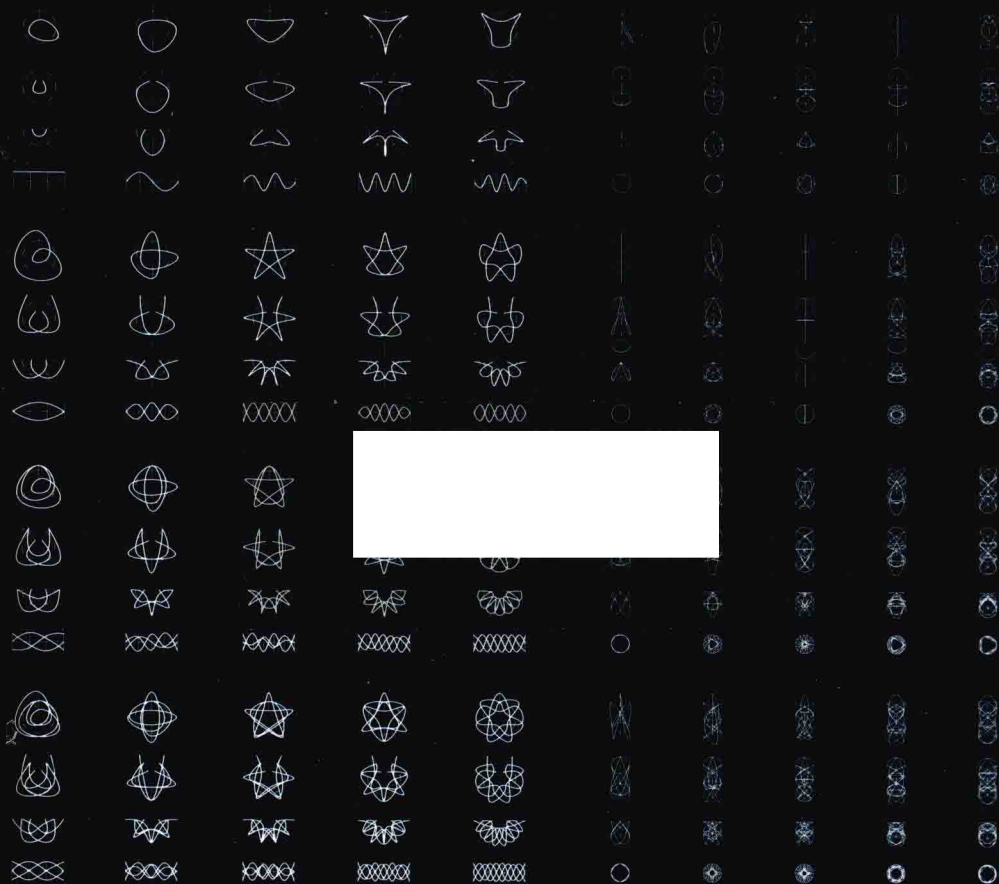


FROM DIAGRAMMATIC THINKING TO DIGITAL FABRICATION

从图解思维到数字建造

Philip F. Yuan

袁烽 著



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

“国家自然科学基金”（51578378）资助项目

“中德科学基金（国家自然科学基金委 NSFC 和德国科学基金会 DFG）”（GZ1162）合作资助项目

上海市数字建造工程研究中心，“同济大学建筑设计研究院（集团）有限公司重点项目研发基金”资助项目

“同济大学学术专著（自然科学类）出版基金”资助项目

FROM DIAGRAMMATIC THINKING
TO DIGITAL FABRICATION
从图解思维到数字建造

Philip F. Yuan

袁烽 著



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

从图解思维到数字建造 / 袁烽著. -- 上海: 同济大学出版社, 2016.6

(数字设计前沿系列丛书 / 袁烽, 江岱主编)

ISBN 978-7-5608-6382-5

I. ①从… II. ①袁… III. ①建筑制图 IV.

① TU204

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 126902 号

从图解思维到数字建造

FROM DIAGRAMMATIC THINKING TO DIGITAL FABRICATION

袁 烽 著

Philip F. Yuan

责任编辑 袁佳麟

责任校对 徐春莲

封面设计 袁烽 闫超

出版发行 同济大学出版社

(地址: 上海市四平路 1239 号 邮编: 200092 电话: 021-65982473)

