

SIEMENS

SINUMERIK

SINUMERIK ONE Safety Integrated

开机调试手册

适用于:

CNC 车间管理软件
Create MyVirtual Machine V1.3
SINUMERIK ONE V6.23
SINUMERIK STEP 7 Toolbox V19

01/2024

A5E47278158F AJ

前言	1
安全说明	2
基本原理	3
F-PLC 的安全程序	4
驱动集成的安全功能	5
驱动集成的安全功能的控制方式	6
调试和配置	7
验收测试	8
诊断	9
更换软/硬件	10
数据描述	11
系统特性	12
Safety Integrated 以及 SINUMERIK ONE Create MyVirtual Machine	13
附录	A

法律资讯

警告提示系统

为了您的人身安全以及避免财产损失，必须注意本手册中的提示。人身安全的提示用一个警告三角表示，仅与财产损失有关的提示不带警告三角。警告提示根据危险等级由高到低如下表示。

 危险
表示如果不采取相应的小心措施， 将会 导致死亡或者严重的人身伤害。
 警告
表示如果不采取相应的小心措施， 可能 导致死亡或者严重的人身伤害。
 小心
表示如果不采取相应的小心措施，可能导致轻微的人身伤害。
注意
表示如果不采取相应的小心措施，可能导致财产损失。

当出现多个危险等级的情况下，每次总是使用最高等级的警告提示。如果在某个警告提示中带有警告可能导致人身伤害的警告三角，则可能在该警告提示中另外还附带有可能导致财产损失的警告。

合格的专业人员

本文件所属的产品/系统只允许由符合各项工作要求的**合格人员**进行操作。其操作必须遵照各自附带的文件说明，特别是其中的安全及警告提示。由于具备相关培训及经验，合格人员可以察觉本产品/系统的风险，并避免可能的危险。

按规定使用 Siemens 产品

请注意下列说明：

 警告
Siemens 产品只允许用于目录和相关技术文件中规定的使用情况。如果要使用其他公司的产品和组件，必须得到 Siemens 推荐和允许。正确的运输、储存、组装、装配、安装、调试、操作和维护是产品安全、正常运行的前提。必须保证允许的环境条件。必须注意相关文件中的提示。

商标

所有带有标记符号®的都是 Siemens Aktiengesellschaft 的注册商标。本印刷品中的其他符号可能是一些其他商标。若第三方出于自身目的使用这些商标，将侵害其所有者的权利。

责任免除

我们已对印刷品中所述内容与硬件和软件的一致性作过检查。然而不排除存在偏差的可能性，因此我们不保证印刷品中所述内容与硬件和软件完全一致。印刷品中的数据都按规定经过检测，必要的修正值包含在下一版本中。

目录

1	前言	13
1.1	关于 SINUMERIK	13
1.2	关于本手册	14
1.2.1	Safety Integrated 前言	14
1.2.2	Basic Program Plus 和 Basic Program	14
1.3	网上文档	18
1.3.1	SINUMERIK ONE 文档一览	18
1.3.2	SINUMERIK 操作组件文档一览	19
1.4	必备基础知识	20
1.5	书写方式	21
1.6	按照 SINUMERIK 来配置报文	22
1.7	访问保护的安全功能	23
1.8	技术文档反馈	24
1.9	mySupport 文档	25
1.10	服务与支持	26
1.11	OpenSSL 的使用	28
1.12	遵守通用数据保护条例	29
2	安全说明	31
2.1	基本安全说明	31
2.1.1	一般安全说明	31
2.1.2	应用示例的质保规定	31
2.1.3	网络安全性信息	31
2.2	Safety Integrated 安全说明	33
2.3	安全功能的故障概率	35
2.4	遗留风险	36
3	基本原理	39
3.1	F-PLC 的安全功能	39
3.2	驱动集成的安全功能	40
3.3	认证	43
3.4	通过 SINUMERIK ONE 组件进行安全相关的处理	44

3.5	硬件组件	47
3.5.1	PROFIBUS DP 的 F-I/O	48
3.5.2	PROFINET IO 的 F-I/O	48
3.5.3	驱动组件	49
3.5.3.1	DRIVE-CLiQ 组件互联	49
3.5.3.2	电机带/不带编码器时的监控	50
3.5.3.3	异步电机和同步电机	53
3.5.3.4	SINAMICS HLA	53
3.6	软件组件和授权	56
3.6.1	所需的软件组件	56
3.6.2	进给轴/主轴和 F-PLC 的授权	57
3.7	TIA Portal 中的组件和基本配置	58
3.7.1	TIA Portal 中的项目视图的结构	58
3.8	SafeUserData 概述	61
4	F-PLC 的安全程序	63
4.1	安全程序的结构 (S7-1500)	65
4.2	故障安全功能块	69
4.3	Safety Administration Editor	70
4.3.1	安全块的组签名	74
4.4	梯形图和功能块图编程语言中的限制	75
4.5	安全相关的 PLC 数据类型 (UDT)	81
4.5.1	将 F-I/O 输入和输出的 PLC 变量整理为一定数据结构 (S7-1500)	83
4.6	安全程序的指令	84
4.7	安全运行组	86
4.7.1	安全程序的安全运行组的规则	86
4.7.2	确定安全运行组的操作步骤	87
4.7.3	安全运行组信息数据块	91
4.8	创建安全模块	93
4.9	使用库	94
4.10	SUD 程序部分集成到 TIA Portal 中	95
4.10.1	属性和限制条件	95
4.10.2	SafeUserData 的集成	96
4.10.3	创建 SafeUserData 实例	97
4.10.4	SafeUserData 数据类型和库导入到项目中	98
4.10.5	创建 SafeUserData 实例	101
4.10.5.1	创建 SafeUserData 接口	101
4.10.5.2	创建故障安全用户接口	102
4.10.5.3	在标准程序中进行调用 SUD 块的编程	106

4.10.5.4	在安全程序程序中进行调用 SUD 块的编程	110
4.11	安全通讯	115
4.12	访问 SI 驱动和 F-I/O	116
4.13	编程启动保护	118
4.14	实现用户应答	119
4.15	标准用户程序和安全程序之间的数据交换.....	120
4.15.1	从安全程序到标准用户程序的数据传输.....	121
4.15.2	从标准用户程序到安全程序的数据传输.....	122
5	驱动集成的安全功能.....	125
5.1	STO (Basic/Extended).....	126
5.1.1	详细信息和参数设置.....	126
5.1.1.1	SINAMICS HLA 上的 Safe Torque Off (STO)	129
5.1.1.2	功能图和参数	131
5.2	SBC (Basic/Extended)	132
5.2.1	所需的硬件.....	133
5.2.2	详细信息和参数设置.....	134
5.2.2.1	装机装柜型电机模块上的 SBC	136
5.2.2.2	功能图与参数	138
5.3	SS1 (Basic)	139
5.3.1	详细信息和参数设置.....	140
5.3.1.1	带 OFF3 的 SS1	140
5.3.1.2	带外部停止 (SS1E) 的 SS1	142
5.3.1.3	功能图和参数	142
5.4	SS1	144
5.4.1	详细信息和参数设置.....	147
5.4.1.1	带编码器的 Safe Stop 1 (时间和加速度受控)	147
5.4.1.2	不带编码器的 SS1	148
5.4.1.3	带外部停止的 SS1 (扩展功能)	150
5.4.1.4	功能图和参数	151
5.5	SS2	152
5.5.1	详细信息和参数设置.....	154
5.5.1.1	带外部停止 (SS2E) 的 SS2	155
5.5.1.2	SS2E 上的动态响应自适应功能.....	157
5.5.1.3	Safe Stop 2 扩展停止和回退 (SS2ESR)	159
5.5.1.4	功能图和参数	162
5.6	SOS.....	163
5.6.1	Safe Operating Stop (SOS)	163
5.6.2	详细信息和参数设置.....	165
5.6.2.1	功能图和参数	167

5.7	SLS.....	168
5.7.1	详细信息和参数设置.....	173
5.7.1.1	接入 NC 中的运动控制功能.....	174
5.7.1.2	带编码器的“Safely-Limited Speed”.....	174
5.7.1.3	不带编码器的“Safely-Limited Speed”.....	177
5.7.1.4	自动生效的 Safely-Limited Speed.....	178
5.7.1.5	功能图和参数.....	180
5.8	SSM.....	181
5.8.1	详细信息和参数设置.....	181
5.8.1.1	信号图（带编码器）.....	183
5.8.1.2	不带编码器运行中的区别.....	184
5.8.1.3	信号图（不带编码器）.....	184
5.8.1.4	功能图和参数.....	187
5.9	SAM.....	188
5.10	SBR.....	190
5.10.1	重要参数.....	193
5.11	SDI.....	194
5.11.1	详细信息和参数设置.....	196
5.11.1.1	带编码器的“Safe Direction”(SDI).....	196
5.11.1.2	不带编码器的“Safe Direction”(SDI).....	197
5.11.1.3	自动生效的 SDI(Safe Direction).....	199
5.11.1.4	功能图和参数.....	201
5.12	SLP.....	202
5.12.1	详细信息和参数设置.....	202
5.12.1.1	轴回退.....	205
5.12.1.2	功能图和参数.....	206
5.13	SP.....	207
5.13.1	详细信息和参数设置.....	207
5.13.1.1	功能图和参数.....	210
5.14	SBT.....	212
5.14.1	功能特性.....	212
5.14.2	连接至 NC 和 PLC 程序.....	213
5.14.3	详细信息和参数设置.....	214
5.14.3.1	前提条件.....	214
5.14.3.2	操作一览.....	215
5.14.3.3	功能使能.....	217
5.14.3.4	选择.....	219
5.14.3.5	启动制动测试序列.....	219
5.14.3.6	过程.....	220
5.14.3.7	取消/终止和应答（SBT）.....	221
5.14.3.8	通过 SIC/SCC 通讯.....	222

5.14.3.9	功能图和参数	224
5.15	SCA	226
5.15.1	详细信息和参数设置	226
5.15.1.1	功能图和参数	228
5.16	SLA	229
5.16.1	描述	229
5.16.2	详细信息和参数设置	231
5.16.2.1	通过 PROFIsafe 或 SIC 传输	231
5.16.2.2	功能图和参数	232
5.17	安全回参考点	233
5.17.1	用户确认	233
5.17.2	功能图和参数	236
5.18	实际值安全检测	237
5.18.1	重要参数	244
5.18.2	不带编码器的安全实际值检测	245
5.19	安全齿轮级切换	247
5.19.1	重要参数	250
5.20	强制潜在故障检查	251
5.20.1	执行强制潜在故障检查的时间点示例	251
5.20.2	方法和控制	251
5.21	选择安全停止时的数控制动斜坡	253
6	驱动集成的安全功能的控制方式	257
6.1	控制方式	257
6.2	报文一览	258
6.3	概述：报文中的过程数据	259
6.4	通过 PROFIsafe 控制	261
6.4.1	选择 PROFIsafe 报文	261
6.4.2	PROFIsafe 控制使能	262
6.4.3	出现通讯故障时的 ESR 响应	263
6.4.4	功能图和参数	264
6.5	Safety Info Channel 和 Safety Control Channel (SIC/SCC)	265
6.5.1	Safety Info Channel (SIC)	265
6.5.2	Safety Control Channel (SCC)	265
6.5.3	通过报文 701 进行 SIC/SCC 通讯	266
6.5.4	进给轴/主轴信号的 PLC 用户接口	266
6.5.5	重要参数	266
6.6	通过控制单元上的端子控制	267
6.6.1	特性	267
6.6.2	STO、SS1 (时间受控的) 和 SBC 的控制端子	268

6.6.3	驱动器的分组	269
6.6.4	两个监控通道的同时性和公差时间	270
6.6.5	位模测试	272
7	调试和配置	273
7.1	调试过程	273
7.2	配置安全相关的组件	274
7.2.1	概述	274
7.2.2	激活 Safety Integrated	275
7.2.3	配置其他安全相关的组件	277
7.2.4	将硬件配置载入控制器	277
7.2.5	输入并分配 PROFINET 设备名称	278
7.2.6	分配地址类型 1 的安全目标地址	280
7.2.7	分配地址类型 2 的安全目标地址	280
7.2.8	检查 PROFIsafe 地址	282
7.2.9	使用安全文件生成 SINUMERIK 存档	283
7.3	创建安全程序	286
7.3.1	概述	286
7.3.2	作为 PLC 变量创建接收数据/发送数据	286
7.3.3	调整安全运行组的设置（可选）	290
7.3.4	设置访问权限	293
7.3.5	设置急停	294
7.3.6	设计实现全局恢复的用户应答	295
7.3.7	应答驱动集成安全功能的信息	296
7.3.8	撤销驱动集成的安全功能	299
7.3.9	触发强制潜在故障检查（Teststop）	301
7.3.10	设置接线测试	301
7.4	将配置载入控制系统	302
7.5	针对特定 NC 和轴进行安全设置	304
7.5.1	概述	304
7.5.2	设置软件选项	305
7.5.3	激活 Safety Integrated 调试模式	306
7.5.4	选择安全功能范围	307
7.5.5	设置设定速度限值	309
7.5.6	设置停止响应的作用	311
7.5.7	配置编码器	312
7.5.8	配置无编码器运行	316
7.5.9	配置报文	320
7.6	在 SINUMERIK 调试工具中配置 SafeUserData	323
7.6.1	简介	323
7.6.2	SafeUserData - 块概览	324
7.6.3	SafeUserData - 详细信息	326
7.6.4	配置 SafeUserData	327

7.6.4.1	SafeUserData - 更改生效值	327
7.6.4.2	SafeUserData - 提交生效值	329
7.6.4.3	SafeUserData - 检查/确认/保存新生效值	331
7.6.4.4	SafeUserData - 确认更改值	333
7.6.5	SafeUserData - 设定值	334
7.6.5.1	SafeUserData - 设定值详细信息.....	334
7.6.5.2	SafeUserData - 提交设定值	335
7.6.6	SafeUserData - 块和块元素的注释	336
7.6.6.1	SafeUserData - 创建注释模板	336
7.6.6.2	SafeUserData - 编辑注释模板	337
7.6.7	SafeUserData - 导入和导出当前值	339
7.6.7.1	导出/导入简介	339
7.6.7.2	SafeUserData - 导出	341
7.6.7.3	SafeUserData - 初始化数据块	343
7.6.7.4	SafeUserData - 导入	346
7.7	配置驱动集成的安全功能	349
7.7.1	概述	349
7.7.2	停止响应	350
7.7.2.1	概述	350
7.7.2.2	Basic Functions	351
7.7.2.3	Extended Functions	352
7.7.2.4	接入 NC 及其影响	355
7.7.2.5	优先级	356
7.7.3	STO/SS1 Basic	358
7.7.4	STO Extended	361
7.7.5	SBC	363
7.7.6	SS1 Extended	365
7.7.7	SS2/SOS	367
7.7.8	SAM	369
7.7.9	SBR	371
7.7.10	SLS	373
7.7.11	SSM	377
7.7.12	SDI	380
7.7.13	SLP/SP	383
7.7.14	SBT	386
7.7.15	SCA	391
7.7.16	SS2E	394
7.7.17	SS2ESR	396
7.7.18	安全回参考点	398
7.8	结束调试	400
7.8.1	确认设置	400
7.8.2	设置 Safety Integrated 密码	401
7.9	批量调试	402

7.10	与其他功能配合使用	403
7.10.1	龙门轴.....	403
7.10.2	引导轴/跟随轴	404
7.10.3	轴组上的制动测试功能	404
7.10.4	伺服专用耦合 SERVCOUPL	404
7.10.5	借助 SCC 闭合内部电机抱闸.....	405
7.10.6	NC 侧设定速度限值	405
7.10.7	PRESETONS	407
7.10.8	设定值切换.....	408
7.10.9	通道运行信息	409
7.10.10	急停叠加在安全停止响应之上.....	410
8	验收测试.....	411
8.1	目的和要求.....	411
9	诊断.....	413
9.1	S7-1500 诊断指南	414
9.2	系统报警	415
9.3	SINUMERIK Operate 中的诊断选项	418
9.3.1	Safety Integrated 诊断概览	418
9.3.2	安全驱动状态	420
9.3.3	安全报文概览	422
9.3.4	PROFIsafe 安全报文	423
9.3.5	PROFIdrive 安全报文	424
9.3.6	集成的 F-PLC	424
9.3.7	安全校验和.....	426
9.3.7.1	SI 校验和概览	426
9.3.7.2	SI 校验和全局校验和.....	427
9.3.7.3	SI 校验和 SaveUserData (SUD) 签名.....	429
9.3.7.4	SI 校验和一览“组签名”	430
9.3.7.5	SI 校验和驱动校验和.....	431
9.3.8	安全报警	433
9.3.9	安全凸轮	434
9.3.10	SI 安全模块 I/O	435
9.4	诊断信息的显示和评估	437
9.5	校验和.....	438
9.5.1	计算全局校验和/主站校验和	438
9.5.2	SINAMICS 校验和.....	440
9.6	停止响应	441
9.7	使用故障缓冲器、信息缓冲器和报警缓冲器	442
9.7.1	配置标准报警缓冲器.....	443
9.7.2	配置安全信息缓冲器.....	443

9.8	应答	445
9.8.1	概述	445
9.8.2	通过 PROFIsafe 应答	446
9.8.3	额外通过 PROFIdrive RESET 进行应答	446
9.8.4	通过重新上电 (POWER ON) 应答	447
9.8.5	扩展式应答 (撤销 STO/SS1)	447
9.8.6	安全信息缓冲器关闭时的额外应答	447
10	更换软/硬件	449
10.1	软件、F-CPU、F-I/O	450
10.2	SINAMICS 组件	452
10.3	安全功能调试结束后更换组件时会显示信息	455
10.4	重要参数	456
11	数据描述	457
11.1	机床数据	457
11.2	NC 变量	459
11.3	系统变量	460
11.4	标准报文起始地址	461
11.5	报文结构和数据	465
11.5.1	PROFIsafe 报文 30	465
11.5.2	PROFIsafe 报文 31	465
11.5.3	西门子报文 701	465
11.5.4	西门子报文 901	466
11.5.5	西门子报文 902	467
11.5.6	西门子报文 903	467
11.6	过程数据	468
11.6.1	概述: 报文中的过程数据	468
11.6.2	PROFIsafe 过程数据	469
11.6.2.1	S_STW1:安全控制字 1	470
11.6.2.2	S_ZSW1:安全状态字 1	473
11.6.2.3	S_STW2:安全控制字 2	476
11.6.2.4	S_ZSW2:安全状态字 2	480
11.6.2.5	S_SLS_LIMIT_A:SLS 速度限值设定	484
11.6.2.6	S_SLS_LIMIT_A_ACTIVE:生效的 SLS 速度限值	485
11.6.2.7	S_CYCLE_COUNT:安全周期计数器	485
11.6.2.8	S_XIST16:当前位置实际值 (16 位)	485
11.6.2.9	S_XIST32:当前位置实际值 (32 位)	486
11.6.2.10	S_ZSW_CAM1	487
11.6.3	SIC/SCC (PROFIdrive) 过程数据	490
11.6.3.1	S_STW1B:Safety Info Channel 控制字 1	490

11.6.3.2	S_ZSW1B:SI Motion Safety Info Channel 状态字	491
11.6.3.3	S_ZSW2B:Safety Info Channel 状态字 2	492
11.6.3.4	S_STW3B:Safety Info Channel 控制字 3	493
11.6.3.5	S_ZSW3B:Safety Info Channel 状态字 3	494
11.6.3.6	S_V_LIMIT_B:Safety Info Channel - 设定速度限值	495
11.7	接口信号：轴/主轴信号	496
12	系统特性	501
12.1	最新信息	501
12.2	响应时间	502
12.2.1	通过控制单元和电机模块上的端子控制的 Basic Functions	502
12.2.2	通过 PROFIsafe 控制的 Basic Functions	503
12.2.3	通过 PROFIsafe 控制的 Extended Functions	504
13	Safety Integrated 以及 SINUMERIK ONE Create MyVirtual Machine	507
13.1	系统相关属性	507
13.2	功能概述	508
13.3	Safety Integrated 限制	511
A	附录	513
A.1	缩写	513
A.2	有关安全主题的更多信息	517
A.2.1	同业工伤事故保险联合会的信息页	517
A.2.2	更多信息	517
	索引	519

前言

1.1 关于 SINUMERIK

无论是普及型数控机床，还是标准型机床，或者是模块化高端机床，SINUMERIK 数控系统都能为不同类型的机床提供最佳解决方案。无论是单件生产还是批量生产、简单工件还是复杂工件，对于从样品和工具制造、模具制造乃至大批量生产的所有制造领域而言，SINUMERIK 自始至终都是高生产率的自动化解决方案。

详细信息请访问网页 SINUMERIK (<https://www.siemens.com/sinumerik>)。

1.2 关于本手册

1.2.1 Safety Integrated 前言

“Safety Integrated”安全解决方案将各种安全功能统一到了 SINUMERIK 控制系统中：

- SINUMERIK 控制系统中的 PLC 支持安全功能，可接入 F-I/O：
- 通过梯形图或功能块图编辑器为安全模块编写安全逻辑
- 配置和安全库的处理方式和 SIMATIC F-CPU 一样
- 配置通过 Safety Administration Editor 进行
- 通过 SINAMICS Integrated 控制驱动集成的安全功能
 - Safety Integrated Basic Functions
 - Safety Integrated Extended Functions

Create MyVirtual Machine 支持使用一系列安全功能和选择的验收测试项目。关于 Safety Integrated 调试的详细信息，参见 *SINUMERIK ONE Safety Integrated 调试手册*。

文档用途

本文档不仅说明了 Safety Integrated 运行方式的功能及其相关数据，还包含了使用 SINUMERIK Operate 和 TIA Portal 来调试、验收、维护和诊断该安全运行方式的常规信息。

本文档介绍了如何在 SINUMERIK ONE 集成的驱动上、PLC 控制的 NC 轴上、或指定为 NC 轴的外部驱动上使用 Safety Integrated Extended Functions 和 Safety Integrated Basic Functions。

未指定为 NC 轴的驱动不在本文档中详述。

1.2.2 Basic Program Plus 和 Basic Program

在 TIA Portal 中为 PLC 功能的编程提供了两种不同的基本程序类型：

- Basis Program Plus 只能使用符号寻址进行编程。功能通过数据类型、PLC 程序块、PLC 函数和 PLC 指令来实现。Basic Program Plus 只可用于 SINUMERIK ONE。
- Basic Program 既可使用符号寻址，也可使用绝对寻址来编程。因此，大部分程序可与已有的 SIMATIC Manager 程序兼容。Basic Program 可用于 Steuerungen ONE 和 MC。

无法同时使用 Basic Program Plus 和 Basic Program。

PLC 程序块和数据类型

如果在说明中提及 PLC 信号和功能，主要是指 Basic Program Plus 的程序块和数据类型。

详细信息请参见 SINUMERIK ONE PLC Basic Program 功能手册。

接口信号

进行接口信号寻址时，主要采用 Basic Program Plus 的符号寻址。对应的 Basic Program 信号，请参见各章节末尾的针对不同信号方向的 PLC 信号表，如以下示例所示：

NC → PLC

Basic Program Plus	Basic Program	
<Axis>.basic.in.enc1Synchronized	LBP_Axis*.E_RefSyn1	DB31, ... DBX60.4
...		

PLC → NC

Basic Program Plus	Basic Program	
<Axis>.basic.out.refPointApproachCam	LBP_Axis*.A_DelayRef	DB31, ... DBX12.7
...		

说明

数量结构

在 Basic Program Plus 中，通过相应的对象实例来映射轴、通道等。

在 Basic Program 中进行绝对寻址时，以下列组件的最大绝对数量为基础：运行方式组 (DB11)、通道 (DB21, ...)、轴/主轴 (DB31, ...)

本手册中与 F-PLC、F-I/O、安全程序以及 SIMATIC Safety 相关的信息仅作为入门信息，只描述了它们在 SINUMERIK 上的特殊性。

说明

重要的附加信息

为节省空间，本手册里的信息不会包含 SIMATIC Safety 手册的完整内容。

因此在编写安全程序时，请一并阅读 TIA Portal 在线帮助中关于 SIMATIC Safety 的说明或 SIMATIC Safety 组态和编程手册 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/54110126>)。

说明

SIMATIC STEP 7 信息的有效性和范畴

本文档中的操作示例只介绍了一些基本步骤，简要说明了如何在 TIA Portal 的 SIMATIC STEP 7 Safety 中组态和编程 SINUMERIK 的安全功能。这些基本步骤不是在每一种情况下都适用。以下文档是在 TIA Portal 中组态和编程功能安全时的主参考文档，它包含了所有相关信息：

- SIMATIC Safety 编程和操作手册 - 配置和编程 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/54110126>)

当本手册和 SIMATIC STEP 7 Safety 手册出现不一致时，以主参考文档为准。

任何情况下主参考文档中的报警和特殊说明必须加以遵守，虽然这些报警和特殊说明没有列在本手册中！

说明

注意适用的标准和指令

作为设备或系统的组成部分，SINUMERIK ONE 需要根据应用领域而符合特殊的标准和指令。务必注意适用的安全指令和安全规程，例如：IEC 60204-1（对机械安全的一般要求）。

说明

重要的附加信息

另请注意 SINAMICS S120 Safety Integrated 功能手册 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/109760403>)。

标准功能范畴

本文档描述了标准功能范畴。该描述可能和交付的系统的功能有所不同。交付的系统的功能仅以订购资料为准。

在系统中也可能会运行本文档中未说明的功能，但这并不表示在交付系统时必须提供这些功能以及相关的维修服务。

为使文档简明清晰，本文档并不包含所有产品类型的所有详细信息，也无法对安装、运行和维护中可能出现的各种情况逐一进行说明。

机床制造商在产品上增添或者更改的功能，由机床制造商进行说明。

第三方网页

本文档可能包含第三方网页链接。西门子对此类网页的内容不承担任何责任，也不会声明或认可此类网页或其内容为西门子所有。西门子并不能控制此类网页上的信息，也不对上述网页的内容和信息负责。使用上述网页的风险由用户承担。

1.3 网上文档

1.3.1 SINUMERIK ONE 文档一览

有关 SINUMERIK ONE（自版本 6.13 起）功能的全部文档，请参见 SINUMERIK ONE 文档一览 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/109768483>)。



您可以直接打开文档或者下载 PDF 和 HTML5 格式。

文档分为以下几个类别：

- 用户：操作
- 用户：编程
- 制造商/服务：功能
- 制造商/服务：硬件
- 制造商/服务：配置/调试
- 制造商/服务：Safety Integrated
- 介绍和培训
- 制造商/服务：SINAMICS

1.3.2 SINUMERIK 操作组件文档一览

有关 SINUMERIK 操作组件的全部文档，请参见 SINUMERIK 操作组件文档一览 (<https://support.industry.siemens.com/cs/document/109783841/technical-documentation-for-sinumerik-operator-components?dti=0&dl=en&lc=zh-CN>)。

您可以直接打开文档或者下载 PDF 和 HTML5 格式。

文档分为以下几个类别：

- 操作面板
- 机床控制面板
- 机床按钮面板
- 手持单元/微型手持单元
- 其他操作组件

有关“SINUMERIK”的重要文档、文章和链接，请参见 SINUMERIK 专题页 (<https://support.industry.siemens.com/cs/document/109766201/sinumerik-an-overview-of-the-most-important-documents-and-links?dti=0&lc=en-WW>)。

1.4 必备基础知识

若要理解本文档内容，需要具备自动化技术领域的基础知识。此外，还必须具备以下领域的基础知识：

- 故障安全自动化系统
- S7-1500 PLC
- PROFIBUS DP/PROFINET IO 上的分布式 I/O 设备
- Totally Integrated Automation Portal，特别是：
 - 使用硬件编辑器和网络编辑器进行硬件配置
 - 使用程序编辑器以梯形图、功能块图编程语言进行编程。
 - CPU 间的通讯
 - 使用 SIMATIC Safety 对故障安全系统进行组态和编程
 - 配置 SINUMERIK 硬件、编写 SINUMERIK PLC 基本程序
- 使用 SINUMERIK Operate 调试 SINUMERIK ONE
- 使用 SINUMERIK Operate 进行驱动调试

1.5 书写方式

使用的书写方式

本档中使用以下书写方式和缩写：

同义术语

本档中使用的术语“安全技术”和“F 技术”表示同一概念，同样，术语“故障安全的 xx”和“F xx”也都表示同一概念。

“安全程序”表示的是用户程序中的故障安全部分，可替换“故障安全用户程序”、“F 程序”这些术语。为了便于区分，用户程序中非安全相关的部分被称为“标准用户程序”。

SINAMICS 参数的书写方式（示例）：

- p0918 可调参数 918
- r1024 显示参数 1024
- p1070[1] 可调参数 1070，下标 1
- p2098[1].3 可调参数 2098，下标 1，位 3
- p0099[0...3] 可调参数 99，下标 0 到 3
- r0945[2] (3) 驱动对象 3 的显示参数 945，下标 2
- p0795.4 可调参数 795，位 4

SINUMERIK 机床数据的书写方式（示例）：

- MD36933 机床数据 36933
- \$MA_SAFE_DES_VELO_ 机床数据类型和机床数据的符号名称
LIMIT
- MD15068[1] 机床数据 15068，下标 1
- MD15068[1].3 机床数据 15068，下标 1，位 3
- MD15068[0...3] 机床数据 15068，下标 0 至 3
- MD15068.4 机床数据 15068，位 4

说明

本档中的“控制单元”术语

在 Safety Integrated 和本档范畴内，“控制单元”术语表示 SINUMERIK NCU。

1.6 按照 SINUMERIK 来配置报文

按照 SINUMERIK 来配置 SINAMICS 驱动的报文时适用的规则

在配置数控系统 SINUMERIK 828D、SINUMERIK ONE 或 SINUMERIK MC 与驱动 SINAMICS S120 之间的数据交换期间，驱动设备的 PROFIBUS/PROFINET 配置要遵守以下规则：

- PROFIBUS/PROFINET 上的 SINAMICS 驱动设备 (CU3xx)：该设备 PROFIBUS/PROFINET 配置中的报文结构必须和控制系统 SINUMERIK 828D 或 SINUMERIK ONE 内置 PROFIBUS 上驱动（SINAMICS Integrated 或 NX）的报文的标准配置相同。
- “报文结构相同”专指驱动设备（CU3xx）的报文顺序相同。报文必须按以下顺序配置：
 - 驱动对象“SERVO”或“HLA”用报文
 - 驱动对象“Control Unit”用报文
 - 驱动对象“INFEED”用报文
- 单个驱动对象的报文要符合以下规则：
 - 一条报文的输入地址和输出地址必须相同。
特例：用户自定义报文，该类报文只有输入值或只有输出值。
 - 一条报文的输入数据和输出数据通常采用同一个槽口传送。数据交换采用两个槽口时（比如：PROFIBUS 或 PROFIBUS Integrated），注意要首先定义输入槽口。输出插口应占用下一个槽口。

1.7 访问保护的安全功能

通过用户管理实现访问保护

访问管理旨在保护 IT 系统和数据免受未经授权的访问（内部/外部）。SINUMERIK 支持 2 种类型的访问管理：

- 通过访问等级
默认情况下，这种简单的访问管理形式在交付系统时已激活。
- 通过 SINUMERIK 用户管理
这种可选安全功能为访问保护提供高级配置选项。可以手动激活用户管理。

要激活和配置用户管理，至少需要一个用户，正式为其分配“机床制造商安全管理员”角色。在用户管理的框架内，相应的用户有权代表机床制造商并代表最终用户执行用户管理的整个配置。系统集成商确定为哪些用户分配此管理员角色。

具有相应授权的管理员在用户管理中配置或协调以下设置。

- 通过角色、用户组和用户帐户为系统、服务和应用程序分配访问权限。
- 每个用户的唯一标识（例如，通过用户名和密码组合）。
- 在不再需要帐户和权限时（例如离开公司时）及时锁定或删除帐户和权限。
- 密码重置。

可以使用两种类型的用户管理：

- 本地（内部）
在这种情况下，管理员直接在各自的系统中创建必要的用户帐户。
- 外部
选择此选项时，各种系统和应用程序被连接到外部用户管理，如“活动目录”。在此外部用户管理中，用户得到集中管理。

重要信息

有关 SINUMERIK 安全功能和其他保护机制的详细信息请参见以下文件：

- SINUMERIK ONE 工业安全手册
- “最终调试步骤 (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/109817139>)”调试手册

1.8 技术文档反馈

如果对西门子工业在线支持中发布的手册有任何疑问、改进意见或建议，欢迎提出。在西门子工业在线支持中，点击文章底部的“提供反馈”链接，便可进行提交。

1.9 mySupport 文档

使用网页版“mySupport 文档”可以自由组合西门子文档内容，创建自己的文档。

在 SiePortal 页面“mySupport 链接和工具” (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/my>)上点击“我的文档”，便可启动应用：

mySupport 链接和工具



配置的手册可以 RTF、PDF 或 XML 格式导出。

说明

在链接“配置”下可以查看网页版“mySupport 文档”支持的西门子文档内容。

1.10 服务与支持

产品支持

有关产品的详细信息请访问网址：

产品支持 (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/>)

在该网址下可以提供：

- 最新产品信息（产品公告）
- FAQ（常见问题与解答）
- 手册
- 下载链接
- 持续提供产品最新信息的新闻。
- “技术论坛”，供全球用户和专家交流经验、分享信息
- “联系人”，提供全球联系人信息，方便查找本地联系人
- “售后服务”，提供现场服务、维修、备件等信息

技术支持

访问网址 (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/sc/4868>)下的“联系方式”，便可以获取各个国家技术支持的电话号码。

如需咨询技术疑问，请使用“支持请求”一栏下的在线表格。

培训

访问网址 (<https://www.siemens.com/sitrain>)，可获取有关 SITRAIN 的相关信息。

SITRAIN 为西门子的驱动和自动化产品、系统和解决方案提供培训。

无论在何处都能得到最佳的支持



使用荣获大奖的“工业在线支持”App，您可以随时随地查看超过 30 万份的西门子工业领域的产品文件。该应用也可帮助您：

- 解决项目实施中出现的问题
- 排除故障
- 进行设备扩展或重新规划

此外，您还可以登录技术论坛，查看我们的专家为您撰写的其他文章：

- 常见问题与解答
- 应用实例
- 手册
- 证书
- 产品公告等

“工业在线支持”App 提供 Apple iOS 版和安卓版。

1.11 OpenSSL 的使用

本产品可包含以下软件：

- 由 OpenSSL 项目开发并应用在 OpenSSL Toolkit 中的软件
- 由 Eric Young 开发的加密软件
- 由 Eric Young 开发的软件

详细信息请访问网址：

- OpenSSL (<https://www.openssl.org>)
- Cryptsoft (<https://www.cryptsoft.com>)

1.12 遵守通用数据保护条例

西门子遵守通用数据保护条例，特别是隐私保护设计（privacy by design）规定。

对于本产品意味着：

产品不会处理或保存个人相关数据，只会处理或保存技术功能数据（例如：时间戳）。用户如果将此类技术功能数据与其他数据（例如：排班表）关联或者将个人相关数据存储在同一介质（例如：硬盘）上而产生个人相关性，则应由用户自行确保遵循数据保护法规。

安全说明

2.1 基本安全说明

2.1.1 一般安全说明

 警告
未遵循安全说明和遗留风险可引发生命危险 忽视随附硬件文档中的安全说明和遗留风险会导致重伤或死亡。 <ul style="list-style-type: none">• 遵守硬件文档中的安全说明。• 进行风险评估时应考虑到遗留风险。

 警告
因参数设置错误或修改参数设置引起机器故障 参数设置错误可导致机器出现故障，从而导致人员重伤或死亡。 <ul style="list-style-type: none">• 采取保护措施，防止未经授权的参数设置。• 采取适当措施（如驻停或急停）处理可能出现的故障。

2.1.2 应用示例的质保规定

应用示例在组态和配置以及各种突发事件方面对设备没有强制约束力，无需一一遵循。应用示例不会提供客户专用的解决方案，仅在典型任务设置中提供保护。

用户自行负责上述产品的规范运行事宜。应用示例并没有解除您在应用、安装、运行和维护时确保安全环境的责任。

2.1.3 网络安全性信息

西门子为其产品及解决方案提供了工业网络安全功能，以支持工厂、系统、机器和网络的安全运行。

为了防止工厂、系统、机器和网络受到网络攻击，需要实施并持续维护先进且全面的工业网络安全保护机制。西门子的产品和解决方案构成此类概念的其中一个要素。

2.1 基本安全说明

客户负责防止其工厂、系统、机器和网络受到未经授权的访问。只有在有必要连接时并仅在采取适当安全措施（例如，防火墙和/或网络分段）的情况下，才能将该等系统、机器和组件连接到企业网络或互联网。关于可采取的工业网络安全措施的更多信息，请访问 <https://www.siemens.com/cybersecurity-industry>。

西门子不断对产品和解决方案进行开发和完善以提高安全性。西门子强烈建议您及时更新产品并始终使用最新产品版本。如果使用的产品版本不再受支持，或者未能应用最新的更新程序，客户遭受网络攻击的风险会增加。

要及时了解有关产品更新的信息，请订阅西门子工业网络安全 RSS 源，网址为 <https://www.siemens.com/cert>。

更多信息请访问：

工业安全功能选型手册 (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/108862708/en>)



警告

软件遭受篡改会导致不安全的运行状态

软件遭受篡改（如：病毒、木马、蠕虫等）会使设备处于不安全的运行状态，这可导致死亡、重伤和财产损失。

- 使用最新版本的软件。
- 将自动化和驱动组件纳入设备或机器的先进且全面的工业网络安全保护机制中。
- 全面的工业网络安全保护机制要涵盖所有使用的产品。
- 采取相应的保护措施（如：杀毒软件）防止可移动存储设备中的文件受到恶意软件的破坏。
- 结束调试时，检查所有相关的网络安全设置。

2.2 Safety Integrated 安全说明

功能手册的相关章节中还包括了本章节中未提及的安全提示和遗留风险。

警告

通电后启动时 Safety Integrated Functions 失效

Safety Integrated Functions 只有在系统完全启动后才能激活。系统启动是存在较大风险的临界运行状态，出现故障时可导致人员重伤或死亡。

- 系统启动期间请不要在危险区域内逗留。
- 在垂直轴上须检查驱动此时是否处于零转矩状态。

警告

自动重启可引发电机意外转动

急停功能必须实现标准 EN 60204-1 规定的 0 类停机或 1 类停机（STO 或 SS1）。如果在急停后系统自动重启，可引发危险区域内人员伤亡。

安全功能（Extended Functions）关闭后，视风险分析的结果而定，必要时可允许执行自动重启（例外：急停按钮复位时），例如在防护门关闭后便可自动启动。

- 确保在上述情况下不会执行自动重启。

警告

在变更或更换软/硬件之后启动系统时，驱动可发生非预期的运动

在变更或更换硬件和/或软件组件后，只有在保护装置关闭后才能启动系统和变频器，系统上未经测试的变更可能会触发非预期的功能，从而可引发危险区域内人员伤亡。

- 在变更或更换了软/硬件后，执行以下测试（参见 SINUMERIK Operate 功能手册中的验收测试）：
 - 完整的验收测试
 - 简化的验收测试
 - 执行简化的功能测试
- 在再次进入危险区域前，在两个方向（+/-）上短暂试运行所有轴，以检测控制性能是否稳定。
- 确保在测试期间没有人员在危险区域内停留。
- 上电时注意，只有在系统完全启动后才能选择 Safety Integrated Functions。

警告

驱动发生非预期的运动

切断供电（STO 生效）后，驱动可能会意外运动（如电机滑行停止），进而引发生命危险。

- 为此，应使用带安全监控功能的制动器。

说明

通过 Safety Integrated 降低风险

通过 Safety Integrated 可降低机器与设备的风险。

但是只有在满足以下前提时，配备 Safety Integrated 的机床与设备才能确实安全可靠地运行：

- 机床制造商非常了解本用户技术文档，特别是其中指出的先决条件、安全说明和遗留风险，并严格遵守。
- 机床制造商仔细地完成机器与设备的安装和配置工作，并安排专业人员严格执行验收测试、记录测试结果。
- 机床制造商对机器与设备进行风险分析后，通过 Safety Integrated 功能或其他途径实施并验证分析得出的所有必需安全措施。

请注意，Safety Integrated 功能并不能取代欧盟机械指令中所要求的、应由设备厂商对机械或设备执行的风险评估！

除了使用 Safety Integrated Functions 外，其他的风险防范措施也不可或缺！

2.3 安全功能的故障概率

根据 IEC 61508、IEC 62061 和 DIN EN ISO 13849-1 的相关规定，安全功能的故障概率必须以 PFH 值（Probability of Failure per Hour 每小时故障概率）的形式注明。安全功能的 PFH 值取决于控制器和驱动设备的安全方案、硬件配置以及其它安全功能组件的 PFH 值。

在 SINUMERIK ONE 和 SINAMICS S120 驱动设备上，PFH 值主要取决于硬件配置（驱动数量、控制方式、使用的编码器的数量等）。它代表了集成的所有安全功能的故障概率。

- SINUMERIK ONE 和 SINAMICS S120 安全组件的 PFH 值参见：网址 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/76254308>)。
- 所有来自西门子公司的安全组件的 PFH 值均在“Safety Evaluation Tool” (<https://www.siemens.com/us/en/products/automation/topic-areas/safety-integrated/factory-automation/support/safety-evaluation-tool.html>)中提供。

2.4 遗留风险

机床制造商通过故障分析可确定和驱动设备相关的遗留风险。已知的遗留风险如下：



警告

电机可发生短时受限运动

功率单元中 2 个晶闸管（一个在上桥臂，一个在下桥臂）同时故障时会引起电机短时间运动，由此可能会导致重伤或死亡。

- 存在因意外运动造成的危险时，则在应用中采取措施，具体方式例如为：使用带安全监控的制动，参见“Safe Brake Control”。

注意

短暂超出限值时的转速或位置时的超调

电机超出限值运行时，从驱动器检测到该故障到作出响应这段时间内电机可能会短暂地超过指定转速运行，轴可能会稍稍越过指定的位置，从而可能会损坏驱动。

- 对设备进行相应的设计。

单编码器系统中的遗留风险

在设备配备单编码器系统时：

- a) 编码器中的某个电气故障或者
- b) 编码器中心轴断裂（或编码器联轴器松动）或者编码器外壳固定元件的松动会导致编码器信号处于“稳态”（稳态即编码器不跟踪电机/轴的运动，但是仍会返回正确的电平），但是该故障无法在驱动器静止时（例如：在 SOS 状态中）被检测到。

通常，闭环控制会继续生效，使驱动器保持静止。但从控制技术的角度来说，此时驱动器可能会运行，而这种运行无法被检测到，尤其是在驱动器带有悬挂负载时。

a) 中指出的编码器电气故障风险只存在于按照特定原理工作的少数几种编码器。

- 上述所有故障都必须纳入机床制造商的风险分析中。另外，对于悬挂式/垂直驱动或牵引负载来说还必须采取额外的安全措施，以排除 a) 中指出的故障：
 - 使用生成模拟量信号的编码器或
 - 使用双编码器系统
- 编码器轴打滑或断裂的故障安全检测
编码器轴打滑或断裂的故障安全检测，可通过（例如）所采集的安全实际值与期待的设定值的合理性检验来实现。如果在定义的时间内实际值不处于可设定的设定值公差带中，则可认定打滑或者编码器与电机的连接断裂。该监控必须在安全用户程序中根据 SIL 2 或 PL d 加以确保。
- 排除 b) 中指出故障的方法有：
 - 针对编码器中心轴的断裂（或针对编码器联轴器松动）以及编码器外壳固定元件松动执行 FMEA，并按照标准如 IEC 61800-5-2 排除故障或
 - 使用双编码器系统（在此情况下编码器不可固定在同一根轴上）。

2.4 遗留风险

基本原理

3.1 F-PLC 的安全功能

F-PLC 的安全功能主要在软件中实现。安全功能由安全系统执行，以便在出现设备危险情况时使设备进入安全状态或保持在安全状态。

这些安全功能主要包含在以下组件中：

- **安全型 PLC（即 F-PLC）中与安全相关的用户程序（即安全程序）**

用户只能编程用户安全功能。进程安全功能可以通过用户安全功能或故障响应功能触发。当故障情况下的安全系统不能执行原来的用户安全功能时，便会执行故障响应功能：例如：相关的输出端被关闭，必要时，F-PLC 停止。

- **故障安全输入和输出（即 F-I/O）**

F-I/O 保证了安全现场信息的安全处理（传感器：例如：急停按键，光帘；执行器：例如：电机控制）。它包含了安全处理所需的所有安全功能软/硬件，且符合要求的安全等级。

3.2 驱动集成的安全功能

Safety Integrated 通过 SINAMICS Integrated（作为 SINUMERIK 控制系统的子组件）支持 SINAMICS Safety Integrated Functions (页 125)。这些驱动集成的安全功能可通过安全相关的输入/输出信号与进程进行通讯。每根进给轴和主轴都可以单独执行这些功能。

根据范畴区分

根据可用功能的范畴和所需的许可证可分为“Basic Functions”和“Extended Functions”：

- Safety Integrated Basic Functions 是驱动的标配功能，不需要额外的许可证便可一直使用。这些功能无需编码器，要使用编码器时对编码器型号也没有特殊要求。
- Safety Integrated Extended Functions 需要额外的许可证 (页 56)。带编码器的 Extended Functions 还要求有安全相关的编码器方案 (页 237)。

根据应用情况区分

可根据应用情况将驱动集成的安全功能粗略的分为三类：

- 用于驱动安全停止的功能，无需断开到电网的电气连接
- 用于驱动运动安全监控的功能
- 用于驱动位置安全监控的功能

根据应用情况划分的所有功能列表

表格 3-1 用于驱动安全停止的功能，无需断开到电网的电气连接

安全功能	范畴	简要说明	配置方法
Safe Torque Off (STO)	Basic/Extended	“Safe Torque Off” 是符合 EN 60204-1、可防止意外启动的安全功能。STO 可阻止向电机提供能够产生转矩的电能，实现 0 类停机。	STO (Basic/Extended) (页 126)
Safe Stop 1 (SS1, 时间受控)	Basic	“Safe Stop 1” 以 “Safe Torque Off” 功能为基础。使用此功能可实现 EN 60204-1 规定的 1 类停机。	SS1 Basic (页 139)
Safe Stop 1 (SS1, 时间和加速度受控)	Extended		SS1 Extended (页 144)
Safe Brake Control (SBC)	Basic/Extended	“Safe Brake Control” 功能用于对抱闸装置进行安全控制。 ^{1) 2)}	SBC (Basic/Extended) (页 132)

安全功能	范畴	简要说明	配置方法
Safe Brake Test (SBT)	Extended	“Safe Brake Test” 诊断功能 (SBT, 安全制动测试) 用于检测制动 (运行制动或抱闸制动) 是否达到所需的制动转矩。 ³⁾ 该功能符合 IEC 61508 SIL 1 级以及 EN ISO 13849-1 PLd/ 2 类的要求。	SBT (页 212)
Safe Stop 2 (SS2)	Extended	“Safe Stop 2” 功能用于使电机安全制动并使电机随后过渡至 “Safe Operating Stop” (SOS)。使用此功能可实现 EN 60204-1 规定的 2 类停机。	SS2 (页 152)
Safe Stop 2 with external stop (SS2E)	Extended	带外部停止 (SS2E) 的安全功能 “Safe Stop 2” 用于安全制动电机。此时驱动不会自动使电机减速制动, 而是跟踪转速设定值。	SS2E (页 155)
Safe Stop 2 Extended Stop and Retract (SS2ESR)	Extended	安全功能 “Safe Stop 2 扩展停止和回退 (SS2ESR)” 用于安全制动电机。此时驱动不会自动使电机减速制动, 而是跟踪转速设定值。这也可以是快速回退运行。在延迟时间 p9554 期间, 既没有制动斜坡监控 (SBR)、加速监控 (SAM), 也没有静态监控。延迟时间 p9554 届满后, SOS 生效。	SS2ESR (页 159)
Safe Operating Stop (SOS)	Extended	“Safe Operating Stop” 用于防止电机意外运行。此时电机处于闭环控制中, 没有从电源断开。	SOS (页 163)

- 1) 针对装机装柜型的功率模块/电机模块:
仅订货号最后一位的数字为 3 或更高的装机装柜型功率模块/电机模块才支持 SBC 功能。对于此类结构类型还须配备安全制动适配器 Safe Brake Adapter。
- 2) 针对模块型功率模块/电机模块:
模块型功率模块需另外为该功能配备一个 Safe Brake Relay。
- 3) “Safe Brake Test” 其实是一项单纯的诊断功能, 为安全功能的统一划分, 此处将它列入 Safety Integrated Extended Functions 中。

表格 3-2 用于驱动运动安全监控的功能

安全功能	范畴	简要说明	配置方法
Safely-Limited Speed (SLS)	Extended	“Safely-Limited Speed” 用于监控电机是否超出了预设的转速/速度限值。	SLS (页 168)
Safely-Limited Acceleration (SLA)	Extended	和 SLS 类似, “Safely-Limited Acceleration” 监控加速度, 在超限时动作。	SLA (页 229)

3.2 驱动集成的安全功能

安全功能	范畴	简要说明	配置方法
Safe Speed Monitor (SSM)	Extended	“Safe Speed Monitor”功能用于安全检测电机在两个运行方向上是否低于速度限值，例如：检测电机速度是否低于静态监控限值。该功能会输出一个安全输出信号以进行后续处理。	SSM (页 181)
Safe Direction (SDI)	Extended	“Safe Direction”用于安全监控电机的运行方向。	SDI (页 194)

表格 3-3 用于驱动位置安全监控的功能

安全功能	范畴	简要说明	配置方法
Safely-Limited Position (SLP)	Extended/ Advanced ¹⁾	“Safely-Limited Position”用于确保电机在规定范围内运行，该范围可自由定义。	SLP (页 202)
安全位置的传送 (SP)	Extended/ Advanced ¹⁾	借助“安全位置 (SP)”功能变频器可将安全位置通过 PROFIsafe 传送给上级控制器。	SP (页 207)
安全凸轮 (SCA)	Extended/ Advanced ¹⁾	安全电子凸轮功能能确保实现单轴的安全范围识别或工作范围/保护范围限制。	SCA (页 226)

¹⁾ 设备型号不同，许可证包的名称便有所不同。在 SINUMERIK ONE 上，该安全功能属于 Extended 许可证。在 SINUMERIK MC 上，依照 SINAMICS 惯例。即该安全功能属于 Advanced 许可证。

说明
在 SINAMICS 中作为“Advanced”功能

在 SINUMERIK 上，用于位置监控的 3 个功能原则上属于 Extended Functions。但在 SINUMERIK MC 上，SINAMICS S120 作为单机设备工作，此时依照 SINAMICS 惯例。在该产品上，SLP、SP 和 SCA 需要 Advanced 许可证！

为清楚起见，在本手册中仍将其列为 Extended Functions。

3.3 认证

包含“F-PLC”和“SINAMICS Integrated”安全相关组件的安全系统“Safety Integrated”最高可以达到以下安全要求：

- SINAMICS Safety Integrated 功能：
 - EN ISO 13849-1 的 3 类
 - EN ISO 13849-1 性能等级 (PL) d
 - SIL2 - IEC 61508 规定的安全集成等级 (Safety Integrity Level)
- F-PLC：
 - SIL3 - IEC 61508 规定的安全集成等级 (Safety Integrity Level)

说明

安全系统 SIMATIC Safety/Safety Integrated 可以立即关断设备，使其进入安全状态，从而控制进程。

因此，只允许在直接关断对人和环境没有任何危险的进程中使用 SIMATIC Safety/Safety Integrated。

更多信息

有关各个安全相关组件可达到的最大安全要求的信息请参见各个文档：

- SIMATIC Safety 编程和操作手册 - 组态和编程 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/54110126>)
- SINAMICS S120 Safety Integrated 功能手册 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/109760403>)

3.4 通过 SINUMERIK ONE 组件进行安全相关的处理

在 SINUMERIK Safety Integrated (F-PLC) 模式中，与安全相关的信号是在 F-PLC 的安全相关用户程序（即安全程序）中处理的。

- F-I/O 与 F-PLC 连接并直接通过 PROFIsafe 控制。
安全功能主要包含在安全程序（F-PLC）和故障安全输入和输出（F-I/O）中。
- 驱动集成的安全功能同样通过 PROFIsafe 控制：
DP Integrated 接口上的 PROFIsafe 报文（西门子报文 903）为此从 PLC 传输至 SINAMICS Integrated（DRIVE）。

状态和控制信息通过 SIC/SCC（Safety Info Channel / Safety Control Channel）在 SINUMERIK ONE 子组件（PLC、NC 和 SINAMICS Integrated）之间进行传输。

PROFIsafe 通讯只在安全组件之间进行。SINUMERIK ONE 以下子组件之间可进行 PROFIsafe 通讯：

- F-PLC，作为 PROFIsafe 主站
- SINAMICS Integrated (DRIVE)，作为 PROFIsafe 从站/设备
- F-I/O 作为 PROFIsafe 从站/设备

安全通讯内部处理的详细信息

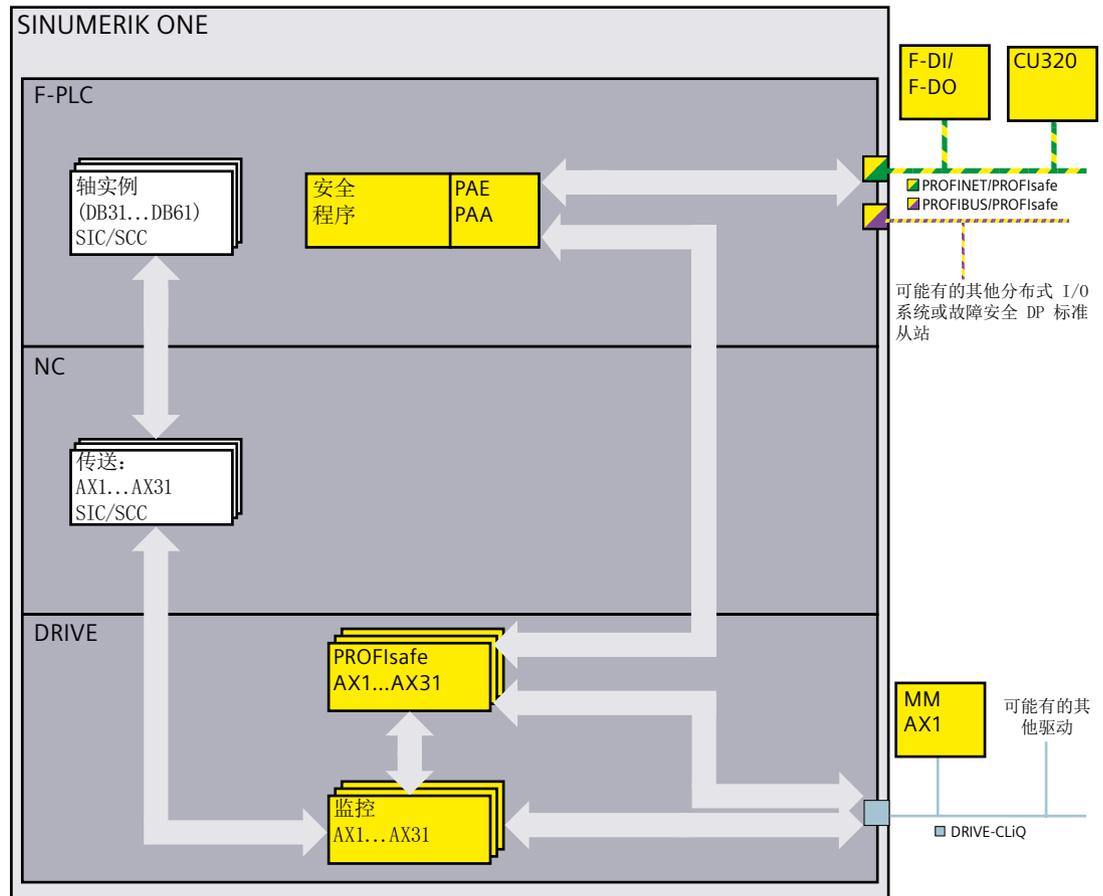


图 3-1 处理安全信息的组件图

表格 3-4 SINUMERIK ONE 子组件

<p>F-PLC</p> <p>■ PROFIsafe 主站</p>	<ul style="list-style-type: none"> 在安全相关用户程序（安全程序）中处理安全相关的内部和外部信号 参见：F-PLC 的安全程序 (页 63) 通过相应的轴实例（轴数据库 (LBP_Axis1 [DB31] ... LBP_Axis31 [DB61])) 处理状态和控制信号 (SIC/SCC) 参见：PLC 用户接口 (页 266)，SIC/SCC (页 265)
<p>NC</p>	<ul style="list-style-type: none"> 在 F-PLC 和 DRIVE 之间传递状态信息和控制信息（SIC/SCC，轴实例） 将 SINAMICS Integrated 信息缓冲器中的安全信息读入 NC 的报警缓冲器中

3.4 通过 SINUMERIK ONE 组件进行安全相关的处理

<p>HMI</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 显示 NC 报警缓冲器中安全相关的消息/报警 • 直接从驱动中读取并显示其他安全相关的诊断信息 • 有未处理的安全信息时，显示安全清除符号 • 显示 F-PLC 和 F-I/O 安全相关的诊断信息（报警） <p>参见：诊断 (页 413)</p>
<p>DRIVE (SINAMICS Safety Integrated) ■ PROFIsafe 从站</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 在由 NC 控制（DRIVE-CliQ 接口上）的驱动上执行安全相关的运动监控 参见：驱动集成的安全功能 (页 40) • 执行故障响应功能或用户安全功能

表格 3-5 I/O 和驱动

<p>F-I/O ■ PROFIsafe 从站</p>	<p>F-I/O 保证了安全现场信息的安全处理（传感器：例如：急停按钮，光帘；执行器：例如：电机控制）。进程安全功能可以通过用户安全功能或故障响应功能实现。</p> <p>参见：F-PLC 的安全程序 (页 63)、PROFIBUS DP 的 F-I/O (页 48)、PROFINET IO 的 F-I/O (页 48)</p>
<p>由 NC 控制的驱动</p>	<p>在各个进给轴和主轴上都能实现驱动自控的安全功能，这些功能可通过安全相关的输入/输出信号与进程通讯。</p> <p>参见：驱动集成的安全功能 (页 40)、驱动组件 (页 47)</p>

3.5 硬件组件

Safety Integrated 安全解决方案对硬件组件有特殊要求。

不管哪种安全功能范畴，都可以使用 PROFIBUS DP (页 48)或 PROFINET IO (页 48)的故障安全 SIMATIC I/O 和标准 I/O，而且使用方式就和 SIMATIC Safety 一样。

可以使用哪些驱动类型 (页 49)取决于是否使用了安全相关的编码器以及应使用哪种轴类型。

硬件组件

下图显示了带故障安全硬件组件的结构一览。

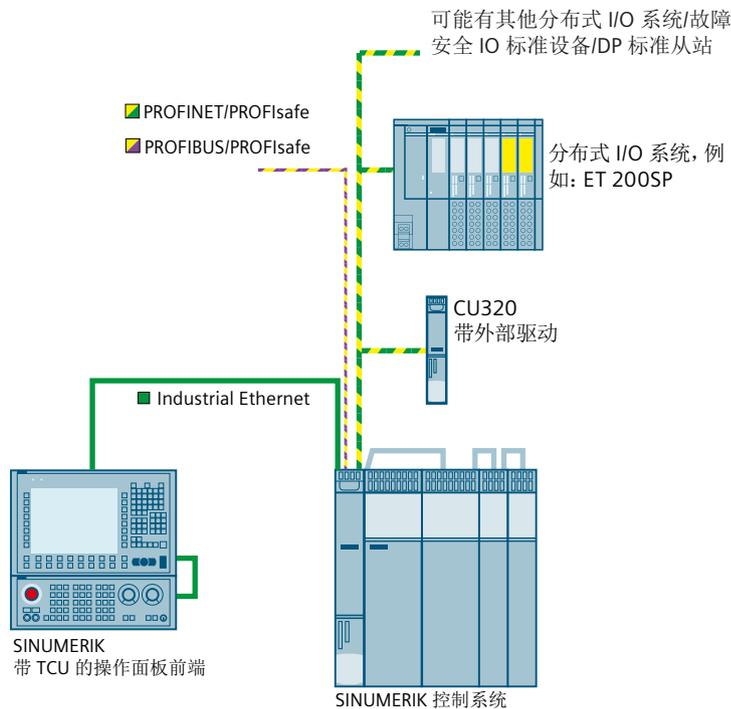


图 3-2 配置图：带有 Safety Integrated 的硬件结构

3.5.1 PROFIBUS DP 的 F-I/O

在 PROFIBUS DP 上，安全系统 SINUMERIK Safety 中可以使用以下故障安全组件：

- F-CPU，带 DP 接口
- 故障安全输入/输出（F-I/O），例如：
 - 故障安全模块 S7-1500/ET 200MP
 - 故障安全模块 ET 200SP
 - 故障安全模块 ET 200S
 - 故障安全模块 ET 200pro
 - 故障安全外设模块 ET 200AL
 - 故障安全模块 ET 200iSP
 - 故障安全外设模块 ET 200eco
 - 故障安全 DP 标准从站（光栅，激光扫描仪等）

您可以在该结构上增加标准 I/O。

3.5.2 PROFINET IO 的 F-I/O

可在 PROFINET IO 的安全系统 SINUMERIK Safety 中使用以下故障安全组件：

- F-CPU，带 PN 接口
- 故障安全输入/输出（F-I/O），例如：
 - 故障安全模块 S7-1500/ET 200MP
 - 故障安全模块 ET 200SP
 - 故障安全模块 ET 200S
 - 故障安全模块 ET 200pro
 - 故障安全模块 ET 200iSP
 - 故障安全外设模块 ET 200eco PN
 - 故障安全外设模块 ET 200AL
 - 故障安全 IO 标准设备（光栅，激光扫描仪等）

您可以在该结构上增加标准 I/O。

3.5.3 驱动组件

可以使用哪些驱动类型取决于是否使用了安全相关的编码器以及应使用哪种轴类型。

表格 3-6 支持的轴类型取决于驱动类型和所用的安全相关的编码器

	主轴	回转轴	线性轴
带编码器的异步电机	支持	支持	支持
不带编码器的异步电机	支持	不支持	不支持
带编码器的同步电机	支持	支持	支持
不带编码器的同步电机	不支持	不支持	不支持
带编码器的 SINAMICS HLA	不支持	不支持	是 ¹⁾
不带编码器的 SINAMICS HLA	不支持	不支持	不支持

¹⁾并不是所有 Basic 或 Extended Functions 都支持，参见 SINAMICS HLA (页 53)或 SINAMICS HLA (页 53)。

3.5.3.1 DRIVE-CLiQ 组件互联

原则上通用的 DRIVE-CLiQ 布线规则也适用于 Safety Integrated Functions。这些规则详见以下手册中的“DRIVE-CLiQ 布线规则”一章：

- SINAMICS S120 驱动功能功能手册 (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/109771805>)

此外，Safety Integrated 还适用以下这些规则：

Safety Integrated Basic Functions 的规则

- 通过 PROFIsafe 控制时每条 DRIVE-CLiQ 支路上最多允许有 4 个驱动器

Safety Integrated Extended Functions 的规则

- 周期时间为缺省设置（安全监控周期 = 12 ms；电流控制器周期 = 125 μs）时最多 6 根伺服轴；其中一条 DRIVE-CLiQ 支路中最多 4 根伺服轴
- 在以下周期时间时最多允许 6 根矢量轴。（Safety 监控周期为 12 ms；电流控制器周期为 500 μs）
- 一个双轴电机模块相当于 2 个 DRIVE-CLiQ 节点。

3.5 硬件组件

- 对于双轴电机模块而言（相当于两个驱动对象），即使在 p0115[0] 中的数值是不同的，p9511 中的数值也必须是相同的。
- 一条 DRIVE-CLiQ 支路上最多只能运行 4 个配备 Safety Extended Functions 的电机模块。此时应满足条件：所有轴上的 T_{IReg} （电流控制器采样时间）= 125 μ s。除 4 个配备 Safety Extended Functions 的电机模块以外，在一条 DRIVE-CLiQ 支路上还可运行下列模块：
 - 一个 Line Module，当 T_{IReg} （电流控制器采样时间） \geq 250 μ s 时
 - 一个 Motor Module，当 T_{IReg} （电流控制器采样时间） \geq 125 μ s 时
 - 以及最多 7 个 Sensor Modules 或 DRIVE-CLiQ 编码器

3.5.3.2 电机带/不带编码器时的监控

Safety Integrated 支持无编码器安全运行，仅适用于以下电机型号的主轴：

- 异步电机
- SIMOTICS A-1FU 系列同步电机
- 同步磁阻电机

电机不带编码器或者不带支持安全功能的编码器时，不是所有的 Safety Integrated 功能都能投入使用。

说明

定义：“不带编码器”

为方便说明，本手册中的“不带编码器”统一代指不带编码器和不带支持安全功能的编码器这两种情况。

在不带编码器的运行模式中，速度实际值是由测量出的电气实际值计算得出的。在不带编码器的运行模式中也可以进行速度监控。

Safety Integrated Functions 的配置以及带或不带编码器监控的选择在 SINUMERIK Operate 调试区域内完成。

支持哪些驱动自控的安全功能取决于所用的驱动组件（驱动类型和轴类型，必要时使用安全相关的编码器）。

表格 3-7 带或不带编码器的 Safety Integrated Functions

功能	组别	HLA	电子驱动		简要说明
			带编码器	不带编码器	
STO/SS1 Safe Torque Off/Safe Stop 1	Basic	x ³⁾	x	x	安全转矩关闭/符合 IEC 60204-1 停机类别 1 的安全停机。
SBC Safe Brake Control	Basic	-	x	x	安全制动控制
STO Safe Torque Off	Extended	x ³⁾	x	x ¹⁾	安全转矩关闭
SS1 Safe Stop 1	Extended	x ³⁾	x	x ¹⁾	符合 IEC 60204-1 停机类别 1 的安全停机。
SBC Safe Brake Control	Extended	-	x	x ¹⁾	安全制动控制
SOS Safe Operating Stop	Extended	x ³⁾	x	-	静止位置的安全监控
SS2 Safe Stop 2	Extended	x ³⁾	x	-	符合停机类别 2 的安全停机
SS2E 带外部停止的 SS2	Extended	x ³⁾	x	x ¹⁾	带外部停止的 SS2
SS2ESR Safe Stop 2 Extended Stop and Retract	Extended	x ³⁾	x	x ¹⁾	Safe Stop 2 扩展停止和回退
SLS Safely-Limited Speed	Extended	x ³⁾	x	x ¹⁾	安全限制速度
SSM Safe Speed Monitor	Extended	x ³⁾	x	x ¹⁾	安全转速监控
SAM Safe Acceleration Monitor	Extended	-	x	x ^{1, 2)}	安全加速监控

3.5 硬件组件

功能	组别	HLA	电子驱动		简要说明
			带编码器	不带编码器	
SBR Safe Brake Ramp	Extended	-	x	x ¹⁾	安全制动斜坡监控
SDI Safe Direction	Extended	x ³⁾	x	x ¹⁾	安全方向
SLP Safely-Limited Position	Extended	x ³⁾	x	-	安全限制位置
SP Safe Position	Extended	x ³⁾	x	x ¹⁾	安全位置
SLA Safely-Limited Acceleration	Extended	x ³⁾	x	-	安全限制加速
SBT (诊断功能) Safe Brake Test	Extended	-	x	-	安全制动测试 ⁴⁾
SCA Safe Cam	Extended	x	x	-	安全凸轮
安全齿轮级切换	Extended	-	x	-	-
SR 安全回参考点	Extended	-	x	-	安全回参考点

1) 只有以下电机才支持不带编码器的安全功能：

- 异步电机
- SIMOTICS A-1FU 系列的同步电机
- 同步磁阻电机

2) 仅在功能设置为“不带编码器的 Safety，带加速度监控”时。

3) 带 SINAMICS HLA 的无编码器安全运行既不支持 Basic Functions，也不支持 Extended Functions，另见 SINAMICS HLA。

4) SBT 是纯粹的**诊断功能**，但出于组织考虑被列入 Safety Integrated Extended Functions。

参见

驱动组件 (页 49)

SINAMICS HLA (页 53)

3.5.3.3 异步电机和同步电机

允许的编码器

电机带有 sin/cos 编码器和带 DRIVE-CLiQ 接口的编码器信号转换模块或编码器模块：SMC20、SME20/25/120/125。

允许的编码器列表参见西门子工业在线支持下的文章 ID 33512621 (<https://support.industry.siemens.com/cs/document/33512621?dti=0&dl=en>)。

3.5.3.4 SINAMICS HLA

带 HLA 的无编码器安全运行既不支持 Basic Function，也不支持 Extended Function。针对 SINAMICS HLA 的安全运行需要一个允许用于 SINAMICS HLA 的编码器类型。

说明

电气驱动和液压驱动说明的对比

在本调试手册 Safety Integrated 中，Safety Integrated Functions 是从电气驱动视角说明的。不过这些说明也大体适用于“液压”领域。驱动对象 HLA 的参数和信息请见 SINAMICS S120/S150 参数手册。

SINAMICS HLA 支持的编码器类型

SINAMICS HLA 支持下列编码器类型

- 单编码器系统
 - 安全配套的 DRIVE-CLiQ 编码器
 - 通过 SME20/25、SME120/125 或 SMC20 连接的 sin/cos 编码器（1Vss，纯模拟量信号处理）
- 双编码器系统
 - 带 DRIVE-CLiQ 接口的编码器
 - 通过 SME20/25、SME120/125 或 SMC20 连接的 sin/cos 编码器（1Vss，纯模拟量信号处理）

SINAMICS HLA 支持的 Basic Functions

SINAMICS HLA 支持以下 Safety Integrated Basic Functions:

- Basic Functions

该功能为驱动的标配功能，不需要额外的授权便可使用。这些功能始终可用。这些功能无需编码器，要使用编码器时对编码器型号也没有特殊要求。

- Safe Torque Off (STO)

“Safe Torque Off”是符合 EN 60204-1、可防止意外启动的安全功能。STO 可阻止向阀门提供能够产生力的电能，符合停止类别 0。

- Safe Stop 1 (SS1, 时间受控)

“Safe Stop 1”以“Safe Torque Off”功能为基础。使用此功能可实现 EN 60204-1 规定的 1 类停机。

该功能为驱动的标配功能，不需要额外的授权便可使用。

SINAMICS HLA 支持的 Extended Functions

SINAMICS HLA 支持以下 Safety Integrated Extended Functions:

- Safe Torque Off (STO)

“Safe Torque Off”是符合 EN 60204-1、可防止意外启动的安全功能。

- Safe Stop 1 (SS1, 时间和加速度受控)

“Safe Stop 1”以“Safe Torque Off”功能为基础。使用此功能可实现 EN 60204-1 规定的 1 类停机。

- Safe Operating Stop (SOS)

“Safe Operating Stop”用于防止电机意外运行。此时电机处于闭环控制中，没有从电源断开。

- Safe Stop 2 (SS2)

“Safe Stop 2”功能用于使阀门安全制动并使它随后过渡至“Safe Operating Stop” (SOS)。使用此功能可实现 EN 60204-1 规定的 2 类停机。

- 带外部停止的 Safe Stop 2 (SS2E)

带外部停止 (SS2E) 的安全功能“Safe Stop 2”用于安全制动电机。此时驱动不会自动使电机减速制动，而是跟踪转速设定值。

- Safe Stop 2 扩展停止和回退 (SS2ESR)

安全功能“Safe Stop 2 扩展停止和回退 (SS2ESR)”用于安全制动电机。此时驱动不会自动使电机减速制动，而是跟踪转速设定值。这也可以是快速回退运行。

- Safely-Limited Speed (SLS)

“Safely-Limited Speed”用于监控电机是否超出了预设的速度限值。

- **Safe Speed Monitor (SSM)**
“Safe Speed Monitor”功能用于安全检测电机在两个运行方向上是否低于速度限值，例如：检测电机速度是否低于静态监控限值。该功能会输出一个安全输出信号以进行后续处理。
- **Safe Direction (SDI)**
“Safe Direction”用于安全监控电机的运行方向。
- **Safely-Limited Acceleration (SLA)**
和 SLS 类似，“Safely-Limited Acceleration”监控加速度，在超限时动作。但 SLA 无法阻止短时间的加速度超限情况。
- **Safely-Limited Position (SLP)**
“Safely-Limited Position”用于确保电机在规定范围内运行，该范围可自由定义。
- **安全位置的传送 (SP)**
借助“安全位置 (SP)”功能变频器可将安全位置通过 PROFIsafe 传送给上级控制器。
- **Safe Cam (SCA)**
安全电子凸轮功能能确保实现单轴的安全范围识别或工作范围/保护范围限制。
这类功能要求额外的 Safety Integrated 功能 (页 56) 授权，

3.6 软件组件和授权

3.6.1 所需的软件组件

为了进行配置，需要选件包 STEP 7 Safety Advanced。此选件包集成在软件包“SIMATIC STEP 7 Professional V19”中。通过安装该选件包的许可证，便能立即使用软件。

工程设计系统：

- TIA Portal V19 或更高版本
- SIMATIC STEP 7 Professional V19
 - SIMATIC STEP 7 Safety Advanced V19
- SINUMERIK STEP 7 Toolbox V19 或更高版本

数控软件：

- SINUMERIK CNC 软件 V6.23
- SINUMERIK Operate V6.23

3.6.2 进给轴/主轴和 F-PLC 的授权

如要使用 Safety Integrated，除了需要 SIMATIC STEP 7 Safety Advanced (TIA Portal) 授权之外，还需要相应的 RT 功能的软件选件：

表格 3-8 使用 Safety Integrated 的软件选件

软件选件	订货号	用途
SINUMERIK ONE Safety Integrated - F-PLC	6FC5800-OBS60-0YB 0	使能 SINUMERIK 控制器中的 F-PLC，以便在安全程序中处理外部故障安全传感器和执行器。
SINUMERIK ONE Safety Integrated - 轴/主轴	6FC5800-OBK00-0YB 0	使用 SINUMERIK Safety Integrated (F-PLC) 模式中 SINAMICS Integrated 的运动控制功能。 可用于 1 根进给轴/主轴的许可证，需要多次授权，以便供更多的进给轴/主轴使用。
SINUMERIK ONE Safety Integrated - 多轴包	6FC5800-OBS61-0YB 0	使用 SINUMERIK Safety Integrated (F-PLC) 模式中 SINAMICS Integrated 的运动控制功能。 可用于任意多根进给轴/主轴的许可证

必须根据所使用的功能获得相应的软件选件授权认证并在机床数据中设置：

- OD19500 \$ON_SAFE_PLC_LOGIC: Safety Integrated - F-PLC 基本选件
- OD19121 \$ON_NUM_DRIVEBASED_SAFE_AXES: SINUMERIK Safety Integrated (F-PLC) 模式中的进给轴/主轴数量

有关授权的进一步信息：

有关授权的进一步信息请见：

SINUMERIK ONE 调试手册：用于配置和调试的工序 (<https://support.industry.siemens.com/cs/de/en/view/109777606>)

3.7 TIA Portal 中的组件和基本配置

3.7.1 TIA Portal 中的项目视图的结构

概述

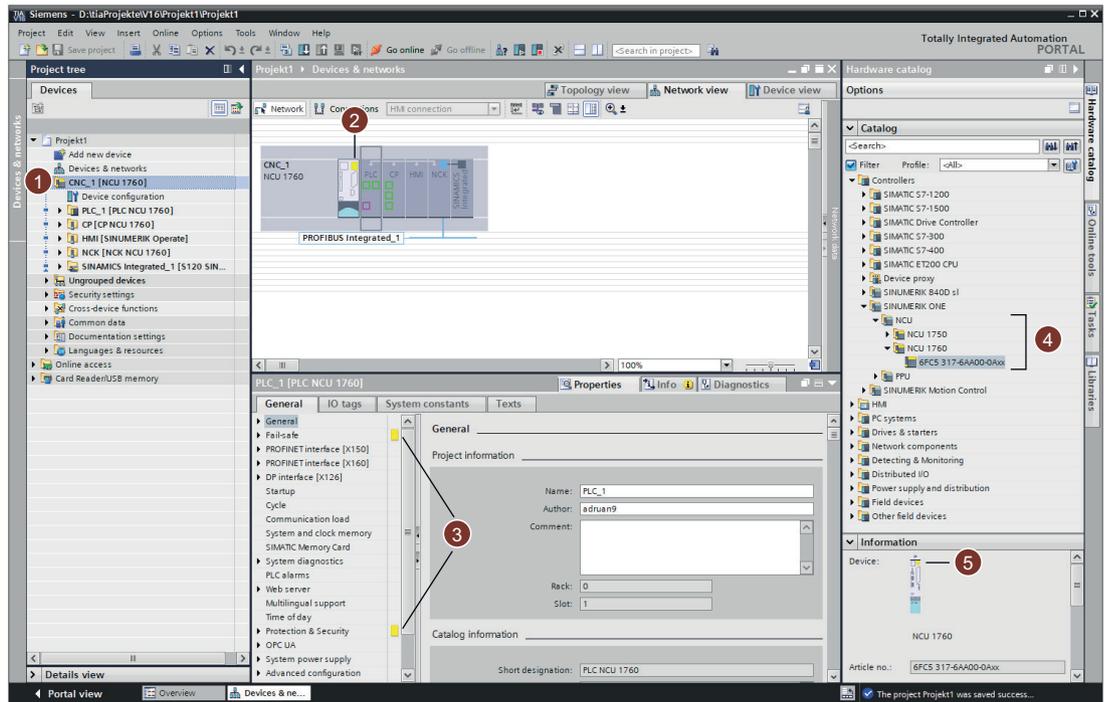
黄色标记标识出了 TIA Portal 中所有与安全相关的资源，例如以下视图中：

- 网络视图、设备视图、拓扑视图
- 项目导航
- 硬件目录
- 检视窗口或对象属性
- 程序编辑器

该标记方式也针对以下 SINUMERIK 组件：

- NCU
由于子组件 PLC 和 SINAMICS Integrated 支持 Safety Integrated 功能，因此，上级 NCU 被标记为安全相关的资源。
- 内置 PLC
- 内置的 SINAMICS Integrated
- NX

TIA Portal 中的安全组件标识



- ① 在项目导航中可查看项目中有哪些组件是安全组件。
- ② 在网络视图、设备视图或拓扑视图中，NCU 上会带有 Safety Integrated 标识，代表内置组件。外部设备（比如：NX）也会有自身的 Safety Integrated 标识。
- ③ 检视窗口“属性”中标记出了与安全相关的设置。
- ④ 硬件目录中既标记出了文件夹，又标记出了设备。添加之前便可知晓是否支持 Safety Integrated。
- ⑤ 在硬件目录信息区域也标记出了故障安全设备。

图 3-3 TIA Portal 中故障安全组件的标识方式

使用 Safety Integrated 时的急停按钮符号

如果激活了“SINUMERIK Safety Integrated (F-PLC)”模式并且使用了 PROFIsafe 报文，则在网络视图和拓扑视图中还会用一个急停按钮符号标识出所有带故障安全模块（PROFIsafe 报文）的设备：

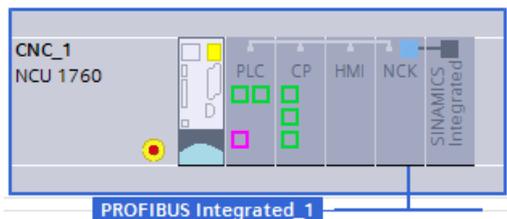


图 3-4 带急停按钮符号的 NCU

3.8 SafeUserData 概述

借助 SafeUserData (SUD) 可在 SINUMERIK 控制系统上通过 SINUMERIK 调试工具的 HMI 界面对安全功能的配置数据进行输入和保持性存储。配置数据通过 OEM 定义的 F-DB 提供给安全程序，并会在安全程序中进行评估分析和后续处理。

参见

SUD 程序部分集成到 TIA Portal 中 (页 95)

在 SINUMERIK 调试工具中配置 SafeUserData (页 323)

F-PLC 的安全程序

本手册中与 F-PLC、F-I/O、安全程序以及 SIMATIC Safety 相关的信息仅作为入门信息，只描述了它们在 SINUMERIK 上的特殊性。

说明

重要的附加信息

为节省空间，本手册里的信息不会包含 SIMATIC Safety 手册的完整内容。因此在安全程序编程时，请一并阅读 TIA Portal 在线帮助中关于 SIMATIC Safety 的说明或 SIMATIC Safety 组态和编程手册 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/54110126>)。

F-PLC 安全功能的原理

F-PLC 的安全功能主要在软件中实现。安全功能由安全系统执行，以便在出现设备危险情况时使设备进入安全状态或保持在安全状态。这些安全功能主要包含在以下组件中：

- 安全 PLC（即 F-PLC）中与安全相关的用户程序中（即安全程序）
- 在故障安全输入和输出中（即 F-I/O）
- 在驱动集成的安全功能中（驱动组件）

F-I/O 保证了安全现场信息的安全处理（传感器：例如：急停按键，光帘；执行器：例如：电机控制）。它包含了安全处理所需的所有安全功能软/硬件，且符合要求的安全等级。用户只能编程用户安全功能。进程安全功能可以通过用户安全功能或故障响应功能实现。当故障情况下的安全系统不能执行原来的用户安全功能时，便会执行故障响应功能：例如：相关的输出端被关闭，必要时，F-PLC 停止。

用户安全功能和故障响应功能示例

安全系统应在过压时打开阀门（用户安全功能）。出现 F-PLC 危险故障时，所有输出端都被关断（故障相应功能），因此，过压时阀门被关闭且其他执行器也会进入安全状态。安全系统完好无损时应该只会打开阀门。

安全程序

如果在 NCU 的属性 (页 275) 中激活了 Safety Integrated，还会激活 PLC 的安全性能并创建一个安全运行组。包含相关安全模块的安全运行组被称为“安全程序”。

在程序编辑器中创建安全程序。根据选件包中的指令、以编程语言梯形图或功能块图编程故障安全 FB 和 FC 并创建故障安全 DB。

编译安全程序时会自动进行安全检查，还会额外插入一些用于故障识别和故障响应的故障安全模块，如此能确保故障和错误都能识别出来并触发相应的响应，从而使安全系统保持在安全状态中或进入安全状态。

除了安全程序之外，F-PLC 中还会运行标准用户程序。F-PLC 中标准用户程序和安全程序可以共存，因为安全程序中的安全数据不会受到标准用户程序中数据的不利影响。

F-PLC 中标准用户程序和安全程序的数据交换 (页 120) 可通过位存储器、标准 DB 的数据或通过访问输入和输出中的过程映像进行。

更多信息

SIMATIC S7-1200/1500 安全编程简明手册 (<https://support.industry.siemens.com/cs/document/81318674/programming-guidelines-and-programming-styleguide-for-simatic-s7-1200-and-s7-1500?dti=0&lc=en-WW>)

4.1 安全程序的结构 (S7-1500)

程序结构图示

安全程序由一个或两个“安全运行组”构成。

每个安全运行组包含：

- 一些安全模块，利用梯形图或功能块图创建或从项目库或全局库中添加
- 一些自动添加的安全模块，比如：安全系统功能块 F-SB、自动生成的安全功能块、安全运行组信息数据块和安全 I/O 数据块

下图显示了 F-CPU S7-1500 一个安全程序（或安全运行组）的结构。

4.1 安全程序的结构 (S7-1500)

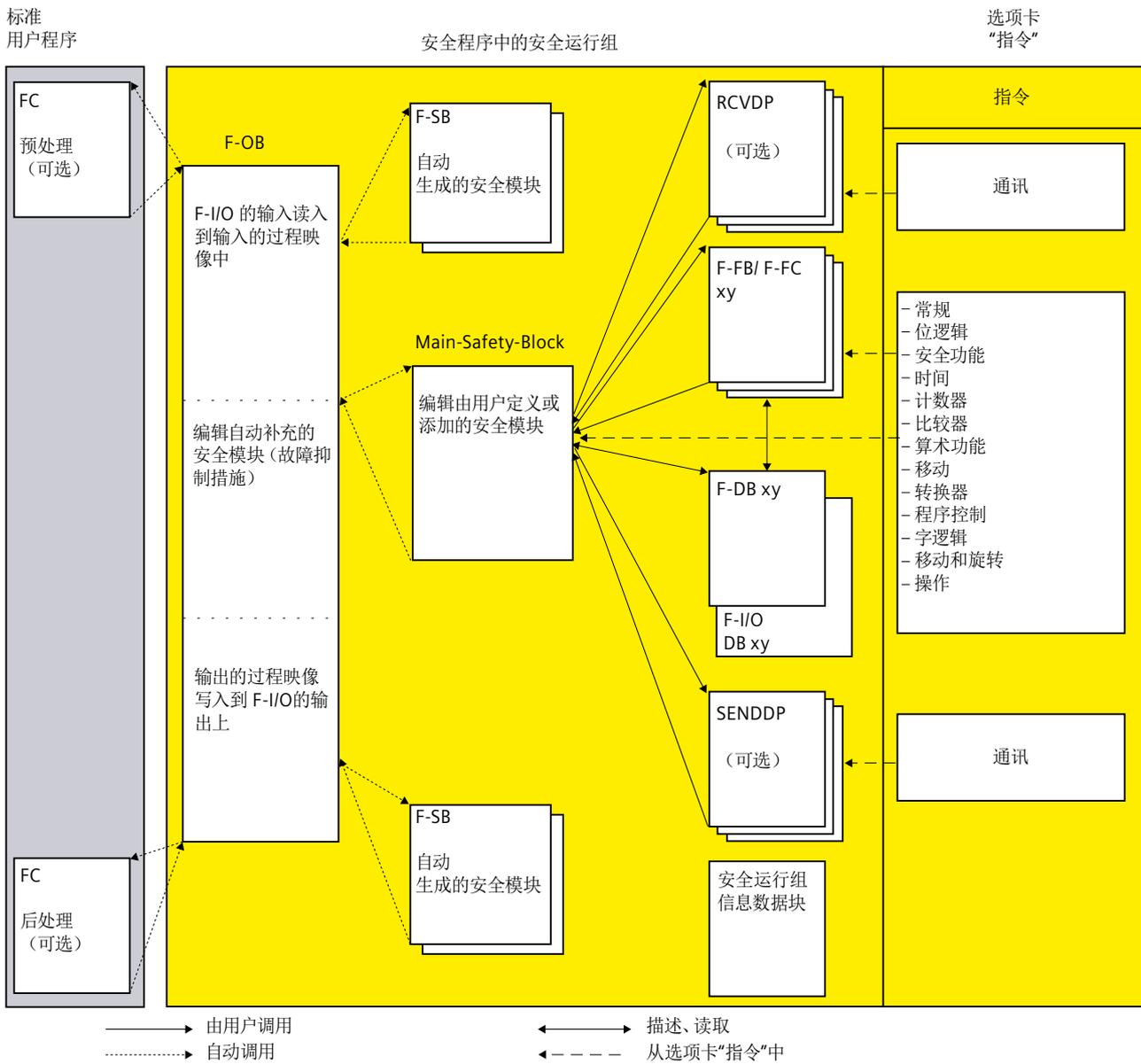


图 4-1 这是一张示意图，展示了 F-CPU S7-1500 上某个安全程序或安全运行组的结构。

Main-Safety-Block

Main-Safety-Block 是安全程序中需要您自行编程的第一个安全模块。

必须将 Main-Safety-Block 分配给某个安全运行组。

在 F-CPU S7-1500 中，Main-Safety-Block 由安全运行组对应的安全组织块（F-OB）调用。

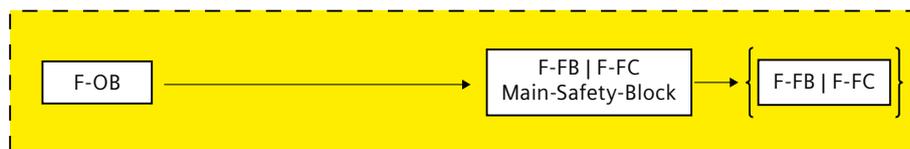


图 4-2 调用 Main-Safety-Block

安全运行组

安全程序是由一个或两个“安全运行组”构成，以便运行更稳定。安全运行组是由多个相关联的安全模块组成的、具有一定逻辑的结构，该结构在系统内部计算。

一个安全运行组由以下部分组成：

- 一个安全组织块（F-OB），它用于调用“Main-Safety-Block”
- Main-Safety-Block（指定给 F-OB 的 F-FB/F-FC）
- 一些情况下还有更多 F-FB/F-FC，它们通过梯形图或功能块图编程，并从 Main-Safety-Block 中调用
- 一些情况下还有一个或多个 F-DB
- F-I/O-DB
- 安全运行组信息数据块
- 项目库或全局库中的安全模块：
- 安全系统块（F-SB）
- 自动生成的安全模块

将安全程序分为两个安全运行组

可以将安全程序分为两个安全运行组。将安全程序的一部分（即一个安全运行组）归入一个更快的执行级上运行，安全回路的响应速度会变得更快。

安全程序的模块类型

在激活“SINUMERIK Safety Integrated (F-PLC)”模式后，会自动创建一个包含所有对应功能块的安全运行组：

- 主调模块：FOB_RTG1
- Main-Safety-Block：Main_Safety_RTG1
- Main-Safety-Block 的 I-DB：Main_Safety_RTG1_DB

4.1 安全程序的结构 (S7-1500)

说明

创建默认安全程序

在 STEP 7 安全设置中可定义是否自动创建安全程序：

确定安全运行组的操作步骤 (页 87)

4.2 故障安全功能块

一个安全运行组中的安全模块

下表列出了一个安全运行组中使用的安全模块：

安全模块	功能
Main-Safety-Block	Main-Safety-Block 是安全程序的开头。 在 F-CPU S7-1500 中，Main-Safety-Block 是一个 F-FC 或 F-FB（包含背景数据块），由 F-OB 调用。
F-FB/F-FC	既可在 Main-Safety-Block 中，也可以在其他 F-FB 和 F-FC 中进行如下操作： <ul style="list-style-type: none">• 利用安全模块的梯形图、功能块图指令编程安全程序• 调用其他已创建的 F-FB/F-FC，来构建安全程序• 从项目库或全局库中添加安全模块
F-DB	可选择使用的安全数据块，在整个安全程序内均可对其进行读写访问。
F-I/O-DB	配置 F-I/O 时，系统会自动为每个 F-I/O 创建一个 F-I/O-DB。只有在访问 F-I/O 时才能访问 F-I/O-DB 的变量。
安全运行组数据块	在创建一个安全运行组时，会创建一个安全运行组信息数据块。 该数据块包含了一些关于安全运行组和整个安全程序的信息。

说明

不允许将“系统模块”文件夹中的安全系统模块添加至 Main-Safety-Block/F-FB/F-FC。

安全程序的指令

在选项卡“指令”中，会根据使用的 F-CPU 型号列出所有编写安全程序时需要的指令。

这里有标准用户程序中常用的一些指令，比如：位逻辑运算、算数功能、程序控制功能和字逻辑运算。

另外，还有一些涉及安全功能的指令，比如：双手操作、误差分析、暂时失效（Muting）、急停、防护门监控、反馈回路监控和 F-CPU 之间的安全通讯指令。

更多信息

有关安全程序指令的详细说明参见“安全程序的指令(页 84)”章节。

4.3 Safety Administration Editor

简介

Safety Administration Editor 分为以下几个部分：

- 常规
- 安全运行组 (页 86)
- 安全模块 (页 74)
- 符合安全的 PLC 数据类型
- 访问保护
- 网络服务器 F-Admins
- 设置
- Flexible F-Link

“Safety Administration Editor”在项目导航中的“SINUMERIK Safety Integrated (F-PLC)”模式中提供。

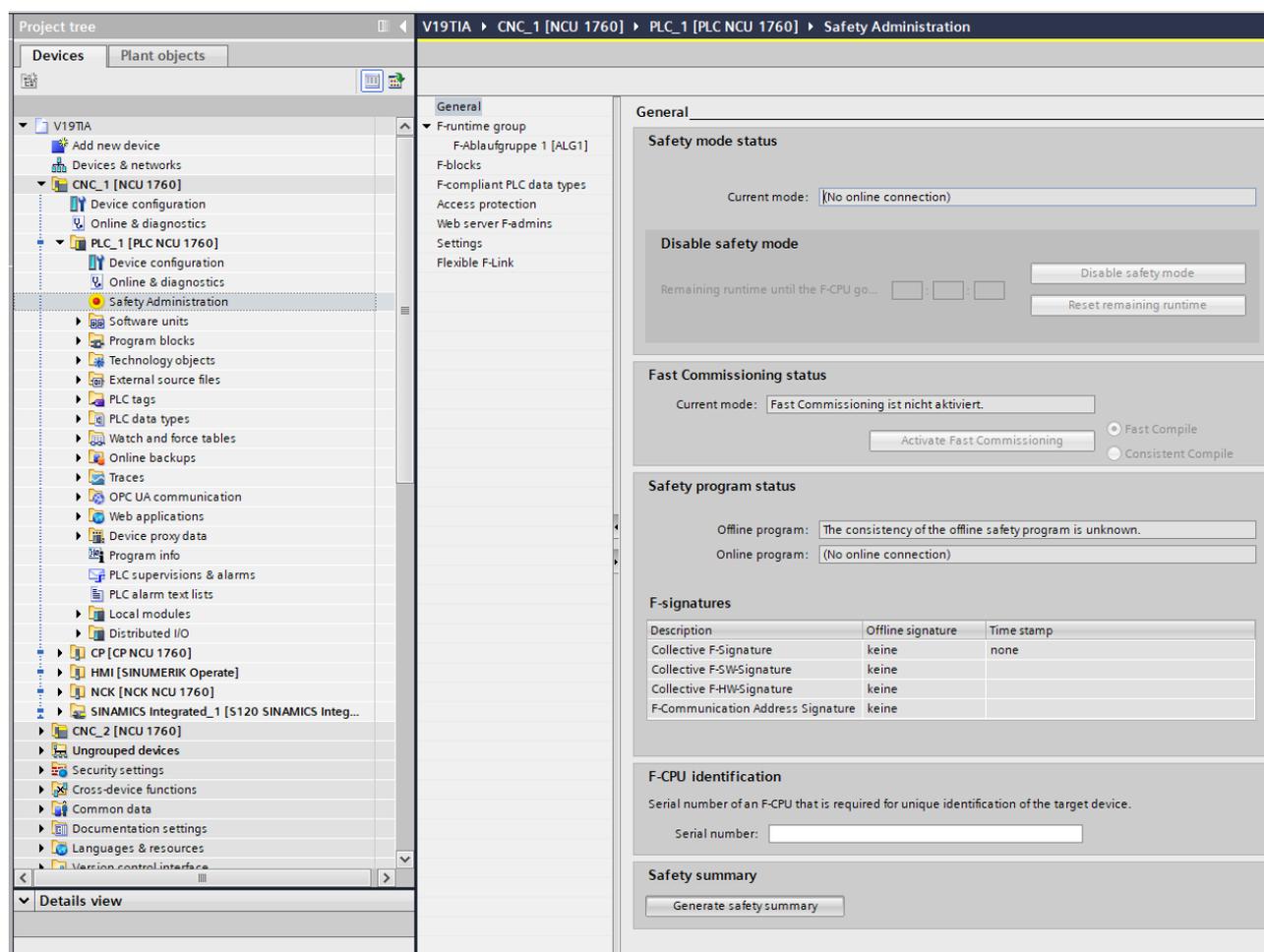


图 4-3 Safety Administration Editor

Safety Administrator Editor 在执行以下任务时提供支持：

- 显示安全运行的状态
- 取消安全运行
- 显示和更改快速调试的状态
- 显示安全程序的状态
- 显示安全全局签名
 - F-SW 全局签名
 - F-HW 全局签名 (S7-1500)
 - 安全通讯地址签名
- 确定和更改用于识别 F-CPU 的序列号
- 创建安全文档
- 创建/组织安全运行组

4.3 Safety Administration Editor

- 显示关于安全块的信息
- 显示安全相关的 PLC 数据类型 (UDT)
- 关于具有 F-Admin 管理权限用户的说明
- 确定/更改存取保护
- 确定/更改安全程序的通用设置
- 建立/显示/删除使用 Flexible Link 协议的安全通讯

F-CPU 标识

在“F-CPU 标识”中输入需要加载安全程序的 F-CPU 的序列号。该序列号用于确保接入网络中正确的 F-CPU。如果在将程序加载到 F-CPU 时没有填入该序列号，则需要在“加载预览”对话框中确认序列号，以继续加载程序。确认的序列号会自动填入该字段。

F-I/O-DB 的名称

您可以自行确定，是否在显示 F-I/O-DB 名称时带上前缀（外设/模块的地址）。默认显示前缀。

说明

带前缀的 F-I/O-DB

只要不改变地址分配，程序块的名称便不会受轴-驱动对应关系变化的影响。您无需更改安全程序。

按照以下步骤更改默认设置：

1. 在项目导航器中点击“Safety Administration”。
2. 在“设置”窗口的“系统生成的对象”条目下勾选选项“创建不带前缀的 F-I/O-DB”。

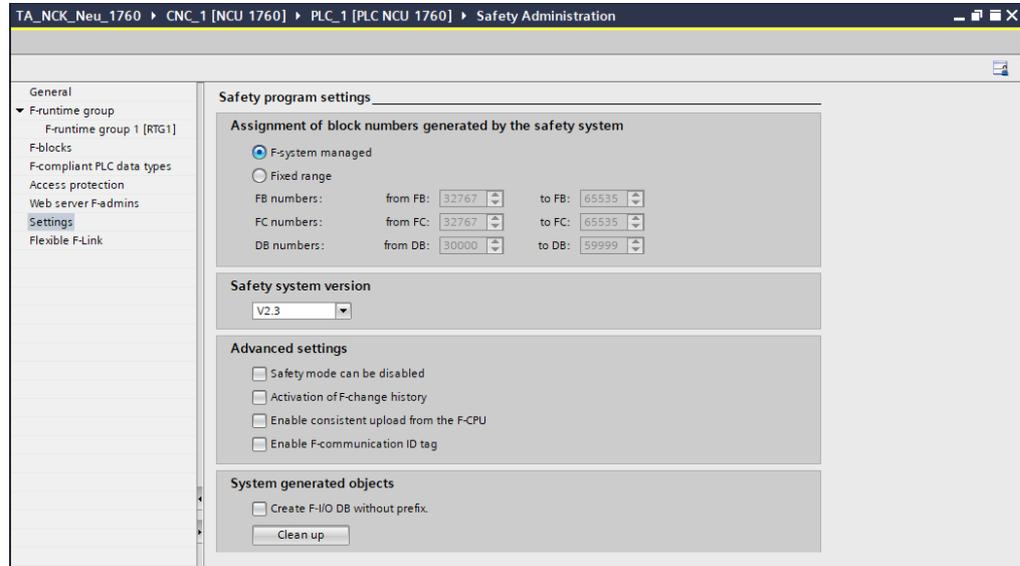


图 4-4 安全程序的设置 - 系统生成的对象

示例：

- 带前缀：例如 F06700_DriveAxis01FIODB
- 无前缀：例如 DriveAxis01FIODB

更多信息

更多信息参见 SIMATIC STEP 7 Safety Advanced 帮助信息中的“Safety Administration Editor”一章。

4.3 Safety Administration Editor

4.3.1 安全块的组签名

安全块的组签名也可以显示在安全管理编辑器中。可以通过导航条目“安全块”调用相应的掩码。

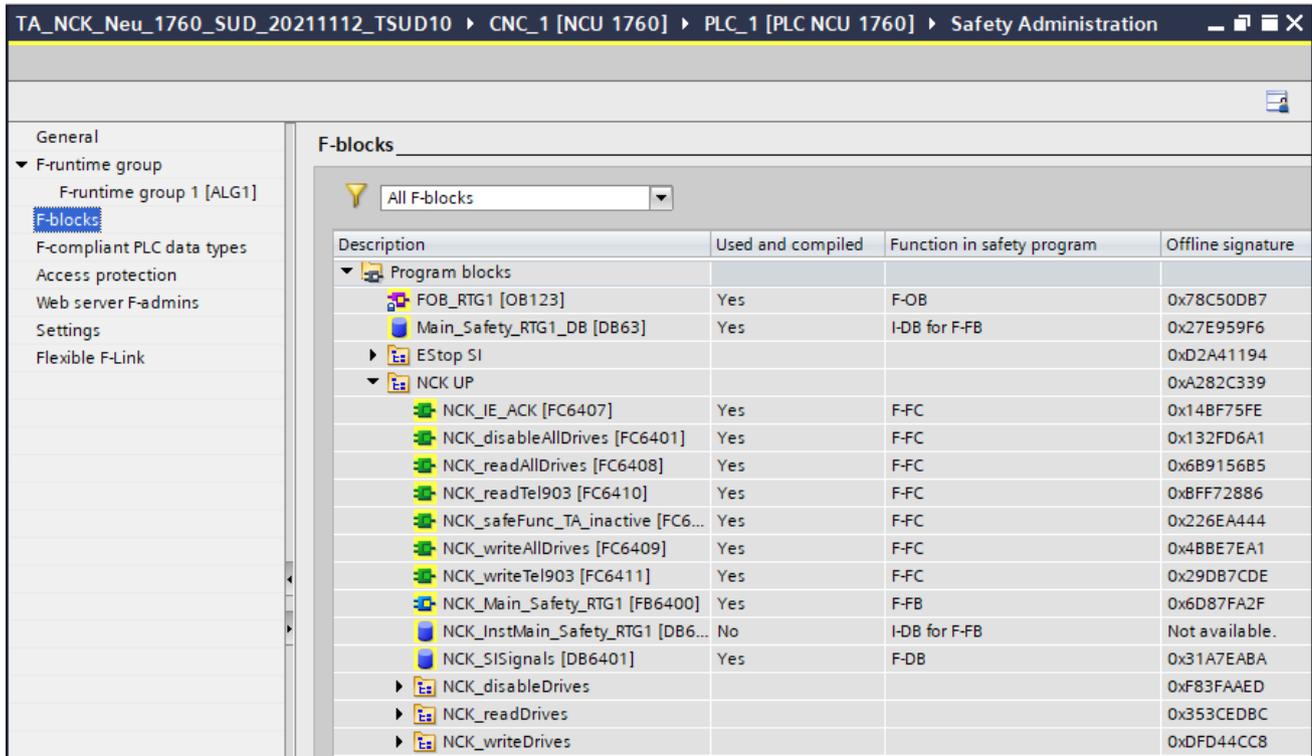


图 4-5 示例：组签名 ONE

组签名由包含的安全块和子组的安全块的签名构成。

安全程序中必须使用考虑的安全块。

显示至多第 6 层级的组签名。

4.4 梯形图和功能块图编程语言中的限制

编程语言：梯形图、功能块图

通常，F-CPU 中的用户程序是由一个标准用户程序和一个安全程序构成的。

标准用户程序是使用标准编程语言创建的，例如：SCL（结构化控制语言）、STL（语句表）、LAD（梯形图）或 FBD（功能块图）。

对于安全程序而言，梯形图和功能块图可能在指令、可用的数据类型及操作数范围这些方面有些限制。另请注意关于各个指令限制条件的说明。

支持的指令

支持的指令请参见指令说明（安全程序的指令（页 84））。

说明

使能输入 EN 或使能输出 ENO 不允许连接在一起。

例外：

在以下指令上可以通过接入一个使能输出 ENO 来编写上溢标识：

- ADD（加法器）
 - SUB（减法器）
 - MUL（乘法器）
 - DIV（除法器）
 - NEG（求 2 的补码）
 - ABS（取绝对值）
 - CONVERT（取反数值）
-

支持的数据类型和参数类型

仅支持以下数据类型：

- BOOL
- INT
- WORD
- DINT
- TIME

4.4 梯形图和功能块图编程语言中的限制

- ARRAY, ARRAY[*]: 仅限指令 RD_ARRAY_I (从 INT F-Array 中读值) 和 D_ARRAY_DI (从 DINT F-Array 中读值)。

限制:

- ARRAY, 仅限全局安全数据块
 - ARRAY 限值: 0 到最大 10000
 - ARRAY[*], 仅限 F-FC 和 F-FB 中的输入输出参数 (InOut)
 - ARRAY of UDT
 - ARRAY of Bool
 - ARRAY of Word
 - ARRAY of Time
- S7-1500 安全相关的 PLC 数据类型 (UDT)

说明

如果指令结果位于数据类型允许的范围之外, 则 F-CPU 进入“STOP”状态。F-CPU 的诊断缓冲器中会输入诊断事件的原因。

因此, 在程序创建时便要遵守数据类型允许的范围或者选择合适的数据类型或者使用 ENO 输出。

请注意各个指令的说明。

不允许的数据类型和参数类型

不允许的类型如下:

- 所有未在支持的数据类型和参数类型章节中列出的类型 (例如: BYTE、REAL)
- 组合数据类型 (例如: STRING、STRUCT)
- 参数类型 (例如: BLOCK_FB、BLOCK_DB、ANY)

支持的操作数范围

F-CPU 的系统存储器和标准 CPU 一样分为同样的操作数范围。在安全程序中可以访问下表中列出的操作数范围。

表格 4-1 支持的操作数范围

操作数范围	说明
输入端过程映像	
<ul style="list-style-type: none"> F-I/O 	<p>F-I/O 的输入通道为只读通道。</p> <p>因此，也不允许传送到 F-FB 或 F-FC 的输入输出 (IN_OUT) 参数。</p> <p>在启动 Main-Safety-Block 之前，F-I/O 的输入端过程映像会进行更新。</p>
<ul style="list-style-type: none"> 标准 I/O 	<p>标准 I/O 的输入通道是只读通道。</p> <p>因此，也不允许传送到 F-FB 或 F-FC 的输入输出 (IN_OUT) 参数。</p> <p>此外，需要进行过程特定的有效性检查。</p> <p>标准 I/O 的输入端过程映像的更新时间点参见 <i>STEP 7 的帮助</i>。</p>
输出端过程映像	
<ul style="list-style-type: none"> F-I/O 	<p>F-I/O 的输出通道是只写通道。</p> <p>因此，也不允许传送到 F-FB 或 F-FC 的输入输出 (IN_OUT) 参数。</p> <p>F-I/O 输出端的值在安全程序中计算，并保存在输出端过程映像中。</p> <p>在 Main-Safety-Block 运行之后，F-I/O 的输出端过程映像会进行更新。</p>
<ul style="list-style-type: none"> 标准 I/O 	<p>标准 I/O 的输出通道是只写通道。</p> <p>因此，也不允许传送到 F-FB 或 F-FC 的输入输出 (IN_OUT) 参数。</p> <p>必要时，标准 I/O 输出端的值也会在安全程序中计算，并保存在输出端过程映像中。</p> <p>标准 I/O 的输出端过程映像的更新时间点参见 <i>STEP 7 的帮助</i>。</p>

4.4 梯形图和功能块图编程语言中的限制

操作数范围	说明
位存储器	<p>该范围用于和标准用户程序进行数据交换。</p> <p>此外，读取访问需要进行过程特定的有效性检查。</p> <p>对于存储器位，可以在安全程序中进行读取访问或写访问。</p> <p>因此，也不允许传送到 F-FB 或 F-FC 的输入输出 (IN_OUT) 参数。</p> <p>请注意，存储器位只能用于连接标准用户程序和安全程序；不能将其用作安全数据的缓冲区。</p>
数据块	
<ul style="list-style-type: none"> F-DB 	<p>数据块用于存储程序信息。可以将其定义为全局数据块，以便所有 F-FB/F-FC/Main-Safety-Block 都能访问它；或者将它指定给特定的 F-FB/Main-Safety-Block（即背景数据块）。此时，只能从一个安全运行组中访问全局数据块的某个变量，或者只能从调用对应的 F-FB 或对应指令的安全运行组中访问某个背景数据块。</p>
<ul style="list-style-type: none"> DB 	<p>该范围用于和标准用户程序进行数据交换。</p> <p>此外，读取访问需要进行过程特定的有效性检查。</p> <p>安全程序中的 DB 变量要么设为写访问，要么设为读访问。</p> <p>因此，也不允许传送到 F-FB 或 F-FC 的输入输出 (IN_OUT) 参数。</p> <p>注意 DB 变量只能用于标准用户程序和安全程序之间的耦合，DB 不允许用作安全数据的中间存储器。</p>
临时性本地数据	<p>本存储区域用于保存在执行某（安全）程序块期间所需的一些（安全）程序块临时变量。本地数据堆栈也可用于传送一些块参数、保存中间结果。</p>

