

PROFIBUS 是一种具有广泛应用范围的、开放的数字通信系统，在集中自动化系统向分散自动化系统转移方面是一种重大突破。

由于PROFIBUS一直侧重于系统集成和系统工程等方面，尤其是侧重于应用行规的研究开发，使得该总线具有适合于快速、时间要求严格的应用和复杂的通信任务的特点，成为唯一能够全面覆盖工厂自动化和过程自动化应用的现场总线，特别适用于工厂自动化和过程自动化领域。因而从诞生至今，PROFIBUS 在现场总线技术领域一直是国际市场上的领导者。

随着PROFIBUS的大量应用，许多用户开始接触并使用了现场总线。但由于用户对现场总线技术的了解程度不同，再加上现场施工情况复杂，因而很有可能导致许多项目的现场总线通讯上可能存在着一些隐患，如果不能及时发现和处理，将有可能导致系统出现通讯故障，从而影响整个系统的正常运行。

为了帮助广大用户——特别是刚刚接触到现场总线的用户能够对PROFIBUS的硬件有个初步的了解，这里将重点介绍如何在现场正确的安装和使用相关PROFIBUS的网络元件和设备，帮助用户在使用PROFIBUS现场总线的过程中从硬件安装的角度尽量减少问题的发生，从而尽量减少整个网络使用中出现故障的概率。

1 PROFIBUS 概述

PROFIBUS网络通讯的本质是RS485串口通讯，按照不同的行业应用，主要有三种通讯行规：DP（Decentralized Peripherals），FMS（Field Message Specification）和PA（Process Automation）行规。

其中DP通讯的方式在OSI参考模型中主要使用第1、2、7层，因此PROFIBUS DP网络的通讯速度较快，且报文简单（表1）。

第7层 (应用层)	DP设备行规	FMS设备行规	PA设备行规
	基本功能 扩展功能		基本功能 扩展功能
	DP用户接口 直接数据链路映象程序 (DDL M)	应用层接口 (ALI)	DP用户接口 直接数据链路映象程序 (DDL M)
第3~6层		(并没有省略)	
第2层 (数据链路层)	数据链路层 现场总线数据链路 (FDL)	数据链路层 现场总线数据链路 (FDL)	IEC接口

第1层 (物理层)	物理层 (RS485/光纤)	物理层 (RS485/光纤)	IEC61158-2
--------------	-------------------	-------------------	------------

表1 三种PROFIBUS的通讯行规的OSI模型

随着现场总线的应用领域不断扩大，PROFIBUS技术也在不断的发生着变化，例如FMS行规目前已经不再使用，而DP和PA的应用会越来越多，另外类似Motion Control with PROFIBUS 和 PROFIsafe 等新的行规也都会随着应用而逐渐普及。

但无论那种行规，涉及到的硬件和网络形式基本都是一致的（PA除外）。因此这里我们从最基本的网络硬件着手，介绍PROFIBUS的网络连接方式。

2 PROFIBUS 网络硬件

PROFIBUS网络主要涉及到的硬件包括：PROFIBUS接口，通讯介质，PROFIBUS插头，中继器，诊断中继器，OLM以及有源终端电阻等。

2.1 PROFIBUS 接口

PROFIBUS接口是RS485串口，一般采用SUB-D female的接口，其管脚定义为：

Pin Configuration	
1	Shield *
2	24V- *
3	B (RxD/TxD P)
4	RTS
5	D-GND
6	VP(+) **
7	24V+ *
8	A (RxD/TxD N)
9	RTS(N) *
*	信号可选
**	仅在终端站点需要



PROFIBUS总线接口及管脚定义

一般CPU或者CP板卡都采用该接口。该接口外部的金属部分一般连接到CPU或者CP的内部“PE”。而当CPU安装在底板上时，其“PE”与底板是连通的，此时如果将安装底板在电气柜内做接地处理，则该SUB-D接口的外部金属部分也是接地的。

2.2 通讯介质

关于通讯介质，在表1的OSI模型中已经规定：PROFIBUS网络支持RS485的电缆和光纤两种通讯介质。当然，现在也有支持无线通讯的设备，但我们目前面对的主要还是有线介质的用户。

2.2.1 PROFIBUS 电缆

PROFIBUS（类型 1）介质是一根屏蔽双绞电缆，屏蔽可以提高电磁兼容（EMC）能力。

类型 1：NRZ 位编码与 EIA RS-485 信号结合，目的是降低总线耦合器成本，耦合器可以使站与总线之间电气隔离或非电气隔离；需要总线终端器，特别在较高数据传输速率（达到 1500 k bits/s）时更需要。类型 1 规范描述平衡的总线传输，符合美国标准 EIA RS-485(EIA: 电气工业协会；RS-485: 平衡的数字多点系统中使用的收/发器的电特性标准)。在双绞线两端的终端器使得类型 1 的物理层支持高速数据传输。传输速率 ≤ 93.75 kbits/s 时，最大电缆长度为 1.2km。对 1500 kbits/s 的速度，最大长度减到 70/200m(对 B/A 型电缆)。

PROFIBUS 电缆的特性阻抗应在 100 Ω 到 220 Ω 之间，电缆电容（导体间）应该 < 60 pF/m，导线截面积应 ≥ 0.22 mm²(24 AWG)。电缆选择标准参见美国标准 EIA RS-485 的附录。

两类电缆的特性：

电缆参数	A 型	B 型
阻抗	135 Ω -165 Ω (f=3 到 20MHz)	100 Ω -130 Ω (f>100kHz)
电容	<30pF/m	<60pF/m
电阻	$\leq 110\Omega$ /Km	-
导线截面积	≥ 0.34 mm ² (22AWG)	≥ 0.22 mm ² (24AWG)

表 2 电缆规格

下面的表指出两类电缆（A 和 B）对不同传输速度时的最大长度

波特率 [kbit/s]	9.6~93.75	187.5	500	1500	3000~12000
A 型电缆 长度 (m)	1200	1000	400	200	100
B 型电缆 长度 (m)	1200	600	200	70	

表 3 不同传输速度时的电缆长度

标准 PROFIBUS 电缆为屏蔽双绞电缆，其中数据线有两根：A-绿色和 B-红色，分别连接 DP 接

口的管脚3（B）和8（A），电缆的外部包裹着编织网和铝箔两层屏蔽，最外面是紫色的外皮（图1）。

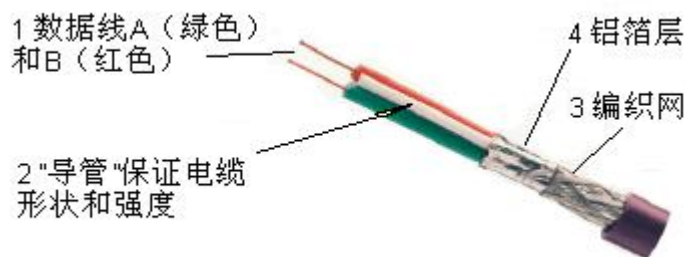


图1 标准PROFIBUS电缆

标准的PROFIBUS电缆一般都是A类电缆。

除了标准PROFIBUS电缆，还有许多其它特殊类型的电缆可以用于特定的环境：

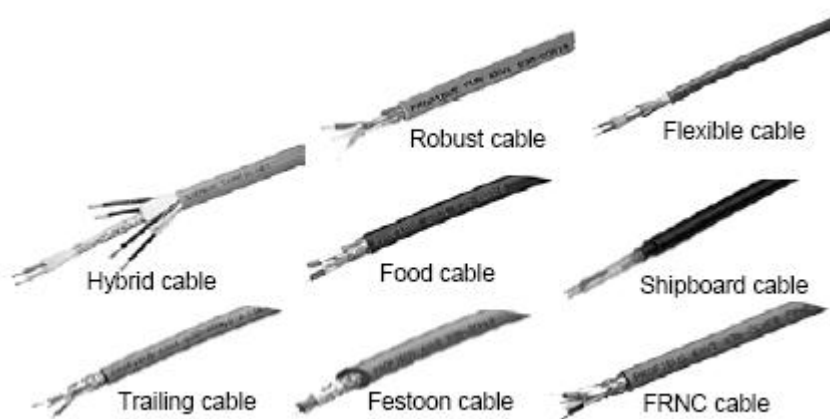


图2 各种类型的PROFIBUS电缆

为了方便将PROFIBUS的外皮以及屏蔽层按照固定的长度进行切除，减少剥线的时间和剥线过程中将电缆破坏或者造成短路的可能，西门子还提供了PROFIBUS快速剥线工具（订货号：6GK1 905-6AA00）（见图3）。



图3 PROFIBUS快速剥线工具

2.2.2 光纤及接口

光纤通讯具有很多优点，比如传输距离远，抗电磁干扰性好，且光纤尺寸小，重量轻，耐腐蚀性好，便于敷设等。当然也有缺点：光纤弯曲半径不能过小，光纤连接处及终端不容易处理等等。

