

自动化技术入门与应用实例系列书

现场总线控制技术开发

周渡海
何此昂 编著

入门与应用实例

- “淡化”理论知识
- “强化”实际技能
- 以实际案例为基础
- 重点介绍新技术、新产品的应用



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

自动化技术入门与应用实例系列书

现场总线控制技术开发 入门与应用实例

周渡海 何此昂 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书的主要内容包括：现场总线技术概述、现场总线技术开发设计基础、流行现场总线控制技术开发设计、现场总线控制技术应用实例。全书的重点内容是讲解Hart、Modbus、Profibus、CAN、LonWorks、工业以太网、无线网络总线的基本原理和具体应用实例，详细解析了Hart、Modbus、Profibus、CAN、LonWorks、工业以太网、无线网络的报文结构和含义。

本书的使用对象主要是自动化控制领域的工程技术人员，可供现场总线系统设计、应用技术人员，高等院校自动化、仪表等相关专业师生阅读和参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

现场总线控制技术开发入门与应用实例/周渡海，何此昂编著. —北京：中国电力出版社，2010.7

(自动化技术入门与应用实例系列书)

ISBN 978 - 7 - 5123 - 0337 - 9

I. ①现… II. ①周… ②何… III. ①总线—自动控制系统—系统开发 IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 070787 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 8 月第一版 2010 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 27 印张 659 千字

印数 0001—3000 册 定价 49.00 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

前言

自动化技术入门与应用实例系列书 现场总线控制技术开发入门与应用实例

本书以工业自动化领域最流行的工业总线 Hart、Modbus、Profibus、CAN、LonWorks、工业以太网、无线网络等多种已被列入 ISO 国际现场总线标准的现场总线技术为主线，首先讲解了现场总线技术的发展历史、基本概念。接着，阐述各类现场总线设计开发平台搭建，工作原理为实际开发应用打下基础，最后结合工程应用实例全面完整地讲解现场总线的应用技术。全书的重点内容是讲解 Hart、Modbus、Profibus、CAN、LonWorks、工业以太网、无线网络总线的基本原理和具体应用实例，详细解析了 Hart、Modbus、Profibus、CAN、LonWorks、工业以太网、无线网络的报文结构和含义，在重点章节中都给出了每类现场总线多个具体的应用实例，对这几类工业最流行的现场总线密切相关的技术也进行了深入浅出的讲解。为方便高校和培训机构作为教材使用，全书各章都配有大量的程序代码和原理设计图纸。以作者对工业现场总线多年的专业技术知识积累和实际应用经验，相信这本书是一本很好的教材和参考资料。无论是对于初识现场总线的学生还是已经具备一定开发经验的工程师，通过阅读本书全面掌握流行的现场总线技术，提高自己的学习和工程案例开发效率，能给广大的读者带来较大的收获是此书的最大目的。

本书共 4 章内容：

第 1 章介绍现场总线特点和发展历史，以及现场总线的标准化技术。

第 2 章以高度概括的方法总结现场总线技术开发设计基础，包括数据通信系统和现场总线技术组网技术。

第 3 章围绕着 Hart、Modbus、Profibus、CAN、LonWorks、工业以太网、无线网络来讲解现场总线的原理及其应用技术，详细阐述了各种总线的具体开发设计方法和实际设计原理图、源代码等。特别地，作为目前广泛使用的基于现场总线的智能照明，由于其使用协议较多，近年来在国内发展比较迅速，因此将其作为一个特别的专题，详细阐述其控制协议和应用设计。

第 4 章主要是通过现在比较热门的工程实际应用案例讲述现场总线的具体应用。包括工业仪器仪表、工控组网监控、数据采集、煤矿安全、停车场管理、数字化变电站、智能门禁系统等各种具体案例。通过这些工程应用案例来强化对前 3 章的基础知识的理解。

本书的前 3 章由周渡海老师编写，第 4 章由何此昂编写。编写过程中得到了北京建筑工

程学院信息工程学院陈一民、樊青等的大力支持，以及武汉理工大学信息工程学院硕士研究生邓颖的大力协助，他们参与编写了部分章节，并做了文字录入、校对以及程序调试工作。在此一并表示感谢。

限于编者的水平，书中难免存在疏漏与错误之处，恳请读者批评指正。如有任何问题和疑问请发邮件联系。作者的电子信箱：okarmdy@gmail.com；QQ：33661668。

