



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

Computer Control Systems
(Third Edition)

计算机控制系统

(第3版)

王锦标 编著
Wang Jinbiao



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

Computer Control Systems
(Third Edition)

计算机控制系统

(第3版)

王锦标 编著

Wang Jinbiao

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,书中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。全书共分4篇,分别论述了直接数字控制(DDC)系统、集散控制系统(DCS)、现场总线控制系统(FCS)和可编程控制器(PLC)系统。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。

本书是一种研发和应用、理论与实际相结合的教材,既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.—3版.—北京:清华大学出版社,2018

(全国高等学校自动化专业系列教材)

ISBN 978-7-302-50390-3

I. ①计… II. ①王… III. ①计算机控制系统—高等学校—教材 IV. ①TP273

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第122955号

责任编辑:王一玲 赵 凯

封面设计:傅瑞学

责任校对:时翠兰

责任印制:沈 露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 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

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印刷者:清华大学印刷厂

装订者:三河市溧源装订厂

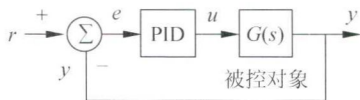
经 销:全国新华书店

开 本:175mm×245mm 印 张:48.25 插 页:4 字 数:1009千字

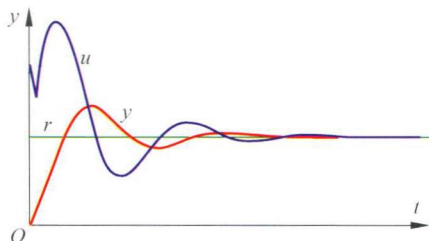
版 次:2004年3月第1版 2018年12月第3版 印 次:2018年12月第1次印刷

定 价:118.00元

产品编号:078621-01

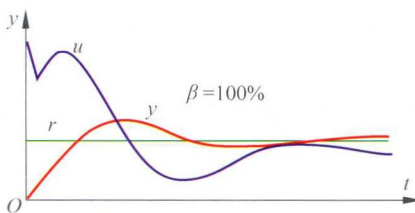


(a)

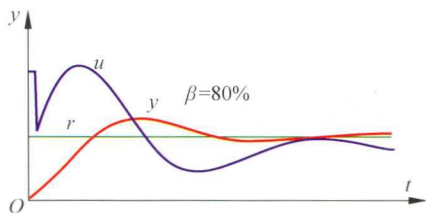


(b)

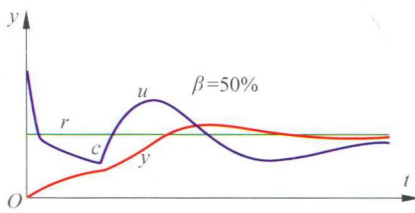
图 2.12 单回路 PID 控制器的闭环阶跃响应曲线



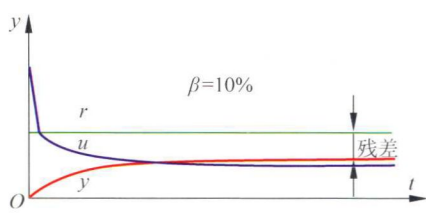
(a)



(b)

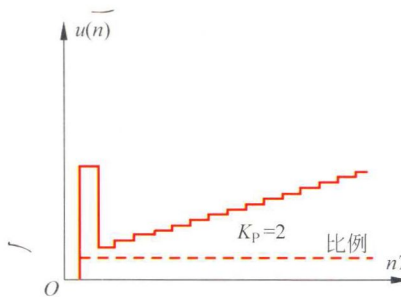


(c)

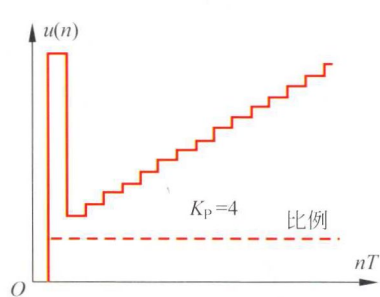


(d)

图 2.14 PID 控制器的积分分离曲线之二(改变 β)



(a)



(b)

注: $T_i=2s$ 、 $T_d=2s$

图 2.60 理想微分 PID 控制器的开环阶跃响应曲线之一(改变 K_p)

