

西门子 全集成自动化系列教育丛书

现场总线

PROFINET

刘国海 李康吉 薛文平 等编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

■ 西门子全集成自动化系列教育丛书 ■

现场总线 PROFINET

刘国海 李康吉 薛文平 等编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

近 20 年来,随着现场总线技术在工业控制和自动化领域的广泛应用,若干种适用于不同应用领域的现场总线通信协议应运而生,PROFIBUS 和 PROFINET 就是其中的两种。PROFIBUS 总线以其独特的技术特点、严格的认证规范、开放的标准、众多厂商的支持和不断发展的应用行规,成为国际上通用的现场总线标准之一,是应用最广泛的现场总线标准。PROFINET 将成熟的 PROFIBUS 现场总线技术的数据交换技术和基于工业以太网的通信技术整合到一起,是一种开放的工业以太网标准。

本书从现场总线技术的基本概念讲起,介绍了现场总线的结构、分类、标准和通信网络接口,在此基础上全面分析了 PROFIBUS 和 PROFINET 总线的构成、技术要点、协议规范、通信接口、系统集成和系统设计方法,并给出这两种现场总线的应用实例。

本书可作为高等院校电气信息类专业教材,也可供有关工程技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

现场总线 PROFINET/刘国海等编著. —北京:电子工业出版社,2007.9
(西门子全集成自动化系列教育丛书)

ISBN 978-7-121-04835-7

I. 现… II. 刘①… III. 总线—技术 IV. TP336

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 123146 号

责任编辑:雷洪勤

印 刷:北京市顺义兴华印刷厂

装 订:三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×980 1/16 印张:14.5 字数:320 千字

印 次:2007 年 9 月第 1 次印刷

定 价:28.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

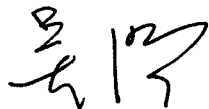
序

现代工业必须走一条技术含量高、经济效益好、资源能耗低、环境污染小、人员素质高和人力资源充分发挥的新型工业化路子。企业必须依靠技术进步和技术创新，才能增强自身竞争力和抗风险能力，才能发挥企业效益，才能保证企业安全、节能和环保等问题的解决。为实现新型工业化，必须从基础技术、信息化技术和环保技术等方面加大创新力度，必须加大新技术的研究与应用。

现代工业的基础是工业自动化。近年来工业自动化领域发展很快，其中自动化设备的发展最具代表性，例如可程序控制器（PLC）、集散控制系统（DCS）和现场总线控制系统（FCS）。PLC 已从单体型发展成网络型，从逻辑控制发展成兼有连续控制功能。DCS 已从单系统发展为集成系统，从常规控制发展成兼有先进控制和管理功能。FCS 已实现彻底的分散控制，构成全数字化和全网络化系统。自动化设备的发展推动了现代工业的高速发展。

工业自动化需要有高技术人才，需要加快工程应用型人才的培养。工程应用型人才应该具有良好的工程素质、强烈的创新精神和创新思维，而自动化工程技术素质的培养必然需要学习先进的工业自动化设备及其技术，必须掌握自动化控制设备、系统设计、工程设计、应用开发和现场调试的原理及方法。

《西门子全集成自动化系列教育丛书》可以适应工业自动化工程应用型人才培养的需要。本套丛书以西门子的工业自动化设备为平台，讲述 S7 系列可程序控制器硬件和软件、PCS7 集散控制系统硬件和软件、人机交互技术、现场总线 PROFIBUS 和 PROFINET 等内容，为读者提供了完整的工业自动化控制设备、控制技术、体系结构、系统设计、应用开发和调试运行的原理与方法，顺应了在经济全球化环境下，工业全球化和自动化的技术需求。我衷心地祝愿本套丛书能够为提高工业自动化工程师的控制技术和工程能力起到一定的推动作用，以促进我国工业自动化技术的发展和自动化水平的提高。



2007 年 9 月于清华园

吴澄：中国工程院院士，清华大学教授、博士生导师，教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会主任委员

