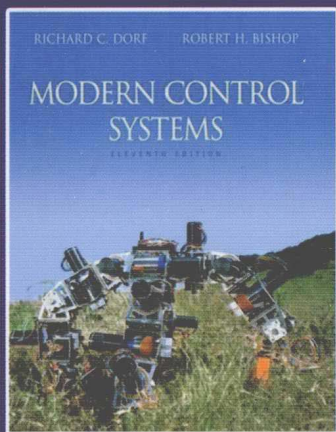


国外计算机科 学教材系列

PEARSON

现代控制系统 (第十一版)

Modern Control Systems
Eleventh Edition



谢红卫 孙志强 宫二玲 张纪阳 译



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

国外计算机科学教材系列

现代控制系统

(第十一版)

Modern Control Systems

Eleventh Edition

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

控制系统原理及相近课程是高等学校工科学生的核心课程之一。本书一直是该类课程畅销全球的教材范本,至今已出版至第十一版。主要内容包括控制系统导论、系统数学模型、状态空间模型、反馈控制系统的特性、反馈控制系统的性能、反馈系统的稳定性、根轨迹法、频率响应方法、频域稳定性、反馈控制系统设计、状态变量反馈系统设计、鲁棒控制系统和数字控制系统等。本书的例子和习题大多取材于现代科技领域中的实际问题,新颖而恰当。学习和解决这些问题,可以使学生的创造性精神得到潜移默化的提升。

本书可作为高等学校工科(自动化、航空航天、电力、机械、化工等)本科高年级学生和研究生教材,也可供从事相关工作的人员作为参考用书使用。

Authorized translation from the English language edition, entitled *Modern Control Systems*, Eleventh Edition, 9780132067102 by Richard C. Dorf, Robert H. Bishop, published by Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall, Copyright © 2008 by Pearson Education, Inc.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc.

CHINESE SIMPLIFIED language edition published by PEARSON EDUCATION ASIA LTD, and PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY Copyright © 2011.

本书中文简体字版专有出版权由 Pearson Education(培生教育出版集团)授予电子工业出版社。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书贴有 Pearson Education(培生教育出版集团)激光防伪标签,无标签者不得销售。

版权贸易合同登记号 图字:01-2009-1392

图书在版编目(CIP)数据

现代控制系统(第十一版)/(美)多尔夫(Dorf, R. C.), (美)毕晓普(Bishop, R. H.)著;谢红卫等译.

北京:电子工业出版社, 2011.4

(国外计算机科学教材系列)

书名原文:Modern Control Systems, Eleventh Edition

ISBN 978-7-121-12335-1

I. 现… II. ①多…②毕…③谢… III. ①控制系统-高等学校-教材 IV. TP271

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第226002号

策划编辑:马 岚

责任编辑:马 岚 特约编辑 马爱文

印 刷:北京丰源印刷厂

装 订:三河市鹏成印业有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:53.75 字数:1445千字

印 次:2011年4月第1次印刷

定 价:98.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 ztsq@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

出版说明

21世纪初的5至10年是我国国民经济和社会发展的关键时期，也是信息产业快速发展的关键时期。在我国加入WTO后的今天，培养一支适应国际化竞争的一流IT人才队伍是我国高等教育的重要任务之一。信息科学和技术方面人才的优劣与多寡，是我国面对国际竞争时成败的关键因素。

当前，正值我国高等教育特别是信息科学领域的教育调整、变革的重大时期，为使我国教育体制与国际化接轨，有条件的高等院校正在为某些信息学科和技术课程使用国外优秀教材和优秀原版教材，以使我国在计算机教学上尽快赶上国际先进水平。

电子工业出版社秉承多年来引进国外优秀图书的经验，翻译出版了“国外计算机科学教材系列”丛书，这套教材覆盖学科范围广、领域宽、层次多，既有本科专业课程教材，也有研究生课程教材，以适应不同院系、不同专业、不同层次的师生对教材的需求，广大师生可自由选择 and 自由组合使用。这些教材涉及的学科方向包括网络与通信、操作系统、计算机组织与结构、算法与数据结构、数据库与信息处理、编程语言、图形图像与多媒体、软件工程等。同时，我们也适当引进了一些优秀英文原版教材，本着翻译版本和英文原版并重的原则，对重点图书既提供英文原版又提供相应的翻译版本。

在图书选题上，我们大都选择国外著名出版公司出版的高校教材，如Pearson Education培生教育出版集团、麦格劳-希尔教育出版集团、麻省理工学院出版社、剑桥大学出版社等。撰写教材的许多作者都是蜚声世界的教授、学者，如道格拉斯·科默(Douglas E. Comer)、威廉·斯托林斯(William Stallings)、哈维·戴特尔(Harvey M. Deitel)、尤利斯·布莱克(Uyless Black)等。

为确保教材的选题质量和翻译质量，我们约请了清华大学、北京大学、北京航空航天大学、复旦大学、上海交通大学、南京大学、浙江大学、哈尔滨工业大学、华中科技大学、西安交通大学、国防科学技术大学、解放军理工大学等著名高校的教授和骨干教师参与了本系列教材的选题、翻译和审校工作。他们中既有讲授同类教材的骨干教师、博士，也有积累了几十年教学经验的老教授和博士生导师。

