

文小平编

A stylized graphic on a dark background. It features a large, textured red circle on the left, partially enclosed by a thick, irregular blue brushstroke. To the right of the circle is a vertical yellow shape representing a rocket, with a red base. The overall style is graphic and expressive.

航天技术导论

● 国防科技大学出版社

○ 文小平 编

HANGTIAN JI SHU
DAOLUN

航天技术导论

○ 国防科技大学出版社

内 容 简 介

本书系统地介绍了航天技术的一般问题，主要包括：航天技术的发展概况；航天原理；航天器；运载工具；航天发射基地；航天技术的应用与前景等内容。

本书可作为高等院校有关课程的教材，也可作为军事院校和部队干部、战士普及军事技术知识的读物。

航 天 技 术 导 论

文小平 编

责任编辑 马立群

装帧设计 侯云

国防科技大学出版社 出版

湖南省新华书店发行
国防科技大学印刷厂印装

*

开本：787×1092 1/32 印张：10.63 字数：247.9千字
1987年9月第1版 1987年9月第1次印刷 印数：0 001-5 000册

统一书号：13415·024

ISBN 7-81024-008-0

V·1 定价：1.80 元

前 言

一、这本书是航天技术方面的概论性读物，目的是介绍航天技术的一般问题，使读者对这个领域的基本情况、基本原理和基本知识，有一个初步的、比较完整的认识。对于将来从事航天事业的高等院校学生，《航天技术导论》应该作为一门先行课程，以便于把自己的学科和专业与航天紧密地联系起来，了解自己局部的工作在航天这一整体中的位置和意义。

二、航天技术的成就已经显示出了它对社会生产力的发展的影响和给人类社会的各个领域所带来的进步，也显示出了它所具有的重大军事价值，从而成为世界新技术革命的重要组成部分。从这一事实出发，为广大青少年开拓知识面、普及航天技术的知识，是一个必然趋势；就军队干部来说，更应当懂得一些航天技术基本而正确的知识及其在军事上的应用。为此，本书也可作为普及航天知识的参考读物。

三、这本书在内容的编排上，由以下几部分组成：

绪论，以《航天技术与现代化》为题，对航天技术发展的历史和现状以及它在当代技术革命中的意义作一综合性评述。这是航天技术领域基本情况的介绍。

第一章，航天原理，从理论上说明形成人造天体所需要的基本条件，以及怎样达到所必须的宇宙速度，指出：火箭推进是实现航天的动力。

航天器是航天技术的主导部分，第二章航天器，讨论了人

造地球卫星、飞船、空间站、空间探测器等不载人和载人航天器的基本问题。

运载工具是发展航天技术的先导，第三章运载工具，讨论了运载火箭和航天飞机两种运载工具，以及发射和返回。

为了实施航天器的发射、运行和返回，还需要有地面技术设备和技术手段的配合，形成完整的航天系统，第四章介绍了航天基地和测控系统。

第五章，应用与前景，说明航天技术是一门在国民经济、科学研究和军事上应用日益广泛的科学技术；对进一步发展航天技术所面临的任务作一展望。

结语，主要从航天技术本身的特点和科学学的角度，对全书作一总结。

四、在深度上，只要具备高等数学初级、普通物理等基础，就足以理解本书所叙述的内容；在广度上，本书所覆盖的知识面较宽，作为教材使用时，根据不同专业和对象的具体情况，可课堂讲授，或结合实物介绍，有的内容也可自学；此外，可配合有关内容，观看一些科教影片，加强电化教学。

