

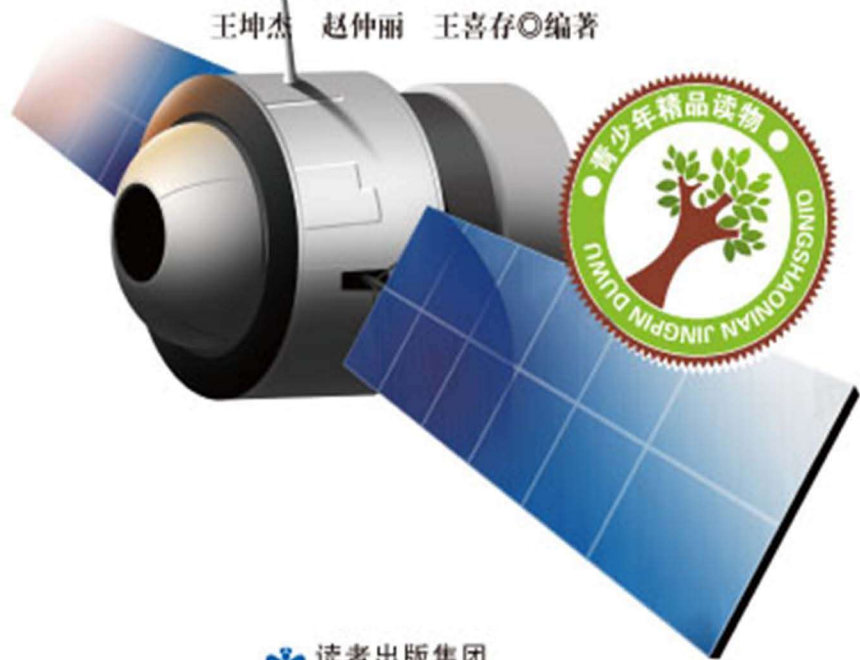
高新技术科普丛书

遨游太空的 航天材料

AOYOUTAIKONG DE
HANGTIANCAILIAO

莫尊理◎丛书总主编

王坤杰 赵仲丽 王喜存◎编著



读者出版集团
DUZHE CHUBAN JITUAN
甘肃科学技术出版社

• 高新技术科普丛书 •

遨游太空的航天材料

王坤杰 赵仲丽 王喜存 编著



甘肃科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

遨游太空的航天材料 / 王坤杰, 赵仲丽, 王喜存编著.

— 兰州: 甘肃科学技术出版社, 2012. 1

(高新技术科普丛书 / 莫尊理主编)

ISBN 978 - 7 - 5424 - 1576 - 9

I. ①遨… II. ①王…②赵…③王… III. ①航天材料—普及读物 IV. ①V25 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 281131 号

责任编辑 韩 波

装帧设计 林静文化

出 版 甘肃科学技术出版社 (兰州市读者大道 568 号 0931-8773237)

发 行 甘肃科学技术出版社 (联系电话: 010-61536005 010-61536213)

印 刷 北京飞达印刷有限责任公司

开 本 710mm × 1020mm 1/16

印 张 12

字 数 150 千

版 次 2012 年 3 月第 1 版 2012 年 3 月第 1 次印刷

印 数 1 ~ 10 000

书 号 ISBN 978 - 7 - 5424 - 1576 - 9

定 价 23.80 元

目 录

第一章 航天材料的发展与意义

第一节 人类载人航天的历史与发展	001
一、女娲补天——航天材料的神话	001
二、嫦娥奔月——人类航天的梦想	003
三、风筝——古代的滑翔机	005
四、孔明灯——航天材料的起源	007
五、热气球——航天材料的发展	009
六、现代航天器——航天材料的高峰	011
第二节 载人航天的目的及意义	015
一、多领域科技的体现	015
二、提升国力，振奋民族精神	016
三、开发太空资源，造福人类	016
四、太空旅行，欣赏美妙仙境	017
第三节 载人航天材料的难点	017
一、环境改变，技术攻关	017
二、速度变化，动力先行	019

