工业自动化新技术丛书

现场总线与工业以太网及其应用系统设计

李正军　编著

人 民 邮 电 出 版 社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

图书在版编目（CIP）数据

现场总线与工业以太网及其应用系统设计／李正军编著．—北京：人民邮电出版社，2006.2
（工业自动化新技术丛书）
ISBN 7-115-14275-0

Ⅰ．现… Ⅱ．李… Ⅲ．①总线—自动控制系统—基本知识②工业企业—以太网络—基本知识 Ⅳ．TP273②TP393.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2005）第 159378 号

内 容 简 介

本书从工程实际应用出发，全面系统地介绍了现场总线与工业以太网技术及其应用系统设计，内容具有较强的可移植性、先进性、系统性、应用性、资料开放性，力求起到举一反三的作用。

全书共分 8 章，主要内容包括：现场总线概论、控制网络技术、通用串行通信接口技术、PROFIBUS 现场总线、PROFIBUS-DP 通信控制器与网络接口卡、PROFIBUS-DP 应用系统设计、DeviceNet 现场总线与工业以太网及其应用系统设计。

本书是作者在教学与科研实践经验的基础上，结合十几年现场总线与工业以太网技术的发展编写而成的，书中详细地介绍了作者在现场总线与工业以太网应用领域的最新科研成果，并给出了大量的应用设计实例。

本书可作为高等院校自动化、计算机应用、信息工程、机电一体化方向的研究生、高年级本科生的教材，更适合广大从事现场总线与工业以太网技术及其应用系统设计的工程技术人员参考。

工业自动化新技术丛书

现场总线与工业以太网及其应用系统设计

◆ 编　　著　李正军
责任编辑　张　伟

◆ 人民邮电出版社出版发行　　北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编　100061　　电子函件　315@ptpress.com.cn
网址　http://www.ptpress.com.cn
北京鸿佳印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本：787×1092　1/16
印张：24.5
字数：602 千字　　2006 年 2 月第 1 版
印数：1 - 5 000 册　　2006 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-14275-0/TN・2655

定价：36.00 元

读者服务热线：（010）67129264　印装质量热线：（010）67129223

《工业自动化新技术丛书》

前　　言

现代工业自动化技术涉及微电子技术、计算机技术、现代控制技术、传感器技术、通信技术、网络技术、运动控制技术、制造技术等诸多学科。其中，计算机控制技术、可编程序控制器、通用变频器与伺服驱动技术以及机器人技术充当了重要角色，它们通过网络控制技术和现场总线技术的联系，实现了智能化控制系统、网络化控制系统、高性能运动控制系统、分布式控制系统和基于网络系统的虚拟企业自动化系统等。这些新技术正在工业现场得到日新月异地发展，自动化工厂也不断涌现，在工业自动化领域产生了巨大的社会和经济效益。

为了进一步探索、研究和推广工业自动化新技术，推动我国自动化领域的技术进步，提高工业自动化技术的应用水平，培养高水平的工程技术人才，帮助工作在生产一线的工程技术人员及时拓展知识结构，全面地了解和掌握现代工业自动化领域中的最新技术和应用，我们组织有关专家、学者和技术人员编写了《工业自动化新技术丛书》，该丛书内容基本涵盖了现代工业自动化领域中的最新技术及其应用，以适应我国工业自动化发展的需要。

丛书的编写宗旨是以技术应用为主，理论与实践密切结合，强调实用性和系统性，以期在向读者展示国内外最新技术、产品应用与发展动态的同时，提供解决现代工业自动化技术应用的思路与方法，为实现现代自动化工厂提供典型示范。丛书选题既考虑内容的实用性，又考虑到一定的系统性，语言通俗易懂，便于读者自学。

当然，由于工业自动化技术的发展日新月异及编者的水平有限，书中难免存在不少问题和缺点，希望广大读者给予支持和帮助，并欢迎大家批评指正。

前　　言

现代信息技术的三大基础是信息的采集、传输和处理技术，即传感技术、通信技术和计算机技术。现场总线技术是用于现场仪表与控制系统和控制室之间的一种全分散、全数字化、智能、双向、互连、多变量、多点、多站的串行通信技术，被誉为自动化领域的局域网，它是计算机技术、通信技术、控制技术的集成。现场总线技术已成为当今自动化领域发展的热点，世界上许多国家均投入大量的人力和物力开发该项技术，并获得了巨大的成功。

基于现场总线技术的现场总线控制系统（FCS）打破了传统控制系统的结构形式。传统模拟控制系统采用一对一的物理连接，而现场总线控制系统是继基地式仪表控制系统、电动气动单元组合仪表模拟控制系统、直接数字控制系统 DDC、集散控制系统 DCS 之后的新一代智能控制系统。它把单个分散的测量控制设备变成网络节点，以现场总线控制网络为传输纽带，把每个网络节点连接成可以相互沟通信息、共同完成自控任务的网络系统和控制系统。现场总线中的传感器、变送器、执行机构均置入了微控制器，使它们具备了数字计算和数字通信的能力，信息的传输不依赖于控制室内的计算机或控制仪表，直接在现场中的各网络节点完成，实现了彻底的分散，有力地推动了计算机控制系统向数字化、网络化、智能化方向发展。

现场总线技术的发展初衷是建立开放的通信控制网络，使其通信协议趋于统一。但由于众多原因，世界上已有许多公司在开发现场总线技术与产品方面投入了大量的人力与财力，至今在不同领域形成的现场总线已近 200 种，常用的有几十种，并在特定的领域内得到了广泛的应用。近年来，工业以太网的兴起引起了自动控制领域的高度重视，并且在国际上形成了工业以太网标准。我国对发展现场总线与工业以太网技术也投入了较多的人力和物力，并制定了国家标准。本书着重介绍已成为国家标准的 PROFIBUS-DP 现场总线、DeviceNet 现场总线与工业以太网及其应用系统设计。

