



全国高等学校自动化专业系列教材
教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会牵头规划



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

Computer Control Systems
(Second Edition)

计算机控制系统 (第2版)

王锦标 编著

Wang Jinbiao

徐用懋 主审

Xu Yongmao

清华大学出版社





全国高等学校自动化专业系列教材
教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会牵头规划



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

Computer Control Systems
(Second Edition)

计算机控制系统 (第2版)

清华大学 王锦标 编著
Wang Jinbiao

清华大学 徐用懋 主审
Xu Yongmao

清华大学出版社
北京

内容简介

本书是作者在清华大学自动化系多年教学和科研的总结,系统地论述了计算机控制系统的结构、原理、设计和应用,既有理论分析也有应用实例。全书共4篇17章,分别论述了直接数字控制系统(DDC)、集散控制系统(DCS)、现场总线控制系统(FCS)和可编程控制器系统(PCS或PLC)。每篇层次分明,条理清晰,既自成体系又相互联系,体现了系统性、先进性、理论性和实用性。

本书可以作为高等院校自动化专业、计算机控制专业及相关专业的教材,也可以供有关科技人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

计算机控制系统/王锦标编著.—2版.—北京:清华大学出版社,2008.9

(全国高等学校自动化专业系列教材)

ISBN 978-7-302-17181-2

I. 计… II. 王… III. 计算机控制系统—高等学校—教材 IV. TP273

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第031400号

责任编辑:王一玲

责任校对:白蕾

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn>

邮编:100084

社总机:010-62770175

邮购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印刷者:清华大学印刷厂

装订者:三河市兴旺装订有限公司

经销:全国新华书店

开本:175×245 印张:28.75 字数:586千字

版次:2008年9月第2版 印次:2008年9月第1次印刷

印数:1~3000

定价:45.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:017437-01

出版说明

《全国高等学校自动化专业系列教材》



为适应我国对高等学校自动化专业人才培养的需要,配合各高校教学改革的进程,创建一套符合自动化专业培养目标和教学改革要求的新型自动化专业系列教材,“教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会”(简称“教指委”)联合了“中国自动化学会教育工作委员会”、“中国电工技术学会高校工业自动化教育专业委员会”、“中国系统仿真学会教育工作委员会”和“中国机械工业教育协会电气工程及自动化学科委员会”四个委员会,以教学创新为指导思想,以教材带动教学改革为方针,设立专项资助基金,采用全国公开招标方式,组织编写出版了一套自动化专业系列教材——《全国高等学校自动化专业系列教材》。

本系列教材主要面向本科生,同时兼顾研究生;覆盖面包括专业基础课、专业核心课、专业选修课、实践环节课和专业综合训练课;重点突出自动化专业基础理论和前沿技术;以文字教材为主,适当包括多媒体教材;以主教材为主,适当包括习题集、实验指导书、教师参考书、多媒体课件、网络课程脚本等辅助教材;力求做到符合自动化专业培养目标、反映自动化专业教育改革方向、满足自动化专业教学需要;努力创造使之成为具有先进性、创新性、适用性和系统性的特色品牌教材。

本系列教材在“教指委”的领导下,从2004年起,通过招标机制,计划用3~4年时间出版50本左右教材,2006年开始陆续出版问世。为满足多层面、多类型的教学需求,同类教材可能出版多种版本。

本系列教材的主要读者群是自动化专业及相关专业的大学生和研究生,以及相关领域和部门的科学工作者和工程技术人员。我们希望本系列教材既能为在校大学生和研究生的学习提供内容先进、论述系统和适于教学的教材或参考书,也能为广大科学工作者和工程技术人员知识更新与继续学习提供适合的参考资料。感谢使用本系列教材的广大教师、学生和科技工作者的热情支持,并欢迎提出批评和意见。

《全国高等学校自动化专业系列教材》编审委员会

2005年10月于北京

《全国高等学校自动化专业系列教材》编审委员会

顾问 (按姓氏笔画):

王行愚(华东理工大学)	冯纯伯(东南大学)
孙优贤(浙江大学)	吴启迪(同济大学)
张嗣瀛(东北大学)	陈伯时(上海大学)
陈翰馥(中国科学院)	郑大钟(清华大学)
郑南宁(西安交通大学)	韩崇昭(西安交通大学)

