

特价版素质教育书库

动脑动手篇

航空模型教材

汪普年 编著



中国少年儿童出版社

序

《航空模型教材》问世了。我想，在当今时刻，它不仅具有普及科学知识的意义，还有特殊的时代意义。

少年儿童是祖国的未来，科学的希望。培养有理想、有道德、有文化、有纪律的社会主义公民，提高整个中华民族的思想道德素质和科学文化素质，必须从少年儿童抓起，必须从引导少年儿童开展有意义的实践活动抓起。

我们都想把少年儿童培养成 21 世纪的主人，问题是如何培养出适应时代要求的一代新人。广大的教师、家长，都面临着当代教育改革的挑战，都在探索着改革陈腐的教育观念，使教育真正面向现代化，面向世界，面向未来，从长远的目标着眼，从少年儿童的心理、智能实际情况出发，推动有益的教育活动。

科技活动已证明是课堂教育的补充、扩大和发展。尤其航模设计制作活动，它符合少年儿童好奇、好动、好胜的心理特征，活泼新颖，又富有时代气息，对少年儿童富有强烈的吸引力。通过航模活动，将使少年儿童接触到广阔的知识领域：从空气动力到材料结构等有关知识；从加工工艺到调整试飞等有关技能；从现实飞机到新型飞机的创造构思。航模活动的动手又动脑的特性，将带来很多可贵的特殊教育效果。少年儿童在实践活动中获得积极的情感体验，或通过自己的发现而享受创造的喜悦，或在克服困难获得成功中体察到自身的价值和满足感，这些无疑有利于培养少年儿童的自主、自立、自信、自强、自律等优秀的个性品格。尤其针对当前教育上存在的弊端和独生子女的现实情况，更具有它特殊的现实意义。

航模活动的实践性，不仅带来智能上的发展，而且有助于少年儿童树立远大的理想。少年儿童为了制作出一架预想的模型飞机，必须按客观规律办事，建立起科学的、求实的思想方法；必须有坚定的意志和顽强的毅力，经受困难和挫折的考验；必须善于群体相处，善于学习别人的长处，建立起集体主义观念。在小小的航模兴趣小组活动中，会逐步学会正确的观察和分析，逐步提高思辨能力和认识水平，从而萌发出高尚的、理性的、为人民服务、为科学献身的远大理想和事业心。

千里之行始于足下，少年朋友们，希望你们能用好这本教材。别看这里仅是一些浅显的航空模型资料，但它将引导你走向科技制作活动的大门，也将引导你爱科学、爱劳动，培养起善于动脑、动手和勇于进取的好品质，使自己德、智、体、美、劳全面发展，时刻准备着，为祖国美好的明天，为 21 世纪做出贡献！

张泰昌

1992 年 6 月

一 怎样使用这本教材

(1) 这是一本少年儿童课外航空模型活动教材。它的对象是少年儿童，而不是专业人员。少年儿童参加航空模型活动是为了丰富课外生活，引起他们对科学特别是对航空的兴趣，同时培养他们动手实践、自己钻研的能力。

作为一项课外活动，航模活动不要求像正课那样系统和统一，而要因地制宜，因材施教；活动的方式也不是以课堂教学为主，而是以学生自己的实践活动为主，教师起辅导作用。

课外航模活动应该给孩子们创造一个新的环境，让他们以一种新的方式更愉快地自己学习，使他们更健康地成长。

(2) 本教材从简到繁，从易到难安排了六个单元的学习内容。每单元中又分为A—制作和飞行；B—工艺技能；C—航模知识；D—其他。共四个部分。

这样编，是为了给辅导课外航模小组的老师提供选择。老师们可根据本校课外航模小组的具体条件，如场地、经费、时间、学习情况等，选择出每一单元的某些内容来加以组织，变成你们自己的活动计划，而且可以在计划执行中根据情况加以补充和删改。其中的A、B、C、D四部分也可以根据需要改变顺序，或相互融合。

二 航空模型概论

1. 开展航模活动的作用和意义

航空模型是各种航空器模型的总称。它包括模型飞机和其他模型飞行器。

航空模型活动从一开始就引起人们浓厚的兴趣，而且千百年来长盛不衰，主要原因就在于它在航空事业的发展 and 科技人才的培养方面起着十分重要的作用。

(1) 航空模型是探索飞行奥秘的工具。

人类自古以来就幻想着飞行。昆虫、鸟禽、风吹起树叶和上升的炊烟，都曾引起过人类飞行的遐想。西汉刘安在《淮南子》中记载着后羿的妻子嫦娥偷食了长生药而飞上月宫的美妙故事。这反映了古人对飞行的追求和向往。

在载人的航空器出现之前，人类就创造了许多能飞行的航空模型，不断地探索着飞行的奥秘。距今 2000 多年前的春秋战国时期，我们的祖先就制作出能飞的木鸟模型。《韩非子》中记载着：“墨子为木鸢，三年而成，飞一日而败。”宋朝李鸢等人编的《太平御览》中也有“张衡尝作木鸟，假以羽翮，腹中施机，能飞数里”的记载。另外，还制作出种类繁多的孔明灯、风筝和竹蜻蜓等。

唐代以后，我国的风筝传到国外，在世界上流传开来。西方有人用风筝做飞行试验，探索制造飞机的可能。美国的莱特兄弟是世界上第一架飞机的制造者，他们的飞机在 1903 年 12 月 17 日试飞成功。他们就是先用大风筝进行种种试验，然后制造出滑翔机，解决了升降、平衡、转弯等问题，最后才把飞机制造成功的。

在飞机发明之前，航空模型具有强烈的探索性质，在飞机发明之后，航空模型仍然是研究航空科学的必要工具。每一种新飞机的试制，都要先在风洞里用模型进行试验，甚至连航天飞机这样先进的航空器，也要经过模型试验阶段，取得必要的数 据，才能获得成功。

(2) 航空模型是很有实用价值的器具。

我国汉代就有用风筝测量距离和传递信息的。随着航空模型的发展，特别是无线电遥控模型飞机的日臻完善，航空模型的用途越来越广泛。

例如，可以利用无线电遥控模型飞机作为部队和民兵对空射击训练的靶机。在训练的时候，通过无线电遥控设备控制航模靶机完成直线飞行、转弯、上升、俯冲等飞行动作，甚至在靶机上完成空投降落伞、发射模型火箭、投放炸弹、施放拖靶等特技动作。在实弹射击时候，可以在航模靶机尾部几十米远处拖拽一个彩色靶袋，以靶袋作为目标，避免击毁靶机。

又如，在无线电遥控模型飞机上装上摄影机，就可以对地面进行航空摄影，拍摄一些人们不容易接近的野生动植物，甚至可以拍摄一些危险性很大的惊险镜头或战斗场面等。

另外，可以利用航模飞机携带农药灭虫，利用航模飞机拖一根尼龙线从一个山头到另一个山头，然后换成钢索，进行高山架线。还可以利用航模飞机飞入云层，施放催化剂，进行人工降雨，等等。

(3) 航空模型是普及航空知识的玩具。

航空模型活动在普及航空知识、培养航空科技人才方面所起的作用是很大的，许多著名的航空学家，小时候都非常喜爱航空模型。美国的莱特兄弟小时候就爱玩飞螺旋（竹蜻蜓），从而产生对航空事业的浓厚兴趣。美国登月飞船阿波罗 11 号船长阿姆斯特朗，小时候也酷爱航空模型，他在家里的地下室安装了一个风洞，用来试验自己制作的模型飞机，这无疑对他成为世界上第一个踏上月球的人有着巨大的影响。我国也有许多著名的飞机设计师、火箭设计师、飞行员等，小时候就是航模爱好者。

另外，航空模型还是一种非常吸引人的娱乐玩具。春光明媚，千姿百态的风筝随风飘荡；夏日朗朗，五颜六色的飞盘划出一道道弧线，秋高气爽，各式各样的模型飞机在蓝天中翱翔；冬天恬静，彩色缤纷的热气球冉冉升起。所有这些把人们的生活装点得更加丰富多彩。

在飞机发明之后，航空模型作为普及航空知识的工具和娱乐玩具的作用更加突出。为了推动航空事业的发展，1905 年 10 月，在法国成立了国际航空联合会。它下设国际航空模型委员会，负责制定航空模型竞赛规则，组织国际航空模型竞赛活动。中国是国际航空联合会成员，积极参加国际航空模型竞赛活动，并取得了优异的成绩。在国内，经常举行全国性和地方性的航空模型竞赛，以推动航空模型活动和普及航空科学知识。

2. 航模活动的特点

（1）航空模型种类的多样性。

航空模型的种类是非常多的。从构造上看，有用一张纸、几分钟就能制作好的最简单的纸模型飞机；也有要用上千个零件、花几千个工时才能制作好的无线电遥控像真模型飞机。从性能上看，有只能飞几米远、在空中停留几秒钟的模型；也有能飞几百千米、在空中停留几十小时的模型。这些种类繁多、性能各异的模型，为不同年龄、不同条件的航模爱好者提供了广泛的选择余地。

（2）航空模型活动的趣味性。

不同种类的航空模型有不同的飞行性能。即使是同一个航空模型，它的飞行性能的发挥也有很大程度的不同。飞行本来就引人入胜，再加上模型性能的千变万化和随着调整工作的深入而使模型飞机性能不断提高，这就使得航空模型活动趣味无穷，对青少年具有特别强烈的吸引力。

（3）应用知识的广泛性。

先进的航空模型是按照严格的科学原理设计出来的，简易的航空模型同样也充满着科学道理。没有科学知识，不按科学规律办事是很难把航空模型制作出来和放飞成功的。开展航空模型活动要用到材料学、结构学、工艺学、空气动力学、电子学和发动机科学等多方面的知识和技术。知识面广和技术性强是航空模型活动区别于其他活动的一个显著特点。

（4）亲自动手的实践性。

航空模型活动的实践性是很突出的。参加航模活动的青少年都要亲自制作和装配模型飞机，亲自检查和调整模型飞机，亲自放飞和维修模型飞机，做好这些工作需要开动脑筋，手脚勤快，所以有利于培养人的独立工作能力，养成一切从实际出发和注重实际效果的工作作风。

（5）不断革新的创造性。

在航空模型的制作中，重复做同一种工作的情况是不多的，即使有重复也是在提高飞行性能的前提下不断改进工艺操作。如果没有创造性的发挥，

就不能出色地完成从制作到放飞这一复杂的过程，更不用说设计和创新了。因此，航空模型活动有强烈的创造性特点，它能使青少年自然而然地产生不断革新技术的创造欲望，有利于培养创造型人才。

（6）你追我赶的竞争性。

航空模型比赛是航空模型活动中一个重要的组成部分。竞赛时每个人都希望自己的模型能够飞出好成绩，创造新纪录，这就使航空模型活动有强烈的竞争性。如果我们能充分利用竞争这个因素，不仅可以大大增加航模活动对青少年的吸引力，而且能够使参加比赛者自发地改进模型，提高飞行性能，促进新技术的诞生。

3. 怎样开展航模活动

开展航空模型活动，要尽量避免死记硬背和枯燥无味的注入式教育，应该把活动的重点放在引导和启发学生独立思考、动手实践、大胆创新等方面。

（1）决定航空模型活动的因素。

在组织航空模型活动的时候，要考虑各种具体情况，根据现有条件，选择适当的活动内容。

航空模型爱好者的条件。主要指航空模型爱好者的数量、年龄、文化程度、动手动脑能力、制作和放飞航空模型的基础及是否有充裕的时间等。

物质条件。主要指飞行器材、制作工具、常用仪器设备、工作室、飞行场地、交通工具、资料和经费等。

辅导员的条件。主要指辅导员的业务水平、专业特长、年龄、身体状况、专职还是兼职和组织能力等。

这三个因素的具体情况，在很大程度上决定了航空模型活动的内容。比如一个航模小组，组员都是小学四五年级的学生；活动经费不多，缺少材料和工具，没有固定的工作室；辅导老师以前没搞过航空模型，但年轻、热情、肯学习。在这种情况下仍然可以开展活动，可以选择纸模型飞机作为活动内容。老师自己先学习有关纸模型飞机的制作，亲自动手做几个模型，反复调整使它们飞好。然后用不多的钱买一点绘图纸，用油印机把纸模型的图样印在上面。活动的时候要求每个组员自带一把剪刀，老师准备一些曲别针和几小瓶乳胶。如果各项工作准备得充分，经过两个小时的活动，就可以教会每个组员做一架纸模型飞机，并掌握初步的调整方法。

第二次活动可以组织同学们比赛，然后再教大家制作另一种纸模型飞机，这一次要有目的地让每个组员尽量独立完成制作，并结合试飞时自己发现的问题，想出调整的办法。

第三次活动，辅导员可以根据前两次制作和比赛中发现的典型问题进行讲解，适当地介绍一点飞行知识，启发、引导大家对自己制作的模型进行分析，想办法提高飞行性能，以便在下一场比赛中取得更好的成绩。特别要注意对那些经过独立思考提出有创造性建议的组员给予热情鼓励，使他们建立起充分的自信心，敢于不断地提出新想法。久而久之，就可以把每个组员引导到善于钻研的道路上去。

当然，我们要积极创造物质条件，提高辅导员的业务水平，使航空模型活动向纵深发展。

（2）组织航空模型活动的几种形式。

航空模型活动在组织形式上要体现出灵活性和多样性，才能满足不同条件的航空模型爱好者的需要，并吸引更多的青少年参加到这一活动中来。

航空模型班或航空模型队。一般由少年宫、少年之家等校外教育机关或体育机关组织。它有完善的活动计划和具体的培训目标，配备一名到几名专职辅导员，有固定的工作室和较多的经费、器材。这种活动方式主要针对有一定基础的航模爱好者，为他们提供正规的训练条件和科学的培养环境，有利于他们进一步深入学习和研究，创造出好成绩。

航空模型小组。一般由中小学校组织，它也有活动计划和活动要求，配备一到两名兼职辅导员，有兼用的工作室和少量的经费、器材。这种活动以普及为主，是针对初学者的，一般制作简易模型飞机和初级自由飞模型飞机。

自发的航空模型小组。有很多的航空模型爱好者没有机会参加正式的航空模型组织，就自发地结合在一起进行简单的航空模型活动。如用攒下的零用钱购买器材，在家里建立简陋的航模工作室，活动中遇到问题互相商量，请教老师或者去看一些有关航空模型知识的书籍，从中寻找答案。他们的活动不正规，没有计划，但由于有兴趣，却可以长期坚持下来，一旦有人系统地辅导和帮助就能够取得突飞猛进的提高。

半自治的航模协会和航模研究会。初中以上学生可以在辅导员的指导下组织起来，有计划地进行一些简单、可行、见效快的航空模型活动。如组织观摩、组织小型比赛和召开研究会、讨论会等。他们的活动内容由组员自行决定。这种活动方式对锻炼学生的独立工作能力和组织能力有很大好处。

另外，还可以搞断续的航模活动。在一些地区和学校，航模活动也像滑冰、游泳一样是一种季节性的群众活动。如果我们进一步宣传、引导和促进，可以逐渐形成一种传统的航空模型活动。我国经常举行的秋季航空模型大赛就是多年形成的一种传统活动。

（3）在航空模型活动中应注意的事项。

在进行航模活动时，辅导员要有意识地培养青少年不怕困难、不怕挫折、独立思考、勇于创新的精神，并教育他们严格按操作规程办事，自觉遵守组织纪律，逐渐形成严肃认真、一丝不苟的科学态度和实事求是、脚踏实地的工作作风。

引导青少年运用课堂上所学的数理知识去理解航空模型的基本原理，帮助他们运用理论知识去解释制作和放飞中出现的问题，力争少走弯路。

教育青少年敢于创新、不怕失败。在创新过程中失败往往多于成功，但只有不怕失败，才会取得最终的成功。

搞航空模型活动，贵在坚持，不能仅凭一时兴趣停留在“好玩”的水平上。好奇、求知欲强是青少年的特点，辅导员要针对这一特点因势利导，寓教育于活动中，使青少年认识航模活动是一项非常有意义的活动，自觉地把参加活动作为培养和锻炼自己的过程。

在制作和放飞航空模型的时候，要随时提醒青少年注意安全。特别注意安全用电和安全使用化工原料，严格按操作规程办事，避免发生事故。制作航空模型所使用的工具要妥善保管和维护，勤俭节约，能动手制作或能用废品代替的零件，尽量不花钱去买。

指导青少年注意积累资料和数据。进行航空模型活动，积累资料和记录各种数据非常重要，它既能使青少年学会一种在今后的科学研究中经常使用的统计方法，又有利于和别人的模型相互比较，找出差距。在制作、放飞过程中要及时记录下自己的心得和体会。特别是当某种新的想法在头脑里一

闪念的时候，千万不要白白放过它，要立刻记在本子里。到一定时间以后，拿出这些记录，仔细整理，认真总结，对自己的提高是非常有益的。

发挥指导员的主导作用。作为一个航空模型辅导员，不仅要热爱航空模型活动充满热情，乐于献身，而且要热爱青少年，能够从生活上、学习上关心爱护他们。一个优秀的航模辅导员还要具有高尚的品质和高超的技艺，要有丰富的知识储备，并善于学习，能够从书本上和学生中发现新的有益的东西来补充、提高自己，要鼓励学生打破条条框框，赶上甚至超过自己。辅导员要经常和学生们一起“摸爬滚打”，及时发现问题，及时处理，有的放矢，并注意随时用自己的一言一行去影响、教育青少年。

三 第一单元

A. 制作和飞行

1. 折纸风筝 Wa—1

(1) 材料。

边长 170 毫米 (mm) 的正方形报纸一张。

宽 10~20 毫米,长 2 米 (m) 以上的皱纹纸条一根。

缝衣线。

彩色笔。

胶纸条。

(2) 制作方法 (见图 1—1)。

按图把方纸折好。

把一根约 1 米长的缝衣线的两端用胶纸条贴在折好的纸风筝上。

把线的两端对齐,找出线的中点来,并打结形成一个小线环。放风筝的线就拴在小环上。

在风筝的下角,用胶纸贴上纸条尾巴。尾巴最好用皱纹纸做,宽 10~20 毫米,长约 2 米。

(3) 飞行方法。

在平坦开阔的场地上,迎风把风筝展开,轻轻拉线,风筝就可起飞。如果风速太小,可拉着线慢跑,风筝就可上升了。这时慢慢把线放出,风筝就缓缓地越升越高。

注意,这种风筝只能在较小的风速下缓缓地升高,不能拉着风筝猛跑或在大风中飞行。

2. 簸箕风筝 Wa—2

(1) 材料。

边长 190×265 毫米 (16 开) 的皮纸一张 (拷贝纸、片页纸也可)。

宽 10~15 毫米,长约 1.5 米的皱纹纸条一根。

缝衣线。

1.5×1.5×190 毫米的细竹条两根。

乳胶。

彩色笔。

胶纸条。

剪刀。

(2) 制作方法 (见图 1—2)。

图 1—2

按图把纸横着折成四等分。

按图从纸上剪去四个三角形。

把一根约 1 米长的缝衣线两端用胶纸条粘在左右两端,并在中部结一小环。

用乳胶把竹条分别粘在虚线处。

把皱纹纸条的两端分别粘在两根竹条的下端。

用彩色笔美化。

(3) 飞行方法。
与折纸风筝相同。

3. 菱形风筝 Wa—3

(1) 材料。

边长 400x500mm 的皮纸一张 (高丽纸、宣纸等长纤维的纸也可)。

竹条 2X4x400、3X5x500mm 各一根。

缝衣线。 皱纹纸条。 乳胶。

彩色笔。 剪刀。 小刀。

(2) 制作方法 (见图 1—3)。

按图把竹条削成中间粗、两端细,并用刀子刮光表面。用手拿住竹条的两端,使它弯曲,观察竹条弯曲的弧形是否均匀对称,如发现有不均匀的地方就再刮竹条,直到能弯曲成一个均匀的弧形为止。

按图把两根竹条绑成十字形,并用胶粘牢。用线把两根竹条的四个端点连接起来,形成一个对称的菱形。

在骨架竹条和四周拉线上涂胶,把纸蒙在上面。蒙纸时要注意使其平整,在剪掉四周的纸边时,要稍稍多留一点,然后涂上胶把它们卷到后面去,这样就把四周拉线包在中间了。蒙纸时要注意保持风筝四周的张力均衡,不要发生扭曲。

在横竹条的两端拉一条线,使它稍稍向后弯曲,成一弧形。

在风筝的下角拴一彩色尾巴。

涂色美化。

(3) 放飞方法。

在平坦、开阔的场地上,一人把风筝迎风高举,另一人把线放开约 10~30 米 (视场地大小而定),持线准备。当一阵风吹来时,拿风筝的人放开风筝,持线人轻轻一拉,风筝便可升空了。如风速不够,持线人可以拉着线慢跑,促使风筝上升。如果风筝发生偏斜,则要轻轻放线,或停止跑动,这时风筝便可自动恢复平衡。当风筝完全平稳后,再拉线,使风筝上升。在风筝倾斜时不可拉着风筝猛跑,这样做往往会造成更严重的倾斜,最后跌落地上。

菱形风筝常见毛病的调整方法

飞行现象	调整方法
风筝几乎与地面垂直，放飞时线的拉力很大，但风筝并不上升。	适当减短上面的提线，减小风筝的倾斜角。
风筝的倾斜角很小，放飞时线的拉力不大，风筝不易上升。	适当减短下面的提线，增加风筝的倾斜角。
风筝总向一个方向倾斜下跌。	检查风筝是否左右对称，如有不对称就调整过来。
风筝总向一个方向倾斜下跌。	检查风筝是否左右对称，如有不对称就调整过来。
在风小时飞得很好，风大时就向一边倾斜下跌。	检查风筝两边竹条的弹力是否一样，如发现问题则要加以修整。

