



国家出版基金项目

“十二五”国家重点出版物出版规划项目

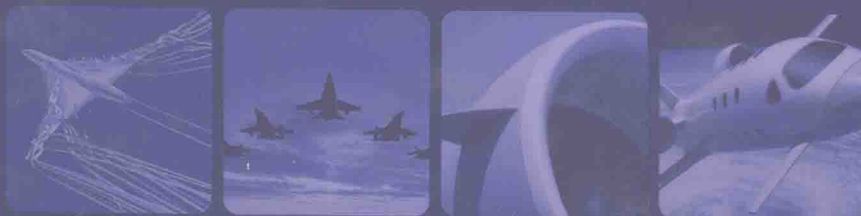
航空航天科技出版工程

7

飞行器设计

[英]理查德·布洛克利 (Richard Blockley) [美]史维 (Wei Shyy) ©主编

刘莉 昂海松 熊克 等◎译



**ENCYCLOPEDIA OF
AEROSPACE ENGINEERING 7
Vehicle Design**

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

WILEY





国家出版基金项目

“十二五”国家重点出版物出版规划项目

航空航天科技出版工程

7

飞行器设计

[英]理查德·布洛克利 (Richard Blockley) [美]史维 (Wei Shyy) ©主编

刘莉 昂海松 熊克 等◎译

*ENCYCLOPEDIA OF
AEROSPACE ENGINEERING 7
Vehicle Design*

图书在版编目 (CIP) 数据

航空航天科技出版工程. 7, 飞行器设计 / (英) 理查德·布洛克利 (Richard Blockley), (美) 史维 (Wei Shyy) 主编; 刘莉等译. —北京: 北京理工大学出版社, 2016. 6

书名原文: Encyclopedia of aerospace engineering

·国家出版基金项目 “十二五”国家重点出版物出版规划项目

ISBN 978-7-5682-2444-4

I. ①航… II. ①理… ②史… ③刘… III. ①飞行器-设计 IV. ①V

·中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 131572 号

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01-2013-1965 号

All Rights Reserved. Authorised translation from the English language edition published by John Wiley & Sons Limited. Responsibility for the accuracy of the translation rests solely with Beijing Institute of Technology Press Co., LTD and is not the responsibility of John Wiley & Sons Limited. No part of this book may be reproduced in any form without the written permission of the original copyright holder, John Wiley & Sons Limited.

封面图片来源:



源自 ONERA, France



源自 Shutterstock



源自 Shutterstock



源自 EADS Astrium

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京地大天成印务有限公司

开 本 / 889 毫米×1194 毫米 1/16

印 张 / 44.25

字 数 / 1285 千字

版 次 / 2016 年 6 月第 1 版 2016 年 6 月第 1 次印刷

定 价 / 268.00 元

责任编辑 / 封 雪

文案编辑 / 张鑫星

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 王美丽

航空航天科技出版工程

译审委员会

主任 杜善义
副主任 李椿萱 余梦伦 黄瑞松 叶培建 唐长红 甘晓华
委员 (按姓氏笔画排序)
才满瑞 刘 莉 杨 超 昂海松 周志成 唐胜景 熊 克

翻译委员会

主任 刘 莉
副主任 朱春玲 赵 宁 江 驹
委员 (按姓氏笔画排序)
万志强 马东立 王晓芳 王焕瑾 王锁柱 毛军逵 古兴瑾
龙 腾 朱程香 向彩霞 刘东旭 齐艳丽 孙康文 孙慧玉
杜 骞 杜小菁 李 书 李 响 李世鹏 杨春信 肖天航
吴小胜 吴志刚 宋 晨 宋豪鹏 张景瑞 陈永亮 武志文
林 海 昂海松 周光明 周建江 周思达 周储伟 郑祥明
徐 军 徐 明 郭 杰 唐胜景 黄晓鹏 龚 正 韩 潮
韩启祥 谢 侃 谢长川 雷娟棉 谭慧俊 熊 克 冀四梅

审校委员会

主任 林 杰
副主任 樊红亮 李炳泉
委员 (按姓氏笔画排序)
于 勇 王佳蕾 王玲玲 王美丽 尹 晷 白照广 多海鹏
祁载康 杜春英 李秀梅 杨 侧 张云飞 张海丽 张鑫星
陈 竑 李路成 周瑞红 孟雯雯 封 雪 钟 博 梁铜华

