

MODERN CONTROL SYSTEMS

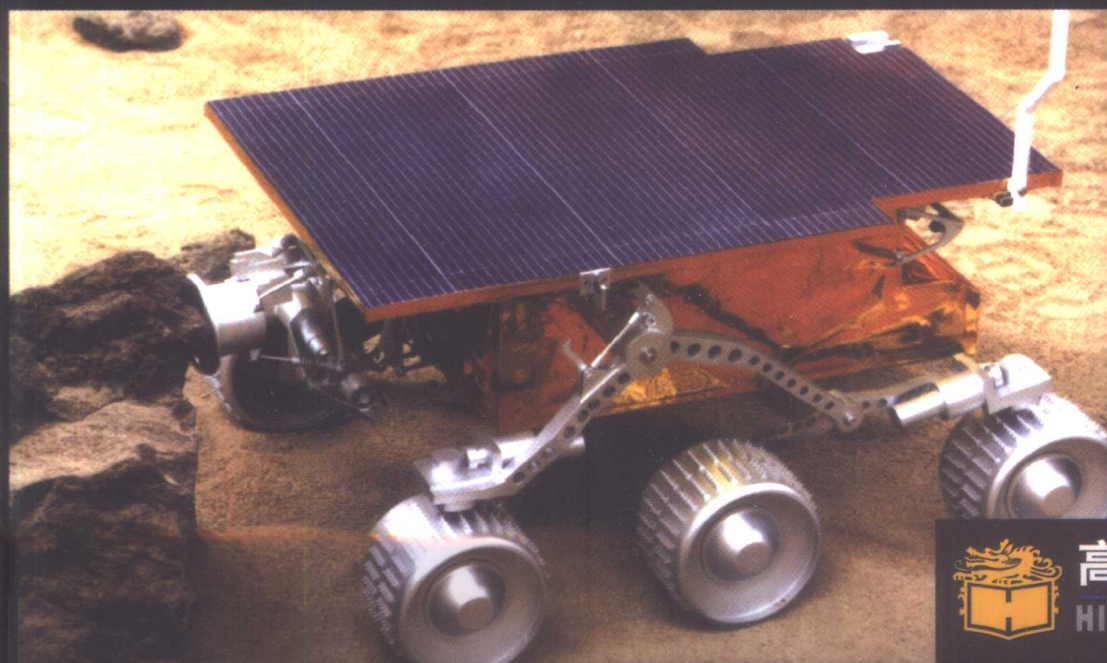
现代控制系统

第八版

[美] Richard C. Dorf Robert H. Bishop 著

邹逢兴 审校

谢红卫 邹逢兴 张明 李鹏波 李琦 译



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

现代控制系统

(第八版)

[美] Richard C. Dorf 著
Robert H. Bishop
邹逢兴 审校
谢红卫 邹逢兴 张 明
李鹏波 李 琦 译

高等教育出版社

内 容 提 要

控制系统理论是高等学校工科学生的核心课程之一,本书主要讲述现代控制理论及其应用,主要内容包括:控制系统概论,系统的数学模型,状态变量模型,反馈控制系统特性,反馈控制系统性能,线性反馈系统的稳定性,根轨迹法,频率响应法,频率域的稳定性,反馈控制系统的设计,状态变量反馈系统的设计,机器人控制系统,数字控制系统。本书选用的例子多取材于当前高精尖科技领域,如计算机、航空航天、机器人、探测器、化工等领域,新颖而恰当,具有现实指导意义。

本书的一个重要特征是贯穿全书的一系列新奇而充满挑战性的循序渐进问题,通过这些已经解决或继续面临的一系列问题,将创造性精神潜移默化在问题答案的寻求过程中,使学生充分体会到发现的乐趣。

本书的第八版在美国 160 多所大学及欧洲和加拿大的众多学校中得到了广泛的采用。本书适用于本科高年级学生以及不具备控制理论基础的研究生。

图书在版编目(CIP)数据

现代控制系统/(美)多尔夫(Dorf, R. C.), (美)毕晓普(Bishop, R. H.)著;
邹逢兴等译. —8版. —北京:高等教育出版社, 2001. 6
ISBN 7-04-009643-9

I. 现… II. ①多…②毕…③邹… III. 控制系统 IV. TP271

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 035092 号

Modern Control Systems

Richard C. Dorf Robert H. Bishop

图字:01-2000-2983 号

Illustrations:Scientific Illustrators & Karl Miyajima

Copyright© 1998 Addison Wesley Longman, Inc.

