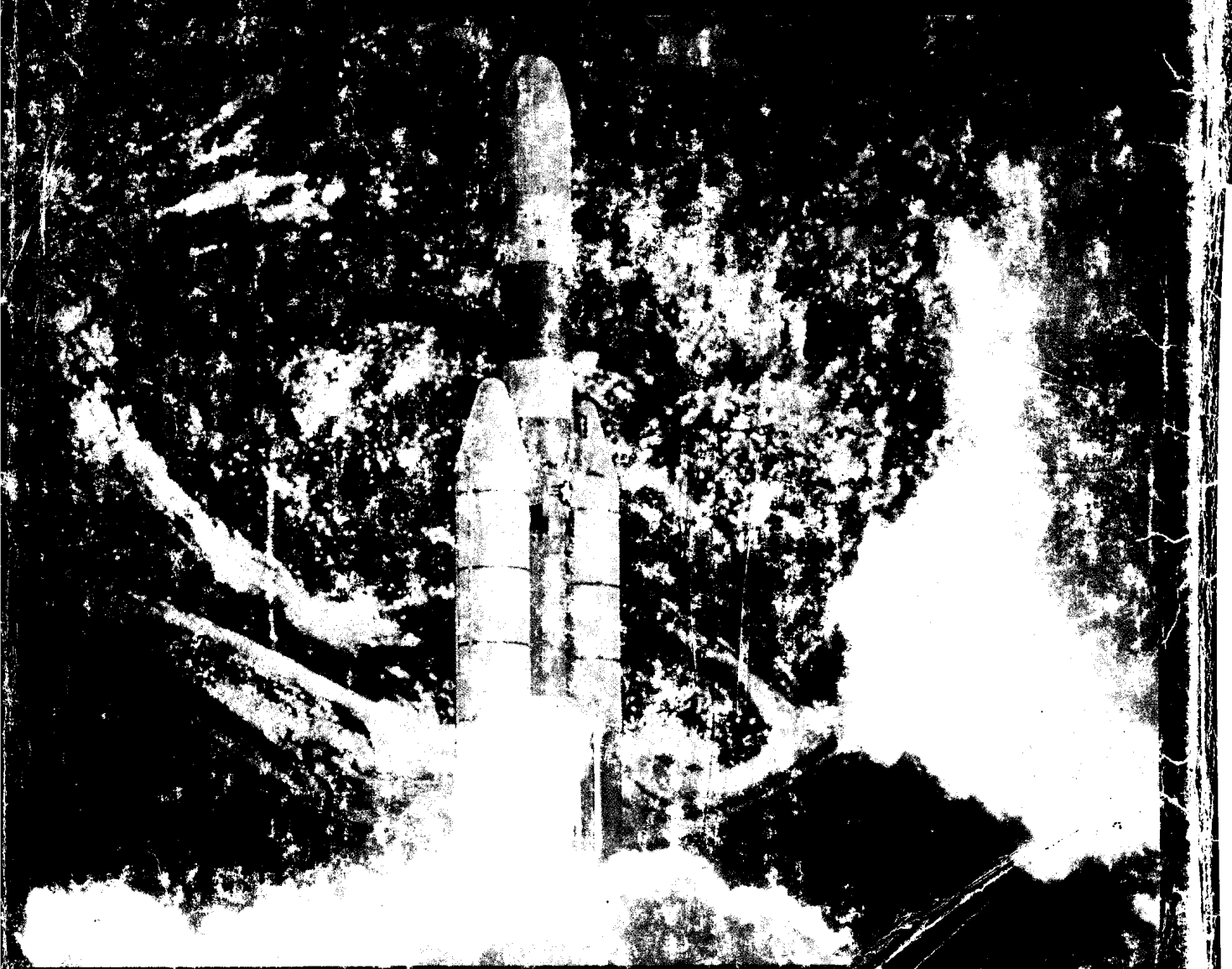


航天技术 图解百科全书



知识出版社

681992

V4-61
01

航天技术图解百科全书

阿瑟 C·克拉克 主编

李建江 侯深渊 等译

1-1K15/04



C0396062

知 识 出 版 社

1987年12月

特约编辑 马义元

Arthur C. Clarke
The Illustrated Encyclopedia of
Space Technology
1981, London

航天技术图解百科全书

阿瑟C·克拉克 主编

李建江 侯深渊 等译

知识出版社出版

(北京阜成门北大街17号)