推荐序

航空航天是国家的战略产业，其科技水平直接决定着综合国力和国家安全。近年来，我国航空航天科技水平得到显著提升，在若干领域取得了举世瞩目的成就。在建设航空航天强国的进程中，广大科技人员需要学习和借鉴世界航空航天科技的最新成就。《航空航天科技出版工程》是综合反映当今世界范围内航空航天科技发展现状和研究前沿的一套丛书，具有系统性、学术性、前沿性等特点。该丛书的翻译和出版，为我国科技工作者学习和借鉴世界航空航天科技提供了一个良好平台。

《航空航天科技出版工程》英文版由美国 WILEY 出版公司和 AIAA（美国航空航天学会）联合出版。全世界 34 位来自航空航天领域的顶级专家组成丛书顾问团，负责对丛书进行规划指导，来自美国、英国、德国、法国等国家的 600 多位著名专家参与丛书撰写。该丛书是当今世界上最为系统和权威的航空航天科技丛书，共有 9 卷、近 5000 页，涵盖航空航天科技的 43 个领域主题，442 个章节。该丛书对航空航天科技所涉及的重要概念、理论、计算、实验等进行了系统阐述，并配有大量工程实践案例，主要内容包括：流体动力学与空气热力学、推进与动力、结构技术、材料技术、动力学与控制、环境影响与制造、飞行器设计、系统工程等。最难能可贵的是，该丛书对航空航天工程的战略决策、实施路径、技术应用、实践验证和评价等方面进行了系统阐释，对未来二十年面临的挑战和机遇进行了深入分析。

该丛书中有些专题研究在我国尚属起步阶段，不少内容是国内紧缺的文献资料。例如，丛书对高超声速稀薄气体动力学、扑翼空气动力学、高超声速气动热弹性、多运动体协调控制、多种飞行器融合、深空探测、航天系统设计认证等领域的介绍颇有参考价值。丛书内容不仅适用于国防领域，而且适用于民用领域，对我国航空航天科技发展具有指导意义。

北京理工大学是我国首批设立火箭、导弹等专业的高校，曾为我国航天事业的创立和发展做出重要贡献，近年来又在深空探测、制导武器、空间信息处理等领域取得重要进展。该丛书英文版问世不久，北京理工大学出版社敏锐地预判到该丛书对我国航空航天科技发展具有重要借鉴作用，提出翻译这套巨著的设想。北京理工大学航空航天学科的教授们积极投身于翻译丛书的策划中，他们联合我国高校、研究机构中一



批长期从事航空航天科技工作的教师和工程技术人员组成团队，仅用一年多时间就将这套巨著译为中文。我帮助他们邀请到丛书英文版顾问、著名航天结构力学家杜善义院士担任译审委员会主任，邀请到我国航空航天科技领域的多位领军科学家、总设计师共同负责丛书译审，进而确保中文版的科学性、准确性、权威性。

作为长期从事航空航天科技工作的学者，看到这套丛书即将问世由衷高兴。我认为，该丛书将为我国航空航天科技工作者提供一套不可多得的工具书，有利于提升我国航空航天科技水平，有利于促进我国航空航天科技与世界航空航天科技的有效对接，有利于推动我国建设航空航天强国。因此，我郑重向航空航天科技界的同行们推荐这套丛书。

中国科学院院士
北京理工大学校长

译者序

航空航天的发展水平体现了一个国家的综合实力。我国高度重视航空航天技术的创新发展，将航空航天产业列入国家战略性新兴产业和优先发展的高技术产业。近年来，国家科技重大专项（如大型飞机、载人航天与探月工程、高分辨率对地观测、航空发动机与燃气轮机等）的实施带动了我国航空航天技术的迅猛发展。

航空航天技术的发展日新月异并呈现出跨学科化和国际化的特征，国内学者需要一套系统全面的丛书，来巩固现有的知识、了解国际前沿发展动态、紧盯航空航天科技前沿。《航空航天科技出版工程》正是这样的一套技术研究丛书。北京理工大学出版社在组织专家对英文版《航空航天科技出版工程》的章节标题及主要内容进行翻译和评审后，发现该丛书内容翔实、信息丰富、学科体系完整，具有较高的前瞻性、探索性、系统性和实用性，是一套对中国航空航天领域有较强学习与借鉴作用的专著。因此，出版社决定引进、出版本套丛书的中文版。

