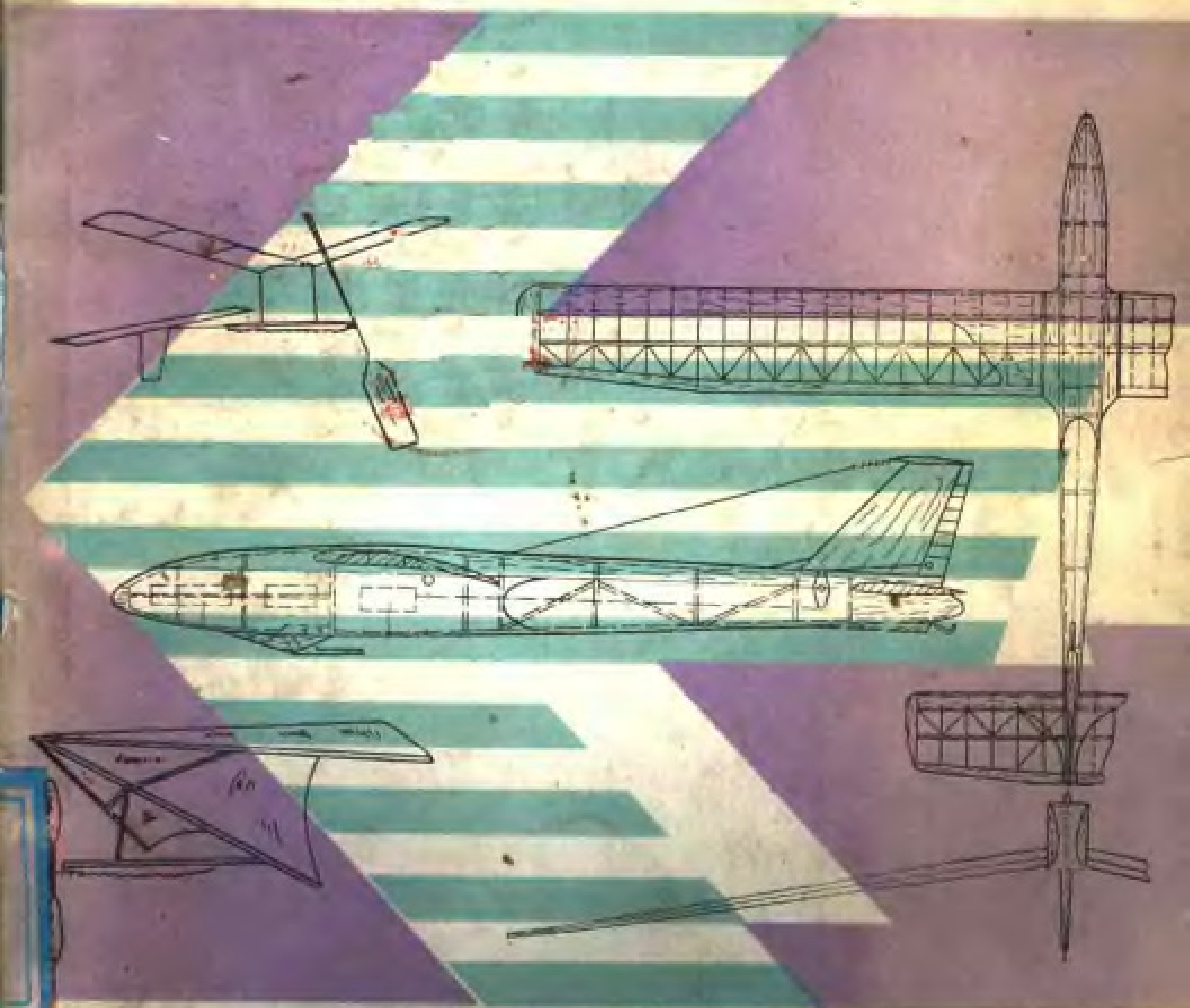


科技论坛

www.tech-domain.com

边莫行 编著

# 10类航模飞机制作



科学普及出版社

# 10类航模飞机制作

边莫行 编著

科学普及出版社

## 10类航模飞机制作

边莫行 编著

责任编辑: 宋宜昌

封面设计: 胡焕然

科学普及出版社出版

(北京海淀区白石桥路32号)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国科学院印刷厂印刷

开本: 787 × 1092毫米 1/16

印张: 7.5 字数: 180千字

1988年3月第1版

1988年3月第1次印刷

印数: 1—4000册

统一书号: 7051·1138

本社书号: 1393

定价: 1.70元

ISBN 7-110-00100-8/G·23

## 前 言

航空模型分为能飞的模型飞机和供陈列用的实体比例飞机模型两大类。本书向大家介绍能飞的模型飞机。

模型飞机按重量一般可分为两种：重量在 0.5 公斤以下的称为轻型模型飞机；重量在 0.5 公斤以上的则称为重型模型飞机。

制作轻型模型飞机的关键是，在保证模型有足够的刚度和强度的条件下，应尽可能地减轻它的重量。只有这样，模型才能够达到优良的飞行性能。

重型模型飞机，除大的牵引模型滑翔机外，大都装有活塞式发动机。这些模型结构较强，有的就是仿照真飞机的结构制作的。为了使这种模型具有优良的飞行性能，在结构设计时，既要力争轻巧，又要保持足够的强度和刚度；在制作时，除选材要轻之外，还必须精心制作每个零件。

本书介绍的模型飞机包括了轻型和重型两个部分。全书共分十章，由简到繁，循序渐进地介绍了手掷模型飞机、弹射模型飞机、橡筋模型飞机、牵引模型飞机、线操纵模型飞机、自由飞模型飞机、无线电遥控模型飞机、模型直升机、模型扑翼机和室内模型飞机的制作、放飞、调试等方面的知识。每种模型都附有工作图。此外，还推荐了一些优秀的模型飞机图纸。总的看来，本书内容比较全面，对每种模型的介绍也比较具体，因此对新老航模爱好者都有益处。初学者，从这本书入门，可以踏上成功之路；老运动员，可从本书中得到启发和帮助。尤其是书内介绍的那些具有创新设计思想的模型飞机及其设计原理，是很有参考价值的。

本书介绍的模型飞机种类较多，制作材料也较繁杂，包括纸、木材、塑料、金属、纺织品等。要想用这些材料做出好的模型飞机来，必须掌握对这些材料进行加工的技能。这些技能，制作者可在实践中逐渐学会。所以，在学习制作过程中，切忌操之过急。每做一个零件，就一定要把它做准确、做好。久而久之，就不难学得一手好手艺。除一些较复杂的、有较多机械加工金属零件的模型外，本书内大多数模型均可用手工工具制作。初学者开始制作时，如果工具不够，可在制作过程中逐步添制，不必等工具配齐后再动手。

航模制作活动，对丰富青少年的课外生活，培养他们创造性的思维能力和实际制作的工艺技能，是十分有益的，也是目前开展第二课堂活动的很好内容。愿本书能够成为广大航模爱好者的亲密朋友。

本书在编写过程中，参考和引用了航空知识杂志社编辑出版的《航空模型》杂志和《航空知识》杂志的有关内容。参加编写工作的有：赵然（第一、二章）、谢京（第三章）、易正本（第四章）、焦玉麟（第五章）、赵世金（第六章）、杨承德（第七章）、少友（第八、九章）、熊伟（第十章）等同志，并由少友同志统编。全书经谢础同志审定，在此谨致谢意。

## 目 录

<b>第一章 手掷模型飞机</b> .....	<b>1</b>
§ 1. 吹塑纸手掷模型飞机 .....	1
§ 2. 纸质手掷模型飞机 .....	3
§ 3. 纸木结构手掷模型飞机 .....	3
§ 4. 木质手掷模型滑翔机 .....	7
<b>第二章 弹射模型飞机</b> .....	<b>10</b>
§ 1. 吹塑纸弹射模型飞机 .....	10
§ 2. 塑木结构弹射模型飞机 .....	12
§ 3. 纸木结构弹射模型飞机 .....	14
<b>第三章 橡筋动力模型飞机</b> .....	<b>17</b>
§ 1. 一级橡筋动力模型飞机的取材与制作 .....	17
§ 2. 二级橡筋动力模型飞机的取材与制作 .....	23
§ 3. 三级橡筋动力模型飞机的取材与制作 .....	25
§ 4. 国际级橡筋动力模型飞机 .....	28
§ 5. 橡筋动力模型飞机的调整和放飞 .....	30
<b>第四章 牵引模型滑翔机</b> .....	<b>35</b>
§ 1. 一级牵引模型滑翔机 .....	36
§ 2. 二级牵引模型滑翔机 .....	42
§ 3. 具有圆周牵引钩的二级牵引模型滑翔机 .....	45
<b>第五章 线操纵模型飞机</b> .....	<b>48</b>
§ 1. 操纵原理及分类 .....	48
§ 2. 线操纵模型飞机的制作 .....	49
§ 3. 操纵技术 .....	57
§ 4. 推荐几种线操纵模型飞机图纸 .....	60
<b>第六章 自由飞模型飞机</b> .....	<b>64</b>
<b>第七章 无线电遥控模型飞机</b> .....	<b>68</b>
§ 1. 无线电遥控模型飞机及其制作 .....	68
§ 2. 无线电遥控设备 .....	73
§ 3. 调试和飞行 .....	77
§ 4. 推荐几种无线电遥控模型飞机图纸 .....	78
<b>第八章 模型直升机</b> .....	<b>81</b>
§ 1. 橡筋模型直升机 .....	81
§ 2. 简易共轴式双旋翼模型直升机 .....	83
§ 3. 单叶旋翼模型直升机 .....	86
<b>第九章 模型扑翼机</b> .....	<b>91</b>
§ 1. 简易模型扑翼机 .....	91

§2. 旋翼式模型扑翼机 .....	94
<b>第十章 室内模型飞机</b> .....	97
§1. 吹塑纸室内模型飞机 .....	99
§2. 蒙纸室内模型飞机 .....	103
§3. 微动力室内模型飞机 .....	108
§4. 国际级室内模型飞机 .....	111
<b>结束语</b> .....	113

# 手 掷 模 型 飞 机

手掷模型飞机是最为常见的一类航空模型。它利用手作用在模型上的力升空。这类模型一般具有结构简单、制作容易、调整方便、材料来源广泛、成本低、飞行场地小等特点。因此，很适宜在中小學生中开展。初学航模制作者最好先从这种机型做起，通过制作、调整、放飞，不仅可以学到不少基本的航空知识和飞行原理，而且还能為今后学习更复杂的模型制作打下坚实的基础。下面介绍几种手掷模型飞机的制作。

## § 1. 吹塑纸手掷模型飞机

这里介绍一种用吹塑纸制成的模型飞机，见图 1-1。这种模型飞机制作容易、成本低，使用的材料——吹塑纸在文化用品商店就可买到。使用工具包括一把切纸的小刀和一支画图的笔，有一堂课的时间就可完成，很适宜小学生制作。

### 制作方法

先在彩色吹塑纸上，按照图 1-1 模型图纸上的实线或虚线的形状，画出机翼、机身、尾翼的外形。然后按照这三部分的形状用小刀将它们切下来。应当注意机身上要有安装机翼和尾翼的两个槽，要将机翼和尾翼分别插入机身的安装槽内，使机翼和尾翼翘起的一面向上，然后在机身头部别上一枚曲别针，起配重作用。模型飞机各部分开得平行，不宜过宽。随后将双层的吹塑纸分开，变成两个机翼和两个尾翼，这时的翼面最好不要出现很深的折印。为保证机身有一定的刚性，不要分成两边，保持双层。在完成上述步骤后可进行安装。安装好之后，不要急于试飞，检查一下各部分的安装情况是否和图纸的要求一致；待检查后认为符合要求了，再进行下一步——调整试飞。

### 调整试飞

第一步是要掌握正确的用力方向和适当的速度。否则模型飞机飞不好，甚至损坏飞机。正确的方法是手持机翼下方的机身，机头稍微向下，呈水平状态轻轻地掷出。不要用力过猛，但也不能不用力，正确的手投方法需要反复练习才能掌握。在试飞过程中，还要针对具体情况对模型进行调整。当投出的模型飞机出现波状飞行时，应把曲别针向机头前面挪动；若机头向下俯冲飞行，可将曲别针向机头后面挪动。经过一番调试，直到小飞机在水平投出后能平稳地滑行。

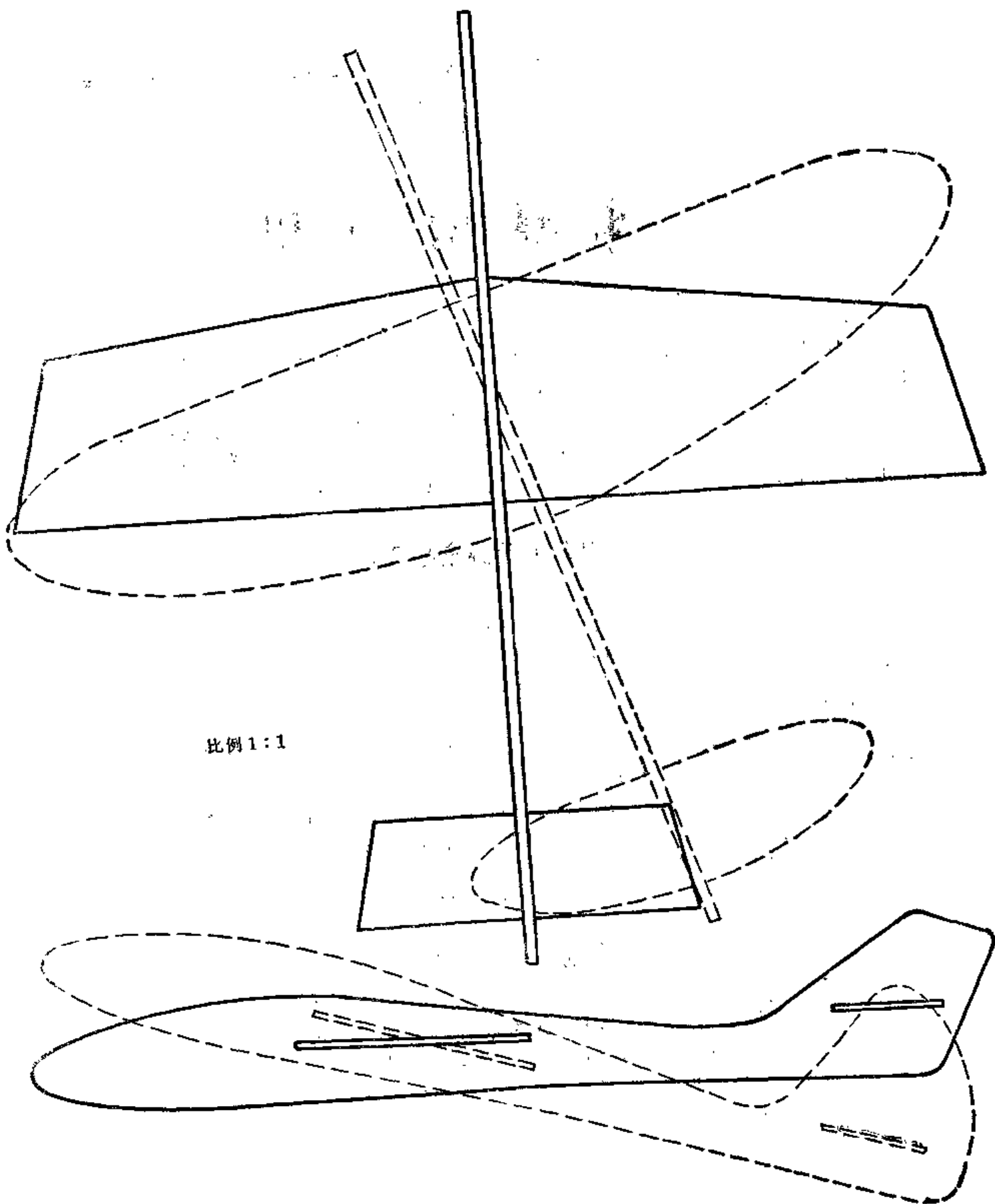


图 1-1



## § 2. 纸质手掷模型飞机

这架纸模型飞机由机身、机翼、垂直尾翼和机头配重片组成,图 1-2 是其图纸和装配图。这架飞机的结构简单,制作方便,只需要硬一点的纸、一把剪刀和一瓶胶水。

### 制作过程

制作前先要把图纸多看几遍,对飞机各部分及装配位置做到心中有数然后再去动手做。首先用复写纸把飞机图纸画在一张较硬的纸(如卡片纸)上;也可以把飞机图纸描在一张薄而均匀的纸上,与一张起加强作用的纸,如道林纸或牛皮纸用胶水粘结在一起,放在一些书本下面压上一段时间,待胶干后取出,检查一下是否平整。若符合要求,可用剪刀沿机翼、机身等部件的外形将其一一剪下来,随后把上、下机翼片粘结起来,有字的一面露在外边。在下机翼片的头部粘上三块配重片,第四块配重片暂不使用,视模型飞机飞行情况而定。按图纸位置在机身周围剪出 V 形缺口。以缺口尖角为界,将狭长的纸边向外弯折,机头的两个纸边向里弯折。沿机身中心线弯折。在机身四周的纸边涂上胶水,将机身粘在机翼上,制作顺序是先从机头开始做,要求使机身的纸边和机翼上注明粘纸边的地方重合。在机头两个纸边上涂上胶水,将机头左右两边粘合在一起。将左右垂直尾翼的 A、B 两条纸边向外弯折,然后从翼尖部对折,再粘在一起。将垂直尾翼粘在机身上,使 A、B 纸边和机身尾部注有 A、B 字样的位置重合。至此,一架纸折飞机就做出来了。待胶水干后,检查一下各部分的安装是否符合要求,然后再手投放飞。

## § 3. 纸木结构手掷模型飞机

这种模型飞机制作简单,在一节课内可完成制作和进行调整试飞。图 1-3 是这种模型的图纸。

### 制作过程

**1. 机身:** 将舱身部分沿虚线折叠后与松木条粘合起来,待胶干透将机头多余的一小段木条切掉。粘配重片(图 1-4 中的 8)时注意顶尖部要粘在机头松木条上。

**2. 尾翼:** 粘水平尾翼时注意与机身保持水平,垂直尾翼的前半部紧靠机身左侧(从尾部向前看),后半部分与水平尾翼粘牢。

**3. 机翼:** 将剪下的机翼沿中心线部位的实线剪开,不要剪断,然后按图 1-4 介绍的方法把机翼弯出翼型、注意不要太弯。弯好后将机翼平放在桌子上,看机翼的六个角是否都与桌面接触,如果有不接触的,按上述方法修整。机翼制作的好坏对飞机滑翔性能有很大的影响,因此,一定要认真、细致。

**4. 机翼和机身的装配:** 用两只火柴或竹棍,从机身两侧的十字处插过去作为销钉,用 1×1 橡筋扎紧,见图 1-5。机翼绑好后看是否装正,是否扭曲,左右翼尖距离水平面是否等距。检查后认为有不准确的地方,待调整后再进行手掷试飞。

### 试飞和调整

试飞尽可能在无风或风力很小时进行。飞出的飞机有头轻或头重的情况,最好通过

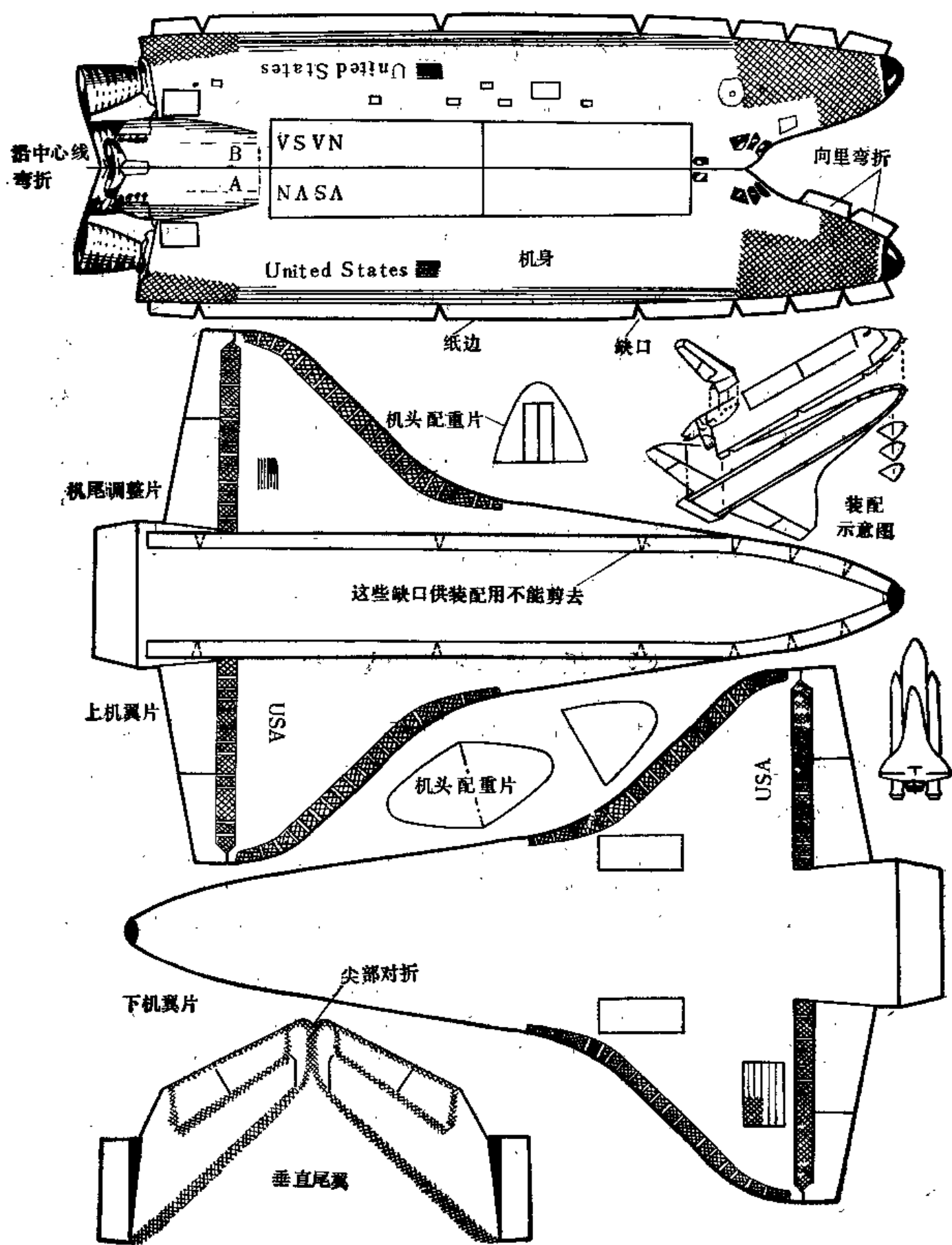


图 1-2

调整水平尾翼的方法进行纠正,不要在机头加减配重。这种模型飞机手掷后的直线滑行

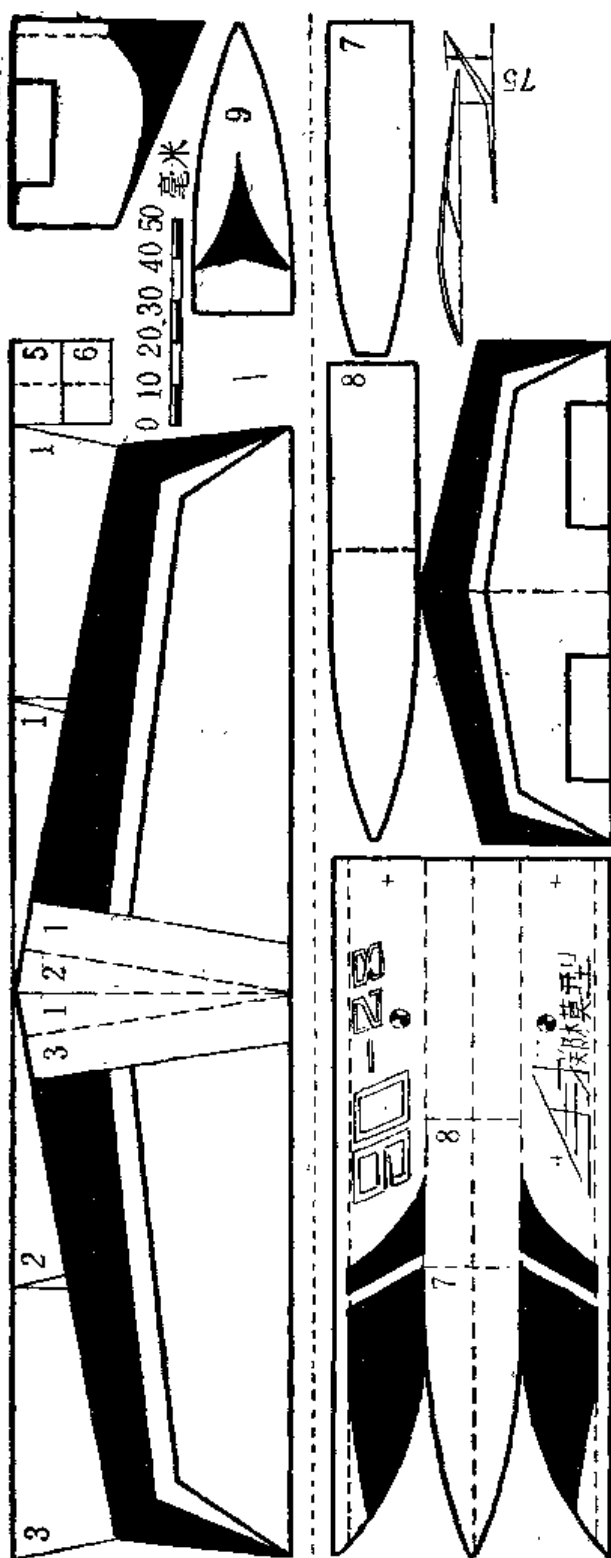


图 1-3

制作。机翼是一个等腰三角形,见图 1-7。首先用直尺将机身外形画在木片或纸片上,木纹与底边方向应一致,然后用小刀沿线切下,木片较窄时可用几块拼接。

水平尾翼、垂直尾翼和调整片的材料和制作要求与机翼相同,尺寸和外形见图 1-8。

**机身** 从图 1-9 可以看出,机身分为上下两部分,要求将上机身的下部和下机身的上

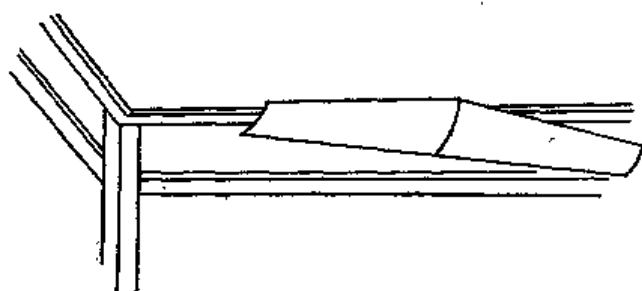


图 1-4

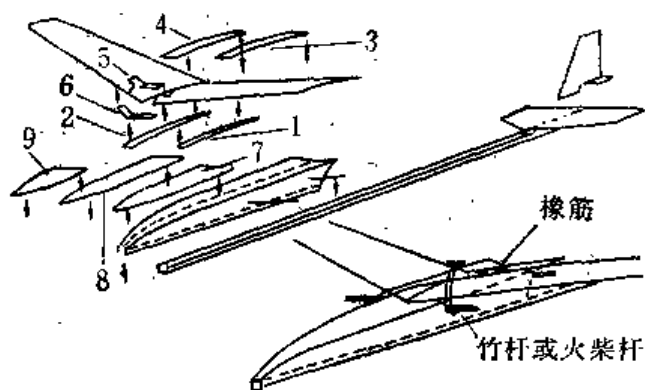


图 1-5

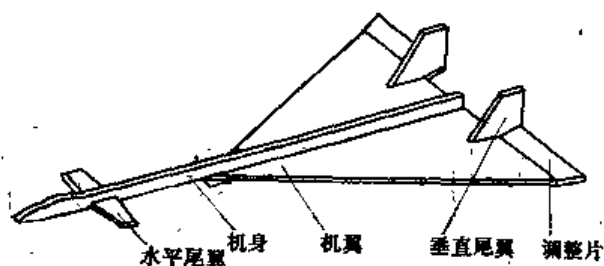


图 1-6

距离一般都在 20 米以上。

下面介绍一架简易模型飞机的制作。图 1-6 是该模型飞机的结构图。它结构简单,由机翼、机身、水平尾翼,垂直尾翼和调整片五部分组成;取材方便;使用薄片或硬卡纸、马粪纸等;制作容易,飞行场地小。使用的工具有直尺、小刀等。

### 制作方法

**机翼** 用 1 毫米薄木片或硬卡纸片

部做得平直。机身材料可适用 2~3 毫米的木片和马粪纸以及将几层卡片纸粘起来均可。

各部分制作完后可按图 1-10 所示的顺序装配。各部分的相对位置应与图 1-11 (三面图) 的要求相符。

### 试飞调整

这架模型飞机主要是调整重心的前后位置。如果重心位置不准,模型飞机不是“前仰”,就是“后翻”。因此,首先要测定模型的重心位置,方法是用两根针放在图 1-11 中的“△”处,将模型支撑住。如果模型抬头,就把针向后移;模型飞机低头则需要把针向前移,直到模型飞机能水平支撑在两根针上。这时针的位置就是模型飞机的重心。当测得的重心位置与图纸上给出的重心位置相差太远就得加配重,如大头针、铁丝、图钉等进行初步调整。待重心位置初步调整好后就可以试飞了。初学者最好在有经验的老师的指导下进行手掷试飞。投出去的模型飞机如果很快落地,就是“头重”,说明模型飞机重心靠前了,这时可以把头部配重减去一些;投出的模型飞机如果呈波形飞行状态,就是“头轻”,可在头部增加一点配重。在正常情况下,模型飞机不仅能平稳地滑行,还能做特技动作呢。

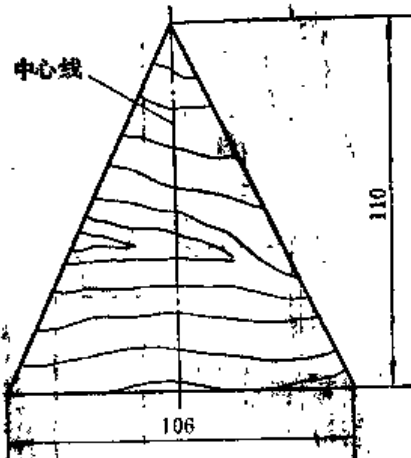


图 1-7

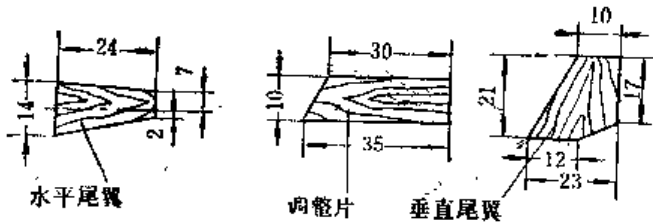


图 1-8

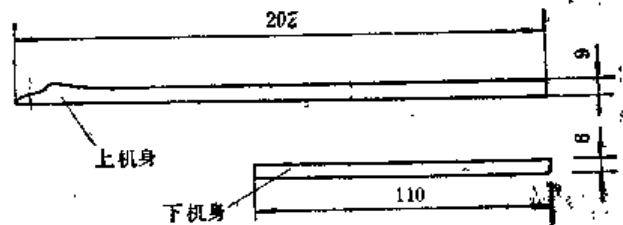


图 1-9

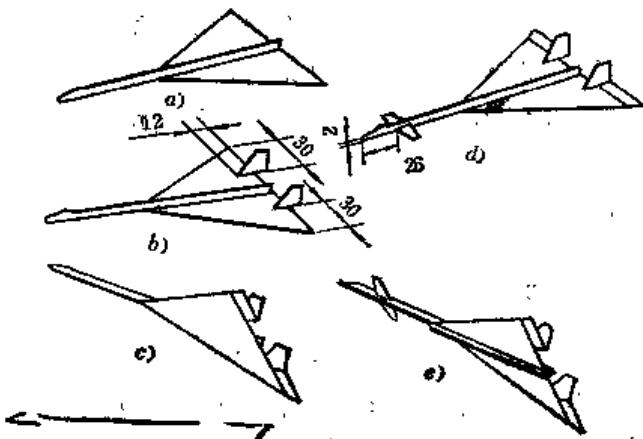


图 1-10

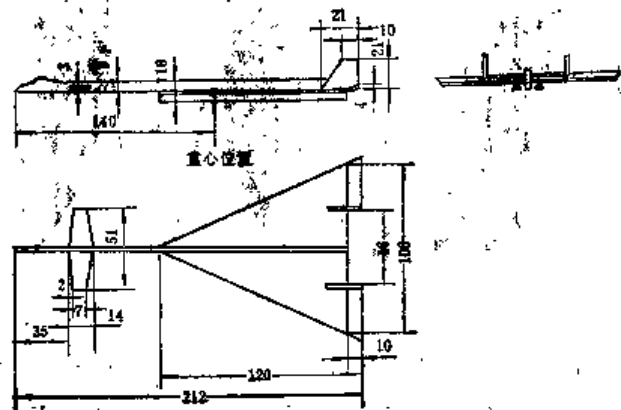


图 1-11

## § 4. 木质手掷模型滑翔机

手掷模型滑翔机的制作与放飞是手掷模型飞机中比较复杂的一种。下面介绍一架手掷模型滑翔机的制作和放飞。其参考图纸见图 1-12。

在介绍制作步骤前,先做几点说明:模型飞机翼尖弦长可不按图纸要求,可做成椭圆形翼尖,上反角可做成单折或三折。应当注意机翼有  $0.5^\circ \sim 1^\circ$  的安装角,它可以使模型顺利地由爬升状态转入滑翔,这种现象称为改出性能好,对手掷模型是非常重要的。

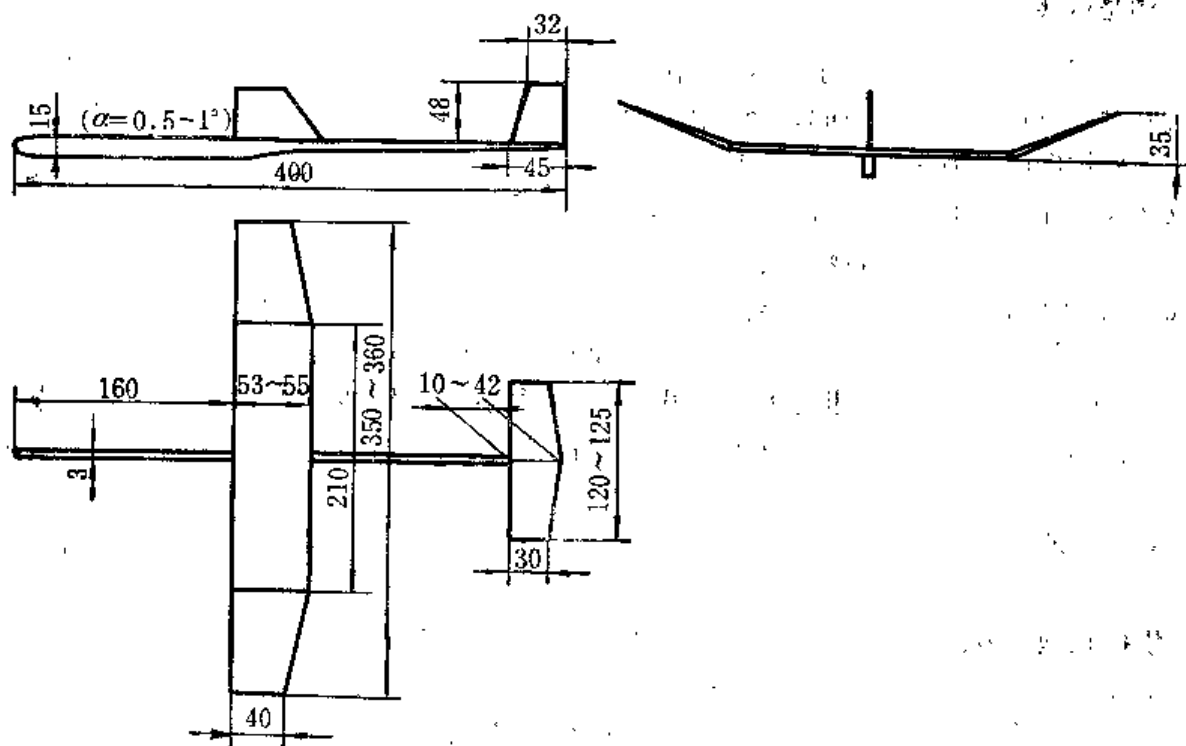


图 1-12

### 制作步骤

**机翼** 用 2~3 毫米桐木片加工而成,见图 1-13。

1. 加工平面形状。
2. 离前缘 25% 和 35% 处画两条线。
3. 粗加工表面: 用细木锉加工两个斜面。前缘留 0.8~1 毫米厚,到 25% 线处锉一斜面,后缘留 0.5 毫米厚,至 35% 线处加工出另一斜面。
4. 细加工表面: 用 1 号细砂纸将上弧面打磨成光滑曲线,下弧面打平打光。特别要注意将前缘打磨成圆弧。
5. 接上反角: 按图 1-12 所示尺寸在内外翼结合处接上反角,对接面必须是整个面接触,否则很容易摔坏。
6. 精加工表面: 用 00 号砂纸细心打磨表面,不应残留细加工的痕迹。

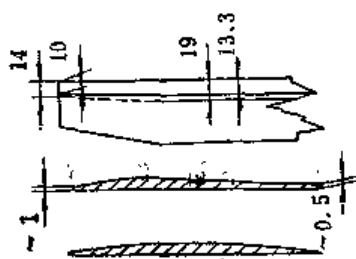


图 1-13

**尾翼** 用 0.75~1 毫米的桐木片按图纸要求尺寸和外形加工后,用 00 号砂纸打磨光滑。

**机身** 用 3 毫米厚松木片加工。要注意机翼有  $0.5^\circ \sim 1^\circ$  的安装角,而水平尾翼的安装角为  $0^\circ$ 。制作时可在粘机翼处粘上一条 0.75~1 毫米厚的木条,胶干后磨出斜面即可,见图 1-14。

在上述步骤完成后可进行装配。装配要力求准确。应按模型三面图的要求。但有时为了使模型向所要求的方向盘旋,可略为改变某些部件的位置。

### 调整试飞

初次试飞应选择无风或小风的天气进行。方法是先进行手投试验,初步调整滑翔性能。此时应将模型从水平方向轻轻送出,使模型平稳地向前下方滑翔。如果下降过快,可以略为增加投出的速度,直到模型出手后恰好不向上爬升,再观察滑翔轨迹;如果仍然下沉很快,可以将机头减轻一些,或者在尾部加一点配重,再观察效果;如果出现波状飞行应在机头处加配重,要反复多次调整,达到滑翔姿态基本满意。

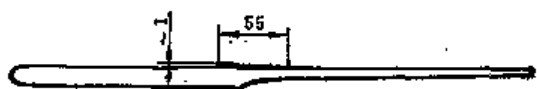


图 1-14

投掷时所需要的力量,即使体质较弱的少年也能胜任,最重要的因素是投掷的姿势和速度,否则力气再大也投不高。因此,掌握正确的拿、投模型的姿势是重要的,下面具体地介绍一下。

**拿模型的方法** 拇指和中指用力捏住机身,食指应钩在机翼根部后缘处,参看图 1-15。

**投掷模型的方法** 一种是手拿住模型从肩上投出。这种方法主要依靠小臂的摆动,动作幅度小,但由于人体大部分没有剧烈的活动,因而容易掌握投掷动作,容易成功。

另一种方法类似投标枪,模型从身后下方经过胸前投出。投掷时,整个手臂要摆动,胸部也要转动,模型可获得更大的动量,投得较高。但由于人体各部分动作幅度较大,投掷动作的准确性就差,不易投好。究竟用哪一种方法好,可以根据每个人的体力和模型的性能而选择。要特别注意一点,投掷前一定要事先做好手臂和身体各部分的准备工作,否则容易拉伤肌肉。以上两种投掷方法参看图 1-16。

投掷时模型的姿态也很重要,要注意三个角度:

1. 机身与地面的夹角——

投掷角(爬升角);

2. 机翼平面与地面的夹角——倾斜角;

3. 机身与风向的夹角——风向角(侧风角),右盘旋模型的向右倾斜称顺风角,向左倾斜称顶风角,见图 1-17。

现以右手投掷向右大半径

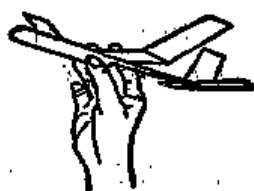


图 1-15



图 1-16

盘旋的模型为例具体介绍一下。这种投掷轨迹比较容易掌握。此时，模型倾斜角应为  $0^\circ$ ，以顺风角方向采用肩上出手姿势投出为好，理想的轨迹是：模型出手后，一面爬升，一面盘旋，在模型转入顺风时恰好

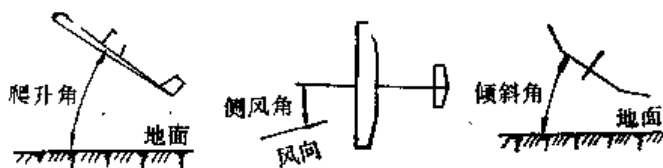


图 1-17

爬升至最高点，然后立即转入正常滑翔，几乎不损失高度。如果高度不理想，或者模型尚未爬升至最高点就开始转入顺风，并低头俯冲一段后转入正常滑翔，就应增加爬升角或减小顺风角。如果投出的模型直线爬升或盘旋爬升，结束时模型不在顺风区而是抬着头进入失速状态，要俯冲一定高度后才能改出，这时就应减小爬升角或增加顺风角再进行试投。

用右手投掷左盘旋模型时，模型应有向外的倾斜角，可以采用从胸前或肩上投掷的方法。其它要求和前一种情况相似。爬升轨迹应是右盘旋爬升进入滑翔后逐渐成左盘旋。如果爬升姿态不正常，除了上面介绍的克服方法外，增加或减小倾斜角，可以增加或减小右盘旋。

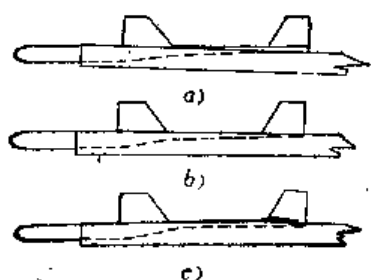


图 1-18

如果不管怎样投掷，模型总是翻筋斗，一定是机翼和水平尾翼安装角的差值过大，可以用直尺靠在机翼下翼面，按图 1-18 所示的方法检查水平尾翼前后缘到直尺的距离，重新装配后再试飞。

要在投掷试飞中细致地调整模型的滑翔性能，加上利用上升气流，模型就能飞出较好的成绩。

# 弹射模型飞机

弹射模型飞机是航空模型中一类比较简单的模型飞机。前面介绍的手掷模型飞机是由于手对模型的作用力而使飞机升空,而弹射模型飞机,则是利用橡筋的伸缩产生的作用力使模型飞机飞上天。这类模型飞机一般具有结构简单、制作容易、材料好找、成本低等特点,是适宜青少年广泛开展的一项活动。下面介绍几种弹射模型飞机的制作。文图中的长度单位均为毫米。

## § 1. 吹塑纸弹射模型飞机

图 2-1 是该模型的三面图。这架具有取材方便、成本低廉、容易制作等特点,适合在城市地区小学小场地放飞。

### 制作方法

**机身** 用  $3 \times 12 \times 100$  的桐木片和  $3 \times 3 \times 170$  的桐木条上下胶合而成,参看图 2-2。胶合前将胶合面用砂纸打磨平整,胶合面之间不应有间隙。待胶干后用小刀挖出弹射用槽,然后用细砂纸将机身打磨光滑。操作时要注意

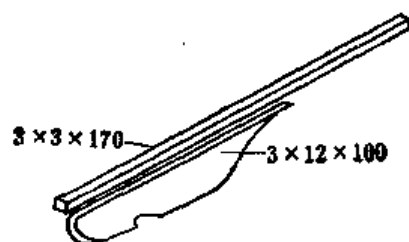


图 2-2

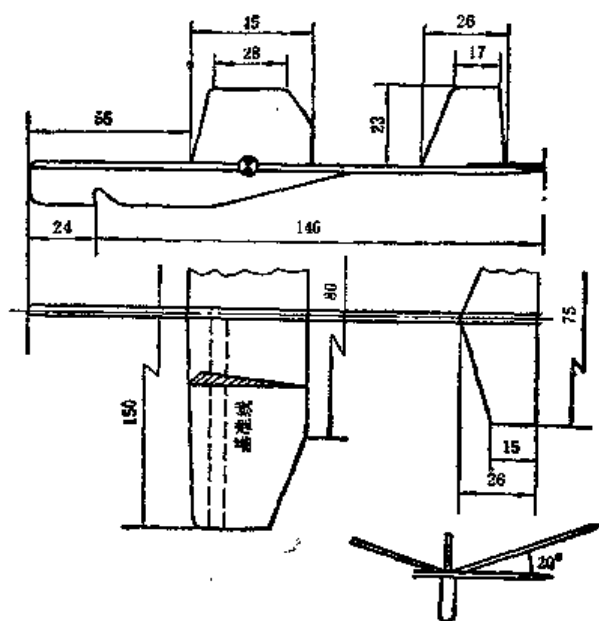


图 2-1



将机身放平,以免造成机身变形扭曲。尾部在保证强度的情况下尽量打磨得细一些,以减轻尾部重量。

**尾翼** 可用吹塑纸,也可用1毫米厚的桐木片。用吹塑纸,重量较轻,整机不加配重或略加一点即可飞行,但吹塑纸容易变形,弹不高且飞行状态不稳定,因而不易调整。用木片制作会改变这种情况。制作步骤是:先将木片磨光,按图纸形状画出,用小刀刻去多余部分,然后再胶合起来,参看图2-3。应注意垂直尾翼应选竖木纹的木片。如果用吹塑纸就不要再磨了,但在水平尾翼和垂直尾翼胶合处,轻轻地沿胶合线打磨一下,这样胶合起来就比较牢固。

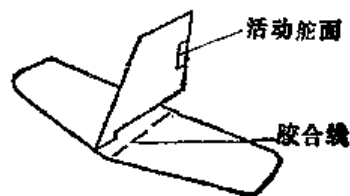


图 2-3

**机翼** 用小刀按机翼尺寸切取一块双层吹塑纸,分别画出外形,中心线、两条翼型基准线,然后用小刀切去多余部分,参看图2-4。再用细砂纸打磨出翼型,前缘要打磨到第一条基准线,后缘要打磨到第二条基准线,两条基准线之间不要打磨。打磨的方法是只能向一个方向轻轻地均匀打磨,参看图2-5。切不可用力太猛和砂纸来回磨,这样做都会造成机翼表面粗糙或出现缺口。翼型打磨好后,将机翼中心线轻轻向上折起,成一个 $20^\circ$ 的上反角(不要切开),然后截取一小条硬卡片纸,胶在机翼上表面根部加强成形,在胶水未干时,机翼折出的这个上反角会在手松开时恢复原状,可以用棉线框在机翼上绷成 $20^\circ$ 上反角,参看图2-6。等加强纸条的胶干后,再拆除棉线,机翼的上反角便成型了。

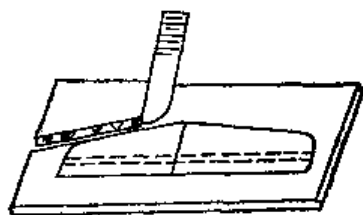


图 2-4

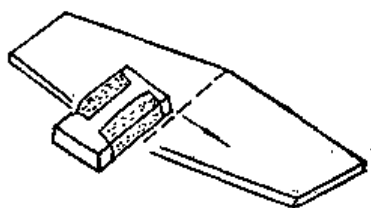


图 2-5

硬卡片上反角成型加强片

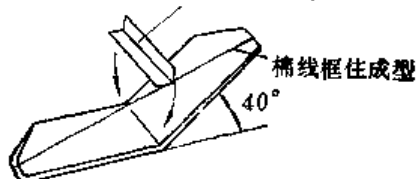


图 2-6

### 装配和调整试飞

装配前应检查一下各部分制作是否准确,然后将机翼、尾翼胶合在机身上,截取两小条硬卡片纸分别贴在机翼与机身的连接处,以增加机翼和机身之间的连接强度及机翼根部的强度,参看图2-7。装配时应注意机翼两上反角角度要相等。机翼、水平尾翼的安装角都是 $0^\circ$ 。检查认为符合要求了,可进行调整试飞。先将重心调在翼弦的50%处,然后试一下手掷滑翔的情况。弹射用的橡筋不宜太长,应尽量细一点,用 $1\times 1$ 毫米的,也可用橡筋圈连接起来用。橡筋不能拉得很足,以能轻悠悠地弹出去为好。如不盘旋,可在垂直尾翼上用小刀开一个小小的活动舵面,调整好后用胶水粘住即可。

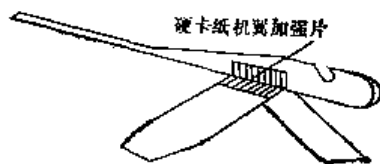


图 2-7

## § 2. 塑木结构弹射模型飞机

这里介绍一种用吹塑纸做机翼的塑木结构的弹射模型飞机。这种模型飞机的特点是水平尾翼采用阻力抬尾装置,改善了模型的爬升性能,使模型的留空时间加长,垂直爬升高度增大。

### 模型的制作方法如下

**机翼** 选用质地平整双层粘合较好的吹塑纸,按图 2-8 模型图纸给出的尺寸用刀片裁切下来。左右机翼应连在一起,不要切开。机翼呈三角后掠形,用刀片削成平凸型翼型,用“0”号木砂纸或“200”号水砂纸制成的砂皮板轻磨。切忌来回磨,以防吹塑纸卷皮。为了加强机翼强度,可沿边贴上涤纶胶带纸,粘贴时要求光滑平整,以防起皱纹。然后用直尺在机翼正中间沿着中心线压出一道线,以便左右机翼折出上反角。在机翼下面距前缘四分之一处用胶带纸贴上“V”形钢丝,钢丝选用  $\phi 0.6 \sim 0.8$  弹性较强的钢丝做成,长 70 毫米,钢丝夹角  $140^\circ$ ,用来保持准确的上反角。

**机身** 选用  $3 \times 15 \times 1000$  的松木条,要求木纹平直。机头呈鲨鱼形。从机头到机翼后缘部分的机身加工成上平下尖的三角形,后机身逐渐过渡成上平下圆的形状。机身末端留 10 毫米长的圆柱形尾尖,便于弹射时用手指捏住。

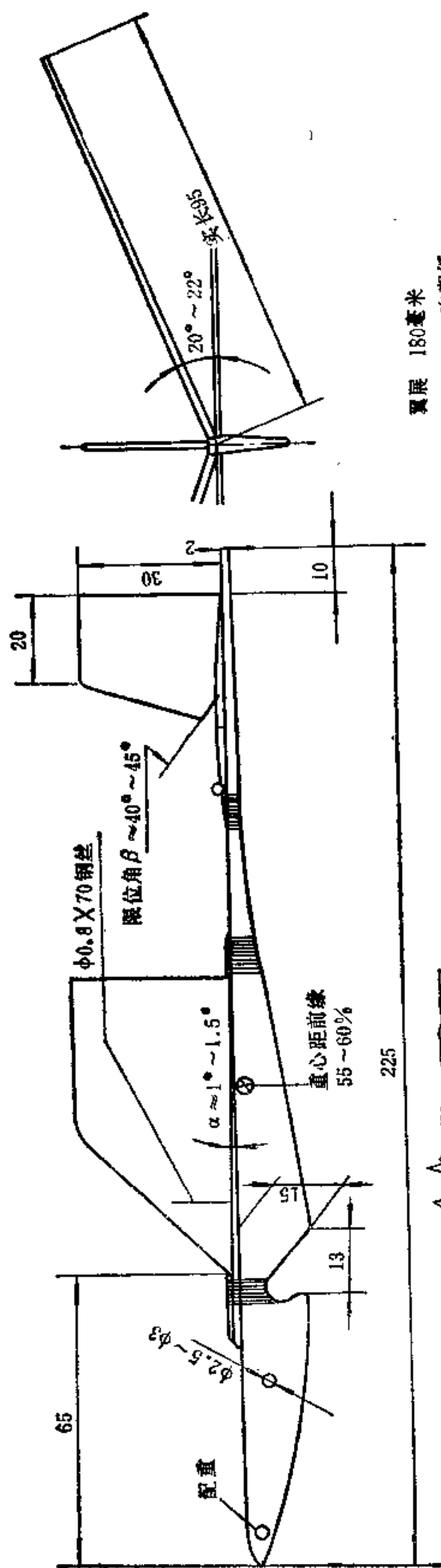
**尾翼** 用 0.75 毫米厚桐木片制成,抬起部分(见图 2-8)用市场上出售的 35 号打琴钢丝作的压簧压住,并用涤纶胶带纸与平尾连接。注意,此处一定要做到很灵活。装好后,可用嘴对着机头猛吹,在气流的作用下能看到阻力片有明显的振动就行;否则,模型仍会出现拉弧圈斤斗轨迹。为了防止受潮变形,可在完成后的模型上刷上 2~3 次稀透布油,或用香蕉水泡的乒乓球胶也行。

机翼的下面用  $1.5 \times 3 \times 65$  毫米的桐木片作翼台,用胶水粘在机身上,待胶干后再用刀削成前高 1.5 毫米的一个斜面,使其成为  $1^\circ \sim 1.5^\circ$  的安装角,以改善模型的滑翔性能。机翼采用可拆卸式,上面用  $1.5 \times 3 \times 95$  的竹片,将机翼夹紧在机身上,两头用线扎紧。扎紧后涂上一点胶水,胶干后使线绷得更紧,也可用橡筋紧缚。

### 调整试飞

模型制好后,不急于弹射,应当先按常规作低空手掷滑翔试验。重心距前缘 55~60% 左右。调整时可在机头钻孔配铅,配铅的小孔中要涂些胶水,配好的铅块要打磨平整,两边粘上薄木片,待胶干后再研磨平整。模型滑翔时若出现倾斜,说明两边机翼升力不等,可将升力大的机翼慢慢地移向升力小的机翼一边,以增大升力小的机翼面积。如仍不行,就要剪去升力较大的机翼翼尖部分,直到滑翔时不出现倾斜为止。

手掷滑翔感到满意之后,可用 2 克重的  $1 \times 4$  或  $1 \times 2$  的橡筋作小动力弹射试验。弹射时仔细观察模型的飞行轨迹,若模型拉弧圈,说明阻力片压得太紧,仍不灵活,设法将压簧放松些。若模型弹出后无法飞行,出现乱筋斗,说明抬尾太高,即垂直尾翼的限位角过大,或者是压簧太松,解决的办法是减小限位角,或换短力臂的钢丝。若小动力弹射时模型爬升轨迹较平直,就可“大动力”弹射。这里的“大动力”指的是仍然在原 2 克橡筋上