新华书店总店北京发行所发行 河北省三河县印刷厂印刷

开本787×1092 1/16 印张33.5 字数730,000

1988年2月第1版 1988年2月第1次印刷

印数: 0—1000

ISBN7-5015-0127-0/V·1

定价: (精)12.00元

内 容 简 介

本书是目前世界上很有影响的航天技术图解百科全书。由世界著名的科学家英国的阿瑟C·克拉克教授主编，许多素享盛名的宇航科学家和作家共同撰写成册。

全书共二十一章，系统地介绍了世界航天技术发展史、各类人造地球卫星、各种载人航天器、月球和行星际探测器、航天运载工具、航天器发射场、航天技术的广泛应用以及未来的航天活动等，各章配有大量插图，书末附有详尽的世界航天大事记。本书通俗易懂、图文并茂、资料翔实，是一本内容完备的航天技术普及性参考工具书。

本书适于中等文化程度的广大读者阅读，对于中等和高等学校的有关教学人员以及航天技术和应用部门的科技人员也有一定的参考价值。



中译本序

在本世纪五十年代末期，在火箭、电子、自动控制等科学技术有了显著进展的基础上，第一颗人造地球卫星发射成功，开辟了世界航天史的新纪元。随之出现了航天技术。航天技术是探索、开发和利用地球大气层以外的宇宙空间，以及地球以外其他天体的综合性科学技术。近三十年来，航天技术发展十分迅速，取得了划时代的成就，引起了人类认识和改造自然能力的新飞跃，对科学研究、军事活动和国民经济等方面产生了重大影响，大大促进了社会进步。航天技术的应用日益广泛，越来越受到世界各国的普遍重视。至今，世界各国共发射了三千六百多个航天器，航天技术的应用遍及一百七十多个国家和地区，航天工业已成为当代发展最快的一个新兴产业。

我国已经发射了二十一颗人造地球卫星，成为世界上为数很少的几个能够独立研制、发射地球静止通信卫星，以及掌握卫星返回技术的国家之一。目前，我国航天技术开始从试验阶段进入应用阶段，并展现了广阔的发展前景。发展航天技术可以跨越一些传统的技术发展阶段，获取巨大的经济效益和社会效益，加速我国四个现代化建设的进程。

为了推动和适应我国航天事业的发展，需要大力普及航天技术的基本知识。世界著名的宇航学家英国的阿瑟C·克拉克主编的《航天技术图解百科全书》是目前世界上有影响的一本科学技术图解百科全书。该书图文并茂、资料翔实，详尽地展现了航天技术发展的历史、现状和未来，不失为一本内容相当完备的航天技术参考书。《航天技术图解百科全书》在我国翻译出版是一件有益的工作，一定会受到广大读者的欢迎。愿《航天技术图解百科全书》中译本能发挥知识桥梁和阶梯的作用，让更多的人了解和熟悉航天技术，以促进我国航天事业的新发展。

孙 家 栋

1987年10月1日

前言

人类征服地球大气层，只需花费一代人的有生之年便可基本告成，然而要想征服宇宙空间，只要宇宙长存，便将永无止境。这里尽管有天壤之别，但早期的航天史同航空史却有某些微妙的相似之处。若将二者作一比较，确实颇有教益。试看下列大体上对等的事件：

1903年莱特兄弟的双翼飞机试飞	1957年人造地球卫星上天
1909年布莱奥特飞越英吉利海峡	1961年加加林进入地球轨道
1927年林德堡飞越大西洋	1969年人登上月球
1935年DC3飞机问世	1981年航天飞机试飞
1952年“彗星”喷气式客机诞生	?
1971年波音747大型喷气式客机启航	?

从上表中，有人可能会得出一个天真的结论，即航天发展史恰好比航空史约晚半个世纪。倘若真是如此，我们便可预计：大约在2020年，人们就能向地球轨道和地球轨道之外大规模地运送乘客了。

实际上，这一推断未免太轻率了，因为航天事业并不具备像推动民航事业发展的那种动力。它并不能为现有人口中心之间提供快速的（有时甚至是比较廉价的）交通服务。但从另一方面看，宇航事业的确开辟了许多通过其它途径无法实现的服务项目，其中有不少对于加速我们文明社会的发展具有极其重要的意义。例如，只有依靠卫星，我们才能建立全球通信系统，才能监测陆地和海洋资源，才能不间断地观察从南极到北极的天气。在这些方面，航天技术的效益全都胜过航空技术。一个高度发达的社会假如没有飞机还能照常运转（实际上我们如果不能克服石油危机，就有可能不得不放弃使用飞机），但是若没有通信卫星，便不能有效地运转。

