

## 致 读 者

航空模型是一项有意义的、深受广大青少年喜爱的科技活动，目前在各中、小学校里已经广泛地开展起来。为了帮助广大少年了解航空模型的一般原理与制作方法，我们编写了这本小册子。

本书主要介绍了简易直升模型飞机、弹射模型滑翔机、初级牵引模型滑翔机以及初级橡筋动力模型飞机等具体制作方法。在编写过程中，力求将原理与制作、调整试飞结合紧密些；内容由浅入深，由简到繁，以便读者逐步入门，为今后深入研究打下基础。

由于我们水平有限，在编写中一定会存在缺点甚至错误，希望读者批评指正。

上海开关厂业余航模组

一九七三年五月

## 目 录

第一章	航空模型简介.....	1
第二章	飞行原理的一般介绍.....	9
第三章	简易直升模型飞机.....	21
第四章	弹射模型滑翔机.....	27
第五章	初级牵引模型滑翔机.....	38
第六章	初级橡筋动力模型飞机.....	52
第七章	一级橡筋动力模型飞机.....	62
附 录	工具和材料.....	90

# 第一章 航空模型简介

青少年制作的模型飞机比起真飞机来小得多、也比较简单，但它的基本原理和真飞机是相同的。人们在创造飞机和创立航空理论过程中，航空模型曾起过重要的作用。即使现代的飞机设计、试制过程中也少不了航空模型。

随着无线电遥控模型飞机的诞生和发展，航空模型在祖国的社会主义革命和社会主义建设中的作用，又有了新的前景。解放军指战员成功地将无线电遥控模型飞机作为靶机来配合高射炮、高射机枪和民兵轻武器对空射击训练。工农业战线上，不少单位试用模型火箭和遥控模型飞机进行山区架线、空中摄影、人工驱雹、人工降雨等。无论在东海前哨还是康藏高原，都有各种形式的模型飞机在祖国蓝天飞行，为保卫和建设社会主义祖国服务。

航空模型的种类有许多，常见的可归纳为自由飞行和可操纵的两大类。

自由飞行的模型主要有：

模型火箭——它以火药为燃料，利用火药燃烧时发出的巨大推力，在几秒钟内把纸质或金属做的模型火箭推到几百米到几千米的高空，然后打开一顶小伞，把火箭安全带回地面（图 1-1）。

简易直升模型飞机——它以橡筋为动力带动旋翼旋转产生升力，可以像真的直升飞机那样垂直上升、垂直下降



图 1-1

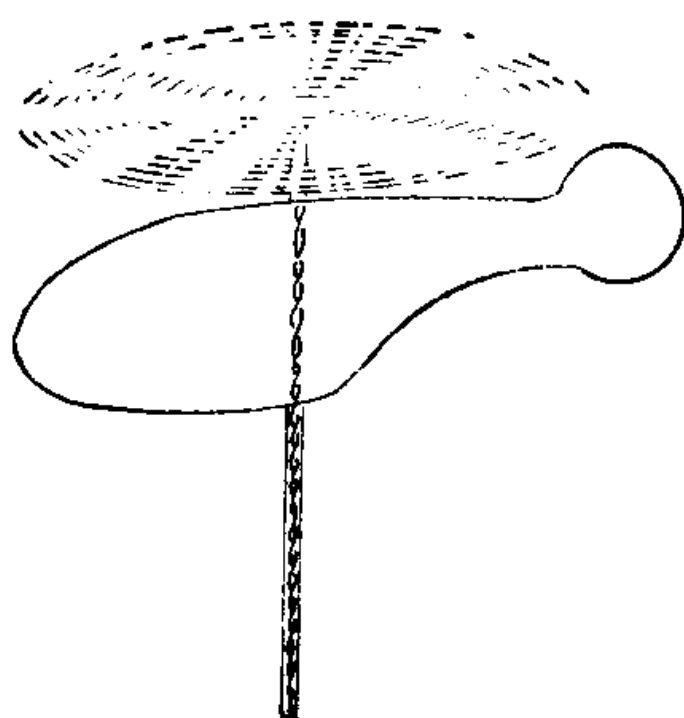
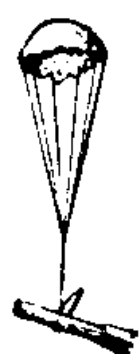


图 1-2

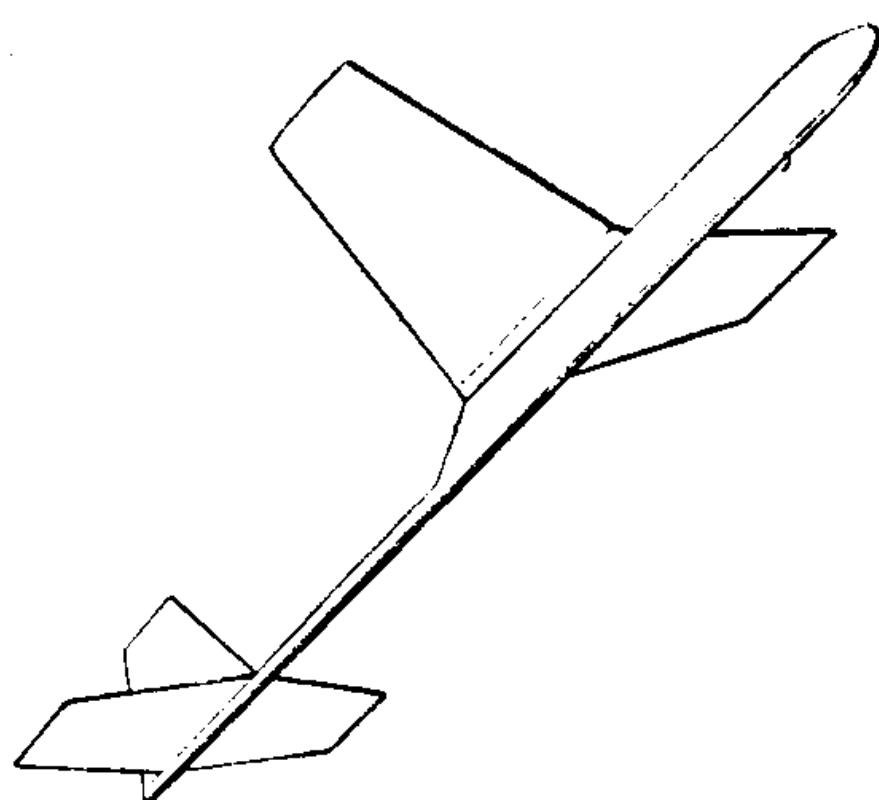


图 1-3

(图 1-2)。

弹射模型滑翔机——它利用橡筋的弹力把模型送上天,然后再转入自由滑翔(图 1-3)。

牵引模型滑翔机——它依靠人的牵引力,把模型牵引上天,然后自动脱钩,模型进入自由滑翔(图 1-4)。

橡筋动力模型飞机——它以橡筋为动力,带动螺旋桨旋转,产生拉力,使模型上升。橡筋动力用完后,模型进入自由滑翔(图 1-5)。

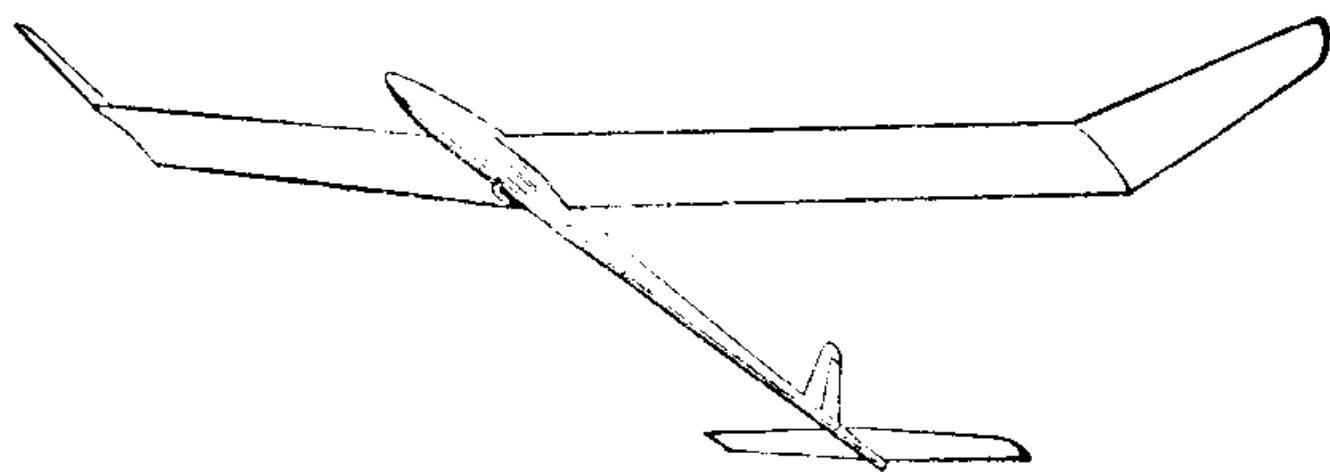


图 1-4

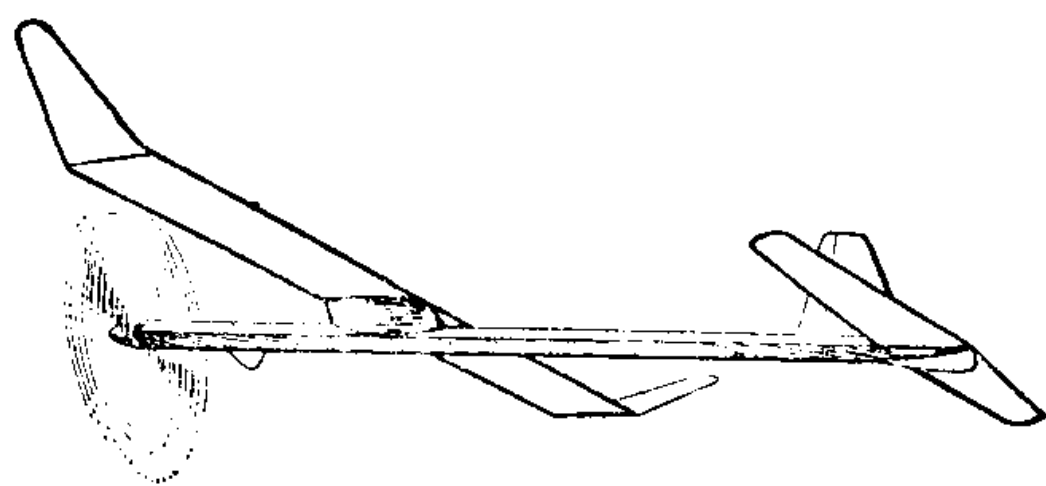


图 1-5

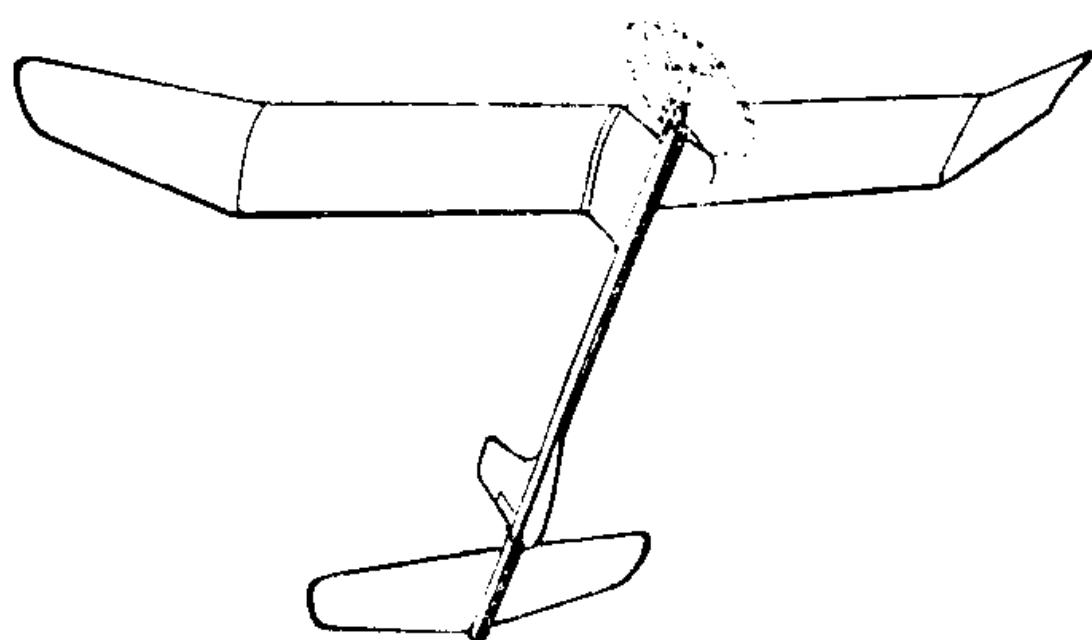


图 1-6

活塞式自由飞模型飞机——它是以一台活塞式内燃机为动力，当内燃机工作时把模型迅速拉上天，发动机停车后，它就进入自由滑翔(图 1-6)。

室内模型飞机——这是一种特种的模型飞机，它总共只有 2~3 克重，相当于一支香烟的重量。模型是以橡筋为动力带动螺旋桨旋转，在室内平稳而缓慢地飞行，每秒钟只前进几百毫米，但它可以在空中飞行几十分钟(图 1-7)。

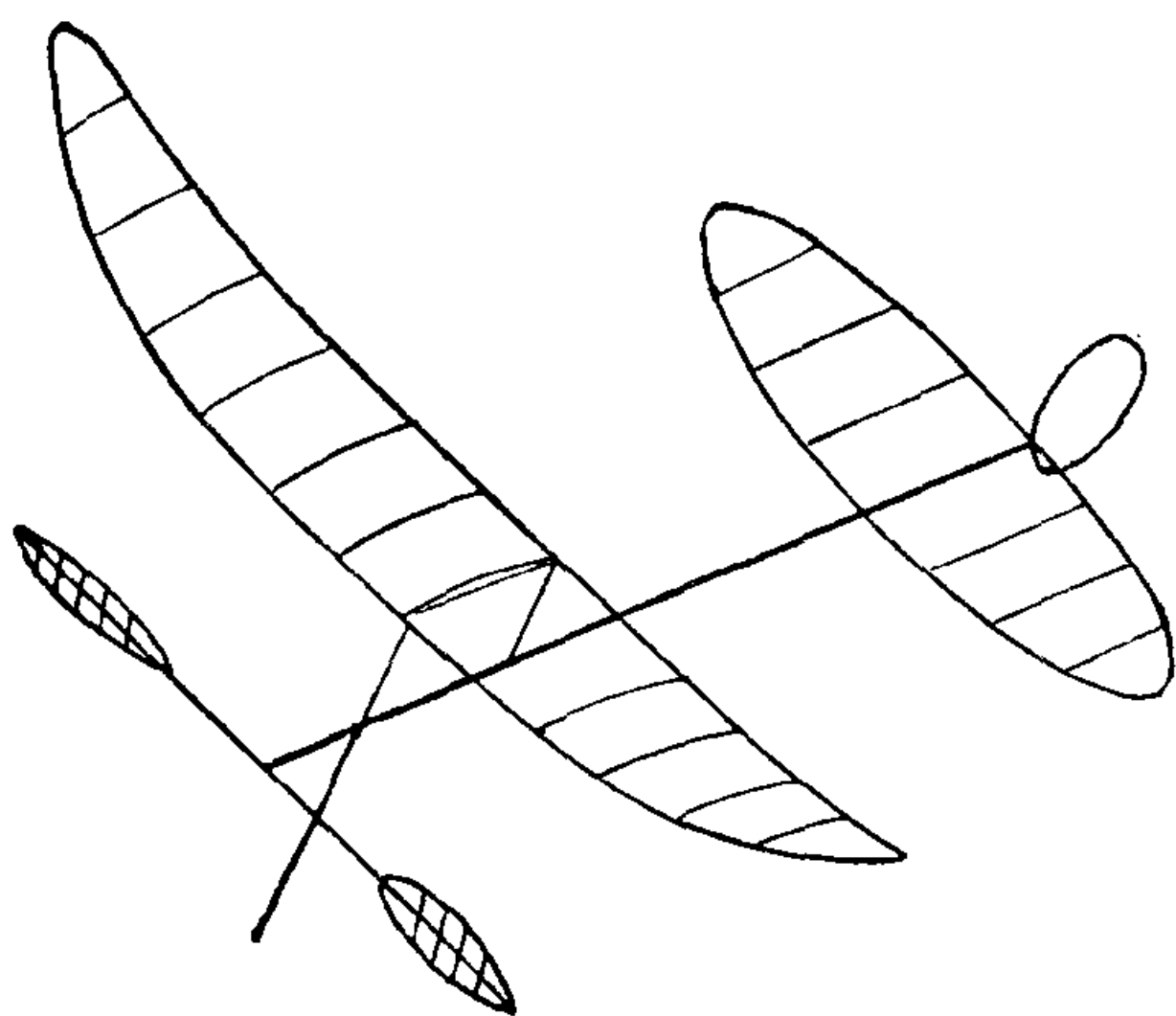


图 1-7

可操纵的模型有：

线操纵特技模型飞机——它以活塞式内燃机为动力，通过两根钢丝操纵模型飞机作圆周飞行，并作筋斗、“∞”字等各种特技动作(图 1-8)。

线操纵竞速模型飞机——它的动力和飞行方法与线操纵

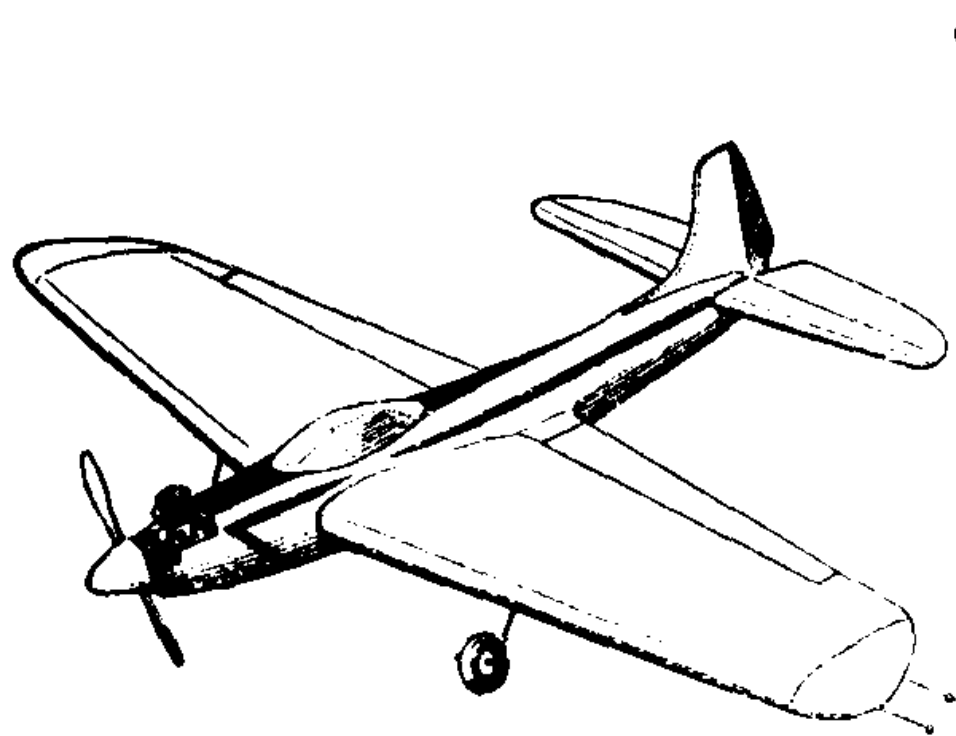


图 1-8

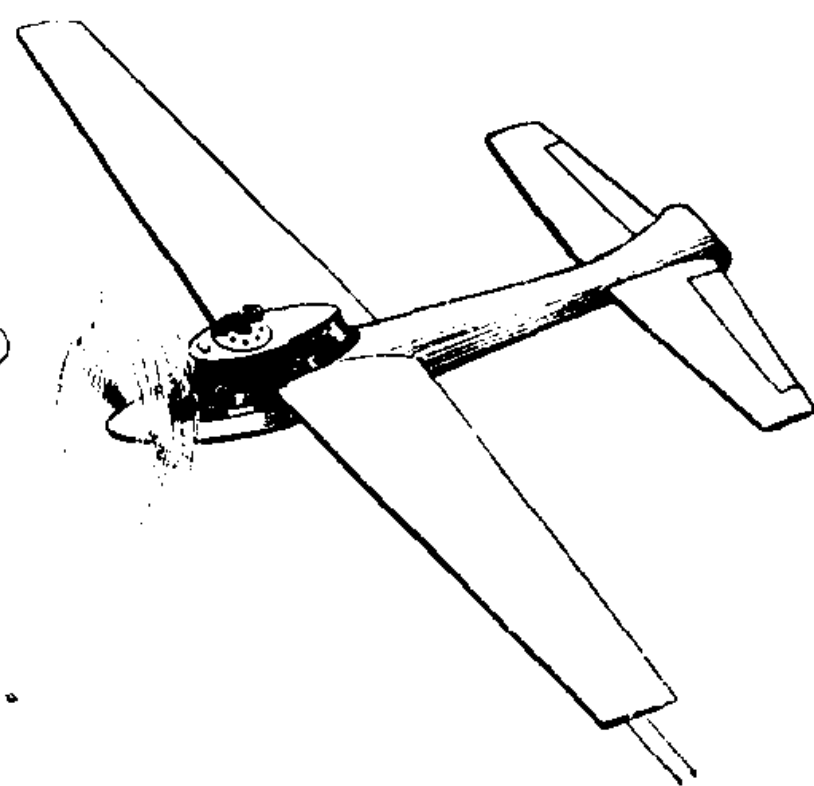


图 1-9

特技模型飞机相仿,但只供竞赛飞行速度用,而不能做特技飞行。这类竞速模型飞机的速度每小时可达二百多公里(图1-9)。

喷气式线操纵竞速模型飞机——它的飞行方法与活塞式线操纵竞速模型飞机相仿,只是动力是一台小型的喷气发动机,这样飞行速度就大一些,每小时可达三百多公里(图1-10)。

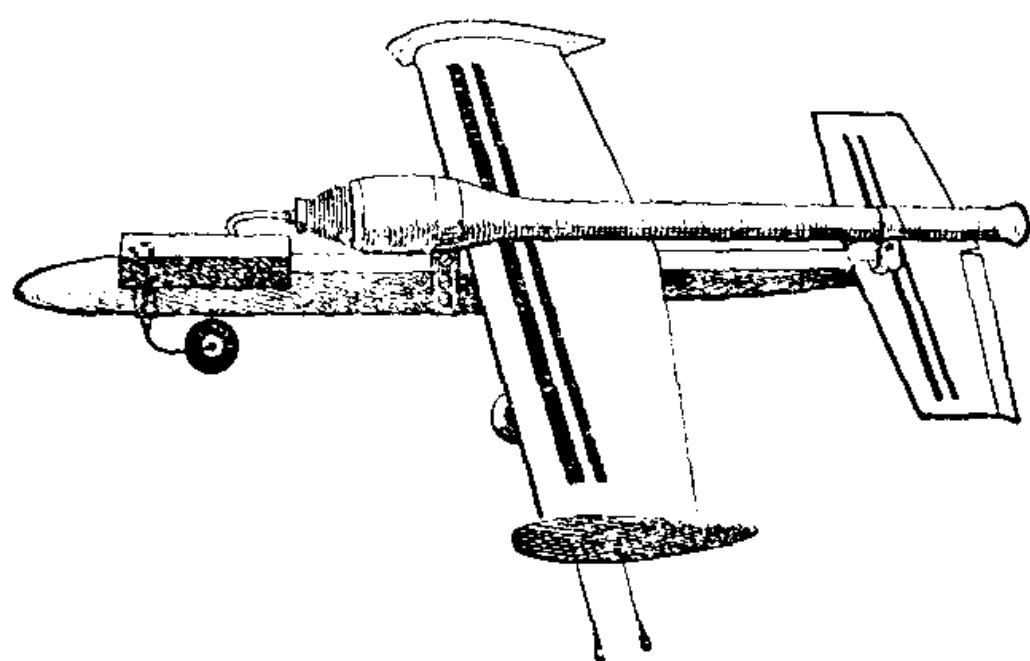


图 1-10

无线电遥控模型飞机——它以活塞式发动机为动力,由地面的无线电发射机发出信号,经模型中载带的无线电收讯机和随动器,使飞机按照地面的指令来飞行的一种模型飞机。它可以在空中作各种筋斗、“∞”字、横滚等特技动作,也可用作遥控靶机等(图1-11)。

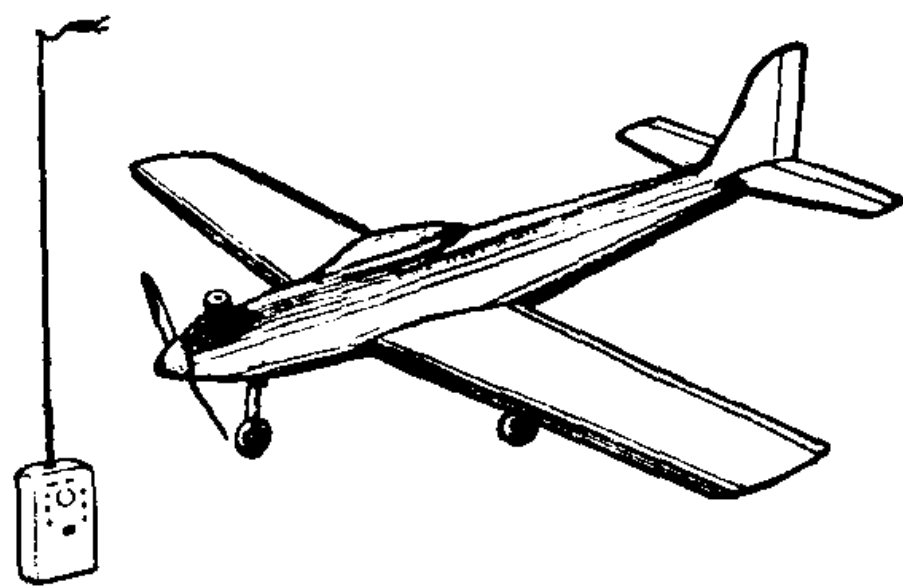


图 1-11

#### 无线电遥控直升模型

飞机——它以活塞式内燃机为动力,带动旋翼旋转,使模型上升,在模型中安放无线电收讯机和随动器,地面用发射机操纵可以使它在空中垂直上升、垂直下降、悬浮、前进和转弯等



图 1-12

(图 1-12)。

除了上面介绍的两大类以外,还有一种实体模型。如图 1-13,就是按真飞机比例缩小的一种象真模型。

至于专门设计创记录用的模型飞机和其他特种模型飞机,这里就不一一介绍了。

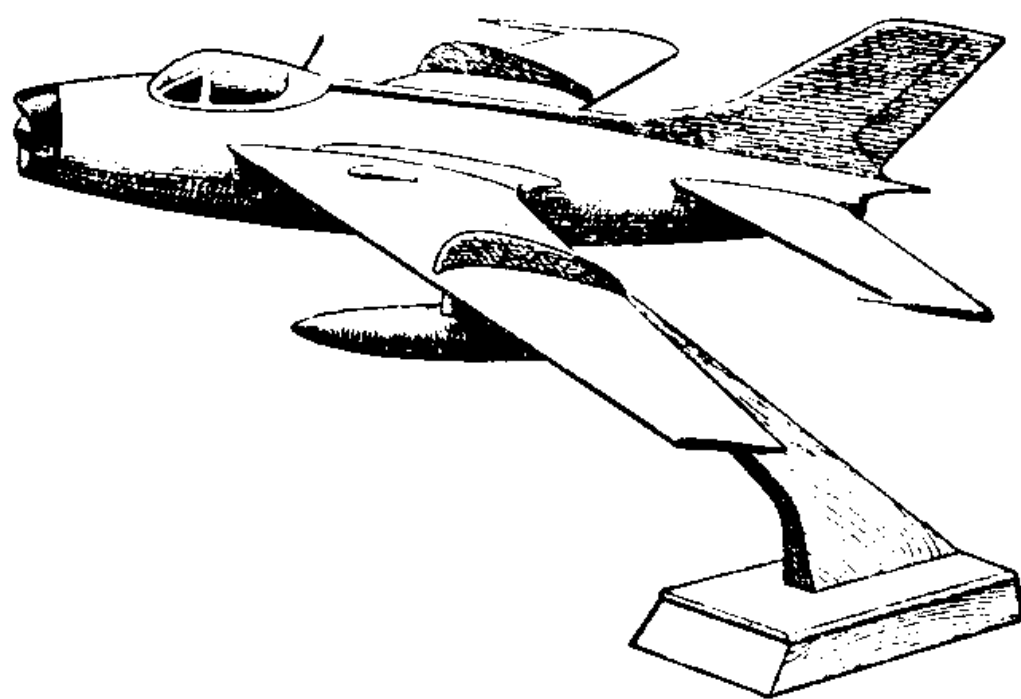


图 1-13

尽管有各种各样的模型飞机,结构有简单,也有复杂,但它一般都由五大部分组成(除直升模型飞机外),见图 1-14。

机翼——主要是产生升力,并保持模型横侧安定。

尾翼——包括水平尾翼及垂直尾翼,主要用来保持模型的平衡和安定。

发动机——产生拉力使模型前进。

机身——把模型飞机各部分联结成为一个整体,并供安装控制设备和燃料箱等。

起落架——供起飞降落用。



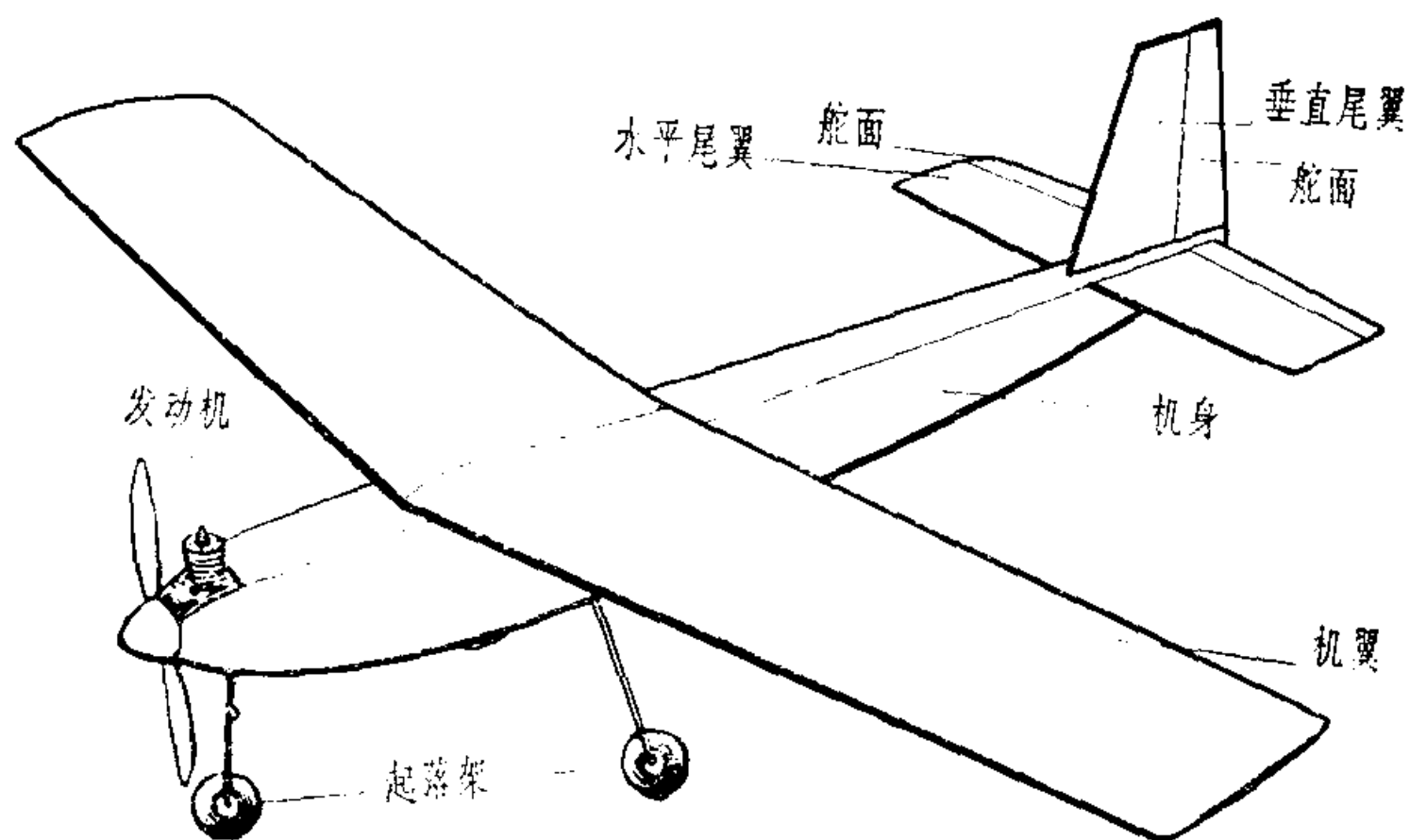


图 1-14

此外，在制作模型飞机和学习飞行原理的过程中会遇到一些专用名词，主要的有：(图 1-15)。

翼展——机翼(或尾翼)左右翼尖间的距离。

翼型——机翼(或尾翼)的剖面形状。

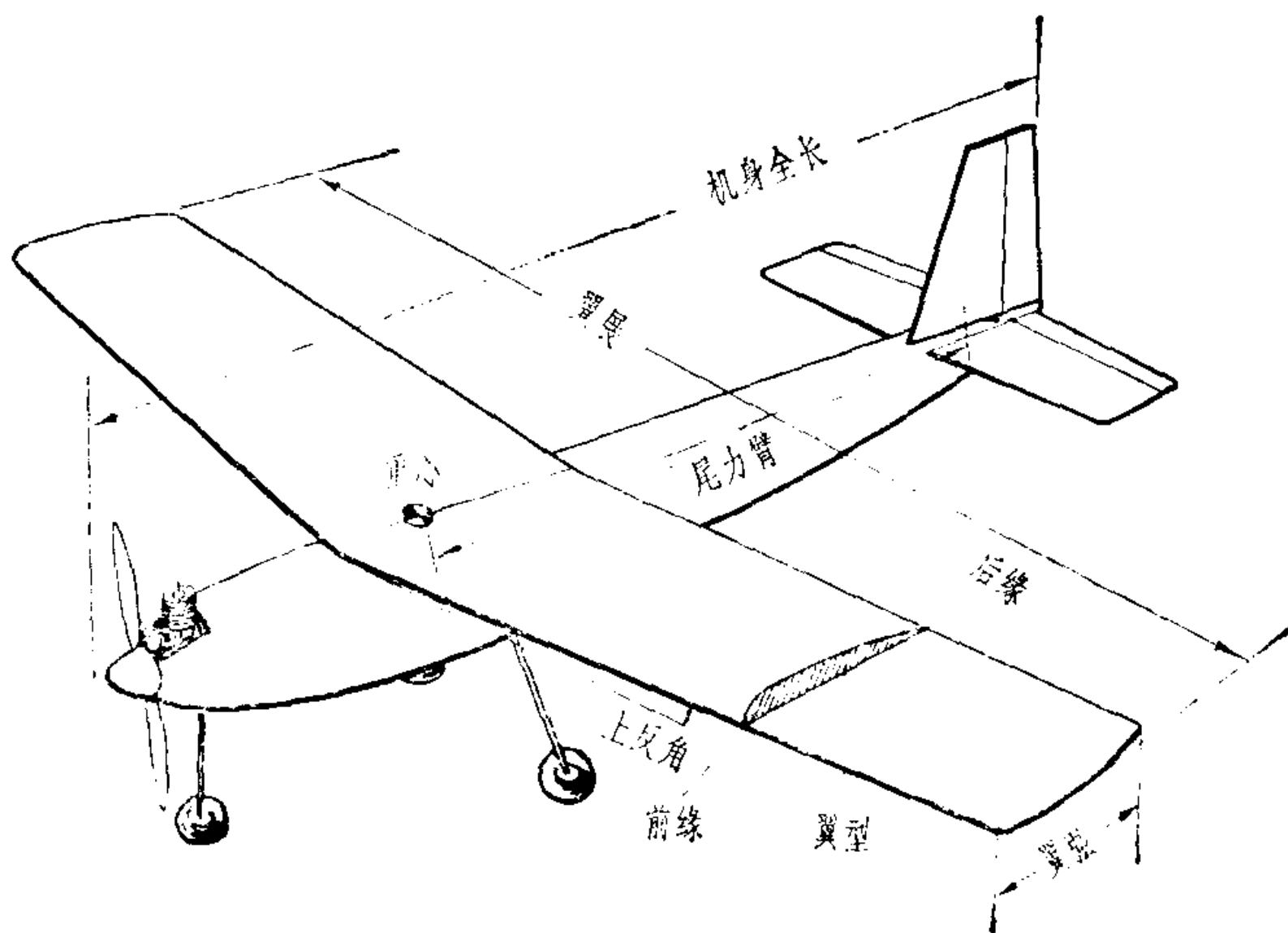


图 1-15

前 缘——翼型的最前端。

后 缘——翼型的最后端。

翼 弦——前后缘之间的距离。

展弦比——翼展与翼弦的比值；展弦比大，就是机翼狭长。

机身全长——机头到机尾的机身全部长度。

重 心——模型重力的作用点。

尾 力 臂——重心到尾翼的  $1/4$  弦长的距离。

翼 荷 重——单位升力面积所承受的飞行重量。

安 装 角——翼弦与机身基准线的夹角。

迎 角——翼弦与相对气流的夹角。

上 反 角——机翼与模型横轴的夹角。

了解了这些名词的意义，我们就可以一起来研究和制作小飞机模型了。

## 第二章 飞行原理的一般介绍

节日的游行队伍里，我们常可看到欢乐的红小兵放出五彩缤纷的气球，它们徐徐上升，象征着我们伟大的社会主义祖国朝气蓬勃，蒸蒸日上。气球为什么能飞上天呢？大家都很清楚，气球里充有氢气，因此气球比同样体积的空气轻，于是，气球就象木块在水里浮起一样，在空气中飘了起来。

飞机要比空气重得多，为什么能飞呢？因为当发动机开动时，螺旋桨转动产生了一个向前的拉力，这个拉力使飞机在空气中运动，随着飞机的运动，机翼就产生升力，当升力的大小超过了飞机本身所受的重力时，飞机就腾空而起，又依靠尾翼的安定作用，飞机就能平稳地飞行了(图 2-1)。

但是，飞机在空气中飞行情况是多变的，受力的情况也是复杂的，因此需要深入研究。

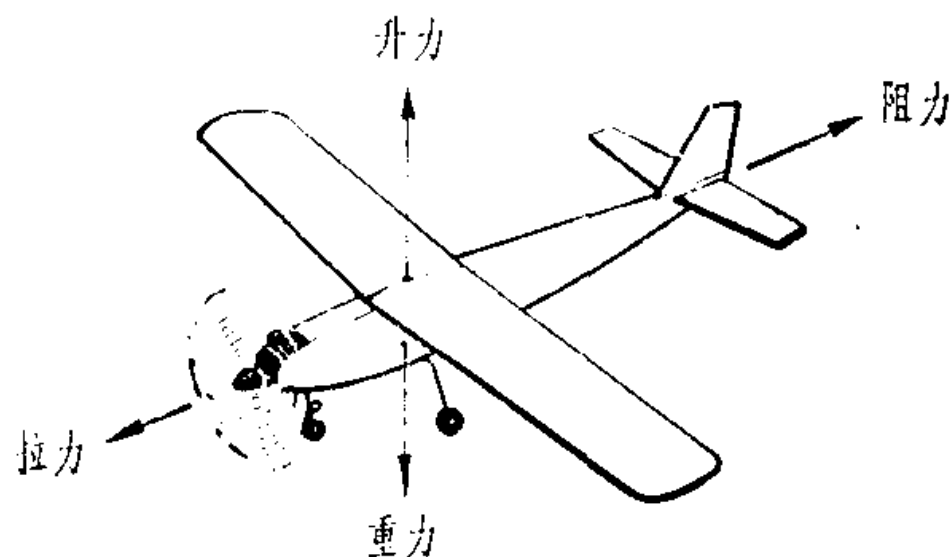


图 2-1

### 一、升力与阻力

从日常生活的经验可知，当空气运动时(如起风)，人会感受到一股力量。如在狂风暴雨中打伞走路，就很难将伞撑住。骑自行车的人更有体会，碰到逆风前进时非常费劲，坐在高速

行驶火车或汽车里手稍一伸出窗外，就会感到一股很大的冲击力。这些事实表明：物体在空气中作相对运动时，在物体上都会受到一种力量，这种力量就叫做空气动力。

现在我们来讨论飞机在空气中运动的情况。取一块平板拿住不动，让风迎面吹来，平板上会受到空气动力。如果平板位置与风向平行或垂直时，你的手会感到有一股力量把木板向后拖。但是，当你把平板的前缘稍稍上仰时，不但有一股向后

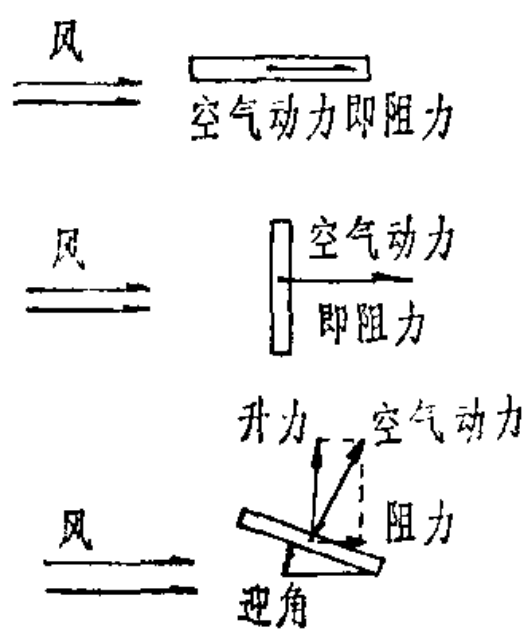
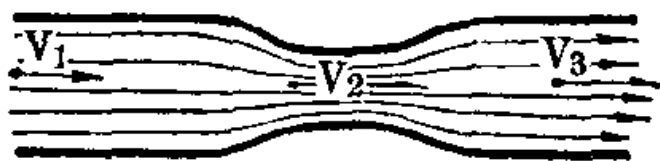


图 2-2

拖的力，而且还有一股向上升的力作用在木板上。就是说在这种情况下平板在与空气相对运动时的空气动力分成了升力和阻力两部分，如图 2-2。根据这个实验可知，我们用平板做成飞机机翼，只需将机翼的前缘稍稍抬起，使机翼与气流之间有一定的夹角（迎角），机翼就会产生升力，维持飞行。机翼在空气中运动时有升力同时也有阻力，为了在产生较大的升力的同时使阻力尽可能地小一些，从而提高飞机的性能，除了最简单的模型飞机，在一般的模型飞机和真飞机上都不采用平板翼，而采用剖面形状是弧形的，上边圆拱，下边较平的板，如图 2-3。下面我们就用弧形翼型的机翼来说明升力、阻力的产生原理。



图 2-3



$$V_2 > V_1, V_2 > V_3$$

图 2-4

### （一）机翼上的升力

弧形翼型的机翼是怎样产生升力的呢？在回答这个问题之前，我们先要了解流体（包括空气和水等）流动时的两种性

质：第一，如果流体在一个粗细不匀的管道中流动时，截面大的地方流速小，截面小的地方流速大，见图 2-4。这种情况在我们日常生活中经常可以看到的，例如河道狭小处，河水流速快；宽阔处，河水流速慢。又如庭院中风小，过道中风大（所谓穿堂风）。还有，用手缓慢地推注射器活塞时，注射液高速度从针头喷出等等。流体的这种性质，科学上就叫做流体的连续性原理。第二，在流动的流体中，凡是速度大的地方，压强就小；速度小的地方，压强一定大。我们可以做两个小实验来帮助理解这个性质。先用手拿两张纸，相隔一定距离，使它们互相平行，然后，用嘴在两纸中间吹气，两纸很快就会靠拢。这是因为两纸中间的空气流速比两纸外侧的空气流速大，两纸中间的空气压强小，两纸外侧的空气压强大，因此就出现了两纸向中间靠拢的现象。吹气愈急，靠得愈紧（图 2-5）。我们还可以用一个漏斗和一个乒乓球来做实验。将漏斗喇叭口向下，乒乓球托在漏斗喇叭口内，然后从漏斗口向下吹气，这时不用手托，乒乓球也不会掉下来。这也是因为气流从漏斗壁和乒乓球的间隙中快速流出，间隙中气流的压强小，而乒乓球下面的空气流动慢，压强大，结果就把乒乓球托起；吹气愈急，



