



普通高等教育“十二五”国家级规划教材

微型计算机 控制技术

WEIXING JISUANJI KONGZHI JISHU

曾庆波 左晓英 陈秀芳 编著



电子科技大学出版社

普通高等教育国家级规划教材

微型计算机控制技术

曾庆波 左晓英 陈秀芳 编著



电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

微型计算机控制技术 / 曾庆波, 左晓英, 陈秀芳编

著. —成都: 电子科技大学出版社, 2013.1

ISBN 978-7-5647-1431-4

I. ①微… II. ①曾… ②左… ③陈… III. ①微型计算机—计算机控制—高等职业教育—教材 IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 315590 号

内容简介

微型计算机控制技术是一门综合性很强的学科, 涉及的内容十分广泛。本书以单片机、可编程控制器、组态软件为背景介绍微型计算机控制技术。本书对计算机控制系统中所涉及的基础理论和基本知识作了适当的介绍, 在此基础上重点介绍了计算机控制系统中的常见技术和方法, 并对近年来发展起来的新技术从应用的角度进行了介绍。内容包括: 微型计算机控制系统概述、自动控制理论基础、输入输出接口技术、微型计算机控制系统的数据处理方法、典型数字控制器及实现方法、PLC 及应用技术、组态软件及应用技术、微型计算机控制系统示例等。全书体系结构合理, 内容丰富, 注重实用性, 突出应用技术, 注重软件与硬件的有机结合, 重点突出, 层次分明, 语言流畅, 通俗易懂, 书中通过示例的形式介绍应用技术, 实用性强。

本书可作为普通高校各类自动化、电子与电气工程、计算机应用、机电一体化等专业的教材, 也可供有关的工程技术人员学习和参考。

普通高等教育国家级规划教材

微型计算机控制技术

曾庆波 左晓英 陈秀芳 编著

出版: 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

责任编辑: 黄礼玲

主页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发行: 新华书店经销

印刷: 河北永清县晔盛亚胶印有限公司

成品尺寸: 170mm×240mm 印张 18.75 字数 378 千字

版次: 2013 年 4 月第一版

印次: 2013 年 4 月第一次印刷

书号: ISBN 978-7-5647-1431-4

定价: 59.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83201495。

◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

前 言

《微型计算机控制技术》是经出版社申报、由教育部组织专家评审和网上公示后，列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材的选题之一。

微型计算机控制技术是我国高校各类自动化、电子与电气工程、计算机应用、机电一体化等专业的主干课程，它主要研究如何将计算机技术和自动控制理论应用于工业生产过程，并设计出所需要的计算机控制系统。

微型计算机控制技术是一门综合性很强的学科，涉及的内容十分广泛。本教材以单片机、可编程控制器、组态软件为背景介绍微型计算机控制技术。在计算机控制系统中，单片机仍然是主要的控制工具之一，许多高职院校仍将单片机课程作为相关专业的骨干课程，以单片机为背景介绍微型计算机控制技术有着广泛性，同时也便于学生实践，但在教材中只以一种控制工具为背景介绍微型计算机控制技术就略显单一，而且有从芯片到系统的传统模式嫌疑。可编程控制器作为一种通用的工业自动化装置，在工业控制各个领域已得到了广泛的应用，作为计算机控制系统中的主流机型之一，PLC 应用技术在教材中应占有一定的比例。组态软件是实现数据采集与过程控制的专用软件，它以计算机为基本工具，为实施数据采集、过程监控提供了基础平台和开发环境，组态软件功能强大，使用方便，其预设的各种软件模块可以非常容易地实现监控层的各项功能，并可向控制层和管理层提供软、硬件的全部接口，使用组态软件可以方便、快速地进行系统集成，构造不同需求的数据采集与监控系统。