按光在光纤中的传输模式不同，光纤可分为单模光纤和多模光纤（图4）。

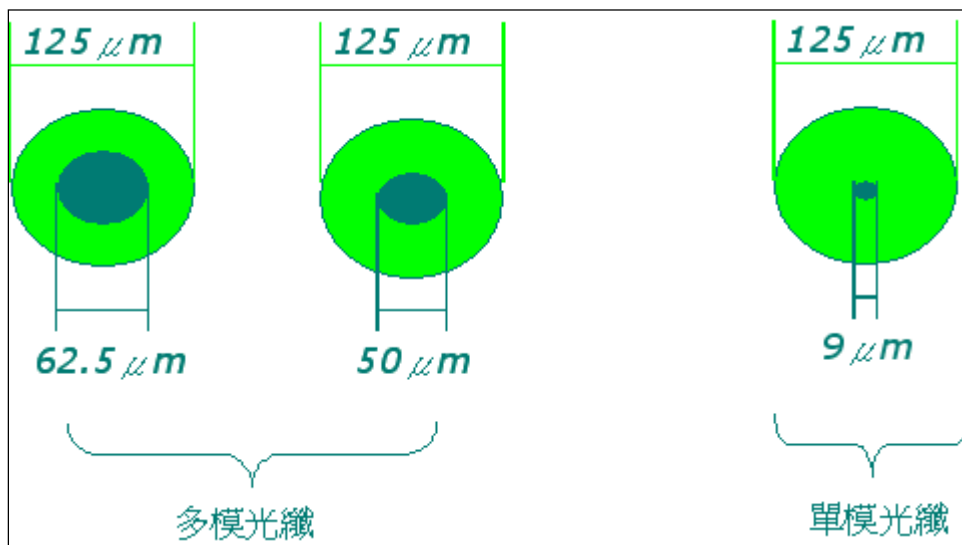


图4 光纤的分类

多模光纤：中心玻璃芯较粗(50 或 62.5 μm)，可传多种模式的光。但其模间色散较大，这就限制了传输数字信号的频率，而且随距离的增加会更加严重。例如：600MB/KM 的光纤在 2KM 时则只有 300MB 的带宽了。因此，多模光纤传输的距离就比较近，一般只有几公里。

单模光纤：中心玻璃芯教细(芯径一般为 9 或 10 μm)，只能传一种模式的光。因此，其模间色散很小，适用于远程通讯。

在现场总线的规范中，定义了光纤可以作为现场总线的通讯介质。西门子可以使用光纤的 PROFIBUS 设备有：带光纤接口的 CP 板卡及模板（如 CP5613 A2 FO， CP3425-FO 等），OLM 和 OBT。

光纤主要涉及到选型的问题，因为通讯距离与光纤的类型有很大关系，而且并非所有的设备都能支持多种类型的光纤。因此需要注意设备与光纤以及接头的选型。这可以通过 OLM 的选型来了解。

OLM 接口及匹配光纤看如下表格：

OLM/	P11	P12	G11	G12	G11-1300	G12-1300
接口						
--电气	1	1	1	1	1	1
--光纤 (BFOC)	1	2	1	2	1	2
可连光纤						
--塑料 (如： 6XV1 821-0AT10)						
980/100um	80m	80m	--	--	--	--
--PCF (如： 6XV1 861-2A)						
200/230um	400m	400m	--	--	--	--
--石英玻璃 (如： 6XV1 820-5BT30)						
单模 (10/125um)	--	--	--	--	15km	15km
多模 (50/125um)	--	--	3km	3km	10km	10km
多模 (62.5/125um)	--	--	3km	3km	10km	10km

表 4 OLM 的接口及其光纤选型

表中列出了塑料光纤、PCF 光纤和玻璃光纤主要的应用场合，与 OLM 相关的设备基本上都是 BFOC 接头类型。

光纤可以选择预装了接头的（如购买时已经安装了 BFOC 接头），但如果事先不知道距离，也可以选择单独购买光纤和接头。但一般玻璃光纤的 BFOC 接头都需要专业人士来安装。

除了 OLM，其它的带有光纤接口的设备包括：OBT / CP342-5 FO / IM467 FO / CP5613 FO / IM153-2 FO，这些设备使用的光纤一般使用的是简单接头（Simplex plug），且有两种光纤可以选择：

- A. 塑料光纤 980/100um 50m (如：6XV1 821-0AT10)
- B. PCF 光纤 200/230um 300m (如：6XV1 861-2A)
- C. 接头 Simplex plug : 6GK1 900-0KB00-0AC0

这里再总结一下两种接头的订货号：

玻璃光纤的 BFOC connector : 6GK1 901-0DA20-0AA0

塑料光纤的 PCF Simplex plug : 6GK1 900-0KB00-0AC0

BFOC plug : 6GK1 900-0HB00-0AA0



图 5 Simplex plug



图 6 BFOC 接头

如果希望自己完成接头的焊接工作，可以订工具箱（图 7）：

工具箱 PCF Simplex plugs: 6GK1 900-0KL00-0AA0

BOC plugs: 6GK1 900-0HL00-0AA0



图7 熔接工具箱

但如果是玻璃光纤还是建议找专业的人员和设备来熔接。

2.2.3 PRFOBUS 插头

PROFIBUS插头用于连接PROFIBUS电缆和PROFIBUS的站点（图8）。



图8 PROFIBUS插头的使用

在PROFIBUS插头上，有一个进线孔（In）和一个出线孔（Out），分别连接至前一个站和后一个站。

当各站点通过插头连接以及网线连接到网络上时，根据RS485串口通讯的规范，每个物理网段支持32个物理设备，且在物理网段终端的站点应该设置终端电阻防止浪涌保证通讯质量。而每个PROFIBUS插头上，都内置了终端电阻，需要是可以接入（On）和切除（Off）。当终端电阻设置为“On”时，表示一个物理网段的终结，因此连接在出线端口“Out”后面的网段的信号也将被中断。因此，在每个物理网段两个终端站点上的插头，需要将网线连接在进线口“In”，同时将终端电阻设置为“On”，而位于网段中间的站点，需要依次将网线连接在进线口“In”和出线口“Out”，同时将终端电阻设置为“Off”。（图9）

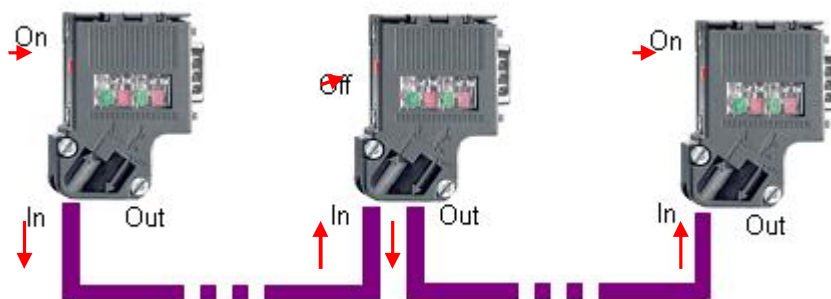


图9 PROFIBUS插头的连接和设置

需要注意的是，PROFIBUS插头有一种带编程口（PG口）的，建议至少每个网段的两个终端站点处的插头尽量使用带编程口的（见图8，左侧的插头），便于系统的诊断和维护。

2.2.4 终端电阻

PROFIBUS 电缆的两端应该连接终端电阻。终端电阻是为了消除在通信电缆中的信号反射在通信过程中，有两种原因导致信号反射：阻抗不连续和阻抗不匹配。

阻抗不连续：信号在传输线末端突然遇到电缆阻抗很小甚至没有（例如：短路）或者阻抗很大（例如：断线），信号在这个地方就会引起反射。这种信号反射的原理，与光从一种媒质进入另一种媒质要引起反射是相似的。消除这种反射的方法，就必须在电缆的末端跨接一个与电缆的特性阻抗同样大小的终端电阻，使电缆的阻抗连续。由于信号在电缆上的传输是双向的，因此，在通讯电缆的另一端可跨接一个同样大小的终端电阻（图 10）。

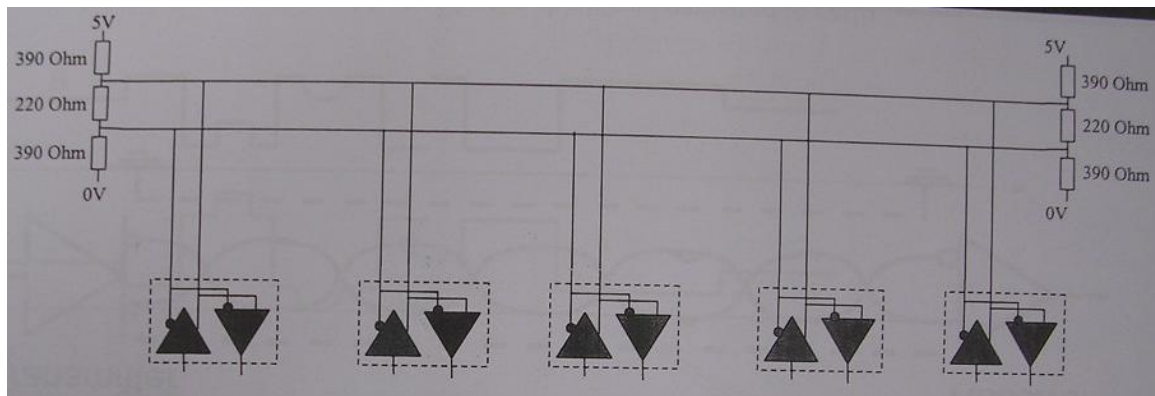


图10 网络中的设备连接和终端电阻

引起信号反射的另一个原因是数据收发器与传输电缆之间的阻抗不匹配。这种原因引起的反射，主要表现在通讯线路处在空闲方式时，整个网络数据混乱。

在 EIA RS-485 中规定的端接电阻 R_t 是以下拉电阻 R_d （与数据地 DGND 连接）和上拉电阻 R_u （与正电压 V_P 连接）做补充。当没有站进行传输（即空闲时间）时，这个补充迫使不同的状态电压（即导体间的电压）趋于一个确定值（图 11）。

