

# 科技航模的今天与明天

《飞向太空丛书》编委会

世界图书出版公司



# 前言

航空模型的历史悠久，它是伴随着人类航空事业的发展而产生的。在人类发明各种飞行器的过程中，许多探索者都首先用模型来代替需要冒生命危险进行的飞行试验。而事实上，在整个人类航空事业的发展历史中，航空模型起到了不可磨灭的作用。直到现在，任何一种航空器的设计和制造，都是从制造和试验模型开始着手的。例如，把新设计的飞机制成模型，放在一种专门的试验设备——“风洞”中进行吹风试验，从而测量出各种数据。根据这些数据就可计算出要制造的大飞机的性能。而这种“风洞”试验，几乎已成为现代飞机设计中不可缺少的环节了。

自从世界上第一架飞机出现后，以各种航空飞行为主要内容的竞赛运动逐渐兴起，其中就包括航空模型运动。航模运动是一项很有意义的运动，它融合科技、竞技、娱乐为一身，深受各年龄段人群的喜爱。对于青少年来说，它更是一项很流行的运动。

青少年积极参与航空模型活动，还可以扩大青少年的知识领域，激发广大青少年爱科学、讲科学、用科学、钻研科学的热情，从小培养分析问题和解决问题的能力。航空模型活动的内容丰富，形式多样。通过学习航空发展史、一般航空基础知识和飞行原理，可以使少年儿童了解一些航空科学基础知识，了解空气动力学、飞行原理和驾驶飞机的基本知识，从小打下比较扎实的数理化知识基础，以便将来进一步学习。

航空模型活动的内容是军事性质的，活动方式是群众性的，非常适合





青少年的特点，是一项适合在青少年中广泛开展的活动，因此要面向青少年，介绍航空科学技术知识。

本书即是这样一本入门级的航空模型制作书籍，全书主要针对目前航空运动竞技赛事，介绍了一些比较简单的初、中级模型飞机的基本概念、制作方法、放飞调整方法以及最简单的设计改进方法，目的在于为广大航模爱好者提供一个入门的途径。



## …→» 航空模型概述 «←…

什么是航空模型？一般认为凡是不能载人、符合一定技术要求、重于空气的飞行器都可称为航空模型，实际上是对各种航空器模型的总称，主要包括模型飞机、模型火箭及其他模型飞行器。

