

# 西门子Profibus PA网络的故障诊断

Profibus PA设备的故障具有隐蔽性,同时对所处Profibus PA网段产生干扰,导致同一Profibus PA网段内的其他Profibus PA设备与DP主站不能正常通信,影响了在线实时数据的传输,产品的在线加工准确度失去保证。为此,采用COMbricks远程诊断模块和PA耦合器模块对Profibus PA网络进行改进。改进后,Profibus PA网络系统更加便于维护,其网络设备的故障排除时间大大缩短,由原来2 h/次左右缩短到约30 min/次,设备的维修难度和劳动量降为原来的1/6,保证了生产进度和产品质量。

刘俊峰<sup>1</sup> 李源源<sup>2</sup> 张胜利<sup>3</sup> 王晓宇<sup>1</sup> 李秀芳<sup>1</sup> / 1.河南中烟工业有限责任公司黄金叶制造中心 2.中国烟草总公司职工进修学院 3.河南中烟工业有限责任公司



刘俊峰/工程师

## 关键词/Keywords

制丝线 ·  
Profibus PA设备 ·  
故障诊断 ·

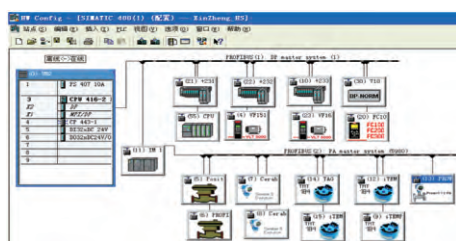
为提高烟丝的在线质量控制准确度,卷烟厂制丝线电控系统引入了西门子Profibus PA仪表型现场总线技术。Profibus PA以Profibus DP为基础,使用两根导线同时实现数据传输及PA总线仪表设备供电,适用于分散式自动控制系统和现场仪表设备之间的通信,目的是用来替代4~20 mA模拟量技术,将自动化系统和过程控制系统中的压力、温度和液位变送器等现场设备连接起来,通过对生产过程中在线制品的质量指标进行实时自动检测,为自动化过程控制提供在线实时数据依据,并反映其质量完成的实际情况。Profibus PA设备使用过程中,根据维修经验发现Profibus PA设备的故障具有隐蔽性,同时对所处Profibus PA网段产生干扰,导致同一Profibus PA网段内的其他Profibus PA设备与DP主站不能正常通信,影响了在线实时数据的传输以及自动化过程控制的进程,产品质量失去保障。近年来,虽然电气维修技术人员对此进行了不断的学习和研

究,但仍未找到一种切实可行的具体方法,也未从根本上解决该问题。针对此问题,新郑烟厂制丝车间采用COMbricks远程诊断模块和PA耦合器模块,对Profibus PA网络进行了改进,以方便网络维护,缩短Profibus PA故障的排除时间,提高设备维修效率。

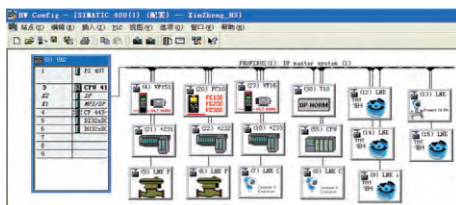
## 存在问题

制丝线电气控制系统普遍采用了西门子Profibus现场总线技术,单主站控制系统典型应用如图1所示<sup>[1]</sup>。主站硬件配置包括西门子Standard PS-400电源、S7-400CPU(具有DP接口)、CP-400通信处理器及SM-400输入输出模块等;从站设备包括智能从站、变频器、模块化分布式I/O及DP/PA Link等,其中DP/PA Link用于Profibus PA和Profibus DP之间的网络连接,PA网线接有Profibus PA设备,如温度变送器、压力变送器、流量计和气动薄膜阀等。

