

GUIDED MISSILE
AND SPACE TECHNOLOGY
INTRODUCTION

导弹与 航天技术导论

赵少奎 编著



中国宇航出版社

第二炮兵装备研究院资助出版

导弹与航天技术导论

赵少奎 编著



中国宇航出版社

·北京·

版权所有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

导弹与航天技术导论/赵少奎编著. —北京:中国宇航出版社,2008.9
ISBN 978-7-80218-403-9

I. 导... II. 赵... III. ①导弹—概论②航天工程—概论
IV. TJ76 V4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 147869 号

责任编辑 张艳艳 马 航 责任校对 祝延萍 封面设计 03 工舍

出版 中国宇航出版社

社址 北京市阜成路 8 号 邮编 100830
(010)68768548

网址 www.caphbook.com/ www.caphbook.com.cn

经销 新华书店

发行部 (010)68371900 (010)88530478(传真)
(010)68768541 (010)68767294(传真)

零售店 读者服务部 北京宇航文苑
(010)68371105 (010)62529336

承印 北京国中画印刷有限公司

版次 2008 年 10 月第 1 版 2008 年 10 月第 1 次印刷

规格 880 × 1230 开本 1/32

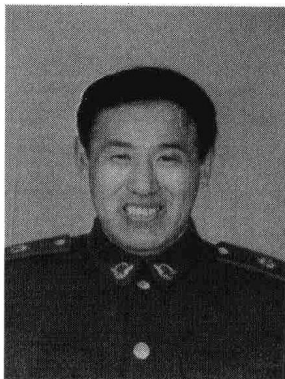
印张 13.75 彩插 8 面 字数 370 千字

书号 ISBN 978-7-80218-403-9

定价 58.00 元

本书如有印装质量问题,可与发行部联系调换

作者简介



赵少奎 高级工程师、研究员，航天技术与工程系统工程专家。1964年4月毕业于哈尔滨军事工程学院导弹工程系；1964年4月至1989年12月，在“中国运载火箭技术研究院”总体设计部从事总体设计工作；1989年12月调入第二炮兵总体论证所，负责型号发展研究与采办技术管理工作。

航天系统工作期间，负责我国自行研制的第一种弹道导弹改进型的总体设计工作，任原第七机械工业部导弹系统定型试验队总体组组长；负责我国第一种洲际导弹的总体设计，任多项专题研究的课题负责人，是导弹系统的主管总体设计师，参与了多种运载火箭和航天运输系统的方案论证工作，是国家“863”航天领域天地往返运输系统专家组技术组成员，获全国科学大会奖和多项国防科学技术成果奖。第二炮兵工作期间，担任二炮总体论证所某型号导弹系统的技术负责人（同型号总师）、二炮某型号导弹系统定型试验队总体组组长等工作，获多项国防科技成果，1992年获政府特殊津贴。现兼任中国高科技产业化研究会常务理事与海洋分会常务理事，上海交通大学特聘研究员。

在长期的工程实践中，积累了丰富的理论知识和实践经验，著有《工程系统工程导论》、《××××战略导弹》等著作；作为第二作者完成了《航天技术概论》、《国防科技》等著作；作为主要撰稿人参与了《钱学森与现代科学技术》、《军事装备管理学》和《创新思维学引论》等书籍的编写。发表过70多篇学术论文和英、俄文译文。为我国弹道导弹与运载火箭的总体设计、武器装备发展研究及采办技术管理工作做出了实际贡献。

谨以本书献给

中国导弹与航天事业的建设者
给予我巨大支持的师长与家人

序 1

当人类刚刚迈入 20 世纪大门的时候，俄国著名科学家齐奥尔科夫斯基论证了用喷气工具实现星际航行的可行性，提出了液体推进剂火箭的构想，推导出著名的齐奥尔科夫斯基公式，建立了“星际航行原理”。紧随其后，著名科学家爱因斯坦于 1905 年提出了“狭义相对论”；1928 年德国著名科学家普朗克等人创立了“量子力学”，为创建现代科学，特别是开拓航天技术奠定了理论基础。航天科技是人类探索、研究、开发太空及地球以外天体的学问，包括空间科学、空间技术（也称“航天技术”）和空间应用三部分内容。空间科学是对太空的各种自然现象或航天诱导现象进行探索、研究的科学，主要用于探索、发现人类未知的世界。发展航天技术，推进空间技术应用是人类航天活动的主要内容，所以，我们通常讲的“航天”，实际上是泛指航天技术及其空间应用。