翼展 180毫米  
 机翼材料 吹塑纸  
 机翼升力面积 0.9厘米<sup>2</sup>  
 尾翼材料 桐木片厚0.75毫米  
 机身材料 松木3×15×225(毫米)  
 飞行总重 5克

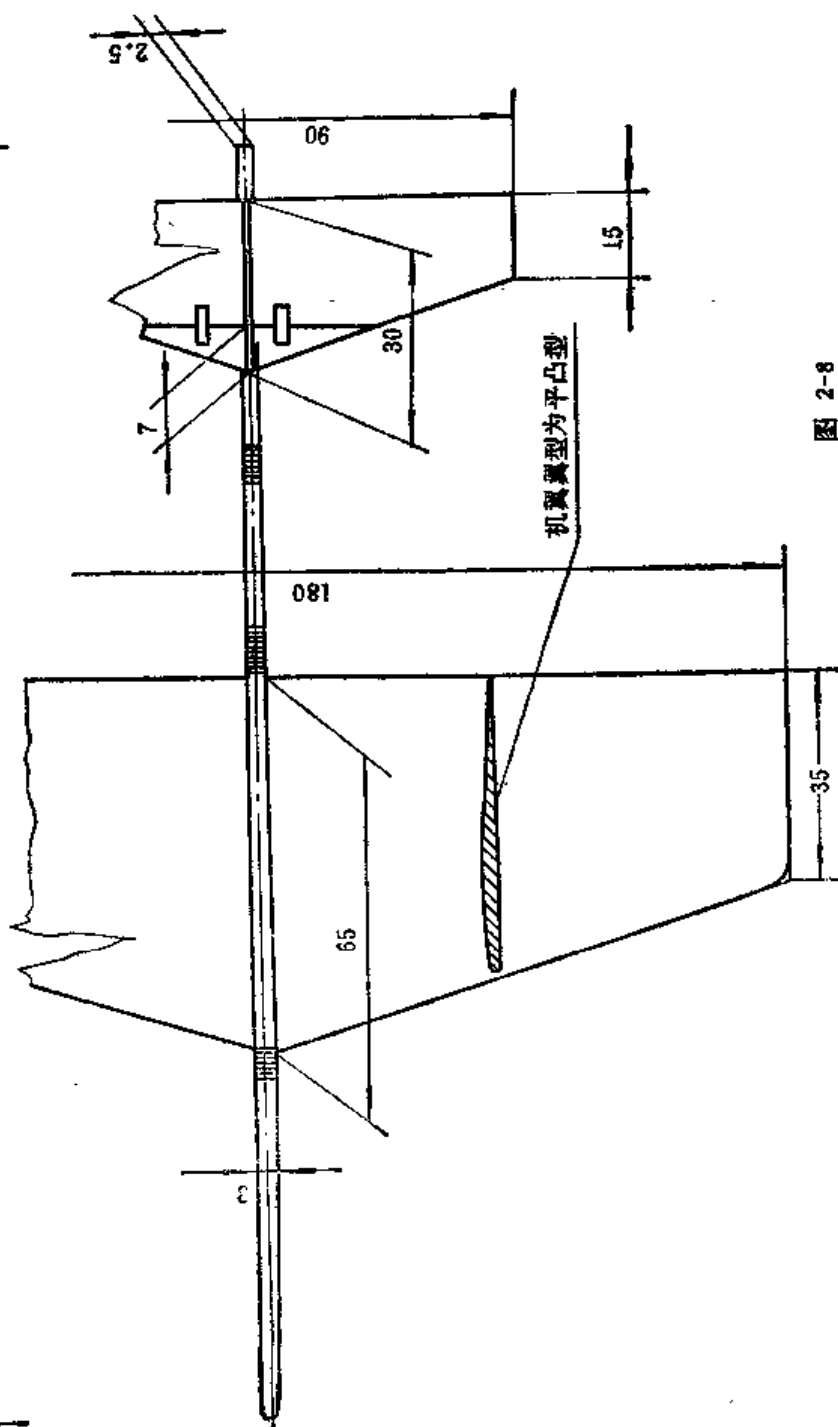


图 2-8

所获得的弹力。由于模型小、重量轻、强度差,若增加橡筋重量反而弹射效果差,甚至还会损坏模型。

### § 3 纸木结构弹射模型飞机

这种模型具有材料好找、结构简单、制作方便、安装容易、修复性好等特点,适于中小学生学习开展科技活动时采用。制作时所需的器材和工具是:机翼和尾翼可采用卡片纸或厚的铅画纸,也可用牙膏盒、点心盒等纸张。纸厚约 0.3 毫米,有 16 开大小一张就够。机身材料可用  $3 \times 5$  或  $3 \times 6$  的桐木条或松木条(不宜用竹子)。还需要做配重的牙膏皮、大头针(做弹射钩)、细腊光线。弹射用的橡筋 1 克左右,或用普通橡筋圈五、六个连接起来代替。需用的工具有剪刀、单面刮胡子刀片、直尺、钳子等。其图纸见图 2-9。

#### 制作方法

**机翼和尾翼** 按照图纸大小,用复写纸将外形复印在卡片纸上,或用直尺按尺寸要求对称地画在破纸片上,用剪刀剪出外形。要求纸面平直整齐,左右对称,画好中心线。垂直尾翼与水平尾翼形状相似,切勿搞错。

**机身** 由两根  $3 \times 5 \times 280$  的木条制成。木条要求平直,并按照图纸所示用铅笔注明机翼和尾翼的装配位置。

模型飞机的各部件做好后,经检查,符合图纸要求,即可进装配。装配的方法是:参看工作图上各部件的位置,利用组成机身的两根木条,把机翼、水平尾翼和垂直尾翼夹紧在两根木条中间,并用线绑牢,具体步骤如下:

1. 先将垂直尾翼叠在水平尾翼上,对齐中心线,夹在机身条中。尾段要留出 1.8 毫米,以便绑线、弹射时还可用手捏住此处。在尾翼前、后缘处分别用线紧缠约 10 圈,打结。

2. 将机翼插进机身两木条间,先在后缘处绑线,再将座舱插入机头处,在座舱与机翼前缘处绑线。

3. 配重心位置,把牙膏皮刮干净,剪下宽约 12 毫米,长 30 毫米的一片,将一头夹入机身木条间,卷上一圈。此时应将直尺放在机身下方重心位置处(距机翼后缘 42 毫米处),增减牙膏皮长度,直到模型前后平衡为止,再把牙膏皮紧包在机头顶部,并用线缠紧。

4. 安装弹射钩。用大头针在机身中心线距机翼前缘 30 毫米处,向后斜插,钉穿机身,只留 5 毫米,其余部分剪去。穿时要细心,防止把机身折断。

5. 沿机身木条两侧折机翼上反角,左右各  $20^\circ$  或量高度 26 毫米。沿机身木条将垂直尾翼从左右两方向上折起(不用胶合),两垂直翼面翼尖最大间隔 15 毫米。

#### 调整试飞

模型做好后,一般不能立即试飞成功的,需要进一步做细致的检查,看有否在缠线时变形,翼面是否平直等,步骤如下:

1. 检查机翼、尾翼各翼面是否平直对称,拿住机身从正前方观察,不应有扭曲现象。这是保证飞行的基本因素。

2. 检查重心位置是否符合图纸要求。试飞后,重心位置亦可根据平衡需要,在前后 2

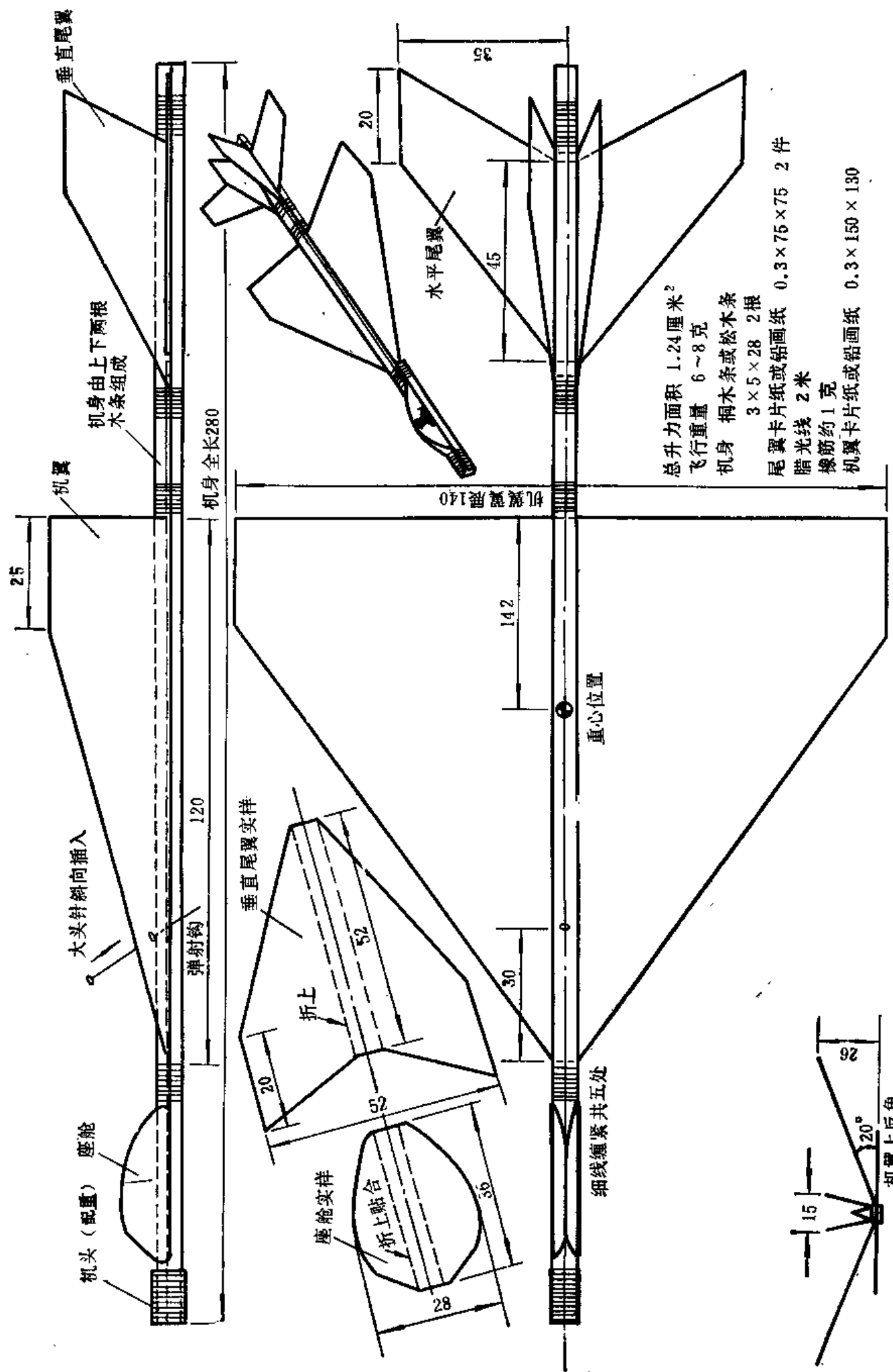


图 2-9

毫米的范围内变动。办法是可在头部加大头针或再增减配重。

3. 手掷滑翔。用食指或拇指拿住机身靠近机翼后缘处,轻轻向前方(稍向下)掷出,应调到平稳滑翔。

4. 用橡筋试飞。用  $1 \times 1$  橡筋组成四股,或用普通橡筋圈五、六个,单个串接。由于模型用硬纸片做成,刚性较弱,只宜用少量橡筋,约 1 克左右即可,切勿多用橡筋,否则适得其反。左手拿住橡筋的一头,另一头挂在弹射钩上,右手拿住机身尾端,适当拉紧橡筋后,机头向上弹射放飞。若橡筋力量适当,模型即能盘旋上升飞翔。

这种模型只需对各翼面的后缘稍稍加以扭曲,即会出现各种相应的飞行姿态,如左、右转弯,头“轻”波状飞行,头“重”俯冲,翻斤斗和盘旋等动作。但如扭曲调整过头也会失败。

这种模型机翼采用平板翼型,若调整不当,如重心不对,机翼、尾翼变形或橡筋弹力过猛时,模型容易出现“失速”现象,要注意防止。

# 橡筋动力模型飞机

本章介绍橡筋动力模型飞机。什么是橡筋动力模型飞机呢？顾名思义就是飞机模型的起飞和飞行，全都是以橡筋为动力的。具体做法，就是用手摇钻把橡筋绕在模型上，这样橡筋束便有了能量，用这种能量来带螺旋桨转动，产生拉力便可使模型飞机缓缓地爬升。

橡筋动力的橡胶是在十七世纪由南美洲的印第安人发现的。当时，人们把这种橡胶从树上割下来以后，用落后的方法做成一些不漏水的橡胶片，用其防雨，还做了一些盛水用的橡胶罐。随着时间的推移，通过人们不断地实践，橡胶本身具有的摩擦性能，富有弹性，能伸缩以及连续弯曲和扭转的良好特性，逐渐被越来越多的人所认识，因此，橡胶的应用也就逐渐广泛了。到了十八世纪中期，法国人朋诺成功地制造了初级杆身橡筋模型飞机。当时朋诺就是采用两根羽毛做螺旋桨桨叶，以橡筋作为动力带动螺旋桨旋转，并飞行了 60 多米高而轰动一时。从那时起，不同种类的橡筋模型相继问世。加速了橡筋动力模型飞机的发展。

我国橡筋动力模型活动在解放以后发展很快。50 年代，我国研制了第一代航空模型专用动力橡筋。1960 年我国运动员使用自己国家制造的动力橡筋，获得了世界比赛 F1B 项目的冠军。当时中国的动力橡筋的单位重量储能量已达到 774 公斤·米/公斤，英国的橡筋为 650 公斤·米/公斤，苏联橡筋为 370 公斤·米/公斤，意大利橡筋为 740 公斤·米/公斤。上述数据说明，我国的动力橡筋起步虽晚，但已经达到了世界同类产品的水平。

根据中华人民共和国体育运动委员会 1985 年的试行规则，其中把普及型橡筋模型飞机分为一级、二级、三级，下面我们分别对这几种模型及国际级模型飞机作些典型介绍。

## § 1. 一级橡筋动力模型飞机的取材与制作

橡筋动力模型飞机级的区别，主要在于橡筋重量有区别，整架模型的飞行重量有区别，升力面积也不同。一级橡筋动力模型飞机，一般要求橡筋最大重量为 2 克，最小飞行重量 16 克。下面我们选一架具体的飞机模型做一介绍。

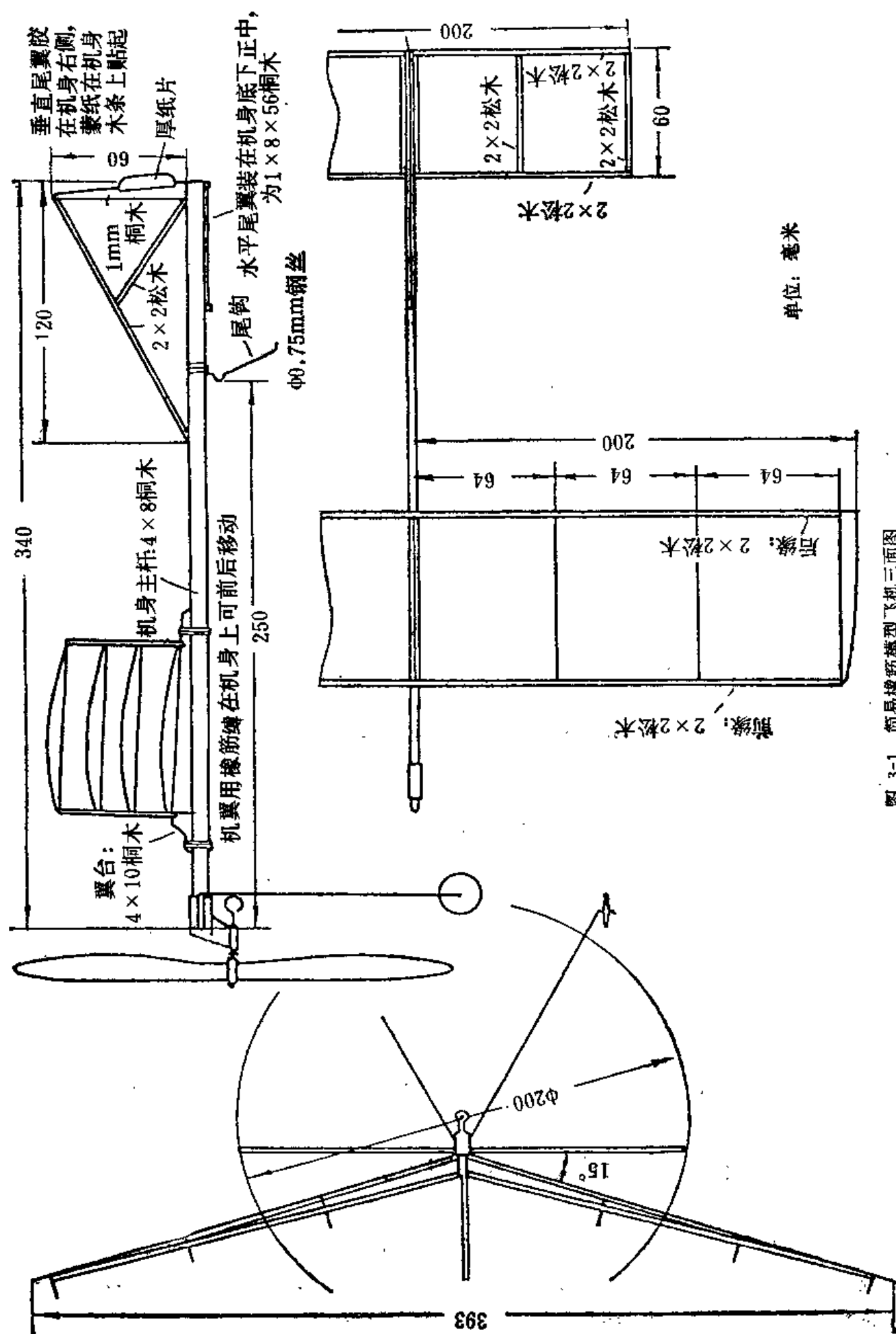


图 3-1 筒易橡筋模型飞机三面图



我们选的这架飞机模型是用 2 克橡筋作动力的简易模型。麻雀虽小，五脏俱全。它和真飞机一样，完全能依靠自己的动力滑跑起飞。由于此模型采用了塑料成品，制作相当方便，很适合于初中和小学生制作。

### 一、机身和尾翼的制作

先截取一段长 340 毫米  $4 \times 8$  的桐木条，然后按着图 3-1 所示钉在图板上。随后将垂直尾翼粘在机身尾部的右侧。

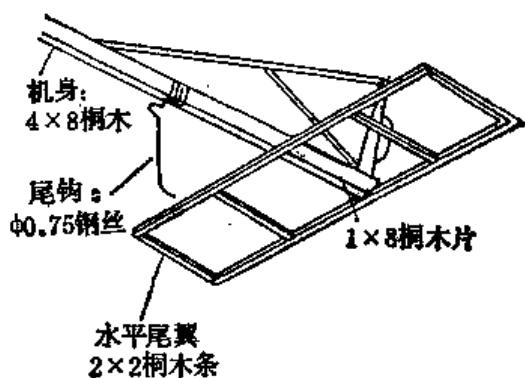


图 3-2 模型尾部的情况

水平尾翼的外形为长方形。这个长方形的框架是采用  $2 \times 2$  的木条做成。在水平尾翼的正中间粘上一条  $1 \times 8$  的桐木片，待其胶水干后再把它粘在机身的后下方。在粘的时候应当注意，它与垂直尾翼成直角（参看图 3-2）。接着选一根直径为 0.75 毫米的钢丝，按图 3-2 所示尺寸及形状弯成尾钩，再按图 3-1 所指的位置开一个小槽，钻一个孔，涂上胶水将尾钩嵌入，然后再涂上胶水并绕上 5 至 6 圈棉线即可。

### 二、机翼的制作

首先按照图 3-3 上的翼肋图样，作出七个翼肋。具体做法是：① 用复写纸将翼肋图样印在木片上（印时要在图纸反面垫一张薄纸，以免弄脏了图纸）。② 用刀将翼肋从木片上刻下，刻时需留些余量，然后用砂纸打磨一直到符合规定尺寸为止，即可作为样板。

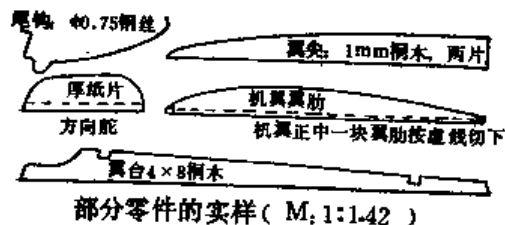


图 3-3

③ 用这个样板在木片上粗略画出其余 6 个翼肋，并且将它们一一刻下，再用大头针把它们和样板钉在一起，开始进行修削、锉、打磨，直到尺寸大小完全相同为止。

机翼的前后缘可选用  $2 \times 2$  的松木条制作，按图纸截好长度为 200 毫米的松木条 4 根，再用砂纸稍加打磨，使前后边缘成小圆角，再按图纸所示把它们一一胶上，左右机翼可以合在一起胶，然后分开。有关机翼两端的翼尖做法可参照翼肋做法，做好后粘在两翼外端。

### 三、机翼的装配

选用一条  $4 \times 8 \times 130$  毫米的桐木条，按图 3-3 所示做一个翼台。在翼台前后两个部位分别开两个宽度为 2.5 毫米左右、深度为 2 毫米的槽口，再剪两条  $2 \times 20$  毫米的薄铁皮，分别粘在一个机翼的前缘、后缘处，用细线稀疏地绕上 5 至 6 圈，涂上胶水。待胶水干后，将两个铁片均弯成夹角为  $150^\circ$  的形状，再将另一个机翼的前缘、后缘分别对准两个弯好的铁片粘好，用细线捆牢（见图 3-4）。下一步的任务是检查两个机翼的上反角是否对称以及从正前方检查机翼前、后缘是否平行，如果上反角不对称，前、后缘也不平行，就需要用弯折铁皮角度的办法来进行修正。

接着可将机翼嵌入翼台的前后槽口，如果不合适，可稍微用刀修一下，直到嵌入不松也不紧为好，然后在槽口内涂上胶水。在胶水未干之前，可进行左右机翼不对称的调整，

等到胶水干后,需要再涂一遍胶水,以便把机翼正中的一块翼肋粘在翼台上(注:这个翼肋底部需要先切去 1.5 毫米,再进行粘接)。请参看图 3-5、3-6。

#### 四、动力装置与起落架

**桨轴:** 用直径为 1 毫米的钢丝弯成一个直径 8 至 10 毫米的圆形钩(挂橡筋用);把它穿过机头,再穿过螺旋桨,弯折成  $75^\circ$  左右,剪去多余部分,螺旋桨就装好了(注:在机头和螺旋桨中间可加上两个垫片,硬塑料及薄铁皮制成的均可)。请参看图 3-7、3-8。

**起落架** 采用直径为 0.75 毫米的钢丝,按图 3-7 所示的尺寸弯制,其上端应正好能塞进机头并嵌入两侧的凹槽内,然后连同机头一起套在机身上,固定好。机轮装在起落架下方,装配时使它能转动灵活,不出现卡住现

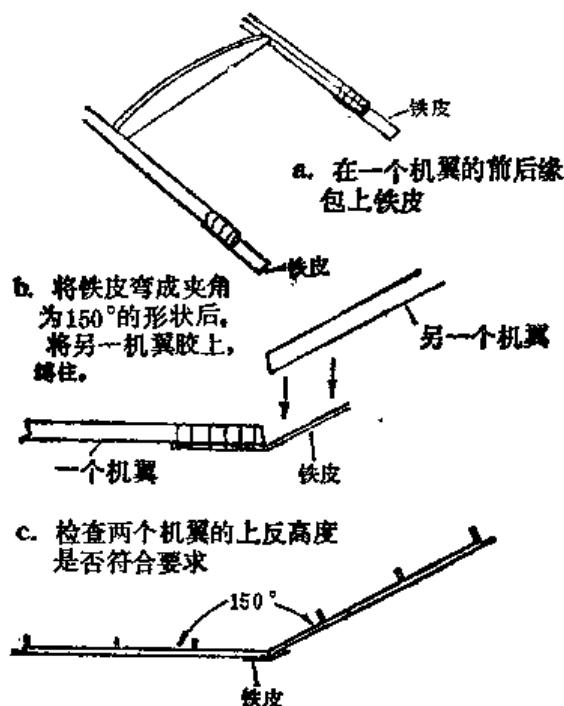


图 3-4 上反角及粘接机翼示意图

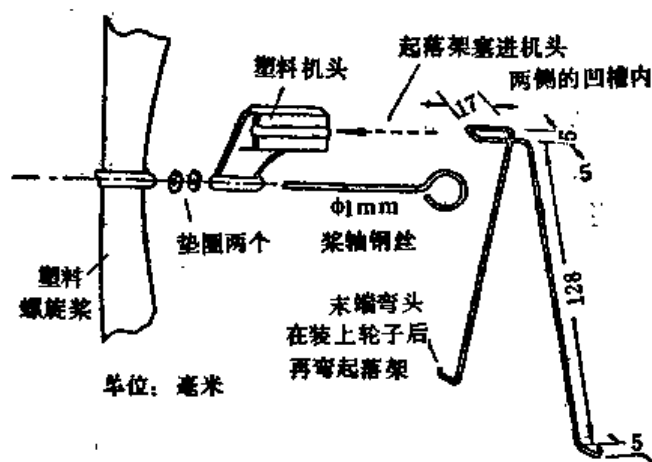


图 3-7 动力装置及起落架装配示意图

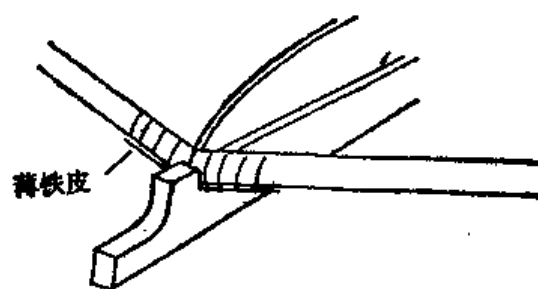


图 3-5 机翼中部装配情况

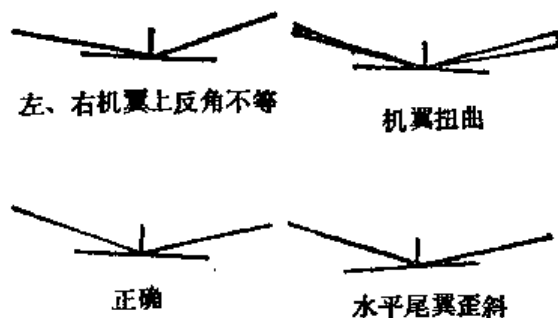


图 3-6 模型装配时常见的错误

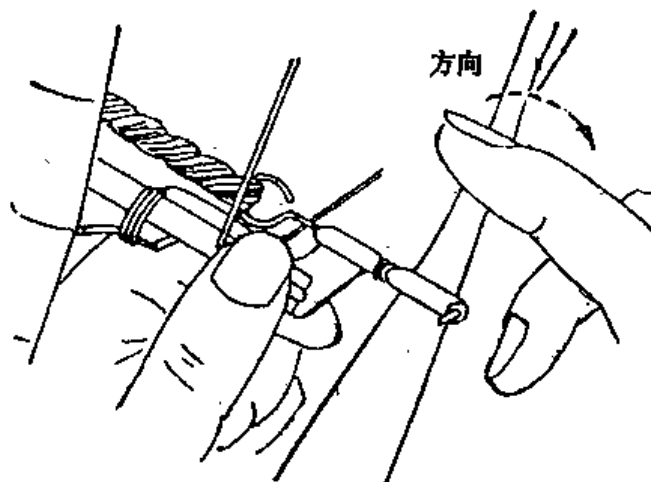


图 3-8 绕橡筋的方法

象(注: 以上所用的螺旋桨、机头和轮子, 均采用上海翼风航模材料商店出售的塑料成品)。

它的橡筋束可用  $1 \times 1$  橡筋 8 股或  $1 \times 2$  橡筋 4 股组成, 长度 240 毫米, 重量略小于 2 克, 使用时将它套在轴挂钩与机身尾钩之间。在套之前, 最好在桨轴和尾钩之间套上一小段塑料管, 以保护橡筋不会被钢丝割坏。橡筋束不宜太短, 否则会绷得很紧, 影响螺旋桨的转动。

### 五、蒙纸

以上工作做完了, 下一步就要考虑模型的蒙纸了。在选用蒙纸时, 最好选用一些不透气的薄纸, 如拷贝纸、毛坯腊纸、电容器纸等, 用少量浆糊将蒙纸蒙在机翼和尾翼上表面。垂直尾翼的蒙纸需蒙在右侧, 直接从机身贴起。

在上蒙纸时, 注意蒙纸不宜绷得很紧, 更不要喷水或涂透布油。否则, 很容易使机翼、尾翼骨架变形, 给飞机带来不利影响。

当浆糊干透后, 还须在垂直尾翼后方, 用胶水贴上一片用厚纸片做的调整片(尺寸见图 3-3)。这架飞机就算做好了。

因为这种橡筋模型飞机, 是初级模型飞机, 用料少, 取材方便, 制作简单, 调整容易, 所以我们再介绍一架。这架模型飞机, 经几次试飞调整后飞行成绩一般可达到 50~80 秒, 这其中不包括地面起飞滑跑的 20 秒, 在小足球场或大体育馆内均可正常飞行。

#### 1. 模型的主要数据:

机翼面积:	4.06 平方分米;	俯仰安定系数:	1.26
平尾面积:	1.43 平方分米;	飞行重量:	13.2 克;
翼展:	465 毫米;	翼载荷:	2.4 克/平方分米;
总升力面积:	大约为 5.5 平方分米;	橡筋束长:	210 毫米;
机身全长:	510 毫米;	螺旋桨:	D=180, H=250;

2. 机身前段为圆筒形: 选 0.6 毫米厚的桐木片, 将其打磨厚薄均匀后在水中浸软, 然后卷在  $\phi 8$  的金属管上用橡筋扎牢, 待完全干后松开橡筋, 从管壁上取下成形的木片, 然后在金属管上卷一层蜡纸, 并将前段木片套于蜡纸外面, 在接缝处涂上胶, 仍用橡筋将它捆紧。胶干后, 将圆管机身从金属管上拔出。用砂纸将管内残留的蜡纸和接缝处多余的胶磨掉, 并用细砂纸打磨机身外表面, 打磨光滑后涂一遍透布油, 再抛光一次。最后螺旋形地卷一层棉纸(边刷透布油边卷紧), 在最外层喷一遍漆。其机身内壁用纱布擦干净后, 也涂一遍透布油, 以防内壁表面的蓖麻油渗入。翼台用厚 1.2 毫米的桐木胶合成 T 形(前视)。在机身前段后端(距管口 215 毫米处)两侧打小孔(需贴小块 0.8 毫米的层板加强), 以插入挂橡筋束的竹销, 另外在距离翼台前端 45 毫米处的机身上安一条  $\phi 0.7$  的钢丝做单支架。为了防止机头插入机身时损坏管口, 还需要在它周围绕几圈棉线加强。机身后段与前段应为一体(如图 3-9), 但截面为等边三角形, 由三片长为 280 毫米的等腰三角形拼成。在切割三角形时一定要用锋利的刀片, 以保证三角形各边的平直(注意卷机身前段前应先木片在水中浸软, 但后段机身木片切勿浸湿)。



图 3-9

#### 3. 机翼: 全部用桐木做梯形构架,

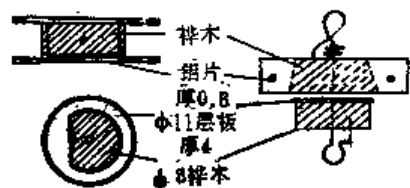


图 3-10

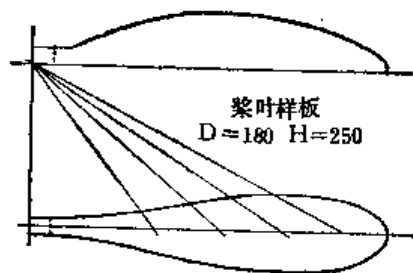


图 3-11

上反角  $150^\circ$ ，上弧采用克拉克 Y8% 翼型的上弧。翼肋和上下梁的材料都用厚 0.6 毫米的桐木。在胶合左右两个机翼和接上反角时要防止扭曲，上反角接合处下部需胶上一个翼托，并与机身上的翼台密合。机翼的上弧采用棉纸蒙，在上面涂一遍稀透布油（透布油与稀料的比例约为 1:6~1:7），使棉纸的孔眼大部分被遮盖。如果透布油调得太稠，收缩力太大，会使机翼变形而报废。由于机翼单面蒙纸可能出现轻微的扭曲，可在机翼下面适当位置拉张线进行矫正。

4. 尾翼：水平尾翼采用平板构架，4 条边框的规格是  $1.5 \times 1.8$ ，斜撑是  $1.5 \times 1$ ，材料均为桐木条。在平尾的下面中央处粘一条翼托，前后各伸出 4 毫米，然后用气门芯做的橡筋小环固定在机身后部的翼台上，随后蒙纸于上部分。垂直尾翼的三条边框用  $1.5 \times$

2，下边框和斜撑用  $1.5 \times 1$  的桐木条，在右侧蒙纸，并在后缘上部加一条卡片纸做调整片。

5. 机头和螺旋桨：机头用厚 0.8 毫米的航空层板和 4 毫米的榫木胶合成。桨毂用  $4 \times 4 \times 10$  的榫木和  $0.5 \times 4 \times 20$  的铝片（两片）用 502 胶胶合而成（图 3-10）。机头和桨毂的中心孔一定要打得很正，以机头上所粘的层板面为基准面，轴孔方向必须跟它垂直不得偏斜，否则螺旋桨旋转时容易产生抖动，而且拉力线也难以调准。桨轴用  $\phi 7$  的铜

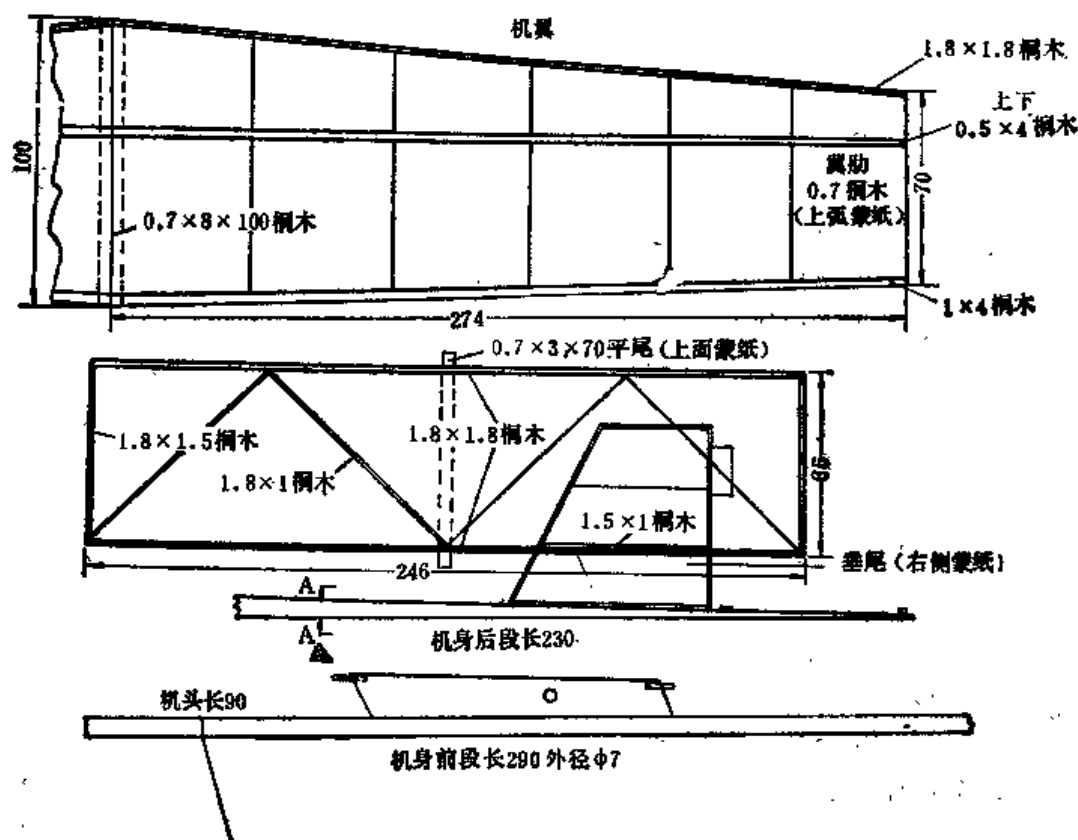


图 3-12

丝做成,止动弹簧用  $\phi 0.25$  的钢丝在  $\phi 1$  的钢丝上拉紧绕成。两个桨叶一定要先按正面、侧面样板在桐木块上画好,然后再削制,厚度一般在  $1 \sim 1.2$  毫米左右。在削制时一定要注意两个桨叶的螺距和面积要完全相等(如图 3-11)。在桨叶根部要粘两片厚 0.8 毫米的层板加强,在粘加强板时要注意不要使两桨叶螺距产生变化。

各部件做完以后便开始安装。机翼用一条  $1 \times 1$  橡筋捆在翼台上,安装角约为  $3^\circ$  (手掷滑翔时再调整)。平尾用气门芯环固定在机身后段,安装角  $0^\circ$ ,动力用  $1 \times 1$  橡筋折成 8 股的橡筋束,长 210 毫米,洗净后涂一些蓖麻油。试飞前应先先将橡筋装入机身,并装好螺旋桨。重心在 60% 处。应仔细检查机翼、平尾、垂尾是否扭曲,若有扭曲必须立即矫正。整架模型装好后,可先进行手掷试飞,然后再加动力试飞(请参看图 3-12)。详细的试飞与调整请参看有关章节。

## § 2. 二级橡筋动力模型飞机的取材与制作

二级橡筋动力模型飞机,要求动力橡筋的最大重量为 5 克,最小飞行重量 40 克。下面我们向读者介绍一架具体的模型。

我们选的这架模型,它的飞行重量为 30 克,其中包括橡筋重量 5 克。

在制作模型之前,首先将所需要的材料按照一定的规格选好。

材料列表如下:

名 称	规 格	数 量
机翼 { 翼肋:	0.75 毫米桐木片	
上下梁:	1.5×2 毫米桐木条	
前缘:	3×2 毫米桐木条	
后缘:	2×8 毫米桐木条	
尾翼 { 翼肋:	0.5 毫米桐木片	
上下梁:	1×2 毫米桐木条	
前缘:	2×2 毫米桐木条	
后缘:	1.5×5 毫米桐木条	
机身:	0.3 毫米厚的桐木片	2
	直径为 14.5~15 毫米的略带锥度的圆木棒	1
	2×2 毫米桐木条	
	橡筋	若 干
	外径为 10 毫米的小轴承	1

在制作模型时一般是先易后难,所以我们按照机身前半段、机身后半段、机头等部位的顺序介绍。

一、机身制作方法:先拿一片厚 0.3 毫米的桐木片,用砂纸打光,然后用热水浸湿,斜卷在带锥度的圆木棒上,两端用橡筋扎紧。待水分蒸发后,再将准备好的另一 0.3 厚的桐木片,用毛巾浸热水只擦湿一面,把干的一面涂上胶与卷轴上的第一片斜交卷上,卷好后仍然用橡筋密密扎紧。这样一直等到 10 小时后,再把橡筋松开,将圆锥木棒从小的一头取出,这样机身的前半段就做好了。机身后半段是选用 0.3 毫米厚的桐木片加上  $2 \times 2$  的桐木条胶合成断面为方形的机身后半段。

二、机头:机头是橡筋动力模型的关键部件,制作一定要精细、准确,尤其是用层板

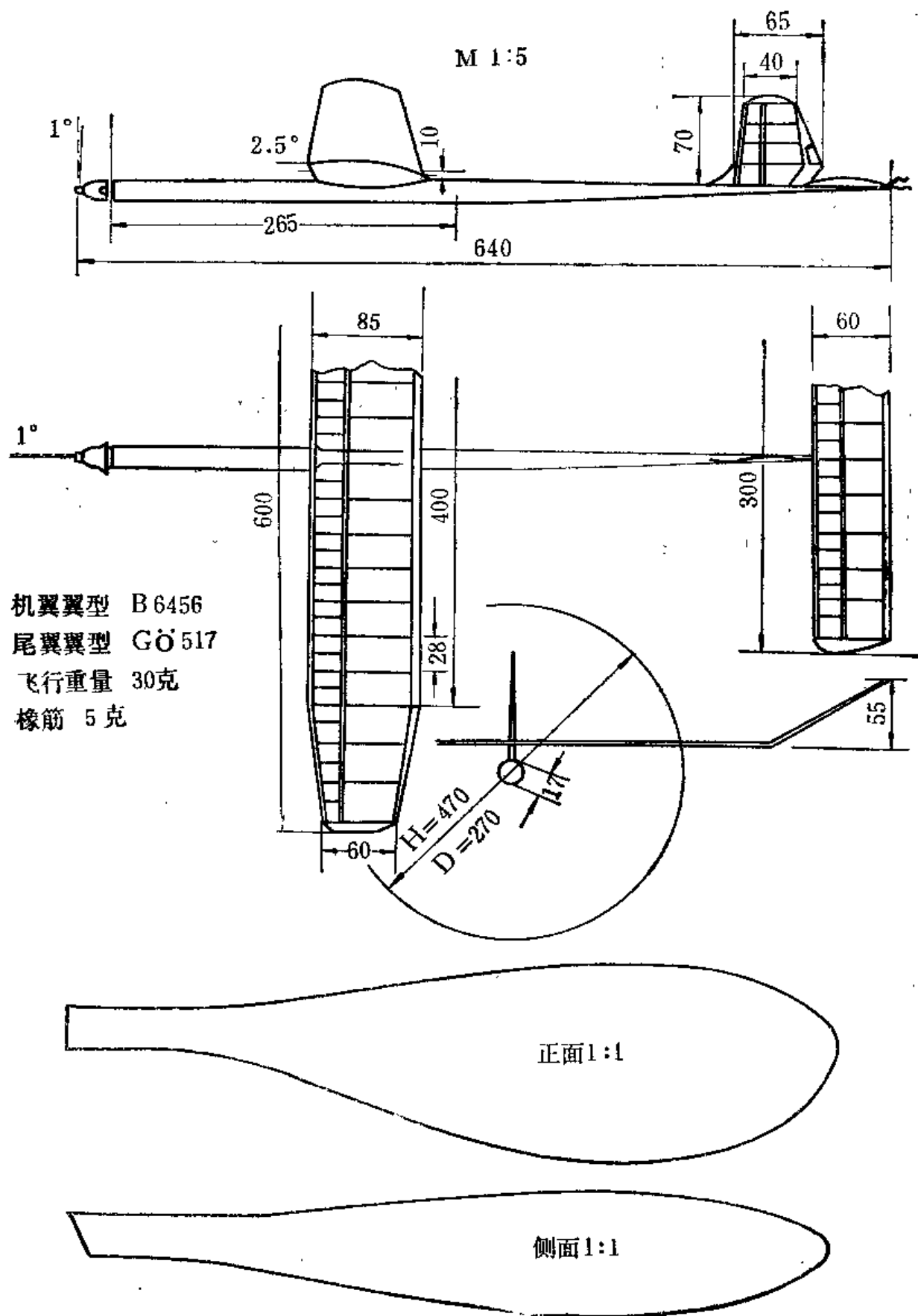


图 3-13 二级橡筋动力模型飞机

胶合机头时要防止脱胶现象的发生。为减轻重量,机头的材料可选用三至五层的胶合层板。在机头还需要安装一个外径为 10 毫米的小轴承。

三、螺旋桨的制作可参看(图 3-13)中的 1:1 桨叶正面及侧面图。螺旋桨与橡筋的配合:螺旋桨直径为 270 毫米,螺距为 470 毫米,橡筋长度可选为 260 毫米  $1 \times 1$  或  $2 \times 2$  的黑橡筋,螺旋桨平均转速为 998 转/分,动力时间 23 秒,在气候条件较好时,爬高 50 至 60 米。

机翼采用 B6456 翼型,滑翔性能较好,一般情况下,滑翔时间可达 80 秒;尾翼选用 GÖ517 翼型。这架模型的图纸请参看(图 3-13)。

飞机几部分的重量分配大致如下,可供制作者参考:机身 8.5 克、机头和桨叶 6 克、机翼 8 克、尾翼 2.5 克。整架模型飞机不得超过 25 克。

在制作过程中,模型的重量也很关键,它直接关系到模型的爬高和滑翔性能。但是也不能一味的追求重量轻而忽略了结构强度和刚度,这样又会带来模型容易变形,不利于调整 and 飞行。总的来说,我们必须学会全面考虑问题。一级模型是初级航模,制做简便,取材方便,使用材料少,非常适合中小學生初學者制作。只要我们制做得精细、准确、调整就不难了,相对地试飞也容易得多。关于调整试飞请参看本章有关部分。

除文中介绍的这架模型外,我们再向读者推荐一架二级模型制作图(见图 3-14)。

### § 3 三级橡筋动力模型飞机的取材与制作

三级橡筋动力模型飞机的结构比前两级模型都复杂,但它的空气动力性能较好。它的最大升力面积 1200 平方厘米,最小飞行重量 80 克,橡筋最大重量不能超过 10 克。

在此,我们简单地介绍一架优秀的三级橡筋模型飞机。这架模型参加了 1981 年的全国航模比赛,以五轮满分的成绩获全国三级橡筋模型第一名。

这架模型爬升姿态好,动力时间长(橡筋绕 450 圈能飞到 40~45 米高,动力时间能保持 33~35 秒),它在静止气流中的成绩可以稳定在 1 分 50 秒至 2 分 20 秒。模型的全长为 860 毫米,机翼面积 924 平方厘米,水平尾翼面积: 204 平方厘米,橡筋的重量为 10 克。它的结构讲究,机头采用全金属的,整流罩用软木塞做成,螺旋桨是用桐木削制的,尺寸为  $H = 40$ ,  $\phi = 340$ ,桨根削制成  $\phi 7$  的圆柱体,插入  $\phi 8$ 、壁厚为 0.5 的铝制桨柄中,桨轴由  $\phi 2$  的自行车条弯成,在桨毂后装有由四颗  $\phi 2$  钢珠制成的止推滚珠轴承。机身前段呈圆柱形,内径 18,外径 23,长 360,是由 0.75 的桐木片卷三层即成。机身的详细做法请参看二级橡筋模型的机身做法。机身后段的截面从八角形过渡为正方形,在安装水平尾翼处机身尾段为三角形。垂直尾翼用 1.5 毫米的桐木片制成,后方装有可活动的方向舵供调整使用,翼台的两侧由厚 1 的桐木片构成,中部及两头用桐木片、条撑开成流线型。把机翼翼型的下弧线画在翼台上,做成安装角为  $+3^\circ$  的翼台面,为防止机身前段橡筋润滑剂的渗透,应该在机身前段的内外多涂几次透布油或稀胶水。机身后段的构架采用直、斜支撑,在制做时一定要粘牢,外面蒙上纸,在安装垂直尾翼处全部都用 0.75 毫米的桐木片蒙好,以增加强度防止扭曲变形,尤其是在大动力爬升时垂直尾翼特别容易变形,这样做起到了一定的防止变形的作用。

这架模型是采用 B-7406f 翼型。在距前缘 10% 处贴了一条 0.5 的棉线作拢流线,

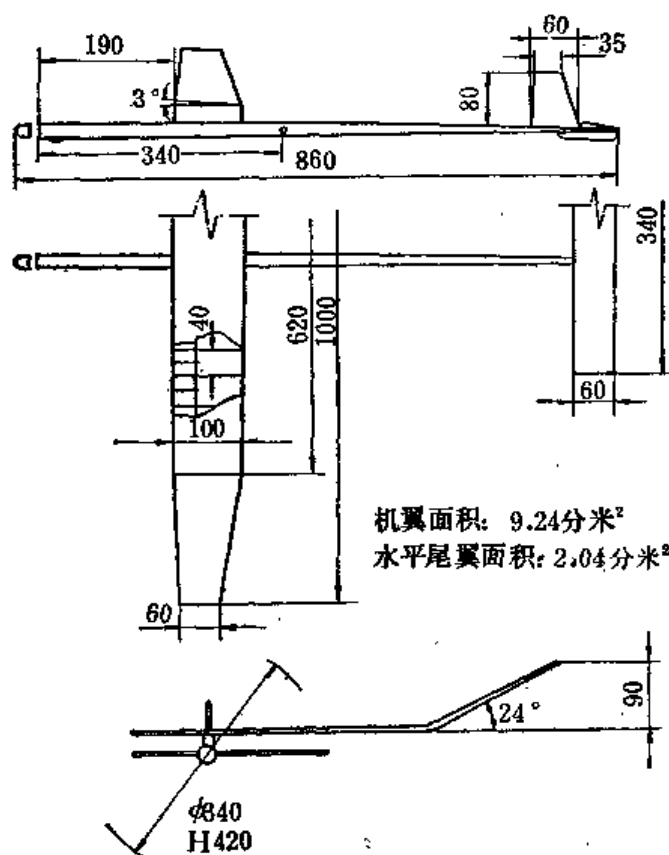


图 3-15 三级橡筋模型飞机

主要是为了增加安定性。它的翼肋间距为 40, 中间有半翼肋, 前缘用  $3 \times 3$  松木条, 上下梁均用  $2 \times 4$  桐木条, 机翼中段采用 0.75 的木片贴在上下梁间作为复板, 形成 U 形梁, 后缘用  $2 \times 12$  桐木条, 翼肋用厚 1 毫米的桐木片削制。外翼与机翼中段胶合处用厚 1 的层板做翼肋, 在制作时需要夹紧粘牢, 翼尖处采用桐木片挖空后再粘上, 上反角为  $24^\circ$ 。

这架模型的尾翼采用克拉克 Y-9% 翼型。前缘和下梁都用  $2 \times 2$  松木条, 后缘用  $2 \times 12$  桐木条。在蒙纸和涂透布油时, 一定要用图钉将机翼、尾翼钉在平板上, 以免变形。为增强刚度, 在不影响变形的情况下, 可以在机翼处多涂几遍油。这架模型的橡筋长度可选 340 毫米, 型号为国产  $1 \times 1$  黄橡筋, 重量

10 克, 一般的情况下可绕到 450 转。在试飞时, 先要进行预绕, 润滑剂可采用蓖麻油。在调整时一定要小心谨慎。先调滑翔, 然后再从小到大加动力进行试飞和调整。这架模型在正常情况下, 能爬升到 40~45 米, 静止气流也能飞满分 (120 秒), 所以千万不要产生急躁情绪, 耐心调整, 一直调到最佳状态为止, 否则会损坏飞机模型。详细地试飞与调整请参看后面一章 (制作图请参看图 3-15)。

除文中介绍的这架模型外, 我们再向读者推荐一架三级橡筋模型 (见图 3-16)。

机翼翼型 朱 592

X	0	1.25	2.5	5	7.5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	95	100
Y <sub>上</sub>	0.77	2.2	3.1	4.25	5.35	6.15	7.3	8.25	8.75	9.2	9.3	8.89	7.93	6.65	5	3.2	2	0.5
Y <sub>下</sub>	0.77	0.15	0	0.37	0.47	0.77	1.64	2.15	2.55	3.25	3.9	4.1	3.95	3.45	2.5	1.54	0.77	0

平尾翼型 GÖ517

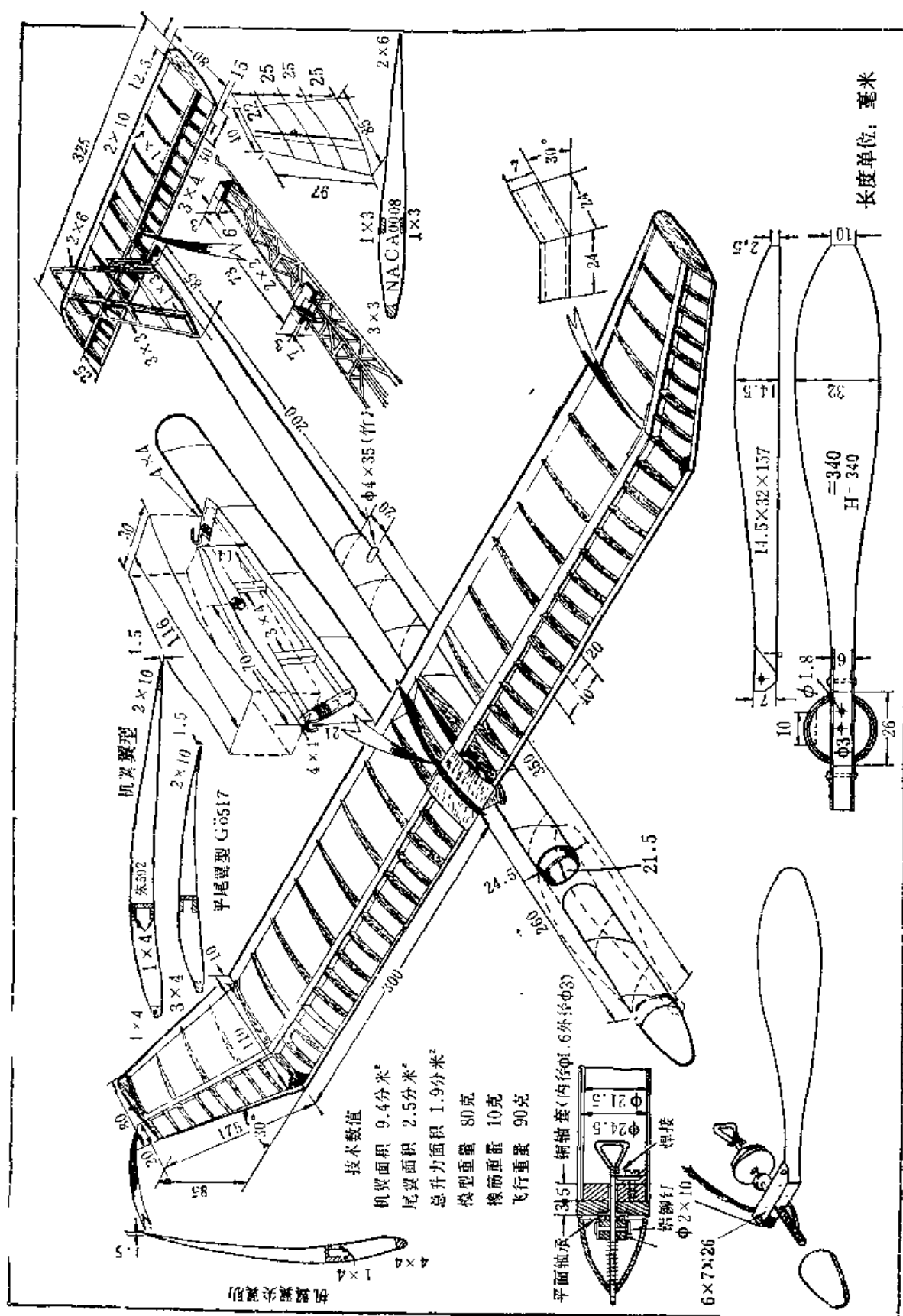
X	0	2.5	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Y <sub>上</sub>	0.75	3.2	4.45	6.2	8.05	8.6	8.55	7.85	6.9	5.55	3.85	2.05	0
Y <sub>下</sub>	0.75	0.05	0	0.4	1.2	1.6	1.65	1.50	1.2	0.75	0.45	0.15	0

