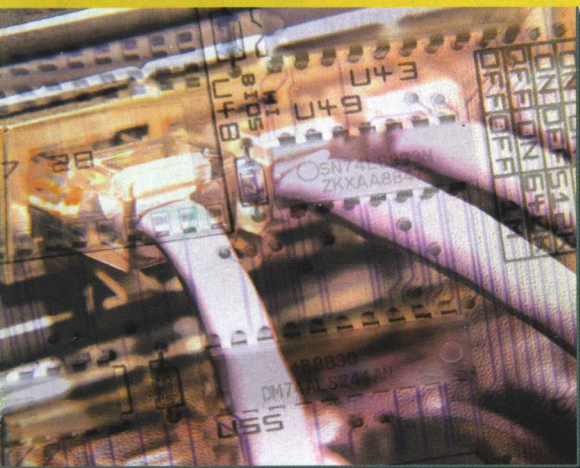


五年制高等职业学校电子信息类、电气控制类专业系列教材

# 现场总线控制技术

姚锡禄 主编



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

五年制高等职业学校电子信息类、电气控制类专业系列教材

# 现场总线控制技术

姚锡禄 主编

高等教育出版社

## 内容简介

现场总线控制技术是目前应用十分广泛的一种网络控制技术,是当今自动控制技术的发展热点,代表了工业控制领域的一种发展方向。尽管此项技术在我国应用的时间不长,但已产生了巨大的经济、社会效益。

本书在阐明现场总线的基本原理、遵循的规范和协议的基础上,介绍了 FF、Profibus、LonWorks、CAN、DeviceNet 和 EtherNet/IP 总线技术及其应用,并对网络中常见故障的分析、布线规则和常用的检测工具等应用知识做了介绍。本书突出应用,专门对一些应用实例做了介绍。

本书可作为中职、高职、五年制高职电类专业(如电气工程自动化、测量技术及仪表、机电工程应用等)的专业课程教材,也可供相关的工程技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

现场总线控制技术 / 姚锡禄主编. —北京:高等教育出版社,2006.6

ISBN 7-04-019705-7

I. 现... II. 姚... III. 总线-自动控制系统-高等学校系:技术学校-教材 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 052695 号

策划编辑 李宇峰 责任编辑 许可 封面设计 于涛 责任绘图 朱静  
版式设计 陆瑞红 责任校对 俞声佳 责任印制 朱学忠

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街 4 号  
邮政编码 100011  
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司  
印 刷 北京明月印务有限责任公司

开 本 787×1092 1/16  
印 张 15  
字 数 360 000

购书热线 010-58581118  
免费咨询 800-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2006年6月第1版  
印 次 2006年6月第1次印刷  
定 价 18.70元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 19705-00



# 前 言

随着计算机技术、网络通信技术及智能化传感技术的飞速发展,控制领域也发生着深刻的变化,并出现了自动化领域的通信网络,逐步形成全布局、全开放式的网络集成自动化系统。目前,广泛应用的现场总线技术,就是这场深刻变革的重要产物。它使得生产现场仪表及控制设备之间、控制设备与执行设备之间、控制设备与控制设备之间构成网络互联系统,实现全数字化、双向多变量数字通信,它借助网络化的特点,把现实先进控制算法中难以处理的复杂系统问题,处理为信息交换问题,形成以集优化设计和精确控制为一体的自动化集成控制系统,实现了从先进控制理论应用到工程实际中的重大变革。

现场总线技术是综合运用微处理器技术、网络技术、通信技术和自动控制技术的产物,它通过多种传输介质将各类测量仪表和控制器连接成网络系统,打破了旧有的、封闭的、诸如“信息孤岛”式的集散系统模式,实现了数据传输与信息共享,形成各种适应实际需要的自动化控制系统。现场总线控制技术体现了控制系统向网络化、分散化、智能化发展的方向。

现场总线技术的开发始于20世纪80年代,它一经产生便成为全球工业自动化技术的热点。正当世界上各大自动化公司管理层和专家们为建立统一的总线标准而争论不休时,现场总线技术却在基层的工业企业中掀起了一场静悄悄的“革命”。几乎“一夜之间”,一些重要的、有实力的企业竞相将自己的生产、管理系统“网络化”。显然,现场总线技术具有十分巨大的发展潜力,它将会给自动控制领域的变革带来深远的影响。

在我国,开发应用现场总线技术的热潮正在兴起,其发展速度往往超出我们的想象。职业教育要“贴近”生产,紧跟新技术的发展。当前,许多中、高职院校相继开设此课程。我们编写此教材的目的是为了适应这种形势的需求,为推动现场总线技术在我国工业中的应用及发展尽绵薄之力。