图 2-5

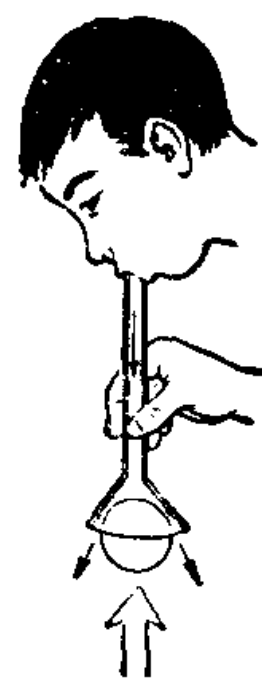


图 2-6

乒乓球愈不会掉(图 2-6)。

机翼在空气中运动时也有类似的情况。把弧形剖面的机翼放在气流中,并使翼弦与气流方向平行(即迎角为零度),那么,环绕机翼的气流流动状态就象图 2-7 所示。空气流过机翼时,流线被迫变得弯曲。以翼型的翼弦为界把气流分成上下两部分。在机翼上方的截面  $b-2$  要比机翼前方的截面  $a-1$  小,机翼上方的流速  $V_2$  就大于机翼前方的流速  $V_1$ ,因而机翼上方的压强  $P_2$  就小于机翼前方的压强  $P_1$ 。在下半部分,由于空气水平地流过机翼下方,机翼下方的流速  $V_3$  就大致等于前方的流速  $V_1$ ,因而机翼下方的压强也就大致等于前方的压强  $P_1$ 。由此可知,机翼下方的压强就大于机翼上方的压强  $P_2$ 。这就产生了作用于机翼上的向上升力。

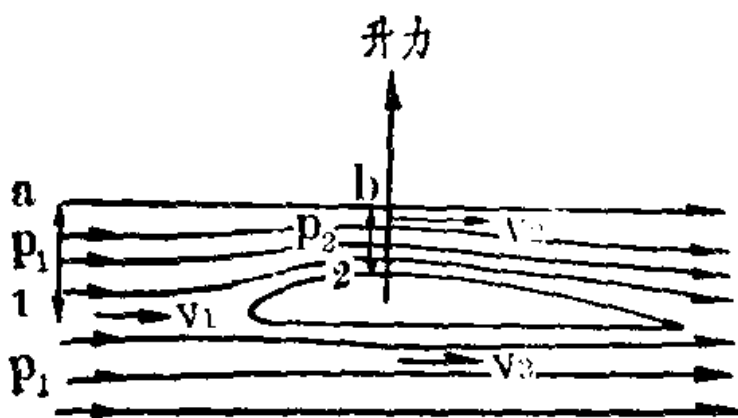


图 2-7

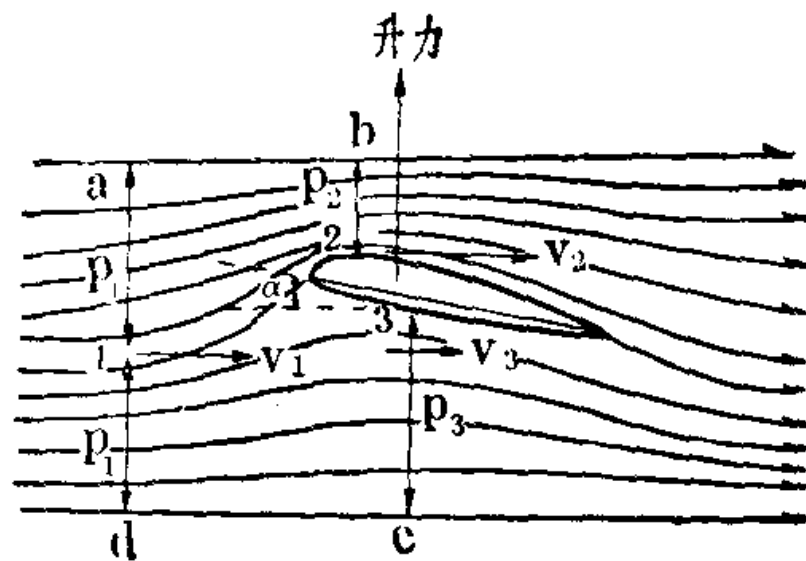


图 2-8

如果机翼前缘稍向上仰,使机翼和气流方向成一个小的迎角(图 2-8),这时机翼上方的压强  $P_2$  仍然小于前方的压强  $P_1$ 。但由于机翼下方截面  $3-c$  的面积大于机翼前方截面  $1-d$  的面积,机翼下方的压强  $P_3$  就大于前方的压强  $P_1$ 。这样,机翼上下方的压强差比机翼跟气流方向平行时还要大,所以产生的升力也就更大。因此,飞机飞行时一般都要使机翼有一不大的迎角,在模型飞机上,一般在  $8^\circ$  以下。

升力的大小除了与机翼迎角的大小和翼型形状有关以外，还与机翼面积成正比。就是说机翼面积愈大，在运动中产生的升力也愈大。明白了这个道理，在制作模型飞机时一定要严格按设计图纸尺寸来做，做大或做小了对模型飞行性能都有影响。升力的大小，还和机翼与气流相对运动的速度平方成正比。也就是说，速度愈大升力愈大。所以不管是模型飞机和真飞机，起飞时总是迎风起飞。因为飞机和气流相对速度大，升力大，有利于起飞。此外，升力的大小还与空气密度有关，密度愈大升力也愈大。

飞机的升力主要是由机翼产生的，水平尾翼也产生一部分升力，它的原理和机翼升力原理是一样的。

## (二)机翼上阻力

机翼和其他物体一样，在空气中运动时也要受到空气阻力，阻力大小也和升力一样与机翼迎角大小和翼型有关，与机翼面积成正比，与相对气流速度平方成正比，和空气密度成正比。空气阻力对提高飞行性能是一种不利因素。在设计和制作模型过程中，我们总是尽量地减小它。

机翼上的阻力主要有三种：

1. 摩擦阻力：空气是具有粘性的气体(只是它的粘性比起胶、油和水的粘性小得多，所以我们不容易感觉到)，当空气流过机翼时，接触机翼表面的那些空气分子便速度减慢附在机翼表面，产生一种阻力，阻碍机翼运动，这就是摩擦阻力。摩擦阻力的大小和机翼面积、机翼表面情况以及空气粘性有关。面积愈大，摩擦阻力也愈大。空气粘性愈大阻力也愈大。机翼表面愈粗糙，阻力也愈大。因此，在制作模型时，为了减少摩擦阻力，就应该使模型表面做得很光洁。

2. 压差阻力：将一块平板垂直地放在气流中（图 2-9），板的前面正对着迎面吹来的气流，气流受到板的阻碍，速度急剧减慢，压强大大增加。而被平板分开的气流，绕过平板后，来不及聚拢，形成一个很大的涡流区，涡流区的压强很小，这样板的前后就产生了压强差，形成了压差阻力。

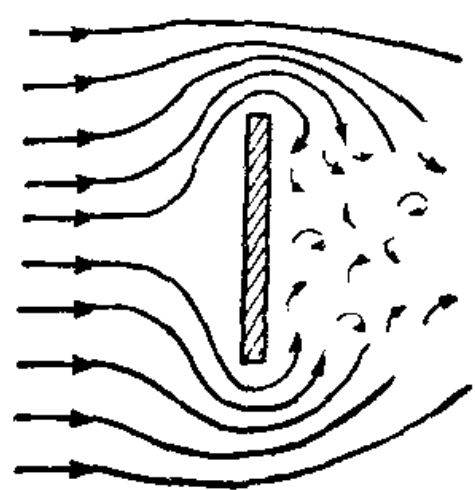


图 2-9

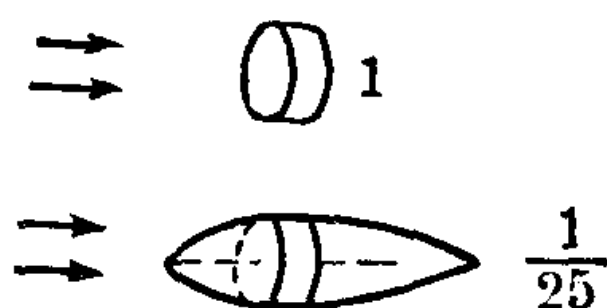


图 2-10

压差阻力的大小主要取决于物体的正面面积（即物体正对着风的最大面积）、物体的形状以及物体相对气流的位置。正面面积愈大，压差阻力也愈大。如果物体的正面面积相同而形状不同，它们的阻力是有很大大差别的。一块圆形平板在空气中运动的压差阻力假设等于 1 的话，那么同样正面面积流线形物体的压差阻力是它的  $1/25$ （图 2-10）。这是因为气流绕过流线型物体时，可以逐步地减低速度，汇拢成原来的流线，减少了物体后部的涡流区的缘故。机翼弧形翼型就是类似的流线型，所以压差阻力就比较小。压差阻力还跟物体与相对气流的位置有关。如果把机翼平行地放在气流中（即迎角等于零度），气流绕过机翼时后部形成的涡流区比较小，因此压差阻力也小。当机翼有一个迎角时，机翼后部的涡流区也稍有增加。当机翼迎角增大到某一角度时，气流很早就分离形成很大的涡流区，这样压差阻力就急剧增加，升力也急剧下降，这就形成了所谓的“失速”现象（图 2-11）。



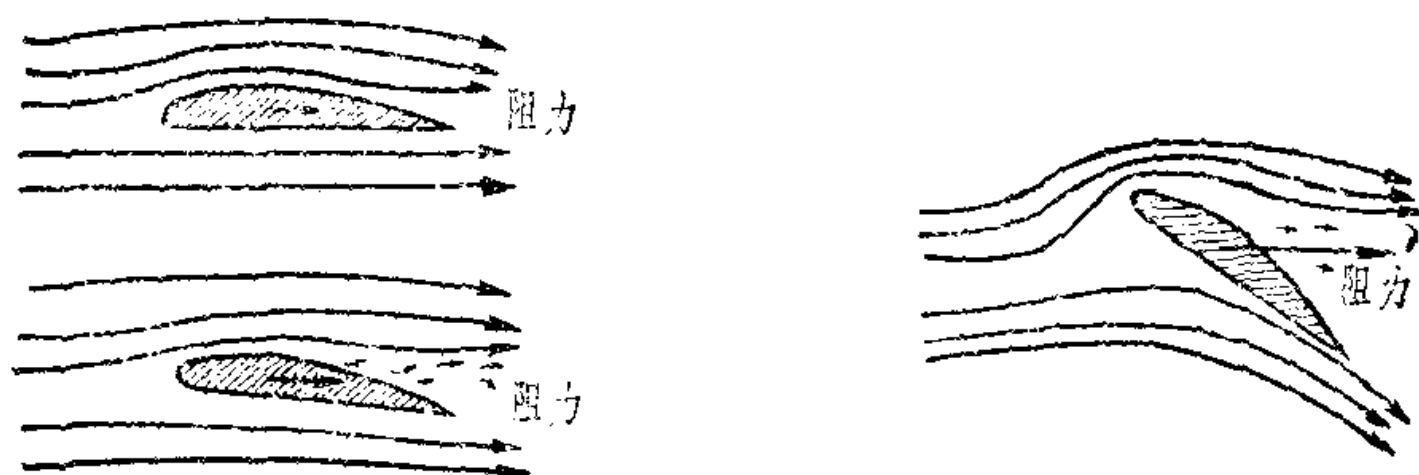


图 2-11

3. 诱导阻力: 前面讲过机翼的升力是由于机翼下方的压强强大, 上方的压强小而产生的。但也由于这个缘故, 在机翼翼尖部分就有下方的高压区气流绕过翼尖流向机翼上方的低压区的现象。下面的气流绕到上面时形成了自下而上的旋涡, 通常称为翼尖涡流(图 2-12)。这样, 机翼就会受到相当大的阻力, 这种阻力, 只要有升力它就存在, 升力愈大它也愈大, 所以称为诱导阻力。我们将机翼设计得长一些, 那么翼尖涡流对整个机翼的影响就会减小, 诱导阻力也会减小。所以相同面积的机翼, 展弦比大的诱导阻力较小。另外, 我们有时把机翼翼尖部分做成梯形或椭圆形, 或把翼尖部分的迎角减小一些, 使它升力小一些, 也可以减小诱导阻力。



图 2-12

以上分析的几种阻力, 对于尾翼也是适用的, 摩擦阻力和压差阻力对于机身以及其他部分也都适用。

因为飞机飞行时升力和阻力是同时存在的, 所以要提高模型飞机飞行性能, 应该综合起来考虑: 在一个小范围内机翼升力大小与迎角成正比, 而与阻力却不成正比。迎角增加, 阻

力也加大,不过开始时阻力增加得慢,到迎角比较大时阻力才增加得快;当接近“失速”迎角时,阻力增加特别快。因此,就不能简单地用增加迎角的办法来达到提高飞行性能,而要选择—个迎角,使升力与阻力的比值(即升阻比)最大。这个迎角,称为“有利迎角”,模型飞机在这个迎角飞行滑翔得最远。—般模型机翼的有利迎角约在 $4^{\circ}\sim 6^{\circ}$ 左右。

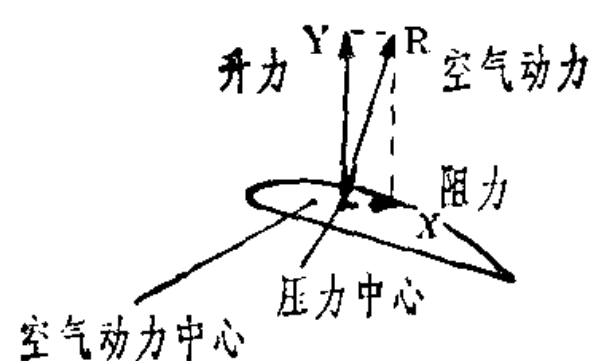


图 2-13

另外,介绍一下机翼(或水平尾翼)的压力中心和空气动力中心。压力中心就是我们前面讨论机翼升力、阻力时,空气动力对机翼的作用点(图2-13)。—架模型飞机的压力中心是不固定的,而是随机翼迎角变化而变化,一般地说迎角增加,压力中心会前移;迎角减小,压力中心就后移。后来,通过实验发现,一般的翼型假如用距离前缘 $1/4$ 的地方作支点时,不论迎角是多少,空气动力所产生的力矩是不变的。这一点,通常称为空气动力中心。利用空气动力中心来研究模型飞机性能,问题就简化得多了。

## 二、平衡和安定

模型飞机在飞行时受力很多,有升力、阻力、重力和拉力。当所有的力量都抵消时,我们称这种情况为平衡。这时的模型靠惯性来作等速直线运动。—般调整好的模型飞行姿态是盘旋,由升力的水平分力提供模型盘旋作圆周运动的向心力。这时模型飞机只是部分达到平衡。

严重不平衡的模型飞机会翻筋斗,作波状飞行,盘旋下坠或俯冲到地面上来。

虽然模型飞机达到平衡或部分平衡时就可以飞行了，但它还必须有适应气流突然变化的能力。就是在受到风或气流作用，改变了本来的平衡状态时，有自动恢复平衡的能力，这就叫做模型的安定性。

模型飞机在飞行时可以是整架模型的移动，也可以是作绕重心的转动。为了便于研究这个问题，我们通常假设模型是绕着三根轴转动的。这三根轴都通过重心而且互相垂直。

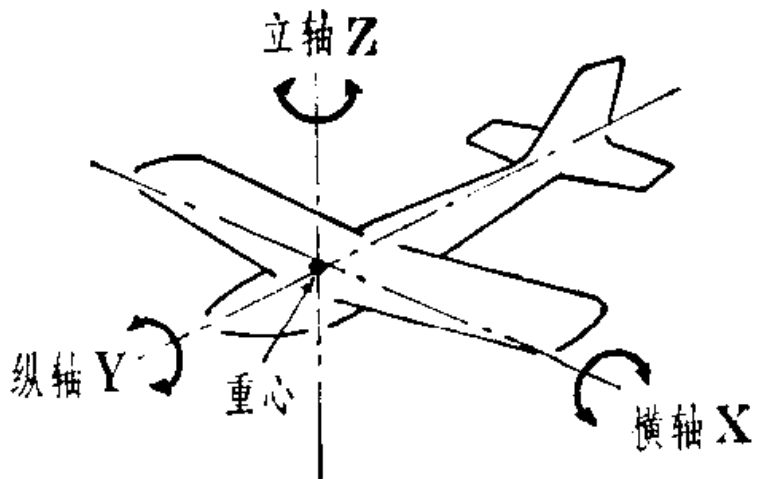


图 2-14

模型飞机左右倾侧是绕纵轴  $Y$  转动的；俯仰运动是绕横轴  $X$  转动的；机头左右摆动是绕立轴  $Z$  转动的(图 2-14)。因为普通的模型总是左右对称的，左右两侧的升力、阻力也是对称的，所以只要模型做得准确，方向平衡(即绕立轴)和横侧平衡(即绕纵轴)是没有问题的。如果产生绕纵轴或绕立轴不平衡，我们可以调整方向舵的偏角或纠正机翼扭曲情况等方法去达到平衡。下面着重谈一下俯仰平衡和俯仰安定性问题，以及方向安定性、横侧安定性、盘旋安定性和动安定性问题。

(一)俯仰平衡和俯仰安定性：

当模型飞行时重心落在机翼的空气动力中心后面时，机

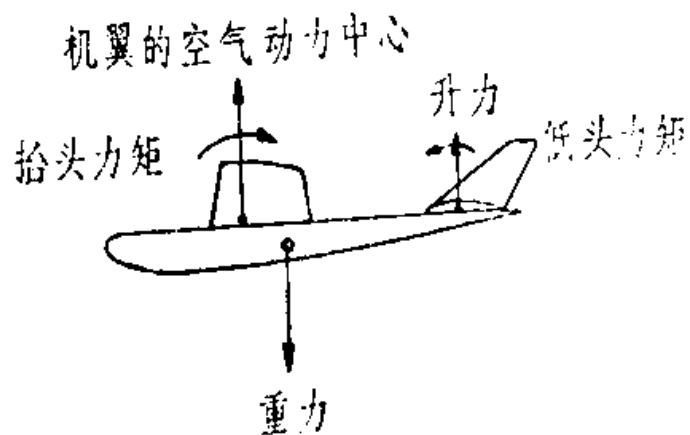


图 2-15

翼升力相对重心有一段距离，因此存在着使模型抬头的力矩。这时，水平尾翼的升力却是使模型有一个低头的力矩(图 2-15)。我们适当地调整水平尾翼的升力大小，

(改变水平尾翼的迎角)，就可以使模型达到平衡。实际上

在飞行中模型经常受到外界气流的影响突然抬头。这时,机翼迎角增加,升力增加,抬头力矩也增加;但是,模型抬头时水平尾翼的迎角也在增加,升力也增加。由于水平尾翼与机翼的工作条件不同,例如:机翼的空气动力中心离重心近,水平尾翼离重心远,所以水平尾翼迎角增加时,升力增加所产生的恢复力矩数值较大。从整架模型来看,这时模型的低头力矩大于抬头力矩,就促使模型恢复到原来的飞行状态。同样,如果外界影响使模型低头,水平尾翼也有使模型恢复到原状的力矩产生,这样,模型就具有了俯仰安定性。

俯仰安定性的好坏与水平尾翼的大小以及尾力臂有关。水平尾翼面积大,每改变 $1^\circ$ 迎角,升力变化也大,产生的恢复力矩也大。尾力臂愈长,只要水平尾翼有很小的升力变化,就可得到较大的恢复力矩,安定性就好。俯仰安定性还与机翼面积以及机翼空气动力中心到重心的距离有关。机翼愈大,空气动力中心到重心的距离愈大,安定性就愈差。

由此可知,如果一架模型的机翼、水平尾翼面积已定,机翼与水平尾翼的相对位置已定,那么,重心位置愈靠后,俯仰安定性就愈差,以至最后完全丧失安定性;重心位置愈靠前,安

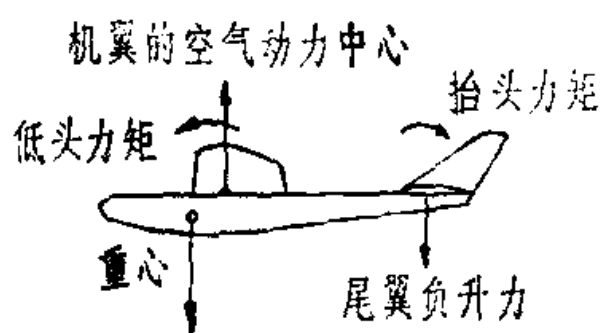


图 2-16

定性愈好。但是,如果重心配到了空气动力中心的前面,我们必须使水平尾翼产生负升力,才能平衡升力相对重心产生的力矩(图2-16)。一般的模型飞机,不但希望水平尾翼起安定

作用,而且希望它也能产生一些升力,使整架模型的升阻比提高。所以大多采用重心在机翼空气动力中心的后面。

这里需要说明的是,模型的平衡是在一定条件下的平衡。

就是在一定的速度、一定的迎角和一定的重心位置下的平衡。如果重心位置变了,就必须改变其他各个条件,才能达到新的平衡。所以,在制作时重心位置一定要和图纸符合,因为图纸上的重心位置是通过一定计算和实验得出来的。

## (二) 横侧安定性

模型飞机在受到气流影响产生倾侧后能够自动恢复过来的能力,称为横侧安定性。保证模型飞机横侧安定性主要靠机翼的上反角。比如飞机在倾斜并向倾斜一边侧滑时,左右机翼的迎角就会不同,迎角大的一侧机翼升力增大,这样就产生了一个恢复力矩,使模型恢复到原来的状态(图 2-17)。上反角大,横侧安定性好。但是上反角太大,机翼的效率会降低,对模型的飞行也是不利的。横侧安定性还和重心相对机翼的位置高低有关,重心愈低,横侧安定性愈好。

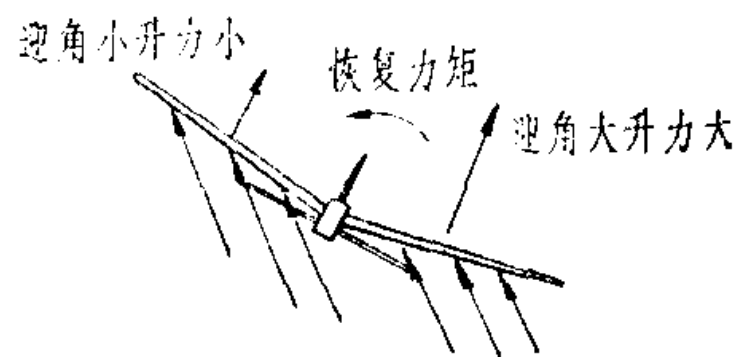


图 2-17

## (三) 方向安定性

模型飞机在受到气流影响机头指向发生变化以后能自动恢复原状的现象称为方向安定性。模型飞机主要是靠垂直尾翼来保持方向安定。如果模型飞机在飞行中受到外界影响,机头偏转了方向,这时,安装在机身末端的垂直尾翼也和气流成一个角度,在垂直尾翼上产生的空气动力就成为一个与机头偏转相反的力矩,就使机头逐步回到原来的方向(图 2-18)。

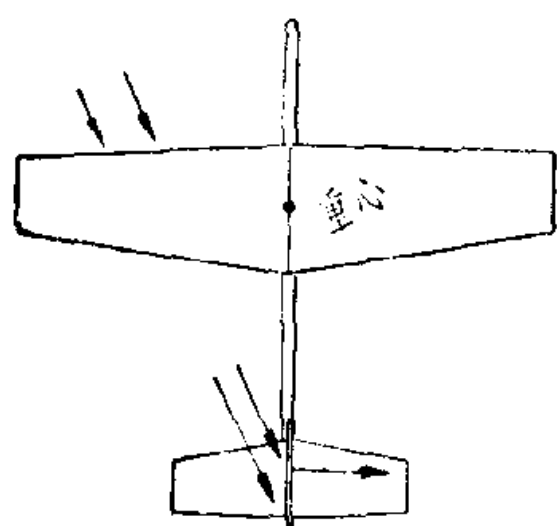


图 2-18

垂直尾翼面积愈大,尾力臂愈长,重心愈向前,方向安定性愈好。

#### (四) 盘旋安定性

上面所说的安定性中,方向安定和横侧安定是相互联系的。因为一架模型在飞行中如果发生倾侧,则一定会随之向倾侧方向转弯;如果模型要转弯,也必定会向转弯方向倾侧。通常将这两种安定性联系起来,当作一种安定性来考虑,就称为盘旋安定性。如果这两种安定性配合不好:上反角太小,垂直尾翼太大时,模型会进入螺旋下坠;上反角太大,垂直尾翼太小时,模型会出现左右摇摆的现象,飞机的飞行性能也降低。

按设计好了的图纸尺寸制作,垂直尾翼面积和上反角的配合是基本上不成问题的。

#### (五) 动安定性:

当模型飞机在恢复本来状态时,往往不是一下子就回到本来位置的。由于惯性的作用很容易超过本来的平衡位置。这时飞机会出现摆动,好象在弹簧下面挂一件重物,用手拉一下以后便上下振动那样,重物不能立刻固定在原来的位置,而要上下振动很久才停下来。模型飞机出现这种情况就是动安定性不好。要使模型飞机的动安定性好,最好的办法是让重量尽量集中,就是说尾翼、机身末端、机翼近翼尖的部分等都要尽量减轻重量,这样模型飞机摆动起来惯性就会减小,也可以大大提高动安定性。

### 第三章 简易直升模型飞机

直升飞机不需要专门的起飞、着陆场地,能够悬浮在空中某一位置,并能以很小的速度前进,因此直升飞机就有很多特殊的用途。近年来在国内外的军事和生产建设上,正在日益广泛地得到应用。这里我们向大家介绍一种很简单的直升模型飞机,它具有适合小场地起飞、着陆(甚至可以在室内试飞),制作简单,需用材料少等优点。航模爱好者初学时不妨先制作这一种。

这个模型由旋翼、挡板、机身、橡筋等四部分组成。旋翼相当于旋转的机翼,由它旋转产生升力,使模型上升。挡板是用来保持模型上升、下降时安定性的。机身将飞机各部联成一个整体,同时承受橡筋的扭力。橡筋则是模型的动力装置,用它带动旋翼旋转,使旋翼得到升力(见图 3-1)。

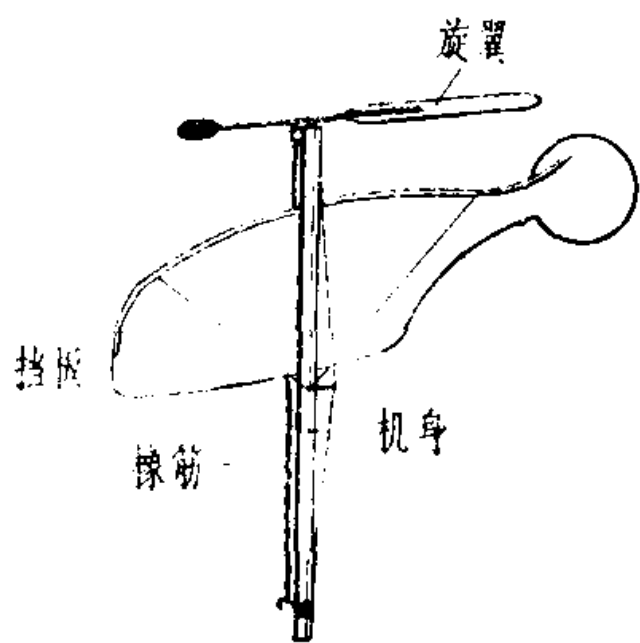


图 3-1

#### 一、简易直升模型飞机的制作

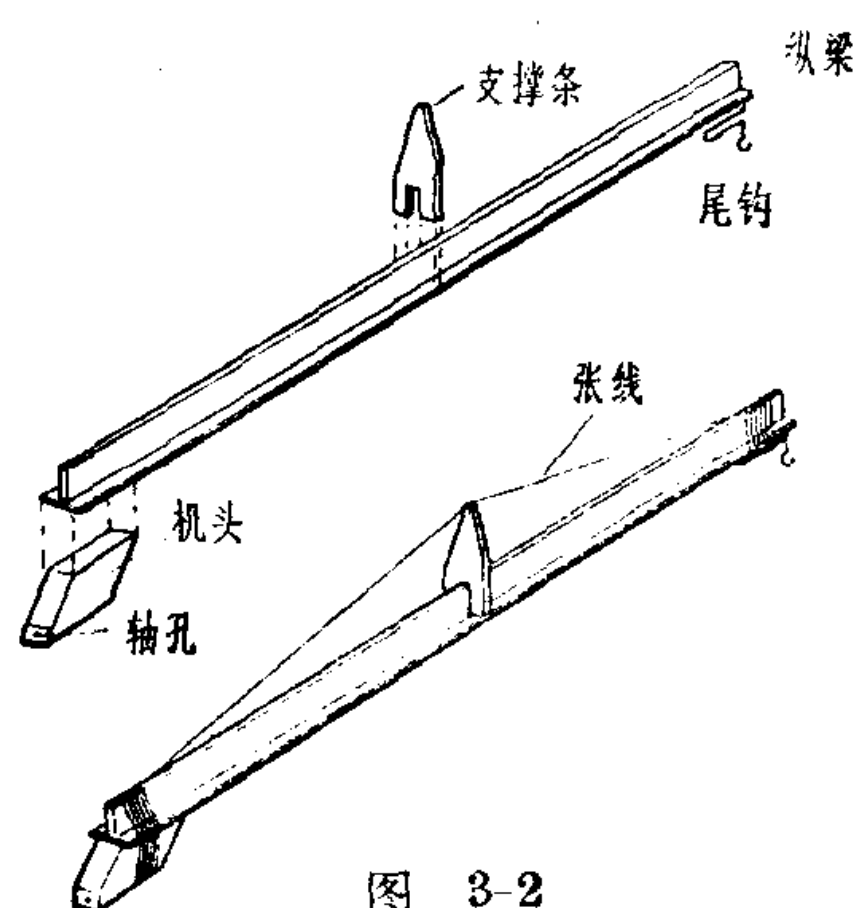
##### (一) 机身的制作

整架模型的工作图及材料表见书末附图。机身共由机身纵梁两根、机头、尾钩、支撑条及张线等六个零件组成。纵梁是从 1.5 毫米厚的松木片上切下的。切梁的步骤是,先在木



片上按工作图标出的尺寸划好线，然后用长 300 毫米直尺压在划好的线上，用刀片沿直尺轻轻地划下。注意用力一定要轻，一次划不下可多划几次，刀口要稍微向外，以免划坏直尺。遇到木片的木纹与划线不平行时更应小心。

机头，在厚 4 毫米的松木片上按图纸尺寸切下后，用大头针按要求位置穿一个轴孔，再用回形针将其扩大即成（注意，



轴孔一定要与机身平行)。尾钩用回形针弯成。支撑条用 1 毫米厚的松木做成。

装配机身时先将两根纵梁用快干胶水胶合成丁字形（4 毫米宽的平放，5 毫米宽的竖立胶在上面）。然后胶上支撑条和机头。机头部分再扎几道线，并引出张线，连

到尾部将尾钩与纵梁扎牢。这样机身就完成了（见图 3-2）。

### （二）挡板的制作

挡板由挡板骨架、蒙皮和张线组成。挡板骨架是用直径 1 毫米的竹丝，在点燃的蜡烛火焰旁烘弯成图中的形状（也可在蚊香火星上烘）。然后在机身纵梁距机头 35 毫米处用针穿一个小孔，将竹丝穿过去，交接处要加点胶水，再把张线缚好。最后，拿一张油光纸，按图纸上蒙皮形状画好，剪下，用浆糊贴在机身和挡板骨架上即可。

### （三）旋翼的制作

旋翼由桨叶、桨根、旋转轴、配重、垫片组成。桨叶用厚度为 1 毫米的桐木片，按图纸形状用刀片刻下，再用砂纸将边缘



磨光即可(也可用 0.5 毫米松木片或卡片纸代替)。桨根用长 165 毫米, 直径 1.5 毫米的竹丝做。在竹丝一端用小刀劈开(深度为 30 毫米), 将桨叶按尺寸嵌入并加上胶水。旋转轴用回形针弯成, 并用线扎在竹丝的指定位置(见图 3-3)。接着把桨叶和旋转轴之间的夹角纠正一下。纠正的方法是, 先用卡片纸做一块两边夹角为  $102^{\circ}$  的卡板。再用一块直角三角板和桨叶贴紧, 使三角板一直角边与桨根竹丝靠紧, 直角顶点顶到旋转轴。然后用卡板卡一下三角板另一边与旋转轴的夹角是否  $102^{\circ}$ 。如果不是, 则扭一下旋转轴使其达到  $102^{\circ}$  即可, (见图 3-4)。这样就可以在旋转轴和桨根竹丝扎线处涂上胶水, 整个旋翼就完成了。

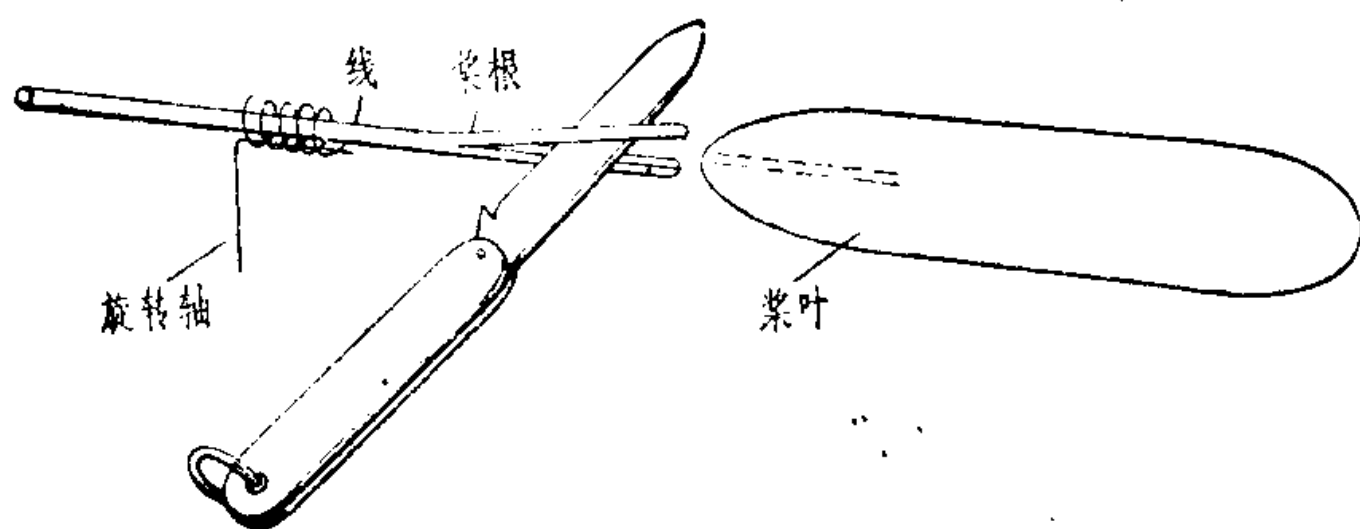


图 3-3

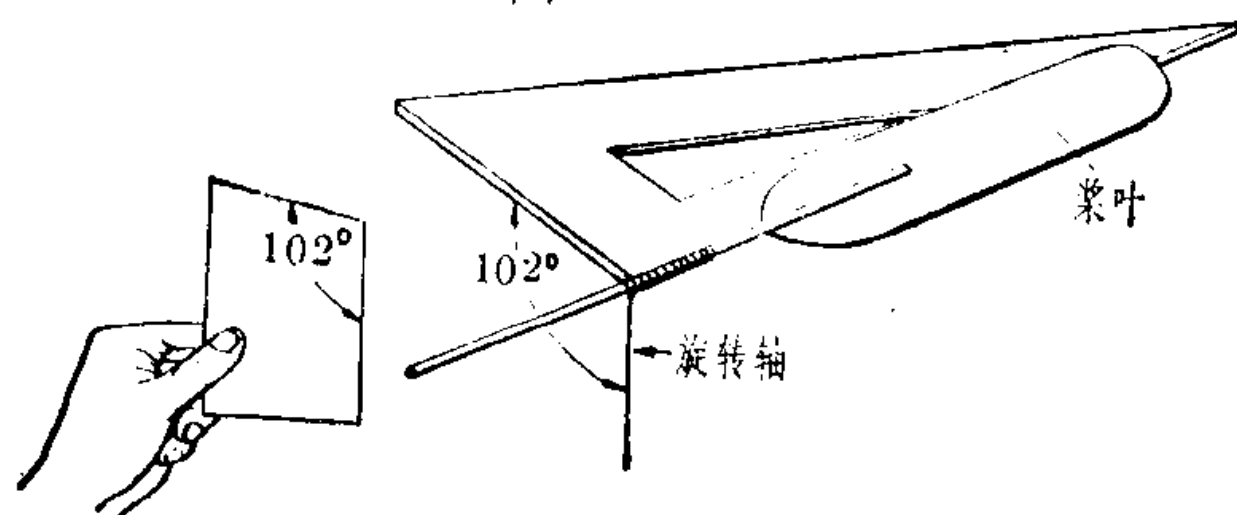


图 3-4

为了使旋翼装到机头上去后旋转灵活, 可剪两小片塑料片(或薄铁片), 中间用小钉子钻一个小孔作为垫片, 待总装配时用。

#### (四) 整理橡筋

在一块木板或工作台上，相隔 280 毫米钉两颗钉子。用

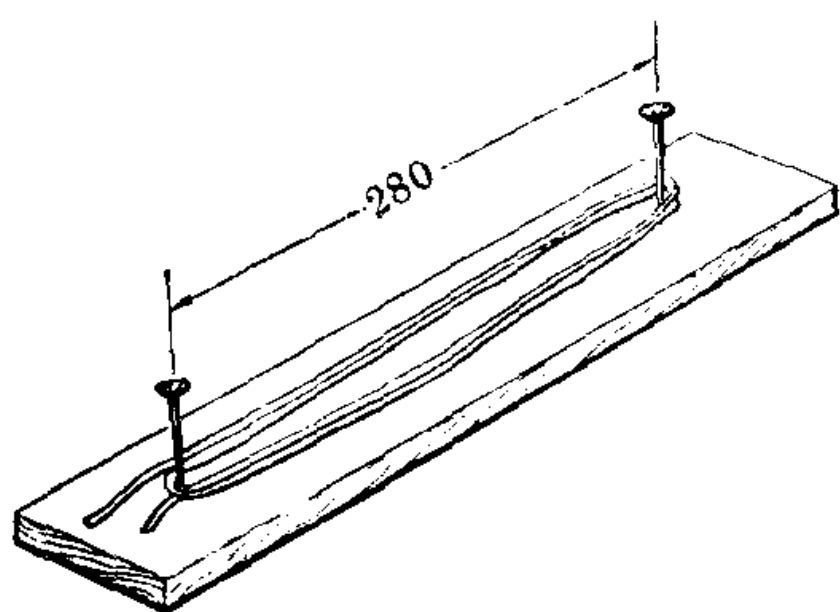


图 3-5

1×1 (1×1 指截面积为 1 毫米×1 毫米=1 毫米<sup>2</sup>，在航空模型活动中对于木片、木条、橡筋等材料的截面都这样规定) 的橡筋在两钉外侧绕 4 圈，打一个结，如图 3-5。

到此为止，我们已把四部分零件准备就绪，可以着手总装了。总装可按以下步骤进行：第一，将旋转轴穿上两片垫片，再插入机头的轴孔，并把穿过机头的部分弯成一个钩子，以备与尾钩之间挂橡筋用。第二，在旋翼的竹丝一端加配重，使旋翼两边重量平衡。配重可用铁丝绕或橡皮泥捏。配重要求参看图 3-6。第三，贴上挡板蒙皮。最后，挂上橡筋束。见总装示意图 3-7。直升模型飞机就这样完成了！

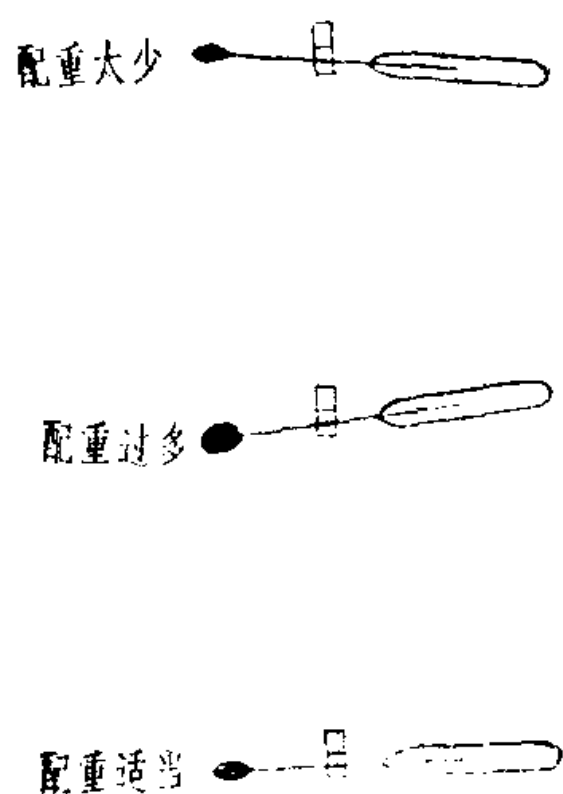


图 3-6

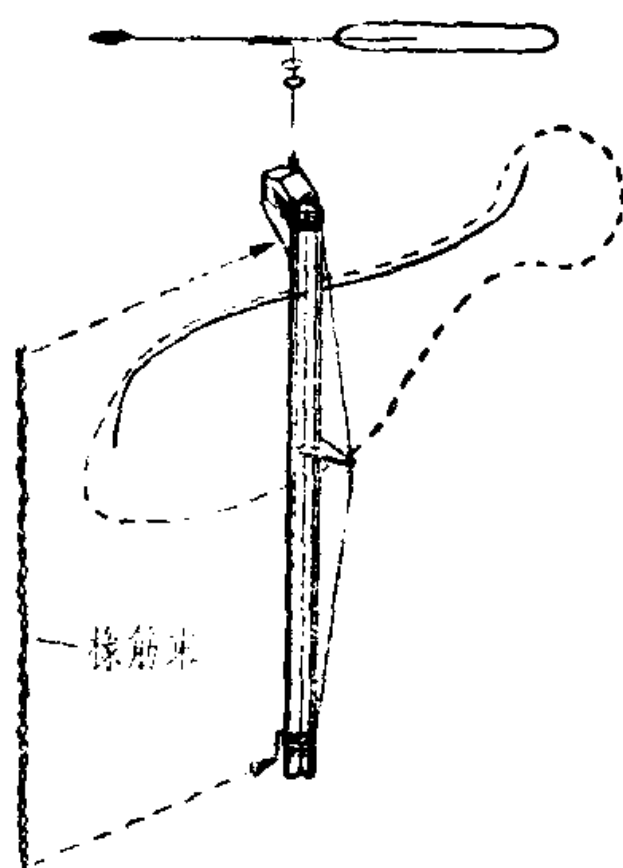


图 3-7

## 二、简易直升模型飞机的调整试飞

在模型试飞前,我们应该先检查一下各部分是否符合要求。检查重点有三个:第一,桨叶与旋转轴的夹角是否正确。第二,旋翼是否平衡。第三,整架模型的重心是否在机身上离机头约 95 毫米处。如果不对,可用橡皮泥配重,使重心位置正确。检查完后,我们用左手拿着模型机头,右手拨动旋翼向顺时针方向绕转 200 圈(最多可绕至 400 圈)。绕好以后机头向上,两手松开,模型就能平稳上升了。

在试飞中可能出现的情况及原因分析:

