



新世纪航空模型运动丛书

QIANYIN MOXING HUAXIANGJI
HE XIANGJIN MOXING FEIJI

牵引模型滑翔机 和橡筋模型飞机

中国航空运动协会组织编写
李仁达 俞宜震 孙大龙 编著



航空工业出版社

内 容 提 要

本书介绍了牵引模型滑翔机和橡筋模型飞机的特点,在设计、结构、制作、调整、试飞等方面进行了深入浅出的探讨,并附有上述两种模型飞机的设计资料和图样。本书适合于爱好和从事模型飞机项目的青少年及师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

牵引模型滑翔机和橡筋模型飞机 / 李仁达, 俞宜震,
孙大龙编著. -- 北京: 航空工业出版社, 2012. 2
ISBN 978 - 7 - 80243 - 882 - 8

I. ①牵… II. ①李… ②俞… ③孙… III. ①自由飞
模型—介绍 IV. ①V217

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 261347 号

牵引模型滑翔机和橡筋模型飞机

Qianyin Moxing Huaxiangji He Xiangjin Moxing Feiji

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

发行部电话: 010 - 64815615 010 - 64978486

北京市平谷县早立印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

2012 年 2 月第 1 版

2012 年 2 月第 1 次印刷

开本: 720 × 960 1/16

印张: 18. 25

字数: 358 千字

印数: 1—3000

定价: 40.00 元

《新世纪航空模型运动丛书》

编 委 会

顾 问：顾诵芬
主 任：赵明宇
副 主 任：刘文章 毕东海
委 员：（按姓氏笔画排列）
牛安林 甘彦龙 叶树钧 朱宝鏊
朱建成 刘 鑫 李仁达 肖治垣
吴大忠 陆钟毅 南 雍 顾 辰
高 歌 黄永良 程不时 谭楚雄
主 编：毕东海
副 主 编：谭楚雄
主要编写人员：（按姓氏笔画排列）
王维忠 朱宝鏊 朱建成 刘文章
寿尔康 李仁达 李育廉 李新庄
陆耀华 杨 烜 余 敏 张 炜
查宝传 黄 云 阎天来 谭楚雄

序

19 世纪后期，人类探索航空的重点由气球转向重于空气的飞行器——飞机。由于试验飞机的复杂性和危险性，航空先驱们都是首先用不载人的模型飞机反复进行研究，摸索规律，有相当把握后才开始试制载人飞机。英国人凯利的滑翔机、美国人兰利和莱特兄弟等的飞机都是这样进行研制的。

1903 年动力飞机试飞成功，但初期飞机的性能极差，不但速度小（不如快速汽车），而且稳定性也很不好，飞到空中危机四伏，仍然需要通过模型飞机进行研究、试验、改进和完善。载人飞行器的初步成功，使从事学习和研究飞机的队伍迅速扩大，也引起了许多人对模型飞机的兴趣。20 世纪初，在发达国家开始了航空模型运动，为这些国家造就了许多航空人才和科技人才。

我国在 20 世纪 30 年代后期才出现小规模民间航空模型活动，比西方发达国家晚了 20 多年。当时没有常设的全国性航空模型运动机构，基层活动属自发性质，参与航空模型运动的人数不多，技术水平和模型器材都很落后，处于萌芽状态。

新中国成立以后，中央人民政府十分重视和提倡航空模型运动。1952 年成立了中央国防体育俱乐部，后更名为中国人民国防体育协会，其任务是在人民群众中普及军事技术知识，进行国防教育，储备军事人才，培养国防后备力量。航空模型运动被列为首批重点国防体育项目，有组织、有计划地开展起来，其发展势头超过许多发达国家。1956 年，新中国第一届航空模型竞赛在北京举行，此后，每年都举办全国性的航空模型比赛，“文化大革命”期间中断了比赛，1978 年恢复了全国性比赛。

1978年，中国加入国际航空联合会，我国航空模型运动有些项目跃居世界领先地位，截至目前共有58人59次打破31项世界纪录，夺取世界冠军28个。

目前，航空模型运动是我国正式开展的99个体育运动项目之一，作为科技体育运动项目，航空模型运动具有竞技、教育、娱乐和应用等功能。

竞技功能是航空模型运动的基本功能。通过各种比赛，展现选手的竞技水平，体现“更高、更快、更强”的体育精神，向观众奉献最精彩的场面。在激烈抗争的世界赛场上，中国选手通过顽强拼搏，夺取冠军，为国争光。

对人进行全面素质的培养，是航空模型运动的教育功能。由于这项运动内涵的特殊性，即运动的参与者要自己设计和制作模型飞机；参与者的运动成绩由他操纵放飞的模型飞机的飞行表现来确定，因此决定了这项运动所独具的动手与动脑相结合、脑力与体力相结合的特点。