当今世界，科学技术蓬勃发展，新兴学科、交叉学科与专业不断涌现，使当今世界经济社会发展与科技创新出现了新的时代特征，社会对人才的需求也出现了新的特点，高等院校和社会开展通才教育成为迫切的社会需求。航天技术是现代科学技术中发展最快的尖端科学技术之一，是多领域基础科学、技术科学和工程技术的综合集成。航天技术活动通常是国家级的宏大工程，在我国弹道导弹和运载火箭研制初期，研制工作涉及 70 多个学科和专业；到了 20 世纪 80 年代，增加到 100 多个学科和专业；到了 2000 年，已经发展到 120 ~ 150 个学科和专业……。考虑到航天技术融汇众多学科与专业的特色，把它汇集成对年轻学子进行通才教育的教材是明智和有远见的抉择。

本书从航天大系统的高度出发，紧紧抓住当今世界航天科技发

展的主题，对航天运输系统、航天器系统和导弹系统的历史、现状和发展，用深入浅出的语言和国外与我国航天活动的生动案例，做了系统、科学的介绍，特别是结合当代航天技术的现状、应用和发展前景，重点介绍了我国航天技术发展取得的震惊世界的重大成就；使读者在初步了解导弹、航天技术基本知识的基础上，能够对航天技术在我国现代化建设中的地位和作用有比较清晰的了解和认识，对年轻学子的成长是很有益的，是难得的爱国主义教育教材。

本书作者是我国导弹与运载火箭总体设计专业的第一代六年制毕业生，作为主管总体设计师，亲身参加了我国第一种自行研制的弹道导弹和第一种洲际火箭的总体设计工作，长期在科研、生产与试验第一线从事多种导弹、运载火箭的发展研究、总体设计和采办技术管理工作，科技成果与著述颇丰，是享受政府特殊津贴的工程技术专家。在 40 多年导弹与运载火箭研究与工程开发的实践中，参与过我国大型运载火箭和载人航天“天地往返运输系统”的发展论证工作，通过不同类型导弹、航天运输系统的发展研究与工程开发实践，积累了丰富的经验，并且以主要作者的身份参加了航天工业部组织的第一本《航天技术概论》的编写工作。因此，由本书作者编著的《导弹与航天技术导论》一书，基础知识扎实、内容丰富，具有较深厚的工程实践基础，是我国高等教育难得的一本通才教育教材，也是一本具有科学性、知识性、前瞻性和可读性的航天技术高级科普读物。为此，向广大读者推荐此书。

中国科学院院士

谢光选

2008 年 2 月 16 日

序 2

航天，这是一个既现代、又古老的话题。远在中国古代，“嫦娥奔月”的神话，公元 14 世纪我国勇士“万户”乘坐火箭座椅飞天的壮举等，都寄托着我们祖先对飞出地球，奔向太空的向往。航天技术又是一门年轻的综合性科学技术，从航天学的奠基人齐奥尔科夫斯基论证运用火箭技术实现星际航行的可行性、提出液体推进剂火箭的构想，到今天刚刚 100 年的时间；从第一颗人造航天器飞向太空，到现在刚刚过去 50 年的时间。但是，航天技术的发展，已经给当今世界带来了翻天覆地的变化，引起世界各国的高度重视。航天技术不仅对当代科学技术、经济社会的发展起到了巨大的推动作用，在军事上获得了广泛的应用，而且必将对世界各国未来的科学技术、经济社会和军事技术的发展产生更加广阔、更加深远的影响。

人类已经迈进了新的千年，科学技术蓬勃发展，新兴学科、交叉学科与专业不断涌现，使当今世界科技创新出现了新的时代特征，社会对人才的需求也出现了新的特点。社会对人才需求总的趋势是向创新型、通才型、未来型、应变型、开拓型和国际型等高层次人才倾斜。航天技术是现代科学技术中发展最快的尖端科学技术之一，是多领域基础科学、技术科学和工程技术的高度综合集成，涉及天文学、力学、材料学、医学、电子学、光电技术、计算机技术、真空技术、低温技术、半导体技术、喷气推进技术、制导和控制技术、热控制技术、空间能源技术、空间通信技术、遥测与遥控技术、在轨生命保障技术和航天器的发射、在轨控制和返回技术，以及导弹、航天器与航天运输系统的设计、制造、试验等学科和专业。考虑到航天技术融聚多层次、众多学科与专业的特色，把它汇总编辑成对年轻学子进行通才教育的教材，是明智和有远见的抉择。

