



CRC Press
Taylor & Francis Group

控制手册：控制系统的行业应用

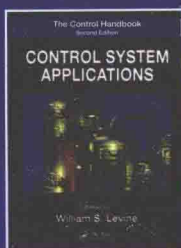
The Control Handbook: Control System Applications, Second Edition

William S. Levine

[美] 威廉·S·莱文 编著

张爱民 任志刚 等译

(第2版)上册



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

The Control Handbook:
Control System Applications, Second Edition

控制手册:控制系统的行业应用(第2版)
(上册)

〔美〕 威廉·S·莱文 编著

William S. Levine

University of Maryland, College Park, MD, USA

张爱民 任志刚 李 晨
杨 旻 王 莹 任晓栋 译



西安交通大学出版社

Xi'an Jiaotong University Press

The Control Handbook: Control System Applications, Second Edition

William S. Levine

ISBN: 978-1-4200-7360-7

Copyright © 2011 by Taylor & Francis Group, LLC

CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, an informa business.

All rights reserved. Authorized translation from English language edition published by CRC Press, part of Taylor & Francis Group LLC. This translation published under license.

本书中文简体版由泰勒·弗朗西斯集团有限责任公司授权西安交通大学出版社独家出版发行。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

本书如未贴有泰勒·弗朗西斯公司防伪标签而销售是未经授权和非法的。

陕西省版权局著作权合同登记号:图字 25-2011-214 号

图书在版编目(CIP)数据

控制手册:控制系统的行业应用.上册/[美]威廉·S·莱文(William S. Levine)主编;张爱民等译.

—2版. —西安:西安交通大学出版社,2016.9.

书名原文:The Control Handbook: Control System Applications, Second Edition

ISBN 978-7-5605-8794-3

I. ①控… II. ①威… ②张… III. ①工业控制系统

IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 174326 号

书 名	控制手册:控制系统的行业应用(第 2 版)(上册)
编 著	[美]威廉·S·莱文
译 者	张爱民 任志刚 李 晨 杨 畅 王 莹 任晓栋

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)

网 址 <http://www.xjtupress.com>
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)
(029)82668315 82669096(总编办)

传 真 (029)82669097
印 刷 陕西宝石兰印务有限责任公司

开 本	787 mm×1092 mm 1/16	印 张	31.5	字 数	786 千字
版次/印次	2017 年 6 月第 1 版	2017 年 6 月第 1 次印刷			
书 号	ISBN 978-7-5605-8794-3				
定 价	112.00 元				

读者购书、书店添货如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82665397

读者信箱:banquan1809@126.com

版权所有 侵权必究

译者序

《控制手册》(第2版)的作者们在第1版的基础上,收录了自第1版之后200多名权威专家在控制系统方面的前沿研究,并将其从第1版的一本扩展为三本,包括《控制系统的基础》、《控制系统的行业应用》、《控制系统的先进方法》。

《控制系统的行业应用》共收录了84位权威专家在各个行业领域中进行控制系统设计及应用案例的34个实际案例,主要涉及汽车(包括PEM燃料电池)、航空航天、机器与过程工业控制、生物医学(包括机器人手术和药物研发)、电子和通信网络等领域,以及金融资产投资组合的构建、土木建筑结构的地震响应控制、量子估计和控制、空调制冷系统的建模和控制等“特殊应用领域”。

本书译者将原书中的34个不同的控制系统设计及应用案例分为上下两册进行组织,上册由汽车、航空航天和过程工业控制领域中的18个实际应用案例组成,下册由生物医学、电子、通信网络及其他特殊应用领域的16个实际应用案例组成。

这些应用案例大多属于交叉学科,都是控制理论与技术在行业领域中的最新应用,代表着最先进的控制技术的发展方向。

本书译者期望把控制理论与方法在各行业领域中的最新应用尽早展现给读者,但鉴于书中涉及到许多不同的行业及专业术语,在翻译过程中难免有不妥之处,敬请读者谅解和指正。

在此还要感谢在翻译过程中给予帮助的张早校教授和杨卫卫教授。

张爱民

2017年5月于西安交通大学

第 2 版序言

正如你了解的那样,《控制手册》(第 1 版)反响颇佳,获得了很好的销量,很多读者告诉他们觉得这本书十分有用。对于出版者而言,这就是再版的理由;对于第 1 版的编者来说,这也是一个不利因素。第 2 版不会像第 1 版那么好这一风险是真实存在而且令人不安的。我尽力保证第 2 版至少会像第 1 版一样好,希望你们赞同我已经做到这一点。

