

21

Mc
Graw
Hill

Education

Engineering Design, Fourth Edition

[美] George E. Dieter Linda C. Schmidt 著

朱世范 史冬岩 王君 等译

产品工程设计

(第四版)

21世纪艺术与
设计规划教材



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



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

内 容 简 介

本书介绍产品工程设计过程、产品开发过程、问题定义与需求识别、团队行为与工具、信息采集、概念生成、决策制定、细节设计、建模与仿真、材料选择与设计、制造设计、质量与优化等内容,系统地介绍了产品工程设计的过程以及过程中所涉及的相关内容,真正做到了理论与实践相结合,而且示例源于实践,具有很好的指导性。此外,全书增加或扩充了很多新的议题,包括工作分解结构、公差、人因设计、快速成型、抗磨损设计、可制造性和可装配性设计中标准化的作用、防错设计、六西格玛质量、购买决策等。

本书可作为高等院校机械、设计、管理等专业学生的教材,也可供相关技术人员、管理人员参阅。

George E. Dieter, Linda C. Schmidt: **Engineering Design, Fourth Edition.**

ISBN: 978-0-07-283703-2, Copyright © 2009 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

All Rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including without limitation photocopying, recording, taping, or any database, information or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

This authorized Chinese translation edition is jointly published by McGraw-Hill Education (Asia) and Publishing House of Electronics Industry. This edition is authorized for sale in China Mainland.

Copyright © 2012 by McGraw-Hill Education (Asia), a division of the Singapore Branch of The McGraw-Hill Companies, Inc. and Publishing House of Electronics Industry.

本授权中文简体字翻译版由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司和电子工业出版社合作出版。此版本经授权仅限在中国大陆销售。版权© 2012由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司与电子工业出版社所有。

本书封面贴有McGraw-Hill公司防伪标签,无标签者不得销售。

版权贸易合同登记号 图字: 01-2009-1395

图书在版编目(CIP)数据

产品工程设计: 第4版 / (美)迪特尔(Dieter, G. E.), (美)施密特(Schmidt, L. C.)著; 朱世范等译.

北京: 电子工业出版社, 2012.6

书名原文: Engineering Design

21世纪艺术与设计规划教材

ISBN 978-7-121-16905-2

I. ①产… II. ①迪… ②施… ③朱… III. ①产品设计—高等学校—教材 IV. ①TB472

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第084872号

策划编辑: 谭海平

责任编辑: 周宏敏

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订:

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: 35.25 字数: 1091千字

印 次: 2012年6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 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

译者序

工程设计是工业的基础，作为设计流程中最具活力的要素之一，工程设计具有举足轻重的地位。目前我国正在建设创新型国家，以创新组成的词汇，如制度创新、创新技术、创新组织、创新管理等令人目不暇接；我国正在努力实现从“中国制造”向“中国设计”的凤凰涅槃。然而，设计创新能够一蹴而就吗？它需要一个循序渐进的积累过程，需要大量的工程设计人才。但我国目前的工程技术人才的培养还存在这样或那样的问题，如何培养优秀的工程设计人才就摆在工程教育工作者面前，目前实施的卓越工程师培养计划就是一项积极的制度创新。

Dieter 教授是美国工程院院士，他的工业研究经历和教学经验使其能够洞悉工程设计的本质与工程设计教育的鸿沟，他非常了解工程设计人员的职业素质和能力需求；他认为，在较短时间内如何使学生学会工程设计、如何使学生整合如此烦琐的设计方法和设计指导原则，是一项极富挑战性的工作。这使他仔细考虑了本书的内容选取、篇章布局和逻辑安排。

作者在本书中强调了“工程设计不是数学方程的求解或优化”的理念。实际上，工程设计所要考虑的变量一点也不少，甚至有点琐碎，且常常需要权衡。因此，作者旨在培养全球化的无疆界背景下的设计师所具备的持续发展潜力。

