



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

国家级精品课程教材

面向21世纪课程教材

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

(第六版)

杨叔子 杨克冲 等编著



华中科技大学出版社  
<http://www.hustp.com>

# 机械工程控制基础

(第六版)

杨叔子 杨堯冲 编著  
吴 波 熊良才

华中科技大学出版社  
中国·武汉

## 图书在版编目(CIP)数据

机械工程控制基础(第六版)/杨叔子 杨克冲 吴 波 熊良才 编著. —武汉:  
华中科技大学出版社, 2011. 5

ISBN 978-7-5609-6873-5

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-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 004868 号

**机械工程控制基础(第六版) 杨叔子 杨克冲 吴 波 熊良才 编著**

---

策划编辑: 徐正达 黎秋萍

责任编辑: 徐正达

封面设计: 潘 群

责任校对: 张 琳

责任监印: 张正林

出版发行: 华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编: 430044 电话: (027)87557437

印 刷: 华中科技大学印刷厂

开 本: 710mm×1000mm 1/16

印 张: 21.75

字 数: 474千字

版 次: 2011年5月第6版第53次印刷

定 价: 34.80元(含CD 1片)

---



华中出版

本书若有印装质量问题, 请向出版社营销中心调换  
全国免费服务热线: 400-6679-118 竭诚为您服务  
版权所有 侵权必究

## 内 容 简 介

本书的第一、二、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；第四版被列入国家面向 21 世纪课程教材和国家“九五”重点教材；第五版被定为“普通高等学校‘十五’国家级规划教材”，以此教材为重要支撑的课程被评为国家级精品课程；本版被定为“普通高等学校‘十一五’国家级规划教材”。

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、系统的性能指标与校正、非线性系统、线性离散系统及系统辨识等。除第 1 章外，各章均有利用 MATLAB 解题的示例。为使读者对系统设计有一个完整的了解，本书连续地、系统地、循序渐进地结合各章的内容介绍数控直线运动工作台的设计示例。

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，为帮助读者领悟与学会应用控制理论来解决机械工程的实际问题奠定必要的基础。

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、研究生与工程技术人员参考。

与本书配套出版的《机械工程控制基础学习辅导与解题指南》(修订本)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，可作为教师的教学参考书，也可作为学生的学习辅导书。

本书附有一张光盘，其内容包括本课程教学大纲、电子教案、自测练习题、仿真实验，以及在 MATLAB 环境下运行的解题示例等其他资料，供读者参考。

另外，作者还为本书制作了 ppt 教学课件，任课教师若需要，可与责任编辑联系。联系方式如下：

Tel: 027-87548431      Email: xuzhengda@163.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  
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                      李培根  
(科学院院士)                      (工程院院士)                      (工程院院士)

委员： (按姓氏笔画顺序排列)

于骏一	王安麟	王连弟	王明智	毛志远
左武圻	卢文祥	朱承高	师汉民	刘太林
李 斌	杜彦良	杨家军	吴昌林	吴 波
吴宗泽	何玉林	何岭松	陈康宁	陈心昭
陈 明	陈定方	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	殷国富	宾鸿赞	黄纯颖	童秉枢
傅祥志	傅水根	廖效果	黎秋萍	戴 同

秘书： 刘 锦      徐正达      万亚军

# 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

“中心藏之，何日忘之”，在新中国成立 60 周年之际，时隔“21 世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材”出版 9 年之后，再次为此系列教材写序时，《诗经》中的这两句诗又一次涌上心头，衷心感谢作者们的辛勤写作，感谢多年来读者对这套系列教材的支持与信任，感谢为这套系列教材出版与完善作过努力的所有朋友们。

追思世纪交替之际，华中科技大学出版社在众多院士和专家的支持与指导下，根据 1998 年教育部颁布的新的普通高等学校专业目录，紧密结合“机械类专业人才培养方案体系改革的研究与实践”和“工程制图与机械基础系列课程教学内容和课程体系改革研究与实践”两个重大教学改革成果，约请全国 20 多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了“21 世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材”。这套系列教材共出版了 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，是一套改革力度比较大的教材，集中反映了华中科技大学和国内众多兄弟院校在改革机械工程类人才培养模式和课程内容体系方面所取得的成果。

这套系列教材出版发行 9 年来，已被全国数百所院校采用，受到了教师和学生的广泛欢迎。目前，已有 13 本列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材，多本获国家级、省部级奖励。其中的一些教材（如《机械工程控制基础》、《机电传动控制》、《机械制造技术基础》等）已成为同类教材的佼佼者。更难得的是，“21 世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材”也已成为一个著名的丛书品牌。9 年前为这套教材作序的时候，我希望这套教材能加强各兄弟院校在教学改革方面的交流与合作，对机