1. 松手后模型不上升而迅速坠地。这是绕橡筋的方向反了。只要重绕橡筋使方向绕对就可解决。

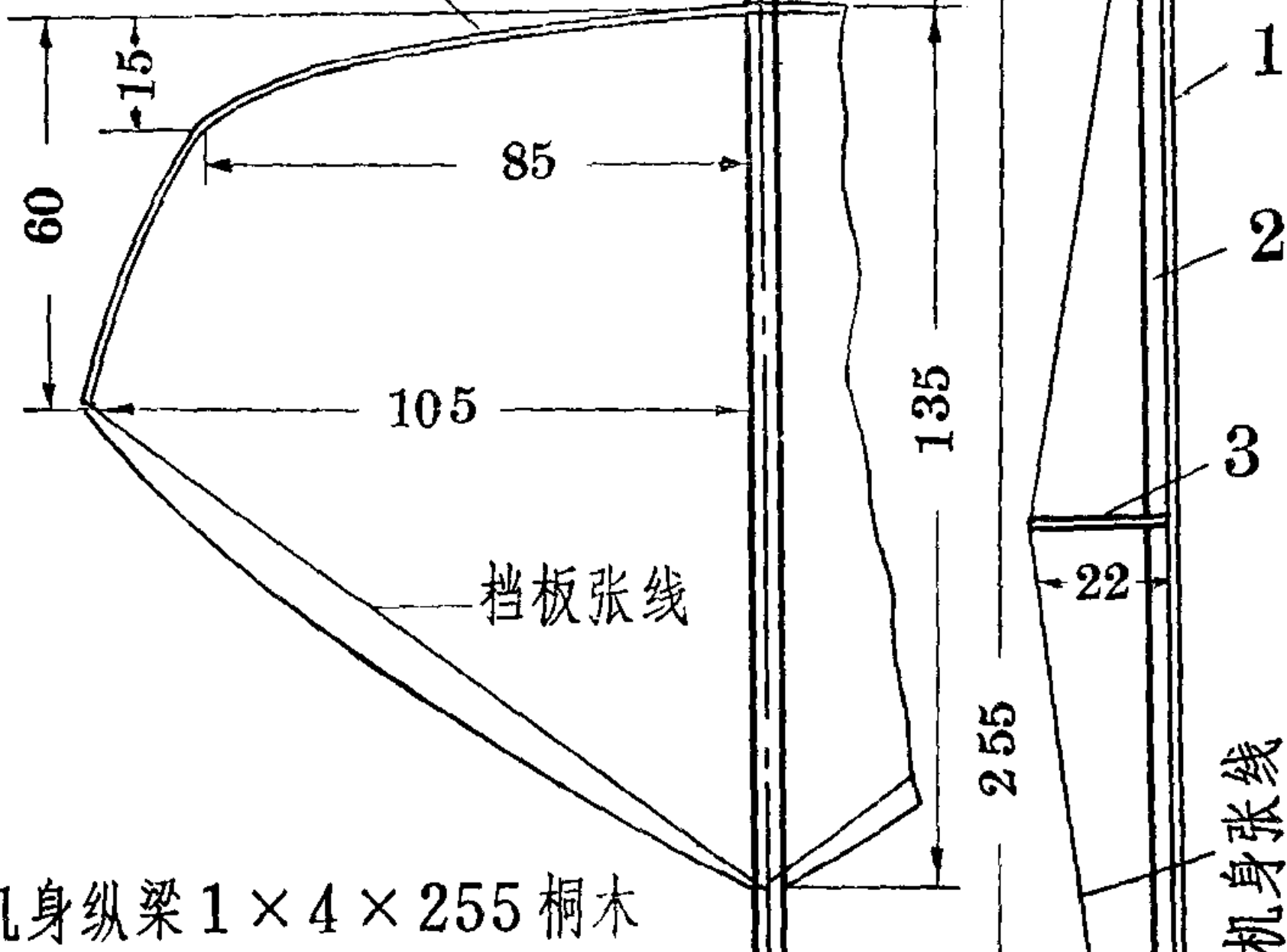
2. 松手后不上升。可能是橡筋绕的圈数太少,或桨叶和旋转轴夹角太小。增加绕转圈数或将桨叶与旋转轴夹角加大就可解决。

3. 上升时摇摆很严重,即上升不安定。原因可能有三个:第一,桨叶与旋转轴夹角太大。则减小些即可。第二,重心位置太高。则在尾钩边上配一点橡皮泥,情况会有较大改善。第三,旋翼不平衡。则重新配重使其平衡。

以上是简易直升模型飞机的制作和调整试飞。掌握了这些基本技术,我们就可以制作各种不同式样的直升模型飞机了。图 3-8 是一种蝴蝶形直升模型飞机的工作图,爱好者可参照上面所介绍的方法,自行制作,调整试飞。

桨叶 1 毫米桐木 桨根  $\phi 1 \times 120$  竹丝 旋转轴(回形针做)

挡板骨架  $\phi 1 \times 280$  竹丝



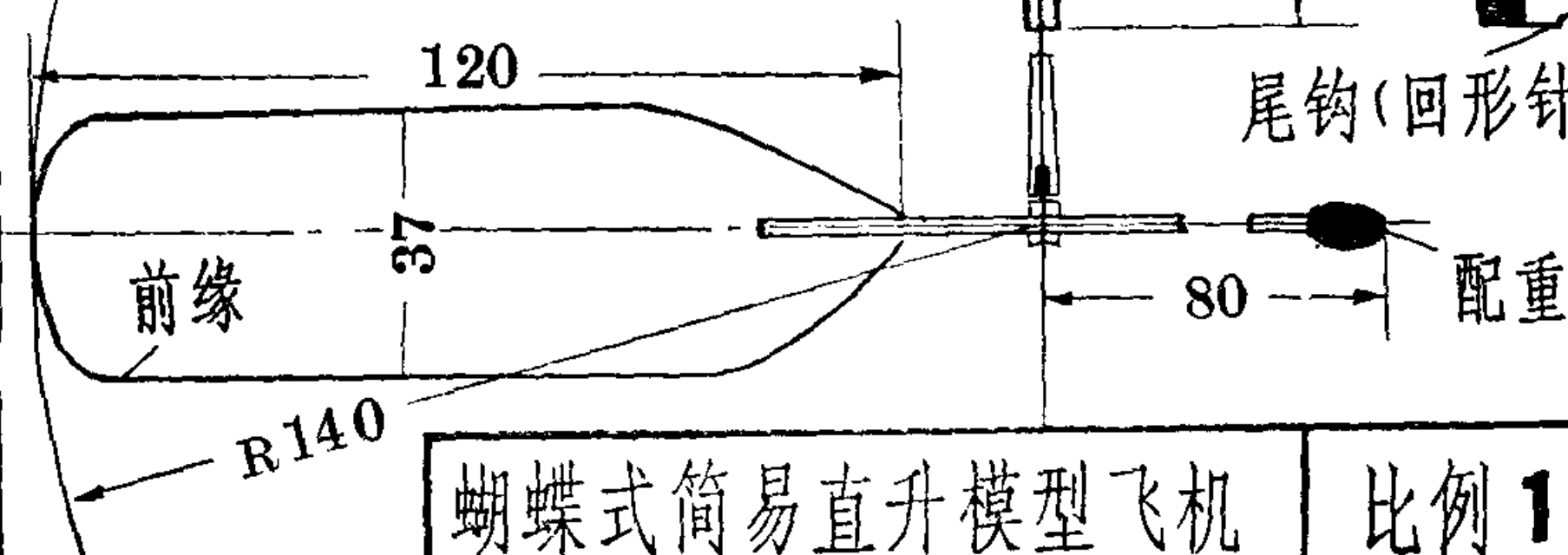
1. 机身纵梁  $1 \times 4 \times 255$  桐木
2. 机身纵梁  $2 \times 4 \times 255$  桐木
3. 机身支撑条  $1 \times 4 \times 22$  桐木

桨叶尖部翼弦与旋转轴夹角  $105^\circ$

桨叶根部翼弦与旋转轴夹角  $110^\circ$

橡筋束用  $1 \times 2$  二圈

尾钩(回形针做)



蝴蝶式简易直升模型飞机

比例 1:2

图 3-8

## 第四章 弹射模型滑翔机

飞机是依靠发动机的拉力来克服阻力,取得前进速度的。滑翔机没有发动机,是依靠什么力量来克服阻力的呢?我们来举例说明这个问题,例如在幼儿园和儿童公园里,有许多小朋友玩滑梯,是什么力量使小朋友克服摩擦力而下滑的呢?从图中分析知道,是小朋友重力的一个分力来克服阻力,而使小朋友滑下(图4-1)。滑翔机也与小朋友坐滑梯一样,是重力的一个分力,克服了空气阻力后取得前进速度的。机翼的升力来克服重力的另一个分力,从而保持滑翔机的平衡。

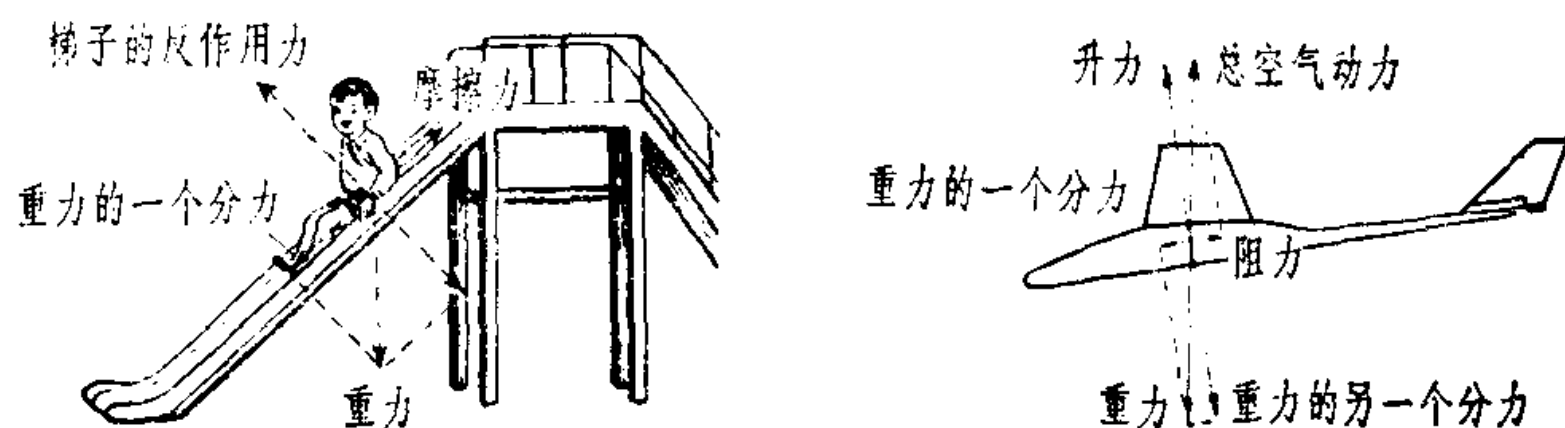


图 4-1

弹射模型滑翔机由机翼、机身、水平尾翼、垂直尾翼及弹射钩五个部分组成。它是依靠橡筋绳的弹力把模型送上天,然后转入平稳滑翔。因此,我们把弹射模型滑翔机的飞行情况分为高速上升和低速滑翔两个阶段。整个制作和调整过程就是要使模型既适合高速上升又适合低速滑翔。

## 一、弹射模型滑翔机的制作

### (一)机翼的制作

整架模型的工作图及材料表见书末附图。机翼是用来产生升力的,升力的大小与机翼形状,尤其是机翼翼型有很大的关系。因此,机翼制作好坏直接影响到飞行性能,我们必须认真做好。

机翼的具体制作过程见图 4-2。

拼木片的要领是拼缝两边都要平直,并保持与木片平面的垂直度。

外形切好后可用细砂纸将四周磨平。拼缝应安排在靠机翼前缘。

$a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  四条线是翼型的基准线,一定要按尺寸划准,并将上表面  $ab$  间及  $cd$  间的两个三角形部分锉去,就构成翼型的基本轮廓。再将前缘及上弧四个棱角磨去,表面磨光,即做成光滑的机翼翼型。

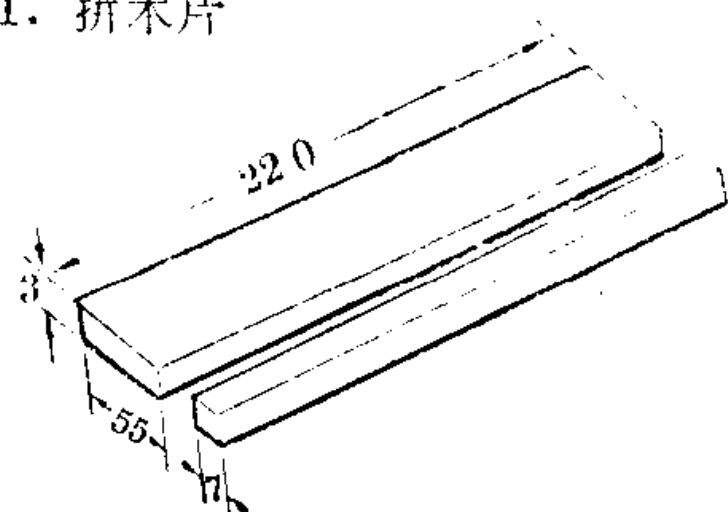
接着,应该把机翼切成左机翼和右机翼两部分。只要按工作图画好中线,用刀片切断就可以了。注意刀片应从前后缘向中间划,否则会损坏前后缘。机翼断面要用砂纸磨出所要求的角度。

最后把左、右机翼胶合起来。胶合时应使左、右机翼前后缘接缝处要完全吻合,否则会严重影响飞行性能。待胶干后机翼就成形了。

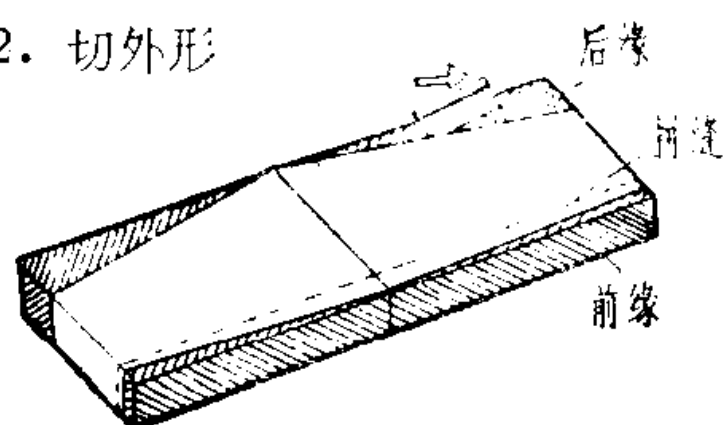
### (二)尾翼的制作

尾翼制作时最重要的是注意木纹方向,尤其是垂直尾翼的木纹应与底边互相垂直。垂直尾翼及水平尾翼切下经打磨

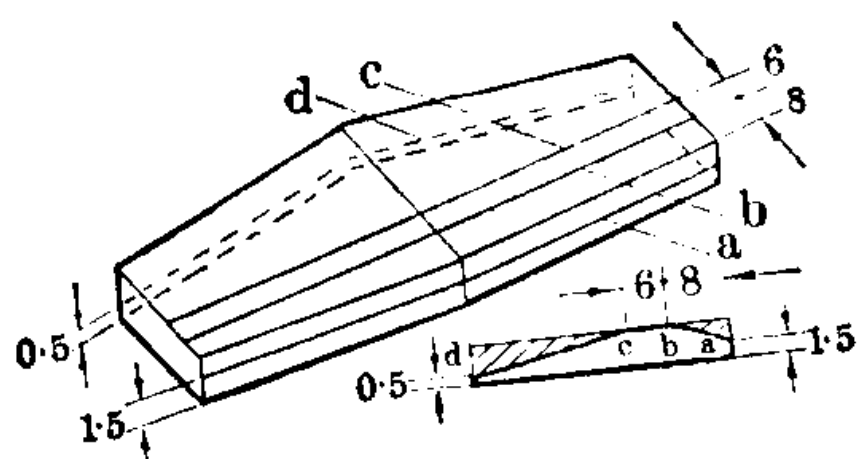
1. 拼木片



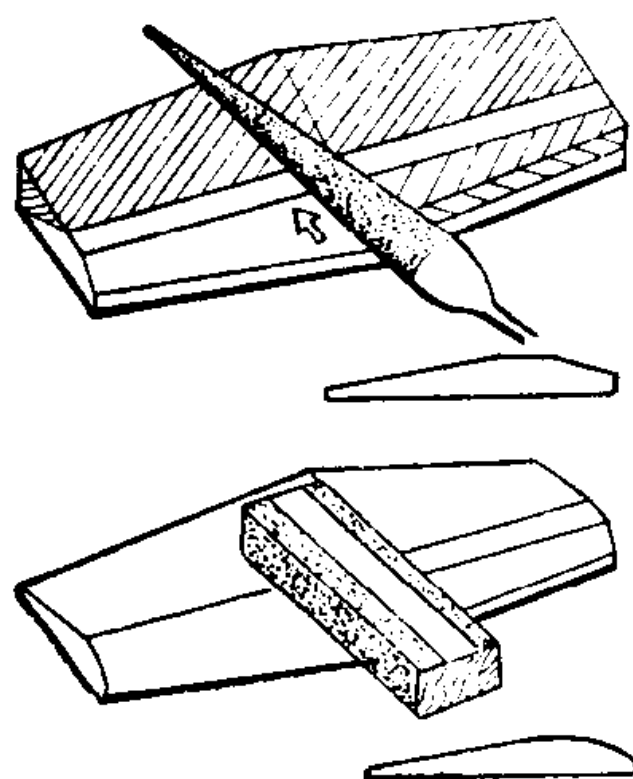
2. 切外形



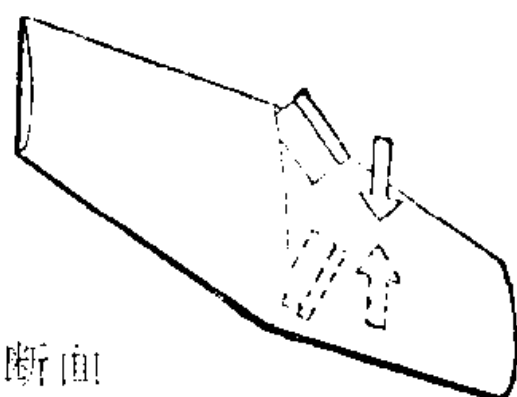
3. 划线



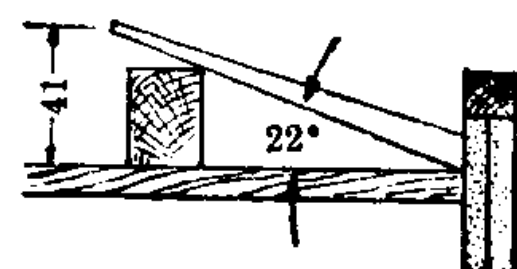
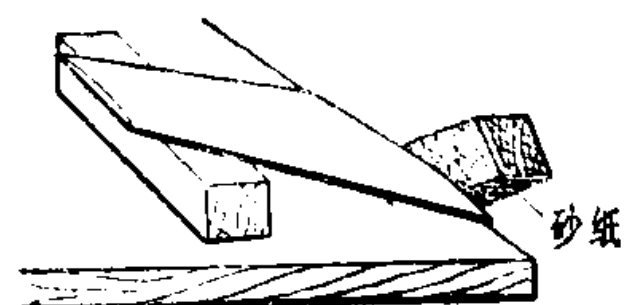
4. 锉翼型



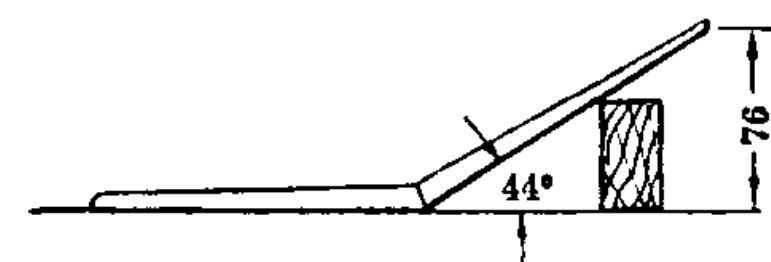
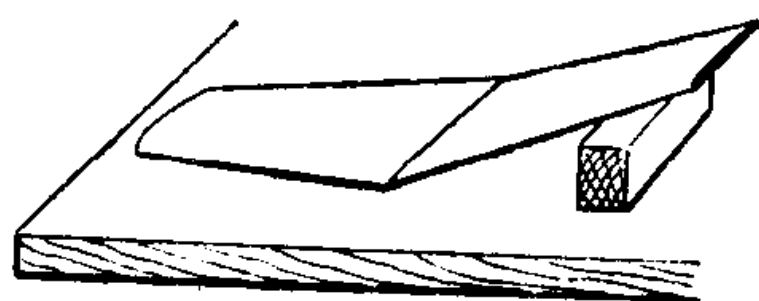
5. 切断



6. 磨断面



7. 上反角胶合



8. 成形



图 4-2

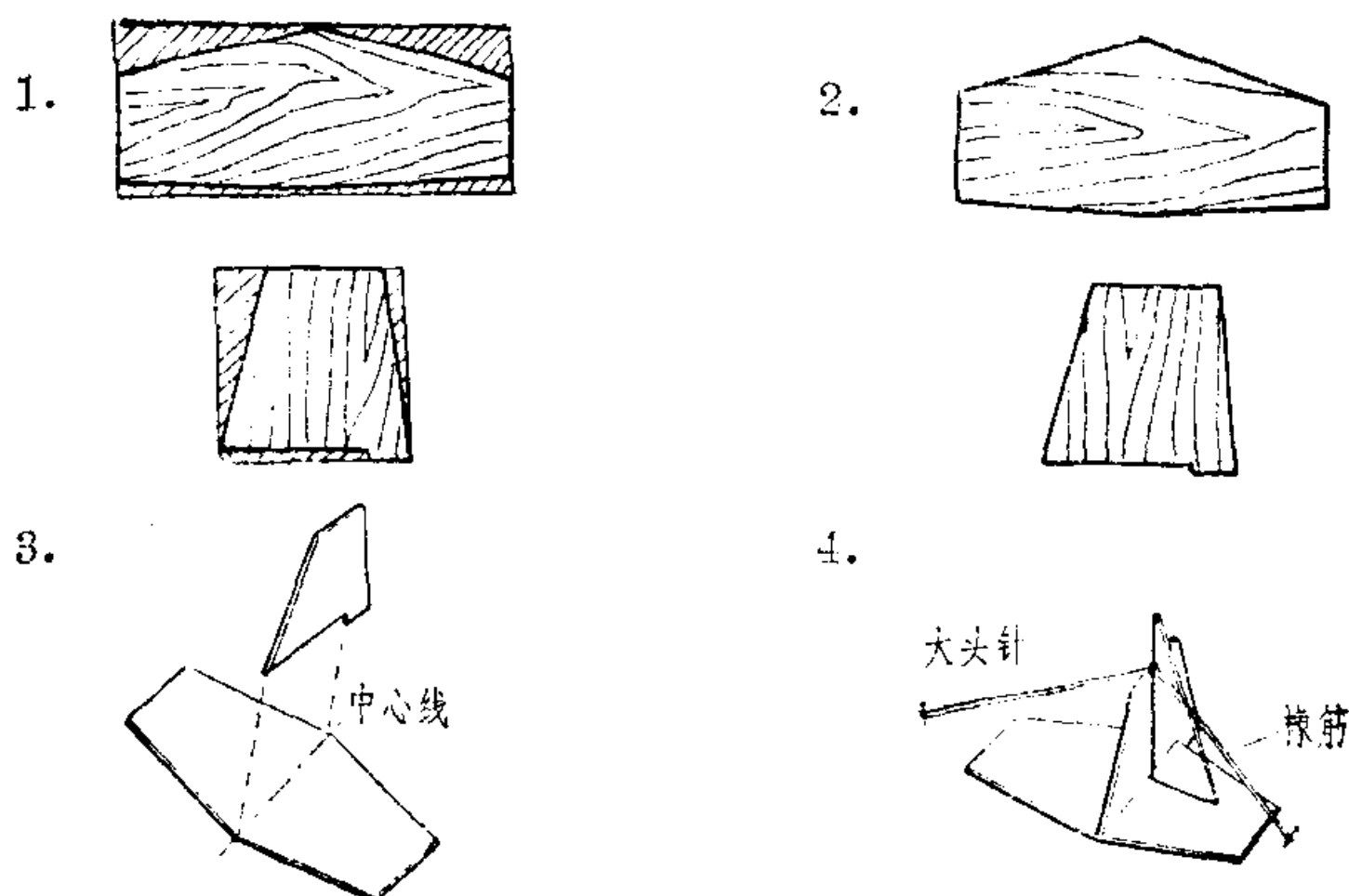


图 4-3

后,按图 4-3 胶合即可。

### (三) 机身的制作

做翼台的材料一定要选用上下边平行的木条。做纵梁的木条上边必须保持直线。因为这三条边决定了机翼及尾翼的安装角差值。为了适应弹射模型滑翔机高速上升及低速滑翔两个阶段需要,机翼尾翼安装角差值必须为  $0^\circ$ , 否则就会产生“翻筋斗”或坠地现象。

外形切好后为牢固地安装机翼,应在翼台上边开槽。开槽的方法是,先在中线上用刀片划一缝,再沿翼台左右两边斜着划两条缝,然后在前端将多余部分切断即可(图 4-4)。

### (四) 弹射钩的制作

将一个大头针剪去头部,按工作图弯成钩子即可。

### (五) 总装

第一步是尾翼与机身胶合,要求垂直尾翼与机身中心线重合。检查方法是:眼睛沿机身中心线从机头向尾部看,应只看见垂直尾翼的前缘(图 4-5)。



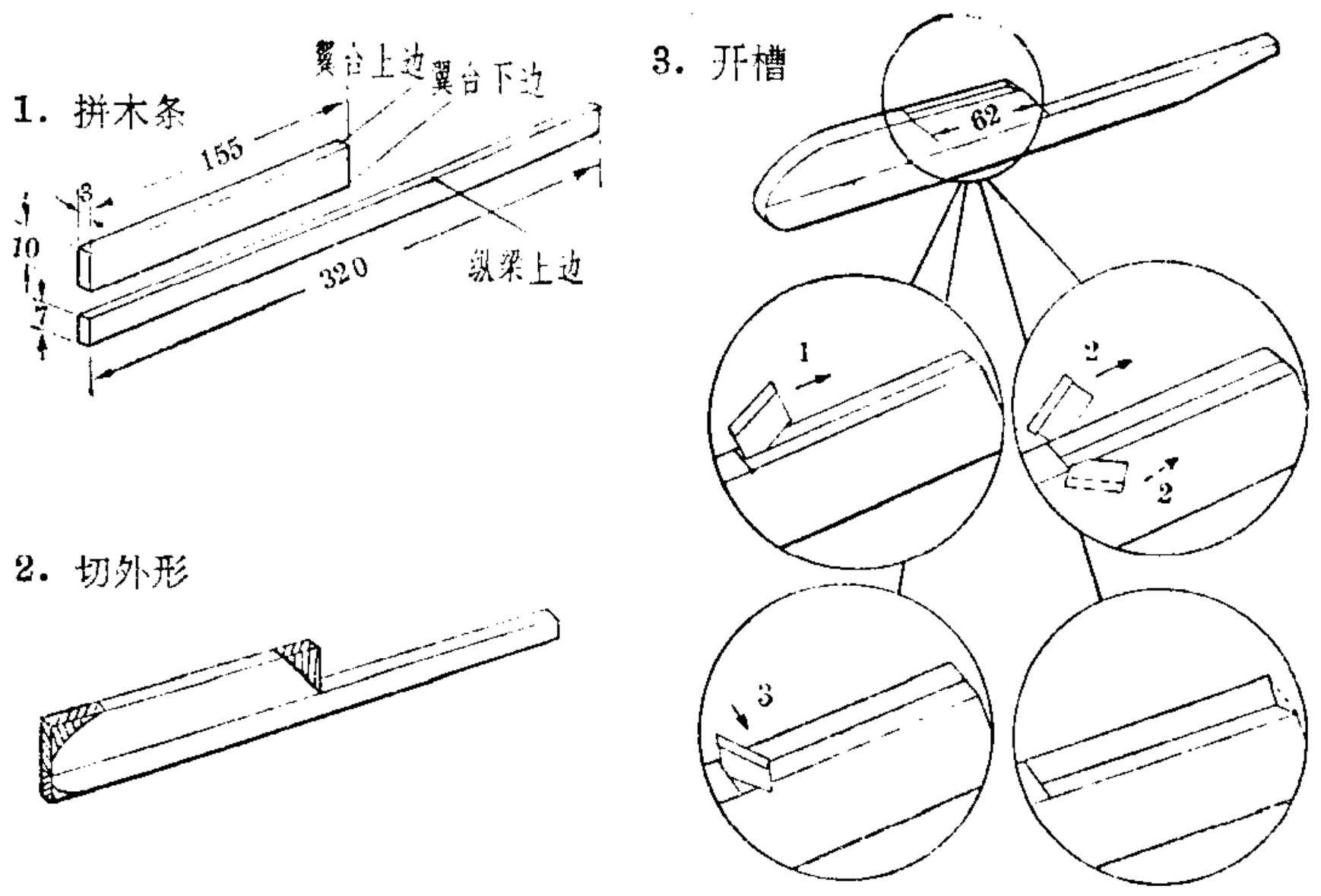


图 4-4

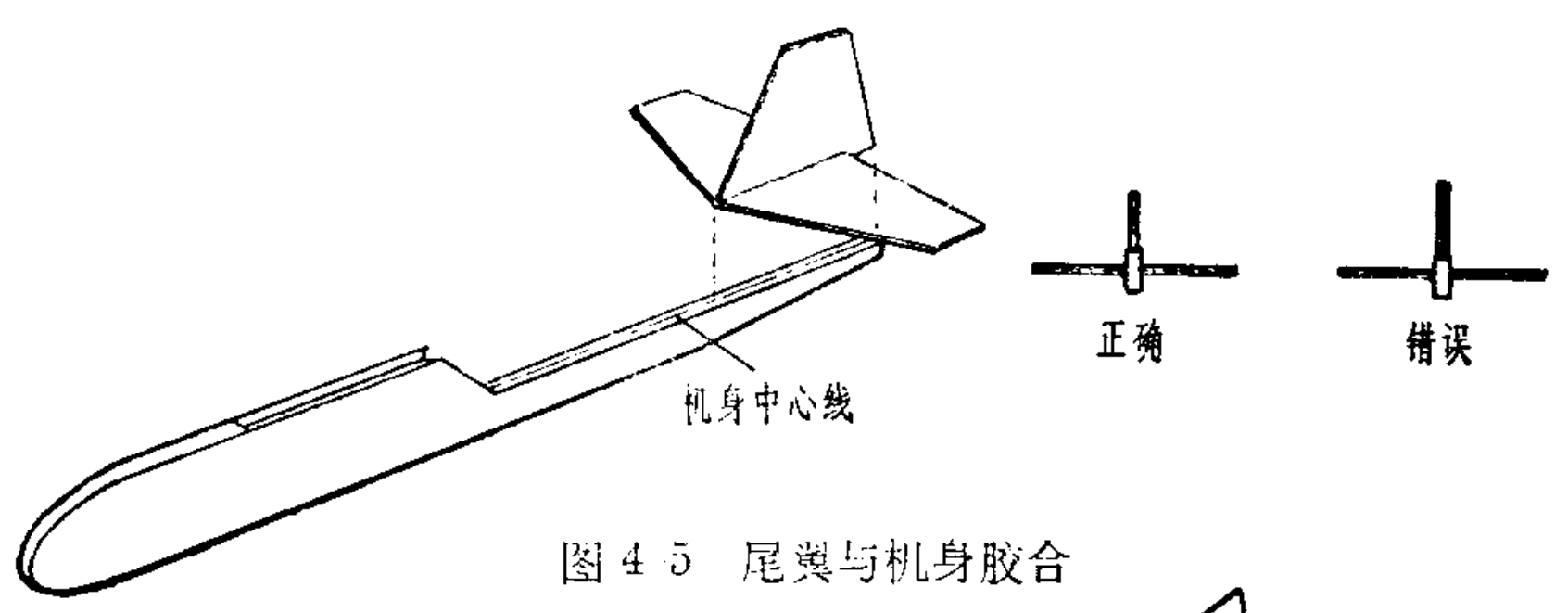


图 4-5 尾翼与机身胶合

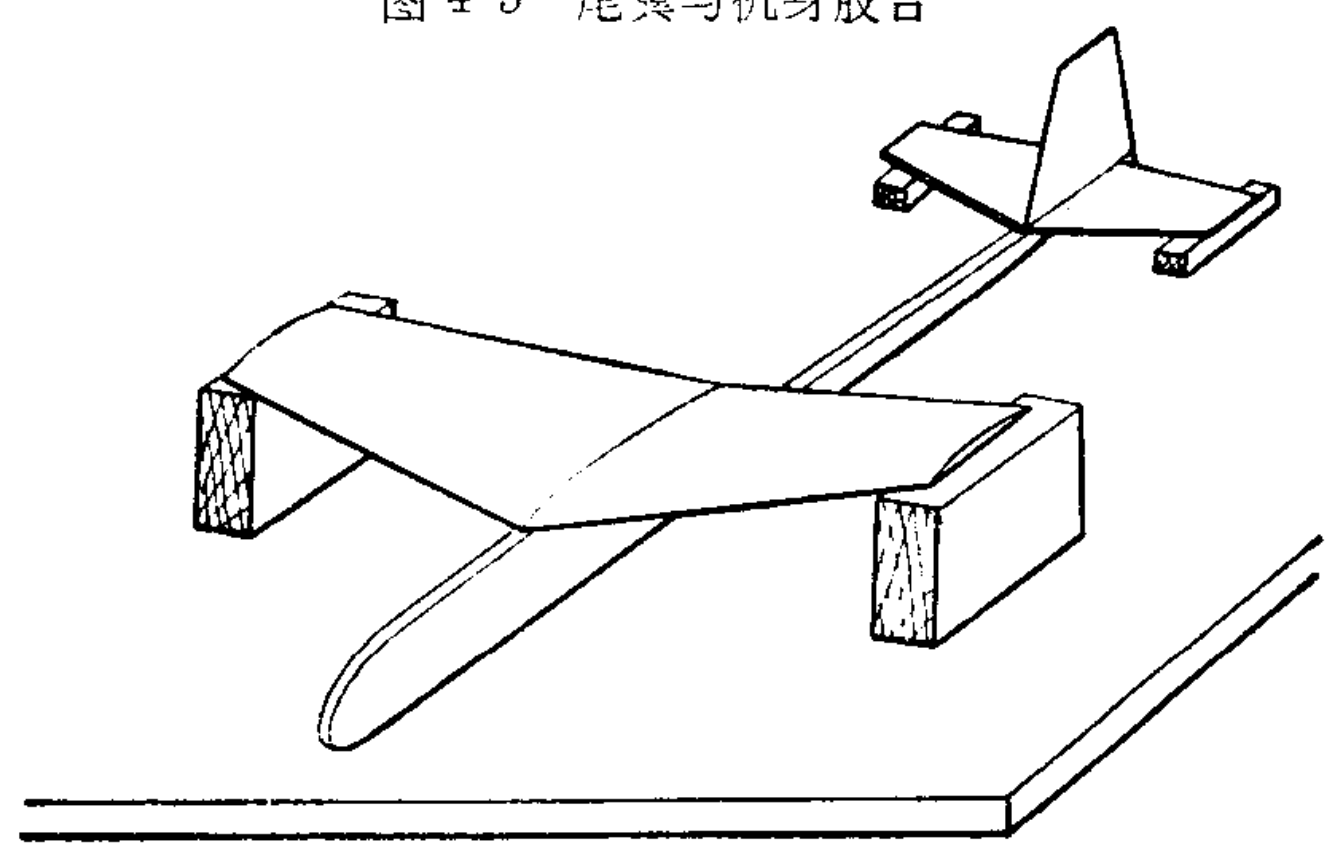


图 4-6

第二步是机翼与机身胶合。要求机翼上反角左右相等,机翼左右(以驾驶员座位方向为标准)安装角相等(图4-6)。

上反角检查方法第一种是测量法,使水平尾翼左右翼尖距桌面高度相等,再使机翼左右翼尖距桌面高度相等。第二种是观察法。人眼睛沿机身中心线从机头向尾部看,并调整视线高低,使水平尾翼一个翼尖与同侧机翼相碰,此时水平尾翼另一个翼尖也应与另一侧机翼相碰,就说明机翼左右上反角相等。

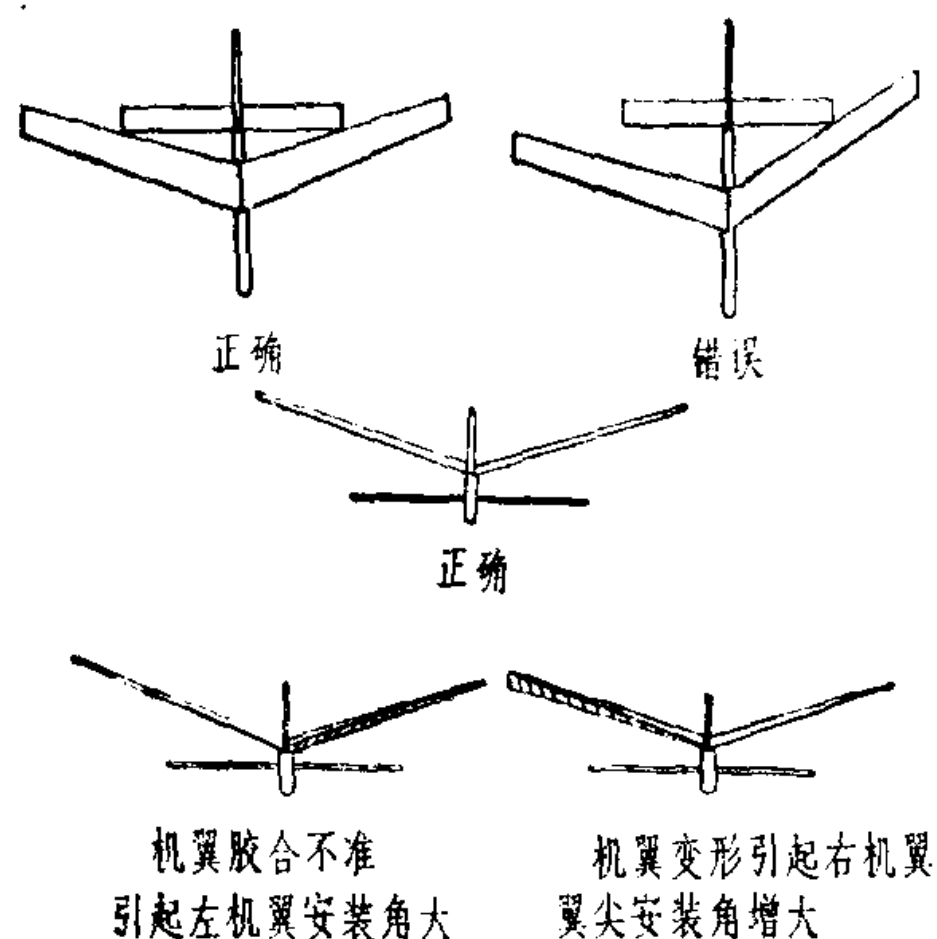


图4-7 上反角、安装角的检查

安装角检查是用观察法,在观察上反角的基础上,重新调整视线高低,当机翼下弧在某一处只看见一条线时,整个机翼下弧应只见均匀的一条线,这说明左右机翼安装角相等。见图4-7。

第三步是加强条及弹射钩的安装,加强条削成三角形,其中两边要正好与机翼及机身吻合。弹射钩按图所示位置,装准装牢即可(图4-8)。

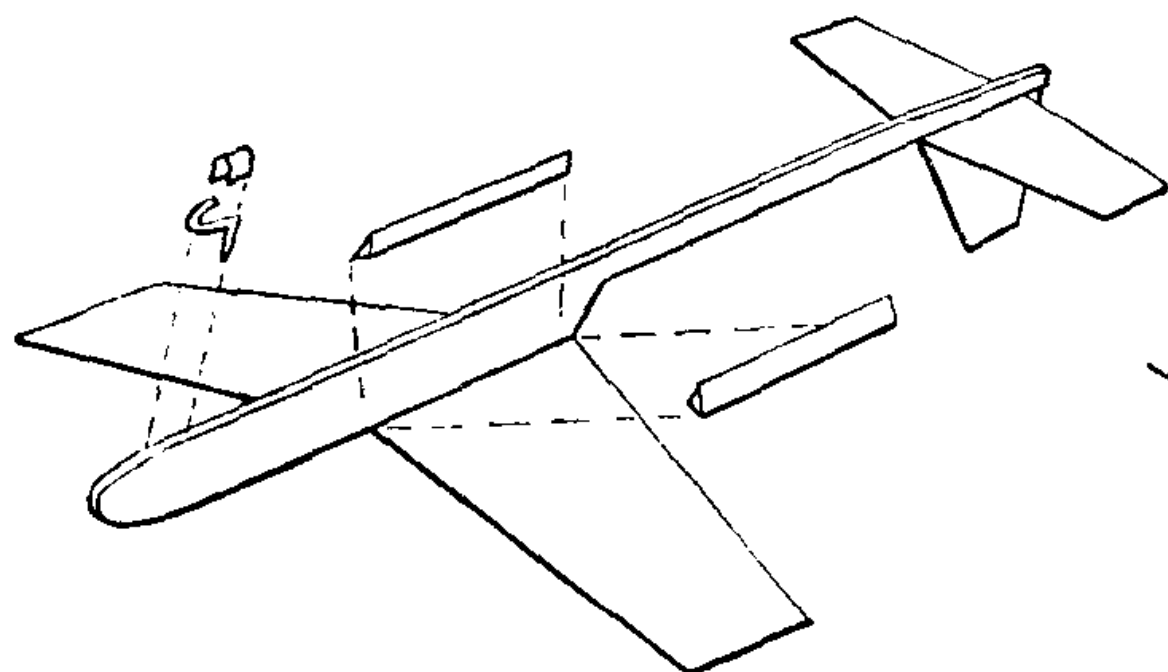


图 4-8

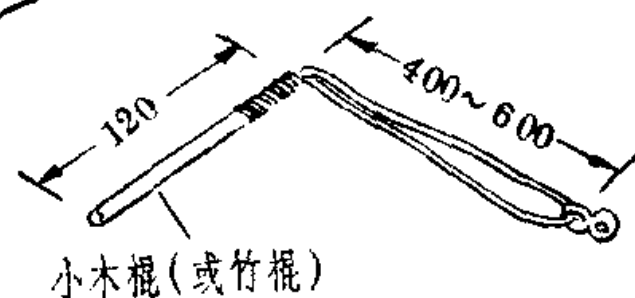


图 4-9

### (六) 橡筋绳整理

橡筋绳按图 4-9 整理。橡筋不宜用得太粗,若用截面  $1 \times 4$  的橡筋两条就可以了,也可用普通的橡筋圈代替。

## 二、弹射模型滑翔机的调整试飞

调整试飞与制作相比具有更重要的意义。因为即使模型做得很漂亮,可是不掌握飞行要领,还是不能飞好的。所以在正式飞行前需要有调整试飞,这项工作不简单,一定会遇到不少困难,飞机也许会摔掉几次。我们一定要有不畏困难、百折不回的顽强精神,坚持学习飞行原理,联系实际,做好调整试飞工作。

### (一) 试飞前的检查

任何飞机试飞前一定要经过室内检查,因为总装好的一架模型飞机难免某些部分有不合标准,

我们就在室内先检查一下。检查的项目是:重心位置、机翼和尾翼变形情况。重心位置检查方法见图 4-10,用笔尖顶住重心处,如头重或头轻可加减橡皮泥来调整。机翼尾翼扭曲情况的检查方法在前面总装时已讲过,这里就不多说了。

