

# 象真缩比 飞机模型

陈应明 著



中国青年出版社

V278  
04

# 象真缩比飞机模型

陈应明 编著

HK56109



中国青年出版社



-30107804-

## 内 容 提 要

中国航空博物馆首席高级工艺美术师兼航空史顾问陈应明先生，具有几十年制作飞机模型的实践经验。他发表的有关论文及绘制的图纸，深受中外航模爱好者好评。本书精选了他在象真缩比飞机模型制作方面的重要心得以及30余幅曾经发表和新近绘制的设计图纸，配有大量飞机模型制作实例的彩色照片。为航空界科技人员和广大青少年航模爱好者提供了套实用价值非常大的飞机模型制作及制图技巧方面的参考资料。

封面设计、插图：欧阳毅 刘茗茗

### 象真缩比飞机模型

陈应明 编著

\*

中国青年出版社 出版 发行  
北京印刷一厂印刷 新华书店经销

\*

787×1092 1/32 4.5印张 8插页 45千字  
1990年5月北京第1版 1990年5月北京第1次印刷  
印数1—8,000册 定价5.80元

## 前 言

象真缩比飞机模型的设计和制作，在国外一些工业先进国家十分盛行，是深受广大青少年及航空爱好者喜爱的一项科技活动，飞机设计师在设计新飞机时，也把它作为一种有效的选型论证和试验手段。

作者早在30年代中期就开始热爱并从事这项活动，至今已有半个多世纪的设计和制作经验。书中很多内容是长期实践的心得，字数虽不多，但却对设计、制作象真缩比飞机模型提出了非常重要的原则性要求。作者发表的有关论文及模型图纸，几十年来一直受到国内外有关人士的关注，在国际上具有一定影响。日本的一些杂志，曾多次转载并给予高度评价。

1984年7月，作者对1923年广东制造的“乐士文”—1号飞机的论证文章及复原图形在《航空知识》上发表后，当时的航空工业部曾着成都飞机公司制成多架模型，分别赠给北京宋庆龄故居和广州博物馆等部门展览。另外，广东航空联谊会应美国西雅图航空博物馆之约，也据此制成一架模型送交展出。随后，台湾当局同样按此图制成一架模型，存放于冈山空军军官学校的航空博物馆内永久展出，作为体现孙中山先生提倡的“航空救国”思想的一例成果。可见，象真缩比飞机模型的制作，不仅具有普及航空科技知识和锻炼高度严谨的制作工艺技能的作用，并且在重大的航空历史考证中占有相当的地位。

书内附图都是在参照并核实了大量有关飞机资料的基础上绘成，尽量保持各种类型飞机的几何尺寸的准确性和色彩真实性。它们大多是作者曾发表过的、受到广泛好评的图稿，并补充了一些新的内容。书中部分彩色和黑白照片及图纸中的模型是韦克敬、吴绍万、肖娟、刘福生等同志的作品。

本书经过10年曲折，至今才与读者见面，作者深感遗憾。感谢航空航天工业部和航空博物馆及中国青年出版社有关部门的领导和同志们，使作者有机会在古稀之年以赤子之心将个人的微薄知识奉献给中华民族。如果本书能对启发广大青少年及航模爱好者热爱祖国航空事业、提高航模制作的技能技巧有一点帮助的话，作者将感到莫大快慰。