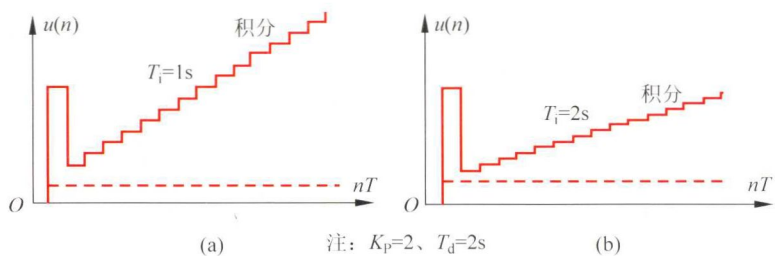


图 2.61 理想微分 PID 控制器的开环阶跃响应曲线之二(改变 T_i)

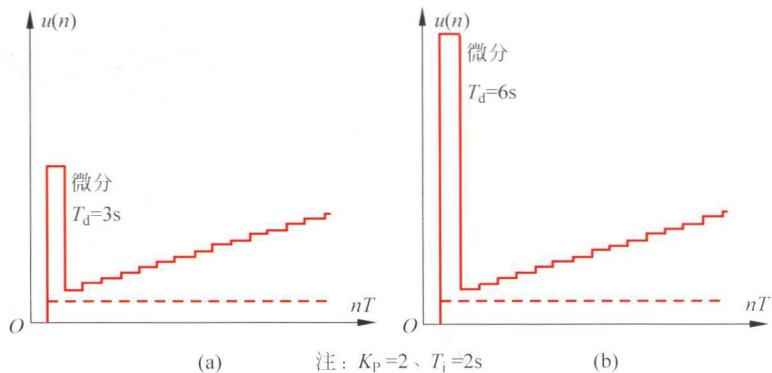


图 2.62 理想微分 PID 控制器的开环阶跃响应曲线之三(改变 T_d)

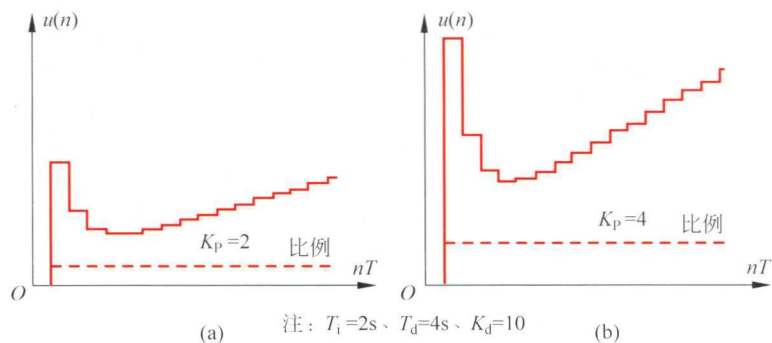


图 2.63 实际微分 PID 控制器的开环阶跃响应曲线之一(改变 K_p)

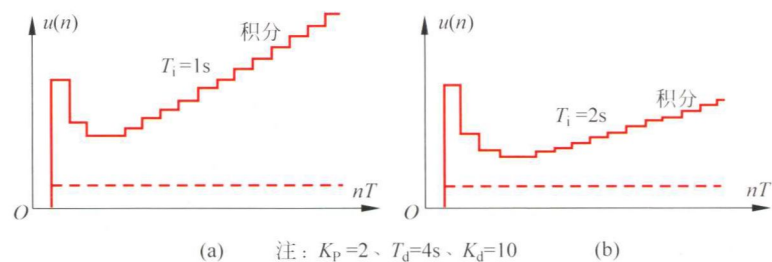


图 2.64 实际微分 PID 控制器的开环阶跃响应曲线之二(改变 T_i)

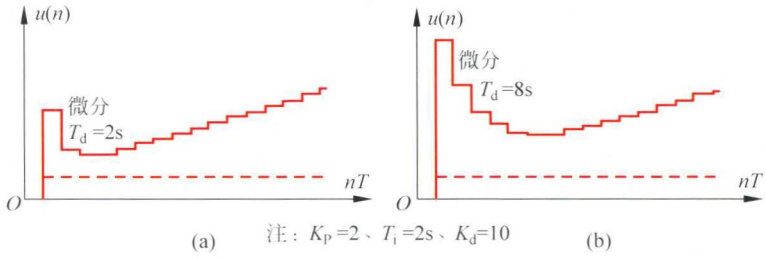


图 2.65 实际微分 PID 控制器的开环阶跃响应曲线之三(改变 T_d)