垂尾翼型

NACA0008

X	0	1.25	2.5	5	7.5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	95	100
Y <sub>上</sub>	0	1.3	1.74	2.4	2.7	3	3.5	3.8	4	4	3.7	3.3	2.7	2	1.15	0.69	0.2
Y <sub>下</sub>	0	-1.74	-2.4	-2.7	-3	-3.5	-3.8	-4	-4	-3.7	-3.3	-2.7	-2	-1.15	-0.69	-0.2	





## § 4. 国际级橡筋动力模型飞机

这种模型是专门用来参加国际比赛的,对其要求很严,模型最小重量 190 克,橡筋加润滑剂后的最大重量 40 克。所要求的材料比较严格,技术制作要求也高,因此在国内比赛很少用,所以就不详细介绍了。在此,我们仅向大家推荐一张 1977 年世界冠军机的图纸,有兴趣者不妨试一试。

这架模型飞机的机身分前后两段,前段是硬铝管,管壁厚 0.3 毫米。这段机身加上翼台、机翼固定钢丝以及后面的销钉在内,总重 72.5 克。机身后段是一根轻木的管子,可以拆卸。在它上面安装着垂直尾翼以及水平尾翼的翼托,机身后段共重 23 克。它的机翼也是由两部分组成,全重为 50 克,表面全部用棉纸蒙盖。机翼中段的翼型采用 Gδ. 499,翼尖部分的翼型过渡到 Gδ. 439,在左翼尖段有 3 毫米的下洗,右翼尖上有 1 毫米的下洗,中段的机翼是平整的。翼肋的间距为 25 毫米,在翼梁前的翼肋之间还有半翼肋。水平尾翼的全重为 10 克,它的前后缘均为轻木,梁是松木的,翼肋是轻木的,间距为 25 毫米。在梁以前的部分也有半翼肋(请参看图 3-17, 3-18)。垂直尾翼的断面形状是平的,其根部厚 5 毫米,尖顶部厚 3 毫米。方向舵舵面的高为 68 毫米,底部宽 17 毫米,逐步向上过渡到 15 毫米。在机翼翼台内装有控时器,它可以在橡筋动力结束时,转动方向舵,接着便可控制迫降。在控时器上装有一只启动把手,它可操纵控时器在模型出手时开始工作。螺旋桨本身带有一个靠橡筋的拉力来控制的弹簧制动装置。 $\phi 3$  毫米的桨轴上带有一只

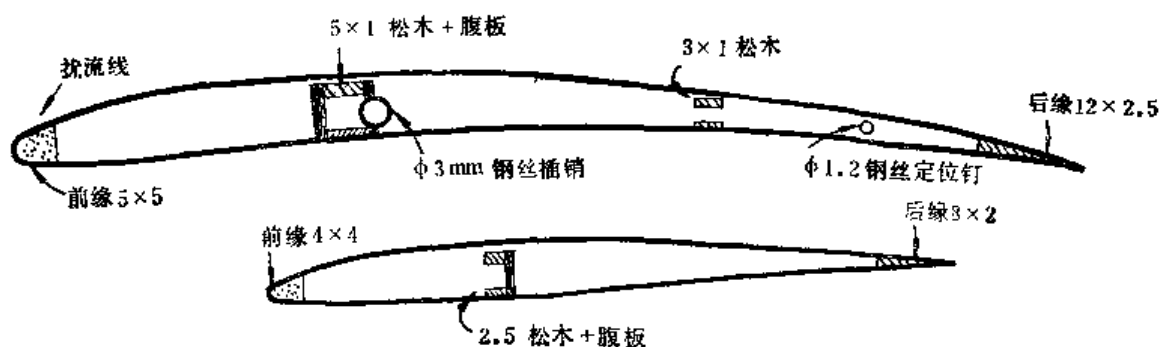


图 3-17 机翼和水平尾翼的翼型

尾翼

8%“克拉克Y”

X	0	2.5	5	10	20	30	45	50	60	70	80	90	100
Y <sub>上</sub>	2.36	4.44	5.40	6.56	7.79	8.00	7.79	7.18	6.29	5.06	3.56	1.91	0
Y <sub>下</sub>	2.36	1.13	0.62	0.27	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0

机翼

Gδ499

X	0	1.25	2.5	5	7.5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	95	100
Y <sub>上</sub>	1.25	2.45	3.15	4.3	5.2	5.9	7.2	8.1	9.25	9.45	9.15	8.45	7.15	5.2	2.8	1.45	0
Y <sub>下</sub>	1.25	0.2	0.05	0	0.05	0.25	0.75	1.35	2.45	3.2	3.8	4.05	3.8	3.0	1.70	0.9	0

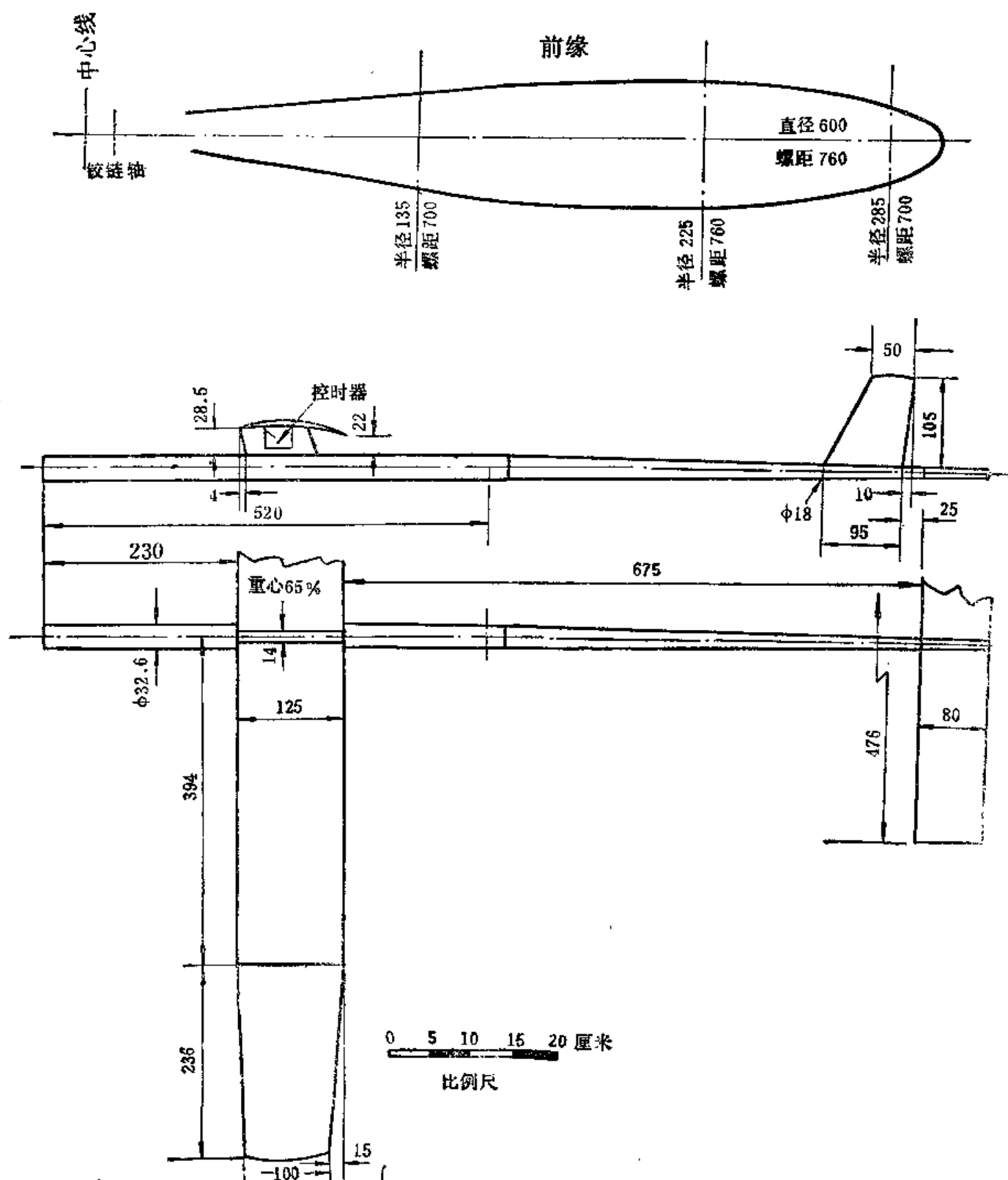


图 3-18 国际级橡筋模型飞机推荐图

弯成“S”形的，套着一根塑料管的钩子，桨轴上还连着  $\phi 2$  毫米的桨叶安装钢丝支架。桨叶由软质木料制成，它最宽处的下弧线高为 1.5 毫米，桨叶断面厚度为 1.5 毫米~2 毫米，桨叶的前缘很尖，在其后方 2 毫米处贴有一根  $\phi 0.5$  毫米的扰流线。模型的动力用的是 22 股  $4 \times 1$  的弗拉第牌橡筋。

## § 5. 橡筋动力模型飞机的调整和放飞

一架飞机模型做好后,先不要急于让它上天,而要进行全面的仔细检查,逐步调整一直到非常满意后,才能进行正式放飞。

我们先介绍一级模型飞机,就以§1中所介绍的图3-1模型为例说明。

在正式试飞前可先进行初试飞,也就是手掷试飞。模型在总装时可先把机翼暂时用橡筋捆在离机身前端 40 毫米处,然后进行手掷试飞。手掷姿势要正确,用手拿住模型重心稍后一点的位置,将模型高举过头,机头略微向下倾斜,迎风慢跑几步把模型轻轻掷出,注意①不能用大力。② 不能把机头抬起掷。否则会造成失速。失速就是指模型先抬着头向上飞,然后速度越来越慢以致停滞不前,出现低头下冲的现象。用正确姿势进行手掷试飞可能发生的三种情况,请参看图 3-19。正常的情况是模型微低着头平稳地滑翔到地;

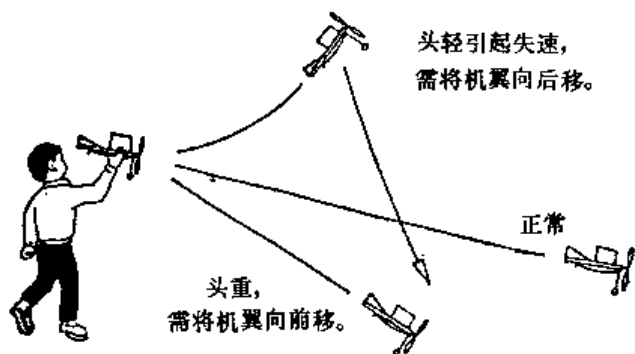


图 3-19 手掷滑翔的几种情况

如果模型出手后明显地下冲到地,则说明“头重”;如果模型出手后出现“失速”,则说明“头轻”。出现这两种情况都可以用增减配重的方法来进行调整,但是这种方法不方便,另一种方便的方法是移动机翼的前后位置即可达到调整的目的。模型在滑翔时,还应当使它能适当地向右转弯。这可以用弯折方向舵后面的纸片(调整片)来实现。但其转弯半径不宜过小,方向舵

向右弯折的角度也不宜过大,一般在  $10^\circ$  左右。当我们手掷试飞时,如果出手姿势未掌握好,也同样可以引起类似“头轻”与“头重”的现象。这就要求我们不能盲目地作结论,在试飞时应当反复多掷几次才能正确判断其属于哪种性质再加以调整,切不可草率乱调。

滑翔姿势大致正常后即可进行动力试飞。动力飞行首先要绕橡筋,初学者一般就用手拨法——左手拿住机头,用右手顺时针拨动螺旋桨(见图 3-8)。在塑料螺旋桨的前端有一凹下的螺旋体,桨轴钢丝前端的弯折处正好嵌在螺旋体终端的一侧,当顺时针拨动螺旋桨时也就正好可以带动桨轴和橡筋一起曲绕。如发现起绕时不能带动桨轴转动,这一般是因为橡筋太松之故,可先将橡筋拉紧些再起绕。动力试飞时,最初可先用手拨 100 转左右,进行小动力试飞,大致正常后再逐渐加多转数。最初模型从手中放出的正确姿势应当是:左手握住螺旋桨,右手握住模型重心稍后一点的位置,机头对准风向略微上抬(不要抬得太高),先释放左手让螺旋桨转动起来,然后用右手将模型逆着风轻轻送出。动力试飞的正常轨迹是:模型多少抬着头一面爬升、一面向右盘转弯(见图 3-20)。如果模型不转弯或者左转弯,可以将垂直尾翼后面的方向舵(厚纸片)向右弯折一个角度来纠正。如果模型虽能右转但不上升,可多绕一些圈数再试。若仍不上升,甚至反而倾斜着往下飞,撞地,则表明机头太重或者方向舵右折角度太大,可将机翼向前移些或者将方向舵右偏角减小些试试,直到能正常抬头右盘旋飞行为止。

若在地上起飞,它的方法是让模型对着风向右偏  $10^\circ$  左右,将右手的手背放在模型的

左机翼外端下面,正好托住具有向左反扭趋势的左机翼,使模型摆平。放飞时只要松开左手,模型便会自动飞出,这时右手应当放平不动,让左机翼在手背上轻轻擦过,这种起飞法的成功率较高。一般手拨 130 至 150 圈已足以使模型离地起飞。

下面我们再介绍一架三级橡筋模型飞机在试飞前的装配、检查与修正。这架模型飞机,是属于竞赛型三级橡筋模型飞机,它具有快速爬升的特点,滑翔稳定,一般飞行高度 50 米,留空时间 2 分到 2 分 30 秒。在此,制作方法不介绍了,主要介绍一下装配等。

1. 首先我们要对机翼与尾翼的安装角进行检查。检查方法(见图 3-21)。将模型放平在工作台上并且固定好。用自制量角器测出机翼、尾翼的安装角度,算出两者的差角,一般在  $3^{\circ} \sim 3^{\circ}20'$  之间。如相差较大可调节尾翼安装角,具体做法是在前后缘加垫片。

2. 测量模型重心位置。在测量前必须装上橡筋。重心的正确位置离机翼前缘 70 毫米左右。如果重心靠后,而全机重量还不够,可在机身头部加配重。如果重量还不够,可将配重贴在重心的下面,这样又能增加重量,又可增加安定性。

3. 检查机翼、尾翼、垂直尾翼是否扭曲。先检查左右机翼的安装角大小是否一样,如果发现左机翼的安装角大于右机翼的,垂直尾翼向右扭曲,则称这种现象为“坏扭”,难以调整。要将蒙纸刷上香蕉水待松弛后再加以纠正。

4. 螺旋桨旋转状况的检查。先将橡筋绕好,张开桨叶,然后观察旋转时是否抖动,两桨尖有否“开花”现象,桨轴是否弯曲。一般抖动的原因有:(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。另外还应从侧面观察桨叶在旋转时是否有“开花”,(如图 3-22)出现这种情况往往是由于左右桨叶铰链间隙不一而造成,可在桨叶与桨根接缝处垫上纸片,反复试转,修正间隙,直到两桨尖能保持在同一旋转面内转动为止。另一种纠正的方法可在向前倾的一片桨叶根部端面贴一薄胶片或纸片。有时左右桨叶角不等也会引起振动,这就必须

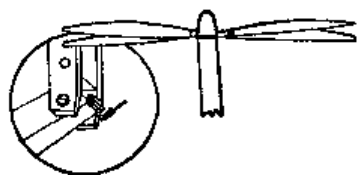


图 3-22

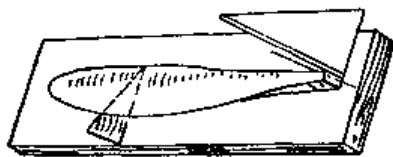


图 3-23

把桨叶放在平板上,分段测量桨叶角,修正桨叶根部孔的垂直度,调试到满意为止(见图 3-23)。在调整这部分时,不要着急,耐心一点一点地调,才能获得满意的结果。

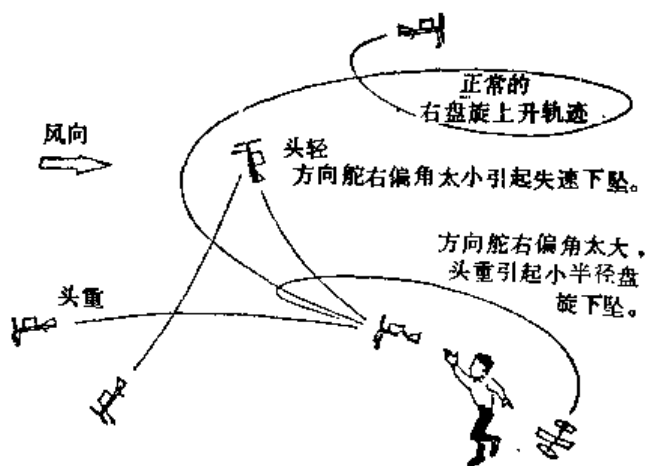


图 3-20 动力飞行常见的几种飞行轨迹

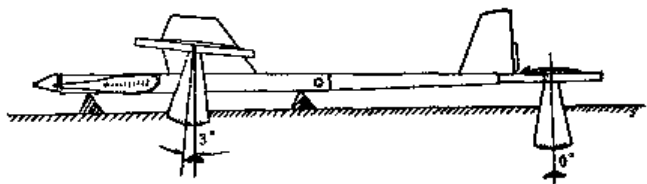


图 3-21 机翼安装角测量方法

5. 检查收桨情况。由于止动销位置不对, 往往使桨叶不能紧贴机身两侧。清晨的露水也会使桨根受潮膨胀造成铰链卡紧, 使收桨不灵活, 或者时好时坏。这种现象常常会造成滑翔时半径忽大忽小。如果遇到左边桨叶张开、右边桨叶收紧的情况, 飞行时会带来左侧迎面阻力大, 模型向左转, 同时也改变了正常的滑翔半径。由于事先对收紧情况检查不严, 而造成比赛中出现事故而失败的现象很多, 我们必须要多加小心。还有一点要提醒注意的是, 对于收桨橡筋收缩力的大小也要经常检查, 发现不可靠的一定要及时更换。

6. 检查橡筋销的松紧情况。如果机身橡筋销孔  $\phi 4$  毫米, 所配制的竹销直径不小于  $\phi 4$  毫米, 插紧后两端需长出 5 毫米以上。在试飞中常因竹销太细或太短, 而将竹销碰到一边, 在上紧橡筋后, 销子经不住橡筋的扭力和振动, 中途滑出销孔, 引起整条橡筋打结卡在机身内, 动力突然停止, 造成事故。

7. 检查迫降装置的可靠性。(见图 3-24) 尾翼在迫降时后缘一般向上抬起  $40^\circ \sim 45^\circ$  角, 这个角度用钢丝或棉线控制住(这个钢丝或棉线也就是迫降限位线)。如果这个角度过大, 下降速度也随之加大, 很容易损坏模型, 角度太小又会造成螺旋迫降, 这样更为危险。如迫降限位线安装不牢或限位线用棉线而被迫降线烧断, 会使水平尾翼飞脱并摔坏模型。因此, 在安装控制角度时, 必须牢固可靠经多方面的检查和观察满意后才可放心。我们所用的迫降线本身浸有高锰酸钾溶液。泡制时, 结晶状的高锰酸钾可先用水溶解, 随后再均匀浸入棉线、晾干, 保证迫降线在大风天和潮湿天也不致熄灭, 能够均匀燃烧, 便于控制准确的迫降时间。

8. 橡筋的使用和维护。橡筋是橡筋动力模型的动力源, 模型飞行成绩的好坏, 除了飞机本身的性能外, 与橡筋质量的好坏和是否能够充分发挥橡筋的能量有十分重要的关系。我们先介绍橡筋的选择。

我们取一根橡筋, 把它拉长到最大尺寸然后量一下, 用量得的尺寸去比原来橡筋的尺寸, 所求得比值越大, 说明这个橡筋的弹性越好, 使用时效果就比较好。以橡筋为动力的模型一般取橡筋的拉长倍数在 8~11 倍之间(如图 3-25)。还有一个残余伸长量问题。橡筋拉长后一般都不能恢复到原来的长度, 我们把长出来的一段去比原来的全长, 看它占的百分比是多少, 这就叫残余伸长, 残余伸长越小越好, 一般我们取 5% 以下为好。橡筋束的长短选择。在选用长短时要注意, 如果橡筋束选的过长, 容易引起模型重心的变化, 而破坏模型飞机的正常



图 3-25

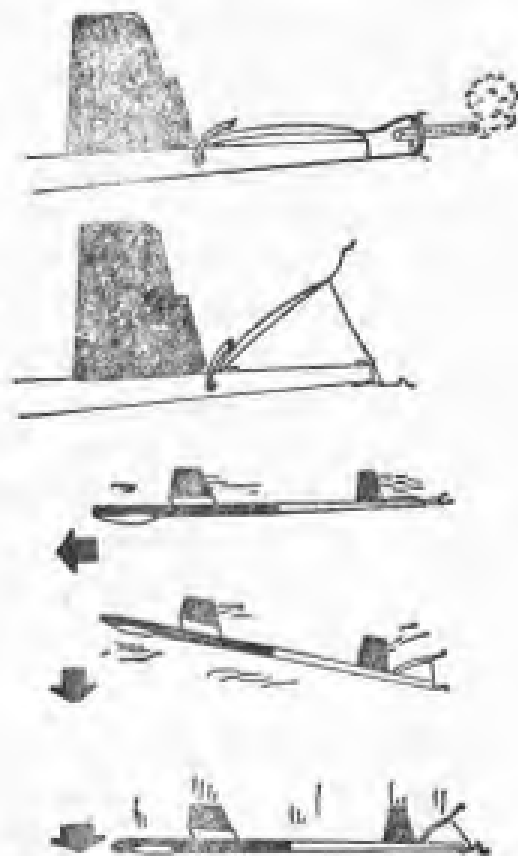
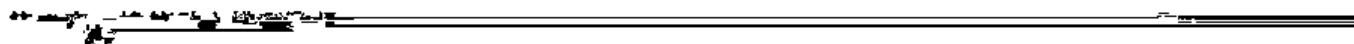


图 3-24 迫降装置的使用方法



力线的作用。如果出现同样的“右上拉”量,橡筋绕圈数增加后,爬升开始阶段盘旋半径反而变大了,这是正常的现象。如果因增加动力而出现右旋现象,则要减少右舵量。当把橡筋转数增加到 90% 时,模型出手后应以  $60^\circ$  角迅速盘旋上升,在爬升中无低头、掉高度现象。

在大动力飞行时,最头疼的问题是: 尽管反复调整右上拉的大小,但模型出手后刚进入顺风要转变的瞬间,便出现低头,甚至向下冲一段,模型不但不上升,还损失飞行高度。又过一会儿模型重新抬头正常爬升,这种现象多数是机翼及垂直尾翼有坏扭(即左机翼迎角大于右机翼迎角,垂直尾翼向右扭曲)或右拉,右舵太大所造成。原因是模型上升时速度加快,左机翼升力迅速增大,螺旋桨的气流吹在坏扭和垂直尾翼上,产生右舵效应过大,迫使模型严重向右倾斜,作急右转飞行,同时模型处于顺风,机翼升力又小,便出现低头急转飞行状态。紧接着橡筋扭力减小,螺旋桨转速下降,反作用力矩相应减弱,再加上从顺风转向逆风,所以模型重新抬头又恢复了正常爬升。克服这种毛病的有效方法,就是将“坏扭”变为“好扭”,即将垂直尾翼及机翼扭正,甚至有意识地使右机翼迎角稍大于左机翼的迎角,同时适当调整右拉和右舵量,使动力爬升达到最佳状态。

另外我们再推荐一架象真橡筋模型飞机制作图(图 3-28)。



# 牵引模型滑翔机

亲爱的读者,展现在你眼前的图 4-1 是一架牵引模型滑翔机的立体骨架图。

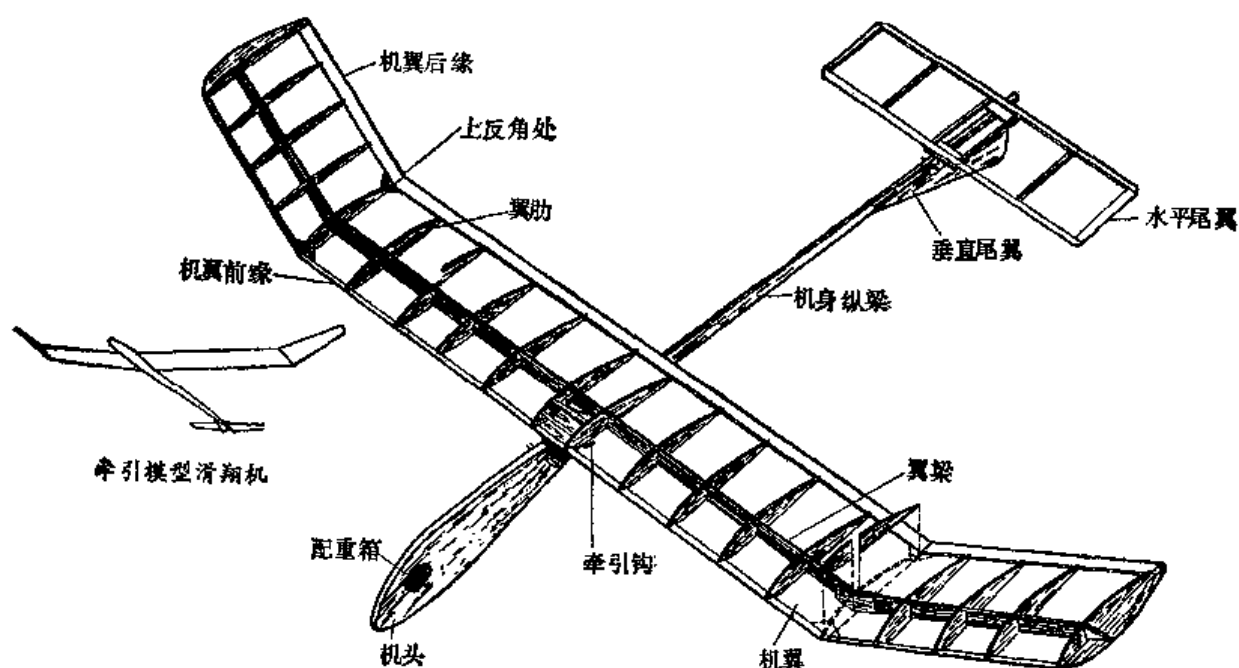


图 4-1 一级牵引模型滑翔机骨架图

仔细瞧瞧,它有机身、机翼和尾翼。机翼呈构架式,由翼肋、翼梁、前缘和后缘所组成。机翼和尾翼的外表面还蒙上一层纸,显得光滑流畅,看起来象一架真飞机。不过,它没有起落架。机身前部底下有一个牵引钩,长长的尼龙线套在钩上,象放风筝似地将它牵引上升,线脱钩后,它就会在空中滑翔,所以称之为牵引模型滑翔机。

国家体委公布了一级、二级牵引模型滑翔机。本章着重介绍一种性能好,简单易做的一级牵引模型滑翔机,通过它熟悉航空模型的制作方法,为开展航模运动打下基础。

## § 1. 一级牵引模型滑翔机

按照国家体委审定的 1985 年航空模型竞赛规则,一级牵引模型滑翔机的翼展最长为 650 毫米,飞行重量不得小于 30 克;牵引线加 0.5 公斤拉力时最大长度为 15 米;每轮比赛时间 5 分钟,满 10 秒为正式飞行,最长测定时间 30 秒,每轮加时赛最长测定时间递增 10 秒。

### 制作顺序

先熟习设计图(图 4-1, 图 4-2),将必要部分绘制成 1:1 的工作图。这架模型只需要将机身、机翼和尾翼的轮廓、翼肋和梁的位置按照设计图的实际尺寸绘出来就行了。同时按照附表准备好模型使用的木材。

**1. 机翼** 机翼的好坏决定整个航模的飞行成绩。所以,要准确地制作机翼的剖面形状,整个机翼应平直而对称。

首先做翼肋,用 1.5 毫米厚的三层板或桐木片按照图纸上的翼肋做两块样板,在边缘涂上蓝墨水或红墨水,用针扎两个小孔,作为加工翼肋时的定位孔,在两块样板上的位置应完全相同。要注意

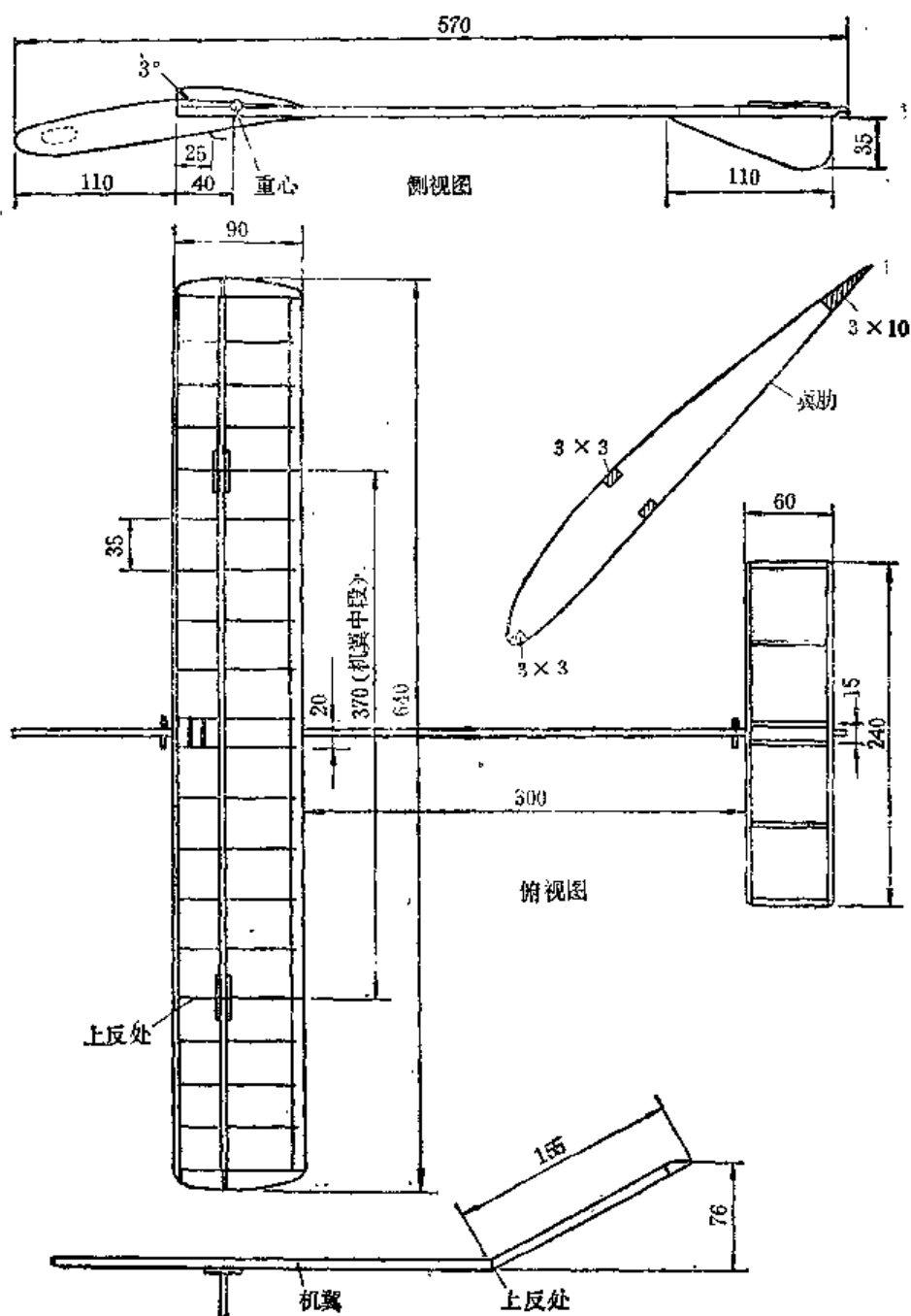


图 4-2 一级牵引模型滑翔机三面图

附表：模型使用木材表

部件	规格 (毫米)	材 料	数 量	用 途
机翼	3×3×800	桐木条	1	前缘
	2×3×800	松木条	2	梁
	3×10×800	桐木条	1	后缘
	1.5×55×800	桐木片	1	翼肋、翼台、梁的腹板
尾翼	2×5×800	桐木条	1	前缘、后缘、翼尖撑条
	2×2×300	桐木条	1	撑条
机身	1×25×90	桐木片	1	翼台
	8×5×500	松木条	1	机身纵梁
	5×55×200	松木条	1	机头
	1.5×55×200	桐木片	1	垂直尾翼、机翼翼尖
	1×10×20	桐木片	2	尾翼翼台

样板的底边与木纹大致平行(图4-3)。将样板平放在木片上,用铅笔画出翼肋形状,共画20个。然后用小刀顺着木纹一个一个地切下来。逆着木纹切易使木片沿木纹裂开。切时不要沿着铅笔线切,要放大0.5~1毫米,作为加工余量。翼肋切好后,用两枚长3~4厘米的缝衣针或两根1毫米粗的钢丝按样板上定位孔的位置把所有的翼肋穿在一起,两端各穿上一块样板。小心地用宽口刀将翼肋的余量削去。削时注意木纹方向,如发现裂纹,就反方向削,或横着削,或用粗砂纸磨。接近样板大小的时候,改用细砂纸打磨。特别注意不要把涂在样板周围的颜色磨掉。这样,翼肋的形状才和样板一致。

在翼肋上开槽,用以容纳前缘和梁。先画出槽的位置,在槽内锯出两条细槽,再用小刻刀切去中间多余部分,然后用什锦锉把槽锉修好(图4-4)。最后锉修时,要经常将木条在槽内试试。如果能顺利地放进槽内,又稍稍有些紧就好了。最后,把翼肋的尾部切去少量。切好后就可以把针(或钢丝)拔掉。在拆散的同时,将翼肋依次编号。装配机翼时要按编号依次排列。这样,即使槽开得稍微不正,翼槽和翼肋装上后仍然很整齐。

机翼后缘的断面形状和翼肋的尾部一致。用刀或刨,或木锉将3×10的桐木条削成三角形断面。注意后缘处不要削得太薄,一般留0.5毫米厚,然后用细砂

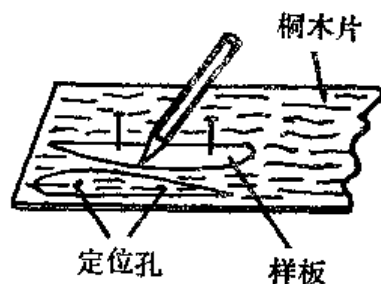


图4-3 在桐木片上画翼肋外形



图4-4 用锉把槽锉修好

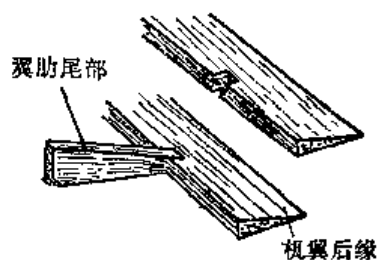


图4-5 在机翼后缘开翼肋槽

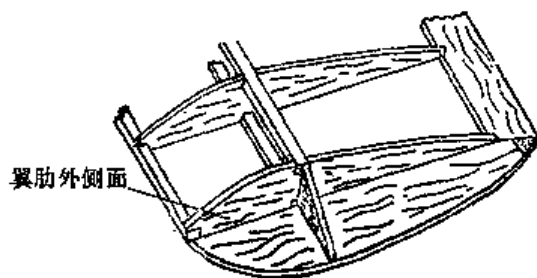


图4-6 照此图胶接翼尖

纸缓缓地轻轻打磨光。打得太快,砂纸与木条摩擦发热,易使木条弯曲。如果稍有弯曲,可用砂纸在另一面打磨,使木条反面受热来纠正。如果弯得较多,还可在炉火边稍烤反面来纠正。为了使翼肋和后缘胶接紧密,在后缘上开一个容纳翼肋尾部的小槽,深度2~2.5毫米,用刮胡刀片加工(图4-5)。

**机翼的胶接装配** 将工作图铺在平木板或绘图板上,用大头针将前缘和后缘固定在工作图上。前缘下面垫1毫米厚的小木片,可分几段垫,以符合翼肋的头部形状。把翼肋顺着编号自左到右和前后缘胶接,注意使翼肋和前后缘垂直。上反处的两个翼肋的胶接暂缓。在每个胶接点的下面预先垫一小块蜡纸,防止胶水流下去胶住工作图。等胶水干了以后,把上面的梁(2×3松木条)胶入槽内。再等胶水干了以后,拔掉大头针,将机翼反过来,将下面的梁(2×3松木)胶入槽内。当胶水快要干时,再将机翼正过来,用大头针钉在平板上,以免变形。

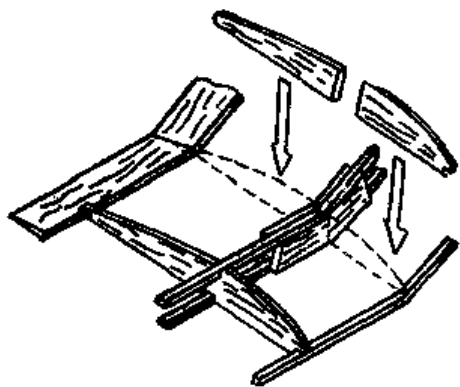


图 4-7 在梁上胶桐木片

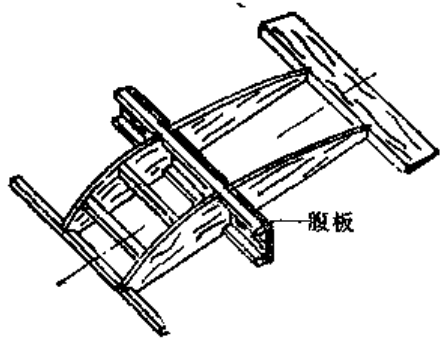


图 4-8 在中段机翼加腹板

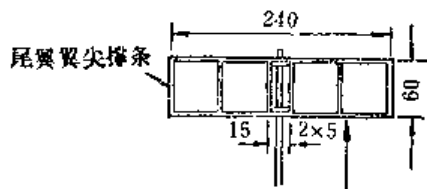


图 4-9 水平尾翼

待胶水干透后,取下机翼,按照工作图在上反处将前、后缘和梁切断。把翼尖部分伸出去的,多余的前、后缘和梁切到和翼肋外侧面相齐。按照工作图用1.5毫米厚的松木片做出翼尖平面。再照图4-6胶接翼尖,并且在梁的位置加一个三角片(已知直角三角形的两夹边),与翼肋和上梁胶接。胶接翼尖时也应放在平板上进行。

机翼中段平直,两个外翼上翘76毫米高。因此,中段机翼与外翼胶接时,先将中段钉在平板上,把两个外翼在翼尖处支撑起来,量好高度。在上反连接处,把外翼的梁、前缘、后缘均按上反角的大小切成斜面,与中段机翼的梁、前缘、后缘对着胶接起来。等胶水干后,在上反角处,梁的前面和后面各胶上一片1毫米厚的桐木片,然后用小夹子夹住待干,以保证贴合(图4-7)。上反处的翼肋要切断,切短一些,再胶在前、后缘和梁的腹板上。

最后,按照图4-8,在中段机翼的翼梁后面全部贴上1毫米厚的桐木片,以增加强度,称之为腹板。胶接时注意木纹方向应顺着梁,并且用小夹子夹住待干。最后在每个接点上加一遍胶水粘牢。为了将来束缚机翼时蒙纸不致于被橡皮压破,在机翼中间两片翼肋的前上方再胶上两根2×2的桐木条。待胶水干后,取下机翼,用砂纸把机翼前缘打磨成翼肋样板所需的形状。

**2. 水平尾翼** 水平尾翼的制作方法 与机翼相似,不过简单得多。它没有翼肋,用四根2×2毫米的桐木条作为撑条,两根2×5毫米的桐木条作为翼尖撑条、尾翼前后缘。水平尾翼的胶接装配也必须在平板上进行,以保证它不发生扭曲变形。撑条按实际需要的长度切,不能松。胶接装配后需要加一遍胶。胶干之后,取下尾翼,将前后缘和翼尖撑条的外围略为打磨圆就可以了。

**3. 机身和垂直尾翼** 根据工作图把机头形状画在 5 毫米厚的松木片上, 用手工锯或钢丝锯锯下来, 开好安装机身纵梁的槽。机翼在机身上的安装角大约是  $3^\circ$ 。为此, 需要把机翼前缘抬高约 5 毫米。要用 5 毫米厚的松木片做一个直角三角形的斜木块, 长度等于 90 毫米。在斜木块上面胶一块  $25 \times 90$  的 1 毫米厚的桐木片 (木纹与机身垂直) 作为翼台。然后按图 4-10 将机头、机身纵梁和翼台胶在一起。牵引钩钉在机身下部, 用线扎牢。为了把机翼缚在机身翼台上。要在机翼的前缘下方略靠前的机头上插一根 2 毫米粗、长约 20 毫米的竹签, 并且胶住。在机头前方开有“配重箱”。实际上, 是在机头上挖一个穿孔, 两侧面贴上比孔大一些的、厚 1 毫米的桐木片, 就成为配重箱。在里面放铅粒或牙膏皮等, 以此调整全机的重心位置。

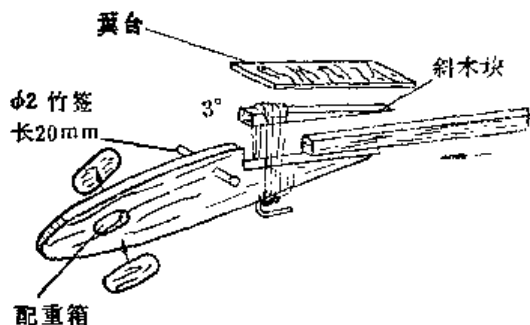


图 4-10 机头、翼台和牵引钩的结构

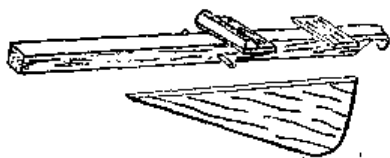


图 4-11 机身尾部和垂直尾翼

机身尾部上方也胶有尾翼翼台, 用两片面积为  $10 \times 20$ 、厚为 1 毫米的桐木片制成。在翼台上前缘胶一块  $3 \times 3 \times 20$  的桐木片作为挡板。前缘下方的机身上也要插一根 1.5 毫米粗、长 15 毫米的竹签, 并且胶住。垂直尾翼在机身下部 (图 4-11), 用 1.5 毫米厚的桐木片制成, 注意木纹要顺着垂直尾翼前缘的倾斜方向。为了使垂直尾翼胶得比较牢靠, 最好在机身下方开一条 2 毫米深的槽, 将垂直尾翼插在槽内再胶住。

最后, 用宽口刀把机头、机身、垂直尾翼的棱角削成圆角, 并且用砂纸打磨光。

**4. 在机翼、尾翼上蒙纸** 模型的骨架完工后, 就可以蒙纸了。应选择薄、轻、光滑和均匀的拷贝纸、蜡纸毛坯、薄棉纸或卷烟纸等。蒙纸以前, 先要判断一下纸纤维的方向。方法是用手拉纸的一角, 沿着被撕下来的纸条长度方向就是纸纤维的方向。裁纸时, 应使纤维方向与机翼、尾翼的长度方向 (即翼展方向) 平行。这样糊上的纸, 在翼肋与翼肋之间就不易下陷。裁纸时, 四边都要留些余量。通常先蒙机翼的下表面。将稍稀一些的浆糊涂在前后缘、梁和翼肋上, 把纸轻轻拉平后放上去。在需要粘住的地方, 用手轻轻摸一遍。如发现皱纹, 应立即拉平。未粘住的地方要补些浆糊。浆糊干后, 用刮胡子刀片刮去四周毛边, 然后用喷雾器均匀地喷一层薄薄的水。水干后能使纸收缩绷紧, 机翼的表面就很平滑。下表面蒙好后蒙上表面, 方法相同。上表面喷水后, 应将机翼放在平板上, 四周用几枚大头针钉住。这样, 等水干后, 机翼就比较平整。因为机翼的翼尖部分的外形是从翼肋向翼尖圆弧过渡, 因此要另外剪一块纸单独蒙, 不能和有翼肋部分一起蒙纸。

有条件的话, 在纸蒙好后, 刷两遍稀的透布油, 能把纸上的孔隙堵住, 防潮, 并且使蒙皮张紧, 提高飞行成绩。如果没有透布油, 则蒙拷贝纸, 蒙时尽量绷紧一些。

**5. 调整重心** 模型飞机的重心位置很重要, 应该保持在设计位置才能飞得好。模型做好后, 用橡筋把机翼、尾翼缚在机身上。在机头的配重箱内加铅粒、牙膏皮或小铁块等, 把整架模型的重心位置调整到离机翼前缘 40 毫米处。重心调好后, 用胶水把配重胶住, 空隙的地方塞些纸, 然后用 1 毫米厚的桐木片在外面封住。到此为止, 这架牵引模型滑翔机就全部制作完毕了。

## 调整试飞

调整试飞是保证航模质量的重要环节之一,按下列顺序进行。

**1. 检查模型** 主要看机翼和尾翼是否摆正。检查时,可以将一只眼闭上,用另一只眼从机头向机尾看,当看到机身正对着自己时,再看机翼和尾翼左右两边能看到的面积是否对称,相互位置是否正确(图 4-12)。如果有毛病,必须在试飞前加以纠正。对于扭转变形的机翼,可将它放在热处烤,同时用手缓慢地朝反方向扭转,直到略有些过分,冷下来后就会恢复正常状态。其次,校对一下重心的位置。如与图纸不符,应增减头部配重箱内的铅粒等配重。

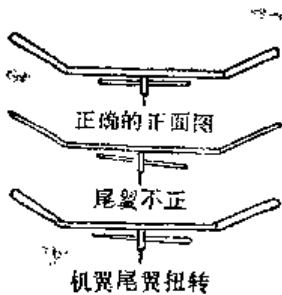


图 4-12 检查机翼与尾翼位置是否正确

形的机翼,可将它放在热处烤,同时用手缓慢地朝反方向扭转,直到略有些过分,冷下来后就会恢复正常状态。其次,校对一下重心的位置。如与图纸不符,应增减头部配重箱内的铅粒等配重。

**2. 手掷滑翔** 要选择早晨或傍晚平静无风,或者风速小于每秒 2 米的平静天气,在较大的草地或空地上进行初次试飞。

手持机身重心稍后一些的地方,将模型举到身体一侧比头稍高一些的位置,机头略向下(图 4-13),慢跑几步把模型顺着下滑线轻轻掷出。必须注意,出手的速度要尽量与模型的滑翔速度相接近。掷出模型时,机头不能上抬。如果模型出手后发生波状飞行,或者平飞一段后就一头栽下去,证明机翼相对于尾翼来说,升力太大,也就是机翼的安装角偏大了,称之为“头轻”。可以在机翼后缘与翼台之间垫些薄卡片纸,这就是减小机翼的安装角。也可以把水平尾翼的安装角增大一些。

如果模型出手后,立即以较大的速度和较大的角度冲到地上,这表明机翼的升力太小,需要增大机翼的安装角。这种现象称为“头重”(图 4-14)。



图 4-13 手持模型的姿势

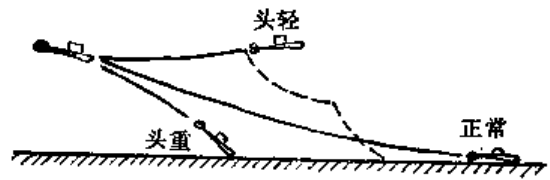


图 4-14 不同的下滑轨迹

可以在机翼前缘与翼台之间垫些卡片纸,或者把水平尾翼的安装角减小一些,甚至减为负安装角。另外,出手速度小,或者出手角度小了,也会出现类似“头重”的现象。如果出手速度过大,或出手角度太大,又会出现类似于“头轻”的现象。因此,不要一出现不正常的滑翔姿态,就想调整模型。要多掷几次,学会判断是手掷方法不合适,还是模型本身有问题。调整时,一次不要改变太多,要逐渐地调整。

如果模型出手后,立即发生倾斜转弯,就要再次仔细地检查机翼、水平尾翼和垂直尾翼的变形情况。如果没发现缺点,则可能是机翼左右两边的翼肋做得不一致,或者是垂直尾翼安装得不直。可以将垂直尾翼的后部向模型转弯的反方向扳一些。一面用手轻轻扳,一面用嘴向扳的部位哈气。如果扳一点点不解决问题,可以用刀割开,多扳过去一些,然后在割的地方加些胶水。

手掷滑翔调整时,首先调整到模型滑翔距离最远,然后再将机翼的安装角略为增大,即在机翼前缘下面垫些卡片纸,或者在水平尾翼的后缘下面垫道林纸。这时,模型的滑翔距离将略为缩短,但模型飞得慢了,留空时间却增长了。这时,机翼处于所需要的经济迎角状态。

**3. 短线牵引试飞** 由于人体高度有限,手掷模型不能完全暴露出模型的缺陷。另外,

由于贴地飞行,地面效应将会改善模型的性能,因而观察到的飞行情况不真实。为此,可以使用 10~15 米的牵引线作短线牵引试飞,目的是为了进一步将模型调整好。

短线牵引试飞应在气流平静时选择较大的场地进行。牵引线可以使用 0.3~0.4 毫米粗的尼龙线、丝线、麻线或结实一些的棉线。线缠在线盘上。牵引环可用曲别针改制。在靠近牵引环处的线上缝一块比手掌大一些的颜色鲜艳的绸布,以便脱钩时容易观察。

牵引时,由助手面对风,手持重心后面一点的机身,机头稍稍上抬,机翼左右放平,把牵引线上的环套在模型的牵引钩上。牵引人站在上风位置,手持线盘,将牵引线放开(图 4-15),牵引时由牵引人发出信号,两人同时起跑。当助手跑几步后感到牵引线已有力,便将模型向上托起放手。放手时要特别注意保持模型的机翼左右放平,机头稍稍上抬。当模型上升时,牵引人必须掌握好牵引力的大小,随时注意模型姿态,不要用力太大,把机翼拉断了。当模型上升到牵引人头顶上时,不要急于脱钩,要跟着模型跑一段,等模型速度减慢,同时牵引线也有些松时,然后将线向后一抖,牵引环就脱掉,模型便平稳地转入滑翔飞行。

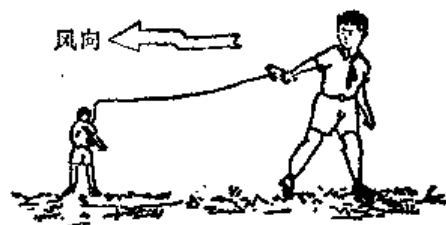
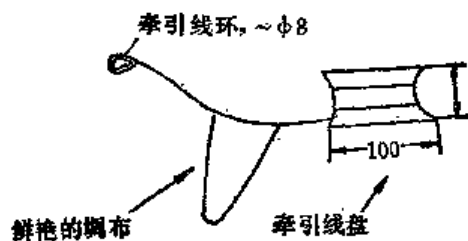


图 4-15 牵引预备姿势

在牵引飞行中,可能会出现一些不正常的现象,例如:

(1) 助手松手后,模型便自动脱钩,滑翔着陆。这是因为放手太早,牵引线还没有张力;或者是因为助手比牵引人跑得快,或者是助手放手时没有向上托起模型,而是加了一个向前掷的力,使模型的速度大于牵引人跑的速度而自动脱钩。

(2) 模型出手后被牵引线弹出,模型向上冲起,自动脱钩,然后低头撞地。原因是助手跑得太慢,并且放手太迟,致使牵引线张力过大,模型被牵引线的张力弹出去。

(3) 第一次牵引往往发生模型一出手就向一方倾斜,越牵越斜,再也牵不上去,最后被迫脱钩。产生这种毛病的原因是模型本身有局部变形,或者垂直尾翼不垂直。纠正的方法是把垂直尾翼的后部扳向倾斜方向的另一边。如果这样纠正后,模型的盘旋半径太大,甚至造成直飞,可以把牵引钩移到机身的侧面去。如果牵引时左倾,就把钩装在左侧。因为牵引力与偏左边的钩会造成向右转的力矩去克服模型左倾的趋势。反之,右倾的模型,钩就装在右侧。

(4) 牵引的开始阶段很顺利,但后来无论如何快跑也牵不上去,最后跑累了,只好被迫脱钩。原因是牵引钩装的位置距离重心前方太远,应检查钩的位置是否符合设计图的要求。另外,也可能是由于没有注意风向,顺风牵引的缘故。

(5) 模型脱钩后,连续发生几次波状飞行才逐渐转入平稳滑翔。原因是脱钩早了,牵引线的张力还没有减下来,突然从牵引时有张力到脱钩后无张力状态,模型必然猛抬头,接着就发生波状飞行。纠正方法就是注意掌握上述的脱钩要领。

在短线牵引试飞中,可以进一步观察模型的飞行姿态。有些不正常现象,例如轻微的波状飞行,在手掷滑翔时是看不出来的。同时,要调整滑翔半径。对初级牵引滑翔机来说,滑翔半径不宜太小,一般为 20~30 米。如有条件,可用秒表记录从脱钩起到模型着陆

时为止的时间,作为进一步调整的参考数据。

**4. 长线牵引试飞** 长线牵引和短线牵引没有本质的区别,但由于线长了,上升的时间也长了,有些小毛病更容易表现出来。牵引顺序参看图 4-16,尽可能将模型牵直一些,牵高一些。可以先在平静气流中牵引,以便作精确的调整,然后再到其它气候条件下飞行。一方面考验模型,另一方面积累调整试飞经验。由于一级牵引模型比较小,抗风能力较差,因此,不宜在恶劣气象条件下飞行。

