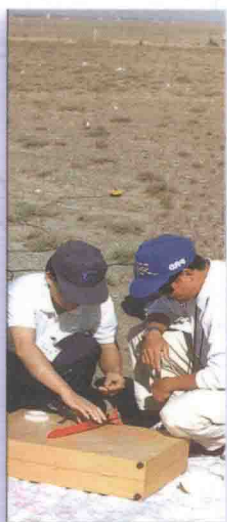


航天模型 设计制作与比赛

王 铮
邵 平

郭常胜
李新庄

编著



中国宇航出版社

航天模型设计与比赛

王 铮 郭常胜 编著
邵 平 李新庄

中国宇航出版社

图书在版编目(CIP)数据

航天模型设计制作与比赛 / 王铮编著. —北京:中国
宇航出版社, 2002

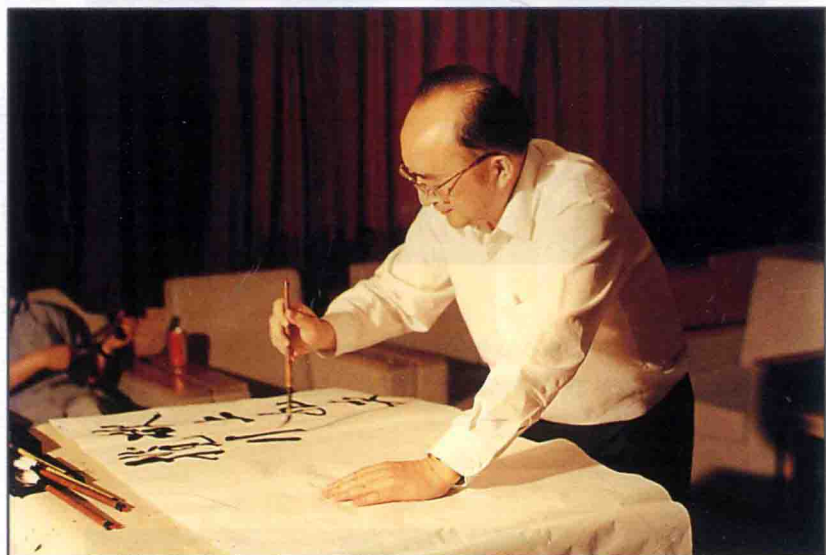
ISBN 7-80144-431-0

I. 航… II. 王… III. ①航模-制作②航空模型
运动-运动竞赛 IV. G875.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 032589 号

出版 中国宇航出版社
发行
社址 北京市和平里滨河路1号 邮编 100013
经销 新华书店
发行部 (010)68372924 (010)68373451(传真)
读者 北京市阜成路8号 邮编 100830
服务部 (010)68371105 (010)68522384(传真)
承印 北京科技印刷厂
版次 2002年6月第1版 2002年6月第1次印刷
规格 850×1168 开本 1/32
印张 4.75 彩插4 字数 129千字
印数 1~5000册
书号 ISBN 7-80144-431-0
定价 12.00元

本书如有印装质量问题可与发行部调换



原国家体委主任伍绍祖同志为模型火箭题词：
“欲上九天揽月，先玩模型火箭。”