4. 折纸模型飞机 Wa—4

(1) 材料。

16 开的新闻纸一张。

曲别针一个（或用订书器和订书钉）。

剪刀一把（小刀也行）。

铅笔和尺子等绘图工具。

(2) 制作方法。

以折为主，辅以剪（切）贴，见制作图解（图 1—4）。

(3) 飞行方法。

检查重心。

检查飞机各部位置是否正确。

手投试飞。用手拿机翼的下部，使机身呈水平状态，机头略向下倾，轻轻向前（迎风）投去，同时观察飞行现象。

刚刚学习航模的人，开始时往往不容易投放正确，最常见的毛病就是向斜上方投放模型，而使模型的飞行轨迹出现如图情况（图 1—5）。

这种错误的投放方法引起模型的不正常飞行，放飞者很难从中看出模型本身的问题来。因此首先要在辅导员的指导下反复练习投放，直到能正确地进行投放为止。

在投放方法正确的情况下，如果模型的飞行情况如图 1—6，可以参照下表中的方法调整，直到模型能够平直地飞行。

飞行状态	名称	调整修正方法
a	正常	不需调整
b	头轻	水平尾翼后缘稍向下弯
c		水平尾翼后缘稍向上翘
d		垂直尾翼后缘稍向右(左)弯

直线飞行距离。直线飞行距离的长短是这种模型飞机飞行品质好坏的重要指标，也是放飞者的模型调整水平和飞行操作技术水平的反映。

测量飞行距离最好在无风的情况下在室内进行（例如体育馆或没有障碍物的礼堂内），在较小的庭院里也可以减少风的影响。如果没有理想的场地和天气，在有风时也可测量飞行距离，不过起飞线的选择一定要与风向垂直（见图 1—7），而且测量时要逆风飞行一次，顺风飞行一次，然后把两次的成绩加在一起再被 2 除，用平均成绩表示模型的实际飞行成绩。

飞行场地的地面要求平整，不应有大的起伏不平，起飞线不应高于或低于地平面。测量时的风向要比较稳定，没有较大的方向变化。

投放模型时要站在起飞线之后，面向场地。模型投出后落在场地内有效，飞出场外无效。以模型飞机在场地内的落点到起飞线的垂直距离为此次飞行的距离。测量飞行距离以米为单位，小数点后面保留两位。下表为飞行距离表。

姓名	班级	时间	年	月	日
飞行序数	逆风距离(米)	顺风距离(米)	平均值(米)		
1	12.13	14.55	13.34		
2	10.04	16.28	13.16		
3	15.80	12.12	13.96		
4	16.45	18.35	17.40		
5	17.52	19.60	18.56		
总平均值(米)		15.28			

5. 剪纸模型飞机 Wa—5

(1) 材料。

- 卡片纸一张。
- 曲别针两个。
- 剪刀一把。
- 切纸刀一把。
- 铅笔和尺子等绘图工具若干。
- 乳胶一小瓶。

(2) 制作方法（见图 1-8）。

与折纸模型的比较分析：折纸模型的所有部件，如机翼、尾翼、机身等都是连在一起的，剪纸模型则要分别制作机翼、尾翼、机身，然后把它们粘合组装成一架完整的飞机。

剪纸模型的主要制作工艺是：剪切、弯折、组装（粘合），具体作法见制作图解。

（3）飞行方法。

配重和检查重心。Wa—4 在制作完成后，只要检查一下重心位置是否正确，如不合适，在机头或机尾稍加配重即可；Wa—5 制作完成以后，还必须在机头用曲别针等物加重，它的重心才能符合要求。检查重心的方法与 Wa—4 相同。

检查飞机各部位置是否正确。方法与 Wa—4 相同。手投试飞与调整。Wa—5 的手投方法与调整方法基本与 Wa—4 相同。

直线飞行距离。飞行及测量方法与 Wa—4 相同。

转弯飞行。在完成了直线飞行以后，放飞者应进一步学习掌握转弯飞行的方法。

在直线飞行中，如果模型飞机的机翼两边没有发生不对称的扭弯变形，模型飞机的直线飞行主要靠调整方向舵来保持。与此相似，模型飞机的转弯也可以通过偏转方向舵来调整。在正常的情况下，方向舵的偏转角越大，模型飞机的转弯半径越小。但同时我们也会在试飞中发现，在把一架已经飞得很好的模型飞机的方向舵偏转一定角度，使它转弯飞行时，这架模型飞机会发生快速下沉的情况。为了克服这种情况，我们在偏转方向舵的同时，要把水平尾翼的后缘（升降舵）稍稍向上翘一点，使飞机在转弯时有抬头的趋势，以免它急剧下沉。通过反复的飞行调整，应当能使模型飞机按照我们的要求作各种不同半径不同方向的转弯飞行。

仿照直线飞行的测量，我们也可以作各种不同形式的转弯飞行的测量或比赛，以促进大家把转弯飞行技术掌握得更好。如绕标飞行就是一种（见图 1—9）。

如图 1—9 所示，迎风设一起飞线，在线的中点前方 2 米、3 米、4 米……等处各设一彩色标志。

测量（或比赛）时，投放飞机的同学可以在起飞线后面的任何部位起飞，看模型飞机能绕过哪个标志后再飞到起飞线后面来。模型飞机所绕过的最远的标志就是这次的飞行成绩。如果模型绕过了标志而没能再返回到起飞线后面来，则这一次飞行是不成功的。

6. 纸木模型飞机 Wa—6

（1）材料。

16 开白板纸一张（约 200 克/米²）。

木条一根（用方便筷子也行）。

橡胶管一段（塑料管也行）。

乳胶一小瓶。

铅笔、直尺等绘图工具。

切刀一把。

（2）制作方法（见图 1—10）。

与折、剪纸模型飞机的比较。

前两种模型飞机的全部结构都是用纸制作的，因此强度不大，不能做更

剧烈的飞行。纸木模型飞机的机身是用木条制作的，这比纸制机身要结实得多，因此能做力量不太大的弹射飞行。

纸木模型的主要制作工艺是切纸、弯折和组装（粘合）。

具体做法可见制作图解。（未标注尺寸部分按比例放大）

（3）飞行方法。

配重和检查重心。方法与 Wa—5 基本相同，只是 Wa—6 所用的配重物是橡胶管，它可以同时起缓和冲击的作用。

检查飞机各部位位置是否正确。方法与 Wa—5 相同。手投试飞及调整与 Wa—5 相同。

直线飞行距离。与 Wa—4 和 Wa—5 相同。

转弯飞行。与 Wa—5 相同。

弹射飞行。这是用橡皮筋的力量把模型飞机弹射到一定高度以后，再向下滑翔的飞行。

在弹射飞行前，先要准备一条由数根橡皮圈连成的、长约 300 毫米的弹射橡筋，模型飞机要经过认真的手投飞行调整并能完成直线飞行和转弯飞行，在弹射前最好把模型调整成稍向左转弯的状态。

弹射的方法是：左手拿橡筋的一端向上高举，右手拿飞机的尾部，用机头钩住橡筋的另一端，并把橡筋拉长，使机身以大约 45° 角上仰，同时机翼稍向右倾斜（见图—11）。

开始弹射时不要把橡筋拉得过长，使弹射的力量太大。然后根据飞行情况，逐渐增加弹射力量。

如果弹出后模型的飞行情况如图 1—12 中左，那是由于弹射力量不够大，只要再适当增加弹射的力量，情况就会有改进。

如果弹出后，模型的情况如图中右，则是由于弹射的力量过大和机翼倾斜程度不够造成的，只要适当增加一点机翼的倾斜角，并减小一点弹射力量就行。

最理想的飞行情况是图中的中，模型被弹射到最高点以后，自动转入滑翔。

弹射飞行不像直线飞行有一定的方向和范围，因此需要比直线飞行大得多的场地。最理想的场地是标准足球场，学校里的小足球场也可以使用，但难免发生飞出场外的情况。

弹射飞行比手投飞行能飞得更高更远，留空时间也更长，因此弹射飞行更能引起小朋友的兴趣。但掌握弹射飞行的技术必须有大量反复的实践过程才行。纸木模型只是掌握弹射技术的开始，在下一单元中还要进一步掌握它。

留空时间测量。与直线飞行距离一样，弹射飞行留空时间的长短，也反映出模型飞机品质的好坏，以及对模型飞机飞行调整技术和飞行操作技术掌握的好坏。

留空时间的测量很简单，只用秒表即可。从模型飞机出手开始计时，到模型飞机着地停止计时。一般以秒为单位。留空时间用表格记录下来。

姓 名	第一次 (秒)	第二次 (秒)	第三次 (秒)	平均成绩 (秒)
M	M	M	M	M

B. 工艺技能

1. 认识简单的立体示意制作图

图纸是一种技术语言，它比文字叙述能更加简单明了而又准确地表达技术要求。常用的模型图纸有立体示意图；三面投影图；工作图。

立体示意图能具体直观地表达模型的形状、构造、尺寸和各部件之间的关系，没有专门图纸知识的人也能看懂。但是它不能很精确地表达出部件的形状和尺寸，因此在很多情况下往往是平面图与立体图配合使用。

2. 切割工具（一）—剪

模型飞机制作中使用的切割工具很多，如剪、刀、锯、锉、砂纸等都是把材料分割开的工具，所以统称切割工具。其中最基本也最常用的切割工具就是刀和剪。

剪一般用来切割薄板材料，如纸、纺织品和薄金属板等。

剪裁的加工特点是两把刀分别从材料的两面同时切割，而不像一般的刀割只从材料的一面进行。剪刀的使用一般比刀容易掌握，而且比较安全。尤其是专门为少年儿童制造的没有锐利尖端的安全剪刀，就更不容易出问题。所以少年儿童刚刚开始制作模型时所使用的工具就是剪刀。

剪的使用：一般的剪刀只能用来剪纸、布等材料，不能用来剪木片，更不能剪金属。使用剪刀时，拿材料的手，手指要远离刃口。使用剪刀剪切一个较长切口时，要注意第一次剪切与第二次剪切之间的连续性，不要出现两刀之间的毛边。对于小半径的转弯或凹曲线，更要力求剪口的连贯平滑。

3. 粘合（一）—纸的粘合

模型制作中除切割加工之外，最重要的就是结合加工，如胶合、钉合和楔合等。这是一种把两个以上的零件结合在一起的加工。在模型制作中使用最多的结合方法是胶合。

（1）乳胶。

模型制作中使用的胶种类很多，使用时可根据胶合要求和使用条件来选择胶的种类。在少年儿童的初级模型制作中，考虑到孩子们的健康和模型的制作要求，一般选用聚醋酸乙烯乳液（简称“白乳胶”或“乳胶”）。

乳胶的特点是基本上没有空气污染，也不会腐蚀皮肤，使用时比较安全。乳胶粘合纸、木等材料的强度较高，在常温下固化，固化前溶于水，清洗方便。

（2）乳胶的使用。

确定胶合面。根据模型的制作要求，结合部位的情况，确定胶合面的位置和大小。

涂胶。在胶合面上均匀地涂上一层适当厚度的胶液。一般在胶合的两面都涂胶。

胶合。把胶合面对正结合，并用适当方法加压固定。

固化。乳胶的固化一般在常温下进行，如果在较高的温度下，它固化得更快。

（3）纸的粘合。

薄纸的粘合。薄纸，如绵纸、皮纸、拷贝纸、电容纸等粘合时要用浓度较小的乳胶。涂胶时胶层要薄，涂覆要均匀。胶合前要稍晾一会，待胶快

干时结合，然后用手压平，几分钟后即粘合牢固。

注意事项：薄纸粘合时要防止胶渗透到纸的另一面把不该粘合的地方粘上。

厚纸的粘合。厚纸，如白板纸、白卡纸等吸收胶液的能力往往比薄纸强，对胶合强度的要求也高，因此粘接厚纸时用胶的浓度要稍大一些，用胶量也要多一些。在粘合前最好涂两次胶，等胶稍晾一会后再结合。由于厚纸的刚性比薄纸大得多，所以结合后要用较大的压力使胶合面相互吻合（如用夹子固定），待固化后再减去压力。

由于厚纸吸收胶液多，它的固化时间也比薄纸长。

厚纸粘合时要注意避免在固化过程中发生变形。

C. 航模知识

1. 飞机各部分的名称和作用（见图 1—13）

（1）机翼。

能在飞行时产生升力，克服飞机的重力，保证飞机离地、上升和在空中航行。

（2）尾翼。

包括垂直尾翼和水平尾翼。

在飞行时保证飞机的平衡和稳定，并通过尾翼上的舵面对飞行进行操纵。

（3）机身。

连接飞机的各部分，安装各种设备，乘人、载货或携带战斗装备。

（4）起落装置。

保证飞机在没升空之前或降落以后的运动。

（5）动力装置。

为飞机的飞行提供动力。一般常见的有活塞式发动机和喷气发动机，有的带动螺旋桨产生推进力，有的直接喷射气体产生反作用力推进。在宇宙飞行中还使用火箭发动机。

典型的常规飞机一般都具有以上五个部分，但在特殊形式的飞机上也有例外，例如在滑翔机上就没有动力装置；在“飞翼”式飞机上没有水平尾翼和机身等。

习题：联系你所制作的模型飞机认识飞机的各部分。

2. 一般飞机的操纵面和它们的作用

（1）副翼。

一般在机翼两端的后部，驾驶员通过操纵杆操纵副翼，可以使飞机左、右倾斜。

（2）升降舵。

一般在水平尾翼的后部，驾驶员通过操纵杆，使升降舵上翘和下弯，可以使飞机抬头和低头。

（3）方向舵。

一般在垂直尾翼的后部，驾驶员通过脚踏板，使方向舵左右偏转，可以使飞机向左转或右转。

习题：联系你所制作的模型飞机的飞行，领会各操纵面的作用。

D. 其他

1. 工作秩序的建立

(1) 环境、示范的影响。

环境。要给学生创造一个良好的活动环境，不光是清洁、美观和显示出科学技术的吸引力，还要显示出秩序和条理性。例如工具、材料的放置要整齐而有条理。

示范。在老师向学生讲解一个问题，示范一个制作时，要注意有清楚的条理性和良好的工作秩序，这些行为本身对学生就是一种无言但十分有力的教育，使学生在感性上建立起有条理有秩序工作的意识。

(2) 工作秩序的教育和训练。

在学生最初接触航模活动开始，就不可缺少工作秩序的教育。老师要用生动的实例使学生认识到工作秩序的重要性，使他们理解到同样完成一件工作，有秩序和无秩序会使制作的质量和效率产生很大的区别。

在每一个模型的制作中，都要结合具体的制作，对同学们的工作秩序提出要求，并进行评比和讲评，使他们在实践中养成有秩序工作的习惯。

2. 安全操作

(1) 环境、示范的影响。

环境。学生的活动环境不但要显示出秩序和条理性，还要为他们的安全操作创造条件。例如不让学生接触他们不适宜操作的设备物品，如砂轮机、木工电锯、电刨、高压电、有毒有害的药剂等。此外在活动室内外学生所接触到的设备和物品都要符合安全标准（所有电源都有安全保护，材料和工具都是不容易使同学受到伤害的）。

示范。教师的一切示范操作都必须达到安全操作规程要求，这点非常重要。如果老师平时就用不安全的方法操作，那么学生就很难去遵守安全操作规程。

(2) 安全教育。

在学生接触航模活动的开始，老师就必须进行安全知识教育。首先要用生动实例使学生认识到安全操作的重要性，然后再把安全教育贯彻到每项具体的操作技能教育中去，使学生们在学到每一项技术的同时，也知道它们的安全知识。

老师在检查讲评中也要把安全操作当作一项指标。

四 第二单元

A. 制作和飞行

1. 小鸟风筝 WB—7

(1) 材料。

2×2×300mm 竹条两根。

300×300mm 皮纸（或拷贝纸）一张。

乳胶。

细缝衣线。

彩色笔。

铅笔、尺。

剪刀。

(2) 制作方法（见图 2—1）。

把纸对折。

按图把小鸟的形状绘在纸上（最好先在另一张厚纸上把图绘好剪下作为样板，然后依照样板把图绘在制作风筝的纸上）。

按图纸把小鸟剪下来，然后展开。

在中心线上粘一根竹条。

把另一根竹条的两端涂胶，然后与小鸟两翼的端点对齐粘好，这时鸟身中部自然弯曲下垂呈立体状态。

把一根约 400mm 长的线的两端拴在图上鸟身三角形顶角中间，作为提线，放风筝的线就拴在提线的中间偏上部分，然后再根据飞行情况调整拴线的位置。

(3) 放飞方法。

基本放飞方法与第一单元中所学的三个风筝相同。这里介绍一种新的放飞方法：双鸟放飞。先制作两个颜色不同的小鸟风筝，分别对它们试飞，并调整好。

在线端拴着一只鸟的主线上，距小鸟约 5m 的地方拴上一根长约 3m 的支线，支线的端部拴上另一只小鸟。放飞时先把主线上的小鸟放飞起来，然后再放支线上的小鸟。两只鸟在空中一起飞行时是非常有趣的，同学们不妨试一下。

2. 立体风筝 WB—8

(1) 材料。

5×5×540mm 木条 3 根；5×5×580mm 木条 1 根。

如果找不到合适的木条，用直径相当的芦苇管或高粱秆也行。

540×180mm 皮纸 1 张；360×180mm 皮纸 2 张。

乳胶。

缝衣线。

少量的硬纸片和两个橡皮圈。

小刀、尺子、铅笔等工具。

色彩。

(2) 制作方法 (见图 2—3)。

按图把 540x180mm 的皮纸裁成一个六角形,并绘出两条粘木条的位置线。

按图把两条 360x180mm 的皮纸对折一下,找出粘木条的中心线。

把一根 5×5×540mm 的木条两端涂胶,按图粘在两条皮纸的中心线上。

把两根 5×5×540mm 的木条一端涂胶,按图粘在六角形纸的两边。

把硬纸片剪成两个小三角形,按图粘在六角形纸两端的角上。然后在两角中心开一小洞,拴上一个橡皮圈。

按图把纸条的两端粘在两根木条上。

按图在中间木条的上、下拴上提线。提线上线下的尺寸约为 740mm 和 870mm,可根据飞行情况调整。

把 5×5×580mm 木条的两端开口,套在橡皮圈上,把六角形纸从背面撑起来,立体风筝便制作好了。携带时,只要取下背面的撑杆,整个风筝就可卷起来。

(3) 立体风筝的放飞。

一般立体风筝的重量较大,因此需要较大的风速才能飞行。但立体风筝的飞行稳定性较好,结构稳定,在较强的风中也能稳定飞行。

放飞立体风筝的方法与放飞菱形风筝方法相同,由于立体风筝的稳定性好,因此立体风筝的放飞甚至比菱形风筝还容易。

3. 弹射模型飞机 WB—9

(1) 材料。

木片。

木条。

橡皮圈。

乳胶。

刀。

砂纸。

细木锉。

尺、铅笔。

(2) 制作方法 (见图 2—5)。

机翼制作:

按图2—6在木板长度的 $\frac{1}{5}$ 处,向左倾斜到板厚的12处画一斜线,把多余的木料锉去,然后用砂纸磨平。

在木板长度的 $\frac{1}{3}$ 处向右画斜线,在后缘处留下大约0.5mm厚,把多余的部分全部锉去,用砂纸磨平。

除后缘外,用砂纸把全部机翼的棱角磨圆滑,形成一个下平上弯的流线形翼型。

把机翼中部切开，用砂纸把切开的端面稍稍磨斜一点，然后按图 2—7 把机翼一端翘起粘牢。

尾翼制作：

按图 2—7 把木片磨光，切好外形并把棱角磨圆。

机身制作：

按图 2—7 把机身外形切好磨光。

按图把水平尾翼和垂直尾翼分别粘在机身上。

按图 2—7 在机身上粘上翼台。

在机身前面装好弹射钩。

总体组装：

用橡筋把机翼绑在翼台上。

检查重心位置是否合适，适当配重调整好重心位置。

(3) 弹射模型飞机的飞行。

弹射模型飞机的试飞在开始时与前面讲的纸模型飞机一样，也要经过调整重心，检查飞机各部位位置是否正确等项试飞准备工作。

弹射模型飞机的手投试飞和调整方法基本上与纸模型飞机相同。由于弹射模型飞机的垂直尾翼和水平尾翼都是用薄木片制作的，因此在调整它们的角度时要十分小心。在把它们弄弯之前，最好先用嘴向木片哈气，使木片湿润一点，增加韧性，这样再用手去调整角度就不容易破裂了。另外木片尾翼不能像纸和泡沫塑料那样能弯曲很大角度，只能作很微小的调整。

在手投滑翔飞行平稳以后，就可以进行弹射飞行。

开始时也像纸木模型一样，是一个人用较小的力量进行弹射的。然后逐步增加弹力，同时进行调整。

在弹射时出现的情况和调整方法见 51 页表。

弹射模型飞机飞行中的三大问题是如何取得最大的弹射高度；如何从弹射上升状态顺利地转入滑翔状态（损失高度最少）；如何争取较长的留空时间。

如果这三个问题解决好了，飞行成绩就可以提高。这三个问题是相互影响，互有关联的。例如，最大的弹射高度和最好的滑翔状态之间有时就存在着相互矛盾的因素，在没有特殊控制机构的弹射模型飞机上，要想使模型弹射时直线上升，同时又能很好地滑翔几乎是不可能的。

为了解决这些矛盾，一般采用螺旋上升的方式，即在弹射时将模型倾斜一个角度（例如向右倾斜），同时稍稍向倾

飞行情况	调整方法
直上直下	a.水平尾翼后缘稍向上翘； b.弹射时把机翼稍稍倾斜。
翻筋斗	a.水平尾翼后缘稍向下弯； b.弹射时把机翼稍稍倾斜。
螺旋下降	a.把垂直尾翼后缘向旋转的反方向弯曲。如向左螺旋，则把垂直尾翼后缘向右弯曲。
右旋下降	向左弯曲垂直尾翼后缘。

斜的反方向弯曲一点垂直尾翼后缘（例如向左弯曲），这时模型会沿着螺旋线弹射上升，达到最高点后自然地进入滑翔。

当然，如果在模型飞机上采取一些控制措施，以上问题就会得到更好的解决，但这些措施往往会使模型的构造复杂。

如果同学们对此有兴趣，老师可以参考资料的形式向大家介绍几种弹射机构，鼓励大家去寻找更新的解决方法。

4. 手掷模型飞机 WB—10

(1) 材料。

机翼中段 2.5 × 55 × 200mm 桐木 1 片。

机翼翼尖 2.5 × 55 × 60mm 泡沫塑料 2 片。

机翼加强 2 × 40 × 20mm 桐木 1 片。

尾翼 2 × 40 × 180mm 泡沫塑料 1 片。

机头套管 6 × 40mm 塑料管 1 根。

(2) 制作方法（见图 2—9）。

一般的手掷模型飞机的飞行高度，不如弹射模型飞机大，因此要求手掷模型飞机有较好的滑翔性能。为了达到这个目的，手掷模型飞机的空气动力性能，特别是滑翔性能要求比弹射模型飞机更好。这样也就要求在制作工艺上比弹射模型飞机更精细。