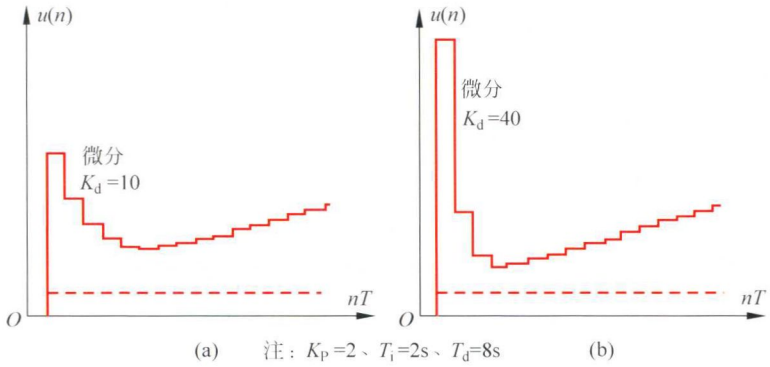


图 2.66 实际微分 PID 控制器的开环阶跃响应曲线之四(改变 K_d)

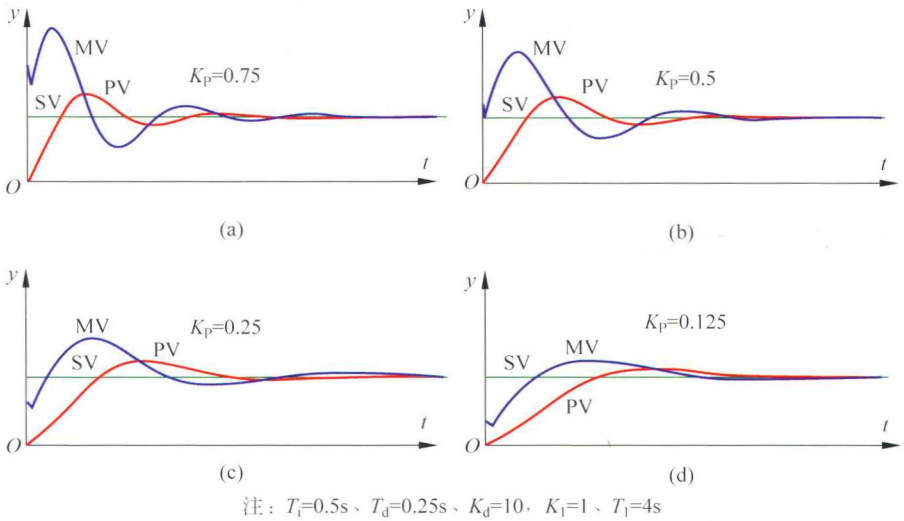


图 2.67 单回路 PID 控制的闭环阶跃响应曲线之一(改变 K_p)

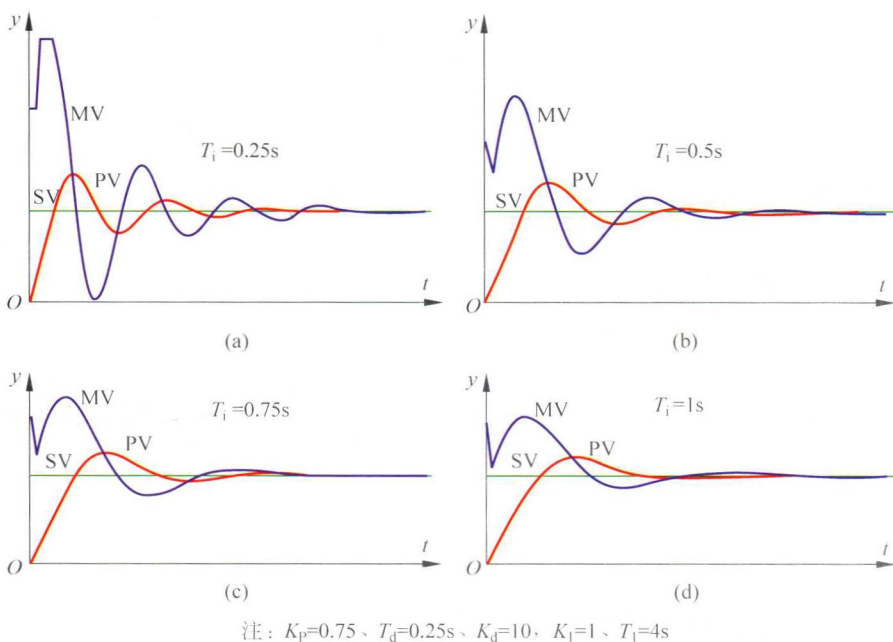


图 2.68 单回路 PID 控制的闭环阶跃响应曲线之二(改变 T_i)