在2000年全国体育大会上航天体协
代表队获“降落伞留空模型-S3A级”团体
冠军



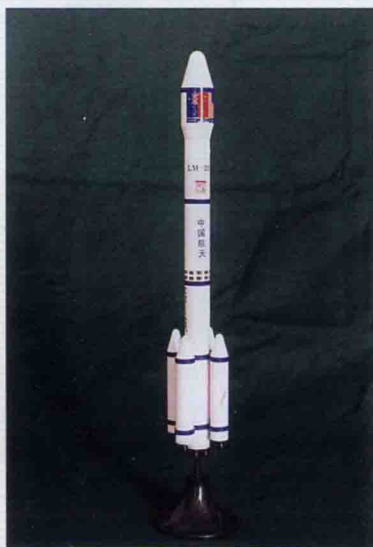
全国青少年航空航天模型比赛现场



S8E无线电遥控火箭/滑翔机
发射升空



S3A降落伞留空模型火箭
发射升空



“长征 2 号捆” 模型火箭



“长征 3 号” 模型火箭

前 言

航天模型自 20 世纪 40 年代末、50 年代初问世以来,航天模型运动已成为国际航空模型运动的重要组成部分。我国是火箭的故乡,近 50 年来我国的航天事业得到迅猛发展,取得世人瞩目的成绩。但是,我国的航天模型运动却起步很晚,这与航天大国的地位极不相称。直至 1992 年我国自行研制的模型火箭发动机通过投产鉴定,才为我国航天模型运动奠定了物质基础。时至今日,航天模型运动在我国的发展仍很不平衡。为推动我国航天模型运动的普及和发展,以及航空模型运动的深入改革,遵照《新世纪航空模型丛书》编委会的要求,中国航天科技集团公司第四十一研究所四凯模型火箭公司组织编写了这本《航天模型设计制作与比赛》,呈现给广大航天模型爱好者。

书中有关航空和航天方面的科技术语,均以《中国大百科全书·航空航天》为依据。物理量单位均采用国务院颁布的法定单位。为此,书中有关物质多少的量均采用质量(单位:克或千克),而不用“重量”(重量与重力同义,单位为牛顿或千牛);用“质心”,而不用“重心”;有时为避免误解,书中行文以“质(重)量”表示。在提及产品好坏时,书中行文则以“品质”表示。

本书内容是这样安排的,即首先介绍航天模型运动发展史(第一章),接着介绍航天基本知识,而后讲述航天模型知识。航天模型运动员和爱好者应该对有关航天知识有所了解,本书作为航天模型的入门书,有必要专辟一章(第二章)讲解航天基本知识,介绍什么是航天、航天运载工具、火箭和导弹、航天器、航天发展史及其展望,使航天模型运动员和爱好者对航天技术有一个概念性的了解。第三章讲解航天模型的飞行原理,包括模型火箭运动方程、阻力计算、稳定性问题,零部件设计方法。第四章讲述模型火箭的制作和组装工艺,包括所使用的材料和工具。第五章介绍模型火箭

发动机,发动机是模型火箭的心脏,是非常重要的部件,但由于其特殊性,它是属于专业工厂生产的特殊产品,模型火箭运动员和爱好者只要会选用并了解使用中应该注意的事项就可以了。第六章讲述与飞行有关的装置,包括发射架、点火系统、回收装置,以及发射程序和故障处理。第七章讲解助推/滑翔机和火箭/滑翔机的设计方法。第八章介绍一些特殊的模型火箭,如多级、捆绑、载荷和仿真模型火箭。第九章简介有关国内和国际模型火箭比赛的若干知识。

本书的读者群是广大模型火箭爱好者,主体对象是中学生,兼顾大学生(包括教练员和学校辅导老师)和小学高年级学生,因此读者的年龄跨度和文化水平差距都比较大。因为在我国正式出版航天模型类的书籍还是第一次,所以有必要把相关内容尽量写进去,以适应广大读者的不同需求。对于高中学生来说,书中大部分内容,他们能够看懂;对于初中和小学生来说,难免有些地方稍深,可以略去不读;其余不同文化程度的读者,都可以根据自己的文化水平有选择地阅读。为此,书中对于稍深一点的内容,在标题的右上角加注*号,一般读者可以跳过去不读。例如,第二章的第四节,第三章的第一、二节,第六章的第五节,以及第七章,高中以下文化水平的读者可以不看,而不会影响阅读其余章节的内容。

参加本书编写的有:李新庄(第九章)、郭常胜(第五章)、邵平(第三章第一节和第二节二小节,第六章第一至四、六节),王铮(其余各章节)。全书由王铮统稿、配图并解释。由于编写人员水平有限,错误和疏漏在所难免,敬请专家、读者批评指正。

对于本书的顺利出版,编者要特别感谢中国航天报总编石磊女士的热心帮助,感谢宇航出版社邓宁丰社长和四十一所利凤祥所长的大力支持,感谢所有关心本书写作和为本书付出过辛勤劳动的同志们。

