

刘怀景◎编著

酷科普

发现从这里开始

人类的 仿生技术



中国出版集团
现代出版社

刘怀景◎编著

酷科普

发现从这里开始

人类的 仿生技术



中国出版集团
现代出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

人类的仿生技术 / 刘怀景编著. — 北京: 现代出版社, 2012. 9

ISBN 978 - 7 - 5143 - 0746 - 7

I. ①人… II. ①刘… III. ①仿生学 - 普及读物
IV. ①Q811 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 203993 号

人类的仿生技术

编 著	刘怀景
责任编辑	杨学庆
出版发行	现代出版社
地 址	北京市安定门外安华里 504 号
邮政编码	100011
电 话	010 - 64267325 010 - 64245264 (兼传真)
网 址	www.xdeds.com
电子信箱	xiandai@cnpitc.com.cn
印 刷	北京嘉业印刷厂
开 本	710mm × 1000mm 1/16
印 张	14.5
版 次	2013 年 3 月第 1 版 2013 年 3 月第 2 次印刷
书 号	ISBN 978 - 7 - 5143 - 0746 - 7
定 价	28.80 元

版权所有, 翻印必究; 未经许可, 不得转载

前言 PREFACE

人类的仿生技术

仿生学是生物学和工程技术学结合在一起，互相渗透孕育出的一门新兴的边缘学科。

自古以来，自然界就是人类各种技术思想、工程原理及重大发明的源泉。种类繁多的生物经过亿万年的优胜劣汰的进化过程，适应了环境的变化，从而得以生存和发展，也因此造就了它们千奇百怪的形态和功能。在这方面，作为“万物之灵”的人类处于劣势，但人类拥有其他生物望尘莫及的智慧。为了弥补自身的不足，聪明的人类开始了向这些生物的学习，见鱼儿在水中有自由来去的本领，人们就模仿鱼类的形体造船，以木桨仿鳍；见鸟儿展翅翱翔于空中，人们就研究鸟的身体结构并认真观察鸟类的飞行，开始人造飞行器的研制和试验；模仿海豚皮肤的沟槽结构，把人工海豚皮包敷在舰船的外壳上，以减少航行阻力，提高航行速度；根据蜚复眼视网膜侧抑制网络的工作原理，研制成功可增强图像轮廓、提高反差，有助于模糊目标检测的装置，已建立的神经元模型达 100 种以上，并在此基础上构造出新型计算机，模仿蚕吐丝的过程，人工制取纤维；研究和提取昆虫性信息素，人为释放性信息素，诱捕农业害虫，还把性信息素和黏胶、灯光、水盆、杀虫剂和化学不育剂等结合使用，消灭大量害虫。

随着相关学科的深入发展，仿生学也得到进一步发展，人类的仿生技术进入了一个突飞猛进的时代，例如人工基因重组、转基因技术是对自然重组、基因转移的模仿；天然药物分子、生物高分子的人工合成是分子水平的仿生；人工神经元、神经网络是细胞系统水平的仿生。可以说，人类的仿生技术已经达到了一定高度，其研究成果也被大量应用于生产生活以及科研等多个领域，但是由于生物系统的复杂性，弄清某种生物系统的机制需要相当长的研究周期，而且解决实际问题还需要多学科长时间的密切协作，所以人类仿生之路还很漫长。

