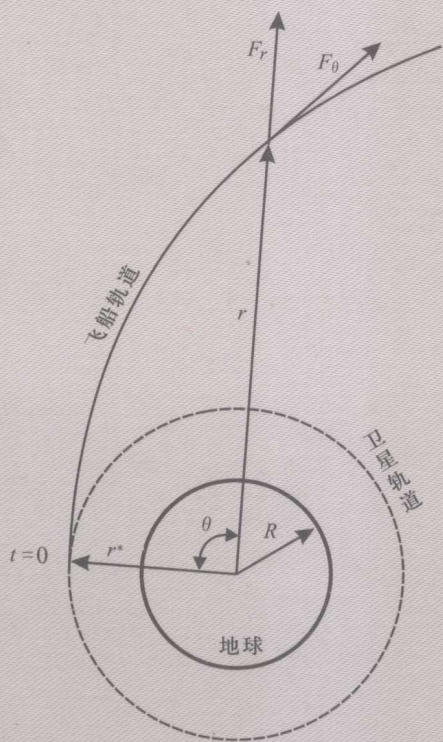
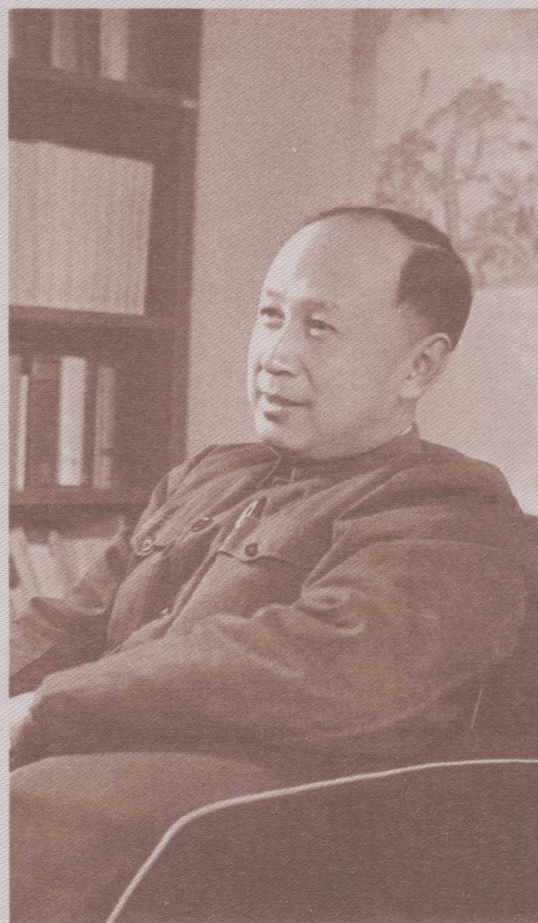


星际航行概论

钱学森 著



星际航行概论

钱学森 著



中国宇航出版社

·北京·

内 容 简 介

本书是钱学森于 20 世纪 60 年代初撰写的中国第一本高等院校航天专业基础教材,系统地介绍了星际航行技术的各个方面,包括运载火箭的动力系统、运载火箭的设计及制造过程、运载火箭及星际飞船的飞行轨道、控制系统的设计原则及设计过程、星际航行中的通讯问题及防辐射问题、解决飞船再入大气层的设计原理、星际飞船的设计问题,以及星际航行的前景展望等。

