

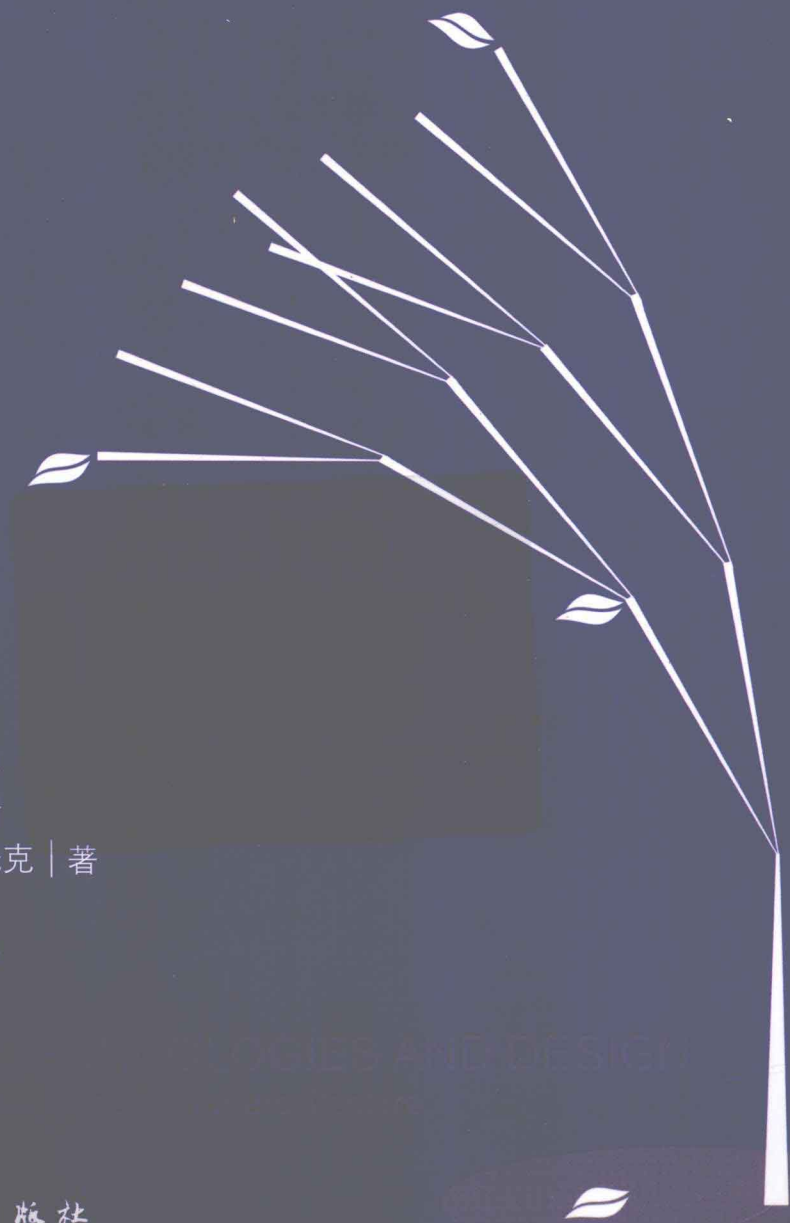
新兴科技与设计

——走向建筑生态典范

[英] 迈克尔·亨塞尔
[德] 阿希姆·门奇斯
[英] 迈克尔·温斯托克 | 著

[新加坡] 陆潇恒 | 译

中国建筑工业出版社



新兴科技与设计

——走向建筑生态典范

[英] 迈克尔·亨塞尔
[德] 阿希姆·门奇斯
[英] 迈克尔·温斯托克

著

[新加坡] 陆潇恒

译

中国建筑工业出版社

著作权合同登记图字：01-2011-5821号

图书在版编目 (CIP) 数据

新兴科技与设计——走向建筑生态典范 / (英) 亨塞尔, (德) 门奇斯, (英) 温斯托克著;
(新加坡) 陆潇恒译. —北京: 中国建筑工业出版社, 2013.2
ISBN 978-7-112-14874-5

I. ①新… II. ①亨… ②门… ③温… ④陆… III. ①生态建筑-建筑设计 IV. ①TU18

中国版本图书馆CIP数据核字 (2013) 第041387号

Emergent Technologies and Design: Towards a biological paradigm for architecture / Michael Hensel, Achim Menges and Michael Weinstock

Copyright © 2010 Michael Hensel, Achim Menges and Michael Weinstock

All rights reserved. Authorized translation from the English language edition published by Routledge, a member of the Taylor & Francis Group.

