



BIO-STRUCTURAL
analogues in architecture

仿生结构

结构的相似性

[新加坡] 约瑟夫·利姆 著
沈海晖 郭剑桥 译

江西美术出版社

仿生结构

结构的相似性

[新加坡] 约瑟夫·利姆 著
沈海晖 郭剑桥 译

图书在版编目(CIP)数据

仿生结构: 结构的相似性 / (新加坡) 利姆著; 沈海晖, 郭剑桥译.
—南昌: 江西美术出版社, 2015.10

ISBN 978-7-5480-3770-5

I. ①仿… II. ①利… ②沈… ③郭… III. ①建筑结构—研究 IV. ①TU3

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第208333号

原 著: [新加坡] 约瑟夫·利姆

翻 译: 沈海晖 郭剑桥

责任编辑: 蒋 博 李 佳

装帧设计: 蒋 博

责任印制: 谭 勋

仿生结构

结构的相似性

FANGSHENG JIEGOU

出版发行: 江西美术出版社

地 址: 南昌市子安路66号

网 址: www.jxfinearts.com

E-mail: jxms@jxpp.com

经 销: 新华书店

印 刷: 江西千叶彩印有限公司

开 本: 889mm×1194mm 1/64

印 张: 4

版 次: 2015年10月第1版

印 次: 2015年10月第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-5480-3770-5

定 价: 28.00元

赣版权登字 06-2015-469 引进号 14-2015-118

本书由江西美术出版社出版。未经出版者书面许可, 不得以任何方式抄袭、复制或节录本书的任何部分。(© 版权所有, 侵权必究)

本书法律顾问: 江西豫章律师事务所 晏辉律师

随笔
工艺思维 6
设计实验室 14

102
动物模拟

18
植物仿生



106
陆龟科
乌龟
Sian Chong Ping

20
棕榈科家族
马达加斯加棕榈树
Eva Leung & Vivian Ho



114
蜘蛛目
蜘蛛
Jeffrey Cho

40
桦木科家族
角树叶
Tham Wai Hon



120
无尾目
青蛙
Desmond Siah

62
雨久花科
水葫芦
Tan Sok Leng



126
鸠鸽科
鸽子的翅膀
Loo Chee Choon

70
锦葵科
芙蓉花瓣
Colin Choo



130
翼手目
蝙蝠的翅膀
Ng Bee Leng

82
菊科
蒲公英
Erick Leong



136
鞘翅目
甲虫的翅膀
Chen Min Sze

88
番木瓜科
木瓜叶
Tan Chiew Hong



142
蝗亚目
蝗虫
Maureen Soh

100
植物形态的教学价值

144
结论

	146 珊瑚模拟	198 贝壳模拟	
152 菌珊瑚科 波纹珊瑚 Leong Whye Kay			200 新西兰蝾螺 向日葵星螺 Ong Ming Ming
158 褶叶珊瑚科 脑珊瑚 Tan Wei Wei			208 香螺科 左旋香螺 Davlin Chin
166 珊瑚虫纲 皱纹珊瑚 Edmund Ng			216 腹足类贝壳的齿舌 Chiong Gee Khoon
170 杯状珊瑚 太阳花珊瑚 Quah Cheng Ee			224 双壳纲 鳞砗磲 Chan Mun Yee
176 绳纹珊瑚科 大碓珊瑚 Foo Li Ching			230 石鳖科 排石鳖 Chan Shao Chuin & Chua Soo Hoon
182 喇叭珊瑚科 床板珊瑚 Mok Wei Terk			236 鹦鹉螺属 珍珠鹦鹉螺 Fiona Seah
188 绳纹珊瑚科 查戈斯珊瑚 Koh Thien Nee			242 角贝属 象牙贝 Vivian Chan
	196 结论	246 弯曲和折叠结构的 教学意义 252 教学观察报告	

仿生结构

结构的相似性

[新加坡] 约瑟夫·利姆 著
沈海晖 郭剑桥 译

图书在版编目(CIP)数据

仿生结构: 结构的相似性 / (新加坡) 利姆著; 沈海晖, 郭剑桥译.
—南昌: 江西美术出版社, 2015.10
ISBN 978-7-5480-3770-5
I. ①仿… II. ①利… ②沈… ③郭… III. ①建筑结构—研究 IV. ①TU3
中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第208333号

