

新世纪高职高专教改项目成果教材

现场总线网络

杨卫华 主编

高等教育出版社

内容提要

本书旨在介绍现场总线及其应用。全书以计算机网络知识为基础,以基金会现场总线、PROFIBUS 总线、LonWorks 总线为代表,较全面地介绍了目前最具影响力的现场总线类型及其技术特点、选用原则、系统设计、工程实施、设备组态和安装维护等应用。

本书内容详实、结构合理、语言通俗、图文并茂、面向应用,适合作为高职院校电气自动化、网络技术、楼宇自动化及仪表专业的教学用书,亦可作为工程设计安装和运行维护人员的培训教材或相关科研人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现场总线网络 / 杨卫华主编. —北京: 高等教育出版社, 2004.6

ISBN 7-04-014649-5

I. 现... II. 杨... III. 总线-技术 IV. TP336

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 051125 号

策划编辑 孙 杰 责任编辑 关 旭 封面设计 王凌波 责任绘图 尹文军
版式设计 王艳红 责任校对 殷 然 责任印制

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 010-82028899

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 [http:// www.hep.edu.cn](http://www.hep.edu.cn)
[http:// www.hep.com.cn](http://www.hep.com.cn)

经 销 新华书店北京发行所
印 刷

开 本 787×1092 1/16
印 张 15.25
字 数 370 000

版 次 年 月第 1 版
印 次 年 月第 次印刷
定 价 19.40 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

出版说明

为认真贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》，研究高职高专教育跨世纪发展战略和改革措施，整体推进高职高专教学改革，教育部决定组织实施《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》（教高[2000]3 号，以下简称《计划》）。《计划》的目标是：“经过五年的努力，初步形成适应社会主义现代化建设需要的具有中国特色的高职高专教育人才培养模式和教学内容体系。”《计划》的研究项目涉及高职高专教育的地位、作用、性质、培养目标、培养模式、教学内容与课程体系、教学方法与手段、教学管理等诸多方面，重点是人才培养模式的改革和教学内容体系的改革，先导是教育思想的改革和教育观念的转变。与此同时，为了贯彻落实《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》（教高[2000]2 号）的精神，教育部高等教育司决定从 2000 年起，在全国各省市的高等职业学校、高等专科学校、成人高等学校以及本科院校的职业技术学院（以下简称高职高专院校）中广泛开展专业教学改革试点工作，目标是：在全国高职高专院校中，遴选若干专业点，进行以提高人才培养质量为目的、人才培养模式改革与创新为主题的专业教学改革试点，经过几年的努力，力争在全国建成一批特色鲜明、在国内同类教育中具有带头作用的示范专业，推动高职高专教育的改革与发展。

教育部《计划》和专业试点等新世纪高职高专教改项目工作开展以来，各有关高职高专院校投入了大量的人力、物力和财力，在高职高专教育人才培养目标、人才培养模式以及专业设置、课程改革等方面做了大量的研究、探索和实践，取得了不少成果。为使这些教改项目成果能够得以固化并更好地推广，从而总体上提高高职高专教育人才培养的质量，我们组织了有关高职高专院校进行了多次研讨，并从中遴选出了一批较为成熟的成果，组织编写了一批“新世纪高职高专教改项目成果”教材。这些教材结合教改项目成果，反映了最新的教学改革方向，很值得广大高职高专院校借鉴。

新世纪高职高专教改项目成果教材适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

高等教育出版社

2002 年 11 月 30 日

前 言

目前,网络风暴席卷全球,作为网络技术代表的因特网,已经跨越了国界,把世界各地的网民连在一起。网络在高速水平扩张的同时,其垂直扩张也正在悄悄地进行并导致现场总线技术的触角延伸到工厂、车间和每一个工作台。

网络技术的发展导致自动化领域发生了深刻变革,产生了自动化领域的开放系统互联通信网络,形成了全分布式网络集成自动化系统,而现场总线正是这场深刻变革中发展起来的重要技术。由现场总线构成的控制系统已经成为现代企业信息化建设的典型实现模式。由于现场总线控制系统适应了工业控制系统向分散化、网络化、智能化发展的方向,给自动化系统的最终用户带来更大的实惠和更多的方便,并促使自动化产品面临体系结构和功能等方面的重大变革,导致工业自动化产品的又一次更新换代,因而现场总线在世界范围内已经成为自控技术的热点,被誉为跨世纪的自控新技术。

由于现场总线技术属于发展中的新技术,我国各工业企业在这—领域的开发应用方兴未艾,社会对现场总线技术应用型人才的需求也在不断上升,在工程应用和人员培训过程中,有关单位和人员深感技术资料的缺乏,培养应用型人才的高等职业院校更是难寻一本适用的教材。本书内容详实、结构合理、语言通俗、图文并茂、面向应用,是为高职高专院校电气自动化、网络技术、楼宇自动化及仪表专业编写的教学用书,亦可作为工程设计安装和运行维护人员的培训教材或相关科研人员的参考书。