编 者
2002 年 1 月

目 录

第一章 航天模型概论	1
第一节 模型火箭	1
第二节 模型火箭运动史	2
第三节 中国模型火箭运动的发展	3
第四节 开展模型火箭运动的意义	6
第二章 航天基础知识	8
第一节 广漠无垠的太空	8
第二节 航天与航空	9
第三节 火箭和导弹	11
第四节 火箭推进	15
第五节 航天器	20
第六节 航天发展史及展望	23
第三章 模型火箭设计	32
第一节 空气及其阻力	32
第二节 模型火箭飞行原理	39
第三节 模型火箭零部件设计	58
第四章 模型火箭制作工艺	64
第一节 概述	64
第二节 材料和工具	64
第三节 模型火箭结构和制作	66
第四节 模型火箭组装和装饰	70
第五章 模型火箭发动机	74
第一节 概述	74
第二节 模型火箭发动机的结构和工作原理	75
第三节 模型火箭发动机分类	80

第四节	发动机的使用和注意事项	81
第六章	模型火箭的发射和飞行	83
第一节	概述	83
第二节	发射准备	84
第三节	安全检查	90
第四节	模型火箭的发射程序	92
第五节	发射高度和留空时间测量	93
第六节	发射现场故障处理	95
第七章	助推和火箭/滑翔机	97
第一节	概述	97
第二节	助推和火箭/滑翔机设计要点	98
第三节	助推/滑翔机的设计	102
第四节	火箭/滑翔机的设计问题	110
第八章	几种特殊的模型火箭	112
第一节	多级模型火箭	112
第二节	捆绑式模型火箭	115
第三节	仿真模型火箭	117
第四节	载荷模型火箭	119
第九章	航天模型比赛	121
第一节	概述	121
第二节	国际航联航天模型竞赛简介	121
第三节	普及性航天模型比赛及趣味模型火箭比赛	133
附录 1	模型火箭安全规则	135
附录 2	航天模型裁判员和组织者指南	138
参考文献		143

第一章 航天模型概论

第一节 模型火箭

航天模型，顾名思义是仿航天飞行器外形制作的一种在大气层中飞行的可回收模型，隶属于航空模型，是供运动用的一种不载人的飞行器，其动力为模型火箭发动机，即一种微型固体火箭发动机。由于航天模型多呈火箭状，故通称模型火箭。换句话说，模型火箭是指不利用气动升力去克服重力，而是靠模型火箭发动机推进升空的一种航空模型；它装有使之安全返回地面的以便再次飞行的回收装置；为确保安全，它的结构部件必须由非金属材料制作。

模型火箭虽小，然而它要靠模型火箭发动机推进才能在大气中飞行。因此，设计和制作模型火箭需要多方面的知识，如空气动力学、火箭飞行力学等。要研究模型火箭在空气中飞行的稳定性和空气对它的阻力；要分析火箭的飞行轨迹，计算它的飞行高度；有条件时，还可以对模型火箭进行风洞试验，确定火箭最佳外形；进行模型火箭发动机静态性能测试试验，测量推力和工作时间，计算总冲量。

在发达国家的一些高等学校里，在理工科有关的课程上，甚至一些中学的物理课上，教师们经常以模型火箭作为讲课的题材，并在此基础上指导学生开展一些课题研究和模型火箭的制作。

第二节 模型火箭运动史

20 世纪 40 年代末和 50 年代初, 模型火箭运动在美国和前捷克斯洛伐克兴起并得到发展。50 年代, 模型火箭逐步标准化、系列化和商品化, 从而使模型火箭运动在全球范围内得到推广和普及。1957 年美国市场上出现了模型火箭套材及其专用的模型火箭发动机, 并且成立了国家火箭技术学会 (NAR, National Association of Rocketry), 负责模型火箭技术的交流和管理。在此期间, 东欧各国, 如南斯拉夫、保加利亚和波兰等国, 也在大力发展模型火箭运动。

由于模型火箭发动机的商品化, 使模型火箭的研制、组装、发射变得简单, 而且也更加安全可靠, 从而激发了广大青少年和学生积极投入的巨大热情。他们灵活运用在学校学到的数学和工程知识, 并积极向有关专家和工程技术人员请教, 使得一整套以模型火箭为研究对象的理论和制作技术应运而生, 并不断发展和完善。

