

PROFIBUS 系统在百万电站应用中的故障分析处理

袁 源

(华能金陵燃机热电有限责任公司, 江苏 南京 210034)

**摘 要:**随着电站自动化和信息程度的提高,对数据传输的质和量提出了更高的要求,传统的传输系统及设备已经不能满足。PROFIBUS 总线系统以其低廉、高效、稳定、兼容性强、抗干扰等优势开始被应用于电站的各个工艺系统中。由于基于 PROFIBUS 通讯协议,总线设备出现的一些故障已不能用常规方法进行判断和排除。  
**关键词:**自动化; PROFIBUS 总线; 故障处理

1 设备概况

金陵电厂 2×1000MW 锅炉是由哈尔滨锅炉厂有限责任公司引进日本三菱重工业株式会社技术制造的超超临界变压运行直流锅炉, 型号为 HG-3100/27.46-YM3。采用 Π 型布置、单炉膛、低 NO<sub>x</sub> PM 主燃烧器和 MACT 燃烧技术、反向双切圆燃烧方式。炉膛采用内螺纹管垂直上升膜式水冷壁、循环泵启动系统, 一次中间再热系统。最大连续蒸发量(BMCR) 3100t/h, 额定蒸汽压力/温度为 27.56MPa/605℃。汽轮机是上海汽轮机有限公司引进德国西门子技术生产的 1000MW 超超临界汽轮发电机组, 型号为 N1030-26.25/600/600 (TC4F), 额定功率 1030MW, 最大出力 1065.932MW。同期建设脱销和脱硫系统。

主机 DCS, DEH 控制系统采用西门子控制有限公司的 SPPA-T3000 系统。精处理、化学制水、净水站以及脱硫系统使用西门子 S7-400 系统, 废水站使用了西安热工院的 FCS165 系统。三个控制系统都支持 PROFIBUS 总线协议, 全部使用了分散控制和现场总线技术。

总线设备主要包括电动执行机构, 气动执行机构, 变送器、马达控制器、化学仪表, 温度变送器等。其中电动执行机构品牌主要有 ROTORK、SIPOS Flash5、AUMA、EMG 电动执行器, ABB TZIDC-110、SIPART PS2 气动定位器, SITRANS PDSIII PA、Rosemount3051 变送器等, ABB、Swan 化学仪表等。

2 PROFIBUS 总线控制系统应用中的故障分析

通过对燃煤#1、#2 机组总线控制系统的故障从

各个环节进行分析, 绘出关联图如图 1 所示。

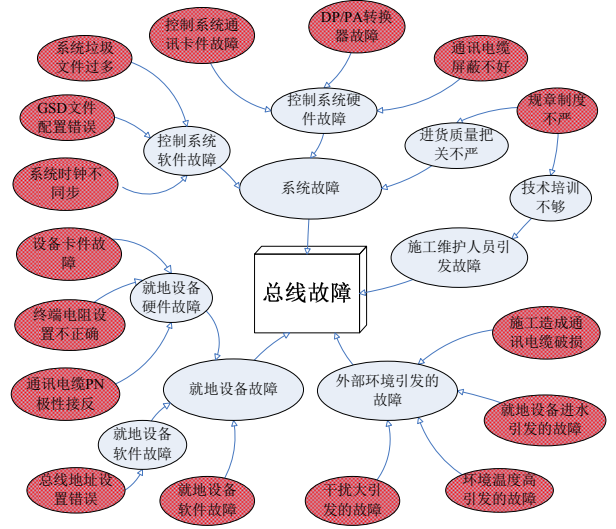


图 1 故障分析

以我厂燃煤#1、#2 机组的总线控制系统为对象, 从 2010 年 10 月开始, 对系统 2009 年 10 月至 2010 年 10 月的故障情况进行调查统计, 为总线控制系统设备故障分析处理做好前期准备工作。通过调查统计, 2010 年总线系统共发生各类故障 121 次, 故障统计如表 1 所示。

