

现场总线 在电力行业中的应用

XIANCHANG ZONGXIAN
ZAI DIANLI HANGYE ZHONG DE YINGYONG

吉秀卿 魏 来 编者



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

要 點 容 內

现场总线 在电力行业中的应用

吉秀卿 魏 来 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书是基于现场总线的发展进程,对现场总线技术在电力行业中的应用给予了充分的诠释。全书共九章,主要内容包括概述,常用的现场总线技术,现场总线通信系统,现场总线设备,现场总线控制系统功能块,现场总线技术的应用,现场总线与 PLC、DCS 控制系统相互融合,现场总线与 PLC、DCS 控制系统综合实例,现场总线技术在电力行业中的发展方向等。

本书适合于从事电力自动化专业的现场人员、设计人员以及科研院所的研究人员阅读和参考,也可供高等院校相关专业的师生学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

现场总线在电力行业中的应用/吉秀卿,魏来编著. —北京:
中国电力出版社, 2010. 12

ISBN 978 - 7 - 5123 - 1098 - 8

I. ①现… II. ①吉…②魏… III. ①总线-技术-应用-电力
工业 IV. ①TP336②TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 222411 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 http: //www. cepp. sgcc. com. cn)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2011 年 4 月第一版 2011 年 4 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17 印张 412 千字

印数 0001—3000 册 定价 39.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

现场总线（Fieldbus）是近年来迅速发展起来的一种工业数据总线，它主要解决工业现场的智能化仪器仪表、控制器、执行机构等现场设备间的数字通信，以及这些现场控制设备和高级控制系统之间的信息传递问题。由于现场总线简单、可靠、经济、实用等一系列突出的优点，因而受到了许多标准团体和计算机厂商的高度重视。

本书的目的是全面讲解现场总线技术，对其在电力行业中的应用做一个详细的阐述，书中列举了许多应用案例。当然，本书所举的应用案例只是起到一个抛砖引玉的作用。现今社会，现场总线技术的应用越来越广泛，已经在电力、农业、工业等领域有更多、更实际、更综合的应用。在现代社会中，现场总线控制系统不再是一个孤立的系统，而是与企业信息管理系统（MIS）、地理信息系统（GIS）、闭路监视系统（CCTV）等有机地结合，形成了一个综合的企业自动化系统。现场总线适应了工业控制系统向分散化、网络化、智能化方向发展，因此使用现场总线技术将带来良好的经济效益和社会效益。

本书共九章。

第一章为概述部分，对现场总线的基本概念、特点、现状等内容做了一个概括性介绍，可使读者初步了解现场总线技术。

第二章介绍了常用的现场总线技术，包括其通信协议、存取协议以及相关的控制系统的形式。

第三章详细论述了现场总线通信系统。分别对物理层、数据链路层、现场总线访问子层（FAS）、现场总线报文规范子层（FMS）、通信栈、网络管理、系统管理、用户层等内容做了详细阐述。

第四章介绍了现场总线设备，对压力/差压变送器、温度变送器、电流—现场总线转换器、现场总线—电流转换器、现场总线—气压转换器、阀门定位器、电动执行器、网关、接口、变频驱动装置等现场总线设备进行了介绍。

第五章讲解了现场总线控制系统功能块，对资源块和转换块、基本功能块、高级功能块、扩展功能块、功能块参数描述等内容进行了详细阐述。

第六章介绍了现场总线技术的应用，分别对常用的现场总线技术进行了应用案例分析。

第七章讲解了现场总线与 PLC、DCS 控制系统相互融合，突出了三者之间的联系与区别。

第八章论述了现场总线与 PLC、DCS 控制系统综合实例，分析了三者在应用中的组合功能，进而达到综合应用的要求。

第九章讲述了现场总线技术在电力行业中的发展方向，对现场总线的现状和未来做了讲解，指出了现场总线的发展优势与特点。

本书的出版，得到了行业内广大朋友的帮助与支持！在此，表示衷心地感谢！

限于作者水平，书中难免有疏漏之处，敬请广大读者批评指正。

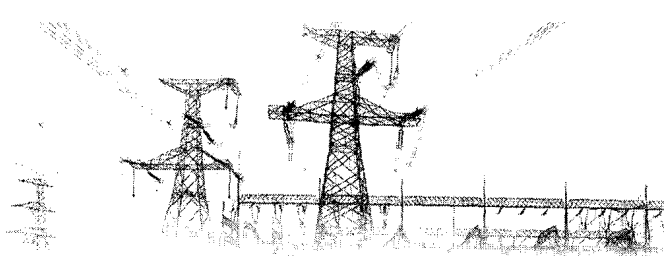
编 者

2011 年 4 月

前言

第一章 概述	1
1.1 现场总线的基本概念	1
1.2 现场总线的特点	1
1.3 现场总线的现状	2
1.4 现场总线与以太网	3
第二章 常用的现场总线技术	5
2.1 PROFIBUS	5
2.2 Foundation Fieldbus	15
2.3 Modbus	18
2.4 HART	21
2.5 RS-232 和 RS-485	24
第三章 现场总线通信系统	27
3.1 概述	27
3.2 物理层	31
3.3 数据链路层	34
3.4 现场总线访问子层	37
3.5 现场总线报文规范子层	40
3.6 通信栈	42
3.7 网络管理	44
3.8 系统管理	46
3.9 用户层	49
3.10 FF HSE 通信系统	52
第四章 现场总线设备	54
4.1 现场总线压力/差压变送器	54
4.2 现场总线温度变送器	60
4.3 电流—现场总线转换器	67
4.4 现场总线—电流转换器	68
4.5 现场总线—气压转换器	69
4.6 现场总线阀门定位器	71
4.7 现场总线电动执行器	73
4.8 现场总线网关	75
4.9 现场总线接口	76
4.10 现场总线变频/变速驱动装置	77

