

计算视角的出现——20 世纪 30—70 年代的 architectural 理论思潮

The Emergence of Computational Perspectives: A Trend of Architectural Theory from 1930s—1970s

尚晓伟 刘奕莎 张 健 陆 文

SHANG Xiaowei, LIU Yisha, ZHANG Jian, LU Wen

摘要: 以参数化设计为代表的计算机辅助建筑设计技术在当下建筑实践中逐渐发挥重要作用,然而过往关于计算机辅助建筑设计的研究往往着眼于计算技术发展本身,鲜有在理论层面对计算视角演进的解读,尤其是对传统建筑理论与当下计算机辅助建筑实践不匹配的忽视,正为计算机辅助建筑设计研究投下技术教条主义的阴影。据此本文选择以 20 世纪 30—70 年代建筑理论研究中计算视角的出现为着眼点,试图阐明在计算机辅助建筑设计领域运用传统建筑理论的必要性。

关键词: 计算机辅助建筑设计; 科学设计; 建筑理论思潮; 计算视角

Abstract: In contemporary architectural practice, computer-aided architectural design technology, exemplified by parametric design, has assumed a pivotal role. However, previous research in this domain has predominantly concentrated on the advancement of computing technology itself, often overlooking the nuanced evolution of computing perspective at the theoretical level. Notably the disparity between traditional architectural theory and contemporary computer-aided architectural practice has been frequently neglected, causing a technical dogmatism in research. Consequently, this paper delves into the historical development of computational perspective within architectural theory research spanning the period from the 1930s to 1970s. It aims to elucidate the imperative of integrating traditional architectural theory into the realm of computer-aided architectural design.

Keywords: computer-aided architectural design; scientific design; architectural theory thought; computational perspectives

【文章编号】2096-9368(2023)04-0112-08

【中图分类号】TU-091.1

【文献标识码】A

【录用日期】2023-08-10

【作者简介】

尚晓伟, 西南科技大学土木工程与建筑学院助教, 硕士, 主要从事建筑技术与西方建筑史研究。

刘奕莎, 西南科技大学土木工程与建筑学院助教, 硕士, 主要从事中国近现代建筑史、绿色建筑研究。

张健, 西南科技大学土木工程与建筑学院副教授, 博士, 主要从事建筑技术、建筑科学研究。

陆文, 西南科技大学土木工程与建筑学院助教, 硕士, 主要从事建筑与景观设计、乡村振兴研究。

自20世纪60年代麻省理工学院教授史蒂文·库恩斯(Steven A. Coons)明确指出计算机辅助设计的目标是发展一个人机系统,使人类设计师和计算机能够共同解决有关设计的创造性问题以来,计算视角已成为当下建筑理论的重要发展方向^[1]。所谓计算视角指自1948年诺伯特·维纳(Norbert Wiener)的《控制论》发表以来,全新的思维模式利用信息技术对传统建筑理论与实践二者关系产生了深远影响,建筑对象成为可执行、可响应且拥有感知力的人工造物,计算过程对创造力的惊人拓展使其必须被纳入全新理论范式框架中探讨^[2]。作为一种从科学设计思想中转变而来的理论方向,这种建筑设计中的计算视角本质是科学设计思想对建筑设计理论的不断渗透,并在20世纪30—70年代依托结构主义和计算机辅助设计技术迅速成长,最终逐渐成为建筑理论转向的新思潮。

1 科学设计思想初现

20世纪的设计与科学二者关系存在两个重要的历史发展阶段,即20年代对科学设计产品的探索与60年代对科学设计过程的关注,科学设计思想也经此两个阶段的发展而在众多设计学科快速传播。普遍观点认为科学设计思想是一种现代工业化设计思维,与前工业化时代以工艺为导向的设计不同,它基于科学知识,但同时使用直觉和非直觉的设计方法在实践过程中应用科学知识,设计的最终目的是“令科学在设计中可见”^[3]。科学设计思想的出现不仅是设计学科在理论维度的自我优化和更迭,而且还是实践维度自下而上的改革需求,这种全新的思想改变了设计学科对传统设计流程的固有认知,也在这场思想更迭运动中开始孕育全新的理论范式。

