

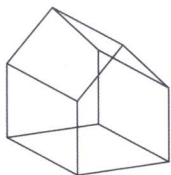
东南大学出版社

建筑设计数字技术研究丛书

# 超越网格

——建筑信息技术 建筑学数字化应用

Beyond the Grid:  
Architecture and Information Technology  
Applications of a Digital Architectonic



ETH Zürich CAAD  
Ludger Hovestadt 编著

李飏 华好 乔传斌 译 李荣校

国家自然科学基金资助(项目批准号: 51478116, 51408123)  
“十二五”国家重点图书出版规划项目  
城市与建筑遗产保护试验研究

国家自然科学基金资助项目 (项目批准号: 51478116, 51408123)

“十二五”国家重点图书出版规划项目  
城市与建筑遗产保护试验研究

超越网格——  
建筑和信息技术  
建筑学数字化应用

Beyond the Grid —  
Architecture and Information Technology  
Applications of a Digital Architectonic

Ludger Hovestadt 编著

李飏 华好 乔传斌 译 李荣 校

## 图书在版编目 ( CIP ) 数据

超越网格：建筑和信息化技术、建筑学数字化应用 / (德)  
豪威斯塔德 (Hovestadt, L.) 编著；李飏等译. —南京：  
东南大学出版社，2015. 10

(建筑设计数字技术研究丛书 / 李飏主编)

ISBN 978-7-5641-5709-8

I. ①超… II. ①豪… ②李… III. ①数字技术—应  
用—建筑学—研究 IV. ①TU-0

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 091190 号

书 名：超越网格——建筑和信息化技术、建筑学数字化应用

著 者：Ludger Hovestadt

译 者：李飏 华好 乔传斌

责任编辑：戴丽 魏晓平

责任印制：张文礼

出版发行：东南大学出版社

社 址：南京市四牌楼 2 号 邮编：210096

出 版 人：江建中

网 址：<http://www.seupress.com>

印 刷：利丰雅高印刷 (深圳) 有限公司

开 本：700mm×1000mm 1/16 印张：17 字数：408 千字

版 次：2015 年 10 月第 1 版

印 次：2015 年 10 月第 1 次印刷

书 号：ISBN 978-7-5641-5709-8

定 价：146.00 元

经 销：全国各地新华书店

发行热线：025-83791830

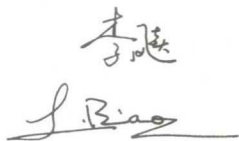
本社图书若有印装质量问题，请直接与营销部联系。电话 ( 传真 )：025-83791830

任意设计  
模式  
建筑和体块  
通用元素  
建造  
结构  
立面  
全球化设计

Any Design  
Patterns  
Buildings and Volumes  
Generic Elements  
Construction  
Structures  
Facades  
Global Design

建筑设计过程通常也被认为是艺术创造的“黑箱”解析过程，人们不能从外部直接窥视其内部的状态，唯一分析的方法是从输入与输出两端揣测其结构与参数。随着数字技术的介入，设计“黑箱”过程被逐步细化，并通过计算机程序算法理性呈现，全新的系统方法使得该过程新颖独特，这不仅体现在最终成果的形态，其设计手段和思维方式的变革也在悄然发生。“程序黑箱”解析融入理性数据、视觉审美及多样元素的互动与形变，并借助计算机程序内部运行机制对阶段性结果反复推敲，“程序黑箱”取代“设计黑箱”必将大幅度降低传统手法在众多候选方案之间来回游弋的操作成本。

本书展示 2000 年至 2009 年瑞士联邦理工大学以 Ludger Hovestadt 教授为首的建筑数字技术研究所的科研轨迹，其学科涉猎已大大超越普通“建筑人”的科研范畴。书中大部分案例的完成者均历经欧洲严格的建筑学学习，然而他们保持对貌似客观的绝对真理的戒心，敢于质疑既有的建筑体系，在孜孜于完美的终极答案的同时也始终保持其多义性和开放性。

The image shows a handwritten signature in black ink. The signature is written in a cursive, stylized manner. The first part of the signature appears to be the Chinese characters '李颀' (Lǐ Qí), which is the name of Ludger Hovestadt. Below the Chinese characters, there is a long, horizontal, wavy line that serves as a decorative flourish or a stylized representation of the name in Latin script.

