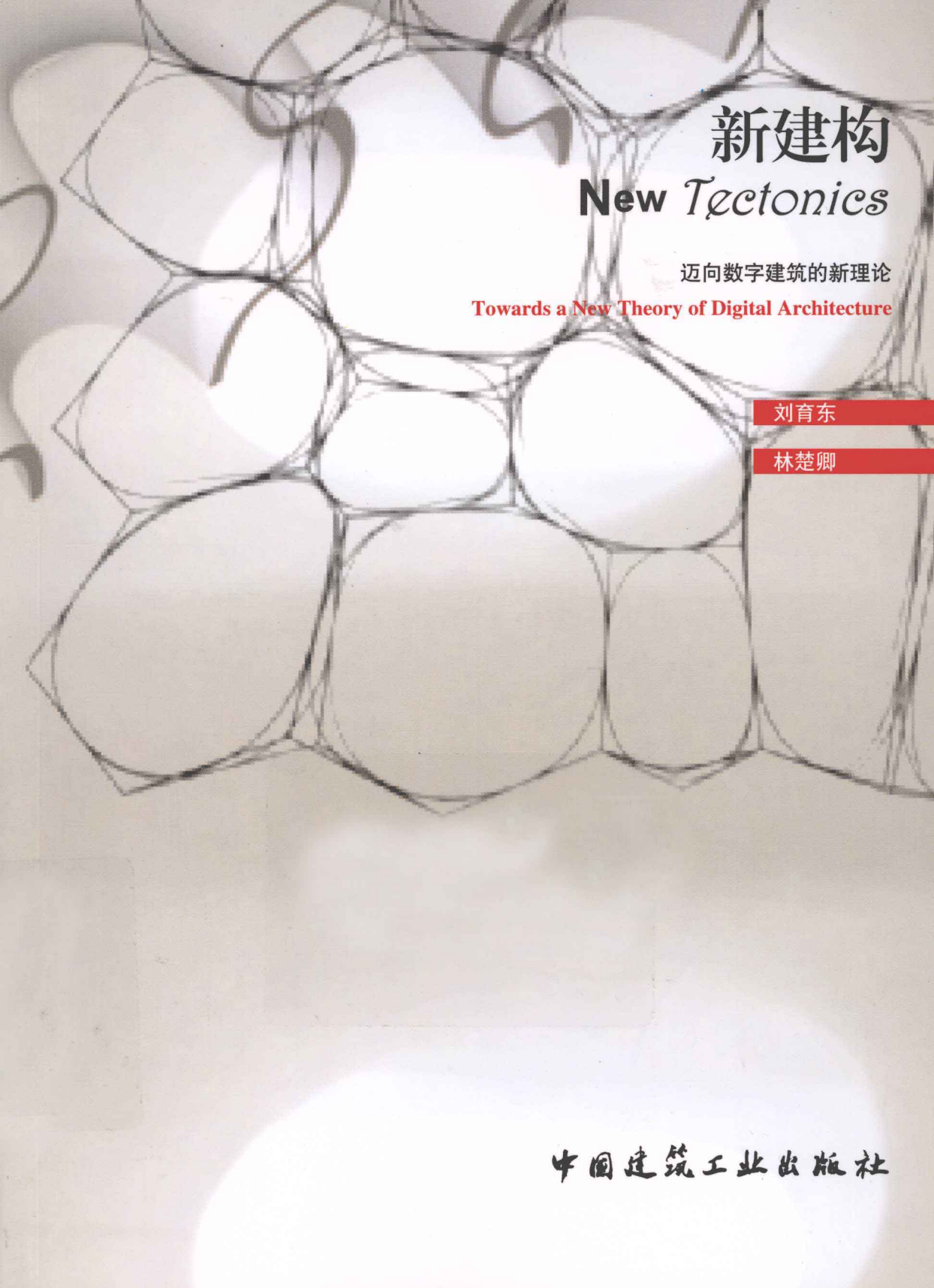




新建构

New Tectonics

迈向数字建筑的新理论

Towards a New Theory of Digital Architecture

刘育东

林楚卿

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

新建构/刘育东, 林楚卿. —北京: 中国建筑工业出版社, 2011.12

ISBN 978-7-112-13589-9

I. ①新… II. ①刘…②林… III. ①数字技术-应用-建筑设计-研究 IV. ①TU201.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第195589号

责任编辑: 白玉美 孙书妍

责任设计: 陈 旭

责任校对: 肖 剑 陈晶晶

新建构

New Tectonics

迈向数字建筑的新理论

Towards a New Theory of Digital Architecture

刘育东 林楚卿

*

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

北京嘉泰利德公司制版

北京方嘉彩色印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×960毫米 1/16 印张: 13 字数: 273千字