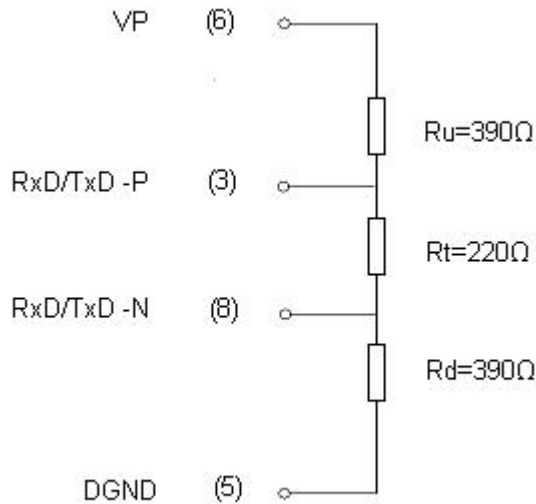


图 11 终端电阻的组成

在一个物理网段中，但是如果终端和总线电缆阻抗不匹配，则最大通讯距离会减少一半。

因而，在一个物理网段中，应该保证在网络的两个终端各有一个终端电阻，不能增加也不能减少，否则我们的总线上的网线与终端电阻将会出现不匹配的问题。这就意味着，如果终端站点出现问题，则有可能会影响到整个网络的通讯质量，因而除了使用 PROFIBUS connector 上自带的终端电阻，西门子还提供了有源的终端电阻设备（图 12）。



图12 有源终端电阻

有源终端电阻可以单独供电，安装在网段的两端，保证网段内任何一个设备出现问题，都不会影响网络的电阻匹配的问题。

2.2.5 RS485 中继器

按照RS485串口通讯的规范，当网络中的硬件设备超过32个，或者波特率对应的网络通讯距

离已经超出规定范围时，就应该使用RS485中继器来拓展网络连接。

PROFIBUS通讯属于RS485通讯的一种，因而也遵循这样的原则，及如果网络中实际连接的硬件超过32个时，或者所对应的波特率超过一定的距离时（表3），则需要增加相应的RS485中继器来进行物理网段的扩展。

由于RS485中继器本身将造成数据的延时，因而一般情况下，网络中的中继设备都不能超过3个，但西门子的PROFIBUS RS485中继器采用了特殊的技术，因而可以将中继器的个数增加到9个，即在一条物理网线上，最多可以串联9个西门子的RS485中继器（图10）。这样，网段的扩展距离将大大增加。



图13 RS485中继器

使用RS485中继器时，需要注意几个问题：

1) 安装问题

- RS485 中继器上下分为两个网段，其中 **A1/B1** 和 **A1' / B1'** 接口是网段 1 的一个 PROFIBUS 接口，**A2/B2** 和 **A2' / B2'** 接口是网段 2 的一个 PROFIBUS 接口，PG/OP 接口属于网段 1；
- 信号放大是在网段 1 和网段 2 之间实现的，同一网段内信号不能放大；因而需要进行距离扩展的网络必须是接在网段 2 上；
- 两个网段之间是物理隔离的，因而 RS485 中继器除了扩展网段外，还有一个作用就是可以进行网络隔离。
- 这两个网段是都是指物理网段，与 STEP7 硬件组态中所组态的 PROFIBUS 网络没有关系，不同的物理网段仍然可以属于同一个 PROFIBUS 逻辑网络。
- 在网络拓扑中，RS485 中继器也是一个信号收发设备，占一个物理设备的位置，但不需要分配站号，因而注意在物理连接站点时，每个网段所连接的从站数是小于 32 的。扩展的距离则对应于每个波特率的传输距离（表 3）。

2) 终端电阻的设置问题

由于两个接口分别属于不同的物理网段，因此中继器上终端电阻的设置往往比较容易混淆。

□ 中继器做为终端设备的网络拓展

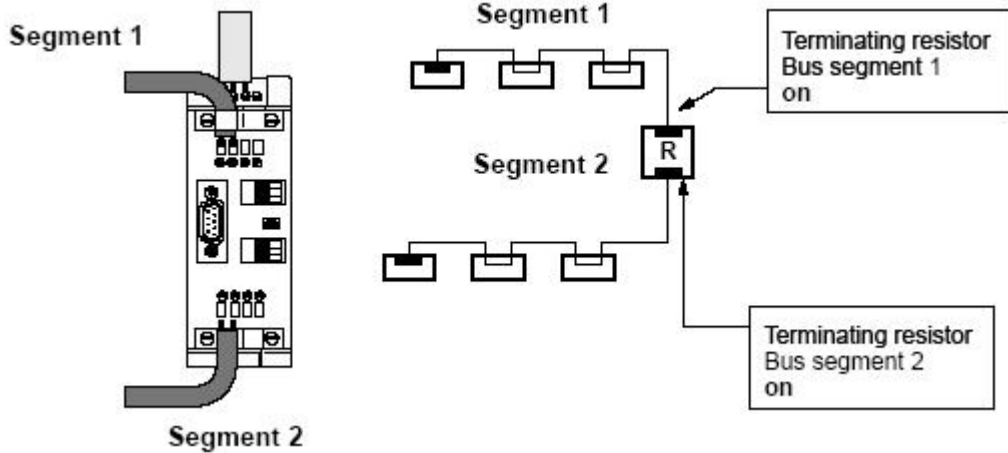


图14 中继器做为网络终端站点

在这个网络拓扑中，中继器连接了网段 1 和网段 2，由于中继器内部是隔离的，因而做为网段 1 来讲，中继器就是该网段的一个终端设备，因而在网段 1 中，应该将 PROFIBUS 网线接在 A1/B1 上，同时网段 1 的终端电阻设置为“On”；而网段 2 与网段 1 类似，也需要将电缆连接在 A2/B2 上，同时终端电阻设置为“On”。

在这种网络中，上下两个网段中，最多都还可以连接 31 个从站设备。

□ 中继器在的两个网段内都做为中间设备的网络拓展

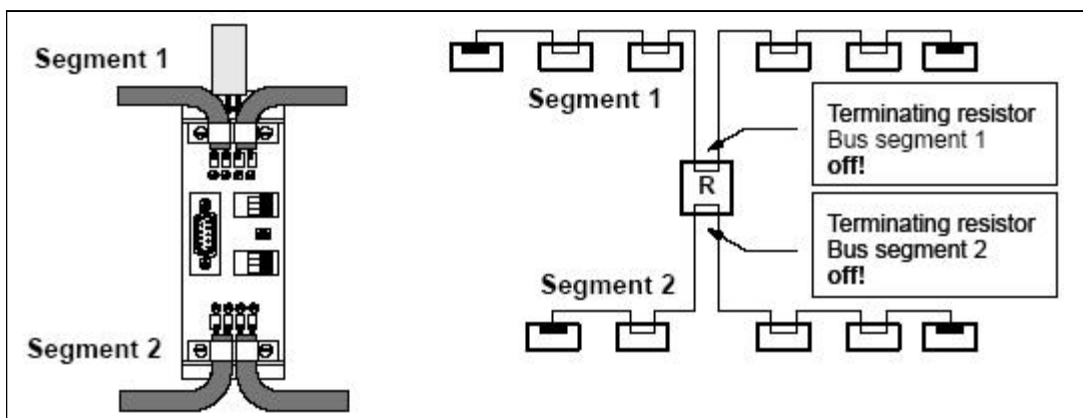


图15 中继器在的两个网段内都做为中间设备的网络拓展

此时，中继器的网段 1 和网段 2 都是网络中间的一个站点，即终端电阻为“Off”，网段 1 的总长度为 200 米（1.5M bps），网段 2 的总长度也为 200 米（1.5M bps）。两个网段之间是电气隔离的。

3) 隔离网段

中继器除了具有信号放大、扩展网络的作用，还可以将不同的两个物理网段进行电气隔离，从而避免两个网段之间的 EMC 干扰。

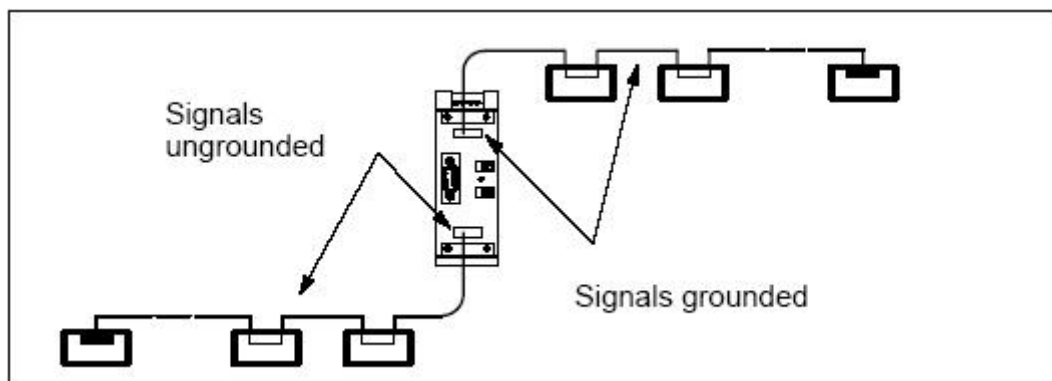


图16 隔离2个网段

由于网段之间是隔离的，因而如果 **断开 PE 端**时，可以将两个网段分别按照接地和不接地的两个网段进行连接操作。

2.2.6 OLM 和 OBT

除了电缆，PROFIBUS通讯还支持光纤做为传输介质，通过光纤连接的PROFIBUS网络具有网络距离远的特点，且光纤本身不受电、磁的影响，比较适合长距离、户外铺设和抗电磁兼容的环境。