2015 年 9 月 29 日





## Ludger Hovestadt 博士、教授

Ludger Hovestadt教授，苏黎世联邦理工大学CAAD实验室主任。

作为一位建筑师和计算机科学家，Ludger Hovestadt的跨学科研究强调“技术与人的互动”。对他而言，信息是反思和重塑人类生活、工作和娱乐环境的关键。因此，他关注于建筑学、计算机科学、机械工程、机器人和机器认知等学科的交叉。他最感兴趣的是能够处理复杂系统的设计与建造工具的开发，尤其是生成设计、数字制造、智能建筑。

Hovestadt教授指出我们有必要也有机会将技术与建筑工业相结合，而不只是囿于某一个研究领域，尤其是在建筑节能和建筑经济等领域。他的研究项目因而不只是技术的实验，更多是寻找一个历史转折点，展示技术在工业实践中的实际应用。自从2000年他成为苏黎世联邦理工大学CAAD实验室教授，他和20个小组成员已经进行了超过100个实验和研究，几个快速发展的附属公司已完成了许多不同类型项目。

Hovestadt于1960年出生在德国盖尔森基兴，就读于德国亚琛工业大学(RWTH)，慕尼黑建筑学院，然后在奥地利维也纳设计学院(HfG)师从Holzbauer教授。1987年毕业后，作为研究员在德国卡尔斯鲁厄工业大学和教授Fritz Haller、Niklaus Kohler教授一起工作，并在1994年获得博士学位。1997年至2000年，Hovestadt在德国凯泽斯劳滕大学担任建筑计算机辅助设计的客座教授。已婚，有四个孩子，一家人在瑞士苏黎世生活。

### Prof. Dr. Ludger Hovestadt

Ludger Hovestadt is Professor for Computer Aided Architectural Design (CAAD) at the Swiss Federal Institute of Technology (Eidgenössische Technische Hochschule, ETH) in Zurich.

As an architect and computer scientist, Hovestadt's approach is interdisciplinary: His concern is to 'interface technology with people.' For him, information is the key to rethinking and reshaping the environments in which we as human beings live, work, and play. He therefore takes an approach aimed at integrating fields as diverse as architecture, computer science, mechanical engineering, robotics, and machine cognition. His particular interests lie in the development of design and construction tools capable of managing complex systems with an emphasis on Generative Design, Digital Production, and Building Intelligence.

Hovestadt identifies both a need for and great opportunities in research that focuses on adapting technological developments from spheres of expertise other than the building industry, especially in the important areas of ecology and economy. His research projects are consequently not only technological experiments, but look for an historical anchor and seek to demonstrate concrete applications for current building practice. Since taking up his Chair for CAAD at ETH Zürich in 2000, Hovestadt and his team of 20 researchers have carried out more than one hundred experiments and studies, which have led to a wide variety of projects in several fast-growing spin-off companies.

Born in Gelsenkirchen, Germany, in 1960, Hovestadt studied architecture at Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (RWTH) in Aachen, Germany, and the Hochschule für Gestaltung (HfG) in Vienna, Austria, with Professor Holzbauer. Upon completion of his diploma in 1987, he worked as a scientific researcher with Professor Fritz Haller and Professor Niklaus Kohler at the Technical University in Karlsruhe, Germany, where he received his doctorate in 1994. Between 1997 and 2000, Hovestadt was a visiting professor for CAAD at the department of architecture at the University of Kaiserslautern, Germany. He is married with four children, and lives in Zürich, Switzerland.