编 著 者

2010年4月

目 录

自动化技术入门与应用实例系列书 现场总线控制技术开发入门与应用实例

前 言

第 1 章 现场总线技术概述	1
1.1 现场总线简介.....	1
1.1.1 现场总线的概念.....	1
1.1.2 现场总线系统的特点.....	3
1.1.3 现场总线给用户带来的好处.....	5
1.1.4 主流现场总线简介.....	6
1.2 现场总线技术的标准化.....	12
1.2.1 HART 技术以及标准化.....	12
1.2.2 Profibus 技术及标准化.....	13
1.2.3 Modbus 总线技术以及标准化.....	13
1.2.4 CAN 总线技术以及标准化.....	17
1.2.5 LonWorks 总线技术以及标准化.....	22
1.2.6 Internet 总线技术以及标准化.....	24
1.2.7 无线网络技术以及标准化.....	25
1.2.8 中国现场总线标准化工作的现状.....	28
第 2 章 现场总线技术开发设计基础	30
2.1 数据通信系统.....	30
2.1.1 数据编码.....	30
2.1.2 通信系统的数据传输方式.....	34
2.1.3 通信系统传输差错控制及其检测.....	35
2.1.4 通信系统的性能指标.....	44
2.1.5 信息及其度量.....	44
2.2 现场总线技术组网.....	47
2.2.1 控制网络的特点.....	47
2.2.2 网络拓扑.....	58
2.2.3 网络互联设备.....	58

2.2.4 网络的传输介质	59
第3章 流行现场总线控制技术开发设计	62
3.1 基于 Hart 的控制网络	62
3.1.1 Hart 协议命令概述	62
3.1.2 开发环境介绍	68
3.1.3 HART 通信模块的硬件设计	70
3.1.4 HART 通信模块的软件设计	76
3.1.5 Hart 协议与其他现场总线技术的异同	84
3.2 基于 Modbus 的控制网络	84
3.2.1 Modbus 现场总线协议分析	84
3.2.2 Modbus 协议实现	87
3.2.3 Modbus 协议通信测试	91
3.2.4 开发环境介绍	92
3.2.5 项目硬件设计	97
3.2.6 项目软件编码	99
3.2.7 Modbus 的控制网络应用软件设计	109
3.3 基于 CAN 总线的控制网络	113
3.3.1 CAN 总线协议	113
3.3.2 CANopen 现场总线标准	123
3.3.3 Freescale 开发平台	139
3.3.4 项目硬件设计	158
3.3.5 项目软件编码	158
3.4 基于 Internet 的控制网络	164
3.4.1 Internet 现场总线协议标准	164
3.4.2 开发环境介绍	183
3.4.3 项目硬件设计	190
3.4.4 项目软件编码	195
3.5 基于 LonWorks 的控制网络	203
3.5.1 LonWorks 现场总线标准	203
3.5.2 LonWorks 开发环境介绍	215
3.5.3 LonWorks 双绞线节点参考设计项目硬件设计	232
3.5.4 LonWorks® 双绞线节点参考设计项目软件编码	234
3.5.5 LonWorks 电力节点参考设计项目硬件设计	240
3.5.6 LonWorks 电力节点参考设计项目软件编码	243
3.6 基于 ZigBee 控制网络	245

3.6.1	ZigBee 现场总线标准	245
3.6.2	开发环境介绍	255
3.6.3	项目硬件设计	255
3.6.4	项目软件编码	257
3.7	基于 Profibus 控制网络	258
3.7.1	Profibus 现场总线标准	258
3.7.2	Profibus 产品的实现	261
3.7.3	西门子 MM440 变频器通过 Profibus - DP 与 PLC 通信的实现	263
3.7.4	Profibus DP 总线、Profibus PA 总线、Modbus 总线的区别	272
3.8	基于现场总线的智能照明控制协议与应用设计	274
3.8.1	基于现场总线的智能照明控制概述	274
3.8.2	DMX512 信号格式及其应用	278
3.8.3	基于 DMX512 的彩屏墙控制系统设计	283
3.8.4	DMX512 与 CAN 总线混合通信网的实现方法	288
3.8.5	基于 DMX512 协议的灯光控制信号无线传输设计	289
第 4 章	现场总线控制技术应用实例	293
4.1	基于 Hart 的控制网络应用实例	293
4.1.1	基于 Hart 的智能温度变送器设计	293
4.1.2	基于 Hart 的智能电磁流量计的设计	300
4.1.3	基于 Hart 的智能压差流量变送器设计	302
4.2	基于 Modbus 的控制网络应用实例	306
4.2.1	VC 下实现基于 Modbus 协议的 DCS 与远程 I/O 系统通信	306
4.2.2	基于 Modbus 协议的电火花控制系统	310
4.2.3	基于 Modbus 的音乐喷泉的设计	314
4.2.4	基于 Modbus 的质量流量测量计的设计	316
4.2.5	基于 Modbus 协议的开关量控制模块设计	320
4.3	基于 CAN 的控制网络应用实例	326
4.3.1	基于 CAN 协议的智能传感器在柴油机监控系统中的应用	326
4.3.2	基于 CAN 总线的智能停车场通信系统	328
4.3.3	基于 CAN bus 的智能仪表组网技术	333
4.3.4	基于 CAN 总线技术的煤矿安全监控系统设计	337
4.3.5	基于 CAN 总线的气象数据采集系统	340
4.4	基于 Internet 的控制网络应用实例	343
4.4.1	基于以太网现场总线的模拟量数据采集系统	343
4.4.2	工业以太网通信在低压电器设计中的应用	346