全书共分为八章。第一章阐述了微型计算机控制系统的组成、分类和发展趋势。第二章介绍自动控制理论基础，包括控制系统的数学模型、控制系统的分析和控制系统的校正，这一章是微型计算机控制技术的基础理论，也是非自动化专业学生学习微型计算机控制技术的起点。第三章和第四章介绍了计算机控制系统中的常见技术和方法，其中第三章输入输出接口技术介绍了开关量（数字量）输入输出技术、A/D 和 D/A 转换器接口技术、RS-232C 和 RS-422/485 接口技术、输入输出通道抗干扰技术等常见技术，第四章介绍了微型计算机控制系统中数据处理的一些常用方法，如数字滤波、标度变换和线性化处理等。第五章介绍了典型数字控制器及实现方法，包括数字控制基础知识（如采样过程、 z 变换、脉冲传递函数和差分方程等）、数字控制器的连续化设计技术、常规控制技术（如数字 PID 控制技术）、复杂控制技术（如施密斯（Smith）预估控制算法、串级控制技术和前馈-反馈控制技术等）、数字控制器的离散化设计技术（最少拍系统和达林算法等）。第六章则以松下可编程控制器

FP0 为背景,介绍了 PLC 及应用技术,包括可编程序控制器的基本知识、可编程序控制器 FP0、FP0 的指令系统和 PLC 应用技术。第七章以监控组态软件 PC Auto 3.6 为背景,从应用的角度介绍了组态软件及应用技术,包括监控组态软件 PC Auto 3.6 简介、使用 PC Auto 3.6 创建应用程序工程示例、动作脚本、标准图形对象及应用技术、分布式应用、PCAuto3.6 的控制策略应用技术等。第八章是微型计算机控制系统示例,包括基于变频器与 PLC 的变频调速恒压供水系统、电阻炉温度控制系统、基于组态软件的 PLC 控制反应釜仿真系统等,应用示例是计算机控制技术的综合,是学生学习计算机控制技术的一个有效途径,通过应用示例,使学生掌握如何设计满足一定要求的微型计算机控制系统。

本书以“必需”、“够用”为度,以职业综合能力为目标来设计教材内容,突出应用技术,注重软件与硬件的有机结合,重点突出,层次分明,语言易懂;选材上更加注重实用性、先进性,重视解决工程实际问题,并根据计算机控制系统的最新发展,结合高职高专教育的特点,有重点地引入了一些新技术、新方法和作者的部分科研成果。

本书第一章、第五章、第六章、第八章的第 1、2 节由曾庆波编写;第四章、第七章、第八章的第 3 节由左晓英编写;第二章、第三章由陈秀芳编写。曾庆波负责全书的统稿。程万君教授和王雁华副教授仔细审阅了全书,并提出了许多宝贵的意见,在此表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,书中还有很多不足之处,热情欢迎有关专家、读者提出批评建议,以便进一步修订。

编 者

目 录

第一章 微型计算机控制系统概述	1
§1.1 微型计算机控制系统及其组成	1
§1.2 微型计算机控制系统的分类	2
§1.2.1 操作指导控制系统	2
§1.2.2 直接数字控制系统	2
§1.2.3 集散控制系统	3
§1.2.4 现场总线控制系统	3
§1.3 微型计算机控制系统的发展趋势	5
习题	7
第二章 自动控制理论基础	8
§2.1 自动控制系统概述	8
§2.1.1 开环控制系统与闭环控制系统	8
§2.1.2 自动控制系统的组成与分类	11
§2.2 控制系统的数学模型	13
§2.2.1 描述系统运动的微分方程	13
§2.2.2 传递函数	16
§2.2.3 动态结构图	22
§2.3 控制系统的分析	26
§2.3.1 典型输入信号	27
§2.3.2 系统的时域性能指标	28
§2.3.3 系统的稳定性	29
§2.3.4 一阶系统的分析	32
§2.3.5 典型二阶系统的分析	33
§2.4 控制系统的校正	40
§2.4.1 串联校正和并联校正	40
§2.4.2 PID 控制器	41
习题	46