Profibus现场总线<sup>[2]</sup>包括Profibus FMS、Profibus DP、Profibus PA和Profinet。FMS是最初的Profibus版本,用于车间级智能主站通用、对等及面向对象的通信;Profibus DP应用于制造业自动化中的快速数据交换,是DP的基本版本,即DP-V0;Profibus PA是DP的扩展版本DP-V1,专为过程控制而设计,其特点为数据传输和电源共用同一根电缆,具体是在DP-V0的基础上增加了非循环数据交换功能;Profinet是一种基于Profibus、Ethernet和开放式IT标准技术的工业以太网。研究表明,Profibus



(a) PA网络改造前的设备硬件组态



(b) PA网络改造后的设备硬件组态

图1 制丝线单站控制系统硬件配置示意图

的通信协议是以ISO/OSI为参考模型，使用其第1层、第2层和第7层，即物理层、数据链路层和应用层，并新增一个用户层。首先，基于具备相同的数据链路层、数据通信基本协议，Profibus DP和Profibus PA存在于同一网络中；其次，虽然Profibus PA的物理层使用MBP技术，但因二者数据链路层的MAC均使用Token-passing及DP的基本报文协议，因此，Profibus DP和Profibus PA可以相互通信。MBP技术是指使用固定传输速率31.25 Kbit/s和Manchester编码的同步传输技术。

在实际应用过程中，受电磁波、噪声、元器件老化、安装不规范及环境温度等多方面因素的干扰，Profibus DP和Profibus PA设备的工作状态不稳定，直接影响生产顺利进行，同时造成烟丝在线质量失控。相比较而言，Profibus DP网络的从站故障可以通过多种方式进行分析判断，并对DP从站的工作状态通过HMI进行实时监控，如图2所示。Profibus PA网络的设备故障具有一定的隐蔽性，Profibus PA网络的设备故障后，虽然与Profibus DP网络的从站存在于同一网络，可以相互通信，但由于Profibus PA的物理层使用了固定传输速率31.25 Kbit/s和Manchester编码的同步传输技术，PA从站的工作状态无法在HMI中与DP从站同时被显示出来，只能通过STEP7软件将HW Config置于“On Line”模式下，才能进一步地对其进行

观察和处理，上述操作必须由专业技术人员完成（见图1a）；再者，维修过程中发现Profibus PA设备故障时，会对所处PA网络的正常数据交换产生干扰，容易造成PA网络故障的假象，增加了对故障分析判断的难度。



(a) PA网络改造前HMI中DP总线诊断画面



(b) PA网络改造后HMI中DP总线诊断画面

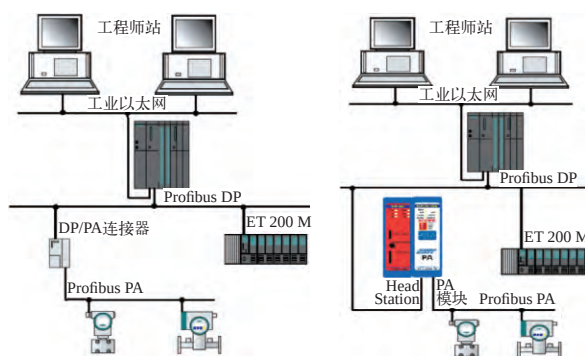
图2 制丝线烘丝段HMI中DP总线诊断画面

## 改进方法

针对上述问题，为使Profibus PA网络的设备故障明朗，降低维修难度，帮助维修人员快速查找故障，提高维修效率，对制丝线的Profibus PA网络进行改造，具体方法如下。

### (1) 硬件方面

选用COMbricks-1C型头站、COMbricks-PA模块替代西门子IM157 PA-Master，将COMbricks-PA模块的工作模式设置为耦合器。其中COMbricks-1C型头站具有以太网接口和Profitrace OE功能，通过连接计算机，利用网页浏览器可实现对Profibus网络的监听；COMbricks-PA模块内嵌Profitrace软件和示波器，可用来显示DP从站的工作电压波形图，更可通过网络诊断报文排除Profibus总线故障。COMbricks-1C型头站和COMbricks-PA模块之间通过背板连接，具有透明性，不占用Profibus DP网络中从站站址，不需要硬件组态，其网线连接如图3所示。