CONTENTS

目录

人类的仿生技术

RENLEI DE FANGSHENG JISHU

生物的奇功

神眼揽胜 2

顺风耳 8

敏锐的鼻子 10

超级导航功夫 14

奇特的化学才能 20

怪异的发电技巧 26

造型妙术 31

能工巧匠 34

不可思议的发光 41

仿生学概述

仿生学发展简史 48

人类仿生由来已久 49

发人深省的对比 51

连接生物与技术的桥梁 54

力学仿生

由飞鸟到飞机 58

鸟类的 V 形编队远飞 59

昆虫飞行的启示 60

鲸类潜水的启示 62

昆虫翅膀引出的螺旋桨 63

海豚创造的流线型 64

细胞组织的静体力学 66

鲫鱼与吸锚 67

乌贼与喷水船 68

啄木鸟啄木与脑振荡 69

化学仿生

动物“化学通信”的启示 72

鳄鱼式海水净化设想 73

动物“淡化器”与海水淡化 74

乌贼与烟幕弹 76

萤火虫与照明光源 77

蚕与人造丝 79

昆虫的“性导弹”与杀虫技术 80

生物的善趋气与引诱剂 83

蜘蛛丝与防弹衣 84

高效率的催化剂 85

化学武器的诞生 87

生物膜的模拟 89

光合作用 91

生物体内的魔术师——酶 97

奇妙的化学反应 98

化学仿生研究前景展望 100

定向导航仿生

动物远程导航的启示 104

昆虫隐身术的启示 105

昆虫导航的启示 106

昆虫楫翅的启示 107

由鱼类推出的声呐系统 108

夜蛾的启示 109

导弹红外跟踪术 110

蜂眼与天文罗盘 112

蝙蝠与“探路仪” 113

海豚与水下回声探测器 114

竖起的耳朵及天线 115

信息与控制仿生

动物味觉的启示 118

动物“热感受器”的启示 120

动物“生物钟”的启示 123

蝇眼的启示 125

跟踪技术顾问——蛙眼 126

鸽子的监视技术 128

来源于大海的检测蜂鸣器 129

水母耳的由来 130

广角鱼眼 131

狗与“电子警犬” 131

苍蝇与气体分析仪 132

视觉程序与人造眼 132

看得见热线的眼睛 133

睡眠机 133

电控假手 134

夜视仪与动物的夜视 135

建筑仿生

兽类与人工发汗材料 144

蛋壳耐压的启示 144

奇妙的植物的建筑结构 146

蜂窝状泡沫建材的诞生 147

都灵展览馆的灵感来源 147

悬索结构的由来 148

出气孔和充气结构 149

兽类骨骼的启示 150

混凝土的发明 151

拱形结构的灵感 151

蜂窝与太空飞行器 152

蜗牛壳与复台陶瓷材料 154

能量、动力与电子仿生

转换能量的高手 158

叶绿素发电 159

“发电”鱼与电池 160

生物电电池 162

企鹅与滑雪杖 162

蚂蚁与人造肌肉发动机 163

长了眼睛的步枪 164

布满“神经”的电脑 165

从生物界找灵感的现代电子
科学 167

机械仿生

从人造假手谈起 170

仿生机械学及研究动向 172

生物形态与工程结构 174

生物形态与运动 175

动物前爪的启示 178

人体肌肉的启示 178

袋鼠与跳跃机 180

龙虾与天文望远镜 180

尺蠖与坦克 181

机器人技术 182

鸟与戈 185

蜘蛛仿生车 187

蜘蛛机器人 188

麦秆与自行车 189

体育仿生

未来的仿生之路

仿生学向生物工程进发 196

新时代的疾病克星——生物医学
工程 198

人工创造新生物——遗传工程
简介 218

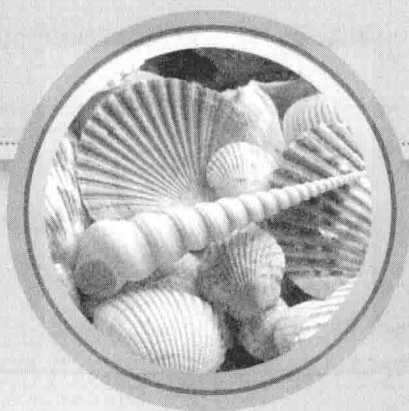
尚待开发的新能源——人体
能 223

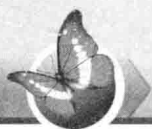
人类的仿生技术

生物的奇功

RENLEI DE
FANGSHENG JISHU

人类虽然处在生物进化的最顶端，有着其他生物无可比拟的智力，但在很多方面，人类较之其他生物又远远不如，比如在视力、听觉、嗅觉以及方向定位等方面，某些低等生物要比人类发达得多。这些神奇的功能是生物在漫长的历史进化过程中适应环境的结果。





