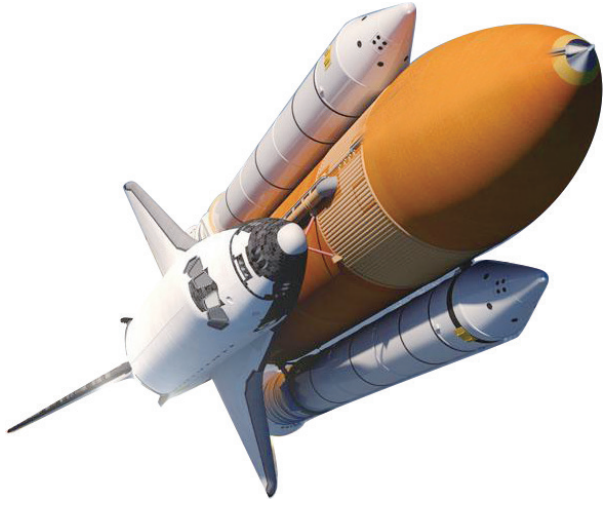
中国科技的梦想与荣光

嫦娥飞天

——中国人的太空探索之路

陆继宗　著



河北出版传媒集团
河北科学技术出版社

图书在版编目（CIP）数据

嫦娥飞天 : 中国人的太空探索之路 / 陆继宗著. --
石家庄 : 河北科学技术出版社， 2019.9
（中国科技的梦想与荣光 / 刘树勇主编）
ISBN 978-7-5717-0051-5

Ⅰ. ①嫦… Ⅱ. ①陆… Ⅲ. ①空间探索—概况—中国
Ⅳ. ①V11

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第159814号

嫦娥飞天——中国人的太空探索之路

陆继宗　著

出版　河北出版传媒集团　河北科学技术出版社
地址　石家庄市友谊北大街 330 号（邮编：050061）
经销　新华书店
印刷　北京兴星伟业印刷有限公司
开本　700 毫米 × 1000 毫米　1/16
印张　10.5
字数　130 000
版次　2020 年 4 月第 1 版
印次　2020 年 4 月第 1 次印刷
定价　42.00 元

序

中国科技在古代曾经灿烂辉煌，为人类文明做出过重大贡献。但是自明末之后，中国科技开始渐渐落后于西方。新中国成立之初，中国科技特别是高新技术领域几乎一穷二白，在极其困难的情况下，中国科技工作者发扬自力更生、艰苦奋斗精神，奋起直追。1964 年 10 月 16 日 15 时中国第一颗原子弹爆炸成功，1967 年 6 月 17 日 8 时中国第一颗氢弹空爆试验成功，1970 年 4 月 24 日 21 时中国第一颗人造卫星发射成功……以“两弹一星”为标志，中国开始了自身现代历史上第一次自主科技创新的历程。1978 年全国科学大会召开，中国迎来了“科学的春天”，在航空航天、超级计算机、海洋科学、超级工程、医药科技等众多领域取得了举世瞩目的成就。进入 21 世纪以来，我国科技发展突飞猛进，取得了一批引领世界的科技成果。正如习近平总书记在党的十九大报告中指出：“创新驱动发展战略大力实施，创新型国家建设成果丰硕，天宫、蛟龙、天眼、悟空、墨子、大飞机等重大科技成果相继问世。”一系列“叫得响、数得着”的科技成果，惊艳世界。这些科技成果既增强了我国综合国力，又为改善人民生活水平做出了重大贡献。

河北出版传媒集团领导高度重视宣传我国发展伟大成就，亲自谋划选题，指导河北科学技术出版社组织有关专家、科普作家编写了这套《中国科技的梦想与荣光》科普图书。这套书主要介绍了包括太空探索、北斗导航、中国天眼、量子通信、中国大飞机、深海探测、巨型计算机、中国高铁等近些年对中国乃至世界产生重大影响的科技成

果。在这套书中，读者在了解当代最前沿科学技术知识的同时，还会从中看到我国科学技术工作者“坚持、坚忍、坚韧”的可贵品格和“勤奋学习，自主创新”的精神；在生动有趣的科学故事中，读者可以了解到其中蕴含的科学思想、科学精神和科学方法，潜移默化中提高自己的科学素养；读者也会从科技工作者的勤奋、创新、拼搏和献身精神中受到鼓舞，并以更大的决心去迎接未来的挑战，为实现中华民族的伟大复兴而努力奋斗。

2019 年是新中国成立 70 周年，把新中国取得的科技成就宣传好，让更多的人了解中国科技发展历程，了解中国科学家艰苦奋斗、勇于创新的精神，在全社会形成爱科学、学科学、用科学的浓厚氛围，是一件很有意义的事情，我愿意向广大读者推荐这套科普图书。

中国工程院院士 

2019/9.

前 言

2019 年是新中国成立 70 周年大庆之年，又是我国航天领域喜迅频传的一年。1 月 3 日，新年伊始就传来了第一个喜报，举国关注的嫦娥四号探测器在月球背面成功软着陆，成为全球第一个在月背登陆的航天飞行器，这标志着我国在月球探测领域已进入世界先进行列，

从 1970 年 4 月 24 日发射东方红一号卫星开始，我国的航天事业已经取得了举世瞩目的成就，现在地球上空运行的 2 000 多个人造天体中，我国占了 300 多个，是名副其实的航天大国。

2004 年，我国正式启动月球探测工程，并命名为“嫦娥工程”。嫦娥是我国古代神话中的一个人物，奔月的故事在中国家喻户晓，把“嫦娥”用作我国探月工程的名称，实在是恰当不过。