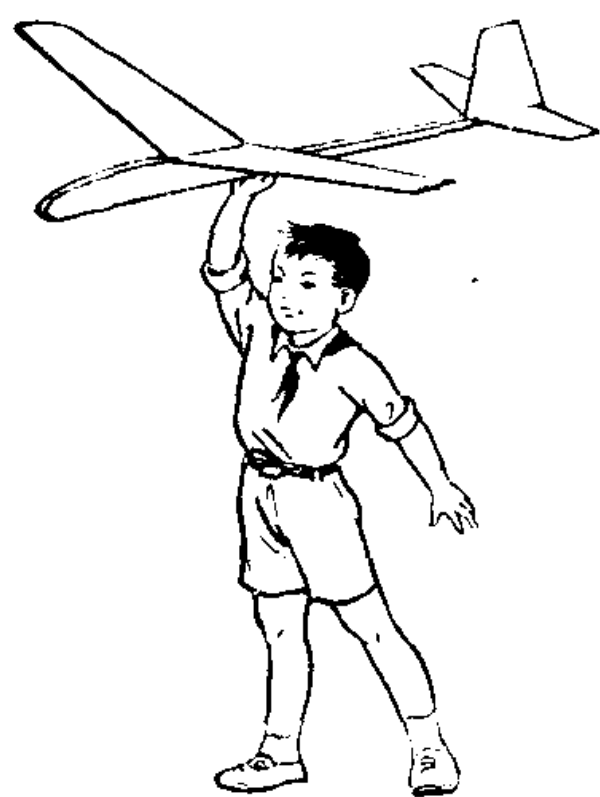


图 4-11

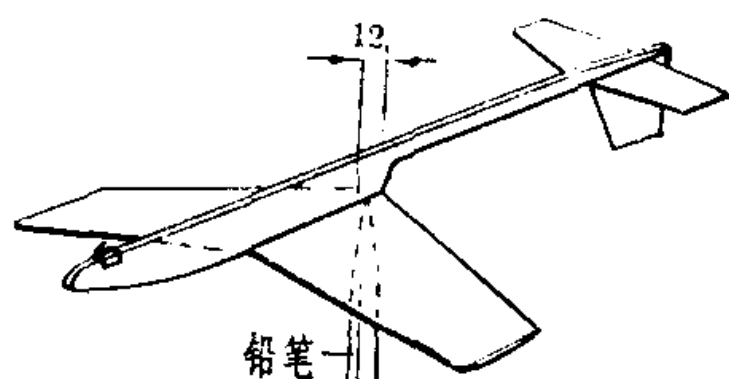


图 4-10

### (二) 手掷试飞

手掷试飞的目的是初步观察及调整模型的力矩。它的试飞方法是用右手拿着模型飞机重心位置,手举过头,机头稍微向下,对着风将飞机向前平

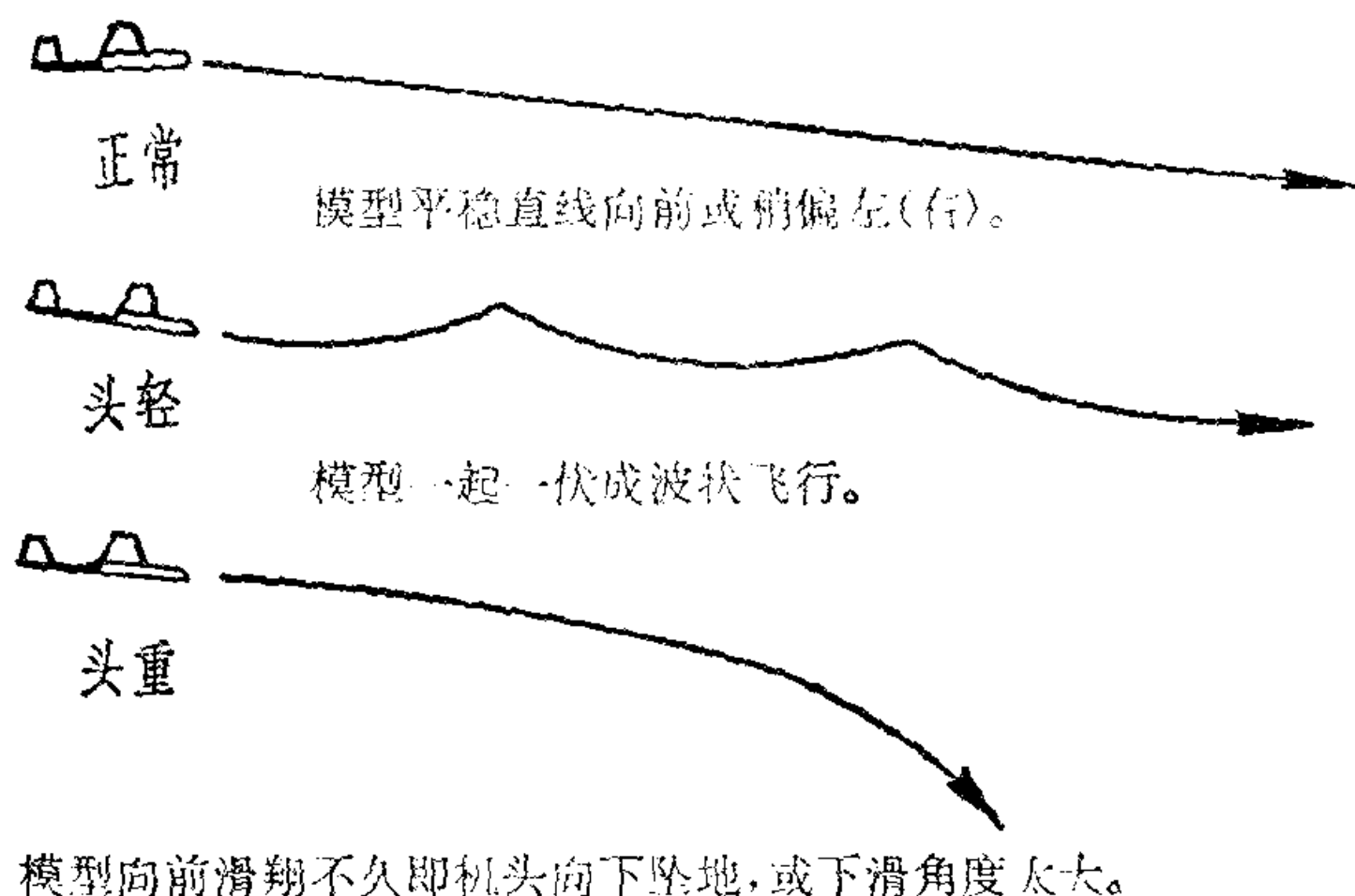


图 4-12

行推出去(图 4-11)。手掷试飞中可能遇到的情况如图 4-12。

### (三) 试飞调整

经过手掷试飞的模型飞机, 是否能在天上自由飞翔呢? 还不能, 还要经过最后的试飞调整。因为手掷试飞中不能暴露的问题可能会在高速上升阶段中暴露出来, 比如模型弹射时的倾侧角度、弹射角度及风向问题等, 这就得依靠弹射试飞的方法来确定(图 4-13)。



图 4-13

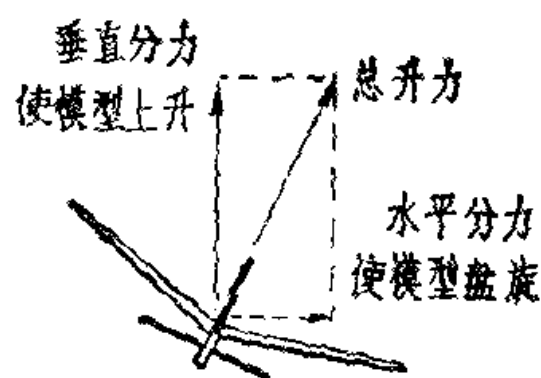
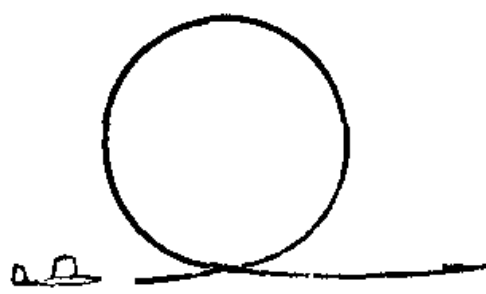




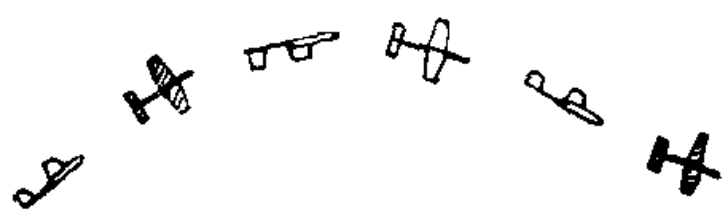


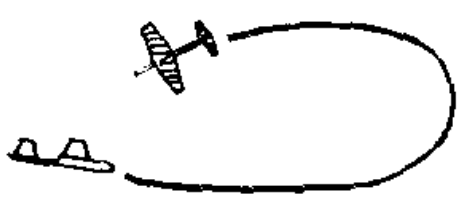
图 4-14

初次试飞应根据手掷试飞的情况来决定。比如，手掷试飞时模型是微微左转，那么弹射时模型应向右倾侧。为什么要这样呢？因为模型刚弹出速度很大，升力也很大，如不倾侧，升力迅速增加时会使模型在空中翻一个筋斗，使模型爬高能力大大损失。我们将模型向右倾斜，则升力可分解为一个向右的水平分力和一个向上的垂直分力（图 4-14）。向上的垂直分力克服重力使模型上升，向右的水平分力克服模型本身的左转力矩而成为向心力，使模型能平稳地右盘旋上升。初次试飞一般是正对风起飞，同时橡筋绳应拉得少些，待调整后，再逐步增加橡筋的弹力。

试飞中可能遇到的情况、产生原因及纠正方法见下表（以右上升左盘旋为例）。

飞 行 情 况	产 生 原 因	调 整 方 法
翻了一个筋斗，损失高度或撞坏。  	1. 向右倾斜不够。 2. 机翼与水平尾翼有正的安装角差，即机翼安装角大于水平尾翼安装角。	1. 弹射时增加向右倾侧角。 2. 对可水平尾翼后缘“呵气”加热，并将它向下扳一些，如还不解决，则应拆下尾翼纠正后重新胶合。
直线上升，但迅速下坠进入波状飞行。  	1. 向右倾斜不够。 2. 弹射力太小。	1. 弹射时增加向右倾侧角。 2. 增加弹力。

(续表)

飞 行 情 况	产 生 原 因	调 整 方 法
<p>成抛物线坠地或直线上升垂直下降</p> 	<p>机翼与水平尾翼间有负的安装角差。即机翼安装角小于水平尾翼安装角。</p>	<p>可对水平尾翼尾部“呵气”加热,并将它向上扳一些。但一般情况下不能解决,应拆下尾翼纠正后重新胶合。</p>
<p>螺旋下坠</p> 	<p>1. 左右机翼安装角严重不等。 2. 垂直尾翼与机身中心线不相重合。</p>	<p>不正确的部分应拆下纠正后重新胶合。</p>
<p>向右急盘旋下坠</p> 	<p>起飞时向右倾侧太多。</p>	<p>减小起飞时向右倾侧,并可使模型右侧风。</p>
<p>正常地盘旋上升,但滑翔时直线飞行或很久才进入左转弯。</p> 	<p>盘旋半径太大。</p>	<p>向垂直尾翼后缘“呵气”加热再将它向左扳一些。 起飞时还可增加一些右侧风。</p>
<p>向左急盘旋下降</p> 	<p>模型左转力矩太大。</p>	<p>向垂直尾翼后缘“呵气”加热,再将它向右扳一些。</p>

除此以外,上升方式还有多种,比如:翻半个筋斗在上升到最高点时作半个滚转后进入滑翔;右上升右滑翔(或左上升左滑翔);直线上升,然后自动进入滑翔。对这些方法,我们可以通过反复实践及基本理论分析来进行试验。

## 第五章 初级牵引模型滑翔机

这里我们介绍的是一种简单的牵引模型滑翔机，整架模型比起前面介绍的弹射模型滑翔机要大得多。如果我们仍然象弹射模型那样，机翼、尾翼都用整块木片做，那么模型重量将要大大增加。而模型重量的增加，直接影响到飞行性能。为了使模型重量在保证强度的前提下尽量地轻，就必须象真飞机那样，采取构架形式来制作。因此这架模型的结构要比弹射模型复杂些。为了帮助大家了解模型的结构，下面附了一张立体结构图（图 5-1），并把制作时要用到的主要部件名称

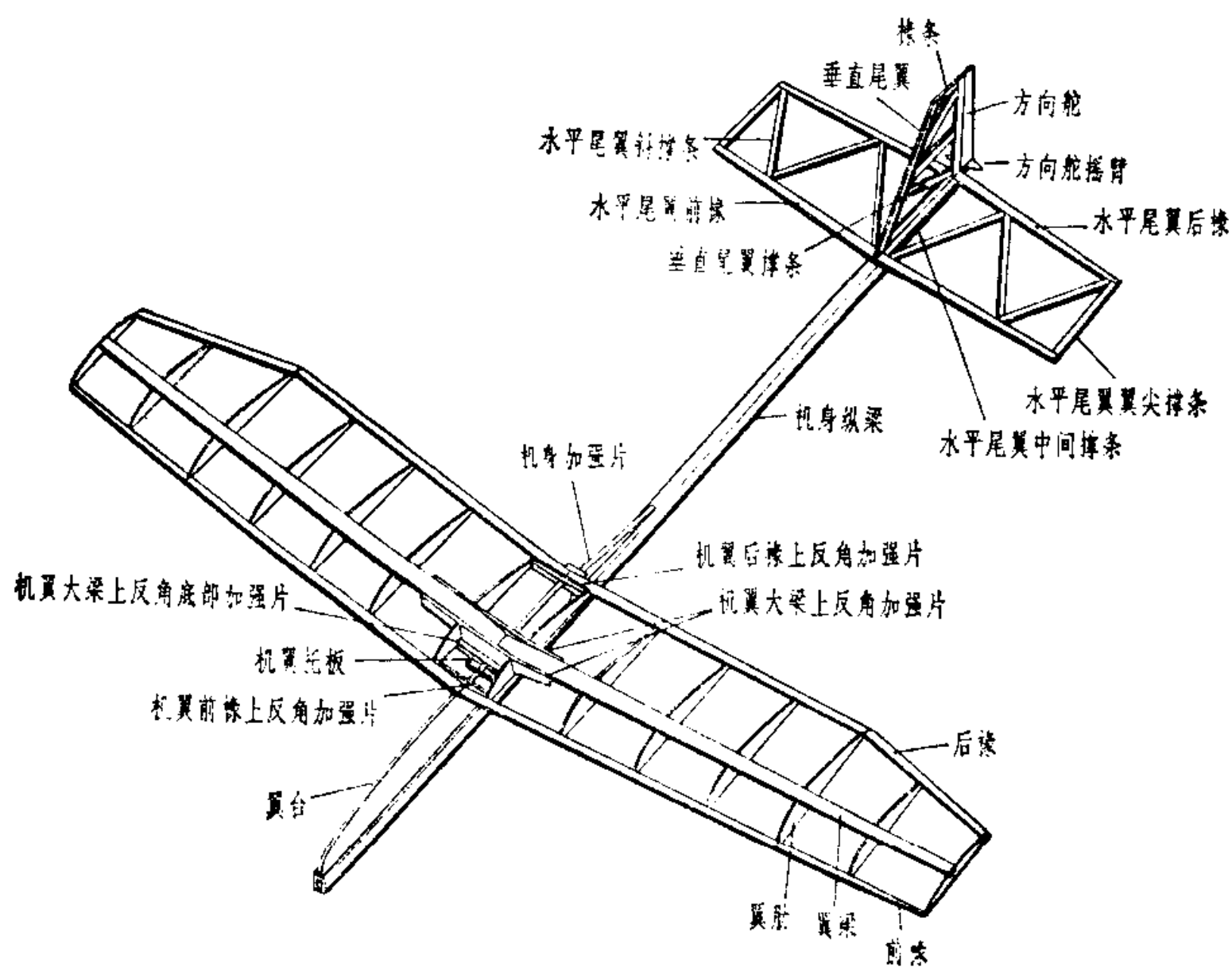


图 5-1



标出,以便大家参看。这架模型是初级牵引和橡筋共用的,所以在工作图上同时有橡筋螺旋桨等部件图,在制作牵引模型时不需要螺旋桨(工作图在书末)。

### 一、机翼的制作

在动手制作之前要做两项准备工作。首先把制作机翼的材料整理出来,材料规格见表。其次把工作图上机翼部分用复写纸描在一张白纸上,以便在装配机翼时用。

机翼材料表

名 称		规 格		数 量
前翼	橡	*1×5×350	松木	2根
	梁	*1×10×350	松木	2根
后翼	橡	1×8×250	桐木	2根
		1×8×120	桐木	2根
	肋	1×14×125	桐木	14片
		1×25×100	松木	2片
上反角加强片		1×12×32	桐木	1片
		1×6×28	桐木	2片

注: 前橡和翼梁分别可以用截面为 2×2 和 2×4 的松木条代用。

接着按以下步骤制作:

#### (一)翼肋

按图 5-2 所示, 先将一片 1 毫米桐木片垫在工作图上的翼肋图下, 用大头针沿曲线扎孔。然后把工作图拿掉, 把桐木片上的小孔用铅笔连成翼肋样板图, 再用刀片刻下, 打磨光洁成为翼肋样板。根据工作图可知, 翼肋共有三种大小, 每种都要按上述步骤做一个样板。然后, 把样板用两个大头针钉在

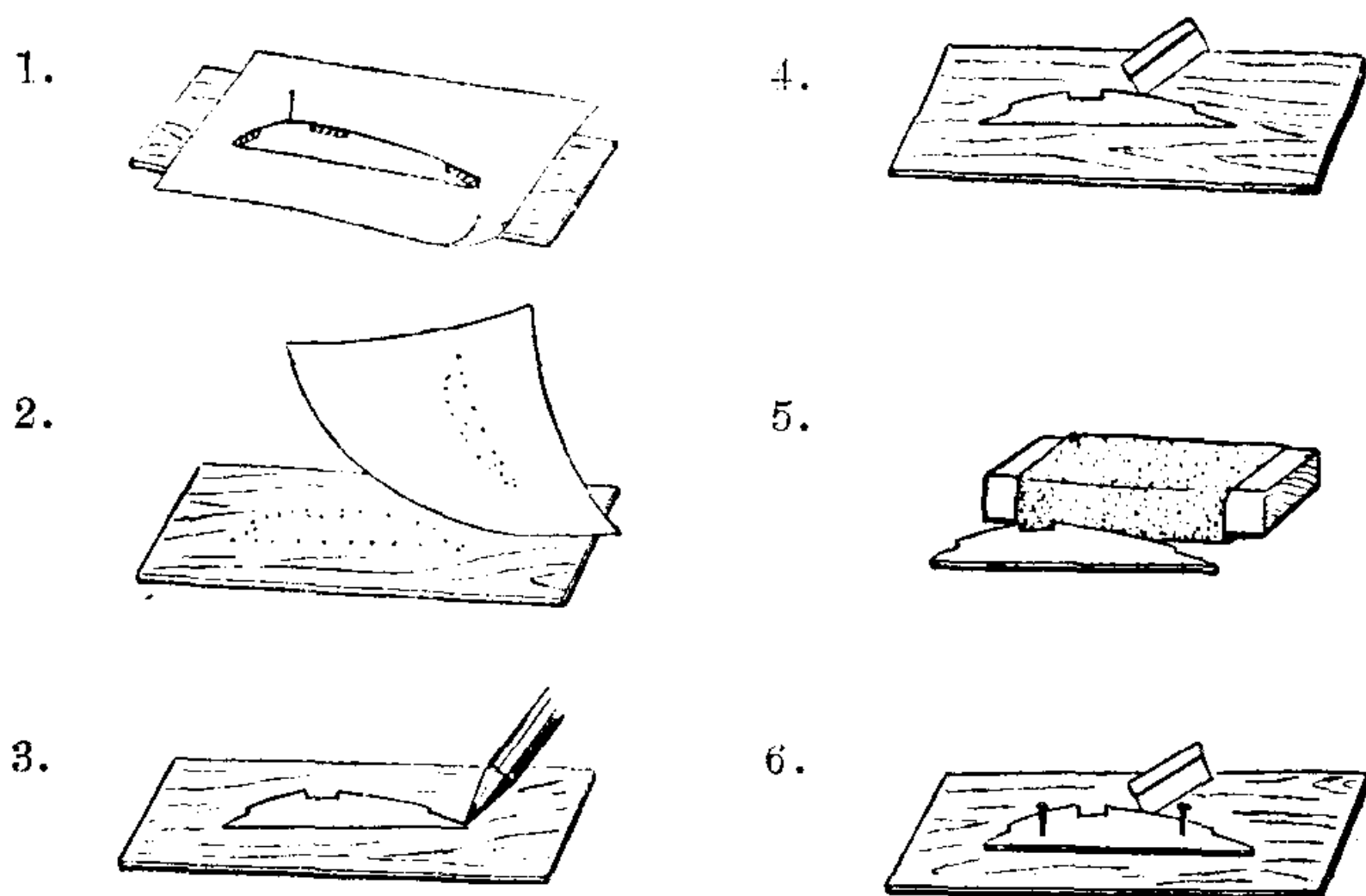


图 5-2

木片上,一个个地刻下,经打磨光滑就成。

## (二) 前后椽和梁

前后椽的切割与初级直升模型机身纵梁做法相同。为了

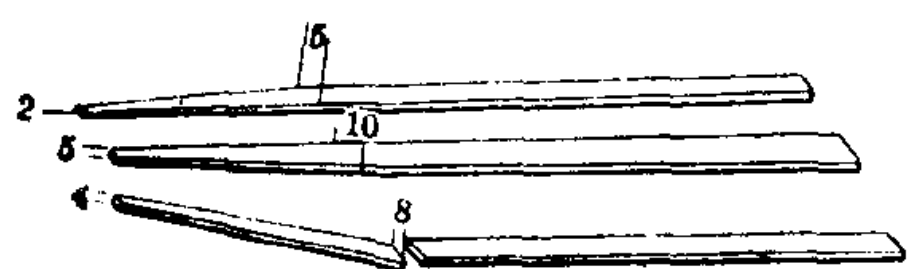


图 5-3

减轻重量,从中部数起第五个翼肋以后的部分,前后椽和梁都要逐步细一些,即前椽从5毫米过渡

到2毫米;梁从10毫米过渡到5毫米;后椽从8毫米过渡到4毫米(见图5-3)。

## (三) 机翼装配:

先将从工作图上复下来的机翼工作图钉在工作板上。再把翼肋按规定位置用大头针竖直地钉在板上,尽量做到与工作板垂直。最后把翼梁和前、后椽胶上,并用大头针固定即成(如图5-4)。这里要说明两个问题:第一,在胶合梁和前、后椽之前一定要把梁和前后椽先在翼肋上对应的槽内试放一

下,看看是否合适,如果发现槽太紧或不在一个直线上,因而梁和前、后椽放不进去,则要修正槽,否则,如果硬按下去将会引起机翼严重变形。第二,按照这种结构装配,翼尖部分的后椽必定是向上翘的。翼尖后椽向上翘,也就是翼尖迎角减小,在飞行中诱导阻力也减小,是有利的。因此我们在装配时有意识地在翼尖部分翼肋的尾部分别垫上 2 毫米和 4 毫米的木片,使其上翘有一个准确的形状。

图 5-4 所画的是左机翼的情况。右机翼的制作方法相同,

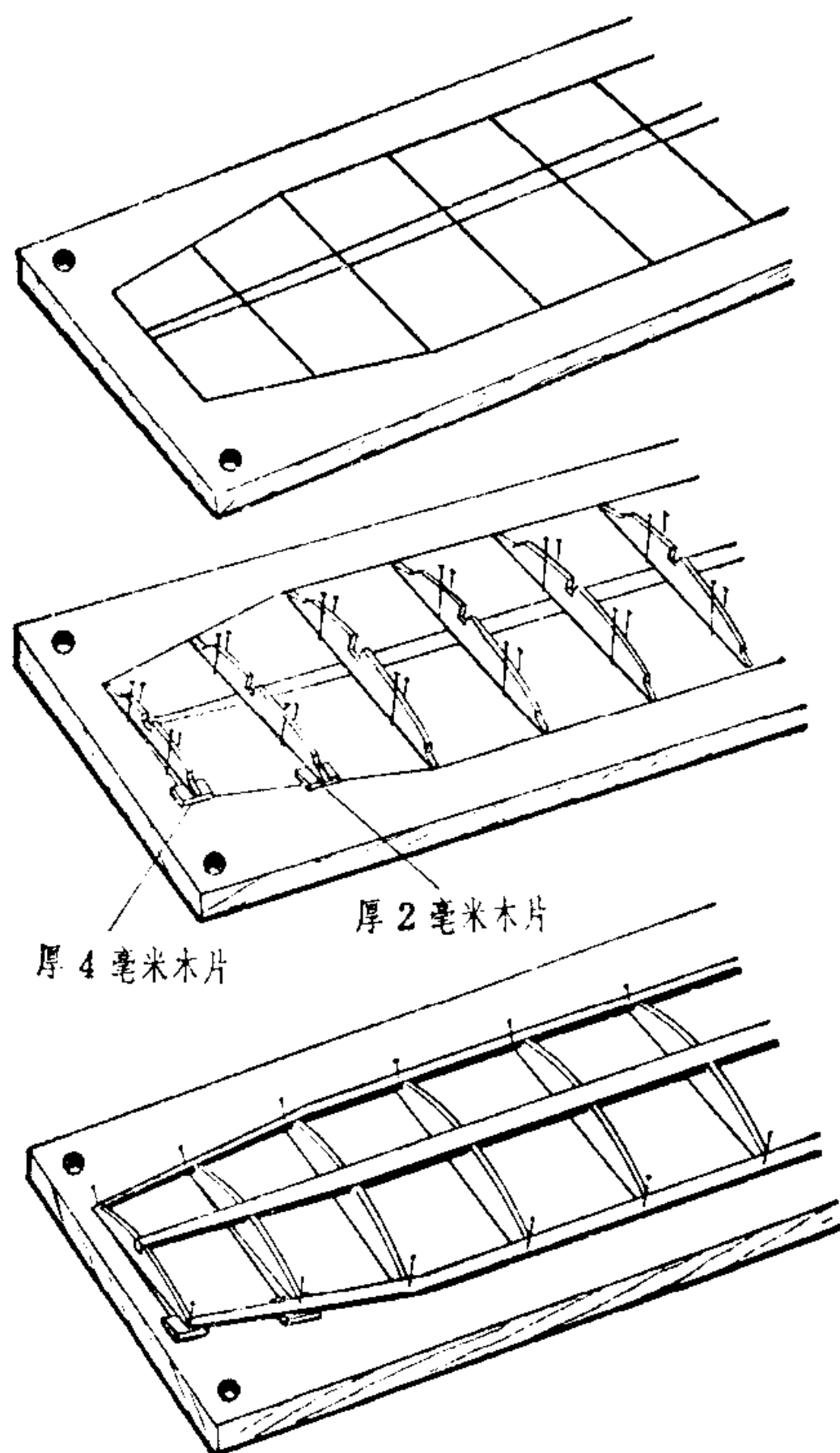


图 5-4

但做右机翼时要用右机翼的工作图,不能搞错。

#### (四) 接上反角

左、右机翼都做好,胶水干透后,就可以着手接上反角。接上反角是一项很细致的工作,一定要胶接得很密合,才能保证机翼的强度。具体制作是,先按工作图刻下大梁上反角加强片和前、后椽上反角加强片(注意木纹不要搞错)。再做一块 $75^\circ$ 角的卡板,将机翼翼根对准左右机翼的中心线,将卡板分别靠在前椽内侧、后椽内侧和翼梁前侧, $75^\circ$ 角一边靠在工作板上,顶点顶在中心线上, $75^\circ$ 角另一边分别与前椽、后椽和梁有一相交处。按图 5-5 所示用小刀切去划线部分。左、右

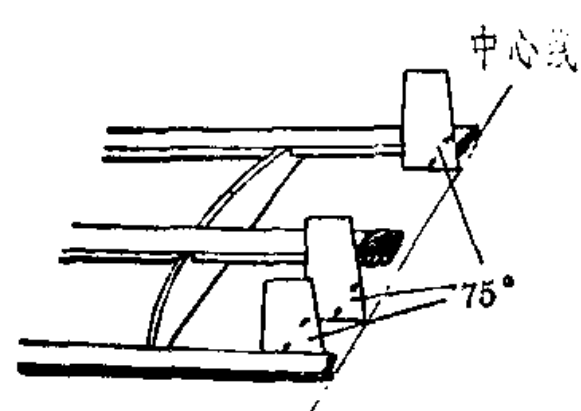


图 5-5

机翼的根部都以卡板为准切去多余部分,将左机翼用大头针固定在工作板上,右机翼用木块垫起,使左、右机翼翼根部的梁和前、后椽密合上胶水,同时,使右机翼的翼尖翘起,离工作板

175 毫米(如图 5-6)。另外,再把两个大的翼肋切成 4 个半翼肋(如图 5-7)。

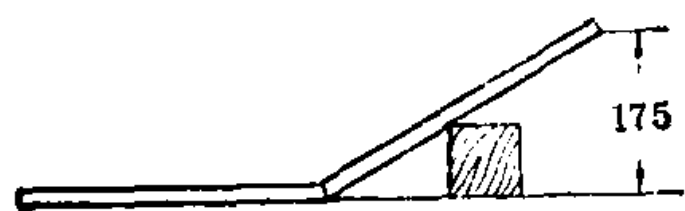


图 5-6

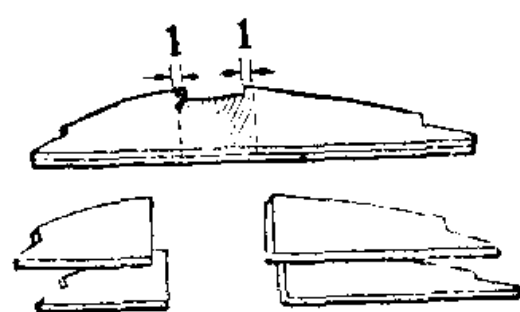


图 5-7

最后,我们就可以把上反角全部胶接起来。胶接方法见图 5-8。

#### (五) 蒙纸

机翼的最后一道工序是蒙纸。蒙纸前先要检查一下机翼

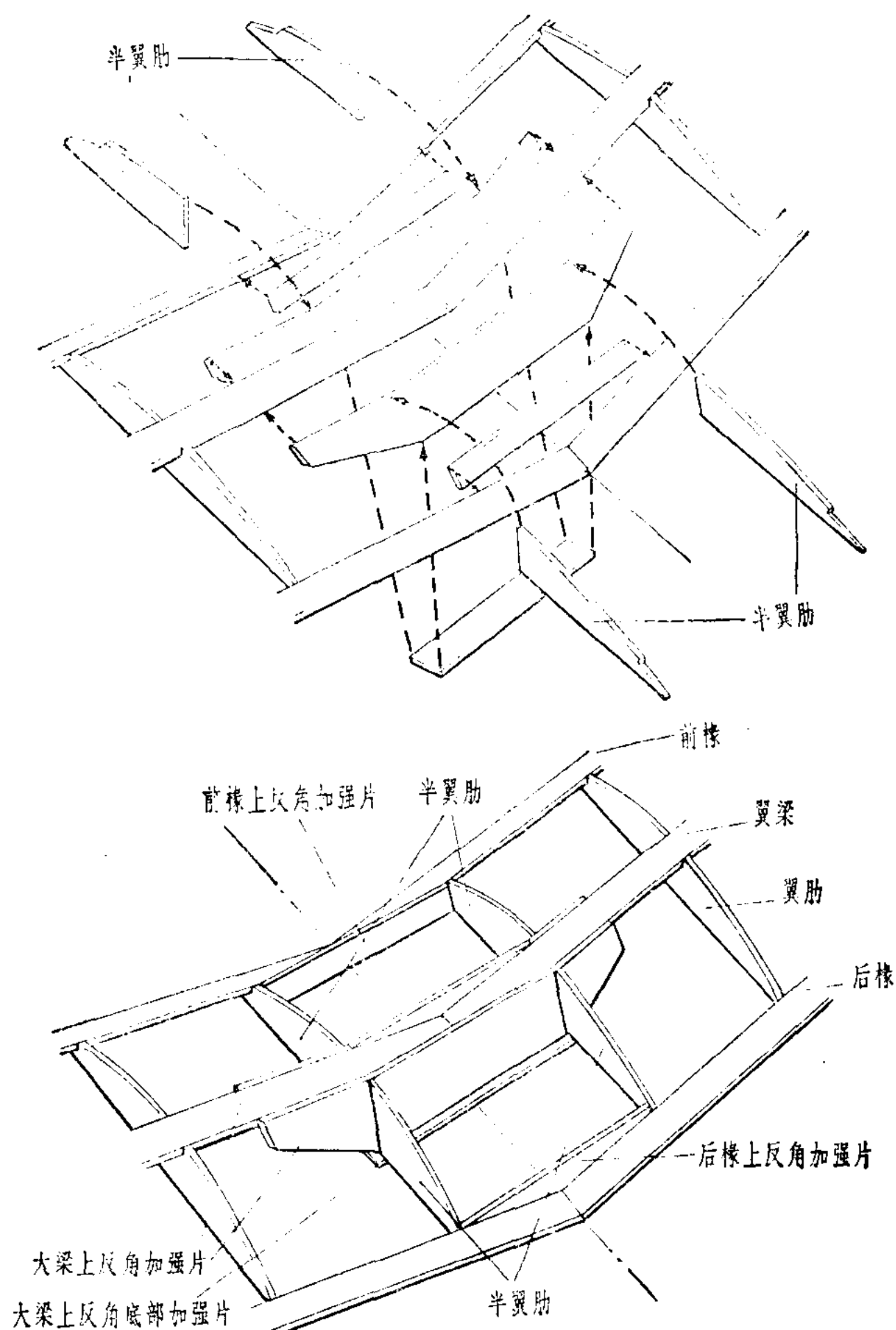


图 5-8

骨架是否扭曲。如果机翼扭曲，则在蒙纸时把机翼向相反方向扭过来，再把纸蒙上去，这样可以借助于纸的张力来纠正机翼的扭曲。这架模型的蒙纸用彩色油光纸。为了提高飞行性能，要把油光纸毛的一面向上（这方面的原理下面有关章节会

介绍到)。蒙纸分三段进行：左翼、右翼、中段。把油光纸裁得比机翼稍大一些。先在机翼骨架上均匀地涂上浆糊，然后将纸

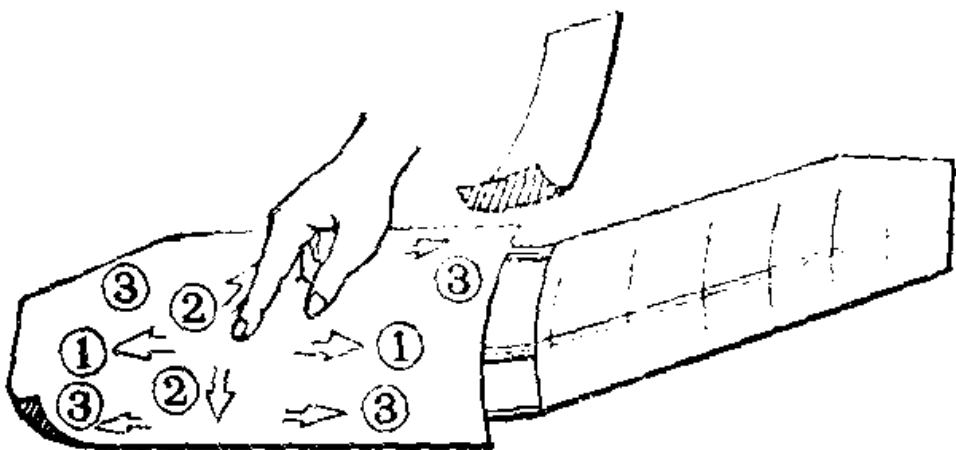


图 5-9

轻轻放上，用手指将纸轻轻地压在机翼的梁、翼肋前缘和后缘上。压的次序如图 5-9 所示，反复多次，直到蒙得很

平整为止。待浆糊干燥后，用砂纸把多余的蒙纸砂去。注意：蒙纸前和蒙纸后都不要喷水，否则机翼会严重扭曲变形。

## 二、机身和尾翼的制作

机身和尾翼的材料规格见下表：

机身、尾翼材料表

名 称	规 格	数 量
机 身 纵 梁	4×4×700 松木	1 根
翼 台	3×23×310 松木	1 片
机 身 加 强 片	1×13×185 松木	1 片
机 翼 托 板	1×35×12 松木	3 片
机翼托板加强条	3×3×12 松木	6 根
牵 引 钩	φ0.8×22 钢丝	1 根
水平尾翼前缘	1×8×300 桐木	1 根
水平尾翼后缘	1×8×152 桐木	2 根
水平尾翼中间撑条	1×15×75 桐木	1 根
水平尾翼斜撑条	1×4×85 桐木	6 根
水平尾翼尖部撑条	1×4×62 桐木	2 根
垂直尾翼缘条	1×4×95 桐木	2 根
垂直尾翼撑条	1×4×70 桐木	5 根
方 向 舵	1×10×65 桐木	1 根
方 向 舵 摇 臂	1×7×20 桐木	1 根
牵引钩与舵面连线	缝纫机用线	若干

### (一) 机身的制作

先把机身各个零件按工作图尺寸要求切好。特别要注意的是，在做翼台时在  $A-A$  处和  $B-B$  处的尺寸一定要准确。翼台和机身加强片的接合角度要正确，否则要引起机身的弯曲。

做机身纵梁要选择最直の木条。因为它们是决定机翼安装角的。

机身的装配见图 5-10。

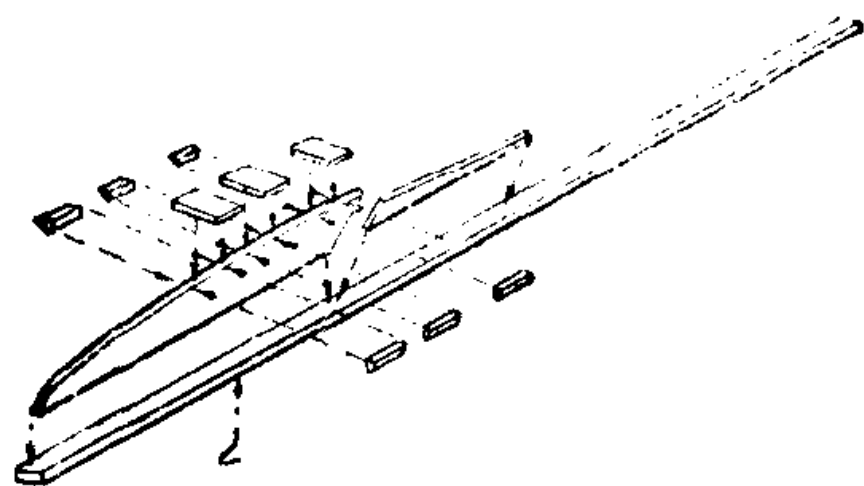


图 5-10

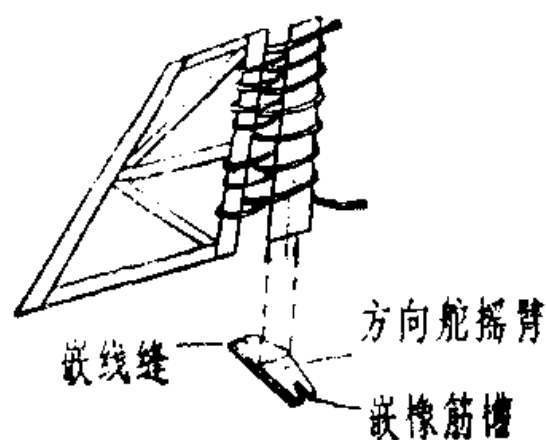


图 5-11

### (二) 尾翼的制作

用复写纸将尾翼形状从工作图上描下来，并按要求尺寸将尾翼的各椽条、撑条切好，按图纸拼好即可。注意胶水不要用得太多，撑条和椽条的结合要紧密，否则容易使尾翼变形。垂直尾翼和水平尾翼与机身的胶合同弹射飞机要求一样。

方向舵与垂直尾翼是用缝纫机线绕 8 字形做成的绞链连接的。方向舵摇臂胶于方向舵的下部(见图 5-11)。

### (三) 自动盘旋装置

牵引模型滑翔机，是用人力通过一根长线套在牵引钩上把模型牵引上天的，当牵引到高空后将牵引线脱钩，模型就自由地滑翔了。在牵引上升时，既要模型左右力矩平衡，这样才牵得直，牵得高，同时又要模型能够盘旋滑翔，即让方向舵有

一个偏角。这两个要求是矛盾的，怎样来解决呢？我们采用了一种自动盘旋装置。它的原理如图 5-12 所示。为了看清楚起见，图中省略了机翼和水平尾翼，并将机身翻过来从底部来看。我们在牵引钩和方向舵摇臂一端连一根线，摇臂的另一端嵌一根  $1 \times 1$  橡筋固定到机身上。当我们将牵引线环套在牵引钩上时，牵引钩与摇臂的连线是向前拉紧的，这就使原来偏转的舵面被拉直，这样模型就能不偏转地上升（图 5-12 甲的情况）。在牵引线环脱离钩子时，也就是模型自由滑翔时，由于橡筋的拉力使舵面偏于一边，因此模型就能盘旋滑翔（图 5-12 乙的情况）。了解了这个装置的原理，我们就不难知道，牵引钩到摇臂连线的长度，应调节到牵引线环套上拉紧时使舵面正巧在中间为好。

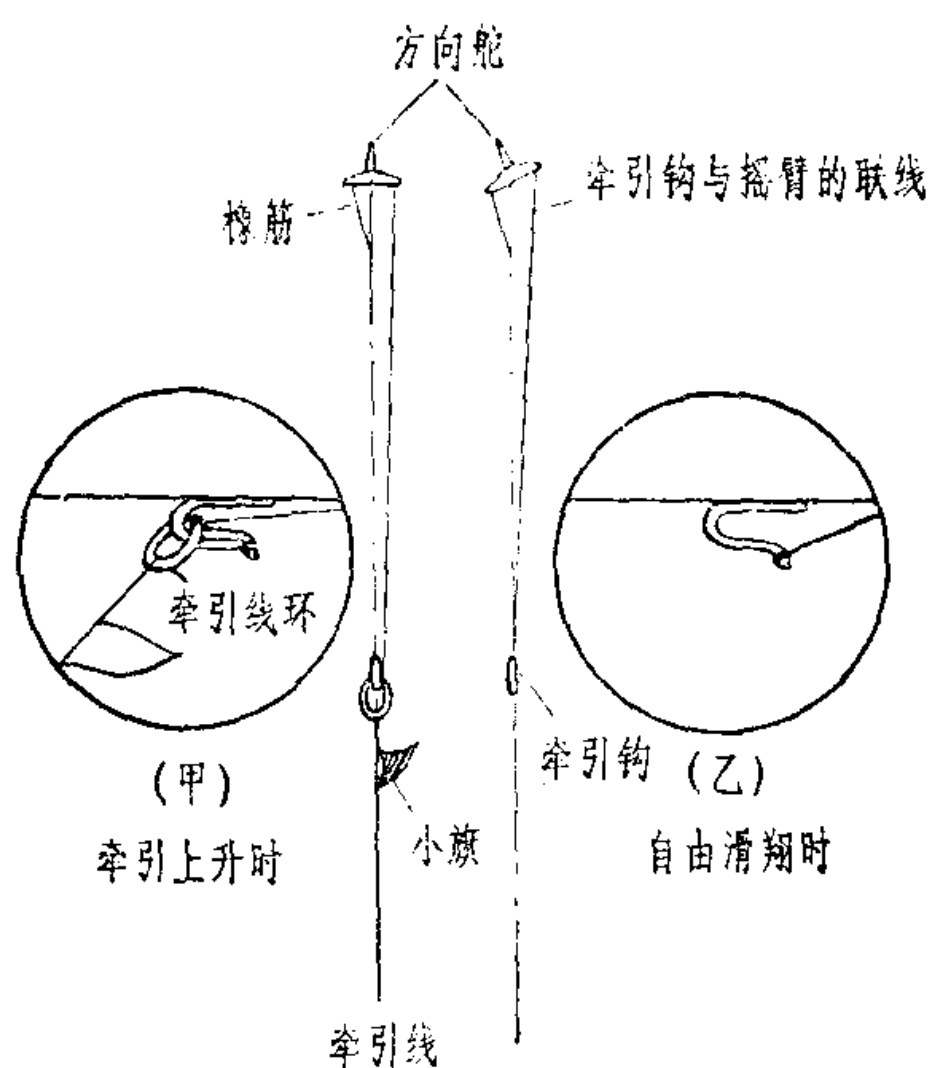


图 5-12

### 三、初级牵引模型滑翔机的调整试飞

这架模型的调整试飞分三个步骤。



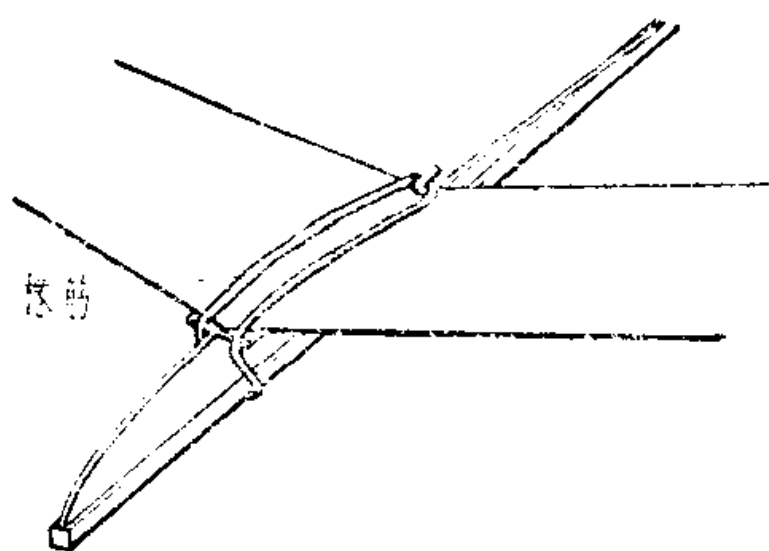


图 5-13

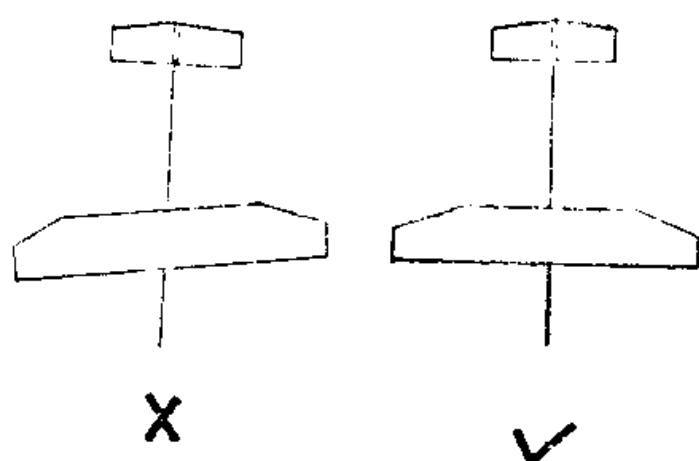


图 5-14

### (一) 试飞前检查

将机翼用一根 600 毫米长橡筋做成的橡筋圈绑在机身上 (图 5-13)。然后象检查弹射模型一样, 检查垂直尾翼与水平尾翼是否垂直; 机翼上反角两边是否相同; 机翼、尾翼是否扭曲, 并加以纠正。另外因这架模型的机翼是可以拆装的, 所以每次装上后都要检查一下, 从上面看去机翼的位置是否正 (如图 5-14)。又因这架模型的设计是与初级橡筋模型共用的, 所以在作牵引模型时, 头部不装螺旋桨, 必须加配重。方法是用拇指和食指轻轻地拿住机身的重心位置 (工作图上已有标出), 然后在头部加橡皮泥, 直至机身俯仰平衡为止。