第三章 输入输出接口技术	48
§3.1 开关量(数字量)输入输出通道	48
§3.1.1 开关量(数字量)输入通道	48
§3.1.2 开关量输出通道	50
§3.1.3 光电耦合器及接口电路	52
§3.2 A/D 转换器接口技术	54
§3.2.1 A/D 转换器的主要技术指标	54
§3.2.2 A/D 转换器接口技术	55
§3.2.3 用电压/频率变换器(VFC)实现 A/D 转换技术	61
§3.3 D/A 转换器接口技术	65
§3.3.1 8 位 D/A 转换器接口技术	65
§3.3.2 12 位 D/A 转换器接口技术	68
§3.4 模拟量输入输出通道	70
§3.4.1 模拟量输入通道	70
§3.4.2 模拟量输出通道	73
§3.5 RS-232C、RS-422/485 接口技术	77
§3.5.1 RS-232C 接口技术	77
§3.5.2 RS-422/485 接口技术	80
§3.6 输入输出通道抗干扰技术	81
§3.6.1 输入输出通道抗干扰措施	82
§3.6.2 系统供电与接地	83
习题	84
第四章 微型计算机控制系统的数据处理方法	85
§4.1 数字滤波	85
§4.2 标度变换	90
§4.3 查表法	91
§4.4 线性化处理	92
习题	97
第五章 典型数字控制器及实现方法	98
§5.1 数字控制基础知识	98
§5.1.1 采样过程及采样定理	98
§5.1.2 零阶保持器	99

§5.1.3 z 变换	100
§5.1.4 离散系统的数学描述	106
§5.2 数字控制器的连续化设计技术	112
§5.2.1 离散化技术	113
§5.2.2 选择采样周期	113
§5.2.3 数字控制器的连续化设计步骤	114
§5.3 数字 PID 控制技术	118
§5.3.1 数字 PID 控制算法	118
§5.3.2 数字 PID 算法的改进	120
§5.3.3 数字 PID 控制器的参数整定	123
§5.3.4 数字 PID 控制器的工程实现	126
§5.4 复杂控制技术	132
§5.4.1 施密斯 (Smith) 预估控制算法	132
§5.4.2 串级控制技术	135
§5.4.3 前馈-反馈控制技术	136
§5.5 数字控制器的离散化设计技术	139
§5.5.1 数字控制器的离散化设计步骤	140
§5.5.2 最少拍控制器的设计	140
§5.5.3 达林算法	144
习题	149
第六章 PLC 及应用技术	151
§6.1 可编程序控制器的基本知识	151
§6.1.1 可编程序控制器的产生与发展	151
§6.1.2 PLC 的基本结构	152
§6.1.3 PLC 的基本工作原理	155
§6.1.4 PLC 的编程语言	155
§6.1.5 PLC 的主要技术指标	157
§6.1.6 PLC 的主要功能及特点	158
§6.2 可编程序控制器 FP0 简介	160
§6.2.1 可编程序控制器 FP0 的特点	160
§6.2.2 FP0 系列 PLC 的技术性能	161
§6.2.3 FP0 系列 PLC 内部寄存器及 I/O 配置	162
§6.3 FP0 的指令系统	165
§6.3.1 FP0 的基本指令	165

§6.3.2 FP0 的高级指令	180
§6.4 PLC 应用技术	190
§6.4.1 典型单元梯形图程序	191
§6.4.2 PLC 应用示例	194
习题	202
第七章 监控组态软件及应用技术	203
§7.1 监控组态软件 PC Auto 3.6	203
§7.1.1 PC Auto 3.6 的体系结构	204
§7.1.2 组态软件的数据处理流程	206
§7.2 使用 PC Auto 3.6 创建应用程序工程示例	206
§7.2.1 开发环境 Draw	208
§7.2.2 创建应用程序工程步骤之一——制作工程图画面	212
§7.2.3 实时数据库系统	216
§7.2.4 创建应用程序工程步骤之二 ——创建数据库、定义 I/O 设备及 I/O 数据连接	220
§7.2.5 动画连接	226
§7.2.6 创建应用程序工程步骤之三——动画连接	230
§7.2.7 系统设置	232
§7.2.8 创建应用程序工程步骤之四——系统设置、运行及调试	234
§7.3 动作脚本	235
§7.3.1 动作脚本类型	236
§7.3.2 创建动作脚本示例	237
§7.4 标准图形对象及应用技术	240
§7.4.1 标准图形对象	241
§7.4.2 标准图形对象应用示例	242
§7.5 分布式应用	246
§7.5.1 网络通信方式	247
§7.5.2 远程数据源	249
§7.5.3 网络数据库连接	250
§7.5.4 Web 应用	250
§7.6 PCAuto3.6 的控制策略	252
§7.6.1 控制策略概述	252
§7.6.2 控制策略应用技术	253
习题	258