航天技术在对地观测应用方面的重要性目前业已尽人皆知，其价值同样也无可争议。仅此就足以证明，需要继续保持一个强大的宇航工业。尽管往往难以使那些政客和文职官员对此表示信服，但我们在另一方面还可举出一些同样有说服力的实例来。例如，在利用自动探测器或者载人飞船进行纯科学的宇宙考察方面，水手号、海盗号和旅行者已使我们对太阳系的认识发生了革命性变化，而三批天空实验室航天员所带回的关于太阳奥秘的全部资料，则需要花费多年时间才能完全掌握。从长远看，科学知识是一切资源中最有价值的一种资源，也是一种最宝贵的文化财富。即使这种观点还没有被充分了解（这种情形不胜枚举），人们对宇宙探测的成果也仍然普遍地饶有兴趣。天文学历来为人们津津乐道，而宇航学目前的吸引力也已大大增强。谁要是以为公众对外层空间已兴趣索然，那他准是最近没有去过电影院。

目前，描写太空旅行和星际航行的影片（和书籍）取得奇迹般的成功，决不只是文娱业中的一时风尚。它反映了人类天性中最深切最本质的一种本能，即渴望探索未知世界，开拓神奇的宇宙（如果能用警句来表达的话，那就是：大胆地一往无前地奔向前人从未涉猎过的

境地……)。正是这种精神鼓舞着齐奥尔科夫斯基、戈达德、奥伯特等宇航先驱,也正是这种精神激励着科罗廖夫、布劳恩,在把梦想变为现实的实践中,作出了比任何人都更多的贡献。先驱们最初考虑的并不只是空间技术的实际应用(虽然他们深知其用途),而是看作人类能力的一种必然扩展。这实际上就是说,如果人们不想摒弃人类所创造的一切,航天技术就必然是人类命运的一部分。

这种观点当然难免要遭到非议,批评者中最有辩才的大概要算C.S.刘易斯。在他的著名小说《摆脱宁静的行星》和《金星旅行》中,对敢于超越“上帝清规戒律”的任何企图都被他嗤之以鼻。如果只强调我们这个时代早已证明了的技术上的弊病,那末刘易斯的论点无疑会头头是道。他那傲慢的警告同古希腊神话“伊卡洛斯”^{*}的告诫如出一辙。对于这些反对意见,甚至在航天时代开始之前,我就试图给予驳斥。我在《星际飞行》(1950年版)一书的结论中写道:

“倒退是没有出路的。正如魏尔斯所说,或则走向宇宙,或则全部毁灭——这就是唯一的选择。虽然人类和文明社会完全可以希冀于安宁,向往梦幻中的天堂,但这是一种不知不觉地沉向死亡的愿望。广袤的宇宙空间向我们提出的挑战固然极其严峻,但我们如不去应战,人类的历史就将接近尾声。人类将会面临大倒退,走千百万年的下坡路,一直退到原始的岸边。”

这是我在三十多年前写下的一段话,在今天看来更有其现实意义。第一代行星际探测器已在邻近地球的星体上发现了如此大量新奇壮观的事物。因此只要拥有必要的技术手段,人类必将去访问这些星体。在登上这些星球之后,人们将会象在南极和海底这些地球上几乎不可能生存的地方创建家园一样在那里找到生存的环境。绝大多数人感到惊讶的是,太空环境本身已被证明是一个良好的生活环境,而那些行星才难以容人立足。几乎在一个世纪以前,齐奥尔科夫斯基就已预见到了这一点。他把太空的失重环境看作是人类的最终归宿。此后,贝纳尔、迪森和奥尼尔又把这一认识向前推进了一大步。摆脱了在睡梦中都束缚着我们的地球引力,不仅使我们能进一步追索生命在海洋中的起源,而且重要的是它可以预示人类在宇宙空间中的未来。