陈应明

1980年定稿

1989年11月修改于航空博物馆

# 目 录

第一章 象真缩比飞机模型制作的内容和意义 .....	1
第二章 飞机设计的基本概念及缩比飞机模型工作图 .....	3
第三章 象真缩比飞机模型各部件的制作 .....	7
一、机身的制作 .....	7
二、机翼和尾翼的制作 .....	11
三、古典式飞机的机身和机翼的制作 .....	14
四、螺旋桨的制作 .....	14
五、起落架的制作 .....	15
六、整流片和导流片的制作 .....	16
七、各种圆形空心管的制作 .....	17
八、透明座舱盖的制作 .....	18
九、活塞式星型发动机的制作 .....	18
十、直升机的机身和升力螺旋桨毂的制作 .....	18
十一、可变几何角度机翼飞机的活动机翼的制作 .....	19
十二、模型表面上的刻线 .....	20
十三、各种微细零件的制作 .....	21
十四、有流线性形的圆形部件的制作 .....	22
十五、填充腻子的工作 .....	23
第四章 模型的装配方法和程序及注意事项 .....	24
一、机身与机翼的装配 .....	24
二、座舱盖的装配 .....	25
三、收放式起落架的装配 .....	25
四、双翼飞机的装配 .....	26
五、多发动机的装配 .....	27
第五章 模型的喷漆方法及注意事项 .....	28
一、色彩的调合 .....	28
二、喷漆前的准备及喷漆注意事项 .....	28
三、模型喷漆时颜色的选择 .....	29
第六章 制作模型的工具及选用的材料 .....	30
一、工具和设备 .....	30
二、制作模型用的材料 .....	31
第七章 模型的制图及其他 .....	32
一、制图 .....	32
二、模型用的底盘及支撑托架 .....	32
第八章 国外象真缩比飞机模型制作的发展和现状 .....	33
第九章 结束语 .....	34
参考文献 .....	36

## 第一章 象真缩比飞机模型制作的内容和意义

任何一件大型结构的物体，要想从任意角度观察出它的全貌，单靠从图纸上去反映它的全部立体结构概念，需花费很大的精力去理解，而且只能说是停留在想象阶段，肉眼是看不见的，尤其对于识图能力较差的人来说，则是一个非常困难的问题。为了使人们容易识别某一种物体结构的全形像（如巨大的建筑物、大型工厂的平面布置和规划、农业的发展远景、飞机、舰船、机车、汽车……等等），自古以来就有利用比例模型协助了解整个物体的全貌和协助设计需要。为了更便于分析它的详细结构，有时还要求制成可作部份分解的模型（如舰船及飞机客舱的内部协调布置、建筑物的内部安排、飞机的装配工艺分离面等等）。这类模型有的称之为“象真模型”或“静态模型”，但是按国际上的称呼惯例则以“实体比例模型”较为恰当，在应用上也有简称为“缩比模型”的。

在航空领域中缩比模型也作为一种协助设计和航空科普工具而利用，这类模型一般不带动力。但在国际航模比赛中也有利用某一型式的机种根据它的外形缩小成一种带动力飞行的模型，叫做“象真动力飞机模型”，早已列入在比赛项目中。大体分为自由飞行、线操纵、无线电遥控操纵类别。在比赛评分时十分严格，首先用原飞机的有关资料检查模型的考证与准确度及制作工艺，然后作动力飞行比赛。制作这类模型，设计制作者除必须掌握一些飞机设计基本知识外，还需有较高的模型制作工艺水平。这类模型不在本书范围内，这里不作介绍。通过缩比飞机模型的制作，对了解制图、设计、工艺等方面有很大好处。

象真缩比飞机模型既然要反应某一型式飞机的全部外貌，因此模型的精密度要求较高，主要的外形误差要控制在 $0.5\% \sim 1\%$ 之间，尤其是要严格掌握模型上各个剖面之间的曲线变化。制作者必须锻炼出一定的空间理解能力，同时尽可能理解一些飞机设计、飞机构造、空气动力学等基本概念和飞机的演变历史及制造飞机所需的基本材料等知识。例如古典飞机的外部结构的材料大多采用木材和蒙布，现代飞机的外部蒙皮因强度要求而选择好几种合金材料或其他复合材料，上述这些如蒙布痕迹、金属颜色（飞机不蒙漆时），应当用各种色漆反应出来，以示区别。又如飞机的螺旋桨桨叶，在工作图中所占的份量很少，只能绘出它的正视图、侧视图、俯视图三面视图。又由于各种型号的桨叶是根据飞机所需的发动机功率大小而选择的，它的桨距变化也各不相同，如没有掌握一些基本知识，制作时就无法理解。