第八章 微型计算机控制系统示例	261
§8.1 电阻炉温度控制系统	261
§8.1.1 系统组成及工作原理	261
§8.1.2 控制系统程序设计	264
§8.2 基于变频器与 PLC 的变频调速恒压供水系统	268
§8.2.1 变频调速恒压供水系统的节能原理	268
§8.2.2 变频调速恒压供水系统的工作方式	269
§8.2.3 变频调速恒压供水系统的结构及工作原理	270
§8.2.4 供水系统的主电路图和 PLC 外部接线图	271
§8.2.5 变频调速恒压供水系统的 PLC 程序设计	272
§8.3 基于组态软件的反应釜仿真控制系统	275
§8.3.1 反应釜装置仿真系统的组成	275
§8.3.2 反应釜装置仿真系统的控制要求	276
§8.3.3 反应釜装置仿真系统的设计任务	277
§8.3.4 仿真系统 PLC 程序设计	277
§8.3.5 反应釜装置仿真系统的组态	280
§8.3.6 仿真系统的使用说明	287
参考文献	288

第一章 微型计算机控制系统概述

微型计算机控制技术是微型计算机技术、自动控制技术、通信与网络技术、检测与传感技术的综合。计算机技术在控制领域的应用，使自动控制技术得到了迅速发展，同时也扩大了控制技术在工业生产中的应用范围。目前，以微型计算机为核心的控制系统种类繁多，控制算法也非常丰富，并且随着新技术的不断出现，计算机控制技术水平也必将大大提高。

本章主要介绍微型计算机控制系统及其组成、分类、发展趋势。

§ 1.1 微型计算机控制系统及其组成

微型计算机控制系统就是以微型机（包括工业控制机、PLC、单片机等）为控制工具来实现生产过程自动控制的系统。

为了简单和形象地说明计算机控制系统的控制过程，我们给出了一个典型的计算机控制系统原理图，如图 1-1 所示。

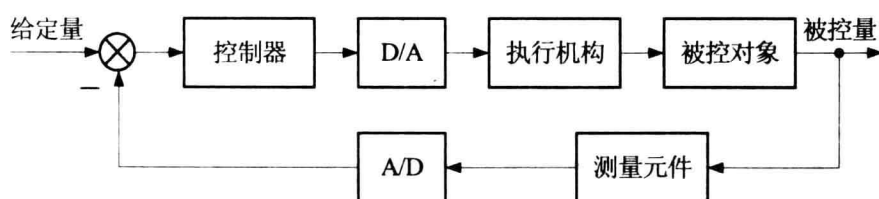


图 1-1 计算机控制系统原理图

在计算机控制系统中，控制器就是计算机，控制规律是用软件实现的，计算机通过执行预定的控制程序实现对被控对象的控制。由于计算机的输入和输出都是数字信号，因此需要有将模拟量变成数字量的 A/D 转换器，以及将数字量转换成模拟量的 D/A 转换器。

控制原理：测量被控量的实际值并经 A/D 转换器输入给计算机，计算机对采集到的被控量与给定量进行比较分析，得到它们的差值（偏差），根据偏差按已定的控制规律，经 D/A 转换器向执行机构发出控制信号，使被控量按预定的规律变化。

以微型机为核心的控制系统种类繁多，而且规模也不同，但其基本组成是相同的，即都是由微型计算机系统和生产过程两大部分组成。微型计算机系统包括软件和硬件两部分；生产过程包括被控对象、测量元件、执行机构等装置。一个典型的计算机控制系统组成如图 1-2 所示。