经销 全国各地新华书店

印刷 上海安兴汇东纸业有限公司

开本 710mm × 980mm 1/16

印张 27

印数 1-3 100

字数 540 000

版次 2016 年 9 月第 1 版 2016 年 9 月第 1 次印刷

书号 ISBN 978-7-5608-6382-5

定价 120.00 元

本书若有印刷质量问题, 请向本社发行部调换

版权所有 侵权必究

目录 CONTENTS

01 序 Foreword

09 导论 Introduction

19 图解为何 Diagrams Matter

39 表现图解 Representational Diagram

41 绘图到透视学

57 透视学到切石法

73 形式图解 Formal Diagram

75 从瓦堡学院到柯林·罗的形式图解

95 从柯林·罗到艾森曼的形式图解

117 从艾森曼到格雷戈·林恩的数字图解

133 生成图解 Generative Diagram

135 卡尔·楚的计算生成图解

149 乔治·斯特尼与泰瑞·奈特的形式语法生成图解

175 算法生成图解

201 结构性能图解 Structural Performance Diagram

203 结构建筑学图解

217 静力学图解

239 数字化结构性能生形图解

259 环境性能图解 Environmental Performance Diagram

261 环境性能可视化图解

279 数字化环境性能分析图解

299 数字化环境性能生形图解

315 几何建造图解 Geometrical Fabrication Diagram

317 参数化几何图解建模

337 参数化几何图解优化

355 数字化建造的图解方法

375 后记 Epilogue

379 附录 Appendix

381 图片来源

397 人物索引

405 参考文献

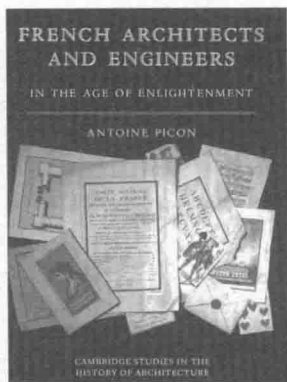
序

Foreword

计算机、互联网、数字化是我们这个时代的特点，它们正在革命性地改变我们的生活、文化和社会。可以设想的是，这种改变将与日俱增，在广度和深度上持续发展。同样，在建筑学领域中，计算机、互联网和数字化手段的使用也在逐步改变建筑设计的方法和过程，改变我们对空间、物质、材料、形式的认知，形成对建筑学科传统观念的挑战。以笔者所在的建筑历史理论领域为例，互联网的广泛使用已经在很大程度上迫使建筑史教学（这里特别指的是外国建筑史教学）从历史建筑的知识型素材（比如笔者接受建筑学基本教育的20世纪70年代末和80年代初被使用的胶片式幻灯片）的占有和传授向历史素材的理论诠释和批判思维转变。原因很简单，过去被视为珍贵教学资料的胶片型幻灯片所记录的建筑图像现在在互联网上唾手可得。在这种情况下，历史素材的理论分析和批判性讲解就理所当然应该成为教学的重点。其实，后面这一点原本就很重要，只是历史素材和资料的稀缺在很大程度上抬高了知识型教学的地位，掩盖了理论教学和批判性思维缺失的不足。另一方面，互联网数字化资料的司空见惯反倒使实地的空间和物质感受变得更加重要和不可替代。不用说，对于建筑历史及整个建筑学教学来说，这样的体验从来都是重要的，但正是我们这个网络和数字化无处不在的时代更加凸显了实地体验的弥足珍贵。笔者相信，出于同样的原因，亚马逊等电商巨头在经过网络销售和电子书籍的极速发展之后，重新认识到开设实体书店的必要性和重要性。

