

陈康生 编著

现代模型飞机制作工艺



航空工业出版社

现代模型飞机 制作工艺

陈康生 编著

航空工业出版社
北京

内 容 提 要

作者用图文并茂的形式,详尽地介绍现代制作模型飞机使用的工具、材料、粘接和塑料、木结构、玻璃钢模型飞机的制作工艺。书中还叙述了模型飞机的基本知识、设计方法和相应软件的应用,以及螺旋桨的制作工艺、模型飞机的美化装饰等。

本书是航空模型制作爱好者、青少年宫和中小学航空模型小组、航空模型辅导员及模型飞机生产者的理想参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现代模型飞机制作工艺 / 陈康生编著. -- 北京:
航空工业出版社, 2010. 12

ISBN 978 - 7 - 80243 - 675 - 6

I. ①现… II. ①陈… III. ①模型飞机(航空模型运
动) — 制作 IV. ①G875.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 248950 号

现代模型飞机制作工艺 Xiandai Moxing Feiji Zhizuo Gongyi

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

发行部电话: 010 - 64815615 010 - 64978486

北京地质印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

2010 年 12 月第 1 版

2010 年 12 月第 1 次印刷

开本: 787 × 1092 1/16

印张: 15.5

字数: 370 千字

印数: 1—4000

定价: 38.00 元

前言

航模爱好者和模型生产厂家所制作的航空模型可以分为两大类:能够飞行的“模型飞机”和作为陈列用的“飞机模型”。

模型飞机的类别很多,有室内模型飞机、竞时模型飞机、线操纵模型飞机、遥控模型滑翔机、遥控模型飞机、遥控模型直升机、像真模型飞机等。每类模型飞机又分为许多种,如遥控模型飞机就有遥控模型练习机、F3A 遥控模型特技机、3D 遥控模型特技机、遥控模型像真机、遥控模型水上飞机和遥控模型直升机,等等。遥控模型飞机按动力还可分为:采用活塞式发动机的“油机”、采用电动机为动力的“电机”和采用喷气发动机的“喷气机”。

制作各种类别的模型飞机,根据所使用的材料、结构、强度和竞赛规则要求的不同,制作工艺也不完全相同。航模爱好者在自己设计和制作过程中,会学到模型飞机空气动力学、材料的选材和加工工艺、结构设计和物理力学等科学技术知识。

航模爱好者大多喜欢自己设计、自己制作模型飞机,设计过程中要参考许多图纸、数据、材料和结构等资料,这是一个创作、创新的过程。爱好者还可通过进一步学习和使用计算机模型设计、翼型设计、CAD 制图等软件,大幅度提高设计水平。

怎样把模型飞机做得更轻、结构设计得合理、飞得更好?这是一个开发智力、增强动手动脑的能力、提高设计和制作技术水平、克服困难迎接挑战、提高思维能力、树立创新意识的过程。随着科学技术的飞速发展,不断地学习新材料、新工艺,并应用到模型飞机设计、制作和工艺创新中去,使航模爱好者得到全面发展。因此,航空模型制作是一项非常有益的工作。

在学校和少年宫,许多玩过或见过航模的家长都愿意把孩子送到航模组,有许多航模爱好者厌倦了购买商品完成机,开始自己创新设计、制作新飞机,还有许多年轻时参加过航模活动的退休老人又重操旧业,亲自动手去实现少年时的遥控飞行梦想,这些正是航模运动的魅力所在。

我国最早的无人机是航模运动健将研发出来的,在国外许多无人机的开发设计者也都是航模爱好者。近几年来我国有许许多多的航模爱好者和模型生产厂家也都加入了无人机的研发行列,并取得了惊人的成绩。

在国外,学校和社会航模活动丰富多彩,模型专业的书刊杂志品种繁多,模型爱好者网站分门别类介绍相关知识、报道新闻动态、交流个人设计制作的经验和过程。近几年,我国的模型专业丛书相继出版,模型杂志越办越好,还建立了许多模型相关网站,也为航模爱好者提供了学习和交流模型飞机制作工艺的平台。

除了青少年模型制作爱好者,还有许多退休老人在家里备有齐全的材料、零件,甚至还有小型加工设备用来制作模型,使老年人晚年的生活更加充实、多彩。

笔者在日本东京参观每年举行一次的大型航模表演赛上，看到一位日本老人制作的一架非常精美的遥控像真模型飞机。因为风太大，许多人劝他不要放飞了，但这个倔犟的老人硬是顶着大风把模型飞机飞起来了，在着陆时那架模型摔得粉碎，而老人的脸上却依然充满着笑容和成就感。

在苏联参加世界线操纵模型锦标赛时，看到一位 60 岁左右的退休老人用一年半的时间做了一架线操纵像真模型飞机，不但模型飞机上的铆钉、磨掉的漆、带避振的收放起落架、驾驶舱内的操纵杆、仪表盘、电缆管道等做得应有尽有、精美绝伦，而且还能飞出真飞机的动作，这位老人曾经用这架模型获得了两届世界冠军！

在解放初期，我们国家的航模爱好者都是自己利用卡片纸、麻秆、竹子、拷贝纸等材料来制作模型飞机。没有桐木片就找桐木做的箱子板料，用木工手锯和自制的斜口刀，按照图纸把零件连锯带切做出来，然后用硝基稀料将赛璐珞溶化制成的快干胶把模型组装起来，最后用硝基涂布油和棉纸把模型飞机蒙上膜，再刷上许多遍硝基涂布油才算完成。

那个时期模型飞机的套材，基本上都是从日本和美国进口的，轻木片和层板零件是冲切好的，还配有齐全的零配件和 1:1 的工作图，当然制作起来就容易多了。

后来国内才有了专门生产桐木片、条和松木片、条的加工厂，为模型制作者提供了很大方便。

改革开放后，欧美国家对模型产品的大量需求，促进了我国模型产业的迅猛发展，现在的珠江三角洲等地区成了航模的出口基地，美国航模爱好者使用的模型飞机绝大部分都是“中国制造”。从国内每年举行的航空模型展看，模型产品琳琅满目，花样不断翻新，新的模型厂商像雨后春笋一样亮相。模型工厂也采用了先进的木工机械，进行半机械化生产。在工艺流程科学、效率高的工厂，平均每天每人能生产十几架中高档的模型飞机。为了能按期完成出口任务，他们也在不断地进行生产制作的工艺改革，合理使用材料、缩短工时、降低成本、提高产品质量和产量。许多年轻的产业工人在生产实践中，刻苦钻研模型飞机的先进生产工艺、不断丰富理论知识、提高思想素质，并且有不少优秀的工人走上了生产管理和工程设计岗位。

