



21世纪高等学校机械设计制造
及其自动化专业系列教材

国家级“九五”重点教材



获国家级优秀教学成果奖二等奖

获全国高等学校机电类专业优秀教材一等奖

机械工程控制基础

(第四版)

杨叔子 杨克冲 等编著

陈康宁 主审

华中科技大学出版社

HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

E-mail: hustpp@wuhan.cngb.com



21世纪高等学校机械设计
制造及其自动化专业系列教材

机械工程控制基础

(第四版)



国家级“九五”重点教材
获国家级优秀教学成果奖二等奖
获全国高等学校机电类专业优秀教材一等奖

杨叔子 杨克冲 编著
吴波 熊良才

陈康宁 主审

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械工程控制基础(第四版)/杨叔子 杨克冲 等编著
武汉:华中科技大学出版社, 2002年1月
ISBN 7-5609-2628-2

- I. 机…
II. ①杨… ②杨… ③吴… ④熊…
III. 机械工程-控制系统-高等学校-教材
IV. TH

21世纪高等学校

机械设计制造及其自动化专业系列教材

机械工程控制基础(第四版)

杨叔子 杨克冲 等编著

责任编辑:黎秋萍
责任校对:蔡晓瑚

封面设计:潘群
责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录排:华中科技大学出版社照排室
印刷:荆州市今印印务有限公司

开本:787×1092 1/16

印张:22

字数:425 000

版次:2002年1月第4版

印次:2004年6月第34次印刷

定价:26.80元

ISBN 7-5609-2628-2/TH·120

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书的前三版曾荣获国家级优秀教学成果二等奖和全国高等学校机电类专业优秀教材一等奖,本版被列入国家面向 21 世纪课程教材和国家“九·五”重点教材。

本书内容包括机械工程控制的基本概念、系统的数学模型、时间响应分析、频率特性分析、系统的稳定性、系统的性能分析与校正、非线性系统、线性离散系统、系统辨识及控制系统的计算机辅助分析等。

本书力求在讲清机械工程控制的基本概念的前提下,更多地结合机械工程实际,以帮助读者学会应用控制理论来解决机械工程的实际问题。

本书可供机械工程类专业,特别是机械设计制造及其自动化专业的本科、成教、函授、夜大学生作为教材,也可供有关教师与工程技术人员作为参考书。

与本书配套出版的《机械工程控制基础学习辅导与题解》总结了学习本书的基本要求、重点与难点,扩充了例题,并对本书中的所有习题进行了解答,可供教师作为教学参考书,也可供学生作为学习辅导书。

另外,任课教师若需要参考用电子教案,可与责任编辑联系。

(Tel:027-87541951; E-mail:qiuping 168@263.net)

21 世纪高等学校
机械设计制造及其自动化专业系列教材
编 审 委 员 会

顾问： 姚福生 黄文虎 张启先
 (工程院院士) (工程院院士) (工程院院士)

 谢友柏 宋玉泉 艾 兴
 (工程院院士) (科学院院士) (工程院院士)

 熊有伦
 (科学院院士)

主任： 杨叔子 周 济
 (科学院院士) (工程院院士)

委员： (按姓氏笔画顺序排列)

于骏一 王明智 毛志远 左武炘 卢文祥
朱承高 师汉民 刘太林 李培根 吴昌林
吴宗泽 何玉林 陈康宁 陈心昭 张春林
张福润 张 策 张健民 冷增祥 范华汉
周祖德 洪迈生 姜 楷 黄纯颖 童秉枢
傅水根 傅祥志 廖效果 黎秋萍 戴 同

秘书： 钟小珉 徐正达

21 世纪高等学校 机械设计制造及其自动化专业系列教材

总 序

发展是硬道理,而改革是关键。唐代大诗人刘禹锡写得多么好:“请君莫奏前朝曲,听唱新翻《杨柳枝》。”这是这位改革派的伟大心声。

1998 年教育部颁布了新的普通高等学校专业目录。这是一大改革。为满足各高校开办“机械设计制造及其自动化”宽口径新专业教学的需要,华中科技大学出版社在世纪之交,千年之替,顺应时代潮流,努力推出了“机械设计制造及其自动化”专业系列教材。这套系列教材是在众多院士支持与指导下,由全国 20 余所院校数十位长期从事教学和教学改革工作的教师经多年辛勤劳动编写成的,它有特色,能满足机械类专业人才培养要求。