### (二) 手掷试飞

这架模型的手掷试飞和弹射模型一样。但因为牵引模型的翼荷重比弹射模型小, 所以滑翔速度也小, 因而在手掷时也要轻一点, 更要保持平稳一些。模型掷出以后如果出现波状飞行或下滑角太大, 首先检查模型的重心位置是否正确。如果重心位置已配对, 仍有上述情况, 则对于波状飞行可在机翼后缘和机身的机翼托架之间加几片纸片; 对于下滑角太大, 可以在机翼前缘与机身的机翼托架之间加几片纸片。直到调到模型平稳滑翔。另外, 这架模型是有自动盘旋装置的, 所以在手掷试飞时要看一看盘旋半径大小。如果盘旋半径太小, 即

所谓转弯太凶,则将舵面摇臂一端的橡筋放松一点。反之,则将橡筋收紧一点,直到手掷滑翔时模型稍有些转弯即可。

### (三) 牵引试飞

在牵引试飞前,先准备一根 15~50 米长的缝纫机线,将它绕在一块板上。线的一端系一个牵引线环和一面三角形的小红旗 (图 5-15)。

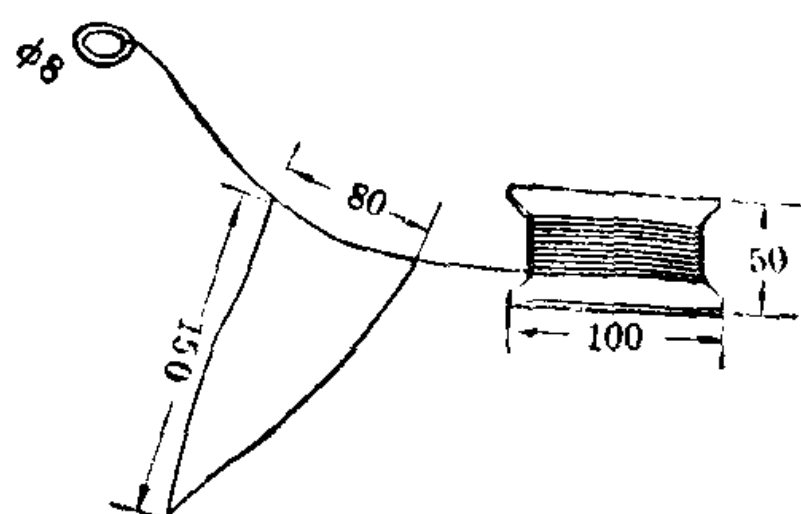


图 5-15

将牵引线环套在牵引钩里向前拉,检查一下方向舵是否被拉到中舵位置,如果不是,则调整牵引钩到方向舵摇臂连线的长度,使其达到中舵位置。但要注意,由于我们在制作模型时难免有误差,模型不对称,因此并不一定将舵面调在中间时牵引上升最直,出现例外情况,我们就要在牵引试飞中去按实际情况调整。

牵引试飞的方法是,放出 15 米牵引线,将牵引线环套在牵引钩上,助手手持模型的重心位置,朝着正迎风的方向,使机头微微抬起。牵引者手拉牵引线,站在机头方向前 15 米处 (图 5-16)。准备好以后,牵引者发出信号,开始迎风跑。助手随牵引者一起向前走几步,感到模型已

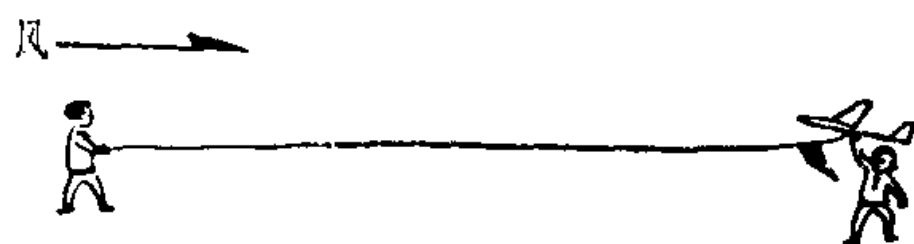


图 5-16

有向前和微微向上运动的趋势,就可松手(助手在把模型送出时要保持机头正对风,并且使模型不要左、右倾侧)。这时模型就在牵引者的牵引下徐徐上升。模型在开始上升时,迎角比较小,为了使模型有足够的升力上升,牵引者要跑得快一点。模型得到了较大的速度迎角也增大,升力大大增加,开始

抬头迅速上升,这时牵引线受到很大的张力,模型的机翼也承受很大负荷,牵引者就要放慢跑的速度。但到了后阶段,模型的迎角又逐渐减小,为了使模型争取较大的高度,牵引者又要跑得快些。直到模型已接近自己的头顶,牵引线张得比较直。这时,在一定长度牵引线的条件下,模型已基本达到了最大高度,牵引者可以放慢速度,将牵引线向机尾方向甩动,使牵引线环脱钩,模型就进入自由滑翔了(见图 5-17)。

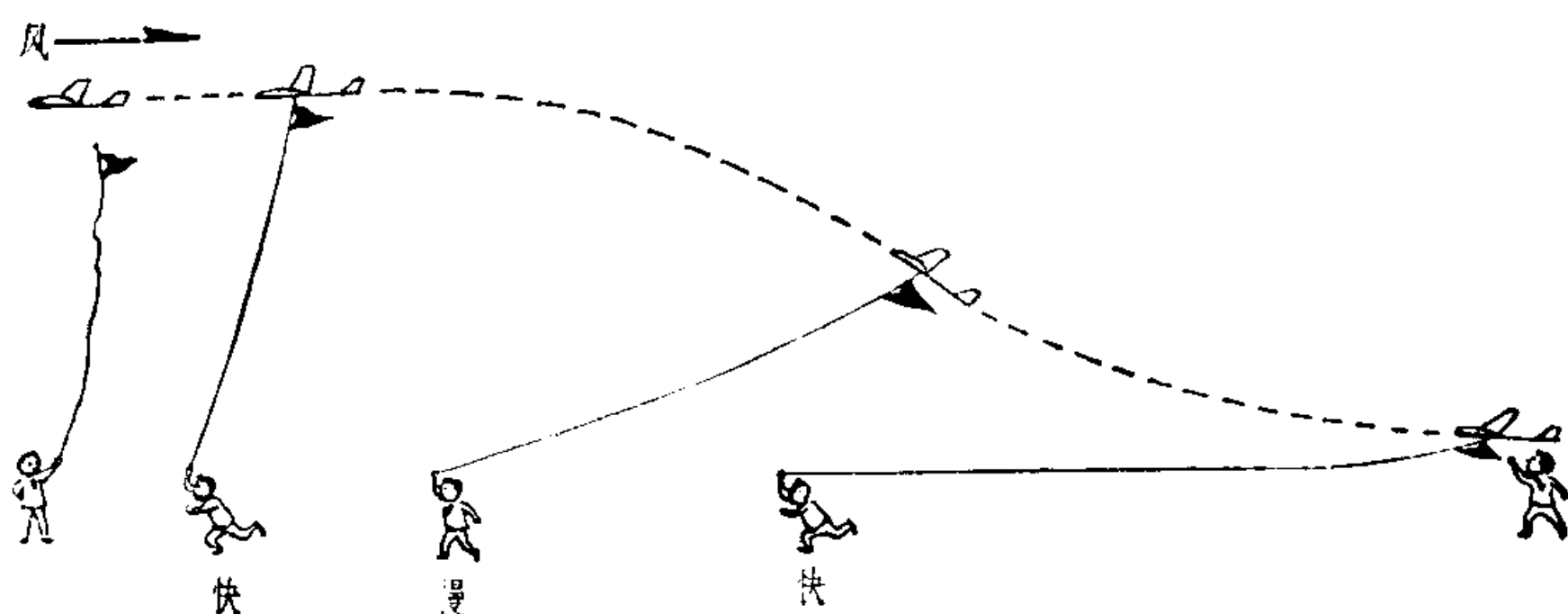


图 5-17

在牵引过程中,还会碰到侧风的影响,或模型本身有左、右力矩,模型就会在牵引中偏离牵引方向,这时就要牵引者一面向前跑,一面注意飞机的状态,如有方向偏移随时向相反方向纠正。但如果模型本身存在严重的左或右力矩,牵引时是纠正不过来的。这时,我们要把牵引线放松(停止向前跑或甩掉牵引线),让模型自行滑翔到地,调整方向舵的偏角,然后再次试飞,直到能够顺利地牵到头顶为止。还要注意一点,模型飞行的环境是在变化的,有时风大,有时风小。在风小的情况下,牵引速度就要大一些,风大的时候牵引速度就要慢一些,甚至在风很大时还要倒退。究竟怎样来掌握牵引速度,还要靠我们在实践中去摸索体会。

模型牵到头顶脱钩以后,我们就要密切注意滑翔的情况。如有波状飞行、下滑角度太大或转弯半径太小等情况,可按照手掷试飞时的调整方法进行调整。通过试飞和调整,模型的牵引上升和自由滑翔都比较正常以后,我们就可以根据场地的大小,把线放长进行正式飞行。

下面将试飞中可能出现的情况以及调整方法归纳一下:

情 况	原 因	纠 正 方 法
一起飞就脱钩。	1. 牵引速度太慢。 2. 助手配合不好,出手太早。	1. 加快牵引速度。 2. 出手慢一点,助手将机头抬高一些。
一起飞就猛抬头脱钩,模型失速。	1. 助手出手太慢,以致牵引线张紧而将模型弹出。 2. 出手时模型头抬得太高。 3. 牵引钩位置装得比图纸上标出的靠后。	1. 及时出手。 2. 出手时机头压低一些。 3. 按图纸重装牵引钩。
起飞后机翼抖振。	牵引速度太快。	减慢牵引速度。
起飞后模型向一边严重偏转。	1. 出手时模型是倾侧的。 2. 偏转力矩太大。	1. 出手时将模型扶正。 2. 调整方向舵偏角。纠正机翼、尾翼,使其平整。
起飞初期有严重偏转,以后逐步正常。	1. 出手时对风不正。 2. 出手时模型倾侧。	1. 对正风向。 2. 出手时将模型扶正。

(续表)

情 况	原 因	纠 正 方 法
起飞时有轻度向左(右)偏转。或前阶段正常,后阶段有轻度左偏转。	牵引线拉紧时方向舵不在中舵或不够右(左)偏。	增加牵引线拉紧时方向舵右(左)偏角度。
模型牵到头顶后不易脱钩。	牵引钩的形状弯得不好。	根据图纸纠正钩子形状。
滑翔时不会盘旋。	自动盘旋装置卡死。	修复。
滑翔时波状飞行。	1. 重心太后。 2. 安装角太大。 3. 脱钩时模型姿态不好,机头抬得太高。	1. 配准重心。 2. 机翼后缘与机身间垫纸片。 3. 改正脱钩时的姿态。
滑翔时下滑角太大。	1. 重心太前。 2. 安装角太小。	1. 配准重心。 2. 在机翼前缘与机身间垫纸片。
盘旋半径太小。	1. 模型自由状态下方向舵偏角太大。 2. 模型本身有严重扭曲变形。	1. 减小方向舵偏角。 2. 校正。

## 第六章 初级橡筋动力模型飞机

这里介绍的初级橡筋动力模型飞机，是用前面一章的初级牵引模型滑翔机改装而成的，主要增加了螺旋桨、起落架、尾钩及橡筋索(图 6-1)。

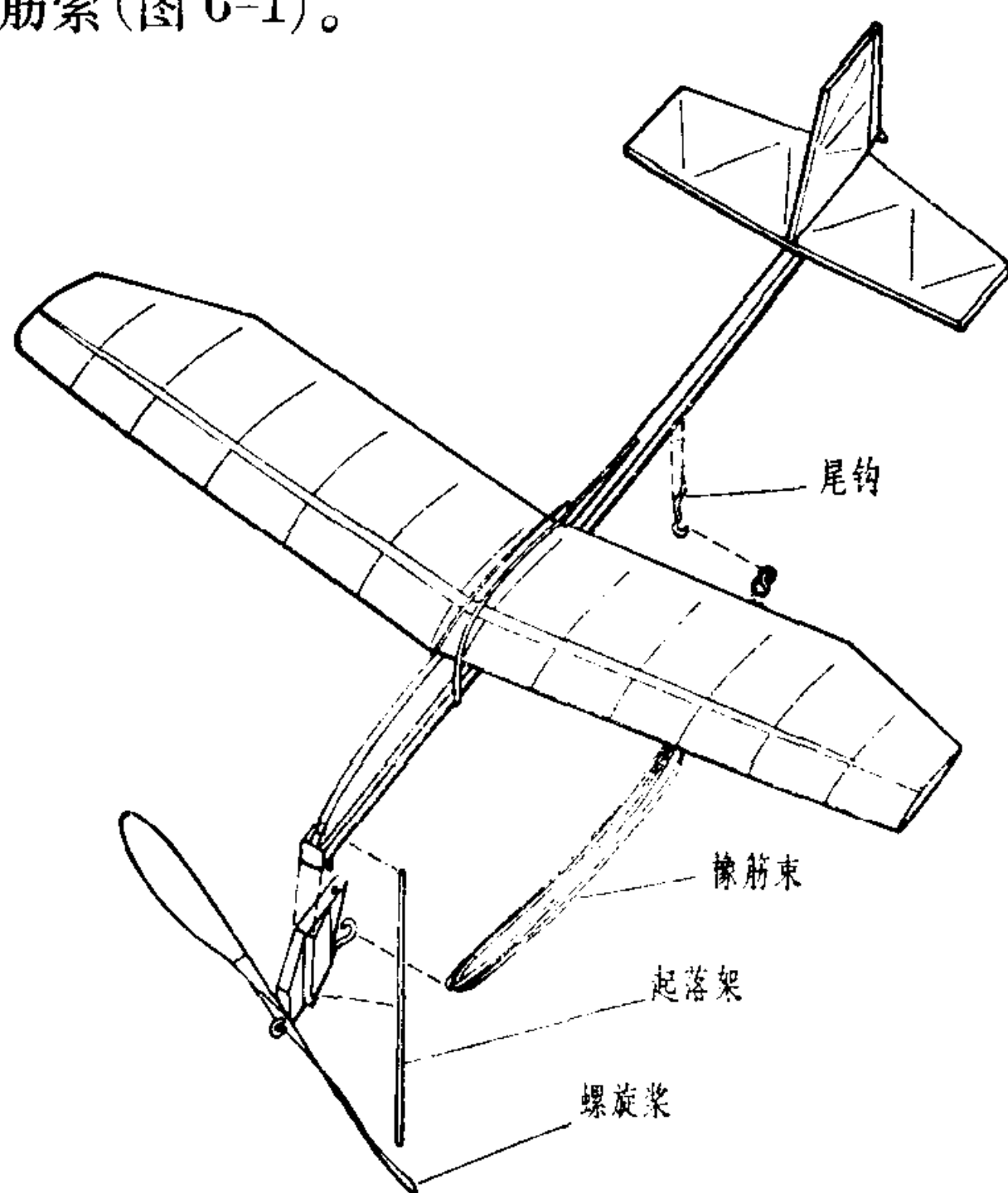


图 6-1

### 一、初级橡筋动力模型飞机的制作

在动手改装之前，我们把需要增添的材料准备好。材料表如下：

名 称	规 格	数 量
螺旋桨桨叶	1×30×120 桐木片	2
螺旋桨桨根	5.5×9×120 松木	1
螺旋桨桨轴	φ1×80 钢丝	1
机头木	4×20×30 松木	1
机头垫块	少量零星松木	
机头垫片	少量铁皮或硬塑料片	
空转装置中单向 传动轴及销钉	大 头 针	
机头销子	φ1.5×10 竹丝	1
起落架	φ1.5×180 竹丝	
尾钩	φ1×45 钢丝	
桨轴及尾钩套管	少量塑料套管	
橡筋	1×1 橡筋束长 400 毫米共 7 圈	

### (一)螺旋桨的制作

螺旋桨由桨叶、桨根、机头木、垫片、桨轴及空转装置等几个部分组成。

制作桨叶就是按工作图象前面制作翼肋的方法那样，切好两片桨叶外形，并要打磨平滑，然后浸湿，将它绑在一只盐水瓶上，向瓶内灌满开水，隔数小时取下即成。需要提醒的是，桨叶绑在瓶子上的位置应该使桨叶中心线与瓶子轴心线构成 20° 的夹角(如图 6-2)。这样桨叶便会因受热而烘成弧形，并成扭曲状。

桨根制作就是先在准备好的木料上划好尺寸，然后再钻轴孔。钻孔用的钻头可以自制：用直径 1 毫米钢丝截一段，一头敲扁，并锉成三角形便成。钻轴孔时一定要使轴孔与桨根

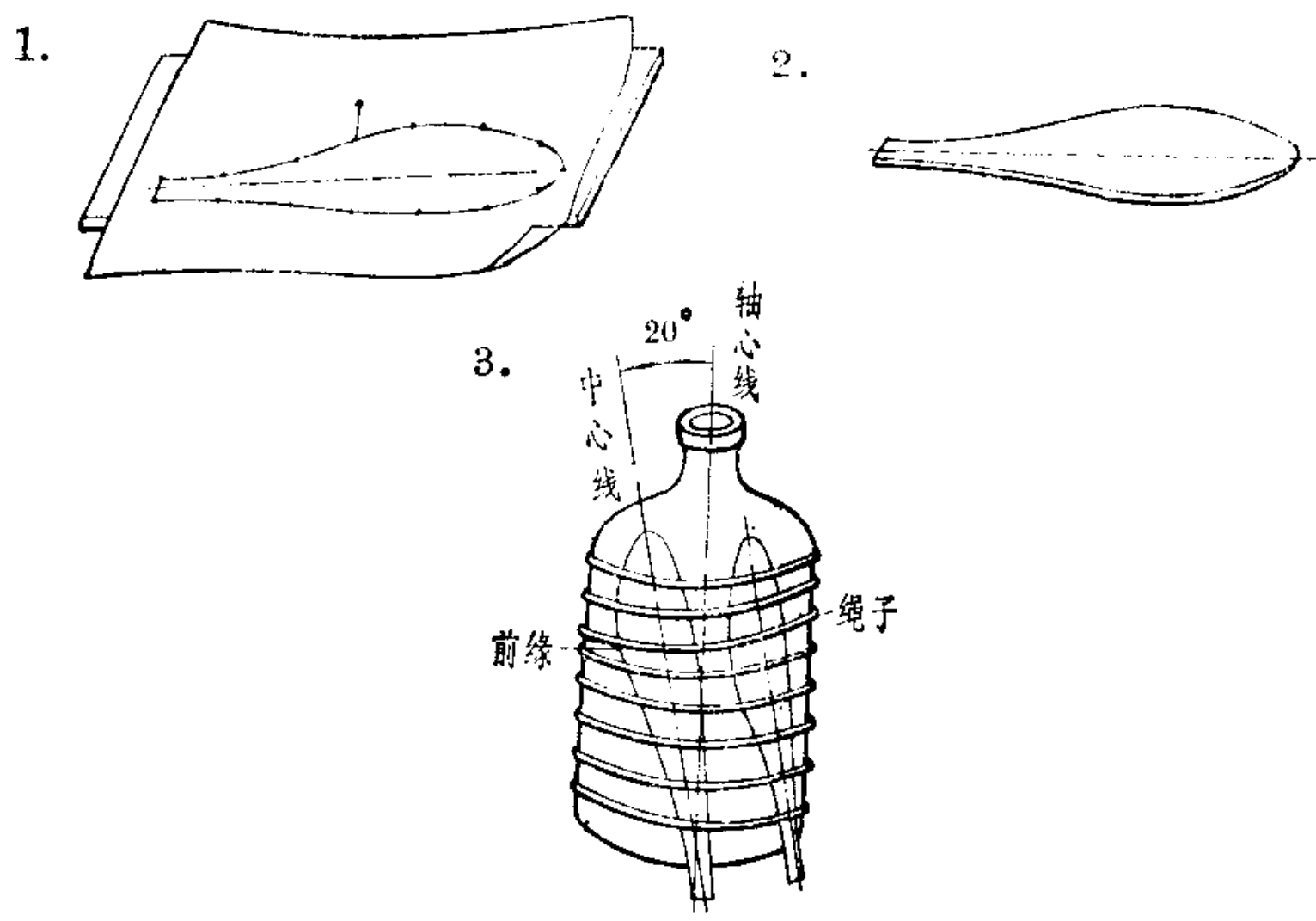


图 6-2

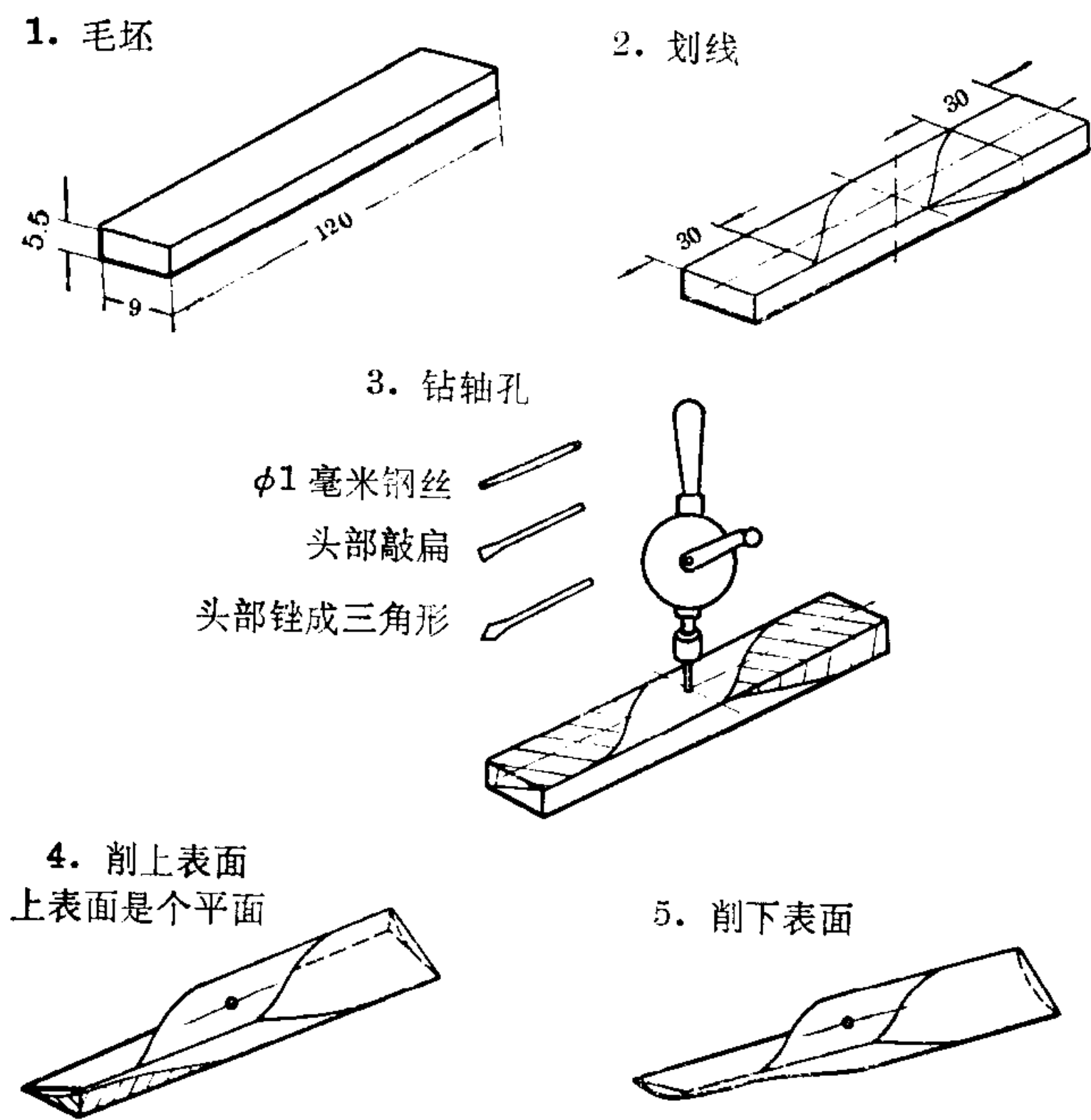


图 6-3



表面垂直。至于桨根上、下表面的削制,那一定要按图所示方向进行,不能反向(图 6-3)。

机头木的制作按图 6-4 所示的步骤来做,这里应该注意以下两点:一点是划线时以轴孔中心线为基准线。其次是机头垫块应胶合在机头木左边。

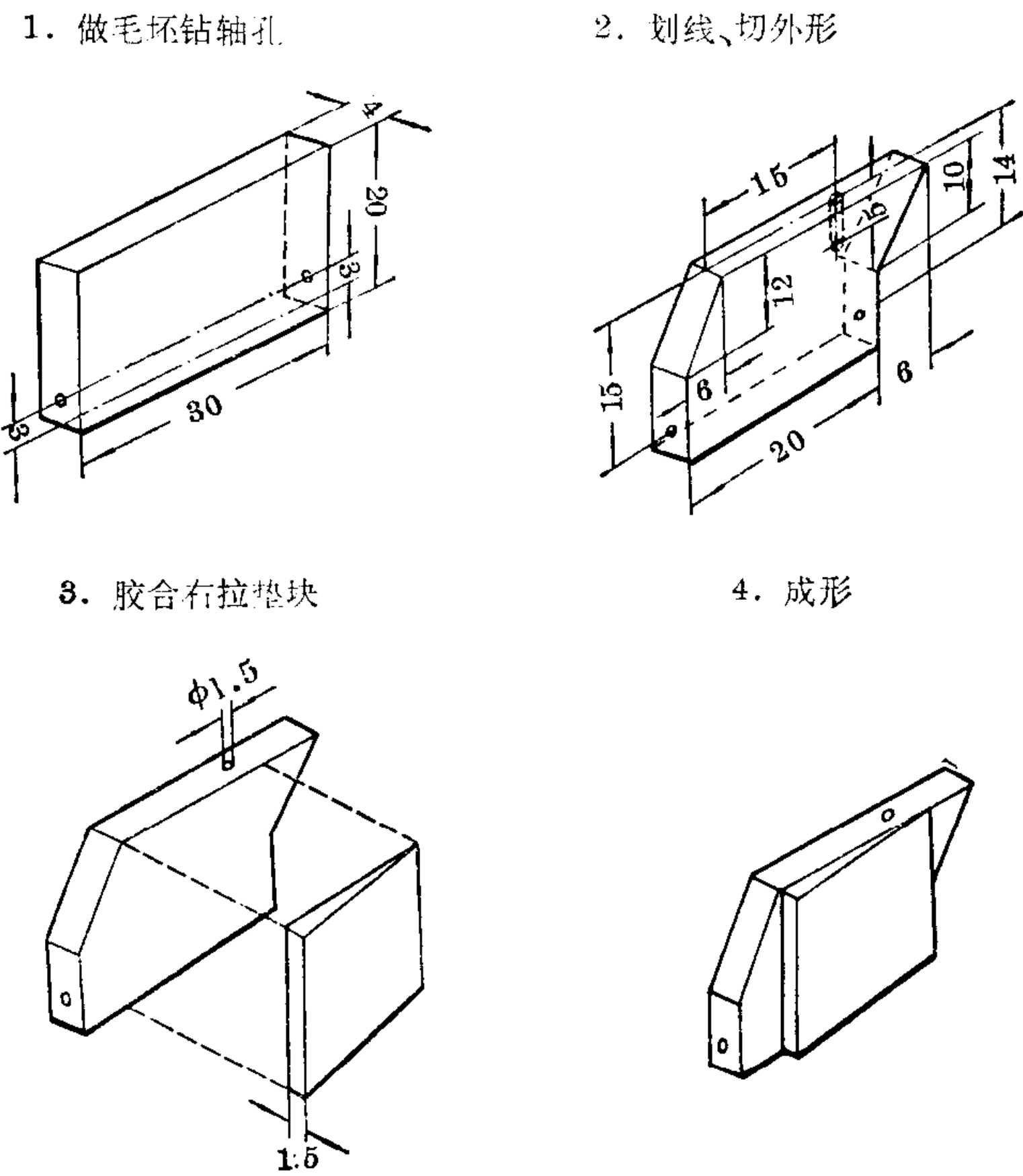


图 6-4

桨轴取直径 1 毫米、长 80 毫米的钢丝,按工作图先弯出后端的橡筋钩,并套上一小段塑料管即可。

做垫片方法同初级直升模型飞机上垫片一样。

各零件都做好后，进行螺旋桨总装工作。先把桨叶与桨根按尺寸胶合，再将各零件依次套在桨轴上(图 6-5)。

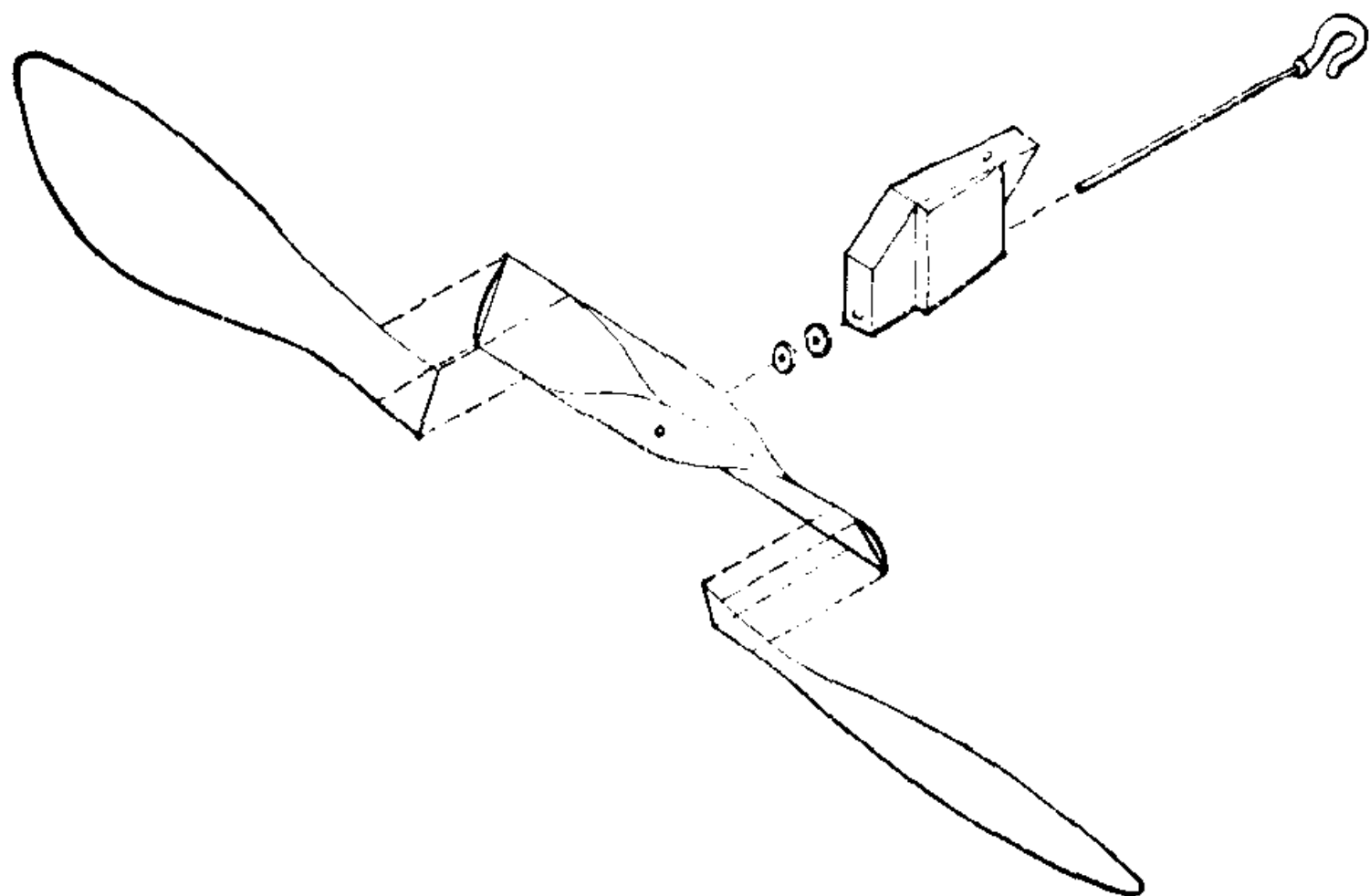


图 6-5

在螺旋桨上还要有个空转装置，做起来很容易。先将桨

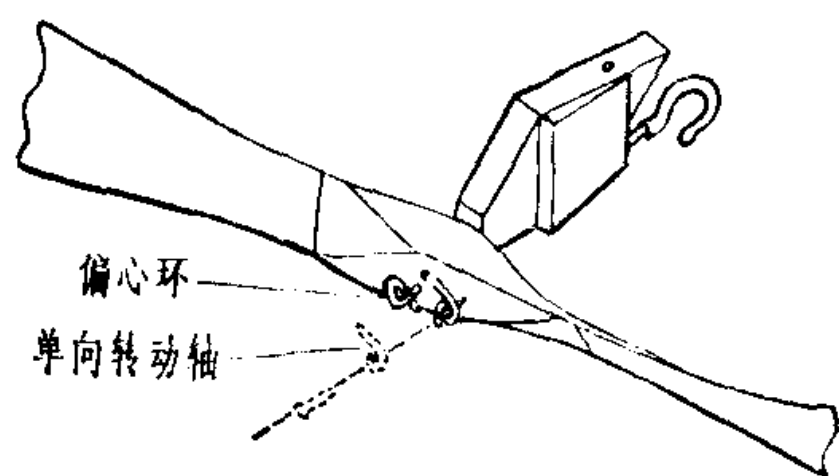


图 6-6

轴头部弯成偏心环，再用大头针做成单向传动轴和销钉，让单向传动轴套入销钉内。单向传动轴的长度，比销钉到桨轴的距离稍长点就可以了(图 6-6)。

这种空转装置是怎样进行工作的呢？我们先将单向传动轴由右向左穿进桨轴头部的偏心环中，当我们用手自右向左拨动螺旋桨时(左、右方向以驾驶员位置为准)，由销钉和单向传动轴带动桨轴扭转橡筋索。但当橡筋索被绕紧，手松开螺旋桨后，则由橡筋来带动桨轴，并由桨轴的偏心环通过单向传动轴和销钉，使桨叶自左向右旋转。等橡筋弹力用完后，由于

空气动力的作用，桨叶仍继续右转，这时桨轴是不动的，单向传动轴便从桨轴的偏心环中滑出，螺旋桨就进入自由空转，模型飞机就可以自由滑翔了。

## (二) 机身的改装

机身的改装主要是改装头部和安装尾钩。机身头部改装如图 6-7 那样，在头部切一缺口，钻一个直径 1.5 毫米的孔，并打入竹销钉，竹销要露出孔外约 3 毫米高。在机头右侧胶上机头垫块。尾钩是用直径 1 毫米、长 45 毫米钢丝弯成，钉入指定位置，并用线绑牢。

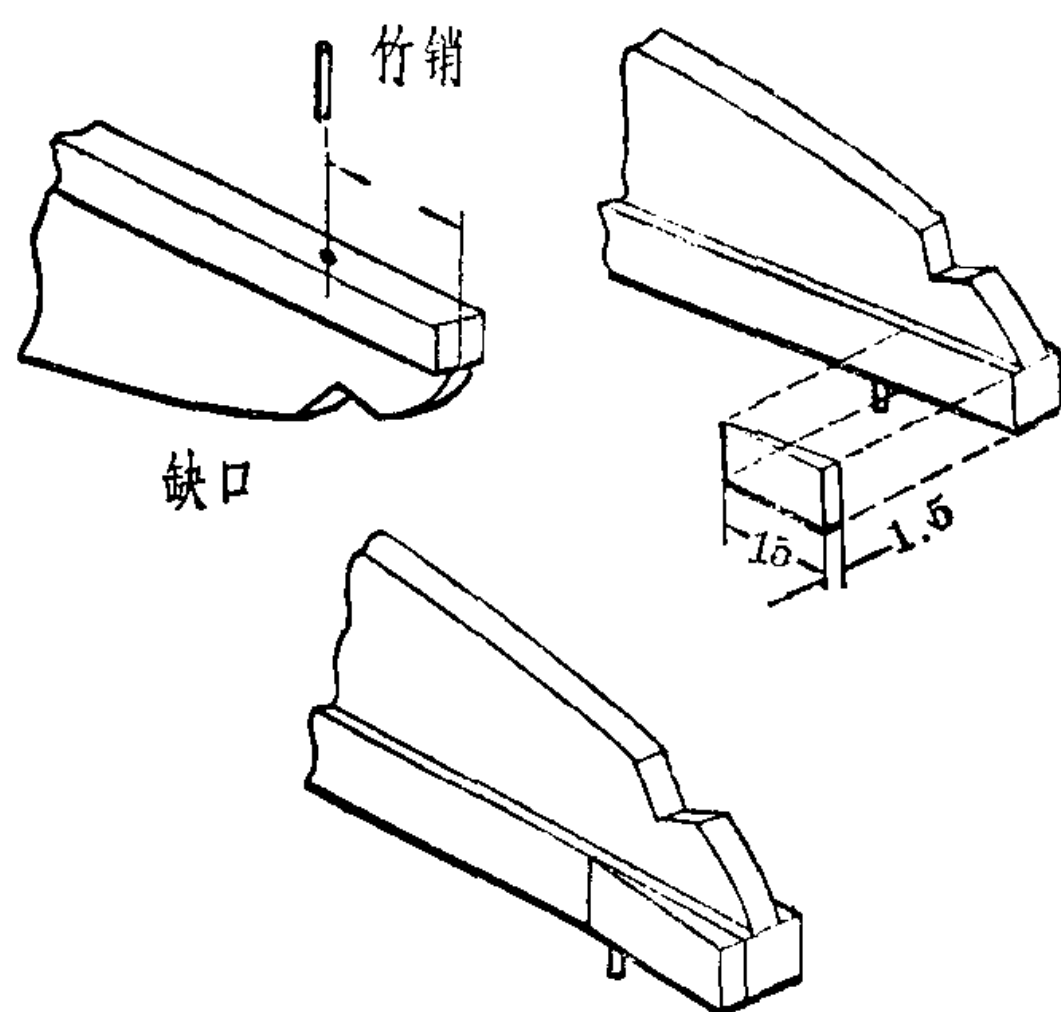


图 6-7

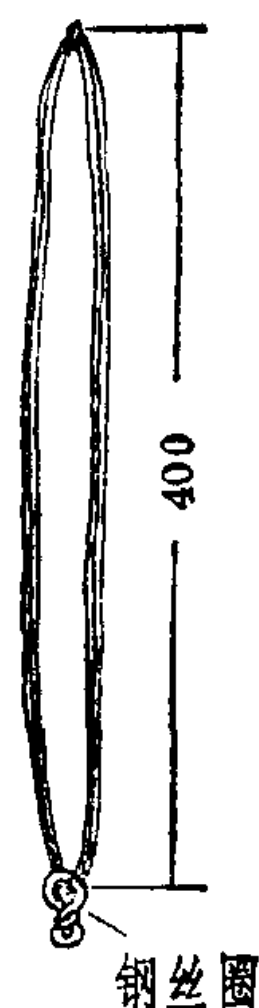


图 6-8

## (三) 整理橡筋索

这架模型采用  $1 \times 1$ 、长度为 400 毫米橡筋绕成 7 圈。整理方法同初级直升模型飞机橡筋一样。不过，要在一端挂一个“8”字形钢丝圈，以使用手摇钻绕橡筋(图 6-8)。在橡筋束使用前最好将它先预绕两次，就是把橡筋索绕紧松开，反复两次，这样做可以提高橡筋的性能。

#### (四)螺旋桨桨叶角的纠正

桨叶角就是桨叶翼弦与螺旋桨旋转平面间的夹角。为了提高螺旋桨的工作效率，必须使所制作的螺旋桨桨叶角与设计要求相符合。

先取1毫米厚松木片做成 $18^\circ$ 、 $23^\circ$ 、 $28^\circ$ 三个卡板，再用一块平整的木片按图6-9做一块底板，并划上线。有了这卡板及底板就可以检查和纠正桨叶角了。将螺旋桨放在底板上，桨轴卡入底板的槽中，桨根下表面紧贴底板上表面，此时，桨轴应与底板上表面垂直，如不垂直应修正桨根下表面。再把 $28^\circ$ 、 $23^\circ$ 、 $18^\circ$ 三个卡板分别按在底板上 $R80$ 、 $R110$ 和 $R140$ 的三条线的位置，卡入底板与桨叶之间，使卡板与底板垂直。看卡板与桨叶前后缘是否同时相碰，如不同时相碰可用

