



教育科学“十五”国家规划课题研究成果

上海市教育委员会高校重点教材建设项目

上海市教育委员会组编

计算机控制技术

王建华 黄河清 编著



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

教育科学“十五”国家规划课题研究成果
上海市教育委员会高校重点教材建设项目
上海市教育委员会组编

计算机控制技术

王建华 黄河清 编著

高等教育出版社

内容提要

本书是教育科学“十五”国家规划课题研究成果,也是上海市教育委员会高校重点教材建设项目之一。

本书从系统工程的角度,以功能模块方式把 IPC、DCS 和 PLC 划分为过程通道、控制算法、系统通信技术、可靠性技术、组态软件等若干个模块,融合在一起,阐述其结构体系、工作原理、设计、集成方法及其共性和特点。本书共十章,包括:绪论、工控机的组成结构及特点、计算机控制系统的输入输出接口技术、控制算法、抗干扰与可靠性技术、控制网络技术、集散控制系统的构成、软件基础及系统的设计与应用、CIMS 简介。

本书可用作高等院校自动化、电子与电气工程、计算机应用、机电一体化等专业本科生的教材及参考书,也可作为从事工业控制及相关领域工作人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机控制技术 / 王建华, 黄河清编著. —北京: 高等教育出版社, 2003. 12

ISBN 7-04-013035-1

I. 计... II. ①王... ②黄... III. 计算机控制 - 高等学校 - 教材 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 093613 号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-82028899		http://www.hep.com.cn
经 销	新华书店北京发行所		
印 刷	高等教育出版社印刷厂		
开 本	787×960 1/16	版 次	2003 年 12 月第 1 版
印 张	17.75	印 次	2003 年 12 月第 1 次印刷
字 数	330 000	定 价	22.40 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

总 序

为了更好地适应当前我国高等教育跨越式发展需要,满足我国高校从精英教育向大众化教育的重大转移阶段中社会对高校应用型人才培养的各类要求,探索和建立我国高等学校应用型人才培养体系,全国高等学校教学研究中心(以下简称“教研中心”)在承担全国教育科学“十五”国家规划课题——“21 世纪中国高等教育人才培养体系的创新与实践”研究工作的基础上,组织全国 100 余所以培养应用型人才为主的高等院校,进行其子项目课题——“21 世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”的研究与探索,在高等院校应用型人才培养的教学内容、课程体系研究等方面取得了标志性成果,并在高等教育出版社的支持和配合下,推出了一批适应应用型人才培养需要的立体化教材,冠以“教育科学‘十五’国家规划课题研究成果”。

2002 年 11 月,教研中心在南京工程学院组织召开了“21 世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题立项研讨会。会议确定由教研中心组织国家级课题立项,为参加立项研究的高等院校搭建高起点的研究平台,整体设计立项研究计划,明确目标。课题立项采用整体规划、分步实施、滚动立项的方式,分期分批启动立项研究计划。为了确保课题立项目标的实现,组建了“21 世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题领导小组(亦为高校应用型人才立体化教材建设领导小组)。会后,教研中心组织了首批课题立项申报,有 63 所高校申报了近 450 项课题。2003 年 1 月,在黑龙江工程学院进行了项目评审,经过课题领导小组严格的把关,确定了首批 9 项子课题的牵头学校、主持学校和参加学校。2003 年 3 月至 4 月,各子课题相继召开了工作会议,交流了各校教学改革的情况和面临的具体问题,确定了项目分工,并全面开始研究工作。计划先集中力量,用两年时间形成一批有关人才培养模式、培养目标、教学内容和课程体系等理论研究成果报告和 In 研究报告基础上同步组织建设的反映应用型人才培 养特色的立体化系列教材。

与过去立项研究不同的是,“21 世纪中国高等学校应用型人才培养体系的

II 总 序

创新与实践”课题研究在审视、选择、消化与吸收多年来已有应用型人才培养探索与实践成果基础上,紧密结合经济全球化时代高校应用型人才培养工作的实际需要,努力实践,大胆创新,采取边研究、边探索、边实践的方式,推进高校应用型人才培养工作,突出重点目标,并不断取得标志性的阶段成果。

教材建设作为保证和提高教学质量的重要支柱和基础,作为体现教学内容和教学方法的知识载体,在当前培养应用型人才中的作用是显而易见的。探索、建设适应新世纪我国高校应用型人才培养体系需要的教材体系已成为当前我国高校教学改革和教材建设工作面临的十分重要的任务。因此,在课题研究过程中,各课题组充分吸收已有的优秀教学改革成果,并和教学实际结合起来,认真讨论和研究教学内容和课程体系的改革,组织一批学术水平较高、教学经验较丰富、实践能力较强的教师,编写出一批以公共基础课和专业、技术基础课为主的有特色、适用性强的教材及相应的教学辅导书、电子教案,以满足高等学校应用型人才培养的需要。