第五章	现场总线控制系统功能块	79
5.1	概述	79
5.2	资源块和转换块	99
5.3	基本功能块	103
5.4	高级功能块	116
5.5	扩展功能块	166
5.6	功能块参数描述	174
第六章	现场总线技术的应用	184
6.1	PROFIBUS 现场总线技术实例	184
6.2	Fieldbus Foundation 技术实例	213
6.3	Modbus 技术实例	214
6.4	CAN 技术实例	219
第七章	现场总线与 PLC、DCS 控制系统相互融合	223
7.1	基于现场总线的 PLC 实验系统	223
7.2	基于 PLC 和现场总线方式的锅炉等离子点火控制系统	226
7.3	等离子点火技术在蓬莱电厂的应用	231
第八章	现场总线与 PLC、DCS 控制系统综合实例	235
8.1	西门子 S7-200 PROFIBUS-DP 从站模块 EM277 应用示例	235
8.2	和利时 LEC-G3 系列 PLC 在 PROFIBUS-DP 网络中的应用	242
8.3	带 DP 接口的 PLC 直接作为 DP 从站应用	251
第九章	现场总线技术在电力行业中的发展方向	260
9.1	现场总线的现状及发展	260
9.2	现场总线技术在电力行业中的发展状况	261
参考文献		263



第一章 概述

1.1 现场总线的基本概念

现场总线是连接智能现场设备和自动化系统的全数字、双向、多站的通信系统，主要解决工业现场的智能化仪器仪表、控制器、执行机构等现场设备间的数字通信以及这些现场控制设备和高级控制系统之间信息传递的问题。现场总线主要用于制造业、流程工业、交通、楼宇、电力等方面的自动化系统中。

2003 年 4 月，IEC 61158 Ed. 3 现场总线标准第 3 版正式成为国际标准，规定 10 种类型的现场总线，包括内容如下：

- (1) Type 1 TS61158 现场总线。
- (2) Type 2 Controlnet 和 Ethernet/IP 现场总线。
- (3) Type 3 PROFIBUS 现场总线。
- (4) Type 4 P-net 现场总线。
- (5) Type 5 FF HSE 现场总线。
- (6) Type 6 Swiftnet 现场总线。
- (7) Type 7 WorldFIP 现场总线。
- (8) Type 8 Interbus 现场总线。
- (9) Type 9 FF H1 现场总线。
- (10) Type 10 PROFINet 现场总线。

1.2 现场总线的特点

1.2.1 现场总线的性质

现场总线具有以下性质：

- (1) 全数字化通信。
- (2) 开放型互联网络。
- (3) 互操作性与互用性。
- (4) 现场设备的智能化。
- (5) 系统结构的高度分散性。
- (6) 对现场环境的适应性。

1.2.2 现场总线的特点

现场总线的特点如下：

- (1) 现场控制设备具有通信功能, 便于构成工厂底层控制网络。
- (2) 通信标准的公开、一致, 使系统具备开放性, 设备间具有互操作性。
- (3) 功能块与结构的规范化使相同功能的设备间具有互换性。
- (4) 控制功能下放到现场, 使控制系统结构具备高度的分散性。

1.2.3 现场总线的优点

现场总线使自控设备与系统步入了信息网络的行列, 为其应用开拓了更为广阔的领域。

现场总线具有以下优点:

- (1) 一对双绞线上可挂接多个控制设备, 节省了安装费用。
- (2) 节省了维护费用。
- (3) 提高了系统的可靠性。
- (4) 为用户提供了更为灵活的系统集成主动权。

从现场总线技术本身来分析, 现场总线技术有两个明显的发展趋势:

- (1) 寻求统一的现场总线国际标准。
- (2) Industrial Ethernet 走向工业控制网络。

统一、开放的 TCP/IP Ethernet 是 20 多年来发展最成功的网络技术, 过去一直认为, Ethernet 是为 IT 领域应用而开发的, 它与工业网络在实时性、环境适应性、总线馈电等许多方面的要求存在差距, 在工业自动化领域只能得到有限地应用。事实上, 这些问题正在得到迅速解决, 国内对 EPA (Ethernet for Process Automation, EPA) 技术也取得了很大的进展。

随着 FF HSE 的成功开发以及 PROFInet 的推广应用, 可以预见, Ethernet 技术将会迅速进入工业控制系统的各级网络。

1.3 现场总线的现状

虽然早在 1984 年国际电工委员会/国际标准化协会国际联合会 (IEC/ISA) 就着手开始制定现场总线的标准, 但是由于各个国家、各个公司存在利益之争, 所以至今没有统一的标准。很多公司也推出其各自的现场总线技术, 但彼此的开放性和互操作性还难以统一。现场总线市场的现状如下:

1. 多种现场总线并存

目前, 世界上存在着 40 余种现场总线。例如, 法国的 FIP, 英国的 ERA, 德国西门子公司 Siemens 的 PROFIBUS, 挪威的 FINT, Echelon 公司的 LonWorks, PhenixContact 公司的 Interbus, RoberBosch 公司的 CAN, Rosemounr 公司的 HART, CarloGarazzi 公司的 Dupline, 丹麦 ProcessData 公司的 P-net, PeterHans 公司的 F-Mux, 以及 ASI (Actuator Sensor Interface, ASI), Modbus, SDS, Arcnet, 国际标准化组织—现场总线基金会 FF (Fieldbus Foundation, FF), WorldFIP (Factory Instrumentation Protocol, FIP), Bitbus, 美国的 Devicenet 与 Controlnet 等。这些现场总线大都用于过程自动化、医药领域、加工制造、交通运输、国防、航天、农业和楼宇等领域, 大概不到 10 种的总线占有 80% 左右的市场份额。

2. 各种总线都有其应用的领域

每种总线都有其应用的领域, 例如, FF, PROFIBUS-PA 适用于石油、化工、医药、冶金等行业的过程控制领域; LonWorks、PROFIBUS-FMS、Devicenet 适用于楼宇、交通

运输、农业等领域；Devicenet、PROFIBUS-DP 适用于加工制造业。但这些划分不是绝对的，而是每种现场总线都力图将其应用领域扩大，并且彼此渗透。

3. 每种现场总线都有其国际组织和支持背景

大多数的现场总线都有一个或几个大型跨国公司为背景并成立相应的国际组织，力图扩大自己的影响、得到更多的市场份额。比如，PROFIBUS 以 Siemens 公司为主要支撑，并成立了 PROFIBUS 国际用户组织；WorldFIP 以 Alstom 公司为主要后台，成立了 WorldFIP 国际用户组织。

4. 多种总线成为国家和地区标准

为了提高自己的竞争力，很多总线都力争成为国家或者地区的标准，比如，profiBus 已成为德国标准，WorldFIP 已成为法国标准等。

5. 设备制造商参与多个总线组织

为了扩大自己产品的使用范围，很多设备制造商往往参与不止一个甚至多个总线组织。

6. 各个总线彼此协调共存

由于竞争激烈，而且还没有哪一种或几种总线能一统市场，很多重要企业都力图开发接口技术，使自己的总线能和其他总线相连，因此在国际标准中也出现了协调共存的局面。

现场总线不同于计算机网络，工业自动化技术应用于各行各业，要求不尽相同，往往使用一种现场总线技术很难满足所有行业的技术要求，因此人们将面对一个多种总线技术标准共存的现状。技术的发展在很大程度上受到市场规律、商业利益的制约；技术标准不只是一个技术规范，还是一个商业利益的妥协产物，而现场总线的关键技术之一是彼此的互操作性，实现现场总线技术的统一是所有用户的愿望。

1.4 现场总线与以太网

1.4.1 工业以太网的发展

国际上形成的工业以太网技术的四大阵营，即 Modbus-IDA 工业以太网、Ethernet/IP 工业以太网、PROFINet 工业以太网、Foundation FieldBus HSE 工业以太网。

主要用于离散制造控制系统的是 ModBus-IDA 工业以太网、Ethernet/IP 工业以太网、PROFINet 工业以太网。

主要用于过程控制系统的是 Foundation FieldBus HSE 工业以太网。

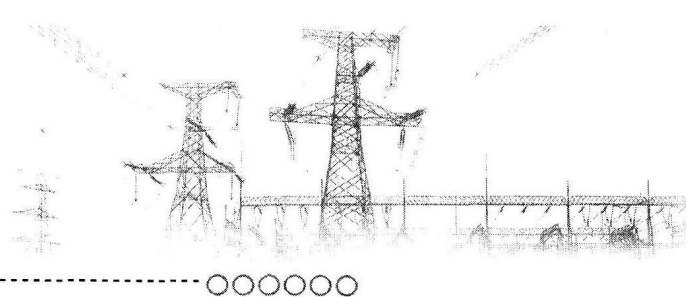
随着科学技术的快速发展，过程控制领域在过去的两个世纪里发生了巨大的变化。150 多年前出现的基于 5~13psi 的气动信号标准——气动控制系统 PCS (Pneumatic Control System, PCS)，标志着控制理论初步形成，但此时尚未有控制室的概念；20 世纪 50 年代，随着基于 0~10mA 或 4~20mA 电流模拟信号的模拟过程控制体系被提出并得到广泛应用，标志了电气自动控制时代的到来，三大控制论的确立奠定了现代控制的基础，设立控制室、控制功能分离的模式也一直沿用至今；20 世纪 70 年代，随着数字计算机的介入，产生了集中控制的中央控制计算机系统，而信号传输系统大部分依然沿用 4~20mA 的模拟信号，其后不久，人们也发现了其伴随着集中控制的发展，该系统存在着易失控、可靠性低的缺点，并很快将其发展为分布式控制系统 DCS (Distributed Control System, DCS)；微处理器的普遍应用和计算机可靠性的提高，使分布式控制系统得到了广泛应用，由多台计算机和一些