1.1 科学设计产品

文艺复兴时期,科学与设计的关系已十分紧密,以至于当下部分学者认为科学设计思想可能在阿尔伯蒂(Leon Battista Alberti)的论文中就已经有所崭露^[4]。而普遍意义下的科学设计理念则应追溯至20世纪20年代对科学设计产品的探索,彼时荷兰风格派运动(De Stijl)核心人物特奥·凡·杜斯堡(Theo van Doesburg)表达了他对这一设计新思想的想法:“我们的时代对艺术、科学、技术等方面的每一个主观猜测都充满敌意。新的思想已经支配着几乎所有的现代生活,它反对动物的自发性,反对自然的支配,反对艺术的虚伪。”^[5]勒·柯布西耶(Le Corbusier)更是就此将房屋直接描述为一个客观设计支配下居住的机器^[3]。总体而言,计算视角最初正是建筑领域基于科学设计思想(也即客观与理性)完成创作的内生性选择。

1.2 设计方法运动

对科学设计的探索在20世纪60年代“设计方法运动

(Design Methods Movement)”中再次兴起,1962年9月在伦敦举办的设计方法会议被普遍认为标志着设计方法论开始作为一门学科或研究领域^[3]。新的设计方法运动对基于客观性和合理性开展设计的愿望比过往更加强烈,其根源在于第二次世界大战后对设计效率与质量的全新要求,促使科学和计算的方法对传统设计的介入不断加深。激进的技术专家巴克明斯特·富勒(Buckminster Fuller)甚至呼吁在科学、技术和理性主义的基础上进行设计科学革命,以克服他认为政治和经济无法解决的人类和环境问题^[5]。运动的高潮则是赫伯特·西蒙(Herbert Simon)的设计理论著作《人工科学》(The Sciences of the Artificial)的问世,以及他对在大学中开展“设计科学教学”的具体呼吁:“在设计过程中发展一系列专业化、研究化、形式化、经验化并且易于传授和教学的知识。”^[6]但作为一种存有争议的新方法运动,该运动同样受到同时期许多设计师和设计理论家的质疑。正如格兰特(Grant)所言“设计本身不是也永远不会是一种科学活动,也就是说设计本身就是一种非科学或反科学的行为”^[7]。

1.3 科学设计建筑

从英国开始的设计方法运动彻底将数学、控制论、生物学和语言学等科学思想引入建筑设计实践,使得建筑生成过程变得计算化和科学化^[6]。20世纪60年代的建筑实践就此正式向科学设计建筑快速转型,标榜科学和计算的第一代数字化建筑师将其计算思想传递至第二代追随者,而第二代追随者同时也是计算视角在建筑实践中的第一批践行者,这些人共同组成了凯勒(Keller)所言“科学的六十年代(The Scientific Sixties)”之建筑领域的主角^[8]。以信息技术为代表的科学方法强化了建筑设计理论中计算视角的方向优势,而计算视角在建筑领域内也进一步拓宽了信息技术发展的可能,直至1969年耶鲁大学会议将建筑设计计算机图形学列为主要议题^[9],计算与建筑的关系越来越亲密,并不断通过建筑理论的革新强化联系。

2 科学设计思想与科学设计建筑

科学设计思想是促使计算视角在建筑理论转向中出现的内在动因,然而科学设计思想在何时开始介入建筑理论转型?科学设计思想最终又如何转化为科学设计建筑并促成计算视角的出现?或许需要回溯至包豪斯的时代,从计算、科学和建筑关联的起点处重新梳理。

2.1 包豪斯与科学设计思想在建筑设计领域的萌芽

包豪斯作为最早将科学视为艺术载体的团体之一,其理念代表着设计艺术对科学的早期探索,以至于包豪斯的建筑师被他们同时代的人视为科学建筑师^[10]。翻阅瓦尔特·格罗皮乌斯(Walter Gropius)和莫霍利-纳吉(László

① 特奥·凡·杜斯堡与荷兰风格派运动的另一位核心人物蒙德里安(Piet Mondrian)在理念上有所不同,他提倡视觉艺术中的简化美学、几何美学和还原美学,并主张绘画、设计和建筑应充分融合。

② 1965年,富勒与约翰·麦克黑尔(John McHale)在巴黎举行的国际建筑师联盟会议上提出了国际设计科学十年计划(1965—1975),即希望利用科学的理念来解决传统人类问题。