械工程类专业人才培养质量的提高起到积极的促进作用,现在看来,这一目标很好地达到了,让人倍感欣慰。

李白讲得十分正确:“人非尧舜,谁能尽善?”我始终认为,金无足赤,人无完人,文无完文,书无完书。尽管这套系列教材取得了可喜的成绩,但毫无疑问,这套书中,某本书中,这样或那样的错误、不妥、疏漏与不足,必然会存在。何况形势总在不断地发展,更需要进一步来完善,与时俱进,奋发前进。较之9年前,机械工程学科有了很大的变化和发展,为了满足当前机械工程类专业人才培养的需要,华中科技大学出版社在教育部高等学校机械学科教学指导委员会的指导下,对这套系列教材进行了全面修订,并在原基础上进一步拓展,在全国范围内约请了一大批知名专家,力争组织最好的作者队伍,有计划地更新和丰富“21世纪机械设计制造及其自动化专业系列教材”。此次修订可谓非常必要,十分及时,修订工作也极为认真。

“得时后代超前代,识路前贤励后贤。”这套系列教材能取得今天的成绩,是众多机械工程教育工作者和出版工作者共同努力的结果。我深信,对于这次计划进行修订的教材,编写者一定能在继承已出版教材优点的基础上,结合高等教育的深入推进与本门课程的教学发展形势,广泛听取使用者的意见与建议,将教材凝练为精品;对于这次新拓展的教材,编写者也一定能吸收和发展同类教材的优点,结合自身的特色,写成高质量的教材,以适应“提高教育质量”这一要求。是的,我一贯认为我们的事业是集体的,我们深信由前贤、后贤一定能一起将我们的事业推向新的高度!

尽管这套系列教材正开始全面的修订,但真理不会穷尽,认识决无终结,进步没有止境。“嚶其鸣矣,求其友声”,我们衷心希望同行专家和读者继续不吝赐教,及时批评指正。

是为之序。

中国科学院院士

2009.9.9

## 第六版前言

新年伊始,为本书新的一版写这一前言,不禁心潮澎湃。

从1984年3月第一版问世至今,本书一直深受读者的欢迎,已印刷51次,销售41万余册。在以往多次获奖的基础上,2005年以本书为重要支撑的课程荣获国家级精品课程。这一切,我们再次衷心感谢兄弟院校有关教师与学生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及有关同志的关心与鼓励。

本书问世已经27年。沉思27年的巨大变迁与发展,往事历历如潮翻涌。正如本书第一版前言所述:“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,特别是机电工程专业的重要理论基础之一。”这是27年前出版本书的初衷与期望。一版、二版、三版、四版、五版、六版,本书随同我国建设、教育发展、教学改革的前进而前进。实践是检验真理的唯一标准,27年的实践证明:“机械工程控制论”这门学科在促进机械工程的发展以及培养机械工程人才,特别是机电一体化人才中发挥了非同一般的作用。这使作者不胜感慨与欣喜。

考虑到本书第五版问世后已经五年,科学技术(特别是信息技术)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‘十一五’国家级规划教材”,进而提出的要求,特别是《国家中长期教育改革和发展规划纲要》的颁布,国家再一次明确提出,要以提高教育质量作为高等教育的核心任务,又对教学提出了更高的要求。因此,本书应予修订。为此,作者全面研究了本书内容与写法,增加了新的内容,进一步完善了某些论述,对相关部分作了增、删、改。主要情况如下:

(1) 从第1章至第6章、第8章与第9章均增加了一个设计示例,自始至终,以数控直线运动工作台位置控制系统为例,从系统建模、系统分析、稳定性判定、系统校正、离散系统(数字化系统)到系统辨识均以此例展开,帮助读者学习系统设计的完整的初步知识。

(2) 根据这几年的教学实践,对全书的习题作了增、删与改写。

(3) 全书对有关的重要名词第一次出现时,在其后面的括号内注明其英文,以有助于读者阅读文献。

(4) 除上述外,还对原书的部分内容作了增、删与修改。

此次修改,充分听取了读者的意见,特别是使用本书的许多高等学校教师的意见。同时,参考了美国、加拿大一些著名大学近两年关于“控制工程”的最新教材。在



这方面, 特别感谢加拿大安大略理工大学机械工程学院副院长、教授张丹博士的支持与帮助。我们也充分汲取过去多年的教学经验, 特别是吴波教授、熊良才博士近几年的教学经验, 在杨克冲教授、吴波教授、熊良才博士与我共同讨论的基础上, 分工执笔: 杨克冲教授负责了全书的统稿工作; 熊良才博士、吴波教授负责设计例题的编写; 熊良才博士还负责全书习题的增、删与改写。本书的电子版与《机械工程控制基础学习辅导与解题指南》的修改版也将陆续出版。

