

“十二五”高等院校工业设计规划教材

丛书主编 何人可



随书赠送光盘



Bionics Design

仿生设计

主编 孙宁娜 董佳丽

湖南大学出版社
HUNAN UNIVERSITY PRESS

“十二五”高等院校工业设计规划教材

丛书主编 何人可

仿生设计

Bionics Design

主编 孙宁娜 董佳丽

参编 杨丽英 贾红梅



湖南大学出版社
HUNAN UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书主要介绍产品仿生设计的发展与应用,从仿生学的起源与发展、仿生设计的研究内容、产品仿生设计与现代各学科和主流设计理念的关系、产品仿生设计的基础训练以及产品仿生设计的程序与方法等方面对产品的仿生设计作了较为系统的介绍。

可作为高等院校工业设计专业教材,亦可供相关爱好者参考。

图书在版编目(CIP)数据

仿生设计/孙宁娜,董佳丽主编. —长沙:湖南大学出版社,2009.10

(“十二五”高等院校工业设计规划教材)

ISBN 978-7-81113-713-2

I. ①仿... II. ①孙... ②董... III. ①仿生学-应用-工业产品-造型设计-高等学校-教材
IV. ①TB472

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第188276号

仿生设计

Fangsheng Sheji

主 编: 孙宁娜 董佳丽

责任编辑: 贾志萍

责任校对: 全 健

责任印制: 陈 燕

出版发行: 湖南大学出版社

社 址: 湖南·长沙·岳麓山 邮 编: 410082

电 话: 0731-88822559(发行部), 88821641(编辑室), 88821006(出版部)

传 真: 0731-88649312(发行部), 88822264(总编室)

电子邮箱: pressjzp@163.com

网 址: <http://press.hnu.cn>

印 装: 湖南亚光投资实业有限公司

开 本: 889×1194 16K 印张: 10 字数: 201千

版 次: 2010年7月第1版 印次: 2010年7月第1次印刷 印数: 4 000册

书 号: ISBN 978-7-81113-713-2/J·175

定 价: 48.00元

版权所有, 盗版必究
湖南大学版图书凡有印装差错, 请与发行部联系

参编院校 (按地域分布排列)

天津工业大学

天津美术学院

山东大学

山东轻工业学院

山东工艺美术学院

郑州轻工业学院

中原工学院

湖南大学

长沙理工大学

中南林业科技大学

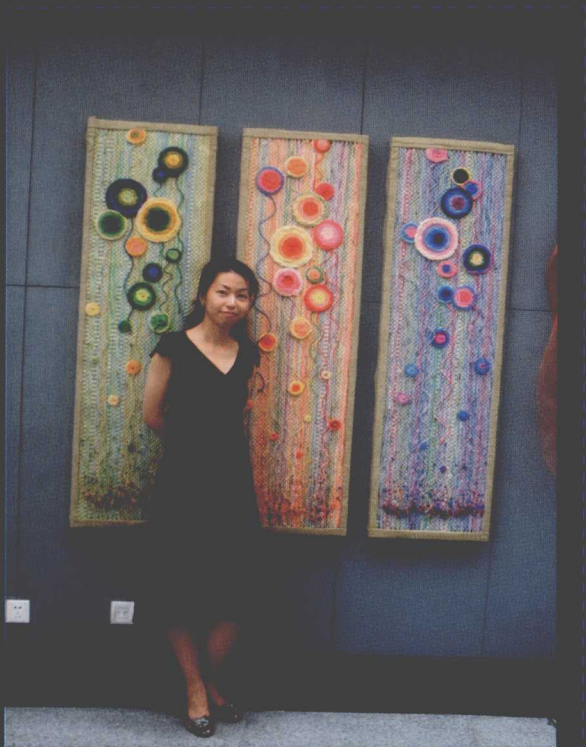
东南大学

南京理工大学

南京航空航天大学

江苏大学

华东理工大学



孙宁娜

1977年出生于南京浦口。2000年毕业于南京艺术学院工业设计系；2010年毕业于苏州大学艺术学院，获硕士学位。现任江苏大学艺术学院工业设计系副主任，讲师。从事教学工作以来，担任工业设计概论、产品形态设计、产品改良设计、产品系统设计、设计草图等课程的教学工作。在《企业管理》等杂志发表多篇论文，参编《产品色彩设计》等教材，并参与多项科研和教改项目。