在该系列教材的选题、翻译和编辑加工过程中，为提高教材质量，我们做了大量细致的工作，包括对所选教材进行全面论证；选择编辑时力求达到专业对口；对排版、印制质量进行严格把关。对于英文教材中出现的错误，我们通过作者联络和网上下载勘误表等方式，逐一进行了修订。

此外，我们还将与国外著名出版公司合作，提供一些教材的教学支持资料，希望能为授课老师提供帮助。今后，我们将继续加强与各高校教师的密切联系，为广大师生引进更多的国外优秀教材和参考书，为我国计算机科学教学体系与国际教学体系的接轨做出努力。

电子工业出版社

教材出版委员会

- 主任** 杨芙清 北京大学教授
中国科学院院士
北京大学信息与工程学部主任
北京大学软件工程研究所所长
- 委员** 王 珊 中国人民大学信息学院院长、教授
- 胡道元 清华大学计算机科学与技术系教授
国际信息处理联合会通信系统中国代表
- 钟玉琢 清华大学计算机科学与技术系教授、博士生导师
清华大学深圳研究生院信息学部主任
- 谢希仁 中国人民解放军理工大学教授
全军网络技术研究中心主任、博士生导师
- 尤晋元 上海交通大学计算机科学与工程系教授
上海分布计算技术中心主任
- 施伯乐 上海国际数据库研究中心主任、复旦大学教授
中国计算机学会常务理事、上海市计算机学会理事长
- 邹 鹏 国防科学技术大学计算机学院教授、博士生导师
教育部计算机基础课程教学指导委员会副主任委员
- 张昆藏 青岛大学信息工程学院教授

译者序

应 Robert H. Bishop 教授邀请,我曾经于 1999 年前往得克萨斯大学奥斯汀分校访问约一年,与他交流关于控制系统的教学和科研情况,因而比较系统地认识了由 Richard C. Dorf 和 Robert H. Bishop 所著的国际经典教材 *Modern Control Systems*, 并观摩其使用情况。2001 年,我们由英文版第八版翻译引进该教材,受到了国内师生和读者的广泛欢迎,对高校双语教学也起到了促进作用。

近十年来, *Modern Control Systems* 的几次更新版本得以持续改进。2008 年,电子工业出版社购得该教材的第十一版的翻译版权,责任编辑马岚女士来电约稿,希望我们在英文原著经历 3 次改版之后,再次翻译出版该教材中文版。我们欣然应约,开始着手翻译工作。

仔细研读本书的第十一版,我们欣喜地发现,本书在保持并发扬以前版本的优秀特点和风格的基础上,又突出体现了与时俱进的风格。与第八版比较,内容又有很大的更新。仅举几个印象深刻的例子:反复在每章强调控制工程的工作流程,及时指出所学控制理论知识模块对控制工程的支撑点,这可以提醒读者不要迷失在理论方法的迷宫中,而是要紧紧扣住本门课程的出发点和落脚点是控制工程;彻底更新了第 2 章和第 3 章,引进实际工程的建模例子(如 2.8 节),以便深化建模模块的教学,这一类的实例对译者和读者的知识面提出了挑战,应用效果如何还有待检验,但 Robert H. Bishop 教授的不懈努力是显而易见的;习题和例题是本书的重要组成部分,它们来自非常广泛和贴近实际生活的应用领域,大量更新后的习题和例题介绍了许多最新的技术进展,涉及机电一体化系统,混合动力汽车,风力发电,智能机器人等。

这些鲜活而又丰富的资料,使得译者和读者在开始细致艰苦的学习工作之前,无疑在享受一顿科普的盛宴。我们累在其中也乐在其中。

谢红卫翻译了本书的前言、第 1 章和第 2 章,孙志强翻译第 3 章至第 6 章、第 11 章及附录,宫二玲翻译第 7 章和第 8 章及第 13 章,张纪阳翻译第 9 章和第 10 章及第 12 章。谢红卫负责全书的修改和统稿。在翻译组内,孙志强还做了大量的资料查询与收集、文稿协调等工作。同时,我们还要感谢上一版中文翻译版的其他译者,他们当初的工作为这次重译奠定了基础。

我们在翻译过程中秉承精益求精的原则,追求“信、达、雅”的目标,力图译得严谨流畅,为国内同行献上一本精品译著,但细心的读者还是会发现,我们并没有在形式上追求绝对的“信”,而是在保证忠实原文的前提下,根据教材的使用体验,在译文中做了一些自以为方便读者的处理,例如 10.5 节“用根轨迹法设计超前校正网络”的主要步骤的第 4 步,原文为“Determine the pole location so that the local angle at the desired root location is 180° and therefore is on the compensated root locus.”,我们将此译为“由根轨迹的相角条件可知,为了使校正后的根轨迹通过预期主导极点,在预期主导极点处,从开环零点和极点出发的各个向量的相角和应该为 $180^\circ + K \times 360^\circ$,据此可以确定超前校正网络的极点;”,这样就首先解决了原文“local angle”没有明确表达相角之和的歧义,并具体回顾了该步骤的依据:根轨迹相角条件。

类似的处理虽然不多但仍有若干。这样的问题无疑可以交给读者,或者以注释的形式加以解决,但我们尝试了在正文中加以解决的方式。这可能是值得商榷的。总之,译稿的欠妥之处在所难免,恭候专家和广大读者批评指正。

