

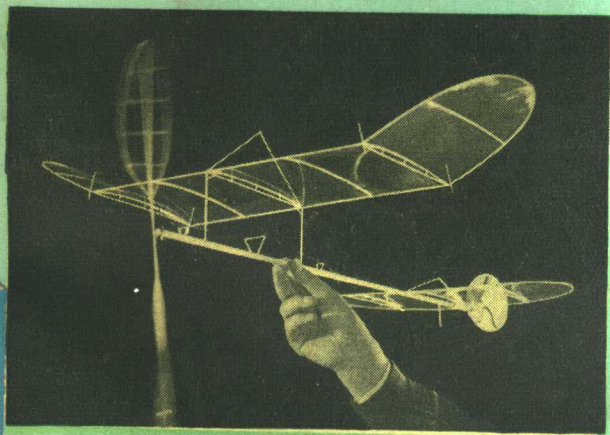
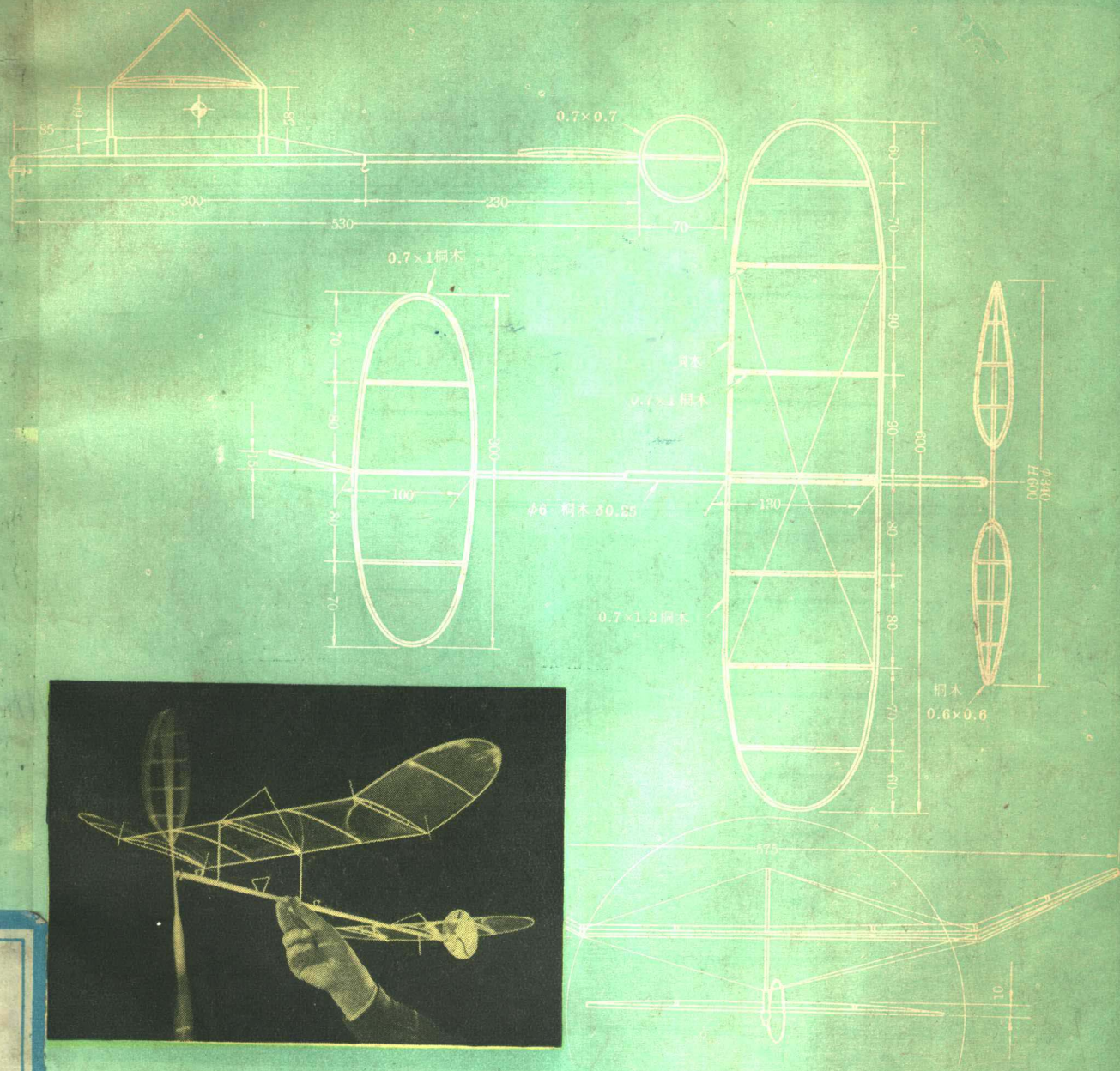


中学科技丛书

室内模型飞机

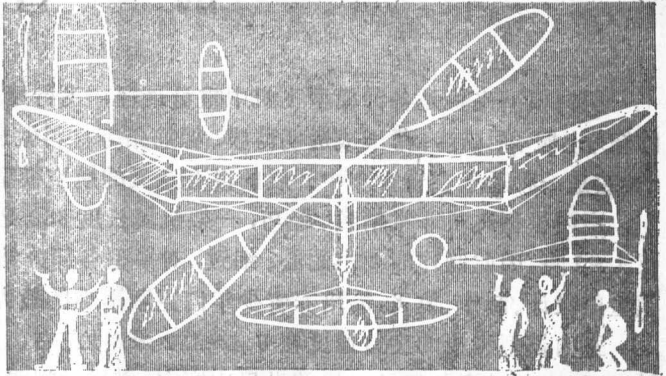
朱健民 卢秀森

上海教育出版社



SHINEI MOXING FEIJI · SHINEI MOXING FEIJI

航空模型运动在我国开展得较早，在解放前，
 许多航空爱好者，利用业余时间，在室内进行模型飞机的制作和飞行。
 解放以后，随着国民经济的发展，航空工业的兴起，航空模型运动
 得到了进一步的推广。许多学校、机关、团体都成立了航空模型小组，
 开展这项活动。它不仅丰富了业余生活，而且对培养青少年的科学
 兴趣和动手能力，提高他们的技术水平和创造力，都有很大的帮助。
 本书就是根据广大爱好者的要求，结合我国实际情况编写而成的。
 全书共分四章，第一章介绍航空模型的发展概况和分类；第二章
 介绍航空模型的制作；第三章介绍航空模型的飞行；第四章介绍航空
 模型的竞赛。本书可作为航空模型爱好者的自学教材，也可供有关
 学校的教师参考。



室内模型飞机

本书共分四章，第一章介绍航空模型的发展概况和分类；第二章介绍航空模型的制作；第三章介绍航空模型的飞行；第四章介绍航空模型的竞赛。本书可作为航空模型爱好者的自学教材，也可供有关学校的教师参考。

