



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

8

系统工程

[英]理查德·布洛克利 (Richard Blockley) [美]史维 (Wei Shyy) ©主编
唐胜景 马东立 林海 徐军 龙腾 李世鹏 冀四梅 等©译



*ENCYCLOPEDIA OF
AEROSPACE ENGINEERING 8
System Engineering*

 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

8

系统工程

[英] 理查德·布洛克利 (Richard Blockley) [美] 史维 (Wei Shyy) ©主编
唐胜景 马东立 林海 徐军 龙腾 李世鹏 冀四梅 等©译

*ENCYCLOPEDIA OF
AEROSPACE ENGINEERING 8
System Engineering*

图书在版编目 (CIP) 数据

航空航天科技出版工程. 8, 系统工程 / (英) 理查德·布洛克利 (Richard Blockley), (美) 史维 (Wei Shyy) 主编; 唐胜景等译. —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 978-7-5682-2420-8

I. ①航… II. ①理… ②史… ③唐… III. ①航空工程-系统工程②航天工程-系统工程 IV. ①V

· 中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 126063 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 / 43

字 数 / 1251 千字

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

定 价 / 258.00 元

责任编辑 / 张海丽

文案编辑 / 张海丽

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 晔 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8 系统工程》包含项目管理、航空航天电子系统集成、飞机子系统、系统集成、推进一体化、优化技术及应用、安全工程和任务保障7个部分，由唐胜景、马东立、林海、徐军、龙腾、李世鹏、冀四梅、王晓芳、杨春信、李响、郭杰、熊俊辉、洪海超、王天宁、周运强、杨贯通、薛若宸、朱大林、刘真畅、杨盛毅、马悦悦、张尧、王少奇、董勇攀、郭阳、王泽青、张兴娟、杨涵、刘丹阳、王占鳌、柯鹏、洪苇江、薛连莉、华方伍、张艺伟、王之平、刘圣起、王彬彬、默朝明、陈方正、罗京、韩阳、刘冬责、于永忠、孔寒雪、高俊、刘筑、陈启林、徐启、吴迪、王祝、蒋孟龙、王博甲、杜孟尧、黄波、于成龙、寇家勋翻译。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37部分 项目管理

■ 第 381 章 项目管理概述	3
■ 第 382 章 飞行环境中的生理学	5
1 引言	5
2 海拔	5
2.1 大气的物理特性	5
2.2 高海拔的生理影响	6
2.3 呼吸生理学	6
2.4 低压缺氧的临床特征	6
2.5 有效意识时间	7
2.6 过度换气	7
2.7 体液沸腾	7
2.8 低压减压症	7
3 低压缺氧的保护	8
3.1 氧气需求	8
3.2 供氧准备	8
3.3 供氧方式	9
4 加速度	9
4.1 法向过载的生理影响	9
4.2 负法向过载	10
4.3 正法向过载的防护	10
4.4 抗过载服	11
4.5 座椅角度	11
4.6 弹射	11
5 热生理学	11
6 具体感受	11
6.1 视觉	11
6.2 听觉和平衡	12
7 结论	12

■ 第 383 章 维护工程师等发挥的人为因素： 成功的先决条件 13 |

1 引言	13
2 机组资源管理——安全的保障	14
3 有条理的质疑示例	16
4 工作包容性和透明性的示例	17
5 前进之路	18
作者简介	19
参考文献	19
扩展阅读	20

■ 第 384 章 提高乘客疏散能力的 设计考虑 21 |

1 引言	21
2 事故统计	21
3 乘客疏散	21
4 乘客疏散与客舱安全研究	22
5 影响乘客生存因素研究	22
5.1 乘客疏散中的构型研究	22
5.2 机组成员相关问题研究	25
5.3 乘客知识研究	26
5.4 基于计算机的数学建模和事故 数据库	27
6 结论	28
参考文献	28