谢红卫
于国防科技大学
2010 年 9 月

作者简介

Richard C. Dorf 是美国加利福尼亚大学戴维斯分校的电气与计算机工程教授。作为在电子工程专业及其应用领域内的知名学者, Dorf 教授已经成功撰写和编著出版了多本工程类教科书和手册, 其中, *Engineering Handbook, Second Edition* 和 *Electrical Engineering Handbook, Third Edition* 两书畅销不衰。同时, Dorf 教授还是 *Technology Ventures* 一书的合著者之一, 这是技术创业领域中最具指导意义的书籍之一。Dorf 教授是电气和电子工程师协会(IEEE)会士和美国工程教育者协会(ASEE)会士, 一直活跃在控制系统设计和机器人等研究领域。Dorf 教授还是 PIDA 控制器的专利持有者。

Robert H. Bishop 是美国得克萨斯大学奥斯汀分校航天工程与机械工程系主任, 他是 Joe J. King 讲席教授, 并于 2002 年入选得克萨斯大学优秀教师委员会。作为一名才华横溢的教育家, Bishop 教授由于在教学方面的突出贡献, 获得了难得的洛克希德-马丁战术航空系统公司的优秀工程教学奖。此外, 他还获得了美国工程教育者协会(ASEE)和美国航空航天学会(AIAA)颁发的 John Leland Atwood 奖, 该奖项定期授予“长期工作在航天工程教育一线并做出突出贡献的杰出人才”。Bishop 教授是 AIAA 会士, 并长期活跃在 IEEE 和 ASEE 等协会。Bishop 教授在科学研究方面同样杰出, 主要研究领域是航天器的导航、制导与控制等。

前 言

关于本书

2003年6月,“勇气”号火星探测漫游者(MER-A)飞船和漫游车,由Delta II发射飞往了炽热的红色星球——火星。7个月后的2004年1月,“勇气”号飞船以19 300 km的时速进入火星大气层。在大气层顶部飞行大约4 min后,飞船气壳会使飞船的时速降至1600 km。然后,降落伞张开,飞船时速进一步降至大约300 km。在距离火星表面高度约为100 m时,制动火箭开始工作,使得飞船的下降速度进一步降低,同时气囊开始充气膨胀,用来缓冲飞船着陆时的冲击。最终,“勇气”号以大约50 km的时速在火星表面着陆,在反复跳跃翻滚后,飞船停在古谢夫环形山区域(Gusev Crater)的预定着陆点附近。之所以选择这一着陆点,是因为它看上去似乎是一个干涸的环形湖底。“勇气”号火星漫游车在火星上自主移动,成功抵达了古谢夫环形山中那些令科学家们感兴趣的区域,并在这些区域中进行了现场实验,这些探测将有助于科学家们解释火星邻居上的一些悬而未决的问题。实际上,“勇气”号在着陆点古谢夫环形山附近,的确发现了一些远古时期火山喷发的证据。“勇气”号成功进入火星大气层、下降和着陆的全过程,神奇地展示了控制系统的作用。地球到火星的距离极其遥远,地面控制的方式无法让飞船穿越大气层并飞向火星。因此,“勇气”号进入火星大气层、下降和着陆的全过程,只能靠飞船进行自主控制。设计能够实现类似这种行星探测任务的系统,是控制工程师们面临的巨大挑战之一。

美国国家航空航天局(NASA)火星探测任务的先驱者——火星“探路者”号飞船,也曾经执行过火星之旅,并于1997年7月4日在火星着陆。继20世纪70年代“海盗”(Viking)号飞船成功飞行之后,作为NASA Discovery计划的前期任务,“探路者”首次实现了火星登陆,并破天荒地第一次在火星部署了“旅居者”自主漫游车,对着陆点附近进行了探测。“旅居者”漫游车的质量为10.5 kg,在执行任务的30天内共行走了100 m(始终未曾超越以着陆点为中心的,方圆大约12 m的范围)。相比而言,“勇气”号漫游车的质量高达180 kg,每天能够按照设计要求行走40 m左右。时至今日,“勇气”号已经在火星上执行了4年多的探测任务。在这4年内,“勇气”号一共行走的距离超过了7 km。科技的飞速发展表明,功能更为强大的行星漫游车是指日可待的。规划中的“火星科学实验室”行星漫游车(计划将在2012年发射),其质量将高达1000 kg,能够连续执行500天的探测任务,在任务寿命周期内将漫游30 km。

在成功实施行星探测项目的背后,控制工程师们扮演了关键的角色。随着宇宙飞船所使用计算机硬件和操作系统的改进,自主控制系统在飞船中将发挥日益重要的作用。“探路者”号使用的是一个商业化的多任务计算机操作系统,该系统安装在一个经过防辐射加固的带有1 GB存储空间的32位工作站上,并支持C语言编程。与阿波罗任务^①相比,这是一个巨大的进步。当时,阿波罗任务使用的计算机,固化存储空间(只读)的容量为36 864个字(每个字为16字节),可擦写存储空间的大小为2048个字。阿波罗任务所用的“编程语言”实际上是一组伪代码,按照

^① 关于阿波罗任务导航制导与控制系统的详细情况,可参阅 R. H. Battin, *An Introduction to the Mathematics and Methods of Astrodynamics*, AIAA Education Series, J. S. Pzemieniecki/Series Editor-in-Chief, 1987。