数据类型转换

和标准用户程序一样，安全程序也有两种数据类型转化方式：

- 隐性转化

隐形转化和在标准用户程序中一样，有以下限制条件：原始数据类型的位长度必须和目标数据类型的位长度一致。
- 显性转化

在开始执行真正的指令前，使用显性转化指令。

Slice 访问

在安全程序中不允许 Slice 访问。

不允许的操作数范围

“不允许”指不允许通过表中未列明的数据单位访问，也指不允许访问未列明的操作数范围，特别是访问：

- 自动补充的数据块
例外：F-I/O 数据块和 F 运行组信息数据块中定义的变量
- I/O 区域：输入端
- I/O 区域：输出端

布尔常数“0”或“FALSE”和“1”或“TRUE”（S7-1500）

在调用程序块时，F-CPU S7-1500 上可以使用布尔常数“0”或“FALSE”和“1”或“TRUE”来提供参数。

“1”或“TRUE”也可以通过“赋值”指令在一个变量中生成。

在功能块图中保持“赋值”指令方框的输入为“未连接”。在梯形图中直接将输入连接到电流排上。

然后通过指令“取反逻辑运算结果”获得值为“0”或“FALSE”的变量。

功能块图示例：

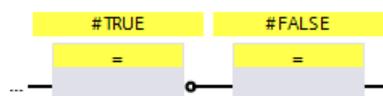


图 4-6 功能块图示例

梯形图示例：

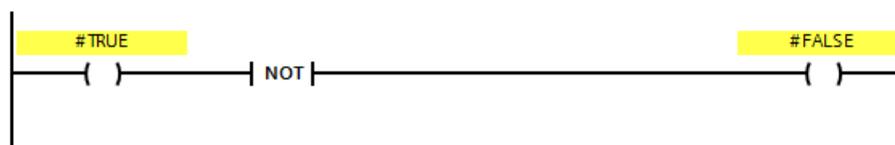


图 4-7 梯形图示例

临时性本地数据的操作范围：特殊性

说明

使用操作数范围“临时性本地数据”时要注意，首次访问 Main-Safety-Block/F-FB/F-FC 中的本地数据时必须始终进行写访问，只有这样才能初始化本地数据。

注意，临时性本地数据的初始化要在执行第一个指令 JMP、JMPN 或 RET 之前完成。

在功能块图编程语言中，最好使用赋值指令（“=”）初始化“本地数据位”；在梯形图编程语言中，使用指令（“--()”）初始化。将信号状态“0”或“1”作为布尔常数分配给本地数据位。

不能通过指令 Flipflop（SR、RS）、设置输出（S）或复位输出（R）初始化本地数据位。

不注意时会导致 F-CPU 进入“STOP”状态。F-CPU 的诊断缓冲器中会记录诊断事件的原因。

“全面授权的 DB 访问”

对 F-FB/F-FC 中某个数据块的变量的访问是“全面授权的 DB 访问”。这同样适用于跳转标记后首次访问数据块的变量。

“全面授权的 DB 访问”的示例：

为 F-DB 指定一个名称，例如“FData1”。使用在 F-DB 声明中指定的名称，而不是绝对地址。

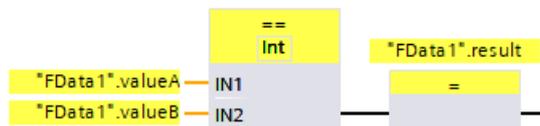


图 4-8 全面授权访问示例

访问背景数据块

可以全面授权访问 F-FB 的背景数据块，以便完成块参数传递等任务。但不允许访问其他 F-FB 的单背景或多重背景数据块中的静态本地数据。

注意，访问不在安全程序中调用的 F-FB 的背景数据块会导致 F-CPU 进入“STOP”状态。

说明

在对 F-FB 背景数据块的全局访问进行编程时，注意要在安全程序中调用相应的 F-FB。

4.5 安全相关的 PLC 数据类型 (UDT)

简介

安全相关的 PLC 数据类型 (UDT) 的声明和使用方式和标准的 PLC 数据类型一样。安全相关的 PLC 数据类型 (UDT) 无论是在安全程序还是在标准用户程序中都可以使用。

本章将介绍它和标准 PLC 数据类型 (UDT) 的不同之处。

关于标准 PLC 数据类型 (UDT) 的使用和声明的详细信息请参见 STEP 7 帮助信息中的“声明 PLC 数据类型”一章。

安全相关的 PLC 数据类型 (UDT) 的声明

安全相关的 PLC 数据类型 (UDT) 的声明方式和标准的 PLC 数据类型 (UDT) 一样。

安全相关的 PLC 数据类型 (UDT) 涵盖了所有也可以在安全程序中使用的数据类型 (页 75)，例外：ARRAY。

按如下步骤，进行数据声明：

1. 单击项目导航栏中文件夹“PLC 数据类型”下的“添加新数据类型”。
2. 勾选对话框“添加新数据类型”中的选项“创建安全相关的 PLC 数据类型”，以创建一个安全相关的 PLC 数据类型 (UDT)。
3. 按照 STEP 7 帮助中关于“编程 PLC 数据类型的结构”的说明，继续后续步骤。

安全相关的 PLC 数据类型 (UDT) 的默认值在声明时确定。

安全相关的 PLC 数据类型 (UDT) 的使用

安全相关的 PLC 数据类型 (UDT) 的使用方式和标准的 PLC 数据类型 (UDT) 一样。

安全相关的 PLC 数据类型的嵌套深度

与标准 PLC 数据类型相比，安全相关的 PLC 数据类型的嵌套深度会受到一定的限制（最大嵌套深度 = 8）。嵌套深度会受程序块调用链的影响，在该调用链中对安全相关的 PLC 数据类型变量进行了声明。F-FC 调用级的增加或多重实例 F-FB 的使用，都会减少所使用的安全相关的 PLC 数据类型的最大嵌套深度。多重实例 F-FB 的使用相当于增加了调用级数。

如果在全局安全数据块中声明了一个嵌套安全相关的 PLC 数据类型的变量，那么其最大嵌套深度为 7。

4.5 安全相关的 PLC 数据类型 (UDT)

示例 1

Main-Safety-Block (1 级) 调用了一个作为多重实例的 F-FB (2 级)，此块又继续调用了一个 F-FC (3 级)，在该块中又声明了一个嵌套安全相关的 PLC 数据类型的变量。此时，由该变量使用的安全相关的 PLC 数据类型的最大嵌套深度即为 5。

示例 2

Main-Safety-Block 调用了一个作为单实例的 F-FB (1 级)，此块又继续调用了一个 F-FC (2 级)，在该块中又声明了一个嵌套安全相关的 PLC 数据类型的变量。此时，由该变量使用的安全相关的 PLC 数据类型的最大嵌套深度即为 6。

安全相关的 PLC 数据类型 (UDT) 的修改

只有掌握安全程序的密码，才可以修改安全相关的 PLC 数据类型 (UDT)，不管是在一个安全块中使用它还是在标准程序块使用它，或者根本不使用它。

4.5.1 将 F-I/O 输入和输出的 PLC 变量整理为一定数据结构 (S7-1500)

和标准 I/O 的输入、输出一样，也可以将 F-I/O 输入和输出的 PLC 变量整理为一定数据结构，即构建“STRUCT 型 PLC 变量”。

为此须使用安全相关的 PLC 数据类型 (UDT)。

规则

在为 F-I/O 输入和输出构建 STRUCT 型 PLC 变量时，除了适用于标准 I/O 的规定外，还要注意以下一些额外的规定：

- STRUCT 型 PLC 变量不能同时涵盖标准 I/O 和 F-I/O。
- STRUCT 型 PLC 变量只能涵盖实际存在的通道（通道值和值状态）中的输入和输出。
另见访问 SI 驱动和 F-I/O (页 116)
- STRUCT 型 PLC 变量只能涵盖在硬件配置中激活的通道（通道值和值状态）中的输入和输出。
另见访问 SI 驱动和 F-I/O (页 116)
- STRUCT 型 PLC 变量只能涵盖在硬件配置中符合以下要求的通道（通道值和值状态）中的输入和输出：在设置了“1oo2 (2v2) 编码器双检测回路”时提供 1oo2 (2v2) 编码器双检测回路结果的通道。
另见访问 SI 驱动和 F-I/O (页 116)
- STRUCT 型 PLC 变量应涵盖一个 F-I/O 的所有输入和输出。在划分多个 STRUCT 型 PLC 变量时，只能按照 16 位的倍数进行。这也适用于嵌套安全相关的 PLC 数据类型 (UDT) 的情况。参见适用于标准 I/O 的规定。
不注意时会导致 F-CPU 进入“STOP”状态。F-CPU 的诊断缓冲器中会记录诊断事件的原因。
- 一个涵盖 F-I/O 输出的 STRUCT 型 PLC 变量不允许和其他 PLC 变量有重叠。
不注意时会导致 F-CPU 进入“STOP”状态。F-CPU 的诊断缓冲器中会记录诊断事件的原因。

说明

为符合上述规定，必须相应地声明用于 STRUCT 型 PLC 变量的、安全相关的 PLC 数据类型。

可通过 F-I/O 配置下的选项卡“IO 变量”，来了解 STRUCT 型 PLC 变量占用的地址。

4.6 安全程序的指令

任务卡“指令”下列明了编程安全功能块所需的全部指令，使用这些指令可以为已配置的 F-PLC、以梯形图或功能块图方式编程安全功能块。这些指令的背景色为黄色，与其他安全相关的功能一样。

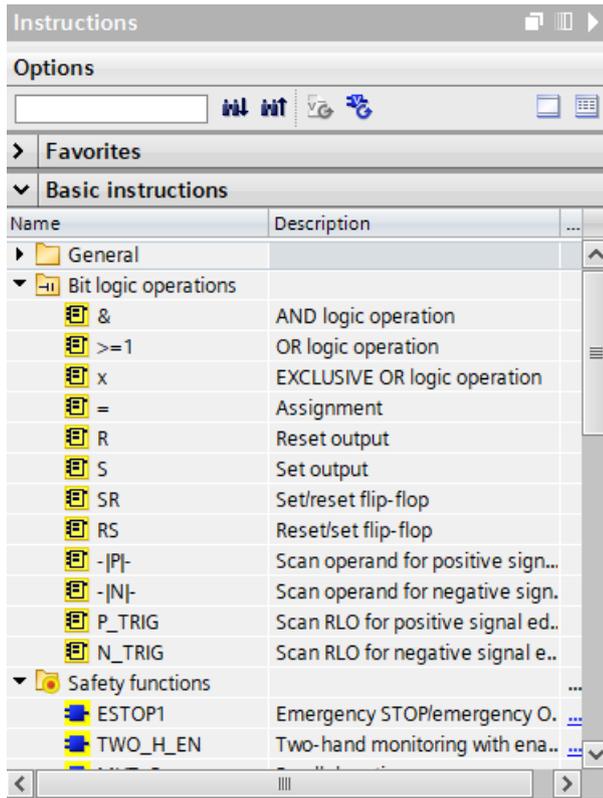


图 4-9 选项卡“指令”

除了已知的指令之外还有其他特定的安全功能，例如：双手监控、误差分析、暂时失效（Muting）、ESTOP、防护门监控和反馈电路监控。

更多信息

有关安全程序指令的详细说明参见 SIMATIC Safety 编程和操作手册 - 组态和编程 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/54110126>)。

或者可以直接在 TIA Portal 中通过指令的提示框查看该说明。

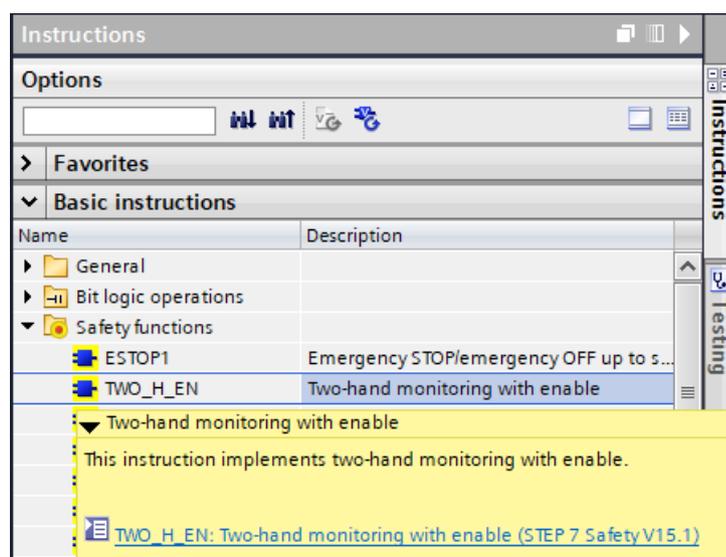


图 4-10 指令的浮动提示框

4.7 安全运行组

4.7.1 安全程序的安全运行组的规则

规则

请注意以下几点：

- 只允许从唯一的安全运行组中访问 F-I/O 的通道（通道值和值状态）。
- 只允许从一个安全运行组并且只能从该安全运行组访问 F-I/O 的 F-I/O-DB 的变量，从该运行组中还能访问通道或该 F-I/O 的值状态（如果可以访问的话）。
- F-FB 可在多个安全运行组中使用，但是必须以不同的背景数据块调用。
- 只能从能调用相关 F-FB 的安全运行组中访问 F-FB 的背景数据块。
- 只允许从安全运行组访问全局 F-DB 的某个变量。但是一个全局 F-DB 可在多个安全运行组中使用。
- 不允许手动调用 Main-Safety-Block。它由指定的 F-OB 来自动调用。

说明

F-OB 作为技术秘密（Know-how）被安全系统保护。因此，F-OB 中的 OB 启动信息无法被评估。

- F-OB 最好以所有 OB 中的最高优先级创建。

说明

F-OB 的循环时间会受一些因素的影响而延长，比如：通讯负载、处理更高优先级的报警以及执行测试和调试功能。

- 允许从多个安全运行组中对标准用户程序中的标准 I/O 输入端和输出端的过程映像、位存储器和数据块的变量进行读/写访问。
- 一般来说，F-FC 也能在多个安全运行组中调用。

说明

将和安全功能无关的部分都统一放在标准用户程序中编程，便能提高性能。

在权衡是在标准用户程序中还是在安全程序中编程时，以标准用户程序能更简单地更改并能加载到 F-CPU 为目标。通常，标准用户程序的更改不强制要求验收。

4.7.2 确定安全运行组的操作步骤

一个安全运行组包含了一个用于调用 Main-Safety-Block (FB 或 FC) 的程序块 (F-OB)。

自动创建安全程序

如果激活了“SINUMERIK Safety Integrated (F-PLC)”模式，系统会自动创建一个安全运行组。

可通过菜单“工具 > 设置 > STEP 7 Safety”调整该特性。

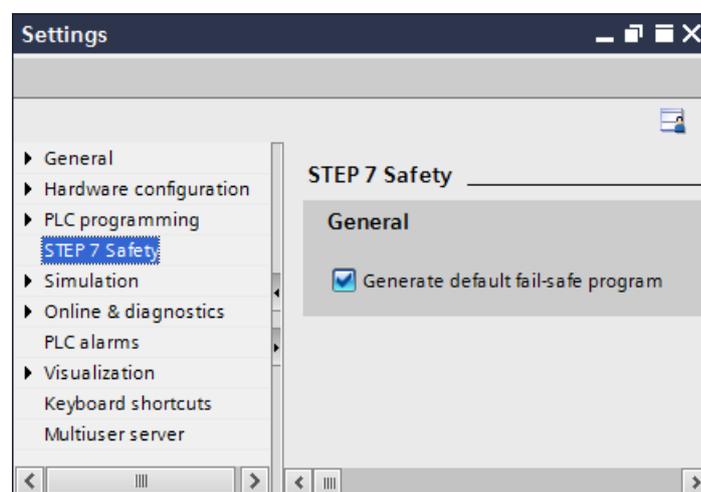


图 4-11 STEP 7 Safety 设置

安全块的保存

安全运行组中自动创建的安全块位于文件夹“程序块”：FOB_RTG1、Main-Safety_RTG1 和 Main-Safety_RTG1_DB。

4.7 安全运行组

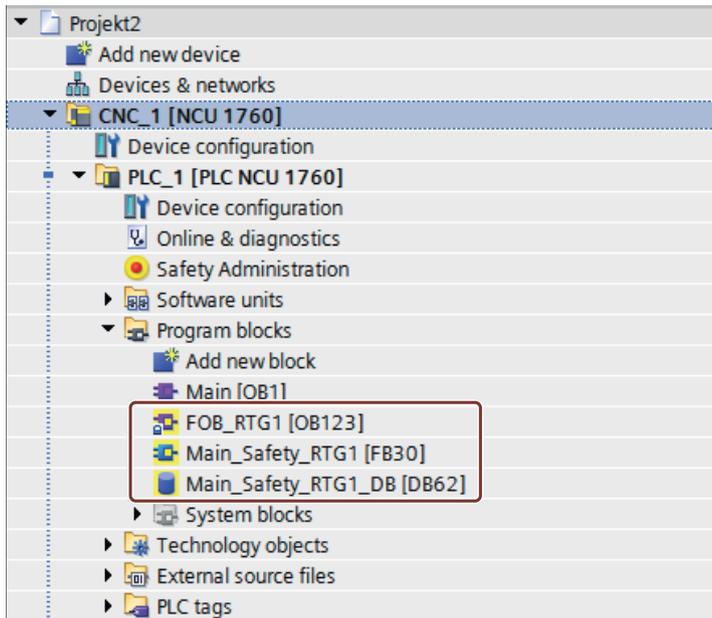


图 4-12 项目导航中安全运行组的程序块

打开“安全运行组”工作区

若要调整或配置自动创建的安全运行组，需要在“安全管理编辑器”打开“安全运行组”工作区。

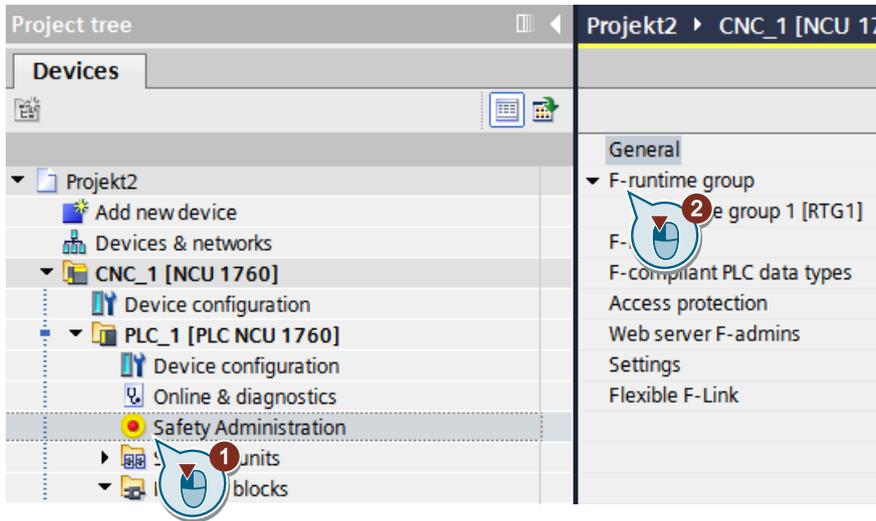
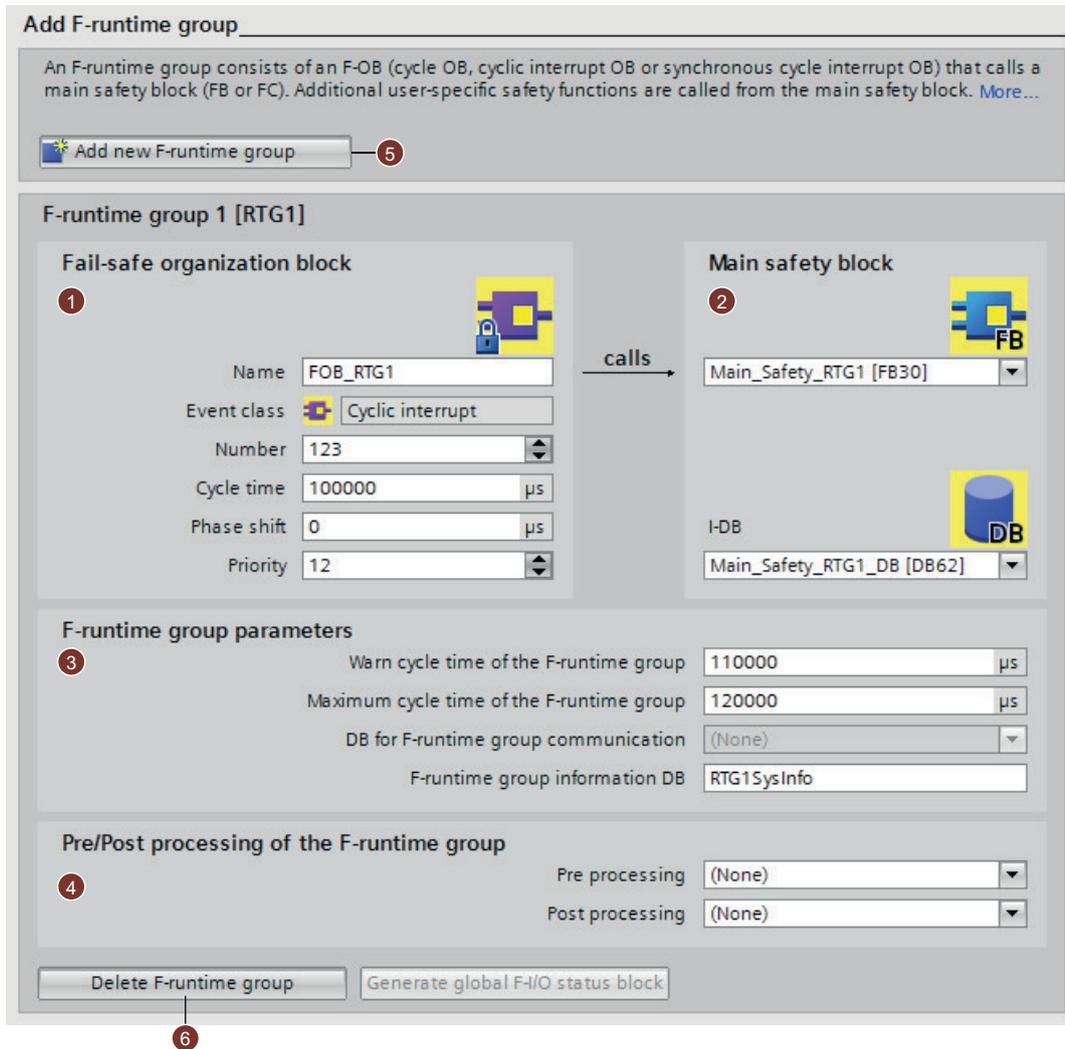


图 4-13 显示“安全运行组”工作区

“安全运行组”工作区



Lorem ipsum

图 4-14 安全管理编辑器 - 安全运行组工作区

① 故障安全的组织块（F-OB）

1. 在“F-OB”下为 F-OB 命名，默认名称是：FOB_RTG1。
2. 在自动创建的安全运行组中，F-OB 的事件类别是“Cyclic interrupt”。如需修改已创建安全运行组中 F-OB 的事件类别，必须删除该安全运行组然后新建。

说明

我们建议创建 F-OB 时采用事件类别“Cyclic interrupt”，而不是“振铃 OB”。采用该事件类别，便可以按固定时间间隔调用安全程序。

4.7 安全运行组

3. 可以视情况手动修改系统建议的 F-OB 编号。此时要注意每种事件类别允许的号段。
4. 选择 F-OB 的事件类别“Cyclic interrupt”、设置其循环时间、相移和优先级。
 - 循环时间要小于“安全运行组最大循环时间”并小于“安全运行组循环时间警告值”。
 - 相移要小于循环时间。
 - 优先级要尽量比所有其他 OB 高。

说明

F-OB 设置为高优先级，是为了尽可能地减轻标准用户程序对安全程序的运行、安全功能的响应时间造成的影响。

② Main-Safety-Block

为 F-OB 指定被调 Main-Safety-Block。如果 Main-Safety-Block 是一个 FB，便必须另外指定一个背景数据块。系统默认推荐的是 Main_Safety_RTG1 和 Main_Safety_RTG1_DB。

③ 运行组的参数

1. F-CPU 会监控安全运行组的循环时间。有两个设置参数：
 - 当循环时间超出“安全运行组循环时间警告值”时，该报警条目会录入 F-CPU 的诊断缓冲器中。可利用该参数来确定，比如循环时间是否超出请求值、但不会导致 F-CPU 进入 STOP 状态。
 - 当循环时间超出“安全运行组最大循环时间”时，F-CPU 进入 STOP 状态。在“安全运行组最大循环时间”下选择两次调用安全运行组之间允许指定的最大时间（最大 20000000 μ s）。

说明

系统会监控安全运行组调用间隔的最大值，即：会监控调用是否足够频繁，而不是是否过于频繁执行或者是否是等时同步执行。因此，必须通过选项卡“指令”中的指令 TP、TON 或 TOF，而不是通过计数器（OB 调用）来实现故障安全时间计时。

说明

安全功能的响应时间取决于众多因素：F-OB 的循环时间、安全运行组的运行时间、PROFINET/PROFIBUS 上分布式 F-IO 的使用情况等。因此，标准系统的组态和参数设置也会影响安全功能的响应时间。

如果没有采用组织类手段或方法来避免标准系统的组态和参数设置变化影响该响应时间，在计算最长响应时间时原则上必须考虑监控时间。

“安全运行组循环时间警告值”必须小于或等于安全运行组最大循环时间。

2. 需要时，可在“安全运行组信息数据块”下修改系统为该数据块指定的名称。

④ 安全运行组的预处理/后处理

通过预处理和后处理，可以选择在安全运行组之前或之后直接调用标准块 (FC)，例如，通过“Flexible F-Link”实现基于故障安全通信的数据传输。

1. 为预处理和后处理创建标准 FC。
2. 在“安全管理编辑器”的“安全运行组的预处理/后处理”下分配标准 FC。

说明

- 只允许使用标准 FC。
 - 在标准 FC 的块接口中只允许使用临时本地数据和常数。
 - (S7-1500) 如果安全运行组位于某安全型单元中，但需要在该安全型单元外部使用该 FC，则需要发布该 FC，并将其软件通过“Relation”和安全型单元连在一起。
-

关于安全运行组的预处理/后处理的更多信息可查看“SIMATIC Safety - 组态和编程” (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/54110126>) 操作手册中的“预处理/后处理”一章 (S7-1200, S7-1500)。

⑤ 创建新的安全运行组

借助该指令您可以创建第二个安全运行组，以便在一个单独的安全运行组中编写一些需要快速处理的安全程序部分。

⑥ 删除安全运行组

该指令删除的是安全运行组下的安全块。如果要删除安全程序，一些情况下还须执行额外步骤。

参见

响应时间计算 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/93839056>)

4.7.3 安全运行组信息数据块

引言

安全运行组信息数据块集中包含了一些关于安全运行组和整个安全程序的信息。

在创建一个安全运行组时，会自动创建一个安全运行组信息数据块。系统还会为它分配一个符号名称，比如：RTG1SysInfo。可以在“Safety Administration Editor”中修改其名称。

4.7 安全运行组

安全运行组信息数据块中提供的信息

安全运行组信息数据块提供以下信息：

名称	数据类型	用于在安全程序中处理	用于在标准用户程序中处理	描述
MODE	BOOL	x	x	1 = 安全模式关闭
F_SYSINFO				
MODE	BOOL	—	x	1 = 安全模式关闭
TCYC_CURR	DINT	—	x	安全运行组当前循环时间，单位 ms
TCYC_LONG	DINT	—	x	安全运行组最大循环时间，单位 ms
TRTG_CURR	DINT	—	x	安全运行组当前运行时间，单位 ms
TRTG_LONG	DINT	—	x	安全运行组最长运行时间，单位 ms
T1RTG_CURR	DINT	—	x	STEP 7 Safety V16 不支持。
T1RTG_LONG	DINT	—	x	STEP 7 Safety V16 不支持。
F_PROG_SIG	DWORD	—	x	安全程序的集体安全签名
F_PROG_DAT	DTL	—	x	安全程序的生成日期
F_RTG_SIG	DWORD	—	x	安全运行组签名
F_RTG_DAT	DTL	—	x	安全运行组的生成日期
VERS_S7SAF	DWORD	—	x	STEP 7 Safety 的版本标识

您可以查看安全运行组信息数据块下的所有内容，无论是经由安全系统提供的 PLC 数据类型（UDT）F_SYSINFO 收集的信息，比如“RTG1SysInfo.F_SYSINFO”，还是单独的信息“RTG1SysInfo.F_SYSINFO.MODE”。

4.8 创建安全模块

简介

原则上安全程序的 F-FB、F-FC 和 F-DB 的创建过程和标准用户程序一样。以下仅列出了与标准用户程序不同的部分。

创建 F-FB、F-FC 和 F-DB

按照与标准程序块一样的方法创建安全块。执行下列步骤：

1. 双击项目导航“程序块”下的“新增块”。
2. 在显示的对话框中确定方式、名称、语言并勾选“创建安全块”。（如果没有勾选该选项，则会创建标准程序块。）
3. 确认该对话框后，安全块会在程序编辑器中打开。

注意：

注意以下重要说明：

说明

- 在 Main-Safety-Block 的块接口中，不允许声明任何块参数，因为接口不能提供该参数。
 - 背景数据块的初始值可以编辑。
 - 不支持“采用当前值”功能。
 - 不允许访问其他 F-FB 的单背景或双重背景数据块中的静态本地数据。
 - 始终必须初始化 F-FC 的输出。
不注意时会导致 F-CPU 进入“STOP”状态。F-CPU 的诊断缓冲器中会记录诊断事件的原因。
 - 对块输入只能进行读访问，对块输出只能进行写访问。
如果想进行读写访问，请使用输入输出参数。
 - 为了使得程序更加清晰，应为所创建的安全块指定一个有含义的名称。
-

复制/粘贴安全块

可以跟标准用户程序中的程序块一样复制 F-FB、F-FC 和 F-DB。

特例：

文件夹“程序块 > 系统块”中的块无法进行复制。

F-FB 和 F-FC 上的嵌套深度

我们建议嵌套深度不要超过 8。

4.9 使用库

引言

可以跟标准模块一样，将您想要重复使用的安全功能块作为副本或类型保存在全局库或项目库中。

详细信息请参见 STEP 7 帮助信息中的“使用库”一章。

已测试及已验收安全功能块的重复使用

重复使用已测试及已验收安全功能块时需要注意以下几点：

- 编译、测试及验收安全功能块后，记录安全功能块的签名和初始值签名。
- 记录 Safety Administrator Editor 中“设置”/“安全程序中使用的系统库的元素”中所设置的用于“指令（无自己的版本）”的版本。
可以创建安全程序的安全申明（该安全申明曾用于创建安全功能块），以进行文档记录。
- 重复使用安全功能块时要确保，安全功能块的签名和初始值签名都没有发生变化。

在包含指令的安全功能块（任务卡“指令”中的列“版本”中显示了版本）上还需要注意以下内容：

- 记录编译安全功能块时设置的指令的版本，以该指令为基础测试了安全功能块，必要时进行了验收。
可使用安全申明，以进行文档记录。
- 重复使用安全功能块时要确保，任务卡“指令”中为该指令设置了所记录的版本。
- 如果为该指令设置的不是所记录的版本，必须自行检查该安全功能块是否也能以该版本工作。
为此需要根据指令的在线帮助确定版本间可能的差别。
原则上必须重新测试安全功能块并安排验收。有关指令版本的详细信息请参见 STEP 7 帮助信息下的“指令版本基本介绍”一章。

为了更好地管理已测试和已验收的安全功能块，以便重复使用，我们建议您将其作为类型保存在全局库中。

4.10 SUD 程序部分集成到 TIA Portal 中

4.10.1 属性和限制条件

借助 SafeUserData (SUD) 可在 SINUMERIK 控制系统上通过 SINUMERIK 调试工具的 HMI 界面对安全功能的配置数据进行输入和保持性存储。配置数据通过 OEM 定义的 F-DB 提供给安全程序，并会在安全程序中进行评估分析和后续处理。

SafeUserData 适用以下属性和边界条件：

- 最多可创建 32 个实例（数据组）。
- 支持数据类型“Bool”、“Int”和“DInt”。此处一个数据组可配置 16 个同种类型的信号。
- SUD 的变量名由 OEM 给定。
- SUD 的更改需要具有访问等级“制造商”，并且必须通过 OEM 定义的安全使能信号加以授权。
- SUD 的输入和确认只能通过 SINUMERIK Operate（或 SINUMERIK ONE Commissioning Tool）进行。
- SUD 在确认后会立即生效。
- 每个 SUD 实例都有一个自己的签名，用于识别生效的用户数据。为了完全准确地识别安全程序，除了程序签名外，还要对所使用的全部 SafeUserData 的签名进行比较。
- SUD 实例的签名和设置值会记录在 SINUMERIK 验收测试记录中。
- SUD 程序部分可编写在 PLC 的标准程序和安全程序（F-PLC）中。

4.10.2 SafeUserData 的集成

下图展示了 SafeUserData 是如何集成到系统中的。

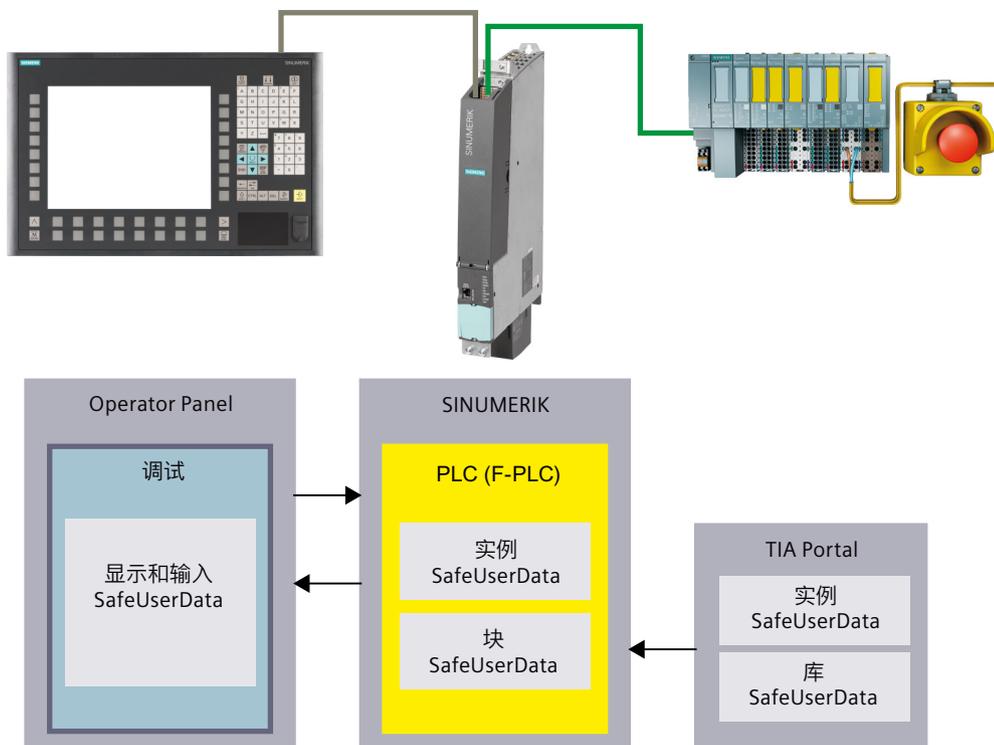


图 4-15 SUD 集成到系统中

4.10.3 创建 SafeUserData 实例

下图为 SafeUserData 实例的所有块的相互关系示意图。

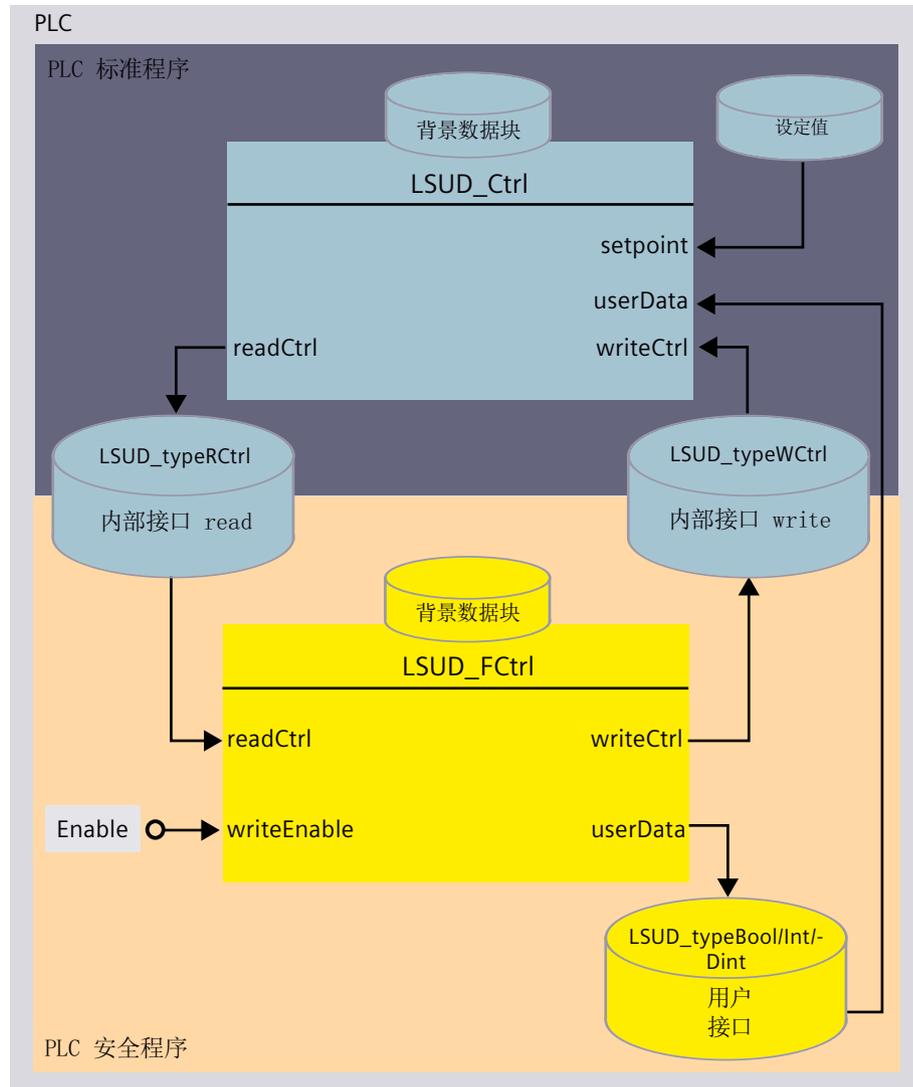


图 4-16 SafeUserData 实例的所有块的相互关系

安全程序的接口在一个 F-DB 中实现（上图中为：用户接口）。

该 F-DB 含有 16 个用户数据，其数据类型可为 Bool、Int 或 DInt。用户数据的数量是固定的。

4.10.4 SafeUserData 数据类型和库导入到项目中

概述

如要将 SafeUserData 实例集成到 PLC 程序中，必须在 TIA Portal 中打开 SUD 库，将 SUD 数据类型和 SUD 库块复制到项目中。

前提条件

- 至少要在项目中设置安全系统版本 V2.4。
- 对于 SINUMERIK ONE：必须在项目中激活 NCU 上的 Safety Integrated 模式“SINUMERIK Safety Integrated (F-PLC)”。
- SUD 库有相应的版本。如果您没有，请联系您的西门子客户经理。

步骤

1. 将库“SINUMERIK ONE SafeUserData Vx.y”保存在文件系统中。
2. 在 TIA Portal 上的 SINUMERIK 项目中将库“SINUMERIK ONE SafeUserData Vx.y”作为全局库进行加载。

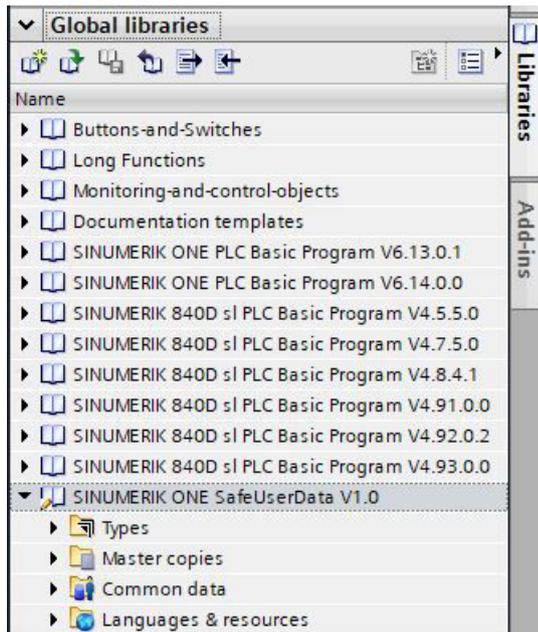


图 4-17 打开 SafeUserData 库

3. 打开库中的文件夹“复制模板 > SINUMERIK ONE SafeUserData”。

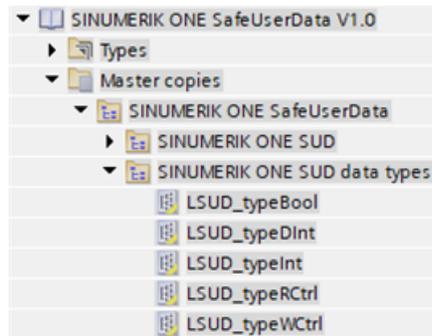


图 4-18 库中的 SUD 数据类型

4. 将库中的文件夹“SINUMERIK ONE SUD 数据类型”复制到 PLC 文件夹“PLC 数据类型”中。

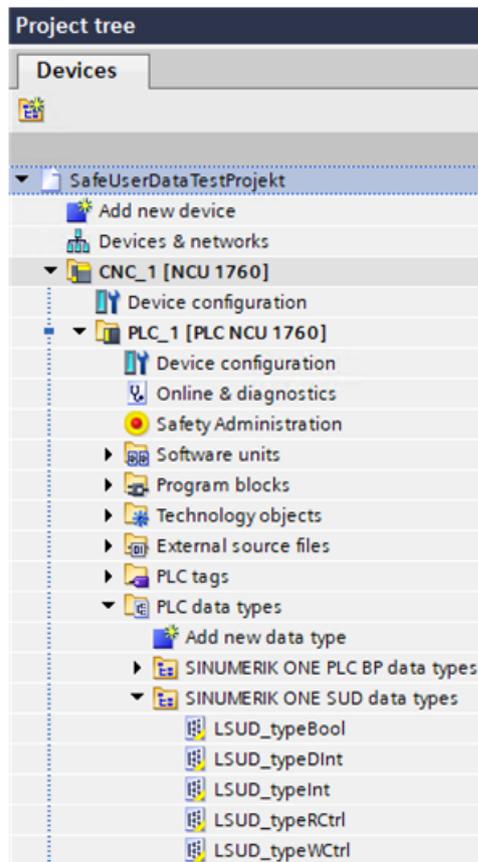


图 4-19 在 PLC 项目导航中传输 SUD 数据类型

4.10 SUD 程序部分集成到 TIA Portal 中

- 5. 打开库中的文件夹“复制模板 > SINUMERIK ONE SafeUserData”。

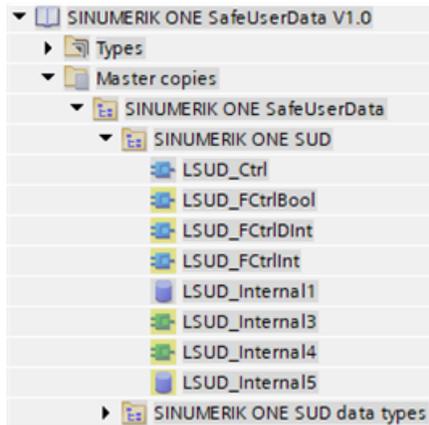


图 4-20 SUD 库块

- 6. 将库中的文件夹“SINUMERIK ONE SUD”复制到文件夹“程序块”或一个 PLC 子文件夹中。

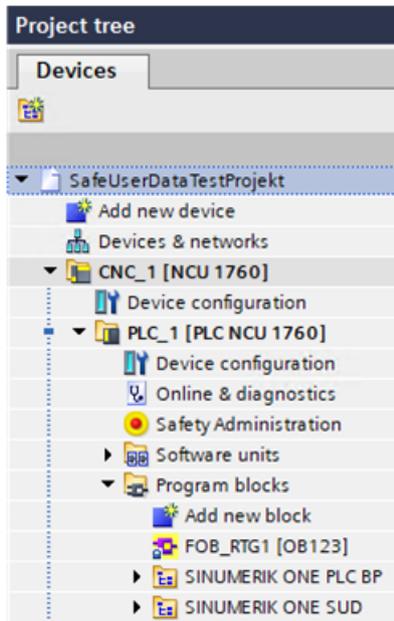


图 4-21 在 PLC 项目导航中传输 SUD 库

- 7. 在 TIA Portal 中保存 SINUMERIK 项目。

结果

现在已在项目中创建了 SUD 数据类型和 SUD 库块。

4.10.5 创建 SafeUserData 实例

含 SafeUserData 的机床安全程序的每个配置（以及配置更改）都必须通过验收测试进行检查（详细信息参见章节“验收测试(页 411)”）。

验收测试是用于检查 F-PLC 程序是否正确执行了由 SafeUserData 定义的功能或操作的测试流程。

验收测试必须在机床安全应用使能前由 OEM / 机床使用方加以执行。

 警告
<p>SafeUserData 的错误或不当配置会导致错误响应</p> <p>SafeUserData 的错误配置会导致安全装置出错或失效。如果不采取适当的预防措施，将有可能导致死亡或重伤。</p> <ul style="list-style-type: none"> 通过验收测试一并检查 SafeUserData 是否正确配置。 <p>(SUD01)</p>

4.10.5.1 创建 SafeUserData 接口

概述

通常应为每个 SafeUserData 实例/数据组创建一个自己的故障安全用户接口。内部通讯需要使用接口“readCtrl”和“writeCtrl”。这些接口和“setpoint”接口创建时都不带有安全属性，因此不强制位于自己的故障安全用户接口 DB 中。

创建 SafeUserData 实例时，需要具备以下各项：

- 作为独立数据块的故障安全用户接口
- 内部接口“readCtrl”（LSUD_typeRCtrl）
- 内部接口“writeCtrl”（LSUD_typeWCtrl）
- 可选：设定值接口“setpoint”

 警告
<p>未使用相对应的接口实例会导致出错</p> <p>如为当前 SUD 数据组使用了其他数据组的接口实例，则会导致安全装置出错或失效。如果不采取适当的预防措施，将有可能导致死亡或重伤。</p> <ul style="list-style-type: none"> 为每个数据组专门设置所有必需的接口实例。 始终只使用对应数据组的接口实例。 <p>(SUD04)</p>

前提条件

- 具有系统提供的或用户自定义的 SafeUserData 数据类型。

参见

创建故障安全用户接口 (页 102)

SafeUserData 数据类型和库导入到项目中 (页 98)

4.10.5.2 创建故障安全用户接口

概述

创建用户接口时，需要有已定义的数据类型。可以直接使用系统提供的数据类型（LSUD_typeBool、LSUD_typeInt 或 LSUD_typeDInt）。如要在用户接口中集成用户自定义符号，则应在系统提供的数据类型的基础上创建用户自定义数据类型作为副本。然后在此副本中，可以通过编辑调整符号。

规则

请严格按照所述操作步骤进行操作，并遵守以下规则。

- 只更改符号的名称。
- 切勿删除和移动任何元素，即便是临时操作！
- 不要对元素进行重新分类排序。
- 不要更改数据类型和初始值。

说明

如不遵守上述规则，则会出现数据类型不一致，从而导致在 SINUMERIK Operate 中（或在 SINUMERIK ONE Commissioning Tool 中）进行数据输入时发生混淆。

在向 PLC 传输数据后并由 HMI 激活时会识别到该错误，存储过程会被中断。

- 此时需要重启 SINUMERIK 来恢复之前的数值。该问题只能通过 TIA Portal 中重新创建数据类型来解决。
-

以下图中选中的元素名称为例：

typeBoolOptions			
	Name	Data type	Default value
1	door1	Bool	false
2	door2	Bool	false
3	A2Achse	Bool	false
4	B1Achse	Bool	false
5	Handling	Bool	false
6	myOption6	Bool	false
7	WZM1	Bool	false
8	WZM2	Bool	false
9	myOption7	Bool	false
10	BA3	Bool	false
11	BA4	Bool	false
12	myOption12	Bool	false
13	myOption13	Bool	false
14	Rueckzug	Bool	false
15	SpindelSTO	Bool	false
16	ax4	Bool	false

图 4-22 示例: SINUMERIK ONE: SafeUserData - 用户数据类型

使用用户符号创建 SafeUserData 数据类型的操作步骤:

1. 从文件夹“SINUMERIK ONE SUD 数据类型”中复制需要的数据类型，将该数据类型以原本的名称（例如“typeBoolOptions”）保存在文件夹“PLC 数据类型”或其子文件夹中。
2. 根据需要修改元素“data1”到“data16”的名称。
3. 将所创建并经过配置的 SUD 数据类型保存在项目中。

重要说明

针对用户接口:

 警告
<p>使用更改过的用户接口初始值可导致出错</p> <p>更改过的初始值可能导致 SafeUserData 配置出错，从而导致安全装置出错或失效。如果不采取适当的预防措施，将有可能导致死亡或重伤。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 不要更改用户接口的初始值。 <p>(SUD07)</p>

说明

将用户接口创建为故障安全数据块。

说明

使用与用户接口兼容的数据类型。

针对内部接口：

<p> 警告</p> <p>使用非系统自带数据类型会导致出错</p> <p>使用其他非系统自带的的天数据类型，会导致 SafeUserData 配置出错，从而导致安全装置出错或失效。如果不采取适当的预防措施，将有可能导致死亡或重伤。</p> <ul style="list-style-type: none"> 只使用系统自带的的天数据类型“LSUD_typeRCtrl”和“LSUD_typeWCtrl”来设置内部接口。 不要更改数据类型“LSUD_typeRCtrl”和“LSUD_typeWCtrl”及其接口实例。 <p>(SUD10)</p>
--

添加用户接口

1. 双击项目导航“程序块”下的“新增块”。
对话框“新增块”打开。
2. 选择“数据块”作为块类型并设置名称，例如“sudMyOptions”。

说明

选择块名称或存储路径，以确保在 SINUMERIK Operate 屏幕中完整显示。

3. 在“类型”下选择想要在该数据组中使用的 SafeUserData 数据类型，可选择系统提供的或用户自定义的类型（参见“使用用户符号创建...”）。
4. 勾选“故障安全”下的选项“创建安全块”。
5. 按下“确认”键确认输入。
在项目导航的“程序块”下会添加此新 SUD 数据块。
6. 按照相同方式为其他实例创建用户接口。

添加内部接口“readCtrl”

说明

接口的访问保护属性

切勿更改预设的访问保护属性（“可从 HMI/OPC UA/Web API 访问”和“可从 HMI/OPC UA/Web API 写入”）。如更改了访问保护属性，则无法在 HMI 上显示或配置 SafeUserData！在对这些属性进行递归修改时尤其要注意，不要误更改了 SafeUserData 接口的属性。

1. 双击项目导航“程序块”下的“新增块”。
对话框“新增块”打开。
2. 选择“数据块”作为块类型并设置名称。

说明

选择块名称或存储路径，以确保在 SINUMERIK Operate 屏幕中完整显示。

3. 在“类型”下选择 SafeUserData 数据类型“LSUD_typeRCtrl”。
4. 取消勾选“故障安全”下的选项“创建安全块”。
5. 按下“确认”键确认输入。
在项目导航的“程序块”下会添加此新接口 DB。
6. 按照相同方式为其他实例创建接口。

添加内部接口“writeCtrl”

1. 双击项目导航“程序块”下的“新增块”。
对话框“新增块”打开。
2. 选择“数据块”作为块类型并设置名称。
3. 在“类型”下选择 SafeUserData 数据类型“LSUD_typeWCtrl”。
4. 取消勾选“故障安全”下的选项“创建安全块”。
5. 按下“确认”键确认输入。
在项目导航的“程序块”下会添加此新接口 DB。
6. 按照相同方式为其他实例创建接口。

可选：添加设定值接口

为了减少通过 SINUMERIK Operate 进行数据输入的工作量，可通过设定值接口将新数据作为建议值传输给 Operate。设定值接口可在 PLC 中作为数据块或数据块的一部分进行创建，并生成在 FB “LSUD_Ctrl”的参数“setpoint”中。

此时要注意，设定值接口的结构和符号都必须以与对应实例的用户接口相同的方式进行创建。这样能最大程度确保，两个接口以相同的类型创建。

通常必须提交整个数据组，无法只接受部分数据组中的数据。预设置可通过 TIA Portal 中的初始值或者在运行的 PLC 中通过更改实际值来进行。

1. 双击项目导航“程序块”下的“新增块”。
对话框“新增块”打开。
2. 选择“数据块”作为块类型并设置名称。
3. 选择用于用户接口的数据类型。
重要提示：数据类型中包含的变量必须与其用户接口的符号相同。
取消勾选“故障安全”下的选项“创建安全块”。
4. 按下“确认”键确认输入。
新的设定值接口作为数据块添加在项目导航的“程序块”下并在块编辑器中打开。
5. 如需要，可将设定值设为初始值。
6. 如需要，可按照相同方式为其他实例创建设定值接口。

参见

SafeUserData 数据类型和库导入到项目中 (页 98)

4.10.5.3 在标准程序中进行调用 SUD 块的编程

概述

如要从标准程序中调用实例，则要以循环执行级别对 FB “LSUD_Ctrl”的调用进行编程。使用（例如）OB1 或对要使用实例的安全运行组进行前处理或后处理。

前提条件

- 已在项目的“程序块”下创建了 SafeUserData 实例所必需的 SUD 数据块 (页 101)。

重要说明

 警告
未使用相对应的接口实例会导致出错 如为当前 SUD 数据组使用了其他数据组的接口实例，则会导致安全装置出错或失效。如果不采取适当的预防措施，将有可能导致死亡或重伤。 <ul style="list-style-type: none">• 为每个数据组专门设置对 FB “LSUD_Ctrl”的调用。• 调用功能块“LSUD_Ctrl”时只使用 SUD 数据组的专属源：<ul style="list-style-type: none">– 用户接口– 数据类型“LSUD_typeRCtrl”和“LSUD_typeWCtrl”的内部接口– 背景数据块或多重背景数据块• 编程对 FB “LSUD_Ctrl”的调用时，使用相对应的用户，以及实例或数据组的“readCtrl”和“writeCtrl”接口。 (SUD15)

 警告
使用更改过的初始值可导致出错 更改过的初始值可能导致 SafeUserData 配置出错，从而导致安全装置出错或失效。如果不采取适当的预防措施，将有可能导致死亡或重伤。 <ul style="list-style-type: none">• 切勿更改背景数据块或调用“LSUD_Ctrl”时使用的多重背景数据块中的实例数据初始值。 (SUD35)

说明

调用功能块“LSUD_Ctrl”

- 该调用必须以低于或等于安全运行组（如 OB1）优先级的循环执行级别来进行编程，或者低于或等于安全运行组前处理或后处理的优先级。
 - 参数设置直接访问 writeCtrl、readCtrl、userData 和 setpoint 接口。不支持通过所调用块的参数进行传输。
-

在标准程序中进行 SUD 块的编程

1. 将数据块“LSUD_Ctrl”从文件夹“程序块”（或其他子文件夹）下的文件夹“SINUMERIK ONE SUD”中移动到所选择的调用位置处，同时创建对应的背景数据块或多重背景数据块。
2. 为背景数据块或多重背景数据块设置一个合适的名称，表明与数据组的所属关系（例如“InstBoolMyOptionsStd”）。
3. 由于“LSUD_Ctrl”是一个连续异步执行的块，因此根据情况可将输入“enable”与值“true”固定互联。
4. 设置 FB “LSUD_Ctrl”的输入“writeCtrl”上的对应接口“writeCtrl”（例如“myOptionsWCtrlDb”）。
5. 设置 FB “LSUD_Ctrl”的输入“readCtrl”上的对应接口“readCtrl”（例如“myOptionsRCtrlDb”）。该信号既与数据更改时机床的安全状态（例如：急停）相关，又与合适的授权机制相关。注意：该信号一次只能在一个实例上生效。
6. 将实例对应的用户接口（例如“sudMyOptions”）设置在功能块“LSUD_Ctrl”的输入“userData”上。
7. 可选：如果创建了设定值接口（例如“myOptionsSetpoint”），则将其设置在 FB “LSUD_Ctrl”的输入“setpoint”上（参见创建故障安全用户接口 (页 102)）。
8. 可选：输出“valid”、“busy”、“error”、“status”和“diagnostics”可用于诊断或后续的控制过程。另见表格“LSUD_Ctrl 参数”和“LSUD_Ctrl 状态和诊断”。

4.10 SUD 程序部分集成到 TIA Portal 中

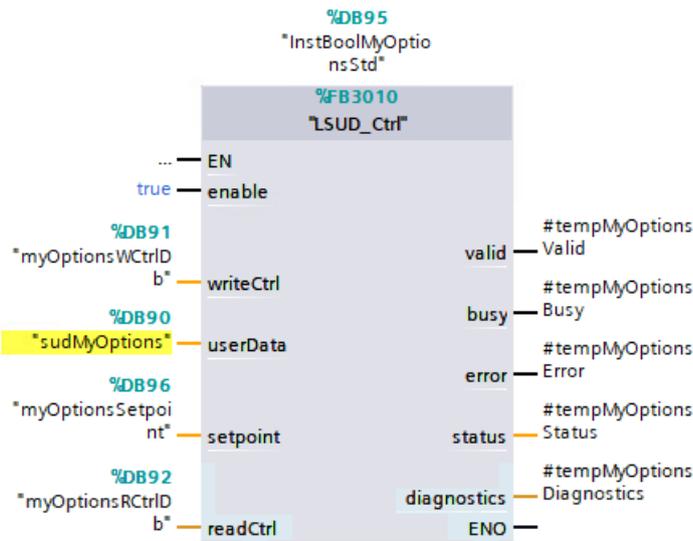


图 4-23 标准实例的调用示例 (LSUD_Ctrl)

表格 4-2 LSUD_Ctrl 参数

参数	声明	数据类型	说明
enable	Input	Bool	如激活了函数，在连续执行时参数值固定设为“true”。
userData	Input	Variant	用户接口
setpoint	Input	Variant	在 HMI 上进行数据输入时使用的设定值接口
writeCtrl	InOut	LSUD_typeWCtrl	内部接口“writeCtrl”
readCtrl	InOut	LSUD_typeRCtrl	内部接口“readCtrl”
valid	Output	Bool	正常执行，无故障
busy	Output	Bool	正在执行中
error	Output	Bool	执行时出错
status	Output	Word	执行过程的状态信息
diagnostics	Output	DWord	其他状态和诊断信息

表格 4-3 LSUD_Ctrl 状态和诊断

状态 (W#16#...)	诊断 (W#16#...)	说明
7000	70000000	FB LSUD_Ctrl 无效 (参数“enable” = “false”)
7001	70010000	通过设置“enable” = “true”首次调用函数
7001	70010001	通过设置“enable” = “true”首次调用函数, 等待实例 ID
7002	70020000	后续调用
7002	70020001	后续调用等待实例 ID, 故障安全循环尚未运行
7002	70020200	后续调用, LSUD_FCtrl<DATA_TYPE> 在初始化阶段中
7002	70020201	后续调用等待实例 ID, LSUD_FCtrl<DATA_TYPE> 在初始化阶段中
7002	70020A00	后续调用, LSUD_FCtrl<DATA_TYPE> 等待剩余数据
7002	70020B00	后续调用, LSUD_FCtrl<DATA_TYPE> 等待存储器识别
7002	70020C00	后续调用, LSUD_FCtrl<DATA_TYPE> 等待变更计数器
7002	70021100	后续调用, LSUD_FCtrl<DATA_TYPE> 使用替代值运行
7002	70021300	后续调用, LSUD_FCtrl<DATA_TYPE> 使用用户数据运行
7002	70021400	后续调用, LSUD_FCtrl<DATA_TYPE> 数据更改模式生效
7002	70021900	后续调用, LSUD_FCtrl<DATA_TYPE> 保存第 1 部分新数据
7002	70021C00	后续调用, LSUD_FCtrl<DATA_TYPE> 保存第 2 部分新数据
8300	83000000	多次使用内部接口 (readCtrl/writeCtrl)
8301	83010000	识别到多次使用一个实例 ID
8302	83020000	实例 ID 设为了 0 或一个负值
8500	85000000	创建了超过 32 个实例/数据组。
8700	87000000	预处理多个存储位置时出错
8701	870100xx	未识别到用户数据类型错误 (xx=错误数据类型代码)
8702	8702xxxx	读取系统标识时出错 (xxxx=下属系统函数的详细代码)
8703	8703xyyy	转换系统标识时出错 (xx=错误代码, yy=代码位置)
8704	8704xxxx	读取多个存储位置时出错 (xxxx=下属系统函数的详细代码)
8705	8705xxxx	写入多个存储位置时出错 (xxxx=下属系统函数的详细代码)
8706	8706xxxx	处理来自多个存储位置的数据时出错 (xxxx=下属系统函数的详细代码)

4.10 SUD 程序部分集成到 TIA Portal 中

状态 (W#16#...)	诊断 (W#16#...)	说明
8707	8707xxxx	处理传输给多个存储位置的数据时出错 (xxxx=下属系统函数的详细代码)
8708	87080000	比较库块版本时出错

4.10.5.4 在安全程序程序中进行调用 SUD 块的编程

概述

如要在安全程序中调用故障安全实例，则要进行与数据类型相匹配的 FB “LSUD_FCtr<DATA_TYPE>”的调用，即用于数据类型 <BOOL>、<INT> 和 <DINT>。该调用必须在使用了 SafeUserData 的运行组中进行。建议在运行组开始执行时便进行调用，即在首次使用 SafeUserData 之前。下面的示例以数据类型 <BOOL> 为例。数据类型 <INT> 和 <DINT> 的操作步骤相同。

前提条件

- 已在项目的“程序块”下创建了 SafeUserData 实例所必需的 SUD 数据块 (页 101)。

重要说明

 警告
<p>未使用相对应的接口实例会导致出错</p> <p>如为当前 SUD 数据组使用了其他数据组的接口实例，则会导致安全装置出错或失效。如果不采取适当的预防措施，将有可能导致死亡或重伤。</p> <ul style="list-style-type: none"> 为每个数据组专门设置对 FB “LSUD_FCtr<DATA_TYPE>”的调用。 调用功能块“LSUD_FCtr<DATA_TYPE>”时只使用 SUD 数据组的专属源： <ul style="list-style-type: none"> – 用户接口 – 数据类型“LSUD_typeRCtrl”和“LSUD_typeWCtrl”的内部接口 – 背景数据块或多重背景数据块 编程对 FB “LSUD_FCtr<DATA_TYPE>”的调用时，使用相对应的用户，以及实例或数据组的“readCtrl”和“writeCtrl”接口。 <p>(SUD40)</p>

**警告****在不适合的机床状态下进行配置时会导致不安全的机床状态**

更改 SafeUserData 可修改安全功能的设置或将其关闭。错误的参数设置会导致安全功能未能按预期方式执行。错误的参数设置既包括错误的赋值，也包括为错误的参数进行了赋值。

如果不采取适当的预防措施，将有可能导致死亡或重伤。

- 作为 OEM 要确保对 SafeUserData 的更改不会导致机床进入不安全的状态。只有在此前提下，才能允许通过安全使能信号“writeEnable”使变更生效。比如在“writeEnable”输入端上设置一个安全信号，表示安全的机床状态，例如：“急停”。
- 手动输入时：一次只能为一个实例激活安全使能信号“writeEnable”，禁止其他实例中的数据更改。执行更改后立即检查所输入并且生效的数值是否正确，并对受影响的所有安全功能进行功能测试或验收测试。
- 使用导入功能时：激活所有安全使能信号“writeEnable”。导入后，使用 SUD 校验和检查是否读入了正确的归档。

(SUD29)

**警告****使用替代值运行时错误/不适合的替代值会导致出错**

使用替代值运行时错误或不适合的替代值会导致安全装置出错或失效。如果不采取适当的预防措施，将有可能导致死亡或重伤。

- 检查安全程序中预设的故障安全替代值是否合适。
- 必要时，通过进行替代值互联的编程对故障安全替代值进行调整。
在对替代值运行进行检测时，可以使用 FB“LSUD_FCtrl<DATA_TYPE>”的信号“error”和“valid”。
测试替代值互联（见下文）。

(SUD31)

**警告****使用更改过的初始值可导致出错**

更改过的初始值可能导致 SafeUserData 配置出错，从而导致安全装置出错或失效。如果不采取适当的预防措施，将有可能导致死亡或重伤。

- 切勿更改背景数据块或调用“LSUD_FCtrl<DATA_TYPE>”时使用的多重背景数据块中的实例数据初始值。

(SUD39)

说明**功能块的调用编程**

首次使用 SUD 数据组的数据前都要在安全程序中对 FB“LSUD_FCtrl<DATA_TYPE>”的调用进行编程。

说明

在使用了数据组的 SafeUserData 的安全运行组中，要循环调用 FB “LSUD_FCtrI<DATA_TYPE>”。

说明

在参数“instanceId”中设置一个对于数据组而言唯一的数值，并在 1...32767 的范围内。

配置安全程序中的调用

1. 将 FB “LSUD_FCtrIBool”从文件夹“程序块”（或其他子文件夹）下的文件夹“SINUMERIK ONE SUD”中移动到所选择的调用位置处，同时创建对应的背景数据块或多重背景数据块。为背景数据块或多重背景数据块设置一个合适的名称，表明与数据组的所属关系（例如“InstBoolMyOptionsF”）。
2. 设置 FB “LSUD_FCtrIBool”的输入“readCtrl”上的对应接口“readCtrl”（例如“myOptionsRCtrlDb”）。
3. 设置 FB “LSUD_FCtrIBool”的输入“writeCtrl”上的对应接口“writeCtrl”（例如“myOptionsWCtrlDb”）。
4. 将实例对应的用户接口（例如“sudMyOptions”）设置在功能块“LSUD_FCtrIBool”的输入“userData”上。
5. 在输入“writeEnable”上设置一个用于使能数据更改的安全信号。该信号既与数据更改时机床的安全状态（例如：急停）相关，又与合适的授权机制相关。注意：该信号一次只能在一个实例上生效。

说明

如果使用导入功能，将所有安全使能信号设置为“writeEnable”。

6. 在每个数据组的输入“instanceId”上设置一个大于 0 的唯一值，作为数据组的内部标识。
7. 可选：输出“valid”和“error”可用于诊断或后续的控制过程。参见表格“LSUD_FCtrI 参数”。
8. 可选：输出“signature”可用于标识生效的用户数据。

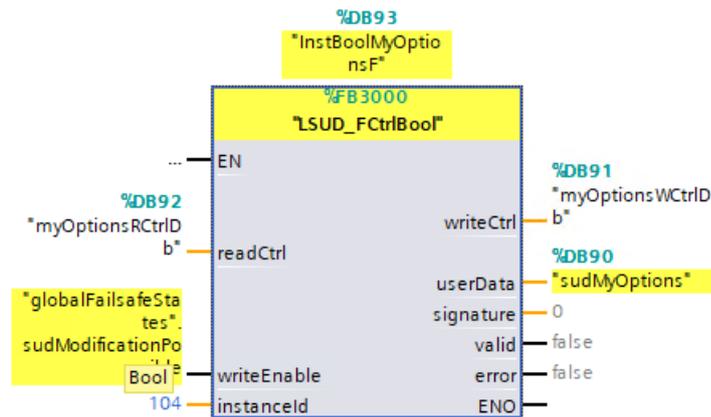


图 4-24 故障安全实例的调用示例（LSUD_FCtrlBool）

说明

接口的访问保护属性

切勿更改预设的访问保护属性（“可从 HMI/OPC UA/Web API 访问”和“可从 HMI/OPC UA/Web API 写入”）。如更改了访问保护属性，则无法在 HMI 上显示或配置 SafeUserData！在对这些属性进行递归修改时尤其要注意，不要误更改了 SafeUserData 接口的属性。

表格 4-4 LSUD_FCtrl 参数

参数	声明	数据类型	说明
readCtrl	Input	LSUD_typeRCtrl	内部接口“readCtrl”
writeEnable	Input	BOOL	安全使能信号（确保数据更改时的机床状态安全并授权更改）
instanceID	Input	INT	数据组标识，数值 > 0，每个实例的标识必须不同。
writeCtrl	Output	LSUD_typeWCtrl	内部接口“writeCtrl”
userData	Output	LSUD_type<DATA_TYPE>	数据类型 <BOOL/INT/DINT> 的用户接口
signature	Output	DINT	用户数据签名，用于标识生效的 SafeUserData
valid	Output	BOOL	初始化阶段结束
error	Output	BOOL	执行时出错，同时 SafeUserData 会输出 0 或 false。

替代值特性

使用替代值运行时，可使用以下值：

- 采用数据类型 <BOOL> 时为“false”
- 采用数据类型 <INT> 和 <DINT> 时为“0”

替代值在以下情况时输出：

- 在初始化阶段
- 在故障时（数据组受损、参数设置错误、其他故障）
未经调试的数据组看上去与受损的数据组类似。

说明

使用其他替代值

如果需要使用与设定值不同的故障安全替代值，则必须对这一设置调整进行编程。

- 评估信号值“error”和“valid”，并对相应的设置切换进行编程。
-

更多信息

注意，PLC 用户程序（故障安全部分和非故障安全部分）会保持原状载入到 PLC 中。

有关下载、禁用安全运行的规则和说明、以及“快速调试模式”的详细信息，参见编程和用户手册“SIMATIC 工业软件 SIMATIC Safety - 配置和编程 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/54110126>)”。

4.11 安全通讯

简介

下表列明了 SIMATIC Safety 安全系统中提供的所有安全通讯方式。

安全通讯的方法

安全通讯	通过子网	另行配备的硬件
安全 CPU-CPU 通讯:		
IO 控制器-IO 控制器通讯	PROFINET IO	PN/PN 耦合器
主站-主站通讯	PROFIBUS DP	DP/DP 耦合器
IO 控制器-I 设备通讯	PROFINET IO	—
主站-I 从站通讯	PROFIBUS DP	—
IO 控制器-I 从站通讯	PROFINET IO 和 PROFIBUS DP	IE/PB-Link
至 <i>S7 Distributed Safety</i> 的 IO 控制器-IO 控制器通讯	PROFINET IO	PN/PN 耦合器
至 <i>S7 Distributed Safety</i> 的主站-主站通讯	PROFIBUS DP	DP/DP 耦合器

说明

Flexible F-Link

自 STEP 7 Safety V15.1 起，为 F-CPU S7-1500 提供了全新的故障安全 CPU-CPU 通讯“Flexible F-Link”。

其它信息

更多详细信息请见手册“SIMATIC Safety - 配置和编程 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/54110126>)”。

4.12 访问 SI 驱动和 F-I/O

概述

下面将介绍如何确定安全程序中 F-I/O 和安全相关驱动报文的地址，以及需要注意哪些规定。

通过过程映像确定地址

F-I/O 和驱动报文的地址确定方式和标准 IO 一样，都是通过过程映像（PAE 和 PAA）进行。在安全程序中无法直接以 I/O 访问标记“:P”读输入端或写输出端。

更新过程映像

F-I/O 输入端的过程映像和安全相关的驱动报文每次在安全运行组开始时刷新。F-I/O 输出端的过程映像和安全相关的驱动报文每次在安全运行组结束时刷新（参见安全程序的结构程序（页 65））。

更新过程映像所需的、F-CPU（过程映像）和 F-I/O 之间的通讯按照 PROFIsafe 特殊安全协议进行。

规则

- F-I/O 或驱动报文的通道（通道值和值状态）只能在一个安全运行组中确定地址。通过第一个程序设定的地址确定指定的安全运行组。
- F-I/O 或驱动报文的通道（通道值和值状态）只能利用符合通道数据类型的单位来确定地址。
示例：只能通过“输入位”（Ix.y）访问数据类型为 BOOL 的输入端通道。不能通过“输入字”（IWx）访问 16 个连续的、数据类型为 BOOL 的输入端通道。
- 只允许为引用一条真实存在的通道（通道值和值状态）的输入端和输出端确定地址，比如：起始地址为 10 的 F-DO 10xDC24V 上，只允许使用引用“通道值”的输出端 Q10.0 到 Q11.1；只允许使用引用“值状态”的输入端 I10.0 到 I11.1。由于其特殊的安全协议，F-I/O 和驱动报文在过程映像中占用的区域要比 F-I/O 或驱动报文实际所需的通道（通道值和值状态）大。
通道（通道值和值状态）保存在过程映像的哪些区域（通道结构）请参见相应的 F-I/O 手册或驱动报文手册。参见报文结构和数据（页 465）和过程数据（页 468）章节。

- 注意某些 F-I/O（例如：故障安全模块 ET 200SP 或故障安全模块 S7-1500/ET 200MP）上一些通道可能关闭。只能为在硬件配置中激活的通道（通道值和值状态）确定地址。如果为在硬件配置中没有激活的通道确定了地址，在编译安全程序时会输出报警。
- 注意某些 F-I/O（例如：故障安全模块 ET 200SP 或故障安全模块 S7-1500/ET 200MP）上可以设置“1oo2 (2v2) 编码器双检测回路”。此时，两条通道会合并为一个“通道对”，通常会在其中编号偏小的通道的地址下输出结果“编码器 1oo2 (2v2) 双检测回路”，参见对应的 F-I/O 手册。此时，只须为通道对中的该通道（通道值和值状态）确定地址。如果为另一条通道确定了地址，在编译安全程序时会输出报警。

更多信息

更多信息参见 SIMATIC STEP 7 Safety Advanced 帮助信息的以下章节：

- 从安全程序到标准用户程序的数据传输
（用于更新过程映像的信息）
- 安全 I 从站-从站通讯 - F-I/O 访问

额外还需注意各个 F-I/O 以及安全驱动报文的文档信息。

4.13 编程启动保护

引言

系统进入 STOP（停止）状态，比如：通过操作 PG / PC、运行方式开关、通讯功能或指令“STP”等，以及系统维持在停止状态都不是“故障安全”状态。因为这种 STOP 状态很容易或无意中就被取消，比如：用户通过操作 PG / PC。

在 F-CPU 停止和运行的过渡阶段，标准用户程序的启动正常进行。在安全程序启动时，所有 F-DB 都被初始化为加载存储器中的值（与冷启动一样）。如此一来，所保存的故障信息都会丢失。安全系统会自动重新集成 F-I/O。如果进程不允许该操作，安全程序中必须编程（重新）启动保护：必须禁止过程值的输出，直到手动使能。只有当过程值的输出无危险性且排除了故障后才允许使能。

实现（重新）启动保护的示例

实现（重新）启动保护的前提条件是检测到启动。在 F-DB 中声明一个数据类型为 BOOL 的变量（初始值为“TRUE”）来检测启动。

如果该变量值为“1”（例如通过 F-I/O-DB 中的变量“钝化”F-I/O），则需禁用过程值的输出。

通过用户应答复位该变量，实现手动使能。

更多信息

更多信息参见 SIMATIC STEP 7 Safety Advanced 帮助信息的以下章节：

- F-I/O-DB
- 实现用户应答

4.14 实现用户应答

出现通讯、通道或 F-I/O 错误时，必须重新集成发送数据。

现有指令为您提供以下方法：

- 参数“ACK_REI”：
单独应答，重新集成单个 F-I/O
- 安全功能“ACK_GL”：
统一应答，同时重新集成一个安全运行组内的所有 F-I/O

无论哪种情况，您都必须在安全程序中编程一个用户应答，以重新集成 F-I/O。用户应答可通过以下方式实现：

- 通过操作与监控系统进行用户应答
- 通过 F-I/O 上的应答按键进行用户应答
 - 输入端分配至 I 从站/I 设备的 F-CPU
 - 输入端分配至 DP 主站/I/O 控制器的 F-CPU

更多信息

- 设计实现全局恢复的用户应答 (页 295)
- 更多信息和示例参见 SIMATIC STEP 7 Safety Advanced 帮助信息下的关键词“ACK_REI”、“ACK_GL”以及章节“实现用户应答”。

4.15 标准用户程序和安全程序之间的数据交换

您可以在安全用户程序 and 标准用户程序之间交换数据。为此可以使用 DB、F-DB 以及位存储器中的变量：

	从标准用户程序出发		从安全程序出发	
	读	写	读	写
DB 中的变量	允许	允许	读或写，两者选其一	
F-DB 中的变量	允许	不允许	允许	允许
位存储器	允许	允许	读或写一个位存储器，两者选其一	

此外还可以访问标准和 F-I/O 的过程映像：

		从标准用户程序出发		从安全程序出发	
		读	写	读	写
标准 I/O 过程映像	PAE	允许	允许	允许	不允许
	PAA	允许	允许	不允许	允许
F-I/O 过程映像	PAE	允许	不允许	允许	不允许
	PAA	允许	不允许	不允许	允许

解除标准程序和安全程序之间的直接数据传递

我们建议为标准用户程序和安全程序之间的数据交换定义特定的数据块（传输数据块），将待交换的数据保存在其中。通过该方法可以使标准用户程序和安全程序的程序块不直接关联在一起。只要该数据块没有发生变化，标准用户程序中的变化便不会影响安全程序，反之亦然。

更多信息

更多信息可查看“SIMATIC S7-1200/1500 安全编程指南” (<https://support.industry.siemens.com/cs/us/en/view/81318674>)中的“标准程序和安全程序之间的数据交换”一章。遵循其中的建议和限制条件。

4.15.1 从安全程序到标准用户程序的数据传输

概述

标准用户程序可以读取安全程序的所有数据，例如通过符号（全面授权的）读取：

- F-FB 的背景数据块 ("Name Instanz-DB".Signal_x)
- F-DB（例如："Name F_DB".Signal_1）
- F-I/O 的输入端和输出端过程映像，例如："Notaustaster_1"（E 5.0）

说明

适用于 F-CPU S7-1200/1500

在执行 Main-Safety-Block 之前，F-I/O 的输入端过程映像会进行更新。

此外，您可以将安全程序的数据直接写入标准用户程序中（另见所支持的操作数范围的表格：梯形图和功能块图编程语言中的限制（页 75））：

数据块/位存储器

可在安全程序中编程标准用户程序的数据块（例如：指令 SENDDP 的输出 DIAG），使安全程序的数据可以直接写入标准用户程序中。但是，安全程序本身不能重复读取这些写入的数据。

也可以在安全程序中编程位存储器。但是，安全程序本身不能读取这些写入的位存储器。

输出端过程映像

可以在安全程序中编程标准 I/O 的输出端的过程映像（PAA），例如用于显示。但安全程序不能读取 PAA。

4.15.2 从标准用户程序到安全程序的数据传输

概述

原则上，安全程序中只允许处理 F-I/O 的故障安全数据或故障安全信号和其他 F-CPU 中的其他安全程序，因为标准程序中的所有变量都未保存在其中。

但如果您还是想在安全程序中处理来自标准用户程序的变量，您可以在安全程序中分析标准用户程序中的位存储器、标准 DB 的变量或分析标准 I/O 的输入端过程映像（PAE），另见支持的操作数范围列表梯形图和功能块图编程语言中的限制（页 75）。

注意：安全程序中所使用的标准 DB 的结构变化会导致安全程序不一致，因此，必要时还要求输入密码。此时，集体安全签名会在编译后恢复为原始状态。为避免出现这一现象，建议在标准用户程序和安全程序之间使用“双数据块”。

 警告
使用非故障安全数据可能导致机床意外运行
标准用户程序中的位存储器、标准 DB 的变量或标准 I/O 的输入端过程映像（PAE）都不是故障安全数据。如果在安全程序中使用非故障安全数据，则会使机床处于危险状态。这可能导致人身伤害或者财产损失。
<ul style="list-style-type: none">• 检查安全程序中标准数据的合理性。• 如果在两个安全运行组中使用标准数据，则应分别检查两个安全运行组的合理性。

在安全程序申明中列出了所有在安全程序中分析的标准用户程序的 PLC 变量，以便简化检查。

位存储器

您也可以在安全程序中读取位存储器，以便在安全程序中处理标准用户程序的变量。但是，安全程序本身不能再写入这些读取的位存储器。

数据块

您可以在安全程序中读取标准用户程序数据块中的变量，以便在安全程序中处理标准用户程序的变量。但是，安全程序本身不能再写入这些读取的变量。

说明

对于标准用户程序中 FB 的单背景或多背景中的静态本地数据而言，无法进行任何访问。

输入端过程映像

可在安全程序中读取标准 I/O 输入端的过程映像（PAE）。但是，安全程序不能写入 PAE。

示例：合理性检查编程

- 借助比较指令来检查来自标准用户程序的变量是否超出上限或低出下限，即是否不安全。您可以利用比较结果来影响安全功能。
- 当来自标准用户程序中变量不安全时，例如：可借助指令“S：设置输出端”，“R：复位输出端”或者“SR：设置/复位双稳态触发器”，使电机关闭，而不是接通电机。
- 将来自标准用户程序中的不安全变量和故障安全变量得出的接通条件通过逻辑“与”等方式进行运算。

在安全程序中中处理标准变量时注意，并不是所有不安全变量的合理性检查都能以足够简单的方式进行。

读取标准用户程序的变量，而这些变量可能会在安全运行组运行期间变化

在安全程序中读取的一些标准用户程序变量（位存储器、标准 DB 的变量或标准 I/O 的 PAE）会在对应安全运行组运行期间变化，该变化可能因标准用户程序或操作与显示系统引起，比如：以更高优先级的报警振铃来执行标准用户程序时，便需要使用单独的位存储器和一个标准 DB 的变量。

必须以和 F-OB 一样的优先级来创建标准 OB。标准 OB 调用时必须和 F-OB 之间必须存在一定相移，将变量写入其中。

建议选择合适的相移，使标准 OB 立即在 F-OB 之前执行。

然后，在安全程序中只允许访问该位存储器或标准 DB 的变量。

同时也要注意，配置 F-CPU 时在选项卡“属性”中定义的**周期标志**在安全运行组运行期间是可以更改的，因为周期标志与 F-CPU 循环是不同步运行的。

说明

不注意时会导致 F-PLC 停止。F-PLC 的诊断缓冲器中会输入诊断事件的原因。

4.15 标准用户程序和安全程序之间的数据交换

驱动集成的安全功能

本章节描述了各个驱动集成的安全功能的以下信息：

- 基本工作原理
- 应用示例
- 详细信息和参数设置，例如通过参数列表/参数视图进行调试时所需的。

根据 SINUMERIK Operate 进行安全功能调试的简要描述参见配置驱动集成的安全功能 (页 349)。

说明

Basic/Extended Functions 的区别

章节一览中的 Basic Functions 标记为这样，不是这样标记的章节中涉及的是 Extended Functions。

说明

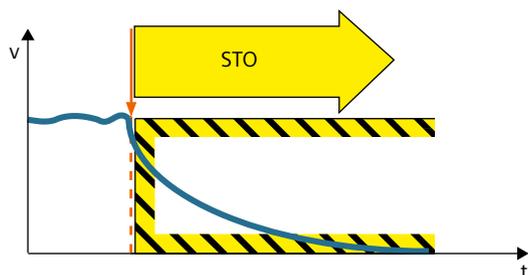
本文档中的“控制单元”术语

在 Safety Integrated 和本文档范畴内，“控制单元”术语表示 SINUMERIK NCU。

5.1 STO (Basic/Extended)

按照 EN 61800-5-2 标准的定义：

“该功能 STO 可阻止向电机提供可产生转矩的电能。”

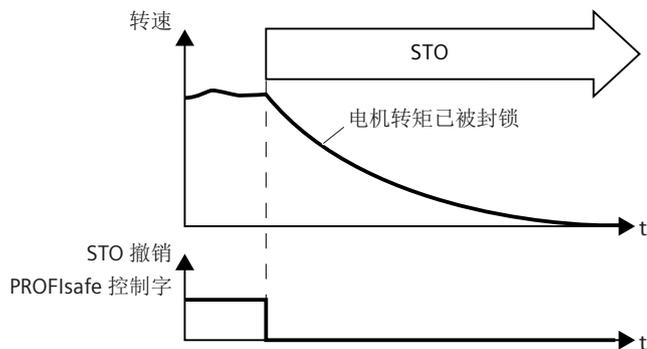


功能应用实例

示例	解决办法
只有在电机转矩被安全封锁后才打开防护门。	<ul style="list-style-type: none"> 选中变频器中的 STO。 脉冲被封锁，电机缓慢停转。

STO 具体是怎么工作的？

变频器通过故障安全输入或安全通讯 PROFIsafe 识别 STO 的选择。在此之后变频器会安全切断已接通电机的转矩。



5.1.1 详细信息和参数设置

“Safe Torque Off” (STO) 功能可以和设备功能一起协同工作，在故障情况下安全封锁对电机的扭矩输出。

系统通过双通道脉冲清除防止重启。接通禁止会防止撤销 STO 后的自动重启。

该功能的基础是电机模块/功率模块中集成的双通道脉冲清除。

STO 的功能特性

- 此功能完全为驱动集成功能。其可通过端子或 PROFIsafe 从外部选择。
- 该功能为驱动专用功能，即每个驱动设备都具有该功能，并需要单独调试。
- 该功能必须通过参数使能。
- 在选择 STO 功能后：
 - 可以避免电机意外启动。
 - 通过安全脉冲清除可以安全切断对电机的扭矩输出。
 - 在功率单元和电机之间无电气隔离。
- 在使用 Basic Functions 时，选择/撤销 STO 功能会自动应答安全故障。此外，还须执行标准应答机制。
- 扩展应答方式：

选择/撤销 STO 也可自动应答扩展安全功能的安全信息。为此，必须配置扩展报警应答 (p9507.0 = 1)。

如果除了“由端子控制的 Basic Functions”外还使能了“Extended Functions”，除了通过 PROFIsafe (页 446)来选择/撤销 STO 应答信息外还可以通过端子来选择/撤销 STO 应答信息。
- STO 的状态由参数 r9772、r9872、r9773 和 r9774 显示。
- 对“设定速度限值生效” (r9733[0...2]) 的影响：

在 STO (≙ STOP A) 上，r9733[0...2] 中给出设定值 0。

警告

STO 生效时可能导致机床意外运行

切断供电 (STO 生效) 后，电机可能会意外运动 (如电机滑行停止)，进而引发生命危险。

- 为此，应使用带安全监控功能的制动器。更多信息参见“SBC (Basic/Extended) (页 132)”一章。

警告

功率晶体管损坏可能导致电机意外运行

同时击穿 2 个功率晶体管可导致电机意外运动¹⁾。为此可能会导致重伤或死亡。

- 为此，应使用带安全监控功能的制动器。更多信息参见“SBC (Basic/Extended) (页 132)”一章。

¹⁾ 运动最大可以达到：

- 同步旋转电机：最大运动幅度 = 180°/极对数
- 同步直线电机：最大运动幅度 = 极宽

STO 的使能

“Safe Torque Off” 功能可通过参数 p9601 使能：

- Safety Integrated Basic Functions 中的 STO：
 - p9601 = 1 hex（通过板载端子控制的基本功能）
 - p9601 = 8 hex（通过 PROFIsafe 控制的基本功能）
 - p9601 = 9 hex（通过 PROFIsafe 和板载端子控制的基本功能）
- Safety Integrated Extended Functions 中的 STO：
 - p9601 = C hex（通过 PROFIsafe 控制的扩展功能）
 - p9601 = D hex（通过 PROFIsafe 控制的扩展功能和通过机载端子控制的基本功能）
 - p9601 = 25 hex（自动生效的扩展功能和通过机载端子控制的基本功能）

选择/撤销“Safe Torque Off”

选择 STO 后会触发以下动作：

- 每个监控通道都通过其断路路径清除脉冲。
- 闭合电机抱闸（如果连接并配置了抱闸）。

撤销“Safe Torque Off”相当于一次内部安全应答。故障原因被消除时，系统会执行以下动作：

- 每个监控通道通过其断路路径撤销脉冲清除。
- 撤销安全请求“闭合电机抱闸”。
- 撤销可能存在的 STOP F 或 STOP A（参见 r9772）。
- 另外，故障存储器中的信息必须通过常规的应答机制应答。

说明

在公差时间 (p9650) 内选中/撤销时无任何信息输出

如果 STO 是在以 p9650 设置的公差时间内以单通道方式选中并被撤销的，驱动器会清除脉冲而不输出任何信息。

如需在此情况下显示信息，您须通过 p2118 和 p2119 将信息 N01620 改设为“报警”或“故障”。

选择 STO 后的驱动器重启

1. 取消功能。
2. 给出驱动器使能。

“Safe Torque Off”的状态

可在 SI 诊断画面中通过“菜单选择 > 诊断 > 菜单增量按钮 > 安全”检查状态。

使用“Safe Torque Off”功能时的内部电枢短路功能

STO 和内部电枢短路功能可以同时配置，

同时选中这两个功能时，STO 的优先级较高。一旦触发 STO，当前激活的内部电枢短路功能便会关闭。

5.1.1.1 SINAMICS HLA 上的 Safe Torque Off (STO)

在 HLA 模块上，Safe Torque Off (STO) 相当于关闭截止阀。

HLA 上的 STO 的特殊性

- 截止阀用于控制液压回路的进流。截止阀通过 SINAMICS HLA 的一路 F-DO 进行控制。
- 为实现 Safety Integrated Functions，必须将截止阀与反馈信号相连。
- 截止阀的反馈触点通过参数 p9626 配置。
- 反馈信号的响应时间可通过参数 p9625 调整。

5.1 STO (Basic/Extended)

- 选择 STO 会使截止阀被安全禁止。截止阀通过反馈信号提示安全状态时，会显示信息“STO 生效/断电”，并在配置的安全输出（PROFIsafe 反馈报文）上输出。

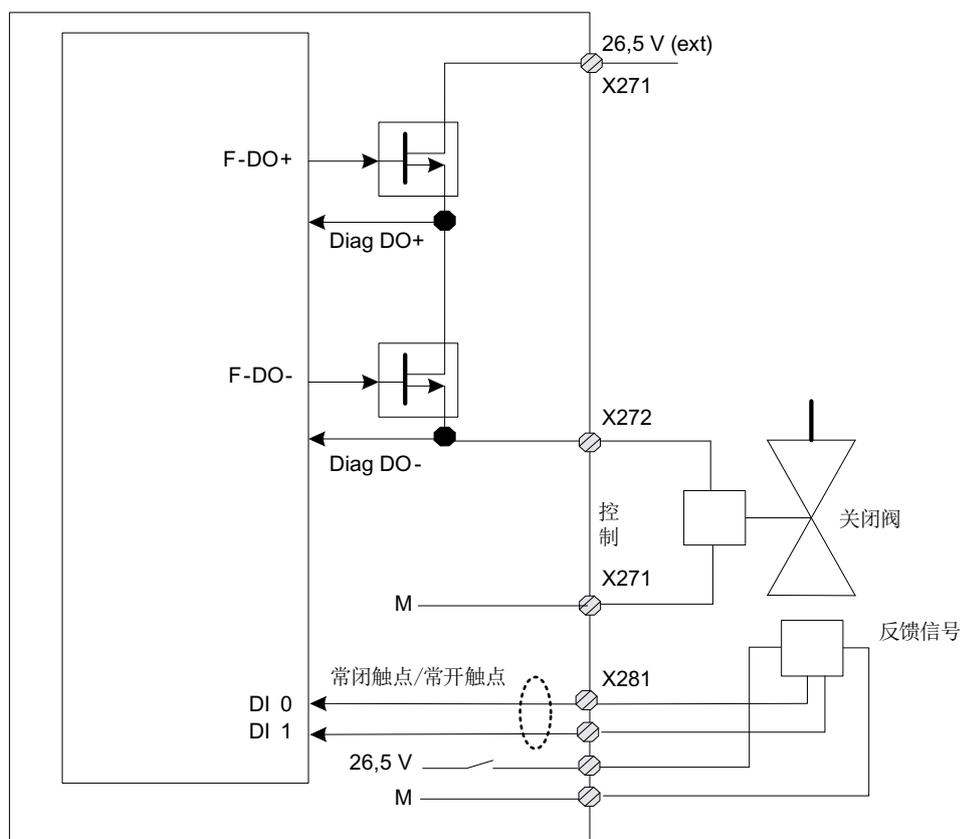


图 5-1 （为一根轴）连接截止阀

- 选择/取消 STO 会触发对 F-DO 的强制潜在故障检查：此时会在 F-DO+ 和 F-DO- 开关时检查“Diag DO+”和“Diag DO-”。
- 因此无需明确选择 Teststop / 强制潜在故障检查。
- 在 Teststop / 强制潜在故障检查中出现故障时，变频器会输出故障 F01632 或 F30632。

5.1.1.2 功能图和参数

功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- 2810 SI Basic Functions - STO (Safe Torque Off), SS1 (Safe Stop 1)
- 2811 SI Basic Functions - STO (Safe Torque Off), 安全脉冲清除

重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- p9601 SI 驱动集成的功能使能（控制单元）
- r9720 CO/BO:SI Motion 驱动集成的控制信号
- r9772 CO/BO:SI 状态（控制单元）
- r9773 CO/BO:SI 状态（控制单元 + 电机模块）
- r9774 CO/BO:SI 状态（STO 组）

HLA 参数

- p9625[0...1] SI HLA 截止阀等待时间（控制单元）
- p9626 SI HLA 截止阀反馈触点配置（控制单元）
- r9773 CO/BO:SI 状态（控制单元 + 电机模块）
- r9774 CO/BO:SI 状态（STO 组）
- r9780 SI 监控周期（控制单元）

5.2 SBC (Basic/Extended)

按照 EN 61800-5-2 标准的定义：

“SBC 功能提供了一个用于控制抱闸的安全输出信号。”

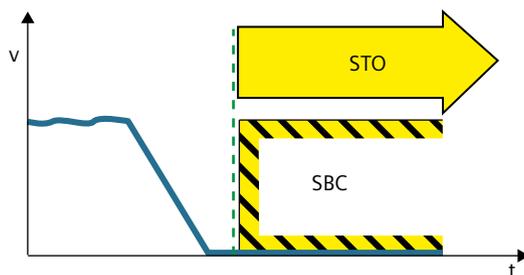


图 5-2 Safe Brake Control(SBC)

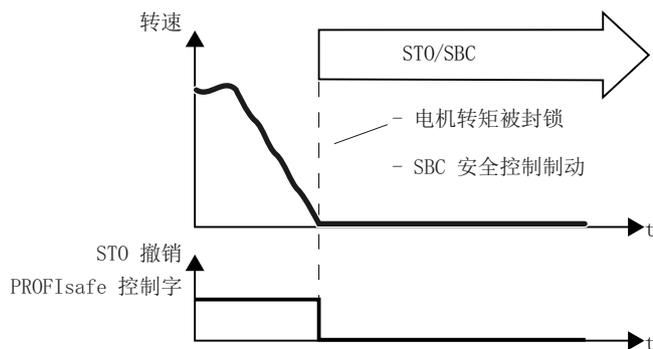
功能应用示例

示例	解决办法
必须保证对电机抱闸的安全控制，以确保电机静止。	SBC（设置好后）会和 STO 一同触发。然后电机模块/安全制动继电器/安全制动适配器执行动作，并相应地调节用于制动的输出端。

SBC 具体是怎么工作的？

变频器通过故障安全输入或安全通讯 PROFIsafe 识别 STO 的选择。

在此之后变频器会安全切断已接通电机的转矩。



SBC（设置好后）会和 STO 一同触发。然后电机模块/安全制动继电器/安全制动适配器执行动作，并相应地调节用于制动的输出端。

5.2.1 所需的硬件

- 安全制动继电器

打开/闭合制动的指令通过 DRIVE-CLiQ 传送到电机模块/功率模块上。然后电机模块/安全制动继电器执行动作，并相应地调节用于制动的输出端。

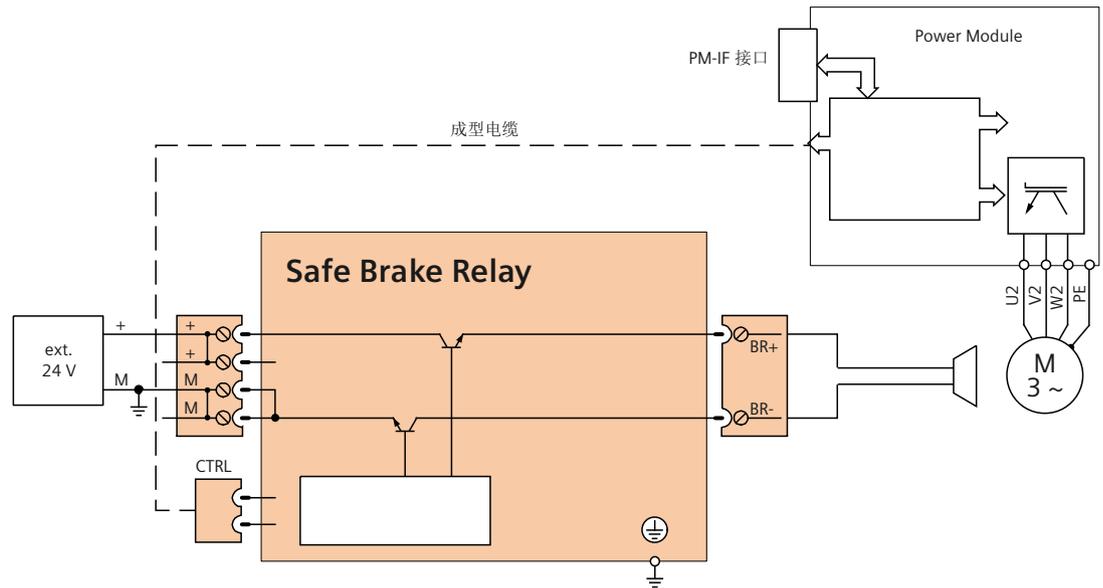


图 5-3 模块型设备上的安全制动继电器接线示例

在装机装柜型电机模块上不能直接连接抱闸。模块上的连接端子是为 DC 24 V、150 mA 设计的，电压和电流要求更高时则需使用安全制动适配器 SBA。

说明

其他结构形式设备上需另行配备的硬件

模块型设备需另行配备一个安全制动继电器（Safe Brake Relay）以支持“Safe Brake Control”功能。装机装柜型设备（订货号末尾 ...xxx3 起）则需另行配备一个安全制动适配器（Safe Brake Adapter）。安全制动适配器可供制动控制电压 AC 230 V 使用。

5.2 SBC (Basic/Extended)

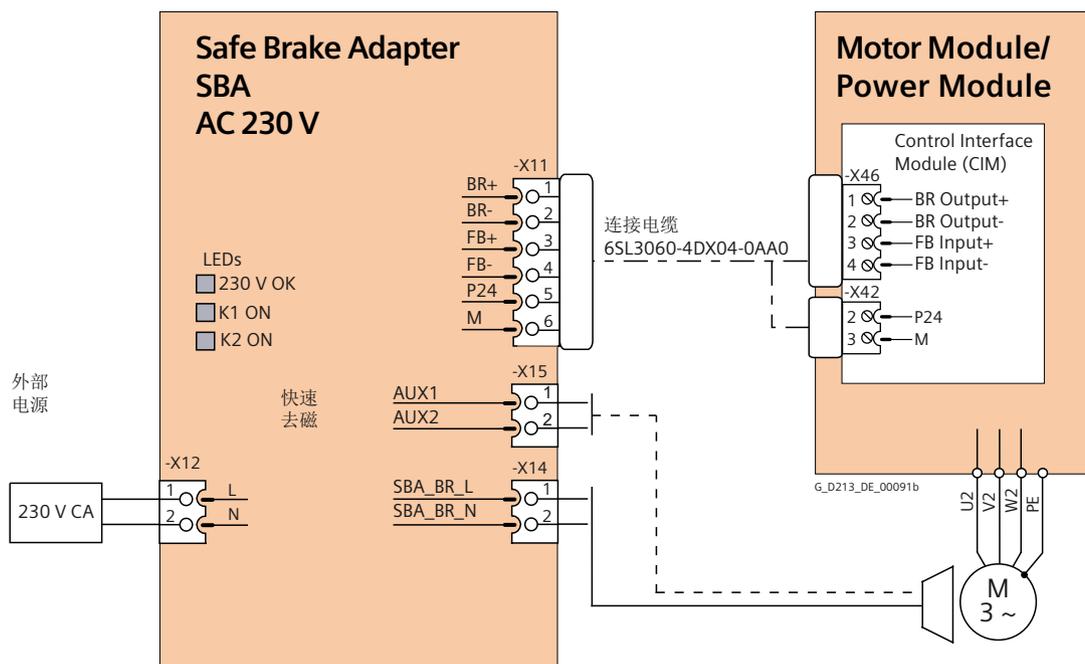


图 5-4 安全制动适配器接线图

5.2.2 详细信息和参数设置

说明

SINAMICS HLA 不支持 SBC

SINAMICS HLA 不支持 Safe Brake Control (SBC) 功能。

“Safe Brake Control” (SBC) 用于安全控制按照静止电流原理工作的抱闸，例如电机抱闸（以下简称制动）。

制动的开闭由电机模块/功率模块控制。书本型设备上配备的端子可用于此功能。模块型设备需另行配备一个安全制动继电器 (Safe Brake Relay) 以支持“Safe Brake Control”功能。装机装柜型设备（订货号末尾 3 起）则需另行配备一个安全制动适配器 (Safe Brake Adapter)。在自动配置功率模块时会识别出 Safe Brake Relay，并自动设置制动的类型 (p1278 = 0)。

电机模块/Safe Brake Relay (SBR)/Safe Brake Adapter (SBA) 对制动的控制采用的是安全的双通道技术。

说明

使用“Safe Brake Control”通过继电器控制制动时：

使用“Safe Brake Control (SBC)”功能时，启用继电器/接触器开闭制动可能会导致制动控制中出错。因此通常不会激活此控制方式。

可检测出抱闸线圈内的断线或短路，但只有在抱闸切换状态时，即抱闸打开或闭合时。在配备有 Safe Brake Adapter 的装机装柜型设备上，Safe Brake Adapter 和电机制动之间的连接电缆不会监控电缆断线或短路。

 警告
抱闸损坏可引起电机意外运动
“Safe Brake Control”不会检测抱闸的机械故障。抱闸损坏可触发电机意外运行，这可导致人身伤害或死亡。
<ul style="list-style-type: none">借助 Safety Integrated 诊断功能“Safe Brake Test (SBT)”执行抱闸测试（详细信息请见章节“功能使能 (页 217)”）。

SBC 的功能特性

- SBC 在选择“Safe Torque Off”（STO）时执行。
- 和常规制动控制方法不同，SBC 为双通道式控制。
- SBC 基本上不受 p1215 中设置的制动控制运行模式的影响。但是在 p1215 = 0 或 3 时，SBC 失效。
- 该功能必须通过参数使能。
- SBC 可以检测出抱闸在切换状态时发生的电气错误，例如：抱闸绕组短路或断线。

SBC 的使能

“Safe Brake Control”功能可通过参数 p9602 使能。

“SBC”功能只能与 STO 组合使用（即 p9501 ≠ 0 和/或 p9601 ≠ 0）。无法单独选择 SBC 功能。

双通道式制动控制

说明

抱闸的接线

在装机装柜型电机模块上不能直接连接抱闸，需另行使用一个安全制动适配器。

制动由控制单元控制。闭合制动的信号路径有 2 条。

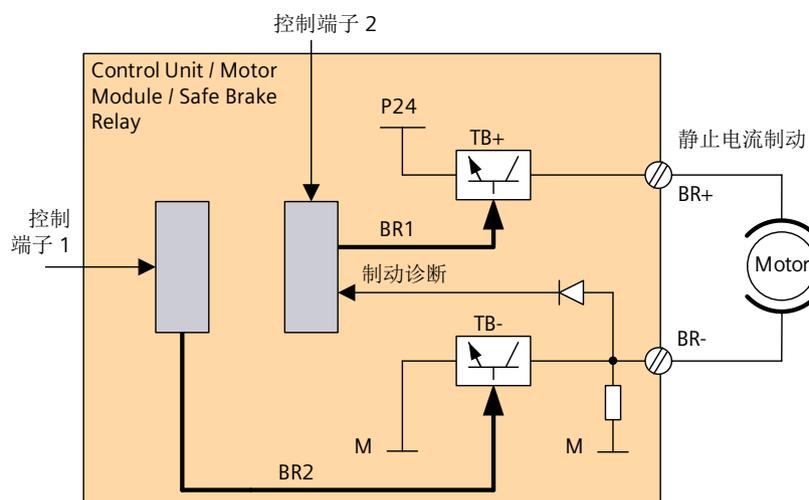


图 5-5 双通道式制动控制 模块型 (示例)

当控制单元损坏或出现故障时，电机模块/功率模块会负责执行 SBC，切断制动电流，使制动闭合。

只有在制动切换状态时，例如：打开或闭合时，TB+、TB- 中某个开关的功能故障才会被制动诊断功能发现。

电机模块或控制单元识别出故障时，制动电流会被切断。之后制动闭合，并达到安全状态。

5.2.2.1 装机装柜型电机模块上的 SBC

该结构形式的设备上使用的制动功率更大，为此需要加装一个安全制动适配器 (SBA)。更多关于 SBA 连接和布线的信息参见功能手册“SINAMICS G130/G150/S120 装机装柜型/S120 机柜型/S150 Safety Integrated”。

通过参数 p9621 可确定通过哪个 DI 将安全制动适配器 (Safe Brake Adapter) 的继电器 (常开触点) 反馈信号传送给控制单元。

在控制单元处理应答信号时要考虑 SBA 产生的延时。参数 p9622 预设为 SBA 继电器的延时：

- p9622[0] ≙ 合闸延时
- p9622[1] ≙ 分闸延时

制动后续的工作方式和控制（即进入安全状态）和上文描述的书本型设备的制动类似。

功率单元并联时的“Safe Brake Control”（SBC）

说明

功率单元并联时使用 SBC

当 $r9771.14 = 1$ 时，可以在功率单元并联时使用“Safe Brake Control”（SBC）。

如果您希望在装机装柜型功率单元并联时组合为 SBC 配备 SBA，请注意，一个功率单元上只能连接一个 SBA。通过该功率单元控制 SBA 以及制动。

可通过 2 种方式将该功率单元的信息传送给系统：

- 在首次调试时系统自动识别制动
 - 前提条件：
 - 没有任何 Safety Integrated Functions 已使能
 - $p1215 = 0$ （无电机抱闸装置）
 - 在进行首次调试时 SINAMICS 会检查哪个功率单元上连接了 SBA，发现一个 SBA 后，便将相连功率单元的编号传送到 $p7015$ 中。
如果系统发现在并联的功率单元上连接了多个 SBA，会输出故障信息 F07935“驱动：电机抱闸配置错误”。
 - 如果装机装柜型功率单元上的一个 DI 可读出 SBA 应答（SBA_DIAG），该 DI 也会自动传送到 $p9621$ 中。
- 手动输入功率单元的信息
 - 手动将接有 SBA 的功率单元的组件号输入到 $p7015$ 中。如果该功率单元上没有连接 SBA，在抱闸控制时会识别故障并输出故障 F01630。
 - 请在参数 $p9621$ （ $p9621 =$ 到 $r9872.3$ 的 BICO 互联）中输入读出接入了 SBA 和通过 SBA 应答 (SBA_DIAG) 的功率单元 DI。

说明

拔出制动电缆，进行维修作业

只要制动器没有持续进行冷却或运行，便可以在进行维修作业时，暂时拔出制动的连接电缆，设备不会报错。仅在控制制动时才会在故障情形下输出故障信息 F07935。

5.2 SBC (Basic/Extended)

5.2.2.2 功能图与参数

功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- 2814 SI Basic Functions - SBC (Safe Brake Control)、SBA (Safe Brake Adapter)

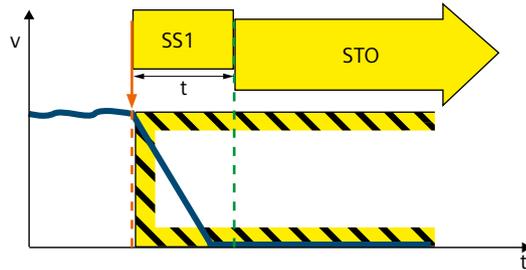
重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- p0799 CU 输入/输出的采样时间
- p1215 电机抱闸的配置
- p7015 功率单元并联中的抱闸数据组
- p9602 SI Safe Brake Control 使能（控制单元）
- p9621 BI: SI Safe Brake Adapter 的信号源（控制单元）
- p9622[0...1] SI SBA 继电器的等待时间（控制单元）
- r9771.14 SI 通用功能（控制单元）：支持并联回路中的 SBC
- r9780 SI 监控周期（控制单元）

5.3 SS1 (Basic)

按照 EN 61800-5-2 标准的定义：

“功能 SS1 制动电机并在延迟时间届满后触发功能 STO。”