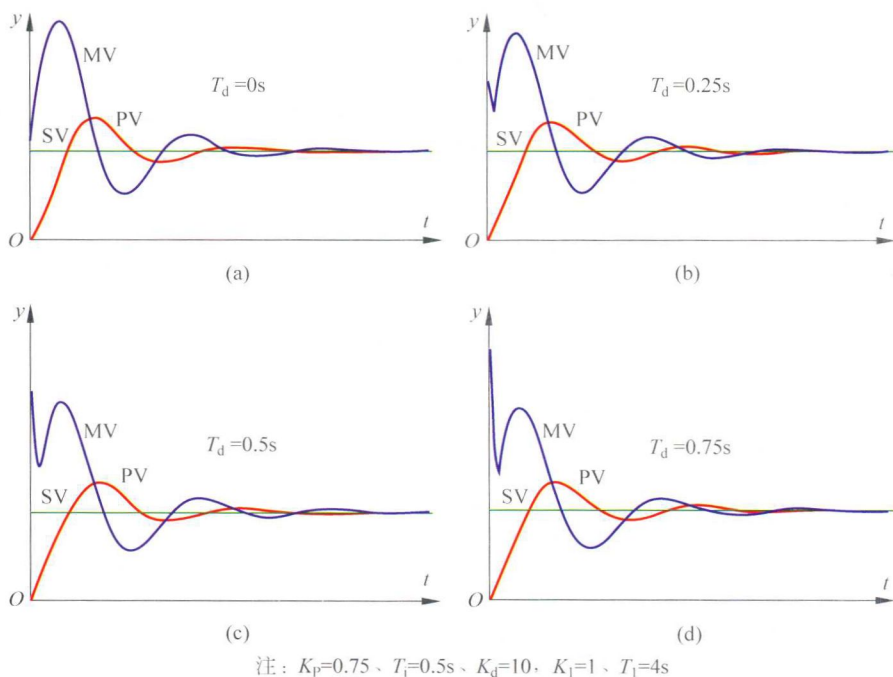


图 2.69 单回路 PID 控制的闭环阶跃响应曲线之三(改变 T_d)

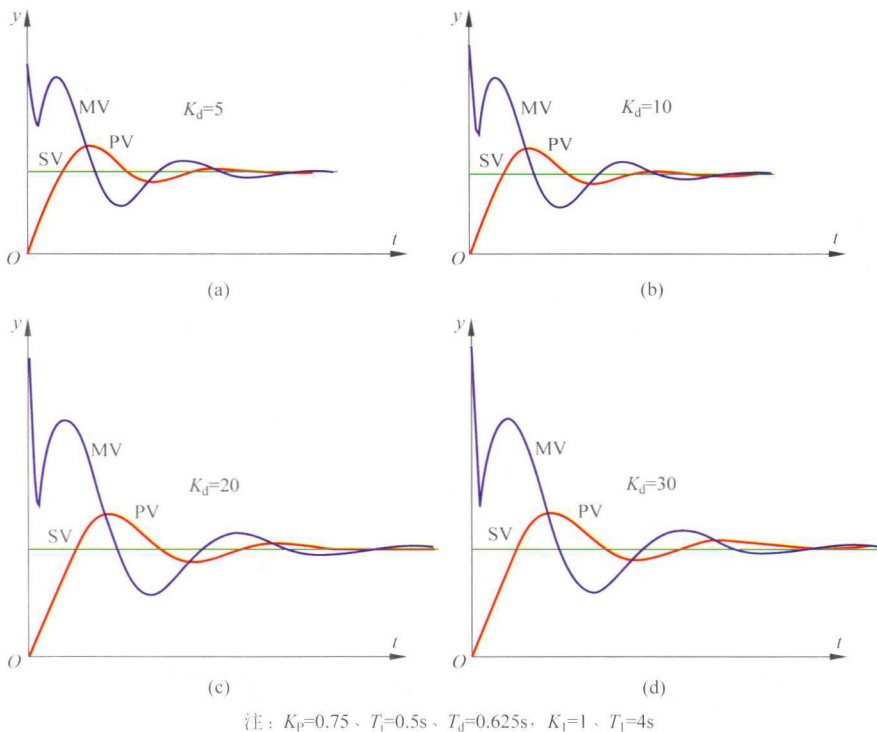


图 2.70 单回路 PID 控制的闭环阶跃响应曲线之四(改变 K_d)