主任委员: 吴澄(清华大学)

副主任委员: 赵光宙(浙江大学) 萧德云(清华大学)

委员 (按姓氏笔画):

王雄(清华大学)	方华京(华中科技大学)
史震(哈尔滨工程大学)	田作华(上海交通大学)
卢京潮(西北工业大学)	孙鹤旭(河北工业大学)
刘建昌(东北大学)	吴刚(中国科技大学)
吴成东(沈阳建筑工程学院)	吴爱国(天津大学)
陈庆伟(南京理工大学)	陈兴林(哈尔滨工业大学)
郑志强(国防科技大学)	赵曜(四川大学)
段其昌(重庆大学)	程鹏(北京航空航天大学)
谢克明(太原理工大学)	韩九强(西安交通大学)
褚健(浙江大学)	蔡鸿程(清华大学出版社)
廖晓钟(北京理工大学)	戴先中(东南大学)

工作小组(组长): 萧德云(清华大学)

(成员): 陈伯时(上海大学) 郑大钟(清华大学)
田作华(上海交通大学) 赵光宙(浙江大学)
韩九强(西安交通大学) 陈兴林(哈尔滨工业大学)
陈庆伟(南京理工大学)

(助理): 郭晓华(清华大学)

责任编辑: 王一玲(清华大学出版社)

序

FOREWORD

自动化学科有着光荣的历史和重要的地位,20世纪50年代我国政府就十分重视自动化学科的发展和自动化专业人才的培养。五十多年来,自动化科学技术在众多领域发挥了重大作用,如航空、航天等,“两弹一星”的伟大工程就包含了许多自动化科学技术的成果。自动化科学技术也改变了我国工业整体的面貌,不论是石油化工、电力、钢铁,还是轻工、建材、医药等领域都要用到自动化手段,在国防工业中自动化的作用更是巨大的。现在,世界上有很多非常活跃的领域都离不开自动化技术,比如机器人、月球车等。另外,自动化学科对一些交叉学科的发展同样起到了积极的促进作用,例如网络控制、量子控制、流媒体控制、生物信息学、系统生物学等学科就是在系统论、控制论、信息论的影响下得到不断的发展。在整个世界已经进入信息时代的背景下,中国要完成工业化的任务还很重,或者说我们正处在后工业化的阶段。因此,国家提出走新型工业化的道路和“信息化带动工业化,工业化促进信息化”的科学发展观,这对自动化科学技术的发展是一个前所未有的战略机遇。

机遇难得,人才更难得。要发展自动化学科,人才是基础、是关键。高等学校是人才培养的基地,或者说人才培养是高等学校的根本。作为高等学校的领导和教师始终要把人才培养放在第一位,具体对自动化系或自动化学院的领导和教师来说,要时刻想着为国家关键行业和战线培养和输送优秀的自动化技术人才。

影响人才培养的因素很多,涉及教学改革的一方,包括如何拓宽专业口径、优化教学计划、增强教学柔性、强化通识教育、提高知识起点、降低专业重心、加强基础知识、强调专业实践等,其中构建融会贯通、紧密配合、有机联系的课程体系,编写有利于促进学生个性发展、培养学生创新能力的教材尤为重要。清华大学吴澄院士领导的《全国高等学校自动化专业系列教材》编审委员会,根据自动化学科对自动化技术人才素质与能力的需求,充分吸取国外自动化教材的优势与特点,在全国范围内,以招标方式,组织编写了这套自动化专业系列教材,这对推动高等学校自动化专业发展与人才培养具有重要的意义。这套系列教材的建设有新思路、新机制,适应了高等学校教学改革与发展的新形势,立足创

建精品教材,重视实践性环节在人才培养中的作用,采用了竞争机制,以激励和推动教材建设。在此,我谨向参与本系列教材规划、组织、编写的老师致以诚挚的感谢,并希望该系列教材在全国高等学校自动化专业人才培养中发挥应有的作用。