手掷模型飞机的机翼制作。用整块木材制作机翼与弹射模型飞机的机翼制作基本相同，只是要求做得更精细准确。

在手掷模型飞机上，最关键的部件就是机翼。为提高滑翔性能，机翼的展弦比（即翼展和平均翼弦的比）往往比较大。而为了增加稳定性，有时在翼尖和翼根上采用反角。为了减轻重量，有些手掷模型飞机的机翼选用了构架式的结构。例如先把整体机翼制作好，再把上面适当部位挖空，然后蒙纸；还有把机翼的中部全部挖空，只留下四周的边缘，然后再适当地加一些翼筋，最后蒙纸。

此外，还有用几种比重不同的材料组合成机翼的。

机身和尾翼的制作方法跟弹射模型飞机的制作基本相同。

组装方法。手掷模型飞机的组装跟弹射模型飞机基

本相同。不同之处是，有些手掷模型飞机的机翼与水平尾翼之间的夹角是左右不等的，这是为了保证模型飞机的盘旋滑翔（见图 2—10）。例如大多数用右手投放的模型飞机，滑翔时要向左盘旋，它的机翼与水平尾翼间的差角也就要保证这种左盘旋飞行。

(3) 飞行方法。

手掷模型飞机的飞行与弹射模型飞机一样，开始时也要进行手投滑翔试飞和滑翔调整。当一般的手投滑翔试飞调整完成以后就要进行高抛飞行。一般使用的高抛飞行方法有两种：

机头向上，几乎竖直地向上抛去（见图 2—11）。

机头向前，机身接近水平地向前高速抛出，然后靠机翼产生巨大升力使飞机抬头上升，达到一定高度（见图 2—11）。

不论用哪种抛法，模型上升的轨迹基本上都是弧形，然后进入水平的滑翔状态。

手掷模型飞机的上升轨迹调整，可参考弹射模型飞机的调整方法。

5. 初级牵引模型飞机 WB—11

(1) 材料。

2×3×315mm 松木条 4 根。

2×2×200mm 松木条 2 根。

1×1×140mm 竹条 3 根。

1×1×70mm 竹条 2 根。

1×10×100mm 桐木 11 片。

4×4×500mm 松木 1 根。

2×4×150mm 桐木 1 根。

2×3×60mm 竹条 2 根。

3×35×180mm 层板 1 块。

(10) 5×4×12mm 松木 1 块。

(11) 120×320mm 皮纸 2 张。

(12) 60×220mm 皮纸 1 张。

(13) 60×50mm 皮纸 1 张。

(14) 大头针。

(15) 乳胶。

(16) 尺、铅笔等绘图工具。

(17) 缝衣线。

(18) 小刀。

(19) 砂纸。

(20) 橡筋圈。

(2) 制作方法（见图 2—12、2—13）

机身制作：

按图把 3×35×180mm 的层板切成机头的样子，并用砂纸磨光。

按图把 4×4×500mm 的松木条一端削细，并用砂纸磨光。

把机头用乳胶粘在没有削细的机身木条的一端，然后用大头针固定，待胶干后再把大头针取掉。

削去木条前端的突角，使它与机头形成一体。尾翼制作：

按图把两根 1×1×70mm 的竹条在电烙铁上烤弯，做成水平尾翼的两个翼端。

按图把两根 $2 \times 2 \times 200\text{mm}$ 的桐木条与竹条翼端涂胶粘合，并用线绑在一起做成一个水平尾翼框架。作完后要进行检查，使框架的边缘相互平行，不能有扭曲的情况，否则胶干以后就不易校正了。

按图把 $1 \times 1 \times 140\text{mm}$ 的 1 根竹条在电烙铁上烤成垂直尾翼，注意垂直尾翼的前后缘要平行，不能扭曲。

按图把水平尾翼粘在机身末端并用线绑牢。

在机身末端钻两个小孔，把垂直尾翼竹条的两端削尖后插进小孔，并用胶粘牢。

在安装尾翼时要注意保证水平尾翼与机身木条的上面平行，垂直尾翼与水平尾翼互相垂直。

机翼制作：

按图用硬纸（或易拉罐铝片）制作一个翼肋样板，要力求精确。

一般制作步骤如下：先用复写纸把翼肋的形状画在硬纸上。如果图纸是缩小的，先要在图纸上绘制方格，然后按比例把方格放大绘在硬纸上，再将翼肋在小方格上的形状把它描到大方格上，最后用平滑的曲线把它绘好，剪下来就成了。

在样板上扎两个针孔。

把样板放在 $1 \times 10 \times 100\text{mm}$ 的桐木片上，下边对齐，用两个大头针在预先扎好的针孔上扎下去，把样板固定在木片上。以后每个翼肋都按样板上的两个针孔固定。

用锋利的刀尖沿着样板上的弧线部分把多余的木片切掉。用此法制作竹翼肋。

沿着翼肋上的针孔把它们用大头针穿成一排，然后用砂纸一起磨光。

把 $1 \times 1 \times 140\text{mm}$ 的两根竹条在电烙铁上烤弯成两个机翼的翼端。并把它们分别捆绑在四根 $2 \times 3 \times 315\text{mm}$ 的松木条上。形成一对开口的框架。

把翼肋分别粘在两个框架上。为了保证粘合的准确，最好先在一张纸上绘好机翼的工作图，把图纸固定在平板上。先把机翼框架用大头针固定在图纸的相应位置上，然后再把翼肋一个个地粘上去。为了增加连接强度，可在翼肋与木条的交接处粘上一个小的纸三角形。

把两根 $2 \times 3 \times 60\text{mm}$ 的竹条在电烙铁上烤弯，使每边向上翘起 10° 。

用竹条从中间把两半个机翼连接起来，在竹、木结合处涂胶、绑线。

(10) 用 $2 \times 4 \times 150\text{mm}$ 的木条制作翼台。先把 $4 \times 5 \times 12\text{mm}$ 的木块按图粘在木条的一端，再把机翼骨架用线绑在翼台上。机翼的前缘要放在 $4 \times 5 \times 12\text{mm}$ 的木块上，以使前缘比后缘高起一点来。当机翼在翼台上固定好以后，把中间的一个翼肋粘上。

为了保证机翼两边的上反角一样大，可把翼台用大头钉钉在平板上，然后把机翼的两端垫起来，使两个翼端与平板的距离相等，并保证机翼不扭曲。

蒙纸：把 $60 \times 220\text{mm}$ 的皮纸中间对折，用剪刀剪去折痕的前后两角，中间保留 50mm 。

在水平尾翼框架上面涂胶，然后把皮纸展开蒙上。四面均匀拉平，不要使水平尾翼扭曲。把框架外的纸边切去。

在垂直尾翼骨架的一侧涂胶，然后把 $40 \times 50\text{mm}$ 的皮纸蒙上拉平，最后把在框架外面的皮纸边缘切去。

在中间翼肋和一侧机翼的骨架上(包括翼肋)涂胶。取一条 120 × 320mm 的皮纸,把一端粘在中间翼肋的弧线上,另一端向外拉平,粘在翼端竹条上。然后用手轻轻地从每个翼肋的中间向两边把纸粘平整,贴在翼肋和前后缘条上,并保证四周的拉力平均,机翼不发生扭曲变形。用同样方法把机翼的另一半蒙好。最后用刀切去纸边,并用细砂纸把边缘磨光。

组装: 在机头上钉上两个大头针,并用钳子把它们弯成牵引钩。

用橡筋把机翼的翼台前后部分绑在机身上,并使飞机的重心位置处在图 2—12 上的“ ”处。同时检查飞机各部分的位置是否正确。

(3) 飞行方法。

手投试飞调整与手掷式弹射模型飞机的手投试飞调整相同。

牵引飞行。牵引飞行的方法与放风筝相似,不同之处是牵引到一定高度以后,牵引线要与飞机脱开,让飞机进入自由滑翔飞行状态。

牵引线的粗细和长短决定于所牵飞机的类型。例如一级牵引模型飞机只用一般的缝衣线即可,比赛规则只允许使用 15m 长。为了容易脱钩和在地面能清楚地看到脱钩的时间,在线端要拴一个钢丝环和一小块红绸条,见图 2—14。牵引线可绕在一个线轴或线板上存放。

牵引方法见图 2—15。

牵引准备: 在广阔平坦的场地上,一人迎风手持模型,另一人在前方持线,并回头注意模型。

牵引上升: 两人同时迎风跑,到达一定速度以后,持模型的人放手,持线的人继续向前跑,同时注意模型上升情况。如果模型上升正常可继续牵引;如果模型上升太快,机翼上弯过大,有断裂的危险,则应适当减速,但要保持模型的上升状况。如果模型在上升时向一侧倾斜,则应减速或放线,等待模型自己恢复平衡。或立即脱钩,等模型自己在滑翔时恢复正常状态。

脱钩: 模型牵引到一定高度以后应适当减速,待模型飞机呈水平状态后则停止牵引,使模型自然脱钩进入滑翔。

以上的牵引过程只是一种最基本的牵引方法,它要在反复的实践中熟练掌握,同时在熟练过程中积累经验,提高牵引技巧。

6. 热气球 WB—12

(1) 材料。

2000 × 500mm 拷贝纸 8 张(可以用两张拼接起来)。

2000 × 250mm 白板纸一张(也可以拼接)。

粗棉线。

乳胶。

3~4m 长的竹竿一根。

砖 6 块。

烟筒一段。

铁纱(纱窗用的)一块。

废报纸、木柴若干。

(2) 制作方法(见图 2—16)。

按图用白板纸制作一个样板,注意样板的顶角为 22.5°,中部为弧形,尾部呈矩形,宽约 80mm。

用制作样板的白板纸下脚料制作一个直径约 140mm 的圆片，在圆心拴上一个棉线套环，并用胶粘牢。

把 8 张拷贝纸从中间对折，叠放在一起，把样板的直边对准折线，用剪刀沿样板的弧线把多余的纸剪下来。

在每张拷贝纸的弧线边缘涂胶（胶痕宽约 5~10mm），并把这 8 张弧形纸粘在一起，形成一个球形袋子。为了美观，可在最后一个弧形边粘合之前，把球翻过来，使所有接口都翻到里面，这样球的外表面就光滑了。

在球的顶部粘上带有线环的圆纸片。在球的下边，沿开口边缘粘上一根棉线。

（3）飞行方法。

在空阔的场地上用 6 块砖摆成一个简单的小炉子，烟筒就放在它上面，在筒上放铁纱，防止火焰喷出烧坏气球。

在竹竿一端装一铁丝钩，钩住球顶的线环，把气球挑起来放在烟筒口上面，使球下充气口距烟筒口约 100mm。

把废纸和木柴在炉内点燃，使热气通过烟筒充入气球，当球被热气充满以后，就可把竹竿从线环中取出，只用手拉住气球的充气口，它便可直立在空气中了。在充足热气以后，放开气球，它便可自己升空，非常好看。在上升过程中球内的热气温度逐渐下降，气体的比重增加，升力减小，最后停止上升，慢慢地落回地面。这时你可以再次放飞，在反复的实践中来体会热气球升空的原理。

为了保证点火安全，在从事此活动时一定要有老师在旁指导，防止火的蔓延。

还有一种用燃料在空中给气球加热的热气球，由于这种热气球容易在空中把球点燃，落下后造成火灾，所以我们不提倡同学们搞带火上天的热气球。

B. 工艺技能

1. 识图—投影图

前面介绍了立体示意图，它的优点是直观，缺点是不能精确地表达出一些部件的形状和尺寸。投影图就可较好地解决这一问题。

(1) 什么是投影图。

把一架处于水平状态的模型飞机，放在相互垂直的三个平面中间，并使机身纵轴与其中一个平面垂直，同另外两个平面平行（图 2—17）。

分别从三个方向在足够远的地方观察飞机，并把所看到的形状画在每个平面上。从顶部观察模型，把图绘在底下的平面上，叫“俯视图”。从前面观察模型，把图绘在后面的平面上，叫“正视图”。从侧面观察模型，把图绘在另一侧的平面上，叫“侧视图”。这些图都是投影图。

把几个投影图联系在一起看就能确切地表达一个模型飞机（或其他零件）的形状和尺寸。在模型飞机图纸上，最常用的就是“三面图”，即由俯视图、侧视图和正视图组成的三面图。

(2) 模型飞机的工作图。

为了制作模型飞机的需要，除了表达整个模型飞机的总体三面图以外，还要有制作模型飞机零部件的图纸，如机翼图纸、尾翼图纸和机身图纸等。从原则上讲，这些图纸也都要按投影图的原理绘制，但有时为了使用方便，在绘制原则上略有改变，常见的改变有：

凡对称的零部件（如机翼、尾翼等），往往只画一半，另一半省略。

凡有一定角度的部件（如机翼一般都有上反角），在工作图的俯视图中就把它展平了，如机翼的俯视图就没有绘出上反角。

(3) 模型飞机图纸的比例。

模型飞机的图纸比例一般有三类：

原尺寸图，即图纸上所绘模型的大小与实物相同。一般制作零部件的工作图都应是原大的，用 $M = 1/1$ 表示。

缩小图。由于原尺寸图的面积太大有时把图缩小几个倍数绘出。这些倍数应是整数，如 $\frac{1}{2}$ ， $\frac{1}{5}$ ， $\frac{1}{10}$ 等。用 $M = \frac{1}{2}$ ； $M = \frac{1}{5}$ ； $M = \frac{1}{10}$ 表示。

放大图。为了清楚地表示微小的零件，可以把零件放大数倍绘出，如 2 倍，5 倍，10 倍等。用 $M = 2/1$ ； $M = 5/1$ ； $M = 10/1$ 表示。

(4) 模型飞机图纸的尺寸表示。

模型飞机图纸上的尺寸应该用尺寸线标注出来，尺寸单位一般用毫米（mm）。图上只标数字，不标单位。

例如图 2—18 表示这半个水平尾翼长 55 毫米，而不能认为是 55 厘米或其他。

不论图纸的比例为多少，图纸上所标出的尺寸都是实物原大的尺寸。例如 $M = 1/5$ 的图纸，机翼的标注尺寸如是 200 毫米，就不能把它再放大 5 倍，认为机翼长为 $5 \times 200 = 1000$ 毫米。

在有些模型飞机的图纸上为了简单地表示尺寸，使用比例尺的方法。例如图 2—19 的模型上没有尺寸，只是在图角上有一个比例尺。

使用这种图纸时，我们只要用两脚规把模型某一部分的长度取下来，然后移到标尺上去量就可知道它的实际尺寸了。

这种方法的优点是简单，缺点是不够精确。它往往出现在小开本图书的缩小图纸上。

在了解了立体图、投影图和工作图以后，我们基本上可以把简单的模型图纸看懂了。

2. 切割工具（二）—刀

（1）模型制作中常用的刀。

在模型制作中最常用的是切削木材的刀，一般的如图 2—20。

A：用钢锯条磨成的切削刀。

B：制作模型专用的切刀。这种刀的刀片可以更换，与医用手术刀相似，也可用医用手术刀代替。

C：目前模型制作中使用最普遍的切刀（俗称“壁纸刀”）。这种刀的刃口可以收起来，携带安全。它的刀片是消耗性的，旧的用完了可以更换，因此不需要磨刃。

（2）切削刀的使用。

切削刀的基本使用方法包括“切”和“削”。图 2—21 为常用切的握刀方法。在切时另一只握材料的手要放在刀的前面才安全。

图 2—22 为常用削的握刀方法。在削时，另一只握材料的手在刀的后面才安全。薄片木料的加工，如把木块作成螺旋桨时多用削。

在切时，首先要注意刀刃与木片之间的角度。一般来说，角度在 $30^\circ \sim 45^\circ$ 之间，最大不要超过 60° 。

在切时还要注意木纹。例如从图 2—23 中上面的木片上切下一个翼肋时，根据这块木片的纹理，按图中箭头的方向切开是正确的，这样切割不容易造成翼肋劈裂。如果按照相反的方向切割，则很容易引起翼肋劈裂。

同样道理，在削时也要注意木纹，例如要在图 2—23 中下面那块木头上削去一个棱角（虚线部分），运刀的方向要如箭头所示才行。

3. 切割工具（三）—锉和砂纸

锉和砂纸在切割工具中属多刃切割工具，在工作时有很多刃同时进行切削，但每次切割时的切削量都很小，因此往往用它们来进行最后的精加工。

（1）模型制作中常用的锉和砂纸。

在模型加工中所使用的锉和砂纸多用于加工木材等非金属材料，也有少数用于加工金属。

模型加工中常用的锉见图 2—24。

图中 A 为粗齿板锉，主要用于平面或凸曲面的粗加工；B 为横齿板锉，主要用于平面或凸曲面的细加工和初步锉光；C 为细齿尖锉，主要用于平面或凹曲面的细加工，也可用于锉孔和锉槽。

砂纸的粗细一般用号数来表示，号数越小越细，号数越大越粗。

模型制作常用的砂纸以“00”~“1”号较多。

砂纸的基板不同，以纸为基板的叫砂纸，以布为基板的叫砂布，还有一种可以在磨光时用水的叫水砂纸。

(2) 锉和砂纸的基本使用方法。

最典型的木锉使用方法如图 2—25：右手握锉柄，用力方向与锉的方向一致，左手握锉头处。锉的方向与木纹方向成大约 45°角，还要保持锉呈水平状态。

也可以把砂纸理解成另一种锉，使用时可以把它包在木块上，如图 2—26 中的 A；或粘在木板上，如图 2—26 中的 B。然后与用锉的方法一样使用。也可把砂纸直接拿在手上打磨。

砂纸往往用于用其他方法加工定型后的磨光。

4. 粘合(二) — 木的粘合

在传统的航模制作中，木的粘合是粘合的主要部分。前一单元中我们已说明了为什么选用乳胶为主要粘合用胶，在本节主要讲用乳胶作粘合剂，作木与木的粘合。

(1) 木粘合的分类。

木粘合以相互粘合的材料分类，可分为 木与木的粘合； 木与其他材料的粘合，如木与纸或纺织品的粘合、木与其他非金属材料（如塑料）的粘合以及木与金属的粘合。

在木与其他材料的粘合中，要选择对两种材料都有较好粘合作用的胶，而不能只考虑一种材料。

(2) 木与木的粘合。

在木与木的粘合中可根据粘合面的大小分为大面粘合、小面粘合和增面粘合三类。

图 2—27 中，A 为大面粘合。这种粘合的粘合面积很大，只要能保证大部分面积（如 70%）都粘合上，强度是不成问题的。

B 为最小面粘合。在这种情况下，粘合面很小，即使整个粘合面都粘得很好，强度也有限。为了增加强度往往把胶堆在胶合面之外。虽然这种从外面“堆胶”的方法在粘合操作中是不提倡的，但在粘合面太小的情况下也可适当使用。

c 为增面粘合。为了增加小面粘合的强度，可用其他方法来增加粘合面。如用木三角加强块来增加粘合面，这比“堆胶”的方法要好得多。

(3) 粘合面的处理和加压。

在粘合技术中，粘合面的处理和加压是重要的内容。这两项措施的目的是使粘合面尽可能地密合，以保证最大的粘合面和最小的胶层厚度。此外就是要有充分和均匀的涂胶，这比较容易做到。

粘合面的处理。在胶合之前先要把粘合面加工好，如用刨子刨平或用砂纸磨好，以保证粘合面相互密合得好。

图 2—28 中 A 为不密合的粘合面；B 是密合的粘合面。

涂胶。涂胶要充分而均匀，最好在被胶合的两个面上都涂胶，而不要只涂一面。

加压。为保证胶合面很好地结合，要想办法为粘合面加压。

图 2—29 中 A 用重物加压；B、D、E 用大头针加压；C 用夹子加压。

(4) 固化。

任何胶都要在固化以后才能起到结合的作用，因此要保证好的粘合强度，固化过程也是不能忽略的。

不同粘合剂的固化条件也不同，乳胶的固化在室温下进行，一般在 24 小时以内就可充分固化。但乳胶固化时气温不能太低，最好在 15℃ 以上，并尽量在干燥的条件下进行。

C. 航模知识

1. 轻航空器和重航空器

在能够离地升空的飞行器中，可分为只能在大气层中飞行的航空器和可飞离大气层进入宇宙空间的宇宙飞行器（如宇宙飞船）。

只能在大气中飞行的航空器又可分为根据阿基米德原理，依靠空气的静浮力升空的轻航空器（如氢气球、氦气球、热气球等）和本身重量比同体积空气重的重航空器（如飞机、导弹、火箭等）。

2. 空气和空气动力

由于目前的模型飞机都是在大气中靠空气动力飞行的，因此我们应先了解一下空气和空气动力。

空气是无色透明的气体，在标准大气压气温为 15℃ 的情况下，每立方米干燥空气的重量为 1293 克。

当物体和空气发生相对运动时，如我们迎风站在广场上被风吹，或是我们在无风时骑自行车前进，都会感到有风从前面吹来。在这两种情况下，我们与空气发生了相对运动，空气向后推我们的力就叫“空气动力”。

3. 升力的产生

为了使飞机升空，必须克服飞机的重力，这个垂直向上的、克服重力的力就叫升力。

目前在一般的飞机上，升力主要是由机翼产生的。

会游泳的人都知道，如果你沉在水底想浮上水面时，你必须用手或脚向下推水，这时水的反作用力会把你举上水面。但这样做很费力，一般只能在水面上保持较短的时间。还有一种能保持在水面上的方法就是向前游，同时使身体稍稍向上倾斜一个角度，使头露出水面。倾斜的身体也在向斜下方推水。

风筝的飞行很像游泳，放风筝的线产生拉力，使风筝不会被吹跑。倾斜的风筝面把从前面吹来的空气引向斜下方，而空气的反作用力也就向上推风筝，从而产生了上升力，保持风筝在空中飞行。