前言



随着控制、计算机、通信、网络等技术的发展，信息交换沟通的领域迅速扩大。信息技术的飞速发展，引起了自动化系统结构的变革，逐步形成了以网络集成自动化系统为基础的信息系统。现场总线就是顺应这一形势发展起来的新技术。

现场总线是一种连接智能现场设备和自动化系统的全数字化、双向传输、多分支结构的串行通信网络，也称现场底层设备控制网络。现场总线遵循国际统一的协议标准，具有开放、互联、兼容和互操作等特性，在过程自动化、制造自动化、楼宇自动化、交通、电力等领域有着广泛的应用前景。PROFIBUS 作为现场总线领域国际市场的领导者，以其独特的技术特点、严格的认证规范、开放的标准、众多厂商的支持和不断发展的应用行规，已成为最重要的和应用最广泛的现场总线标准。

PROFINET 由 PROFIBUS 国际组织推出，是新一代基于工业以太网技术的现场总线标准。作为一项战略性的技术创新，PROFINET 为自动化通信领域提供了一个完整的网络解决方案，囊括了诸如实时以太网、运动控制、分布式自动化、故障安全以及网络安全等当前自动化领域的热点话题，可以完全兼容工业以太网和现有的现场总线（如 PROFIBUS）技术。PROFIBUS 国际组织的成员公司在 2004 年的汉诺威展览会上推出了大量带有 PROFINET 接口的设备，为 PROFINET 技术的推广和普及起到了积极的推动作用。作为面向未来的新一代工业通信网络标准，PROFINET 必将为自动化控制系统带来更大的收益和便利。

本书从现场总线的基本性能、基本操作、技术特点和协议规范出发，重点讨论了 PROFIBUS 和 PROFINET 现场总线的特点、共性和差别、设计、系统选型、通信和工程应用等问题。

本书共分 6 章。第 1 章讨论现场总线技术的形成、特点、基础、应用和发展趋势。第 2 章介绍现场总线中的数据通信、网络通信及网络协议。第 3 章总体介绍 PROFIBUS 现场总线的构成、传输技术、行规、系统集成和开发应用。第 4 章介绍 PROFIBUS-DP 系统的特点、组成和工作过程，讨论 PROFIBUS-DP 的物理层规范、

主从站结构、GSD 文件、主要功能和应用。第 5 章介绍 PROFIBUS-PA 系统的特点、工作原理、传输技术和拓扑结构，讨论其网络组态、系统设计和应用实例。第 6 章介绍 PROFINET 技术，详细分析 PROFINET IO 和 PROFINET CBA 的设计要点，讨论了 PROFINET 通信、网络安装、Web 集成、系统集成及应用。

本书第 1~2 章由刘国海编写，第 3~5 章由薛文平编写，第 6 章由李康吉编写，刘国海负责全书结构内容的规划和最终定稿。在本书编写过程中参考了相关文献资料，在此向文献资料的作者们表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中难免存在错误和不当之处，请读者批评指正。

目 录

第 1 章 现场总线技术概述	(1)
1.1 现场总线技术的定义与形成	(1)
1.1.1 现场总线的定义	(1)
1.1.2 千米级总线	(5)
1.1.3 现场总线的形成	(5)
1.2 现场总线的核心与基础	(6)
1.2.1 现场总线的核心——总线协议	(6)
1.2.2 现场总线的基础——智能现场装置	(7)
1.3 现场总线控制系统 FCS	(8)
1.3.1 现场总线控制系统结构	(8)
1.3.2 现场总线控制系统特点	(10)
1.3.3 企业网络三级体系结构	(10)
1.4 主要的现场总线技术及国际标准	(11)
1.4.1 基金会现场总线 FF	(11)
1.4.2 CAN 总线	(12)
1.4.3 LonWorks 总线	(12)
1.4.4 PROFIBUS 总线	(13)
1.4.5 HART 总线	(13)
1.4.6 现场总线国际标准	(14)
1.5 现场总线技术的推广应用与发展趋势	(15)
1.5.1 现场总线技术的推广应用	(15)
1.5.2 现场总线技术发展趋势	(16)
第 2 章 现场总线的通信网络及其特性	(18)
2.1 数据通信的基本概念	(18)
2.1.1 基本概念	(18)
2.1.2 通信介质	(22)
2.1.3 数据通信系统网络结构	(24)
2.1.4 通信控制方式	(25)
2.2 现场总线中的网络通信	(25)
2.2.1 ISO/OSI 参考模型	(25)
2.2.2 现场总线标准	(29)
2.2.3 现场总线通信协议	(31)