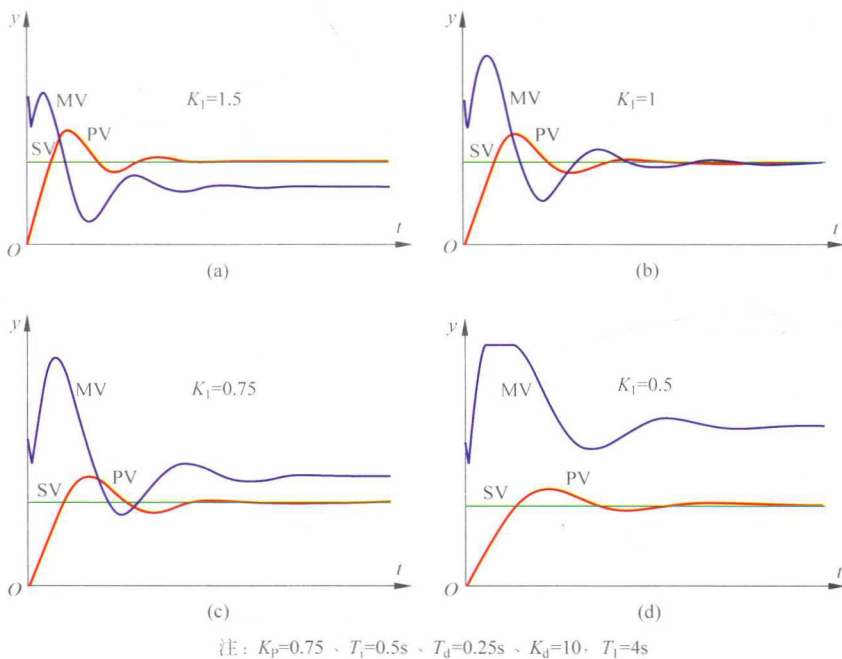


图 2.71 单回路 PID 控制的闭环阶跃响应曲线之五(改变 K_i)

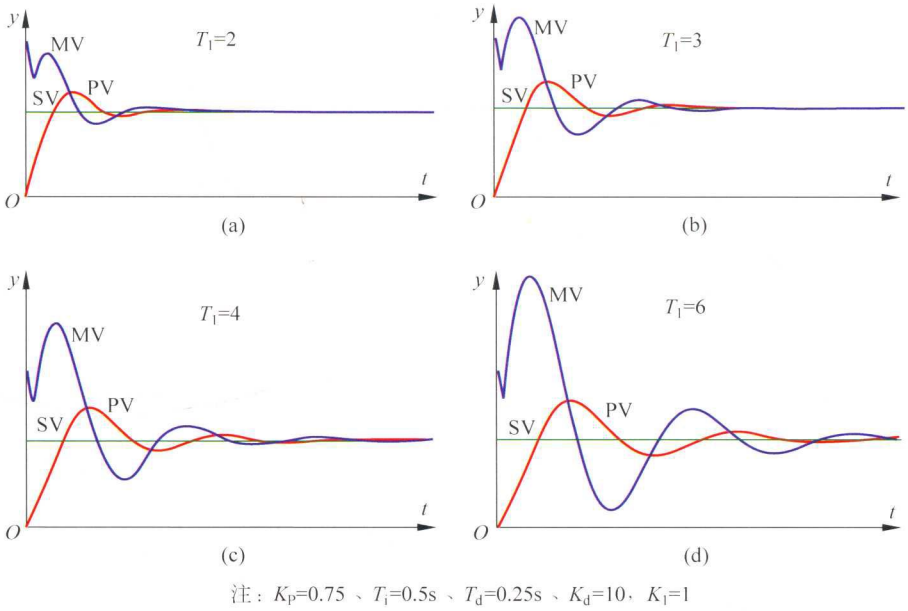


图 2.72 单回路 PID 控制的闭环阶跃响应曲线之六(改变 T_1)

