

Z X K W T D C S

中学课外天地丛书 00 生物系列 00

# 模仿与创造

SHANXI EDUCATION PRESS

顾润瑛 张宜辛

生

物

系

列

山西教育出版社



Z X K W T D C S

中学课外天地丛书 ● 生物系列 ●

# 模仿与创造

●  
顾润英  
张宜辛

山西教育出版社

社 长 任兆文  
总 编 辑 左执中  
责任编辑 姚霭如  
装帧设计 易 一  
版式设计 荷 屏

中学课外天地丛书·生物系列

## 模仿与创造

顾润瑛 张宜辛

\*

山西教育出版社出版(太原并州北路 69 号)

新华书店经销 山西晋财印刷厂印刷

\*

开本:787×1092 1/32 印张:4.125 字数:87千字

1996年7月第1版 1996年7月山西第1次印刷

印数:1—3000册

\*

ISBN 7-5440-0886-X  
G·887 定价:4.30元

## 前 言

朋友，也许你们都见到过，战士们在夏天行军作战途中，每个人头上都带着一个用树枝杂草等做成的“花环帽子”，背包、甚至武器上也都插满了树枝、树叶。士兵们这样做的目的可不是为了遮挡阳光、防暑降温啊！一些现代军人还身着深浅绿色相间，远远看去与野外环境色彩相一致的“迷彩服”。他们这样做的目的都是为了要迷惑敌人的视线，以保护自己。可是，你们知道这些发明是怎么来的吗？原来这是向生物学来的。在生物界，许多动物都有“保护色”。例如，生活在北极地带冰天雪地环境中的动物，其体色多为白色。像北极熊、北极狐，它们的皮毛都是洁白的。有些蝗虫在夏天草木繁盛时，体色为绿色，而到了秋末则变为黄褐色。在许多情况下，昆虫的体色与其生活环境中的树叶、树皮、石块、土壤等等的色彩相一致。有的简直达到了令人惊叹的程度，以致，即使它们就在你的眼前，你也难于发现它。又如，在我国云南热带密林中生活着一种树蛙，体态小巧，只有6~7厘米长，然而它却有着惊人的变色能力。它的身躯一会儿呈现黄褐色，一会儿又变成灰暗色，像树干的颜色，而当它处于树叶中间时，又会迅速变成碧绿色。树蛙就是如此借助多变

的体色去逃避敌害的侵袭，保护自身安全的。

不仅“迷彩服”等是从生物那里学来的，就是飞机、轮船，甚至一些复杂的仪器等等也同生物有关。人类的这种仿效生物结构或者行为而进行的各种创造活动就叫仿生。

仿生起源于最初人类的模仿活动，所以仿生是模仿的一种。可以说，没有模仿活动，人类就不能延续和发展。这一种说法并不夸张。我们每个人都是在模仿中长大成人的，婴儿降世伊始就会跟着大人依依呀呀，慢慢地学说话，甚至连语调都要学。小孩子还会仿照大人走路，仿效大人动作的样子做各种活动。这样日复一日，孩子们渐渐地在“模仿”中发展和丰富了自己的语言和行为，同时也发展了思维。其实，即使长大成年以后，也仍然在经常地“模仿”，模仿别人的时装服饰、发型；模仿朋友家里的装璜、陈设；模仿别人的工作、仪态甚至举止风度……总而言之，人类正是在模仿中学会生活、生产，学会去适应自身存在的环境。

人类的模仿和仿生活动是伴随着对环境各种事物的观察和思考进行的。虽然，“模仿”简单地说就是按照某种现成的样子学着去做，“仿生”就是学着生物的样子去做。但人类的这些活动往往都不是简单的、单纯的“仿”。人类的仿生活动通常都是建立在对事物客观规律认识的基础上进行的，是一种有意识、有目的的创造性活动。仿生学的光荣使命就在于探索生物界的各种奥秘，从中获得启迪，特别是从中搜寻几乎是无所不包的技术设计“蓝图”，进而创造出最可靠、最灵活、最高效、最经济的技术系统，为人类的生产和生活服务。

人类的仿生活动源远流长，远古时期已无据可查，有文

献记载的，大约起始于 4000 多年前。4000 多年来，人类的仿生活活动取得了巨大的、辉煌的成就。我们现在把其中的一些收集起来，加以适当的改造编辑，奉献给少年和青年朋友们，相信它对大家日后的学习、思考、发明创造会有所帮助。