本书由上海教育出版社出版，定价一元二角。

朱健民 卢秀森

上海教育出版社

中学科技丛书

室内模型飞机

朱健民 卢秀森

上海教育出版社出版

(上海永福路123号)

新华书店上海发行所发行 上海崇明印刷厂印

开本 787×1092 1/16 印张 5.25 字数 124,000

1981年1月第1版 1981年1月第1次印刷

印数 1—7,450本

统一书号: 7150·2376 定价: 0.52元

前 言

室内模型飞机是各种模型飞机中重量最轻，飞行速度最慢的一种。这种模型飞机用少量的轻木、桐木、草茎、薄纸或透明薄膜、橡筋条等材料做成，取材方便，在室内便可进行放飞活动，它是一种适于在青少年中开展的很有意义的航空模型。

室内模型飞机非常精致、轻巧，一架机翼长度 650 毫米的国际级室内模型飞机，全部重量仅 1~2 克，因此制作时要求耐心、细致，对模型各部分结构、重量的要求极为严格。通过室内模型的设计、制作、放飞，能培养青少年们克服困难的毅力，严格的科学态度，细致的工艺技巧。

室内模型飞机的飞行速度在 0.4~1.2 米/秒左右，几乎同蒲公英在空中飘浮那样平稳而缓慢，但飞行时间却很长。目前世界比赛中，飞行时间最长的已达到 50 分 41 秒。由于这种模型具有独特的飞行性能，因此在制作和放飞室内模型飞机的实践中，可以促使青少年努力学习航空知识，特别是材料力学、低速空气动力学方面的知识，激发他们丰富的创造力和对航空事业的志趣和爱好。

为了进一步开展室内模型飞机活动，本书较详细地介绍了室内模型飞机的种类、特点、设计、制作、调整和飞行的方法及由简到繁的各种室内模型飞机的图纸，以便读者由浅入深，逐步入门。

室内模型飞机在我国的航空模型活动中，还是一项新的项目，由于我们水平有限，对书中的缺点错误，请读者给予批评指正。

目 录

第 1 章 室内模型飞机的种类、特点和发展概况	1
第 1 节 室内模型飞机的种类.....	1
第 2 节 室内模型飞机的特点.....	3
第 3 节 室内模型飞机的发展概况.....	4
第 2 章 室内模型飞机的设计	8
第 1 节 机翼展弦比及翼型选择.....	8
第 2 节 室内模型的安定性.....	9
第 3 节 螺旋桨的设计与橡筋的选配.....	12
第 3 章 室内模型飞机的制作	15
第 1 节 制作工具.....	15
第 2 节 选择材料.....	17
第 3 节 木材加工.....	19
第 4 节 机翼和尾翼的制作.....	20
第 5 节 机身的制作.....	23
第 6 节 螺旋桨的制作.....	25
第 7 节 蒙皮的种类及制作方法.....	28
第 8 节 蒙纸及蒙膜的方法.....	31
第 9 节 支柱和张线.....	34
第 4 章 橡筋的选择和使用	37
第 5 章 试飞和调整	43
附 录 图纸介绍	49
(1) 蒙纸型室内模型练习机(翼展 300 毫米).....	49
(2) 蒙纸型室内模型练习机(翼展 350 毫米).....	51
(3) 蒙纸型室内模型练习机(翼展 440 毫米).....	51
(4) 蒙纸型室内模型飞机(翼展 440 毫米).....	51
(5) 蒙纸型室内模型飞机(翼展 440 毫米).....	58
(6) 国际级室内模型练习机(翼展 575 毫米).....	58
(7) 国际级室内模型飞机(翼展 648 毫米).....	63
(8) 国际级室内模型飞机(翼展 630 毫米).....	63
(9) 国际级室内模型飞机(翼展 632 毫米).....	68
(10) 日本国际级室内模型飞机(翼展 635 毫米).....	68

(11) 日本 A 级室内模型飞机(翼展 346 毫米).....	68
(12) 日本 B 级室内模型飞机(翼展 447 毫米).....	69
(13) 日本初级室内模型飞机(翼展 437 毫米).....	69
(14) 室内伞翼模型飞机.....	69
主要参考资料.....	80

第1节 室内模型飞机的种类

室内模型飞机的种类甚多，大致可归纳为三大类：简易的蒙纸室内模型飞机、国际级(F1D)蒙膜室内模型飞机和特种室内模型飞机。它们的构造大致相同，由螺旋桨、机翼、机身、尾翼、橡筋和张线等主要部分组成(见图1-1)。竞赛时以模型飞机的留空时间长短决定成绩。

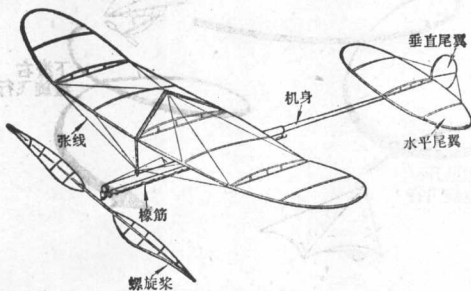


图1-1 室内模型飞机各部分名称

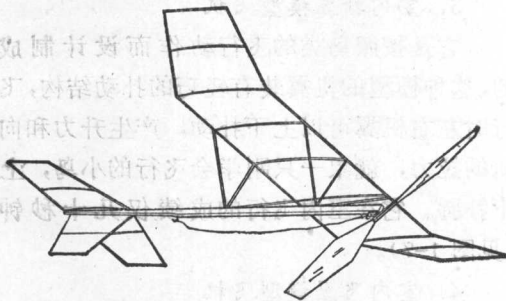


图1-2 蒙纸型室内模型飞机

一、蒙纸型室内模型飞机

这是一种简易的杆身橡筋模型飞机(见

图1-2)，其基本结构与室外模型飞机相同，所不同的是它的结构强度较弱，用轻而薄、不易透气的纸张或极薄的塑料、硝基薄膜作为蒙皮，重量只有同样大小的室外模型的 $1/4 \sim 1/6$ 。一架机翼翼展为450毫米的蒙纸室内模型留空时间可达5分钟以上。这类模型结构简单，用料较省，只需少量的轻木、桐木和橡筋。如再学习一些基本的飞行原理和放飞技巧，就能逐步提高飞行成绩。这类模型可供初学者作为一种入门机。

二、国际级室内模型飞机(F1D)