这套系列教材的特色在于,它紧密结合“机械类专业人才培养方案及教学内容体系改革的研究与实践”与“工程制图与机械基础系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践”两个重大教学改革项目,集中反映了华中科技大学和国内众多兄弟院校自实施教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”以来,在改革机械类专业人才培养模式和课程内容体系方面所取得的成果。

这套系列教材,是完全按照两个重大教学改革项目的成果所提出的“机械设计制造及其自动化”宽口径专业培养方案中所设置的课程来编写的。这一培养方案的一个重要特点是:专业基础课按课群方式设置,即由力学系列课程,机械设计基础系列课程,计算机应用基础系列课程,电工、电子技术基础系列课程,机械制造技术基础系列课程,测控系列课程,经营管理系列课程等七大课群组成,有效地拓宽了专业口径和专业基础,体现了机械类专业人才培养模式的改革。

同时专业基础课按课群设置,也有利于加强课群内各门课程在内容上的衔接,有利于课程体系的进一步整合、优化及改革。专业基础课按七大课群设置,这得到了全国高校机械工程类专业教学指导委员会的充分赞同。

21世纪工程教育的一个基本特征就是“适应性”，就是坚持邓小平同志指出的教育的“三个面向”的战略思想。能适应，才能创业。要能多方适应科学技术的突飞猛进和社会的不断进步，就得进一步明确指导思想，进一步合适地拓宽专业口径与专业基础，构造现代化的人才知识结构、能力结构和素质结构，就得因史制宜、因地制宜、因势制宜，努力实现培养模式的多样化，切忌“千篇一律”、“千人一脸”，万紫千红方能有一个大好的春天。

这是一套具有较大改革力度的系列教材。教材的作者们认真贯彻了中央的教育方针与改革思想，体现出两个重大改革项目成果所提出的“以创新设计为核心，以机械技术与信息技术结合为龙头，以计算机辅助技术为主线，拓宽基础，强化实践”的总体改革思路，并本着整合、拓宽、更新和更加注重应用的原则，对课程的内容、体系进行了诸多重要改革，而且许多课程在开发电子教材方面也取得了长足进展。

按照减少学时、降低重心、拓宽面向、精选内容、更新知识的原则，对原机械专业三门主要专业课（机械制造工艺学、金属切削机床设计、金属切削原理与刀具）实行了整合和改造，编写出了供“机械设计及其自动化”宽口径专业学生学习的《机械制造技术基础》新教材。

改造了原电工技术、电子技术系列课程，将分散在几门课程中的强电知识整合为《机电传动控制》新课程，减少了重复，拓宽了基础，突出了“机电结合、电为机用”的特点。

使用自主版权软件改革传统工程制图内容体系，不仅实现了工程制图和计算机绘图内容的有机融合，也实现了制图课教学手段的现代化。

以设计为主线，重新规划了《机械设计》和《机械原理》课程体系结构，在内容上努力实现由注重学科的系统性向更加注重工程综合性的转化，在教学手段上全面引入多媒体技术，提升了课堂教学的效果和效率。

《金属材料及热处理》更名为《工程材料及应用》，除紧密结合现代科技成就，讲解金属材料的基本理论及应用外，还讲解了其他各类工程材料的有关知识。

《测试技术》更名为《工程测试与信息处理》，加强了与信息获取、传输、存储、处理及应用有关的内容，并率先在国内建成网上测试技术虚拟实验室。

《液压传动》与《气压传动》整合为《液压传动与气压传动》，精简了内容，强化了应用，并制作出了相应的电子教案。

《材料成形工艺基础》在精选传统金属成形工艺内容的基础上，较大幅度地增

加了新材料、新工艺、新技术方面的知识。

编写出版了《现代设计方法》、《机构与机械零部件 CAD》、《柔性制造自动化概论》、《机电一体化控制技术与系统》及《机器人技术基础》等教材,反映了现代科技的新发展。