五、本书的编写，得到颜廷富副教授的热情帮助。他就编写内容和结构安排等方面提出了许多宝贵意见，在此表示感谢。

六、限于编者的水平，错误和不全面之处在所难免，欢迎广大读者批评指正。

编者

1987年4月

目 录

绪 论 航天技术与现代化

§ 0.1 历史的回顾	1
0.1.1 航空: 在稠密大气层范围内的航行	2
0.1.2 火箭: 航天的技术基础	3
0.1.3 航天: 在外层空间的航行	5
§ 0.2 当代的一项技术革命	9
0.2.1 航天技术首先把现代社会传递与交流信息的通信手段提高到 一个全新的水平	9
0.2.2 航天技术实现了气象观测方式的革命, 使现代气象学进入了 以全球大气为研究对象、以气象卫星为主要观测工具的 新阶段	10
0.2.3 航天技术提供了一种经济、有效的对地球自然资源大面积的 普查手段, 为人类勘探与合理利用自然资源开辟了 新途径	10
0.2.4 航天技术为交通运输提供了一种理想的天上导航台	10
0.2.5 航天技术为空间科学实验活动提供了极其优越的技术手段, 丰富了人类对宇宙的认识	11
§ 0.3 航天技术的军事价值	12
0.3.1 航天技术的突出特点和优点, 使它很快地被运用于 军事领域	13
0.3.2 外层空间将成为军事对抗的新战场	14
0.3.3 航天与防天	16
§ 0.4 中国的航天事业	17
0.4.1 建立了一支优秀的航天技术队伍	17
0.4.2 研制成功了弹道导弹和大型运载火箭	17
0.4.3 成功地发射了各类人造地球卫星	18
0.4.4 建成了全套发射和测控设施	19
0.4.5 在航天技术的应用方面, 取得了可贵的成绩	19

0.4.6 开展国际的航天技术合作和交流	19
----------------------------	----

第一章 航天原理

导 言	21
-----------	----

§ 1.1 形成人造天体的基本原理	22
-------------------------	----

1.1.1 牛顿关于人造地球卫星的设想	22
---------------------------	----

1.1.2 宇宙速度	23
------------------	----

1.1.3 行星运动的开普勒定律	27
------------------------	----

1.1.4 质点在有心力场中的运动方程	29
---------------------------	----

§ 1.2 火箭推进原理	36
--------------------	----

1.2.1 喷气推进	36
------------------	----

1.2.2 变质量物体运动的基本方程	38
--------------------------	----

1.2.3 火箭发动机特性	40
---------------------	----

1.2.4 火箭的飞行速度	43
---------------------	----

1.2.5 多级火箭	45
------------------	----

1.2.6 排气速度 (喷射速度)	48
-------------------------	----

1.2.7 推力系数	55
------------------	----

§ 1.3 航天推进系统	58
--------------------	----

1.3.1 航天推进系统的分类	58
-----------------------	----

1.3.2 化学火箭发动机	59
---------------------	----

1.3.3 核火箭发动机 (核热发动机)	71
----------------------------	----

1.3.4 电火箭发动机	73
--------------------	----

1.3.5 以太阳能为能源的推进系统	76
--------------------------	----

1.3.6 火箭发动机推力的调节	77
------------------------	----

小 结	81
-----------	----

第二章 航天器

导 言	84
-----------	----

§ 2.1 空间环境	85
------------------	----

2.1.1 地球大气结构	85
--------------------	----

2.1.2 真空环境	86
------------------	----

2.1.3 热环境	87
-----------------	----

2.1.4 磁环境	88
-----------------	----

2.1.5 辐射环境	89
------------------	----

§ 2.2 人造地球卫星的轨道	92
2.2.1 轨道形状	92
2.2.2 轨道参数	99
2.2.3 卫星相对于地球表面的运动 (星下点轨迹)	101
2.2.4 摄动因素	104
2.2.5 同步轨道	111
§ 2.3 人造地球卫星的结构	116
2.3.1 星体	117
2.3.2 电源	122
2.3.3 温度控制	125
2.3.4 姿态与轨道控制	129
2.3.5 天线	133
2.3.6 卫星在研制阶段的几种类型	136
§ 2.4 载人航天器	138
2.4.1 超重、失重、低重力环境	138
2.4.2 载人航天器的设计要求	141
2.4.3 生命保障系统	142
2.4.4 行星际载人航天器中的生态系统	145
2.4.5 人造重力	147
2.4.6 几种载人的航天器	149
§ 2.5 空间探测器	154
2.5.1 行星际探测的特点	154
2.5.2 行星际航行的轨道	157
2.5.3 向月球航行	164
2.5.4 空间探测器和登月飞船实例	167
小 结	171