这是国际航空联合会(简称FAI)规定的一个世界比赛项目(见图1-3)。按规则规

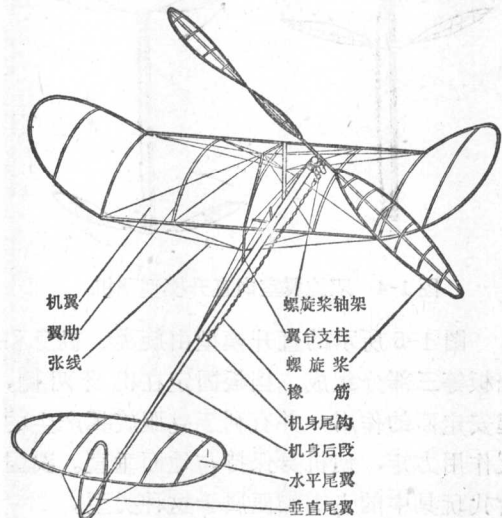


图1-3 F1D级室内模型飞机

定机翼翼展在 650 毫米以下，模型重量不得小于 1 克(创纪录飞行除外)。这类模型制作难度较高，需要选择最轻型材料，如轻木、桐木和草茎等做成。模型结构细致又很脆弱，必须借助于极细的张线来保证强度。模型用极薄的透明塑料薄膜或硝基薄膜作为蒙皮。飞行重量在 2~4 克左右，飞行高度可达 50 多米，目前最长的留空时间在 50 分钟以上。

本书将着重介绍蒙纸和国际级室内模型的设计、制作和飞行方法。

三、特种室内模型飞机

这种模型不受规则的限制，爱好者可以根据需要而设计。属于这一类的模型有直升模型飞机、伞翼模型飞机、鸭式模型飞机、飞翼模型飞机、扑翼模型飞机和象真模型飞机等。

1. 室内直升模型飞机的几种形式

图 1-4 所示的室内直升模型，它装有两个旋转方向相反的旋翼，飞行时两副旋翼所产生的反作用力矩相互平衡，使模型保持平稳垂直上升。两个旋翼均带有 $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 的上反角，保持模型飞机的横侧安定性。

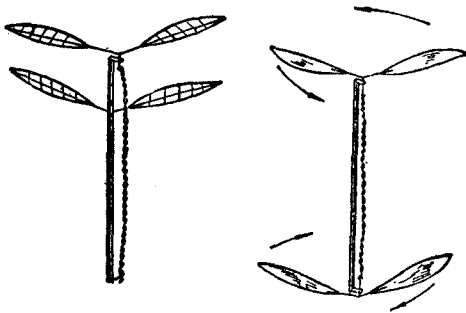


图 1-4 双旋翼室内直升模型飞机

图 1-5 所示的直升模型由旋翼、机身和挡板等三部分组成。挡板固定在机身两侧，起安定面的作用，并有利于克服旋翼产生的反作用力矩，使机身保持与地面垂直。我国古代玩具中的飞蝴蝶便属于这种类型。

2. 室内伞翼模型飞机

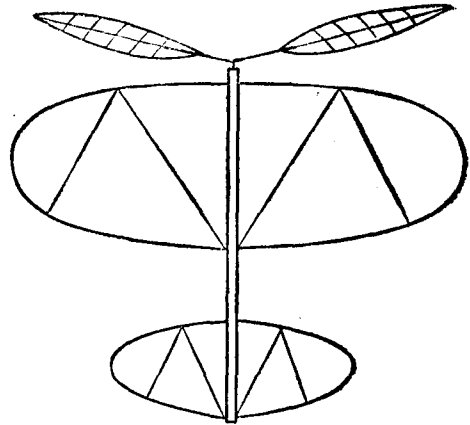


图 1-5 蝴蝶式室内直升模型飞机

这是近几年来新发展的一种室内模型(见图 1-6)。它具有良好的安定性，看上去好象空中悬挂着的一项美丽的小伞，能徐徐上升，平稳下滑，可在室内飞行两分多钟。由于制作简单，调整容易，如蒙上彩色纸，在室内作飞行表演是很吸引人的。

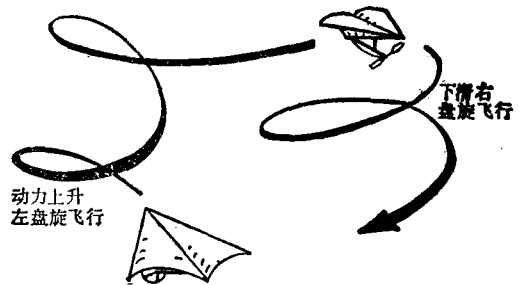


图 1-6 室内伞翼模型飞机

3. 室内扑翼模型飞机

它是按照鸟类的飞行动作而设计制成的，这种模型的机翼装有轻巧的扑动结构，飞行时左右机翼可以上下扑动，产生升力和向前的拉力，就象一只刚学会飞行的小鸟，上下扑腾。它在室内飞行的成绩仅几十秒钟(见图 1-7)。

4. 室内飞翼模型飞机

这种模型没有尾翼，但它的机翼采用了安定性很好的 S 形翼型。有的机翼翼尖部分有负迎角，以增加俯仰安定性(见图 1-8)。

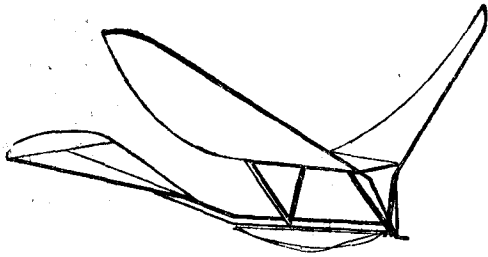


图 1-7 室内扑翼模型飞机

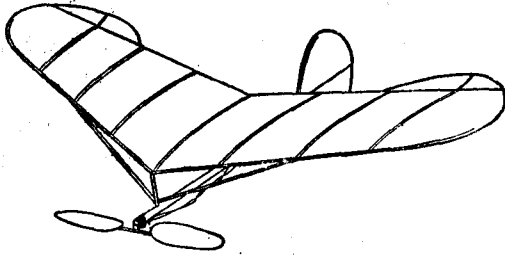


图 1-8 室内飞翼模型飞机

5. 室内鸭式模型飞机

这种模型与一般模型不同，机翼放在尾部，安定面在前方，飞行方向如图中箭头所示。

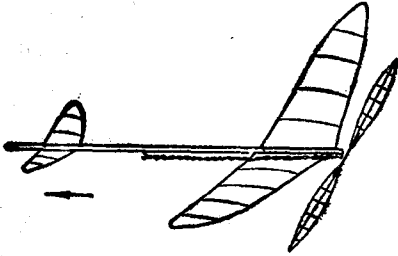


图 1-9 室内鸭式模型飞机

示。飞行时象野鸭在天空飞翔，因此称为鸭式模型飞机(见图 1-9)。

6. 室内象真模型飞机

这是一种按真飞机外形，以一定比例缩小而制作的模型飞机。具有外形逼真，工艺精细等特点，有的以橡筋为动力，橡筋条放在机舱内，有的还装有微型内燃机或一氧化碳压缩气体发动机(图 1-10)。近年来，还出现了无线电遥控的室内模型飞机。