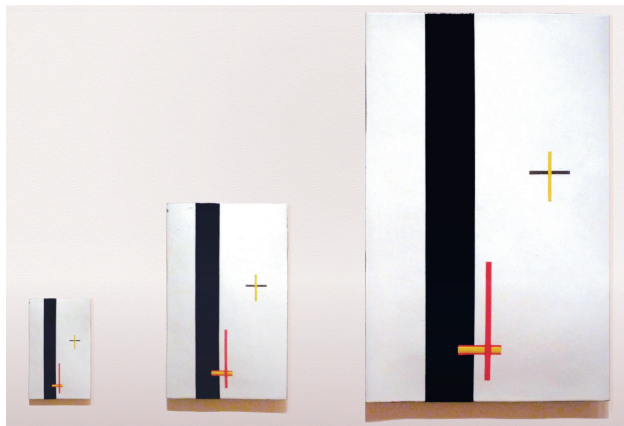


图1 莫霍利-纳吉利用电话技术完成电话图片 (Telephone Pictures): EM3, EM2 和 EM1^[13]

Moholy-Nagy) 的教学内容, 甚至可以认为彼时建筑设计已经走出了单纯的艺术范畴^[11]。尤其是在 1923 年莫霍利-纳吉主导学校以后, 包豪斯学校的课程不仅考虑技术, 还考虑自然科学在建筑教育中的应用^[12]。这种注重科学与技术的理念作为科学设计思想的雏形, 开始改变人工设计的传统内涵, 计算的思想已经萌芽 (图 1)。

1937 年, 莫霍利-纳吉在芝加哥创立“新包豪斯 (New Bauhaus)”, 其科学理论课程设置已从自然科学延展至社会科学。而在 1938 年开设的芝加哥设计学校 (School of Design) 和设计学院 (Institute of Design) 里, 莫霍利-纳吉更开发了一种全新的教学方法帮助学生利用艺术、科学和技术的协作来完成设计^[11]。此外, 在莫霍利-纳吉前往芝加哥、格罗皮乌斯执教哈佛大学前, 部分包豪斯教员选择了去英国生活和工作。在那段时间里, 这些教员参加了英国先锋派运动 (Avant-garde Movement), 他们不仅促进了设计科学研究的发展, 也将这种技术与科学的研究热潮引入英国建筑领域。而此后不久的战后大规模重建工作也在一定程度上为建筑师与其他科学家一起工作创造了契机, 激发了部分建筑师在实践中应用技术与科学的兴趣^[14]。

2.2 大西洋两岸对科学设计建筑可能性的进一步探索

有了包豪斯教师和他们带来的新思想, 在建筑中使用科学, 尤其是数学就更容易了, 此后以莱斯利·马丁 (Leslie Martin)、莱昂内尔·马奇 (Lionel March)、谢尔盖·切尔马耶夫 (Serge Chermayeff) 和克里斯托弗·亚历山大 (Christopher Alexander) 等为代表的“第一代数字建筑先驱”开启了在建筑领域逐步利用科学技术的序幕^[15]。

莱斯利·马丁 1956 年成为剑桥大学建筑学院院长。正如他自己所说建筑教育的特点就在于教学内容广泛涉及不同领域的知识, 马丁致力于在剑桥建立一个开放、自由和多元的建筑研究环境, 在这里建筑学的研究完全是跨学科

的, 任何能对建筑设计起到促进作用的领域都成为研究的对象。剑桥大学建筑学院成为欧洲建筑计算发展的先锋, 计算的价值在欧洲建筑领域开始迅速传播。20 世纪 60 年代后期由莱斯利·马丁和莱昂内尔·马奇在剑桥共同建立的土地利用和建筑形式研究中心 (LUBFS, Land Use and Built Form Studies at Cambridge) 开始利用城市规划中的定量思想和计算机技术共同研究城市形态, 成为早期科学设计建筑的重要实践^[8]。

而在大洋彼岸, 1946 年莫霍利-纳吉去世后, 格罗皮乌斯特别指派切尔马耶夫接任芝加哥设计学院院长。切尔马耶夫在那里一直工作到 1951 年, 最后辗转来到哈佛大学主导建立环境设计研讨会 (Environmental Design Seminar), 并在麻省理工学院和哈佛大学城市研究联合中心 (Joint Center for Urban Studies) 合作的“城市家庭住宅项目 (the Urban Family House Project)”开展工作^[16]。1959 年, 深受科学设计思想影响的亚历山大从英国来到哈佛大学, 跟随切尔马耶夫攻读博士学位, 这位数学、建筑双重背景的先锋建筑师逐渐在计算机辅助建筑设计领域崭露头角^[8]。1963 年亚历山大和切尔马耶夫共同撰写的《社区与隐私》 (Community and Privacy) 预示着科学设计思想在建筑领域逐渐落地为科学设计建筑^[17]。