“上天”是所有种族、所有宗教共有的梦想，大概灵长类动物有了思维能力之后就会这样想入非非。古人的梦想总归是梦想，今人则不然，自“上天”的工具——火箭出现后，上天之梦可以实现了。月亮作为离地球最近的天体，当然是登天的首选了。

2018 年是我国航天发射的井喷之年，一共进行了包括嫦娥四号在内的 39 次发射。2019 年的势头不减，从 1 月 11 日发射中星 2D，到 7 月 26 日成功发射遥感三十号 05 组卫星，已进行了 13 次发射，之后还有多颗卫星以及嫦娥五号发射升空。这些航天新成就是给建国 70 周年献的一份厚礼。

为了使读者能对我国航天事业，特别是“嫦娥工程”以及其他航天工程艰巨而伟大的探索历程有较为全面的认识，特编写了本书以飨读者。本书从人类的飞天梦想和有关月亮的神话传说出发，首先介绍

了月球、宇宙和航天方面的一些基本科学知识。然后在回顾人类太空探索历史的基础上，重点介绍了我国的航天事业。最后展望未来，对深空探索做些简单讨论。

编　者

2019 年 3 月

目 录

一、奔月之梦…… 1

古人对“天”的认识 …… 1

宇宙洪荒 …… 3

卫星月球 …… 4

嫦娥工程 …… 7

二、登天之梯…… 9

“火箭之父” …… 9

V–2 火箭 …… 13

宇宙速度 …… 15

火箭发动机 …… 16

箭体结构 …… 17

火箭类型 …… 18

长征系列运载火箭 …… 23

三、太空之争…… 26

领先一步 …… 26





乌国双星 …… 27

卫星上天 …… 31

探月计划 …… 33

载人航天 …… 35

美国载人航天 …… 42

阿波罗计划 …… 45

太空中的竞争与合作 …… 50

群雄纷起 …… 56

四、自主之路…… 61

中国航天之父 …… 61

星歌嘹亮 …… 66

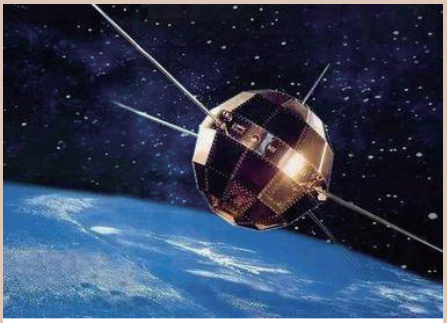
卫星大国 …… 70

科学探测卫星 …… 76

通信广播卫星 …… 77

导航定位卫星 …… 78

太空遨游 …… 82

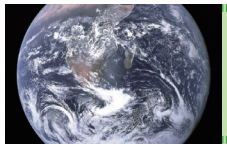


苍穹漫步 …… 91
“天”“神”合一 …… 95
天宫久驻 …… 109

五、嫦娥飞天…… 114
“绕”月飞行 …… 115
受控撞月 …… 118
软“落”月面 …… 121
嫦娥四号 …… 127
“小妹”待发 …… 138
“舞娣”探路 …… 138

六、未来之光…… 147
造访“广寒” …… 147
砌筑“琼楼” …… 149
初探荧惑 …… 151
结束语——太空无垠，探索未穷 …… 159





一、奔月之梦

上天一直是人类的梦想。嫦娥奔月更是中国家喻户晓的故事。1957 年 10 月 4 日，苏联发射“卫星 1 号”，开创人类航天新纪元。1961 年 4 月 12 日，苏联东方 1 号宇宙飞船升空，加加林成了进入太空的第一人。随后的美国阿波罗登月计划，把登月梦想变成了现实。

从 1970 年 4 月 24 日发射东方红一号卫星以来，中国已经相继发射多颗人造卫星、多艘载人飞船，进入世界航天大国之列。嫦娥工程更是吸引了世界各国的广泛关注。

在讨论飞天、奔月之前，让我们首先来探讨一下“天”和“月亮”是什么。

古人对“天”的认识

“天”是什么？这好像是一个不需要回答的问题。“天”就是每个人、每时每刻抬头望见的那片蓝天！古人普遍认为“地”以外的空间就是“天”。

不过，上古时代的人类对天上的种种现象，只能进行猜测和想象，于是就产生了种种关于“天”和“地”的神话传说和创世理论。

按照《圣经·旧约》中《创世记》第一章的叙述，神在创世的第二天创造了“天”，第三天创造了“地”。

中国也有自己的创世纪。传播最广的大概要算盘古开天辟地说了：“天地混沌如鸡子。盘古生在其中。万八千岁，天地开辟。阳清为天，



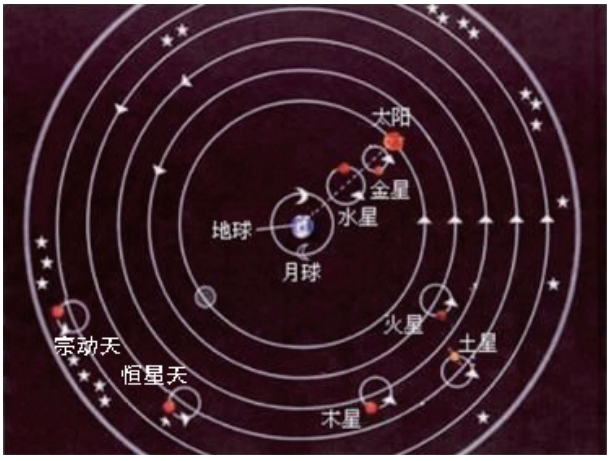
藏于科隆犹太教堂内的“律法书卷（摩西五经）”