Published by arrangement with Addison Wesley Longman Inc. -All Rights Reserved.

现代控制系统(第八版)

[美]Richard C. Dorf Robert H. Bishop 著

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

邮政编码 100009

电 话 010-64054588

传 真 010-64014048

网 址 <http://www.hep.com.cn> <http://www.hep.edu.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 中国青年出版社印刷厂

开 本 787×1092 1/16

版 次 2001 年 6 月第 8 版

印 张 45.25

印 次 2001 年 6 月第 1 次印刷

字 数 1 001 000

定 价 55.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

中文版前言

我衷心祝贺谢红卫教授和他的同事们将《现代控制系统》翻译成中文出版,也真诚地感谢高等教育出版社为此付出的努力。

我和谢红卫教授相识于 1998 年。那时,他应我之邀前来得克萨斯大学奥斯汀分校进行为期九个月的访问。访问期间,我们讨论了得克萨斯大学关于控制系统的教学和研究情况。在交谈过程中,我向他介绍了我的著作《现代控制系统》,他非常赞赏本书的编写体系,我们一致认为,将本书翻译成中文出版是一项重要的工作。

谢教授返回中国之后,他和他的同事邹逢兴教授促成了高等教育出版社与 Addison Wesley 出版公司就本书的翻译出版进行沟通,并同时组织翻译了本书。这项工作持续了两年之久才得以圆满成功,我希望中国的师生会和我一样,对这项工作给予充分的肯定。

《现代控制系统》是一本享有国际盛誉的教科书。据最近的统计,仅在北美地区,就有 160 多所大学和学院采用了本书,而其他地区采用本书的院校更有北美的三倍之多。我每周都会收到使用本书的师生从全球各地寄来的电子邮件和信函,今天,我又高兴地看到,中国师生有机会用自己的母语来使用这本著作。

借此机会,我愿向中国的全体师生表示良好的祝愿。

Robert H. Bishop 教授
得克萨斯大学奥斯汀分校
2001 年 5 月 30 日

Foreword

I wish to extend my heartfelt congratulations to Professor Xie Hongwei and his colleague for their success in translating *Modern Control Systems* into Chinese. I wish also to express my appreciation to the Higher Education Press for their effort to make this project a success.

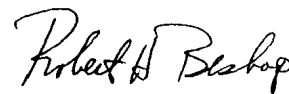
I first met Professor Xie Hongwei when I invited him to visit The University of Texas at Austin for nine months beginning in 1998. During his visit, we had discussions regarding the study of control systems at the university, and in the course of those talks I introduced him to my textbook, *Modern Control Systems*. Professor Xie had an appreciation for the pedagogical style of the book, and together we felt that it would be an important project to develop a Chinese translation of the book.

Upon Professor Xie return to China, he and his colleague Professor Zou Fengxing began the process of establishing a connection between Addison Wesley Publishing Company and the Higher Education Press, and of course, completing the translation. The project took several years to complete, and I hope that faculty and students in China will feel as strongly as I do that the project was a great success.

Modern Control Systems is truly an international textbook. Over one - hundred and sixty universities and colleges in North America alone use this textbook in their classrooms. The international usage of the book is, by last count, over three times what we have in North America. Each week I receive email and correspondence from students and faculty using the textbook all over the planet. I am very happy that students in China will now have access to the book in their native language.

My best wishes go out to all Chinese faculty and students.