支持PROFIBUS光纤通讯的设备有OLM和OBT。其中OLM是做为主干网设备使用的，针对不同的网络拓扑，需要进行一定的拨码参数的设置；而OBT只是做为网络介质的转换。

1) OLM (Optical Link Module)

OLM 的拓扑结构一般有以下几种：

- 点对点连接
- 线性拓扑
- 星形拓扑
- 冗余光纤环网



图 17 OLM V4

□ 线性拓扑

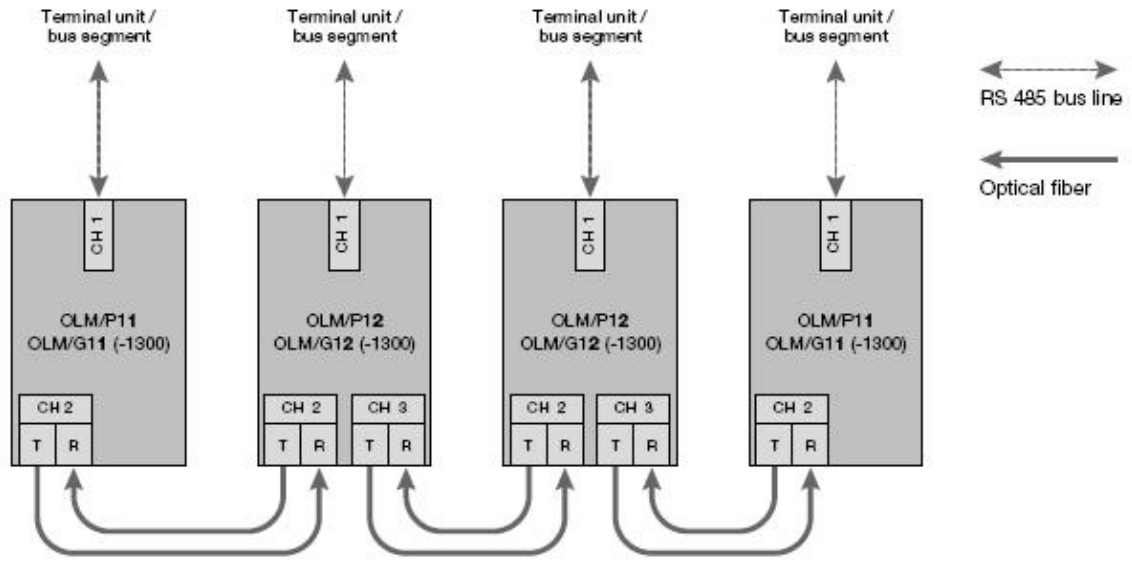


图18 OLM的线性拓扑结构

□ 星形拓扑

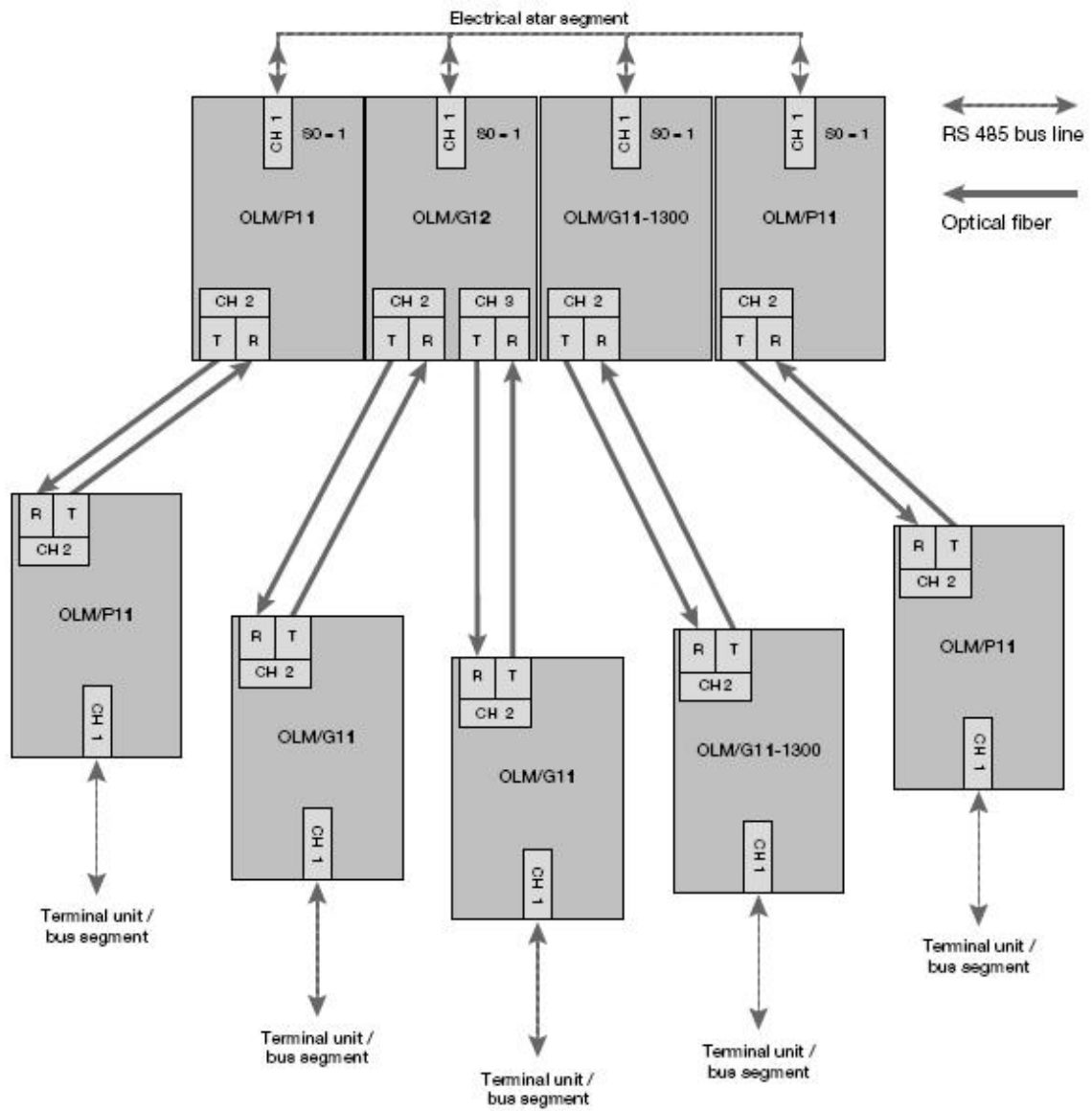


图19 OLM的星形拓扑结构

□OLM的冗余环网拓扑结构

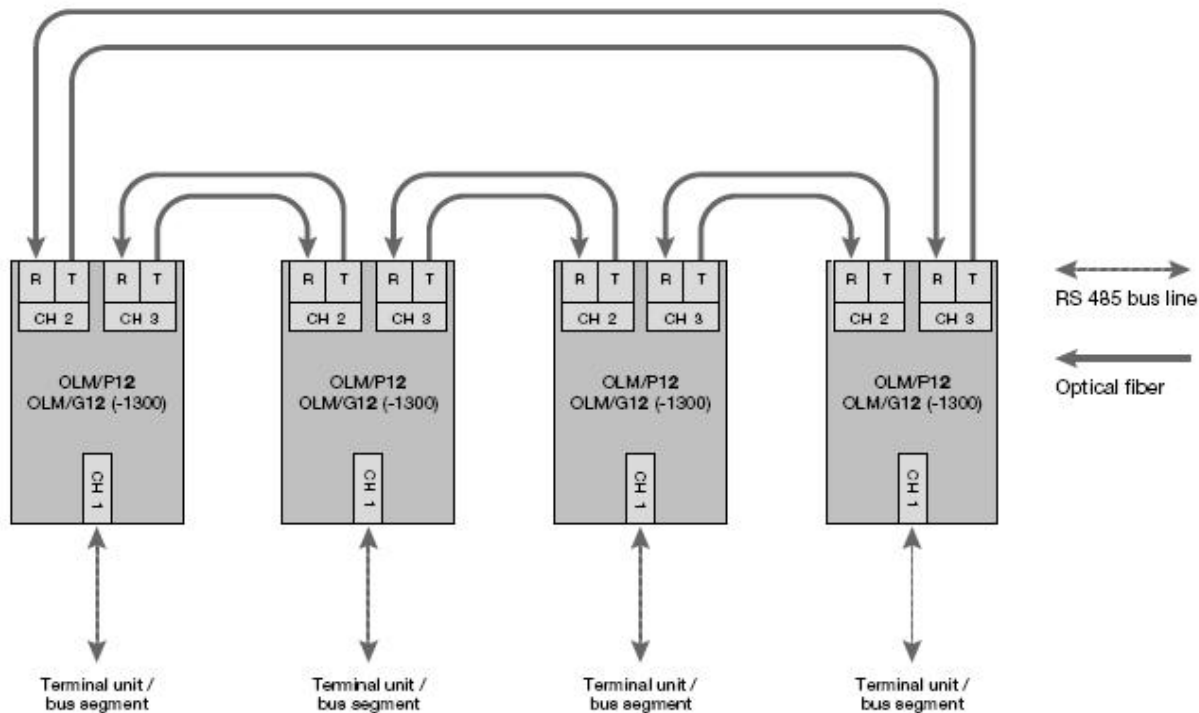


图20 冗余环网的拓扑结构

在冗余环网的拓扑结构中，所有的OLM必须型号相同，且DIP开关的设置也相同。

连接OLM的光纤即可以采用单模玻璃光纤，也可以选择多模塑料光纤，具体请参考光纤部分的介绍（表4）。

2) OBT(Optical Bus Terminal)