科学与工程既有联系又有区别。科学注重分析,工程注重综合。任何一项工程本身都是多学科的综合体。今天,工程技术专家的基本作用正是一种集成作用,工程技术专家的任务是构建整体。我们必须从我国国情出发,按照现代工程的特点和工程技术专家的基本作用来构建机械工程教育的内容和体系。

华中科技大学出版社依托全国高校机械工程类专业教学指导委员会、全国高校机械基础课程指导委员会,经过多年不懈的努力,使这套系列教材的出版达到了较高的质量水准。例如,目前已有 11 本被教育部批准为“面向 21 世纪课程教材”,有 5 本获得过国家级、省部级各种奖励,全套教材已被全国几十所高校采用,广泛受到教师和学生的欢迎。特别是其中一些教材(如《机械工程控制基础》、《数字控制机床》等),经长期使用,多次修订,已成为同类教材中的精品。

现在这套系列教材已经正式出版 20 多本,涵盖了“机械设计制造及其自动化”专业的所有主要专业基础课程和部分专业方向选修课程,能够较好地满足教学上的需要。我们深信,这套系列教材的出版发行和广泛使用,将不仅有利于加强各兄弟院校在教学改革方面的交流与合作,而且对机械类专业人才培养质量的提高也会起到积极的促进作用。

当然,由于编者学术水平有限,改革探索经验不足,组织工作还有缺陷,何况,形势总在不断发展,现在还远不能说系列教材已经完善,相反,还需要在改革的实践中不断检验,不断修改、锤炼,不断完善,永无休期。“嚶其鸣矣,求其友声。”我们殷切期望同行专家及读者们不吝赐教,多加批评与指正。

江泽民同志在 2000 年 6 月我国两院院士大会上号召我们:“创新,创新,再创新!”实践、探索、任重道远,只有努力开拓创新,才可能创造更美好的未来!

全国高校机械工程类专业教学指导委员会主任委员

中国科学院院士

华中科技大学教授

2000 年 11 月 2 日

杨叔子

第一版前言

本书是为高等院校的机械工程类专业,特别是机械制造工程专业类的“机械工程控制基础”(或称“控制工程基础”)这门课编写的教材。

由于现代科学技术的迅速发展,将控制理论应用于机械工程的重要性日益明显,这就导致了“机械工程控制论”这门学科的产生与发展。实际上,这门学科既是一门广义的系统动力学,又是一种合乎唯物辩证法的方法论,它对启迪与发展人们的思维与智力有很大的作用。作为一门课程,它是机械工程类专业的重要理论基础之一。

本书作为一门技术基础课的教材,力求在阐明机械工程控制论的基本概念、基本知识 with 基本方法的基础上,紧密结合机械工程实际,特别是结合机械制造工程实际,以便沟通与加强数理基础与专业知识之间的联系。

本书着重阐述了经典控制理论,特别是其中的频域法,即在系统的传递函数的基础上,着重阐述了系统的频率特性及应用。同时,考虑到系统数学模型的重要性与实际系统的复杂性,特地编写了“系统辨识”一章。在这章中,除了详细介绍了经典控制理论中的系统辨识方法以外,还以相当篇幅介绍了现代控制理论的系统辨识中的差分模型与数理统计学的时间序列中的 ARMA 模型。本书吸收了我院有关同志与编者在教学与科研中的成果。本书不包括数学基础部分(例如“积分变换”),因为这些数学基础已见诸我国统编的工程数学教材。本书的教学时数为 40~60 学时。

本书是在我院 1982 年为机械制造工艺与设备专业编写的《机械工程控制基础》讲义的基础上改写的。我们对原讲义的体系、内容与论述方法作了不少变动与修改。原讲义是由杨叔子、胡庆超、杨克冲、刘经燕同志集体讨论,分工执笔写成的,胡庆超同志承担了大部分的编写工作。本书是由杨叔子、杨克冲、刘经燕、王治藩同志集体讨论,分工执笔写成的(第一章由杨叔子同志执笔,第二、七章由王治藩同志执笔,第三、四章由刘经燕同志执笔,第五、六章由杨克冲同志执笔),最后由杨叔子、杨克冲两位同志定稿。实际上,本书是我院有关同志的集体劳动成果,胡庆超、师汉民、熊有伦等同志在开设与改进本门课程中,在本书的成书过程中,都付出了辛勤的劳动。编者对这些同志表示衷心的感谢。

