



教育部本科国家级规划教材



北京高等教育精品教材

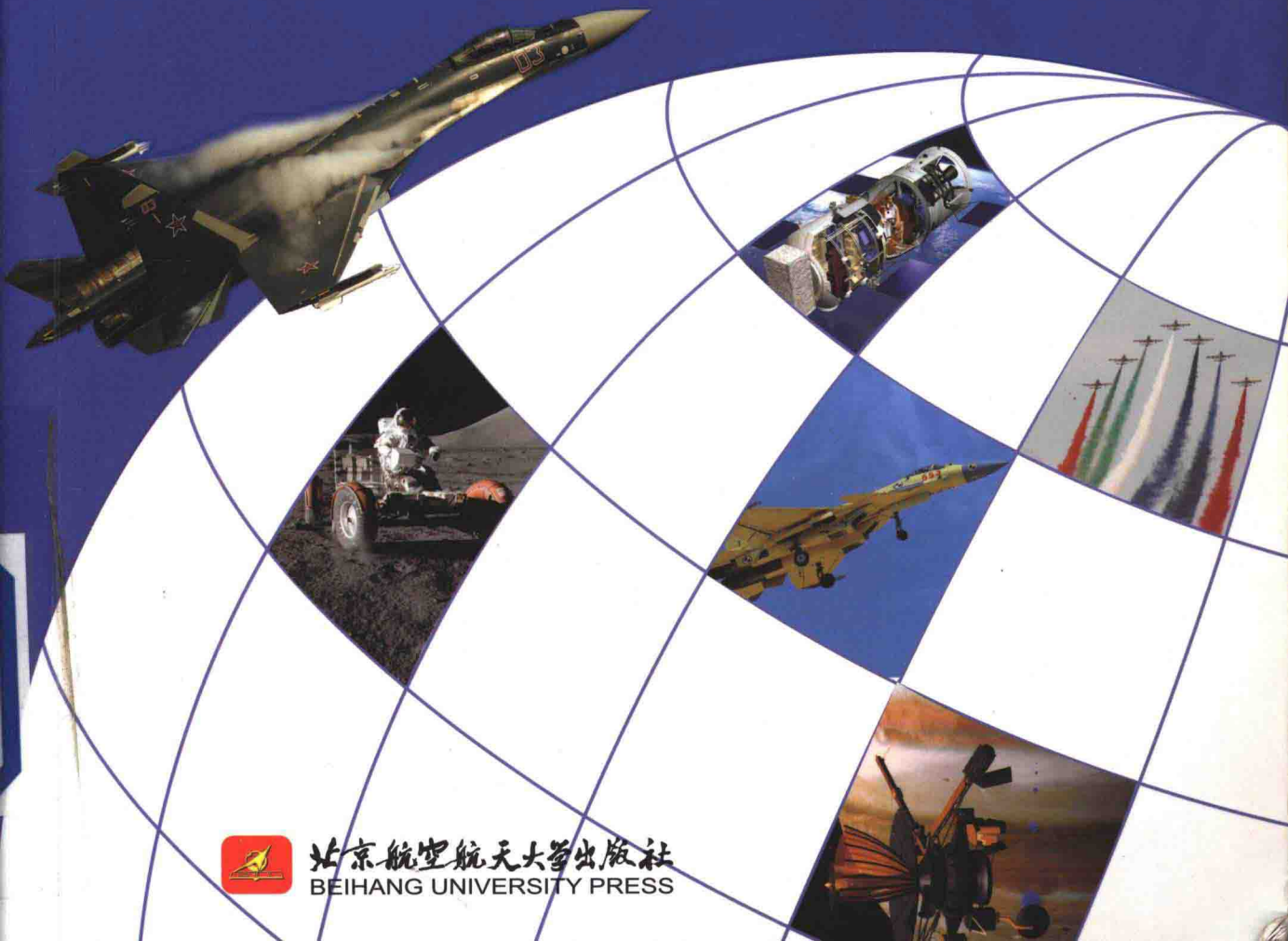
BEIJING GAODENG JIAOYU JINGPIN JIAOCAI

航空航天概论

(第4版)