(a) 改进前网络连接示意图 (b) 改进后网络连接示意图

图3 制丝线烘丝段网络连接示意图

## (2) 软件方面

通过STEP7软件，在HW-Config中对Profibus PA设备重新进行硬件组态，修改制丝线烘丝段总线诊断程序。具体方法步骤：①如PA设备的GSD文件名为EH3X151C.GSD，可将此GSD文件通过COMbricks-GSD-Convertor软件转换成文件名为LNK\_151C.GSD的文件，将LNK\_151C.GSD的文件安装到STEP 7软件中。②HW-Config窗口中，单击工具栏中“目录”按钮，在右侧的Profibus DP选项内，将相应硬件的图标拖拽到DP总线上，如图1b所示。

图4为编制烘丝段总线诊断程序<sup>[3]</sup>，其关键在于解析出反映PA设备工作状态的位，将信号赋值给系统为其重新分配DP站址所对应的位，并通过以太网传送到数据采集服务器。

完善HMI中DP总线诊断画面，修改画面属性，使画面元素与相应的PA设备关联，以正确显示设备的工作状态（见图2b）。

鉴于Mbricks-1C型头站具有以太网接口和Profitrace OE的功能，加装无线路由装置，在硬件允许的距离范围内，通过计算机实现对Profibus PA网络的实时监控。如图5所示，在Network 1的Live list（即网段1的设备列表）中，每个方格对应网络中的一种设备，5号方格对应网络中DP站址为5的PA设备，071D是对DP站址为5的PA设备的描述；红色的数字2代表此方格为主站CPU的站址；图中方格显示绿色，代表此方格所对应的从站处于正常的工作状态，红色显示所对应的从站发生故障，灰色显示代表设备不存在。

|      |           |           |     |                               |
|------|-----------|-----------|-----|-------------------------------|
| 程序段: | A         | DB301.DBX | 0.3 |                               |
| =    | DB204.DBX | 3.1       |     | // 变频器 VF151_4 高线 (DP 地址: 4)  |
| A    | DB301.DBX | 0.4       |     |                               |
| =    | DB204.DBX | 3.2       |     | // 变频器 VF160_1 高线 (DP 地址: 5)  |
| A    | DB301.DBX | 0.5       |     |                               |
| =    | DB204.DBX | 3.3       |     | // 变频器 VF160_2 高线 (DP 地址: 6)  |
| A    | DB301.DBX | 0.6       |     |                               |
| =    | DB204.DBX | 3.4       |     | // S231 高线 (DP 地址: 7)         |
| A    | DB301.DBX | 0.7       |     |                               |
| =    | DB204.DBX | 3.5       |     | // S232 高线 (DP 地址: 8)         |
| A    | DB301.DBX | 1.0       |     |                               |
| =    | DB204.DBX | 3.6       |     | // DP/PA IM157 高线 (DP 地址: 9)  |
| A    | DB301.DBX | 1.1       |     |                               |
| =    | DB204.DBX | 3.7       |     | // S233 高线 (DP 地址: 10)        |
| A    | DB301.DBX | 1.2       |     |                               |
| =    | DB204.DBX | 4.0       |     | // DP/PA IM157 高线 (DP 地址: 11) |
| A    | DB301.DBX | 3.5       |     |                               |
| =    | DB204.DBX | 4.2       |     | // 水份仪 154 高线 (DP 地址: 30)     |
| A    | DB301.DBX | 6.6       |     |                               |
| =    | DB204.DBX | 4.1       |     | // 电子秤 153 高线 (DP 地址: 55)     |