我们相信,随着我国高等教育的发展和高校教学改革的不断深入,特别是随着教育部“高等学校教学质量和教学改革工程”的启动和实施,具有示范性和适应应用型人才培养的精品课程教材必将进一步促进我国高校教学质量的提高。

全国高等学校教学研究中心

2003年4月

序

现代工业对控制系统的先进性、可靠性、可扩展性、易实现性和易管理性提出了越来越高的要求,这导致常规仪表逐渐淡出历史舞台,而以微处理器为核心的计算机控制系统则逐渐占据了统治地位。从目前自动控制技术的发展状况来看,高性能、基于 Field-Bus 和工业以太网的 IPC、PLC 和 DCS 系统代表着今后相当长时期内控制系统的主流发展趋势。

作为一门现代的交叉学科,计算机控制涉及自动化技术、计算机技术、通信技术、先进制造技术等诸多学科,呈现开放性、集散性、智能性和信息电子化与网络化的特点。由于本学科的这种特征,使得初学者很难掌握计算机控制的精髓,并将其应用于工业生产过程。因此,一本好的教材将有助于初学者理解、掌握和应用计算机控制技术。

计算机控制技术是高等学校中自动化、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。从目前国内已出版的大部分计算机控制技术教材来看,大都以某一系列的单片机作为控制工具,采用硬件从芯片、板卡到硬件系统,软件从算法、程序到软件系统的传统编排模式。尽管这种编排模式曾经获得过良好的教学效果,但其中部分内容与“微型计算机原理”、“微型计算机接口技术”课程重叠,而与目前计算机控制系统软件组态化、硬件结构化、体系结构网络化、系统设计集成化的实际状况尚有一定距离。建立在多年从事计算机控制系统的工程设计与现场实施的基础之上,本书作者从系统工程的角度出发,将 IPC、DCS 和 PLC 划分为过程通道、控制算法、系统通信技术、可靠性技术、组态软件等若干个功能模块,把三者的功能模块融合在一起,阐述其结构体系、工作原理、设计、集成方法以及它们之间的共性和特点,力图使学生对它们的结构、功能、设计、集成以及应用场合建立起比较清晰的轮廓,让学生掌握 IPC、DCS 和 PLC 控制系统的构成原理、设计和集成方法。这种编排的意图为:通过本门课程的学习,使学生既具备较全面的计算机控制技术的理论知识,以利于未来的发展和深造;又掌握实际的工作技能,以胜任今后的具体工作。尽管这种编排体系

IV 序

尚有待教学实践的进一步检验,但作者的创新意识仍值得称道。

综观全书,可归纳出本书的主要特点:先进性——反映了计算机控制技术的当前状况和发展趋势;实用性——通过应用实例给出了一些实用的解决方案;全面性——涵盖了 IPC、DCS 和 PLC 等主流控制系统;编排的独到性——以功能模块为主线,阐述了 IPC、DCS 和 PLC 系统结构体系、工作原理、设计、集成方法以及它们之间的共性和特点。

“实践是检验真理的惟一标准”,对于一本教材而言,教学效果是检验其成功与否的客观依据。我期待着这本教材能获得良好的教学效果,也希望通过教学反馈来进一步改进这本教材,使其为教学改革作出贡献。

华东理工大学 教授

俞金寿

2003 年 7 月

前 言

随着计算机技术、控制理论和控制技术的发展,计算机控制的理论与技术日趋成熟,应用领域在不断拓宽,并已经成为工业控制领域中的一个重要分支。作为一门新兴的交叉学科,计算机控制涉及多个学科领域,这就要求从事计算机控制的研究人员和工程技术人员,在掌握生产工艺流程和自动控制理论的同时,必须掌握计算机控制系统的有关硬件、软件、控制策略、数据通信、网络技术、数据库等诸多方面的专门知识与技术,从而不仅能够分析与应用,而且能够设计并实施满足实际工业生产过程需要的计算机控制系统。