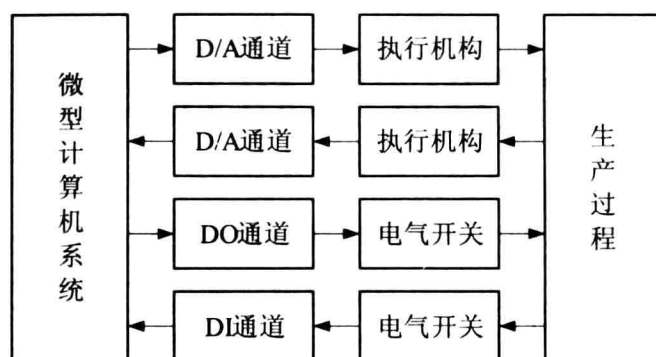


图 1-2 微型计算机控制系统组成框图

§ 1.2 微型计算机控制系统的分类

根据微型计算机在控制系统中的应用特点，微型计算机控制系统可分成以下几类。

§ 1.2.1 操作指导控制系统

在这类系统中，计算机不直接用来控制生产过程，而是对生产过程中的各种参数进行采集和处理，为操作人员提供反映生产过程工况的各种数据，并相应地给出操作指导信息，供操作人员参考。操作指导控制系统的优点是结构简单，缺点是要由人工操作，操作速度受到限制。操作指导控制系统的结构形式如图 1-3 所示。



图 1-3 操作指导控制系统

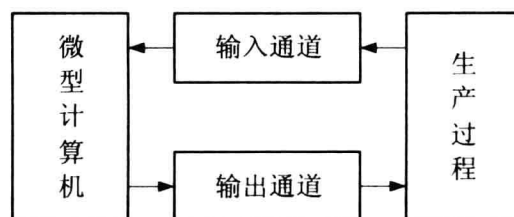


图 1-4 直接数字控制系统

§ 1.2.2 直接数字控制系统

直接数字控制（Direct Digital Control，简称 DDC）系统是指计算机直接控制生产过程。在这类系统中，计算机通过输入通道采集到数据后，按预定的控制规律进行计算，计算出控制量，通过输出通道输出到执行机构对生产过程进行控制。由于 DDC 系统中的计算机直接承担控制任务，所以实时性好、可靠性高，DDC 系统是计算机在工业生产过程中应用最普遍的一种方式。DDC 系统的结构形式如图 1-4 所示。

§ 1.2.3 集散控制系统

集散控制系统（Distributed Control System，简称 DCS）是随工业生产的高度自动化和过程控制的日益复杂化而发展起来的，它是集自动控制技术、计算机技术、通信与网络技术为一体的控制系统，其结构形式如图 1-5 所示。

集散控制系统的实质是利用计算机技术对生产过程进行分散控制、集中管理的一种新型控制技术。集中管理便于全系统的信息管理和优化控制；分散控制是由于生产设备、地理位置的分散，因此分散控制成为必然，而且更为重要的一点分散控制使危险性分散，提高了系统的可靠性。

集散控制系统概括起来由集中管理部分、分散监控部分和通信部分组成。集中管理部分又可分为工程师站、操作站和管理计算机。工程师站主要用于组态和维护，操作站则用于监视和操作，管理计算机用于全系统的信息管理和优化控制。分散监控部分按功能可分为控制站、检测站或现场控制站，它用于控制和监测。通信部分连接集散控制系统的各个分散部分，完成数据、指令或其他信息的传递。集散控制系统软件是由实时多任务操作系统、数据库管理系统、数据通信软件、组态软件和各种应用软件所组成。使用组态软件这一工具，就可生成用户所要求的实时控制系统。