神眼揽胜

一般人认为，人眼是生物界最完善的眼睛，它能确定深度、距离、物体的相对形状和大小以及一系列其他参量。其实，与形形色色的生物眼相比，人眼平淡无奇。

有的动物的眼睛看起来很小，实际上它们神通广大！蜜蜂有 5 只眼睛，3 只长在头甲里（称为额眼），2 只长在头的两侧（称为复眼）。蜚有 4 只眼睛，2 只小眼在头部前方，2 只复眼长在头部两侧。苍蝇有 5 只眼睛，3 只单眼长在头脊部，2 只复眼长在头部两侧。一般来说昆虫类的眼睛大多是复眼，结构也大同小异。复眼由许多小眼构成，蟑螂有 1800 个，蜜蜂中工蜂有 6300 个，蜂王有 4920 个，雄蜂有 13 090 个，蚊子有 50 个，蟹有 1000 个，雄萤火虫有 2500 个，苍蝇有 6000 ~ 8000 个，部分蝶蛾有 12 000 ~ 17 000 个，蜻蜓有 28 000 个。复眼越大，小眼越多，视力越强，清晰度也越高。

基本 小知识



复眼

复眼是相对于单眼而言的，它由多数小眼组成。每个小眼都有角膜、色素细胞、视网膜细胞、视杆等结构，是一个独立的感光单位。轴突从视网膜细胞向后伸出，穿过基膜会合成视神经。

捕捉瞬间变幻的蛙眼

与人一样，青蛙主要通过眼睛获得关于周围世界的信息。它能迅速地发现运动目标，确定目标在某一时刻的位置、运动方向和速度，并且立刻选择最佳的攻击时间。



青蛙为什么有这般功能呢？研究者们发现，蛙眼有4类神经纤维，即4种检测器，它们分别主管辨认、抽取、输入、视网膜图像这4种特征中的1种。

在蛙的实际生活中，这4种检测器是同时工作的。每种检测器都把自己抽取的图像特征传送到蛙脑中的视觉中枢——视顶盖。在视顶盖，视神经细



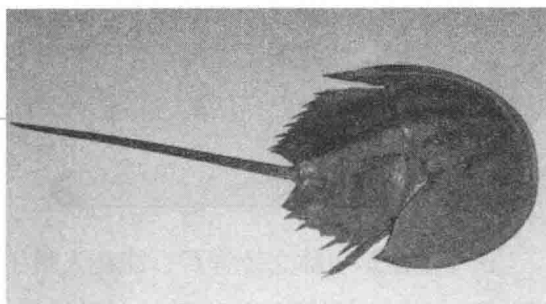
蛙 眼

胞由上而下分成4层：反差变化检测器神经元终止于上层，它抽取图像的暗前缘和后缘；其次是运动凸边检测器，它检测向视野中心运动的暗凸边；再次是抽取前缘的变暗检测器神经元的终止处。每层里都产生图像的1种特征，4层里的特征叠加在一起，得到青蛙所看见的综合图像。这

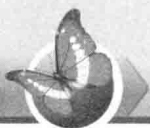
好比画人脸一样：先草绘头的轮廓，再画眼睛、鼻、耳、嘴和头发，然后涂颜色，再衬光线，使图像具有立体感。如果将这些步骤分开来操作，每一步画在一张透明纸上，再把4张纸重叠在一起，即得到最后的人脸像。

◎ 鲎的紫外眼睛

不久前，科学工作者在研究鲎——一种海洋节肢动物时，发现它的眼睛有一种宝贵的性能。这种动物生活在亚洲东海岸、中美洲和北美洲及大西洋沿岸。在我国的东南沿海，北自浙江省的宁波，南至广东省的汕头，都有这种动



鲎



物，叫作中国鲎。它们在浅海里游泳，在海底爬行，或埋没在泥沙里。它的形态像蟹类，但却同蜘蛛和蝎子类似，在海洋中的首批鱼类还没出现之前，它就已经存在了。尽管漫长的岁月流逝，鲎变化却不大，故有“活化石”之称。

鲎有4只眼睛。前面的2只小眼，直径为0.5毫米左右，但都有自己的晶状体和视网膜，视网膜中有5080个感光细胞。它们对近紫外辐射最敏感，但在刺激停止后反应很快降为0。