贾玉红 主编

黄俊 吴永康 编



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



北京高等教育精品教材
BEIJING GAODENG JIAOYU JINGPIN JIAOCAI

航空航天概论

(第4版)

贾玉红 主编
黄俊 吴永康 编

北京航空航天大学出版社

内容简介

航空航天技术是最具魅力的科学技术之一,其技术成果不但极大地改变着世界,也直接影响着人们的日常生活,是一个国家技术水平的标志和综合国力的体现。本书以飞行器(航空器和航天器)为中心,阐述了航空航天领域涉及的基本概念、基本原理和基础知识,梳理了航空航天发展过程中的技术特点、发展规律及最新动态,系统地、完整地再现了航空航天技术的发展历程及技术成果。全书共5章,分别介绍了航空航天发展概况、飞行原理、动力装置、机载设备与飞行控制、飞行器构造等方面的基本内容。书中内容浅显易懂、图文并茂,侧重于基本概念、基本原理的阐述,是了解航空航天的入门教材。

本书为航空航天专业高校的基础教材,供本科低年级各类专业的学生使用,也可供从事相关专业的人员参考。为方便教学,特配套编写了《航空航天概论习题集》,与本书同步出版。

图书在版编目(CIP)数据

航空航天概论 / 贾玉红主编. -- 4版. -- 北京 :
北京航空航天大学出版社, 2017.8

ISBN 978 - 7 - 5124 - 2488 - 3

I. ①航… II. ①贾… III. ①航空—高等学校—教材
②航天—高等学校—教材 IV. ①V

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 193818 号

版权所有,侵权必究。

航空航天概论(第4版)

贾玉红 主编

黄俊 吴永康 编

责任编辑 蔡喆

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路37号(邮编100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: goodtextbook@126.com 邮购电话:(010)82316936

北京宏伟双华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:19.75 字数:506千字

2017年8月第4版 2018年7月第3次印刷 印数:13 001~18 000册

ISBN 978 - 7 - 5124 - 2488 - 3 定价:49.00元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024