(a) 改进前制丝线烘丝段总线诊断编程

|      |           |           |     |                       |                            |
|------|-----------|-----------|-----|-----------------------|----------------------------|
| 程序段: | A         | DB301.DBX | 0.3 |                       |                            |
| =    | DB204.DBX | 3.1       |     | // 变频器 VF151_4 高线     | (原 DP 地址: 4; 现 DP 地址: 4)   |
| A    | DB301.DBX | 2.6       |     |                       |                            |
| =    | DB204.DBX | 3.2       |     | // 变频器 VF160_1 高线     | (原 DP 地址: 5; 现 DP 地址: 23)  |
| A    | DB301.DBX | 2.3       |     |                       |                            |
| =    | DB204.DBX | 3.3       |     | // 变频器 VF160_2 高线     | (原 DP 地址: 6; 现 DP 地址: 20)  |
| A    | DB301.DBX | 2.4       |     |                       |                            |
| =    | DB204.DBX | 3.4       |     | // S231 高线            | (原 DP 地址: 7; 现 DP 地址: 21)  |
| A    | DB301.DBX | 2.5       |     |                       |                            |
| =    | DB204.DBX | 3.5       |     | // S232 高线            | (原 DP 地址: 8; 现 DP 地址: 22)  |
| A    | DB301.DBX | 1.1       |     |                       |                            |
| =    | DB204.DBX | 3.6       |     | // S233 高线            | (原 DP 地址: 10; 现 DP 地址: 10) |
| A    | DB301.DBX | 3.5       |     |                       |                            |
| =    | DB204.DBX | 4.2       |     | // 水份仪 154 高线         | (原 DP 地址: 30; 现 DP 地址: 30) |
| A    | DB301.DBX | 6.6       |     |                       |                            |
| =    | DB204.DBX | 4.1       |     | // 电子秤 153 高线         | (原 DP 地址: 55; 现 DP 地址: 55) |
| A    | DB301.DBX | 0.4       |     |                       |                            |
| =    | DB204.DBX | 3.0       |     | // 气动潜孔钻开度            | (原 PA 地址: 5; 现 DP 地址: 5)   |
| A    | DB301.DBX | 0.5       |     |                       |                            |
| =    | DB204.DBX | 3.7       |     | // 烘丝机 160 蒸汽阀门开度     | (原 PA 地址: 6; 现 DP 地址: 6)   |
| A    | DB301.DBX | 0.6       |     |                       |                            |
| =    | DB204.DBX | 4.0       |     | // 烘丝机 160 热交换器蒸汽压力检测 | (原 PA 地址: 7; 现 DP 地址: 7)   |
| A    | DB301.DBX | 0.7       |     |                       |                            |
| =    | DB204.DBX | 4.3       |     | // 烘丝机 160 薄板蒸汽压力检测   | (原 PA 地址: 8; 现 DP 地址: 8)   |
| A    | DB301.DBX | 1.0       |     |                       |                            |
| =    | DB204.DBX | 4.4       |     | // 烘丝机 160 进汽温度       | (原 PA 地址: 9; 现 DP 地址: 9)   |
| A    | DB301.DBX | 1.3       |     |                       |                            |
| =    | DB204.DBX | 4.5       |     | // 烘丝机 160 出汽温度       | (原 PA 地址: 12; 现 DP 地址: 12) |
| A    | DB301.DBX | 1.4       |     |                       |                            |
| =    | DB204.DBX | 4.6       |     | // 烘丝机 160 蒸汽流量       | (原 PA 地址: 13; 现 DP 地址: 13) |
| A    | DB301.DBX | 1.5       |     |                       |                            |
| =    | DB204.DBX | 4.7       |     | // 烘丝机 160 后室热风温度     | (原 PA 地址: 14; 现 DP 地址: 14) |
| A    | DB301.DBX | 1.6       |     |                       |                            |
| =    | DB204.DBX | 2.2       |     | // 烘丝机 160 前室热风温度     | (原 PA 地址: 15; 现 DP 地址: 15) |

(b) 改进后制丝线烘丝段总线诊断程序

图4 制丝线烘丝段总线诊断编程

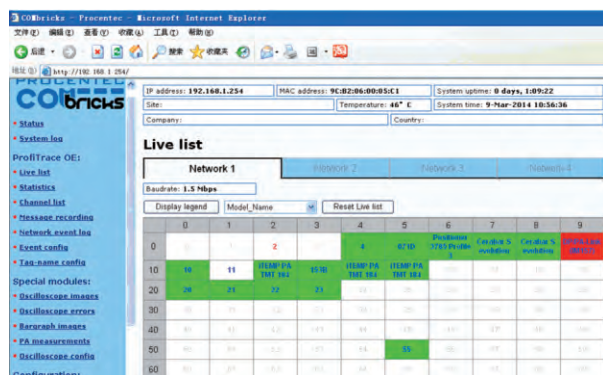


图5 改造后利用Profitrace OE功能的总线诊断画面

(下转第96页)