### 模型飞机的种类

模型飞机的种类有很多。总的来说，在我国常见的有自由飞、线操纵、无线电操纵和像真模型飞机 4 大类。

#### 自由飞模型

(1) 弹射模型滑翔机——利用橡皮筋的弹力，把模型送上天，当弹力逐渐消失后，再转入自由滑翔飞行。如图 1-1。

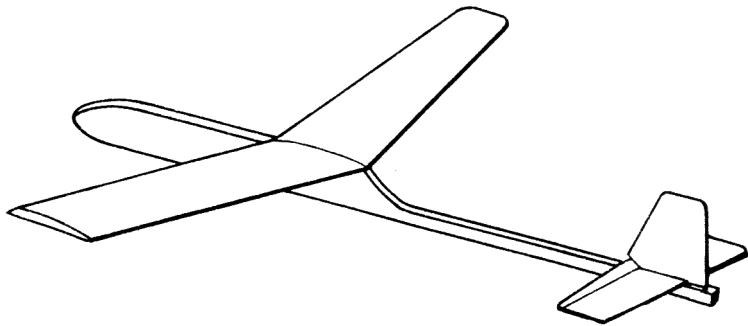


图 1-1 弹射模型滑翔机





(2) 手掷模型滑翔机——依靠运动员手臂的力量将模型送上天，然后再转入自由滑翔。如图 1-2。

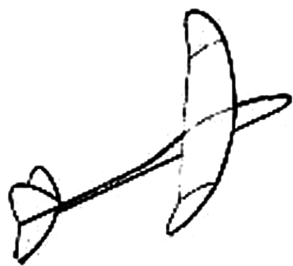


图 1-2 手掷模型滑翔机

(3) 牵引模型滑翔机——依靠人的牵引力，把模型牵引上天，然后脱钩，模型进入自由滑翔飞行。如图 1-3。

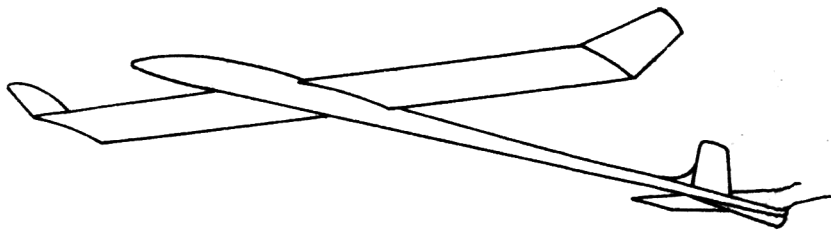


图 1-3 牵引模型滑翔机

(4) 橡筋动力模型飞机——以橡筋的扭力作为动力，带动螺旋桨旋转，产生拉力，使模型飞机上升，然后模型进入自由滑翔飞行。如图 1-4。

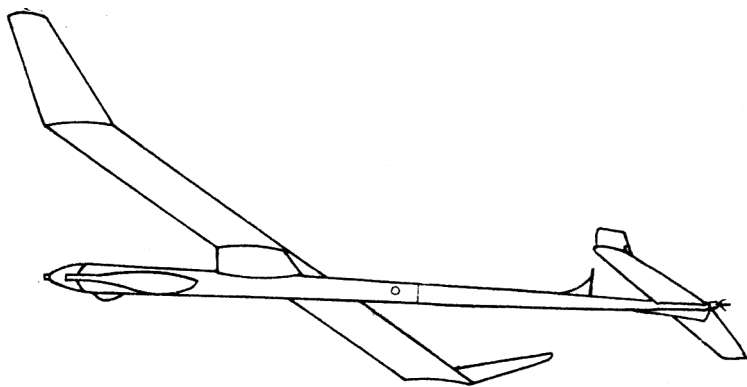


图 1-4 橡筋动力模型飞机

(5) 活塞式自由飞模型飞机——以一台活塞式内燃机为动力，内燃机在规定的时间内，把模型迅速拉上天。发动机停车以后，模型就进入自由滑翔，如图 1-5。

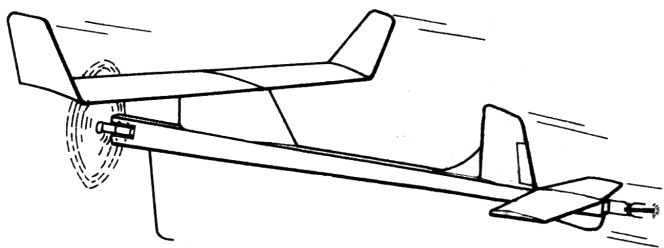


图 1-5 活塞式自由飞模型飞机

(6) 室内模型飞机——这是一种特殊的模型飞机，它总共只有 1~3 克重，相当于一支香烟的重量。模型是以橡筋为动力带动螺旋桨旋转，在室内平稳而缓慢地飞行，每秒钟只前进几百毫米，但它可以在空中飞行几十分钟。如图 1-6。