此外，制作的这类模型属于一种较珍贵、精致的工艺美术作品，因此也应具备一点艺术修养，制作时强调精益求精，一丝不苟。作者通过数十年的制作，体会到对于那些既是航空爱好者而又具有一定艺术修养的人（如音乐、绘画、雕刻），往往在制作中能做到精工细作，作品能达到一定的规定标准。

制作这类模型对于航空科研工作 and 培养航空事业接班人，开展航空科普活动都能起到良好的作用和影响，主要表现在以下几个方面：

第一、使航空爱好者通过模型制作，增加对各种型式飞机的设计和构造特征的知识，引

起对航空的兴趣，再经过专业理论的学习和实践，更容易走向从事航空的专业道路。

第二，通过每一架模型的制作（尤其是历史上各机的制作），在有关资料中了解到一些地理、历史、政治、军事、科技发展等知识。

第三，锻炼人的耐心、细致的性格，学习识图、制图、工艺技巧和独立思考的能力，如果不制作的话，也可在图中了解某一种型号飞机的结构特点。

第四，飞机气动外形曲线的变化，有时是很复杂的，在想像中往往不容易成为很有系统的概念。如果只靠在图纸上绘制协调，会花去很多时间。尤其是在新机种的原始设计中，在初步拟出各种草案后，根据需要可按草拟出的设想方案制出几种设想模型（或局部模型），初步在外形上对比而决定最理想的方案供进一步设计时参考。同时可以将选定的方案制作成一个解剖的空间模型，将拟定下来的主要内部各个比例部件在空间作协调，决定最佳的内部布置方案。这样能大大节省大量的制图时间，利用这种直观方法对设计飞机起了一定的辅助作用。

第五，绘制飞机立体结构图，是一种十分复杂艰巨的工作，在立体投影上要花费很多往返协调修改的时间。因此在绘制这类图像时，可按需要制出一定比例的模型，并在模型表面用颜色区别标志出机身隔框、各个翼肋、大梁、桁条、桁梁等准确位置，按所需绘制的角度进行拍照后按需要放大制图，然后将需要绘制的设备及各种部件按其空间位置添补。这种方法既能保证所绘制的立体外形的准确性，又能节省很多绘图时间。目前基本上可利用电子计算机解决繁杂的绘图问题。

第六，可作为一种直观航空教具（可简化制作），也可作为飞行人员和防空人员用来识别飞机外形的教具，或作为航空展览会上飞机的模型展出，还可作为一种精美的美术工艺品陈设。

## 第二章 飞机设计的基本概念及缩比飞机模型工作图

象真缩比飞机模型工作图的来源和依据,可从飞机的设计概念谈起。为了简要说明这个概念,下面选择一架结构简单的轻型体育飞机结合有关设计概念作一简介(参考工作图纸1)。

设计一架新的飞机,首先是根据使用一方提出的各种技术和使用要求,由设计一方按照其条件考虑设计方案,选择所需的发动机及其他的部件如螺旋桨、各种仪表、电子设备、轮胎等等。然后按所有部件的安放位置拟出飞机的初步外形,并绘制出机身内部各系统的安排和油箱、座位等安放位置,初步确定飞机的重心,并绘制出机翼等设计草图。最后考虑其气动性能和选择适合其条件的翼型,经过周密的计算并作出合理的协调再作最后的修改定型。除了机翼、机身、尾翼等局部受力元件不画在全图上外,在图上拟出整个飞机的三面总图(有时可达四~五面),或绘制出立体结构图,并认真计算出飞机所受的重力,最后确定重心。在此过程中根据飞机各部分的受力情况决定机身上的隔框和加强隔框的数目以及翼肋的数目和它们所安放的位置;决定整架飞机的总体结构并考虑组合时的工艺分离面。另外将机身上隔框的分布距离另行绘出一张机身侧面投影模线和机身平面投影模线图,按纵、横坐标标出应有的数据,再将各隔框的几何外形经过严格的协调修改综合绘在一张理论模线图上。其他外部的附加整体零件和各种形状的外罩(如发动机整流罩、翼尖外罩、进气口罩等),也都是利用这种理论模线方法绘制的。因此这类模型的工作图就是按比例缩小,按原飞机的外形几何数据绘制而成。图上的每个机身和机翼剖面实质上就是抽出其中突出的几个不同的理论模线和个别翼型作为标准剖面。从理论模线图中可看出飞机的各个外形均是逐步协调变化的。