4.4.3	以太网现场总线在二代身份证 RFID 系统中的设计	350
4.4.4	以太网现场总线在指纹门禁控制器中的应用	354
4.4.5	工业以太网技术的数字化变电站	356
4.5	基于 LonWorks 的控制网络应用实例	363
4.5.1	LonWorks 技术在工业锅炉自控系统中的应用	363
4.5.2	基于 LonWorks 的变风量空调系统温度串级控制与 PID 控制的比较	365
4.5.3	基于 LonWorks 总线技术的温室智能控制器设计	370
4.5.4	LonWorks 技术在温度控制系统中的应用	374
4.5.5	基于 LonWorks 技术的智能节点设计	376
4.6	基于无线数据通信的控制网络应用实例	380
4.6.1	基于 ZigBee 的无线网络技术以及应用	380
4.6.2	低功耗 ZigBee 无线传感器网络节点的设计	384
4.6.3	基于 ZigBee 技术的矿井移动式瓦斯监测	386
4.6.4	一种 ZigBee 网络的设计与实现	390
4.6.5	基于精简协议栈的 ZigBee 网络节点分析	394
4.7	基于 Profibus 的控制网络应用实例	400
4.7.1	基于 Profibus - PA 接口压力变送器	400
4.7.2	Profibus - DP 总线温度采集	402
4.7.3	用 Profibus - DP 现场总线控制 ACS800 系列变频器的方法	407
4.7.4	基于 SPC3 的 Profibus 现场总线智能从站的设计	409
4.8	多现场总线技术在污水处理控制中的应用实例	412
4.8.1	多现场总线技术在污水处理控制中的应用	412
4.8.2	利用多总线技术实现自动控制系统	416
参考文献		419



第1章 现场总线技术概述

1.1 现场总线简介

1.1.1 现场总线的概念

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革。150多年前出现的基于5~13ps (pneumatic signal, 气动信号) 气动信号标准的气动控制系统(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的电流模拟信号的模拟过程控制体系被提出并得到广泛的应用, 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, 不久人们也发现了伴随着“集中控制”, 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(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的应用, 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的应用, 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。

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的信息传递问题; 或者现场总线是安装在生产过程区域的现场设备/仪表与控制室内的自动控制装置/系统之间的一种串行数字式多点双向通信的数据总线, 其中“生产过程”包括断续生产过程和连续生产过程两类; 或者现场总线是以单个分散的数字化智能化的测量和控制设备作为网络节点用总线相连接实现相互交换信息共同完成自动控制功能的网络系统与控制系统。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。早在2003年, IEC61158 Edition 3即现场总线标准第3版正式成为国际标准, 规定了10种类型的现场总线。这10种现场总线分别是: TS61158现场总线、ControlNet和Ethernet/IP现场总线、Profibus现场总线、P-NET现场总线、FF HSE现场总线、SwiftNet现场总线、World FIP现场总线、Interbus现场总线、FF H1现场总线、PROFInet现场总线, 以及蓝牙和ZigBee无线现场总线等。

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

现场总线控制系统的体系结构如图 1-1 所示，最底层是 Infranet 控制网（即现场总线控制系统），各控制器节点下放分散到现场，构成一种彻底的分布式控制体系结构，网络拓扑结构任意（可为总线型、星型、环型等），通信介质不受限制（可用双绞线、电力线、光纤、无线、红外线等多种形式）。由图 1-1 可知，由现场总线控制系统形成的 Infranet 控制网很容易与 Intranet（企业内部局域网）和 Internet 全球信息网互联，构成一个完整的企业网络 3 级体系结构。