简单的纸模型飞机的机翼剖面是平板型的，只有在它对相对气流之间有

一个正角度时，才能像风筝一样产生升力，见图 2—30。

如果把机翼的剖面作成弧形的，那么即使对相对气流之间没有正角度，它也能向下排空气而产生升力。当然如果有一个倾斜角，它的升力就更大了。见图 2—31。

4. 空气动力实验

(1) 机翼的升力：

当我们向相距很近的两张纸中间吹气时，它们就会产生相互靠近的运动（图 2—32 左）：我们向纸的一面吹气，它便会向上飘起（图 2—32 右）。从这两个实验中可以看出，空气流速快的地方，空气对纸的压强就减小，所以两张纸会向一起靠拢，一张纸会向吹气的那边飘起。

从这两个实验我们可以设想，当空气吹过弧形翼面时，空气被翼面分成上、下两部分，它们从翼面的前缘分开，到翼面的后缘合拢。上面的空气要流过一个曲线，下面的却是直线，所以上面空气走过的路程要比下面的长一些。但它们所用的时间是一样的，因此流过上翼面的空气速度要比流过下翼面的大，这样上翼面的压强也就比下翼面的小，这上下翼面的压强差就是机翼的升力（图 2—33 上）。

当平板形机翼有一定的正迎角时，空气也会形成这种不对称的流动，因而造成上下翼面的压力差而产生升力（图 2—33 下）。

因此，对机翼升力产生的原理，我们可以从两个不同的方面来解释：

从总体来看，不论是弧形翼面还是有有一定正迎角的平板翼面，当空气流过它们时，都会产生一种稍稍向下倾斜的流动，这种向下倾斜流动的空气的反作用力，就会向上推翼面而产生升力。

从局部来看，不论是弧形翼面还是有有一定正迎角的平板翼面，它们都会使流过的空气形成上下不对称的流动，因而造成上下翼面的压力差而产生升力。

为了通过实验，研究机翼的升力和翼面之间的关系，需要通过一些专门的仪器进行，在这些仪器中，最常见的就是风洞。

(2) 风洞和风洞实验：

简单地讲，风洞就是一个吹风的筒子，有了它，我们就可以使模型飞机静止不动地固定在支架上，靠风洞对它吹风而造成和飞行时相似的情况，来进行实验。

科研用的风洞是巨大而复杂的实验设备，在模型飞机实验中我们可以用简单的方法进行。

简易风洞。简易风洞是用一般的家庭用电风扇做成的。家用电扇的风力稳定，并且可以变速，这都是风洞所需要的性能。但直接用风扇吹风的主要缺点是风扇吹出的气流有一定的旋扭，而不是平行的。为了使风扇吹出的气流平顺，我们可用三合板或硬卡纸制成一个气流栅格。图 2—34 是一个有许多小格的框架。框架平面是一个正方形，厚度为 200mm。

把栅格放在风扇前面，并使栅格的轴线与风扇的轴线平行。栅格与风扇

间的距离约 100mm (见图 2—35)。

风洞实验。有了简易风洞，还必须有一个简易的测量升力大小的空气动力天平 (图 2—36)。

把不同的机翼模型插在模型孔 (横杆前端) 处，并在配重挂钩上放上适当的配重使其平衡，然后放在栅格前，打开风扇，我们就可以看到作用在机翼模型上的空气动力了 (由横杆末端的细针在刻度盘上指示出来)。

改变机翼与相对气流之间的迎角，我们也可以从刻度盘上看出升力的变化来。改变风扇的速度，升力也会发生变化。

通过各种不同剖面的模型，在不同迎角和不同速度下图 2—37 的实验结果，我们是否可以初步找出升力与这些因素之间的关系呢？

各种实验用机翼 (图 2—37)。

5. 翼型

在机翼上取出一个与整飞机的对称面平行的剖面来，它的形状就是翼型 (图 2—38)。

翼型的主要元素见图 2—39。

机翼的翼型对飞机的飞行性能有重大影响，对于不同的需要，人们研究出了各种不同特性的翼型。在一般情况下，它们可分为以下几大类：

对称、双凸、凹凸、“S”型、平凸、平板 (图 2—40)。

翼型的描画方法：选好翼型后，如果有 1:1 图纸，要描画下来是很方便的。如果没有 1:1 图纸，可以根据翼型的坐标表把翼型描画出来。翼型坐标表一般是以前缘作为坐标原点，以翼弦作为横坐标轴，以翼弦的百分之一作为基准长度，把上下弧线上若干点的横坐标和纵坐标表示出来的数据表。有时，为了制作方便，也有用下弧线两个最低点的连线

表 4—1 克拉克—Y 翼型坐标表 (毫米)

X	0	1.25	2.5	5	7.5	10	15	20	25
Y _上	3.5	5.45	6.50	7.90	8.85	9.60	10.68	11.36	—
Y _下	3.5	1.93	1.47	0.93	0.6	0.42	0.15	0.03	—
X	30	40	50	60	70	80	90	95	100
Y _上	11.7	11.4	10.52	9.15	7.35	5.22	2.80	1.49	0.12
Y _下	0	0	0	0	0	0	0	0	0

作横坐标轴的。表 4—1 是克拉克—Y 翼型坐标表。它以下弧线最低点连线作横坐标轴，翼型的前缘在坐标原点上。表中第一行 (X) 数据，表示上

下弧线上的点的横坐标；第二行（Y 上）的数据，表示上弧线上的点的纵坐标；第三行（Y 下）的数据，表示下弧线上的点的纵坐标。

例如，要画一翼弦长是 160 毫米的克拉克—Y 翼型，首先把坐标表中的数据乘以 $\frac{160}{100}$ （= 1.6 毫米），列成以毫米为单位的新的坐标表（见表 4—2）。

描图的时候，先在坐标纸上画一根长 160 毫米的线段，并在这根线段上标出第一行（X）数据

表 4—2 翼弦长 160 毫米的克拉克—Y 翼型坐标表（毫米）

X	0	2	4	8	12	16	24	32	40
Y _上	5.6	8.72	10.4	12.6	14.2	15.4	17	18.2	—
Y _下	5.6	3.0	2.35	1.49	1.0	0.67	0.24	0.05	—
X	48	64	80	96	112	128	144	152	160
Y _上	18.7	18.2	16.8	14.6	11.76	8.35	4.48	2.38	0.19
Y _下	0	0	0	0	0	0	0	0	0

0、2、4……160（毫米）对应的各点，过各点作线段的垂线。然后根据第二行（Y 上）和第三行（Y 下）的数据，在垂线上找出上弧线和下弧线上的各点，如图 2—41 所示。最后用光滑的封闭曲线把各点连接起来，就可以得到翼型图。

图 2—41 根据翼型坐标表描翼型图

D. 其他

1. 工艺方法

工艺方法是指我们利用各种工具对材料或半成品进行加工，使之最后成为产品的方法。例如古人搓绳子、制造陶器等都是一些种的工艺方法。这些都是人类在劳动中积累起来、并经过总结的操作技术经验。

现代工业中，在正式生产一个产品之前，先要由技术人员专门研究设计和试验出一套合理的工艺方法来，然后人们按这个科学的方法生产产品。

我们制作模型飞机也有工艺方法问题，每当我们完成了一架模型飞机的制作以后，再回忆起这架模型飞机的制作过程时，往往会发现很多我们在制作中的经验和教训。在这个基础上如果再制作一架同样的模型飞机，我们一定会比第一架制作得更好，更快，更省。这就是因为我们有了更好的工艺方法。

即使制作的模型飞机不完全与前一架相同，我们仍然可以利用以前的经验，使这架模型制作得更快，更好，更省。其实，我们每个人都有各方面的经验，特别是在制作了几架模型飞机以后。只要我们在制作一架新的模型飞机之前，认真考虑一下应采用什么工艺方法更好，那么你在制作时就会少走很多弯路。

2. 观察、判断、实验和比较的解决问题方法

如果回忆一下我们所制作的各种航空模型，从每一个模型的制作开始，到这个模型能够很好地飞行，每前进一步我们都要克服各种各样的困难才行。

如何克服这些困难呢？

除了老师的帮助和查阅有关资料以外，就是利用观察、比较和选择实验的方法。

例如，有一架模型飞机不能够很好地直线飞行，我们怎样独立地去解决这个问题呢？

首先要仔细地观察它的飞行现象。从多次反复的观察中去判断模型飞机的问题出在哪里，然后根据我们的判断去采取调整措施，并进行飞行实验，观察比较调整前后的飞行有什么不同，从而证明自己事先的判断是否正确。如果调整方法是正确的，那么就继续进行，直到完全调整好为止。如果实验证明第一次所采用的调整方法不正确，我们就再观察判断，找出新的调整方法进行实验，直到取得好的效果为止。

在模型制作中所反复培养出来的这种观察、判断、实验和比较的方法，可以推广应用到很多方面去。

五 第三单元

A. 制作和飞行

1. 竹蜻蜓 Wc—13

(1) 材料。

桨叶 5×15×140mm 松木 1 块。

搓杆 5×150mm 竹筷子 1 根。

刀。

锉。

砂纸。

(2) 制作方法 (见图 3—1)。

可以把竹蜻蜓的两个叶片看成一对相互扭曲的机翼。在这样理解它的基础上制作就比较容易了。

找出木块的中心，钻孔，使搓杆可以紧紧地插在孔中。

按图在木块上绘出切削的边界线。

按图沿边界线用刀切削。一般先削桨叶的下面。桨叶下表面除桨根部分弯曲以外，其他部分都是一个倾斜的平面；桨叶上表面除靠近桨根部是弯曲的过渡面以外，整个上表面由两个平面构成：从桨叶前缘到 1/3 翼弦处的平面，以及

从 $\frac{1}{3}$ 翼弦处到后缘的平面。我们所要切削加工的是后一平面。

用刀把桨叶上、下表面切削成形以后，用砂纸把它们打光，最后把桨叶上表面的两个平面之间的棱角磨圆，使桨叶上表面呈弧形。

在搓杆的头部涂胶，紧紧地插进桨叶的孔中，竹蜻蜓就制作好了。

(3) 飞行方法。

用手旋转搓杆，观察竹蜻蜓的旋转方向与它吹风的方向有什么关系？为什么？

应该向什么方向旋转它才能飞起来？为什么？结合第二单元中所学的升力产生原理进行以上的实验和讨论，深化对升力产生原理的认识。

用力搓搓杆，使桨叶高速旋转，放手后它就可以飞升起来。

观察飞行时的桨叶，看它是否成一个平整的圆盘，看搓杆是否成一个直杆。

如果旋转起来的桨叶形成的圆盘左右摆动，搓杆也成锥形，则可能是桨叶两边的形状或重量不对称。这时应首先测量两个桨叶的角度是否相等。然后再把搓杆支起来，看两边的重量是否平衡。发现问题后立即调整直到桨叶平衡为止。

桨叶的振动会损失很多能量，因此平衡的桨叶能飞得更高。

竹蜻蜓很容易制作，也容易飞行，因此可以多做几个，看什么样的能飞得更高。

讨论：什么样的竹蜻蜓飞得最高？为什么？

2. 小直升模型机 Wc—14

(1) 材料。

160mm 塑料螺旋桨（橡筋动力模型飞机用）一个。

3×5mm 橡筋动力模型飞机用塑料机头一个。

3×5×150mm 桐木条 1 根。

0.75×55×250mm 桐木片 2 片。

16 开拷贝纸 1 张。

45×45mm 吹塑纸 1 张。

0.8×50mm 钢丝 1 根。

大头针 1 个。

1×2×300mm 橡筋 1 根。

15×65mm 竹条 2 根。

（2）制作方法（见图 3—2）。

按图把螺旋桨与机头用 0.8mm 的钢丝穿在一起，在钢丝的下端用尖嘴钳弯成圆形钩，准备挂橡筋。另一端弯一直角钩与螺旋桨中部的凸起吻合。

当橡筋带动钢丝轴旋转时，直角钩能使钢丝拨动螺旋桨旋转。

把机头插在 3×5×150mm 桐木条的一端。

按图用大头针弯一个“乙”字形钩，用线绑在木条的另一端，并涂胶粘牢。

把 1×2×300mm 的橡筋对折打结，形成一橡筋环，把它挂在木条一端的大头针钩上，另一端与螺旋桨轴相连。用手拨动螺旋桨，绕紧橡筋，然后放开螺旋桨，让橡筋

带动螺旋桨旋转。同时检查螺旋桨在旋转时是否有振动产生。如有振动情况，可检查钢丝轴是否有小的弯曲，并加以校正，直到螺旋桨能平稳旋转为止。

按图用 0.75mm 桐木片制作机身骨架。

用 1.5×65mm 竹条制作滑橇。

用拷贝纸蒙机身前部。

用 45×45mm 吹塑纸剪正圆形，粘在垂直尾翼的上面，看起来就像是真直升机旋转着的尾桨。整个机身制作得越轻越好。

按图把装好了螺旋桨和橡筋的木条粘在机身后隔板的中心。

（3）飞行方法。

竹蜻蜓上没有动力，是靠用手搓动，使它高速旋转，利用旋转的动能升高的。

小直升机模型是用预先绕紧的橡筋储能，然后带动螺旋桨旋转而上升。这就更接近真的直升机了。但在真的直升机上有尾桨产生的侧向推力，能克服螺旋桨所产生的反作用力，使机身保持一定的方向，而我们的直升机模型在上升时机身是旋转的。

小直升机的飞行比较简单，只要把橡筋扭紧，使木杆竖直向上，先放开螺旋桨使它旋转，然后立即放开直升机，它便可以上升了。

3. 杆身橡筋动力模型飞机 Wc—15

（1）材料。

3×6×250mm 桐木 1 根。

3×6×80mm 桐木 1 根。

2×2×250mm 桐木 2 根。

2×2×140mm 桐木 2 根。

2×2×60mm 桐木 5 根。
2×2×45mm 桐木 3 根。
0.5×30×30mm 桐木 1 片。
100mm 塑料螺旋桨和机头桨轴 1 套。
1×1×600mm 橡筋 1 根。
65×400mm 拷贝纸 1 张。

(11) 大头针 1 根。

(2) 制作方法 (见图 3—3)。

按图在纸上绘出机翼的平面工作图和尾翼的平面工作图。

用 2×2mm 的桐木条分别在图上粘出机翼和尾翼的平面骨架。

在机翼折上反角处用刀切出小口，然后把机翼外端翘起，使翼端距台面 25mm，涂胶固定。

按图把 3×6×80mm 的翼台削斜，使其一端厚 6mm，另一端 3mm。把机翼骨架粘在翼台上，使翼前后各伸出 10mm。

按图把拷贝纸按机翼骨架的尺寸和上反角的位置分图 3—3

别裁成三片蒙在骨架上。蒙纸时要注意保持蒙面的平整、张

按图把 3×6×250mm 的机身木条的尾部削斜，使末端为 3mm 厚。

把螺旋桨机头组插在机身前端。

按图在机身后部装上用大头针制作的橡筋挂钩 (做法与小直升机相同)。

把水平尾翼骨架和用 0.5×30×30mm 桐木片做的垂直尾翼分别粘在机身末端，并在水平尾翼上蒙纸。

在距机翼前缘 48mm 处的翼台上画出圆形标记来。

(11) 把 1×1×600mm 的橡筋对折，打结，绕成两圈挂在机身上。

(12) 用刀口支持机身中部，找出一个平衡点来，把机翼有标记处对准平衡点，装在机身上。用细橡筋把翼台的前后两端与机身绑在一起。

(3) 飞行方法。

由于动力模型飞机的飞行过程中有很大一部分是动力停止以后的滑翔，所以在试飞调整的方法里，也有很多与滑翔机相同的地方。

手投滑翔。用手轻轻投放飞机，看它的重心位置是否合适，并通过前后移动机翼来调整重心。(其方法与一级牵引滑翔机的调整相同)

由于飞行时螺旋桨是向右旋转的 (从驾驶员的方向看)，因此螺旋桨的反作用力会使飞机向左倾斜。

为了克服这一反作用力矩，并使飞机在飞行时做盘旋轨迹，在设计这架飞机时，已把左边的机翼加长了 10mm，由于左翼的升力大于右翼，所以飞机有一向右倾斜的力矩产生。

为了保证飞机在上升时的平衡和盘旋，有时还可以稍稍把机翼扭曲一点或把水平尾翼装得稍有倾斜。但这些方法的运用都要在多次反复的试飞中摸索，才能找出最佳的选择来。

还有一种调整的方法，就是改变螺旋桨拉力线的角度。一般是把拉力线调整得稍向下方和右倾斜几度。

橡筋动力模型飞机理想的飞行方式是盘旋上升和盘旋下降。常见的有：

- (A)右盘旋上升，右盘旋滑翔。
- (B)右盘旋上升，左盘旋滑翔。
- (C)左盘旋上升，右盘旋滑翔。
- (D)左盘旋上升，左盘旋滑翔。

我们建议选择(A)、(B)两种方式。因为使用(C)、(D)方式飞行比较危险，容易摔坏飞机。

(以上是对右旋螺旋桨的飞机而言，如果用的是左旋螺旋桨，则情况正好相反。)

橡筋的使用。在橡筋动力模型飞机上，橡筋的好坏十分重要。

评价橡筋好坏的最简单方法是在橡筋放松时量出它的长度 L_0 ，然后用力拉长它，直到将要拉断为止，测出它的长度 L_1 ，然后再使它完全放松，并量出这时的长度 L_2 。比较 L_0 、 L_1 、 L_2 就能看出橡筋的好坏：

$$\text{橡筋的最大伸长比：} K = \frac{L_1}{L_0}$$

$$\text{橡筋的剩余形变 } l = \frac{L_2 - L_1}{L_0}$$

我们希望橡筋的 K 值越大越好， l 值越小越好。

一般航模用橡筋的 $K=7 \sim 8$

$$l=5\%-10\%$$

橡筋要保存在凉爽干燥不见日光的地方，即使这样也不能保存很久，时间长了会老化变质。

使用时先要洗去上面的滑石粉，在阴凉处晾干，使用前最好均匀地在橡筋条上涂一点蓖麻油，防止扭紧时互相摩擦。

新的橡筋开始时不要一下扭得太紧，而要逐步增加扭紧的转数，一次次地扭紧，一次次地放松，最后再加到最大。

橡筋用过后要用无碱肥皂洗净晾干涂上滑石粉保存好。

4. 像真橡筋动力模型飞机 Wc—16

在前面几个单元中，同学们制作了各种比较简单的模型飞机，通过这些制作和飞行，掌握了航空模型的初步知识和技能。在以后的几个单元中，我们要开始较复杂的模型飞机的制作和飞行，它们更接近真飞机，飞行性能也更好。

在这里将要开始的橡筋动力像真模型飞机的制作，将起到承上启下的过渡作用。通过它把以前学过的制作技能和工艺方法提高一步，并为今后制作更复杂的模型打下基础。

(1) 材料。

机翼材料：

前缘条 $2 \times 2 \times 250\text{mm}$ 桐木 2 根。

上梁条 $2 \times 2 \times 250\text{mm}$ 桐木 4 根。

下梁条 $2 \times 6 \times 250\text{mm}$ 桐木 2 根。

翼肋 $1 \times 55 \times 250\text{mm}$ 桐木 1 片。

后缘条 $1 \times 5 \times 250\text{mm}$ 桐木 2 条。

其他 $1 \times 55 \times 50\text{mm}$ 桐木 1 片。

尾翼材料：

前缘、梁、肋 $2 \times 2 \times 250\text{mm}$ 桐木 3 根。

后缘和翼尖等 $2 \times 5 \times 250\text{mm}$ 桐木 2 根。

机身材料：

桁条、支柱等 $2 \times 2 \times 400\text{mm}$ 桐木 10 根。

其他曲线零件和隔框等 $1 \times 55 \times 400\text{mm}$ 桐木 2 片。

起落架：

22mm 小机轮 2 个。

$0.8 \times 300\text{mm}$ 钢丝 1 根。

动力装置：

螺旋桨 160mm 塑料桨 1 个。

桨轴 $0.8 \times 50\text{mm}$ 钢丝 1 根。

橡筋 $1 \times 1 \times 1800\text{mm}$ 1 根。

机头 $5 \times 30 \times 30\text{mm}$ 桐木 2 块。

蒙纸：

薄绵纸 $400 \times 500\text{mm}$ 2 张。

涂布油、稀料若干。

(2) 制作方法。

绘制工作图。

按图 3—4、3—5 上的尺寸和比例在纸上绘出 1:1 的机翼平面图、水平尾翼和垂直尾翼平面图和机身侧面及机身顶面图来。绘出隔框图并用方格纸放大的方法，绘出翼肋的图样来。

为了组装时方便，在绘好工作图以后要把每个翼肋的尺寸与机翼平面图相互对照一下，看是否相符。例如每个翼肋的长度和翼肋上翼梁开槽的位置都必须和平面图一致，否则会在组装时发生困难。

机翼制作方法：

按翼肋图制作翼肋，按图 3—4 把机翼主梁作好。

把机翼平面图放在工作板上。把前、后缘和主梁条用大头针固定在图纸上。

把翼肋插在主梁槽口上，同时与前后缘对好，涂胶固定。

把机翼上面的两根梁条放入翼肋的槽口内，并保证梁条上表面与翼肋的上弧平齐。然后涂胶固定。

按图 3—4 作好翼尖木片，粘在机翼最后一个翼肋上。

胶干后把机翼骨架从工作板上取下来，用砂纸把接头部分磨光，前后缘磨成翼肋流线型的一部分（图 3—6）。

水平尾翼与垂直尾翼没有弧形翼肋，是平板形的剖图 3—6 面，制作方法与机翼类似，但比机翼简单，在此就不详述了。

机身的制作方法：

按图 3—5 用 1mm 厚的桐木片切出机身前部的下弧板条，并按图 3—6

开槽口。

把下弧板条钉在铺有图纸的工作板上。

用 1mm 厚桐木片在图纸上拼成机身下部中间凸起部分，同时把 2×2mm 桐木条固定在机身桁条和立柱的位置，涂胶粘好，形成机身侧面整体骨架。并在侧面骨架的前后用 1mm 桐木片加强，准备将来安装机头和橡筋销。等胶干后，把两个机身侧面骨架取下来，用砂纸磨光待用。