纵观当代世界各国航天技术的发展，研制与发射人造地球卫星、实施载人航天和深空探测已经成为人类航天活动的三大主导领域。航天技术在科学技术、经济社会发展和现代化军队建设中发挥着越来越重要的作用，已经成为一个现代化经济和军事大国的重要标志。本书从总体上紧紧抓住了当今世界航天发展的主题，对航天运输系统、航天器系统和导弹系统的现状和发展，用深入浅出的语言、形象生动的案例，科学、简明的表述，比较全面、完整地介绍了航天技术的形成和发展，当代航天技术的现状、应用和发展前景。使广大读者在初步了解导弹、航天技术基本知识的基础上，能够对航天技术在我国现代化建设和科学技术发展中的地位和作用有比较清晰的了解和认识，这些知识对年轻学子在今后工作中的发展和成长是十分有益的。

作者是我国导弹与航天系统总体设计专业第一代六年制本科毕业生，从参加我国第一种自行研制的弹道导弹总体设计工作始，长期从事多种导弹、运载火箭的发展研究、总体设计和采办技术管理工作，科技成果与著述颇多，是享受政府特殊津贴的工程技术专家。在 40 多年的科学研究与工程实践过程中，参与了我国各类弹道导弹、大型运载火箭和载人航天“天地往返运输系统”的发展论证工作，通过不同类型导弹、航天运输系统的发展研究与工程实践，积累了导弹、航天技术领域丰富的知识和经验，作为主要作者参加了我国航天工业系统第一本《航天技术概论》的编写工作。因此，本书作者完成的《导弹与航天技术导论》一书，基础知识扎实、内容丰富，具有较为深厚的工程实践基础，不失为一本我国高等教育难得的通才教育教材，也是一本难得的具有科学性、知识性、前瞻性和可读性的航天科技高级科普读物。

中国工程院院士



2008 年 2 月 18 日

前 言

21 世纪是知识爆炸的时代，科学技术与经济社会发展对人才的需求也出现了新的时代特征，通才教育成为高等院校十分关注的课题。为适应 21 世纪科学技术创新、航天技术发展以及高等院校通才教育的迫切需求，编著本书。

本书的主要读者对象是航天系统从业人员、非航天专业的大学生和具有高中以上文化程度的航天爱好者。内容尽可能做到知识性、趣味性并重，并力求用深入浅出的语言、形象生动的案例，科学、简明的表述，比较全面、完整地介绍航天技术的形成和发展，特别是现代航天技术发展的现状、应用和发展前景。使读者在初步了解航天技术的基本知识、人类在航天领域取得的主要成果的基础上，对航天技术在我国现代化建设和科学技术发展中的地位和作用能够有比较清晰的了解和认识。

我国是火箭的故乡，新中国成立近 60 年来，在党中央的英明决策和直接关怀下，我国航天事业取得了令世人瞩目的伟大成就。我国年轻一代应当了解我国航天人的科学成就和拼搏精神，我国航天事业取得的伟大成就应当成为对年轻一代进行爱国主义教育的重要内容。为此，本书适度增加了有关我国航天科学技术成就的相关内容。

航天技术是现代科学技术中发展最快的尖端科学技术之一，是多领域基础科学、技术科学和工程技术的高度综合集成，涉及天文学、力学、材料学、医学、电子学、光电技术、计算机技术、真空技术、低温技术、半导体技术、喷气推进技术、制导和控制技术、热控制技术、空间能源技术、空间通信技术、遥测与遥控技术、在轨生命保障技术和航天器的发射、在轨控制和返回技术，以及导弹、航天器与航天运输系统的设计、制造、试验等学科和专业。这些不同门类科学技