航天员-艺术家阿列克赛·列昂诺夫是第一位走出飞船座舱飘浮在茫茫太空中的航天员。他把自己画册题名为“群星等待着你们”。他做得完全正确。

要么准备行动,要么无所作为。——这就是我们面临的抉择。

阿瑟C·克拉克

1980年于斯里兰卡

^{*} 伊卡洛斯——希腊神话中建筑师兼雕刻家代达罗斯之子。他在逃亡时飞近太阳,装在身上的蜡翼遇热熔化,坠海而死。——译者注

目 录

中译本序	(I)
前言	(II)
第一章 航天先驱	阿瑟 C · 克拉克, K.W. 加特兰德 (1)
戈达德的实验	(3)
赫尔曼 · 奥伯特	(6)
约翰尼斯 · 温克勒	(9)
苏联的研究工作	(11)
戈达德的进展	(14)
A-4 火箭的成功	(15)
有翼 V-2 火箭	(17)
从齐奥尔科夫斯基到 A-4 火箭	(19)
第二章 冲出大气层	M.R. 夏普 (24)
卫星时代	(27)
轨道器计划	(30)
从 A-4 火箭到地球卫星	(39)
斯普特尼克取得的突破	(34)
关于第一颗斯普特尼克卫星	(40)
气球式推进剂贮箱	(40)
第三章 航天中心	D. 斯金纳, C.P. 维克, K.W. 加特兰德, T. 史拉德 (42)
早期的导弹设施	(42)
美国卡纳维拉尔角的发展	(44)
美国范登堡空军基地	(49)
美国沃洛普斯岛发射场	(53)
进一步的发展	(53)
秘密的航天发射场	(57)
苏联拜科努尔发射场	(51)
苏联伏尔加格勒站	(60)
苏联北部航天发射场	(62)
意大利圣马科发射场	(63)
欧洲在法属圭亚那的发射场	(65)
日本的航天中心	(67)
日本鹿儿岛航天中心	(67)
日本种子岛应用卫星发射场	(69)

印度的航天中心.....	(71)
印度萨拉布汗中心和顿巴发射站.....	(71)
印度空间研究组织的卫星中心.....	(71)
印度航天应用中心.....	(71)
印度斯里哈里科塔发射场.....	(72)
轨道运输和火箭公司.....	(74)
航天运载火箭.....	(74)
第四章 人们在太空 M.R.夏普	(76)
东方号飞船.....	(76)
水星号飞行.....	(77)
进入太空的妇女.....	(80)
双子星飞船.....	(84)
阿金纳对接.....	(87)
更大的成就.....	(90)
第一次飞船死亡事故.....	(92)
东方号飞船和水星飞船.....	(93)
第五章 军用航天器 F.赫赛因, C.皮布尔斯	(98)
美国的反卫星系统.....	(99)
奥特拉格公司的作用.....	(101)
军用太空系统.....	(104)
载人轨道实验室计划.....	(107)
早期预警卫星.....	(110)
军事卫星.....	(111)
核爆炸的核查.....	(115)
卫星的指令和通信.....	(116)
导航卫星.....	(119)
气象卫星.....	(119)
反卫星的攻击.....	(120)
部分轨道轰炸系统.....	(123)
影响深远.....	(124)
第六章 来自太空的声音 D.杜林	(126)
气球式卫星.....	(127)
克拉克轨道.....	(127)
电星.....	(127)
苏联通信卫星系统.....	(133)
其他的通信卫星系统.....	(134)
应用技术卫星.....	(135)
轨道间隙.....	(138)
时分多址中继.....	(139)

全球村庄通信卫星.....	(142)
第七章 卫星气象观察A. 范德夫	(146)
艾萨卫星.....	(146)
艾托斯卫星.....	(147)
泰罗斯-N.....	(147)
雨云技术卫星.....	(148)
应用技术卫星.....	(148)
同步气象卫星/同步业务环境卫星系列.....	(148)
气象业务系统.....	(150)
国际气象卫星.....	(150)
艾托斯卫星系统.....	(152)
泰罗斯-N 系统.....	(154)
国防气象卫星计划.....	(155)
环球大气研究计划.....	(157)
同步气象卫星/同步业务环境卫星.....	(160)
同步业务环境卫星D、E、F.....	(161)
气象观测的效益.....	(161)
气象观测的期望.....	(163)
第八章 对地观测K. W. 加特兰德	(165)
测绘地球资源图象.....	(166)
观测农业.....	(167)
土地调查.....	(168)
观测林业.....	(170)
海洋学研究.....	(171)
冰的侦察.....	(173)
监测石油污染.....	(174)
监测空气污染.....	(174)
矿藏和石油的探查.....	(177)
融雪观察.....	(177)
空间站拍的图象.....	(178)
其它国家的参与.....	(179)
地球资源卫星.....	(179)
第九章 空间科学N. L. 约翰尼	(184)
早期实验.....	(184)
太阳探测器.....	(187)
探测太阳活动.....	(192)
黑洞.....	(196)
空间望远镜.....	(201)
在太空装配巨大的射电望远镜.....	(204)