2012年1月第一版 2012年1月第一次印刷

定价: 128.00元

ISBN 978-7-112-13589-9

(21351)

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)

新建构

New Tectonics

迈向数字建筑的新理论
Towards a New Theory of Digital Architecture

刘育东
林楚卿

中国建筑工业出版社

目录

- 005 致谢
- 008 序 共创美丽数字新世纪 徐旭东
- 010 序 反建构：虚拟的诗性 William J. Mitchell
- 019 1. 绪论——浮现中的数字建构
Introduction: Emergent digital tectonics
建构与反建构
前数字、数字与后数字
古典与数字
古典建构思考
数字建构思考
新建构？
- 031 2. 远东数字奖及邀请作品
Feidad Award and Invited Project
瞬间的自我
宙斯之盾——超表面
动态形体——BMW 法兰克福汽车展场
荷兰后农业
起飞——慕尼黑机场第二航站楼大楼空间装置
巴黎米兰艺廊
循环·空间——2012 奥林匹克运动会展示馆
编码、爱欲和工艺
Reebok 上海旗舰店
多向度受压结构
城市大厅
流体墙
繁花艳开——建筑拓扑几何
互动环境·分散计算·数字制造
新媒体学校——学校的形态生成
新竹数字艺术馆
爱宾艺术与科技博物馆
圣高伦艺术博物馆
东京地铁饭田桥站
场——边界状态
新奔驰博物馆
媒体——银河系：爱宾办公大楼
观察者——家庭包
台中古根海姆美术馆
下代基因建筑艺术馆

台中大都会歌剧院
台湾大学社科院新馆
水墨狂草
大连电子深圳总部
建筑农场

103 3. 从古典建构到数字浮现

From Classic Tectonics to Digital Emergence

瞬间的自我
宙斯之盾——超表面
动态形体——BMW 法兰克福汽车展场
荷兰后农业
起飞——慕尼黑机场第二航站楼空间装置
巴黎米兰艺廊
循环·空间——2012 奥林匹克运动会展示馆
编码、爱欲和工艺
Reebok 上海旗舰店
多向度受压结构
城市大厅
流体墙
繁花艳开——建筑拓扑几何
互动环境·分散计算·数字制造
新媒体学校——学校的形态生成

167 4. 数字建构思考

Digital Tectonic Thinking

动态
信息
演化
制造

189 5. 迈向新建构

Towards New Tectonics

明日建筑
新建构
启发设计创造力

195 附录

Appendix

196 参考书目
199 英文索引
201 中文索引
207 图片版权

致谢

这是一本偏重理论的著作，主要针对 2000 年之后的“远东国际数字建筑设计奖”（Feidad Award）之得奖及受邀作品所做的详尽分析。“远东数字奖”是由远东企业集团“徐元智先生纪念基金会”所设立，这完全要感谢徐旭东董事长的远见及黄茂德执行长以及胡湘君、张亚琴两位助理这些年来不辞辛劳的主办；另外，也要特别感谢麻省理工学院 William Mitchell 教授对此奖项的鼓励和支持，他同意将他著名的《反建构：虚拟的诗性》（*Antitectonics: The Poetics of Virtuality*）一文作为本书的序，为本书的导读提供了很大的帮助。

本书 30 个案例的挑选都是来自“远东数字奖”的作品，多位引领世界潮流的建筑师们这几年提供其杰出的作品，我们表达感激之情，他们分别是来自美国的 Peter Eisenman 和 Greg Lynn、日本的伊东丰雄（Toyo Ito）、渡边诚（Makoto Sei Waranabe）和平田晃久（Akihisa Hirata）、挪威的 OCEANnorth、荷兰的 UN Studio、MVRDV 及英国的 Zaha Hadid。

我们也要感谢本书 15 个获奖作品的所有建筑师与设计师，其包括 Adrien Raoul、Remi Feghali 和 Hyoungjin CHO（法国/黎巴嫩/韩国）；dECOi 建筑事务所（法国/英国）；Bernhard Franken（德国）；Achim Menges（英国）；Mark Goulthorpe（法国/美国）；Simone Contasta、Andres Flores、Elena Bertarelli 和 Bidisha Sinha（英国）；Evan Douglass（美国）；Ali Rahim 和 Hina Jamelle（美国/英国）；Guillem Baraut 和 Mattia Gambardella（西班牙/意大利）；HYPERLINK “<http://www.mrgd.co.uk/>” MRGD（英国）；Emmanuelle Bourlier、Andreas Froech 和 Christian Mitman（美国）；Brenna Buck 和 Rob Henderson（奥地利）；Philip Beesley 和 Robert Gorbet（加拿大）；长友大辅和詹明旎（日本/中国台湾）。由于他们对数字建筑充满创意的想象力与探讨，使得数字时代的建筑发展获得极丰硕的成果。