三、摩擦生热，谁来降温	019
-------------------	-----

第二章 漫漫中国飞天路

第一节 中国航天史	021
第二节 中国人的飞天之梦	023
一、两弹一星，伟大决策	023
二、八年四弹，长征见证	025
三、神州真神，奇迹诞生	027
四、探月工程，嫦娥梦将成真	036
五、天宫之吻，情真意切	042

第三章 性格独特的航天材料

第一节 我想轻，我想强，金属合金来帮忙	057
一、变形金刚——铝合金	057
二、百毒不侵——钛合金	058
三、“轻”如鸿毛——镁合金	060
四、硬如钻石——钢	062
第二节 我合作，我提高，非金属材料来撑腰	064
一、力大无穷——聚合物基复合材料	064
二、千丝万缕——玻璃纤维	065
三、四通八达——碳纤维	066
四、千变万化——树脂兄弟	068

五、躲闪自如——隐形材料	068
--------------------	-----

第四章 航天家族人员多

第一节 天气观测员——气象卫星	071
一、气象卫星分门别类	075
二、风云既出，谁与争锋	076
第二节 太空的新居所——空间站	079
一、太空“礼炮”筑“天宫”	082
二、一代天骄“和平”站	083
三、常驻“天空”，做“实验”	084
四、“联盟”三次换新颜	085
五、中国站，翘首盼	086
第三节 太空侦察兵——空间探测器	086
一、“硕果累累”	090
二、各国探测器争奇斗艳	092
三、空间探测器的五种归宿	094
第四节 天高任船飞——宇宙飞船	095
一、“东方”创造新纪元	098
二、“联盟”三次换新颜	099
三、“水星号”载人飞船	100
四、“双子星座”闪金光	101
五、“阿波罗”飞船永载史册	102
第五节 太空千里眼——哈勃望远镜	103
一、“哈勃”打遍天上无敌手	103



二、继任者——詹姆斯·韦伯太空望远镜	106
第六节 “未雨绸缪”——预警卫星系统	108

第五章 太空生活趣味

第一节 奇妙的饮食	111
一、“难以下咽”	111
二、太空食品种类多	114
三、自力更生	117
第二节 “艰难”的太空睡眠	119
一、“太空卧室”有多大	119
二、“太空卧室”新技术	120
三、“捆”在床上的太空睡眠	122
四、有趣的太空睡眠程序	125
第三节 太空实验创奇迹	126
一、太空育种	126
二、太空动物实验	134

第六章 中国飞天大揭秘

第一节 严格的选拔和魔鬼训练	139
一、全部选自空军战斗机飞行员	139
二、复杂的选拔过程	140
三、严格的家庭审核	142

四、海量的理论学习	143
五、艰苦的体能训练	144
第二节 中国航天基地	147
一、中国航天第一城——“东风航天城”	147
二、西昌卫星发射中心	152
三、太原卫星发射中心	155
四、文昌航天发射中心	156

第七章 广袤宇宙绘蓝图

第一节 太空相会在眼前——中国即将掌握交会对接技术	159
一、空间交会对接作用突显	161
二、中国首次交会对接的四大难题	162
三、我国空间交会对接展望	164
第二节 长驻太空做实验——中国已发射空间实验室	166
一、天宫一号的结构和技术特点	166
二、我国发射空间实验室展望	169
第三节 日可待空间站——中国将建造长期载人空间站	170
一、中国载人空间站的启动	170
二、我国载人空间站	172
第四节 货运飞船显身手——中国将建造实用货运飞船	175
参考文献	178





第一章 航天材料的发展与意义

人类是生物进化的产物，最初的人类除有一个较为发达的头脑之外，没有能飞翔的翅膀，不能长时间在水中生活，没有像动物一样发达的肌肉……。而能在空中遨游，是当时人们最美好的愿望之一，在这种愿望的驱使之下，人们开始不断研究飞行器，从而展开了航天历史的延续……