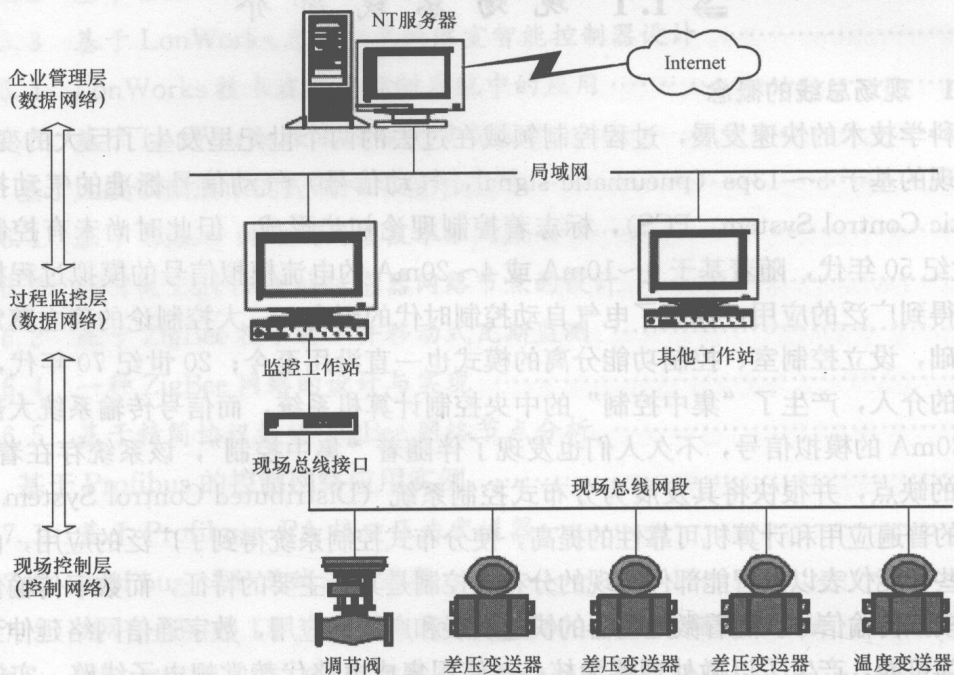


图 1-1 现场总线控制系统体系结构

当控制网络把智能仪器、设备连接在一起时，可提供一个经济、可靠、根据控制需要优化的灵活的联网平台。“The network is the computer（网络就是计算机）”，这一口号多年前由 Sun Microsystems 公司广为宣传，现在能应用于新的模式，即网络就是控制系统。现场总线技术使控制系统向着分散化、智能化、网络化方向发展，使控制技术与计算机及网络技术的结合更为紧密。基于开放通信协议标准的现场总线，为控制网络与信息网络的连接提供了方便，因而对控制网络与信息网络的集成起到了积极的促进作用。当传统的控制系统逐步走向现场总线控制网络的时候，便为构建完整信息基础结构（即 Infranet - Intranet - Internet 网络结构）、集成为一个协调统一的整体铺平了道路。一旦实现 Infranet 与 Intranet/Internet 互联，不仅可丰富网络的信息内容、更好地发挥数据信息和控制信息的综合优势，而且也是真正实现远程监控和综合自动化的坚实基础。

现场总线在自动化以及工业系统中的位置如图 1-2 所示。以工业现场控制中常用的 Profibus 总线为例，在设备级包括驱动器、输出/输出设备、传感器、变送器等现场设备，通过现场总线 Profibus 在现场总线级进行组网，系统轮询完整整个系统所需的时间小于 100ms，然后通过 Profibus - FMS 现场管理总线连接服务器控制平台，对车间级的局域现场总线网络进行控制，最后通过 TCP/IP 协议进行以太网连接，组成工厂级别的区域控制系统。

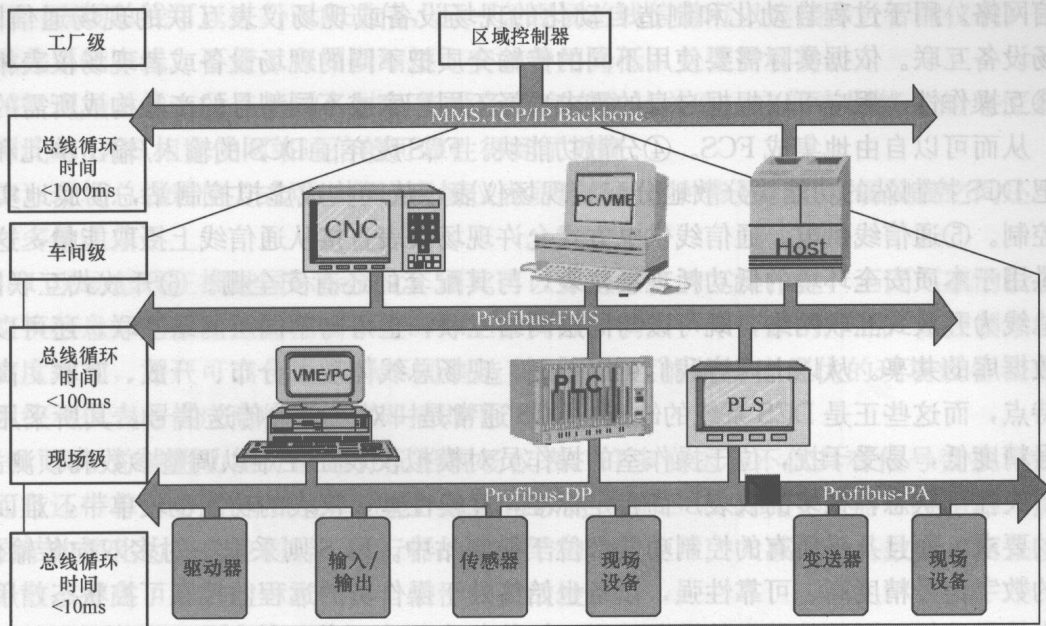


图 1-2 工业系统中现场总线的位置

传统方式现场级设备与控制器之间连接采用一对一的方式，即所谓 I/O 接线方式传递 4~20mA 交流信号或 24V 直流电压信号，典型的车间级现场总线的连接图如图 1-3 所示。