**编 者**

1994 年 6 月于北京

# 目 录

一	飞向蓝天	( 1 )
	(一) 漫谈飞翔的秘密	( 1 )
	(二) 飞的模仿	( 5 )
	(三) 无穷的启示	( 10 )
二	遨游海洋	( 14 )
	(一) 游的奥秘	( 14 )
	(二) 游和仿游	( 18 )
	(三) 展望未来	( 25 )
三	灵敏的嗅觉	( 31 )
	(一) 漫谈嗅觉	( 31 )
	(二) 电子鼻	( 34 )
	(三) 启迪与借鉴	( 37 )
四	耳朵与听觉	( 39 )
	(一) 耳朵的科学	( 40 )
	(二) 仿耳的创造	( 44 )
五	视觉和仿视	( 52 )
	(一) 视觉与眼睛	( 52 )

(二) 仿视的业绩	( 61 )
(三) 向新的高度迈进	( 71 )
<b>六 结构、行为与工程技术</b>	( 74 )
(一) 生物的运动	( 74 )
(二) 辉煌的成就	( 77 )
(三) 未来在召唤	( 87 )
<b>七 仿生化学浅谈</b>	( 90 )
(一) 什么是仿生化学	( 90 )
(二) 硕果累累	( 92 )
(三) 创新还在继续	( 110 )
<b>八 神经细胞的模拟与智能化机器人的研制</b>	( 114 )
(一) 人脑功能的延伸	( 114 )
(二) 智能机器人	( 118 )
(三) 令人惊喜的新成果	( 123 )





# 飞向蓝天

亘古及今，无垠的蓝天，总具有极强的魅力吸引着大人和孩子。远古时代，人们就羡慕鸟类和昆虫能在空中自由飞翔，遨游世界。即使在今天，人们也还是渴望着能坐上飞机去看看辽阔的天空，俯视一下我们生活的美丽大地。

## （一）漫谈飞翔的秘密

### 1. 地球上最早的“飞行家”

3亿多年前，当鸟类在地球上还没有出现的时候，第一批飞向空中的是那些长着翅膀的昆虫。

昆虫的飞行是靠着一双或两双薄薄透明的翅膀迅速而频繁地振动行进的。在每秒钟内振翅的数目越多，其飞行的速度就越快。人们发现，翅振的速率常决定于胸部翅膀肌肉的收缩力量。同时，翅膀狭长的、扭转角度较大的昆虫飞行速度比较快。相反，翅膀宽而扭转角度小的昆虫，飞行速度就比较慢。有时，昆虫的振翅频率还可以根据它们飞行时发出

声音的音调来判断。有些昆虫如蝴蝶飞行时，翅膀振动的频率很低，通常低于 20 赫兹，那我们就无法听到它飞行振翅的声音了。

现在，许多昆虫的振翅频率都已被科学家用仪器测定出来。这里介绍的是一些常见昆虫的振翅频率（每秒振翅数）：蜜蜂 260 次左右；丸花蜂 123~233 次；胡蜂 165~247 次；家蝇 147~220 次；蜻蜓 16~40 次；白粉蝶 6 次。

昆虫中飞行速度最快的是天蛾，每秒可达 15 米。蜻蜓每秒 4~10 米，牛虻每秒 5 米，丸花蜂每秒 3~5 米，蜜蜂每秒 2.5~3.7 米。

大约在距今 2 亿年前，鸟类在地球上才开始出现。它们是天生的“飞行专家”。

地球上现有鸟类约 8000 多种。鸟类大都有飞行本领。鸟类的飞行可以分成两种类型：一种属滑翔型，比如兀鹰、鹭、黑头鸥等；另一种属扑翼型，如鸽子、麻雀、燕子等。兀鹰在天空中盘旋滑翔，可以很长时间不扑动翅膀，甚至可以利用空气中上升的气流向上盘旋。因而滑翔鸟类所消耗的体力要比扑翼型的相对小些。

有些鸟类非常善飞，是飞行“健将”。它们有的可以飞得很高，有的飞得很快，有的能持久地飞。飞行最高的鸟类如兀鹭，可高飞达 7000 多米（常盘旋在 7300 米左右的高空）；大雁可高达 900 米；燕鹤可高达 500 米。