第三章 运载工具

导 言	173
§ 3.1 运载火箭	174
3.1.1 运载火箭与弹道式导弹	174
3.1.2 力学环境	175
3.1.3 运载火箭轨道的主动段飞行程序	181

3.1.4	运载火箭的总体	185
3.1.5	制导系统(初制导)	192
3.1.6	箭体结构	196
§ 3.2	航天飞机	202
3.2.1	新型的航天运载工具	202
3.2.2	型式	203
3.2.3	结构	206
3.2.4	航天飞机(轨道器)的主要系统	210
3.2.5	飞行过程(第一代航天飞机飞行程序的一般描述)	215
3.2.6	航天飞机的巡航飞行	220
§ 3.3	发射与返回	224
3.3.1	发射轨道	224
3.3.2	怎样保证卫星轨道的形状	227
3.3.3	地球自转和公转的影响	231
3.3.4	发射时间	233
3.3.5	用火箭发射静止卫星	235
3.3.6	再入环境(返回环境)	238
3.3.7	返回原理与返回方式	243
小 结		248
第四章 航天基地		
导 言		251
§ 4.1	航天基地的构成和任务	252
4.1.1	航天基地的构成	252
4.1.2	发射场各系统的任务	253
4.1.3	技术阵地和发射阵地	256
4.1.4	地面环境	263
§ 4.2	地面测控网	266
4.2.1	测控系统的任务、组成	266
4.2.2	无线电跟踪测轨(外弹道测量)	267
4.2.3	遥测	270
4.2.4	遥控	273
§ 4.3	航天基地的指挥系统与运载火箭的全程试验	274

4.3.1 指挥系统	274
4.3.2 运载火箭的全程试验	276
小 结	280
第五章 应用与前景	
导 言	282
§ 5.1 对地观测	283
5.1.1 航天对地观测的分类	283
5.1.2 对地观测卫星的轨道特征	284
5.1.3 对地观测的遥感技术	285
§ 5.2 卫星通信	290
5.2.1 卫星通信系统	290
5.2.2 卫星通信范围	291
5.2.3 卫星通信的体制	296
5.2.4 卫星电视广播	303
5.2.5 卫星蚀对静止卫星的影响	305
§ 5.3 航天武器	306
5.3.1 航天武器的种类	306
5.3.2 部分轨道武器(对地面目标的摧毁)	307
5.3.3 拦截卫星(对空间目标的摧毁)	308
§ 5.4 进一步发展航天技术所面临的任务	309
5.4.1 完善人造地球卫星的应用技术	309
5.4.2 建立空间运输的航天体系	311
5.4.3 加强空间军事力量	312
5.4.4 空间开发	312
§ 5.5 宇宙航行的未来	314
5.5.1 时间延迟	314
5.5.2 广义齐奥尔科夫斯基公式(阿克莱公式)	316
小 结	318
全书结语	320
参考文献	321
附 录 空间和时间	322

绪论 航天技术与现代化

“我知道地球是圆的，因为我看见了圆形；然后，又看到它还是立体的，当我往下看时，……看到印度洋上船舶拖着尾波前进，非洲一些地方出现灌木林火，一场雷电交加的暴风雨席卷了澳大利亚一千英里的地区，呈现出大自然的一幅立体风景画。”

这是驾驶航天飞机的宇航员，在谈到从航天飞机上看地球的情景时所作的一段描述。

现代科学技术发展的速度如此之快，以致远远超过了人们的预料。19世纪，法国科学幻想作家儒勒·凡尔纳，在他的《八十天环游地球》这部小说里，设想在1872年，用各种各样的交通工具，以八十天的时间作环游地球一周的旅行，小说的最后一句这样问道：“难道人们真的不能用更短的时间来环游地球一周吗？”如今，载人的飞船、航天飞机一天就可以环游地球十几周，人们可以在数百公里以上的航天轨道上观测地球，这正是航天技术对社会生产力的发展所带来的巨大变革。