航模爱好者和模型工厂制作者都非常有必要进行模型制作工艺的研究，丰富理论知识、提高制作技巧、不断改革创新，制作出更多、更好、飞行性能更优异、更精美的模型飞机，为推动我国的航模运动和航模产业的蓬勃发展而共同努力！

作者

2010年8月

目 录

第1章 工具 / 1

- 一、切割刀具 / 1
- 二、刨、钻工具 / 4
- 三、其他五金工具 / 7
- 四、量具 / 7
- 五、工作板 / 7
- 六、砂纸和砂纸板 / 8
- 七、电热类工具 / 8
- 八、各类仪表 / 9
- 九、电动工具 / 9
- 十、小型机械工具 / 11
- 十一、外场飞行用的工具和工具箱 / 13

第2章 材料 / 15

- 一、木材 / 15
- 二、塑料 / 19
- 三、泡沫塑料 / 20
- 四、金属材料 / 21
- 五、纸张 / 22
- 六、纺织品和橡胶 / 23
- 七、热缩薄膜 / 23
- 八、复合材料 / 24

第3章 粘接 / 27

- 一、粘接基础知识 / 27
- 二、怎样正确选择胶 / 28
- 三、制作模型飞机常用的胶黏剂 / 28
- 四、粘接工艺 / 31

第4章 模型飞机的基本知识 / 33

- 一、模型飞机的基本知识 / 33
- 二、模型飞机的技术术语和主要数据 / 35

三、模型飞机的分类 / 37

四、模型飞机的结构形式 / 40

第5章 怎样设计一架模型飞机 / 49

- 一、设计和制作模型飞机的步骤 / 49
- 二、设计模型飞机的实例 / 50
- 三、怎样利用 Auto CAD 和 Profili 2 软件绘图 / 51

第6章 塑料制作的模型飞机加工工艺 / 68

- 一、塑料 / 68
- 二、泡沫塑料 / 73
- 三、泡沫塑料模型飞机手工制作工艺 / 77

第7章 木结构模型飞机的制作工艺 / 87

- 一、模型飞机的图纸 / 87
- 二、手工制作模型飞机工艺实例 1 / 88
- 三、手工制作模型飞机工艺实例 2 / 103
- 四、木结构模型飞机制作工艺实例 3 / 103
- 五、工厂化木结构模型飞机生产工艺 / 126

第8章 玻璃钢模型飞机手工成型工艺 / 133

- 一、玻璃钢的性能 / 133
- 二、玻璃钢手糊成型工艺的特点 / 134
- 三、玻璃钢手糊成型工艺所需要的原材料和工具 / 134

- 四、手糊工艺使用的工具 / 136
- 五、玻璃钢模型飞机手工成型工艺的模具 / 140
- 六、F5B（国际级遥控电动模型滑翔机）玻璃钢机翼结构形式和成型工艺 / 157
- 七、F3B（国际级遥控电动模型滑翔机）玻璃钢尾翼成型工艺 / 172
- 八、F3B 玻璃钢机身加工工艺 / 176
- 九、碳纤维轻木复合结构 / 180
- 第 9 章 模型飞机的螺旋桨 / 183**
 - 一、螺旋桨的工作原理和几何参数 / 183
 - 二、螺旋桨的类别 / 185
 - 三、螺旋桨的设计 / 192
 - 四、木制螺旋桨的制作工艺 / 198
 - 五、碳纤维螺旋桨的制作工艺 / 204
 - 六、螺旋桨静拉力和扭矩的测试 / 212
 - 七、螺旋桨的整流罩 / 214
 - 八、螺旋桨保护器 / 216
- 第 10 章 用热缩薄膜蒙制木结构模型飞机 / 218**
 - 一、热缩薄膜的种类 / 218
 - 二、蒙热缩薄膜使用的工具 / 219
 - 三、热缩薄膜蒙皮工艺和实例 / 219
 - 四、机翼图案的装饰 / 230
 - 五、垂直尾翼固定方法，机翼和机身的连接 / 231

- 第 11 章 模型飞机的喷漆装饰 / 232**
 - 一、涂料的品种和使用的注意事项 / 232
 - 二、模型飞机喷漆美化所需的材料和工具 / 233
 - 三、木结构模型飞机的表面处理 / 234
 - 四、蒙绢工艺 / 235
 - 五、涂刷底漆 / 237
 - 六、喷涂彩色图案漆 / 238

第1章 工 具

孔子曰：“工欲善其事，必先利其器。”意思是：一个做手工或搞工艺的人，要想把工作完成，做得完善，应该先把工具准备好。我们要想制作好模型飞机，必须先要有得心应手的好工具。

其实，一般制作模型必备的工具并不太多，关键要好用。当然有条件也可以购买一些小型的电动工具，这样会提高制作的效率和质量。有了好工具还应会合理使用，并且还应有好的制作工艺，才能做出重量轻、结构合理、外观精美、飞行性能优异的模型飞机。

制作模型必备的工具具有：切割工具、刨钻工具、常备的五金工具、量具、工作板、砂纸板、电热类工具、各类仪表、电动工具和小型机械工具等，如图 1-1 所示。

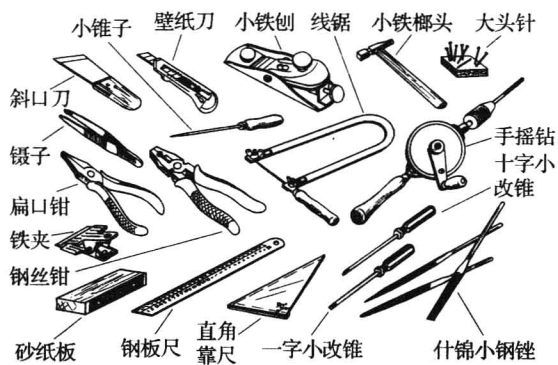


图 1-1 制作模型必备的工具

一、切割刀具

● 1. 壁纸刀

壁纸刀是制作模型经常使用的刀具，市场上销售的壁纸刀规格齐全、使用方便、价格低廉。壁纸刀可以用来切割各种薄板、木

片、木条，可以刻翼肋、刻槽、修整、蒙膜等，是用处比较多的工具。壁纸刀使用很方便，刀刃不快，用钳子掰下一小段即可。一个刀片用完以后还可以再换一片新的，省去磨刀的麻烦。壁纸刀有大小不同的规格，宽 9mm 薄刀刃的壁纸刀（图 1-2 中最小号的）用处最多，因为刀刃相对薄些，切木片时不至于把切出的木条或其他零件挤压变形太多。