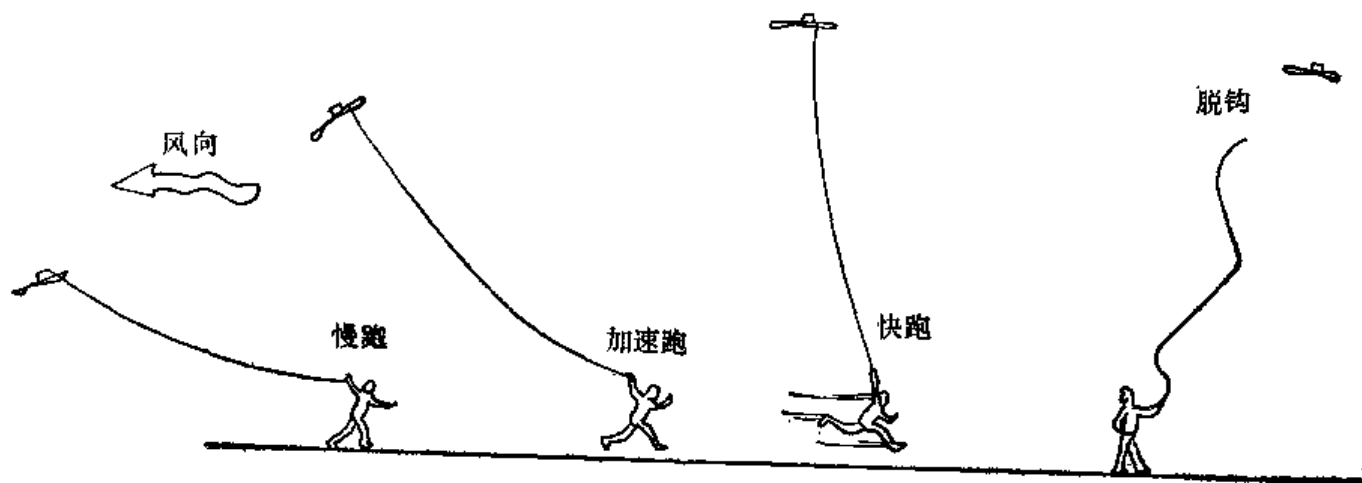


图 4-16 长线牵引试飞顺序

## § 2. 二级牵引模型滑翔机

按国家体委 1985 年规定,二级牵引模型滑翔机的最大升力面积为 1200 平方厘米,最小飞行重量为 100 克;牵引线加 1 公斤拉力最大长度 30 米;每轮比赛时间为 15 分钟,满 30 秒为正式飞行;最长测定时间为 120 秒钟,每轮加时赛最长测定时间递增 30 秒。

下面介绍一架湖北省黄石市冶钢一中杨炎春同学自己设计的二级牵引模型滑翔机(图 4-17),他在 1981 年全国青少年航模通讯赛中获得二级牵引模型滑翔机第一名。该模型在静气流中能滑翔 1 分 40 秒

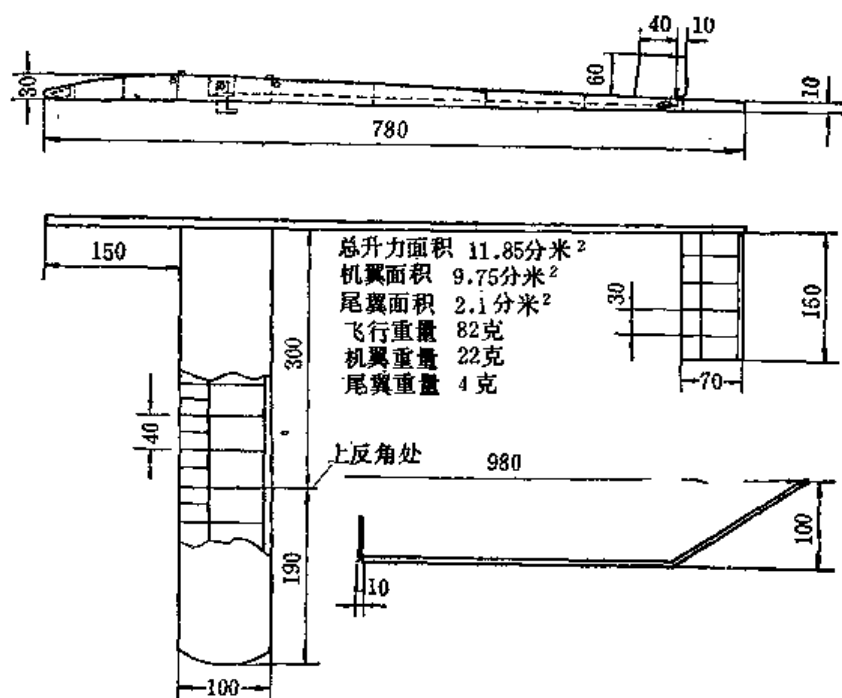


图 4-17 二级牵引模型滑翔机



左右。

这架模型的机翼、尾翼和机身都呈构架式结构,整机外表面蒙上一层光滑的薄纸,简单而轻巧。整架模型做成后,若不加配重,比 80 克轻。通过多次试飞和滑翔知道,该模型的翼型用在二级牵引模型滑翔机上表现出较好的滑翔和“吃”气流性能。例如在竞赛时,第二、三轮因脱钩时机不好,模型没有“吃”上升气流,当模型下降到距地面高度只有七、八米时,遇上一股微弱气流,模型便迅速地“吃”进去了。其他采用这种翼型的模型也表现了同样的性能。该模型的制作和调整试飞与一级牵引模型滑翔机相似,请参看有关部分。机翼翼型:自己设计。尾翼翼型: G6517。

### 模型的制作

该模型的机翼呈长方形。按本书第三章内讲述的方法,根据翼型数据画出翼肋形状(图 4-18)。用 1 毫米厚的桐木片加以打磨后制成。机翼的上下梁用  $2 \times 4$  的桐木条或  $2 \times 3$  的松木条制成,然后用 1 毫米厚的桐木片作腹板加强(图 4-19)。重量轻,强度又好。制作时,前后缘先不成型,待整个机翼骨架胶合后,再把前后缘的形状加工出来,并且用卡板保证形状(图 4-20),最后再把两翼翼尖上反角部分胶合好。至此,一副机翼做成了。机翼蒙纸后的重量只有 22 克。



图 4-18 根据翼型数据画出翼肋形状



图 4-19 机翼翼型

X	0	1.25	2.5	5	7.5	10	15	20	25
Y <sub>上</sub>	0.70	2.45	3.50	4.88	5.84	6.80	8.10	9.10	9.76
Y <sub>下</sub>	0.70	0.09	0.00	0.09	0.25	0.55	1.20	1.90	2.58
X	30	35	50	60	70	80	90	95	100
Y <sub>上</sub>	10.2	10.65	10.5	9.50	8.35	6.45	4.00	2.43	0.40
Y <sub>下</sub>	3.25	4.30	4.84	4.90	4.38	3.45	2.00	1.10	0.00

水平尾翼的制作方法比机翼简单得多。前缘用  $3 \times 3$  的桐木条,后缘用  $2 \times 6$  的桐木条,翼肋用 0.75 的桐木片,蒙纸后只有 4 克。

机身全部用 1 毫米厚的桐木片制成,用  $2 \times 2$  的桐木条作中间的隔框,从头到尾共有 8 个隔框。

牵引钩处,由于受力较大,需在机身内用两块质地较硬的材料加强(如松木、层板均可)。牵引钩用铝板制成,固定在重心前 15~20 毫米处。牵引钩与方向舵的连接用一根  $3 \times 3$  的松木条,牵引钩的回中靠一根  $1 \times 1$  的橡皮筋即可(图 4-21)。

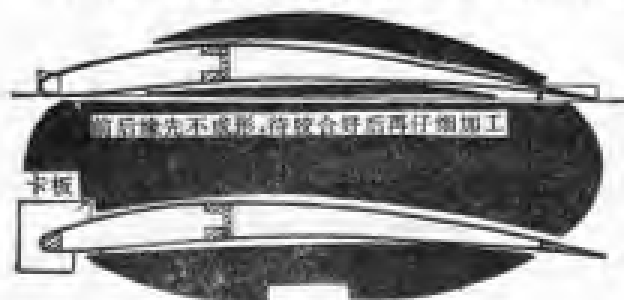


图 4-20 用卡板保证机翼形状

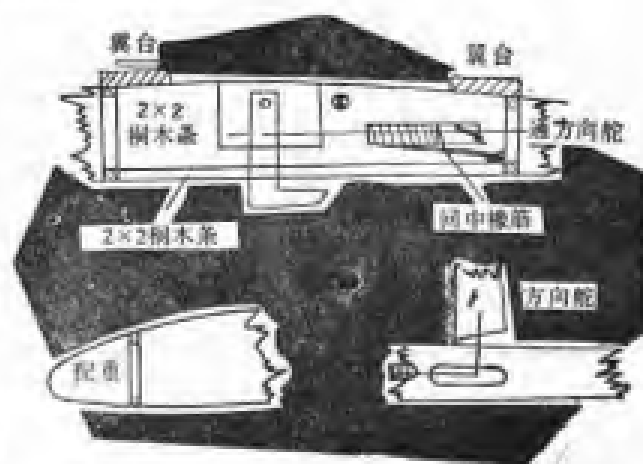


图 4-21 牵引钩

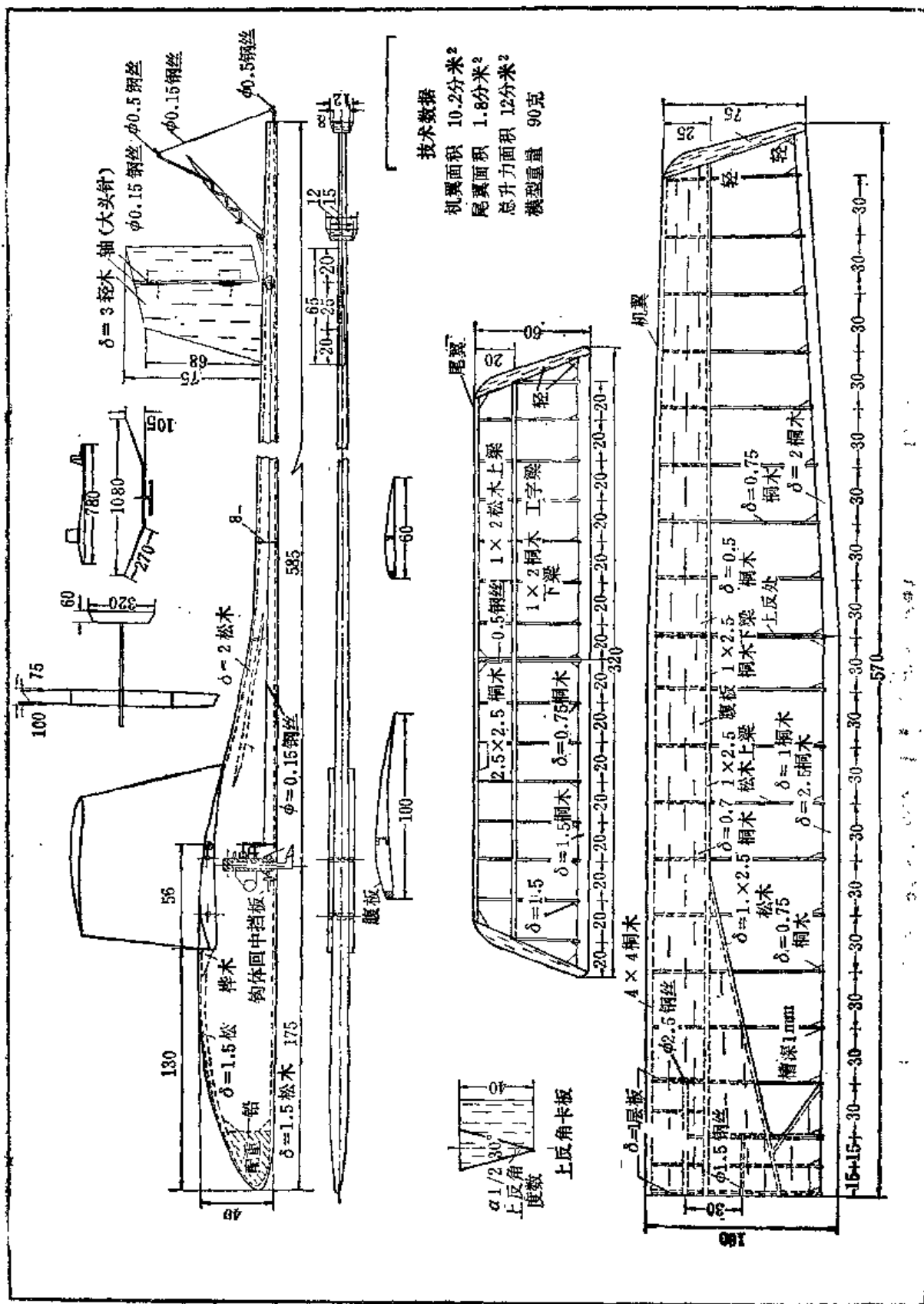


图 4-22 具有圆周牵引钩的二级牵引式滑翔机

垂直尾翼用 1.5 毫米厚的桐木片制成,要注意木纹与机身垂直,在机身胶合处要用木条加强。

由于机身比较单薄,制作时极易变形,因此要用比较好的材料,精心制作。做完后可糊上一层棉纸,再涂上几道透布油即可。

### 调整试飞

重心位置在离前缘 55% 处。把机翼、水平尾翼装好后检查重心,若位置不对,可在机头配重箱处加配重进行调整。然后称一下,若不足 80 克,还需要在重心处加配重。调整好了,再仔细检查一遍,便可手掷试飞了。

由于方向舵的偏转可由牵引钩的前后移动来控制。手掷滑翔前可将牵引钩后面用木条塞住,使模型直线滑翔,以观察机翼及水平尾翼的安装角是否合适。待感到滑翔情况满意时,便可用十几米长的短线牵引试飞。若在牵引过程中,模型上升时轨迹不正确,应检查一下机翼是否变形,并加以纠正。也可以在牵引钩前塞木条,以改变方向舵的位置,使模型能够在牵引过程中直线上升。模型的盘旋半径调整为 25~30 米。

一般来说,模型只要做得准确无误,通过仔细地调整试飞,熟练地掌握模型的性能,加上准确地判断气流,就能在比赛中飞出好成绩。

## § 3 具有圆周牵引钩的二级牵引模型滑翔机

下面介绍梁小玲同志设计的具有圆周牵引钩的二级牵引模型滑翔机。该模型的技术性能、制作材料、数据和三面图详见图 4-22。

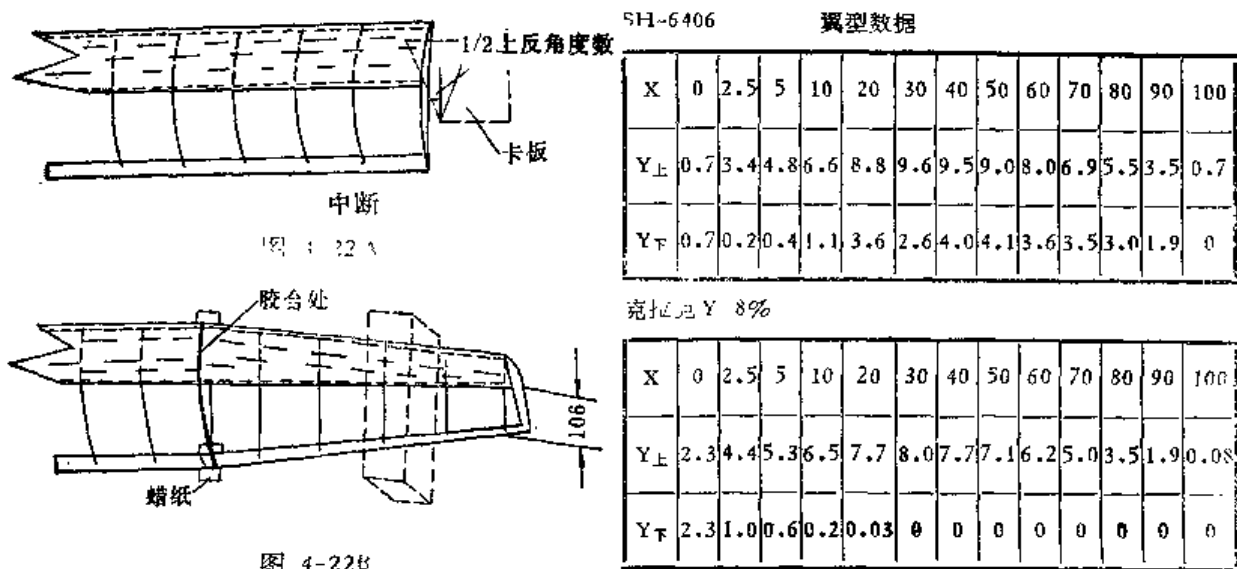


图 4-22b

图 4-23 是牵引钩的尺寸和要求。图 4-23a 为牵引钩的基轴板,用 0.5 毫米厚的铜片制作,共两块。用针分别画上两边及上端焊接零件 b、c、d 的线条,然后在焊接处用小刀或砂纸打磨干净,涂上焊锡膏,焊上一层薄薄的锡,其他零件的焊接处也同样加工。然后将图 4-24b、c、d 零件焊在一块基轴板上。如果焊接后有焊锡露在外面,可用锉刀修整,以免影响活动部件的灵活性。

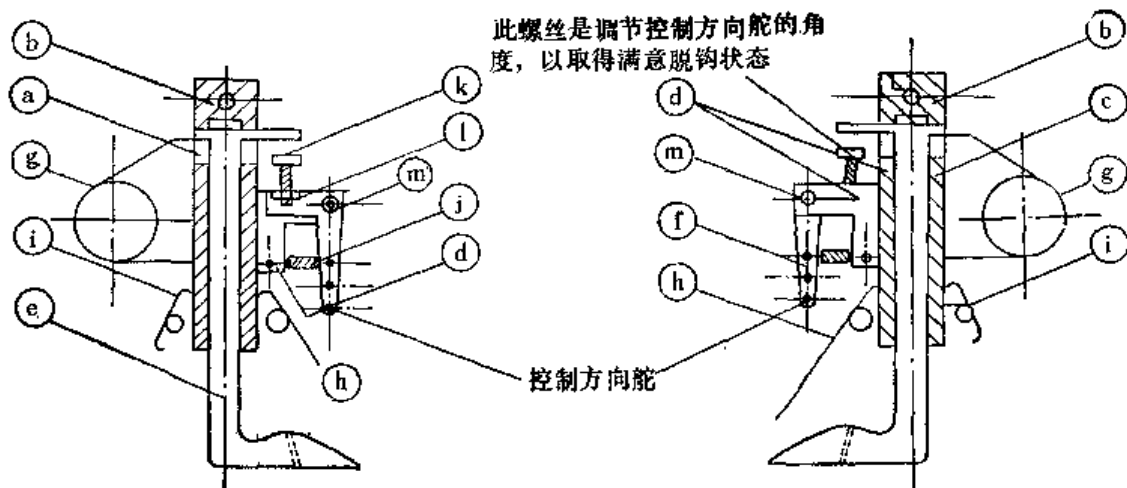


图 4-23 牵引钩的尺寸和要求

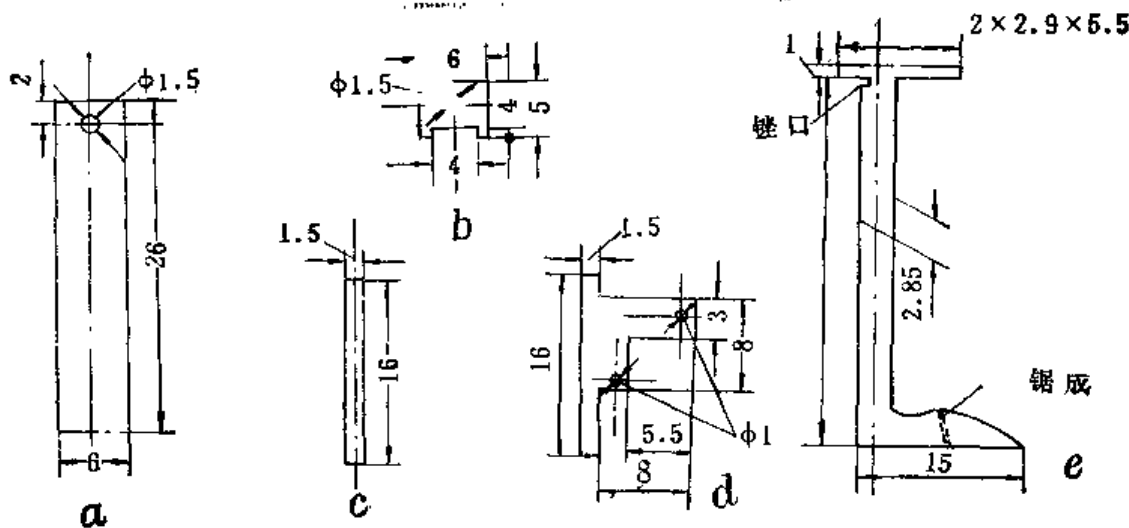


图 4-24 牵引钩零件

钩子与滑杆组成一体，分别用两片 0.2 毫米厚的板，中间夹 0.9 毫米的磷铜板焊接而成。中间一块的端部用钢锯锯开，如图 4-24 中 c 所示，用作锁孔。这种做法可以避免在钩子处钻锁孔(0.9 毫米)。在滑杆的上部一侧，用什锦锉按照图 4-24 中 e 加工，以便焊接夹子弹簧。

滑杆在滑槽里依靠夹子弹簧向上运动。参看图 4-25 中 g，用直径为 1 毫米的钢丝制成，之后进行淬火处理。

夹子弹簧焊接后，按图 4-26 进行检查。图 4-26 中 A 的活动间隙过大，C 没有间隙，都不正常；B 的活动间隙正常。调到正常后，将另外一块基轴

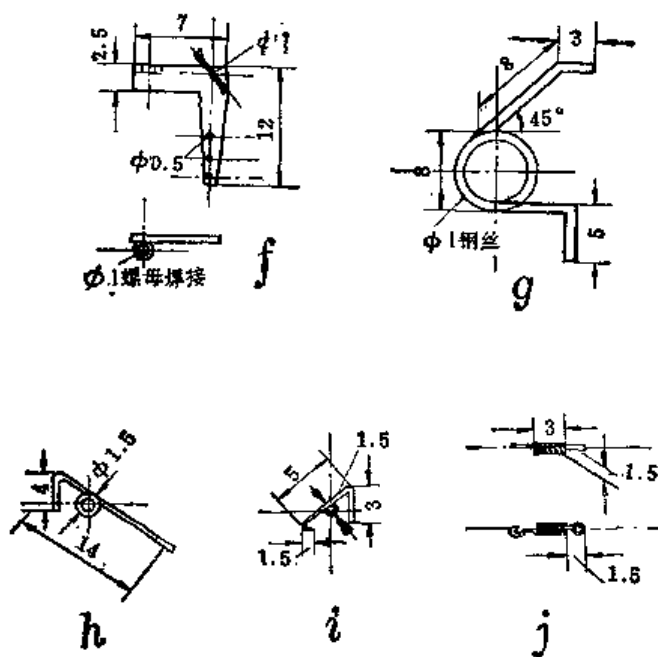


图 4-25 牵引钩零件

板焊好。

用 0.75 粗的钢丝弯成锁，焊接在基轴板一侧，下端保留一定长度，以便调整开锁拉力。通常钩子的开锁拉力为 1~1.5 公斤，不能太大。

活动摇臂用 0.5 毫米铜片制作，与滑杆接触好，装上一个调节螺母，用来调整舵面的偏转。另外还有固定轴孔、回中孔和舵面调节孔。摇臂回中弹簧用 0.1 毫米粗的钢丝，在直径为 1.2 毫米的芯棒上绕制而成，不必淬火处理。

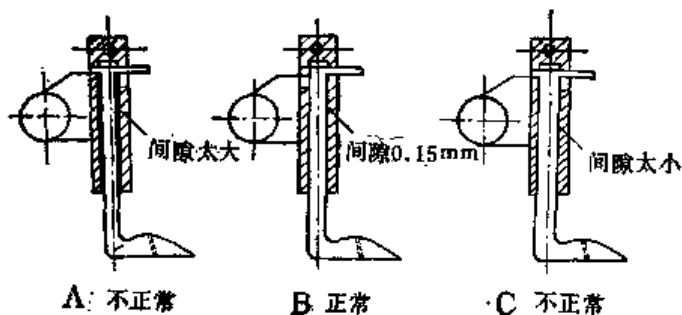


图 4-26 牵引钩间隙的检查

### 牵引钩使用说明

1. 直线牵引：当牵引线受到拉力时，钩体向前移动，方向舵被活动摇臂上的连线拉成直线舵面，模型直线飞行。

2. 圆周牵引：当模型直线牵引到头顶时，可以松线。在钩子回中弹簧作用下，钩体向后移，方向舵便偏转到圆周飞行位置，这时牵引线环仍被钢丝锁锁住。

3. 脱钩：模型进入上升气流时，牵引线受到拉力（脱钩拉力），夹子弹簧被压缩。活动摇臂在滑杆的作用下，使方向舵偏转，模型急上升转入滑翔。此时钢丝锁打开，牵引线环脱钩掉下。

4. 滑翔：脱钩后，钩体在回中弹簧作用下后移。钢丝锁向后摆动，与机身碰撞，钩体停止运动，从而使方向舵面偏转到滑翔位置，模型进入滑翔状态。

在国际级牵引模型比赛中，我国牵引运动员几乎都采用圆周牵引和大拉力脱钩的先进技术。圆周牵引机构虽然不完全相同，但都趋向成熟。成功地掌握圆周牵引技术，特别在大风天，例如每秒 6~7 米以上的大风，是能否发挥圆周牵引技术的特点，取得良好成绩的关键。

圆周牵引是寻找气流的一种手段。为此，需要把模型牵引到理想的区域，争取最有利的脱钩时间。圆周牵引的机动性越大越好，就是说，牵引的圆周半径要小，抗风性要好，这两者是统一的。在训练时，就要注意培养缩小圆周牵引半径的能力。在圆周牵引时，要利用模型的不稳定性；而在恢复平稳牵引时，又要利用模型的稳定性。在试飞中注意积累经验，才能获得显著的效果。

# 线操纵模型飞机

线操纵模型飞机是航空模型的主要机种之一,其最大特点是用线操纵模型飞机飞行。这类模型飞机一般是由机体和操纵机构两部分组成。机体部分通常包括:机身、机翼、水

平尾翼、垂直尾翼和发动机;操纵机构主要包括:操纵手柄、操纵线、三角摇臂、连杆和升降舵摇臂,如图 5-1 所示。

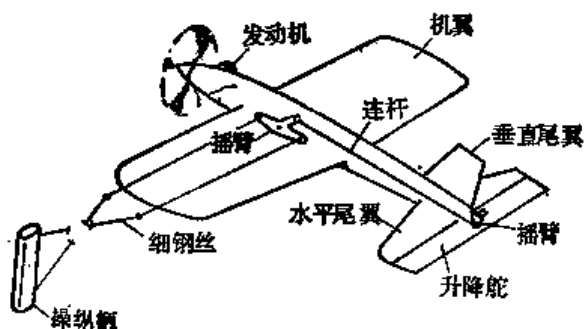


图 5-1

## § 1 操纵原理及分类

### 一、操纵原理

线操纵模型飞机的操纵原理并不复杂,可用拉杆、平杆和推杆三种飞行状态加以说明,请参看图 5-2。

拉杆时,操纵者用手握住操纵手柄向后拉,手柄上方的一根操纵线就拉动三角摇臂转动,带动连杆后移,推动升降舵摇臂,使升降舵向上偏转。这样,水平安定面和升降舵就产生一个向下的气动力(负升力),这个力产生的力矩使模型飞机绕其重心旋转,抬头爬升。

平杆时,升降舵不动,与水平安定面处于一个平面内,模型飞机维持原来的飞行状态:平飞、爬升或俯冲。

推杆时,则相反,手柄下方的一根操纵线拉动三角摇臂转动,牵动连杆前移而带动升降舵向下偏转,产生向上的气动力(正升力),使模型绕其重心向下旋转,低头俯冲。

模型飞行期间,操纵线紧紧地将其拉住,只许它绕操纵者作圆周运动,而操纵者则要一面跟着模型转动,一面通过手柄的前后动作来操纵模型向上或向下飞行,并完成各种

动作。

## 二、分类

线操纵模型飞机的种类很多,按其动力的不同可分为:线操纵活塞螺旋桨模型飞机、线操纵电动模型飞机和线操纵甩动模型飞机等;按其用途的不同可分为:练习用线操纵模型飞机、研究与试验用线操纵模型飞机和竞赛用线操纵模型飞机等。

根据竞赛规则,竞赛用线操纵模型飞机又分为以下几种:

1. 一级线操纵特技模型飞机,它是比赛完成规定动作质量的好坏;
2. 国际级线操纵竞速模型飞机(图 5-3)——F2A,它是比赛飞行速度的快慢;
3. 国际级线操纵特技模型飞机(图 5-4)——F2B,它也是比赛完成规定动作质量的好坏;
4. 国际级线操纵小组竞速模型飞机——F2C,该项比赛由两人为一小组参加,比飞完规定距离所用时间的多少。
5. 国际级线操纵空战模型飞机(图 5-5)——F2D,比赛时,两架模型看谁切断对方尾带的次数多。
6. 线操纵象真模型飞机——F4B,这是比赛模型的象真程度和飞行质量的优劣。

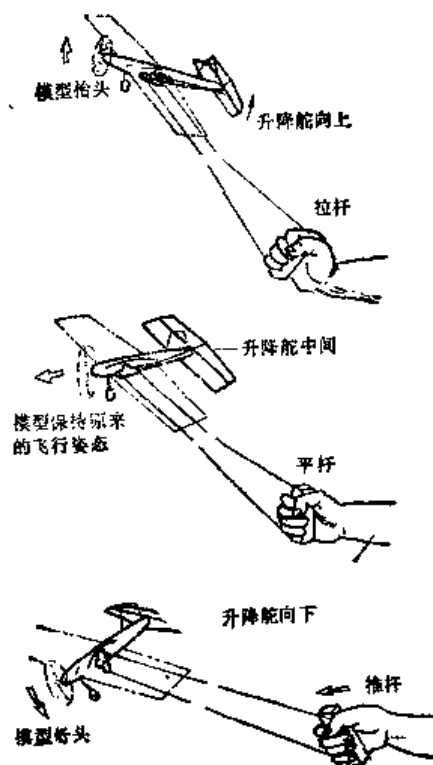


图 5-2

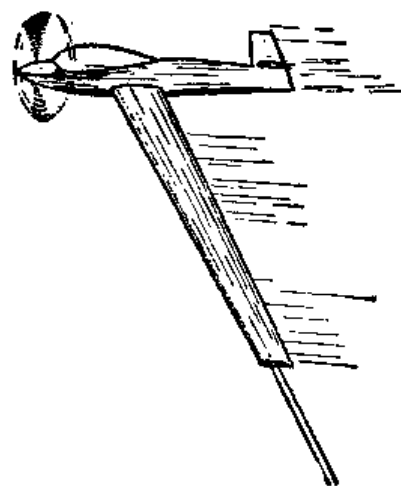


图 5-3

## § 2. 线操纵模型飞机的制作

由于线操纵模型飞机种类很多,型号各异,限于篇幅不能逐个介绍它们的制作方法,所以仅选两种较简单易作而又有代表性机种为例,简介如下。

### 一、1.5 毫升线操纵模型练习机

练习机是初学线操纵模型的入门向导,它可为进一步制作较复杂的竞速或特技模型等机种奠定良好的基础。线操纵模型练习机应具有如下特点:飞行安定性好,容易操纵而又不过分灵活;结构

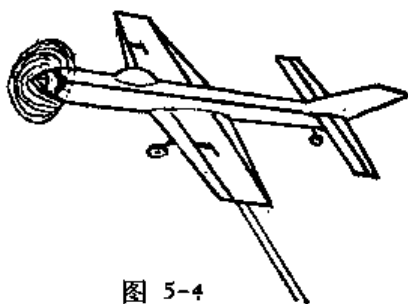


图 5-4

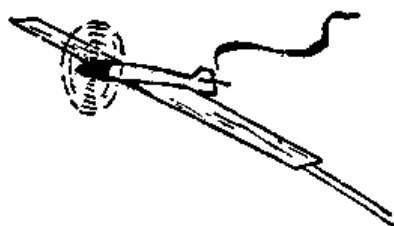


图 5-5





简单,坚固耐用;取材一般,制作简单,修理和维护方便。

我们要介绍的练习机如图 5-6 所示,它适合初学线操纵者制作,其制作方法介绍如后。

**机身** 这架模型飞机的机身采用了矩形剖面的舱身式结构,它主要是由四块蒙皮和六个隔框胶接而成。机身长 560 毫米,各隔框的位置可参看图 5-6。

机身的上下及两侧蒙皮均选用 1.5 毫米厚的桐木片,按图尺寸和形状下料制成零件。六个隔框因受力情况不同,分别选用不同材料与厚度的木板,按图示尺寸下料;A 框用 3 毫米厚的航空层板;B 框用 2 毫米厚的松木片;C、D 框用 1.5 毫米厚的桐木片;E、F 框用 1 毫米厚的桐木片。

发动机架选用两根  $8 \times 10 \times 110$  的松木条制作,如图 5-6 所示与 A、B 框胶接在一起。安装发动机和油箱的地方,如发动机架,隔框、侧板等处,一定要结合紧密,胶合牢靠,防止松动,以免发生震动;这些地方的外表面都应涂 2~3 遍透布油,以防油料浸入,造成脱胶等损坏及增加模型重量等毛病。

起落架由  $\phi 2 \times 300$  的钢丝和  $\phi 10$  的机轮组成,固定在 B 隔框上。尾橇用  $\phi 1.5 \times 115$  的钢丝弯制而成,固定在尾部下蒙皮上。

**机翼** 该模型采用的是等剖面矩形直机翼,其平面形状和尺寸可参看图 5-7。机翼翼型选用相对厚度为 15% 的对称翼型,即 NACA0015 翼型,如图 5-6 中侧视图上所示。

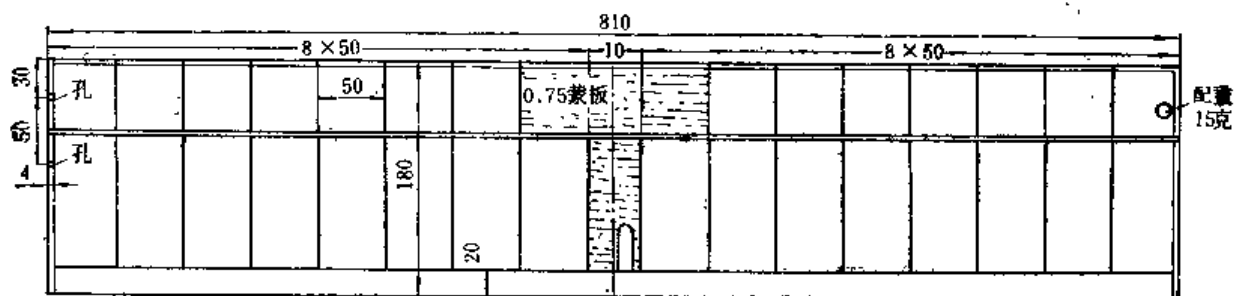


图 5-7

翼梁共有两根,上下配置在最大厚度处,选用  $4 \times 4$  松木条制作。机翼前缘由  $4 \times 4$  松木条制成;后缘用三块 1 毫米厚桐木片胶合而成。

翼肋共有 18 个,按图 5-7 所示位置尺寸和翼梁及前、后缘胶在一起,构成机翼骨架。两个端肋用 3 毫米厚的桐木片制作,为全翼型,且内翼端肋还开有两个操纵钢丝引出孔。其余 16 个翼肋均用 1 毫米厚的桐木片,按去掉 20 毫米后缘的翼型制作,并根据图 5-6 所示位置和尺寸开出翼梁和前缘槽口及减轻孔。

机翼上下蒙皮如图 5-7 所示,中间 T 形部分蒙以 0.75 毫米厚的桐木片,其余部分均蒙以棉纸,表面刷几遍透布油。外翼翼尖部分加有 15 克的配重。

**尾翼** 该模型的水平尾翼和垂直尾翼均采用 3 毫米厚的桐木板制作,尺寸如图 5-6 所示。升降舵通过软铰链与水平安定面连在一起。水平安定面和垂直尾翼分别与机身尾段胶接固定。

**操纵机构** 模型的操纵机构要承受较大的拉力,所以它必须做得既灵活,又结实可靠。三角摇臂和升降舵摇臂尺寸如图 5-6 中所示,均用 1.5 毫米厚的黄铜板制作。连杆用  $4 \times 4 \times 200$  的竹条与  $\phi 1.5$  的钢丝捆缚而成,可参看图 (5-6) 中侧视图。操纵线长

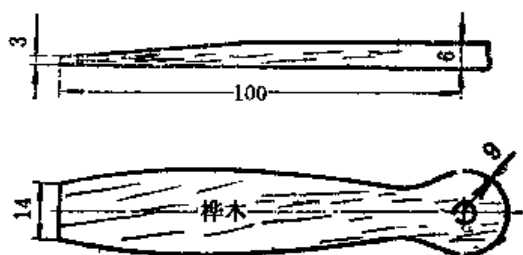


图 5-8

10 米, 选用  $\phi 0.5$  的钢丝, 其与三角摇臂连接端要接一小段  $\phi 1.5$  的钢丝, 以便和三角摇臂很好配合。三角摇臂安装在机翼内中部, 位于机身纵轴和翼梁的交点, 它的转轴由  $\phi 2$  钢丝制作。

**动力系统** 此模型选用 1.5 毫升活塞螺旋桨发动机。螺旋桨直径为 200 毫米, 螺距为 110 毫米, 由桦木制作, 其尺寸可参看图 5-8。油箱采

用的是  $22 \times 38 \times 45$  盒形硬油箱, 其装油料不必太多, 能供应飞二十圈左右即可。

**组装调试** 按要求将上述模型飞机各部分的零、部件制好后, 即可进行整机的组装和调试。只要认真研究模型装配图——图 5-6, 订好装配顺序, 组装起来并不困难, 但应特别注意以下几点。

1. 机翼和水平尾翼的安装角都是  $0^\circ$ 。垂直尾翼有如图 5-6 中俯视图所示的  $8^\circ$  安装角。机翼和尾翼均不得有明显的扭曲。

2. 操纵机构连接要牢固可靠, 并能灵活动作, 没有过紧和卡住等现象。但也不能过于松动, 例如连杆与摇臂孔的配合就要能转动而不松。要保证三角摇臂处于中立位置时, 升降舵不偏转, 与水平安定面在一个平面内。

3. 发动机安装时, 其拉力线应符合图纸要求, 即拉力线在过飞机纵轴的水平面内, 并与机身轴有右  $3^\circ$  的拉角。在发动机装进模型之前, 一定要先在地面进行磨合运转, 并熟练掌握调整发动机稳定工作和起动技术。

4. 整架模型飞机装好后, 要测量其重心位置, 使之符合图纸要求, 即在距机翼前缘 30 毫米左右处。

## 二、线操纵电动模型飞机

线操纵电动模型飞机是以直流玩具电机为动力的。它有很多优点: 电机起动性能好, 并能利用电压变化控制转速和功率; 无噪音和污染; 模型小, 能在室内飞行; 结构简单, 易于制作; 电机货源充足, 价格低廉。其主要不足在于飞行速度低, 抗风性差, 不能作复杂的飞行动作, 电源较笨重等。

下面要介绍的线操纵电动模型飞机如图 5-9 所示, 其机翼和水平尾翼均选用矩形平直翼。机身、机翼和尾翼等的结构材料主要是用聚苯乙烯泡沫塑料吹塑纸 (简称吹塑纸)。这种材料韧性好, 摔撞多次仍能飞行, 很适合初学者练习用。

该模型装普通直流玩具电动机, 其工作电压选用说明书介绍电压的 3~5 倍, 工作电流最大可达 3~4 安培, 实践证明这是可行

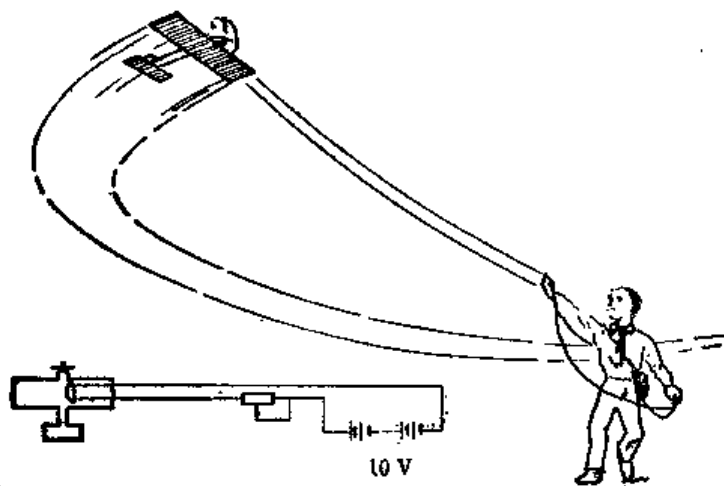


图 5-9

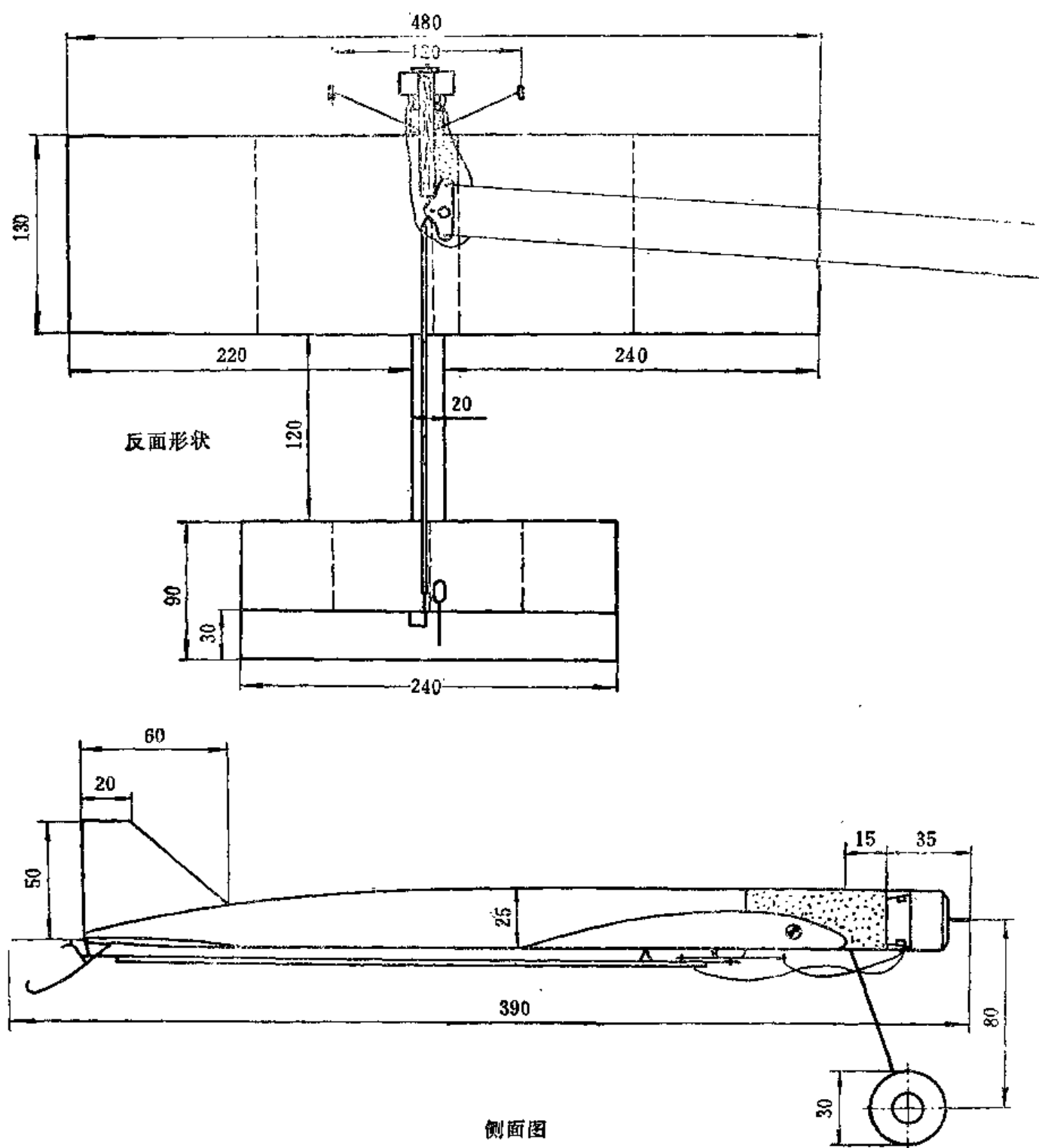


图 5-10

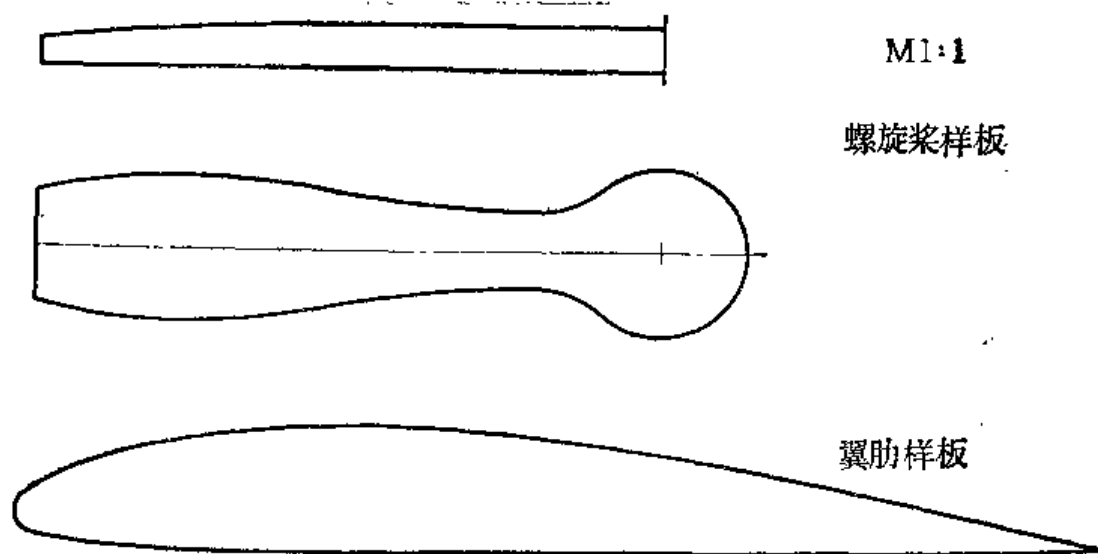


图 5-11

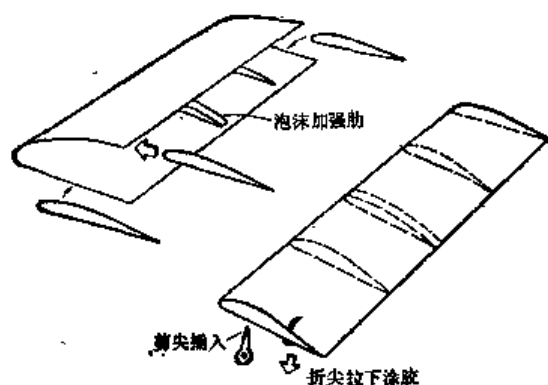


图 5-12

的,能保证电动机良好工作。电动机配用木质螺旋桨,用漆皮线作操纵线兼电源线。电源可选用干电池、蓄电池或交流电源配上整流器。

下面具体介绍这架模型的制作方法。

**1. 机翼** 按模型装配图——图 5-10 先制作机翼。

机翼上下蒙皮和前缘由一张单层吹塑纸制作,可按  $270 \times 480$  的尺寸下一块矩形毛料。翼肋按图 5-11 中样板下料,由吹塑纸切出四个相同的翼肋,再用聚苯乙烯泡沫硬塑料做一个厚约 15 毫米的翼根加强肋。把机翼蒙皮前缘在桌楞上折成弧形,下翼面保持平直,上翼面弯度较大部分可用圆木棒垫着用手擀成弧形。而后照图 5-12 所示胶合翼肋。粘合剂要用白乳胶,不能用快干胶(万能胶),以免有机溶剂溶蚀吹塑纸。先胶粘翼根加强肋,可用大头针固定,胶干后拔掉,再粘两侧翼肋和翼尖肋。后缘蒙皮涂胶对粘在一起,放在平整的台面上用重物压住,胶干后用刀修整不齐的边缘并用砂纸打磨光滑。用两个薄铝片钻一小孔,一端剪尖,按图 5-12 穿在左侧翼尖上,将尖头折倒并涂乳胶固定,这就是操纵线导环。

**2. 尾翼** 它包括水平尾翼和垂直尾翼两部分

水平尾翼由水平安定面和升降舵组成。按图 5-10 数据切出  $120 \times 240$  的一块吹塑纸,对折成水平安定面上下蒙皮。两层蒙皮间胶有 2~3 毫米厚的对称翼肋三个,胶干后修整打磨。照图 (5-10) 尺寸切一片单层吹塑纸做升降舵。用薄绸剪成  $20 \times 7$  大小,共 12 块,按图 5-13 所示分四组上下交错粘成铰链,把水平安定面与升降舵铰接在一起。垂直尾翼按图 5-10 中所示形状和尺寸切一块单层吹塑纸制作。

**3. 机身** 由前后两段对合而成

按图 5-10 所示尺寸并参照图 5-14,用硬泡沫塑料和吹塑纸胶粘成一个前段为矩形

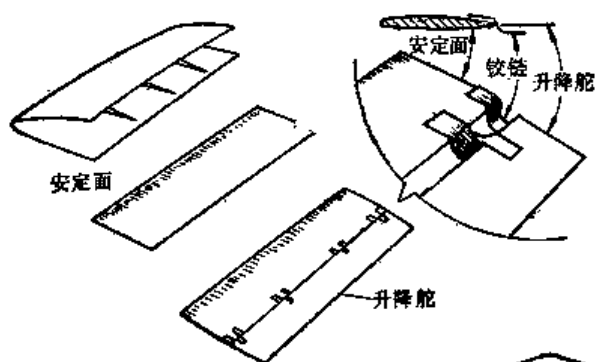


图 5-13

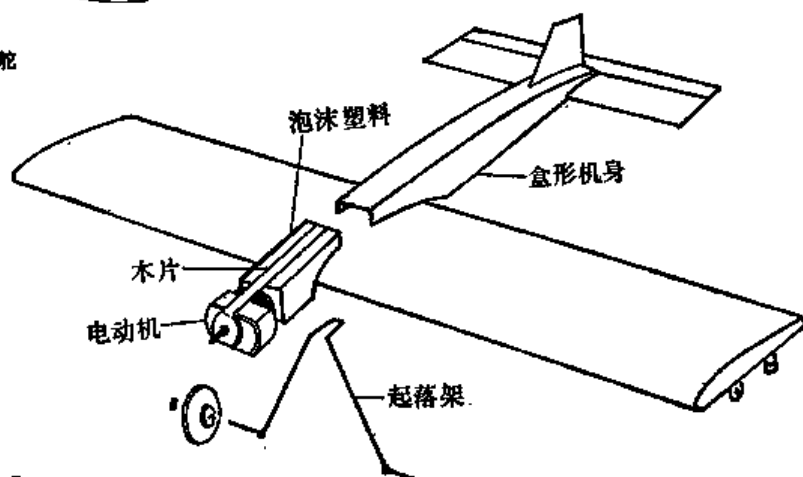


图 5-14

剖面，后段稍扁中空的机身。机身前段下部要和机翼上翼面吻合，用乳胶粘在一起，要有 $2^{\circ}\sim 3^{\circ}$ 的安装角。机身后段下部需与水平安定面上翼面吻合并用乳胶粘合，安装角为 $0^{\circ}$ 。粘时还要注意使机翼和水平安定面都与机身纵轴相垂直，可从上方和前方仔细目测或用直角尺测量。机身尾部上面胶粘垂直尾翼。

发动机架用两片1毫米厚桐木制作，中间填以硬泡沫塑料，用乳胶粘合。木片前段要恰好夹住电动机，并用细棉线在电动机前后处各紧绕三圈，线上涂快干胶少许粘固。电动机应有 $2^{\circ}\sim 3^{\circ}$ 外拉角。

起落架用 $\phi 0.6$ 的钢丝制成，用细棉线扎捆在发动机架上，要涂点乳胶粘牢。机轮用单层吹塑纸，靠近圆心部分粘三层加固，用薄铝板卷成筒状作为轴承粘在机轮中心转轴处。轴挡用电影胶片剪成，用快干胶粘在起落架钢丝机轮两端处。尾橇用 $\phi 0.3$ 的钢丝制成，用一小片吹塑纸粘固在水平安定面下面。

#### 4. 螺旋桨 其质量对模型性能影响很大，要仔细制作。

该模型选用直径140毫米、螺距80毫米的螺旋桨，用桐木或松木按图(5-11)中的样板削制。桨叶剖面为平凸翼型，凸面向前，最大厚度在30%~35%翼弦处，桨叶最大厚度约1毫米，前后缘很薄，靠近桨根处可加厚到1.5毫米，可参看图5-15所示程序进行制作。两个桨叶要做得尽量对称，表面用细砂纸打磨光滑后要涂一遍稀透布油或稀快干胶。螺旋桨的中间孔要钻得垂直，且孔内径要稍小于电动机轴径，以使两者配合紧固，才能使

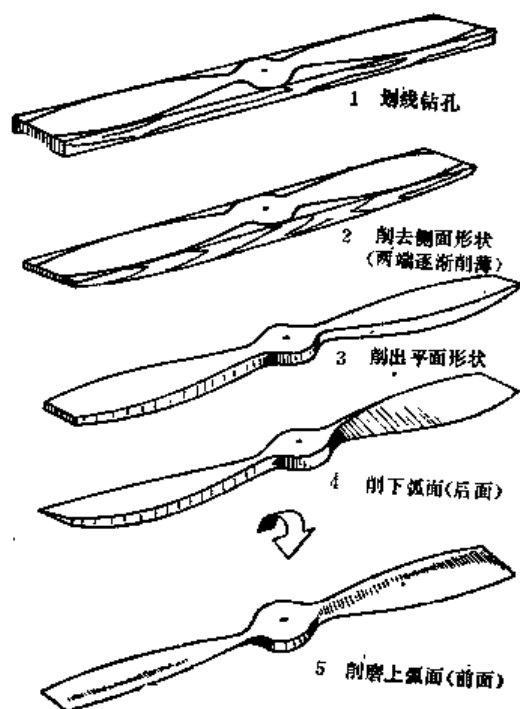


图 5-15

桨随电动机转动。

### 5. 操纵机构 要做得既灵活又可靠。

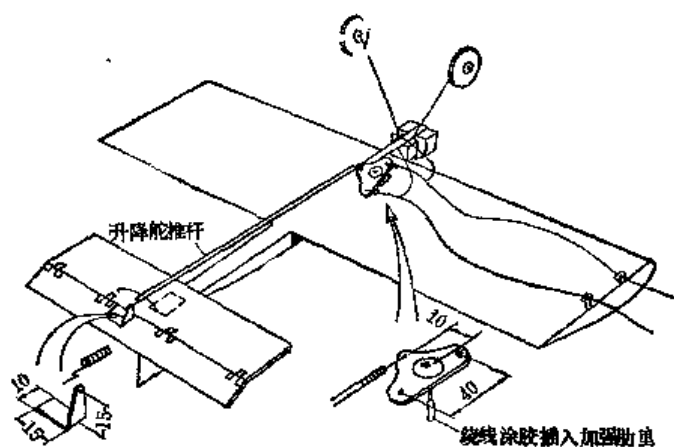


图 5-16

连杆用麦杆制成,两端加有直径 0.3 的 Z 字形钢丝,用细棉线稀绕后胶牢。钢丝与三角摇臂和升降舵摇臂上连接孔的配合要恰当,能灵活转动又不太松。

选用两根  $\phi 0.3$  的漆皮线作操纵线,线长约 2~3 米。操纵线从三角摇臂两端引出,穿过翼尖导环。把电动机的两根  $\phi 0.3$  漆皮引出线,分别焊接在两根操纵线的摇臂端,见图 5-16。注意不要影响三角摇臂的转动。