Chinese Translation Copyright © 2014 China Architecture & Building Press

China Architecture & Building Press is authorized to publish and distribute exclusively the Chinese (Simplified Characters) language edition. This edition is authorized for sale throughout China. No part of the publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

本书中文简体字翻译版由英国 Taylor & Francis Group 出版公司授权中国建筑工业出版社独家出版并在中国大陆销售。未经出版者书面许可, 不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

Copies of this book sold without a Taylor & Francis sticker on the cover are unauthorized and illegal.

本书贴有 Taylor & Francis Group 出版公司的防伪标签, 无标签者不得销售

责任编辑: 董苏华 段 宁 孙 栋/责任设计: 陈 旭/责任校对: 张 颖 陈晶晶



新兴科技与设计——走向建筑生态典范

[英] 迈克尔·亨塞尔

[德] 阿希姆·门奇斯 著

[英] 迈克尔·温斯托克

[新加坡] 陆潇恒 译

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京锋尚制版有限公司制版

北京盛通印刷股份有限公司印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 15¼ 字数: 335千字

2014年1月第一版 2014年1月第一次印刷

定价: 128.00元

ISBN 978-7-112-14874-5

(22932)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

新兴科技与设计

——走向建筑生态典范

[英] 迈克尔·亨塞尔
[德] 阿希姆·门奇斯 著
[英] 迈克尔·温斯托克

[新加坡] 陆潇恒 译

中国建筑工业出版社

著作权合同登记图字：01-2011-5821号

图书在版编目 (CIP) 数据

新兴科技与设计——走向建筑生态典范 / (英) 亨塞尔, (德) 门奇斯, (英) 温斯托克著;
(新加坡) 陆潇恒译. —北京: 中国建筑工业出版社, 2013.2
ISBN 978-7-112-14874-5

I. ①新… II. ①亨… ②门… ③温… ④陆… III. ①生态建筑-建筑设计 IV. ①TU18

中国版本图书馆CIP数据核字 (2013) 第041387号

Emergent Technologies and Design: Towards a biological paradigm for architecture / Michael Hensel, Achim Menges
and Michael Weinstock

Copyright © 2010 Michael Hensel, Achim Menges and Michael Weinstock

All rights reserved. Authorized translation from the English language edition published by Routledge, a member of the
Taylor & Francis Group.

Chinese Translation Copyright © 2014 China Architecture & Building Press

China Architecture & Building Press is authorized to publish and distribute exclusively the Chinese (Simplified Characters)
language edition. This edition is authorized for sale throughout China. No part of the publication may be reproduced or
distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

本书中文简体字翻译版由英国 Taylor & Francis Group 出版公司授权中国建筑工业出版社独家出版并在中国大陆
销售。未经出版者书面许可, 不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

Copies of this book sold without a Taylor & Francis sticker on the cover are unauthorized and illegal.

本书贴有 Taylor & Francis Group 出版公司的防伪标签, 无标签者不得销售

责任编辑: 董苏华 段 宁 孙 炼/责任设计: 陈 旭/责任校对: 张 颖 陈晶晶

新兴科技与设计——走向建筑生态典范

[英] 迈克尔·亨塞尔

[德] 阿希姆·门奇斯 著

[英] 迈克尔·温斯托克

[新加坡] 陆潇恒 译

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京锋尚制版有限公司制版

北京盛通印刷股份有限公司印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 15 $\frac{3}{4}$ 字数: 335千字

2014年1月第一版 2014年1月第一次印刷

定价: 128.00元

ISBN 978-7-112-14874-5

(22932)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

目 录

序言	4
致谢	7
导论	9

第一部分 理论框架 23

第一章 进化和电脑计算	25
第二章 材料系统、形态计算、性能	43
第三章 材料系统和环境动力学的反馈	63

第二部分 科研成果 83

第四章 纤维	85
第五章 织物	101
第六章 网	117
第七章 晶格	137
第八章 枝杈	155
第九章 单元	175
第十章 质量组件	195
第十一章 铸件	211
第十二章 聚集体	227