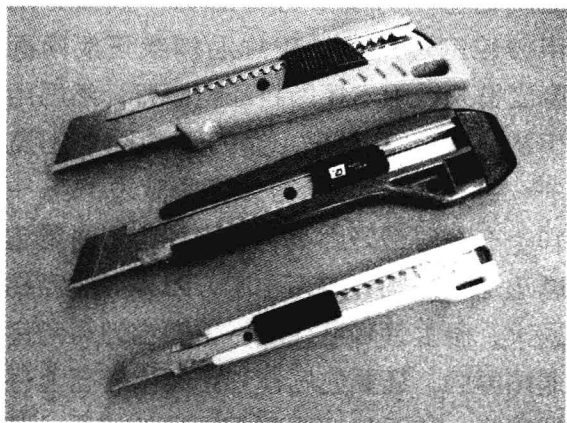


图 1-2 壁纸刀

● 2. 斜口刀

在专门卖刀剪的商店有售，大部分是用一般碳素钢打制，带木把。买时须仔细挑选，敲击声清脆的硬度会好些。

最好用的斜口刀是机用锯条改制的，机用钢锯采用高速钢（HSS）或双金属钢（Bi-metal）制造，无比锋利，非常耐用，如图 1-3 所示。

机用钢锯条按不同的宽窄和长短尺寸分几种规格，比较合适的是长 450mm、宽 38mm、厚 1.8mm 的机用钢锯条。

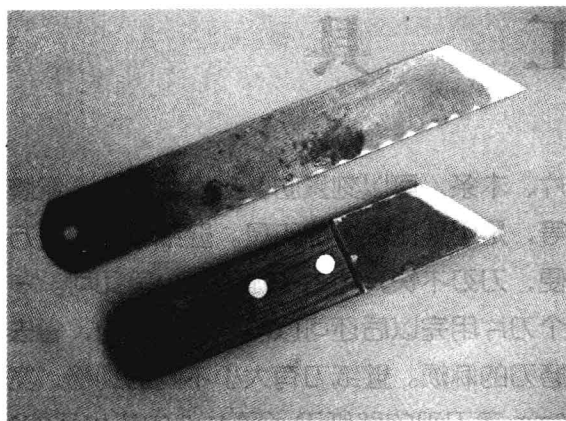


图 1-3 斜口刀

一根机用钢锯条可以做三把 150mm 长的斜口刀，自制斜口刀的方法是：在锯条上用记号笔分成三等份的 50° 斜线，用电砂轮的边角或砂轮片沿斜线正反两面磨出槽来，用木棒敲打即可断开，然后用电砂轮磨出刀刃来，当刀刃两面磨出宽 7 ~ 10mm 的斜坡、刀刃的角度为 $15^\circ \sim 10^\circ$ 左右时最好用。用电砂轮磨刀时要边磨边沾水冷却，要有耐心，刀刃过热容易退火，硬度会降低。用砂轮磨出刀刃的合适角度后，还要先后在油石和水磨石上仔细研磨，油石最好用粗细两面的油石，磨刀的油石最好用水浸，用油容易把油石腻住。

为了防止刀刃卷刃，磨到最后要在细磨石上正反两面轻轻地画 8 字研磨。检查刀刃锋利不锋利的办法为：刀刃朝上用大拇指垂直刀刃方向去摸，感觉有些刮手或横切木材时断面光滑，这时刀刃最锋利。千万别顺着刀刃摸，会划破手。斜口刀能刻、削、切，是制作模型、螺旋桨、发动机架和较硬、较大木材的必备工具。

机用钢锯条可到机械加工厂找或到五金工具商店去购买正规厂家生产的。质量

好的机用钢锯条用电砂轮磨出的是又白亮、又长的火花。

使用刀子要有窍门，如（1）为了防止在裁切木片时刀刃顺着木纹切偏，第一刀要用刀尖沿着钢板尺的边轻轻切个浅槽，然后再逐步用力，如果第一刀太用力，刀刃容易顺着木纹切偏。（2）切削木材时，刀刃和被切削的木料保持 $30^\circ \sim 45^\circ$ 斜角，省力而光滑。（3）使用刀子还要注意安全，不论切削什么都要记住：手握材料的后面部分，刀刃朝前用力，以防止用力过猛刀子切伤手。有时削制螺旋桨，刀子一定朝向另一只手时，握刀胳膊的大臂要紧靠胸部来限位，用转动手腕来切削。（4）刀刃用一段时间不快了，就要及时重新研磨锋利。牢记：“工欲善其事，必先利其器”！

● 3. 刻刀

市场有各种刻刀：（1）成套的、镶有木把的平口、圆口、V 形口等各种刀口的木刻刀，如图 1-4 所示。这种刻刀有大小不同的规格，主要用来刻挖槽、孔和制作木型用。（2）可以更换刀片的尖刻刀，刻翼肋、刻切木片用处最多，如图 1-5 所示。（3）可以更换各种刀片的成套刻刀，如图 1-6 所示。