R. H. Bishop



Professor of The University of Texas at Austin

May 30, 2001

译者序

1999年,我校谢红卫博士从美国访问归来时,带回了 Richard C. Dorf 教授和 Robert H. Bishop 教授编著、Addison Wesley Longman 公司出版的《Modern Control Systems》一书的第八版。该书在美国早已名闻遐迩,被 400 多所大学选作教材,并被翻译成多种外文版在其他国家发行,风靡全球,在国际控制界同行中享有盛誉。我们对该书也早有所闻,但一直未见其面。这次一看到原版书,发现果然名不虚传。与国内流行的同类教科书相比,该书具有许多鲜明的特色和优点,例如:

- 内容先进新颖,充分反映了控制学科前沿和许多相关交叉学科的最新发展成果。所涵盖的内容既有经典控制理论,又有现代控制理论,而且将两者水乳交融地结合在一起,利于理解控制理论真谛,便于组织课程教学。

- 理论与实际结合紧密。全书每章都结合原理介绍,给出了大量分析、设计例题和习题,而且其中多数题目都是来源于产品和科研实际,涉及领域既广又新,如各类机器人、磁悬浮列车、外星探测器、太空望远镜、无人驾驶侦察车/侦察机、激光操纵器、超精密加工机床、X-Y 绘图仪、磁盘驱动器等许多高科技产品的控制系统分析和设计。这样一来,不仅大大增强了该书的实用性,而且非常有利于激发读者的学习兴趣,扩大读者的知识面,加深读者对控制技术在国民经济和国防建设中的重要地位的认识。

- 每章都将习题分成基础练习题、一般习题、难题、设计题和 MATLAB 题等几个层次,难度系数和综合程度逐层增加。这样有利于学生循序渐进地理解、消化和掌握所学的内容,逐步提高分析和解决问题的能力。

- 全书精心组织了一个循序渐进的设计示例——磁盘驱动器读取系统的设计,将它贯穿于始终,每章都结合本章所介绍的原理、方法对该系统进行相应的设计。与此同时,全书习题中还安排了一个贯穿各章的“连续性设计题”,为学生提供了一个通过各章的练习逐步完成设计任务、逐步满足给定指标要求的训练过程。这样一来,有利于帮助学生建立起系统工程的观念,提高应用控制理论设计实际控制系统的能力。

- 本书充分体现了当今“以控制理论为基础,以计算机为核心”的现代控制工程特点。每章都专列了一节用 MATLAB 交互式软件,按相应的方法、技术进行控制系统分析和设计的内容,同时专门设计了一类用 MATLAB 程序解决问题的习题。这样,有利于培养学生应用计算机辅助分析和设计控制系统的能力。

.....

我们从长期的教学实践中深刻体会到,一本好的教材是建设一门好的课程的基础和关键。如果能将该书翻译出版,并在国内推广使用,将对我国控制原理课的课程体系、课程内容和教学方法的改革发挥重要作用。为此,我们向高等教育出版社作了郑重推荐,并很快得到了他们的积极响应和大力支持。其后不久,高等教育出版社即委托我们启动了该书的翻译。经过翻译组近一年的努力,终于将该书的中文版《现代控制系统》奉献给国内读者。在此,谨

向高等教育出版社领导和有关编辑表示感谢。当然,更要对原著作者 Richard C. Dorf 和 Robert H. Bishop 两位教授致以谢意。

本书前言和 1~3 章由谢红卫译,4~7 章由李鹏波译,8~10 章由李琦译,11~13 章和附录由张明译;谢红卫对初译稿作了初校和初统。最后,由邹逢兴对全书各章节逐字逐句地进行了审译、修改和统稿。在此过程中,还得到国防科学技术大学机电工程与自动化学院王正志教授、胡德文教授、郑志强副教授、马宏绪副教授、刘少克副教授、理学院曾教龙讲师和外语教研室饶建华教授等许多专家的指教以及本院许多学生的帮助,在此顺致谢忱。

我们在翻译过程中尽管精益求精,矢志译得准确、严谨、流畅,为国内同行献出一本精品译著,为便于阅读,还对个别段落在叙述上进行了适当地调整,但在内容上并无任何变动。但毕竟因水平、能力有限,错误、欠妥处在所难免,恳请读者批评指正。

最后要说明的一点是,原著中对各种物理量基本上用的是英制单位,我们在翻译时一律未予转换。为方便读者必要时转换,译者在书末以附录形式,给出了常用英制单位与 SI 单位的换算关系表。