英文版《航空航天科技出版工程》由美国 WILEY 出版公司和 AIAA（美国航空航天学会）联合出版，主编为 Richard Blockley（英国克兰菲尔德大学航空航天顾问、英国 BAE 系统公司前技术总监）和 Wei Shyy（原美国密歇根大学航空航天工程系教授兼系主任），历经多年，完成了 9 卷的出版。各章均由活跃在全球航空航天各专业领域研究一线的专家执笔，集成了编写团队在航空航天科技领域的重要科学研究成果和宝贵的科学试验数据。

《航空航天科技出版工程》从力学、动力及推进技术、制导和控制技术、电子仪表技术、通信技术、计算机科学、系统工程、材料科学、加工和制造技术及空间物理学等多个相互支撑的学科技术领域，全面而系统地阐述航空航天领域所涉及的知识，综合体现了目前航空航天技术的国际水平。9 卷包括《流体动力学与空气热力学》《推进与动力》《结构技术》《材料技术》《动力学与控制》《环境影响与制造》《飞行器设计》《系统工程》《航空航天专业术语》。丛书中文版配有丰富的原版插图、表格以及大量的图片资料，最大程度地保留了原版书的编写风格。该丛书对于国内的科研和技术人员，以及承担着未来航空航天技术开发的年轻人和学生来说，都无疑是一套非常好的参考资料。



北京理工大学出版社依托北京理工大学、南京航空航天大学、北京航空航天大学、中国航天科工集团北京航天长征科技信息研究所、中国航天科技集团空间技术研究院等国内从事航空航天技术研究的高校和科研院所，组建了翻译团队和专家译审团队，对《航空航天科技出版工程》进行翻译。

《航空航天科技出版工程7 飞行器设计》包含飞行器型式和性能、飞行器设计、微型飞行器、空间飞行器与旅行、生存力5个部分，由刘莉、昂海松、熊克、肖天航、郑祥明、胡挺、施商涛、简成文、裴为诚、李书、陈鑫、杜小菁、李延平、安强林、岳振江、郭昌伟、张翼、张晓辉、刘东旭、齐竹昌、孙康文、孟荣冠、胡照、陈小燕、余磊、徐衍衍、陈树霖、彭磊、陈昭岳、王珏、朱文明、史人赫、郭晓松、吕韞哲、杨显强、凌贸易、陈士明翻译。特别感谢出版社引进本书，更感谢各位院士学者们对此书出版的大力支持。译、校者虽在译文、专业内容、名词术语等方面进行了反复斟酌，并向有关专业人员请教，但限于译、校者的水平与对新知识的理解程度，谬误和不当之处恳请读者批评、指正。

翻译委员会

英文版序

能够受邀介绍这部航空航天丛书，我们和各自代表的学会都感到非常的荣幸和愉快。

毫无疑问，这部丛书体现了英国皇家航空学会和美国航空航天学会最大的期望。我们这两个学会都在寻求推进航空航天知识体系进步的方法，同时也都认识到航空航天领域具有动态、多学科和跨国界的特性。

这部丛书是一个独特的工具。它提供了涉及很多方面的快照，包含：全球共享的知识体系、全球企业共享的观念、共享的技术展望和挑战、共享的发展节奏、新方法和新视野，尤其是共享的对教育和培训重要性的关注——所有这些都是关于一个工业领域和一组学科，是它们塑造了并将继续改变我们所生活的世界。

这个共享的知识体系超出了国家的、商业的、组织的和技术学科的界限。在这个界限中我们进行着日复一日的工作，虽然这些工作必然引起经常的竞争，但也总是激发创新性和建设性的尝试。因此，我们怀着无比激动的心情看到了一项完全专业性工作的开展，它尝试着将这个知识体系的精华以全新的形式整理和出版。

航空航天领域对我们世界的影响是巨大的。早期的空气动力学创立者，从 George Cayley 爵士到 Wright 兄弟，都难以想象航空工业、更不必说太空飞行是如何彻底改变了我们的文明世界：它使我们的星球变成了一个很小的区域、允许瞬时联系全球任何地方、提供大范围的人和物资运输以及可以从外太空独特的视角来观看我们的星球和人类自己。航空航天工程师不仅直接为我们收集的知识体系做出了贡献，还驱动了广大的相关领域的进步，从基础的数学、电子学和材料科学到生物学和人因工程。因此，说这部丛书捕捉到了该领域当下的精华是非常恰当的。