接工作图，用 1mm 厚桐木片作好机身的上、下隔框板。同时按图 3—7 用木条粘一个长宽各为 24 和 22mm 的框架，作为机头前口。

在工作板上铺好机身的顶视工作图。把两个侧面骨架的直线边朝下，用大头针固定在图纸上。并使其与工作板垂直。

为了保持机身侧面骨架的位置，可用橡筋条把它勒在工作板上，如图 3—8。

先在两侧面骨架的尾部涂胶，把它们粘在一起。然后把机头前口粘在两侧面骨架的前端。按图用 2×2mm 桐木条把机身侧面骨架的中部都粘接起来，使其形成一矩形剖面的立体框架。

把机身骨架从工作板上取下来以后，按图把机身的上、下隔框粘在相应的位置上。按图 3—7 把机身上下部的整形桁条粘在隔框的槽口上。使机身形成一个多角形立体框架。

找一段 1×1mm 的细竹条，前端劈开一小段，按图烤弯，成座舱上面的弧形，然后粘上，形成座舱的构架。用砂纸磨光。外部机身的骨架就完成了。

用 5mm 厚的桐木块放在机身前口上，在木块上绘出前口的外形，并把多余的部分削掉，再用一块木块做成与前口内口相吻合的形状。把这两块 5mm 厚的木块粘在一起正好做成一个能插在机身前口上的塞子。把这塞子的外面棱角磨圆，并在中部钻一小孔。在孔中塞进一个预先做好的金属管（可用“易拉罐”的铝皮在 0.8 的钢丝上卷成），桨轴就插在这管里面。前端装上螺旋桨，后端弯成装橡筋的钩。

起落架制作方法：用 0.8mm 钢丝，弯成起落架，并用线绑在机翼主梁的根部和第二个翼肋上，涂胶固定。小轮装在钢丝上。在钢丝外侧用胶固定上用 1mm 厚木片制作的起落架档板。

蒙纸方法：

按照机翼、尾翼的骨架形状，把薄绵纸裁好，每块蒙纸的边缘都要比原骨架宽 5mm。

在碗中倒入涂布油，并加入适量的喷漆稀料，调到适当的浓度，用清洁的毛笔把涂布油刷到机翼或尾翼的骨架上，然后把绵纸铺上，四边拉紧，使纸面绷平，把绵纸粘在骨架上，用笔通过绵纸向与骨架相接的地方涂刷，把纸牢固地粘在骨架上。然后用笔轻轻地把全部纸面刷满涂布油，待干后再刷一层，直到纸面完全绷紧为止。

机翼、尾翼都是双面蒙纸，干后用砂纸把边缘磨光。在蒙纸中一定要保持翼面的平整，不能发生扭曲变形的情况。

机身蒙纸方法与机翼类似，只是每一个组成机身的平面要蒙一块纸，不能用一大块纸卷着蒙机身。那样会造成绉纹，不易蒙平整。

由于涂布油和喷漆稀料都是易燃、易挥发并对人体有害的物质，因此蒙纸要在通风的室外进行，并严禁烟火。

模型的组装（见图 3—9）：

把垂直尾翼粘在机身的尾部。

把水平尾翼粘在机身的尾部，使其与垂直尾翼垂直。

把机翼的主梁和辅梁插入机身前端下部的弧形板槽口里，涂胶粘牢，要注意保证机翼翼端向上翘起约 40mm，并且左右对称。机翼组装时的对称性十分重要，在安装时要注意检查。

在机身后部的橡筋销固定板上钻一小孔，插入预先削好的 3mm 竹销。

用竹条或木杆制作一个如图 3—9 的橡筋安装杆，把 1×1 橡筋绕成四圈装入机身，在后部用竹销穿好，前部挂在橡筋钩上。

如有成品塑料桨帽最好，也可用桐木或泡沫塑料制成一个桨帽装在螺旋桨上。

（3）模型的飞行。

像真橡筋动力模型飞机的飞行与一般橡筋动力模型的飞行没有什么区别，只是要在调试中小心保护飞机，减少摔飞机的事故。

手投试飞。由于这模型的机翼、尾翼都是固定的，不易调整，所以只用加配重的方法调平衡。也可在水平尾翼或垂直尾翼后缘加一纸的调整片。

动力飞行的调整主要靠改变拉力线的方向，即在机头塞盖与机身前口之间垫上纸片或薄木片来使其拉力线向右、向下倾斜。

调整好的飞机可以从地上起飞，在小场地飞行，十分有趣。

B. 工艺技能

1. 切割工具（四）—锯

锯也是一种多刃切割工具，但它与加工较大面积的多刃切割工具锉和砂纸不同，锯是沿很窄的一条线进行深切割的工具。

（1）锯条的构造（图 3—10）。

一般的锯条上面都有很多锯齿。放大的锯齿如图 3—10 所示，上面的一个刃口是主切割刃，侧面的两个刃口是次切割刃。锯齿一般都向左右两边倾斜，这样的锯条在材料上锯出的锯口比锯条宽一些，不会因材料夹住锯条而影响锯的运动。

为了保证锯条在工作时能处于张紧状态，因此必须有锯弓把它拉紧。

常见的制作模型的锯如图 3—11 所示。

木工锯。这是木工使用的手动工具，它有大小和粗细之分，可用来锯各种大小不同的木材。（图 3—11A）

手工锯。是制作模型常用的小锯，可锯木材，也可锯塑料、金属等多种材料。（图 3—11B）

钢丝锯。是制作模型锯曲线用的主要工具。（图 3—11c）以上三种锯，分别用不同的方法把锯条张紧，以保证它的工作。

（2）锯的使用（见图 3—12）。

使用锯时，要注意两个问题：

被加工材料的固定。

锯在材料上的准确切割。

传统的木工锯木时，多用脚踩住材料，使其固定。在锯更小的材料时可用手把它压在工作台的端部。如果有台钳，也可以把被加工的材料固定在它上面。

为了保证锯对材料的准确切割，关键在使用锯的姿势和握法要正确。用力推拉锯的方向要力求与锯条的运动方向一致。

在锯条拉动的过程中要随时注意锯口前进的方向，并及时修正锯口的方向，不要等锯口偏斜太多时才修正。

在用锯时不要过于紧张，只在用锯齿切削时才用力，其他时候都应尽量放松。

2. 钳子的使用

钳子是一种在加工时常用的紧固工具，有些钳子也有切断作用。

（1）钳的构造。

钳的种类很多，但它们都有一对由用于夹紧材料的部分组成的“钳口”。钳口往往用杠杆或螺杆控制，能产生很大的夹紧力。

一般把拿在手上使用的钳子叫“手钳”，把固定在工作台上的钳子叫“台钳”（图 3—13）。

（2）钳的使用。

在一般情况下，手钳的使用不容易出危险，但对安全问题仍不能忽略。

手钳的强度有限，不能用它操作一般手的力量所达不到的工作，特别是尖嘴钳的使用要小心，用它弯曲强度太大的棒料或板材都可能把钳口弄坏。

A：尖嘴钳（手钳）

B：克丝钳（手钳）

C：台钳

一般的克丝钳有三个刃口（一切刃、两剪口），但只能用来剪切铁丝，不能剪切钢丝，特别是强度和硬度都较大的钢丝，否则会弄坏刃口。

钳柄只能用手握，不能用其他方法加力（如用锤子打或用台钳夹）。

当钳柄上的绝缘层损坏时，必须更换，如继续使用会给不知道绝缘层损坏的人造成触电的危险。

在使用克丝钳剪断铁丝时，要注意防止剪下来的铁丝头跳出来打伤人。

台钳的固定稳固、夹紧力比手钳大很多倍。可以把零件固定在台钳上进行各种加工，如锯、刨、弯曲、切断等。

为了不损坏台钳，不应在手柄上增加加力杠杆，也不应用过大的锤子进行敲击加工。

C. 航模知识

1. 飞机的平衡和稳定

(1) 平衡。

在天平的两边放上相等的重物，则这个天平就处于平衡状态。

在杠杆的支点两边，如果力和力臂的乘积相等，则这个杠杆就平衡了(图 3—14)。

飞机的重心就像杠杆上的支点(图 3—15)，机翼和尾翼的升力，像杠杆上的力。要想使飞机上的俯、仰力平衡，就必须使重心两端的力矩相等。

即： $A \cdot a = B \cdot b$ 。

我们在手投滑翔调整所做成的模型飞机时，有时增加或减少机头的配重，这就是在移动重心的位置(从而改变 a 、 b 的长度)；调整机翼或尾翼的角度，就是在改变机翼或尾翼的升力(即改变 A 或 B 的大小)，最后达到 $A \cdot a = B \cdot b$ 的结果。

(2) 稳定。

模型飞机在飞行中会不断地受到来自各方面的干扰(如阵风和不稳定的气流等)，破坏原来的平衡状态。如果在外来干扰消除后，模型飞机本身有能力恢复到原来的平衡状态，这种能力就叫做模型飞机的稳定性或安定性。

例如一个正立的不倒翁，外力使它偏离了中立位置后，只要你一放手，它就会自己重新立起来。这就是具有稳定性的不倒翁(图 3—16 左)。

如果把它倒立过来，只要稍有振动它就会倒下来，这就是不稳定的不倒翁(图 3—16 右)。

飞机上的重心位置，机翼、尾翼的形状，机身的长度，以及机翼的上反角等都对飞机的稳定性产生影响。

例如，飞机的尾翼，有时就像箭羽一样在保持着飞机的航向或俯、仰飞行姿态(图 3—17)。

飞机的上反角也对飞机的横向稳定性有帮助作用(图 3—18)。

影响模型飞机的稳定性的重要因素还有重心的位置和翼型的形状。

概括地讲，重心在模型上的相对位置越靠前、越靠下，模型的稳定性越好。

翼型的前缘半径越大，中弧线弯曲越小，稳定性越好。“S”型翼型的稳定性也很好。

2. 滑翔

(1) 在我们前面制作过的纸模型飞机、弹射模型飞机和手掷模型飞机等都是没有动力装置的模型飞机，这些没有动力装置的模型飞机也叫做滑翔

机，它们在空中没有动力的飞行就叫滑翔。

有动力的飞机在发动机停止工作以后的无动力飞行也可叫滑翔。

(2) 为什么模型飞机上没有动力，它却能在空中长时间地滑翔呢？

观察从滑梯上下滑的孩子，他们没有任何动力装置，自己也没有用力，却从滑梯上很快地滑下来了。从斜坡上向下骑车也是一样，这时不但可以不用力踏脚蹬，而且为了不让车下冲得太快，有时还要不断地刹车。

是什么力量在推动从滑梯上下滑的孩子呢？谁都知道如果滑梯不是倾斜向下的斜面，而是水平放置的木板，坐在平板上的孩子就不能滑下去了。因为这时孩子的重力垂直向下，而木板对孩子的支持力竖直向上，这两个力相互平衡，孩子坐在板上不动。

坐在滑梯斜面上的孩子的重力还是垂直向下的，但木板的支持力垂直于板面，是向前倾斜的，这样重力与支持力的合力就能把孩子沿着滑板向前推。自行车沿斜坡下滑也是一样。

滑翔机在静气流中滑翔时也是倾斜向下的，只是好的滑翔机下滑翔的角度很小，看起来好像是在水平飞行，但你仔细观察，就会发现它是越飞高度越低，这就证明它还是在向斜下方滑翔。

向下倾斜滑翔的滑翔机也和从滑梯斜面上滑下来的孩子一样，重力垂直向下，升力与滑翔机的运动方向垂直，是向前倾斜指向上方的，重力与升力的合力便是推动滑翔机前进的力（图 3—20）。

(3) 滑翔比。

如果某一滑翔机在静气流中滑翔 L 米远时下降了 H 米高度，则这个滑翔

机的滑翔比K被定义为： $K = \frac{L}{H}$ 。

滑翔比K值越大，滑翔机的飞行品质越好。而且，一架滑翔机的滑翔比K，正好和这架滑翔机的升力和阻力的比值相等，即：

$$\frac{Y}{X} = K = \frac{L}{H}$$

其中Y——滑翔机的总升力；X——滑翔机的总阻力。

(4) 下沉率。

滑翔机在静气流中滑翔时，每秒下沉的高度，叫“下沉率”。它的单位是米/秒。对于希望留空时间长的飞机，下沉率越小越好。下沉率和滑翔比都可以通过实验测量而得。通过这些测得数据的比较，我们就可以看出我们的滑翔机的性能品质。

飞行次数	飞行距离L (米)	飞行时间t (秒)	放飞高度H (米)	滑翔比K $K = \frac{L}{H}$	下沉率 V_{\downarrow} $V_{\downarrow} = \frac{H}{t}$
1					
2					
3					
4					
5					
M					
M					
M					
M					
n					
合计					
平均值					

3. 螺旋桨和直升机

自行车是靠轮子旋转前进的。但如果轮子离开地面，即使它还在旋转也不能推动车子前进了。那些在泥水、冰雪或沙地中“打滑”的车子就是这样。

飞机要在空中自由地飞行，就必须有能在空中产生推进力的装置。

在飞机发明之前，人们有过很多有趣的设想，如用船桨在空中推进，用鸟来牵引飞行器，或用风帆推进等。但真正有效的空中推进装置还是螺旋桨。

(1) 旋转的螺旋桨为什么能在空气中产生推力呢？我们可以从三个角度

理解：

木螺钉可以拧入木头。我们也可以把螺旋桨设想成是一段“螺钉”，把空气设想成“木头”，螺旋桨在高速旋转时也一定能向空气中“拧进”了！

空气比木头“软”得多，螺旋桨即使不那么容易“拧”进去，也一定会把空气向后推，你看旋转起来的竹蜻蜓不是在向下推空气吗？我们不难设想在螺旋桨向后推空气的同时，空气的反作用力也在向前推螺旋桨。

仔细观察螺旋桨的叶片，我们会发现它很像两个相互扭转的机翼，叶片在空气中旋转起来就和机翼在空气中运动一样，也能产生升力。如果螺旋桨的旋转轴是水平放置的，那么桨叶上的升力不就成了向前的推力了吗！（2）螺旋桨的桨叶为什么是扭曲的？

如果把一般飞机在直线飞行时的机翼的运动比作一横排直线前进的士兵，他们每个人的前进速度都是一样的，那么旋转着的桨叶就像是一横排正在转弯的士兵，靠近中心的士兵原地踏步，而最外侧的士兵就要快步跑了。总之，从中心到外侧士兵的速度要越来越快才行。

由此不难理解，旋转着的桨叶，从桨根到桨尖，运动速度是越来越快的。

螺旋桨推着飞机向前飞行时，它随飞机一起前进的速度，不论是对桨根还是桨尖，都是相同的（图 3—21）。

（3）直升机。

一般的飞机都要在地面上滑行一段距离以后才能升空；直升机是能够垂直起落的飞机。

直升机之所以能够垂直起落，是因为它利用了桨轴竖直向上的螺旋桨产生的升力。

其实从原理上讲，直升机的升空原理与“竹蜻蜓”十分相似。在本单元中，我们制作的橡筋动力小直升机模型的基本飞行部分就是一个用橡皮筋带动旋转的竹蜻蜓。

当然真正的直升机的螺旋桨要比一般飞机上产生推进力的螺旋桨复杂得多，这些复杂的机构主要是为了保证直升机除了直升直降外，还能前进、后退，左、右侧飞以及转弯时平衡等。

D. 其他

分析讨论螺旋桨原理和应用

利用小组讨论的形式，让大家指出螺旋桨的各种应用，越多越好。

这样做的目的是：

- a. 从不同的角度加深对螺旋桨原理的认识；
- b. 了解同一原理的多方面应用；
- c. 从螺旋桨这一技术的发展、转移和应用扩展，了解技术发展的一种规律。

利用总结大家的讨论的方式，讲述以螺旋桨为中心的技术发展和转变的过程：

六 第四单元

A. 制作和飞行

1. 火箭推进机模型 WD—17

(1) 材料。

机翼 $2 \times 55 \times 200\text{mm}$ 桐木 1 片。

尾翼 $0.5 \times 35 \times 100\text{mm}$ 桐木 1 片。

机身 $2 \times 5 \times 200\text{mm}$ 桐木 2 根。

机身 $4 \times 5 \times 100\text{mm}$ 松木 1 根。

机头 $2 \times 20 \times 40\text{mm}$ 松木 1 片。

发动机 $10 \times 60\text{mm}$ 起花若干。

橡筋圈 4 个。

(2) 制作方法 (见图 4—1)。

机翼制作：

按图 4—1 把 2mm 厚桐木片切成机翼的平面形状。

用砂纸把机翼磨成弧形剖面，类似弹射模型飞机的机翼。

从机翼的中心线切开，并用砂纸把切口稍稍磨斜，把一半放在工作板上，另一半翘起约 52mm，保持这个角度用胶粘好。

尾翼制作：按图 4—1 用 0.5mm 厚的桐木片切成尾翼的平面形状，用砂纸磨光。从中心线切开把一半平放在工作板上，另一半翘起 30mm，涂胶固定。

机身的制作和组装：按图 4—1 先把两根 $2 \times 5 \times 185\text{mm}$ 的桐木杆粘在机翼的两边。

把尾翼粘在木杆的后端。

把 $4 \times 5 \times 100\text{mm}$ 的松木杆粘在机翼中心，并在杆的前面粘上两个梯形片，它们在飞行时承受火箭的推力。火箭发动机就是用橡筋绑在中心杆上的。

发动机：火箭发动机选用直径约 10mm、长约 60mm 的烟花。这种烟花点燃后不发生爆炸，而是向后喷气产生推力，可以升空。以前称为高升或起花，现在直接把它们叫“火箭”。

(3) 飞行方法。

与前面几个单元中制作的滑翔机和橡筋动力模型飞机比较，火箭推进机和它们有很多共同之处。即它既是滑翔机，又是有动力的飞机。不同之处在于火箭推进飞机在动力飞行时没有螺旋桨产生的反作用扭力。因此在试飞调整中省去了不少麻烦。

先找一个喷射完了以后的火箭壳体绑在机头上，进行手投调整（在动力飞行以后滑翔时机头上也有一个空的火箭壳体），具体调整方法与弹射模型飞机相同。

装好火箭，用手拿住火箭，机头略向上倾斜，点燃后抛出，并观察飞行情况。如果飞机沿一定角度直线上升，然后进入滑翔，是最理想的状态，如果出手后飞机抬头向上，在空中翻了一个筋头下来，这时要把火箭前端向下垫斜一点，使推力线略向下倾；如果模型在滑翔时飞行平直，而动力飞行时向一面转弯，则要检查火箭的安装是否有偏斜情况。

为了保证安全，也可用两根木条做一倾斜向上的发射架，把飞机架在上面发射。

为了保证安全，试验时一定要在空旷无易燃物的场地进行，且要远离人群、建筑和交通工具，一定要选用安全可靠的火箭发动机，不能自制，不能买非正式工厂生产的产品。此外，火箭的存放、携带都要保证安全。

2. 线操纵教练机 WD—18

(1) 材料。

机翼：前缘 $5 \times 5 \times 600\text{mm}$ 桐木 1 根。

后缘 $2 \times 20 \times 600\text{mm}$ 桐木 1 根。

前缘下蒙板 $2 \times 30 \times 300\text{mm}$ 桐木 1 根。

前缘上蒙板 $1 \times 30 \times 300\text{mm}$ 桐木 1 根。

翼肋 $1 \times 15 \times 150\text{mm}$ 桐木 10 片。

翼尖和翼根蒙板 $1 \times 55 \times 300\text{mm}$ 桐木 1 片。

翼梁 $3 \times 5 \times 600\text{mm}$ 松木 1 根。

尾翼：水平安定面 $2 \times 55 \times 250\text{mm}$ 桐木 1 片。

升降舵 $2 \times 20 \times 250\text{mm}$ 桐木 1 片。

垂直尾翼 $2 \times 55 \times 130\text{mm}$ 桐木 1 片。

机身：机身板 $3 \times 55 \times 500\text{mm}$ 桐木 1 片。

机身加强板 $3 \times 55 \times 170\text{mm}$ 层板 2 片。

起落架：起落架板 $0.8 \times 16 \times 130\text{mm}$ 硬铝 2 片。

机轮 20mm 塑胶轮 2 个。

操纵系统：三角摇臂 $1 \times 20 \times 45\text{mm}$ 硬铝 1 片。

连杆 $1.5 \times 450\text{mm}$ 钢丝 1 根。

升降舵摇臂 $1 \times 10 \times 20\text{mm}$ 硬铝 1 片。

发动机：1.5C.C. 压燃发动机。

螺旋桨： $8 \times 18 \times 180\text{mm}$ 样木 1 块。

油箱：油箱“135”胶卷盒 1 个。

油管 3mm 塑胶管若干。

蒙纸：绵纸 $400 \times 600\text{mm}$ 1 张。

涂布油、稀料若干。

其他：螺钉(母) $M2.5 \times 15\text{mm}$ 10 套。

翼台板 $2 \times 55 \times 150$ 桐木 1 片。

(2) 制作方法(见图 4—2、4—3)。

机翼制作：按图 4—2、4—3 绘出机翼翼肋的样板图，用薄铝板或塑料板准确地制作两个标准样板，并把两个样板放在一起对齐，然后在前后各钻一小孔作为定位孔(用大头针钉两个孔也可以)。

用 1mm 厚桐木片按样板制作翼肋毛坯。制作时先把样板用大头针沿定位孔固定在桐木片上，然后用刀沿样板外缘把翼肋切下来(可以比样板略大一点)。这样制作好所有翼肋毛坯以后，用两根钢丝沿定位孔把它们串在一起，最外面串上两个样板。把它们夹在台钳上一起按样板准确地磨光，同时准确地开好各种槽口。