图21 OBT

OBT仅仅做为介质转换的设备在网络中使用，不具有OLM的组网能力，一般只能使用塑料光纤（50米）和PCF光纤（300米）。

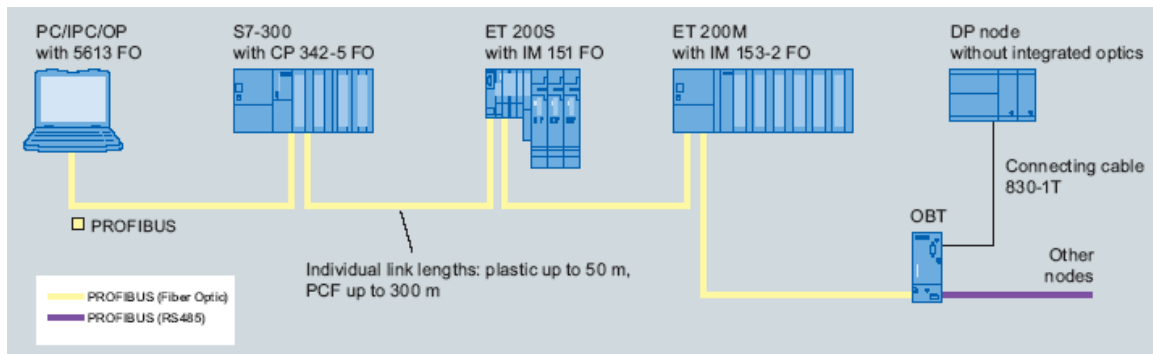


图22 OBT在网络中的使用

3 PROFIBUS 网络安装规范

了解了PROFIBUS的各个网络器件，这里就PROFIBUS安装的注意事项进行介绍，同时会结合一些现场的实例加以说明。

3.1 网络拓扑的规则

设计一条PROFIBUS网络，首先需要了解PROFIBUS网络的拓扑规则：

- ① PROFIBUS网络是RS485串口通讯，半双工，支持光纤通讯；
- ② 每个网络理论上最多可连接127个物理站点，其中包括主站、从站以及中继设备；
- ③ 网络的通讯波特率9.6kbps~12Mbps，通讯波特率与通讯的距离具有一定的对应关系（见表3）；
- ④ 每个物理网段最多32个物理站点设备，物理网段两终端都需要设置终端电阻或使用有源终端电阻；
- ⑤ 每个网段的通讯距离或者设备数如果超限，需要增加RS485中继器进行网络拓展，中继器最多可串联9个；
- ⑥ 每个中继设备（RS485中继器、OLM）也做为网络中的一个物理站点，但没有站号；
- ⑦ 网络支持多主站，但在同一网络中，不建议多于3个主站；
- ⑧ 在Step7软件中进行PROFIBUS网络组态时，应当按照从小到大的顺序设置从站站号，且应该连续；
- ⑨ 一般0是PG的地址，1~2为主站地址，126为某些从站默认的地址，127是广播地址，因而这些地址一般不再分配给从站，故DP从站最多可连接124个，站号设置一般为3~125。
- ⑩ 如果网络中涉及到分支电缆，则应注意分支电缆的长度应当严格遵守PROFIBUS的协议规定，比如：波特率1.5Mbps时，网段中分支电缆总长度6.6米（表5）。

波特率	9.6	97.75	187.5	500	1500
[kbit/s]					

分支电缆 长度 (m)	500	100	33	20	6.6
----------------	-----	-----	----	----	-----

⑪ 表5 波特率与分支电缆的长度对应表

⑫ 用户如果使用了西门子的SIMOCODE 3UF7等产品时，就会涉及到网络中存在分支电缆的问题。为了保证每个网段的分支电缆不超过规定长度，一般可以在每个抽屉柜内设计一个中继器，进行物理网段的分割，同时还可以起到隔离干扰的作用。

在进行PROFIBUS网络连接之前，首先应当考虑拓扑结构的设计是否有问题。如果拓扑结构有问题，将来网络通讯很可能出现问题。

另外，从波特率与距离的对应关系中可以看到，波特率越高，则对应的通讯距离越近，因而如果现场遇到PROFIBUS的通讯有通讯不上或者通讯不稳定的情况，也可以考虑先将波特率降低，再进行观察处理。

3.2 PROFIBUS 网络安装的规则

3.2.1 网络布线的规则

□选择标准PROFIBUS通讯电缆

标准PROFIBUS通讯电缆的特性阻抗为150欧姆，这与PB头的终端电阻设置为“ON”时的终端电阻值刚好匹配，如果选择普通的电缆，其特性阻抗与终端电阻很可能不匹配，则通讯性能将会受到影响；

标准的PROFIBUS电缆往往是双层屏蔽的，屏蔽效果比较好。另外，标准通讯电缆是双绞的，因而对于信号在电缆内传输时自身产生的干扰也能够起到自我抑制的作用。

□屏蔽层多点接地

PROFIBUS电缆在插头内接线时，须将屏蔽层剥开，压在插头内的金属部分，该金属部分与当Sub-D插头外部的金属部分相连，当将插头插在CPU或者ET200M等设备的DP口上时，则通过设备连接到了安装底板，而安装底板一般是连接在柜壳上并接地的，从而实现了屏蔽层的接地。



图23 PROFIBUS 插头内部接线即屏蔽层的处理

由于接地有利于保护PLC设备以及DP通讯口，因此对于所有的PROFIBUS站点都要求进行接地处理，即“多点接地”。

□ 布线规则

a. 不同电压等级的电缆分线槽布线

高电压，大电流的动力电缆，与小电压和小电流的电缆应该是分线槽布线，同时线槽应盖上盖板，尽量全封闭；如果现场无法分线槽布线，则将两类电缆尽量远离，中间加金属隔板进行隔离，同时金属线槽要做接地处理（图24）。

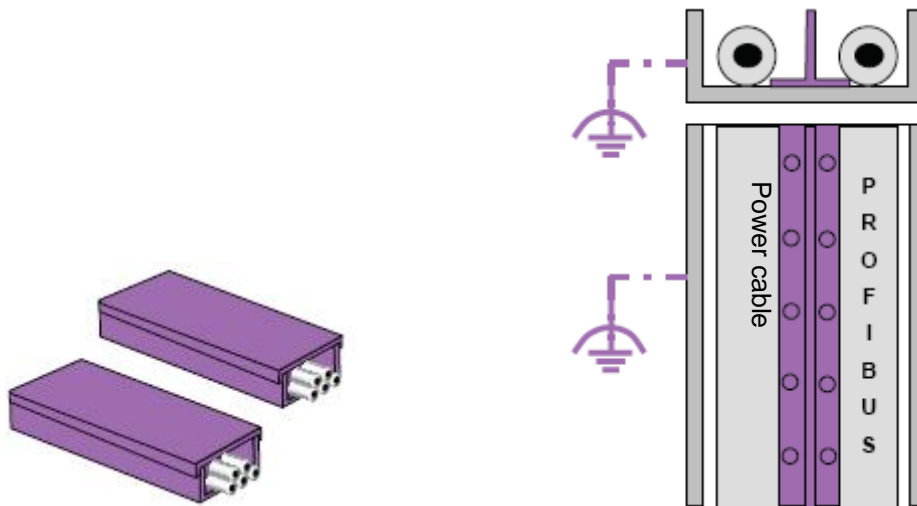


图24 电缆槽架以及电缆在线槽内的处理

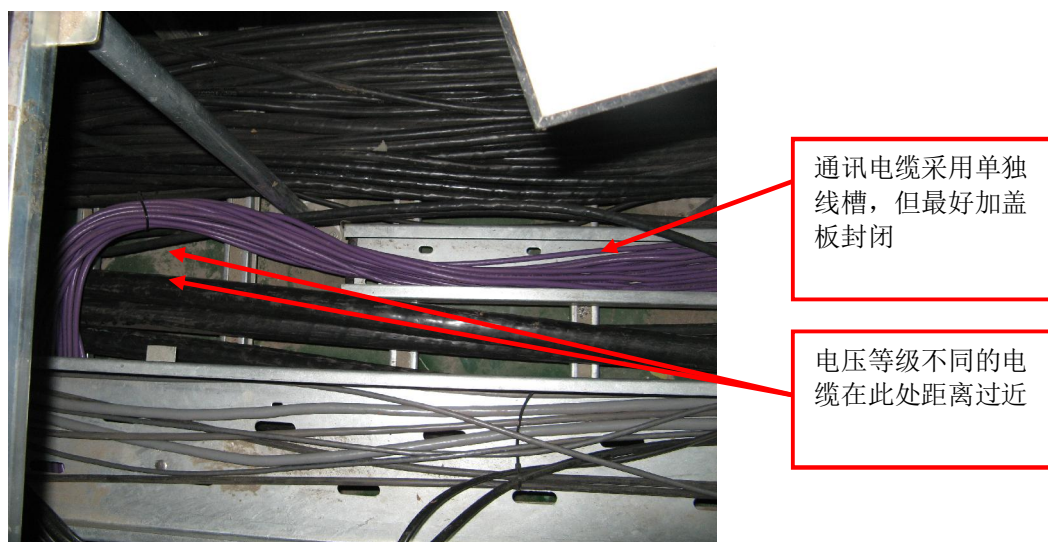


图25 现场布线

电缆槽架之间的连接应该保证用金属连接部件大面积连接处理，同时注意“接地”的连接。



图26 电缆桥架之间的连接以及接地处理

b. 通讯电缆单独在线槽外布线时，可根据情况采用穿金属管的方式，这样既可以保护通讯电缆不被损坏，对于防止EMC的干扰也有好处，但注意外部的金属管需要接地（图25）；