2.3	网络协议	(33)
2.3.1	以太网	(33)
2.3.2	常用物理层标准接口	(36)
2.3.3	IEEE 协议族	(39)
2.3.4	TCP/IP 协议	(48)
第 3 章	PROFIBUS 现场总线技术	(53)
3.1	PROFIBUS 的特点与相关概念	(54)
3.1.1	PROFIBUS 的特点	(54)
3.1.2	相关概念	(55)
3.2	PROFIBUS 总线	(57)
3.2.1	PROFIBUS-DP	(57)
3.2.2	PROFIBUS-PA	(58)
3.2.3	PROFIBUS-FMS	(58)
3.3	PROFIBUS 通信协议	(60)
3.3.1	PROFIBUS 协议模型与 ISO/OSI 参考模型的关系	(60)
3.3.2	PROFIBUS 协议结构	(63)
3.3.3	PROFIBUS 设备配置	(64)
3.3.4	面向连接的数据交换	(65)
3.4	PROFIBUS 传输技术	(66)
3.4.1	RS-485 传输技术	(67)
3.4.2	符合 MBP 的传输	(68)
3.4.3	光纤传输技术	(70)
3.4.4	FISCO 模型	(71)
3.5	PROFIBUS 通用应用行规	(72)
3.5.1	PROFIsafe	(72)
3.5.2	PROFIBUS-DP 上的 HART	(73)
3.5.3	时间标签	(74)
3.5.4	从站冗余	(75)
3.6	PROFIBUS 控制系统的集成	(76)
3.6.1	PROFIBUS 控制系统的组成	(76)
3.6.2	PROFIBUS 控制系统的配置	(76)
3.6.3	PROFIBUS 系统配置中的设备选型	(78)
3.7	PROFIBUS 站点的开发与应用	(89)
3.7.1	PROFIBUS 的站点实现方案	(89)
3.7.2	支持 PROFIBUS 协议的 ASIC 芯片	(91)

3.7.3	适合于智能型从站的 SPC3 芯片	(93)
3.7.4	接口模板简介	(100)
3.7.5	使用 SPC3 实现智能化 PROFIBUS-DP 从站	(101)
第 4 章	PROFIBUS-DP 现场总线	(104)
4.1	PROFIBUS-DP 系统	(104)
4.1.1	PROFIBUS-DP 的传输特点	(104)
4.1.2	系统组成和总线访问控制	(105)
4.1.3	PROFIBUS-DP 系统工作过程	(108)
4.1.4	PROFIBUS-DP 的行规	(112)
4.2	PROFIBUS-DP 物理层规范	(112)
4.3	PROFIBUS-DP 主站和从站结构	(115)
4.3.1	1 类主站的结构	(115)
4.3.2	2 类主站的结构	(117)
4.3.3	从站结构	(118)
4.4	GSD 文件	(120)
4.5	PROFIBUS-DP 的功能	(122)
4.5.1	基本功能	(122)
4.5.2	扩展功能	(124)
4.6	PROFIBUS-DP 应用实例	(128)
4.6.1	系统介绍	(128)
4.6.2	控制系统硬件	(129)
4.6.3	控制系统软件	(130)
4.6.4	系统运行	(135)
第 5 章	PROFIBUS-PA 现场总线	(136)
5.1	PROFIBUS-PA 系统	(136)
5.1.1	PROFIBUS-PA 的主要特点	(136)
5.1.2	PROFIBUS-PA 系统的工作原理	(137)
5.1.3	PROFIBUS-PA 的传输协议	(138)
5.1.4	PROFIBUS-PA 的传输技术	(139)
5.1.5	PROFIBUS-PA 的拓扑结构	(141)
5.2	PROFIBUS-PA 网络的组态	(142)
5.2.1	软件工具	(142)
5.2.2	在 SIMATIC PCS7 环境下的 PROFIBUS-PA	(144)
5.2.3	PROFIBUS-PA 系统的设备行规	(144)
5.3	系统设计注意事项	(146)