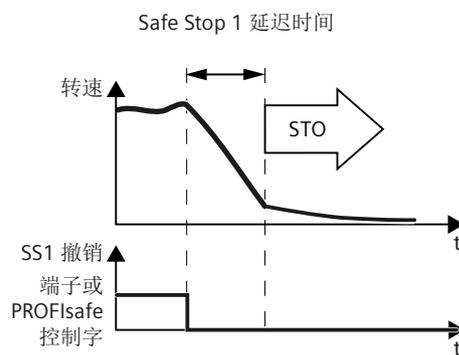


功能应用示例

示例	解决办法
需要通过按下一个中央急停按钮来使多台驱动器尽可能快地减速制动并进入 STO 状态。	<ul style="list-style-type: none"> • 检测 F-PLC 中的急停按钮。 • 通过 PROFIsafe 选择 SS1。

SS1 具体是怎么工作的？

在选择“Safe Stop 1”后驱动器使电机制动，并在延时结束后使电机进入“Safe Torque Off”（STO）状态。



5.3 SS1 (Basic)

选择 SS1

一旦变频器通过端子或安全通讯 PROFIsafe 检测出 SS1 选择，就会执行以下动作：

- 如果电机在选择 SS1 时已经关闭，那么在 SS1 延时届满前不会有任何响应。延时届满后，STO 生效。
- 如果电机在选择 SS1 时已经接通，变频器会通过 OFF3 斜降时间对电机进行制动。在延迟时间届满后会自动触发 STO。

5.3.1 详细信息和参数设置

5.3.1.1 带 OFF3 的 SS1

使用“Safe Stop 1”（SS1）功能可以实现符合 EN 60204-1 的 1 类停机。在选择“Safe Stop 1”后驱动将沿着 OFF3 斜坡 (p1135) 制动，并在 p9652 中设置的延迟时间届满后进入“Safe Torque Off” (STO) 状态。

说明

通过端子选择

借助 p9652 中设置的 > 0 的延时对通过端子选择“Safe Stop 1”（时间受控）功能进行参数设置。在此情形下无法再通过端子直接选择 STO 功能，也就是说通过端子只能选择 STO 或 SS1。

“Safe Stop 1”的功能特性

SS1 通过 p9652（延迟时间） $\neq 0$ 使能。

- 设置参数 p9652 的作用为：
 - p9652 = 0
SS1 未使能。通过板载端子和 PROFIsafe 只可选择 STO。
 - p9652 > 0
SS1 已使能。通过板载端子只能选择 SS1；通过 PROFIsafe 可以选择 SS1 和 STO。
- 选择 SS1 后驱动器会沿着 OFF3 斜坡（p1135）制动，并在延迟时间（p9652）届满后自动触发 STO/SBC。
延迟时间从选择该功能的时间点开始计时，即使在此期间撤销该功能也不会中止计时。延迟时间届满后，STO/SBC 先被选中再被撤销。

说明

延迟时间的设置

请按照下面的公式来设置合适的延迟时间，确保在安全删除脉冲前，驱动器沿着完整的 OFF3 斜坡制动，可能存在的电机抱闸有时间闭合。

- 配置了抱闸时：延迟时间 $p9652 \geq p1135 + p1228 + p1217$
- 没有配置抱闸时：延迟时间 $p9652 \geq p1135 + p1228$
- 参数 p1135 的设置必须以驱动的实际制动性能为准。

-
- 用于激活 STO 的定时器（p9652）为双通道生效。但 OFF3 斜坡制动为单通道。
 - 对“设定速度限值生效”（r9733[0...2]）的影响：
在 SS1 ($\hat{=}$ STOP B) 时，r9733[0...2] 中给出设定值 0。

前提条件

- 通过端子和/或 PROFIsafe 使能 Basic Functions：
 - p9601 = 1 或 8 或 9 (hex)。
- 为了在确保单通道选择该功能时驱动器也可以制动到静态，p9652 中的时间必须小于交叉数据校验的参数总和（p9650 和 p9658），否则在“p9650 + p9658”时间届满后，驱动器会自由停转。

“Safe Stop 1”的状态

可在 SI 诊断画面中通过“菜单选择 > 诊断 > 菜单增量按钮 > 安全”检查状态。

5.3 SS1 (Basic)

5.3.1.2 带外部停止 (SS1E) 的 SS1

对于驱动组（例如相互间通过材料建立机械连接的驱动），OFF3 斜坡上的驱动自控制制动可能会带来负面影响。使用 SS1E 功能时，选择时尽管会启动安全延时（p9652），但不会触发 OFF3。设定值由上级控制系统给定。

说明

该功能是可配置的，但是 NC 还不支持通过 SS1E 的制动性能（轨迹停止）。

**警告****不受监控的轴运行**

使用“带外部停止的 Safe Stop 1（时间受控）”功能时，在不受监控的延时期间轴可能不受监控，从而可能引发人员伤亡。

- 轴意外运动造成危险时应采取适当的应对措施，如使用带安全监控功能的制动器。更多信息参见章节“SBC (Basic/Extended) (页 132)”。

“带 OFF3 的 SS1”与“带外部停止的 SS1”功能的区别

“带 OFF3 的 SS1”与“带外部停止的 SS1”功能的区别在于：

- 为了激活“带外部停止的 Safe Stop 1”，需**额外**设置 p9653 = 1。
- 选择 SS1E 后驱动器不会沿着 OFF3 斜坡制动，仅会在延迟时间 (p9652) 届满后自动触发 STO/SBC。

5.3.1.3 功能图和参数

功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- 2810 SI Basic Functions - STO (Safe Torque Off), SS1 (Safe Stop 1)
- 2811 SI Basic Functions - STO (Safe Torque Off), 安全脉冲清除

重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- p1135[0...n] OFF3 减速时间
- p1217 电机抱闸闭合时间

- p1228 脉冲清除延迟时间
- p9601 SI 驱动集成的功能使能（控制单元）
- p9652 SI Safe Stop 1 延迟时间（控制单元）
- r9772.0...23 CO/BO:SI 状态（控制单元）
- r9773.0...23 CO/BO:SI 状态（控制单元 + 电机模块）
- r9774.0...23 CO/BO:SI 状态（STO 组）

只用于“带外部停止的 Safe Stop 1（时间受控）”

- p9653 SI Safe Stop 1 驱动自控制动响应

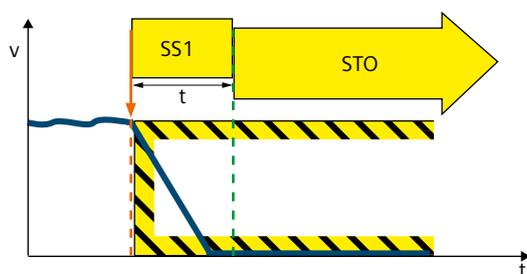
5.4 SS1

按照 EN 61800-5-2 标准的定义：

SS1 可使电机减速制动并在规定的时间间隔届满后我启动“Safe Torque Off”（STO）功能。可供采用的方案例如包括：

- 带加速度监控（SAM）的 SS1-a
- 带制动斜坡监控（SBR）的 SS1-r
- 手动设置的延迟时间，该时间届满后 STO 激活。

该功能符合 EN 60204-1 停止类别 1。



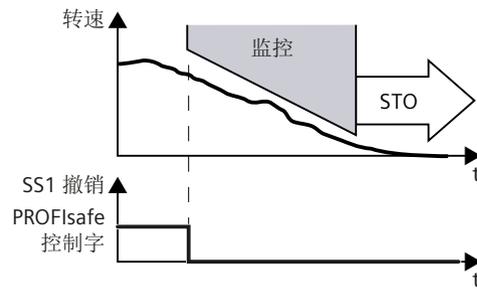
功能应用示例

示例	解决办法
需要通过按下一个中央急停按钮来使多台驱动器尽可能快地减速制动并进入 STO 状态。	<ul style="list-style-type: none"> • 检测 F-PLC 中的急停按钮。 • 通过 PROFIsafe 选择 SS1。 • SS1 对驱动器进行制动并使其进入状态 STO。

SS1 具体是怎么工作的？

借助 SS1 功能变频器可使电机制动并监控转速大小。

如果电机转速足够低或是延迟时间已届满，变频器可通过 STO 安全封锁电机转矩。



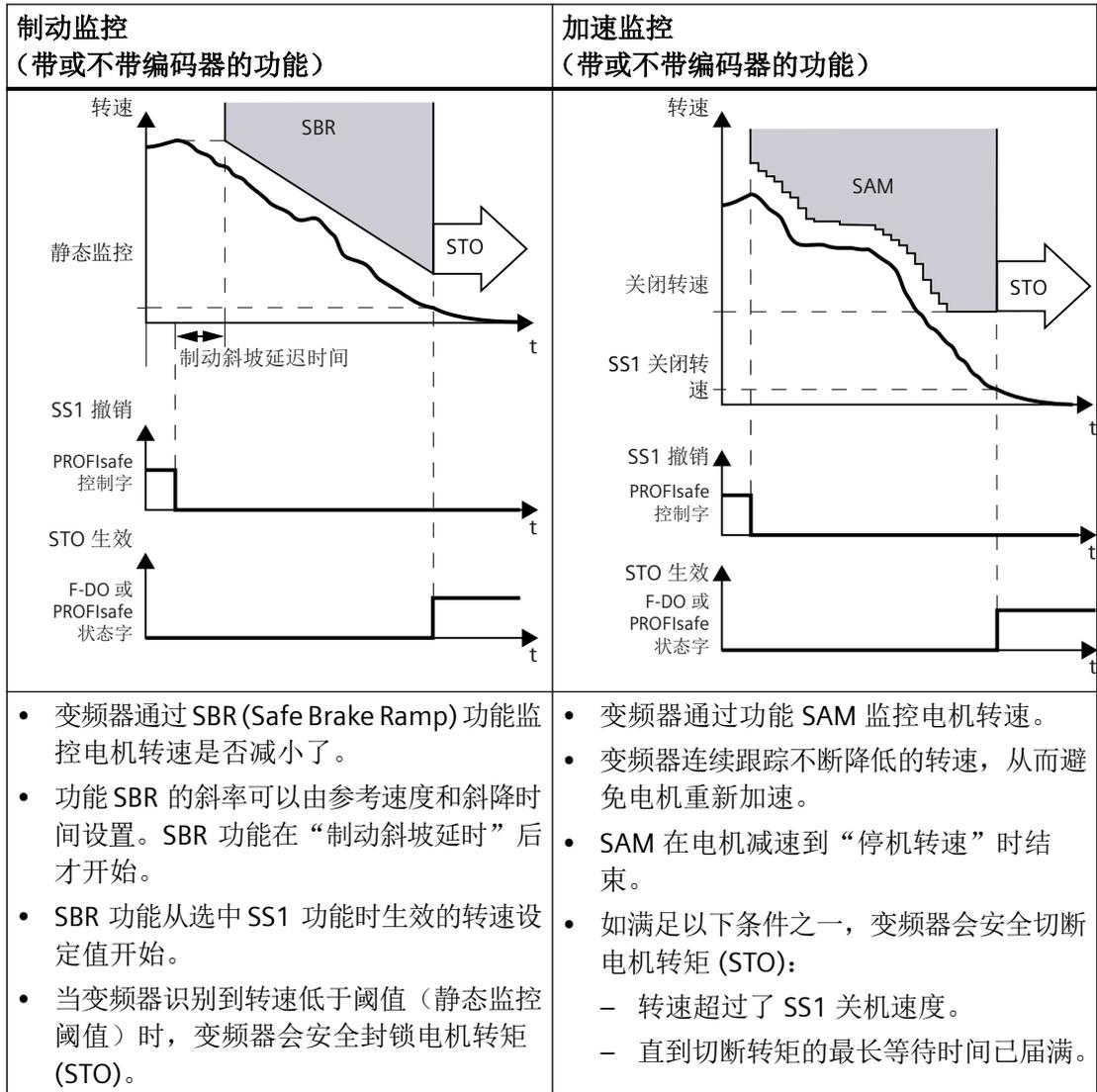
选择 SS1

一旦变频器通过安全通讯 PROFIsafe 检测出 SS1 选择，就会执行以下动作：

- 如果电机在选择 SS1 时已经被关闭，变频器会安全切断电机转矩 (STO)。
- 如果电机在选择 SS1 时已经接通，变频器会通过 AUS3 斜降时间对电机进行制动。

监控模式

- 在带或不带编码器的 Extended Functions 中，SS1 有 2 种不同的监控模式供选择：
 - “制动斜坡监控” (Safe Brake Ramp, SBR)
 - “加速监控” (Safe Acceleration Monitor, SAM)



说明

带外部停止 (SS1E) 的 SS1

使用“带外部停止的 SS1”时，SBR 和 SAM 这两种监控都不会生效。执行 SS1E 时，电机必须在延迟时间之内减速至静止，如通过 PLC 程序。延迟时间届满后，STO 生效。

5.4.1 详细信息和参数设置

5.4.1.1 带编码器的 Safe Stop 1（时间和加速度受控）

执行扩展安全功能 SS1 时会对制动过程进行监控。

- **设置 p9506 = 0 时：**
制动过程由“Safe Acceleration Monitor”功能监控（参见章节“SAM (页 188)”）。
该情况下也称作“SS1（时间和加速度受控）”。
- **设置 p9506 = 2 时：**
制动过程由“Safe Brake Ramp”功能监控（参见章节“SBR (页 190)”）。
该情况下也称作“SS1（转速受控）”。

使用“Safe Stop 1”（SS1）功能可以实现符合 EN 60204--1 的 1 类停机。选择 SS1 后，变频器用 OFF3 斜坡（p1135）制动电机，并使电机在延迟时间（p9556）届满或下降到关机速度（p9560）后进入 STO 状态。

带编码器的 SS1 的功能特性

- 该功能被选中后，延迟时间便开始计时。如果在延迟时间没有届满前便撤销了 SS1，该时间届满后或在电机下降到关机速度后驱动器会先选中 STO 又立即撤销 STO，即：SS1 功能正常结束，不能中断。
- SAM 或 SBR 的选择和执行是双通道式的，但是 OFF3 斜坡制动却是单通道的。
- 对“设定速度限值生效”（r9733[0...2]）的影响：
在 SS1（≙ STOP B）时，r9733[0...2] 中给出设定值 0。

调试

延迟时间（SS1 时间）在参数 p9556 中输入。安全封锁脉冲（STO）前的等待时间可以通过在 p9560 中设置关机速度来缩短。

5.4 SS1

p9556 中设置的时间必须足够长，确保在选中该安全功能后电机能沿着 OFF3 斜坡（p1135）从任意工作过程转速减速到 p9560 中设定的关机转速以下达到静止。

说明**延迟时间的设置**

请按照下面的公式来设置合适的延迟时间，确保驱动器沿着完整的 OFF3 斜坡制动，可能存在的电机抱闸有时间闭合。

- 配置了抱闸时：延迟时间 $\geq p1135 + p1228 + p1217$
 - 没有配置抱闸时：延迟时间 $\geq p1135 + p1228$
-

p9560 中必须设置合适的关机速度，确保 STO 引起的自由停转不会对人员或设备造成任何危险。

响应**系统故障：**

1. 首先触发 STOP F，然后触发 STOP B，最后触发 STOP A
2. 输出安全信息 C01711

“Safe Stop 1”的状态

可在 SI 诊断画面中通过“菜单选择 > 诊断 > 菜单增量按钮 > 安全”检查状态。

5.4.1.2 不带编码器的 SS1

参数 p9506 可设置 2 个不带编码器的“Safe Stop 1”（SS1）监控功能：

- p9506 = 3：对加速度（SAM）/延迟时间进行监控
该功能相当于带编码器的 SS1（页 147）。
该情况下也称作“SS1（时间和加速度受控）”。
- p9506 = 1：安全制动斜坡监控（SBR）
该情况下 SS1 延迟时间无效。SS1 到 STO 的过渡只取决于是否低于关机速度（p9560）。
有关“Safe Brake Ramp (SBR)”功能的详细信息请参考“SBR (页 190)”一章。该情况下也称作“SS1（转速受控）”。

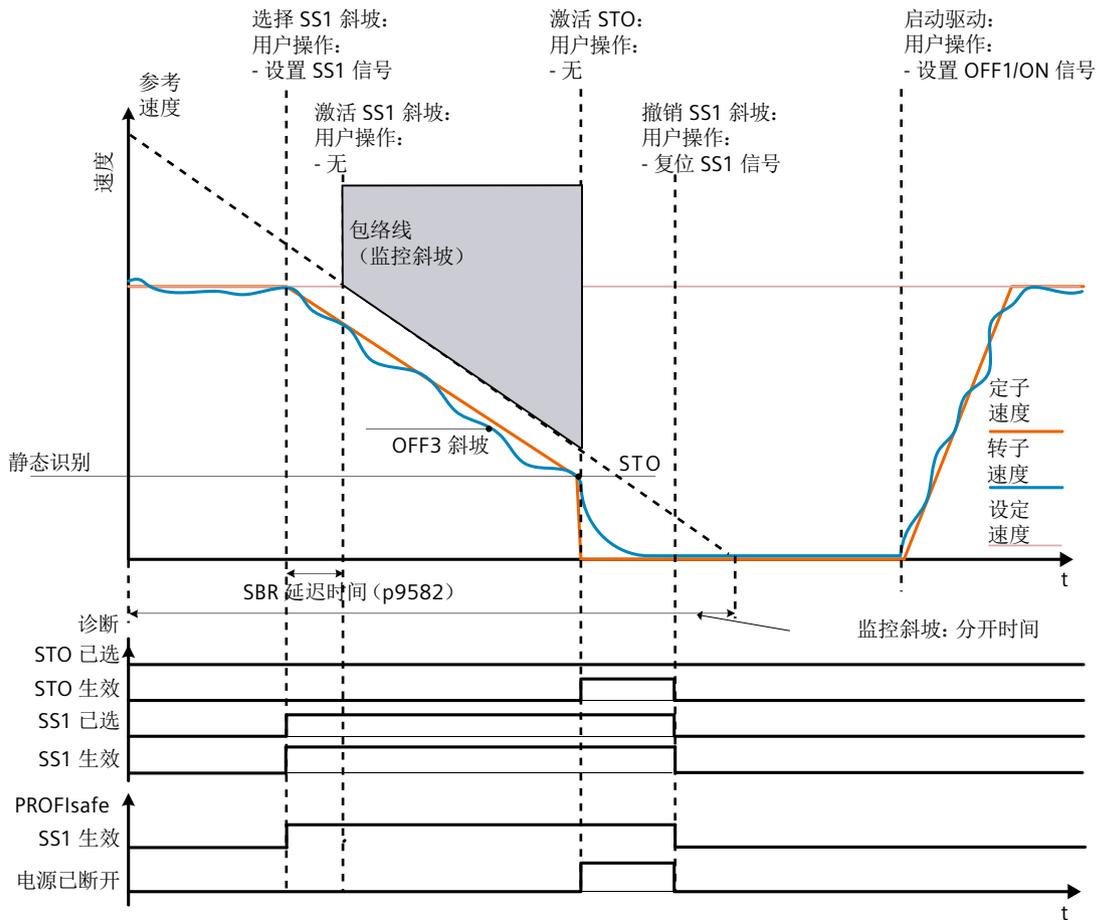


图 5-6 不带编码器，带 SBR 监控的 SS1 控制时序图 (p9506 = 1)

不带编码器的 SS1 的特性

- 制动斜坡监控 (SBR) 的选择和执行是双通道式的，加速度监控 (SAM) 的选择和执行也是双通道式，但 OFF3 斜坡制动是单通道式的。

5.4 SS1

5.4.1.3 带外部停止的 SS1（扩展功能）

简介



警告

SS1E 功能生效可能导致轴意外运行

SS1E 功能生效时，在受监控的延时期间轴可能发生意外运行，从而导致人员死亡或重伤。

- 请防止人员进入危险区域，例如设置防护门或者其他适合的防护装置。

带外部停止的 SS1 功能的工作原理几乎和前文描述的“带编码器的 Safe Stop 1（时间和加速度受控）”以及“不带编码器的“Safe Stop 1”（转速受控）”功能一样。注意以下区别：

“带 OFF3 的 Safe Stop 1”与“带外部停止的 Safe Stop 1”功能的区别

- 为了激活“带外部停止的 Safe Stop 1”，需**额外**设置 $p9507.3 = 1$ 。
- 选择带外部停止的 SS1 时，驱动**不会**沿 OFF3 斜坡制动：必须自行采取适当的措施使驱动制动。延迟时间（p9556）届满后只会自动触发 STO/SBC。延迟时间从选择该功能的时间点开始计时，即使在此期间撤销该功能也不会中止计时。延迟时间届满后，STO/SBC 先被选中再被撤销。
- 在该方式中既没有制动斜坡监控（SBR）、加速监控（SAM），也没有静态监控。
- 该配置中，STO 在 SS1（p9556）计时器届满后生效；当配置了 SBR 后也同样如此。

功能的局限性

说明

该功能是可配置的，但是 NC 还不支持通过 SS1E 的制动性能（轨迹停止）。

参见

Extended Functions (页 352)

停止响应 (页 350)

5.4.1.4 功能图和参数

功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- 2819 SI Extended Functions - SS1、SS2、SOS、内部 STOP B、C、D、F

重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- p1135[0...n] OFF3 减速时间
- p9501 SI Motion 安全功能使能（控制单元）
- p9506 SI Motion 功能规格（控制单元）
- p9556 SI Motion STOP A 延迟时间（控制单元）
- p9560 SI Motion STO 关机速度（控制单元）
- r9722.0...15 CO/BO:SI Motion 驱动集成的状态信号

仅在带外部停止的 SS1（Extended Functions）上

- p9507 SI Motion 功能配置（控制单元）

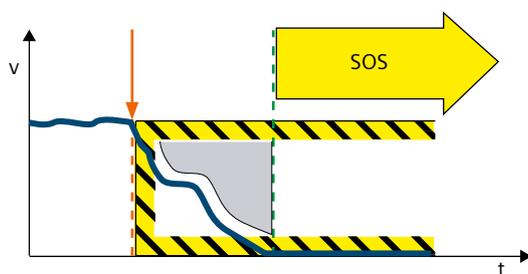
5.5 SS2

按照 EN 61800-5-2 标准的定义：

“SS2”功能使电机停止，随后对静止位置进行可靠的监控。选择 SS2 时，驱动会使电机在制动斜坡上减速制动。可供采用的方案例如包括：

- 带加速度监控（SAM）的 SS2-a
- 带制动斜坡监控（SBR）的 SS2-r
- 手动设置的延迟时间，该时间届满后 SOS 激活。

该功能符合 EN 60204-1 停止类别 2。

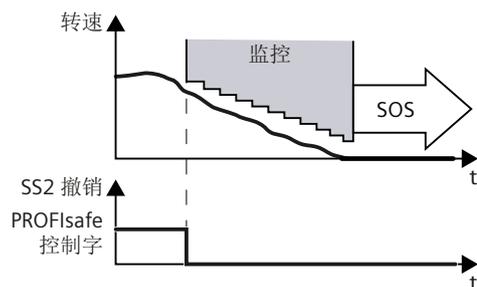


功能应用示例

示例	解决办法
只有在电机静止时，才允许打开防护门。	<ul style="list-style-type: none"> • 通过端子或 PROFIsafe 来选中变频器中的 SS2。 • 制动后变频器进入 SOS 状态。之后防护门才能被打开。

SS2 用于监控负载转速，并在 SS2 延迟时间结束后触发 SOS 功能。

SS2 监控 OFF3 斜坡上的制动过程。它会识别出错误的加速过程，然后通过 STO 将驱动器停机。



电机在转矩控制中运行时，一旦选中 SS2 变频器便从转矩控制切换到转速控制。

SS2 具体是怎么工作的？

故障安全回路（如：F-PLC）通过一个故障安全输入或安全通讯 PROFIsafe 选择了 SS2。

- 如果在选择 SS2 功能时电机已经处于静止状态，变频器会在延迟时间结束后激活“Safe Operating Stop (SOS)”功能。
- 如果选择 SS2 时电机不是处于静止状态，则会通过 OFF3 斜坡制动。根据 p9506 中的设置通过以下其中一个功能监控制动过程：
 - Safe Acceleration Monitor (SAM)
错误的加速过程因此会被识别出来。
 - Safe Brake Ramp (SBR)
发现超出了制动斜坡。

延迟时间结束后，变频器激活“Safe Operating Stop (SOS)”功能。该功能可安全监控驱动器的静止状态。

制动时序图

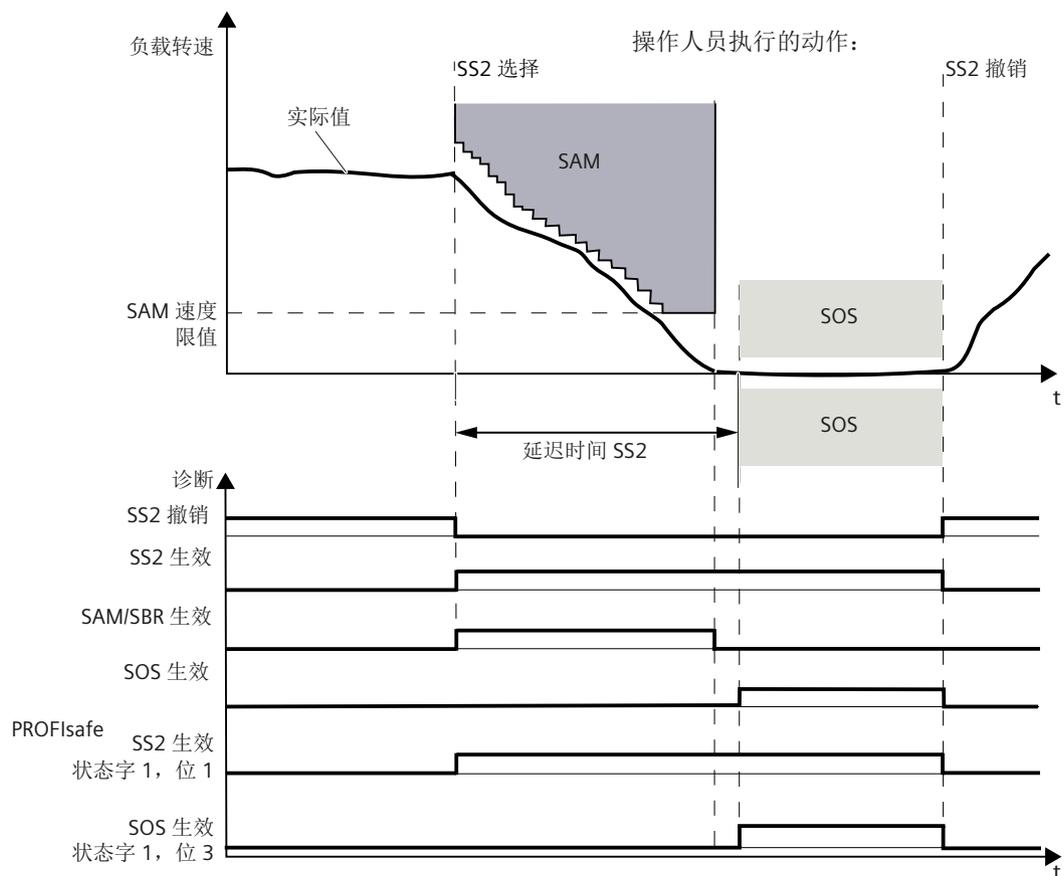


图 5-7 制动时序图与诊断信号（带 SAM 的 SS2）

说明**带外部停止 (SS2E) 的 SS2**

使用 SS2E 时，SBR 和 SAM 这两种监控都不会生效。驱动进行插补式制动（SIC/SCC 的前提条件）。延迟时间届满后，SOS 生效。

5.5.1 详细信息和参数设置

说明**带编码器的 SS2**

安全功能“Safe Stop 2”（SS2）必须使用编码器。

安全功能“Safe Stop 2”（SS2）用于通过 OFF3 减速斜坡（p1135）安全制动电机，并在延迟时间（p9552）届满后过渡到 SOS 状态（参见章节“Safe Operating Stop (页 163)”）。该延迟时间必须适当设置，确保驱动器在该时间内能从任意工作过程转速减速到静止状态。之后不能超出静态公差（p9530）。

在制动过程后驱动仍保持在转速闭环控制状态（转速设定值 $n = 0$ ）。输出满扭矩。

减速时，以下其中一个功能生效：

- **设置 p9506 = 0 时：**
制动过程由“Safe Acceleration Monitor”功能监控（参见章节 SAM (页 188)）。
- **设置 p9506 = 2 时：**
制动过程由“Safe Brake Ramp”功能监控（参见章节 SBR (页 190)）。

SAM 的选择和执行是双通道式的，但是 OFF3 斜坡制动却是单通道的。

- 对“设定速度限值生效”（r9733[0...2]）的影响：
在 SS2 ($\hat{=}$ STOP C) 上的 r9733[0...2] 中指定了设定值 0。

响应

- 超出速度限值 (SAM) :
 - STOP A
 - 输出安全信息 C01706
- 超出 p9530 中设定的静态公差 (SOS) :
 - 首先触发 STOP B, 之后触发 STOP A
 - 输出安全信息 C01707
- 系统故障:
 - 首先触发 STOP F, 之后 STOP A
 - 输出安全信息 C01711

5.5.1.1 带外部停止 (SS2E) 的 SS2

 警告
<p>“SS2E”功能生效可能导致轴意外运行</p> <p>“SS2E”功能生效时，在达到 SOS 之前的安全延时期间，仅通过 NC 标准监控功能监控轴运动。这意味着在此期间不通过安全功能进行监控。因此不能排除轴意外运动。这可造成人员重伤或死亡。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 请在此期间防止人员进入危险区域，例如设置防护门或者其他适合的防护装置。

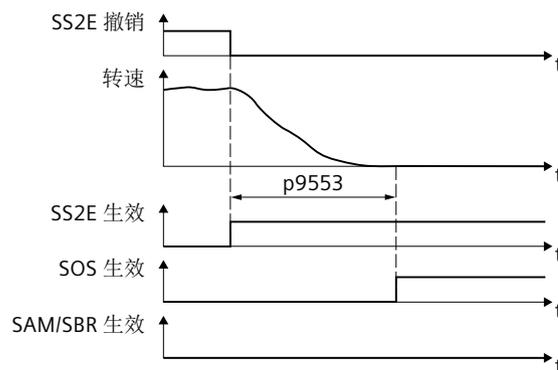


图 5-8 选择 SS2E 功能

使用外部停止时，“Safe Stop 2”功能的工作原理几乎和前面章节中描述的一样。注意以下区别：

“带 OFF3 的 Safe Stop 2”与“带外部停止的 SS2 (SS2E)”功能的区别

- 选择带外部停止的 SS2 时，驱动不会自动使电机减速制动，而是通过规定的转速设定值。
- 在延迟时间 p9553 期间，既没有制动斜坡监控 (SBR)、加速监控 (SAM)，也没有静态监控。

- 延迟时间 p9553 届满后，SOS 生效。
必须设置 P9553，使得轴能以设置的动态制动，直至静止。
- 为了激活“带外部停止的 Safe Stop 2”，应设置 p9501.18 = 1。
- PROFI-safe 控制字 S_STW2.28 选中功能 SS2E。PROFI-safe S_STW2.28 包含在报文 31、901、902 和 903 中。
- PROFI-safe 状态字 S_ZSW2.28 显示 SS2E 功能是否生效。PROFI-safe 状态字 S_ZSW2.28 包含在报文 31、901、902 和 903 中。对应的诊断参数为 r9722.28。
在“安全控制通道”中，状态字 S_ZSW3B.11 显示 SS2E 功能是否生效。对应的诊断参数为 r10234.11。
诊断参数 r9722.28 和 r10234.11 仍然可在内部 STOP D 时进行设置。

在 SS2E 生效期间撤销功能 SS2E

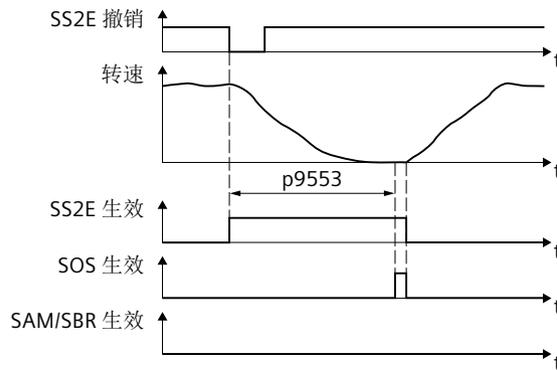


图 5-9 在 SS2E 生效期间撤销功能“SS2E”

延迟时间从选择该功能的时间点开始计时，即使在此期间撤销该功能也不会中止计时。在此情形下，延迟时间届满后，“SOS”功能短时生效。之后，驱动会使电机再次加速至转速设定值。

通过功能“SS1”和“SS2”中断生效的功能“SS2E”

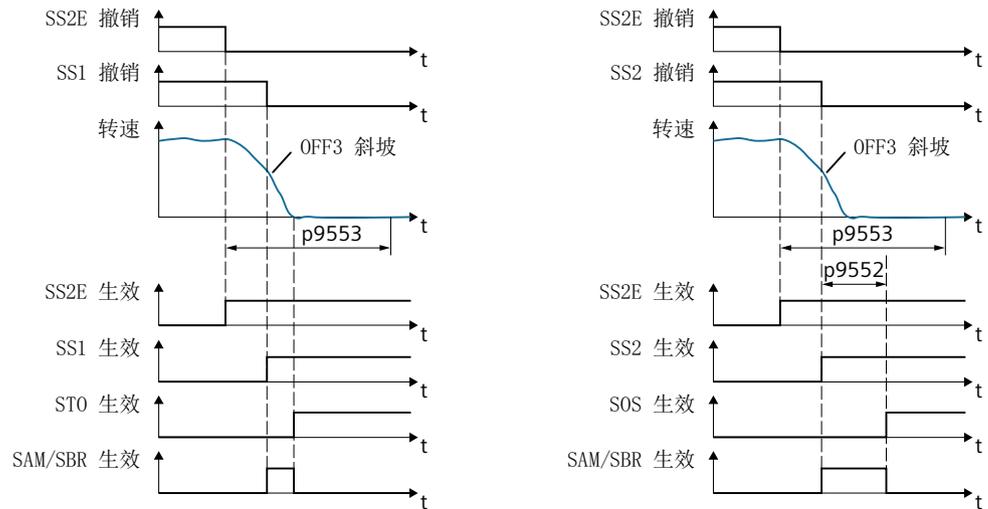


图 5-10 通过功能“SS1”（左图）和“SS2”（右图）中断功能“SS2E”

选中 SS1 时，驱动会使电机在 OFF3 斜坡上减速制动并通过“SAM”功能监控转速。在电机静止时，“STO”功能生效。

选中 SS2 时，驱动也会使电机在 OFF3 斜坡上减速制动并通过“SAM”功能监控转速。在时间 p9552 届满后，“SOS”功能生效。

5.5.1.2 SS2E 上的动态响应自适应功能

轴上的动态响应自适应功能

该功能会动态调整轴的加速特性曲线，使得轴可以在 p9553（SI Motion STOP D 到 SOS 的过渡时间）定义的时间内停止。该功能因此可以避免停机时损坏机床。

为了将 p9553 中设置的 Stop D 时间用于测定制动时间并取消可能出现的报警，必须通过将 MD37950 \$MA_SAFE_INFO_ENABLE 的位 2 置位来加以使能。

在启动时，控制系统会针对所有接入 SIC/SCC 的轴检查（这些轴的制动属性（MD37950.2 \$MA_SAFE_INFO_ENABLE）中用于激活 Stop D/SS2E 过渡时间的位会被置位），p9553 中设置的制动时间对于轴当前的加速特性曲线是否足够长。时间不够长时，便输出报警 22001 “通道 %1 程序段 %2 轴 %3：制动时间 %6 [s] 比 Stop D 时间长。原因：%5”。

当加速或减速特性变化时，轴在执行 STOP D 时会采用所有轨迹轴中的最短过渡时间制动。我们建议在 p9553 中为属于一个插补组的所有轴设置相同的过渡时间。

主轴上的动态响应自适应功能

在主轴上系统不会调整当前加速特性曲线。控制系统会检查在 p9553 中设置的制动时间对于所有主轴运行方式和定义的齿轮级是否都足够长。时间不够长时，便输出报警 22002 “通道 %1 主轴 %2：齿轮级为 %3 时制动时间 %6 [s] 比 Stop D 时间长。原因：%5”。

如果主轴处于进给轴模式下，它的工作方式和进给轴一样。

耦合中的动态响应自适应功能

在一项轴耦合或主轴耦合功能激活时（“同步主轴耦合”除外），如果无法可靠地保证耦合轴组在 p9553 定义的时间内同步停止，系统便不再考虑轴之间的耦合关系。此时必须为耦合轴组中的所有轴触发 STOP D。

在“同步主轴耦合”功能中，轴达到同步运行状态后，系统原则上会继续维持耦合。耦合轴组的制动只能通过主动主轴实现。如果从动主轴比主动主轴需要的制动时间长，必须相应地为主动主轴增大 p9553。

在同步主轴功能激活时，最好也为主动主轴和从动主轴一并触发 STOP D。

无限旋转的轴在加速/减速限值上制动。

在 p9553 时间届满后会自动进入 SOS 状态。

配置支持

在 NC 变量“diagSlopeTime”中提供生效的加速特性曲线的制动时间（参见章节 NC 变量（页 459））。

显示的时间是测定的预期最大制动时间，并且用作针对 STOP D 时间的参数设置的诊断信息。测定的时间在调试窗口 SS2E 中显示。

说明

在 NC 变量中总是显示预期的最大制动时间，与原因无关。仅在相应轴的 Safety Integrated 激活时，才输出该 NC 变量。

根据以下公式，用静态参数设置的轴速度、加速度和冲击值来计算制动时间：

公制：	$\text{MAX_AX_VELO} * 1/60000 / \text{MAX_AX_ACCEL}$
英制 / 旋转 / 主轴：	$\text{MAX_AX_VELO} * 1/60 / \text{MAX_AX_ACCEL}$

对于有冲击限值的轴，还要考虑以下附加值：

$$2 * \text{MAX_AX_ACCEL} / \text{MAX_AX_JERK}$$

报警触发

根据上述公式计算的制动时间用于触发报警 22001/22002。如果当前轴动态或参数设置的停止 D 时间不足以在触发停止 D 时及时停止，则输出报警。

时间检查在执行轴的 NEWCONF、RESET、解除驻留和编程了 ACC 或 JERKLIM 执行。

报警中显示的时间值根据当前生效的动态响应设置来确定。这也可能小于 NC 变量中显示的值。上述公式中包含的机床数据名称必须根据具体的报警情形，即是在参数设置期间出现还是在编程期间出现，替换为其它机床数据名称或数值：

MD	可选机床数据	齿轮级专用主轴机床数据	编程指令
MAX_AX_VELO	min(JOG_VELO, JOG_VELO_RAPID)	\$MA_GEAR_STEP_MAX_VELO_LIMIT[0...max] \$MA_GEAR_STEP_PC_MAX_VELO_LIMIT[0...max]	-
MAX_AX_ACCEL	JOG_MAX_ACCEL	\$MA_GEAR_STEP_SPEEDCTRL_ACCEL[0...max] \$MA_GEAR_STEP_POSCTRL_ACCEL[0...max]	ACC
MAX_AX_JERK	JOG_AND_POS_MAX_JERK		JERKLIM

说明：

- 计算出的数值最好四舍五入到小数点后一位，以便消除公制 / 英制切换时的内部换算取整问题，也避免触发报警。
- 通过调试窗口在 p9553 中设置了 STOP D 制动时间，然后通过复位面板的方式刷新窗口后，如果违背上述换算规定，会输出报警 22001 或 22002。
- 可以通过机床数据 11415 位 13 来封锁报警 22001/22002 的输出。

5.5.1.3 Safe Stop 2 扩展停止和回退 (SS2ESR)

 警告
<p>意外的轴运动</p> <p>“SS2ESR”功能生效时，延迟时间 (p9554) 期间的转速为上级控制器的设定值。可防止轴意外运动，进而避免造成人员伤亡。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 延迟时间 (p9554) 期间采用适当的保护装置，防止人员在机器或设备的危险区域内逗留。

Safe Stop 2 扩展停止和回退 (SS2ESR) 功能的工作原理几乎和前面章节介绍的 SS2 一样。但要注意以下区别。

选择 SS2ESR

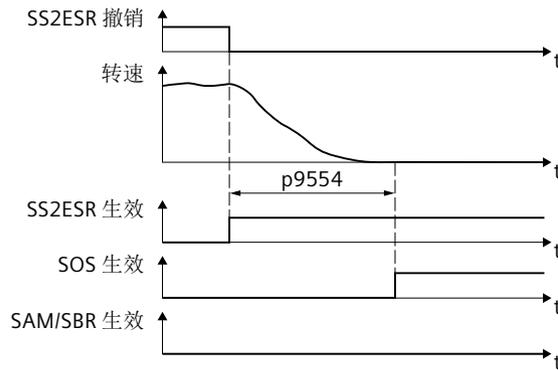


图 5-11 选择 SS2ESR 功能

“带 OFF3 的 Safe Stop 2”与 SS2ESR 功能的区别

- 选择带外部停止的 SS2ESR 时，驱动不会自动使电机减速制动，而是通过规定的转速设定值；这也可以是快速回退运行。
- 在延迟时间 p9554 期间，既没有制动斜坡监控 (SBR)、加速监控 (SAM)，也没有静态监控。
- 延迟时间 p9554 届满后，SOS 生效。SS2ESR 功能生效时，上级控制器必须给定电机在延迟时间 p9554 届满后最晚减速停止的转速设定值。
- 为了激活 SS2ESR，应设置 p9501.4 = 1。
- PROFIsafe 控制字 S_STW2.29 选中功能“SS2ESR”。PROFIsafe S_STW2.29 包含在报文 31、901、902 和 903 中。
- PROFIsafe 状态字 S_ZSW2.27 显示“SS2ESR”功能是否生效。PROFIsafe 状态字 S_ZSW2.27 包含在报文 31、901、902 和 903 中。对应的诊断参数为 r9722.27。在“Safety Info Channel”中，状态字 S_ZSW3B.12 显示“SS2ESR”功能是否生效。对应的诊断参数为 r10234.12。
诊断参数 p9722.27 和 p10234.12 仍然可在内部 STOP E 时进行设置。
- 此外还会在“Safety Info Channel”中设置状态字 S_ZSW1B.14 = 1。该位对应于诊断参数 r9734.14。
- 如要连接驱动自控的 ESR，可使用 p0890[1]。
- SS2ESR 对“设定速度限值生效” (r9733[0...2]) 没有影响。如果在 p9501.4 中使能了 SS2ESR，则 STOP E 对 r9733[0...2] 也没有影响。

在 SS2ESR 生效期间取消 SS2ESR

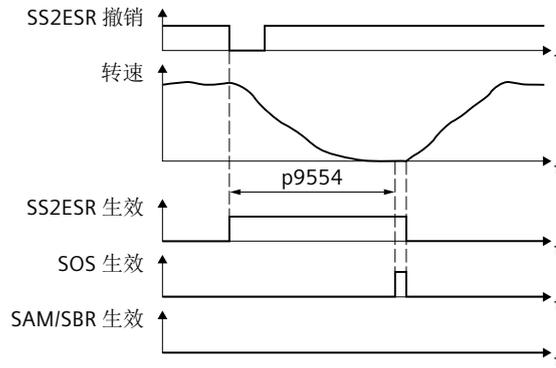


图 5-12 在 SS2ESR 生效期间取消 SS2ESR

延迟时间从选择该功能的时间点开始计时，即使在此期间撤销该功能也不会中止计时。在此情形下，延迟时间届满后，“SOS”功能短时生效。之后，驱动会使电机再次加速至转速设定值。

通过 SS1 和 SS2 中断生效的 SS2ESR

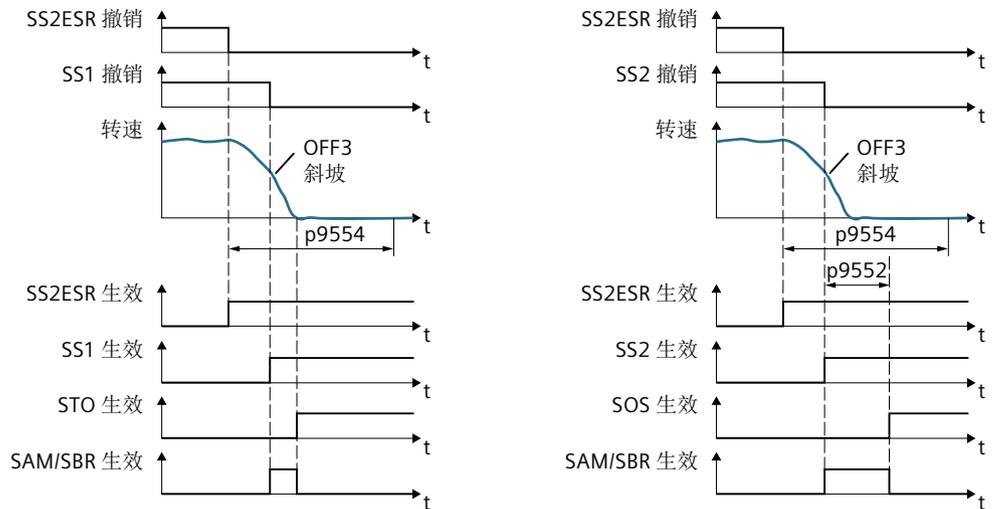


图 5-13 通过功能“SS1”（左图）和“SS2”（右图）中断功能“SS2ESR”

选中 SS1 时，驱动会使电机在 OFF3 斜坡上减速制动并通过“SAM/SBR”功能监控转速。在电机静止时，“STO”功能生效。

选中 SS2 时，驱动也会使电机在 OFF3 斜坡上减速制动并通过“SAM”功能监控转速。在时间 p9552 届满后，“SOS”功能生效。

5.5 SS2

5.5.1.4 功能图和参数

功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- 2819 SI Extended Functions - SS1、SS2、SOS、内部 STOP B、C、D、F

重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

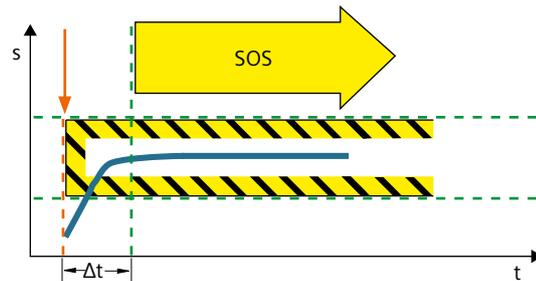
- p1135[0...n] OFF3 减速时间
- p9501 SI Motion 安全功能使能（控制单元）
- p9530 SI Motion 静态公差（控制单元）
- p9548 SI Motion SAM 转速实际值公差（控制单元）
- p9552 SI Motion STOP C 到 SOS (SBH) 的过渡时间（控制单元）¹⁾
- p9553 SI Motion STOP D 到 SOS (SBH) 的过渡时间（控制单元）
- p9554 SI Motion STOP E 到 SOS (SBH) 的过渡时间（控制单元）
- r9722.0...15 CO/BO:SI Motion 驱动集成的状态信号

¹⁾STOP C 相当于 SS2。

5.6 SOS

按照 EN 61800-5-2 标准的定义：

“SOS 功能用于对驱动静止位置进行安全监控。”



功能应用示例

示例	解决办法
只有在电机静止时，才允许打开防护门。	<ul style="list-style-type: none"> • 选择 SOS • 在设置的选择 SOS 至其生效的时间内，叠加控制器使轴（如位置控制）减速至静止。 • 之后系统会通过 SOS 功能对静态进行安全监控。

5.6.1 Safe Operating Stop (SOS)

在 SOS 激活时，不需关闭设备就可以进入采取了防护措施的设备区域。

在选中 SOS 及所设的延迟时间届满后，SOS 才会生效。在此延迟时间内电机必须减速到静止，例如：在控制器的控制下。

电机是否静止是由 SOS 公差窗口监控的。SOS 生效时的当前实际位置会一直保存为“比较位置”，直到 SOS 再次被撤销。在撤销 SOS 后电机立即开始运行，没有延迟。

5.6 SOS

超出静态公差窗口时，SS1 会使电机减速至静止。

说明

和 SS1/SS2 不同，SOS 并不会单独使电机制动

设定值由控制器给出。

控制器中的用户程序中必须写入对“SOS 已选”位的响应动作，使控制器能在延迟时间之内使电机静止。

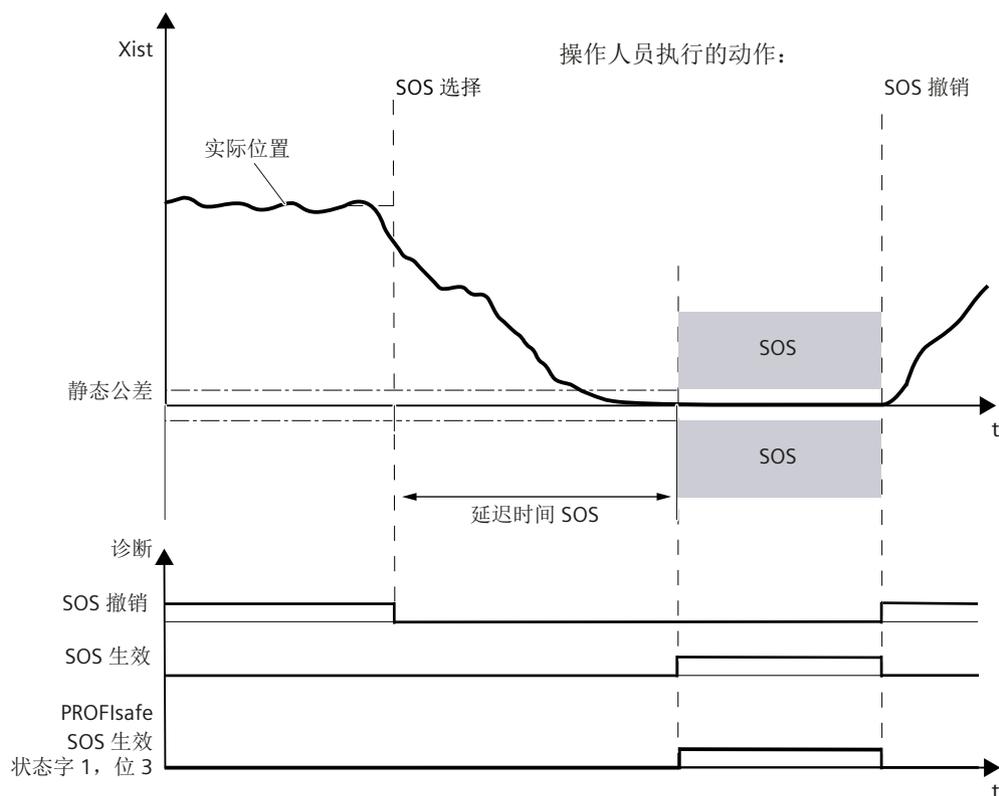


图 5-14 静态公差

5.6.2 详细信息和参数设置

警告

驱动可因机械力而脱离 SOS 状态

当有大于驱动最大扭矩的机械力作用于位置闭环控制中的驱动时，它可能会脱离“Safe Operating Stop”（SOS，符合 60204-1 的 2 类停机）状态。驱动的意外运行会触发符合 EN 60204-1 的 1 类停机。此时必须注意 SS1 和 STO 报警。驱动的意外运行可能造成人员死亡或重伤。

- 为了避免意外运行，请使用带安全监控的抱闸（参见 SBC (页 132)）。

该功能用于监控电机是否静止。

- 电机是否静止是由 SOS 公差窗口（p9530）监控的。
- 对“设定速度限值生效”（r9733[0...2]）的影响：
选择 SOS 时，在 r9733[0...2] 中指定了设定值 0。

说明

公差窗口大小

静态窗口应稍稍高于缺省的静态监控限值，否则该缺省监控便会失效。

参数 r9731 显示了负载侧的安全定位精度，它是安全运动监控功能能达到的最高实际位置检测精度。

超出静态公差窗口的响应是 STOP B。

“SOS”功能在以下情况下生效：

- 在选中了 SOS、p9551 中的延迟时间届满后。
在此延迟时间内电机必须减速到静止，例如：在控制器的控制下。
- SS2、SS2E 或者 SS2ESR 的后续响应
- STOP C 的后续响应（相当于选择了 SS2）
- STOP D 的后续响应（相当于选择了 SOS）
- STOP E 的后续响应（相当于选择 SOS，在另激活标准功能“扩展停机和回退 (ESR)”时）

5.6 SOS

响应

- 超出 p9530 中设定的静态公差
 - 首先触发 STOP B，之后触发 STOP A
 - 输出安全信息 C01707
- 系统故障
 - STOP F
 - 输出安全信息 C01711

5.6.2.1 功能图和参数

功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- 2819 SI Extended Functions - SS1、SS2、SOS、内部 STOP B、C、D、F

重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- p9501 SI Motion 安全功能使能（控制单元）
- p9501.23 使能在外部 STOP A 期间取消 SOS/SLS
- p9530 SI Motion 静态公差（控制单元）
- p9551 SI Motion SLS(SG) 切换/SOS(SBH) 延时（控制单元）
- p9567 切换至 SOS/SLS 的速度
- p9569 静止后到 SOS 的过渡时间
- r9722.0...31 CO/BO:SI Motion 驱动集成的状态信号
- r9731 SI Motion 安全定位精度

说明

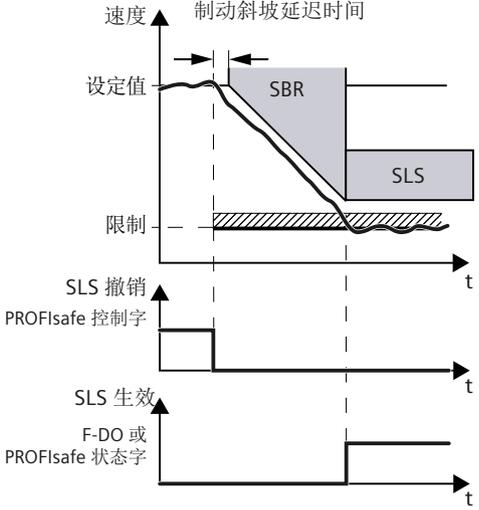
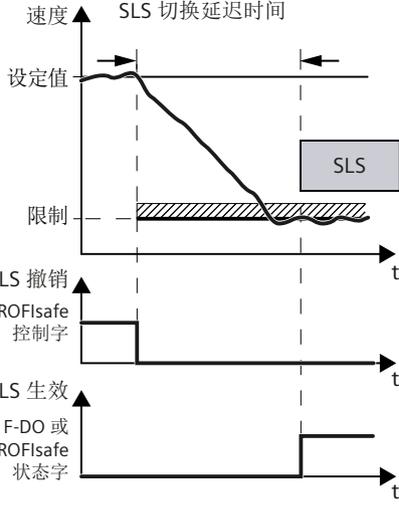
自动生效的 SLS

“SLS”除了用端子、PROFIsafe 或 “端子+PROFIsafe”选中生效外，还可以自动生效。在该方式中，“SLS”在上电后一直生效。详情请参见章节“自动生效的 Safely-Limited Speed (页 178)”。

在已启动的电机上选择 SLS

只要变频器通过故障安全输入或安全通讯 SLS 识别到选择了 PROFIsafe，就会产生以下作用：

- 为避免超限，可将设定值限值传送到 F-PLC 中，从而对速度设定值加以限制。
- 当设定速度限值连接至斜坡函数发生器时，变频器会将速度控制在 SLS 限值以下。
- 在不带编码器的 SLS 中您可选择，变频器是否通过 "SBR (Safe Brake Ramp)" 或 "SAM (Safe Acceleration Monitor)" 功能对电机制动过程进行监控。在带编码器的 SLS 中无法选择 "SBR" 功能。

带制动斜坡监控 ¹⁾ (仅限不带编码器的功能)	不带制动斜坡监控 (带或不带编码器的功能)
 <p>速度 设定值 限制 SBR SLS t</p> <p>制动斜坡延迟时间</p> <p>SLS 撤销 PROFIsafe 控制字 t</p> <p>SLS 生效 F-DO 或 PROFIsafe 状态字 t</p>	 <p>速度 设定值 限制 SLS t</p> <p>SLS 切换延迟时间</p> <p>SLS 撤销 PROFIsafe 控制字 t</p> <p>SLS 生效 F-DO 或 PROFIsafe 状态字 t</p>
<ul style="list-style-type: none"> 在可设置的“制动斜坡延时”届满后，变频器通过“SBR (Safe Brake Ramp)”功能监控速度是否降低。 只要满足以下条件之一，变频器就会从 SBR 切换为 SLS。 <ul style="list-style-type: none"> SBR 监控斜坡达到了 SLS 限值。上图反映的就是这种情况。 当前速度达到 SLS 限值后，会再次经过一段“制动斜坡延迟时间”，之后 SLS 才生效。 	<ul style="list-style-type: none"> 在“SLS 换挡延迟时间”届满后变频器监控负载速度。
<p>优点：</p> <ul style="list-style-type: none"> 在制动期间变频器就可以发现负载减速是否过慢。 “SLS 生效”反馈通常比不带加速监控时更早出现。 	<p>优点：</p> <ul style="list-style-type: none"> 调试更加简单，您只需设置延时，而不必再设置可选的制动斜坡监控的子功能 SBR 或 SAM。

¹⁾ 只有当斜坡函数发生器与设定速度限值连接在一起时，自动降低转速才会生效。

在低速时选择 SLS

如果电机速度在选择 SLS 时比 SLS 的极限值低，变频器会有以下响应：

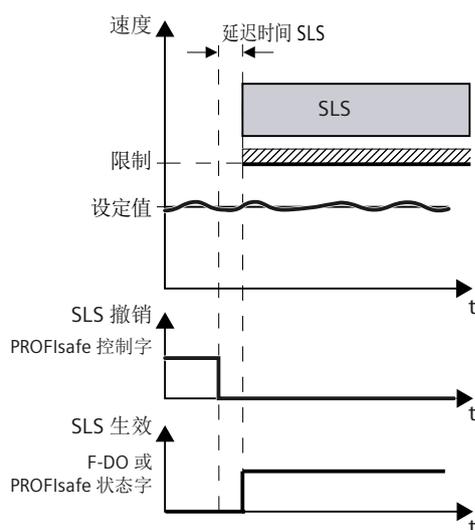


图 5-15 在低速时选择 SLS

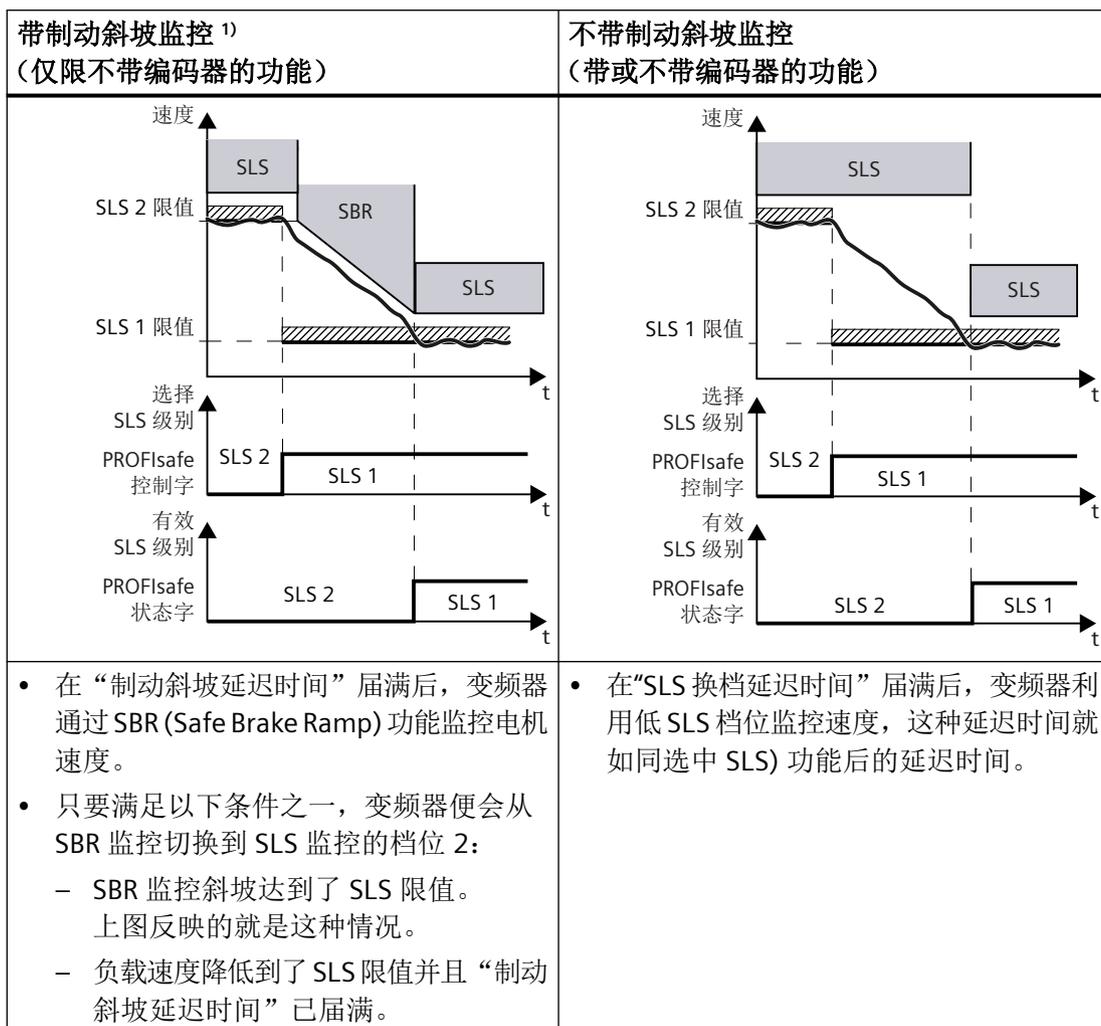
撤销 SLS

当上位控制系统撤销 SLS 时，变频器会取消限制及监控。

SLS 速度档的切换

在选中 SLS 后，您可以在 4 个不同的速度档之间切换。“自动生效的 SLS”是个例外，它只有一个速度档。

切换到低速度档



¹⁾ 只有当斜坡函数发生器与设定速度限值连接在一起时，自动降低转速才会生效。

切换到高速度档

在从低档位切换到高档位时，变频器立即用高速档来监控速度。

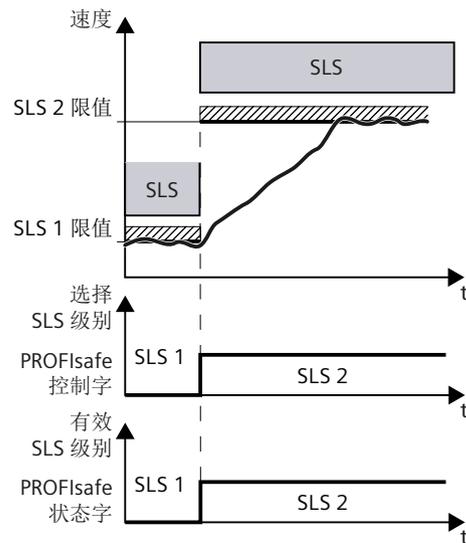


图 5-16 切换到高转速档

5.7.1 详细信息和参数设置

“Safely-Limited Speed (SLS)”功能可以防止驱动器在两个方向上速度过高，它会监控电机的当前速度是否超出了速度限值。

SLS 可以避免电机超出设置的速度限值运行。该限值必须根据风险分析的结果来确定。在参数 p9531[0..3] 中可以最多设置 4 个 SLS 速度限值（即速度档），在 SLS 激活时也可以执行换档。

还可以为 SLS 速度限值 1 附加一个倍率。在运行模式下，可通过一个 PROFIsafe 报文来修改该倍率。

说明

显示速度限值的偏差

在 r9714[2] 中显示的 SLS 速度限值与指定的 SLS 速度限值有所偏差。原因为速度值的内部分辨率 (r9732)。

说明

通讯故障时的响应

在 p9580 ≠ 0、SLS 激活时出现通讯故障：只有在将一个带有延时脉冲封锁的 STOP 设为 SLS 响应时（即设置 p9563[0...3] ≥ 10），变频器才会执行设置的 ESR 响应。

说明**设定速度限值和 SLS**

- 除了 SLS 参数设置外，同时还需要设置设定速度限值。例如在分析 Safety Info Channel 的上级控制器中进行此项设置，或者将 r9733[0/1] 和斜坡函数发生器转速限值 (p1051/p1052) 互联在一起。
 - 不建议组合使用 SLS 正向/负向设定值限制和标准报文 105：因为此时标准报文的速度设定值要经过设定值限制后才生效。
-

5.7.1.1 接入 NC 中的运动控制功能

SIC/SCC 发送数据中的以下状态位或值已连接至 NC，如此一来，在驱动自控的 Safety Functions 上便不会出现后续响应或报警：

- SI Motion Safety Info Channel 状态字：S_ZSW1B (页 491)
 - 位 4 SLS_ACTIVE (SLS 生效)
 - 位 6 SLS_SELECTED (SLS 已选)
- 32 位分辨率的设定速度限值，带符号位：S_V_LIMIT_B (页 495)

当 SLS 功能已选择或生效时，会在 S_ZSW1B 中设置相应的位。然后，驱动自控功能 SLS 当前所选择的速度限值会被输入 S_V_LIMIT_B 中。

S_V_LIMIT_B 重新定标后会与 MD36933 \$MA_SAFE_DES_VELO_LIMIT[0...3] 中的值相乘并作为设定速度限值继续传递至 NC 中的运动控制。

如果 MD36933 中输入的值为 0% 或 100%，则 S_V_LIMIT_B 中的值会作为设定速度限值继续传递。

选择 SOS 时或在 STOP A 到 F 时，S_V_LIMIT_B 包含设定值 0。驱动中未选择功能“SLS”或“SOS”时，S_V_LIMIT_B 中的速度限值与最大速度/最大转速 (Vmax) 的值相符。

5.7.1.2 带编码器的“Safely-Limited Speed”**功能特性**

- 选中了 SLS 后，监控在设置的延迟时间届满后 (p9551) 才生效。在该时间内，实际转速必须低于 (所选中的) 速度限值。撤销 SLS 时，延迟时间无效。
- 在从高速度限值切换到低速度限值 (p9531) 后，电机的实际速度必须在延迟时间 (p9551) 内低出新速度限值。在延迟时间内，先前的限值仍旧生效。在延迟时间届满后，新限值生效。在通过 PROFIsafe 调低限值时也同样如此。

- 如果在延迟时间届满后电机的实际速度高于新的 SLS 速度限值，变频器会报告该错误并执行设置的停止响应。
- 停止响应（STOP A、STOP B、STOP C、STOP D 或 STOP E）通过参数 p9563 设置。
- 如果在切换到较高限值时，延迟时间未生效，那么较高限值立即生效。在通过 PROFIsafe 调高限值时也同样如此。
- 有 4 个可设置的限值 p9531[0...3]
- 首个限值可通过 PROFIsafe 报文 901、902 和 903 设定（当 p9501.24 = 1 时）
- 在参数 p9533 中您可以输入百分比换算系数，用于从选中的实际速度限值换算成设定速度限值。生效的限值和该系数相乘后可以得出设定速度限值，传送到 r9733 中。
 - $r9733[0] = p9531[x] \times p9533$ （从负载侧换算到电机侧）
 - $r9733[1] = -p9531[x] \times p9533$ （从负载侧换算到电机侧）

[x] = 选中的 SLS 速度限值
从电机侧到负载侧的换算系数：

 - 电机类型 = 旋转电机，轴类型 = 线性轴：p9522/ (p9521 × p9520)
 - 其他情况下：p9522/p9521
- 限值
 - $r9733[0] = p9531[x] \times p9533$ ；x = 选中的 SLS 速度限值
 - $r9733[1] = -p9531[x] \times p9533$ ；x = 选中的 SLS 速度限值

r9733 可以将生效的设定速度限值传送给上级控制器，控制器随后可以根据 SLS 速度限值或 setpoint channel (p1051) 调整运行速度。r9733 是安全信息通道 (SIC) 的组成部分。
- 参数 r9714[2] 中会显示当前 SLS 的速度限值。

SLS 速度限值的切换

换档是通过 2 个 F-DI 或 2 个 PROFIsafe 控制位以二进制编码的方式实现的。速度限值选择的状态可以通过 r9720.9/r9720.10 查看。当前生效的速度限值通过参数 r9722.9 和 r9722.10 显示，位 r9722.4 必须为“1”。

表格 5-1 速度限值的切换

位 1 的 F-DI (r9720.10)	位 0 的 F-DI (r9720.9)	速度限值	SLS 档位
0	0	p9531[0]	1
0	1	p9531[1]	2

5.7 SLS

位 1 的 F-DI (r9720.10)	位 0 的 F-DI (r9720.9)	速度限值	SLS 档位
1	0	p9531[2]	3
1	1	p9531[3]	4

通过 F-DI 控制 SLS 限值错误时可导致高转速

对于除 PROFIsafe 之外的所有控制方式，在出现 2 个差异性错误并且没有应答这两个错误时，变频器会切换到 SLS1，即对于选择速度限值的 2 个 F-DI 来说，0 是故障安全值 (failsafe value)。

- 因此始终要按照升序来设置 SLS 速度限值，即：SLS1 是最低速度限值，SLS4 是最高速度限值。

响应**在电机超出速度限值时：**

- STOP A /STOP B /STOP C /STOP D /STOP E，通过 p9563 配置
- 输出安全信息 C01714

系统故障：

- STOP F
- 输出安全信息 C01711

通过 SIEMENS 报文 901、902 或者 903 传送首个速度档

SINAMICS 允许通过 PROFIsafe 来控制首个 SLS 速度限值：

- 在 PROFIsafe 报文中选中 SLS 速度档 1 及位“通过 PROFIsafe 使能传送 SLS (SG) 速度档” (p9501.24) 置位后，该速度档便可通过 PROFIsafe 传送给变频器。
- S_SLS_LIMIT_A 的取值范围为 1 ... 32767；此时适用以下规则：
 - 32767 $\hat{=}$ 100 % SLS 速度级别 1
 - 实际生效的速度限值由以下公式计算得出：
SLS 速度档 = (S_SLS_LIMIT_A/32767) \times p9531[0]
- 您可以用同样的方式来设置和选中速度档 2、3 和 4。
- 在变频器运行时无法修改已经设置的换档延迟时间。如果在您的实际应用中需要不同的延迟时间，您必须通过 F-PLC 设计一段 SLS 限值的传送延迟来实现。
- 如果控制器传送了错误的 SLS 速度档，变频器会执行 p9563 设置的速度档 1 的停止响应。

5.7.1.3 不带编码器的“Safely-Limited Speed”

功能

参数 p9506 可设置 2 个不带编码器的“Safely-Limited Speed”（SLS）监控功能：

- p9506 = 3：对加速度（SAM）/延迟时间进行监控
该功能的工作方式和前面一章介绍的带编码器的 SLS 功能相同。
- p9506 = 1：安全制动斜坡监控（SBR）

说明

缺省设置

- 进行调试时，请注意 SINAMICS 功能手册之 Safety Integrated 中的章节“调试不带编码器的 Safety Integrated Functions 的缺省设置”。
 - 有关设置监控功能 SBR 的详细信息请参考“SBR (页 190)”一章。
-

制动斜坡监控

- 设定速度限值（r9733）和设定值通道连接在一起（p1051/p1052）、然后选中 SLS 或者切换到 SLS 低速度限值时，电机会从当前速度开始沿着 OFF3 斜坡减速到以 r9733 定义的数值以下。该情况下驱动便不再跟踪上级运动控制器的设定值。
- 通过参数 p9582 可以设置 SBR 监控的延迟时间。
- 在延迟时间 p9582 届满后 SBR 监控功能激活。如果电机的实际速度超出了 SBR 制动斜坡，变频器会输出安全信息 C01706，并通过 STOP A 停止电机。
- 在以下情况下，选中的新 SLS 速度限值会生效：
 - SBR 斜坡达到了新的 SLS 速度限值
 - 电机的实际速度在 p9582 时间届满后仍低于新的 SLS 速度限值。
- 没有编码器的 SLS 功能会监控电机的实际速度是否低于新的 SLS 速度限值。
- 一旦电机超出该 SLS 速度限值，变频器便执行设置的停止响应（p9563[x]）。

速度限值的定义

- 不带编码器的 SLS 速度限值的定义方式和带编码器的 SLS 一样。
- 不带编码器的 SLS 的响应只有选择两种：STOP A 和 STOP B。

执行 OFF2/STO 后的重启方式

如果电机通过 STO 停机，您必须视情形执行以下操作重启电机：

第 1 种情形：	• 启动后的状态	
		• SLS 已选
		• STO 已选
		• 正在封锁脉冲
• 撤销 STO		
• 必须在 5 秒内通过一个上升沿将驱动器使能发送给 OFF1，否则 STO 再次激活。		
第 2 种情形：	• 情形	
		• 电机减速到静止，SLS 被选中
		• 触发 OFF1，脉冲封锁激活（内部选中 STO）
	• 选中 STO	
	• 撤销 STO 脉冲封锁激活了内部 STO：通过选择/撤销 STO 来取消该激活。	
• 必须在 5 秒内通过一个上升沿将驱动器使能发送给 OFF1，否则 STO 再次激活。		
第 3 种情形：	• 情形	
		• 电机减速到静止，SLS 被选中
		• 触发 OFF1，脉冲封锁激活（内部选中 STO）
	• 撤销 SLS 脉冲封锁激活了内部 STO：通过撤销 SLS 来取消该激活。	
	• 选择 SLS 必须在 5 秒内通过一个上升沿将驱动器使能发送给 OFF1，否则 STO 再次激活	
第 4 种情形：	• 情形	
		• 所有 Safety Integrated 功能都被撤销
	• 然后必须通过一个上升沿将驱动器使能发送给 OFF1。	
	• 在该情形中，电机不能安全启动。	

5.7.1.4 自动生效的 Safely-Limited Speed

自动生效和非自动生效的 Safely-Limited Speed 之间的区别

- “SLS”除了用端子、PROFIsafe 或 “端子+PROFIsafe”选中生效外，还可以自动生效。
- 通过设置 p9512.4 = 1 可选中 “自动生效的 SLS”。
- 自动生效的 SLS 只有一个速度限值可以设置（p9531[0]）。

- 停止响应通过 p9563[0] 设置。
- 自动生效的 Safely-Limited Speed 没有延迟时间。该功能始终处于激活状态（带编码器）或在接通时激活（无编码器）。

关闭并重启电机（不带编码器）

下图展示了自动生效的 SLS 的工作时序和诊断信号：

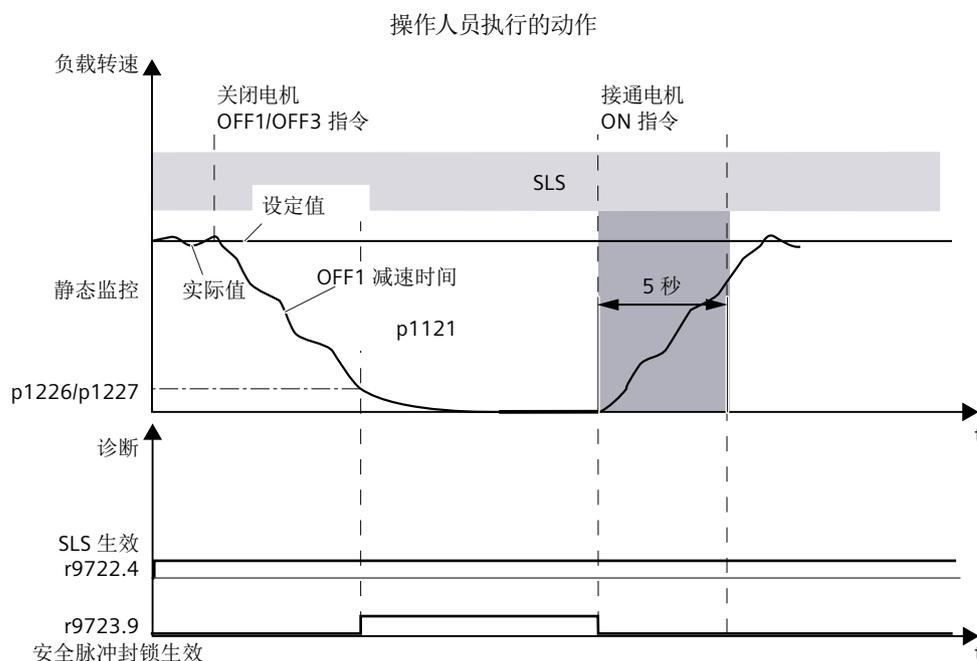


图 5-17 自动生效的 SLS，以关闭并重启电机为例（不带编码器）

在关闭并重启电机时，自动生效的 SLS 的工作方式如下：

- 关闭之后，电机按照取消的信号运行（OFF1、OFF2 或 OFF3）。
- 在电机转速低出静态监控限值后，“安全脉冲封锁”生效。如果设置有抱闸，该信号的置位还会闭合抱闸。
- 在发出 ON 指令后，变频器退出“安全脉冲封锁”状态，开始启动。
- 如果在 5 秒后电机还没有达到最低电流，变频器会回到“安全脉冲封锁”状态，并发出报警 C01711。

5.7 SLS

5.7.1.5 功能图和参数

功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- 2820 SI Extended Functions - SLS (Safely-Limited Speed)

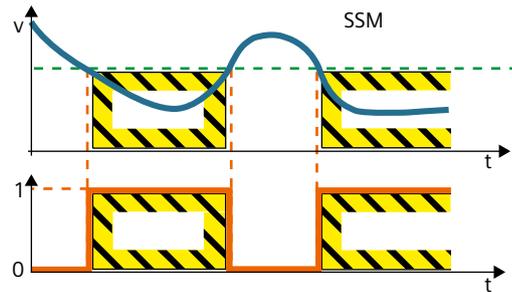
重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- p9501.0 SI Motion 安全功能使能（控制单元）
- p9512 SI Motion 自动生效的安全功能的选择（控制单元）
- p9531[0...3] SI Motion SLP（SG）限值（控制单元）
- p9551 SI Motion SLS(SG) 切换/SOS(SBH) 延时（控制单元）
- p9563[0...3] SI Motion SLS（SG）- 专用停止响应（控制单元）
- p9580 SI Motion 总线故障 STO 延时（控制单元）
- p9581 SI Motion 制动斜坡参考值（控制单元）
- p9582 SI Motion 制动斜坡延迟时间（控制单元）
- p9583 SI Motion 制动斜坡监控时间（控制单元）
- p9601 SI 驱动集成的功能使能（控制单元）
- r9707[0...2] CO: SI Motion 编码器位置实际值诊断 GX_XIST1
- r9714[0...2] CO: SI Motion 速度诊断
- r9720.0...27 CO/BO:SI Motion 驱动集成的控制信号
- r9721.0...15 CO/BO:SI Motion 状态信号（控制单元）
- r9722.0...31 CO/BO:SI Motion 驱动集成的状态信号（控制单元）

5.8 SSM

按照 EN 61800-5-2 标准的定义：

“SSM”功能可提供一个安全输出信号，显示电机转速是否在规定的极限值以下。”



功能应用示例

示例	解决办法
确保只有在低于用户定义的转速时才加注离心机。	<ul style="list-style-type: none"> SSM 通过配置 Safety Integrated Extended Functions 激活 变频器会对离心机的转速进行安全监控并通过使用状态位“Status SSM”来使能过程链中的后续动作。

说明

SSM 是一个单纯的显示功能

和其他驱动集成的安全功能不同的是，超过 SSM 限值时变频器不会触发任何停止响应。

5.8.1 详细信息和参数设置

“Safe Speed Monitor”（简称 SSM）功能用于检测电机在两个方向上的速度是否低于速度限值，例如：可以用于检测电机是否静止。该功能会输出一个安全输出信号以进行后续处理。

特性

- 指定速度限值的安全监控
- 可设置回差
- 可设定滤波时间 (PT1 滤波器)

5.8 SSM

- 安全输出信号
- 无停止响应

说明

SSM 生效时可导致 STOP F 特性异常

STOP F 通过安全信息 C01711 显示。在有一个安全功能激活的条件下，STOP F 只会触发后续响应 STOP B / STOP A。在只有不带回差的 SSM 功能激活时（即：p9501.16 = 0），STOP F 交叉校验错误不会触发后续响应 STOP B/STOP A。

- 一旦“带回差的 SSM”激活，监控功能便立即生效。
-

SSM 具体是怎么工作的？

前提条件

"SSM" 不能通过外部控制信号选中或撤销。当相关驱动进行了以下设置后，SSM 生效：

- 还需选择其他功能作为安全功能范畴。
- 通过 >0 对 SSM 的速度限值进行参数设置。

转速检测

变频器会比较负载速度和速度限值，一旦发现速度低于限值，变频器就向上级控制器报告速度过低。

可设置回差

可设置回差用来确保限值范围内的 SSM 输出信号不在“0”和“1”之间跳转。

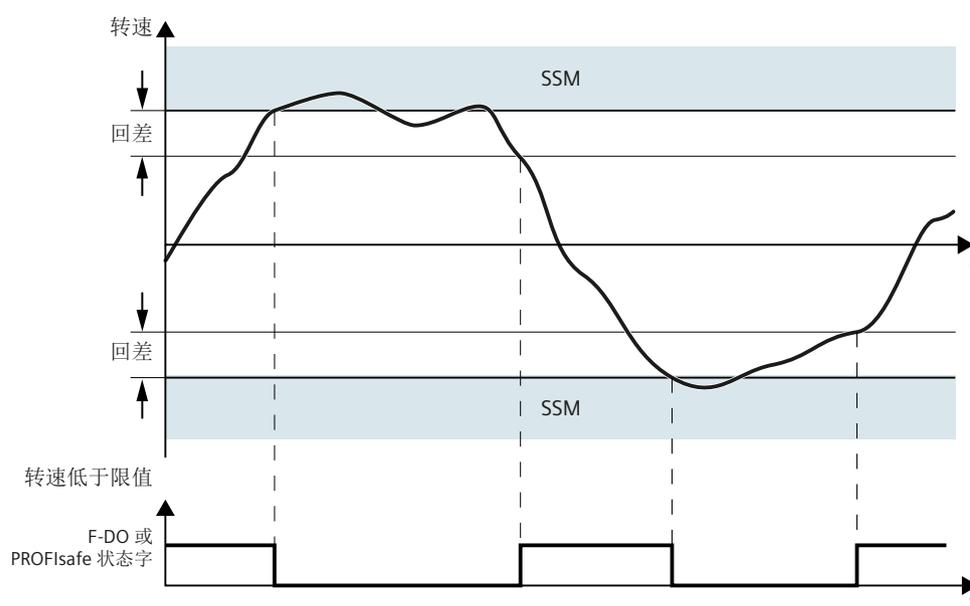


图 5-18 SSM (Safe Speed Monitor) 安全功能的工作时序

5.8.1.1 信号图 (带编码器)

带编码器“Safe Speed Monitor”的功能特性

可设置 SSM 回差 (p9547)。在速度限值 (p9546) 转速范围内可形成稳定的 SSM 信号曲线。

下图是回差使能后 SSM 输出信号的时序图：

5.8 SSM

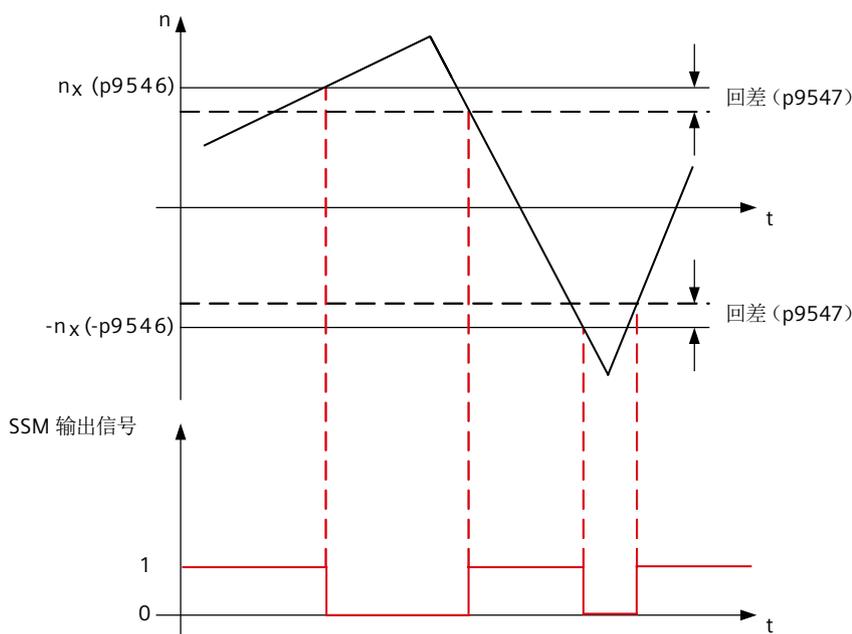


图 5-19 回差使能后 SSM 的安全输出信号

5.8.1.2 不带编码器运行中的区别

安全功能 SSM 在不带编码器运行中具有如下区别：

- 由于变频器无法精确地检测出速度，因此和带编码器的 SSM 相比，不带编码器的 SSM 需要更大的回差（p9547）和滤波（p9545）。
- 在不带编码器的 SSM 中，封锁脉冲后变频器无法确定当前实际速度。可进行额外设置“脉冲禁止时的反馈信息 SSM”用于该驱动状态。

说明

OFF1 或 OFF3 斜降时间设置

当 OFF1/OFF3 斜降时间过短或者 SSM 转速限值与关机转速之差过小时，信号“转速低于限值”可能不会切换为 1，因为此时变频器无法在驱动器低于 SSM 限值后、封锁脉冲前计算出任何转速实际值。这种情况下应延长 OFF1/OFF3 斜降时间或者增大 SSM 转速限值与关机转速之差。

5.8.1.3 信号图（不带编码器）

“脉冲禁止时的反馈信息 SSM”生效时的流程

下图是“脉冲禁止时的反馈信息 SSM”生效时的信号图。（p9509.0 = 0）

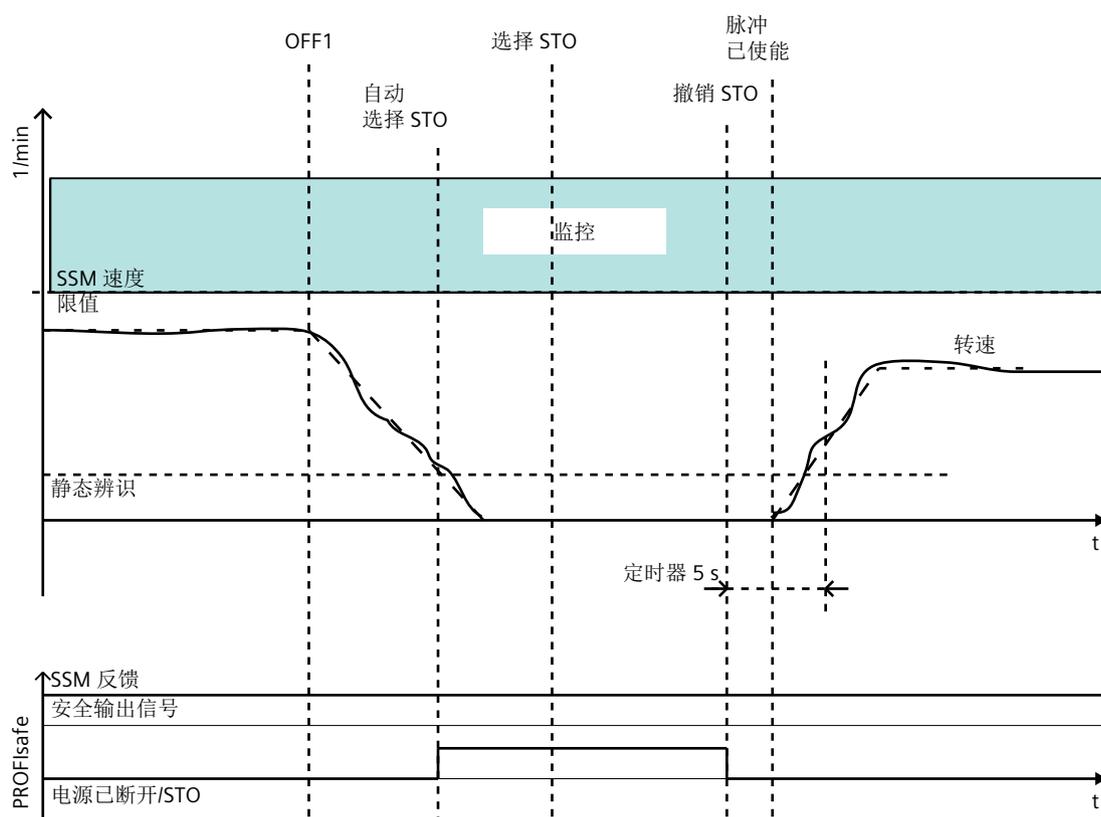


图 5-20 流程图：不带编码器的 SSM，带脉冲禁止时的反馈信息 SSM (p9509.0 = 0)

在整个观察时间段内，转速始终低于设置的速度限值，因此，状态信号“SSM（转速低于限值）”保持为 1 (r9722.15 = 1)。在发出封锁脉冲指令后，电机速度开始下降。在低于静态检测速度后，内部 STO 信号置位。

该情况下 SSM 状态信号为高位信号；被冻结。驱动器会因内部选择 STO 而不会再次加速。必须手动选择 STO 并再次撤销 STO，以安全重启电机。在撤销 STO 后会有一 5 秒钟的窗口。如果在该时间窗口内变频器给出了脉冲使能，电机会开始启动。如果未能在 5 秒内给出脉冲使能，内部 STO 再次激活。

“脉冲禁止时的反馈信息 SSM”未生效时的流程

当“脉冲禁止时的反馈信息 SSM”未生效时 (p9509.0 = 1)，脉冲封锁后 SSM 监控结束。状态信号“SSM（转速低于限值）”归为 0 (r9722.15 = 0)。在下次给出脉冲使能后，SSM 才再次激活。此时在驱动器启动前不允许选择及再次撤销 STO。

5.8 SSM

p9509.0 = 0 时封锁脉冲后重启驱动器

如果驱动器脉冲被 OFF1/OFF2/STO 封锁，您需要视情形执行以下步骤重启驱动器：

第 1 种情形：	• 启动后的状态	
		• SSM 激活
		• STO 已选
		• 正在封锁脉冲
	• 撤销 STO	
• 必须在 5 秒内通过一个上升沿将驱动器使能发送给 OFF1，否则 STO 再次激活。		
第 2 种情形：	• 情形	
		• SSM 激活
		• 电机转动
		• 触发 OFF1，封锁脉冲
	• 选中 STO	
	• 撤销 STO 脉冲封锁激活了内部 STO： 必须通过选择/撤销 STO 来取消该激活。	
• 必须在 5 秒内通过一个上升沿将驱动器使能发送给 OFF1，否则 STO 再次激活。		

5.8.1.4 功能图和参数

功能图

- 2823 SI Extended Functions - SSM (Safe Speed Monitor)
- 2840 SI Extended Functions - SI Motion 驱动集成的控制信号/状态信号

重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- p9501 SI Motion 安全功能使能（控制单元）
- p9501.16¹⁾ 使能 SSM ($n < nx$) 回差和滤波
屏幕窗口：“带回差的 SSM”
- p9506 SI Motion 功能规格（控制单元）
- p9509 SI Motion 封锁脉冲期间的特性（控制单元）
- p9509.1¹⁾ 脉冲封锁期间和无编码器时的 SSM
屏幕窗口：“脉冲禁止时的反馈 SSM 生效”
- p9545¹⁾ SI Motion SSM (SGA $n < nx$) 滤波时间（控制单元）
屏幕窗口：“滤波时间”
- p9546¹⁾ SI Motion SSM (SGA $n < nx$) 速度限值（控制单元）
屏幕窗口：“速度限值”
- p9547¹⁾ SI Motion SSM (SGA $n < nx$) 速度回差（控制单元）
屏幕窗口：“回差”
- r9722.0...14 CO/BO:SI Motion 驱动集成的状态信号
- r9722.15¹⁾ SSM（转速低于限值）
屏幕窗口：“速度低于限值 SSM”

¹⁾ 这些参数可通过额外述及的屏幕窗口参数设置。

所有其他未特别标记的参数要么是通用 NC 设置和驱动专用设置的组成部分 (页 304)，要么只能通过参数列表进行配置。可在安全功能的功能专用窗口中通过软键“参数列表”调用参数列表。

更多信息

有关所有 SINAMICS 参数以及相关功能图的完整信息说明请见 SINAMICS S120/S150 参数手册。

5.9 SAM

“Safe Acceleration Monitor”（SAM）功能用于对 OFF3 斜坡上的制动过程进行安全监控。此功能在 SS1、SS2 或 STOP B 和 STOP C 中生效。

功能特性

只要电机不断减速，变频器就一直在当前转速上设定一个公差值 p9548，对当前转速+公差之和进行监控。如果电机短暂加速，SAM 停止在最后转速上。SAM 在电机减速到“关闭转速”时结束。

如果在制动斜坡上电机的加速度超出了 p9548 设置的公差，SAM 会检测出这一错误，并触发 STOP A。SAM 监控在执行 SS1（或 STOP B）和 SS2（或 STOP C）时激活，在低出 p9568 速度限值后结束。

说明

SSM 和 SAM 关联

p9568 被设为 0 时，SSM 的速度限值（p9546）同时用作 SAM 的下限值（安全加速监控）。电机速度低于该限值后，SAM 不再触发驱动响应。

因此在这种情况下如果 SSM 速度限值设得比较高，在执行安全功能 SS1 和 SS2 时 SAM 监控的作用会受到一定限制。

说明

不能直接选中 SAM

SAM 不是独立功能，它是 Safety Integrated Extended Functions SS1 和 SS2 以及 STOP B 和 STOP C 的一部分，SAM 不能单独选中。

计算速度实际值的 SAM 公差：

- 设置 SAM 公差时：
 - 在触发 SS1 或 SS2 后可能出现的加速由加速度 a 和加速时间决定。
 - 加速时间为一个监控周期（MC；p9500），即从检测出 SS1/SS2 到 $n_{\text{设定}}$ 变为 0 所经过的时间。
- 计算 SAM 公差：

SAM 实际速度 = 加速度 × 加速时间

公差的计算公式为：

 - 线性轴：

$$\text{SAM 公差 [mm/min]} = a \text{ [m/s}^2\text{]} \times \ddot{U} \text{ [s]} \times 1000 \text{ [mm/m]} \times 60 \text{ [s/min]}$$
 - 回转轴：

$$\text{SAM 公差 [rev./min]} = a \text{ [rev./s}^2\text{]} \times \ddot{U} \text{ [s]} \times 60 \text{ [s/min]}$$

- 建议
在上述公式的计算结果基础上再提高 20 % 作为 SAM 公差。
- 该公差必须可以为轴沿 OFF3 斜坡达到静止状态时出现的“下冲”留出余量，但具体值无法计算得出。

说明

首个监控周期

在设置 SAM 时要在首个“SI Motion 监控周期”（p9500）中设置一个较高的 SAM 公差，以避免误触发。如下计算增高系数：

SI Motion 监控周期（p9500）/SI Motion 实际值检测周期（p9511）

示例：

SI Motion 监控周期（p9500）= 12 ms

SI Motion 实际值检测周期（p9511）= 1 ms

SAM 公差（p9548）= 300 转/分钟

实际转速 = 250

旋转轴

监控激活后首个监控周期中的 SAM 限值因此为：

实际转速 + SAM 公差 × (12 ms/1 ms) =

250 转/分钟 + 300 转/分钟 × 12 =

约 3850 转/分钟

响应

- **超出速度限值（SAM）：**
 - STOP A
 - 输出安全信息 C01706
- **系统故障：**
 - 首先触发 STOP F，之后 STOP A
 - 输出安全信息 C01711

重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- p9546 SI Motion SSM (SGA n < nx) 速度限值（控制单元）
- p9548 SI Motion SAM 转速实际值公差（控制单元）
- p9568 SI Motion SAM 速度限值（控制单元）

5.10 SBR

“Safe Brake Ramp (SBR)”功能用于对制动斜坡进行安全监控。“Safe Brake Ramp (SBR)”功能在执行“带/不带编码器的 SS1”和“不带编码器的 SLS”及 STOP B/STOP C（使用编码器的安全功能）时投入使用，用于监控制动过程。但是，在执行 SLS 时必须将 Safety Integrated Functions 设定值限制 (r9733) 与斜坡函数发生器 (p1051/p1052) 连接起来。

功能特性

在触发 SS1、SS2 或 SLS 后电机立即沿着 OFF3 斜坡减速制动。在延迟时间 p9582 届满后 SBR 监控功能激活。它会监控电机是否超出了设置的制动斜坡 (SBR)。在以下条件下 SBR 会关闭：

- 执行 SS1 时：
 - 电机速度低于关机速度（p9560）。或者：
 - 一旦延迟时间（p9556）届满。
- 执行 SS2 时：
 - SS2 延时（p9552）届满。
- 执行 SLS 时：
 - 设置的制动斜坡达到新的 SLS 速度档或者：
 - 电机实际速度低于新的 SLS 速度档，并且在经过 p9582 设置的时间后仍低于该限值。

SBR 关闭后，取决于使用的 Safety Integrated Function，其他一些特定功能如 STO、新的 SLS 速度档激活。

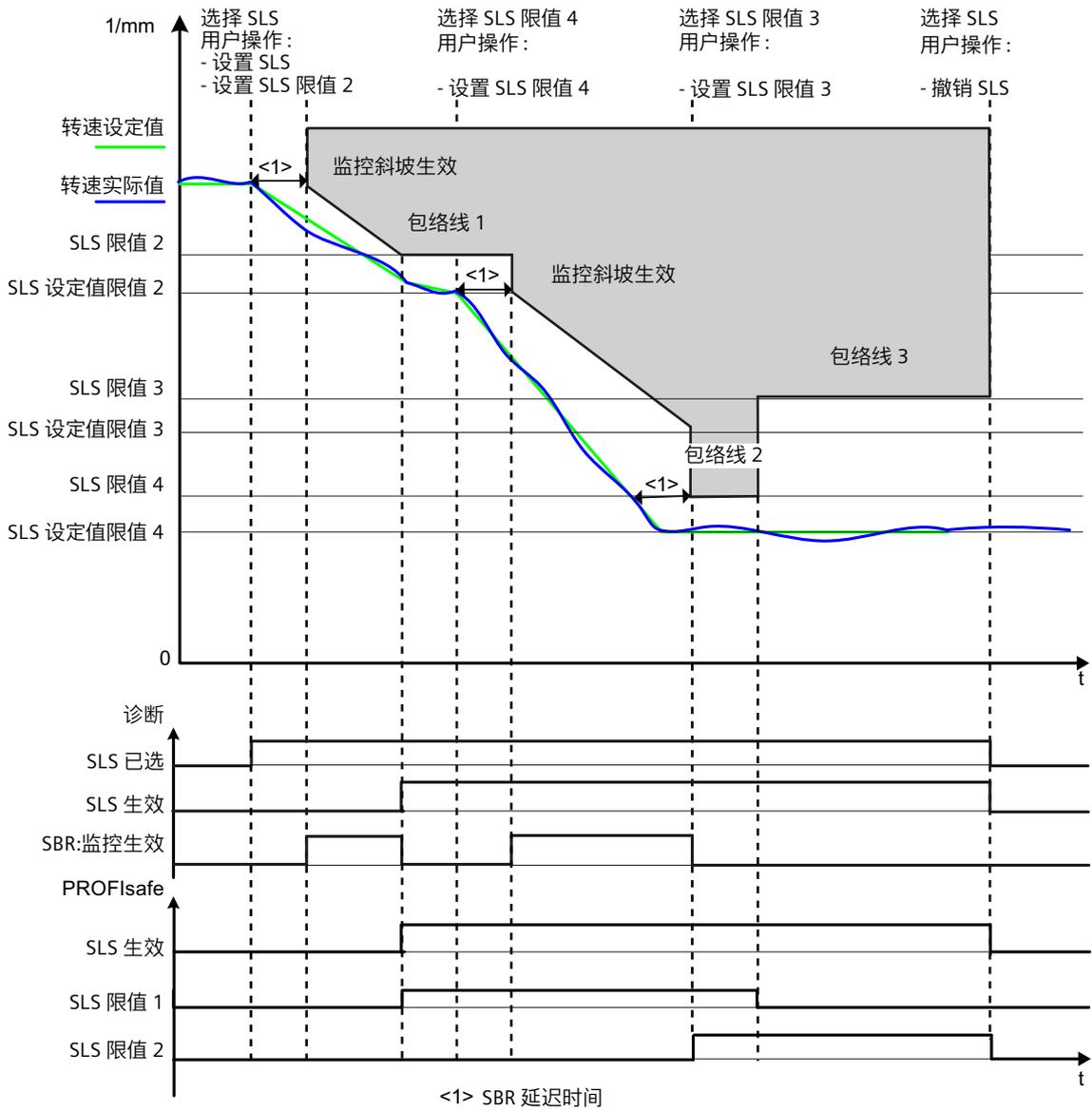


图 5-21 不带编码器的“Safe Brake Ramp”（执行 SLS 时）

5.10 SBR

制动斜坡的设置

制动斜坡的坡度由 p9581（SI Motion 制动斜坡基准值）和 p9583（SI Motion 制动斜坡监控时间）定义。参数 p9581 用于定义参考速度，参数 p9583 用于定义减速时间。参数 p9582 定义从触发 SS1、选择 SLS 或 SLS 换挡到制动斜坡监控生效所经过的时间。

说明

SBR 和 OFF3 曲线

SBR 曲线应和 OFF3 曲线相匹配。此外还应检查驱动是否在所有负载条件下都能沿着 OFF3 斜坡运行。

说明

SBR 延迟时间限制

SBR 延迟时间（p9582）最短为 2 个 SI 运动监控周期（ $2 \times p9500$ ），也就是说：即使延迟时间（p9582）被设为小于 $2 \times p9500$ 的值，SBR 也在 SS1 激活后的 2 个安全周期后激活。若延迟时间（p9582）设为一个比 $2 \times p9500$ 大的值，则 SBR 在 SS1 激活后的延迟时间 p9582 届满后激活。注意，SBR 延迟时间要取安全周期（p9500）的整数倍。

超出 SBR 制动斜坡时的响应

- 输出安全信息 C01706（SI Motion:超出了 SAM/SBR 限值）
- 触发 STOP A，停止驱动
- 单编码器系统中出现故障时，“加速度安全监控”功能无效。类别 0 或 1 (EN 60204-1) 的停止响应可通过参数 p9516.4 进行设置。

特性

- 它是功能“带/不带编码器的 SS1”、“带编码器的 SS2”以及“无编码器的 SLS”和“STOP B/STOP C（带编码器的安全功能）”的组成部分。
- 安全制动斜坡可设置

5.10.1 重要参数

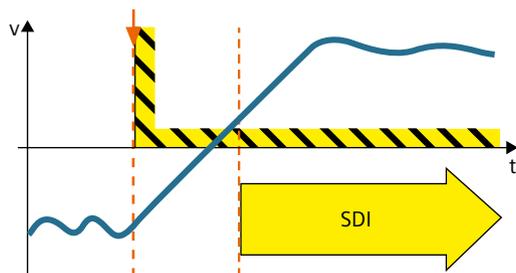
重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- p9560 SI Motion STO 关机速度（控制单元）
- p9581 SI Motion 制动斜坡参考值（控制单元）
- p9582 SI Motion 制动斜坡延迟时间（控制单元）
- p9583 SI Motion 制动斜坡监控时间（控制单元）

5.11 SDI

按照 EN 61800-5-2 标准的定义：

"SDI" 功能阻止电机轴沿非期望的方向运动。



功能应用实例

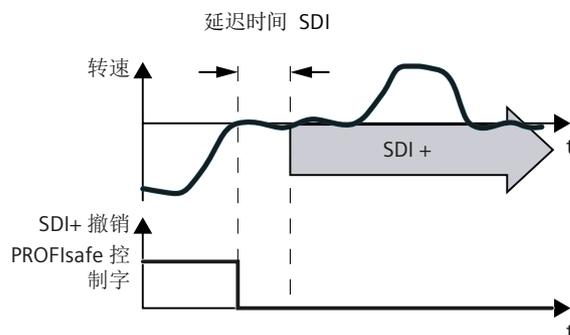
示例	解决办法
确保只有在电机处于安全的运动方向（如远离操作员移动）时，才可以开启防护门。	<ul style="list-style-type: none"> 通过故障安全输入或 PROFIsafe 选择变频器中的 SDI。 通过变频器的 PROFIsafe 状态位使能防护门的关闭机构。
确保只有电机处于安全的旋转方向时，才可以更换压力气缸的托盘。	<ul style="list-style-type: none"> 通过故障安全输入或 PROFIsafe 选择变频器中的 SDI。 禁止变频器中不允许的旋转方向。
确保在激活防夹保护之后，卷帘门只在一个方向滚动。	
确保处于限位开关上的起重机小车只在反方向启动，不会越过限位开关。	

SDI 具体是怎么工作的？

SDI (Safe Direction) 监控当前旋转方向。

可将 SDI 设定速度限值传送到 F-PLC 中，从而对速度设定值加以限制。

此外 SDI 中提供的设定值限值可在斜坡函数发生器中配置为最大转速。该情况下通过 SDI 将转速设定值限制在允许的方向上。



您可以通过 2 个故障安全信号（F-DI 或 PROFIsafe）禁止正旋转方向或负旋转方向。

选择与撤销 SDI

只要变频器通过故障安全输入或安全通讯 PROFIsafe 识别到选择了 SDI，就会产生以下作用：

- 您也可以设置延时，以便变频器将电机调整到使能的安全旋转方向上。
- 您也可以设置公差，使变频器允许电机以未使能（不安全）方向旋转一段时间。这样可以避免在制动（过冲）时以及静止状态下出现故障。
- 在延迟时间届满后，变频器监控电机的旋转方向。
- 如果此时变频器超出配置的公差在禁止方向上运行，系统会输出信息并触发设置的停止响应。

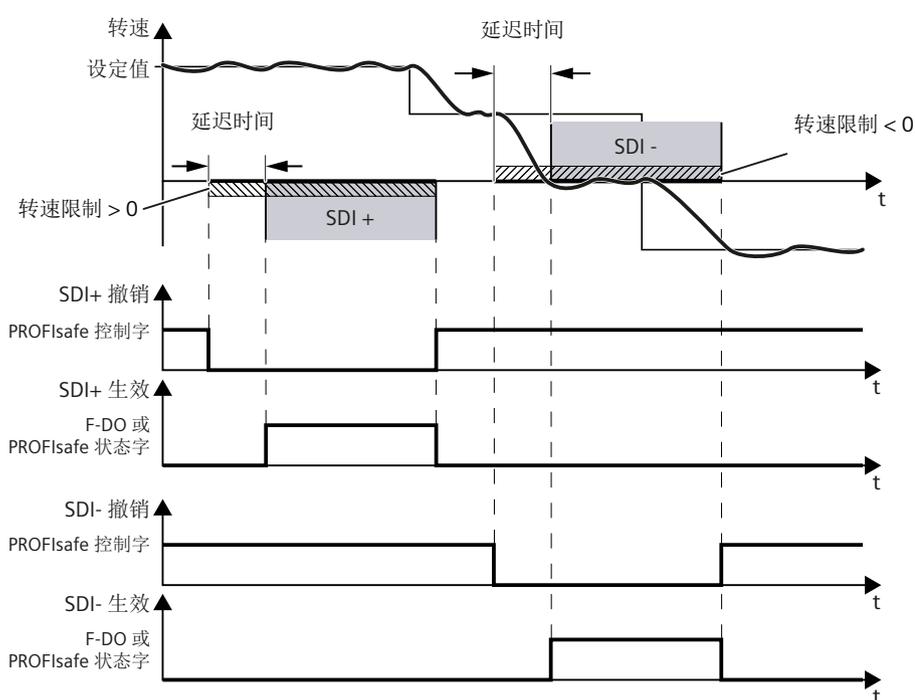


图 5-22 SDI（Safe Direction）安全功能的工作时序

说明

自动生效的 SDI

SDI 除了用端子、PROFIsafe 或“端子+PROFIsafe”选中生效外，还可以自动生效。在该方式中，SDI 在变频器上电后一直生效。详情请参见章节“自动生效的 SDI(Safe Direction) (页 199)”。

5.11 SDI

5.11.1 详细信息和参数设置

说明

总线故障时的响应

在 $p9580 \neq 0$ 、SDI 激活时出现通讯故障：只有在将一个带有延时脉冲封锁的 STOP 设为 SDI 响应时（即设置 $p9566[0...3] \geq 10$ ），变频器才会执行设置的 ESR 响应。

5.11.1.1 带编码器的“Safe Direction”(SDI)