阴浊为地。盘古在其中，一日九变。神于天，圣于地。天日高一丈，地日厚一丈。盘古日长一丈。如此万八千岁，天数极高，地数极深，盘古极长。故天去地九万里，后乃有三皇。”用现代的语言来说就是：最初天和地是混沌在一起的，像一只鸡蛋，盘古生在其中。一万八千年后，天地分开了，轻清者上升为天，重浊的下沉为地。盘古顶天立地站在其中，一天九变，主宰天地。每日天上升一丈，地变厚一丈，盘古也长一丈。再过一万八千年，天变得极高，地变得极厚，盘古也变得极长。这样一来天地相距九万里。”

古埃及的创世纪认为是太阳神阿蒙·赖创造了世界，把宇宙想象成以天为盒盖、大地为盒底的大盒子，大地的中央则是尼罗河。古巴比伦则认为是众神之王马多克开天辟地创造了世界，天和地都是拱形的，大地被海洋环绕，而其中央则是高山。古印度认为宇宙由地、水、火和风构成，想象圆盘形的大地处在几只大象上，而象则站在巨大乌龟的背上。

英文宇宙一词“Cosmos”来自希腊文，原意为“次序”。古希腊人发现了天上的现象较其他自然现象更为有序：太阳每天在空中穿行；月亮每月有盈亏；星星在空中固定不动。因此就把它称为“宇宙（次序）”。

亚里士多德认为：天体是物质的实体，地球是球形的，是宇宙的中心；地球和天体由不同的物质组成，地球上的物质由水、气、火、土四种元素组成，天体由第五种元素“以太”构成。



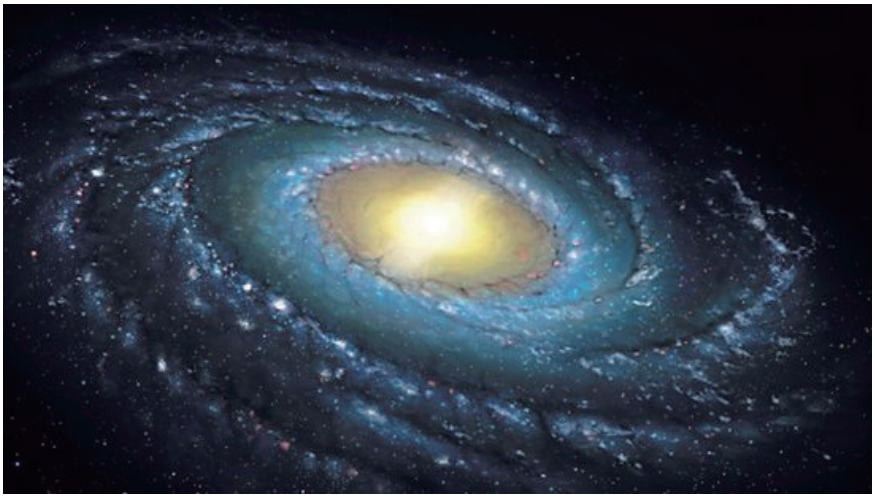
亚里士多德九重天模型

亚里士多德进一步发展了宇宙有序的思想，提出了九层天的宇宙模型。与以往认为“日、月、星都是镶嵌在同一个天穹上”的观点不同，他认为天有九个层次，分别是月球天、水星天、金星天、太阳天、火星天、木星天、土星天、恒星天、宗动天。恒星天外的宗动天，是由神来推动的，各层天均由宗动天带动而依次运动。

在中国也有类似的九重天之说。《淮南子·天文训》中对九重天有详细描述：“天有九重，一为月天，二辰星，三太白，四日，五荧惑，六岁星，七镇星，八恒星，九左旋天。”这里的晨星是水星，太白是金星，荧惑是火星，岁星是木星，镇星是土星。与亚里士多德的九重天在次序上也基本一致。

宇宙洪荒

银河系之外还有许许多多的星系，统称河外星系。目前已经发现的河外星系大约有 50 亿个，若干个邻近的星系又构成了星系团。所有的星系团一起构成了所谓的总星系，总星系就是我们现在所观测到的宇宙。



银河系全景图

谈到宇宙，有两个问题会经常提到：它有起源吗？它有边界吗？这是当代宇宙学中的两个大问题。

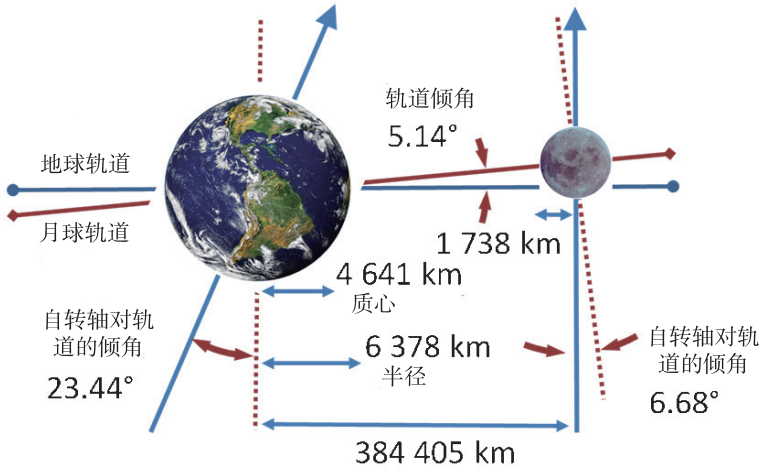
当前绝大部分天文学家、物理学家接受的理论认为，宇宙起源于137亿年前一次大爆炸。宇宙从原始的一个点爆炸后，就一直膨胀。经历了量子涨落、暴涨和大黑暗等时期，直到4亿年后（即130多亿年前）才产生了第一颗星星，随后才发展出许许多多的星系。大爆炸宇宙模型和宇宙膨胀是有多项天文观测事实支持的，现已被视为标准宇宙模型。