书中通过大量的分析、计算,从理论和实践的角度论证说明,星际航行是一定能实现的,但是星际航行技术是复杂的,实现星际航行是一项艰巨的工作。

版权所有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

星际航行概论/钱学森著. —北京:中国宇航出版社,2008. 12

ISBN 978—7—80218—439—8

I. 星… II. 钱… III. 星际飞行—研究 IV. V529. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 171396 号

策划编辑 石磊 责任编辑 易新 责任校对 王妍 封面设计 03 工舍

出 版 行 **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 北京画中画印刷有限公司

版 次 2008 年 12 月第 1 版
2008 年 12 月第 1 次印刷

规 格 787×1092

开 本 1/16

印 张 17.5 彩插 4 面

字 数 450 千字

书 号 ISBN 978—7—80218—439—8

定 价 120.00 元

本书如有印装质量问题,可与发行部联系调换

第一讲

提纲

- 1) 我们祖先早就有飞到天上去的理想。嫦娥奔月。
火箭是我们的劳动人民在约 1100 年左右的南宋时代发明的。
到了十八世纪英国人侵入印度的时, 印度军队用了火箭武器给入侵军队很大的打击。
英国人从而开始火箭武器的制造, William Congreve (1772-1814) 的火箭的射程约 2.3-2.8 公里, 重十几公斤至二十几公斤。以后火炮代替了。
Константин Э. Циолковский (1857-1935) 奠定了火箭技术及星际航行的理论基础
Robert H. Goddard (在 1910 年以后) 开始了火箭研究, 及试射。
现代火箭的开创体现在 V-2 火箭, 带涡轮泵, 总重 12.98 吨, 推力 27.2 吨, 头 1 吨。
苏联的成就。
美国情况: ……; "宇宙神" + "半人马座"; "土星"。
(约 4 吨重卫星)

② 现代科学与星际航行。

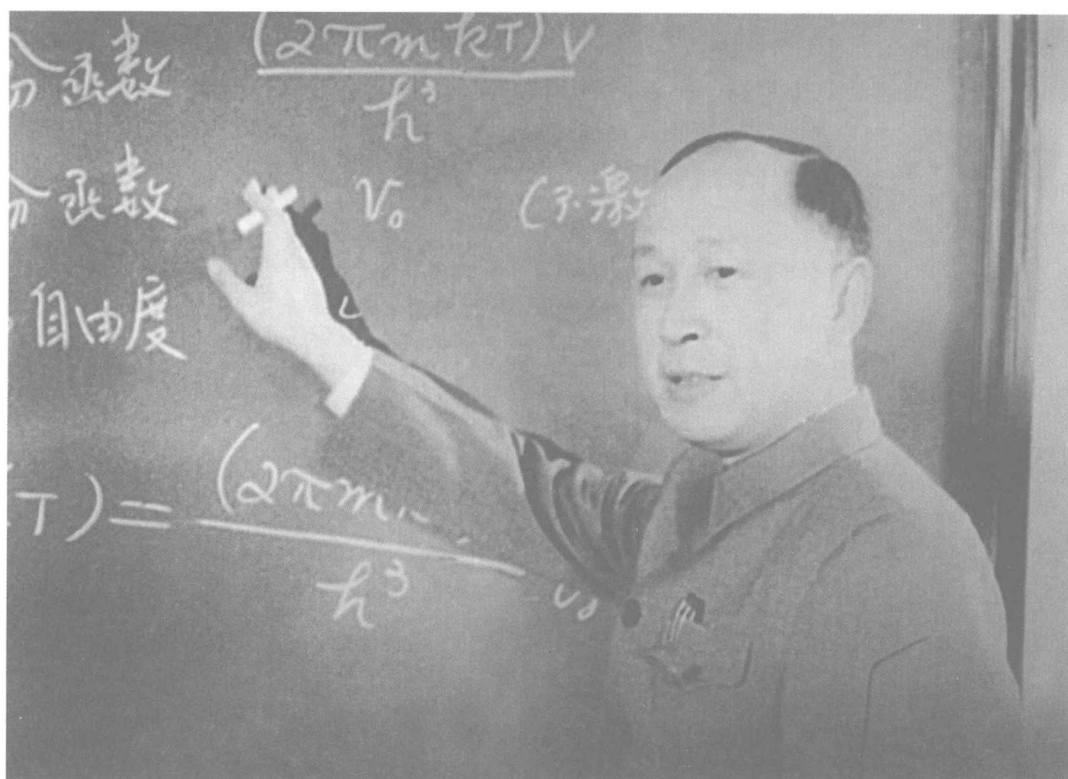
- 2) 太阳系的描述
- 3) 宇宙速度, 公式的推导
- 4) Циолковский 公式的推导
- 5) 宇宙航行——恒星世界
- 6) 速度必需接近光速。Ackeret 公式的推导
- 7) 喷气速度 w 也必需接近光速。

习题 1.1 从地球表面上发射一个打中太阳的探测器, 最小的速度要求是什么?