参考书目	243
项目参与人	247
作者简历	250
译后记	252

序 言

新兴科技与设计课程并没有一个单一的起点，它是各领域的学者专家在一系列合作之中产生的大量个人兴趣的结晶。1998年11月，迈克尔·亨塞尔（Michael Hensel）和迈克尔·温斯托克（Michael Weinstock）在伦敦建筑联盟学院共同策划了一个叫做“先进科技与智能材料”（Advanced Technologies and Intelligent Materials）的展览。这项展览展出了数个物理和电脑试验的图像、文字和模型。这些试验中的一些热点成为之后新兴科技与设计课程的主要讨论课题。这些热点包括由进化系统和生物系统数学模型产生的电脑计算方法、工具和技巧；为适应性和反应性材料系统与运动员所使用的高级假肢而研发，全新的电脑辅助生产科技、先进的制造技巧和材料科学的研究。迈克尔·亨塞尔和迈克尔·温斯托克在这里的合作对之后的发展起着举足轻重的作用。

迈克尔·温斯托克为这个课程展示了他对生物进化中的数学，及他对航海用具和海事系统、古代民间建筑和现代建筑中材料使用的变迁等方面的个人兴趣。

而迈克尔·亨塞尔则论述了他对建筑功能与人为环境之间的关系、挑战建筑之间的

独立性和探索非传统建筑模式等方面课题的极大兴趣。他利用一系列生于好奇的项目展开这方面研究，而这些项目大多起始于他在OCEAN NORTH和第4期文凭课程时所进行的研究。当时，他同鲁道·古德曼（Ludo Grooteman）同时教授第4期文凭课程。高级电脑辅助设计、材料使用逻辑和电脑辅助生产是OCEAN NORTH（今天的OCEAN研究与设计协会）的研究重点。约翰·贝蒂姆（Johann Bettum）和迈克尔·亨塞尔均是OCEAN NORTH的成员，曾在1999年名为《物质性的问题》（Issues of Materiality）的一篇未发表的论文中共同探索利用生物模型重新定义建筑中的材料极限。

将这个影响力极强的展览扩充，并发展成为一项课程的机会在2000年得以实现。穆赫辛·穆斯塔法维（Mohsen Mostafavi），时任建筑联盟学院主席，希望迈克尔·亨塞尔和迈克尔·温斯托克能在建筑联盟学院创立一项新的硕士课程并担任其主任，课程着重于新兴科技。在之后的一年中，同建筑、工程、工业设计、电脑科学和仿生学领域的众多知名学者专家和从业者进行多次商讨之后，新兴科技与设计课程终于成文并开

始发展。招收的第一批学生于2001年开始上课。同年，课程得到英国开放大学（Open University）的认证。2002年，阿希姆·门奇斯（Achim Menges）加入新兴科技与设计课程并担任工作室主任，他对各种电脑计算方式（包括联合性建模和参数设计）与高级电脑辅助生产和材料使用逻辑等方面开展研究。之后，课程继续发展并开始注重于探索建筑环境产生的更高层次的功能、算法驱动电脑辅助分析和实体找形与电子找形相结合。雷丁大学（University of Reading）仿生学中心主任乔治·杰诺米蒂斯（George Jeronimidis）也于2002年加入此课程，并带来了他在生物系统分析和利用中抽取的原理在不同尺度与产业内，结构与材料系统的设计与发展上使用这两方面的相关经验。而这一系列略带共同之处却又有一定差异的兴趣于2003年3月在建筑联盟学院名为“外形：设计中的进化策略”（Contours: Evolutionary Strategy in Design）的展览中得到了完美的统一。新兴科技与设计课程在这之后继续发展壮大，它的研究项目曾在两期客座编辑版的《建筑设计》（Architectural Design）中出版，命名为《涌现：形态生成设计策略》（Emergence: Morphogenetic Design Strategies, AD Wiley, 2004）和《形态形成设计——技巧与技术》（Techniques and Technologies in Morphogenetic Design, AD Wiley, 2006）。除此之外，新兴科技与设计小组的成员也发表了一系列其他方面的书籍和杂志，其中讨论了新的研究领域并对那些已经进入研究领域的项目作出了进一步的探讨。这包括《形态生态学》（Morpho-Ecologies, 迈克尔·亨塞尔和阿希姆·门奇斯合编, AA Publications,