表 1 2009 年 10 月至 2010 年 10 月#1、#2 机组总线控制系统故障统计

序号	故障类型	发生频次	累计频次	百分比/%	累计百分比/%
1	控制系统硬件故障	10	10	8.26	8.26
2	总线设备硬件故障	48	58	39.67	47.93
3	控制系统软件故障	2	60	1.65	49.58
4	总线设备软件故障	40	100	33.06	82.64
5	环境引发的故障	20	120	16.53	99.17
6	人员引发的故障	1	121	0.83	100

由以上表可以看出, 2010 年我厂两台百万超超

临界机组的总线控制系统共发生 121 次故障。作为集成高性能，高智能化设备控制系统，121 次缺陷发生相对传统的 DCS 系统来说设备故障率偏高，说明总线控制系统的可靠性还存在一定问题，影响了机组安全稳定生产。根据以上统计表，绘制了出了帕累托折线图对总线系统设备的故障发生率进行分析，如图 2 所示。

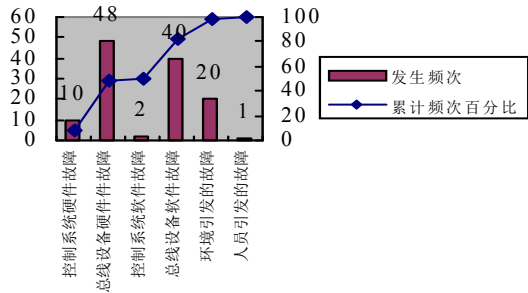


图 2 总线系统设备的故障发生率帕累托折线图

从帕累托折线图中可以看出：控制系统硬件故障 10 次，占总线控制系统总故障的 8.26%；总线设备硬件故障 48 次，占总线控制系统总故障的 39.67%；总线设备软件故障 40 占总线控制系统总故障的 33.06%；环境引发的故障 20 占总线控制系统总故障的 16.53%。这 4 问题是导致总线控制系统故障率较高的主要原因，其中就地设备占到了主导地位。

### 3 PROFIBUS 总线控制系统应用中的故障处理

如图 3、4、5 所示为我厂使用的三个总线系统

网络简图，其中 S7-H 系统使用在了化学制水、脱硫、气力除灰系统中，SPPA-T3000 为主机 DCS 系统，FCS165 用在了废水处理系统。虽然使用范围不同，它们的网络构架基本相同，只在上下层网路的连接方式上存在差别，其原理是一致的。它们都分为了两个网层：控制网和信息网。信息网层用以数据的交换、显示和处理，实现人机对话；控制层则为执行和反馈数据。

在实际使用过程中，上层的信息网络在出厂前就已经完成了通讯测试，基本不存在设置不匹配的情况。但在现场组态和测试过程中，服务器内有很多试验用逻辑以及组态修改或优化后未删除的大量组态，这会增加 CPU 的负担，影响负荷率，导致系统响应缓慢。