操纵手柄用 10 厘米长的木条制作,参看图 5-17。其上钻有 6 个小孔,其中四个孔穿调整线,两个孔穿电源导线。用伸长率小的绝缘绳做调整线,调整两根操纵线的长度以适应手的自然角度。电源线通过操纵手柄上的两个孔分别接在操纵线手柄这一端。电源线上可串接一个 0 至 5 $\Omega$ 、4A 的变阻器,用作电动机的开关,并控制电动机的转速。飞行时,操纵手柄握在右手,变阻器握在左手,见图 5-9。

整架模型完工后,要对照图纸认真检验:重心位置应在 15% 翼弦处;机翼安装角  $2^\circ \sim 3^\circ$ ,水平尾翼安装角  $0^\circ$ ;左机翼面积稍大于右机翼,左右机翼安装角要一样,即机翼无扭曲;升降舵要随操纵线的推拉而相应动作;电路要畅通,电动机能正常工作;模型飞行重量为 70~75 克。

检验合格后,就可进行调整试飞。先放出操纵线,调整操纵手柄上的调整线,使操纵手柄在垂直位置时,升降舵处于中间位置;拉杆时舵面上翘,推杆时舵面下转,见图 5-18。接好直流电源,先以 6V 左右的电压让模型在地面滑跑两圈,如模型倒退,说明电源正负极接反,应倒换接头。滑跑时看模型是否向圆心内跑而造成松线,如松线要分别调整机轮角度、电动机外拉角或垂直尾翼安装角。如滑跑正常,可增高电压至 10 伏或 12 伏,模型的速度增大,滑跑半圈后,稍稍拉杆或抬

先用 1 毫米厚的有机玻璃或类似材料,照图 5-16 尺寸做成三角摇臂,钻四个小孔,孔径要分别与其上的轴相配合。用曲别针做三角摇臂转轴,其外端弯成直角,穿上摇臂后再将里端对折,并绕上细棉线涂乳胶,插入翼根加强肋里粘固。三角摇臂上下面要垫以圆形电影胶片和吹塑纸,装好后摇臂要能灵活转动,转轴牢固不动。

升降舵摇臂用薄铝片剪成,下端钻小孔,上端弯  $90^\circ$  后由吹塑纸片用乳胶粘在升降舵中部前缘下面。

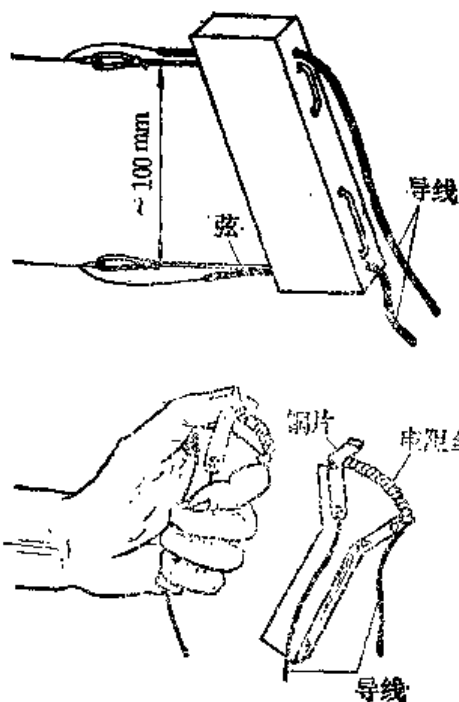


图 5-17

臂模型即离地起飞,不要猛拉,否则容易摔飞机。当模型飞到1米左右高度时,稍稍推杆使其平飞。飞几圈后,可降低电压让模型下滑着陆,然后断电停机。飞行时,只要操纵线不松就可以让模型飞得高一些,如发现松线就不能再升高了。如果平飞时松线,可能是机翼扭曲变型,使内侧机翼安装角变小所致,可反扭内翼纠正或在内侧机翼后缘粘一片下垂的副翼进行克服。如模型稍一抬头就立即慢下来,好象飞不动似的,则是螺旋桨的螺距大了,换一个螺距稍小的桨就能解决。任何时候收放操纵线都不能着急,操纵线上不允许出现死结硬弯,否则飞行时容易断线摔飞机。

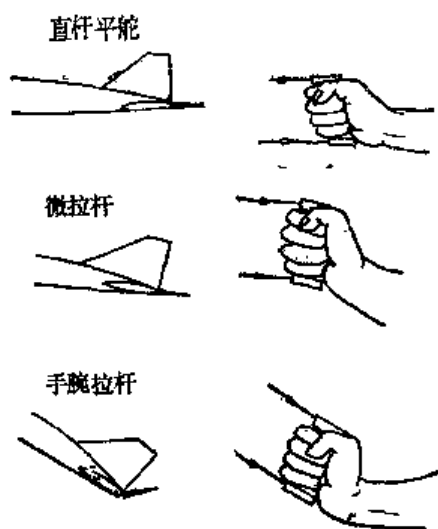


图 5-18

### §3 操纵技术

要飞好线操纵模型飞机,除需制作性能优良的模型飞机外,熟练掌握操纵模型飞行的技术也是必不可少的。

各类线操纵模型飞机的操纵技术各具特色,技术动作形式繁多,但就操纵方法来看,可以分为基础动作——起飞、着陆、平飞、倒飞,圆动作和角动作三类。一些较复杂的竞技动作都是通过这三类动作不同的组合而形成。

#### 一、基础动作

起飞、着陆、平飞和倒飞是最基础的动作,作好这几个动作的操纵要领可以归纳为六个字:及时、量小、柔和。

**1. 起飞** 在发动机起动并调好之后,操纵者右手握柄,手臂自然伸直,左手发出起飞信号。当助手释放模型后,柔和地少许推一点杆,使模型在地面滑跑加速3~5米,然后稍稍拉一点杆,模型便拔地而起。若操纵者适当下蹲,使握柄手臂与模型起飞航迹等高运行,则会完成平稳漂亮的起飞动作。

在滑跑过程中,只能保持一个微量的下舵,因此只需少量推杆。若推杆过多,会引起模型低头过度,造成螺旋桨触地打坏。在离地起飞时,也只需少量拉杆,若拉杆量过大,模型会突然离地跃升,如不及时推杆改平就要摔坏飞机,参看图5-19。

竞赛中,要求模型在释手一圈后才达到1.5米的飞行高度。这就要求模型以很小的爬升角起飞。一个好的操纵手,可以掌握自己的模型平稳滑跑,柔和拉起,给人以稳当舒适之感。

**2. 着陆** 当发动机停车后,及时而柔和地推一点杆,使模型以一个不大的下滑角下滑。同时为保持模型应有的下滑速度,握柄的右手臂要稍用力平稳地甩一下,给模型适当加速,在下滑至离地面20厘米左右时,逐渐拉平接地。

着陆动作的好坏与模型下滑的轨迹和速度有直接关系。在发动机停车后,若没有适

当地推杆,会使模型前进速度过小,坐落而下;造成拉飘。若推杆过多,模型俯冲而下,会产生反跳或拿大顶;此时若急速拉起,又会产生波状飞行,影响着陆质量,参看图 5-20。

**3. 平飞** 这是最容易掌握的动作,但要做到在离地 1.5 米的等高线上平稳飞行,上下起伏不超过 0.25 米,也还需要下一番功夫才行。

要使模型保持平飞,则需在其抬头爬高时,及时少许推杆;低头下冲时,及时少许拉杆;飞行中,只要模型有一点上下起伏的趋势,就应及

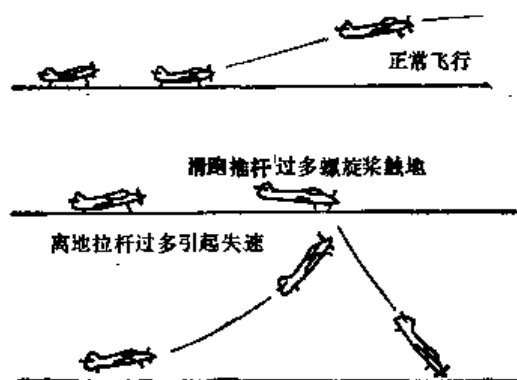


图 5-19

时给予纠正。通常,俯仰安定性较好的模型,手臂伸平,手腕稳当握柄,不需操纵就可平飞。但在有风时,模型飞行一圈有半圈顺风,半圈迎风,见图 5-21。顺风时,模型因相对速度小使升力降低而下沉,需要适当拉杆;迎风时,模型因相对速度大使其升力增加而爬升,又需适当推杆。

**4. 倒飞** 倒飞时的操纵与平飞正好相反,拉杆时模型低头下冲,推杆时模型抬头爬升。这与平飞时的操纵习惯完全不同,初学的人应牢记倒飞操纵的概念:模型向上、手腕向上拉杆改平;模型向下,手腕也向下推杆改平。同时还要多作些地面练习才能巩固。

由平飞进入倒飞时,是拉杆以半个正筋斗方式进入;倒飞改出时,是推杆以半个倒筋斗方式改出。

## 二、圆动作

圆动作的操纵是通过手腕柔和地拉杆(或推杆),再配合着手臂随模型飞行轨迹的扰动来完成的。因正、倒筋斗是圆动作的基础动作,所以我们就以其为例介绍圆动作的操纵方法。

**1. 正斤斗** 它的操纵过程就是手腕柔和地拉杆与手臂沿顺时针方向扰动的过程。在图 5-22 中, A、B、C 三个位置是手腕拉杆动作的三个主要时机,拉杆量不大,但应柔和连贯。当模型从 1.5 米高度平飞至下风处时,在 A 点附近拉杆,使模型上

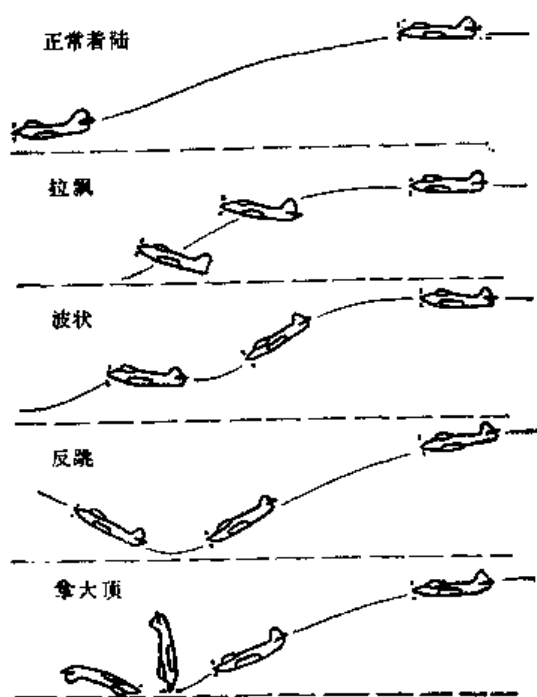


图 5-20

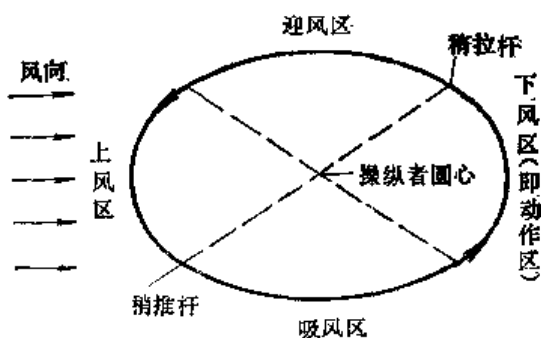


图 5-21



升进入动作并保持这个爬升姿态；到斤斗顶部 B 点时，模型处于倒飞状态，此时拉杆使模型沿斤斗轨迹向下俯冲；到 C 点时，再拉杆改为平飞，完成一个正斤斗动作。其间，手臂应随模型的正斤斗轨迹平稳地扰动，即手臂也跟着划一个圆。

初学者常因拉杆量大，动作粗而猛，模型往往没有爬升到应有的高度就翻过来了，这样斤斗半径过小，容易掉高度，连续飞三个正斤斗则一个比一个小。

**2. 倒斤斗** 当模型作完三个正斤斗之后，再作半个正斤斗就可进入倒飞。倒飞六圈至下风处，再进入倒斤斗。在学会倒飞以后，模型从倒飞姿态进入倒斤斗的操纵就比较容易掌握了。

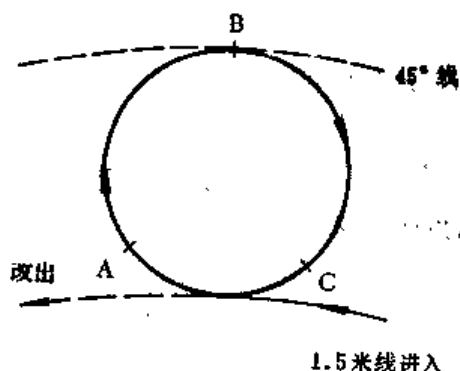
倒斤斗的操纵与正斤斗相反，是以手腕柔和地推杆，配合手臂逆时针方向的扰动而完成的，参见图 5-23。图中 A、B、C 三个位置是手腕推杆动作的三个主要时机。在 A 点推杆，模型从倒飞状态抬头爬高进入动作；在 B 点时已成正飞，此时推杆模型进入倒斤斗的俯冲段；到 C 点时又推杆，改成倒飞，从而完成一个倒斤斗。其间，手臂也应随模型的倒斤斗轨迹而平稳扰动。练飞时，不要一见模型俯冲就紧张，否则动作会很僵硬；还要注意防止飞机俯冲时就拉杆的习惯动作，否则会造成模型在刚进入倒飞时突然俯冲摔在地上。

正、倒斤斗动作要飞多练，有了较好的操纵基础，由它们组合而成的水平 8 字、垂直 8 字、头顶 8 字和四叶玫瑰线等其他圆动作，也就一通百通了。

### 三、角动作

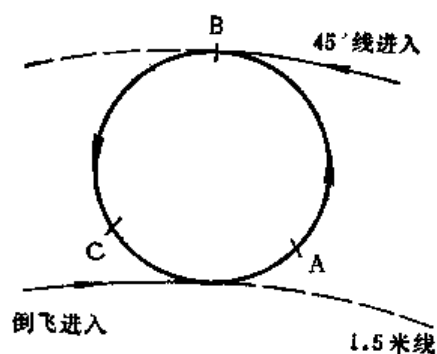
角动作的操纵，是以手腕的拉杆推杆（或推杆拉杆）动作而完成的。三角斤斗和方斤斗是角动作的基础动作，因而就以三角斤斗和方斤斗为例介绍角动作的操纵方法。

**1. 三角斤斗** 参看图 5-24，模型在离地 1.5 米高度平飞至下风区时，拉杆使模型突转  $120^\circ$ ，马上又推杆让舵面回中，使模型沿此转角直线上升到  $45^\circ$  线高度；接着又拉杆推杆使模型转  $120^\circ$ ，并保持该角直线俯冲至 1.5 米高度处；而后再次果断拉杆推杆，模型再转  $120^\circ$  成平飞，改出动作。



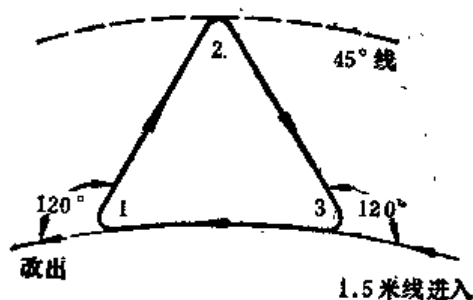
十 操纵者圆心

图 5-22



十 操纵者圆心

图 5-23



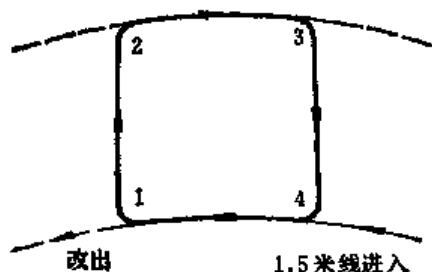
十 操纵者圆心

图 5-24

三角斤斗的三个转角的拉推杆动作,要果断准确又迅速连贯,不可猛拉猛推,否则会造成模型的摇摆和松线。在操纵中,如果手臂能够配合手腕的操纵,在模型前进方向上适当加力,会取得较好的操纵效果。三角斤斗的第二个转角后的俯冲段要飞足到位,再转第三个角,否则会提前改出,使三角斤斗的图形变得很差。

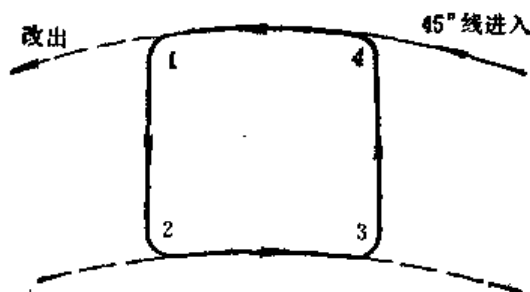
**2. 方斤斗** 正方斤斗是在 1.5 米与  $45^\circ$  线高度之间,沿顺时针方向完成的正方形动作,见图 5-25。显然每一个转角的操纵,都是手腕的拉杆推杆动作。果断拉杆,模型猛一抬头,以  $90^\circ$  改变了飞行方向,随即推杆回平使模型沿着已完成的  $90^\circ$  转角后的直线前进。正方斤斗有四个  $90^\circ$  转角,在动作空域内,需要拉杆推杆四次才能完成一个完整动作。

倒方斤斗则是沿逆时针方向,从  $45^\circ$  线高度进入和改出的正方形动作。它的每个转角的操纵与正方形斤斗相反,是先推杆而后拉杆回平,见图 5-26。



十 操纵者圆心

图 5-25



十 操纵者圆心

图 5-26

方斤斗动作的操纵量没有三角斤斗大,因为模型每次只转  $90^\circ$ ,而三角斤斗的每个转角都是  $120^\circ$ 。在较好地掌握了三角斤斗和方斤斗的操纵动作后,再飞由它们组合而成的三角 8 字、正方 8 字及双过顶等其他角动作,也就容易了。

线操纵特技模型的许多动作,规定必须在离地 1.5 米与  $45^\circ$  线高度之间的空域内完成。1.5 米高度容易掌握,飞行中模型与自己肩高相等处一般就是 1.5 米高度。但  $45^\circ$  线高度却不太容易掌握准,定低了,动作范围小,影响质量;定高了,规则不允许而影响竞赛成绩。要较准确的定下  $45^\circ$  线处离地面的高度,则需通过简单的计算。如果操纵线长 19 米,则模型与操纵者之间的距离约为 20 米(考虑了操纵者手臂长和半翼展长),那么模型在  $45^\circ$  线上时,离地面高度  $H = 20 \text{ 米} \times \sin 45^\circ + 1.5 \text{ 米} = 15.5 \text{ 米}$ 。由上面计算可以看出,  $45^\circ$  线高度主要取决于操纵线的长度。

#### § 4. 推荐几种线操纵模型飞机图纸

为便于大家制作各种线操纵模型,特选下列图纸供参考:



二、2.5 毫开线损纵象特技模型飞机, 见图 5-28。

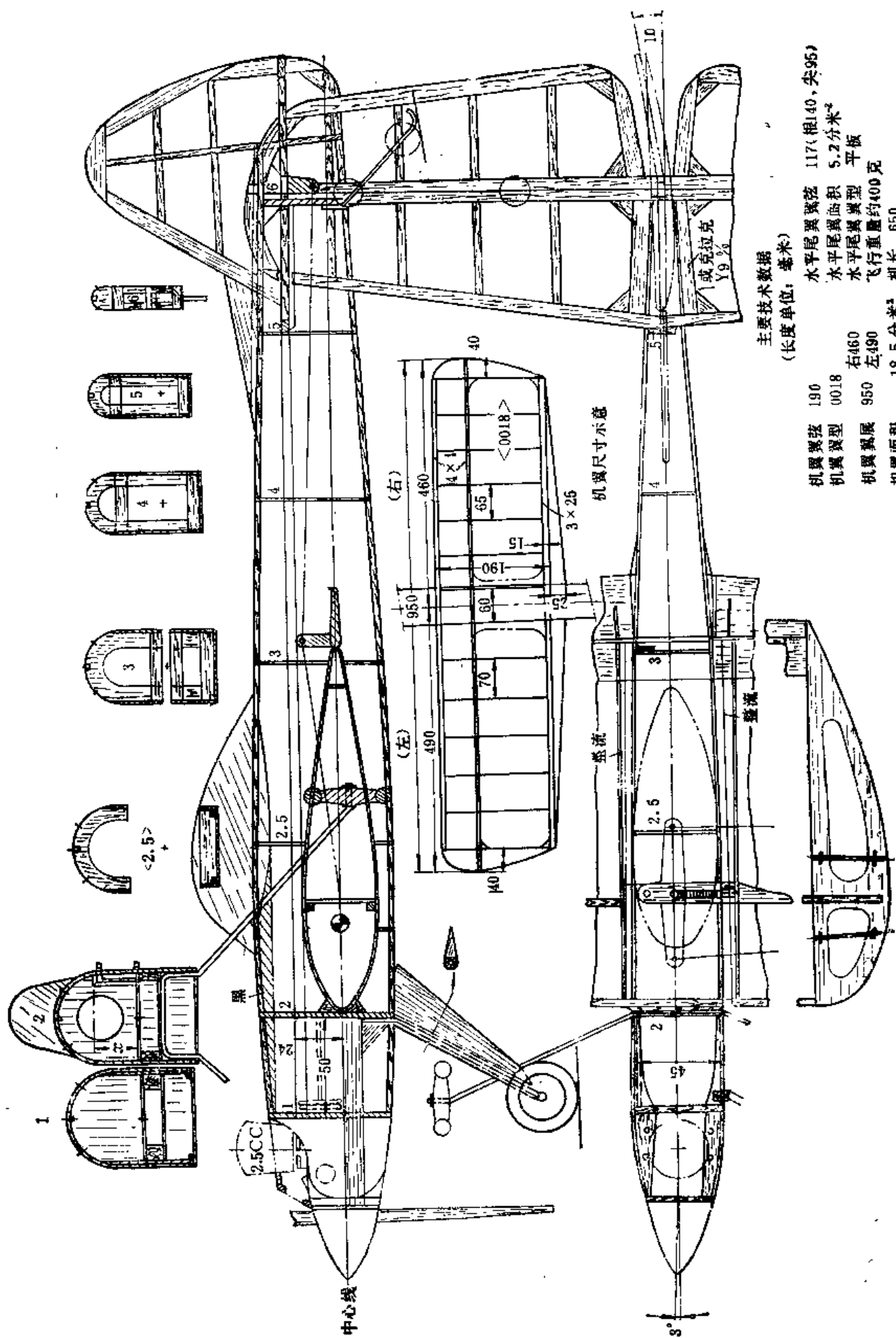


图 5-28 (右下角中的浆应为桨)

三、软翼式空战模型飞机,见图 5-29。

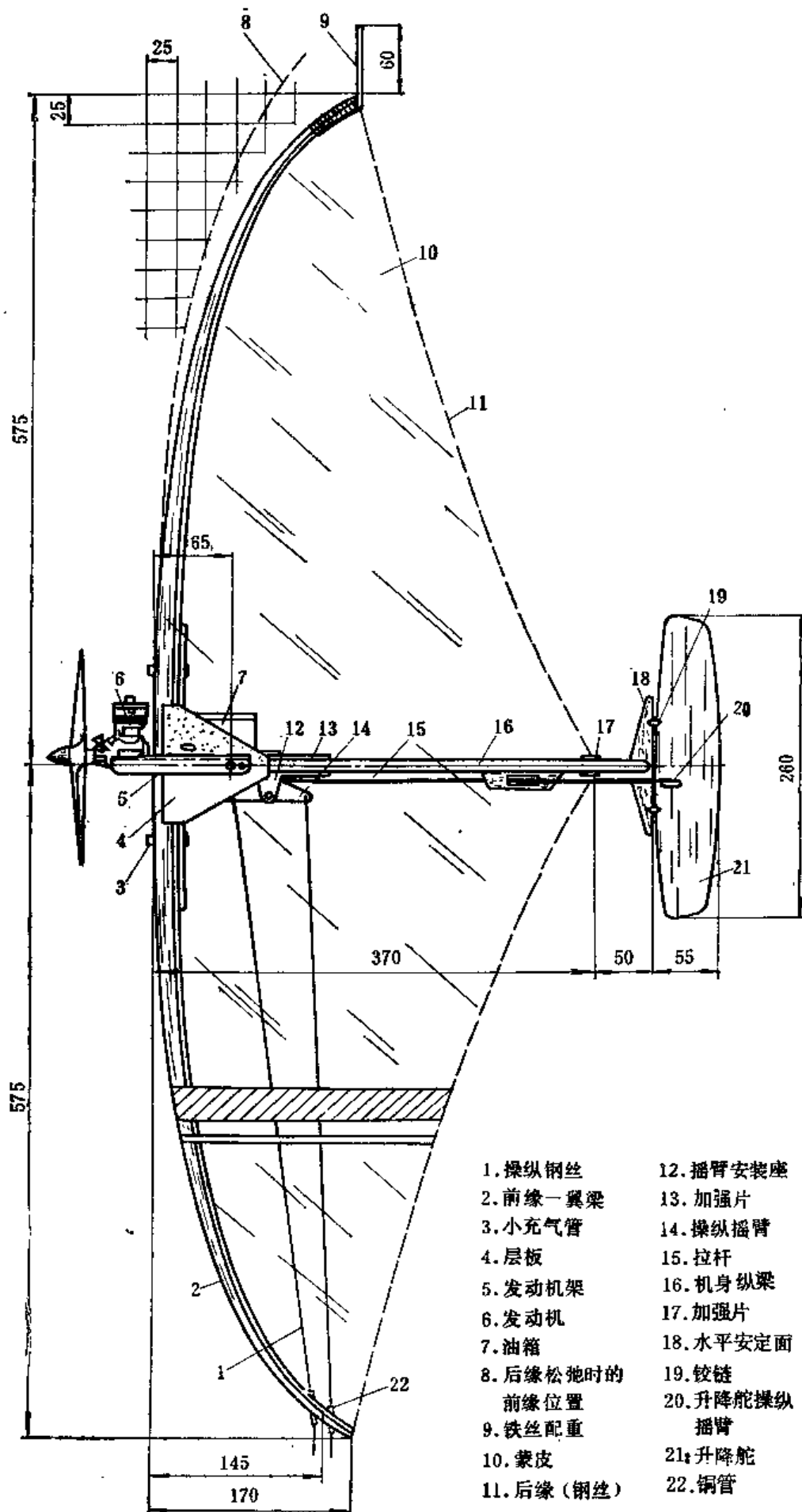


图 5-29

# 自由飞模型飞机

自由飞模型飞机的飞行过程与运动员和助手之间没有物质的联系。比赛是测定模型飞机自出手到落地之间的留空时间。自由飞模型飞机有活塞发动机模型飞机和电动模型飞机；也有牵引、橡筋、弹射、手掷模型飞机等等。这里介绍的是有活塞发动机的一级自由飞行模型飞机。

一级自由飞模型飞机，发动机最大工作容积 1.5 毫升，最小飞行重量为 300 克，最小翼载荷 15 克/平方分米。自由飞模型的动力时间最长为 7 秒钟。动力时间的测定，是从模型离手时起至发动机停车时止。一级自由飞模型飞机，每轮飞行的最长测定时间为 120 秒，记作 1:0 分。以三轮正式飞行成绩的总和作为竞赛成绩。

下面介绍一架自由飞模型飞机，是 1981 年全国航模通讯赛中获第一名的模型飞机。三面图见(图 6-1)。这架模型飞机的飞行重量为 332 克，其中机翼 52.5 克，尾翼 11.5 克，机身 259 克。整机前缘蒙 0.5 毫米厚桐木，翼梁  $2 \times 3$  松木，其余为轻木结构。使用 1.5

毫升电热式发动机，螺旋桨直径 160 毫米、螺距 80 毫米。

发动机采用机匣增压供油和富油停车，并采用控时器控制水平尾翼、方向舵和迫降。

当您做过弹射模型滑翔机、橡筋动力模型飞机和牵引模型滑翔机后，再制作自由飞模型飞机就容易了。关于自由飞模型飞机的制作工艺这里就不讲了。下面介绍一下自由飞模型飞机的调整和试飞。

试飞前的检查以后，即可开始动力试飞。发动机的马力要开足，即全动力试飞。动力时间可由短到长，第一次可控制在 3~4 秒钟，以后逐渐增加动力时间。试飞时应选

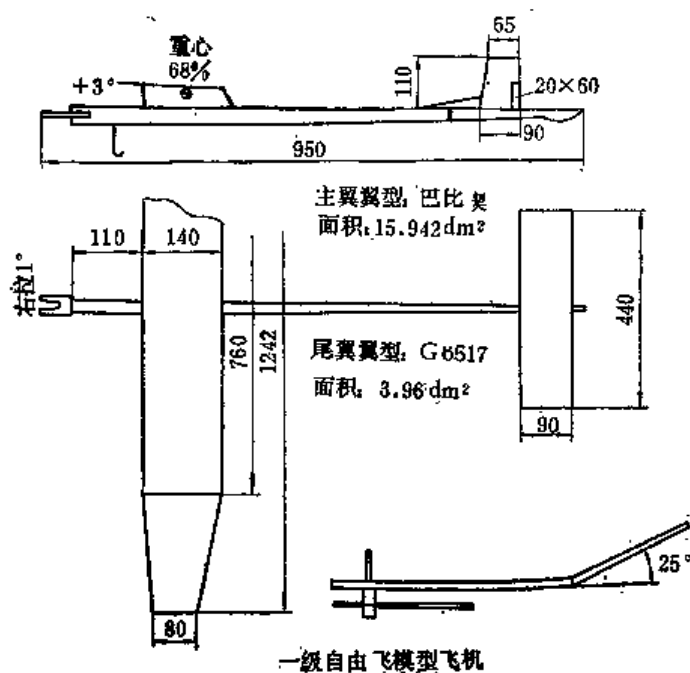


图 6-1

择较好的天气,场地也要大些。

自由飞模型飞机的飞行是高速的动力上升和滑翔下降两个阶段。自由飞模型飞机的飞行与橡筋模型飞机的飞行一样,有五种基本的飞行方式: 1. 模型在动力上升时右盘旋, 下滑时右盘旋, 简称右上升、右滑翔; 2. 右上升、左滑翔; 3. 左上升、右滑翔; 4. 左上升、左滑翔; 5. 直线上升、盘旋滑翔。这五种飞行方式如果仔细调整都能达到稳定的上升。但是自由飞模型飞机很少采用左上升、右滑翔和左上升、左滑翔这两种方式。因为螺旋桨的反作用力矩已使模型向左倾斜, 再采用左上升, 就更加使模型向左倾斜, 并且随着马力的加大左倾的作用也越大, 调整时稍有不慎, 就有左旋坠地的危险。

右上升、左滑翔的飞行方式是比较安全的。因为左滑翔是用左舵来达到的, 同时螺旋桨的反作用力矩也使模型向左倾斜。要使模型右旋上升, 就必须使拉力线右偏, 使向右倾斜的力矩大于左舵和螺旋桨的反作用力矩。但是这种上升方式的盘旋方向与滑翔相反, 当动力结束时模型不易改出, 容易出现波状飞行, 损失高度, 甚至只经一波就触地。

右上升、右滑翔的飞行方式也是比较安全的。虽然模型上要采用右拉和右舵两个向右的力量, 但是螺旋桨的反作用力矩是向左的, 所以在马力变化时, 这两种相反的作用力仍能起到一定的互相平衡作用, 容易调整, 所以也比较安全。更有利的是上升和滑翔的方向一致, 使模型在右旋上升时的惯性作用能帮助模型向右改出。由于加了右舵, 右拉的分量可少些, 减少了发动机马力的损失。所以, 大多数模型采用这种飞行方式。

直线上升、盘旋滑翔的飞行方式, 在理论上是可以上升得最高, 但是由于调整的困难, 上升姿态的稳定性差等原因, 必须有很高的调整技术才能采用。目前自由飞模型已发展到几乎是垂直于地面的、绕模型纵轴滚转上升的方法。它已很接近直线上升。这种模型一般都有水平尾翼和舵面的控制装置, 以克服动力上升时过大的抬头力矩, 并能得到平稳的改出。

以右上升、右滑翔为例, 谈谈自由飞模型的调整步骤: 先将发动机装成右拉约  $0.5^{\circ}$ — $1^{\circ}$ , 再将垂直尾翼的方向舵向右扳一点偏角。用手掷试飞的方法来调整方向舵的偏角, 使模型在下滑过程中稍带一点右盘旋的趋势。但在第一次动力试飞时, 方向舵偏角不能大于  $3^{\circ}$ — $5^{\circ}$ 。如因模型变形等原因, 在舵面偏转  $5^{\circ}$  以下时, 仍不能达到期望的一点右盘旋, 可先进行动力试飞, 调好后, 再回过头来调整盘旋半径。这时可根据模型的上升姿态, 决定继续加大舵面的偏转角或采取向左倾斜的水平尾翼。

第一次动力试飞时, 用 4~5 秒短动力, 中等马力, 模型出手时正对风或稍稍左侧风, 机翼放正, 机头微微上翘, 用力向正前方将模型推出, 不能用力过大, 以防出手时机翼倾斜。模型出手后要集中精力观察模型的上升姿态。如果各部件变形很小, 一般应以不大的上升角, 作大半径右盘旋上升。再者可延长动力时间至 7 秒钟进行试飞, 以便观察后期上升情况。

当动力上升调好后, 再回过头来根据模型的滑翔情况作进一步的调整。盘旋半径一般应在 45~60 米, 下沉速度应调到出现微波状飞行后, 再将尾翼后缘的垫片拿去一点。调整滑翔的时候, 要注意对动力上升的影响。调整要反复进行, 才能将动力上升和滑翔下降都调到最佳状态。

自由飞模型的重心不宜调得过前或过后, 一般都放在距前缘 55~75% 的范围内。重心过前, 水平尾翼的升力作用在模型滑翔的过程中利用得很少; 重心过后, 势必要加大水平尾翼迎角, 以增加低头力矩来达到俯仰平衡。结果将使机翼与水平尾翼的差角减小, 模

型的俯仰安定性变差,一旦出现波状飞行,就很难改出,甚至失速后一冲到地。

(附参考图两幅,见图 6-2、6-3)。

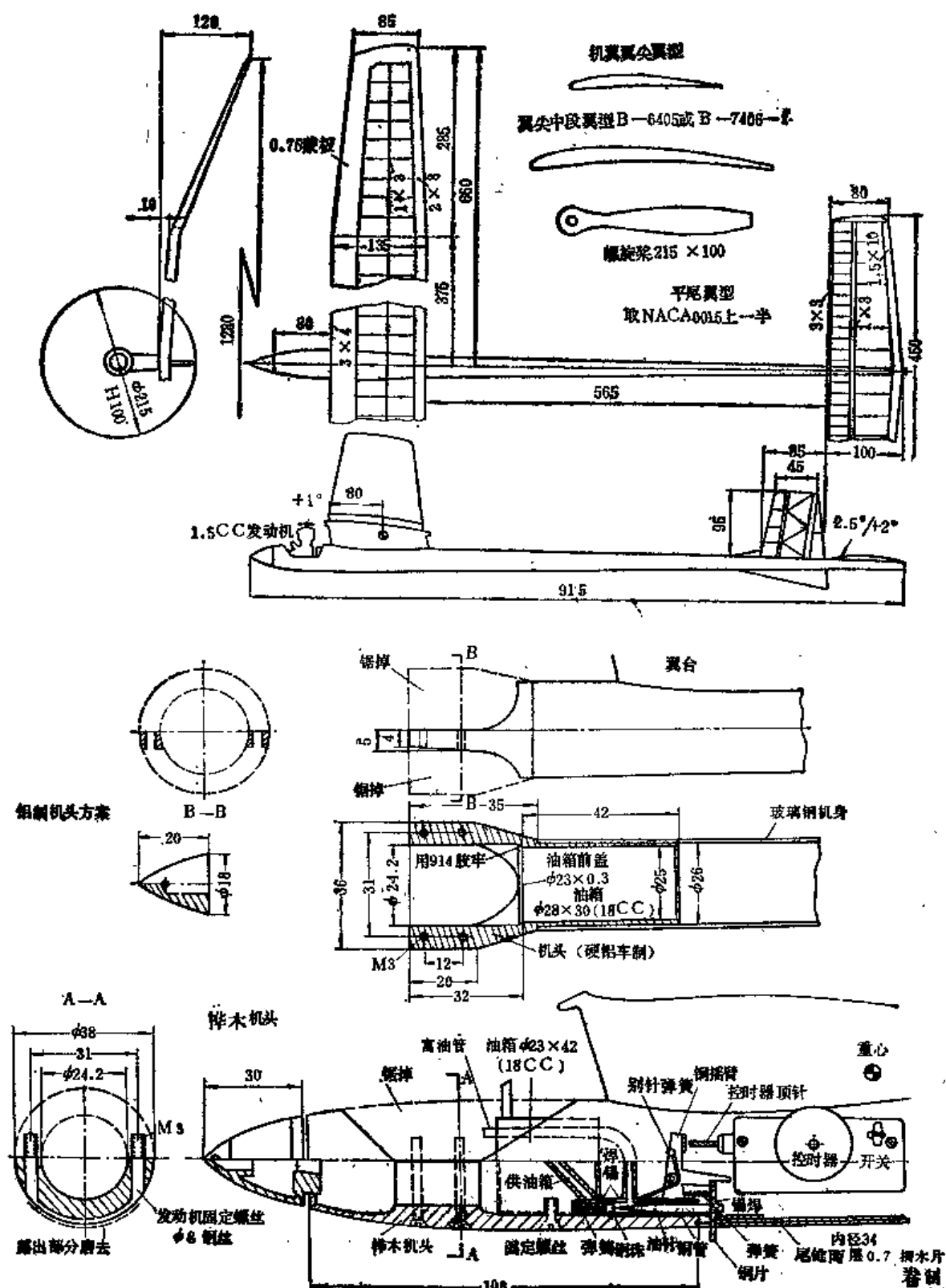


图 6-2



1981年世界自由飞行航空模型锦标赛  
F1B冠军 L·道林 (西德) 的模型

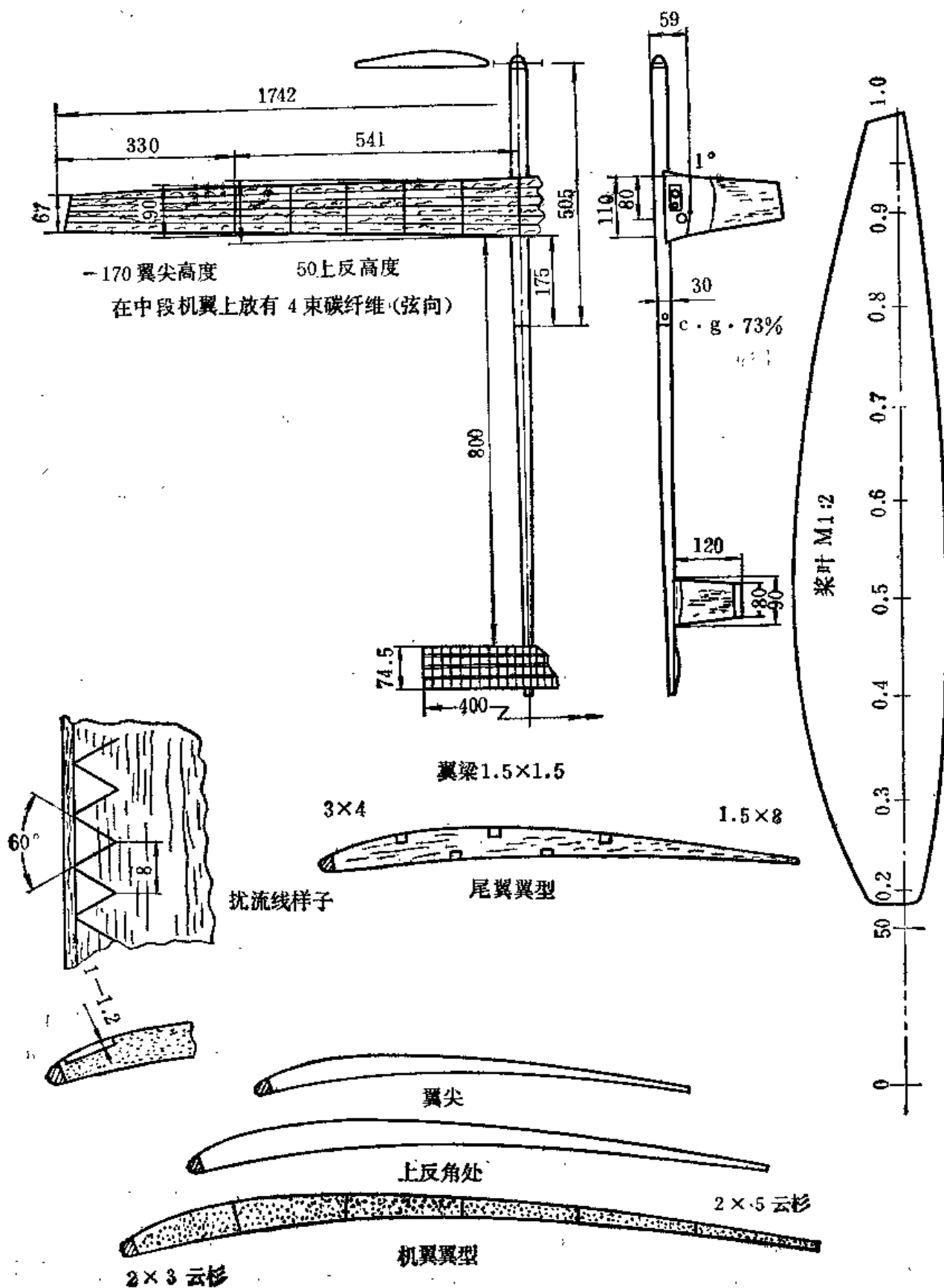


图 6-3

# 无线电遥控模型飞机

无线电遥控模型飞机,是由远离模型飞机的操纵者,通过无线电遥控设备控制飞机的舵面,使其改变飞行姿态、航向和高度,从而按照人的意图作出各种特技动作或者完成某项使命。它有两种类型:一种是不装发动机的,叫作无线电遥控模型滑翔机;另一种是装发动机的,叫作无线电遥控模型飞机。

这种模型飞机列为国内和国际正式比赛项目,根据航模竞赛规则规定,它又可分为:一级无线电遥控特技模型飞机和国际级无线电遥控模型飞机。后者又分为:

国际级无线电遥控特技模型飞机(代号为F3A)

国际级无线电遥控模型滑翔机(代号为F3B)

国际级无线电遥控模型直升机(代号为F3C)

国际级无线电遥控绕标竞速模型飞机(代号为F3D)

国际级无线电遥控电力模型飞机(代号为F3E)

国际级无线电遥控山坡模型滑翔机(代号为F3F)

国际级无线电遥控动力模型滑翔机(代号为F3G)

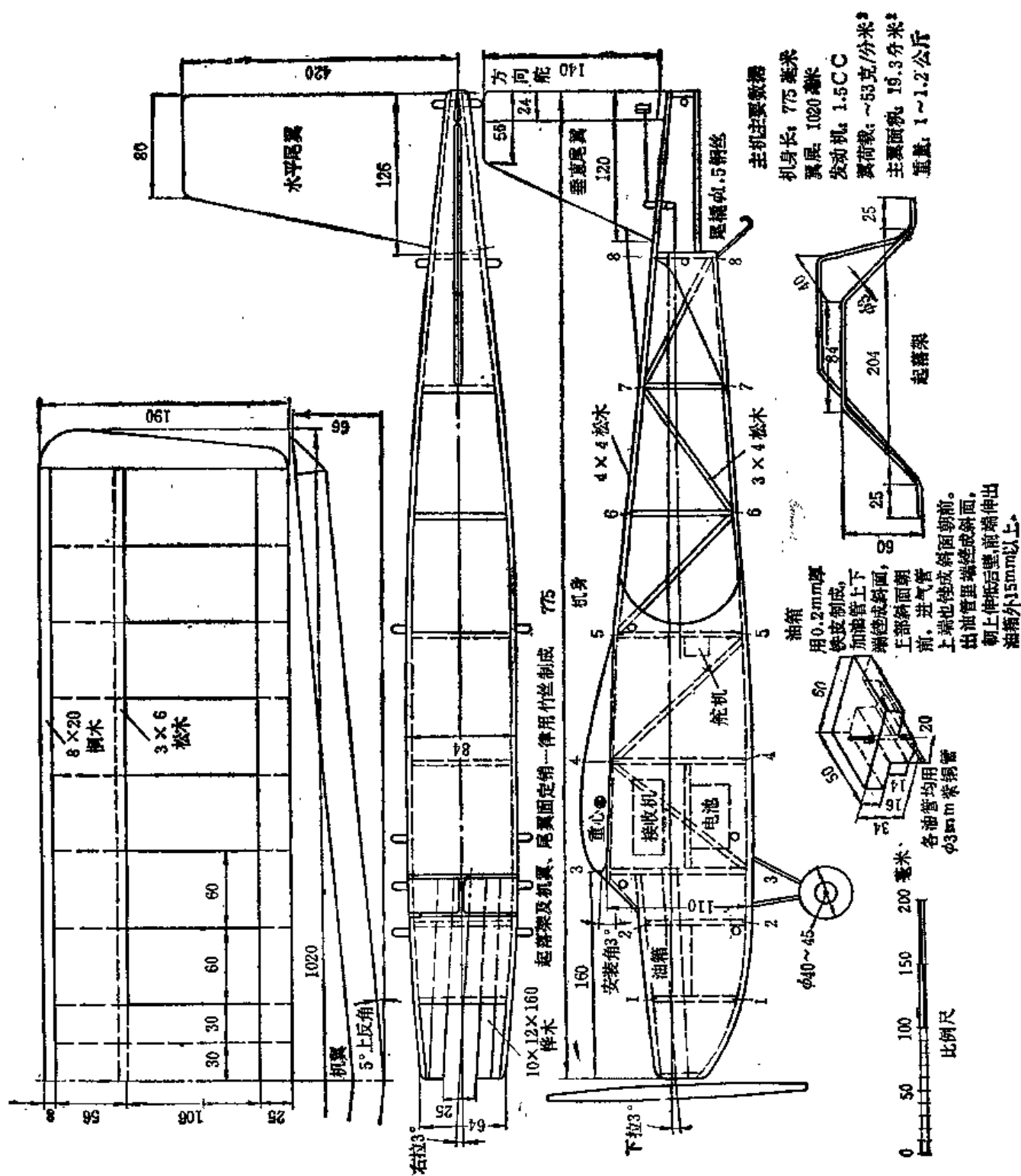
除此而外,还有无线电遥控象真模型飞机(代号为F4C)

相对来说,遥控特技模型飞机和遥控模型滑翔机两项在我国开展比较普遍。

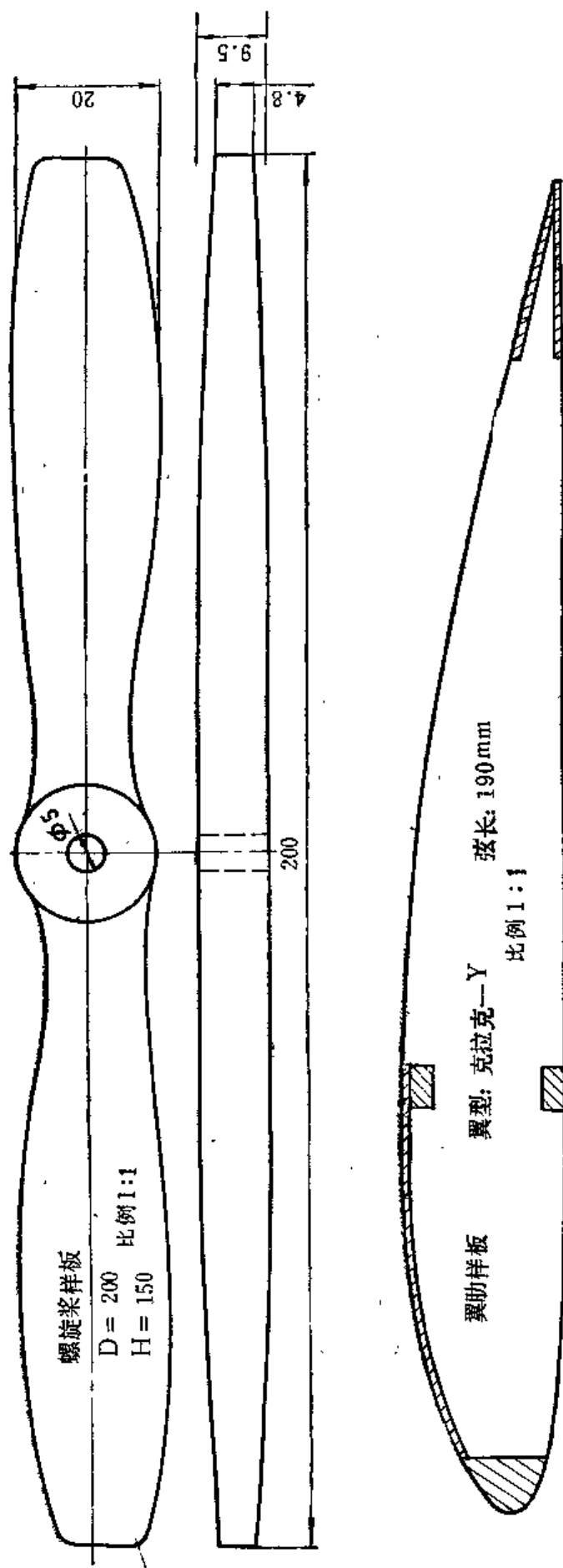
## §1 无线电遥控模型飞机及其制作

许多航模爱好者都希望自己动手做一架遥控模型飞机。我们认为,制作者本身应该具有一定的制作牵引模型滑翔机和自由飞模型飞机的基本训练和经验,并且掌握初级无线电的一些基本理论。如果什么知识都不具备就动手作遥控模型飞机,会遇到许多难以克服的困难。

那么,初学者选一架什么样的飞机合适呢?最好是一架无线电遥控模型滑翔机。这种模型没有动力,速度低,安定性好,即使操纵失误也不会造成什么严重后果。本书前面已有模型滑翔机的制作内容,这里就不再介绍了,而提供一架初级的单通道无线电遥控模型飞机(见图7-1)的制作、调整以及无线电设备的制作和调试,并配合以初步的飞行训练



7-1A



克拉克-Y 翼型坐标 (单位: 毫米)

x	0	2.38	4.75	9.5	14.25	19	28.5	38	47.5	57	76	95	114	133	152	171	181	190
y <sub>上</sub>	6.65	10.35	12.35	15	16.9	18.2	20.3	21.6	22.2	21.7	20	17.8	14	9.9	5.32	2.83	0.22	
y <sub>下</sub>	6.65	3.7	2.8	1.8	1.2	0.8	0.29	0.06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

图 7-1B

内容。

该机翼型选用“克拉克—Y”型，水平尾翼为平板式，采用后三点式起落架。

本机选用 1.5cc 的压燃式或电热式发动机作动力。安装发动机应该有一定的下拉角（该机为  $3^\circ$ ）和右拉角（该机为  $3^\circ$ ），以平衡发动机和螺旋桨工作时的反扭力矩对飞机的影响，在做发动机架时就应该考虑。

### 机身的制作

由于机头部分要安装发动机，应首先做好。选用 3 毫米厚的层板，参考工作图（见图 7-1），做好①、②、③号隔框，根据图 7-2 所示，将两根  $10 \times 20 \times 160$  毫米的桦木发动机架嵌进去，并用乳胶固定。

把按 1:1 画好的机身侧面图钉在一平整的木板上，用  $4 \times 4$  毫米的木条按侧面形状在图上做机身的两侧构架，周围用大头针固定好，各连接点处垫上塑料薄膜后用乳胶固定，参见图 7-3。

等乳胶干透后，把干燥后的机身两侧构架从木板上取下来，在头部及尾部蒙上 1 毫米厚的桐木片，参见图 7-4。

待蒙上的桐木片粘牢后，按照图 7-5 把机头和两侧机身构架连起来，定位，把尾部合在一起，上胶并用夹子固定。从第⑥号隔框至尾部，按机身自然弯曲度加上下横条，等胶水干透后，再在机身内部制作安装接收机、电池、舵机的框架、横条，同时装上油箱和发动机。而后在机头上部、机身底部前段和机身尾部装垂直尾翼处，再蒙上 1 毫米厚的桐木片，并打光。

### 机翼的制作

本机采用矩形机翼，从翼根到翼尖没有改变翼弦尺寸，制作容易。机翼前缘可用 6~8 毫米厚的桐木片切出，翼肋按翼肋样板 1:1 做出（见图 7-1），与  $3 \times 6$  毫米的松木翼梁按工作图胶合。胶干后与桐木前缘粘牢，干燥后再从前缘到机翼翼梁上表面蒙上 0.5~0.75 毫米的桐木片，参见图 7-6。而后用小刨子或小刀按要求的弧度修整前缘，并打磨光滑。翼根处蒙上 0.5~0.75 毫米桐木片。

后缘用两片 1.5 毫米的桐木片夹接而成。在两个翼肋之间还应用 1 毫米的桐木片，粘在后缘的前部，构成一硬壳式后缘。参见图 7-7。

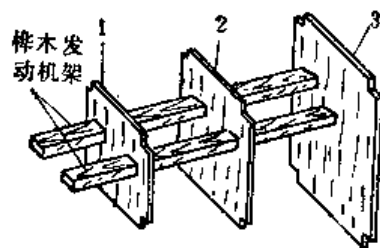


图 7-2

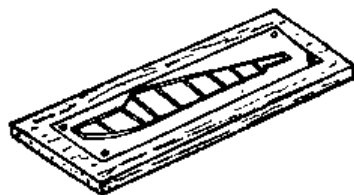


图 7-3

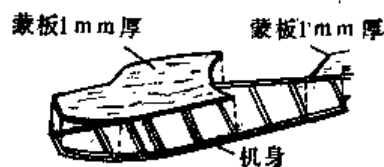


图 7-4



图 7-5

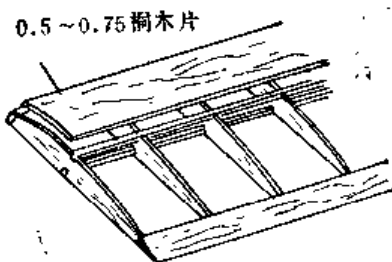


图 7-6

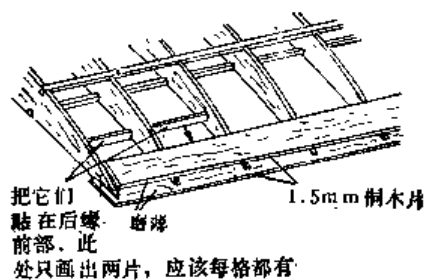


图 7-7

翼尖的做法是,先用 1.5 毫米的桐木片按工作图切成两个片条,在水中泡一泡,再用电烙铁或在火上按翼肋上弧形状烘烤,然后把它粘在翼尖和翼肋上弧平齐的部位。胶干后,用小刀修修,砂纸打磨就可以了。下部的斜面用蒙纸糊成。参见图 7-8。