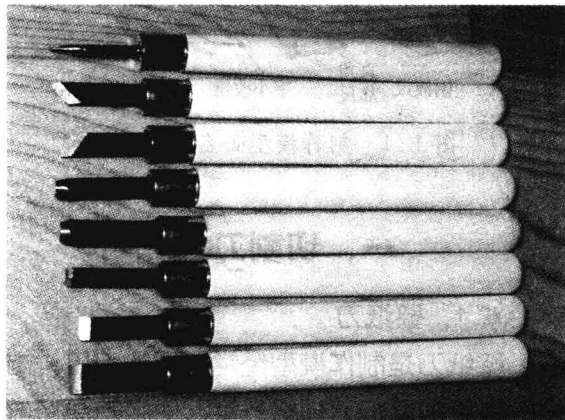


图 1-4 成套的各种刀口木刻刀

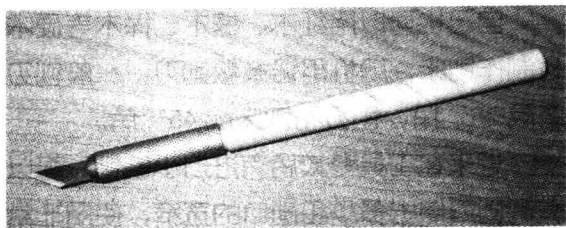


图 1-5 可以更换刀片的尖刻刀

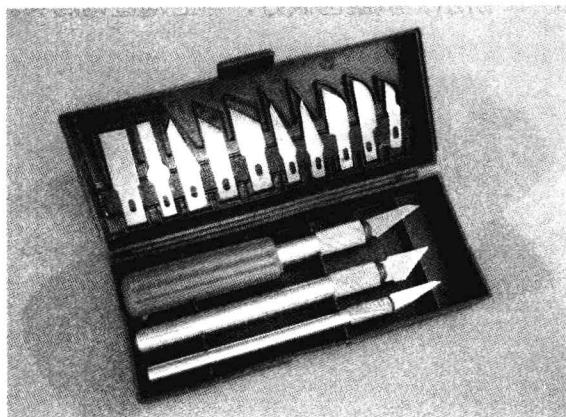


图 1-6 成套刻刀

● 4. 剪刀

剪刀有两种：(1) 普通家用剪刀，用来剪纸、剪布等。(2) 铁剪刀，剪裁不太厚的铁片、铜片和铝片，制作模型应选用小号铁剪刀。

● 5. 手工锯（线锯）

它是由弓形钢支架、手柄、蝶形紧固螺母、线锯条组成，如图 1-7 所示。

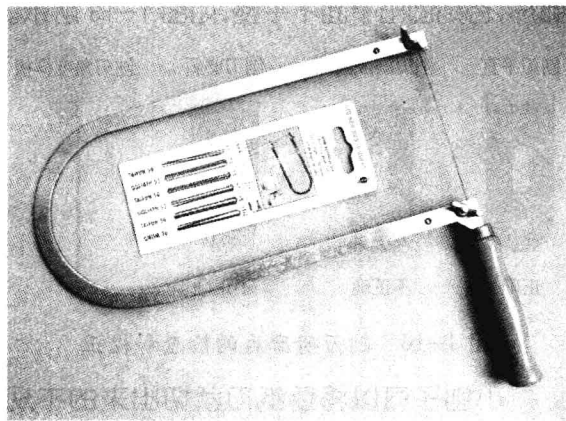


图 1-7 手工锯（线锯）

(1) 线锯锯条种类很多，扁条形的可以锯木材、锯塑料，还可以锯铜、铁、铝。因此，锯条的材质、粗细、锯齿大小疏密和形状都不一样。锯木材的锯齿相对大些，锯金属的锯条细、锯齿密而小。还有圆条形锯条，四周都有锯齿，不用转动锯弓，可以向任何方向锯，如图 1-8 所示。

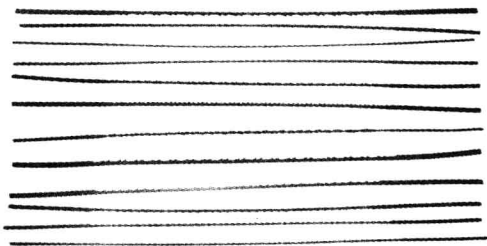


图 1-8 不同形状锯齿、不同用途的手工锯条

(2) 细手工锯，可以锯金属、木材和塑料，如图 1-9 所示。

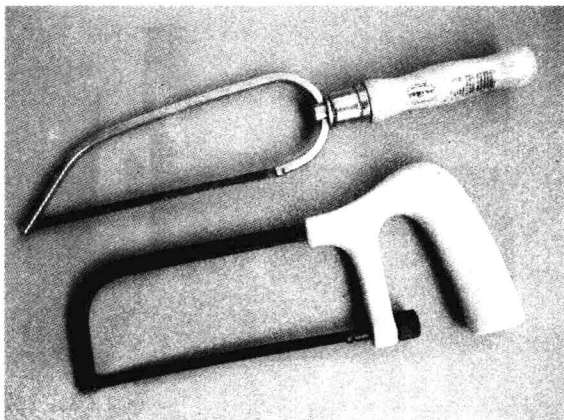


图 1-9 细手工锯

质量不好的手工锯条往往锯齿偏向一侧有毛刺，容易锯偏，进口的手工线锯条价格高些但好用。

线锯在使用时，在工作台上钉上一块用层板做的木叉，托着被锯的物件，锯条应尽量保持垂直，锯的速度不要太快但要稳。在转弯或夹锯的地方，要上下多动、慢前进，太着急会把锯条扭断，如图 1-10 所示。