本书共分 8 章。第 1 章介绍了现场总线的产生与发展、现场总线与企业网络及国内外流行的现场总线；第 2 章介绍了数据通信技术基础、网络互连技术、网络互连设备及通信参考模型；第 3 章介绍了 RS-232C 和 RS-485 通用串行通信接口技术；第 4 章详述了 PROFIBUS 现场总线，包括 PROFIBUS 的协议结构、PROFIBUS-DP 现场总线系统、PROFIBUS-DP 的通信模型、PROFIBUS-DP 的总线设备类型和设备数据库文件（GSD）；第 5 章简述了 DP 从站的实现，详尽地介绍了从站通信控制器 SPC3，并对主站通信控制器 ASPC2 及网络接口卡进行了简单介绍；第 6 章介绍了 PROFIBUS-DP 开发包 4、PROFIBUS-DP 从站的开发、PROFIBUS-DP 从站智能测控节点的系统设计、PROFIBUS-DP 主站通信程序设计、PROFIBUS-DP 从站的测试过程，最后介绍了 PROFInet 技术；第 7 章详述了 DeviceNet 现场总线，包括 DeviceNet 技术概述、DeviceNet 通信模型、DeviceNet 设备描述、DeviceNet 连接、预定义主/从连接实例、网络访问状态机制、指示器和配置开关、CAN 的技术规范、CAN 通信控制器及其收发器，最后介绍了 DeviceNet 节点的开发；第 8 章介绍了工业以太网技术的发展现状与前景、工业以太网的主要标准、TCP/IP 协议的体系结构、IP 协议、ICMP 协议、ARP 协议、端到端通信和端口号、TCP 协议和 UDP 协议、RTL8019AS 全双工以太网控制器、RTL8019AS 在 PMM2000 电力网络仪表中的应用、PMM2000 电力网络仪表以太网通信程序

设计，最后结合 PMM2000 电力网络仪表介绍了以太网上位机网络编程实例。

参加本书编写工作的还有杨洪军、韩英昆、周旭、薛凌燕、梁玮、罗永刚、韩修恒。本书是作者教学和科研实践的总结，书中实例均取自作者近几年的现场总线与工业以太网科研攻关课题。在编写过程中得到了山东大学控制科学与工程学院的领导和同事们的支持。对本书中所引用的参考文献的作者，在此一并向他们表示真诚的感谢。由于编者水平有限，加上时间仓促，书中错误和不妥之处在所难免，敬请广大读者不吝指正。

编著者

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第 1 章
概　　论

1.1　现场总线的产生与发展

现场总线是 20 世纪 80 年代中后期随着计算机、通信、控制和模块化集成等技术发展而出现的一门新兴技术，代表自动化领域发展的最新阶段。现场总线的概念最早由欧洲人提出，随后北美和南美也都投入巨大的人力、物力开展研究工作，目前流行的现场总线已达 40 多种，在不同的领域各自发挥着重要的作用。关于现场总线的定义有多种。IEC 对现场总线（Fieldbus）一词的定义为：现场总线是一种应用于生产现场，在现场设备之间、现场设备与控制装置之间实行双向、串行、多节点数字通信的技术。这是由 IEC/TC65 负责测量和控制系统数据通信部分国际标准化工作的 SC65/WG6 定义的。现场总线是当今自动化领域发展的热点之一，被誉为自动化领域的计算机局域网。它作为工业数据通信网络的基础，沟通了生产过程现场级控制设备之间及其与更高控制管理层之间的联系。它不仅是一个基层网络，而且还是一种开放式、新型全分布式的控制系统。这项以智能传感、控制、计算机、数据通信为主要内容的综合技术，已受到世界范围的关注而成为自动化技术发展的热点，并将导致自动化系统结构与设备的深刻变革。

1.1.1　现场总线的产生

在过程控制领域中，从 20 世纪 50 年代至今一直都在使用着一种信号标准，那就是 4～20mA 的模拟信号标准。20 世纪 70 年代，数字式计算机引入到测控系统中，而此时的计算机提供的是集中式控制处理。20 世纪 80 年代微处理器在控制领域得到应用，微处理器被嵌入到各种仪器设备中，形成了分布式控制系统。在分布式控制系统中，各微处理器被指定一组特定任务，通信则由一个带有附属“网关”的专有网络提供，网关的程序大部分是由用户编写的。

随着微处理器的发展和广泛应用，产生了以 IC 代替常规电子线路，以微处理器为核心，实施信息采集、显示、处理、传输及优化控制等功能的智能设备。一些具有专家辅助推断分析与决策能力的数字式智能化仪表产品，其本身具备了诸如自动量程转换、自动调零、自校正、自诊断等功能，还能提供故障诊断、历史信息报告、状态报告、趋势图等功能。通信技术的发展，促使传送数字化信息的网络技术开始得到广泛应用。与此同时，基于质量分析的维护管理、与安全相关系统的测试记录、环境监视需求的增加，都要求仪表能在当地处理信息，并在必要时允许被管理和访问，这些也使现场仪表与上级控制系统的通信量大增。另外，从实际应用的角度出发，控制界也不断在控制精度、可操作性、可维护性、可移植性等方面

提出新需求。由此，导致了现场总线的产生。

现场总线就是用于现场智能化装置与控制室自动化系统之间的一个标准化的数字式通信链路，可进行全数字化、双向、多站总线式的信息数字通信，实现相互操作以及数据共享。现场总线的主要目的是用于控制、报警和事件报告等工作。现场总线通信协议的基本要求是响应速度和操作的可预测性的最优化。现场总线是一个低层次的网络协议，在其之上还允许有上级的监控和管理网络，负责文件传送等工作。现场总线为引入智能现场仪表提供了一个开放平台，基于现场总线的分布式控制系统（FCS），将是继 DCS 后的又一代控制系统。