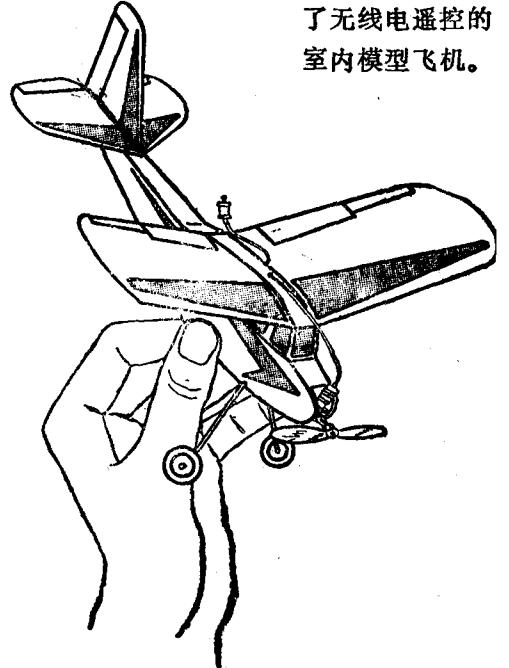


图 1-10 用微型气体发动机的室内象真模型飞机

第 2 节 室内模型飞机的特点

室内模型飞机是在室内飞行的，因此它必须具有适合室内飞行的各种特点。

一、缓慢的飞行速度

室内飞行会受到空间的限制，一般建筑物的室内高度仅几米，即使大型体育馆也只有几十米。进行世界性室内模型比赛的英国卡丁顿飞艇库，其室内高度也不超过 60 米。此外，模型飞行时，往往还会碰到很多对室内模型造成极大威胁的障碍物，如：电灯、房梁和柱子等。怎样使模型飞机在室内既能飞得

持久、又要尽可能避免撞坏呢？经过多年的摸索，航模爱好者采用了减小飞行速度的办法来达到上述目的。如：早期室内模型的飞行速度为 1~2 米/秒，后来逐渐减小到 0.4~1.2 米/秒，比人走路还要慢一半左右。螺旋桨的转速也从 15~20 转/秒减小到 1~2 转/秒。缓慢的飞行速度，保证了室内模型的安全，又能使模型在有限的室内获得较长的留空时间。

怎样获得缓慢的飞行速度呢？我们知道

模型的升力大小与速度平方成正比:

$$Y = \frac{1}{2} C_Y \rho S v^2$$

其中: Y ——升力

C_Y ——升力系数

ρ ——空气密度

S ——机翼升力面积

v ——飞行速度

假使我们要使一架模型的飞行速度由3~5米/秒减少到0.3~0.5米/秒,而当 C_Y 、 ρ 、 S 均不变时,则由于飞行速度下降到原有的1/10,从升力公式中知道,升力将下降为原有的1/100。在这种情况下,如果仍然要保持水平飞行,则其重量也要相应地减轻为原来的1/100。

实践也证明了这一点,三十多年前的室内模型飞机重量是十几克,而近代优秀的室内模型翼展达到650毫米,重量才1~1.5克,模型的翼载荷大幅度地下降,仅为0.2~0.4克/分米²。飞行成绩已从几分钟提高到50多分钟。其关键是减轻室内模型的重量。

二、最轻的飞行重量

一般室内模型都选用比重很小的轻木、桐木、麦秆或草茎,并在薄弱的构架上架有很多细线,以保持刚性。一架翼展650毫米的模型,机体重量1~1.5克,用作动力的橡筋

是模型重量的1~1.5倍,飞行重量只有2~3克。它用的蒙皮是一种厚度仅千分之几毫米、每平方米才重0.4~0.8克的透明硝基薄膜,这种薄膜的重量只有薄电容器绝缘纸的1/100。因此,人们形容室内模型象是用肥皂泡和蜘蛛网做成的小飞机。

三、精细的制作技巧

室内模型如此轻巧,制作工艺当然要求特别精细,为了使模型各部分的重量安排得合理,那怕是减轻0.1克的飞行重量,都要花费制作者很多辛勤劳动。一架精心设计和制作的室内模型,可以称为是一种能飞翔的特种工艺品。

四、适合于普及开展

室内模型受飞行场地的限制较小,可利用教室、大厅、体育馆和飞机库等场所进行放飞。它也不受风雨等不利的气象条件所限制。

材料来源较广,草本植物如蟋蟀草、莠狗尾草、芦苇、麦秆等都可用来制作室内模型,特别是利用电容器绝缘纸等一类薄纸代替化学薄膜做蒙皮的简易室内模型飞机,更适宜于普及开展。

室内模型飞机的制作和放飞,不受年龄和体力限制:从小学生到退休的老年航模爱好者,均可从事这项有趣的活动。

第3节 室内模型飞机的发展概况

一些世界著名的飞机设计家和科学家曾多次使用室内飞行的模型飞机进行试验。如:罗蒙诺索夫曾用发条弹簧为动力的直升模型在室内成功地作了多次有趣的飞行试验。俄国的莫查伊斯基为了证明他所设计的飞机能飞上天,将一架装有海军短剑的模型飞机,在室内进行了飞行试验,见图1-11。著名的空气动力学家茹科夫斯基,在作讲演时,曾不止一次地利用模型在室内飞行,说明有关空气动力学的理论。

前辈科学家在室内所作的模型飞行试验,虽然留空时间较短,但仍可认为是现代飞机发展的先驱者。

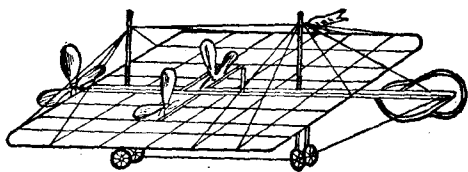


图1-11 莫查伊斯基的模型飞机

一般模型飞机在室外飞行时，经常由于气象变化而影响模型的飞行活动。在城市中由于场地限制，也给放飞模型飞机带来很大困难。室内模型飞机不受室外气候影响，也不要求很大的场地。于是逐渐地得到了发展。

室内模型的成绩以飞行时间（即留空时间）的长短来衡量。早期的飞行成绩很低，如1940年在莫斯科举行的室内模型比赛，最好成绩才26秒。次年上升为41秒。当时室内模型用松木、竹丝、蒙纸等作为主要材料，一架模型重量达十几克（见图1-12）。