5.3.1	Ex 区现场仪表的连接	(146)
5.3.2	段耦合器	(147)
5.3.3	总线电缆	(148)
5.3.4	每段现场仪表的数量	(149)
5.3.5	循环时间	(150)
5.3.6	中继器, 总线终端电阻	(152)
5.3.7	屏蔽和接地	(152)
5.4	PROFIBUS-PA 应用实例	(153)
5.4.1	系统介绍	(154)
5.4.2	系统组成	(154)
5.4.3	控制系统完成的功能	(156)
5.4.4	应用情况	(156)
第 6 章	PROFINET 技术和应用	(157)
6.1	PROFINET 概述	(157)
6.1.1	分散式外围设备 (PROFINET IO)	(159)
6.1.2	组件模型 (PROFINET CBA)	(159)
6.1.3	PROFINET 通信	(160)
6.1.4	网络安装	(160)
6.1.5	Web 集成	(160)
6.1.6	现场总线的集成	(161)
6.2	PROFINET IO	(162)
6.2.1	IO 设备的设备模型	(162)
6.2.2	PROFINET IO 的建模	(162)
6.2.3	PROFINET IO 的地址分配	(164)
6.2.4	IO 设备的操作原理	(166)
6.2.5	PROFINET IO 控制器	(167)
6.2.6	PROFINET IO 的系统启动	(167)
6.2.7	用户数据交换	(175)
6.2.8	报警	(175)
6.2.9	设备描述与组态	(177)
6.2.10	诊断	(178)
6.3	PROFINET CBA	(180)
6.3.1	PROFINET 工程设计	(181)
6.3.2	PROFINET 现场设备的结构	(183)
6.3.3	PROFINET 组件描述	(184)

6.3.4	互连编辑器	(185)
6.3.5	PROFINET 运行期模型	(185)
6.3.6	SIMATIC iMap	(185)
6.3.7	组件模型的实现	(187)
6.4	PROFINET 通信	(192)
6.4.1	TCP/IP 通信标准	(193)
6.4.2	实时通信 (RT)	(193)
6.4.3	PROFINET IO 的通信	(195)
6.4.4	组件模型中的通信	(195)
6.5	PROFINET 网络安装	(196)
6.5.1	PROFINET 网络拓扑	(198)
6.5.2	PROFINET 布线	(199)
6.5.3	PROFINET 连接器	(200)
6.6	Web 集成	(201)
6.6.1	功能特性	(201)
6.6.2	网络管理	(202)
6.7	现场总线系统集成	(203)
6.7.1	通过代理服务器集成	(203)
6.7.2	现场总线应用的集成	(204)
6.7.3	PROFINET 和其他现场总线系统	(205)
6.8	支持 PROFINET 的 S7-400	(205)
6.9	PROFINET IO 扩展功能和 PROFINET CBA 组件	(207)
6.9.1	PROFINET IO 的扩展功能	(207)
6.9.2	PROFINET CBA 中的组件	(208)
6.10	PROFINET 应用实例	(210)
6.10.1	PROFINET 解决方案的典型构成	(210)
6.10.2	PROFINET IO 在汽车生产中的应用	(213)
6.10.3	PROFINET CBA 在废水处理厂的应用	(214)
6.10.4	PROFINET 在烟草行业的应用	(215)
6.11	PROFINET 的未来	(216)
	参考文献	(217)

第1章

现场总线技术概述

随着控制、计算机、通信、网络等技术的发展，信息交换沟通的领域正在迅速覆盖从现场设备到控制、管理的各个层次。信息技术的发展引起了自动化系统结构的变革，逐步形成了以网络集成自动化系统为基础的企业信息系统。现场总线就是顺应这一形势发展起来的新技术，成为当今自动化领域技术发展的热点，被誉为自动化领域的计算机局域网。它的出现，标志着自动化领域的又一个新时代的开始，并对该领域的发展产生重要影响。