2006, 迈克尔·温斯托克助编),《多功能性和变迁》(Versatility and Vicissitude, 迈克尔·亨塞尔和阿希姆·门奇斯合编, AD Wiley, 2008, 迈克尔·温斯托克助编),《空间读本：建筑的异构空间》[Space Reader: Heterogeneous Space in Architecture, 迈克尔·亨塞尔, C·海特 (C. Hight) 和阿希姆·门奇斯合编, AD Wiley, 2009], 以及迈克尔·温斯托克所著的《建筑的出现：算法、能源及自然和建筑形式的演化》(The Architecture of Emergence: The Evolution of Form in Nature and Civilisation) 于2010年由威立出版，书中主要讨论通过对自然与文化复杂系统中的动态进行分析而审查“涌现”理论与其起源。这将突破现存的一些临界点，并加快理论进步的步伐。

本书的目的在于对新兴科技与设计课程中的研究和过去的8年中对建筑界的贡献作出了一个总结。我们希望本书能够到达众多有关学者、研究员、学生和从业者手中，并衷心希望将来当研究领域与设计领域合作时能为建筑环境作出更多的贡献：让人们不再只关注建筑外形的新颖性，而应该更多注重建筑的内在性能。

迈克尔·亨塞尔
阿希姆·门奇斯
迈克尔·温斯托克
伦敦，2009年6月

致 谢

我们在这里对穆赫辛·穆斯塔法维 (Mohsen Mostafavi)，前任建筑联盟学院主席表达衷心的感谢，他让我们得以在2001年成立新兴科技与设计硕士课程。同时，我们也诚挚地感谢布雷特·斯蒂尔 (Brett Steele)，现任建筑联盟学院主任对我们的大力支持。

我们非常感谢众多杰出的合作者，首先是乔治·杰诺米蒂斯教授 [George Jeronimidis，博士，雷丁大学 (University of Reading) 仿生学中心主任]、托妮·阿特金斯 (Toni Atkins)、马克斯·福德姆教授 (Max Fordham)、艾玛·约翰逊博士 (Emma Johnson)、雷蒙·佩德里奇教授 (Remo Pedreschi，博士)、克里斯蒂娜·谢伊博士 (Christina Shea)、克莉丝·威廉斯博士 (Chris Williams)、克里斯·怀斯教授 (Chris Wise)，以及智能几何小组 (Smart Geometry Group) 和奔特力工程软件有限公司 (Bentley Systems) 的罗伯特·艾什 (Robert Aish)，布罗·哈普尔德公司 (Buro Happold) 的迈克·库克 (Mike Cook) 和沃尔夫·曼格尔斯多夫 (Wolf Mangelsdorf)，还有远征工程公司 (Expedition Engineering)。我们也要特别感谢现在的与以往的教学人员，包括丹尼尔·科

尔|卡普德维拉 (Daniel Coll|Capdevila)、克里斯蒂娜·诺俄波提 (Christina Doumptioti)、埃文·格林伯格 (Evan Greenberg)、利亚诺斯·哲特萨斯 (Stylianos Dritsas)、马丁·亨贝格 (Martin Hemberg)、尼古拉斯·斯塔索普洛斯 (Nikolaos Stathopoulos)，还有我们的客座教学人员伯格·赛维德逊教授 (Birger Sevaldson，博士)、德弗妮·孙格若格鲁 (Defne Sunguroğlu) 和智利项目协调者胡安·苏贝尔卡素斯 (Juan Subercaseux) 和智利项目客户代表马丁·韦斯科特 (Martin Westcott)。

衷心感谢弗雷·奥托 (Frei Otto) 和他在斯图加特的轻型结构研究所的团队在过去的八年中给予我们和我们的学生极大的启发。

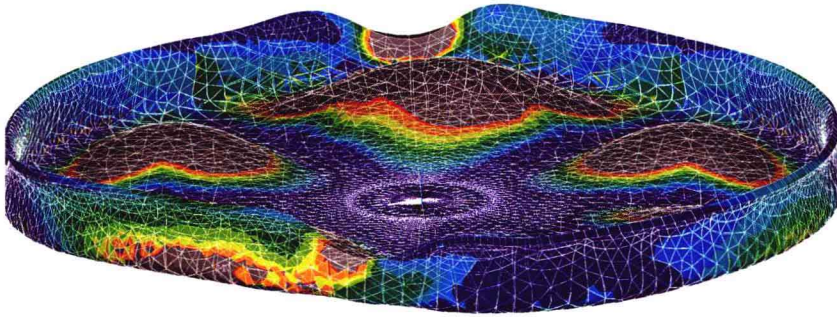
我们还要特别感谢的是卡罗琳·马林德 (Caroline Mallinder) 和她给予我们的不断鼓励与支持，最终让这本书成为现实。我们也要感谢项目编辑凯瑟琳·莫顿 (Katherine Morton)。

