

飞向太空——飞得更高：火箭与长征火箭

《飞向太空丛书》编委会

世界图书出版公司

目 录

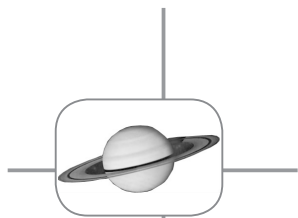
引 言	1
第一章 火箭的基本知识	2
火箭的历史	2
火箭的原理	13
火箭的分类与组成	17
火箭与航天	21
古代载人航天先驱——万户	27
相关链接:《2001:太空漫游》	30
第二章 世界著名火箭	32
“雷神”系列运载火箭	32
“宇宙神”系列运载火箭	35
“大力神”系列运载火箭	43
“德尔它”系列运载火箭	53

“土星”系列运载火箭	56
“东方号”系列运载火箭	59
“能源号”系列运载火箭	65
“质子号”系列运载火箭	67
“天顶号”系列运载火箭	71
“阿丽亚娜”系列运载火箭	73
H 系列运载火箭	77
“极轨卫星”运载火箭(PSLV)	79
“长征”系列火箭	84
航天之父——齐奥尔科夫斯基	87
相关链接:《星舰战将》	97

第三章 中国的“长征”火箭系列

“长征”火箭的由来	100
“长征一号”运载火箭	103
“长征二号”运载火箭	108
“长征三号”运载火箭	119
“长征四号”运载火箭	131
“长征五号”运载火箭	134
长征系列运载火箭巨大成就	138
中国导弹之父——钱学森	151

相关链接:《飞向太空 2002》	163
第四章 火箭的未来和发展	168
奔向月球	168
火星探测计划	183
太阳探测计划——夸父计划	187
新一代运载火箭	190
广阔的发展前景	195
相关链接:《月球之旅》	199



引 言

宇宙有无穷的奥秘，太空是人类永恒的财富。不断探寻宇宙奥秘，和平利用太空资源，使之造福于人类，这是人类的共同目标。载人航天技术是人类实现这一目标的有益探索。我们实施航天工程，发展航天事业，目的就是同国际社会一道，和平开发利用外层空间，造福人类。中国应该也能够在人类探索外层空间的伟大事业中有所创造、有所作为，为促进人类科技进步，推进人类和平与发展的崇高事业做出应有的贡献。

航天技术是现代科学技术的结晶，航天活动是国民经济和军事部门重要组成部分。火箭技术的发展推动了人类航天事业的进步和发展。火箭作为太空飞行的推进装置，为人类进入太空架设了桥梁。

世界各国都在加快向太空进军的步伐，我国也不例外。我国广大航天科技工作者以崇高的使命感和高度的责任感，大力弘扬“两弹一星”精神和特别能吃苦、特别能战斗、特别能攻关、特别能奉献的航天精神，坚持科技进步和自主创新，努力实现技术发展的跨越，牢牢掌握尖端技术发展的主动权，不断迈出我国航天事业和国防科技发展的新步伐。我国航天事业一定能够不断取得举世瞩目的成就，谱写出中华民族自强不息的壮丽诗篇。



飞得更高

Fei De Geng Gao

火箭与长征火箭

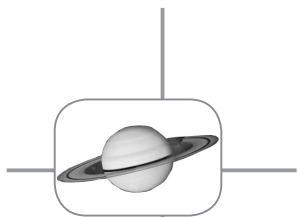
第一章 火箭的基本知识

火箭的历史

俄国科学家、现代航天学和火箭理论的奠基人——康斯坦丁·埃杜阿尔多维奇·齐奥尔科夫斯基（Константин Эдуардович Циолковский）说：“地球是人类的摇篮，我们不会永远停留在摇篮里。为了追求光明和探索空间，我们开始要小心翼翼地飞出大气层，然后再征服太阳周围的整个空间。”