1.1.2 现场总线的本质

由于标准并未统一，所以对现场总线也有不同的定义。但现场总线的本质含义主要表现在以下 6 个方面。

1. 现场通信网络

用于过程以及制造自动化的现场设备或现场仪表互连的通信网络。

2. 现场设备互连

现场设备或现场仪表是指传感器、变送器和执行器等，这些设备通过一对传输线互连，传输线可以使用双绞线、同轴电缆、光纤和电源线等，并可根据需要因地制宜地选择不同类型的传输介质。

3. 互操作性

现场设备或现场仪表种类繁多，没有任何一家制造商可以提供一个工厂所需的全部现场设备，所以，互相连接不同制造商的产品是不可避免的。用户不希望为选用不同的产品而在硬件或软件上花很大气力，而希望选用各制造商性能价格比最优的产品，并将其集成在一起，实现“即接即用”；用户希望对不同品牌的现场设备统一组态，构成所需要的控制回路。这些就是现场总线设备互操作性的含义。现场设备互连是基本的要求，只有实现互操作性，用户才能自由地集成 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。例如，流量变送器不仅具有流量信号变换、补偿和累加输入模块，而且有 PID 控制和运算功能块。调节阀的基本功能是信号驱动和执行，还内含输出特性补偿模块，也可以有 PID 控制和运算模块，甚至有阀门特性自检验和自诊断功能。功能块分散在多台现场仪表中，并可统一组态，供用户灵活选用各种功能块，构成所需的控制系统，实现彻底的分散控制。

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获取能量，对于要求本征安全的低功耗现场仪表，可采用这种供电方式。众所周知，化工、炼油等企业的生产现场有可燃性物质，所有现场设备都必须严格遵循安全防爆标准。现场总线设备也不例外。

6. 开放式互连网络

现场总线为开放式互连网络，它既可与同层网络互连，也可与不同层网络互连，还可以实现网络数据库的共享。不同制造商的网络互连十分简便，用户不必在硬件或软件上花太多气力。通过网络对现场设备和功能块统一组态，把不同厂商的网络及设备融为一体，构成统

一的 FCS。

1.1.3 现场总线的特点和优点

1. 现场总线的结构特点

现场总线打破了传统控制系统的结构形式。传统模拟控制系统采用一对一的设备连线，按控制回路分别进行连接。位于现场的测量变送器与位于控制室的控制器之间，控制器与位于现场的执行器、开关、电动机之间均为一对一的物理连接。

现场总线控制系统由于采用了智能现场设备，能够把原先 DCS 系统中处于控制室的控制模块、各输入输出模块置入现场设备中，加上现场设备具有通信能力，现场的测量变送仪表可以与阀门等执行机构直接传送信号，因而控制系统功能能够不依赖控制室的计算机或控制仪表，直接在现场完成，实现了彻底的分散控制。现场总线控制系统（FCS）与传统控制系统（如 DCS）结构对比如图 1-1 所示。

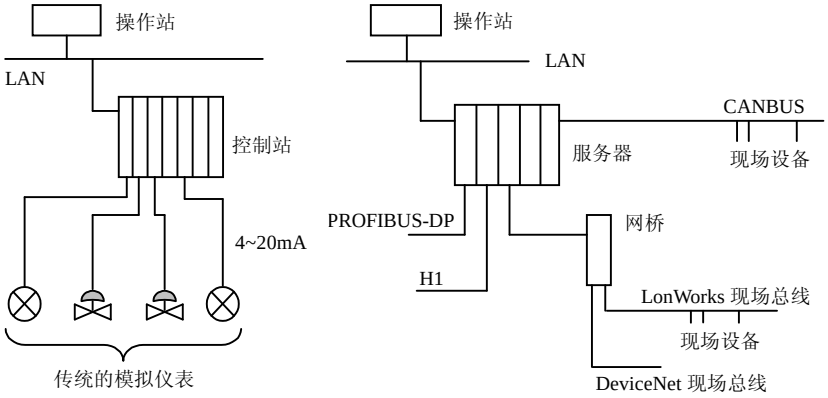


图 1-1 FCS 与 DCS 结构比较

由于采用数字信号替代模拟信号，因而现场总线控制系统可实现一对电线上传输多个信号，如运行参数值、多个设备状态、故障信息等，同时又为多个设备提供电源，现场设备以外不再需要模拟/数字、数字/模拟转换器件。这样就为简化系统结构、节约硬件设备、节约连接电缆与各种安装、维护费用创造了条件。

2. 现场总线的技术特点

（1）系统的开放性

开放系统是指通信协议公开，各不同厂家的设备之间可进行互连并实现信息交换，现场总线开发者就是要致力于建立统一的工厂底层网络的开放系统。这里的开放是指对相关标准的一致性、公开性，强调对标准的共识与遵从。一个开放系统，它可以与任何遵守相同标准的其他设备或系统相连。一个具有总线功能的现场总线网络系统必须是开放的，开放系统把系统集成的权利交给了用户，用户可按自己的需要和对象，把来自不同供应商的产品组成大小随意的系统。

（2）互可操作性与互用性

这里的互可操作性，是指实现互连设备间、系统间的信息传送与沟通，可实行点对点，一点对多点的数字通信。而互用性则意味着不同生产厂家的性能类似的设备可进行互换而实现互用。