这架轻型体育飞机是选择一种轻型飞机较稳定的NACA-23012-33规格的翼型。整个机

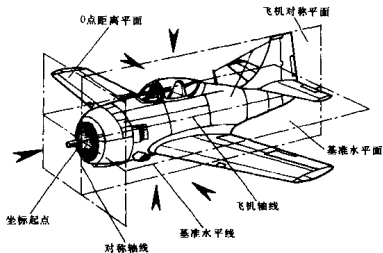


图 2-1 飞机的主要坐标平面的位置



翼上各个翼肋的翼型的纵、横坐标百分比数据都是一致的（有些飞机则选择两三个不同数据的翼型，制作模型时应按不同的两个翼型的距离上由一个翼型逐步过渡到另一个翼型）。因此各翼肋的长短大小只能决定机翼的平面形状，各翼肋的计算百分比值是不变的。

因此这类模型的工作图为了全面反应出原飞机的真实形像，较一般三面图复杂详细。工作图基本上不需具备数据标志，它所绘制出的各个外形及剖面，就是制作时的标准依据。因此绘制这类图纸时要特别耐心准确地绘制出每一线或每一点，不可马虎。可根据需要适当自行放大、缩小。如一般单发飞机可用1:20, 1:30, 1:40, 1:50, 1:72……等；双发以上飞机可用1:80, 1:100, 1:144, 1:200等，所用的比例最好选择整数，提供计算方便。

为了更明确地说明模型工作图的制图原理，可从飞机的几个主要坐标平面的位置观察出飞机的全外貌，这类工作图就是根据图上的几个坐标平面的侧视投影、俯视投影、正视投影，在特殊情况下也绘制后视投影（见前页图2-1）。再按原飞机的装配工艺分离面、蒙皮衔接线或各种检查口盖和其他外部零件按其所在的位置添补进去而成为一张完整的缩比飞机模型工作图。有时应将复杂或细部位放大绘制出部分立体图（参看书后所附的制作工作图）。

