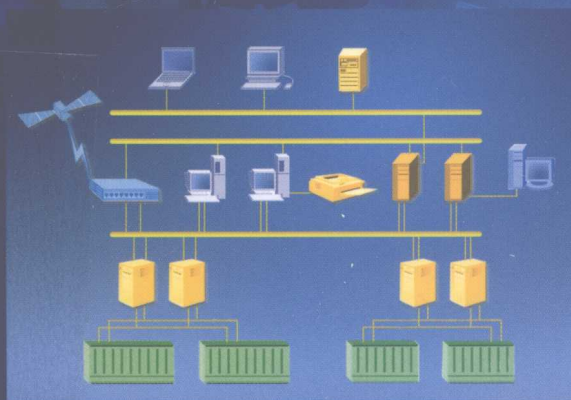


现场总线与工业 以太网及其应用技术

李正军 编著



- 融合作者多年来在现场总线与工业以太网应用领域科研成果
- 介绍了代表工业通信未来的netX网络控制器
- 讲解了PROFIBUS-DP工程应用系统设计
- 详述了DeviceNet现场总线
- 介绍了工业以太网工程应用系统设计
- 书中应用实例的原理图和程序代码可供移植



电气信息工程丛书

现场总线与工业以太网 及其应用技术

李正军 编著

机械工业出版社

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,力求所讲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,起到举一反三的作用。

全书共分9章,主要内容包括现场总线与工业以太网概论、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、TCP/IP 协议与以太网控制器、工业以太网应用系统设计。

本书可作为高等院校自动化、测控技术及仪器、计算机应用、信息工程、机电一体化方向的研究生、本科生的教材,也可作为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用书。

图书在版编目(CIP)数据

现场总线与工业以太网及其应用技术/李正军 编著. —北京:机械工业出版社,2011.9

(电气信息工程丛书)

ISBN 978-7-111-35607-3

I. ① 现… II. ① 李… III. ① 总线-技术② 工业企业-以太网 IV. ① TP336② TP393.18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 160641 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:时 静

责任印制:杨 曦

北京中兴印刷有限公司印刷

2011 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·27.75 印张·686 千字

0 001—3 500 册

标准书号:ISBN 978-7-111-35607-3

定价:58.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务 网络服务

社服务中心:(010)88361066

销售一部:(010)68326294

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

门户网:<http://www.cmpbook.com>

教材网:<http://www.cmpedu.com>

封面无防伪标均为盗版

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、互联、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，实现了彻底地分散，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有百余种，常用的有几十种，并在特定的领域内得到了广泛的应用。由于 Ethernet（以太网）技术和应用的发展，使 Ethernet 技术从办公自动化走向工业自动化。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 9 章，第 1 章介绍了现场总线与工业以太网的产生与发展、企业网络及国内外流行的现场总线与工业以太网，并介绍了代表工业通信未来的网络控制芯片 netX；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与 Modbus 通信协议；第 4 章介绍了 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，以及主站通信控制器 ASPC2 与网络接口卡；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、PROFINET 技术，以及基于嵌入式通信模块 COM - C 的 PROFIBUS - DP 主站系统设计；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、DM9000A全双工以太网控制器；第9章介绍了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，并结合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周旭松、王鹏、王水、满令伍等同学。本书是作者教学和科研实践的总结，书中实例均是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，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。

编者

目 录

前言

第 1 章 概论	1
1.1 现场总线的产生与发展	1
1.1.1 现场总线的产生	1
1.1.2 现场总线的本质	2
1.1.3 现场总线的特点和优点	3
1.1.4 现场总线的现状	5
1.1.5 现场总线网络的实现	6
1.1.6 现场总线技术的发展趋势	7
1.2 工业以太网的产生与发展	8
1.2.1 以太网引入工业控制领域的技术优势	8
1.2.2 工业以太网与实时以太网	9
1.2.3 IEC 61786-2 标准	10
1.2.4 工业以太网技术的发展现状	11
1.2.5 工业以太网技术的发展趋势与前景	13
1.3 现场总线与企业网络	16
1.3.1 企业网络概述	16
1.3.2 企业网络技术	17
1.3.3 企业网络的体系结构	19
1.3.4 企业网络的实现	21
1.3.5 Intranet	24
1.3.6 信息网络与控制网络	27
1.4 流行现场总线简介	30
1.4.1 基金会现场总线	30
1.4.2 PROFIBUS	30
1.4.3 CAN	31
1.4.4 DeviceNet	32
1.4.5 LonWorks	33
1.4.6 ControlNet	34
1.4.7 CC-Link	35
1.4.8 CompoNet	37
1.5 工业以太网简介	41
1.5.1 工业以太网的主要标准	41
1.5.2 IDA	43