原 著: [新加坡] 约瑟夫·利姆

翻 译: 沈海晖 郭剑桥

责任编辑: 蒋 博 李 佳

装帧设计: 蒋 博

责任印制: 谭 勋

仿生结构

结构的相似性

FANGSHENG JIEGOU

出版发行: 江西美术出版社

地 址: 南昌市子安路66号

网 址: www.jxfinearts.com

E-mail: jxms@jxpp.com

经 销: 新华书店

印 刷: 江西千叶彩印有限公司

开 本: 889mm×1194mm 1/64

印 张: 4

版 次: 2015年10月第1版

印 次: 2015年10月第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-5480-3770-5

定 价: 28.00元

赣版权登字 06-2015-469 引进号 14-2015-118

本书由江西美术出版社出版。未经出版者书面许可, 不得以任何方式抄袭、复制或节录本书的任何部分。(© 版权所有, 侵权必究)

本书法律顾问: 江西豫章律师事务所 晏辉律师

献给亚当、赖安、格雷厄姆以及伊斯穆尔尼

感 谢

感谢新加坡国立大学建筑学院为我的教学研究提供了便利，以及设计与环境学院的系主任江恒杰教授。还要感谢建筑系的院长汪云池副教授和设计与环境学院的前系主任章兴法教授。

我由衷地感激威廉姆斯·卡迈克尔教授、K·塔尔玛拉塔纳姆副教授、约翰·波特伍德先生、吉尔萨姆·纳尔巴托格鲁教授以及给我支持和鼓励的同事们。

最重要的是，要感谢那些信任我的学生们，在我尝试一些初次的实验设计时，他们毫无怨言。

	随笔 工艺思维 6 设计实验室 14	102 动物模拟
	18 植物仿生	 106 陆龟科 乌龟 Sian Chong Ping
20 棕榈科家族 马达加斯加棕榈树 Eva Leung & Vivian Ho		 114 蜘蛛目 蜘蛛 Jeffrey Cho
40 桦木科家族 角树叶 Tham Wai Hon		 120 无尾目 青蛙 Desmond Siah
62 雨久花科 水葫芦 Tan Sok Leng		 126 鸠鸽科 鸽子的翅膀 Loo Chee Choon
70 锦葵科 芙蓉花瓣 Colin Choo		 130 翼手目 蝙蝠的翅膀 Ng Bee Leng
82 菊科 蒲公英 Erick Leong		 136 鞘翅目 甲虫的翅膀 Chen Min Sze
88 番木瓜科 木瓜叶 Tan Chiew Hong		 142 蝗亚目 蝗虫 Maureen Soh
	100 植物形态的教学价值	144 结论

146
珊瑚模拟

198
贝壳模拟

152

菌珊瑚科

波纹珊瑚

Leong Whye Kay



158

褶叶珊瑚科

脑珊瑚

Tan Wei Wei



166

珊瑚虫纲

皱纹珊瑚

Edmund Ng



170

杯状珊瑚

太阳花珊瑚

Quah Cheng Ee



176

绳纹珊瑚科

大碓珊瑚

Foo Li Ching



182

喇叭珊瑚科

床板珊瑚

Mok Wei Terk



188

绳纹珊瑚科

查戈斯珊瑚

Koh Thien Nee



200

新西兰蝶螺

向日葵星螺

Ong Ming Ming

208

香螺科

左旋香螺

Davin Chin

216

腹足类贝壳的齿舌

Chiong Gee Khoon

224

双壳纲

鳞砗磲

Chan Mun Yee

230

石鳖科

排石鳖

Chan Shao Chuin & Chua Soo Hoon

236

鹦鹉螺属

珍珠鹦鹉螺

Fiona Seah

242

角贝属

象牙贝

Vivian Chan

196
结论

246 弯曲和折叠结构的
教学意义
252 教学观察报告

工艺思维

作为自然界中最基本手段的“工具”一词是由希腊词语TECHNE中分离出来的。在马丁·海德格尔的《技术问题》一书中，提出技术与“制作”这个概念有很大关联。它的本质并不是工艺。¹ 马尔科·弗拉斯卡蒂认为，建筑师画的效果图应该能从各个维度中看出里面运用的技术。² 他把技术图定义为脑中灵感的再现，这种灵感应该是产生于仿生的象征性和结构具有的机械性的关键系统。很明显，在这个详细的过程中将包括基本的手工建构（以技术的理性为基础）和对自然的夸张反映两部分（以理性的技术为基础）。建筑是从系统知识转化为技术知识，上述两个过程很好地体现出这个概念。

然而，在18世纪科学理论的启蒙时期，一些夸张的想法被理性（科学）取代。在建筑工程方面，第一次工业革命带来了建造技术和结构技术上的革新，这开创了不受木、石材料约束的先例。随着新工业技术的出现，以往“观看建筑”的方法也被重新审视。建筑学家希望随着技艺的发展，从建筑手法中建立他们自己的规则。