## 译者简介

李 飏

东南大学建筑学院 教授 博士生导师



东南大学建筑学院博士，师从钟训正教授、院士，苏黎世联邦理工大学博士后，师从Ludger Hovestadt教授。长期从事与瑞士苏黎世联邦理工大学建筑数字技术中瑞科研合作。

研究领域涵盖建筑设计及其理论、计算机编程技术及建筑数字技术、建筑数控建造等。现任东南大学建筑学院建筑设计本、硕、博教研工作，全国建筑数字技术教学工作委员会副主任，东南大学建筑学院建筑数字技术与应用研究所所长，东南大学城市与建筑遗产保护教育部重点实验室主要成员。

华 好

苏黎世联邦理工大学 博士



东南大学建筑学院学士、硕士，2009年加入Ludger Hovestadt教授的CAAD（计算机辅助建筑设计/ETH Zurich）实验室深造并获得博士学位。曾在ETH、欧盟ERASMUS项目中讲授基于计算机编程的实验性建筑设计，2014年起在东南大学开展数字建筑教学。

主要研究设计运算（computational design）和数控建造，基于信息技术对建筑设计方法进行重构。曾获CAADRIA青年研究者奖，国家自然科学基金赞助，在eCAADe, CAADFutures, Computer-Aided Design, 《建筑学报》等国内外刊物上发表多篇论文。

乔传斌

东南大学建筑学院 建筑学硕士



师从东南大学建筑学院李飏教授，建筑运算与应用研究所成员，主要研究方向为参数化建筑设计（Parametric Design），精通VB等计算机程序语言，以及各类软件的建筑实践应用。



2000年9月我在苏黎世联邦理工大学担任CAAD实验室的教授，当时计算机辅助建筑设计还主要是指在计算机中模拟建筑模型。有两个方向很盛行：一是在“虚拟现实”的名号下——简单来说，就是计算机图形学的应用——建筑的外观特征由电脑模拟，二是以“人工智能”为宗旨的在其深层次结构的模拟。作为一名Fritz Haller教授的学生，我在德国卡尔斯鲁厄大学学习Fritz Haller的建筑构造课程，进行了十年的研究并获得博士学位，因此我对建筑物的结构更感兴趣，而不是它们的图形表达。这使我们的工作在与卡尔斯鲁厄的其他小组进行比较时显得不太一样：我们关心的不是计算机在艺术潜力上的发展，而是更关注它在实际建筑问题上的应用；我们的信条不是“虚拟现实”，而是“回到现实”。

一直以来我都想在苏黎世联邦理工大学设立并完善CAAD专业。我们的工作重点始终在于探讨建筑学和数字技术之间的特殊关系。所以，一方面我们正在对决定这一关系的基本的结构因素进行深入研究，另一方面，我们想把我们的成果放到建筑实践中进行实测。建筑学和数字技术彼此间的互动已经远远超出人们最初的设想，因为这两个领域都更具有综合性而不是单一性。我们的工作是不断地提出新的结合方式以及令人耳目一新的多种解决方式。

在过去的八年中，我们的工作大部分采取的是一种探索性的方法，因此我们并没有将工作内容公之于众。而现在，这样的探索试验阶段已经达到了一个饱和点，所以在接下来的几年里，我们将更多地专注于系统性、理论性和方法论的问题，并且将更多地致力于研究结果的发布和交流上。对我们来说，这本书是迄今为止工作经验的集合，也是今后更关注的理论工作的基础。

通过这本书我们想总结一下我们在CAAD实验室第一阶段的工作。在这个阶段中，我们做了大量丰富的实验，本书精选了其中一部分。它们涵盖了研究中诸多领域的广泛可行性应用，这个领域中数字技术迎合了建筑学的要求。希望这本书可以激励读者进一步深化有关建筑的具体想法。还希望通过这本书，能直观地表现当下建筑学正在发生的一些根本性的变化，读者可能会由此产生很多灵感。但本书未涉及具体操作实践的教程。

