



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

6

# 环境影响与制造

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

熊克 朱春玲 赵宁 任奇野 等©译



**ENCYCLOPEDIA OF  
AEROSPACE ENGINEERING 6**

***Environmental Impact, Manufacturing and Operations***

 **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

6

# 环境影响与制造

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

熊克 朱春玲 赵宁 任奇野 等◎译

*ENCYCLOPEDIA OF*

*AEROSPACE ENGINEERING 6*

*Environmental Impact, Manufacturing and Operations*

图书在版编目 (CIP) 数据

航空航天科技出版工程. 6, 环境影响与制造 / (英) 理查德·布洛克利 (Richard Blockley), (美) 史维 (Wei Shyy) 主编; 熊克等译. —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 978-7-5682-2476-5

I. ①航… II. ①理… ②史… ③熊… III. ①航天工程-环境影响②航天工程-制造 IV. ①V

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 141959 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 / 38

字 数 / 1101 千字

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

定 价 / 228.00 元

责任编辑 / 王玲玲

文案编辑 / 王玲玲

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 毛军远 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 季路成 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 6 环境影响与制造》包含运行环境，声学及噪声，排放物和大气环境影响，废物处理与减排，制造、精益技术与操作集成 5 个部分，由熊克、朱春玲、赵宁、任奇野、朱程香、孙一哲、蔡玉飞、杜骞、张铎予、杨云翔、曹雷团、熊瑛、解晓芳、刘畅、龙雪丹、唐丽筠翻译。特别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、惠特尔、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27部分 运行环境

### ■ 第 270 章 飞机的飞行状态及

应用 ..... 3

- 1 基本注意事项 ..... 3
  - 1.1 飞机的定义：大气 ..... 3
  - 1.2 升力的产生 ..... 4
- 2 基本特性 ..... 5
  - 2.1 飞行中的力 ..... 5
  - 2.2 推进器 ..... 6
  - 2.3 动力装置的飞行状态 ..... 7
  - 2.4 机身及总体效率 ..... 8
- 3 飞行状态及平台应用 ..... 8
  - 3.1 亚声速，马赫数为 0.4，  
高度为 4 km ..... 8
  - 3.2 亚声速，马赫数为 0.4~0.75，高度  
小于 8 km ..... 9
  - 3.3 亚声速，飞行马赫数为  
0.65~0.9 ..... 10
  - 3.4 跨声速，飞行马赫数为  
0.9~1.4 ..... 10
  - 3.5 超声速，马赫数为 1.4~4.0 ..... 10
  - 3.6 高超声速状态，飞行马赫数  
超过 4.0 ..... 11
- 4 飞机起飞和降落的环境 ..... 11
  - 4.1 飞机对地面环境的影响 ..... 11
  - 4.2 飞机在地面环境的飞行 ..... 12
  - 4.3 起飞环境 ..... 12
  - 4.4 着陆环境 ..... 13
  - 4.5 运营环境方面 ..... 14

延伸阅读 ..... 14

### ■ 第 271 章 运载火箭的运行环境 ..... 15

- 1 引言 ..... 15
- 2 飞行剖面及相应环境 ..... 15
  - 2.1 发射升空阶段 ..... 16
  - 2.2 大气层飞行阶段 ..... 17
  - 2.3 离开大气层后的飞行阶段 ..... 18
  - 2.4 分离和级间分离 ..... 18
  - 2.5 发动机点火和关闭 ..... 18
- 3 为应对发射环境所建立的运载火箭和航天  
器设计充分度 ..... 18
  - 3.1 载荷周期流程 ..... 19
  - 3.2 低频载荷分析和硬件试验 ..... 21
- 4 发射当天操作注意事项 ..... 23
- 5 总结 ..... 23
- 参考文献 ..... 23

### ■ 第 272 章 再入飞行器的飞行剖面 ..... 25

- 1 简介及历史回顾 ..... 25
- 2 空气热动力学环境 ..... 26
- 3 进入行星弹道分析 ..... 27
  - 3.1 弹道进入：减速 ..... 27
  - 3.2 弹道进入：加热 ..... 28
  - 3.3 升力进入 ..... 29
  - 3.4 浅滑翔升力再入时的气动加热 ..... 30
- 4 进入弹道 ..... 31
- 5 热防护系统 ..... 32
- 6 总结 ..... 33
- 参考文献 ..... 33