1.1 现场总线技术的定义与形成



1.1.1 现场总线的定义

现场总线是一种连接智能现场设备和自动化系统的全数字化、双向传输、多分支结构的串行通信网络。国际电工委员会(International Electrotechnical Commission, IEC) IEC61158 标准将其定义为“安装在制造和过程区域的现场装置与控制室内的自动控制装置之间的数字式、串行、多点通信的数据总线”。为了进一步理解现场总线及其系统的整体概念，引用欧洲标准 EN50170 中有关现场总线特点的描述来补充说明。

1.1.1.1 通用现场通信系统

现场总线也可叫做通用现场通信系统。信息传输的范围已远远超出 4~20mA 传统信号的限制，分布式智能系统需要用面向用户或应用的方式确定设备间的通信。

它必须满足现代工业过程测量和控制系统 (IPMCS) 的全部要求, 即具有高度的灵活性和适用性。以现场通信作为基本功能的智能分布式系统的使用是各厂商的一致取向。

现场总线具有以下一些显著的特点。

1. 封闭的物理过程

现场总线作为整个通信构架的最底层, 将传感器、执行器以及各种设备与控制系统连接起来, 独立传输二进制或模拟信号。这些传感器和执行器直接安装在物理过程上。随着技术的发展, 现场总线逐渐在基于模拟信号的物理过程和基于数字信息的控制领域之间建立了边界, 产生了许多专业化的解决方案, 如 ASI, CAN 等, 这些解决方案统称为“传感器/控制器总线”。

连接于过程中的设备集成了越来越多的智能, 并需要由一个更通用的通信系统进行传输服务, 而且这种传输服务必须是适时的、不损失初始控制信息的。

2. 更大的覆盖范围

“现场”这个词也意味着更大的延伸性。10m 以下的总线属于并联或专用系列总线, 现场总线覆盖范围应在 100~5000m 之间, 属于千米尺度以串行通信为主的总线。

3. 设备的数量、价格

现场总线的概念与传统 4~20mA 控制环路有明显区别, 一条总线可连接的设备量在十至几百台之间。在一个工厂中 (如化工厂或海上平台) 可能有 10 个或更多的总线段接在一起, 连接上千台设备。因此, 现场总线是一种将许多简单设备组成一个复杂系统的技术, 并且需要低价位的连接接口。

4. 实时性操作

现场总线通信系统通常是自动化过程中控制功能的核心部分, 必须遵守由控制系统提出的时间限制, 其基本的功能就是可预期的存取时间和可预期的传递时间。另外还应具有在突发事件的情况下为过载传输提供阻抗的功能。

5. 传输的完整性、有效性

由于这种传输系统是连接生产过程的唯一物理途径, 传输必须非常可靠。现场总线至少应具有如下特点:

- ① 传输完整性。未知出错率低于每 20 年一次。
- ② 冗余能力。如使用双介质或双总线。
- ③ 传输验证。

6. 用户可选择的服务

可满足不同方面多种需求的应用，如优先权、服务完整性、时间性能以及网络拥塞的恢复能力。这意味着服务和服务的性能对于用户（或应用）来讲，应是可选择的。

对于给定的现场设备，针对不同的应用，必须达到不同的质量要求。因此，现场总线必须支持远程组态功能，以便选择适当的通信质量和适当的本地应用。

7. 集成、开放结构

除了满足传统的客户服务外，现场总线应支持分布式时间循环结构，并通过变量进行交换，这些变量构成了一个实时更新的共享数据库。

8. 严酷环境条件

由于现场总线靠近生产过程，面对的是苛刻的和特殊的环境条件，因此，现场总线应经受得住这样的环境，并且不受高的电磁干扰的影响。干扰水平为 IEC801.x 标准的严酷程度 3 及由 EEC 指南 89/336 实施标准（CE 标志）。