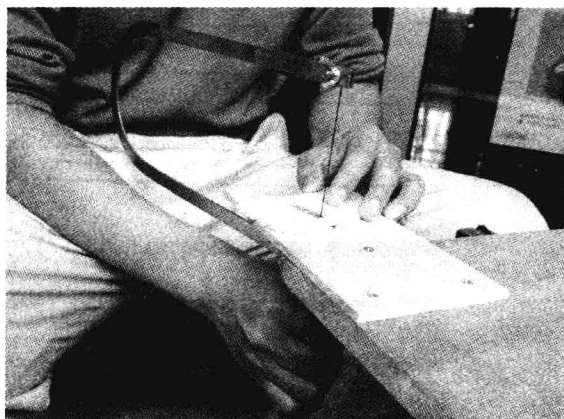


图 1-10 在木叉托板上锯零件

二、刨、钻工具

● 1. 小木刨和小铁刨

制作模型用的小木刨，可到零件供应商店购买，如图 1-11 所示。

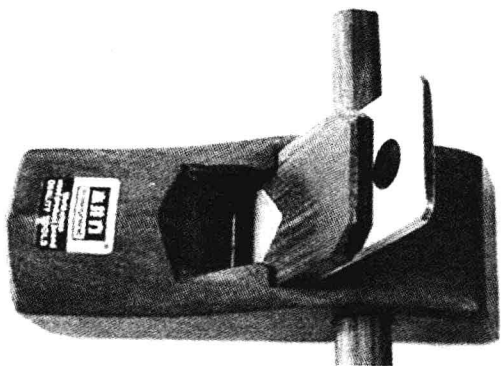


图 1-11 小木刨

自己也可以用红木、檀木、榉木等硬木材制作刨床，用机用锯条做刨刃，一般刨刃磨成 25° 角，刨刃和刨床成 45° 角。

近来在工具专卖店有进口小铁刨，可以微调刨刀伸出多少和刨口的宽窄，使用非常方便。目前，国内厂家也生产小铁刨，如图 1-12 所示，质量也很好，可上网查询购买。

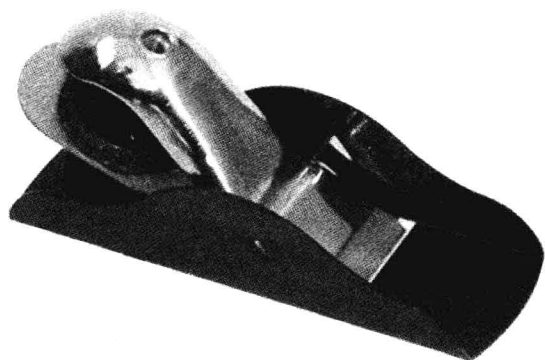


图 1-12 小铁刨

小刨子在刨削木材、修边整形时，用处很多。小木刨或小铁刨刨床长度在 160mm 左右，能用一只手握住的大小比较合适。

刨刃不锋利，刨出的平面不平整、不光滑，这时刨刀就需要研磨。研磨的方法基本和磨刀相同，不同之处是研磨刨刃时要注意：刃口和刨刃要垂直，刃口不要偏斜，不要成弧形，否则刨出平面不平整，如图 1-13 所示。



图 1-13 刨刃研磨后的检查和校正

小刨子可以将壁纸刀裁切出来的不规则木条在拉条板上修整加工。

做一个拉条板,准备宽度为15mm、厚度分别为2mm、3mm、4mm、5mm的层板或木片,在一块木板上每种厚度粘两条,两条之间间隔5mm。把要修整的木条放在槽里,一只手按住刨子不动,另一只手拉木条,反复拉到没有刨花为止,如图1-14所示。



图 1-14 拉条板

● 2. 手摇钻

由钻卡、小圆锥齿轮、大圆锥齿轮、摇柄、手柄组成。手摇钻在制作模型时用得比较多,可以钻6mm以下的孔,也可以代替丝锥扳手使用,如图1-15所示。

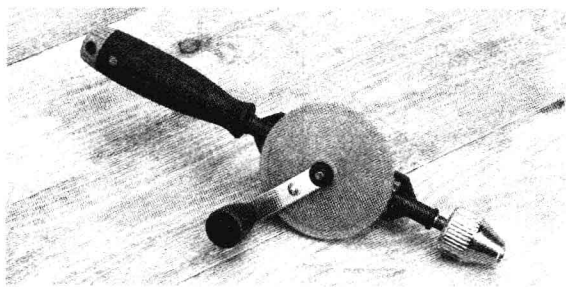


图 1-15 手摇钻

钻孔时,手握手摇钻的同时还要用眼睛的余光看着手摇钻和钻头,让钻头垂直于加工物件,这是用钻的基本功,否则容易钻偏。

选购手摇钻时特别要注意钻卡头夹住钻头后是不是同心,检查方法是装上钻头后,

手摇转动时钻头不摆头为好。

没有丝锥扳手可以用手摇钻代替。如果在五金工具商店买不到手摇钻、小木刨或小铁刨、手工锯和锯条,可以上网邮购。

● 3. 钻头

有了手摇钻还要配备常用规格的麻花钻头。

(1) 麻花钻头。制作模型常用的麻花钻头规格有:直径0.8mm、1mm、1.2mm、1.5mm、1.7mm、2mm、2.5mm、3mm、3.4mm、4mm、4.2mm、5mm、6mm的钻头。钻头不锋利了,可以在电砂轮上磨刃口,或用细油石磨刃口,如图1-16所示。

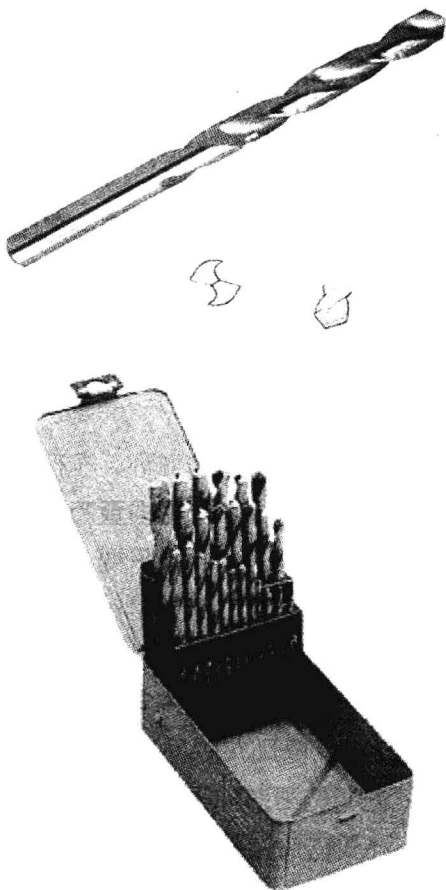


图 1-16 麻花钻头

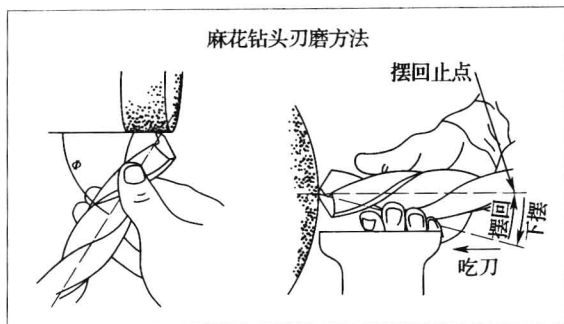


图 1-17 麻花钻头刃磨方法

刃磨方法如图 1-17 所示，一手握住钻身，靠在砂轮的搁架上，作为支点，另一支手捏住钻柄，使钻身水平，钻头中心线和砂轮面成 ϕ 角，然后刃口接触砂轮面（不得低于砂轮中心），逐渐增加压力，进行磨削。刃磨时，将钻头沿钻头轴线顺时针逐渐旋转 $35^\circ \sim 45^\circ$ ，同时钻柄向下摆动约等于后角。按此步骤磨 2 ~ 3 次，再磨另一钻刃。