另外，从 2000 年一路走来，已有来自全球一百多位热情的建筑学者和建筑师们担任评审委员，他们在“远东数字奖”和本书中扮演相当重要的角色，在此，我们相当感谢他们的协助与贡献。

其中，在决选阶段的评审委员包括：Ben van Berkel + Caroline Bos

(荷兰)、Christian Bruun(美国)、Peter Eisenman(美国)、Reed Kroloff(美国)、Greg Lynn(美国)、William Mitchell(美国)、Marcos Novak(美国)、Jesse Reiser(美国)、Jacob van Rijs(荷兰)、Gerhard Schmitt(瑞士)、Birger Sevaldson(挪威)、渡边诚(Makoto Watanabe 日本)和田信之(Nobuyuki Yoshida 日本)。

第二阶段评审委员包括: Alfredo Andia(美国)、Marco Brizzi(意大利)、张基义(中国台湾)、Mark Clayton(美国)、Richard Coyne(英国)、John Gero(澳大利亚)、徐旭平(中国台湾)、Wassim Jabi(美国)、Yehuda Kalay(美国)、Edward Keller(美国)、Branko Kolarevic(美国)、Thomas Kvan(澳大利亚)、Bob Martens(奥地利)、Mitsuo Morozumi(日本)、Rivka Oxman(以色列)、潘云鹤(中国)、Gregg Pasquarelli(美国)、William Porter(美国)、Antonino Saguto(意大利)、已故的 Tsuyoshi Sasada(日本)、Dean Di Simone(美国)、Deborah Snoonian(美国)、曾成德(中国台湾)、邹经宇(中国香港)和卫兆骥(中国)。

第一阶段评审委员包括: Henri Achten(荷兰)、F Rodrigo Garcia Alvarado(智利)、Felipe Assadi / Francisca Pulido(智利)、Julio Bermudez(美国)、Massimo Bergamasco(意大利)、Michael Berk(美国)、Anand Bhatt(印度)、Andy Brown(英国)、Chiu-Shui Chan(美国)、陈珍诚(中国台湾)、Nancy Cheng(美国)、简圣芬(中国台湾)、邱浩修(中国台湾)、邱茂林(中国台湾)、Araya Chougrajank(泰国)、Bharat Dave(澳大利亚)、James N. Davidson(美国)、Dirk Donath(德国)、Wolfgang Dörmann(奥地利)、Weimar Dirk Donath(德国)、Maia Engeli(瑞士)、Thomas Fowler(美国)、Paola Giaconia(意大利)、Fabio Gramazio(瑞士)、顾景文(中国)、Daniel Herbert(美国)、Hannu Penttilä Helsinki(芬兰)、Urs Hirschberg(奥地利)、Jeffrey Huang(美国)、Yoichi Itai(日本)、Adam Jakimowicz(波兰)、郑泰升(中国台湾)、吉国华(中国)、Jin Won Choi(韩国)、Brian Johnson(美国)、Atsuko Kaga(日本)、Joachim Kieferle(德国)、Kevin Klingenberg(美国)、Mike Knight(英国)、Alexander Koutamanis(荷兰)、赖怡成(中国台湾)、Uffe Lentz(丹麦)、李建成(中国)、刘舜仁(中国台湾)、Gustavo J. Llaveneras S(委内瑞拉)、Ganapathy Mahalingam(美国)、Malcolm McCullough(美国)、Javier Monedero(伊比利亚半岛)、Masashige Motoe(日本)、Ryusuke Naka(日本)、Supriya Nene(印度)、

Ami Ran (以色列)、Manit Rastogi (印度)、Cristian Gomez Ribba (智利)、阮庆岳 (中国台湾)、Andy Roberts (英国)、Pedro Soza Ruiz (智利)、Marc Aurel Schnabel (澳大利亚)、Thomas Seeböhm (加拿大)、Yuichi Shimokawa (日本)、Alfredo Stipech (阿根廷)、Tan Beng Kiang (新加坡)、Lisa Tilder (美国)、Carmina Sánchez del Valle (美国)、Stephen Wittkopf (新加坡)、Jerzy Wojtowicz (加拿大)、吴光庭 (中国台湾)、Shigeyuki Yamaguchi (日本)、虞刚 (中国) 和 Tadeja Zupancic (斯洛文尼亚)。