对于内容广泛的航空航天工程技术和研究领域，提取其关键要素形成一个相互关联的框架结构，并不具备明显的可能性，更不要说涉及诸多细节。然而这部丛书正是要雄心勃勃地尝试做到这些，甚至更多。从这点看，这部丛书是一个勇敢的、有远见的、有胆识的计划。

这部丛书勾画出了我们领域最好和最醒目的专门技术，其成果是对发起者和作者们最好的回报，这些人值得我们向他们对航空航天行业做出的贡献表示祝贺。



虽然这部丛书的目标是达到相当的深度，但从实用的角度，这部丛书被设计成非常容易阅读和理解。我们希望读者看到这部丛书并可以广泛地应用，包括作为权威的参考书目、作为学习和专业发展的重要工具，或许可以作为课程作业和技术模块设计跨国界、跨机构可信赖的测试基准。

正值载人动力飞行第二个百年开始，太空的前景似乎正在不断复苏，这部丛书的出版是航空航天工程和科学持续发展的里程碑和标志。

我们非常自豪地、共同地将这部丛书推荐给你们。

Dr. Mark J. Lewis

美国航空航天学会主席

马里兰大学帕克分校航空航天工程系主任、教授，马里兰州，美国

Dr. Mike Steeden

英国皇家航空学会主席，英国

英文版前言

航空航天工程的历史可以追溯到早期希腊的哲学家亚里士多德和阿基米德，经哥白尼、伽利略、达·芬奇、牛顿、伯努利和欧拉到 19 世纪伟大的机械师纳威、斯托克顿和雷诺以及许多其他研究者，一直到 1903 年由莱特兄弟第一次成功地起飞了一台比空气重的动力机器。从普朗特、冯·卡门、惠特爾、冯·奥西恩、屈西曼、冯·布劳恩和科罗廖夫（这里只给出了少数的名字）等人开创性的成就，仅仅过去一个世纪的时间，航空器和航天器就以一种让最有远见的现代飞行预见者都震惊的速度得到了发展。超音速飞行（具有代表性的协和号客机、SR71 黑鸟式侦察机）、人类在月球上行走以及航天器向太阳系的远端航行，这些都是顽强不屈的技术探索的见证。

几代哲学家、科学家和工程师的工作使航空航天工程形成一个确定的学科，而且需要持续对新的商业、环境和安全相关因素、科学技术领域其他学科的进展、之前未探索的飞行器设计概念、推进、结构与材料、控制、导航和动力学、通信、航空电子、天基系统与旅行中的技术挑战等做出响应。航空航天工程产品是科学与技术多学科综合的产物，当航空器和航天器中的系统集成变得越来越复杂的时候，前所未有的设计挑战出现了，一个部门就需要借鉴不同领域的专业知识。因此，工程师们不仅需要专注于专门知识，还需要将他们的知识扩展到更广泛的学科领域。

本套书的主要目的是：为本科生、研究生以及学术界、工业界、研究机构和政府部门中的专业人士提供一个随手可得的、涵盖航空航天工程主要学科的专用参考书。本套书阐述了基本科学概念及其在当前工程实践中的应用，并将读者引导到更专业的书籍中。

本套书包含 442 篇文章，划分为 43 个领域主题，围绕科学基础和当前的工业实践，贯穿了航空航天工程的全部。当本套书被确定在同类著作中最先出版时，编辑团队从支撑航空航天科学、工程与技术研究和开发的专家们那里得到了原作稿件的授权。这些稿件包括力学、推进、导航与控制、电子器件和测量仪表、通信、计算机科学、系统工程、材料科学、生产与制造以及物理学。此外，考虑到当前围绕航空的担忧，环境科学、噪声与排放中的一些特定学科也被包含在本套书中。



本套书由热心的、杰出的国际顾问委员会指导编写，委员会由 34 名来自学术界、工业界和研究中心的委员组成。在顾问委员会的指导下，我们确定了一个主要作者团队，由他们来确定每个主题覆盖的范围，并选择了有能力来贡献他们文章的合适的作者。