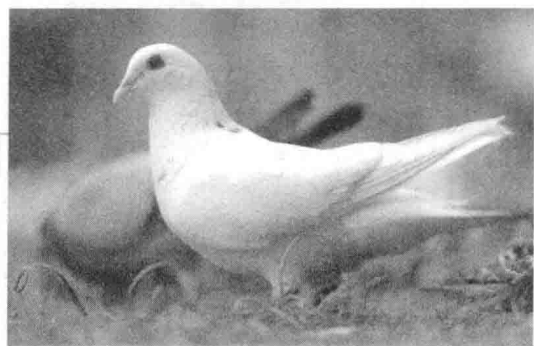
因此，人们认为这种小眼是监视紫外线突然增多的感受器。对鲎的行为影响最大的是它两侧的复眼。鲎的复眼很像昆虫的复眼，但其中包括1000个小眼。鲎眼的每个感光细胞都有自己的透镜，将投射其上的光聚焦，沿神经末梢通到这些感光细胞上，在这里，光能转变为产生脉冲的电化学能。脉冲沿轴传递到脑做最后的加工。

人们模仿鲎眼视神经之间的相互抑制作用，研制成功了一种电模型，它是一台专门的模拟机，能解10个元素构成的网络方程。如果把某个本来很模糊的图像（X光照片、航空照片、月亮的照片等）展示给这台模型，图像就好像被聚焦了，边缘轮廓显得格外鲜明。应用这个原理制成的电视摄影机，能在微弱的光线下提供清晰度很高的电视影像。同样，也可以用这样的方法来提高雷达的显示灵敏度。

这种只对运动物体有反应的机器非常重要。前面我们谈过，探测飞机的雷达往往被建筑、树等反射的信号干扰。但飞机与它们不同的是，它在运动中。正是运动，才使雷达监测员把飞机分辨出来，并引导它到着陆地带，如果用简单方法让不动目标从雷达屏上消失，那工作起来该多么方便。

◎ 鸽子的眼定向

鸽子的眼睛可称之为神目，能在人眼不及的距离发现飞翔的老鹰。重复类似研究青蛙视觉系统的实验，发现鸽子视网膜有6种神经节细胞（检测器），分别对刺激图形的某些特征产生特殊的反应。



鸽子

向下运动发生反应。

鸽眼还有个奇特的功能，它具有定向活动的特征，当它注视从东向西的飞行目标时，从西向东飞的目标就不会引起它的反应。

◎ 能前瞻后视的变色龙

非洲有一种叫避役的爬行动物。它有变色的本领，所以人们又叫它变色龙。它的两只眼睛能够单独活动而互不牵制，当一只眼睛向上或向前看时，另一只眼睛却可以向下或向后看。这样它既可以用一只眼睛注视猎物的动静，又可以用另一只眼睛去搜寻新的猎物。



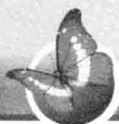
你知道吗

变色龙变色的原因

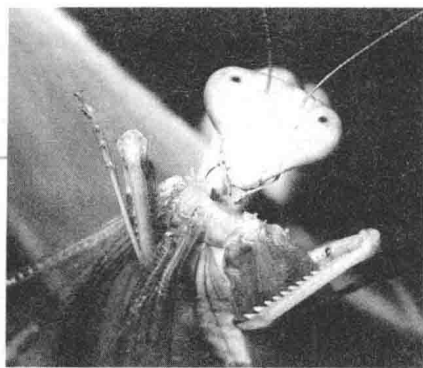
变色龙变色取决于皮肤三层色素细胞。最深的一层由载黑素细胞构成，其中细胞带有的黑色素可与上一层细胞相互交融；中间层由鸟嘌呤细胞构成，它主要调控暗蓝色素；最外层细胞则主要是黄色素和红色素。色素细胞在神经的刺激下会使色素在各层之间交融变换，实现变色龙身体颜色的多种变化。