另外，我们的交大毕业生高菀屏同学在她做硕士论文时，就开始探讨数字建构，是本书开始的契机，而交大的曾成德教授也向我们提供他对建构 (tectonics) 的深厚见解，在此特别感谢他的友情分享，我们要感谢长期以来提供学术支持的教授同事，包括交大的张基义、侯君昊、叶李华、邱文杰、龚书章及亚洲大学的陈俊宏、林盛宏、周玟慧、伍小玲、蔡明欣、罗书宜、吴彦良、陈琼慧、谢宗哲、郑凤恩、陈慧霞。我们也要感谢台北田园城市文化事业出版社与北京中国建筑工业出版社为我们完美地顺利出版这本书和林银玲小姐高艺术水平的美术设计。

我们也感谢下列助理们对本书出版所做的行政协助，其中包括亚洲大学的曾意惠、陈奂妤、吴怡玲和王孝慈及交通大学的林怡加、曾钰乔、蔡易霖、蔡雅米、徐静、杨小慧、谢书卿、赖淑燕和许菁芳。

同时，我们特别要感谢亚洲大学创办人蔡长海教授，长期对我们在研究上与创作上的支持与鼓励。

当我们开始想出版本书时，Birkhäuser 的 Ruh Ulrike 提供我们很多历史性的观点和见解，很感谢她给予我们长期的支持与具体的建议。另外，交大 *AleppoZONE* 设计成员们——李元荣、邵唯晏、赖德、连家庆、林柳吟、梁凯翔、程家伦、施胜诚、施文礼、谢淳钰、黄郁钧，由于他们的努力和投入，使得我们能拥有这么多杰出的作品，对于他们的贡献，我们相当感激。最后，我们交大的陈姿汝和郭圣荃同学，由于他们的合作，使得本书能顺利完成 30 案例的分析，尤其我们想要特别谢谢姿汝，没有她，就没有本书如期的出版。

刘育东 · 林楚卿

序 共创美丽数字新世纪

徐旭东
远东企业集团董事长

现在大家都在热烈讨论“纳米”，很难想象当初纳米科技发展的缘起，是由科学家的“预言”所衍生的。如今从半导体到民生用品、建筑材料、药品等，到处都看得到纳米技术的应用，正是“数字”时代中，一切事物变化快速的再次应证。身处数字化的新世纪，过去的预言都有可能实现，因此对于潜力无穷的未来，我们实在需要随时掌握脉动，不断探索。

有鉴于台湾拥有如此丰富的高科技经验，建筑界也一直在摸索探究未来建筑的潮流，因此“远东建筑奖”决定举办全球仅见的“远东国际数字建筑设计奖”，引领世人持续探讨人类未来生存可能的发展空间，在国际间展现对跨入新世纪的使命感与企图心。

而为迎接美丽的新世纪，远东企业集团秉持不断突破与创新的精神，共创丰富精彩的人生。远传电信是台湾整合行动通信服务的领导者，致力于提供行动通信与互联网整合性服务。远东国际商银也是新银行中第一家获得财政部核准合法开办的行动银行业者。集团旗下的宽带固网公司新世纪资通速博，更带领民众进入无远弗届，宽带网络的通信新世界。为国人开拓更新颖、更现代、更信息化的生活，创造更舒适、更便利、更科技化的生活环境。

“数字建筑设计奖”，主要将数字建筑的涵盖层面，由建筑专业设计扩及艺术和媒体工作者，包括影像设计者、产品设计者、计算机专家、电动游戏设计者、电影制作者及科技小说家等，展现以“数字时代的未来空间”（future space in the digital era）为主题，各式各样的虚拟设计。

令人高兴的是每年都会收到来自将近三十个国家，一百多件的报名作品外，更邀请来自四十余国杰出的评审，踊跃的国际参赛者以及阵容坚强的评审团，携手为“远东国际数字建筑设计奖”缔结出令人惊艳的成就与荣耀。

由此可见虚拟建筑与多媒体的结合，可以激荡出对于“数字时代的未来空间”的各种可能想象。这是让人欣喜的尝试，往后本奖希望创造出更多激发世人想象的元素，汇集这些“想象”，相互激荡，再加上“纳米”时代的来临，未来世界的可能发展与变化，更加耐人寻味，值得期待。