数据字序列的形式进行编码和存储,然后将这些数据字序列“解释”和编译链接为一组子程序序列。而“勇气”号火星漫游车使用的计算机,采用了32位的Rad 6000微处理器,能够在1s时间内处理2000万条指令。大量Macintosh计算机采用的就是这种Power PC芯片,只是这里所用的又经过了防辐射加固处理。漫游车的计算机配置了128MB的随机内存,256MB的闪存;为了防止断电时意外丢失数据,还配置了少量的非易失存储器。与所有应用于太空任务的计算机一样,“勇气”号的计算机配置了能够在太空高辐射环境下工作的专用存储器。除此之外,这种计算机在存储空间和计算能力上,与常用的笔记本计算机非常接近。全书采用了许多与“勇气”号和“旅居者”号行星漫游车类似的真实有趣的实际问题作为演示实例。例如,4.8节就讨论了与移动漫游车有关的设计问题。

控制工程是一个充满新奇和挑战的领域,从本质上讲,它是一个跨学科的综合性领域,控制工程或控制原理课程则是工科专业的核心课程。我们可以采用不同的途径来学习和掌握控制工程的基础知识和技能。一方面,由于控制工程奠定在坚实的数学基础之上,可以将定理及其证明作为重点,从严格的、理论的角度来学习控制工程的理论和方法;另一方面,由于控制工程的终极目标是实现对实际系统的控制,因此也可以在设计反馈控制系统的实践中,主要凭直觉和实践经验进行学习,不过这只是权宜之计。本书所采取的途径是,在介绍基本的数学工具和方法论的基础上,着重介绍物理系统的建模,以及满足实用性能指标要求的实际控制系统的设计。

作者坚信,对于我们每个人来说,最重要和最有成效的学习方法是对前人已经得到的答案和方法进行重新发现和创新。因此,理想的教学方法是向学生提出一系列问题,并给出一些过去已有的答案。传统方法不重视向学生提出问题而是给出完整的答案,使学生感觉不到刺激和兴奋,与创造冲动无缘,将人类获得科技进步的探索变为一堆干巴巴的定理。教学的最佳境界则是向学生提供一些我们当前面临的、重要但尚无答案的问题,由学生自己去寻找答案。这样一来,他们可以自豪地宣称,他们所学到的知识都是自己所发现的。

本书的目的在于,通过正文和习题,向学生介绍基本的反馈控制理论,提供一系列发现问题和解决问题的机会,帮助学生体验重新发现反馈控制系统理论及其应用实践,如果能够对达到此目的有所裨益,那就意味着本书取得了成功。


关于读者


本书是为工科类本科生编写的控制系统基础教材。控制系统在航天、化工、电气、机械等学科中的应用差异甚微,因此本书的编写对任何工程学科无所偏倚^①。所以,本书可望能够同样适用于所有工程学科,这正好有力地说明了控制工程的实用性。书中大量的习题和实例来自不同的学科领域,其中所举的关于社会学、生物学、生态学和经济学控制系统的实例,旨在使读者认识到,控制理论可以普遍应用于生活的诸多方面。我们认为,让学生接触其他学科的例子和习题,有利于拓宽他们的视野和思路,提高他们跨学科学习和研究的能力。事实上,许多学生将来要从事的技术工作并不等同于他们目前所学的学科专业。例如,许多电气工程师和机械工程师都和航天工程师一道,工作在航天工业部门。我们希望,这本控制工程的基础教程能让学生对控制系统的分析和设计有广泛的了解。

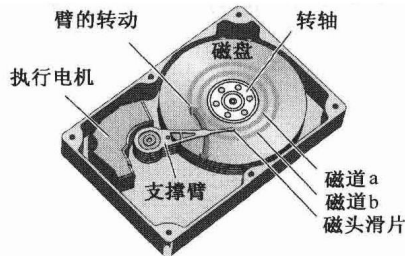
在美国,已经有400多所大学采用了本书的前十版作为工科类的高年级本科教材。缺少控制工程基础的工科研究生,也常常选用它作为教材。


^① 这是美国的情况。在美国,尽管控制学会等团体的学术活动非常广泛和热烈,但控制工程既不是一个独立的工程学科,也不从属于某个工程学科,而在中国,控制科学与工程则是一个独立的一级学科。——译者注


关于本书的第十一版

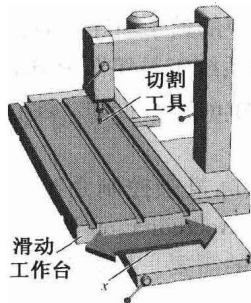
 作者为使用本书第十一版的学生和教师们设计了一个配套网站。网站内容包括练习、书中用到的所有 m 脚本程序(即 MATLAB 程序脚本)、拉普拉斯变换表、z 变换表,以及关于矩阵代数、复数、符号、计量单位和变换因子等方面的材料。本书正文涉及到网站中的材料时,将在页边用一个图标来加以提示(参见段首图标)。由于网站材料经常进行不定期更新,并增加一些新的内容,因此建议对此感兴趣的学生和教师们,以半个学年或者半个学期为限,定期访问该网站。该网站的地址为 <http://www.prenhall.com/dorf>。