■ 第 273 章 大气成分 .....	35	3.3 雷暴周围区域 .....	63
1 本章指南 .....	35	3.4 “自由”大气湍流 .....	63
2 大气层气体的基本性质 .....	35	4 结冰 .....	64
3 均质层,非均质层、外逸层 .....	37	5 尾迹涡 .....	65
4 主要的大气层气体 .....	40	6 闪电 .....	65
4.1 氮 .....	40	7 尘暴 .....	66
4.2 氧 .....	40	8 结束语 .....	66
4.3 水蒸气 .....	40	参考文献 .....	67
4.4 二氧化碳 .....	41	延伸阅读 .....	68
4.5 惰性气体 .....	41	■ 第 276 章 地球磁场 .....	70
4.6 甲烷 .....	41	1 引言 .....	70
4.7 一氧化二氮 .....	41	2 地磁场观测 .....	70
4.8 臭氧 .....	42	2.1 定义 .....	70
4.9 氢 .....	42	2.2 地磁台 .....	70
5 总结 .....	43	2.3 卫星 .....	72
致谢 .....	43	2.4 其他的直接观测方式 .....	72
备注 .....	43	2.5 间接观测 .....	72
参考文献 .....	43	3 地球磁场特性 .....	72
■ 第 274 章 大气层垂直结构 .....	44	3.1 偶极磁场 .....	72
1 引言 .....	44	3.2 地磁反转 .....	73
2 由温度随高度变化定义的		3.3 目前地磁场的描述 .....	73
大气层分层 .....	44	3.4 地磁场向西漂移 .....	76
2.1 对流层 .....	44	3.5 地磁抽搐 .....	76
2.2 平流层 .....	46	3.6 地壳磁场 .....	77
2.3 中间层 .....	46	3.7 在安静时间地磁场的变化 .....	77
2.4 热层 .....	47	3.8 在扰动时间地磁场的变化 .....	77
3 标准大气 .....	47	4 现代世界地磁场的重要知识 .....	78
3.1 美国标准大气(1976) .....	47	4.1 航海 .....	78
3.2 其他标准大气 .....	47	4.2 石油工业 .....	78
3.3 标准大气在航空中的应用 .....	49	4.3 在长导线中的地磁感应电流 .....	78
4 电离层 .....	49	4.4 卫星运行 .....	78
4.1 电离层的形成 .....	49	4.5 勘探地球物理 .....	78
4.2 电离层分区 .....	50	5 总结 .....	78
5 总结 .....	52	参考文献 .....	78
致谢 .....	53	延伸阅读 .....	78
参考文献 .....	53	■ 第 277 章 地球轨道上的等离子体 .....	80
■ 第 275 章 气象 .....	54	1 等离子体的特性 .....	80
1 引言 .....	54	1.1 什么是等离子体? .....	80
2 微暴流风切变 .....	54	1.2 特征频率 .....	80
3 湍流 .....	58	1.3 德拜长度和电场 .....	81
3.1 重力/剪切波 .....	58	1.4 带电粒子在偶极磁场中的运动 .....	81
3.2 地形诱导湍流 .....	61	1.5 磁流体力学 .....	82