综合上述工作图的来源和依据后，再参考两种飞机的部分解剖立体图（图2-2a、b），便可以进一步了解飞机的气动外形是有规则的顺序逐步变化的流形体。

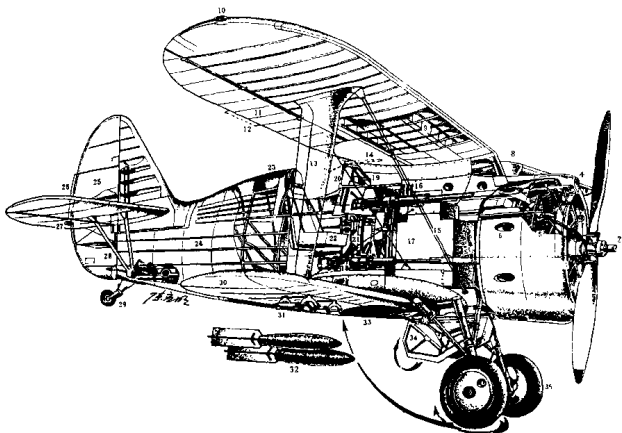


图 2-2a I-153型后期的结构型式的双翼战斗机立体解剖结构简图

1. AV-1可变桨距金属螺旋桨；2. 发动机起动器；3. 机枪弹道口×4；4. 滑油冷却器进气口；5. Shvetsev M-62-1000马力九缸气冷星型发动机；6. 发动机废气排气口×8；7. 滑油箱；8. 燕鸥型上机翼；9. 上机翼前梁；10. 航行灯；11. 副翼；12. 右方仅有的调整片；13. 翼间加强支柱；14. 装在左方的空速管；15. 翼间张线；16. 机枪冷却空气百叶窗；17. 210公升的油箱；18. 7.62毫米的Shkass机枪×4；19. 眼镜式瞄准器；20. 风挡；21. 带有机枪发射按钮的操纵杆；22. 可调高度的驾驶员座椅（后装有8毫米的防弹钢板）；23. 弹药箱（急救药品）；24. 蒙布的后机身；25. 蒙布的方向舵；26. 可在地面调整的调整片；27. 尾航行灯；28. 水平尾翼支柱；29. 减震的固定尾轮；30. 下机翼；31. 炸弹架；32. 25公斤的杀伤炸弹×4；33. 主起落架收藏舱；34. 下翼根部的轮盘；35. 直径为700毫米的可作90°收转的前轮。

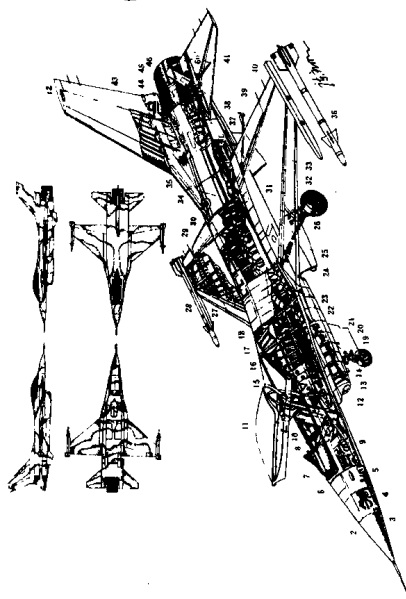


图 2-2b F-16现代超音速轻型新空战战斗机立体解剖结构图

1.空速管; 2.雷达天线; 3.进气过滤器; 4.电液及电子矿源; 5.操纵脚踏; 6.仪表板; 7.平视显示器; 8.装在右侧的驾驶员操纵杆; 9.油门手柄; 10.“00”弹射座椅弹出; 11.水弹型半筒体检量; 12.腹部空气进气口; 13.M-61型6管20毫米机枪; 14.无线电天线; 15.前机身油箱; 16.弹射箱; 17.机身前段隔板; 18.中机身油箱位置; 19.前起落架; 20.前起落架齐备盖; 21.发动机进气导管; 22.滤压系统; 23.空气调节进气口; 24.着陆灯; 25.主起落架; 26.空中加油舱口; 27.空中加油舱口; 28.多杆结构的空因主翼; 29.整体铝质蜂窝状结构; 30.P&W“F-100”喷气发动机; 31.尾挂构的面压作动筒; 32.翼端翼尖; 33.后机身油箱位置; 34.前方支持连接铰链; 35.后机身油箱位置; 36.AIM-9响尾蛇空空导弹(红外或引导); 37.空动水平化翼作动筒; 38.着陆减速挂钩; 39.放电杆; 40.响应的翼尖导弹发射架; 41.空动水平尾翼; 42.尾部航行与识别灯(红、白); 43.内部蜂窝状结构表面为聚苯环氧树脂制成的整体方向舵; 44.方向舵操纵作动筒; 45.可调谐的进气口(图内是最大开度极限); 46.60°打开的减速板×4。

### 第三章 象真缩比飞机模型各部件的制作

制作一架模型时，应先反复研究弄懂图纸，并尽可能参阅有关原飞机的图片及资料。研究图纸时应从大到小，以至每个投影部位都要了解清楚，直至想像中能够基本上产生整个模型的立体形象。这对初学者是一个较艰巨的锻炼过程。以后考虑到各部件制作的先后次序、加工方法、装配程序、所需的主要和辅助工具及选用的制作材料。总之最好能把整个制作工艺考虑周到，然后进行制作。根据我国实际情况，最好选择以木材为主、其他材料为辅的材料进行加工制作。