“Safe Direction (SDI)” 功能用于对驱动的运行方向进行安全监控。它激活后电机只能在使能的方向上运行。

工作原理

在通过端子或 PROFIsafe 选中 SDI 后， $p9565$ 设置的延迟时间开始计时，该延时用于确保电机进入使能的方向运行。随后“Safe Direction (SDI)”功能生效，对运行方向进行监控。

如果此时电机超出配置的公差（ $p9564$ ）在禁止方向上运行，系统会输出信息 C01716 并触发 $p9566$ 设置的停止响应。您务必要先撤销 SDI，然后排除故障，然后再应答(页 446)信息，然后才能再选择 SDI。

功能特性

- 参数 $r9720.12$ 和 $r9720.13$ 显示是否选择了 SDI。
- 参数 $r9722.12$ 和 $r9722.13$ 显示 SDI 是否生效。
- 参数 $p9564$ 用于设置允许电机在未使能（安全）的方向上运行的时间。
- 参数 $p9566$ 用于设置停止响应。
- 选中“SDI+”后会自动设置：
 - $r9733[1] = 0$ （负向设定值限制）
- 选中“SDI-”后会自动设置：
 - $r9733[0] = 0$ （正向设定值限制）
- 绝对设定速度限值在 $r9733[2]$ 中显示。

“Safe Direction”功能的使能

SDI 可通过参数 $p9501.17 = 1$ 使能。

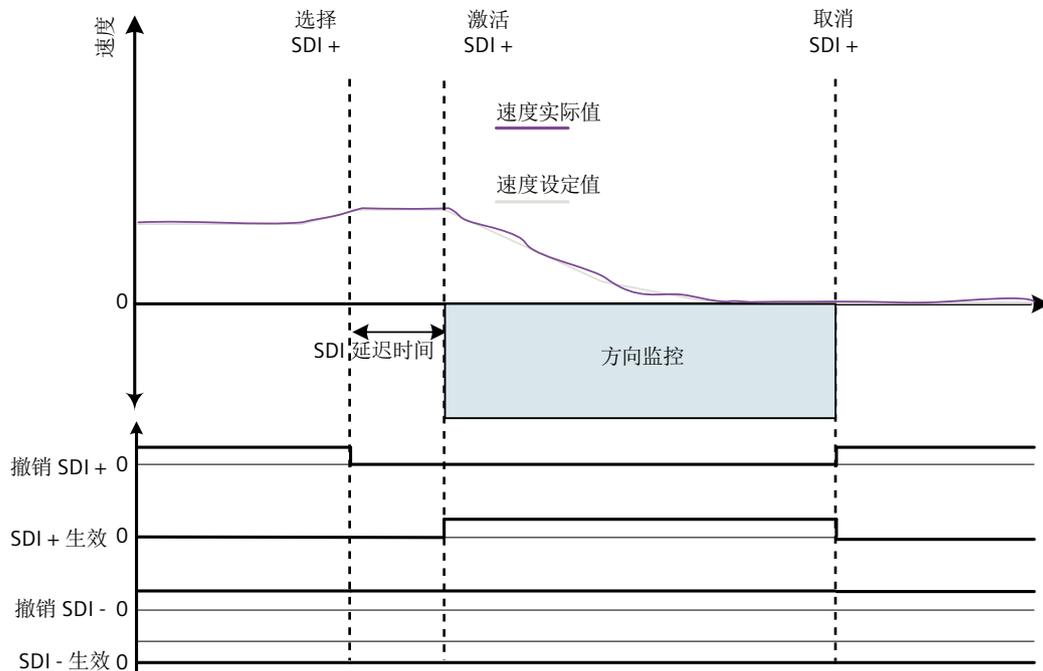


图 5-23 带编码器的 SDI 的工作原理

5.11.1.2 不带编码器的“Safe Direction”(SDI)

说明

不带编码器运行的参数设置（ $p9506 = 1$ 或 $p9506 = 3$ ）参见安全功能范畴的调试窗口（页 307）。

带编码器的 SDI 和不带编码器的 SDI 之间的区别

- 在不带编码器的 SDI 中，封锁脉冲后变频器无法确定当前实际速度。在该运行状态下变频器的工作方式由 $p9509.8$ 确定：
 - $p9509.8 = 1$
状态信号显示“无效”。
 - $p9509.8 = 0$
状态信号显示“生效”，电机进入 STO 状态。
- 由于变频器无法精确地检测出位置，因此和带编码器的 SDI 相比，不带编码器的 SDI 需要更大的公差（ $p9564$ ）。

说明

借助于 p1820 或 p1821 不会识别方向变化

通过 p1820 或 p1821 反转旋转方向时，安全监控可继续生效：然而该情况下会用错误的旋转方向计算设定值限制 r9733。因此不建议通过 p1820 或 p1821 反转旋转方向。

针对 p9509.8 = 0 封锁脉冲后重启驱动器

如果电机通过 OFF2/OFF1/STO 及其他操作停机，您必须视情形执行以下操作重启电机：

第 1 种情形：	• 启动后的状态	
		<ul style="list-style-type: none"> • SDI 被选中 • STO 已选 • 正在封锁脉冲
	• 撤销 STO	
	• 必须在 5 秒内通过一个上升沿将驱动器使能发送给 OFF1，否则 STO 再次激活。	
第 2 种情形：	• 情形	
		<ul style="list-style-type: none"> • 电机减速到静止，SDI 被选中 • 触发 OFF1 • 脉冲被封锁；内部选中 STO 激活
	• 选中 STO	
	• 撤销 STO 脉冲封锁激活了内部 STO：通过选择/撤销 STO 来取消该激活。	
	• 必须在 5 秒内通过一个上升沿将驱动器使能发送给 OFF1，否则 STO 再次激活。	
第 3 种情形：	• 情形	
		<ul style="list-style-type: none"> • 电机减速到静止，SDI 被选中 • 触发 OFF1 • 脉冲被封锁；内部选中 STO 激活
	• 撤销 SDI 脉冲封锁激活了内部 STO：通过撤销 SDI 来取消该激活。	
	• 选择 SDI 必须在 5 秒内通过一个上升沿将驱动器使能发送给 OFF1，否则 STO 再次激活。	
第 4 种情形：	• 情形	
		• 所有 Safety Integrated 功能都被撤销
	<ul style="list-style-type: none"> • 然后必须通过一个上升沿将驱动器使能发送给 OFF1。 • 在该情形中，电机不能安全启动。 	

在应答停止响应为 STOP C 的 SDI 时遵循以下步骤：

1. 清除错误的设定值。
2. 撤销 SDI。
此时，安全停止响应会确保电机在 SDI 功能撤销期间只在安全方向上旋转。
3. 再次选中 SDI。
此时 SDI 限制被重新设置。
4. 通过“安全应答”撤销安全停止响应。

5.11.1.3 自动生效的 SDI(Safe Direction)

自动生效和非自动生效的 SDI 之间的区别

- SDI 除了用端子、PROFIsafe 或“端子+PROFIsafe”选中生效外，还可以自动生效。在此情况下，SDI 功能在变频器上电后永久激活（带编码器）或在接通后激活（无编码器）。
- 如下激活“自动生效的 SDI”功能：
 - p9512.12 = 1（SDI + 稳态生效）
 - p9512.13 = 1（SDI - 稳态生效）
- 停止响应通过 p9566[0] 设置。

关闭并重启电机（不带编码器）

下图展示了自动生效的 SDI 的工作时序和诊断信号：

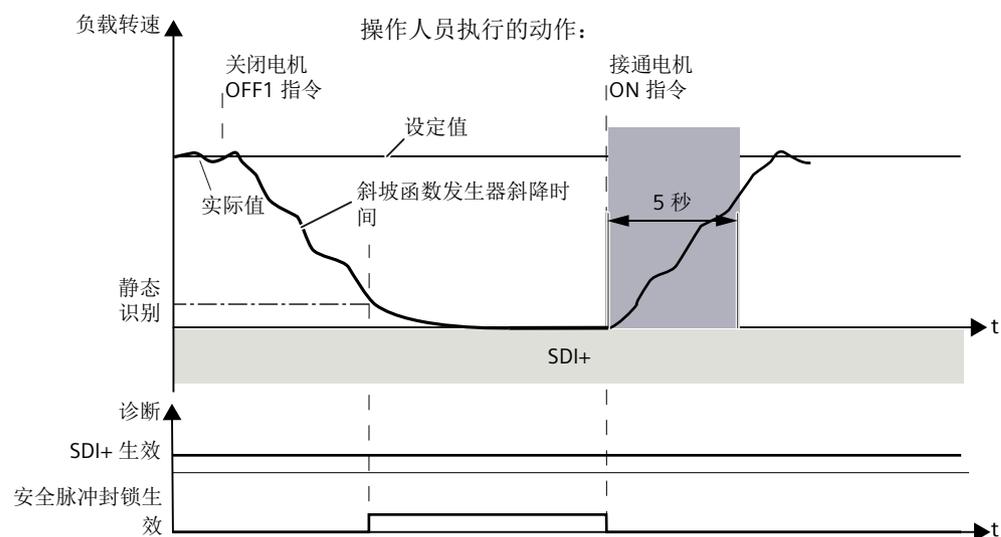


图 5-24 自动生效的 SDI 的工作时序，以关闭并重启电机为例（不带编码器）

5.11 SDI

在关闭并重启电机时，自动生效的 SDI 的工作方式如下：

- 关闭之后，电机按照取消的信号运行（OFF1、OFF2 或 OFF3）。
- 在电机转速低出静态监控限值后，STO 生效（≙ 安全脉冲封锁）。
- 在发出 ON 指令后，变频器退出“安全脉冲封锁”状态，开始启动。
- 如果在 5 秒后电机还没有达到最低电流，变频器会回到“安全脉冲封锁”状态，并发出安全信息 C01711(1041)。

5.11.1.4 功能图和参数

功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- 2824 SI Extended Functions - SDI (Safe Direction)
- 2840 SI Extended Functions - SI Motion 驱动集成的控制信号/状态信号

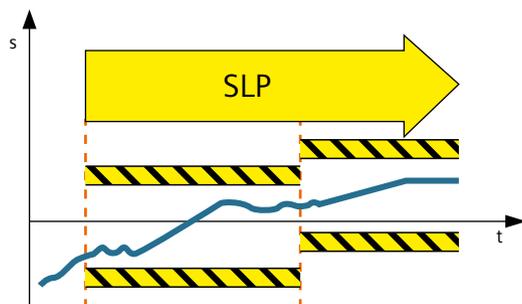
重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- p1820[0...n] 反转输出相序
- p1821[0...n] 旋转方向
- p9501.17 SI Motion 安全功能使能（控制单元）：使能 SDI
- p9506 SI Motion 功能规格（控制单元）
- p9509 SI Motion 封锁脉冲期间的特性（控制单元）
- p9564 SI Motion SDI 公差（控制单元）
- p9565 SI Motion SDI 延迟时间（控制单元）
- p9566 SI Motion SDI 停止响应（控制单元）
- p9580 SI Motion 总线故障脉冲封锁延迟时间（控制单元）
- r9720.0...27 CO/BO:SI Motion 驱动集成的控制信号
- r9722.0...31 CO/BO:SI Motion 驱动集成的状态信号（控制单元）
- r9733[0...2] CO: SI Motion 设定速度限值生效
- p10017 SI Motion 数字量输入的去抖时间（处理器 1）
- p10030[0...3] SI Motion SDI+ 输入端子（处理器 1）
- p10031[0...3] SI Motion SDI- 输入端子（处理器 1）
- p10039[0...3] SI Motion 安全状态信号选择（处理器 1）
- p10042[0...5] SI Motion F-DO 信号源（处理器 1）
- p10043[0...5] SI F-DO 1 信号源
- p10044[0...5] SI F-DO 2 信号源
- p10045[0...5] SI F-DO 3 信号源

5.12 SLP

按照 EN 61800-5-2 标准的定义：

“Safely-Limited Position (SLP)”功能可避免电机轴超出设定的限位



功能应用实例

示例	解决办法
电机运行不允许超出规定区域。	<ul style="list-style-type: none"> 选择变频器中的 SLP；封锁不安全区域。 电机超出安全区域后，变频器触发设置的停止响应。

“Safely-Limited Position (SLP)”功能用于安全监控两个运行范围或位置区域的界限，在其之间通过一个安全信号实现切换。

功能特性

- 通过端子或 PROFIsafe 选中
- 2 个位置区域分别由一对限位开关定义
- 2 个位置区域之间的安全切换
- 停止响应可设定
- 电机离开错误运行范围需要执行特殊操作（参见“轴回退 (页 205)”）。

5.12.1 详细信息和参数设置

“Safely-Limited Position (SLP)”功能用于安全监控两个运行范围或位置区域的界限，在其之间可通过一个安全信号实现切换。

前提条件

使用“Safely-Limited Position (SLP)”功能必须满足以下前提条件：

- 使用一个或两个合适的编码器用于带编码器的扩展安全功能（另见章节“带编码器系统的安全实际值采集(页 237)”）
- 凡是执行了使驱动器失去绝对位置的操作后（例如：重新上电、驻留等），便在调试时通过回参考点再次确定驱动器的绝对位置。

安全回参考点的说明请参见“安全回参考点(页 233)”一节。

工作原理

SLP 一旦激活，便会监控轴是否在激活的位置区域内运行。可通过一个安全信号在 2 个位置区域内切换。每个位置区域由预定义的一对限位开关限制。一旦电机越过其中的某个限位开关，变频器便触发设置的停止响应（STOP A、STOP B、STOP C、STOP D 或者 STOP E），输出安全信息 C01715。

为应答故障，必须切换至一个未被超限的位置区域或撤销 SLP 功能。完成应答后，驱动可再次回到允许区域内。

借助“回退”功能可使驱动回到允许区域内（参见章节“回退(页 205)”）。

功能特性

- 通过安全端子（板载 F-DI）或 PROFIsafe 选中
- 通过 2 对限位开关定义位置区域（p9534 和 p9535）
- 2 个不同位置区域之间可以安全切换（PROFIsafe 报文 30 上不可用）
- 停止响应可设置（p9562）

“Safely-Limited Position (SLP)”功能的使能

- “Safely-Limited Position (SLP)”功能通过参数 p9501.1 = 1 使能。
- 使能后重新对变频器上电。

说明

使能 SLP 后无法实现实际值同步

不允许同时使能“SLP”功能和实际值同步功能（p9501.3 = 1）：该情况下驱动器会发出故障信息 F01688。

SLP 的控制信号及状态信号

SLP 的选择和位置区域的切换能通过 PROFIsafe 控制位来实现。通过参数 r9720.6 可以检查是否选中了 SLP。通过参数 r9720.19 可以检查当前选中了哪个 SLP 位置区域。如果 SLP 生效，状态位 r9722.6 被置位。生效的位置区域通过 r9722.19 来显示。通过参数 r9722.30 和 r9722.31 可以检查电机运行是否超出了选中的 SLP 运行范围。

说明

显示波动

r9722.30 和 r9722.31 没有设计回差。如果电机在限位开关附近运动，这些参数值的显示可能会上下波动。

SLP 的控制

有 2 种方式可用于选择/撤销“Safely-Limited Position (SLP)”功能以及切换区域界限。

- PROFIsafe
 - 通过控制字 S_STW1.6 或 S_STW2.6 选择/撤销 SLP。
 - 通过控制字 S_STW2.19 在两对限位开关之间切换。
 - S_ZSW2.23 显示当前位置是否是“安全”的。只有是处于“安全回参考点”状态时，该位才置位。
 - SLP 是否生效由状态字 S_ZSW1.6 或 S_ZSW2.6 的位 6 指明。只有当 SLP 选中后并且轴处于“安全回参考点”状态时，该位才被置位。
 - 状态字 S_ZSW2.19 显示当前生效的 SLP 限位，只有在 SLP 生效时，该显示才生效。
 - S_ZSW2.30 和 S_ZSW2.31 显示轴是否在生效的位置区域上限内和下限以上。

说明

通过 PROFIsafe 控制的扩展功能

状态信号“SLP 生效”（S_ZSW1.6 或 S_ZSW2.6）不等同于诊断信号“SLP 生效”（r9722.6），而是相当于“SLP 生效”（r9722.6）与“安全回参考点”（r9722.23）的逻辑“与”运算结果。其余的 SLP 状态信号 S_ZSW2.19“SLP 位置区域生效”、S_ZSW2.30“未超出 SLP 上限”以及 S_ZSW2.31“未低于 SLP 下限”和 r9722 中相应的位一一对应。

说明

PROFIsafe 报文 30 上的局限性

PROFIsafe 报文 30（带 16 位 S_STW1 和 S_ZSW1）的使用有以下局限性：

- 只有位置区域 1 可用。
 - 不可以切换到位置区域 2。
 - 不提供状态反馈信号“安全回参考点”、“位置区域生效”、“未超出 SLP 上限”和“未低于 SLP 下限”。
-

说明

总线故障时的响应

在 $p9580 \neq 0$ 、SLP 激活时出现通讯故障：只有在将一个带有延时脉冲封锁的 STOP 设为 SLP 响应时（即设置 $p9562[0...1] \geq 10$ ），变频器才会执行设置的 ESR 响应。

5.12.1.1 轴回退

在超出生效的运行范围极限后，驱动器必须被退回至允许的范围。在此情况下安全应答只重新触发安全信息，驱动器的运动被阻止。如果在其它运行范围内的转换不可行，可彻底取消 SLP。缺点：无法监控驱动器是否在允许的运行范围内运动。

因此针对退回功能的实现，建议执行以下步骤：

安全调试

1. 完整设置 SLP。
2. 完整设置 SDI。
3. 为这两个功能进行验收测试。

后面的步骤根据控制方式的不同而有所区别：

通过 PROFIsafe 控制

- 按照以下步骤执行 F-CPU 中的用户程序，回退功能根据以下步骤执行：
 - 在 SLP 下限超限时选择 SDI+ 或 SLP 上限超限时选择 SDI-
 - 等待选中的 SDI 生效，然后撤销 SLP
 - 应答超限信息
 - 给出相应设定值，使电机回到限位范围内
 - 选择 SLP
 - 等待 SLP 生效，然后撤销 SDI

5.12 SLP

说明

有关回退的常见问题

有关如何通过一个故障安全控制器和 PROFIsafe 通讯实现回退的描述请浏览网页：
有关回退的常见问题 (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/65128501>)

5.12.1.2 功能图和参数

功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- 2822 SI Extended Functions - SLP (Safely-Limited Position)
- 2840 SI Extended Functions - SI Motion 驱动集成的控制信号/状态信号

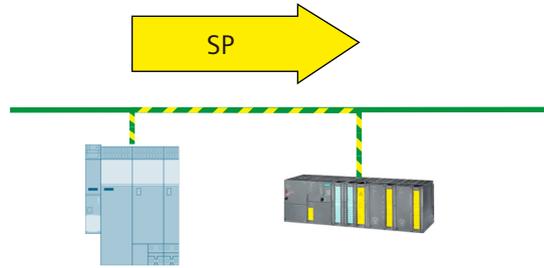
重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- p9501 SI Motion 安全功能使能（控制单元）
- p9534[0...1] SI Motion SLP (SE) 上限（控制单元）
- p9535[0...1] SI Motion SLP (SE) 下限（控制单元）
- p9544 SI Motion 实际值比较公差（回参考点）（控制单元）
- p9562[0...1] SI Motion SLP (SE) 停止响应（控制单元）

5.13 SP

借助“Safe Position (SP)”功能，能够将安全位置值通过 PROFIsafe（报文 901 或 902）传送给 F-PLC。

F-PLC 依据该位置每个时间点上的变化也以计算出电机的当前速度。报文 902 中的数值是以 32 位格式传送的，而报文 901 中的数值是以 16 位形式传送的。



在 SINUMERIK 缺省设置设置的 PROFIsafe 报文 903 上不会传送位置实际值。

另见：过程数据和报文一览 (页 259)

在您完成设置、给出使能和进行上电后，该功能会自动选中，将安全参考位置传送给控制器。注意以下事项：

- 只有事先使能“绝对位置”并执行安全回参考点后，该位置才能作为安全绝对位置使用。
- 位置实际值须是一个有效值，这样传送后的位置才能继续使用。

借助一同传送的时间戳可以依据位置值计算出速度。若只想计算出速度，就只须使能不带“绝对位置”的“安全位置值的传送”。

5.13.1 详细信息和参数设置

借助“Safe Position (SP)”功能，能够将安全位置（即绝对位置或相对位置）通过 PROFIsafe 传送给 F-PLC。可在 F-PLC 中使用安全相对位置的传送来计算安全速度。只有在控制器层面上创建了绝对位置的参考值，才允许用来进行安全位置监控。在此情况下，可以不使用 SINAMICS S120 (r9722.23) 的位“安全回参考点”。

使能功能“安全位置值的传送”

使能“Safe Position (SP)”功能需要下列步骤：

- 使能 Safety Integrated Extended Functions
 - p9601 = 12 = C hex (≙ 通过 PROFIsafe 控制的扩展功能)
 - 或者
 - p9601 = 13 = D hex (≙ 通过 PROFIsafe 控制的扩展功能和通过机载端子控制的基本功能)
- 使能“安全绝对位置传输，可通过控制系统计算速度”
 - 选择 PROFIsafe 报文 901 或 902 (p60022、p9611、p9811)
 - p9501.2 = 1 (≙ 使能绝对位置)
 - p9501.25 = 1 (≙ 使能通过 PROFIsafe 传送安全位置)

说明

使能 SP 后无法实现实际值同步

如果已经使能了安全位置值传送，之后则不允许使能实际值同步 (p9501.3 = 1)：该情况下驱动器会发出故障信息 F01688。

- 使能“安全相对位置传输”，仅用于通过控制系统的速度计算
 - 选择 PROFIsafe 报文 901 或 902
 - p9501.25 = 1
- 使能后重新对变频器上电。

工作原理

在您完成设置、给出使能和进行上电后，该功能会自动选中，将安全参考位置传送给控制器。注意以下事项：

- 安全绝对位置值的传送
 - 如果通过 p9501.25 = 1 和 p9501.2 = 0 使能了安全相对位置的传送，则安全相对位置的有效性通过位 S_ZSW2.22 显示。
 - 如果过 p9501.25 = 1 和 p9501.2 = 1 使能了安全绝对位置的传送，则在驱动器安全回参考点后才会置位 S_ZSW2.22。
- 安全相对位置值的传送（如：用于速度计算）
 - S_ZSW2.22 (r9722.22，位置实际值有效) 置位才可以计算速度。

设置回转轴上的模数值

- 借助参数 p9505 可以在安全绝对位置 (p9501.2 = 1 和 p9501.25 = 1) 的传送使能后定义一个安全回转轴 (p9502 = 1) 的模数范围。
设置模数值后, 一旦超出可显示的数值范围会导致位置实际值跃变。因此, p9505 只允许设置为 $2^n \times 360^\circ$ ($n = 1, 2, 3\dots$)。所有其他情况下变频器都会输出报警 A01794。只有当应用允许可能出现的位置实际值跃变或这种跃变不构成问题时, 才可隐藏该报警。
- 在 p9505 = 0 时, 模数功能关闭。在安全线性轴上 (p9502 = 0) 或安全相对位置 (p9501.2 = 0 和 p9501.25 = 1) 的传送使能后, 该参数无任何意义。
- 如果同时使能了 SLP (p9501.1 = 1), 则必须关闭模数功能 (p9505 = 0)。

传送格式和数值范围

- 32 位
这些值在报文 902 中作为 32 位值传送, 数值范围为:

表格 5-2 数值范围与分辨率 (32 位)

	线性轴	旋转轴
位置值	± 737280000	± 737280000
单位	1 μm	0.001 $^\circ$
注释	± 737280 m 的范围, 精确到 1 μm	$\cong 2048$ 转

- 16 位
希望在报文 901 中用 16 位格式传送位置值时, 需要通过 p9574 缩放位置值。此时您必须选择合适的缩放系数, 使位置值不超过 16 位。如果位置实际值超出了 16 位显示范围 (± 32767), 便会触发 STOP F 并输出带有故障值 7001 的信息 C01711。取决于您选择的缩放系数, 变频器可以用不同的精度监测不同位置范围。示例:
 - 缩放系数: 1000
 - 单位: 1 μm (线性轴)
 - 位置值: ± 32767 mm
 该设置表明, 变频器可以监测 ± 32767 米的位置范围, 精确到 1 毫米。

说明

16 位缩放

r9708[0] 和 r9708[1] 的平均值除以该缩放系数便可进行缩放。

示例: r9708[0] 和 r9708[1] 中记录的位置值为 -29999 mm, 经缩放系数 p9574 = 1000 缩放后驱动器传送给控制器的数值为 -29。

r9708 的数值范围

参数 r9708 中诊断信息的显示具有以下特性：

表格 5-3 数值范围与分辨率（32 位）

	线性轴	旋转轴
位置值	±737280000	±737280000
单位	1 μm	0.001 °
注释	±737280 m 的范围， 精确到 1 μm	± 2048 转

参数 r9713 中显示的值与 r9708 中显示的值一致；但采用 SINAMICS 内部计算单位。

速度计算

速度须由控制器根据位置变化值计算得出：

- 位置差 = 新位置 - 旧位置
- 周期差 = 新周期数 - 旧周期数
- 时间差 = 周期差 × 安全周期
(周期差 = 0 时，用上次计算出的速度。)
- $v = \text{位置差} / \text{时间差}$
- 格式调整后的 v

验收

“Safe Position (SP)”功能无需进行验收测试，但必须在上级控制器中对借助 SP 实现的功能进行验收。

5.13.1.1 功能图和参数

功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

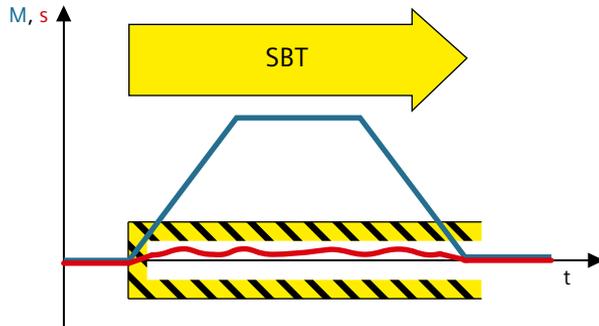
- 2840 SI Extended Functions - SI Motion 驱动集成的控制信号/状态信号

重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- p9501 SI Motion 安全功能使能（控制单元）
- p9505 SI Motion SP 模数值（控制单元）
- p9542 SI Motion 实际值（交叉）校验公差（控制单元）
- p9601 SI 驱动集成的功能使能（控制单元）
- r9708[0...5] SI Motion 安全位置诊断
- r9713[0...5] CO: SI Motion 负载侧位置实际值诊断

5.14 SBT

“Safe Brake Test” (SBT) 诊断功能检测制动（运行制动或抱闸制动）是否达到所需的制动转矩。



可以测试线性制动以及旋转制动。在测试期间，驱动会在制动力相反的方向上输出力/转矩。如果制动正常工作，轴运动可保持在设置的公差范围内。如果发现轴运动超出公差，便可判断出制动力/制动转矩减小了，必须进行维护。

“Safe Brake Test” (SBT) 诊断功能可最多对 2 个制动进行安全测试：

- 1 个电机抱闸和 1 个外部制动
- 2 个外部制动
- 1 个电机抱闸
- 1 个外部制动

诊断功能“Safe Brake Test (SBT)”符合 EN ISO 13849-1 2 类要求。

5.14.1 功能特性

诊断功能“Safe Brake Test”具有以下特性：

- 诊断功能“Safe Brake Test”的参数设有安全密码保护且只可在安全调试模式中修改。
- 借助该功能可以测试直接在 SINAMICS S120（集成制动控制）上运行的制动及外部控制的制动（如通过一个 PLC 控制）。
- 最多可以测试 2 个制动：
 - 一个由 SINAMICS 集成制动控制控制的电机抱闸及一个外部控制的制动。
 - 两个外部控制的制动
 - 一个由 SINAMICS 集成制动控制控制的电机抱闸。
 - 一个外部控制的制动
- 诊断功能“Safe Brake Test”符合 IEC 61508 SIL 1 级或 EN ISO 13894-1 PL d / 2 类的要求。

5.14.2 连接至 NC 和 PLC 程序

驱动自控的诊断功能“Safe Brake Test”无需通过 PLC 或 NC 进行设定值指定，只需通过 NC 使能并通过 PLC 用户程序进行控制。用于执行 SBT 的相关信号通过 PLC 和驱动之间的 SIC 和 SCC 获得。

- 在报文 701 (页 266)中传送 SIC/SCC 通讯。如果激活了“SINUMERIK Safety Integrated (F-PLC)”模式，系统会自动在 TIA Portal 配置中添加报文 701。
- SIC/SCC 信号（用于控制 SBT）映射在轴实例中。通过相应轴实例中的 <Axis>.safety.out.enableBrakeTestMode“请求使能制动测试轴”和 <Axis>.safety.in.brakeTestModeEnabled“轴已使能用于制动测试”控制 SBT。如此可通过 PLC 用户程序来执行 SBT。
参见：接口信号：轴/主轴信号 (页 496)。

说明

针对改用安全功能的说明：所需的 SBT (Safe Brake Test) 轴实例

通过各个轴实例控制 SBT。运行方式“SINUMERIK Safety Integrated (系统集成)”中已知的模块 SI_BrakeTest [FB11] 不再在运行方式“SINUMERIK Safety Integrated (F-PLC)”中使用。

PLC 信号

PLC → NC

Basic Program Plus	Basic Program	
<Axis>.safety.out.enableBrakeTestMode	LBP_Axis*.A_StartBrakeTest	DB31, ...DBX11.0

NC → PLC

Basic Program Plus	Basic Program	
<Axis>.drive.in.safetyBrakeTestActive	LBP_Axis*.E_BrakeTest	DB31, ... DBX71.0

5.14 SBT

5.14.3 详细信息和参数设置

5.14.3.1 前提条件

NC

必须满足以下前提条件才能通过 NC 使能制动测试：

- 轴必须静止且处于安全的轴位置。
- NC 上必须有控制器使能和脉冲使能。

DRV

通过 DRV 使用诊断功能“Safe Brake Test”时必须满足下列前提条件：

- 使能 Safety Integrated Extended Functions；在自动生效的 Safety Integrated Extended Functions 时也可用。
- 测试由 SINAMICS 控制的制动（电机抱闸）时，SBC 功能必须使能。
- Safety Integrated Extended Functions（带编码器）已使能
有关可行的编码器方案的信息请参考“实际值安全检测 (页 237)”一章。

说明

SBT（仅限带编码器的功能）

“Safe Brake Test”（SBT）诊断功能只能在带编码器时使用。

- 带编码器的转速控制 (p1300 = 21)
在不带编码器的转速控制（如矢量 V/f 控制）和转矩控制中，SBT 不可用。该情况下系统会输出报警 A01784。
- 选择 SBT 时必须使能脉冲。选择 SBT 以及在 SBT 的整个运行过程中，转速实际值不允许超过最大速度 (p1082) 的 1 %。
- 制动必须是打开的

说明

SBT 和 HLA

在 SINAMICS HLA 上，诊断功能“Safe Brake Test”不可用。

5.14.3.2 操作一览

表格 5-4 选中 SBT

步骤	步骤
1.	在关联轴实例中设置 <code><Axis>.safety.out.enableBrakeTestMode = 1</code>
→	通过 NC 检查允许的条件： <ul style="list-style-type: none"> • 如果条件全都满足，则将 <code><Axis>.safety.in.brakeTestModeEnabled</code> 设置为 1。 • 如果条件不满足，则输出报警 27830。
2.	检查 <code><Axis>.safety.in.brakeTestModeEnabled</code> 是否设为 1。如果不是，不能执行 SBT。在此情况下需要确保已满足前提条件 (页 214)，然后重新从步骤 1 开始。
3.	通过 SCC 选择 SBT，在 STW3 中将位 0“SELECTION_SBT”设为 1（边沿 0 => 1）。另见：选择 (页 219)
→	在 ZSW3 中位 1“SETPOINT_SETTING_DRIVE”设为 1，此时 SIC 中会显示无法再通过 NC 进行设定值指定，而只能通过 DRV。NC 中监控关闭，设定值与实际值相同。执行制动测试序列。另见：过程 (页 220)

表格 5-5 撤销 SBT

步骤	步骤
1.	通过 SCC 撤销 SBT，在 STW3 中将位 0“SELECTION_SBT”设为 0（边沿 1 => 0）。另见：选择 (页 219)
→	撤销过程由 DRV 进行，完成后，ZSW3 中的位 1“SETPOINT_SETTING_DRIVE”设为 0。NC 的设定值链与当前实际值进行同步（设定位置 = 实际位置），位置已校准且轮廓监控和静态监控重新接通。另见：过程 (页 220)
2.	在关联轴实例中设置 <code><Axis>.safety.out.enableBrakeTestMode = 0</code>
→	<code><Axis>.safety.in.brakeTestModeEnabled</code> 从 NC 设为 0。

制动测试序列 (SBT) 中断

如果因故障而导致制动测试序列 (SBT) 的执行中断，则可通过相应的 PLC 接口信号执行分析以及由此产生的解决措施。

5.14 SBT

另见：取消/终止和应答（SBT）（页 221）

说明

使用 MD36968.2 选择 SBT 末尾的参数设置性能

可通过专家列表借助于 MD36968.2 \$MA_SAFE_BRAKETEST_CONTROL，位 2 对制动测试后的定位性能进行参数设置：

- 0:定位至当前轴位置
制动测试结束时，当前轴位置可用于其他轨迹运动。（MD36968 \$MA_SAFE_BRAKETEST_CONTROL 位 2 = 0）。结果会导致最后编程的轴的位置会在轨迹上移动。
- 1:定位至最后编程的轴位置
不接收当前轴位置。在抱闸对面进行按下操作后，位置控制器会将轴拉回至最后编程的位置。如此可以避免悬挂轴因重复制动测试而下沉。按下期间也可能出现短时超出软件限位开关的情况，不触发报警。

PLC 信号

PLC → NC

Basic Program Plus	Basic Program	
<Axis>.safety.out.enableBrakeTestMode	LBP_Axis*.A_StartBrakeTest	DB31, ... DBX11.0

NC → PLC

Basic Program Plus	Basic Program	
<Axis>.drive.in.safetyBrakeTestActive	LBP_Axis*.E_BrakeTest	DB31, ... DBX71.0

5.14.3.3 功能使能

按如下步骤使能诊断功能“Safe Brake Test”：

1. 使用一个内部电机抱闸（MHB）时使能“Safe Brake Control (SBC)”功能：p9602 = 1.
2. 选择选择 SBT 的方式：

p10203	选中 SBT
= 0	通过 SCC
= 1	通过 BICO
= 2	Test stop/强制潜在故障检查

3. 检查电机类型；必须满足：p10204 = r0108.12

测试制动 1 [下标 0] 或 2 [下标 1] 必须先给定适用于两个测试序列的值：

- 制动器类型

p10202[0,1] SI Motion SBT 制动选择

= 0 禁止

必须设置，如果其中一个制动不存在或无需进行测试。

= 1 测试电机抱闸

此处还须设置 p1215 = 1

= 2 设置外部制动

- 通过 p10209 定义制动转矩。

- 测试转矩斜坡时间 p10208[0,1]

在测试序列开始前，测试转矩会在该时间内以斜坡的形式逐渐形成并在测试序列结束时再次消失。

说明

对机械结构上存在间隙（如电机和外部制动之间的齿轮箱导致）的外部制动进行测试时，建议延长测试转矩形成和消失的斜坡时间(p10208)。

- 通过设置 p60122 = 701 可自动互联与 SCC/SIC 相关的参数，以进行报文扩展。但之前必须先创建报文扩展。具体信息请参见“Safety Info Channel 和 Safety Control Channel (SIC/SCC) (页 265)”一章。
- 如果通过 BICO 信号控制制动测试 (p10203 = 1)，则还须设置以下参数：

p10230.0 用于选择制动测试的信号

p10230.1 用于启动测试序列的信号

5.14 SBT

p10230.2	用于选择待测试制动的信号 (= 0: 制动 1; = 1: 制动 2)
p10230.3	用于选择测试转矩符号的信号 (= 0: 正; = 1: 负)
p10230.4	用于选择测试序列的信号 (= 0: 序列 1; = 1: 序列 2)
p10230.5	外部制动状态的反馈信号 (= 0: 外部制动打开; = 1: 外部制动闭合)

可为每个制动设置 2 个测试序列。每个测试序列由以下设置值加以区分：

- 制动测试序列 1

p10210[0,1]	测试转矩 (单位: 制动转矩的 %)
p10211[0,1]	测试时长 (单位: ms)
p10212[0,1]	测试中允许的位置偏差 (单位: 毫米/度)

- 制动测试序列 2

p10220[0,1]	测试转矩 (单位: 制动转矩的 %)
p10221[0,1]	测试时长 (单位: ms)
p10222[0,1]	测试中允许的位置偏差 (单位: 毫米/度)

- 调试后执行上电

说明

SBT 和 DSC

如果 SBT 和 DSC 一同使用，便要分析参数 r10234 (S_ZSW3B)，也要检查安全控制通道的控制字 3B (S_STW3B)。r10234.1 告知 PLC：在制动测试激活期间不允许激活位置监控（运行期间当然也是如此）。

5.14.3.4 选择

以下方法可选择 SBT:

- **通过 PROFIBUS 或 PROFINET 的 Safety Control Channel (SCC) (集成的驱动, 外部驱动)**
借助 SCC, SBT 功能可直接由上级控制器执行。
通过 S_STW3B 位 0 中的 0/1 脉冲沿选择制动测试序列
另见: Safety Info Channel 和 Safety Control Channel (SIC/SCC) (页 265), SBT: 通过 SIC/SCC 通讯 (页 222)
- **通过 BICO 选择 (仅外部驱动)**
BICO 互联; 此处使用数字信号 (如 DI), 以执行 SBT 功能。
用于 NCU 集成的驱动 (SINAMICS Integrated, NX 模块) 的 SBT 选择不能通过 BICO 进行, 而只能通过 SCC 进行。
通过 p10230[0] 的 DI 上的 0/1 脉冲沿选择
- **通过 Extended Functions Teststop/强制潜在故障检查选择**
选择 Teststop/强制潜在故障检查时自动执行; 测试方法有限, 但进行控制时无需额外的信号。
通过 S_STW1B 位 8 中的 0/1 边沿 (集成的驱动, 外部驱动) 或在 p9705 的 DI (仅外部驱动) 上进行选择。
选择后会自动执行 SBT, 之后执行 Teststop/强制潜在故障检查。

说明

通过 Teststop/强制潜在故障检查选择时只能使用制动 1

在通过 Teststop/强制潜在故障检查选择时, 系统只会测试设置为制动 1, 带有测试序列 1 的内部电机抱闸 (按照 p10218 中设置的方向)。

5.14.3.5 启动制动测试序列

- 启动制动测试序列前须:
 - 通过 p10230[2] 的 DI 或 S_STW3B 位 2 确定待测试制动
 - 通过 p10230[3] 的 DI 或 S_STW3B 位 3 确定测试转矩的正方向或负方向
 - 通过 p10230[4] 的 DI 或 S_STW3B 位 4 确定制动测试序列 1 或 2
- 通过 p10230[1] 的 DI 上或 S_STW3B 位 1 发出的 0/1 脉冲沿启动制动测试序列。

5.14.3.6 过程

SBT 的工作过程如下：

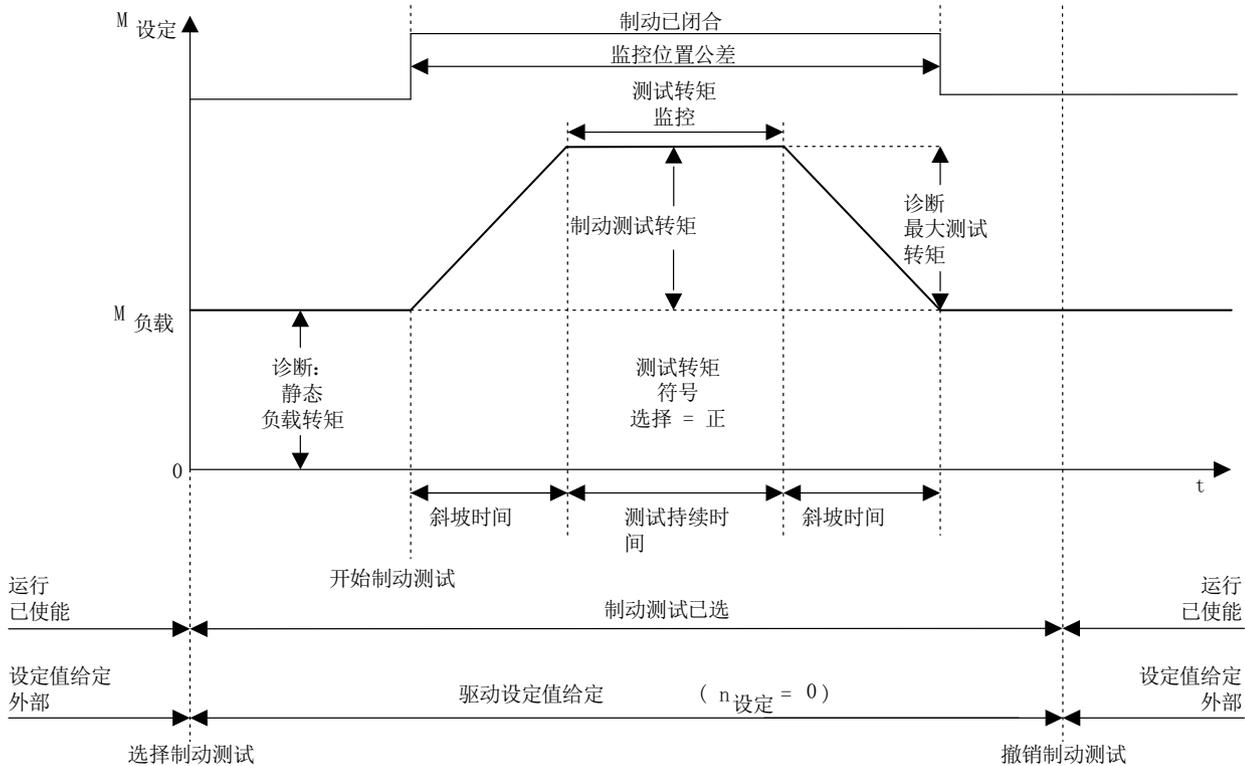


图 5-25 SBT:时序

- 用户选择制动测试后（r10231.0 中的 0/1 沿）系统会计算静态悬挂负载。因此在选择制动测试时需要打开所有制动器并使能脉冲。
 - 对直接由 SINAMICS 控制的电机抱闸进行测试时，制动会在脉冲使能和 p1215=1 时自动打开。
 - 测试外部制动时，p10234.6 或 S_ZSW3B.6（SIC/SCC）会显示值 0，表示外部制动必须打开。该操作必须在 11 秒内完成，否则系统会中断测试并输出故障信息。
- 这样用户就可以选择制动、测试序列和测试方向。
- 只有在用户启动（r10231.1 中的 0/1 沿）制动测试/制动测试序列时，制动测试处于生效状态，系统才会闭合电机抱闸（MHB）或发出闭合外部制动的请求。闭合制动的请求会再次通过 p10234.6 = 1 或 S_ZSW3B.6 = 1 显示。此操作也必须在 11 秒内完成，否则系统会输出故障信息。
- 测试转矩（垂直轴上测试转矩需要加/减负载转矩）在执行 SBT 期间给出。输入 n=0 时，控制器会在制动力相反的方向上形成测试转矩。测试转矩以斜坡的形式形成。斜坡通过 p10208 定义。
- 系统会在测试序列结束时打开制动或发出打开制动的请求。

- 撤销测试序列（断开测试序列）后，系统可能还会在所选的制动测试中启动另一个测试序列，如另一个方向上的另一个制动。
- 测试序列生效时，刚才未测试的制动必须仍处于打开状态。
- 撤销 SBT 后，初始转速设定值再次生效。

5.14.3.7 取消/终止和应答（SBT）

取消测试序列或制动测试会使正在进行的制动测试终止。此时会发出报警 A01782。

应答报警

与制动测试相关的报警只能安全应答（Failsafe Acknowledge），某些情况下，只有在制动测试撤销后才能进行应答。在“自动生效的运动监控”中需要执行上电或选择/撤销 STO/SS1（配置的扩展报警应答）才可进行应答。

5.14.3.8 通过 SIC/SCC 通讯

电机抱闸测试

下图展示了测试电机抱闸时通过 SIC 和 SCC 的通讯过程：

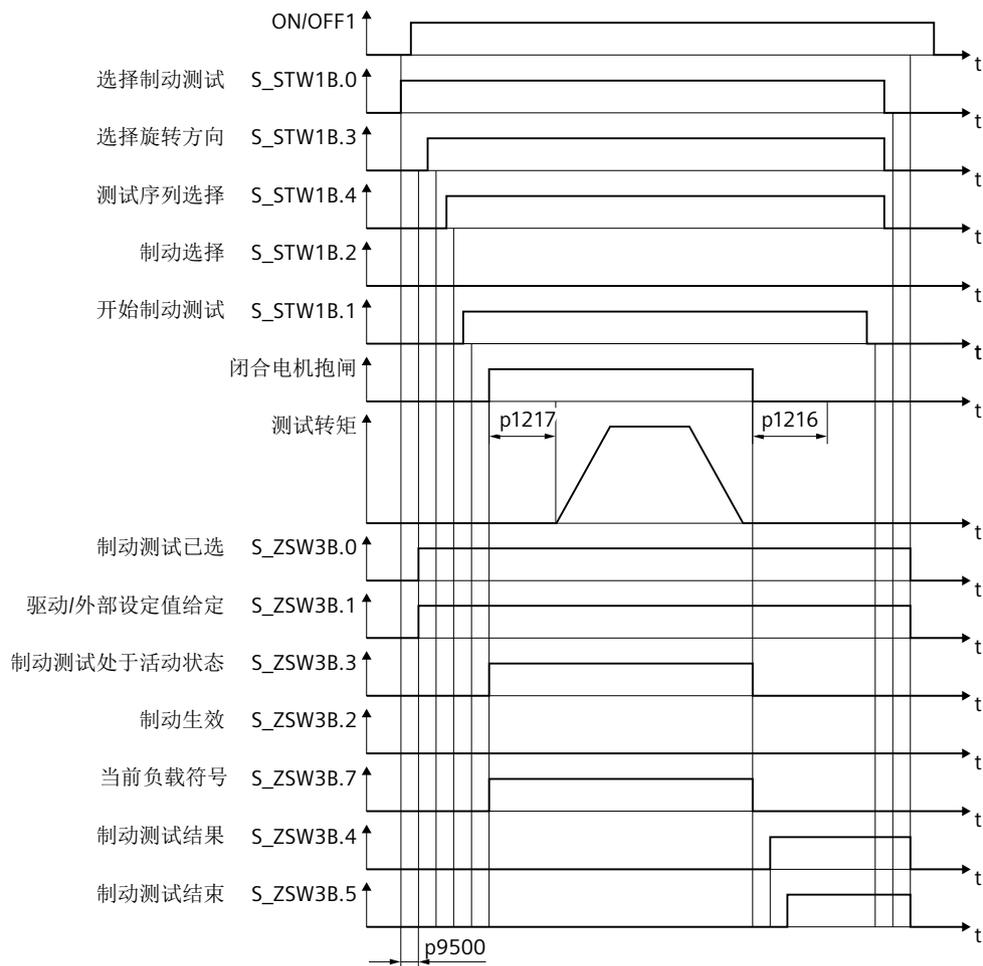


图 5-26 电机抱闸测试

外部制动测试

下图展示了测试外部制动时通过 SIC 和 SCC 的通讯过程：

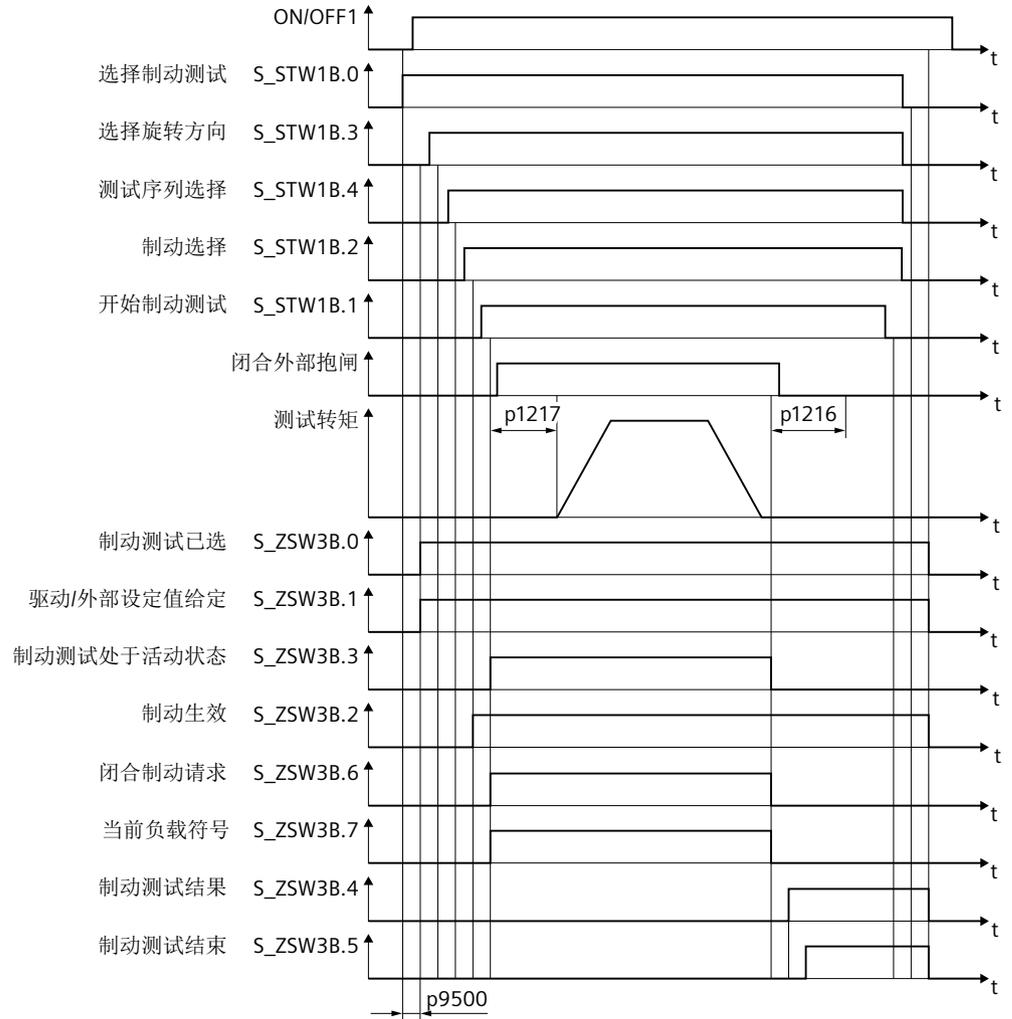


图 5-27 外部制动测试

5.14 SBT

5.14.3.9 功能图和参数

功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- 2836 SI Extended Functions - SBT (Safe Brake Test)
- 2837 SI Extended Functions - 选择生效的控制字

重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

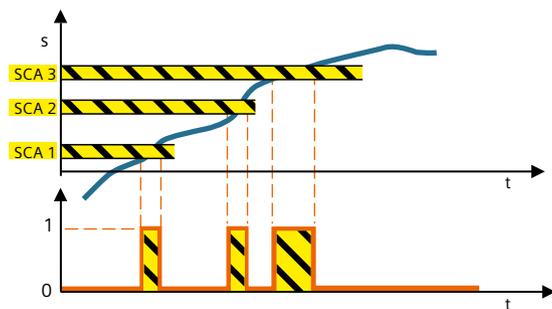
- p1215 电机抱闸的配置
- p1216 电机抱闸打开时间
- p1217 电机抱闸闭合时间
- p9501 SI Motion 安全功能使能（控制单元）
- p9601 SI 驱动集成的功能使能（控制单元）
- p9602 SI Safe Brake Control 使能（控制单元）
- p10201 SI Motion SBT 使能
- p10202[0...1] SI Motion SBT 制动选择
- p10203 SI Motion SBT 控制选择
- p10204 SI Motion SBT 电机类型
- p10208[0...1] SI Motion SBT 测试转矩斜坡时间
- p10209[0...1] SI Motion SBT 制动转矩
- p10210[0...1] SI Motion SBT 序列 1 的测试转矩系数
- p10211[0...1] SI Motion SBT 序列 1 的测试时长
- p10212[0...1] SI Motion SBT 序列 1 的位置公差
- p10218 SI Motion SBT 测试转矩符号
- p10220[0...1] SI Motion SBT 序列 2 的测试转矩系数
- p10221[0...1] SI Motion SBT 序列 2 的测试时长
- p10222[0...1] SI Motion SBT 序列 2 的位置公差
- p10230[0...5] BI: SI Motion SBT 控制字
- r10231 SI Motion SBT 控制字诊断
- r10234.0...15 CO/BO:SI Safety Info Channel 状态字 S_ZSW3B
- p10235 CI: Safety Control Channel 控制字 S_STW3B
- r10240 SI Motion SBT 测试转矩诊断

- r10241 SI Motion SBT 负载转矩诊断
- p60122 IF1 PROFIdrive SIC/SCC 报文选择

5.15 SCA

按照 EN 61800-5-2 标准的定义：

“Safe Cam (SCA)”功能提供一个安全输出信号，用来显示电机轴的位置是否位于定义的范围内。



当驱动位于指定的位置区域时，“Safe Cam”功能能输出安全信号。借助此功能可以实现每根轴的安全范围检测。

5.15.1 详细信息和参数设置

借助“Safe Cam (SCA)”功能实现安全电子凸轮功能、安全区域检测或轴专用的工作空间/保护空间限制，并能以此代替基于硬件的解决方案。每根轴上最多可设置 30 个凸轮。每个凸轮都是有目的地进行释放。

说明

安全功能“Safe Cam (SCA)”只能配合编码器使用。

确定凸轮位置

- 借助参数 p9536[x] 和 p9537[x] (x = 0 ... 29) 确定待监控的凸轮位置。
注意定义的凸轮必须具有特定的最小长度: $p9536[x] - p9537[x] \geq p9540 + p9542$
如果没有遵守该规定, 驱动会输出消息 F01686 (“SI Motion: 不允许设置凸轮位置”)。
- 由于不同的周期和运行时间, 两个监控通道的凸轮信号不能同时或不能准确的在同一位置进行操控。因此, 必要时需要通过参数 p9540 为所有凸轮规定一个公差带。在此公差带内, 监控通道可以具有相同凸轮的不同信号状态:

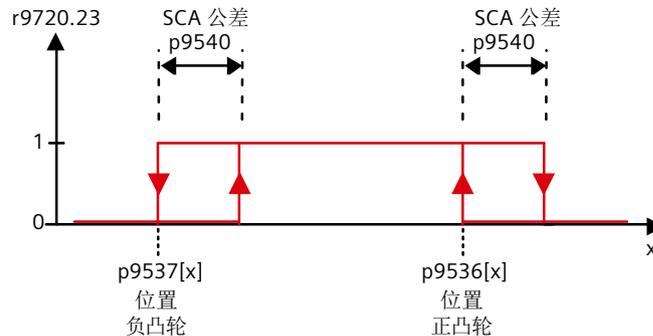


图 5-28 设置凸轮和公差

说明

功能 SCA 的公差带选择应尽可能的小 (<5 ... 10 mm)。建议将凸轮公差设置的大于等于实际值公差。

- 借助功能“安全回参考点(页 233)”使轴回参考点。

使能 SCA

- 设置 p9501.28 = 1, 使能“Safe Cam (SCA)”功能。
- 设置 p9503.x = 1 (x = 0 ... 29), 单独使能各个凸轮。

警告

不回参考点可导致机床组件速度异常

上电后, 已使能的凸轮信号立即输出。但是只有安全回参考点后该输出才准确无误。不执行安全回参考点, 可能导致人身伤害或者财产损失。

- 借助功能“安全回参考点(页 233)”使轴回参考点。

选择 SCA

借助 PROFIsafe 控制字 S_STW2.23 选择“Safe Cam (SCA)”功能。必须将报文 903 用于 SCA, 为此必须为 SCA 提供控制字 S_STW2 和状态字 S_ZSW_CAM1。

5.15 SCA

凸轮同步

通过 PROFIsafe 将凸轮状态字传送至 F 主站时，两个监控通道中的凸轮信号会进行同步。此时也会监控第 2 个通道中的不同凸轮信号是否合理。如果驱动发现了错误，则会输出信息 C01711 和故障值 1014。

监控凸轮位置时，将 p9542（“实际值比较公差”）中两个监控通道之间实际位置交叉比较的公差设置用作位置公差。

通过 PROFIsafe 进行传送

设置并选择了 SCA 后，监控的结果会被传送至状态字 S_ZSW_CAM1（参见章节“S_ZSW_CAM1 (页 487)”）。

5.15.1.1 功能图和参数

功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- 2826 SCA (Safe Cam)
- 2844 S_ZSW_CAM1 安全状态字 Safe Cam 1

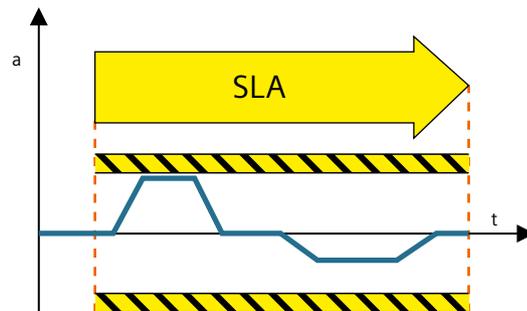
重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- p9501 SI Motion 安全功能使能（控制单元）
- p9503 SI Motion SCA (SN) 使能（控制单元）
- p9505 SI Motion SP 模数值（控制单元）
- p9536[0...29] SI Motion SCA (SN) 正凸轮位置（控制单元）
- p9537[0...29] SI Motion SCA (SN) 负凸轮位置（控制单元）
- p9540 SI Motion SCA (SN) 公差（控制单元）
- p9542 SI Motion 实际值（交叉）校验公差（控制单元）
- r9703.0...31 CO/BO:SI Motion SCA 状态信号（控制单元）
- r9708[0...5] SI Motion 安全位置诊断
- r9720.23 CO/BO:SI Motion 驱动集成的控制信号：
撤销 SCA
- r9727 SI Motion 驱动内部用户确认
- r9771.22 SI 共有功能：支持 SCA

5.16 SLA

按照 EN 61800-5-2 标准的定义：

“Safely Limited Acceleration (SLA)”功能可阻止电机超过规定的加速度极限。



功能应用实例

示例	解决办法
驱动在调试时不可以超出允许的加速度。	<ul style="list-style-type: none"> 通过 PROFIsafe 在变频器中选择 SLA。 变频器会限制并监测电机的加速度。

5.16.1 描述

“Safely Limited Acceleration (SLA)”功能对电机进行监控，确保其不超出定义的加速度限值（例如在调试模式中）。SLA 可以尽早发现驱动过快加速这一情况并及时触发停止响应。

SLA 在加速时作用，但不会在减速时作用。

说明

安全功能“Safely-Limited Acceleration (SLA)”只能配合编码器使用。

说明

安全功能“Safely-Limited Acceleration (SLA)”只能用于单编码器系统。

说明

只能在参数列表中开展配置

和其他 Safety Integrated Functions 不同，SINUMERIK Operate 中没有针对 SLA 的配置画面。因此需在参数列表设置该功能。

5.16 SLA

使能 SLA

- 设置 $p9501.20 = 1$ ，使能“Safely Limited Acceleration (SLA)”功能。

选择 SLA

通过 PROFIsafe 控制字 S_STW1.8 或 S_STW2.8 选择“Safely Limited Acceleration (SLA)”功能。必须使用哪个控制字取决于您已配置的 PROFIsafe 报文。

SLA 功能在选择后立即生效，没有延时。

SLA 可使用报文 30、31、901、902 和 903。在该报文中为 SLA 提供控制字 S_STW1.8 或 S_STW2.8 供使用，并提供状态字 S_ZSW1.8 或 S_ZSW2.8 供使用。

加速度限值

- 适用的加速度限值在参数 p9578 中确定。该限值对于正向和负向都有效。
- p9578 的设置必须符合以下规定：
 - $p9578 \geq 10 \cdot r9790[1]$
- 驱动在 r9790 中显示可能的加速度分辨率：
 - r9790[0] = 粗分辨率
 - r9790[1] = 精分辨率加速度采集的实际精度取决于实际值采集的方式、传动系数以及所使用编码器的质量。
- r9714[3] 中显示当前加速度对应的速度限值。
- r9789 可提供对精分辨率加速度监控的诊断。下标 0 显示测定的实际加速度。下标 1 和 2 显示 SLA 监控的最新限值。

滤波时间

如果对加速度的测定导致了信号受到严重干扰，那么驱动对加速度的监控会失去意义。

解决办法

- 在该情况下延长“SLA 滤波时间” (p9576)。
此时需注意，如果增加滤波时间，SLA 会延时响应。

停止响应

一旦 SLA 发现驱动超出了加速度限值，便触发驱动执行 p9579 中定义的停止响应。

5.16.2 详细信息和参数设置

生效方式

下图展示了 SLA 的生效方式：

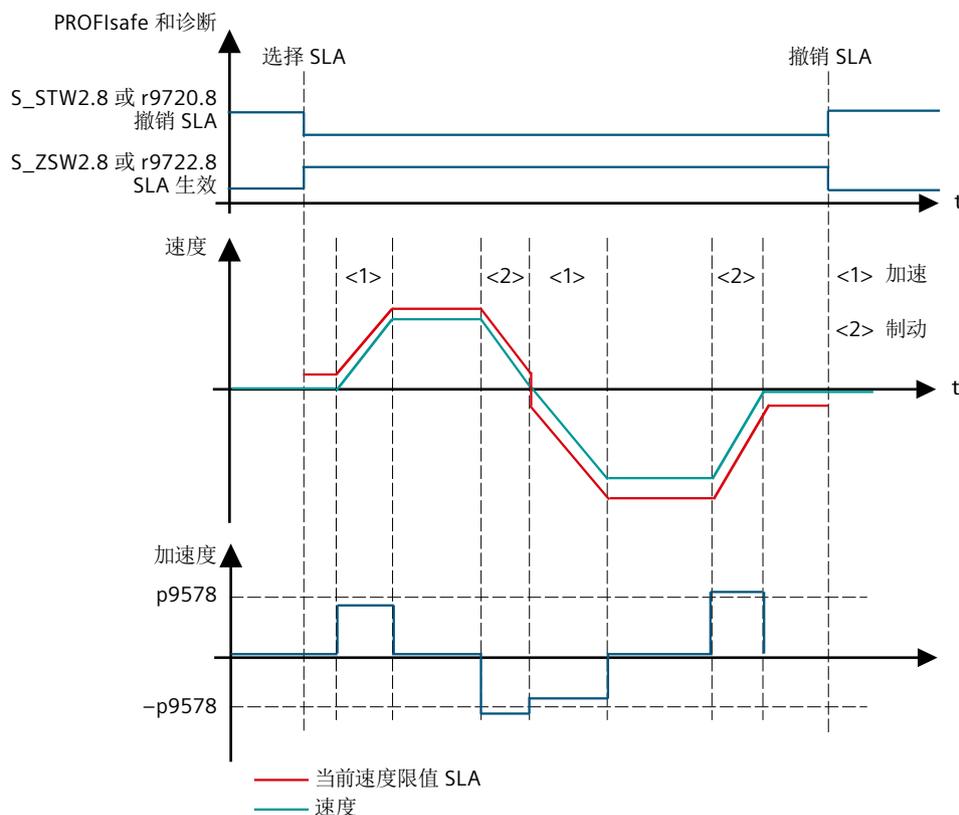


图 5-29 Safely-Limited Acceleration (SLA): 原理

5.16.2.1 通过 PROFIsafe 或 SIC 传输

通过 PROFIsafe 进行传送

设置并选择了 SLA 后，监控的结果会被传送至状态字 S_ZSW1.8 或 S_ZSW2.8 中。

说明

总线故障时的响应

在 $p9580 \neq 0$ 、SLA 激活时出现通讯故障：只有在将一个带有延时脉冲封锁的 STOP 设为 SLA 响应时（即设置 $p9579 \geq 10$ ），驱动才会执行设置的 ESR 响应。

5.16 SLA

通过 SIC 传送

设置并选择了 SLA 后，监控的结果也会被传送至 SIC 中的状态字 S_ZSW1B.8 中。该状态字位于报文 700 与 701 中。

5.16.2.2 功能图和参数

功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- 2838 SLA (Safely-Limited Acceleration)

重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- p9501 SI Motion 安全功能使能（控制单元）
- p9576 SI Motion SLA 滤波时间（控制单元）
- p9578 SI Motion SLA 加速度限值（控制单元）
- p9579 SI Motion SLA 停止响应（控制单元）
- r9714[3] CO: SI Motion 速度诊断：控制单元上的当前 SLA 速度限值
- r9719.17 CO/BO:SI Motion 控制信号 2：撤销 SLA
- r9720.8 CO/BO:SI Motion 驱动集成的控制信号：撤销 SLA
- r9721.11 CO/BO:SI Motion 状态信号（控制单元）：SLA 生效
- r9722.8 CO/BO:SI Motion 驱动集成的状态信号（控制单元）：SLA 生效
- r9789 CO: SI Motion SLA 加速度诊断
- r9790 SI Motion 加速度精度

5.17 安全回参考点

通过“安全回参考点”功能变频器可以确定安全的参考位置。以下功能中需要该安全位置：

- SLP (页 202)
- SP (页 207)
- SCA (页 226)

概述

回到某绝对位置的回参考点过程是由 NC 中的运动控制功能执行的。功能 SIC/SCC 可用于该控制。

在 SINUMERIK Safety Integrated 模式中，当前的绝对 NC 位置实际值（也包括运动状态）被作为安全实际值系统的“回参考点位置”发送给驱动器。该过程在每次 NC 位置实际值系统回参考点时由系统侧执行。前提条件是：使能了 SIC/SCC 以及功能“通过 SCC 回参考点”（p9501.27）。用户确认设置后，驱动进入“已安全回参考点”状态。

回参考点方式

SINAMICS 有 2 种回参考点的形式：

- 初始回参考点
在首次执行安全回参考点或在之后因故障而回参考点的过程中，以下步骤是非常重要的：
 - 由 NC 执行回参考点
 - 设置用户确认
- 后续回参考点
在重新上电之后或撤销“驻留轴”后，进行带有安全历史事件（已完成内部用户确认）的回参考点时都是指后续回参考点。
 - 在驱动回参考点后，Safety Integrated 自动进行合理性检测。
 - 如果当前的绝对位置与之前由 Safety Integrated 保存的静止位置的差异在 p9544 的公差范围之内，驱动器会进入“安全回参考点”状态。

5.17.1 用户确认

描述

所谓的“用户确认”指授权人员确认当前显示的轴的安全位置与机床上的实际位置一致。

5.17 安全回参考点

可以首先让轴运行到某个已知位置（比如：轴上某标记位置），测量轴位置，然后对比它和画面“用户确认”中显示的安全实际位置。

具有集成安全的进给轴或主轴有以下两种状态：

- 用户确认 = 是或者
- 用户确认 = 否

在 HMI 画面“用户确认”中，列出了所有需要设置用户确认的安全轴。

图中显示下列数据：

- 机床轴名称
- 位置
- SI 位置
- 用户确认

Mach	Position	SI position	Agreement
Y1	-0.003	-0.003	<input checked="" type="checkbox"/>
Z1	0.021	0.021	<input checked="" type="checkbox"/>
U1	0.012	0.012	<input checked="" type="checkbox"/>
B1	0.308	0.308	<input checked="" type="checkbox"/>
C1	0.977	0.977	<input checked="" type="checkbox"/>

图 5-30 用户确认

用户确认只能由用户设置。

可以通过以下几种方式来删除用户确认：

- 通过用户操作
- 通过某功能选择（比如：新的齿轮级）
- 通过某故障状态，比如：监控通道中发现用户确认不一致

删除用户确认后，“已安全回参考点”状态复位。

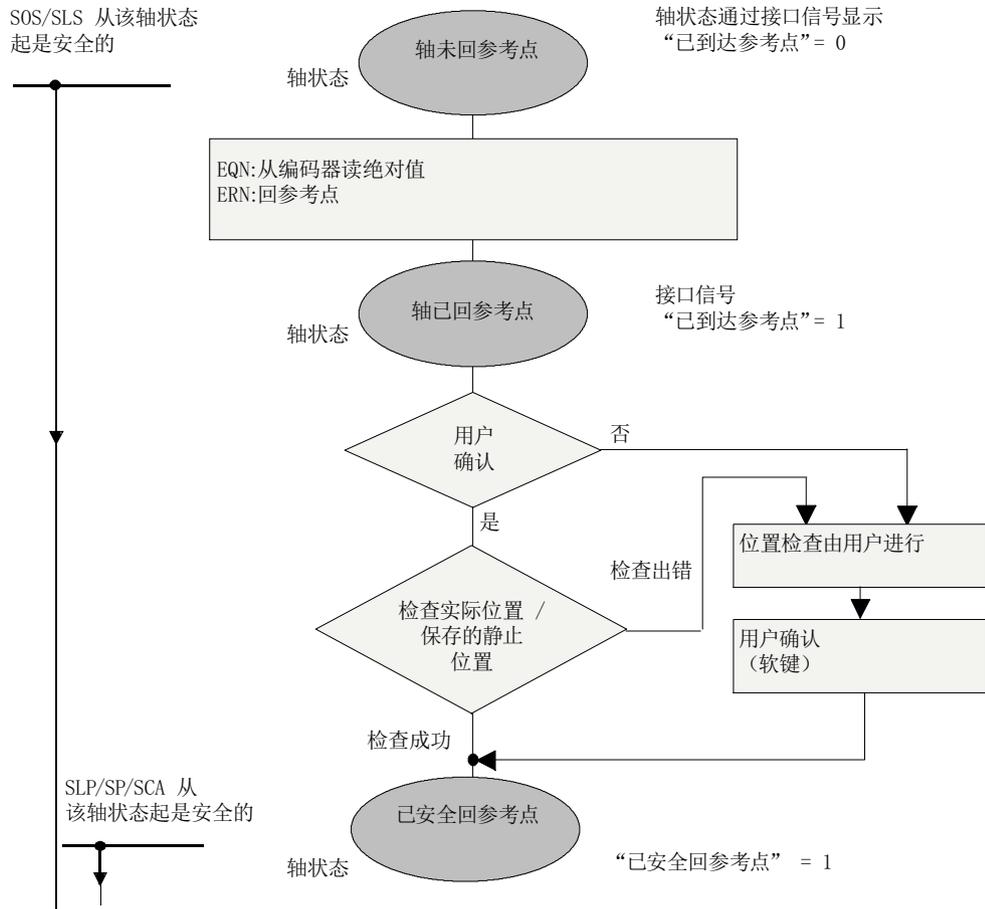


图 5-31 回参考点时的轴状态

封锁用户确认

取消封锁后可以发出用户确认：

- 钥匙开关：转动到位置 3 → 可以给出用户确认

在发出用户确认后必须再次设置封锁（转动钥匙开关，使其转离位置 3，然后拔出钥匙）。

5.17 安全回参考点

5.17.2 功能图和参数

功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- 2821 SI Extended Functions - 安全回参考点

重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- p9572 SI Motion 参考位置（控制单元）
- p9573 接收 SI Motion 参考位置（控制单元）
- r9708[0...5] SI Motion 安全位置诊断
- r9713[0...5] CO: SI Motion 负载侧位置实际值诊断
- r9722.0...31 CO/BO:SI Motion 驱动集成的状态信号（控制单元）
- r9723.0...17 CO/BO:SI Motion 驱动集成的诊断信号
- p9726 SI Motion 选择/撤销用户确认
- p9740 SI Motion 选择/撤销用户确认, MM

5.18 实际值安全检测

支持的编码器系统

原则上可使用以下编码器系统安全检测速度/位置：

- 单编码器系统
或者
- 双编码器系统

说明

编码器连接规定

连接编码器时注意现行规定：参见 SINAMICS S120 驱动功能手册。

单编码器系统

单编码器系统指只使用电机编码器来检测实际速度/位置。这种电机编码器必须符合相应的要求（参见编码器类型）。实际速度/位置在编码器或编码器模块中直接生成，然后通过 DRIVE-CLiQ 传送到控制单元。

在无 DRIVE-CLiQ 接口的电机上，编码器需要通过附加的编码器模块接入。

即使电机处于转矩闭环控制中，只要确保变频器能分析编码器信号，也要选择 SI 运动监控功能。

说明

单编码器系统中出现故障时，无“加速度安全监控”

单编码器系统中出现故障时，“加速度安全监控” (p9506 = 3) 功能无效。

类别 0 或 1 (EN 60204-1) 的停止响应可通过参数 p9516.4 进行设置。

线性电机应用中的特殊性

在线性电机上，电机编码器（光栅尺）也就相当于负载上的测量系统。因此只需要一个测量系统。编码器通过编码器模块或直接通过 DRIVE-CLiQ 连接到电机上。

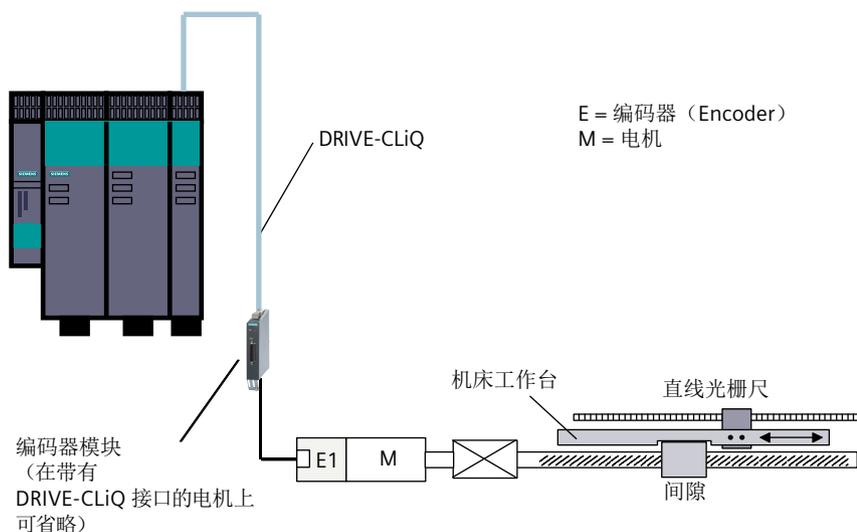


图 5-32 示例：单编码器系统

双编码器系统

双编码器系统指使用 2 个单独的编码器来检测实际值。这些实际值通过 DRIVE-CLiQ 传送给控制单元。

在无 DRIVE-CLiQ 接口的电机上，编码器需要通过附加的编码器模块接入（参见“编码器类型”）。

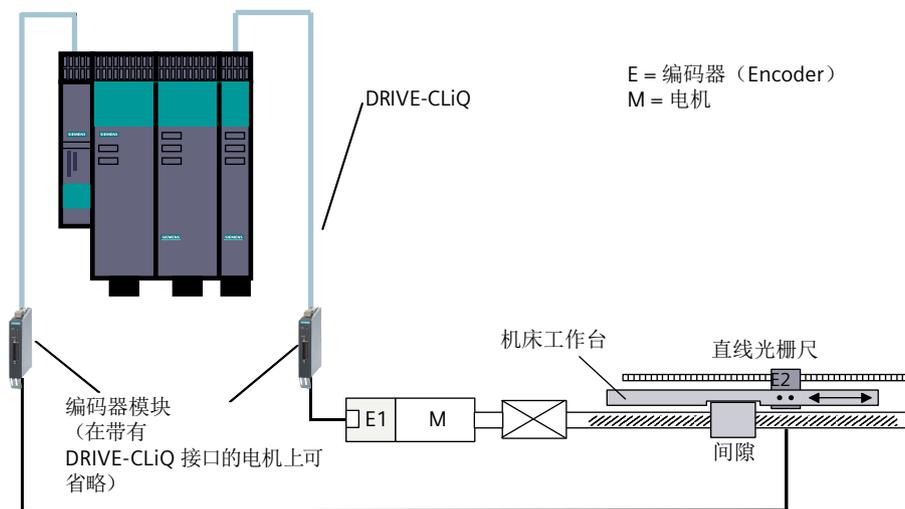


图 5-33 示例：滚珠丝杠上直线轴的双编码器系统

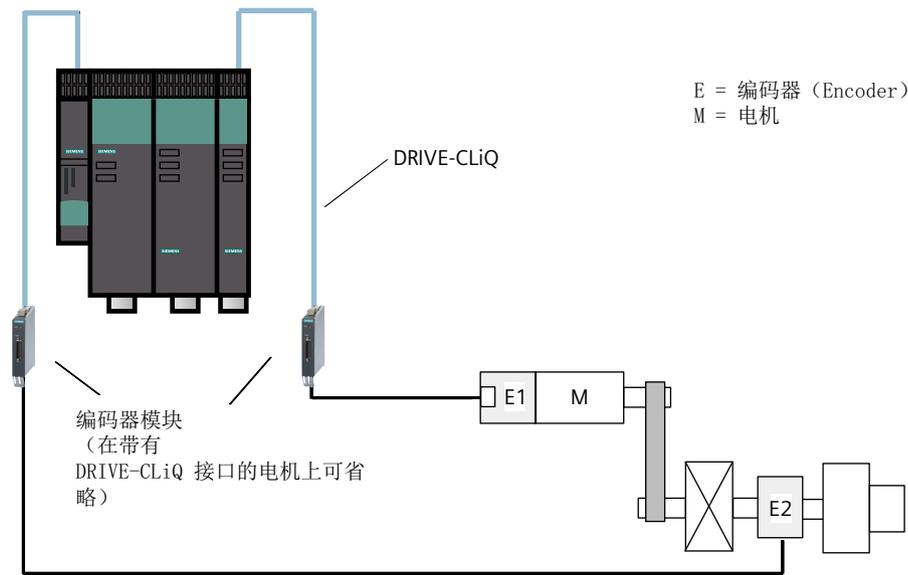


图 5-34 示例：回转轴上的双编码器系统

在为 Safety Integrated 配置双编码器系统时请注意对照 p9315~p9329 和 r0401~r0474。

说明

编码器参数分配

参数 p95xx 用于第 1 个编码器；参数 p93xx 用于第 2 个编码器。

说明

传送编码器调试值

设置参数 p9700 = 46 (2E hex)，将编码器调试过程中得出的参数值传送到安全参数设置中。仅当与驱动设备在线相连时，才能使用该复制功能。

表格 5-6 双编码器系统应用中的编码器参数和对应的安全参数

安全参数	名称	编码器参数
p9315/p9515 SI Motion 粗略位置值配置		
p9315.0/p9515.0	向上计数器	r0474[x].0
p9315.1/p9515.1	编码器 CRC 首个低值字节	r0474[x].1
p9315.2/p9515.2	冗余粗略位置值，最左边高位	r0474[x].2
p9315.16/ p9515.16	DRIVE-CLiQ 编码器	p0404[x].10
p9316/p9516 SI Motion 安全功能编码器配置		

5.18 实际值安全检测

安全参数	名称	编码器参数
p9316.0/p9516.0	旋转/线性电机编码器	p0404[x].0
p9316.1/p9516.1	位置实际值符号切换	p0410[x]
p9317/p9517	SI Motion 光栅尺栅距	p0407
p9318/p9518	SI Motion 编码器每转线数	p0408
p9319/p9519	SI Motion 细分分辨率 G1_XIST1	p0418
p9320/p9520	SI Motion 主轴丝杠螺距	编码器参数设置窗口
p9321/p9521	SI Motion 编码器齿轮箱	编码器参数设置窗口
p9322/p9522	SI Motion 编码器齿轮箱	编码器参数设置窗口
p9323/p9523	冗余粗略位置值，有效位	r0470
p9324/p9524	冗余粗略位置值，细分分辨率位	r0471
p9325/p9525	冗余粗略位置值，相关位	r0472
p9326/p9526	SI Motion 编码器分配	编码器参数设置窗口
p9328/p9528	SI Motion 编码器模块节点识别符	
p9329/p9529	Gx_XIST1 粗略位置，安全高值位	p0415 = r0470 – r0471

单/双编码器系统中的编码器类型

增量编码器或绝对值编码器都可以用于安全检测实际位置。

绝对位置值可通过串行 EnDat 接口或 SSI 接口传送到控制器。但安全功能并不能分析这些绝对位置值。

在为配备 SINAMICS Safety Integrated 的设备配置单编码器或双编码器系统时，为确保实际值的安全检测，只允许使用符合下列条件的编码器：

- 带 1 Vpp 正弦/余弦信号的编码器
 - 单编码器系统和双编码器系统
 - 连接至 SINAMICS 编码器模块 SME20/25、SME120/125 和 SMC20
 - 完全用模拟技术来生成并处理信号。以排除某些输出有效电平但实际上处于“稳态”（被冻结）的 A/B 信号。
- HTL/TTL 编码器
 - 只适用于双编码器系统。此时，编码器必须为 HTL/TTL 编码器。另一个编码器可以是正弦/余弦编码器或 HTL/TTL 编码器。
 - 连接至机柜安装式编码器模块 SMC30 或 SINAMICS HLA 或 SINAMICS S120 Combi。
 - 连接在 SINAMICS HLA 或 SINAMICS S120 Combi 上的 HTL/TTL 编码器不可以作为第一编码器运行。
 - 请注意 HTL/TTL 编码器系统上允许的最小速度分辨率 (r9732[1])。
 - 双 HTL/TTL 编码器必须使用单独的电源。
- EnDat-2.2 编码器，通过 SMC40 转换信号
 - 单编码器系统和双编码器系统
- DRIVE-CLiQ 编码器
 - 单编码器系统和双编码器系统

说明

带内置 DRIVE-CLiQ 接口的编码器

这些编码器至少要符合 IEC 61800-5-2 (SIL2) 或 ISO 13849-1 (Performance Level-d/Category-3) 的认证。

必须对编码器在电机中心轴或线性驱动轴上的固定情况进行 FMEA 分析，分析结果要将编码器松动定位为“必须排除的故障”（相关信息参见 IEC 61800-5-2）。若编码器紧固件松动，编码器将无法正确检测运行位置。

在此请注意，符合编码器的上述要求是机器厂商的单方责任。但编码器厂商有义务向机器厂商提供如何在机器内部安装编码器的相关信息。FMEA 分析报告须由机器厂商提供。

如需了解哪些西门子电机（带或不带 DRIVE-CLiQ 接口）支持 Safety Integrated 功能，请访问 SIOS-Portal:

适用的电机和编码器 (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/33512621>)

5.18 实际值安全检测

在此类电机上，可认为编码器已安全固定在了电机轴上且可以排除编码器紧固件有松动的情況。

说明

具有 EnDat 接口和额外正弦/余弦信号的绝对值单圈编码器

有些绝对值单圈编码器（如 EQI）具有 EnDat 接口，可输出额外的正弦/余弦信号，但是内部却按照感应测量原理工作，一般不允许用于 SINAMICS Safety Integrated。

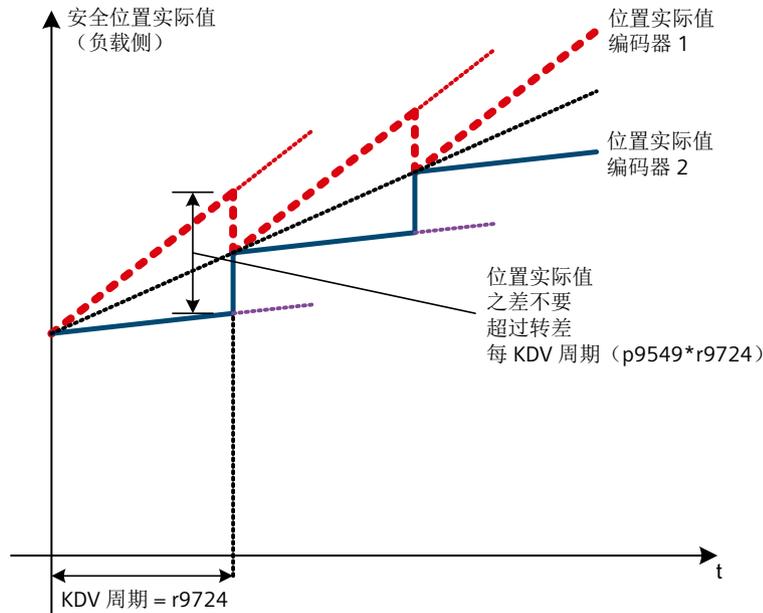
说明

SINAMICS HLA 的编码器类型

SINAMICS HLA 支持下列编码器类型

- 单编码器系统
 - 安全配套的 DRIVE-CLiQ 编码器
 - 通过 SME20/25、SME120/125 或 SMC20 连接的 sin/cos 编码器（1Vss，纯模拟量信号处理）
 - 双编码器系统
 - 带 DRIVE-CLiQ 接口的编码器
 - 通过 SME20/25、SME120/125 或 SMC20 连接的 sin/cos 编码器（1Vss，纯模拟量信号处理）
 - 通过 SMC30 连接的 HTL/TTL 编码器（不与 SINUMERIK 连接）
 - 通过 HLA 模块上的板载接口连接的 TTL 编码器（不与 SINUMERIK 连接）
-

实际值同步



1) 该偏差不可以超过交叉校验周期 ($r9724$) 期间达到最大转差 ($p9549$) 时形成的位置差。

图 5-35 实际值同步示意图（举例）

实际值同步激活后 ($p9301.3 = 1$)，例如：在带转差的系统或机器上激活，两个通道检测出的实际值会周期性地求平均值。此时，系统会按交叉校验周期 ($r9724$) 来监控当前转差是否超出 $p9549$ 中设置的最大转差。如果未使能“实际值同步”，则在交叉校验中将 $p9542$ 中设置的值作为公差使用。

安全运动监控

实际值采集的属性确定了（所用编码器除外）达到最佳安全运动监控的值：

- 最大安全速度 ($r9730$)
实际值采集时允许用于安全监控功能的最大速度（负载侧）在 $r9730$ 中显示。该参数显示编码器参数设置时能够正确采集安全编码器实际值（冗余编码器粗略位置）的最大负载速度。
实际值采集周期 ($p9511$) 确定了实际值的采集频率。所选周期越大，“最大安全速度”越大。控制单元的负载也越大。设置时须考虑到此情况。
- 安全定位精度 ($r9731$)
通过采集实际值达到最佳定位精度。有 2 个编码器系统时，会基于编码器线数显示较差编码器的精度。

5.18.1 重要参数

重要参数一览 - 带编码器系统（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- p9501.3 SI Motion 安全功能使能（控制单元），实际值同步使能
- p9502 SI Motion 轴类型（控制单元）
- p9511 SI Motion 实际值采集周期（控制单元）
- p9515 SI Motion 编码器粗略位置值配置（控制单元）
- p9516 SI Motion 安全功能的编码器配置（控制单元）
- p9517 SI Motion 线性编码器的栅距（控制单元）
- p9518 SI Motion 编码器每转线数（控制单元）
- p9519 SI Motion G1_XIST1 细分分辨率（控制单元）
- p9520 SI Motion 丝杠螺距（控制单元）
- p9521[0...7] SI Motion 编码器（电机）/负载齿轮级分母（控制单元）
- p9522[0...7] SI Motion 编码器（电机）/负载齿轮级分子（控制单元）
- p9523 SI Motion 冗余粗略位置值有效位（控制单元）
- p9524 SI Motion 冗余粗略位置值细分分辨率（控制单元）
- p9525 SI Motion 冗余粗略位置值相关位（控制单元）
- p9526 SI Motion 第二通道的编码器分配
- p9542 SI Motion 实际值（交叉）校验公差（控制单元）
- p9549 SI Motion 转差，速度公差（控制单元）
- p9700 SI Motion 复制功能
- r9713[0...5] SI Motion 负载侧位置实际值诊断
- r9714[0...2] SI Motion 速度诊断
- r9724 SI Motion 交叉校验周期
- r9730 SI Motion 最大检测速率
- r9731 SI Motion 安全定位精度
- r9732[0...1] SI Motion 速度分辨率

5.18.2 不带编码器的安全实际值检测

概述

根据您的应用，使用以下参数在没有编码器的情况下修正 Safety Extended Functions 的安全运动监控：

- p9585
- p9586
- p9588
- p9589

在大多数情况下您可以直接采用缺省设置。

无编码器计算中的延迟时间

如果实际值检测在启动阶段仍未被正确执行，变频器会发出信息，但是不会报告安全问题。为避免此情况的发生，您可提高参数值“无编码器计算中的延迟时间”（p9586）。“无编码器计算中的延迟时间”（p9586）如下确定：

1. 请用 Trace 功能记录驱动系统（驱动器+电机+负载）的启动特性，以确定最短延时 p9586。Trace 功能此时可确定 p9586 的值。
2. 为避免故障响应，撤销功能“不带编码器的 SDI”和“不带编码器的 SLS”。
3. 通过触发器“OFF2 → 无效”激活 Trace 功能，并选择需要记录的信号：至少一个电机电流相位和 OFF2。记录给出 ON 指令后、电流达到 $I_{\text{额定}}$ 前该选中的电机电流相位。在 p9586 中输入电流下降到 I_{min} 所需的时间加上 + 10 % 的反向时间的总和。
4. 在具体应用中启动驱动器，检查其启动特性。参照 Trace 记录，查看经过多少时间后异步电机或磁阻电机的峰值电流开始下降或转子位置检测功能的脉冲模型结束，经过多少时间后电流超出了 p9588 “没有编码器的最小电流实际值检测”。
5. 将测得的时间 + 约 10 % 后输入 p9586。
6. 激活功能“不带编码器的 SDI”和“不带编码器的 SLS”。现在重新启动系统，Trace 功能激活。现在在系统上应该不再会出现信息。
- 或者 -
逐步更改 p9586 的值，在每次修改后查看系统响应。
如果系统不再输出多余信息，便表明您设置了合适的延迟时间。

5.18 实际值安全检测

无编码器实际值检测的误差

借助“无编码器实际值检测误差”（p9585）参数，可根据电流和电压角度设置合理性监控公差。

1. 同步电机中必须设置 $p9585 = 4$ 。
 - 减小这个值，实际值检测和合理性检测都会被影响。
 - 提高这个值将导致检测延时更长。
2. 对于装机装柜型设备，可在 1000 kW 以内的异步电机上使用无编码器的 Safety Integrated 功能：对于大型电机，则需提高参数 p9585 的值。装机装柜型设备上参数 p9585 的缺省值为“2”。
3. 在出厂设置 (= -1) 中，同步电机自动使用数值 4 计算，异步电机或磁阻电机自动使用数值 0 计算。
4. 诊断参数 r9786[0...2] 显示当前变频器从合理性角度、电压角度和电流角度测量的数值。您可以利用这些值来修改 p9585。

检查设置

如果更改了以下其中一个参数，则应重新检查无编码器时的实际值采集并设置：

- PROFIdrive 同步模式异步参与：
p2049 = 1
- 伺服控制时的电流控制器采样时间：
p0115[0] = 187.5 μ s、150 μ s、100 μ s、937.5 μ s、75 μ s、50.0 μ s 或 37.5 μ s
- 矢量控制时的电流控制器采样时间：
p0115[0] = 375 μ s、312.5 μ s、218.75 μ s、200 μ s、187.5 μ s、175 μ s、156.25 μ s、150 μ s 或 137.5 μ s

重要参数一览 - 无编码器系统

- p9585 SI Motion 无编码器实际值检测的误差公差（控制单元）
- p9586 SI Motion 无编码器实际值检测的延时（控制单元）
- p9587 SI Motion 无编码器实际值检测的滤波时间（控制单元）
- p9588 SI Motion 无编码器实际值检测的最小电流（控制单元）
- p9589 SI Motion 无编码器实际值检测的加速度限值（控制单元）
- p9700 SI Motion 复制功能
- r9732[0...1] SI Motion 速度分辨率

5.19 安全齿轮级切换

“安全齿轮级切换”功能可支持运行中 8 个齿轮级间的切换。齿轮级之间的切换只能通过 PROFIsafe 进行 (p9601.3 = 1)。

参数设置

必须先参数设置下列值，才能启用“安全齿轮级切换”：

- 齿轮级
通过参数 p9521（分母）和 p9522（分子）设置最多 8 个不同的齿轮级。
- 旋转方向反转
通过参数 p9539 设置相应齿轮级是否要配合旋转方向反转。
- 位置公差
齿轮级切换期间可能会发生运动，因此可能需要提升切换操作持续时间的公差阈值。通过参数 p9539 设置在齿轮级切换期间如何计算公差：
 - 不带实际值同步：p9542 × p9543
 - 带实际值同步：p9549 × p9543

选择

按如下步骤使能“安全齿轮级切换”功能：

1. 设置 p9501.26 = 1。
 - 若未设置通过 PROFIsafe 控制，变频器会输出包含对应故障值的故障 F01681。
 - 若在不支持“安全齿轮级切换”功能的变频器上激活了该功能，那么变频器会输出故障 F01682，故障值 39。
2. 关闭驱动设备然后重新执行上电（POWER ON）。

不提升位置公差的安全齿轮级切换

执行下列步骤，进行不需要提升实际位置交叉校验公差的安全齿轮级切换。

1. 通过 S_STW2 的字节 3 中的位 0 至位 2 设置新的齿轮级。
 - 之后会自动执行单次实际值同步。该同步用于对切换操作可能引起的两个通道的位置实际值之间的差值进行补偿。
 - 之后新的齿轮级生效。

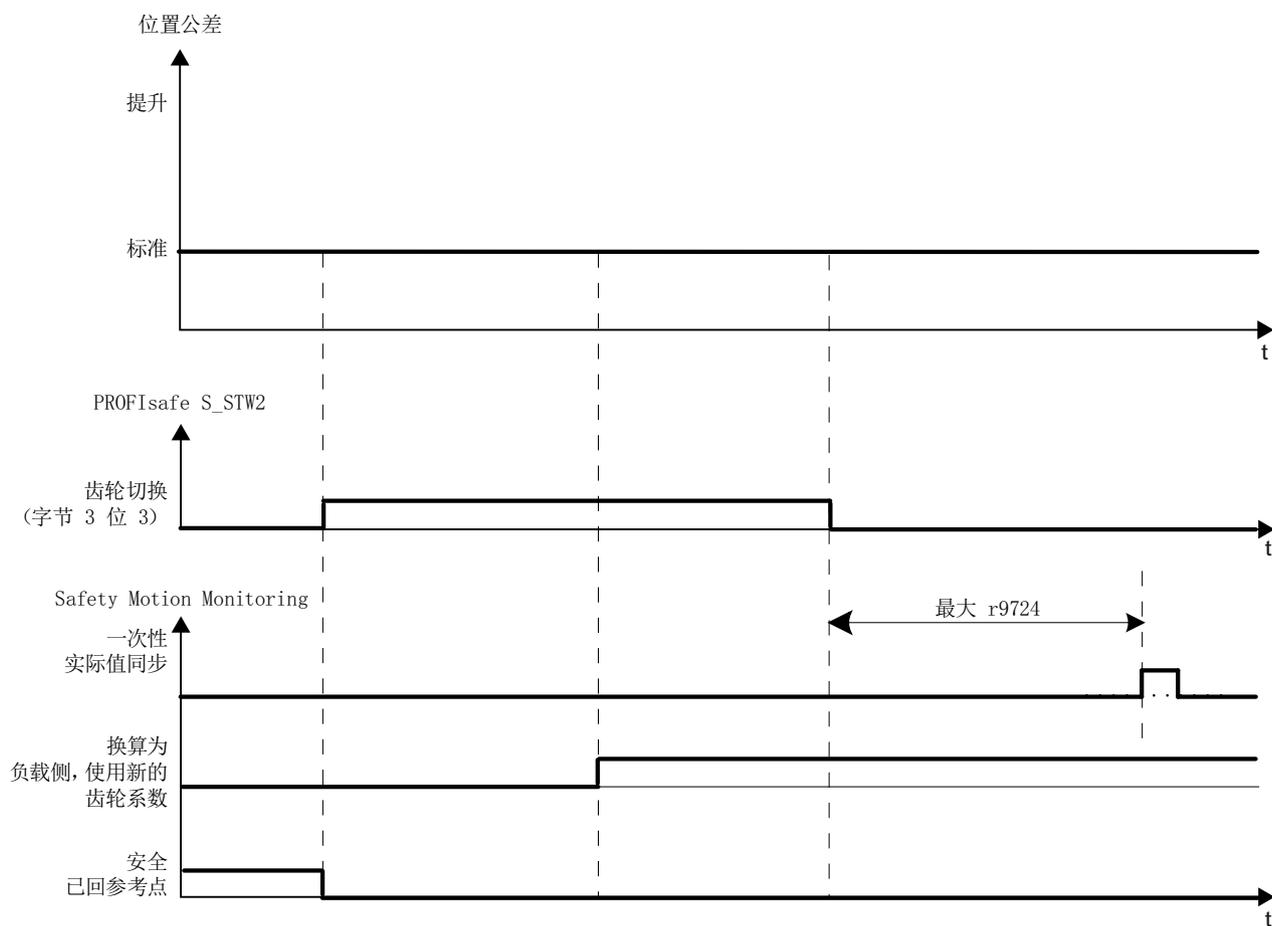


图 5-36 不提升位置公差的安全齿轮级切换，从“0”到“1”

提升位置公差的安全齿轮级切换

执行下列步骤，进行需要提升实际位置交叉校验公差的安全齿轮级切换。

说明

提升位置公差的最大持续时间

提升的位置公差不得设置超过 2 分钟。若超出了该时间，变频器会输出报警 C01711，故障值 1015 (≙ STOP F)。

1. 通过 S_STW2 的字节 3 中的位 3 (= 1) 设置提升位置公差。
2. 通过 S_STW2 的字节 3 中的位 0 至位 2 设置新的齿轮级。
3. 通过 S_STW2 的字节 3 中的位 3 (= 0) 将位置公差重新恢复为普通值。
 - 之后会自动执行单次实际值同步。该同步用于对切换操作可能引起的两个通道的位置实际值之间的差值进行补偿。
 - 之后新的齿轮级生效。

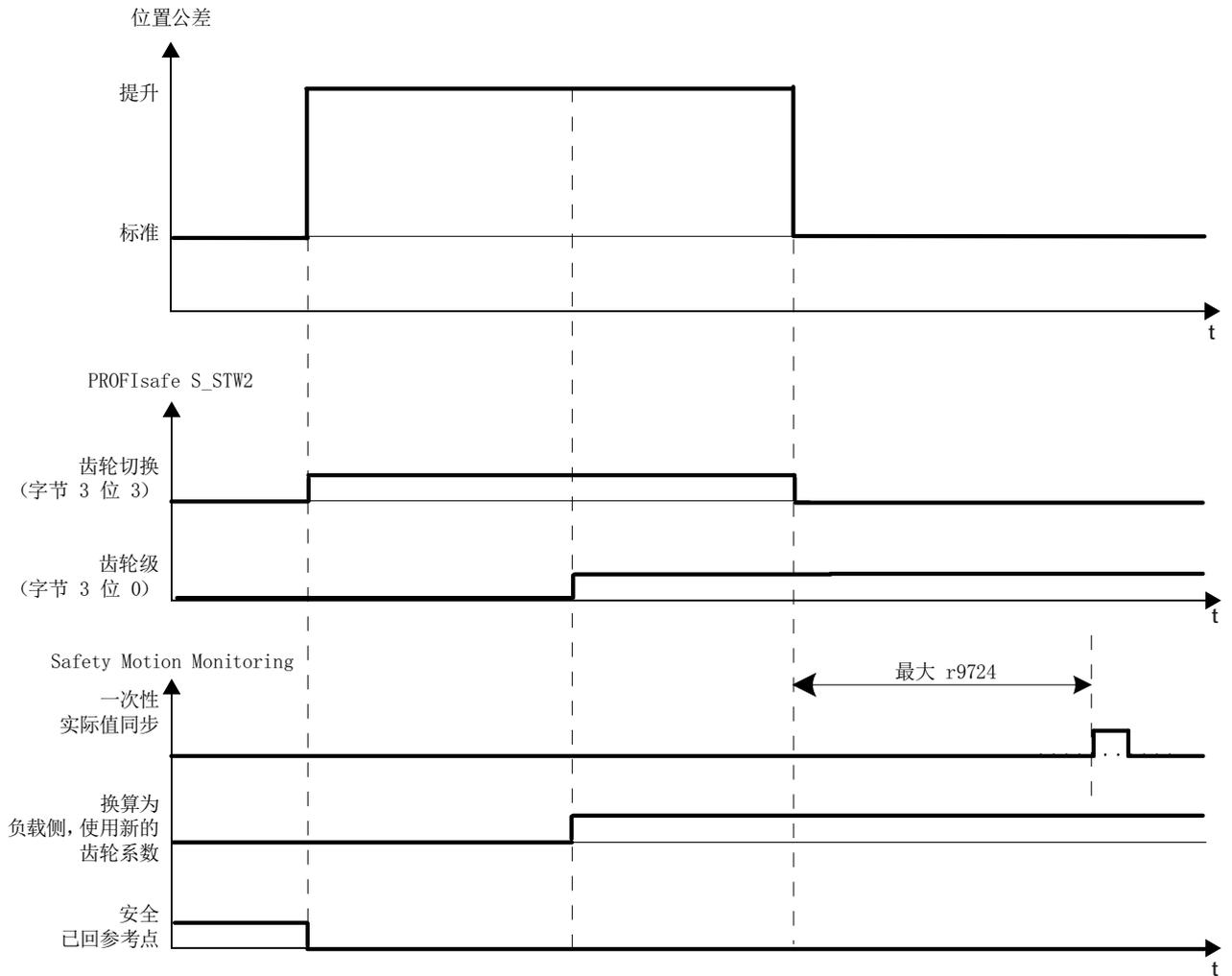


图 5-37 提升位置公差的齿轮级切换

诊断

所选择的齿轮级会在参数 r9720，位 24 至 26 中显示，用于诊断。

对齿轮级切换的选择会在参数 r9720，位 27 中显示，用于诊断。

5.19 安全齿轮级切换

安全齿轮级切换和回参考点

齿轮级切换会导致参考位置和用户确认的失效。因此在齿轮级切换后需进行回参考点，从而重新恢复“已安全回参考点”状态（参见章节 安全回参考点 (页 233)）。

5.19.1 重要参数

重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- p9501.26 SI Motion 安全功能使能（控制单元）：使能安全齿轮级切换
- p9521[0...7] SI Motion 编码器（电机）/负载齿轮级分母（控制单元）
- p9522[0...7] SI Motion 编码器（电机）/负载齿轮级分子（控制单元）
- p9539[0...7] SI Motion 齿轮级旋转方向反转（控制单元）
- p9542 SI Motion 实际值（交叉）校验公差（控制单元）
- p9543 SI Motion 齿轮级切换位置公差系数（控制单元）
- p9549 SI Motion 转差，速度公差（控制单元）
- r9720.0...27 CO/BO:SI Motion 驱动集成的控制信号

5.20 强制潜在故障检查

为满足标准 EN ISO 13849-1 和 IEC 61508 中关于及时发现故障的要求，每隔一段时间就要检查系统断路路径能否正常工作。

对于 Basic Functions 和 Extended Functions 的 Teststop/强制潜在故障检查来说，该项检查的最大时间间隔为 8760 小时，即至少每年一次。

Teststop/强制潜在故障检查必须通过定期的手动测试或自动测试实现。

系统会检查强制检查的定时器，在设置的定时器届满后，每次热启动时都会报警 A01697：“SI Motion: 需要对运动监控功能进行测试”。并且系统会使一个状态位置位，该状态位又通过 BICO 连接到一个输出或 PZD 位上。此报警不会影响设备的运行。

5.20.1 执行强制潜在故障检查的时间点示例

我们假设在当前正在运行的设备上已经通过配备相应的安全装置（如防护门）确保了人身安全，因此用户只会看到强制检查即将到期的报警并被要求及时执行检查，

以下时间可以执行强制潜在故障检查：

- 设备上电后电机静止时。
- 打开防护门前。
- 以规定间隔进行检查（比如 8 小时间隔）。
- 在自动运行中由时间和事件触发。

5.20.2 方法和控制

说明

前提条件

在对 Safety Integrated Functions 进行强制潜在故障检查时会触发 STO，因此之前不要选择 STO。

使用模块型功率模块时，必须在受控的静止状态（转速设定为 0，电机通电）中触发强制检查。

5.20 强制潜在故障检查

可根据应用在任意时间点触发强制潜在故障检查（Test stop）。按如下方式进行参数设置和控制：

- **借助于通过 SCC 的控制执行（集成的驱动，外部驱动）**

可通过 SCC 执行应用相关的强制潜在故障检查其中会应用以下参数：

- p9559 SI Motion 强制潜在故障检查定时器（控制单元）
- p9705 BI:SI Motion 强制潜在故障检查信号源
- r9723.0 CO/BO:SI Motion 驱动集成的诊断信号

参见：Safety Info Channel 和 Safety Control Channel（SIC/SCC）（页 265）

按照说明执行强制潜在故障检查时，不需要为此进行上电。撤销强制检查请求即可应答强制检查信息。

5.21 选择安全停止时的数控制动斜坡

简介

通过“SS2E 时的 NC 制动斜坡”功能，可以重新配置 NC 侧对生效的安全停止的响应。

在激活 SS2E/STOP D 时，除了插补式制动外，也可以触发一个制动斜坡。该斜坡可在轴组上实现同步的制动过程。

通道中所有参与插补的轴应同时触发停止。

通过 MD36959 \$MA_SAFE_BRAKE_RAMP_TIME 可以设置该数控侧斜坡的持续时间，即从最大速度制动到静止所需的时间。

通过接口信号“A_ActivateBrakeRampForSs2e” (DB3x.DBX34.3) 可以从 PLC 侧选择，在出现 SS2E/STOP D 时哪种停止响应生效，是插补式制动还是 NC 制动斜坡。

定义制动斜坡

建议按照 OFF3 制动来同样设置 NC 侧制动斜坡，即两者的制动方式应一致。

设置建议：

在根据 OFF3 斜坡时间（驱动参数 p1135）来设置制动时间时，适用以下公式：

$$\text{MD36959} = \text{p2000} / \text{p1082} * \text{p1135} \quad (\text{参见示例 1})$$

确保驱动（p1081）和 NC（MD36210）中最高转速的比例系数相同。如果不是这种情况，采用以下公式使 NC 斜坡时间的设置与 OFF3 斜坡时间相当：

$$\text{MD36959} = (\text{p2000} * \text{MD36210}) / (\text{p1082} * \text{p1081}) * \text{p1135} \quad (\text{参见示例 2})$$

根据 p2000 或 p1082 的不同设置，可能出现不同的时间值用于 p1135 / MD36959。

说明

在 MD36959 的计算公式中要考虑机械条件。该公式只能提供一个用于设置的参考值，必须根据各机床结构（机械条件、机械负载能力、齿轮箱）进行重新调整。

示例 1：

$$\text{p1082} = 9000 \text{ rpm,}$$

$$\text{p2000} = 6000 \text{ rpm,}$$

5.21 选择安全停止时的数控制动斜坡

$$p1135 = 3 \text{ s}$$

MD36959 的设置因此为:

$$MD36959 = 6000 \text{ [rpm]} / 9000 \text{ [rpm]} * 3 \text{ [s]} = 2 \text{ [s]}$$

示例 2:

(考虑比例缩放系数)

$$p1082 = 9000 \text{ rpm,}$$

$$p2000 = 6000 \text{ rpm,}$$

$$p1135 = 3 \text{ s,}$$

$$p1081 = 100 \%,$$

$$MD36210 = 120 \%$$

MD36959 的设置因此为:

$$MD36959 = (6000 \text{ [rpm]} * 120 \text{ [%]}) / (9000 \text{ [rpm]} * 100 \text{ [%]}) * 3 \text{ [s]} = 2.4 \text{ [s]}$$

激活制动斜坡

在 MD36959 \$MA_SAFE_BRAKE_RAMP_TIME 中设置一个大于 0 的时间来激活制动斜坡。

该值设为 0 时, 则制动斜坡禁用, 进给轴/主轴在执行 SS2E 或内部 STOP D 时插补式制动。

设置了一个时间段并且轴专用的 NC/PLC 接口信号“A_ActivateBrakeRampForSs2e”置位 (Axis1 [DB31] ... Axis31 [DB61] 中的 DBX34.3) 时, 一旦 SS2E 触发或者作为对内部 STOP D 的响应, NC 侧制动斜坡会触发。

针对耦合轴组的说明

- 必须为参与耦合轴组的所有轴使能 SS2E。
- 要为参与耦合轴组的所有轴在 MD36959 \$MA_SAFE_BRAKE_RAMP_TIME 中设置相同的制动时间。
- 如果在某根耦合轴上识别到 SS2E 选择信号并且“SS2E 时 NC 制动斜坡” (通过 NC/PLC 接口信号选中) 激活, 该制动斜坡会对所有耦合轴生效。