像鸟儿一样在天空翱翔是人类自古以来的梦想，几乎所有讲述航空历史的书都是从远古的神话开始的。古希腊罗马人给他们的神安上了翅膀，并虚构了多种飞翔生物。在代达罗斯和伊卡洛斯的神话中，父子俩用蜡和羽毛做成翅膀，系在身上飞出囚禁之地，不幸的是伊卡洛斯飞得太高，蜡被融化坠入海洋，代达罗斯则安全降落于西西里岛。而中国也有羽人传说。羽人，在《山海经》中有记载：“羽民国在其东南，其为人长头，身生羽。”

地球的周围有着一层多用途的面纱，那就是大气层。大气层保护着地球上的生物，使得他们免受从宇宙空间飞来的流星和粒子辐射的危害。地球表面维持适宜温度，动物所需的氧气、植物必需的二氧化碳，都是大气



层提供的。有了大气层，地球上才有万物生长，才有高智慧的高级动物——人类。

由于地球引力的作用，地球大气层的空气并不均匀，它的密度随着高度的增加逐渐下降。在距离地面 30 千米的高空，大气密度只有海平面的百分之一一点五；在 100 千米的高度上，只有海平面的百万分之一。因此在贴近地面 6000 千米的高度范围内，空气的质量大约占去整个大气质量的一半。在 16 千米的高度内，大约包含整个大气质量的四分之三。

人类的航空活动，从一开始便和大气层的密度有直接关系。18 世纪工业革命之后，随着生产力的迅速提高，人们开始尝试离开地面到空中飞行。1883 年，先后出现了热空气球和氢气球。19 世纪末至 20 世纪初，又从气球发展到飞艇，出现了一种轻于空气的新航空器。1903 年第一架活塞式飞机制造成功。1939 年第一架喷气式飞机正式诞生。之后，在上世纪 40 年代里，出现了第一批军用喷气式飞机，50 年代后航空航天技术更是不断进步和发展。其中，火箭技术的发展有着不可忽视的重要作用。

航空技术的发展，实质上就是争取速度、高度和航程的过程。1940 年，活塞式飞机飞行速度达到每小时 755 千米，最大航程达到 1 万千米，巡航高度达到 17 千米。这时候人们发现活塞式飞机已经发展到了极限，没有什么可提高的余地。但是，喷气式发动机的应用，又给航空飞行开辟了更广阔的前景。现在最先进的喷气式飞机，可以在 3 万米的高空以三倍音速的速度飞行，持续航程可达到 2 万千米。

随着航空技术的发展，人们开始意识到：一切航空器，从最初的气球到最新式的喷气式飞机，都只能在大气中飞行，不能脱离大气。飞机要离开地面，必须依靠发动机的推动力，一方面克服空气的阻力，另一方面使



飞得更高

Fei De Geng Gao

火箭与长征火箭

机翼和空气发生相对运动来产生上升力。所有的航空发动机的运转，燃料燃烧都必须从大气中获得氧气。这样说来，飞机飞行依赖于大气，能够支持飞机飞行的大气层高度只有 30 多千米，所以飞机只能在这个高度以下飞行。此外飞机的速度还是不够快。现在，飞机的速度世界纪录是每小时 3523 千米，大约只有第一宇宙速度^①的八分之一。航空方面的日积月累的经验对航天活动是宝贵的，但如果套用飞机升空的办法，显然是飞不出地球的。

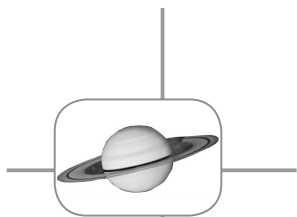
但火箭不同，它不是利用空气的浮力和升力，而是依靠自身的反作用力，可以在没有空气的地方飞行。就像乌贼、章鱼可以靠反作用力逃跑一样，火箭也可以利用反作用力冲上天空。但火箭喷射的不是空气，而是燃烧所产生的气体。不同类型的火箭使用不同的燃料，但不论是哪种，都有一个共同特点，那就是它们的推进剂不需要外加空气就能够燃烧。