1.5.3	Ethernet/IP	43
1.5.4	EtherCAT	45
1.5.5	Ethernet Powerlink	46
1.5.6	PROFINET	46
1.5.7	HSE	51
1.5.8	EPA	52
1.6	netX 网络控制器	55
1.6.1	netX 系列网络控制器	56
1.6.2	netX 系列网络控制器的软件结构	58
1.6.3	netX 可用的协议堆栈	59
1.6.4	基于 netX 网络控制器的产品分类	59
1.6.5	开发工具和测试板	62
1.6.6	设计服务	62
1.6.7	价格模式	63
1.7	习题	63
第2章	控制网络技术	64
2.1	数据通信技术基础	64
2.1.1	数据通信的基本概念	64
2.1.2	通信系统的结构	66
2.1.3	数据的编码技术	67
2.1.4	数据的传输模式	70
2.1.5	数据的通信方式	73
2.1.6	计算机网络及其拓扑结构	75
2.1.7	传输介质	76
2.1.8	介质访问控制方式	78
2.1.9	差错控制编码技术	79
2.2	网络互连技术	83
2.2.1	基本概念	83
2.2.2	网络互连规范	83
2.2.3	网络互连和操作系统	83
2.2.4	现场控制网络互连	84
2.3	网络互连设备	84
2.3.1	中继器	85
2.3.2	网桥	85
2.3.3	路由器	86
2.3.4	网关	86
2.4	通信参考模型	87
2.4.1	OSI 参考模型	87
2.4.2	TCP/IP 参考模型	90

2.4.3 现场总线的通信模型	92
2.5 习题	93
第3章 通用串行通信接口技术	94
3.1 串行通信技术基础	94
3.1.1 串行通信基本概念	94
3.1.2 串行异步通信数据格式	96
3.2 RS-232C 串行通信接口技术	97
3.2.1 RS-232C 接口	97
3.2.2 RS-232C 通信接口的互连	98
3.2.3 RS-232C 驱动器/接收器	98
3.3 RS-485 串行通信接口技术	99
3.3.1 RS-485 接口	99
3.3.2 RS-485 收发器	100
3.3.3 RS-485 接口的典型应用	100
3.3.4 RS-485 网络互连	101
3.4 Modbus 通信协议	103
3.4.1 概述	103
3.4.2 两种传输方式	104
3.4.3 Modbus 消息帧	105
3.4.4 错误检测方法	108
3.4.5 Modbus 的编程方法	111
3.4.6 PMM2000 电力网络仪表 Modbus-RTU 通信协议	113
3.5 习题	115
第4章 PROFIBUS 现场总线	116
4.1 PROFIBUS 概述	116
4.2 PROFIBUS 的协议结构	118
4.2.1 PROFIBUS-DP 的协议结构	118
4.2.2 PROFIBUS-FMS 的协议结构	119
4.2.3 PROFIBUS-PA 的协议结构	119
4.3 PROFIBUS-DP 现场总线系统	119
4.3.1 DP 的 RS-485 传输技术和安装要点	119
4.3.2 PROFIBUS-DP 的三个版本	120
4.3.3 PROFIBUS-DP 系统组成、系统结构和总线访问控制	124
4.3.4 PROFIBUS-DP 系统工作过程	126
4.4 PROFIBUS-DP 的通信模型	129
4.4.1 PROFIBUS-DP 的物理层	129
4.4.2 PROFIBUS-DP 的数据链路层	132
4.4.3 PROFIBUS-DP 的用户层	139
4.4.4 PROFIBUS-DP 用户接口	140

4.5	PROFIBUS - DP 的总线设备类型	142
4.5.1	概述	142
4.5.2	DP 设备类型	143
4.6	设备数据库文件 (GSD)	144
4.6.1	GSD 文件的作用和组成	144
4.6.2	GSD 文件的使用说明	145
4.6.3	GSD 文件的格式	146
4.7	习题	151
第 5 章	PROFIBUS - DP 通信控制器与网络接口卡	152
5.1	概述	152
5.2	从站通信控制器 SPC3	153
5.2.1	ASICs 介绍	153
5.2.2	SPC3 功能简介	154
5.2.3	SPC3 引脚介绍	154
5.2.4	SPC3 存储器分配及参数	156
5.2.5	ASIC 接口	160
5.2.6	PROFIBUS - DP 接口	165
5.2.7	通用处理器总线接口	176
5.2.8	UART	178
5.2.9	PROFIBUS - DP 的 RS - 485 传输接口电路	178
5.2.10	PROFIBUS - DP 从站的状态机制	179
5.3	从站通信控制器 VPC3 系列	180
5.3.1	MPI12x 多路接口控制器专用集成电路芯片	180
5.3.2	VPC3 + C PROFIBUS - DP 从站专用集成电路芯片	181
5.3.3	VPCL52 PROFIBUS - DP 从站简单型专用集成电路芯片	182
5.4	主站通信控制器 ASPC2 与网络接口卡	183
5.4.1	ASPC2 介绍	183
5.4.2	CP5611 网络接口卡	184
5.4.3	CP5613 网络接口卡	185
5.4.4	CP5511 和 CP5512 网络接口卡	185
5.4.5	CP5611 和 CP5613 安装及组态	185
5.5	习题	186
第 6 章	PROFIBUS - DP 应用系统设计	187
6.1	PROFIBUS - DP 开发包 4	187
6.1.1	开发包 4 的组成	187
6.1.2	硬件安装	190
6.1.3	软件使用	190
6.2	PROFIBUS - DP 从站的开发	192
6.2.1	硬件电路	192