董佳丽

1976年出生于黑龙江省齐齐哈尔市。1999年毕业于燕山大学工业设计系；2007年毕业于苏州大学艺术学院，获硕士学位。现就职于江苏大学艺术学院工业设计系，讲师。从事教学工作以来，担任产品设计初步、产品形态设计、产品设计原理与方法、产品造型基础等课程的教学工作。曾在《机械工程师》等杂志发表多篇论文，参编《设计图学》、《UG NX5.0中文版曲面造型基础及实例精解》等教材，并参与多项科研和教改项目。

总序

21世纪是由中国制造转变为中国创造的世纪，在这一进程中，工业设计将起到关键的作用，综合化和国际化已成为工业设计专业发展的必然趋势。工业设计教育必须从以课程为中心向以课题为中心转变，将设计作为一种高度综合性的交叉学科来组织教学，全面提高设计师的综合素质；同时，随着中国经济的日益国际化，设计教育也必须面向国际化的竞争环境，培养具有国际化视野的设计人才。有鉴于此，我们着手编写这套新型的工业设计教材。

本套教材编写的宗旨是创新型、立体化与互动式、国际性。

创新型主要体现在：

1. 教材力求触及设计教育本质，树立以项目为核心、以案例为基础的教学模式，在内容上探寻认知发展的规律和研究的方法，在形式上辅以多媒体的教学手段，在实施上强调培养学生的社会实践能力和实际动手能力，使教材能引导工业设计专业的健康发展，为工业设计教育的改革与实践起到积极的作用。

2. 充分重视设计创意的可生产性，充分探索新材料、新生产工艺在工业设计中的可实现性。既可作为工业设计的专业教材，亦可作为工业产品设计公司的工作参考书。

立体化与互动式主要体现在：

1. 本套教材随纸质教材配备VCD/DVD光盘，光盘不是简单的纸质教材的电子教案，其中包括了丰富多彩的拓展材料，如教材中没有涉及的新材料、新技术、新思想和新案例等，是教材内容的补充和延伸。

2. 信息化时代的教材出版和建设，有别于过去的纯纸质形式。随着教学理念和手段的变化，学生成为课程的主体。教材出版和建设必须以用户体验为核心，才可能提升教材的可用性和出版社的品牌价值。因此，教材建设的核心竞争力是服务的竞争，教材的服务模式成为了纸质+电子版+网络形式。今天的工业设计是创造品牌而不仅仅是制造产品，教材的建设也是如此，必须注重质量和服务。我们期待以本套教材为基础，建立一个中国设计教育的数字网络，不仅就教材方面的内容与读者互动，同时为

工业设计同行搭建一个学术和实践交流的数字平台，实现设计教育与实践的资源共享和信息交流。

国际性主要体现在：

当代工业设计的研究重点已经发生了巨大变化，由注重产品的设计，发展到强调系统设计、服务设计和人机交互设计的融合，同时讲求设计的可制造性、设计的人文价值和社会价值。本套教材选题和内容都以此为宗旨，吸收国内外优秀的设计理念和案例，为培养具有国际化视野的设计人才服务。

我们的目标是：通过教材建设来引导和规范专业课程的教学，紧密结合社会实际需要，对课程体系进行创新实验，提高工业设计人才培养水平。

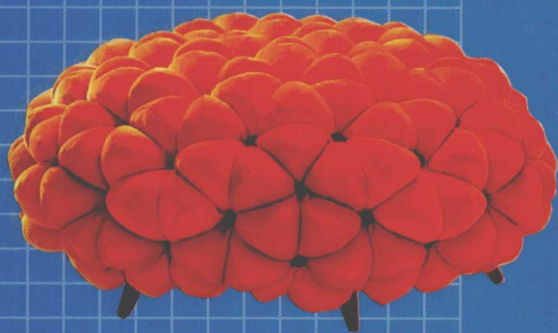
参与本套教材编写的大多是专业设计领域具有丰富教学经验的专家和骨干学者，还有许多有创新精神和新思维、新设计观念的年轻教师。扎实的基础理论和实际经验与新设计观念、创造力相融合，这套教材力求体现设计专业的实用性要求，培养学生的创造能力，实现老师与学生的良好互动、设计爱好者之间的交流沟通，真正成为创新型、立体化与互动式、国际性的工业设计规划教材。