■ 第 385 章 可靠性和维修性 30 |

1 可靠性和维修性概述	30
2 可靠性	31
2.1 可靠性计算	31
2.2 可靠性框图	34
2.3 以可靠性为中心的维修	34



3 维修性	35	2.5 步骤 5: 确定工作模式及其持续时间	59
3.1 维修性的度量	36	2.6 步骤 6: 工作和事件序列	59
3.2 诊断和预测	36	2.7 步骤 7: 加载和分析资源	60
3.3 模块化	36	2.8 步骤 8: 调整项目持续时间和风险	61
3.4 预期构建寿命和工作范围优化	37	2.9 步骤 9: 执行安全承诺	62
4 保障性	37	2.10 步骤 10: 迭代	62
4.1 备件预测	37	3 “真正的工作”: 执行、监测、管理和调整	62
4.2 编队管理	38	4 结论	62
4.3 模块匹配	38	参考文献	62
5 结论	38	■ 第 389 章 生命周期工程: 经济学理论	64
参考文献	39	1 引言	64
■ 第 386 章 项目管理: 成本分析	40	2 成本数据: 已知信息	64
1 引言	40	3 经济学的作用	66
2 成本特性	40	4 成本增长的原因	67
3 经常成本和非经常成本	41	5 结论	68
4 直接成本和间接成本	41	注释	68
5 边际成本与全面成本管理	42	参考文献	68
6 生命周期成本要素	42	■ 第 390 章 产品生命周期工程及其应用	69
7 成本和项目管理	44	1 产品生命周期工程的一般运行环境	69
8 结束语	45	2 集成化设计与制造过程权衡研究	70
参考文献	45	3 制造规划中面临的问题	71
■ 第 387 章 项目管理: 成本预测	46	4 产品生命周期工程的实际应用: 高级实践课程简介	71
1 引言	46	5 职业教育证书课程中的高级实践课程简介	73
2 方法论	46	6 工科学学生团队的研究结果	75
3 数据	48	7 Delta 团队混合材料翼设计方案及全方位评价标准的过程验证	77
4 CER 推导	50	8 Delta 团队高级实践课程的总结与结论	77
5 CER 精度	51	9 结论	81
6 解释变量选择	52	附录 A 质量功能展开	81
7 生命周期成本核算	52	附录 B Pugh 方案评价矩阵	82
8 风险	52	B.1 Pugh 方法或决策矩阵方法	82
9 结束语	53	B.2 使用/构造 Pugh 矩阵的步骤	82
注释	53	B.3 建立 Pugh 矩阵的方法	84
参考文献	53	附录 C 多标准决策分析、多属性决策和优劣解距离法	84
■ 第 388 章 项目进度规划	54	C.1 优劣解距离法	85
1 引言	54		
2 10 项常用的项目进度规划步骤	54		
2.1 步骤 1: 制定项目范围和最终可交付成果	54		
2.2 步骤 2: 制定工作序列	54		
2.3 步骤 3: 任务分解和可交付成果	55		
2.4 步骤 4: 确定可交付成果流	57		



参考文献	85	2 系统需求	113
第38部分 航空航天电子系统集成		3 计算机架构	114
第 391 章 飞行器航空电子系统	89	4 选择合适的解决方案	117
1 引言	89	5 计算机硬件的研发	119
1.1 发展的动力：功能与要求	89	6 启动、集成与测试	121
1.2 概述	90	7 结论	122
2 航空航天中航空电子系统的演变	90	参考文献	123
2.1 飞机系统	90	第 394 章 飞机通信和网络	124
2.2 航天系统	93	1 引言	124
3 现代航空航天电子系统	94	1.1 背景和范围	124
3.1 航空电子组件	94	1.2 飞机通信系统	124
3.2 飞机各子系统	95	1.3 飞机通信的传输基础设施	125
3.3 航天飞机各子系统	96	1.4 本章内容	125
4 航空培训	96	2 飞机通信的基本原理	125
4.1 工程培训	96	2.1 模拟语音通信	125
4.2 驾驶员/操纵员培训	97	2.2 航空通信类型的“分类”	125
5 总结与展望	97	2.3 航空频谱分配	126
英语缩略语及含义	98	3 目前的通信系统	126
注释	98	3.1 语音通信	126
参考文献	98	3.2 数据链通信	127
第 392 章 嵌入式 UAS 自动驾驶仪及其传感系统	99	4 未来航空通信系统	128
1 引言	99	4.1 NextGen 通信	128
2 自动驾驶仪结构	100	4.2 NextGen 导航	129
3 内回路控制结构	100	4.3 NextGen 监控	129
3.1 横侧向自动驾驶仪	101	4.4 NextGen 机场地面操作	130
3.2 纵向自动驾驶仪	103	5 技术和政策问题	130
4 机载传感器及其信号处理	105	5.1 带宽限制	130
4.1 角速率、空速及高度	106	5.2 加密与安全	130
4.2 滚转角和俯仰角	106	5.3 通信性能需求	130
4.3 惯性位置和航向	108	5.4 无人机系统	131
5 GPS 导航	108	6 结论	131
5.1 直线路径跟随	109	英语缩略语与名词解释	131
5.2 轨道跟随	110	相关章节	132
6 结论	111	参考文献	132
致谢	111	第 395 章 空间飞行器的通信和网络化	133
注释	111	1 引言	133
参考文献	111	2 相关的通信需求	134
第 393 章 计算机硬件的选择与集成	113	2.1 电磁频谱	134
1 引言	113	2.2 轨道几何形态	135
		2.3 通信和跟踪的基础设施	136
		3 空间飞行器通信组件	137