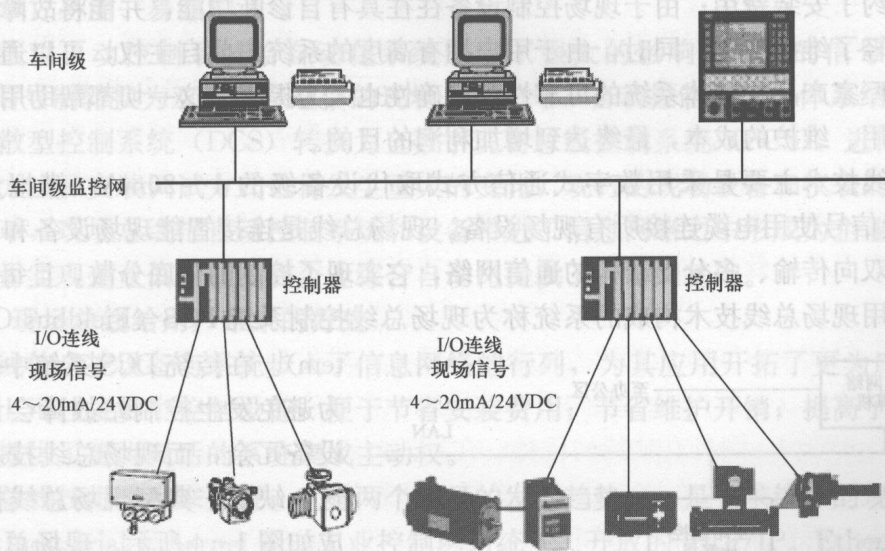


图 1-3 车间级现场总线的连接图

1.1.2 现场总线系统的特点

IEC (International Electrotechnical Commission, 国际电工委员会) 对现场总线 (Fieldbus) 的定义为：现场总线是一种应用于生产现场，在现场设备之间、现场设备和控制装置之间实行双向、串行、多节点的数字通信技术。不同的机构和不同的人可能对现场总线有着不同的定义，不过通常情况下，大家公认现场总线的本质体现在以下六个方面：① 现

场通信网络。用于过程自动化和制造自动化的现场设备或现场仪表互联的现场通信网络。

②现场设备互联。依据实际需要使用不同的传输介质把不同的现场设备或者现场仪表相互关联。

③互操作性。用户可以根据自身的需求选择不同厂家或不同型号的产品构成所需的控制回路，从而可以自由地集成 FCS。

④分散功能块。FCS 废弃了 DCS 的输入/输出单元和控制站，把 DCS 控制站的功能块分散地分配给现场仪表，从而构成虚拟控制站，彻底地实现了分散控制。

⑤通信线供电。通信线供电方式允许现场仪表直接从通信线上摄取能量，这种方式提供用于本质安全环境的低功耗现场仪表，与其配套的还有安全栅。

⑥开放式互连网络。现场总线为开放式互连网络，既可以与同层网络互联，也可与不同层网络互联，还可以实现网络数据库的共享。从以上内容我们可以看到，现场总线体现了分布、开放、互联、高可靠性的特点，而这些正是 DCS 系统的缺点。DCS 通常是一对一单独传送信号，其所采用的模拟信号精度低，易受干扰，位于操作室的操作员对模拟仪表往往难以调整参数和预测故障，处于“失控”状态，很多的仪表厂商自定标准，互换性差，仪表的功能也较单一，难以满足现代的要求，而且几乎所有的控制功能都位于控制站中。FCS 则采取一对多双向传输信号，采用的数字信号精度高、可靠性强，设备也始终处于操作员的远程监控和可控状态，用户可以自由按需选择不同品牌种类的设备互联，智能仪表具有通信、控制和运算等丰富的功能，而且控制功能分散到各个智能仪表中去。由此我们可以看到 FCS 相对于 DCS 的巨大进步。也正是由于 FCS 的以上特点使得其在设计、安装、投运到正常生产都具有很大的优越性：首先由于分散在前端的智能设备能执行较为复杂的任务，不再需要单独的控制器、计算单元等，节省了硬件投资和使用面积；FCS 的接线较为简单，而且一条传输线可以挂接多个设备，大大节约了安装费用；由于现场控制设备往往具有自诊断功能，并能将故障信息发送至控制室，减轻了维护工作；同时，由于用户拥有高度的系统集成自主权，可以通过比较灵活选择合适的厂家产品；整体系统的可靠性和准确性也大为提高。这一切都帮助用户实现了减低安装、使用、维护的成本，最终达到增加利润的目的。