航空模型运动同时也是一项形象健康、积极向上的娱乐运动项目。它以模型种类繁多、技术难度跨度大而吸引社会上不同层次、职业、年龄的爱好者参与其中。

航空模型应用于科研、生产和国防是这项运动的另一大功能。航空模型是飞机的先驱，在飞机研制中，航空模型一直是一种不可缺少的研制手段，它在航空产业的各个环节中起着重要作用。

为了贯彻中共中央、国务院《关于进一步加强和改进未成年人思想道德建设的若干意见》的精神，培养青少年科技素质和创新精神，培养热爱航空事业的后备人才，中国航空运动协会组织编撰这套《新世纪航空模型运动丛书》，丛书本身是半个世纪我国开展航空模型运动经验的积累，涵盖了航空模型运动的各个方面，既有航空模型运动的基础知识，又有帮助从事航空模型运动提高知识水平和技巧的专业读物，既介绍适合在小学生中开展活动的《纸模型飞机》，也介绍制作高级航空模型必备的《模型飞机的翼型与机翼》。丛书的作者都是多年从事航空模型运动的专家，具有丰富的教学和航空模型制作、放飞经验。本套丛书面向的读者为初中以上的高级航空模型爱好者、

全国中小学航空模型课程的教学人员、从事航空模型运动的运动员、航空模型的设计人员和制造人员，以及各相关人员。

我们希望，丛书的出版，能为促进我国航空模型运动更上一层楼，帮助更多的航模爱好者步入航空科技殿堂，建设中国现代化的和谐社会发挥更大作用。

《新世纪航空模型运动丛书》编委会

2007 年 8 月

前言

自由飞模型飞机在飞行过程中与运动员和助手之间没有任何物质联系，当运动员或助手将模型飞机放飞以后，模型飞机即在空中自由飞行，直至着陆。自由飞模型飞机是航空模型运动开展最早的项目，分为牵引模型滑翔机、橡筋动力模型飞机和活塞式发动机模型飞机3个竞赛项目。这3个项目比赛模型飞机的留空时间，留空时间长者列前。

自由飞模型飞机是航空模型运动的基础项目。不少飞机探索者，如美国航空先驱兰利等都是通过这种简单的模型试验掌握了动力飞行的基本规律，树立了信心，然后才研制了机械动力飞机。从这个意义上讲，自由飞模型飞机是飞机的雏形和前身。

1956年，我国首次把三级牵引模型滑翔机、三级橡筋动力模型飞机和二级自由飞模型飞机列入全国比赛。按照国际航空联合会（FAI）1979年公布实施的航空模型竞赛规则把以上模型统称为国际级，即国际级牵引模型滑翔机（F1A）、国际级橡筋动力模型飞机（F1B）、国际级活塞式发动机模型飞机（F1C）。

本书介绍了牵引模型滑翔机和橡筋模型飞机的主要内容，分为上下两篇，上篇由俞宜震和孙大龙编写，下篇由李仁达编写。从自由飞模型飞机的特点出发，在设计、结构、制作、调整、试飞等方面进行了深入浅出的探讨，并介绍了当前自由飞模型飞机方面的世界先进技术，附录一些宝贵的资料和图样。这些都是在前人研究和实践的基础上进行的一些汇总和作者长期带队训练比赛的一点体会，希望能为喜欢和从事自由飞模型飞机的青少年有些启示和帮助。

在本书编写的过程和以往的工作中，得到众多我国航模界元老黄永良、

谭楚雄老师的教导、指点，为作者提供资料、分析观念、探讨技术，二位老师的敬业精神和高尚人品使我受益终生。书中引用的数据、装置、设计、模型都是我国国家队运动员长期训练、实践的成果。尤其是近年来国家队优秀选手、国际运动健将、世界杯冠军吴芸生先生执著探索、研究“引进、吸收、消化、创新”的成果以及“航模的哲学和哲学的航模”的理念。在此，一并表示衷心的感谢！

本书和整套《新世纪航空模型运动丛书》能够出版，要感谢航空工业出版社龙明灵副总经理、刘宁副总编辑的大力支持，他们为中国航模界和广大热爱祖国蓝天的青少年作出了无可替代的贡献，这是“功在当代，利在千秋”的业绩。

作者

2011.5

上篇 牵引模型滑翔机

第一章 模型滑翔机的种类、特点和要求	(3)
一、飞机和滑翔机	(5)
二、模型滑翔机的种类	(6)
三、牵引模型滑翔机的特点	(16)
四、牵引模型滑翔机的要求	(17)
第二章 争取更高的高度	(19)
一、基础的牵引方法	(19)
二、动力脱钩	(22)
三、牵引力与跃升高度	(27)
第三章 圆周牵引	(32)
一、圆周牵引的基本原理	(32)
二、圆周牵引的几项改进技术	(34)
三、圆周牵引训练方法简述	(39)
第四章 提高滑翔性能	(41)
一、提高滑翔性能的基本分析	(41)
二、雷诺数和临界雷诺数	(43)
三、提高升阻比和增大升力系数	(46)
第五章 牵引模型滑翔机的稳定性	(51)
一、稳定性概述	(51)