全书共分八章。第一章,绪论,主要介绍网络与控制系统、控制理念的关系,介绍工业局域网和现场总线的基本概念。第二章,网络与通信基础知识,主要介绍计算机网络与通信的基础知识,讲述网络基本概念、数据通信基础及TCP/IP协议等知识。第三章,现场总线技术,主要讲述现场总线控制系统的组成及特点、总线的标准、通信协议及拓扑结构等知识。第四章,几种流行的现场总线,主要介绍在我国开展比较早、应用得比较好的四种现场总线:FF、Profibus、CAN和LonWorks。第五章,控制及信息协议(CIP)与DeviceNet,主要介绍CIP类型的总线特点,着重介绍近年来在我国发展势头很猛、工作成果很好的DeviceNet总线。第六章,工业以太网和EtherNet/IP,主要介绍工业以太网的优势及发展趋势,以EtherNet/IP为模型介绍其设备开发及应用。第七章,控制网络设备及布线安装,主要介绍电缆选择、布线及故障分析等应用知识,实用性强。第八章,现场总线技术应用实例,主要介绍一些典型的应用实例。

全书讲授可用 60~80 学时。在各种总线介绍章节中,可根据各地区、各行业现场总线的应用情况有所侧重,适时进行课时调整。每章后有思考题和习题供教师选用。

姚锡禄为本书的主编,并负责编写了第一、三、五、六章;郭容年编写了第二、四章;侯振平编写了第七、八章;姚锡禄最后为本书统稿。本书得到了天津市津酒集团的赵景田、姜德祥同志和天津市电子信息职业技术学院电子技术系的吕玉明、刘霞老师的大力支持。2004 年 11 月在广西北海市召开的全国轻工系统职业教育自动化学会会议上,与会的专家程周、李乃夫、荣俊昌、姚毅军对本书的编写提出了一些建设性的意见。在本书编写期间马金钰为此还做了许多工作,同时编写此书也得到了天津市第一轻工业学校有关领导的大力支持,在此一并表示最诚挚的感谢。

由于时间仓促,编者的水平有限,缺点和不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2006 年 4 月

# 目 录

<b>1</b>	<b>绪论</b> .....	1	2.2.4 网络层 .....	36	
1.1	网络与控制 .....	2	2.2.5 运输层 .....	37	
1.1.1	计算机网络的发展历程 .....	2	2.2.6 高层协议 .....	39	
1.1.2	自动控制网络技术及其变革 .....	3	2.3 网络互联和 Internet .....	41	
1.1.3	控制系统的网络化背景 .....	3	2.3.1 网络互联技术 .....	41	
1.2	工业企业网 .....	6	2.3.2 TCP/IP 协议 .....	43	
1.2.1	工业企业网的基本概念和 特性 .....	7	2.3.3 接入 Internet .....	44	
1.2.2	工业企业网的发展历程 .....	7	思考题与习题 .....	44	
1.2.3	控制网与信息网络的互联 .....	7	<b>3</b>	<b>现场总线技术</b> .....	45
1.2.4	工业企业网的体系结构 .....	9	3.1 现场总线控制系统(FCS) .....	46	
1.3	现场总线概述 .....	17	3.1.1 现场总线控制系统的概念 及组成 .....	46	
1.3.1	现场总线的基本概念 .....	17	3.1.2 现场总线控制系统的特点 .....	47	
1.3.2	现场总线的技术特点 .....	17	3.1.3 FCS 对 DCS 的挑战 .....	49	
1.3.3	现场总线技术对控制领域 的影响 .....	19	3.2 现场总线的标准 .....	50	
	思考题与习题 .....	20	3.2.1 现场总线国际标准 .....	50	
<b>2</b>	<b>网络与通信基础知识</b> .....	21	3.2.2 现场总线的发展趋势 .....	51	
2.1	数据通信系统 .....	22	3.2.3 几种流行的现场总线 .....	53	
2.1.1	数据通信系统简介 .....	22	3.3 现场总线的通信协议及 拓扑结构 .....	56	
2.1.2	数据通信系统原理 .....	23	3.3.1 通信协议 .....	56	
2.1.3	传输介质 .....	26	3.3.2 拓扑结构 .....	58	
2.1.4	局域网拓扑结构 .....	28	3.4 一致性与互操作性测试 技术 .....	58	
2.1.5	媒体访问控制技术 .....	28	3.4.1 一致性测试 .....	58	
2.2	计算机网络体系结构 .....	29	3.4.2 互操作性测试 .....	60	
2.2.1	网络体系结构及网络协议 .....	30	3.5 基于现场总线的 Intranet 体系结构 .....	61	
2.2.2	物理层 .....	32	3.5.1 体系结构 .....	61	
2.2.3	数据链路层 .....	34	3.5.2 系统实现及主要问题 .....	62	

3.6 现场总线技术应用注意	
事项 .....	63
3.6.1 项目是否适于使用现场总线 .....	64
3.6.2 系统实时性要求 .....	64
3.6.3 有无应用先例 .....	65
3.6.4 采用什么样的系统结构 .....	65
3.6.5 如何与车间自动化系统或 全厂自动化系统连接 .....	65
思考题与习题 .....	65