现场总线技术主要是采用数字式通信方式取代设备级的 4~20mA（模拟量或者 24V DC）开关量信号使用电缆连接所有现场设备。现场总线是连接智能现场设备和自动化系统的数字式、双向传输、多分支结构的通信网络，它实现了控制的彻底分散，且每个回路的自治性好。采用现场总线技术构成的系统称为现场总线控制系统 FCS（Fieldbus Control System）。

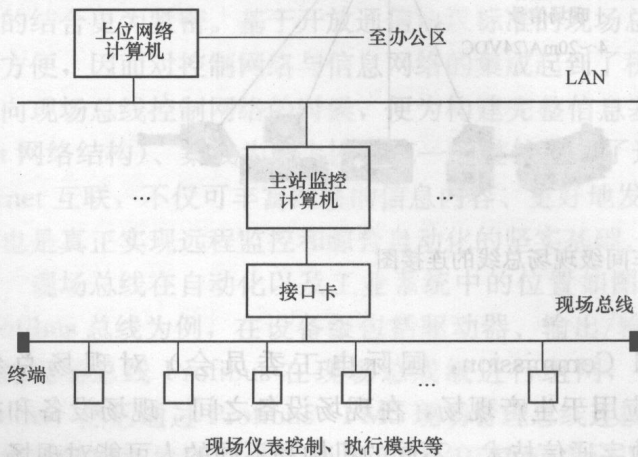


图 1-4 典型现场总线控制系统构成

在传统 DCS 系统中，设计人员为避免发生控制站故障会设置复杂的设备冗余，而现场总线技术则克服了这一缺点。典型现场总线控制系统构成如图 1-4 所示。现场总线技术的优点具体表现在以下几个方面：

(1) 由于现场总线上传递的是全数字化信号，这样可以克服模拟通信方式由于传输、DPA 转换以及 APD 转换所带来的误差，可提高传送精度，抗干扰能力强，无须再采用抗干扰措施，因此降低了成本。

(2) 现场总线可以进行双向通信,且一条现场总线信道可以连接多台智能仪表,因此可大大简化系统布线,可使工程周期缩短,安装费用降低,且维护容易。

(3) 现场总线上所连接的各种智能设备不存在主从关系,它们在网络上的地位是等同的,因此与DCS相比使网络通信的可靠性得到了提高。

(4) 现场总线通信方式可以传递现场仪表所测量的多种参数,且现场仪表之间还可以进行多对多的通信。

(5) 现场总线正推进国际标准化,因此可以保证系统的互操作性,不同厂家的设备之间可以交换信息,因此在构造控制系统时,不必局限于购买一个厂家的产品,使控制系统构成的自由度增加,用户可以自由选择不同制造商提供的性能价格比最优的现场设备和现场仪表,系统和仪表的供应商将提供“即插即用”的产品。

(6) 现场总线将功能分散地分配给现场仪表,许多变送器不仅具有信号变换、补偿功能,而且还带有PID控制和运算功能,这样可以将传统DCS系统变送器—控制器—执行器的三层结构简化为变送控制器—执行器的两层结构,从而可大大减少设备数量,而且使控制彻底分散,提高了系统的可靠性、自治性和灵活性。

(7) 现场总线技术具有自诊断和纠错功能,因此可以进一步提高系统通信的可靠性,并可发现和排除一部分现场仪表故障。

(8) 现场总线为开放式互连网络,所有技术和标准都是公开的,用户可以集成不同制造商的通信网络,还可方便地共享网络数据库。

(9) 现场总线复杂的系统程序都由厂家来提供,用户所要开发的内容较少且比较简便,系统开发易学、易用、易维护。

现场总线对自动控制系统给自动化系统产生了很大的影响,传统的信号制将由4~20mA模拟信号制转换为双向数字通信的现场总线信号,自动控制系统的体系结构将由模拟与数字的分散型控制系统(DCS)转换为全数字现场总线控制系统(FCS),进而自动控制、系统的设计方法和安装调试方式也将发生重大的变化,现行的现场设备和仪表的产品结构将发生重大变革,现场总线把自动控制系统和设备带进了信息网络之中形成为企业信息网络的底层,从而为实现企业信息集成和企业综合自动化提供了可行的基础。

1.1.3 现场总线给用户带来的好处

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;一对双绞线上可挂接多个控制设备,便于节省安装费用;节省维护开销;提高了系统的可靠性;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,它有两个明显的发展趋势:一是寻求统一的现场总线国际标准;二是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、总线供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应用。事实上,这些问题正在迅速得到解决,国内对EPA技术(Ethernet for Process Automation)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技术将会十分迅速地进入工业控制系统的各级网络。