在各分系统内（如单元机组、公用系统，辅控系统等）的同步时钟未同步时，可能会造成各系统之间通讯故障或数据丢失。

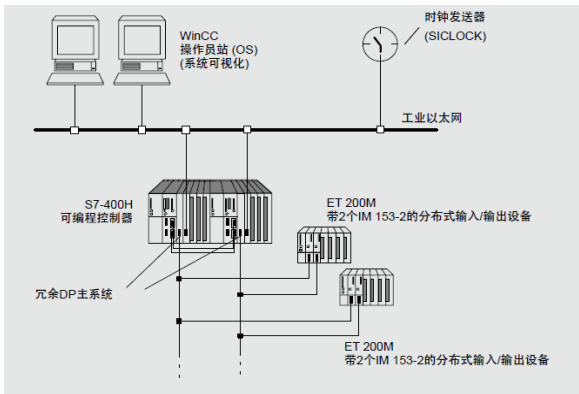


图 3 S7-H 系统

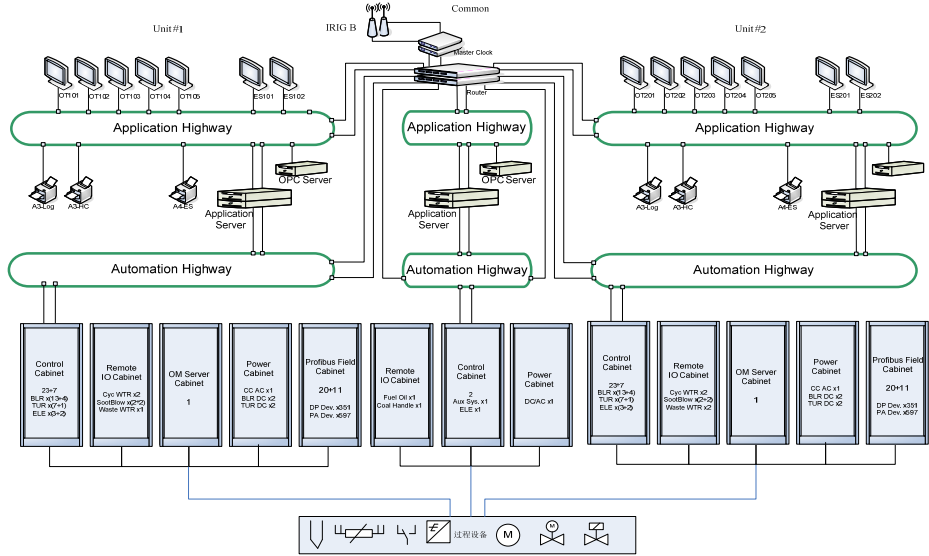


图 4 SPPA-T3000 系统

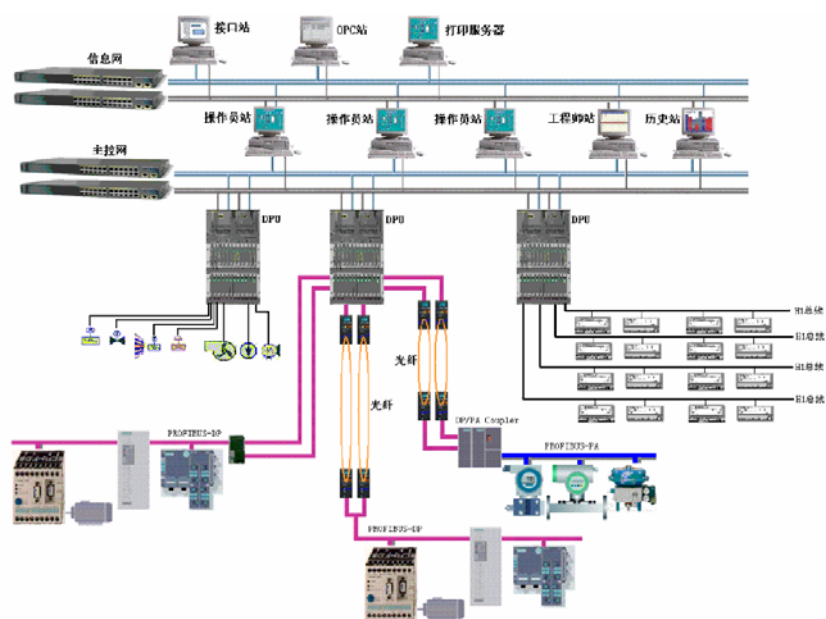


图 5 FCS165 系统

在控制网层，由于需要到现场根据情况进行安装和修改，在调试阶段软硬件出现的问题都较多。最常遇到的问题就是：终端电阻设置错误；电源线布置不当；电缆走线不当；使用错误的电缆；使用未经认证的或损坏的 PROFIBUS 设备。