6.2.2	软件开发	193
6.3	PROFIBUS - DP 从站智能测控节点的系统设计	194
6.3.1	PROFIBUS - DP 从站智能测控节点的系统结构	194
6.3.2	FBPRO - 8DI 八路隔离型数字量输入智能节点的系统设计	194
6.3.3	A/D 转换器 ADS1216 及其应用	213
6.3.4	FBPRO - 4MV 四通道隔离型毫伏信号输入智能节点的系统设计	227
6.3.5	FBPRO - 8DI 智能节点的设备数据库文件	231
6.4	PROFIBUS - DP 主站通信程序设计	233
6.4.1	通信程序中主要函数介绍	233
6.4.2	主站通信程序开发实例	239
6.5	PROFIBUS - DP 从站的测试过程	243
6.5.1	安装硬件和驱动程序	243
6.5.2	复制 GSD 文件	243
6.5.3	启动 COM PROFIBUS	243
6.5.4	添加主站和从站	243
6.5.5	启动 Set PG/PC	244
6.5.6	软件测试	246
6.6	PROFINET 技术	248
6.6.1	PROFINET 部件模型	248
6.6.2	PROFINET 运行期	250
6.6.3	PROFINET 的网络结构	251
6.6.4	PROFINET 与 OPC 的数据交换	252
6.7	基于嵌入式通信模块 COM - C 的 PROFIBUS - DP 主站系统设计	253
6.7.1	PROFIBUS - DP 主站系统设计方案	253
6.7.2	基于嵌入式通信模块 COM - C 的 DP 主站硬件设计	253
6.7.3	基于嵌入式通信模块 COM - C 的 DP 主站软件设计	254
6.7.4	PROFIBUS - DP 主站模块在新型 DCS 系统中的应用	256
6.8	习题	257
第 7 章	DeviceNet 现场总线	258
7.1	DeviceNet 技术概述	258
7.1.1	设备级的网络	258
7.1.2	DeviceNet 的特性	259
7.1.3	DeviceNet 的通信模式	260
7.2	DeviceNet 通信模型	261
7.2.1	DeviceNet 的物理层	261
7.2.2	DeviceNet 的数据链路层	264
7.2.3	DeviceNet 的应用层	265
7.3	DeviceNet 设备描述	273
7.3.1	DeviceNet 设备的对象模型	273

7.3.2	DeviceNet 设备的对象描述	274
7.4	DeviceNet 连接	276
7.4.1	建立连接	276
7.4.2	DeviceNet 预定义主/从连接组	277
7.4.3	预定义主/从连接的工作过程	281
7.5	预定义主/从连接实例	284
7.5.1	显式报文连接	284
7.5.2	轮询连接	285
7.5.3	位-选通连接	286
7.5.4	状态变化连接或循环连接	286
7.5.5	DeviceNet 的通信过程理解	287
7.6	网络访问状态机制	290
7.6.1	网络访问事件矩阵	290
7.6.2	重复 MAC ID 检测	291
7.7	指示器和配置开关	292
7.7.1	指示器	292
7.7.2	配置开关	292
7.7.3	指示器和配置开关的物理标准	293
7.7.4	DeviceNet 连接器图标	293
7.8	CAN 的技术规范	293
7.8.1	CAN 的基本概念	294
7.8.2	CAN 的分层结构	295
7.8.3	报文传送和帧结构	296
7.8.4	错误类型和界定	302
7.8.5	位定时与同步的基本概念	303
7.8.6	CAN 总线的位数值表示与通信距离	305
7.9	CAN 通信控制器及其收发器	306
7.9.1	CAN 器件简介	306
7.9.2	CAN 通信控制器 SJA1000	306
7.9.3	CAN 总线收发器	312
7.10	DeviceNet 节点的开发	314
7.10.1	DeviceNet 节点的开发步骤	314
7.10.2	设备描述的规则	322
7.10.3	设备配置和电子数据文档 (EDS)	323
7.11	习题	327
第 8 章	TCP/IP 协议与以太网控制器	328
8.1	TCP/IP 协议的体系结构	328
8.1.1	TCP/IP 协议的四个层次	328
8.1.2	TCP/IP 协议模型中的操作系统边界和地址边界	329