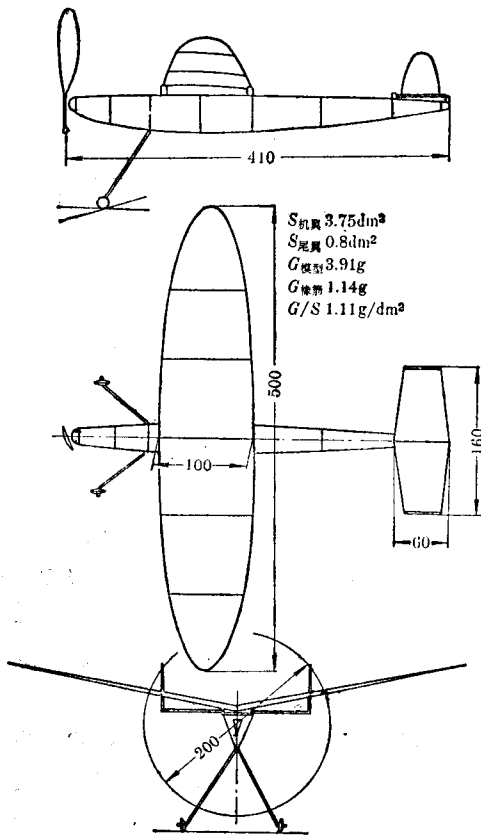


图1-12 1941年苏联的室内模型飞机

1942年，匈牙利航模爱好者制作的室内模型的留空时间达到3分32秒。

1949年留空时间已达到10分钟（见图1-13）。1949年到1957年之间，世界各国的室内模型活动有了进一步的发展，留空时间从10分钟提高到20多分钟。

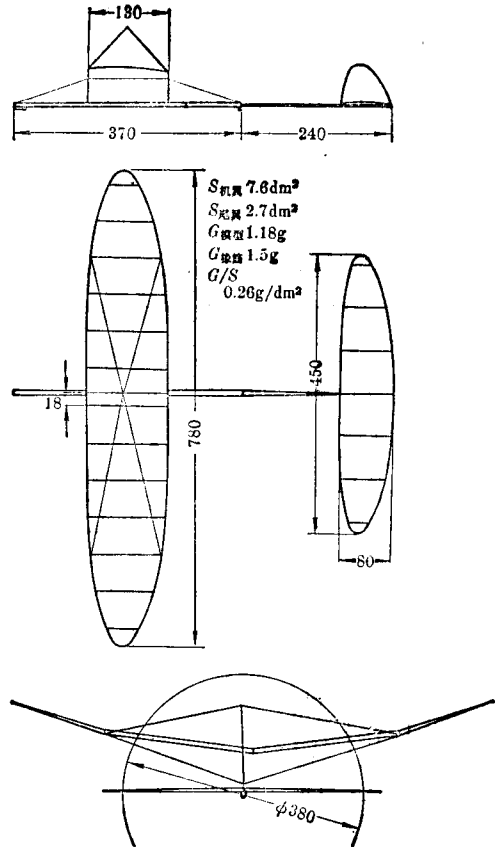


图1-13 1949年匈牙利的室内模型飞机

国际航空联合会（简称国际航联、英文缩写FAI）为了促进室内模型的技术交流，于1959年5月在匈牙利举行了首届国际室内模型飞机比赛。参加这次比赛的模型分两种规格：一种机翼翼展在350毫米以下，称为一级室内模型；另一种翼展在350毫米以上，称为二级室内模型。比赛中，一级的留空时间纪录是14分27秒，二级是23分5秒。

1961年，国际航联将室内模型正式列入世界比赛项目，并在英国举行了第一届世界室内模型飞机个人冠军赛。比赛的项目全部是二级室内模型（翼展在800~900毫米左右）。比赛时允许从手上起飞，每人飞三轮，取其中最高的一轮成绩作为记分成绩。比赛在卡丁顿飞艇机库里举行。机库的顶高达50多米，是个较为理想的室内飞行场地。比赛中美国别尔格里以37分49秒获得冠军。

赛后,又组织了一次创纪录飞行,西德海克林杰以44分20秒的成绩创造了室内模型留空时间的世界纪录(见图1-14)。

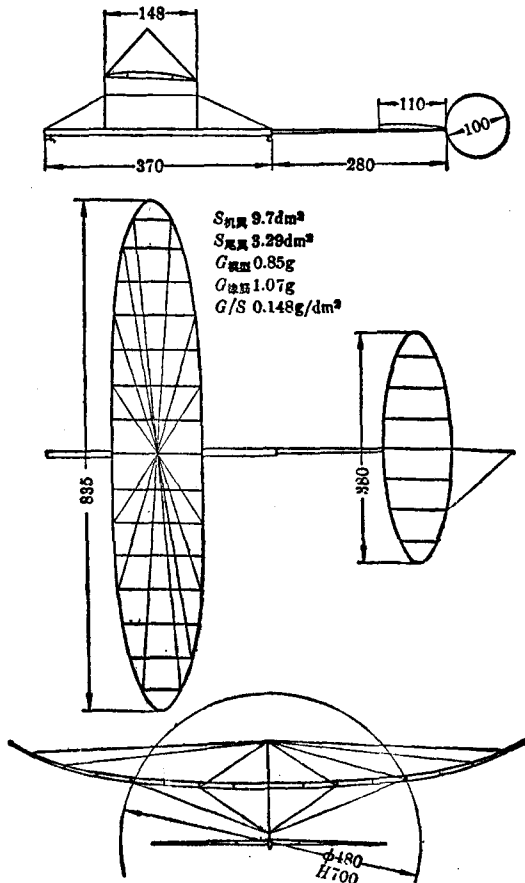


图1-14 海克林杰的室内模型飞机

以后,国际航联规定:从1962年起,每两年举行一次世界室内模型飞机比赛。比赛中每个运动员可以飞六轮,以其中两轮最高成绩之和为比赛成绩。由于室内模型容易损坏,参加比赛的模型架数不限。

1962年世界室内模型个人冠军赛仍在卡丁顿机库内进行。比赛结果,冠军的成绩是88分48秒(45分40秒+43分08秒)。

国际航联又将室内模型的竞赛规则修改为:机翼翼展在650毫米以下(项目编号为F1D级),模型的重量不得小于1克(不包括动力橡筋)。创纪录的模型重量不受限制。比

赛时飞六轮,以其中两轮最高成绩之和来评定名次。并规定比赛在同一等级的室内高度进行,按室内空间高度分为四个级别:一级高度为8米以下;二级为8~15米;三级为15~30米;四级为30米以上。