全书共分 13 章:第 1 章是绪论,第 2 章和第 3 章介绍工业网络及其应用,第 4 章至第 6 章介绍计算机网络体系结构和网络通信基础知识,第 7 章至第 12 章以典型现场总线产品为代表,面向实际应用,详细介绍了现场总线的技术特点、选用原则、系统设计、工程实施、设备组态和安装维护等应用,第 13 章概略地介绍了工业组态软件及其使用方法。书后给出了两个附录:附录一列举了设备选型资料,附录二收录了本书涉及的绝大部分英语缩略语。

本书第 1、5、6、7、9、10、12 章及附录由杨卫华编写,第 3、8 章及习题由李之昂编写,第 4、13 章由张帆编写,第 2、11 章由佟云峰编写。全书由杨卫华统稿,对全文及插图进行了认真的审阅和修订,对部分章节进行了较大的修改。

本书在编写之前,得到了中国现场总线 (PROFIBUS) 专业委员会唐济扬教授的帮助,在此表示诚挚的感谢。

本书由北京联合大学自动化学院范同顺老师主审,他仔细审阅了书稿并提出了许多宝贵意见,在此表示感谢。

尽管编者已经力求做得更好,但由于时间仓促,水平有限,况且现场总线技术是一门新兴的技术,还在不断发展和完善之中,编者掌握的资料有限,难免以偏概全,缺点和不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

杨卫华

2004 年 2 月 18 日 于昆明冶金高等专科学校

目 录

第1章 绪论	1	5.6 差错控制技术	55
1.1 计算机网络的发展概况	1	思考与练习	58
1.2 计算机网络的基本概念	3	第6章 开放系统互连参考模型	59
1.3 工业网络与现场总线	5	6.1 OSI 参考模型简介	59
思考与练习	6	6.2 分层模型通信原理	60
第2章 工业网络的基本构成	8	6.3 物理层协议	63
2.1 工业网络的产生和发展	8	6.4 数据链路层协议	65
2.2 工业网络的体系结构	9	6.5 网络层协议	69
2.3 建立工业网络的策略	10	6.6 传输层及高层协议	70
思考与练习	13	6.7 TCP/IP 参考模型	74
第3章 工业网络应用	14	思考与练习	78
3.1 工业网络概述	14	第7章 现场总线概述	79
3.2 管理信息系统	18	7.1 什么是现场总线	79
3.3 决策支持系统	20	7.2 现场总线的发展历程	81
3.4 计算机集成制造系统	23	7.3 现场总线的特点	82
3.5 客户关系管理	25	7.4 现场总线的优越性	83
3.6 电子商务	28	7.5 现场总线的意义	85
思考与练习	32	思考与练习	85
第4章 工业网络物理结构	33	第8章 基金会现场总线	86
4.1 网络拓扑结构	33	8.1 基金会现场总线简介	86
4.2 传输介质	34	8.2 基金会现场总线的模型及技术概貌	87
4.3 介质访问控制方法	40	8.3 基金会现场总线拓扑结构及常用 部件特性	100
4.4 网络准入测试	42	8.4 应用实例	102
4.5 本质安全技术	43	思考与练习	104
思考与练习	44	第9章 过程现场总线	105
第5章 工业网络通信基础	45	9.1 PROFIBUS 概貌	105
5.1 数据通信的基本概念	45	9.2 PROFIBUS 传输技术	107
5.2 数据编码技术	48	9.3 PROFIBUS 总线存取协议	112
5.3 数据传输技术	50	9.4 PROFIBUS-DP	115
5.4 多路复用技术	52	9.5 PROFIBUS-PA	120
5.5 数据交换技术	53		

9.6 PROFIBUS-FMS	124	
9.7 PROFIBUS 控制系统配置的几种 形式	126	
思考与练习	132	
第 10 章 现场操作网络	133	
10.1 LonWorks 概貌	133	
10.2 LonTalk 协议	136	
10.3 神经元芯片	140	
10.4 LonWorks 收发器技术	144	
10.5 LonWorks 结点技术	148	
10.6 LonWorks 的设计、安装与管理	151	
思考与练习	159	
第 11 章 常用现场总线特点及其选用 原则	160	
11.1 现场总线的现状	160	
11.2 常用现场总线的种类	163	
11.3 常用现场总线的选用原则	167	
思考与练习	172	
		第 12 章 现场总线网络的建设与维护
		12.1 应用现场总线技术构成自动化 控制系统
		12.2 现场总线系统的规划和布线
		12.3 现场总线系统的安装和调试
		12.4 PROFIBUS-DP 的在线诊断
		思考与练习
		第 13 章 工业组态软件及应用
		13.1 工业组态软件简介
		13.2 工业组态软件 STEP 7
		13.3 工业组态监控软件 WinCC
		思考与练习
		附录一 PROFIBUS 设备选型
		附录二 缩略语
		参考文献