教育部高等教育工业设计专业教学指导分委员会主任委员

何人可 教授

2010年6月于岳麓山下

Contents



01	仿生学与仿生设计	001
1.1	仿生学	002
1.2	仿生设计	004
02	产品仿生设计	013
2.1	产品仿生设计的概念	014
2.2	产品仿生设计的意义	015
2.3	产品仿生设计的发展趋势	018
03	产品仿生设计中的设计理念	023
3.1	产品仿生设计与师法自然	024
3.2	产品仿生设计与绿色设计	028
3.3	产品仿生设计与可用性设计	032
3.4	产品仿生设计与情感化设计	036
3.5	产品仿生设计与产品符号	042
3.6	产品仿生设计与产品语意认知	048
3.7	产品仿生设计与产品文化显现	055
04	产品仿生设计的应用	057
4.1	产品仿生设计中的功能仿生	058

Contents



4.2	产品仿生设计中的形态仿生	066
4.3	产品仿生设计中的结构仿生	073
4.4	产品仿生设计中的色彩仿生	078
4.5	产品仿生设计中的肌理仿生	085
<hr/>		
05	仿生设计基础训练	089
<hr/>		
5.1	仿生对象的定位与研究	090
5.2	仿生形态的二维基础训练	096
5.3	仿生形态的三维基础训练	103
5.4	仿生设计的色彩基础训练	108
5.5	课程练习	118
<hr/>		
06	产品仿生设计程序与方法	119
<hr/>		
6.1	从产品概念到仿生对象的仿生设计程序	121
6.2	从仿生对象到产品的仿生设计程序	140
6.3	产品仿生形态设计方法	144
6.4	课程练习	149
<hr/>		
参考文献		150
<hr/>		
后记		152



仿生学与仿生设计 |

01

大自然是人类生存与发展的一切源泉。人类从有意识地进行造物活动开始，便不断地模仿自然，向大自然学习。经过长期的经验积累，仿生的设计理论与方法被人们广为接受并应用于各个领域。仿生设计作为仿生学研究的内容之一，要想了解其原理并合理应用，首先要了解仿生学的相关知识。

1.1

仿生学

作为一门独立的学科，仿生学正式诞生于20世纪60年代。1960年9月，在美国召开的第一届仿生学研讨会中，斯梯尔博士（Jack E. Steele）给仿生学下了这样一个定义：

“仿生学是模仿生物系统的原理来构造技术系统，或者使人造技术系统具有类似于生物系统特征的科学。”斯梯尔将新兴的学科命名为“Bionics”，该词在希腊文中的意思是研究生命系统功能的学科。1963年我国将“Bionics”译为“仿生学”。仿生学的使命就是通过对自然世界的学习和研究，为人类提供最可靠、最灵活、最高效、最经济的技术系统，并造福人类。

从仿生学的概念来看，仿生学如同“桥梁”和“纽带”，连接着生物科学与技术。科学研究的对象首先是自然世界，科学研究就是揭示自然规律。生物科学就是人们在深入探索自然生物系统的发展规律过程后所获得的科学理论成果。而仿生学将生物科学的理论成果应用于工程技术当中，开辟了独特的新技术发展道路。20世纪50年代以来，人

图1-1 蜻蜓与直升机



们自觉地把自然界作为各种技术思想、设计原理和创造发明的源泉，短短几十年的时间，仿生学的研究方法及研究成果已经被应用于各个领域。

把仿生学原理运用到科技领域的创造而获得成功的例子数不胜数。例如蜻蜓能在很小的推力下飞翔，不但可向前飞行，还能向后和左右两侧飞行，其向前飞行速度可达72千米/小时。经研究发现，蜻蜓通过翅膀振动可产生不同于周围大气的局部不稳定气流，并利用气流产生的涡流来使自己上升。科学家根据蜻蜓翅膀的结构与工作原理成功研制了直升机（图1-1）。

再如，鱼的眼睛形状很特别，鱼眼和瞳孔都特别大，能够吸纳更多的光线，这使得鱼眼的远视功能得到加强，视野也比一般动物广阔，可以将眼前方的光线及身体两侧转向后方的光线都收入眼中。人类根据这种“眼观六路”的鱼眼工作原理设计出了用来照相的“鱼镜头”，这样可以把更多的图像收纳进来。