卫星月球

月球，俗称月亮，是地球唯一的一颗永久天然卫星。八大行星，除水星和金星外，都有天然卫星。火星有两颗卫星，木星有79颗卫星。土星的卫星最为五花八门，有的比水星还大，有的直径小于1千米，除卫星外，土星还有一个美丽的光环，实际上也是由许许多多小卫星聚集而成的。天王星有27颗卫星，海王星有14颗卫星。就连2006年

被降级为矮行星的冥王星也有 5 颗卫星。在所有这些卫星中，月亮体积是第五大的，密度则是第二大的。

月球是一个非“天”非“地”、亦“天”亦“地”的特殊星体。对于地球来说，它属于“天”，而且是天上除了太阳以外最明亮的天体。



月地系统

但它又是地球的卫星，故又应归属于“地”，正确的说法应该是地球和月球组成了一个“地月系统”。月地距离为 384 405 千米，即约 1.28 光秒。月球轨道（白道）面与地球轨道（黄道）面有一个 5. 14° 的倾角。月球半径为 1 738 千米。月地系统的质心位于月地中心连线上，离地球中心 4 641 千米处。月球的密度比地球的略小，其质量约为地球的 1/80。

迄今为止，有关月球的起源学说总共有四种：同源说、俘获说、分裂说和撞击说。前三种假说都有无法解释的地方。月球的含铁量比地球的低，这就否定了同源说。俘获说认为月球本身是颗小行星，闯入地球的引力范围后，被地球俘获成了一颗卫星，但是月球的成分又与其他的行星、彗星的不同，也被否定。分裂说（月球是从地球赤道

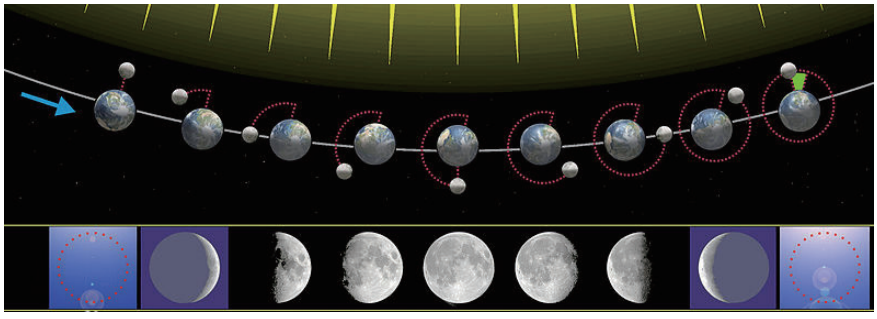
上“甩”出去的），无法解释月球轨道的倾角，对分离时的初速度要求又太高，故也被否定出局。只有 20 世纪 70 年代提出的撞击说，得到了大多数天文学家的认同，认为它能够很好地解释月球的形成。

撞击说认为，在地球形成后不久，木星的引力摄动使一颗较大的行星胎“忒伊亚”（有火星那么大）与地球发生剧烈撞击。不过，撞击并不是中心直对的正撞，而是斜撞。“忒伊亚”的星核沉入了地核，而被撞击出的“忒伊亚”的小部分星幔和地球的部分地幔，形成了一个绕地球转动的盘，盘内大部分物质在十几天内就吸积形成月球。

月球最先被人类观察到的特点是它的“明亮”和“视直径大”。古人观察认为月球是天上除了太阳以外，最为明亮的天体了，所以称月球为“月亮”。同时，月球也是天上除了太阳以外，视直径（即人类肉眼看到的直径）最大的天体。而且在某些日子的某些时段，月亮还会与太阳一起高挂在天穹上，于是就有了“日月同辉”这个成语。

月亮的另一个明显特点是月相的变化。所谓月相变化就是月球在绕地球公转的过程中，它被太阳照亮的部位不同，而月球又是始终以正面朝向地球的，所以我们每天看到的月球明亮部分是不同的。当月球运行到地球和太阳之间时，被太阳照亮的一面背对着地球，月亮就看不见，此时叫“新月”，或“朔”，亦即阴历初一或三十。之后，月球被照亮的部分逐渐转向地球，在农历初三、初四能够看到一钩弯月，称为“娥眉月”。农历初七、初八能看到半个月亮，叫作“上弦月”。阴历十五、十六、十七，月球被照亮部分全部面对地球，此时看到了一轮明亮的圆月，称为“满月”，或“望”。满月过后，月球的明亮部分逐渐变小，到阴历二十二、二十三，又只能看到的半个月亮，叫作“下弦月”。再经过“残月”（与“娥眉月”相对应），月亮又回到“朔”。月相就是这样周而复始地变化着，月相的变化就叫作“朔”“望”变化。

阴历朔的时候，月亮运行到地球和太阳之间，这时有可能发生日食。望的时候，地球处于月球和太阳之间，这时有可能发生月食。由于白道面与黄道面有一个 5.14° 的倾角，所以并不是在每个“朔”日或“望”日，都会有日食或月食发生。



月相

月相从新月到下一个新月，约 29.53 天，叫作一个“月”。这样定义的“月”，叫作“朔望月”。还有其他的定义方法，如定义月球两次经过同一颗恒星之间的时间间隔为 “恒星月”，一个恒星月约为 27.32 日。还有“分点月”“近点月”“交点月”等不同定义方法，不过这些“月”的长度均在 27 日左右，与“恒星月”相差不大。

用肉眼观察，月亮是天上除了太阳之外最大、最亮的天体。古人对它产生种种的联想和猜测是非常自然的。世界上各个地区、各个民族以及各种宗教，对月亮都有各式各样的神话和传说。