刃磨过程中，钻柄的摆动不得高出水平面，以防磨成负后角。钻刃即将磨削成型时，不要由刃背向刃口方向进行磨削，以免刃口退火。为防止钻头因过热退火，刃磨时应经常浸入水中冷却。

钻头的刃磨应使钻刃对称，左右不对称的钻刃会使钻孔变大。目测检查方法为：把钻头竖起，立在眼前，两眼平视，背景要清晰。由于用眼睛看两个钻刃是一前一后，产生视差，因此观看两钻刃时往往感到左刃（前刃）高。所以，要让钻头绕中心线反复旋转 180° ，这样反复几次以后，如果看的结果一样，就说明钻刃对称了。

(2) 开孔钻头。制作模型的副翼、尾翼、机身为了减轻重量，需要开直径大的孔，可以使用不同规格的开孔钻头。开孔钻头形状，

如图 1-18 所示。还有一种开孔钻头中间是一个钻头，用来定位，周围有一圈带锯齿的圆管，用来锯切一定直径的圆孔。

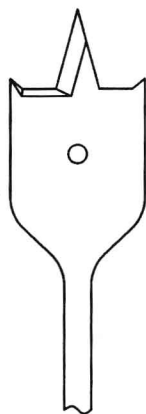


图 1-18 开孔钻头

(3) 钻薄板的钻头，也叫钻薄板群钻，如图 1-19 所示。普通麻花钻头钻薄板（薄木片、薄层板、薄铝片等）时，钻出来的孔会容易出现不圆或毛刺边。钻薄板的钻头最外边有尖刃，中间的内刃起中心定位的作用，然后边刃把孔的边缘划切开，所以钻薄板的钻头钻出来的孔边缘整齐、精度高。

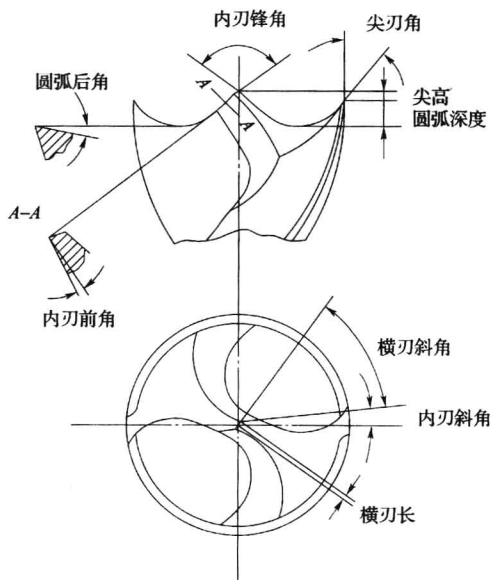


图 1-19 钻薄板的钻头

● 4. 丝锥和丝锥扳手

主要用于模型紧固用零件的攻丝，常用丝锥的规格有：M2、M3、M4、M5。每种规格的成套丝锥还分头锥、二锥。头锥比二锥外径稍小，丝锥头比较尖，头锥一般做螺纹的粗攻丝；二锥比头锥外径稍大一些，丝锥头不那么尖，攻的丝比较深（图 1-20 中间一对丝锥，右为头锥，左为二锥）。

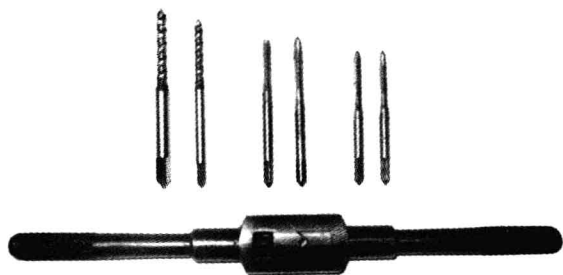


图 1-20 丝锥和丝锥扳手

丝锥攻丝扣时，将丝锥装在丝锥扳手或手摇钻钻卡头上，在丝锥上滴少量润滑油，正转一两圈、再反转一圈，以便切断金属切屑。攻较深的螺纹丝还要经常清除丝锥上切削下来的金属屑，防止扭断丝锥。

攻丝前钻头直径的近似计算方法为：

攻丝前钻头直径 (mm) = 螺钉的螺纹直径 (mm) $\times$ 0.85

例如：3mm 直径的螺纹攻丝，钻头直径计算方法：3mm $\times$ 0.85 = 2.55mm

三、其他五金工具

其他的常用小工具有一字和十字螺钉刀、什锦钢锉、细工木锉、小锤子、小锥子等；常用的钳子还有尖嘴钳、扁口钳、剪电线用的偏口钳、剪钢丝用的钢丝钳，以及做夹具用的 50mm 小台钳、U 形夹钳；还有加工金属常用的钻头、丝锥、板牙和各种扳手等。

四、量 具

● 1. 钢板尺

长度在 300mm 和 1m 的钢板尺比较常用，主要用来测量，在裁切时当靠尺用。购买长钢板尺，要在玻璃板上把钢板尺有刻度的端面立起来检查是否平直，用不直的钢板尺画出的线和切出的物件会不直或有弧度。

● 2. 三角尺

绘制工作图用，规格为 200 ~ 300mm 即可。

● 3. 直角靠尺

画垂直线或切割用，可用便宜的塑料直角三角尺，在底边上，粘一条 2mm 厚、宽 5mm 的有机玻璃塑料片制成直角靠尺，使用方法是粘上的塑料片的里边靠紧木片或木料，沿三角尺的直角边画线或切割。