第 1 章 绪 论

1.1 计算机网络的发展概况

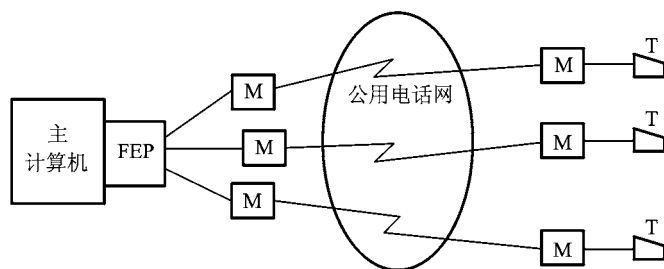
自 1946 年第一台电子计算机诞生以来, 电子计算机即遵循著名的摩尔定律飞速发展, 每过 18 个月计算机的性能就增加一倍而价格则迅速下降。虽然计算机的处理速度不断加快, 性价比不断提高, 但是由于计算能力不能得到有效利用, 计算机的处理能力仍然产生了很多的冗余。

为了解决上面的问题, 自 20 世纪 60 年代以后, 就有越来越多的人把关注的目光投向这一领域, 不断研发出计算机互联通信的各种方法, 直到形成今天所看到的计算机网络。这个过程大致可以划分为 4 个阶段: 20 世纪 60 年代是萌芽阶段; 70 年代是兴起阶段; 80 年代是成熟阶段; 90 年代以后是一个长期繁荣的阶段。宏观来看, 网络的繁荣不是十年, 也不是几十年, 而是一个长期过程。

(1) 第一阶段——面向终端分布的计算机通信网

计算机联网的最初设想就是把多台远程终端设备通过公用电话网连接到一台中央计算机以构成面向终端分布的计算机通信网, 完成远程信息的收集、计算和处理。

面向终端分布的计算机通信网还不是严格意义上的计算机网络, 因为它只能单纯地依靠调制解调器通过公用电话网进行一对一的简单通信 (见图 1-1)。实际上, 在计算机网络通信的初期, 要想解决远程互联的问题, 必然只能选择利用业已成熟和普及的公用电话网这种传统的电路交换技术来完成。作为第一代计算机通信网的面向终端分布的计算机系统, 其实已经涉及计算机通信领域的许多基本技术, 而这种系统本身也成为以后发展起来的计算机网络的组成部分。直到今天, 拨号上网仍然是许多终端用户的连网方式。



FEP—前置通信处理机; M—调制解调器; T—终端

图 1-1 面向终端分布的计算机通信网

在这个时期，具有代表性的面向终端分布的计算机网有：1951 年设计、1958 年投入运行的美国半自动地面防空系统 SAGE；由美国航空公司与 IBM 公司在 20 世纪 50 年代研制，20 世纪 60 年代投入使用的机票实时预订系统 SABREI；20 世纪 60 年代末投入运行的通用电器公司的信息服务网络 GEIS。

（2）第二阶段——分组交换数据网（PSDN）

随着计算机网络通信技术的发展和通信量的不断增长，传统的电路交换技术已不适合计算机资料的传输。由于计算机的数据是实发式和间歇性地出现在传输线路上的，因此在拨号连网方式中整个占线期间真正传送数据的时间往往不到 10%，同时，呼叫过程相对传送数据来说都太长，因此需要寻找一种新的计算机组网方式，于是分组交换数据网应运而生。

冷战时期，美国五角大楼为了上述的原因，同时更主要是为了避免形成一个容易遭受核攻击的致命弱点，决定对计算机战略防御系统进行改造。因为面向终端分布的计算机通信网构成了一个星型网，处于中央结点的主计算机一旦受到攻击，则整个系统瘫痪无疑。为了“不把鸡蛋都装到一个篮子里”，五角大楼开始计划用多主机技术取代单主机技术。

20 世纪 70 年代，美国成功开发出了 ARPANET，采用崭新的异步通信技术，通过“存储转发——分组交换”原理来实现信息的传输和交换，实现了多主机协同通信和资源共享。ARPANET 的出现标志着分组交换网（图 1-2）的兴起，标志着现代电信时代的开始，奠定了 Internet 形成与发展的基础。

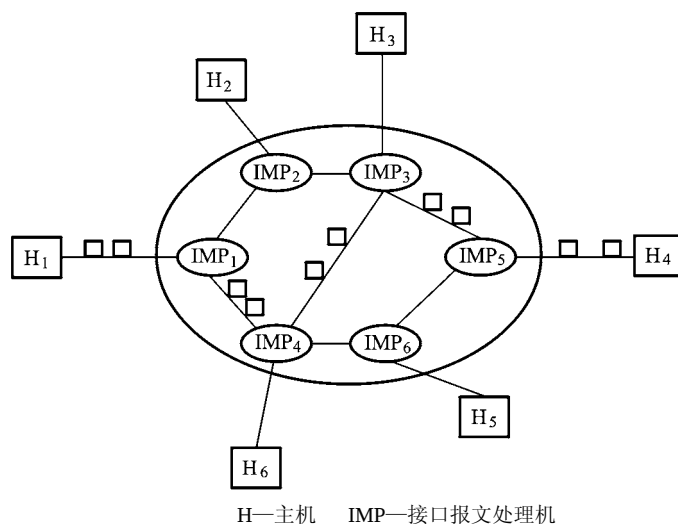


图 1-2 分组交换网

ARPANET 被誉为分组交换网之父，它建立的一些组网理念和技术至今仍被使用。如它的二级网络结构由通信子网和资源子网组成，通信子网由接口报文处理机 IMP 专门负责处理主机之间的通信任务，实现信息传输与交换。资源子网由众多联网的主机构成，负责信息处理，运行用户应用程序，提供共享资源。