1976年世界室内模型比赛中英国选手鲍曼克获得世界冠军,成绩是79分11秒(39分35秒+39分36秒),见图1-15。

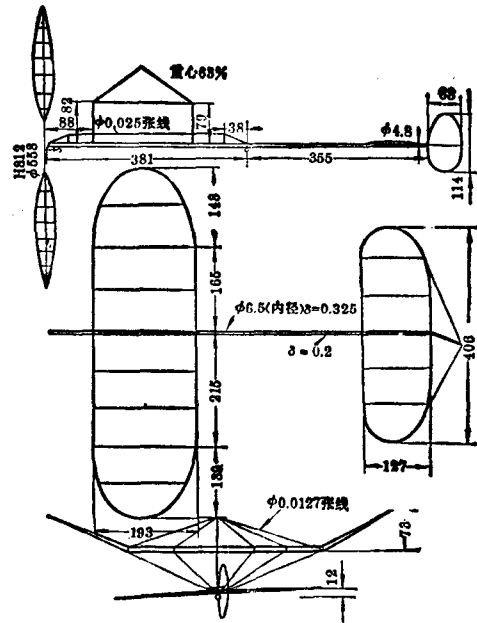


图1-15 鲍曼克的室内模型飞机

1978年,在卡丁顿机库举行四级室内模型世界比赛。比赛结果:美国列秋蒙特以84分42秒(41分49秒+42分53秒)获得冠军(见图1-16)。

1961年以来,室内模型活动在我国也逐步开展,北京、上海等城市的少年宫、科技站和学校航模小组进行了室内模型的表演和比赛,深受广大青少年的欢迎。

1961年5月,在北京举行了我国首次室内模型飞机创纪录飞行,上海朱健民以10分05秒的成绩创建了室内模型飞机全国纪录(见图1-17)。在1979年上海市室内模型飞机比赛中,卢秀森以17分23秒的成绩打破了三级室内模型飞机的全国纪录(见图1-18)。

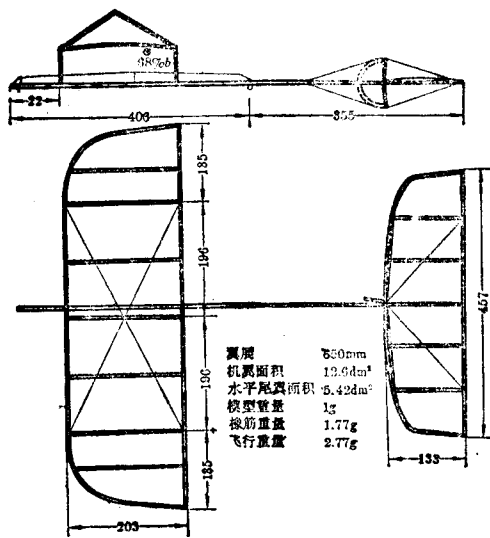


图 1-16 列秋蒙特的室内模型飞机

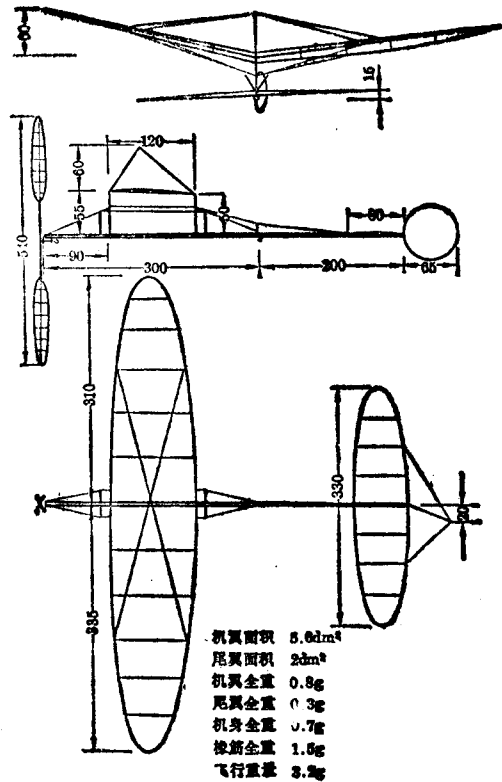


图 1-17 1961年朱健民创建全国纪录的室内模型飞机

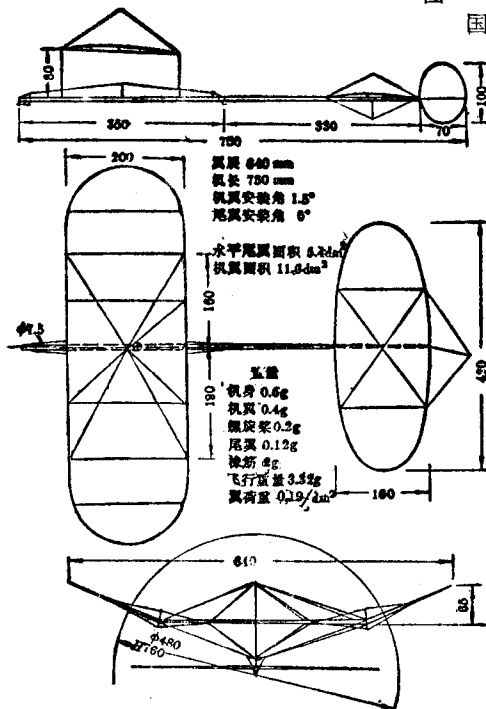


图 1-18 1979年卢秀森破全国纪录的室内模型飞机

室内模型种类很多,下面主要介绍蒙纸型和国际级室内模型的设计。

从第1章中已了解到,要使室内模型在室内有限的空间中进行长时间的飞行,必须尽可能减小模型的飞行速度、减轻翼载荷;改善安定性、提高螺旋桨的效率并延长动力时

间。这些是提高室内模型飞行性能的重要因素,也是设计者的任务。在设计之前,必须熟悉有关竞赛规则,熟悉飞行场地,搜集各种优秀模型的技术数据,分析其结构、性能特点,从中吸取经验。

第1节 机翼展弦比及翼型选择

一、增加升力的方法

从升力公式: $Y = \frac{1}{2} C_Y \rho S v^2$ 中可以看出,升力 Y 与升力系数 C_Y 、升力面积 S 成正比,与模型速度 v 的平方成正比。由于模型要在室内飞行,速度 v 不仅不能增加,反而要减小,为此只能加大升力面积 S 及升力系

数 C_Y 以争取最大的升力。

根据竞赛规则:蒙纸室内模型的翼展不得大于450毫米;国际级不得大于650毫米。对升力面积没有作任何规定。因此我们可将机翼翼展做到限度,再尽可能增加翼弦宽度及水平尾翼面积,来争取最大的升力面积。

从近几年参加世界比赛的模型数据,可看出增加机翼、尾翼翼弦宽度的趋势(见图2-1)。还可将1961年室内模型世界纪录创造者海克林杰的模型图2-1(b)与1976年世界冠军鲍麦克的国际级模型图2-1(a)作个比较:见表2-1。

表 2-1

姓名	机翼面积	翼展	平均翼弦	展弦比
海克林杰	9.7dm ²	835mm	116mm	$L/b=7.7$
鲍麦克	12.3dm ²	650mm	193.7mm	$L/b=3.4$