► 轻于空气的航空器——热气球表演的热闹场面



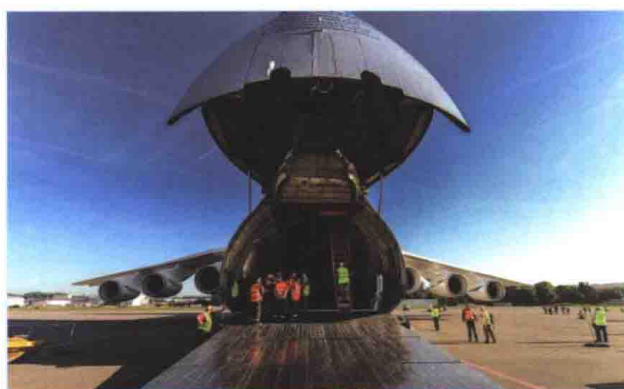
▶ 洛克希德·马丁公司的高空飞艇构想图



▶ 背负航天飞机的美国波音 747 飞机



▶ “全球鹰”无人机



▶ 安-225 是目前世界最大的运输机



▶ 美国“太阳神”太阳能无人机



▶ 阿联酋空军骑士特技飞行表演队进行编队飞行



▶ 舰载机编队飞行



▶ 美国 F-35C 舰载战斗机



▶ 法国“幻影”2000-5 战斗机



▶ 俄罗斯米格-29 战斗机



▶ 中国人民解放军海军第一艘可以搭载固定翼飞机的航空母舰——“辽宁”舰



▶ 歼 10 战斗机



▶ 歼 15 舰载战斗机起飞



▶ 飞行表演中的苏-35 战斗机



▶ 美国 AH-64 “阿帕奇” 武装直升机



▶ 武直-10 是中国人民解放军第一种专业武装直升机



▶ 装配中的瑞典 JAS-39 战斗机



▶ F-22 “猛禽” 第四代战斗机

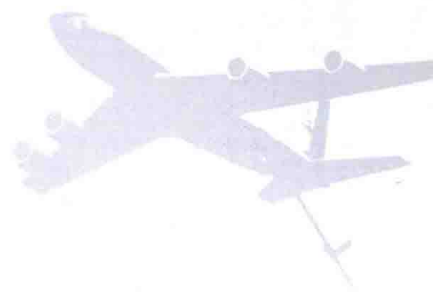


▶ SR-71 “黑鸟” 侦察机





▶ 美国 F-117 隐身战斗轰炸机



▶ 苏-47 前掠翼多用途超声速战斗机



▶ 英国“鹞”式垂直起降战斗机



▶ 欧洲“台风”战斗机



▶ F-18“大黄蜂”超声速多用途战斗机

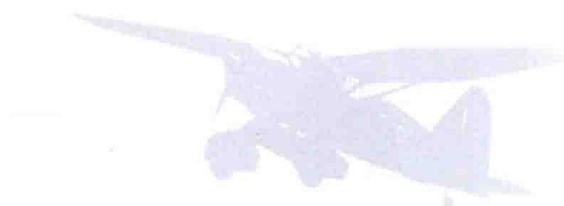


▶ 越南战争期间执行地毯式轰炸的美国 B-52 重型战略轰炸机





▶ 美国海军未来作战无人机



▶ 可爱的旋翼机



▶ 新概念航空器——美国 X-48B 飞翼布局验证机



▶ X-51A 超燃冲压发动机高超声速验证机



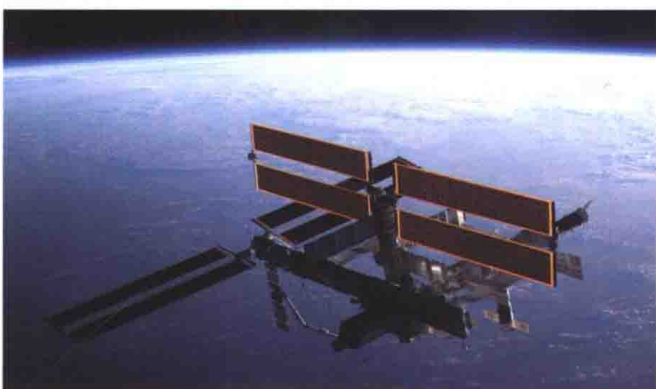
▶ 美国 KC-135“同温层”空中加油机