3 科学设计建筑与计算视角的出现

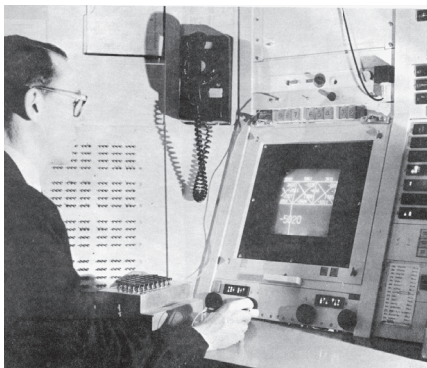
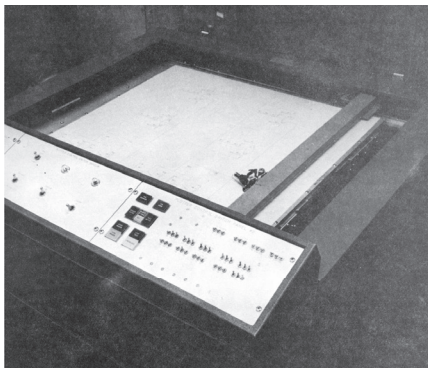
两次世界大战的特殊时局引发了建筑生产与科学技术二者关系的持久争论, 这场学术领域的思辨在 20 世纪 50 年代末才最终获得广泛共识——科学设计建筑, 然而对科学技术的盲目推崇也为建筑设计发展投下技术教条主义的阴影。直至 20 世纪 60 年代在实证主义与计算机辅助设计技术的双重影响下, 建筑理论研究通过引入全新的计算视角, 才不仅突破自然科学对建筑设计的桎梏, 也自此开启计算机辅助建筑设计研究的新阶段。

3.1 基于实证主义的数字建筑理论思潮

在实证主义浪潮中, 控制论所引发的范式革命促使一种新的思维方式开始在建筑学术界迅速蔓延。首先, 控制论作为一种横跨众多学科的科学范式描述了一种能够进行自我调节行为的系统。其次, 该系统不仅能够处理从环境接收到的信息, 其本身还会对环境产生反馈和影响, 而这些变化又进一步对系统行为产生影响, 形成因果循环机制^[18]。这一范式革命后续影响了包括计算机辅助建筑设计在内的诸多新建筑概念起源。

由于实证主义对传统建筑理论范式的影响, 信息技术对建筑领域的渗透初始阶段便不仅局限于技术维度, 而是更多利用信息技术传递出全新的数字愿景与数字价值观。正如里夫卡·奥克斯曼 (Rivka Oxman) 所言: “在信息技

① “电话图片”是莫霍利-纳吉通过电话向德国魏玛一家搪瓷厂远程指导制作的一系列搪瓷画作, 其中 EM1、EM2 和 EM3 三幅作品有着相同的抽象、几何构图, 分别以大、中、小尺寸制作。莫霍利-纳吉在他的“电话图片”中摒弃传统手工艺品的独立性, 转而采用工业时代的大机器生产是为了强调现代艺术家的角色是概念的生产者, 而不是实际参与作品制作的工匠。

图2 伊万·萨瑟兰使用光笔操作 Sketchpad^①图3 Sketchpad 控制绘图仪在打孔纸带上绘图^②

术介入建筑设计领域过程中，最具挑战性的部分也许是构成数字建筑设计基础的新方法和新理论是同时出现的。”^[19]持有类似观点的还有新媒体理论家列夫·马诺维奇（Lev Manovich），即从新媒体理论视角来看，基于计算的数字建筑实践作为技术中介的文化产品，必须被同时视为文化和技术现象并互相渗透。这一新观点突破了过往将文化和技术作为相互独立两极的固有思维^[20]，因此在信息技术介入建筑领域的早期，信息技术不仅是实践过程中的工具，还同时作为探索新设计范式的媒介。