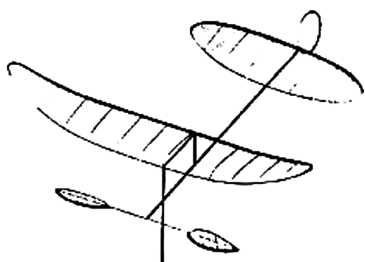


图 1-6 室内模型飞机

(7) 直升模型飞机——它以橡筋或内燃机为动力带动旋翼旋转产生升力，可以像真的直升飞机那样垂直上升、垂直下降。



### 线操纵模型

(1) 线操纵特技模型飞机——以一台活塞式内燃机为动力，通过两根操纵线，操纵模型飞机作圆周飞行和做筋斗、“∞”字等各种特技动作。如图 1-7。

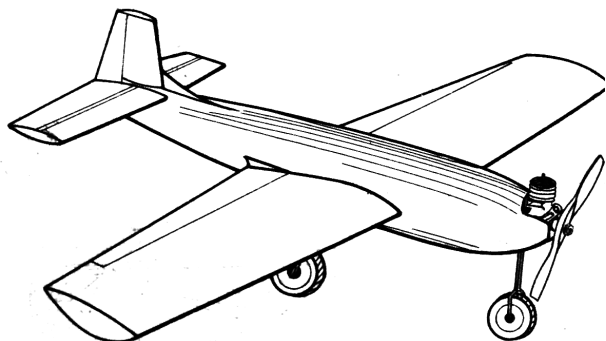


图 1-7 线操纵特技模型飞机





(2) 线操纵竞速模型飞机——它的动力和飞行方法与线操纵特技模型飞机相似，主要是用来竞赛速度。但只做圆周平飞，不能做特技动作。这类竞速模型飞机的速度可达 200 多千米/时。如图 1-8。

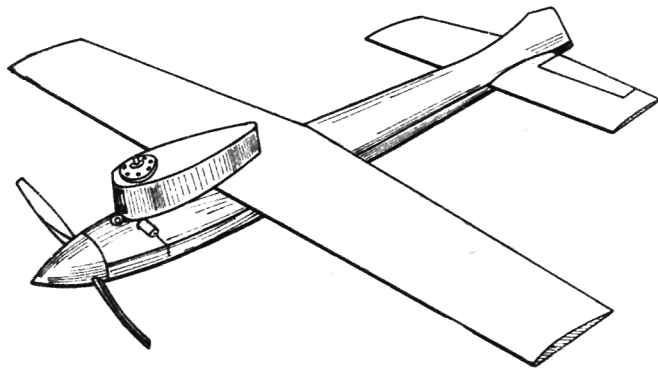


图 1-8 线操纵竞速模型飞机

(3) 线操纵小组模型飞机——由操纵员和机械员共 2 名运动员编成一个飞行组。它不仅要使模型飞得快，还要求以极快的速度着陆、加油、启动发动机再重新起飞。

(4) 线操纵空战模型飞机——由 2 名运动员对阵，在同一个圈内飞行，以咬掉对方拖在模型尾部的彩带为目的。

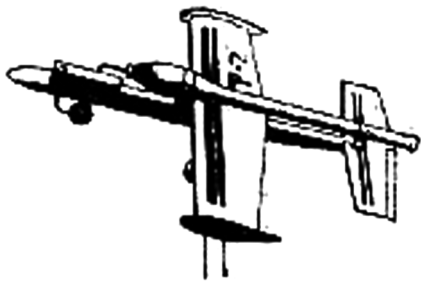


图 1-9 喷气式线操纵竞速模型飞机

(5) 喷气式线操纵竞速模型飞机——飞行方法与活塞式线操纵竞速模型飞机相仿，只是动力是一台小型的喷气发动机，这样飞行速度就大一些，可达 300 多千米/时。如图 1-9。

### 无线电遥控模型飞机

(1) 无线电遥控特技模型飞机——是以活塞式发动机为动力，由地面的无线电发射机发出信号，经模型中载带的无线电收音机和随动器，使飞机按照地面的指令来飞行的一种模型飞机。它可以在空中作各种筋斗、



“∞”字、横滚等特技动作，如图1-10。

(2) 无线电遥控模型滑翔机——和牵引模型滑翔机的飞行方式一样，但它是依靠地面的无线电发射机发的信号控制模型滑翔机的姿态，如图1-11。

(3) 无线电遥控模型飞机——是以活塞式内燃机为动力，带动旋翼旋转，使模型上升，在模型中安放无线电收信机和随动器，地面用发射机操纵可以使它在空中垂直上升、垂直下降、悬浮、前进和转弯等，如图1-12。