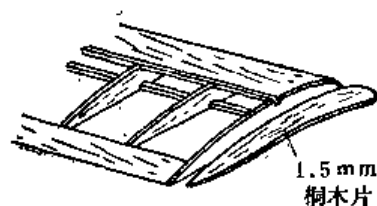


图 7-8

### 水平尾翼的制作

由于水平尾翼是平板形的,所以容易制作,一般用 3~4

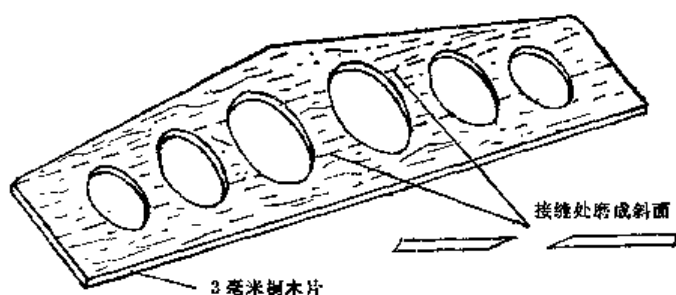


图 7-9

毫米厚的桐木片一起做,蒙好棉纸,涂上透布油,干后打磨光滑,再按图纸要求用小刀切开,把切口处磨成圆弧状。用亚麻布、涤纶布交叉着将方向舵与垂直尾翼粘合在一起形成铰链,然后一起装到机身上。参见图 7-10。

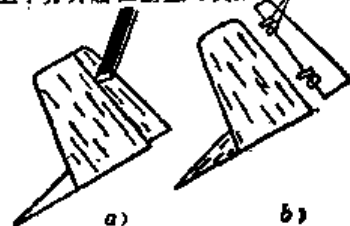
毫米厚的桐木片拼接而成。拼的时候,应把接合面磨成斜面后再相对粘接起来。为了减轻重量,可以在水平尾翼上挖几个圆洞,再用棉纸上下蒙起来,拼好的尾翼的前后缘要磨成圆弧形,见图 7-9。

### 垂直尾翼和方向舵的制作:

垂直尾翼和方向舵都是平板型

用布做的铰链一边贴一块再交叉上下分开贴在垂直尾翼上

图 7-10



### 起落架的制作

用  $\phi 2.5 \sim 3$  毫米的钢丝按工作图上的尺寸,弯成前后两根支架,其中前支架的末端向两侧水平展开,用来安装机轮。后支架的末端则向下,按

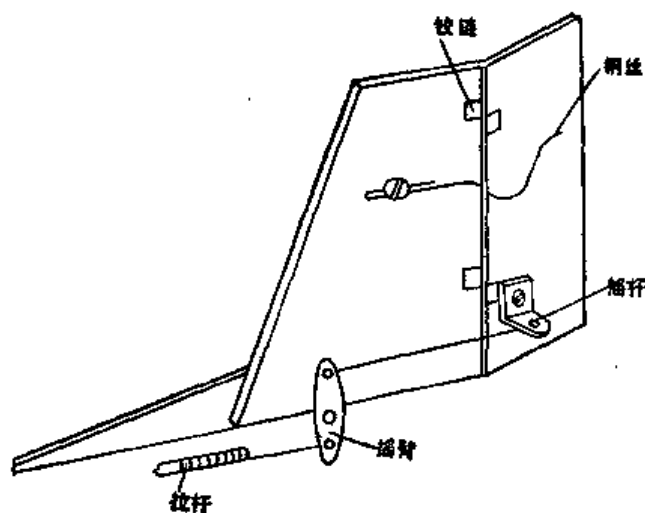


图 7-11b



图 7-11a

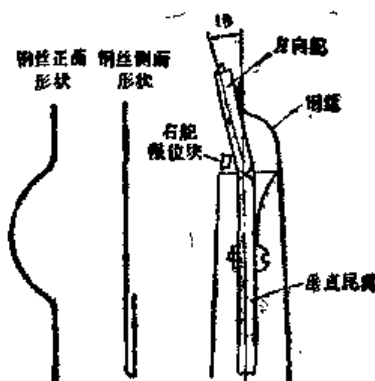


图 7-11c

图 7-11a 那样,沿虚线将其锉平并用  $\phi 0.5$  毫米的裸铜丝把前后支架捆在一起,用锡焊牢,装上机轮。机轮可利用废泡沫塑料拖鞋制作,既轻便又富弹性。

### 操纵系统的安装

在方向舵的一侧安装一个摇杆,该摇杆应尽可能接近方向舵的铰链处(见图 7-11b),即迴转轴。摇杆长度由调整决定(约 10 毫米左右)。在方向舵的同一侧装一个由  $\phi 0.3$  毫米左右的钢丝弯成的弹簧(见图 7-11c),将舵面压向右限位块,使舵面在无讯号时保持右  $10^\circ$ 。收到讯号后,电磁铁将把方向舵向左拉  $10^\circ$ 。讯号消失后,弹簧仍把舵面压到右  $10^\circ$ 。

舵机安装在机身后半部,具体位置待整个模型装配好以后,调整整个模型的重心才能最后确定。舵机与方向舵的摇杆之间用一根  $4 \times 4$  毫米的松木条作拉杆。拉杆的两端必须用钢丝做成,调整好长度后,接头处应用线绑牢,并用快干胶封住。拉杆切不可用弹性材料或尼龙线、棉线制作。

整个模型飞机的外表应全部蒙以棉纸,并要涂几遍透布油,使之增加强度和具有一定的防湿性。

做好的模型,由机身、机翼、水平尾翼和起落架四个部件组成。机翼、水平尾翼和起落架用橡筋绑在机身的竹销上,竹销的位置参见工作图。

## § 2. 无线电遥控设备

无线电遥控模型飞机上用的发射机、接收机和舵机,条件许可的话,最好买成品,这样

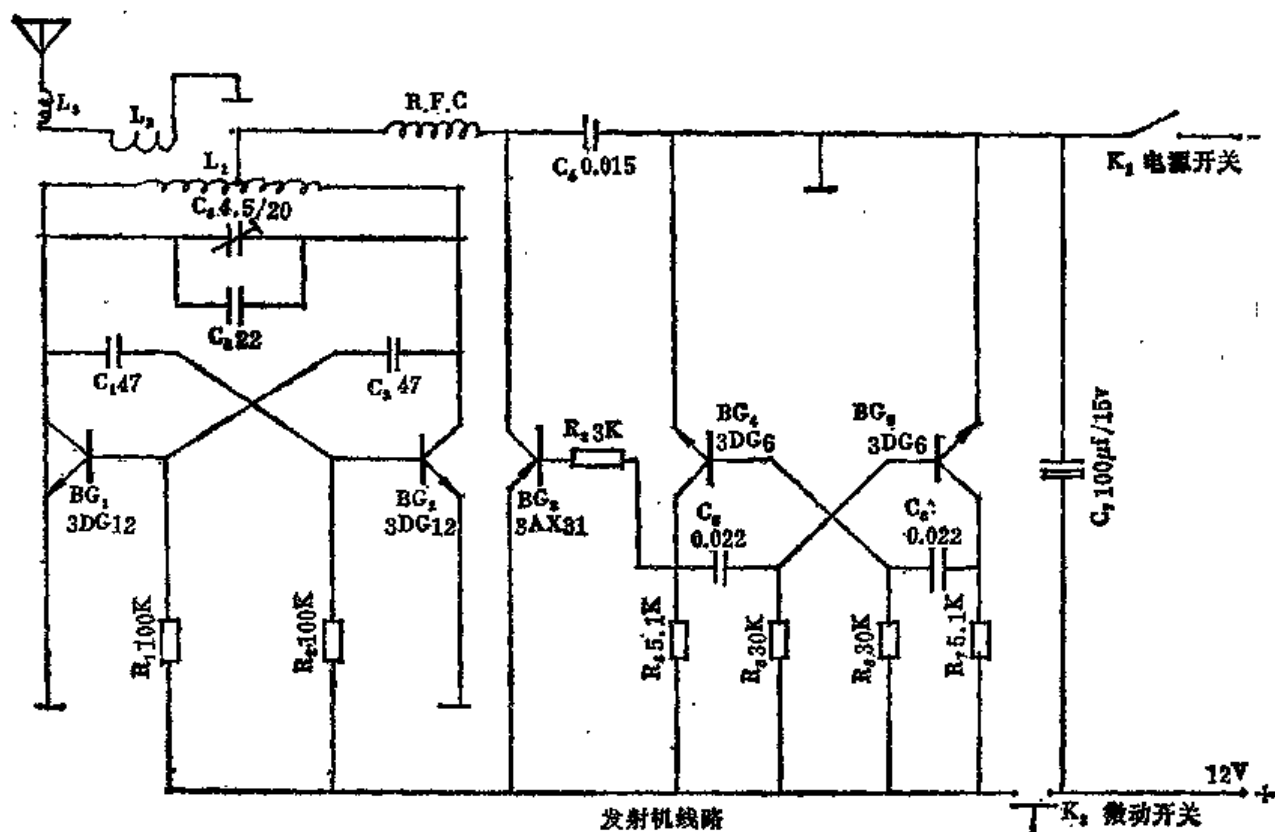


图 7-12

可以节约许多时间和精力,以便尽快投入飞行训练和实地飞行。如果买不到成品,就只好自己制作了。这里我们提供一套单通道的发射机、接收机和舵机的线路及制作调试方法的资料。

### 发射机部分

**电路介绍** 发射机由高频振荡、音频振荡和调制器线路组成。电路参见图 7-12。

由  $BG_1$  和  $BG_2$  组成推挽式高频振荡器。振荡器由  $BG_3$  的集电极供电;而  $BG_3$  则受由  $BG_4$  和  $BG_5$  组成的音频振荡器控制,从而完成调制。 $BG_4$  和  $BG_5$  组成的音频振荡器实际上是一个多谐振荡器,它产生一千周左右的矩形脉冲音频振荡。当调制深度为 100% 时,发射机发出的高频讯号为一串等幅脉冲波。

高频振荡器产生的高频能量经耦合线圈  $L_2$  传给天线。天线为四分之一波长天线,长约 2.4 米。这时可不用  $L_3$ 。也可用 1.5 米左右的天线,比如电视机的天线,这就需用  $L_3$  来调整,使天线谐振。

发射机工作在国家规定的 28~29.7 MC 的业余波段内。整机输入功率约 0.6 瓦左右。发射由微动开关控制。

**元件选择和制作数据**  $BG_1$ 、 $BG_2$  用 3DG12 硅管,漏电流  $I_c$  要小,  $\beta$  值在 30 以上,尽可能使两管的数据接近,耐压最好大于 30V。

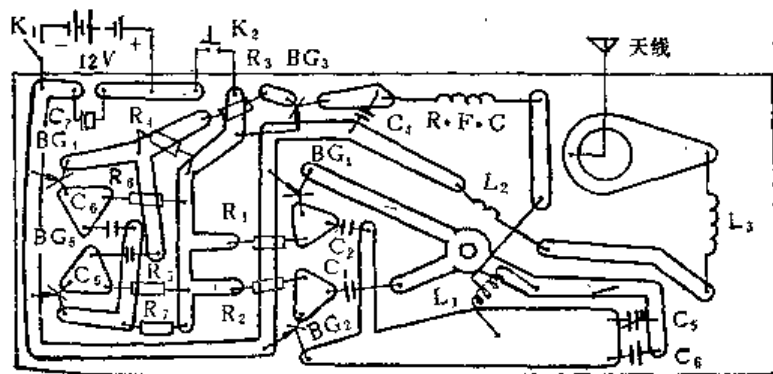
$BG_3$  用 3AX31,  $I_c$  一定要小,否则调制深度不够,影响有效控制半径,  $\beta$  值在 30~80 之间。

$BG_4$ 、 $BG_5$  用 3DG6,  $\beta$  在 30 以上。

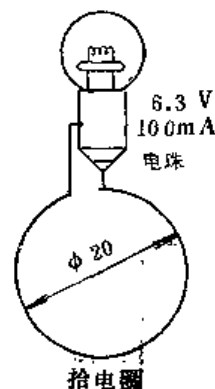
R·F·C 是用  $\phi 0.15$  左右漆色线在 1/2W 膜阻(阻值在 1M $\Omega$  以上)上平绕 60~80 圈而成。 $L_1$  用美通 630A 线圈,取六圈,中心抽头。也可以用  $\phi 1$  毫米铜丝绕成空心线圈,效果更好。 $L_2$  用  $\phi 1$  毫米塑胶线在  $L_1$  外绕三圈。 $L_3$  用 LT104A 线圈。使用圈数视调整而定。 $C_3$  为一个 4.5/20PF 的瓷介质微调电容,  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$  最好用瓷介质电容。所有电阻均用 1/8W 碳膜电阻。

天线可用  $\phi 10$ 、 $\phi 8$ 、 $\phi 6$ 、 $\phi 4$  的铜管四根做成,每根长度为 600 毫米。也可用电视机用的 1.5 米拉杆天线。

**安装和调整** 发射机全部零件安装在一块 40 × 100 毫米的印刷线路板或有机玻璃板上。印刷电路板参见图 7-13。用二号电池八节供电。电路部分和电源装在用层板制的盒内,如果装在金属盒内效果会更好,可提高发射距离。



发射机印刷线路  
图 7-13



拾电圈  
图 7-14



发射机在装配过程中要调整的主要元件是  $C_3$  和  $L_3$ 。调整过程如下：接通电源，在  $BG_3$  的集电极和 12 伏电源正极之间接一电流表（红棒接电源正极），将“拾电圈”（参见图 7-14）套在  $L_3$  外面，这时电珠应发亮，调整  $C_3$  到电珠最亮，同时调整  $R_1$  和  $R_2$  使电流表读数在 40mA 左右。这时如果接上天线，电流会有升高。取下电流表，并按下微动开关，同时用耳机串接  $0.01\mu\text{F}$  左右电容在  $R_1$  和  $R_2$  两端，此时应能听到“嘟……”的声音，否则应检查接线或调换  $BG_4$ 、 $BG_5$  晶体管再试。这时套在  $L_1$  外的“拾电圈”仍旧发亮，但亮度比前面情况要暗一点。若不亮或很暗，就应检查  $BG_5$  是否接对；如果电珠亮度仍不变，说明调制深度不够，要更换  $BG_5$  管子再试。

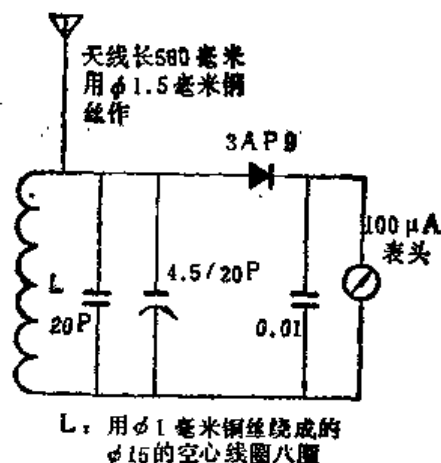


图 7-15

**天线和  $L_3$  的调整** 按图 7-15 做一个简易场强计，将发射机和场强计固定在一定的位置（相距约 0.5~1 米），按下发射机开关，调整场强计中可变电容，使微安表指示达最大值。然后调节天线长度（用  $1/4$  波长天线时）或  $L_3$  的圈数（天线较短时），使场强计微安表指示更大值。也可调整  $C_3$  的容量，并重复上述步骤，以寻找本发射机的输出最佳点。

### 接收机部分

**电路介绍** 接收机用超再生式的，频带较宽，对发射机的频率稳定性要求较低，具体线路参见图 7-16。该线路有四只晶体管。 $BG_1$  组成超再生检波级， $C_3$  和  $L_1$  是调谐回路，

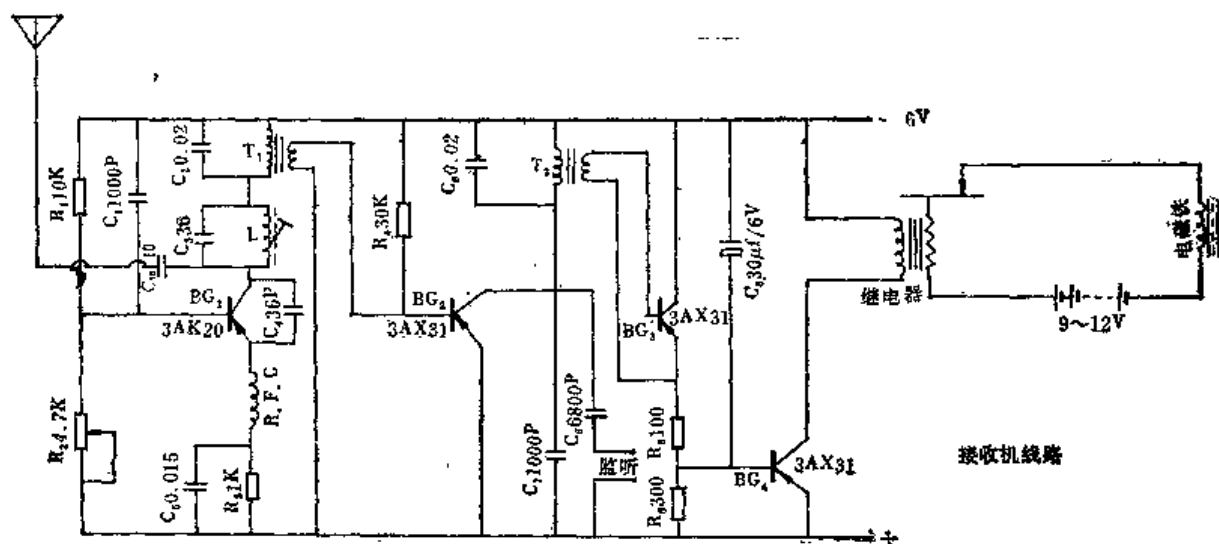


图 7-16

利用调节线圈内的铁粉芯来调谐频率。当收到发射机发出的调制讯号时，经  $BG_1$  检波后，由  $T_1$  输出一音频讯号给  $BG_2$ ，经  $BG_2$  放大后由  $T_1$  输给  $BG_3$ 。 $BG_3$  和  $BG_4$  组成一开关电路。无讯号时， $BG_3$  由于基极和发射极之间近乎短路而截止， $R_5$  两端电压近乎于零， $C_5$  呈充电状态， $BG_4$  截止，继电器不工作。收到讯号时， $BG_3$  的基极和发射极之间得到一音频电压开始导通，这时  $C_5$  经  $R_4$  和  $BG_3$  的发射极、集电极放电，使两端电压下降， $R_5$  有电流通过而建立一电压，当该电压大于 0.25 伏时， $BG_4$  完全导通，继电器工作，接通传动电磁

铁的电,拉动方向舵,改变飞机的飞行姿态。

$C_2$ 、 $C_6$  与  $T_1$ 、 $T_2$  的初级线圈组成选频回路,使接收到的音频讯号有足够的放大,而未收到讯号时超再生级固有的噪音少放大些。

**元件选择和制作数据** 晶体管  $BG_1$  可选用 3AK20 或 3AG14,  $\beta$  在 40~80 之间。 $BG_2$ 、 $BG_3$  和  $BG_4$  均用 3AX31 或者相当的管子,  $\beta$  在 60 以上,  $\beta$  大点好,否则整机增益不足。各晶体管均要求  $I_{c0}$  小且稳定。

$L$  用市售的 LT103 线圈拆成六圈或自制,但要有高频磁芯的骨架绕制。 $T_1$ 、 $T_2$  均用小型半导体收音机用的输入变压器。 $R \cdot F \cdot C$  用  $\phi 0.1$  毫米漆包线在  $\phi 5$  毫米左右的有机玻璃棒或管上平绕 100 圈。

继电器用的是常州出品的小型灵敏继电器改制的。用  $\phi 0.11$  毫米的漆包线将原线圈架绕满,改绕后的线圈直流电阻为  $80\Omega$  左右,也可用其他小型继电器或自制,只要其直流电阻在  $80\sim 100\Omega$  之间,吸动电流在 30mA 以下即可。

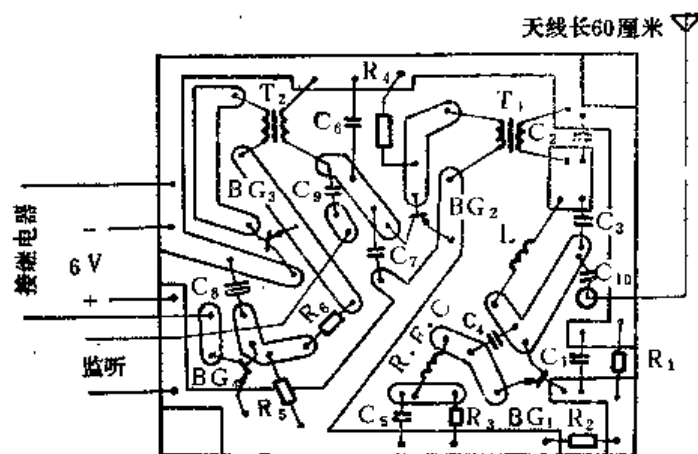


图 7-17

**安装和调整** 全部零件安装在一块  $48 \times 56$  毫米的印刷线路板上或有机玻璃板上。印刷线路参见图 7-17。所有元件必须焊牢,以防止飞行震动而影响正常工作。用四节五号电池串联供电,也可用积层电池供电。

按线路接好后即可逐级调整:接上监听耳机和 6 伏电源及 60 厘米长的天线(即多股塑胶线),注意

不要让天线和其他电线靠得太近,天线必须伸直。调节  $R_1$  的阻值,并测量 A 点电流。当 A 点电流在  $0.5\sim 1.2$  毫安左右的范围时,耳机内可听到超再生接收机特有的沙沙声,这说明第一级已开始工作。继续细心调节  $R_2$ ,使听到的沙沙声柔和,无夹杂啸叫声。这时 A 点电流约  $1\sim 1.2$  毫安。然后打开发射机发出讯号,并调节接收机  $L$  中的磁芯,可听到“嘟……”的声音,即表示收发讯机的频率已经对上。再细调一下  $R_2$  和  $C_4$  使收到讯号时最响,无讯号时沙沙声最柔和。

第二级主要调整  $R_4$  和  $C_6$  使收到讯号时“嘟……”的声音最响。如果有毫伏表,可以边调整边测量  $T_2$  的次级电压(断开  $BG_3$ ),使收到讯号时  $T_2$  次级的电压最大(可达 1 伏以上),无讯号时电压尽量小。

开关级主要调节  $R_5$ ,使无讯号时  $BG_4$  的集电极电流小于 5 毫安,收到讯号时上升到  $40\sim 50$  毫安。 $C_9$  的数值对末级电流的上下值也有影响,可稍增减试一试其影响。

**联合调试** 上述调试工作结束后,可以进行发射机和接收机的联合调试。把接收机移到离发射机 50 米或更远一点的地方,打开两机,精确调整接收机的磁芯,使监听耳机中讯号声音最响。这时继电器便相应动作。发射机不断地发出讯号并逐步拉开两机之间的距离,继电器仍能随发射机的讯号而动作,监听耳机中听到的讯号声音不减弱。当距离拉到 300 米以上的某一距离时,耳机中的讯号开始减弱,再远几米,声音便急骤减弱。继电器也不再动作,这个距离就是本机的最大工作半径。这个距离对初级无线电遥控模型飞

机已经足够了。

值得注意的是联合调试工作必须在广阔的场地或道路上进行。收、发讯机之间应无高大的障碍物和高压电线、铁塔等,还要远离上述物体。如果距离拉不远,则可稍微改变  $C_1$  和  $R_1$  的数值,并要重新调整磁芯的位置。这项工作必须耐心细致地反复试验,每次调整量都不宜太大。距离拉好后收发讯机就算初步调好了。用薄木片或塑料做一只小盒子把接收机装好,外面用泡沫塑料包好装入机身内。在每次飞行前都要再拉一次距离进行调整。

接收机的引出线,如电源线、继电器接线等均要用多股塑胶软线,要焊接牢靠、固定。

### 舵机——舵面传动电磁铁

当接收机收到发射机发出的讯号后,继电器便动作,但它不能直接拉动飞机舵面,中间必须通过舵机才能拉动舵面。舵机可以是小电动机、电磁铁或者作动筒。本机使用的是电磁铁,简单可靠。

继电器动作接通电磁铁电源,使电磁铁吸动衔铁摇杆,从而拉动方向舵转动。

电磁铁的线圈架参见图 7-18,用硬纸板或 1 毫米厚有机玻璃板制成。在线架上用直径  $\phi 0.33$  毫米左右的漆包线绕满,外面粘一层纸即成电磁铁线圈。线圈的直流电阻为 30 欧姆左右。

图 7-19 为装配好的装配图。其中 1 为线圈; 2 为 M6 的螺母; 3 为铁芯; 4 是电磁铁架,用  $20 \times 65 \times 2$  毫米的铁板弯成; 5 是衔铁摇杆,用 1 毫米厚的铁片制成,全长约 60 毫米,吸动部分宽约 16 毫米; 6 是 20 毫米的小铰链,也可自制; 7 是限位支承,用 0.5 毫米厚的铜片或铝片制成;铰链同衔铁与电磁铁架之间用  $\phi 2$  毫米的铆钉铆接。

衔铁和铁芯之间的间距应调整在 2 毫米左右,不可太大。做得好的电磁铁 6~9 伏电源就能可靠地工作。如感觉吸力不足,可把电源加大到 12 伏,用 6~8 节五号电池供电。电池要用线捆紧,再用橡筋固定在机身内。电池之间连接线用多股塑胶线或是较粗的铜丝,以防受震断裂。

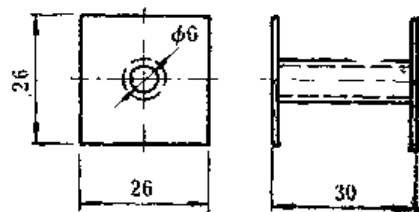


图 7-18

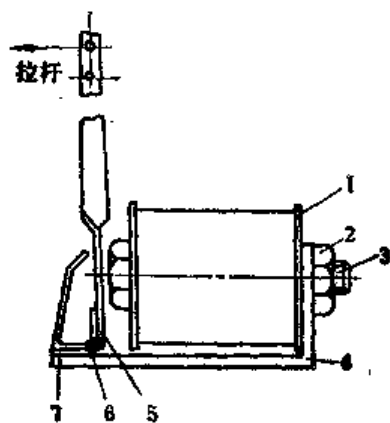


图 7-19

## § 3. 调试和飞行

无线电遥控模型飞机的调整试飞和自由飞模型飞机的调整基本相同。

试飞前,先测定重心位置,使重心距离机翼前缘 30~40% 处(利用移动接收机、电池组和舵机的位置来实现);并检查模型的各翼面形状和安装位置。把方向舵暂时用大头针固定在中间位置,拆掉螺旋桨将发动机包好,进行滑翔试飞。

试滑时,手持模型迎风奔跑,当感到模型“变轻”时,就将模型水平地用力推出,注意观

察滑翔姿态,出现“头轻”或“头重”,就要适当调整水平尾翼安装角,并重复进行滑翔试验,直到获得正常的滑翔姿态为止。

若出现左、右偏航(在重复试滑中都出现此现象),则需检查两边机翼的上反角以及翼尖有否扭转,水平尾翼和垂直尾翼是否变形,安装正不正,要视具体情况进行调整。最后要求手掷滑翔时,模型能沿直线平缓下滑。

直线滑翔调好后,去掉固定方向舵的大头钉,接通收发讯机的电源作有控制的手掷试飞。

模型没有机械中舵,直线飞行是利用飞行惯性来实现的,即模型在飞行中,由于飞行惯性,它转弯的动作要滞后舵面 0.2~0.4 秒。根据这一情况,只要每秒钟发两次左右舵的讯号,使左右舵维持的时间相同,就可达到直线飞行。如果左舵的持续时间大于右舵的持续时间,飞机就向左转弯;反之,就向右转弯。左右转弯的半径也随着左右舵持续时间的比例而变化。这就是所谓的“手脉冲”操纵法。

初次动力飞行不宜用大马力,油箱储油也尽可能少些。在动力调整时应注意观察模型是否有不稳定现象(可通过操纵左、右转弯来观察)。

选择平整的场地练习起飞。要逆风滑跑。操作者持发射机均匀地一按一放,使模型保持直线起飞,滑跑 10~15 米,模型即离地升空,待上升到 10 米以上高度时,方可作机动飞行。

若滑跑距离很长还不能离地或虽离地而不能上升,只在低处飞行一段后又落地,这时应减少发动机的下拉角再试。另一种情况是模型滑跑 1~2 米便离地并迎角越来越大,甚至失速,这时应增加发动机的下拉角再试。

如果没有平整的场地,也可手掷起飞。发动机起动后,手持模型迎风跑几步后推出即可。

### 关于飞行训练问题

由于无线电遥控模型飞机的制作周期较长,飞行场地有限,易受干扰,飞行训练时间少,因此要抓紧有限的训练时间,提高训练效果。为此,训练前应作好充分准备:

飞行小组的人员要分工明确,各行其职。对操作员更要求作到心中有数。

试飞用的器材,除模型飞机外,必要的工具和维修器材也要一并带到现场。

养成飞行前认真、仔细检查的习惯,对模型、收发系统、动力系统以及各部分的固定、连接、电源充电或更换都要作周到的检查。并要采取措施,消除隐患。

练好起落航线。起飞和着陆是两个基本功,是保证飞行训练正常进行的重要环节。在此基础上,加强注意力分配的训练,作到迅速判断飞行姿态,采取恰当的操纵措施。

训练后要及时总结、改进,并多向有经验的同志请教。总结工作作得好,对在短期内提高飞行质量很有益处。

## § 4. 推荐几种无线电遥控模型飞机图纸

这里,我们推荐三种无线电遥控模型飞机图纸,供有兴趣的读者制作和参考。

1. 初级无线电遥控模型飞机,见图 7-20;

表(1) 克拉克 Y

X	0	1.25	2.5	5.0	7.5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	95	100
上弧	3.50	5.45	6.50	7.90	8.85	9.60	10.68	11.36	11.70	11.40	10.52	9.15	7.35	5.22	2.80	1.48	0.12
下弧	3.50	1.93	1.47	0.93	0.63	0.42	0.15	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表(2) NACA0015

X	0	2.5	5.0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
上弧	0	3.3	4.4	5.9	7.2	7.5	7.3	6.6	5.7	4.6	3.3	1.8	0
下弧	0	-3.3	-4.4	-5.9	-7.2	-7.5	-7.3	-6.6	-5.7	-4.6	-3.3	-1.8	0

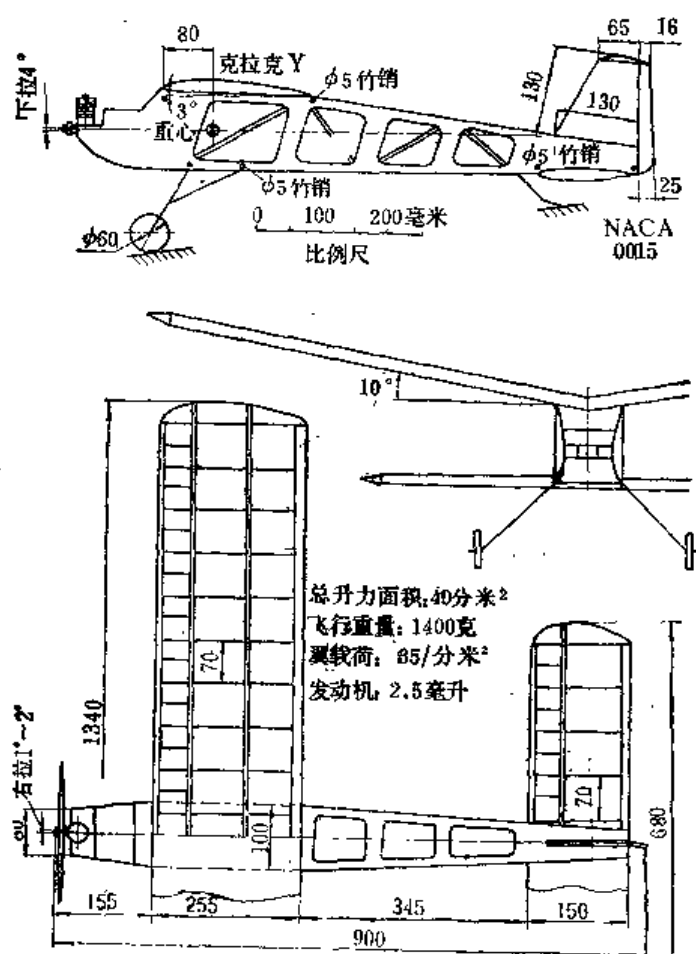


图 7-20A

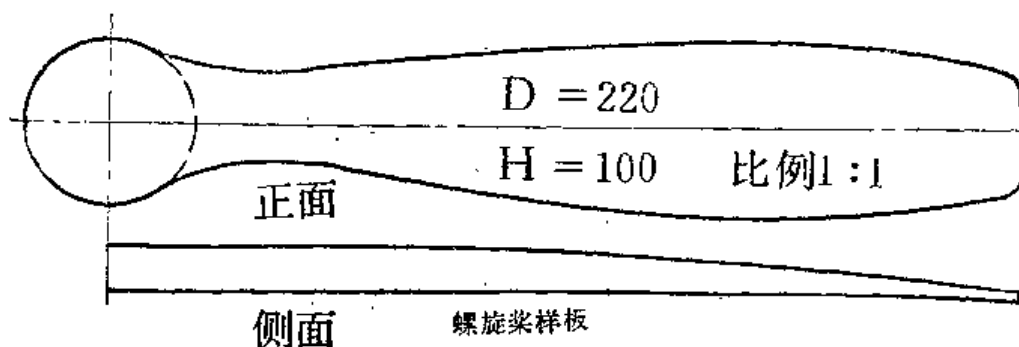
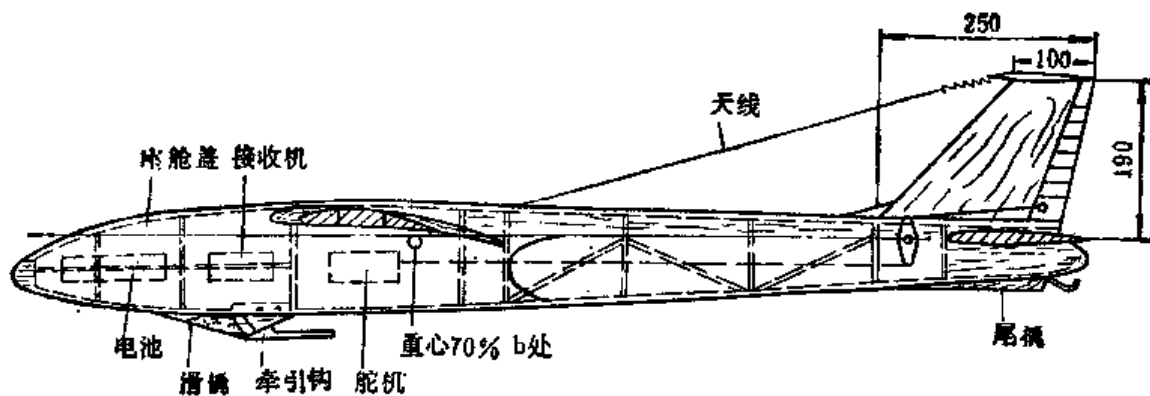


图 7-20B

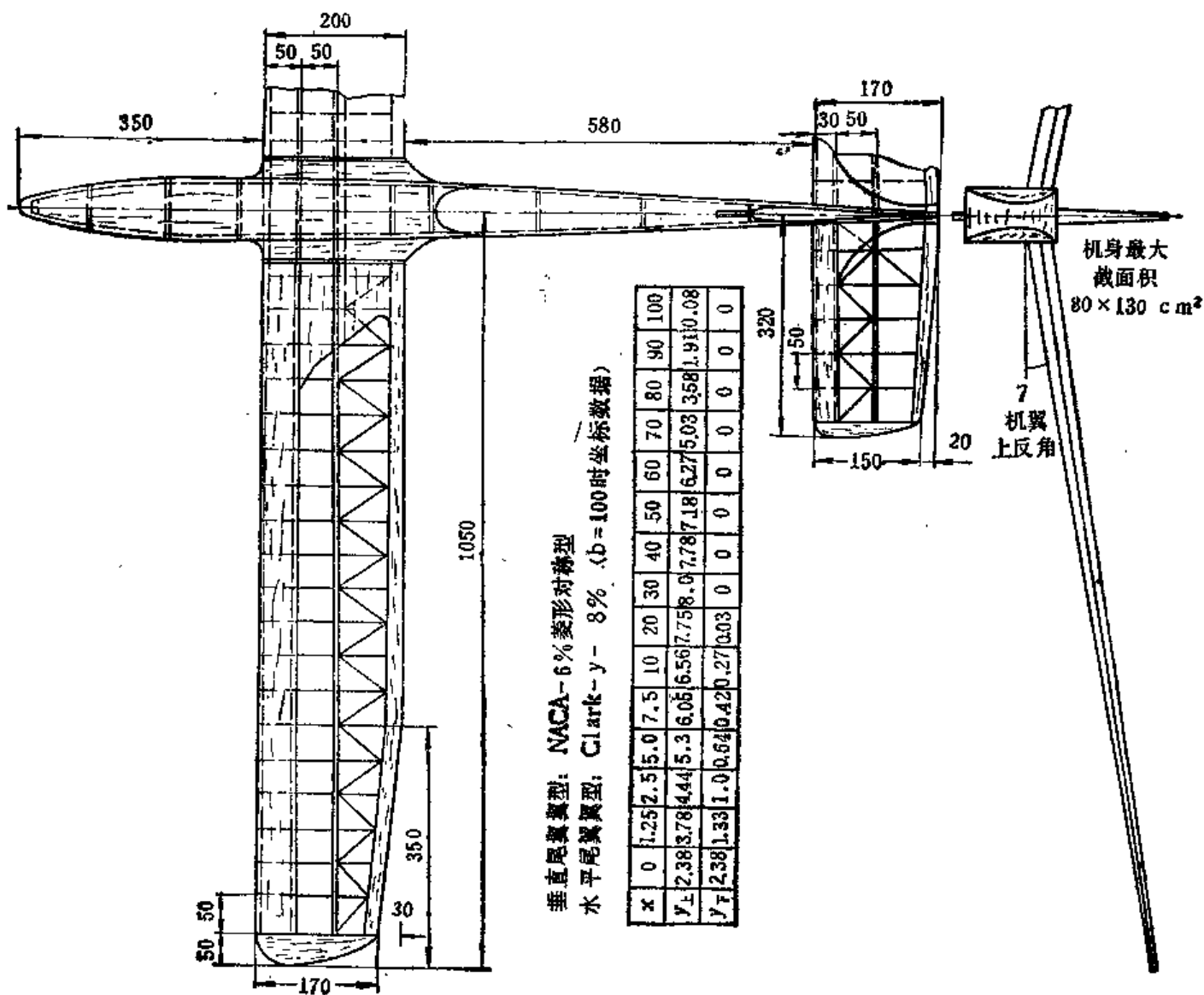
2. 无线电遥控模型滑翔机, 见图 7-21;
3. “少年号”初级无线电遥控模型滑翔机, 见图 7-22。



机翼翼型: B-8953-B/2 (b=100时坐标数据)

x	0	.25	2.5	5	7.5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	95	100
y <sub>上</sub>	2	3.54	4.45	5.56	6.25	6.97	7.6	8	8.2	8.27	8.7	9.06	9.47	9.83	10.19	10.55	10.8	0.4
y <sub>下</sub>	2	1	0.6	0.2	0.05	0	0.2	0.35	0.5	0.65	0.8	0	0.9	0.8	0.6	0.3	0.18	0

0 100 200 毫米  
比例尺



x	0	1.25	2.5	5	7.5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
y <sub>上</sub>	2.38	3.78	4.44	5.3	6.05	6.56	7.75	8.9	7.78	7.18	6.27	5.03	3.58	1.91	0.08
y <sub>下</sub>	2.38	1.33	1.0	0.64	0.42	0.27	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0

图 7-21

# 模型直升机

模型直升机是一类具有直升机飞行特征的航空模型。这类模型包括最简单的竹蜻蜓、橡筋模型直升机、发动机模型直升机和遥控模型直升机等。制作这些模型要解决的主要问题,就是要保证他们能作直上直下的飞行,飞得越高越好。一些较高级的模型直升机还能作悬停和向前、后、左、右飞行,并且象真程度也很高。

下面介绍几种模型直升机的制作,供大家参考。

## §1. 橡筋模型直升机

橡筋模型直升机,是指以橡筋动力带动旋翼而飞行的模型直升机。它用料简单、制作方便、容易放飞,是一项普及性强的航模活动。

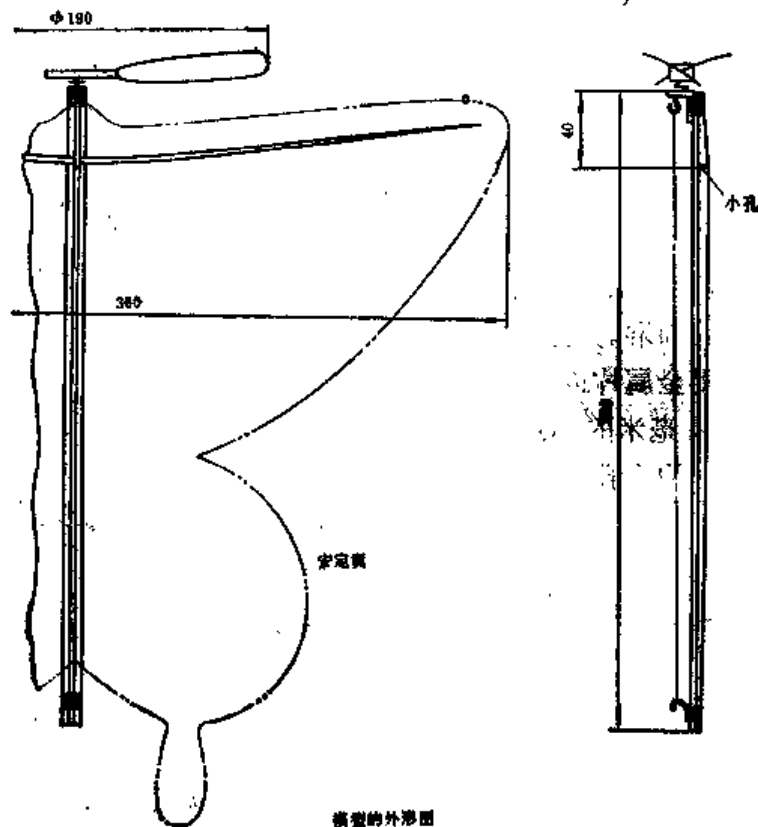
图 8-1 是一种最简单的橡筋模型直升机。它由旋翼、安定翼、机身和橡筋束组成。旋翼用来产生升力;安定翼用来平衡旋翼旋转时产生的反作用力矩,以保持模型飞行的稳定性;机身用来把模型各部分连成一个整体;橡筋束则为模型提供飞行的动力。

下面介绍模型的制作和试飞调整的方法。

### 制作

旋翼由桨叶和桨毂组成,是较难制作的一个部件。

桨叶有两片,由 0.75 ~ 1



模型的外形图

图 8-1

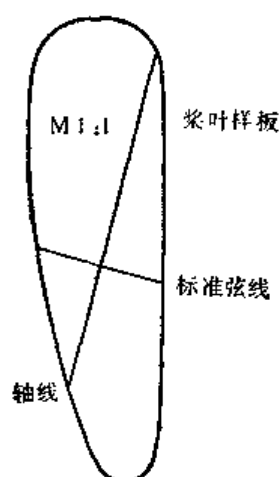


图 8-2

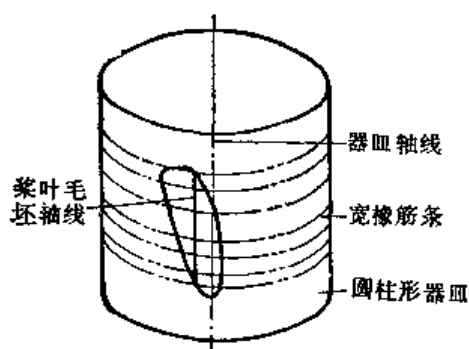


图 8-3

机身包括机头、主梁和尾钩。

机头有支座、前钩、垫片三个零件。支座可用铝片或铁片按图 8-5 的尺寸制作,待主梁做好后,再用棉线把它绑在主梁的前端,并涂胶固定(见图 8-1)。垫片是用金属片或薄塑料板制成的直径为 5~6 毫米的小圆片,中间要打一直径 1 毫米的小孔。前钩用直径为 0.5 毫米的钢丝按图 8-5 尺寸把一端弯成圆钩,以便用它来挂橡筋束;另一端在模型各零部件都制作完毕后,最后组装时,再将它穿过支座、垫片和桨毂中心的小孔,然后弯折 90°,用棉线把它绑在桨毂上并涂胶固定。

主梁必须有足够的强度和刚性,因为在绕紧橡筋束后,它会受到压缩、弯曲和扭转载荷等作用。可用截面为 3 × 2 毫米的桐木条粘成“T”字形梁,按图 8-1 在中部偏上的位置打一小孔,以通过安定翼的加强筋。为减轻重量,可将“T”字形梁两端削成斜面。

尾钩用来挂橡筋束,可用直径 0.3~0.5 毫米的钢丝或大头针按图 8-5 的形状和尺寸

毫米的桐木片制成。首先按样板(见图 8-2)准确加工成毛坯,注意要画上轴线和参考弦线。将毛坯放在水中浸泡一小时,取出绑在直径 90~100 毫米的圆柱形器皿上,最好用橡筋条绑。桨叶绑在器皿上的位置应使桨叶轴线与器皿的轴线一致(见图 8-3)。约二十四小时后,桨叶即可干透成型。

桨毂用长 60 毫米、宽 4 毫米、高 3 毫米的桐木条制作。按图 8-4 的尺寸将桐木条两端削成斜面。注意两斜面应对称,且方向相反。由于斜面的角度就决定了桨叶角,所以应边修边检查,使桨叶放上去后在参考弦线位置处的角度值为 30°。在桨毂中心打一个直径 0.5 毫米的小孔。

将两片桨叶分别胶在桨毂的两个斜面上,注意桨叶轴线与桨毂中心线应在一条直线上,待干后再用细砂纸打光,旋翼就做好了。

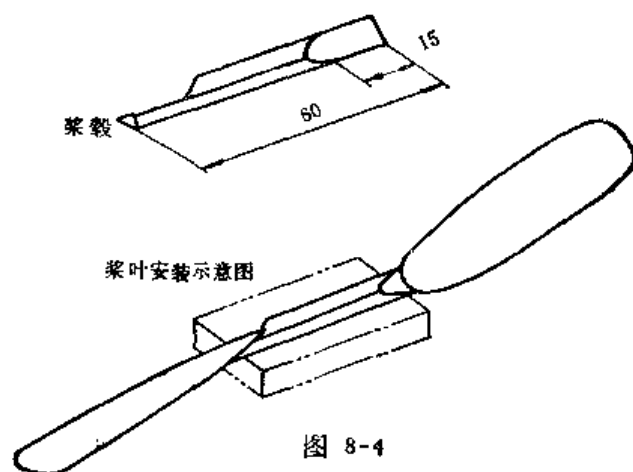


图 8-4

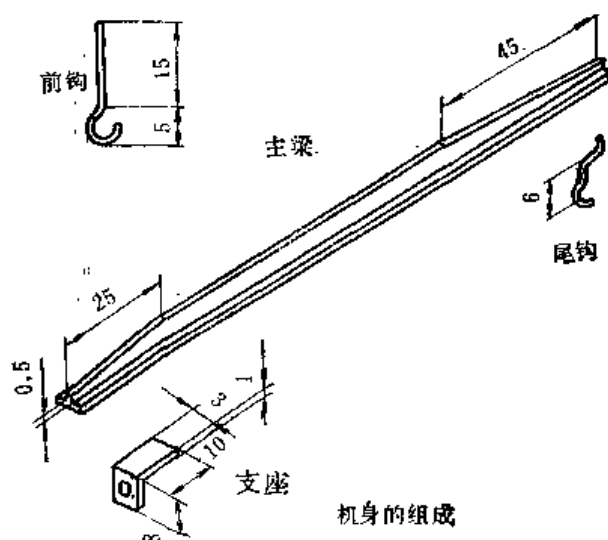


图 8-5



作成,用棉线把它绑在主梁末端并涂胶固定。

安定翼包括加强筋和薄翼面。

加强筋在飞行中受力不大,建议用新竹子的表皮加工成截面为  $0.5 \times 2$  毫米的方竹丝或直径为 1 毫米的圆竹丝。为减轻重量,竹丝可从中间向两端刮修,使其逐渐变细变薄。将加工好的竹丝插在主梁的小孔内用胶粘牢。如果竹丝是弯的,应使它向上翘。

薄翼面可用玻璃纸、彩色棉纸或吹塑纸等制作,尺寸和形状要求不很严格,可根据自己爱好进行设计。但不能太大太重,越轻越好,同时应注意美观和对称。将作好的薄翼面与机身和加强筋粘结,注意一定要对称。

橡筋束可用截面为  $1 \times 1$  毫米的橡筋绕三圈,即六股组成。使用时应用肥皂洗净晾干,并涂上少许蓖麻油,以减少橡筋束能量的摩擦损失。但涂油后,橡筋束重量不能超过 2 克。

### 试飞调整

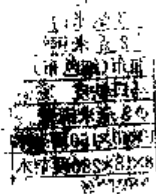
**手投试飞** 用手将模型拿成水平状,即机身平行于地面,然后轻轻放手,此时模型应象树叶一样缓缓飘落。如果模型向前滑翔,那么它在上升时就会翻倒。解决的办法是将安定翼上移或在尾部加配重。如果模型下落很快,则应设法减轻它的重量。

**小动力试飞** 将橡筋束绕 50~100 圈让旋翼旋转,如果旋翼震动或不在同一平面内旋转,就应该检查两片桨叶的长度是否相等,角度是否对称,重量是否平衡,直到找出毛病校正为止。

**试飞** 第一次试飞最好在气流平静时进行。首先将橡筋束绕 150 圈左右放飞模型。如能正常上升,则逐渐增加绕橡筋的圈数。橡筋的最大可绕圈数与橡筋种类、质量、橡筋束的长度和股数有关,约在 350 圈左右。飞行中,如果桨叶转动很快,模型上升很慢,可以增大桨叶角。如果桨叶转动很慢,上升无力,则可减小桨叶角。不参加比赛的模型,由于对橡筋束没有限制,所以可用增加橡筋束股数的方法加大拉力来解决。

这种模型一般可上升 25~30 米高。请记住,要制作出有优良性能的橡筋模型直升机,关键在于重量轻、桨叶好和模型组装得对称平衡。

## § 2 简易共轴式双旋翼模型直升机



常见的真正的直升机是单旋翼直升机,它的外形特点是有一副旋翼和一副尾桨。旋翼用来产生升力,尾桨产生的力用来平衡旋翼旋转所产生的反作用力矩,使直升机能稳定地飞行(见图 8-6)。也有一种共轴式双旋翼直升机,即在同一根轴上,有两副旋转方向相反的旋翼。正因为方向相反,反作用力矩互相抵消,所以这种直升机也能稳定地飞行(见图 8-7)。我们这里介绍的就是一种共轴式双旋翼模型直升机。它安装有发动机,具有省料、容易制作、放飞简单和不易损坏的特点。初学者不但容易制作成功,而且还能摸索和积累这类模型制作和放飞的经验,为制作高级模型直升机打下基础。

### 制作

从图 8-8 可以看出简易共轴式双旋翼模型直升机的外形及结构。这里所指的双旋

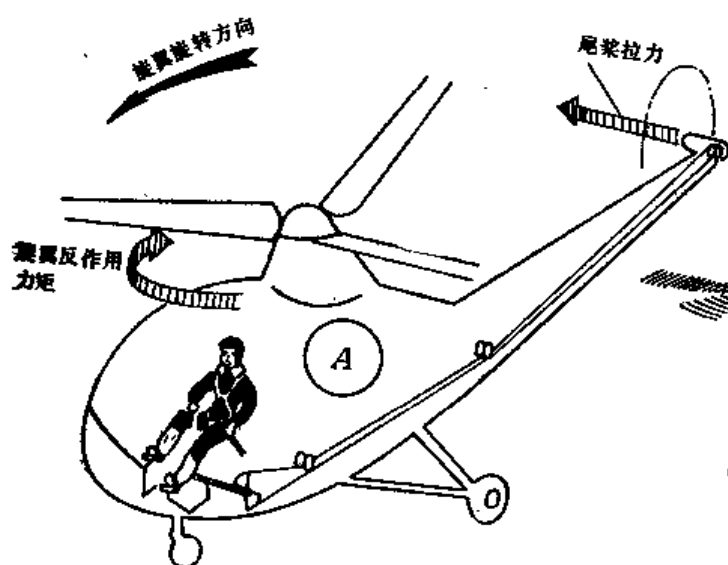


图 8-6

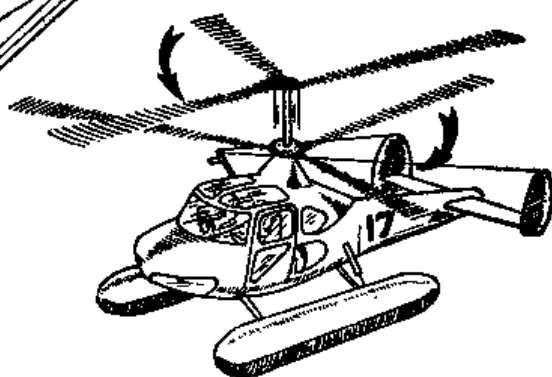


图 8-7

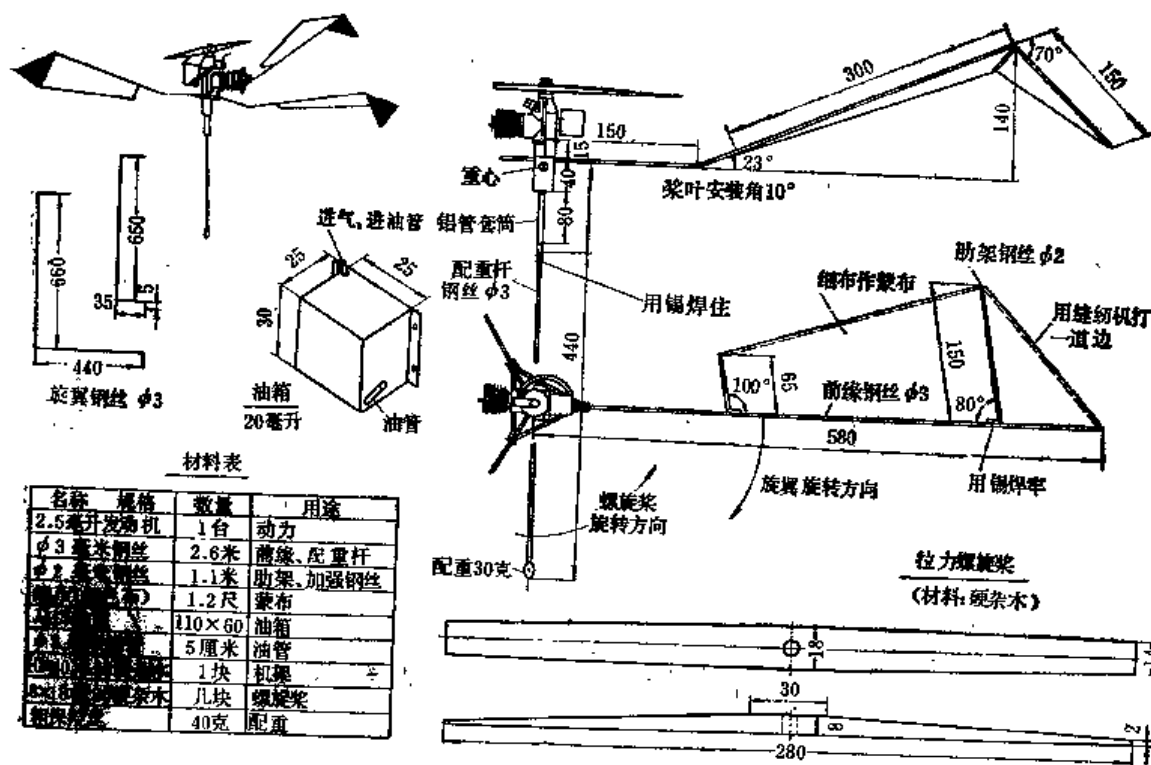


图 8-8

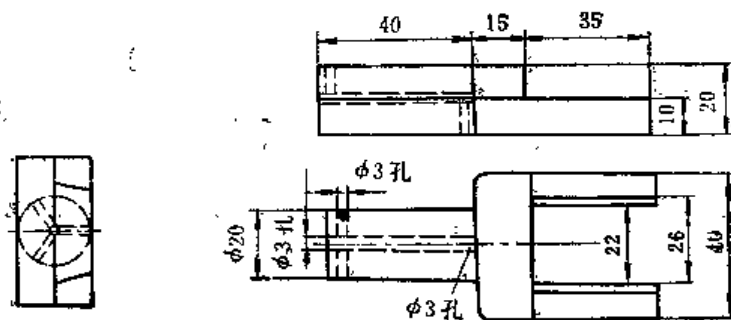


图 8-9

翼,其一是指发动机的螺旋桨,其二是一副三叶旋翼。模型作上升飞行,就是靠螺旋桨产生的拉力和由它的反作用力矩驱动的旋翼所产生的升力来实现的。关于此模型,我们只介绍一些特殊零部件的选用和制作方法,其他的按图制作即可。