使用现场总线技术给用户带来的好处(使用现场总线从硬件、组装、工程上的节省见图

1-5): 使用现场总线节省硬件成本; 设计组态安装调试简便; 系统的安全可靠性好; 减少故障停机时间; 系统维护设备更换和系统扩充方便; 用户对系统配置设备选型有最大的自主权; 完善了企业信息系统为实现企业综合自动化提供了基础。

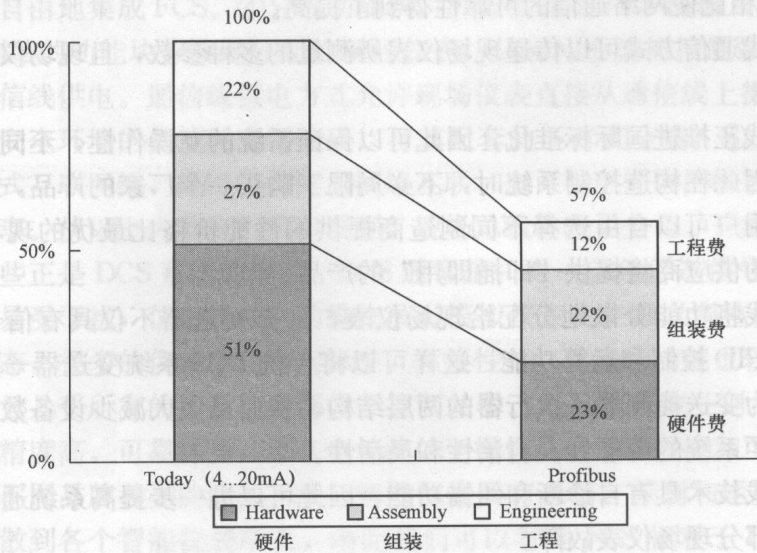


图 1-5 使用现场总线从硬件、组装、工程上的节省

1.1.4 主流现场总线简介

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的智能化的要求。现场总线技术的发展体现为两个方面: 一个是低速现场总线领域的不断发展和完善; 另一个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 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, 研发能力较差, 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和采集数据。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。

由于不同厂家纷纷推出了自己的现场总线控制系统，并规定了相应的标准，而现场总线的标准目前还没有统一起来，目前市场上出现的比较通用的现场总线系统有以下 11 种，下面对这些主流的现场总线做一简单介绍。

1. 基金会现场总线

现场总线基金会是国际公认的唯一不附属于某厂家的非商业化的国际标准化组织，其宗旨是制定单一的国际现场总线标准，它于 1994 年 9 月成立，国际上许多著名的仪表公司都加入了该组织。基金会现场总线（Foundation Fieldbus, FF）是以美国 Fisher - Rosemount 公司为首联合了横河、ABB、西门子、英维斯等 80 家公司制定的 ISP 协议和以 Honeywell 公司为首联合欧洲等地 150 余家公司制定的 WorldFIP 协议于 1994 年 9 月合并的。该总线在过程自动化领域得到了广泛的应用，具有良好的发展前景。基金会现场总线采用国际标准化组织 ISO 的开放系统互联 OSI 的简化模型（1、2、7 层），即物理层、数据链路层、应用层，另外增加了用户层。FF 提供了两种物理层标准 H1 和 H2。H1 为用于过程控制的低速总线，速率为 31.25kbit/s，传输距离为 200m（无屏蔽多芯电缆）、400m（无屏蔽多芯双绞线）和 1200m（屏蔽多芯双绞线）、1900m（屏蔽双绞线），由总线提供供电电源，每段节点数最多为 32 个，拓扑结构为总线型或树型，可支持总线供电和本质安全防爆环境。H2 为用于制造自动化的高速总线，传输速率为 1Mbit/s（750m）和 215Mbit/s（500m），传输媒介可以为屏蔽双绞线、同轴电缆、光纤和无线发射，协议符合 IEC1158 - 2 标准。FF 的物理媒介的传输信号采用曼彻斯特编码，每段最多可接 124 个节点，拓扑结构为总线型。H1 和 H2 之间通过网桥互联，目前已有多家公司生产 H1 低速总线的专用芯片，如 Honeywell、Yokogawa、National Semiconductor 等。