3.2 新思潮的突破——计算视角的出现

这场建筑理论思潮中计算视角的出现与美国结构主义发展关系最为密切，自1935年鲁道夫·卡尔纳普（Rudolf Carnap）移民美国开展实证研究到西蒙前往芝加哥大学跟随计量经济学家和数理经济学家亨利·舒尔茨（Henry Schultz）探索思维研究的可能性，传统理论与计算的结合在美国开始逐渐改变传统的社会科学研究范式。西蒙认为社会科学需要与自然科学同样的严谨性和数学基础，因为这正是使“硬”科学如此深入人心的原因。1952年西蒙在兰德公司（RAND Corporation）与艾伦·纽厄尔（Allan Newell）开始探寻科学研究中应用计算范式的潜在可能，并逐渐聚焦于利用计算机模拟人类思维机制，相关研究最终被总结为信息处理理论（information processing theory），该理论成功将心理学与计算机技术有机融合。西蒙的研究突破了传统设计理论边界，将计算与数学成功应用于社会科学研究范式，“计算”这一全新视角就此被包括建筑师在内的部分设计学者所知晓。

而在建筑学范畴内，计算机辅助设计技术则是计算视角在建筑理论研究中迅速崛起的另一重要推力。1963年麻

省理工学院的伊万·萨瑟兰（Ivan Sutherland）提交了他的博士论文《Sketchpad：人机图形通信系统》（“Sketchpad: A Man-chine Graphical Communication System”），标志着交互式CAD技术正式登上历史的舞台，在实践层面开始改变设计学科。这位麻省理工学院研究员历时两年多开发的创造性工具，第一次使人类能通过光笔与计算机进行互动^[21]（图2，图3）。萨瑟兰作为工程师虽然创造了交互式CAD技术，却并没有从建筑师的角度去构思“Sketchpad”，对计算机辅助建筑设计转向起关键性作用的学者则是麻省理工学院机械工程设计教师库恩斯^③。1964年12月5日，库恩斯在建筑与计算机（Architecture and the Computer）会议上发表了一场关于“Sketchpad”的演说，该会议是最早有关计算机在建筑设计中应用的建筑会议之一。会议的最后格罗皮乌斯也总结道：“我希望建筑师能对科学提供的全新可能性保持开放态度，并且合理利用这些工具为创造性设计提供更大自由。”^[22]

库恩斯的演说在麻省理工学院迅速发酵，尼古拉斯·尼葛洛庞帝（Nicholas Negroponte）于1967年和利昂·格罗泽（Leon Groisser）共同创立麻省理工学院的建筑机械小组（Architecture Machine Group），深入探索计算机辅助建筑设计理念在实践层面的可能^④。建筑机械小组实验室虽然归属建筑系，但一半学生和研究人员来自电子工程系。尼葛洛庞帝认为，作为同时处理物质和抽象的学科，建筑系学生需要与计算机学科使用符号和技术完全不同的全新技术范式。他主张将计算机技术与传统建筑理论研究联系起来，尤其是将交互式CAD与传统建筑设计联系起来，继而开展了一系列诸如URBAN 2、URBAN 5^⑤、SEEK^⑥和HUNCH^⑦等项目，以研究如何利用计算机辅助建筑设计中的交互性帮助建筑师优化传统设计方法（图4，图5）。

① 库恩斯不仅是当时杰出的设计理论家，还是计算机图形方法领域的先驱，正是库恩斯成功地将交互式计算机图形引入工程设计领域。由美国计算机协会计算机图形专业组举办的计算机图形学顶级年度会议——计算机图形图像特别兴趣小组（Special Interest Group for Computer, GRAPHICS）会议设立了一项以库恩斯命名的奖项，以表彰其对计算机图形学和互动技术发展的贡献。

② 建筑机械小组是首批将建筑、工程和计算结合在一起，并致力于探索建筑研究和教学新方向的建筑计算实验中心。1985年该实验中心被合并重组为麻省理工学院媒体实验室（MIT Media Lab）。

③ “URBAN 5”项目是基于1968年尼葛洛庞帝“计算机辅助城市设计”课堂实践发展而成的一个能够监控设计过程的系统，其目标是研究与机器就环境设计问题进行对话的可行性，“URBAN 2”项目为其早期版本。