（3）现场设备的智能化与功能自治性

它将传感测量、补偿计算、工程量处理与控制等功能分散到现场设备中完成，仅靠现场设备即可完成自动控制的基本功能，并可随时诊断设备的运行状态。

（4）系统结构的高度分散性

由于现场设备本身已经可以完成自动控制的基本功能，使得现场总线已构成一种新的全分布式控制系统的体系结构。这从根本上改变了现有 DCS 集中与分散相结合的集散控制系统体系，简化了系统结构，提高了可靠性。

（5）对现场环境的适应性

工作在现场设备前端，作为工厂网络底层的现场总线，是专为在现场环境工作而设计的，它可支持双绞线、同轴电缆、光缆、射频、红外线、电力线等，具有较强的抗干扰能力，能采用两线制实现送电与通信，并可满足安全防爆要求等。

3. 现场总线的优点

由于现场总线的以上特点，特别是现场总线系统结构的简化，使控制系统从设计、安装、投运到正常生产运行及检修维护，都体现出优越性。

（1）节省硬件数量与投资

由于现场总线系统中分散在设备前端的智能设备能直接执行多种传感、控制、报警和计算功能，因而可减少变送器的数量，不再需要单独的控制器、计算单元等，也不再需要 DCS 系统的信号调理、转换、隔离技术等功能单元及其复杂接线，还可以用工控 PC 机作为操作站，从而节省了一大笔硬件投资。由于控制设备的减少，还可减少控制室的占地面积。

（2）节省安装费用

现场总线系统的接线十分简单，由于一对双绞线或一条电缆上通常可挂接多个设备，因而电缆、端子、槽盒、桥架的用量大大减少，连线设计与接头校对的工作量也大大减少。当需要增加现场控制设备时，无需增设新的电缆，可就近连接在原有的电缆上，既节省了投资，也减少了设计、安装的工作量。据有关典型试验工程的测算资料，可节约安装费用 60%以上。

（3）节约维护开销

由于现场控制设备具有自诊断与简单故障处理的能力，并通过数字通信将相关的诊断维护信息送往控制室，用户可以查询所有设备的运行和诊断维护信息，以便及时分析故障原因并快速排除，缩短了维护停工时间，同时由于系统结构简化、连线简单而减少了维护工作量。

（4）用户具有高度的系统集成主动权

用户可以自由选择不同厂商所提供的设备来集成系统，从而避免因选择了某一品牌的产品被“框死”了设备的选择范围，不会为系统集成中不兼容的协议、接口而一筹莫展，使系统集成过程中的主动权完全掌握在用户手中。

（5）提高了系统的准确性与可靠性

由于现场总线设备的智能化、数字化，与模拟信号相比，它从根本上提高了测量与控制的准确度，减少了传送误差。同时，由于系统的结构简化，设备与连线减少，现场仪表内部功能加强，减少了信号的往返传输，提高了系统的工作可靠性。

此外，由于设备标准化和功能模块化，因而还具有设计简单，易于重构等优点。

1.1.4 现场总线的现状

国际电工技术委员会/国际标准协会（IEC/ISA）自 1984 年起着手现场总线标准工作，但

统一的标准至今仍未完成。同时，世界上许多公司也推出了自己的现场总线技术。但太多存在差异的标准和协议，会给实践带来复杂性和不便，影响开放性和可互操作性。因而在最近几年里开始标准统一工作，减少现场总线协议的数量，以达到单一标准协议的目标。各种协议标准合并的目的是为了达到国际上统一的总线标准，以实现各家产品的互操作性。

IEC TC65（负责工业测量和控制的第 65 标准化技术委员会）1999 年年底通过了 8 种类型的现场总线作为 IEC 61158 国际标准。该标准采用的 8 种类型现场总线如下：

Type 1	IEC 61158（FF 的 H1）	技术报告；
Type 2	ControlNet（美国 Rockwell 公司支持）	现场总线；
Type 3	PROFIBUS（德国 Siemens 公司支持）	现场总线；
Type 4	P-Net（丹麦 Process Data 公司支持）	现场总线；
Type 5	FF HSE（即原 FF 的 H2，Fisher-Rosemount 公司支持）	现场总线；
Type 6	SwiftNet（美国波音公司支持）	现场总线；
Type 7	WorldFIP（法国 Alstom 公司支持）	现场总线；
Type 8	INTERBUS（德国 Phoenix Contact 公司支持）	现场总线。

另外，IEC TC17B 通过的 3 种现场总线国际标准为：

SDS（Smart Distributed System）；

DeviceNet；

AS-I（Actuator Sensor-Interface）。

除此之外，还有 ISO 11898 的 CAN（Control Area Network）。

中国推出的现场总线标准为 EPA（Ethernet Plant Automation），目前正在积极工作，希望成为未来的国际标准。

现场总线国际标准 IEC61158 中采用了 8 种协议类型，以及其他一些现场总线。每种总线都有其产生的背景和应用领域。总线是为了满足自动化发展的需求而产生的，由于不同领域的自动化需求各有其特点，因此在某个领域中产生的总线技术一般对这一特定的领域的满足度高一些，应用多一些，适用性好一些。据美国 ARC 公司的市场调查，世界市场对各种现场总线的需求的实际额为：过程自动化 15%（FF、PROFIBUS-PA、WorldFIP）、医药领域 18%（FF、PROFIBUS-PA、WorldFIP）、加工制造 15%（PROFIBUS-DP、DeviceNet）、交通运输 15%（PROFIBUS-DP、DeviceNet）、航空、国防 34%（PROFIBUS-FMS、LonWorks、ControlNet、DeviceNet），其他还包括农业（未统计，P-NET、CAN、PROFIBUS-PA/DP、DeviceNet、ControlNet）、楼宇（未统计，LonWorks、PROFIBUS-FMS、DeviceNet）等领域。由此可见，随着时间的推移，占有市场 80%左右的总线将只有六七种，而且其应用领域比较明确，如 FF、PROFIBUS-PA 适用于冶金、石油、化工、医药等流程行业的过程控制，PROFIBUS-DP、DeviceNet 适用于加工制造业，LonWorks、PROFIBUS-FMS、DeviceNet 适用于楼宇、交通运输、农业。但这种划分又不是绝对的，相互之间又互有渗透。