最后，我们要诚挚地感谢我们的家人和他们对我们曾经由于忘我的工作而忽视照顾家庭时给予的极大谅解。

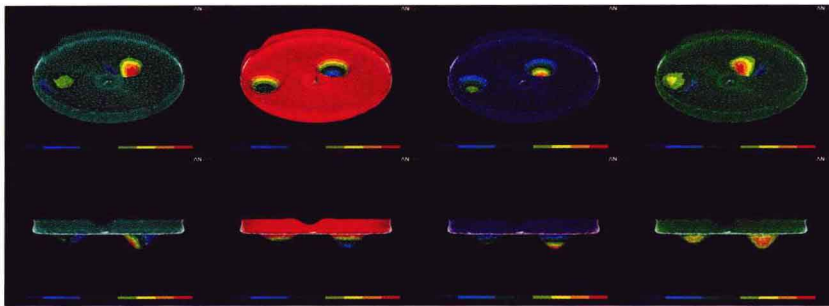
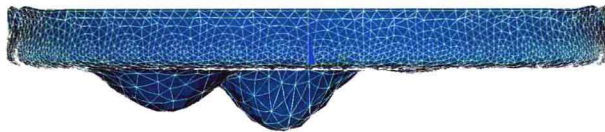
导论

新兴科技与设计：
走向建筑生态典范

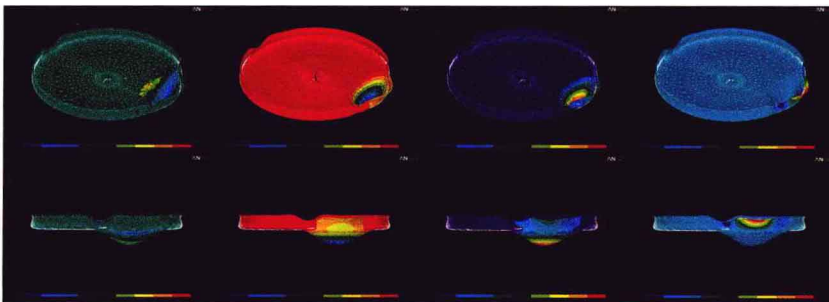
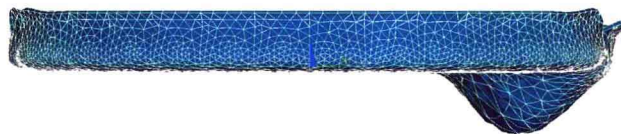




DISPLACEMENT
STEP=2
SUB =1
TIME=2
DMX =1.83



DISPLACEMENT
STEP=3
SUB =1
TIME=3
DMX =1.802



新兴科技与设计并不仅仅是建筑联盟学院所提供的众多学术课程之一的名称。它代表随人类科技进步和在设计创新的进程中,设计必将逐渐成为一个跨越多种学科专业的过程。这个课程其实也可以叫做“涌现现象,技术与设计”,甚至是“生物学,科技与设计”。虽然名称蕴含了新科技的重要性,但是它们同时也强调了设计中的涌现现象。涌现现象是一门新的学科,一个将会大为改变建筑设计文化的新领域。涌现现象所需要的不只是一系列新材料或具有创新性的生产技术,它需要的是对复合体系的特性,进而对其过程中数学模型的了解和如何系统性地将这些知识应用于设计和生产的方法。涌现现象就好像是对不同领域技术进步的整合。它对科学、技术,甚至对我们如何看待和进行建筑设计的方式都将有着深远的影响。涌现现象不仅可为自然系统地进化和维持作出解释,它也能以自然系统为参照物提取其中的例子与过程,供设计和建造拥有复杂性能的建筑使用。它们甚至能让建筑达到真正意义上的智能。近几十年来,涌现现象正在快速改变着前沿科学、数学和工业。在众多领