第十章 月球探测	D. R. 伍兹 (207)
直接攀登	(207)
就近观察	(208)
苏联自动软着月器	(211)
阿波罗的序曲	(214)
从轨道上观察	(221)
近月探测器	(222)
月岩取样机	(225)
第十一章 行星探测	D. R. 伍兹 (229)
环日探测器	(230)
飞越金星	(230)
金星大气探测器	(232)
金星的详细研究	(233)
飞过火星和环火星飞行轨道	(235)
苏联的火星着陆器	(238)
火星上有生命吗?	(240)
水星探测	(241)
其它行星探测	(243)
海盗号探测器	(251)
旅行者探测器	(253)
第十二章 载人登月	R. S. 刘易斯 (257)
英国人的非凡预见	(257)
第一枚土星 V 运载火箭	(257)
登月舱	(258)
登月舱的演变	(258)
阿波罗月面实验装置	(258)
最后的旅行	(262)
阿波罗飞船的飞行	(272)
第十三章 第一批空间站	K. W. 加特兰德 (280)
美国天空实验室	(280)
天空实验室 (2)	(291)
天空实验室 (3)	(294)
天空实验室 (4)	(295)
天空实验室再入	(302)
苏联礼炮号空间站	(302)
礼炮 2 号空间站	(305)
礼炮 3 号空间站	(305)
礼炮 4 号空间站	(306)
礼炮 5 号空间站	(308)

礼炮 6 号空间站	(310)
进步号飞船	(314)
改进型联盟号飞船	(317)
轨道工厂实验	(321)
早期的空间站方案	(322)
空间站加注燃料	(323)
第十四章 轨道上握手	B. 贝里茨基 (324)
阿波罗-联盟试验计划的由来	(324)
相容性问题	(325)
苏联航天员和美国航天员	(330)
联合飞行	(331)
科学实验	(333)
联合飞行的结果	(334)
阿波罗-联盟试验计划	(335)
第十五章 航天飞机	R. S. 刘易斯 (339)
早期的方案	(339)
升力飞行器	(344)
积累经验	(345)
载人轨道实验室计划	(347)
制定航天飞机计划	(351)
航天飞机系统	(352)
航天飞机轨道器	(355)
航天飞机的飞行	(358)
空间实验室	(360)
创业号和哥伦比亚号	(363)
第十六章 人类飞往火星	K. W. 加特兰德 (369)
废弃了的方案	(371)
设想的破灭	(372)
载人火星飞行计划	(373)
第十七章 太空工厂	D. 杜林 (376)
未来的计划	(380)
拟议中的产品	(382)
苏联的实验	(387)
法律问题种种	(387)
太空工业	(388)
第十八章 天空电站	K. W. 加特兰德 (393)
太阳能发电站方案	(393)
微波波束	(396)
批评者的辩论	(393)

研制阶段·····	(399)
能源危机·····	(403)
第十九章 月球上的基地····· B.G.帕金森	(406)
探测月球·····	(408)
建立第一个基地·····	(409)
核推进的蓄液器·····	(410)
重返月球·····	(411)
月球基地的设计·····	(412)
月球上的抛射器·····	(414)
地球-月球间的运输·····	(415)
第二十章 太空城市····· K.W.加特兰德	(419)
推动力·····	(421)
主要的优点·····	(422)
轮胎形太空城·····	(423)
太空城的价值·····	(425)
通信·····	(425)
太空城的其它备选方案·····	(425)
得墨特尔太空岛·····	(428)
社会的挑战·····	(429)
蚂蚁太空城·····	(430)
苏联的实验·····	(430)
太空拖船·····	(431)
第二十一章 星际飞船····· A.邦德	(435)
人类面临的无底洞·····	(435)
飞向恒星际的努力·····	(437)
核聚变发动机·····	(439)
“兔子”和“乌龟”·····	(440)
其它方案·····	(444)
二者择其一·····	(445)
代达罗斯飞船·····	(447)
航天大事记····· K.W.加特兰德	(450)
附：本书作者简介·····	(510)