 本书前十版都非常重视控制系统设计,第十一版延续并发展了这一特色。结合设计磁盘驱动器读取系统这样一个实际工程问题,我们设计了“循序渐进设计示例”(参见段首图标)。书中每章都将利用该章介绍的概念和方法,逐步对此示例进行研讨。磁盘驱动器广泛应用于各类计算机,是控制工程的一个重要的应用示例。书中各章分别研究了磁盘驱动器读取系统控制器设计的不同方面,例如,第 1 章确定了它的控制目标、受控变量、指标设计要求及基本的系统结构;第 2 章建立了控制对象、传感器和执行机构的模型;后续各章则利用该章介绍的知识要点,继续从不同方面研究磁盘驱动器的控制问题。



 基于和“循序渐进设计示例”同样的思路,我们还编拟了一种称为“连续性设计题”的习题(参见段首的三角箭头图标),给学生提供一个通过逐章的练习,最终完成设计任务的机会。精密加工对滑动工作台控制系统提出了严格的要求,在“连续性设计题”中,要求学生运用各章介绍的技术和方法,完成满足给定的性能指标要求的控制系统设计。

 计算机辅助设计和分析方面的内容在第十一版中得到了进一步的强化。每章后面的计算机辅助设计题都用图标进行了标识(参见段首图标)。同时,针对“循序渐进设计示例”中不同问题的解决方案,也给出了相应的 m 脚本程序。



教学方法

全书围绕控制系统时域和频域理论的基本概念来展开和组织材料,在内容主题的选择,例题和习题中实际系统的选材上,尽量体现新颖性和先进性。这样一来,本书就包含了很多新的知识

点,如鲁棒控制系统、系统灵敏度、状态空间模型、能控性和能观性、内模控制、鲁棒PID控制器、计算机控制系统、计算机辅助设计与分析等。同时,对于控制理论中那些已经得到验证的,极具实用价值的经典问题,本书也予以保留并有所扩展。

构建基础理论体系:从经典到现代。本书旨在清晰地阐明时域和频域设计方法的基本原理。全书涵盖了控制工程的经典方法:拉普拉斯变换和传递函数;根轨迹设计法;劳斯-赫尔维茨稳定性分析;包括伯德、奈奎斯特和尼科尔斯法的频域响应法;对标准测试信号的稳态跟踪误差;二阶系统近似;相角裕度、增益裕度和带宽等。此外,本书还把讨论的范围扩展到了状态空间法,讨论了状态空间模型的能控性和能观性的基本概念,介绍了用于极点配置的 Ackermann 公式,以及利用该公式进行全状态反馈设计的方法,同时也讨论了状态变量反馈设计的局限性。针对状态信息无法完整测量的情况,介绍了用于估计重建系统状态的观测器的概念。

在介绍上述基本原理的基础上,本书还介绍了许多超出经典的新内容。第12章介绍了鲁棒控制理论的新进展;第13章讨论了数字计算机控制系统的实现问题。除第1章外,全书其余各章都介绍了计算机辅助分析与设计方面的内容。本书还按章节提供了大量的参考文献,以引导学生进一步研究有关控制工程的源头性信息。

逐步提高解决问题的技能。阅读、听课、记笔记、推演例题都是学习过程的组成部分,但对学习效果的实际检验,则依赖于完成每章后面的习题。本书注重提高学生解决问题的能力,每章所附的习题包括以下5类:

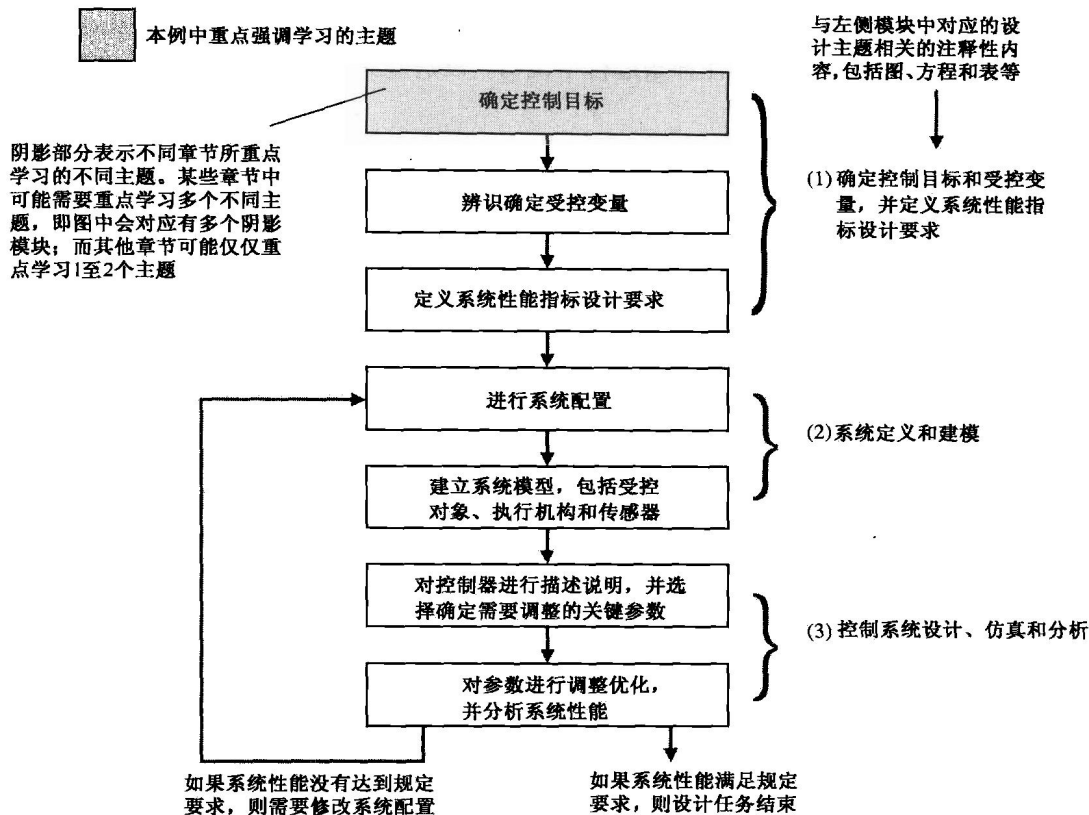
- 基础练习题(以 E 开头)
- 一般习题(以 P 开头)
- 难题(以 AP 开头)
- 设计题(以 DP 开头)
- 计算机辅助设计题(以 CP 开头)