“国际数字建筑设计奖”自 2000 年首办，至今能在国际间树立名声且广获肯定，需要感谢多方人士的鼎力相助。首先要感激城仲模、汉宝德及亚洲大学副校长、交通大学建筑研究所教授刘育东所给予的宝贵指导与协助，也要感谢许多协办单位、评审委员、媒体及各界的热心参与。

有这么多朋友和我们一起为这个深具意义的奖项共同努力，全力提升全世界的建筑设计及创意，相信一定能让今天的诸多“想象”，超越“预言”的层次，成为具体可行的事实，为世人创造更舒适便利的生活空间，带领我们一起迈入先进美丽的新世界。

序

反建构：虚拟的诗性

Antitectonics: The Poetics of Virtuality

William J. Mitchell*

麻省理工学院建筑学院与媒体实验室教授

以 Kenneth Frampton 本身所著的《建构文化研究》(Studies in Tectonic Culture) 一书为例，它又厚又重，当你将它投入图书馆的还书口时，其会重重地砰然落下。它主要的结构是以胶牢牢粘住约一英寸宽的书脊，而装订在书脊上的书页又厚又光亮，它们会在你的手指底下快速翻动，并啪的一声直接合上。网格线划分得极其严密，其间填满了图形板块及 Helvetica 字体的文字区块，这很明显地让它看起来像是一本复古的现代主义风格 (retro-modernist) 之书籍。外部覆盖了一层精美考究的灰色布料，并于表面进行雾面处理，而这些元素的裁剪及连接处都相当精准，其生产的流程耗费了许多原料及能源，而且必须使用一些非常精密昂贵并能进行大量生产的机器，当这些加工处理完成后，即会制作出成千上万个一模一样的工业产品，有的会被放入仓库里，有的会被货车运送到书店，并以 50 美元的单价来贩卖。它是一件高质量的工业时代产物，封面上精美的印刷文字印上出版社地址——马萨诸塞州剑桥市 (Cambridge, Massachusetts) ——的信息，宣告本书是在美国进行印制及装订的。¹

然而相对于书本，光盘是以非物质且无重量的比特 (bit) 所组成的。² 这些比特并非附着于某些特定的实质基体上，而是能自由地在各种媒材之间转换，它们能够顺利地储存在光盘、Zip 磁盘、个人计算机的硬盘或随机存取内存 (RAM) 中，且任何人也都能随时方便地复制出一份备份，而不须花费任何成本，透过网络，这些备份几乎可以同步传送至世界上的任何角落。没人在乎（或多半是没人知道）这些信息的实体组织结构是如何储存在上述任何一种的储存装置中，反倒是其逻辑结构较能引起注意，格式并无一定，你可以将一份备份加载编辑程序中，并随意变更它的配置与编排方式，这样做还能大大减少树木的砍伐量。

这种对比说明了发生在构思、制作及使用的工业产品（包括建筑作品）正出现根本上的巨大转变，这个转变暗示着我们将《建构文化研究》这本书视为一部挽歌，就如同对 Auguste Perret、Frank Lloyd Wright、Louis Kahn、Carlo Scarpa、Mies van der Rohe 等其他 Frampton 所曾论及的大师们之论述表达我们的致敬及缅怀，而这可能不是本书原本所要表达的主张。

材料性 / 虚拟性 (Materiality / Virtuality)

Frampton 并不否认建筑的体量特性,但他想要反抗现代主义者将“建筑的体量特性必然得透过建构及结构方式才能得以实现”³这个理论加以边缘化的做法,但令人感到讽刺的是,他在那个时候却选择采用安抚传统主义者的方式,偏颇地支持上述“必然”的论点,而这种前卫的想法可说是与此论点彻底地背道而驰,甚至可以说是一种正负两极的对立情况。

当然,我是指利用沉浸式虚拟现实来建立完全不同于实体建造、体量和其触感的空间体验(或是,我举较不夸张的例子来说,假如你不能或者不想让自己沉浸在电子空间中,你只需盯着计算机屏幕框里的虚空间就能大致模拟出这种经验,就好像是镜框式舞台所框住的舞台空间一样)。有了这项科技,你就能走过或飞越虚拟的风景和建筑,并毫无阻碍地穿过任何封闭的表面,甚至能够看见以虚拟形貌呈现的居民。因为不需要转换任何媒材,所以每一个表面外观都不会随着时间而退色或风化,且空间的形式和关系不一定是固定不变的,设计师可透过程的设定,将它们搬移并重塑成各种想要的样子。