工业以太网的引入成为新的热点。工业以太网正在工业自动化和过程控制市场上迅速增长，几乎所有远程 I/O 接口技术的供应商均提供一个支持 TCP/IP 协议的以太网接口，如 Siemens、Rockwell、GE Fanuc 等，他们销售各自的 PLC 产品，但同时提供与远程 I/O 和基于 PC 的控制系统相连接的接口。从美国 VDC 公司调查结果也可以看出，在今后 3 年，以太网的市场占有率将达到 20%以上。FF 现场总线正在开发高速以太网，这无疑大大加强了以太网在工业领域的地位。

1.1.5 现场总线网络的实现

现场总线的基础是数字通信，通信就必须有协议，从这个意义上讲，现场总线就是一个定义了硬件接口和通信协议的标准。国际标准化组织（ISO）的开放系统互连（OSI）协议，是为计算机互联网而制定的七层参考模型，它对任何网络都是适用的，只要网络中所要处理的要素是通过共同的路径进行通信。目前，各个公司生产的现场总线产品没有一个统一的协议标准，但是各公司在制定自己的通信协议时，都参考 OSI 七层协议标准，且大多采用了其中的第 1、2 层和第 7 层，即物理层、数据链路层和应用层，并增设了第 8 层，即用户层。

1. *物理层*

物理层定义了信号的编码与传送方式、传送介质、接口的电气及机械特性、信号传输速率等。现场总线有两种编码方式：Manchester 和 NRZ，前者同步性好，但频带利用率低，后者刚好相反。Manchester 编码采用基带传输，而 NRZ 编码采用频带传输。调制方式主要有 CPFSK 和 COFSK。现场总线传输介质主要有有线电缆、光纤和无线介质。

2. *数据链路层*

数据链路层又分为两个子层，即介质访问控制层（MAC）和逻辑链路控制层（LLC）。MAC 功能是对传输介质传送的信号进行发送和接收控制，而 LLC 层则是对数据链进行控制，保证数据传送到指定的设备上。现场总线网络中的设备可以是主站，也可以是从站，主站有控制收发数据的权利，而从站则只有响应主站访问的权利。

关于 MAC 层，目前有三种协议：

（1）集中式轮询协议

其基本原理是网络中有主站，主站周期性地轮询各个节点，被轮询的节点允许与其他节点通信。

（2）令牌总线协议

这是一种多主站协议，主站之间以令牌传送协议进行工作，持有令牌的站可以轮询其他站。

（3）总线仲裁协议

其机制类似于多机系统中并行总线的管理机制。

3. *应用层*

应用层可以分为两个子层，上面子层是应用服务层（FMS 层），它为用户提供服务；下面子层是现场总线存取层（FAS 层），它实现数据链路层的连接。

应用层的功能是进行现场设备数据的传送及现场总线变量的访问。它为用户应用提供接口，定义了如何应用读、写、中断和操作信息及命令，同时定义了信息、句法（包括请求、执行及响应信息）的格式和内容。应用层的管理功能在初始化期间初始化网络，指定标记和地址。同时按计划配置应用层，也对网络进行控制，统计失败和检测新加入或退出网络的装置。

4. *用户层*

用户层是现场总线标准在 OSI 模型之外新增加的一层，是使现场总线控制系统开放与可互操作性的关键。

用户层定义了从现场装置中读、写信息和向网络中其他装置分派信息的方法，即规定了供用户组态的标准“功能模块”。事实上，各厂家生产的产品实现功能块的程序可能完全不同，但对功能块特性描述、参数设定及相互连接的方法是公开统一的。信息在功能块内经过处理后输出，用户对功能块的工作就是选择“设定特征”及“设定参数”，并将其连接起来。功能

需要全本请访问 www.ertongbook.com

块除了输入输出信号外，还输出表征该信号状态的信号。

1.1.6 现场总线技术的发展趋势

发展现场总线技术已成为工业自动化领域广为关注的焦点，国际上现场总线的研究、开发，使测控系统冲破了长期封闭系统的禁锢，走上开放发展的征程，这对我国现场总线控制系统的发展是个极好的机会，也是一次严峻的挑战。现场总线技术是控制、计算机、通信技术的交叉与集成，涉及的内容十分广泛，应不失时机地抓好我国现场总线技术与产品的研究与开发。

自动化系统的网络化是发展的大趋势，现场总线技术受计算机网络技术的影响是十分深刻的。现在网络技术日新月异，发展十分迅猛，一些具有重大影响的网络新技术必将进一步融合到现场总线技术之中，这些具有发展前景的现场总线技术有：

- 智能仪表与网络设备开发的软硬件技术；
- 组态技术，包括网络拓扑结构、网络设备、网络互连等；
- 网络管理技术，包括网络管理软件、网络数据操作与传输；
- 人机接口、软件技术；
- 现场总线系统集成技术。

现场总线属于尚在发展的技术，我国在这一技术领域还刚刚起步。了解国际上该项技术的现状与发展动向，对我国相关行业的发展，对自动化技术、设备的更新，无疑具有重要的作用。总体说来，自动化系统与设备将朝着现场总线体系结构的方向前进，这一发展趋势是肯定的。既然是总线，就要向着趋于开放统一的方向发展，成为大家都遵守的标准规范，但由于这一技术所涉及的应用领域十分广泛，几乎覆盖了所有连续、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，一个现场总线体系下可能不只容纳单一的标准。另外，从以上介绍也可以看出，几大技术均具有自己的特点，已在不同应用领域形成了自己的优势。加上商业利益的驱使，它们都正在十分激烈的市场竞争中求得发展。