本书中的文章尽量做到浅显易懂，既没有项目中所用到技术的深奥解释，也没有理论方面大段的详细阐述。我们展示了一种基于现实世界的实验而存在的广义建筑学的可能性，这令我们非常兴奋。实验的理论和应用可能会在项目叙述间插入的文章中说明，但这只是一个暂定的方式。其详细的说明将是未来研究的一个方面。

我们研究组所拥有的资源，在其他同类甚至国际水平的研究所中均不常见，因此在这里被任命为教授是莫大的荣幸。我们正处在对该学科领域基本问题长期深入研究的位置。目前的卓越成果基于前辈们的努力，尤其是CAAD研究组的创始人Gerhard Schmitt教授。我想借此机会感谢所有前辈，当然，还有所有用热情、精力和技能投入，为如此多层面的项目带来硕果的同事们。

When I assumed the professorship for CAAD at the ETH in Zurich in September 2000, computer aided architectural design was mainly a matter of building models in a computer. Two directions were then prevalent: Under the title of 'virtual reality'—in simple terms, applied computer graphics—the surface features of architecture were reproduced in the computer, while the designation 'artificial intelligence' referred to the reproduction of its deep structure. As a student of Fritz Haller—from whose course in building construction at the University of Karlsruhe I received my doctorate and where I carried out ten years of intensive research—I had a particular interest in the structure of buildings, rather than their graphic representation. This sets our work in Karlsruhe apart in comparison to the other groups: We weren't concerned with developing the artistic potential of the computer, but rather with its use in answering real architectonic questions; our credo was not 'virtual reality,' but 'back to reality'.

It has always been with this goal in mind that I set up and have advanced the professorship for CAAD at ETH Zurich. The focus of our work lay—and still lies—in exploring that special relationship between architecture and information technology. So, on the one hand, we are making a deep study of the fundamental structural determinants of this relationship, while on the other hand, we want to put our outcomes to the test in real-world architectural practice. Architecture and information technology have more to do with each other than one might at first suppose. Because both fields have a somewhat more integrative than particular character, our work has constantly given rise to new hybrid forms and solutions that are as surprising as they are versatile.

Over the last eight years we have taken an exploratory approach to our work, and we have therefore intentionally published and communicated little about it. Now that this experimental phase of applied research has reached a certain saturation point, we will, over the next few years, focus more on systematic, theoretical, and methodical questions, and we will invest more of our resources in publication and communication. For us, this book is a collection of the empirical work that we have carried out so far, and also a basis for our future work, which will focus much more on theory.

With this book we want to conclude this first phase in the development of our work at the chair of CAAD, a phase which was characterized by many and varied experiments, of which we present a selection here. They cover an extraordinarily large area of possible applications in a fertile field of research, in which information technology meets architecture. We hope that this publication will inspire our readers to further develop their own specific ideas about architecture. We furthermore hope that it will help to give a realistic impression of how architecture is currently undergoing fundamental change. Our readers will find much to inspire them, but will find no instruction manuals or step-by-step guides.

The articles in this book have been intentionally kept simple; there are no in-depth explanations of the technologies used in the projects, and theoretical positions are not explained in any great detail. However, we will take great delight in demonstrating the possibilities of an expanded idea of architecture based on our real-world experiments. The theoretical aspects of these ex-

periments and opportunities will be outlined in the text inserts between the descriptions of the projects, but only in a tentative manner. To elaborate on this will be a matter for research in the future.

To be appointed to this professorship is a great privilege, since our chair has access to resources that few other institutes of this type have, even at an international level. We are in a position to carry out thorough long-term research into the fundamental questions of our subject area. This extraordinary position has been made possible by my predecessors; and special thanks must go to the founder of the chair for CAAD studies, Gerhard Schmitt. I would like to take this opportunity to thank all of them, and, of course, all of the many dedicated co-workers who, with enthusiasm, energy, and skill have brought to fruition such a large number of multifaceted projects.