§ 0.1 历史的回顾

人类很早就有遨游太空、征服宇宙的理想，宇宙的星球对人类一直充满着吸引力和神秘感，许多美丽的神话和传说，反映了人类对宇宙的向往和探索空间奥秘的心情。但幻想和神话

毕竟不是真实，即使在近代，17世纪初，意大利科学家伽利略（Galileo, 1564~1642）制造了天文望远镜用于观察天体之后，人类对宇宙的认识虽然产生了革命性的变化，但对宇宙天体仍然是可望而不可及的。

人类在征服空间方面真正迈出的第一步，应该从人依靠飞行器离开地面算起，此后，按其发展的阶段性，可划分为航空和航天。

0.1.1 航空：在稠密大气层范围内的航行

航空是飞行器在稠密大气层范围内的航行。通常，把这一类飞行器称为航空器，如：气球、飞艇、飞机。

18世纪，在法国制成了气球，从此，人真的能离开地面了；19世纪，在法国又制成了飞艇，这是一种装有螺旋桨和发动机的、可操纵方向的气球；20世纪初，在美国制成的第一架飞机试飞成功。此后，飞机的性能不断改进，从最初的活塞式发动机推进的飞机，发展到喷气发动机推进的超音速飞机，至今，航空技术已经达到了相当完善的地步，它是20世纪前半叶一项重大的科学技术成就。

但是，航空并不属于航天的范畴。从飞行原理上说，气球和飞艇都是依靠空气的浮力（空气静力）而离开地面的，是轻于空气的飞行器，或称空气静力飞行器。飞机是依靠飞行器与空气的相对运动产生向上的升力（空气动力）而支持它在空气中飞行，为了产生升力，飞行器须有翼面。这类飞行器本身的重量大于它所排开的同体积空气的重量，是重于空气的飞行器，或称空气动力飞行器。

上述两种飞行器的航行都离不开空气，同时，航空发动机的燃料在燃烧时所需的氧气也必须从外界大气中获得，因此，只能在稠密大气层内航行，不可能飞出大气层，进入外层空

间；况且，其飞行速度对航天来说还远远不够。

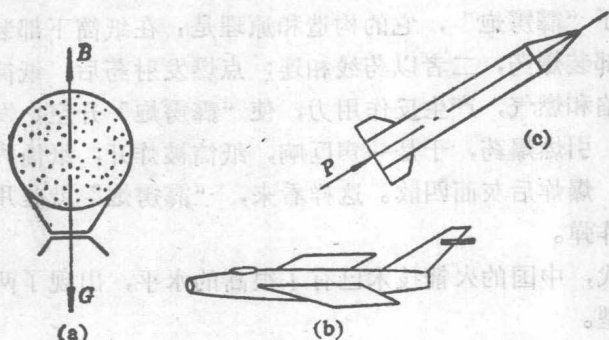


图 0.1 飞行器

- (a) 空气静力飞行器；(b) 空气动力飞行器；
(c) 喷气推进飞行器。

为了飞出大气层，必须寻求新型的推进工具，这就是火箭。

0.1.2 火箭：航天的技术基础

装有火箭发动机的飞行器称为火箭。

火箭的飞行原理完全不同于空气静力飞行器和空气动力飞行器，它是依靠喷气发动机产生的推力，推动飞行器离开地面的，称为喷气推进飞行器。火箭发动机是喷气发动机的一种，它的主要特点是：本身除携带燃烧剂外，还有助燃的氧化剂，从而摆脱了对外界大气的依赖，在大气层内和外层空间都可以工作；同时，火箭发动机可产生巨大的推力，这就使它作为航天的推进工具成为可能。