首先，需要检看就地硬件的安装情况。检查源终端电阻是否供电并投入；现场总线柜与主站通讯的光纤连接是否正确可靠，光电转换器是否正常工作；核对柜内的连接耦合器地址设置是否正确。

其次，就是检查总线电缆以及接头的安装情况。干扰是 PROFIBUS 电缆在布置走线时首要考虑的，要避开高频高压的设备和电缆，尤其是大功率的变频设备。电缆敷设时，还需要注意电缆的张力，因为 PROFIBUS 电缆线芯很细（DP：0.8 mm<sup>2</sup>，PA：0.32 mm<sup>2</sup>），极小的改变就有可能造成信号传输的衰

变，因此在拖拽电缆时应该有一个更大的弯曲半径（单个弯曲，半径≥75mm；多个弯曲，半径≥150mm），避免在经过有夹角的桥架这种情况下由于额外的拉力和过小的弯曲半径对电缆造成损坏，尤其是柜内接线槽盒内不能折叠电缆。

由于 DP 设备需要在现场总线柜内通过 DP/PA 转换器并联，且并联位置就在 DP 网线插头处。如果此处松动，会造成通讯电压不稳定，致使通讯不稳定或彻底中断，因此插头就是检查的重点。首先检查设备所属的主、从站内的 DP 插座是否松动或接错线。其次就是检查 DP 网线插头的终端电阻拨码开关(Termination)，有两根接入(从站上的插头)，应将拨码开关应置于 off；如只有一根接入(向主站传输的 OLM 上的插头)，应将拨码开关应置于 on。如图 6 所示。

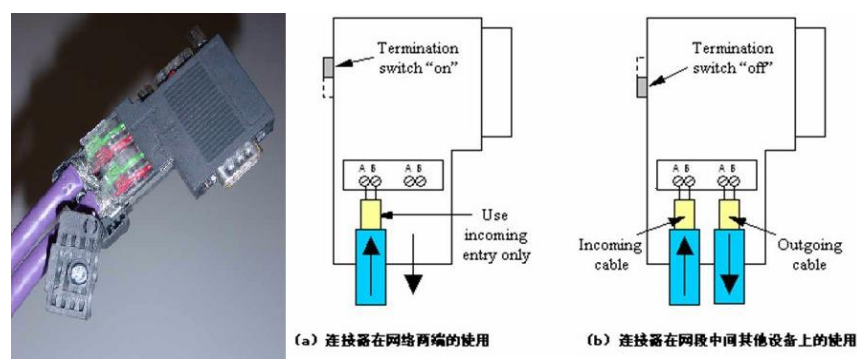


图 6 D 型连接器

值得注意的是,PA 分配器也是容易出现接线松动的位置,很容易会导致 PA 信号的通信不稳定或中断。而且 PA 分配器内的终端电阻的设置也是需要注意的。如图 7 所示。



图 7 PA 分配器

屏蔽对于 PROFIBUS 铜电缆来说非常重要。它将数据电缆进行屏蔽,从而避免了干扰。为了使屏蔽有效,必须将其与等电势连接系统相连,如图 8 所示。未接地的屏蔽没有任何作用。



图 8 屏蔽层连接

最后,就是检查设备型号,是否支持 PROFIBUS 总线协议,上电后是否能正常工作。

## 4 Profibus 总线设备的故障处理

### 4.1 Profibus-PA 设备的故障处理

Profibus-PA 设备(ABB TZIDC-110 智能定位器、西门子 SIPART PS2 智能定位器、西门子 SITRANS P DSIII PA 系列变送器、罗斯蒙特 3051 系列变送器)

