

05

第五章 功能仿生

>>> 第一节 功能仿生的内容和特点

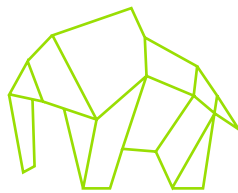
>>> 第二节 利用形态实现功能

>>> 第三节 利用机械结构实现功能

>>> 第四节 利用声、光、电磁等实现功能

>>> 第五节 利用材料实现功能





第五章 功能仿生

导读：就广义的功能范畴来看，即将功能的内涵扩展到包括审美和象征意义，那么所有的仿生设计都是功能仿生。为了明确讨论范围，本章所指的功能是指狭义的实用功能。功能仿生的目的性极强，就是要将生物体某种超卓功能的实现原理、结构和材料等移植到相关研究领域。功能仿生的模仿核心是功能原理，这可能表现为某种形态特征，也可能表现为某个器官的构造或某种生物材料。

随着设计理论的发展，功能的内涵大大扩展，包括了审美和象征等多种因素，但本章讨论的功能是指狭义的实用功能。无论何时何地，功能都是产品最本质的属性。

>>> 第一节 功能仿生的内容和特点

自然总是能够以最小的物质和能量消耗达到合理的功效，就像鸟类的羽毛，小小的体积却可以同时实现提供飞行升力、防水、保温、自清洁和吸引异性等功能。自古以来，五彩缤纷的自然界强烈地吸引着人们的探索欲望，一直是人类产生各种技术思想和发明创造灵感的不竭源泉。^[1] 现代仿生学的蓬勃发展，更是在形形色色的生物身上找到了无穷无尽的灵感。

功能仿生的目的性极强，就是要将生物体某种超卓功能的实现原理、结构和材料等移植到相关研究领域。常见的功能仿生目的大致有模仿生物感觉器官（眼、耳、鼻等）或运动器官（腿、臂、鳍、翅等）的工作原理、减小空气或水的阻力、提高承重能力、减小某部件的负荷、降低噪声、减小振动、减小外界物质粘附性、控制温度变化等。

功能仿生的模仿核心是功能原理，这可能表现为某种形态特征，也可能表现为某个器官的构造或某种生物材料。这些功能原理可以简单分为生物学原理、运动学原理、动力学原理、综合性原理四类。生物学原理是生物功能产生的基本原理，揭示了生物在展现生物功能时，本体的形

态、结构、材料、生理、行为等与生存环境相适应的机制与规律。生物耦合功能产生的生物学原理，亦即自组织、自适应、自愈合、自修复等原理，是生物本体与内外环境相适合的现象。^[2] 运动学原理是借助几何学和机械学等的方法和工具，分析生物体整体或部分进行空间活动时各部分的变化关系。动力学原理是运用力学和机械学等方法，揭示生物体在内外作用力的综合作用下，本体与力效应、变形、运动之间的关系及规律。生物为达到自身能量消耗最低、功能表现最优、环境适应最佳的效果，调动自身一切有利的作用和机制来完成生命活动。这一过程中往往表现为多种功能原理的综合作用，既可能是多原理同时作用于同一功能，也可能是同一原理在不同功能中均会发挥作用，这就是综合性原理的表现。

作为生物中的不同门类，植物、动物、微生物各有不同的功能侧重。植物可以通过光合作用将二氧化碳和水转化为有机物，并产生氧气，在此过程中将光能转化为化学能。动物则通过进食储存有机物，并通过呼吸作用使有机物氧化放出能量和二氧化碳。当然植物也有呼吸作用。微

[1] 路甬祥. 仿生学的意义与发展[J]. 科学中国人, 2004(4):22-24.

[2] 任露泉, 梁云虹. 耦合仿生学[M]. 北京: 科学出版社, 2012: 98.