域中,基于此现象的设计方式正在使传统的设计和分化现象逐渐减弱。而近些年来,建筑设计与工程中常用的分析工具在近些年中得到了长足的发展。与此同时,这些分析工具也越来越多地将类似于个体寿命和种群世代等时间参数加入考量。新的设计软件允许设计师编写脚本和代码,并模拟动态结构负载和环境负荷。这让设计师有能力将原本单一、静态的产品或建筑转变为一系列可根据环境状况改变的不同形态。而电脑设计和生产则让我们能生产拥有复杂形态和材料组成的产品、非规则形体的建筑,或由多种拓扑组成的基础设施网络和信息网络。涌现现象需要新的设计理念,一种源于生物系统进化过程的设计理念。它必须将生物材料的特性、其随着时间所产生的改变和对环境的适应都加入考虑范围之中。

0.1

自然系统分析:王莲。据说约瑟夫·帕克斯顿(Joseph Paxton)设计的帕克斯水晶宫的灵感来源于王莲巨大叶片的结构。其结构性能与叶片底下一系列可产生浮力的充气筋正在引起人们的关注。而研究过程中所使用的电脑模型包括叶片的形态与其构成的材料,例如其中纤维的刚性和纤维的朝向。通过有限元分析,不同的承重状态得到了分析,分析包括将大范围分散的力施加于结构表面或将力直接施加于结构中的一点。参见2005年新兴科技与设计课程自然系统单元,巴勃罗·卡夫雷拉(Pablo Cabrera),埃弗拉特·科恩(Efrat Cohen)和托马斯·冯·格斯沃德(Thomas von Girssewald)。

生物系统中的动态体系

这是一个真实存在的现实问题，生物学和建筑之间的关系急需厘清。环境问题对人类生存从没有现今这样严重的威胁。归根结底，环境是一个生物学问题……现今，生物学已成为建筑学中不可缺少的一部分。不仅如此，建筑学也已经成为生物学中不可或缺的一部分。

（1971年，弗雷·奥托，7—8页）

生物学通常被称为是20世纪科学的主导者。在21世纪，它还会继续作为科学界的焦点存在。近几年，所有的学科都在经历着重大的变革。许多起源于生物学的概念因此在其他的领域也赋予了新的涵义，并为这些领域的研究提供了大量的新见解和新范式。原本看似并不相关的职业和学科间的互动促使新的研究课题、新的分析方法与研发方式和新的工作方法被人们逐渐重视。在生命系统中，它与其他生命系统及其环境间的共存关系是错综复杂的。在过去的一个世纪中，人们在这个领域中进行了大量的研究，因此也导致我们对自然界有了更加深刻的了解。

对环境系统的研究帮助我们了解生物及其环境中复杂的能量转换关系间所蕴含的概念与范例。这包括对单一动、植物新陈代谢特性的研究，对一个环境系统中物种分布规律的研究和这些物种间的能量或物质转换及其未来世代延续或发展的影响。

生态系统至少有五个极为有趣的特性：第一，它们由许多部分组成，而绝大多数部分又是由数千万不同物种的数

十亿个体组成。第二，生态系统是一个开放式系统。通过能量转换与相互交换有机物或其他物质，生态系统可将其状态维持于一个远超热力学平衡的水准。第三，生态系统有适应性。它可以根据环境的改变作出相应的变化。这包括个体行为上的改变和物种特性（根据达尔文进化论）的变异。第四，生态系统拥有一系列不可逆转的历史。因为所有物种基因均从同一祖先以阶级模式演变而来，物种之间都有不可改变的联系。第五，生态系统拥有复杂且非线性的相互作用方式。

（1994年，布朗，419页）

在自然界的动态系统、生物系统和物质环境中，包括气候和地质形态等等均显示出多种组织和行为上的特征。而这些特征对涌现现象的研究极其重要。随着时间的推移，许多有关进化和发育过程的新定义正逐渐被发现。而其中，一个被广泛引用的是汤姆·德·沃尔夫（Tom de Wolf）和汤姆·霍尔弗特（Tom Holvoet）所提出的以下对涌现现象的定义：