吴恪迪 教授

2005年10月于教育部

序

FOREWORD

《全国高等学校自动化专业系列教材》编审委员会在对国内外部分大学有关自动化专业的教材做深入调研的基础上,广泛听取了各方面的意见,以招标方式,组织编写了一套面向全国本科生(兼顾研究生)、体现自动化专业教材整体规划和课程体系、强调专业基础和理论联系实际的一系列教材,自2006年起将陆续面世。全套系列教材共50多本,涵盖了自动化学科的主要知识领域,大部分教材都配置了包括电子教案、多媒体课件、习题辅导、课程实验指导书等立体化教材配件。此外,为强调落实“加强实践教学,培养创新人才”的教学改革思想,还特别规划了一组专业实验教程,包括《自动控制原理实验教程》、《运动控制实验教程》、《过程控制实验教程》、《检测技术实验教程》和《计算机控制系统实验教程》等。

自动化科学技术是一门应用性很强的学科,面对的是各种各样错综复杂的系统,控制对象可能是确定性的,也可能是随机性的;控制方法可能是常规控制,也可能需要优化控制。这样的学科专业人才应该具有什么样的知识结构,又应该如何通过专业教材来体现,这正是“系列教材编审委员会”规划系列教材时所面临的问题。为此,设立了《自动化专业课程体系结构研究》专项研究课题,成立了由清华大学萧德云教授负责,包括清华大学、上海交通大学、西安交通大学和东北大学等多所院校参与的联合研究小组,对自动化专业课程体系结构进行深入的研究,提出了按“控制理论与工程、控制系统与技术、系统理论与工程、信息处理与分析、计算机与网络、软件基础与工程、专业课程实验”等知识板块构建的课程体系结构。以此为基础,组织规划了一套涵盖几十门自动化专业基础课程和专业课程的系列教材。从基础理论到控制技术,从系统理论到工程实践,从计算机技术到信号处理,从设计分析到课程实验,涉及的知识单元多达数百个、知识点几千个,介入的学校50多所,参与的教授120多人,是一项庞大的系统工程。从编制招标要求、公布招标公告,到组织投标和评审,最后商定教材大纲,凝聚着全国百余名教授的心血,为的是编写出版一套具有一定规模、富有特色的,既考虑研究型大学又考虑应用型大学的自动化专业创新型系列教材。

然而,如何进一步构建完善的自动化专业教材体系结构?如何建设

基础知识与最新知识有机融合的教材?如何充分利用现代技术,适应现代大学生的接受习惯,改变教材单一形态,建设数字化、电子化、网络化等多元形态、开放性的“广义教材”,等等,这些都还有待我们进行更深入的研究。

本套系列教材的出版,对更新自动化专业的知识体系、改善教学条件、创造个性化的教学环境,一定会起到积极的作用。但是由于受各方面条件所限,本套教材从整体结构到每本书的知识组成都可能存在许多不当甚至谬误之处,还望使用本套教材的广大教师、学生及各界人士不吝批评指正。

吴俊 院士

2005年10月于清华大学

前言

PREFACE



本书在《计算机控制系统》(北京:清华大学出版社,2004)的基础上,根据《全国高等学校自动化专业系列教材》编审委员会制定的招标教材大纲(编号 Auto-3-1-V01)编写而成。

本书作者从1970年至今,在清华大学自动化系从事自动控制理论、自动化仪表及计算机控制的教学和科研工作,书中汇集了作者多年的教学经验和科研成果。本书既具有系统性和先进性,也体现了理论性和实用性。

本书系统地论述了计算机控制系统的结构、原理、设计和应用,既有理论分析也有应用实例。全书共4篇17章,论述了直接数字控制系统(DDC)、集散控制系统(DCS)、现场总线控制系统(FCS)和可编程控制器系统(PCS或PLC)4类典型的计算机控制系统。每篇层次分明,条理清晰,既自成体系又相互联系。

直接数字控制(DDC)是计算机控制的基础。本书深入论述了DDC系统的形成、发展、体系结构、控制算法、硬件、软件、设计和应用,分析了DDC系统的输入、输出、控制和运算功能,并引入功能块及组态的概念。

集散控制系统(DCS)是计算机控制的主流系统。本书概述了DCS的产生、发展、特点和优点,论述了DCS的体系结构、控制站、操作员站、工程师站和应用设计,分析了DCS的分散控制和集中管理的设计思想,以及分而自治和综合协调的设计原则。

现场总线控制系统(FCS)是新型的计算机控制系统。本书概述了现场总线和FCS的产生、特点和优点,介绍了低速、中速和高速现场总线,论述了FCS的体系结构、现场控制层和应用设计,叙述了现场总线仪表及其在现场总线上构成控制回路的原理。