当某一主机（例如 H_1 ）要与另一主机（例如 H_5 ）交换信息时， H_1 首先将信息送至与其直接相连的 IMP_1 暂存，通信子网则根据一定的原则动态地选择适当的路径将信息转达发至下一

个 IMP 暂存, 如此连续地存储转发, 直至最终传输至 IMP₆, 由 IMP₆ 将信息最终送达目的主机 H₅, 这就是分组交换通信的基本过程。

通过这样一个异步通信的模式, 就在主机之间建立起一条虚拟的线路连接, 有效地克服了面向终端分布的计算机通信网存在的线路通信效率低下的问题, 极大地提高了昂贵的通信线路的使用效率, 摆脱了传统电路交换技术的局限。该模式从计算机自身的特点出发设计出了通信模型, 为计算机网络的发展提供了技术的支持、资源的供应和经济的保证。

ARPANET 开创了第二代计算机网络, 并由此发展成为全世界广泛使用的因特网(Internet), 它的 TCP/IP 协议已经成为事实上的国际标准。

由于 ARPANET 中存储转发的基本信息单元是分组(Packet), 即将整个需要传送的信息报文(Message)分成若干组, 每个组独立地按存储转发的方式在通信子网上分别传输, 因此这种通信子网大都由政府邮电部门或大型电信公司负责建设和运行以向社会公众开放数据通信业务, 故这类网也称为公用数据网(PDN)或公用交换数据网(PSDN)。

(3) 第三阶段——局域网(LAN)、因特网(Internet)和综合业务数字网(ISDN)

局域网是在局部地理范围内进行高速通信的计算机网络。由于传输距离较短(0.1 km~25 km), 故实现了高传输率(0.1 Mb/s~100 Mb/s)、低误码率(10^{-8} ~ 10^{-11})的要求, 因此局域网在 20 世纪 70 年代出现以后获得了快速的发展, 出现了多种局域网产品, 其中获得极大成功的最常见的产品是以太网(Ethernet)。

因特网是构筑在 TCP/IP 协议基础之上的第二代计算机网络, 由于实现了大范围的多种网络互联, 因特网的出现极大地促进了计算机网络的发展和应用。

综合业务数字网是以提供端到端的数字连接的综合数字电话网为硬件基础发展而成的通信网, 用以支持包括语音和非语音的一系列广泛的业务, 它为用户提供一组标准的多用途网络接口。它可以在用户申请的同一条电话线上提供传真、智能用户电报、电视数据、可视图文、可视电话、视频会议、电子邮件、遥控遥测等业务, 还可在此基础上开发多种增殖业务。因此综合业务数字网 ISDN 又有一个俗名叫“一线通”。

(4) 第四阶段——第三代计算机网络

随着网络应用范围的不断拓展和网络用户的不断增加, 第二代计算机网络已不能适应未来发展的需要。由于网络技术的进步和信息处理能力的提高, 第三代计算机网络亦在孕育之中, 虽然目前要给它下一个准确的定义还为时尚早, 但可以看到第三代计算机网络将会具有这么一些特点: 高带宽、高智能、高协同。高带宽是指采用光纤通信和高速协议等技术解决网络拥塞的问题, 支持更多的网络服务业务。高智能是指将信息的单位由第二代计算机网络的字符提升为概念, 从而极大地减少上网用户的信息筛选工作量, 提高网络设备对信息的智能处理水平。高协同是指大量采用分布计算技术, 充分发掘联网计算机的富余处理能力进行协同计算, 发挥网络资源优势形成巨大的数据处理能力。

1.2 计算机网络的基本概念

计算机网络是指用通信手段将空间上分散的、具有自治功能的多个计算机系统相互联接进

行信息交换，实现资源共享和协同工作的系统。

由这个定义可知，计算机网络由许多计算机系统互联而成，这些计算机系统既有可能是一台单独的计算机，也有可能是多台计算机构成的另一个计算机网络。这些计算机系统在空间上是分散的，既有可能在同一张桌子上、一栋楼里，也有可能在不同的城市、不同的大陆。这些计算机系统是自治的，如果断开网络连接，它们也能独立工作。这些计算机系统要通过一定的通信手段如电缆、光纤、无线电和配套软硬件才能实现互联。这些计算机系统互联的结果是完成数据交换，目的是实现信息资源的共享，实现不同计算机系统间的相互操作以完成工作协同和应用集成。