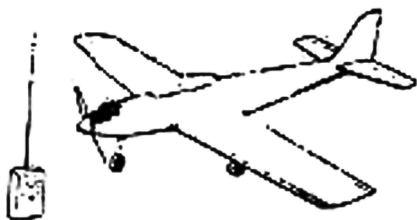


图 1-10 无线电遥控特技模型飞机

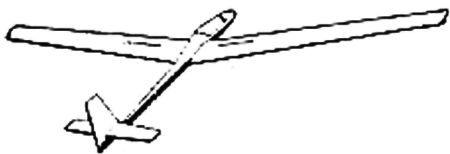


图 1-11 无线电遥控模型滑翔机

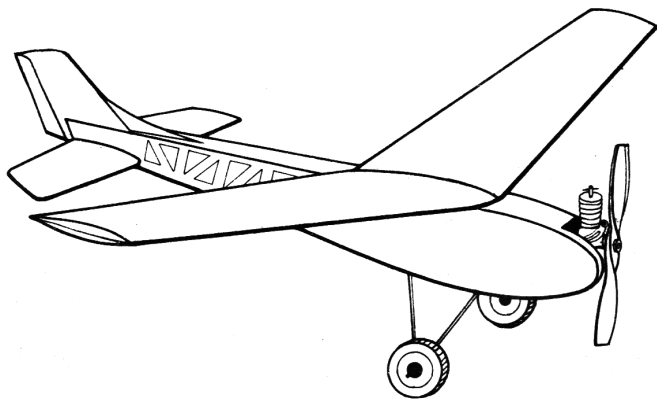


图 1-12 无线电遥控模型飞机



### 像真模型飞机

(1) 线操纵像真模型飞机——与真飞机按比例缩小的，外形完全逼真的线操纵特技模型飞机。

(2) 无线电遥控像真模型飞机——与真飞机按比例缩小的，外形完全逼真的无线电遥控特技模型飞机。





(3) 实体模型——与真飞机按比例缩小，外形完全逼真的飞机模型。  
除了上述分类，模型飞机根据比赛的项目不同分为竞时模型和竞速模型，在此不赘述。

## 模型飞机各部分的名称及名词解释

### 模型飞机各部分的名称及其作用

模型飞机有简单，也有比较复杂的。从外形来分，一般是由 5 大部分组成（除火箭模型和直升模型飞机以外），如图 1-13。

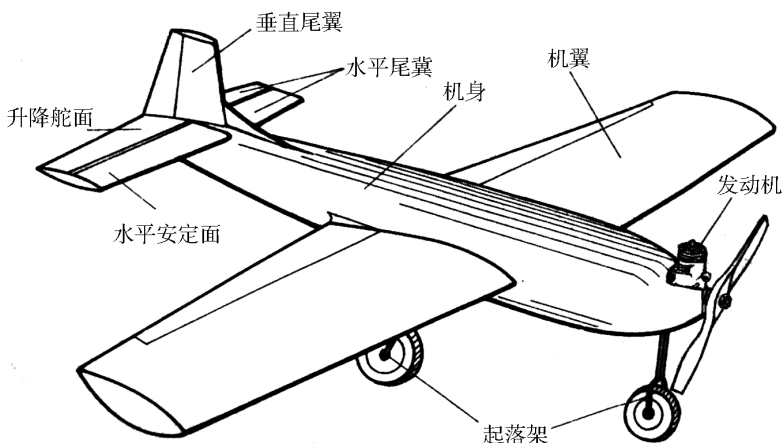


图 1-13 模型飞机各部分的名称

(1) 机翼——在一定的速度下，主要产生升力，克服重力，使飞机升空。

(2) 尾翼——包括水平尾翼和垂直尾翼，主要用来保持模型飞机的平衡和安定。

①垂直尾翼——包括垂直安定面和方向舵，主要用来保持或改变飞行方向。

②水平尾翼——包括水平安定面和升降舵。



- a. 水平安定面——保持模型飞机俯仰平衡和安定。
- b. 升降舵——控制飞机平飞、上升或下降。
- (3) 动力系统——产生拉力（或推力），使模型飞机获得前进的速度。
- (4) 起落架（或滑翘）——供支撑模型和起飞、着陆用。
- (5) 机身——是模型飞机的主体。把模型飞机各部分连成一个整体。模型飞机的设备、机构、油箱等，都安装在机身上。