值得提出的是,1983 年 7 月举行的有 16 所高等院校参加的中南地区高校机械工程控制研究会对本书的编写起了很大的鼓励与促进作用。编者对这次会议的与会者,特别是对武汉工学院的宋尔涛同志、容一鸣同志,深表感谢。还应提出,在开设本门课程中,我们得到西安交通大学阳含和、王馨等同志多方面的帮助,得到我院自动控制系费奇、邓聚龙等同志的许多帮助。在原讲义的编写中,我们主要参考了哈尔滨工业大学李友善同志的《自动控制原理》(上册)一

书与西安交通大学阳含和同志,清华大学张伯鹏同志为他们本校有关专业编写的《控制工程基础》的讲义初稿。在此一并深表感谢。

限于编者的水平,加上本课程是新开设的课程,许多问题还有待探讨,因此,本书中的谬误与不妥之处在所难免。编者切望读者不吝指教,提出批评建议,我们由衷地欢迎与感激。

编者

1984年2月于华中工学院

第二版前言

本书自1984年3月初版发行后,蒙全国四十余所高等院校有关专业采用,两次印发近三万册,仍然供不应求,这使我们受到很大的鼓舞。不少兄弟院校的有关教师乃至学生,就本书的系统、内容、习题等方面提出了许多宝贵意见,这使我们获得极深的教益。特别是,西安交通大学、天津大学、浙江大学、北京机械工业管理学院、成都科技大学、湖南大学、武汉工学院、武汉工业大学、长沙国防科技大学、中国人民解放军信息工程学院、太原重型机械学院等高校的机械工程系的有关教师,对本书的编写工作与本书出版后的使用情况一直十分关心。在此,我们谨向一切有关同志致以衷心的感谢!

根据三年来的教学实践与本门学科的发展情况,我们原拟对本书作一次重大的修改,但由于时间紧迫,愿望难以实现,只能有重点地作了较大的修改,主要情况如下:

- (1)对书中涉及的某些基本概念与知识,如反馈,闭环,动态特性,传递函数,时间响应的组成等,作了更深入的分析与论述;
- (2)对一些在目前所起作用不大的内容,如Nichols图,Nichols图线等,予以删除;
- (3)在附录中增加了计算机数字仿真实例。

至于原书中一些论述不十分妥切乃至不当之处,自然作了修改。

本书的修改是在原有编者加上谢月云、梅志坚同志的集体讨论的基础上,由杨克冲同志主要执笔,由杨叔子同志最后定稿的。本书附录在杨克冲、刘经燕同志参加下,主要由梅志坚同志执笔,并由杨叔子、杨克冲同志定稿。修改后的本书,错误与不妥仍在所难免,编者仍切望读者不吝指教,以利于编者的提高,以利于本书的下一修改工作。

编者

1987年12月于华中工学院

第三版前言

“衷心藏之，何日忘之”，在我执笔写第三版前言之际，《诗经》中的这两句诗自然涌上心头。我们要再次衷心感谢兄弟院校有关教师与学生以及所有读者的信任与支持，衷心感谢出版社与有关领导部门以及有关同志的关心与鼓励。本书自1984年3月初版与1988年6月再版以来，11次印刷，发行近9万册，仍然供不应求；而且还于1990年获中南地区高校出版社优秀图书一等奖，1992年获国家机械电子工业部优秀教材一等奖。这一切，特别是各方面给我们提出的宝贵意见，是对我们的真挚关心、有力支持与巨大鼓舞。饮水怎能不思其源？！