尽管 IPC、DCS 和 PLC 控制系统的类型各不相同,应用的行业和规模也有所差异,但是,在它们的基本构成、基本功能、操作方法和与外部的连接要求等方面却具有同一性。为了适应工业控制发展的需要,本书在分析各种计算机控制系统的基础之上,从计算机控制系统的基本性能和基本操作出发,将 IPC、DCS 和 PLC 控制系统划分为过程通道、控制算法、系统通信技术、可靠性技术、组态软件等若干个功能模块,把三者的功能模块融合在一起,阐述其结构体系、工作原理、设计、集成方法以及它们之间的共性和特点,结合实际应用经验,较为系统和全面的介绍系统设计与实施技术。此外,本书还利用一定篇幅介绍了工业控制技术发展的热点之一:现场总线技术以及代表了管控一体化发展方向的计算机集成制造系统(CIMS)。由于计算机技术与自动化技术的发展非常迅速,在编写本书的过程中,一方面力求做到比较全面和系统地介绍计算机控制系统的特点,强调 IPC、DCS 和 PLC 控制系统的整体概念;另一方面注重突出先进性,尽可能反映出自动化领域的研究热点和发展趋势。在此基础上,书中还通过一些已在工业现场成功应用的实例来加强对有关技术问题的理解,使其更具实用性。总之,本书的编写力求做到重点突出、层次分明、条理清晰,便于自学。本书不仅可以作为自动化、电子与电气工程、计算机应用、机电一体化等专业高年级学生或研究生的教材或教学参考书,还可以作为从事工业控制及相关领域工作人员的参考书。

本书共分十章。第1章介绍了计算机控制系统及其组成、计算机控制系统的典型形式、计算机控制的发展概况。第2章介绍了工业控制机的组成结构及特点。第3章分析和讨论计算机控制系统的输入输出接口技术,并介绍了IPC、DCS、PLC模拟量输入输出通道;IPC、DCS、PLC开关量输入输出通道。第4章讨论了计算机控制系统的控制算法,并介绍了数字PID控制器的工程实现、史密斯(Smith)预估控制、解耦控制、模糊控制。第5章讨论了计算机控制系统的抗干扰与可靠性技术,并介绍了采用监控定时器 Watchdog 的抗干扰措施。第6章讨论了控制网络技术,分析和讨论了控制网络与信息网络的区别,并介绍了现场总线。第7章分析和讨论了集散控制系统的构成,介绍了IPC、PLC、DCS的系统构成、网络体系、通信方式。第8章讨论了工控组态软件,IPC-DCS组态软件、PLC-DCS组态软件、DCS组态软件。第9章分析和讨论了计算机控制系统的设计与应用,并介绍了工业现场成功应用的实例。第10章介绍了CIMS的基本概念、流程工业CIMS的总体架构与功能描述。

考虑到计算机控制技术的迅速发展以及各专业教学要求、实验环境的不同,在本书使用中可适当补充一些计算机控制的最新技术;本书按照功能模块体系编排,内容相对独立,对部分内容的替换、取舍,不影响本课程的完整性。如用KINGVIEW 6.02组态软件替换本书中GENESIS监控软件包的内容,并不影响本书工控组态软件章节内容的完整性。

全书承华东理工大学博士生导师吴勤勤教授、上海理工大学陈家琪副教授进行了详细的审阅,并提出了许多宝贵的意见。华东理工大学博士生导师俞金寿教授在百忙之中浏览了全书,并欣然为本书作序。在此,编者对他们表示衷心的感谢。

由于时间仓促,加上编者的水平所限,书中难免存在错误和不当,敬请读者不吝指正。

编 者

2003年7月

目 录

第 1 章	绪论	1
1.1	计算机控制系统概述	1
1.1.1	计算机控制系统及其组成	1
1.1.2	计算机控制系统的典型形式	3
1.2	过程计算机控制的发展概况	8
第 2 章	工业计算机简介	10
2.1	工业控制机的特点	10
2.2	工业控制机的分类	11
2.3	总线式工控机	12
2.3.1	STD 总线	12
2.3.2	PC 总线	13
2.3.3	MULTibus 总线	20
2.4	可编程控制器 PLC	21
2.4.1	PLC 的基本组成	21
2.4.2	PLC 各组成部分	22
2.5	单片机	24
2.6	单回路数字调节器	25
第 3 章	计算机控制系统的输入输出接口技术	27
3.1	模拟量输入接口技术	27
3.1.1	A/D 转换器主要参数	28
3.1.2	A/D 转换器的外部特性	28