◎ 螳螂的目光如电

夏天，螳螂穿着“伪装服”，前足举在胸前，悄悄地隐蔽在树荫草丛之中。一有小虫出现，它就前足猛然一击，将昆虫一举捕获。它动作非常迅速，



整个过程只有 0.05 秒。在这一瞬间，小昆虫还没来得及了解眼前的情景，就蓦地葬入了螳螂之腹。螳螂这样的发现和瞄准系统，使人类创造的上吨重的跟踪系统也相形见绌。



螳螂

◎ 能精确分辨时间的复眼

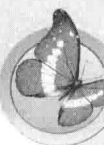
昆虫的复眼一般含有 5000 ~ 10 000 个视觉单位，即小眼，这些“睽睽众目”具有蜂窝状构造，它们的中心轴互成 13° 的角，一起构成了近似半球状视野，昆虫的复眼虽然在空间上的分辨率比脊椎动物差，可是它们却具有极高的时间分辨率，它们都是特别的速度计。

有些昆虫的眼睛不仅能感受可见光，而且能感受我们人眼看不见的光线。现已查明，蜜蜂、蝇类、蚂蚁和蝴蝶等都可以清楚地看见紫外线。许多夜间活动的昆虫还能发射“紫外雷达”来探索周围环境。因为人看不见紫外线，热敏元件又探查不到它，因而具有很好的隐蔽性，研究和模仿昆虫的“紫外眼”也就具有一定的军事意义。

趣味点击 猫的“肢体语言”

如果猫依偎在人的脚下、身旁，用头蹭是亲热的表现；如果猫的喉咙里发出叽里咕噜的声音，就表明它心情很好；猫前脚往里弯表示它的安心和依赖；猫在人类面前嘴巴张大表示信任。

有一种象鼻虫，根据目标从它复眼的一点移动到另一点所需要的时间，便能计算出自己相对于地面的飞行速度。正因为这样，它的着陆动作十分完美，既不会飞得太慢而失速，也不会飞得太快而过头。猫眼的瞳孔会随着光线的强弱而自动改变，白天瞳孔缩成一条线，



夜晚变得又大又圆，因此，白天夜晚都能看清东西。

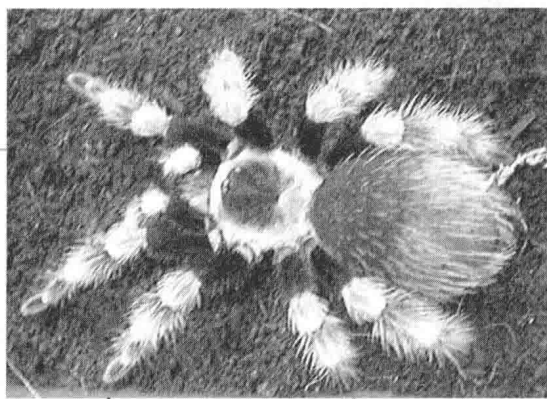
◎ 功能奇特的各种眼睛

新西兰有一种形似鳄鱼的爬行动物叫鳄蜥，除了在头部的两侧有一对眼睛外，在头部中央还生有一只“颅顶眼”。鳄蜥未老时，这只眼睛能准确地观察外界事物，一旦年老，便逐渐退化，失去作用。鳄鱼的眼睛可水陆两用，它的眼睛除了有上下眼皮外，还有一个透明的“第三眼皮”。

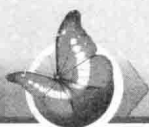
在岸上，它把这层眼睛皮收进去，到水里就放下，防止水入眼中。树须鱼由于长期生活在深水中，眼睛已经退化，视力消失，变成了“睁眼瞎”。它靠嘴巴上长出的“小树枝”——触须，来探测环境，搜捕食物。深海中的巨尾鱼，眼睛长得特别大，特别凸，活像一副望远镜。如果没有这副“望远镜”，它什么也看不见。