Ludger Hovestadt / Zurich, May 2009





## 前 言

## 第一章 新的深层结构

1

## 任意设计

Schuytgraaf (荷兰): 地块的组织规划	10
Heerhugowaard (荷兰): 发展性规划设计	18
Oqyana (阿联酋, 迪拜): 把形式交给数据	22
Globus Provisorium (瑞士, 苏黎世): 共识引擎	28
Hardturm (瑞士, 苏黎世): 数字链	36

## 第二章: 超越网格

45

## 模式

The Millipede: 拐角	52
Semper Rusticizer: 追踪	58
Processing: 编程而非绘图	62

## 第三章: 不可预估的设计

67

## 建筑和体块

Grünhof (瑞士, 苏黎世): 投影禁令	74
Stadtraum Hauptbahnhof (瑞士, 苏黎世): 建筑作为调节器	80
Bishopsgate (英国, 伦敦): 城市的谈判	88

## 通用元素

Replay Column Atlas: 现代古迹	94
---------------------------	----

## 第四章: 结构与形式的分离

105

## 建造

Olympia Stadion (中国, 北京): 尝试及错误	112
Futuropolis (瑞士, 圣加伦): 数字链效应	116
Swissbau Pavilion: 生长的建筑	124
Stadsbalkon (荷兰, 格罗宁根): 圆柱的舞蹈	130

Metrostation (意大利, 那不勒斯): 稳定性的颠覆	134
Monte Rosa (瑞士): 数字小屋	138

## 第五章：过程和平衡 145

### 结构

Pavillons: 数字建筑结构	152
Paravents: 学习用机器建造	158
Freie Innendruck Umformung: 吹片	162
Monster Structures: 由纸板制成的屋顶	170

## 第六章：数据和信息 177

### 立面

Südpark (瑞士, 巴塞尔): 从内部到外部	184
Alu Scout: 参数化的立面	188
Credit Suisse (瑞士, 苏黎世): 缠绕的 / 装饰的混凝土	192

## 第七章：当事物开始学会跑的时候 197

### 全球化设计

无处不在的电脑	204
像鸟儿一样飞翔	208
建筑谷歌	212
制造建筑的机器人	218
在施工现场	224
电子智能	230
能源过剩	236
瑞士一切网络化	242

## 第八章：虚拟现实的应用 249

人员	259
----	-----



## Foreword

## Text I :A New Deep Structure 4

## Any Design

Schuytgraaf (NL) :The Organization of Plots	10
Heerhugowaard (NL) :Arranging Historical Growth	18
Oqyana(Dubai,UAE):Giving Form to Data	22
GLobus Provisorium (Zurich,CH) :The Consensus Engine	28
Hardturm (Zurich, CH) :The Digital Chain	36

## Text II :Beyond the Grid 47

## Patterns

The Millipede: Around the Bend	52
Semper Rusticizer: Chased Out	58
Processing:Programming,Not Drafting	62

## Text III :The Design of the Unforeseeable 69

## Buildings and Volumes

Grünhof (Zurich,CH) : Forbidden Shadows	74
Stadtravn Hauptbahnhof (Zurich,CH) :Architecture as a Regulator	80
Bishopsgate (London,UK) : Cities Negotiating	88

## Generic Elements

Replay Column Atlas: Modern Antiquity	94
---------------------------------------	----

## Text IV :The Separation of Structure and Form 107

## Construction

Olympic Stadium (Beijing, CN) :Trial and Error	112
Futuropolis (St,Gallen,CH) :Digital Chain Reaction	116
Swissbau Pavilion: A Growing Construction	124
Stadsbalkon (Groningen,NL) :The Dance of the Columns	130