习题 1.2 如果 $w=0.05c$, 达到 $V=0.8c$ 的质量比是什么? a) 用 Ackeret 公式, b) 用 Циолковский 公式

钱学森先生手书的“火箭技术概论”讲课纲要

《星际航行概论》是根据当年钱学森先生在中国科学技术大学所授“火箭技术概论”课程的讲课纲要和讲义整理而成



钱学森先生为中国科学技术大学58级、59级学生讲课

第一宇宙速度, 第二宇宙速度, 第三宇宙速度

设 g 为地球表面的引力常数 (我们设地球为不转的圆球), 而 R 为地球的半径。那么在 r 半径的卫星其运行速度 $v(r)$ 可用下列方法来计算。

$$g\left(\frac{R}{r}\right)^2 = \frac{v^2}{r}, \quad \text{即} \quad v^2 = gR \frac{R}{r}, \quad v(r) = \sqrt{gR} \left(\frac{R}{r}\right)^{\frac{1}{2}}$$

一周的时间: $T(r) = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi r}{\sqrt{gR} \left(\frac{R}{r}\right)^{\frac{1}{2}}} = 2\pi \sqrt{\frac{r}{g}} \cdot \left(\frac{R}{r}\right)^{\frac{1}{2}}$

1) 第一宇宙速度, $r=R$, $v_1 = \sqrt{gR} = \sqrt{9.80 \times 6,371,000} = 7,900 \text{ 米/秒} = 7.90 \text{ 公里/秒}$

$$T_1 = 2\pi \times 6,371,000 \div 7,900 = 5,070 \text{ 秒} = 84.5 \text{ 分}$$

如果 $T = 24 \text{ 小时} = 1440 \text{ 分}$, $\frac{T}{T_1} = \left(\frac{r}{R}\right)^{\frac{3}{2}} = 6.63$
 即高度为 $r-R = 5.63 \times 6,371 = 35,840 \text{ 公里}$ } 在电离层之外

2) 第二宇宙速度 $\int_R^{\infty} g \frac{R^2}{r^2} dr = gR$, $\frac{1}{2}v_2^2 = gR$, $v_2 = \sqrt{2gR} = 11.18 \text{ 公里/秒}$
 $= \sqrt{2}v_1$

要把卫星放到 r 的圆轨道上去, 所给的 ~~量~~ 能量, 其对应的速度为 V ,

$$\frac{1}{2}V^2 = \frac{1}{2}v^2 + gR\left(\frac{R}{r}\right) = \frac{1}{2}gR\left(\frac{R}{r}\right) + gR\left(1 - \frac{R}{r}\right) = gR\left(1 - \frac{1}{2}\frac{R}{r}\right)$$

$$V = \sqrt{2gR\left(1 - \frac{1}{2}\frac{R}{r}\right)}; \quad \left[\begin{array}{l} \text{对 } 24\text{-小时} \text{ 的轨道来说 } \sqrt{1 - \frac{1}{2}\frac{R}{r}} = \sqrt{1 - 0.0754} = \sqrt{0.9246} \\ \text{故 } V = 0.961V_2 \end{array} \right. = 0.961$$

3) 现在来计算第三宇宙速度。设 M_0 为太阳质量, M 为地球质量, R_0 为地球到太阳的距离, 那么在地球轨道上太阳对每单位质量的引力为

$$g \frac{M_0}{M} \left(\frac{R}{R_0}\right)^2$$

从而要从地球轨道上飞出太阳系, 利用地球已有的速度, 为加能量

$$\left\{ \sqrt{g \frac{M_0}{M} \left(\frac{R}{R_0}\right)^2} (\sqrt{2}-1) \right\}^2 + 2gR = v_3^2$$

故 $v_3 = \sqrt{2} \left\{ 1 + \left(\frac{M_0 R}{M R_0}\right) \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} = \sqrt{2} \left\{ 1 + 332,000 \times \frac{6,371}{149,500,000} \times 0.2727 \right\}^{\frac{1}{2}} = 16.63 \text{ 公里/秒}$

第二讲

0) 用什么样的发动机?

1) 固体发动机工作原理。

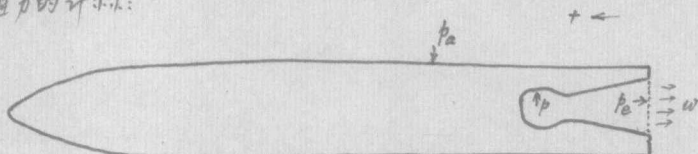
————— 已有图

2) 液体发动机工作原理: 挤压式; 涡轮泵式
"Cosmos" "V-2"

————— 图

原功率!