然而,崇尚虚拟空间者刻意将“少即是多”(less is more)这个观念过分地发挥到极致,由于它们并非立基于土地上,所以完全不用考虑到 Gottfried Semper 视建筑四大要素的第一要素——“基础”(earthwork)⁴之可能性,它们也不需要考虑第二要素——“壁炉”(the hearth)或甚至是第三要素——“屋架与屋顶”(the framing),而剩下来的也只有 Semper 第四个被高度淡化的要素——一个举无轻重的“围合表皮”(enclosing membrane)。

在这个全新的建筑领域中,连接(joint)根本就无所谓(因此,大概就没有所谓 Scarpa 的网络空间)。所有建筑表皮都没有厚度,且可精确地接合在一起,你不需使用钉子、螺钉或胶粘剂,不必迁就于材料的改变,天气因素的考虑亦是多余的。简单说,对于细部的巧夺天工之处(或造物主的造物)并没有任何发挥的余地,这完全是一个以空间和表皮为游戏规则领域。

过去我们所依据的建筑理论在这里完全派不上用场，由于虚拟空间是无重力的状态（除非利用程序刻意仿真它的存在），因此重量与载重并不是决定组件尺寸、形体和比例的基本因素，结构表现及结构可靠（structural honesty）的概念在此完全不具任何意义。的确，上和下或水平和垂直元素之间，在此确实没有必然的差别，此外，你还能忽略模块化（Modulor）的概念，在网络世界里，物体只是一种能任意缩放其比例大小的虚拟体现。

然而虚拟空间并不像有形的建筑结构体般，会改变某个特定地点的样貌，如Jørn Utzon所设计的悉尼歌剧院，它大大改善了本纳隆角（Bennelong Point）与悉尼海港（Sydney Harbor）的风貌，让人留下难以磨灭的印象。但相反的，虚拟空间能重新建立特定的实体环境，并取代计算机所建构的任一空间，且只要网络和设备允许的情况下，就能随时随地加以举例说明。

材料实现 / 电子实现（Material Realizations/Electronic Realizations）

而被去实体化概念所困扰的人，包括拘泥于唯物论字面意思的马克思主义者（Marxist）、一心追求真相的本雅明主义者（Benjaminist）、汲汲于牟利的房地产开发商、只崇尚美好事物的马莎·斯图尔特主义者（Martha Stewartist）等这些人，可能想要否定这样建筑状态的地位，他们可能会宣称这是另一种类型的东西，且生产及使用则属于一种既与之不同且相互矛盾的论述。或许是如此，但令我怀疑的是，如此鲜明对比的区分是否能站得住脚，因为现今科技不仅能从虚拟空间挪出实体空间，也能从实体空间挪出虚拟空间了。

试着回想，如目前有许多建筑（多半为大型建筑物）都是在3D计算机辅助设计（CAD）系统上进行设计的，如此可在施工前先以虚拟的方式参观这些建筑；而若是对于已经建造完成的建筑物，使用符合的电子传感器，你可以精准地撷取到实体对象与空间的3D数字模型。因此，至少我们必须承认，透过对虚拟空间的探索，实体空间的建造方式获得了调解，而且这个实体空间可能具有数个与之对等的虚拟空间。

当然，这些相互配合的应用各有不同目的，这种改变会影响工业产品的特性和角色，有些虚拟空间是用来作为实体空间的一种快速且低成本的前期结构体（precursor），因此，它们扮演一个让建筑师和业主进行事前评估的预测角色，其目的是为了尽可能真实地模拟出对预期材料实现的实际体验。

就像Kent Larson的例子一样，他将Louis Kahn尚未建造完成的Hurva犹太教堂（Hurva Synagogue）完美地利用电子实现的方式重新诠释出来，电子作品的数字空间取代了材料实现的呈现方式。在此，数字化的作品可能被视为需要与实际情形相反才可以成立，也就是说，如果这栋建筑物被建造出来的话，那它应该就要像这个样子，否则的话，你可能认为它只是属于不同实现方式中的一个替代方案而已，这很像是运用现代的

乐器来演奏中世纪的乐曲一样，或是在现今的舞台表演方式下来演出《哈姆雷特》(Hamlet) 这出戏剧，更甚是利用广播或影片的形式来呈现。

而相反，从现有的实体建筑中所建构出来的数字实现，尚依附在材料的前期结构体 (precursor) 之下，数字化的作品就像是照片或测绘图一样，方便我们可以从其他的地点进行检视，且还能在紧要关头时，利用“快照”(snapshot) 的方式将之保存下来。