例如,第7章所附的题目(见第383页至第406页),就包括了27道基础练习题、39道一般习题、13道难题、13道设计题和9道计算机辅助设计题。基础练习题的目的是,让学生在解决复杂问题之前,直接运用各章所介绍的概念和方法解决相对简单的问题,约有1/3的基础练习题给出了答案。一般习题则要求学生灵活运用各章的概念以解决新的问题。难题表示相对复杂的问题。设计题侧重于让学生完成设计任务。计算机辅助设计题则旨在培养学生运用计算机解决问题的能力。全书共有800多道题目。同时,本书网站中的练习题目还能够即时评分,这样一来,学生就能够马上知道自己的设计方案是否合适。学生通过完成从练习题到设计题和计算机辅助设计题的各类题目,将对自己解决问题的能力越来越自信。原书有相应的教学辅导手册,手册中包含了所有题目的完整答案。

此外,作者还编写了名为“现代控制系统工具箱”(Modern Control Systems Toolbox)的教学辅助材料,包括每个计算机辅助设计例题的所有 m 脚本程序。读者可从网站 <http://www.prenhall.com/dorf> 下载这些 m 脚本程序。

阐释基本原理,强化设计训练。实际复杂控制系统的设计是贯穿全书的主题。强调实际应用系统的设计训练,有利于适应 ABET(Accreditation Board for Engineering and Technology, 美国工程技术认证委员会)的认证和工业设计的需要。控制系统的设计流程可以分为7个模块,这些模块又可以归为3大类:

1. 确定控制目标和受控变量,并定义系统性能指标设计要求;
2. 系统定义和建模;
3. 控制系统设计,全系统集成的仿真和分析。

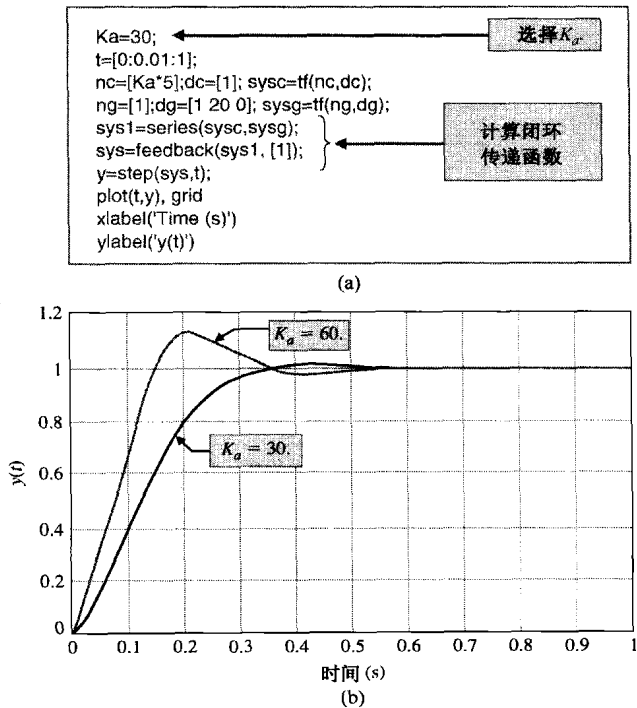


本书的每一章都强调系统设计流程与该章主题和知识点之间的对应关系, 目的在于通过实例来展示控制系统设计流程中不同方面的内容。本书设计了 13 个实例来逐次说明控制系统的设计流程, 包括:

- 胰岛素注射控制系统(1.8 节)
- 液流系统建模(2.8 节)
- 空间站定向系统建模(3.8 节)
- 麻醉时的血压控制(4.8 节)
- 飞机姿态控制(5.9 节)
- 机器人自动驾驶摩托车(6.5 节)
- 汽车速度控制(7.7 节)
- 六足步行机器人控制(8.6 节)
- 热钢锭搬运机器人控制(9.8 节)
- 铣床控制系统(10.12 节)
- 柴电力机车控制(11.9 节)
- 数字音响磁带驱动器(12.8 节)
- 飞机电传操纵(13.10 节)