一般物质燃烧，都需要空气中的氧气来助燃。但是火箭的推进剂中自己带着氧气，这样，即使在几乎真空的浩瀚宇宙中，火箭也能够自己喷射燃烧气体而飞行。

在没有空气的状态下，火箭也可以燃烧前进，这一点人类在 1610 年就已经知道了。英国的纳索伯爵曾写到：“火箭也可以在水中点火，在水中喷射前进。”

火箭的推进剂既然能够在水中燃烧，那么也应该能在真空状态下燃烧。现代火箭的奠基人齐奥尔科夫斯基坚信“火箭可以在真空状态的宇宙空间里使用”。他研究怎样改进火箭技术能够使它能在宇宙空间里飞行，

^① 航天器沿地球表面作圆周运动时必须具备的速度，也叫环绕速度。第一宇宙速度有两个别称：航天器最小发射速度、航天器最大运行速度。



他在1903年写的论文《利用喷气工具研究宇宙空间》中，就曾提到“液体燃料火箭比固体燃料火箭更适宜于宇宙飞行”的理论。

古代的火箭

提到古代火箭，就要从我国说起了。我国是世界上最早发明火药的国家。唐朝中叶（大约在公元682年），中国已经发明了火药。最初火药只是用于庆典时候的烟花，而真正将火药制成武器、用于战争，是始于宋朝。

北宋军官岳义方、冯继升造出了世界上第一个以火药为动力的飞行兵器——火箭。这种火箭由箭身和药筒组成。药筒用竹、厚纸制成，内充火药，前端封死，后端引出导火绳，点燃后，火药燃烧产生的气体向后喷出，以气体的反作用力把火箭推向前，在飞行中杀伤敌兵。这种原始的火箭在工作原理上与现代火箭几乎没有什么不同。公元12世纪中叶，原始的火箭经过改进后，被广泛地运用于战争。当时在中国民间广为流行的能高飞的“火流星”（亦称“起火”），实际就是世界上第一种观赏性火箭。



古代火箭

完全依靠火药喷射的反作用力前进的火箭最早出现在南宋。人们最开始只是利用火药制成了“地老鼠”、“走线流星”、“起火”等烟花或娱乐玩具。随后便发现利用火药反作用力发射、带炸药的火箭不但射得远，而且杀伤力大。有历史记载，公元1161

年，南宋将领虞允文在著名的采石战役中，使用霹雳炮打败了金兵，这种



飞得更高

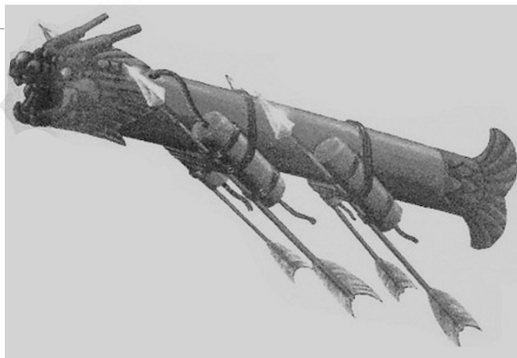
Fei De Geng Gao

火箭与长征火箭

霹雳炮就是利用火药发射到敌军中，然后引燃爆炸，杀伤敌军，有点类似现代的火箭弹。

到了明代，古代火箭的技术发展得更为完备。明洪武年间，兵仗局^①制造了一种称作“火箭”的兵器，曾用于1399年燕王朱棣争夺皇位的“靖难”战争；而明代的另一种武器“神火飞鸦”则是利用火箭推进的爆炸性火器，它是用竹蔑编成的小篓，外形如乌鸦，内装火药，乌鸦的下面装四只起飞用的火箭，背上钻有安装引信的孔，并将引信连在火箭上。