早期的火箭技术 中国发明了火药，也是火箭技术的发源地。火箭的发明和运用是直接尾随着火药的，凡是掌握了制造火药技术的国家，都不免会产生用火药作能源制造火箭的思

想。最早的火箭——利用火药的反作用而推进的箭——出现于12世纪南宋绍兴三十一年（1161年），宋与金交战的战场上。宋使用了“霹雳炮”，它的构造和原理是：在纸筒下部装发射药，上部装爆药，二者以药线相连；点燃发射药后，纸筒下部喷出火焰和燃气，产生反作用力，使“霹雳炮”升空；发射药燃尽后，引燃爆药，于是一声巨响，纸筒被炸开，纸筒内包含有石灰，爆炸后灰面四散。这样看来，“霹雳炮”就是用火箭运载的炸弹。

明代，中国的火箭技术已有了很高的水平，出现了两级火箭的雏型。

尽管中国早期的火箭是原始性的，但它的基本原理——反作用推进原理，与现代火箭同出一辙。



图 0.2 明天启元年（1621年）茅元仪所著
《武备志》上所画的火箭

近代火箭技术 首先应当提到的是俄国和苏联科学家齐奥尔科夫斯基（К.Э.Циолковский，1857~1935），他毕生从事火箭技术的研究。20世纪初，他提出了“用火箭探索宇宙”的基本观点，阐述了火箭飞行和火箭发动机的基本原理，说明了液体火箭的构造，提出了多级火箭的概念，推导出计算火箭飞行速度的公式。齐奥尔科夫斯基的研究成果对近代火箭技术的发展有深远影响。

在发展近代火箭技术方面的另一位代表人物是美国的哥达德（R·H·Goddard，1882~1945）。他把理论研究和实验结合

起来,1926年,他用液氧和汽油作推进剂,成功地发射了第一枚无控液体推进剂火箭。

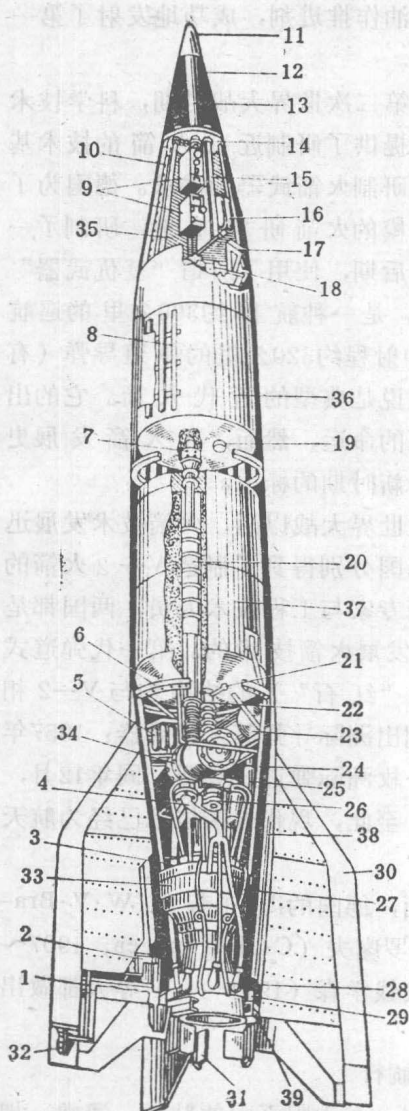
近代火箭技术的突破是在第二次世界大战时期,科学技术发展到20世纪30年代末期,才提供了研制近代火箭的技术基础;同时,在军事上也提出了研制火箭武器的需求。德国为了发动侵略战争,组织了国家规模的火箭研究基地,研制了一系列火箭。在第二次世界大战后期,使用了所谓“复仇武器”一号和二号,前者又称V—1,是一种航程约300公里的巡航导弹;后者又称V—2,是一种射程约320公里的弹道导弹(有控的弹道式液体火箭),可以说是典型的近代火箭。它的出现,没有挽救德国法西斯覆灭的命运,然而,在火箭发展史上,却成为火箭技术进入一个新时期的标志。