选择 SS1/SS2 时的工作方式

- 选择 SS1/SS2 时，NC 侧制动斜坡不起作用，因为此时驱动侧的 OFF3 响应的优先级更高。
- 只有在本身没有选择 SS1/SS2 的耦合轴上，通过机床数据设置的制动斜坡才生效。此时 NC 侧制动斜坡的激活无需通过 NC/PLC 接口信号进行。
- 选择 SS1/SS2 或内部 STOP B/C 时：
 - 驱动侧制动响应 OFF3 只作用于同样检测到该停止请求的轴。
 - 针对没有检测到停止请求、或延时检测到停止请求的耦合轴，会激活 NC 侧制动斜坡，补充驱动中缺少的制动请求。前提是，NC 侧制动斜坡是按照耦合轴的 OFF3 斜坡设置的。
- 通道中参与插补的轴按照 IPO 快速停止周期来执行减速动作。

5.21 选择安全停止时的数控制动斜坡

驱动集成的安全功能的控制方式

6.1 控制方式

驱动集成的安全功能的控制方式有以下几种：

表格 6-1 Safety Integrated Functions 的控制方式

控制方式	范畴	Basic Functions	Extended Functions
用于通过 PROFIsafe 和 SIC/SCC (PROFIdrive) 进行过程数据控制的报文 参见： <ul style="list-style-type: none"> • 报文/过程数据一览 (页 258) • 通过 PROFIsafe 控制 (页 261) • SIC/SCC (页 265) 		支持	支持
通过端子（在控制单元和电机/功率模块上的）的控制 参见：通过控制单元上的端子控制 (页 267)		支持	不支持

说明

本文档中的“控制单元”术语

在 Safety Integrated 和本文档范畴内，“控制单元”术语表示 SINUMERIK NCU。

6.2 报文一览

6.2 报文一览

可以使用以下安全相关的报文。

- PROFIsafe 报文 30
PROFIsafe 标准报文
- PROFIsafe 报文 31
扩展的 PROFIsafe 标准报文
- 西门子报文 701
制造商专用的报文，用于 SIC/SCC 通讯。在 SINUMERIK 上只能通过报文 701 进行 SIC/SCC 通讯。
- 西门子报文 901
扩展的制造商专用报文，16 位位置值。
- 西门子报文 902
扩展的制造商专用报文，32 位位置值。
- 西门子报文 903
扩展的制造商专用报文，32 位 Safe Cam (S_ZSW_CAM1)。内部 NC 驱动的标准设置

哪些过程数据可以哪些报文格式传输可参见以下一览。

6.3 概述：报文中的过程数据

表格 6-2 PROFIsafe 报文的过程数据

报文	30	31	901	902	903
过程数据					
安全控制字 1 S_STW1	PZD1	–	–	–	–
安全状态字 1 S_ZSW1	PZD1	–	–	–	–
安全控制字 2 S_STW2	–	PZD1...2	PZD1...2	PZD1...2	PZD1...2
安全状态字 2 S_ZSW2	–	PZD1...2	PZD1...2	PZD1...2	PZD1...2
SLS 速度限值设定 S_SLS_LIMIT_A	–	–	PZD3	PZD3	PZD3
生效的 SLS 速度限值 S_SLS_LIMIT_A_ACTIVE	–	–	PZD3	PZD3	PZD5
安全周期计数器 S_CYCLE_COUNT	–	–	PZD4	PZD4	–
当前位置实际值（16 位） S_XIST16	–	–	PZD5	–	–
当前位置实际值（32 位） S_XIST32	–	–	–	PZD5...6	–
Safe Cam 状态字 S_ZSW_CAM1	–	–	–	–	PZD3...4

6.3 概述：报文中的过程数据

有关这些报文的过程数据的详细信息参见“PROFIsafe 过程数据 (页 469)”章节。

表格 6-3 西门子报文 701 的过程数据 (SIC/SCC)

过程数据	报文	701
Safety Control Channel 控制字 1 S_STW1B		PZD1
SI Motion Safety Info Channel 状态字 S_ZSW1B		PZD1
Safety Info Channel 状态字 2 S_ZSW2B		PZD2
Safety Control Channel 控制字 3 S_STW3B		PZD2
SLS 设定转速限值 (32 位) S_V_LIMIT_B		PZD3...4
Safety Info Channel 状态字 3 S_ZSW3B		PZD5

有关报文 701 的过程数据的详细信息参见“SIC/SCC (PROFIdrive) 过程数据 (页 490)”章节。

6.4 通过 PROFIsafe 控制

6.4.1 选择 PROFIsafe 报文

可以使用报文 903、902、901、31 或 30 通过 PROFIBUS 和 PROFINET 进行 PROFIsafe 通讯。内部 NC 驱动的标准设置为西门子报文 903。

在 TIA Portal 中进行 F-PLC (F-Host) 的设置，各驱动 (F 从站或安全设备) 的设置通过 SINUMERIK Operate (p60022、p9611、p9811) 进行。

表格 6-4 选择 PROFIsafe 报文的参数

参数/名称	设置	含义
p60022 PROFIsafe 报文选择/ Ps-Telegr_ausw	903	<ul style="list-style-type: none"> PROFIsafe 西门子报文 903 扩展的制造商专用报文，32 位 Safe Cam。 内部 NC 驱动的标准设置
p9611 SI PROFIsafe 报文选择 (控制单元) / SI Ps-Telegr CU	902	<ul style="list-style-type: none"> PROFIsafe 西门子报文 902, PZD-3/6 扩展的 PROFIsafe 报文，32 位位置值
	901	<ul style="list-style-type: none"> PROFIsafe 西门子报文 901, PZD-3/5 扩展的 PROFIsafe 报文，16 位位置值
	31	<ul style="list-style-type: none"> PROFIsafe 标准报文 31, PZD-2/2 扩展的 PROFIsafe 标准报文
p9811 SI PROFIsafe 报文选择 (电机模块) / SI Ps-Telegr MM	30	<ul style="list-style-type: none"> PROFIsafe 标准报文 30, PZD-1/1 PROFIsafe 标准报文

有关报文结构的详细信息参见“报文结构和数据 (页 465)”章节。

从控制单元收到的 PROFIsafe 报文会在参数 r9768 中显示，而需要发送的 PROFIsafe 报文会在参数 r9769 中显示。

说明

开关过程的时间间隔

信息 F01611 (故障值 1000) 表明开关操作过于频繁。

- 通过 PROFIsafe 连续触发 STO (也作为后续响应)。

在 5 倍的 p9650 时间内，至少要有两个开关过程，通过 PROFIsafe 的时间间隔至少要是 p9650。

6.4 通过 PROFIsafe 控制

6.4.2 PROFIsafe 控制使能

不论是 Safety Integrated Basic Functions 还是 Safety Integrated Extended Functions 都可以通过 PROFIsafe 控制并且必须在 p9601 中使能。

表格 6-5 PROFIsafe 控制使能的参数

参数	名称	设置	含义
p9601	SI 驱动集成的功能使能（控制单元）/SI 功能使能 CU	0008 hex	通过 PROFIsafe 的基本功能已使能（在 r9771.6 = 1 时允许）。
		0009 hex	通过 PROFIsafe 和板载端子的基本功能已使能（在 r9771.6 = 1 时允许）。
		000C hex	通过 PROFIsafe 的扩展功能已使能（在 r9771.4 = 1 时允许）。
		000D hex	通过 PROFIsafe 的扩展功能和通过板载端子的基本功能已使能（在 r9771.4 = 1 时允许）。
		p9601.0 = 1	通过端子使能 STO（SH）（CU） 注释： Safety Integrated 基本功能由“PROFIsafe + 端子”控制在使能了 Safety Integrated 基本功能的 PROFIsafe 控制方式后，您还可以通过设置 p9601.0 = 1 来使能中央控制单元和电机模块/功率模块的端子控制方式。配置的 SS1 延迟时间 p9652 必须大于 0，方能选择 SS1。通过 PROFIsafe 控制时，既可选择 SS1，也可选择 STO。通过端子控制时，该情况下只有 SS1 可用。 STO 比 SS1 的优先级更高，也就是说：SS1 和 STO 同时被选中时，STO 会优先执行。
r9771	SI 通用功能（控制单元）/SI 通用功能 CU	r9771.4 = 1	支持 Extended Functions PROFIsafe
		r9771.6 = 1	支持 Basic Functions PROFIsafe

6.4.3 出现通讯故障时的 ESR 响应

下文介绍使能了功能模块“扩展停机和回退（ESR）”后系统出现通讯故障时驱动器 SINAMICS S 作出的响应。

前提条件

- Safety Integrated Extended Functions 由 PROFIsafe 控制
- 功能模块“扩展停机和回退”（ESR）已激活且使能

通讯故障

此处的通讯故障指出现以下某个异常情况：

- 安全功能由 PROFIsafe 控制时，PROFIBUS 或者 PROFINET 连接中断或出现故障
- F-PLC 的停止响应

驱动器的响应

在出现通讯故障时，SINAMICS S 会作出以下几种响应：

- 在 $p9580 \neq 0$ 并且 ESR 已使能时，如出现通讯故障会执行所设置的 ESR 响应。
- 在 $p9580 \neq 0$ 、SLS 激活时出现通讯故障：只有在将一个带有延时脉冲封锁的 STOP 设为 SLS 响应时（即设置 $p9563[0...3] \geq 10$ ），变频器才会执行设置的 ESR 响应。
- 在 $p9580 \neq 0$ 、SDI 激活时出现通讯故障：只有在将一个带有延时脉冲封锁的 STOP 设为 SDI 响应时（即设置 $p9566[0...3] \geq 10$ ），变频器才会执行设置的 ESR 响应。
- 在 $p9580 \neq 0$ 、SLP 激活时出现通讯故障：只有在将一个带有延时脉冲封锁的 STOP 设为 SLP 响应时（即设置 $p9562[0...1] \geq 10$ ），变频器才会执行设置的 ESR 响应。

说明

通讯中断时的最长响应时间

在涉及安全功能的通讯中断时，Safety Integrated 允许的最长响应时间（ $p9580$ ）为 800 毫秒。该时间届满后，驱动切换至“Failsafe 状态”。在此情形下， $S_STW1/2$ 为 0。这表明所有安全功能已选择。此时，STO 的优先级最高，即：脉冲被安全删除。

6.4 通过 PROFIsafe 控制

6.4.4 功能图和参数

功能图（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- 2840 SI Extended Functions - SI Motion 驱动集成的控制信号/状态信号
- 2858 SI Extended Functions - 通过 PROFIsafe (p9601.2 = p9601.3 = 1) 控制

重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- p9563[0...3] SI Motion SLS (SG) - 专用停止响应 (控制单元)
- p9566 SI Motion SDI 停止响应 (控制单元)
- p9580 SI Motion 总线故障 STO 延时 (控制单元)
- p9601 SI 驱动集成的功能使能 (控制单元)
- p9610 SI PROFIsafe 地址 (控制单元)
- p9611 SI PROFIsafe 报文选择 (控制单元)
- p60022 PROFIsafe 报文选择

6.5 Safety Info Channel 和 Safety Control Channel (SIC/SCC)

说明

Safety Info Channel (SIC)/Safety Control Channel (SCC) 功能的前提条件

使用 Safety Info Channel (SIC)/Safety Control Channel (SCC) 功能的前提条件是已设置了选件“SINUMERIK ONE Safety Integrated - F-PLC”。

在“SINUMERIK Safety Integrated (F-PLC)”模式中，驱动集成的运动监控的状态信号和控制器信号是连接至 PLC 和 NC 的：

- 控制器信号通过 Safety Control Channel (SCC) 从 PLC 和 NC 发送至驱动（例如：启动并影响驱动中的功能“Safe Brake Test (SBT)”）。
- 驱动的状态信号通过 Safety Info Channel (SIC) 发送至 PLC（例如：制动测试）。
- 在驱动停止响应时，状态信号既传输至 NC 又传输至 PLC。NC 的运动控制因此不再继续为轨迹发出设定值，从而自动根据驱动的停止响应进行响应。这样就可以避免应答报警，例如“轮廓监控”或“定位监控”。

可通过以下方法参数设置 SIC/SCC 并访问信号：

- 在 SINUMERIK Operate 中的驱动调试期间激活 SIC/SCC。
 - SIC/SCC 信号映射至 PLC 用户接口并可通过轴实例访问。
参见：进给轴/主轴信号的 PLC 用户接口 (页 266)、接口信号：轴/主轴信号 (页 496)
-

说明

SIC 和 SCC 只可以一起配置或进行参数设置。

6.5.1 Safety Info Channel (SIC)

驱动中集成的 Safety Integrated 功能的状态信息 (S_ZSW1B、S_ZSW2B、S_ZSW3B 和 S_V_LIMIT_B) 可以通过“安全信息通道”(Safety Info Channel, SIC) 传送给 F-PLC 和 NC。

6.5.2 Safety Control Channel (SCC)

通过安全控制通道 (SCC) 可将控制信息 (S_STW1B 和 S_STW3B) 从 F-PLC 和 NC 传送到变频器的安全功能中。

6.5 Safety Info Channel 和 Safety Control Channel (SIC/SCC)

6.5.3 通过报文 701 进行 SIC/SCC 通讯

原则上可通过预定义的 PROFIdrive 报文 700 或 701 进行 SIC/SCC 通讯。然而在 SINUMERIK 上只允许使用报文 701 (页 465)。

如果为 SIC/SCC 配置了其他报文，则 SIC/SCC 循环通讯会被中断并输出报警 27811。

6.5.4 进给轴/主轴信号的 PLC 用户接口

在 Safety Integrated 运行模式中，轴实例（轴数据库 (LBP_Axis1 [DB31] ... LBP_Axis31 [DB61])）中的附加轴专用数据非常重要，它们是从 SIC/SCC 中映射来的。

Safety Integrated 特定接口信号概览请参见章节接口信号：轴/主轴信号 (页 496)。

更多信息

- 另见：SBT:连接至 NC 和 PLC 程序

6.5.5 重要参数

重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- r9733[0...2] CO: SI Motion 设定速度限值生效
- r9734.0...15 CO/BO:SI Safety Info Channel 状态字 S_ZSW1B
- r9743.4...15 CO/BO:SI Safety Info Channel 状态字 S_ZSW2B
- r10231 SI Motion SBT 控制字诊断
- r10234.0...15 CO/BO:SI Safety Info Channel 状态字 S_ZSW3B
- p10235 CI: SI Safety Control Channel 控制字 S_STW3B
- p10250 CI: SI Safety Control Channel 控制字 S_STW1B
- r10251.8...12 CO/BO:SI Safety Control Channel 控制字 S_STW1B 诊断
- p60122 IF1 PROFIdrive SIC/SCC 报文选择

6.6 通过控制单元上的端子控制

6.6.1 特性

- 通过端子控制只可用于 Basic Functions。
- 使用 2 个数字量输入的双通道结构（控制单元/功率单元）
- 为了避免因信号故障或不对称的测试信号导致的误触发，可以对连接至端子的组件（按钮、开关等）信号进行去抖。
去抖时间在以下参数中说明：
 - p9651 SI STO/SBC/SS1 去抖时间（控制单元）/ SI STO t_Entpr CU
 - p9851 SI STO/SBC/SS1 去抖时间（电机模块）/ SI STO t_Entpr MM
- 不同结构形式采用不同的端子排。
- 不支持的情况：装机装柜型功率单元并联时，控制单元上最多 8 个数字量输入（p9620[0...7]）会自动逻辑“与”连接在一起。

不同的 SINUMERIK 组件和 SINAMICS 功率单元结构的安全功能输入端名称会不同。下表列出了这些名称：

表格 6-6 安全功能输入端子

组件	第 1 断路路径 (p9620[0])	第 2 断路路径 (EP 端子)
NCU	通过 BICO 互联选择 (BI: p9620[0]) : 数字量输入 DI 0...7	
NX 模块	通过 BICO 互联选择 (BI: p9620[0]) : 数字量输入 DI 0...3	
书本型/紧凑书本型单电机模块	X122.1...6/X132.1...6 DI 0...7/16/17/20/21	EP 端子 X21.3 和 X21.4 (电机模块上)
装机装柜型单轴电机模块 功率模块	X122.1...6/X132.1...6 DI 0...7/16/17/20/21	EP 端子 X41.1 和 X41.2
书本型/紧凑书本型双电机模块	X122.1...6/X132.1...6 DI 0...7/16/17/20/21	电机模块上的 EP 端子: X21.3 和 X21.4 (电机接口 X1) X22.3 和 X22.4 (电机接口 X2)

6.6 通过控制单元上的端子控制

组件	第 1 断路路径 (p9620[0])	第 2 断路路径 (EP 端子)
使用 CUA31/CUA32 的模块型功率模块	X122.1...6/X132.1... 6DI 0...7/16/17/20/21	X210.3 和 X210.4 (CUA31/CUA32 上)
控制单元 CU320-2	X122.1...6/X132.1... 6DI 0...7/16/17/20/21	

端子相关的更多信息请参见设备手册。

6.6.2 STO、SS1 (时间受控的) 和 SBC 的控制端子

这些安全功能 STO、SS1 (时间受控的)、SBC 需要在每个驱动器上通过 2 个端子单独选中或撤销。

一般步骤

这些安全功能需要在每个驱动器上通过 2 个端子单独选中或撤销。

1. 控制单元的断路路径：
 - Safe Torque Off (STO) 的输入端子：
通过 BICO 互联选择 (BI: p9620[0])。
 - 可能的信号源：
NCU: 数字量输入 DI 0...7
NX 模块: 数字量输入 DI 0...3
2. 电机模块的断路路径：
输入端为“EP”端子 (脉冲使能, 英语“Enable Pulses”)。
系统会按照采样周期扫描 EP 端子, 该周期是电流控制器周期的整数倍, 至少要超出 1 毫秒。
(示例: $t_i = 400 \mu s$, $t_{EP} \Rightarrow 3x$, $t_i = 1.2 ms$)

两个端子必须在公差时间 p9650/p9850 (页 270)内动作, 否则会输出故障信息。

示例：STO 的端子

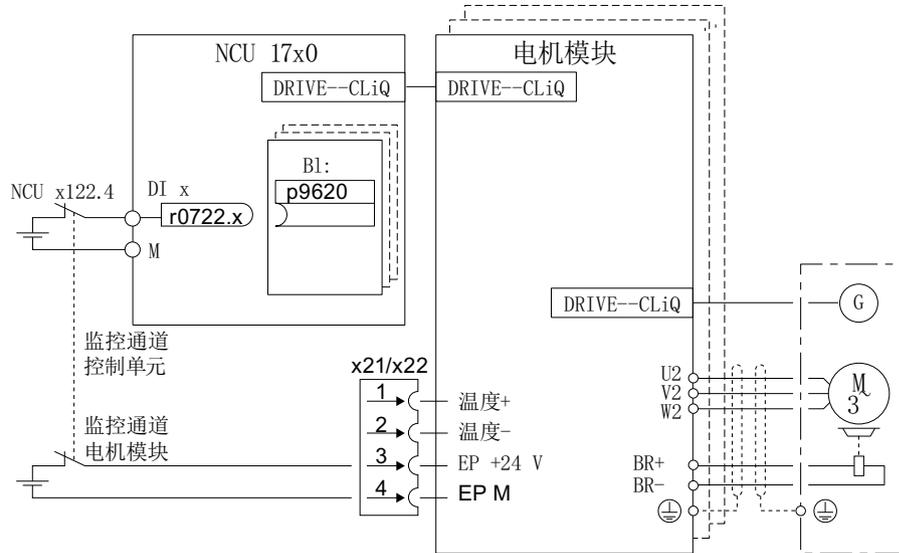


图 6-1 示例：NCU 17x0 和书本型电机模块上 STO 的端子

6.6.3 驱动器的分组

为了在多个驱动器上同时触发某个安全功能，必须将相应驱动器的端子进行分组。

说明

分组时安全功能 STO 的特性

如果在一个驱动器中触发了 STO，同组中的其它驱动器不会自动进入 STO。

一般步骤

按如下步骤将相应的驱动器进行分组：

1. 控制单元的断路路径
将 BICO 输入连接到一组驱动器共用的输入端上来进行分组。
2. 电机模块的断路路径
在属于一组的各个电机模块上进行相应的“EP”端子接线来进行分组。

6.6 通过控制单元上的端子控制

说明

分组设置

两个监控通道中的分组设置必须相同。

在测试关机回路时系统会检查驱动器是否进入了 STO，此时，操作人员要为每一组选择安全功能 STO，然后逐个检查驱动器。

示例：端子分组

需要在组 1（驱动 1 和 2）和组 2（驱动 3 和 4）中单独实现安全功能 STO 的选择/取消。

因此，无论是在控制单元还是在电机模块中都必须执行相同的 STO 分组。

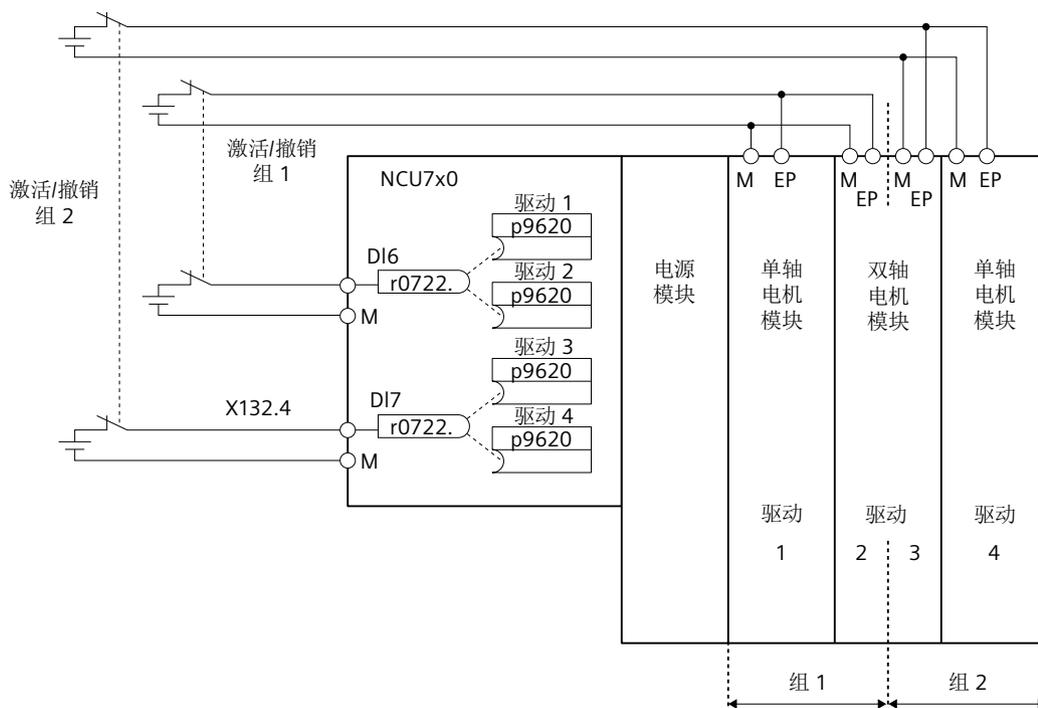


图 6-2 示例：端子分组：以书本型电机模块为例

6.6.4 两个监控通道的同时性和公差时间

安全功能 STO (“Safe Torque Off”) 只会作用于相应的驱动器并且必须在两个监控通道中同时通过输入端选择或撤销。

- 1 信号：撤销功能
- 0 信号：选择功能

公差时间设置

即使是同时选择/撤销，也无法避免一定的时间延迟，例如：由机械开关过程导致的。因此需要在以下参数中定义公差时间，在此时间范围内，两个监控通道中的选择/撤销都视为同时进行：

- p9650 SI F-DI 切换公差时间（控制单元）
- p9850 SI F-DI 切换公差时间（电机模块）

为了避免误触发故障报警，公差时间要始终比这些输入端上 2 次开关事件（ON/OFF、OFF/ON）的最短相隔时间短。

故障 F01611

如果在公差时间内未能成功选择或撤销 STO，交叉校验会检测出该错误并输出故障 F01611（STOP F）。此时，之前在一个通道内已经选中的 STO 会清除脉冲。

说明

开关过程的时间间隔

信息 F01611（故障值 1000）表明开关操作过于频繁。

- 通过 PROFIsafe 连续触发 STO（也作为后续响应）。

在 5 倍的 p9650 时间内，至少要有两个开关过程，通过 PROFIsafe 的时间间隔至少要是 p9650。

有关设置差异时间的详细说明请参考“SINAMICS S120/S150 参数手册”中的安全信息 C01770 和 F01611。

6.6.5 位模测试

F-DO 的位模测试

变频器通常会立即对 F-DI 的信号变化作出响应，在以下情况下不需要这种响应：一个控制模块通过“位模测试”（明暗测试）来检查它的故障安全输出，检测是否有短路或短接现象。将控制模块的一个 F-DO 和变频器的一个 F-DI 连接在一起后，变频器便对该测试信号作出响应。

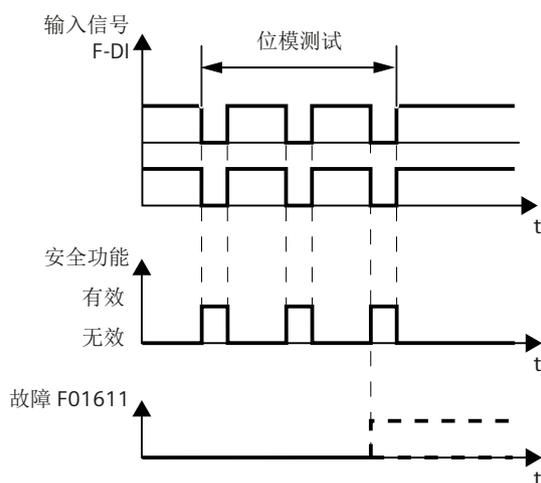


图 6-3 变频器对位模测试作出响应

说明

Safety Integrated Functions 意外触发时的去抖时间

如果测试脉冲导致 Safety Integrated Functions 意外触发，可借助于 F-DI 输入滤波器（p9651）抑制测试脉冲。为此要在 p9651 中输入一个大于测试脉冲持续时间的数值。

重要参数一览

- p9651 SI STO/SBC/SS1 去抖时间（控制单元）

调试和配置

7.1 调试过程

Safety Integrated 的调试一部分在 TIA Portal 中进行，一部分在 SINUMERIK Operate 中进行。调试大致分为以下几个步骤：

1. 配置安全相关的组件 (页 274)
2. 创建安全程序 (页 286)
3. 在 TIA Portal 中创建 SafeUserData 实例 (页 95)
4. 将配置载入控制系统 (页 302)
5. 配置 NC 和驱动专用安全功能设置 (页 304)
6. 在 SINUMERIK Operate 中配置 SafeUserData (页 323)
7. 配置驱动集成的安全功能 (页 349)
8. 结束调试 (页 400)

详细的操作参见已链接的章节。

7.2 配置安全相关的组件

7.2.1 概述

下文用一个操作示例来简要说明如何配置 SINUMERIK NCU 上的 Safety Integrated，从中可发现和配置 CPU S7-1500 的不同。这些简要说明只能作为 SINUMERIK 上 STEP 7 Safety Advanced 配置和编程的入门。

前提条件

- 已安装以下 TIA Portal 软件并获得许可证：
 - TIA Portal V19 或更高版本
 - SIMATIC STEP 7 Professional V19
SIMATIC STEP 7 Safety Advanced V19
 - SINUMERIK STEP 7 Toolbox V19 或更高版本
- 已配置与安全无关的组件。
- NCU 已添加。
- 项目中已包含 SINUMERIK PLC 基本程序和标准 PLC 用户程序。
- 设备已通过所需的接口（PROFINET 或 PROFIBUS）互联。
也可以将设备连接至两种类型的接口（PROFINET 和 PROFIBUS）并在“SINUMERIK Safety Integrated (F-PLC)” 模式中运行。

过程:

步骤	说明
1	激活 Safety Integrated (页 275)
2	配置其他安全相关的组件 (页 277)
3	将硬件配置载入控制器 (页 277)
4	输入并分配 PROFINET 设备名称 (页 278)
5	分配地址类型 1 的安全目标地址 (页 280)或分配地址类型 2 的安全目标地址 (页 280)
6	检查 PROFIsafe 地址 (页 282)

完成配置后，创建 F-PLC 安全程序 (页 286)。

7.2.2 激活 Safety Integrated

前提条件

- 选件包“SIMATIC STEP 7 Safety Advanced”已安装。

步骤

按如下步骤更改 Safety Integrated 模式：

1. 在网络视图或设备视图中点击 NCU，然后在检视窗口“属性”中的“常规”下选择条目“Safety Integrated”。

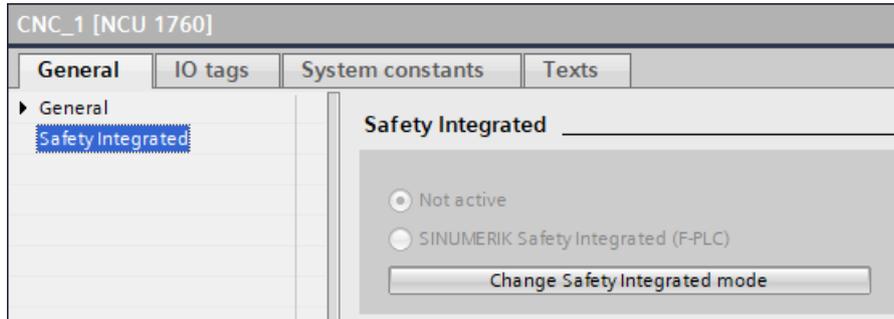


图 7-1 检视窗口“属性”- Safety Integrated

2. 点击按钮“更改 Safety Integrated 模式”。对话框“更改 Safety Integrated 模式”打开。如果勾选了选项，此处会显示模式更改的效果。

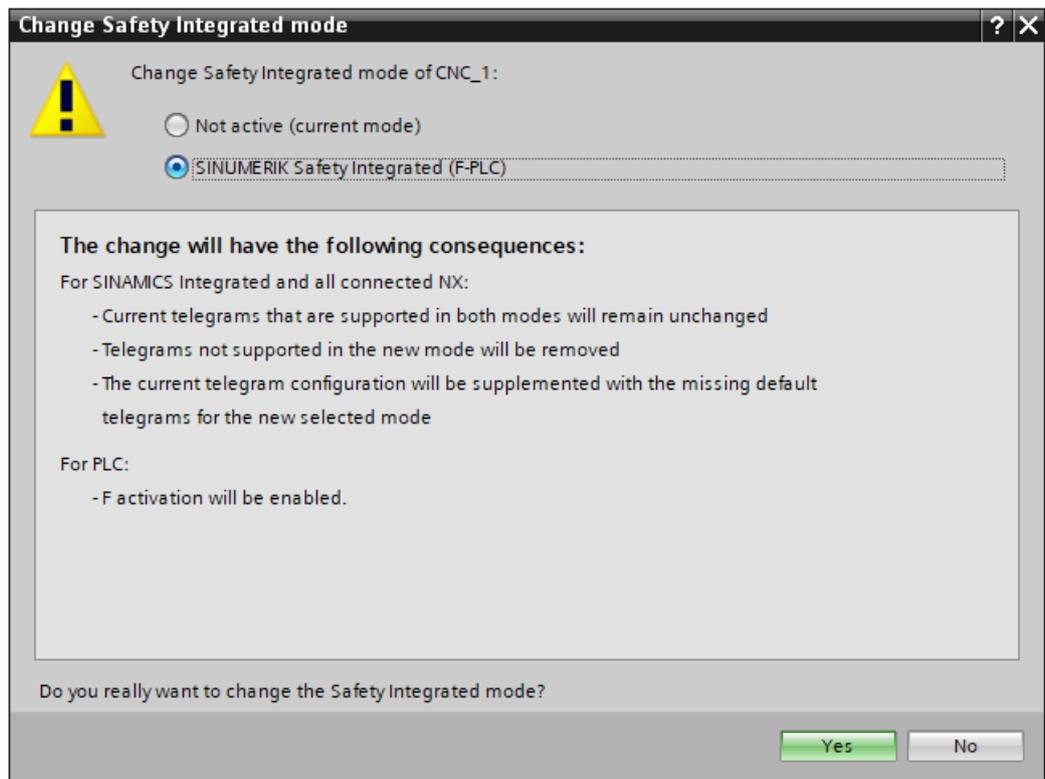


图 7-2 “更改 Safety Integrated 模式”对话框

3. 选择所需的 Safety Integrated 模式，按下“是”确认新配置。

结果

Safety Integrated 模式已切换。

如果在模式切换时出现问题，则可在检视窗口“信息”中的“常规”下查找详细信息。

说明

对报文配置的影响

使用的 Safety Integrated 模式对报文配置会产生影响，因为“SINUMERIK Safety Integrated (F-PLC)”模式中使用了与 Safety Integrated 模式未生效时或“SINUMERIK Safety Integrated (系统集成)”中不一样的报文。

已添加的或已更改的报文如果与新选择的 Safety Integrated 模式兼容，则仍然保留这些报文。必要时，要在模式更改后在报文配置中确定还有哪些可能的调整。

7.2.3 配置其他安全相关的组件

一般步骤

激活 Safety Integrated 后，可以添加并配置可选的 F-I/O 并添加安全模块/子模块或报文。

更多信息参见 SIMATIC Safety 文档。

7.2.4 将硬件配置载入控制器

如果已经更改了现有硬件配置，接着必须将当前配置载入设备。通过该方法可以确保 PG/PC 和当前物理设备上已经设置了该配置。

前提条件

- PLC 处于“停止”运行状态。
通过 TIA Portal 可在载入之前停止 PLC，然后再重新启动，但在此情形下，控制系统的其他子组件不停止或启动。
- PG/PC 和控制系统之间存在网络连接。

步骤

按如下步骤将硬件配置载入控制系统：

1. 在项目导航中选中 PLC，并调用右键菜单“下载到设备 > 硬件配置”。
对话框“扩展下载”打开。
2. 选择 PG/PC 接口的类型（使用的网卡），例如“Intel[R] Ethernet Connection I217-V”。
3. 为与接口/子网的连接选择插槽，例如“直接连接至插口 '2 X120'”

7.2 配置安全相关的组件

4. 点击“开始查找”。
查找目标设备并将结果显示在对话框中。
5. 根据比如 IP 地址等信息选择合适的目标设备，按下“装载”。
如果一台 PG/PC 可通过网络访问多个 F-CPU，则请注意 SIMATIC Safety - 配置与编程 (<https://support.industry.siemens.com/cs/products?search=SIMATIC%20Safety&ntp=Manual&pnid=24471&lc=en-WW>)手册中的提示。
6. 核对话框“下载预览”中的信息，按下“装载”。
7. 在“加载结果”对话框中选择是否需要重启 PLC，然后按下“结束”。

7.2.5 输入并分配 PROFINET 设备名称

PROFINET IO 设备事先必须具备一个设备名称，这样才能得到 IO 控制器的响应。

更多有关 PROFINET 设备名称的一般信息可参见 TIA Portal 在线帮助。

前提条件

- 可在网络中访问 PROFINET IO 设备。

步骤

按如下步骤为 PROFINET IO 设备分配一个设备名称：

1. 在设备属性的“名称”输入区中获取所需设备名称。
2. 在网络视图中右击设备并选择指令“分配设备名称”。

3. 在“Assign PROFINET device name”（分配 PROFINET 设备名称）对话框中进行下列设置：
 - PG/PC 接口的类型：PN/IE
 - PG/PC 接口：使用的网卡，比如：“Intel(R) 82579V Gigabit Network Connection”
可访问节点的列表会在对话框中进行更新。

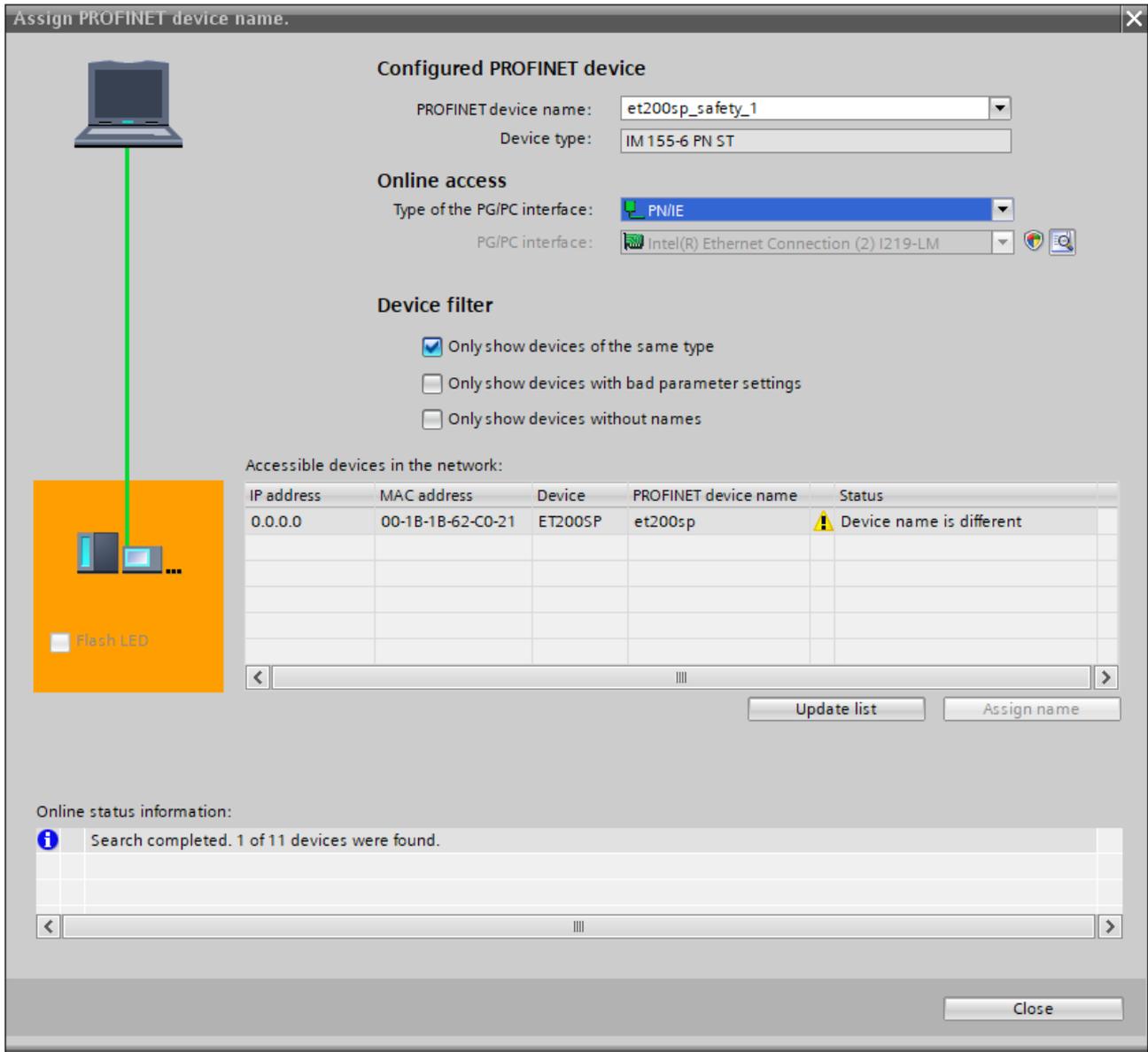


图 7-3 对话框“分配 PROFINET 设备名称”

4. 根据比如设备类型和 IP 地址等信息选择合适的目标设备并通过“分配名称”确认。

7.2.6 分配地址类型 1 的安全目标地址

通常，PROFIsafe 地址类型 1 的 F-I/O 的“安全目标地址”是通过模块上的 DIL 开关或驱动参数（SINAMICS）设置的。

有关 F-I/O 上如何通过 DIL 开关设置安全目标地址的信息请参见各个 F-I/O 的文档。

唯一的 PROFIsafe 地址

为确保安全通讯，PROFIsafe 地址在整个 CPU 和网络中必须是唯一的。

PROFIsafe 地址类型 1 上的 F-I/O 通过其唯一的“安全目标地址”（例如：通过地址开关上的开关位置）确定（参见章节“检查 PROFIsafe 地址(页 282)”）。

F-I/O 的“安全目标地址”（以及地址开关的位置）必须在整个 CPU 和整个网络内（即整个系统内）是唯一的。此处也需要注意 PROFIsafe 地址类型 2 上的 F-I/O。

参见 SIMATIC Safety 帮助信息：

- DIL 开关位置
- 配置安全系统时的特殊性
- 分配 PROFIsafe 地址的建议
- 用于 PROFIsafe 地址类型 1 的 F-I/O 的 PROFIsafe 地址
- 安全系统 SIMATIC Safety 所支持的配置
- 硬件配置的完整性和正确性

7.2.7 分配地址类型 2 的安全目标地址

PROFIsafe 地址类型 2 的 F-I/O 的“安全目标地址”可以在模块属性中调整，然后使用指令“分配安全目标地址”。

唯一的 PROFIsafe 地址

为确保安全通讯，PROFIsafe 地址在整个 CPU 和网络中必须是唯一的。

PROFIsafe 地址类型 2 上的 F-I/O 通过“安全源地址”（参数：F-CPU 的 PROFIsafe 地址的基础）和“安全目标地址”的组合唯一确定。

每个 F-I/O 的“安全源地址”和“安全目标地址”的组合必须在整个网络和 CPU（系统）中是唯一的。此外，F 目标地址不允许被 PROFIsafe 地址类型 1 的 F-I/O 占用。

为了确保在支持的配置中各地址在所有 F-CPU 内都具有唯一性，必须将所有 F-CPU 的参数“PROFIsafe 地址的基础”都设为唯一的值。这可通过 F-CPU 不同的参数“PROFIsafe 地址的基础”设置实现。

参见 SIMATIC Safety 帮助信息：

- 配置安全系统时的特殊性
- 分配 PROFI-safe 地址的建议
- 用于 PROFI-safe 地址类型 2 的 F-I/O 的 PROFI-safe 地址
- 安全系统 SIMATIC Safety 所支持的配置
- 硬件配置的完整性和正确性

前提条件

- F-I/O 可在网络中访问。
- F-I/O 分配有一个设备名称。
- 硬件配置已载入设备。

步骤

按如下步骤将已配置的安全目标地址分配至 PROFI-safe 地址类型 2 的 F-I/O：

1. 在网络视图中右击 F-I/O 并单击“分配安全目标地址”。
2. 在对话框“扩展下载”中进行以下设置：
 - PG/PC 接口的类型：PN/IE
 - PG/PC 接口：所使用的网卡，例如“Intel[R] Ethernet Connection I217-V”
 - 接口/子网连接：直接连接至插口‘1 X150’
3. 在“识别”中选择如何识别安全模块：
 - “通过 LED 闪烁”
该设置为默认设置。识别时，待识别的安全模块的 STATUS LED 会闪烁。
 - “通过序列号”
如果不能直接看到安全模块，可以通过接口模块的序列号识别安全模块。

说明

所显示的序列号可以比印在接口模块上的序列号扩充一位年份数字，虽然如此，序列号仍然是一样的。

4. 在“分配”一列中选择想要分配安全目标地址的所有安全模块。
5. 点击按钮“识别”。
 - 如果选择了通过 LED 闪烁识别，请检查想要分配安全目标地址的各个安全模块的状态 LED 是不是绿色闪烁。
 - 如果选择了通过序列号识别，请将所显示的序列号与模块的序列号进行比较。
6. 在表格的“确认”一列中确认成功识别的安全模块。

7.2 配置安全相关的组件

7. 通过按钮“分配安全目标地址”为安全模块分配已配置的安全目标地址并确认对话框“确认分配”（在 60 秒内）。
8. 关闭该对话框。

7.2.8 检查 PROFIsafe 地址

为确保安全通讯，PROFIsafe 地址在整个 CPU 和网络中必须是唯一的。因此有必要仔细检查 PROFIsafe 地址的设置。

警告

轴安全功能错误分配

错误分配（有效）安全地址会导致相应轴的安全功能被错误分配。系统无法识别此类错误分配（CPU 及网络范围内）。因此安全功能无法正确生效，这可造成人员死亡或重伤。

- PROFIsafe 地址类型 1 的 F-I/O 的安全目标地址必须唯一。
- 请注意，F-I/O（此处为驱动设备）的“安全目标地址”必须在整个 CPU 和整个网络内（即整个系统内）是唯一的。此处也需要注意 PROFIsafe 地址类型 2 的 F-I/O，例如：ET 200SP 型模块。
- 另请参考 TIA Portal 在线帮助中“SIMATIC Safety - 组态和编程”一章的说明。

编译安全程序时的报警显示了已明确的 PROFIsafe 地址的重要性：

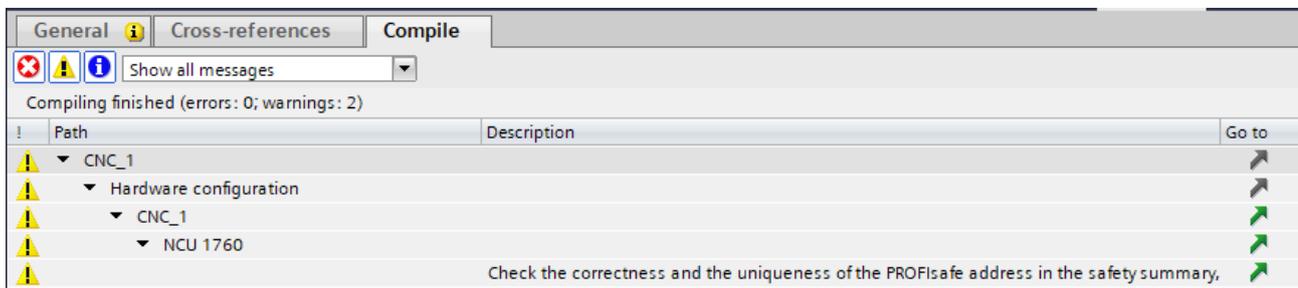


图 7-4 编译安全程序时的报警

前提条件

- 安全目标地址已配置并已分配。
- 硬件和软件已编译。

步骤

按如下步骤检查 PROFIsafe 地址：

1. 鼠标右击“Safety Administration > 打印”，选择打印机或 PDF 应用并按下“确认”确认。安全输出便已创建。

SINAMICS Integrated_1					
Rail - Slot	Module	Start address	F-destination address	F-monitoring time	Parameter signature (w/o addresses)
0	DriveAxis01FIODB	6700	1	150 ms	0xEE5 (3813)
0	DriveAxis02FIODB	6716	2	150 ms	0xEE5 (3813)
0	DriveAxis03FIODB	6732	3	150 ms	0xEE5 (3813)
0	DriveAxis04FIODB	6748	4	150 ms	0xEE5 (3813)
0	DriveAxis05FIODB	6764	5	150 ms	0xEE5 (3813)
0	DriveAxis06FIODB	6780	6	150 ms	0xEE5 (3813)

图 7-5 安全输出中 SINAMICS Integrated 的驱动对象安全目标地址（示例）

2. 检查安全输出中提及的 PROFIsafe 地址：
 - 将 SINAMICS Integrated 和 NX 模块的驱动对象安全目标地址与驱动参数 p9610 的值进行比较。
 - 在安全输出中将单个模块的安全目标地址与所有其他模块或节点的地址进行比较并确定地址的唯一性。

7.2.9 使用安全文件生成 SINUMERIK 存档

利用安全文件，您可以记录下在 TIA Portal 中为组件配置的安全相关特性。

除了通过 Safety Administration Editor 来生成安全文件以外。还可以在 TIA Portal 中生成 SINUMERIK 存档。存档含有安全文件并保存在 SINUMERIK Operate 中。

步骤

按照以下步骤同时生成 SINUMERIK 存档和安全存档：

1. 在项目导航中选择 SINUMERIK 控制系统。
2. 打开右键菜单并选择“创建 SINUMERIK 存档 > 硬件和所有程序块 ...”。对话框“创建 SINUMERIK 存档”打开。

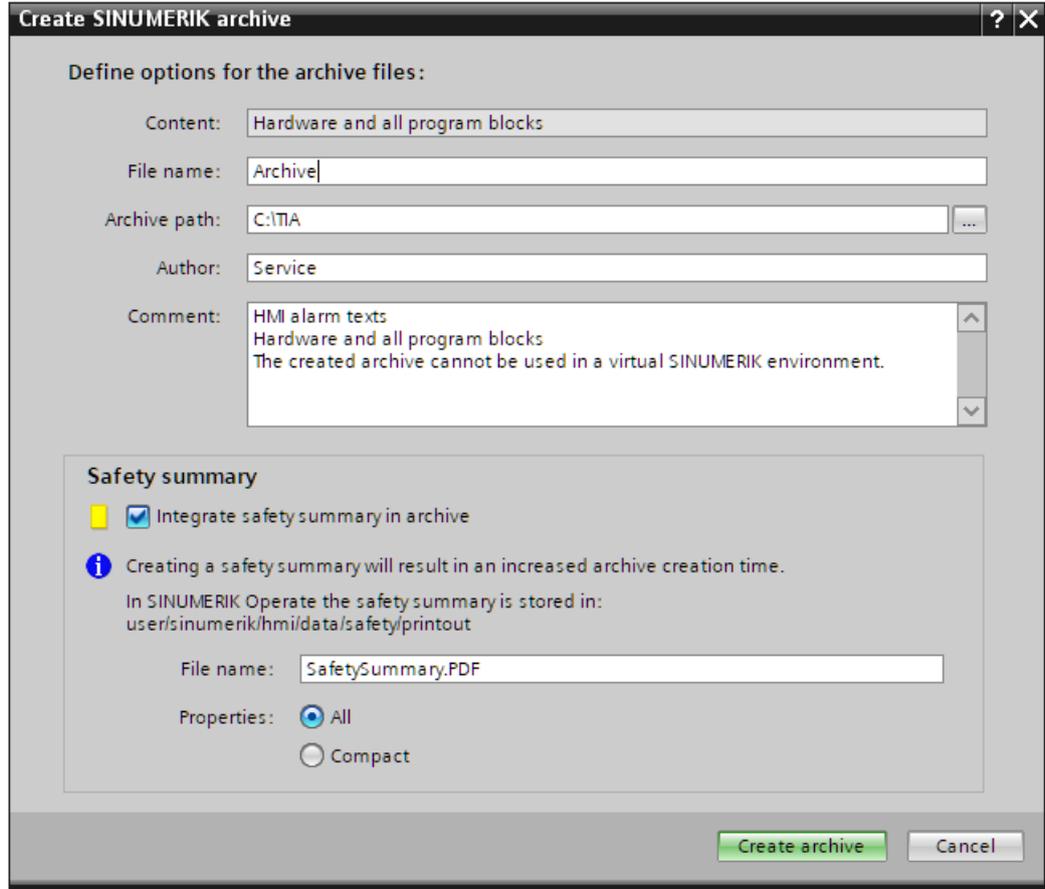


图 7-6 示例：存档的设置

3. 在上图的“文件名”下输入 SINUMERIK 存档的名称。
4. 在“存档路径”下，选择存档在文件系统中的保存目录。
5. 在“创建人”和“注释”栏中，添加可选信息。
接着可对安全文件进行配置。
“安全文件”区域中的选项“将安全文件集成到存档中”默认激活。
6. 在“文件名”下输入安全文件的名称。
7. 在“属性”下选择安全文件的打印范围。
 - “全部”，打印所选对象的所有配置数据。
 - “简化版”，打印项目数据的精简版本。
8. 点击“创建存档”。

结果

SINUMERIK 存档随即创建，并保存在用户指定的路径下。

安全文件以 PDF 格式生成并保存在目录 `user/sinumerik/hmi/data/safety/printout` 下。

参见

检查 PROFIsafe 地址 (页 282)

7.3 创建安全程序

7.3.1 概述

前提条件

- Safety Integrated 已激活。
- 安全组件已配置并已设置参数。

过程:

步骤	说明
1	作为 PLC 变量创建接收数据/发送数据 (页 286)
2	调整安全运行组的设置 (可选) (页 290)
3	设置访问权限 (页 293)
4	设置急停 (页 294)
5	设计实现全局恢复的用户应答 (页 295)
6	应答驱动集成安全功能的信息 (页 296)
7	撤销驱动集成的安全功能 (页 299)
8	触发强制潜在故障检查 (Teststop) (页 301)
9	设置接线测试 (页 301)

7.3.2 作为 PLC 变量创建接收数据/发送数据

概述

在 TIA Portal 中通过相应的驱动地址创建 PLC 变量，便能象征性访问安全程序中所需的驱动数据。

可以在编程之前创建所有需要的 PLC 变量，也可以在访问新的驱动数据时不停地补充 PLC 变量。如果代替驱动数据进行了绝对寻址，则系统会自动分配变量名称，事后很难追溯这些名称。

可以以 XLSX、SDF 或 XML 的形式导出或导入 PLC 变量。可将 PLC 变量表作为副本复制到全局库中。

前提条件

已配置安全相关组件。

步骤

按如下步骤创建包含所需驱动数据的 PLC 变量表。

1. 在项目导航栏的“PLC 变量”下双击“添加新变量表”，比如：“CNC_1 > PLC_1 > PLC 变量 > 添加新变量表”。
2. 右击新的变量表，选择“重命名”并指定名称，例如：“安全状态数据”或“安全控制数据”。

7.3 创建安全程序

3. 双击新的变量表打开。
4. 在“名称”一列中单击“添加”并输入变量属性：

属性	含义
名称	<p>分配一个有效的名称，例如： <驱动名称>-<过程数据>-<必要时位名称>。</p> <p>示例 1: drive1SpValid 示例 2: drive2SlsLimitA</p>
数据类型	<p>指定使用哪种数据类型寻址过程数据。</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bool:S_STW1, S_ZSW1, S_STW2, S_ZSW2, S_ZSW_CAM1 • Int:S_SLS_LIMIT_A, S_SLS_LIMIT_A_ACTIVE, S_CYCLE_COUNT, S_XIST16 • DInt:S_XIST32 <p>示例 1: Bool 示例 2: Int</p>

属性	含义
地址	<p>在“地址”一列中单击下拉列表符号并输入属性：</p> <p>操作数标识</p> <p>状态/输入数据：I 控制/输出数据：Q</p> <p>地址</p> <p>指定特殊过程数据传输至的 I/O 地址。</p> <p>该地址是从报文起始地址和过程数据开始的报文内 PZD 区域中得出的。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 特定驱动报文的起始地址可在 SINAMICS Integrated 报文配置中查看。标准起始地址也会列在表格 (页 461) 中。 • 有关报文中哪些 PZD 区域 (1 个 PZD = 1 个字 = 2 个字节) 中包含所需的驱动数据可参见报文结构 (页 465)。 <p>位编号</p> <p>在数据类型为“Bool”时或进行位寻址时，还需额外指定位编号，可参见过程数据说明 (页 468)。</p> <p>示例 1：%I6702.6 示例 2：%QW6704</p>
注释	您还可以撰写或从手册中接收各个已添加变量的用户自定义说明。

说明

和上文介绍的步骤不同，也可以从西门子工业在线支持 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/109485794>) 网站下载库

“LDrvSafe_Sinumerik_ONE”。该库包含了标准的变量表。可以使用其中的包含的数据类型来分配符号。

7.3 创建安全程序

结果

PLC 变量已成功添加。

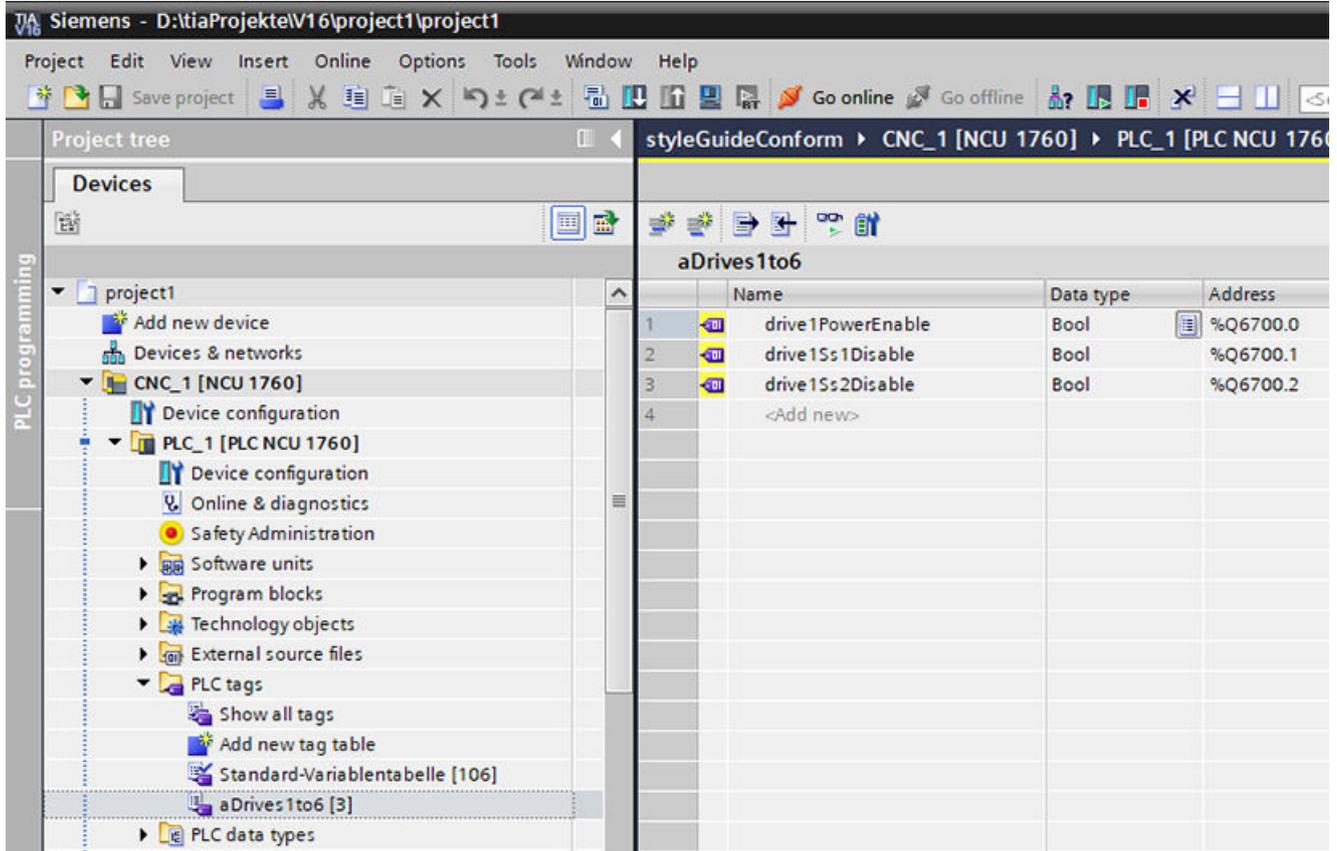


图 7-7 用户自定义变量表示例，包含编程中所需的驱动地址

7.3.3 调整安全运行组的设置（可选）

如果激活了“SINUMERIK Safety Integrated (F-PLC)”模式，系统会自动创建一个安全运行组。所属的安全模块参见文件夹“程序模块”或 Safety Administration Editor 中的“安全模块”：

- FOB_RTG1[OB123]
- Main_Safety_RTG1[FB...]
- Main_Safety_RTG1_DB[DB...]

可按本章说明调整安全运行组的缺省设置及其功能块。

您也可以创建第二个安全运行组，以便在一个单独的安全运行组中编写一些需要快速处理的安全程序部分。

前提条件

- Safety Integrated 已激活。

步骤

按如下步骤查看或调整安全运行组的设置：

1. 在项目导航栏对应的 PLC 下双击“安全管理”，比如：“CNC_1 > PLC_1 > 安全管理”。
2. 在 Safety Administration Editor 中切换到“安全运行组”。
3. 可以调整以下设置：

设置	用途
主调模块	<p>缺省设置是 FOB_RTG1[OB123]。该模块为振铃报警 OB，通过该模块可以在执行时间内以固定的时间间隔调用安全程序。</p> <p>可在下拉列表中将其他模块定义为主调模块：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 如果选择了某个梯形图、功能块图或指令表中的某个模块，则模块中的调用会自动更新。 • 如果选择了其他编程语言的模块，则必须自行调整该调用。 <p>设置方法：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 名称：F-OB 的名称 • 事件类别（只在创建时）：一个 F-OB 的事件类别有：“Program cycle”、“Cyclic interrupt”和“Synchronous cycle”，可在其中选择。 • 编号：可以视情况手动修改系统建议的 F-OB 编号。此时要注意每种事件类别允许的号段。 • 循环时间：循环时间要小于“安全运行组最大循环时间”并小于“安全运行组循环时间警告值”。循环时间替代了执行时间。 • 相位偏移：相移要小于循环时间。 • 优先级：优先级要尽量比所有其他 OB 高。
Main-Safety-Block	<p>预设置：Main_Safety_RTG1[FB...]</p> <p>可在下拉列表中选择之前创建的其他安全模块。</p>
Main-Safety-Block 的 I-DB	<p>预设置：Main_Safety_RTG1_DB[DB...]</p> <p>如果 Main-Safety-Block 是一个 FB，则可在下拉列表中调整相应的 I-DB。</p>
安全运行组的最大循环时间	<p>F-CPU 会在安全运行组中执行安全循环时间监控。</p> <p>在“安全运行组的最大循环时间”下选择两次调用安全运行组之间允许指定的最大时间。</p>
安全运行组循环时间警告值	<p>“安全运行组循环时间警告值”必须小于或等于安全运行组最大循环时间。</p>

设置	用途
安全运行组通讯的 DB	如果一个安全运行组要提供变量来进行安全程序中另一安全运行组的分析，为安全运行组通讯分配一个 DB。 更多信息参见 SIMATIC Safety 帮助文档“安全运行组之间的安全通讯”。
安全运行组信息数据块	在“安全运行组信息数据块”下为该数据块命名。预设置：“RTG1SysInfo”

7.3.4 设置访问权限

生产中的一套安全系统必须有访问保护。

在一开始的测试或调试作业中系统不需要访问保护，也就是说：您可以执行所有的离线和在线操作，而无需输入任何口令。

在安全模式中修改标准用户程序时，不允许通过 CPU 口令获得访问权限，否则用户之后也可以修改该安全程序。为排除这种修改的可能性，您必须为 F-CPU 设置“故障安全模块的写保护”以及口令。当只希望一个人获得权限来修改标准用户程序和安全程序时，最好设置“写保护”或“读/写保护”，以保证其他人对于整个用户程序（标准程序和安全程序）只有部分访问权限或没有任何权限。

更多信息参见手册“SIMATIC Safety - 设计与编程”(<https://support.industry.siemens.com/cs/products?search=SIMATIC%20Safety&ntp=Manual&pnid=24471>)中的“访问保护”一章。

步骤

按如下步骤为生产模式设置访问保护：

1. 在项目导航栏对应的 PLC 下双击“安全管理”，比如：“CNC_1 > PLC_1 > 安全管理”。
2. 在 Safety Administration Editor 中切换到“访问保护”。
3. 设置两种访问保护类型的口令：
 - 点击“保护离线安全程序”下的“设置”，输入口令，然后按下“确认”。
 - 点击“F-CPU 访问保护”下的链接“转到 F-CPU 的保护区域”。
在打开的属性中选择设置“全访问（无保护）”，然后输入读/写访问的密码。
4. 将硬件和软件载入设备。

7.3 创建安全程序

结果

成功设置了两种不同的访问保护类型：

- 安全程序保护
- F-CPU 保护

7.3.5 设置急停

指令“ESTOP1”可以实现 0 类和 1 类、带应答的急停关闭。

步骤

按如下步骤编程急停断路：

1. 打开对应的安全模块。
2. 从任务卡“指令”中选择“简单指令 >安全功能 >ESTOP1”。
3. 提供指令的输入与输出。

参数	说明	说明
E_STOP	输入	急停
ACK_NEC		1=需要应答
ACK		1=应答
TIME_DEL		延迟时间
Q	输出	1=使能
Q_DELAY		激活 F-IO 的关闭延迟时间。 输入“TIME_DEL”上设置的延迟时间结束后，使能信号 Q_DELAY 才复位为 0。 Q_DELAY 不针对驱动组件，该类组件的延迟时间在各驱动集成的安全功能的设置里面完成。
ACK_REQ		1=需要应答
DIAG		诊断信息，非故障安全

4. 互联这些 F-DO，以关闭 IO；或者将对应驱动中的安全功能和这些输出连接在一起。

更多信息

详细信息请参见指令的在线帮助或者 SIMATIC Safety 的相关手册。

7.3.6 设计实现全局恢复的用户应答

如果安全系统发现一处 F-IO 故障，便会“钝化”该 F-IO 或驱动组件。

钝化一个故障安全组件后，便使用或传递该组件的备用值，而不是使用或传递当前现有的过程值或输出值。

排除故障后，便需要**重新集成**对应组件，也就是说：从备用值切换到过程值或输出值。

取决于具体的故障类型、故障组件，您可以设置不同的钝化和重新集成方式：

错误类型	钝化	重新集成
通讯	模块的所有通道	每次在出现通讯故障后都需要用户应答。
F-I/O 或者驱动		根据 F-IO 的 DB 参数： <ul style="list-style-type: none"> • ACK_NEC=1: 需要用户应答 • ACK_NEC=0 自动重新集成
通道	根据模块的安全参数“通道故障后的特性”： <ul style="list-style-type: none"> • 通道钝化 • 整个模块钝化 	

您可以将操作生成的信号和以下某个参数互联在一起，便可以实现经由用户应答的重新集成方式：

- F-IO 的 DB 参数“ACK_REI”：重新集成对应模块（所有通道）
- 指令“ACK_GL”（参数“ACK_GLOB”）：重新集成一个安全运行组内的所有模块

步骤

按如下步骤，使用户应答实现全局重新集成：

1. 将指令“ACK_GL”插入到对应的安全运行组内，该安全运行组的 F-IO 需要经由用户应答实现全局恢复。
2. 在指令“ACK_GL”中，将输入“ACK_GLOB”设为应答按键的输入。
3. 根据具体条件可选择执行以下步骤：

设置	说明
应答请求的分析	您可以在标准用户程序或一个操作/监控系统中使用 F-IO 的 DB 变量“ACK_REQ”，以确定是否需要一个用户应答。 <ul style="list-style-type: none"> • ACK_REQ = 0: 无需应答 • ACK_REQ = 1: 需要应答才可重新集成（在排除故障后由安全系统置位）
开/关信号灯或者输出信息	在故障情况下，您可以开/关信号灯和/或在标准用户程序中输出一条信息，使用的变量有： <ul style="list-style-type: none"> • F-I/O 的 DB 变量： <ul style="list-style-type: none"> – QBAD – DIAG • F-PLC 的诊断缓存
F-IO/通道故障排除后自动或手动重新集成	希望在排除 F-IO/通道故障时无需用户应答自动重新集成组件时，设置 F-IO 的 DB 变量“ACK_NEC”： <ul style="list-style-type: none"> • ACK_NEC = 1（初始值）：需要用户应答 • ACK_NEC = 0: 自动重新集成 每次在出现通讯故障后都需要用户应答。

只有从安全技术的角度而言，对应的过程允许自动重新集成时，才可以设置 ACK_NEC= 0。

7.3.7 应答驱动集成安全功能的信息

通过 PROFIsafe 报文（S_STW1/S_STW2 位 7）为每个驱动对象单独设置信号“内部事件应答”，便可以在 F-PLC 的安全程序中编程 PROFIsafe 应答。

安全信息不能由 F-PLC 统一应答，而是要按驱动对象逐个单独应答。信号“内部事件应答”一出现下降沿，便会复位各个驱动器中的状态“内部事件”，进而应答故障信息。

在安全程序中，将包含了配备安全功能的驱动对象的通道的所有“通道复位”信号和每个对应驱动对象的信号“内部事件应答”互联在一起。

 **警告**

缺少 MCP 复位信号的安全应答可导致意外重启！

如果机床厂商通过一个没有“PROFIdrive RESET”信号的安全应答来确认停止响应，程序不会因应答中断，而是继续执行。意外重启可能导致人身伤害或者财产损失。

- 在安全程序中，必须将“安全应答”（PROFIsafe IEACK）和机床控制面板上的“RESET”按键（PROFIdrive RESET）互联在一起。

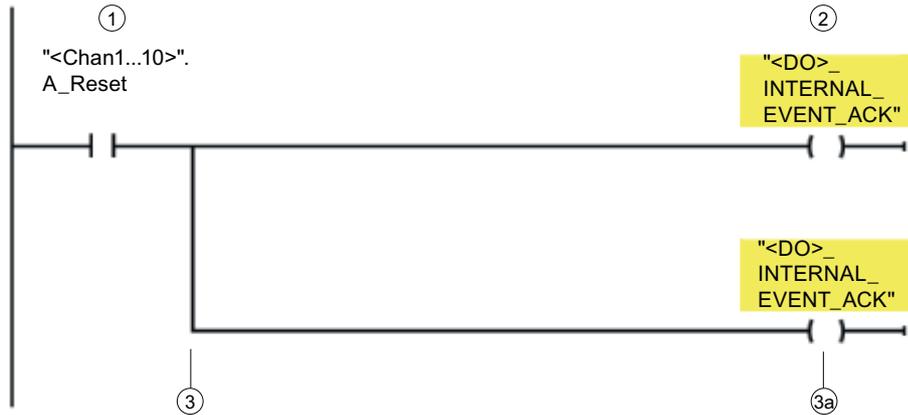
前提条件

- 已经为每个驱动对象添加了信号“内部事件应答”所需的 PLC 变量。

步骤

按如下步骤，在安全程序中针对某个通道将机床控制面板（MCP）上的复位信号和安全应答互联在一起：

1. 打开对应的运行组，比如：Main_Safety_RTG1[FB1010]。
2. 添加一个新的网络，在网络中互联各个信号：



编号 指令/变量

(1) ---|---常开触点：
"<通道 DB 名称>".A_Reset

目的/操作

“通道复位”必须激活，即：对应的通道 DB 中接口信号必须为 1。

(2) ---()--- 赋值：

<PLC 变量>

为对应驱动的信号“内部事件应答”创建的 PLC 变量赋予互联结果。

示例：

"drive1InternalEventAck"

(3) 分支

使用多个故障安全驱动对象时，为每个驱动对象插入一个分支指令（参见 3a）。

(3a) ---()--- 赋值：

<PLC 变量>

为对应的 PLC 变量赋予互联结果。

示例：

"drive2InternalEventAck"

图 7-8 添加新的网络

结果

对应通道的“通道复位”信号和各驱动对象内的故障安全应答成功互联。

参见

作为 PLC 变量创建接收数据/发送数据 (页 286)

7.3.8 撤销驱动集成的安全功能

在安全程序中访问对应的驱动地址，然后置位或复位具体的位，便可以撤销驱动集成的安全功能。

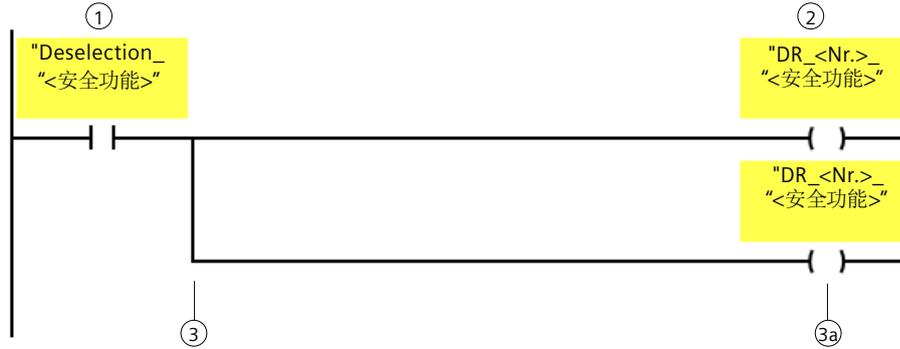
前提条件

- 已经为相关信号添加了 PLC 变量。

步骤

按如下步骤在安全程序中选择或者撤销驱动中集成的安全功能：

1. 打开安全模块，比如：Main_Safety_RTG1[FB1010]。
2. 添加一个新的网络，在网络中互联各个信号：



编号 指令/变量

- (1) ---|---常开触点：
"Deselection_<安全功能>"
示例： "deselectionSs1"
或者
驱动 I/O 地址及其 ZSW 位
- (2) ---()--- 赋值：
"DR_<驱动号>_<安全功能>"
示例： "drive1Ss1Disable"
或者
驱动 I/O 地址及其 STW 位
- (3) 分支
- (3a) ---()--- 赋值：
"DR_<驱动号>_<安全功能>"
示例： "drive2Ss1Disable"
或者
驱动 I/O 地址及其 ZSW 位

目的/操作

- 确定 PLC 变量"Deselection_<安全功能>"的地址或者驱动 I/O 地址，该地址可传递安全控制字的对应位。
- 在对应的驱动中为安全功能赋予互联结果。
- 需要为多个驱动撤销某安全功能时，为每个驱动插入一个分支和赋值指令（参见 3a）。
- 在对应的驱动中为安全功能赋予互联结果。

图 7-9 添加新的网络

参见

作为 PLC 变量创建接收数据/发送数据 (页 286)

7.3.9 触发强制潜在故障检查 (Teststop)

一般步骤

系统必须定期执行强制潜在故障检查 (Test stop)，以验证其功能和断路路径。强制潜在故障检查最好在系统每次启动时都执行一次，如果无法做到，起码也要每年至少执行一次。

该检查不在安全程序中编程，而是在标准 PLC 程序中编程，换句话说：您要将对应的程序代码插入到 PLC 用户程序中，才能触发强制潜在故障检查，以便比如：在系统每次启动时执行。

断路路径的强制潜在故障检查

断路路径的强制潜在故障检查可同时在多个轴/驱动上执行。取决于通讯负载，无法确保可始终在 SINUMERIK Operate 上显示全部报警。

解决方法：

- 限制同时测试的轴/驱动的数量。建议：6 个轴/驱动。
- 或者调整脉冲禁用的测试时间 (p9557 SI 运动 STO 测试时间)。

7.3.10 设置接线测试

一般步骤

为保障 F-I/O 设备正确响应，必须编程接线测试，此时可使用该设备的 DB 变量 QBAD 来编程。您可以使一个安全执行组内的所有 F-I/O 设备统一执行接线测试。

因此，在设计 F-I/O 设备时，要保证设备能自行执行该测试。

更多信息

详细信息请参阅 SIMATIC Safety 的相关手册。

7.4 将配置载入控制系统

前提条件

- 配置 PG/PC 和 SINUMERIK 控制系统之间已经建立了网络连接。

步骤

为了将硬件配置和软件配置载入 SINUMERIK 控制系统，按如下步骤操作：

1. 在项目导航中右击 NCU，在右键菜单中选择“载入设备 > 硬件和软件（仅修改）”。
2. 在对话框“扩展下载”中进行以下设置：
 - PG/PC 接口：使用的网卡，比如：“Intel(R) 82579V Gigabit Network Connection”
 - 接口/子网连接：“PN/IE_2”

3. 点击“开始查找”。
查找目标设备并将结果显示在对话框中。

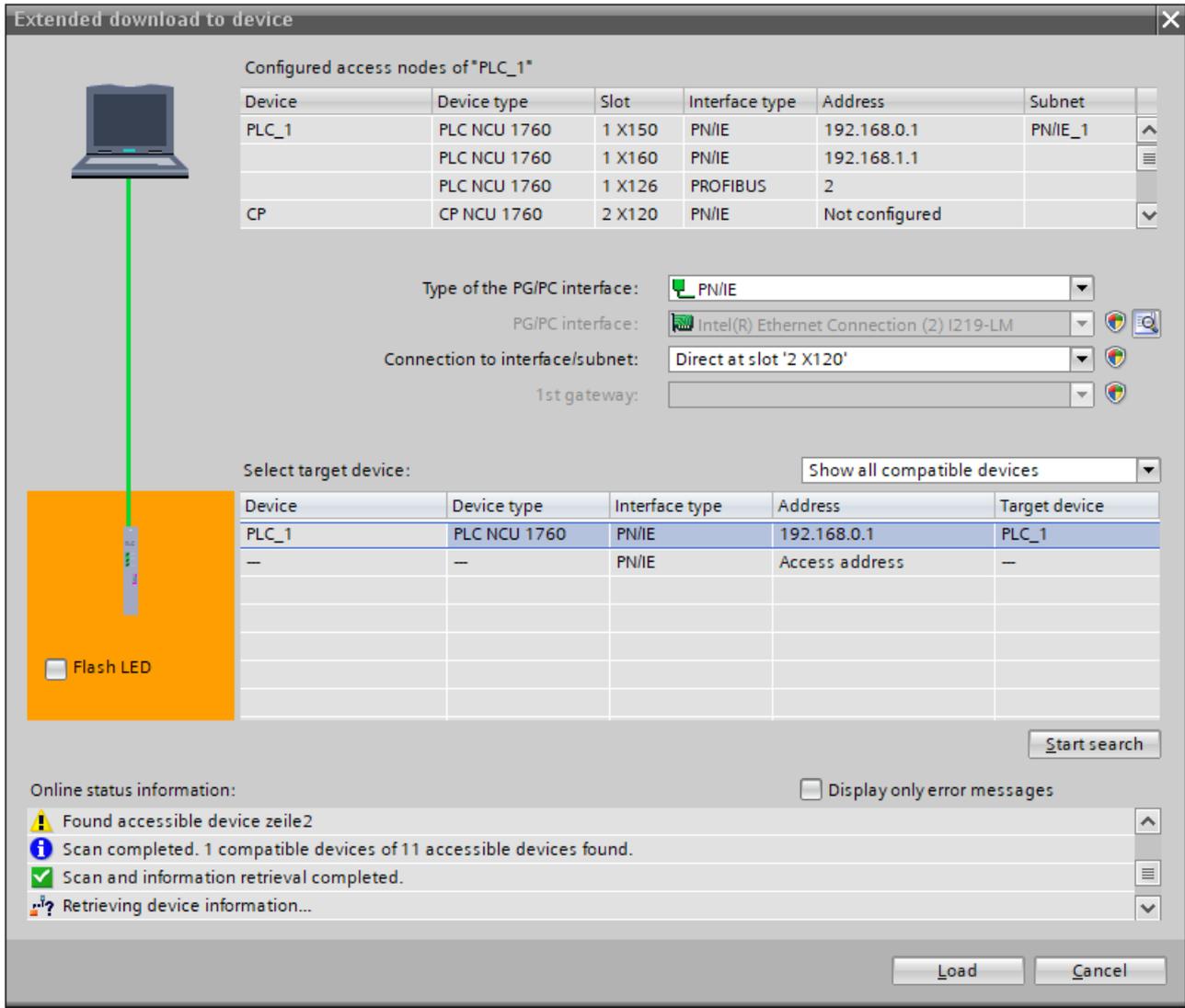


图 7-10 对话框“扩展下载”

4. 根据比如 IP 地址等信息选择合适的目标设备，按下“装载”。
5. 核对话框“下载预览”中的信息，按下“装载”。
6. 在“加载结果”对话框中选择是否需要重启 PLC，然后按下“结束”。

7.5 针对特定 NC 和轴进行安全设置

7.5.1 概述

本章我们将介绍如何针对每台驱动进行一些特殊的基本安全设置。

前提条件

- 在 SINUMERIK Operate 上提供 2 级访问权限（“服务”级）。
- 非安全相关的标准驱动功能调试完毕。
- 已经加载了配置（硬件和软件）（页 302）。
- 已经将配置中的 Safety Integrated 模式加载到系统中。

过程

步骤	说明
1	设置软件选件 (页 305)
2	激活 Safety Integrated 调试模式 (页 306)
3	选择安全功能范围 (页 307)
4	设置设定速度限值 (页 309)
5	设置停止响应的作用 (页 311)
6	配置编码器 (页 312)或配置无编码器运行 (页 316)
7	配置报文 (页 320)
8	使用故障缓冲器、信息缓冲器和报警缓冲器 (页 442)

7.5.2 设置软件选件

步骤

按如下步骤设置软件选件 Safety Integrated:

1. 在 SINUMERIK Operate 上，依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 授权”，进入授权画面。
2. 按下“全部选件”软键。
3. 为您的机床配置设置所需的安全软件选件：

软件选件	订货号	用途
Safety Integrated – F-PLC	6FC5800-0BS60-0Y B0	使能 SINUMERIK 控制器中的 F-PLC，以便在安全程序中处理外部故障安全传感器和执行器。
Safety Integrated - 进给轴/主轴	6FC5800-0BK00-0Y B0	使用 SINUMERIK Safety Integrated (F-PLC) 模式中 SINAMICS Integrated 的运动控制功能。 可用于 1 根进给轴/主轴的许可证，需要多次授权，以便供更多的进给轴/主轴使用。
Safety Integrated - 多轴软件包	6FC5800-0BS61-0Y B0	使用 SINUMERIK Safety Integrated (F-PLC) 模式中 SINAMICS Integrated 的运动控制功能。 可用于任意多根进给轴/主轴的许可证

结果

软件选件成功设置。

您可以按下软键“缺少的授权 / 选件”，显示您机床上需要获得授权的各个软件选件，然后通过比如西门子工业网上商城等渠道购买授权。

7.5 针对特定 NC 和轴进行安全设置

7.5.3 激活 Safety Integrated 调试模式

只有当对应驱动处于 Safety Integrated 调试模式时，才允许修改和安全相关的驱动设置。在修改结束必须再次关闭 Safety Integrated 调试模式，并将实际校验和传递到设定校验和中。

说明

配置屏幕中白色背景色的输入栏（比如：权重系数、影响、制动斜坡时间）表示，其修改无需激活安全调试模式。因此即使在有错误输入时，也能保障安全监控。

前提条件

- 非安全相关的标准驱动功能调试完毕。
- 已经加载了配置（硬件和软件）（页 302）。
- 已经将配置中的 Safety Integrated 模式加载到系统中。

步骤

按照以下步骤为所有驱动激活 Safety Integrated 调试模式：

1. 在 SINUMERIK Operate 上，依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全”，进入安全功能画面。

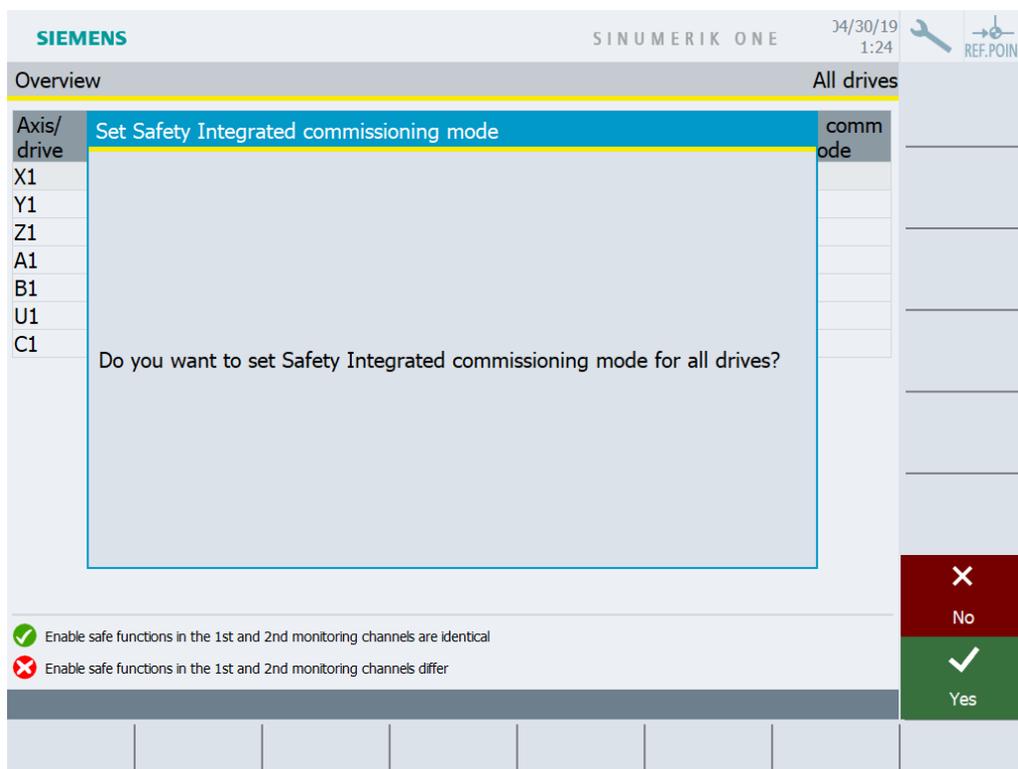


图 7-11 激活驱动的 Safety Integrated 调试模式

说明

激活特定驱动的 Safety Integrated 调试模式

需要激活特定驱动的安全模式时，步骤有所不同，依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > 设置 > 选项”。

2. 按下软键“设置 SI 调试”，然后按下“激活/关闭驱动调试”，最后按下“是”。

7.5.4 选择安全功能范围

在设置某驱动的各个安全功能前，首先要为该驱动完成以下基本设置：

- 使用的安全功能的范畴（Basic 还是 Extended）
- 控制方法（PROFIsafe、板载端子、自动生效）
- 使用一个安全相关的编码器

7.5 针对特定 NC 和轴进行安全设置

您必须依次为每个需要使用集成安全功能的驱动完成上述设置。

前提条件

- 非安全相关的标准驱动功能调试完毕。
- 已经加载了配置（硬件和软件）（页 302）。
- 已经将配置中的 Safety Integrated 模式加载到系统中。
- 已为待配置的驱动激活了安全调试模式（页 306）。

步骤

按如下步骤选择驱动的安全功能范畴：

1. 在 SINUMERIK Operate 上，依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > 设置 > 选项”，进入驱动的安全设置画面。
2. 按下软键“选择驱动”，切换到目标驱动。
3. 在“选择安全功能”下选择功能范畴：
 - 通过机载端子控制的基本功能
 - 通过 PROFIsafe 控制的基本功能
 - 通过 PROFIsafe 和机载端子控制的基本功能
 - 通过 PROFIsafe 控制的扩展功能
 - 通过 PROFIsafe 控制的扩展功能和通过机载端子控制的基本功能
 - 上电自动生效的扩展功能
 - 上电自动生效的扩展功能和通过机载端子控制的基本功能
4. 使用扩展安全功能时，还需要以下额外设置：
 - 带编码器、带加速监控 SAM 的安全
 - 不带编码器、带制动斜坡 SBR 的安全 - 仅异步电机可设置
 - 不带编码器、带加速监控 SAM 的安全 - 仅异步电机可设置另见：支持的轴类型（页 49）、驱动集成的安全功能概览（页 40）、控制方法（页 257）
5. 按下软键“确认”。

说明

保存选中的安全功能后，SINUMERIK Operate 会自动通过 SIC/SCC（p9501.27）设置回参考点使能。

7.5.5 设置设定速度限值

在运行时，驱动的设置速度限值 p9533 会和选中的 NC 权重系数相乘，得出的结果作为设定值限值传递给插补器。

前提条件

- 已选择了驱动的安全功能范畴。(页 307)

步骤

按如下步骤设置 NC 权重系数，该系数用于确定设定值限值：

1. 在 SINUMERIK Operate 上，依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > 设置 > 选项”，进入驱动的安全设置画面。
2. 按下软键“选择驱动”，切换到目标驱动。
屏幕上显出选中驱动的参数设置。

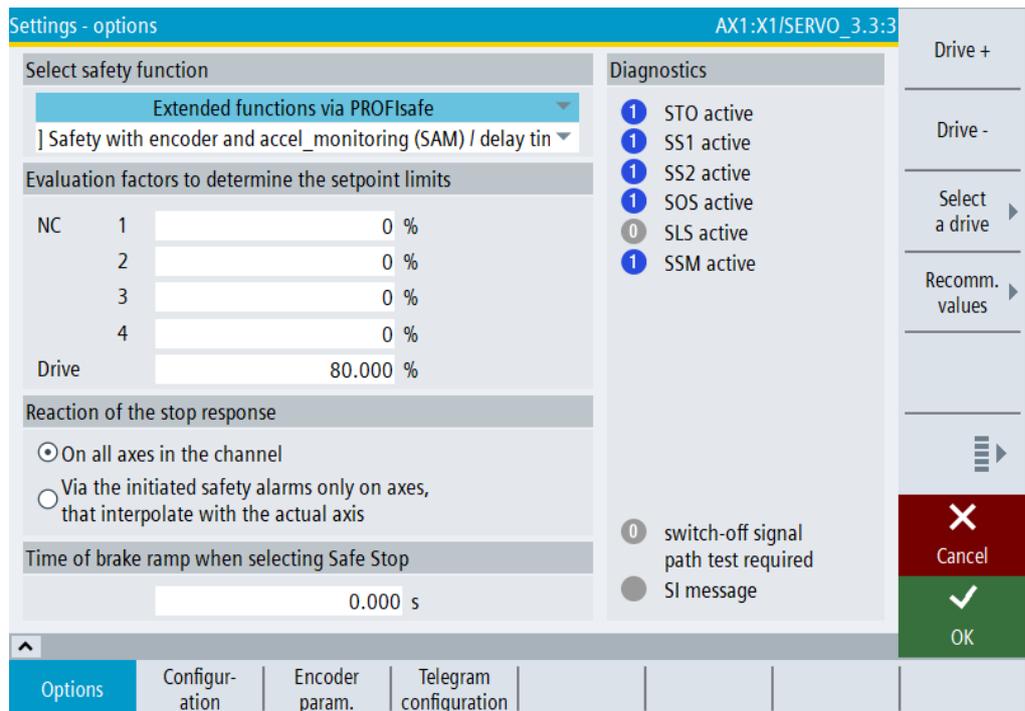


图 7-12 设置 - 选项

7.5 针对特定 NC 和轴进行安全设置

3. 设置用于确定设定值限值的 4 个加权系数

MD36933 \$MA_SAFE_DES_VELO_LIMIT 包含 4 个值（下标 0...3）。您可以在 PLC 程序中通过轴特定的 PLC 用户接口来选择，这些值中的哪些值需要生效：

Basic Program Plus	Basic Program		
<Axis>.safety.out.setpointLimitSelection	DB31,... DBX34. 1	DB31,... DBX34. 0	生效的设定值限值系数
0	= 0	= 0	SAFE_DES_VELO_LIMIT[0]
1	= 0	= 1	SAFE_DES_VELO_LIMIT[1]
2	= 1	= 0	SAFE_DES_VELO_LIMIT[2]
3	= 1	= 1	SAFE_DES_VELO_LIMIT[3]

如果在屏幕中没有进行任何设置，则参数 p9533（“驱动”栏）中的设置生效。只有当需要为一个 SLS 等级设置多个权重系数时，1-4 栏才需要输入。

4. 输入 4 个所需的权重系数。

该参数可能需要根据驱动的动态响应多次修改，以便获得最佳的设置值。

建议值为 80%，您可以选用。

输入的 4 个权重系数始终作用于当前生效的 SLS 等级。

结果

成功设置了 NC 中的权重系数，复位操作面板后生效。

在运行时，驱动的速度限值 p9533 会和 PLC 用户程序中选中的 NC 权重系数相乘，得出的结果作为设定值限值传递给插补器。

没有在 PLC 用户程序中选中任何值时，MD36933[0] 中的值生效。

7.5.6 设置停止响应的作用

某个停止响应的触发会一同影响通道里的所有其他轴。您可以通过 MD36964 \$MA_SAFE_IPO_STOP_GROUP 来控制该影响，比如：一方面安全清除主轴脉冲，以便手动旋转主轴，但同时进给轴仍可以在安全监控下移动。

步骤

按如下步骤设置停止响应的影响：

1. 在 SINUMERIK Operate 上，依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > 设置 > 选项”，进入驱动的安全设置画面。
2. 按下软键“选择驱动”，切换到目标驱动。
屏幕上显出选中驱动的参数设置。

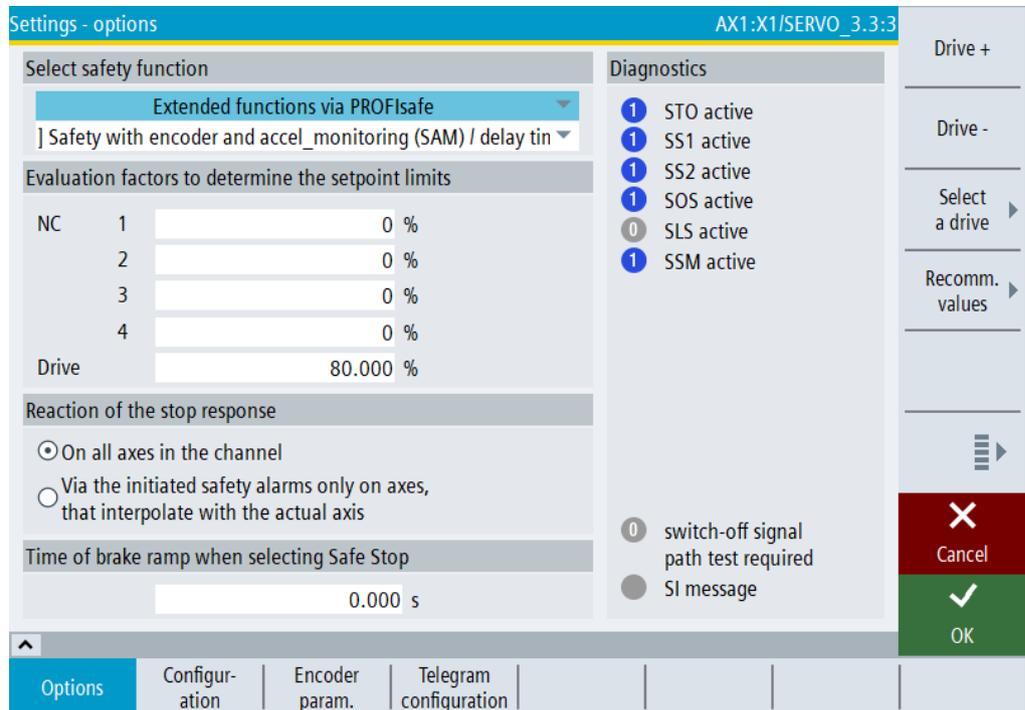


图 7-13 设置 - 选项

3. 选择停止响应的影响
 - 通道中的所有轴
 - 被触发的安全报警只影响和当前轴进行插补的轴
 停止响应的影响保存在 MD36964 \$MA_SAFE_IPO_STOP_GROUP 中。

7.5.7 配置编码器

前提条件

- 待配置的驱动目前处于安全调试模式 (页 306)。
- 驱动已经配置完毕，带有编码器。

调用调试画面“编码器设置”

依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > 设置 > 编码器设置”。

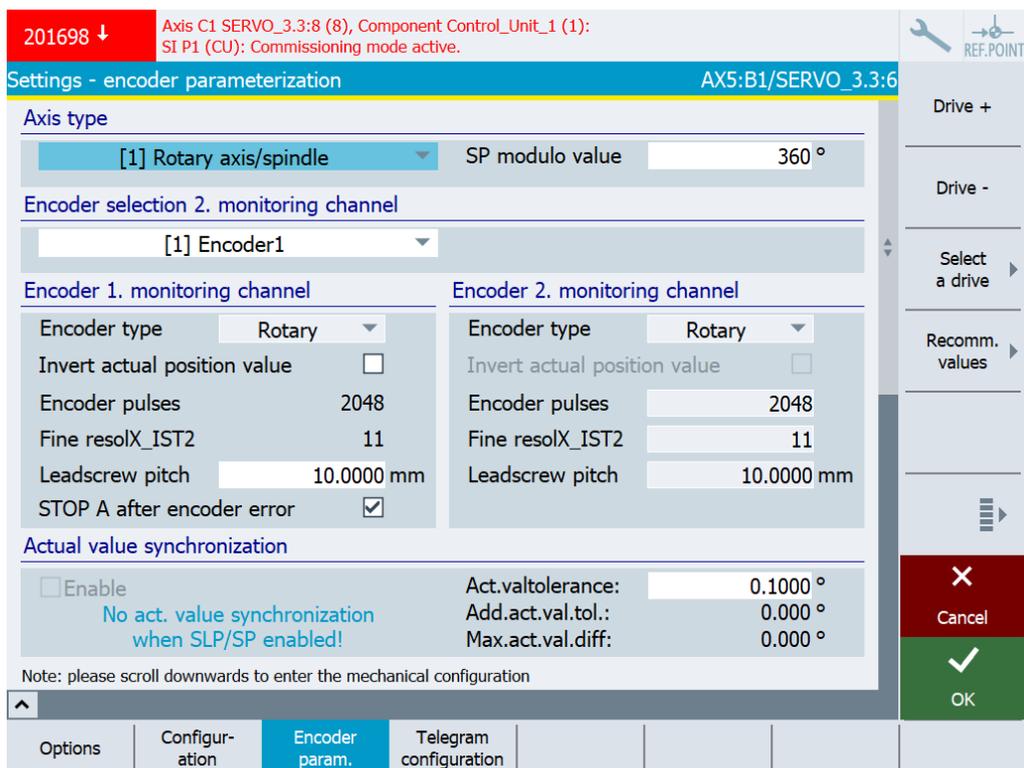


图 7-14 设置 - 编码器设置

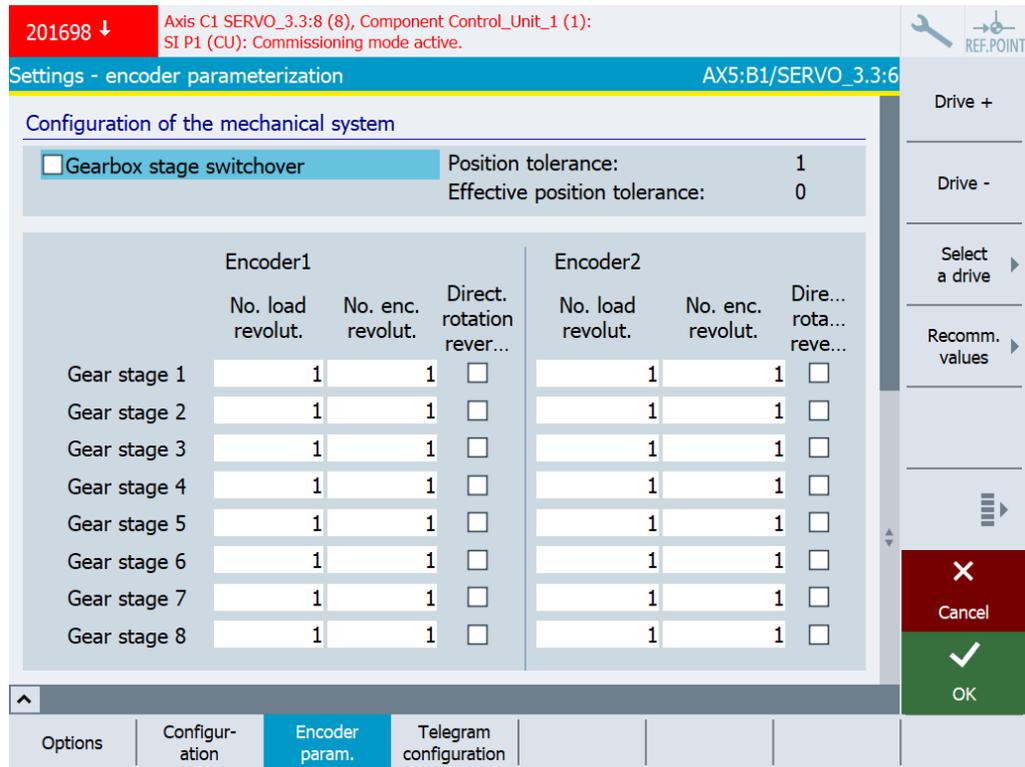


图 7-15 设置 - 编码器设置：配置机械系统

软键	用途
驱动 +	根据具体驱动进行该设置。在开展配置工作前，按下软键切换到对应驱动。
驱动 -	
选择驱动	
建议值	按下软键“建议值”，系统会自动为驱动给定编码器设置。检查各个建议值。

7.5 针对特定 NC 和轴进行安全设置

进行设置

表格 7-1 编码器设置（设置 - 编码器设置）

设置	含义
轴类型	设定轴类型（线性轴或回转轴/主轴）。
SP 模数值	设置回转轴上“安全位置”功能的模数值，单位：度。 在安全回参考点、绝对位置使能后通过 PROFIsafe 传输安全位置时均会考虑该模数值。该值最好设置为“ 2^n ”转数的值，以避免在溢出可显示的范围（+/-2048）时位置实际值跃变。 该值为 0 时，模数功能关闭。
编码器选择，第 2 个监控通道	选择某个定义的编码器，作为第二通道（控制器、电机模块）中用于执行安全运动监控的编码器。

表格 7-2 编码器监控通道（设置 - 编码器设置）

设置	含义
编码器类型	设置电机编码器类型：旋转或线性。
取反位置实际值	激活/关闭位置实际值的取反（正负号变化）。
编码器线数	显示旋转编码器的每转线数。
X_IST2 精分辨率	显示 G1_XIST1 中的精分辨率，单位：位。
丝杠螺距	采用带旋转编码器的线性轴时，设置编码器与负载间的传动比，单位 mm/rev。

表格 7-3 实际值同步（设置 - 编码器设置）

设置	含义
使能	激活/关闭实际值同步。 一台驱动上不能同时激活实际值同步和 SLP/SP。
实际值公差	设置两个监控通道间实际值交叉校验的公差。
附加的实际值公差	显示控制单元上的负载侧位置实际值与第二个通道上的负载侧位置实际值之间的最大附加差值，该差值可能是因 EnDat 2.2 信号转换器中的实际值采集延迟而造成的。
最大实际值公差	显示了控制单元上的负载侧位置实际值与第二个通道上的负载侧位置实际值之间的最大差值。

表格 7-4 配置机械系统（设置 - 编码器设置）

设置	
齿轮级切换	<p>激活/禁止安全齿轮级切换。</p> <p>激活后您便可以最多设置 8 个齿轮级，然后通过 PROFIsafe 加以切换。</p>
位置公差	<p>设置系数，其用于在齿轮级切换期间提高针对两个监控通道间的实际值交叉数据校验的公差。</p> <p>不管实际值同步是否激活，该系数都生效。</p> <p>从该系数计算出以下公差：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 激活实际值同步：p9549 * 位置公差 • 关闭实际值同步：实际值公差 * 位置公差
生效的位置公差	显示生效的位置公差。（实际值公差或速度公差与位置公差的乘积）
负载转数	设置编码器与负载间的传动比的分母。
编码器转数	设置编码器与负载间的传动比的分子。
旋转方向反转	激活/关闭齿轮箱的旋转方向反转。

7.5.8 配置无编码器运行

前提条件

- 待配置的驱动目前处于安全调试模式 (页 306)。
- 驱动已经配置完毕，带有编码器。

调用调试画面“配置机械系统/实际值计算”

依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > 设置 > 配置机械系统/实际值计算”。

201693 ↓ Axis A1 SERVO_3.15:2 (2):
SI P1 (CU): Safety parameter setting changed, warm restart/POWER ON required. 9506.