我在第 2 版中进行了两个大的调整。第一,《行业应用》一书中的所有案例都是全新的。工程实践中的一个不可改变的事实是,一旦一个问题得到解决,人们就不会像它没解决时那么感兴趣了。在第 2 版中,我尽力寻找了一些特别具有启发性且令人激动的应用。

第二,我意识到根据学科分类来组织《行业应用》一书的编写是不合理的。大部分控制应用都是跨学科的。例如,一个自动控制系统包含把机械信号转变为电信号的传感器、把电信号转变为机械信号的执行机构、若干计算机以及把传感器、执行机械、计算机连接起来的通信网络,他们不属于任何一个特定的学科领域。你会发现这些实例现在是根据应用领域的分类而组织起来的,比如自动化领域和航空航天领域。

这种新的组织会带来一个小小的、但在在我看来很有趣的问题。一些很精彩的应用不适合这种新分类方法,起初我把他们归并到杂项中。有些作者认为“杂项”这个词有点负面含义而表示反对,我也同意他们的说法。经再三考虑,并咨询文学方面的朋友和查询了图书馆资料后,我把这一章节重新命名为“特殊应用”。抛开名字不谈,这些都是很有趣而且很重要的例子,我希望读者会像对待符合我分类方案的其他章节一样,阅读这些论文。

《先进方法》一书中涉及的领域也有了显著的改进,为此第 2 版中收录了二十几篇全新论文。一部分位于两个新的章节中:混合系统分析和设计以及网络和网络控制。

《基础》一书中也有了一些改变,主要体现在更注重抽样和离散化,这是因为现在的大部分系统都是数字的。

我很享受编辑第 2 版的过程,同时也学到了很多。我希望读者们也能享受阅读的过程并有所收获。

William S. Levine

鸣 谢

书中各篇论文的作者们对本书第 2 版起到了至关重要的作用,他们花费了非常多的精力进行论文创作,以至于我自己都怀疑我是否能够报答他们的辛勤劳作。真的非常感谢他们!

顾问/编辑委员会的成员为第 2 版的主题选择和作者寻找提供了很大的帮助,在此表示感谢。两位学者为本书提供了特别帮助,Davor Hrovat 负责自动化应用,Richard Braatz 在工业过程控制应用和选择方面发挥了关键作用。

我很荣幸能够在此对成就了《控制手册》(第 2 版)的人员表示感谢与认可。Taylor & Francis/CRC 出版社工程与环境科学的出版人 Nora Konopka 很久之前就在鼓励我出版这第 2 版,虽然几经波折,但我最终还是被她说服。项目协调员 Jessica Vakili 和 Kari Budyk 在与潜在作者以及同意写作论文的作者进行联系沟通方面提供了巨大帮助。此外,高级项目主管 Syed Mohamad Shajahan 非常有效地处理了所有生产阶段,Taylor & Francis/CRC 出版社的项目编辑 Richard Tressider 在本书的出版过程中为我们把握方向,并进行监督和质量控制。没有以上人员及他们的助理,就不会有第 2 版的出版;就算有,那也会比现在看到的差很多。

最重要的是,我要感谢我的妻子 Shirley Johannesen Levine,感谢她嫁给我这么多年以来为我做的每一件事。她不仅参与了编辑本书,她为我的每一件工作所做的贡献都数不胜数。

William S. Levine

编辑委员会

Frank Allgöwer: 斯图加特大学系统理论和自动控制研究所, 德国斯图加特市

Tamer Başar: 伊利诺伊大学香槟分校电子与计算机工程系, 伊利诺伊州厄巴纳市

Richard Braatz: 麻省理工学院化学工程系, 马萨诸塞州剑桥市

Christos Cassandras: 波士顿大学制造工程系, 马萨诸塞州波士顿市

Davor Hrovat: 研究与先进工程部, 福特汽车公司, 密歇根州迪尔伯恩市

Naomi Leonard: 普林斯顿大学机械和航空航天工程系, 新泽西州普林斯顿市

Masayoshi Tomizuka: 加州大学伯克利分校机械工程系, 加利福尼亚州伯克利市

Mathukumalli Vidyasagar: 德克萨斯大学达拉斯分校生物工程系, 德克萨斯州理查森市

编者

William S. Levine 在麻省理工学院获得了学士、硕士以及博士学位,后加入了马里兰大学帕克分校,目前担任电子与计算机工程系研究教授。在他的整个职业生涯中,他一直致力于控制系统的设计和分析以及估计滤波与系统建模中的相关问题。为了理解一些有趣的控制器的结构,他和几位神经生理学家合作,在哺乳动物运动控制方面进行了大量的研究。