对工程设计流程和方法，作者不仅仅介绍其优点，更重要的是指出存在的不足，培养学生的深入探究和质疑精神；作者精心挑选了真实的工程实例，使学生沉浸在工程情境的思考中；设计和安排了以小组为单位完成的多个训练题目，培养学生的团队合作与沟通能力；这些安排无不体现了作者的现代系统设计观，值得我们思考与学习。

本书的翻译由朱世范、段福高（第1，2章）、刘钦辉（第3，9，10章）、李玲莉（第4，15章）、王明明（第5，14章）、展勇（第6，7章）、史冬岩（第8章）、王君（第11，12章）、商振（第13章）、张伟华（第16章）完成，全书的审校、统稿由朱世范、史冬岩、王君负责。需要说明的是，本书中变量和函数均采用了英文原著的字体。

由于水平有限，翻译不足或错误在所难免，恳请读者指正。

第四版前言

本书第四版由本书合著者马里兰大学机械工程系的 Linda Schmidt 博士对各章内容进行了重新编排和扩充。在以前的版本中,工程设计试图对工程设计过程提供一个真实的了解。因此,它比其他设计教科书的内容更广泛,但是,本版包含更多的如何进行设计的描述性指导原则。本教材借助实际参与的综合性设计项目,适合三年级或四年级关于工程的课程。设计过程的学习材料按顺序在第1章到第9章中给出。在马里兰大学,三年级学生学习介绍设计过程的一门课程,使用第1章到第9章。而第10章到第17章,对复杂的设计内容更加重视,包括材料选择,可制造性设计和质量。整个教材适合大四学生的综合项目设计课程,它包含从选定目标市场到制作工作原型的完整设计项目。学生应该快速学习前九章,把重点放在第10章到第17章的学习,以做出详细设计决策。

作者认识到了学习设计过程的威慑。在短时间内教会设计是一个复杂的过程。学生了解很多教材和设计工具,设计方法的范围如此之广使他们感到不知所措。设计课程指导教师任务的一个挑战是,传达给学生这样的理念,工程设计不是数学方程的求解或优化;另一个挑战是给学生提供设计过程的一个整体结构,使一系列的设计方法和软件工具都可以适用。为此,全文采用统一的术语,并在每章的最后增加一个新的内容——新术语和新概念。我们强调工程设计过程的八个步骤,并在文中给出了如何应用这八个步骤的所有材料。无论如何,我们深信,学设计就必须做设计。我们发现,在这个方面,第4章(团队行为和工具)对学生是有帮助的。同样,我们希望,对设计工具的广泛讨论将使阅读本书的学生受益,这些设计工具有,最佳比较法,质量配置法(QFD),创造学法,功能分解和综合法,以及决策过程和决策工具。

本书增加或扩充了很多新的议题,包括工作分解结构,公差(包括成组设计和技术),人因设计,快速成型,抗磨损设计,可制造性和可装配性设计(DFMA)中标准化的作用,防错设计,六西格玛质量,购买决策。最后,介绍各设计步骤中的不同设计方法,使学生懂得设计实践的范围之广,以及工程设计相关议题的学术研究。

作者希望,学生能把本书作为一个有价值的专业藏书。为增加实用性,本书还包括了很多叙述的参考文献,以及可选用的设计软件和参考文献网站。作者对很多参考文献进行了更新,检查了第三版以来的所引用网站目前是否还存在,并增补了新的网站。在一本包含如此广泛材料的书中,不可能对每一个议题作深入探讨。在内容扩充的部分,给出了至少一个权威的参考文献来源,供读者进一步学习。

特别感谢马里兰大学机械工程系的同事们,包括 Amir Baz, Patrick Cunniff, James Dally, Abhijit Dasgupta, S. K. Gupta, Patrick McCloskey 和 Guangming Zhang, 他们愿意我们共享其知识。还要感谢百得公司的 Greg Moores 先生,他愿意我们共享他对某些议题的工业界观点。我们也必须感谢下面的审阅者,得克萨斯农工大学的 Charles A. Bollfrass; 奥本大学的 Peter Jones; 佛罗里达州立大学的 Cesar A. Luongo; 纽约州立大学石溪分校的 Michelle Nearon 博士; 圣母大学的 John E. Renaud; 纽约州立大学宾汉姆顿大学的 Robert Sterlacci; 克拉克森大学的 Daniel T. Valentine 以及宾州州立大学的 Savas Yavuzkurt, 他们都提出了有帮助的意见和建议。