而随着以提供居住空间及体验为设计初衷的虚拟空间如雨后春笋般地出现后，从来就没有任何有关实体化的问题，就拿许多使用虚拟现实 (Virtual Reality, VR) 的游戏和云霄飞车为例，有时就是为了要营造出在真实世界所不可能实现、如戏剧般的空间体验，例如在美国拉斯韦加斯的 Luxor 金字塔酒店，有一座出自 Douglas Trumbull 所设计的声光式云霄飞车，它就是虚拟实境的典型先驱，它会带你极速“飞越”充满虚拟“实体”的复杂三维空间，让你面对障碍物的冲撞及反弹时，感受到加速度、冲击力与战栗感；又或者，如个人计算机的“桌面”和在线虚拟世界的社群空间更常采用隐喻的手法，呈现出传统建筑的形式（常以欠缺想象力且造假的手法），让使用者更容易根据熟悉的线索去操作。

如果要以理论的方式对上面各种可能性加以说明的话，最合理的说法，看来就是将它解读为“实体制造”(physically fabricated) 及“电子造影”(electronically imaged) 这两种形式，只不过是借不同的方式，呈现出由同一组绘图或数字模型所诠释的建筑作品。就好像不同的表演者利用不同的乐器，在不同的表演中，阐释相同乐谱的音乐作品一样。⁵ 有些建筑作品可能未经实现 (realization)，即作品尚未建造，有些可能有一个，有些则可能会有许多个，另外，有些可能只有材料实现，有些可能只有电子实现，而有些可能两者兼而有之。假如原本就有打算进行材料实现的话，那么数字模型应该正确地反映出实际操作上的限制，和对材料与建造过程的帮助，但如果只打算表现出电子实现的话，那么应用于虚拟空间的逻辑限制则会较少。

手工艺 / 计算机辅助设计与制造 (Craft / CAD / CAM)

随着计算机控制制造机器的推行，实体化与电子化之间的分野愈来愈模糊，你只需使用 3D 数字模型，就能控制各种符合你当下目标的机器。这些机器界定了一连串的可能性，就拿一个最极端的例子来说，阴极射线管屏幕利用电子束来激发涂有磷光剂的表面，成功地显示了快速、短暂且低成本的实体化结果；然而激光打印机的做法是使碳粉微粒沉淀在纸张表面上，所花的时间较长，并且会消耗掉一些原料，但保存的时间较久，成本也较高；至于计算机控制快速成型 (computer-controlled rapid-prototyping) 装置，如立体印刷 (stereolithography) 机，则是将固体微粒沉淀于空间中所指定的位置，最后会得到一个小型 3D 对象，但是这种方式

更加耗时，而且所费不菲；而在更大规模的作业中，各种 CAD/CAM 装置（如计算机控制切割机、成型机、铣床与折床等）可自动将数字模型转换成等比例的建筑组件，就像 Frank Gehry 近期的作品——西班牙毕尔巴鄂古根海姆博物馆——就是一个十分成功的例子。⁶

随着工业产品在计算机屏幕上进行设计，并透过某些计算机控制装置生产出来，传统地方性的工艺技术不再是设计师在探讨设计可行性时的重要因素了，反而着重在 CAD 软件与其生产装置，如今，你可以从平面设计更清楚地发现这一点，在平面设计的诸多操作环境中，如印刷刊物的设计目前在某一层面上，受到激光打印机的基本物理功能所限制，而在更进一层面上来说，是被控制这些打印机的 Postscript 程序语言之结构所限制，甚至再更往上一层的话，是受限如 QuarkXPress 等排版软件所提供的功能。[若说工业时代创造出网格 (grid) 和 Helvetica 字体的话，数字时代则造就了《*Émigré*》和《*Ray Gun*》这两本杂志。] 在产品设计方面，CAD/CAM 设备的性能、控制这些设备的程序语言能力以及 3D CAD 软件的操作能力，这三者可能扮演了类似的角色，且在早期的建筑 CAD 软件开发过程中，软件开发者往往透过当时常用的工业化组件制造系统，来建立软件的字汇系统和句法属性。