绘好 1:1 的机翼平面图。把图铺在工作板上，先放上前缘下蒙板，再把前缘条粘在它上面，用大头针固定。再把事先开好翼肋插槽的后缘条固定在图纸上。

按图把翼肋粘在前后缘上。125

把翼梁插入翼肋上的槽口，涂胶固定。

在翼肋前缘和梁的上表面涂胶后，把上蒙板用大头针固定，蒙在机翼上。

用桐木板切成翼尖，固定在机翼两端的前后缘之间。

在机翼根前粘上一块层板或厚桐木块，准备固定操纵机构。并在机翼中部两个翼肋之间上下蒙板。

胶干后把机翼外部磨光，前缘磨成弧形。

尾翼制作：用 2mm 厚桐木片按图切成水平安定面和升降舵，磨光表面，磨圆棱角。

用薄尼龙绸条交叉连接，把水平安定面和升降舵连在一起，并使升降舵可以自由运动。

用桐木片把垂直尾翼切好并磨光。

机身制作：用 3mm 桐木片作出机身板，并用三合板作出加强片，粘在机身板前端两侧，压紧待干。

在机身尾部开槽，把水平尾翼插入粘牢，并在机身上面粘上垂直尾翼。

在机身中部安装机翼处开槽，槽的大小正好与机翼上弧线吻合。在槽上蒙上 2mm 厚、30mm 宽的桐木板，作为翼台，翼台木板的木纹方向要与机身垂直。

在翼台前后插入直径约 4mm、长约 30mm 的竹销，在固定机翼时绑橡皮筋用。

用硬铝片制作起落架，用螺钉固定在机身上。在起落架下端用螺钉固定机轮。

按照发动机机匣的宽度，在机身前部开槽，把发动机卡进槽内，在机身上对准发动机的安装边钻四个孔，为发动机安装螺钉孔。

操纵系统制作：按图 4—4，用硬铝板制作一个三角摇臂，按尺寸钻三个 1.5mm 孔，一个 3mm 孔。

按图 4—4，用硬铝板制作一个升降舵操纵摇臂，用小螺钉把它固定在升降舵上。

按图 4—5、4—6 把三角摇臂固定在机翼根部的加强木块上。并使它可以自由转动。

用 1.5mm 的钢丝作为连杆，把三角摇臂与升降舵摇臂连接起来。

从三角摇臂上引出两根 0.8mm 钢丝，通过固定在翼尖上的支架。

蒙纸和表面处理：在整个模型骨架的表面均匀地涂两遍透布油，干后用细砂纸打光。

按机翼的外形裁好绵纸，绵纸边缘略比骨架大 3~5mm。

在机翼骨架上涂一遍透布油，赶快把绵纸粘在骨架上，四周拉平，最后从纸上面涂透布油，把纸粘牢。然后用毛笔轻轻地在全部绵纸表面涂透布油，干后再涂两遍，直到整个机翼表面蒙纸张紧并发亮为止。

可在整个模型表面喷硝基漆并加以美化。

动力系统制作：按图用螺钉把发动机固定在机头上。并使发动机的拉力线向右倾斜 $3^{\circ} \sim 5^{\circ}$ 。

在塑料胶卷盒的盖上钻两个 3mm 的孔。用橡筋把胶卷盒绑在发动机的后面，盖口向上。用 3mm 塑胶管插入盒盖上的一个孔中，直到盒底。管的另一端插入发动机的进油管口。

螺旋桨制作：按图 4—7 用层板或塑料板制作出螺旋桨正面和侧面的样板。

在 $8 \times 18 \times 180\text{mm}$ 的桦木块中心钻 5mm 的孔。把侧面样板放在木块的侧面，在木块上绘出侧面形状。

用刀和木锉把螺旋桨侧面形状加工出来。

利用正面样板在螺旋桨木块的正面绘图，并加工出正面形状来。

按图 4—7 削出螺旋桨的背面。

按图 4—7 削出螺旋桨的正面。

按图 4—7 用锉把螺旋桨的正面加工成平凸翼型，并用砂纸磨光。

检查桨叶的平衡，并通过打磨把平衡调整好。在桨叶表面涂刷透布油多遍，并用细砂纸磨光。

(3) 飞行方法。

飞行场地最小为 $20 \times 20\text{m}$ 的平坦场地，风速越小越好。为了保证安全，试飞时场内除操作人员外不能有其他人员。场地上空和附近，不得有电线和其他障碍物。场地也不应选在需要安静的医院、学校、幼儿园等附近。

飞行准备：准备两根长度为 15m 的操纵线，每根的抗拉强度要在 2 千克以上，弹性形变不能过大，线越细越轻越好。可以选用 0.3mm 的琴弦钢丝，也可用能满足以上要求的其他线。每根线的两端都要各拴一牢固的环套。

准备一操纵把手，如图 4—8。

操纵手柄与操纵线的接头必须牢固，保证在 2 千克的拉力下不会滑脱。如用钢丝操纵线一定要平顺，不能打结，否则会折断。

发动机、螺旋桨要事先试车，要求不振动和没有其他的不正常现象。

在场地中心绘一直径约 1.5m 的圆圈，操纵者站在圈中，把操纵线与飞机连接好，操纵者右手持操纵柄，拉直操纵线，摇动手柄，看升降舵上下转动是否灵活。并检查操纵手柄，上拉时升降舵是否上翘，下压时是否下弯(图 4—9)。

用一定的力量拉操纵柄，检查整个操纵系统的强度如何。用手推动飞机使其在地面滑行，检查机轮是否直线前进。

试飞：在油箱内装入大约 $1/3$ 高度的油，起动发动机。调整到较小的马力。操纵者准备好以后，举起左手示意起飞。助手把飞机向圆周切线方向放出。在保持操纵线拉直的情况下，操纵者让飞机在地面滑跑，不要拉杆起飞，直到用完油发动机停车为止。

地面滑跑的目的是训练操纵者的适应性。

在多次滑跑后，稍稍增加发动机的功率，飞机在高速滑跑中只要轻轻一拉杆，即可离地。这时要立即把杆放平，使飞机平飞一小段距离后下降。

在这里操纵杆的动作不能过大，并时时保持线的张紧，不要让飞机一下

升得太高。

在多次“跳跃”飞行后，渐渐把平飞时间加长，在平飞中体会操纵的感觉，掌握操纵量的大小。

在完成一整圈以上的平飞以后，就能逐渐进入自如的操纵之中了。这时切不可心急，让飞机飞得太高，以免发生松线失控的情况。

当飞机在空中停车时，要注意保持飞机的平稳，让它自然滑翔降落。当它离地约 0.5 米时，轻轻拉杆，飞机会平稳落地。

如果发生摔飞机的情况，要注意从地上拿起飞机时先不要转动发动机，而要用油把发动机上的泥土全部冲洗干净后，再检查发动机和飞机的损坏情况。否则在气缸内有污物的情况下转动发动机，会造成严重毁损，甚至使发动机报废。

B. 工艺技能

1. 锯、刀、锉、钳等工具的熟练使用

在前三单元中我们分别介绍了剪、刀、锉、锯等切割工具和钳等夹紧工具的工作原理和基本使用方法。这方面的工艺技能，最重要的是对这些基本工具能较熟练地使用。

要熟练掌握这些工具，除去大量的反复使用之外，在使用中仔细地观察、不断地摸索它们的规律也是很重要的，因为这能大大加快掌握工具的速度。

对于剪来说，对工具掌握的熟练程度要看：用什么样的剪刀剪什么材料更好；用什么样的剪刀剪什么形状的零件更好；剪得是否准确。

对于用刀来说，要看：加工不同的零件，如何选择不同的刀；加工不同的材料和零件，如何选择不同的握刀方法，用切，用割，还是用削；用刀切割的准确程度如何；能否安全用刀。

对于用锯来说，要看：不同的加工对象，如何选择不同的锯；锯割的准确性如何；如何正确固定被锯割的零件。

对于用锉来说，要看：不同的加工对象，如何选择不同的锉刀；如何正确固定被锉的零件；被锉加工表面的平滑（不是光滑）与准确如何。

对于用钳来说，要看：不同的加工对象，如何选择不同的钳；如何用钳准确地加工零件；如何在用钳加工时不损害零件。

2. 螺钉和螺刀

螺钉是用螺纹来进行紧固的常用零件。常见的有木螺钉，它的螺纹呈锥形，前端有尖，可直接拧入木中；机螺钉，它的螺纹呈圆柱形，可拧入带有阴螺纹的零件中，或穿过零件拧入螺母里进行固定；自攻螺钉，这种螺钉多用于拧入塑料件或铝型材料中，它可以在钻有适当孔洞的零件上攻出阴螺纹来，达到紧固的目的（图 4—10）。

螺刀也叫螺丝起子或旋凿，是拧螺钉用的工具。拧不同的螺钉，要选择相应的螺刀。例如头上有长口的螺钉要用正好能插入钉头的偏平头的螺刀；钉头是十字形开口的螺钉，则要用合适的十字头螺刀。螺刀一定要与螺钉头的开口吻合，否则在拧螺钉时会把钉头弄坏。

3. 锡焊

在模型制作中有些金属零件，如起落架，油箱等需要结合加工。在用薄金属片（铁片或铜片）加工油箱时，先用铁剪刀切割，然后弯曲，最后焊接。

焊接就是最常用的金属结合加工方法，在模型制作中最常用的是锡焊接。

一般的锡焊接都是用专用的锡焊料，如直径 2~3 毫米的锡焊丝，用电烙铁进行焊接，此外还要有助焊剂（如焊油或松脂等）。

制作模型用的电烙铁的功率一般为 45W 到 100W 之间。使用时一定要保证不漏电，且一定要有地线保护。放置时要有专用的烙铁架，保证烙铁不会烧坏台面或其他物品，特别是不要烧坏自身的电线。

焊接方法：用砂纸或锉刀清理干净被焊物的表面，除去氧化层，露出金属表面来。

在表面上涂一层助焊剂。

用烧热的烙铁头熔化焊锡，并使焊锡附在烙铁头上。

用带有焊锡的烙铁头接触被焊物的接口，使零件加温，直到零件的温度升到适合焊接时，焊锡便会附着在被焊零件的表面，这时增加焊锡，使焊口密合。

拿开电烙铁，使零件降温，焊锡固化，焊接就完成了。

为了保证焊口清洁，要用溶剂（如酒精）擦去表面的助焊剂，并检查焊口是否牢固。

C. 航模知识

1. 动力飞行

在没有上升气流帮助的情况下，滑翔机从一定的高度下滑时，只能越飞越低，最后降落下来，因此滑翔这种飞行方式的飞行范围有限。

为了提高飞行能力，就必须在滑翔机上装上发动机和螺旋桨等其他动力，这就成了“飞机”。

飞机上的发动机带动螺旋桨旋转所产生的拉力可以克服飞行中的空气阻力，所以飞机可以维持长时间水平状态的飞行，而不像滑翔机那样会很快降低高度（图 4—11）。

如果飞机上各种力的作用点都正好通过重心，飞机作水平等速直线飞行时，各种力的关系是：升力=重力，拉力=阻力。

如果加大发动机的马力，从而使螺旋桨的推力增加，这时拉力 > 阻力，飞机则会加速。随着速度的增大，升力也会增加，当升力大于重力时，飞机就开始上升。

同时，随着速度的增加，飞机的阻力也很快增大，而且由于飞机抬头向上倾斜，使螺旋桨的拉力除了克服增大的阻力以外，还要克服一部分重力，所以螺旋桨的拉力很快就会与增大的阻力和重力分力相平衡，这样飞机就能稳定地上升了（图 4—12）。这时飞机上各力的关系是：

2. 活塞式发动机

活塞式发动机是一种利用气体膨胀推动活塞做功的发动机。在航空模型中使用的活塞式发动机有往复式活塞式，旋转活塞式和二氧化碳活塞式。其中以往复式活塞式发动机用得最多。常用的往复式活塞式发动机有压燃式和电热式。压燃式发动机构造简单，使用方便，适合在青少年航空模型活动中使用。这一节我们主要介绍压燃式发动机，对其他活塞式发动机只作简要介绍。

用在航空模型上的发动机，要求重量马力比小。重量马力比是指发动机的重量同发动机最大功率的比。重量马力比越小越好。航空模型往复式活塞式发动机的重量马力比约为 0.3~0.7 千克力/马力。转速一般可达 10000 转/分，最高可达 36000 转/分。

（1）压燃式发动机的结构。

压燃式发动机包括汽缸活塞，曲轴连杆机构，汽化器，机匣，散热片，反活塞和调压杆等部分，如图 4—13 所示。汽缸和活塞。它们是把混合气体的热能转变成机械能的重要部件。在汽缸壁上开有排气口和驱气槽。

曲轴连杆机构。它把活塞的往复运动变成旋转运动。在曲轴颈部有一个进气孔，这个孔通过轴心同机匣相连，见图 4—14。

汽化器。它由油针、喷油嘴和喉管等组成，见图 4—15。当曲轴旋转到进气孔同喉管重合的时候，机匣内正处于低压状态，空气从喉管流入机匣。由于喉管呈喇叭状，由粗变细，空气速度逐渐增大，压强变低，使油管内的燃料从喷油嘴上的小孔引喷出来，形成雾状，并同空气混合后进入机匣。转动油针手柄，可以控制油针伸入喷油嘴的程度，用来控制喷油嘴的喷油量。

机匣。它把发动机的各个部件连成一个整体。它的下部是一个密闭的

空腔，新鲜的混合气先在这里暂存。

散热片。用来散发汽缸的热量，以防发动机过热损坏。

调压杆和反活塞。旋转调压杆可以调节反活塞的高低，用来改变燃烧室的容积，达到调整压缩比的作用。

(2) 压燃式发动机的工作原理。

航空模型所用的压燃式发动机多数是二冲程发动机，活塞上下往复一次就能完成进气、驱气、压缩燃烧、膨胀排气四个过程，如图 4—16 所示。

进气过程。活塞由最低点向上运动的过程中，机匣内的空间变大，气压降低。当曲轴旋转使进气孔对着喉管的时候，空气从喉管吸入，并同喷嘴小孔喷出的燃料混合，混合气通过曲轴轴心进入机匣内。

驱气过程。活塞由最高点向下运动的过程中，机匣内的混合气体被压缩。当活塞向下运动，使驱气槽打开的时候，被压缩的混合气体通过驱气槽流入汽缸。

压缩燃烧过程。驱气过程结束后活塞向上运动，汽缸内的混合气体被压缩，温度不断升高。当活塞运动到接近最高点的时候，混合气体的温度升到自燃点，并立即燃烧。

膨胀排气过程。混合气体燃烧后体积膨胀，产生高压，推动活塞高速向下运动，并通过曲轴连杆机构使螺旋桨旋转。当活塞下降到排气口的时候，燃烧后的废气由排气口排出。

以上四个过程实际上是在活塞往复一次的两个行程中完成的。活塞在向上运动的行程中，一方面完成吸气过程，另一方面也是对汽缸内的混合气体进行压缩的过程，活塞运动到最高点时自燃燃烧，产生高压，推动活塞向下运动。活塞在向下运动的行程中，混合气体膨胀做功，当活塞运动到使排气口打开的时候，废气由排气口排出，活塞下移到使驱气槽打开的时候，混合气体由机匣经驱气槽流入汽缸，并帮助完成排气过程。简单地说，活塞在向上运动的行程中，完成吸气和压缩过程；在向下运动的行程中，完成排气和驱气过程。

在活塞的两个行程中，只有燃烧膨胀的过程是做功的，其余过程是靠曲轴连杆机构和螺旋桨的惯性来完成的。

(3) 压燃式发动机试车前的准备。

航空模型发动机是一种精密、娇嫩的机械，工作负荷大，寿命短。为了发挥它的性能和延长它的寿命，在正式使用之前，要经过试车和磨合，在试车之前又要做好以下准备工作：

认真阅读发动机说明书。

启封、清洗和检查发动机。为了运输和存放，发动机在出厂时都涂有油封油，使用之前必须用汽油或煤油把油封油洗掉，然后向发动机里面滴几滴蓖麻油。还要检查汽缸和机匣内是否清洁，特别要注意有没有加工时留下的金属屑，因为当发动机高速运转时，只要有一小粒金属落入运动部件上，就有可能引起整台发动机报废。还要用注射器洗油路和汽化器，保证油路通畅。

准备试车台。试车台要做得比较稳固，试车台上要有能方便装卸发动机的底座，还要有可以调节高度的油箱。试车台的高度最好是 0.8 米左右，

这样一般人站着就能起动发动机。

如果没有专用的试车台，也可以把发动机固定在一块木板上，再把木板夹在台钳上。但不要用手钳直接夹发动机，否则会使发动机变形或开裂。

准备燃料。试车用的燃料要按照说明书的要求配制，也可以参考本章后面的配方表配制。配制时要检查每种原料是否符合要求，容器是否清洁。燃料配制后要静置几个小时，然后使用上层洁净的燃料。

准备试车用的螺旋桨。有人认为试车用的螺旋桨不必像飞行用的螺旋桨那样严格，这是不对的。试车用的螺旋桨要满足以下要求：第一，螺旋桨要事先在平衡架上校平衡，如果两个桨叶不平衡，试车时会产生很大振动，使发动机损坏。第二，螺旋桨的重量要大一些，而且较多地分布在距中心较远处，使它的转动惯量较大，有利于起动。第三，螺旋桨的直径要稍大一些，2.5 毫升的压燃式发动机，可以选用直径 220 毫米、螺距 120 毫米的桦木桨。第四，螺旋桨要有足够的鼓风能力，以保证在试车的时候发动机能充分冷却。

(4) 压燃式发动机的起动磨合和使用。

调整油箱位置。发动机起动前要调整油箱位置，使油面同汽化器的油管一样高。

安装螺旋桨。转动发动机轴，当活塞由下向上处在汽缸的中间位置的时候停下来，装上螺旋桨，使它成水平状态。这样安装螺旋桨，当螺旋桨逆时针旋转 90° 处于垂直状态的时候，活塞刚好到达最高位置，会给起动带来方便。如果螺旋桨还没有转到垂直位置，而活塞已经到达最高点，起动时容易被螺旋桨打手；如果螺旋桨已经转过了垂直位置，活塞才到达最高点，起动时会使不上劲。

调整油针和检查油路。把油针顺时针拧紧，再逆时针退回三圈。用左手的一个手指堵住进气口，右手食指向逆时针方向迅速拨动螺旋桨，当连续拨动的时候，透过油管可以看到油被吸到发动机里。否则要检查油管、喷嘴、汽化器等有无堵塞现象。

起动。先逆时针向上旋转调压杆，使反活塞上升到最高位置，从排气口向汽缸内加几滴油。然后右手用力拨动螺旋桨，同时左手慢慢顺时针向下旋转调压杆，直到右手拨桨时感到有一定的压力，发动机发出爆炸声，再拧紧一点调压杆，发动机就能连续工作了。如果右手拨桨时感到压力太大，几乎拨不动，就要稍微旋松一点调压杆；如果发动机反转，除了旋松调压杆之外，还要把油针旋紧一点。总之，起动发动机必须调到合适的压缩比（指活塞处在最低位置时的汽缸容积同活塞处在最高位置时的汽缸容积之比。调压杆顺时针向下旋转，压缩比增大；逆时针向上旋转，压缩比减小），调到合适的进油量，还要用力拨动才能发动起来。

磨合。如果发动机是未经磨合的，发动后要进行磨合。磨合时转速不要很高，但要稳定。磨合的时间可以参考说明书，也可以根据实际运转情况确定。当发动机在高速运转情况下不过热，在排出的废油中没有黑色微粒或金属微粒，就可以认为磨合好了。

使用。磨合好了的发动机就可以换上飞行螺旋桨，安装在模型飞机上使用了。为容易起动，起动前要逆时针向上旋转调压杆 $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{2}$ 圈。起动后加大马力时应先减小油门，然后再加大压缩比，以防损坏发动机。

(5) 压燃式发动机的燃料。

压燃式发动机的燃料主要由乙醚、煤油和蓖麻油组成。乙醚燃点低，主要用来引爆；煤油热值高，是发动机的主要能源；蓖麻油主要用来润滑，还能增加汽缸和活塞之间的气密性。为提高马力和易于起动，还可以加上一些添加剂，常用的添加剂是亚硝酸戊酯或者亚硝酸异戊酯。但它们有腐蚀和毒害作用。下表是压燃式发动机燃料的几种常用配方，表内所列比例按体积计算。

压燃式发动机燃料的几种常用配方

用途	乙醚	蓖麻油	煤油	添加剂
一般使用和磨合使用				
磨合运转或用于气密很差的发动机	1	1.2 ~ 1.5	1	
要求提高马力和易于起动	1.2 ~ 1.5	1	1	2 ~ 4%
要求得到最大马力	35%	25%	40%	2 ~ 4%

(6) 发动机使用注意事项。

发动机在模型飞机上要安装稳固，发动机架上的几个固定点受力要均匀，不要有产生变形趋势的不均匀受力。发动机架还要有一定的减震作用。

发动机架的强度不要太大，这样当飞机掉下来时发动机架先坏，可以减小发动机的损坏程度。另外，还可以让发动机架往前伸，能起保护油针的作用。

由于航空模型发动机转速很高，使用时必须注意安全，否则容易引起严重事故。不要使用金属螺旋桨，也不要使用损坏过又粘起来的螺旋桨。螺旋桨和桨帽等旋转部分必须固定好，以免高速旋转时甩出来伤人。起动时人要躲开螺旋桨的旋转平面，调整发动机时手指不要碰到螺旋桨。

对于有毒、易燃的燃料要严加保管，使用时要小心操作，不得近火，不得入口。

模型飞机飞行后要对发动机进行检查，及时维修。如果当天不再飞行了，要把油箱内的剩油吸出，并用汽油清洗发动机内部。清洗后从排气口滴入几滴蓖麻油，再拨动几下螺旋桨，使蓖麻油进入发动机，然后用布包好。

遇到摔飞机事故要妥善处理。把沾满泥土的发动机捡回来以后，切不可转动螺旋桨轴，否则活塞和汽缸会被砂粒等脏物划伤，造成严重漏气。处理的方法是先用注射器冲洗发动机外部，再把发动机拆开，彻底清洗每一个零件，并检查它们的损坏程度。最后把发动机装好，试车后再使用。

D. 其他

能量的转换

在前面几单元中，我们制作了滑翔机（包括手掷、弹射、牵引滑翔机）、橡筋动力飞机和螺旋桨直升机，最后还制作了利用活塞式发动机的线操纵模型飞机，从中学到了相关的基本原理。现在我们来讨论以下几方面的问题：