二、提高俯仰稳定性	(52)
三、提高盘旋稳定性	(54)
第六章 气流性能和机翼的合理扭转	(57)
一、机翼的合理扭转与气流性能	(57)
二、机翼的扭转对其他飞行性能的影响	(59)
三、机翼几何扭转的参考值	(61)
第七章 牵引模型滑翔机的调整试飞	(63)
一、模型的测量	(63)
二、手掷试飞	(66)
三、短线试飞	(67)
四、长线试飞	(68)
第八章 牵引模型滑翔机的结构	(70)
一、机翼受力分析	(70)
二、木结构的模型	(73)
三、复合材料结构的模型	(79)
第九章 其他器材和装置	(82)
一、牵引线	(82)
二、迫降装置和控时器	(83)
三、模型箱	(86)
四、电子追踪器	(87)
第十章 上升气流简述	(90)
一、大气简介	(90)
二、清晨的气流	(91)
三、转换期的气流	(92)
四、白天的周期气流	(93)
五、傍晚的气流	(95)
六、湍流	(95)
七、地域性气流	(96)

第十一章 几种典型牵引模型滑翔机	(98)
一、P1A-2 二级牵引模型滑翔机	(98)
二、F1H 牵引模型滑翔机	(98)
三、F1A 国际级牵引模型滑翔机	(102)
四、几种控制机构介绍	(102)

下篇 橡筋模型飞机

第十二章 橡筋模型飞机的种类和特点	(121)
一、橡筋模型飞机的种类	(122)
二、橡筋模型飞机的特点	(127)

第十三章 橡筋模型飞机的稳定性	(129)
一、橡筋模型飞机稳定性的特殊性	(129)
二、俯仰稳定性	(129)
三、方向稳定性	(130)
四、横向稳定性	(132)
五、横侧稳定性	(134)

第十四章 橡筋模型飞机的设计	(137)
一、气动外型	(137)
二、机翼	(137)
三、重心位置与尾力臂	(145)
四、水平尾翼	(146)
五、垂直尾翼	(148)
六、机身	(149)
七、控制机构	(153)

第十五章 橡筋模型飞机的机头	(157)
一、橡筋模型飞机机头的功能	(157)
二、橡筋模型飞机机头的结构	(157)

第十六章 橡筋模型飞机的螺旋桨	(163)
一、螺旋桨的工作原理	(163)

二、螺旋桨的参数	(166)
三、螺旋桨的设计步骤	(168)
四、不等距螺旋桨	(172)
五、用薄木块削制螺旋桨的设计图	(173)
六、螺旋桨的制作	(175)
 第十七章 模型飞机的组装和室内检查	(179)
一、组装时要注意的问题	(179)
二、室内检查	(180)
 第十八章 动力橡筋	(183)
一、概述	(183)
二、动力橡筋性能参数的理论计算	(187)
三、航模专用动力橡筋的鉴定	(196)
四、温度和橡筋储能量的关系	(209)
五、橡筋的使用	(211)
 第十九章 橡筋模型飞机的调整试飞	(215)
一、试飞前的室内检查	(215)
二、滑翔调整	(215)
三、动力试飞	(222)
四、全程试飞	(234)
五、复杂气象条件下的试飞	(235)
六、如何提高橡筋模型飞机的竞赛成绩	(237)
 第二十章 橡筋模型的外场装备	(241)
一、手摇钻	(241)
二、起飞架、半圆管、翻转钩	(244)
三、模型箱和外场工具包	(247)
 第二十一章 风和气流	(249)
一、风	(249)
二、上升气流的种类及形成	(250)

三、竞赛中上升气流的选择和利用	(255)
附录	(265)
附录一 橡筋模型飞机常用翼型	(267)
附录二 优秀运动员的模型图样	(270)
附录三 橡筋模型螺旋桨专用螺距规	(275)
参考文献	(276)