3) 推力的计算:



我们依照牛顿的第二定律知道作用在气体上的力应该等于每秒钟气体所得到的动量。而作用在气体上的力是由于气体作用在发动机内壁的压力的反力。因此如果我们用 \vec{p} 代表压力向量, dA_i 代表发动机内壁的面积的一小块, 那么作用在气体上的力是

$$-\int_{\text{内壁}} \vec{p} dA_i + p_e A_e = -\dot{m} w$$

如果作用在发动机内壁上的压力 p 是等于外界大气的压力 p_a , 那么我们就说发动机没有开动, 没有推力。所以推力 T 是

$$T = \int_{\text{内壁}} (\vec{p} - \vec{p}_a) dA_i = \int_{\text{内壁}} \vec{p} dA_i - \int_{\text{内壁}} \vec{p}_a dA_i$$

但是根据内壁表面加 A_e 正好是一个封闭面,

$$\int_{\text{内壁}} \vec{p}_a dA_i = + \int_{A_e} \vec{p}_a dA_e$$

由此

$$T = \dot{m} w + p_e A_e - p_a A_e = \dot{m} w + (p_e - p_a) A_e$$

④ 这是一个定常流动的公式!

序

长远以来人们就有在宇宙空间飞行的愿望，由于现代科学技术的发展，这一理想已在逐步实现，星际航行将是科学技术在 20 世纪后半叶中最突出的成就。

写这本书是为了全面地介绍星际航行技术，而主要的对象是近代力学工作者。著者试图达到两个目的：第一，想说明实现星际航行的各个技术问题，从而一方面使投入到这些单个问题作研究的科学技术工作者能了解每一个问题在全部分工作中的意义；而另一方面也是要说明星际航行技术的高度综合性，它几乎包括了所有现代科学技术的最新成就，像近代力学、原子能、特种材料、高能燃料、无线电电子学、计算技术、自动控制理论、精密机械、太空医学等。星际航行的更进一步发展不但将对上述这些科学技术提出新的、更高的要求，而且还会对另外一些直到现在还未发生联系的学科，像植物学、动物学、生物物理、生态学、遗传学、地质学等提出研究课题，使这些学科也得到以前未有的推动力，并向新的方向发展。一句话，星际航行是组织和促进现代科学技术的力量；星际航行可以广泛地带动各门科学前进。

在本书里，著者想说明的第二点是星际航行实践的复杂性和艰巨性。星际航行事业的每一个部门，研究、设计、试验、制造、发射、通讯都需要一个庞大的组织，都需要一支由千万名科学家、设计师、工程师、技师、技术员、工人和其他人员组成的队伍。这些部门进行工作所需要的设备在质上要求最高，在量上也多；因此，没有一个强大和各方面成套的工业，没有一支多种学科和人数众多的科学技术队伍，就不可能设想全面地开展星际航行工作。自然，星际航行技术并不神秘，分析起来也不过是一般自然规律的具体应用，星际航行技术的基础也还是众所周知的基础学科，如数学、物理、化学等。我们要强调的是：虽不神秘，但也不简单。星际航行是整个现代科学技术最高水平的集中表现，不是轻而易举的。

为了达到以上目的，本书的叙述想尽量具体，引用一些具体设计或计算数字作为例证。显然，在这方面有一定的限制，在书中较多地引用美国公开的技术资料，有些还是美国尚未实现的设计。著者曾对引用的资料作过鉴别，希望里面没

有什么错误或不正确的东西。但在这点上或全书的其他方面如有谬误,恳请读者们指正。

如上所述,本书的主要读者将是近代力学工作者们,因此在讲解各个问题的深度上有所侧重:对力学方面的问题,如动力、轨道、空气动力加热等就写得深一些;而力学原理却有意地讲得比较简略;对非力学的问题,如控制及导航系统、通讯系统、原子能发动机、电源、电火箭发动机等,为了把原理讲清楚,多费了些章节,但讲得不太深,只介绍了概况。