有理由认为：在从现在起的未来 10 年内，可能出现几大总线标准共存，甚至在一个现场总线系统内，几种总线标准的设备通过路由网关互连实现信息共享的局面。

1.2 现场总线与企业网络

企业网络主要由处理企业管理与决策信息的信息网络和处理企业现场实时测控信息的控制网络两部分组成。信息网络处于企业的上层，处理大量的、变化和多样的信息，具有高速、综合的特点；控制网络采用现场总线技术，处于企业的底层，处理实时的、现场传感器和执行器等设备的现场信息，具有协议简单、安全可靠、容错性强及低成本等特点。

1.2.1 企业网络

在信息社会中，信息是一项重要的生产力要素，是至关重要的资源，在社会各行各业的生存和发展中发挥着重大作用。在市场经济下，企业要实现管理现代化，要在激烈的市场竞争中求得生存和发展，就必须善于收集信息、处理信息、利用信息，并开发信息资源。国内外大企业都把加强信息基础设施建设放在企业经营发展战略的重要位置，以加快企业自身的信息化建

设步伐。企业信息化就是企业用信息化的功能去推动企业的管理、生产、销售和决策。

企业网络一般是指在一个企业范围内将信号检测、数据传输、处理、存储、计算、控制等设备或系统连接在一起，将企业范围内的网络、计算、存储等资源连接在一起，提供企业内的信息共享、员工间的便捷通信和企业外部的信息访问，提供面向客户的企业信息查询及业务伙伴间的信息交流等多方面功能的一个计算机网络。企业网能够实现企业内部的资源共享、信息管理、过程控制、经营决策，并能够访问企业外部的信息资源，使得企业的各项事务能协调运作，从而实现企业集成管理和控制。

企业网络是一个企业的信息基础设施。企业网络涉及局域网、广域网、现场总线以及网络互连等技术，是计算机技术、信息技术、分布式计算和控制技术在企业管理与控制中的有机统一。网络技术与应用的热点和重心向企业网络技术的转移，是网络技术发展及应用的一个重要方向。企业网络作为一种网络技术，就是要适应各行各业的不同应用需求，并确定相应的技术实现方案。

企业网络是众多新技术的综合应用的结果。企业网络在技术上涉及其集成和实现，在应用上要考虑企业网络本身，而且要考虑企业网络周围的环境。企业网络组成技术和企业网络实现技术是支撑企业网络应用的基础。企业网络的结构如图 1-2 所示。

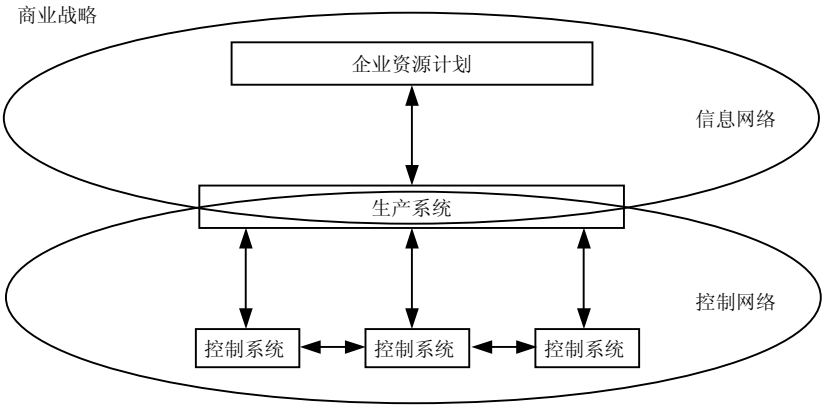


图 1-2　企业网络结构

企业网络组成技术包括：计算机技术，数据库技术，网络与通信技术，控制技术，现场总线技术，多媒体技术和管理技术。企业网络实现技术包括：局域网、广域网、网络互连、系统集成、Internet、Intranet 和 Extranet。企业网络支持下的应用包括：管理信息系统 MIS（基于 Web 的现代管理信息系统 WMIS）、办公自动化（OA）系统、计算机支持的协同工作 CSCW 系统、计算机集成制造系统 CIMS、制造资源计划 MRP Ⅱ和客户关系管理系统 CRM 等。

1.2.2　企业网络技术

1. 企业网络技术的需求

目前，企业网络已渗透到国民经济的各个领域，对企业的产业结构、产品结构、经营管理、服务方式等带来了革命性的影响，并成为衡量一个企业科技水平和综合力量的重要指标。企业网络的应用不仅可以改造传统产业，提高产品的附加值，而且对推动企业的发展，促进产业经济信息化也将起到关键性的作用。

企业要想在激烈的市场竞争中求得生存和发展，必须改善其过程控制和产品制造模式，

依靠虚拟制造、虚拟企业和提高自动化水平来实现规模经营和灵活经营，从而降低产品成本，提高企业经营效益。而企业网络实现了企业各部门之间以及企业与外界之间的有效联系，实现了现场控制网络与管理信息网络之间的有效联系，为虚拟制造和虚拟企业的建立创造了条件。

因此，企业信息化是企业在 21 世纪取得信息经济成功的必由之路。

2. 企业网络技术

计算机技术、通信技术和控制技术的飞速发展，推动着企业网络技术的产生和发展。企业网络正是这三种技术在企业中的融合和应用。

（1）计算机技术

计算机技术，特别是微型计算机技术，在最近几年获得了突飞猛进的发展，其运算速度越来越快，存储容量越来越大，软件资源越来越丰富，应用领域越来越广泛。同时，伴随着多媒体技术的发展，计算机已被用于教育、科研、生产、商业、娱乐等领域，走进了人们生活的每个角落。计算机作为信息处理的工具，它不是孤立存在的，按照某种规则和要求建立起来的计算机网络更显示了其强大的功能。