邹逢兴
于国防科技大学
2001 年 6 月

前言

关于本书

1996年12月,“火星探路者”号宇宙飞船昂然耸立在“德尔塔”二号运载火箭上,即将开始飞往那个赤色行星,作长达7个月的旅行。作为美国国家航空航天局的发现计划的首批任务之一,“探路者”此行的第一个任务是继20多年前海盗(Viking)号宇宙飞船飞行成功之后首次作火星登陆。“探路者”破天荒地第一次部署了名为“旅居者”的自主性星球漫游车,对着陆点周围进行探索。封面照片显示的就是该漫游车,它的质量为10.5 kg,按设计要求,可以在300 m²的范围内漫游30天左右,所携带的电源可提供150 W的功率,所装配的0.25 m²的太阳能板可提供16 W的峰值功率。“旅居者”漫游车的操纵装置必须精确无误,能量消耗必须严格控制。“探路者”计划激发了人类探索宇宙的高涨热情,这种热情将持续到可以预见的未来。目前,国际社会已经制定了一个雄心勃勃的火星探索规划,计划在每个最佳发射时机(1998,2001,2003,2005,……等年份),至少向这个赤色行星发射一艘宇宙飞船。

控制工程师为成功地完成这次星际探索任务发挥了关键性作用。随着飞行用计算机硬件和操作系统的改进,宇宙飞船自主控制系统的作用将日益增大。事实上,“探路者”首次使用了通用的多任务计算机操作系统,该系统安装在经过防辐射加固,存储容量达1 GB的32位工作站上,并可支持C语言编程。相对阿波罗任务而言[注¹],这是一个很大的进步,阿波罗任务所用的计算机,其只读存储器容量仅为36 864个字(每个字为16位),随机读写存储器容量仅为2 048个字,所用的编程语言也只是一种数据字形式的伪代码。作为例子,本书提供了一些诸如“旅居者”号星球漫游车的有趣的实际问题,如在第4.8节中,就讨论了移动漫游车的设计问题。

控制工程是一个充满新奇和挑战的领域。从本质上讲,控制工程是一个跨学科的综合性工程学科[注²],不过控制类课程是它的核心课程。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,由于该学科是奠定在坚实的数学基础之上的,我们可以将定理及其证明作为重点从严格的理论角度来学习它;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,我们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来学习,不过这只是权宜之计。本书所采取的途径是在介绍控制工程的基本数学工具和方法论的基础上,着重介绍物理系统的建模,以及具有实用参数指标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得到的答案

注1:原作者注:关于Apollo任务导航制导与控制系统的详细情况,请参阅R. H. Battin, “An Introduction to the Mathematics and Methods of Astrodynamics”, AIAA Education Series, J. S. Pzemieniecki/Series Editor-in-Chief, 1987。

注2:译者注: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活跃,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。

和方法重新发现和创新。因此,理想的教学方法是向学生提出一系列问题,并给出一些过去已经得到的答案。传统的教学方法不重视向学生提问题而只给出完整的答案,使学生感受不到刺激和兴奋,与创造冲动无缘,将人类获得科技进步的探索变成一堆干巴巴的定理。教学的最佳境界则是向学生提供一些我们将继续面临的、重要而尚无答案的问题,由学生自己去寻求答案。这样他们就可以自豪地说,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。如果本书对学生重新发现反馈控制系统理论及其应用实践有所裨益的话,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[见注2]。所以,本书可望适用于所有工程学科,而且也许有助于说明控制工程的实用性。书中大量的实例和习题来自不同的学科领域,其中所举关于社会学、生物学、生态学和经济学控制系统的例子,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属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,目前已有 400 多所大学采用了本书的前 7 版作为工科本科学生的高年级教材。它也被用作没有控制工程基础的工科研究生的教材。

第 8 版:最新修订本

《现代控制系统》前 7 版都注重了设计,第 8 版延续并发展了这一特色。结合设计磁盘驱动读取控制系统(如图 0.1 所示)这样一个实际工程问题,我们新编了“循序渐进设计示例”,书中每一章都用该章所介绍的概念和方法,逐步对此例进行研讨。磁盘驱动器广泛用于各类计算机,畅销全球,1996 年的销量超过 1 亿台,它是控制工程一个重要的应用实例。书中各章分别研究了磁盘驱动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、设计指标以及基本的系统结构;第 2 章建立了控制对象、传感器和执行机构的模型;后续各章则运用该章介绍的要点继续从不同侧面研究了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之为“连续性设计题”的习题,给学生提供一个通过各章的练习逐步完成设计任务的机会。高精度机械对滑动台系统(如图 0.2 所示)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,完成该系统的设计并满足给定的指标要求。