▶ 新概念航空器——美国超声速绿色飞机



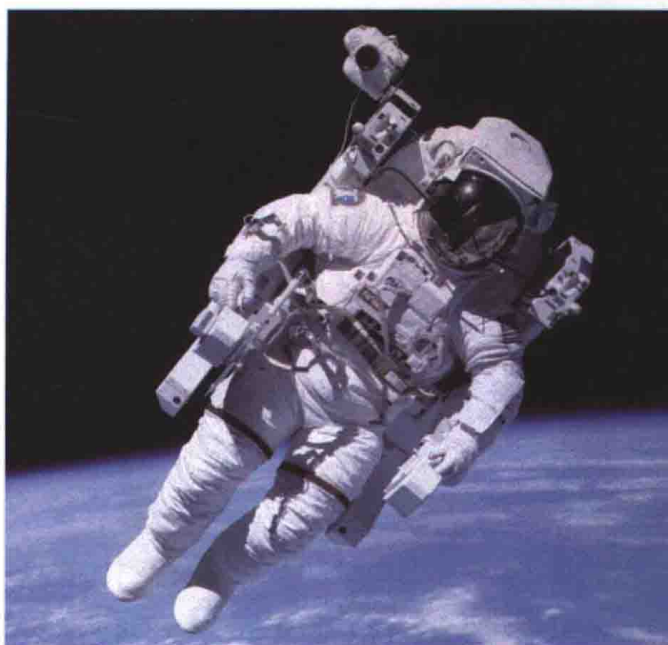
▶ 美国航天员登上月球



▶ 国际空间站



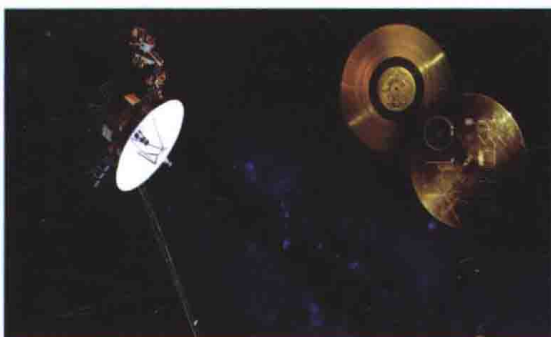
▶ “好奇”号火星车



▶ 美国航天员的第一次无系留太空行走



▶ “卡西尼”号空间探测器飞向土星



▶ 第一次飞出太阳系的“旅行者”1号探测器及其携带的地球信息“金光盘”

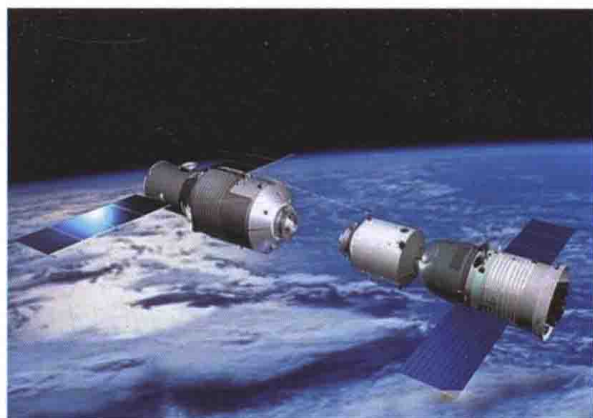




▶ 中国首位飞向太空的航天员
——“航天英雄”杨利伟



▶ “玉兔”号月球车



▶ “神舟”飞船与“天宫”一号交会对接



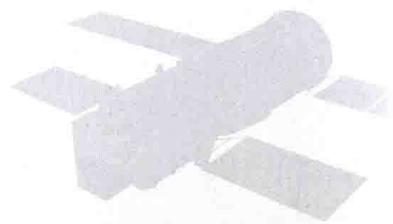
▶ 中国“神舟”5号飞船结构图



▶ “长征”火箭发射的壮观场景



▶ 第三次“飞天”的航天员景海鹏返回出仓



前 言

航空航天技术是高度综合的现代科学技术。它综合运用了基础科学和应用科学的最新成就和工程技术的最新成果,是 20 世纪以来发展最为迅速、应用最为广泛、对人类社会生活影响极大的科学技术领域之一。

航空航天技术是一个国家科技水平的重要标志,是力学、材料科学、电子技术、控制理论、推进技术及制造工艺等技术的综合体现。对航空航天院校的学生来说,了解航空航天领域涉及的基本知识、基本原理及发展概况,对开拓他们的视野、扩大知识面以及今后的学习和工作都是很有帮助的。

本书首先介绍航空航天技术的发展概况,以使读者首先对航空航天的发展历程和最新成果有一个全面的了解;在此基础上,分别对飞行器飞行原理、动力系统、机载设备与飞行控制、飞行器构造等方面的基本知识和基本原理进行介绍。书中内容浅显易懂、图文并茂,侧重于基本概念和基本原理的阐述,具有基础性、系统性和时效性强的特点,适合于各个专业的学生阅读。