#### 一、机身的制作

飞机机身按设计所需其型式是多样的，制作者应事先了解，图3-1是几种常见的机身。

制作机身时应按图内机身的长、宽、高数据下料。如果是装有突出于机身外的舱盖和一切附属部件，先不必考虑，可在制成后按装配程序补上，这样不致妨碍制作时的外形协调。用长方材料时，应保证四边均为 $90^\circ$ 直角（用量角尺测量）。在材料上准确地按图画出两侧的基准水平线和上下两面的对称轴线（用平行划线规划线），将各线在材料两端相互连接，然后在各线上定出各剖面位置用线相互连接，制出以

对称轴线为分界的俯（仰）面 $\frac{1}{2}$ 样板（除特殊情况外，一般机身俯（仰）视面均为对称的）。以对称轴线为中心，用样板划出模型上俯仰两面的外形线，切去多余部分，小心地将两侧面被削去的基准水平线重新补画，再制出定有基准水平线的样板，与机身两侧的基准水平线重合下画出两侧相同的机身侧面外形线。切去多余部分则成为方形的形状，再把被削去的对称轴线及剖面位置点重新连接后，按每个剖面形状细心切削加工成型。为了便于制作检查，最好以基准水平线为分界，先削制上半部后削制下半部，基本制成后，用剖面样板逐步检查修正（最好稍留一点加工修正余量）。这个方法也可用在一般大致相同的部件制作上，如下页图3-2所示。

如果遇到整个机身所有剖面都是正圆的情况，就可以用对称轴线为根据制出阴形样板，

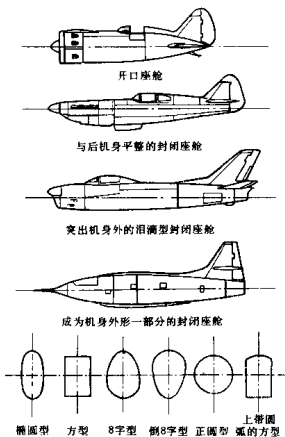


图 3-1 几种典型的机身型式和其典型剖面

如果遇到整个机身所有剖面都是正圆的情况，就可以用对称轴线为根据制出阴形样板，

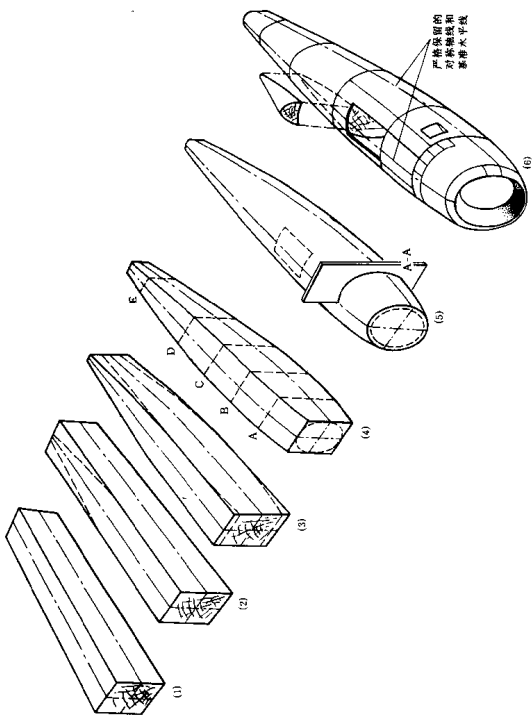


图 3-2 机身的基本制作程序

在车床上旋出。如果机身大部是正圆剖面而其他部分有所不同,则可按最大直径旋出圆柱体,其不规则外形部分用各种样板协调加工制出(见图3-3)。具有较高工艺水平的制作者,也可按正常方法制作。其他一些较为特殊形状的机身,原则上也按上述方法选料加工,特别注意加工制作时一定要从大面积到小面积、从粗到细、一个面一个面地细心加工,应掌握到每一刀的切削量多少,均能心中有数。