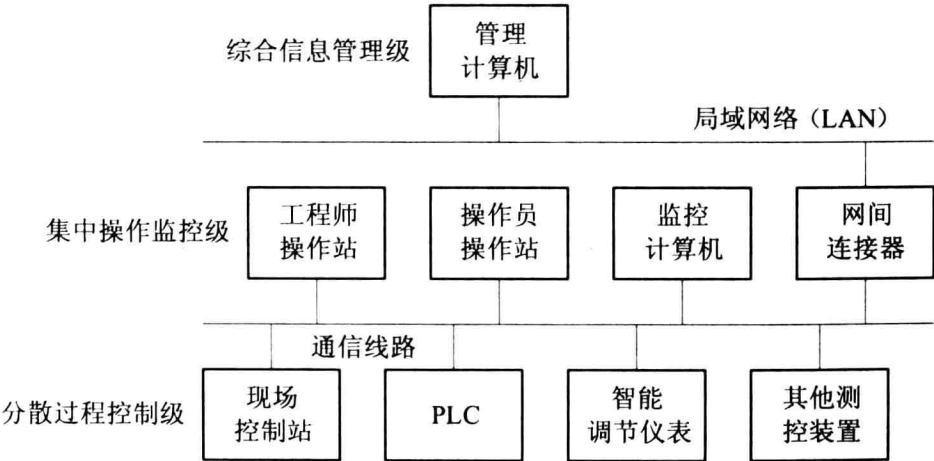


图 1-5 集散控制系统

§ 1.2.4 现场总线控制系统

现场总线（Fieldbus）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传输、数字式、多分支结构的通信网络。现场总线控制系统（Fieldbus Control System，简称 FCS）是新一代分布式控制结构，其系统结构如图 1-6 所示。现场总线的体系结构主要表现在以下六个方面：

（1）现场通信网络

现场总线把通信一直延伸到生产现场或生产设备，用于过程自动化和制造自动

化的现场设备或现场仪表互连的现场通信网络。

(2) 现场设备互连

现场设备或现场仪表是指变送器、执行器、服务器和网桥、辅助设备、监控设备等，这些设备通过一对传输线互连，用户可依据实际需要使用不同的传输介质（如双绞线、同轴电缆、光缆等）。

(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统一组态构成所需的控制回路，从而可以自由地集成 FCS，这就是互操作性的含义。

(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，与其配套的还有安全栅。

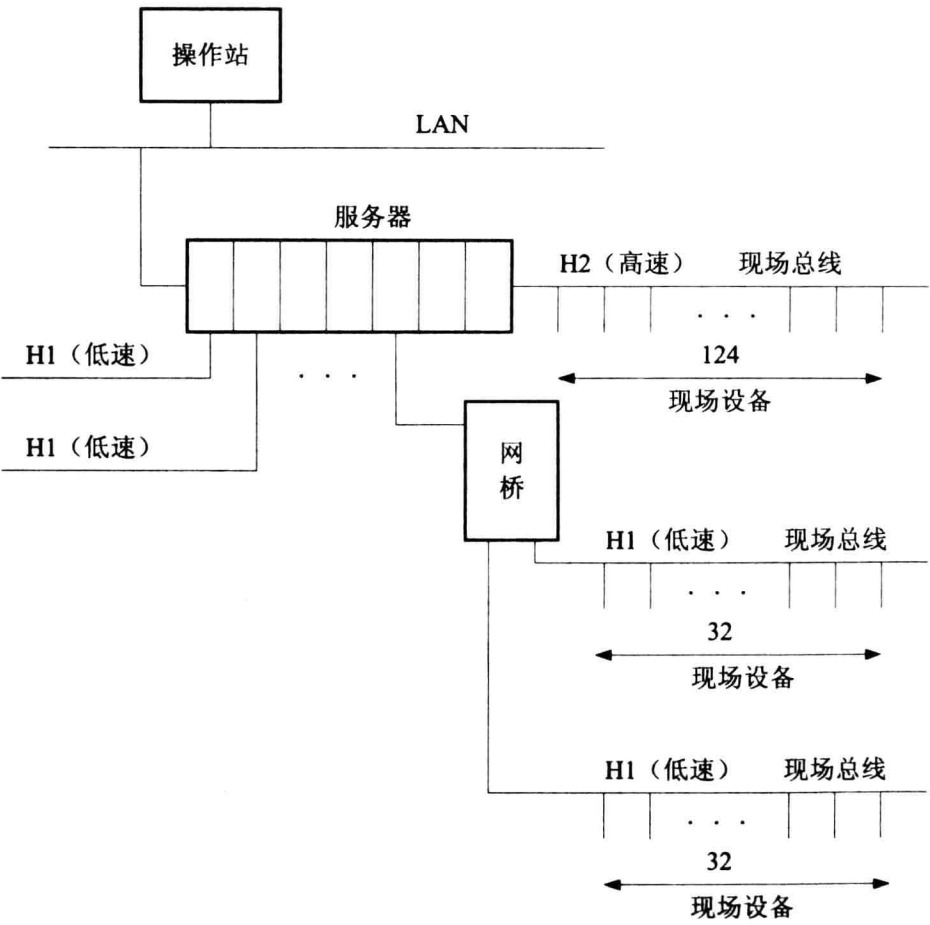


图 1-6 现场总线控制系统

（6）开放式互联网络

现场总线为开放式互联网络，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。

FCS 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；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；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；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。