滑翔机从升到一定高度后向下滑翔开始，到它们落地为止的这段飞行中，它们消耗能量吗？

A：不消耗能量。为什么？

B：消耗能量。这能量是从哪里来的？

孩子从滑梯上滑下来时，消耗能量吗？

A：不消耗能量。为什么？

B：消耗能量。这能量是从哪里来的？

橡筋动力模型飞机在飞行时，它的能量是从哪里来的？

活塞式发动机带动的模型飞机在飞行时它的能量是从哪里来的？

经过大家的讨论以后，指导教师可以根据同学们对能量的看法，用小结的方式引导大家认识能量以不同形式转换的过程。如果同学们对此兴趣很大，理解力又强，教师可以进一步扩展关于能量转换方面的知识，使同学们通过航模实践，对能量这一问题有初步的理解，为进一步学习打下基础。

七 第五单元

A. 制作和飞行

1. 线操纵特拉机 WE—19

(1) 材料。

机翼： 前缘 $5 \times 6 \times 700\text{mm}$ 桐木 1 根。

前缘加强条 $3 \times 10 \times 700\text{mm}$ 桐木 1 根。

翼梁 $3 \times 5 \times 700\text{mm}$ 桐木 2 根。

后缘 $2.5 \times 25 \times 700\text{mm}$ 桐木 1 根。

蒙板 (包括翼尖) $1 \times 55 \times 700\text{mm}$ 桐木 3 片。

翼肋 $1 \times 30 \times 170\text{mm}$ 桐木 12 片。

水平尾翼： 前后缘条 $5 \times 5 \times 350\text{mm}$ 桐木 5 条。

肋条 $2 \times 5 \times 150\text{mm}$ 桐木 5 条。

摇臂 $1 \times 10 \times 20\text{mm}$ 硬铝 1 片。

机身： 机身板 $5 \times 55 \times 500\text{mm}$ 桐木 1 片。

机身加强片 $3 \times 55 \times 180\text{mm}$ 层板 2 片。

垂直尾翼 $1 \times 55 \times 80\text{mm}$ 桐木 1 片。

翼台板 $2 \times 55 \times 20\text{mm}$ 桐木 1 片。

起落架： 起落架板 $1 \times 16 \times 130\text{mm}$ 硬铝 2 片。

机轮 20mm 塑胶轮 2 个。

操纵系统： 三角摇臂 $1 \times 20 \times 45\text{mm}$ 硬铝 1 片。

连杆 $1.5 \times 450\text{mm}$ 钢丝 1 根。

引出线 $0.5 \times 450\text{mm}$ 钢丝 2 根。

引出管 $3 \times 15\text{mm}$ 铜管 2 根。

其他： 固定螺钉 M2.5 \times 20mm (或 M3 \times 15mm) 10 套。

绵纸 $400 \times 500\text{mm}$ 2 张。

涂布油、稀料若干。

发动机： 2.5c.c. 压燃发动机 1 台。

螺旋桨 $8 \times 20 \times 210\text{mm}$ 桦木 1 块。

油箱 $0.2 \times 50 \times 200\text{mm}$ 铁片 2 片。

油箱管 $3 \times 120\text{mm}$ 铜管 1 根。

输油管 $3 \times 120\text{mm}$ 塑胶管 1 根。

(2) 制作方法 (图 5~1、5~2)。

在本教材内所介绍的三种线操纵模型飞机是一个系列：线操纵教练机、线操纵特技机和线操纵空战机。这三种模型飞机的主体结构基本相同，只在局部有小的差异，因此它们的制作方法也差不多。

在详细介绍了线操纵教练机的制作方法以后，我们用比较分析的方法来解决后面两种模型飞机的制作问题。

与线操纵教练机的比较：

机身起落架，发动机，螺旋桨的制作方法以及操纵系统都基本上与教练机相同。

水平尾翼是构架的，不像教练机那样用整块木片做成。但制作过像真橡筋动力机的尾翼以后，制作这种构架尾翼不成问题。

与教练机比较，特技机机翼的剖面不是平凸型，而是对称型。制作时先把后缘和两根翼梁装好，胶干后再把事先粘合的前缘条和加强条粘上，最后再蒙板。

油箱的制作：用薄铁片（废罐头筒）焊一个如图 5—3 的盒子，然后在上、下两面的前角各钻一个 3mm 的孔，分别插入两段用 3mm 铜管制作的进气管。管要一直插到盒的对面但保留约 1mm 的间隙，然后把管子焊牢。出油管焊在侧面后角，只插入约 2mm 即可。

油箱焊好后要清洗干净，并检查确实不漏油方可使用。

（3）飞行方法。

线操纵特技机的基本操纵方法与教练机相同，但动作更熟练复杂，主要靠大量的飞行练习来掌握。

线操纵特技模型飞机比赛的主要要求如下：

发动机工作容积在 2.5 厘米³ 以下。

操纵线长度为 10~20 米，拉力应大于模型重量的 15 倍（指线的破坏拉力）。

比赛内容：

- a. 运动员申请起飞后，应在 3 分钟内起动发动机。
 - b. 起飞：模型出手后在地面滑跑 2~3 米平稳起飞，并柔和地进入 1.2~1.8 米高度平飞。
 - c. 平飞：模型在离地 1.5 米高度平飞 2 圈。
 - d. 垂直上升：模型由平飞垂直上升至操纵线角达到 45° 时改为高飞。
 - e. 俯冲：模型从 45° 高飞进入俯冲，在正常平飞高度改为平飞。
 - f. 过顶：模型由平飞垂直上升，飞越操纵者头顶后俯冲，在离地 1.5 米处改为平飞。
 - g. 内筋斗：模型从平飞开始连续做三个同半径的内筋斗（指模型上升抬头，向后翻转在空中飞一圆形轨迹）。
 - h. 外筋斗，模型由倒飞进入外筋斗，要求与内筋斗同。
 - i. 倒飞：模型在离地 1.5 米高度倒飞 2 圈。
- 具体要求以国家体委颁布的航空模型比赛规则为准。

2. 线操纵空战机 WE—20

（1）材料。

机翼：前缘 5×16×700mm 桐木 1 根。

前缘加强条 3×10×700mm 桐木 1 根。

翼梁 3×5×700mm 桐木 2 根。

后缘 2.5×25×700mm 桐木 1 根。

蒙板（包括翼尖）1×55×700mm 桐木 3 片。

翼肋 1×30×170mm 桐木 12 片。

升降舵 2×35×300mm 桐木 1 片。

机身：机身板 5×55×250mm 桐木 1 片。

机身加强片 3×55×100mm 层板 2 片。

操纵系统：三角摇臂 1×20×45mm 硬铝 1 片。

连杆 1.5×200mm 钢丝 1 根。

引出线 0.5×450mm 钢丝 1 根。

引出管 3×15mm 铜管 2 根。

其他： 固定螺钉 M3×20mm 5 套。

绵纸 400×500mm 1 张。

涂布油、稀料若干。

动力系统： 2.5c.c. 压燃发动机 1 台。

螺旋桨 8×20×210mm 桦木 1 块。

油箱 0.2×50×200mm 铁片 2 片。

油箱管 3×120mm 铜管 1 根。

输油管 3×120mm 塑胶管 1 根。

(2) 制作方法 (图 5—4、5—5)。

线操纵空战机的制作比特技机还要简单，它上面没有起落架和尾翼，机身也很短。它的操纵系统最好装在机翼里面，两条引出线通过翼肋上的孔最后从翼尖伸出来。在短机身的后面装有一小的钢丝钩在空战时挂彩纸条用。

(3) 飞行方法。

线操纵空战机的基本操纵方法与教练机相同，只是要在高度熟练的情况下才能进行有趣的空战飞行。

(4) 线操纵空战机比赛主要要求。

比赛时两架模型在规定的时间内在同一个圆圈内同时飞行。目的是切断缚在对手模型纵向中心线末尾的皱纹纸条，每切断一次记 1 分。

模型的操纵线长为 15.92 + 0.04 米，应有大于模型重量 20 倍的拉力。

模型的飞行圈半径为 19 米 操纵圈半径 3 米。 纸带引线长 2 米以上，纸带宽 30 毫米，长 3 米。(具体要求以国家体委颁布的航空模型比赛规则为准)

3. 遥控滑翔机 WE—21

(1) 材料。

机翼： 前缘 5×45×630mm 桐木 2 根。

后缘 2×15×700mm 桐木 2 根。

翼肋 2×15×160mm 桐木 20 片。

翼尖 2×5×160mm 竹条 2 根。

翼根蒙板 1×55×300mm 桐木 2 片。

插销 3×160mm 弹簧钢丝 1 根。

翼根加强玻璃纤维布和环氧树脂若干。(尼龙绸和 914 胶也可)

机翼和水平尾翼蒙皮 160×760mm 厚皮纸 3 张 (或高强度塑胶膜)

尾翼： 水平尾翼边框缘条 5×7×500mm 桐木 2 根。

升降舵 2×60×200mm 吹塑纸 2 片。

升降舵轴 1.5×150mm 钢丝 1 根。

轴套管 3×18mm 铜管 1 根。

垂直尾翼骨架 5×7×250mm 桐木 3 根。

垂直尾翼蒙皮 2×100×120mm 吹塑纸 4 片。

机身： 机头木块 45×60×80mm 桐木 1 块。

机舱侧板 2×55×320mm 桐木 2 片。

隔板和底板 $2 \times 55 \times 320\text{mm}$ 桐木 2 片。

上盖和尾撑杆 $3 \times 45 \times 600\text{mm}$ 桐木 2 片。

滑橇 $3 \times 10 \times 250\text{mm}$ 竹板 1 条。

牵引钩 $2 \times 50\text{mm}$ 铜丝（或车条）1 根。

橡筋销 $4 \times 65\text{mm}$ 竹 2 根。

操纵系统：遥控设备 2 通道比例设备 1 套。

操纵软轴 $3 \times 500\text{mm}$ 2 根。

舵面摇臂 $0.8 \times 8 \times 35\text{mm}$ 硬铝 2 片。

减震材料 $15 \times 60 \times 300\text{mm}$ 硬泡沫板 1 块。

（2）制作方法（图 5—6、5—7、5—8）。

在制作过线操纵模型飞机以后，再制造遥控模型飞机就比较容易了。

我们还是用比较的方法分析它们的结构和制作工艺。

遥控滑翔机的机翼结构比线操纵飞机的机翼结构还简单，只有一个平凸翼形状的前缘和普通的后缘，翼梁和蒙板的作用都由这个特殊的前缘代替了。

水平尾翼安定面和线操纵特技机一样，由木条构架组成。升降舵是木框里面粘上吹塑纸。

垂直尾翼是木架外面蒙吹塑纸的结构，其实把水平尾翼和垂直尾翼全部改成和线操纵特技机一样的木条构架结构也行。

机身由两部分组成：由“丁”字形木梁组成机舱上盖和尾部撑杆，由盒型结构组成机身短舱。

机身通过在丁字梁上的翼台用橡筋条绑在短舱上。

短舱下面有用竹板做成的滑橇和钢丝牵引钩。

无线电遥控设备装在短舱里，通过软轴与舵面相连接。

下面重点介绍几个部位的制作方法。

机翼：用 $5 \times 45 \times 630\text{mm}$ 的桐木板像制作弹射模型的机翼那样，把它们锉成平凸翼型并磨光。

用绘图纸卷在 $3 \times 160\text{mm}$ 钢丝上，并在开始卷第二层时涂胶粘牢，但不得把钢丝与纸管粘在一起。干后抽出钢丝，把纸管切成 80mm 的两段。

在两根前缘的最厚处，开槽把纸管粘在槽中，胶干后外面涂环氧树脂胶，蒙玻璃纤维布 2~3 层，胶干后磨光。

如找不到环氧树脂胶和玻璃纤维布，也可用乳胶和薄绸布用同样的方法蒙上，但强度要差一些。

翼尖是用 $2 \times 5 \times 160\text{mm}$ 的竹条先沿前缘下表面粘上，然后用一段后缘条把竹条和后缘连接起来，形成上翘的特殊翼端。

翼只蒙上表面，可用皮纸刷透布油，也可用绦纶膜，用 101 胶粘在骨架上。

操纵系统：遥控设备在机身内安装的原则是：电池在最前方，接收机第二，舵机在最后面。它们之间和前面、下面都用泡沫塑料块垫好，使它们在撞击时能得到缓冲，平时又能固定牢固。特别是舵机平时不能松动。

软轴的制作方法是用 3mm 塑料管，内插一根 0.8mm 钢丝。这钢丝一

端与舵机摇臂连接，另一端与舵面摇臂连接。

塑料管要固定在丁字梁上。

操纵机构工作时要灵活，轻便，不可有摩擦阻碍的情况。舵面要能够随着发射机上的操纵杆回中而立即回中。

接收机天线要沿机身接到后面，中间不要卷绕。

(3) 飞行方法。

遥控模型的飞行最接近真飞机的飞行，因此它也是模型飞机中最吸引人的项目之一。

遥控滑翔机的飞行：飞行场地。进行新飞机试飞或新操纵手训练时的飞行场地应远离市区人群，附近没有机场、公路高压线、河流山峰，远离其他电波干扰。

飞行天气。

滑翔机的抗风能力差，尤其是教练滑翔机的飞行速度慢，因此不能在风速大的天气飞行，一般在3级风以下飞行。场地越小，周围障碍物越多，操纵者越不熟练，越应选择更小的风速飞行。

飞机的全面检查。除了像其他自由飞模型飞机飞行前的检查之外，还要对操纵系统进行如下的检查：

a. 周围是否有同频率电波的干扰；

b. 发射机天线不拉开时，在多远距离内能有效地控制飞机。如约在50米距离内还能有效控制，则基本可用。但如有条件，还是把发射机天线完全拉出来，看是否能达到500米的有效操纵距离；

c. 检查各舵面的操纵灵活性、方向性和回中性。

d. 当给出某一舵角后，停住操纵杆，用手在舵面上轻轻加力，看舵面的弹性余量多大；

e. 如有动力飞机则应在发动机工作状态下检查操纵系统的工作是否正常。

手投滑翔。手投滑翔要打开遥控设备，在有控制的情况下进行。一人投放飞机，一人持发射机控制。飞行时先把方向舵用微调调正。再把升降舵放在中立位置，这时微调应在中间。

投放飞机者水平高举飞机迎风跑，感到飞机有升力时轻轻放手，然后再接住，观察飞机的俯、仰情况，并用微调调整，直到能在空中平稳为止。

在操纵者作好准备后，投放者还是迎风跑，但放开飞机后不再接住，让飞机自行落地，这时操纵者可有小的操纵，但动作切勿过大过猛。

牵引飞行。牵引这种遥控滑翔机所用的线，强度要在5千克的拉力下不会断裂。线端要栓一个1.5mm钢丝弯成的环，和一面大约100×200mm的红绸小旗。

一架新的遥控滑翔机首次牵引试飞十分重要，一定要找一位操纵技术熟练的人做操纵员。牵引模型的人也最好是一个能熟练地牵引初级牵引滑翔机的人。

第一次牵引最好用50~100米长的线，正迎风起飞。举飞机的人要使飞机抬头跟着牵引的人一起跑，当感觉有升力后放开飞机。但要注意出手时千万不能倾斜机翼，否则会摔飞机。

操纵员在起飞时要注意飞机的情况，轻轻拉杆，保持飞机上升，同时及时修正飞机上升时的航向。

牵引者在开始牵引之前就要作好准备，听候操纵员的起飞命令。听到起飞今后即加速向前跑，同时注意飞机的情况，如果看到飞机已正常上升，同时感到牵引的手有一定拉力时，就不要再加速，而保持这一速度上升，直到飞机达到最大高度后开始减低速度，等飞机逐渐减小上升角度，机身水平后，即停止牵引，让飞机脱钩。

在飞机快要脱钩时，操纵员要轻轻松杆使飞机进入脱钩滑翔。

在进入滑翔后，操纵手首先要注意观察飞机滑翔的姿态，发现“头轻”，就轻轻推杆，发现“头重”，则轻轻拉杆，直到正常平稳地滑翔为止。并及时地调整微调，使模型能在升降舵操纵杆（左手）中立时平稳地滑翔。用同样方法把方向舵也调整到方向舵操纵杆（右手）在中立时飞机能直线飞行。

整个飞行过程要使飞机处在上风位置。

首次飞行的着陆不要求“定点”，而要求平稳，不损坏飞机。

飞行训练。有了一架调整好的飞机就可进行飞行训练了。飞行训练的方法有多种，我们建议用以下方法：

a. 手投滑翔方向舵操纵练习。调整好升降舵，操纵者只操方向舵，体会方向舵的作用和飞机航向和纵向操纵的关系。这种飞行最少 10 次。

b. 手投滑翔升降舵操纵练习。加升降舵的操纵，体验升降舵的作用。同时掌握好航向。最少飞 10~20 次。

c. 牵引操纵练习。飞机牵到 100~200 米以后再把调好升降舵的飞机交给学员，只控方向舵，掌握方向控制。最少飞 10~20 次以上。

d. 牵引操纵练习。飞机牵到 100~200 米以后，学员开始操纵，方向舵和升降舵一起掌握，重点在保持俯、仰平衡和转弯配合。最少飞 10~20 次以上。

e. 起飞练习。在有人保护的情况下从起飞开始让学员操纵，牵引到 100~200 米，脱钩滑翔。练 10~15 次。

f. 着陆练习。全过程飞行开始时，着陆练习只求平稳着陆，进而要求着陆定点。练 20 次以上。

以上各种训练的同时都要进行飞行前的准备和飞行后的检查，同时对此作出评价。

B. 工艺技能

模型飞机的典型结构和制作工艺

(1) 机翼、尾翼的基本结构和工艺。

机翼是飞机上的主要部分，水平尾翼类似一个小的机翼，因此它们的结构和工艺基本相同。

机翼和尾翼的基本结构和工艺：平板整体结构翼。如简单的纸模型飞机的机翼和尾翼就都是一整片硬纸。

弧型整体结构翼。如用硬纸弯折成弧型的纸模型飞机的机翼和用木板或泡沫塑料做成的有流线型翼型的整体结构机翼。

构架式翼。这种翼主要由翼肋、翼梁和前后缘组成，外面蒙纸（或其他材料）。

构架式翼的基本制作工艺过程是：a. 制作翼肋样板；

b. 按样板制作翼肋，并准确地在翼肋上开出前后缘条和翼梁的插口，

c. 准备好各种缘条和梁；

d. 把前后缘翼梁和肋组装成翼的构架；

e. 蒙板，加强，制作翼端；

f. 制作上反角或插接部分；

g. 打磨修饰；

h. 蒙皮；

i. 美化。

此外还有一些新结构的复合整体翼等。

(2) 机身的基本结构和工艺。

细杆机身。这是指一些以细木杆为机身的纸木模型飞机、初级滑翔机和初级杆身橡筋动力机等。

侧影杆身。指以一定宽度的木片制作成某种侧影形状的杆身，如初级线操纵模型飞机的机身。

构架式机身。这是最常见的机身结构。它的基本制作工艺如下：

a. 准备隔框和桁条；

b. 在侧面图纸上用桁条组装机身的两个侧面；

c. 把组装好的侧面板通过隔框组装成机身整体；

d. 内部加强并加工机身上下面；

e. 机身的细部加工，如与发动机、机翼、尾翼的连接，与起落架的连接等；

f. 最后的打光；

g. 蒙皮和美化。

此外还有硬壳式和半硬壳式机身。

C. 航模知识

无线电遥控设备的使用方法

无线电遥控模型飞机是航空模型中最吸引人的项目。近年来，无线电遥控模型飞机发展很快，用于普及的泡沫塑料遥控模型飞机已经进入儿童玩具的行列；大型的像真无线电遥控模型飞机可以制作得像真正飞机一样，飞行动作也同真飞机十分相似。超小型的无线电遥控模型飞机的翼展只有 0.3 米，总重量只有 200 克。竞赛用的无线电遥控特技模型飞机飞行动作日趋复杂，技术难度越来越高。

随着无线电技术的进步，目前超小型比例遥控设备上部分的总重量只有 100 克左右，大大促进了无线电遥控模型飞机向小型化、普及化的方向迅速发展。可以预见，无线电遥控模型飞机在整个航空模型中所占的比例将大大增加。

(1) 无线电遥控的基本原理。

无线电遥控设备包括由地面上的人操纵的发射机和安装在模型飞机上的接收设备，如图 5—9 所示。模型飞机上的接收设备由电池、接收机和舵机三部分组成。电池给接收机和舵机供应电能；接收机把接收到的发射机发出的无线电信号转变成控制舵机运转的信号；舵机是一个机电转换机构，除无线电元件外里面还有电动机和齿轮组，外面有遥臂。遥臂通过连杆同方向舵、升降机等需要控制的部件相连。图 5—10 是舵机控制方向舵的示意图。当舵机里的电动机旋转，通过齿轮组使遥臂顺时针转动的时候，由连杆带动方向舵左转。当遥臂逆时针转动的时候，由连杆带动方向舵右转，从而达到控制模型飞机航向的目的。

在早期的无线电遥控设备中，模型飞机上的接收机只起一个开关的作用。当接收机接收到发射机发出的无线电信号以后，接通一个继电器，使方向舵（或其他控制部件）转动一个固定的角度。这种设备用起来很不方便。后来在接收机上安装了谐振继电器，能够控制几个开关，但操纵的动作仍然是生硬的。这两种设备现在已很少用在模型飞机上了。

现在普遍使用比例式无线电遥控设备。图 5—9 所示就是一种比例式无线电遥控设备，当地面上发射机的操纵杆偏转一个角度的时候，模型飞机上舵机的遥臂也相应地偏转一个角度。操纵杆偏转的角度小，遥臂偏转的角度也小；操纵杆偏转的角度大，遥臂偏转的角度也大。两者的偏转角度和速度是成比例的，所以叫做比例遥控。

无线电遥控设备有单通道、二通道、三通道、多通道等许多种。单通道遥控设备只能控制一个舵机，二通道可以控制两个舵机，多通道可以控制多个舵机。如果有一个二通道遥控设备，就可以用来控制副翼或者用来控制发动机油门。