嫦娥工程

月球是离地球最近的一个天体，人类要探索太空，它是最为理想的第一站。苏联在 1959 年发射了第一艘登月的无人太空船。美国的阿波罗登月计划，实现了人类的第一次登月。此后，世界各国共进行了超过 100 次探月，取得了大量有关月球的科学数据和资料，积累了许多经验和教训。



2004 年，中国正式开展月球探测计划，并命名为“嫦娥工程”。嫦娥工程分为“无人月球探测”“载人登月”“建立月球基地”三个阶段。无人月球探测计划又分“绕、落、回”三步走。第一步是“绕”月飞行，获取月球表面的影像数据；第二步“落”是在月球表面实现软着陆；第三步“回”则是从月面采集样品，带回地球进行分析研究。

2007 年 10 月 24 日，“嫦娥一号”成功发射升空，在圆满完成各项使命后，于 2009 年按预定计划受控撞月。2010 年 10 月 1 日 “嫦娥二号”顺利发射，圆满并超额完成各项既定任务，目前已成为太阳系的一颗行星。2013 年 12 月 2 日发射“嫦娥三号”探测器，当月 14 日在月球雨海成功软着陆，“玉兔号”巡月车在月面行走。2018 年 12 月 8 日发射嫦娥四号探测器。1 月 3 日 10 时 26 分，嫦娥四号探测器在月球背面的冯·卡门撞击坑（东经 177.6° 、南纬 45.5° 附近）成功着陆，并通过“鹊桥”中继星传回了世界第一张在月球背面拍摄的月背影像图，成功实现了人类探测器首次在月背的软着陆，首次通过中继星建立了月背与地面之间的中继信链，开启了人类月球探测新篇章。

中国月球探测计划的成功执行，极大地推进了人类的航天事业。我们下一步不仅要实现“载人登月”和“建立月球基地”，还将探测火星、小行星等天体，进一步实施深空探测，向离地球 150 亿千米的太阳系边缘进军。



二、登天之梯

航空和航天的根本区别在于，航空只是人类在离地面 10 千米左右大气层中自带燃料的飞行活动，尚未摆脱地球引力的控制，故飞机失速就会坠地。航天则是要自带燃料和氧化剂，可以在没有空气的太空中飞行，能够绕地球飞行、登陆月球或飞离地球成为太阳系的人造行星，甚至飞出太阳系、银河系，真正成为宇宙中的一叶小舟。

“火箭之父”

火箭在中国古代只是用作烟火爆竹而已，即便用作武器，也只是用作火攻的引燃物，而不是直接杀伤敌人。现在，火箭已是发射人造卫星、宇宙飞船、太空探测器的运载工具，也是大规模杀伤性武器的运载工具。

19 世纪末、20 世纪初的一些科学家对火箭技术做出了重大贡献。这些科学家的代表人物有：法国飞行器设计师和宇航理论家罗贝尔·埃斯诺 – 佩尔特里（1881—1957）；俄罗斯火箭科学家康斯坦丁·爱德华多维奇·齐奥尔科夫斯基（1857—1935）；匈牙利裔德国物理学家和工程师赫尔曼·朱利叶斯·奥伯特（1894—1989）和美国物理学家、工程师和发明家罗伯特·哈金斯·戈达德（1882—1945）。由于他们的开创性研究和后继者的努力，使火箭技术从原始到现代，现在成了登天的工具，因此他们被誉为“火箭之父”。

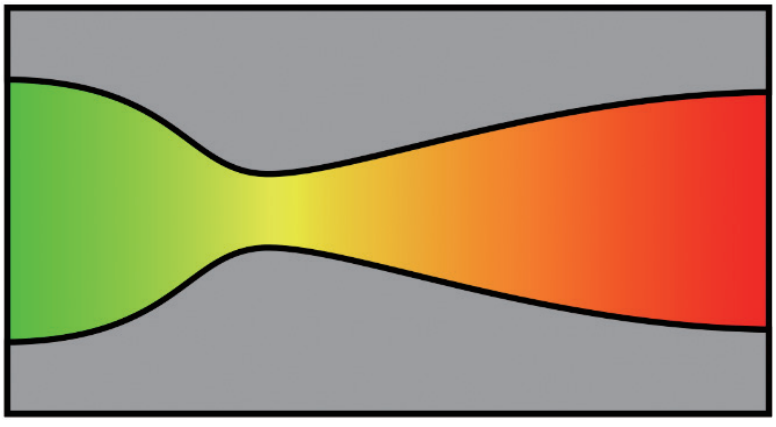
首先值得一提的是美国的戈达德，他是一位传奇人物。他改进了火箭的诸多关键性技术，试制和发射了世界上第一枚液体燃料火箭，

提出太空飞行的许多开创性思想，然而当时非但没有得到赞扬，反而招来了各种怀疑指责、冷嘲热讽。直到后来卫星上天、登月成功，人们才重新认识了他，但这已是他去世多年以后了。