在写这本书的过程中,雷见辉同志和喻显果同志曾辛勤劳动,帮助著者整理书稿、绘制插图;也可以说如果没有他们的努力,这本书是写不成的。著者在此谨对他们表示衷心的感谢。

著者
1962年4月

目 录

| | |
|----------------------|----|
| 第 1 章 星际航行与宇宙航行 | 1 |
| 1.1 火箭技术的早期 | 1 |
| 1.2 现代的火箭技术 | 4 |
| 1.3 太阳系 | 7 |
| 1.4 地球的周围环境 | 11 |
| 1.5 第一、第二、第三宇宙速度 | 15 |
| 1.6 齐奥尔科夫斯基公式 | 19 |
| 1.7 恒星世界的宇宙航行 | 20 |
| 1.8 阿克莱公式 | 22 |
| 第 2 章 火箭发动机原理 | 27 |
| 2.1 星际航行的动力 | 27 |
| 2.2 固体推进剂火箭发动机工作原理 | 28 |
| 2.3 液体推进剂火箭发动机工作原理 | 29 |
| 2.4 推力的计算 | 32 |
| 2.5 喷气速度的计算 | 34 |
| 2.6 喷管的形状 | 39 |
| 2.7 推力系数 | 43 |
| 2.8 比冲 | 45 |
| 2.9 更准确的计算 | 46 |
| 第 3 章 火箭发动机的技术实现 | 48 |
| 3.1 液体推进剂的性能 | 48 |
| 3.2 液体推进剂的选择 | 51 |
| 3.3 几种液体火箭发动机 | 52 |
| 3.4 液体火箭发动机的设计过程 | 61 |
| 3.5 发动机试车台 | 65 |
| 3.6 固体推进剂及固体火箭发动机的发展 | 67 |
| 3.7 固体火箭发动机的设计问题 | 69 |
| 3.8 固体火箭发动机的发展前景 | 72 |
| 3.9 新型火箭发动机——固液型发动机 | 74 |

| | |
|------------------------------------|------------|
| 3.10 发动机推力方向的调节 | 75 |
| 第4章 运载火箭的技术实现 | 81 |
| 4.1 多级运载火箭的级数 | 81 |
| 4.2 运载火箭的实例 | 84 |
| 4.3 结构重量、结构比 | 89 |
| 4.4 运载火箭的设计过程 | 92 |
| 4.5 星际航行场 | 95 |
| 第5章 运载火箭从地面起飞的轨道问题 | 102 |
| 5.1 发射人造行星或月球火箭的轨道与发射人造卫星的轨道 | 102 |
| 5.2 邻近地面的起飞轨道 | 103 |
| 5.3 质点在向心引力场中的运动 | 107 |
| 5.4 椭圆轨道上卫星的周期 | 111 |
| 5.5 发射卫星的最佳轨道 | 112 |
| 第6章 星际航行的轨道 | 117 |
| 6.1 太阳的重力场 | 117 |
| 6.2 太阳系中的椭圆轨道 | 118 |
| 6.3 实例 | 122 |
| 6.4 在中心力场中的低推力轨道 | 123 |
| 6.5 低推力星际轨道 | 130 |
| 6.6 光帆 | 131 |
| 第7章 原子能火箭发动机 | 133 |
| 7.1 原子能 | 133 |
| 7.2 原子火箭发动机 | 134 |
| 7.3 电火箭的设计原理 | 138 |
| 7.4 电火箭发动机的类型 | 145 |
| 7.5 原子火箭与电火箭的比较 | 147 |
| 7.6 氦火箭发动机 | 149 |
| 第8章 制导问题 | 150 |
| 8.1 制导 | 150 |
| 8.2 发射人造地球卫星的轨道所要求的精确度 | 150 |
| 8.3 星际飞行轨道所需要的精确度 | 155 |
| 8.4 控制的概率 | 159 |
| 8.5 星际航行的制导问题 | 160 |
| 8.6 运载火箭的制导系统——初制导系统 | 163 |

| | |
|--|-----|
| 8.7 制导系统的设计 | 165 |
| 第9章 星际航行中的通讯问题 | 168 |
| 9.1 星际航行中通讯工作的重要意义 | 168 |
| 9.2 星际航行中通讯系统的有效功率 | 170 |
| 9.3 星际航行通讯中的噪声 | 172 |
| 9.4 信息率 | 175 |
| 9.5 量子效应 | 178 |
| 9.6 星际通讯的设备要求 | 178 |
| 9.7 地面接收天线 | 181 |
| 9.8 卫星式通讯中继站系统 | 182 |
| 9.9 电磁波传播问题 | 183 |
| 9.10 光波通讯 | 186 |
| 第10章 再入大气层 | 188 |
| 10.1 人造卫星或星际飞船的降落问题 | 188 |
| 10.2 再入大气层的轨道分析 | 189 |
| 10.3 两种再入轨道 | 194 |
| 10.4 防热设计 | 197 |
| 10.5 防热设计的原则 | 204 |
| 10.6 星际飞行轨道中的应用 | 205 |
| 第11章 防辐射 | 207 |
| 11.1 防辐射问题 | 207 |
| 11.2 光子对物质的作用 | 207 |
| 11.3 电子对物质的作用 | 210 |
| 11.4 α 粒子、质子以及重原子核碳、氮、氧对物质的作用 | 212 |
| 11.5 中子对物质的作用 | 213 |
| 11.6 辐射对人体的作用 | 214 |
| 11.7 辐射剂量 | 215 |
| 11.8 宇宙射线 | 218 |
| 11.9 地球辐射带及太阳耀斑爆发的辐射 | 219 |
| 11.10 中子的防护 | 221 |
| 11.11 辐射对器材的破坏作用 | 221 |
| 第12章 飞船的设计问题 | 223 |
| 12.1 超重和失重 | 223 |
| 12.2 超重对人的影响 | 224 |
| 12.3 失重对人的影响 | 226 |