**故障现象:** 就地显示或操作正常,而通讯故障(无法查到此设备)

**故障原因:**

(1) GSD 文件配置选择错误或 PA/DP 转换器比特率设置错误

(2) 设备地址设置不对应或与其他设备地址冲突

(3) PA 分线器接线虚接或端口故障

**排查处理:**

(1) 确定就地设备的型号,从官网下载与之匹配的 GSD 文件进行配置。如还不能连接则需查看系统的通讯波特率,一般设定为 31.25kBit/s

(2) 确定设备名称和所处网段地址是否是唯一且一一对应。如果地址设置错误但不与其他设备地址重复,会导致此设备丢失;如果地址设置错误且与其他设备地址重复,会导致此设备与冲突设备一同丢失。

(3) 检查 PA 接线是否紧固,线间电压是否稳定正常(9~32V)。如通讯还不正常,可尝试更换 PA 分线器的备用端口。

### 4.2 Profibus-DP 设备的故障处理

#### 4.2.1 EMG DREHMO-MaticC Profibus DPV1 (经济型)

**故障现象:** 通信故障,单侧通讯,通讯不稳定

**故障原因:**

(1) GSD 文件配置选择错误(i-Matic 和 MaticC 两种)

(2) 执行器内部通讯设置错误

(3) 终端电阻设置错误

(4) DP 线路出现故障

**排查处理:**

(1) 检查就地执行器信号,确定所需要的 GSD 配置文件,如图 9 所示。

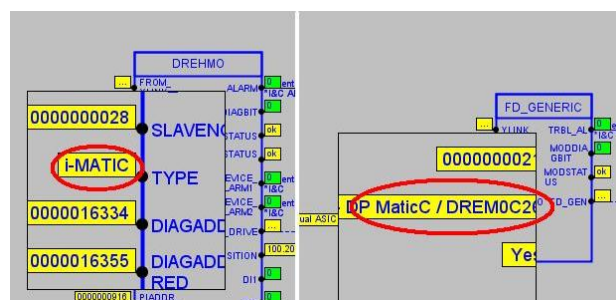


图 9 GSD 文件定义

(2) 经济型的 MaticC 执行器需要在设备上设置。首先,要检查 Profibus 地址,它由十六进制编码开关 SX104 来设定,因此需注意与实际十进制地址的对应,同时要确认地址必须是唯一的,否则会造成地址冲突,使相同地址的两设备同时通讯终端。其次,需检查 DIL 开关的 S4 和 S6。S4 的第 1 位为禁止/允许主机通讯开关,且 ON 为允许通讯,否则会造成通讯故障;S6 的第 4、5 位规定了冗余



模式的协议，第 4 位为 on、第 5 位为 off 符合系统冗余，检查其是否正确。

(3) 检查前网段中前一个执行器内总线通讯板的终端电阻拨码开关应置于 in=out 位，如图 10 所示。同时需检查所在网段的终端电阻是否投入。

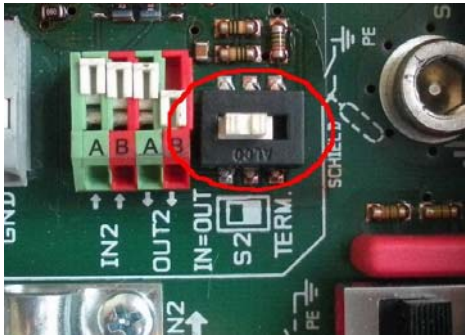


图 10 EMG 终端电阻设置

(4) 常见的外部原因多是线路的屏蔽破损，线芯受压变形，设备内的接线松动或反接。

4.2.2 EMG DREHMO-i-Matic（专业型）

**故障现象：**通讯正常却无法远操

**故障原因：**

(1) GSD 文件配置选择错误（i-Matic 和 MaticC 两种）

(2) 执行器未选择远控方式，内部默认为常规输入控制

**排查处理：**

(1) 首先检查执行器型号，选择正确的 GSD 文件。

(2) 通过就地液晶面板检查执行器内“DCS/PLC system”中“Countrol”菜单下的“Remote priority”参数的设置，确定远控优先级。默认情况下为 Equitable，既总线信号和常规信号与逻辑或方式有效，此配置对位置给定值和故障安全时限制使用的。一旦开关量设定为 AUTOMATIC 时选择常规信号，否则选择总线信号。Additional inputs 为只接受常规信号，不理睬总线指令。Fieldbus 只接受总线命令，部接受常规信号。