一般鸟类飞行高度在 400 米左右，升空最高的鸟可以达到海拔 9000 米以上。这是我国登山运动员在攀上世界屋脊珠穆朗玛峰时亲眼看到的，它是一种鹭。

飞行最快的鸟类也不少，例如，北京雨燕，每小时飞行

120多公里；鸦，每小时飞行150公里；鸽，每小时飞行200公里。

据观测，老鹰等隼类猛禽在扑向一只正在飞行小鸟的一刹那，它的速度可达每小时360公里（当然这种速度不可能持久）。就是一般鸟类的速度也可以达到每小时30~60公里。

有些鸟能长久地翱翔在天空，例如一种黑头千鸟从日落到日出（夜间飞行）可以连续不停地飞行12个小时。还有一种金鸽鸟，能以每小时90公里的速度连续飞行35小时。

有的鸟类可以飞行到很远很远的地方去，例如千鸟，它们每年两次飞过大西洋，能不着落一直飞行3800多公里。

金鸽鸟也是飞行很出色的鸟类。它们夏季在北美洲的阿拉斯加和北极圈内产卵，到了秋天要飞到南美洲，甚至飞到大洋洲的新西兰。还有些金鸽鸟到太平洋的夏威夷群岛越冬。这时它们的旅程将达3300公里，中途无任何落脚的地方。一口气飞行这么远，而体重据说仅仅减轻0.06公斤，可见它们的飞行是何等的节约能量！它们无愧是远距离的“飞行家”。

## 2. 鸟类靠什么飞？

鸟类之所以如此善于飞行，是因为它们在长期的进化过程中，身体构造完全适应了飞行运动的结果。

第一、它们具有流线体型，所受飞行阻力很小。

第二、它们的骨骼呈管状中空结构，且管壁薄，所以很轻很轻。同样长短粗细的一段腿骨，鸟骨只有兽骨重量的 $1/3$ 。一种巨大的军舰鸟展翅可达2米长，但它的骨骼仅仅重100克。

第三、鸟的肌肉集中于胸部，胸肌约占体重的 $1/5$ 。胸骨发达可附着很多肌肉，这是翅膀振动的“天然发动机”。鸟的

“发动机”功率相当可观。例如，一只体重 340 克的鸽子，实际发出的总功率可为 0.0256 马力，折合每公斤体重所发出的功率为 0.075 马力。而人的体力和可能发挥的最大功率通常不过 2 马力，而且仅仅在极短的时间内才可能做到这一点。如果折合成每公斤输出的功率比起鸟类就小得多了！一个国家级运动员在一个半小时内只能保持 0.49 马力的功率输出。所以，人不能把自己带起来，更不能飞向天空。可是，人们从古代起就一直幻想能像鸟儿那样飞。他们在身上绑了大鸟的羽毛，插上大鸟的翅膀或者把自己绑在特殊的风筝上，利用风的力量浮上天空。这些实验虽然都失败了，但我们的祖先对鸟类进行的学习和模仿，毕竟是一种最初的英勇尝试。正是这种尝试，换来了人们对航空事业的探索和对科学的追求。

那么，鸟靠什么力量飞上天空呢？人们都知道，鸟的升空主要是靠它的两只翅膀（翼）。鸟翼有着特殊的构造和外形。仔细观察，你会发现翼的截面都是上面凸鼓出来，下面凹入一些。

鸟在滑翔飞行时，气流迎面向翼吹来，在翼面凸鼓的上方，气流速度要增大些。这好像水流经过由宽变窄的河道时，它的流动速度会加大一样。这就使翼面上方的压强变小些。而在翼面凹陷的下方，由于气流速度变慢，因而翼面下方各点所受的压强增大。上面和下面的这个压力差，就构成了翼的一种升力。正是这个“升力”支持了飞行中鸟的体重，才使鸟有可能向上加速飞升。当然，鸟飞行的力是复杂的，除鸟自身的动力外，还要受到空气的阻力等等。限于篇幅这里不作详细介绍了。