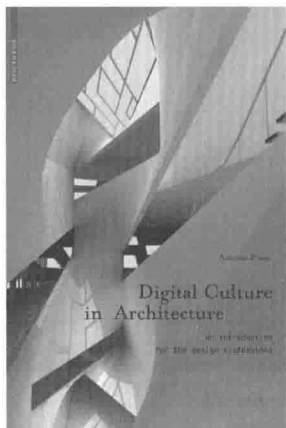
就此而言，计算机、互联网和数字化时代的发展对我们的生活和建筑学的影响绝不仅仅意味着非物质化的单向发展。毋宁说，它要求我们重新认识和思考非物质化和物质化的界限，以及各自的呈现方式和意义，当然还有二者之间的互动。这使我想起在哈佛大学设计研究生院（GSD）任教的安东万·皮孔（Antoine Picon）教授的一篇题为《建筑与虚拟——走向新的物质性》（“Architecture and the Virtual: Towards a New Materiality”）的论文。

作为一位法国长期从事建筑技术历史研究的学者，皮孔有大量相关著作问世。在英语世界，他的第一本著作是1992年出版的《启蒙运动时期的法国建筑师和工程师》（*French Architects and Engineers in the Age of Enlightenment*），2010年又有《建筑的数字化文化》



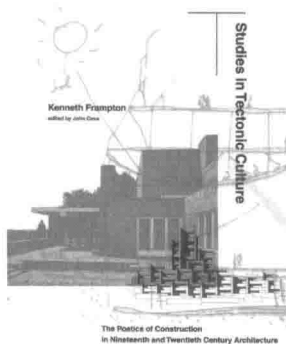
《启蒙运动时期的法国建筑师和工程师》（*French Architects and Engineers in the Age of Enlightenment*）

(*Digital Culture in Architecture*) 问世。与前一部著作面向历史对象不同,《建筑的数字化文化》力求直面我们时代的问题。然而作为一位历史学家,皮孔对当代问题的视野仍然是历史性的。正是基于这种历史性视野,皮孔在这部著作中不仅全面系统地梳理了建筑的数字化文化本身的历史发展,而且阐述了数字化文化与传统建筑学问题的联系和对我们这些问题上的认识形成的挑战。换言之,皮孔这部著作的意义就在于它既不完全排斥当代问题在建筑学中的意义,又不像一些“起哄”式的作者那样唯当代命题是从,甚至轻易断言当代命题已经或者必将终结全部传统建筑学,而是理性和冷静地看待和分析当代问题对传统建筑学的突破和挑战,以及潜伏在当代发展中的问题和偏颇,进而得出位严谨的学者在这些问题上可能提供的认识。



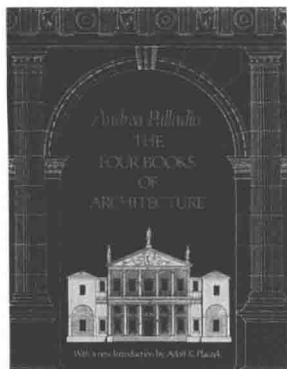
《建筑的数字化文化》
(*Digital Culture in Architecture*)

其实,《建筑的数字化文化》的上述基本立场早在之前《建筑与虚拟——走向新的物质性》一文中已经彰显无疑。在文中皮孔明确指出了两种需要避免的倾向,一种是对数字化建筑幼稚的顶礼膜拜,而另一种同样偏颇的倾向则是在缺乏深入思考的情况下将其拒之门外。皮孔的这一立场针对的是建筑学中的一种观点,这一观点认为,数字化设计的发展对在建造和建筑技术等具体层面体现的物质性(materiality)这一建筑学的重要维度构成了威胁。他特别以肯尼思·弗兰姆普顿(Kenneth Frampton)在《建构文化研究》(*Studies in Tectonic Culture*)之后的一系列论述中表达出的忧虑为例进行说明。在皮孔看来,这种忧虑不难理解,因为很多数字化建筑师的作品确实体现了一种极端的形式主义,计算机主导下的设计似乎常常对建筑的物质维度及建筑与重力、推力和抵抗力的紧密关系置若罔闻。在计算机屏幕上,除了受到建筑纲要(program)和建筑师想象力的制约之外,形式似乎可以无拘无束、自由漂浮。