智能仪表以及智能部件实现的分布式控制是其最主要的特征，而数字传输信号也在逐步取代模拟传输信号。随着微处理器的快速发展和广泛应用，数字通信网络延伸到工业过程现场成为可能，产生了以微处理器为核心，使用集成电路代替常规电子线路，实施信息采集、显示、处理、传输以及优化控制等功能的智能设备。设备之间彼此通信、控制，在精度、可操作性以及可靠性、可维护性等都有更高的要求，由此导致了现场总线的产生。

1.4.2 现场总线的发展和以太网

现场总线技术是控制、计算机、通信技术的交叉与集成，几乎涵盖了所有连续、离散工业领域，如过程自动化、制造加工自动化、楼宇自动化、家庭自动化等。它的出现和快速发展体现了控制领域对降低成本、提高可靠性、增强可维护性和提高数据采集智能化的要求。现场总线技术的发展体现为两个方面：一是低速现场总线领域的不断发展和完善；二是高速现场总线技术的发展。而目前现场总线产品主要是低速总线产品，应用于运行速率较低的领域，对网络的性能要求不是很高。从实际应用状况看，大多数现场总线都能较好地实现速率要求较低的过程控制。因此，在速率要求较低的控制领域，谁都很困难统一整个市场。就目前而言，由于 FF 基金会几乎集中了世界上主要自动化仪表制造商，其全球影响力日益增加，但其在市场营销力度似乎不足，市场份额不是很高；LonWorks 形成了全面的分工合作体系，在国内有一些实质性的进展，在楼宇自动化、家庭自动化、智能通信产品等方面，LonWorks 则具有独特的优势。在离散制造加工领域，由于行业应用的特点和历史原因，PROFIBUS 和 CAN 已经在这一领域形成了自己的优势，具有较强的竞争力。国内厂商的规模相对较小，研发能力较低，更多的是依赖技术供应商的支持，比较容易受现场总线技术供应商（芯片制造商等）对国内的支持和市场推广力度的影响。而且，还有一个不可忽视的一点就是在构建自动化管理系统时，选择的上位机，比如组态软件对总线设备的支持程度，有些监控组态软件，比如紫金桥监控组态软件或者 InTouch 等对一些主流的总线设备，比如 LonWorks、PROFIBUS、CAN 等有着良好的支持，通过 DDE、OPC 或者直接连接等方式进行通信、采集数据。这样可以方便用户的选择，而一些组态软件则支持的种类较少，使用用户选择的范围也随之减少。

由于目前自动化技术从单机控制发展到工厂自动化 FA，发展到系统自动化。工厂自动化信息网络可分为以下三层结构：工厂管理级、车间监控级、现场设备级，而现场总线是工厂底层设备之间的通信网络。这里先介绍以太网，本文特指工业以太网，工业以太网是作为办公室自动化领域衍生的工业网络协议，按习惯主要是指 IEEE 802.3 协议，如果进一步采用 TCP/IP 协议族，则采用“以太网+TCP/IP”来表示，其技术特点主要适合信息管理、信息处理系统，并在 IT 业得到了巨大的成功。在工厂管理级、车间监控级信息集成领域中，工业以太网已有不少成功的案例，在设备层对实时性没有严格要求的场合也有许多应用。由于现场总线目前种类繁多，标准不一，很多人都希望以太网技术能介入设备底层，广泛取代现有现场总线技术，施耐德公司就是该想法的积极倡导者和实践者，目前已有一批工业级产品问世和实际应用。可是就目前而言，以太网还不能够真正解决实时性和确定性问题，大部分现场层仍然会首选现场总线技术。由于技术的局限和各个厂家的利益之争，这样一个多种工业总线技术并存、以太网技术不断渗透的现状还会维持一段时间。用户可以根据技术要求和实际情况来选择所需的解决方案。



第二章 常用的现场总线技术

2.1 PROFIBUS

2.1.1 国际标准以及 PROFIBUS 简介

现场总线系统的国际化工作,对于现场总线系统的接受、确立以及它的好处是非常有必要的。PROFIBUS 于 1991/1993 年成为德国国家标准 DIN 19245、Part I-Ⅲ于 1996 年成为欧洲标准 EN 50170。

从 1999 年起,PROFIBUS 与其他现场总线系统一道已经成为国际标准 IEC 61158 的组成部分。2002 年又完成了对 IEC 61158 的补充和更新工作。在这些工作的过程中,最新的 PROFIBUS 和新开发的 PROFInet 都被纳入在此标准中。

IEC 61158 的标题是“用于测量和控制的数字数据通信。用于工业控制系统的现场总线。”它分为 6 个部分:61158:1、61158:2 等。61158:1 的内容详细介绍了此标准的主题,而其他后续部分面向 OSI 参考模型(第 1、2 和 7 层),见表 2-1。

表 2-1 国际标准 IEC 61158 的细分

IEC 61158 文本	内 容	OSI 层
IEC 61158:1	总论	
IEC 61158:2	物理层规范和服务定义	1
IEC 61158:3	数据链路层服务定义	2
IEC 61158:4	数据链路层协议规范	2
IEC 61158:5	应用层服务定义	7
IEC 61158:6	应用层协议规范	7