3.1 航天器天线 137

3.2 射频前端 137

3.3 调制/解调 138

3.4 扩频 138

3.5 信道编码和数据块同步 138

3.6 多址接入 139

3.7 帧(数据链路层)处理 139

3.8 网络工作层设计 140

3.9 应用层协议 140

3.10 执行 140

4 航天器上的科学实验 141

4.1 量化 141

4.2 图像处理 and 科学分析 141

4.3 自主操作 141

5 航天器间的通信 142

6 结论 142

致谢 143

英语缩略语与名词解释 143

参考文献 144

■ 第 396 章 空间系统的飞行软件 146

1 引言 146

2 飞行软件挑战 146

2.1 嵌入式: 实时软件 146

2.2 失效的高昂代价 146

2.3 遥控操作 147

2.4 失效无法避免 147

3 空间飞行软件解决方案 147

3.1 嵌入式: 实时系统 147

3.2 空间遥控 148

3.3 失效挽救 148

4 飞行软件功能 149

4.1 顺序执行和监控 149

4.2 故障管理 150

4.3 自治化 150

5 结论 151

参考文献 151

扩展阅读 152

■ 第 397 章 现代飞机飞行管理系统 153

1 引言 153

1.1 FMS 航空电子设备部件 153

1.2 FMS 功能 154

1.3 FMS 作用 155

1.4 FMS 之间的区别 155

2 航线运行 155

2.1 飞行计划 155

2.2 天气 156

2.3 质量和平衡 156

2.4 燃油计划 156

2.5 航线规划 156

2.6 中途航线 156

2.7 数据链路 157

3 在国家空域系统运行 157

3.1 出发前、起飞及爬升 157

3.2 航线运行 157

3.3 下降、到达、进近及进近失败 158

4 系统运行 159

4.1 飞行计划 160

4.2 飞行操作 160

4.3 警告和报警 161

5 系统功能 161

5.1 导航 161

5.2 路径规划与预测 162

5.3 制导与控制 162

5.4 显示与人机界面 162

5.5 数据库支撑 162

6 未来展望 163

扩展阅读 163

■ 第 398 章 飞机驾驶员与操作界面 164

1 引言 164

2 基本驾驶舱设计 166

3 驾驶舱内自动化设备增加的影响 167

4 无人机地面控制界面 169

5 结论 171

致谢 171

参考文献 172

■ 第 399 章 空间人因工程与操作界面 174

1 引言 174

2 人因工程与空间飞行器地面控制系统 174

2.1 历史情况 174

2.2 目前的状况 175

2.3 目前的研究状况 175

3 人因工程与航天机器人系统 176



3.1 历史情况	176	3.8 波音 787 飞机航空电子系统架构	203
3.2 目前的做法	176	3.9 未来军用飞机设计方案	204
3.3 空间飞行器界面设计之间的关系	177	参考文献	204
3.4 研究	177	■ 第 402 章 飞机燃油系统	205
4 宇航员人因工程	178	1 引言	205
5 宇航员训练	179	2 燃油系统组成及燃油输送	206
5.1 人因工程设计评估	180	2.1 油箱布置	206
6 结论	182	2.2 燃油装卸功能及设备	209
参考文献	182	2.3 油箱惰化抑爆	214
第39部分 飞机子系统			
■ 第 400 章 引言和综述	187	3 燃油监测管理控制	214
1 引言	187	3.1 概述	214
2 系统的简要描述	188	3.2 油量测量系统	216
2.1 动力系统	188	3.3 燃油管理和控制示例	217
2.2 飞行控制系统	188	英语缩略语	219
2.3 燃油系统	188	参考文献	220
2.4 空气系统	189	■ 第 403 章 液压动力的产生和分配	221
2.5 机组人员和乘客系统	189	1 引言	221
2.6 起落架和制动系统	189	2 液压回路设计	221
2.7 其他实用系统	190	2.1 液压载荷	221
2.8 飞行器系统管理系统	190	2.2 液压油液	223
3 系统交联	190	2.3 油液压力	224
相关章节	192	2.4 油液温度	225
参考文献	192	2.5 油液流量	225
■ 第 401 章 飞行器系统管理	193	2.6 液压管路	225
1 引言	193	2.7 液压泵	225
2 飞行器系统管理的演化	193	2.8 油液调节	227
2.1 输入	195	2.9 液压油箱	227
2.2 输出	196	2.10 告警和状态指示	228
2.3 功能/过程/控制	196	2.11 应急动力源	228
2.4 新兴的系统架构	197	3 飞机系统的应用示例	228
3 示例	198	3.1 波音 747-400 飞机	228
3.1 战斗机技术验证机	198	3.2 波音 767 飞机	229
3.2 欧洲“台风”战斗机	199	3.3 波音 777 飞机	230
3.3 BAE 系统公司 Nimrod MRA4 “猎迷”海上巡逻反潜机	199	3.4 波音 787 飞机	231
3.4 空客 A330/340 飞机	199	3.5 空客 A320 飞机	231
3.5 波音 777 飞机	200	3.6 空客 A380 飞机	232
3.6 支线飞机/商务喷气式飞机	201	参考文献	233
3.7 空客 A380 飞机航空电子架构	201	扩展阅读	233
		■ 第 404 章 发电和配电	234
		1 飞机电气系统	234
		2 发电	234