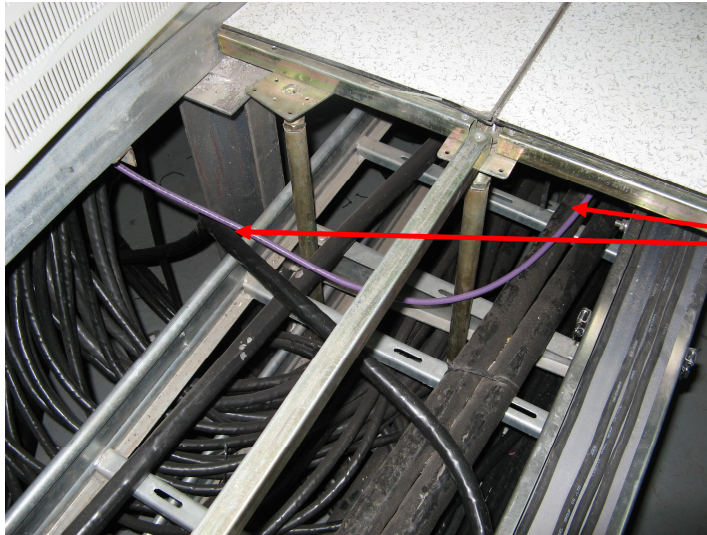


图27 现场的通讯电缆

图26中的电缆通讯直接暴露在外面，很容易被压断，类似情况可考虑局部或者全部穿管。

c. 通讯电缆与动力电缆避免长距离平行布线

由于平行布线的两根电缆之间需要考虑空间电容耦合，因此为了避免相互之间的影响，应避免平行布线（图27）。

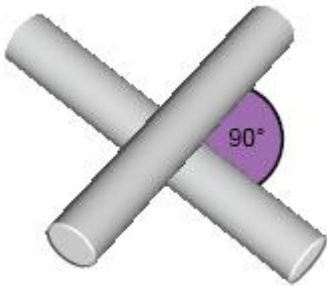


通讯电缆分别与不同的电缆平行布线，且距离可能很长

图28 通讯电缆在线槽内与动力电缆平行走线

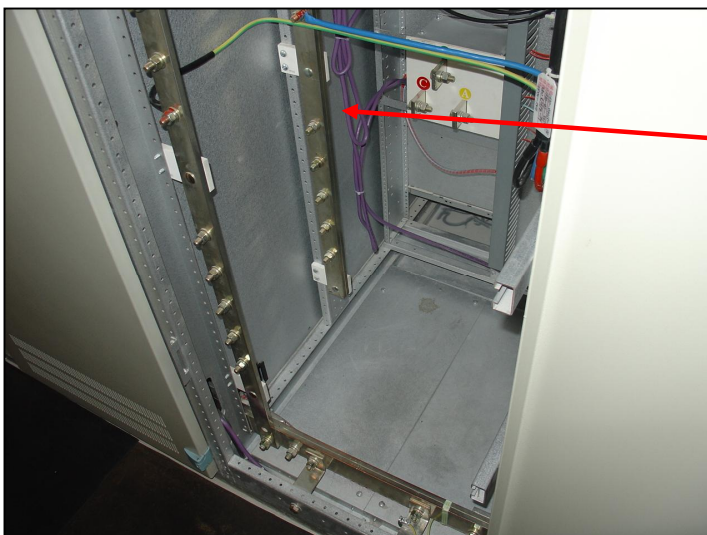
在图27中，通讯电缆不仅没有满足a. 或 b. 两条原则，反而与比较大的动力电缆平行布线，这会导致该电缆比较容易受到动力电缆的干扰。

可以交叉布线：



两根交叉布线的电缆相互之间不会因为容性耦合而产生干扰。

d. 尽量将电缆贴近大面积的金属板（图29）



通讯电缆尽量贴近大面积金属板放置

图29 通讯电缆贴近金属板

通讯电缆应与大面积的金属板或“地平面”贴近。

e. 通讯电缆过长时，不要形成环状（图30）

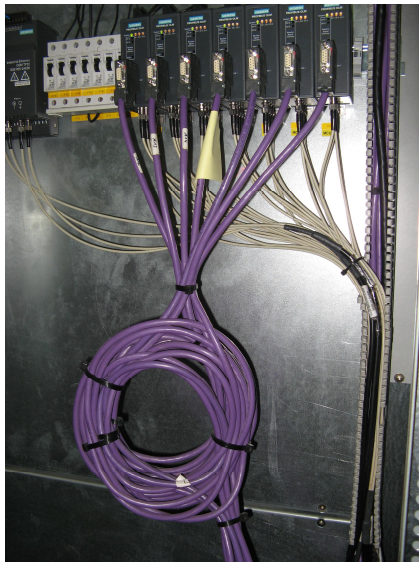


图30 通讯电缆形成环

此时如果有磁力线从环中间穿过时，根据“右手定律”，容易产生干扰信号。

在图30中，尽管背板是比较大的金属板，但由于项目已经完成，因而不存在电缆长度变化的可能，因此还是建议用户将过长的电缆剪短，放入柜内的电缆槽内。

f. 通讯线连接的设备应做等电势连接

PROFIBUS 连接的站点可能分布较广，为了保证通讯的质量，一般要求所有通讯站点都应该处于同一个电压等级上，即应当都是“等电势”的（图31）。

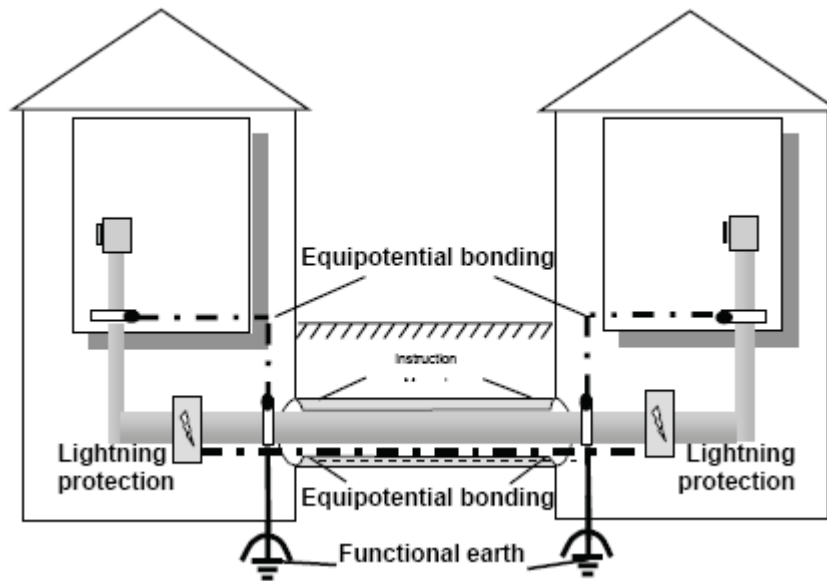


图31 通讯站点之间应做“等电势”处理

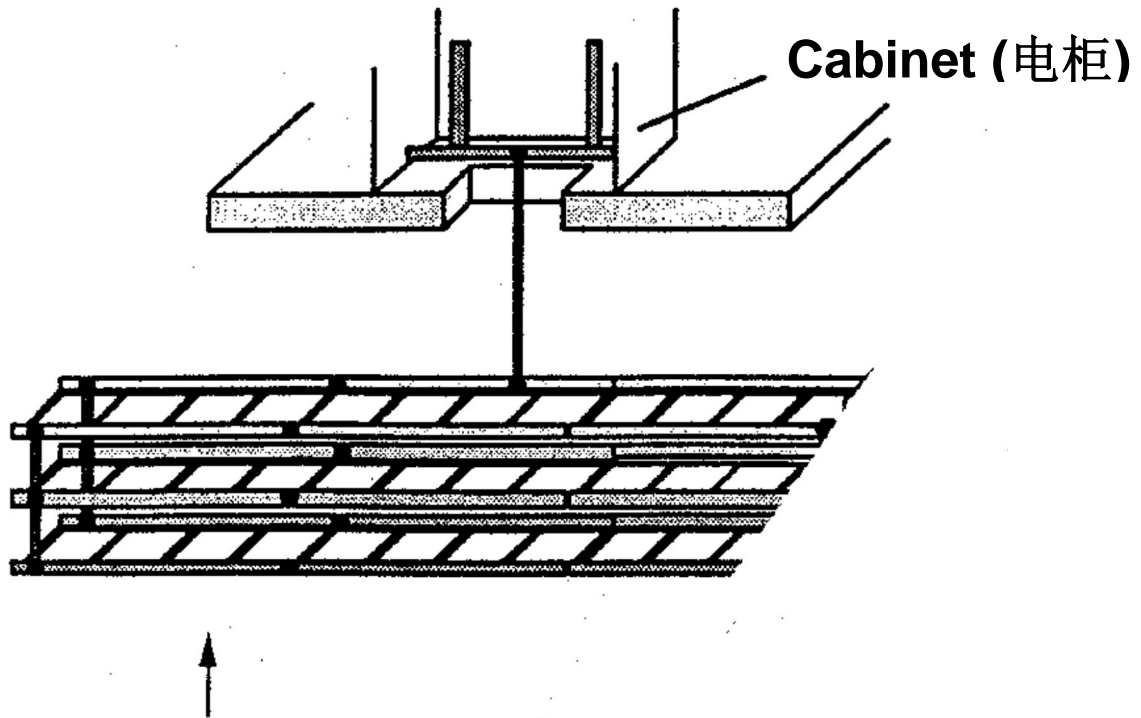
如果两个站点的“地”之间不等电势，则当两个设备分别各自接地时，将会在两个接地点之间产生电势差，此时电流会流过通讯电缆的屏蔽层，从而对通讯产生影响。因此应该在两个设备之间进行等电势的绑定。