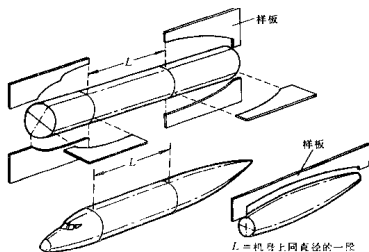


图 3-3 带有正圆剖面机身的加工制作

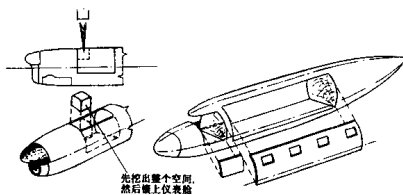


图 3-4 座舱和客舱的制作

如果必须制出驾驶员的座舱空间位置(无座舱盖或制作透明座舱盖时),则需挖出全部空间位置。其他如仪表舱、仪表板、左右操纵台、座位等部件和其他零件另行制出,再另行装配。如果图上没有绘制出座舱空间位置的数据,则可按常规单人座舱宽度为700毫米~760毫米的尺寸来制作,也可参照图上座舱盖的宽度制出,深度大约按人身的比例加上座位高度计算。民航机的客舱(室)则可按座位空间距离自行计算(见图3-4)。

机身前面有进气道的喷气式飞机或机身前面有发动机整流罩及其内部装有活塞式发动

机的机身,应当适当挖出深孔,以便装置进气分道壁或调节进气的激波锥和雷达天线罩、发动机等部件。有些喷气式飞机的进气口分装在机身两侧,有些还加上进气口与机身间的气流导板,则应以导板的根部为依据,将两侧进气前罩割下来,按壁板厚度挖空,然后先在机身两侧贴补分导板,再将前进气罩复元补上。由于锯路所损失的空间,按误差用木片补偿(见图3-5)。腹部进气道大致如上制作。喷气式飞机的尾喷管如果是露于后机身外不太长的,可在

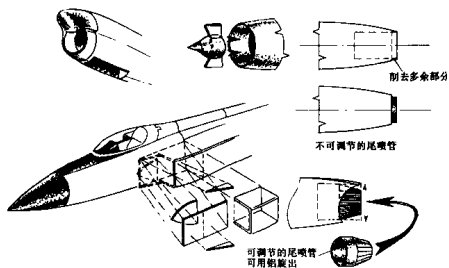


图 3-5 喷气式飞机的进气口及尾喷管的制作和安装

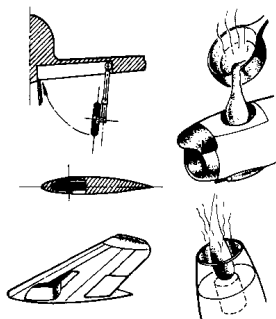


图 3-6 轮舱的制作及前三点起落架配重方法

制作机身时将长度考虑进去，然后削制挖（钻）孔；倘若尾喷管外露很长或带有可调节的喷管，则可另行制出装配，其调节状态，由制作者自行决定，但均应按其调节后的位置刻出其应有的调节线条痕迹。

对于装有可收放起落架的飞机，如需制出全部外露的起落架时，应将所有轮舱空间整齐挖出，如图内没有空间位置标志，则可按轮胎直径、宽度加上轮盖的厚度象征性地挖孔。为了保证前三点起落架平稳安放，应将模型的重心往前移，可在机身前部选择适当位置挖孔，注入适量的铅水或其他配重物品（可放入零碎的金属体或胶泥）如前页图3-6所示。最后填补孔位并按图恢复其外形。