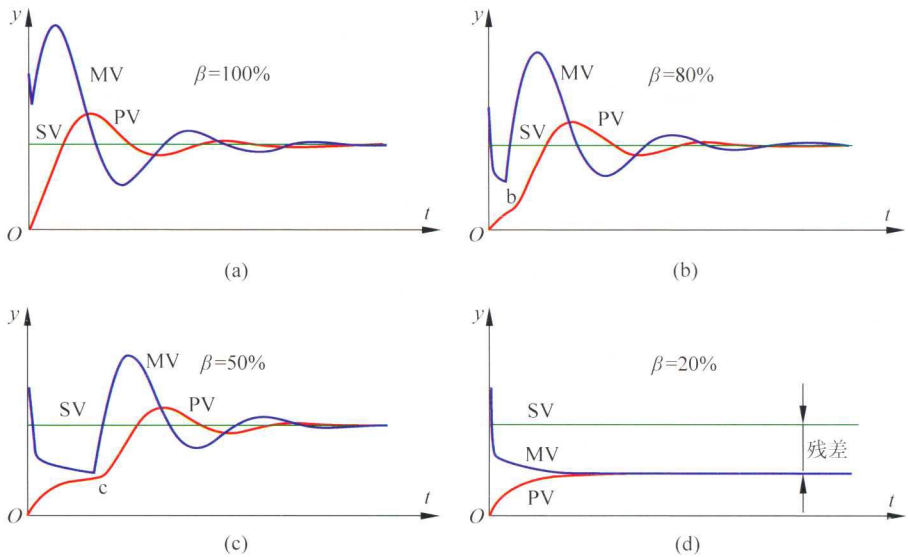
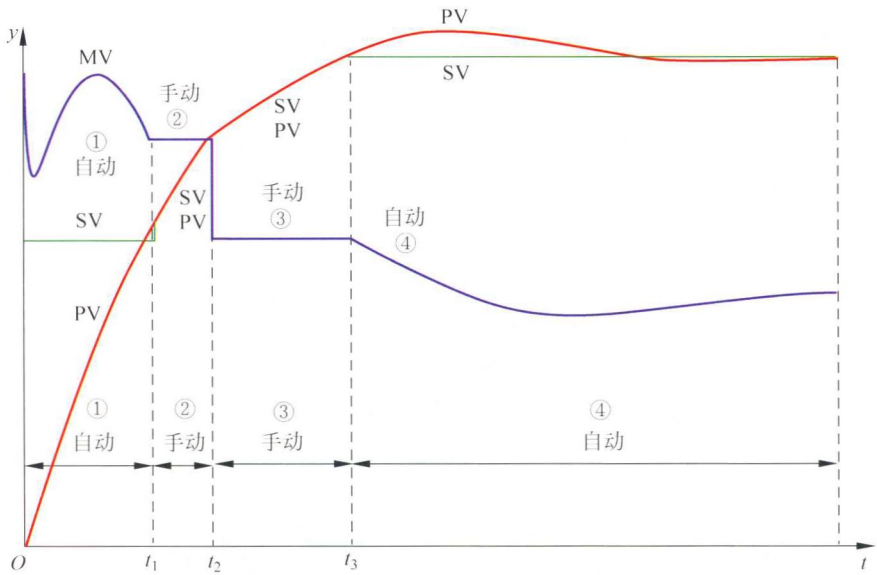
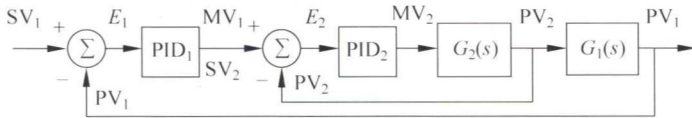


图 2.73 单回路 PID 控制的闭环阶跃响应曲线之七(改变 β)