George E. Dieter 和 Linda C. Schmidt

马里兰州, College Park 市

2007 年

作者简介

George E. Dieter 是马里兰大学 Glenn L. Martin 学院工程学教授,他在 Drexel 大学获学士学位,并在卡耐基·梅隆大学获科学博士学位。在经过杜邦工程研究实验室暂短的工业界经历后,他成为 Drexel 大学冶金工程系负责人,后来担任工程系主任。Dieter 教授后调入卡耐基·梅隆大学,担任工程学教授和工艺研究所所长。1977 年至 1994 年他到马里兰大学工作,担任机械工程教授和系主任。Dieter 教授是很多学术组织的会员,包括国际材料信息学会,矿物、金属和材料协会美国科学促进会和美国工程教育学会,他获得了材料信息学会,矿物、金属和材料协会和制造工程师学会的教育奖,以及美国工程教育学会最高奖项兰姆金质奖章。Dieter 教授是美国工程院院士,曾担任工程系主任协会主席和美国工程教育学会主席。他还是‘机械冶金学’的合著者,该书已经由麦格劳-希尔出版公司发行了第三版。

Linda C. Schmidt 博士是马里兰大学机械工程副教授,她的研究领域和公开发表的论文、论著包括机械设计理论和方法学,概念设计中的概念产生系统,设计理性的获取,以及学生对工程项目设计团队的高效学习。她在爱荷华州立大学获得工业工程学士和硕士学位,由于在概念设计方面的研究工作,美国国家自然科学基金 1998 年授予她学者教师奖。她还是一个暑期研究体验项目 RISE 的共同发起人,该项目获得了 2003 年美国大学人力协会颁发的对高等教育进行学术支持的示范项目奖。

在工程设计理论研究、机械工程专业高年级本科生和研究生的工程设计教学方面, Schmidt 博士表现得很活跃。她是一本工程决策教材的合著者,已出版第二版的关于产品研发教材的合著者,并为教师开设了适合工程专业学生项目团队的团队训练课程。Schmidt 博士是期刊 *Journal of Engineering Valuation & Cost Analysis* 的特邀编辑,以及美国机械工程师学会主办期刊 *Journal of Mechanical Design* 的副主编;她还是美国机械工程师学会和美国工程教育学会会员。

目 录

第 1 章 工程设计	1
1.1 绪论	1
1.2 工程设计过程	2
1.2.1 工程设计过程的重要性	2
1.2.2 设计类型	3
1.3 思考工程设计过程的方法	4
1.3.1 一个简单的迭代模型	4
1.3.2 设计方法与科学方法	5
1.3.3 问题求解的方法学	6
1.4 优秀设计的考虑因素	9
1.4.1 性能需求的满足	9
1.4.2 全生命周期	10
1.4.3 法规与社会问题	11
1.5 设计过程描述	12
1.5.1 第一阶段——概念设计	12
1.5.2 第二阶段——方案设计	13
1.5.3 第三阶段——详细设计	13
1.5.4 第四阶段——制造规划	14
1.5.5 第五阶段——配送规划	14
1.5.6 第六阶段——使用规划	14
1.5.7 第七阶段——产品退役规划	15
1.6 计算机辅助工程	15
1.7 遵守法案与标准的设计	17
1.8 设计评审	18
1.9 工程设计的社会考虑因素	20
1.10 本章小结	22
新术语和概念	23
参考文献	23
问题与练习	24
第 2 章 产品开发过程	25
2.1 概述	25
2.2 产品开发过程	25
2.2.1 成功的因素	27
2.2.2 静态产品与动态产品	29
2.2.3 系列产品开发过程的变量	29