现代火箭技术 第二次世界大战以后,火箭技术发展迅速。1945年,苏联和美国从德国分别得到了制造V—2火箭的设备和包括布劳恩在内的火箭专家与工程技术人员,两国都是在V—2火箭的基础上,大力发展火箭技术的。第一代弹道式火箭(苏联的P—1,美国的“红石”)的结构均与V—2相仿。接着,苏美两国相继研制出洲际导弹等火箭武器:1957年8月,苏联成功地发射了第一枚洲际弹道式导弹;同年12月,美国也发射了它的洲际导弹。至此,现代火箭技术已经为航天奠定了基础。

在发展现代火箭技术方面,德国的冯·布劳恩(W·V·Braun,1912~1977),苏联的柯罗廖夫(С·Л·Королев,1907~1966)以及中国的著名科学家钱学森(1911~)等人都做出了杰出的贡献。

0.1.3 航天:在外层空间的航行

航天是飞行器飞出大气层,在太阳系内的航行。通常,把



1、接向空气舵的链条传动装置；2、电动机；3、喷咀舱；4、向发动机输送酒精的导管；5、空气瓶；6、后隔框；7、酒精伺服活门；8、火箭的骨架；9、控制仪器；10、由酒精箱通向头部（爆炸部分）的导管；11、带信管的头部；12、带导线的导管；13、中央信管；14、电爆管；15、胶合板框；16、氮气瓶；17、前隔框；18、陀螺仪；19、酒精流出口；20、向涡轮泵联动装置输送酒精的导管；21、液氧注入口；22、波纹管；23、过氧化氢箱；24、发动机架；25、装过锰酸钾的小箱（后面是蒸气发生器）；26、液氧分配器；27、冷却用酒精的导管；28、酒精出口；29、舵机；30、尾翼；31、燃气舵；32、空气舵；33、燃烧室和尾喷管；34、涡轮泵联动装置；35、控制舱；36、酒精箱；37、液氧箱；38、尾段壳体；39、舵圈。

图 0.3 V-2弹道式导弹结构图

这一类飞行器称为航天器，如：人造地球卫星、航天飞机等。它较之航空，是一次质的飞跃。

航天技术兴起的标志是：1957年10月，苏联成功地发射了第一颗人造地球卫星。从此，开始了人类征服空间的新时代。自那时以来，航天技术已由初期的试验阶段发展到广泛应用。

初期的航天活动 自50年代末期至60年代中期，航天活动的重点是试验和掌握航天基本技术，逐步完善航天器进入空间的技术手段，包括：研制和发射运载火箭；研制与试验人造地球卫星、载人飞船等航天器的结构和设备。从1958年，先后发射了通信、测地、气象、导航、侦察等用途的试验性卫星。

实际应用 自60年代中期至80年代初，航天技术在军事、国民经济等方面得到日益广泛的应用。由于遥感技术、电子技术的发展，相继发射了许多应用卫星，静止通信卫星、导航卫星、气象卫星开始全球性的应用；侦察卫星大量用于军事目的。此外，还向太阳系内其它行星发射了多种探测器。

大规模航天活动的开始 80年代初，航天飞机的出现，是航天技术具有阶段性变化的标志。它是多次使用的、载人的航天运载工具，开辟了空间运输的航线，给航天活动的普及和空间开发带来广阔的前景。

载人航天 在航天技术的发展上，载人航天的实现是人类征服自然的最伟大创举之一。第一步，是发射短期航行的卫星式飞船。1961年4月，苏联的“东方号”飞船首次绕地球航行了一周，历时108分钟。至1963年，载有一名宇航员的“东方号”和美国的“水星号”飞船多次发射成功，解决了人进入空间和返回地面的一些关键性技术。第二步，是发展载人航天的基本技术，如：飞船的机动航行、两艘飞船的会合和对接、宇航员舱外活动等，特别是人在空间长期生活的适应性问