Metrostation (Naples,IT) :Foreshaking Stability	134
Monte Rosa (CH) :The Digital Chalet	138
 Text V :Process and Balance	 147
 Structures	
Pavillons: Digital Building Construction	152
Paravents: Learning to Build with Machines	158
Freie Innendruck Umformung: Blowing Sheets	162
Monster Structures: A Roof Made of Cardboard	170
 Text VI: Data and Information	 179
 Facades	
Südpark (Basel,CH) :From Inside and Outside	184
Alu Scout: The Parametrical Facade	188
Credit Suisse (Zurich, CH) :Winding/Wrapping Concrete	192
 Text VII :As Things Have Learned to Walk	 199
 Global Design	
Computers Everywhere	204
Flying Like Birds	208
Architectural Google	212
An Automaton for Making Architecture	218
On Site	224
Electrical Intelligence	230
Energy Abundance	236
All of Switzerland Online	242
 Text VIII :Applied Virtuality	 253
 Persons	 259

## 新的深层结构

本书的主题是建筑学和数字技术之间的互动。我们的研究领域称为计算机辅助建筑设计，简称 CAAD。这一领域的常见应用是通过计算机生成建筑结构模型。换句话说，建筑学变得计算机化了。通常情况下，三维建筑模型是可以虚拟地允许人行走通过的。CAAD 的另一个应用研究是算法，它可以一定程度上自动生成建筑或城市模型并使之不断完善。苏黎世联邦理工大学的 CAAD 实验室采取完全不同的方法：我们将建筑放回现实。换句话说，我们正在为当代现实中的建筑实践寻求拓展和改进，这几年来已经取得了一系列创新成果。

迅速变化的科技使我们可以将现代建筑看成是实验性的。在计算机的帮助下，壮观、大胆、引人注目的形象和外观设计比以往任何时候更容易。从深层结构中解放出来的外观形成了一项有趣的游戏，这个游戏取决于人们最关注哪一部分。虽然已经进行了许多各种形式的实验，但即便是在最现代的建筑中，建筑物的主要结构构件、基础设施及其维护也并没有太大的改变。

我们对表面与结构的分离没有什么兴趣，并且我们也不属于形式反映深层结构这个由我们很多建筑学同事所拥护的阵营。我们更感兴趣的是从长远发展来看，这两者之间的趋同。因此，我们正沿循一条能反映瑞士建筑传统中对结构的特殊想法的道路，同时与英美建筑进行对比。我们所走的路是依据“结构”的，在信息技术的帮助下，可由此将“结构”演进为“叙述性的基础设施”。作为对延伸的建筑准则的补充，这可能要开辟一个全新的建筑学平台。

当然，我们并不是声称重构建筑！“建筑即是建筑即是建筑即是建筑。”一种更有效地看待上世纪建筑中出现的大量变化的方法就是采用“大尺度缩放”的方式来看待问题。越来越多的技术发展使我们得以将环境中的对象拆解成非常小的部分，反过来说，也可以利用完全不同的要素来构筑建筑。我们所说的这些可以通过回看生物学发展的历史来解释：在 17 世纪，植物和动物的分类是根据一些很宽泛的特征，比如植物叶子的大小和数量等。但随着显微镜的发明，对单个细胞的研究开始了，比如植物就可被分解得相当小来进行研究，从那以后我们便学会了将它们进行重组——即使只是在原理上、以生理图式的形式。50 多年来，我们观察得更加深入，可以把细胞分解到它的信息载体的程度。现在，我们已可以根据 DNA 来分类生命体，而且在一定程度上，可以通过重组 DNA 对有机体进行构建或重建。但现在我们并不能说已经完全达到解码的程度，因为仅仅是观察的深入，并不意味着这扇门就自己打开了。当我们处理最细微层面的时候，就发现我们并不是在与可接触的实体打交道了，道理很简单——就像锁只有它相应的钥匙才能打得开一样。当我们深入到越细微的层面，比如说分子或更细微的层次，我们就越不容易观察到它们之间的相互作用。我们不得不制定虚拟代码来制定秩序。用直觉来感知世界的状态已面临危机。