《建构文化研究》
(*Studies in Tectonic Culture*)

对于这样的担忧,皮孔首先指出,传统的二维手绘图纸其实并不能够比计算机图纸表达出更多的物质性。物质性和抽象性原本就是一对矛盾。文艺复兴之后发展起来的以线条为主的建筑制图就反映了这一点。对于那些受维特鲁威影响的建筑师们来说,没有什么比在建筑的各种线脚中玩弄光影效果更具物质性,然而以线条为主的再现方式与建筑师们期望的实际效果大相径庭。即使在帕拉蒂奥



《建筑四书》
(*The Four Books of Architecture*)

的《建筑四书》(*The Four Books of Architecture*)中,建筑再现也被简化到只剩下线条。尽管如此,帕拉蒂奥的建筑还是表明,建筑再现固有的抽象性并不导致建筑的最终结果必然缺少物质性。

更为重要的是皮孔提出了这样一个发人深省的问题:在评判数字化建筑的得失之时,我们应该将计算机设计所处的当前阶段的状况(无论这一状况有多少不能令人满意之处)视为一种终极标准吗?皮孔对此的回答是:鉴于数字化建筑仍然处于幼年时期,我们必须谨防对它的当前特征妄下定论。在皮孔看来,弗兰姆普顿和其他批评者们可能假定,数字化设计的当前状态是永久的,从而过于看重它的当下特点,这反倒低估了由它引发的真正问题。数字化建筑的现状所体现的非物质性,或者说它时常表现出来的对物质性的忽视很可能是暂时的。真正的情况也许是,在计算机普及和虚拟世界的发展中,物质性并非岌岌可危;相反,它仍然是建筑生产的基本属性。

皮孔接下来的论述主要集中在两个层面。一方面,他强调应该将计算机带来的冲击更准确地理解为物质性的重新塑造,而非物质体验和物质性的丧失。这一点又包括两方面的内容,而且都是借助于计算机辅助设计与汽车的类比来加以说明的。首先,计算机为设计者带来了新的可能,就如汽车的使用为人的运动带来新的可能一样。与传统制图和步行方式不同的是,计算机和汽车的使用都是人机互动,由此形成的是一种人与机器的复合体。其次,就如汽车在行驶过程中会改变人对常规距离的感知一样,计算机的使用也使设计者的尺度观念发生了深刻变化。计算机图形可以任意放大缩小,从近在咫尺到远在天边,一切都可以在包含在一个计算机图形之中,由此产生的是一种特殊的不稳定的感知形式。与此同时,计算机和数字化技术也为设计者展现了全新的整体感知和物体。在皮孔看来,如果说之前的建筑师习惯于操作稳定形式的话,那么现在他们越来越多操作的则是动态的几何形式——事实上,这种动态的几何形式或者看似流动的曲面形式几乎已经成为数字化建筑的特征。

当然,皮孔也指出在建筑师与日俱增的对这种形式的迷恋中存在的问题,比如表皮形式与结构的完全分离(如盖里的建筑所体现的那

样)，或者是最初设计的流动性和实现这一形式的技术之间存在的尖锐矛盾（如FOA的横滨码头项目所显示的那样）。皮孔意识到，也许正是数字化表达与传统建筑学之间的鸿沟才引发了弗兰姆普敦等人的抵触和批评。但是，皮孔仍然强调，无论这一鸿沟看起来多么令人不安，它并不必然等同于建筑的去物质化。毋宁说，计算机重新定义了物质性，而不是在纯形式的诱惑中抛弃物质性。

皮孔论述的另一个层面与图解（diagram）在设计层面的作用有关。如果说计算机和数字化技术为建筑师提供了形式上的无限可能，那么对于设计者而言，最为关键的还是选择，即对设计发展过程的关键阶段及其潜力作出策略性评判，而图解就是设计者在数字化媒介中把握方向的一种手段。这里所谓的图解并非一种纯粹的智力构想，而是与行为过程紧密相关。就此而言，皮孔甚至认为图解有自己的物性（physicality），类似于编舞者记录芭蕾舞演员舞步的抽象记号。皮孔列举了两种最为常见的图解，即荷兰式建筑图解和21世纪初的地缘政治学图解（geopolitical diagrams）。两者都基于一种概要性描述（schematic description），趋向于忽略尺度和地缘的复杂差异，也不涉及历史特征，但是它们有共同的目标和对象，两者都试图通过连续的行动把握动态的过程。