| | | |
|---------------|-----------------------------|------------|
| 12.4 | 飞船船舱的设计要求····· | 228 |
| 12.5 | 星际航行中人的生活条件····· | 230 |
| 12.6 | 氧气及水分的供应····· | 233 |
| 12.7 | 长旅程星际飞船中的生态学系统····· | 235 |
| 12.8 | 防微陨石及通过小行星带····· | 237 |
| 12.9 | 飞船的定向系统····· | 237 |
| 第 13 章 | 飞船中的电源 ····· | 241 |
| 13.1 | 星际飞船中的能源····· | 241 |
| 13.2 | 化学电池····· | 243 |
| 13.3 | 太阳光电池····· | 245 |
| 13.4 | 汽轮发电机····· | 250 |
| 13.5 | 热电偶发电机····· | 252 |
| 13.6 | 热电子发电机····· | 255 |
| 13.7 | 电磁流体发电机····· | 258 |
| 第 14 章 | 星际航行进一步发展的几个问题 ····· | 260 |
| 14.1 | 卫星式星际航行站····· | 260 |
| 14.2 | 运载火箭的海面发射····· | 262 |
| 14.3 | 运载火箭的回收····· | 264 |
| 14.4 | 飞机用作运载工具····· | 266 |
| 14.5 | 运载飞机的动力系统····· | 268 |
| | 出版说明 ····· | 271 |

第 1 章 星际航行与宇宙航行

1.1 火箭技术的早期

现代在星际航行与宇宙航行上已经取得的巨大成就是人类几千年来创造性劳动的结晶，它关系到人类长远以来的理想和实践。我们的祖先很早就有了飞到天空去的理想，给我们留下了如嫦娥奔月等许多美丽的幻想。而为实现这些幻想开辟出一条道路的首先是我国的劳动人民。我国劳动人民是火箭的发明者：早在宋真宗咸平三年（公元 1 000 年）唐福应用火箭原理制成了战争武器（见图 1.1），而后才逐渐传到外国，为其他国家所掌握。到 18 世纪，英国人侵略印度时，印度人曾运用火箭武器，给予进犯者巨大的威胁。从此才迫使英国人开始注意研究火箭武器，并在几年之后也装备了英国军队；随即欧洲其他国家也相继地把火箭用于军事，从而使火箭技术得到了一定程度的发展。当时英国人康格雷（William Congreve, 1772 年~1814 年）改进了固体火箭的性能，他的火箭之重量为 10 余公斤^①到 20 公斤，射程达 2~3 公里^②，但是准确度仍旧很差。因此，它终于被后来进一步发展的准确度很高的火炮所代替。虽然如此，这些火箭的原理却成了近代火箭技术的最初基础。



图 1.1 明天启元年(1621 年)茅元仪所著《武备志》上所画的火箭

此后，直到 19 世纪末 20 世纪初，火箭技术才又重新蓬勃地发展起来。近代的火箭技术和星际航行的发展首先应当提到的是伟大的俄国和苏联科学家齐奥尔科夫斯基（Константин Эдуардович Циолковский, 1857 年~1935 年）。他一生从事利用火箭技术进行星际航行的研究。在他的经典著作中，对火箭飞行的思想进行了深刻的论证。是他首先提出了使用液体推进剂来获得比火药和炸药更高的能量的倡议，这个倡议只经过了短短 30 年的时间就实现了。齐奥尔科夫斯基大略地预测到现代火箭的真实结构，并论述了关于液氢-液氧作为推进剂用于火箭的可能性。此外在他以后的一些著作中，指出了用新的燃料（原子核分解的能量）来作为火箭的动力，并且具体地阐明了用火箭进行星际飞行的条件、火箭由地面起飞的条件、人造地球卫星及实现飞向其他行星必须设置中间站的思想。