本书 1984 年 3 月问世, 1987 年、1993 年、2002 年、2005 年和 2010 年已作了五次修改, 现以第六版付印。饮水思源! 本版付印, 我们丝毫没有忘记以不同形式、不同程度参与过本书工作的教师与朋友, 他们的劳动与智慧仍凝聚在第六版中。是的, 没有过去, 就没有现在, 要承认历史, 要尊重历史。我们感谢, 感谢刘经燕、谢月云、梅志坚、王治藩、桂修文同志, 感谢熊有伦院士、胡庆超教授、师汉民教授, 感谢西安交通大学陈康宁教授, 特别是已故的阳含和教授, 感谢一切有关的同志! 我们还应感谢华中科技大学出版社及有关同事! 是的, 我们一贯认为, 我们的事业是集体的, 一切成就属于集体。

正如前述, 本书已作了五次修改, 现以第六版付印。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, 限于作者水平、精力、时间等因素, 书中的错误与不妥难免。“嘤其鸣矣, 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。

历史又进入了一个新的年代, “千门万户曈曈日, 总把新桃换旧符。”  
与时俱进, 谨为之前言。

杨叔子

2011 年元旦

于华中科技大学

# 第一至五版前言

## 第五版前言

国庆 55 周年前两天,我来写本教材第五版的前言,心潮难平。百转千声任舞飞,万般红紫斗芳菲。我国在“三个代表”重要思想指引下,中国特色社会主义建设事业蓬勃发展,神州大地欣欣向荣。在这么美好景色的神州,本书第五版即将问世了。

2002 年 1 月本书第四版问世以来,再次受到兄弟院校与有关读者的信任、欢迎与支持。追思 1984 年 3 月的第一版,抚今即将付印的第五版,本书已印刷 35 次,销售 25 万册。沉思 20 年的巨大变迁与发展,往事历历如潮翻涌。正如本书第一版前言所述:“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,特别是机电工程专业的重要理论基础之一。”这是 20 年前出版本书的初衷和期望。一版、二版、三版、四版、五版,本书随同我国建设、教育发展、教学改革的前进而前进。实践是检验真理的惟一标准,20 年的实践证明:“机械工程控制论”这门学科在促进机械工程的发展以及在培养机械工程人才,特别是机电一体化人才中发挥了非同一般的作用。这使作者不胜感慨和欣喜。

制造业是“永远不落的太阳”,是现代文明的支柱之一;它既占有基础地位,又处于前沿关键;既古老,又年轻;它是工业的主体,是国民经济的基础。在制造业中,特别值得提出的是机械制造业,也就是机械工业,它是制造业的基础与核心。在今天,信息技术尽管如此迅猛发展,高新科技尽管日新月异,但仍然改变不了制造业、机械制造业的基础地位。因此,发展机械制造业是发展国民经济、发展生产力的一项关键性的、基础性的战略措施。本书第五版的问世也正是为适应教学改革进一步发展的趋势,满足培养我国现代化建设机械工程高级人才的需要。

考虑到本书第四版问世已 3 年,教育教学改革的进一步发展与深入,尤其本书被定为“普通高等学校‘十五’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,从而应予修订。为此,全面研究了本书内容与写法,增加了新的内容,完善了某些重要论述,对相关部分作了增、删、改。主要情况如下:

(1) 增加第二章 2.6 节“系统的状态空间模型”,以适应非线性、时变和多输入多输出系统分析的需要,更重要的是使用计算机进行系统的建模和分析这类迫切的需要。

(2) 增加第二章 2.7 节“数学模型的 MATLAB 描述”。MATLAB 是美国 MathWorks 公司于 20 世纪 80 年代中期推出的高性能数值计算软件,现在已发展成为适合多学科的功能强大的科技应用软件。MATLAB 的控制系统工具箱,主要处理以传递函数为主要特征的经典控制和以状态空间为主要特征的现代控制中的问题。该工具箱对控制系统的建模、分析和设计提供了一个较为完整的解决方案。增加这一节,使读者对应用这一软件有初步的了解。

(3) 从第三章至第九章,各章均增加了一节利用 MATLAB 解题的示例,以帮助读者学习如何利用 MATLAB 进行系统的建模、分析和设计的初步知识。

(4) 由于本版应用了 MATLAB 软件,因此,原书的第十章“控制系统的计算机辅助分析”也就没有必要了,予以删除。但考虑到其中的动态仿真工具 SIMULINK 的应用仍然十分广泛,故予以保留,但仅作为本书的附录。