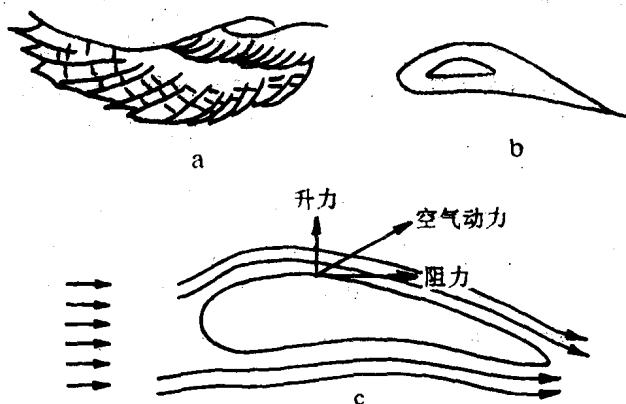


图1—1 a. 鸟翼 b. 鸟翼截面 c. 翼截面的气动力

## (二) 飞的模仿

人类很早就产生了“飞”的幻想，向往那辽阔的蓝天、繁星和美丽的月亮，幻想着自己“飞”上去看个够。我国伟大诗人屈原，在他的长诗《离骚》中就曾想象自己坐在飞龙拉着的车里，在空中飞行。《西游记》中的孙悟空，一个筋斗就是十万八千里，他的神通广大，腾空而飞的神力至今为人所折服；“嫦娥奔月”的故事以及至今仍保存在敦煌石窟里的壁画——美丽动人的“飞天”形象，都表达了人们对“飞”的向往。

### 1. 插翅飞天的创举

传说，2300多年前，墨子曾带领300多弟子用3年时间

制成一只“会飞的木鸟”。古书上称之为“竹鹊”（què）或“木鸢”（yuān）。也有人认为那是春秋时代，著名工匠鲁班制作的。同一时期，希腊人阿奇太也制成了一只“机械鸽子”。15世纪，德国人米勒又制造了一只“铁苍蝇”和“机械鹰”。据说都曾试飞过。人们从“幻想飞”开始过渡到做模型试着去“飞”。

到了1900多年前，西汉的一位“飞行家”曾在当时我国的京都长安，举行了一次飞行表演。这个人“取大鸟翮（音hé；翅膀）为两翼，头与身皆着羽毛”从高台跳下，结果飞数百步。实际上这是一次滑翔飞行，在当时真算是一件了不起的创举。

据说当时，有许多人曾制作了各种各样的翅膀，将其绑在自己的手臂上，试图完全像鸟那样飞翔，然而结果不是飞不起来，就是翼破人亡。

## 2. 世界上的第一架飞机

400多年前，意大利著名科学家、艺术家达·芬奇在前人实践的基础上，通过对鸟类、蝙蝠飞行的观察和研究，设计了一种像人那样大小的“扑翼机”。试图用人脚的蹬力扑动翅膀而飞行，然而没有成功。失败的根本原因是缺乏科学研究，只是照着飞行的生物，进行盲目的学习和模仿，是不能不失败的。但是，在这种初级的模仿中孕育着人类的创造，促使更多的人去思考和研究。

到了19世纪科学发展起来了，气体动力学创始人之一的英国科学家凯利，模仿鸟翼设计了一种机翼曲线。法国生理学家马雷在《动物的机器》一书中介绍了鸟的体重、翅膀的构造、负荷等与飞翔有关的知识。俄国科学家茹科夫斯基在研

究鸟飞行的基础上提出了航空动力学的理论。内燃机的问世，

终于使美国的赖特兄弟正式发明创造了世界上第一架飞上天空的飞机（1903年）。当时的时速为16公里。赖特兄弟的飞机如今仍被保存在华盛顿的宇航博物馆内。

### 3. 昆虫的贡献

如果从1903年算起，至今人们的飞行实践已经90多年了。90多年来，人类对飞机的机身、机翼和发动机方面进行了不断的改进和创新。如今飞机在飞行性能方面应该说已达到了很高的水平。目前超音速飞机的时速已达3600多公里。就是说已接近声音传播速度的3倍（音速1224公里/小时），比早期的飞机航速快200多倍。在载重量方面，早已是任何一种飞行动物都无法相比的。