8.2	IP 协议	330
8.2.1	IP 互联网原理	330
8.2.2	IP 协议的地位与 IP 互联网的特点	330
8.2.3	IP 地址	331
8.2.4	子网与子网掩码	332
8.2.5	IP 数据报格式	333
8.3	ICMP 协议	336
8.3.1	ICMP 报文的封装与格式	336
8.3.2	ICMP 请求与应答报文	338
8.4	ARP 协议	338
8.4.1	ARP 报文格式	339
8.4.2	ARP 工作原理	340
8.4.3	ARP 高速缓存	341
8.5	端到端通信和端口号	341
8.5.1	端到端通信	341
8.5.2	传输层端口	342
8.6	TCP 协议和 UDP 协议	344
8.6.1	TCP 报文段格式	344
8.6.2	TCP 连接的建立与关闭	346
8.6.3	TCP 的超时重发机制	347
8.6.4	UDP 协议	348
8.7	RTL8019AS 全双工以太网控制器	349
8.7.1	概述	349
8.7.2	引脚介绍	349
8.7.3	寄存器描述	352
8.8	DM9000A 全双工以太网控制器	358
8.8.1	概述	358
8.8.2	引脚介绍	359
8.8.3	寄存器描述	361
8.8.4	功能描述	363
8.9	习题	364
第 9 章	工业以太网应用系统设计	365
9.1	RTL8019AS 在 PMM2000 电力网络仪表中的应用	365
9.1.1	概述	365
9.1.2	PMM2000 电力网络仪表硬件总体设计	365
9.1.3	谐波测量算法	370
9.1.4	软件总体设计	371
9.2	PMM2000 电力网络仪表以太网通信程序设计	373
9.2.1	以太网协议的封装格式	373

9.2.2	通信程序的头文件定义	375
9.2.3	通信主程序设计	380
9.2.4	RTL8019AS 网络底层驱动程序的设计	386
9.2.5	ARP 程序设计方法	401
9.2.6	ICMP 程序设计方法	405
9.2.7	TCP 程序设计方法	407
9.3	上位机网络编程实例	424
9.3.1	网络编程概述	424
9.3.2	网络组件介绍	425
9.3.3	TCP/IP 应用程序开发过程	426
9.4	习题	429
参考文献		430

第 1 章 概 论

1.1 现场总线的产生与发展

现场总线 (Fieldbus) 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重要的作用。关于现场总线的定义有多种。国际电工委员会 (IEC) 对现场总线的定义为: 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。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, 因受到世界范围的关注而成为自动化技术发展的热点, 并引发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, 数字式计算机被引入到测控系统中, 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, 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, 网关的程序大部分都是由用户编写的。

随着微处理器的发展和广泛应用, 产生了以 IC (集成电路) 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、环境监测需求的增加, 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。

现场总线的主要功能是用于控制、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——现场总线控制系统（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。由于功能块分散在多台现场仪表中，并可统一组态，因此，用户可以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摄取能量，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，现场的测量变送器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。

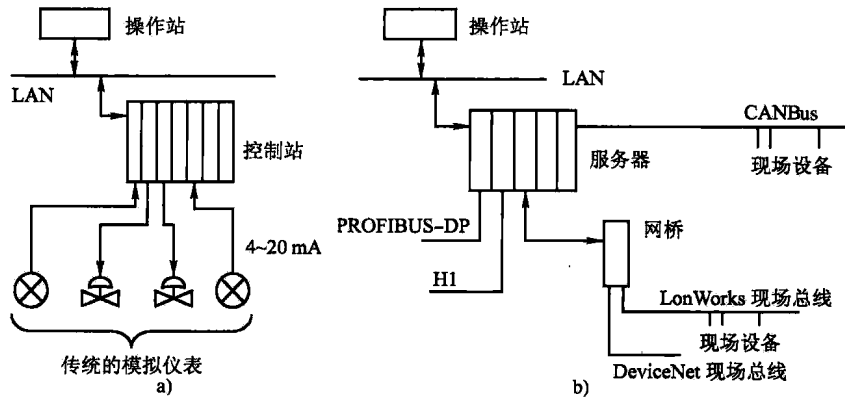


图 1-1 FCS 与 DCS 结构比较

a) DCS 的结构 b) FCS 的结构

由于采用数字信号替代模拟信号，因而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

现场总线将传感测量、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可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。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 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，从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自己手中。

(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