齐奥尔科夫斯基不仅奠定了星际航行的理论基础，而且还提出了许多的技术建议，如他建议使用燃气舵来控制火箭、关于用泵来强制输送推进剂到燃烧室中的必要性，以及用仪器来自自动控制火箭等，都对现代火箭和星际航行的发展起了巨大作用。

① 现用千克表示。——编者注

② 现用千米表示。——编者注

西方国家中对近代火箭技术研究得最早的是戈达德(Robert H. Goddard)。他于1910年左右开始进行这方面工作,主要进行了许多实验工作,并在后来创造出了几种供气象研究用的液体火箭。

真正的近代火箭的出现是在第二次世界大战时的法西斯德国。法西斯企图征服世界,从而试验和制造了许多火箭,并且在大战的末期使用了火箭武器,但是并没能因此而挽回已经注定了的失败;而在这些火箭之中,V-2火箭可算是最典型的近代火箭(见图1.2和图1.3),其主要性能见表1.1。

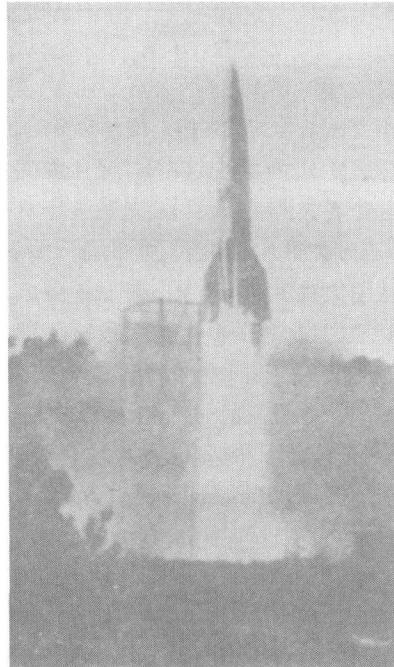


图 1.2 V-2 火箭发射时的状况

表 1.1 V-2 火箭的主要数据

| 总 项 | 名 称 | 单 位 | 数 据 |
|---------|-------------------|------|--------|
| 火箭之重量分配 | 炸药量(硝酸及三硝基甲苯之混合物) | 公斤 | 980 |
| | 发动机支承架 | 公斤 | 1 750 |
| | 涡轮泵系统 | 公斤 | 450 |
| | 燃烧室 | 公斤 | 550 |
| | 附件 | 公斤 | 300 |
| | 酒精+液氧 | 公斤 | 8 750 |
| | 供给涡轮用的辅助燃料 | 公斤 | 200 |
| | 火箭之总重量 | 公斤 | 12 980 |
| 火箭的性能 | 总推力 | 吨 | 27.2 |
| | 最大高度 | 公里 | 80 |
| | 最大速度 | 公里/秒 | 1.500 |
| | 射程 | 公里 | 300 以下 |

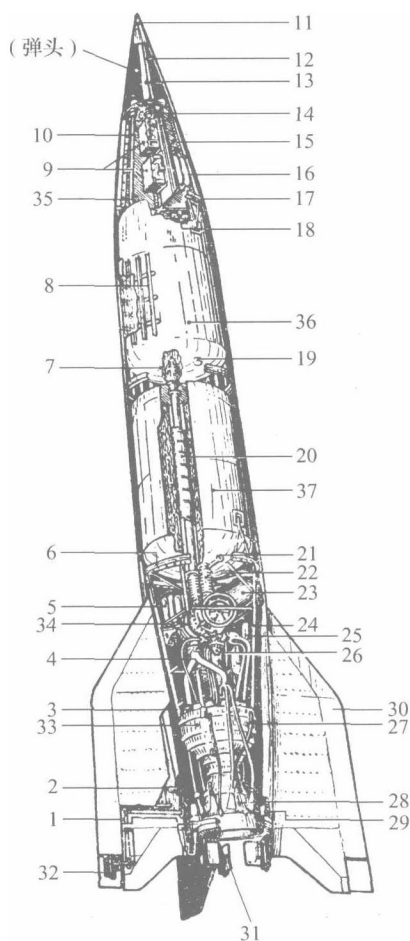


图 1.3 V-2 火箭的结构图

1—接向空气舵的链条传动装置;2—电动机;3—喷嘴舱;4—向发动机输送酒精的导管;5—空气瓶;6—后隔框;7—酒精伺服阀门;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—装高锰酸钾的小箱(后面是蒸汽发生器);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(4个);31—燃气舵(4个);32—空气舵(4个);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