第一节 人类载人航天的历史与发展

一、女媧补天——航天材料的神话

升空飞行是人类最古老、最美好的愿望之一。由于科学技术发展的限制，飞行的探索直到近代一直处于盲目的冒险和无尽的幻想阶段。古代人类在尝试飞行的初期，一直是很直观地模仿鸟类，用各种鸟羽或其他人造物，制成翅膀，“安装”在人的身上，试图来飞



图1 模仿鸟类飞翔





翔，但是由于当时的条件和技术所限制，一直没有取得成功。但是，人们追求理想和梦想的脚步却没有停下来，于是就有了很多美丽的传说，其中女娲补天是其中之一，传说女娲在天台山顶堆巨石为炉，取五色土为料，又借来太阳神火，历时九天九夜，炼就了五色巨石 36501 块。然后又历时九天九夜，用 36500 块五彩石将天补好。剩下的一块遗留在天台山中汤谷的山顶上。将背负天台山之神鳌的四只足砍下来支撑四极（柱子），在这个传说中，巨石、五色土、太阳神火、神鳌等是最早对航天材料的描述，它也是航天史上美丽的神话！



小百科

女娲补天的传说是什么

传说盘古开天辟地，女娲用黄泥造人，日月星辰各司其职，子民安居乐业，四海歌舞升平。后来共工与颛顼争帝位，不胜而头触不周之山，导致天柱折，地维绝，四极废，九州裂，天倾西北，地陷东南，洪水泛滥，大火蔓延，人民流离失所。

女娲看到她的子民们陷入巨大灾难之中，十分关切，决心炼石以补苍天。于是她周游四海，遍涉群山，最后选择了东海之外的海上仙山——天台山。天台山是东海上五座仙山之一，五座仙山分别由神鳌用背驮着，以防沉入海底。女娲为何选择天台山呢，因为只有天台山才出产炼石用的五色土，是炼补天石的绝佳之地。

于是，女娲在天台山顶堆巨石为炉，取五色土为料，又借来太阳神火，历时九天九夜，炼就了五色巨石 36501 块。然后又历时九天九夜，用 36500 块五彩石将天补好。剩下的一块遗留在天台山中汤谷的山顶上。



图2 女娲补天

天是补好了，可是却找不到支撑四极的柱子。要是没有柱子支撑，天就会塌下来。情急之下，女娲只好将背负天台山之神鳌的四只足砍下来支撑四极。可是天台山要是没有神鳌的负载，就会沉入海底，于是女娲将天台山移到东海之滨的琅琊，就是今天日照市涛雒镇一带。至今天台上仍然留有女娲补天台、补天台下有被斩了足的神鳌和补天剩下的五彩石，后人称之为太阳神石。

女娲补天之后，天地定位，洪水归道，烈火熄灭，四海宁静。人们在天台山载歌载舞，欢庆补天成功，同时在山下建立女娲庙，世代供奉，朝拜者络绎不绝，香火不断。

二、嫦娥奔月——人类航天的梦想

随着人们对飞翔的渴望，许多神话和传说也随之诞生，嫦娥奔月便是其中之一，这些传说和神话开启了人类航天的梦想！

嫦娥奔月的传说是什么

很久以前，羿到山中狩猎的时候，在一棵月桂树下遇到嫦娥，二人便以月桂树为媒，结为夫妻。

到了帝尧的时代，天上出现了十个太阳，烧焦了庄稼，烤死了草木，人民没有了食物。同时猼訐、凿齿、九婴、大风、封豨、修蛇等也开始危害百姓。于是帝尧命令羿将凿齿处死在畴华之野，将九婴诛杀于凶水之上，将大风战败于青邱之泽，射十日，杀死猼訐，将修蛇斩于洞庭，在桑林逮住封豨。万民欢喜，拥戴尧为天子。

后来，羿从西王母那里得到了不死药，交给嫦娥保管。逢蒙听说后前去偷窃，偷窃不成就要加害嫦娥。情急之下，嫦娥吞下不死药飞到了天上。由于不忍心离开羿，嫦娥滞留在月亮广寒宫。广寒宫里寂寥难耐，于是就催促吴刚砍伐桂树，让玉兔捣药，想配成飞升之药，