从另一个方面考虑,增大翼弦后,虽然增加了升力,降低了翼载荷,但也缩小了展弦

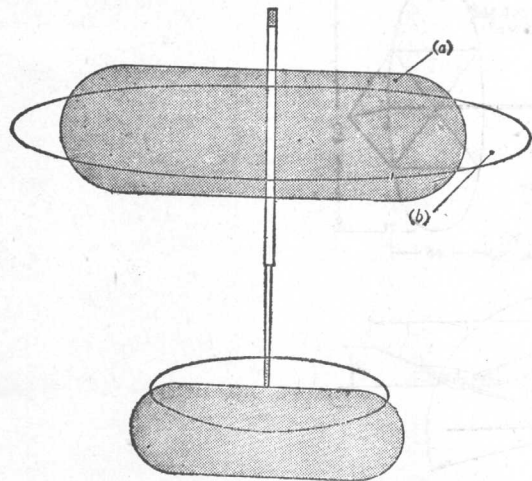


图 2-1 两种模型外形尺寸比较

比,增加了诱导阻力。而且,要保证宽大机翼的刚性,又会增加重量。所以不能过多地加大翼弦。

选择机翼外形时,初级的室内模型可采用长方形加上梯形翼尖或圆形翼尖,以便于初学者制作。国际级室内模型可采用半圆形或椭圆形机翼,以增加机翼的抗扭强度,诱导阻力也较小(见图 2-2)。

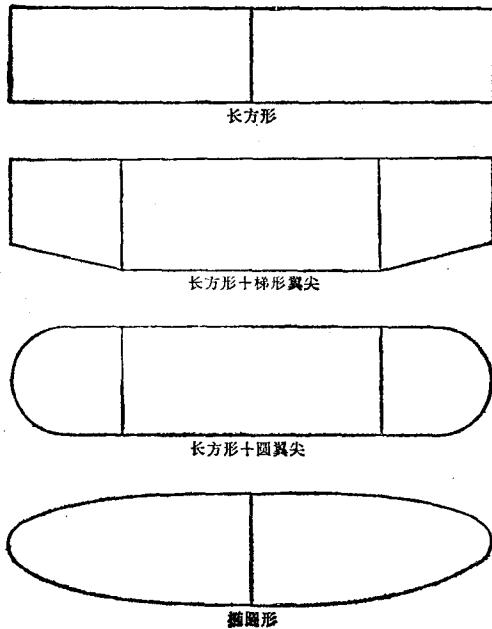


图 2-2 不同机翼的外形

翼展在 450 毫米以下的蒙纸室内模型的翼弦可在 100~140 毫米之间,机翼面积约 4~6 平方分米,翼载荷约 1~1.5 克/平方分米。

翼展在 600~650 毫米的国际级室内模

型的翼弦在 160~200 毫米之间,机翼面积约 9~14 平方分米,翼载荷 0.1~0.3 克/平方分米。

二、翼型选择

室内模型采用上弧面膜皮,所以机翼蒙皮的厚度即翼型的厚度。十几年前的室内模型采用相对弯度为 6~8% 的翼型。升力系数虽大,但阻力也大,一旦螺旋桨效率不高或橡筋扭力稍稍下降,拉力变小,极易造成模型失速,影响成绩较大。近几年来,由于室内模型的翼弦普遍地加大之后,翼载荷进一步减小,可采用相对弯度 4~5% 的翼型,能保持必要的升力,也减少了阻力,对低速飞行的安定性也有好处。一般国际级室内模型翼型相对弯度为 4~5%,最大弯度在翼弦的 35~45% 处。

蒙纸型室内模型由于升力面积较小,飞行重量较大,为了取得足够的升力,飞行速度相应大些,翼型相对弯度一般采用 5~6% 较多(见图 2-3)。

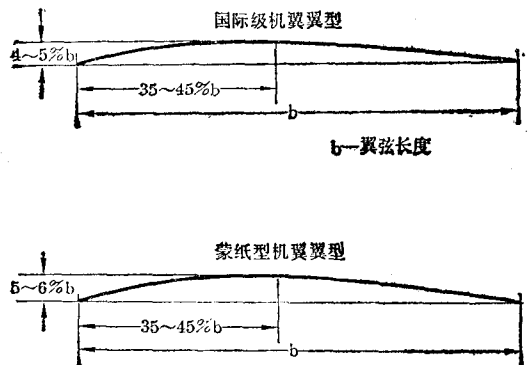


图 2-3 翼型数据

第 2 节 室内模型的安定性

模型飞机在空中飞行,除了要有足够的升力外,还需要有一定的安定性。不能认为室内模型不受气温、风速的影响,安定性就不重要了。恰恰相反,由于室内模型的飞行速度只有 0.4~1 米/秒,重量才 2~5 克,橡筋

扭力小,螺旋桨转速很低,剩余拉力很小,仅仅能维持模型以极低的速度飞行。在这种情况下即使是气流的微弱变动,如门窗漏风、室内的温差、阳光局部照射、人体的热幅射、人的走动等都会造成空气的对流,但已能使轻

巧的室内模型失去平衡,造成失速掉高度。不仅降低留空时间,甚至会造成飞行事故。

一、室内模型的俯仰安定性

室内模型的俯仰安定性可以用俯仰安定系数 $A_{俯仰}$ (图 2-4) 来表示:

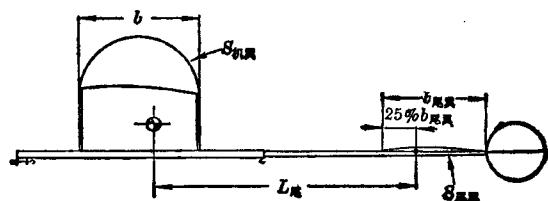


图 2-4 俯仰安定系数

$$A_{俯仰} = \frac{S_{尾} \cdot L_{尾}}{S_{机} \cdot b}$$

其中: $S_{尾}$ —— 水平尾翼面积(分米)²

$L_{尾}$ —— 重心到尾翼焦点的距离, 即尾力臂(厘米)

$S_{机}$ —— 机翼面积(分米)²

b —— 机翼翼弦(厘米)

从公式中可以看出, 俯仰安定系数的大小与水平尾翼面积、尾力臂成正比, 与机翼面积、机翼翼弦成反比。要取得足够的俯仰安定性, 必须有较大的水平尾翼面积和较长的尾力臂。目前较优秀的室内模型均具有上述特点。一般室内模型的俯仰安定系数在 1.2~1.5 左右。

从上述公式还可看出, 加大机翼翼弦对俯仰安定性不利。在调整模型飞行时, 往往发现宽翼弦, 小展弦比的模型的安定性比窄翼弦, 大展弦比的模型要差, 较难调整。原因就是大翼弦降低了俯仰安定系数。因此不能任意加大翼弦。

此外, 俯仰安定性还与重心位置、迎角大小、翼型选择等有密切关系。模型重心越低、越靠前, 安定性就越好。为了降低重心, 室内模型普遍地采用高机翼, 翼台的高度相当于 40~60% 翼弦。机翼与尾翼的按装角差在 1.5~2.5° 左右。重心位置距机翼前缘 60~70% 翼弦(见图 2-5)。