在一般情况下，CAD 程序和 CAD/CAM 设备所提供的塑形与编排这两种工具之间，通常存在着复杂的交互关系，举例来说，实体建模软件提供了“扫掠” (sweep) 这个指令，直接反映了传统制造过程的操作，如熔融塑料塑出成型和钢板滚出成型等，另外软件的“挤出” (extrusion) 指令，如传统制造的车床和拉坯轮车等，以及软件的“材质”功能，如传统的弯扭夹板或金属薄板的直纹表面等。另一方面，由于多轴铣床、立体成型机及其他进阶型的 CAD/CAM 设备，对 3D 成型有些许的限制，因此由 CAD 系统所提供的工具，成为设计师正式作品的主要决定因素。为此，当生产机械设计师试图制作出更具弹性的设备时，CAD 软件设计师则企图做到机械所提供的生产功能，这是为了能够在一个特别指定的 CAD 系统下，制作出任何物件，也因此，双方正在进行一场这样的技术对谈。

而在这种由机器所主导的论述之下，我们顿时发现，长期被视为必要条件的组成要素，反而看起来有些过于独断。复杂曲面的制作难度，可能不会比平面、圆柱、球形和圆锥等的表面还要高，那为什么古典建筑非得自限于几何形体不可？各式各样的变化也许就像模块化一样可行，我们何不将网格、重复和对称等设计原理抛诸脑后？3D 对象的构成及操作可能真的像 2D 对象使用平行仪、三角板和圆规一样简单，平面图不再是 3D 对象的产生器，而剖面图可能也无法提供我们太多的信息，算法所产生错综复杂的结果，变成几个简单且设计师容易了解的替代方案，而这种基因组 (genome) 逐步扩展的构想，逐渐取代了传统的主体图像 (*parti*)。

的确，传统的词汇及构成规则也许有其基本的道理在，但相反的，这些词汇与规则最后反而可能被视为一套由过时的技术所堆砌出来的陈规。

本地 / 全球 (Local / Global)

数字革命不仅正在改变建筑设计的本质，也让建筑作品的地点出现变迁，而这种变化也重新界定了建筑作品与特定区域文化之间的关系。

以前我们若问某人工制品的原产地在哪里并同时期待得到一个明确的答案，这完全是合情合理的，工艺师拥有他们自己的工作坊，并在那里设计及制作自己的产品，他们使用当地的原料来制造组件，也自行组装这些组件。但我现在用来打字这部笔记本电脑，它的制造方式可就相当不同了，虽然上头印的是一家硅谷 (Silicon Valley) 公司的名称，但产品的装配生产线其实是在台湾进行的，要是你打开这个灰色的塑料外壳就会发现，标示在每个组件上的工厂名称及所在地竟是散布于全球，同样的，像主板这种次组件也是在许多不同的地区组装完成的。另外，各种软件的设计也是来自加利福尼亚州的库佩蒂诺 (Cupertino)、西雅图、剑桥、悉尼及其他更多地区，而软硬件组件及子系统的设计与整合工作，则是在无数个多半不知名的地方进行的，它们上头印的是品牌名称，而非工艺师的署名，你无法说出这是谁或是在哪里制作的，它真正是一项全球的产品。

迄今为止，虽然像电子设备这种相对较小、高附加价值的工业产品，其全球化的制造方式极其明显，而建筑物的建造方式也渐渐受到了影响。在传统的作法中，建筑物都是使用当地经济所能负担的建材和方法，在现场进行设计与建造的，由于分工变得更加精细，建筑师超越工艺师的工作形态，建筑师们可在第三地进行设计工作，并透过交易的方式获得其他地区的建材和组件，而不需在当地自行制造。随着工业革命的发展，许多建筑师得以开发国内与国际的业务，他们由为数较少的专业工厂负责制造建材与组件，然后透过道路、铁路及海运系统分送到世界各地。然而随着计算机与电信革命的发展，让跨国设计与营造团队得以有效地建立，在美国洛杉矶的建筑师可和位于芝加哥与伦敦的工程顾问、东京的总承包商以及遍布全球的组件制造商，共同在上海建造一栋新的建筑物。这样的团队极具竞争力，因为它能突破地域的限制，将最顶尖的专业技术聚集在一起，进入全球最具吸引力的劳动市场，并使用高度专业化的制造技术与机械设备。

想在这种环境下成功作业的建筑师，他们除了必须了解当地特殊传统技艺的知识外，也需要知道全球目前有哪些专业技术和制造方式以及全球的劳动市场与资金流向，而非只是了解当地的成本。此外，还要具备支持跨领域、跨国界的团队合作之能力，他们必须能够与散于各地之材料、组件及子系统等不同领域的设计师同心协力，并逐渐与自己的设计工作整合。

当然，因地制宜仍旧相当重要，但因应的方式必须有所不同，通常都在全球各地进行设计与制造，并在当地组装完成！