（2）网络与通信技术

高速宽带网的出现大大提高了通信效率，交换以太网、快速以太网、千兆位以太网（吉比特以太网）、FDDI 和 ATM 等网络技术逐渐成熟和完善，使得人们可以传输数据、文本、声音、图像、视频等多媒体信息。更重要的是，飞速发展的 Internet 对人们的生活观念、生活方式、工作方式产生了巨大的影响，人们已经离不开网络。

（3）控制技术

20 世纪 80 年代问世的现场总线是过程控制技术、仪表技术和计算机网络技术结合的产物。由于通信协议参照了 OSI 参考模型，使得现场总线可以与上层企业信息网集成到一起，从而使过程自动化、楼宇自动化、家庭自动化等成为可能。现场总线作为 21 世纪现场控制系统的基础，代表着未来测量与控制领域技术发展的方向，它将产生的影响和发挥的作用是难以估量的。目前，现场总线技术的研究、开发和应用成为一个十分复杂的课题。

3. 企业网络的特性

企业网络具有四种特性。

（1）范围确定性

企业网络是在有关企业范围内为实现企业的集成管理和控制而建成的网络环境，具有特定的地域和服务范围，并能实现从现场实时控制到管理决策支持的功能。

（2）集成性

企业网络通过对计算机技术、信息与通信技术和控制技术等技术的集成，达到了现场信号监测、数据处理、实时控制到信息管理、经营决策等功能上的集成，从而构成了企业信息基础设施的基本骨架。

（3）安全性

企业网络区别于 Internet 和其他网络。它作为相对独立单位的某个企业的内部网络，在企业信息保密和防止外部入侵方面要求高度的安全性，要确保企业能通过企业网络获取外部信息和发布内部公开信息，相对独立和安全地处理内部事务。

（4）相对开放性

企业网络是连接企业各部门的桥梁和纽带，它是一个广域网，并与 Internet 连通，以实

现企业对外联系的职能。也就是说，企业网络是作为 Internet 的一个组成部分出现的，它具有开放性，但这种开放性是在高度安全措施保障下的相对的开放性。

企业网络应该具有高效率、高效益、高柔性的特点。

4. 企业信息化与自动化的层次模型

企业信息化与自动化的典型三层模型是：设备层、自动化层和信息层。

（1）设备层

设备层的设备种类繁多，有传感器、启动器、驱动器、I/O 部件、变送器、执行机构、变换器、阀门等。设备的多样性要求设备层满足开放性要求，各厂商遵循公认的标准，保证产品满足标准化；来自不同厂家的设备在功能上可用相同功能的同类设备互换，实现可互换性；不同厂家的设备可以相互通信，在多厂家的环境中完成功能，实现可互操作性。

（2）自动化层

自动化层实现控制系统的网络化，控制网络遵循开放的体系结构与协议；对设备层的开放性，允许符合开放标准的设备方便地接入；对信息层的开放性，允许与信息层互连、互通、互操作。

自动化层控制网络的出现与发展，为实现自动化层开放性策略打下了良好的基础。

（3）信息层

信息层较好地实现开放性策略，各类局域网满足 IEEE 802 标准，信息网络的互连遵循 TCP/IP 协议。

1.2.3 企业网络的体系结构

根据计算机集成制造系统 CIM-OSA 模型和 PUDU 模型，企业的控制管理层次大致可分为 5 层，如图 1-3 所示。

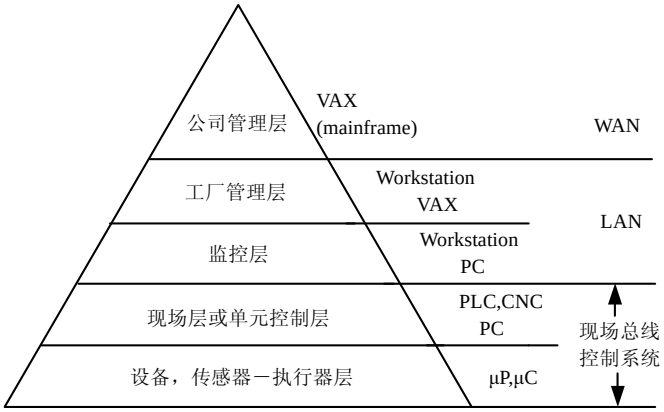


图 1-3 企业的控制管理层次

底层的单元控制层和设备层是企业信息流和物流的起点。以控制为主，能否实现高柔性、高效率、低成本的控制管理，直接关系到产品的质量、成本和市场前景；而传统的 DCS、PLC 控制系统由于其控制的相对集中，导致了可靠性的下降和成本的增加，且无法实现真正的互操作性。另外，由于其自身系统的相对封闭，与上层管理信息系统的信息交换也存在一定困难。因此，进入 20 世纪 90 年代以来，现场总线控制系统正逐渐成为该控制领域的主流。