卡尔·博蒂切尔在探索建筑理论时，用有别于核心形式和艺术形式的方法进行在空间中使用钢铁结构的设想。³ 艺术形式通常在不能被察觉到的结构与空间中体现，更进一步地体现出艺术性而不是功利性的构造概念。该建筑概念告诉设计者做浇铸材料时的通用法则。在这里，技术包含了构造和样式。构造描述了当柱子、墙、梁、屋顶等建筑元素超出了它们的原本结构合理性时的情况。德国著名建筑师戈特弗里德·森佩尔认为艺术形式和核心形式是结构象征感而不是结构技

术感。⁴ 任波的观点重估并改变了传统构造的建筑形式。

18世纪建筑师使用的机械技术和新建筑材料作为社会生产形式的技术发生了改变，与此同时，建筑理论也在不断地丰富变化着。按照安东尼·皮肯的理论，建筑工程师头脑中的结构也会随着自然社会中实物的改变发生变化。⁵

皮肯认为人们对物质世界的看法是：世界的本质就是不断地变化的，是按照一定规则和比例转变。因此，传统工程师改变了他们对建筑环境概念的看法，为了适应新的空间结构样式，他们把重心由依靠几何知识转向了数学和科学方面的知识。建筑的外观美丽不再是评价一个造型设计的唯一标准，在设计中充满生气的过程同样重要。

与那些把科学从工程学中分离出来的工程师相比，18世纪的工程师们认为科学与技术之间有一种天然的联系。为了在科学与工程之间架起一座桥梁，法国正在研究与开发一种用工程学来处理与帮助从自然形象向建造形象变化的过程。和这个发展变化相对应的是一种新型的设计方法，就是按一定秩序比例进行技术生产。⁶ 以上两种研究都非常强调设计美学中的程式化的美。

在工程学的大环境下，可行性被看作是“程式化美学”而不是“物体美学”的一种美。与这种定式设计相关的就是工程师所采用的工艺想法形式。

具体的想法

建筑师画效果图的目的就是为建造提供必要的数据和参数，通过提供的数量让人们看清设计图的构造连接方式。当我们在交流建造过程的不同部分时，效果图是展示一种几何结构的方法。具象法就是在设计过程中先考虑它的空间形状和材料种类，然后再进一步考虑具体的造型。当具象法成为整个设计过程中的一种设计手法时，它也需要考虑到材料的相关方面。

澳大利亚柏涛建筑公司的特里斯特拉姆·卡尔夫瑞伊设计的北京奥运会游泳馆（水立方）是一个特殊的例子，卡尔夫瑞伊在这里使用的几何结构都是为了显示他用的四氟乙烯材料产生的气泡效果。这个几何是通过在多面体上雕琢产生了非对称的气泡形又具有交叉的三维图案。这个图案被用来定位压缩的支撑物，通过控制图案的长度和交叉数来减少建筑物的屈力和应力。这种带有重复规律的图案结构不但可以用来限制游泳馆的外围，使它有一个自由跨度，而且能在四氟乙烯充气时起过滤作用，并充当一个凹的支架功能。在这个设计案例中，它的方法是使设计的结构不但具有图案性，而且具有建筑的功能。

联 想

除了19世纪科学主观想法推动着现代建筑的发展之外，推广建筑概念的中心思想就是从其他门类的知识中获得灵感。汤姆·皮特斯提出一种被称作“三维联想”的方法。⁷他认为尽管那些科学方法能使我们理解建筑结构和材料，但并不有助于建筑设计。也许，建造设计师们可以用联想法创造新的建筑结构。⁸

联想法是一种混合的想法，为了构想出设计解决方法，它会从其他知识领域获取灵感。皮特斯引用了19世纪使用联想设计想法的例子，它的设计精彩之处是涉及到把相似的空间转移到建筑里。

查尔斯·福克斯认为，空间想象能力跟约瑟夫·帕克斯顿的水晶宫建筑空间几何结构密切相关。⁹一个建筑的整个外形应该考虑横断面或具有特定图案的设计部分，它们之间相互交叉的部位，福克斯认为该建筑的轴线两旁是完全对称的，在大楼的两边向上方延伸，就像哥特式的拱顶一样，这个设计形式使建筑的结构空间更容易具体化。

随着1830年卡尔·路德维格·阿尔托依兹铸造厂的建成以及马克·布鲁内尔为涅瓦桥设计的隧道顶棚的完工，皮特斯从自己的经验和认知中寻找灵感，并提出另一种模仿自然的联想方法。¹⁰