此外还有诸如“火龙出水”、“长蛇破敌箭”等，明人茅元仪所编著的《武备志》中详细记载了当时各种火箭的功用和原理图，其中包括抗倭名将戚继光所使用的飞刀箭、飞枪箭等。

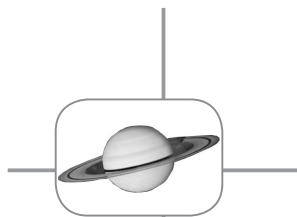


火龙出水

所有的这些成就与探索中最值得一提的是明朝初年，有一位名叫“万户”的人，曾让人将47只火箭和自己一起绑在椅子上，两手各拿一只大风筝，试图借助火箭的推力和风筝的升力

飞行，虽然试验以失败而告终，但他可以称得上是人类航天史上第一个用火箭作动力飞行的人。为表彰这位先驱者的勇敢探索，国际天文联合会将

^① 宦官官署名。明八局（兵仗局，银作局，浣衣局，巾帽局，针工局，内织染局，酒醋面局，司苑局）之一。兵仗局掌造刀、枪、剑、戟、鞭、斧、盔、甲、弓、矢等军用器械和宫中零用的铁锁、针剪及法事所用钟鼓等。所属有火药司等。



月球上一环形山命名为“万户山”。

中国是火箭诞生的故乡。在中国科学技术馆的“中国古代传统技术”展厅里，就展览着“火龙出水”、“神火飞鸦”和“一窝蜂”等中国古代火箭的复原模型，它们充分展现了古代中国人民的杰出智慧和卓越才能。美国华盛顿有一座规模宏大的航空与航天博物馆，展品数量和参观人数都是世界航空博物馆首位。这个博物馆曾多次展出中国火箭。在展品说明中，明确承认原始火箭是中国发明的。



古代火箭具有现代火箭的基本结构，包括有效载荷（箭头）、箭体（箭杆）、发动机（火药筒）和控制系统（起稳定作用的羽尾）。

从13世纪起，亚洲、欧洲的一些国家也相继在战争中开始使用类似的原始火箭，公元14~15世纪，意大利、法国、德国也出现了火箭。到了18世纪，火箭和火炮并存，都是战争中的攻击武器。

英国侵略印度的时候，印度军队用中国火箭抗击英军，英国人把缴获的东方火箭带回了英国。火箭在那里得到了较大的改进和发展，最后成了“欧洲火箭”。这方面，火箭先驱者英国的威廉·康格里夫（William Congreve）做出了很大贡献。他给火箭装上一个金属发动机容器，燃烧容器内的火药能够产生更大的推力，以提高火箭的射程和速度。为了提高火箭飞行的稳定性，他在发动机容器的侧面增加了一个笨重的稳定杆。

康格里夫研制的火箭在射程、精度及稳定方式方面都作了改进，其性能近乎达到了火药火箭的极限。其巨大的杀伤力，使各国纷纷开始重视火箭的研究和使用。



飞得更高

Fei De Geng Gao

火箭与
长征
火箭

此后，战争火箭的另一项重大进步就是稳定性的提高。19世纪中叶英国的发明家威廉姆·黑尔（William. Hale）在火箭的尾部装上3只倾斜的稳定螺旋板，当火箭发射时，由于空气动力的作用使火箭自身旋转，从而达到稳定。

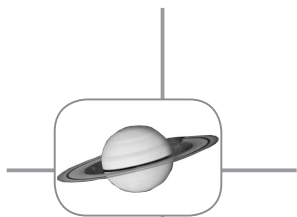
到第二次世界大战为止，火药火箭的发展已臻于完善。它的基本结构是由装有火药的火箭筒，中间装有发射药作为推进剂，头部装有高爆炸药和引信，尾部为喷口，另外采用尾部稳定翼起稳定作用，在发射装置上采用发射架或发射筒。比较著名的就是前苏联的火箭炮——“卡秋莎”。

火药火箭是第一种实用的反作用推进装置，虽然有许多局限证明它不是理想的太空运载工具，但它的基本原理却完全适用于航天运载工具的需要。这样，运用火箭作为宇宙航行基本运载工具的想法在先驱者脑中酝酿。后来液体燃料火箭出现，进一步为航天推进器的实现提供了可靠的技术保证，也让航天先驱者看到了使用火箭进行航天运载的曙光。经过不断的研究和试验，火箭作为太空飞行的推进装置逐渐得到证实，最终为人类通向太空架起了桥梁。