本书在谢础、贾玉红主编的《航空航天技术概论(第 2 版)》和贾玉红主编的《航空航天概论(第 3 版)》的基础上,根据多年来的使用经验和读者反馈,对原书的内容和结构进行了进一步的更新和调整。新版教材第 1 章航空航天发展概况在原有技术发展的基础上大量更新了近几年航空航天的最新成果;第 2 章飞行器飞行原理部分结合近几年高超声速飞行、无人机和着陆与回收技术的发展,增加了超声速飞行气动特点、多旋翼飞行原理和航天器再入回收方式等方面的内容;第 3 章动力装置针对原书中部分结构内容的文字描述,配上了生动形象的图片,使内容更加容易理解,并重点强调了深空探测动力装置的内容;第 4 章机载设备与飞行控制中更新了部分仪表设备的工作原理图,增加了航天器测控系统和无人机操纵与控制方面的内容;第 5 章飞行器的构造中增加了目前各国都在大力发展的空间探测器方面的内容,并更新和补充一些更具代表性的、先进的飞行器结构。除此之外,为了便于读者查阅,本书还重新梳理和更新了有关航空航天大事记等附录。调整后的内容将更加系统、全面,更具先进性和时效性。

本书由贾玉红主编,第 1 章由黄俊编写,第 2 章和第 3 章由贾玉红编写,第 4 章和第 5 章由贾玉红、吴永康编写。本书几乎囊括了所有广泛应用的现代飞行器,涉及面极广,内容推陈出新,时效性很强。本书编写过程中,参考了大量国内外文献资料和兄弟院校的有关教学资料,在此谨对原作者深表感谢。

为方便教学,特配套编写了《航空航天概论(第 4 版)习题集》一书,与本教材同步出版。请授课教师联系 goodtextbook@126.com 免费索取习题集参考答案。

本书涉及科学技术的很多领域,鉴于编者的水平有限,如有不当之处,恳请读者予以批评指正。

编 者

2017 年 6 月于北京航空航天大学

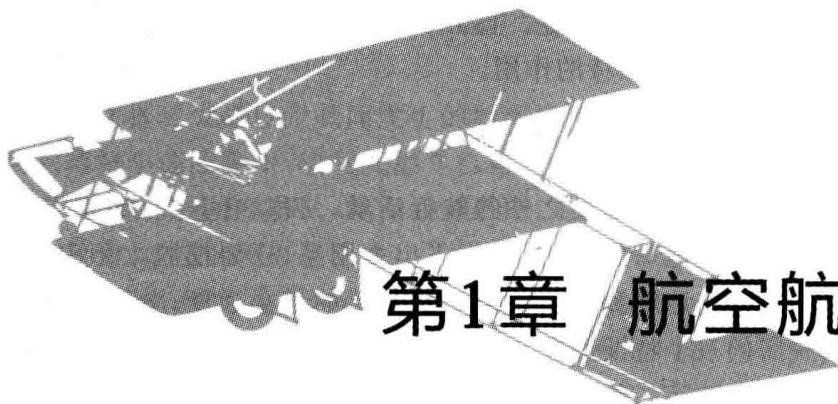
目 录

第 1 章 航空航天发展概况	1
1.1 航空航天基本概念	1
1.1.1 航 空	1
1.1.2 航 天	2
1.1.3 航空航天的地位和作用	2
1.2 飞行器分类	4
1.2.1 航空器	4
1.2.2 航天器	8
1.2.3 火箭和导弹	10
1.3 飞行器发展概况	11
1.3.1 航空器发展概况	12
1.3.2 航天器发展概况	22
1.3.3 火箭和导弹发展概况	25
1.4 中国航空航天技术	27
1.4.1 中国航空技术	27
1.4.2 中国航天技术	40
1.5 航空航天先进技术	52
1.5.1 隐身技术	52
1.5.2 临近空间技术	54
1.5.3 高超声速技术	55
1.5.4 新概念航空器技术	55
1.5.5 航天先进技术	57
思考题	60
第 2 章 飞行器飞行原理	61
2.1 飞行环境	61
2.1.1 大气环境	61
2.1.2 大气的物理性质	63
2.1.3 空间环境	66
2.2 气体流动的基本规律	67
2.2.1 相对运动原理	67
2.2.2 连续性定理和伯努利定理	68
2.2.3 低速气流和高速气流的流动特点	70