之所以要在篇幅有限的序言中不惜笔墨引述皮孔的观点，是因为无论作者的初衷和意图如何，本书都可以视为对皮孔提出的计算机辅助设计和数字化建筑所包含的一系列议题的某种回应。作为袁烽教授近几年在同济大学开设的研究生理论课程的教学成果总结，这是一部雄心勃勃的著作。既有对不同类型的图解的甄别和梳理，也为数字化建筑图解建立了一个全方位的学科谱系——从再现方式和形式生成到结构性能和环境性能，再到参数化建造。在这里，正如其在导论中阐明的，“图解是通过对建筑设计中各要素之间的关系进行抽象化和可视化，以达到与主体的交汇，进而通过这种交汇来生成新的可能”。在这样的意义上，它也是对皮孔在《建筑与虚拟——走向新的物质性》中论述的议题的拓展和充实。



《建筑数字化建造》(Fabricating the Future), 袁烽、尼尔·里奇编著



《建筑机器人建造》(Robotic Futures), 袁烽、阿希姆·门格斯、尼尔·里奇等著

事实上,如果说图解在皮孔的阐述中还只是在计算机漫无目的的形式生成中打破无尽可能的数字化操作过程的一种手段的话,那么本书关注的已经不仅仅是形式的自主生成本身(一定意义上,对形式自主生成的过度迷恋已经使数字化建筑或者参数化设计背负了某种恶名),而且也在很大程度上涉及建筑的结构性能和环境性能等更为重要的建筑学问题。在笔者看来,如何在数字化建筑或者参数化设计中融入结构(而不是盖里式的非结构)和环境性能的思考正是本书不同凡响的亮点之一。特别值得一提的是结构性能图解方面的章节,它体现的是作者意欲克服和纠正计算机主导下的建筑设计常常表现出的忽视建筑的物质维度,尤其是建筑的重力关系之倾向,也是对普遍存在的认为数字化设计难以对物质世界的内在逻辑进行回应之观点的某种反击。

本书的另一个亮点是它在数字化建造方面进行的思考和努力。尽管它主要涉及的仍然只是图解层面的问题,但是如果说FOA横滨码头最初设计的流动性和实现这一形式的技术之间存在的尖锐矛盾绝非一朝一夕能解决的话,那么本书作者对建筑数字化建造由来已久的关注和研究则使“几何建造图解”成为本书的内容变得顺理成章。某种意义上,它致力于回应和探究的正是数字化建筑的非物质性倾向与建构学强调的物质性实在之间的矛盾,以及在当前计算机设计所处的阶段中看似势不两立的状况、但在未来却可能高度融合的可能性。更为重要的是,无论皮孔如何坚信数字化建筑的未来可以在很大程度上弥补其当前阶段的不足,这样的弥补并不会自己到来,而是有待于意欲执数字化建筑之牛耳者的价值取向和努力方向,尽管毫无疑问,本书作者在这方面的研究和探索还有很长的路要走。

有趣的是,原本可以在皮孔的《启蒙运动时期的法国建筑师和工程师》中出现却并未出现的切石法(stereotomy)成为本书中的内容之一,但是被置于“表现图解”的范畴之中。在笔者看来,切石法问题出现的动因是建造而非表现,鉴于切石法出现时石材在欧洲建筑中是作为结构性材料,而不是像今天在诸如普雷斯顿·斯科特·科恩(Preston Scott Cohen)的建筑中被重新关注并作为非结构性饰面材料来使用的,切石法实际也涉及结构问题。尽管如此,我仍然能够接受本

书将切石法置于“表现图解”的做法，因为我更愿意将这一“错位”（displacement）视为建筑学中的物质性与非物质性其实没有非此即彼的截然分野，而是可以相互转化乃至相辅相成的又一例证。