## 4 几种流行的现场总线 .....

4.1 基金会现场总线(FF) .....	68
4.1.1 基金会现场总线的主要技术 .....	68
4.1.2 基金会现场总线网络拓扑 结构 .....	70
4.1.3 基金会现场总线通信系统及 通信模型 .....	71
4.1.4 基金会现场总线的功能块 .....	78
4.1.5 FB3050 基金会现场总线 通信控制器 .....	81
4.1.6 基金会现场总线的组态及 一致性与互操作性测试 .....	83
4.2 过程现场总线(Profibus) .....	85
4.2.1 Profibus 现场总线概述 .....	85
4.2.2 Profibus 的体系结构和通信 模型 .....	86
4.2.3 Profibus 的主要特征 .....	88
4.2.4 Profibus - DP .....	89
4.2.5 Profibus - FMS .....	91
4.2.6 Profibus - PA .....	92
4.3 控制器局域网总线—— CAN 总线 .....	93
4.3.1 CAN 的技术特点 .....	93
4.3.2 CAN 的体系结构 .....	95
4.3.3 CAN 的控制器件 .....	96
4.3.4 CAN 的工作原理 .....	102
4.4 LonWorks 技术和 LON 总线 .....	107
4.4.1 LonWorks 概述 .....	108
4.4.2 LonWorks 的通信模型 .....	109

4.4.3 LonTalk 协议 .....	111
4.4.4 Neuron 芯片与 Neuron C .....	113
4.4.5 LNS 和网络管理 .....	117
4.5 四种现场总线小结 .....	118
思考题与习题 .....	118

## 5 控制及信息协议(CIP)与 DeviceNet .....

5.1 CIP 概述 .....	121
5.1.1 CIP 网络 .....	121
5.1.2 CIP 技术特点 .....	123
5.1.3 CIP 设备 .....	127
5.1.4 CIP 网络组网 .....	130
5.2 DeviceNet 概述 .....	132
5.3 DeviceNet 的网络结构 .....	134
5.3.1 网络模型 .....	134
5.3.2 物理层和传输介质 .....	135
5.3.3 数据链路层 .....	142
5.3.4 应用层 .....	147
5.3.5 UCMM 服务 .....	151
5.3.6 I/O 数据触发方式 .....	151
5.4 DeviceNet 组网 .....	153
思考题与习题 .....	153

## 6 工业以太网和 EtherNet/IP ...

6.1 以太网 .....	156
6.1.1 以太网概述 .....	156
6.1.2 以太网的物理层与数据链 路层 .....	156
6.2 工业以太网 .....	160
6.2.1 工业以太网的技术优势 .....	160
6.2.2 工业以太网互连模型 .....	161
6.2.3 工业以太网技术应解决 的问题 .....	161
6.2.4 工业以太网的发展趋势 .....	162
6.3 EtherNet/IP .....	163
6.3.1 EtherNet/IP 概况 .....	163
6.3.2 EtherNet/IP 网络模型 .....	163

6.3.3 EtherNet/IP 设备开发 ..... 164  
 6.3.4 EtherNet/IP 组网 ..... 166  
 思考题与习题 ..... 167

## 7 控制网络设备及布线安装 ..... 169

7.1 数字控制设备及其功能  
 结构 ..... 170  
 7.2 网络控制系统布线与  
 安装 ..... 172  
 7.2.1 现场总线网段的基本构成  
 部件 ..... 172  
 7.2.2 总线供电与网络配置 ..... 174  
 7.2.3 现场总线的网络扩充 ..... 175  
 7.2.4 关于现场总线的接地、  
 屏蔽与极性 ..... 177  
 7.3 现场总线通信网络中的常  
 见故障及常用检测工具 ..... 177  
 7.4 网络管理与系统管理 ..... 178  
 7.4.1 网络管理 ..... 178  
 7.4.2 系统管理 ..... 180  
 思考题与习题 ..... 183

## 8 现场总线技术应用实例 ..... 184

8.1 基于 CAN 总线的智能  
 寻位制造系统 ..... 185  
 8.1.1 智能寻位制造系统的组成 ..... 185  
 8.1.2 现场总线网络系统 ..... 186  
 8.1.3 应用实例 ..... 189  
 8.2 CAN 总线在变电站自动  
 化系统中的应用 ..... 189  
 8.2.1 基于 CAN 总线的变电站  
 自动化系统设计思想 ..... 189  
 8.2.2 基于 CAN 总线的接地选线 ..... 190  
 8.2.3 基于 CAN 总线的网络化  
 母线保护 ..... 191  
 8.2.4 基于 CAN 总线的电压  
 无功控制 ..... 192