在本套书的引导章节中，包含了系统思想的概念和在可预见的未来航空航天工程师们将面临的挑战。在顾问委员会和主要作者团队的大力帮助下，我们试图包含有人、无人航空器和航天器领域中所有的主题，然而我们意识到还有一些重要的主题没有涉及，或是因为我们没有及时注意到它们，或是由于作者没能赶上最后的出版期限。我们打算将后续的投稿和最新的进展放在每年的在线更新中。

非常遗憾，我们的一位主题作者 Philip Pugh 于 2009 年 1 月去世了，他为第 37 部分的规划和前期实施做出了难以估量的贡献。我们也非常感谢 David Faddy 继续完成了这一部分的工作。

Richard Blockley

克兰菲尔德大学航空航天顾问，克兰菲尔德，英国

BAE 系统公司前技术总监，法恩伯勒，英国

Wei Shyy

密歇根大学航空航天工程系，安娜堡，密歇根州，美国

目 录



Contents



第32部分 飞行器型式和性能

第 323 章 应用空气动力学和推进基础:

固定翼飞机 3

- 1 应用空气动力学 3
- 2 推进基础 8
- 参考文献 13
- 拓展阅读 14

第 324 章 应用空气动力学和推进基础:

旋翼 15

- 1 直升机旋翼空气动力学简介 15
- 2 基本模型:滑流理论(动量理论) 17
- 3 悬停状态下精细化模型:空气动力学理论 18
- 4 垂直下降过程中的涡环状态 19
- 5 悬停状态下的地面效应 20
- 6 前飞空气动力学(定性) 20
- 7 精细化前飞气流模型 22
- 8 自转下滑 24
- 9 结论 24
- 参考文献 25

第 325 章 导弹的气动、推进和热防护

..... 26

- 1 引言 26
- 2 空气动力 26
- 3 推进 29
- 4 热防护 35
- 5 结论 37
- 参考文献 37

拓展阅读 37

第 326 章 导弹的飞行性能、导引头、导航与控制

38

- 1 引言 38
- 2 飞行性能 38
- 3 制导 42
- 4 导航 45
- 5 飞行控制 45
- 6 制导、导航和控制系统集成 48
- 7 结论 49
- 参考文献 49
- 拓展阅读 49

第 327 章 固定翼飞机性能

50

- 1 引言 50
- 2 任务剖面 50
- 3 纵向对称面内曲线加速飞行(I级) 51
- 4 升-阻力极曲线 51
- 5 起飞 52
- 6 着陆 53
- 7 纵向对称面内定常直线飞行(II级) 54
- 8 在纵向对称面内稳定直线爬升的航迹性能 55
- 9 巡航 55
- 10 载荷-航程关系 56
- 11 纵向对称面内直线加速飞行(III级) 57
- 12 非对称面内飞行(转弯)(IV级) 58
- 13 结论 58
- 参考文献 59
- 拓展阅读 59



■ 第 328 章 旋翼飞行器的性能	60	3 公务飞机生产商	112
1 引言	60	4 适航和运营	112
2 悬停状态下的旋翼性能	61	5 商业经营结构	113
3 垂直爬升和下降状态下旋翼的性能	63	6 所有机分散	113
4 前飞状态下的旋翼性能	64	7 飞机种类	113
5 直升机重要的性能特性	67	8 多发公务机的作用	114
6 纵列式和共轴式双旋翼直升机的性能	70	9 涡轮螺旋桨飞机的总体布局	115
7 环境性能	70	10 公务机技术	116
8 直升机和固定翼飞机的性能比较	70	11 超声速公务机	116
9 结论	71	12 结论	117
参考文献	71	拓展阅读	117
■ 第 329 章 高超声速任务及飞行器的布局	73	■ 第 333 章 水上飞机与水陆两栖飞机 ..	118
1 引言	73	1 水上飞机和水陆两栖飞机	118
2 再入式钝头体飞行器	74	2 水上飞机发展史	119
3 针对巡航和加速飞行的细长型升力体设计	75	3 水上飞机和水陆两栖飞机的设计	122
4 结论	80	4 水上飞机的航行	127
参考文献	80	5 地效应飞机	128
■ 第 330 章 民用运输机	81	6 结论	129
1 引言	81	参考文献	129
2 发展	81	拓展阅读	129
3 规章	83	■ 第 334 章 旋翼飞行器	131
4 运输机布局	84	1 引言	131
5 技术	87	2 直升机总体布局	132
6 经济性	89	3 自转旋翼机	139
7 结论	90	4 结论	140
拓展阅读	91	参考文献	140
■ 第 331 章 军用飞机	92	■ 第 335 章 无人机	141
1 引言	92	1 引言	141
2 军用飞机	92	2 无人机的特征	141
3 飞机特性	93	3 无人机技术	145
4 先进技术	95	4 无人机发展历程	146
5 发展历史	96	5 未来发展趋势	151
6 未来趋势	106	参考文献	154
参考文献	109	拓展阅读	154
拓展阅读	109	■ 第 336 章 浮空器	155
■ 第 332 章 公务航空	110	1 浮空器发展简史	155
1 一般特性	110	2 浮空器类型	157
2 发展历史	110	3 空气静力学	159
		4 飞艇	161
		5 浮空器构造	164
		6 安全性、结论和未来展望	165