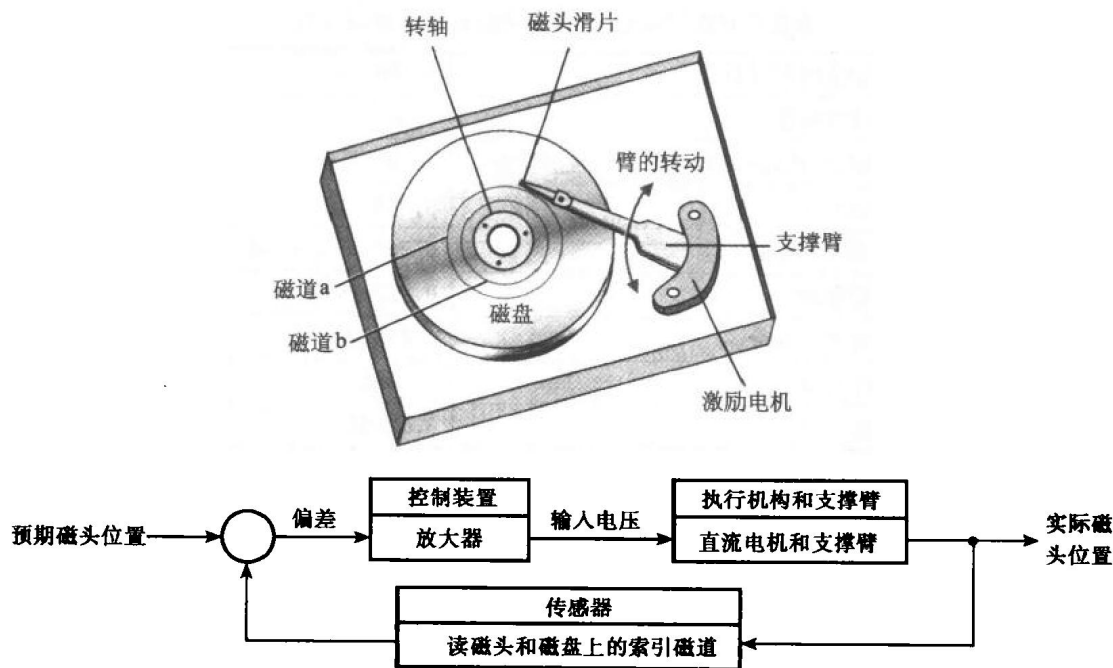


图 0.1 磁盘驱动读取控制系统

本版发展和完善了计算机辅助分析与设计的内容。每章后面在原有 MATLAB 习题的基础上又增添了 2 道题,并在“循序渐进设计示例”中,利用 MATLAB 来求解各个具体的设计和计算问题,相应的 MATLAB 文本用例图形式给出。本版还对得到广泛应用的工业用 PID 控制器给予了充分的重视,首先在第 7 章第 7.7 节作了介绍,然后在第 9 章和第 12 章的有关章节作了进一步讨论,第 13 章第 13.11 节则讨论了 PID 控制器的计算机实现问题。

在编写《现代控制系统》第 8 版的过程中,我们的宗旨是对全书加以改进,但不改动基本结构。在过去的 3 年中,我们已经注意到有些技术问题需要澄清(这主要归功于评论者的努力和读者通过 E-mail 反馈给我们的意见)。在本版中,我们对有关问题作了适当处理,对已经发现的错误(特别是第 9 章的 Nyquist 曲线)作了改正。我们对与我们保持联系的各位学生、教师和读者深致谢忱。