生物广泛地参与着众多化学反应，促进或减缓反应的进程。无生命的自然物则构成了我们生存的大环境，空气、土壤、江河湖海、山石、金属等，都有独特的性质，所有这些都成为设计师创意的来源。

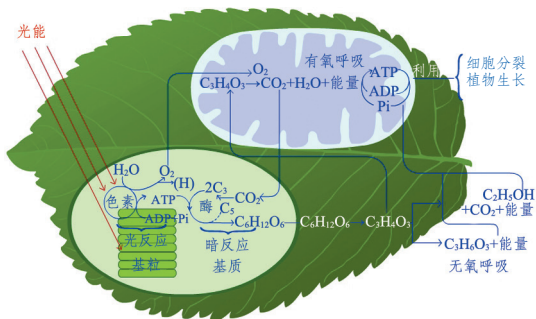


图5-1 光合作用

Nissan汽车公司的先进科学技术研究中心于2008年开发了BR23C型自动驾驶机器人(图5-2),这种机器人使用了由模仿蜂群行为开发的防碰撞系统,在检测到附近的物体后可以自动进行避让。蜜蜂的眼睛视角可达300°以上,几乎没有视觉死角,由几千个单眼组成的复眼可以精确地测定自身与环境的相对速度和运动方向,这些感知器官帮助蜜蜂在极为拥挤的蜂巢附近也能出入自如。2009年Nissan公司又推出了基于鱼群防碰撞机制的EPORO自动行驶机器人(图5-4)。



图5-2 BR23C型自动驾驶机器人 (Nissan公司)



图5-3 密集的鱼群



图5-4 EPORO机器人 (Nissan公司)

第二節 利用形态实现功能

自然界生物实现某种功能特性可以通过外在形态、结构、生物化学反应、生物电反应、生物光学感应、生物磁场感应和生物材料结构等不同的方式。针对功能的模仿也需要从这些方面着手。众多鸟类和水生生物的体形都有优良的流体动力学性能,能够有效地降低前进阻力,科技人员和设计师利用这些外形特征进行设计,可以达到良好的效果。座头鲸胸鳍前缘有着众多瘤头的

突起,这些非光滑边缘比光滑表面的流体性能更好,加拿大的鲸鱼电力公司(Whale Power)根



图5-5 仿座头鲸鳍状肢的叶片 (Whale Power公司)