考虑到本书修订再版后的这段时间里科学技术的发展与我们的科研进展，我们感到书中的某些部分应作增、删与修改。因此，在杨克冲、刘经燕、谢月云、桂修文4位同志与我共同进行讨论的基础上，由杨克冲同志执笔进行修改，并由杨克冲同志与我一起最后定稿。主要修改情况如下：(1)对第一、二、四、五、七章作了一些增删；(2)对各章均作了少量修改；(3)对习题作了一些增删与修订，并对原内部出版的题解作了相应修改。

我应指出，杨克冲同志不仅在本次修改中承担了全部执笔修改任务，做了许多有创见的工作，而且在本书的成书与完善过程中做出了出色的贡献，从一定角度上讲，没有他的努力，就没有本书的第二版、第三版。还应指出，刘经燕同志自始至终参加了本书的成书与完善工作，提供了大量教学实践所反映的情况与由此而产生的重要意见；谢月云同志、桂修文同志近几年承担本课教学工作，他们两位对本书的完善十分关心，并积极参与，为本书的完善做出了重要的贡献；还有，远在英国的王治藩同志与调往广州的梅志坚同志，他们对本书的成书与完善所起的重要作用，我们也是不能忘怀的。对于在本书成书前后，对成书做出了巨大贡献的我校胡庆超、熊有伦与师汉民教授，在此，再次表示衷心的感谢。

在本书第三版问世时，我们深深怀念已故的西安交通大学阳含和教授，永远铭记他在“机械工程控制”学科的建立上所作的开拓性贡献，永远感激他在我国机械控制工程研究学会的创立上所起的巨大作用，永远珍惜他在本书成书与完善中所给予的宝贵指导与他对作者们的殷切期望。

尽管本书已作了两次修改，以第三版出现，然而，“人孰无过”？书孰无错？何况，作者水平有限，精力有限，时间有限，书中的错误与不妥在所难免。“嘤其鸣矣，求其友声。”殷切希望广大读者拨冗相助，不吝指教，我们仍将不胜感激。

杨叔子

1993年1月于华中理工大学

杨叔子：教授，博士生导师，华中理工大学校长，中国科学院院士

第四版前言

千年之交,百年之替,蛇年之初,新春之始,祖国社会主义建设事业高潮滚滚向前,高等学校教育教学改革蓬勃发展,本书第四版也即将付印。

1993年1月第三版问世以来,本书再次受到兄弟院校师生与有关读者的信任、欢迎与支持。追思1984年3月的第一版,抚今即将付印的第四版,本书已印刷26次,销售17万册;在以往获奖的基础上,1996年再次获得前机械工业部优秀教材一等奖,1997年获国家级优秀教学成果二等奖,1998年获湖北省科技进步二等奖。沉思17年的巨大变迁与发展,往事历历如潮翻涌,不胜感慨,更不禁欣喜。

是的,唐代有位著名的诗人,叫陈子昂,处在初唐向盛唐发展的时代,写了一首脍炙人口的名诗《登幽州台歌》:“前不见古人,后不见来者;念天地之悠悠,独怆然而涕下。”前进中会有曲折与支流,发展中总有困难与黑暗,这一名诗中没有反映当时社会发展的主流,即唐代正在蓬勃向上,过多地过重地看见了反面。我想,在今天,在我们的国家,正应该把他这首诗改一下,改成:“前既见古人,后更见来者;看大江之滔滔,喜奔腾而东下。”大江东去,总有泥沙俱下,鱼龙混杂,沉渣泛起,曲折险阻,然而都为势不可挡的大浪所淘尽。大江后浪催前浪。

正是这样,本书的一版、二版、三、四版,随同我国工业建设的前进而前进。而且,参加第四版编写的教师,除我与杨克冲教授外,都是新参加编写工作的,但也是本书的长期使用着,这就是吴波、熊良才等同志,他们正承担着“机械工程控制基础”的教学与研究,承担了本版编写的重要工作。还应讲明的是,在本版付印后,即将有本版的电子版本出版,并可以上网,这一工作主要由吴波教授负责指导年轻同志完成。另外,如同前三版出版时一样,本版也有供教师备课与教学用的参考资料,且同本版一起出版,以利于本书的使用。这一参考资料也是由吴波、熊良才等同志完成的。事业后继有人。我相信,待本书第五版时,吴波教授等应该正式成为本书主要编写者了。