戈达德出生于美国马萨诸塞州的伍斯特。他父亲从小就注意培养他对科学的兴趣，5 岁时给他演示如何在自家的地毯上产生静电。于是他相信如果把电池的锌皮放置在鞋底下面，依靠鞋底和地面的摩擦给锌充电，就能使自己跳得更高，当然结果是否定的。对他影响最大的是英国的一部科幻小说《世界大战》（2005 年被著名导演斯皮尔伯格拍成电影），描写的是“火星人入侵地球” 的故事。这使他在 17 岁时萌发了所谓“樱桃树梦想”：“一天我爬在谷仓后面一棵高高的樱桃树上，眺望东面的田野时，想象着如果制造出某种有可能飞上火星的装置，从我脚下的草地升空，那是多么美妙呀！”1908 年 6 月，戈达德以优异的成绩从伍斯特理工学院毕业，随后进入克拉克大学继续深造，1911 年取得博士学位。1909 年他著文论述火箭使用液体燃料的可能性，开始研究使用不同于传统固体燃料的途径来提高火箭的效率，提出了使用液氢作为燃料、液氧作为助燃剂的思想，现在许多大型液体火箭的推进剂就是液氢和液氧。从 1913 年开始，他撰写多篇有关火箭的专利文章。特别是 1914 年的两篇，一篇（美国专利 1 102 653 号）论述了关于制造多级火箭的可能性；另一篇（美国专利 1 103 503 号）是关于用固体燃料（炸药）或者液体推进剂驱动火箭的方法。这两篇文章最终都成了火箭发展史上的里程碑式的文章。戈达德一共申请了 214 项专利，有一些是他去世后，由他的妻子申请的。

在实现“樱桃树梦想”的道路上，他迈出的第一步是提高火箭的效率。以前的火箭都是直筒状火药火箭（固体火箭），戈达德最初研究的就是这种火箭。1915 年，戈达德进行了他的第一次火药火箭发射试验，火箭的巨大亮光和噪声惊动了整个校园。这一时期他在克拉克

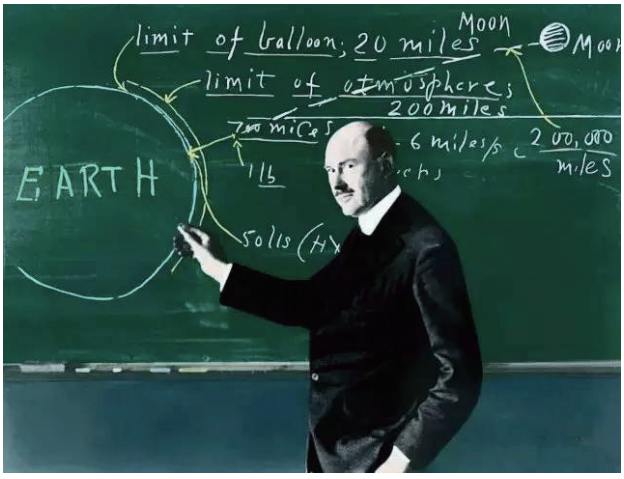
物理实验室里进行火药火箭的静态试验，研究火箭的推力和效率。通过试验，他证实了火药火箭只有 2% 的燃料能量可以转变为推力。但发现如果把燃气轮机的拉瓦尔喷嘴技术用于火箭，就可以把火箭的推力大大提高。拉瓦尔喷嘴是燃气轮机用来提高喷气速度的一项成熟技术，戈达德用这一思想把直筒状的火箭改成先收缩、后扩展成喇叭状的拉瓦尔喷管。1915 年夏天，戈达德用拉瓦尔喷管实验成功了 2051 米 / 秒的喷气速度，平均效率达到了 40%。现代火箭的喷管，无一例外均采用拉瓦尔喷管。



火箭的拉瓦尔喷管

当时戈达德得到了美国斯密森学会的资助，所以在给斯密森学会杂志的一封信中，他汇报称喷气速度已经达到 2438 米 / 秒，效率达到 63%。并且确信可以把初始质量 40.64 千克（终态质量为 0.45 千克）的火箭垂直发射到 373 千米的高空。一般认为地球大气层的高度仅为 130 千米到 160 千米，373 千米的高空处，大气已经非常稀薄，根本无法产生足够支持航空飞行器（飞机）的升力。由此可见，经过改进的戈达德火箭已经能在真空中飞行了。

1919 年下半年，戈达德在斯密森学会发表了题为《达到极大高度



戈达德

的方法》的开创性著作。书中论述火箭飞行的数学原理，介绍了他的固体火箭试验，以及探索地球大气层和宇宙空间的可能性。该书与齐奥尔科夫斯基的《使用反推装置的宇宙空间探索》一书同被认为是火箭科学的先驱之作。

戈达德的这本先驱之作在美国引起了广泛的关注，不料带来的不是对它赞扬，而是一片批评，甚至是冷嘲热讽。1920 年 1 月 12 日的《纽约时报》的头版发表了斯密森学会的新闻稿“相信火箭能够到达月球”，在第二天的编辑部文章中，虽然在表面上也说“戈达德的发射多次充装燃料火箭到达地球大气层最高处的方法是实际的，因而是有希望的”，但随后笔锋一转，“然而还不清楚（它携带）仪器能否回到出发地，事实上，很明显，没有像气球那样的降落伞缓冲降落，这是不可能做到的”。当时普遍错误认为火箭产生的推力是空气对排出气体的反作用产生的，所以“火箭能够到达月球”的预言得到的是讽刺挖苦：“拥有克拉克大学教席、得到斯密森学会赞助的戈达德教授还不懂得作用和反作用，不知道真空是不会产生反作用的，他似乎还缺乏高中的日常知识。”

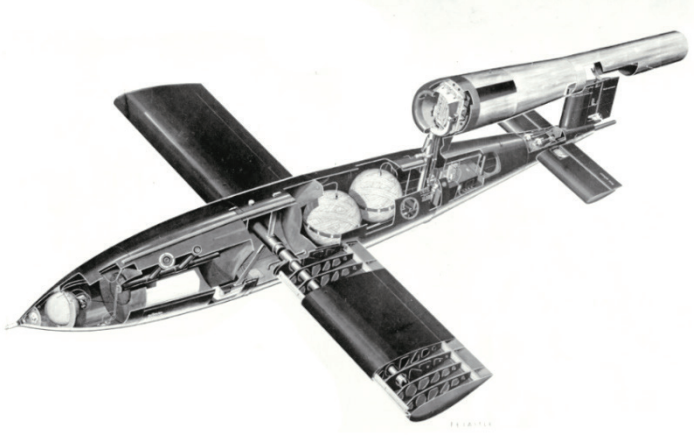
1926 年 3 月 16 日，在马萨诸塞州伍斯特郡奥伯恩镇，戈达德发射了第一枚液体推进剂火箭——戈达德 1 型火箭。使用的燃烧剂是煤油，氧化剂是液氧。虽然这枚火箭只上升了 41 英尺（12.3 米），升空的时