据这种瘤状鳍前缘研制出了有锯齿形前缘的叶片，可以用于风力发电机、冷却风扇等产品上。（图5-5），这种叶片噪声更小，运转更稳定，

》》》 第三节 利用机械结构实现功能

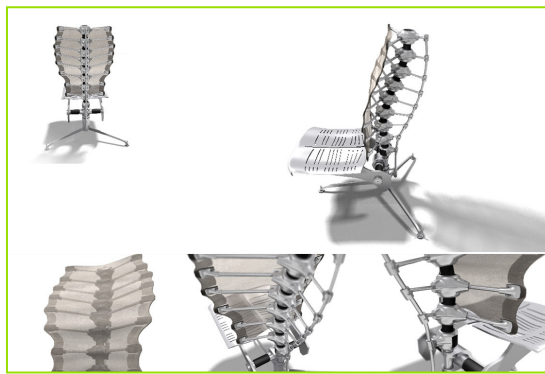


图5-6 仿脊柱结构的椅子设计

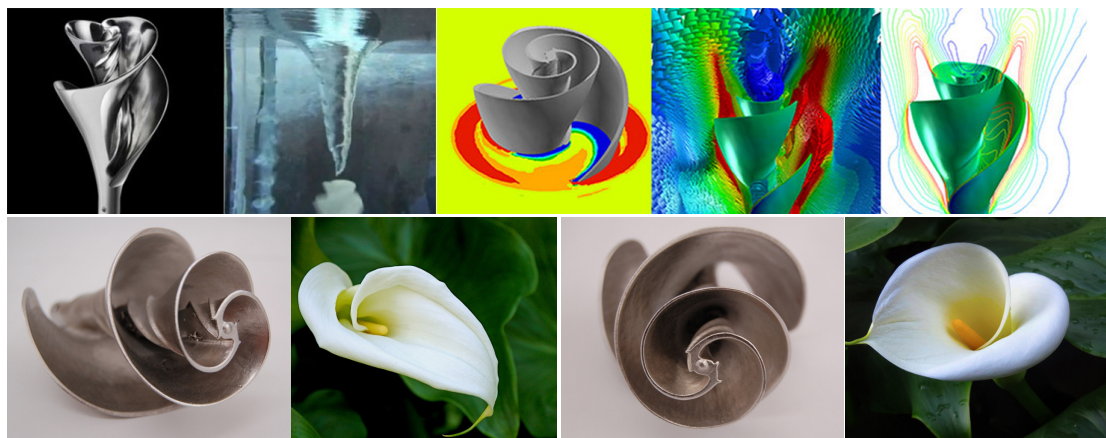


图5-7 百合叶轮（PAX）

生物在进行生命活动和适应环境的过程中，发展出独具特色的组织结构和内部空间形态，对此进行模仿以达到相应功能的仿生方法，就是利用机械结构实现的功能仿生。例如PAX公司的CEO杰·哈曼（Jay Harman），参考马蹄莲花朵的结构设计出“百合叶轮（Lily Impeller）”（图5-7），在搅动水流时消耗能量更少。又如如图5-6所示的椅子，其靠背的支撑部分模仿了人体脊椎的结构，很好地实现了椅背的曲线变化和分段支撑。又如科学技术人员研制



图5-8 模仿人手结构的机械手

了众多的机械手（图5-8），用于为手臂残废的人服务或代替人进行细致的工作。这些机械手的

结构都是以人手为蓝本设计制造的，其细部结构也和人手相一致。

》》 第四节 利用声、光、电磁等实现功能

生物的生命活动中，充满生物光、声、电、热、磁反应，生物中能够感受和利用这些物理现象的器官和组织，往往比实现同样功能的机械电子产品要轻巧、简便、能效高。科学家在探寻生物功能原理并力图发明新产品的同时，也在参考相应的生物组织结构改进现有的产品。比