航 天 先 驱

人一旦产生了新的念头，便会狂热的去追求，直到他的想法实现。

——马克·吐温

在莫斯科西南，卡卢加的小镇里，耸立着一座纪念碑。它是为纪念俄国中学教师康斯坦丁·爱德瓦多维奇·齐奥尔科夫斯基而建立的。离此处不远，有一座砖块作地基的木板房屋。这就是他生前的居住地，如今已成为国家的一个博物馆。

在十九世纪末与本世纪初，齐奥尔科夫斯基被人们讥笑为古怪的梦想家，因为他的理论同现实生活并无多少联系，但是，如果说空间时代诞生在什么地方，那么她就诞生在这座简陋寓所中无声息的房间里。

齐奥尔科夫斯基虽然从未发射过一枚火箭，但他对宇宙航行学却作出了巨大贡献。从1883年起他就阐述火箭可以在宇宙空间的真空中飞行的原理。他著述的《地球与天空之梦》于1895年在莫斯科出版，第一次提出了发射人造卫星的可能性。他写道：

设想中的地球卫星同月球相似，不过它离地球比较近，只在地球大气层外足够远。也就是说，离地球约有300俄里远（1俄里等于3500英尺或1067米）。

此后在1903年，他发表了《用反作用装置探索宇宙空间》一书中的部分章节，提出了火箭飞行的理论和宇宙航行的前景。

当然在此之前也有人曾梦想到宇宙空间去旅行，但他们的认识都没有达到这样的深度，也未能指出实现宇宙飞行的实际技术途径。齐奥尔科夫斯基的主要贡献是指出了液体推进剂不仅在性能上比各种固体推进剂优越，且在点火后更容易控制。

他绘制的第一艘宇宙飞船外形象一滴泪珠，乘员舱设在头锥部位，燃料贮箱在后部，里面装的是液氧和液氢组成的高能推进剂。在贮箱部位他画了一个长长的锥形喷管。喷管中燃烧的推进剂被想象成与喷气发动机中一样地发生膨胀。

他所设想的这种推进剂配方终于在美国的“土星V”巨型载人登月火箭上得到了应用。这充分说明齐奥尔科夫斯基的设想具有非凡的正确性。他的笔记和发表的著作中满篇都有各种奇异的设想，不过需要人们以各种方式从中找出使之付诸工程实践的途径。

他提出利用喷气冲击控制舵或使排气喷管摇摆的方法，来控制火箭在大气层外的飞行。他提出了多种可供选用的燃料，其中有汽油、煤油、酒精和甲烷。他研究出利用推进剂混合阀门来控制进入燃烧室的推进剂流量的方法，并且指出，使液体推进剂的其中一种流过燃烧室和喷管的双层壳体就可对其进行冷却。

他早期设计的一个飞船座舱中，还考虑到了生命保障系统，其中包括吸收二氧化碳和异

味的装置。此外他还认识到，在火箭加速上升阶段，乘员背对火箭发动机仰卧的重要性。他把火箭上升时的加速度过载问题看得非常严重，因而曾认真建议，要把乘员浸泡在与人体密度相等的液体中。



图1-1 卡卢加小镇上的这座寓所，是伟大的宇航思想家康斯坦丁·齐奥尔科夫斯基(1857—1935年)生活和工作的地方。为纪念他，这里现已成为国家的一座博物馆。

他还建议，飞船的壳体应采用双层结构，以抵御太空的高温和严寒，亦作为防止流星体穿透的屏障。

他还提出，利用从火箭液氧贮箱中获得的氧气来给加压舱供氧，并且预见到可以利用一种气密舱，使身穿宇宙服、系着链绳的乘员能爬出飞船进入宇宙空间的真空中。不过他预言，这种出舱活动要到二十一世纪才能实现。事实上，在他预言的52年后，苏联宇航员阿列克赛·列昂诺夫就第一个进行了真正的空间漫步。