现场有只接受总线控制的单控执行器和接受总线、常规两种信号的双控制执行器，由于现场只有总线接线方式，所以直接选定 Fieldbus 控制方式，保证总线通讯模式。

4.2.3 SIPOS PROFITRON（专业型）与 ECOTRON（经济型）

**故障现象：**

(1) 通讯正常却无法远操

(2) 单侧通讯

**故障原因：**

(1) 执行器未选择远控方式，内部默认为常规输入控制。

(2) GSD 文件配置选择错误（单通道和双通道两种）、固件版本错误或过低（PR\_Vxxx.bin 用于 PROFITRON 专业型、EC\_Vxxx.bin 用于 ECOTRON 经济型）。

**排查处理：**

(1) 通过就地液晶控制面板或通过数据线连接电脑查看remote control（远端控制类型）的设置情况，如表2所示。

表2 通过就地液晶控制面板或通过数据线连接电脑查看

remote control（远端控制类型）的设置		
参数	设置值	
PrCntr CurrInp 过程控制器，模拟量给定	过程控制器，过程给定值由过程给定值模拟量输入端口给定。	
PrCntr bus inp. 过程控制器，总线给定	过程控制器，过程给定值通过现场总线接口给定。	
PrCntr fix setp. 过程控制器，固定给定值	过程控制器，过程给定值为固定值（通过参数 fixed setpoint 来设定）	
PosCntr CurrInp 位置控制器，模拟量输入位置	位置控制器，模拟量输入位置（或称：阀位开度）给定值。	
PosCntr bus inp 位置控制器，总线给定	位置控制器，通过PROFIBUS接口设定位置（或称：阀位开度）给定值。	
tri-threshold 模拟量三态门控制	通过模拟量给定实现的三种控制命令功能。 0..30%=关命令， 30..70%=停， 70..100%=开命令。	
PermCont BinInp 端子板开关量持续接点控制	通过开关量输入端子的持续型接点控制功能。（只要开或关的命令存在，执行机构就运行，直到命令取消或到达末端位置）。	
PermCont bus 总线开关量持续接点控制	通过PROFIBUS接口的持续型开关量控制功能。（只要开或关的命令存在，执行机构就运行，直到命令取消或到达末端位置）。	
PulseCont BinInp 端子板开关量脉冲接点控制	通过开关量输入端子的脉冲型接点控制功能（开、关、停）。（执行机构接收到开或关的脉冲命令后就开始运行，直到接收到一个停止命令或到达了末端位置）。	
two-wire-control 两线控制	通过开关量开（open）输入端子的控制功能（高电平=开，低电平=关）。	

在总线控制下根据情况选择PrCntr bus inp、PosCntr bus inp或PermCont bus，如图11所示。



图 11 远控类型设置

(2) 首先检查就地设备型号。SIPOS 执行器只有专业型才支持双通道冗余，经济型是不支持双通道冗余的，所以一定要根据现场需求，在设备选型

时就确定使用哪种型号，避免设备安装调试时才发现选型错误。

其次由于设备进口批次不同，导致了固件版本的差异，需通过就地按钮和 LCD 液晶显示屏或使用软件 COM-SIPOS Flash 通过串口数据线连接执行器查看固件版本如图，如果版本过低的（低于 PR\_v240c）需要更新，再重新上电，如图 12 所示。