本书每章都专门安排了一节来帮助学生学习的计算机辅助分析和设计, 并运用计算机辅助设计的手段, 对本章中的实例和概念进行再分析和再设计。例如, 第 5 章利用计算机辅助设计的方法对“循序渐进设计示例”——磁盘驱动器读取系统进行了分析。设计方案对应的 m 脚本程序可

以参见图 5.47。通常,采用注释条对每个 m 脚本程序中的要点进行了说明,与文本对应的运算输出结果(通常是曲线图)也采用注释条进行了说明。以这些 m 脚本程序为基础,再稍加修改,就可以用来解决其他问题。



提供学习帮助。每章开篇都有新修订的提要,介绍本章将要讨论的主要问题,每章末尾都附有小结,集中归纳了本章的主要概念和术语。这些内容有利于强化各章所介绍的重要概念,也便于今后使用时参考。

必要时,书中有的地方采用另外一种颜色来表示强调^①,以便使图表更易于理解。例如,设计题 DP4.4,要求学生确定控制器增益 K 的值,使得当摄像机位置输入 $R(s)$ 为阶跃信号时,系统具有满意的瞬态响应特性 $Y(s)$,并且使干扰信号 $T_d(s)$ 对系统的影响最小。该题对应的附图参见图 DP4.4(a),这可以帮助学生直观地了解习题背景,而图 DP4.4(b)则可以帮助学生完成下一步任务,即求取传递函数模型。

内容编排

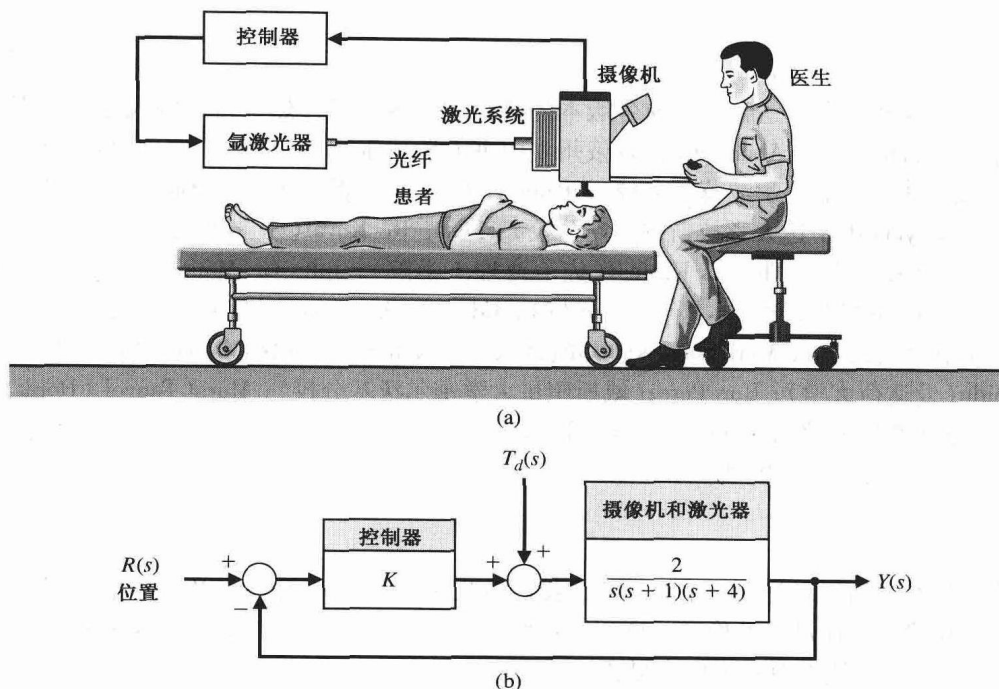
第 1 章 控制系统导论。首先简要介绍了控制理论和实践的发展历史。其主要目的在于介绍设计和实现控制系统的一般流程和方法。

第 2 章 系统数学模型。介绍了实际物理系统的输入-输出模型,或者说,以传递函数形式为主的数学模型,涵盖了各类实际受控系统,包括机械系统、电气系统和流体系统等。

第 3 章 状态空间模型。介绍了采用状态变量的系统状态空间模型。运用矩阵工具,讨论了控制系统的瞬态时间响应及其性能。

第 4 章 反馈控制系统的特性。介绍了反馈控制系统的特性,讨论了反馈的优点,引入了系统偏差信号的概念。

^① 中译本只能通过线条色深浅区别,未采用彩色印刷。——编者注



第5章 反馈控制系统的性能。仔细研究了反馈控制系统的性能指标，系统的性能与系统传递函数的零点和极点在 s 平面上的位置分布密切相关。

第6章 线性反馈系统的稳定性。研究了线性反馈系统的稳定性，考察了系统稳定性与系统传递函数的特征方程之间的关系，介绍了劳斯-赫尔维茨稳定判据。

第7章 根轨迹法。研究了当1或2个系统参数变化时，系统特征根在 s 平面上的运动轨迹，讨论了如何用图解法来确定 s 平面上的根轨迹，还介绍了应用广泛的PID控制器。