8.3 基于 Profibus - DP 的  
 变频器控制系统 ..... 192  
 8.3.1 基于 Profibus - DP  
 变频器控制系统的特点 ..... 192  
 8.3.2 西门子 6SE70 系列变频器  
 控制系统的网络结构 ..... 192  
 8.4 DeviceNet 总线控制  
 变频器的应用 ..... 194  
 8.4.1 变频器的常规自动控制 ..... 194  
 8.4.2 变频器的现场总线控制 ..... 194  
 8.5 基于 DeviceNet 现场总线的  
 汽车总装生产线控制系统 ..... 196  
 8.5.1 总装生产线设计目标 ..... 196  
 8.5.2 控制系统 ..... 197  
 8.5.3 系统构建与调试 ..... 198  
 8.5.4 总线特点 ..... 199  
 8.6 LonWorks 技术在橡胶  
 工业的应用 ..... 199  
 8.6.1 系统简介 ..... 199  
 8.6.2 控制部分的构成 ..... 200  
 8.6.3 控制原理 ..... 200  
 8.7 用 LonWorks 构筑全分  
 散智能控制网络系统 ..... 201  
 8.7.1 LonWorks 全分散智能控制  
 网络系统描述 ..... 201  
 8.7.2 LonWorks 全分散智能控制  
 网络系统应用工程示例 ..... 207  
 8.7.3 推荐应用领域 ..... 214  
 8.8 现场总线技术在宝钢电  
 渣炉控制系统中的应用 ..... 214  
 8.8.1 概述 ..... 214  
 8.8.2 控制系统配置 ..... 215  
 8.8.3 控制功能 ..... 216  
 8.8.4 应用效果 ..... 217  
 8.9 基于 Profibus - DP 的自动  
 分类传送系统 ..... 217  
 8.9.1 概述 ..... 217  
 8.9.2 识别系统原理 ..... 218  
 8.9.3 自动识别和物体分类传输 ..... 219



8.9.4	系统的结构和组态 .....	220
8.10	基于 FF 的地铁杂散 电流监测系统 .....	222
8.10.1	地铁杂散电流监测系统 的设计原理 .....	222
8.10.2	智能单元的设计 .....	224

思考题与习题 .....	224
--------------	-----

缩略语 .....	226
-----------	-----

参考文献 .....	231
------------	-----

# 1

## 绪 论

---

- 1.1 网络与控制
- 1.2 工业企业网
- 1.3 现场总线概述

随着计算机技术、网络通信技术及智能化传感技术的迅速发展,在控制领域也发生着深刻的变化,并产生了自动化领域的互联通信网络,逐步形成全布局、全开放式的网络集成自动化系统。现场总线(Fieldbus)作为当今自动化领域技术发展的热点之一,被称为自动化领域的计算机局域网。它的出现标志着自动化系统步入一个新时代的开端。本章以简短的篇幅介绍网络控制系统、工业企业信息网和现场总线的基本概念,并介绍它们的发展概况和相互的关系。

## 1.1 网络与控制

计算机网络是计算机技术与通信技术发展的结晶。目前计算机网络技术发展非常迅速,在工农业生产、文化教育、传媒、国防建设以及科学研究等各个领域得到了越来越广泛的应用。随着自动控制、微电子技术的发展,大量智能控制芯片和智能传感器的不断出现,网络控制系统已成为工业控制领域研究的热点。网络控制系统即网络化的控制系统,又称为控制网络,体现了控制系统向网络化、集成化、分布化、节点智能化发展的趋势。

### 1.1.1 计算机网络的发展历程

自1946年第一台计算机问世以来,计算机系统经历了单机—远程访问系统—网络的发展过程。单机是指单个用户独占一台计算机系统资源,其中,分时系统是指分时多用户系统,即多个用户利用多台终端共享单台计算机的资源;远程访问系统是指用户利用通信线路将远程终端连接至计算机主机,不受地域限制地使用计算机主机的资源;计算机网络则是指用户利用通信线路和通信设备将多台计算机连接在一起,相互共享资源。世界上第一个计算机网络 ARPANET 是在1968年诞生的,当时美国国防部高级研究计划署(ARPA)与位于马萨诸塞州剑桥的BBN公司签订协议,进行计算机与计算机之间的远程互联研究,其成果就是著名的ARPANET。Internet就是从早期的ARPANET网发展起来的,现在已成为世界上覆盖面最广、规模最大、信息资源最丰富的国际性计算机信息网络。

我国政府对全社会的信息化十分重视,正在加快建设中国的信息基础设施,以增强中国参加国际竞争的综合国力。计算机网络技术发展非常迅速,应用需求极为广泛,各行各业都离不开计算机,而计算机网络在一个国家的发展,已成为衡量一个国家技术发展水平和社会信息化程度的标志之一。计算机网络的应用面极广,如电子商务、远程教育和现代化工业企业生产管理等都是以计算机网络为基础的。

计算机网络的最主要功能是向用户提供资源的共享和信息的传递,而用户本身无须考虑自己以及所用资源在网络中的位置。资源是指在有限时间内可为用户提供各种服务的计算机软、硬件设施,资源共享包括硬件共享、软件共享和信息共享。

硬件资源共享是指可以在全网范围内提供处理资源、存储资源、输入/输出资源等的共享。用户可以使用网络中任意一台计算机所附接的硬件设备,如打印机、绘图仪、大容量硬盘、I/O板卡以及一些具有特殊功能的设备等。