最后，我愿意再次援引皮孔教授在《建筑与虚拟——走向新的物质性》一文的最后部分提出的立场：设计内容全面拓展的潜能使我们比以往任何时候都必须对它的后果负有更多责任，因为从自然到人工产品，从材料到建筑，这个世界越来越像是我们的创造物。就此而言，一种新的政治责任在所难免。对建筑师来说，这就意味着必须改变以往那种对建成作品导致的社会问题麻木不仁的职业姿态。皮孔进而指出，如果说数字化革命也是一种材料革命的话，那么在哈佛设计学院带领师生致力于探索建筑材料表现潜力的森俊子（Toshiko Mori）的“建筑师和其他公民一样，都必须积极思考这样的问题：我们应该在哪里建造，建造什么，如何建造，以及用什么建造”的观点就是发人深省的。皮孔甚至提议，在一个环境问题和可持续发展越发重要的世界中，我们或许还应该加上一句，“什么时候不要建造”。在皮孔看来，坂茂这类追求可持续性结构的设计师的可贵之处就在于，他们在探索物质性和技术革新的同时，也展现了一种更为清晰的政治和社会关怀。

无疑，上述这个议题并没有在本书中出现，自然也没有得到本书作者的关注。但是，与其说这是一个属于“从图解思维到数字建造”的特定议题，不如说是建筑学不可回避的持久议题。就此而言，无论数字化建筑和参数化设计的未来在技术维度上有多大的发展，其变化又多么令人应接不暇，它仍然是建筑学的组成部分。

王骏阳

同济大学建筑与城市规划学院教授

2016年5月



导论

Introduction

当图解 (Diagram) 中的“图” (Drawing) 与数字设计并置在一起的时候, 往往会将后者置于一种极其危险的境地。究其原因, 这与自建筑设计的数字化转型开始便随之产生的一种文化批评有关。由于数字设计在其发展初期无法与真实建造建立起联系, 所以常被诟病于难以对物质世界的内在逻辑进行回应。相反, 建筑则应该是源于真实材料的组织而非抽象算法 (Algorithm) 的运行。当然, 这种误解已经在近些年随着数字设计的发展以及学科内对于它的认识转变而慢慢消融。一方面, 在新唯物主义 (New Materialism) 的影响下数字设计已经从对抽象计算的热衷转向了探索物质世界在新的自然与社会伦理状态下的形态生成逻辑的自主性探索。建筑已不再是人文主义时代由人类向人类提供的“设计”, 而是在新技术的辅助下通过改变人与人、人与自然系统及改变人与社会生产系统的交互方式而产生的后人文 (Post-humanism) 空间。另一方面, 伴随着上述由设计表达 (Representation) 向设计模拟 (Simulation) 直至逻辑成形 (Formation) 的转型, 人们对“图”的理解也从古典思想中的单纯“空间再现”扩展到了描述或驱动空间背后隐形机制的“图解”。这好比法国哲学家雅克·朗西埃 (Jacques Ranciere) 对电影画面的讨论, 在电影中, 图像的目的既不是去表达简单的现实, 也不是手法技术特征的体现, 而是作为一种操作, 通过这种操作将电影中的整体与部分、可视物与意指联系起来。同样的, 图解之“图”在建筑设计中也并不是简单的对于一种空间预想进行分析与模拟的工具。图解是通过建筑设计中各要素之间的关系进行抽象化和可视化, 以达到与主体的交互, 进而通过这种交互来生成新的可能性。可以说, 图解既仗于图像, 又超然于图像。图像仅仅是图解的外在表现, 而其核心的内在属性则是逻辑、联系、运转以及衍生。而这也是本书将图解思想与数字设计联系在一起进行讨论的根本原因。在广义层面上, 数字设计既不能由数字化工具所定义, 其操作过程也和图像没有必然的联系。甚至, 数字设计从某种意义上可以被看成是“反图像”的, 其出现是在试图打破建筑师倚靠经验主义逻辑对主体意识中的图像进行操作的范式, 进而将建筑理解成是一系列数字、逻辑和演进过程的瞬时呈现。这种“反图像”属性与图解的本质“不谋而合”。所以可以说, 数字化设计远在计算机还未被发明的时期可能就已经伴随着图解思维出现了, 数字化设计的历史可能就是一部图解思想的历史。