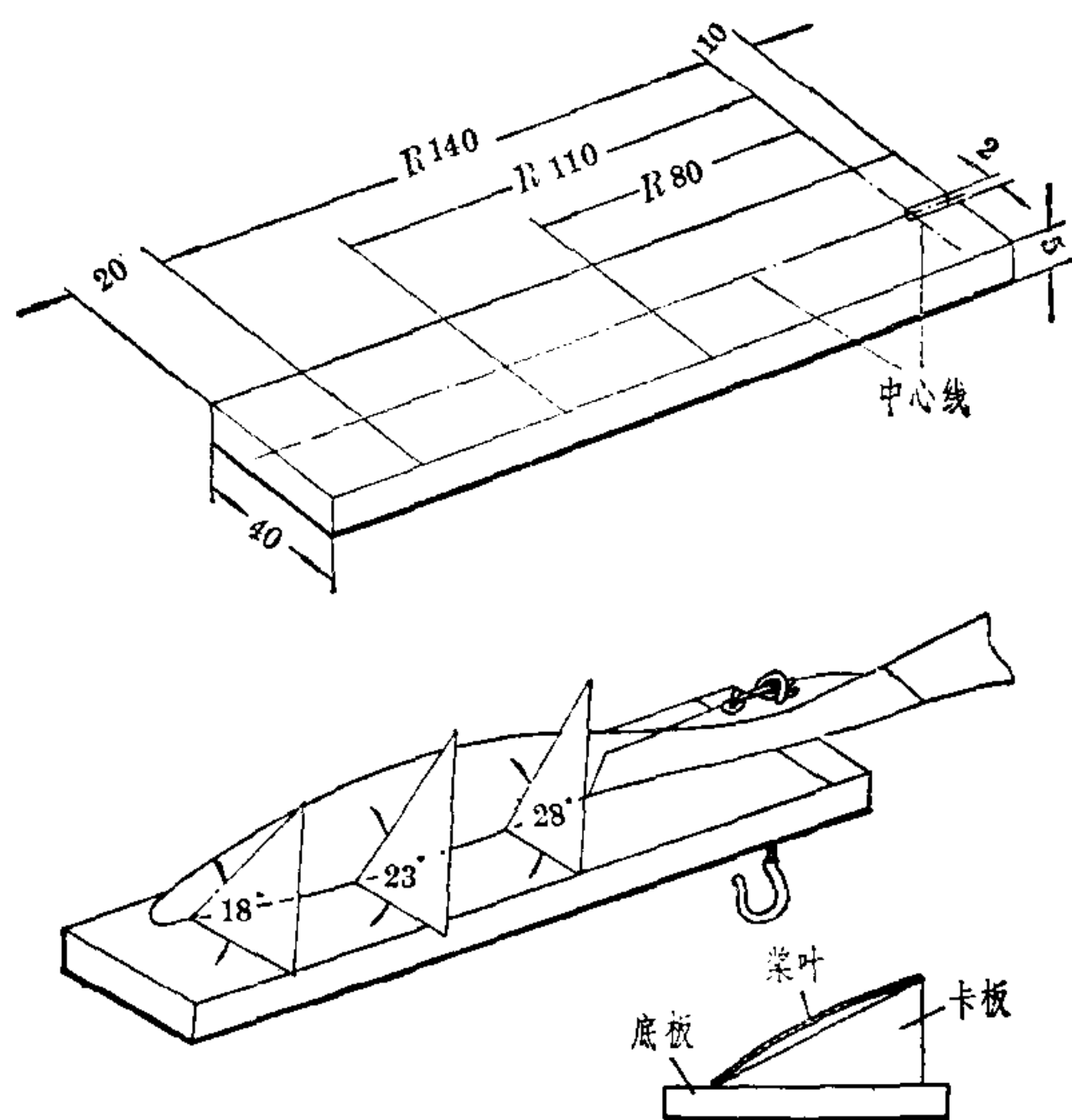


图 6-9

电烙铁或盐水瓶装热水纠正，直至完全相碰为止，如图 6-9 所示。

### (五) 总装

将机身、螺旋桨、起落架按图 6-1 装配，并用橡筋扎牢，再挂上橡筋索就可以了。

## 二、初级橡筋动力模型滑翔机的调整试飞

试飞前的检查及手掷试飞同初级牵引模型滑翔机。另外还需检查一下螺旋桨，看看旋转是否灵活；空转装置能否工作；桨叶角是否正确。还应该在牵引钩上用一小块胶布贴起来，以免划伤橡筋。最后用手拨动螺旋桨，使橡筋束绕几十圈，然后把手松掉，看一下桨叶旋转是否平稳，有没有抖动，如果有抖动应及时予以纠正。抖动主要原因是：两个桨叶的桨叶角不等或者是两个桨叶重量不等。

### (一) 拉力线的调整

拉力线就是螺旋桨产生拉力的作用线，它一般是与螺旋桨桨轴线重合的。

我们制作的是右转螺旋桨，由于橡筋对模型飞机有反扭作用，因而使飞机产生一个左转力矩（图 6-10）。这种右转螺旋桨工作时，如果机头需

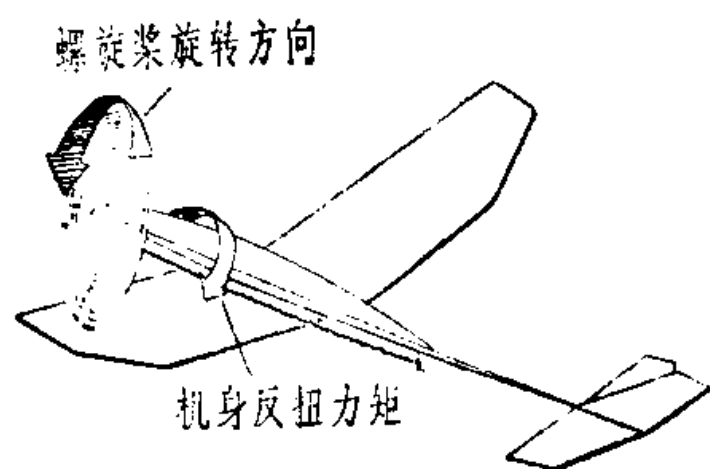


图 6-10

要向左转，就会产生一个向上的力矩。这样整架模型上，除了受这两个力矩作用外，再加上螺旋桨的拉力，就容易使飞机在空中“吊翻”。又因为拉力线一般在重心下面，所以螺旋桨工作时，又会产生抬头力矩，使模型失去俯仰平衡。为此，必须

要有向右和向下的拉力线来克服这个左转力矩和抬头力矩，才能正常飞行。

拉力线调整方法如图 6-11，在机头与机身头部之间不同位置垫上木片或纸片来解决。

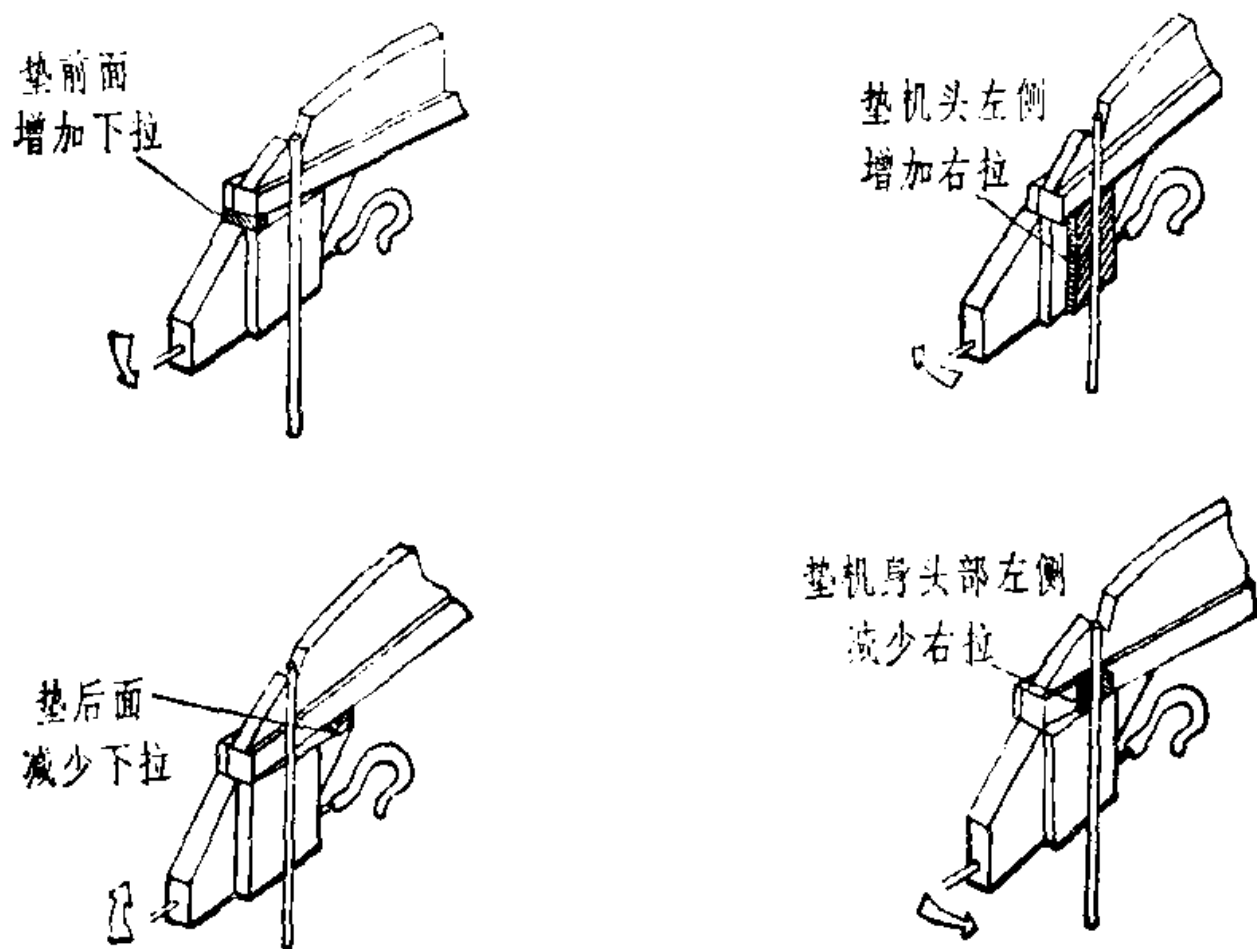


图 6-11

## (二) 动力试飞

初次飞行应用小动力进行，橡筋绕上可绕数的  $\frac{1}{3}$  左右（约 150 圈~200 圈）。绕

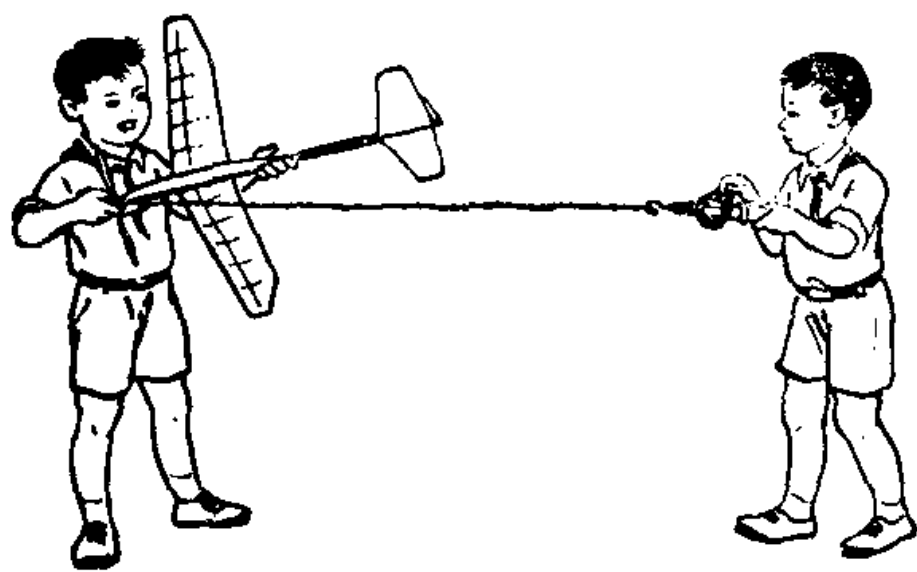

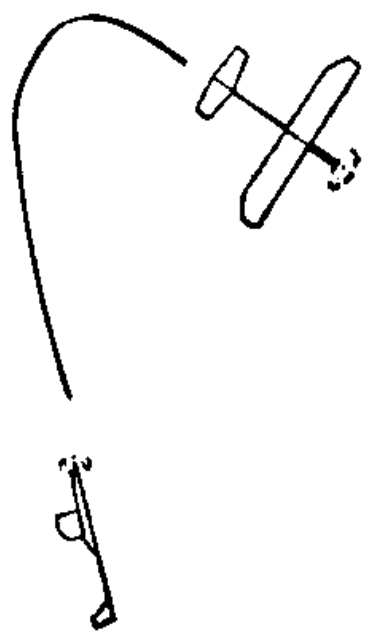
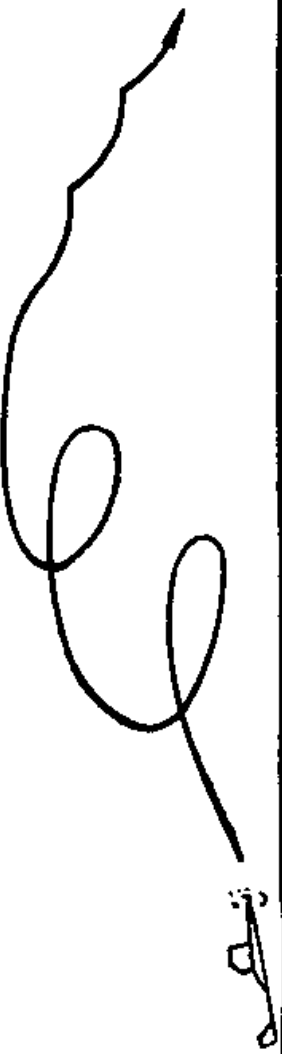


图 6-12

橡筋时先把橡筋拉长到 1~1.5 米再绕，最好是用手摇钻进行(图 6-12)。没有手摇钻用手指拨动螺旋桨也可以。

橡筋动力模型飞机一般采用右上升右滑翔或右上升左滑翔，试飞中可能遇到的情况、产生原因及纠正方法见下表：

飞 行 情 况	产 生 原 因	调 整 方 法
<p>爬升失速坠地或爬升波状右转较少。</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 抬头力矩太大, 下拉及右拉太小。</li> <li>2. 机头太轻。</li> <li>3. 机翼安装角太大。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 增加下拉及右拉。</li> <li>2. 机头配重。</li> <li>3. 减小机翼安装角。</li> </ol>
<p>爬升波状, 但能正常右转。</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 下拉太小。</li> <li>2. 机翼安装角太大。</li> <li>3. 机头太轻。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 增加下拉。</li> <li>2. 减小机翼安装角。</li> <li>3. 机头配重。</li> </ol>
<p>向右坠地或爬升到一定高度, 右盘旋半径愈来愈小以致右螺旋坠地。</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 右拉太大。</li> <li>2. 模型右力矩太大。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 减小右拉。</li> <li>2. 纠正右力矩或减少右舵。</li> </ol>
<p>爬升正常, 滑翔时进入轻微的波状飞行。</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 机头太轻。</li> <li>2. 安装角太大。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 机头配重。</li> <li>2. 减小机翼安装角。</li> </ol>

## 第七章 一级橡筋动力模型飞机

一级橡筋动力模型飞机的结构，虽然比前面介绍的模型飞机复杂些，但空气动力性能比较好，接近于较高级的模型飞机。模型的三视图见图 7-30。

### 一、机翼和尾翼的制作

机翼的制作可分为放翼型、翼肋制作、后缘条制作、机翼胶合、翼梁复板、接上反角和蒙皮等工序。

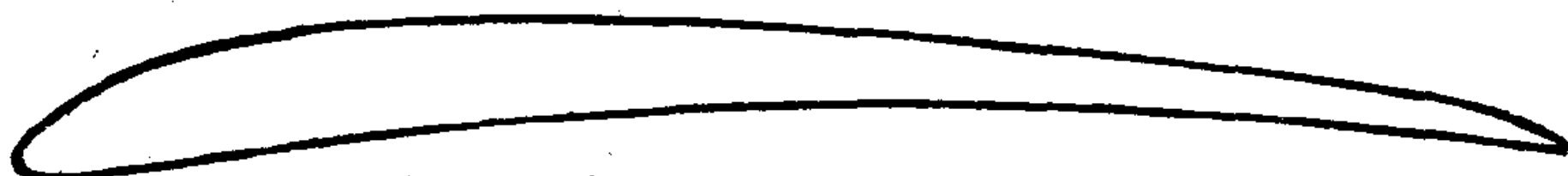
#### (一) 放翼型

这架模型的机翼翼型是用 B-7406-f。其坐标如下：

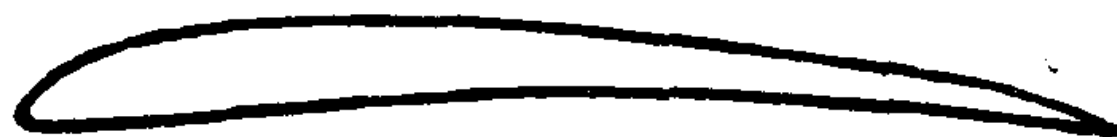
B-7406-f	$x$	0	1.25	2.5	5	7.5	10	15	20	25
	$y_{\text{上}}$	0.9	2.95	3.95	5.6	6.6	7.4	8.55	9.2	9.55
	$y_{\text{下}}$	0.9	0.1	0.1	0.45	0.8	1.0	1.5	1.95	2.4
B-7406-f	$x$	30	40	50	60	70	80	90	95	100
	$y_{\text{上}}$	9.65	9.3	8.6	7.7	6.65	5.4	3.95	2.9	0.5
	$y_{\text{下}}$	2.8	3.4	3.8	3.75	3.4	2.65	1.6	0.9	0

#### 机翼翼型

① 翼弦：100 毫米



② 翼弦：60 毫米

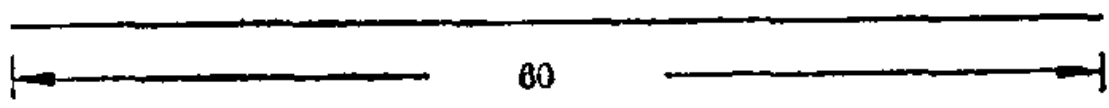




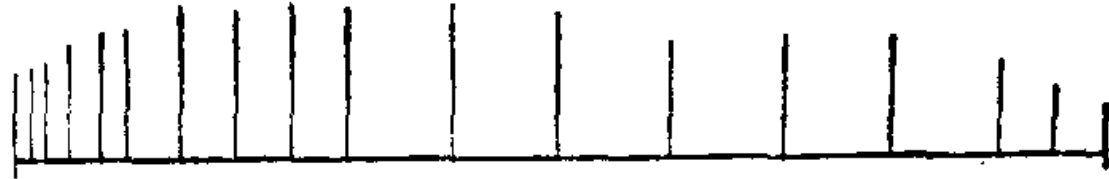
表中的数值表示按翼弦长度计算的百分比,  $x$  项的数值表示在翼弦上的各点到前缘的距离,  $y_{\text{上}}$  及  $y_{\text{下}}$  项分别表示翼型上弧及下弧与  $x$  项相对应位置的点到翼弦的距离。各点所表示的实际尺寸, 就是将所放翼型的翼弦长度, 乘上表中数值再除以 100。具体的做法举例如下:

以翼尖翼型为例 (翼弦长 60 毫米), 具体画法见图 7-1。在制作时应分别放出翼弦为 100 毫米的根部翼型和翼弦为 60 毫米的尖部翼型。

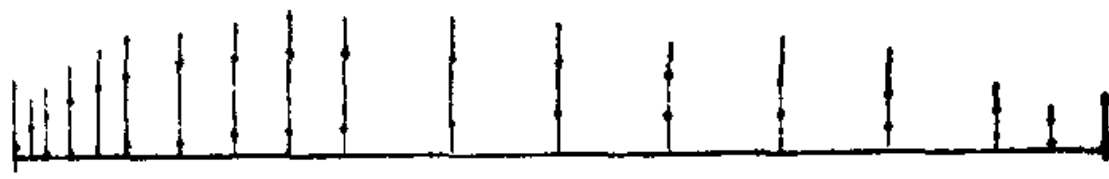
1. 作直线 (基准线) 量出翼弦长度 60 毫米。



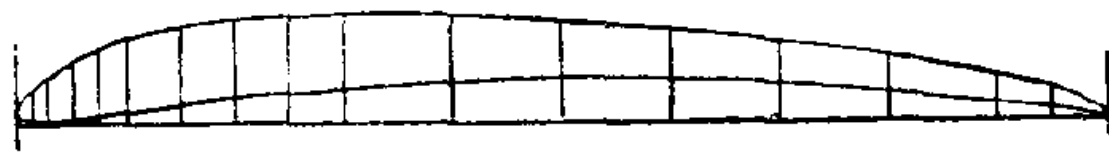
2. 在基准线上量出  $x$  项的尺寸。如 1.25 处尺寸为  $1.25 \times 60\% = 0.75$  毫米并通过该点作垂线。



3. 在相应的  $x$  项的垂线上, 量出  $y_{\text{上}}$  和  $y_{\text{下}}$  的尺寸。



4. 将上下弧各点圆滑地联接起来。



B—7408-f

图 7-1

(二) 翼肋的制作

机翼中段翼肋的制作是, 用厚 1~2 毫米的层板 (或松木片) 做两只 100 毫米长翼肋样板, 板上钻两小孔, 并在上下弧

处涂上墨水。

在厚 1 毫米桐木片上用刀子刻成翼肋毛坯 22 只。应注意：毛坯四周应比样板大 1 毫米以上，翼肋尾部木纹应与翼肋尾部平行。把毛坯两端夹上翼肋样板，用两只大号针穿起来。以样板为标准用刀子把毛坯多余部分削去，再用锉刀及砂纸加工。加工标准：1. 使翼肋上下弧尽量接近样板，但削到样板翼肋上下弧涂墨水处就不能再削了。2. 用直尺放在翼肋上下弧检查时应使尺和翼肋间是均匀透光的（图 7-2）。然后在翼肋上下弧刷两层透布油。

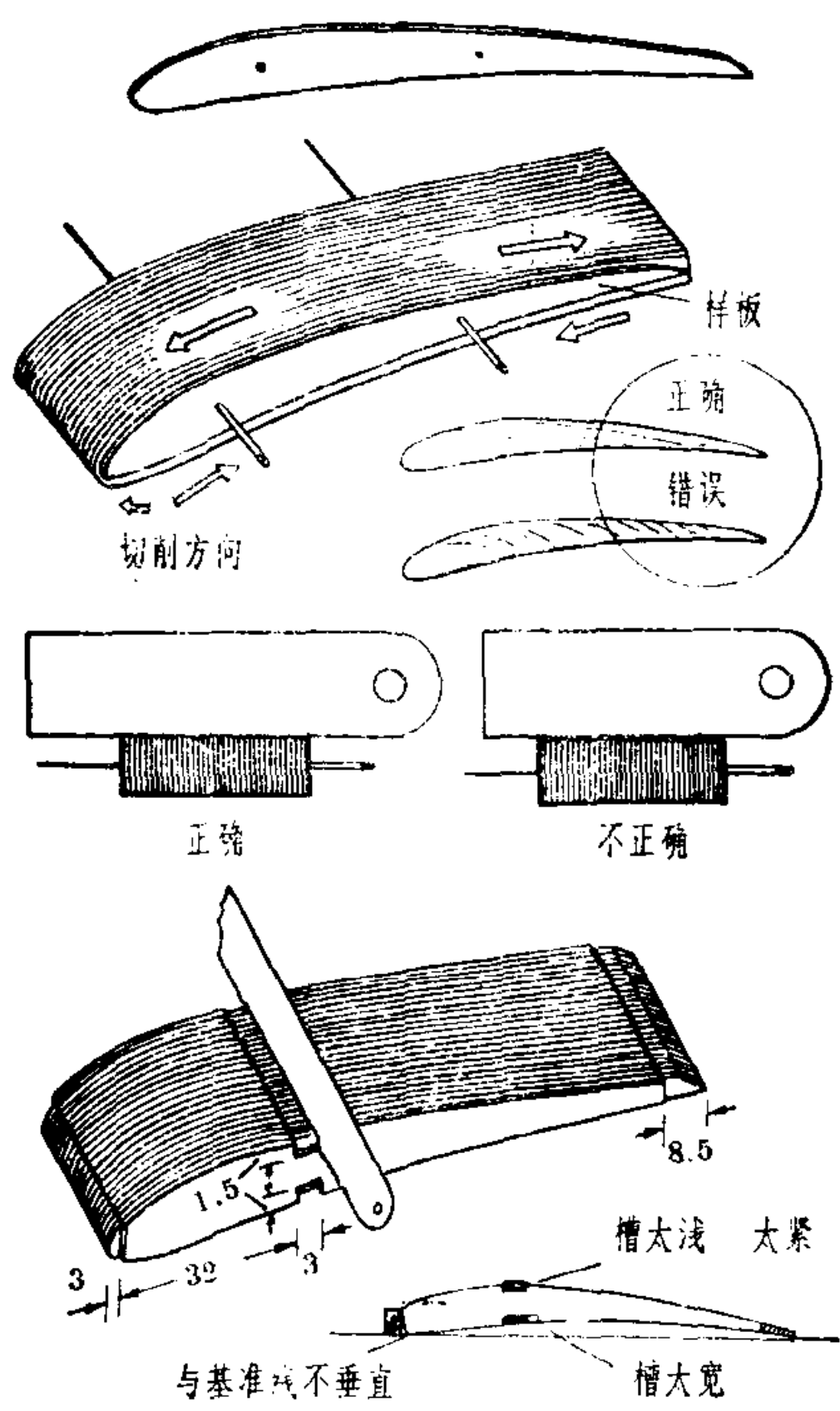


图 7 2

取掉翼肋样板，取下两只翼肋。按尺寸要求及所选用翼梁的大小，在这两只翼肋上开好翼梁槽，并切掉前后椽。余下的一迭翼肋，依这两个翼肋为标准开槽，用锯条锯两条口，后用刀子把多余部分挑去，再用三角形什锦锉加工，使翼梁正好嵌入槽内。

上反部分翼肋是根据相似形原理来做的。加工方法与中段翼肋相同，注意翼肋（包括半翼肋）只数应与工作图完全一致（如图 7-3）。

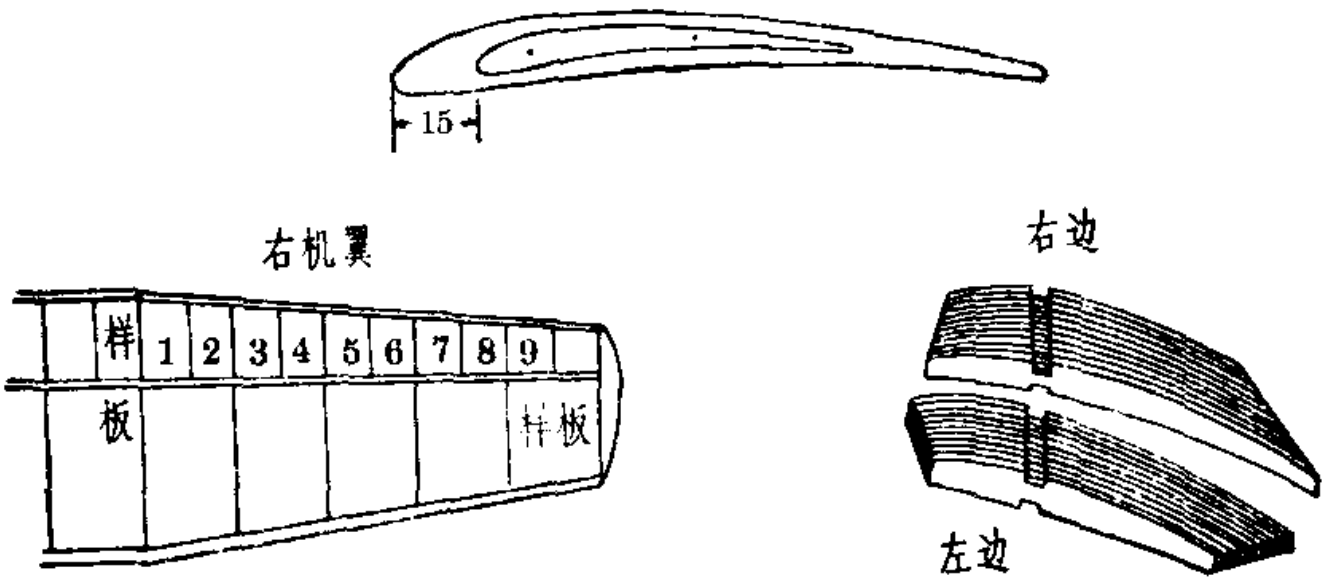


图 7-3

### (三) 后椽条加工

分为中段后椽条和上反部分后椽条的制作，见图 7-4 和图 7-5。注意：加工后应使后椽条横截面与翼型后部形状一致；后椽上翼肋槽大小与翼肋厚度相等，其方向与翼肋平行。

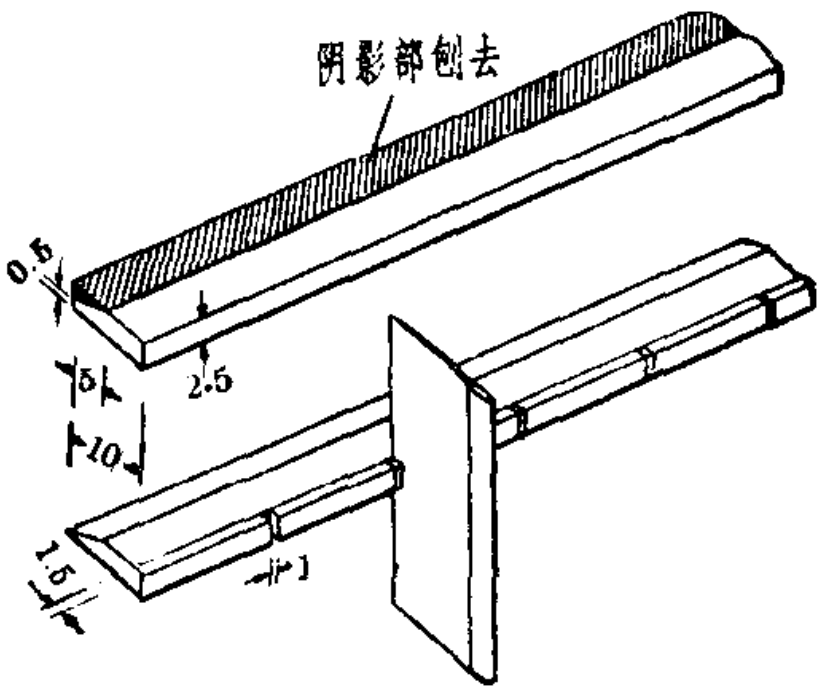


图 7-4

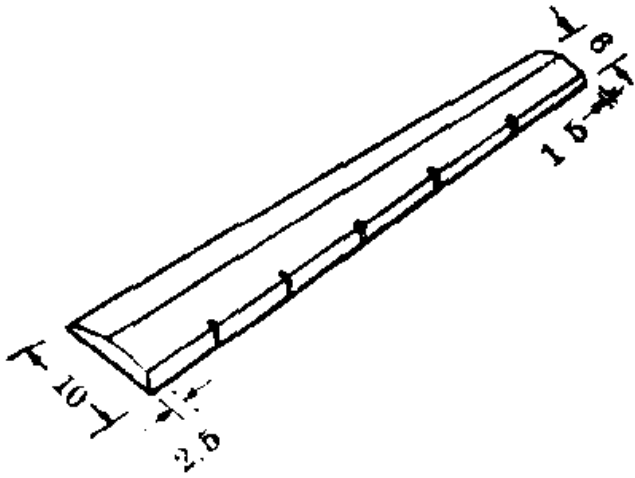


图 7-5

#### (四) 机翼胶合

机翼胶合与初级牵引机翼胶合方法相似，只是次序有所改变：1. 将前后椽条钉在工作图上，在后椽条前下方垫一木条，中段垫1.5毫米，上反部分从1.5毫米过渡到1毫米(图7-6)。2. 翼肋与前后椽条试装与胶合。3. 上梁试装与胶合。4. 下梁的试装与胶合。以上工序中试装的目的是修正翼肋与前后椽条、翼梁的配合，以减小机翼构件的内应力。



图 7-6

#### (五) 蒙板及翼梁复板

具体制作见图7-7。中段蒙板主要供机翼与机身联接用，大梁复板是将下翼梁连成一个整体。它对机翼是否变形

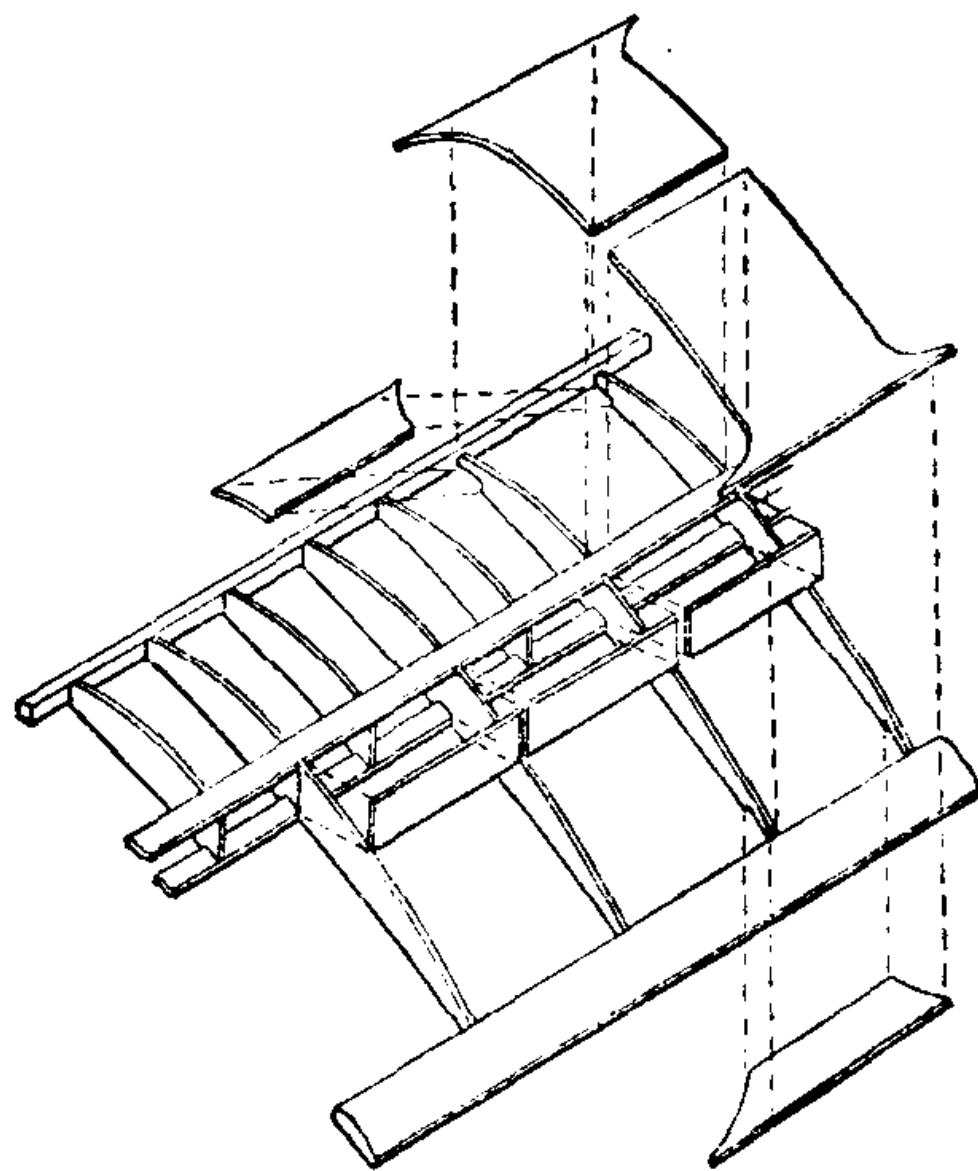


图 7-7

有着很重要的影响；因此胶合复板前要使机翼保持平整，复板与大梁翼肋的配合要适当。

### (六) 前缘打磨

机翼前缘形状对模型的空气动力性能有较大关系。如果前缘过尖，模型容易发生失速现象；前缘太钝，则会增加飞行阻力。因此前缘需要打磨，并应用卡板来检验(图 7-8)。

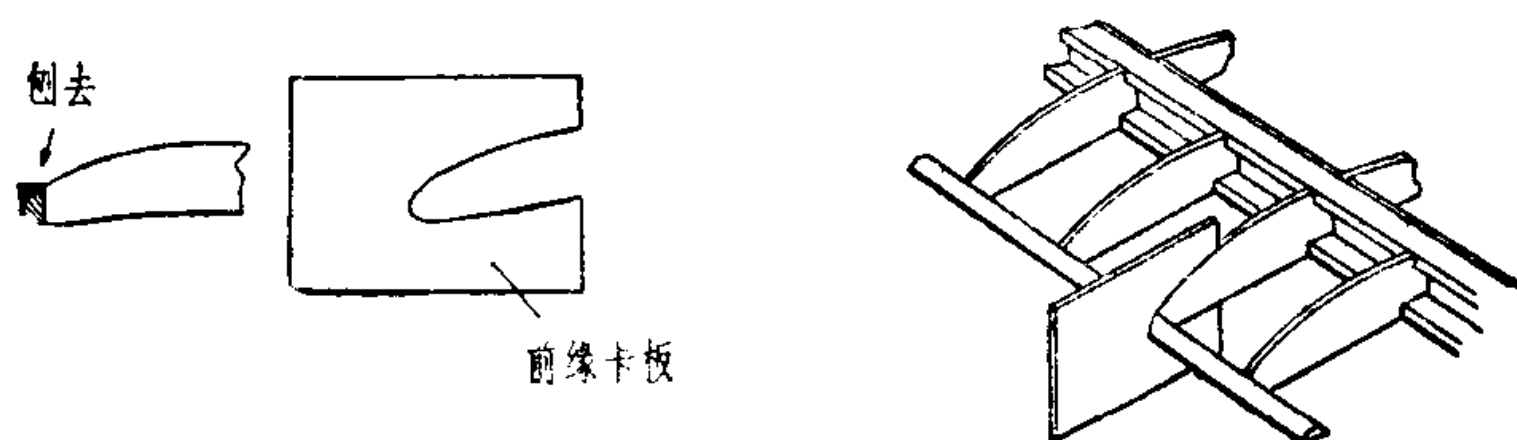


图 7-8

### (七) 接上反角

上反角胶接法与初级牵引模型滑翔机同。上反角加强片只要一片即可，制作及上反角胶合见图 7-9。不过，胶接处的翼肋应该用两只胶合起来才行。

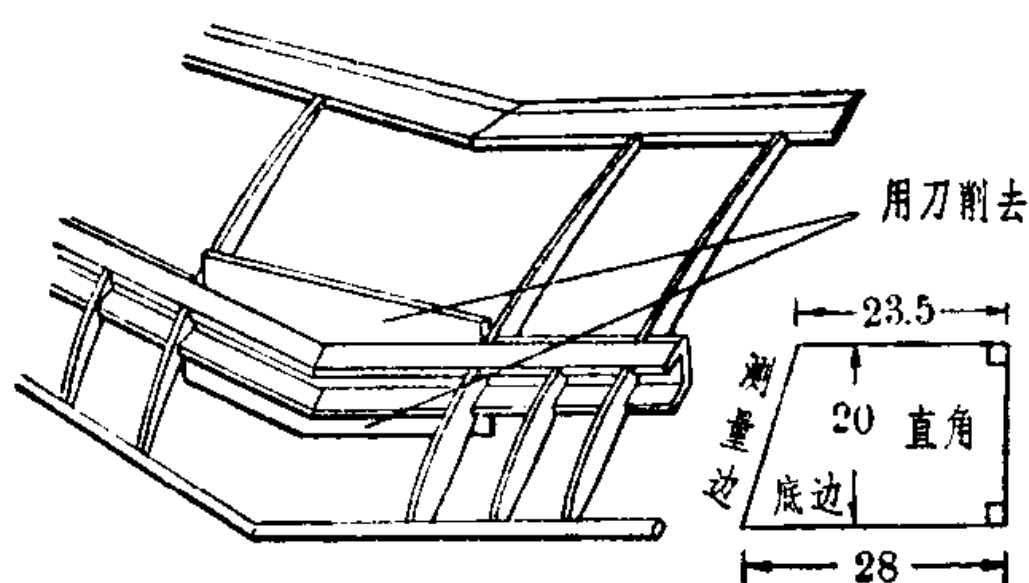


图 7-9

### (八) 蒙皮

这架模型用绵纸做蒙皮，用透布油做涂料。用透布油的目的：一是使蒙皮不透气；二是使蒙皮的张力大大增加。蒙纸前应先将细砂纸把整个骨架打磨一次。蒙纸次序同初级牵引

模型滑翔机,蒙好后再刷上几次透布油。刷透布油时起手、落手应轻轻的,待一遍完全干燥后再刷第二次。最后应在机翼上贴上扰流线,即在距前缘 10 毫米(尖部过渡到 6 毫米)的上表面粘上一根直径 0.2 毫米左右的棉纱线。

这里顺便说明一下扰流线的作用:

空气流过机翼表面(边界层)的情况有两种。一种是层流,另一种是紊流。机翼表面的边界层是紊流边界才有利飞行,通常用雷诺数作为决定边界层性质的一个极重要参考数字。雷诺数可根据以下公式计算:

$$Re = 690 \times V \times b$$

式中:  $Re$ ——雷诺数;

$V$ ——飞行速度(米/秒);

$b$ ——翼弦长(厘米)。

当机翼的雷诺数达到一定值时(即称为临界雷诺数),升力系数会突然增加很多,阻力系数会突然减少很多。模型飞机如能达到临界雷诺数或在临界雷诺数以上飞行,那末飞机飞行性能一定会大大提高。在机翼上贴扰流线的作用,就是使边界层从层流变为紊流,降低了机翼翼型的临界雷诺数的数值,使模型较容易达到或接近临界雷诺数,从而提高了飞机的飞行性能。同样,在初级牵引模型飞机上蒙皮时,将毛的一面纸蒙在正面也是这个道理。

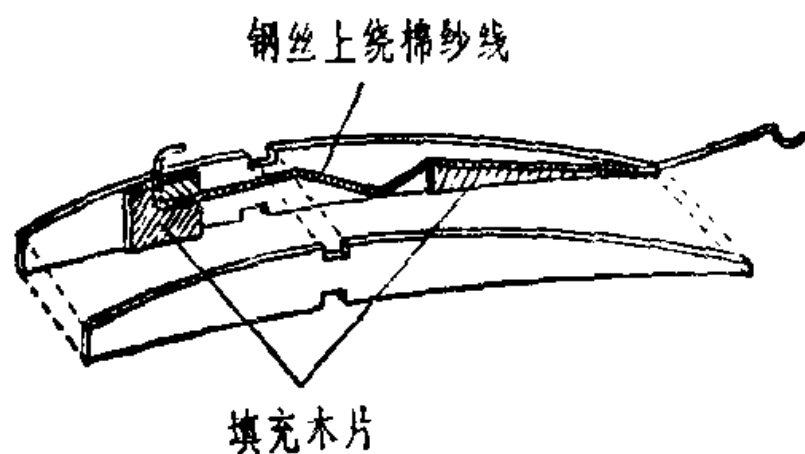


图 7-10

#### (九)尾翼的制作

水平尾翼制作与机翼上反部分相同。翼型用 B-9404-b, 其坐标见下表。中间翼肋的制作见图 7-10。

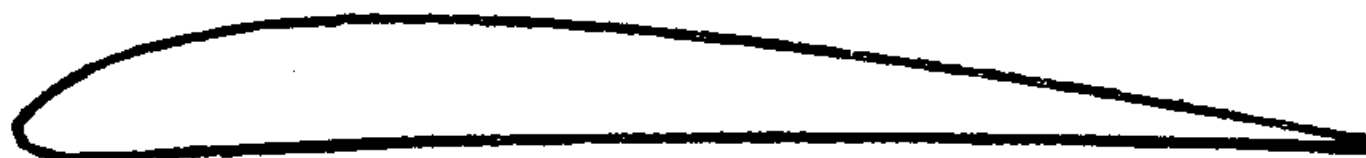
B-9404-b	$x$	0	1.25	2.5	5	7.5	10	15	20	25
	$y_{\text{上}}$	1.4	3.3	4.25	5.95	7.2	8.05	9.0	9.6	10.0
	$y_{\text{下}}$	1.4	0.2	0	0.15	0.25	0.35	0.45	0.6	0.75

---

B-9404-b	$x$	30	40	50	60	70	80	90	95	100
	$y_{\text{上}}$	10.05	9.55	8.7	7.45	5.90	4.05	2.2	1.1	0
	$y_{\text{下}}$	0.85	0.95	1.0	1.0	0.85	0.55	0.3	0.15	0

### 水平尾翼翼型

① 翼弦: 75 毫米



② 翼弦: 55 毫米



垂直尾翼翼型用克拉克  $y-7\%$ , 其坐标见下表。制作垂直尾翼时要注意: 翼型上弧线突出的一面一定要在左边。

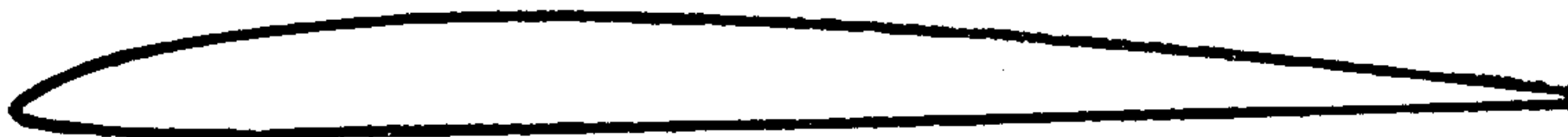
克拉克 $y-7\%$	$x$	0	1.25	2.5	5	7.5	10	20
	$y_{\text{上}}$	2.08	3.3	3.88	4.70	5.3	5.75	6.78
	$y_{\text{下}}$	2.08	1.16	0.87	0.56	0.36	0.24	0.02