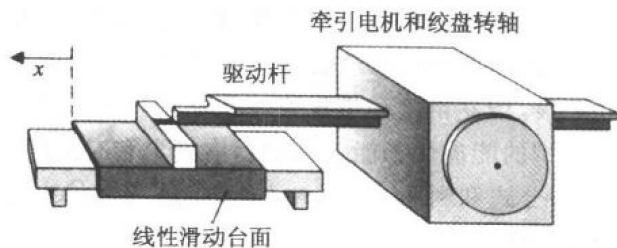


图 0.2 滑动台面系统

电枢控制直流电机、绞盘和滑动台面的典型参数

M_s	滑动台面的质量	5.693 kg
M_b	驱动杆质量	6.96 kg
J_m	转轴、电机、轴柄和速率计的转动惯量	$10.91 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$
r	转轴半径	$31.75 \times 10^{-3} \text{ m}$
b_m	电机阻尼系数	$0.265 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{s} / \text{rad}$
K_m	转矩常数	$0.8379 \text{ N} \cdot \text{m} / \text{A}$
K_b	反电动势常量	$0.838 \text{ V} \cdot \text{s} / \text{rad}$
R_m	电机电阻	1.36Ω
L_m	电机电感	3.6 mH

主要特点

本书围绕频域和时域中控制系统理论的各种概念来组织材料,力求选择最新的内容,实例和习题中引入的系统也力求最新、最现代。因此,本书包括了许多新的知识点,如:鲁棒控制系统、系统灵敏度、状态空间模型、能控性与能观性、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。而对控制理论中经证实极具实用价值的经典问题,本书也予以了保留并有所扩展。

构建基本原理体系:从经典到现代

本书旨在清晰的阐明频域和时域设计方法的基本原理。全书涵盖了控制工程的经典方法:Laplace 变换和传递函数;根轨迹设计方法;Routh - Hurwitz 稳定性分析;包括 Bode、Nyquist 和 Nichols 方法的频域响应方法;对标准测试信号的稳态跟踪误差;2 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和有关信号流图的概念,介绍了用于极点配置的 Ackermann 公式和利用 Ackermann 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。

在介绍上述基本原理的基础上,本书还介绍了许多新的非经典的内容。第 12 章介绍了鲁棒控制理论的新进展;第 13 章讨论了计算机控制系统的实现问题。除第 1 章外,全书各章都用一节专门讨论了 MATLAB 的应用,向学生介绍计算机辅助分析与设计的方法。本书按章节分类,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
- 一般习题
- 难题
- 设计题
- MATLAB 题

例如,第 3 章“状态空间模型”所附的题目,就包括了 19 道基础练习题、36 道一般习题、6 道难题、5 道设计题和 7 道 MATLAB 题。基础练习题的目的在于,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。难题部分是本书第 7 版引入的,表示相对复杂的问题。设计题侧重于让学生完成设计任务。MATLAB 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。学生通过完成从练习题到设计题和 MATLAB 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,包括了每个 MATLAB 例题和附录 F 中的所有 M-文件文本。读者可以访问 Addison-Wesley Longman 公司计算机科学与工程网页 <http://www.awl.com/cseng> 或致电 1-800-322-1377,然后到 <ftp.awl.com> 中下载这些 M-文件文本。读者还可以匿名访问 The Math Works 的 ftp 服务器 <ftp.mathworks.com>,到 <pub/books/dorf> 目录中下载这些文本。

阐明基本原理,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 考试和工业设计的需要。书中每章都至少介绍了 1 个设计实例,包括:

- 转台速度控制(第 1.10 节)
- 实验室用机器人(第 2.9 节)
- 打印机皮带驱动器(第 3.10 节)
- 英吉利海峡海底隧道钻机(第 4.7 节)
- 哈勃太空望远镜指向控制(第 5.11 节)
- 履带车辆的转向控制(第 6.5 节)
- 激光操纵器控制系统(第 7.8 节)
- 雕刻机控制系统(第 8.7 节)
- 遥控侦察车(第 9.8 节)
- X-Y 绘图仪(第 10.13 节)
- 自动测试系统(第 11.9 节)

■ 超精钻石切削机(第 12.12 节)

■ 工作台运动控制系统(第 13.9 节)