1959 年国际航空联合会 (FAI, Federation Aeronautique Internationale) 审议并通过国际模型火箭竞赛规则 (1984 年以后执行的规则为《FAI 运动规则, 4d 部分, 航天模型》)。从此, 模型火箭运动正式列入国际航联所属的国际性比赛项目。

1966 年 5 月在前捷克斯洛伐克举行了首届模型火箭国际赛, 仅有 7 国参加, 除美国外, 其余为东欧 6 国, 即波兰、罗马尼亚、东德、保加利亚、南斯拉夫和东道主捷克斯洛伐克。

1972 年 9 月在南斯拉夫举行了第一届世界航天模型锦标赛, 除美国和东欧 6 国外, 参加的国家还有澳大利亚、加拿大、西德、西班牙、埃及、荷兰和英国等。从此, 世界航天模型锦标赛成为国际航天模型最高级别的赛事。此后每 2~3 年举行一届: 1974 年在南斯拉夫, 1978 年在保加利亚, 1980 年在美国, 1982

年在波兰，1985年在保加利亚，1987年在南斯拉夫，1989年在罗马尼亚，1992年在美国，1994年在波兰，1996年在斯洛文尼亚，1998年在罗马尼亚，2000年在斯洛伐克共举行了13届世界航天模型锦标赛。

除世界锦标赛外，每年还举办洲际锦标赛及公开赛，如欧洲航天模型锦标赛、国际航天模型公开赛和北美航天模型竞赛等。

1991年日本成立了模型火箭学会，引进美国的模型火箭技术，大力发展和加强本国的模型火箭运动实力。

目前模型火箭技术已经发展到一个新的阶段，例如采用计算机辅助设计（CAD）和风洞试验技术进行模型设计；采用新材料、新工艺，以提高模型火箭发动机的性能和安全可靠。因此，模型火箭运动的普及程度和运动水平都在不断提高，不断出现新的飞行记录；同时，仿真模型火箭和大型模型火箭技术也在逐步发展和不断完善，并开发应用领域，前途不可限量。

第三节 中国模型火箭运动的发展

中国是火箭的发源地，早在12世纪，我们的祖先就研制成功与现代模型火箭发动机相类似的火药火箭（图1.1）。但是，现代化的模型火箭运动在我国起步却很晚。

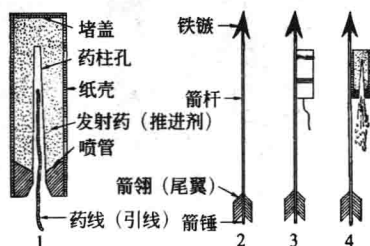


图 1.1 火药火箭

1. 火箭结构剖视图；2. 箭杆部件；3. 装配后的火箭；4. 点燃火箭。

20 世纪 50 ~ 60 年代, 我国曾在小范围内开展过模型火箭运动, 主要是用作表演。虽也曾组织有关力量对模型火箭技术进行过探讨和初步研究, 但由于模型火箭发动机的安全问题未能解决, 致使模型火箭运动在我国的推广和普及一度受阻。随着改革开放的深入, 模型火箭运动又提到了议事日程上。

1990 年 5 月, 国家体委、中国宇航学会和中国科协联合委托当时的中国航空航天工业部第四研究院第四十一研究所开发模型火箭技术。1991 年四十一所研制出了系列模型火箭发动机, 获国家发明专利。随后进行模型火箭及其配套产品的开发, 1992 年底通过陕西省投产鉴定。为此, 成立了四凯模型火箭公司, 专门从事模型火箭发动机和模型火箭的开发和生产, 供应市场。模型火箭系列产品的开发成功, 填补了国内航天模型的空白, 为在我国推广和普及模型火箭运动创造了良好的条件。图 1.2 所示为四十一所四凯模型火箭公司生产的部分模型火箭产品。