2.3 产品与流程周期	30
2.3.1 产品研发阶段	30
2.3.2 技术开发和嵌入周期	31
2.3.3 工艺开发周期	32
2.4 设计和产品开发组织	33
2.4.1 基于功能的典型组织形式	33
2.4.2 基于项目的组织形式	34
2.4.3 复合组织形式	35
2.4.4 并行工程团队	36
2.5 市场与营销	37
2.5.1 市场	37
2.5.2 市场细分	38
2.5.3 营销部门的功能	39
2.5.4 营销计划的因素	40
2.6 技术创新	40
2.6.1 发明、创新和推广	40
2.6.2 与创新和产品开发相关的业务	42
2.6.3 创新人才的特点	43
2.6.4 技术创新的类型	43
2.7 本章小结	45
新术语和概念	45
参考文献	46
问题与练习	46
第3章 问题定义和需求识别	47
3.1 绪论	47
3.2 识别客户需求	48
3.2.1 客户需求的初步研究	49
3.2.2 用户信息的收集	51
3.3 用户需求	55
3.3.1 用户需求的不同观点	56
3.3.2 用户需求分类	57
3.4 工程特性的确定	58
3.4.1 标杆分析法概述	59
3.4.2 竞争性绩效的标杆分析	60
3.4.3 反求工程或产品拆解	61
3.4.4 确定工程特性	62
3.5 质量功能配置	62
3.5.1 质量屋的构造	64
3.5.2 创建质量屋的步骤	65
3.5.3 质量屋结果的解释	69

3.6 产品设计任务书	70
3.7 本章小结	73
新术语和概念	73
参考文献	73
问题与练习	74
第4章 团队行为和工具	75
4.1 概述	75
4.2 有效团队成员的含义	76
4.3 团队角色	76
4.4 团队的动态性	77
4.5 有效的团队会议	79
4.6 团队存在的问题	81
4.7 问题求解工具	82
4.8 时间管理	94
4.9 规划和进度安排	95
4.9.1 工作分解结构	96
4.9.2 甘特图	97
4.9.3 关键路径法	99
4.10 本章小结	101
新术语和概念	102
参考文献	102
问题与练习	103
第5章 信息收集	104
5.1 信息的挑战	104
5.1.1 信息计划	104
5.1.2 数据、信息和知识	105
5.2 设计信息的分类	106
5.3 设计信息源	107
5.4 设计信息的图书馆资源	109
5.4.1 词典和百科全书	110
5.4.2 手册	110
5.4.3 教科书和专著	111
5.4.4 期刊	111
5.4.5 目录、小册子和商业信息	112
5.5 设计信息的政府资源	112
5.6 互联网上的设计信息	113
5.6.1 谷歌上的搜索	114
5.6.2 一些有用的设计类网址	115
5.6.3 设计和产品研发的商业网址	117

5.7 专业学会和贸易协会	118
5.8 法案和标准	118
5.9 专利和其他知识产权	120
5.9.1 知识产权	120
5.9.2 专利体系	121
5.9.3 技术许可	122
5.9.4 专利文献	123
5.9.5 专利的阅读	123
5.9.6 版权	125
5.10 以公司为中心的信息	126
5.11 本章小结	127
新术语和概念	127
参考文献	127
问题与练习	128
第6章 概念生成	129
6.1 创造性思维的介绍	129
6.1.1 大脑模型和创造性	129
6.1.2 创造性想法的思维过程	132
6.2 创造性和问题求解	132
6.2.1 创造性思维的助手	133
6.2.2 创造性思维的障碍	134
6.3 创造性思维方法	137
6.3.1 头脑风暴法	137
6.3.2 头脑风暴法外的创意方法	138
6.3.3 随机输入技术	139
6.3.4 综摄法：基于类比的发明方法	140
6.3.5 概念图	142
6.4 设计的创造性方法	142
6.4.1 创意的凝练与评价	143
6.4.2 设计概念生成	144
6.4.3 设计的系统化方法	146
6.5 功能分解与综合	146
6.5.1 物理分解	147
6.5.2 功能表达	148
6.5.3 实施功能分解	150
6.5.4 功能综合的优点和缺点	153
6.6 形态学方法	154
6.6.1 形态学设计方法	154
6.6.2 形态学方法图表中的方案构思	156
6.7 发明问题解决理论	156