(5) 对原书中一些论述不十分妥切乃至不当之处作了修改。

此次修订,充分听取了读者的意见,特别是使用本书的许多高等学校教师的意见。同时,充分汲取过去多年的教学经验,特别是吴波教授、熊良才博士近年的教学经验,在杨克冲教授、吴波教授、熊良才博士与我共同讨论的基础上,分工执笔:杨克冲教授负责了主要的统稿工作,花了大量的时间,并执笔了“系统的状态空间”一节;吴波教授、熊良才博士负责编写了有关 MATLAB 内容和教材电子版本。本版、电子版与《机械程控制基础学习辅导与习题解答》(修订本)将同时付印。由于大家工作都高度繁忙,本版的主要工作未能完全落在吴波教授与熊良才博士肩上,未能实现“第四版序言”中的愿望,这是一大遗憾。

尽管本书从 1984 年 3 月问世,1987 年、1993 年、2002 年和 2004 年已作了四次修改,现以第五版付印。饮水必应思源!本版付印,我们丝毫没有忘记以不同形式不同程度参与本书成书的教师与朋友,他们的劳动与智慧仍凝聚在第五版中。是的,没有过去,就没有现在,要承认历史,要尊重历史。我们感谢,感谢刘经燕、谢月云、梅志坚、王治藩、桂修文同志,感谢熊有伦院士、胡庆超教授、师汉民教授,感谢西安交通大学陈康宁教授,特别感谢已故的阳含和教授,感谢一切有关的同志们!我们还应感谢华中科技大学出版社及有关同事!是的,我们一贯认为,我们的事业是集体的,一切成就属于集体。

本书经过了 20 个春秋,有了可喜的进步,然而,真理不可穷尽,认识不会终结,进步无有止境,比之形势对我们的要求更有差距。我们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,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,我们仍将不胜感激。在中秋月圆之日,“但愿人长久,千里共婵娟。”

谨为之前言,聊达心情于万一。

杨叔子

2004 年 9 月 28 日甲申中秋于华中科技大学

## 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,这一名诗中设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、三版、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者,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。

我们还绝不会忘记过去。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,有的在英国、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:“中心藏之,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版后已八年,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,充分汲取了这八年来的教学经验,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、第八章为新增增加的;(2)第一、二、三、四、五、六、九章做了一些增、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,有力地保证了本版的质量,在此表示由衷的谢意!

尽管本书已做了三次修改,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。“嘤其鸣矣,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)

### 第三版前言

“中心藏之,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程教学工作,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,远在美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

## 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部门学科的发展情况,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类专业的“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、基本知识与基本方法的基础上,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

## 主要符号说明

$m$	质量	$N(s)$	$L[n(t)]$
$c$	黏性阻尼系数	$n$	单独使用时一般表示转速
$k$	弹簧刚度	$\omega$	角速度
$R$	电阻	$T$	时间常数或时间
$C$	电容	$\tau$	延迟时间或时间
$L$	电感	$\omega_n$	无阻尼固有频率
$K$	增益或放大系数	$\omega_d$	有阻尼固有频率
$f(t)$	外力	$\omega_T$	转角频率
$L[\cdot]$	Laplace 变换	$\omega_g$	相位穿越频率
$F[\cdot]$	Fourier 变换	$\omega_c$	幅值穿越频率或剪切频率
$x_i(t)$	输入(激励)	$\omega_b$	截止频率
$X_i(s)$	$L[x_i(t)]$	$\omega_r$	谐振频率
$x_o(t)$	输出(响应)	$\xi$	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	$\gamma$	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	$\varphi, \theta$	一般表示相位
$B(s)$	闭环系统反馈信号	$x^*(t)$	$x(t)$ 采样后的时间序列
$G_K(s)$	系统的开环传递函数	$f_s$	采样频率
$G_B(s)$	系统的闭环传递函数	$Z[\cdot]$	Z 变换
$G_K(j\omega)$	系统的开环频率特性	$X(z)$	$Z[x(t)]$
$G_B(j\omega)$	系统的闭环频率特性	$G(z)$	离散系统的传递函数(或称脉冲传递函数)
$n(t)$	干扰信号		





---

总序

第六版前言

第一至五版前言

主要符号说明

第 1 章 绪论	(1)
1.1 机械工程控制论的研究对象与任务	(2)
1.2 系统及其模型	(5)
1.3 反馈	(8)
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	(16)
1.6 控制理论发展的简单回顾	(19)
1.7 设计示例:数控直线运动工作台位置控制系统	(24)
1.8 本课程的特点与学习方法	(25)
习题	(26)
第 2 章 系统的数学模型	(29)
2.1 系统的微分方程	(29)
2.2 系统的传递函数	(36)
2.3 系统的传递函数方框图及其简化	(49)
2.4 考虑扰动的反馈控制系统的传递函数	(58)
2.5 相似原理	(60)
2.6 系统的状态空间模型	(63)
2.7 数学模型的 MATLAB 描述	(69)
2.8 设计示例:数控直线运动工作台位置控制系统	(73)
习题	(75)
第 3 章 系统的时间响应分析	(82)
3.1 时间响应及其组成	(82)
3.2 典型输入信号	(85)
3.3 一阶系统	(86)