### 常用名词解释

- (1) 机翼尾翼部分：如图 1-14。

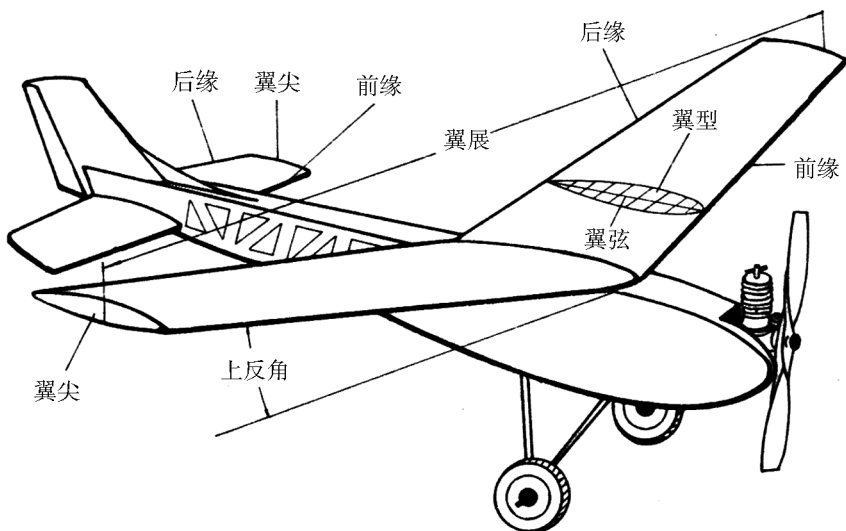


图 1-14 机翼尾翼部分

- ①翼尖——机翼离机身最远的部分。
- ②前缘——机翼最前面的边缘。
- ③后缘——机翼最后面的边缘。
- ④翼型——机翼横切面的形状。
- ⑤翼弦——翼型最前面的一点至最后面的一点的直线距离。
- ⑥平均翼弦——机翼各处翼弦的平均长度。
- ⑦翼展——机翼左右翼尖之间的直线距离。包括穿过机身部分在内。





⑧展弦比——翼展与平均翼弦的比值。

⑨投影面积——飞机翼在水平面的投影面积。包括穿过机身部分的面积在内。

⑩升力面积——包括机翼和水平尾翼的投影面积。

⑪上反角——机翼上反时，机翼前缘与水平面的夹角。

⑫安装角——机翼翼弦与机身基准线所成的夹角。

⑬迎角——机翼翼弦与相对气流所成的夹角。

(2) 机身部分及其他名词：如图 1-15。

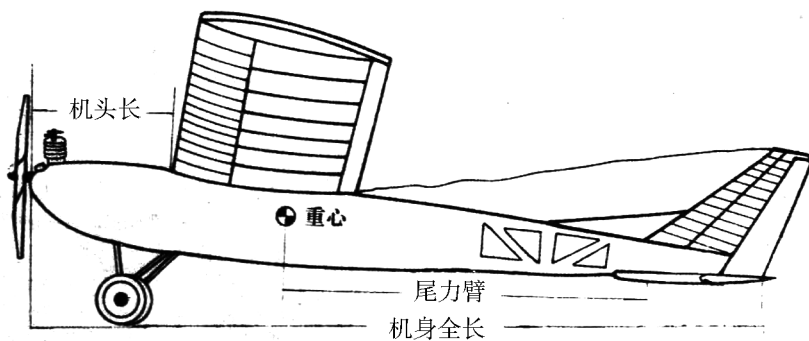


图 1-15 机身部分

①基准线——假想通过机身的一条水平线。

②机身全长——机身最前端至机身最末端的直线距离。

③机头长——机身最前端至机翼前缘的长度。

④重心——模型飞机重力的作用点。

⑤飞行重量——模型飞机在空中飞行的重量。包括润滑剂、燃料在内。

⑥翼负荷——单位升力面积所负荷的飞行重量。单位：克/平方厘米。

⑦模型飞机——能够飞的模型。

⑧飞机模型——不能飞的模型。



## ...→ 飞行原理简要介绍 ←...

是什么力量把飞机悬空托起来，使它自由飞翔呢？我们知道，人造卫星要在没有空气的高空运行，也就是在大气层以外运行；而飞机却不同，它只能在大气层里面飞行。也就是说，飞机是离不开空气的，还是空气产生的力量使飞机上天。