这两个例子在设计方法上是不同的。阿尔托依兹使用铸造品作为建筑的结构，布鲁内尔把动物的动态转化为机械来表现其动作，并作用于隧道顶棚上。前者在建筑结构设计上是即兴创作，而后者是采用了机

械形式进行表现。这两种方法都不受以前的设计成品和想法的限制。于是模仿自然成为机械仿生设计原则和结构设计的原则。¹¹

在罗伯特·李·瑞古莱斯的研究案例中，给材料不断增加强度是检验它在建筑中能承受多大力的一种策略，在设计同构造型时，从自然形态中抽象出形式，并且要在原物和提取的形式之间寻找一些存在相关的联系或关联。¹²

在福克斯和帕克斯顿之后的半个世纪，达西·汤普森写了关于《生物发展的数理专注》，提到把形式解释为一种有生命的图形，并分析了生物的形式，他归纳出两点：

1. 将没有被外力作用过的局部或整个生物，采用几何学结构的形式进行表现转化。
2. 将合成的形体作为另一类，将它们按照规律性进行简单化的变形。

菲力克斯·坎迪拉、P. L. 内尔威以及爱德华多·托罗加根据精确的贝壳结构和它表面的螺纹用钢丝水泥网做出一个跟自然界贝壳一样的坚硬类似物。罗伯特·李·瑞古莱斯是通过施重测平衡来做出精确的面板。¹³

弗雷·奥托后来的探索是通过薄膜纤维、晶体、柱子、张力系统对充气物体进行转化想象，以及存在于自然界中的表面张力。

当前发展状况

当前设计研究的热点领域是生物进化、人工智能、合成理论、自动化和常见系统理论。迈克尔·文斯托克把科学发生定义为自然界中出现的物体形式和行为之间的融合。¹⁴ 这个术语也表示在模仿自然时要使用的数学的方法，也是规律的方法。

在建筑中，这个研究以生物原本结构和交互为依据，涉及到一些数学知识，把这些知识当作设计方法将自然形态运用到人为设计过程中来。生物形态在复杂自然中产生变化，以维持自然外力作用下的生态系统，这表明自然生态结构拥有适应和控制周围环境改变的能力。

根据这些特征，我们能够发现在建筑结构和外形中消除结构和功能的差异已经超越欧几里得几何学的形态，他们在给不断变化的结构类型提出一些建议。这些涉及到文化、气候、能量等的材料加工过程使材料能够与社会以及物理环境产生一定的联系。

在建筑物结构中，为了充分利用形态，并将形态组成各种各样的物体，我们从自然中寻找方法，并且要适应对材料内外部产生影响的环境变化。建筑的外形可以被看作是结构组成的一个系统，使用几何方式来调节环境以适应变化的物理和气候环境。对于这些建筑的外形来说，结构可以看作是有活跃能力的表面要素，当受到外力触发时它可以改变几何形状，几何结构的改变通过承受和分担外力来增加建筑的能力。

我们可以看到自然生物体的多样性来源于其自然生物自身细胞组织的特性。根据它们自身位置和它们对环境变化发生改变所产生的反应，这种反应又形成一种新的结构组织。因此，简单的细胞结构元素可以在不同环境中呈现不同的功能与形态。

如今，迈克·亨泽尔和阿希姆·门格斯把自然中的这个原则看作是建筑系统向形态生态学转变的一个重要因素。¹⁵

对材料和结构的研究更有利于我们对结构和空间的研究。这本书里提到的设计工作室正是试图从建筑本身之外，从自然中，寻找一种方法来获取建筑形式，以探索不断变化的建筑形式。

注 释：

1. 海德格尔认为“techne”是希腊语“技术”的意思，并且翻译得很有“诗意”。“技术”可以体现出对象类型与其制作方法之间的关系。
2. 马可·弗拉斯卡里，《建筑学教育杂志》中“建筑研究里新的演示方法”（1990年第一版，第44卷）
3. 沃尔夫冈·赫尔曼，《我们该建造什么风格》中“古希腊与日耳曼的建造法则”（芝加哥出版社，1992年）
4. 卡拉特拉瓦的沃伦音乐大厅屋顶是拱形的，由一条像弦乐器状的隐喻性的结构组成。
5. 罗伯特·福克斯，《技术变革》中“安东尼·皮康谈技术思想史”（哈伍德学院，1996年）
6. 汤姆·F. 皮特提出的技术美的定义是有关美学的过程（而不是美学的对象），他认为技术美是对一个物体的空间、功能以及它的象征意义的描述。