间也只有 2.5 秒，最后还掉到了 184 英尺处的艾菲大婶的卷心菜地里，但却是火箭发展史上的一个重大事件，证明了液体的燃烧剂和氧化剂是可以用作大型火箭的推进剂的。

1926 年到 1941 年间，戈达德和他的团队一共发射了 34 枚火箭，其中 1937 年 3 月 23 日发射的 L 系列 B 型火箭到达了 2.6 千米的高空，速度达到每小时 885 千米（约 246 米 / 秒）。由于这些贡献，戈达德获得了美国“火箭之父”的称号。但他的太空飞行、登陆月球的想法仍然没有得到美国政府、军方和科技界的认可。

V–2 火箭

1944 年 9 月 8 日黄昏，伦敦西区发生了猛烈爆炸，一枚特殊的炸弹摧毁了大片建筑，道路被炸出 9 米见方的一个弹坑，3 人丧生，几十人受伤。后来才知道这是纳粹德国研发的 V–2 火箭。早在三个月前的 6 月 13 日，同盟国军队在诺曼底登陆之后的一星期，已经有一种发出特殊嗡嗡声的飞行炸弹轰炸了伦敦，最多时每天有 100 多枚。这是纳粹德国为了报复诺曼底登陆而发射的 V–1 火箭。火箭还没有成为人类



V–1 飞弹剖面图



V-2 导弹（德国佩内明德历史技术博物馆复制品）

实现飞天梦想的工具，而是首先变成了杀戮人类的战争武器。

V-1、V-2 是纳粹德国为了报复同盟国对德国本土城市的轰炸而设计制造的武器，V 是德文 Vergeltungswaffen（报复武器）的首字母。从外形看，V-1 像一种飞（行炸）弹，它的动力装置是脉冲喷射发动机，并装有自动驾驶仪作为制导系统，故它的准确名称应为脉冲喷射巡航导弹，是巡航导弹的雏形。

与 V-1 不同，V-2 不但外形像火箭，从它的结构来看，更是名副其实的一枚长程弹道导弹。V-2 有一个当时最大的液体推进剂火箭发动机，用的燃烧剂是浓度为 74% 的掺水酒精，氧化剂是液氧，由它把火箭推进到约 100 千米的高空，然后从最高点沿抛物线作惯性运动射向目标。V-2 是人类第一次越过了所谓卡门线的航天飞行器。

第一次世界大战后，由于受《凡尔赛条约》的限制，德国不能试制坦克、飞机和潜艇等进攻性武器。但《凡尔赛条约》没有规定德国不能研发火箭武器。利用这一漏洞，德国在 20 世纪 30 年代进行了“集群”系列火箭的开发和研制。第一代的 A-1、A-2 在 1933 年开始设计，由于 A-1 设计并不合理，试验失败。第二年开始了改进的 A-2 的研制，取得了令人满意的成果。于是促使德国军方进行第二代的 A-3 和 A-4 的研发。1942 年 10 月 3 日 A-4 第一次试飞成功，这使得纳粹德国非常高兴。当时的陆军研究中心的负责人，瓦尔特·多恩伯格少将甚至

声称：“1942 年 10 月 3 日是太空旅行新纪元的第一天。”

1944 年，A–4 被命名为 V–2，并交由党卫军控制，随即希特勒下令向伦敦、安特卫普等城市发射。共有 3 172 枚 V–2 火箭射向同盟国，其中 1 402 枚击中英国本土（伦敦 1 358 枚）；1 664 枚射到比利时；76 枚射到法国；19 枚射到荷兰。由于 V–2 精确度还不够高，也未装近炸引信，故不能在低空爆炸。虽然这些因素降低了它的轰炸有效性，但它的杀伤力还是空前巨大，造成了一时的恐慌。英国广播公司（BBC）2011 年公布的文献透露，仅伦敦一地估计就有 2 754 名平民被炸死、6 523 名被炸伤。总共有 9 000 多名军人和平民死于 V–2，在制造它的过程中约有 1 万名强迫劳工和集中营囚徒死亡。

宇宙速度

要使一个飞行器能够在近地球表面绕地球运动，它的轨道速度必须达到 7.9 千米 / 秒。这个速度叫第一宇宙速度，也称环绕速度。各个星体的第一宇宙速度是不同的，要根据它们的质量、半径大小计算。例如，月球的质量是地球的 1/80，半径是地球的 1/4，所以月球的第一宇宙速度只有地球的 2/9，约为 1.8 千米 / 秒，。

由于地球表面有大气层，所以不大可能在贴近地球表面的地方绕地球飞行。如果飞行器在 150 千米的高空绕地球运行，由于地球的引力减小了（根据万有引力定律，引力的大小与两个物体之间距离的平方成反比），轨道速度大概只要 7.8 千米 / 秒就可以了。月球离地球 38 万千米，所以它的轨道平均速度只要 1.022 千米 / 秒，也不会掉落地面。