Settings - mechanical configuration/actual value sensing AX4:A1/SERVO_3.15:2

Axis type: [1] Rotary axis/spindle Motor type: Induction motor

Mechanical system

Leadscrew pitch: 10.0000 mm Number motor pole pairs: 2
Act.valtolerance: 5.0000 °

Gearbox stage switchover

	No. load revolut.	No. enc. revolut.	Direct. rotat. revers.
Gear stage 1	1	1	<input type="checkbox"/>
Gear stage 2	1	1	<input type="checkbox"/>
Gear stage 3	1	1	<input type="checkbox"/>
Gear stage 4	1	1	<input type="checkbox"/>
Gear stage 5	1	1	<input type="checkbox"/>
Gear stage 6	1	1	<input type="checkbox"/>
Gear stage 7	1	1	<input type="checkbox"/>
Gear stage 8	1	1	<input type="checkbox"/>

Note: please scroll downwards to enter the mechanical configuration

Options | Configur-ation | Encoder param. | Telegram configuration | Mech./act val sens. |

Cancel OK

图 7-16 设置 - 配置机械系统/实际值计算：机械系统

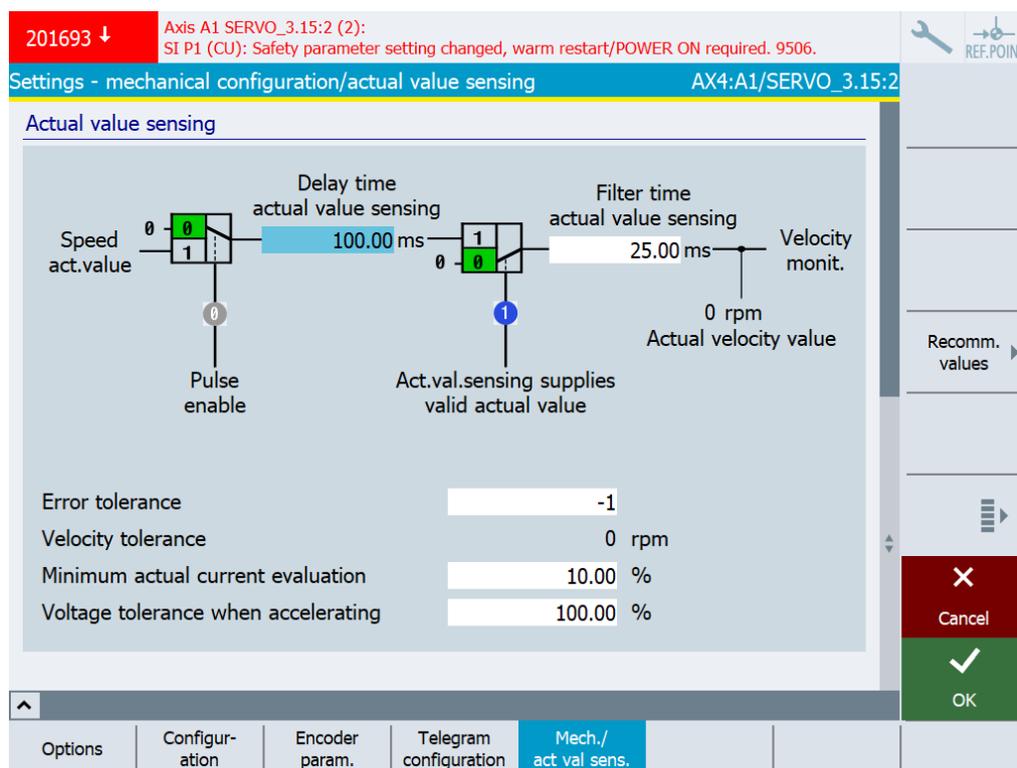


图 7-17 设置 - 配置机械系统/实际值计算：实际值采集

软键	用途
驱动 +	根据具体驱动进行该设置。在开展配置工作前，按下软键切换到对应驱动。
驱动 -	
选择驱动	
建议值	按下软键“建议值”，对应的调试画面会自动填入相应数据。检查各个建议值。

调整设置

表格 7-5 （设置 - 配置机械系统/实际值计算）

设置	含义
丝杠螺距	采用带旋转编码器的线性轴时，设置编码器与负载间的传动比，单位 mm/rev。
实际值公差	设置两个监控通道间实际值交叉校验的公差。 对于不带编码器的运动监控功能必须将公差设置的大一些（如：12°用于旋转轴或 1 mm 用于线性轴）。

7.5 针对特定 NC 和轴进行安全设置

表格 7-6 齿轮级切换（设置 - 配置“机械系统/实际值计算”）

设置	含义
齿轮级切换	<p>激活/禁止安全齿轮级切换。</p> <p>激活后您便可以最多设置 8 个齿轮级，然后通过 PROFIsafe 加以切换。</p>
负载转数	<p>设置电机与负载间的传动比的分母。当前齿轮级可通过 PROFIsafe 切换。</p>
编码器转数	<p>设置电机与负载间的传动比的分母。当前齿轮级可通过 PROFIsafe 切换。</p> <p>在无编码器的监控功能中，传动比的分子必须和极对数相乘（见下文）。</p> <p>示例： 传动比为 1:4，极对数为 2 负载转数为 1，编码器转数为 $8 = 4 \times 2$</p>
旋转方向反转	<p>激活/关闭齿轮箱的旋转方向反转。</p>
电机的极对数	<p>显示电机极对数。</p>

表格 7-7 实际值计算（设置 - 配置“机械系统/实际值计算”）

设置	含义
实际值检测延时时间	<p>电机通电后无编码器实际值计算的延迟时间。</p> <p>这个值必须大于等于电机的励磁时间（p0346）。</p> <p>您设置的时间会被系统内部取为整数倍的监控周期时间。</p> <p>小心：只有等这段时间经过后，才能保证安全功能正常工作。</p> <p>注意：降低该值可不利于实际值计算和合理性检查，并可能会输出值为 1041 或 1042 的安全信息 C01711。</p> <p>相关性：C01711</p>
实际值检测滤波时间	<p>设置在无编码器的实际值计算中，用于平滑实际值的滤波时间。</p> <p>注意：滤波时间越长，响应时间也就越长。</p> <p>平滑通过一阶低通滤波器进行。</p> <p>设为最小值时，滤波器关闭。</p> <p>您设置的时间会被系统内部取为整数倍的监控周期时间。</p>
脉冲使能	<p>显示：电气使能</p>
实际值计算提供有效值	<p>显示：实际值计算提供有效值</p>

设置	含义
速度实际值	当前速度实际值显示，用于控制单元上的运动监控 下标 [0] = 控制单元上的负载侧速度实际值
错误公差	<p>设置电流和电压角度的合理性检查公差。</p> <p>该值越大，驱动低速时的换向越稳定，在负载跃变时弱磁区的运行也越稳定。</p> <p>同时，该值越大在低电流或低电压条件下，对电机也更有利。提高这个值将导致更长的检测延迟以及更大的转速公差（见下文）。</p> <p>注意：减小这个值，实际值检测和合理性检测都会被影响。</p> <p>同步电机上该参数必须设置为 4。</p> <p>值 = -1:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 配备同步电机时该参数值自动为 4。 - 配备同步电机时该参数值自动为 0（当功率单元的代码 p0201[0] < 14000。其他情况下为 2）。 <p>相关性：F01681、C01711</p>
转速公差	<p>显示在无编码器实际值计算中的当前转速公差。</p> <p>该值在设置了容错（见上文）时参与计算。</p>

7.5 针对特定 NC 和轴进行安全设置

设置	含义
实际值计算最小电流	<p>设置在没有编码器的实际值计算中采用的最低电流，为 1 A 的百分比值，即：1 % = 10 mA。</p> <ul style="list-style-type: none"> 当出现值为 1042 的信息 C01711 时，必须提高该值。 当出现值为 1041 的信息 C01711 时，必须缩小该值。 <p>使用同步电机时需要满足以下条件： $p0305 \times p9783 \geq \text{实际值计算最小电流} \times 1.2$</p> <p>建议：在一些情况下最好使用测量仪表来测量电机的最小电流，以正确设置该参数。</p> <p>注意：大幅降低该百分比值可能会输出安全信息，并可能会导致实际值计算变得不精确。</p> <p>相关性：r9785、C01711</p>
加速时的电压公差	<p>设置加速度限值，以滤除速度波动。设为最大值时，滤波器关闭。提高该百分比值，可能会导致在加速过程中出现速度尖峰，但这和真实的速度曲线不符。</p> <p>降低该值便可避免加速过程中出现的速度尖峰。</p> <ul style="list-style-type: none"> 当出现值为 1043 的信息 C01711 时，必须提高该值。 当加速过程导致安全实际速度过高时，需要降低该值。 <p>建议：该值和电机、控制器相关，必须为每种不同配置重新确定。</p> <p>具体过程为：在实际值不断跃变期间进行一次测量，通过 p9589 下调 r9785[0] 中的限值，使 r9785[1] 在一秒内便可超过它（最多四次）。从这个时刻开始，实际值补偿滤波器介入，实际值不再发生如此剧烈的变化。</p> <p>相关性：r9784、C01711</p>

参见

选择安全功能范围 (页 307)

7.5.9 配置报文

前提条件

- 待配置的驱动目前处于 Safety Integrated 调试模式。
- 已经为待配置的驱动设置了通过 PROFIsafe 控制的扩展功能或基本功能。

调用调试画面“报文配置”

依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > 设置 > 报文配置”。

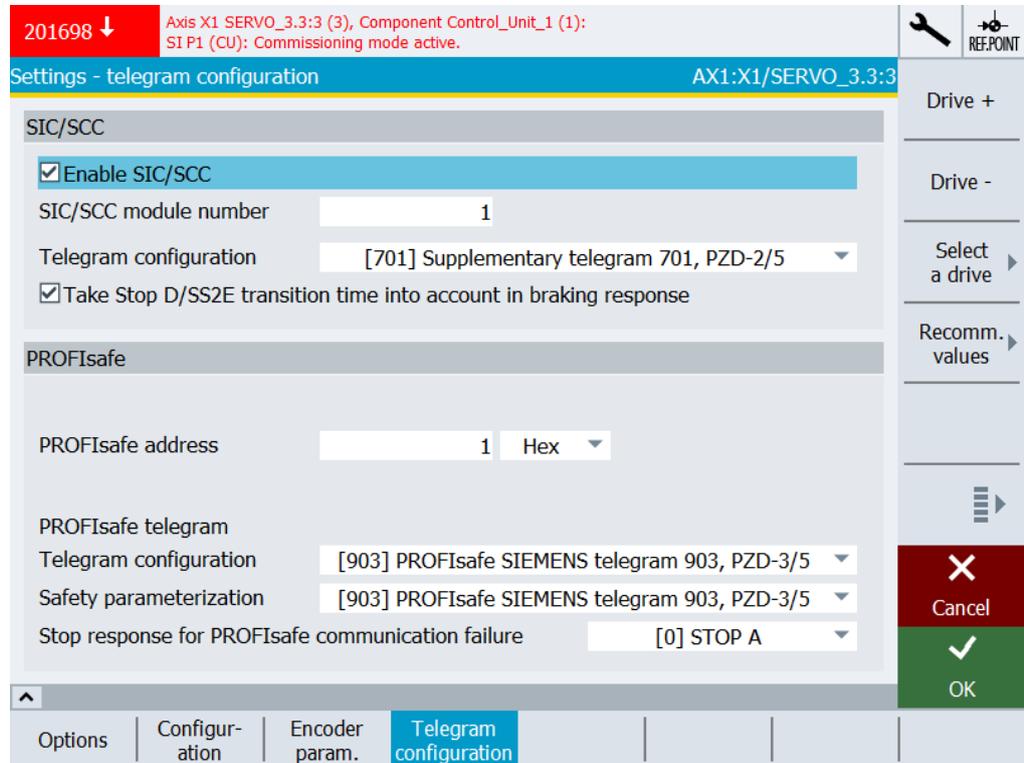


图 7-18 设置 - 报文配置

软键	用途
驱动 +	根据具体驱动进行该设置。在开展配置工作前，按下软键切换到对应驱动。
驱动 -	
选择驱动	
建议值	按下软键“建议值”，对应的调试画面会自动填入相应数据。 比如：调试画面“报文配置”中的“报文类型”，便会自动设置。 检查各个建议值。

7.5 针对特定 NC 和轴进行安全设置

进行设置

表格 7-8 SIC/SCC 报文的设置（设置 - 报文配置）

设置	含义
SIC/SCC 使能	激活/关闭 Safety Info Channel / Safety Control Channel (SIC/SCC)
SIC/SCC 模块号	设置 SIC/SCC 模块号。
报文配置	设置 Safety Info Channel (SIC) / Safety Control Channel (SCC) 的报文类型。
在制动属性中激活 Stop D/SS2E 过渡时间	在 Stop D/SS2E 时激活制动斜坡匹配

表格 7-9 PROFIsafe 报文的设置（设置 - 报文配置）

设置	含义
PROFIsafe 地址	设置控制单元的 PROFIsafe 地址。
报文配置	设置 PROFIsafe 报文类型。
安全设置	设置控制单元的 PROFIsafe 报文类型。
PROFIsafe 通讯故障时的停止响应	设置 PROFIsafe 通讯故障时的停止响应。

参见

激活 Safety Integrated 调试模式 (页 306)

7.6 在 SINUMERIK 调试工具中配置 SafeUserData

7.6.1 简介

SafeUserData 的操作屏幕位于 SINUMERIK Operate（或 SINUMERIK ONE Commissioning Tool）中的“调试”操作区域下。

前提条件

满足以下条件时，才显示软键“SafeUserData”：

- 已经至少初始化了一个 SUD 实例。
- 已经将配置从 TIA Portal 载入控制系统中。
- 已经设置了“机床制造商”级密码。

调用

依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > 概览”。

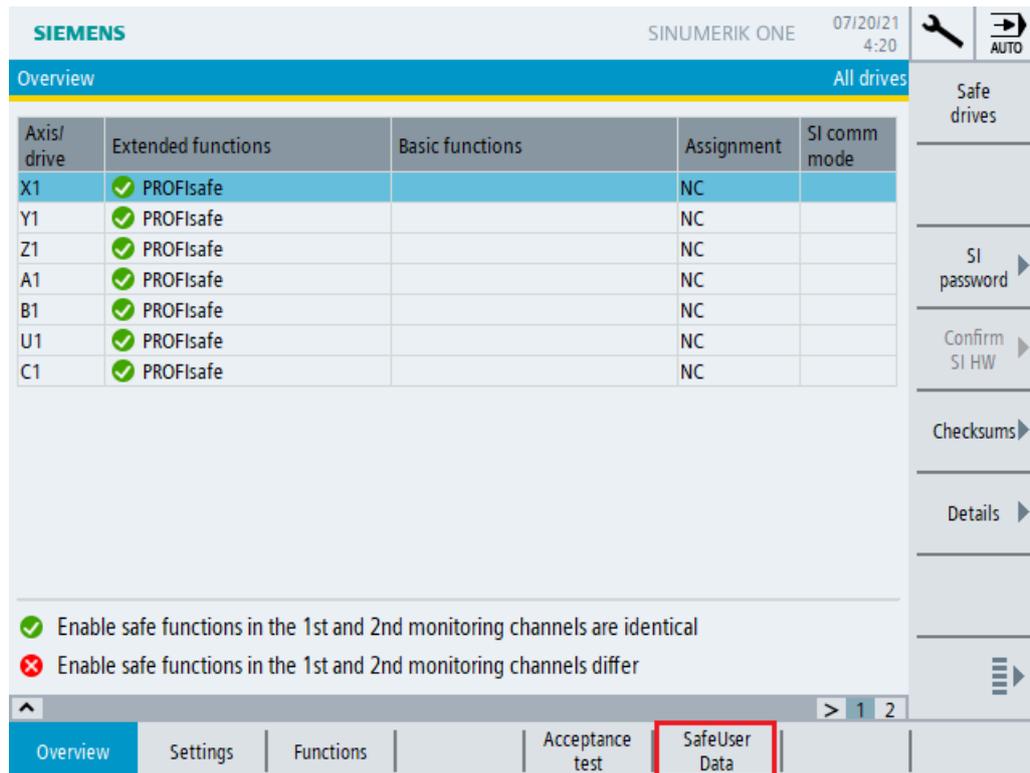


图 7-19 安全功能一览及软键“SafeUserData”

7.6.2 SafeUserData - 块概览

在屏幕“SafeUserData - 概览”中列出了所有已创建的 SafeUserData 实例。

调用

依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > SafeUserData”。

Block name	Data type	Signature
sudBoolValues	Bool	EE9FA25DH
sudMyOptions	Bool	9DA37F24H
boolOpt2	Bool	00000000H
sudIntValues	Int	578121F7H
sudOverrides	Int	F7D74548H
sudDintValues	DInt	EC7F8B90H
sudMyCams	DInt	12B671E0H
dIntInst3	DInt	00000000H

图 7-20 示例 SINUMERIK ONE: SafeUserData - 块概览

说明

在“SafeUserData - 一览”中，SUD 实例按照在 TIA 项目中设置的“instanceid”排序。

表格 7-10 信息

名称	说明
块名称	该列列出 SafeUserData 的“用户接口”。其中也包括了所谓的“Nested block”。 “Nested block”是数值在总数据块中管理的数据块。“Nested block”的名称中包含点。
数据类型	该列显示各“用户接口”的数据类型。
签名	该列显示 SafeUserData 实例的当前签名。

表格 7-11 垂直软键

名称	说明
导出	按下该软键，将所有 SUD 当前值导出到保存地点。此时可以为导出文件命名，然后启动导出过程。
导入	按下该软键，从保存地点的导入文件中导入所有 SUD 当前值。此处可以选择目标导入文件，然后启动导入过程。
详细信息	使用该软键切换至屏幕“SafeUserData - 详细信息”。

7.6.3 SafeUserData - 详细信息

在屏幕“SafeUserData - 概述 - 详细信息”中显示所选“用户接口块”的全部元素及生效值。
如未使能数值更改，则垂直软键“更改”灰显。

调用

依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > SafeUserData > 详细信息”。

Element name	Format	Active value
door1	B	0
door2	B	0
A2Achse	B	0
B1Achse	B	0
Handling	B	0
myOption6	B	0
WZM1	B	0
WZM2	B	0
myOption9	B	0
BA3	B	0
BA4	B	0
myOption12	B	0
myOption13	B	0
Rueckzug	B	1
SpindelSTO	B	0
ax4	B	0

图 7-21 示例 SINUMERIK ONE: SafeUserData - 详细信息

表格 7-12 说明

名称	说明
签名	表格上方会显示当前签名。
元素名称	该列显示所有块元素的名称。
格式	该列显示元素的显示格式（B = bool, +/-D = Int/DInt）。
生效值	该列显示 PLC 中的生效值。

表格 7-13 垂直软键

名称	说明
块+	如存在多个块，可使用“块+”来选择下一个块。如只有一个块，则该软键不显示。
块-	如存在多个块，可使用“块-”来选择上一个块。如只有一个块，则该软键不显示。
选择块 >	使用该软键会显示一个选择框。此框中为所有块的列表。您可从该列表中选择一块。如只有一个块，则该软键不显示。
更改	使用该软键切换至屏幕“SafeUserData - 更改”。
<< 返回	使用该软键可返回到块概览。

7.6.4 配置 SafeUserData

警告

错误的数据库配置会导致出错

错误的数据库配置，即使是在其他机床上，会导致安全装置出错或失效。如果不采取适当的预防措施，将有可能导致死亡或重伤。

- 确保已在 SafeUserData 的识别和配置时，准确连接了正确的 NCU/PLC 的操作面板并选择了正确的数据库。
- 为避免进行错误的 SafeUserData 数据库配置，确保只有待配置的数据库会收到“writeEnable”信号（在用户程序中触发）。
- 显示数据库名称，以便识别正确的数据库。检查这些名称。
- 为了识别正确的 NCU/PLC，可查看版本数据中的 NCU 存储卡序列号。检查版本数据。
- 注意，只有待配置的 NCU/PLC 中的待配置的数据库会收到“writeEnable”信号。一次只配置网络中的一台机床。这样可避免配置错误的 NCU/PLC 的 SafeUserData 数据库。

(SUD37)

7.6.4.1 SafeUserData - 更改生效值

在“SafeUserData - 更改”屏幕中可以进行数值更改。如尚未进行任何更改，则软键“提交”灰显。更改过的值保存在 SINUMERIK Operate（或 SINUMERIK ONE Commissioning Tool）的内存中。如要传输更改过的值，必须按下软键“提交”（参见“提交生效值（页 329）”）。

7.6 在 SINUMERIK 调试工具中配置 SafeUserData

调用

依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > SafeUserData > 更改”。



图 7-22 示例 SINUMERIK ONE: SafeUserData - 更改

表格 7-14 说明

名称	说明
元素名称	该列显示所有块元素的名称。
格式	该列显示元素的显示格式（B = bool，+/-D = Int/DInt）。
生效值	该列显示 PLC 中的生效值。
新值	该列中可进行数值更改（更改过的栏会显示黄色背景）。

表格 7-15 垂直软键

名称	说明
提交	如尚未在该块中进行任何更改，软键“提交”灰显。使用该软键对更改过的数值进行确认。
取消	使用该软键取消更改。

7.6.4.2 SafeUserData - 提交生效值

调用

依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > SafeUserData > 详细信息 > 更改 > 提交”。

更改了数值后，软键“提交”生效。更改过的数值栏显示“黄色”背景。

Element name	Format	Active value	New value
door1	B	0	0
door2	B	0	1
A2Achse	B	0	0
B1Achse	B	0	0
Handling	B	0	0
myOption6	B	0	0
WZM1	B	0	0
WZM2	B	0	1
myOption9	B	0	0
BA3	B	0	0
BA4	B	0	0
myOption12	B	0	0
myOption13	B	0	0
Rueckzug	B	1	1
SpindelSTO	B	0	0
ax4	B	0	0

图 7-23 示例 SINUMERIK ONE: SafeUserData - 提交生效值

表格 7-16 说明

名称	说明
元素名称	该列显示所有块元素的名称。
格式	该列显示元素的显示格式（B = bool, +/-D = Int/DInt）。
生效值	该列显示 PLC 中的生效值。
新值	该列中可进行数值更改（更改过的栏会显示黄色背景）。

7.6 在 SINUMERIK 调试工具中配置 SafeUserData

表格 7-17 垂直软键

名称	说明
提交	按下软键“提交”后，数据将传输到 PLC 中。此处会对数值进行检查，如无错误便在用户接口块上输出。接着会要求用户检查新生效的值，并按下软键“确认/保存”结束更改过程（参见“检查新生效值 (页 331)”）。
取消	使用该软键取消更改。

7.6.4.3 SafeUserData - 检查/确认/保存新生效值

警告

如未保存配置，错误的数据组配置会导致出错

如未保存数据组配置，下次 PLC 启动时则会使用以前的配置。这有可能使已不再适用于机床或机床设备的配置生效。

这会导致安全装置出错或失效。如果不采取适当的预防措施，将有可能导致死亡或重伤。

- 确保执行了保存操作。
- 通常在 PLC 重启后要执行一次验收测试。

(SUD38)

调用

依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > SafeUserData > 详细信息 > 更改 > 提交”。

在提交了更改过的值后，必须比较“新生效值”一列和“输入的值”一列中的数值。检查后，按下软键“确认/保存”进行数值确认。

SIEMENS		SINUMERIK ONE		07/20/21 11:28	REF. POINT
SafeUserData - Overview - Details - Check and confirm reactivated values				sudMyOptions (Bool)	
Element name	Format	Reactivated value	Entered value		
door1	B	0	0		
door2	B	1	1		
A2Achse	B	0	0		
B1Achse	B	0	0		
Handling	B	0	0	Confirm/Save	
myOption6	B	0	0		
WZM1	B	0	0		
WZM2	B	1	1		
myOption9	B	0	0		
BA3	B	0	0		
BA4	B	0	0		
myOption12	B	0	0		
myOption13	B	0	0		
Rueckzug	B	1	1	Cancel	
SpindelSTO	B	0	0		
ax4	B	0	0		

图 7-24 示例 SINUMERIK ONE: SafeUserData - 检查新生效值

7.6 在 SINUMERIK 调试工具中配置 SafeUserData

表格 7-18 说明

名称	说明
元素名称	该列显示所有块元素的名称。
格式	该列显示元素的显示格式（B = bool, +/-D = Int/DInt）。
新生效值	该列显示 PLC 中的生效值。
输入的值	该列显示新输入的值。

表格 7-19 垂直软键

名称	说明
确认/保存	<p>使用该软键在 PLC 中确认数值。</p> <p>数值会被 PLC 确认，块签名被更新和保存。</p> <p>提示：</p> <p>如在按下软键“确认/保存”前中断操作，会导致数据组未被保存。</p>
取消	<p>使用该软键取消更改。已生效的值会被复位，之前有效的值会重新生效。不会在 PLC 中进行数值确认。</p> <p>取消后，会显示屏幕“SafeUserData - 更改生效值”。</p>

7.6.4.4 SafeUserData - 确认更改值

调用

依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > SafeUserData > 详细信息 > 更改 > 提交 > 确认/保存”。

如果更改值已被 PLC 确认，会显示以下屏幕：

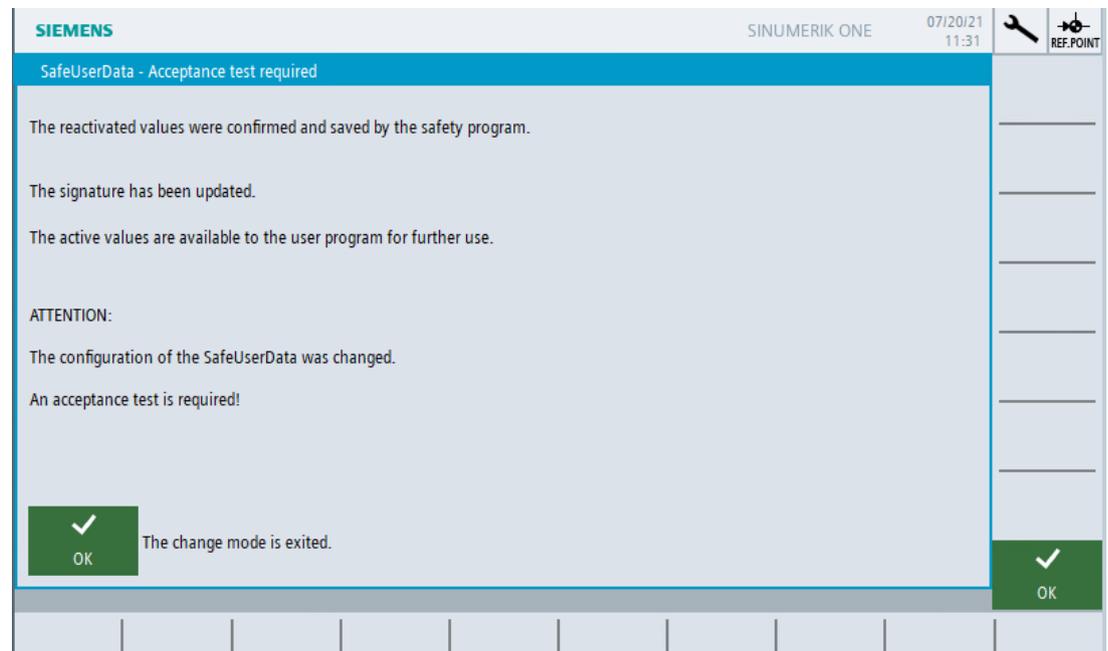


图 7-25 示例 SINUMERIK ONE: SafeUserData - 更改值被安全程序确认

表格 7-20 垂直软键

名称	说明
确认	使用该软键退出更改模式，返回至屏幕“SafeUserData - 概览 - 详细信息”。

结果

SafeUserData 现在配置完成。数据已被保存并可在用户接口上使用。块签名已被更新。

- 最后还需要在 SINUMERIK Operate（或 SINUMERIK ONE Commissioning tool）中执行一次验收测试。

7.6.5 SafeUserData - 设定值

7.6.5.1 SafeUserData - 设定值详细信息

概述

为了减少更改数据时的数据输入工作量，可在数据块中将数值保存为设定值。如果选中的用户接口块上存在带设定值的数据块，那么在屏幕“SafeUserData – 详细信息”和“SafeUserData – 更改生效值”中就会显示软键“设定值”。

在更改模式下，这些设定值可作为一个整体的数据组提交到 SINUMERIK Operate（或 SINUMERIK ONE Commissioning Tool）的内存中并显示在“新值”一列中。不能只提交其中一部分的设定值。

之后会显示提示信息，询问如何对设定值进行更改。

调用

依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > SafeUserData > 详细信息”。

在屏幕“详细信息”中显示所选“用户接口块”的全部元素及生效值。使用软键“设定值”可以只读方式显示设定值。如要激活设定值，必须先按下软键“更改”。

Element name	Format	Active value
door1	B	0
door2	B	1
A2Achse	B	0
B1Achse	B	0
Handling	B	0
myOption6	B	0
WZM1	B	0
WZM2	B	1
myOption9	B	0
BA3	B	0
BA4	B	0
myOption12	B	0
myOption13	B	0
Rueckzug	B	1
SpindelSTO	B	0
ax4	B	0

图 7-26 示例 SINUMERIK ONE: SafeUserData - 显示设定值

7.6.5.2 SafeUserData - 提交设定值

调用

依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > SafeUserData > 详细信息 > 更改 > 设定值”。

Element name	Format	Active value	Default value
door1	B	0	1
door2	B	1	0
A2Achse	B	0	1
B1Achse	B	0	0
Handling	B	0	0
myOption6	B	0	0
WZM1	B	0	1
WZM2	B	1	0
myOption9	B	0	0
BA3	B	0	0
BA4	B	0	0
myOption12	B	0	0
myOption13	B	0	0
Rueckzug	B	1	0
SpindelSTO	B	0	1
ax4	B	0	0

图 7-27 示例 SINUMERIK ONE: SafeUserData - 提交设定值

此时在“生效值”右侧会显示一系列“设定值”。

表格 7-21 说明

名称	说明
元素名称	该列显示所有块元素的名称。
格式	该列显示元素的显示格式（B = bool, +/-D = Int/DInt）。
生效值	该列显示 PLC 中的生效值。
设定值	该列显示保存一个数据块中的设定值。

7.6 在 SINUMERIK 调试工具中配置 SafeUserData

表格 7-22 垂直软键

名称	说明
确认	使用该软键将所有设定值作为“新值”提交到 SINUMERIK Operate（或 SINUMERIK ONE Commissioning Tools）的内存中。 接着会再次显示屏幕“SafeUserData - 更改生效值”（参见“更改生效值 (页 327)”）。更改过的栏会显示黄色背景。
取消	使用该软键取消提交设定值。 取消后，会显示屏幕“SafeUserData - 更改生效值”。

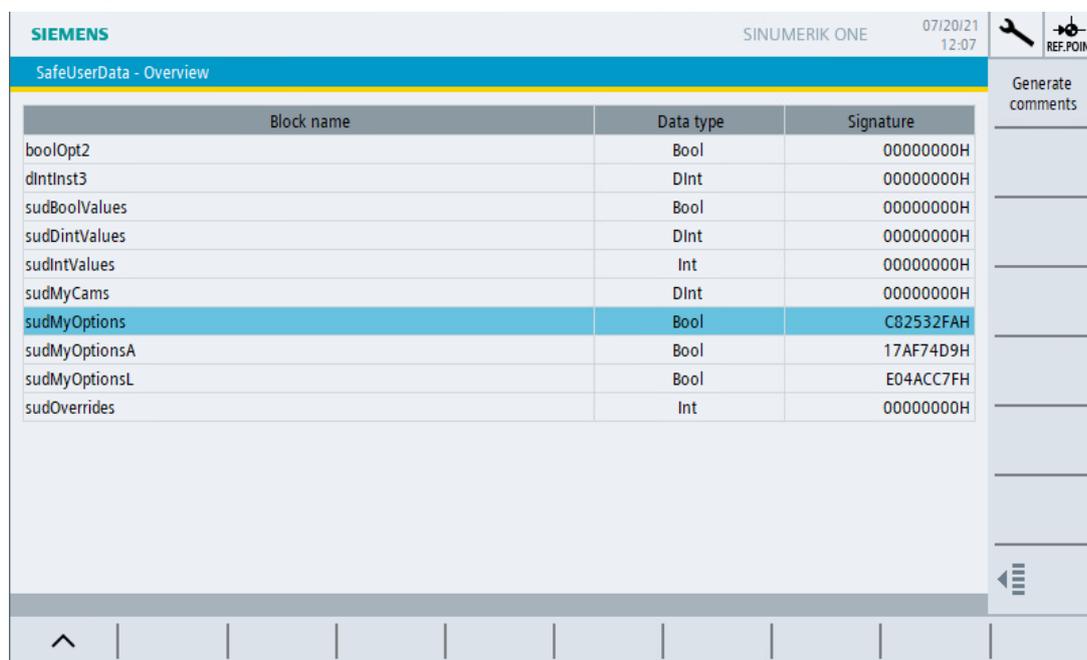
7.6.6 SafeUserData - 块和块元素的注释

7.6.6.1 SafeUserData - 创建注释模板

在 SINUMERIK Operate（或 SINUMERIK ONE Commissioning Tools）上可通过提示框显示 SUD 块和块元素的注释。

操作步骤

1. 在 SINUMERIK Operate 上创建注释文本的模板文件。
2. 打开屏幕“SafeUserData - 概览”。
3. 按下软键“生成注释”，为所有块创建一个模板。
此时会在目录“HMI 数据/Safety Integrated/SafeUserData/提示框模板”下生成一个文件“oem_sud_tooltip_eng.ts”。
在该模板中可以设置自己的注释并可作为其他语种注释的样板。



Block name	Data type	Signature
boolOpt2	Bool	0000000H
dIntInst3	DInt	0000000H
sudBoolValues	Bool	0000000H
sudDintValues	DInt	0000000H
sudIntValues	Int	0000000H
sudMyCams	DInt	0000000H
sudMyOptions	Bool	C82532FAH
sudMyOptionsA	Bool	17AF74D9H
sudMyOptionsL	Bool	E04ACC7FH
sudOverrides	Int	0000000H

图 7-28 “SafeUserData - 概览” 屏幕以及软键“生成注释”

7.6.6.2 SafeUserData - 编辑注释模板

标签“context”包含对相应的用户接口块的说明。在每个块/块元素的标签“translation”中，可将文本“提示框文本”替换为各自的注释文本。

编辑后必须将文件复制到控制系统的目录“/HMI 数据/文本/制造商”下。在 SINUMERIK Operate（或 SINUMERIK ONE Commissioning Tools）重启后，注释便可以显示。此操作需要对每种所需语言执行一遍。