2) 将变压器A相通过高压电缆接到高压接触器 ( $S_1$ ) 的一端, 将高压接触器的另一端接地。

3) 合上令克。

4) 接通接触器电源25 s, 断开接触器开关, 然后观察相应的故障指示器动作情况及信息上报情况。

5) 断开令克。

6) 断开高压接触器 ( $S_1$ ) 及接地装置的接线, 137开梨线的灌溉变压器恢复正常运行。

经过三次实验, 信号源按照设定逻辑可靠动作, 指示器动作无误。中电阻可变负荷法接地实验录波如图3所示。

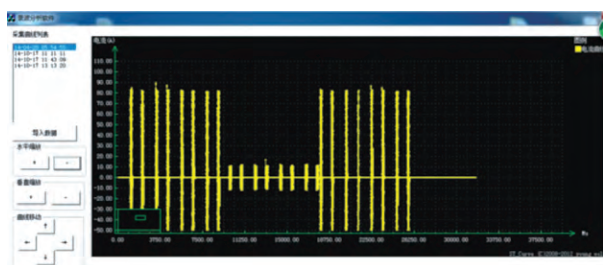


图3 中电阻可变负荷法接地实验录波

## 结束语

小电流接地系统单相接地故障的检测属于世界难题, 10 kV配电网线路由于运行方式、环境和接地类型的不同造成准确查找和定位故障点更加困难。因此线路故障指示器单相接地故障的判断并不是将变电站内接地选线原理进行简单的判据移植, 而是需要根据配电网运行特点选择合理检测方式, 从而为配电网运维提供有效的检测手

段。从现有技术分析, 故障指示器结合中电阻可变负荷柜进行接地故障检测可靠性相对更高。

因此在配电网自动化改造过程中, 对于配电网线路供电等级为B、C和D类的供电区域采用带通信的故障指示器来实现二遥监测功能, 为避免故障指示器出现误动作而影响使用效果, 建议选择“有源”方式的故障指示器, 即接地故障判断采用中电阻可变负荷法原理的指示器。

## 参考文献

- [1] 谢开, 刘永奇, 朱洽中, 等. 面向未来的智能电网[J]. 中国电力, 2008, 41 (6): 19-22.
- [2] 姚建国, 严胜, 杨胜春, 等. 中国特色智能调度的实践与展望[J]. 电力系统自动化, 2009, 33 (17): 16-22.
- [3] 国家电网公司. 配电自动化试点建设与改造技术原则[S]. 2010.
- [4] 李润先. 中压电网系统接地实用技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [5] 马士聪, 高厚磊, 徐丙垠, 等. 配电网故障定位技术综述[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37 (11): 119-124.
- [6] 袁钦成, 王天华, 贺春霞. 配电线路故障自动定位系统的研究与实施[C]. 中国供电国际会议论文集, 2000.
- [7] 袁钦成. 配电系统故障处理自动化技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.

(收稿日期: 2014-11-24) EA

(上接第92页)

## 结束语

Profibus PA网络经过改进后效果显著, 降低了Profibus PA设备的故障维修难度, 缩短了设备的维修时间, Profibus PA设备故障的排除时间由2 h/次左右缩短到约30 min/次, 劳动量降为原来的1/6, Profibus PA网络系统更加便于维护, 生产进度和产品质量进一步得到保障。

## 参考文献

- [1] 廖常初. 西门子工业通信网络组态编程与故障诊断[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.
- [2] 王永华. 现场总线技术及应用教程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [3] 廖常初. S7-300/400应用教程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.

(收稿日期: 2014-06-13) EA