● 4. 游标卡尺

可以精确测量长度、厚度、深度和内外直径的工具，精确度可达到百分之一毫米。数显卡尺显示数据更直观方便，但价格高，如图 1-21 所示。

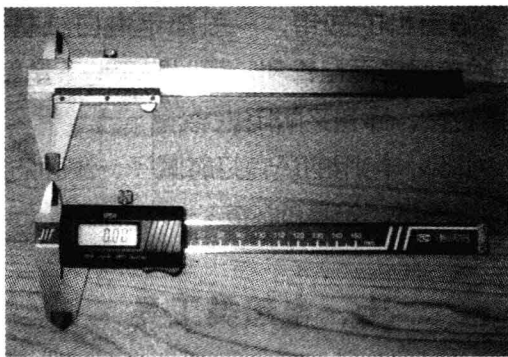


图 1-21 游标卡尺和数显卡尺

五、工 作 板

用松木板、桐木板和装修的大芯板制作，不论选用什么材质，工作板必须平直。

根据制作机翼、机身大小选用工作板的尺寸，大于 $300\text{mm} \times 1200\text{mm}$ 比较合适。

六、砂纸和砂纸板

用来打磨木片、零件和修整模型。粗加工可用 180 号到 280 号砂纸，细加工可用 360 号砂纸。砂纸板可以保证打磨物件平直光滑，其尺寸以 $20\text{mm} \times 50\text{mm} \times (150 \sim 200\text{mm})$ 为好。为了拼接木片和磨前后缘，可以将砂纸粘在非常直的长木板上，用来打磨对缝，如图 1-22 所示。

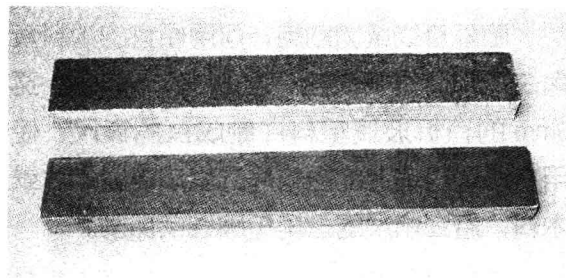


图 1-22 砂粒粗细不同的砂纸板

打磨弧形面的零件，如制作凹凸形翼肋、打磨螺旋桨等，还需要用剖面有半圆弧的木板制作砂纸板。

砂带机的砂带，一般都是进口纸基砂纸，砂粒坚硬而且锋利。可以购买些下角料，价格便宜，锋利又耐用。

此外，常用的还有打磨腻子、漆面沾水用的水砂纸、布基的砂布。

七、电热类工具

● 1. 电烙铁

电烙铁有 20W、50W、75W、100W、200W 不同规格。制作模型时，焊电路和电线一般用 20W 电烙铁。焊电池或稍大的金属件要用 50W 以上的电烙铁，如图 1-23

所示。另外，还需配备焊锡丝、松香和专用焊油。有锈的焊接物必须用砂纸、钢锉打磨去锈，并事先镀好锡，然后再焊接，这样容易焊，而且能焊好。焊导线要用松香或专门焊电路的焊剂，用普通焊油会腐蚀电线和电子元件。好的焊点光亮无毛刺、无虚焊，焊接后应用酒精清洗焊剂。

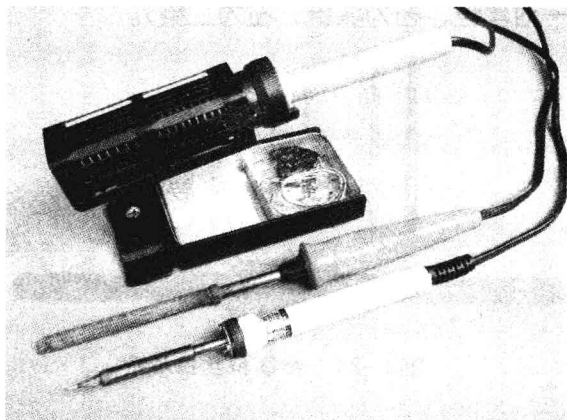


图 1-23 电烙铁和电烙铁架

为防止电烙铁头过热烧糊，最好配备一个电烙铁架，或把电烙铁头放在铁的东西上，帮助散热。电烙铁头要经常清理并镀上焊锡保护。图 1-23 中电烙铁架里的聚胺酯海绵浸水后不怕烫，可以清洗电烙铁头。

● 2. 电熨斗

模型专用小电熨斗，在蒙热缩薄膜时熨模型飞机边角和缝时很方便，家用的小型电熨斗也很好用，特别是蒙面积大的地方。蒙热缩薄膜的电熨斗布套必须用纯棉纺织品，如用稍厚一些的旧内衣、背心，布套按熨斗大小裁剪缝上，用线绳扎紧，如图 1-24 所示。