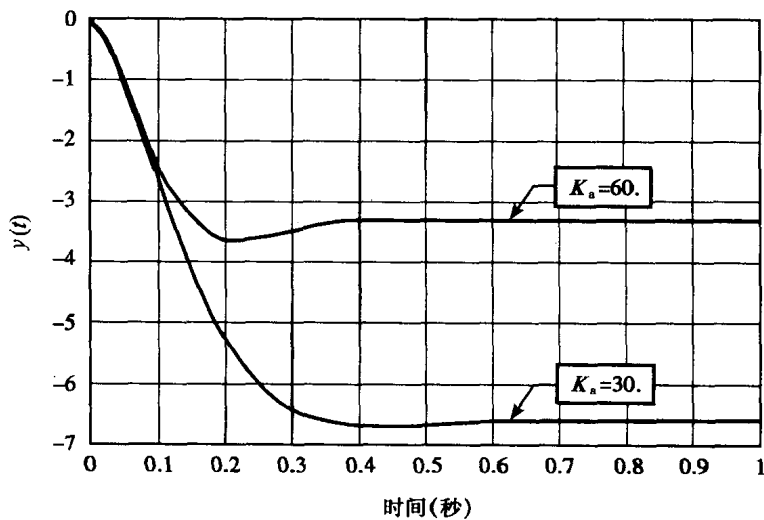
本书每章都有 1 节专门讨论 MATLAB,其目的在于帮助学生学会运用计算机进行辅助分析与设计。在 MATLAB 小节中,用计算机辅助方法重新研究了相应章中的设计实例。例如第 5 章用 MATLAB 对“循序渐进设计示例”——磁盘驱动读取系统进行了分析,图 5.45 (重画于图 0.3 中)则给出了所用到的 MATLAB 文本。通常,每个 MATLAB 文本都用注释条对其中的要点进行了说明,与文本对应的运算输出结果(通常是曲线图)也用注释条进行了说明。这些 MATLAB 文本稍加修改后,也可用来作为解决其他问题的基础。

```

Ka=30;      ← 选择  $K_s$ 
t=[0:0.01:1];
nc=[ka 5];dc=[1];
ng=[1];dg=[1 20 0];
[num,den]=teedback(ng,dg,nc,dc);
num=-num;   ← 带负号的扰动项求和
y=step(num,den,t);
plot(t,y),grid
xiabe(Time(sac)') ,ylabe('y(t)')

```

(a)



(b)

图 0.3 MATLAB 文本示例

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一种颜色来表示强调,使图表更易于理解。例如习题P7.11要求学生求解满足给定设计要求的 k_a ,与此题相配套,给出了图 P7.11(重画于图 0.4 中),其中图(a)帮助学生直观地了解习题背景,图(b)帮助学生完成下一步任务,即求取传递函数模型。