计算机网络由用户设备、网络软件和网络硬件三部分组成。用户设备是指用户用来联网的主机、终端和服务；网络软件是指通信协议、操作系统和用户程序等；网络硬件是指物理线路、传输设备和交换设备等。

计算机网络种类繁多，这里按地域范围、组建属性和拓扑结构三个方面来加以分类。

按地域范围分类就是从网络所覆盖的地理范围大小来分类，据此可以分为局域网（LAN）、城域网（MAN）和广域网（WAN）三种。局域网范围最小，常用来构造一个房间、一座楼宇或一个园区范围内的计算机网络，是目前发展较成熟、应用较普及的计算机网络。城域网是在大城市范围内构造的计算机网络。广域网是在国家范围内甚至洲际范围内构造的计算机网络。

按组建属性分类就是从计算机网络的设计、使用和拥有的属性来分类，一般可以分为公用网和专用网两类。公用网由国家电信部门或大型电信公司组建、管理和经营，面向社会公众提供服务。专用网由特定的部门、组织或公司组建，面向内部服务，不允许未经授权的外部访问。由于物理线路的构筑成本和运营代价很高，专用网特别是广域的专用网一般都会租用公用网的网络设备进行构造。

按拓扑结构分类就是按计算机网络的连接方式分类。拓扑是一个数学概念，与几何一样，都是以点、线、面作为研究对象。但不同的是，几何研究点、线、面之间的位置关系，而拓扑则是研究点、线、面之间的连接关系。因此按拓扑结构分类就是按计算机网络中的通信结点和通信线路的连接方式分类。一般来说，可以将每个通信结点理解为一台计算机。

按拓扑结构，可将计算机网络分为星型、树型、环型、总线型、不规则型和全连接型 6 种基本形式（见图 1-3）。

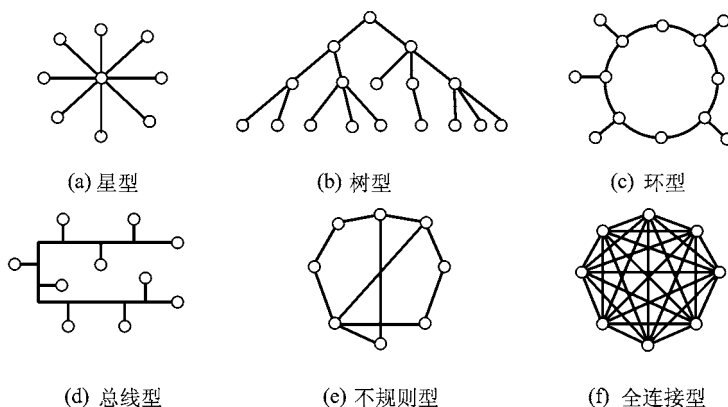


图 1-3 网络拓扑结构

在星型拓扑中，每个站通过点对点链路连接到中央结点，任何两点之间通信都要通过中央结点进行。中央结点通信负担重，结构也很复杂，而外围结点通信量很小，结构也较简单。

在树型拓扑中，末端结点通信量最小，分叉结点的通信则可大可小，主要取决于此分叉下的结点数量，且每个分叉可以自成一体，可以按设备类型和使用要求的不同来组成分叉，因此树型拓扑组网灵活，适应性强，适于主次分明、等级严格的分层管理系统。

在环型拓扑中，由中继器通过点对点链路连接构成封闭的环路，外围的工作站通过中继器与环路相连。工作站将要发送的数据拆分成组并添加控制信息后传送给与之相连的中继器，中继器将数据沿一个方向（顺时针或逆时针）依次转发直至送达目的工作站。

在总线型拓扑中，传输介质是一条总线，工作站通过相应硬件接口接至总线上。一个站发送数据，所有其他站都能接收，故这种通信方式又称为广播式通信。树型拓扑中，当分叉结点发送数据时，与之相连的多个结点亦能同时接收，也是一种广播通信。

全连接型拓扑是在任意两个结点间均有线路连接，可以直接通信。不规则型拓扑是以上几种基本拓扑结构的混合。

1.3 工业网络与现场总线

工业网络是指应用于工业和商业领域的计算机网络。具体地说，工业网络是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，以实现企业内部的资源共享、信息管理、过程控制、经营决策，并能够访问企业外部资源和提供有限的外部访问，使得企业的生产经营能够高效率地协调动作，从而实现企业集成管理和控制的一种网络环境。

工业网络是一种应用，也是一种技术，它涉及局域网、广域网、现场总线以及网络互联等技术，是计算机技术、信息技术和控制技术在企业管理和控制中的有机统一。

工业网络具有确定性、集成性、安全性和限制性的特点。确定性一般是指工业网络的地域范围、服务范围、控制对象和动作方式均是明确的，在一定时期内是稳定的。集成性是指工业网络通过技术集成实现了数据集成从而达到了功能集成。安全性是指工业网络要严防不良入侵，同时确保系统的稳定和数据的安全。限制性是指工业网络既是企业内部的纽带也是联系外部客户的桥梁，要在确保安全的前提下实行有限制的对外开放。