术在航天技术开发与应用过程中相互交叉、渗透，又产生一些新的学科和专业，使航天技术形成庞大、完整的科学技术体系。

本书的第1篇，从太空与航天的基本概念入手，概要地介绍了人类航天活动的发展历程；第2篇，从运载火箭的结构和工作原理起步，重点介绍了地球空间航天运输系统的发展历史、现状和今后的发展前景；第3篇，比较全面地介绍了航天器系统的基本知识，包括无人航天器、载人航天器、航天器的环境和轨道，以及我国航天器技术的发展历程；第4篇，在比较全面地介绍了导弹武器系统发展历程的基础上，重点介绍了弹道导弹、防空导弹、飞航导弹和反导弹系统的有关知识，使读者对导弹武器系统有比较全面的了解；第5篇，结合我国导弹与航天系统开发的实际，重点对导弹与航天系统的发展研究、研制、试验和航天系统工程做简要介绍。限于作者的知识和实践经历，本书只能是对航天先辈们的科学探索、参考书目中诸多先行者的工作和著述，以及本人从事航天技术研究与实践的点滴收获进行的初步综合和概括，遗漏或不妥之处在所难免，请同行专家、学者不吝赐教。谢光选、戚发轫院士，肖龙旭、邱成龙、涂克勤、吴占成和凌福根研究员在百忙中仔细审阅了全部书稿，第二炮兵装备研究院吴勋、严亦兵高级工程师审阅了部分书稿，他们提出了中肯、宝贵的修改意见。对他们的帮助、支持和鼓励表示诚挚的谢意。书中还引用了我国航天部门宣传资料和部分参考书目中的若干插图，由于书中难以一一注明，这里一并向原作者致谢。

鉴于本书从航天大系统的角度出发，从总体上紧紧抓住了当今世界航天发展的主题，对航天运输系统、航天器系统和导弹系统的现状和发展，由浅入深地进行了讨论，内容比较丰富，对航天专业的本科生、研究生和相关领域的科技工作者也会有所裨益。如果本书的出版能为研究生层次的读者提供一些启示和帮助，将是作者的最大欣慰。

作 者

2008年2月14日

目 录

第 1 篇 人类的航天活动	1
第 1 章 人类航天活动概述	3
1.1 太空、航天与航天技术	3
1.1.1 太空的概念	3
1.1.2 航天与航天技术	6
1.2 火箭的故乡——中国	9
1.3 现代航天的先驱	11
1.4 V-2 火箭	21
1.5 应用卫星与卫星应用时代	22
1.6 载人航天与空间产业	23
1.6.1 载人飞船的发展历程	24
1.6.2 空间站的发展历程	26
1.7 深空探测的发展	29
1.7.1 月球探测的演变	30
1.7.2 火星探测的内容和意义	33
第 2 章 中国的航天事业	35
2.1 中国导弹、航天事业的崛起	35
2.2 中国导弹、航天事业的成就	39
2.2.1 两弹结合试验成功，确立了我国的导弹核大国 地位	39
2.2.2 《东方红》乐曲响彻环宇，中国人进入了空间 时代	40
2.2.3 洲际火箭飞向太平洋，我国初步建立了战略核 威慑力量	41

2.2.4	运载火箭形成系列, 建立起独立、完整的航天 运载体系	42
2.2.5	卫星从太空归来, 我国成为第三个具有卫星 回收能力的国家	44
2.2.6	海龙腾空, 我国弹道导弹研制实现了新的突破 ...	45
2.2.7	通信卫星一举成功, 我国航天技术进入了卫星 应用时代	46
2.2.8	载人航天谱新篇, 我国航天事业进入了新的 发展阶段	47
第3章 航天技术发展展望		51
3.1	世界航天活动的动态	51
3.2	航天技术的发展趋势	55
3.2.1	人造卫星技术	56
3.2.2	空间运输系统技术	57
3.2.3	空间站技术	64
3.2.4	深空探测技术	66
3.3	空间开发的前景	73
3.3.1	太空材料加工	74
3.3.2	太空药物生产	75
3.3.3	太空电站	75
3.3.4	月球基地开发	76
3.3.5	火星开发的前景	78
主要参考文献		79
第2篇 航天运输系统		83
第4章 运载火箭系统概述		85
4.1	运载火箭	85
4.2	火箭的分类和组成	86
4.3	现代运载火箭	87
4.4	我国的 CZ-2F 运载火箭	90

4.4.1 CZ-2F 火箭的总体布局	91
4.4.2 CZ-2F 火箭系统的组成	92
4.4.3 CZ-2F 火箭的飞行程序	93
4.4.4 CZ-2F 火箭的主要技术参数	94
第5章 火箭的箭体结构	95
5.1 箭体结构的功用	95
5.2 箭体结构的组成	95
5.3 箭体的结构形式	99
5.4 分离机构	101
5.4.1 分离机构的功用和分类	101
5.4.2 星、箭分离机构	102
5.4.3 级间分离机构	103
5.5 箭体的结构材料	104
第6章 火箭的控制系统	106
6.1 控制系统的功能	106
6.2 控制系统的基本方案和组成	107
6.2.1 姿控系统	107
6.2.2 制导系统	108
6.2.3 电源配电系统	109
6.3 主要控制仪器设备的工作原理	112
6.3.1 惯性仪表	112
6.3.2 中间装置	116
6.3.3 执行机构	119
第7章 火箭推进系统	121
7.1 火箭推进系统概述	121
7.2 火箭发动机的主要性能参数	121
7.2.1 推力	121
7.2.2 发动机的比冲	122
7.2.3 发动机的工作时间	123
7.2.4 发动机的总冲量	123