(2) 无线电遥控设备的安装。

安装无线电遥控设备要注意以下三点：安装要稳固，保证模型飞机在各种飞行姿态时遥控设备系统都能可靠地工作。

要考虑到发生摔机事故时保护设备不受损伤或少受损伤。为了防止舵机受冲击损坏，安装舵机时要垫橡胶缓冲垫。为了保护接收机，要用橡胶海绵把接收机包好。为了防止电池撞击接收机，要把电池放在设备舱的最前面。

舵机的安装方位要准确，使摇臂通过连杆对舵面的控制灵活有效。连杆的长短要合适，使摇臂顺转逆转同舵面的左转右转相对应。

(3) 二通道遥控设备的操纵方法。

要使无线电遥控模型飞机有良好的飞行效果，不但要有优良的遥控设备，而且还要有熟练的操纵技巧。

二通道遥控设备有两个舵机，其中一个常用来控制方向舵，另一个常用来控制升降舵。

二通道发射机有两个操纵杆，如图 5—11 所示。右边的操纵杆用来操纵方向舵，向左扳操纵杆，方向舵左转，模型飞机向左转弯；向右扳操纵杆，方向舵右转，模型飞机向右转弯；操纵杆回到中间位置，方向舵不偏转，模型飞机应该直飞。

左边的操纵杆用来操纵升降舵，向前推操纵杆，升降舵向下翻，模型飞机低头下滑；向后拉操纵杆，升降舵上翻，模型飞机抬头上升；操纵杆回到中间位置，升降舵不偏转，模型飞机应该平飞。

起飞。在起飞之前，首先要检查遥控设备的安装情况。扳动左、右操纵杆，看看方向舵和升降舵的偏转方向和偏转角度是否正确，操纵杆回到中间位置，看看舵面是否也处在中立位置。

起飞要选在光滑的路面上进行。模型飞机刚起动的时候，左操纵杆放在中间位置，右操纵杆向右轻扳，方向舵稍向右偏（见图 5—12A），用来平衡螺旋桨的反作用力矩，使模

型飞机直线滑行。模型飞机加速滑行 10 多米以后，轻拉左操纵杆（见图 5—12B），升降舵向上翻，模型飞机抬头离地。离地后，左、右操纵杆只做微小调整，基本上保持原来的位置（见图 5—12C），使模型飞机沿着 30° 左右的角度直线爬升。爬升到离地面 15 米以后，左操纵杆放回中间位置（见图 5—12D），模型飞机起飞完毕。

降落。在降落之前，要让模型飞机迎风对准跑道，并使它有一定的高度足够下滑进场。

当模型飞机下滑并准备降落的时候，应通过右操纵杆保持飞机对正跑道，通过左操纵杆保持飞机的下滑角度（见图 5—13A），使模型飞机沿适当的角度直线下滑。当下滑到离地 2 米左右的时候，轻拉左操纵杆（见图 5—13B），升降舵稍向上翘，使模型飞机改成水平飞行。当模型飞机降到离地面 0.3~0.5 米的时候，再拉左操纵杆（见图 5—13C），升降舵进一步上翘，使模型飞机以抬头的姿态触地，以减弱落地时所受到的冲击。模型飞机平稳落地后，左操纵杆放回到中间位置（见图 5—13D），右操纵杆仍然要保持模型飞机的航向，直到模型飞机降落完毕。

转弯。转弯前，左、右操纵杆都放在中间位置，模型飞机直线飞行（见图 5—14A）。要左转弯的时候，右操纵杆向左扳，方向舵左转，模型飞机向左转；在这同时，左操纵杆向后拉（见图 5—14B），升降舵上翘，增加模型飞机的升力，以抵消机翼向左倾所损失的升力，使模型飞机水平转弯。左转弯后，左、右操纵杆及时回中（见图 5—14C），使模型飞机恢复直线飞行。

右转弯操纵方法和左转弯基本相同，如图 5—15 所示。

使用二通道遥控设备，除了能够操纵模型飞机做起飞、降落和转弯这三种基本飞行动作以外，还能做其他飞行动作。但由于二通道遥控设备只能控制方向舵（也有用来控制副翼和升降舵的），操纵起来要比四通道困难一些。

（4）四通道遥控设备的操纵方法。

四通道遥控设备有四个舵机，一般用来控制方向舵、升降舵、副翼和油门（或电动机开关）。

四通道发射机也只有两个操纵杆，如图 5—16 所示。右边的操纵杆用来操纵油门和副翼。操纵杆左右扳操纵副翼：向左扳，左副翼上翘右副翼下翻，模型飞机向左倾侧；向右扳，右副翼上翘左副翼下翻，模型飞机向右倾侧。操纵杆前推后拉操纵油门：向前推，油门增大，模型飞机加速；向后拉，油门减小，模型飞机减速。

左边的操纵杆用来操纵方向舵和升降舵。操纵杆左右扳操纵方向舵：向左扳，方向舵左转，模型飞机向左转弯；向右扳，方向舵右转，模型飞机向右转弯。操纵杆前推后拉操纵升降舵：向前推，升降舵下翻，模型飞机低头下滑；向后拉，升降舵上翘，模型飞机抬头上升。

由于四通道遥控设备除了能操纵方向舵和升降舵以外，还能操纵油门和副翼，所以对模型飞机的控制要灵活得多，模型飞机的飞行动作也可以做得比较复杂。图 5—17 是用四通道遥控设备操纵模型完成起飞、降落、转弯、正筋斗、倒筋斗、滚转、水平“8”字等动作的操纵方法。

八 第六单元

A. 制作和飞行

1. 上单翼初级遥控教练机 WF—22

(1) 材料。

机翼： 前缘 $8 \times 15 \times 600\text{mm}$ 桐木 2 根。

前缘加强 $3 \times 10 \times 600\text{mm}$ 桐木 2 根。

翼梁 $3 \times 5 \times 600\text{mm}$ 松木 4 根。

后缘 $1 \times 20 \times 600\text{mm}$ 桐木 4 根。

翼肋 $1 \times 30 \times 200\text{mm}$ 桐木 18 片。

蒙板 $1 \times 50 \times 600\text{mm}$ 桐木 2 片。

其他蒙板 $1 \times 55 \times 800\text{mm}$ 桐木 1 片。

翼根接头 $3 \times 50 \times 100\text{mm}$ 层板 1 片。

蒙纸 $200 \times 600\text{mm}$ 厚皮纸 4 张。

尾翼： 平尾缘条 $5 \times 5 \times 420\text{mm}$ 桐木 2 根。

平尾肋条 $2 \times 5 \times 80\text{mm}$ 桐木 4 根。

翼尖 $5 \times 5 \times 80\text{mm}$ 桐木 2 根。

翼根木块 $5 \times 30 \times 80\text{mm}$ 桐木 1 片。

升降舵 $4 \times 40 \times 420\text{mm}$ 桐木 1 片。

垂尾缘条 $5 \times 5 \times 400\text{mm}$ 桐木 1 根。

垂尾肋条 $2 \times 5 \times 300\text{mm}$ 桐木 1 根。

垂尾鳍 $2 \times 25 \times 150\text{mm}$ 桐木 1 片。

方向舵 $4 \times 40 \times 130\text{mm}$ 桐木 1 片。

蒙纸 $80 \times 420\text{mm}$ 厚皮纸 3 张。

机身： 侧板 $2 \times 70 \times 820\text{mm}$ 桐木 2 片。

侧板加强 $2 \times 70 \times 250\text{mm}$ 层板 2 片。

发动机架 $10 \times 15 \times 200\text{mm}$ 桦木 2 根。

机身桁条 $4 \times 4 \times 820\text{mm}$ 松木 4 根。

机身隔板 $3 \times 60 \times 70\text{mm}$ 层板 2 片。

机身加强条 $4 \times 4 \times 400\text{mm}$ 桐木 4 条。

尾部加强 $4 \times 20 \times 150\text{mm}$ 桐木 2 片。

机身上下蒙板 $1.5 \times 55 \times 500\text{mm}$ 桐木 3 片。

机身前盖板 $0.5 \times 200 \times 100\text{mm}$ 硬铝 1 片。

竹销 $5 \times 90\text{mm}$ 竹 2 根。

动力系统： 发动机 2.5C.C. 压燃式或电热式发动机 1 台。

油箱薄铁皮 (罐头盒) 。

油管 $3 \times 150\text{mm}$ 铜管 1 根。

输油管 $3 \times 160\text{mm}$ 塑料软管 1 根。

螺旋桨 $10 \times 20 \times 210\text{mm}$ 桦木 1 块。

固定螺钉 M3 \times 20mm 4 个。

起落架： 机轮 $30 \sim 40\text{mm}$ 胶轮 3 个。

支架钢丝 $3 \times 550\text{mm}$ 弹簧钢丝 1 根。

支架固定铁片 20 × 40mm 薄铁片 5 片。

固定螺钉 M3 × 20mm 5 个。

操纵系统： 遥控设备 2 ~ 3 通道比例设备 1 套。

操纵杆 5 × 5 × 550mm 桐木 2 根。

操纵杆钢丝接头 1.5 × 100mm 4 根。

舵面摇臂 0.8 × 8 × 35mm 硬铝 2 片。

减振材料 15 × 60 × 300 硬泡沫板 1 块。

其他材料： 透布油。

硝基喷漆。

1 × 5mm 橡筋。

尾翼固定螺钉。

(2) 制作方法 (见图 6—1、6—2、6—3)。

遥控教练机的机翼、尾翼结构基本上与线操纵飞机相同，制作方法也类似。

遥控教练机的机身比像真橡筋动力模型飞机的机身还简单，只是强度要求大一些。

机身制作： 用 2mm 厚的桐木板切成机身侧面形状。(一般桐木片宽为 55mm，机身侧板最宽处为 70mm，因此可事先把板拼好。)

按图 6—2 把机身侧面加强板切好，并粘在侧板上。

按图 6—2 在侧板上粘上加强条和尾部加强板。

把桦木发动机架的后部锉细，准确地粘在机身前部的加强板上。并使它向下倾斜 3° 角。

用层板按图上机身正侧面图的尺寸作出机身前部的两块隔板，并在第一块隔板上开出发动机架槽口。

通过第一、二隔板，把机身两侧板组装起来，并粘

牢尾部。

在机身上下两面(除机翼安装处和前面油箱舱外)全部用 1.5mm 桐木板横纹蒙好。

胶干后磨光，并涂两遍透布油后再磨光。

在机翼安装处前后装竹销。

在机身尾部粘垂直尾翼和尾鳍。

从机身里面用层板加强安装起落架处。

(11) 用铁片把起落架安装部包起，通过螺钉固定在机身上。

(12) 在机身尾部对准水平尾翼安装两个固定螺母(用树脂胶粘在机身尾部)。

(13) 把发动机放在机架上，并使拉力线向右倾斜 2° 画好孔位，钻孔固定(图 6—3)。

(14) 把机翼用橡筋绑在机身上，然后用硬纸比着实物制作一个前盖样板。再用硬铝片按样板制作一机身前盖。

(15) 按第一隔板后部机舱的实际大小，用薄铁皮焊一油箱(不一定充满机舱)。油管的安装与线操纵特技机的油箱相似，只是出油管从上盖的后角上面出来，但下面要插到油箱底部，只留 1mm 间隙，见图 6—4。

(16) 在前盖上开孔，使油管能伸出盖外。在机舱内垫上泡沫橡胶把油箱固定。

操纵系统：

遥控设备的安装方式与滑翔机相同。

舵机与舵面的连杆是用 $5 \times 5\text{mm}$ 桐木条两端绑上 1.5

mm 钢丝做成的。钢丝先要在端部弯一钩，插入木条，然后涂胶绑线，固定必须牢固，见图 6—5。

升降舵连杆从机身下部开口伸出，与升降舵摇臂相连。方向舵连杆从机身侧面的开口中伸出，为了保持连杆的运动灵活，在伸出部位应把连杆钢丝弯成阶梯状，见图 6—6。

整个操纵系统必须工作灵活准确没有摩擦阻力。

(3) 飞行方法。

我们把遥控滑翔机的飞行作为飞行训练的基础，一般的在大约完成了 50 ~ 100 次滑翔飞行操纵训练以后，都可以达到飞动力飞机的程度。

飞行场地。与滑翔机同，还要求有一段长约 50m 的平坦跑道。

飞行天气。可在 4 级风以下训练。

飞行前的检查。除发动机动力系统及起落架地面滑跑检查外，其他与滑翔机同。

手投滑翔。如果飞机设计得好，重心位置等正确，手投滑翔可不做，以免损坏飞机。

动力飞行。首次动力飞行调好发动机后，从手上起飞。出手时要注意起飞角不要大于 30° ，也不能小于 0° ，机翼不要偏斜。

操纵员要注意保持飞机的正常上升角，角度千万不能过大，动力不足时大角度上升很危险。同时调整升降舵和方向舵微调，使飞机在松杆时平直飞行。

完成滑翔机训练后动力机训练方法建议如下：

- a. 手上起飞，在有人保护下做上升和航线飞行练习 20 次以上；
- b. 手上起飞，独立飞行 20 次以上；
- c. 在有人保护下陆上滑跑起飞，空中独立飞行 10 ~ 20 次以上；
- d. 单独滑跑起飞 20 ~ 30 次；
- e. 单独起飞、降落，在空中航线飞行 20 次；
- f. 空中规定航线，起降回场练习 20 次。

各种飞行动作的操纵方法见第五单元。

2. 下单翼遥控教练机 WF—23

(1) 材料。

机翼：前缘 $8 \times 15 \times 600\text{mm}$ 桐木 2 根。

前缘加强条 $3 \times 10 \times 600\text{mm}$ 桐木 2 根。

翼梁 $3 \times 5 \times 600\text{mm}$ 桐木 4 根。

后缘 $1 \times 20 \times 600\text{mm}$ 桐木 4 根。

翼肋 $1 \times 30 \times 200\text{mm}$ 桐木 18 片。

蒙板 $1 \times 50 \times 600\text{mm}$ 桐木 2 片。

其他蒙板 $1 \times 55 \times 800\text{mm}$ 桐木 1 片。

翼根接头 $3 \times 50 \times 100\text{mm}$ 层板 1 片。

蒙纸 $200 \times 600\text{mm}$ 厚皮纸 4 张。

尾翼：平尾缘条 $5 \times 5 \times 420\text{mm}$ 桐木 2 根。

平尾肋条 $2 \times 5 \times 80\text{mm}$ 桐木 4 根。

翼尖 $5 \times 5 \times 80\text{mm}$ 桐木 2 根。

翼根木块 $5 \times 30 \times 80\text{mm}$ 桐木 1 块。

升降舵 $4 \times 40 \times 420\text{mm}$ 桐木 1 片。

垂直尾翼缘条 $5 \times 5 \times 400\text{mm}$ 桐木 1 根。

垂尾肋条 $2 \times 5 \times 300\text{mm}$ 桐木 1 根。

垂尾鳍 $2 \times 25 \times 150\text{mm}$ 桐木 1 片。

方向舵 $4 \times 40 \times 130\text{mm}$ 桐木 1 片。

蒙纸 $80 \times 420\text{mm}$ 厚皮纸 3 张。

机身：侧板 $2 \times 70 \times 820\text{mm}$ 桐木 2 片。

侧板加强 $2 \times 70 \times 250\text{mm}$ 层板 2 片。

发动机架 $10 \times 15 \times 200\text{mm}$ 桦木 2 条。

机身桁条 $4 \times 4 \times 820\text{mm}$ 松木 4 根。

机身隔板 $3 \times 60 \times 70\text{mm}$ 层板 2 片。

机身加强条 $4 \times 4 \times 400\text{mm}$ 桐木 4 条。

尾部加强 $4 \times 20 \times 150\text{mm}$ 桐木 2 片。

机身上下蒙板 $1.5 \times 55 \times 500\text{mm}$ 桐木 3 片。

机身前盖板 $0.5 \times 200 \times 100\text{mm}$ 硬铝 1 片。

竹销 $8 \times 90\text{mm}$ 竹 2 根。

动力系统：发动机 2.5C.C. 压燃式或电热式发动机 1 台。

油箱薄铁片（罐头盒）。

油管 $3 \times 150\text{mm}$ 铜管 1 根。

输油管 $3 \times 160\text{mm}$ 塑料软管 1 根。

螺旋桨 $8 \times 20 \times 210\text{mm}$ 桦木 1 块。

固定螺钉 M3 \times 20mm 4 个。

起落架：机轮 30 ~ 40mm 胶轮 3 个。

支架钢丝 $3 \times 550\text{mm}$ 弹簧钢丝 1 根。

支架固定铁片 $20 \times 40\text{mm}$ 薄铁片 5 片。

固定螺钉 M3 \times 20mm 5 个。

操纵系统：遥控设备 2 ~ 4 通道比例设备 1 套。

操纵杆 $5 \times 5 \times 550\text{mm}$ 桐木 2 根。

操纵杆钢丝接头 $1.5 \times 100\text{mm}$ 4 根。

舵面摇臂 $0.8 \times 8 \times 35\text{mm}$ 硬铝 2 片。

减震材料 $15 \times 60 \times 300\text{mm}$ 硬泡沫塑料板 1 块。

其他材料：透布油。

硝基喷漆。

$1 \times 5\text{mm}$ 橡筋。

尾翼固定螺钉。

副翼 $2.5 \times 25 \times 500\text{mm}$ 桐木 2 片。

(2) 制作方法 (见图 6—7、6—8)。

下单翼遥控教练机的尺寸与结构基本上与上单翼遥控教练机相同。不同点是：下单翼上反角为 12° ，稍大于上单翼（指无副翼型）；起落架为后三点式。

下单翼遥控教练机还可安装副翼，制作方法如下：

用 $2 \times 20 \times 500\text{mm}$ 桐木两片，磨光，用尼龙绸条做铰链把它们分别粘在机翼后缘上。

在每个副翼的翼根安装操纵摇臂。

把一个舵机固定在机翼下面的中间，使摇臂伸出机翼。

用 1.5mm 钢丝做的连杆分别把两个副翼的摇臂连接在舵机摇臂的两端，见图 6—9。在用橡筋条绑机翼时一定要使橡筋条从连杆下面穿过，不能妨碍副翼的操纵。

当使用副翼时，机翼的上反角应改为 6° 。

(3) 飞行方法。

带副翼时四通道下单翼遥控飞机的飞行，已经完全和真飞机的控制一样了，虽然更难一点，但也更加吸引人。在有了遥控滑翔机和遥控动力机的 200 次以上飞行基础以后，再

学习下单翼飞机的飞行也不困难。

具体的操纵方法见第 5 单元。

B. 航模知识

1. 飞机的总体布局

前面几单元介绍的是飞机的典型布局，飞机的布局并不是唯一的，除此之外，还有很多其他布局。

鸭式布局。鸭式布局的飞机很像把典型飞机的机翼和尾翼换了前后位置。前面的小翼一般称为前翼，后面的大翼叫做后翼或主翼，垂直尾翼还是在后面，见图 6—10a。

最早的莱特飞机就是鸭式布局的。现在有些正在研制中的未来飞机也是鸭式的。

飞翼。即无尾翼飞机。这种飞机省去了机身和尾翼，而只有一个机翼。刚刚看到这种布局的飞机我们会认为它是性能最好的飞机，因为它省去了机身和尾翼的阻力。但为了保证一个单独的机翼具有足够的稳定性，还必须付出很大的代价。因此飞翼的性能也不一定就比有机身和尾翼的飞机好很多。

为了保证飞翼的稳定飞行，往往要选用对称翼型或中弧线呈“S”形的翼型，见图 6—10b。

串翼机。这是一种前后两个机翼大小差不多的飞机，见图 6—10c。

连翼飞机。是一种把机翼和水平尾翼的翼端连在一起的特殊布局，见图 6—10d。

环翼机。是一种呈扁平圆环形机翼的飞机，见图 6—10e。

圆翼机。这是一种圆形机翼的飞机，见图 6—10f。

2. 风和气流

飞机是在空气中飞行的机器，因此在进行航模活动时要对空气和空气的流动规律做些初步了解。

(1) 风。

一般把空气的流动现象特别是空气的水平流动称为风。一般用风速和风向（或风级）来表示风的特性。

风对飞机的飞行产生影响，特别是对飞行速度较低的模型飞机影响很大。当然，风对靠风力飞行的风筝有更大的影响。因此在飞行模型飞机时，对风的影响不能不加以考虑。如飞行速度较慢的初级橡筋动力模型飞机就不适宜在 3 级以上的风速下飞行。自由飞模型飞机也不适宜在较大的风速下飞行，因为它在飞行中会被风吹到很远的地方，不容易收回。

飞机的起飞最好选在逆风的方向，同时也要考虑如何操纵才能使飞机能够落在预定的场地。自由飞模型飞机要考虑风向对回收的影响。

(2) 风力等级表。

风力(级)	风整(米/秒)	地面特征
0	0 ~ 0.2	静, 烟直上
1	0.3 ~ 1.5	烟能表示风向, 风标不动。
2	1.6 ~ 3.3	人面感觉有风, 树叶微响, 风标转动。
3	3.4 ~ 5.4	树枝摇动, 旌旗展开。
4	5.5 ~ 7.9	吹起尘土、纸片, 树的小枝摇动。
5	8.0 ~ 10.7	有叶的小树摇动, 内陆水面有小波。
6	10.8 ~ 13.8	大树枝摇动, 电线有声, 举伞困难。
7	13.9 ~ 17.1	全树摇动, 大树枝弯下来, 迎风步行不便。

(3) 气流。

其实, 气流也是风。在航模中“气流”往往是指局部的空气流动, 包括垂直方向的流动。而风往往是指空气在较大范围的总体流动。

在空气的流动中, 在接近地面的低空往往会遇到很多障碍物, 如房屋、树木、小坡等, 它们都会对空气的流动产生影响, 使原来的风向、风速都发生变化。而在低空飞行的模型飞机也会受到这些变化了的气流的影响。这就是地形性气流对模型飞机的影响(图 6—11)。

此外, 由于局部温度的影响, 会使热空气上升, 形成热上升气流, 而在它的周围冷空气的流动又会产生下降气流区(图 6—12)。

如果模型飞机能够利用上升气流, 它就能在同样条件下飞得更高。

A: 热上升气流区

B: 下降气流区