他是 1992 年 3 月出版的《基于 Matlab 的控制系统的分析和设计》的合著者之一,该书在 1995 年 3 月出版第 2 版;他还是 Birkhauser 出版社出版的《网络和嵌入式控制系统手册》一书的合编者之一。此外,他也是 Birkhauser 出版社控制工程系列丛书的编辑。他曾担任 IEEE 控制系统学会和美国自动控制委员会的主席,目前担任 SIAM 控制理论及其应用特别兴趣小组的主席。

他是 IEEE 会士,IEEE 控制系统学会的杰出会员,也是 IEEE 第三千禧奖章的获得者。他和他的合作者们由于在旋翼飞机方面的杰出研究而获得 1998 年的 Schroers 奖。此外,他和他的另一个团队还因论文“Discrete-Time Point Processes in Urban Traffic Queue Estimation”而获得了《IEEE 自动控制学报》的优秀论文奖。

参与人

- Farhad Aghili: 加拿大太空局航天器工程部门,加拿大魁北克 Saint-Hubert
- Juan C. Agüero: 纽卡斯尔大学电气工程和计算机科学学院,澳大利亚新南威尔士州卡拉汉
- Andrew Alleyne: 伊利诺伊大学香槟分校机械科学与工程系,伊利诺伊州厄巴纳
- Anuradha M. Annaswamy: 麻省理工学院机械工程系,马萨诸塞州剑桥市
- Francis Assadian: 克莱菲尔德大学汽车工程系,英国克莱菲尔德
- John J. Baker: 密歇根大学机械工程系,密歇根州安阿伯市
- Matthijs L. G. Boerlage: 通用电气全球研究中心,可再生能源系统和仪表部,德国慕尼黑
- Michael A. Bolender: 美国空军实验室,卓越控制科学中心,俄亥俄州赖特-帕特森空军基地
- Dominique Bonvin: 瑞士联邦理工学院洛桑分校自动控制实验室,瑞士洛桑
- Francesco Borrelli: 加州大学伯克利分校机械工程系,加州伯克利
- Richard D. Braatz: 伊利诺伊大学香槟分校化学工程学系,伊利诺伊州厄巴纳
- Vikas Chandan: 伊利诺伊大学香槟分校机械科学与工程系,伊利诺伊州厄巴纳
- Panagiotis D. Christofides: 加州大学洛杉矶分校化学与生物分子工程系、电气工程系,加州洛杉矶
- Francesco Alessandro Cuzzola: Danieli Automation,意大利 Buttrio
- Raymond A. DeCarlo: 普渡大学电气和计算机工程系,印第安纳州西拉斐特市
- Josko Deur: 萨格勒布大学机械工程及造船工程系,克罗地亚萨格勒布
- Jaspreet S. Dhupia: 南洋理工大学机械和航空航天工程学院,新加坡
- Stefano Di Cairano: 福特汽车公司,密歇根州迪尔伯恩市
- David B. Doman: 美国空军实验室,卓越控制科学中心,俄亥俄州赖特-帕特森空军基地
- Thomas F. Edgar: 德克萨斯大学奥斯汀分校化学工程学系,德克萨斯州奥斯汀市
- Atilla Eryilmaz: 美国俄亥俄州立大学电子和计算机工程部门,俄亥俄州哥伦布市
- Paolo Falcone: 查尔姆斯理工学院信号与系统部门,瑞典 Goteborg
- Thor I. Fossen: 挪威科技大学工程控制论及船舶和海洋中心结构系,挪威特隆赫姆
- Grégory François: 瑞士联邦理工学院洛桑分校自动控制实验室,瑞士洛桑
- Henri P. Gavin: 杜克大学土木与环境工程系,北卡罗来纳州达勒姆
- Veysel Gazi: TOBB 大学电气电子工程系,土耳其安卡拉
- Hans P. Geering: 瑞士联邦理工学院测量和控制实验室,瑞士苏黎世
- Alvaro E. Gil: 施乐研究中心,纽约韦伯斯特
- Graham C. Goodwin: 纽卡斯尔大学电气工程和计算机科学学院,澳大利亚新南威尔士州卡拉汉