可编程控制器系统(PCS或PLC)是一种以逻辑控制为主、连续控制为辅的控制系统。本书概述了可编程控制器的功能、原理和体系结构,叙述了符合IEC 61131-3标准的5种编程语言,论述了可编程控制器的指令系统和应用设计。

本书既有基础知识也有先进技术,既有理论分析也有应用实例。本书可以作为高等院校自动化专业、计算机控制专业及相关专业的教材,也可以供有关科技人员参考。

本书配有电子教案(PowerPoint 文件)。该教案图文并茂,内容丰富,重点突出,可用作教师讲稿或学习辅导。采用本书作为教材的教师可以向清华大学出版社索取。

在本书的编写过程中,清华大学自动化系的很多同事给予了支持和帮助,书中也引用了同事们在该领域的部分成果,丰富了本书的内容,在此对同仁表示感谢。感谢清华大学自动化系徐用懋教授认真审阅了全书,感谢萧德云教授对本书的指导。

书中难免有缺点和不足之处,殷切希望广大读者批评指正。
王锦标 教授
清华大学自动化系
2008年2月

《全国高等学校自动化专业系列教材》丛书书目

教材类型	编号	教材名称	主编/主审	主编单位	备注
本科生教材					
控制理论与工程	Auto-2-(1+2)-V01	自动控制原理(研究型)	吴麒、王诗宓	清华大学	
	Auto-2-1-V01	自动控制原理(研究型)	王建辉、顾树生/杨自厚	东北大学	
	Auto-2-1-V02	自动控制原理(应用型)	张爱民/黄永宣	西安交通大学	
	Auto-2-2-V01	现代控制理论(研究型)	张嗣瀛、高立群	东北大学	
	Auto-2-2-V02	现代控制理论(应用型)	谢克明、李国勇/郑大钟	太原理工大学	
	Auto-2-3-V01	控制理论 CAI 教程	吴晓蓓、徐志良/施颂椒	南京理工大学	
	Auto-2-4-V01	控制系统计算机辅助设计	薛定宇/张晓华	东北大学	
	Auto-2-5-V01	工程控制基础	田作华、陈学中/施颂椒	上海交通大学	
	Auto-2-6-V01	控制系统设计	王广雄、何朕/陈新海	哈尔滨工业大学	
	Auto-2-8-V01	控制系统分析与设计	廖晓钟、刘向东/胡佑德	北京理工大学	
Auto-2-9-V01	控制论导引	万百五、韩崇昭、蔡远利	西安交通大学		
Auto-2-10-V01	控制数学问题的 MATLAB 求解	薛定宇、陈阳泉/张庆灵	东北大学		
控制系统与技术	Auto-3-1-V01	计算机控制系统(面向过程控制)	王锦标/徐用懋	清华大学	
	Auto-3-1-V02	计算机控制系统(面向自动控制)	高金源、夏洁/张宇河	北京航空航天大学	
	Auto-3-2-V01	电力电子技术基础	洪乃刚/陈坚	安徽工业大学	
	Auto-3-3-V01	电机与运动控制系统	杨耕、罗应立/陈伯时	清华大学、华北电力大学	
	Auto-3-4-V01	电机与拖动	刘锦波、张承慧/陈伯时	山东大学	
	Auto-3-5-V01	运动控制系统	阮毅、陈维钧/陈伯时	上海大学	
	Auto-3-6-V01	运动体控制系统	史震、姚绪梁/谈振藩	哈尔滨工程大学	
	Auto-3-7-V01	过程控制系统(研究型)	金以慧、王京春、黄德先	清华大学	
	Auto-3-7-V02	过程控制系统(应用型)	郑辑光、韩九强/韩崇昭	西安交通大学	
	Auto-3-8-V01	系统建模与仿真	吴重光、夏涛/吕崇德	北京化工大学	
	Auto-3-8-V01	系统建模与仿真	张晓华/薛定宇	哈尔滨工业大学	
	Auto-3-9-V01	传感器与检测技术	王俊杰/王家祯	清华大学	
	Auto-3-9-V02	传感器与检测技术	周杏鹏、孙永荣/韩九强	东南大学	
	Auto-3-10-V01	嵌入式控制系统	孙鹤旭、林涛/袁著祉	河北工业大学	
	Auto-3-13-V01	现代测控技术与系统	韩九强、张新曼/田作华	西安交通大学	
	Auto-3-14-V01	建筑智能化系统	章云、许锦标/胥布工	广东工业大学	
Auto-3-15-V01	智能交通系统概论	张毅、姚丹亚/史其信	清华大学		
Auto-3-16-V01	智能现代物流技术	柴跃廷、申金升/吴耀华	清华大学		