拓展阅读	166	3 什么是飞行器设计	207
■ 第 337 章 飞机性能优化	167	4 设计流程 (“如何设计”)	208
1 引言	167	5 工业实践和组织	212
2 问题概述	167	6 总结与展望	213
3 飞行性能分析优化问题降阶: 铅垂面内 飞行与比能量方程	168	7 结论	214
4 基于准稳定近似性能模型的闭合式解法 与参数优化	170	参考文献	214
5 最少爬升时间问题的全质点模型解法	170	■ 第 341 章 集成设计优化	215
6 最少爬升时间问题的能量状态解法	171	1 引言	215
7 能量状态近似方法在飞行器转弯机动的 应用	173	2 系统工程、图示和模型	215
8 结论	175	3 多学科优化	217
参考文献	175	4 现代集成设计优化技术	218
		5 鲁棒性设计	220
		6 结论	221
		参考文献	221
		■ 第 342 章 固定翼民用运输机的设计	222
		1 引言	222
		2 固定翼飞机技术的发展	223
		3 结论	236
		拓展阅读	237
		■ 第 343 章 旋翼飞行器设计	238
		1 引言	238
		2 旋翼设计的特殊性	238
		3 主旋翼设计参数	239
		4 改善旋翼气动性能的设计方法	244
		5 重量方面的影响	245
		6 旋翼设计技术前瞻	246
		参考文献	247
		■ 第 344 章 导弹配置与设计	249
		1 引言	249
		2 导弹技术发展	249
		3 导弹特性	250
		4 导弹子系统和部位安排	251
		5 战术导弹设计	251
		6 导弹设计结果	253
		7 导弹设计任务/类型/标志的例子	253
		8 发射平台集成	255
		9 环境设计	256
		10 导弹设计的开发/验证	257
		11 导弹后继弹计划	258
		12 结论	258
		参考文献	259

第33部分 飞行器设计

■ 第 338 章 飞机概念设计系统	179
1 引言	179
2 飞机设计系统	179
3 设计系统: 历史	179
4 基于知识的设计系统	191
5 结论	195
参考文献	195
■ 第 339 章 设计准则: 资源、约束和 目标	197
1 引言	197
2 一般目标和约束	197
3 性能会影响设计目标和约束	198
4 系统工程在设计目标发现上的应用	200
5 适航要求作为约束	202
6 噪声和排放	205
7 资源	205
8 多学科设计优化	205
9 结论	206
参考文献	206
拓展阅读	206
■ 第 340 章 设计流程	207
1 引言	207
2 什么是设计	207



拓展阅读 259

第34部分 微型飞行器
第 345 章 微型飞行器系统设计概述与集成 263

- 1 引言 263
- 2 概念起源 263
- 3 探索实用的微型飞行器 264
- 4 微型飞行器的设计理念 265
- 5 微型飞行器的设计研究 266
- 6 结论 272
- 参考文献 273

第 346 章 微型飞行器空气动力学 275

- 1 引言 275
- 2 生物飞行空气动力学 275
- 3 尺寸对昆虫悬停气动特性的影响 281
- 4 用于微型飞行器的仿生空气动力学 283
- 参考文献 284