Lino Guzzella: 瑞士联邦理工学院, 瑞士苏黎世

Michael A. Henson: 马萨诸塞大学阿姆斯特分校化学工程学系, 马萨诸塞州阿姆赫斯特

Raymond W. Holsapple: 美国空军实验室, 卓越控制科学中心, 俄亥俄州赖特-帕特森空军基地

Seunghyuck Hong: 麻省理工学院机械工程系, 马萨诸塞州剑桥市

Karlene A. Hoo: 德克萨斯理工大学化学工程学系, 德克萨斯州卢博克市

Davor Hrovat: 研发和先进工程部, 福特汽车公司, 密歇根州迪尔伯恩市

Gangshi Hu: 加州大学洛杉矶分校化学与生物分子工程系, 加州洛杉矶

Neera Jain: 伊利诺伊大学香槟分校机械科学与工程部门, 伊利诺伊州厄巴纳

Matthew R. James: 澳大利亚国立大学工程和计算机科学学院, 澳大利亚堪培拉

Mrdjan Jankovic: 研发和先进工程部, 福特汽车公司, 密歇根州迪尔伯恩市

Mustafa Khammash: 加利福尼亚大学圣巴巴拉分校机械工程系, 加州圣塔芭芭拉

Ilya Kolmanovsky: 研发和先进工程部, 福特汽车公司, 密歇根州迪尔伯恩市

Robert L. Kosut: SC 公司, 加州森尼维尔市

Rajesh Kumar: 美国约翰霍普金斯大学计算机科学系, 马里兰州巴尔的摩市

Katrina Lau: 纽卡斯尔大学计算机科学系, 澳大利亚新南威尔士州卡拉汉

Bin Li: 伊利诺伊大学香槟分校机械科学与工程系, 伊利诺伊州厄巴纳

Mingheng Li: 加州州立理工大学化学和材料工程系, 加州波莫纳

Rongsheng (Ken) Li: 波音公司, 加州埃尔塞贡多

Jianbo Lu: 研发和先进工程部, 福特汽车公司, 密歇根州迪尔伯恩市

Stephen Magner: 研发和先进工程部, 福特汽车公司, 密歇根州迪尔伯恩市

Amir J. Matlock: 密歇根大学航空航天工程系, 密歇根州安阿伯市

Lalit K. Mestha: 施乐研究中心, 纽约韦伯斯特

Roel J. E. Merry: 爱因霍芬科技大学机械工程系, 荷兰爱因霍芬

Marinus J. van de Molengraft: 爱因霍芬科技大学机械工程系, 荷兰爱因霍芬

Brian Munsky: 洛斯阿拉莫斯国家实验室, CCS-3 和非线性研究中心, 新墨西哥州洛斯阿拉莫斯

Zoltan K. Nagy: 拉夫堡大学化学工程系, 英国拉夫堡

Jason C. Neely: 普渡大学电子与计算机工程系, 印第安纳州西拉斐特市

Babatunde Ogunnaike: 特拉华大学化学工程系, 特拉华州纽瓦克

Michael W. Oppenheimer: 美国空军实验室, 卓越控制科学中心, 俄亥俄州赖特-帕特森空军基地

Gerassimos Orkoulas: 加州大学洛杉矶分校化学与生物分子工程系, 加州洛杉矶

Rich Otten: 伊利诺伊大学香槟分校机械科学与工程系, 伊利诺伊州厄巴纳

Thomas Parisini: 的里雅斯特大学电气电子工程系, 意大利的里雅斯特

Kevin M. Passino: 美国俄亥俄州立大学电子与计算机工程系, 俄亥俄州哥伦布市

Steven D. Pekarek: 普渡大学电子与计算机工程系, 印第安纳州西拉斐特市

Tristan Perez: 纽卡斯尔大学工程学院, 澳大利亚新南威尔士州卡拉汉; 挪威科技大学船舶和

海洋结构中心,挪威特隆赫姆

Michael J. Piovoso: 宾夕法尼亚州立大学研究生学院,宾夕法尼亚州莫尔文

Giulio Ripaccioli: 锡耶纳大学信息化工程系,意大利锡耶纳

Charles E Rohrs: Rohrs 咨询公司,马萨诸塞州牛顿

Michael J. C. Ronde: 爱因霍芬科技大学机械工程系,荷兰爱因霍芬

Melanie B. Rudoy: 麻省理工学院电子与计算机科学,马萨诸塞州剑桥市

Michael Santina: 波音公司,加利福尼亚州密封海滩

Antonio Sciarretta: IFP Energies Nouvelles,法国 Rueil-Malmaison