IEC 61158 的各个部分定义了众多的用于站之间通信的“服务和协议”,它们被看作整个有效的集合。从此集合中做一个特殊的选择(子集)形成特定的现场总线系统。在市场上有许多不同的现场总线系统可供使用,这一事实在 IEC 61158 中得到承认,并规定了 10 个“现场总线协议类型”,分别为 Type 1~Type 10。PROFIBUS 是 Type 3,PROFINet 是 Type 10。

IEC 61158 的解释是仅属于相同协议类型的设备之间才可能进行总线通信(按定义)。IEC 61784 的标题是“连续和断续制造的工业控制系统中使用的现场总线行规集”。通过以下介绍性的注释建立此标准与 IEC 61158 之间的关系,即“此国际标准(即 IEC 61784)规定了基于 IEC 61158 特定通信行规的一组协议,设计在工厂制造和过程控制中具有通信功能的设备时使用这些通信行规”。

IEC 61784 叙述一个特定现场总线系统的通信所使用的某个子集，此子集是 IEC 61158（和其他标准）中规定的全部有效的“服务”和“协议”集中的一个。依据各个现场总线系统的实现，在“通信行规族（CPF3）”中对用此方式确定的特定现场总线“通信行规”做了概述，见表 2-2。

表 2-2 通信行规族 CPF 3 的特点（PROFIBUS）

行规集	数据链路层	物理层	实 现
行规 3/1	IEC 61158 子集 异步传输	RS-485，塑料光纤，玻璃光纤，PCF 光纤	PROFIBUS
行规 3/2	IEC 61158 子集 同步传输	MBP	PROFIBUS
行规 3/3	ISO/IEC 8802: 3 TCP/UDP/ IP/Ethernet	ISO/IEC 8802: 3	PROFINet

PROFIBUS 现场总线于 1996 年 3 月 15 日批准为欧洲标准，即 DIN 50170 V. 2。PROFIBUS 产品在国际市场上已被普遍接受，市场份额占欧洲首位，年增长率为 25%。目前，支持 PROFIBUS 标准的产品超过 1500 种，分别来自国际上 250 多个生产厂家。在世界范围内已安装运行的 PROFIBUS 设备超过 200 万台，到 1998 年 5 月，适用于过程自动化的 PROFIBUS-PA 仪表设备在 19 个国家的 40 个用户厂家投入现场运行。

1985 年组建了 PROFIBUS 国际支持中心；1989 年 12 月建立了 PROFIBUS 用户组织（PNO）。目前，在世界各地相继组建了 20 个地区性的用户组织，企业会员近 650 家。1997 年 7 月组建了中国现场总线（PROFIBUS）专业委员会，并筹建现场总线 PROFIBUS 产品演示及认证的实验室。PROFIBUS 主要应用领域如下：

- （1）制造业自动化，包括汽车制造（机器人、装配线、冲压线等）、造纸、纺织。
- （2）过程控制自动化，包括石化、制药、水泥、食品、啤酒。
- （3）电力，包括发电、输配电。
- （4）楼宇，包括空调、风机、照明。
- （5）铁路交通，包括信号系统。

PROFIBUS 的最大优点在于具有稳定的国际标准 EN 50170 作保证，并经实际应用验证具有普遍性。目前已广泛应用于制造业自动化、流程工业自动化和楼宇、交通、电力等领域。

PROFIBUS 由 3 个兼容部分组成，即 PROFIBUS-DP（Decentralized Periphery，分布 I/O 系统）、PROFIBUS-PA（Process Automation，现场总线信息规范）和 PROFIBUS-FMS（Fieldbus Message Specification，过程自动化）。

PROFIBUS-DP 是一种高速、低成本通信，专门用于设备级控制系统与分散式 I/O 的通信。使用 PROFIBUS-DP 可取代 24V DC 或 4~20mA 信号传输。PROFIBUS-PA 专为过程自动化设计，可使传感器和执行机构连在一根总线上，并有本质安全规范。PROFIBUS-FMS 用于车间级监控网络，是一个令牌结构的实时多主网络。

2.1.2 PROFIBUS 的通信协议

PROFIBUS 提供了三种数据传输类型，即 RS-485 传输、IEC 1157: 2 传输和光纤

传输。

1. RS-485 传输技术

因为 RS-485 的远距离、多节点（32 个）以及传输线成本低特性，使得 EIA RS-485 成为工业应用中数据传输的首选标准。

RS-485 传输是 PROFIBUS 最常用的一种传输技术，RS-485 标准采用平衡式发送、差分式接收的数据收发器来驱动总线，通常称为 H2。

其具体规格要求：

- (1) 接收器的输入电阻 $R_{IN} \geq 12k\Omega$ 。
- (2) 驱动器能输出 $\pm 7V$ 的共模电压。
- (3) 输入端的电容 $\leq 50pF$ 。
- (4) 在节点数为 32 个，配置了 120Ω 终端电阻的情况下，驱动器至少还能输出电压 1.5V（终端电阻的大小与所用双绞线的参数有关）。
- (5) 接收器的输入灵敏度为 200mV [即 $(U+) - (U-) \geq 0.2V$ ，表示信号“0”； $(U+) - (U-) \leq -0.2V$ ，表示信号“1”]，RS-485 传输技术用于 PROFIBUS-DP 与 PROFIBUS-FMS。