我们还决不会忘记过去。没有过去,就没有现在。先后参加本书第一、二、三版编写的刘经燕、梅志坚、王治藩同志及参加有关工作的桂修文同志,已先后离开了我校,有的在广东,有的在英、美国,然而仍情系本书,关心本书,支持本书,我们为之衷心感谢!为本书的完善而做了出色工作的谢月云同志也已退休,我们也要衷心感谢!有些同志虽然没有参加本版的编写工作,但其劳动成果却凝化在本版的有关内容中。这是历史,也是现实,都是事实,应该承认,应该铭记,应该尊重。还有,我校熊有伦院士,胡庆超教授、师汉民教授,特别是已故的西安交通大学阳含和教授,他们对本书的成书与出版,做出过巨大的贡献,我们深深感谢他们!对凡为本书的出版与完善而做过努力的朋友,对华中科技大学出版社及有关同事,对一切的真挚关心、有力支

持、积极鼓励,我们一贯是:“衷心藏之,何日忘之?!”我们一贯认为我们的事业是集体的。

考虑到本书第三版出后已8年,科学技术(特别是信息科技)的突飞猛进,教育教学改革的全面发展与不断深入,尤其是本书被定为“普通高等学校‘九·五’国家级重点教材”和“面向21世纪课程教材”,以及由此而提出的要求,因此,本书应予修订,即对有关部分作了增、删、改。此次修订,充分汲取了这8年来的教学经验,在杨克冲、吴波、熊良才三位同志与我共同讨论的基础上,分工执笔:第一、七、八章由杨克冲同志执笔,其中,武汉理工大学赵燕参加了第八章的编写工作;第二、三、四、五、六、九章由吴波同志执笔;第十章由熊良才同志执笔,并编写程序;全书由吴波、杨克冲同志统稿与初步定稿,由我与吴波同志最后定稿。本版变动情况如下:(1)第七章、第八章为新增加的,(2)第一、二、三、四、五、六、九章作了一些增、删、改,主要是删;(3)第十章由原附录改写而来,增加了非线性控制系统的计算机辅助分析,所有程序均改为C语言;(4)原有各章习题均作了增、删、改。此外,如前所述,本版付印后,本版的电子版本即将付印,而供教师使用的参考资料将与本版一起付印。

在此,还应指出,华中科技大学出版社机电一体化系列教材的《机电工程控制基础》编写组为本书第四版提供了许多很好的素材,极大地充实了本版的内容,在此表示真挚的谢意!

本版由西安交通大学陈康宁教授主审,他提出了许多宝贵的意见与建议,有力地保证本版的质量,在此表示由衷的谢意!

尽管本书已作了三次修改,现以第四版付印。然而,真理不可穷尽,认识不会终结,我真心地重复第三版前言中的真情:人孰无过?思孰无误?书孰无错?文孰无讹?何况,作者水平有限,知识有限,精力有限,时间有限,书中的错误与不妥必然难免。“嚶其鸣矣,求其友声。”殷切期望广大读者,特别是兄弟院校的教师与学生,拨冗相助,不吝指教,我们将不胜感谢。

饮水思源,谨成前言。

杨叔子

2001年2月4日(立春)

于华中科技大学

(华中科技大学由原华中理工大学、原同济医科大学、原武汉城建学院于2000年5月26日合并组建而成)