1.1.1.2 现场总线是控制系统结构框架的一部分

通用的通信系统在工厂控制系统结构中包括两个最底层的通信系统，图 1.1 表示了一个企业范围的通信模型。必须注意的是，现场设备也需要直接与单元级总线相连接。

典型的单元级通信是在单元控制器和从属控制装置之间进行的，比如 PLC 之间或 PLC 与其他装置之间，如操作员界面，这类操作界面一般以通用计算机为基础。

在传感器/执行器层，信息流一般是在控制装置如 PLC 和传感器/执行器之间纵向传输的。现场设备在功能上发展很快，可以执行诸如诊断、校准、组态和数据确认等功能，这有利于分配本地控制功能到现场设备，这些设备用互操作和相互交换信息的方式执行其控制功能。

通常是在控制器的监管下，这些设备之间进行适当的数据交换，从而导致真正的分布式应用和分布式兼容的系统。

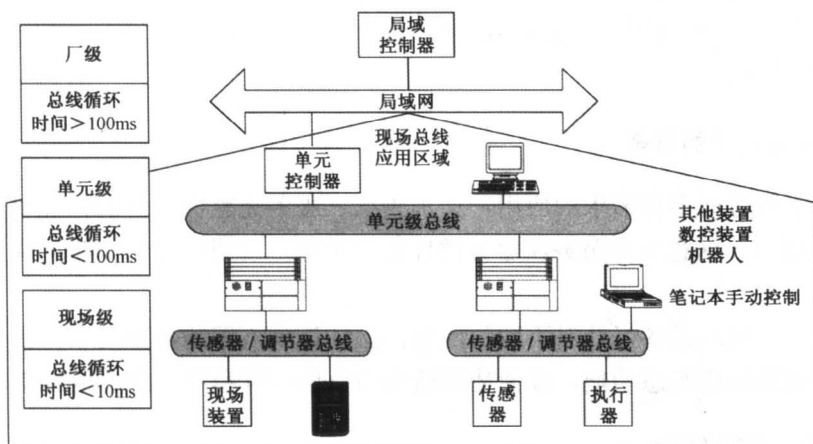


图 1.1 企业范围的通信模型

1.1.1.3 应用领域和各领域的特殊要求

通用现场通信系统的技术条件应支持多种应用领域，许多应用可以由上述通用系统来满足，但有些应用有其特殊要求。

1. 发电和输变电

抗电磁干扰的强度是其特殊要求，这一强度高于 IEC 导则的要求。其他方面的要求还有诸如对粉尘、有害化学制剂、湿度的防护，在使用煤气的情况下，还有关于易燃、易爆方面的限制。另外，现场总线在容错和安全方面应十分完善。即使在溢出的情况下也应安全稳定，按照使用要求，传输循环延时应小于 10ms 。

2. 化工厂

一般配备的设备较多，所以总线系统必须能够支持分段（如定义网桥等分段连接设备）。应用于严酷环境下，要求设备连接安全并且电力分布于整条总线上。使用功能块构建自动化系统，并支持特殊功能要求（如功能块的时分和瞬控）。

3. 制造应用

在这个领域中的应用需要很高的实时性，很高的操作速度，对于轴控制，数据传输循环延时为 1ms ，对于 PLC 为 25ms 。

4. 电子机构应用

这种应用场合需大范围使用设备,要求高的速度,高抗干扰性,还要连接大量的设备,一般要求传输循环延时小于 10ms,可以进行用于服务功能的长报文的混合传输。通常使用与设备技术细节无关的变量进行控制顺序处理。

5. 现场总线需求的综合考虑

考虑到现场总线可用于多种工业场合通信框架中的多种层次,因此通常通信系统必须试图满足其要求,为防止不必要的复杂化,在通用技术的基础上产生了行规。

IEC 标准的出现将不会改变对适用于系统/工业领域的行规的需求。关键是如何方便地过渡到 IEC 标准。一个可行的办法是定义一个主要用于非时间限制任务的“应用指导”。