工业网络的体系构架如图 1-4 所示，最顶端的公司管理层一般由广域网构成，中间的车间管理层和监控层由局域网构成，最下面的现场控制层和执行机构层则由现场总线（Fieldbus）构成。由此可以看出，现场总线实现了计算机网络向现场末端的最后延伸。

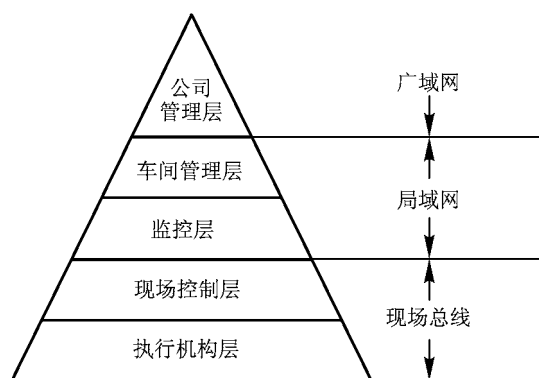


图 1-4 工业网络的体系构架

办公室、企业甚至家庭将由网络连成一体。

国际电工委员会将现场总线定义为：安装在制造或过程区域的现场智能装置与控制室内的自控装置之间的数字式、串行、多点通信的数据总线。由此可知，首先，作为数据总线，现场总线的核心是总线协议。不同的总线协议形成了不同的现场总线，目前国际上关于现场总线标准之争就是为了确立各自总线协议的主体地位。其次，现场总线的基础是智能现场装置。没有仪表、阀门等现场执行机构的智能化，也就没有现场总线。因此，现场总线的出现是由于微电子技术的发展使芯片价格降低、功能提高从而大量植入仪器仪表中的结果。所以说，现场总线的本质是信息处理的现场化，由于仪表的智能化从而使仪表具有自治能力，使大量的数据处理和执行分布到现场完成，从而提高了系统的反应速度和处理能力。

现场总线是在技术进步的基础上企业的信息网络和控制网络相互集成的必然结果（见图1-5）。由于现场总线网络具有投资门槛低、反应速度快、控制精度高、组网灵活、维修方便、可靠性高、供应充足等优点，故近年来在电子技术的推动下取得蓬勃发展，被誉为自动化领域的一场革命。它的出现，标志着自动化系统步入了一个新时代，将对技术领域和社会生活产生前所未有的冲击和影响，其作用将会是十分深远的。

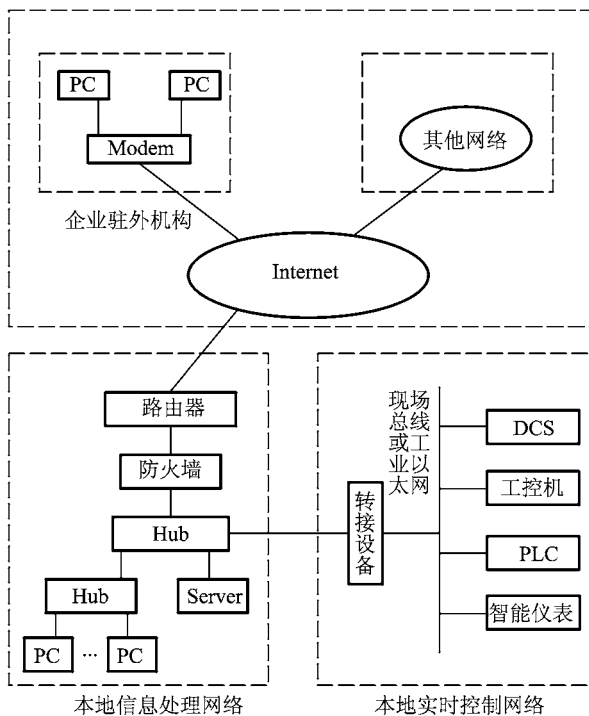


图 1-5 工业网络的一般结构

思考与练习

1. 网络发展分哪几个阶段，每个阶段的主要特征是什么？

2. Internet 的前身是什么，采用了什么协议？
3. 简述计算机网络的定义及组成。
4. 计算机网络按地域范围、组建属性和拓扑结构如何分类？
5. 什么是现场总线？举例说明现场总线在实际中的应用。

第 2 章 工业网络的基本构成

2.1 工业网络的产生和发展

随着因特网（Internet）商业应用的飞速发展，建立一个高效率的企业网络信息系统也就成为企业生存和发展的当务之急。到目前为止，许多企业（或公司）已经在 Internet 上使用了各自的 WWW 服务器或租用因特网服务提供商的 WWW 服务器，以此作为销售、服务以及联系的渠道。这就是建立一个工业企业内部网（Intranet）的起源。