RS-485 传输技术基本特征：网络拓扑为线性总线，两端有有源的总线终端电阻；传输速率为 9.6kb/s~12Mb/s；介质为屏蔽双绞电缆，也可取消屏蔽，取决于环境条件；不带中继时每分段可连接 32 个站，带中继时可多到 127 个站。

RS-485 传输设备安装要点：全部设备均与总线连接；每个分段上最多可接 32 个站（主站或从站）；每段的头和尾各有一个总线终端电阻，确保操作运行不发生误差；两个总线终端电阻必须一直有电源；当分段站超过 32 个时，必须使用中继器用以连接各总线段，串联的中继器一般不超过 4 个；传输速率可选用 9.6kb/s~12Mb/s，一旦设备投入运行，全部设备均需选用同一传输速率。电缆最大长度取决于传输速率。

采用 RS-485 传输技术的 PROFIBUS 网络最好使用 9 针 D 型插头。当连接各站时，应确保数据线不要拧绞，系统在高电磁发射环境下运行应使用带屏蔽的电缆，屏蔽可提高电磁兼容性（EMC）。如用屏蔽编织线和屏蔽箔，应在两端与保护接地连接，并通过尽可能的大面积屏蔽接线来覆盖，以保持良好的传导性。

2. IEC 1158: 2 传输技术

(1) 数据 IEC 1158: 2 的传输技术用于 PROFIBUS-PA，能满足化工和石油化工业的要求。它可保持其本征安全性，并通过总线对现场设备供电。

(2) IEC 1158: 2 是一种位同步协议，通常称为 H1。

(3) IEC 1158: 2 技术用于 PROFIBUS-PA，其传输以下列原理为依据：

- 1) 每段只有一个电源作为供电装置。
- 2) 当站收发信息时，不向总线供电。
- 3) 每站现场设备所消耗的为常量稳态基本电流。
- 4) 现场设备的作用如同无源的电流吸收装置。
- 5) 主总线两端起无源终端线作用。
- 6) 允许使用线性、树型和星型网络。
- 7) 为了提高可靠性，设计时可采用冗余的总线段。
- 8) 为了调制的目的，假设每个总线站至少需用 10mA 基本电流才能使设备启动。通信

信号的发生是通过发送设备的调制,从 $\pm 9\text{mA}$ 到基本电流之间。

(4) IEC 1158: 2 传输技术特性:

- 1) 数据传输: 数字式、位同步、曼彻斯特编码。
- 2) 传输速率: 31.25kb/s , 电压式。
- 3) 数据可靠性: 前同步信号, 采用起始和终止限定符避免误差。
- 4) 电缆: 双绞线, 屏蔽式或非屏蔽式。
- 5) 远程电源供电: 可选附件, 通过数据线。
- 6) 防爆型: 能进行本征及非本征安全操作。
- 7) 拓扑: 线型或树型, 或两者相结合。
- 8) 站数: 每段最多 32 个, 总数最多为 126 个。
- 9) 中继器: 最多可扩展至 4 台。

IEC 1158 传输设备安装要点: 分段耦合器将 IEC 1158: 2 传输技术总线段与 RS-485 传输技术总线段连接。耦合器使 RS-485 信号与 IEC 1158: 2 信号相适配。它们为现场设备的远程电源供电, 供电装置可限制 IEC 1158: 2 总线的电流和电压。

3. 光纤传输技术

PROFIBUS 系统在电磁干扰很大的环境下应用时, 可使用光纤导体, 以增加高速传输的距离。可使用两种光纤导体: 一种是价格低廉的塑料纤维导体, 供距离小于 50m 情况下使用; 另一种是玻璃纤维导体, 供距离小于 1km 情况下使用。

许多厂商提供专用总线插头可将 RS-485 信号转换成光纤导体信号或将光纤导体信号转换成 RS-485 信号。

2.1.3 PROFIBUS 总线存取协议

(1) 三种 PROFIBUS (DP、FMS、PA) 均使用一致的总线存取协议。该协议是通过 OSI 参考模型第二层 (数据链路层) 来实现的, 它包括了保证数据可靠性技术、传输协议和报文处理。

(2) 在 PROFIBUS 中, 第二层称为现场总线数据链路层 FDL (Fieldbus Data Link, FDL)。介质存取控制 MAC (Medium Access Control, MAC) 具体控制数据传输的程序, MAC 必须确保在任何一个时刻只有一个站点发送数据。

(3) PROFIBUS 协议的设计要满足介质存取控制的两个基本要求:

1) 在复杂的自动化系统 (主站) 间的通信, 必须保证在确切限定的时间间隔中, 任何一个站点要有足够的时间来完成通信任务。

2) 在复杂的程序控制器和简单的 I/O 设备 (从站) 间通信, 应尽可能快速又简单地完成数据的实时传输。因此, PROFIBUS 总线存取协议, 主站之间采用令牌传送方式, 主站与从站之间采用主从方式。

(4) 令牌传递程序保证每个主站在一个确切规定的时间内得到总线存取权 (令牌)。在 PROFIBUS 中, 令牌传递仅在各主站之间进行。

(5) 主站得到总线存取令牌时可与从站通信。每个主站均可向从站发送或读取信息。因此, 可能有以下三种系统配置:

- 1) 纯主—从系统。
- 2) 纯主—主系统。

3) 混合系统。

(6) 图 2-1 是一个由 3 个主站、7 个从站构成的 PROFIBUS 系统。3 个主站之间构成令牌逻辑环。当某主站得到令牌报文后, 该主站可在一定时间内执行主站工作。在这段时间内, 它可依照主—从通信关系表与所有从站通信, 也可依照主—主通信关系表与所有主站通信。

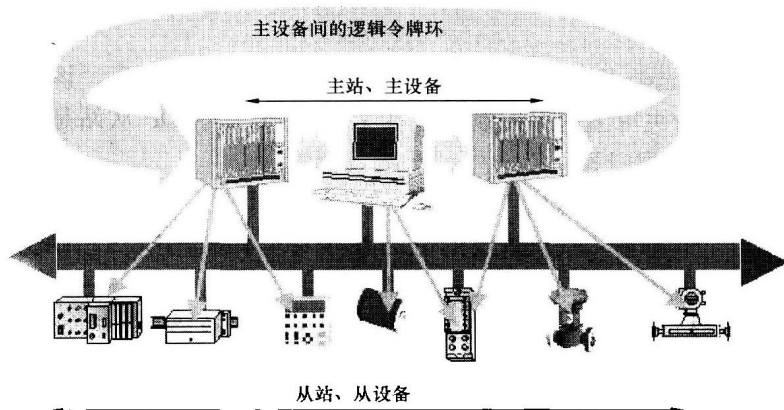


图 2-1 3 个主站、7 个从站构成的 PROFIBUS 系统

(7) 在总线系统初建时, 主站介质存取控制 MAC 的任务是制定总线上的站点分配并建立逻辑环。在总线运行期间, 断电或损坏的主站必须从环中排除, 新上电的主站必须加入逻辑环。

(8) 第二层的另一重要工作任务是保证数据的可靠性。PROFIBUS 第二层的数据结构格式可保证数据的高度完整性。

(9) PROFIBUS 第二层按照非连接的模式操作, 除提供点对点逻辑数据传输外, 还提供多点通信, 其中包括广播及有选择广播功能。

2.1.4 PROFIBUS - DP

PROFIBUS - DP 用于现场层的高速数据传送。主站周期地读取从站的输入信息并周期地向从站发送输出信息。总线循环时间必须要比主站 (PLC) 程序循环时间短。除提供周期性用户数据传输外, PROFIBUS - DP 还提供智能化现场设备所需的非周期性通信, 以进行组态、诊断和报警处理。

1. PROFIBUS - DP 的基本功能

(1) 传输技术: 采用 RS - 485 双绞线、双线电缆或光缆传输, 波特率为 9.6kb/s ~ 12Mb/s。

(2) 总线存取: 各主站间令牌传递, 主站与从站间为主—从传送, 支持单主或多主系统。总线上最多站点 (主—从设备) 数为 126。

(3) 通信: 点对点 (用户数据传输) 或广播 (控制指令), 循环主—从用户数据传输和非循环主—主数据传输。

(4) 运行模式: 运行、清除、停止。

(5) 同步: 控制指令允许输入和输出同步。同步模式, 输出同步; 锁定模式, 输入同步。

(6) 功能: DP 主站和 DP 从站间的循环用户数据传送。各 DP 从站的动态激活和可激活。DP 从站组态的检查。强大的诊断功能, 三级诊断信息。输入或输出的同步。通过总线给 DP 从站赋予地址。通过总线对 DP 主站 (DPM1) 进行配置。每 DP 从站的输入和输出数据最大为 246B。

(7) 可靠性和保护机制: 所有信息的传输按海明距离 $HD=4$ 进行。DP 从站带看门狗定时器 (Watchdog Timer)。对 DP 从站的输入/输出进行存取保护。DP 主站上带可变速率的用户数据传送监视。

(8) 设备类型: 第二类 DP 主站 (DPM2) 是可进行编程、组态、诊断的设备。第一类 DP 主站 (DPM1) 是中央可编程序控制器, 如 PLC、PC 等。DP 从站是带二进制值或模拟量输入/输出的驱动器、阀门等。

2. PROFIBUS-DP 基本特征

(1) 速率: 在一个有着 32 个站点的分布系统中, PROFIBUS-DP 对所有站点传送 512b/s 输入和 512b/s 输出, 在 12Mb/s 时只需 1ms。

(2) 诊断功能: 经过扩展的 PROFIBUS-DP 诊断能对故障进行快速定位。诊断信息在总线上传输并由主站采集。诊断信息分三级:

- 1) 本站诊断操作: 本站设备的一般操作状态, 如温度过高、压力过低。
- 2) 模块诊断操作: 一个站点的某具体 I/O 模块故障。
- 3) 通道诊断操作: 一个单独输入/输出位的故障。

3. PROFIBUS-DP 系统配置和设备类型

PROFIBUS-DP 允许构成单主站或多主站系统。在同一总线上最多可连接 126 个站点。系统配置的描述包括站数、站地址、输入/输出地址、输入/输出数据格式、诊断信息格式及所使用的总线参数。每个 PROFIBUS-DP 系统可包括以下五种不同类型的设备:

(1) 一级 DP 主站 (DPM1): 一级 DP 主站是中央控制器, 它在预定的信息周期内与分散的站 (如 DP 从站) 交换信息。典型的 DPM1 如 PLC 或 PC。

(2) 二级 DP 主站 (DPM2): 二级 DP 主站是编程器、组态设备或操作面板, 在 DP 系统组态操作时使用, 完成系统操作和监视目的。

(3) DP 从站: DP 从站是进行输入和输出信息采集和发送的外围设备 (I/O 设备、驱动器、HMI、阀门等)。

(4) 单主站系统: 在总线系统的运行阶段, 只有一个活动主站, 如图 2-2 所示。

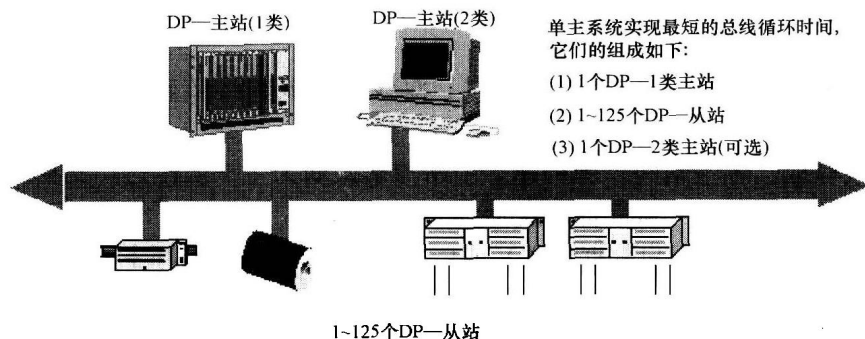


图 2-2 单主站系统

(5) 多主站系统：总线上连有多个主站。这些主站与各自从站构成相互独立的子系统。每个子系统包括一个 DPM1、指定的若干从站及可能的 DPM2 设备。任何一个主站均可读取 DP 从站的输入/输出映像，但只有一个 DP 主站允许对 DP 从站写入数据，如图 2-3 所示。

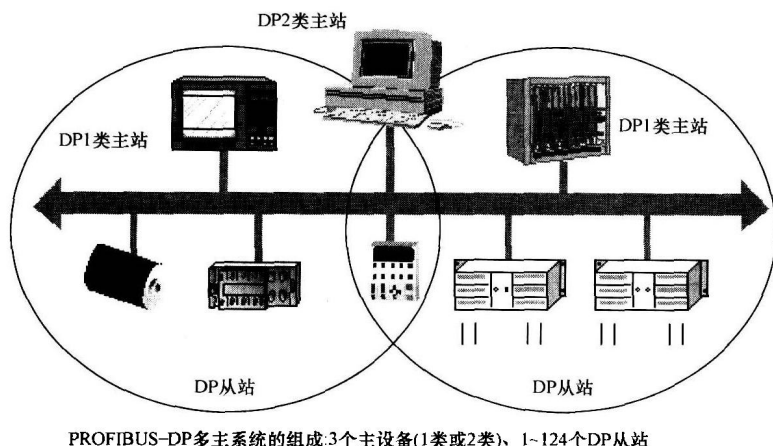


图 2-3 多主站系统

2.1.5 PROFIBUS-PA

1. PROFIBUS-PA

现代的过程设备是内在智能的，它们在自动化系统中可以执行部分信息处理，甚至所有功能。PA 设备行规定义不同类别过程设备的所有功能和参数，它们是典型的用于从过程传感器信号直到在控制系统中与测量值状态一起被读出的预处理过程值的信号流。

PROFIBUS-PA 如图 2-4 所示，其适用于 PROFIBUS 的过程自动化。PA 将自动化系统和过程控制系统与压力、温度和液位变送器等现场设备连接起来，PA 可用来替代 4~20mA 的模拟技术。PROFIBUS-PA 具有如下特性：

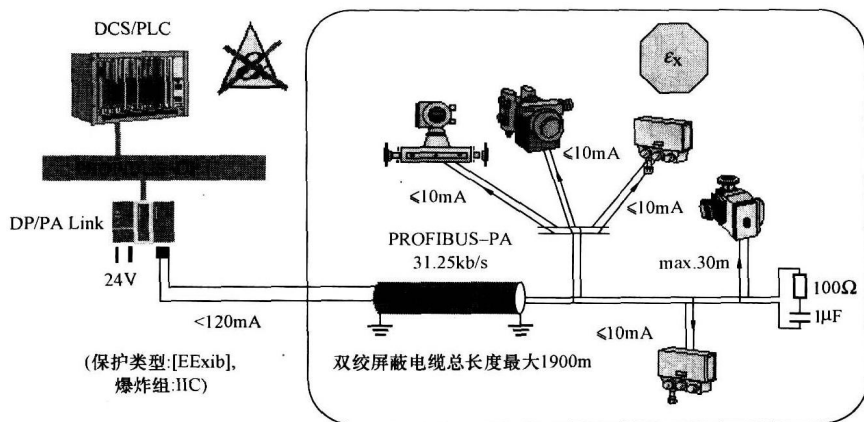


图 2-4 PROFIBUS-PA