可以用等势线将两个设备的“地”进行连接，等势线的规格为：铜 6mm^2 ，铝 16mm^2 ，钢 50mm^2 。

当然，这里不是要求所有的现场都需要增加额外的等势线而增加成本，只是建议在出现接地点电势不相等的情况时，如果影响到通讯，或者可能造成设备损坏，则应当想办法加以改进。

如果由于接地点本身的原因造成了通讯不稳定，比如某个系统的“地”本身存在着很强的干扰，则在此处将屏蔽层接地反而会对PROFIBUS通讯造成影响，因而此时应该考虑首先处理好“地”，然后再将PROFIBUS屏蔽层接地。

为现场设备提供一个良好的“地”以及进行正确的“接地”是提高EMC特性的前提（图32）。



Durchverbindung der Kabeltragkonstruktion

图32 系统进行良好的接地设计和实施

g. 通讯线在电柜内的布线

通讯电缆在电柜内布线时，也应该遵循之前的原则，即远离干扰源。

在柜内的走线应当进行精心的设计，尽量避免与高电压、大电流的电缆在同一线槽内走线（图33），同时，不要在柜内形成“环”，特别时避免将变频器等干扰源包围在“环”内。

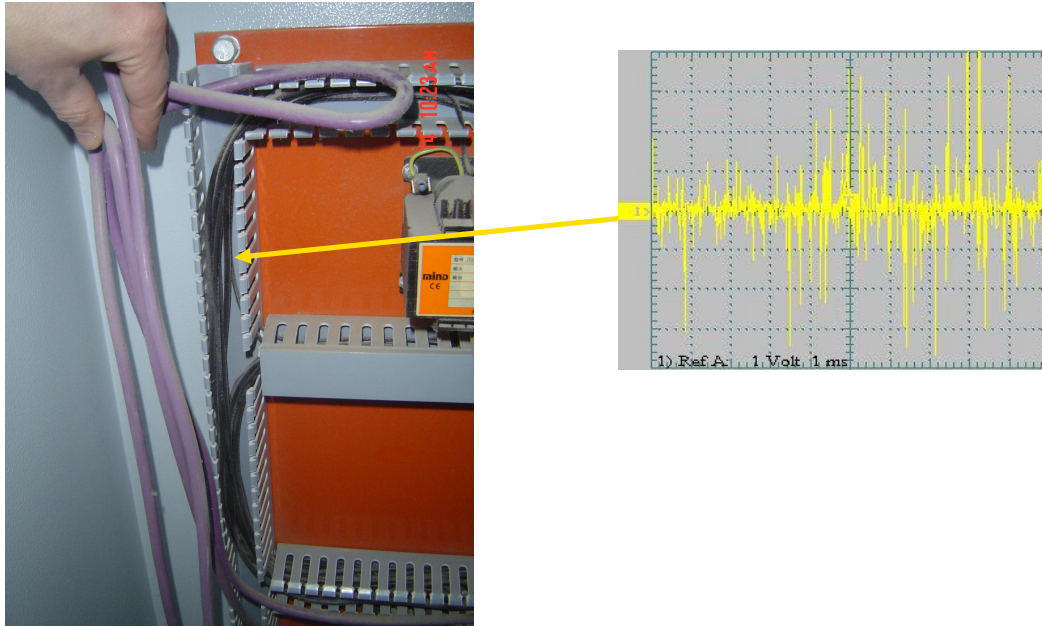


图 33 通讯电缆与动力电缆在电柜内的受干扰情况

3.2.2 通讯电缆的屏蔽层在电柜内的处理

1) 首先是PROFIBUS插头，除了之前介绍的，需要将屏蔽层压在插头的金属部分外，还需要注意屏蔽层不要剥开的太长，否则会暴露在空间，成为容易受干扰的“天线”（图34）。