1.6 波的传播 .....	82	■ 第 280 章 微流星体 .....	107
2 太阳—地球关系——日地物理学简介 .....	83	1 测量技术 .....	107
2.1 磁层 .....	83	2 行星际尘埃的性质 .....	109
2.2 星际介质 .....	84	2.1 质量通量 .....	109
2.3 四个 Cluster 任务卫星 .....	84	2.2 动态 .....	110
2.4 极光 .....	84	2.3 成分 .....	111
2.5 电离层之上的等离子体层 .....	85	3 微流星体的来源 .....	112
2.6 其他行星的磁层 .....	86	3.1 彗星和小行星 .....	112
3 空间天气 .....	86	3.2 行星尘埃 .....	112
3.1 空间天气的简介 .....	86	4 实验室模拟 .....	114
3.2 空间环境对卫星和宇航员的威胁 .....	87	5 危害和缓解措施 .....	114
3.3 磁层和电离层的人为影响 .....	87	6 展望 .....	115
4 总结 .....	88	备注 .....	116
参考文献 .....	88	参考文献 .....	116
■ 第 278 章 大气和航天器的相互作用 .....	91	■ 第 281 章 发射环境 .....	119
1 引言 .....	91	1 引言 .....	119
2 气动力和扭矩 .....	91	2 准静态载荷 .....	119
3 固体表面和大气的相互作用 .....	92	3 正弦加载 .....	121
3.1 气动力 .....	92	4 声波和随机性 .....	121
3.2 气体—表面的相互作用 .....	93	5 冲击 .....	123
3.3 稀薄气体动力学 .....	93	6 进一步要求 .....	124
4 为轨道物体表征大气特性的方法 .....	95	7 结构设计和载荷循环 .....	125
5 卫星和大气层相互作用的实际例子 .....	96	8 测试 .....	126
5.1 任务分析 .....	96	8.1 静态测试 .....	126
5.2 轨道寿命 .....	96	8.2 动态测试 .....	126
5.3 阻力补偿 .....	97	8.3 正弦检验 .....	127
6 不足和研究方向 .....	98	8.4 准静态测试 .....	127
备注 .....	98	8.5 开槽 .....	127
参考文献 .....	98	8.6 鉴定/媒介正弦测试 .....	128
■ 第 279 章 空间碎片 .....	100	8.7 随机振动 .....	128
1 空间碎片 .....	100	8.8 声学测试 .....	128
2 空间碎片环境 .....	100	8.9 冲击测试 .....	128
2.1 发射和任务相关物体 (LMROs) .....	100	9 总结 .....	128
2.2 爆炸和碰撞碎片 .....	101	参考文献 .....	128
2.3 非破碎碎片来源 .....	102	延伸阅读 .....	128
2.4 碎片撞击概率 .....	104	■ 第 282 章 星际和行星环境 .....	129
2.5 最近事件及长期远景 .....	105	1 引言 .....	129
备注 .....	106	2 太阳风 .....	129
相关章节 .....	106	3 行星的物理学和动力学属性 .....	130
参考文献 .....	106	4 磁层 .....	131
		5 大气层 .....	136
		6 电离层 .....	138



7 表面环境 .....	138
8 尘埃环境 .....	140
9 小行星和彗星 .....	141
10 总结 .....	143
附录 .....	143
致谢 .....	146
参考文献 .....	146
延伸阅读 .....	147
<b>■ 第 283 章 飞机监管环境 .....</b>	<b>148</b>
1 安全监管的历史 .....	148
2 监管的作用 .....	148
2.1 基于合规的监管 .....	149
2.2 基于目标的监管 .....	149
2.3 基于性能的监管 .....	149
3 管理背景 .....	149
3.1 国际 .....	149
3.2 地区 .....	149
3.3 国家 .....	150
4 航空规章 .....	150
5 飞机的生命周期 .....	150
5.1 研究 .....	150
5.2 设计 .....	150
5.3 产品 .....	151
5.4 运营 .....	151
5.5 维护/维修/修改 .....	151
5.6 人员——工程师 .....	152
6 事故 .....	152
6.1 调查 .....	152
6.2 安全建议 .....	152
7 机组人员 .....	152
7.1 执照 .....	152
7.2 医疗 .....	152
8 基础设施 .....	153
8.1 空中交通管理 .....	153
8.2 机场 .....	153
9 安全管理系统 .....	153
10 环境 .....	154
10.1 噪声 .....	154
10.2 排放 .....	154
免责声明 .....	154
致谢 .....	155
缩略词 .....	155
延伸阅读 .....	155

<b>■ 第 284 章 航天监管环境 .....</b>	<b>156</b>
1 国际航天法 .....	156
1.1 外层空间法 1967 .....	156
1.2 营救协定 1968 .....	157
1.3 责任公约 1972 .....	158
1.4 登记公约 1975 .....	158
1.5 总结 .....	159
2 国家航天法 .....	159
2.1 介绍 .....	159
2.2 英国《外层空间法》 (OSA, 1986) .....	159
2.3 美国《商业空间发射法》 (CSLA, 1984) .....	160
3 发展中的问题: 太空垃圾 .....	160
3.1 背景 .....	160
3.2 机构间太空垃圾协调委员会和 UNCOPUOS .....	161
3.3 解决太空垃圾的国家 机制: 美国 .....	161
3.4 解决太空垃圾的国家 机制: 英国 .....	162
4 观点 .....	162
5 签发发射许可所需的信息 .....	162
参考文献 .....	163
<b>■ 第 285 章 星际飞行监管环境:   行星保护 .....</b>	<b>164</b>
1 引言 .....	164
2 宇宙飞行中生物和 有机污染的开端 .....	164
3 行星保护政策——机器人任务 .....	165
3.1 行星保护分类 .....	166
3.2 行星保护控制 .....	168
4 行星保护政策——人类任务 .....	170
5 未来的任务 .....	171
致谢 .....	172
参考文献 .....	172