续表

教材类型	编号	教材名称	主编/主审	主编单位	备注
本科生教材					
信号处理与分析	Auto-5-1-V01	信号与系统	王文渊/阎平凡	清华大学	
	Auto-5-2-V01	信号分析与处理	徐科军/胡广书	合肥工业大学	
	Auto-5-3-V01	数字信号处理	郑南宁/马远良	西安交通大学	
计算机与网络	Auto-6-1-V01	单片机原理与接口技术	杨天怡、黄勤	重庆大学	
	Auto-6-2-V01	计算机网络	张曾科、阳宪惠/吴秋峰	清华大学	
	Auto-6-4-V01	嵌入式系统设计	慕春棣/汤志忠	清华大学	
	Auto-6-5-V01	数字多媒体基础与应用	戴琼海、丁贵广/林闯	清华大学	
软件基础与工程	Auto-7-1-V01	软件工程基础	金尊和/肖创柏	杭州电子科技大学	
	Auto-7-2-V01	应用软件系统分析与设计	周纯杰、何顶新/卢炎生	华中科技大学	
实验课程	Auto-8-1-V01	自动控制原理实验教程	程鹏、孙丹/王诗宓	北京航空航天大学	
	Auto-8-3-V01	运动控制实验教程	綦慧、杨玉珍/杨耕	北京工业大学	
	Auto-8-4-V01	过程控制实验教程	李国勇、何小刚/谢克明	太原理工大学	
	Auto-8-5-V01	检测技术实验教程	周杏鹏、仇国富/韩九强	东南大学	
研究生教材					
	Auto(*)-1-1-V01	系统与控制中的近代数学基础	程代展/冯德兴	中科院系统所	
	Auto(*)-2-1-V01	最优控制	钟宜生/秦化淑	清华大学	
	Auto(*)-2-2-V01	智能控制基础	韦巍、何衍/王耀南	浙江大学	
	Auto(*)-2-3-V01	线性系统理论	郑大钟	清华大学	
	Auto(*)-2-4-V01	非线性系统理论	方勇纯/袁著祉	南开大学	
	Auto(*)-2-6-V01	模式识别	张长水/边肇祺	清华大学	
	Auto(*)-2-7-V01	系统辨识理论及应用	萧德云/方崇智	清华大学	
	Auto(*)-2-8-V01	自适应控制理论及应用	柴天佑、岳恒/吴宏鑫	东北大学	
	Auto(*)-3-1-V01	多源信息融合理论与应用	潘泉、程咏梅/韩崇昭	西北工业大学	
	Auto(*)-4-1-V01	供应链协调及动态分析	李平、杨春节/桂卫华	浙江大学	

目录

CONTENTS



第 1 篇 直接数字控制系统(DDC)	
第 1 章 DDC 系统的概述	3
1.1 DDC 系统的形成和发展	3
1.1.1 DDC 系统的形成	3
1.1.2 DDC 系统的发展	6
1.2 DDC 系统的体系结构	7
1.2.1 DDC 系统的硬件结构	8
1.2.2 DDC 系统的软件结构	9
1.2.3 DDC 系统的网络结构	10
本章小结	11
第 2 章 DDC 系统的算法	12
2.1 常规 DDC 算法	12
2.1.1 数字 PID 控制算法	13
2.1.2 数字 PID 控制算法的实现	22
2.1.3 数字 PID 控制算法的应用	43
2.2 现代 DDC 算法	61
2.2.1 最优控制算法	61
2.2.2 预测控制算法	70
本章小结	76
第 3 章 DDC 系统的硬件	77
3.1 DDC 系统的主机单元	77
3.1.1 DDC 系统的主机	77
3.1.2 DDC 系统的通信	78
3.2 DDC 系统的输入输出单元	80
3.2.1 输入输出概述	80
3.2.2 模拟量输入输出	82
3.2.3 数字量输入输出	90