如果一个太空飞行器要完全摆脱地球的引力，飞离地球，奔向其他的天体，就必须达到 11.2 千米 / 秒的速度。这个速度叫第二宇宙速度，也称脱离速度。

从地球表面发射的航天飞行器，要飞出太阳系，奔向另一颗恒星，

它所需要的最小速度为 16.7 千米 / 秒，这叫作第三宇宙速度。

如果要飞离银河系进入其他星系，则速度需要达到 110 ~ 120 千米 / 秒，这个速度叫第四宇宙速度。

火箭发动机

火箭是一类由自身发动机推动的、可以在空气或太空中运动的飞行系统。火箭与导弹是有区别的，导弹是载有战斗部（核弹或常规炸弹等）的火箭；而火箭只是指运载工具，它的有效载荷种类繁多，可以是战斗部，也可以是航天飞行器等等。

火箭一般由箭体、发动机、推进剂输送系统及制导和控制系统等组成。其顶端连接有效载荷，箭体内有支撑构件和各种仪器以及推进剂储箱、输送泵及各种管道等等。发动机是火箭的关键部件，由它提供火箭飞行的动力。

火箭发动机是一种所谓的反作用引擎，由自身携带的推进剂产生高速喷气气流，从而反推火箭前进。与航空喷气发动机相比，火箭发动机还要自带氧化剂。火箭发动机具有自重轻、推力大、加速快等优点，但它的比推力比航空喷气发动机的低（因要携带氧化剂）。



我国大型火箭发动机

当前大量使用的是化学火箭发动机，按其推进剂的类型又可分为固体火箭发动机、

液体火箭发动机、混合火箭发动机和单一推进剂火箭发动机等。

箭体结构

火箭箭体是火箭各种载荷支撑构件的总成，它像人的躯体一样，把火箭的有效载荷、飞行控制系统和推进系统等联结成一个完整的整体。它有一个流线型的光滑外壳，俗称箭壳，保护箭体内部的各种仪器和设备。

火箭的英文为 rocket，来源于意大利文 rocchetto，意为纺纱车上的绕线筒子。从外形来看，两者确有相似之处。火箭采用细长的外形和光滑的表面，目的是使火箭在垂直起飞时具有良好的空气动力学性能。

箭体要承受地面操作、运输和飞行中产生的各种力，还要保护内部的各种仪器设备，为它们创造良好的工作环境。箭体结构一般由有效载荷整流罩、推进剂贮箱、输送系统、仪器舱、级间段、发动机架和尾段等几部分组成。

有效载荷整流罩是把有效载荷或末级火箭包封起来的部件，其功用是在大气层飞行阶段保护有效载荷。推进剂储箱是储存推进剂的容器，占了火箭体积的大部分。动力系统用来给贮箱加注推进剂和向发动机供应推进剂、提供增压气体等。仪器舱用以安置仪器设备。多级火箭还要有级与级之间的连接部件，即所谓级间段。发动机架是传递发动机推力的承力构件，也是安装发动机及其附件的支承体。火箭的尾部是发动机的保护罩。

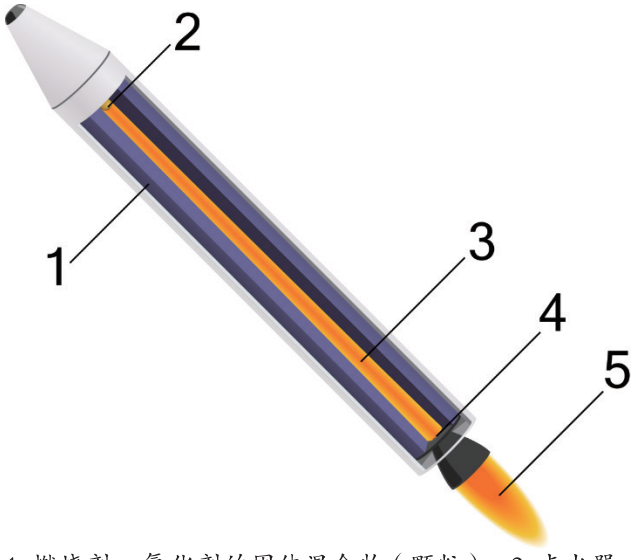
箭体结构一定要做得足够结实。另一方面，为了提高火箭的性能，又要求箭体结构要尽可能轻巧。因而火箭通常采用质量小、强度高的结构材料，如铝合金和复合材料等来制造，当然还必须采用合理的力学结构。

火箭类型

可以根据用途、发动机类型、规模、级数等，来对火箭进行不同的分类。如根据用途，可将火箭分成卫星运载火箭、军用火箭、探空火箭、救灾火箭等等。根据发动机的类型，可将火箭分为固体火箭、液体火箭、混合火箭。下面先来简单介绍一下使用化学火箭发动机的火箭种类。

固体火箭 顾名思义，固体火箭就是使用固态燃料和氧化剂的火箭。古代的火箭都是固体火箭，现在燃放的烟花也都是些最简单的、使用黑火药的玩具火箭。固体火箭发动机主要由壳体、固体推进剂、喷管组件、点火装置等四部分组成。

固体火箭发动机具有结构简单、点火容易、发动机质量比适中、比冲适中等优点。但也有推进剂耗尽前难以熄灭、不能及时节流、处理推进剂混合物容易引起爆炸、推进剂添加困难等缺点。由于这些特点，固体火箭大多用于对推力、末速度等要求不是很高的探空火箭、空空导弹、地对空导弹和洲际导弹等场合。也用作大型运载火箭的助推器。



1. 燃烧剂－氧化剂的固体混合物（颗粒）；2. 点火器，作用是点燃固体推进剂；3. 燃烧室，即固体推进剂中间的圆柱形小孔；4. 阻挡热气流的喉道；5. 喷出气体

固体火箭发动机结构简图

我国20世纪60年代至70年代使用的红旗系列地空导弹，使