1903年 世界上出现了第一架飞机，时速16公里（燕子为40公里）

1912年 飞机航速超过了鸟类飞行速度

1916年 飞机超过了鸟类飞行高度

1924年 飞机的飞行距离也超过了鸟类

1960年 每秒速度为10多公里的火箭飞到月球

尽管如此，但是请不要忘记，在飞机制造的历史上，昆虫楫翅和翅痣的功能曾经给人们带来启示，并且发挥了巨大

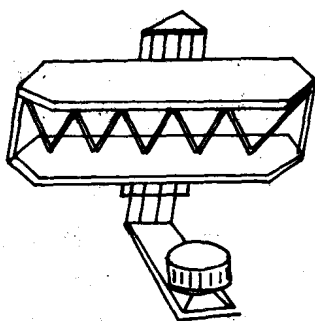


图1—2 赖特兄弟的第一架飞机示意图

作用。正是从这个意义上说，苍蝇和蜻蜓应该是飞行历史上的“有功之臣”。

①导航：蝇和蚊等双翅目的昆虫，它们都有一套正确、可靠、简便的“导航装置”。其中苍蝇楫翅的作用首先引起飞机设计师的注意。

苍蝇有两只翅膀。但是在前翅之后，还长着一对形状似哑铃的小棒。这是后翅退化遗留下来的痕迹器官。这对小棒叫做楫翅，也叫平衡棒。

平衡棒可以调节翅膀的运动，保持蝇体的紧张性，以使苍蝇能一跃腾空不用跑道而直接起飞。但平衡棒的最重要的功能是控制蝇体的平衡，并为其飞行导航。飞行时，平衡棒振动频率在330次/秒左右。如果昆虫因风或其它因素的影响，而发生了航向偏离时，平衡棒会产生相应的扭转振动。这时，昆虫就能将这种信号报告给大脑，

大脑就会通知有关一侧的翅膀改变振翅的速度来达到纠正航向的目的。人们根据这个原理研制成功了振动陀螺仪（音叉陀螺仪）。它是仿生学研究的第一批成果。目前已广泛地装置在高速运行的飞机和火箭上。

振动陀螺仪主要由音叉、基座和电磁圈组成。当航向发生偏离时，音叉和基座会产生相应的运动，通过一定的装置，

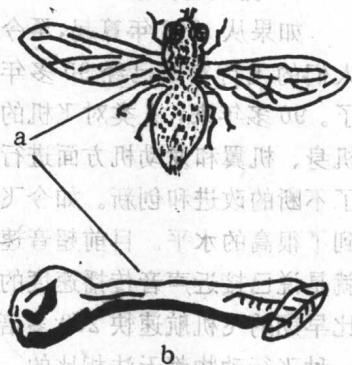


图 1-3 苍蝇及其楫翅



运动变成电信号，并利用有关的装置去纠正航向。这种装置体积小（如茶杯大），简单可靠，运转无摩擦，工作起来非常灵敏和稳定，性能达到相当于比它大5倍的经典陀螺仪。

②抗颤振：昆虫飞行技术的研究给人类带来的另一项成果是飞机机翼上的“配重”。它就是现代飞机机翼上抗颤振的“加厚部分”。“配重”的设计完全是受昆虫结构的启发。原来在本世纪30年代末，当飞机的速度达到每小时500~600公里的时候，本来符合飞行要求的飞机会在飞行中竟

“莫明奇妙”地“粉身碎骨”。经研究才明白当速度达到一定程度之后机身上产生了一种有害的“振动”，使机翼、尾翼从结构脆弱部位折断。这种有害的振动叫“颤振”。

蜻蜓翅膀上的翅痣（在蜻蜓翅膀末端的前缘，有一块颜色和别处明显不同的加厚部分，实际是甲壳质的色素斑），具有能消除蜻蜓在飞行中翅膀有害颤动的功能。所以在近代飞机的设计中，已经引进了类似的加厚部分，即在副翼和机翼的前缘加上一个重物叫“配重”，以调整副翼和机翼的重心，颤振就不会发生了，从而消除了因颤振而造成的机翼折断、飞机失事的悲惨局面。

③昆虫飞机：昆虫的翅膀是柔软而单薄的超轻型结构。例

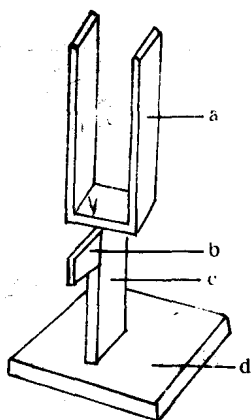


图1—4 振动陀螺仪模型

- a. 音叉 b. 弹性杆  
c. 中柱 d. 基座