---

克拉克 $y-7\%$	$x$	30	40	50	60	70	80	90	100
	$y_{\text{上}}$	7.00	6.81	6.30	5.48	4.49	3.31	1.92	0.15
	$y_{\text{下}}$	0	0	0	0	0	0	0	0

### 垂直尾翼翼型

① 翼弦: 100 毫米



② 翼弦: 50 毫米



## 二、机身的制作

这架模型的机身采用半硬壳式结构，即机身前段用木片胶合成方形的舱身机身，后段用构架式，机仓中间是空的，橡筋放在里面。这种形式在机身强度、重量分布和保护橡筋等方面来说是较为理想的。

### (一) 机身的制作

按图 7-11 顺序先做四片机身侧板，每种两片，然后把它们胶合成图 7-12 那样。尾部水平尾翼翼台胶合制作见图 7-13。

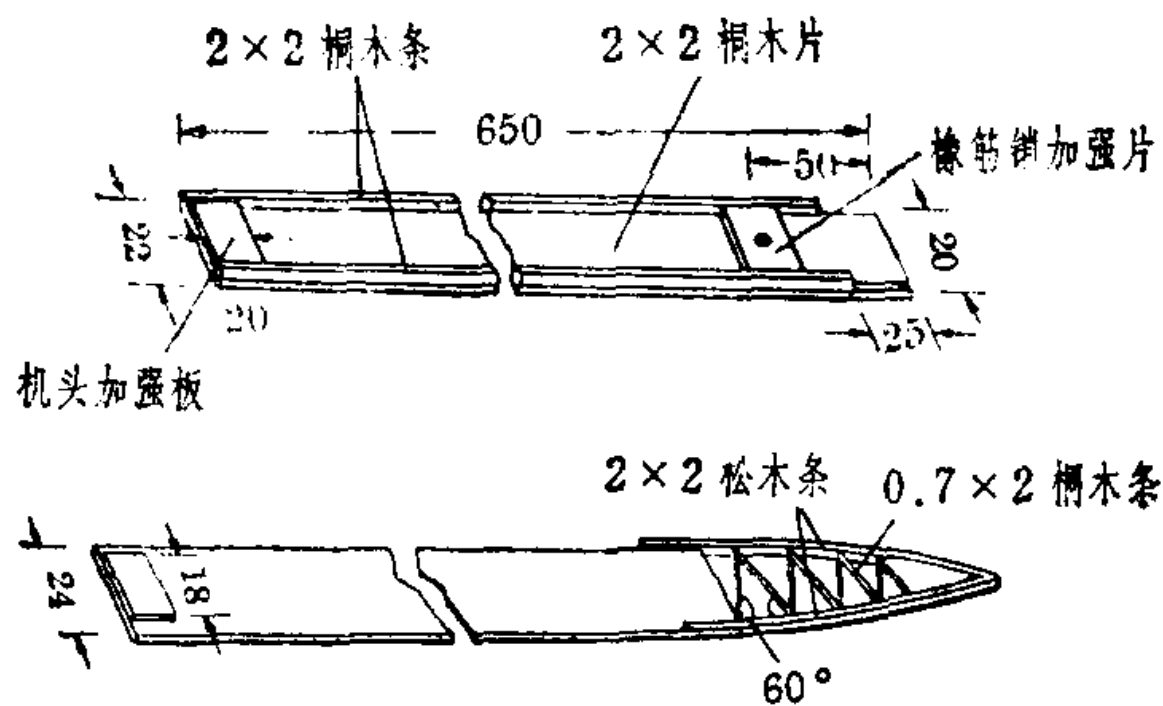


图 7-11

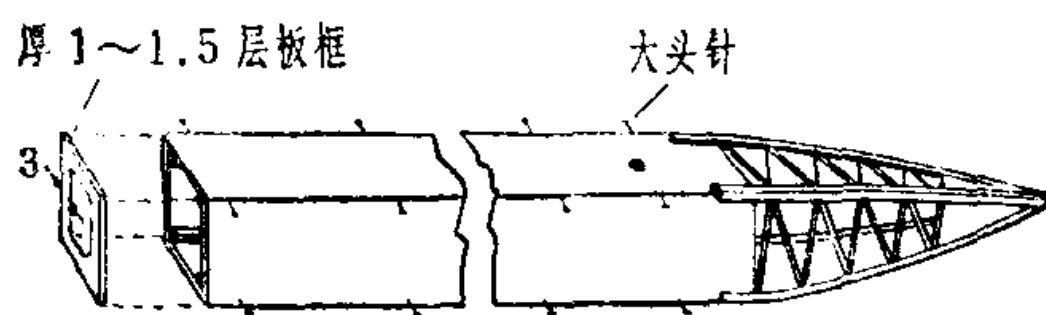


图 7-12

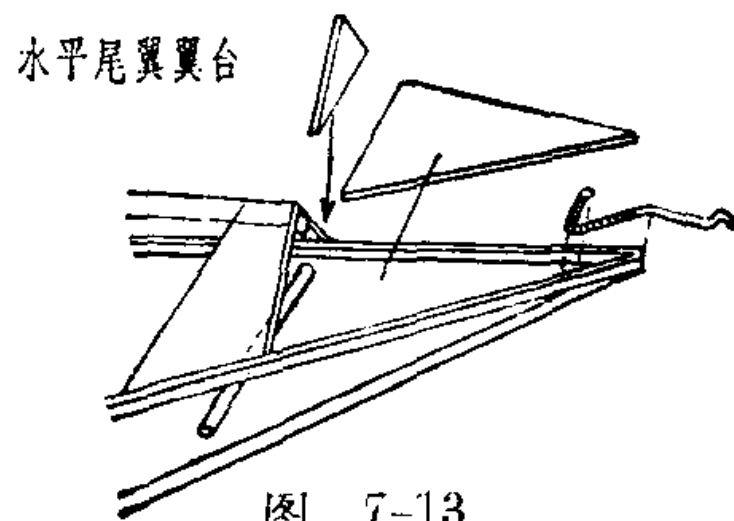


图 7-13



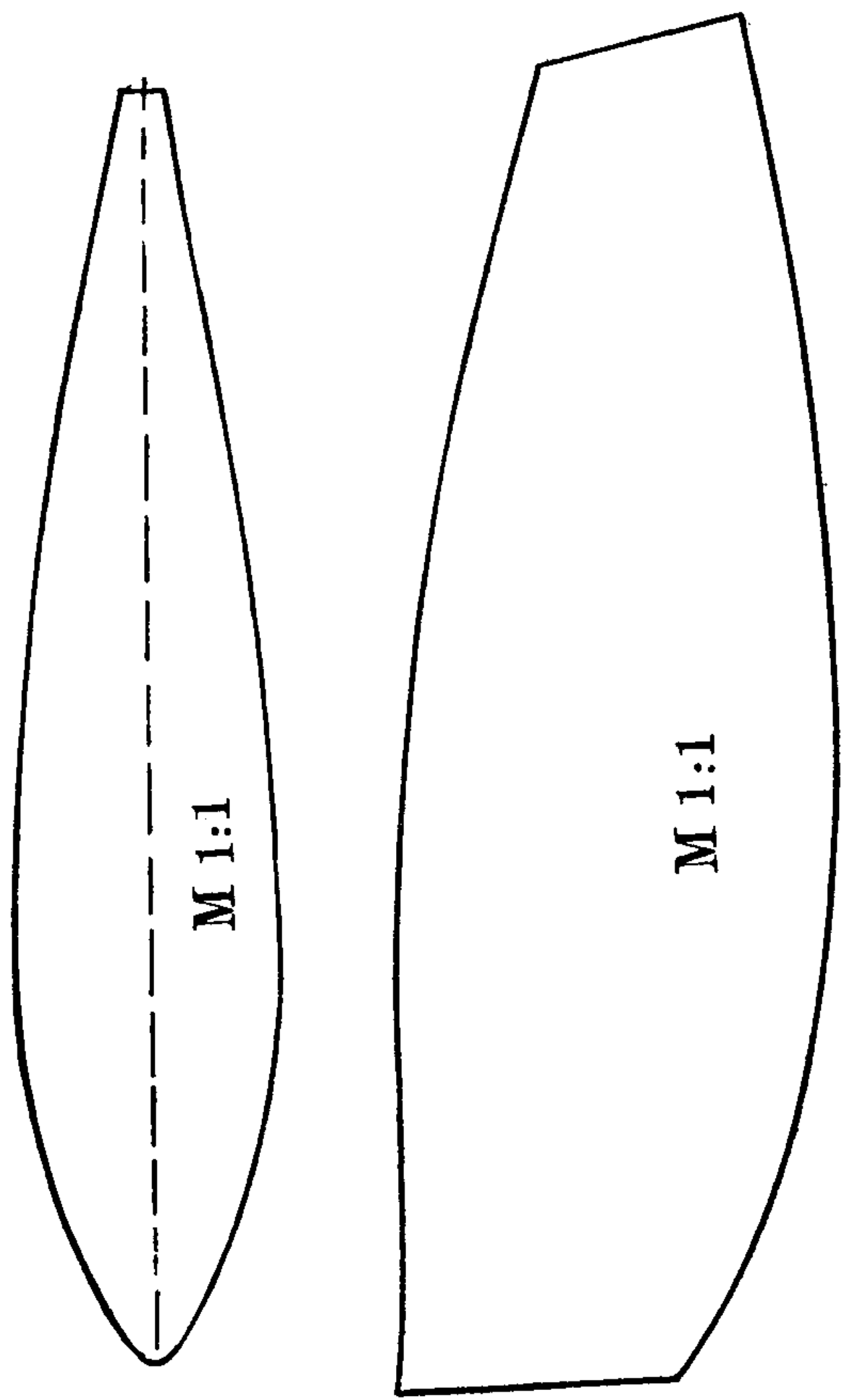


图 7-14

## (二) 翼台制作

为了使模型具有较好的安定性，来适应动力爬升及停车后的滑翔。这架模型飞机采用高单翼的形式。翼台的制作见图 7-14 及图 7-15。

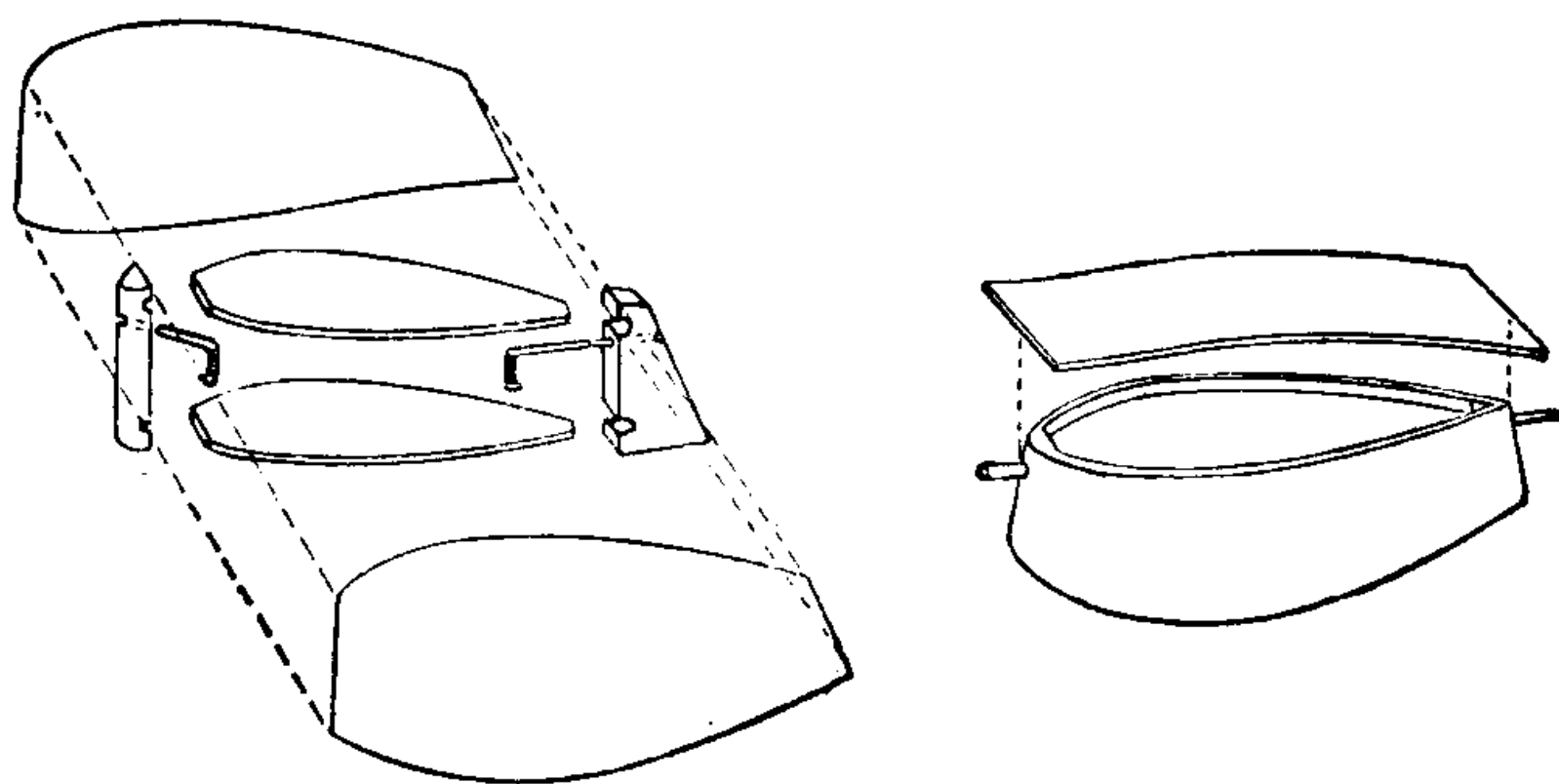


图 7-15

## (三) 翼台、滑橇、垂直尾翼与机身胶合

见图 7-16，胶合时如果翼台下缘与机身不吻合，可以在机身外面包上砂纸，将翼台在砂纸上来回砂几下即可。

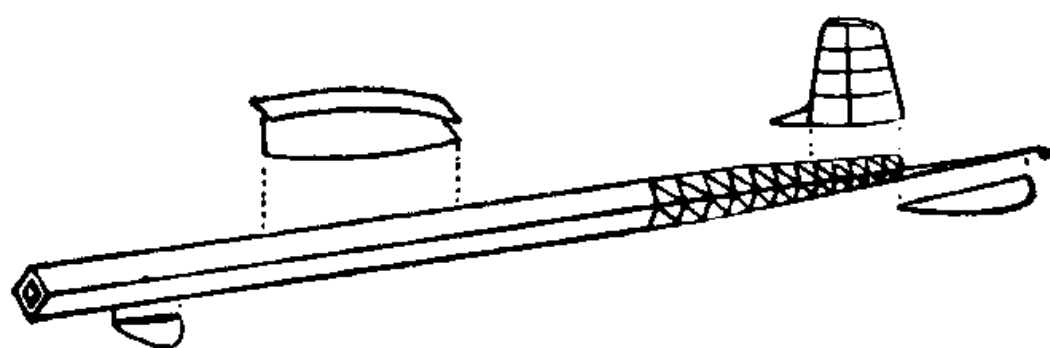


图 7-16

## 三、螺旋桨的制作

螺旋桨是模型飞机用来产生拉力的工具，螺旋桨性能的好坏直接影响到模型飞机飞行性能。在第六章中介绍的初级橡筋动力模型飞机是较简单的一种，螺旋桨的制作也采取了

尽可能简单的做法。这里介绍的是一架比较完善、性能也比较好的模型，因此，螺旋桨的制作也需要更加仔细，更加符合科学原理。在制作前我们先简单地介绍一下有关的知识。

螺旋桨相当于一个旋转的机翼，它产生的升力，就是我们说的螺旋桨拉力。和机翼一样，要使螺旋桨产生较大的拉力，就要使螺旋桨桨叶和旋转时的相对气流有一个适当的迎角。为了达到这个目的，我们总是把螺旋桨做成扭曲形状的，也就是要把螺旋桨桨叶做得与螺旋桨的旋转平面有一个夹角（如图 7-17），这个夹角我们称为桨叶角。

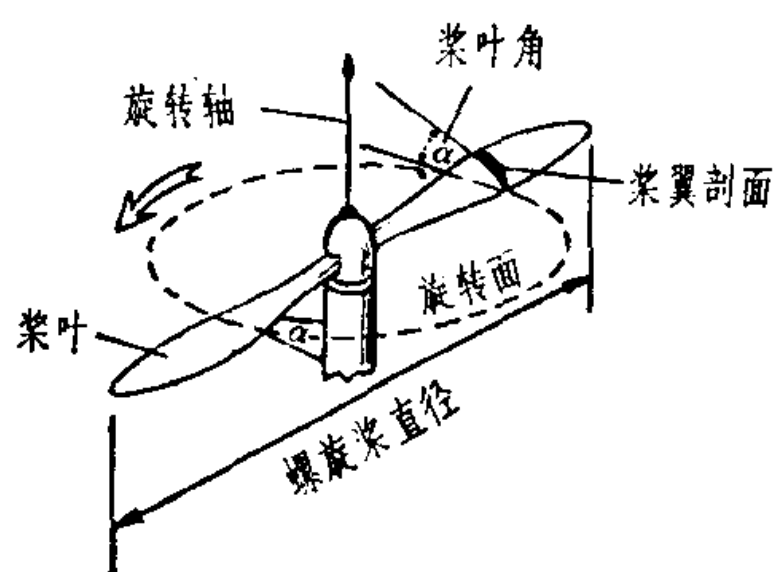


图 7-17

螺旋桨带动模型飞机前进时，一方面它自己在旋转，一方面又和飞机一起前进。它的运动轨迹是一条螺旋线。这就象一个人在大楼里的圆柱形楼梯

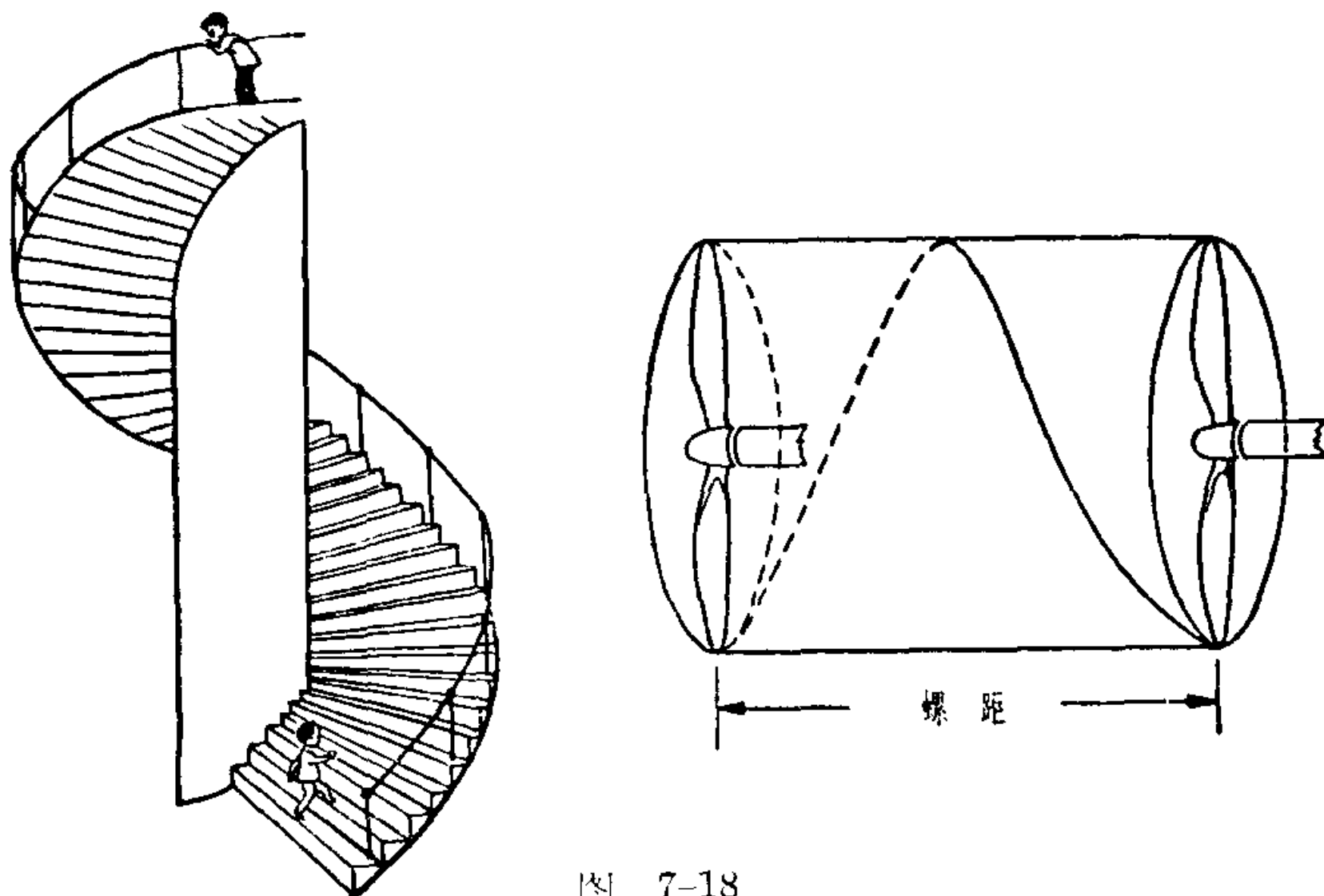


图 7-18

上走,当他围绕柱子转了一圈,他就上升到一定高度一样。我们把螺旋桨旋转一圈所前进的距离称为螺距(如图7-18)。从实际生活经验可知,我们用扶梯攀登一个屋顶,因为屋顶的高度是已定的,如果要扶梯占的地位小一点(也就是扶梯下端到墙脚的距离小一点),就要把扶梯放得陡一点,这样,扶梯和地面的夹角就大一点。如果扶梯下端到墙脚的距离大一点,扶梯就要放得斜一点,也就是扶梯与地面的夹角小一点(如图7-19)。螺旋桨在工作时也有相似的情况,当螺旋桨旋转时,靠桨尖部分,因为直径大,所以转一圈所掠过的路程就长。而靠桨根的部分,因为直径小,所以转一圈所掠过的路程短。但是,螺旋桨转一圈后,螺旋桨的各部分前进了同样一段距离。因此,只有在不同直径的地方有不同大小的桨叶角,越靠根部桨叶角越大,越靠尖部桨叶角越小才合适(如图7-20)。怎样来确定螺旋桨各个部分的桨叶角呢?我们以橡筋模型飞机的螺旋桨为例,假设一个螺旋桨的螺距已定为 $H$ ,螺旋桨上某切面离中心的距离为 $R$ ,那末,这个切面角旋转一圈所掠过的路程就是 $2\pi R$ 。我们用 $2\pi R$ 长作一边, $H$ 长为另一边,作一个长方形,连接对角线。对角线与底边的夹角就是这个切面

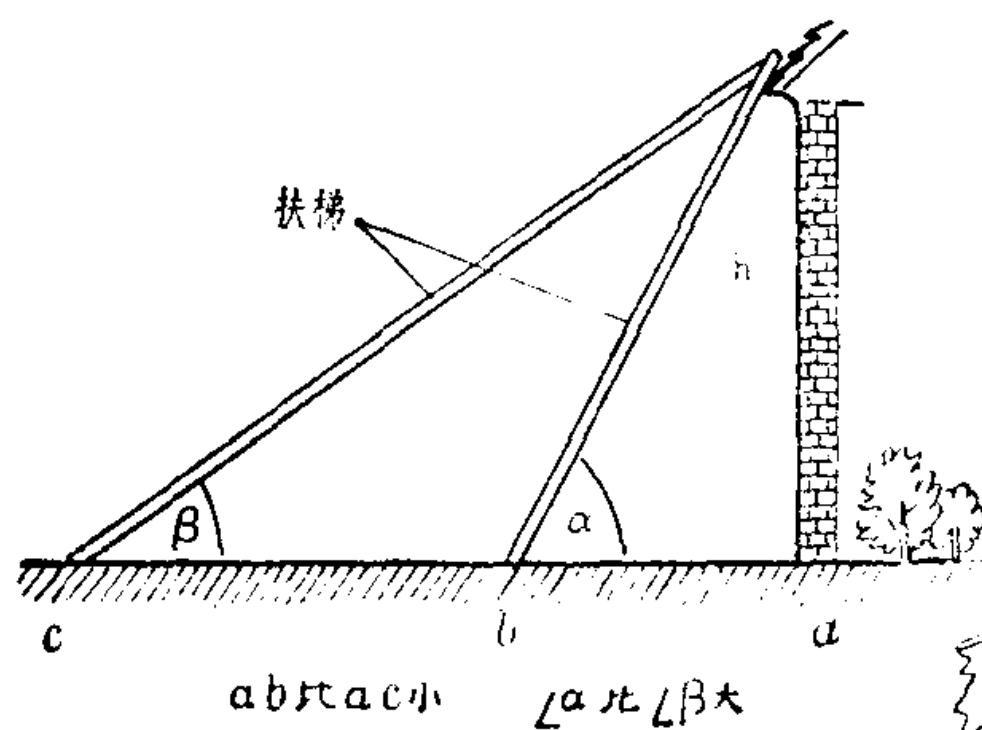


图 7-19

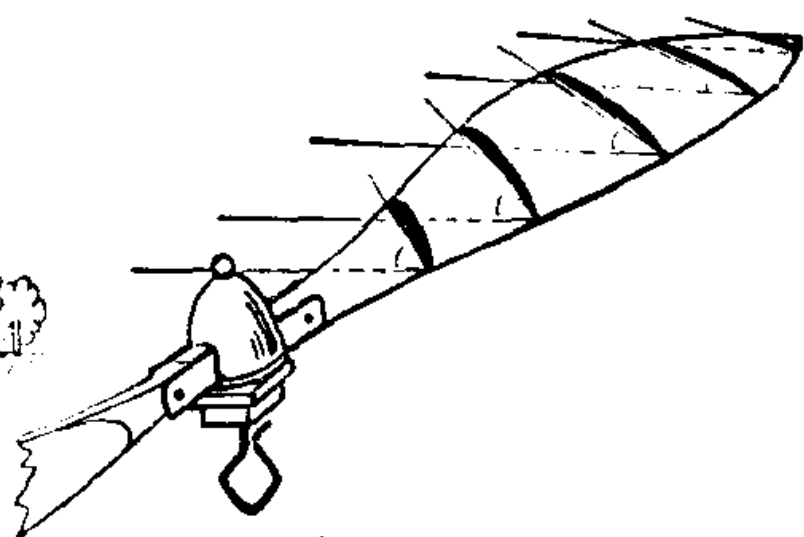


图 7-20

处的桨叶角。如果我们将这张长方形的纸卷成一个高为  $H$  的圆筒,那末我们就会更直观地看到,这条对角线就是这个切面旋转前进的螺纹线(如图 7-21)。根据这个方法,就可以找到螺旋桨不同半径上的桨叶角。实际作图时我们是把两个直角边都缩小  $2\pi$  倍,这样既节省了作图用的纸,又使一个边直接就是半径的长度,作图更加方便了。

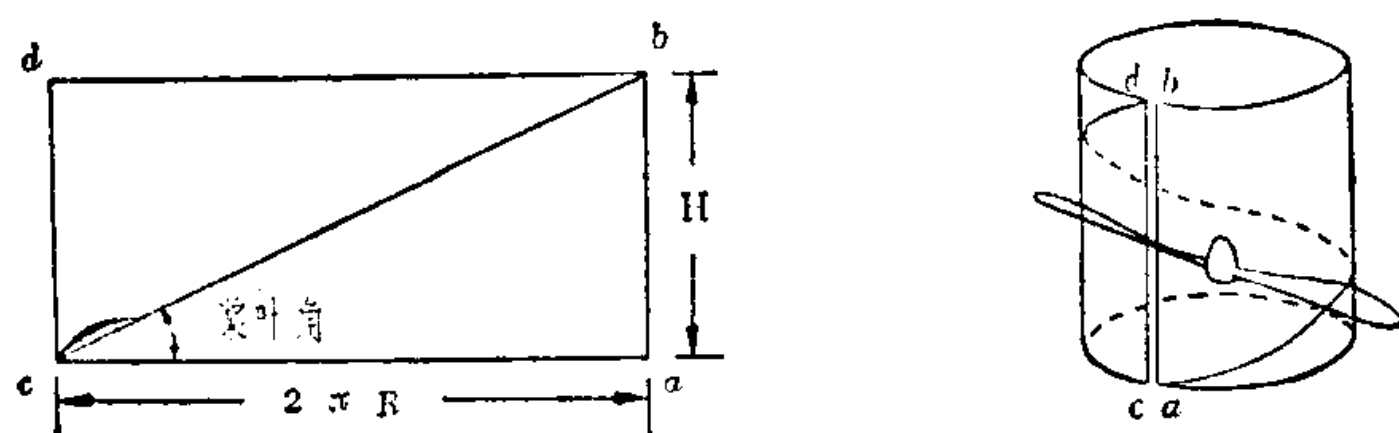


图 7-21

螺旋桨的螺距是根据螺旋桨的转速、橡筋的性能、飞行速度、模型爬升方式等多方面因素设计出来的。要使螺旋桨的螺距准确,就要使各部分桨叶角做得很准。因此,这就成了制作螺旋桨的关键。

螺旋桨的制作,可分为作图和削制两大部分。为了节省木料,我们介绍的是薄木片削制法。

### (一) 作图

通过作图,目的是求出各段桨叶的桨叶角及螺旋桨的侧面数据。这架模型的螺旋桨直径是 440 毫米,螺距为 520 毫米。

第一步是把半个螺旋桨的正面图画在纸上,并在桨叶的基准线根端  $O$  点作一条垂线  $OA$ ,使  $OA$  等于  $\frac{H}{2\pi}$  (等于 82.8 毫米)。再从离桨根 70 毫米处开始,每隔 35 毫米为一段,把桨叶分为 6 段,并作好基准线的垂线。把基准线上的分段点与

A 点连接起来，并把这些连线自 A 点都延长 35 毫米。这些连线与桨叶基准线夹的角度，便是桨叶各分段处的桨叶角。详细情况见书末附图。

第二步是以 A 点为起点，在六条连线上分别截线段等于各分段点到后缘的距离；又在六条延长线上分别截线段等于各分段点到前缘的距离。这样一共截取 12 个线段，12 个点。

第三步是作一矩形。为了方便起见，就以第 3 个分段处的连接线为基准，在其左下方 3 毫米处，画一条平行线作为这个矩形的底线。作一个 12 点都包括在内的矩形，这个矩形便是削制螺旋桨所用的木料的宽度和厚度。

再量出这 12 个点到底线的距离作出表，即为桨叶前后缘的侧面数据。由于桨根的高度为 8 毫米，所以根部前后缘的数据可分别定为 8 和 0。

## (二) 削制

削制工序见图 7-22。划好线切好外形后，根据螺旋桨图中的表格，在对应位置上算出前后缘各点，用圆滑曲线连接成侧面样板。然后先削下弧再削上弧，削下弧时桨根处不要削，并要用桨叶角卡板把各段桨叶角做准确，且用半径为 90 毫米的圆作卡板，做准下弧的弧度。打磨时可用本书附录介绍的砂纸板一边打磨一边修正桨叶角。

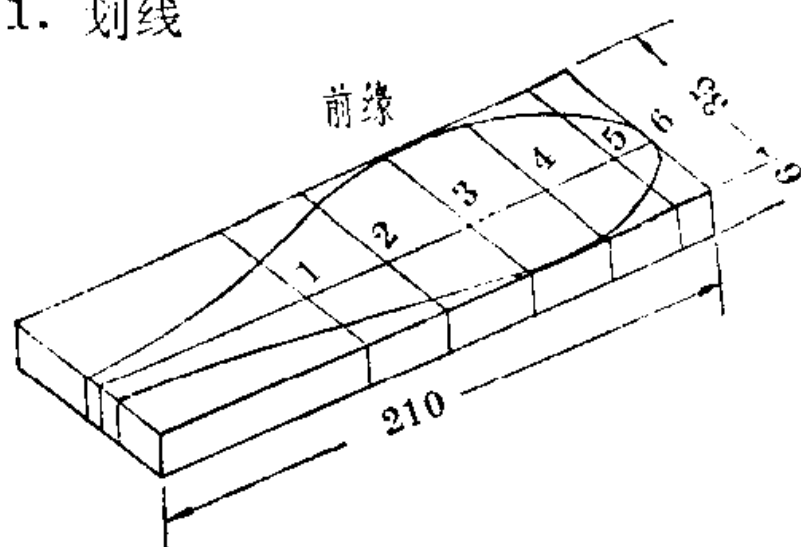
上弧线加工时应使两桨叶厚度相等。

桨叶根部侧转大小取决于桨叶角，先用 4 号卡板卡好桨叶，用  $90^\circ$  的卡板按图划出桨根的外形，削去多余部分，用胶水补上缺少部分，并在两侧胶上赛璐珞片。

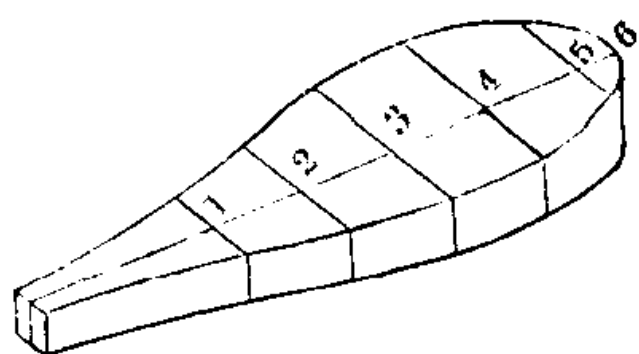
## (三) 机头的制作

机头端板用厚 3 毫米层板，机头塞块用桦木制成，塞块上

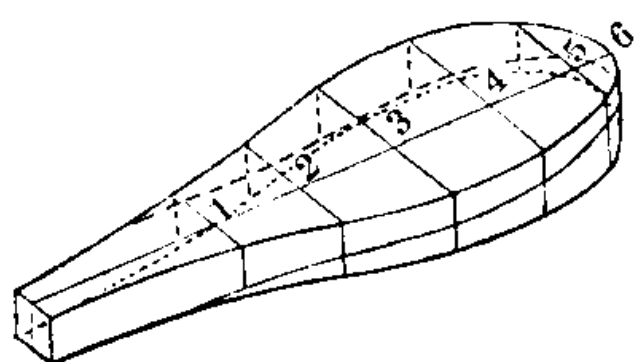
1. 划线



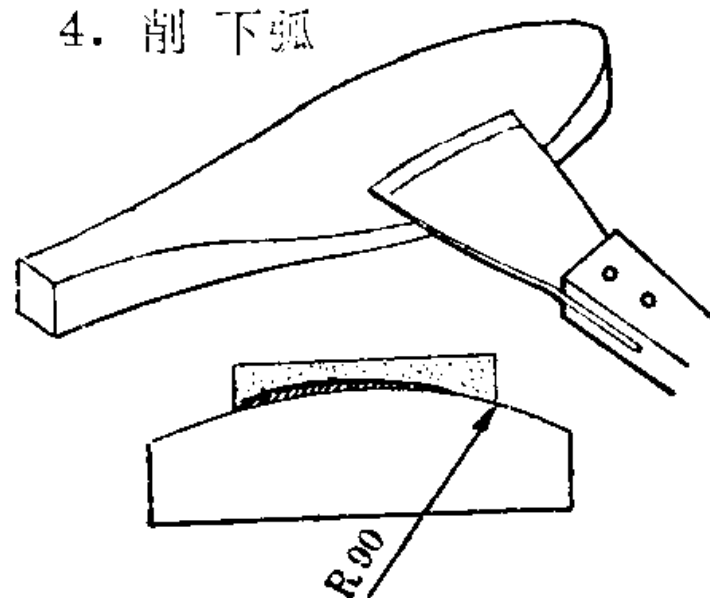
2. 切外形



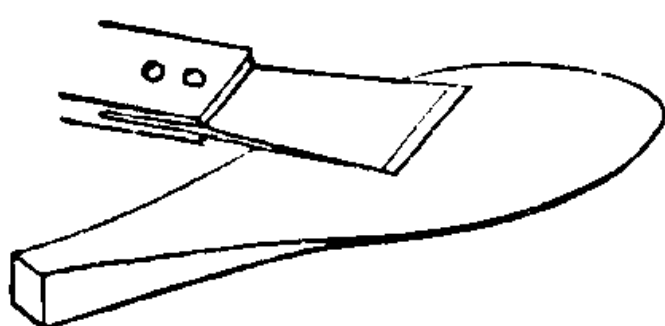
3. 划侧面样板



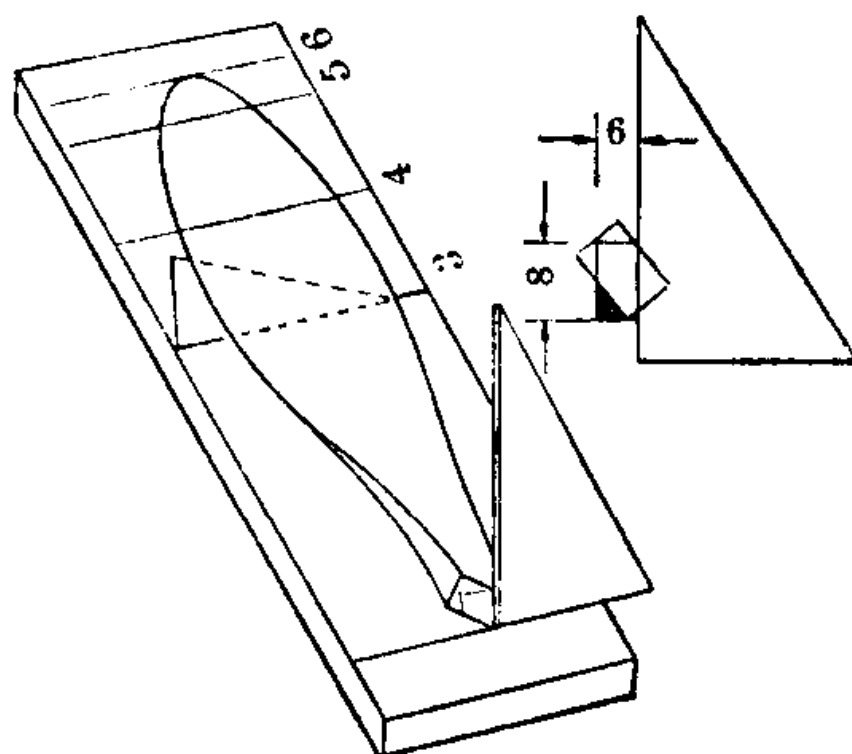
4. 削下弧



5. 削上弧



6. 削桨叶根部



7. 赛璐珞片

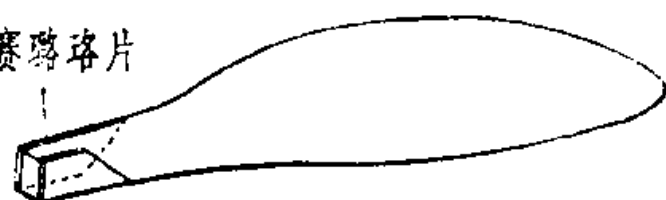


图 7-22

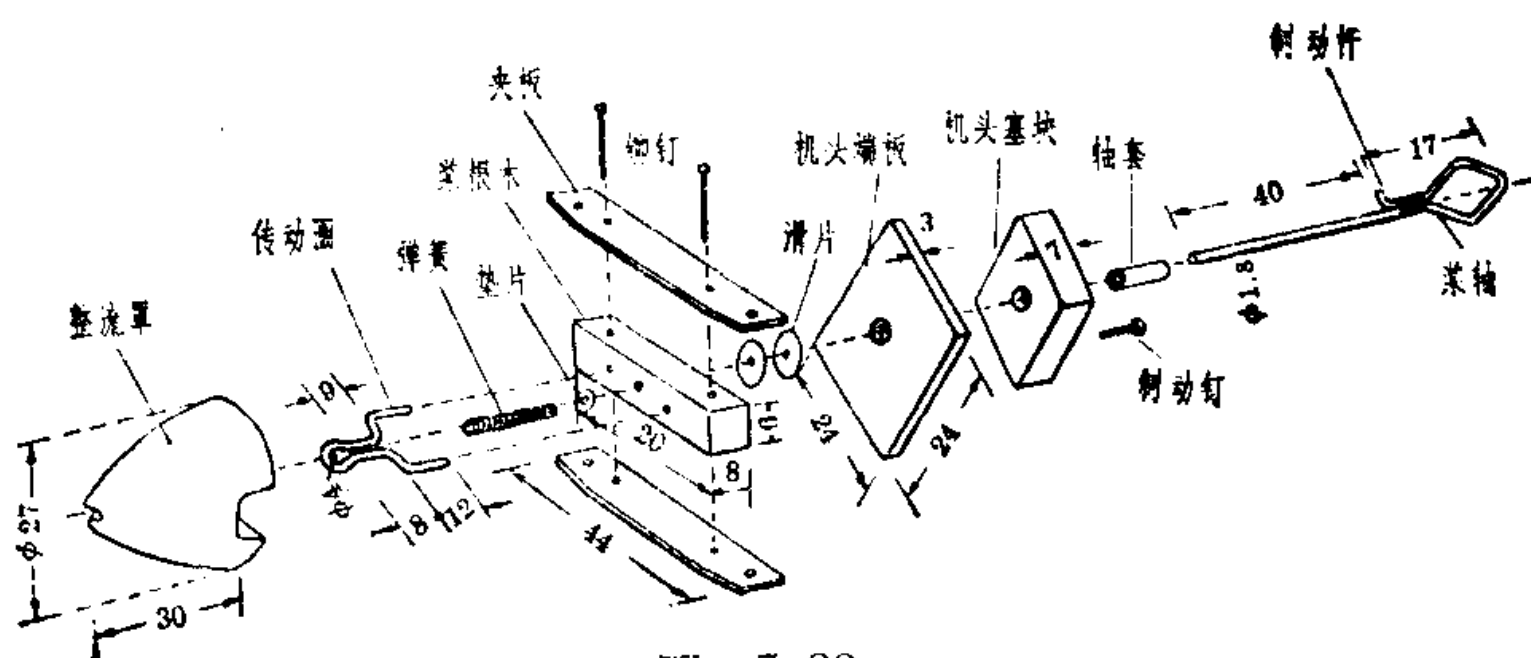


图 7-23

的缺口与机身头部正好相吻合，端板与塞块胶合后打好中心孔，铆上内径 1.8 毫米的铜质轴套。滑片是用图钉去掉钉子，在其中心打一个孔制成。

桨根本用梓木制成，夹板用厚 1 毫米硬铅做，相互间用铆钉铆合，也可用胶水加上腊线缚扎。

桨轴及传动圈均用直径 1.8 毫米钢丝（也可用自行车钢丝代用）。这些零件做完后按图 7-23 穿起来，传动圈与桨轴连接处用漆包线扎好，焊牢。最后用软木塞做个整流罩。

我们可以将螺旋桨和机头按图 7-24 装配起来。先把夹

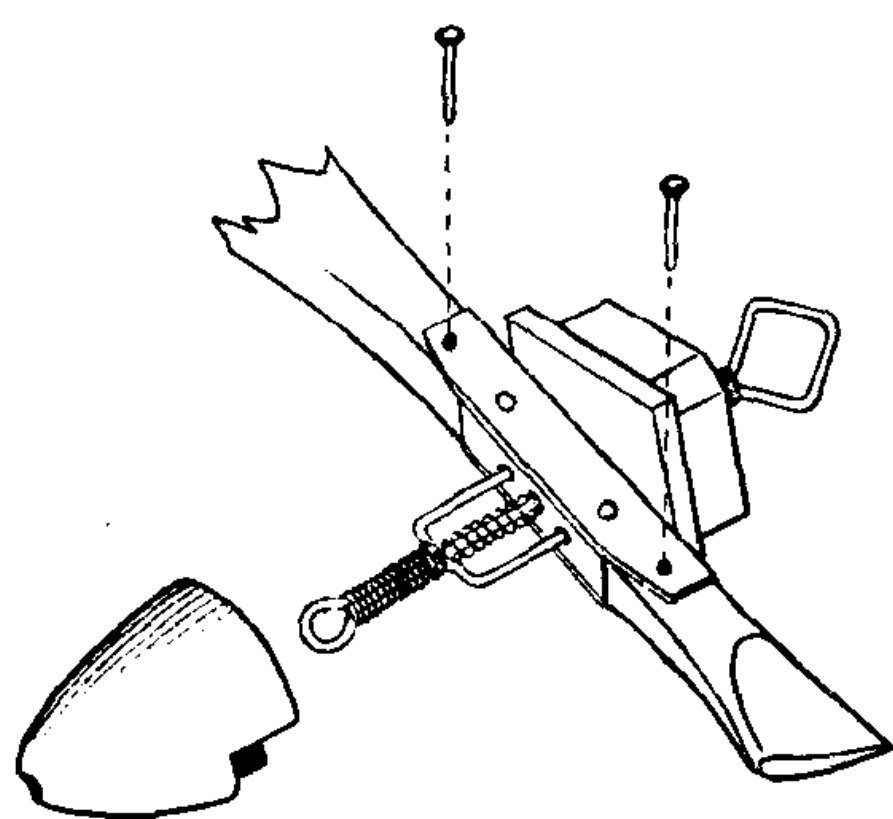


图 7-24

板与桨叶根部放在一起，在桨叶根部的转动中心打一个直径 1.5 毫米孔，将桨叶根部后端修圆，再用直径 1.5 毫米的小钉子作销子插入即可。在两个桨叶根部连一根橡筋用来帮助桨叶在停止工作后自动收在机身两侧。最后在机