需要强调一点，无论何种形状的机身，在制作后应保留或重新还原画出其原有的基准水平线和基准对称轴线。为了便于保留，可在削制剖面前用小针在沿线上戳出一定数量的小针孔，以便作为连接线条的基准孔，因为这两组线条就是作为下一步机身上的各种刻线和模型各部分装配时的基准根据。

## 二、机翼和尾翼的制作

根据某一型式飞机设计的需要，目前存在着很多不同几何平面的机翼和各种翼型，这是模型制作者必须掌握的知识。尤其是翼型，从原始的阻力大的凹凸型演变至今天用于高速飞机的薄翼型，是根据飞机速度的要求而设计和选择的，是飞机技术发展中的一种演变过程（见图3-7）。厚的翼型上最大厚度大多靠近前缘，而薄翼型的最大厚度位置逐渐向后移。这是制作者必须掌握的规律。

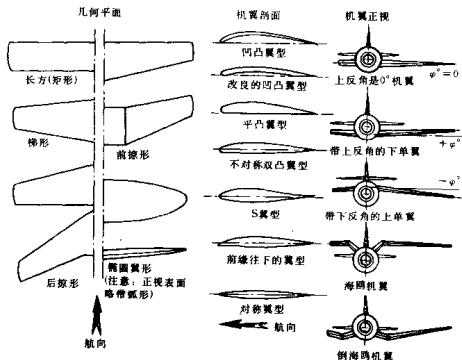


图 3-7 几种常用的几何平面翼及翼剖面



根据作者的制作体会，除了长方形（矩形）机翼可按全翼展整体制出外，其他各种形式的机翼应按机身的对称轴线为基准分成相同的两块同时制作，这样才能保证两边机翼的外形统一。

制作时先按工作图上正视图将机翼上下表面线延长至对称轴线上，就是模型机翼的最大厚度；再按俯（仰）视图将机翼前后缘也延长至机身对称轴线上，就是模型的翼根最大的弦长，按此制出平面样板。如果飞机具有较大的上（下）反角时，应按正视图量出其实际模型翼展，算在几何平面面积上。如果上（下）反角小的话，在模型上反映是很微小的，可不考虑。备料时按算出来的最大弦长、翼展和厚度刨出一块稍大一点的木板。顺经纹将样板前缘靠住木板边缘画出相反两个机翼平面，锯下来后相对重叠用小钉钉住成为一体加工，拆开后再成为一对几何平面相等的机翼（如翼尖是弧形的，为了便于以后在翼尖侧面上画翼型，应暂制成平整的，待机翼加工完毕后，再用平面弧形样板画线加工制出）。如果翼根与机身连接处有小边条机翼，这小边条机翼可不考虑在机翼上整体制作，而是待机翼与机身连接安装后另行加装。

按正视图依照翼根与翼尖的厚度在前后缘上画线后，将下面多余的部分削去，用钢尺或水平尺在削出的表面上纵、横和对角检查其平面是否平整。

工作图上的翼剖面（翼型）是根据原翼型数据用百分比计算出来的，画在模型的翼根和翼尖处之前，为了保证图纸整洁，可将图中最大的剖面画在另外一张白纸上，并仔细画出其坐标轴  $x$  即其翼弦  $b$ 。在翼前缘  $0$  点处画出垂直于翼弦  $b$  的  $y$  轴，在  $y$  轴上推出与上下两

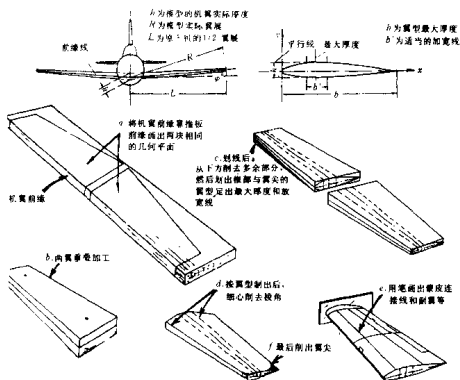


图 3-8 机翼的制作程序