Jeff T. Scruggs: 杜克大学土木与环境工程系,北卡罗来纳州达勒姆

Srinivas Shakkottai: 德州农工大学电子与计算机工程系,德克萨斯州大学站

Jason B. Siegel: 密歇根大学机械工程系,密歇根州安阿伯市

Eduardo I. Silva: 费德里科·圣玛丽亚技术大学电子工程系,智利瓦尔帕莱索

Masoud Soroush: 德雷塞尔大学化学和生物工程系,宾夕法尼亚州费城

Anna G. Stefanopoulou: 密歇根大学机械工程系,密歇根州安阿伯市

Maarten Steinbuch: 爱因霍芬科技大学机械工程系,荷兰爱因霍芬

Hongtei E. Tseng: 研发和先进工程部,福特汽车公司,密歇根州迪尔伯恩市

A. Galip Ulsoy: 密歇根大学机械工程系,密歇根州安阿伯市

M. Vidyasagar: 德克萨斯大学达拉斯分校生物工程学系,德克萨斯州理查森

Meng Wang: 纽卡斯尔大学电气工程和计算机科学学院,澳大利亚新南威尔士州卡拉汉

Diana Yanakiev: 研发和先进工程部,福特汽车公司,密歇根州迪尔伯恩市

Xinyu Zhang: 加州大学洛杉矶分校化学与生物分子工程系,加州洛杉矶

目 录

译者序
第 2 版序言
鸣 谢
编辑委员会
编 者
参与人

第一部分 汽车领域

第 1 章 非线性系统的线性变参数控制在汽车与航空领域中的应用·····	(3)
1.1 引言·····	(3)
1.2 控制问题的陈述·····	(3)
1.3 LPV H_∞ 控制·····	(5)
1.4 LPV 权重 $W.(\theta, s)$ 的选择·····	(8)
1.5 PV 时延的处理·····	(9)
1.6 在汽车发动机控制中的应用·····	(9)
1.7 在飞机飞行控制中的应用·····	(11)
1.8 结论·····	(13)
参考文献·····	(13)
第 2 章 动力总成控制·····	(15)
2.1 引言·····	(15)
2.2 动力总成控制及其相关属性·····	(17)
2.3 发动机控制·····	(18)
2.4 变速器控制·····	(43)
2.5 驾驶性能·····	(44)
2.6 诊断·····	(54)
2.7 结论·····	(60)
参考文献·····	(61)
第 3 章 车辆控制·····	(64)
3.1 引言·····	(64)
3.2 描述车辆动力学特性的轮胎模型·····	(65)
3.3 车辆悬挂控制·····	(70)

3.4	电子稳定控制	(74)
3.5	电子差动控制	(91)
3.6	主动转向控制及其他	(100)
3.7	结论	(120)
	参考文献	(121)
第4章	基于模型的混合动力车辆能量优化监督控制	(125)
4.1	引言	(125)
4.2	混合动力车辆能量流的建模	(126)
4.3	非因果控制方法	(129)
4.4	因果控制方法	(134)
4.5	软件和工具	(137)
4.6	示例	(138)
	参考文献	(141)
第5章	PEM 燃料电池末端封闭式阳极运行时的清理程序	(143)
5.1	引言	(143)
5.2	背景: PEMFC 基础知识	(144)
5.3	燃料电池子系统的控制	(145)
5.4	阳极水的管理	(147)
5.5	从流道到流道、扩散层和膜的一维模型	(150)
5.6	扩散层中液态水前沿界面的简化	(156)
5.7	扩散层中液态水前沿界面的迁移	(157)
5.8	拟合水传输参数	(161)
5.9	燃料电池终端电压	(162)
5.10	仿真结果	(167)
5.11	MPC 的应用	(169)
5.12	结论	(180)
	参考文献	(181)

第二部分 航空航天领域

第6章	实时的航空航天控制系统和软件	(187)
6.1	引言	(187)
6.2	实时的航空航天控制系统的架构	(189)
6.3	实时的航空航天系统的软件架构	(195)
6.4	实时的航空航天系统的质量与开发过程的标准	(201)
6.5	仿真、测试及验证/确认的方法	(207)
6.6	集成化系统、软件工程、模型驱动及基于模型的开发	(209)