好早日回到人间与羿团聚。

羿听说嫦娥奔月之后，痛不欲生。月母为二人的真诚所感动，于是允许嫦娥每年在月圆之日下界与羿在月桂树下相会。据说民间有好多人都曾经听到羿与嫦娥在月桂树下窃窃私语呢！



图3 嫦娥奔月



三、风筝——古代的滑翔机

对于未知世界的好奇心驱使人类进行相关活动。随着人类知识水平的不断提高,认识水平也逐渐向更广泛的范围发展,随着科学技术的不断提高,人类冒险运用的技术手段逐渐提高,对未知世界的了解更加渴望。于是想办法制造各种探索空间的飞行器。风筝是世界上最早的重于空气的飞行器,风筝源于春秋时代,至今已 2000 余年。相传“墨子为木鸢,三年而成,飞一日而败。”到南北朝,风筝开始成为传递信息的工具。从隋唐开始,由于造纸业的发达,民间开始用纸来裱糊风筝。到了宋代,放风筝成为人们喜爱的户外活动。宋人周密的《武林旧事》写道:“清明时节,人们到郊外放风鸢,日暮方归。”“鸢”就指风筝。北宋张择端的《清明上河图》,宋苏汉臣的《百子图》里都有放风筝的生动景象。当今,我国放风筝活动,在对外文化交流,加强与世界各国人民友谊,发展经济和旅游事业中发挥着重要作用。本质上风筝的飞行原理和现代飞机很相似,绳子的拉力,使其与空气产生相对运动,从而获得向上的升力。在一些国家的博物馆中



图4 风筝



至今还展示有中国风筝，如美国国家博物馆中一块牌子醒目的写着：“世界上最早的飞行器是中国的风筝和火箭”。英国博物馆也把中国的风筝称之为“中国的第五大发明”据史料记载，中国的风筝大约在14世纪传入欧洲，这对后来的滑翔机和飞机的发明有着重要的作用。因此，风筝在航天材料的发展中起着举足轻重的作用。



小百科

风筝是怎么流传下来的

风筝，古时称为「鸢」，北方谓「鳶」。大多数的人认为风筝起源于中国，而后广传于全世界，是一种传统的民间工艺品。实际上，中国最早出现的风筝是用木材作的。春秋战国时，东周哲人墨翟（公元前478-392年），曾「费时三年，以木制木鳶，飞升天空……」。墨子在鲁山（今山东潍坊境内），「斫木为鸢，三年而成，飞一日而败」。这是说墨子研究试制了三年，终于用木板制成了一只木鸟，但只飞了一天就坏了。墨子制造的这只木鸢是最早的风筝，也是世界上最早的风筝。（约公元前300年左右），距今已有二千四百年。

风筝的形状主要是模仿大自然的生物，如雀鸟，昆虫，动物及几何立体等，而图案方面，主要由个人喜好而设计，有宣传标致，动物，蝶，飞鸟等，琳琅种种。

风筝的建造材料除了丝绢，纸张外，还有塑胶材料造的，骨杆有竹篾，木材及胶棒来造，近来有人设计一种无骨风筝，它的结构是引入空气於绢造的风坑之内，今风筝形成一个轻轻飘的气枕，然后乘风于上，中国，马来亚，菲律宾及日本等，亦有一种大型的风筝，每到风筝节就将它放到忍蓝的天空，该等风筝之尺码由十至二十尺不等，



骨杆则用大竹升来造，由百多人来放。

传统中国风筝的技艺概括起来只有四个字：扎、糊、绘、放。简称“四艺”。简单地理解这“四艺”即扎架子，糊纸面，绘花彩，放风筝。但实际上这四字的内涵要广泛得多，几乎包含了全部传统中国风筝的技艺内容。如“扎”包括：选、劈、弯、削、接。“糊”包括：选、裁、糊、边、校。“绘”包括：色、底、描、染、修。“放”包括：风、线、放、调、收。而这“四艺”的综合活用就要达到风筝的设计与创新的水平。