回顾工业控制系统的发展史可知，每一代新的控制系统的推出都是针对老一代控制系统存在的缺陷而给出的解决方案，同时也代表着技术的进步和效能的提高。

① 20 世纪六七十年代模拟仪表控制系统占主导地位。其明显的缺点是：模拟信号精度低，易受干扰。

② 20 世纪七八十年代集中式数字控制系统占主导地位。采用单片机、PLC 作为控制器使得在控制器内部传输的是数字信号，克服了模拟仪表控制系统中模拟信号精度低的缺陷，提高了系统的抗干扰能力。集中式数字控制系统的优点是易于根据全局情况进行控制、计算和判断，在控制方式、控制时机的选择上可以统一调度和安排。不足的是，对控制器本身要求很高，必须具有足够的处理能力和极高的可靠性，当系统任务增加时控制器的效率和可靠性将急剧下降。

③ 集散控制系统（DCS）于 20 世纪八九十年代占主导地位。其核心思想是集中管理、分散控制，即管理与控制相分离，上位机用于集中监视管理功能，若干台下位机分散到现场，实现分布式控制，各上、下机之间通过控制网络互联实现相互之间的信息传递。这种分布式的控制体系结构有力地克服了集中式数字控制系统中对控制器处理能力和可靠性要求高的缺陷。在集散控制系统中，分布式控制思想的实现得益于网络技术的发展和运用。遗憾的是，不同的 DCS 厂家为达到垄断经营的目的而对其控制通信网络采用各自专用的封闭形式，不同厂家的 DCS 系统之间以及 DCS 与上层 Intranet、Internet 信息网络之间难以实现网络互联和信息共享。因此，集散控制系统从该角度而言实质上是一种封闭或专用的不具互操作性的分布式控制系统。而且 DCS 系统造价昂贵，所以，用户对网络控制系统提出了开放性、标准统一和降低成本的迫切要求。

④ 在新世纪之初，现场总线控制系统（FCS）顺应这一潮流而诞生了。FCS 系统用现场总线这一开放的、可互操作的网络将现场各控制器及仪表设备互联，同时控制功能彻底下放到现场，降低了安装成本和维护费用。因此，FCS 实质上是一种开放的、具有可操作性的、彻底分

散的分布式控制系统。它有望成为 21 世纪控制系统的主流产品。

2.2 工业网络的体系结构

工业通信网络结构拥有丰富灵活的网络层级，各个层级的通信协议要求符合国际标准的网络协议、保证系统的开放性。各硬件设备必须是为工业应用而专门开发（设计）的，能适用于可能遭受严重电磁干扰、液体侵蚀、高度污染和机械冲击的工业环境。

图 2-1 是一个工业网络体系结构模型，通常分成 3 层，即管理层、车间监控层和现场设备层。

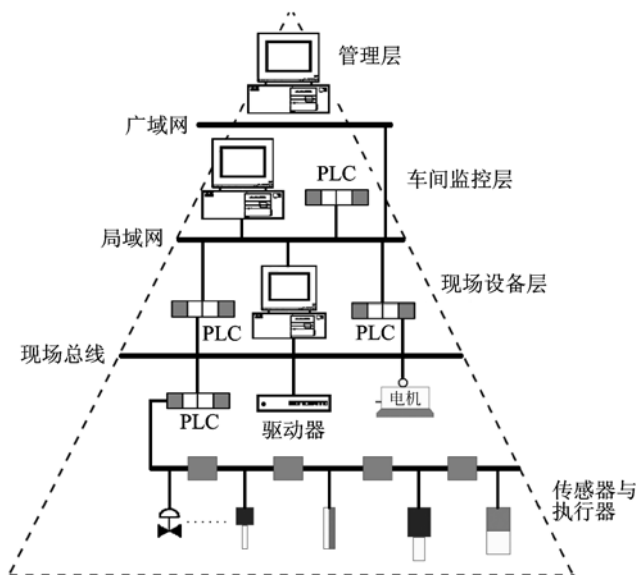


图 2-1 工业通信网络模型

2.2.1 现场设备层

现场设备层通信是指通过现场总线把现场设备（指车间生产现场安装的自动化仪器仪表，如传感器、变送器及执行机件、驱动装置等）相连并互相进行通信。现场设备及仪表也可以通过现场总线同中央控制器（上层）通信。这就要求连到现场总线的设备需智能化。现场级是构建工业企业网的基础，是各种信息的来源，有的文章也把它称之为“工厂底层”。其主要完成如下任务：

① 进行过程数据采集：即对被控设备中的每个过程量和状态信息进行实时采集，获得设备监测、过程控制、状态报告的现场信息。

② 进行直接的数字控制：根据控制模式、控制算法模块实施连锁控制、顺序控制和批量控制。

③ 进行设备和系统的监测和诊断：根据过程变量和状态信息，分析并确定是否对被控装

置实施调节，同时判断计算机和控制板卡的状态和性能，在必要时实施报警和错误诊断。

④ 实施安全性和冗余方面的措施：一旦发现计算机系统硬件和控制板卡有故障，可及时在热备份下切换到备用件，以确保整个系统安全运行。

2.2.2 车间监控层

车间监控层通信是指通过现场总线控制网络上的监控计算机、操作员站和工程师站综合监视各级过程的所有信息，集中显示、操作、进行系统结构设计，组态、过程优化计算和参数修改的控制处理，完成如下主要任务：