6.7	航空航天系统的软件复用和软件生产线	(210)
6.8	结论	(212)
	参考文献	(212)
第7章	用于无人机机组的随机决策及空中监视的控制策略	(213)
7.1	引言	(213)
7.2	具有不确定性的随机决策	(215)
7.3	空中监视	(224)
7.4	仿真及结果	(228)
7.5	结论	(233)
	参考文献	(234)
第8章	控制分配	(236)
8.1	引言	(236)
8.2	历史回顾	(238)
8.3	线性控制分配	(240)
8.4	控制间的相互作用	(250)
8.5	执行机构的动态特性对有约束的控制分配算法的性能的影响	(252)
8.6	非线性的控制分配	(255)
8.7	小结	(258)
	参考文献	(258)
第9章	群体稳定性	(260)
9.1	智能体模型	(260)
9.2	聚集	(261)
9.3	编队控制	(266)
9.4	社会性觅食	(268)
9.5	仿真实例	(273)
9.6	更深入的问题及相关工作	(279)
	参考文献	(280)

第三部分 工业领域

第10章	机床及加工过程控制	(283)
10.1	引言	(283)
10.2	伺服控制	(284)
10.3	机床及加工过程	(286)
10.4	监控及诊断	(290)
10.5	加工过程控制	(292)
10.6	监督控制和统计质量控制	(295)

10.7 总结、结论以及未来研究方向	(296)
参考文献	(296)
第 11 章 半导体制造的过程控制	(300)
11.1 引言	(300)
11.2 半导体制造的控制方法	(301)
11.3 典型示例：光刻过程	(304)
11.4 步进式光刻机的匹配(工厂控制)	(310)
11.5 快速热处理	(311)
11.6 等离子蚀刻	(312)
11.7 化学机械抛光	(314)
11.8 结论	(315)
参考文献	(316)
第 12 章 聚合过程控制	(317)
12.1 引言及概述	(317)
12.2 背景：聚合机制和过程	(318)
12.3 连续过程	(321)
12.4 不连续过程	(326)
12.5 总结与结论	(334)
参考文献	(336)
第 13 章 多孔薄膜生长过程的多尺度建模与控制	(339)
13.1 引言	(339)
13.2 预备知识	(340)
13.3 动力学模型的构建	(345)
13.4 模型预测控制器的设计	(349)
13.5 仿真结果	(351)
13.6 结论	(353)
致谢	(354)
参考文献	(354)
第 14 章 颗粒过程控制	(356)
14.1 引言	(356)
14.2 基于模型的颗粒过程控制	(360)
14.3 结论	(374)
参考文献	(374)
第 15 章 批过程的非线性模型预测控制	(376)
15.1 引言	(376)
15.2 批过程控制概述	(377)

15.3	高效实时的批过程输出反馈 NMPC 方法	(378)
15.4	BNMPC 在工业环境中的实现	(387)
15.5	用于工业反应器设定点跟踪的 BNMPC	(389)
15.6	用于同步设定点跟踪和优化的分层 BNMPC	(391)
15.7	面向终点的鲁棒 BNMPC 在冷却结晶过程晶体大小分布控制中的应用	(395)
15.8	结论	(399)
15.9	术语定义	(400)
	参考文献	(401)
	更多信息	(403)
第 16 章	多元统计在过程控制中的应用	(405)
16.1	引言	(405)
16.2	多元统计	(406)
16.3	应用领域	(412)
16.4	结论	(423)
	参考文献	(424)
第 17 章	厂级控制	(425)
17.1	引言	(425)
17.2	厂级控制研究综述	(426)
17.3	仿真示例: DME 的生产过程	(432)
17.4	结论	(442)
	术语	(443)
	参考文献	(444)
第 18 章	金属平带加工的自动化及控制方案	(447)
18.1	引言	(447)
18.2	金属平带的加工	(448)
18.3	HSM 中的平带加工	(449)
18.4	钢铁酸洗过程的建模与控制	(454)
18.5	冷轧: 控制在可逆式连轧中的应用	(459)
18.6	多变量控制器在 HDGL 镀锌中的应用: 简介及问题求解	(464)
18.7	总结	(479)
	致谢	(479)
	参考文献	(479)

第一部分

汽车领域