上 篇
牵引模型滑翔机

第一章 模型滑翔机的种类、特点和要求

滑翔机是一种没有动力的飞机，它依靠外力升空，靠滑翔机自身的重力在前进方向的分力来克服阻力取得前进速度，从而使滑翔机正常飞行，如图 1-1 所示。

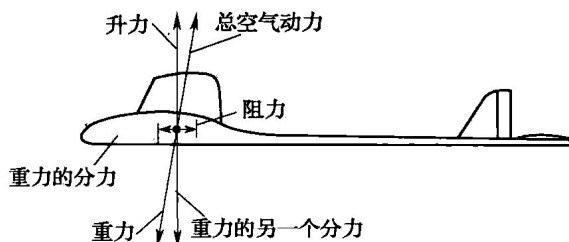


图 1-1 滑翔机的动力

在人类征服天空、发明飞机的过程中，模型滑翔机是开路先锋。被英国人誉为航空之父的乔治·凯利爵士在 1804 年设计和创作了一架用风筝改制的模型滑翔机（图 1-2），进行了成功的飞行。在他的笔记中对这架模型滑翔机作了详细记载“一个 154in^2 ^① 的纸风筝固定在木杆的前部，使它与木杆的夹角为 6° ，木杆在风筝后面延伸，连接一个尾巴。尾巴由两块 20in^2 的成直角相交的平面组成。重心用装在前面的配重来调整，如在水平方向以 $15\text{ft}^2/\text{s}$ 的速度投出，它将支撑自身的重量^③滑行 $20 \sim 30\text{yd}$ ^④。尾巴向左或向右极小的倾斜，便会像船舵那样改变航向”。这的确是一个极其重要的试验，最引人注目的是它的机翼和尾翼布局与现代飞机非常相似。风筝去掉线，装上尾翼进行独立飞行，它标志着在飞行史上实现了质的飞跃。

德国飞行家奥托·李林达在 1891 年制成一架双翼滑翔机（图 1-3），从山坡起飞作了较好的飘飞，他对自己的滑翔机进行了改进并于 1894 年从海拔 5000m 的山上起飞，滑翔了 350m ，开创了滑翔史上第一次成功的经验。奥托·李林达一共飘飞 2000 余次，最远飞行距离 1000m ，为发明飞机积累了宝贵的经验。

① $1\text{in} = 25.4\text{mm}$ 。

② $1\text{ft} = 0.305\text{m}$ 。

③ 本文所说“重量”即为“质量”概念，单位为 kg 、 t 等。

④ $1\text{yd} = 0.914\text{m}$ 。

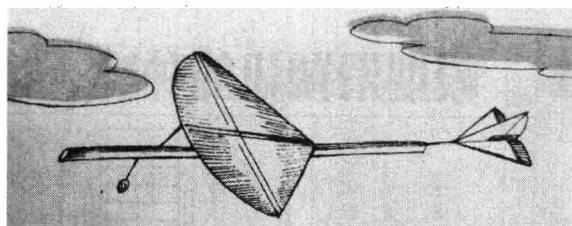


图 1-2 乔治·凯利 1804 年由风筝改制的模型滑翔机

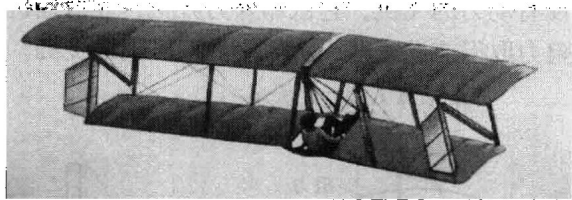


图 1-3 奥托·李林达 1891 年制造的双翼滑翔机

美国莱特兄弟对飞机的研究始于 1899 年，先后试飞过 3 架无动力的滑翔机（图 1-4），进行过双翼滑翔机模型试验（图 1-5），于 1903 年 12 月 17 日进行了被世人公认的人类首次有动力飞机载人飞行（图 1-6）。

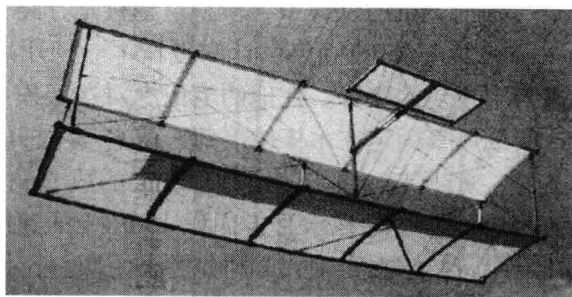


图 1-4 1899 年莱特兄弟的模型滑翔机

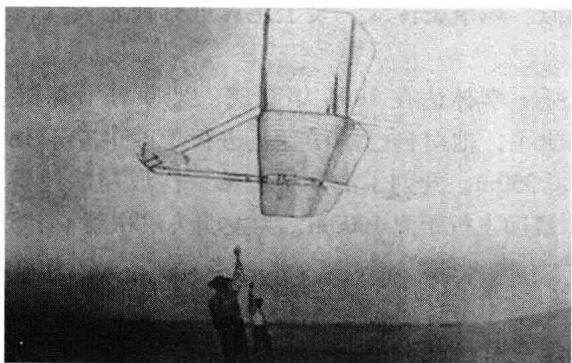


图 1-5 莱特兄弟进行双翼模型滑翔机试验