如Sony设计公司设计制造的Aibo系列机器狗（图5-9），有光学、声学、触觉等感应器，可以像真正的小狗一样看到主人的动作，听到主人的呼唤，熟悉主人的抚摸等。

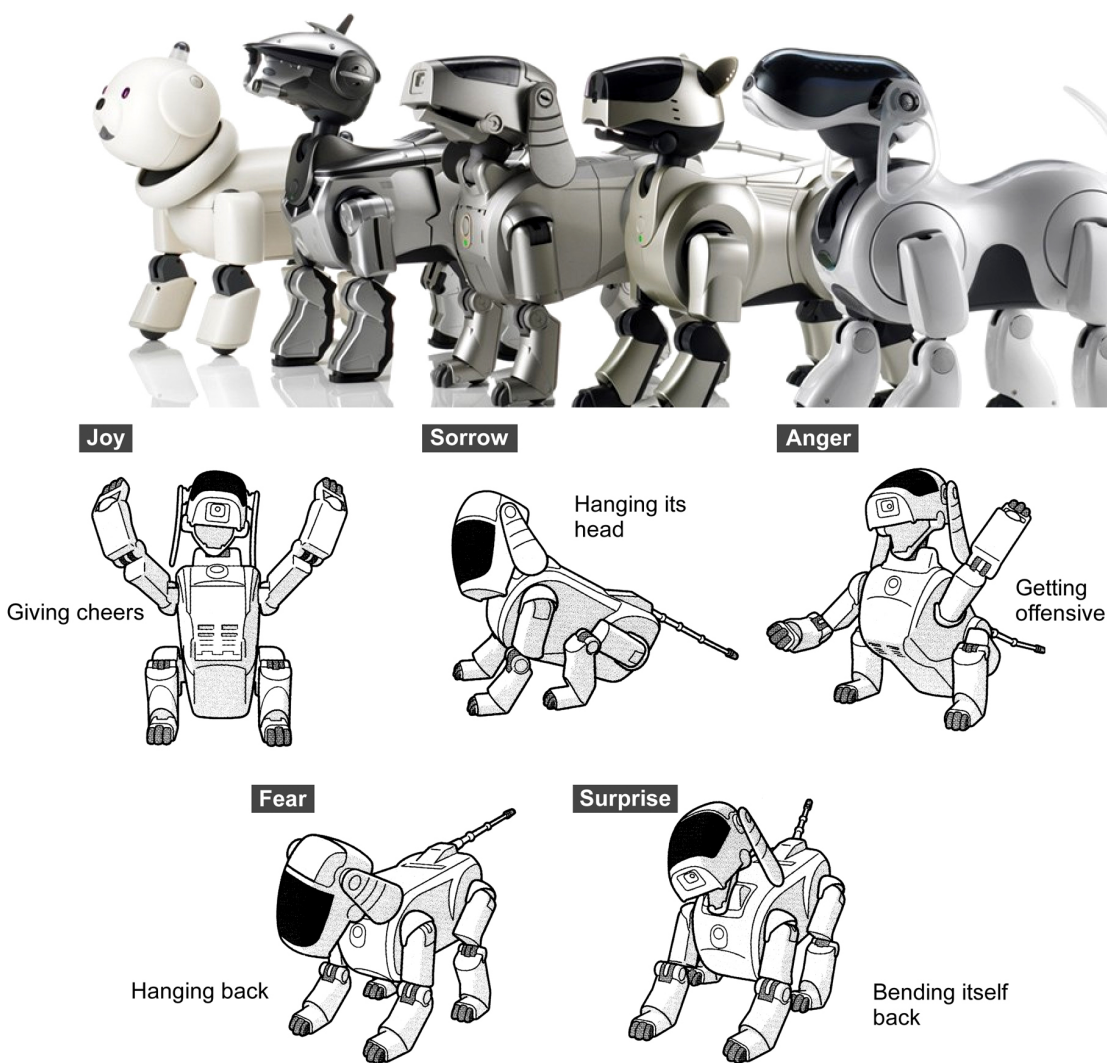


图5-9 Aibo机器狗（Sony公司）

>>> 第五节 利用材料实现功能

生物在有效实现功能的同时还需要减轻自身重量和缩小空间体积，所以经常以纳米级微观结构和独特的生物化学物质组成完成一定的功能，这些细小的组织和结构在人类看来是一体的，就直接将其认定为特殊的生物材料。利用这种材料特性实现原理进行的仿生设计，就是利用材料的功能仿生。例如，南美的蓝闪蝶，其翅膀具有极其复杂的微观结构，能够通过改变阳光的反射角度来变幻色彩（图5-10）。日本Teijin纤维

公司根据其原理制成了名为“Morphotex”的衣料（图5-11），制成的服装也可以在不同角度下呈现不同的颜色。

本章讨论的功能限定在实用功能上，尽管如此，本章的内容也和其他章节有所重叠。这是因为仿生学是应用科学，每一个仿生设计都有着极强的目的性。如果将功能的内涵扩展到包括审美和象征意义，那么所有的仿生都将毫无疑问地成为功能仿生。

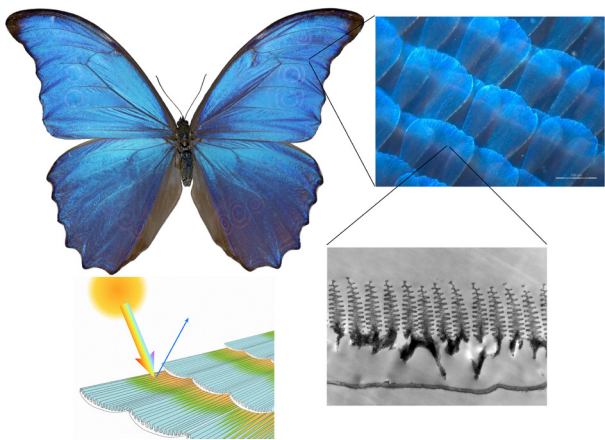


图5-10 蓝闪蝶翅膀变色的微观结构



图5-11 Morphotex面料的衣服（Teijin）

>>>