软件资源共享指用户可以使用远程主机的软件(系统软件和应用软件)。用户既可以将相应软件调入本地计算机执行,也可以将数据传送至远程主机处理,并返回结果。

信息资源共享是指网络用户可以访问远程主机上的各种类型的数据库、文件以及用户数据等。

用户之间的信息交换指计算机网络为分布在各地的网络用户提供了强有力的通信手段,用户可以通过计算机网络,传递电子邮件、数据信息等,极大地方便了用户之间的交流,提高了工作效率。

计算机网络所具有的功能是不可替代的,许多功能仍在不断开发过程中,其应用之广泛是任何系统都无法企及的,它深刻地影响着我们的工作和生活方式,正在改变我们这个世界。

### 1.1.2 自动控制网络技术及其变革

计算机从它诞生之日起就开始了在控制系统中的应用。20世纪60年代,人们利用微处理器和一些外围电路构成数字式仪表,以取代模拟仪表,这种控制方式提高了系统的控制精度和控制的灵活性。20世纪80年代中后期,随着工业系统的日益复杂和各类计算机的性能/价格比的日益提高,由中、小型计算机和微型计算机共同作用的分层控制系统应运而生。在分层控制系统中,由微型计算机作为前置机去对工业设备进行过程控制,由中、小型计算机对生产工作进行管理,从而实现了控制功能和管理信息的分离。后来由于计算机网络技术的迅猛发展,同时也因为生产过程和控制系统进一步复杂化,需要交换和传输的信息进一步增多,于是,人们将计算机网络技术应用到控制系统中,出现了数字调节器(PID)、可编程控制器(PLC)以及由多个计算机递阶构成的集中、分散相结合的集散控制系统(DCS)。DCS系统中,测量变送仪表一般为模拟仪表,因而它是一种模拟数字混合系统。DCS系统采用的是普通商业网络的通信协议和体系结构,在解决工业控制系统的自身可靠性方面没有做出实质性的改进,另外DCS系统不具备开放性,布线复杂,费用高。

20世纪80年代后期,人们在DCS的基础上开始使用一种用于工业环境的网络结构和网络协议,并实现传感器、控制器层的通信,这就是现场总线。由于从根本上解决了网络控制系统的自身可靠性问题,现场总线技术逐渐成为了计算机控制系统的发展趋势。

### 1.1.3 控制系统的网络化发展背景

#### 1. 应用背景

根据工厂管理、生产过程及功能要求,简化的计算机集成制造系统(CIMS)结构可分为3级,即工厂级、车间级和现场级。如图1-1所示,现场级和车间级自动化监控与信息集成是计算机集成工厂自动化(CIPA)和CIMS不可或缺的重要组成部分。现场级与车间级自动化监控及信息集成系统主要完成底层设备单机控制、连线控制、通信联网、在线设备状态监测及现场设备生产、运行数据的采集、存储、统计等功能,保证现场设备高质量完成生产任务,并将现场设备生产及运行的数据信息传送到工厂管理层,向工厂级CIMS系统数据库提供数据,同时也可以接收并执行工厂管理层下达的生产管理及调度命令。因此现场级与车间级监控及信息集成系统是实现工厂自动化的基础。传统的现场级与车间级监控系统多是基于PLC的分布式监控系统,其主要特点是:现场层设备与控制器之间的连接是一对一的I/O接线方式,信号传递为4 mA ~ 20 mA的模拟量或24 V DC开关量。传统的现场与车间级监控系统有如下缺点:

- 信息集成能力不强。
- 系统不开放、集成性差。

● 可靠性不易保证。

● 可维护性不高。

因此控制系统网络化势在必行。

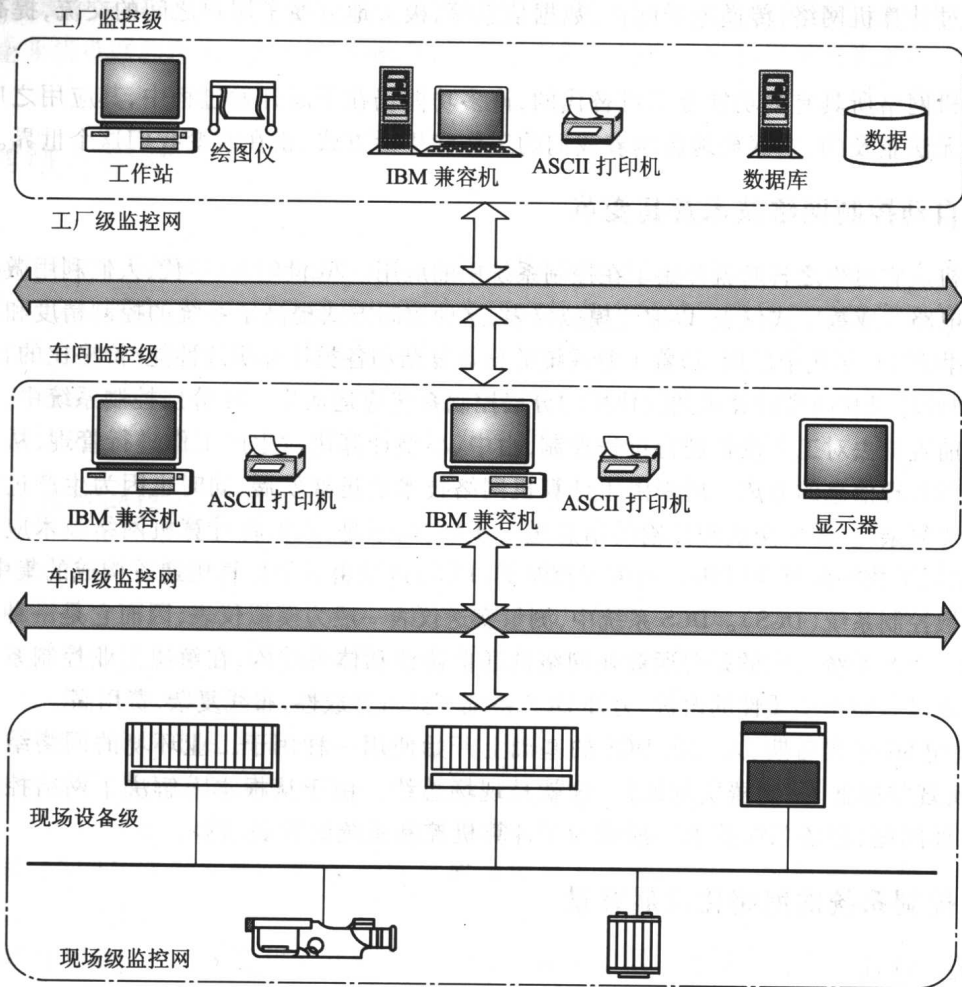


图 1-1 简化的 CIMS/CIPA 网络体系结构

## 2. 技术背景

从发展历程看,信息网络体系结构的发展与控制系统结构的发展有着相似之处。纵观企业信息网络的发展,大体经历了如下几个发展阶段。

### (1) 基于主机的集中模式

由功能强大的主机完成几乎所有的计算和处理任务,用户和主机交流很少。

### (2) 基于工作组的分层结构

微型计算机和局域网技术的发展,使工作性质相近的人们能共享某些公共资源,用户之间的交流和协作得到了加强。

### (3) 客户/服务器网络模式

计算机网络技术的发展,使它成为现代信息技术的主流模式。该模式提高了信息资源的安

全性和利用率,成为网络通信的流行模式。

#### (4) 基于 Internet、Intranet 和 Extranet 的企业网

Internet 的发展和普及应用,使它们成为公认的未来全球信息基础设施的雏形。采用 Internet 成熟的技术和标准,人们又提出了 Intranet 和 Extranet 的概念,分别用于企业内部网和企业外联网的实现,于是便形成了以 Intranet 为中心、以 Extranet 为补充、依托于 Internet 的新一代企业信息基础设施(企业网)。

而计算机控制系统也大体经历了集中控制、递阶分层控制、基于现场总线的网络控制等几个发展阶段。企业信息网络与计算机控制系统的比较如图 1-2 所示。信息网络与控制系统在体系结构发展过程上的相似性不是偶然的。在计算机控制系统的发展过程中,每一种结构的控制系统的出现总是滞后于相应计算机技术的发展。这是因为大多数情况下,正是在计算机领域的一种新技术出现以后,人们才开始研究如何将这种新技术应用于控制领域。虽然,两种技术的应用环境有所差异,但在关键技术原理及实现上,它们有许多共同的地方。正是由于二者在发展过程中的这种关系,使得实现信息—控制一体化成为可能。