7.6 在 SINUMERIK 调试工具中配置 SafeUserData

经过编辑的“*.ts 文件”的示例片段：

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!DOCTYPE TS>
<TS>
  <context>
    <name>sudMyOptions</name>
    <message>
      <source>TT_sudMyOptions</source>
      <translation>SafeUserData Optionen</translation>
    </message>
    <message>
      <source>TT_WZM2</source>
      <translation>Werkzeugmagazin2 vorhanden</translation>
    </message>
  </context>
</TS>
```

SINUMERIK Operate 上的用户注释显示：

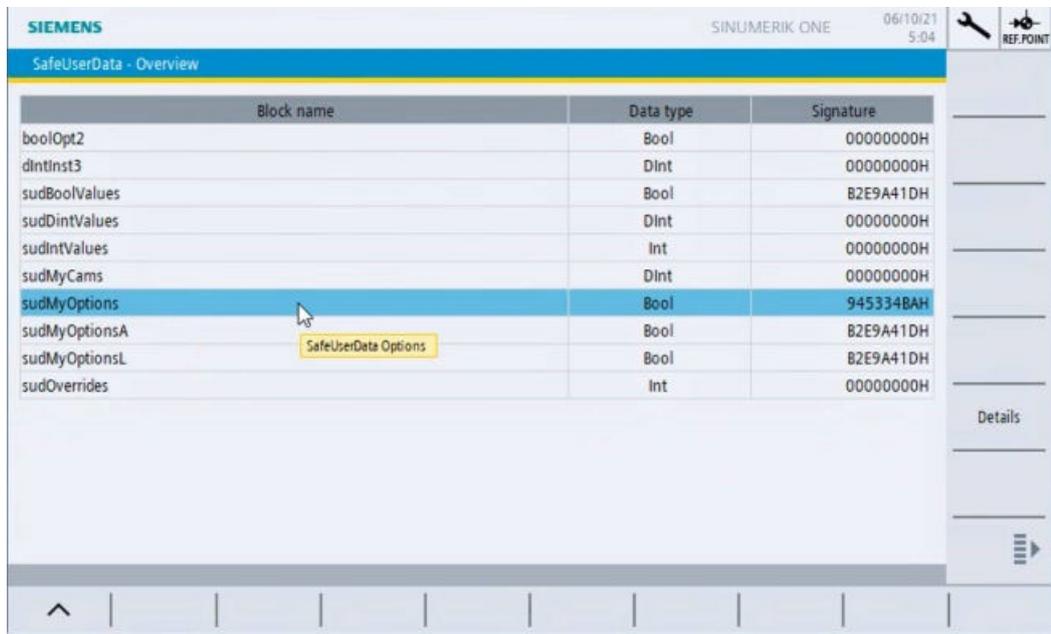


图 7-29 “SafeUserData - 概览” 屏幕及块注释

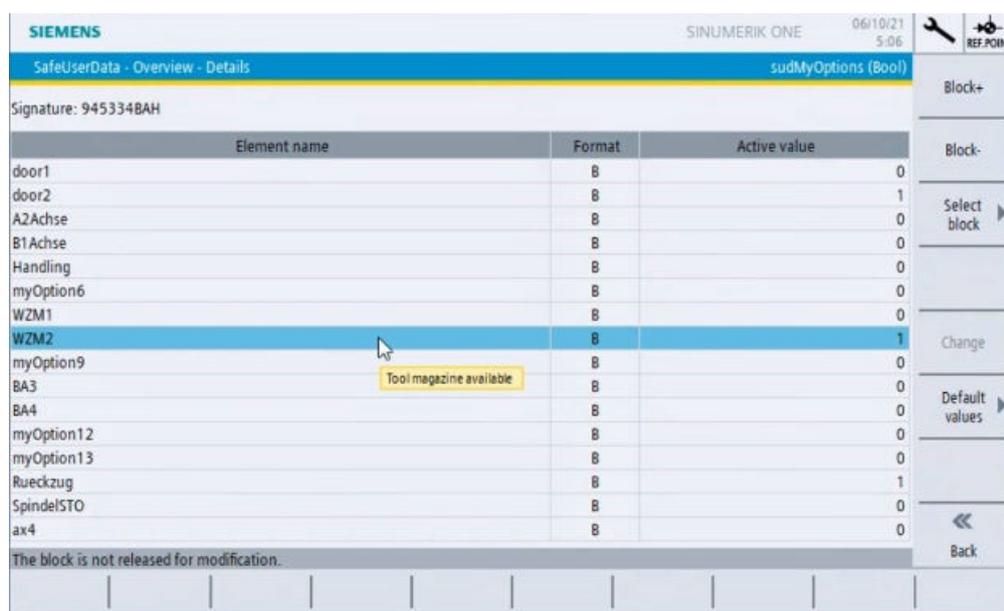


图 7-30 “SafeUserData – 详细信息” 屏幕及块元素注释

7.6.7 SafeUserData - 导入和导出当前值

7.6.7.1 导出/导入简介

SUD 当前值掉电保存在 PLC 中。可以整体导入或导出所有用户数据块的当前值。

导出或导入文件格式为“*.sud”。

文件可通过文件夹“oem/sinumerik/hmi/data/safety/safeuserdata/config/”管理。导入或导出操作始终在该文件夹中进行。但该保存地点也允许有子文件夹。

7.6 在 SINUMERIK 调试工具中配置 SafeUserData

调用

依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > SafeUserData”。

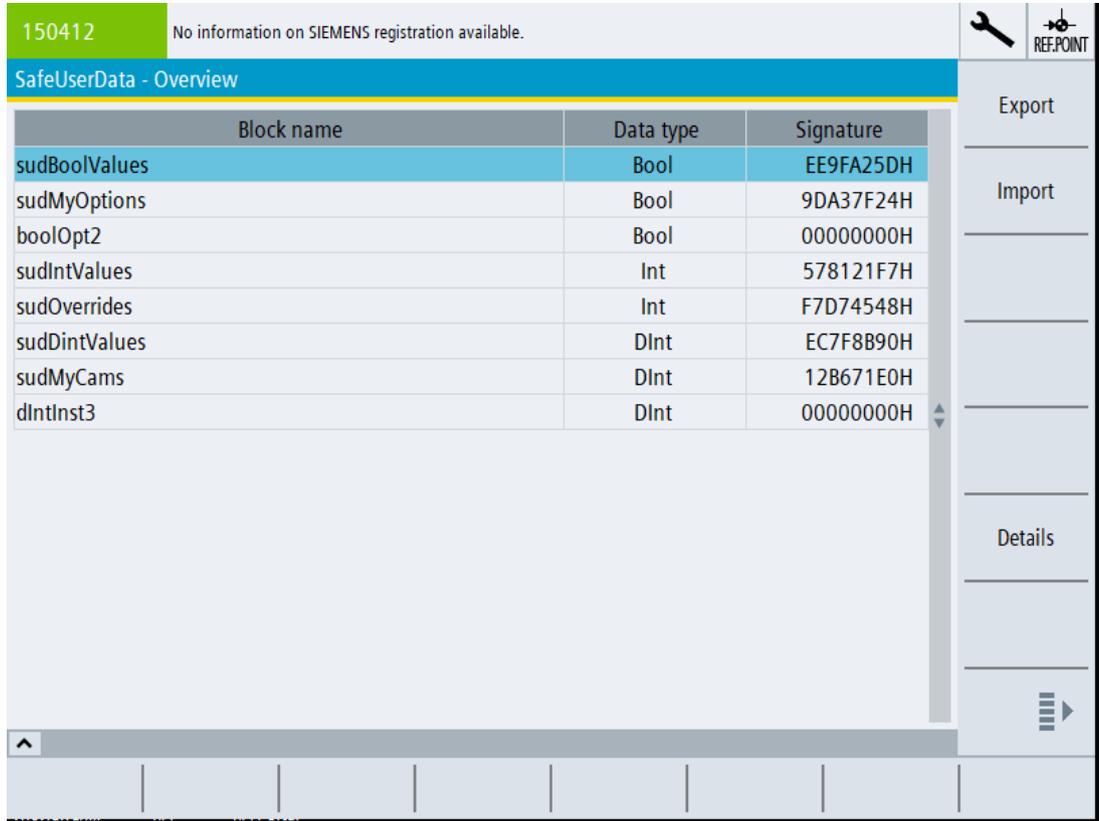


图 7-31 示例 SINUMERIK ONE: SafeUserData - 块概览

表格 7-23 信息

名称	说明
块名称	该列列出 SafeUserData 的“用户接口”。其中也包括了所谓的“Nested block”。 “Nested block”是数值在总数据块中管理的数据块。“Nested block”的名称中包含点。
数据类型	该列显示各“用户接口”的数据类型。
签名	该列显示 SafeUserData 实例的当前签名。

表格 7-24 垂直软键

名称	说明
导出	按下该软键，将所有 SUD 当前值导出到保存地点。此时可以为导出文件命名，然后启动导出过程。
导入	按下该软键，从保存地点的导入文件中导入所有 SUD 当前值。此处可以选择目标导入文件，然后启动导入过程。
详细信息	使用该软键切换至屏幕“SafeUserData - 详细信息”。

7.6.7.2 SafeUserData - 导出

所有用户数据块的当前值可以导出为一份文件。目前还不能单独选择某个用户数据块进行导入或导出。

前提条件

- 所有“writeEnable”信号失效。
- 所有 SUD 用户数据块都已调试（签名!= 0H）。

7.6 在 SINUMERIK 调试工具中配置 SafeUserData

调用

依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > SafeUserData > 导出”。

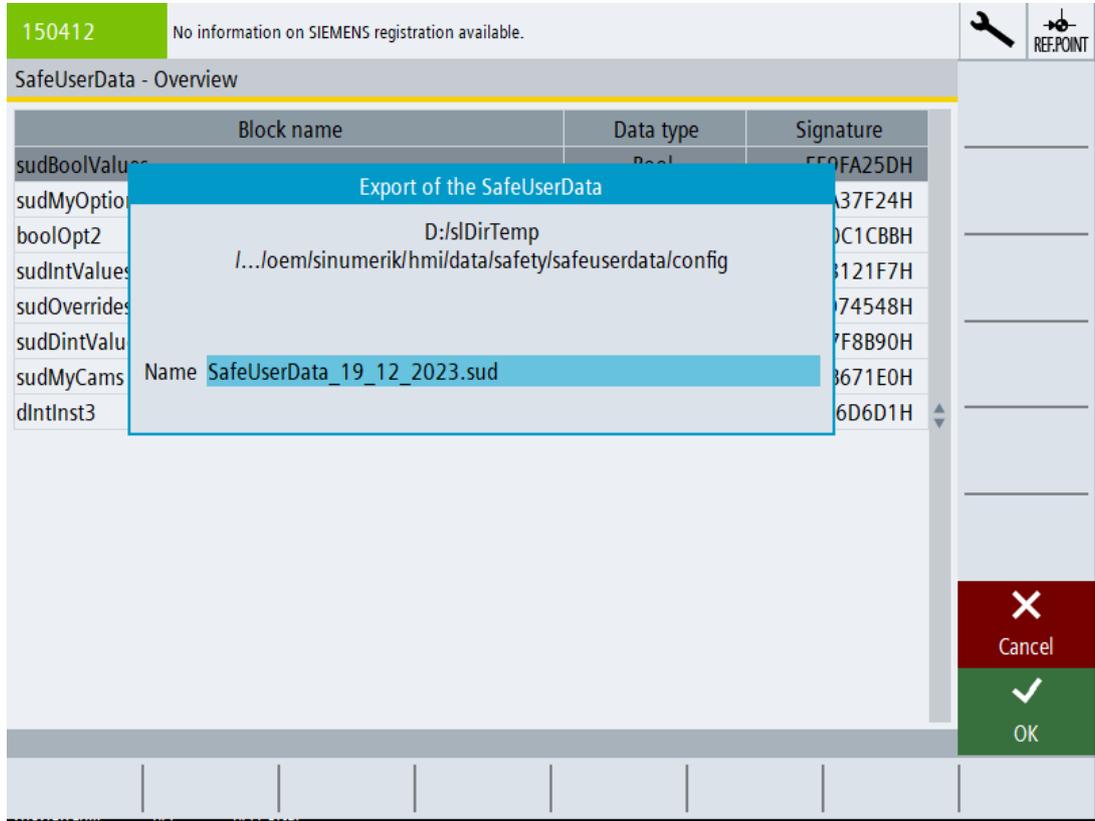


图 7-32 示例：导出 SUD 文件

表格 7-25 信息

名称	说明
名称	在这里输入导出文件的名称。输出格式固定为“*.sud”。

表格 7-26 垂直软键

名称	说明
确认	按下该软键，开始将 SUD 当前值导出为一份指定格式的导出文件。 接着会显示导出结果。 按下该软键，确认显示的导出结果。
取消	按下该软键，取消当前值的导出操作。 取消后，会显示屏幕“SafeUserData - 一览”。

结果

导出成功时，会显示消息“SafeUserData 的导出结束”。

导出失败时，会显示消息“SafeUserData 的导出中断”。可能的原因包括：

- 至少在一个数据块上，“writeEnable”信号生效。
- 不是所有块都已初始化。
- 从 PLC 读各个数据块元素当前值时出错。
- 写入导出文件时出错。

参见

SafeUserData - 初始化数据块 (页 343)

7.6.7.3 SafeUserData - 初始化数据块

在创建并加载一个新项目后，用户数据块没有初始化。用户数据块的签名为“OH”。在初始化后，未初始化的用户数据块的元素的值赋为“OH”并加以确认。之后用户数据块便可获得一个有效签名，元素当前值提供给用户程序使用。

前提条件

- 至少一个用户数据块的签名为“OH”。
- 未初始化的用户数据块的“writeEnable”信号生效。
没有该生效信号，无法进行初始化。

7.6 在 SINUMERIK 调试工具中配置 SafeUserData

调用

依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > SafeUserData > 垂直扩展建”。

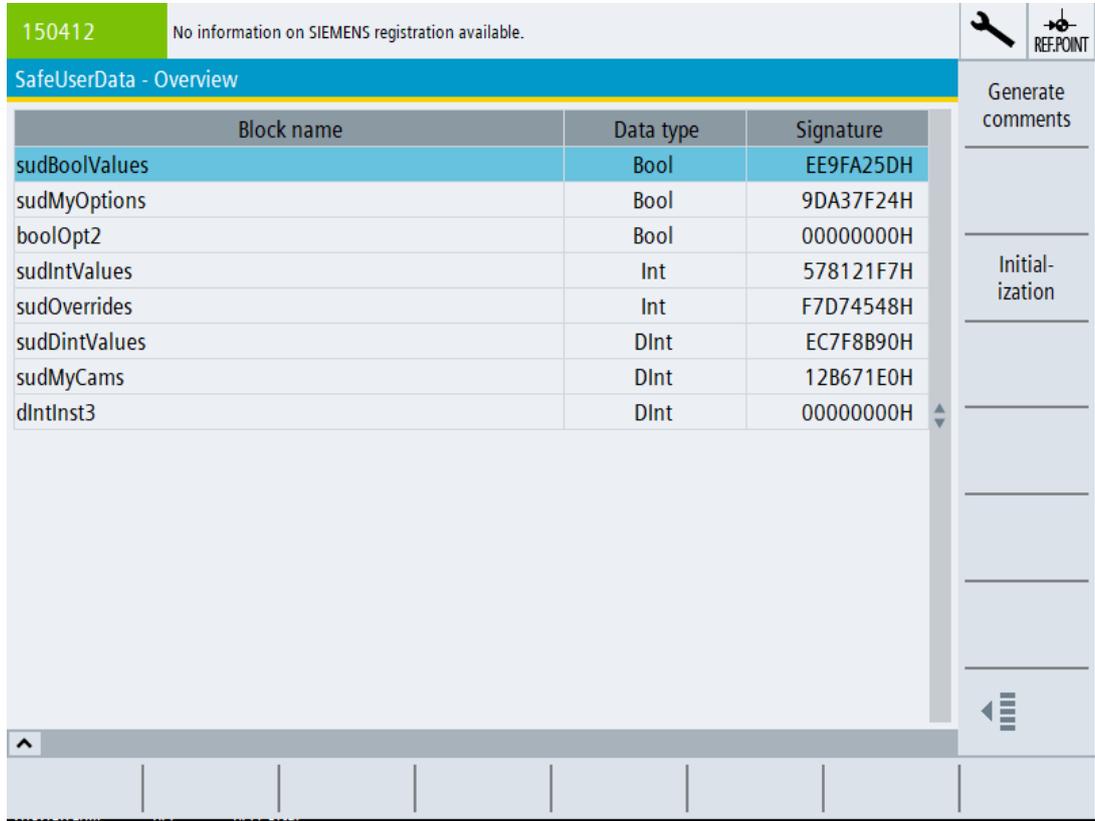


图 7-33 示例：允许初始化 SUD

表格 7-27 垂直软键

名称	说明
初始化	按下该软键，检查没有签名的用户数据块。只有当至少一个用户数据块没有签名时，该软键才激活，可操作。

调用初始化

依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > SafeUserData > 垂直扩展建 > 初始化”。

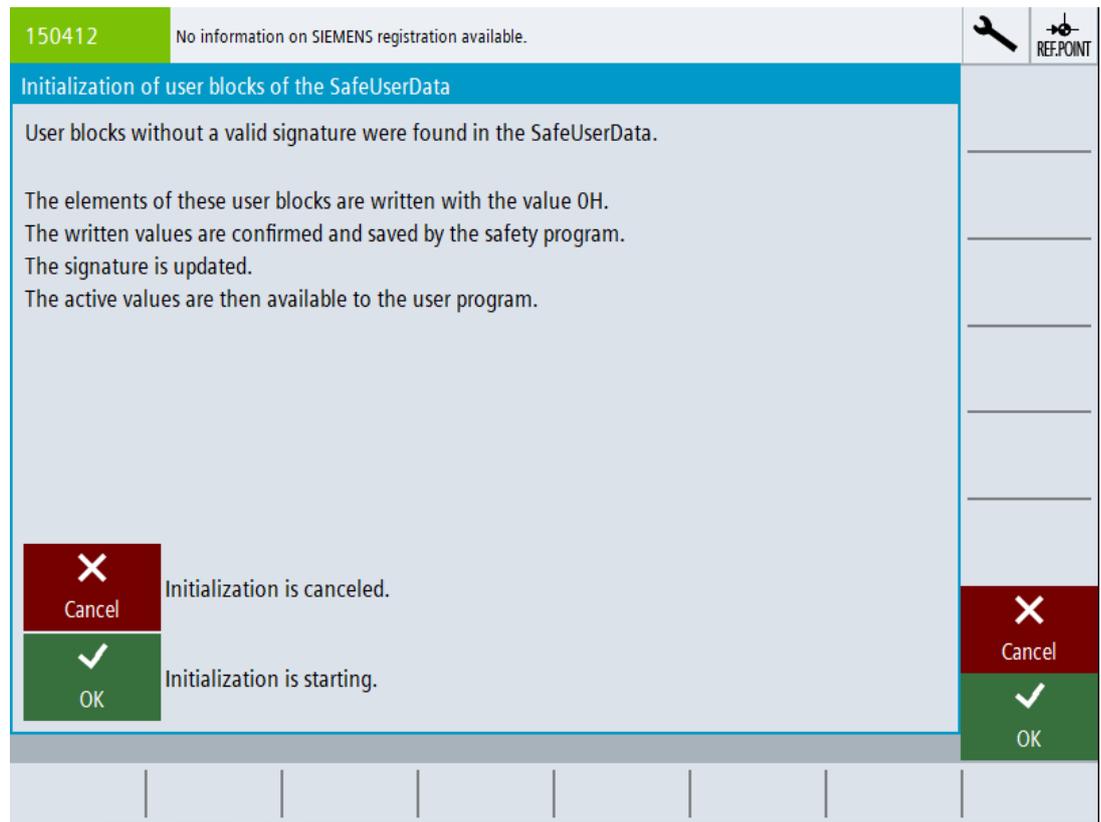


图 7-34 示例：启动初始化

表格 7-28 垂直软键

名称	说明
确认	按下该软键，最终启动初始化。 接着会显示初始化结果。 按下该软键，确认显示的导出结果。
取消	按下该软键，可取消初始化。 取消后，会显示屏幕“SafeUserData - 一览”。

7.6 在 SINUMERIK 调试工具中配置 SafeUserData

结果

程序试图给所有目前还缺少签名的用户数据块初始化其签名。初始化执行成功时，会显示消息“初始化已结束”。此时所有用户数据块签名有效。

说明

需要进行验收测试

初始化后总是要执行验收测试。

初始化执行失败时，会显示消息“初始化已中断”。可能的原因包括：

- “writeEnable”信号并非在所有用户数据块上都生效。

7.6.7.4 SafeUserData - 导入

从选中的导入文件可以将 SUD 当前值导入 PLC。

前提条件

- 哈希值正确。
- 所有“writeEnable”信号生效。
- 导入文件的内容和加载的 PLC 项目的 SUD 部分一致。
- 用户数据块中元素的类型、名称和顺序和加载的 PLC 项目一致。

调用

依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > SafeUserData > 导入”。

导入文件选择对话框打开：

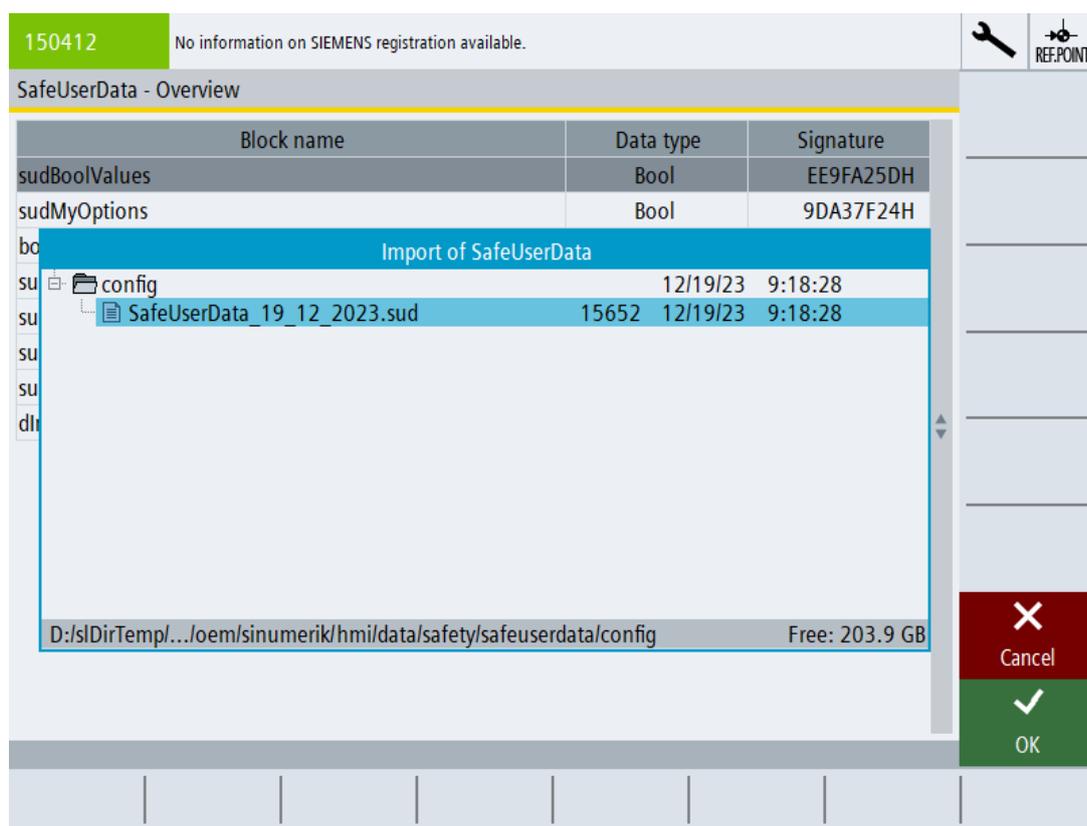


图 7-35 示例：导入 SUD 文件

表格 7-29 信息

名称	说明
导入 SafeUserData	选择所需导入文件。

表格 7-30 垂直软键

名称	说明
确认	按下该软键，开始从选中的导入文件导入 SUD 当前值。 接着会显示导入结果。 按下该软键，确认显示的导入结果。
取消	按下该软键，取消当前值的导入操作。 取消后，会显示屏幕“SafeUserData - 一览”。

结果

程序写入所有实例，并检查当前值。检查通过时，会保存当前值，显示消息“SafeUserData 的导入结束”。

说明

需要进行验收测试

导入当前值后总是要执行验收测试。

检查失败时，会显示消息“SafeUserData 导入中断”。可能的原因包括：

- 读取导入文件时出错。
- 文件的哈希值错误。
- 文件的版本无效。
- 用户数据块数量、类型或名称或数据块中元素的顺序和当前 PLC 项目不一致。
- “writeEnable”信号并非在所有用户数据块上都生效。

7.7 配置驱动集成的安全功能

7.7.1 概述

本章主要介绍如何使用 SINUMERIK Operate 画面和设置调试各个安全功能。

基本步骤

在 SINUMERIK Operate 中调用对应的调试画面，然后为各个驱动配置安全功能。

表格 7-31 调试画面和功能说明

调试画面	详细的功能说明
STO (页 126)/ SS1 Basic (页 139)	Safe Torque Off (页 126) / Safe Stop 1 (页 139)
STO Extended (页 361)	Safe Torque Off (页 126)
SBC (页 363)	Safe Brake Control (页 132)
SS1 Extended (页 365)	Safe Stop 1 (页 144)
SS2/SOS (页 367)	Safe Stop 2 (页 152) / Safe Operating Stop (页 163)
SLS (页 373)	Safely-Limited Speed (页 168)
SSM (页 377)	Safe Speed Monitor (页 181)
SAM (页 369)	Safe Acceleration Monitor (页 188)
SBR (页 371)	Safe Brake Ramp (页 190)

7.7 配置驱动集成的安全功能

调试画面	详细的功能说明
SDI (页 380)	Safe Direction (页 194)
SLP/SP (页 383)	Safely-Limited Position (页 202) / Safe Position (页 207)
SBT (页 386)	Safe Brake Test (页 212)
SCA (页 391)	Safe Cam (页 226)
仅可通过参数列表进行参数设置	Safely Limited Acceleration (页 229)
SS2E (页 394)	带外部停止的 Safe Stop 2 (页 155)
SS2ESR (页 396)	Safe Stop 2 扩展停止和回退 (页 159)
安全回参考点 (页 398)	安全回参考点 (页 233)
仅可通过机床数据进行参数设置	选择安全停止时的数控制动斜坡 (页 253)

有关工作流程以及参数设置的更多信息请参考功能描述。

在很多画面中按下软键“建议值”，对应的调试画面会自动填入相应数据。

除了调试画面的另一种方法是采用“参数列表”，和各个安全功能相关的所有参数以列表形式列出。

7.7.2 停止响应

7.7.2.1 概述

可触发的停止响应取决于使用的 Safety Integrated Functions 范畴：

- Safety Integrated Basic Functions 故障时可触发的停止响应 (页 351)
- Safety Integrated Extended Functions 故障时可触发的停止响应 (页 352)

停止响应和安全功能都具有一定优先级：

- 每个安全功能只有一个优先级。
- 不同停止响应有不同优先级 (页 356)。
- 停止响应和 Safety Integrated Extended Functions 在优先级方面相互影响 (页 356)。

NC 内的运动控制功能和驱动控制的 Safety Integrated Functions 以及对应的停止响应关联在一起 (页 355)，因此 NC 内部不会触发多余的后续响应。

7.7.2.2 Basic Functions

Safety Integrated Basic Functions 故障会触发以下停止响应：

表格 7-32 Safety Integrated Basic Functions 的停止响应

停止响应	触发条件	操作	结果
STOP A 无法应答	所有无法通过脉冲清除应答的 Safety 故障	通过各监控通道的断路路径触发安全脉冲清除。带 SBC	电机缓慢停转或被抱闸制动。
STOP A	所有可应答 Safety 故障 作为 STOP F 的后续响应	时： 闭合抱闸。	
	<p>STOP A 符合 EN 60204-1 的 0 类停机。</p> <p>使用 STOP A 时，电机转矩由“Safe Torque Off (STO)”功能直接关断。</p> <p>这样可以防止电机在静态下意外启动。</p> <p>而运行中的电机则缓慢停转。可以通过使用外部制动装置，例如抱闸或运行制动防止电机转动。</p> <p>STOP A 激活时，STO 功能生效。</p>		
STOP F	在交叉数据检查中出错时	过渡到 STOP A	选择了一项 SI 功能时，可设置带延时的 STOP A（出厂设置不带延时）
	<p>STOP F 固定配有交叉数据检查 (KDV)。从而识别监控通道中的故障。</p> <p>STOP F 后触发 STOP A。</p> <p>STOP A 激活时，STO 功能生效。</p>		



警告

触发 STOP A/F 时可导致轴的不受控运动

对于垂直轴和牵引负载，在触发 STOP A/F 时存在轴不受控制运行的危险。如在危险区域逗留，可导致人员死亡或重伤。

- 可以使用“Safe Brake Control(SBC)”和一个具有足够保持力的抱闸（不具有故障安全性！）来避免危险。

7.7.2.3 Extended Functions

Safety Integrated Extended Functions 检测出故障和超限时会触发以下停止响应:

表格 7-33 Safety Integrated Extended Functions 的停止响应

停止响应	触发条件	触发轴的响应或 DRV 响应	其他轴的响应或 NC 响应
STOP A ¹⁾ (符合 STO ²⁾)	<ul style="list-style-type: none"> 出现任何一个可以通过脉冲封锁应答的 SI 故障时被触发 作为 STOP B 的后续响应被触发 作为 SLS 中通过 p9563 设置的后续停止被触发 作为 SDI 中通过 p9566 设置的后续停止被触发 作为 SLP 中通过 p9562 设置的后续停止被触发 作为 SLA 中通过 p9579 设置的后续停止被触发 	<p>立即封锁脉冲</p> <p>作用: 驱动器惯性停转</p>	<p>所有轨迹轴: IPO 快速停止 所有轴, 除了轨迹轴和触发轴: 斜坡式制动 (加速限值)</p>
STOP B ¹⁾ (符合 SS1 ³⁾)	<p>示例:</p> <ul style="list-style-type: none"> 超出 p9530 中设定的静态公差 (SOS): 作为 SLS 中通过 p9563 设置的后续停止被触发 作为 SDI 中通过 p9566 设置的后续停止被触发 作为 SLP 中通过 p9562 设置的后续停止被触发 作为 STOP F 的后续响应被触发 作为 SLA 中通过 p9579 设置的后续停止被触发 	<p>立即给出转速设定值 0 并开始延时段 t_b, t_b 届满后或者 $n_{实际} < n_{关机}$ 时触发 STOP A。</p> <p>作用: STOP B 之后触发 STOP A。 电机沿着 OFF3 斜坡制动, 接着过渡至 STOP A</p> <p>提示: 执行“带外部停止的 SS1” (SS1E) 时不沿着 OFF3 斜坡制动 (参见章节带外部停止的 SS1 (扩展功能) (页 150))</p> <p>立即设定转速设定值 = 0 并激活数控制动斜坡 (参见章节“选择安全停止时的数控制动斜坡 (页 253)”)</p>	<p>所有轨迹轴: IPO 快速停止 所有轴, 除了轨迹轴和触发轴: 斜坡式制动 (加速限值)</p>

停止响应	触发条件	触发轴的响应或 DRV 响应	其他轴的响应或 NC 响应
STOP C ¹⁾ (符合 SS2 ⁴⁾)	<ul style="list-style-type: none"> 作为 SLS 中通过 p9563 设置的后续停止被触发 作为 SDI 中通过 p9566 设置的后续停止被触发 作为 SLP 中通过 p9562 设置的后续停止被触发 作为 SLA 中通过 p9579 设置的后续停止被触发 	<p>立即给出转速设定值 0 并开始延时段 t_c， t_c 届满后选择 SOS。</p> <p>作用： 电机沿着 OFF3 斜坡制动，之后选择 SOS。</p> <p>立即设定转速设定值 = 0 并激活数控制动斜坡（参见章节“选择安全停止时的数控制动斜坡 (页 253)”）</p>	<p>所有轨迹轴：IPO 快速停止</p> <p>所有轴，除了轨迹轴和触发轴：斜坡式制动（加速限值）</p>
STOP D ¹⁾ , ⁵⁾	<ul style="list-style-type: none"> 作为 SLS 中通过 p9563 设置的后续停止被触发 作为 SDI 中通过 p9566 设置的后续停止被触发 作为 SLP 中通过 p9562 设置的后续停止被触发 作为 SLA 中通过 p9579 设置的后续停止被触发 	<p>开始延时段 t_D， 无驱动器自动响应，只有 NC 响应，见右侧。 t_D 届满后选择 SOS。</p> <p>仅在 SOS 中超出了静态公差窗口时才会执行变频器的自动响应。</p>	<p>沿着轨迹制动（插补式制动）或已激活数控制动斜坡（参见章节“选择安全停止时的数控制动斜坡 (页 253)”）</p>

7.7 配置驱动集成的安全功能

停止响应	触发条件	触发轴的响应或 DRV 响应	其他轴的响应或 NC 响应
STOP E ^{1), 5)}	<ul style="list-style-type: none"> 作为 SLS 中通过 p9563 设置的后续停止被触发 作为 SDI 中通过 p9566 设置的后续停止被触发 作为 SLP 中通过 p9562 设置的后续停止被触发 作为 SLA 中通过 p9579 设置的后续停止被触发 	p9554 届满后触发 SOS 作用: 控制变频器中集成的 ESR 功能	快速回退，在受控轴上实现回退运动
STOP F ¹⁾	在交叉数据校验出错时被触发。 作为 STOP B 或 STOP A 的后续响应被触发。	延时段 t_{F1} (Basic Functions) 或 t_{F2} (Extended Functions) 生效。 变频器无响应 作用: 选择了安全功能 (SOS、SLS) 时或者使能了带回差的 SSM 时, t_{F1} (Basic Functions) 届满后过渡至 STOP A, t_{F2} (Extended Functions) 届满后过渡至 STOP B。	NC 启动/运行禁止

¹⁾ 参见下文“总线故障时延迟的脉冲封锁”的说明。

²⁾ 触发 STOP A (不考虑安全信息) 后驱动器的响应与触发 STO 后的响应相符。请注意, STO 的设置同样适用于 STOP A。

³⁾ 触发 STOP B (不考虑安全信息) 后驱动器的响应与触发 SS1 后的响应相符。比如: SAM 或 SBR 监控以相同的方式生效。请注意, SS1 的设置同样适用于 STOP B。

⁴⁾ 触发 STOP C (不考虑安全信息) 后驱动器的响应与触发 SS2 后的响应相符。比如: SAM 监控以相同的方式生效。请注意, SS2 的设置同样适用于 STOP C。

⁵⁾ 触发 STOP D (E) (不考虑安全信息) 后驱动器的响应与触发 SS2E (SS2ESR) 后的响应相符。

说明

总线故障时延迟的脉冲封锁

SLS、SDI、SLP 和 SLA 的停止响应中也可以选择“在出现总线故障时延迟脉冲封锁”，以便变频器在通讯中断时有充分的时间响应：

- 在 $p9580 \neq 0$ 、SLS 激活时出现通讯故障：只有在将一个带有延时脉冲封锁的 STOP 设为 SLS 响应时（即设置 $p9563[0...3] \geq 10$ ），变频器才会执行设置的 ESR 响应。
- 在 $p9580 \neq 0$ 、SDI 激活时出现通讯故障：只有在将一个带有延时脉冲封锁的 STOP 设为 SDI 响应时（即设置 $p9566 \geq 10$ ），变频器才会执行设置的 ESR 响应。
- 在 $p9580 \neq 0$ 、SLP 激活时出现通讯故障：只有在将一个带有延时脉冲封锁的 STOP 设为 SLP 响应时（即设置 $p9562[0...1] \geq 10$ ），变频器才会执行设置的 ESR 响应。
- 在 $p9580 \neq 0$ 、SLA 激活时出现通讯故障：只有在将一个带有延时脉冲封锁的 STOP 设为 SLA 响应时（即设置 $p9579 \geq 10$ ），驱动才会执行设置的 ESR 响应。

延迟时间（ $p9580$ ）最长为 800 毫秒。

说明

STOP F 和 STOP B 之间的延迟时间

只有在 STOP F 和 STOP B 之间由于分析“内部事件”（ $r9722.7$ ）反馈信号而引起了额外的响应时，才能设置这两者之间的延迟时间。

另外在使用延迟时间时必须选中一个监控功能如高速度限值的 SLS 或者配置 SSM 的回差。SSM 上使能的回差应视为一个激活的监控功能。

停止响应的过渡延迟时间

- $t_B:p9556$
- $t_C:p9552$
- $t_D:p9553$
- $t_E:p9554$
- $t_{F1}:p9658$
- $t_{F2}:p9555$
- $n_{\text{关机}}:p9560$

7.7.2.4 接入 NC 及其影响

NC 内的运动控制功能经过 SIC 控制信号和驱动内的 Safety Integrated Functions 关联在一起，因此 NC 内部不会触发多余的后续响应。

7.7 配置驱动集成的安全功能

示例：NC 中的运动控制功能会针对驱动的停止响应进行相应动作，比如：不再设定轨迹的设定值，这样就可以避免应答报警，例如“轮廓监控”或“定位监控”。

利用 S_ZSW1（或 S_ZSW1B）的对应状态位便可以将安全停止响应接入 NC：

7.7.2.5 优先级

表格 7-34 停止响应的优先级

优先级	停止响应
最高优先级	STOP A
.....	STOP B
...	STOP C
..	STOP D
..	STOP E
最低优先级	STOP F

停止响应与 Extended Functions 的优先级

下表指出了选中的安全功能触发了 STOP 时会有哪些停止响应或安全功能生效。

表格 7-35 停止响应与 Extended Functions 的优先级

停止响应/ Extended Function		最高 优先级	最低 优先级
		STOP A	STOP B	STOP C	STOP D	STOP E	STOP F
最高 优先级	STO	STOP A/STO	STO	STO	STO	STO	STO
.....	SS1	STOP A	STOP B/SS1	SS1	SS1	SS1	SS1
...	SS2	STOP A	STOP B	STOP C/SS2	SS2	SS2	SS2/STOP B ²⁾

..	SOS	STOP A ¹⁾	STOP B ¹⁾	SOS	SOS	STOP E/SOS	STOP B ²⁾
最低 优先级	SLS	STOP A ³⁾	STOP B ³⁾	STOP C ⁴⁾	STOP D ⁴⁾	STOP E ⁴⁾	STOP B ²⁾

- 1) SOS 监控功能一直保持生效，但是不会再触发故障响应，因为驱动器已作出响应。
- 2) STOP B 是 STOP F 的后续响应，它在设置的时间后生效。STOP F 本身没有作用，选择的安全功能仍然保持生效。
- 3) SLS 监控功能一直保持生效，但是不会再触发故障响应，因为驱动器已作出响应。
- 4) 制动过程中 SLS 一直保持生效，之后切换至 SOS。

表格的说明

每个安全功能只有一个优先级。例如即使请求了 STO，SOS 依然生效。

- 引起电机减速制动的安全功能 (SS1、SS2) 在表中从上至下按照优先级从高到低的顺序排列。
- 停止响应从左至右按照优先级由高到低的顺序排列 (STOP A - STOPF)。

如果一栏中有两项，则表示停止响应和安全功能具有相同的优先级。

- STOP A 等同于选择 STO
- STOP B 等同于选择 SS1
- STOP C 等同于选择 SS2
- STOP D 等同于选择 SOS
- STOP E 等同于选择 SOS（在另激活标准功能“扩展停机和回退 (ESR)”时）
- SS2 功能被选中时，STOP F 会引起后续停止 STOP B。SS2 继续保持生效。

表格示例：

- 刚刚选择了安全功能 SS1。STOP A 保持生效。
- 选择高优先级功能的 STOP 会触发现有低优先级功能的 STOP。比如：选择 SS1 (≙ STOP B) 会触发 STOP C-F。
- 选中了安全功能 SLS。该选择对 STOP A~STOP D 没有任何影响。现在，STOP F 会触发 STOP B，因为已经选择了一个安全功能。
- 选择了停止响应 STOP C。之前选择的是安全功能 STO 或 SS1 时，STOP C 不生效。之前选择的是 SS2 时，该制动斜坡保持生效。之前选择的是 SOS 时，SOS 继续生效，同时它也是 STOP C 的最终状态。之前选择的是 SLS 时，电机通过 STOP C 制动。

7.7.3 STO/SS1 Basic

前提条件

- 待配置的驱动目前处于 Safety Integrated 调试模式 (页 306)。
- 选中了一项基本功能。

显示调试画面“Safe Torque Off - STO/SS1 Basic”

依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > 功能 > STO/SS1 Basic”。

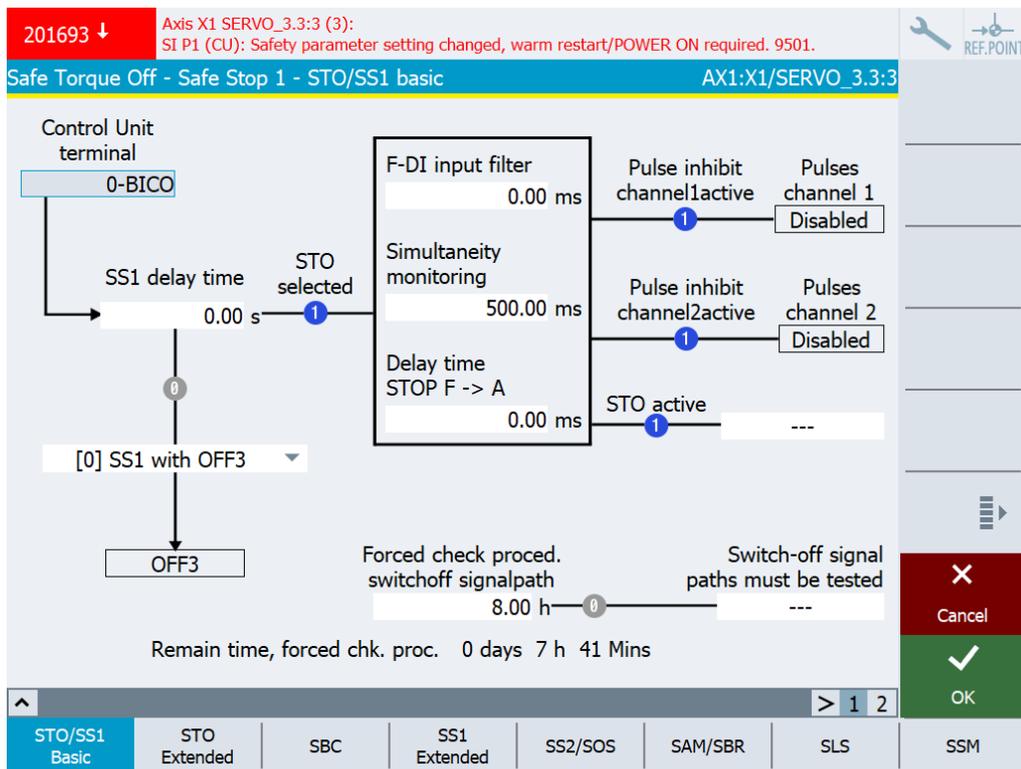


图 7-36 Safe Torque Off - Safe Stop 1 - STO/SS1 Basic

状态信息

状态符号可显示以下参数的当前状态（蓝色 = 生效；灰色 = 无效）：

状态	含义
STO 已选 r9772.0	设置“驱动中 STO 已选择”
无文本（制动响应） r9773.2	设置“驱动中的 SS1 延迟时间生效”
脉冲禁用通道 1 激活 r9772.1	设置“CU 上 STO 或安全脉冲清除生效”
脉冲禁用通道 2 激活 r9872.1	设置“电机模块上 STO 生效”
STO 生效 r9773.1	设置“驱动中 STO 生效”
需要进行断路测试 r9773.31	设置“需要断路路径测试”

设置

设置	含义
控制单元端子 p9620[0]	为控制单元的 STO、SBC 和 SS1 功能设置信号源。 仅当在选项中设置了通过端子控制的基本功能时才会涉及此设置。 否则输入栏为去激活状态。
SS1 延迟时间 p9652	设置控制单元上从“Safe Stop 1”（SS1）功能的脉冲封锁到沿 OFF3 减速斜坡（p1135）制动的延迟时间，单位 s。
SS1 制动响应 p9653	在输入栏“SS1 延迟时间”下方选择预定义的制动响应。根据所选择的制动响应，参数 p9653 会被预设。
F-DI 输入滤波器 p9651	设置用于控制 STO/SBC/SS1 的故障安全数字量输入的去抖时间，单位 ms。
同步操作监控 p9650	设置用于控制单元上的安全相关输入（SGE）切换的公差时间，单位 ms。
延迟时间 STOP F -> STOP A p9658	设置控制单元上从 STOP F 到 STOP A 的过渡时间，单位 ms。

7.7 配置驱动集成的安全功能

设置	含义
断路路径的强制潜在故障检查 p9659	设置执行强制潜在故障检查和安全断路路径测试的时间间隔，单位 h。
需要进行断路测试 r9773.31	为分析是够需要进行断路路径测试，可通过 BICO 编辑器将 r9773.31“需要断路路径测试”的状态与一参数互联。

7.7.4 STO Extended

前提条件

- 待配置的驱动目前处于 Safety Integrated 调试模式 (页 306)。
- 为驱动配备了编码器和扩展安全功能。

显示调试画面“Safe Torque Off - STO Extended”

依次按下“ MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > 功能 > STO Extended”。

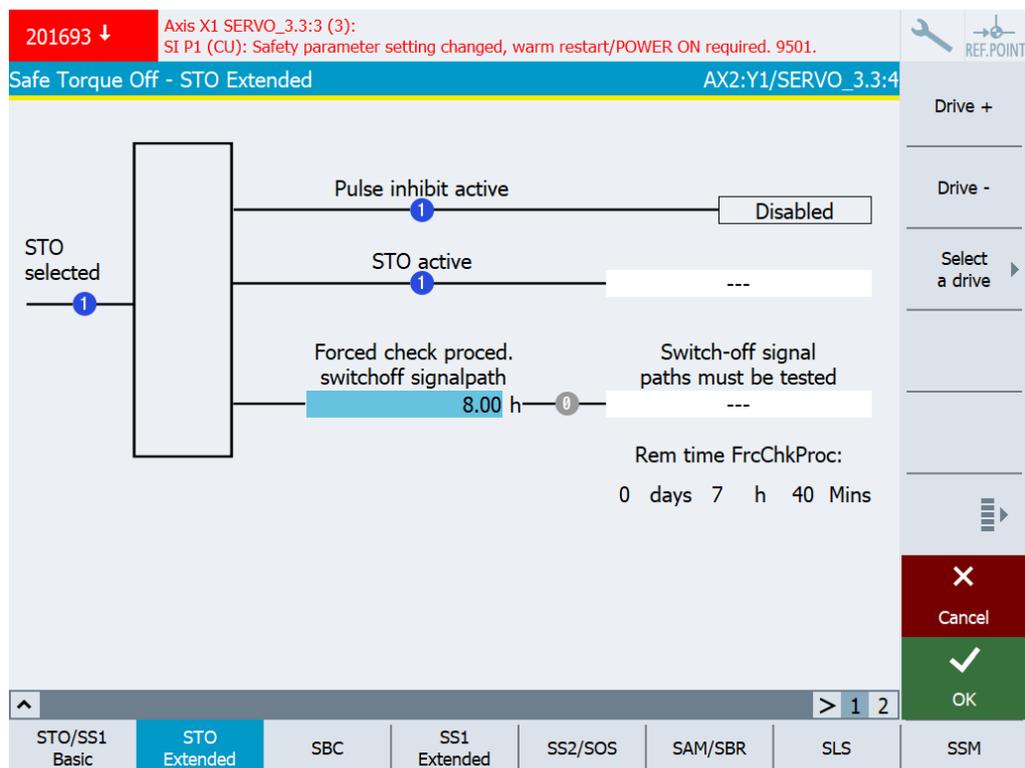


图 7-37 Safe Torque Off - STO Extended

7.7 配置驱动集成的安全功能

状态信息

状态	含义
STO 生效 r9773.1	驱动 Safety Integrated 的状态（控制单元和电机模块）
需要进行强制潜在故障检查 r9773.31	

设置

设置	含义
断路路径的强制潜在故障检查 p9659	设置强制检查和安全断路路径测试的时间间隔。在设置的时间内至少要取消选择 STO 功能一次。每次取消 STO 时，监控时间清零。

7.7.5 SBC

前提条件

- 待配置的驱动目前处于 Safety Integrated 调试模式 (页 306)。
- 至少为驱动激活了一项安全监控功能。
- 为驱动配置了一个抱闸。

显示调试画面“Safe Brake Control - SBC”

依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > 功能 > SBC”。

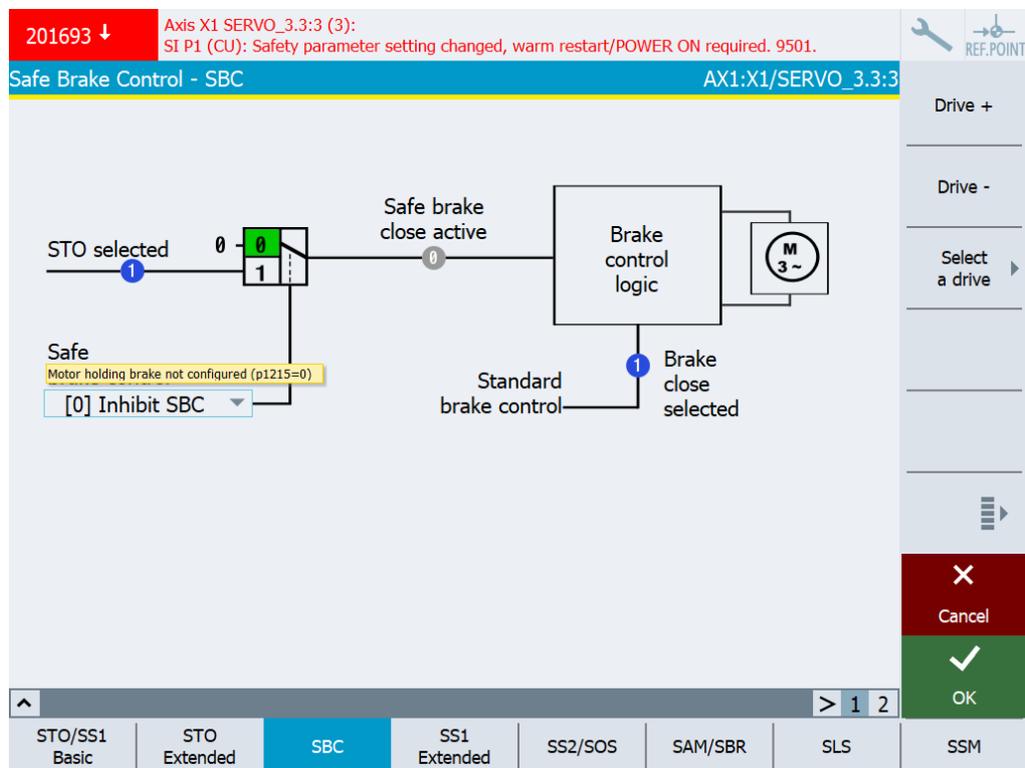


图 7-38 Safe Brake Control - SBC

7.7 配置驱动集成的安全功能

状态信息

状态	含义
STO 已选 r9773.0	驱动 Safety Integrated 的状态显示和 BICO 输出（控制单元和电机模块）： 驱动中 STO 已选择
开关元件	参见设置“安全制动控制”
“安全制动闭合”生效 r9773.4	驱动 Safety Integrated 的状态显示和 BICO 输出（控制单元和电机模块）： SBC 已请求
制动闭合已选择 r0899.13	顺序控制状态字的显示和 BICO 输出。 指令“闭合抱闸”

设置

设置	含义
安全制动控制 p9602	禁用/关闭控制单元上的“Safe Brake Control”（SBC）功能。 <ul style="list-style-type: none"> • [0] 禁用 SBC • [1] 使能 SBC

7.7.6 SS1 Extended

前提条件

- 待配置的驱动目前处于 Safety Integrated 调试模式 (页 306)。
- 为驱动配备了编码器和扩展安全功能。

显示调试画面“Safe Stop 1 - SS1 Extended”

依次按下“ MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > 功能 > SS1 Extended”。

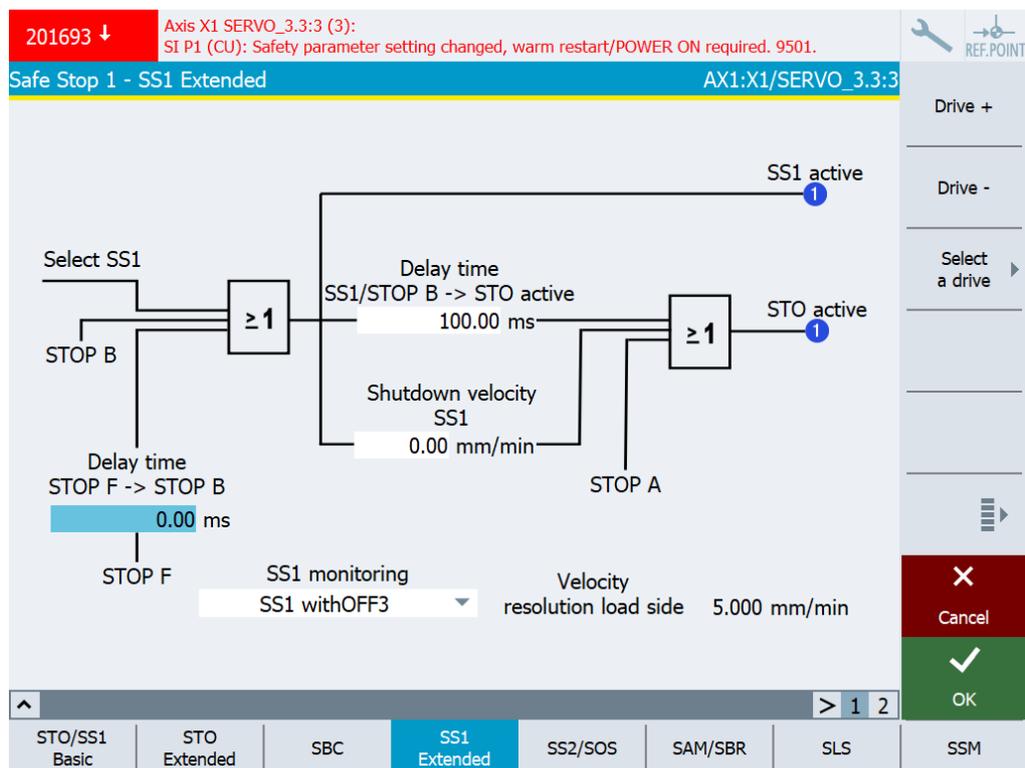


图 7-39 Safe Stop 1 - SS1 Extended

7.7 配置驱动集成的安全功能

状态信息

状态	含义
SS1 生效 r9722.1	状态信号，显示监控通道 1 上驱动集成的安全运动监控功能的状态。
STO 生效 r9722.0	
速度分辨率 负载侧： r9732[0]	显示安全速度分辨率（负载侧）。低于该阈值的速度限值给定、速度参数修改都无效。

设置

设置	含义
延迟时间 STOP F -> STOP B p9555	设置从 STOP F 到 STOP B 的过渡时间。 您设置的时间会被系统内部取为整数倍的监控周期时间。
SS1 监控 p9507.3=0	选择在选中了功能 SS1 或激活了 STOP B 后触发的停止响应。 <ul style="list-style-type: none"> 带 OFF3 的 SS1 带驱动自控制制动响应 OFF3 的 SS1 带外部停止的 SS1E 需要从外部触发的停止。在此期间，制动监控（SBR、SAM）关闭。
延迟时间 SS1/STOP B -> STO 生效 p9556	设置从 STOP A 到 STOP B 的延迟时间。 您设置的时间会被系统内部取为整数倍的监控周期时间。
SS1 关闭转速 p9560 (仅限“带 OFF3 的 SS1”)	设置用于激活 STO 的关闭转速。一旦低于该转速，驱动变被视为“关闭”，在执行 STOP B / SS1 时选择 STO。 在无编码器的运动监控功能中，我们建议将该参数设为大于 0 的值，推荐值为 10。 提示：该值为 0 时，关闭转速无效。

7.7.7 SS2/SOS

前提条件

- 待配置的驱动目前处于 Safety Integrated 调试模式 (页 306)。
- 为驱动配备了编码器和扩展安全功能。

显示调试画面“Safe Stop 2 - safe operating stop - SS2/SOS”

依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > 功能 > SS2/SOS”。

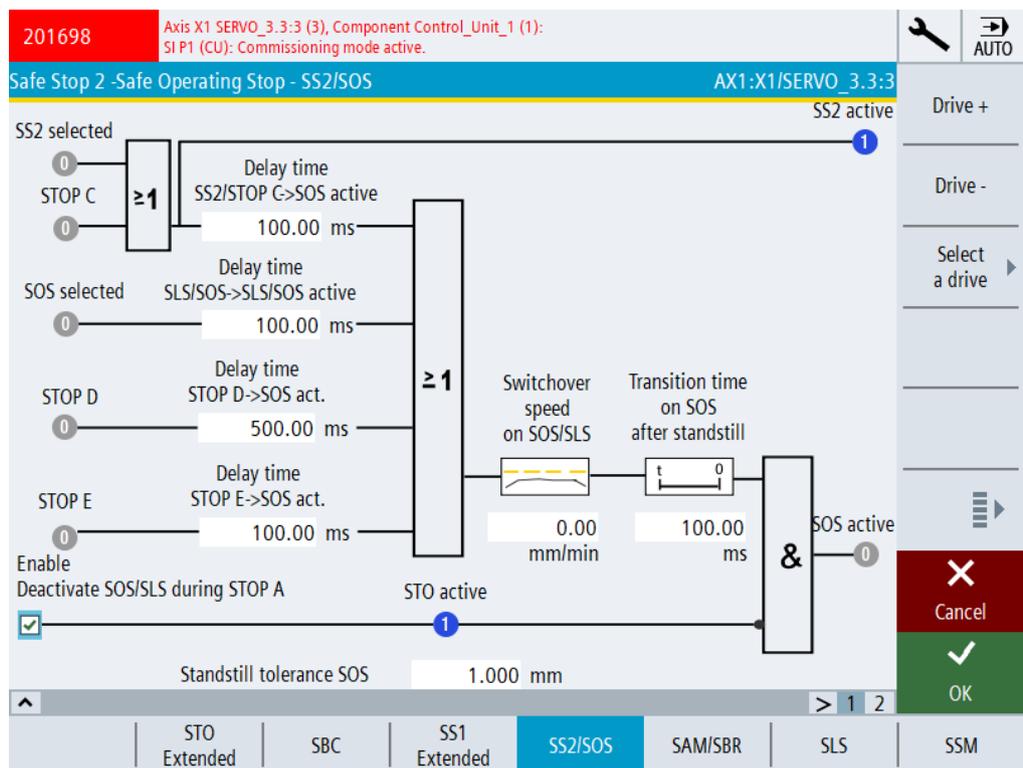


图 7-40 Safe Stop 2 - safe operating stop - SS2/SOS

状态信息

状态	含义
SS2 生效 r9722.2	状态信号，显示监控通道 1 上驱动集成的安全运动监控功能的状态。
SOS 生效 r9722.3	

7.7 配置驱动集成的安全功能

设置

设置	含义
延迟时间 SS2/STOP C -> SOS 生效 p9552	设置从 STOP C 到“Safe Operating Stop”（SOS）的过渡时间。
延迟时间 SLS/SOS - SLS/SOS 生效 p9551	采用“Safely Limited Speed”（SLS）和“Safe Operating Stop”（SOS）功能时，设置从 SLS 切换到 SOS 生效之间的延迟时间。从高一级的 SLS 切换到低一级的 SLS 时，在该延迟时间内，“旧”的 SLS 级保持生效，该延迟时间结束后，“Safe Operating Stop”（SOS）生效。同样，该延迟时间也适用于从“SOS 和 SLS 无效”切换到“SLS 生效”、“SOS 无效”切换到“SOS 生效”这两种情况。
延迟时间 STOP D -> SOS 生效 p9553	设置从 STOP D 到“Safe Operating Stop”（SOS）的过渡时间。
延迟时间 STOP E -> SOS 生效 p9554	设置从 STOP E 到“Safe Operating Stop”（SOS）的过渡时间。
切换至 SOS/SLS 的速度 p9567	设置切换至 SOS/SLS 的速度，单位 mm/min。
静止后到 SOS 的过渡时间 p9569	设置静止后过渡到 SOS 的时间，单位 ms。
使能在外部 STOP A 期间取消 SOS/SLS p9501.23	勾选复选框，激活“使能在外部 STOP A 期间取消 SOS/SLS”。
静态公差 SOS p9530	设置“Safe Operating Stop”（SOS）功能的公差。

7.7.8 SAM

前提条件

- 待配置的驱动目前处于 Safety Integrated 调试模式 (页 306)。
- 为驱动配备了编码器和扩展安全功能。

显示调试画面“安全加速监控 - SAM”

依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > 功能 > SAM/SBR”。

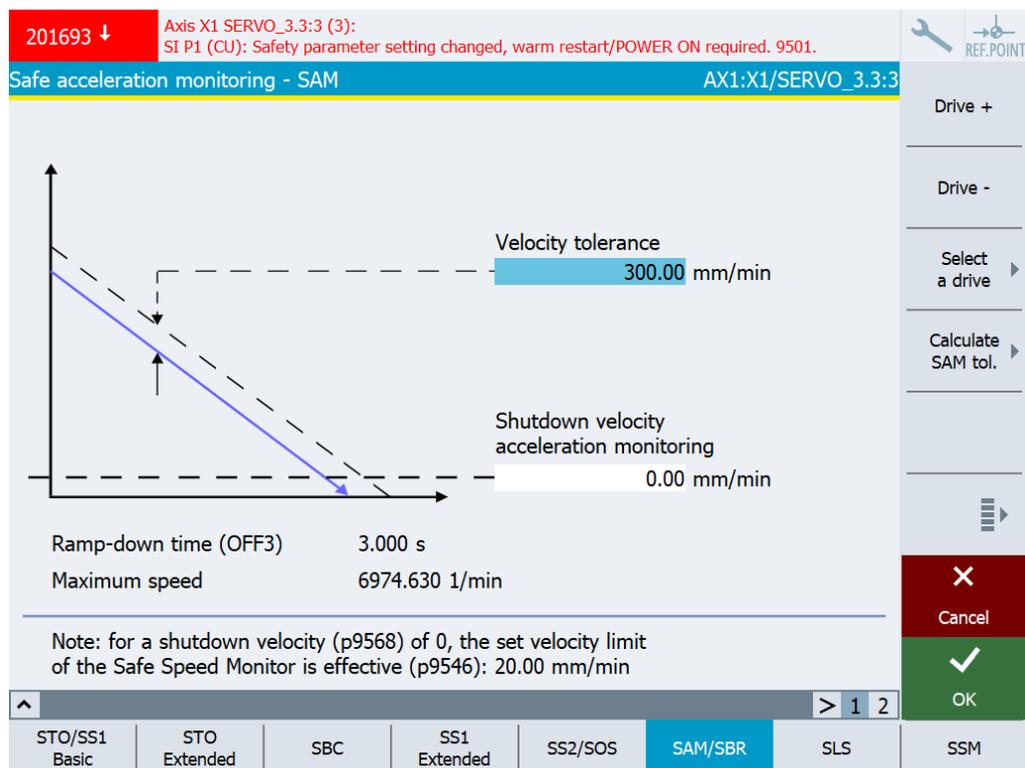


图 7-41 Safe Acceleration Monitor (SAM)

设置

设置	含义
速度公差 p9548	<p>在斜坡减速期间，变频器会持续地将该速度公差加到当前速度上。SAM 在电机减速到“关闭转速”时结束。</p> <ul style="list-style-type: none"> 如果电机短暂加速，SAM 停止在最后转速上。 如果电机的加速度超出了该转速公差，SAM 会检测出这一错误，并触发 STOP A。 <p>计算</p> <ul style="list-style-type: none"> 设置 SAM 公差时： <ul style="list-style-type: none"> 在触发 SS1 或 SS2 后可能出现的加速由加速度 a 和加速时间决定。 加速时间为一个监控周期，即从检测出 SS1/SS2 到 $n_{\text{设定}}$ 变为 0 所经过的时间。 转速公差的计算： SAM 实际速度 = 加速度 \times 加速时间 公差的计算公式为： <ul style="list-style-type: none"> 线性轴： SAM 公差 [mm/min] = a [m/s²] \times \ddot{U} [s] \times 1000 [mm/m] \times 60 [s/min] 回转轴： SAM 公差 [rev./min] = a [rev./s²] \times \ddot{U} [s] \times 60 [s/min] 建议 在上述公式的计算结果基础上再提高 20 % 作为 SAM 公差。 该公差必须可以为轴沿 OFF3 斜坡达到静止状态时出现的“下冲”留出余量，但具体值无法计算得出。
加速监控的断路速度 p9568	<p>设置 SAM 和 SBR 功能的转速限值。</p> <p>一旦低于该设定的转速限值，SAM 关闭。一旦 SBR 低于该设定的转速限值，SBR 便关闭。</p>
OFF3 减速时间 p1135[0]	<p>设置从最大转速/速度减速到 OFF3 关闭转速的时间。</p> <p>在达到最高直流母线电压时，可能会超出该时间。</p>
最大速度或最大转速 线性轴或回转轴/主轴 p1082[0]	<p>设置可能的最大转速/速度。</p>

7.7.9 SBR

前提条件

- 待配置的驱动目前处于 Safety Integrated 调试模式 (页 306)。
- 为驱动配置了安全功能 SS1，其停止响应为 OFF3。

调用调试画面“安全制动斜坡监控 - SBR”

依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > 功能 > SAM/SBR”。

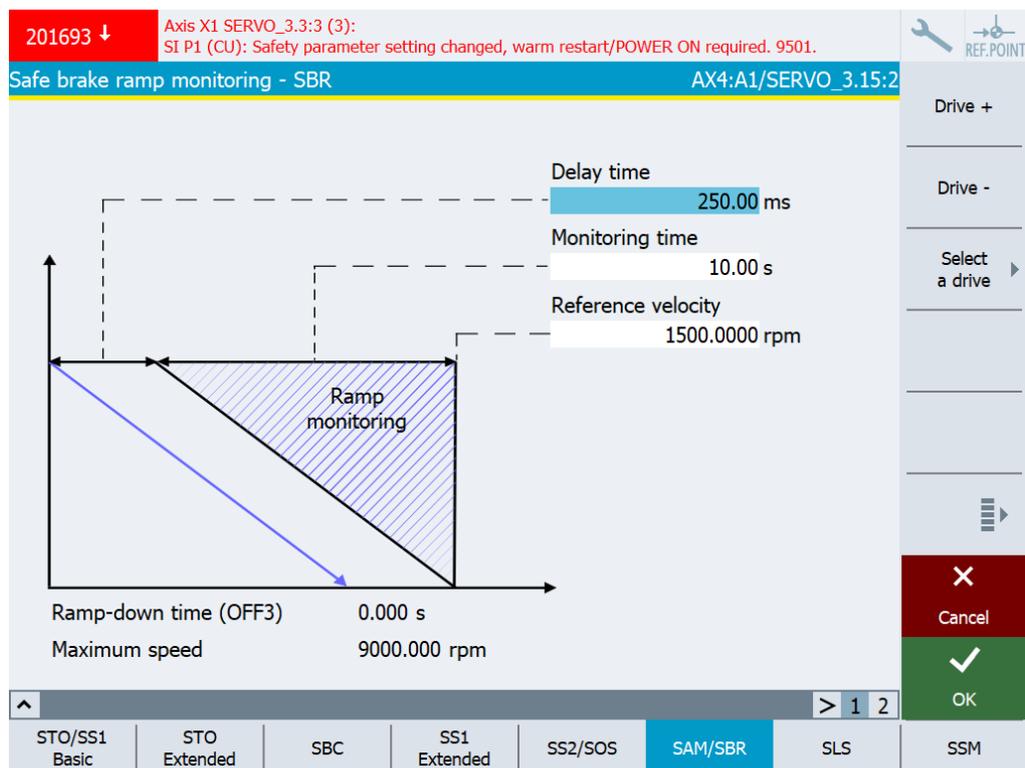


图 7-42 安全制动斜坡监控 - SBR

7.7 配置驱动集成的安全功能

设置

设置	含义
延迟时间 p9582	<p>设置用于制动斜坡监控的延迟时间。</p> <p>该参数定义从触发 SS1、选择 SLS 或 SLS 级别切换到制动斜坡监控生效所经过的时间。</p> <p>该延迟时间最短应为 2 个安全监控周期。（如果您设置的延迟时间短于 2 个安全监控周期，系统内部会自动使用 2 个安全监控周期作为延迟时间。）</p>
监控时间 p9583	<p>设置用于确定制动斜坡的监控时间。</p> <p>制动斜坡斜率由参考速度（参考值）和监控时间决定。</p>
参考速度 p9581	<p>设置用于确定制动斜坡的参考值。</p> <p>制动斜坡斜率由参考速度（参考值）和监控时间决定。</p>
OFF3 减速时间 p1135[0]	<p>设置从最大转速/速度减速到 OFF3 关闭转速的时间。</p> <p>在达到最高直流母线电压时，可能会超出该时间。</p>
最大速度或最大转速 线性轴或回转轴/主轴 p1082[0]	<p>设置可能的最大转速/速度。</p>

7.7.10 SLS

前提条件

- 待配置的驱动目前处于 Safety Integrated 调试模式 (页 306)。
- 为驱动配备了编码器和扩展安全功能。

说明

在 PROFIsafe 报文中传输 SLS 过程数据

可使用 PROFIsafe 报文 901、902 或 903 来传输过程数据。默认设置是报文 903。

显示调试画面“Safely-Limited Speed - SLS”

依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > 功能 > SLS”。

201693 ↓ Axis X1 SERVO_3.3:3 (3):
SI P1 (CU): Safety parameter setting changed, warm restart/POWER ON required. 9501.

Safely limited speed - SLS AX1:X1/SERVO_3.3:3

Delay time selection SLS->SLS active 2000.00 ms

SLS	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4
V... mm/min	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00
Velocity level selected	1	0	0	0
Velocity level active	0	0	0	0
Stop response	[2] STOP C	[2] STOP C	[2] STOP C	[2] STOP C

Active SLS limit value 0 mm/min

SLS limit via PROFIsafe for SLS level 1

STO/SS1 Basic | STO Extended | SBC | SS1 Extended | SS2/SOS | SAM/SBR | **SLS** | SSM

图 7-43 Safe Limited Speed - SLS

状态信息

状态	含义
选中的速度级别 1 级: r9720.9=0 且 r9720.10=0 2 级: r9720.9=1 且 r9720.10=0 3 级: r9720.9=0 且 r9720.10=1 4 级: r9720.9=1 且 r9720.10=1	显示目前选中了哪个设置的速度级别。
生效的速度级别 1 级: r9722.9=0 且 r9722.10=0 2 级: r9722.9=1 且 r9722.10=0 3 级: r9722.9=0 且 r9722.10=1 4 级: r9722.9=1 且 r9722.10=1	当前生效的某个速度级会显示在对应列中。
生效的 SLS 速度限值 r9714.0	显示 CU 上负载侧的速度实际值。 该值的显示会按安全监控周期定期刷新。

设置

设置	含义
延迟时间，选择 SLS -> SLS 生效 p9551	设置 SLS 切换的延迟时间。 该延迟时间在以下情况下有效： <ul style="list-style-type: none"> • 选择 SLS： 监控在设置的延迟时间届满后才生效。在该时间内，实际转速必须低于（所选中的）速度限值。 • 同样，该延迟时间也适用于从“SOS 和 SLS 无效”切换到“SLS 生效”的情况。 • 通过 PROFIsafe 降低限值 1 时、或者切换到低一级的最大速度级别时： 电机的实际速度必须在该延迟时间内低出新速度限值。在延迟时间内，先前的限值仍旧生效。在延迟时间届满后，新限值生效。 下列情况中延迟时间无效： <ul style="list-style-type: none"> • 撤销 SLS • 在切换到较高限值时： 高限值立即生效。 延迟时间一经设置，在设备运行期间便无法修改。如果在您的实际应用中需要不同的延迟时间，您必须通过 F-PLC 设计一段 SLS 限值的传送延迟来实现。
最大速度 (V_max) 级别 1 p9531[0]	您最多可以设置 4 个 SLS 速度限值，具体数值取决于安全风险评估的结果。在 SLS 激活时也可以切换这些限值。
最大速度 (V_max) 级别 2 p9531[1]	在一些情况下，切换时“延迟时间，选择 SLS -> SLS 生效”会生效（见下文）。
最大速度 (V_max) 级别 3 p9531[2]	勾选了选项“由 PROFIsafe 传送 SLS 限值，SLS 等级 1 限值”时，选中的最大速度等级 1 的限值由 PROFIsafe 传送。
最大速度 (V_max) 级别 4 p9531[3]	

7.7 配置驱动集成的安全功能

设置	含义
级别 1 停止响应 p9563[0]	设置适用于各最大速度级别的停止响应： <ul style="list-style-type: none"> • STOP A • STOP B • STOP C • STOP D • STOP E • STOP A, 在出现总线故障时延迟执行 STO • STOP B, 在出现总线故障时延迟执行 STO • STOP C, 在出现总线故障时延迟执行 STO • STOP D, 在出现总线故障时延迟执行 STO • STOP E, 在出现总线故障时延迟执行 STO 选择在出现总线故障时无延迟的 STO 可以保护人员；选择在出现故障时延迟执行 STO 可以保护机器。 此处的“总线故障”是个广义概念，即安全功能的控制信号出现了通讯故障，比如：PROFIsafe 通讯故障。
级别 2 停止响应 p9563[1]	
级别 3 停止响应 p9563[2]	
级别 4 停止响应 p9563[3]	
由 PROFIsafe 传送 SLS 限值，SLS 等级 1 限值	设置由 PROFIsafe 传送最大速度级别 1。 除了固定设置最大速度级别 2、3、4 外，还可以由 PROFIsafe 传送最大速度级别 1。 勾选该选项后，一旦当前选择了等级 1，其限值便由 PROFIsafe 传送到控制字 S_SLS_LIMIT_A (页 484) 中。S_SLS_LIMIT_A 的取值范围为 1 ... 32767；此时适用以下规则： <ul style="list-style-type: none"> • $32767 \triangleq 100\% \text{ SLS 速度级别 } 1$ • 实际生效的速度限值由以下公式计算得出： $\text{SLS 限值} = (\text{S_SLS_LIMIT_A}/32767) \times \text{"最大速度级别 } 1\text{"}$ 传送了错误的 SLS 限值时，变频器会执行设置的级别 1 停止响应。

7.7.11 SSM

前提条件

- 待配置的驱动目前处于 Safety Integrated 调试模式 (页 306)。
- 为驱动配置了扩展安全功能。

显示调试画面 ‘安全速度监控 - SSM’

依次按下“ MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > 功能 > SSM”。

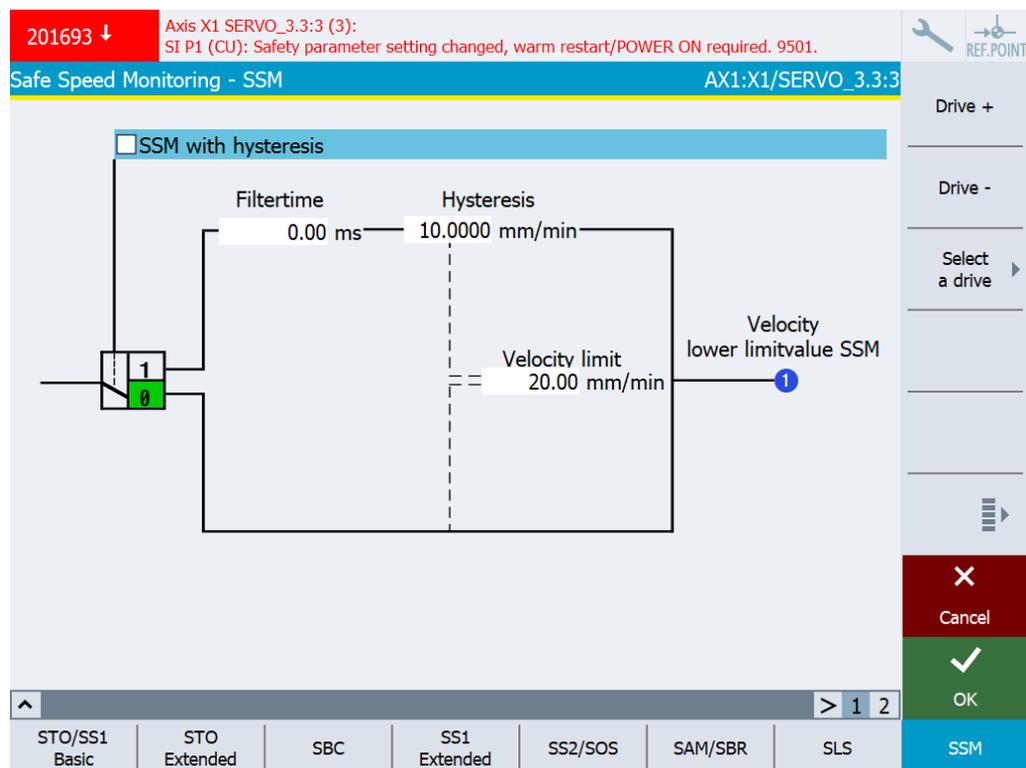


图 7-44 Safe Speed Monitor - SSM

7.7 配置驱动集成的安全功能

状态信息

状态	含义
开关元件（带回差的 SSM） p9501.16	显示功能“回差”和“滤波时间”是否生效。
速度低于限值 SSM r9722.15	显示当前速度是否低于设置的速度限值。

设置

设置	含义
带回差的 SSM p9501.16	为 SSM 激活功能“回差”和“滤波时间”。 在“带回差的 SSM”功能使能后，SSM 作为监控功能工作，在触发 STOP F 后还会触发后续响应 STOP B/STOP A。
滤波时间 p9545	设置 PT1 滤波时间，用于平滑 SSM 的输出信号。 为 SSM 输出信号设置该滤波后，轴上的 SSM 反馈便会出现延迟。
回差 p9547	设置 SSM 的回差。 回差可以使速度限值附近 SSM 的信号波形变得更稳定。 两条通道检测出的速度（或转速）之差不能超过“速度限值”和“回差”之差，否则理论上就有可能一条通道为 SSM 提供高位信号，另一个通道提供低位信号。 注意该参数的设置规定： <ul style="list-style-type: none"> • $p9547 \text{ 回差} \leq 0.75 \times p9546 \text{ 速度限值}$ 在激活了实际值同步时（设置 - 编码器设置 (页 312)），还需要额外注意以下设置规定： <ul style="list-style-type: none"> • SI Motion 转差，速度公差（p9549）\leq 回差

设置	含义
速度限值 p9546	<p>设置用于发出静态检测 SSM 反馈 ($n < n_x$) 的速度限值。</p> <p>一旦当前速度低于速度限值, 信号“SSM 反馈激活” (安全输出 $n < n_x$) 会置位。</p> <p>此处的缩写“安全输出 $n < n_x$”代表在低于速度限值时用于检测输出信号的安全功能。</p> <p>在安全功能 SAM 中, 当关闭速度被设为 0 时, 该值作为附加的“加速监控中的关闭速度”生效。因此在这种情况下如果 SSM 速度限值设得比较高, 在执行安全功能 SS1 和 SS2 时 SAM 监控的作用会受到一定限制。</p>
脉冲禁止时的反馈“SSM 生效” (仅针对无编码器运行) p9509.0	<p>设置在无编码器运行中脉冲禁止期间的响应。</p> <p>在不带编码器的 SSM 中, 封锁脉冲后变频器无法确定当前实际速度。针对该运行状态, 可选择 2 种响应:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 出厂设置: 状态信号 (SSM 反馈) 为 0。 • 状态信号 (SSM 反馈) 被冻结, “Safe Torque Off” (STO) 被内部选中。 <p>另见: “脉冲禁止时的反馈信息 SSM”设置下的信号波形图 (页 184)</p>

7.7.12 SDI

前提条件

- 待配置的驱动目前处于 Safety Integrated 调试模式 (页 306)。
- 为驱动配置了扩展安全功能。

显示调试画面“安全方向 - SDI”

依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > 功能 > 菜单扩展键 > SDI”。

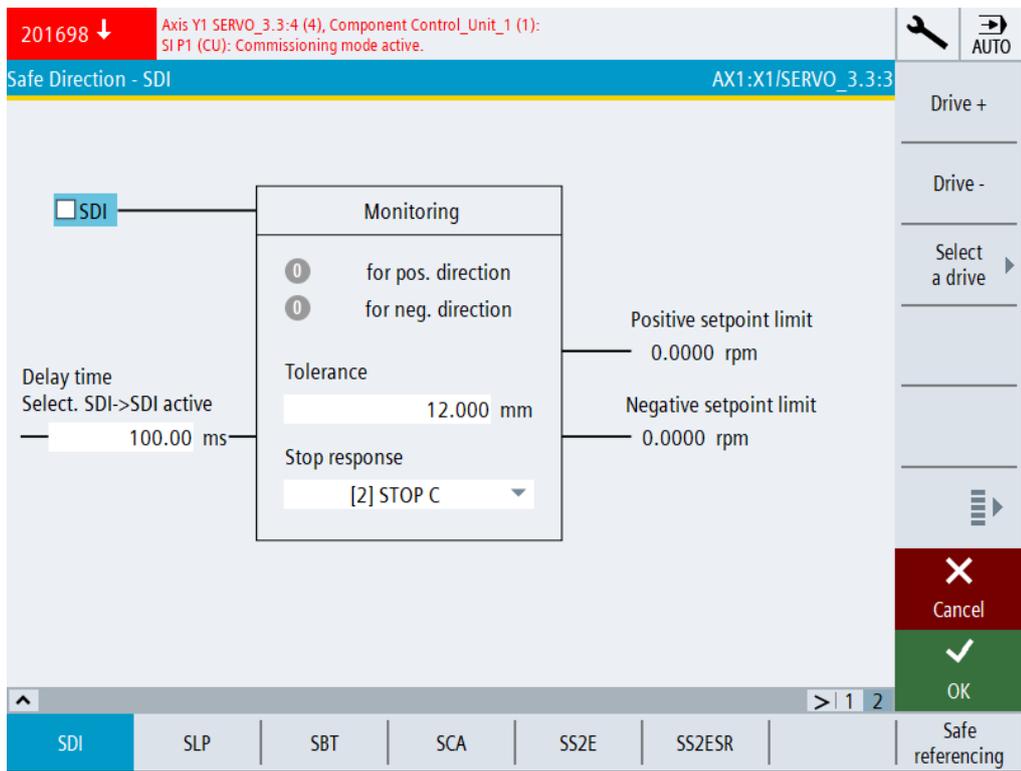


图 7-45 Safe Direction - SDI

状态信息

状态	含义
正方向上 r9722.12	状态信号，显示监控通道 1 上驱动集成的安全运动监控功能的状态。
负方向上 r9722.13	

设置

设置	含义
SDI p9501.17	激活/关闭 SDI。
延迟时间，选择 SDI -> SDI 生效 p9565	延迟时间设置。 选中功能 SDI 后，驱动仍可以在该时间内朝受监控方向继续运行一段距离。该时间也可以使当前运动停止。
公差 p9564	设置公差。 在输出安全信息 C01716 前，驱动仍可以朝受监控方向运行一段时间。

7.7 配置驱动集成的安全功能

设置	含义
停止响应 p9566	设置停止响应。该设置适用于两个运动方向。 <ul style="list-style-type: none"> • [0] STOP A • [1] STOP B • [2] STOP C • [3] STOP D • [4] STOP E • [10] STOP A, 在出现总线故障时延迟执行 STO • [11] STOP B, 在出现总线故障时延迟执行 STO • [12] STOP C, 在出现总线故障时延迟执行 STO • [13] STOP D, 在出现总线故障时延迟执行 STO • [14] STOP E, 在出现总线故障时延迟执行 STO 在无编码器运行中, 只能选择设置: “[0] STOP A”和 “[1] STOP B”。
脉冲禁止时的反馈“SDI 生效” p9509.8 (仅针对无编码器运行)	在无编码器运行中脉冲禁止时激活/关闭 SDI

7.7.13 SLP/SP

前提条件

- 待配置的驱动目前处于 Safety Integrated 调试模式 (页 306)。
- 为驱动配备了编码器和扩展安全功能。
- 设置了报文 902 (使用 SLP/SP) 或报文 903 (仅使用 SLP)
- 实际值同步未使能 (p9501.3 = 0)。

显示调试画面“安全限位 - 安全位置 - SLP/SP”

依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > 功能 > 菜单扩展键 > SLP/SP”。

	P min[mm]	Actposition [mm]	P max[mm]	Stop response	Pos.range selected	Pos.range active
Position range 1	-100000.000	0.000	100000.000	[2] STOP C	1	0
Position range 2	-100000.000		100000.000	[2] STOP C	0	0

图 7-46 调试画面“SLP”示例，即此时设置了报文 903

7.7 配置驱动集成的安全功能

状态信息

状态	含义
选中的位置区域 区域 1: r9720.19=0 & r9720.6=0 区域 2: r9720.19=1 & r9720.6=0	显示当前是选择了位置区域 1 还是位置区域 2。
生效的位置区域 区域 1: r9722.19=0 & r9722.6=1 区域 2: r9722.19=1 & r9722.6=1	显示当前生效的是位置区域 1 还是位置区域 2。
当前位置实际值 r9708[4] (仅针对 PROFIsafe)	显示 PROFIsafe 传送的当前负载侧的实际值。
安全位置实际值有效 r9722.22	状态信号, 显示监控通道 1 上驱动集成的安全运动监控功能的状态。 SP 有效
确认了安全参考位置 r9727	显示用户许可的内部状态。
驱动已回参考点。 r9723.17	显示: 回参考点位置
安全回参考点 r9722.23	显示: SP 有效

设置

设置	含义
SLP p9501.1	激活/关闭 SLP。
P min [mm] 区域 1: p9535[0] 区域 2: p9535[1]	设置 SLP 位置区域 1 或 2 的上限和下限。 该限值的设置规定: <ul style="list-style-type: none"> • P max > P min
P max [mm] 区域 1: p9534[0] 区域 2: p9534[1]	<ul style="list-style-type: none"> • 限值必须位于有效的运行范围 (-737280 ... 737280) 内。 另见: C01715

设置	含义
停止响应 区域 1: p9562[0] 区域 2: p9562[1]	设置越过 SLP 位置区域 1 或 2 时的停止响应。 <ul style="list-style-type: none"> • [0] STOP A • [1] STOP B • [2] STOP C • [3] STOP D • [4] STOP E • [10] STOP A, 在出现总线故障时延迟执行 STO • [11] STOP B, 在出现总线故障时延迟执行 STO • [12] STOP C, 在出现总线故障时延迟执行 STO • [13] STOP D, 在出现总线故障时延迟执行 STO • [14] STOP E, 在出现总线故障时延迟执行 STO
安全位置 p9501.25 (仅针对报文 902) (仅针对 PROFI-safe)	激活/禁止通过 PROFI-safe 传输安全位置
Safe absolute position p9501.27 (仅针对报文 902) (仅针对 PROFI-safe)	激活/关闭安全绝对位置。
SP 比例 p9574 (仅针对报文 902) (仅针对 PROFI-safe)	设置比例系数, 以便通过 PROFI-safe 以 16 位表示法传送安全位置。只有在选中了 PROFI-safe 报文 901 后, 该参数才生效, 参见 S_XIST16:当前位置实际值 (16 位) (页 485)。 r9713[0] 中的 32 位位置值除以该比例系数便可进行缩放。如果在运行时发现未经比例标定的位置实际值, 驱动会输出值为 7001 的信息 C0711, 并触发停止响应 STOP F。

7.7.14 SBT

前提条件

- 待配置的驱动目前处于 Safety Integrated 调试模式 (页 306)。
- 为驱动配备了编码器和扩展安全功能。

显示调试画面“安全制动测试 - SBT”

依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > 功能 > 菜单扩展键 > SBT”。

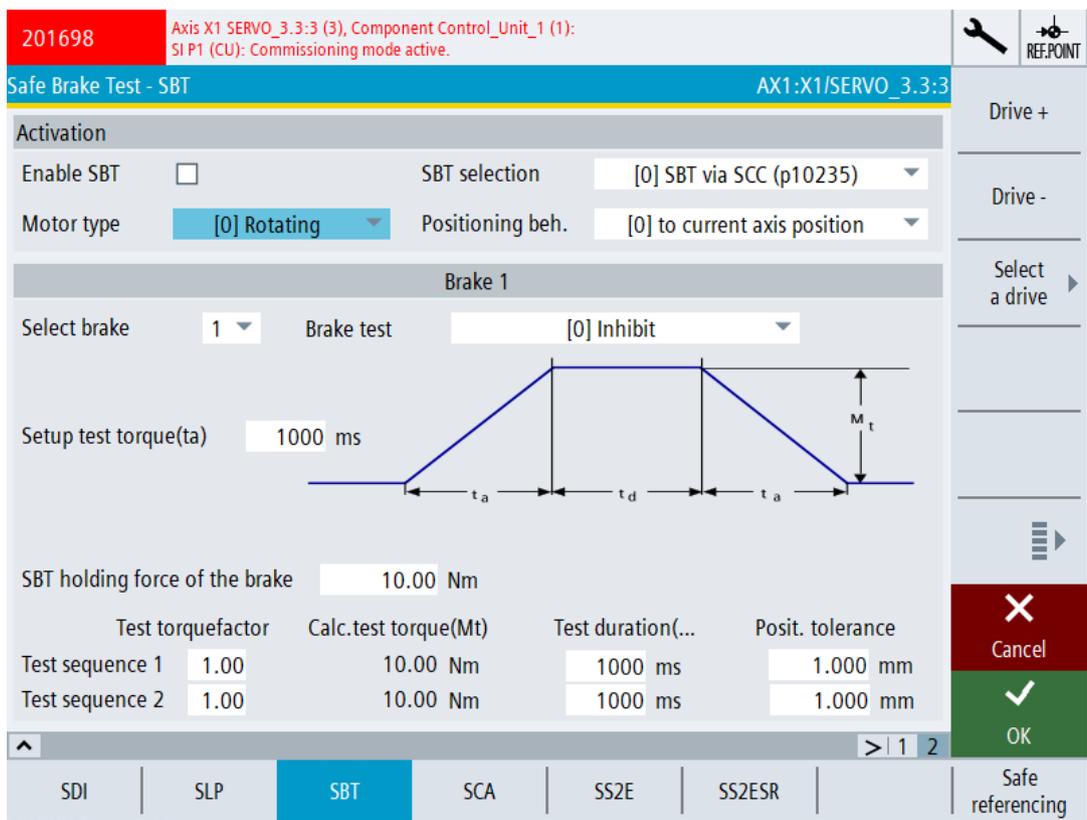


图 7-47 Safe Brake Test - SBT

说明

额外的调试支持

SINUMERIK Operate 上还会提供以下画面，为 SBT 的调试提供支持：

- “状态”软键：用于诊断目的。显示哪个制动正在进行哪些测试序列，以及正在进行的测试的当前状态。
软键仅在调试模式未生效时显示。

设置

设置	含义
激活区域	
使能 SBT p10201.0	就安全制动测试的使能进行设置。可通过复选框激活“使能安全制动测试”。
电机型号 p10204	为安全制动测试选择电机类型。 <ul style="list-style-type: none"> • 0:旋转 • 1:直线
选择 SBT p10203	控制方式选项： <ul style="list-style-type: none"> • 0:通过 SCC 控制 SBT (p10235) • 1:通过 BICO 控制 SBT (p10230) • 2:在选择了潜在故障强制检查时执行 SBT (p9705/p10250.8) 对于集成式驱动 (CU_I, CU_NX) 而言，此处只允许选择“通过 SCC 控制 SBT”。
定位特性 MD36968.2 \$MA_SAFE_BRAKETEST_CONTROL, 位 2	在制动测试结束时选择定位特性。 <ul style="list-style-type: none"> • 0:定位至当前轴位置 制动测试结束时，当前轴位置可用于其他轨迹运动。(MD36968 \$MA_SAFE_BRAKETEST_CONTROL 位 2=0)。结果会导致最后编程的轴的位置会在轨迹上移动。 • 1:定位至最后编程的轴位置 不接收当前轴位置。在抱闸对面进行按下操作后，位置控制器会将轴拉回至最后编程的位置。 如此可以避免悬挂轴因重复制动测试而下沉。按下期间也可能出现短时超出软件限位开关的情况，不触发报警。
制动 1/2 区域	
制动选择 p10202	选择待测试制动 <ul style="list-style-type: none"> • 1:制动 1 (p10202[0]) • 2:制动 2 p(10202[1]) 然后，后续值将参考此处设置的制动。 无法测试两个电机抱闸。
制动测试 p10202	定义是否应测试制动以及测试哪些制动 <ul style="list-style-type: none"> • 0:禁止 • 1:测试电机抱闸 • 2:测试外部制动

7.7 配置驱动集成的安全功能

设置	含义
测试转矩或测试力的形成 制动 1: p10208[0] 制动 2: p10208[1]	设置用于打开已闭合制动的测试转矩或测试力的形成时间，在该时间内，测试转矩或测试力沿一个斜坡逐渐增加。安全制动测试结束后，测试转矩或测试力会再次沿一个斜坡降低。
SBT 制动转矩 制动 1: p10209[0] 制动 2: p10209[1]	设置待测制动在电机侧施加的保持转矩或保持力。
保持转矩系数或保持力系数 测试序列 1, 制动 1: p10210[0] 测试序列 1, 制动 2: p10210[1] 测试序列 2, 制动 1: p10220[0] 测试序列 2, 制动 2: p10220[1]	设置安全制动测试中序列 1 或序列 2 测试转矩或测试力的系数。该系数以制动的保持转矩或保持力（见上文 p10209）为基准。
计算的测试转矩 (Mt)	根据“SBT 制动转矩”和“测试转矩系数”计算的值。
测试持续时间 测试序列 1, 制动 1: p10211[0] 测试序列 1, 制动 2: p10211[1] 测试序列 2, 制动 1: p10221[0] 测试序列 2, 制动 2: p10221[1]	设置安全制动测试中测试序列 1 或序列 2 的持续时间。在该时间内，测试转矩或测试力会持续施加在闭合的制动上。
位置公差 测试序列 1, 制动 1: p10212[0] 测试序列 1, 制动 2: p10212[1] 测试序列 2, 制动 1: p10222[0] 测试序列 2, 制动 2: p10222[1]	设置安全制动测试中序列 1 或序列 2 容许的位置偏差。

显示调试画面“安全制动测试 - SBT - 状态”

依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > 功能 > 菜单扩展键 > SBT > 状态”。

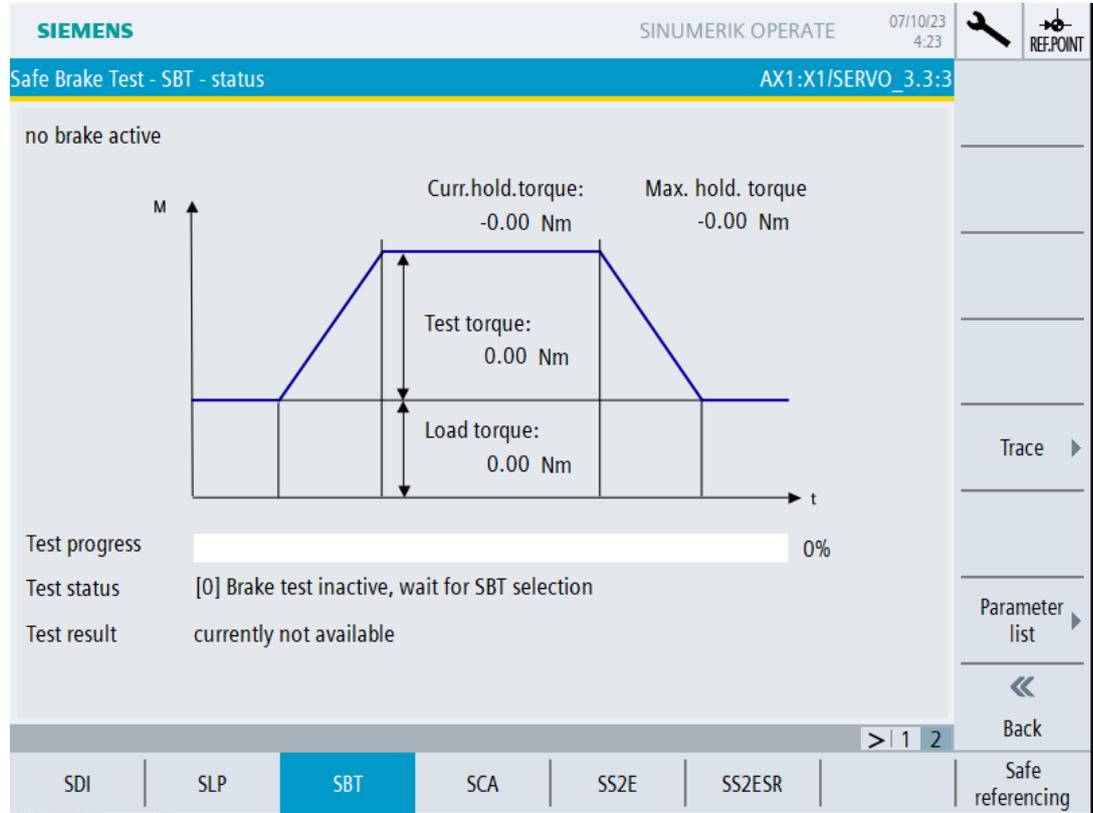


图 7-48 安全制动测试 - SBT - 状态

此窗口显示正在进行的测试的当前值。

说明

额外的调试支持

SINUMERIK Operate 上还会提供以下窗口，为 SBT 的调试提供支持：

- 软键“跟踪”：以不同选项启动驱动跟踪会话。

状态信息

状态	含义
当前保持转矩或保持力 r0080	显示未经平滑的当前转矩实际值或力实际值。
最大保持力矩	显示已经发生的最大保持力矩（=“当前保持力矩”的最高值）。 只在制动测试不活跃时显示。

7.7 配置驱动集成的安全功能

状态	含义
负载转矩或负载力 r10241	显示安全制动测试中的负载转矩或负载力。在开始制动测试时该负载转矩或负载力会施加在驱动上。该显示值一直保持，直到撤销了制动测试。
测试转矩或测试力 r10240	显示最大测试力或者电机侧生效的最大测试转矩。该显示值一直保持，直到启动下一个测试序列。
测试进度	以柱状图的形式显示测试进度。
测试状态 r10242	显示安全制动测试的当前状态。
测试结果	最后一次进行的制动测试的状态显示。 <ul style="list-style-type: none">• 只有在进行测试时窗口处于激活状态时才显示。• 只在正在进行的 SINUMERIK Operate 会话中显示，不保存。

7.7.15 SCA

前提条件

- 待配置的驱动目前处于 Safety Integrated 调试模式 (页 306)。
- 为驱动配备了编码器和扩展安全功能。

显示调试画面“SI 安全凸轮”

依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > 功能 > SCA”。

201698 ↓ Axis Y1_SERVO_3.3:4 (4), Component Control_Unit_1 (1):
SI P1 (CU): Commissioning mode active.

SI safe cams AX5:B1/SERVO_3.3:6

Function (SCA)

Modulo value SP
360

Enable SCA SCA selected ①

Hysteresis 0.1000 °

SCA active ①

SCA valid ①

Actual position 499683.000 °

Output cam

Enable	Cam identifier	Position minus [°]	Position plus [°]	Position on cam
<input type="checkbox"/>	Output cam 1	-10.000	10.000	①
<input type="checkbox"/>	Output cam 2	-10.000	10.000	①
<input type="checkbox"/>	Output cam 3	-10.000	10.000	①
<input type="checkbox"/>	Output cam 4	-10.000	10.000	①
<input type="checkbox"/>	Output cam 5	-10.000	10.000	①
<input type="checkbox"/>	Output cam 6	-10.000	10.000	①
<input type="checkbox"/>	Output cam 7	-10.000	10.000	①

SDI | SLP | SBT | **SCA** | SS2E | SS2ESR | Safe referencing

图 7-49 SI 安全凸轮

7.7 配置驱动集成的安全功能

状态信息

状态	含义
SCA 已选 r9720.23	SI Motion 驱动集成的控制信号：撤销 SCA
SCA 生效 r9703.30	SI Motion SCA 状态信号（控制单元）
SCA 有效 r9703.31	SI Motion SCA 状态信号（控制单元）
运行到凸轮 r9703.0	SI Motion SCA 状态信号（控制单元）

设置

设置	含义
SP 模数值 p9505	设置回转轴上“安全位置”功能的模数值，单位：度。 在安全回参考点、绝对位置使能后通过 PROFIsafe 传输安全位置时均会考虑该模数值。
使能 SCA	整体激活或关闭功能 SCA。
回差	设置回差值。
<激活或关闭> 9503.0 ... 29	激活或关闭功能 SCA 的单个安全凸轮。
<凸轮名称>	显示凸轮名称。默认名称为“凸轮 1”到“凸轮 30”。 凸轮名称在语言相关的对应 TS 文件中定义，可以复制该文件模板，然后修改其内容。 <ul style="list-style-type: none"> TS 文件模板：/card/siemens/sinumerik/hmi/template/lng/oem_scam_names_deu.ts 用户自定义 TS 文件的保存路径：/card/oem/sinumerik/hmi/lng/oem_scam_names_<Sprachkennung>.ts

设置	含义
负向凸轮位置 p9537[0...29]	设置负向凸轮位置，单位为：°或 mm。
正向凸轮位置 p9536[0...29]	设置正向凸轮位置，单位为：°或 mm。

7.7.16 SS2E

前提条件

- 待配置的驱动目前处于 Safety Integrated 调试模式 (页 306)。
- 为驱动配备了编码器和扩展安全功能。

显示调试画面“带外部停止的安全停止 2 - SS2E”

依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > 功能 > 菜单扩展键 > SS2E”。

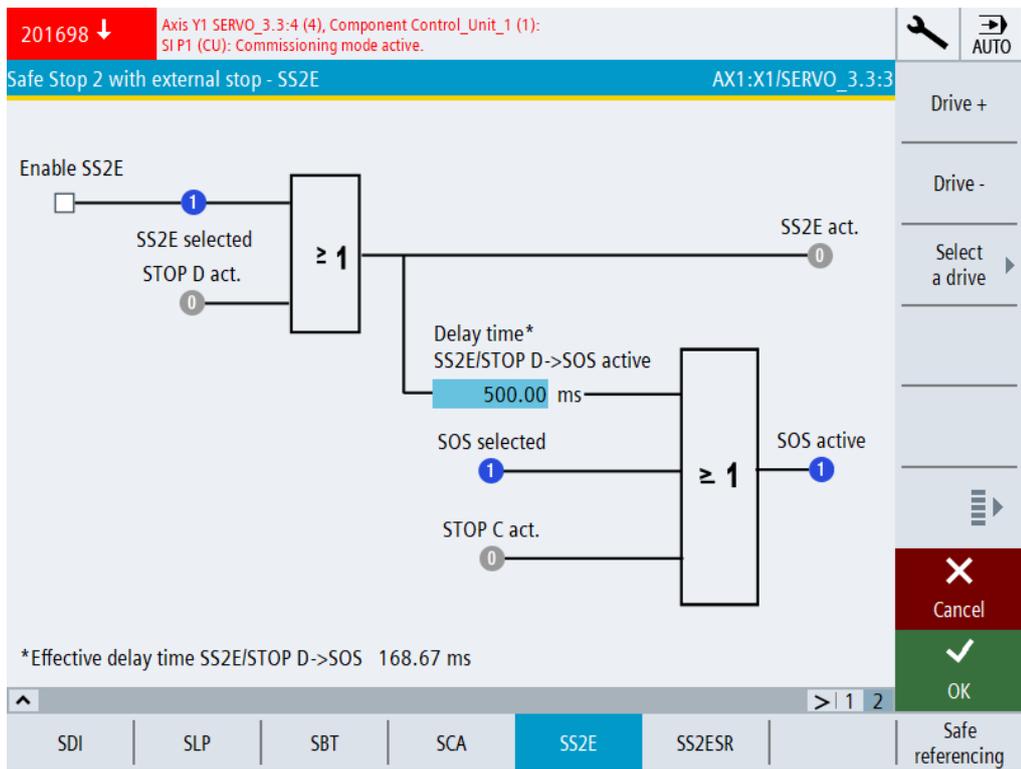


图 7-50 带外部停止的 Safe Stop 2 - SS2E

状态信息

状态	含义
控制信号:	控制信号和状态信号，显示监控通道 1 上驱动集成的安全运动监控功能的状态。
选择 SS2E r9720.28	
选择 SOS r9720.3	
状态信号:	
SS2E 生效 r9722.28	
SOS 生效 r9722.3	
STOP C 生效 r9721.13	
STOP D 生效 r9721.14	

设置

设置	含义
使能 SS2E p9501.18	通过该参数激活使能 SS2E。
延迟时间 STOP D -> SOS 生效 p9553	设置从 STOP D 到“Safe Operating Stop”（SOS）的过渡时间，单位 ms。

7.7.17 SS2ESR

前提条件

- 待配置的驱动目前处于 Safety Integrated 调试模式 (页 306)。
- 为驱动配备了编码器和扩展安全功能。

显示调试画面“Safe Stop 2 扩展停止和回退 (SS2ESR)”

依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > 功能 > 菜单扩展键 > SS2ESR”。

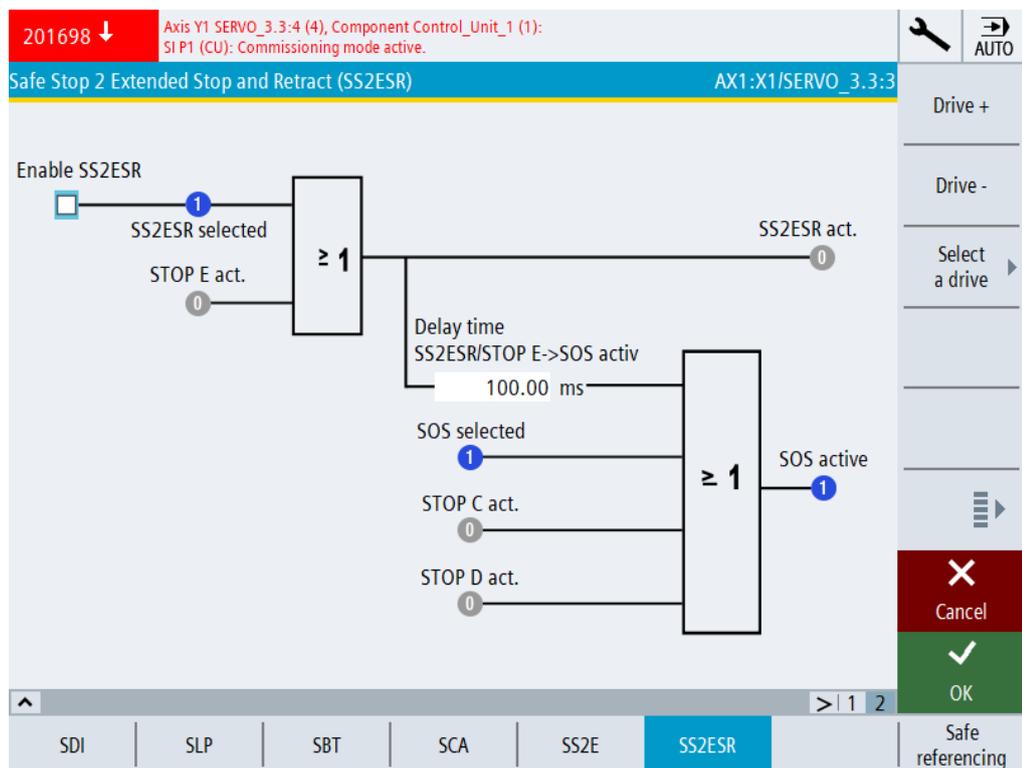


图 7-51 Safe Stop 2 扩展停止和回退 (SS2ESR)

状态信息

状态	含义
控制信号:	控制信号和状态信号，显示监控通道 1 上驱动集成的安全运动监控功能的状态。
选择 SS2ESR r9720.29	
选择 SOS r9720.3	
状态信号:	
SS2ESR 生效 r9722.27	
STOP E 生效 r9721.15	
STOP C 生效 r9721.13	
STOP D 生效 r9721.14	

设置

设置	含义
使能 SS2ESR p9501.04	通过该参数激活使能 SS2ESR。
延迟时间 SS2ESR/STOP E -> SOS 生效 p9554	设置从 STOP D 到“Safe Operating Stop”（SOS）的过渡时间，单位 ms。

7.7.18 安全回参考点

前提条件

- 待配置的驱动目前处于 Safety Integrated 调试模式 (页 306)。
- 在 SINUMERIK Operate 上提供 2 级访问权限 (“服务”级)。
- 为驱动配备了编码器和扩展安全功能。

显示调试画面“安全回参考点”

依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全 > 功能 > 菜单扩展键 > 安全回参考点”。

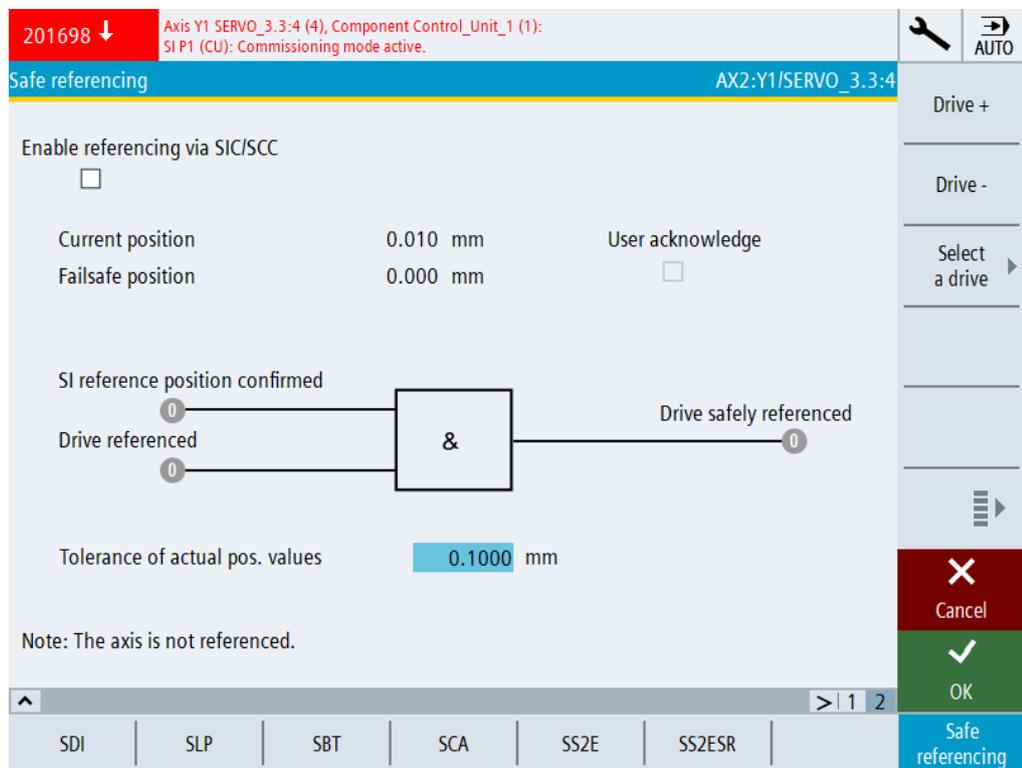


图 7-52 安全回参考点

状态信息

状态	含义
确认了安全参考位置 r9727	显示用户许可的内部状态。
驱动已回参考点。 r9723.17	显示：回参考点位置
安全回参考点 r9722.23	显示：安全回参考点

设置

设置	含义
使能通过 SCC 回参考点 p9501.27	设置用于安全运动监控的使能。
SI Motion 选择/撤销用户确认 p9726	安全位置用户确认 (只有当激活了带安全位置计算的功能时才显示此项)
位置实际值的公差 (回参考点) p9544	设置用于检验实际值的公差。 机床上配备增量式编码器时，驱动会在回参考点后检查实际值；配备绝对值编码器时，驱动会在上电后检查实际值。

7.8 结束调试

7.8.1 确认设置

在修改结束必须再次关闭 Safety Integrated 调试模式，并将实际校验和传递到设定校验和中。

前提条件

- 根据具体 NC 和驱动条件，为所有安全相关的驱动和所有 F-I/O 设备完成了相关正确设置。
- 已经配置了驱动集成的安全功能。
- 激活了安全调试模式 (页 306)。

步骤

按如下步骤，确认已执行的驱动专用安全设置：

1. 在 SINUMERIK Operate 上，依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全”，进入安全功能画面。
2. 按下菜单扩展键，进入第 2 级垂直软键条。
3. 按下软键“复制 SI 数据”，然后按下“确认”。
将安全设置从第 1 监控通道复制到第 2 监控通道。
4. 按下软键“确认 SI 数据”，然后按下“确认”。
5. 按下软键“保存所有驱动对象”，然后按下“确认”。

7.8.2 设置 Safety Integrated 密码

通常 SINUMERIK Operate 中的调试数据是通过不同的访问等级来保护的。和安全相关的驱动参数另外还可以通过 Safety Integrated 密码来保护。该密码保存在驱动数据中，以确保只有掌握密码的授权人员才可以修改这些数据。

说明

SINUMERIK Safety 上必须使用 SINAMICS 安全密码

可通过 SINUMERIK Operate 窗口设定 SINAMICS 安全密码（访问级“制造商”）。在使用 SINUMERIK Operate 时，一旦在调试操作区中选择“安全”，系统便自动地为所有轴/驱动设置设定的 SINAMICS 安全密码。前提条件是：当前访问级为“服务”或者“制造商”。

此外，您还可以通过专家参数表来设置该密码，方法同 SINAMICS Integrated 一样：

- p0010 = 95 调试模式
- p9761 = 输入“旧的 Safety 密码”p9761 缺省设置 = 0
- p9762 = 输入“新密码”
- p9763 = 确认“新密码”
- p0977 = 1；“从 RAM 复制到 ROM”

自此新的密码开始生效。

步骤

按如下步骤，为所有轴和驱动设置 Safety Integrated 密码：

1. 在 SINUMERIK Operate 上，依次按下“MENU SELECT > 调试 > 菜单扩展键 > 安全”，进入安全功能画面。
2. 按下软键“SI 密码”。
3. 勾选复选框所有“轴/驱动”。
4. 输入密码，然后按下“确认”。

7.9 批量调试

一个已加载并已调试的项目可以在保留其安全设置的前提下载入另一 SINUMERIK 控制系统。请注意下列内容：

- 由于 Safety Integrated 功能的批量调试可产生不同的组件校验和 (页 455)
- 批量调试带第三方电机的系统时的安全信息 (页 402)

在批量调试中必须为每个 SINUMERIK 控制系统执行验收测试 (页 411)。

进行第三方电机的批量调试时 Safety Integrated Extended Functions 输出的安全信息

在调试带绝对值编码器的第三方电机时，系统可能会输出一条安全信息中断调试。这一错误的原因可能是存储卡上保存的绝对值编码器的序列号和需要调试的控制单元中的编码器不一致。为了对安全信息进行应答，必须预先手动修正绝对值编码器的序列号。然后您可以继续调试。

7.10 与其他功能配合使用

7.10.1 龙门轴

注意

在多个轴上同时选择 SS1/SS2 时的非同步制动特性

如果同时在多个轴上触发了停止响应（SS1、SS2），驱动的制动特性便不能同步。

特别是在相关联的轴上，这一时间偏差会导致位置差。如果不采取应对措施，在位置差较大的情况下可能会损坏机床。

- 将安全周期设置得尽可能短，使位置差保持在较小的范围内。
- 检查 SS2E 的其他停止请求（SS2 外部停止）。

为保证耦合轴同步制动，要使用功能“SS2E 时 NC 制动斜坡”。

也可以采取以下措施：

- 将安全周期设置得尽可能短，使位置差保持在较小的范围内。
- 检查 SS2E 的其他停止请求（插补式停止）。

说明

在一个龙门轴组中，必须在引导轴和跟随轴上都配置 Safety Integrated 功能。

否则无法确保对龙门轴组的控制，例如：不能保证引导轴的停止响应会自动传递到跟随轴上。龙门耦合可以删除。因此会有一根轴不受监控。

说明

停止响应 STOP A, B, C

如果仅在耦合轴组中的一个轴上触发停止响应（STOP A, B, C），则此停止响应会对该耦合轴组中的所有轴生效并触发 $n_{\text{设定}} = 0$ 。如果因此导致轴出现不同的制动特性，则可使用驱动功能 FASTBRK。如果差异过大而不可接受，则应配置停止响应 SS2E (STOP D)。

说明

通过数控制动斜坡制动的接口信号

可以借助接口信号通过数控制动斜坡启动制动。

该功能的详细信息请参见章节“选择安全停止时的数控制动斜坡 (页 253)”。

7.10.2 引导轴/跟随轴

如未建立固定式机械耦合，那么在引导轴/跟随轴组的两根轴上必须都配置 Safety Integrated 或 SINUMERIK Safety Integrated plus 功能。

如已建立了固定式机械耦合，则只需在引导轴上配置 SINUMERIK Safety Integrated 或 SINUMERIK Safety Integrated plus 功能。

机床制造商必须根据风险评估进行判断，固定式机械耦合是否足够稳固，使得只在引导轴上配置 Safety Integrated 或 SINUMERIK Safety Integrated plus 功能便已足够。

7.10.3 轴组上的制动测试功能

对于龙门轴组或引导轴/跟随轴组，机床制造商应根据具体情况进行判断，制动器损坏是否会导致机械系统受损。如可能导致机械系统受损，则切勿执行制动测试。

7.10.4 伺服专用耦合 SERVCOUP

SERVCOUP 可实现电机在 SERVO 控制方式下的运行，因为电机在此方式下可能因为规格和/或结构型式的原因而不能在一个单独的 SINAMICS 功率单元上运行。这些电机可以分配在多个驱动对象上，这些驱动对象可分别在一个电机模块上运行并可以相互耦合。各个驱动对象也可以看作是带自有绕组和接线的子电机。

- 使用 SERVO 耦合的前提条件是同种类型的电机已进行了高刚性机械连接。
- OA 应用（通常）不会影响 Safety Integrated 或 SINUMERIK Safety Integrated plus 功能。
- 使用 SERVCOUP 时，引导轴上的 Safety Integrated Extended Functions 可用于驱动监控。跟随轴只有 Safety Integrated Basic Functions。
- 引导轴发生故障时，通过 STO 停止跟随轴。这应根据具体情况进行触发（参见功能手册 SERVCOUP (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/109779937>)，章节“功能说明/SINAMICS Safety Integrated/SINUMERIK Safety Integrated”）。
- 例如：如果违反了引导驱动对象上 Safely-Limited Speed (SLS) 的监控转速，那么引导驱动对象上设置的安全停止响应将被触发。此时整个驱动组都将停止。

7.10.5 借助 SCC 闭合内部电机抱闸

配合安全监控功能和激活的 SCC 可通过信号 `<Axis>.safetyCtrlChan.out.closeBrake` “关闭内部制动器” 控制内部制动器。

说明

BICO 连接

在从 `<V6.14` 的软件版本升级时，必要时应将 p858 的 BICO 互联更改为 r10251.13。

PLC 信号

PLC → NC

Basic Program Plus	Basic Program	
<code><Axis>.safetyCtrlChan.out.closeBrake</code>	<code>LBP_typeAxisX.CloseBrake</code>	<code>DB31, ... DBX140.5</code>

7.10.6 NC 侧设定速度限值

基本介绍

用于计算 NC 侧设定速度限值的数据源由驱动上的安全监控通过 Safety Info Channel (SIC) 提供。

驱动将生效的电机侧设定速度限值输入到 Safety Info Channel 中 (`S_V_LIMIT_B`)。驱动参数 p2000 作为基准值。在 SLS 监控生效时，NC 将驱动提供的电机侧限值转换为负载侧限值，此时依据 NC 侧的评估系数，并将计算出的设定速度限值传输给 NC 的运动控制。

此时要注意，驱动中的安全参数设置与 NC 中的标准参数设置要相互匹配（编码器值、齿轮级）。

NC 侧用于限制设定速度的评估系数在机床数据 MD36933 `$MA_SAFE_DES_VELO_LIMIT[...]` 中进行设置。该系数与在驱动参数 p9533 中设置的 SLS 设定速度限值无关：

- MD36933 = 0%:
NC 侧设定速度限值无效。
- MD36933 > 0%:
NC 侧设定速度限值 = 驱动侧设定速度限值 * 机床数据的设置值。

当未选择 SLS 监控或 SOS 监控，或是验收测试模式生效时，会向运动控制报告“设定速度限值无效”。

7.10 与其他功能配合使用

如果驱动提供的设定速度限值为“0”，则该值会原样传输给运动控制。

有效的设定速度限值会通过 NC 变量 safeDesVeloLimit 提供给用户使用。

NC 插补器中功能的生效方式：

- 此功能可对进给轴和主轴生效。
- 位置控制环不应发生超调，确保设定值跃变不会在实际值侧导致 SLS 监控响应。

示例：带齿轮级切换的主轴

驱动侧齿轮级切换后，驱动在 SIC 中输入的电机侧设定速度限值就会变化。如果在 NC 中设置了其他不同的齿轮级或当前生效的是其他齿轮级，那么 NC 中的有效设定速度限值就会不一致。这会导致，设定速度限值超出所设置的 SLS 限值。

如要避免出现此类情况，必须对驱动中与安全相关的编码器设置和齿轮箱设置以及 NC 的标准机床数据进行正确的参数设置，并在驱动和 NC 中同时进行齿轮级切换。

示例：设置**驱动中的参数设置：（齿轮级 1 错误，齿轮级 2 正确）**

生效的 SLS 速度限值	p9531 = 280 r/min
SLS 设定速度限值	p9533 = 100%
“电机齿轮箱/负载”分母	p9521[0,1] = 28, 28
“电机齿轮箱/负载”分子	p9522[0,1] = 3088, 3088

NC 中的参数设置示例：

设定速度限值	MD 36933 = 90%
“负载齿轮比”分母	MD 31050[1,2] = 1, 28
“负载齿轮比”分子	MD 31060[1,2] = 1, 3088

场景 1：SLS 生效，齿轮级 1（NC/驱动） > 齿轮箱参数设置不一致

- 电机侧设定速度限值（即 SIC 中的 S_V_LIMIT_B）：
 $r9733 = 280 \text{ r/min} * 3088/28 * 1.0 = 30880 \text{ r/min}$
- NC 侧设定速度限值：
 $\text{NC 变量 safeDesVeloLimit} = 30880 \text{ r/min} * 1/1 * 0.9 = 27792 \text{ r/min}$
 – 生效的设定速度限值超出 SLS 限值。

场景 2: SLS 生效, 齿轮级 2 (NC/驱动) > 齿轮箱参数设置一致

- 电机侧设定速度限值 (即 SIC 中的 S_V_LIMIT_B) :
 $r9733 = 280 \text{ r/min} * 3088/28 * 1.0 = 30880 \text{ r/min}$
- NC 侧设定速度限值:
 NC 变量 safeDesVeloLimit = $30880 \text{ r/min} * 28/3088 * 0.9 = 252 \text{ r/min}$
 - 生效的设定速度限值为 SLS 限值的 90%。

7.10.7 PRESETONS

不允许将 PRESETON 与具有安全绝对位置的 Safety Integrated 功能结合使用。

这些功能包括:

- SLP Safe Limited Position
- SP Safe Position
- SCA Safe Cam

 警告
<p>将机器坐标系的参考位移到安全的绝对位置</p> <p>通过使用 PRESETONS 在机器坐标系 (MBS) 中设置新的实际值, 仅更改机床坐标系的位置, 安全绝对位置保持不变。这允许监视边界移动到意外位置。</p> <p>如果不采取适当的预防措施, 可能会发生死亡或严重的身体伤害。</p> <p>不允许将 PRESETON 与具有安全绝对位置的 Safety Integrated 功能结合使用!</p>

设置出错时, 即: 在 MD30460 \$MA_BASE_FUNCTION_MASK 位 9 中激活了 PRESETONS 并且为 Safety Integrated 功能设置了安全绝对位置, 系统会输出报警 22326 “安全轴 %1 上不允许 PRESETONS”。

注意在通过 SCC 回参考点时的特殊性:

- 只有当为 SLP, SP, SCA 中的某功能设置了绝对参考时, 使用驱动侧功能 “通过 SCC 使能回参考点”(p9501.位 27) 才会导致报警 27236。
- 同时使用 “通过 SCC 使能回参考点” 和 PRESETONS、但不使能带绝对参考的功能时, 无法确保驱动中显示的 NCK 位置实际值和安全位置实际值总是一样的。

7.10.8 设定值切换

“设定值切换”功能允许多个轴共享同一驱动。为确定参与设定值切换的轴，要重复分配驱动的另一设定值通道。为此，必须使用该驱动的逻辑编号为每个轴预设 MD30110 \$MA_CTRL_OUT_MODULE_NR。

设定值切换和 Safety Integrated

SI 功能与设定值切换的组合仅在有限的范围内得到支持。由于每次设定值切换后都会丢失绝对位置参考，因此只能合理使用不需要绝对位置信息的 SI 功能。其中包括 SOS、STO、SLS 和 STOPS。

说明

不支持 SLP 和 SCA。

SI 监控仅在为此配置的驱动中计算，而不考虑现有的驱动控制。因此，SI 错误状态仅由该 SI 机床轴检测。相关的报警响应自动对参与设定值切换的所有轴生效。

MD37950 \$MA_SAFE_INFO_ENABLE 只能在**最后一个**为设定值切换配置的机床轴中激活。此固定分配在设定值切换后仍会保留。从分配给驱动的轴中，检查仅一个连接到 Safety Info Channel (SIC) 的 NC 轴的明确分配。如果参数设置错误，将显示报警 27812“轴 %1 和 %2 用相同的 SIC/SCC 地址 %3 进行参数设置”。

结合 Safety Integrated，参与设定值切换的所有轴必须配置在**同一** NC 通道。

如果 SI 监控在运行非 SI 轴时也有效，则在此期间不得停放 SI 轴。

停放具有驱动控制“LBP_Axis*.E_BitValCtrlOutChang0” (DB31, ... DBX96.5)=1”的轴必须与停放 SI 轴**同时**进行。这将同步禁用驱动和 SI 轴中的 SI 监控。必须始终为两个轴选择轴的停放。

“停放”运行状态只能通过具有驱动控制的轴退出。

由于机械切换，SI 监控的电机编码器 (G1) 被几个轴连续移动。为了能够确定正确的负载侧速度，相关轴的现有齿轮箱传动比必须合理地映射到 SI 驱动的 p9521、p9522 的 8 个元件中。

要使正确的传动比系数在 SI 监控中有效，必须在设定值切换的同时从 PLC 进行相应的 SI 传动比选择。

双编码器系统

如果 SI 轴有两个编码器，则在切换到非 SI 轴时，不得断开第二个安全编码器。两个 SI 编码器必须持续使用。在配置 SI 传动比时，必须考虑到从 SI 轴到非 SI 轴的齿轮箱传动比。

STOPs

对于 SI 轴，不允许设置 MD36964 SAFE_IPO_STOP_GROUP $\neq 0$ ，因为这将导致取消插值关系。

制动测试

制动测试只能在 SI 轴中进行。要进行制动测试，SI 轴必须有驱动控制。

验收测试

非 SI 轴的验收测试必须手动进行并记录。没有验收测试的支持。

7.10.9 通道运行信息

除了显示图标  和等待原因指示图标  外，还可以通过标有文字“因安全状态停止”的图标  显示当前因处于某安全相关状态而导致等待。另外还会显示该生效状态所属轴的名称。此处可显示多根轴。

在满足以下条件时，始终会显示该等待过程：

- 因处于 STO, SS1, SS2, SS2E, SS2ESR, SOS 中的某安全相关状态，轴无法运行。
- 因 SLS 监控生效，设定值被限制为 0，轴无法运行。该情况同样针对 SDI（只要激活了两个 SDI 方向）。

在以下应用场合下工作方式各有不同：

应用场合	消息	特性
操作模式	X	在点动、自动和 MDI 操作模式中支持通道运行消息“因安全状态停止”。
SS2ESR	-	可扩展的停止和退回（ESR）生效时，会显示更高优先级消息“等待：快速退回已触发”。
SOS	X	在自动模式中，当所有轴都处于生效 SOS 状态启动零件程序时，显示消息“因安全状态停止”。通道中的所有其他轴可以运行。

7.10 与其他功能配合使用

应用场合	消息	特性
PLC 轴	-	在 PLC 控制轴上，不会因缺少所属通道显示消息“因安全状态停止”。
通道组	X	在自动模式中，某根轴已通过 MD 36964 SAFE_IPO_STOP_GROUP 脱离通道组、处于安全相关状态时，也会显示消息“因安全状态停止”。 虽然显示该消息，但其他所有轴仍可以运行。消息中会一并指出受影响的轴。

和其他通道消息一样，消息“因安全状态停止”同样可以通过 HMI 配置文件 slmahdconfig.ini 加以修改。

7.10.10 急停叠加在安全停止响应之上

说明

在同时执行安全停止响应时，“急停”会影响制动方式

按下急停按钮触发的快速停止和安全功能触发的停止响应可以相互叠加，从而可能导致意外结果。

- 如果在带安全功能的驱动运行期间按下急停按钮，NCK 信号 DB10.DBX56.1 会晚于安全停止响应动作，使得由安全功能触发的停止响应不会被 NCK 侧急停按钮触发的快速停止叠加。

验收测试

8.1 目的和要求

验收测试的目的在于：验证各项安全功能的参数是否正确设置、是否能正常工作，发现潜在的设置错误，并记录下正确的设置结果。

在开展验收测试时，必须使驱动超过为所有激活的安全功能设置的限值运行，以便检查和验证安全功能能否正常执行。



错误的参数更改可引起意外运行

更改已经验收的安全功能可导致故障、意外运动以及人员伤亡。

- 一旦更改了安全功能，就请立即重新执行验收测试。
- 另外也请创建相应的验收记录。

验收测试责任

验收测试由机器制造商负责执行和记录。

不允许将验收测试的结果用于其它用途！

验收测试获得的数值（如：距离、时间等）和检测出的系统特性（例如：触发特定停止响应）可用于检查安全功能设计的合理性。验收测试获得的数值都是典型值，不是最差情况值。这些值只代表设备在测量这一时间点上的特性，这些数值不能用于推导实际值（如：最大制动距离）。

SINUMERIK Operate 中的验收测试

关于 SINUMERIK Operate 中验收测试的详细说明请参见功能手册“SINUMERIK Operate 验收测试”（下载 (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/109783228>)）。

8.1 目的和要求

如需了解诊断步骤，可参见本章中的诊断指南 (页 414)以及针对 SINUMERIK Operat 安全诊断功能 (页 418)的说明。

在以下软件中，针对不同组件的诊断功能各有不同：

表格 9-1 和组件相关的诊断功能

组件	SINUMERIK Operate	TIA Portal
F-PLC	-	参见 SIMATIC Safety 帮助信息
F-I/O	操作区“诊断”	参见 SIMATIC Safety 帮助信息
安全程序 (F 程序)	-	参见 SIMATIC Safety 帮助信息
校验和	操作区域“诊断”中的 SINAMICS 校验和	软硬件的安全运行组签名和 安全签名 参见 SIMATIC Safety 帮助信息
安全驱动的状态	操作区域“诊断”	-
报文诊断	操作区域“诊断”	-
SCA 诊断	操作区域“诊断”	-
特定安全功能的状态和诊断信息	操作区域“调试” (无需激活调试模式)	-

另外，本章也会提供在 SINUMERIK Operate 中进行诊断的一些常规信息和背景信息。

- 关于诊断信息显示和评估的简要说明 (页 437)
- 校验和 (页 438)
- 停止响应 (页 350)
- 使用故障缓冲器和安全信息缓冲器 (页 442)
- 应答 (页 445)
- 安全模块 I/O (页 435)

关于软硬件组件更换的信息在一章中单独说明 (页 449)。

9.1 S7-1500 诊断指南

有关 F-CPU S7-1500 诊断的详细说明，请见诊断功能手册 (<http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/59192926>)。

说明

诊断功能手册中的说明并不完全针对 SINUMERK Safety Integrated。

关于 RET_DPRD/RET_DPWR 的小建议

RET_DPRD:

指令 DPRD_DAT 中的非故障安全型错误代码 RET_VAL。

关于错误代码的说明请参见 STEP 7 在线帮助中关于指令 DPRD_DAT 的说明（扩展指令 > 分布式 I/O > 更多）。

RET_DPWR:

指令 DPWR_DAT 中的非故障安全型错误代码 RET_VAL。

关于错误代码的说明请参见 STEP 7 在线帮助中关于指令 DPWR_DAT 的说明（扩展指令 > 分布式 I/O > 更多）。

9.2 系统报警

显示诊断画面“信息”

依次按下“MENU SELECT > 诊断 > 菜单扩展键 > 信息”。

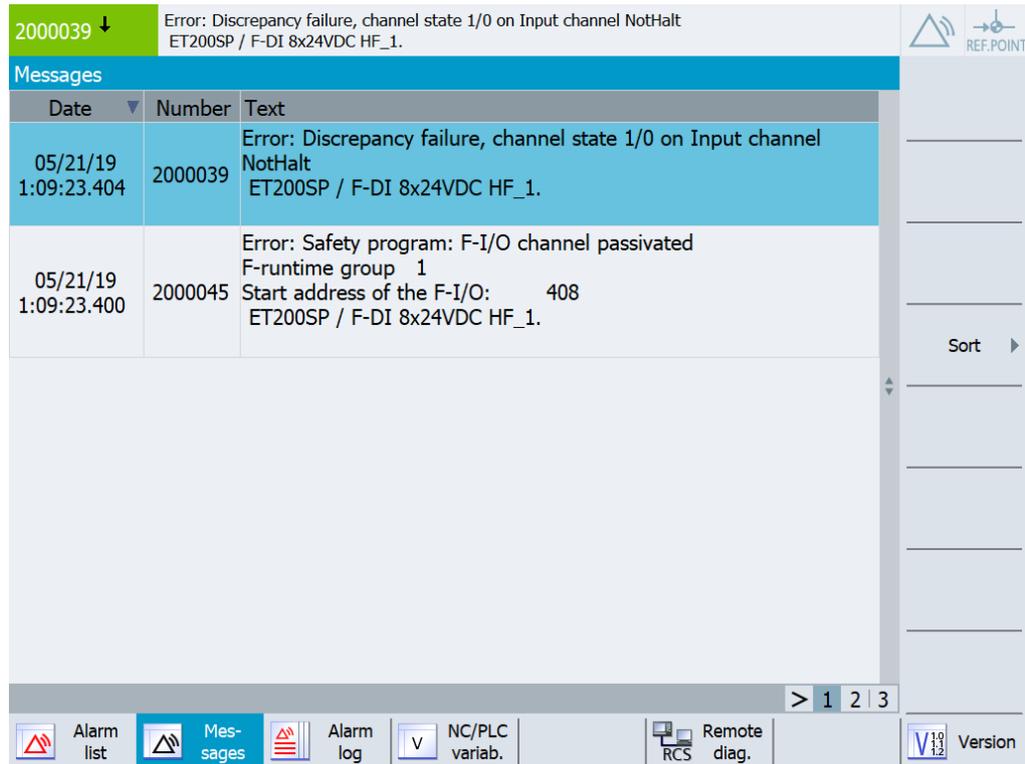


图 9-1 信息 - 系统报警

从 TIA Portal 中导出报警文本

首先要将报警文本从 TIA Portal 中导出，才能够在 SINUMERIK Operate 中的诊断画面“信息”中显示来自 TIA Portal 的这些文本。

按如下步骤操作：

1. 在 TIA Portal 中打开项目。
2. 点击项目导航栏中的“SINUMERIK 控制系统”，然后点击右键菜单“导出 SINUMERIK Operate 的报警和文本”。

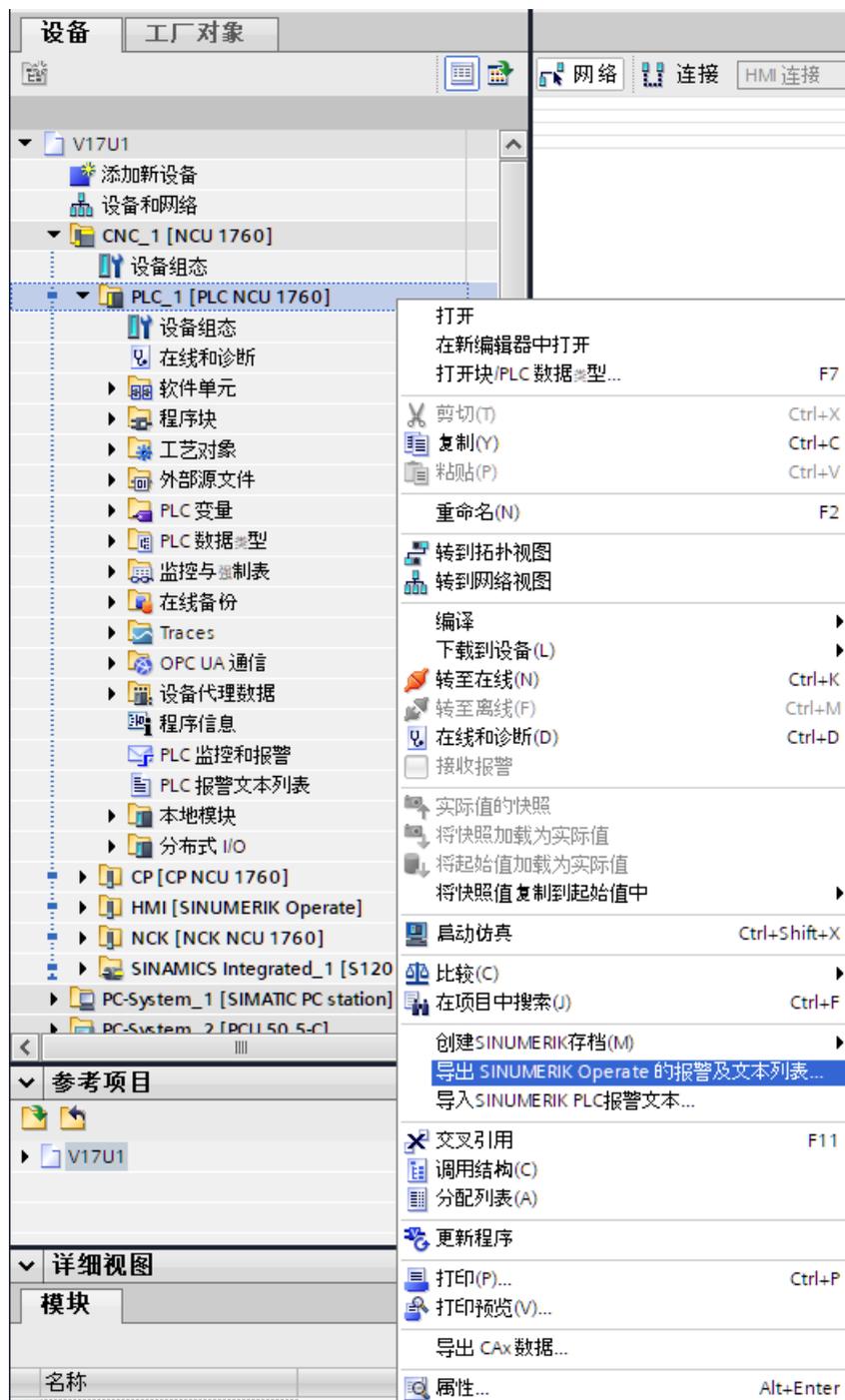


图 9-2 从 TIA Portal 中导出报警

3. 在以下对话框中选择导出文件的保存路径。

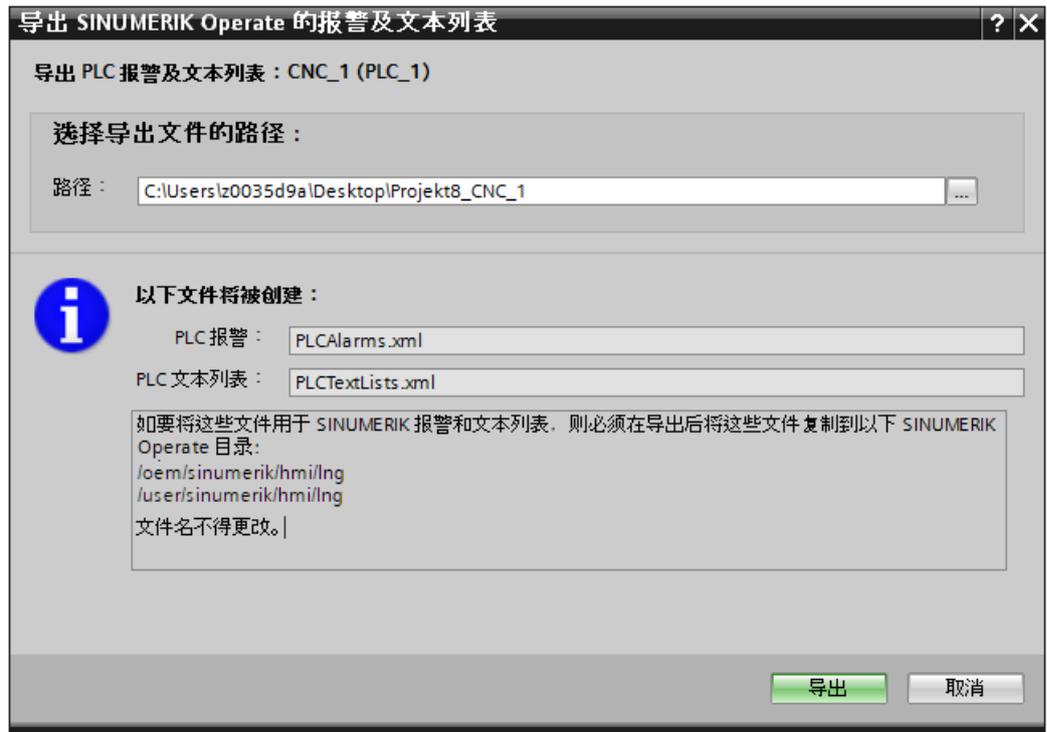


图 9-3 导出对话框

4. 然后点击按钮“导出”。
Operate 的导出文件保存在指定目录中。
5. 把导出的文件复制到目录 `/oem/sinumerik/hmi/lng` 或 `/user/sinumerik/hmi/lng` 下。

9.3 SINUMERIK Operate 中的诊断选项

9.3.1 Safety Integrated 诊断概览

在窗口“Safety Integrated 诊断概览”中会显示以下信号信息：

- 常规
 - 安全运行方式（所设置的运行方式）
 - 安全 NC 轴的数量
 - 安全 PLC 轴的数量
- 状态
 - SI 报警（待处理的报警）
 - SI I/O（F 模块报告故障或者等待用户应答）
 - SI 校验和（当校验和不同时予以显示）
 - SI 报文（当 PROFIsafe 配置或 SIC/SCC 配置中出现冲突时予以显示）

以下图标可以指示状态：

图标	含义
	故障 / 错误
	提示 / 报警
	没有发现问题

调用

依次按下“MENU SELECT > 诊断 > 菜单扩展键 > 安全”。

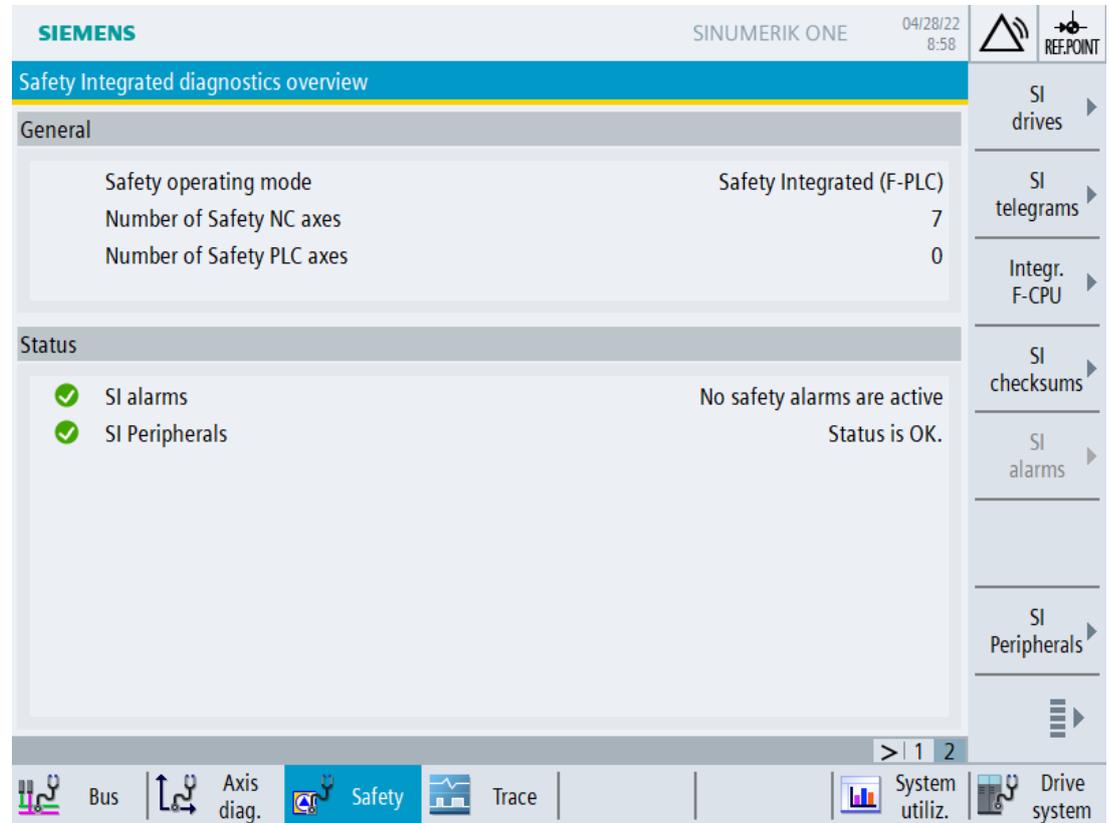


图 9-4 Safety Integrated 诊断概览

该画面同时也是以下诊断画面的入口：

- 安全驱动 (页 420)
- 安全报文 (页 423)
- 集成 F-CPU (页 424)
- 安全校验和 (页 426)
- 安全报警 (页 433)
- 安全凸轮 (页 434) (按下菜单扩展键进入)
- SI 安全模块 I/O (页 435)

9.3.2 安全驱动状态

诊断画面“SI 驱动状态”显示了选中驱动上配置的安全状态信息和诊断信息。

在该画面中，选中驱动上没有配置的功能被隐藏。

调用

MENU SELECT > 诊断 > 菜单扩展键 > 安全 > SI 驱动

基本功能和扩展功能都单独的诊断画面“SI 驱动状态”。

调用“SI 驱动状态 - 基本功能”

MENU SELECT > 诊断 > 菜单扩展键 > 安全 > SI 驱动 > 基本功能

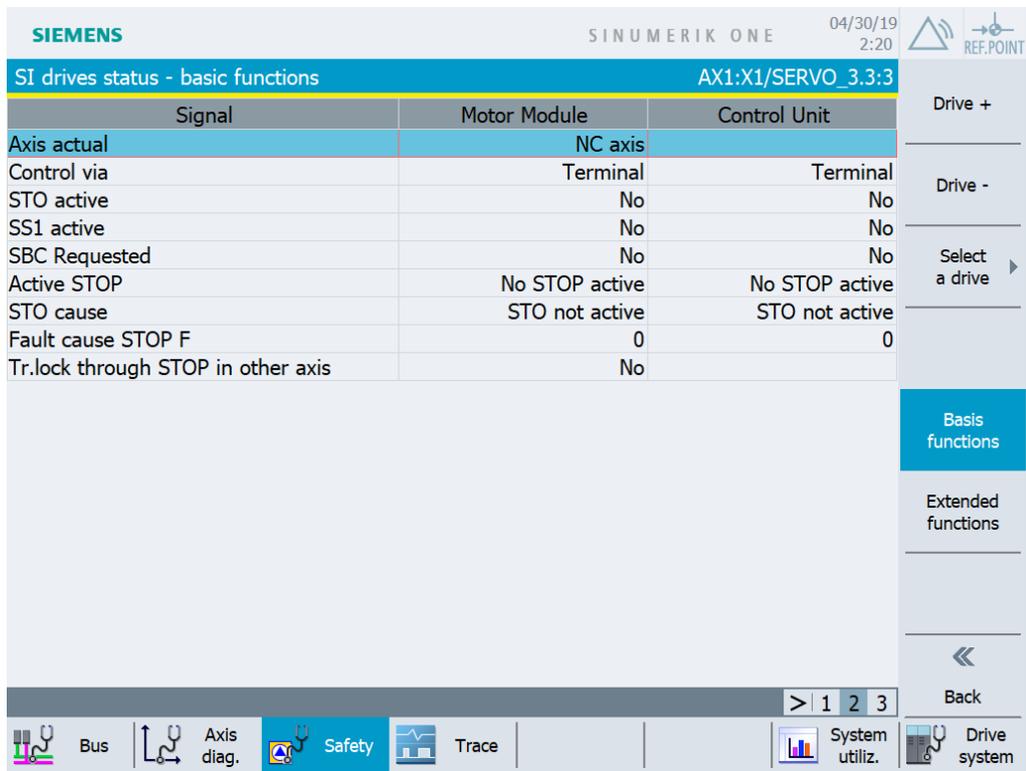


图 9-5 诊断画面“SI 驱动状态 - 基本功能”

打开“SI 驱动状态 - 扩展功能”

MENU SELECT > 诊断 > 菜单扩展键 > 安全 > SI 驱动 > 扩展功能

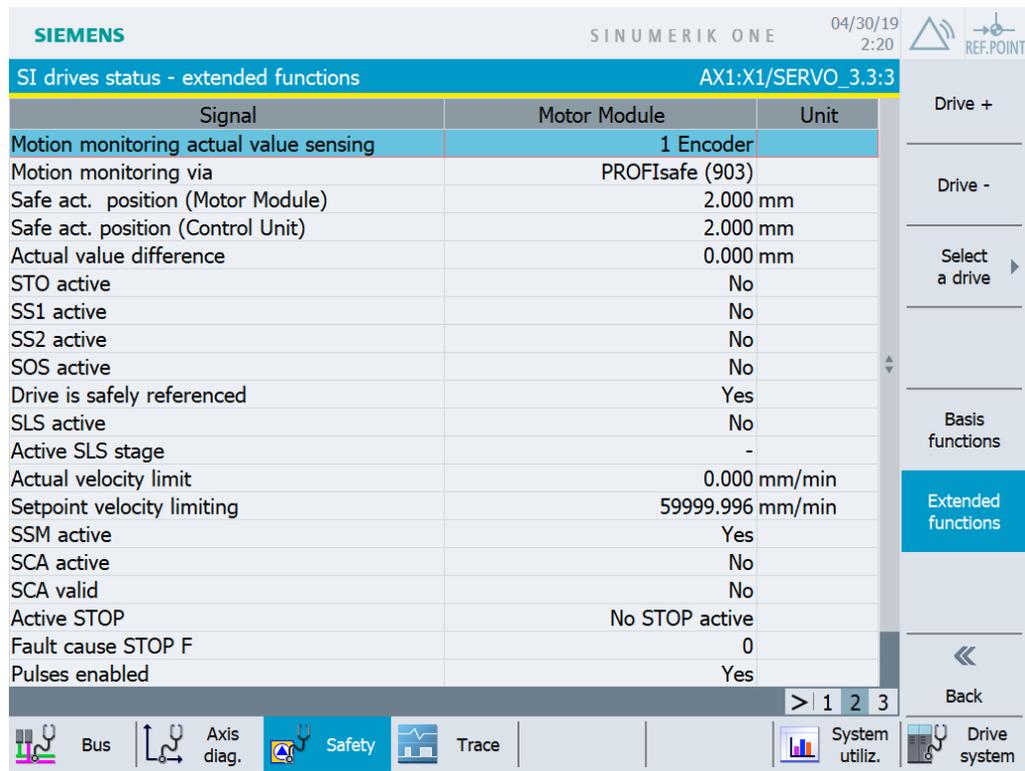


图 9-6 诊断画面“SI 驱动状态 - 扩展功能”（截屏仅供示例）

9.3.3 安全报文概览

诊断画面“SI 安全报文概览”显示了各个驱动/轴上 PROFIsafe 和 SIC/SCC 的报文类型。

调用

依次按下“MENU SELECT > 诊断 > 菜单扩展键 > 安全 > SI 报文”。

Axis/drive	PROFIsafe telegram type	SIC/SCC telegram type
AX1:X1/SERVO_3.3:3	903	701
AX2:Y1/SERVO_3.3:4	903	701
AX3:Z1/SERVO_3.3:5	903	701
AX4:A1/SERVO_3.15:2	903	701
AX5:B1/SERVO_3.3:6	903	701
AX6:U1/SERVO_3.3:7	903	701
AX7:C1/SERVO_3.3:8	903	701

图 9-7 诊断画面“SI 报文一览”

该画面同时也是以下诊断画面的入口：

- PROFIsafe 安全报文 (页 423)
- PROFIdrive 安全报文 (页 424)

更多信息

- 有关安全相关报文的简要介绍请参见章节“驱动集成的安全功能的控制方式 (页 257)”。

9.3.4 PROFIsafe 安全报文

诊断画面“PROFIsafe 安全报文”显示了控制字和状态字中各个位的含义和状态。您可以在以下视图之间切换：

- 状态字
- 凸轮状态字（提示：仅限在 SINAMICS 中使能了凸轮功能时）

调用

依次按下“MENU SELECT > 诊断 > 菜单扩展键 > 安全 > SI 报文 > PROFIsafe 报文”。

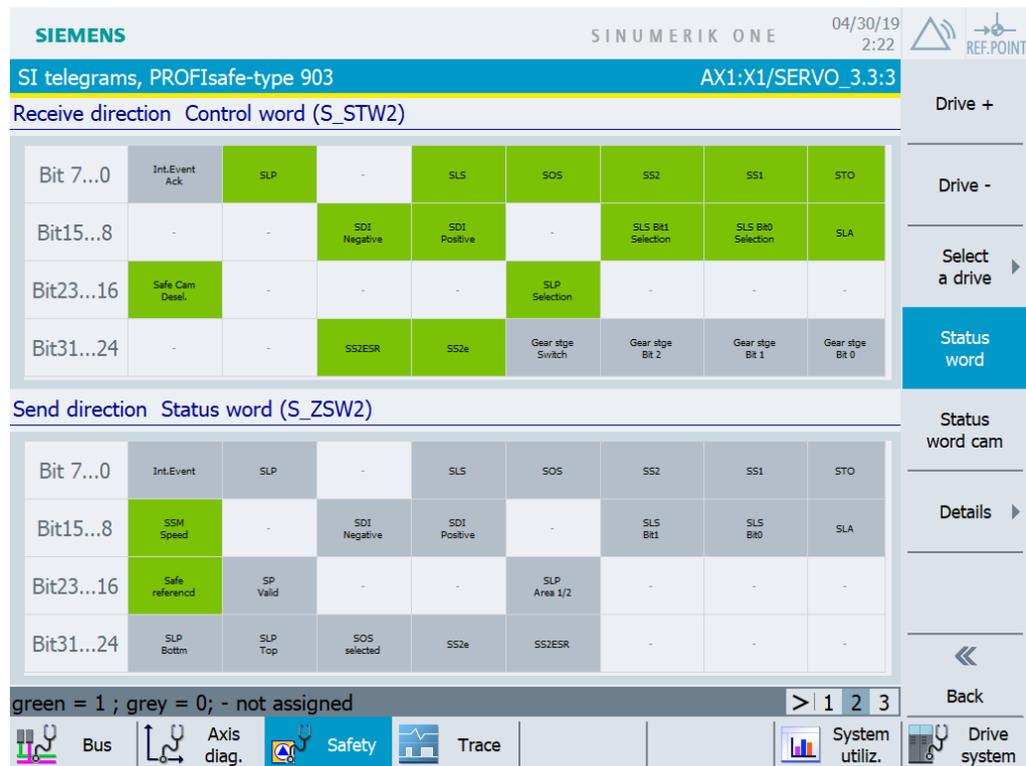


图 9-8 诊断画面“PROFIsafe 安全报文”

按下软键“详细”，显示控制字和状态字的所有有效载荷数据。

更多信息

- 有关 PROFIsafe 报文的简要介绍请参见章节“通过 PROFIsafe 控制 (页 261)”。

9.3.5 PROFIdrive 安全报文

诊断画面“PROFIdrive 安全报文”显示了控制字和状态字中各个位的含义和状态。

调用

依次按下“MENU SELECT > 诊断 > 菜单扩展键 > 安全 > SI 报文 > SIC/SCC”。

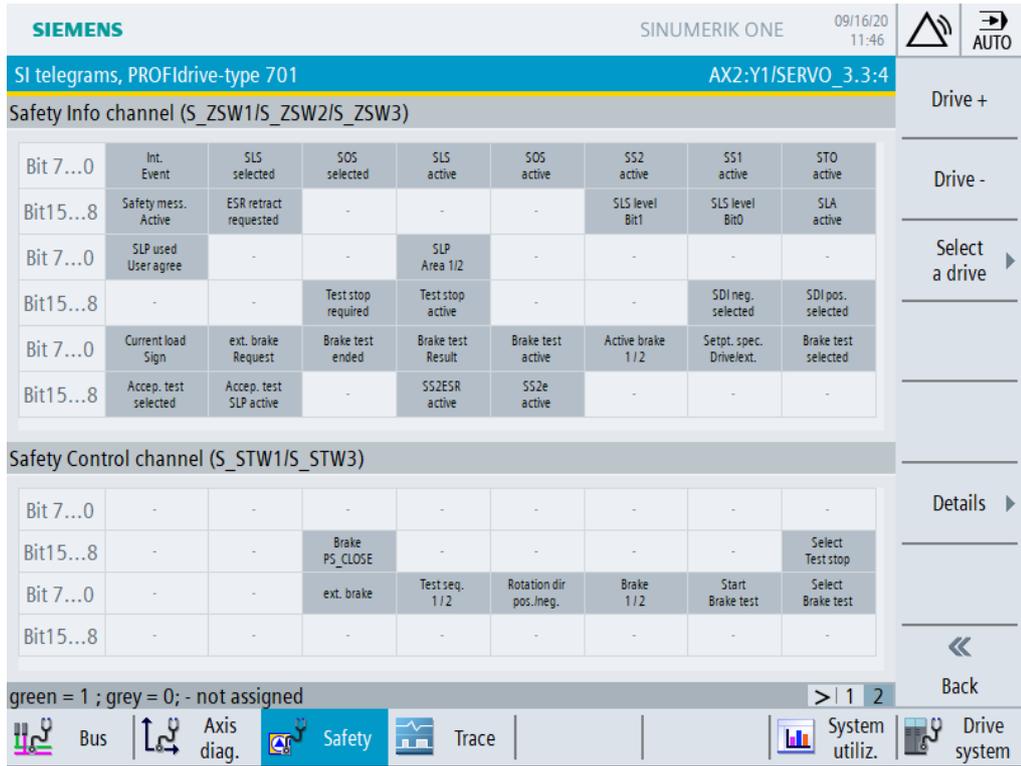


图 9-9 PROFIdrive 安全报文

按下软键“详细”，显示控制字和状态字的所有有效载荷数据。

更多信息

- 有关 SIC/SCC 报文的简要介绍请参见章节“Safety Info Channel 和 Safety Control Channel (SIC/SCC) (页 265)”。

9.3.6 集成的 F-PLC

诊断画面“SI 集成的 F-PLC”显示了为 SINUMERIK NCU 内集成的 F-PLC 配置的安全状态信息和诊断信息。

调用

选择菜单 > 诊断 > 菜单扩展键 > 安全 > 集成 F-CPU

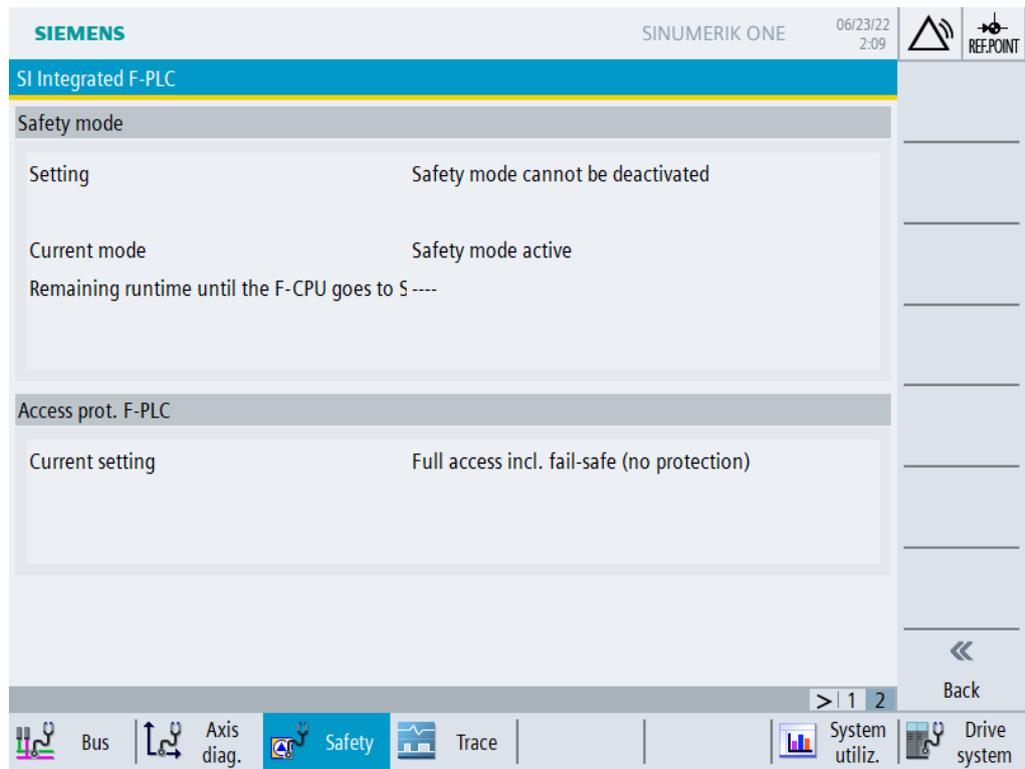


图 9-10 SI 集成 F-PLC 诊断视图

9.3.7 安全校验和

9.3.7.1 SI 校验和概览

在窗口“SI 校验和概览”诊断画面中显示驱动系统的以下信息：

- 全局校验和的详细信息
 - 全局安全工程组态
 - 安全相关硬件
 - SafeUserData (SUD)
提示： 仅当在 PLC 项目中配置了 SafeUserData 时显示。
- F-PLC 校验和
 - 安全全局签名
 - F-SW 全局签名
 - F-HW 全局签名
 - 安全通讯地址签名
- 驱动校验和状态
显示，所有驱动校验和的设定值和实际值是否一致。

调用校验和

依次按下“MENU SELECT > 诊断 > 菜单扩展键 > 安全 > SI 校验和”。

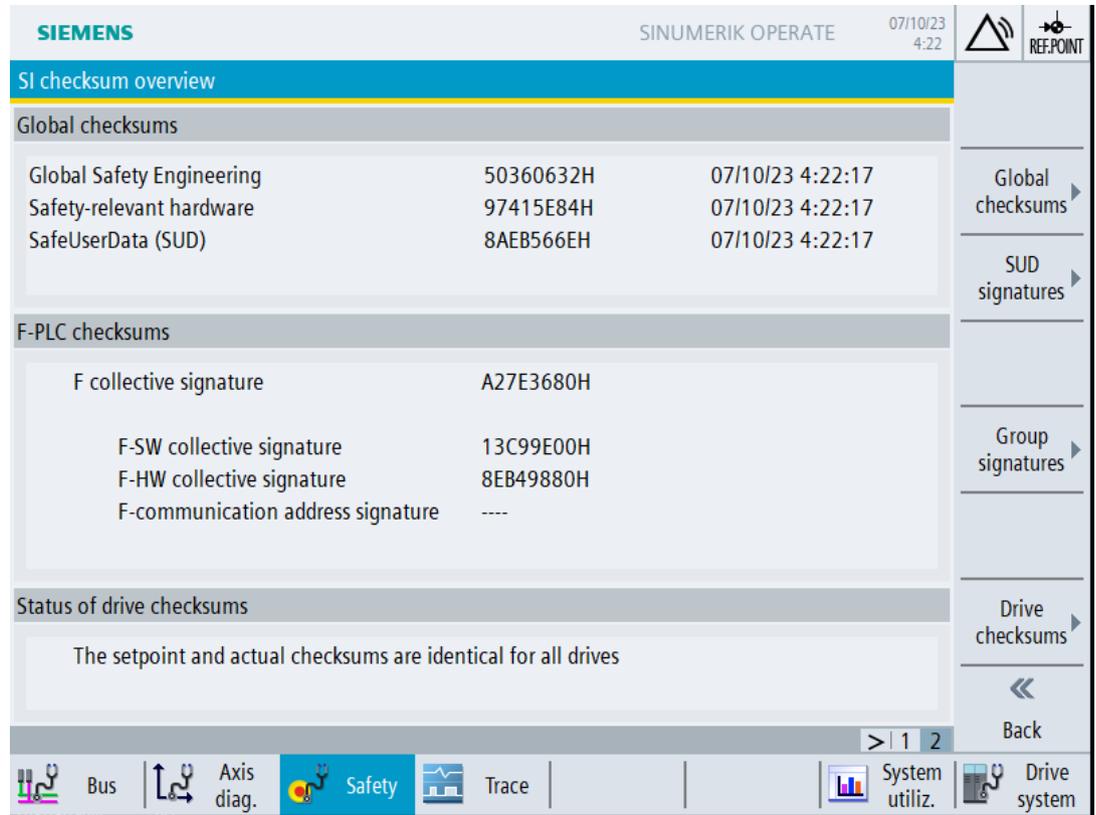


图 9-11 诊断画面“SI 校验和概览”

诊断画面“SI 校验和：全局校验和”显示了总的实际校验和，它由主站校验和计算得出(页 438)。一调用该诊断画面，系统便开始计算全局校验和，结束后会显示实际校验和以及计算数据。

从“SI 校验和概览”中可以打开以下诊断概览页面：

- 全局校验和
- SUD 签名
- 组签名
- 驱动校验和

9.3.7.2 SI 校验和全局校验和

在“全局校验和的详细信息”诊断画面中包含了以下全局驱动集成校验和的信息：

工程组态校验和

- F-PLC 安全全局签名
 - 安全程序签名和 F-CPU 硬件校验和的总校验和
- 扩展功能主站校验和
由以下校验和组成：
 - 运动监控 SI 参数 (r9728[0]) 的校验和
 - 实际值 SI 参数 (r9728[1]) 的校验和
- 扩展功能 MM 主站校验和
 - 电机模块/液压模块上运动监控 SI 参数 (r9398[0]) 的校验和
- 基于驱动的主站校验和
由以下校验和组成：
 - 控制单元上 SI 参数 (r9798) 的校验和
 - 电机模块/液压模块上 SI 参数 (r9898) 的校验和

硬件校验和

- 安全相关硬件校验和
由以下校验和组成：
 - 硬件 SI 参数 (r9728[2]) 的校验和
 - 带硬件基准的 SI 参数 (r9398[1]) 校验和

说明**检测校验和**

如果用于显示的校验和测定会持续较长时间，则会在窗口中显示进度。这会显示，当前计算的是哪个全局校验和。

调用全局校验和

MENU SELECT > 诊断 > 菜单扩展键 > Safety > SI 校验和 > 全局校验和

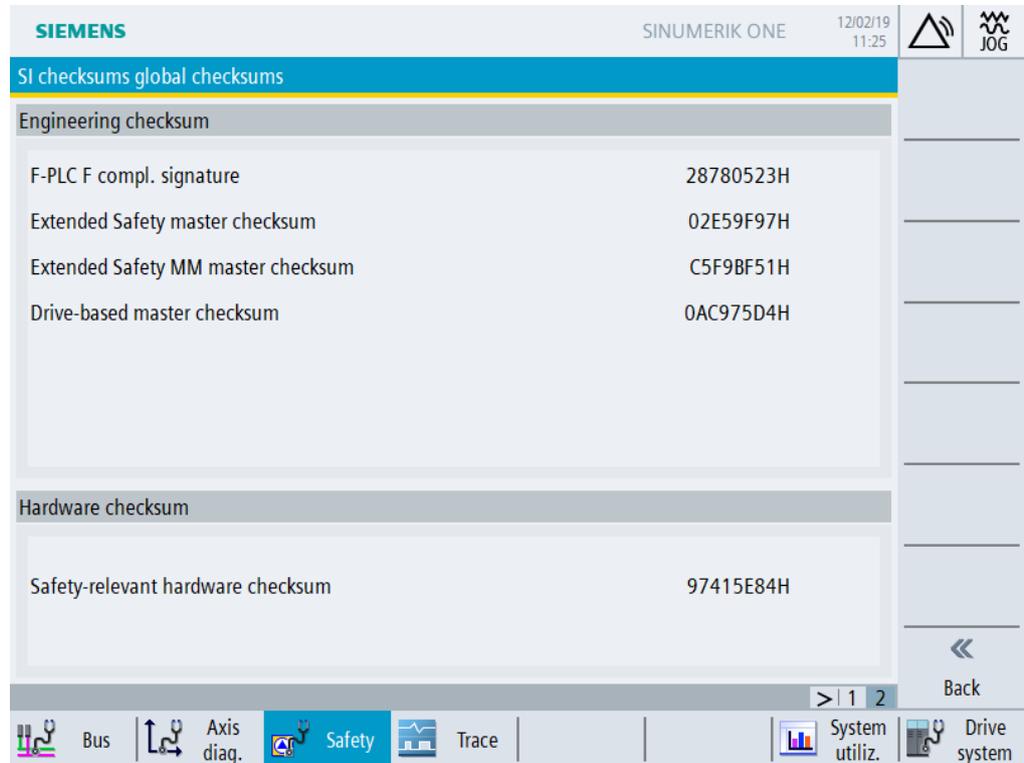


图 9-12 诊断画面“SI 校验和：全局校验和”

如果您通过该全局校验和发现 Safety 配置有所变化，可从“全局校验和”诊断画面切换到各个驱动/轴的校验和，来确定具体哪里发生了变化。

9.3.7.3 SI 校验和 SaveUserData (SUD) 签名

诊断画面显示 PLC 项目的 SaveUserData (SUD) 签名。

调用 SUD 签名

选择菜单 > 诊断 > 菜单扩展键 > 安全 > SI 校验和 > SUD 签名

视图显示 SUD 块的 SUD 签名。

Block name	Data type	Signature
sudBoolValues	Bool	17AF74D9H
sudMyOptions	Bool	E04ACC7FH
boolOpt2	Bool	450C1CBBH
sudIntValues	Int	1537CE8EH
sudOverrides	Int	4FDFBE8FH
sudDintValues	DInt	E9CFE521H
sudMyCams	DInt	2B079A26H
dIntInst3	DInt	0A16D6D1H

图 9-13 SI 校验和 - 概览 - SafeUser Data (SUD) 签名

9.3.7.4 SI 校验和一览“组签名”

诊断画面显示 PLC 项目的组签名。此处会列出各个文件夹及其子文件夹的对应组签名。

调用组签名

选择菜单 > 诊断 > 菜单扩展键 > 安全 > SI 校验和 > 组签名

该视图会显示 PLC 项目的组签名。

SI I/O details of F module			Module +
Name	Value	Unit	
Device name	ET200SP		Module -
Device number	6		
Module name	F-DI 8x24VDC HF_1		Select module ▶
Slot number	2		
Type	Input		
I/O address	408		
Number of the F-I/O DB	30111		
Projected F-monitoring time	150 ms		
Diagnostic data	none		
			⏪ Back

> | 1 | 2

Bus
Axis diag.
Safety
Trace
System utiliz.
Drive system

图 9-14 组签名的 SI 校验和概览

9.3.7.5 SI 校验和驱动校验和

在窗口“驱动校验和”中包含了基本功能和扩展功能的校验和信息：

- 扩展功能的校验和
 此处会对比监控通道 1（控制单元）和监控通道 2（电机模块）的以下扩展功能的实际校验和与设定校验和。
 - 运动监控
 - 实际值
 - 硬件
- 基本功能的校验和
 此处会对比监控通道 1（控制单元）和监控通道 2（电机模块）的参数实际校验和与设定校验和。

9.3 SINUMERIK Operate 中的诊断选项

可以根据状态符号来识别，针对某条信息，实际校验和与设定校验和是否一致。

图标	含义
	校验和一致
	校验和不同。

调用“驱动校验和”

选择菜单 > 诊断 > 菜单扩展键 > 安全 > SI 校验和 > 驱动校验和。

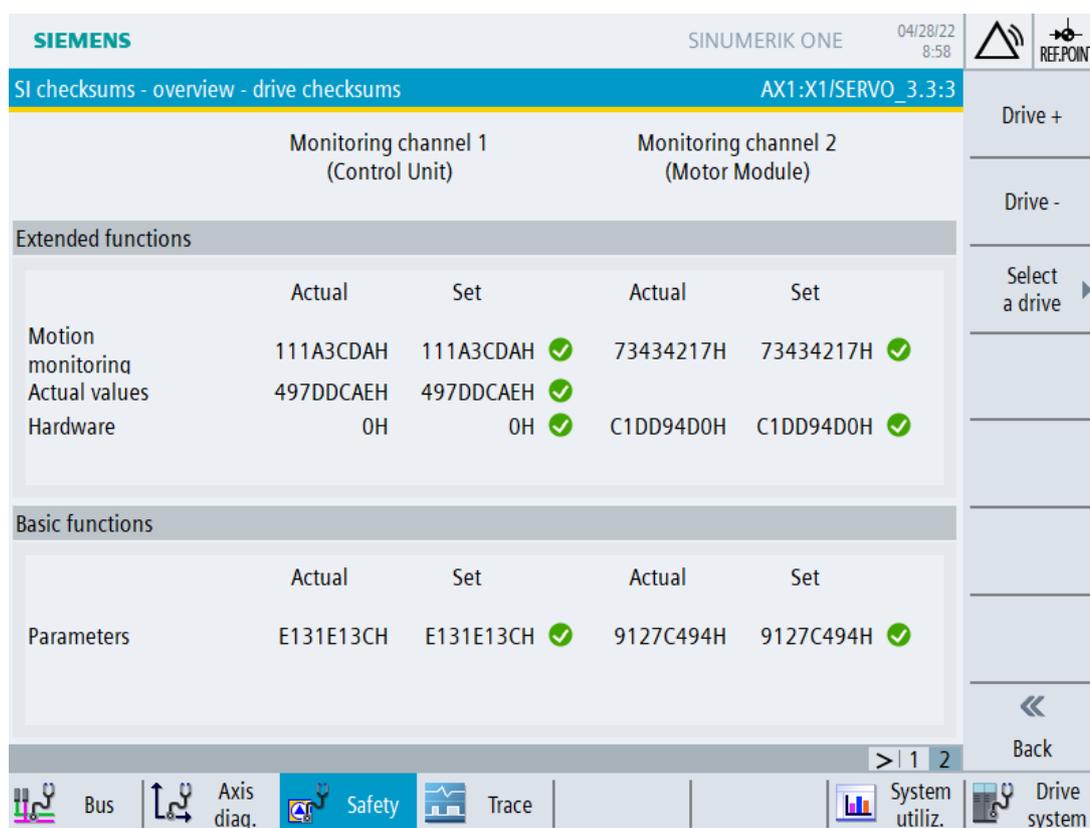


图 9-15 SI 校验和驱动校验和

说明

修改视图

您可在该诊断视图中显示不同驱动的信号信息。为此，可通过软键“驱动-”、“驱动+”或“选择驱动”对所需驱动进行设置。

9.3.8 安全报警

诊断画面“安全报警”显示了未决的安全报警。

调用

依次按下“MENU SELECT > 诊断 > 菜单扩展键 > 安全> SI 报警”。

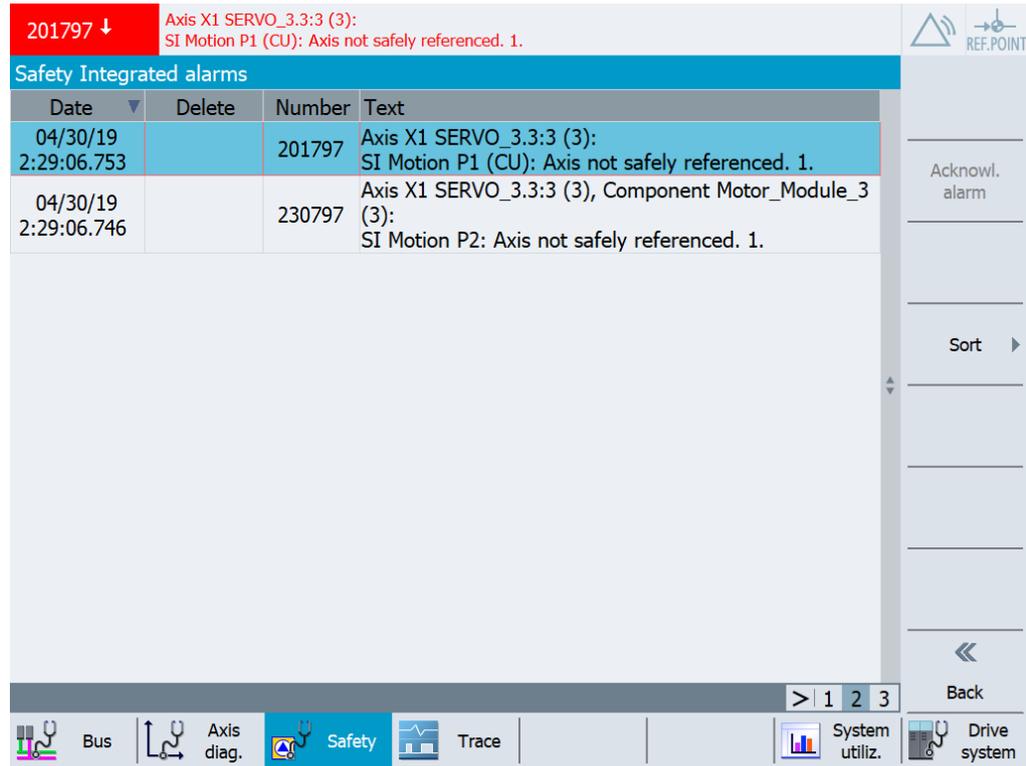


图 9-16 诊断画面“Safety Integrated 报警”

9.3.9 安全凸轮

诊断画面“安全凸轮”显示了关于选中驱动上安全功能 Safe Cam（SCA）的以下信息：

SCA 功能的状态	显示选中驱动上的安全功能 Safe Cam（SCA）是否被选中并生效，另外还会显示实际值（CU 上当前负载侧的实际值）。	
	●	无效
	●	激活
已激活凸轮的状态	!	失效。未执行安全回参考点。
	●	达到凸轮位置，凸轮无效。
	✔	达到凸轮位置，凸轮有效。已执行了安全回参考点。

调用

依次按下“MENU SELECT > 诊断 > 菜单扩展键 > 安全 > 菜单扩展键 > SI 凸轮”。

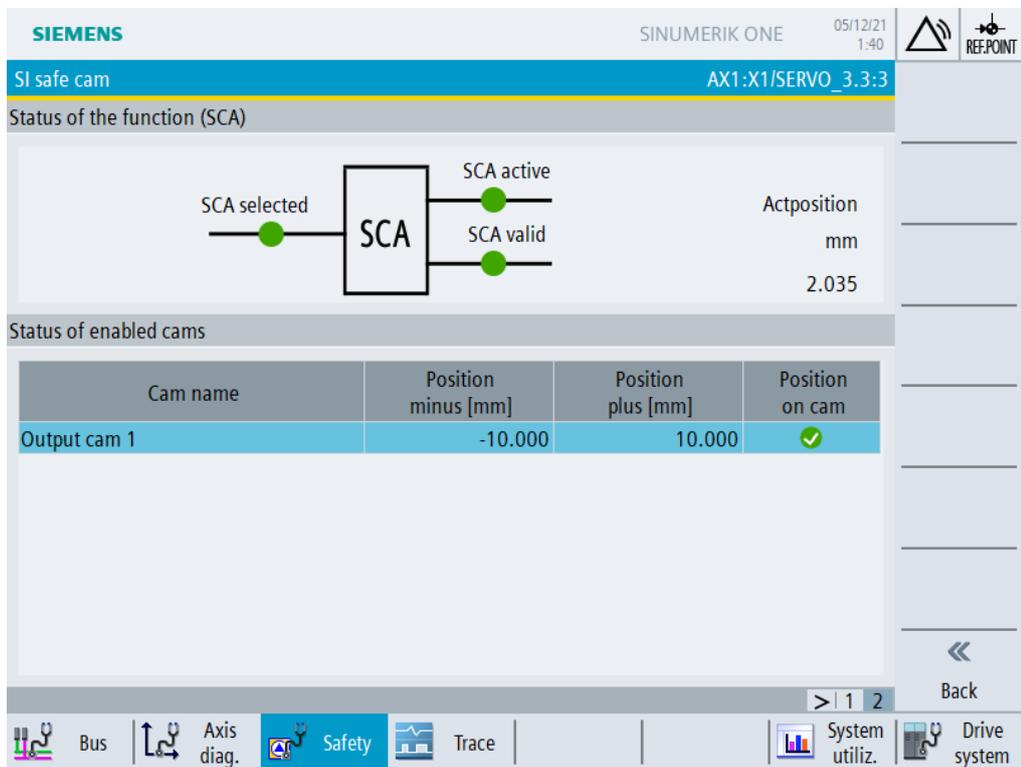


图 9-17 诊断画面“SI 安全凸轮”

9.3.10 SI 安全模块 I/O

诊断画面“SI 安全模块 I/O”显示了配置的 F I/O。右列显示所列安全模块的当前状态。

调用概览

选择菜单 > 诊断 > 菜单扩展键 > 安全 > SI I/O

SI I/Os overview of F modules			
Module name	I/O address	Type	Status
Gerätename: ET200SP			
F-DI 8x24VDC HF_1	408	Input	✓
F-DQ 4x24VDC/2A PM HF_1	414	Output	✓
F-DQ 4x24VDC/2A PM HF_1	419	Output	✓
F-DI 8x24VDC HF_1	424	Input	✓
F-PM-E 24V DC/8A PPM_1	430	Input/Output	✓
F-CM AS-i Safety ST	440	Input/Output	✓
Gerätename: SINAMICS Integrated_1			
DriveAxis01_SIEMENS_Telegramm_903	6700	Input/Output	✓
DriveAxis02_SIEMENS_telegram_903	6716	Input/Output	✓
DriveAxis03_SIEMENS_telegram_903	6732	Input/Output	✓
DriveAxis04_SIEMENS_telegram_903	6748	Input/Output	✓
DriveAxis05_SIEMENS_telegram_903	6764	Input/Output	✓
DriveAxis06_SIEMENS_telegram_903	6780	Input/Output	✓
Gerätename: NX 1			
<input checked="" type="checkbox"/> Normal mode <input type="checkbox"/> Acknowledgment request for reintegration <input checked="" type="checkbox"/> Fault <input type="checkbox"/> deactivated			

图 9-18 安全模块概览

按下软键“详细信息”，显示选中组件的更多信息。

调用详细信息

选择菜单 > 诊断 > 菜单扩展键 > 安全 > SI I/O > 详细信息

SI I/O details of F module			Module +
Name	Value	Unit	Module -
Device name	ET200SP		Select module ▶
Device number	6		
Module name	F-DI 8x24VDC HF_1		
Slot number	2		
Type	Input		
I/O address	408		
Number of the F-I/O DB	30111		
Projected F-monitoring time	150 ms		
Diagnostic data	none		
			Back

> | 1 | 2

图 9-19 带有诊断数据的安全模块详细信息

9.4 诊断信息的显示和评估

在“SINUMERIK Safety Integrated (F-PLC)”运行方式下，安全监控功能由驱动自动执行。诊断信息的采集和分析过程如下：

- 驱动的状态信息和控制信息（SIC/SCC）（页 265）是根据 SINUMERIK ONE 集成的子部件确定的。
 - NC 中的运动控制功能由此也和驱动自动控制的安全功能关联（页 355）在一起，避免 NC 中一些多余的后续响应。
 - 一些 SIC 状态信息还会额外保存在 NC 变量（页 459）中。
- SINAMICS Integrated 的信息或报警以以下方式显示：
 - 驱动的安全信息在 SINUMERIK Operate 的报警列表中显示。
 - 驱动的标准报警同样也包含了安全诊断信息。激活报警缓冲器（页 443）后，才能在 SINUMERIK Operate 中显示该报警。
 - 信息的显示和应答方式（页 445）根据使用的 Safety Integrated Functions 的范畴（页 40）以及使用的安全信息缓冲器（页 443）不同而不同。
- 如果安全功能直接或间接地触发了轴运动的停止，这将在 HMI 停止条件中显示。HMI 上将输出以下信息：
 - 哪个（哪些）轴已被安全功能停止。可以指定最多 4 个轴。
 - 哪个安全功能直接触发了此停止。是否是直接触发的停止？除 SLP 和 SDI 外，所有安全功能都可能。
 - 一个轴的停止是否是由另一个轴的停止间接触发的？

9.5 校验和

通过 Safety Integrated 校验和和签名，您可以对比验收记录中反映的机床出厂时的原始状态和机床目前的实际状态。校验和显示在 SINUMERIK Operate 的“诊断”区域中(页 426)。

- 各个安全模块有一个签名；安全程序有一个集体安全签名。安全程序的校验和会显示在 TIA Portal 中，也会显示在安全申明中。
- F-PLC 有一个集体安全签名。F-HW 全局签名和 F-SW 全局签名会显示在 TIA Portal 或安全申明中。
- SINAMICS 参数有目标校验和，它在调试时确定，还有 CU、MM 和运动监控功能的实际校验和，它在 SINAMICS Integrated 启动时确定。如果这两个校验和不一样，便输出 SINAMICS 报警 F01650/F30650 或 F01680/F30680。
参见：SINAMICS 校验和(页 440)
- SINUMERIK Operate 上还会额外显示主站校验和以及全局校验和，它们是由上文列举的实际校验和计算出的。NCU 不会比较这些校验和和目标值，也不保存这些校验和。
参见：计算全局校验和/主站校验和(页 438)
全局校验和/主站校验和显示在 SINUMERIK Operate 的“诊断”区域中，您可以轻松地发现实际状态和目标状态之间的区别。
参见：SI 校验和概览(页 426)

9.5.1 计算全局校验和/主站校验和

除了 SINAMICS Integrated 子部件和 F-PLC 的校验和或签名外，在 SINUMERIK Operate 上还会额外显示主站校验和以及全局校验和，它们是由 SINAMICS Integrated 和 F-PLC 的各个实际校验和计算出的。NCU 不会比较这些实际校验和和目标值，也不保存这些校验和。

查看这些实际校验和，您可以轻松地发现实际状态和目标状态之间的区别。

全局校验和及主站校验和的计算方式：

- 全局校验和是各主站校验和的总和，参见下表。
- 主站校验和是计算使用的值/参数（含实际校验和）的总和，参见下表。
如其中有一些数值是 SINAMICS 参数，则在计算时会通过以下驱动计算总和：
 - 没有指定为 NC 轴且在 p9601 中激活了安全功能的驱动：p9601 驱动集成的功能使能（控制单元）/SI 功能使能 CU != 0

表格 9-2 计算全局校验和及主站校验和

全局校验和	主站校验和	用于计算使用的值/参数
全局安全配置的校验和 (所有主站校验和的和)	F-CPU 主站校验和	<ul style="list-style-type: none"> 安全程序签名 F-PLC 的硬件校验和
	扩展功能主站校验和	<ul style="list-style-type: none"> r9728[0]SI Motion 安全参数的实际校验和 / SI Mtn 实际 CRC r9728[1]SI Motion 安全参数的实际校验和 / SI Mtn 实际 CRC
	扩展功能 MM 主站校验和	<ul style="list-style-type: none"> r9398[0] SI Motion 安全参数的实际校验和 (电机模块) / SI Mtn MM 实际 CRC
	基于驱动的主站校验和	<ul style="list-style-type: none"> r9798 安全参数的实际校验和 (控制单元) CU 安全实际校验和 r9898 安全参数的实际校验和 (电机模块) MM 安全实际校验和

表格 9-3 计算主站校验和“安全相关硬件校验和”

主站校验和	用于计算使用的参数
安全相关硬件校验和	<ul style="list-style-type: none"> r9728[2]SI Motion 安全参数的实际校验和 / SI Mtn 实际 CRC r9398[1] SI Motion 安全参数的实际校验和 (电机模块) / SI Mtn MM 实际 CRC

9.5.2 SINAMICS 校验和

在安全参数范围内，每个监控通道都有 2 个参数，用于表示实际校验和、目标校验和。

在开展调试时您必须将这两个实际 CRC 校验和输入到对应的目标 CRC 校验和参数中，通过参数 p9701 或通过相应的 SINUMERIK Operate 功能可以同时传输一个驱动对象上的所有校验和。

表格 9-4 Basic Functions

- r9798 安全参数的实际校验和（控制单元）
- p9799 安全参数的目标校验和（控制单元）
- r9898 安全参数的实际校验和（电机模块）
- p9899 安全参数的目标校验和（电机模块）

表格 9-5 Extended Functions（还包括以下校验和参数）

- r9398[0...1] SI Motion 安全参数的实际校验和（电机模块）
- p9399[0...1] SI Motion 安全参数的目标校验和（电机模块）
- r9728[0...2] SI Motion 安全参数的实际校验和
- p9729[0...2] SI Motion 安全功能参数的目标校验和

每次启动时都会计算 SI 参数的 CRC 校验和，并将得出的实际校验和与目标 CRC 校验和进行比较。

如果两者不同，变频器会报告故障 F01650/F30650 或 F01680/F30680。

9.6 停止响应

在本手册的调试章节中，您可找到有关“停止响应 (页 350)”的详细信息。

9.7 使用故障缓冲器、信息缓冲器和报警缓冲器

除了标准的故障缓冲器和报警缓冲器外，SINAMICS Integrated 还有一个单独的安全信息缓冲器，用于保存 Safety Integrated Extended Functions 的安全信息：

- Extended Functions 的安全信息保存在安全信息缓冲器中。
 - 必须在 MD37950 中为对应的轴激活 SIC/SCC。
 - 在 HMI 上，安全信息缓冲器中的所有信息都有针对安全应答 (页 445) 的特殊提示。
 - 在 SINUMERIK Operate 上，除了标准报警列表外，未决报警还会显示在 Safety Integrated 诊断概览中。
 - 需要安全应答的未决报警用一个安全清除图标来指出。
 - 安全信息缓冲器中的信息需要采用安全应答方式，有时还需要额外地通过“PROFIdrive RESET”来应答 (页 446)。
- Basic Functions 或外部驱动（即未指定为 NC 轴的驱动）的安全信息不能保存在安全信息缓冲器中。
 - 在使用外部驱动（即未指定为 NC 轴的驱动）时，必须关闭安全信息缓冲器 (页 443)。
 - Basic Functions 安全信息的保存方式和安全信息缓冲器关闭时一样，见下文。
- 关闭安全信息缓冲器后，安全信息便保存在标准故障缓冲器或报警缓冲器中。
 - 安全信息保存在标准故障缓冲器或报警缓冲器中时，SINUMERIK Operate 上不会有特殊的安全应答指示。
安全报警显示在 SINUMERIK Operate 的标准报警列表中，按下“MENU SELECT > 诊断 > 报警”即可进入该列表，但这些报警需要安全应答操作。
 - 一些故障条件下，安全信息需要额外应答：安全信息进入故障缓冲器后，还会额外输出报警 25201（“驱动故障”），这些驱动信息不仅要进行安全应答，还需要额外地通过 PROFIdrive 应答 (页 447)。

9.7.1 配置标准报警缓冲器

在配置安全运行模式时，标准报警缓冲器自动激活。

该标准报警缓冲器可用于保存安全相关的标准报警。

安全相关的标准报警显示不能脱离其他标准报警显示单独激活。

通过以下机床数据激活：

- MD13150 \$MN_SINAMICS_ALARM_MASK
 - “位 2：输出驱动控制的故障”
 - “位 10：输出驱动控制的报警”必须对报警或警告进行评估。
您也可以设置更多位，以输出更多驱动对象组的故障或报警。

9.7.2 配置安全信息缓冲器

安全信息缓冲器出厂时便已激活，可保存 Extended Functions 的安全信息。

在一些情况下，比如：最常用的是 Basic Functions 而不是 Extended Functions 时，最好关闭安全信息缓冲器，使 Basic Functions 和 Extended Functions 的信息统一进入故障缓冲器或报警缓冲器。

安全信息缓冲器的激活或关闭是通过 CU 参数 p3117 进行的，它作用于该 CU 的所有驱动或轴，而不是只作用于某个驱动或轴。

涉及以下驱动参数：

- p3117 修改安全信息类型 / 修改 SI 信息类型
将所有安全信息改为报警和故障。

前提条件

- 驱动参数的设置受访问级别 2（服务）的保护。

步骤

按如下步骤激活或关闭安全信息缓冲器：

1. 在 SINUMERIK Operate 中依次按下“MENU SELECT > 调试 > 机床数据 > 控制单元参数”，打开驱动参数。
2. 设置 p0009 = 1，激活 CU 调试状态“设备配置”。

9.7 使用故障缓冲器、信息缓冲器和报警缓冲器

3. 在驱动参数 p3117 “修改安全信息类型” 中设置目标值。
 - p3117 = 0: 该 CU 的安全信息类型保持不变, 即: Extended Functions 的信息保存到安全信息缓冲器中。