空气很轻很轻，看不见，摸不着，但是当它以一定的速度流动时就产生风，风能产生相当大的力量，比如：刮大风时出门，不但撑伞困难，就是空手逆风而行，也感到很吃力。

我们都有这样的体会：站在大风中，感觉有风从前面吹来；在无风的时候，站在敞篷卡车上，随着卡车的运动，也有大风迎面扑来。这是因为运动是相对的，人站着不动受到风吹和人在静止的空气中运动，实际上是一回事。飞机在空气中运动，也同样受到空气对它的作用力，这个力叫做“空气动力”。空气动力包括“升力”和“阻力”两部分，下面分别来讨论这两种力。

### 空气流动时的两个特性

(1) 流经截面越小，气流速度越大。

夏天，我们都喜欢坐在门口或窗口，因为那里风大，凉快些。为什么门口、窗口风大，而屋子里风小些呢？用嘴吹气时，把嘴抿得越小，吹出的气流速度就越大；哈气时，嘴张得很大，气流速度却很小，这又是为什么呢？





原来，空气流动时，有一个特点，就是管道越小的地方，流速越大。门窗比房间小，空气流过门窗时，比流过房间时速度就大些。吹气时，嘴抿得小，气流就以较快的速度流过嘴唇；而哈气时，嘴张得大，“管子”大了，气流速度就小了。这是气体流动的第一个特性。

(2) 气流速度越大，压强就越小。



图 2-1 吹纸实验

接下来，我们做一个实验，准备一张 2~3 厘米宽，7~8 厘米长的纸条，用食指和大拇指捏住一端，靠在嘴唇下面，另一端自由地垂下，如图 2-1 甲。然后用嘴吹气，我们看到纸条飘了起来，越是用力吹，纸条飘得越高，气一停，它就落下来了，如图 2-1 乙。纸条飘起来，说明纸条下面气体的压强比上面的压强要大，是这个压强差把纸条“托”了起来。为什么一吹气，纸上面的压强就会变小呢？这是空气运动的第二个特性：气流速度越大，压强就越小；反之，气流流速越小，压强就越大。

概括起来，空气流过管道时，管径小的流速大，压强小；管径大的流速小，压强大。确切地讲，这里指的是静压强。这就是空气动力的特性。

## 飞机的升力

懂得了空气的这两个特性，就很容易了解飞机获得升力的道理。飞机也像鸟儿一样，有两个翅膀，叫做机翼。我们把机翼剖开来看个究竟，原来这个剖面是上凸下平的形状，如图 2-3。机翼的剖面叫翼型。这种上凸下平的翼型叫平凸翼型。



平凸翼型是怎样获得升力的呢？

空气流到机翼的前缘便兵分两路，如图 2-4。从图上可以看出，下面的气流，基本上没有受到机翼的影响，而上面的气流，却受到机翼弧形的影响，显得很拥挤，也就像“管子”小了似的，管径一小，流速就大，流速一大，压强就小了。这时，机翼就像我们吹纸条时一样，被下面的空气压强把飞机“托”起来了。不过，机翼比纸条大得多，飞