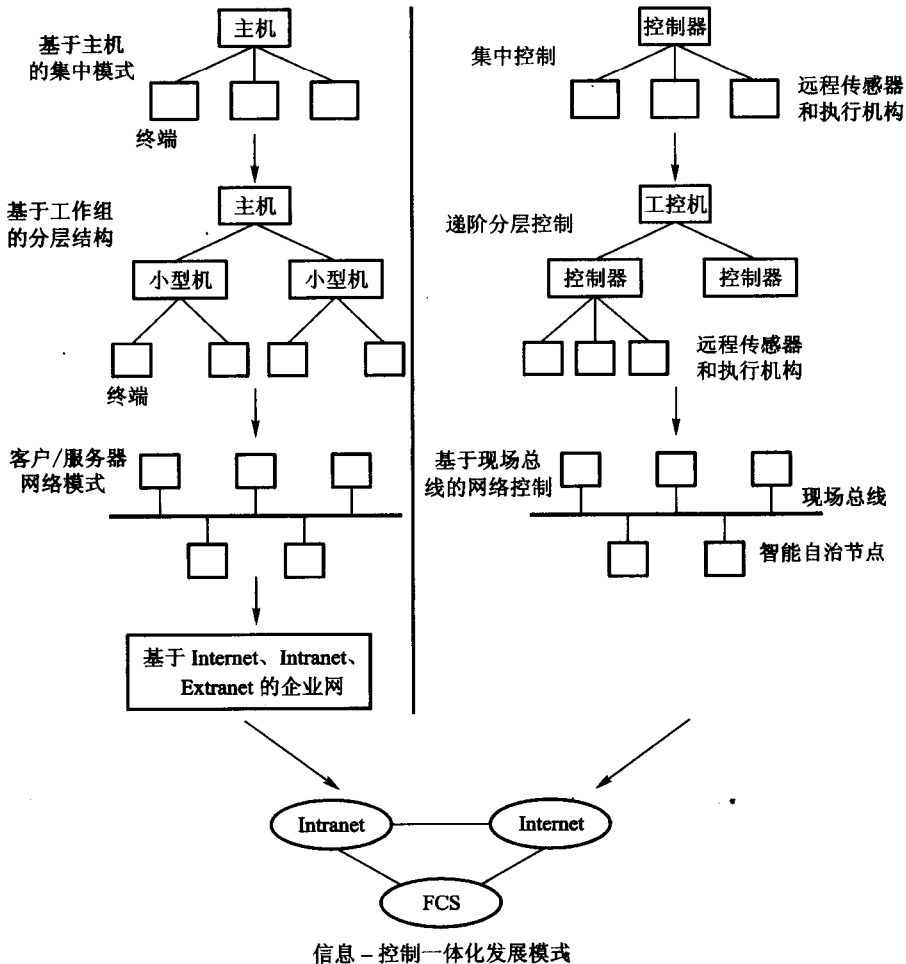


图 1-2 企业信息网络与计算机控制系统发展比较图



### 3. 软件技术

控制系统在物理结构上向网络化方向发展的同时,控制软件技术也吸收了计算机网络计算技术的新成果,将其用于工业过程和设备控制中,从而支持控制系统的网络化发展,比较典型的是下述三种软件技术在控制系统中的应用。

#### (1) 分布对象计算

分布对象计算是一种全新的分布式计算平台模式,是传统的纯分布处理技术和面向对象技术以及客户/服务器技术的结合,它们在控制系统结构和软件的设计与实现中已经有了广泛应用。

#### (2) Java 技术

SUN 公司推出的 Java 技术由于具有良好的跨平台特性和网络交互能力,在 Internet 和 Intranet 中获得了广泛应用。随着控制系统自身的网络化发展以及与信息网络的结合,Java 技术在控制领域的应用,也开始引起人们的关注并已显示出了它的优越性。

#### (3) Web 技术

作为 Internet 和 Intranet 中的主流技术,Web 和浏览器/服务器技术已经成为一个标志,成为用户与网络交互的接口。目前,这种技术也已渗透到控制领域并已有相关产品问世,在远程(多媒体)监控和诊断、远程维护等方面发挥了积极的作用。

计算机控制系统经过了一系列发展与变革,最终体现了控制系统网络化的发展趋势。而现场总线的产生使这种趋势变得更加明显和具体。随着计算机网络技术向控制领域的渗透以及多学科、多技术的交叉与融合,企业管理与现场控制、信息系统与控制系统越来越趋向于一体化;这种发展趋势将对企业生产和管理产生深刻的影响。

## 1.2 工业企业网

工业企业网是应用于工业领域的企业网,是工业企业的管理和信息基础设施。它是一种综合的集成技术,涉及计算机、通信、多媒体、控制和现场总线等技术。在功能上,工业企业网的结构可分为信息网和控制网两层。信息网位于工业企业网的上层,是企业数据共享和传输的载体;控制网位于工业企业网的下层,与信息网紧密地集成在一起,服从信息网的操作,同时又具有独立性和完整性。工业企业网逻辑集成框架的结构如图 1-3 所示。

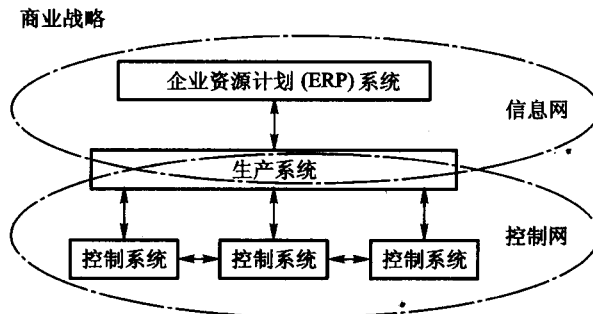


图 1-3 工业企业网逻辑集成框架

### 1.2.1 工业企业网的基本概念和特性

工业企业网一般是指在一个工业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,以实现企业内部的资源共享、信息管理、过程控制、经营决策,并能够访问企业外的信息源,使得各项事务协调运行,从而实现企业集成管理和控制的一种网络环境。

工业企业网具有如下特征:

- **范围确定性:**工业企业网是在相关企业范围内为了实现企业的集成管理和控制而建成的一种网络环境,具有特定的地域范围和服务范围,并能实现从现场实时控制到管理决策支持的功能。
- **集成性:**工业企业网通过对计算机技术、信息与通信技术和控制技术以及其他技术的集成达到了现场信号监测、数据处理、实时控制、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框架。
- **安全性:**区别于 Internet 和其他广域网,出于保守商业秘密的要求,网络在企业信息保密和防止外部入侵上应具有高度的安全性。
- **相对开放性:**工业企业网是连接企业内部各部门的桥梁和纽带,同时也肩负着对外联系的职能。所以说,工业企业网是作为 Internet 的一个组成部分出现的,它具有一定的开放性,但这种开放性是在高度安全措施保障下的相对开放性。