§ 1.3 微型计算机控制系统的发展趋势

微型计算机控制系统综合了微型计算机技术、自动控制技术、通信与网络技术、检测与传感技术、集成电路技术，其中每一领域所出现的重大技术变革，都会对微型计算机控制系统起到推动作用。微型计算机控制系统向智能化、网络化和集成化方向发展已成为必然的发展趋势。

（1）PC-based 将成为工业自动化的另一种实现方式

在工业和制造业的各个领域陆续向规模化方向发展的过程中，对计算机控制系统的要求也越来越高，而各种计算机控制系统也在这种广泛的需求中得到了快速发展。我们熟知的 DCS 系统和 PLC 系统每年都在大量地装备于各种设备以及自动化系统工程中。由于工业和制造业对电控、仪控一体化及管控一体化的需求，也由于信息技术的发展和高集成度控制系统的需求，加上 PC 机技术的日臻完善、普及，使其性能价格比日益提高，为一种全新的自控系统解决方案——PC-based 的快速发展提供了非常有利的条件和广阔的市场前景，为众多用户提供了除 DCS 和 PLC 以外的另一种自控系统解决方案。

所谓 PC-based（简称工业 PC）就是基于普通 PC 机配合一个稳定可靠的操作系统（例如 Microsoft Windows NT）以及一套由不同厂家开发的基于 PC 的控制软件，加上一些必要的 I/O 硬件设备组成的控制系统。PC-based 与普通的计算机相比，它具有防尘、防振、抗电磁、耐高低温等优点。

与传统的控制方案相比，基于 PC 的控制系统是一种开放式控制，对大量的实时性数据有更广泛的应用，它使控制系统和工厂管理系统更易于连接，它能够把实时逻辑控制、连续生产过程和批量生产过程控制、运动控制、可视化操作、信息分析、系统诊断等功能集成到一个紧凑的软件包中，能完成一些 PLC 难以胜任的工作。而且，对 I/O 硬件设备的选用有更多的灵活性。基于 PC 的控制系统易于安装和使用，有高级的诊断功能，为系统集成商提供了更灵活的选择，从长远角度看，PC 控制系

统维护成本低。因此，PC-based 正在成为众多制造业和控制工程的首选方案。

（2）PLC 向微型化、网络化、PC 化和开放性方向发展

长期以来，PLC（Programmable Logic Controller）始终处于工业控制自动化领域的主战场，为各种各样的自动化控制设备提供非常可靠的控制方案，与 DCS 和工业 PC 形成了三足鼎立之势。同时，PLC 也承受着来自其他技术产品的冲击，尤其是工业 PC 所带来的冲击。

但由于 PLC 具有体积小、功耗低、抗干扰能力强；具有很高的可靠性，其平均无故障率时间间隔（MTBF）可达 50 万个小时，甚至 100 万个小时；具有简单直观的编程模式(如梯形图)；具有内部实时时钟。PLC 更适合于设备控制，而 PC-based 更多地用于设备运行状态的监视。随着计算机技术和控制技术的不断发展，微型化、网络化、PC 化和开放性是 PLC 未来发展的主要方向，以适应更多的应用领域。

（3）采用新型的 DCS 和 FCS

小型化、多样化、PC 化和开放性是未来 DCS 发展的主要方向。目前小型 DCS 所占有的市场，已逐步与 PLC、工业 PC、FCS 共享。今后小型 DCS 可能首先与这三种系统融合，而且“软 DCS”技术将首先在小型 DCS 中得到发展。PC-based 控制将更加广泛地应用于中小规模的过程控制，各 DCS 厂商也将纷纷推出基于工业 PC 的小型 DCS 系统。开放性的 DCS 系统将同时向上和向下双向延伸，使来自生产过程的现场数据在整个企业内部自由流动，实现信息技术与控制技术的无缝连接，向测控管一体化方向发展。