深海中的发光鱼，在眼睛的上方长着一根“钓竿”，钓竿顶上带着的“诱饵”，一闪一闪地发着光，馋嘴的小鱼一上钩，就成了它的美餐。比目鱼生活在海底的沙滩上，身子的一侧总贴着海底，所以它两只鼓鼓的眼睛全长在向上的侧头顶上。四眼鱼生活在接近水面的地方。它的眼睛分成上下两瓣，中间有一层隔膜隔开，上面两只眼睛看天空，下面两只眼睛看水中。沙蟹的眼睛长在长柄顶端，有如潜望镜，能俯视平坦沙地的敌人和猎物，若有危险，它就把眼睛柄横折入壳前端的凹槽中，迅速逃入洞穴。

豉虫生活在水上，从外表看只有两只眼睛，但每只眼睛的角膜分成上下两部分，实际上有4只眼睛，上面的两只观察水面上的东西，下面的两只



虎蜘蛛



看水下。一般的蜘蛛有 6 只眼睛，虎蜘蛛却有 8 只，它不会结网，这就需要有广阔的视野，8 只眼睛一齐看，可以做到“眼观八方”了。鹰眼的敏锐程度在鸟类中是名列前茅的，它比人眼敏锐 12 倍，而且视野非常开阔，即便在高空飞翔，也能一下子发现地面上的小兔、小鸡。

蜻蜓有一只宝石般明亮的、突出的复眼，构造精巧，功能奇异，由 28 000 只表面呈六角形的“小眼”紧密排列组合而成，占头部二分之一还多呢！每只小眼都自成体系，都有自己的趋光系统和感觉细胞，都能看东西。

顺风耳

◎ 人的听力有多强

自然界存在的声音比我们能听到的要多得多，事实上，自然界的一切声音，我们可以听到的还不到 10%。超出我们听觉的其余声音是可以记录下来的，人类的听觉范围大约是 16 ~ 30 000 周/秒这样的频率。对大多数儿童来说，23 000 周/秒是极限，而成年人一般是 20 000 周/秒。可能有少数成年人能

听到频率高于 10 000 周/秒或低于 50 周/秒的声音。而蝙蝠却能听到 100 000 周/秒这么高频率的声音，它的听觉范围的顶峰几乎可达到 300 000 周/秒。

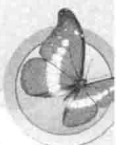


拓展阅读

感受声音

人对声音不光是靠耳朵听到，而且有奇特的感应力。医学研究发现人对 15 赫兹以下、22 千赫兹以上的声音有奇特的感应力，它们会给人以身体和神经方面的刺激。

有些科学家认为，人类的耳朵可以听见超声波，但他们是在室内用实验加以证明的，声源放在每个受试者的额头或耳朵后面的乳突上，这就意味着，振动是



通过颅骨，而不是通过正常通道——空气和外耳传导的。这种情况在一般条件下是碰不到的。他们认为，如果声音频率具有足够大的强度在水中传播的话，那么正在游泳的人就能将这个高频率的声音通过和水接触的颅骨传导到他的声音记录中枢。

人类的耳朵经受声音的强度和响度的范围极大，但较大强度的噪音会使精巧的耳朵机能产生永久性损伤。我们对动物所能忍受的噪音强度还不大清楚，但可推测出这个强度范围的变化肯定比人大。

对有些动物进行观察后发现，使人们感觉到很不舒服的响度对这些动物似乎并不打扰，例如，海豹在水中发出的叫声可以使潜水员感到非常不适，然而对其他海豹却无多大影响。

◎ 地下窃听专家的耳朵

在夜间捕食的大多数动物，一般都有较大的耳朵和灵敏的听觉中枢。就以非洲发现的土猪为例，这种土猪体重有 67.5 千克，却以食蚂蚁为生。它有一对耳朵和一个笨重的长鼻子，别看它长相奇丑，然而却是非常有本领的动物之一。它那善于转动的长耳朵可以听到物体内部白蚁的活动声，在静寂的夜晚，当土猪听到这些声音后，就毫不留情地把它们挖出来吃得精光。

还有一些习性相类似的其它动物，例如指猴，它能听到钻木甲虫幼体的活动声，继而用前肢上很细的中指将它们挖出来。更奇妙的是非洲的蝙蝠耳狐，它以吃白蚁和其他昆虫为生，偶尔也吃水果或小脊椎动物，它的每只耳朵和头一样大。非洲北部的一种小狐也有



指 猴