四、孔明灯——航天材料的起源

人类为了社会进步和生活，总是在不断扩大活动的领域，探索新的理论和方法，开发和利用更多的资源。这是包括空间科学和技术在内的高新技术发展的动力。在风筝之后，人类对太空探索的欲望愈加强烈，这是，就产生了可以利用其他动力来控制的航天器——孔明灯。孔明灯又叫天灯，相传是由三国时的诸葛孔明（即诸葛亮）所发明。当年，诸葛孔明被司马懿围困于平阳，无法派兵出城求救。孔明



图5 孔明灯





算准风向，制成会飘浮的纸灯笼，系上求救的讯息，其后果果然脱险，于是后世就称这种灯笼为孔明灯。另一种说法则是这种灯笼的外形像诸葛孔明戴的帽子，因而得名。



小百科

孔明灯会飞的原因是什么

孔明灯“会飞”原因是：燃料燃烧使周围空气温度升高，密度减小上升，从而排出孔明灯中原有空气，使自身重力变小，空气对它的浮力把它托了起来。

由浮沉条件可知，只有满足：

$$F_{\text{浮}} > G_{\text{总}} = G_{\text{热空气}} + G_{\text{灯}}$$

$$\text{即：} G_{\text{灯}} < F_{\text{浮}} - G_{\text{热空气}}$$

时它才能上升，由此可知它的自重（包括外壶燃料的重力）要很轻才能起飞，轻到什么程度呢？

$$G_{\text{灯}} < F_{\text{浮}} - G_{\text{热空气}} = \rho_{\text{空气}} g V_{\text{排}} - \rho_{\text{热空气}} g V,$$

$$G_{\text{灯}} < (\rho_{\text{空气}} - \rho_{\text{热空气}}) g V_{\text{排}},$$

$$m_{\text{灯}} < (\rho_{\text{空气}} - \rho_{\text{热空气}}) V_{\text{排}}, \quad (1)$$

空气的密度可由理想气体状态方程得出。

把（2）式代入（1）式可得

把（2）式代入（1）式可得

可见其能否起飞由灯质量和气温、热空气温度和孔明灯容积共同决定。

具体数据估算如下：

设当天气温： $T_{\text{空气}} = 300\text{K}$ （ 27°C ）；大气压强：1 标准大气压，



$p = 1.01325 \times 10^5 \text{Pa}$; 孔明灯容积: $V_{\text{容}} = V_{\text{排}} = 0.2\text{m} \times 0.25\text{m} \times 0.4\text{m} = 2 \times 10^{-2} \text{m}^3$; 加热后的空气温度: $T_{\text{热空气}} = 500\text{K} (227^\circ\text{C})$; $\rho_{\text{空气}} = 0.029\text{kg/mol}$. 代入 (3) 式得:

在上述条件下孔明灯总质量在 9.44g 时, 当热空气温度升到 227°C 时上升。

假设在上述条件下把孔明灯质量减轻成 $m_{\text{灯}} = 4\text{g} = 4 \times 10^{-3}\text{kg}$, 由 (3) 式变形并代入数据得:

即热空气温度只要升高到 88°C , 孔明灯即可上升。

仍按上述条件, 若孔明灯质量

即 $m_{\text{灯}} \geq 23.56\text{g}$, 则无论热空气温度升到多高也飞不起来。

由上面分析可知孔明灯要起飞, 它的质量不能超过一定值, 而且质量越小所需热空气温度越低, 也就越容易起飞。

五、热气球——航天材料的发展

对于未知世界的好奇心驱使人类进行相关活动。随着人类知识水平的不断提高, 认识水平也逐渐向更广泛的范围发展, 随着科学技术的不断提高, 人类冒险运用的技术手段逐渐提高, 对未知世界的了解更加渴望。宇宙空间作为地球陆海空之外的另一个无限空间, 所蕴涵的无穷奥



图6 热气球