现代火箭的诞生

齐奥尔科夫斯基，是被公认的真正开拓宇宙航行理论的先驱者。正是他奠定了火箭在太空中飞行的理论基础，提出了利用火箭进行星际航行和发射人造地球卫星的可能性，并且建立了火箭结构特点与飞行速度之间的关系式，即著名的“齐奥尔科夫斯基公式”。

在宇宙航行动力方面，齐奥尔科夫斯基在1883年的《外层空间》一书



中发展了反作用推进理论，首次提出宇宙飞船利用喷气运动的原理，并且画出了第一张设想的宇宙飞船工作图。他是第一个从理论上证明火箭能在空间真空环境工作的人。

1898年，齐奥尔科夫斯基完成了火箭研究的划时代巨著《利用喷气工具研究宇宙空间》。这部著作的问世，标志着火箭飞行技术的真正开端，为后来火箭技术的发展奠定了坚实的理论基础。

随后他又在1903年出版的《火箭进入宇宙空间》一书中指出，燃料烧完后的火箭质量（ M_0 ）越大，火箭的性能越好；发动机喷管排出的气体的速度（ W ）越快，火箭的速度（ V ）越高。由此，他提出了宇宙航行理论中最重要、最基本的公式，即火箭公式 $V = W \ln (M_0/M_k)$ ，式中 M_k 为包括燃料在内的火箭质量。这个公式后来被称为“齐奥尔科夫斯基公式”。

在火箭燃料方面，他指出固体燃料能量太低，固体燃料火箭不容易控制，作为宇宙航行动力的火箭，应使用液体燃料，它可以用汽车油门一样的东西来控制流量，也就是控制推力。最好的液体燃料是液氢和液氧。但当时的工业技术还无法制造液氢。齐奥尔科夫斯基就大胆地设想用煤油和液氧做火箭燃料。

通过计算，齐奥尔科夫斯基进一步指出，单级火箭能达到的最大速度为9千米/秒，由于空气阻力等造成的速度损失，实际速度只有7千米/秒，这还达不到克服地球引力所需要的7.9千米/秒的第一宇宙速度，更不用说摆脱地球引力和太阳引力的第二、第三宇宙速度了。这就得出了用多级火箭实现宇宙航行理想的结论。

除火箭外，齐奥尔科夫斯基还设想其他许多克服地球引力的方式，如地球赤道上的36000千米登天塔和大气层外登天台等等。他还提出利用



飞得更高

Fei De Geng Gao

太阳光的光压来加速飞船的太阳帆的概念。

在载人航天方面，他指出行星际空间为真空区，载人航行必须携带空气，这样飞船上必须有密封座舱，座舱中的空气必须不断净化，才能提供新鲜空气，进而提出用动植物组成生物循环链的密闭生态系统；他指出，在宇宙飞船上会是失重状态，由此推论了不同质量的物体在失重状态下的运动规律；他提出建设空间站和轮胎形太空住宅的设想，并提出用自转来产生人工重力。

齐奥尔科夫斯基的贡献是重大的。更何况他是自幼两耳失聪的残疾人，因此更加令人钦佩。他有坚强的意志和百折不挠的精神，残疾障碍、幼年丧母、家庭穷困、世俗偏见、权威排斥、无情火灾等等都没有能把他压倒。他把自己的一生凝聚成 730 多篇论著，为宇宙航行打下了理论基础。



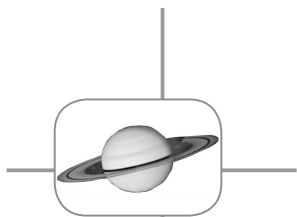
戈达德

虽然齐奥尔科夫斯基一生中并没有亲手设计出实用的火箭，但他的许多研究成果却大大加快了人类飞向太空的历程。鉴于他的杰出贡献，齐奥尔科夫斯基被后人誉为“前苏联航天之父”。