1. 体系结构

应用需求的提高和相关技术的发展，要求企业网络能同时处理数据、声音、图像、视频

等多媒体信息，满足企业从管理决策到现场控制自上而下的应用需求，实现对多种媒体、多种功能的集成。

企业网络的结构按功能可分为信息网络和控制网络上、下两层，其体系结构如图 1-4 所示。

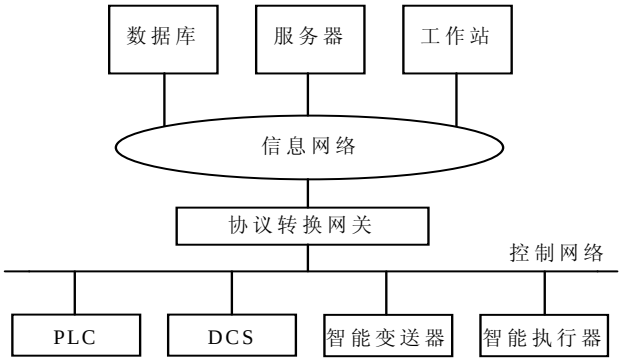


图 1-4　企业网络的体系结构

（1）信息网络

信息网络位于企业网络的上层，是企业数据共享和传输的载体，它需满足如下要求：

- 是高速通信网络；
- 能够实现多媒体的传输；
- 与 Internet 互连；
- 是一个开放系统；
- 满足数据安全性要求；
- 易于技术扩展和升级/更新。

（2）控制网络

控制网络位于企业网的下层，与信息网络紧密地集成在一起，服从信息网络的操作，同时又具有独立性和完整性。它的实现既可以用工业以太网，也可以采用自动化领域的新技术——现场总线技术，或者工业以太网与现场总线技术的结合。

（3）信息网络与控制网络互连的逻辑结构

传统的企业模型具有分层结构，然而随着信息网络技术的不断发展，企业为适应日益激烈的市场竞争的需要，已提出分布化、扁平化和智能化的要求。

信息网络和控制网络互连主要基于以下目的：

- 将测控网络连接到更大的网络系统中，如 Intranet、Extranet 和 Internet；
- 提高生产效率和控制质量，减少停机维护和维修的时间；
- 实现集中管理和高层监控；
- 实现远程异地诊断和维护；
- 利用更为及时的信息，提高控制管理及决策的水平。

信息网络与控制网络互连的逻辑结构如图 1-5 所示。

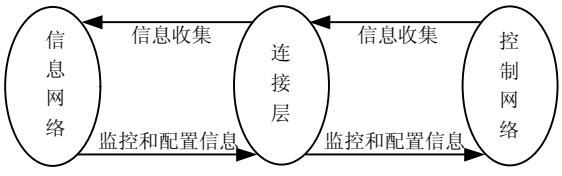


图 1-5　信息网络与控制网络互连的逻辑结构

连接层为提供在控制网络和信息网络

的应用程序之间进行一致性连接起着关键作用。它负责将控制网络的信息表达成应用程序可以理解的格式，并将用户应用程序向下传递的监控和配置信息变为控制设备可以理解的格式。在解决实际互连问题时，为了最大限度地利用现有的工具和标准，用户希望采用开放策略解决互连问题，各种标准化工作的展开和进展对控制网络的发展是极为有利的。连接层具有协议简单、容错性强、安全可靠、成本低廉等特征。

企业要实现高效率、高效益、高柔性，必须有一体化的企业网络支持。建立控制与管理一体化的企业网络将为企业综合自动化与信息化创造如下有利的条件：

- 建立综合的、实时的信息库，为企业优化控制、生产调度、计划决策提供依据；
- 建立分布式数据库管理功能，保证数据一致性、完整性和可操作性；
- 实现企业网络的协同工作，充分利用设备资源与网络资源，提高网络服务质量；
- 实现对控制网络工作的统一管理与优化调度；
- 实现对控制网络工作的远程监控、诊断、软件维护与更新。

2. 控制网络系统与信息管理系统的关系

企业网络是在企业以及与企业相关的范围内，为了实现资源共享、优化调度和辅助管理决策，通过系统集成的途径建立的网络环境，是一个企业的信息基础设施。企业网络是网络化企业组织的管理理念的体现。目前，企业网络的主流实现形式基本上是以 Intranet 为中心，以 Extranet 为补充，依托 Internet 建立的。

工业企业网络是企业网络中的一个重要分支，是指应用于工业领域的企业网络，是工业企业的管理和信息基础设施。它在体系结构上包括信息管理系统和控制网络系统，体现了工业企业管理——控制一体化的发展方向和组织模式。控制网络系统作为工业企业网络中一个不可或缺的组成部分，除了完成现场生产系统的监控以外，还实时地收集现场信息与数据，并向信息管理系统传送。控制网络系统便是在控制网络的基础上实现的控制系统。控制网络系统与信息管理系统的关系如图 1-6 所示。

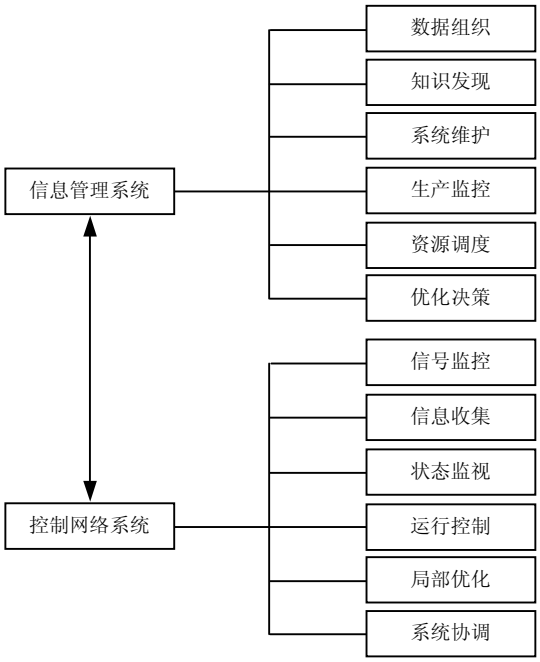


图 1-6　控制网络系统与信息管理系统的关系

需要全本请访问 www.ertongbook.com