④ “SEEK”是一个由计算机控制且被有机玻璃封闭的密闭空间，里面充满堆叠的小方块，其内部的沙鼠会不断地改变方块的位置，而机械臂将依照预先编写的指令自动将小方块按特定模式重新排列。

⑤ “HUNCH”系统是一套草图识别系统。在HUNCH中，用户不再需要理解软件以进行绘图，HUNCH系统将主动观察学习用户的草图，并以此作为媒介，实现用户和软件之间的对话。



图4 URBAN 5 系统, 用户可以利用光笔与系统完成交互^[23]

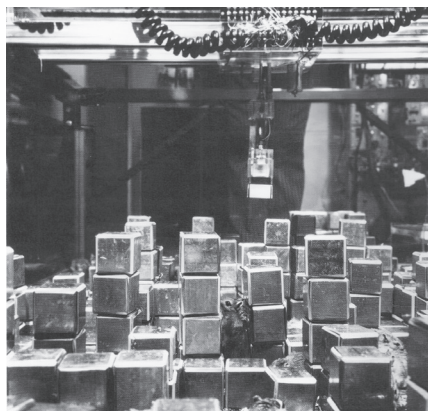


图5 “Seek” 中机械臂正在重新排列方块^[24]

尼葛洛庞帝的研究最终表明传统设计理论与计算机技术互动共生将会带来计算机辅助建筑设计的全新可能。

3.3 计算视角与建筑理论转向

自20世纪40年代意大利建筑师路易吉·莫雷蒂 (Luigi Moretti) 首次提出参数化建筑 (parametric architecture) 理念^①, 到20世纪70年代计算建筑理念在建筑领域迅速传播, 建筑理论中的计算视角表现为多阶段发展特点 (表1)。首先是进入20世纪60年代后, 部分理论研究开始以现代主义思想为本, 将正在发生的技术探索以及其他科

学领域的理论 (即人工智能和数学) 逐渐纳入理论探索路径, 这些新建筑理论将建筑设计视为一种理性生产行为, 试图以论证的方式处理建筑设计问题^[25]。而进入20世纪70年代后, 以计算机为核心的建筑理论出版物数量迅速增加 (CumInCAD 数据库中相关文献从60年代的16篇迅速增长至70年代的185篇)^[26], 以生成系统、空间分配技术等为代表的计算机辅助建筑设计和模式语言 (A Pattern Language) 成为这一时期理论研究的新热点。至20世纪80年代, 通过对不同领域技术和方法的融合改进, 计算视角在建筑领域逐渐获得认可^[25]。

表1 20世纪60—70年代计算建筑领域重要理论著作

年份	著作名称	作者
1960	《第一机械时代的理论与设计》 (<i>Theory and Design in the first Machine Age</i>)	雷纳·班纳姆 (R.Banham)
1961	《论生长与形式》 (<i>On Growth and Form</i>)	达西·汤普森 (D.Thompson)
1964	《形式综合的注释》 (<i>Notes on the Synthesis of Form</i>)	克里斯托弗·亚历山大 (C.Alexander)
1970	《动态建筑》 (<i>Kinetic Architecture</i>)	祖克 & 克拉克 (W.Zuk & R.Clark)
1970	《人工科学》 (<i>Sciences of the Artificial</i>)	赫伯特·西蒙 (H.Simon)
1972	《形状语法与绘画和雕塑的生成规范》 (<i>Shape Grammars and the Generative Specification of Painting and Sculpture</i>)	斯蒂尼 & 吉普斯 (G.Stiny & J.Gips)
1972	《视觉思考的经验》 (<i>Experiences in Visual Thinking</i>)	罗伯特·H·麦金姆 (R.McKim)
1975	《对计算机辅助设计和建筑的思考》 (<i>Reflections on Computer Aids to Design and Architecture</i>)	尼葛洛庞帝 (N.Negroponte)
1977	《计算机辅助建筑设计》 (<i>Computer-Aided Architectural Design</i>)	威廉·J·米切尔 (W.Mitchell)
1977	《模式语言: 城镇、建筑、建造》 (<i>A Pattern Language: Towns, Buildings, Constructions</i>)	克里斯托弗·亚历山大 (C.Alexander)
1980	《形状语法导论》 (<i>Introduction to Shape and Shape Grammars</i>)	乔治·斯蒂尼 (G.Stiny)
1980	《设计师如何思考》 (<i>How Designers Think</i>)	布赖恩·劳森 (B.Lawson)