7.2.5	推进剂混合比与混合比偏差	123
7.2.6	能量效率	124
7.3	液体火箭发动机	125
7.3.1	液体火箭发动机的推力室	125
7.3.2	推进剂供应系统	126
7.3.3	发动机的控制系统	127
7.3.4	火箭的推进剂	130
7.4	固体火箭发动机	132
7.4.1	固体推进剂	133
7.4.2	固体药柱	134
7.4.3	固体火箭发动机的结构	136
第8章	火箭的飞行原理	139
8.1	火箭的运动原理	139
8.2	作用在火箭上的力	140
8.3	火箭的理想速度	141
8.4	火箭的宇宙速度	142
第9章	航天运输系统的发展	145
9.1	运载火箭的发展	145
9.1.1	初期发展阶段的运载火箭	146
9.1.2	过渡发展阶段的运载火箭	146
9.1.3	独立发展阶段的运载火箭	147
9.1.4	空间产业阶段的航天运载器	147
9.2	航天飞机飞向太空	148
9.3	空天飞机前景展望	150
9.4	单级入轨火箭跃跃欲试	152
9.4.1	三角快帆火箭方案	153
9.4.2	罗汤火箭方案	153
9.4.3	有翼火箭方案	154
9.4.4	升力体形火箭方案	154
	主要参考文献	155

第3篇 航天器系统	157
第10章 航天器概述	159
10.1 航天器的诞生	159
10.2 航天器的分类	160
10.3 航天器的组成	162
第11章 无人航天器	166
11.1 人造地球卫星	166
11.1.1 人造地球卫星的分类	166
11.1.2 人造地球卫星的应用	167
11.2 深空探测器	171
11.2.1 深空探测的目的和探测方式	171
11.2.2 月球与行星际探测器	172
第12章 载人航天器	182
12.1 概述	182
12.2 载人飞船技术	183
12.3 空间站技术	190
12.4 航天飞机技术	191
12.5 生活保障要求与生活保障系统	194
12.5.1 生活保障要求	194
12.5.2 生活保障系统	197
第13章 航天器的运行环境和轨道	202
13.1 航天器的运行环境	202
13.1.1 高层大气	202
13.1.2 地球辐射带	203
13.1.3 微流星和空间垃圾	204
13.2 航天器的运行轨道	205
13.2.1 卫星轨道	205
13.2.2 返回轨道	210
13.2.3 行星际轨道	211
第14章 中国航天器技术的发展	214

14.1	卫星技术研究与研制准备阶段	214
14.2	卫星技术试验和技术突破阶段	215
14.3	应用卫星与卫星应用阶段	216
14.4	载人航天“飞船起步，需求牵引，伺机发展” 阶段	218
14.5	深空探测“绕月探测起步，促进国际合作， 稳步推进”的发展阶段	219
	主要参考文献	220
第4篇 导弹武器系统		223
第15章 导弹武器系统概述		225
15.1	科学技术进步与导弹武器装备的发展	225
15.2	导弹武器系统的发展概况	227
第16章 弹道导弹系统		233
16.1	弹道导弹的分类与发展概况	233
16.1.1	弹道导弹的分类	233
16.1.2	弹道导弹系统的发展概况	234
16.2	弹道导弹武器系统	243
16.2.1	战斗部分系统	244
16.2.2	弹道导弹的发射方式	252
16.3	弹道导弹的飞行弹道	254
16.3.1	弹道导弹的主动段弹道	255
16.3.2	弹道导弹的被动段弹道	257
16.4	典型弹道导弹武器系统	257
16.4.1	民兵导弹发展概况	258
16.4.2	民兵Ⅲ导弹系统	259
16.4.3	民兵Ⅲ导弹系统的发展	265
16.5	弹道导弹系统的发展趋势	266
第17章 防空导弹系统		269
17.1	防空导弹的分类与发展概况	269