第 4 章 计算机控制系统的控制算法 62

4.5.3	建立模糊控制规则	100
4.5.4	模糊关系与模糊推理	102
4.5.5	模糊控制向量的模糊判决——“清晰化”	103
4.5.6	模糊控制表	104
4.5.7	确定实际的控制量	104
4.5.8	模糊控制算法的工程实现	105
第5章	计算机控制系统的抗干扰与可靠性技术	106
5.1	干扰源与干扰耦合方式	106
5.1.1	干扰来源	107
5.1.2	干扰信号的耦合方式	108
5.2	空间抗干扰的措施	110
5.3	过程通道的抗干扰措施	111
5.4	系统供电与接地的抗干扰措施	114
5.4.1	系统供电的抗干扰措施	114
5.4.2	系统接地的抗干扰措施	115
5.5	采用监控定时器 Watchdog 的抗干扰措施	118
5.6	提高计算机控制系统的可靠性措施	121
5.6.1	可靠性	121
5.6.2	提高可靠性的途径	123
第6章	控制网络技术	128
6.1	概述	128
6.1.1	控制网络与信息网络的区别	128
6.1.2	企业计算机网络的层次模型	129
6.1.3	控制网络的类型及其相互关系	130
6.2	数据通信基础	131
6.2.1	通信和数据通信系统	131
6.2.2	传输介质	131
6.2.3	传输数据的信号	132
6.2.4	数据通信中的同步	134
6.2.5	通信媒体共享技术	136
6.2.6	数据交换技术	138
6.2.7	数据通信中的差错控制技术	139

6.3 计算机网络	140
6.3.1 计算机网络的基本功能	141
6.3.2 计算机网络系统的组成	141
6.3.3 计算机网络的分类	143
6.3.4 网络的体系结构	145
6.3.5 IEEE 802 系列标准	147
6.3.6 TCP/IP 协议	153
6.4 现场总线	157
6.4.1 现场总线的发展历程	157
6.4.2 现场总线的组成与结构	158
6.4.3 现场总线的体系结构	159
6.4.4 现场总线的技术特点及优点	160
6.5 控制网络技术的展望	162
第 7 章 集散控制系统的构成	164
7.1 概述	164
7.2 基于 IPC 的 DCS 系统构成 (IPC - DCS)	169
7.2.1 IPC - DCS 的网络体系	170
7.2.2 IPC - DCS 的通信方式	173
7.2.3 IPC - DCS 的过程控制级的构成	176
7.3 PLC 的 DCS 系统构成 (PLC - DCS)	177
7.3.1 PLC - DCS 的网络体系	178
7.3.2 PLC - DCS 网络中常用的通信方式	180
7.3.3 PLC - DCS 的过程控制级的构成	185
7.4 DCS 系统构成	187
7.4.1 DCS 的网络体系和通信方式	188
7.4.2 DCS 的过程控制级的构成	189
第 8 章 工控组态软件	194
8.1 概述	194
8.2 组态软件的特点	195
8.3 组态软件的设计思想	196
8.4 IPC - DCS 实时监控软件包 GENESIS	197
8.4.1 概述	198

8.4.2	主要模块功能	199
8.4.3	GENESIS 时间运行系统	200
8.4.4	网络 GEN-NET	200
8.4.5	GENESIS 的选项	201
8.4.6	OPTIONS 可选类	202
8.5	PLC-DCS 组态软件 WinCC5.0	202
8.5.1	WinCC5.0 的主要功能	203
8.5.2	WinCC 开放结构	206
8.5.3	SIMATIC TIA(Total Integrate Automation)全集成自动化概念在 WinCC5.0 中的应用	207
8.5.4	WinCC 的系统组态	208
8.5.5	报表系统	215
8.6	DCS 组态软件 XDPS 控制软件	215
8.6.1	操作员站软件	216
8.6.2	工程师站软件	219
8.6.3	历史数据站软件	222
8.6.4	DPU 软件	223
8.6.5	GTW 软件	224
第 9 章	计算机控制系统的设计与应用	226
9.1	概述	226
9.2	计算机控制系统设计原则和步骤	227
9.2.1	计算机控制系统设计原则	227
9.2.2	设计与实施计算机控制系统的步骤	229
9.3	计算机控制系统设计举例	237
9.3.1	燃油加热炉 IPC 控制系统设计	237
9.3.2	循环流化床锅炉 DCS 控制系统设计	240
9.3.3	排水泵站 PLC 自动化监控系统设计	247
第 10 章	CIMS 简介	251
10.1	CIMS 的基本概念	251
10.1.1	CIM 和 CIMS 的内涵与定义	251
10.1.2	CIMS 的体系结构	252
10.1.3	CIMS 的建模方法	253