V-2 火箭的成功实际上是把齐奥尔科夫斯基的理论变成了现实。虽然在现在看来,它的结构已经过时了,但是它仍作为许多现代火箭的蓝本。其原因在于:

1) 起飞情况:地面静止垂直起飞,起飞速度低,系由自动控制装置取得稳定;不用起飞滑轨,从而免去火箭结构受到轨道的撞击。

2) 采用液体推进剂(液氧和 75%酒精)。

3) 采用燃气舵控制。

4) 采用涡轮泵输送推进剂,从而大大地降低了结构重量。

因此, V-2 火箭所获得的最终速度大大增加, 射程可达 300 公里之远, 是火箭技术进入一个新时代的标志。

1.2 现代的火箭技术

第二次世界大战以后, 火箭技术及星际航行得到了迅速的发展。苏联在 1957 年 10 月 4 日成功地发射了世界上第一个人造地球卫星, 从此打开了人类历史的新纪元——星际航行的时代。随后苏联又多次成功地发射了适应于星际航行研究的更重、更好的人造卫星和月球火箭, 第一次揭开了月球背面的秘密, 使地球上的物体第一次飞向太阳系成为太阳系的行星, 并且地球上第一颗访问金星的火箭带着苏维埃的标记离开了地球(见表 1.2)。苏联的科学家、工程师和工人们在成功地一次又一次把生物送上了天空, 取得了许多宝贵的资料之后, 于 1961 年 4 月 12 日, “东方一号”卫星式飞船就把苏联第一个宇宙飞行员——加加林少校带到了外层空间, 巡视地球 1 周后, 安然地返回地球, 从而第一次实现了人类飞向太空的理想。随即在“东方一号”卫星式飞船发射成功 4 个月之后, 苏联第二个宇宙飞行员季托夫少校驾驶了“东方二号”卫星式飞船, 在外层空间绕地球平安地运行了 17 个圈之后胜利地回到地球。这是苏联人民对征服宇宙空间给予人类的无可比拟的巨大贡献。

表 1.2 苏联卫星、宇宙火箭^①、运载火箭和宇宙飞船一览表(到 1961 年为止)

| 名称 | 发射时间 | 重量 | 说明 |
|-----------|-----------------------------|------------------------|--|
| 第一个人造地球卫星 | 1957 年 10 月 4 日 | 83.6 公斤(卫星重量) | 世界上第一个人造地球卫星 |
| 第二个人造地球卫星 | 1957 年 11 月 3 日 | 508.3 公斤(卫星重量) | 带有小狗“莱伊卡”, 地球上的生物第一次飞入宇宙 |
| 第三个人造地球卫星 | 1958 年 5 月 15 日 | 1 327 公斤(卫星重量) | |
| 第一个宇宙火箭 | 1959 年 1 月 2 日 | 1 472 公斤(不带推进剂的最后一级重量) | 世界上第一个人造太阳系行星, 仪器重 316.3 公斤 |
| 第二个宇宙火箭 | 1959 年 9 月 12 日 | 1 511 公斤(不带推进剂的最后一级重量) | 世界上第一个到达月球表面的火箭。最后一级可控制, 仪器重 392 公斤 |
| 第三个宇宙火箭 | 1959 年 10 月 4 日 | 1 553 公斤(不带推进剂的最后一级重量) | 世界上第一次揭开了月球背面的秘密。最后一级可控制, 自动行星际站重 278.5 公斤 |
| 太平洋火箭 | 1960 年 1 月 20 日 与 31 日 | (12 500 公里射程) | 最后一级的模型安全降落, 降落点误差不出 2 公里 |
| 第一个卫星式飞船 | 1960 年 5 月 15 日 | 4 540 公斤 | 世界上第一个宇宙飞船 |
| 太平洋火箭 | 1960 年 7 月 5 日 与 7 月 7 日 | (13 000 公里射程) | |

^① 即人造太阳系行星(见 4.1 节), 现称空间探测器。——编者注