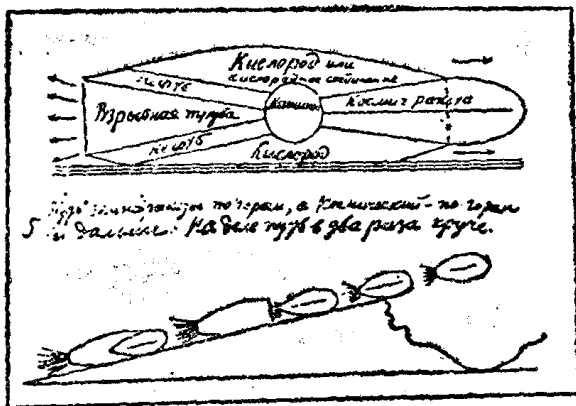


图1-2 这是齐奥尔科夫斯基手稿中的一幅草图。图中画有一枚液体推进剂火箭和一枚两级火箭在“斜坡”上发射的情形。

这位俄国的宇航先驱还提出，利用旋转飞轮的陀螺效应可以保持火箭飞行的稳定性。并且认为，要达到空间飞行所需的高速度，唯一切实可行的方法是使用多级火箭，或叫“火箭列车”。这种多级火箭在飞行进程中可以抛掉燃尽燃料的火箭。他还计算了每级火箭推进剂的最佳需要量。

那时，齐奥尔科夫斯基已经确信，绕地球轨道的飞行是可以实现的。他写道：

只要火箭飞行速度达到每秒钟8公里，离心力和地球引力就会互相抵消。飞行器依靠氧气和食物供应而飞行一定时间后再按螺旋式轨道返回地球，利用空气阻力来减速，滑翔返回而不会发生爆炸。

齐奥尔科夫斯基甚至还预见到，将来会发展空间站。他描述了怎样把部件折叠起来送入

空间，然后在空间展开和组装。他预计到什么时候，飞船和空间站中就会有闭路式生命保障系统。在这种系统中，食物和氧气将来自生长在空间站中的植物。

他在一篇《喷气式飞机》(1930年)的论文中，分析了火箭式飞机和螺旋桨式飞机在上层大气中高速飞行时的优缺点。他写道：

螺旋桨式飞机时代必将过去，继之而来的将是喷气式飞机或同温层飞机的时代。

戈达德的实验

1909年，美国的罗伯特H·戈达德博士开始对火箭动力学进行广泛的研究。三年以后，他把一枚固体燃料火箭放入一个被抽成真空的玻璃容器中进行点火，并测量了火箭的推力，目的是证明火箭能在没有空气的空间里正常工作。这次试验终于打破了人们当时的一个普遍信念，即火箭只能在大气层内工作，因为它的喷气必须推动空气。

事实上，这个实验完全符合牛顿第三定律，即只要有作用力（如火箭喷气）就会存在大小相等而方向相反的反作用力（反冲力或推力）。戈达德的实验证明，空气确实起着“阻尼”作用，它使喷气速度减慢，从而降低了推力。

戈达德的下一步是要设计一枚实用的探空火箭，其飞行高度应超过飞机和探空气球，从而能获取高层大气的探测数据。同齐奥尔科夫斯基一样，他也认识到用液体燃料推进的火箭具有极大的潜力。

他的决断使他在历史上赢得了持久的地位。1926年3月16日，他在马萨诸塞州的奥本，成功地发射了世界上第一枚液体推进剂火箭。这枚小巧的火箭（人们称它为空间中不载人的“小鹰”）只飞行了短短的2.5秒钟，飞行距离为184英尺（56米），平均速度为每小时64英里（103公里）。

此后，德国的约翰尼斯·温克勒取得了第二次飞行的成功——不过只能算是勉强成功。1931年2月21日，他在德绍附近发射了一枚用液态甲烷和液氧作推进剂的火箭，这次试飞中火箭只蹦了10英尺高（3.05米），但三个星期后给它装上了稳定尾翼，飞行高度达到约295英尺（90米）。

据说，还有另一名欧洲人，如果他的液体燃料的研究是致力于火箭推进而不是汽车推进的话，也可能赢得荣誉。此人就是德国发明家马克斯·瓦利尔。他曾在汽车、冰橇和有轨汽车中装上几组固体燃料火箭做实验。一次获得荣誉的机会是取得波尔·海兰特博士的支持之