当某系统因微观构成部分间的互动而造成一种宏观上的自主且协调的进化（属性、活动方式、结构等等）时，可称为涌现现象。而这种演化对系统的任何单一部分都是前所未有的。

（2005年，德·沃尔夫和霍尔弗特）

他们同时也提出：“自组织行为是一个带有适应能力的动力学过程。系统可自我获

取并维持其结构而无须外界控制”(2005年, 德·沃尔夫和霍尔弗特)。涌现现象与自组织行为可同时或分别发生并推进其所在系统发展新属性、新活动方式、新组织方式和新结构。随着时间的推移, 动态进程形态及性能的复杂程度均会因其基础构成部分间的互动而增加。而这种过程的发展是没有任何中央方向的。

生物可被看做由多个系统所组成。这些系统通过其组件间长时间的互动发展出复杂的形态与行为模式。生物形态发展中的动力学包括个体由单一细胞成长至成年体的过程和新物种经历长时间的进化的过程。这两者间有着很强的联系, 并有能力决定生物形态和其活动的方式。它们塑造、演变并维持生物的形态和结构(这也包括非生命体)。而这些过程本身则是由一系列其他生物与其所在环境的复杂交换所构成的。不仅如此, 生物本身有能力通过改变自身活动方式来维持其生存与完整。生物形态与其活动方式息息相关, 而正是生物的形态决定其在特定环境中的活动方式。同样的活动方式在不同环境中或由不同形态的生物使用会造成不同的结果。因此, 活动方式是非线性且取决于环境的。诺伯特·韦纳(Norbert Weiner)开发了第一套形容机械和动物身上自主反应行为的数学描述, 并由此创立了他的研究项目——预测、反馈和响应行为的控制论。

控制论、系统论和复杂理论有着同样的理论基础。它们有时在热力学、人工智能、神经网络和动态系统中被统称为“复杂科学”。在数学中, 它们的模型与模拟也有相似之处。当代控制论明确说明系统复杂程度会随时间逐渐增加, 自然进化系统复杂程度

也会随进化次数而逐渐增加。从单细胞生物到多细胞生物, 从人类个体到社会和文化。系统论主张自然界中“组织”的概念和原则是不会受到任何单一系统的影响的。其相关近代研究则更倾向于拥有自组织能力的“复杂适应系统”。

生物学家卡尔·路德维希·冯·贝塔朗非(Kari Ludvig von Bertalanffy, 1901—1972年)等人建立了“一般系统论”(General Systems Theory, 1969年, 贝塔朗非)的主要理论。欧文·拉兹洛(Ervin Laszlo)在《一般系统论的展望》(Perspectives on General Systems Theory)的前言中写道:“冯·贝塔朗非所发现的要远多于, 也远重要于一个单一的理论……他创造了一个可供新理论发展的全新范式。”(1969年, 贝塔朗非)

复杂理论将产生复杂性的系统过程中所存在的数学结构正规化。它注重于由数千万细小组件(例如原子、分子或细胞)之间互动所造成的集体行为。集合体是多种多样的。它由许多不同部件组成, 且部件间也存在大量衔接。不同部件功能不同, 但每个部件均不能独立存在。复杂性随多样性(部件所拥有的特质)和依赖性(部件间的衔接)增加而增加。多样性增长的过程被称为分化过程, 而衔接数量和强度增加的过程被称为整合过程。进化在不同“规模”上产生分化和整合并促使其相互作用, 改变单一生物的排列和结构, 甚至影响整个物种, 乃至整个生态系统。

系统中分布于各处的多种不同变异模式和物竞天择对于这些模式的选择在多种自组织行为的模型中均有存在。而个体、物种和生态系统的复杂性全部由不同构件间的互动

0.2

自然系统分析：竹子。为了研究竹子外部形体与其内部结构间的联系，我们使用了不同尺度的多个电脑模型。我们首先设定了纤维和其周围基质的密度和强度，之后使用有限元分析对竹子所面对不同应力和重量下的反应进行了模拟。比如对茎部挠度行为（上图）的研究与其横隔板附近的局部形态，不同竹节间水和养分的多种传输方式（中图）和刚性纤维与其周围较软材料基质间的互动（下图）。参见2005年新兴科技与设计课程自然系统单元，阿图尔·辛格拉（Atul Singla），胡安·苏贝尔卡素斯（Juan Subercaseaux），李邹（Li Zou）和尹龙泽（Taek Yong Yoon）。