6.7.1	发明：提高理想度进化法则	157
6.7.2	克服矛盾的创新	158
6.7.3	TRIZ 创新原理	159
6.7.4	TRIZ 矛盾矩阵	160
6.7.5	TRIZ 的优缺点	163
6.8	公理设计	164
6.8.1	公理设计简介	164
6.8.2	公理	165
6.8.3	用公理设计来产生概念方案	165
6.8.4	用公理设计来完善现有概念	167
6.8.5	公理设计的优点和缺点	170
6.9	本章小结	171
	新术语和概念	171
	参考文献	171
	问题与练习	172
第 7 章	决策确定和概念选择	173
7.1	介绍	173
7.2	决策确定	174
7.2.1	决策确定中的行为方面	174
7.2.2	决策理论	175
7.2.3	效用理论	178
7.2.4	决策树	180
7.3	评价方法	181
7.3.1	基于绝对准则的比较	181
7.3.2	Pugh 概念选择法	182
7.3.3	测量标度	185
7.3.4	加权决策矩阵	186
7.3.5	层次分析法	188
7.4	本章小结	193
	新术语和概念	194
	参考文献	194
	问题与练习	195
第 8 章	实体设计	197
8.1	绪论	197
8.1.1	设计过程各阶段相关术语的解释	198
8.1.2	设计过程模型的简化	198
8.2	产品结构	199
8.2.1	模块化结构的类型	200
8.2.2	模块化与大规模定制	201

8.2.3	产品原理图的创建	202
8.2.4	原理图元素的聚类	202
8.2.5	创建初步几何布局	203
8.2.6	交互方式及性能的确定	204
8.3	结构设计	204
8.3.1	备选结构方案的生成	206
8.3.2	结构设计分析	207
8.3.3	结构设计评价	208
8.4	结构设计的最佳手段与方法	208
8.4.1	设计原则	209
8.4.2	接口与连接	212
8.4.3	结构设计检核表	214
8.4.4	设计目录	214
8.5	参数设计	215
8.5.1	参数设计的系统化步骤	216
8.5.2	参数设计实例: 螺旋压缩线弹簧	217
8.5.3	可制造性设计 (DFM) 和可装配性设计 (DFA)	223
8.5.4	失效模式及影响分析 (FMEA)	223
8.5.5	为可靠性和安全性设计	223
8.5.6	为质量和稳健性设计	223
8.6	尺寸与公差	224
8.6.1	尺寸	224
8.6.2	公差	225
8.6.3	形状和位置公差	231
8.6.4	公差设计原则	235
8.7	工业设计	236
8.8	人因学设计	237
8.8.1	人体的体力	238
8.8.2	感官输入	239
8.8.3	人体测量学数据	241
8.8.4	可服务性设计	241
8.9	为环境设计	242
8.9.1	生命周期设计	242
8.9.2	为环境设计 (DFE)	244
8.9.3	为环境而设计的评分方法	245
8.10	快速成型和测试	245
8.10.1	设计过程中原型和模型测试	245
8.10.2	制作原型	246
8.10.3	快速成型	247
8.10.4	快速成型工艺	248

8.10.5 测试	249
8.10.6 测试的统计学设计	250
8.11 为 X 因素设计 (DFX)	251
8.12 本章小结	252
新术语和概念	253
参考文献	253
问题与练习	253
第 9 章 详细设计	256
9.1 概述	256
9.2 详细设计中的活动和决策	257
9.3 设计和制造信息的交流	259
9.3.1 工程图	259
9.3.2 材料清单	261
9.3.3 书面文件	262
9.3.4 技术文件写作中的常见问题	264
9.3.5 会议	265
9.3.6 口头表达	265
9.4 设计终审	266
9.4.1 评审的文档	267
9.4.2 评审会议的过程	267
9.4.3 评审结果	267
9.5 详细设计以外的设计和商务活动	268
9.6 基于计算机方法的设计与制造的便利性	270
9.7 本章小结	271
新术语和概念	271
参考文献	272
问题与练习	272
第 10 章 建模与仿真	273
10.1 工程设计中模型的作用	273
10.1.1 模型的分类	273
10.1.2 图标模型、相似模型和符号模型	274
10.2 数学建模	275
10.3 量纲分析	280
10.4 有限差分法	284
10.5 计算机几何建模	287
10.6 有限元分析	288
10.6.1 有限元分析概念	288
10.6.2 单元类型	291
10.6.3 有限元分析步骤	293