头塞块上拧上制动钉。拧制动钉时应符合以下要求：1. 使桨叶收起时贴在机身左右侧，这样桨叶降落时不易损坏。2. 调整好制动钉的长度，以控制桨叶停止转动的时间。因为当橡筋绕紧时，橡筋拉力压缩穿在桨轴上的弹簧，使桨轴制动杆的旋转平面离开制动钉，当橡筋工作即将完毕时，弹簧弹力克服橡筋拉力，使桨轴旋转平面进入制动钉的范围，迫使桨叶停止转动，并自动收起。



## 四、橡筋的使用和维护

橡筋是橡筋动力模型飞机的动力源,模型飞行成绩,除了飞机本身性能外,与橡筋质量的好坏,以及是否充分发挥橡筋的能量,也有十分重要的关系。因此,我们有必要说一说橡筋的使用和维护。

### (一) 橡筋的选择

拉长倍数: 这可用实验方法得出,即拉伸后的长度(拉到不能拉长为止)与原来长度的比值(图 7-25)。这个比值愈大,橡筋弹性愈好。一般我们使用的橡筋拉长倍数在 6~11 之间。

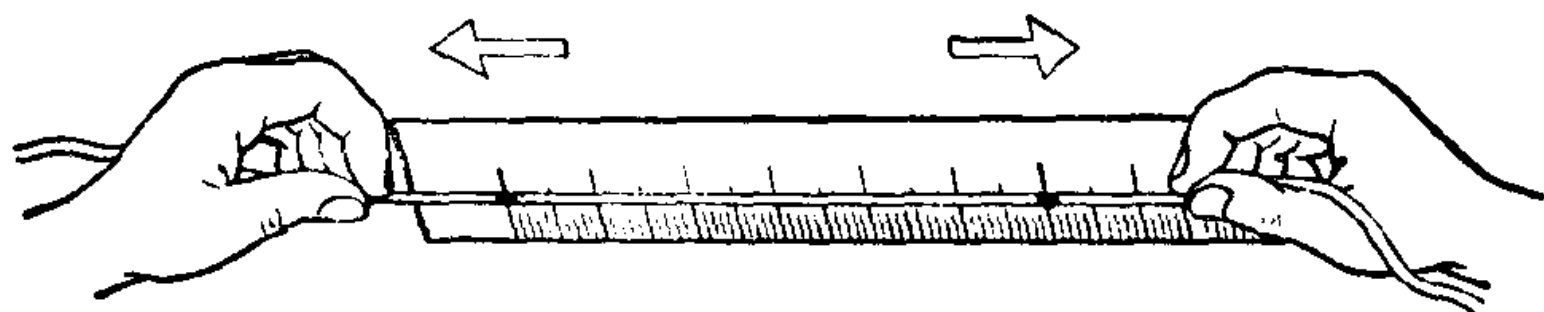


图 7-25

残余伸长: 橡筋拉长后一般不能恢复到原来的长度,总要比原来长出一段,这长出一段占原长度的百分比,叫做残余伸长。残余伸长要愈小愈好,一般是 5% 以下较为理想。

抗变形力: 相同截面积的橡筋,拉长相同的距离所需用的力不同,用力愈大橡筋的储能量愈大,橡筋质量愈好。另外,橡筋拉长时应不易断裂,因为断裂时容易把模型机身打坏。

### (二) 橡筋束的编结

编结法与初级直升模型飞机相同。橡筋束长度应比实际长度长一倍,即 1120 毫米。用  $1 \times 2$  的橡筋绕 5~6 圈。过长的橡筋束不好,因为橡筋卷曲时会引起模型重心的变化,而破

坏模型飞机的正常飞行。

(三) 橡筋束可绕转数的计算

橡筋束可绕转数可用下列公式计算：

$$n=0.285\frac{lm^{3/2}}{\sqrt{S}}$$

式中：  $n$ ——橡筋的可绕转数；  
 $l$ ——橡筋束的长度(厘米)；  
 $m$ ——橡筋束的拉长倍数；  
 $S$ ——橡筋束的截面积(厘米<sup>2</sup>)。

例如：一橡筋束长度为 560 毫米，拉长倍数为 8 倍，共用 1×2 橡筋 24 条，试计算可绕转数。

计算：  $l=560$  毫米 = 56 厘米，  $m=8$ ，  $S=0.1\times0.2\times24=0.48$  厘米<sup>2</sup> 代入公式

$$n=0.285\frac{56\times8^{3/2}}{\sqrt{0.48}}=532(\text{转})$$

若用 1 比 3.5 的摇钻绕，则摇 152 转就可以了。

以上公式在实际运用中还是较可靠的。夏天，在强烈阳光下，往往绕不到计算的圈数，因此在这种天气下应绕计算数的 90% 左右。经过磨车及保护良好的橡筋，绕的圈数可大于计算值。为了计算方便，将  $m^{3/2}$  列表如下：

$m$	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5
$m^{3/2}$	8	9.5	11.2	13	14.8	16.5	18.5	20.5
$m$	8	8.5	9	9.5	10	10.5	11	
$m^{3/2}$	22.7	25	27	29.4	31.7	33.9	37.8	

(四) 橡筋束的磨车

整理好的橡筋束，应擦上肥皂搓洗干净，放在室内晾干后

擦上蓖麻油或甘油,预绕三次。第一、二次转数分别是可绕转数的 60% 和 85%, 第三次绕满全数。预绕方法是用一个羊眼圈旋在工作台上,把擦好油的橡筋穿过羊眼,用手摇钻绕。绕橡筋时(包括放飞时)应先把橡筋束拉到原长度的 2~3 倍,当绕到预定转数 60% 时,一面绕一面慢慢地移动脚步向前靠拢。

#### (五) 橡筋束的储存和维护

橡筋束平时可放在塑料袋或大口瓶内,以防沙子和其他杂物粘上去。如发现有杂物应立即洗去,否则在绕的时候橡筋容易折断。橡筋应放在阴凉处,避免阳光直接照射,否则容易加速橡筋的老化,缩短橡筋的寿命。如有断头,要打结接牢。特别不允许汽油、火油等矿物油碰到橡筋。

### 五、调整试飞

#### (一) 试飞前的检查

试飞前的检查,除同初级牵引模型滑翔机和初级橡筋动力模型飞机外,还应检查以下内容:

1. 机翼、水平尾翼安装角差的测量。方法是把模型平放在工作台上,机翼下用东西垫平,并调整水平尾翼高低,使水平尾翼前后缘到台面的距离相等。用尺测量同一翼弦处的机翼前缘与后缘到桌面的垂直距离,测得的前缘距离应比后缘高出 5.3 毫米,即机尾翼安装角差为  $3^{\circ}$ 。为了查对方便,列表如下:

距 离(毫米)	0.9	1.75	2.6	3.5	4.4	5.3	6.1	7	7.9
安装角(近似值)	$0.5^{\circ}$	$1^{\circ}$	$1.5^{\circ}$	$2^{\circ}$	$2.5^{\circ}$	$3^{\circ}$	$3.5^{\circ}$	$4^{\circ}$	$4.5^{\circ}$

2. 动力部分的检查。将橡筋、螺旋桨装入机身，具体方法见图 7-26。绕上橡筋可绕圈数的二分之一，让螺旋桨平稳旋转，如有抖振产生，应找出原因纠正。抖振原因有：

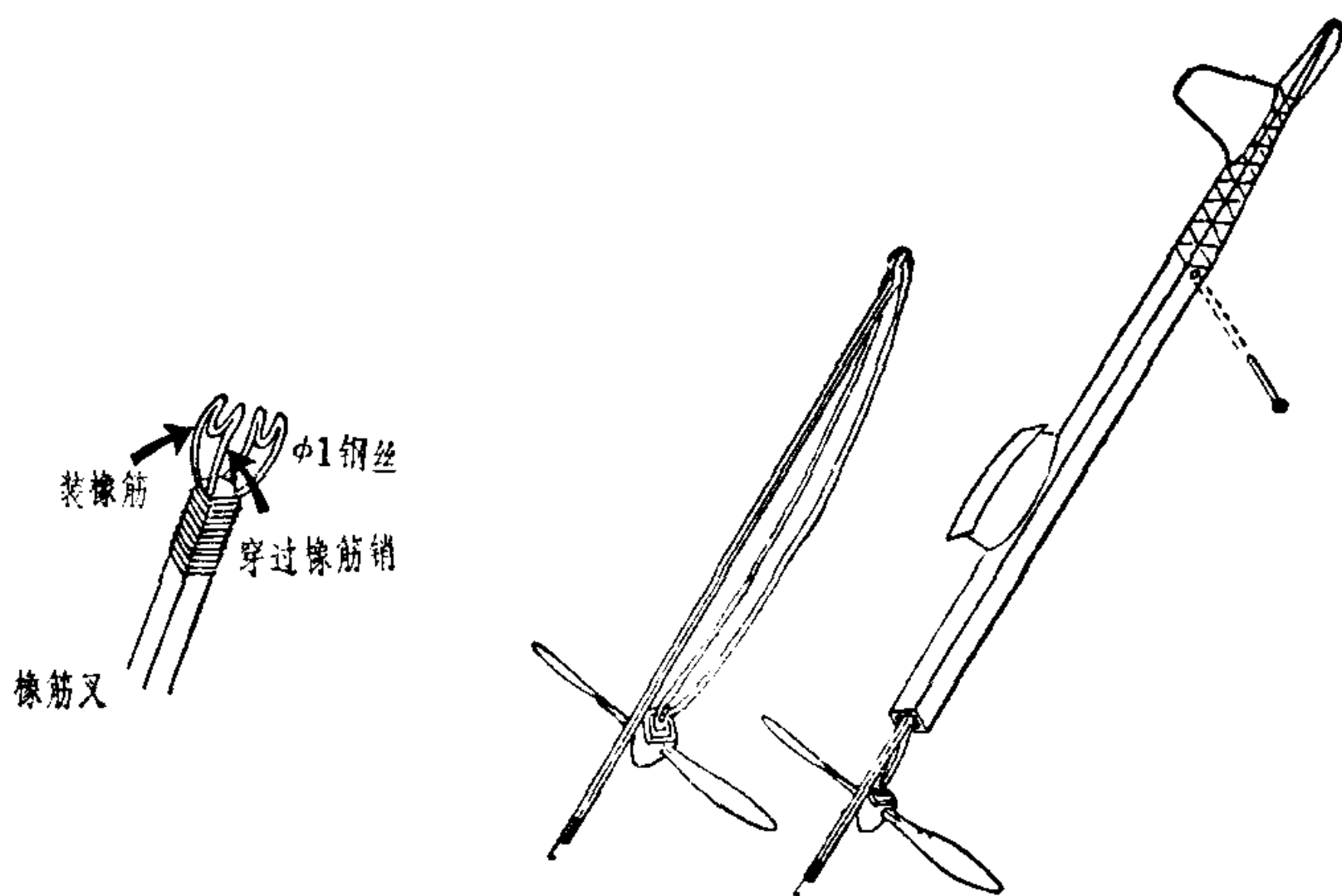


图 7-26

(1) 两片桨叶的桨叶角不等，纠正方法是用木销堵死原来的螺旋桨销孔，重新打孔。

(2) 桨根木轴孔不正。纠正方法是更换桨根木。

(3) 桨叶重量不等。若两片桨叶厚度有显著差别，可用砂纸把厚的一片磨薄，也可在轻的一片尖部打一小孔，镶上一小粒铅，并用绵纸蒙好。此外还应从侧面观察桨叶旋转时是否“开花”（图 7-27），如有这种情况，可以在向前倾的一片桨叶根部端面，贴一薄胶片或纸片

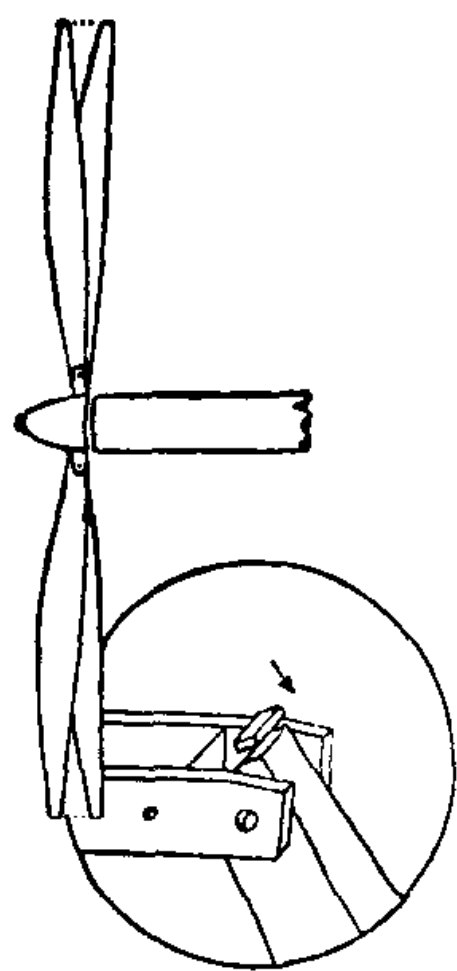


图 7-27

来纠正。

## (二) 手掷滑翔

可参照前面几章介绍的方法进行。

## (三) 动力试飞

动力试飞与初级橡筋动力模型的试飞调整情况相同，开始时应绕全转数  $1/3$  左右的“小马力”来进行试飞。

“小马力”飞行正常姿态是：模型顶风出手后，以小角度平稳的右盘旋爬高，螺旋桨停车后收折在机身左右侧，即转入盘旋滑翔。

第一次试飞还应在机头左上方垫一小片卡片纸，以增加右下拉力线。

试飞中可能出现的几种姿态，照初级橡筋动力模型飞机的调整试飞表。只是机翼安装角调整时用调整尾翼安装角的方法来解决。

橡筋动力模型飞机的飞行轨迹，常见的有以下的几种形式：

1. 右上升，右盘旋滑翔；
2. 右上升，左盘旋滑翔；
3. 直线上升盘旋滑翔；
4. 左上升，右盘旋滑翔；
5. 左上升，左盘旋滑翔。

其中以第一种为最普遍，调整也较方便。

在调整试飞中还应注意以下几个问题：

1. 每轮试飞前，都必须对模型作重新检查，看看机翼和尾翼等是否在看落时被震歪。

2. 每轮调整时，更改的部分不宜太多，最好是一次更改

一项,以便得出正确的判断,同时更改量也不宜过大。

3. 已调整好的部分应做记号,所加的调整片都应用胶水粘合。

4. 在“全马力”试飞后,橡筋应休息一会再飞,或换一条橡筋束,以免引起橡筋疲劳。

## 六、迫降装置的应用

为了防止模型飞机在“吃”到上升气流时越飞越高,以致飞出视线而丢失,模型上还需要用迫降装置。

迫降线是用浸过高锰酸钾溶液的棉线,它具有稳定的燃烧速度和在风中不会被吹灭的优点。我们将这种线安装在机尾部,就可以起迫降作用(图 7-28)。

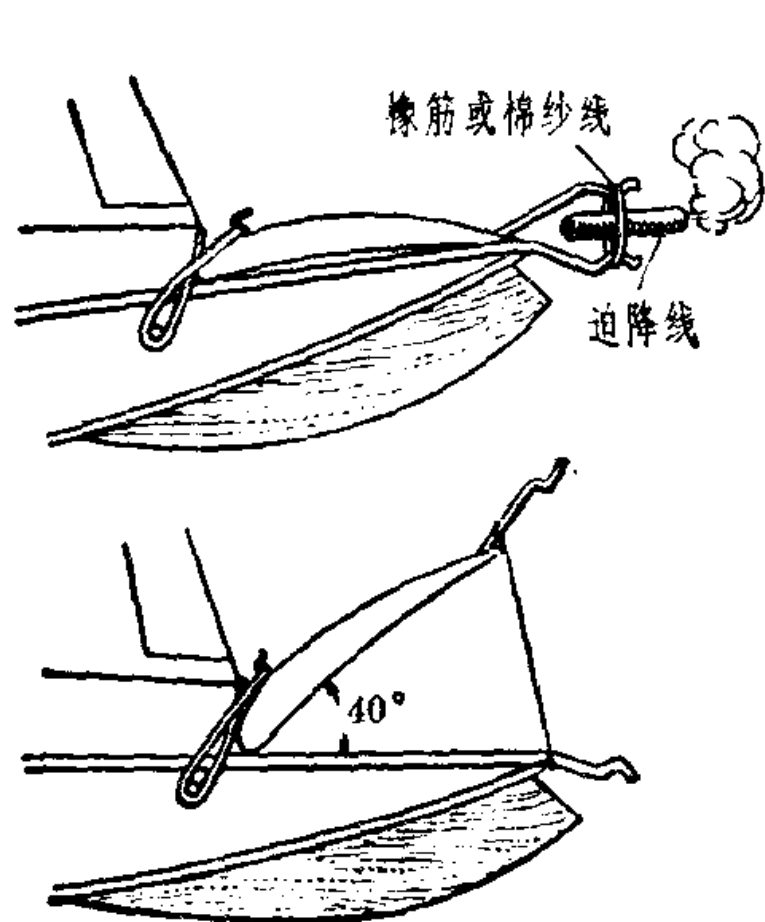


图 7-28

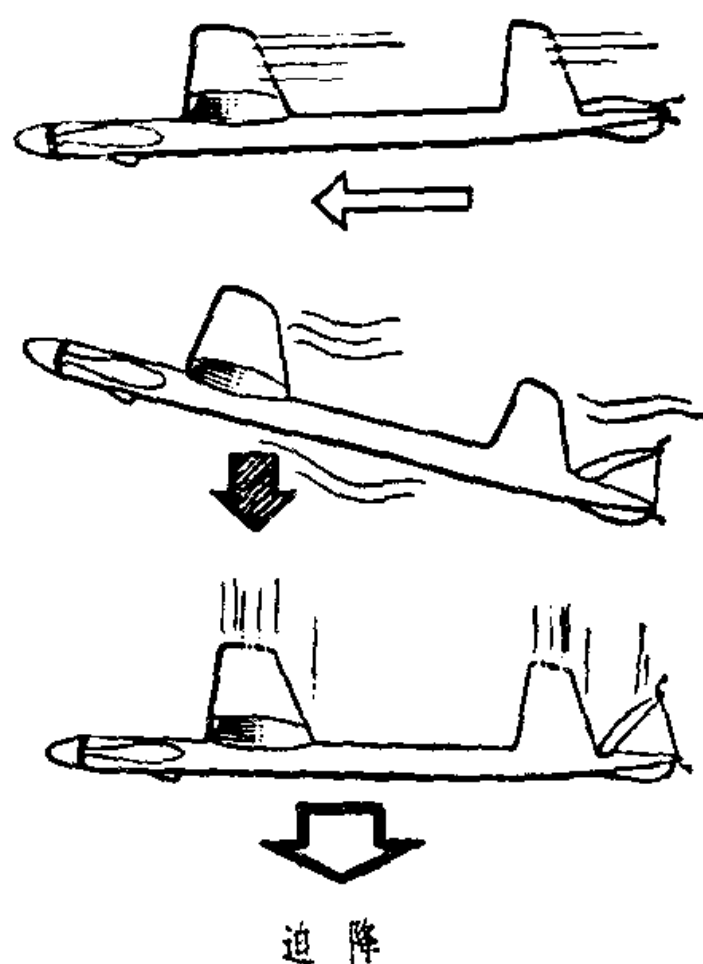


图 7-29

根据模型飞机试飞需要的留空时间,安装好一定长度的迫降线,点燃后让模型飞机上天,待迫降线烧完后,模型飞机就会自动垂直下降(图 7-29)。

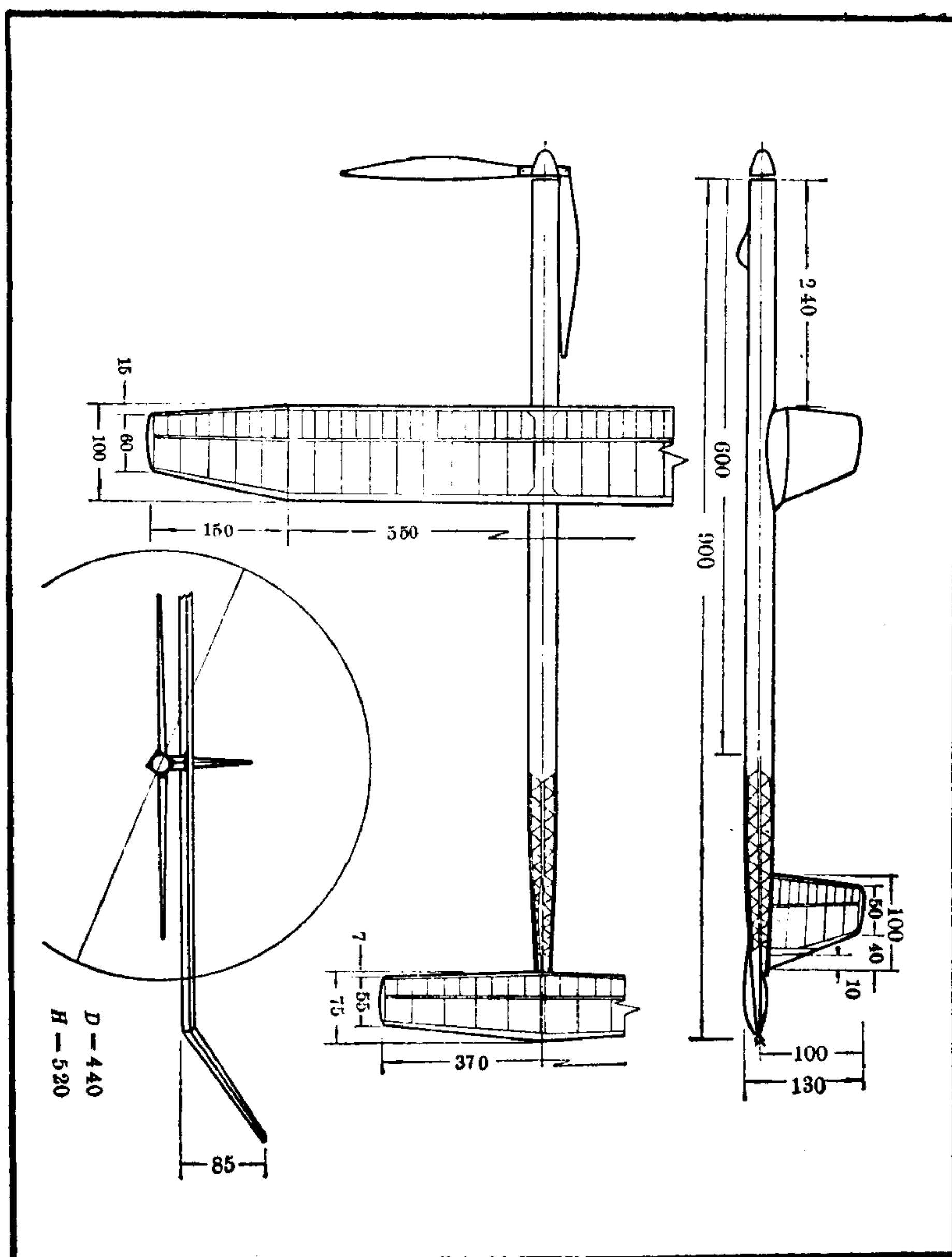


图 7-30

一级橡筋动力模型飞机主要材料表

序 号	用 途	材 料	规 格
1	机翼、尾翼、翼肋	桐 木	厚 1 毫米
2	机翼前缘	桐 木	3×4×600
3	机翼中段上下翼梁	松 木	3×1.5×600
4	机翼上反部分上下翼梁	松 木	3×1×155
5	机翼后缘	桐 木	2.5×10×600
6	水平尾翼前缘	桐 木	2×3×400
7	水平尾翼上下翼梁	松 木	1×2×400
8	水平尾翼后缘	桐 木	2×8×400
9	垂直尾翼前缘	桐 木	2×3×110
10	垂直尾翼翼梁	松 木	1×2×110
11	垂直尾翼后缘	桐 木	2×8×200
12	机翼尾翼蒙板及复板	桐 木	厚 1 毫米
13	机身侧板	桐 木	1×22(24)×650
14	机身侧板加强条	桐 木	2×2×625
15	机身尾部纵梁	松 木	2×2×300
16	机身尾部撑条	桐 木	0.7×2×25
17	机身头部加强框	航空层板	厚 1.5 毫米
18	机身尾部蒙板及滑撬	桐 木	厚 1 毫米
19	翼台侧板及翼肋	桐 木	厚 1 毫米
20	翼台前后缘	松 木	5×5×25
21	翼台翼托板	航空层板	厚 1 毫米
22	机翼固定销	钢 丝	φ1 毫米
23	水平尾翼固定梢	竹 丝	φ2 毫米
24	迫降钩	钢 丝	φ1 毫米
25	机头塞块	桦木或松木	7×18×18
26	机头端板	层 板	3×24×24
27	桨根木	桦 木	7×8×20



(续表)

序 号	用 途	材 料	规 格
28	桨根木夹板	铝 片	厚 1 毫米
29	桨轴及传动圈	钢 丝	$\phi 1.8$ 毫米
30	轴套	铜 管	内径 1.8 毫米
31	滑片	图画钉	
32	制动弹簧	钢 丝	$\phi 0.3$
33	制动钉	木螺钉	
34	铆钉	铜或铝	$\phi 1.5 \times 10$
35	桨木	桐 木	$9 \times 40 \times 400$
36	橡筋固定销	竹	$\phi 5 \times 38$
37	整流罩	软木塞	

## 七、气流对飞机影响

一架正常飞行的模型飞机,有时会越飞越高,飞出我们的视线;有时会摇晃不定;有时竟很快地降落。这是么什原因呢?这主要是模型飞机受到气流的影响。模型飞机在大气中飞行,空气有时水平流动——这就是风,有时会上下对流——这就是上升气流或下降气流。下面谈一点如何选择上升气流的基本方法。

### (一)清晨的气流

空气的上下运动,主要是由于地面吸收的热量不等,地面热的地方空气被加热而上升,较冷的地方空气来补充,形成空气上下运动。草地上空、湖面上空及新翻耕的土地上空,有微弱而稳定的上升气流。因为草地、水面白天吸收了太阳的热量后,晚上它放热缓慢,到清晨还在慢慢地放出热量,这就使

草地上面的空气受热，形成微弱的但是稳定的区域性上升气流。而在那些水泥地上，往往有下降气流。因为水泥地面放热很快，经过一个晚上，它原来吸收的热量早已放尽。所以需要清晨飞行，应该选择草地、水面等地方起飞。

## (二) 白天的气流

早上，太阳升起，大地被太阳的热量加热，会产生强烈的上升气流，同时也有强烈的下降气流。在这种气象条件下飞行时，如何选择气流呢？在太阳的照射下，地面受热的情况往往是不均匀的，地面温差不仅在不同性质的地面之间产生，地面性质相同的地方也会产生温差。例如：云的阴影影响，在两块云的阴影之间受热较大，往往有上升气流（图 7-31），我们就应该充分利用。又如草地上被大块云的阴影遮盖，在云块飘走，受太阳直射不久，就会产生上升气流。

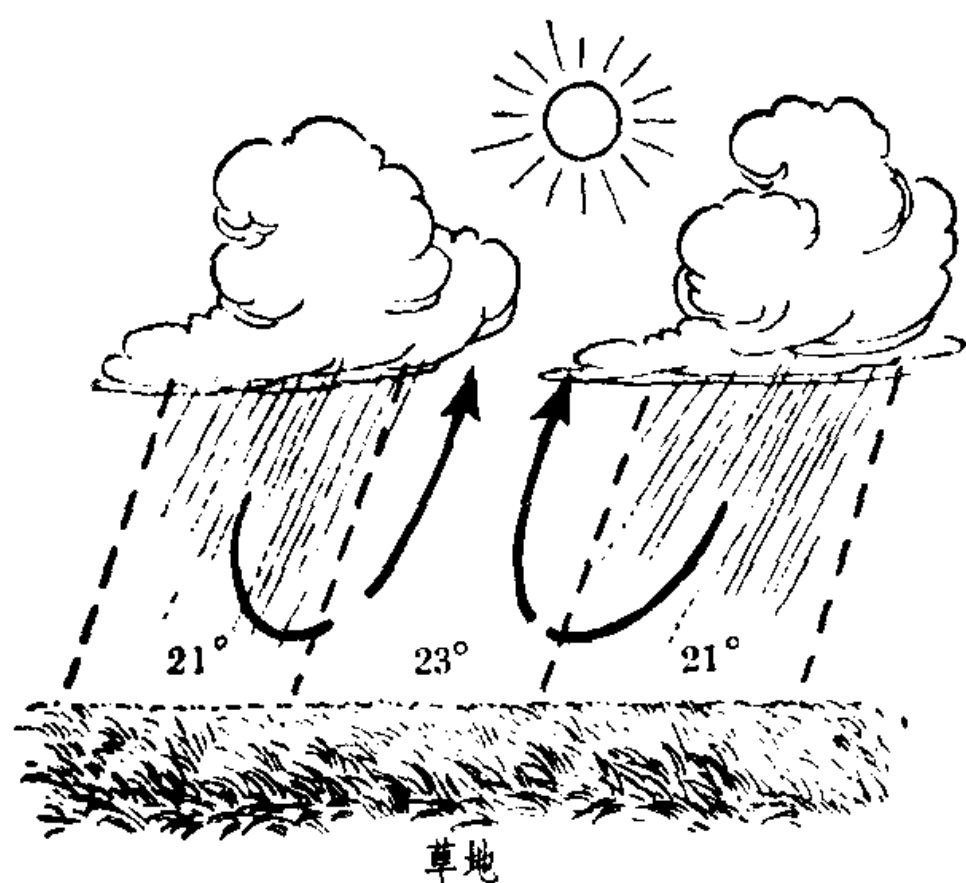


图 7-31

我们就应该充分利用。又如草地上被大块云的阴影遮盖，在云块飘走，受太阳直射不久，就会产生上升气流。

大地表面的上升气流是间断性的，有的持续 10 分钟左右；有的可持续 20 分钟；但也有更长或更短的。一般两次

上升气流产生的时间间隔约为 10~30 分钟。因此，我们一判断有上升气流，就要抓住时机进行起飞。一般在上升气流产生前，由于空气对流作用，会有一个无风区或小风区，我们选择此时起飞，起飞后就往往正好进入上升气流（图 7-32）。另外也可以把老鹰和其他模型飞机作为参照物。有了参照物，

那么选择上升气流的依据就更多了。通过我们不断实践，不断摸索，总结经验，收获会更大。

### (三) 地形对气流的影响

当风吹过高地或建筑物时，在迎风面气流随地形而升起，形成一小股地形上升气流，但在其背面就会产生乱流，模型进入这种乱流中，随着波动的气流突然下沉，又突然上升。

安定性差的模型飞机还会迅速坠地。因此，象这种地方的上升气流就不能利用，飞机起飞也应该避免在建筑物后面起飞。

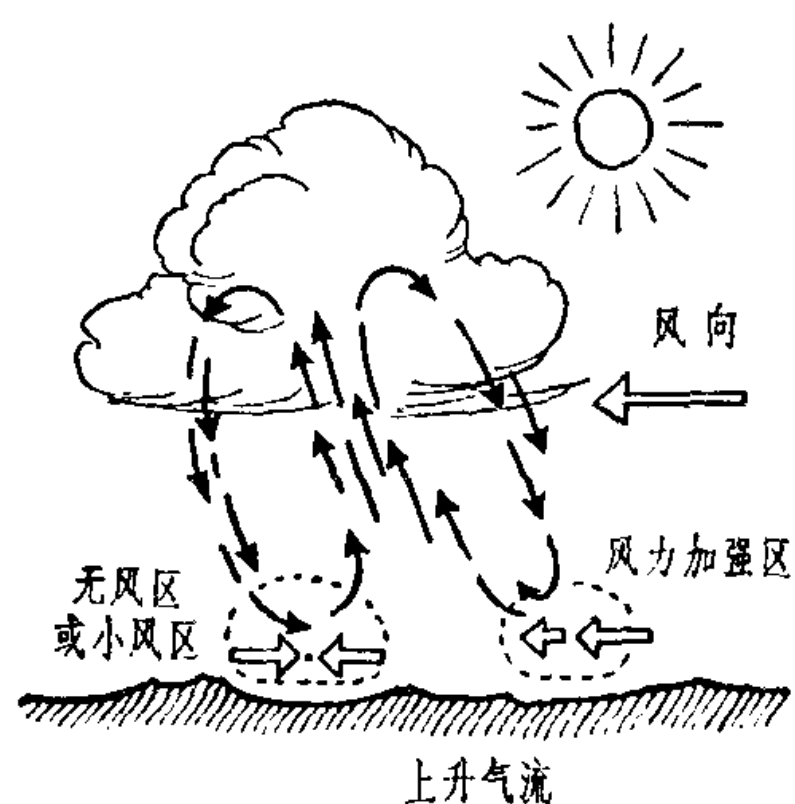


图 7-32

## 附录

## 工具和材料

制作模型飞机总是要有一定的工具和材料，这里我们作一个简单的介绍。

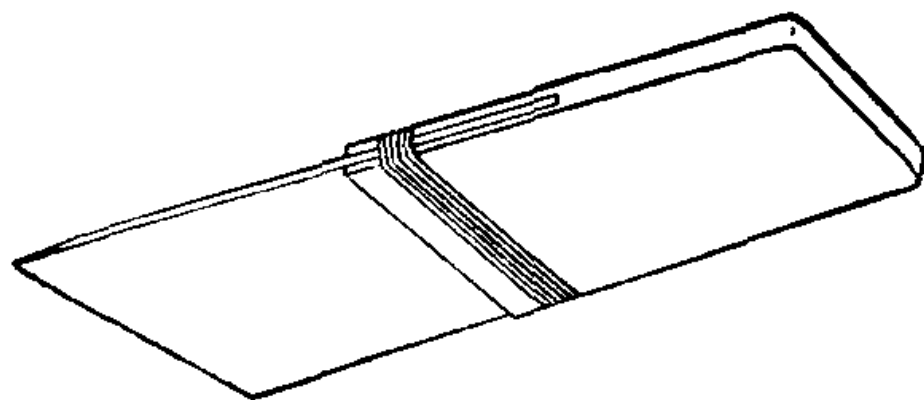
### 一、必需的工具

初做航空模型只需要少量的工具，就是：1. 刀片。2. 直尺。3. 铅笔。4. 木锉刀。5. 大头针。6. 三角尺。7. 剪刀。8. 尖嘴钳。9. 砂纸。

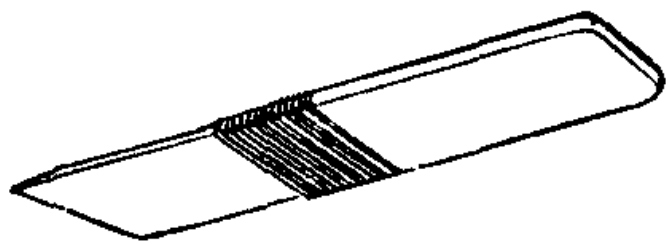
### 二、其他工具

一个航模小组，或者你自己要进一步制作较复杂的模型飞机，还应该再有一些工具，其中有些可自己动手制作。

1. 小刻刀。这是利用废锯条自己做成的。把报废的普通手工用钢锯条的齿磨去，头部磨斜，开口，另一端用两片木片夹起来，涂上胶水用线缚牢，或用铆钉铆好，做成刀柄就成。

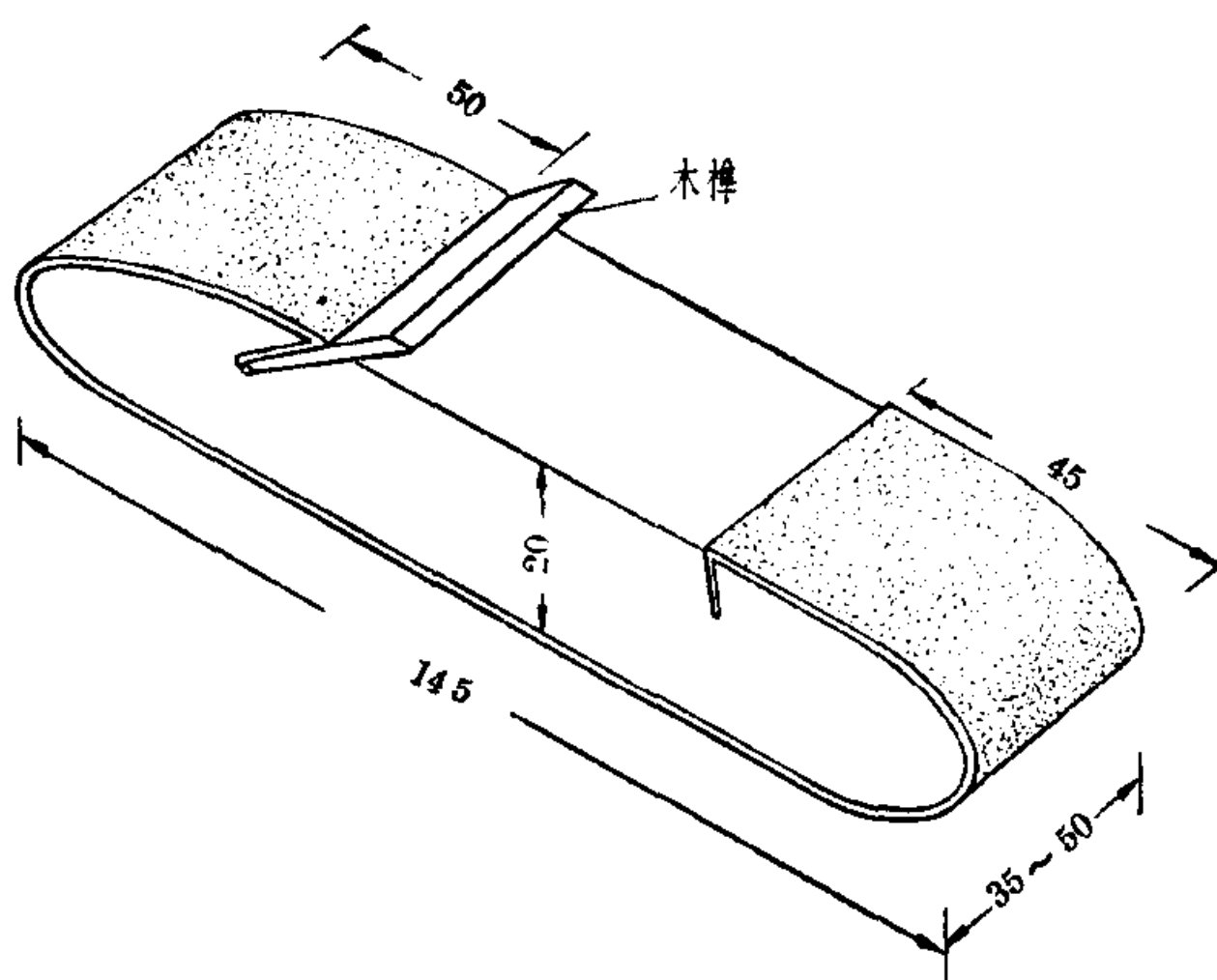


2. 斜口刀。这是用来削成迭的翼肋或螺旋桨的常用工具，可利用报废的机用锯条，按小刻刀方法自制。

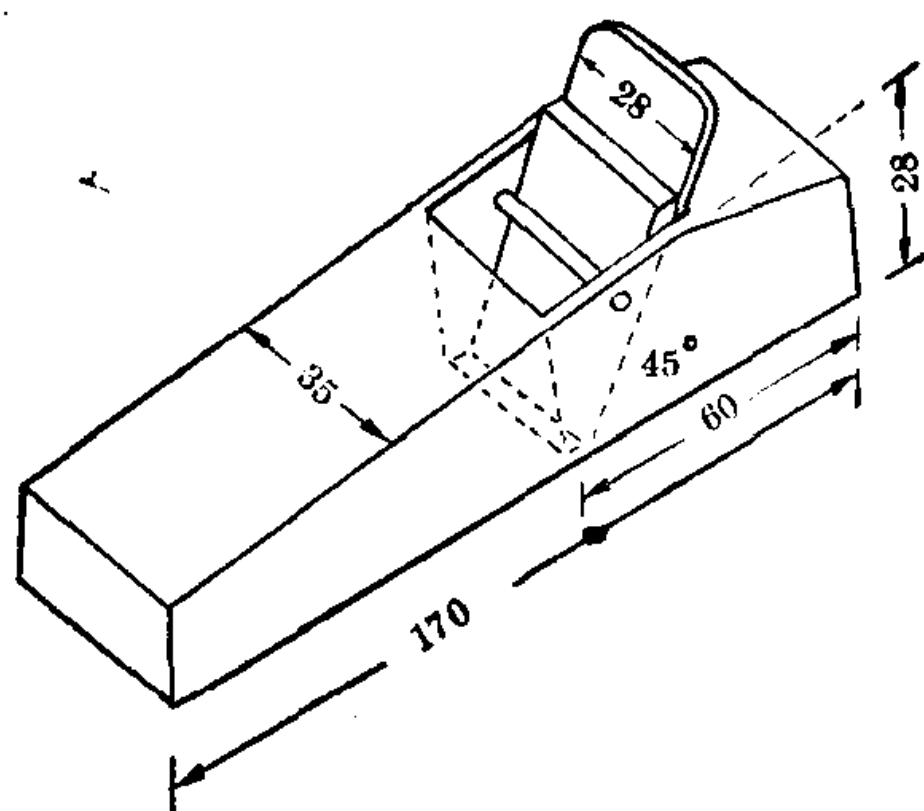


3. 榔头。

4. 砂纸板。这可用木块自制，在打磨成迭翼肋及螺旋桨时十分方便。



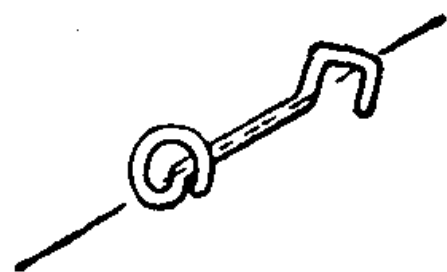
5. 小刨子。这是用硬木自制, 专门做模型飞机用, 按图示尺寸凿出刨坯, 要求斜面与刨铁吻合。再配上销钉及刨楔。刨铁可以取机用锯条自己磨成, 也可用市场上出售的刨铁改装成。



6. 手摇钻。用来钻孔及绕橡筋用。绕橡筋时只需按上如图的专用钩子就行。

7. 钻头。常用的钻头, 如 1.8 毫米钻头 etc.

8. 钢丝锯。



9. 磨刀砖。用市场上出售的专门磨刨刀用的水磨泥砖。

10. 废旧砂轮。磨刀时开口用。

11. 小台虎钳。用来夹住加工物,如成迭翼肋,机头零件等。

12. 平口铲凿。就象木模工用的铲凿,用来削螺旋桨、做机头等。

### 三、材料

做模型飞机的木材,通常用的是桐木和东北松木。

桐木颜色较白,质地轻,木纹较松。干燥的桐木不易变形,但强度稍差。一般做受力较少的构件,如翼肋、后缘条等。

松木比桐木重,木纹较密,强度较好,一般用来做机翼翼梁和机身纵梁等受力构件。

木材刨削时,主要应注意木纹方向,应顺纹刀工,否则要起毛口或折断。

### 四、胶水及涂料

胶水一般用快干胶。它是由香蕉水溶解硝化纤维(赛璐珞等)做成。也可用市场上出售的合成乳胶(聚醋酸乙烯合成树胶),或其他能胶合木材的胶水代用。

制造初级模型不需要涂料,到制造一级橡筋模型才使用涂料,就是由香蕉水溶解硝化纤维而成,也称涂布油。