1.2

仿生设计

仿生设计以仿生学的研究为基础，逐步形成了一种新的设计方法，是仿生学在设计中的应用。仿生设计研究自然界生物系统优异的功能结构、形态外观、物质组成、信息控制，乃至色彩等各种生物特征及其原理，并选择性地将它们综合应用到人类的造物设计当中。

仿生设计是人类社会生产活动与大自然的契合点。人类以超越其他生物的思维能力和创造力师法自然，在不断丰富人类物质文明的同时，也增加了人类与自然的亲近感。仿生设计正不断地为人类创造更加宜人、理想的生活方式，使人类社会与自然做到真正的和谐共生。

1.2.1 仿生设计的起源与发展

大自然是物质的世界、形状的天地。自然界的无穷信息传递给人类，启发了人类的智慧，丰富了人类的才能。从人类发展的历史足迹中不难发现，人类在认识世界、改造世界的过程中，始终伴随着对自然界不同程度的模拟与仿生。古今中外的许多研究者都在不断尝试把自然界的形态和功能应用于科学。时至今日，仿生学作为一种系统、科学的创造技法，常常被用于科技创新、社会科学、艺术设计等各个领域。

(1) 仿生设计的起源

随着人类文明的发展，仿生设计已经作为一种行之有效的设计方法而被人们熟知。但是在人类文明发展的初期，人们对于仿生的运用只是处于对自然的直接模仿阶段，是人类为了生存表现出的仿生意识和行为。

人类最初使用的工具——木棒和石斧，是对牛羊角与动物爪牙的直接性功能模仿；骨针则是对鱼刺的模仿；船的造型来源于人们对鱼的形态的了解……虽然这样的仿生形式比较粗糙、简单，但却是我们今天的仿生设计得以发展的基础。

(2) 仿生设计的发展

随着对大自然的认识与探求的不断深入，人们通过观察动植物的精巧结构和完美功能，受到了很大启发。相传在公元前三千多年，我们的祖先有巢氏模仿鸟类在树上营



图1-2 鱼形樽和象形樽

巢，以防御猛兽的伤害；四千多年前，我们的祖先“见飞蓬转而知为车”，即见到随风旋转的飞蓬草而发明轮子，做成装有轮子的车。古代庙宇中大殿之前的山门的建造，就其建筑结构来看，颇有点大象的架势，柱子又圆又粗，仿佛大象的腿……

商、周、西汉时代，人们以动物形态为原型（即仿生对象）设计创造了虎樽、象形樽、鹰形壶、牛形灯等具有多种实用功能的日用器皿（图1-2）。

据《杜阳杂编》记载，唐朝有个韩志和，“善雕木作鸾、鹤、鸦、鹊之状，饮啄动静，与真无异，以关戾置于腹内，发之则凌云奋飞，可高三丈至一二百步外，方始却下”。这说明中国古代劳动人民对鸟类的扑翼和飞行动作进行了细致的观察和研究。明代发明的一种火箭武器“神火飞鸦”，也反映了人们向鸟类借鉴的愿望。以上事例说明，我国古代劳动人民早期的仿生设计活动，为开发我国光辉灿烂的古代文明添加了浓重的一笔。

外国文明史也经历了相似的过程。例如在包含了丰富生产知识的古希腊神话中，有人用羽毛和蜡做成翅膀，逃出迷宫；15世纪时，德国的天文学家米勒制造出一只铁苍蝇和一只机械鹰，并进行了飞行表演。

人类对自然的感知和掌握经历了数十万年乃至上百万年的历程，到如今发达的创造能力正是古代通过打制石器的劳作以及造物所获得的必然结果和回报。可以说，从造型到造器，人类完成了一个个新的飞跃。

如果说在20世纪40年代之前，人们创造事物时总是自觉或不自觉地模拟自然，“翻译自然”，停留在描述生物精巧的结构和完美的功能上，那么从20世纪50年代开始，人们便逐步明确地认识到了仿生设计的科学设计方法对于人类生存和生活所具有的真正价值。

总之，仿生设计从最初无意识的简单的形态模仿，到功能结构的模仿，再到相关的系统理论的形成，已逐步成为设计领域中一种科学、系统的新方法，并反过来指导人类的设计活动，既促进人类社会生产活动的不断发展与进步，也使人类社会与自然达到高度的和谐统一。仿生设计正逐渐成为设计发展的趋势之一。