第8章 频率响应法。研究了当频率变化时，系统对正弦输入信号的稳态响应，讨论了伯德图等频率响应图。

第9章 频域稳定性。采用频率响应法研究系统的稳定性，讨论了系统的相对稳定性和奈奎斯特稳定判据。

第10章 反馈控制系统设计。讨论了控制系统的几种设计和校正方法，介绍了多种实用的校正装置，并对它们改善系统性能的机理进行了说明。

第11章 状态变量反馈系统设计。主要讨论了如何利用状态空间模型设计控制系统，讨论了基于极点配置的全状态反馈设计和观测器设计方法，给出了系统能控性和能观性的判别方法，讨论了内模设计概念。

第12章 鲁棒控制系统。介绍了在存在不确定性的情况下，如何设计高精度控制系统的问题。讨论了5种鲁棒设计方法：根轨迹法、频域响应法、用于鲁棒PID控制器设计的ITAE方法、内模设计法和伪量化反馈设计法。

第13章 数字控制系统。介绍了描述和分析计算机控制系统及其性能的方法，讨论了数据采样控制系统的稳定性与其他性能。

附录 本书的附录包括：MATLAB 基础知识(附录 A)和 MathScript 入门(附录 B)。

致谢

我们向对本书的第十一版及以前各版本的撰写和出版给予过热情帮助的人士表示真诚的感谢,他们是: Mahmoud A. Abdallah(俄亥俄州立中央大学); John N. Chiasson(匹兹堡大学); Samy El-Sawah(加州州立工业大学波莫纳分校); Peter J. Gorder(堪萨斯大学); Duane Hanselman(缅因大学); Ashok Iyer(内华达大学拉斯维加斯分校); Leslie R. Koval(密苏里大学罗拉分校); L. G. Kraft(新罕布什尔大学); Thomas Kurfess(佐治亚理工学院); Julio C. Mandojana(曼凯托大学); Jure Medanic(伊利诺伊大学厄本那-香槟分校); Eduardo A. Misawa(俄克拉何马大学); Medhat M. Morcos(堪萨斯大学); Mark Nagurka(马凯特大学); Carla Schwartz(MathWorks 公司); D. Subbaram Naidu(爱达荷大学); Ron Perez(威斯康星大学密尔沃基分校); Murat Tanyel(Dordt 学院); Hal Tharp(亚利桑那大学); John Valasek(得克萨斯农工大学); Paul P. Wang(杜克大学); Ravi Warrier(GMI 工程与管理研究所)。

联系方式

作者愿与本书的读者建立稳定的联系,我们热切希望读者能对本书及其未来的后续版本提出宝贵意见和建议。通过这种稳定的联系,我们可以及时地将读者普遍感兴趣的热点信息发送给您,也可以将其他读者对本书的意见或评论转告您。

请保持密切联系!

Richard C. Dorf

Robert H. Bishop

dorf@ece.ucdavis.edu

rhbishop@mail.utexas.edu

目 录

第 1 章 控制系统导论	1
1.1 引言	1
1.2 自动控制简史	3
1.3 控制系统实例	6
1.4 工程设计	11
1.5 控制系统设计	12
1.6 机电一体化系统	14
1.7 控制系统前瞻	16
1.8 设计实例	17
1.9 循序渐进设计示例：磁盘驱动器读取系统	19
1.10 小结	21
基础练习题	21
一般习题	22
难题	26
设计题	27
术语和概念	28
第 2 章 系统数学模型	30
2.1 引言	30
2.2 物理系统的微分方程(组)	30
2.3 物理系统的线性近似	34
2.4 拉普拉斯变换	36
2.5 线性系统的传递函数	42
2.6 方框图模型	53
2.7 信号流图模型	56
2.8 设计实例	61
2.9 利用控制系统设计软件进行系统仿真	77
2.10 循序渐进设计示例：磁盘驱动器读取系统	89
2.11 小结	91
基础练习题	91
一般习题	97
难题	109
设计题	110
计算机辅助设计题	112
术语和概念	114
第 3 章 状态空间模型	117
3.1 引言	117

3.2	动态系统的状态变量	118
3.3	状态微分方程	120
3.4	信号流图模型和方框图模型	124
3.5	其他形式的信号流图和方框图模型	132
3.6	由状态方程求解传递函数	136
3.7	状态转移矩阵和系统时间响应	138
3.8	设计实例	140
3.9	利用控制系统设计软件分析状态空间模型	151
3.10	循序渐进设计示例: 磁盘驱动器读取系统	154
3.11	小结	156
	基础练习题	156
	一般习题	159
	难题	168
	设计题	170
	计算机辅助设计题	171
	术语和概念	173
第4章	反馈控制系统的特性	175
4.1	引言	175
4.2	偏差信号分析	177
4.3	控制系统对参数变化的灵敏度	178
4.4	反馈控制系统的干扰信号	181
4.5	系统瞬态响应的调控	185
4.6	稳态误差	187
4.7	反馈的代价	189
4.8	设计实例	190
4.9	利用控制系统设计软件分析控制系统特性	201
4.10	循序渐进设计示例: 磁盘驱动器读取系统	206
4.11	小结	209
	基础练习题	210
	一般习题	214
	难题	222
	设计题	224
	计算机辅助设计题	227
	术语和概念	229
第5章	反馈控制系统的性能	231
5.1	引言	231
5.2	测试输入信号	232
5.3	二阶系统的性能	234
5.4	零点和第三个极点对二阶系统响应的影响	238
5.5	s 平面上根的位置与系统的瞬态响应	243
5.6	反馈控制系统的稳态误差	244
5.7	综合性能指标	250