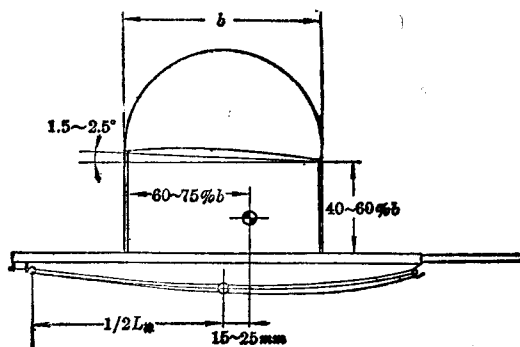


图 2-5 重心位置

动力橡筋束的长短也会影响模型的俯仰安定性, 因为橡筋占整个模型重量的 50%, 并分布于机身全长 60% 的部位, 形成俯仰摆动时的不安定因素。因此, 在少影响螺旋桨效率的前提下, 尽量缩短橡筋束在模型上的按装部位是有利的。目前一般橡筋束长度为机头至尾挂钩距离的 1~1.5 倍。为了避免更换不同重量的橡筋束时引起重心位置的变动, 橡筋束中心位置一般放在重心前 15~25 毫米之间。

目前, 室内模型机身长度约为翼展的 1~1.2 倍。尾力臂约为机身长度的 60~65%, 水平尾翼面积约为机翼的 40~45%。

二、室内模型的盘旋安定性

室内模型要在较小的空间飞行, 迫使它必须以 5~10 米的小半径盘旋飞行, 如何防止在低速飞行时, 既能小半径盘旋又不螺旋下坠, 尽量不损失高度, 这是必须解决的一个重要问题。

1. 选择盘旋安定系数

室内模型盘旋安定性的好坏, 取决于模型的侧面积分布, 包括机翼上反角, 机身侧面积、螺旋桨直径、垂直尾翼尾力臂等因素。这些因素组合起来形成一个侧向空气动力的压力中心(简称侧压中心)。在飞行时, 侧压中心与重心之间的力矩(简称侧压力矩)大小, 对模型的盘旋安定性能有密切关系。实践证明: 侧压力矩越小, 盘旋安定性越好。区别

盘旋安定性能的好坏，可以用盘旋安定系数 $K_{盘旋}$ 来表示，一般室内模型的 $K_{盘旋}$ 值为 6~8。

$$K_{盘旋} = \frac{L}{a}$$

其中： $K_{盘旋}$ ——盘旋安定系数
 L ——机身全长(毫米)
 a ——侧压中心与重心的距离(毫米)

模型的侧压中心可以用模型侧面积的投影来测量。方法是在厚薄均匀的纸板上按比例画出模型侧面投影，带有上反角的侧面投影区须用两块纸板贴合，将整个侧面投影部分剪下来，测出这部分纸板的重心就是模型的侧压中心。找出模型的重心（一般在机翼翼弦 55~65% 之间）

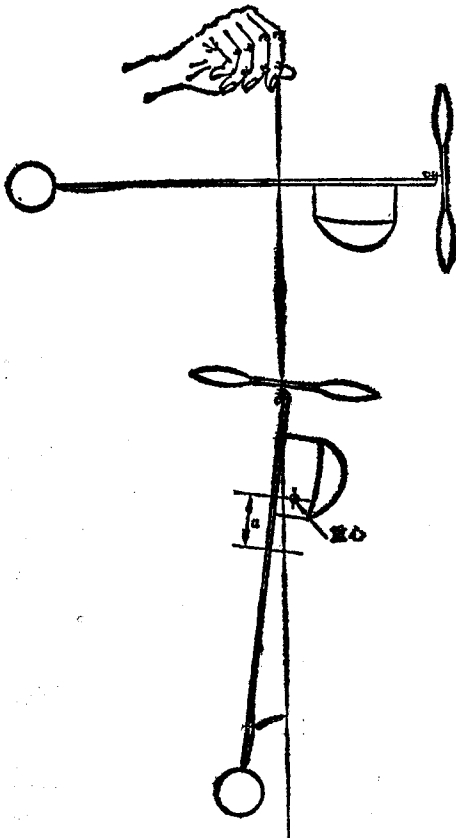


图 2-6 盘旋安定系数的测定

与侧压中心的距离，便可得到 a 值，见图 3-6。

从公式中看出 K 值与机身全长 L 成正比，与侧压力臂 a 成反比。从模型的侧面投影可看出，机翼上反角越大，侧压中心越前。而垂直尾翼越大，侧压中心越后。侧压中心偏前时，盘旋安定性较好。因此室内模型的上反角较大，垂直尾翼较小，目的使室内模型在低速飞行时，具备良好的盘旋飞行性能。

上反角的形式(图 2-7)与横向恢复力矩大小有密切关系。在相等的上反角侧面投影条件下，双折式上反角的横向恢复力矩较大，采用也较普遍。

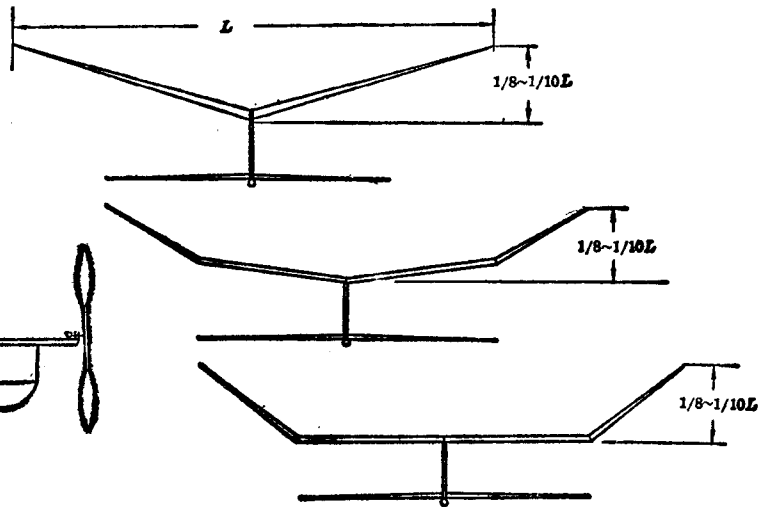


图 2-7 上反角的形式

2. 增加盘旋安定性的措施

制作时要使靠盘旋方向内侧的机翼安装角比外侧机翼大 1~3°，面积大 5~10% 左右，翼展大 2~4%。使内侧机翼具有较大的升力，以减小机翼倾侧，并使模型能以小半径作水平盘旋飞行，见图 2-8。

内侧机翼面积增大后，模型重心位置从机身纵轴移向内侧，使螺旋桨的拉力线与重心之间形成了一个力矩。这一力矩的存在有利于盘旋飞行，可省去调节拉力线与纵轴的夹角，也有利于充分利用螺旋桨的拉力。