用稍厚的纯棉纺织品做电熨斗套有几点好处：(1) 防止灰尘划伤热缩薄膜的表面；(2) 厚纯棉纺织品容易挤出热缩膜里面的气泡；(3) 纯棉纺织品比化纤纺织品耐热。

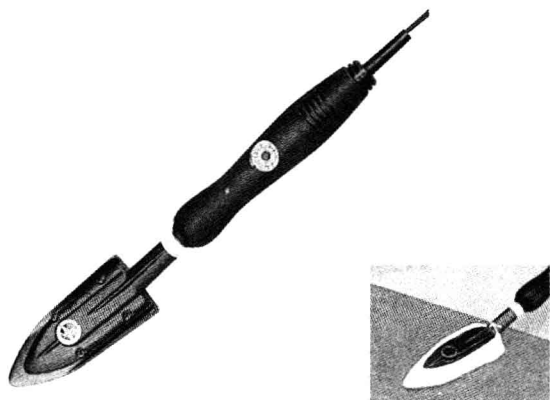


图 1-24 模型专用小电熨斗

3. 吹风机

一般家用吹风机即可，主要用于蒙膜前吹去模型骨架的木屑灰尘，将热缩膜加热收紧，还可以用来加热、弯曲木条和修整变形的构架。

八、各类仪表

有测量电路、电压的万用表，测量螺旋桨的转速表，测量电机工作电流的直流钳形表和 5kg 以下的电子秤，如图 1-25 所示。

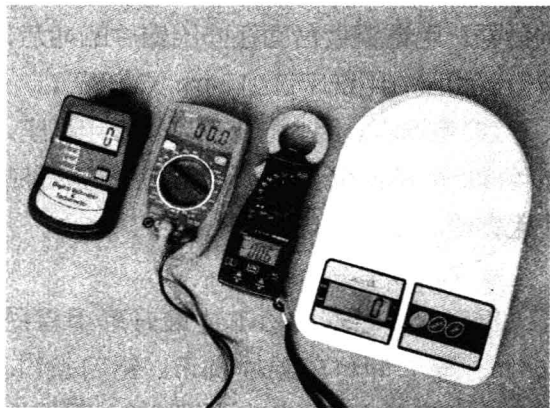


图 1-25 转速表（左 1，在日光下可以测两叶、三叶螺旋桨的工作转速）、万用表（左 2，可以测量电压、电阻等）、直流钳形电流万用表（左 3，钳住一根电池电线，可以测量较大的直流电流）、量程 5kg 电子秤（右 1）

以上列举的工具和仪表要根据制作模型的实际需要配置。

九、电动工具

有经济条件经常制作模型，可以购买或自制一些经济实用的电动工具，有了电动工具制作模型会更方便快捷、质量会更好。制作模型经常使用的电动工具有：

1. 小电钻

市场有各种电钻，包括迷你电钻，能卡 0.5 ~ 6mm 小钻头、小磨头、小砂轮片。用迷你电钻可以钻孔、磨削、切割钢丝，适于制作模型，如图 1-26 所示。



图 1-26 迷你电钻

将电钻固定在垂直于底板的木柱上，台板上有可以上下垂直移动的托盘，可代替台钻使用。

2. 小电锯

小电锯在制作模型时用得也很多，像锯木条、锯前后缘斜坡、前后缘开槽等。

市场上售的小电锯能调节锯口深度和调节锯切角度，如图 1-27 ~ 图 1-29 所示。

(1) 锯木条。木片在小电锯上能很方便地锯出尺寸比较准确的木条，在锯木条时，

可以用锯片铣刀改制的锯片，可以锯得比较光。锯片和靠板之间的距离按要锯的木条宽度仔细调准后，先用木片试锯一小段，用卡尺测量木条宽度，准确了再正式锯木条。为防止夹锯，锯片和靠板之间的木条出口要比木条进口宽一点。锯时一只手推送木条，另一只手拿着一块木片在距离木条进口2~3cm地方轻轻按住木条，以防止木条跳动；木片快锯到头时，再用另外一块木片推送木条，以防锯伤手。

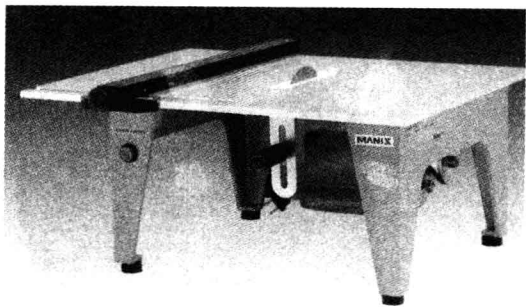


图 1-27 商品小电锯 1

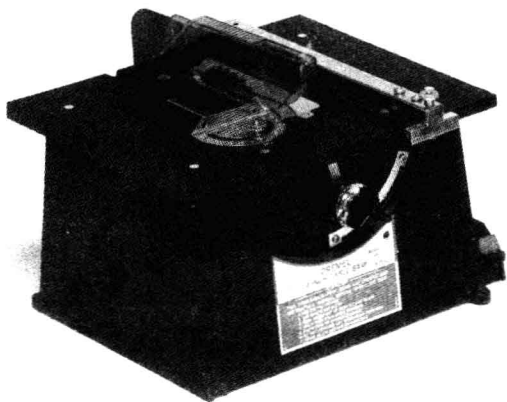


图 1-28 商品小电锯 2

(2) 锯后缘或有斜面的木条。在靠板上用双面胶粘贴一个直角三角形木片，这个直角三角形木片的底边靠近电锯台面，直角边粘在靠板上，直角三角形的截面尺寸形状等于准备锯出后缘用的方料被锯锯掉的部分。

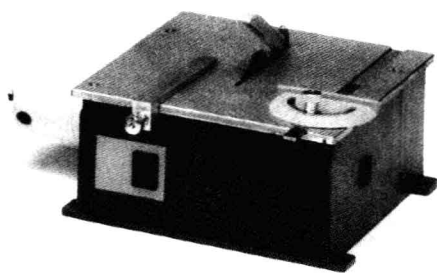


图 1-29 商品小电锯 3

(3) 开槽。机翼翼肋插进前缘和后缘的槽，也可以用小电锯 1。锯的办法是：先换上和翼肋木片厚度一样的锯片铣刀，将锯片伸出的高度调到和槽的深度尺寸一样，在开槽的地方用铅笔画好线，在电锯上锯槽，锯的时候要注意木条一定和锯片垂直。

● 3. 自制小电锯

(1) 电机。电动机可选用 220V、200W 电容电感电机，如电动缝纫机用的电机。带电刷的电机虽然功率大些，但噪声也大。

(2) 台面。到金属材料市场买一块 5mm 厚、300mm×400mm 的钢板做小电锯的台面，电锯钢板台面在伸出锯片的地方，按位置和尺寸用铣床铣出 5mm 宽的长口。

(3) 电锯座。用大芯板或木料做电锯座，或用 30mm 角铁或 20mm 见方的方铁管焊制小电锯座。如图 1-30 所示。

● 4. 锯片

锯轻木、桐木和松木片最好选用直径 80mm、厚 1.5mm 的锯片铣刀，锯口省料、锯面也比较光。有条件的用薄砂轮片将锯片铣刀隔几个锯齿磨出一个槽，可以起到锯带刨的作用，不夹锯、不会顺着木纹锯偏。市场上售直径 100mm、厚 1.5mm 带合金刀头的木工锯盘也可以用，特别是用在锯切稍大的木料。