作为一本探讨图解与数字化设计的理论读本，在内容方面，本书是建立在我在过去6年开设的名为“图解建筑设计方法讨论”的硕博研究生课程教学基础上的总结。该理论课程每学期18讲，6年下来，一共108讲，期间我邀请了许多教授、学者和建筑师参与了教学专题案例讲座。同时，我的研究生们为这门课程的阅读资料收集、整理以及教学课件的扫描、制作作出了很多的努力。他们的名字将在下文的概述中一一被列举出来。本书既不是常规意义上以时间为主线的理论梳理，也不是对各种设计方法工具的总结，而是在论述中，对图解的运用和思考，既脱离了类型和范式，也超越了地理和时间。图解思维作为一种隐形的价值观念，跳跃于不同的历史时期，联系起不同的个体思想。各章节将从不同的侧面对图解思维与设计方法进行挖掘和剖析，以便从多重维度建立起与数字化设计在本质上的联系。

首先在“图解为何”的讨论中，本书从图解的哲学背景及本体论出发，以历史与理论的视角去追问和剖析何为图解，基于查尔斯·桑德斯·皮尔士（Charles Sanders Peirce）、斯坦·艾伦（Stan Allen）等哲学家、理论家的观点基础上，从语源学和符号学的角度阐述图解的内涵以及与其他相似概念的异同。纵观今古，图解被广泛应用于航海、工程、艺术、社会等诸多领域，其作为媒介始终扮演着双重角色：既是一种分析性、映射性、概括性的抽象工具；同时也是一种综合性、衍生性、生成性的思维模型。当图解跨入建筑领域，它成为了彼得·艾森曼（Peter Eisenman）口中一种“解释或分析工具”和“生成工具”。这一见解得益于米歇尔·福柯（Michel Foucault）的“全景敞视监狱”理论及后来吉尔·德勒兹（Gilles Deleuze）衍生出的“抽象机器”图解观。建筑师们依据各自的理解，开始将图解纳入建筑思维体系：一方面使图解成为一种解释性工具——以简单的抽象形式阐述复杂的设计过程；另一方面直接采用图解的生成性，借助这一抽象机器，输入动态的设计参数，输出新的逻辑、形态和组织内容。

“绘图到透视学”和“透视学到切石法”这两部分的论述，从图解中的“图”出发，阐述了图解、绘图与建筑设计这三者之间的相互作用。在建筑领域，图解作为一种隐性的工具在生产建筑形式的过程中始终与绘图息息相关。承载于绘图之中的图解不仅在设计过程中

通过对抽象逻辑的操作可以衍生出不可预期的形态，而且绘图这种媒介本身也通过其不同维度间的几何转译对建筑形态产生潜在影响。“绘图到透视学”一章首先从历史的角度出发，梳理了绘图在信息传递属性之外所具备的空间注解属性，并详细论述了这种属性作用在文艺复兴前后由一种在场建造工具向一种非在场空间表达媒介的转变。由于在这一转变过程中几何投影机制的介入，以及随后平行投影的产生，传统建筑图纸系统开始对建筑空间的营造过程产生了重重限制。正因如此，从绘图、图解到建筑形态的关系线索被建构出来。之后“透视学到切石法”通过对绘图发展过程中的历史动因进行论述，以及对切石法建构复杂几何形态的工作机制进行分析，阐释了绘图作为空间构建图解在建筑形态发展过程中一直成为主要工作媒介的原因，并在此基础上引出了当代数字化语境下空间建构实践所存在的问题，即绘图与建造的隔离，并提出了在传统绘图机制和数字思维与技术之间找到一个新的平衡点，并试图来建立绘图、图解与多维几何之间的建筑自治。关于这部分内容，在过去几年时间里我邀请了青年建筑师学者闫超、王飞、水雁飞、王耀华做了多个研究讲座，这些成果都为课程的教学梳理及这本书的出版提供了重要的线索。