10.1.4 CIMS 的应用状况	256
10.2 流程工业的特点及其对 CIMS 的需求	257
10.3 流程工业 CIMS 的总体架构与功能描述	258
10.3.1 流程工业的生产经营运作过程	258
10.3.2 流程工业 CIMS 的层次结构模型	259
10.3.3 流程工业 CIMS 的功能构成与功能划分	260
10.4 流程工业 CIMS 的支撑系统	262
10.4.1 CIMS 的计算机体系结构	262
10.4.2 流程工业 CIMS 中的数据库系统	264
10.4.3 流程工业 CIMS 中的计算机网络	264
参考文献	266

第 1 章 绪 论

通信与网络技术、微电子技术的高速发展,给计算机控制技术带来了巨大的变革。人们利用这种技术可以完成常规控制技术无法完成的任务,达到常规控制技术无法达到的性能指标。随着计算机技术、网络技术、高级控制策略和现场总线智能仪表的发展,计算机控制技术水平必将大大提高。

本章主要介绍计算机控制系统及其组成、计算机控制系统的发展概况和趋势。

1.1 计算机控制系统概述

自动控制技术在许多领域里获得了广泛的应用。所谓自动控制,就是在没有人直接参与的情况下,通过控制器使生产过程自动地按照预定的规律运行。近年来,计算机已成为自动控制技术不可分割的重要组成部分,并为自动控制技术的发展和应用开辟了广阔的新天地。

1.1.1 计算机控制系统及其组成

1. 计算机控制系统

计算机控制系统就是利用计算机(通常称为工业控制计算机,简称工业控制机 IPC)来实现生产过程自动控制的系统。

(1) 计算机控制系统的工作原理

为了简单和形象地说明计算机控制系统的工作原理,下面给出典型的计算机控制系统原理图,如图 1.1 所示。

在计算机控制系统中,由于工业控制机的输入和输出是数字信号,而变送器

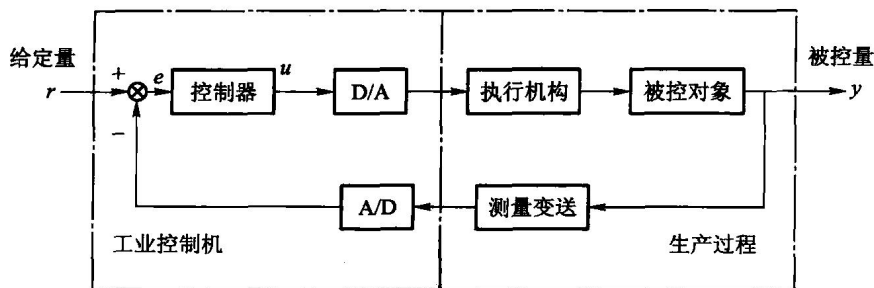


图 1.1 计算机控制系统原理图

输出的以及大多数执行机构所能接收的都是模拟信号。因此需要有将模拟信号转换为数字信号的 A/D 转换器和将数字信号转换为模拟信号的 D/A 转换器。从本质上看,计算机控制系统的工作原理可归纳为以下三个步骤。

① 实时数据采集:对来自测量变送装置的被控量的瞬时值进行检测和输入。

② 实时控制决策:对采集到的被控量进行分析和处理,并按预定的控制规律,决定将要采取的控制策略。

③ 实时控制输出:根据控制决策,实时地对执行机构发出控制信号,完成控制任务。上述过程不断重复,使整个系统按照一定的品质指标进行工作,并对被控量和设备本身的异常现象及时作出处理。

(2) 在线方式和离线方式

在计算机控制系统中,生产过程和计算机直接连接,并受计算机控制的方式称为在线方式或联机方式;生产过程不和计算机相连,且不受计算机控制,而是靠人进行联系并作相应操作的方式称为离线方式或脱机方式。

(3) 实时的含义

实时性是指工业控制计算机系统应该具有的能够在限定的时间内对外来事件做出反应的特性。在具体地确定这里所说的限定时间时,主要考虑两个要素:一是根据工业生产过程出现的事件能够保持多长的时间;二是该事件要求计算机在多长的时间以内必须做出反应,否则,将对生产过程造成影响甚至造成损害。可见,实时性是相对的。工业控制计算机及监控组态软件具有时间驱动能力和事件驱动能力,即在按一定的周期时间对所有事件进行巡检扫描的同时,可以随时响应事件的中断请求。

实时性一般都要求计算机具有多任务处理能力,以便将测控任务分解成若干并行执行的多个任务,加速程序执行速度。

可以把那些变化并不显著,即使不立即作出反应也不至于造成影响或损害的事件,作为顺序执行的任务,按照一定的巡检周期有规律地执行,而把那些保