### 1.2.2 工业企业网的发展历程

工业企业网的发展大体可分为 3 个阶段。

第一阶段从 20 世纪 70 年代中期开始,那时的工业企业网是企业中传统的分时共享中心主机及其各终端所构成的网络,基本上只限于作业处理,其功能和应用均是有限的。

此后,随着局域网技术的发展,企业内各类计算机均能连入网络、共享信息与资源,其功能有了很大的扩展,而且由于工业以太网、集散控制系统(DCS)以及可编程逻辑控制器(PLC)的产生和发展,工业企业内的现场控制设备也被集成到一起,这就是企业网发展的第二阶段。

第三阶段从 20 世纪 90 年代开始,随着 Internet 技术的成熟和迅速推广,出现了 Intranet(内联网)的概念,继而在 Intranet 基础上又出现了 Extranet(外联网)和 Infranet(控制网)的概念,而现场总线技术也越来越为人们所接受,并被普遍用于过程自动化、楼宇自动化等系统之中,从而以 Intranet/Extranet 技术和现场总线技术为信息网和控制网的依托,形成了当前意义上的工业企业网。

### 1.2.3 控制网与信息网络的互联

在计算机网络技术的推动下,控制系统向开放性、智能化与网络化方向发展,产生了控制对象形成的网络,简称控制网(Infrastructure Network, Infranet)。在此之前基于 Web 的信息网络 Intranet 成为企业内部信息网,它是基于 TCP/IP 的计算机网络互联与扩展技术,是将局域网与 Internet 成功结合的典范。Intranet 应用 Internet 的通信标准,具有一定的开放性。Intranet 根据企业经营和发展的需要确定相应的功能与规模,它是一个开放系统,能方便地与外界连接,尤其是

与 Intranet 连接。它广泛地使用万维网(WWW)的工具,使企业员工能方便地浏览企业网上信息,参与企业的经营和管理。

### 1. 控制网与信息网络互联的基础及必要性

相对而言,Infranet(控制网)还是一个新技术,其相关技术还正在发展中。Internet 网络技术最初的设计没有考虑接入各种智能嵌入式设备,特别是一些小型化、低成本的控制设备,它们的特性与计算机不同,需要一套全新的网络结构体系来支持网上控制设备的连接和应用。Intranet 作为 Internet 的扩展,能在短时间内被广泛接受和迅速发展,原因在于它有简单易用的通用标准,WWW 和浏览器使用户越过复杂的技术而获得 Intranet 的服务,而 Infranet 只有在建立通用标准和协议之后,才能真正进入市场。现在,已有一些厂商推出了自己的产品,例如美国 Echelon 公司的 LonWorks。Intranet 在技术上类似于 Internet,而 Infranet 对自身要求较特殊,例如,控制网络相对较小、成本低、网络流量小、响应时间要求快等。通过建立控制所需要的优化、可靠的网络平台接入智能设备,实现将家庭、办公室和企业连成一体的分布式控制网。企业内部控制网与信息网络既相互独立又相互联系,为企业生产传递信息,并为生产过程控制、计划决策、销售管理提供全面信息服务。Infranet 与 Intranet 的互联为企业综合自动化(CIPA)提供了条件,它们的互联是网络未来的发展趋势。如何实现 Infranet 与 Intranet 的“无缝”连接则是当前工业企业网络技术的热点问题。

控制网与信息网络互联,就工业企业而言,具有如下重要意义:

- 控制网与企业高层网络之间互联,建立综合实时的信息库,为管理决策提供支持。
- 现场控制信息和生产实时信息可以及时地在企业网交换,相关人员能方便地了解企业生产情况。
- 建立分布式数据库管理系统,使数据保持一致性、完整性和互操作性。
- 对控制网络进行远程监控、远程诊断、维护等,节省大量的费用和人力,特别适用于大型企业。
- 为企业提供完善的信息资源,在完成内部管理的同时,加强与外部信息的交流,从而带来巨大的经济效益。

### 2. 控制网与信息网络互联的技术特点

以 TCP/IP 技术为基础的控制网与信息网络可以通过网关或路由器进行互联。由于控制网的特殊性,其网关、路由器与一般商用网络不同,它要求容易实现 IP 编址,能方便地实现 Infranet 与 Intranet 之间异构网的数据格式转换等,因此开发高性能、高可靠性、低成本的网关和路由器产品是目前迫切任务。

控制网络非一般的信息网络,它主要用于生产、生活设备的自动控制,对生产过程状态进行检测、监控,有其自身的技术特点:

- 要求节点有高度的实时性。
- 容错能力强,具有高可靠性和安全性。
- 控制网络协议实用、简单、可靠。
- 控制网络结构具有分散性。
- 现场控制设备具有智能化和功能自治性。
- 网络数据传输量小和节点处理能力不均衡。