1.1.2 千米级总线

自动化监控系统的数字通信总线的分类准则是尺度、串并、用途、技术。分类不同,用途各异,技术有别。

(1) 毫米级:芯片总线是毫米尺度的并行总线,属芯片内总线。

(2) 分米级:计算机总线是分米尺度的并行总线,板总线,属机箱类总线。

(3) 十米级:测量仪器总线是十米尺度。其中有并行总线和串行总线。大系统的测量路数可达几十万路,是高信率大信量测量,系统由模板、机箱、机柜组成。总线可分布在模块之间、机箱之间和机柜之间,属机柜间总线。

(4) 千米级:现场总线是千米尺度。以串行为主,是高可靠、本安防爆、与下位仪器仪表、上位计算机构成的多级总线系统,属系统总线,也是本章要讨论的数字通信总线。系统除现场总线控制系统(Fieldbus Control System, FCS)外,还有直接数字控制系统(DDS)、集散控制系统(DCS)、可编程逻辑控制器系统 PLC 都使用千米级总线。



1.1.3 现场总线的形成

现场总线是在实际需求的驱动下应运而生的。在计算机数据传输领域内,长期以来使用 RS-232 和 CCITT V.24 通信标准。尽管它们被广泛使用,但却是一种低数据速率和点对点的数据传输标准,无能力支持更高层次的计算机之间的功能操作。在复杂或大规模的应用中,如工业现场控制或生产自动化领域,需要使用大量的传

感器、执行器和控制器等，它们通常分布在非常广的范围内，如果在最低层采用传统星状拓扑结构，那么安装成本和介质造价都将非常高昂。

以钢铁企业炼铁生产的高炉为例，其冶炼容积已达 4000m^3 以上，检测和控制的点数超过了 5000 点。大量点到点的电缆，不但增加了线路敷设设计的难度和施工的复杂性，同时也增加了投资和安装、调试与维护的费用。采用流行的局域网 (LAN) 组件及环状或总线型拓扑结构，虽然可以减少电缆长度，但是增加的 LAN 介质及相关硬件和软件，又使其系统造价与星型系统相差无几。

在传统的 DCS 系统中，大量的检测信号汇集到 DCS 的入口处，不可避免地会出现“瓶颈”现象，导致信号堵塞，降低了系统的安全性和可靠性。用户迫切需要现场总线与智能化的现场仪表，以便将控制功能下放到现场总线技术概述现场仪表，减少 DCS 处理信息的压力，增强系统的可靠性和安全性。

另外，传统的测控自动化系统采用电压、电流的模拟信号进行测量控制，或采用自封闭式的集散系统，难以实现设备之间以及系统与外界之间的信息交换，使自动化系统成为“自动化孤岛”。所以，在最低层次上的确需要设计一种造价低廉而又能经受现场环境考验的通信系统，形成底层网络，完成现场自动化设备之间的多点数字通信，实现底层现场设备之间以及现场与外界的信息交换。

智能仪表为现场总线的出现奠定了基础。Honeywell 公司于 1983 年推出了数字信号 $4\sim 20\text{mA}$ 输出的差分信号驱动器，它在输出的 $4\sim 20\text{mA}$ 直流信号上叠加了数字信号，从而使现场装置与控制室控制装置之间的连接由模拟信号过渡到了数字信号。自此以后的几十年间，世界上各大公司都相继推出了其智能仪表产品。如 ROSEMOUNT 公司的 1151，FOXBORO 的 820, 860, Smar 公司的 CD301 等，ROSEMOUNT 公司还采用了它自己的 HART 数字通信协议。模拟数字混合仪表克服了单一模拟仪表的多种缺陷，给自动化仪表的发展带来了新的生机，为现场总线的诞生奠定了基础。而这种数字模拟信号混合运行的系统，逐渐被具备通信功能、传输信号全数字化、可实现智能仪表之间的信息交换、处理多个信息和复杂计算的仪表与系统取代，形成了各具特色的现场总线。



1.2 现场总线的核心与基础



1.2.1 现场总线的核心——总线协议

总线协议技术是“信息时代”的基础高新技术，与 CPU-Windows 技术，路由