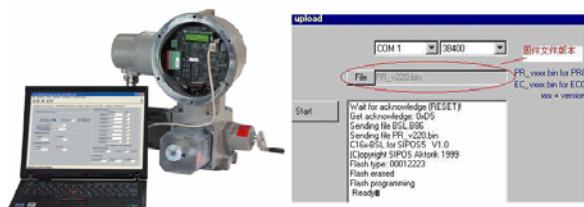


图 12 固件升级

#### 4.2.4 ROTORK Profibus-DP

**故障现象：**通讯故障

**故障原因：**

(1) GSD 文件配置选择错误（rtrc0845-1\_3 simple 和 rtrr0845-1\_0 Redcom 两种）

(2) 执行器内部接线松脱或错误

**排查处理：**

(1) 首先检查执行器型号，选择正确的 GSD 文件。

(2) 就地执行器有两种接线端子（如图 13 所示）：一种带有专门的总线接口板，其上有终端电阻开关和总线接线端子；一种为常规的葵花盘式的接口板，它基本是由常规执行器添加通讯板卡升级而成。带总线接口板的，需检查是否将线错接；常规的葵花盘式的接口板不仅要检查是否错接、短接还要检查屏蔽保护是否有破损接地等情况。

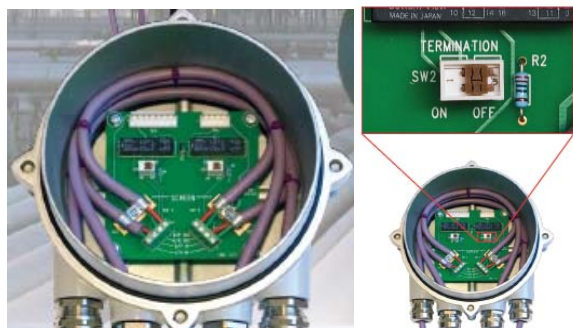


图 13 ROTORK 接线盘及终端电阻

#### 4.2.5 AUMA Profibus-DP

**故障现象：**通讯故障，单侧通讯

**故障原因：**

(1) GSD 文件配置选择错误（AUMATIC 和

AUMA MATIC 两种）

(2) 执行器接线、设置错误或通讯卡件故障  
**排查处理：**

(1) 首先检查执行器型号，选择正确的 GSD 文件。

(2) 检查就地连接板上的终端电阻（S1，S2）和通道设置开关（S3），如图 14 所示。其中 S3 开关的 1SPC 为一个现场总线通讯板，2SPC 为两个现场总线通讯板（冗余）。如果执行器为双通道，S3 开关置为 1SPC，则会造成单侧通讯。

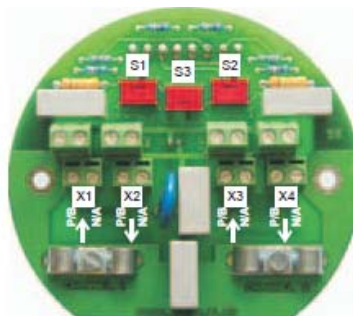


图 14 AUMA 接线盘与终端电阻

接线和设置都正常，则需检查通讯板卡是否正常。如果板卡出现红色报警灯，基本可以确定为内部故障。在我们处理过程中发现，除少数为电动门内控制电源的保险烧毁外，大多都是由于通讯板卡的直流隔离器损坏导致通讯板卡无法工作，如图 15 所示。因此，更换此直流隔离器即可恢复正常，无需更换新的卡件，增加维修成本。



图 15 AUMA 通讯板件及直流隔离器

## 5 外部环境引发的故障处理

外部环境引发的原因主要有：环境温度和外部干扰。

机组运行中，我们针对 SIPOS 电动执行器频繁故障进行了分析，发现工作环境恶劣、温度过高是导致卡件频繁故障的主要因素，因此我们在停机检修中对其进行了分体式移位改造，如图 16 所示，将电子控制部分移到常温处，效果明显。