① 路易吉·莫雷蒂是意大利著名建筑师, 自20世纪30年代起便开始进行有关算法在建筑设计中应用的研究, 因此被广泛认为是参数化建筑理念的开创者。

对建筑理论转向初期计算视角相关研究进行梳理会发现 20 世纪 60 年代该领域理论研究主要聚焦于以下四个方面。第一是设计相关计算机技术自身发展的研究；第二是对计算机技术在建筑实践中应用的研究；第三是对其他相关领域（如人工智能）的研究，这些领域提供了同样适用于建筑设计的方法与技术；第四则是建筑领域内与计算建筑类似的其他方法和理论研究^[26]。60 年代的研究主要涉及计算建筑的技术基础，尤其是计算机图形系统。在建筑领域计算机图形系统研究不仅包括在计算机中交互式绘图，还包括需要计算表征的传统设计问题^[27]。70 年代该领域研究分类情况与 60 年代基本相同，但此时计算机图形学覆盖学科范围广泛，已成为独立研究方向，建筑领域早期的计算机绘图工具研究则已加速向计算机辅助建筑设计研究转变。

3.4 计算视角与建筑实践

基于计算的建筑实践在设计范式转变中至关重要。然而 20 世纪 50 年代初通用计算机价格还十分高昂，这使得早期大部分计算建筑实践工作都是利用大学里的计算机完成的。最早的一批计算建筑实践很多都应用于医院规划设计中，这与当时医院相关研究资金充沛及数据丰富且易获取密不可分^[28]。其中利克莱德（J. C. R. Licklider）和克拉克（W. E. Clark）在 1962 年基于美国公共卫生服务医院规划合作项目探索了一项利用 PDP-1 计算机辅助医院分配可用资源以支持可预期的未来空间活动的医院规划项目（图 6），规划团队可以通过计算机迭代不同分配计划，以挑选最优的布局方式^[29]。另一个医院领域的重要实践项目则是利物浦大学的两位建筑科学家怀特海德（B. Whitehead）和埃尔达斯（M. Eldars）在 1964 年利用 KDF9 计算机实现了一种针对医院布局规划中空间分配问题的算法程序，该算法问题后来也成为计算机辅助建筑设计研究的重要内容^[30]。此外，尤恩·伍重（Jørn Utzon）在 1959 年完成的悉尼歌剧院设计挑战了当时的建筑生产技艺，其直至 1973 年才完成的漫长建造过程也促使该项目成为计算机介入建筑实践

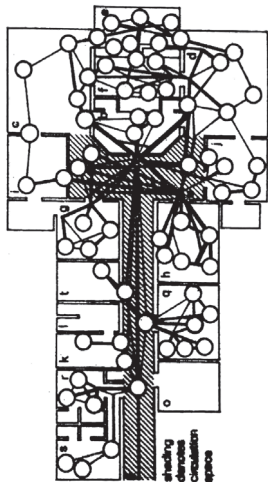


图 6 基于计算机完成的医护工作者活动分布图^[27]

① 圆圈代表有活动发生，连线则标示运动轨迹。

进行结构分析的先驱，项目组依托 60 年代快速发展的计算机完成屋顶外壳荷载分析和拱门的组装情况确定，最终才令项目得以实现^[25]。

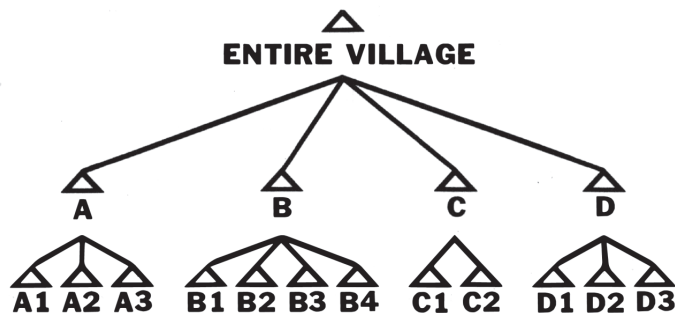
除去医院规划项目外，20 世纪 60 年代与 70 年代早期关于空间布局的实践项目通常局限于百货商店和工厂规划等，如工程师穆特（R. Muther）于 1961 年在美国开发的优化工厂布局方法^[31]，造成这一现象的原因包括缺乏必要的数据库、解决方案达不到简单且可验证等。但同期仍有很多针对建筑工程造价、建筑照明、建筑声环境与建筑热舒适分析的实践研究，其产物大多是单一或独立的分析程序^[9]。20 世纪 70 年代晚期，人们逐渐意识到在建筑设计中使用某种形式的计算机似乎是不可避免的，因此进入 80 年代后计算视角下的建筑实践类型开始迅速增多。