动力系统包括发动机、螺旋

桨、发动机架和油箱。

发动机为一台马力较大的 2.5 毫升的内燃机。其进气口应选用小气管，以增大吸油能力。化油器的安装也要有利于进油。如果是新发动机，应事先开车经磨合后再安装在模型上使用。

螺旋桨应选螺距和直径较大的，用以增大反作用力矩，以便驱使旋翼以足够大的速度旋转。

发动机架用一块  $10 \times 40 \times 150$  毫米的硬杂木，按图 8-9 制作。注意机架制作要准确，应使发动机曲轴在机架中心线上，不能歪斜。

油箱用薄铜皮或马口铁皮按图 8-8 制作。注意进气、进油管和出油管应准确安装在图示位置，以使它们能在水平或垂直状态下都能正常发挥作用。

旋翼有三片桨叶，为钢丝骨架蒙布结构。前缘用直径为 3 毫米的钢丝制作，翼根、翼尖肋架则用直径 2 毫米的钢丝。后缘没有钢丝骨架，桨叶蒙上细布后，呈软式后缘。具体制作步骤如下。

1. 把两根长 690 毫米和一根长 1100 毫米、直径为 3 毫米的铜丝校直后按图 8-10 所示弯好，再按图 8-2-5 所示的方法，用结实的线把它们牢牢地捆在发动机架上。

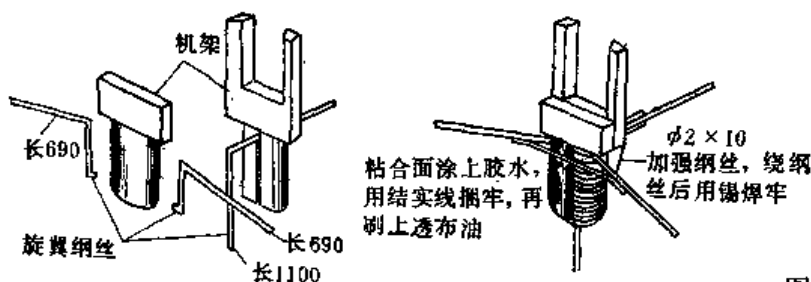


图 8-10

2. 在旋翼根部，用三根长 100 毫米、直径 2 毫米的钢丝，与桨叶钢丝两两焊接起来，以增加旋翼骨架的刚度和强度（见图 8-8）。

3. 在离每片桨叶叶尖 150 毫米的地方，作  $70^\circ$  下反角（见图 8-8）。

4. 用直径 2 毫米的钢丝按图 8-8 把肋架钢丝做好，并把要焊接的部位打磨光亮，吃上焊锡。焊接时应使模型机头向下，放在两张同水平的桌子中间，将后面垫高，使肋架钢丝与桌面夹角为  $10^\circ$ ，然后焊牢。待焊完机头向上时，桨叶便具有  $10^\circ$  的正迎角了。注意，方向切不可焊错。

5. 旋翼蒙布有一定强度的纺织品均可使用，当然越轻越好。为了美观醒目，建议用色彩鲜艳的彩色布。把蒙布缝在桨叶骨架上，后缘可先打一道边，以增加蒙布强度。缝蒙布可先缝中段梯形部分，再缝翼尖三角形部分。蒙布松紧要合适，太松会破坏旋翼的气动外形，太紧则会改变桨叶的安装角。

此外，还应作好以下各项工作。

在装上发动机和螺旋桨以后，应检查发动机安正没有？螺旋桨旋转平面与旋翼旋转平面是否平行？旋翼桨叶间的夹角是否相等？要注意螺旋桨是拉力式的、呈反时针方向旋转，而旋翼旋转方向则是顺时针的。

在旋翼翼根，离中心 150 毫米处作  $23^\circ$  上反角（见图 8-8）。

用 80 毫米长，内径 4 毫米的铝管作套筒，并把它套在配重杆上安装在规定位置，两头各加两块垫片（见图 8-8）。

在配重杆下端,固定配重约 30 克,把重心调整在图 8-8 所示位置。

模型制作完毕,加好油,全部重量 430 克左右。

### 试飞调整

模型制作完毕检查合格后,即可进行试飞。

试飞时,发动机应在水平位置起动,然后转  $90^\circ$  将模型飞机竖直向上,调整压缩比和油门,使达到最大马力。用一只手握住发动机下方的套筒,将模型举过头顶。旋翼在发动机螺旋桨反作用力矩的驱动下会越转越快,当您感觉到有一定升力的时候,便可松手放出模型。此时,它就会轰鸣着飞向天空。只要制作准确,调整适当,模型便会快速平稳地上升。当燃油用完发动机停车后,旋翼会反向自旋,模型则慢慢垂直下降,十分安全。

这里尤其要注意的是,在起动发动机和放飞模型时,千万不要让旋转着的螺旋桨和旋翼伤了手指。

至于非正常飞行情况及其产生的原因和纠正方法,可参照下表进行检查和处置。

飞行情况	原 因	纠 正 方 法
不上升或上升缓慢	发动机马力不足	1. 适当调整压缩比和油门,以增大马力 2. 换一台马力较大的发动机
上升摇摆	1. 发动机歪斜 2. 螺旋桨与旋翼两旋转平面不平行	1. 把发动机安正 2. 调整旋翼钢丝
翻 筋 斗	1. 旋翼旋转不平衡 2. 桨叶迎角太大,转速太慢 3. 重心偏高	1. 检查调整旋翼,使其重量平衡 2. 减小迎角 3. 加大配重,降低重心
下落时旋翼不旋转	1. 桨叶迎角大小 2. 蒙布太松	1. 加大迎角 2. 收紧蒙布

## § 3 单叶旋翼模型直升机

真正的直升机旋翼至少也有两片桨叶,而这架模型的旋翼却只有一片桨叶,所以叫做

单叶旋翼模型直升机。从它那简单的结构和独特的飞行方式来看,不能不说它是一种创造性强的模型。

从图 8-11 可以看出它的结构,主要有旋翼、发动机、机身和起落架四部分。旋翼用来产生升力。由于旋翼的升力中心在模型重心之后,所以飞行时会产生一个下俯力矩。为了抵消这个力矩使模型能够稳定飞行,便在旋翼后面装上了一片具有负安装角的水平安定面,它飞行中所产生的负升力会对重心形成一个上仰力矩,这就解决了模型在飞行中俯仰的稳定问题(见图 8-12)。机身十分简

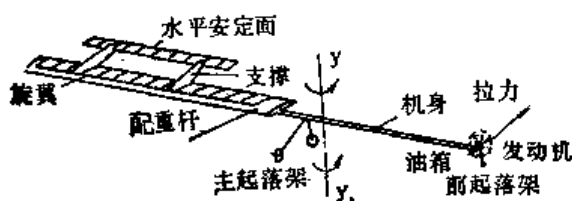


图 8-11

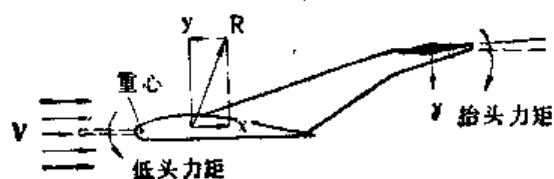


图 8-12

单,为一根有足够强度的木条。它的一端与旋翼根部相连,另一端则牢固地安装着发动机、油箱和前起落架。主起落架固定在机身上重心附近。在旋翼根部翼弦平面内,还有一根重直于机身的配重杆,其作用是使模型的重心能够在前缘稍后的地方。发动机不是垂直安装的,其螺旋桨拉力线与水平面夹角约  $18^\circ$  左右。拉力方向正好与旋翼的前缘相反。

飞行时,在螺旋桨的拉力作用下,模型会绕着重心飞快地在地上旋转,当旋转速度足够大时,旋翼产生的升力便会使模型升空。当然模型还是旋转着升空的。在发动机空中停车以后,旋翼在空气动力的作用下仍能继续稳定地旋转而产生升力,使模型安全地缓缓降落。

### 制作

图 8-13 是此模型的工作图。不难看出,它的制作方法与一般的发动机模型飞机差不多,甚至还要简单一些。但是它也有一些特殊的地方,现分别介绍如下:

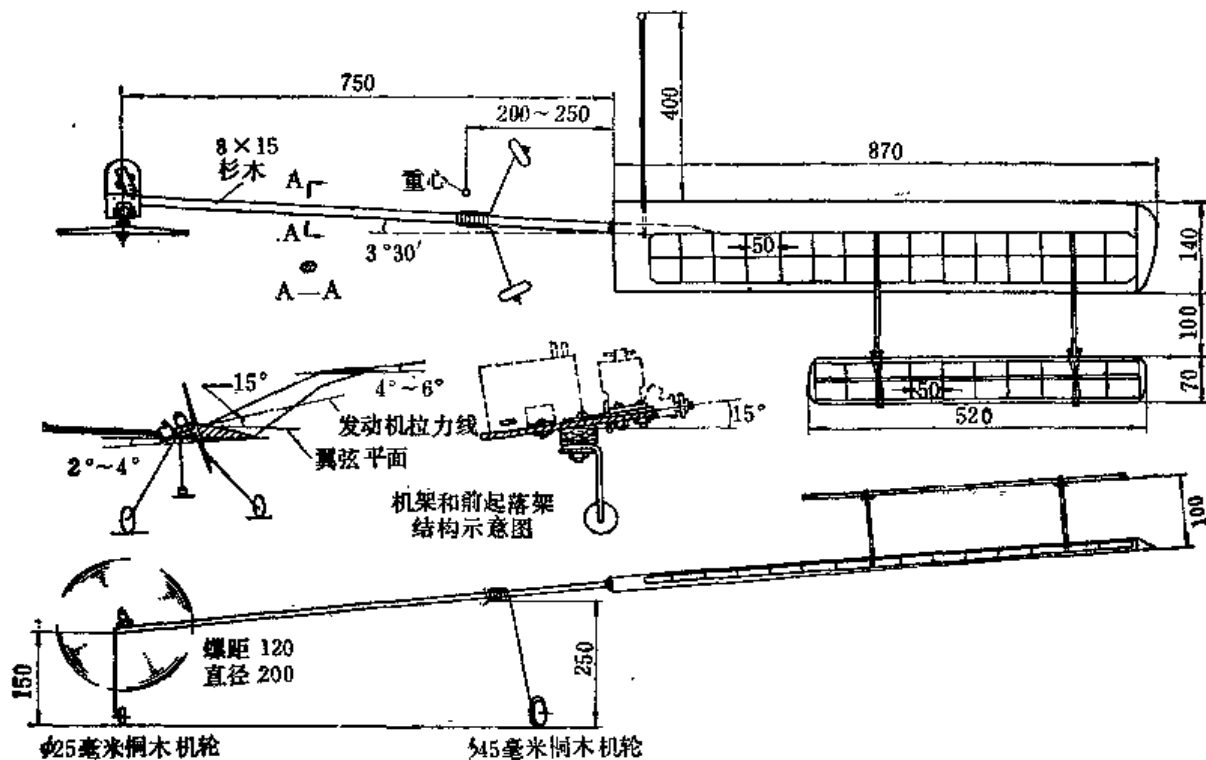
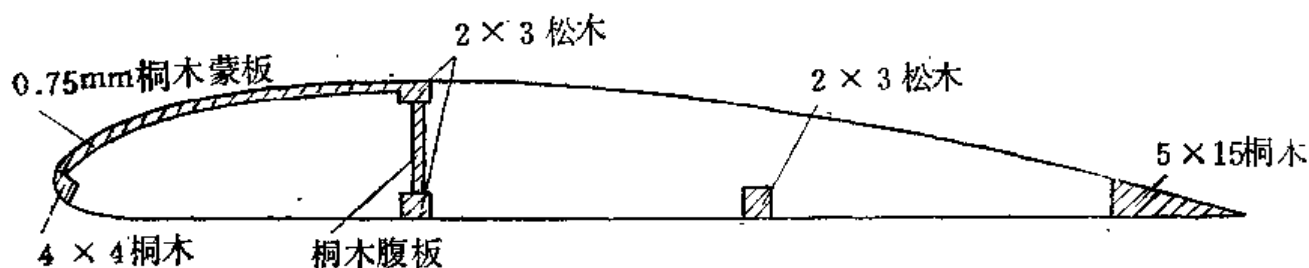


图 8-13

**1. 旋翼** 其结构与普通牵引模型滑翔机相似,翼型采用相对厚度为 12% 的平凸翼型。为加强旋翼的抗扭性能,它上表面的前三分之一蒙有厚度为 0.75 毫米的桐木片。旋翼根部 100 毫米长的前梁腹板用 2 毫米厚的桐木片制作,机身木条就胶合在此腹板上。胶接处应适当加强(见图 8-14)。

水平安定面采用相对厚度为 7% 的菱形翼型,外形应准确,不得扭曲(见图 8-15)。安定面的两根支撑用 2 毫米厚的桐木片制作,并胶接在相应位置的两个翼肋上。注意胶接处应局部加强。胶干后,即可用橡筋把水平安定面捆在支撑上(见图 8-13)。

**2. 机身** 可用  $8 \times 15$  毫米的杉木条制作。与旋翼的胶接面应削成为  $3^\circ 30'$  的斜面,此段长为 150 毫米。这样可以使模型重心向旋翼前缘方向移动,从而减轻配重重量(见图



旋翼翼型 M1:1

图 8-14

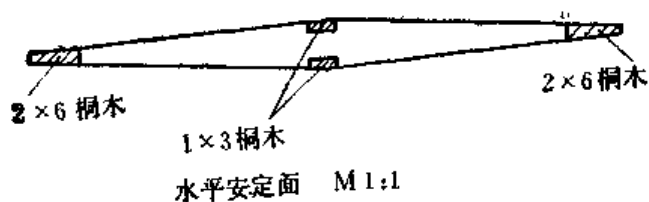


图 8-15

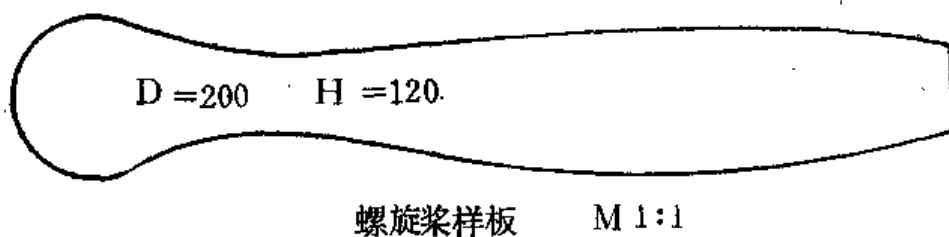


图 8-16

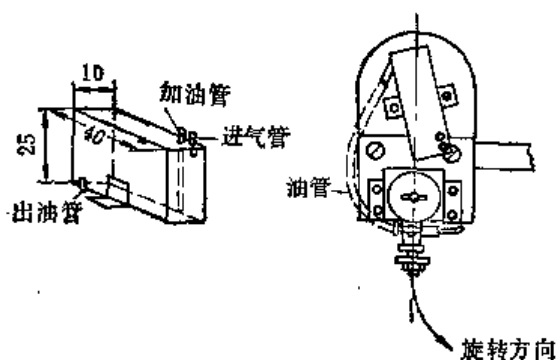


图 8-17

8-13)。机身木条没有胶接的地方应锉修打磨成椭圆形截面,以减小飞行时的空气阻力。也可用直径为8毫米的轻合金管来制作机身。

**3. 动力系统** 采用国产“解放-15”型发动机,其他相类似的发动机亦可。

螺旋桨用桦木按样板(见图8-16)制作。方法与制作一般螺旋桨相同。

发动机机架用3毫米厚的桦木层板制作。做好后,与机身木杆的一端胶合。注意应与旋翼平面成 $15^\circ$ 左右夹角,使螺旋桨能够产生上拉力,便于模型起飞。胶合后用1毫米厚的铝板用螺丝拧紧加强(见图8-13)。

油箱用薄铁皮焊成(见图8-17),它高而窄,这样模型飞行时,油面随燃油的消耗变化不会太大,有利于模型的稳定。油箱容量为10毫升。注意容量过大,模型容易飞跑。油箱应按图8-13所示位置在发动机架上装牢。

**4. 起落架** 主起落架用直径为2.5毫米钢丝弯成。两个主轮用三层3毫米厚的桐木

片粘合而成。桐木片的木纹应有交叉。在主轮中心打小孔,并压入一小段铜管作轴套。主起落架作好后用橡筋牢牢地捆在机身的相应位置上(见图8-13)。

前起落架钢丝直径不应小于2毫米,以保证足够的刚度。前起落架、发动机机架及其加强铝板,用两颗螺丝连成一牢固整体。

**5. 配重杆** 当模型高速旋转时,配重杆要受很大的力,为保证它有足够的强度,可用直径5毫米的竹棍来作,用同样尺寸的薄金属管更好。将配重杆插入机身木棍根部的小孔内用胶粘牢(见图8-13)。

**6. 其他** 将旋翼和水平安定面蒙上棉纸,刷3~5遍涂布油。然后把旋翼钉在平板上,将翼尖后缘垫起7~10毫米,这样旋翼干透后,翼尖稍有负扭转,约 $3^{\circ}\sim 5^{\circ}$ ,有利于模型稳定上升。

机身及发动机机架等木质部分也应涂数遍涂布油,以防燃油侵入。

将模型各部件按图8-13装配成整机。整机重量约400~450克。

### 试飞调整

首先对照图纸检查模型,看各部分尺寸及它们间的位置关系是否准确,并设法校正。然后检查重心位置。正确的重心位置应在旋翼前缘延长线附近,距翼根200~250毫米处。如位置不对,则应在翼尖或配重杆上加适当的重物。重物应固定好,以免模型在高速旋转时会将它甩掉而使模型翻倒。最后检查发动机、油箱、起落架等是否已安装牢靠。

接着进行地面滑跑试验。把模型放在平坦光滑的地面上,按模型飞行时的旋转方向,用力转动模型,看起落架的三个轮子转动是否灵活。在有五厘米高的软草场地上,起落架也应保证模型正常起落。

最后是动力试飞。

初次动力试飞油越少越好,以减小发生意外情况时的损失。建议先进行5秒钟动力试车,办法是把一小段透明油管固定在发动机后面的机架上,一端与发动机相连,另一端直接插入油瓶内吸油。起动发动机,并在它运转正常后把油管从油瓶内抽出与油箱连接好。当油管内只剩下4~5厘米长的一段油时(可供发动机工作3~5秒钟),放开模型,让它在地面旋转。注意仔细观察模型的运动状态:如果放手后,旋翼立即上扬使模型跳起,那就应该在配重杆上增加配重使模型重心前移(可用保险丝绕在配重杆上再用橡筋捆牢);也可适当减小水平安定面的负迎角,即用薄木片把安定面的前缘垫高1~2毫米。如果模型只在地面旋转而无离地的趋势,就应检查模型重心是否太靠前,靠前了就应该减小配重杆上的配重或向机身方向移动配重;如果重心位置正确,就应该把水平安定面后缘垫高2~3毫米,即加大水平安定面的负迎角。

配重和水平安定面的调整量一次不宜过大,应逐渐增加,每调整一次应多进行几次试车,直到模型正常为止。调整好的模型作5秒钟动力试车,在模型放手后,应能平稳地在地面旋转,旋转数圈后又稍有上升的趋势。这时发动机正好将燃料用尽而停车。

下面就进入正式试飞了。将油箱内加入可供发动机工作一分钟左右的燃料,起动发动机放飞模型。如果模型飞行摇摆不定,可在配重杆上加配重克服;如果模型飞行稳定,但上升极慢,则可在水平安定面后缘加垫片。注意不要轻易减配重,以免模型翻倒。

在正式试飞阶段,配重和水平安定面的调整量应比5秒动力试车阶段更小些。在整个调试过程中,每加一次配重,一般应同时把水平安定面的后缘垫高一点。此外当模型飞

行作高速旋转时,由于离心力的作用,发动机的油门位置会与模型在地面不旋转时大不相同,所以应根据飞行条件反复试验调整,摸出规律来。注意将模型的调试、故障情况及其处置办法详细记录下来,作为以后调试的依据。

此模型飞行起来颇有“气势”。伴着发动机的轰鸣,只见模型的那一片巨大的旋翼旋转着,模型迅速上升,几分钟后便可到达数百米高空。如果用它作表演,则更能增添热烈气氛。表演时可在重心附近机身上挂 100 克重左右的彩色传单,让捆传单的线连上一根能燃烧两分钟左右的导火绳(浸过高锰酸钾溶液的棉纱带),放飞时,先根据风向估计传单的飘落方向,然后点燃导火绳并放飞模型。模型约升至 100 多米高时,火绳会烧断传单的捆线,五彩缤纷的传单便会飘落,犹如天女散花。



# 模型扑翼机

人类学习飞行,正是从学习鸟的扑翼飞行开始的。可是,迄今为止,真正实用的扑翼飞机却没有问世,倒是形形色色的模型扑翼机飞上了天空。不过模型扑翼机的制作仍处于初级阶段,高级的,如带发动机的或遥控模型扑翼机并没有发展起来。作为航模运动,它也没有被列为正式比赛项目。但是,开展这项活动,可以激发青少年的想象力。实践证明,有的创造性设计,就是对成年人也很有启发。例如,我们下面要介绍的旋翼式模型扑翼机,巧妙地使旋转的旋翼产生了扑翼飞行的效果,模型也很简单,很值得一试。

## § 1. 简易模型扑翼机

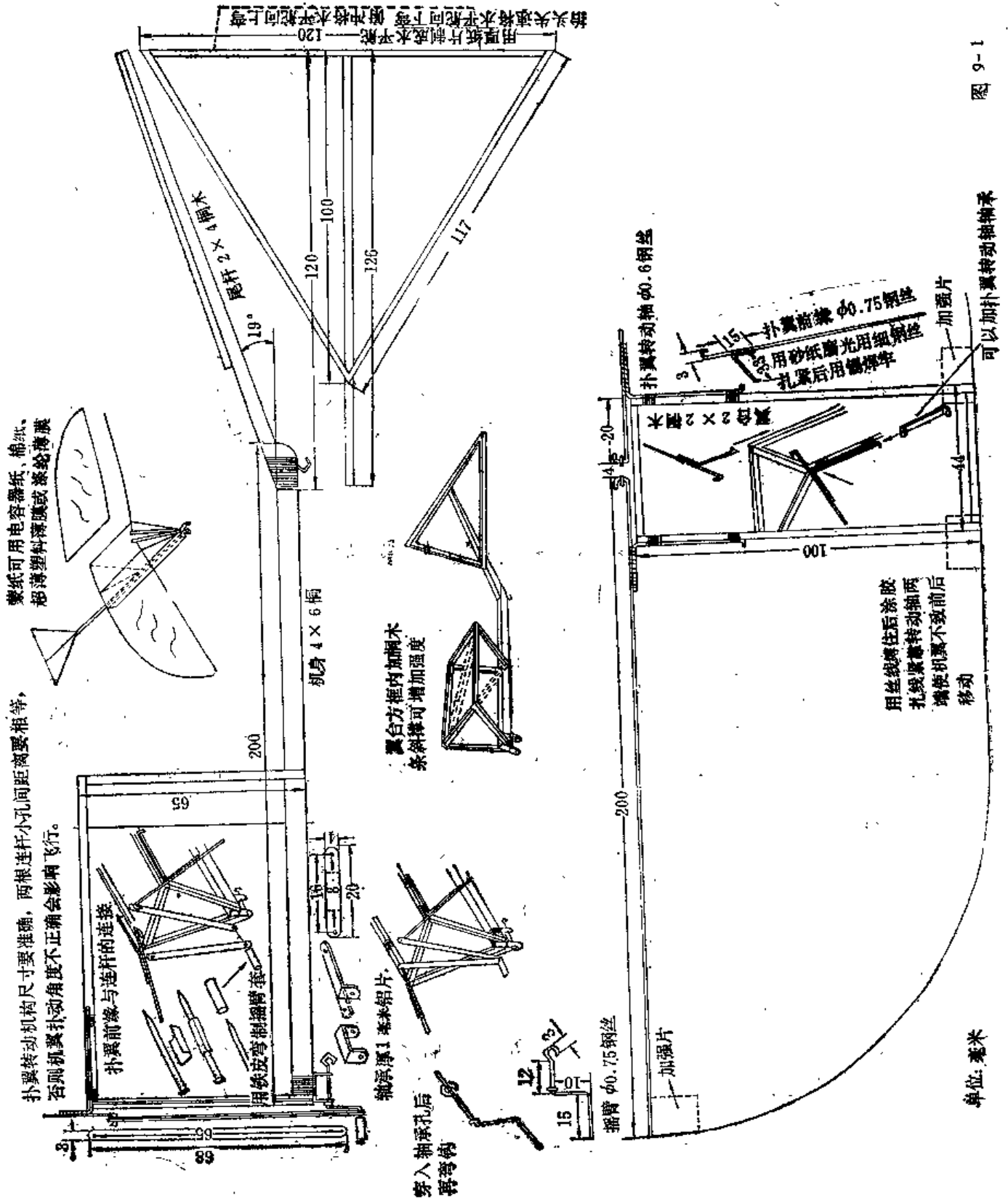
模型扑翼机飞行阻力较大,升力较小,飞行速度较慢。它在飞行时,两扑翼下扑能够产生升力和推力。升力能够举起模型本身的重量;推力则能够克服模型前进时的阻力。这时气流流向模型的后下方。当两扑翼上举时,主要产生阻力,同时也产生部分推力。这时气流流向模型的后上方。两扑翼上举时形成的夹角越小,向后的气流越集中,推力也越大。由于扑翼上反角大,模型的滑翔性能差,所以在动力消失后,模型会很快降落。

### 制作

制作模型扑翼机的关键,是制作能使两个机翼灵活自如地上下扑动的机构。对于以橡筋为动力的简易模型扑翼机(见图 9-1)来说,一般采用的是曲轴连杆机构(见图 9-2)。

当两扑翼上举、下扑到上、下两个止点位置时,两扑翼是对称的。但在扑动幅度的中间区域,两翼所处的位置则一高一低,处于非对称状态(见图 9-2)。由于扑翼上举、下扑的运动是依靠曲轴连杆机构来完成的,所以只有这套机构运转灵活可靠,才能使模型实现扑翼飞行。可见,这套机构制作必须正确。两根连杆长度要相等,上面的孔应对称,轴与孔的间隙要适当,在保证刚性的条件下,应尽量减轻机构的重量和减小各连接件间的摩擦力。

在设计曲轴连杆机构时,应首先确定两扑翼的中间夹角和扑动幅度角,简称幅角。一般,两扑翼在上止点时的中间夹角为  $30^{\circ} \sim 120^{\circ}$ ,扑动幅角为  $45^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 。由于过大的负



## 主要技术数据

## 材 料 表

翼展: 404 毫米

机长: 320 毫米

机翼面积: 350 平方厘米

起飞重量: 10 克

橡筋重量: 3 克

扑翼幅角:  $-25^{\circ} \sim +35^{\circ}$ 

扑翼蒙纸后缘不宜太紧蒙, 好剪成扑翼外形, 使后缘

自然下垂 10 毫米(改变连杆长度; 可调扑翼幅度)

机身:  $4 \times 6 \times 200$  桐木尾杆:  $2 \times 4 \times 130$  桐木翼台和尾翼:  $2 \times 3 \times 1,300$  桐木扑翼前缘、摇臂、尾钩:  $\phi 0.75 \times 450$  钢丝扑翼转动轴:  $\phi 0.6 \times 100$  钢丝摇臂轴承:  $1 \times 4 \times 20$  铝片连杆:  $0.5 \times 3 \times 140$  铝片

扑翼蒙纸: 电容器纸或塑料薄膜

橡筋:  $1 \times 1 \times 3,000$  (最大可绕 350~400 圈)

焊锡: 焊扑翼前缘

化学胶: 粘接机架

塑料胶: 粘接蒙纸

细铜丝一段、细丝线一小团: 缚住固定

扑动幅角会降低飞行速度和影响飞行安定性, 所以此角度应设计得小些, 即扑翼从水平位置向下扑动的幅度应该小一些(见图 9-3)。扑翼应有  $0^{\circ} \sim 15^{\circ}$  的正迎角。负迎角和迎角过大都会造成失速。如果扑翼弦长较宽, 迎角可适当大一些。水平尾翼应有  $0^{\circ} \sim 20^{\circ}$  的负迎角(见图 9-4)。尾翼下垂(为正迎角)或负迎角过大, 以及扑翼迎角过大时, 都会增加飞行阻力, 这对模型爬升是不利的。

为了有较长的留空时间, 在保证模型正常飞行的前提下, 模型重量应尽可能轻一些。也可以用加大扑翼面积、减小翼载荷的办法。此外, 翼面蒙纸应松弛适度, 防止骨架变形, 使扑翼扑动灵活; 要合理选择和正确使用橡筋, 以延长橡筋工作的时间; 扑翼扑动频率和模型飞行速度都不宜过高; 还应采用盘旋飞行方式, 以便利用上升气流等。一般盘旋半径不超过 5 米。

扑翼模型飞机的转弯和盘旋飞行的控制, 主要是靠调整两扑翼迎角差来实现的。也可以用倾斜水平尾翼来实现。如果要左盘旋, 则可将左扑翼迎角加大, 或使水平尾翼向右倾斜。要向右盘旋, 方法相反。

## 试飞调整

首先检查模型的形状尺寸是否准确、对称。拿住模型, 绕橡筋至正常飞行时的圈数的三分之一左右, 然后松手看曲轴连杆机构

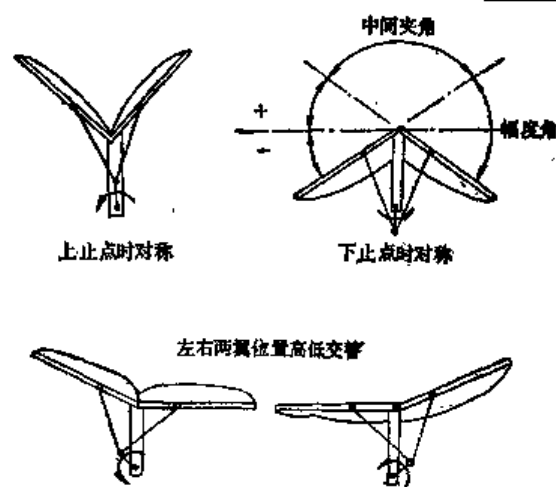


图 9-2

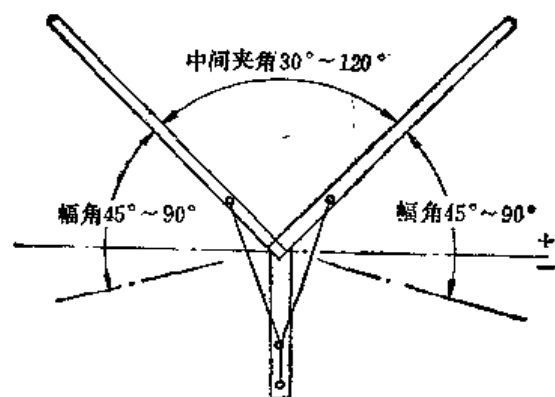


图 9-3

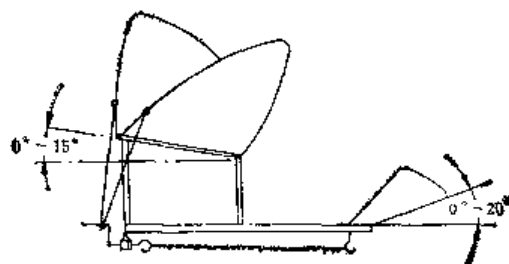


图 9-4

转动是否灵活平稳,扑翼工作是否正常。将橡筋绕数加到三分之二左右放飞模型,看它是否能平稳盘旋上升。注意扑翼的扑动频率应不急不缓,一下一下地很有节奏,模型也不是急爬升。如果模型速度很慢,爬升很吃力,甚至出现失速,可减小尾翼负迎角或扑翼迎角。在模型能够正常飞行后,即可进行全动力试飞。图 9-1 的模型扑翼机以 3 克橡筋为动力。橡筋绕 150 圈左右,模型可平飞;绕 300 圈左右,模型则能爬升到 10 多米高,飞行 30 秒钟以上。

模型扑翼机能飞行并不难,但要飞得高、飞的时间长,则须反复试飞摸索。在这里尤其要指出,模型的盘旋性能尤其重要。盘旋性能调试得越好,模型飞行在水平方向上范围就越大,就更有机会遇到上升气流。要是模型本身重量也轻,那么便一定会飞出好成绩来的。

## § 2. 旋翼式模型扑翼机

从外形上看,旋翼式模型扑翼机与简易橡筋模型直升机极其相似(见图 9-5),但他们的结构和飞行方式却大不一样。

旋翼式模型扑翼机有两片共轴反向旋转的旋翼。两片旋翼没有连成一体。上面一片

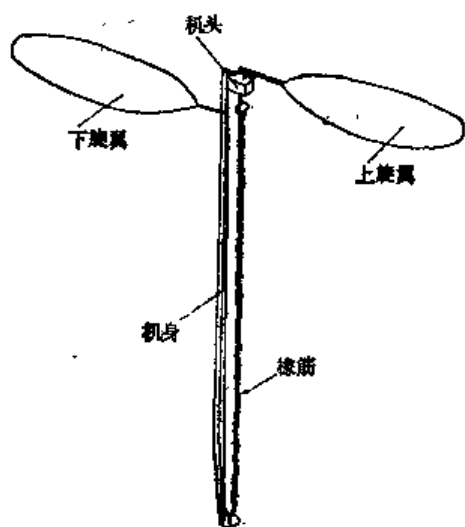


图 9-5

旋翼与机头的橡筋钩相连,由橡筋驱动旋转;下面一片旋翼与机身相连,由上旋翼旋转的反作用力矩驱动旋转。正因为这种模型要利用上旋翼旋转的反作用力矩,来作驱动下旋翼旋转的动力,所以它没有橡筋模型直升机那种安定翼。

这种模型,就它的每一片旋翼来说,其运动形式都是作连续不断的旋转运动,这与橡筋模型直升机没有什么区别。但奇怪的是,这两片不断旋转着的旋翼合成起来的运动却具有扑翼扑动的特征。

从图 9-6 可以看出,橡筋模型直升机旋翼的两片桨叶,其叶面倾斜方向不同,正好相反,即安装角正好相反;而这种模型的两片旋翼则向同一个方向倾斜,即安装角一致。这样当旋转着的上下两片旋翼由重合位置分别向不同方向旋转的时候,两片旋翼犹如在向同一方向扑动;转到  $180^\circ$  位置上,两片旋翼重合,以后又同时向反方向扑动(见图 9-7)。当这种模型飞行时,远远望去,那两片旋翼就象不断扑打着的鸟翅一样。虽然模型的运动形式和受力状况比较复杂(见图 9-8),但综合作用的结果,飞行起来还是比较平稳的。



图 9-6

### 制作

旋翼式模型扑翼机主要由旋翼、机头、机身和橡筋束四大部分组成。其工作图见图 9-9。

旋翼有上下两片,翼面可用1毫米厚的吹塑纸制作,旋翼轴用 $3 \times 3$ 毫米的桐木条制作。旋翼轴与翼面用乳胶粘合,粘在距桨叶前缘三分之一处。粘合部分应从旋翼根部向尖部逐渐削细,未粘合部分应锉成圆形。注意两片旋翼在模型上装好后,其翼面倾斜方向与模型直升机的两片桨叶不一样,制作时切不可弄错。

机头有支座、旋转轴、垫片等零件。支座用 $6 \times 8 \times 10$ 毫米的桐木块制作,上面要打一个直径0.8毫米左右的孔。支座作好粘在机身上端,并用细线捆牢。旋转轴用曲别针先将一端弯出挂橡筋束用的小钩,然后将另一端穿过机头支座,再穿上三个用薄塑料片剪成的小圆垫片,再按图示形状弯好。

机身用 $320 \times 6 \times 1$ 毫米的桐木条两根粘成“T”字形。为了减轻重量,机身下端要逐渐削细。照图用曲别针弯好挂橡筋束用的尾钩,用细线牢牢地捆在机身下端并涂胶固定。用 $20 \times 3 \times 3$ 毫米的桐木条制作固定下旋翼的翼台,并把它粘在距机头30毫米处。注意翼台要垂直于机身轴线,两侧应用小木片粘结加强。

橡筋束由一根 $1 \times 1$ 毫米的橡筋绕成六股而成,每股长约300毫米。

按图将上旋翼和下旋翼分别用细橡筋捆紧在旋转轴和翼台上。这样模型就制作好了。

### 试飞调整

在对模型进行检查时,主要看上下两片旋翼是否平行,是否垂直于机身轴线。再检查两片旋翼长度是否相等,可先将上旋翼位置尺寸调准,然后将它旋转到与下旋翼同一位置进行比较,如不相等,可松开翼台橡筋进行调整。两旋翼的安装角要相等,应在 $15^\circ \sim 20^\circ$ ,可松开捆旋翼轴的橡筋进行调整。

试飞时,先绕紧橡筋,并用左手拇指、食指、中指从上旋翼下方握住机头和上旋翼轴,此时下旋翼在左手的对面。让机身垂直地面,松开左手,模型便会扑动着旋翼升空而去。如果模型飞得不高或飞行不稳定,而模型的形状尺寸及连接地方又没有什么问题,可适当加大旋翼安装角。

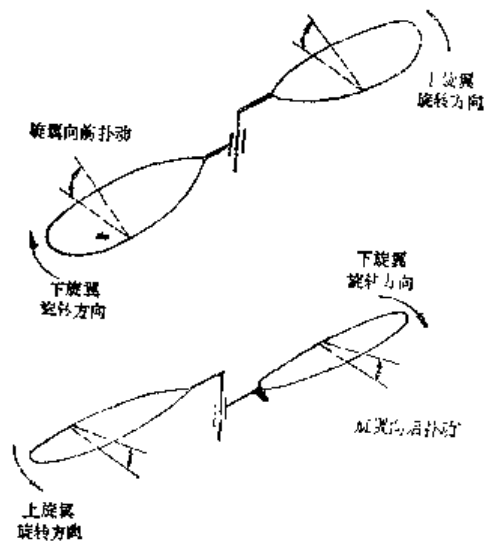


图 9-7

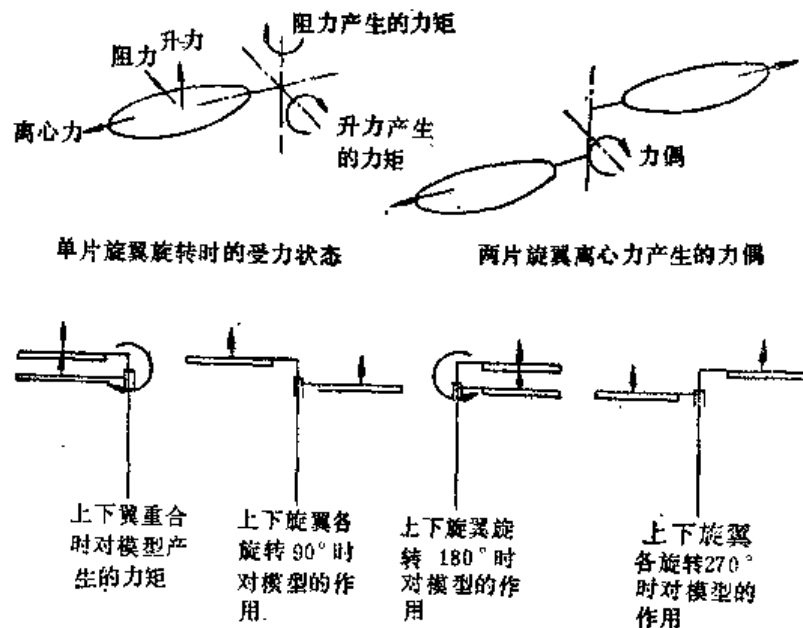


图 9-8

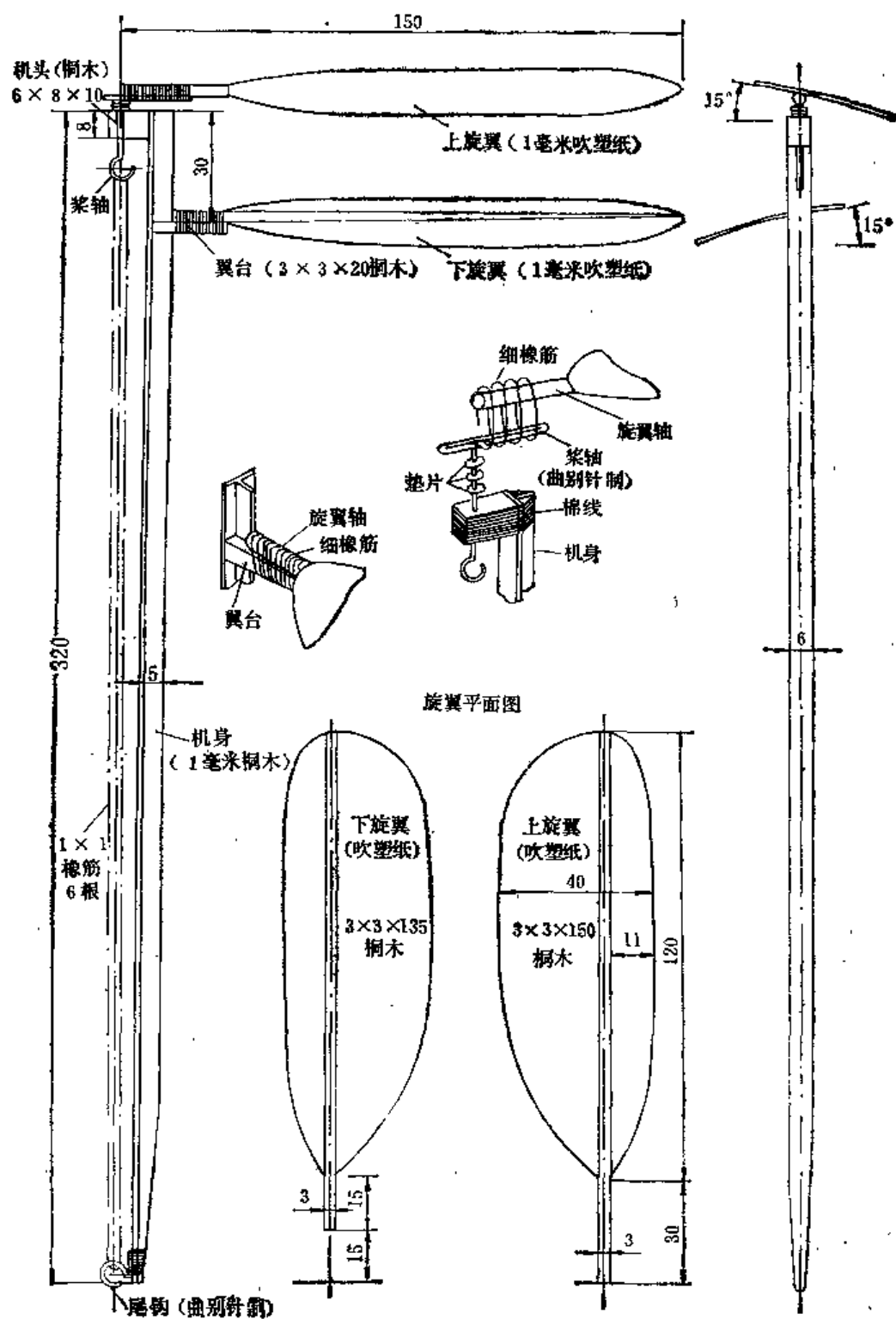


图 9-9

# 室内模型飞机

在航空模型家族中,室内模型飞机是飞行速度最慢、重量最轻的一种。由于它取材容易,制作简单,成本低,飞行场地小(能在教室、餐厅、礼堂、体育馆和机库等室内放飞),因此深受广大青少年和航模爱好者的欢迎。

近年来,室内航模运动普遍受到重视。活动频繁,比赛成绩不断提高。模型的种类日益增多,归纳起来可分为初级、国际级和特种室内模型三大类。

**一、初级室内模型飞机** 这是一种以橡筋为动力的室内模型飞机(如图 10-1)。它

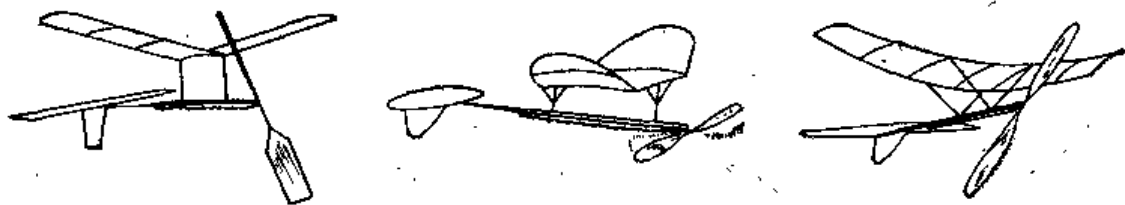


图 10-1

的构造与室外初级模型飞机基本相同,但结构强度较弱。通常采用桐木、麦秆、草茎,电容器绝缘纸、拷贝纸、吹塑纸和橡筋等普通材料制作。按规则要求,模型的翼展不超过 450 毫米,模型重量不小于 3 克,橡筋重量不超过 1.5 克,留空时间在 2~4 分钟之间。

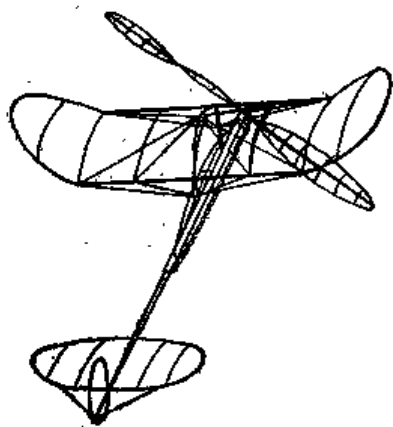


图 10-2

**二、国际级室内模型飞机** 也就是可参加国际比赛的室内模型飞机(如图 10-2),项目代号为 F1D。虽然它也是一种以橡筋为动力的室内模型飞机,但结构比初级模型复杂(一般采用张线加强,制作难度增大,材料必须精心选择)。

通常一架国际级室内模型飞机重量在 1~1.5 克之间,橡筋重量为模型重量的 1~1.3 倍,翼载荷为每平方米 0.1~0.2 克,螺旋桨转速 1~1.5 转/秒,飞行速度 0.2~0.4 米/秒。按照比赛规则:模型重量不得小于 1 克(不包括橡筋),翼展必须在 650 毫米以下;而且根据室内空间高度分为 8 米、15 米、30 米以下和 30

米以上四个等级,分别评定名次。目前国际级室内模型飞机的飞行高度已超过 50 米,留空时间可达 30~40 分钟,世界最好成绩为 50 分钟 41 秒(由美国运动员柯瓦尔斯基创造)。

**三、特种室内模型飞机** 所谓特种模型就是除上述两种模型以外的其他室内模型飞机。这些模型不受规则限制,各式各样。常见的特种室内模型有伞翼模型、鸭式模型、直升模型、水上模型、舱身模型和微动力模型等。

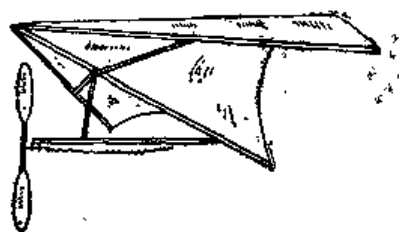


图 10-3

简单地说,室内伞翼模型是一种采用三角形柔性机翼的模型飞机。具有升力面积大,安定性好,制作简单等特点。一般用桐木和麦秆做成骨架,蒙上轻薄的纸蒙皮,再装上螺旋桨和动力橡皮筋便可成功(如图 10-3)。模型重量 10 克左右,留空时间两分多钟。

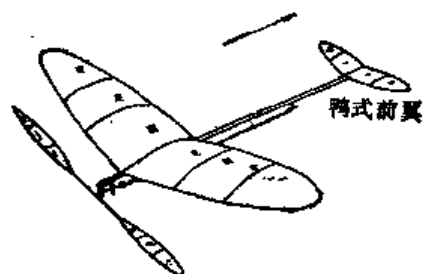


图 10-4

室内鸭式模型是一种尾翼在前,螺旋桨在后的非常规模型飞机(如图 10-4)。飞行时,由螺旋桨产生推力(而不是拉力)推动模型前进。如果不注意观察,还以为它在倒退飞行。它使用的材料和制作方法与普通模型基本相同。

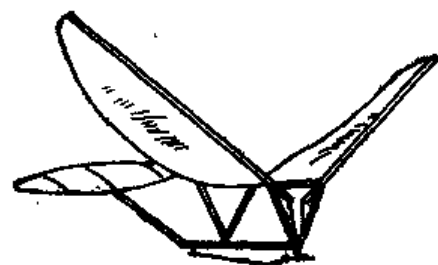


图 10-5

室内扑翼模型的原型应该是自然界的飞行家——鸟类。它的制作、安装与室外扑翼模型相同,但更加小巧(图 10-5)。一般室内扑翼模型飞机的两翼可作上、下  $30^\circ$  的摆动。飞行起来,蹦蹦跳跳,恰似一只刚刚学飞的小鸟。不过这种模型的飞行效率很低,留空时间只有 30~35 秒。

室内模型直升机有好几种。有带平衡机翼的,有不带的;有单旋翼的,也有双旋翼的;有带尾部安定面的,也有不带的。例如:纸飞蝶是我国古代劳动人民根据竹蜻蜓的原理,仿照蝴蝶的外形制作而成的一种模型直升机(图 10-6 中的 a)。在纸飞蝶的基础上,加装可提高垂直飞行安定性的尾部安定面,就成了(图 10-6 中的 b)这样的模型直升机。去掉平衡机翼,在

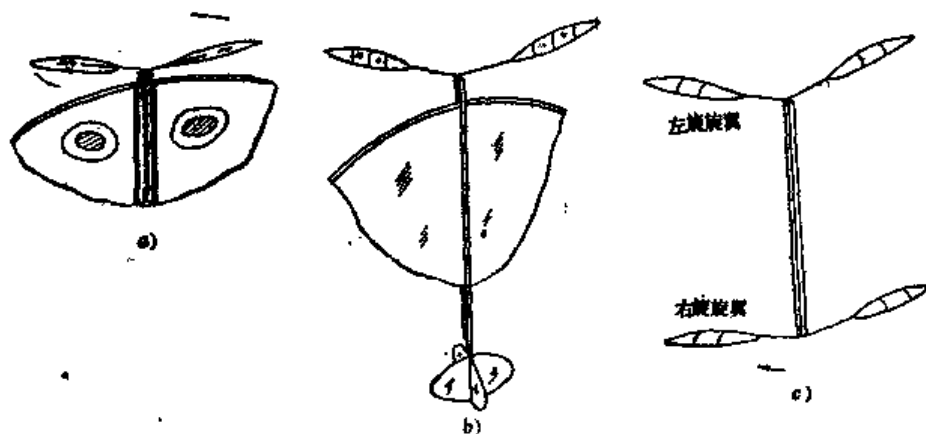


图 10-6

下面加一副旋翼角对称、旋转方向相反的旋翼,就是飞行效果更好的双旋翼模型直升机(图 10-6 中的 c)。

室内水上模型飞机是一种能在室内小面积的水面上起落的模



型飞机。它比一般模型的不同之处是多了一副小浮筒起落架。浮筒的制作并不难,用草茎和薄膜制成一个小船体装上即可。一般在游泳馆或设有专用小水池的室内飞行,尤其是炎夏开展这项活动别有一番情趣。

室内舱身模型是一种采用有舱立体机身的模型飞机。它的机身可用木条、麦秆或草茎制作骨架,然后包上薄膜或纸就行了。由于机身是立体的,动力橡筋可藏于机身之内(如图 10-7)。这样可以减小飞行阻力,外观也有些象真飞机。如果把这种模型设计成升力面更大的双翼机,留空时间可比单翼机更长(如图 10-8)。

微动力室内模型飞机,无论是外型,还是飞行性能都更加接近真飞机(如图 10-9)。它装有起落架和微型动力装置,不但可以在地面滑跑、盘旋降落,还可以作简单的特技飞行。当然,制作难度也会相应加大。目前国外采用的微动力装置,一般为 0.033c.c.、0.1c.c. 或 0.3c.c. 的小型活塞式发动机,国内也有采用微电机或玩具电动机的。采用 0.033c.c. 微动力的室内模型飞机,飞行距离已达 50~80 米。