3.3	DDC 系统的人机接口单元	92
3.3.1	操作显示设备	92
3.3.2	操作显示接口	95
3.4	DDC 系统的抗干扰技术	100
3.4.1	干扰的抑制	100
3.4.2	接地和供电	111
	本章小结	115
第4章	DDC 系统的软件	116
4.1	DDC 系统的控制运算软件	116
4.1.1	DDC 系统的控制软件	116
4.1.2	DDC 系统的运算软件	120
4.2	DDC 系统的输入输出软件	128
4.2.1	DDC 系统的输入软件	128
4.2.2	DDC 系统的输出软件	138
4.3	DDC 系统的人机接口软件	142
4.3.1	DDC 系统的操作显示软件	142
4.3.2	DDC 系统的操作管理软件	146
4.4	DDC 系统的监控组态软件	147
4.4.1	DDC 系统的监控组态软件的结构	147
4.4.2	DDC 系统的监控组态软件的应用	150
	本章小结	154
第5章	DDC 系统的设计和应用	156
5.1	DDC 系统的设计	156
5.1.1	DDC 系统的设计原则	156
5.1.2	DDC 系统的设计过程	158
5.1.3	DDC 系统的设计方法	161
5.2	DDC 系统的应用	162
5.2.1	DDC 系统的应用设计	163
5.2.2	DDC 系统的应用实例	165
	本章小结	177
	第1篇小结	178
	第1篇习题与思考题	179

第 2 篇 集散控制系统(DCS)

第 6 章 DCS 的概述	187
6.1 DCS 的产生和发展	187
6.1.1 DCS 的产生过程	187
6.1.2 DCS 的发展历程	189
6.1.3 DCS 的特点和优点	191
6.2 DCS 的体系结构	193
6.2.1 DCS 的层次结构	193
6.2.2 DCS 的网络结构	195
本章小结	196
第 7 章 DCS 的控制站	197
7.1 DCS 控制站的硬件	197
7.1.1 DCS 控制站的主控单元	197
7.1.2 DCS 控制站的输入输出单元	198
7.2 DCS 控制站的软件	199
7.2.1 DCS 控制站的输入输出软件	200
7.2.2 DCS 控制站的运算控制软件	204
本章小结	220
第 8 章 DCS 的操作员站	221
8.1 DCS 操作员站的硬件	221
8.1.1 DCS 操作员站的主机设备	221
8.1.2 DCS 操作员站的外部设备	222
8.2 DCS 操作员站的画面	223
8.2.1 DCS 操作员站的通用画面	223
8.2.2 DCS 操作员站的专用画面	230
8.2.3 DCS 操作员站的管理画面	235
本章小结	241
第 9 章 DCS 的工程师站	242
9.1 DCS 工程师站的组成	242
9.1.1 DCS 工程师站的硬件	242
9.1.2 DCS 工程师站的软件	243

9.2 DCS 工程师站的组态	245
9.2.1 DCS 系统设备的组态	245
9.2.2 DCS 控制功能的组态	247
9.2.3 DCS 操作画面的组态	250
本章小结	251
第 10 章 DCS 的应用设计	253
10.1 DCS 的应用设计概述	253
10.1.1 DCS 的应用设计目标	253
10.1.2 DCS 的应用性能评估	254
10.2 DCS 的应用设计实例	260
10.2.1 DCS 的应用工程设计	260
10.2.2 DCS 的应用工程实施	272
本章小结	275
第 2 篇小结	276
第 2 篇习题与思考题	277
第 3 篇 现场总线控制系统(FCS)	
第 11 章 FCS 的概述	281
11.1 现场总线和 FCS 的产生	281
11.1.1 现场总线的产生	281
11.1.2 FCS 的产生	283
11.1.3 FCS 的特点和优点	285
11.2 FCS 的体系结构	287
11.2.1 FCS 的层次结构	287
11.2.2 FCS 的网络结构	289
本章小结	290
第 12 章 FCS 的现场总线	292
12.1 低速现场总线	292
12.1.1 FF-H1	292
12.1.2 HART	307
12.1.3 ASI	309
12.2 中速现场总线	311
12.2.1 PROFIBUS	312