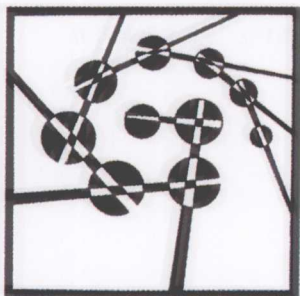


图1-3 斐波那契数列图

1.2.2 仿生设计的研究内容

仿生设计所涉及的范围非常广泛，总的来说可以归纳为三大领域。

(1) 自然科学领域的仿生设计

生物体最基本的特征，就是能自我更新和自我复制。仿生学把生物体看做能与自身环境和外界环境相联系的复杂控制系统，而仿生学的研究任务就是研究这个系统内各部分之间的相互关系，以及整个系统的行为和状态。例如人工控制系统中的传感器，如果把系统中的微型机看做是人脑仿生的话，那么就可把系统输入部分中的传感器看做是人或动物（即生命体）的五种感觉——视觉、听觉、触觉、嗅觉、味觉的仿生。

而仿生学与遗传学的整合则体现出系统生物工程的理念，也就是发展遗传工程的仿生学。人工基因重组、转基因技术是自然重组、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、细胞自动机是细胞系统水平的仿生，还有纳米生物技术、生物计算、DNA计算机技术的系统生物工程发展，仿生学已经全面发展到一个从分子、细胞到器官的人工生物系统开发的时代。

另外，生物学研究成果与数学原理的综合应用也推动了仿生设计的发展。其中最典型的例子是斐波那契数列（Fibonacci，一种递归数列）现象研究，它揭示了自然界很多生物渐变式形态美的内在机制（图1-3）。自然界的许多生物形态都符合这一潜在的数学规律。向日葵的造型就是典型的斐波那契数列现象的展现，以这样的形式排列种子、花瓣或叶子的植物还有很多（图1-4）。通过仿生学与数学的综合应用研究还可以揭示很多生物特有的数量关系和内在机制。将这些研究成果进行组合、重建和变形，从而推动数学分形几何学的发展。这样的综合运用不仅是对形式形态的丰富，更多的是对各种生物美的内在机制进行数量上的阐释、分析、衡量和应用。这种仿生学数列的排列方式对纺织、印染、装饰、服装、产品设计等领域都有很重要的借鉴意义。如以向日葵和莲

图1-4（左） 向日葵

图1-5（右） 向日葵花洒



蓬为仿生对象的花洒设计(图1-5)。同时,植物形态的渐变式排列直接启发了形式美法则中的节奏、韵律、渐变等方法。

(2) 社会科学领域的仿生设计

仿生设计不仅可以应用于自然科学领域,还可应用于管理领域、经济学领域等社会科学领域。举例来说,有研究人员对吸虫生活特征进行类比模仿,得出了企业管理的仿生启示,即环节多的系统必须采用并联管理方案,而不能采取串联管理方案,以防止由于一个环节出故障而导致整个系统正常活动停顿。在经济学领域,通过对蜜蜂和蚂蚁群体的分析得出的“家族式”经济发展模式就可见一斑。从蜂群和蚁群的严密组织可以看出,在生存斗争过程中,它们内部实现着“各尽所能,按需分配”的原则。蚁后、雄蚁、工蚁、兵蚁在蚁“群”中分工明确,各司其职。日本经济学家把这种机制带到经济学体系中,采用种种“感情的纽带”,把企业人员捆绑到“群体”之中,其实质就是“家族化”的经济发展模式。结果这种经济管理法开创了日本经济发展的奇迹,使之在20世纪60年代战胜了美国、欧洲的股份有限公司发展模式,成为仿生经济学成果的一个有力佐证。

社会科学领域的仿生设计成果往往不是一种看得见、摸得着的物质实体,而是一种系统化的新思想、新原理、新方法和新途径。

(3) 艺术设计领域的仿生设计

科学技术的发展不仅满足了人类各种物质需求,也使人们更加注重精神层面的需要。为了消解技术带来的冷漠与生疏,人们更加追求美感,体现个人情趣、个性、品位与文化体验,以及科技、人与自然的平衡。这时,在仿生设计中仅凭社会科学、自然科学领域的理论知识就不足以满足这一需求,人类对于设计美的追求便有了介入的必要。因此,艺术设计领域的仿生设计既与生产实践密不可分,又和艺术理论与美学知识密切相关。当我们谈论一款仿生艺术设计产品的好坏时,往往是对其形态、色彩、肌理、语意、功能、结构等的综合评价。应该说艺术仿生设计是具有时代特征的科学技术美与艺术美的综合体现。在艺术设计领域中,我们经常能看到充满美感的仿生设计,这也是与前述两个领域的不同之处。