2.3 飞机飞行原理	72
2.3.1 平板上的空气动力.....	72
2.3.2 机翼升力的产生和增升装置.....	74
2.3.3 飞机阻力的产生及减阻措施.....	78
2.3.4 飞机的气动布局和几何外形参数.....	81
2.3.5 高速飞行的空气动力.....	83
2.3.6 超声速飞机的气动外形特点.....	91
2.3.7 风洞的功用和典型构造.....	98
2.4 飞机的飞行性能及稳定性和操纵性	103
2.4.1 飞机的飞行性能	103
2.4.2 飞机的稳定性	110
2.4.3 飞机的操纵性	114
2.5 直升机的飞行原理	115
2.5.1 直升机旋翼的空气动力	116
2.5.2 直升机的飞行性能	117
2.5.3 单旋翼直升机的操纵性和稳定性	117
2.5.4 多旋翼直升机的飞行与操纵	119
2.5.5 直升机的布局特点	122
2.6 航天器飞行原理	124
2.6.1 天体运动规律	124
2.6.2 航天器轨道	127
2.6.3 航天器发射与入轨	134
2.6.4 航天器返回与回收	135
2.6.5 航天器姿态稳定与控制	139
思考题	141
第3章 飞行器动力装置	143
3.1 发动机的分类及特点	143
3.2 活塞式航空发动机	145
3.2.1 活塞式发动机的组成和工作原理	145
3.2.2 活塞式发动机的辅助系统	147
3.2.3 活塞式发动机的主要性能指标	147
3.3 空气喷气发动机	148
3.3.1 涡轮喷气发动机	149
3.3.2 涡轮螺桨发动机	156
3.3.3 涡轮风扇发动机	157
3.3.4 涡轮桨扇发动机	160
3.3.5 涡轮轴发动机	161
3.3.6 垂直起落发动机	162

3.3.7	冲压发动机	164
3.3.8	空气喷气发动机的性能指标	165
3.4	火箭发动机	166
3.4.1	液体火箭发动机	167
3.4.2	固体火箭发动机	171
3.4.3	固液混合火箭发动机	174
3.4.4	火箭发动机的主要性能指标	175
3.5	组合动力装置	176
3.5.1	火箭发动机与冲压发动机组合	176
3.5.2	涡轮喷气发动机与冲压发动机组合	178
3.5.3	火箭发动机与涡轮喷气发动机组合	178
3.6	深空探测动力装置	179
3.6.1	电推进系统	179
3.6.2	核推进系统	181
3.6.3	太阳能推进系统	181
	思考题	182
第4章	飞行器机载设备及飞行控制	184
4.1	飞行器典型仪表及机载设备	184
4.1.1	飞行器典型仪表	184
4.1.2	飞行器显示系统	196
4.1.3	其他机载设备	202
4.2	飞行器导航系统	207
4.2.1	无线电导航系统	208
4.2.2	惯性导航系统	211
4.2.3	卫星导航系统	213
4.2.4	图像匹配导航系统	216
4.2.5	天文导航系统	218
4.2.6	组合导航系统	220
4.3	导弹制导系统	220
4.3.1	遥控制导系统	220
4.3.2	寻的制导系统	222
4.3.3	自主制导系统	225
4.3.4	复合制导系统	225
4.4	航天测控系统	225
4.4.1	航天测控网的分类	225
4.4.2	航天测控网	226
4.5	飞行器飞行控制系统	227
4.5.1	飞行器飞行操纵系统	227