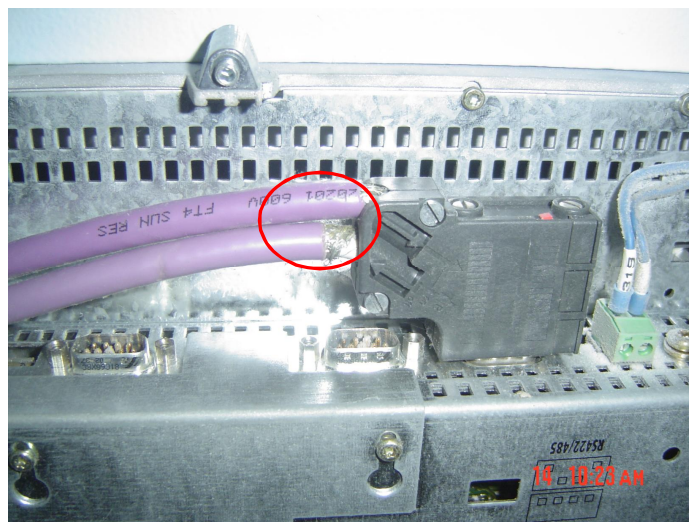


图34 屏蔽层暴露在空间容易接收干扰

2) 通讯电缆的屏蔽层在进/出电气柜时，都应该进行屏蔽层接地处理
屏蔽层应该保证与接地铜排进行大面积的接触（图35）。

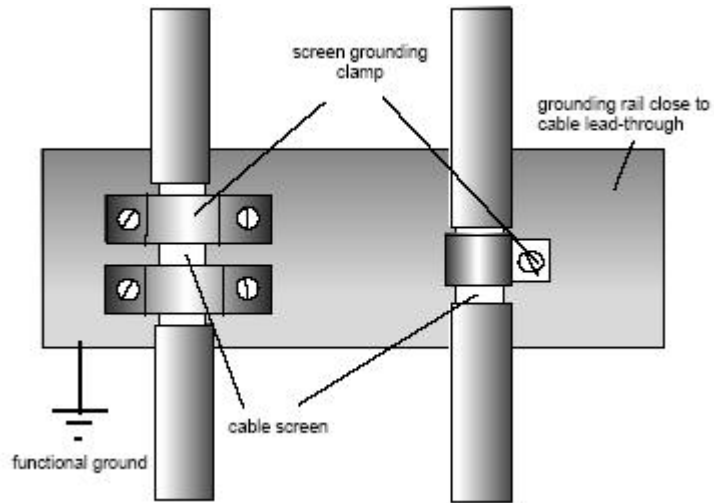


图35 屏蔽层的接地

通讯电缆在进/出电柜时，都应该将电缆的屏蔽层进行接地处理。这样避免外部的干扰信号进入电柜，同时也避免柜内产生的干扰对外部设备造成影响（图36）。

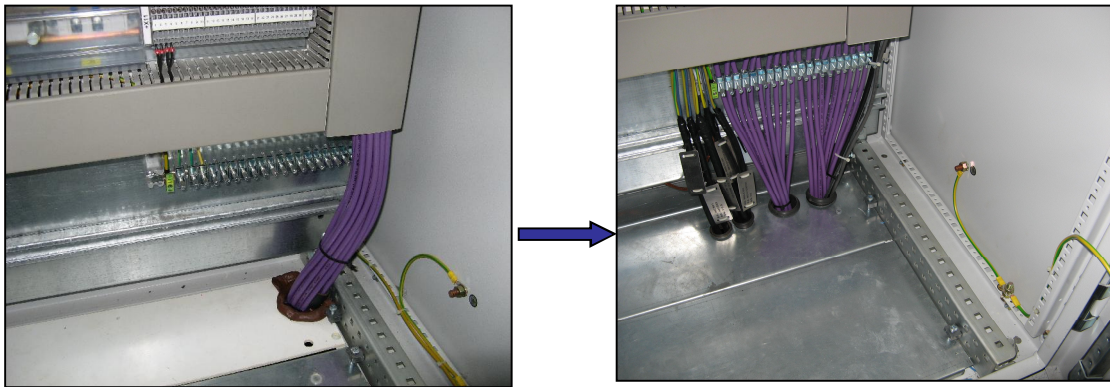


图36 屏蔽层在柜内进行接地处理

如果通讯电缆在柜内需要经过端子进行连接，则屏蔽层最好在端子排的两侧分别进行连接（图37）。

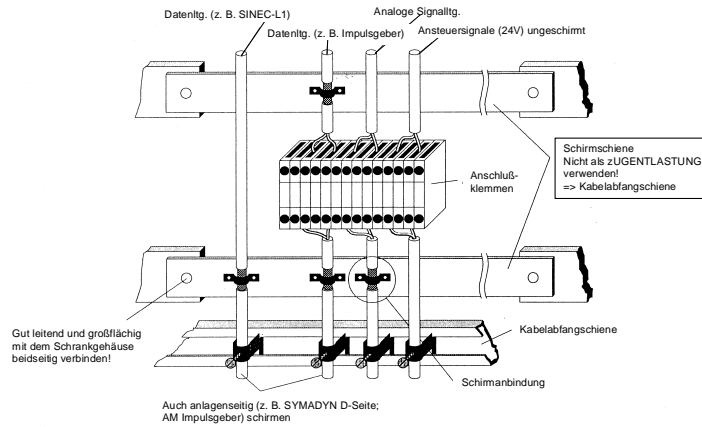


图37 通讯电缆通过端子连接时的屏蔽层处理

而此时应当避免的做法是将屏蔽层剥开，拧成一根连接到端子（图38），这种方式在EMC领域有个名称叫做“猪尾巴”。

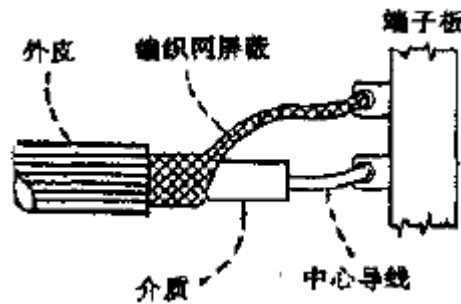


图38 屏蔽电缆接头处的“猪尾巴效应”

在现场的连接中，如果将屏蔽层剥开过长，则通讯电缆将有很长一段没有被屏蔽层“保护”，而屏蔽层拧成一根后将形成天线，更容易将干扰引入系统（图39）。



较长的一段通讯电缆
没有屏蔽层“保护”

屏蔽层的“猪尾巴效
应”

图39 屏蔽电缆的“猪尾巴”连接

3.2.3 过压保护

如果使用场合存在过压的危险，请在柜外采用直埋电缆，同时在柜内、柜外的电缆上采用过压保护装置（图40）。

如果存在雷击，请参照防雷设计标准进行防雷的设计。

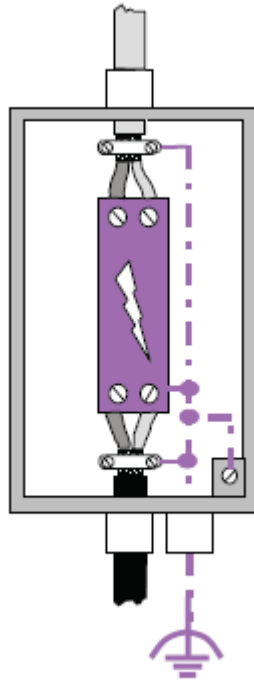


图40 过压保护装置

3.2.4 减小变频器等干扰源设备对通讯的影响

变频器等比较大功率的设备除了通过干扰电源、通过空间辐射干扰影响设备正常运行外，随着变频器等设备具有PROFIBUS通讯的能力，这些设备产生的干扰也有可能直接进入通讯系统，因而应该对变频器进行EMC的处理。

首先是变频器的安装。在电柜内，尽量用镀锌底板替代喷漆底板做为安装背板（图41），以改善EMC特性。



图41 使用镀锌安装底板代替喷漆底板

变频器的出线，都应该进行相应的EMC处理，比如采用通讯电缆采用屏蔽电缆接地，动力电缆采用屏蔽电缆接地或者采用铁氧体磁环进行滤波处理等（图42）。

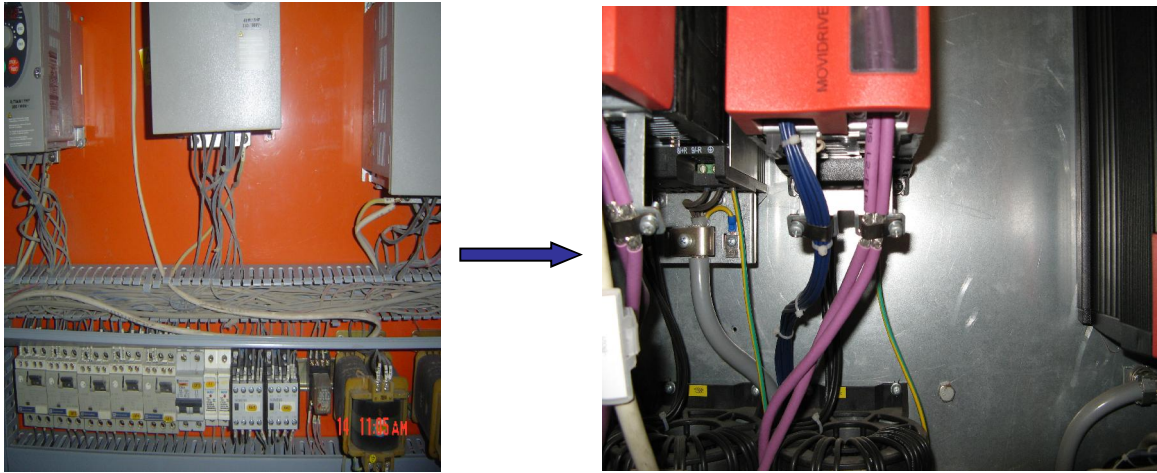


图42 对变频器的电缆进行规范的EMC处理

4 PROFIBUS 诊断的常用工具

PROFIBUS是一种抗干扰性比较强的现场总线，但不时还会发生一些故障。在处理故障的过程中我们发现，造成PROFIBUS通讯出现故障的原因，80%都是最简单的原因，比如：现场没有接地处理、布线时与动力电缆没有分开等等；因此为了避免PROFIBUS网络后期运行时出现故障，首先应该注意按照PROFIBUS的规范进行网络设计，同时严格遵守安装规范的要求进行现场施工。

除此之外，现场诊断一般会使用到BT200和示波器等设备。BT200是西门子的提供的PROFIBUS网络诊断设备，可以进行网络距离检测，网络连接的质量的检查（比如断线、短路等等），常用于项目现场施工布线阶段；



图43 BT200

而示波器常常用于检测PROFIBUS通讯的波形，一般用于项目投产运行后进行网络通讯信号

质量的检测。

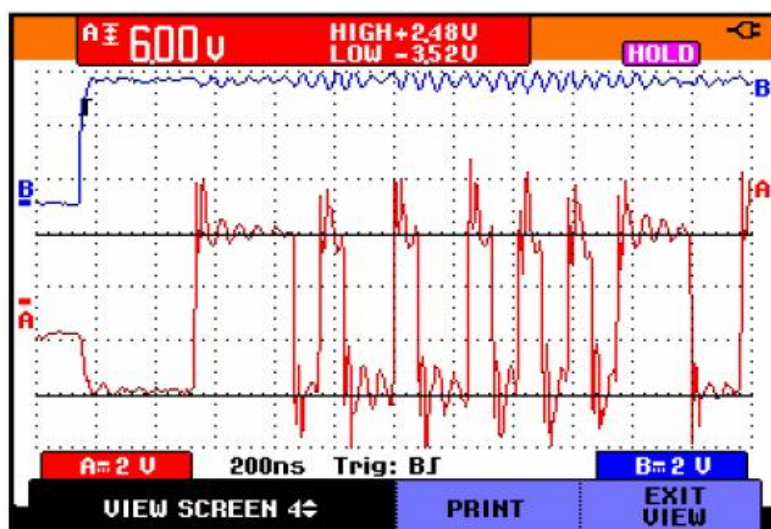


图43 示波器显示PROFIBUS信号受到干扰时的波形

另外，STEP7等编程工具也可以做为网络诊断的一种工具。在STEP7软件中，提供了“在线诊断”的功能，可以实时的对PROFIBUS网络进行最直接的诊断。比如：哪些从站出现故障，可在STEP7的诊断缓冲区中直接得到故障信息，因此一般用于项目调试过程中以及项目运行过程中的网络诊断。

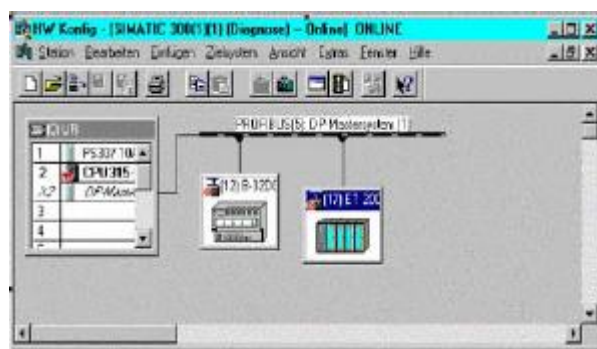


图44 Step7在线诊断功能

另外STEP7还提供了一些PROFIBUS的诊断功能块，比如FB125/FC125等，方便用户通过编程的方式在程序运行中诊断PROFIBUS网络中出现的故障，同时可将故障信息直接显示在上位机画面上。

软件的诊断方式都支持到通道级的诊断。

5 结束语

PROFIBUS总线的应用场合非常多，应用环境也各不相同，但只要严格按照PROFIBUS的规

范进行网络拓扑的设计、遵守布线规则、处理好系统的“地”与“接地”等，将在很大程度上避免总线网络使用中出现的各种问题。因此，希望广大的用户在阅读本文的基础上，能够继续参照**PROFIBUS**的安装和使用手册来正确的应用**PROFIBUS**现场总线，保证**PROFIBUS**总线网络和整个自动化项目的正常运行。