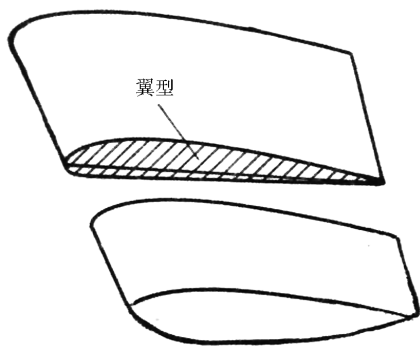


图 2-3 机翼剖面形状

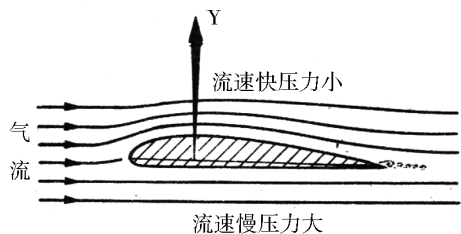


图 2-4 机翼升力的产生

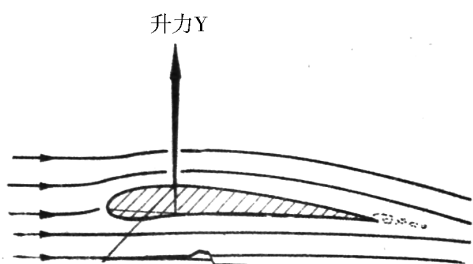


图 2-5 凹凸型翼型的升力

机的速度也比吹气的速度大得多，所以，托起机翼的力，也就大得多。这个力，就是升力。

模型飞机也和真飞机相似，是依靠机翼产生升力飞行的。

如果使机翼的下弧凹进去，就形成了凹凸翼型，如图 2-5。我们来分析一下凹凸翼型获得升力的情况：

从图上看出，通过上弧的气流，因为“管子”减小，速度加快，压强减小了，而通过下弧的气流，却因为“管子”变大，速度减小，压强增大了，这样，翼型上下压强差比平凸型更大，升力也就更大了。竞赛时间的模型飞机因为速度较小，要获得较大的升力，通常都采用凹凸型翼型。



### 影响升力的因素

(1) 在一定的范围内，迎角增大，升力增大。



如果机翼前缘稍向上仰，使机翼翼弦和气流方向成一个小的夹角，如图2-6，称这个夹角为迎角。气流流经有迎角的机翼，上弧的路程更长些，压力就小些；气流流经机翼下弧的路程和直线距离差不多，压力就大些，这样机翼上下产生的压力差就更大，所以产生的升力也更大。这和气流流过大小不同管径的原理是一样的。

根据模型飞机的种类不同，翼型不同，它所用的迎角也不同。在模型飞机上的迎角，一般在 $6^{\circ}$ 以下。超过一定的迎角以后，升力就会急剧下降，阻力就会急剧增加。

(2) 升力的大小与升力面积成正比。

正如大扇子比小扇子扇的风大一样，所以机翼面积越大，产生的升力也愈大。明白了这个道理，在制作模型飞机时，一定要按设计图纸尺寸做，做大了规则不允许，做小了对模型飞机的飞行性能有影响。

(3) 升力的大小与飞行速度的平方成正比。

也就是说，飞行速度愈大，升力更是成倍地增大。高速喷气式客机的机翼面积就比低速客机的机翼面积小。又比如：在牵引模型滑翔机上升时，由于对模型上升速度掌握得不好，跑得太快，机翼产生的升力过大，常常把机翼折断。