**第28部分 声学噪声**

<b>■ 第 286 章 气动噪声 .....</b>	<b>175</b>
1 简介 .....	175
2 声学基础 .....	175





2.1 波动方程式 .....	175	4.2 含激波的超声速射流 .....	200
2.2 格林函数 .....	176	5 趋于实际的喷气射流 .....	200
2.3 分布式声源 .....	177	5.1 飞行效应 .....	200
3 声学类比 .....	178	5.2 射流噪声的预测和 降低技术 .....	201
4 喷气噪声 .....	179	致谢 .....	201
5 机体噪声 .....	181	参考文献 .....	201
6 非线性声学(强生学) .....	182	延伸阅读 .....	202
7 总述 .....	183	■ 第 289 章 机体噪声:起落架噪声 .....	203
参考文献 .....	184	1 问题说明 .....	203
■ 第 287 章 推进系统噪声:涡轮机构 .....	186	2 起落架零部件和设计参数 .....	203
1 引言 .....	186	3 噪声源 .....	204
1.1 噪声认证的规章制度 .....	186	3.1 音调噪声 .....	204
1.2 有效感觉噪声级 (EPNL) .....	186	3.2 宽带噪声 .....	205
1.3 地方噪声条例 .....	187	3.3 安装方式影响 .....	205
1.4 确定特定噪声源 .....	187	4 宽频噪声特性 .....	205
1.5 噪声源方向性 .....	188	4.1 声谱和缩比定律 .....	205
2 涡轮风扇发动机产生的噪声 .....	188	4.2 方向性 .....	206
2.1 发动机叶片通过频率 (BPF) .....	188	5 噪声预测方法 .....	206
2.2 风扇激波噪声(多纯音) .....	189	5.1 零部件方法 .....	207
2.3 交互和畸变音调 .....	190	5.2 “波音”方法 .....	207
2.4 风扇宽频噪声 .....	190	5.3 计算方法 .....	207
2.5 涡轮和压气机噪声 .....	191	6 降噪方案 .....	207
2.6 燃烧噪声 .....	191	6.1 整流罩 .....	207
3 控制和降低涡轮机械噪声 .....	191	6.2 低噪声起落架结构和零部件设计 .....	209
3.1 降低风扇和涡轮机械噪声源—— 音调 .....	191	6.3 流体控制 .....	209
3.2 降低风扇和涡轮机械噪声源—— 宽频噪声 .....	192	7 概要和未来需求 .....	210
3.3 通过声学处理降低风扇和涡轮机械 噪声——预测法 .....	192	符号表 .....	210
3.4 通过声处理降低风扇噪声 .....	193	下标 .....	210
4 总结 .....	194	参考文献 .....	210
参考文献 .....	194	■ 第 290 章 机体噪声:增升装置噪声 .....	212
■ 第 288 章 推进系统噪声:喷气射流 .....	196	1 问题定义 .....	212
1 简介 .....	196	1.1 增升装置 .....	212
2 喷管排出的射流 .....	196	1.2 空气动力职能 .....	213
3 亚声速射流噪声 .....	197	1.3 噪声问题 .....	213
3.1 湍流混合噪声的物理性质 .....	197	2 噪声源 .....	214
3.2 标度定律 .....	198	2.1 前缘缝翼 .....	214
3.3 温度的影响 .....	199	2.2 襟翼侧边 .....	215
4 超声速射流噪声 .....	200	2.3 前缘缝翼滑轨与襟翼 滑轨整流罩 .....	215
4.1 混合噪声 .....	200	2.4 后缘 .....	215
4.2 含激波的超声速射流 .....	200	3 噪声特点 .....	216