艺术领域的仿生设计体现在设计各个领域,如服装设计中的仿生、建筑设计中的仿生、视觉传达设计中的仿生、产品设计中的仿生等。

① 服装设计中的仿生。

服装设计领域的仿生艺术设计成果非常显著。从服饰发展史看,人类很早就知道运用仿生手段来美化自身。我国古代将士披戴的甲冑上,往往饰有模仿龟纹、鱼鳞形状的纹样。不仅如此,在服饰的局部装饰中,玫瑰花结、玫瑰花饰和蝴蝶花结等被广泛运用于服装边缘的装饰,成为高贵优雅的象征,并沿袭至今。在现代,尤其是当代时装艺坛



图1-6(左) 三宅一生的服装设计作品

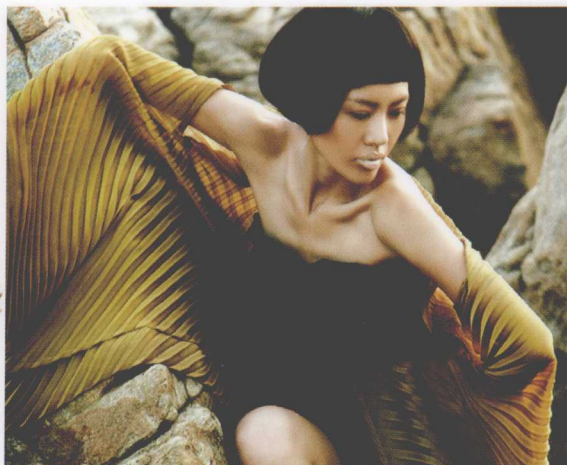


图1-7(右) 闪光面料的应用

上,人们对仿生美的追求也由过去的朦胧状态向着自觉领域过渡,例如面料的肌理纹饰设计中,仿生设计已成为某些设计师的独特风格。日本时装设计大师三宅一生就特别擅长于从大自然生物中汲取灵感,他设计出取材于贝壳肌理特点的风衣、源于黑木耳重叠层次感的女晚装等(图1-6)。而在服装面料的仿生方面,最成功的例子当属蝴蝶色彩的应用。蝴蝶具有丰富的色彩,而其形体又变化无穷。从仿生学角度看,把这些丰富的天然配色实例通过科学的分析应用到各种用品色彩设计上,蝴蝶就成为一种用之不尽、取之不竭的色彩源泉。如模仿带闪光粉的蝴蝶而设计出的特殊闪光面料,在服装设计领域得到了很大的推广和应用(图1-7)。

②建筑设计中的仿生。

建筑设计领域的仿生也同样异彩纷呈,建筑仿生已成为一种新时代潮流,也是建筑文化的新课题。建筑仿生学的应用范围很广,从实用功能仿生、组织结构仿生到城市环境仿生等,从单体建筑到城市总体,从材料到居住环境都可涵盖。如巴黎的城市规划就模仿了人体的肺部器官,使得城市充满勃勃生机。而英国建筑师史密森曾提出一种新的城市形态,被称为“簇群城市”,它是根据植物生长变化的规律而提出的一种新城市布局思想,这也是仿生的成果。目前许多小区的规划设计与“簇群城市”规划思想颇有异曲同工之处。建筑仿生往往也会出现综合性的仿生应用,形成一种城市与建筑的仿生整体。例如勒·柯布西耶(Le Corbusier)在1950~1955年间设计建造的法国朗香教堂的平面就是模拟了人的耳朵,象征着上帝可以倾听信徒的祈祷(图1-8)。正是因其平面具有超现实的功能,以致在造型上也相应获得了奇异神秘的效果,并且可以得到帽子、鸽子等形态的联想。类似的情况还有许多,比较著名的有1960~1963年夏朗(Hans Scharoun)在柏林设计建造的爱乐音乐厅,其内部空间是仿自乐器内部空间共鸣的效果,从而形成了一个复杂奇特的形体。