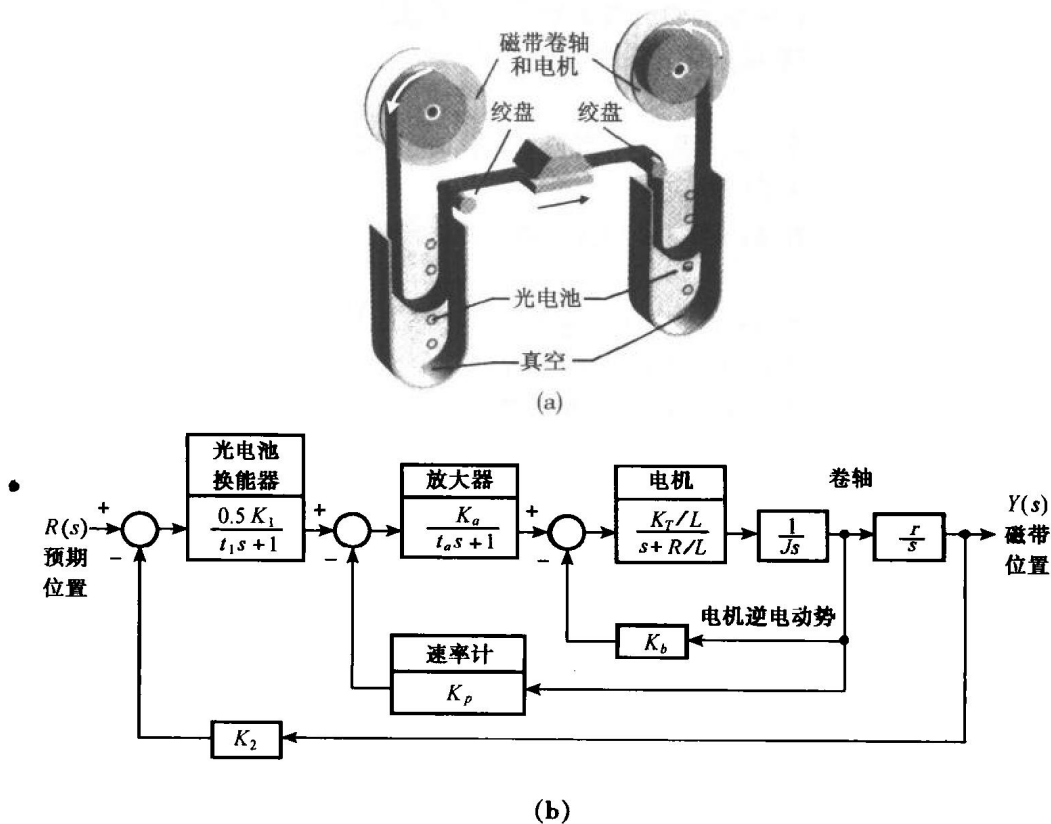


图 0.4 磁带控制系统框图

内容编排

第1章 控制系统导论。该章简要介绍了控制理论和实践的发展历史。旨在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。该章介绍了物理系统的输入-输出型或传递函数形式的数学模型,全面介绍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。该章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以及控制系统的性能。

第4章 反馈控制系统的特性。该章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。

第5章 反馈控制系统的性能。该章仔细研究了反馈控制系统的性能,系统性能是与系统传递函数在 s 平面上零极点位置密切相关的。

第6章 线性反馈系统的稳定性。该章研究了反馈系统的稳定性,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 Routh-Hurwitz 稳定性判据。

第7章 根轨迹方法。该章研究了当1个或2个系统参数变化时,系统特征根在 s 平面上的运动,介绍了如何用图解法来确定 s 平面上的根轨迹,讨论了得到广泛应用的 PID 控制器。

第8章 频率响应方法。该章研究了当频率变化时,系统对稳态正弦输入信号的稳态响应,讨论了被称为 Bode 图的频率响应图。

第9章 频域内的稳定性。该章采用频率响应方法研究系统的稳定性,讨论了相对稳定性和 Nyquist 稳定性判据。

第10章 反馈控制系统设计。该章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。该章主要讨论了如何利用状态空间模型设计控制系统,给出了系统能控性和能观性的检验方法,讨论了内模设计概念。

第12章 鲁棒控制系统。该章研究在较强的不确定性的情况下,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。该章介绍了描述和分析计算机控制系统性能的方法,讨论了数据采样系统的稳定性与其他性能。

附录

附录共有:

译者附录

- A Laplace 变换对
- B 符号、单位和转换因子
- C 矩阵代数简介
- D 分贝转换表
- E 复数
- F MATLAB 基本知识
- G z 变换对

责任编辑	何新权
封面设计	王凌波
责任绘图	朱 静
责任印制	韩 刚



目 录

第一章 控制系统导论	(1)
1.1 引言	(1)
1.2 自动控制简史	(3)
1.3 反馈应用两则	(5)
1.4 控制工程实践	(6)
1.5 现代控制系统举例	(7)
1.6 自动装配与机器人	(13)
1.7 控制系统前瞻	(13)
1.8 工程设计概述	(14)
1.9 控制系统设计概述	(16)
1.10 设计实例:转盘速度控制	(17)
1.11 设计实例:胰岛素注射控制系统	(18)
1.12 循序渐进设计示例:磁盘驱动读取系统	(20)
第二章 系统的数学模型	(27)
2.1 引言	(27)
2.2 物理系统的微分方程	(28)
2.3 物理系统的线性近似	(32)
2.4 Laplace 变换	(35)
2.5 线性系统的传递函数	(40)
2.6 框图模型	(51)
2.7 信号流图模型	(55)
2.8 控制系统的计算机辅助分析	(60)
2.9 设计实例	(61)
2.10 利用 MATLAB 进行系统仿真	(67)
2.11 循序渐进设计示例:磁盘驱动读取系统	(79)
2.12 小结	(81)
第三章 状态空间模型	(100)
3.1 引言	(100)
3.2 动态系统的状态变量	(101)
3.3 状态微分方程	(103)
3.4 状态流图模型	(106)
3.5 状态流图模型的其他形式	(111)
3.6 由状态方程求解传递函数	(115)