(4) 升力大小和机翼翼型有关。

机翼是模型飞机产生升力的主要部分。翼型与机翼产生升力的大小有密切的关系。所以想要做出性能良好的模型飞机，必须根据各种模型飞机的要求，选择合适的翼型。

模型飞机常用的翼型，一般可分为平凸型、对称型、凹凸型、双凸型

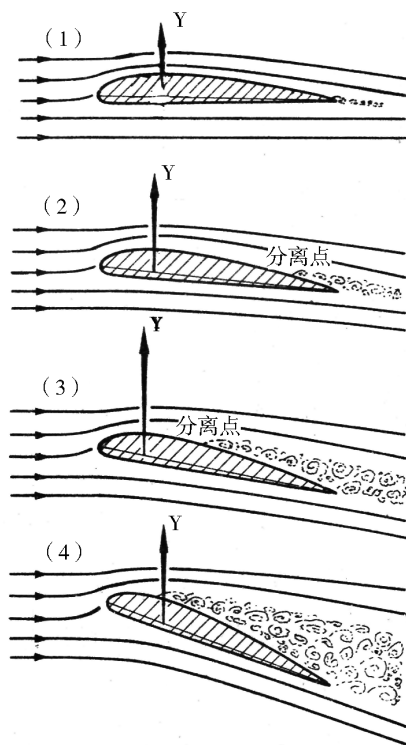


图2-6 不同迎角下机翼的升力



等，如图 2-7，这几种翼型各有其特点。每种翼型一般只能符合某几种模型飞机的要求。

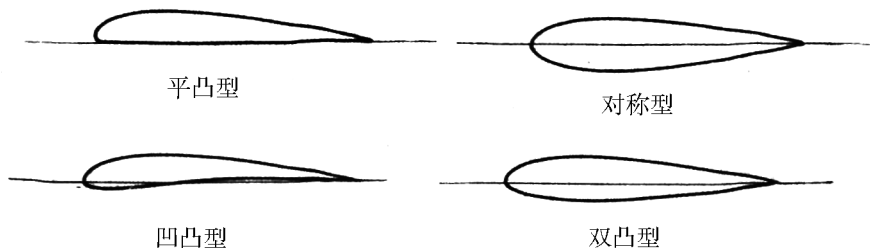


图 2-7 常用的基本翼型

①平凸型翼型：下弧平直或接近直线，上弧向上弯曲，中弧线也是向上弯曲的。升力和阻力的比值不算大，安定性好，容易制作，飞行容易调整，一般在弹射模型滑翔机的机翼和一部分竞时模型飞机的水平尾翼上采用，但翼型最大厚度不要超过翼弦的 9%。

②对称型翼型：中弧线是平直的，它与翼弦共一条直线。上弧和下弧是对称的，也就是说，以弦线为轴线，将上弧线折叠到下弧线上，那么上弧线上的所有的点与下弧线上的所有的点相重合。这类翼型阻力小，安定性好，适用于特技和竞速模型飞机上，还可以用于某些模型飞机的水平尾翼上。对称型翼型，在有迎角的情况下，它才产生升力。

③凹凸型翼型：它的上下弧线和中弧线都是向上弯曲，升力较大，阻力不算太大，适合用于低速模型飞机上，如牵引模型滑翔机、橡筋动力模型飞机等。

④双凸型翼型：上弧向上弯曲，下弧向下弯曲，中弧线向上弯曲，升力阻力都比凹凸型小，比对称型大，一般用在一级无线电遥控模型飞机上。

需要注意的是，性能良好的翼型，本身并不能完全保证飞行成绩的提高，只有在设计较好图纸的同时，选择合适的翼型，才能充分发挥翼型的性能，达到提高飞行成绩的目的。

此外，尾翼也能产生一定的升力，升力原理与机翼相同；还有可以利用襟翼的方法提高升力。





## 飞机的阻力

大家对阻力都很熟悉。可以说阻力和升力是形影不离的。模型飞机在空中飞行，除了产生升力以外，也产生阻力，这种阻力和飞行方向相反，阻碍模型前进。飞行阻力越大，飞机飞得越慢，因此我们要了解阻力产生的原因，再想办法去克服它或减小它。

按照阻力产生的原因，可以把它分为4类，即：摩擦阻力、压差阻力、诱导阻力和干扰阻力。这4类阻力中，前面3种是主要的，摩擦阻力占整个阻力的35%~40%，压差阻力占15%~20%，诱导阻力占30%~40%。因为各种阻力的产生会随着模型飞机的大小、速度的快慢、装配的位置、迎角的改变等条件而变化。这些数字，只是大体上表明各种阻力在模型飞机的阻力中所占的比例。下面就分别讨论各种阻力。

### 摩擦阻力

模型飞机的周围都是空气，模型飞机飞行时和空气发生相对运动，就会产生摩擦阻力。事实上，在最靠近物体表面的一层薄空气是流动较慢的，这是空气分子被物体表面粘住的缘故。

摩擦阻力的大小，决定于空气的黏性、模型飞机表面光滑程度和与空气接触面积的大小。要改变空气的黏性，实际是办不到的。一般，减少摩擦阻力主要从表面光滑着手。对模型的表面要仔细加工，苮纸要平整，不能有皱纹，在苮纸后，刷上透布油，可以使表面更光滑；苮纸的地方，不能透气，以减少摩擦阻力。

### 压差阻力

将一块平板垂直地放在水平流动的气流之中，如图2-8，平板的前面正对着迎面吹来的气流，气流受到平板的阻碍，速度急剧的减慢，压强大大增加。而被平板分开的气流，绕过平板后，来不及聚拢，形成一个很大的涡流区，涡流区的压强很小，这样平板的前后就产生了压强差，形成了