① 进行过程优化控制：根据过程的数学模型以及所给定的控制对象，并且在不同工况、不同控制策略下，改变系统柔性结构，完成对控制的优化。

② 进行自适应回路控制：在过程参数期望值的基础上，当现场条件发生改变时，通过数字辨识和参考模型，经过运算处理和智能决策，得到新的设定值和调节参数并传送到直接过程控制层。

③ 优化网络控制单元的各种装置：根据挂接在网络上各生产单元的产品、原材料、库存以及能源的使用情况，以优化准则协调相互的关系。

④ 进行单元内的状态监控和存档：通过获取现场级的实时数据，进行单元内的状态监控，将故障检测存档，建立实时数据库和保存历史数据，显示和打印生产日志报表。

2.2.3 管理层

管理层是指以中心计算机为顶层，将网络控制的各局域网子系统接入企业主干网、建立统一的数据体系，使整个系统具有开放的硬件与软件平台，实现从底到顶的数据采集、处理、融合和管理，担负包括工程技术、经营、商务和人力等方面的总体协调和管理，完成如下主要任务：

① 利用网络实现办公自动化，建立管理信息系统。

② 进行计算机辅助设计、计算机辅助工艺规划、计算机辅助制造。

③ 实施以网络为基础的企业资源计划。

④ 形成广义的综合信息系统，使企业组织结构扁平化。

⑤ 对外通过 Internet 实现大范围的信息网络、营销网络和电子商务。

⑥ 对内建立企业内部网络 Intranet 与生产车间的现场总线、工业以太网相连，发挥原始信息的时效性、真实性和可靠性的作用。

2.3 建立工业网络的策略

2.3.1 建立工业网络的一般原则

(1) 可靠性原则

相对其他用途的网络系统而言,企业计算机网络系统可靠性的要求较高。在工厂的生产与管理中,计算机网络起着重要作用,其可靠程度直接影响着生产的正常进行,必须予以高度重视,使企业的计算机网络设备具备高度的可靠性。

(2) 实用性原则

网络系统是为满足生产过程的监视、控制、管理、调度和决策的需要而设置的,满足企业生产实际需要是设计的基本出发点。网络系统的设计应以需求分析作为设计基础,包括网络的结点数、结点的地理位置分布,网络的信息量、运行速率、传输能力以及网络建成之后改建的可扩性,如网络结点增加、网段扩展等。对底层控制网络,要充分考虑到为实现控制所必须满足的实时性要求。

(3) 开放性原则

网络系统的开放性关系到网络系统内不同网段间互联、企业内部网络与外界网络互联的可实现性。随着计算机及其网络系统应用的飞速发展与普及,企业与外界的联系会不断增多,所需信息量和信息的覆盖领域进一步扩大,网络互联的需求会不断加深,因此应选择开放性好、联网方便的网络系统。

(4) 先进性原则

处于当今信息社会,计算机网络技术的发展速度是相当迅速的,所以,应尽量选择技术水平高、有发展前途、短期内不会被淘汰的网络系统,尽量采用国际标准和主流技术。当然,作为实用工业网络也应充分考虑到技术的成熟性。

(5) 软件资源丰富性原则

在对网络系统的产品选型时,还应考虑到所选系统是否具备丰富的软件资源支持,特别是需要功能强、性能好的网络管理软件的支持,以便于今后网络系统的运行、管理与维护。

(6) 经济性原则

网络系统设计像任何一项工程设计那样必须考虑到投资的合理性,如系统的性能价格比、投入产出比、企业的经济承受能力等因素。在计算机、网络设备、系统软件的产品选型与购置方面,应在充分考虑上述可靠性、实用性、开放性、先进性等因素的基础上,尽可能节省投资。

2.3.2 建立工业网络的一般模式

(1) 集中式模式

就是以大型机或超级小型机以上的计算机为中心的计算机模式。它一台主机带多个终端,构成分时系统,要求有较强的数据库系统功能。这种系统相对独立,安全和保密性好,但主机负荷重,风险较为集中,初期投资较大。

(2) 分布式模式

它是以服务器为中心的计算机模式,是传统的、通过局域网连接的文件服务系统。这是由于PC机的出现给计算机网络系统带来的变化。由于早期的PC机数据处理能力不足,出现了PC机与PC机、PC机与大型机之间连接组成的局域网,形成了资源与数据集成共享的环境。PC机的资源通过网络得到了延伸。这一模式向单个用户提供灵活的服务,但管理控制和维护工具的功能很差,而仅限于共享数据文件和打印机的共享。这种结构的系统初期投资少、见效快,