 - p3117 = 1: 该 CU 的所有安全信息类型变化, 保存到标准故障或报警缓冲器中。
4. 设置 p0009 = 0, 关闭 CU 调试状态 “设备配置”。
5. 依次按下 “保存/复位 > 菜单扩展键 > 复位(po)” 确认设置。

9.8 应答

9.8.1 概述

大多数安全信息需要安全应答。

“安全应答”指通过安全通讯来清除驱动集成的监控功能的安全信息。执行安全应答后，驱动中的该故障便被标记为“已消失”。

不管使用哪种安全功能范畴，Basic Functions 或是 Extended Functions，都需要在排除故障原因后执行安全应答，

应答方式或安全应答方式根据驱动类型变化：

表格 9-6 不同驱动类型上允许的应答方式

驱动类型	允许的应答方式
集成驱动 (CU_I, CU_NX)	<ul style="list-style-type: none"> 通过 PROFIsafe 信号“IEACK”进行安全应答 (页 446) 通过重新上电进行应答 (页 447)
外部 NC 驱动	<ul style="list-style-type: none"> 通过 PROFIsafe 信号“IEACK”进行安全应答 (页 446) 通过撤销 STO 或 SS1 进行应答 (页 447) 通过重新上电进行应答 (页 447)
没有指定为 NC 轴的外部 SINAMICS 驱动	不支持安全信息缓冲器，必须关闭 (页 443)它。 应答方式同“外部 NC 驱动”（见上文）。

在一些配置下可能还需要额外的应答操作：

- 使用的都是 Basic Functions 或者设置了 p3117 = 1 关闭安全信息缓冲器时，所有安全信息会进入标准故障缓冲器，这些信息还需要额外地通过“PROFIdrive RESET” (页 447)应答。
- 除了安全应答外，一些故障条件需要额外地通过“PROFIdrive RESET” (页 446)应答。

 警告
<p>缺少 MCP 复位信号的安全应答可导致非预期的重启！</p> <p>如果机床厂商通过一个没有“PROFIdrive RESET”信号的安全应答来确认停止响应，程序不会因应答中断，而是继续执行。意外重启可能导致人身伤害或者财产损失。</p> <ul style="list-style-type: none"> 在安全程序中，必须将“安全应答”（PROFIsafe IEACK）和机床控制面板上的“RESET”按键（PROFIdrive RESET）互联在一起。

9.8.2 通过 PROFIsafe 应答

通过 PROFIsafe 报文（STW 位 7）为每个驱动对象单独设置信号“内部事件应答”，便可以在 F-PLC 的安全程序中编程 PROFIsafe 应答。

驱动对象（DO）中的安全信息不能由 F-PLC 统一应答，而是要按驱动对象逐个单独应答。信号“内部事件应答”一出现下降沿，便会复位各个驱动器中的状态“内部事件”，进而应答故障信息。

9.8.3 额外通过 PROFIdrive RESET 进行应答



警告

缺少 MCP 复位信号的安全应答可导致非预期的重启！

如果机床厂商通过一个没有“PROFIdrive RESET”信号的安全应答来确认停止响应，程序不会因应答中断，而是继续执行。意外重启可能导致人身伤害或者财产损失。

- 在安全程序中，必须将“安全应答”（PROFIsafe IEACK）和机床控制面板上的“RESET”按键（PROFIdrive RESET）互联在一起。

除了安全应答外，一些故障条件需要额外地通过“PROFIdrive RESET”应答。

这涉及以下停止响应及安全功能：

- Extended Functions:
 - 所有故障情况、所有安全功能和所有停止响应
- Basic Functions 或当关闭了安全信息缓冲器时：
 - 响应为 STOP D 或 STOP E 的 SLS

如果在故障情况下只进行了安全应答而没有执行“PROFIdrive RESET”，虽然零件程序停止，但主轴仍在旋转。

该安全设计不符合标准 IEC 61800-5-2。根据该标准，所有停止功能中都要设计重启锁定，只有在执行复位操作后，主轴才可以重启。

因此，在安全程序中，必须将“安全应答”（PROFIsafe IEACK）和机床控制面板上的“RESET”按键（PROFIdrive RESET）互联在一起。

合理设计机床操作面板上的 RESET 按钮（MCP 复位或通道/BAG 复位），使得在按下按钮后不仅触发 PROFIdrive RESET，而且还触发安全应答信号，比如：PROFIsafe IEACK。

9.8.4 通过重新上电（POWER ON）应答

同所有其它故障信息一样，SI 故障信息也可通过关闭/接通驱动器（重新上电）来应答。但是如果实际没有排除故障，驱动器启动后故障信息还会再次出现。

9.8.5 扩展式应答（撤销 STO/SS1）

在外部驱动上，除了安全应答外，也可以采用扩展式报警应答。为此要在驱动的安全配置中激活扩展式报警应答。

系统集成的驱动上不支持扩展式报警应答。

一般步骤

在设置了 $p9507.0 = 1$ 时，选择/撤销 STO 或 SS1 会自动应答安全信息。

- 排除故障原因。
- 取消选择“Safe Torque Off” (STO) 或“Safe Stop 1” (SS1)。
- 确认故障。

如果除了“通过端子控制 Basic Functions”外还使能了“Extended Functions”，也可以通过 PROFIsafe 选择/撤销 STO 来应答信息。

在关闭安全功能后退出安全调试模式（即在 $p9601 = 0$ 时将 $p0010$ 设为不等于 95 的值），之后可对所有安全故障进行应答。

重新设置安全调试模式 ($p0010 = 95$) 后，之前存在的故障重新出现。

9.8.6 安全信息缓冲器关闭时的额外应答

如果您使用的是 Basic Functions，或者设置 $p3117 = 1$ 关闭了安全信息缓冲器，安全信息会保存在标准故障/报警缓冲器中。即使此时安全信息缓冲器已关闭，这些信息仍需要“安全应答”。

除了“安全应答”外，标准故障缓冲器中的安全信息还需要额外通过“PROFIdrive RESET”应答（经由 PROFIdrive 信号）。在 NC 轴上，“PROFIdrive RESET”相当于“机床控制面板 RESET”。

SINUMERIK Operate 上会以 NC 报警 25201 指明需要执行“PROFIdrive RESET”。

安全信息缓冲器关闭后，以下安全信息保存在故障缓冲器中，因此需要额外通过“PROFIdrive RESET”应答：

表格 9-7 安全信息缓冲器关闭后，保存在故障缓冲器中的安全信息

报警号 (SINAMICS)	报警文本
F01689	SI 运动：轴被重新配置
C01700	SI Motion P1 (CU):STOP A 已触发
C01701	SI Motion P1 (CU):STOP B 已触发
C01708	SI Motion P1 (CU):STOP C 已触发
C01770	SI Motion P1 (CU):故障安全输入 / 输出的信号不一致

上表未列出的安全信息在安全信息缓冲器关闭后保存到标准报警缓冲器中。

 **警告****上电后的不安全运行状态**

固件升级后，一般系统会要求重新上电。上电后可能会导致不安全的运行状态，如在危险区域逗留，可导致人员死亡或重伤。

- 请在每次上电后都执行一次验收测试，并创建验收记录。
- 完成验收测试后，再进入危险区域进行操作。

 **警告****更换组件时不执行功能测试可引起意外运行**

更换组件后，连接或功能可能错误，这样在进入电机的危险区域时可导致人员重伤或死亡。

- 重新给系统上电。
- 更换组件后，务必要进行简单的功能测试。
详细信息参见章节“验收测试(页 411)”。

10.1 软件、F-CPU、F-I/O

更换软件组件

当您需要更换 PG/PC 上的软件组件，比如：升级 STEP 7 的版本时，必须注意文档中上关于版本向上/向下兼容性的说明，以及该软件自述文件中的说明。

更换硬件组件

SIMATIC Safety 硬件组件（比如：F-CPU、F-I/O、电池等）的更换方法和标准的自动化系统组件一样。

运行时插拔 F-I/O

和标准 I/O 一样，运行时候也允许插拔 F-I/O。但要注意的是，运行时更换 F-I/O 可能会引发 F-CPU 的通讯故障。

该通讯故障可以在安全程序中 F-I/O 数据块的变量 ACK_REI 上应答，或者通过指令“ACK_GL”应答。如果没有应答，该 F-I/O 会保持“钝化”。

CPU 固件更新

检查 CPU 操作系统是否适用于安全系统在使用一个新的 CPU 操作系统（指固件更新）时，您必须检查该操作系统是否适合于安全系统。

在“附录”一章列出了证书，指出哪些 CPU 操作系统适用于安全系统。在使用新的 CPU 操作系统时，请务必查看这些信息以及其他可能有一些说明。

接口模块的固件更新

在使用一个新的接口模块操作系统（指固件更新）时，比如：IM 151-1 HIGH FEATURE ET 200S，须注意以下事项：

如果在固件更新时勾选了选项“刷新后激活固件”（参见 STEP 7 帮助中的“在线&诊断”），那么在成功载入后该接口模块会自动复位，接着以新的操作系统运行。注意：运行时更新接口模块的固件版本可能会引发 F-CPU 的通讯故障。

该通讯故障可以在安全程序中 F-I/O 数据块的变量 ACK_REI 上应答，或者通过指令“ACK_GL”应答。如果没有应答，该 F-I/O 会保持“钝化”。

预防性维护 (Proof-Test)

一套安全系统中各个认证组件的失效概率值可以保证在常规配置下验证测试的间隔长达 20 年。
对于复杂的电子组件而言，验证测试通常意味着换入新组件。

F-CPU S7-1500 的 PFD 值和 PFH 值

下面列出了 F-CPU S7-1500 在 20 年使用寿命、100 小时修理时间条件下的故障概率：PFD_{平均} 值和 PFH 值。

低需求模式运行 low demand mode 符合 IEC 61508:2010: PFD_{avg} = Average probability of a dangerous failure on demand	频繁需求模式或持续需求模式运行 high demand/continuous mode 符合 IEC 61508:2010: PFH = Average frequency of a dangerous failure [h⁻¹]
< 2E-05	< 1E-09

安全通讯的 PFD 值和 PFH 值

下面列出了安全通讯的故障概率：PFD_{平均} 值和 PFH 值。

低需求模式运行 low demand mode 符合 IEC 61508:2010: PFD_{avg} = Average probability of a dangerous failure on demand	频繁需求模式或持续需求模式运行 high demand/continuous mode 符合 IEC 61508:2010: PFH = Average frequency of a dangerous failure [h⁻¹]
< 1E-05	< 1E-09

10.2 SINAMICS 组件

说明

注意其他安全提示

修改或更换软件组件的注意事项请参见“安全说明 (页 449)”一章！

概述

按照安全规定的要求更换损坏的组件。下面将介绍 Safety Integrated 相关的组件更换信息。组件更换的更多信息请参见 SINAMICS S120 功能手册中的“组件更换”章节。

- 驱动依据 NodeID 和保存的相应硬件组件的 CRC 来识别组件更换。驱动响应及必须采取的措施请见下表：

	被更换的组件	控制方式	驱动响应 (故障)	用户操作			诊断参数
				需要故障应答 ¹⁾	组件更换后需要进行应答 ²⁾	保存 ³⁾	
Basic Functions	Control Unit	所有	F01641.0 = 1	支持	不支持	支持	r9776.2 = 1
	Motor Module	所有	F01641.1 = 1	支持	不支持	支持	r9776.2 = 1
	Power Module	所有	F01641.2 = 1	支持	不支持	支持	r9776.2 = 1

	被更换的组件	控制方式	驱动响应 (故障)	用户操作			诊断参数
				需要故障应答 ¹⁾	组件更换后需要进行应答 ²⁾	保存 ³⁾	
Extended Functions	Control Unit	所有	F01641.0 = 1	支持	不支持	支持	r9776.2 = 1
	Motor Module	PROFIsafe, 自动生效的板载 F-DI	F01641.1 = 1	支持	不支持	支持	r9776.2 = 1
	Power Module	所有	F01641.2 = 1	支持	不支持	支持	r9776.2 = 1
	Sensor Module (处理器 1)	所有	F01641.3 = 1	支持	不支持	支持	r9776.2 = 1
	Sensor Module (处理器 2)	所有	F01640.4 = 1	支持	支持	支持	r9776.2 = 1 r9776.3 = 1
	编码器 ⁴⁾	所有	F01641.5 = 1 F01641.6 = 1	支持	不支持	支持	r9776.2 = 1

1) 每次更换组件后，必须通过标准故障应答（例如 p2103 发出 0/1 信号）来应答故障。不过在未应答的情况下驱动也可不受限制地继续运行。

2) 必须对更换列表中的组件进行应答，以确保设备内部可以重新建立通讯连接。更换其他组件时无需进行应答，因为新建立的通讯连接会自动备份。

在所有相关驱动对象上执行以下步骤，以应答组件更换：

- 检查是否满足以下前提条件：

- p0010 = 0

- 驱动对象上不允许有固件更新生效。

- 设置 p9702 = 29 (= 1D hex)

3) 组件更换后必须保存已更改的数据：

- 驱动对象上不允许有固件更新生效。

- 执行“Copy RAM to ROM”。

若未进行保存，那么在下次上电时系统会重新发出故障信息。

4) 仅针对有序列号的编码器（例如 EnDat）

使用无编码器的安全功能时更换电机

使用无编码器的安全功能时，电机的极对数起着决定性作用。如果更换了电机，则特性由电机极对数决定：如果新电机的极对数高于配置的极对数，则机械速度会低于由 Safety Integrated 计算出的速度。如果它低于配置的电机极对数，比如：更换备件后，则机械速度会高于由 Safety Integrated 计算出的速度。

- 进行此类更换后应进行检测，将安全实际速度 (r9714) 与正常速度 (r0063 或输出频率) 进行比较，必要时修改配置的极对数。

10.3 安全功能调试结束后更换组件时会显示信息

 警告
<p>更换组件后设备可能会处于“非安全状态”</p> <p>更换某组件后设备可能会处于“非安全状态”。在危险区域停留可导致人员重伤或死亡。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 在所有受到硬件更换影响的驱动器上都要执行简化的功能测试，人员才可以再次进入危险区域，重启设备（参见“验收测试(页 411)”一章）。

安全相关组件有一个 CRC 校验和，通过它可以判断硬件是否有改动。

- Safety Integrated 功能调试结束后更换了某个驱动组件
- Safety Integrated 功能的批量调试可产生不同的校验和

系统根据受影响的组件和控制方式显示不同信息。

控制方式	报警
通过 PROFIsafe 控制的 Extended Functions	F01650 SI P1 (CU):需要进行验收测试 故障值 2005 指出控制单元已被更换
	A01695 SI Motion:编码器模块已被更换 指出编码器模块已被更换。
	C30711 SI Motion P2:在一条监控通道中发现故障 故障值 1031 停止响应 STOP F A01695 的后续响应，报告一条监控通道中发现故障。

步骤

使用 SINUMERIK Operate 中的以下功能，确认因上述某一原因导致的 CRC 校验和变化：

- 调试 > Safety Integrated > 概览 > 确认安全硬件

10.4 重要参数

重要参数一览（参见 SINAMICS S120/S150 参数手册）

- p9670 SI 模块标识（控制单元）
- p9671[0...n] SI 模块标识（电机模块）
- p9672 SI 模块标识（功率模块）
- p9673 SI 模块标识（编码器模块，通道 1）
- p9674 SI 模块标识（编码器模块，通道 2）
- p9675 SI 模块标识，通道 1 传感器
- p9676 SI 模块标识，通道 2 传感器
- p9702 SI 确认组件更换
- r9776 BO: SI 诊断
- r9793[0...9] SI 组件更换诊断

数据描述

11.1 机床数据

表格 11-1 和“Safety Integrated”安全模式相关的机床数据

编号	符号名称	用途
MD36933	\$MA_SAFE_DES_VELO_LIMIT	用于确定设定值限值的加权系数
MD36959	\$MA_SAFE_BRAKE_RAMP_TIME	重新组态数控侧对主动安全停止的反应
MD36964	\$MA_SAFE_IPO_STOP_GROUP	插补（IPO）响应在整个通道内有效
MD36968.2	\$MA_SAFE_BRAKETEST_CONTROL 位 2	SBT 结束后的定位特性
MD37950	\$MA_SAFE_INFO_ENABLE	SIC/SCC 使能
MD37954	\$MA_SAFE_INFO_MODULE_NR	用于从 MD13374 选出一逻辑基本地址的编号

表格 11-2 和安全报文 I/O 地址相关的机床数据

编号	符号名称	用途
MD13374	\$MN_SAFE_INFO_DRIVE_LOGIC_ADDR[0..30]	对应驱动对象上西门子报文 701 的过程数据（SIC/SCC）的 I/O 起始地址
MD13376	\$MN_SAFE_INFO_TELEGRAM_TYPE[0..30]	SIC/SCC 通讯使用的报文类型。默认值为 701，和 TIA Portal 配置中的默认值一样。

表格 11-3 和安全报警/信息相关的机床数据

编号	符号名称	用途
MD13140	\$MN_PROFIBUS_ALARM_ACCESS	PROFIBUS/PROFINET 驱动启动时的报警特性
MD13150	\$MN_SINAMICS_ALARM_MASK	激活/关闭某个驱动对象组（非 NC 受控轴）上的故障/报警缓冲器输出

11.1 机床数据

更多信息

- 关于在 SINUMERIK Operate 中设置、查找和筛选机床数据的说明，请参见“SINUMERIK 840D sl 基础软件和操作软件文档合集”中“SINUMERIK Operate 调试手册（IM9）”中的“机床数据和设置数据”一章。
- 关于所有机床数据的说明请参见“SINUMERIK 840D sl 参数手册”中机床数据（AMDsl）的详细说明，或者查看 SINUMERIK Operate 在线帮助。

11.2 NC 变量

说明

针对改用安全功能的说明：NC 变量的不同用法（OPI）

只有变量“vaStopSi”、“aStopesi”和“safeDesVeloLimit”在两种安全模式（Safety Integrated）中都使用。所有其他安全相关的 NC 变量都只在一种安全模式中提供并使用。

在“Safety Integrated”安全模式中提供一些安全相关的 NC 变量，这些变量大部分通过 SIC 信号映射。

表格 11-4 可用的安全相关 NC 变量

模块	下标	名称	含义
S	183	aStopesi	在某一根轴上当前正在执行 Safety Integrated STOP E
SEMA	214	vaStopSi	Safety Integrated 停止。
SEMA	119	safeDesVeloLimit	NC 中的有效设定速度限值。 该值从驱动的设定速度限值和（可能存在的）NC 中的有效设定速度限值中得出。
SEMA	277	safeAxisType	轴安全监控的类型（安全轴的运行方式）。
SEMA	306	diagSlopeTime	测定的轴/主轴的预期制动时间
S	358	safeMode	定义“Safety Integrated”安全模式。

更多信息

有关 SINUMERIK NC 变量的更多信息参见：

(840D sl) 参数手册：NC 变量 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/109769139>)

11.3 系统变量

说明

针对改用安全功能的说明：“Safety Integrated”安全模式中可用的系统变量

只有此处列出的变量“\$VA_STOPSI”和“\$A_STOPESI”在两种安全模式（Safety Integrated）中都使用。所有其他“SINUMERIK Safety Integrated（SPL）”模式下的系统变量在“Safety Integrated”模式中不提供。

在“Safety Integrated”安全模式中提供一些安全相关的系统变量，这些变量通过 SIC 信号映射（接口 NC/PLC-DRIVE）：

- \$VA_STOPSI
- \$A_STOPESI
- \$VA_SAFE_TYPE

\$VA_STOPSI - 当前 STOP

轴系统变量，包含了当前正在执行的停止响应。值 4 表示当前该轴上正在执行 STOP E。

\$A_STOPESI - 当前 STOP E

全局系统变量，不等于 0 表示，某根轴上正在执行 STOP E。

\$VA_SAFE_TYPE - 轴的 Safety Integrated 运行方式

全局系统变量。它会显示当前生效轴的 Safety Integrated 运行监控是否生效，如果生效，则会显示该监控是 NC 集成的，还是基于驱动的运动监控。

更多信息

有关 SINUMERIK 系统变量的更多信息参见：

(840D sl) 参数手册：系统变量 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/109769180>)

11.4 标准报文起始地址

表格 11-5 PROFIsafe / PROFIdrive 报文的 I/O 地址

驱动	报文类型	I/O 起始地址	机床数据
DriveAxis01	西门子报文 701	5800	13374[0]
	西门子报文 902/903	6700	
DriveAxis02	西门子报文 701	5816	13374[1]
	西门子报文 902/903	6716	
DriveAxis03	西门子报文 701	5832	13374[2]
	西门子报文 902/903	6732	
DriveAxis04	西门子报文 701	5848	13374[3]
	西门子报文 902/903	6748	
DriveAxis05	西门子报文 701	5864	13374[4]
	西门子报文 902/903	6764	
DriveAxis06	西门子报文 701	5880	13374[5]
	西门子报文 902/903	6780	

表格 11-6 NX, 连接到 DRIVE-CLiQ 插口 X105; DP 地址 15: PROFIsafe / PROFIdrive 报文的 I/O 地址

驱动	报文类型	I/O 起始地址	机床数据
DriveAxis01	西门子报文 701	5896	13374[6]
	西门子报文 902/903	6796	
DriveAxis02	西门子报文 701	5912	13374[7]
	西门子报文 902/903	6812	
DriveAxis03	西门子报文 701	5928	13374[8]
	西门子报文 902/903	6828	
DriveAxis04	西门子报文 701	5944	13374[9]
	西门子报文 902/903	6844	
DriveAxis05	西门子报文 701	5960	13374[10]
	西门子报文 902/903	6860	
DriveAxis06	西门子报文 701	5976	13374[11]
	西门子报文 902/903	6876	

11.4 标准报文起始地址

表格 11-7 NX, 连接到 DRIVE-CLiQ 插口 X104; DP 地址 14: PROFIsafe / PROFIdrive 报文的 I/O 地址

驱动	报文类型	I/O 起始地址	机床数据
		标准地址分配	
DriveAxis01	西门子报文 701	5992	13374[12]
	西门子报文 902/903	6892	
DriveAxis02	西门子报文 701	6008	13374[13]
	西门子报文 902/903	6908	
DriveAxis03	西门子报文 701	6024	13374[14]
	西门子报文 902/903	6924	
DriveAxis04	西门子报文 701	6040	13374[15]
	西门子报文 902/903	6940	
DriveAxis05	西门子报文 701	6056	13374[16]
	西门子报文 902/903	6956	
DriveAxis06	西门子报文 701	6072	13374[17]
	西门子报文 902/903	6972	

表格 11-8 NX, 连接到 DRIVE-CLiQ 插口 X103; DP 地址 13: PROFIsafe / PROFIdrive 报文的 I/O 地址

驱动	报文类型	I/O 起始地址	机床数据
DriveAxis01	西门子报文 701	6088	13374[18]
	西门子报文 902/903	6988	
DriveAxis02	西门子报文 701	6104	13374[19]
	西门子报文 902/903	7004	
DriveAxis03	西门子报文 701	6120	13374[20]
	西门子报文 902/903	7020	
DriveAxis04	西门子报文 701	6136	13374[21]
	西门子报文 902/903	7036	
DriveAxis05	西门子报文 701	6152	13374[22]
	西门子报文 902/903	7052	
DriveAxis06	西门子报文 701	6168	13374[23]
	西门子报文 902/903	7068	

表格 11-9 NX，连接到 DRIVE-CLiQ 插口 X102；DP 地址 12；PROFIsafe / PROFIdrive 报文的 I/O 地址

驱动	报文类型	I/O 起始地址	机床数据
DriveAxis01	西门子报文 701	6184	13374[24]
	西门子报文 902/903	7084	
DriveAxis02	西门子报文 701	6200	13374[25]
	西门子报文 902/903	7100	
DriveAxis03	西门子报文 701	6216	13374[26]
	西门子报文 902/903	7116	
DriveAxis04	西门子报文 701	6232	13374[27]
	西门子报文 902/903	7132	
DriveAxis05	西门子报文 701	6248	13374[28]
	西门子报文 902/903	7148	
DriveAxis06	西门子报文 701	6264	13374[29]
	西门子报文 902/903	7164	

表格 11-10 NX，连接到 DRIVE-CLiQ 插口 X101；DP 地址 11；PROFIsafe / PROFIdrive 报文的 I/O 地址

驱动	报文类型	I/O 起始地址	机床数据
DriveAxis01	西门子报文 701	6280	13374[30]
	西门子报文 902/903	7180	
DriveAxis02	西门子报文 701	6296	13374[31]
	西门子报文 902/903	7196	
DriveAxis03	西门子报文 701	6312	13374[32]
	西门子报文 902/903	7212	
DriveAxis04	西门子报文 701	6328	13374[33]
	西门子报文 902/903	7228	
DriveAxis05	西门子报文 701	6344	13374[34]
	西门子报文 902/903	7244	
DriveAxis06	西门子报文 701	6360	13374[35]
	西门子报文 902/903	7260	

11.4 标准报文起始地址

表格 11-11 NX，连接到 DRIVE-CLiQ 插口 X100； DP 地址 10：PROFIsafe / PROFIdrive 报文的 I/O 地址

驱动	报文类型	I/O 起始地址	机床数据
DriveAxis01	西门子报文 701	6376	13374[36]
	西门子报文 902/903	7276	
DriveAxis02	西门子报文 701	6392	13374[37]
	西门子报文 902/903	7292	
DriveAxis03	西门子报文 701	6408	13374[38]
	西门子报文 902/903	7308	
DriveAxis04	西门子报文 701	6424	13374[39]
	西门子报文 902/903	7324	
DriveAxis05	西门子报文 701	6440	13374[40]
	西门子报文 902/903	7340	
DriveAxis06	西门子报文 701	6456	13374[41]
	西门子报文 902/903	7356	

11.5 报文结构和数据

11.5.1 PROFIsafe 报文 30

报文 30 传输有效载荷数据：安全控制字 1 (S_STW1) 和安全状态字 1 (S_ZSW1)。

表格 11-12 PROFIsafe 报文 30 (报文结构)

	输出数据	输入数据
PZD1	S_STW1	S_ZSW1

有关这些报文的过程数据的详细信息参见“PROFIsafe 过程数据 (页 469)”章节。

11.5.2 PROFIsafe 报文 31

报文 31 传输有效载荷数据：安全控制字 2 (S_STW2) 和安全状态字 2 (S_ZSW2)。报文如下构成：

表格 11-13 PROFIsafe 报文 31 (报文结构)

	输出数据	输入数据
PZD1	S_STW2	S_ZSW2
PZD2		

有关这些报文的过程数据的详细信息参见“PROFIsafe 过程数据 (页 469)”章节。

11.5.3 西门子报文 701

预定义的 PROFIdrive 报文 701 可用于传送 SIC 和 SCC：

表格 11-14 西门子报文 701 (报文结构)

	接收数据	参数	发送数据	参数
PZD1	S_STW1B	p10250	S_ZSW1B	r9734
PZD2	S_STW3B	p10235	S_ZSW2B	r9743
PZD3	–	–	S_V_LIMIT_B	r9733[2]
PZD4	–	–		
PZD5	–	–	S_ZSW3B	r10234

11.5 报文结构和数据

有关报文 701 的过程数据的详细信息参见“SIC/SCC (PROFIdrive) 过程数据 (页 490)”章节。

说明

发送数据更新

只有在使能了 Safety Integrated Extended Functions 后，发送数据 S_ZSW1B、S_ZSW2B、S_ZSW3B 和 S_V_LIMIT_B 才会更新。

更多信息

有关 PROFIdrive 通讯的更多信息，

参见 SINAMICS S120 功能手册中的“PROFIdrive 通讯”一章。

11.5.4 西门子报文 901

报文 901 传输有效载荷数据：S_STW2、可变 SLS 限值 (S_SLS_LIMIT_A)、S_ZSW2、生效的 SLS1 限值 (S_SLS_LIMIT_A_ACTIVE)、计数器值 (S_CYCLE_COUNT) 和以 16 位格式显示的安全位置值 (S_XIST16)。

表格 11-15 西门子报文 901（报文结构）

	输出数据	输入数据
PZD1	S_STW2	S_ZSW2
PZD2		
PZD3	S_SLS_LIMIT_A	S_SLS_LIMIT_A_ACTIVE
PZD4	–	S_CYCLE_COUNT
PZD5	–	S_XIST16

有关这些报文的过程数据的详细信息参见“PROFIsafe 过程数据 (页 469)”章节。

11.5.5 西门子报文 902

报文 902 传输有效载荷数据：S_STW2、可变 SLS 限值 (S_SLS_LIMIT_A)、S_ZSW2、生效的 SLS1 限值 (S_SLS_LIMIT_A_ACTIVE)、计数器值 (S_CYCLE_COUNT) 和以 32 位格式显示的安全位置值 (S_XIST32)。

表格 11-16 西门子报文 902 (报文结构)

	输出数据	输入数据
PZD1	S_STW2	S_ZSW2
PZD2		
PZD3	S_SLS_LIMIT_A	S_SLS_LIMIT_A_ACTIVE
PZD4	–	S_CYCLE_COUNT
PZD5	–	S_XIST32
PZD6		

有关这些报文的过程数据的详细信息参见“PROFIsafe 过程数据 (页 469)”章节。

11.5.6 西门子报文 903

报文 903 作为有效数据 S_STW2、S_SLS_LIMIT_A、S_ZSW2、S_ZSW_CAM1 和 S_SLS_LIMIT_A_ACTIVE 进行传输。

表格 11-17 西门子报文 903 (报文结构)

	输出数据	输入数据
PZD1	S_STW2	S_ZSW2
PZD2		
PZD3	S_SLS_LIMIT_A	S_ZSW_CAM1
PZD4	–	
PZD5	–	S_SLS_LIMIT_A_ACTIVE

有关这些报文的过程数据的详细信息参见“PROFIsafe 过程数据 (页 469)”章节。

11.6 过程数据

11.6.1 概述：报文中的过程数据

表格 11-18 PROFIsafe 报文的过程数据

报文	30	31	901	902	903
过程数据					
安全控制字 1 S_STW1	PZD1	–	–	–	–
安全状态字 1 S_ZSW1	PZD1	–	–	–	–
安全控制字 2 S_STW2	–	PZD1...2	PZD1...2	PZD1...2	PZD1...2
安全状态字 2 S_ZSW2	–	PZD1...2	PZD1...2	PZD1...2	PZD1...2
SLS 速度限值设定 S_SLS_LIMIT_A	–	–	PZD3	PZD3	PZD3
生效的 SLS 速度限值 S_SLS_LIMIT_A_ACTIVE	–	–	PZD3	PZD3	PZD5
安全周期计数器 S_CYCLE_COUNT	–	–	PZD4	PZD4	–
当前位置实际值（16 位） S_XIST16	–	–	PZD5	–	–
当前位置实际值（32 位） S_XIST32	–	–	–	PZD5...6	–
Safe Cam 状态字 S_ZSW_CAM1	–	–	–	–	PZD3...4

有关这些报文的过程数据的详细信息参见“PROFIsafe 过程数据 (页 469)”章节。

表格 11-19 西门子报文 701 的过程数据 (SIC/SCC)

过程数据	报文	701
Safety Control Channel 控制字 1 S_STW1B		PZD1
SI Motion Safety Info Channel 状态字 S_ZSW1B		PZD1
Safety Info Channel 状态字 2 S_ZSW2B		PZD2
Safety Control Channel 控制字 3 S_STW3B		PZD2
SLS 设定转速限值 (32 位) S_V_LIMIT_B		PZD3...4
Safety Info Channel 状态字 3 S_ZSW3B		PZD5

有关报文 701 的过程数据的详细信息参见“SIC/SCC (PROFIdrive) 过程数据 (页 490)”章节。

11.6.2 PROFIsafe 过程数据

说明

功能图中的附加信息

以下说明通常是针对一个功能图。所涉及的功能图请见 SINAMICS S120/S150 参数手册。

说明

预留的控制位/状态位

在下表中，一系列控制位或状态位被显示为预留。这是因为在之后的时间点上才实施各 Safety Integrated Functions。亦即，这些位是为未来的功能预留。

11.6 过程数据

11.6.2.1 S_STW1:安全控制字 1

S_STW1 (Basic Functions)

安全控制字 1 (S_STW1)

S_STW1, 输出信号
参见功能图 [2806]。

表格 11-20 安全控制字 1 (S_STW1) 说明

字节	位	含义	注释	
0	0	STO	1	撤销 STO
			0	选择 STO
	1	SS1	1	撤销 SS1
			0	选择 SS1
	2	SS2	0	- ¹⁾
	3	SOS	0	- ¹⁾
	4	SLS	0	- ¹⁾
	5	预留	-	-
	6	SLP	0	-
- ¹⁾				
7	内部事件应答	1/0	1	应答
			0	无应答
1	0	SLA	0	- ¹⁾
	1	选择 SLS 位 0	0	- ¹⁾
	2	选择 SLS 位 1	0	
	3	预留	-	-
	4	SDI +	0	- ¹⁾
	5	SDI -	0	
	6, 7	预留	-	-

¹⁾ 和 Basic Functions 无关的信号：应该设为 0。

S_STW1 (Extended Functions)

安全控制字 1 (S_STW1)

S_STW1, 输出信号
参见功能图 [2842]。

表格 11-21 安全控制字 1 (S_STW1) 说明

字节	位	含义	注释	
0	0	STO	1	撤销 STO
			0	选择 STO
	1	SS1	1	撤销 SS1
			0	选择 SS1
	2	SS2	1	撤销 SS2
			0	选择 SS2
	3	SOS	1	撤销 SOS
			0	选择 SOS
	4	SLS	1	撤销 SLS
			0	选择 SLS
	5	预留	–	–
	6	SLP ¹⁾	1	撤销 SLP
			0	选择 SLP
	7	内部事件应答	1/0	应答
			0	无应答

11.6 过程数据

字节	位	含义	注释	
1	0	SLA	1	撤销 SLA
			0	选择 SLA
	1	选择 SLS 位 0	-	选择 SLS 速度限值 (2 个位)
	2	选择 SLS 位 1		
	3	预留	-	-
	4	SDI +	1	撤销 SDI +
			0	选择 SDI +
	5	SDI -	1	撤销 SDI -
			0	选择 SDI -
	6, 7	预留	-	-

1) 和 Extended Functions 无关的信号：不应参与计算。

11.6.2.2 S_ZSW1:安全状态字 1

S_ZSW1 (Basic Functions)

安全状态字 1 (S_ZSW1)

S_ZSW1, 输入信号
参见功能图 [2806]。

表格 11-22 安全状态字 1 (S_ZSW1) 说明

字节	位	含义	注释	
0	0	STO 生效	1	STO 生效
			0	STO 未生效
	1	SS1 生效	1	SS1 生效
			0	SS1 未生效
	2	SS2 生效	0	- ¹⁾
	3	SOS 生效	0	- ¹⁾
	4	SLS 生效	0	- ¹⁾
	5	预留	-	-
	6	SLP 生效	0	- ¹⁾
	7	内部事件	1	内部事件
0			无内部事件	
1	0	SLA 生效	0	- ¹⁾
	1	生效的 SLS 档位位 0	0	- ¹⁾
	2	生效的 SLS 档位位 1	0	
	3	SOS 已选	0	- ¹⁾
	4	SDI + 生效	0	- ¹⁾
	5	SDI - 生效	0	- ¹⁾
	6	预留	-	-
	7	SSM (转速低于限值)	0	- ¹⁾

¹⁾ 和 Basic Functions 无关的信号：不应参与计算。

S_ZSW1 (Extended Functions)

安全状态字 1 (S_ZSW1)

S_ZSW1, 输入信号
参见功能图 [2842]。

表格 11-23 安全状态字 1 (S_ZSW1) 说明

字节	位	含义	注释	
0	0	STO 生效	1	STO 生效
			0	STO 未生效
	1	SS1 生效	1	SS1 生效
			0	SS1 未生效
	2	SS2 生效	1	SS2 生效
			0	SS2 未生效
	3	SOS 生效	1	SOS 生效
			0	SOS 未生效
	4	SLS 生效	1	SLS 生效
			0	SLS 未生效
	5	预留	-	-
	6	SLP 生效 ¹⁾	1	SLP 生效
			0	SLP 未生效
			-	状态信号“SLP生效”不等同于诊断信号“SLP生效”(r9722.6), 而是相当于“SLP生效”(r9722.6)与“安全回参考点”(r9722.23)的逻辑“与”运算结果。
7	内部事件	1	内部事件	
		0	无内部事件	

字节	位	含义	注释	
1	0	SLA 生效	1	SLA 生效
			0	SLA 未生效
	1	生效的 SLS 档位位 0	-	显示 SLS 速度限值 (2 个位)
	2	生效的 SLS 档位位 1		
	3	SOS 已选	1	SOS 已选
			0	SOS 已撤销
	4	SDI + 生效	1	SDI + 生效
			0	SDI + 未生效
	5	SDI - 生效	1	SDI - 生效
			0	SDI - 未生效
	6	预留	-	-
	7	SSM (转速)	1	SSM (转速低于限值)
			0	SSM (速度超过或等于限值)

¹⁾ 和 Extended Functions 无关的信号：不应参与计算。

11.6 过程数据

11.6.2.3 S_STW2:安全控制字 2

S_STW2 (Basic Functions)

安全控制字 2 (S_STW2)

S_STW2, 输出信号
参见功能图 [2806]。

表格 11-24 安全控制字 2 (S_STW2) 说明

字节	位	含义	注释	
0	0	STO	1	撤销 STO
			0	选择 STO
	1	SS1	1	撤销 SS1
			0	选择 SS1
	2	SS2	0	– ¹⁾
	3	SOS	0	– ¹⁾
	4	SLS	0	– ¹⁾
	5	预留	–	–
	6	SLP	0	– ¹⁾
7	内部事件应答	1/0	应答	
		0	无应答	
1	0	SLA 生效	0	– ¹⁾
	1	选择 SLS 位 0	0	– ¹⁾
	2	选择 SLS 位 1	0	
	3	预留	–	–
	4	SDI +	0	– ¹⁾
	5	SDI -	0	– ¹⁾
	6, 7	预留	–	–
2	0 ... 2	预留	–	–
	3	选择 SLP 位置范围	0	– ¹⁾
	4 ... 6	预留	–	–
	7	SCA	0	– ¹⁾

字节	位	含义	注释	
3	0	选择齿轮级, 位 0	0	— ¹⁾
	1	选择齿轮级, 位 1	0	— ¹⁾
	2	选择齿轮级, 位 2	0	— ¹⁾
	3	齿轮级切换	0	— ¹⁾
	4	SS2E	0	— ¹⁾
	5	SS2ESR	0	— ¹⁾
	6, 7	预留	—	—

¹⁾ 和 Basic Functions 无关的信号应该都置 0。

S_STW2 (Extended Functions)

安全控制字 2 (S_STW2)

S_STW2, 输出信号
参见功能图 [2843]。

表格 11-25 安全控制字 2 (S_STW2) 说明

字节	位	含义	注释	
0	0	STO	1	撤销 STO
			0	选择 STO
	1	SS1	1	撤销 SS1
			0	选择 SS1
	2	SS2	1	撤销 SS2
			0	选择 SS2
	3	SOS	1	撤销 SOS
			0	选择 SOS
	4	SLS	1	撤销 SLS
			0	选择 SLS
	5	预留	-	-
	6	SLP	1	撤销 SLP
			0	选择 SLP
	7	内部事件应答	1/0	应答
			0	无应答

字节	位	含义	注释				
1	0	SLA	1	撤销 SLA			
			0	选择 SLA			
	1	选择 SLS 位 0	-	选择 SLS 速度限值 (2 个位)			
	2	选择 SLS 位 1					
	3	预留	-	-			
	4	SDI +	1	撤销 SDI +			
			0	选择 SDI +			
	5	SDI -	1	撤销 SDI -			
0			选择 SDI -				
6, 7	预留	-	-				
2	0 ... 2	预留	-	-			
	3	选择 SLP 位置范围 ¹⁾	1	选择 SLP 范围 2 (SLP2)			
			0	选择 SLP 范围 1 (SLP1)			
	4 ... 6	预留	-	-			
	7	SCA	1	撤销 SCA			
0			选择 SCA				
3	0	选择齿轮级, 位 0	-	选择齿轮级 (3 个位)			
					1	选择齿轮级, 位 1	-
	3	齿轮级切换	1	提高位置公差			
			0	不提高位置公差			
	4	SS2E	1	撤销 SS2E			
			0	选择 SS2E			
	5	SS2ESR	1	撤销 SS2ESR			
0			选择 SS2ESR				
6, 7	预留	-	-				

¹⁾ 和 Extended Functions 无关的信号: 不应参与计算。

11.6 过程数据

11.6.2.4 S_ZSW2:安全状态字 2

S_ZSW2 (Basic Functions)

安全状态字 2 (S_ZSW2)

S_ZSW2, 输入信号
参见功能图 [2806]。

表格 11-26 安全状态字 2 (S_ZSW2) 说明

字节	位	含义	注释	
0	0	STO 生效	1	STO 生效
			0	STO 未生效
	1	SS1 生效	1	SS1 生效
			0	SS1 未生效
	2	SS2 生效	0	— ¹⁾
	3	SOS 生效	0	— ¹⁾
	4	SLS 生效	0	— ¹⁾
	5	预留	—	—
	6	SLP 生效	0	— ¹⁾
7	内部事件	1	内部事件	
		0	无内部事件	
1	0	SLA 生效	0	— ¹⁾
	1	生效的 SLS 档位位 0	0	— ¹⁾
	2	生效的 SLS 档位位 1	0	
	3	预留	—	—
	4	SDI + 生效	0	— ¹⁾
	5	SDI - 生效	0	— ¹⁾
	6	预留	—	—
	7	SSM (转速)	0	— ¹⁾

字节	位	含义	注释	
2	0 ... 2	预留	–	–
	3	SLP 有效位置区域	0	– ¹⁾
	4, 5	预留	–	–
	6	安全位置有效	0	– ¹⁾
	7	安全回参考点	0	– ¹⁾
3	0 ... 2	F-DI 0 ... 2 ²⁾	0	– ¹⁾
	3	SS2ESR 生效	0	– ¹⁾
	4	SS2E 生效	0	– ¹⁾
	5	SOS 已选	0	– ¹⁾
	6	未超出 SLP 上限	0	– ¹⁾
	7	未低于 SLP 下限	0	– ¹⁾

1) 和 Basic Functions 无关的信号：不应参与计算。

2) 只在 CU310-2 中有效。

S_ZSW2 (Extended Functions)

安全状态字 2 (S_ZSW2)

S_ZSW2, 输入信号
参见功能图 [2843]。

表格 11-27 安全状态字 2 (S_ZSW2) 说明

字节	位	含义	注释	
0	0	STO 生效	1	STO 生效
			0	STO 未生效
	1	SS1 生效	1	SS1 生效
			0	SS1 未生效
	2	SS2 生效	1	SS2 生效
			0	SS2 未生效
	3	SOS 生效	1	SOS 生效
			0	SOS 未生效
	4	SLS 生效	1	SLS 生效
			0	SLS 未生效
	5	预留	-	-
	6	SLP 生效 ¹	1	SLP 生效
			0	SLP 未生效
			-	状态信号“SLP生效”不等同于诊断信号“SLP生效”(r9722.6), 而是相当于“SLP生效”(r9722.6)与“安全回参考点”(r9722.23)的逻辑“与”运算结果。
7	内部事件	1	内部事件	
		0	无内部事件	

字节	位	含义	注释	
1	0	SLA 生效	1	SLA 生效
			0	SLA 未生效
	1	生效的 SLS 档位位 0	-	显示 SLS 速度限值 (2 个位)
	2	生效的 SLS 档位位 1		
	3	预留	-	-
	4	SDI + 生效	1	SDI + 生效
			0	SDI + 未生效
	5	SDI - 生效	1	SDI - 生效
			0	SDI - 未生效
	6	预留	-	-
7	SSM (转速)	1	SSM (转速低于限值)	
		0	SSM (速度超过或等于限值)	
2	0 ... 2	预留	-	-
	3	SLP 有效位置区域 ¹⁾	1	SLP 范围 2 (SLP2) 生效
			0	SLP 范围 1 (SLP1) 生效
			-	状态信号“生效的 SLP 位置范围”始终与诊断信号“生效的 SLP 位置范围”(r9722.19)一致。
	4, 5	预留	-	-
	6	安全位置有效	1	安全位置有效
			0	安全位置无效
7	安全回参考点	1	安全位置用作“安全回参考点”	
		0	安全位置不用作“安全回参考点”	

¹⁾ 和 Extended Functions 无关的信号：不应参与计算。

11.6 过程数据

字节	位	含义	注释	
3	0	F-DI 0 ²⁾	1	F-DI 0 未生效
			0	F-DI 0 生效
	1	F-DI 1 ²⁾	1	F-DI 1 未生效
			0	F-DI 1 生效
	2	F-DI 2 ²⁾	1	F-DI 2 未生效
			0	F-DI 2 生效
	3	SS2ESR 生效	1	SS2ESR 生效
			0	SS2ESR 未生效
	4	SS2E 生效	1	SS2E 生效
			0	SS2E 未生效
	5	SOS 已选	1	SOS 已选
			0	SOS 已撤销
	6	未超出 SLP 上限	1	SLP: 未超出上限
			0	SLP: 超出上限
-			状态信号“未超出 SLP 上限”始终与诊断信号“未超出 SLP 上限”(r9722.30)一致。	
7	未低于 SLP 下限	1	SLP: 未低于下限	
		0	SLP: 低于下限	
		-	状态信号“未低于 SLP 下限”始终与诊断信号“未低于 SLP 下限”(r9722.31)一致。	

1) 和 Extended Functions 无关的信号：不应参与计算。

2) 只在 CU310-2 中有效。

11.6.2.5 S_SLS_LIMIT_A:SLS 速度限值设定

S_SLS_LIMIT_A

- 报文 901、902、903 中的 PZD3，输出信号
- SLS 速度限值设定
- 数值范围 1 ... 32767；32767 $\hat{=}$ SLS 1 档的 100 %

11.6.2.6 S_SLS_LIMIT_A_ACTIVE:生效的 SLS 速度限值

S_SLS_LIMIT_A_ACTIVE

- 报文 901、902、903 中的 PZD3，输入信号
- 生效的 SLS 速度限值
- 数值范围 1 ... 32767; $32767 \triangleq 100\%$
- 只在 SLS 1 档生效及 p9501.24=1 时进行检测。

11.6.2.7 S_CYCLE_COUNT:安全周期计数器

S_CYCLE_COUNT

- 报文 901 和 902 中的 PZD4，输入信号
- 安全周期计数器
- 数值范围 -32768 ... +32767
- 只在安全位置的传送生效 (p9501.25 = 1) 和位置实际值是有效值 (r9722.22 = r9722.23 = 1) 时进行计算。

11.6.2.8 S_XIST16:当前位置实际值 (16 位)

S_XIST16

- 报文 901 中的 PZD5，输入信号
- 当前位置实际值 (16 位)
- 数值范围 ± 32767

11.6 过程数据

- 通过 p9574 缩放

说明**缩放**

传送到 S_XIST16 中的位置值不允许超出可显示的数值范围。因此，可为驱动的安全位置值 (r9713[0]) 配置一个缩放系数。传送前通过该系数划分位置值，以便在精度降低时仍可以传送一个较大的数值范围。

示例：r9708[0] 和 r9708[1] 中记录的位置值为 -29999 mm，经缩放系数 p9x74 = 1000 缩放后驱动器传送给控制器的数值为 -29。

- 只在安全位置的传送生效 (p9501.25 = 1) 和位置实际值是有效值 (r9722.22 = r9722.23 = 1) 时进行计算。

11.6.2.9 S_XIST32:当前位置实际值 (32 位)

S_XIST32

- 报文 902 中的 PZD5 和 PZD6，输入信号
- 当前位置实际值 (32 位)
- 数值范围 ± 737280000
- 单位：1 μm (线性轴)，0.001° (回转轴)
- 只在安全位置的传送生效 (p9501.25 = 1) 和位置实际值是有效值 (r9722.22 = r9722.23 = 1) 时进行计算。

11.6.2.10 S_ZSW_CAM1

S_ZSW_CAM1

S_ZSW_CAM1, Safe Cam

参见功能图 [2844]。

表格 11-28 Safe Cam 安全状态字说明 (S_ZSW_CAM1)

字节	位	含义	注释	
0	0	凸轮 1 上的位置	1	位置在凸轮 1 上
			0	位置不在凸轮 1 上
	1	凸轮 2 上的位置	1	位置在凸轮 2 上
			0	位置不在凸轮 2 上
	2	凸轮 3 上的位置	1	位置在凸轮 3 上
			0	位置不在凸轮 3 上
	3	凸轮 4 上的位置	1	位置在凸轮 4 上
			0	位置不在凸轮 4 上
	4	凸轮 5 上的位置	1	位置在凸轮 5 上
			0	位置不在凸轮 5 上
	5	凸轮 6 上的位置	1	位置在凸轮 6 上
			0	位置不在凸轮 6 上
	6	凸轮 7 上的位置	1	位置在凸轮 7 上
			0	位置不在凸轮 7 上
	7	凸轮 8 上的位置	1	位置在凸轮 8 上
			0	位置不在凸轮 8 上

11.6 过程数据

字节	位	含义	注释	
1	0	凸轮 9 上的位置	1	位置在凸轮 9 上
			0	位置不在凸轮 9 上
	1	凸轮 10 上的位置	1	位置在凸轮 10 上
			0	位置不在凸轮 10 上
	2	凸轮 11 上的位置	1	位置在凸轮 11 上
			0	位置不在凸轮 11 上
	3	凸轮 12 上的位置	1	位置在凸轮 12 上
			0	位置不在凸轮 12 上
	4	凸轮 13 上的位置	1	位置在凸轮 13 上
			0	位置不在凸轮 13 上
	5	凸轮 14 上的位置	1	位置在凸轮 14 上
			0	位置不在凸轮 14 上
	6	凸轮 15 上的位置	1	位置在凸轮 15 上
			0	位置不在凸轮 15 上
7	凸轮 16 上的位置	1	位置在凸轮 16 上	
		0	位置不在凸轮 16 上	

字节	位	含义	注释	
2	0	凸轮 17 上的位置	1	位置在凸轮 17 上
			0	位置不在凸轮 17 上
	1	凸轮 18 上的位置	1	位置在凸轮 18 上
			0	位置不在凸轮 18 上
	2	凸轮 19 上的位置	1	位置在凸轮 19 上
			0	位置不在凸轮 19 上
	3	凸轮 20 上的位置	1	位置在凸轮 20 上
			0	位置不在凸轮 20 上
	4	凸轮 21 上的位置	1	位置在凸轮 21 上
			0	位置不在凸轮 21 上
	5	凸轮 22 上的位置	1	位置在凸轮 22 上
			0	位置不在凸轮 22 上
	6	凸轮 23 上的位置	1	位置在凸轮 23 上
			0	位置不在凸轮 23 上
7	凸轮 24 上的位置	1	位置在凸轮 24 上	
		0	位置不在凸轮 24 上	

11.6 过程数据

字节	位	含义	注释	
3	0	凸轮 25 上的位置	1	位置在凸轮 25 上
			0	位置不在凸轮 25 上
	1	凸轮 26 上的位置	1	位置在凸轮 26 上
			0	位置不在凸轮 26 上
	2	凸轮 27 上的位置	1	位置在凸轮 27 上
			0	位置不在凸轮 27 上
	3	凸轮 28 上的位置	1	位置在凸轮 28 上
			0	位置不在凸轮 28 上
	4	凸轮 29 上的位置	1	位置在凸轮 29 上
			0	位置不在凸轮 29 上
	5	凸轮 30 上的位置	1	位置在凸轮 30 上
			0	位置不在凸轮 30 上
	6	Safe Cam 激活	1	Safe Cam 已生效
			0	Safe Cam 未生效
7	Safe Cam 值的有效性	1	Safe Cam 值有效	
		0	Safe Cam 值无效	

11.6.3 SIC/SCC (PROFIdrive) 过程数据

11.6.3.1 S_STW1B:Safety Info Channel 控制字 1

S_STW1B

Safety Control Channel 控制字 1

表格 11-29 S_STW1B 的说明

位	含义	注释		参数
0...7	预留	-	-	-
8	Extended Functions Teststop/强制潜在故障检查	1	Extended Functions Teststop/强制潜在故障检查已选	r10251.8
		0	Extended Functions Teststop/强制潜在故障检查已撤销	

位	含义	注释		参数
9...12	预留	-	-	-
13	控制系统闭合制动器	1	“控制系统闭合制动器”已选	r10251.13
		0	“控制系统闭合制动器”已撤销	
14, 15	预留	-	-	-

11.6.3.2 S_ZSW1B:SI Motion Safety Info Channel 状态字

S_ZSW1B

SI Motion Safety Info Channel 状态字

表格 11-30 S_ZSW1B 的说明

位	含义	注释		参数
0	STO 生效	1	STO 生效	r9734.0
		0	STO 未生效	
1	SS1 生效	1	SS1 生效	r9734.1
		0	SS1 未生效	
2	SS2 生效	1	SS2 生效	r9734.2
		0	SS2 未生效	
3	SOS 生效	1	SOS 生效	r9734.3
		0	SOS 未生效	
4	SLS 生效	1	SLS 生效	r9734.4
		0	SLS 未生效	
5	SOS 已选	1	SOS 已选	r9734.5
		0	SOS 已撤销	
6	SLS 已选	1	SLS 已选	r9734.6
		0	SLS 撤销	
7	内部事件	1	内部事件	r9734.7
		0	无内部事件	
8	SLA 已选	1	SLA 已选	r9734.8
		0	SLA 已撤销	

11.6 过程数据

位	含义	注释		参数
9	生效的 SLS 档位位 0	-	显示 SLS 速度限值 (2 个位)	r9734.9
10	生效的 SLS 档位位 1	-		r9734.10
11	预留	-	-	-
12	SDI + 已选	1	SDI + 已选	r9734.12
		0	SDI + 撤销	
13	SDI - 已选	1	SDI - 已选	r9734.13
		0	SDI - 撤销	
14	ESR 回退生效	1	ESR 回退生效	r9734.14
		0	ESR 回退不生效	
15	当前有安全信息	1	当前有安全信息	r9734.15
		0	当前没有安全信息	

11.6.3.3 S_ZSW2B:Safety Info Channel 状态字 2

S_ZSW2B

Safety Info Channel 状态字 2

表格 11-31 S_ZSW2B 的说明

位	含义	注释		参数
0...3	预留	-	-	-
4	选中的 SLP 位置区域	1	SLP 区域 2 被选中	r9743.4
		0	SLP 区域 1 被选中	
5, 6	预留	-	-	-
7	SLP 被选中和用户确认	1	SLP 被选中和用户确认已给出	r9743.7
		0	SLP 被选中或用户确认未给出	
8	SDI +	1	SDI + 已选	r9743.8
		0	SDI + 撤销	
9	SDI -	1	SDI - 已选	r9743.9
		0	SDI - 撤销	
10, 11	预留	-	-	-

位	含义	注释		参数
12	强制潜在故障检查生效	1	强制潜在故障检查生效	r9743.12
		0	强制潜在故障检查未生效	
13	需要进行强制潜在故障检查	1	需要进行强制潜在故障检查	r0743.13
		0	不需要进行强制潜在故障检查	
14, 15	预留	-	-	-

11.6.3.4 S_STW3B:Safety Info Channel 控制字 3

S_STW3B

Safety Control Channel 控制字 3

表格 11-32 S_STW3B 的说明

位	含义	注释		参数
0	选择制动测试	1	制动测试已选	r10231.0
		0	制动测试已撤销	
1	开始制动测试	1	要求开始制动测试	r10231.1
		0	不要求开始制动测试	
2	制动选择	1	制动测试 2 已选	r10231.2
		0	制动测试 1 已选	
3	选择旋转方向	1	负方向已选	r10231.3
		0	正方向已选	
4	选择测试序列	1	测试序列 2 已选	r10231.4
		0	测试序列 1 已选	
5	外部制动状态	1	外部制动闭合	r10231.5
		0	外部制动打开	
6...15	预留	-	-	-

11.6 过程数据

11.6.3.5 S_ZSW3B:Safety Info Channel 状态字 3

S_ZSW3B

Safety Info Channel 状态字 3

表格 11-33 S_ZSW3B 的说明

位	含义	注释		参数
0	制动测试	1	制动测试已选	r10234.0
		0	制动测试已撤销	
1	驱动/外部设定值给定 ¹⁾	1	驱动的设置值给定	r10234.1
		0	外部设定值（控制器）给定	
2	制动生效	1	制动测试 2 生效	r10234.2
		0	制动测试 1 生效	
3	制动测试生效	1	测试生效	r10234.3
		0	测试无效	
4	制动测试结果	1	需要进行测试	r10234.4
		0	测试错误	
5	制动测试结束	1	执行测试	r10234.5
		0	测试未完成	
6	请求外部制动	1	闭合制动	r10234.6
		0	打开制动功能	
7	当前负载符号	1	符号为负	r10234.7
		0	符号为正	
8...10	预留	-	-	-
11	SS2E 生效	1	SS2E 生效	r10234.11
		0	SS2E 不生效	
12	SS2ESR 生效	1	SS2ESR 生效	r10234.12
		0	SS2ESR 不生效	
13	预留	-	-	-
14	选择验收测试 SLP (SE)	1	选择验收测试 SLP (SE)	r10234.14
		0	撤销验收测试 SLP (SE)	

位	含义	注释		参数
15	选择验收测试模式	1	选择验收测试模式	r10234.15
		0	撤销验收测试模式	

- 1) 驱动的设置值给定：转速设定值由 SBT 功能给定。
外部设定值（控制器）给定：“标准”转速设定值生效。

11.6.3.6 S_V_LIMIT_B:Safety Info Channel - 设定速度限值

S_V_LIMIT_B

设定值速度限值（SLS-Speedlimit）为 32 位，含符号位。

表格 11-34 S_V_LIMIT_B 的说明

参数	含义
r9733[2]	SLS 速度限值
p2000	标定 SLS 速度限值 S_V_LIMIT_B = 4000 0000 hex ÷ p2000 中设定的转速

11.7 接口信号：轴/主轴信号

作为 PLC 用户接口，一些 SIC/SCC (页 265) 中的轴信号映射为轴实例（轴数据库）(页 266):

PLC → NC

Basic Program Plus	Basic Program		说明
<Axis>.safety.out.enableBrakeTestMode	LBP_Axis*.A_StartBrakeTest	DB31, ... DBX11.0	请求使能轴以进行制动测试
<Axis>.safety.out.activateBrakeRampForSs2e	LBP_Axis*.A_ActivateBrakeRampForSs2e	DB31, ... DBX34.3	选择 SS2E 时使用 NCK 斜坡制动 (MD36959 \$MA_SAFE_BRAKE_RAMP_TIME)
<Axis>.safety.out.setpointLimitSelection	LBP_Axis*.A_SI_SetpLimBit0..1	DB31, ... DBX34.0 -1	选择设定速度限值权重系数 (0 - 3) (MD36933 \$MA_SAFE_DES_VELO_LIMIT)
<Axis>.safetyCtrlChan.out.testStop	LBP_Axis*.TeststopStart	DB31, ... DBX140.0	已选强制非激活故障检查
<Axis>.safetyCtrlChan.out.closeBrake	LBP_Axis*.CloseBrake	DB31, ... DBX140.5	关闭内部制动器
<Axis>.safetyCtrlChan.out.selectBrakeTest	LBP_Axis*.SelectionSBT	DB31, ... DBX143.0	制动测试已选
<Axis>.safetyCtrlChan.out.startBrakeTest	LBP_Axis*.BT_Start	DB31, ... DBX143.1	已请求启动制动测试
<Axis>.safetyCtrlChan.out.brakeSelection	LBP_Axis*.Brake_1_2	DB31, ... DBX143.2	TRUE: 已选制动测试 2; FALSE: 已选制动测试 1
<Axis>.safetyCtrlChan.out.selectDirectionOfRotation	LBP_Axis*.DirOfROT	DB31, ... DBX143.3	TRUE: 已选负方向; FALSE: 已选正方向

Basic Program Plus	Basic Program		说明
<Axis>.safetyCtrlChan.out.selectTestSequence	LBP_Axis*.Testseq_1_2	DB31, ... DBX143.4	TRUE: 已选测试序列 2; FALSE: 已选测试序列 1
<Axis>.safetyCtrlChan.out.externalBrakeClosed	LBP_Axis*.BrakeClosed	DB31, ... DBX143.5	TRUE: 外部制动器闭合; FALSE: 外部制动器打开

NC → PLC

Basic Program Plus	Basic Program		说明
<Axis>.safety.in.infoCtrlChanActive	LBP_Axis*.E_SI_Drv_SICS CC	DB31, ... DBX70.5	已在 NCK 中激活“通过 SIC 连接”（MD37950 \$MA_SAFE_INFO_ENABLE, 位 0）
<Axis>.safety.in.driveBasedSafetyEnabled	LBP_Axis*.E_SI_Drv_Param meterized	DB31,... DBX70.6	* 驱动启动完成后，会显示信号 <Axis>.safety.in.driveBasedSafetyEnabled, “Drive Based Safety 已在驱动中设置参数”。该状态通过信号 <Nc>.basic.in.drivesCyclicOperation“驱动处于循环运行中”显示。只有当该信号从 0 变为 1 后，才能确定轴向信号“Drive Based Safety 已在驱动中设置参数”已达到稳定状态。
<Axis>.safety.in.brakeTestModeEnabled	LBP_Axis*.E_BrakeTest	DB31, ... DBX71.0	轴已针对制动测试使能
<Axis>.safetyInfoChan.in.slaActive	LBP_Axis*.SLA_Sel	DB31, ... DBX164.0	安全功能 Safely Limited Acceleration 处于活动状态

11.7 接口信号：轴/主轴信号

Basic Program Plus	Basic Program		说明
<Axis>.safetyInfoChan.in.slsBit0Active	LBP_Axis*.SLS_LimBit0_Sel	DB31, ... DBX164. 1	一个 SLS 限制（共四个）处于活动状态；与 Bit 0 组合使用
<Axis>.safetyInfoChan.in.slsBit1Active	LBP_Axis*.SLS_LimBit1_Sel	DB31, ... DBX164. 2	一个 SLS 限制（共四个）处于活动状态；与 Bit 1 组合使用
<Axis>.safetyInfoChan.in.esrRetractRequested	LBP_Axis*.ESR_Req	DB31, ... DBX164. 6	已请求 ESR 退回
<Axis>.safetyInfoChan.in.safetyMessageActive	LBP_Axis*.SF_Message_Act	DB31, ... DBX164. 7	有安全消息
<Axis>.safetyInfoChan.in.stoActive	LBP_Axis*.STO_Act	DB31, ... DBX165. 0	安全功能 Safe Torque Off 处于活动状态
<Axis>.safetyInfoChan.in.ss1Active	LBP_Axis*.SS1_Act	DB31, ... DBX165. 1	安全功能 Safe Stop 1 处于活动状态
<Axis>.safetyInfoChan.in.ss2Active	LBP_Axis*.SS2_Act	DB31, ... DBX165. 2	安全功能 Safe Stop 2 处于活动状态
<Axis>.safetyInfoChan.in.sosActive	LBP_Axis*.SOS_Act	DB31, ... DBX165. 3	安全功能 Safe Operating Stop 处于活动状态
<Axis>.safetyInfoChan.in.slsActive	LBP_Axis*.SLS_Act	DB31, ... DBX165. 4	安全功能 Safely Limited Speed 处于活动状态
<Axis>.safetyInfoChan.in.sosSelected	LBP_Axis*.SOS_Sel	DB31, ... DBX165. 5	已选安全功能 Safe Operating Stop（尚未激活）
<Axis>.safetyInfoChan.in.slsSelected	LBP_Axis*.SLS_Sel	DB31, ... DBX165. 6	已选 Safely Limited Speed 安全功能（尚未激活）

Basic Program Plus	Basic Program	说明
<Axis>.safetyInfoChan.in.safetyFaultActive	LBP_Axis*.InternalEvent	DB31, ... DBX165.7 出现内部事件 (SINAMICS 安全故障)
<Axis>.safetyInfoChan.in.sdiPositiveSelected	LBP_Axis*.SDI_P_Sel	DB31, ... DBX166.0 已选择安全功能 Safe Direction (正方向) (尚未激活)
<Axis>.safetyInfoChan.in.sdiNegativeSelected	LBP_Axis*.SDI_N_Sel	DB31, ... DBX166.1 已选择安全功能 Safe Direction (负方向) (尚未激活)
<Axis>.safetyInfoChan.in.testStopActive	LBP_Axis*.TestStopAct	DB31, ... DBX166.4 强制潜在故障检查生效
<Axis>.safetyInfoChan.in.testStopRequired	LBP_Axis*.TestStopReq	DB31, ... DBX166.5 已请求强制非激活故障检查
<Axis>.safetyInfoChan.in.slpRangeSelected	LBP_Axis*.SLP_LimBit0_Sel	DB31, ... DBX167.4 TRUE: 已选 SLP 位置范围 2; FALSE: 已选 SLP 位置范围 1
<Axis>.safetyInfoChan.in.slpSelectedAndUserAgreement	LBP_Axis*.SLP_Sel	DB31, ... DBX167.7 已选择 SLP 并执行用户确认
<Axis>.safetyInfoChan.in.slsLimit	LBP_Axis*.	DB31, ... DBD168 SLS 转速限制具有 32 位分辨率和符号位
<Axis>.safetyInfoChan.in.ss2eActive	LBP_Axis*.SS2E_Act	DB31, ... DBX172.3 安全功能 SS2E 处于活动状态
<Axis>.safetyInfoChan.in.ss2esrActive	LBP_Axis*.SS2ESR	DB31, ... DBX172.4 Safe Stop 2 延时停止和回退 (SS2ESR) 处于活动状态
<Axis>.safetyInfoChan.in.acceptanceTestSlpSelected	LBP_Axis*.AcceptSLPAct	DB31, ... DBX172.6 已选 SLP 验收测试
<Axis>.safetyInfoChan.in.acceptanceTestModeSelected	LBP_Axis*.AcceptTestSel	DB31, ... DBX172.7 已选验收测试模式

11.7 接口信号：轴/主轴信号

Basic Program Plus	Basic Program		说明
<Axis>.safetyInfoChan.in.brakeTest	LBP_Axis*.SBT_Sel	DB31, ... DBX173. 0	已选制动测试
<Axis>.safetyInfoChan.in.setpointInput	LBP_Axis*.SetpSettingDrive	DB31, ... DBX173. 1	驱动设定值规定：SBT 功能或外部源（控制器）规定
<Axis>.safetyInfoChan.in.activeBrake	LBP_Axis*.Brake_1_2	DB31, ... DBX173. 2	TRUE：制动测试 2 处于活动状态；FALSE：制动测试 1 处于活动状态
<Axis>.safetyInfoChan.in.brakeTestActive	LBP_Axis*.BT_Act	DB31, ... DBX173. 3	制动测试处于活动状态
<Axis>.safetyInfoChan.in.brakeTestResult	LBP_Axis*.BT_OK	DB31, ... DBX173. 4	TRUE：成功完成制动测试；FALSE：制动测试出错
<Axis>.safetyInfoChan.in.brakeTestCompleted	LBP_Axis*.BT_Finished	DB31, ... DBX173. 5	TRUE：完成制动测试；FALSE：未完整完成制动测试
<Axis>.safetyInfoChan.in.externalBrakeRequested	LBP_Axis*.BrakeReq	DB31, ... DBX173. 6	TRUE：制动器闭合；FALSE：制动器打开
<Axis>.safetyInfoChan.in.currentLoadSign	LBP_Axis*.SignLoadTorque	DB31, ... DBX173. 7	当前负载符号：TRUE：负；FALSE：正

更多信息

- SINUMERIK ONE PLC Basic Program Plus 功能手册。
- SINUMERIK ONE PLC 功能手册。

参见

SBT (页 386)

12.1 最新信息

关于保障设备运行安全的重要提示：

说明

对运行安全的要求

带有安全功能的设备要求用户方采取特殊措施确保设备的运行安全，同样也要求供货方在产品跟踪方面采取一些特殊措施。因此西门子会发布专门的最新资讯，公布对于设备运行安全很重要或者可能重要的产品新功能和特性。

- 我们建议您订阅最新资讯，以便及时掌握最新信息，了解设备的功能更新情况。
-

订阅 Safety Integrated 最新资讯

1. 在浏览器中打开以下网址：
Safety Integrated 最新资讯 (<https://new.siemens.com/global/de/produkte/automatisierung/themenfelder/safety-integrated/fertigungsautomatisierung/newsletter.html>)
2. 将网页设置成您需要的语言。
3. 在最新资讯页面输入所需的地址数据。
4. 选择关注的 Safety Integrated 领域。
5. 激活许可。
6. 点击“寄出”。

12.2 响应时间

SI 基本功能按照监控周期（r9780）执行，PROFIsafe 报文按照相当于两个监控周期的 PROFIsafe 扫描周期处理（PROFIsafe 扫描周期 = $2 \times r9780$ ）。

对表格内容的提示信息

驱动系统是提供安全功能的组件。“无故障驱动系统”这一名称表示提供安全功能的组件自身无故障：

- 驱动系统无故障时的最差值
出现驱动系统外部的故障时（例如控制系统给定的设定值错误，电机、闭环控制、负载特性导致超出限值，等），能够确保响应时间为“驱动系统无故障时的最差值”。
- 存在故障时的最差值
驱动系统内部存在故障时（例如功率单元断路路径上存在故障，编码器实际值采集中出错，微处理器（控制单元或电机模块）中出错，等），能够确保响应时间为“存在故障时的最差值”。

12.2.1 通过控制单元和电机模块上的端子控制的 Basic Functions

下表列出了从端子给出信号到各项 SI 功能作出响应之间的时间。

表格 12-1 SI 功能由控制单元和电机模块上的端子控制时的响应时间

功能	最差值	
	驱动系统正常运行时	存在故障时
STO	$2 \times r9780 + t_E^{1)}$	$3 \times r9780 + t_E^{1)}$
SBC	$4 \times r9780 + t_E^{1)}$	$8 \times r9780 + t_E^{1)}$
SS1/SS1E（时间受控） 选择（直至开始 STO）	$2 \times r9780 + p9652 + t_E^{1)}$	$3 \times r9780 + p9652 + t_E^{1)}$
SS1/SS1E（时间受控） 选择（直至开始 SBC）	$4 \times r9780 + p9652 + t_E^{1)}$	$8 \times r9780 + p9652 + t_E^{1)}$
SS1（时间受控） 选择（在开始制动前）	$3 \times r9780 + 2 \text{ ms} + t_E^{1)}$	$4 \times r9780 + 2 \text{ ms} + t_E^{1)}$

¹⁾ 其中的 t_E （使用的数字量输入的去抖时间）：

p9651 = 0	$t_E = 2 \times p0799$ (缺省值为 4 ms)
p9651 \neq 0	$t_E = p9651 + p0799 + 1 \text{ ms}$

t_E 的最短时间为 $t_{E_min} = 2 \text{ ms}$ 。

12.2.2 通过 PROFIsafe 控制的 Basic Functions

下表列出了从驱动收到 PROFIsafe 报文到各项安全功能作出响应之间的时间¹⁾。

表格 12-2 由 PROFIsafe 控制的安全功能的响应时间

功能	最差值:	
	驱动系统正常运行时	存在故障时
STO	$5 \times r9780 + t_K^{(2)}$	$5 \times r9780 + t_K^{(2)}$
SBC	$6 \times r9780 + t_K^{(2)}$	$10 \times r9780 + t_K^{(2)}$
SS1/SS1E (时间受控) 选择 (直至开始 STO)	$5 \times r9780 + p9652 + t_K^{(2)}$	$5 \times r9780 + p9652 + t_K^{(2)}$
SS1/SS1E (时间受控) 选择 (直至开始 SBC)	$6 \times r9780 + p9652 + t_K^{(2)}$	$10 \times r9780 + p9652 + t_K^{(2)}$
SS1 (时间受控) 选择 (在开始制动前)	$5 \times r9780 + 2 \text{ ms} + t_K^{(2)}$	$5 \times r9780 + 2 \text{ ms} + t_K^{(2)}$

¹⁾ 表中列出的响应时间是 SINAMICS 内部的响应时间。其中没有包含安全主站的程序运行时间、PROFIBUS 或 PROFINET 的报文传送时间。在计算 F-CPU 和变频器之间的响应时间时需要注意：通讯中的故障有可能会在 PROFIsafe 监控时间 (F_WD_Time) 届满后才选择安全功能。PROFIsafe 监控时间 (F_WD_Time) 在故障监控时也考虑在计算之内。

²⁾ t_K 是 SINAMICS 模块内部通讯的时间； t_K 可按如下方式测定：

$$t_K = T_o \text{ (关于 } T_o \text{ 请参见参数 r2064[4])}$$

12.2 响应时间

12.2.3 通过 PROFIsafe 控制的 Extended Functions

下表列出了从驱动收到 PROFIsafe 报文到各项安全功能作出响应之间的时间¹⁾²⁾。

表格 12-3 由 PROFIsafe 控制的安全功能的响应时间

功能	最差值:	
	驱动系统正常运行时	存在故障时
STO	$5 \cdot p9500^{(8)} + r9780 + t_K^{(6)}$	$5 \cdot p9500^{(8)} + 2 \cdot r9780 + t_K^{(6)}$
SBC	$5 \cdot p9500^{(8)} + 2 \cdot r9780 + t_K^{(6)}$	$5 \cdot p9500^{(8)} + 6 \cdot r9780 + t_K^{(6)}$
SS1 (时间受控)、SS1E、SS2E: 从选中到启动安全定时器的时间 SS1 (加速度受控)、SS2: 从选中到制动响应的 时间 SOS: 从选中到静态监控启动的时间	$5 \cdot p9500^{(8)} + 2 \text{ ms} + t_K^{(6)}$	$5 \cdot p9500^{(8)} + 2 \text{ ms} + t_K^{(6)}$
SBR 或 SAM (超出限值, 直至 STO 生效)	$2 \times p9500 + r9780$	$2.5 \times p9500 + r9780 + t_{IST}^{(5)}$
SOS 超出静态公差窗口	$1.5 \times p9500 + 2 \text{ ms}$	$3 \times p9500 + 2 \text{ ms} + t_{IST}^{(5)}$
超出 SLS 限速 ³⁾	$2 \times p9500 + 2 \text{ ms}$	$3.5 \times p9500 + 2 \text{ ms} + t_{IST}^{(5)}$
SSM ⁴⁾	$4 \times p9500$	$4.5 \times p9500 + t_{IST}^{(5)}$
SDI (超出限值, 直至开始制动)	$1.5 \times p9500 + 2 \text{ ms}$	$3 \times p9500 + 2 \text{ ms} + t_{IST}^{(5)}$
SLA ⁹⁾ : 选择或取消	$5 \cdot p9500^{(8)} + t_K$	$5 \cdot p9500^{(8)} + t_K$
SLA: 超限	$3 \cdot p9500 + 2 \text{ ms}$	$4 \cdot p9500 + 2 \text{ ms} + t_{lst}$
SLP (超出限值, 直至开始响应)	$1.5 \times p9500 + 2 \text{ ms}$	$3 \times p9500 + 2 \text{ ms} + t_{IST}^{(5)}$

功能	最差值:	
	驱动系统正常运行时	存在故障时
SCA: 从超出凸轮起始位置或终止位置到 S_ZSW_CAM1 中发出反馈信息的时间	3.5 x p9500	4 x p9500 + t_IST ⁵⁾
SP ⁷⁾ 带等时同步的 PROFIsafe 报文	3 · p9500	3 · p9500 + t_IST ⁵⁾

- 1) 列出的响应时间适用于自动生效和非自动生效的扩展功能。
- 2) 表中列出的响应时间是 SINAMICS 内部的响应时间。其中没有包含安全主站的程序运行时间、PROFIBUS 或 PROFINET 的报文传送时间。在计算 F-CPU 和变频器之间的响应时间时需要注意：通讯中的故障有可能会在 PROFIsafe 监控时间 (F_WD_Time) 届满后才选择安全功能。PROFIsafe 监控时间 (F_WD_Time) 在故障监控时也考虑在计算之内。
- 3) SLS: 指驱动器开始制动动作的响应时间，或向运动控制器发出信息 "SOS selected" 的响应时间。
- 4) SSM: 指驱动器转速低出监控极限值到通过 PROFIsafe 发送信息之间的响应时间。
- 5) t_IST:

p9511 ≠ 0 时:	t_IST = p9511
p9511 = 0 时:	t_ACT = PROFIBUS 周期

- 6) t_K 是 SINAMICS 模块内部通讯的时间；t_K 可按如下方式测定：
t_K = To (关于 To 请参见参数 r2064[4])
- 7) SP:指安全位置检测到通过 PROFIsafe 发送信息之间的响应时间。
- 8) 在 F-CPU 最佳时序条件下，该部分会从 5 x p9500 降低到 3 x p9500。
- 9) 在 SINUMERIK Operate 中，SLA 的设置只能通过参数列表进行。

12.2 响应时间

Safety Integrated 以及 SINUMERIK ONE Create MyVirtual Machine

13

13.1 系统相关属性

对于 SINUMERIK ONE 控制系统，既存在真实的控制系统“SINUMERIK ONE”，也存在数字化双胞胎“SINUMERIK ONE Create MyVirtual Machine”。虚拟系统由于是对物理硬件的模拟，因而性能与系统相关并与实际系统有所差异。下面章节会介绍 Safety Integrated 的相关功能限制。

13.2 功能概述

13.2 功能概述

功能及其局限性一览表

虚拟系统只支持下表中列出的安全功能。

功能组/功能	缩写符号	真实 SINUMERIK	虚拟 SINUMERIK
Safety Integrated 运动控制特性			
Safe Torque Off	STO	X	X
Safe Stop 1	SS1	X	X
Safe Stop 2	SS2	X	X
Safe Stop 2E	SS2E	X	X
Safe Stop 2 ESR	SS2ESR	X	X
Safe Operating Stop	SOS	X	X
Safely-Limited Speed	SLS	X	X
SLS 倍率 (在 F 程序中通过 PROFIsafe 设定修正系数)	SLS 倍率	X	X
Safe Acceleration Monitor	SAM	X	--
Safe Brake Ramp	SBR	X	--
Safe Speed Monitor	SSM	X	X
Safe Direction	SDI	X	X
安全限位	SLP	X	X
Safe Brake Test (仅报文 701 SIC/SCC)	SBT	X	X
Safe Cam (仅采用 PROFIsafe 报文 903, 不可与 SP 功能一起使用, 仅针对线性轴, 不支持模数轴)	SCA	X	X
传输安全位置值 (仅采用 PROFIsafe 报文 901/902, 不可与 SCA 功能一起使用)	SP	X	X ¹⁾
Safely-Limited Acceleration (SLA)	SLA	X	X
内部 SOS/SLS 撤销		X	X

功能组/功能		缩写符号	真实 SINUMERIK	虚拟 SINUMERIK
	至 SOS 的切换速度 (在选择 SOS、SS2、SS2E、SLS 时，至 SOS 的停止过渡时间终止)		X	X
	SafeUserData	SUD	X	X
	Safety Integrated 视图切换至 dbSI 模式		X	X
NC				
	动态停止 D		X	X
	SIC/SCC		X	X
	通过 SIC/SCC 回参考点		X	X
SINUMERIK Operate 诊断支持				
	诊断概览		X	X
	SI 驱动		X	X
	SI 报文		X	X
	集成 F-CPU		X	X
	SI 校验和 - 全局校验和		X	--
	SI 校验和 - F 签名		X	X
	SI 校验和 - 驱动校验和		X	--
	SI 报警		X	X
	SI I/O		X	X
	SCA		X	X
SINUMERIK Operate 调试支持 (Safety Integrated)				
	概述 (PROFIsafe 仅在一个通道中激活)		X	X
	概述 SI 密码		X	--
	设置选项		X	X
	设置配置		X	X
	设置报文配置 (PROFIsafe 使能和 PROFIsafe 模块编号的输入与 Create MyVirtual Machine 不相关)		X	X

13.2 功能概述

功能组/功能		缩写符号	真实 SINUMERIK	虚拟 SINUMERIK
	编码器参数的推荐值 按下软键“预设”后便自动预设编码器的参数值		X	--
	STO/SS1 (Basic)		X	X ²⁾
	STO Extended		X	X
	SBC		X	--
	SS1 extended		X	X
	SS2/SOS/SS2E		X	X
	SAM/SBR		X	--
	SLS		X	X
	SSM		X	X
	SDI		X	X
	SLP/SP		X	X
	SBT		X	X
	SCA		X	X
	SS2ESR		X	X
	SI Ref		X	X
验收测试				
	SINUMERIK Safety Integrated 特性		X	--
	F-PLC		X	X ³⁾
F-PLC				
	F 编程		X	X
	F-I/O		X	X

1) 仅 PROFIsafe 报文 902

2) 通过 PROFIsafe

3) 部分 F-PLC 验收测试可使用 CMVM 进行

13.3 Safety Integrated 限制

SINUMERIK ONE Create MyVirtual Machine 目前不允许采用下列功能，或因缺少硬件不提供这些功能。

F-PLC 的调试和安全程序的编程

在 TIA 博途中配置和编程 F-PLC 时，和在真实 PLC S7-1500 上一样，除了要考虑本手册中列出的前提和局限性外，还需要考虑 SINUMERIK Safety Integrated、SIMATIC Safety Advanced 和 SIMATIC S7-PLCSIM Advanced 相关手册中列出的说明。

- **驱动集成的安全功能的控制**

不支持通过端子进行控制。通过 PROFIsafe/PROFIdrive 进行控制。只支持 PROFIsafe/PROFIdrive 报文 902/903。

- **监控通道**

- 不支持第 2 监控通道 (p93xx) 功能。
- 但可使用第 2 监控通道的参数进行第二监控通道的负载侧当前实际值的计算以及两个监控通道之间实际值差的计算。
- 数据比较以及安全消息的输出仅用于参数 p9326 和 p9526。

- **SI 驱动报警**

报警和消息只在一个通道中输出。

- **Safety Integrated 调试**

在现实的系统中，为了修改 Safety Integrated 相关数据，必须激活 Safety Integrated 调试。在 SINUMERIK ONE Create MyVirtual Machine 中，可在无 Safety Integrated 调试模式 (p0010=95) 的情况下修改 Safety Integrated 数据

- **处理 PROFIsafe 地址**

不支持处理在 TIA 博途中设置的安全地址 (设备配置) 以及在 SINUMERIK ONE Create MyVirtual Machine 中组态的 PROFIsafe 地址。

- **强制潜在故障检查 (Teststop 脉冲删除)**

强制潜在故障检查只能通过 SIC/SCC 配置。

- **编码器预设置**

由 SINUMERIK ONE Create MyVirtual Machine 创建的编码器预设置可能不同于真实机床上的编码器预设置。

比如：在 SINUMERIK ONE Create MyVirtual Machine 中可能无法定义换向或精细分辨率 X_IST2。

- **可使用的安全功能和停止响应的范围**

- 只支持在 SINUMERIK ONE Safety Integrated 调试手册中的“功能及其局限性一览表 (页 508)”中列出的安全功能。
- 无法通过由 SS1 或 SS2 触发的停止响应激活 SAM。

13.3 Safety Integrated 限制

- **安全齿轮级切换**
安全齿轮级切换只在现实的 SINUMERIK ONE 中得到支持。
- **Safety Info Channel (SIC)/Safety Control Channel (SCC)**
 - 使用 Safety Info Channel (SIC)/Safety Control Channel (SCC) 功能的前提条件是已设置了选件 SINUMERIK ONE Safety Integrated - F-PLC。
 - 在 SINUMERIK ONE Create MyVirtual Machine 中，在未设置选件的情况下，不输出报警 27813“F 逻辑选件未设置”。

附录

A

A.1 缩写

下表列出了 SINUMERIK Safety Integrated Functions 中所有涉及的缩写。

缩写	缩写的全称	含义
AIM	Active Interface Module	Active Interface Module
ALM	Active Line Module	调节型电源模块
ASM	Asynchronmotor	异步电机
BERO	---	无接触式接近开关
BI	Binector Input	二进制互联输入
BICO	Binector Connector Technology	数字接口模拟接口连接技术 注释：BICO 在 S210 驱动上不能用。
BLM	Basic Line Module	基本型电源模块
BO	Binector Output	二进制互联输出
CI	Connector Input	模拟量互联输入
CNC	Computerized Numerical Control	计算机数字控制
CO	Connector Output	模拟量互联输出
CoL	Certificate of License	许可证书
CP	Communication Processor	通讯处理器
CPU	Central Processing Unit	中央处理器
CU	Control Unit	控制单元
DI	Digital Input	数字量输入
DO	Digital Output	数字量输出
DO	Drive Object	驱动对象
DRAM	Dynamic Random Access Memory	动态存储器
DRIVE-CLiQ	Drive Component Link with IQ	带 IQ 的驱动组件连接
DSC	Dynamic Servo Control	动态伺服控制
EGB	Elektronisch gefährdete Baugruppen	静电敏感元器件
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit	电磁兼容性
EN	Europäische Norm	欧洲标准

A.1 缩写

缩写	缩写的全称	含义
EPOS	Einfachpositionierer	基本定位器
F-DI	Failsafe Digital Input	故障安全数字量输入
F-DO	Failsafe Digital Output	故障安全数字量输出
GC	Global Control	全局控制报文
GSD	Gerätestammdatei	设备主数据文件：说明了 PROFIBUS 总线从站的特性
GUID	Global Unique Identifier	全局唯一标识符
IPO	Interpolator	插补器
JOG	Jogging	运行方式 JOG：点动模式
LED	Light-Emitting Diode	发光二极管
MC	Motion Control	运动控制
MM	Motor Module	电机模块
NC	Numerical Control	数控系统
NSR	Netzstromrichter	电源整流器
p...	-	可调参数
PCU	PC Unit	计算单元
PELV	Protective Extra Low Voltage	保护低压
PG	Programmiergerät	编程器
PLC	Programmable Logic Control	可编程逻辑控制器
PN	PROFINET (Process Field network)	一种应用于自动化领域的开放式以太网标准
PPU	Panel Processing Unit	紧凑型控制单元
PZD	Prozessdaten	过程数据
r...	-	显示参数（只读）
RAM	Random Access Memory	可读写的存储器
SAM	Safe Acceleration Monitor	安全加速监控
SBC	Safe Brake Control	安全制动控制
SBR	Safe Brake Ramp	Safe Brake Ramp
SBT	Safe Brake Test	安全制动测试（纯粹的诊断功能）
SCA	Safe Cam	安全凸轮
SCC	Safety Control Channel	Safety Control Channel
SDI	Safe Direction	安全方向

缩写	缩写的全称	含义
SGA	Sicherheitsgerichteter Ausgang	故障安全输出
SGE	Sicherheitsgerichteter Eingang	故障安全输入
SH	Sicherer Halt	安全停止
SI	Safety Integrated	Safety Integrated
SIC	Safety Info Channel	Safety Info Channel
SIL	Safety Integrity Level	安全集成等级
SLA	Safely Limited Acceleration	安全限制加速
SLM	Smart Line Module	非调节型电源模块
SLP	Safe Limited Position	安全限制位置
SLS	Safely Limited Speed	安全限制速度
SM	Sensor Module	编码器模块
SMC	Sensor Module Cabinet	机柜安装式编码器模块
SME	Sensor Module External	外部编码器模块
SMI	Sensor Module Integrated	集成编码器模块
SOS	Safe Operating Stop	安全操作停止
SP	Safe Position	安全位置
SS1	Safe Stop 1	安全停止 1（时间监控，斜坡监控）
SS1E	Safe Stop 1 with external Stop	带外部停止的 Safe Stop 1
SS2	Safe Stop 2	安全停止 2
SS2E	Safe Stop 2 with external Stop	带外部停止的 Safe Stop 2
SS2ESR	Safe Stop 2 with extended Stop and Retract	Safe Stop 2 扩展停止和回退
SSM	Safe Speed Monitor	安全转速监控反馈
STO	Safe Torque Off	安全转矩关闭
STOP A, B, ...	Stop reaction	停止响应：在故障情况下系统按指定的停止响应动作。 在 SINAMICS Integrated 或 SINAMICS S120 驱动上有效；在 S210 驱动上无效。
STO, SS1, SS2.... KDV	Fault responses	故障响应：在故障情况下系统按指定的故障响应动作。 仅在 S210 驱动上有效。
STW	Steuerwort	控制字

A.1 缩写

缩写	缩写的全称	含义
SUD	Safe User Data	安全相关的配置数据
TM54F	Terminal Module 54 F	端子扩展模块 54 F
UL	Underwriters Laboratories Inc.	美国保险商实验室公司
UPS	Uninterruptible Power Supply	不间断电源
ZK	Zwischenkreis	直流母线
ZM	Zero Mark	零脉冲
ZSW	Zustandswort	状态字

A.2 有关安全主题的更多信息

A.2.1 同业工伤事故保险联合会的信息页

有时从指令、标准或者规范并不能得出实际应用中需要执行的安全措施。此时还需要补充性的提示和说明。

为此，同业工伤事故保险联合会的各专业委员会出版各种主题的出版物。

说明

这些出版物以德语发行。其中一部分也提供英语和法语版本。

其中包含了和以下主题相关的信息公告：

- 生产流程的监控
- 负重轴
- 滚压机械
- 车床和车削中心 - 购买/销售

任何感兴趣的人员都可以查看这些公告，比如在向企业提供安全建议、制定安全规范或实现机械和设备上的安全措施时都可以参考。这些公告中包含了针对以下领域的建议：机械制造、生产系统和钢铁制造。

可通过以下网址 (<https://www.bghm.de>) 下载信息页：

1. 首先选择“Arbeitsschützer”区域，之后选择菜单“Praxishilfen”，最后选择“DGUV-Informationen”。

A.2.2 更多信息

有关 Safety Integrated 的更多信息参见：

- Safety Integrated 系统手册，世界工业安全程序 (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/28813929/en>)

A.2 有关安全主题的更多信息

索引

B

Basic Functions
HLA 上的 STO, 129
SBC, 132, 134
SS1, 139, 140, 144
STO, 126

C

CRC, (校验和)

D

DB 访问, 全面授权的, 80

E

EN, 75
EN 61800-5-2, 126
ENO, 75
ESR
 通讯故障, 263

F

F01611
 故障值 1000, 261, 271
F-DB, 69
 创建, 93
F-FB, 69, 93
F-FC, 69, 93
F-I/O
 运行时的插拔, 450
F-I/O 访问, 116
 通过过程映像, 116
F-I/O-DB, 69
 编号范围, 67
F-OB, 69

H

HLA
 允许的编码器类型, 53
 支持的 Extended Functions, 54

HLA 上的 STO
 Basic Functions, 129
HTL/TTL 编码器, 241

M

Main-Safety-Block, 69, 93

P

PFH 值, 35
PLC 数据类型
 安全相关的, 81
PROFIBUS DP, 47
PROFINET IO, 47
PROFIsafe
 SLS 速度限值, 175
 使能通过 PROFIsafe 控制, 262

S

S_CYCLE_COUNT, 485
S_SLS_LIMIT_A, 484
S_SLS_LIMIT_A_ACTIVE, 485
S_STW1
 Basic Functions, 470
 Extended Functions, 471
S_STW1B, 490
S_STW2
 Basic Functions, 476
 Extended Functions, 478
S_STW3B, 493
S_V_LIMIT_B, 495
S_XIST16, 485
S_XIST32, 486
S_ZSW_CAM1
 Extended Functions, 487
S_ZSW1
 Basic Functions, 473
 Extended Functions, 474
S_ZSW1B, 491
S_ZSW2
 Basic Functions, 480
 Extended Functions, 482
S_ZSW2B, 492
S_ZSW3B, 494
Safe Acceleration Monitor, 188

- Safe Brake Control
 - SBC, 134
 - 装机装柜型设备, 136
- Safe Brake Ramp
 - SBR, 147, 190
- Safe Cam, 226
- Safe Direction, 194, 196
 - 带编码器, 196
 - 自动生效, 199
- Safe Operating Stop, 163
 - SOS, 165
- Safe Speed Monitor
 - SSM, 181
 - 带编码器, 183
 - 概述, 181
 - 重新启动, 186
- Safe Stop 1
 - Basic Functions, 140
 - Extended Functions, 147
 - SS1, 140, 147
 - 不带编码器, 148
 - 带 OFF3 (Basic Functions), 140
 - 带 OFF3 (Extended Functions), 147
 - 带编码器, 147
 - 带外部停止 (扩展功能), 150
 - 时间和加速度受控, 147
 - 时间受控, 140
 - 转速受控, 148
- Safe Stop 2, 152, 154
 - SS2, 154
 - 带外部停止, 155
 - 扩展停止和退回, 160
- Safe Torque Off, 126
 - Basic Functions, 126
 - STO, 126
- Safely-Limited Acceleration, 229
- Safely-Limited Position, 202
- Safely-Limited Speed, 168, 173
 - 带编码器, 174
 - 自动生效, 178
- Safety Control Channel, 265
- Safety Evaluation Tool, 35
- Safety Info Channel, 265
- Safety Integrated
 - 功能一览, 508
 - 虚拟系统的局限性, 511
 - 诊断 - 全局校验和, 427
 - 诊断概览, 418
- Safety Integrated Basic Functions
 - 停止响应, 351
- Safety Integrated (F-PLC) 模式, 290
- SafeUserData
 - SINUMERIK Operate 中的数据块一览, 324
 - SINUMERIK Operate 中的详细信息概览, 326
 - 初始化数据块, 343
 - 创建故障安全用户接口, 102
 - 创建接口, 101
 - 导出, 341
 - 导入, 346
 - 基本介绍, 61, 95
 - 库, 98
 - 内部接口“readCtrl”, 102
 - 内部接口“writeCtrl”, 102
 - 确认/保存更改值, 331, 333
 - 设定值接口, 102
 - 实例结构, 97
 - 数据类型, 98
 - 替代值特性, 110
 - 在 SINUMERIK Operate 中, 323
 - 在安全程序程序中进行调用 SUD 块的编程, 110
 - 在标准程序中进行调用 SUD 块的编程, 106
- SafeUserData Operate
 - 编辑注释模板, 337
 - 创建注释模板, 336
 - 更改后执行验收测试, 333
 - 更改生效值, 327
 - 检查生效值, 331
 - 接收生效值, 329
 - 设定值的详细信息, 334
 - 提交设定值, 335
- SAM
 - 执行 SS1 时, 146
 - 执行 SS2 时, 153
- SAM (Safe Acceleration Monitor), 188
- SBA, 136
- SBC
 - Basic Functions, 132, 134
 - Safe Brake Control, 132, 134
 - 选择, 132
- SBR
 - 延迟时间, 146
 - 执行 SLS 时, 172
 - 执行 SS1 时, 146
 - 执行 SS2 时, 153
- SCA, 226
 - S_ZSW_CAM1, 487
 - 概述, 226
 - 公差, 227
 - 回参考点, 227
 - 使能, 227
 - 说明, 226
- SCC
 - 参见“Safety Control Channel”, 265

- SDI, 196
 - Safe Direction, 194
 - 不带编码器, 197
 - 带编码器, 196
 - 防夹保护, 194
 - 概述, 194
 - 工作时序, 194
 - 卷帘门, 194
 - 小车, 194
 - 压力气缸, 194
 - 自动生效, 199
- SIC
 - 参见 "Safety Info Channel", 265
- SIMATIC Safety
 - STEP 7 Safety 选件包, 47
 - 安全程序, 47
 - 硬件和软件组件, 47
 - 组态和编程软件, 47
- SLA, 229
 - Safely-Limited Acceleration, 229
 - 使能, 230
 - 说明, 229
 - 调试模式, 229
- Slice 访问, 79
- SLP, 202
 - Safely-Limited Position, 202
 - 概述, 202
- SLS
 - Safely-Limited Speed, 168
 - SLS 档位, 172
 - SLS 速度档的切换, 171
 - SLS 速度限值由 PROFIsafe 设定, 175, 176
 - 不带编码器, 177
 - 带编码器, 174
 - 档位, 171
 - 工作时序, 168, 170
 - 取消, 170
 - 水平传送带, 168
 - 速度限值, 175
 - 选择, 170
 - 主轴驱动器, 168
 - 自动生效, 178
- SOS, 163
 - Safe Operating Stop, 165
 - 防护门, 163
- SS1
 - Basic Functions, 139, 140, 144
 - Safe Stop 1, 139, 140, 144, 147
 - Safe Stop 1 (Basic Functions), 140
 - Safe Stop 1 (Extended Functions), 147
 - SBR, 148
 - 不带编码器, 148
 - 带 OFF3 (Basic Functions), 140
 - 带 OFF3 (Extended Functions), 147
 - 带编码器, 147
 - 带外部停止 (基本功能), 142
 - 带外部停止 (扩展功能), 150
 - 防护门, 126
 - 工作时序, 139, 144, 146
 - 工作原理, 139, 144
 - 公差, 146
 - 监控模式, 145
 - 时间和加速度受控, 148
 - 使能, 146
 - 停机转速, 146
 - 延迟时间, 146, 147
 - 延迟时间 SBR, 146
 - 延时, 172
 - 制动时序图, 146
 - 制动斜坡监控, 148
 - 转速受控, 148
- SS1E, 142
 - 带外部停止的 SS1 (基本功能), 142
- SS2, 152
 - Safe Stop 2, 152, 154
 - 带外部停止, 155
 - 防护门, 152
 - 工作时序, 152, 153
 - 工作原理, 152
 - 使能, 153
 - 选择, 153
 - 诊断, 153
 - 制动时序图, 153
 - 转速, 152
- SS2E, 155
- SS2ESR, 159
- SSM
 - Safe Speed Monitor, 181
 - 带编码器, 183
 - 工作时序, 183
 - 离心机, 181
 - 重新启动, 186
- STEP 7 Safety, 47
- STO
 - Basic Functions, 126
 - Safe Torque Off, 126
 - Safe Torque Off (Basic Functions), 126
 - 内部电枢短路, 129
 - 选择, 126
- STO 上的 Safe Torque Off
 - Basic Functions, 129
- STOP A, 351, 352
- STOP B, 352
- STOP C, 352

STOP D, 352
STOP E, 352
STOP F, 351, 352
SUD, 61, 95, 97, 98
 SINUMERIK Operate, 323
 数据块, 106, 110

安

安全程序, 47
 结构, 65
 签名, 438
 数据类型, 75
 指令, 69, 84
安全程序的结构, 65
安全齿轮级切换, 247
安全方向, 196
安全功能, 63
 示例, 63
安全回参考点, 233
安全块
 复制, 93
安全全局数据块, 121
安全凸轮, (SCA)
安全系统模块
 编号范围, 67
安全相关的 PLC 数据类型 (UDT), 81
安全运动监控, 243
安全运行组, 65, 69, 290
 规则, 86
安全运行组签名, 91
安全运行组信息数据块, 91
安全制动适配器
 装机装柜型设备, 136

报

报警
 扩展式报警应答, 447
报警缓冲器, (缓冲器)
报文
 30, 465
 31, 465
 701, 465
 901, 466
 902, 467
 903, 467
 规则, 22

背

背景数据块, 80, 93

本

本地数据, 80

编

编程
 合理性检查, 122
 启动保护, 118
编码器
 实际值同步, 243
 用于 HLA 的类型, 242
编码器类型, 237
编码器系统, 237

变

变量
 \$A_STOPESI, 460
 \$VA_SAFE_TYPE, 460
 \$VA_STOPSI, 460

参

参数类型, 75

操

操作数范围
 用于安全程序, 77
操作系统升级, 450

超

超限, 352

齿

齿轮级切换
 安全, 247

创

创建

安全程序, 286
验收测试, 411

带

带 1 Vpp 正弦/余弦信号的编码器, 241

单

单编码器系统, 237

更

更换

软件组件, 450

功

功能测试, 251

固

固件升级, 450

上电和验收测试, 449

故

故障安全用户接口

SUD, 102

故障概率, 35

故障响应, 352

故障响应功能, 63

过

过程数据

S_CYCLE_COUNT, 485

S_SLS_LIMIT_A, 484

S_SLS_LIMIT_A_ACTIVE, 485

S_XIST16, 485

S_XIST32, 486

过程数据, 状态字

S_ZSW_CAM1 (扩展功能), 487

S_ZSW1 (Basic Functions), 473

S_ZSW1 (Extended Functions), 474

S_ZSW2 (Basic Functions), 480

S_ZSW2 (Extended Functions), 482

过程数据、控制字

S_STW1 (Basic Functions), 470

S_STW1 (Extended Functions), 471

S_STW2 (Basic Functions), 476

S_STW2 (Extended Functions), 478

过程映像, 116, 121

合

合理性检查, 122

缓

缓冲器

标准报警缓冲器, 443

急

急停按钮, 139

静

静态监控, 146

开

开关过程

时间间隔, 261, 271

扩

扩展式报警应答, 447

滤

滤波器

明暗测试, 272

滤波时间, (去抖时间)

模

模块

DB, 290

DB1010..1019, 67

DB31..DB61, 213

DB8000..16000, 67
FB, 290
FB1010..1019, 67
FB11, 213
FB3999..7999, 67
FC1010..1019, 67
OB123, 290
安全模块, 67

内

内部电枢短路, 129

批

批量调试
带第三方电机, 402
确认硬件 CRC 校验和, 455
一般步骤, 402

启

启动, 118
启动保护, 118

强

强制潜在故障检查, 251
Extended Functions, 251

切

切换
SLS 档位, 171

驱

驱动类型
PLC 控制的 NC 轴, 14
带有绝对值编码器的第三方电机, 402
集成的驱动, 14
未指定为 NC 轴的驱动, 14
指定为 NC 轴的外部驱动, 14
驱动校验和, 431

去

去抖时间, 267

全

全局校验和, 427
全面授权的 DB 访问, 80

软

软件组件, 47, 450

设

设定值切换, 408, (双编码器系统)

时

时间和加速度受控, 148

实

实际值安全检测, 237
实际值采集, 237
实际值同步
编码器, 243

数

数据传输
从标准用户程序至安全程序, 122
数据块, 121
数据类型
SafeUserData, 98
用于安全程序, 75
数据类型转换, 78

双

双编码器系统, 237
双通道式制动控制, 136

调

调试
创建安全程序, 286

停

- 停机测试 (Test stop)
 - Extended Functions, 251
- 停止响应, 350, 352
 - STOP A, 351
 - STOP F, 351
 - 相对于 Extended Functions 的优先级, 356
 - 优先级, 356

通

- 通讯
 - 标准用户程序和安全程序, 121, 122
- 通讯故障, 263
 - ESR, 263

位

- 位存储器, 121
- 位置公差, 248
 - 提升, 248

系

- 系统变量, (变量)
 - 变量, 460

响

- 响应时间, 502
 - 通过 PROFIsafe 控制的 Basic Functions, 503
 - 通过 PROFIsafe 控制的 Extended Functions, 504
 - 由控制单元和电机模块上的端子控制的基本功能, 502

校

- 校验和, (校验和)
 - 全局校验和, 438
 - 主站校验和, 438

延

- 延迟时间
 - SBR, 146
 - SS1, 147

验

- 验收测试
 - 创建, 411
- 验证测试 (Proof test) , 450

遗

- 遗留风险, 36

应

- 应答
 - 扩展, 447
 - 扩展式报警应答, 447

硬

- 硬件组件, 47

用

- 用户安全功能, 63

针

- 针对改用安全功能的说明
 - SBT, 213
 - 变量的使用, 459, 460
 - 停止响应对比, 352, 355

诊

- 诊断
 - 驱动校验和, 431
 - 停止响应, 350
- 诊断模式
 - 简介, 418
 - 全局校验和, 427

指

- 指令
 - 用于安全程序, 69, 84

制

制动斜坡, 253
 定义, 253

重

重新启动保护, 118

组

组件更换

 安全功能调试结束后, 455
 上电和验收测试, 449
 需要的措施, 452
 影响, 452