由于 3C（Computer, Control, Communication）技术的发展，过程控制系统将由 DCS 发展到 FCS（Fieldbus Control System）。FCS 可以将 PID 控制彻底分散到现场设备（Field Device）中。基于现场总线的 FCS 又是全分散、全数字化、全开放和可互操作的新一代生产过程自动化系统，它将取代现场一对一的 4~20mA 模拟信号线，给传统的工业自动化控制系统体系结构带来革命性的变化。采用现场总线技术构造低成本的现场总线控制系统，促进现场仪表的智能化、控制功能分散化、控制系统开放化，符合工业控制系统的技术发展趋势。

总之，计算机控制系统的发展在经历了基地式气动仪表控制系统、电动单元组合式模拟仪表控制系统、集中式数字控制系统以及集散控制系统（DCS）后，将朝着现场总线控制系统（FCS）的方向发展。虽然以现场总线为基础的 FCS 发展很快，但 FCS 发展还有很多工作要做，如统一标准、仪表智能化等。另外，传统控制系统的维护和改造还需要 DCS，因此 FCS 完全取代传统的 DCS 还需要一个较长的过程，同时 DCS 本身也在不断地发展与完善。可以肯定的是，结合 DCS、工业以太网、先进控制等新技术的 FCS 将具有强大的生命力。现场总线技术作为一种灵活、方便、可靠的数据传输方式，在工业现场得到了越来越多的应用，并将在控制领域中占有更加重要的地位。

（4）工业控制网络将向有线和无线相结合方向发展

有线局域网以其广泛的适用性和技术价格方面的优势，获得了成功并得到了迅速发展。然而，在工业现场，一些工业环境禁止、限制使用电缆或很难使用电缆，有线局域网很难发挥作用，因此无线局域网技术得到了发展和应用。随着微电子技术的不断发展，无线局域网技术将在工业控制网络中发挥越来越大的作用。无线局域网（Wireless LAN）技术可以非常便捷地以无线方式连接网络设备，人们可随时、随地、随意地访问网络资源，是现代数据通信系统发展的重要方向。无线局域网可以在不采用网络电缆线的情况下，提供以太网互联功能。无线局域网的未来的研究方向主要集中在安全性、移动漫游、网络管理以及与 3G 等其他移动通信系统之间的关系等问题上。无线局域网技术能够在工厂环境下，为各种智能现场设备、移动机器人以及各种自动化设备之间的通信提供高带宽的无线数据链路和灵活的网络拓扑结构，在一些特殊环境下有效地弥补了有线网络的不足，进一步完善了工业控制网络的通信性能。

（5）工业控制软件向先进控制方向发展

自 20 世纪 80 年代初期诞生至今，工业控制软件已有 20 年的发展历史。工业控制软件作为一种应用软件，是随着 PC 机的兴起而不断发展的。工业控制软件主要包括人机界面软件（HMI），基于 PC 的控制软件以及生产管理软件等。目前，我国已开发出一批具有自主知识产权的实时监控软件平台、先进控制软件、过程优化控制软件等成套应用软件，工程化、产品化有了一定突破，打破了国外同类应用软件的垄断格局。作为工控软件的一个重要组成部分，国内人机界面组态软件研制方面近几年取得了较大进展，软件和硬件相结合，为企业测、控、管一体化提供了比较完整的解决方案。在此基础上，工业控制软件将从人机界面和基本策略组态向先进控制方向发展。先进过程控制 APC（Advanced Process Control）目前还没有严格而统一的定义。一般将基于数学模型而又必须用计算机来实现的控制算法，统称为先进过程控制策略。如：自适应控制、预测控制、鲁棒控制、智能控制（专家系统、模糊控制、神经网络）等。国际上已经有几十家公司，推出了上百种先进控制和优化软件产品，在世界范围内形成了一个强大的流程工业应用软件产业。因此，开发我国具有自主知识产权的先进控制和优化软件，打破外国产品的垄断，替代进口，具有十分重要的意义。在未来，工业控制软件将继续向标准化、网络化、智能化和开放性发展方向。

总之，随着科学技术的不断发展，应用计算机控制技术实现先进的计算机控制系统，必将提高工业自动化系统的水平。

习 题

1. 什么是微型计算机控制系统？它由哪几部分组成？
2. 微型计算机控制系统的典型形式有哪些？各有什么优点？
3. 简述微型计算机控制系统的发展方向。