杨叔子:教授,博士生导师,中国科学院院士

主要符号说明

m	质量	$N(s)$	$L[n(t)]$
c	粘性阻尼系数	n	单独使用时一般表示转速
k	弹簧刚度	ω	角速度
R	电阻	T	时间常数或时间
C	电容	τ	延迟时间或时间
L	电感	ω_n	无阻尼固有频率
K	增益或放大系数	ω_d	有阻尼固有频率
$f(t)$	外力	ω_T	转角频率
$L[\]$	Laplace 变换	ω_k	相位交接频率
$F[\]$	Fourier 变换	ω_c	增益交接频率或剪切频率
$x_i(t)$	输入(激励)	ω_b	截止频率
$X_i(s)$	$L[x_i(t)]$	ω_r	谐振频率
$x_o(t)$	输出(响应)	ξ	阻尼比
$X_o(s)$	$L[x_o(t)]$	M_r	相对谐振峰值
$X_i(j\omega)$	$F[x_i(t)]$	M_p	超调量
$X_o(j\omega)$	$F[x_o(t)]$	K_g	增益裕度
$\delta(t)$	单位脉冲函数	γ	相位裕度
$u(t)$	单位阶跃函数	u	一般表示电压
$r(t)$	单位斜坡函数	i	一般表示电流
$w(t)$	单位脉冲响应函数	$\varepsilon(t)$	偏差
$G(s)$	传递函数或前向通道传递函数	$E(s)$	$L[\varepsilon(t)]$
$G(j\omega)$	频率特性	$e(t)$	误差
$H(s)$	反馈回路传递函数	$E_1(s)$	$L[e(t)]$
$H(j\omega)$	反馈回路频率特性	φ, θ	一般表示相位
$B(s)$	闭环系统反馈信号	j	印为正体字时表示 $\sqrt{-1}$
$G_K(s)$	系统的开环传递函数	$x^*(t)$	$x(t)$ 采样后的时间序列
$G_B(s)$	系统的闭环传递函数	f_s	采样频率
$G_K(j\omega)$	系统的开环频率特性	$Z[\]$	Z 变换
$G_B(j\omega)$	系统的闭环频率特性	$X(z)$	$Z[x(t)]$
$n(t)$	干扰信号	$G(z)$	离散系统的传递函数(或称脉冲传递函数)



机械工程控制基础

第四版前言	(i)
第三版前言	(1)
第二版前言	(1)
第一版前言	(1)
主要符号说明	(1)
第一章 绪论	(1)
1.1 机械工程控制论的研究对象与任务	(1)
1.2 系统及其模型	(4)
1.3 反馈	(7)
1.4 系统的分类及对控制系统的基本要求	(12)
1.5 机械制造的发展与控制理论的应用	(15)
1.6 控制理论发展的简单回顾	(18)
1.7 本课程的特点与学习方法	(21)
习题	(22)
第二章 系统的数学模型	(26)
2.1 系统的微分方程	(27)
2.2 系统的传递函数	(33)
2.3 系统的传递函数方框图及其简化	(47)
2.4 反馈控制系统的传递函数	(55)
2.5 相似原理	(58)
习题	(62)
第三章 时间响应分析	(67)
3.1 时间响应及其组成	(67)
3.2 典型输入信号	(70)
3.3 一阶系统	(71)

3.4	二阶系统	(74)
3.5	高阶系统	(85)
3.6	系统误差分析与计算	(88)
3.7	δ 函数在时间响应中的作用	(95)
	习题	(100)
第四章	频率特性分析	(104)
4.1	频率特性概述	(104)
4.2	频率特性的图示方法	(111)
4.3	闭环频率特性	(132)
4.4	频率特性的特征量	(133)
4.5	最小相位系统与非最小相位系统	(135)
	习题	(137)
第五章	系统的稳定性	(140)
5.1	系统稳定性的初步概念	(140)
5.2	Routh(劳斯)稳定判据	(145)
5.3	Nyquist(乃奎斯特)稳定判据	(151)
5.4	Bode(伯德)稳定判据	(163)
5.5	系统的相对稳定性	(166)
	习题	(171)
第六章	系统的性能指标与校正	(174)
6.1	系统的性能指标	(174)
6.2	系统的校正	(179)
6.3	串联校正	(180)
6.4	PID 校正	(190)
6.5	反馈校正	(198)
6.6	顺馈校正(或称顺馈补偿)	(201)
6.7	关于系统校正的一点讨论	(202)
	习题	(203)
第七章	非线性系统初步	(205)
7.1	概述	(205)
7.2	描述函数法	(210)
7.3	相平面分析法	(221)
	习题	(236)
第八章	线性离散系统	(239)