10.6.4	目前的应用状况	294
10.7	仿真	295
10.7.1	仿真建模概述	295
10.7.2	仿真编程软件	296
10.7.3	蒙特卡洛仿真	297
10.8	本章小结	299
	新术语和概念	300
	参考文献	300
	问题与练习	300
第 11 章	材料选用	302
11.1	引言	302
11.1.1	设计与选材之间的关系	302
11.1.2	选材的一般原则	303
11.1.3	材料选择过程概述	304
11.2	材料的性能特征	304
11.2.1	材料的分类	305
11.2.2	材料性能	306
11.2.3	材料的规格	310
11.2.4	Ashby 表格	310
11.3	选材过程	311
11.3.1	设计过程和选材	312
11.3.2	概念设计阶段的选材	313
11.3.3	具体设计阶段的选材	314
11.4	材料性能信息源	315
11.4.1	概念设计	316
11.4.2	具体设计	316
11.4.3	详细设计	318
11.5	材料的经济性	318
11.5.1	材料的成本	318
11.5.2	材料成本构成	320
11.6	选材方法概述	320
11.7	计算机数据库辅助选材	321
11.8	材料性能指标法	322
11.9	决策矩阵选材法	325
11.9.1	Pugh 选材法	326
11.9.2	加权性能指标	327
11.10	设计实例	328
11.11	选材和循环利用	331
11.11.1	循环的益处	331
11.11.2	回收的步骤	332

11.11.3 面向回收的设计	333
11.11.4 依据生态属性进行选材	334
11.12 本章小结	335
新术语和概念	336
参考文献	336
问题与练习	337
第 12 章 材料设计	339
12.1 引言	339
12.2 脆性断裂设计	339
12.2.1 平面应变断裂韧性	341
12.2.2 断裂力学的局限性	343
12.3 疲劳断裂设计	344
12.3.1 疲劳设计准则	345
12.3.2 疲劳参数	345
12.3.3 有关疲劳设计的信息源	347
12.3.4 无限寿命设计	348
12.3.5 安全寿命设计策略	349
12.3.6 损伤容限设计策略	352
12.3.7 疲劳寿命预测的深入讨论	354
12.4 耐腐蚀性设计	354
12.4.1 腐蚀的基本形式	354
12.4.2 腐蚀防护	355
12.5 耐磨设计	357
12.5.1 磨损的类型	357
12.5.2 磨损模型	358
12.5.3 磨损预防	359
12.6 塑料设计	360
12.6.1 塑料的分类及其性能	360
12.6.2 刚度设计	362
12.6.3 零件的时间依赖性	363
12.7 本章小结	364
新术语和概念	364
参考文献	365
问题与练习	365
第 13 章 可制造性设计	366
13.1 制造在设计中的角色	366
13.2 制造的功能	367
13.3 制造工艺分类	368
13.3.1 制造工艺类型	369