2. CAN

CAN（Controller Area Network，控制器局域网）协议是由德国 Bosch 公司为汽车的监测和控制而设计的，它广泛用于离散控制领域，得到了 Intel、Motorola、NEC 等公司的支持。目前它已逐步应用到其他工业部门的控制应用中，并已成为 ISO - 11898 国际标准。CAN 的接口模块支持 8、16 位的 CPU，可做成 ISA 与 PCI 总线的插卡，也可置于温度、压力以及流量等物理量的变送器中，构成智能化仪表。CAN 支持多主工作方式，网络上任意节点可以在任意时刻主动向网络上其他节点发送信息，而不分主从，通信方式灵活，而且网络上的节点可以设定成不同的优先级，可以满足不同的实时要求。CAN 可以点对点、点对多点以及广播式发送或接收数据。CAN 协议分为两层：物理层和数据链路层。CAN 的信号传输采用短帧结构，传输时间短，具有自动关闭功能，具有较强的抗干扰能力。CAN 支持多主工作方式，并采用了非破坏性总线仲裁技术，通过设置优先级来避免冲突，通信最远距离为 10km（5kbit/s），通信速率最快可达到 1Mbit/s（40m），节点数目可达 110 个。CAN 采用 CRC 校验和其他纠错措施，保证了数据的可靠性，而且 CAN 节点在出现严重错误的情况下，还可自动切断它与总线的联系，可避免影响总线上其他节点的正常工作。CAN 的传输介质为普通双绞线或光纤，它链路比较简单，价格较低，芯片资源也很丰富，用户开发起来比较方便，因此获得了广泛应用。

3. LonWorks

LonWorks 由美国 Echelon 公司推出，并由 Motorola、Toshiba 公司共同倡导。它具有

统一性、开放性和互操作性。LonWorks 现场总线网络简称为 LON 网络，LON 网络的核心是 Neuron 芯片，它既能管理通信，又具有输入、输出能力，芯片内部含有三个 CPU，分别管理网络、介质访问和应用，芯片还附有固件，由固件实现通信协议和任务调度，用户不必将时间花在底层通信上，因此可以缩短开发时间。LON 网络采用的通信协议称为 LonTalk 协议，LonTalk 协议是遵循 OSI 七层参考模型的完整的七层协议，该协议对用户完全开放，而且任何制造商的产品都可以实现互操作，它支持多种通信媒介，包括双绞线、电力线、射频、红外线、同轴电缆和光纤等，LonTalk 协议支持检测 P 应答、自动重发、请求响应等消息服务类型，可以实现点到点、点到多点和广播式信息接收和发送方式。LON 网络在一个测控网络上的节点数最多可达到 32000 个，无论是哪一类节点，都含有用于控制和通信的 Neuron 芯片、用于连接一个或多个 IPO 设备的 IPO 接口，以及负责将节点连接上网的收发器，不同的通信媒介需要使用不同的收发器。

它采用 ISO/OSI 模型的全部七层通信协议，采用面向对象的设计方法，通过网络变量把网络通信设计简化为参数设置。支持双绞线、同轴电缆、光缆和红外线等多种通信介质，通信速率从 300bit/s 至 1.5Mbit/s 不等，直接通信距离可达 2700m (78kbit/s)，被誉为通用控制网络。LonWorks 技术采用的 LonTalk 协议被封装到 Neuron (神经元) 芯片中，并得以实现。采用 LonWorks 技术和神经元芯片的产品，被广泛应用在楼宇自动化、家庭自动化、保安系统、办公设备、交通运输、工业过程控制等行业。

Echelon 公司和其他一些公司提供了多种收发器产品，用户也可自行开发，对于双绞线来说，收发器支持总线和自由拓扑结构，对于不同的双绞线收发器，数据传输速率有 78kbit/s (500~2700m) 和 1125Mbit/s (130m) 两种，若采用其他通信媒介，则 Echelon 公司还可提供电力线收发器，Motorola 公司则可提供无线收发器，Echelon 公司还推出了不同的路由器产品，这些路由器可以连接不同的通信媒介或进行中继以延长数据传输距离。Echelon 公司又推出了 i. LON Internet 服务器，用户可以利用 i. LON 服务器将 LON 网络与 Internet 网连接在一起，这样就能够很方便地实现远程设备的连接，还可为不同企业共享同一网络中的信息资源提供标准的平台。

4. DeviceNet

DeviceNet 是一种低成本的通信连接也是一种简单的网络解决方案，有着开放的网络标准。DeviceNet 具有的直接互联性不仅改善了设备间的通信而且提供了相当重要的设备级阵地功能。DeviceNet 基于 CAN 技术，传输率为 125~500kbit/s，每个网络的最大节点为 64 个，其通信模式为：生产者/客户 (Producer/Consumer)，采用多信道广播信息发送方式。位于 DeviceNet 网络上的设备可以自由连接或断开，不影响网上的其他设备，而且其设备的安装布线成本也较低。DeviceNet 总线的组织结构是 Open DeviceNet Vendor Association (开放式设备网络供应商协会，简称“ODVA”)。

5. Profibus

Profibus 是以欧洲厂家和用户为主的过程自动化现场总线系统，是德国标准 (DIN19245) 和欧洲标准 (EN50170) 的现场总线标准。它是一种多主多从的令牌网络，目前它可提供三种模式，Profibus 由 Profibus - DP、Profibus - FMS、Profibus - PA 系列组成。Profibus - PA (H1，符合 IEC1158 - 2 标准)，用于过程自动化，它是低速总线，可以提供总线供电和本质安全。网络中由耦合器连接和耦合两个不同的网段，耦合器还可起到供电