4.5.2 飞行器自动控制系统	228
4.5.3 无人机的操纵与控制	232
思考题	236
第5章 飞行器构造	237
5.1 飞行器结构的一般要求和常用材料	237
5.1.1 对飞行器结构的一般要求	237
5.1.2 飞行器结构的常用材料	238
5.2 航空器的构造	239
5.2.1 气球和飞艇的基本构造	239
5.2.2 飞机的基本构造	242
5.2.3 直升机的基本构造	250
5.3 航天器的构造	255
5.3.1 卫星的基本结构	255
5.3.2 空间探测器的构造	257
5.3.3 载人飞船的基本构造	260
5.3.4 空间站的基本构造	262
5.3.5 航天飞机的基本构造	263
5.4 火箭和导弹的构造	267
5.4.1 火箭的基本构造	267
5.4.2 导弹的基本构造	269
5.5 地面设施和保障系统	276
5.5.1 飞机地面设施和保障系统	276
5.5.2 航天器地面设施和保障系统	281
5.5.3 导弹发射装置和地面设备	285
思考题	288
附 录	290
附录1 世界航空大事记	290
附录2 世界航天大事记	292
附录3 中国航空大事记	293
附录4 中国航天大事记	295
附录5 世界十大航天发射基地	299
参考文献	300



第1章 航空航天发展概况

1.1 航空航天基本概念

人类为了扩大社会生产,必然要开拓新的活动空间。从陆地到海洋,从海洋到大气层,再到宇宙空间,这就是人类逐渐扩展活动范围的过程。航空航天是人类拓展大气层和宇宙空间的产物。经过百余年的快速发展,航空航天已经成为 21 世纪最活跃和最有影响的科学技术领域之一,该领域取得的重大成就标志着人类文明的最新发展,也表征着一个国家科学技术的先进水平。

1.1.1 航 空

航空是指载人或不载人的飞行器在地球大气层中的航行活动。航空必须具备空气介质和克服航空器自身重力的升力,大部分航空器还要有产生相对于空气运动所需的推力。

翱翔天空是人类很久以来的梦想,但直到 18 世纪后期热气球在欧洲成功升空,这一愿望才得以实现。20 世纪初期飞机的出现,开创了现代航空的新篇章。空气动力学是航空技术的核心科学基础,航空技术的每一项成就都离不开空气动力学的进展。

航空有军用航空和民用航空之分。

军用航空泛指用于军事目的的飞行活动,主要包括作战、侦察、运输、警戒、训练和联络救生等。在现代高技术战争中,夺取制空权是取得战争胜利的重要手段,也是军用航空的主要活动。军用航空活动主要由军用飞机来完成,军用飞机可分为作战飞机和作战支援飞机两大类。典型的作战飞机有战斗机(又称歼击机)、攻击机(又称强击机)、战斗轰炸机、反潜机、战术轰炸机和战略轰炸机等。作战支援飞机包括军用运输机、预警指挥机、电子战飞机、空中加油机、侦察机、通信联络机和军用教练机等。除固定翼飞机外,直升机在对地攻击、侦察、运输、通信联络、搜索救援及反潜等方面也发挥着巨大的作用,已成为现代军队,特别是陆军的重要武器装备。

民用航空泛指利用各类航空器为国民经济服务的非军事性飞行活动。根据不同的飞行目的,民用航空分为商业航空和通用航空两大类。商业航空指在国内和国际航线上的商业性客、货(邮)运输。这类运输服务主要由国内和国际干线客机、货机或客货两用机以及国内支线运输机完成。通用航空指用于公务、工业、农林牧副渔业、地质勘探、遥感遥测、公安、气象、环保、救护、通勤、体育和观光游览等方面的飞行活动。通用飞机主要有公务机、农业机、林业机、轻