在开启了建筑自治的讨论后，本书在之后的部分以柯林·罗（Colin Rowe）、彼得·艾森曼和格雷戈·林恩（Greg Lynn）这三个典型人物为主线，探讨了图解从现代主义时期到数字化时代的转变。“从瓦堡学院（Warburg Institute）到柯林·罗的形式图解”是对隐藏在形式自治理论的图解思想萌芽进行了解读。在广义层面上，用图解来实现形式自治的理论研究主要围绕在从柯林·罗到艾森曼这样一条主线。形式图解的萌芽起始于瓦堡学院，在鲁道夫·维特科瓦（Rudolf Wittkower）的著作中初见端倪——简单的单线、忽略掉尺度、建构、细节等重要建筑信息，抽取形式中最核心的部分，实现形式的逻辑化过程。而柯林·罗对帕拉蒂奥与现代主义建筑的对比研究将图解的方法进行了不断的发展和丰富，并在“德州骑警”时期与一批志同道合的同事合作将其由二维图解演变为具有空间“透明性”的立体轴测图解，对艾森曼的形式图解理论的发展奠定了基础。之后在“从柯林·罗到艾森曼的形式图解”一章中，彼得·艾森曼被作为论述的主体对图解从分析到生成的转变进行了阐述。与柯林·罗不同，艾森曼的图解理论结合了乔姆斯基的语言

符号学以及德勒兹哲学等理论学派，更加强调了图解分析与解释之外的生成作用。这部分的研究是建立在我的学生韩力、段文婷以及王祥的硕士论文和研究的基础上的。“从艾森曼到格雷戈·林恩的数字图解”，以艾森曼图解理论中运用计算机技术对非笛卡尔几何学和复杂空间的探讨为基础，论述了这种转变对格雷戈·林恩的数字图解理论的影响。继承了艾森曼的图解思想，林恩在遗传学、生物学等现代科学领域和立体主义、未来主义等现代艺术流派的影响下，提出了折叠（Folding）、泡状物（Blob）、动态形式（Animated Form）、复杂性（Intricacy）等新的图解思维方法，有力地将前沿数字技术与图解方法结合形成了新的数字图解理论。

接下来，本书从不同的角度探讨了当代数字化设计中的多个重要议题与图解思维的关系。关于“卡尔·楚（Karl Chu）的计算生成图解”的研究，是在艾森曼的形式图解和建筑自治理论基础上，探讨建筑的本体论问题，即“建筑是什么”。以卡尔·楚的建筑原型系统“星球自动机”（Planetary Automata）为例，介绍了他的哲学理论研究背景并详细提出计算时代背景下的建筑生成图解的理论基础与应用。从内容上来说，计算生成图解是将艾森曼的“形式生成图解”转向了对形式原点和生成规则的图解化研究。这里要感谢卡尔·楚教授在与我的交流中形成的对本章研究内容的支撑。“乔治·斯特尼（George Stiny）与泰瑞·奈特（Terry Knight）的形式语法生成图解”主要以我在麻省理工学院（MIT）做访问学者期间跟随泰瑞·奈特教授的学习作为基础，之后我的学生孟媛和何金的硕士论文研究也为这一部分的内容提供了重要的依据。形式语法作为研究和处理图形语法的数学模型，以图解的方式将设计思维逻辑化，并应用于建筑的设计过程。由于介于计算机图形学和建筑生成设计体系的过渡时期，形式语法起到了承上启下的作用，其自下而上的设计思维和图解逻辑性规则把设计和运算紧密联系到了一起。“算法生成图解”具体讨论了计算生成图解理论在建筑计算生成实践中的应用，通过对莱昂内尔·马奇（Lionel March）的编码建筑和计算机发展史的研究，提出了算法是计算生成图解在实践中具体应用的核心，算法成为建筑生成的发生机，代码与图的并置则成为新的算法生成图解。研究具体通过引用“L系统”（L-system）、集群智能（Swarm Intelligence）等几