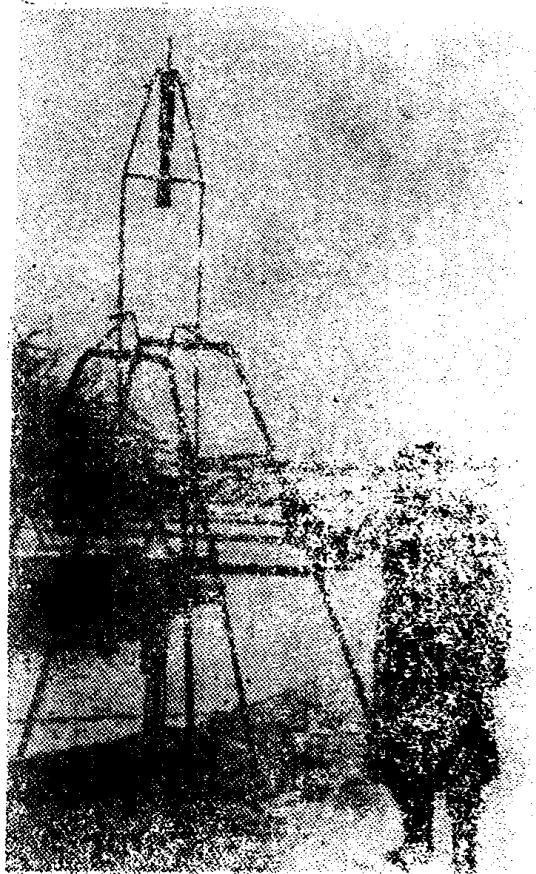


图1-3 罗伯特·H·戈达德博士（1882—1945年）正站在他的液氧和汽油作推进剂的火箭旁。1926年3月16日，这枚火箭进行了世界上第一次液体火箭的飞行。

后，因为海兰特博士拥有一家生产包括液氧在内的工业气体的工厂。

瓦利尔虽然不领取工资，但允许他花6000多马克来制造和试验火箭。不过为安全起见，静态点火试验只能允许在夜间或周末进行。在该厂的瓦尔特·里迪尔工程师和一名技师的协助下，瓦利尔制造了一台小型的钢壳发动机做了试验。



图1-4 马克斯·瓦利尔，德国工程师，首先研究固体燃料火箭装入赛车和冰橇，后来转而研究液体推进剂。图中，他正在海兰特工厂的工作台上进行液体发动机的点火试验。

1930年3月8日，这枚用酒精和液氧作燃料的非冷却式发动机产生了17.6磅（8公斤）的推力。把它装在汽车（Pak-6型）的底座中（这辆汽车曾用二氧化碳压缩气体作动力），由瓦利尔驾驶，在海兰特工厂里行驶。

另一台钢壳发动机装进Pak-7型汽车，试验后又拆下发动机重新修改，可产生20~30公斤的推力。这台改进后的发动机于同年4月19日装进汽车，在柏林的滕伯尔霍夫机场做验证性试验。

据目击者威尔·利说，汽车笨拙地行驶了很长的一段距离，发动机冒出的火焰是略带红色的烟雾，说明燃烧并不充分。在这次试验后不久，阿瑟·鲁道夫加入海兰特公司要求参加火箭的研究。

瓦利尔古怪地认为，实现宇宙航行的道路应当一步步向前迈进：先是火箭汽车，后发展火箭飞机，最后才是宇宙飞船。他坚持要在由人驾驶的汽车上试验他的火箭发动机，这就是他为什么没有成为欧洲第一个发射液体火箭的人之原因。

不幸的是，他为这项研究付出了可怕的代价。1930年5月17日，这天是星期六，瓦利尔、里迪尔和鲁道夫在空无一人的海兰特工厂里工作到深夜。他们在工作台上正进行一台新发动机的试车。发动机准备装入一辆汽车，在下届柏林“航空周”上作表演。

这次使用的燃料是柴油和水的混合物，他用一根喉部直径1.1英寸（28毫米）的喷管，成功地进行了两次点火试验，瓦利尔坚持再做一次。为使

推力达到100公斤，改用喉径40毫米（1.57英寸）的喷管，燃烧室压力也会增大。鲁道夫描述了当时的情形：

里迪尔正操纵着流量阀，我看着馈送-压力阀，瓦利尔在离发动机很近的地方（2—5英尺）走来走去，观察“灼热点”指示器。这个指示器用来指示局部过热并防止烧穿燃烧室壁的危险。为了防止烧穿（尤其在燃烧室压力增大的情况下），推进剂流量和馈送压力必须始终保持平衡。所以，瓦利尔就打手势（因发动机的轰鸣声根本听不见说话）让我提高馈送压力——此时燃烧室压力达到了七个大气压，发动机内燃烧极其剧烈，机体突然颤动起来，接着，发动机发生剧烈爆炸。一块碎钢片击穿了瓦利尔的主动脉。里迪尔赶紧