第 347 章 为微型飞行器仿生研究的昆虫翼的材料、结构和动力学 286

- 1 引言 286
- 2 昆虫翼的结构和动力学特征 288
- 3 结论 292
- 参考文献 292

第 348 章 微型飞行器的作动结构与材料 295

- 1 引言 295
- 2 扑翼微型飞行器的发展 295
- 3 仿生扑翼微型飞行器的设计与制造 298
- 4 性能测试与评价 300
- 5 结论 302
- 参考文献 302

第 349 章 微型飞行器飞行控制的基础知识 303

- 1 引言 303
- 2 微型飞行器自主控制飞行的概念基础和物理基础 305
- 3 线性反馈控制 306
- 4 超线性反馈控制 308
- 5 结论 310
- 参考文献 311

第 350 章 昆虫飞行控制 312

- 1 引言 312
- 2 感官输入 312
- 3 动力学输出 314
- 4 空气动力学 316
- 5 结论 316
- 参考文献 317
- 拓展阅读 317

第 351 章 微型飞行器飞行动力学基础 318

- 1 引言 318
- 2 六自由度运动方程：刚体建模 319
- 3 六自由度运动方程：气动建模 321
- 4 结论 327
- 参考文献 328

第 352 章 使用红外和超声波传感器的旋翼微型飞行器自主飞行 330

- 1 引言 330
- 2 系统配置 330
- 3 位置测量原理 332
- 4 建模与控制器设计 334
- 5 实验 336
- 6 结论 338
- 参考文献 338

第 353 章 用于微型飞行器制导的仿生光流传感器和自动驾驶仪 339

- 1 引言 339
- 2 基于神经形态的光流传感器 340
- 3 应用光流传感器的避地飞行 342
- 4 “光流调节器”的概念 343
- 5 用于关节速度控制和为速度控制与侧向避障的双光流调节器 347
- 6 结论 349
- 参考文献 351
- 拓展阅读 353

第 354 章 昆虫视觉原理对微型飞行器制导的启发 354

- 1 引言 354



2 判别狭窄的间隙与避开障碍物	354	■ 第 359 章 低成本航天器	397
3 调节飞行速度	355	1 引言	397
4 策划平滑着陆	356	2 低成本航天任务的构成要素	398
5 空降的实施	358	3 低成本航天器系统的应用	402
6 促进光流的精确测量	359	4 未来挑战与机遇	405
7 处理飞行器复杂的运动	361	参考文献	405
8 初步飞行测试中使用基于镜像的视觉 系统	361	拓展阅读	405
9 结论	362	■ 第 360 章 运载火箭设计	406
参考文献	362	1 运载火箭	406
■ 第 355 章 厘米级的飞行器研制	364	2 任务需求	406
1 引言	364	3 火箭的级	407
2 固定翼无人机的发展	364	4 推进系统	407
3 旋翼无人机的发展	366	5 结构设计	408
4 厘米级无人机的控制器设计	368	6 制导与控制	409
5 固定翼微型飞行器的低雷诺数特性和 飞行稳定性	370	7 供电系统	410
参考文献	371	8 环境	410
■ 第 356 章 扑翼推进的微型飞行器	373	9 实际应用中的考虑	412
1 引言	373	10 性能表现	413
2 扑翼现象的物理原理	373	11 系统设计	415
3 扑翼设计的类别	374	12 结论	415
参考文献	377	拓展阅读	415
■ 第 357 章 扑翼机器昆虫的驱动和 力学	378	■ 第 361 章 航天器技术：卫星可靠性	416
1 引言	378	1 引言	416
2 飞行力学	379	2 可靠性数据的来源及特点	416
3 制造	383	3 非参数化的卫星可靠性分析方法	417
4 驱动	384	4 卫星可靠性的参数化分析	419
5 胸部机械	385	5 各分系统对卫星失效的相对影响分析	422
6 未来的研究方向	388	6 局限性	423
参考文献	388	7 结论	424
		参考文献	426
		拓展阅读	426
		■ 第 362 章 航天工业的响应性	427
		1 引言	427
		2 航天工业响应性的三个层次	428
		3 进度可压缩性和响应性分布图	430
		4 响应性杠杆	431
		5 结论	437
		参考文献	437
		■ 第 363 章 分布式航天器：探索航天系统 的未来前景	439
		1 分布式概念起源	439

第35部分 空间飞行器与旅行

■ 第 358 章 航天器技术与空间环境 概论	393
1 引言	393
2 航天工程原理	394
3 系统综述	394
4 未来的机遇与挑战	395
参考文献	395