图 1.2 四凯模型火箭公司生产的部分模型火箭

1993 年 7 月国家体委派员去罗马尼亚观摩和考查欧洲航天模型锦标赛。1994 年我国代表队首次参加第 10 届世界航天模型

锦标赛，取得了高度项目亚军的好成绩。1996 年我国代表队又在第 11 届世界航天模型锦标赛上夺得少年高度项目亚军。1998 年 7 月 11~18 日在罗马尼亚举行的第 12 届世界锦标赛上，我国选手获得降落伞留空项目的团体冠军、少年火箭助推/滑翔机留空项目亚军和个人第三名的好成绩。2000 年在斯洛伐克举行的第 13 届世界锦标赛上，我国共有 30 名运动员参赛，是参赛人数最多的国家，共取得两项第 3 名（S3A 和 S4B），两项少年亚军（S4B 和 S8E）。

模型火箭产品问世以后，以其特有的魅力，吸引了广大青少年及模型火箭爱好者。模型火箭运动越来越受到众多爱好者的喜爱。1995 年国家体委正式将航天模型运动列入青少年航空模型比赛，1997 年又将其作为全国航空模型正式比赛项目。至此，中国模型火箭运动业已步入正轨。模型火箭运动在一些大中城市的中小学中得到推广和发展，有些城市还举办模型火箭比赛。2000 年，我国模型火箭运动更有了新的起色。

2000 年 5 月 30 日至 6 月 2 日，在宁波举行了第一届全国体育大会航空模型比赛的航天项目竞赛暨航空航天模型锦标赛，共有 19 个省、市、自治区、行业代表队，124 名选手参赛。比赛项目有降落伞留空（S3A）、飘带留空（S6A）、助推/滑翔机（S4B）和遥控火箭/滑翔机（S8D）4 个项目。经过激烈角逐，决出 4 名比赛项目的冠军和 4 个锦标赛团体冠军，并且产生了航天模型综合团体赛的名次。

2000 年 8 月 12~16 日，“孔雀杯”全国青少年航空航天模型锦标赛在苏州举行，参赛运动员达到 146 人，共决出 S4A、S3A/2、S6A 和 S8D 诸项冠军。在 S8D 遥控火箭/滑翔机比赛中，许多模型留空时间达到 4 分钟以上。

为了在广大青少年和中小学生中普及和推广模型火箭运动，国家体育总局、教育部、共青团中央、全国妇联、中国科协 and 国防科工委联合举办 2000 “飞向北京-飞向太空”全国青少年模型

火箭比赛，得到全国十多万中小学生的热烈响应。在全国各地比赛的基础上，于2000年8月在无锡举行决赛，全国有15个省、自治区和直辖市，共派出26个代表队，136名运动员参赛，总共决出中小学男子和女子4个组别的“神箭”带降（S6A）、“东风一号”伞降（S3A）、“长征三号”伞降（S3B）的第一名。

第四节 开展模型火箭运动的意义

一、理想的教学工具

（一）有利于动手动脑

制作一枚外形美观、结构合理的模型火箭，需要一定的技巧和较强的动手能力，因而是中小学生上劳作课的理想教学内容。欧美一些国家规定，必须为4~12岁的儿童开设模型火箭制作课程。当前我国中小学教育中，学生缺乏起码的动手能力是一个很突出的问题，这已引起社会各界的广泛关注。通过模型火箭运动在中小学校的推广和普及，对提高学生素质，培养他们在德、智、体和美育方面的全面发展，都会起到良好的作用。

（二）加深对基础课的理解

模型火箭技术不仅可用于劳作教学，还可应用于基础课程的教学，加深学生对基础课的理解。例如在物理教学中，应用模型火箭，可以很直观地让学生明白牛顿运动定律和万有引力。通过模型火箭的制作，也可让不同年级的学生加深对数学的理解，尤其是加深对几何学和三角学的认识和应用能力。对于航空航天院校的大学生来说，可以帮助他们学习和掌握空气动力学和飞行力学等方面的知识。

二、培养未来航天人才

航天与航空一样，是当今人类认识和改造自然进程中最活跃、最有影响、也最有发展前途的科学技术领域，它的发展需要大批热爱航天事业的优秀人才，积极投身并努力服务于其中。在