下面具体介绍三种典型室内模型飞机的制作与调试,并推荐一架国际级室内模型飞机的图纸,以供大家参考。

## § 1 吹塑纸室内模型飞机

使用吹塑纸制作初级模型飞机,结构简单,制作方便,成本低。本文所介绍的这架吹塑纸室内模型飞机,重量不到 1 克(不包括橡筋),用 3~4 个小时就可以制作完成。可在几平方米的小房间内飞行,留空时间约 2~3 分钟。很适合在中、小学低年级学生中开展。

制作一架这样的模型只需适量的吹塑纸、桐木条、胶、一根 170 毫米长的 1×1 橡筋和少许钢丝、铝片等。当然还要准备必要的制作工具和一些辅助材料。

图纸和有关数据见(图 10-10),文图中的长度单位均为毫米。

### 一、模型制作

**机身** 用一根 2×2 的桐木条(或  $\phi 2.5$  的麦秆,或  $\phi 1.5$  的蒙杆)制成。一般不需加工,按机身长度截取即可。

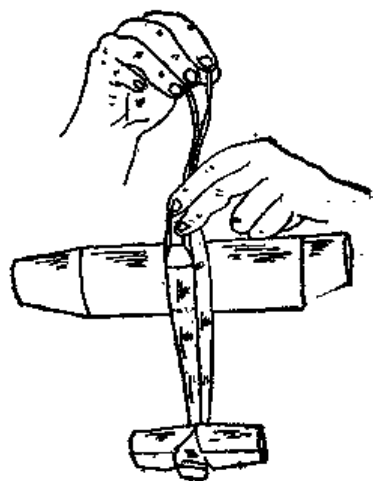


图 10-7

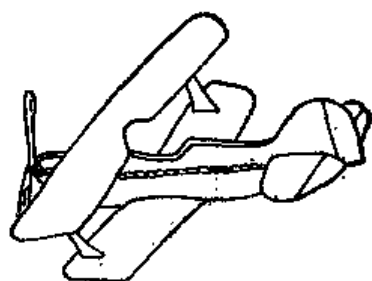


图 10-8

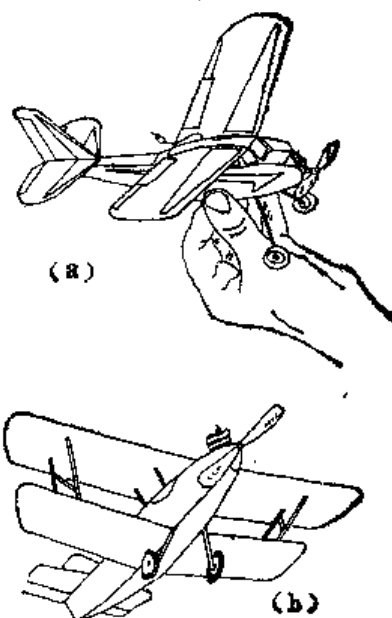


图 10-9

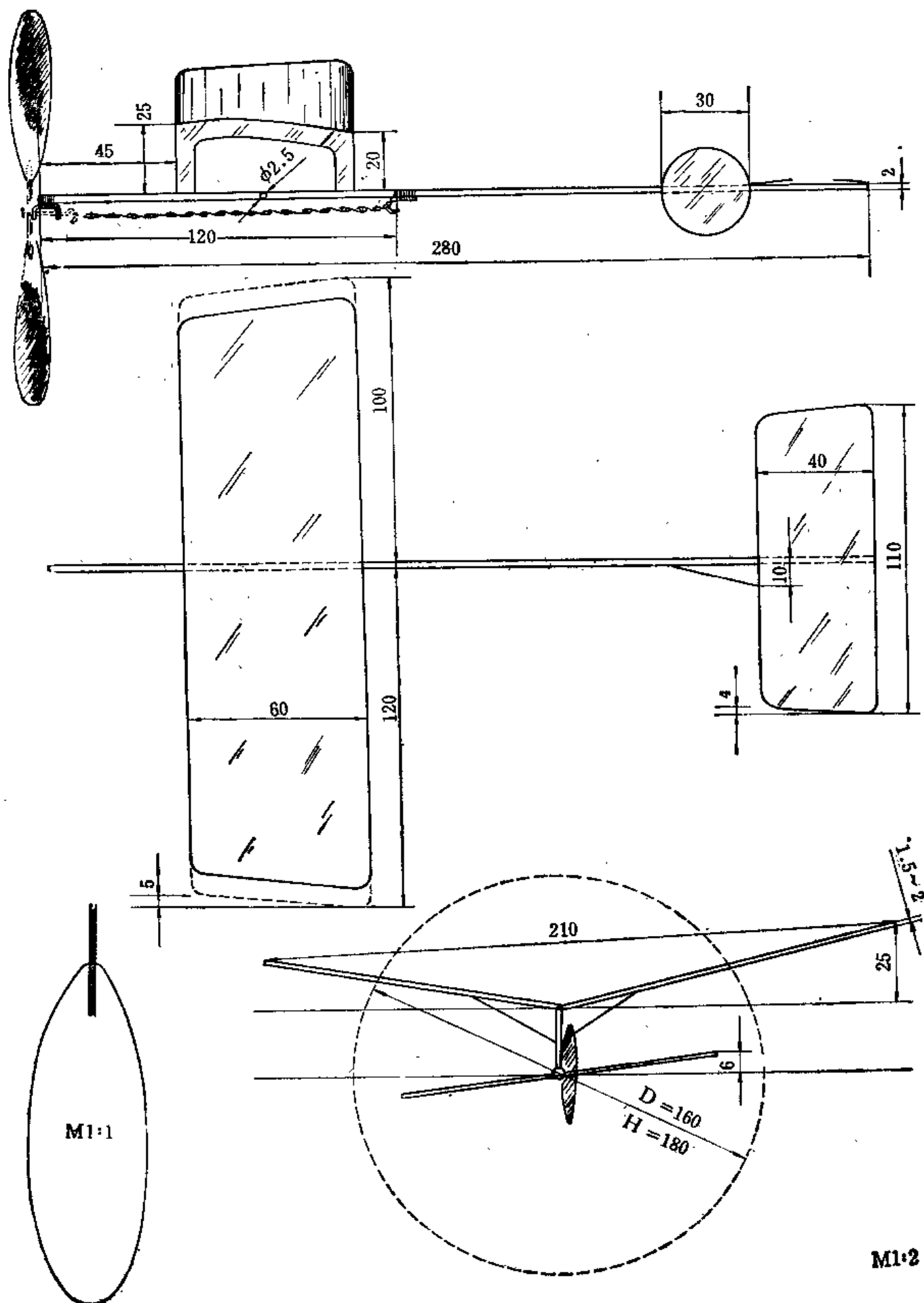


图 10-10

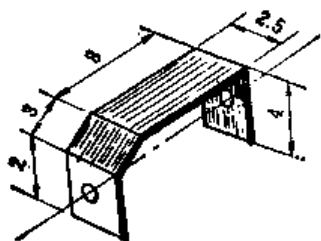


图 10-11

螺旋桨轴支架用厚 0.15 的铝片或铜片做成图 10-11 状,并用线扎牢,涂上胶水固定。

尾钩用  $\phi 0.3$  的钢丝弯成,穿过机身,再将上端向前弯成倒钩插入机身内,用线扎牢,涂胶固定(如图 10-12)。

**机翼、水平尾翼及垂直尾翼** 都采用单层吹塑纸,用 1 号砂纸顺纹磨薄(越薄越轻),再用零号砂纸或水砂纸打光。然后剪成机翼、水平尾翼和垂直尾翼的平面形状(注意纸纹应沿机翼展向)。把机翼、水平尾翼用线或布条绑在直径为 80~130 的搪瓷杯(或其它器皿)外面,内装  $80^{\circ}\sim 100^{\circ}\text{C}$  的水,加温 3 分钟取下,凹凸型翼面就做成了(如图 10-13)。在机翼上反角对接处都剪成弧形,再用乳胶粘牢(图 10-14)。

**翼台** 可用桐木条、蒙杆皮或双层吹塑纸制作。用桐木制作时,支柱用两根长度分别为 25 和 20 毫米的  $1\times 1$  桐木条,斜撑用四根长度为 30 毫米的  $0.7\times 0.7$  的桐木条,按图 10-15 所示胶接而成。用双层吹塑纸做更简单,为了减轻重量可挖去中间部分(如图 10-16)。

**桨叶** 用 0.5 桐木磨成 0.3,按样板准确加工后,再用 25 瓦外热式电烙铁按(图 10-17)所示的 1~5 条线,逐点加温,直至弯成所要求的弧形。桨叶也可用单层吹塑纸制作,按样板加工后,绑在水杯外面,内装  $80^{\circ}\sim 100^{\circ}$  的水,加温 3 分钟后桨叶做成(图 10-18)。

**桨毂** 用一根 60 毫米长的  $2\times 2$  桐木条,沿对角方向将两端削成  $45^{\circ}$  斜面(见图 10-19)。然后用胶将两片桨叶分别对称地胶接在两端的  $45^{\circ}$  斜面上。

**垫片** 使用垫片的目的是为了减小螺旋桨与桨轴支架的摩擦。一般用薄铝片或塑料片制作,数量为两片。



图 10-12

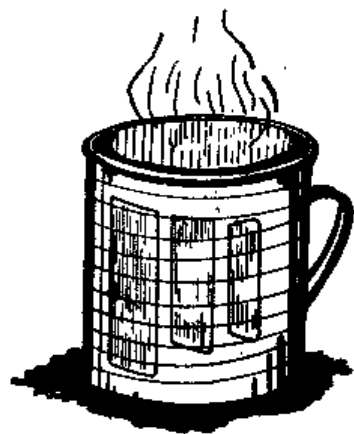


图 10-13



图 10-14

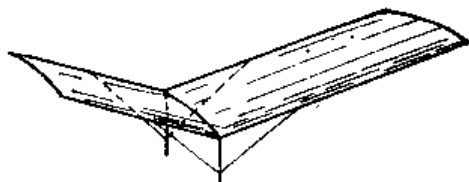


图 10-15

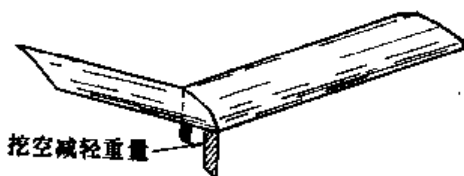


图 10-16

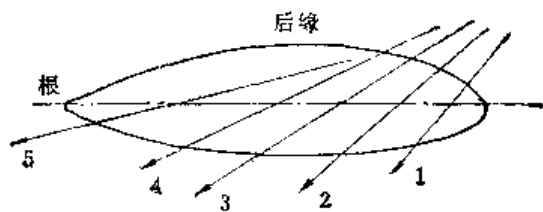
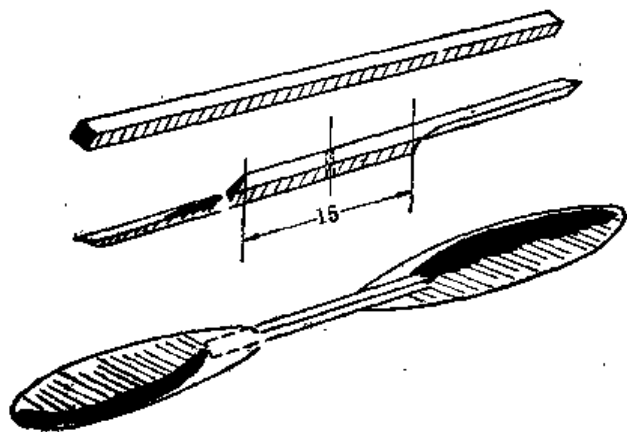


图 10-17



\* 图 10-19

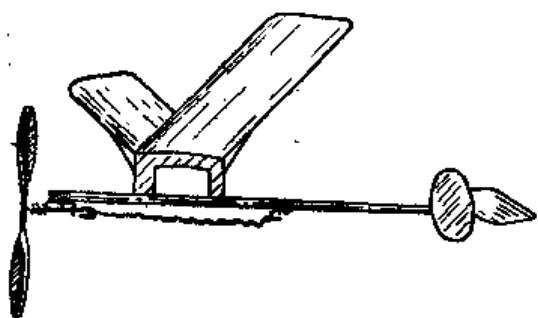


图 10-21

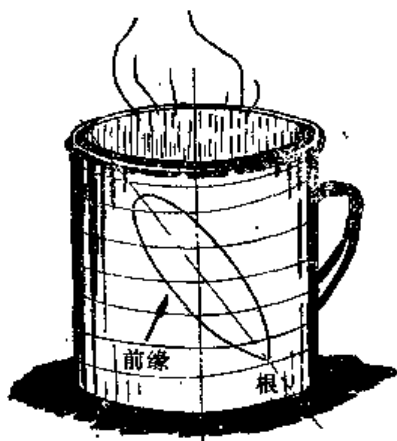


图 10-18

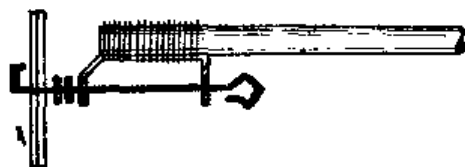


图 10-20

**桨轴** 用  $\phi 0.3$  钢丝穿过桨轴支架, 套上两个垫片, 再穿过桨毂后, 弯成倒钩扎进毂身内, 用胶水粘牢。另一端弯成钩状即可 (如图 10-26)。

各部件做好以后, 下一步就是总装配。总装时, 先在距机头 40 毫米和 97 毫米处分别打一个  $\phi 0.6$  的小孔, 将翼台插入孔内 (注意长的为前翼台, 短的为后翼台), 用胶固定。然后胶接水平尾翼和垂直尾翼。需要说明的是, 用麦杆或蒙杆做机身时, 必须用刀子将外皮去掉, 不然胶水无法粘牢。再有, 若  $2 \times 2$  桐木不能打孔, 可将翼台胶接在机身左侧。

装好各翼面后, 取一根长 150~180 毫米长的  $1 \times 1$  橡筋, 在两端各结一个小环, 分别挂在桨轴钩和尾钩上 (见图 10-21)。

## 二、调整试飞

试飞以前, 先检查模型各部分的制作和装配是否准确。该模型飞机按照设计要求: 左机翼应比右机翼长 20 毫米, 机翼前缘比后缘高 5 毫米; 水平尾翼正相反, 后缘要比前缘高 2 毫米; 垂直尾翼呈左舵。螺旋桨的静、动平衡都要好。

检查完了, 就可以将橡筋绕 300 转左右, 进行小动力飞行。小动力飞行的正常情况是模型出手后稍有爬升趋势, 能以 1.5~2 米的半径作水平盘旋。倘若出手后向下俯冲, 可将平尾后缘向上扳一点 (如图 10-22 所示位置, 扳动时用力要均匀、柔和); 倘若出现相反现象, 则向下扳。如果有左倾斜下降现象, 可将左机翼外段后缘向下扳 (见图 10-23)。

小动力飞行后, 将橡筋绕到 600~700 转 (绕时, 要将橡筋拉长三倍左右), 进行中等动

力飞行, 然后进行大动力飞行。在作大动力飞行时, 模型出手前应让螺旋桨空转 100 转左右, 以免动力过大转动不稳定而

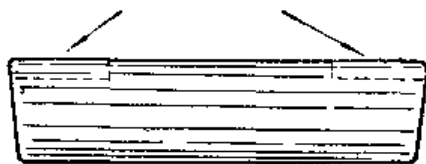


图 10-22



图 10-23

拉翻模型, 影响正常飞行。试飞时, 如果不能按照设计要求作左盘旋飞行而作直线飞行的话, 可将垂直尾翼后缘往左扳一点, 以增大左舵量。

## § 2 蒙纸室内模型飞机

制作过简易的吹塑纸室内模型飞机之后, 就可以制作难度大一些的室内模型飞机, 以便逐步向制作高级模型飞机过渡。

这里介绍的是一架蒙纸的初级室内模型飞机。使用的材料有桐木条, 轻型电容器纸 (比重为 0.06 至 0.09 克/平方分米)、1.5 克左右的橡筋和胶水、细钢丝等。加工工具为尺、刀、锉、大头针、钳子和砂纸等。还要准备一些象样板纸这样的辅助材料。

该模型的设计图纸和有关数据见图 10-24, 重量 3.5 克左右, 飞行高度 12~15 米, 留空时间 4~5 分钟 (以下文图中的长度单位均为毫米)。

### 一、模型制作

**机身** 用一根长 440 毫米的  $2 \times 5$  桐木和一根长 255 毫米的  $1 \times 4$  桐木条, 胶合成“ $\perp$ ”形状。然后做两个长 5 毫米、内径为  $\phi 1.3$  的纸翼台支柱套管, 分别用胶粘在距机头 60 毫米和 190 毫米的机身左侧, 以便安装机翼 (见图 10-25)。

螺旋桨轴支架用一块厚度为 0.4 毫米的铝片制成。制作过程和具体数据见 (图 10-26), 先打孔, 给其中一孔的侧面开缝 (开缝的目的是为了便于桨轴的装卸)。然后用钳子弯成“U”形, 在中边段绕上少量棉线, 涂上胶粘在机头下方, 再用细线将其捆紧, 涂上胶水固定。

尾钩用  $\phi 0.3 \sim 0.4$  的钢丝制成, 制作方法同上, 安装在距机头的 250 毫米处。

桨轴支架和尾钩安装好后, 为了减轻机身的重

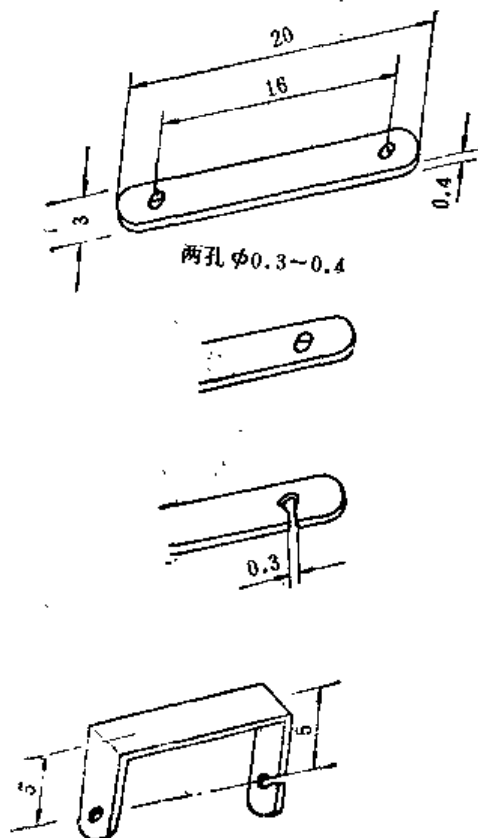


图 10-26

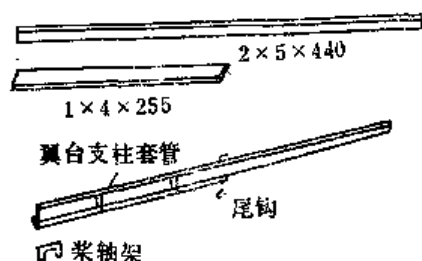


图 10-25

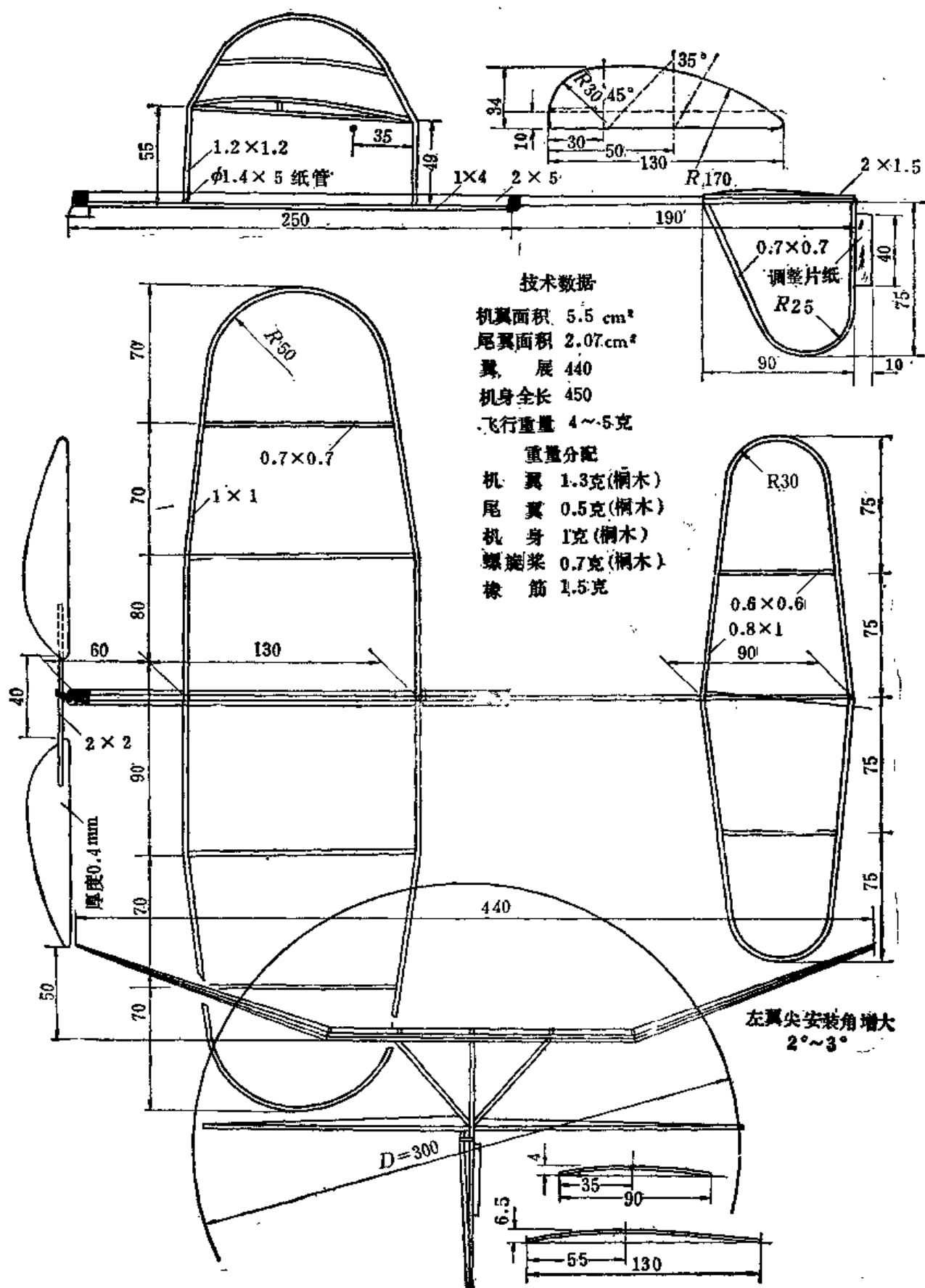


图 10-24

量,可将尾钩至尾端的机身削成楔状。削制时,务必保证截面形状从  $2 \times 5$  到  $2 \times 1.5$  的平滑过渡,不能有台阶和伤痕,不然就会影响后机身的强度。

**机翼、水平尾翼和垂直尾翼** 在制作各翼面之前,事先应该用  $0.7 \sim 1$  毫米厚的纸板或木片按照图纸制成样板。样板的外形尺寸要略小于各翼面的实际尺寸,具体数量为前、后缘条加样板等于翼面实际尺寸。在样板上还要开一些三角形的缺口,以便前、后缘与翼肋的胶接(见图 10-27 左)。

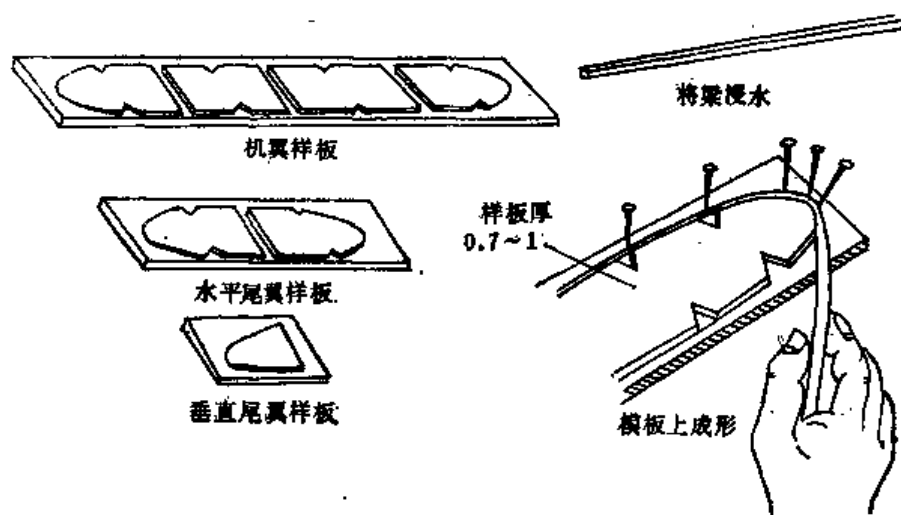


图 10-27

机翼的前、后缘用  $1 \times 1$  的细木条制作。为了便于弯曲,木条必须先在水中浸泡,然后沿样板边缘弯曲。并一边弯,一边用大头针定位。待缘条晾干定型后,机翼的外轮廓就构成了(见图 10-27 右)。

制作翼肋也要先准备样板,但翼肋样板的制作比机翼简单,只要将一边切成翼型弧线就可以了。然后根据此样板将桐木片切制出一条一条宽度为  $0.7$  毫米的翼肋(见图 10-28),分别胶接在机翼的前后缘条上。

在这里需要说明的是该模型的左机翼比右机翼长  $10$  毫米,翼尖安装角也大  $2^\circ \sim 3^\circ$ 。这种设计是为了使模型在小半径左盘旋飞行时,具有足够的横侧恢复力矩,以保持平稳而不发生左旋下坠的现象(图 10-29)。同时也希望大家在制作机翼时,注意两者之间的差异。

上反外翼段的制作见图 10-30。在距翼尖  $140$  毫米处,将前、后缘切断(断头呈斜面),再把翼尖垫高  $50$  毫米,分别用胶将前、后缘接起来,待干。

**翼台** 为了使室内模型在低速飞行时具有良好的安定性,大多数都采用高翼台、上单翼的布局形式。本模型的翼台高度,前缘为  $55$  毫米,后缘为  $49$  毫米。前、后翼台均为三叉形,由三根  $1.2 \times 1.2$  的桐木条制成。翼台做完以后,上端涂胶,分别用大头针钉在机翼装配型架的前后端,然后与机翼前后缘胶接牢。这样

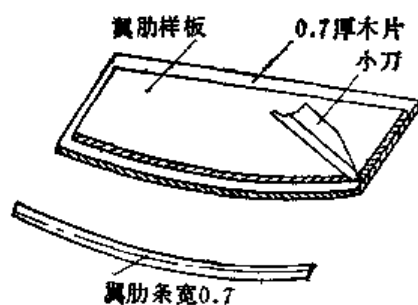


图 10-28

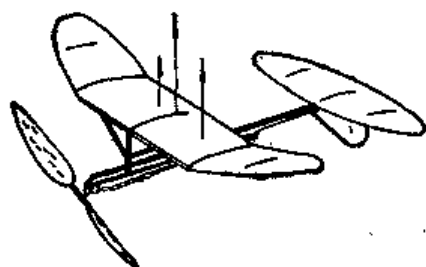


图 10-29

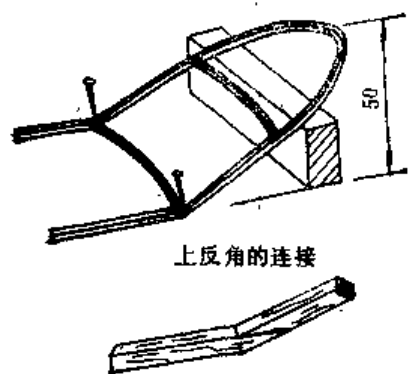


图 10-30

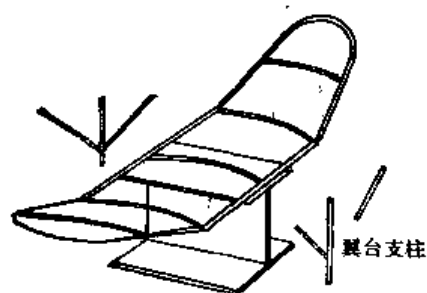
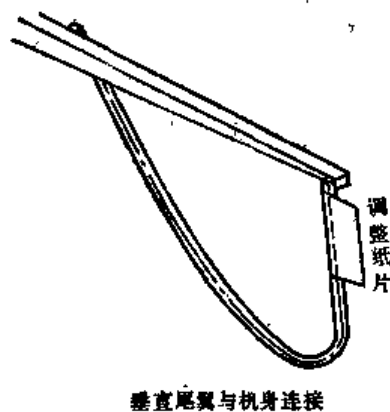


图 10-31



垂直尾翼与机身连接

图 10-32

叶做好后,分别将其对称地胶接在桨毂两端的  $45^\circ$  斜面上。最后,按图 10-35 所示的方法检查一下,看是否符合要求。

桨轴用  $\phi 0.3 \sim 0.4$  的钢丝制作。钢丝的一端穿过桨毂中心,弯成倒钩钉入桨毂内,用线捆紧,涂胶固定;另一端用钳子弯成三角形(留缺口)的橡筋挂钩(见图 10-36)。安装螺旋桨时,为了减小相互之间的摩擦力,可在桨轴与桨轴支架间套一个  $\phi 0.2 \sim 0.3$  的赛璐珞片滑管。

**蒙纸** 在给模型蒙纸之前,首先要选择质地好、轻、薄,而又不漏气的纸。如用电容器

做比较方便,也容易对接准确(见图 10-31)。翼台支柱的下端,分别插入前机身的套管内。插接时必须保证支柱与机身轴线垂直。

水平尾翼和垂直尾翼的制作方法与机翼相同,但为了减轻模型尾部的重量,可用  $0.7 \times 0.7$  的细木条制作。水平尾翼安装在机尾上部,用胶固定。垂直尾翼为下垂尾,安装在机尾之下,而且为了有一点左舵量,有意将前缘粘在机身右侧,后缘粘在机身左侧(见图 10-32)。此外,为了便于调整,在垂直尾翼的后缘粘一块  $10 \times 40$  平方毫米的薄纸片,称之为调整片。将调整片偏转适当角度,即可调整飞行半径。

**螺旋桨** 螺旋桨由桨叶、桨毂和桨轴组成。桨毂采用一根长 100 毫米的  $3 \times 3$  桐木条制作,两端沿对角线削成  $45^\circ$  斜面(见图 10-33)。

桨叶用厚度为 0.4 毫米的桐木片或泡沫塑料纸制作。具体方法是这样,先找一个直径为  $80 \sim 100$  毫米的柱形瓶子,再把浸过水的叶片用布条或橡筋斜捆在瓶子表面。叶片的两端约在瓶子的  $43^\circ \sim 45^\circ$  弧面内(见图 10-34)。两个桨叶的扭曲角度要求相同。桨

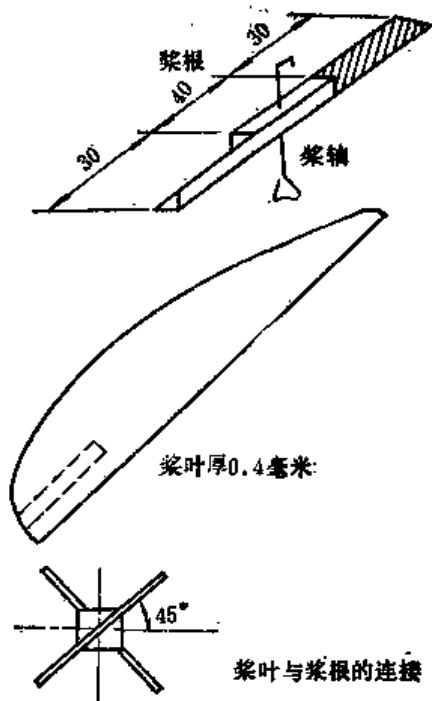


图 10-33

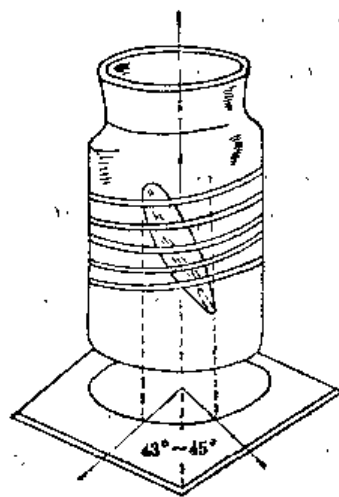


图 10-34



绝缘纸,则以比重为 0.03~0.06 克/平方分米的薄型纸为最好。然后分别给各翼面蒙纸。

蒙机翼时,先蒙机翼中段,后蒙两翼尖(见图 10-37)。

中段和翼尖蒙纸的结合处,也就是中段平直机翼和外段上反机翼连接的地方。在这里,相互搭接的宽度不要超过 1~1.5 毫米。此外,凡是与蒙纸有接触的地方都要涂上胶水或浆糊,尽量少而又要粘得上;将纸贴在骨架上时,要做到用力均匀,松紧适当;切忌在蒙纸上喷水或涂硝基涂布油,否则会使翼面扭曲,严重的还会报废(因为室内模型骨架细弱,刚度差)。

其它翼面的蒙纸方法完全与机翼相同。

模型飞机的各部件制作并安装结束以后,就可以装动力橡筋。本模型采用长度  $L = 37.2$  厘米、伸长倍数  $M = 9$  的  $1 \times 1$  橡筋(四股)或  $1 \times 2$  橡筋(两股),总重量 1.5 克左右。橡筋两端按图 10-38 所示的方法打成结,备用。

使用前,可按如下公式估算一下橡筋的最大可绕转数:

$$N = \frac{0.283LM^{3/2}}{\sqrt{S}}$$

式中的  $S$  为橡筋束的截面积。上述橡筋的最大可绕转数  $N$  为 1432 转。再将橡筋拉长 3~4 倍,用手摇钻分别绕到 0.5N、0.7N 和 0.8N 转,看有无断裂情况,如果没有,证明橡筋是好的。

使用时,将橡筋束的一端挂在桨轴钩上,另一端挂在手摇钻钩上(见图 10-39)。绕之前,要将橡筋拉长 3~4 倍,绕到 0.6N 转后开始渐渐缩短橡筋的长度,直到绕到所需的转数为止。然后将其从手摇钻上取下,挂在尾钩上。挂钩时要防止脱手,否则会打坏机翼和螺旋桨的。

## 二、调整试飞

试飞以前必须对制作好的模型飞机进行一次全面的检查,然后可进行手掷试飞。

**手掷试飞** 是用手将模型飞机掷出,让其滑翔。并留心观察模型滑翔时,是否有头轻、头重和过急地左右盘旋的趋势等。如果头重,可将翼台前柱从纸套管中拉出一点,以增大机翼的安装角(增加抬头力

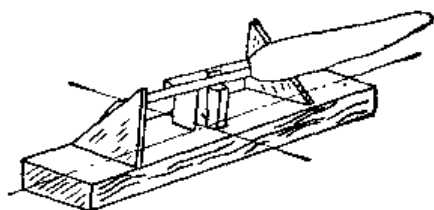


图 10-35

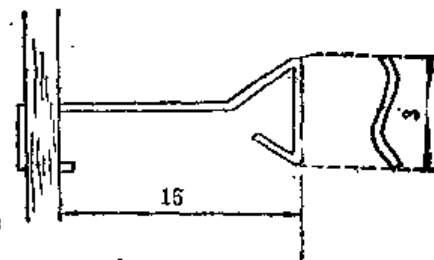


图 10-36

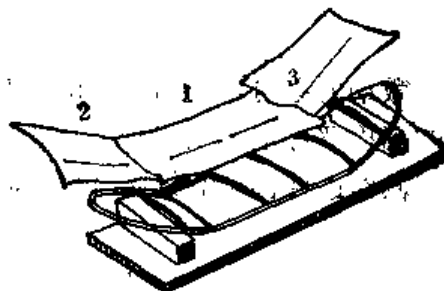


图 10-37



图 10-38

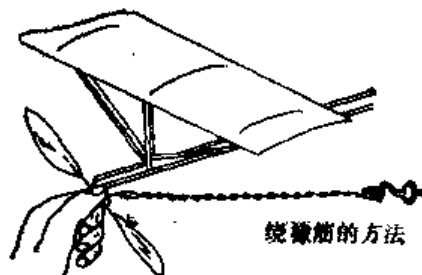


图 10-39



图 10-40

矩);如果头轻,则将翼后柱从纸套管中拉出一点,以减小机翼安装角;如果左盘旋半径太小或太大,可扳动垂直尾翼后缘的调整片增大或减小舵偏量。正常的飞行情况是模型出手后平稳地滑翔,并出现微微左倾的趋势(如图 10-40)。

**动力试飞** 初次进行动力试飞,一般只将橡筋绕至 0.3N 到 0.4N 转(小动力试飞)。正常情况是模型放出后,平飞一段距离,有微微的盘旋趋势。

随后将橡筋绕至 0.6N 转,进行中等动力试飞。此时模型将出现爬升姿态,并能作半径为 5~7 米的左盘旋飞行。而且根据场地的大小,调整调整片的偏角,可获得不同的盘旋半径。

此外,为了使室内模型在有限的室内获得较长的留空时间,应尽量将模型调整到最佳状态,使之在开始飞行时爬升角不大,否则一下子就碰到天花板了。同时也可以改用小截面橡筋或减少橡筋条数,将其绕至最大可绕转数(N 转),以延长动力飞行的时间。

### § 3. 微动力室内模型飞机

微动力室内模型属于特种室内模型飞机。下面将要介绍的是一架用微型电动机做动力的圆筒飞行室内模型。

制作这种模型的机体,仍为桐木、薄纸、胶水和钢丝等,但动力装置不再是橡筋,而是

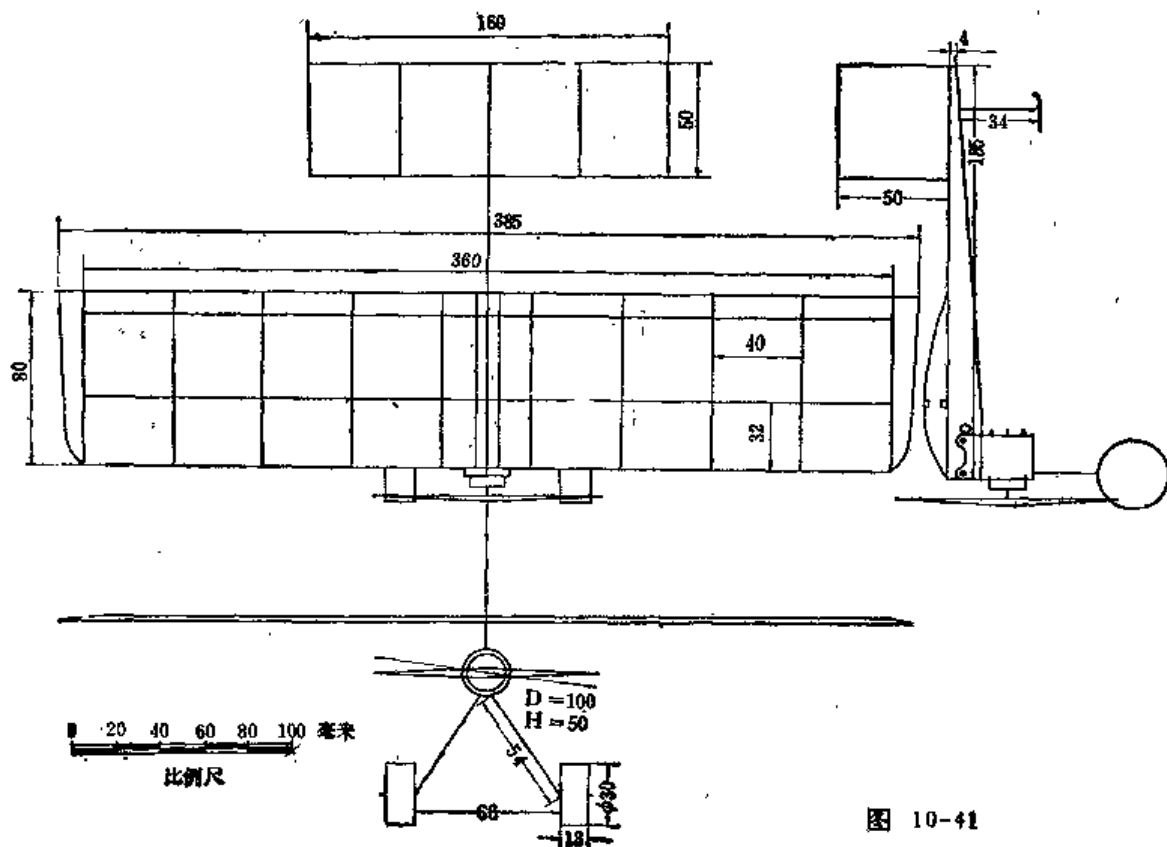


图 10-41

小型电动机,此外还有一套较为复杂的供电系统。全机重量 36 克左右,制作工具同上。

图纸和简单数据见图 10-41,文图中的长度单位均为毫米。

### 一、模型制作

**机身** 用一根 185 毫米长的  $3 \times 15$  桐木板制作,尾部削成斜面(尾截面为  $3 \times 4$ )。然后做两个小竹销,钉在机翼前后缘对应位置的机身两侧(要穿过去),以便固定捆绑机翼的橡筋,称为橡筋销(图 10-42)。

**机翼、水平尾翼和垂直尾翼** 机翼的翼型如图 10-43,用 0.75 毫米厚的桐木,根据样板制成 13 片翼肋。前缘和中间的上、下梁均为 360 毫米长的  $2 \times 2$  桐木条制作;后缘用 385 毫米长的  $0.75 \times 10$  桐木片制作。然后将翼肋、前后缘和上、下梁胶接成机翼骨架。骨架做完后,在左机翼内部布置两根  $\phi 0.3$  的钢丝(如图 10-44),引出端(即从翼尖引出的一端)将与供电系统连接,另一端(即从翼根引出的一端)将与机头电机的正负极连接。机翼蒙皮一般为棉纸或薄白纸即可,蒙法与上述相同。

水平尾翼和垂直尾翼,均用  $2 \times 2$  的桐木条制作成平板式构架;然后固定在机身尾部的相应位置上,再蒙上纸即可。

**动力装置** 可用 WYZ-131 型电动机,也可用类似的玩具电动机。要求是容易启动、噪音小(因为模型将在室内飞行)。

**电动机支架** 用一块平面尺寸为  $17 \times 24$  的薄铁片制作,形状为“U”形。其底部必须与电动机牢固地焊接在一起;两侧分别钻两个直径为  $\phi 3$  的孔,用螺钉紧固在机身上。装配时,一定要保证动力装置的拉力线与机身纵轴平行,平行线在机身正下方的 25 毫米处。

**螺旋桨** 用  $4 \times 12$  的桐木制作,长度为 100 毫米。正面和侧面样板见(图 10-45),制作方法与前面介绍的动力模型相同。

**起落架** 用  $\phi 1$  的钢丝做支柱,上端焊接在电动机的底部外壳上,下端往外弯成一定的角度后就成了轮轴。轮子直径为 30 毫米,厚为 13 毫米,用包装用泡沫塑料制作。轮心轴套用薄铁片卷成,大小为刚好让轮轴活动即可。还可在轴套的两端各焊一块圆环铁挡片,焊接时要注意。如烙铁接触时间过长,就会损坏泡沫机轮(见图 10-46)。

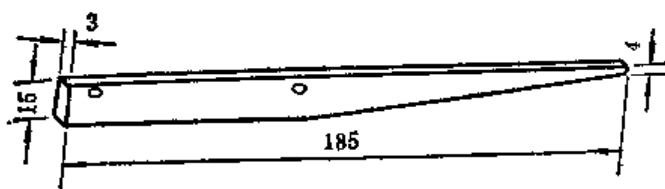


图 10-42

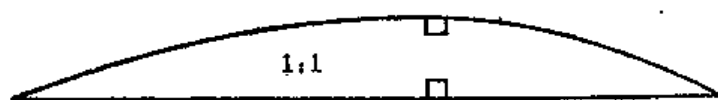


图 10-43

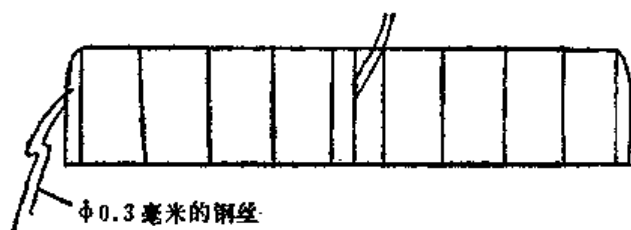


图 10-44

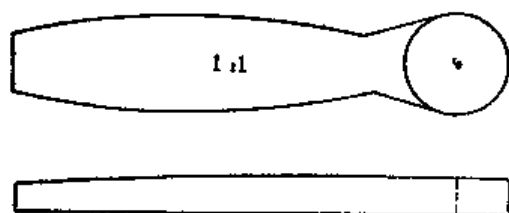


图 10-45

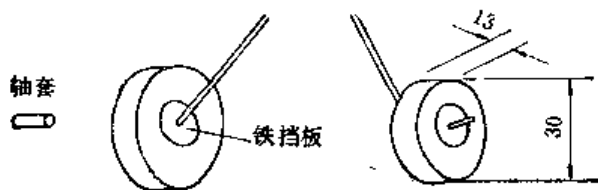


图 10-46



图 10-47

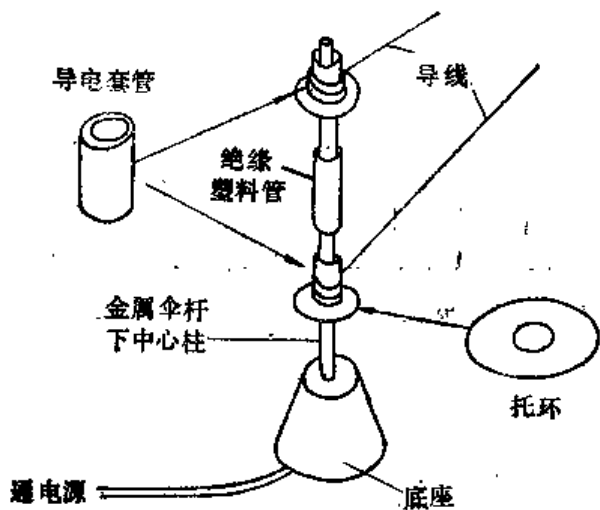


图 10-48

**尾撑** 用  $\phi 0.5$  的钢丝制作, 上端插入机身尾部的正下方, 下端向后弯成钩状 (见图 10-47)。

模型各部件制作结束以后, 便可以开始装配。先用  $1 \times 1$  的橡皮条将机翼固定在机身上 (安装角先装为零度); 再将从机翼中间引出的两根线焊接在电动机的极板上; 然后在电动机轴上绕上少许棉线, 涂上万能胶, 将螺旋桨装上去。装好螺旋桨后, 可通电试验一下 (用一节 1 号电池即可), 查看螺旋桨转动是否正常? 若桨叶不在同一平面内旋转, 可用手纠正。

供电系统本不属模型本身的制作范围之内, 但弄不好可影响飞行, 乃至使飞行无法进行。该模型的供电系统如图 10-48 所示, 利用一些废旧材料制作。主要由底座、下中心柱、绝缘塑料管、上中心柱、托环和导电套管组成。

底座为一圆锥形, 高 50 毫米, 底部直径 250 毫米左右, 固定在场地中央。

下中心柱高 700 毫米, 用金属伞杆制成。下端固定在底座上, 中间焊一个圆托环 (托环内径略比中心柱大, 宽度 3 毫米左右, 主要起支托导电套管的作用), 托环上再套一个导电套管。

导电套管可用内径略大于中心柱的弹壳制作 (以转动自由为宜), 管长 10 毫米左右。在管壁外焊一根  $\phi 0.3$  的钢丝 (必须将钢丝焊一圈, 再绕上 2~3 圈, 以保证接触良好), 引出端将与模型上的导线连接。

下中心柱之上是上中心柱, 高 30 毫米, 用相同的伞杆制作, 其上的托环和导电套管与上述相同。在上、下中心柱的内壁各焊一根包绝缘体的导线, 分别通向电源。两柱之间可用一段刚好能套进伞杆的塑料笔杆连接。配合要紧, 主要起连接和绝缘作用。

该模型所采用的是可调电压的直流电源 (幅度在 2~8 伏之间), 普通交流电源, 必须经过整流调压后才能使用。

模型和供电系统全部制作结束以后, 取两根 0.85 米长的  $\phi 0.3$  漆包线将二者连接起来, 具体来说是连接导电套管上的钢丝和左翼尖上的钢丝。注意, 漆包线两头的漆皮要去掉, 连接要牢靠。在这里附带说明一点, 由于本模型飞行时主要作盘旋运动 (不能作其它的复杂飞行), 因此这两根连接线 (即输电线) 也就是控制线。希望大家在连接时一定要连接好, 因为它有输线和控制线双重任务。

## 二、调整试飞

按照一般规律,试飞前要对模型进行全面地检查,如果没有发现问题,先将电源电压调至 2 伏后接通,看螺旋桨是否转动,转动方向是否正确?如果不转,先检查电源,后检查导线是否连接好;如果转动方向反了,一般来说是电源线接反了,相互调换一下就可以了。

第二步,将电源电压调至 4 伏接通。这时,如果模型飞机能沿圆形轨道滚动前进,便将电源电压升到 6 伏。一般来说在这种情况下,模型飞机就可以飞起来了。若再飞不起来,可将电源电压加至 7~8 伏后再试。

模型飞机飞起来以后,如果出现波状飞行(即头轻或头重),可以挪动起落架或电动机的前后位置;也可以参照前面介绍的方法,调整机翼的安装角等。

最后,如果需要终止飞行,只要关闭电源就可以了。一般来说本模型飞机在各种情况下都能安全降落,这就保证了模型不容易损坏,从而延长了使用寿命。

## § 4. 国际级室内模型飞机

在室内模型飞机中,国际级室内模型的制作难度比较大,精度也比较高。本文对这种模型不作具体的介绍,而只给大家推荐一张图(图 10-49)。

这是一架罗马尼亚室内航模运动的名手奥莱尔使用过的室内模型飞机,他曾用该模

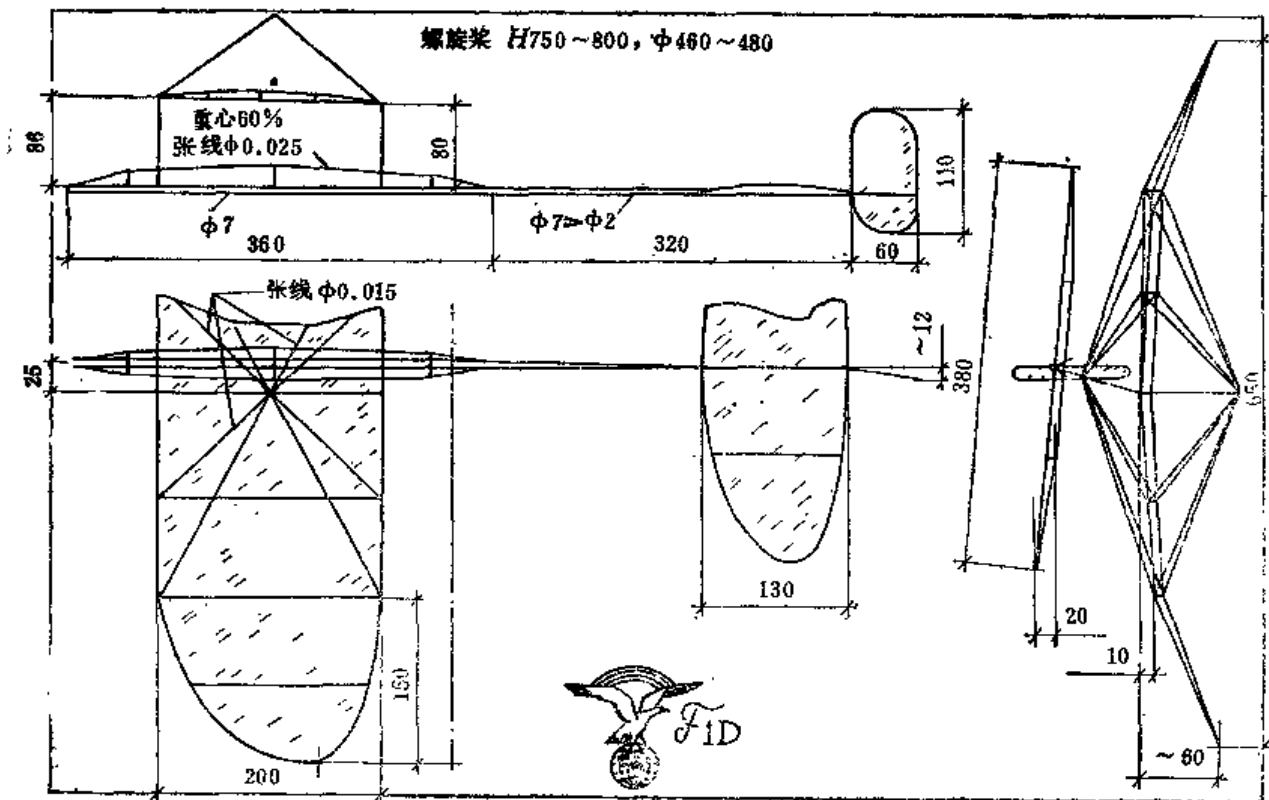


图 10-49

型飞机获得过一九八二年世界室内航空模型锦标赛的冠军。在六轮飞行中,最好两轮的飞行成绩(留空时间)是 33 分 04 秒和 36 分 56 秒。一般规定,比赛飞六轮,取其中最好的两轮之和为比赛成绩。因此,奥莱尔的飞行总成绩是 70 分钟。据介绍,这架模型飞机的重量为 1.05~1.1 克(不包括动力橡筋),一般正常飞行的留空时间是 35~37 分钟。

该模型的主要尺寸见图。图中的长度单位均为毫米,  $H$  表示螺旋桨的螺距,  $\phi$  代表直径。

## 结 束 语

航模制作是一项富于创造性的活动。书中介绍的十类模型飞机,仅仅是千千万万模型飞机中的极小部分。虽然数量不多,但愿它能引起您对蓝天、对飞行的热爱。近年来,通过广大航模爱好者的共同努力,航模运动不仅有了迅速的发展,达到了更新的水平,而且还创造出了许多新颖的模型飞行器,如模型火箭、模型航天飞机、模型气垫船、模型帆翼机、模型伞翼机和模型飞碟等。更令人可喜的是,航空模型逐渐与祖国的四化建设密切地结合了起来,并正在发挥越来越大的作用。例如,用模型飞机灭虫、施肥和进行空中摄影,用航模靶机训练民兵和高炮部队,用模型火箭驱云防雷和架设电线等。我们衷心地希望有更多的青少年投身到航模制作活动中来,并把自己的一切献给祖国的航空、航天事业。