图 16 SIPOS 分体改造

外部干扰主要是高频干扰，我厂精处理和定冷水分析仪表通讯频繁出现的中断就属于此类故障，具体原因就是通讯柜靠近凝泵变频器导致干扰。我们针对此故障，将通讯柜移位，更改 DP 线路走线，不能更改走线的使用光纤代替原 DP 电缆，彻底解决了此类故障。如图 17 所示为使用采集技改前后各个设备的信号质量。

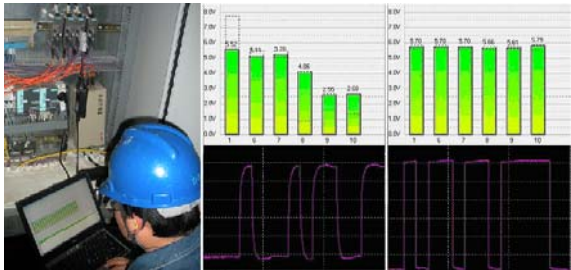


图 17 信号质量对比

6 施工维护人员引发的故障处理

施工维护人员主要是由于误操作导致设备故障。常见的就是屏蔽电缆未与等电势连接系统相连，电缆虚接松动，误改控制模式或通讯模式等。

7 故障处理效果

在 10 月份的停机临检过程中，我们针对以上设主要问题进行消缺和整改。实施后，我们对 2010 年 10 月至 2011 年 10 月#1、#2 机组总线控制系统故障进行了调查统计，见表 3、图 18。

表 3 2010 年 10 月至 2011 年 10 月#1、#2 机组总线控制系统故障统计表

序号	故障类型	发生 频次	累计发生 频次	百分比 /%	累计百分比/%
1	控制系统硬件故障	1	1	33.3	33.3
2	设备硬件故障	1	2	33.3	66.7
3	控制系统软件故障	0	2	0	66.7
4	设备软件故障	0	2	0	66.7
5	环境引发的故障	1	3	33.3	100
6	人员引发的故障	0	3	0	100

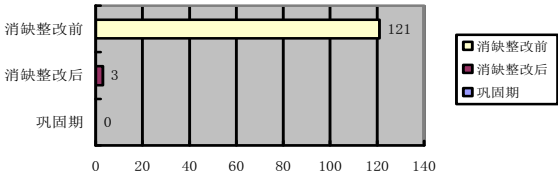


图 18 2010 年 10 月至 2011 年 10 月#1、#2 机组总线控制系统故障统计

通过整改和消缺处理，我们把总线故障数控制到了很低的水平，系统的稳定性和响应速度大大提高，其系统在线诊断功能也得以正常使用，方便了日常维护。

8 结束语

PROFIBUS 总线设备传输信号基于 PROFIBUS 总线协议，许多常规的检测手段已经难以检查和排除问题。尤其是在通讯方面的问题，可能出现在硬件，软件，以及屏蔽等多各方面。通过 PROFIBUS 总线系统在我厂两年的应用，在基建的安装、调试以及日常运行维护过程中，我们总结出系统设备经常出现的问题主要集中在：控制系统通讯卡件故障、终端电阻设置不正确、施工造成总线电缆破损、设备卡件故障、环境干扰引起的故障、就地设备固件版本过低。其中就地设备和线路故障占到了主要部分。由于设备的特殊性，设备的选型、安装环境要求、施工工艺要求与常规系统有着很大差别，尤其是在电缆敷设和系统调试过程表现的尤为突出。在故障的检测和维护管理则凸显出了高智能化，对维护人员的素质也提出了更高要求。

参考文献：

[1] 西安热工研究院,自动化技术研究中心.现场总线控制系统 FCS 简介及安装指导[Z].  
[2] 西门子. SPPA-T3000 Basic Engineering、SPPA-T3000 用户手册[Z].  
[3] 华能金陵电厂.金陵电厂现场总线网络图 090318[Z].

作者简介：

袁 源（1983-），男，本科，助理工程师，毕业后参加华能巢湖电厂基建、华能金陵电厂二期基建，现为华能金陵燃机热电有限公司运行维护部热控点检。