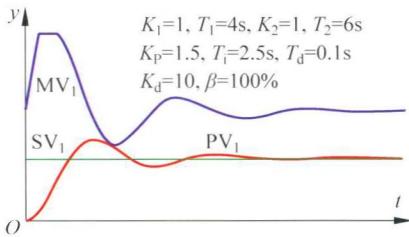


注: $K_p=1$ 、 $T_i=15s$ 、 $T_d=1s$ 、 $K_d=1$ 、 $K_1=2$ 、 $T_1=100s$

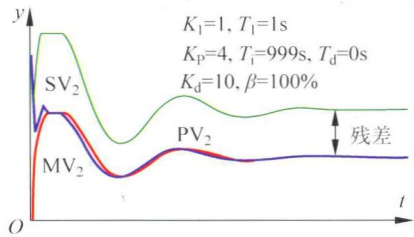
图 2.74 单回路 PID 控制的闭环阶跃响应曲线之八(手动自动切换)



(a) 串级回路



(b) 主回路曲线



(c) 副回路曲线

图 2.75 串级 PID 控制的闭环阶跃响应曲线之一

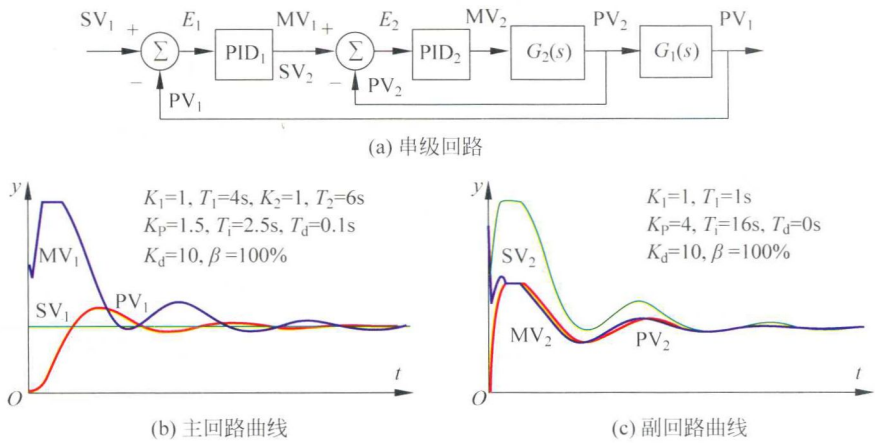


图 2.76 串级 PID 控制的闭环阶跃响应曲线之二

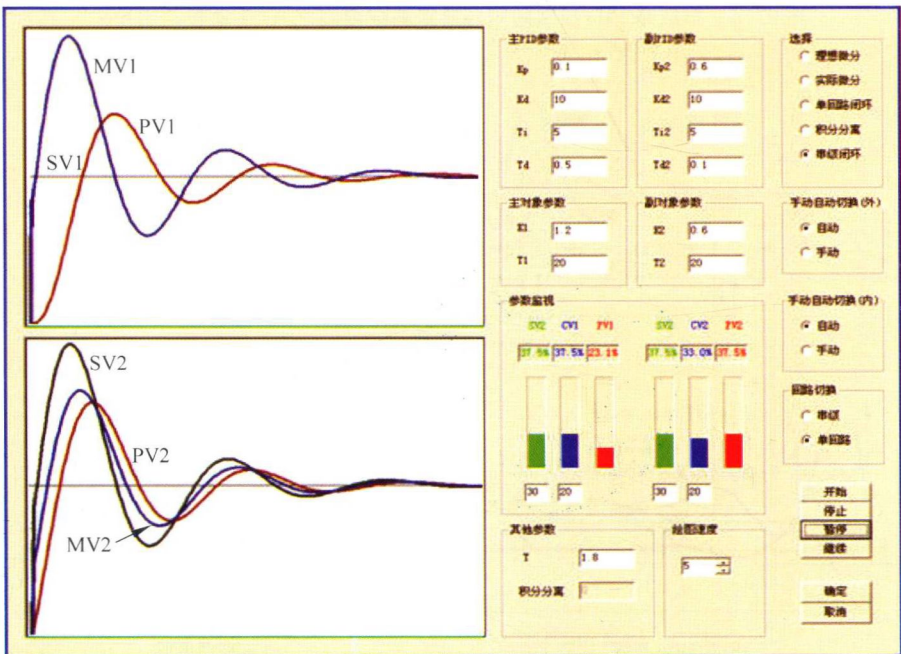


图 2.77 PID 控制器及控制回路调试的人机界面



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。为满足多层次、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)

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,自动化科学技术在如航空、航天等众多领域发挥了重大作用。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发展的。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,涉及教学改革方方面面,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

“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”等问题,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。

吴炯 院士

2005年10月于清华大学