1903 年，苏俄液体火箭的始祖希考夫斯基（Konstantion E. Ziolkovsky）出版了《宇宙火箭》一书，这是最早的阐述关于液

体火箭制造的书籍。但他只是一位理论家，而最早研究液体火箭的则是美国人罗伯特·戈达德（Doddard, Robet Hutchings）博士。

虽然俄国和美国的火箭研究起步最早，然而世界上第一枚实用火箭的诞生地既不是俄国，也不是美国，而是德国。在罗伯特·戈达德致力于液



体火箭研究的同时，在罗马尼亚出生的德国科学家赫尔曼·奥伯特（H. Hermann Oberth）在火箭研究领域也取得突破性进展。

“欧洲火箭之父”赫尔曼·奥伯特是当时唯一可以与罗伯特·戈达德相比拟的专家。他在1923年出版的《星空火箭》一书，1925年又发表《星空航行之路》，更为重要的是在他的影响下，德国掀起了一股火箭热，而且奥伯特还把一批热心于火箭和宇航研究的年轻人吸引在自己周围，建立了世界上第一个星际航行协会，这是划时代的太空航空工程人才大聚会。这个协会涌现了许多年轻的火箭专家，其中



奥伯特

最为著名的是冯·布劳恩（Wernher von Braun），这位当年18岁的年轻人后来成为了直接负责第一次将人类送上月球的火箭工程师。



冯·布劳恩

1932年，年仅20岁的冯·布劳恩受聘于德国陆军军械部，随后他便邀请了里德尔、鲁道夫等一批火箭专家组织起库麦斯多夫液体火箭小组，开始实施一个在库麦斯多夫试验场研制A系列火箭的计划。在不到两年的时间内，1934年，冯·布劳恩主持研制的两枚A-2火箭便在波尔库姆岛试验成功。1937年，他所领导的火箭小组转到了

佩内明德基地，并且先后研制出了A-3、A-4和A-5火箭。然而，



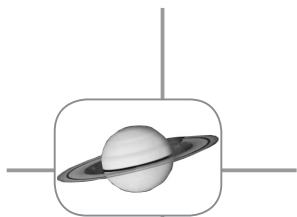
飞得更高

Fei De Geng Gao

由于战争的需要，德国政府下令将 A-4 火箭改装成为战争工具，这便是著名的 V-2 火箭。二战以后，航天科技得到了迅猛的发展，至此，人类进入太空的日子已经不远了。V-2 火箭就是现代火箭的雏形。

火箭与长征火箭





火箭的原理

现代火箭是指一种靠发动机喷射气体产生反作用力向前推进的飞行器，是实现卫星上天和航天飞行的运载工具，故又称为“运载火箭”。

人们在射击时会感觉到，当子弹射出枪口时枪身会向后坐，也就是说枪身向后移动。这个力量很大，有时会把人推一个跟头。这就是我们经常说的牛顿第三定律的体现，即“两个物体之间的作用力和反作用力总是大小相等，方向相反，作用在一条直线上”。火箭的发射就是利用这个原理。

火箭的工作原理就是动量守恒定律，当火箭推进剂燃烧时，从尾部喷出的气体具有很大的动量，根据动量守恒定律，火箭就获得等值反向的动量，因而发生连续的反冲现象，随着推进剂的消耗，火箭质量不断减小，加速度不断增大，当推进剂燃尽时，火箭即以获得的速度沿着预定的空间轨道飞行。

提高火箭速度有两个办法，一是提高气体的喷射速度，二是提高质量比（火箭开始飞行时的质量与燃料燃尽时的质量之比）。而提高喷射速度的办法比提高质量比的办法更有效，但喷射速度的提高也有一定的限度。因为要提高喷射速度，必须有高效能的燃料，才能产生高温高压的气体，高速地从喷口喷出；同时还要求制作燃烧室和喷口的材料能经受得住高温、高压和高速。

现代液体燃料的火箭喷射速度为 2500 米/秒，气体的压强为 4 个大气压，温度已高达 3000℃ 左右。把喷气速度提高到 4~4.5 千米/秒就是很高的技术水平了，要想把质量比提高到 10 也是很难办到的。火箭除了外壳、