13.3.2	各类制造工艺简述	369
13.3.3	制造工艺的信息源	370
13.3.4	制造系统的类型	372
13.4	制造工艺的选择	372
13.4.1	需要的零件数量	374
13.4.2	形状和特征复杂度	376
13.4.3	尺寸	377
13.4.4	材料对工艺选择的影响	378
13.4.5	零件的质量要求	380
13.4.6	制造成本	382
13.4.7	可用性、交货时间和运送	384
13.4.8	工艺选择的进一步信息	385
13.5	可制造性设计 (DFM)	390
13.5.1	可制造性设计原则	390
13.5.2	特定的设计法则	392
13.6	可装配性设计 (DFA)	392
13.7	标准化在可制造性和可装配性设计中的角色	394
13.7.1	标准化的优点	395
13.7.2	零件标准化的实现	396
13.7.3	成组技术	396
13.8	防错	398
13.8.1	通过检验来发现错误	398
13.8.2	常见错误	399
13.8.3	防错过程	400
13.8.4	防错方法	400
13.9	加工成本的早期估算	401
13.10	可制造性和可装配性设计中的计算机方法	406
13.10.1	可装配性设计分析	406
13.10.2	可制造性设计的并行成本核算	409
13.10.3	工艺建模和仿真	411
13.11	铸件设计	412
13.11.1	铸件设计原则	413
13.11.2	优质铸件的生产	414
13.12	锻件设计	415
13.12.1	闭式模锻件的可制造性设计原则	416
13.12.2	计算机辅助锻造设计	417
13.13	金属薄板设计	417
13.13.1	薄板冲压成型	418
13.13.2	薄板弯曲成型	418
13.13.3	拉伸和拉深	419

13.13.4	计算机辅助金属薄板设计	420
13.14	切削工艺设计	420
13.14.1	可切削性	422
13.14.2	可制造性设计中的可切削性原则	422
13.15	焊接设计	423
13.15.1	连接工艺	423
13.15.2	焊接工艺	424
13.15.3	焊接设计	426
13.15.4	连接成本	427
13.16	设计中的残余应力	428
13.16.1	残余应力的来源	428
13.16.2	由淬火产生的残余应力	429
13.16.3	与残余应力相关的其他问题	431
13.16.4	残余应力的释放	431
13.17	热处理设计	431
13.17.1	与热处理有关的问题	432
13.17.2	热处理的可制造性设计	433
13.18	塑料工艺的设计	433
13.18.1	注射成型	434
13.18.2	挤压成型	434
13.18.3	吹塑	434
13.18.4	滚塑	434
13.18.5	热成型	435
13.18.6	模压成型	435
13.18.7	铸造	435
13.18.8	复合材料制造工艺	435
13.18.9	塑料制造工艺的可制造性设计原则	436
13.19	本章小结	437
	新术语和概念	438
	参考文献	438
	问题与练习	439
第 14 章	风险、可靠性和安全性	440
14.1	绪论	440
14.1.1	风险结果的规定	441
14.1.2	标准	442
14.1.3	风险评估	442
14.2	设计中的概率方法	443
14.2.1	基于正态分布的基本概率方法	443
14.2.2	统计表来源	445
14.2.3	包含外加应力和材料强度的频率分布	445

14.2.4	材料性能的可变性	446
14.2.5	概率设计	448
14.2.6	安全系数	449
14.2.7	最坏情况设计	449
14.3	可靠性理论	450
14.3.1	定义	451
14.3.2	恒定失效率	452
14.3.3	威布尔频率分布	453
14.3.4	具有可变失效率的可靠性	454
14.3.5	系统可靠性	456
14.3.6	维护和维修	458
14.3.7	深入讨论	459
14.4	可靠性设计	459
14.4.1	不可靠性的原因	460
14.4.2	失效最小化	461
14.4.3	可靠性数据来源	462
14.4.4	可靠性成本	463
14.5	失效模式和效应分析 (FMEA)	463
14.6	缺陷和失效模式	466
14.6.1	硬件失效原因	467
14.6.2	失效模式	467
14.6.3	失效的重要性	468
14.7	安全性设计	468
14.7.1	潜在危险	469
14.7.2	安全性设计的指导方针	469
14.7.3	警告标识	470
14.8	本章小结	470
	新术语和概念	471
	参考文献	471
	问题与练习	472
第 15 章	质量、健壮设计与优化	474
15.1	全面质量的概念	474
15.1.1	质量的定义	474
15.1.2	戴明的 14 条观点	475
15.2	质量控制与保证	476
15.2.1	适用性	476
15.2.2	质量控制的概念	477
15.2.3	质量控制的较新方法	478
15.2.4	质量保证	478
15.2.5	ISO 9000	478