来自实证主义、结构主义、信息理论等的多重影响使人们期望将建筑对象转变为可执行、可响应且拥有感知力的全新人工造物，使其成为一个动态且高度集中组织的一部分。最终这场新思潮带来的计算视角不仅在实践中引入了新生产范式，更重要的是在理论维度同步对建筑内涵解读给予全新可能，并由此加快建筑理论研究向科学技术转向的步伐与速度。

3.5 建筑师自我价值认知危机

来势汹汹的计算机辅助建筑设计技术在改变建筑设计方法的同时也带来了建筑师自我价值认知的新危机，彼时刚刚完成博士学业的亚历山大激进地表示：“在目前流行的对建筑计算的关注中存在一种非比寻常的危险信号，即利用计算解决问题会反过来影响我们对待问题的看法。它将促使我们只考虑建筑问题中那些可以被计算的方面，然而这些易于计算的内容往往是建筑设计中最微不足道的部分。”^[14]因此亚历山大在哈佛大学的博士论文《形式的综合：关于理论的一些注释》（“The Synthesis of Form: Some Notes on a Theory”）是一项开创性的工作，因为在 20 世纪 60 年代早期，这是第一批明确将数学和计算单纯作为工具介入城市与建筑设计，同时保持设计过程中传统设计理论主导作用的研究之一^[32]（图 7，图 8）。亚历山大痛斥技术教条主义对建筑理论发展的危害，明确计算视角作为建筑理论发展的新方向更应尊重建筑设计本身的独特需求与建筑师的主体地位。

从赫伯特·西蒙到尼葛洛庞帝直至亚历山大，计算视角的出现为 20 世纪 30—70 年代建筑理论转向提供了全新思路，然而正如迈克尔·海斯（Michael Hays）所说，马克思主义批判理论和后结构主义对建筑现代主义的解读始终是 20 世纪建筑理论发展的主流，历史视角仍占据建筑理论的主导地位^[14]。计算视角事实上是现代科学引发建筑危机后，建筑学科内自我探索的一种化解危机的可能性。17 世纪新认识论语境一出现便宣告旧有建筑理论体系的终结，新认识论中“意义”不再通过人与自然的关系建立，而是新的建筑理论体系在语言的建构过程中开始构建，直

图7 《形式的综合：关于理论的一些注释》中基于程序生成的空间树状逻辑图^[31]图8 基于数学计算绘制的村庄总体布局^[31]

至20世纪，从结构主义向建筑学“理论转移”时出现分裂。建筑理论界的一部分学者接受了结构主义的观点，另一部分学者却不太关心费迪南德·索绪尔（Ferdinand de Saussure）“语言（langue）”和“言语（parole）”概念之间的内在关系，他们更愿意接受数学模型作为新的实践和理论工具。前者在巴黎、威尼斯和纽约之间产生了一种跨大西洋的关系，而后者则在英国剑桥找到了一个理想的科学环境，但最终这两种思想汇聚到美国，形成了20世纪60年代建筑理论转向中的计算视角，最终以亚历山大为代表的数字建筑理论逐渐明确建筑师与传统建筑理论在计算机辅助建筑设计过程中仍应发挥主导作用。

4 总结与讨论

建筑理论思潮中计算视角的出现凸显了知识环境对思想的发展作用。从人工艺术到数学计算，知识环境转变对建筑的影响，远远超出本雅明（Benjamin）关于艺术作品复制中自主真实性的论述。与文学或其他艺术类似，建筑在被建造之前，也是一系列思想关系的组合。而建筑理论正是通过整合思想关系，建立提供探讨和批评的思维平台，使得建造成为一种客观且可重复的过程。从本质上讲，千禧年以后基于计算的“参数化设计”在建筑设计中广泛使用，不仅预示着数字范式正被引入建筑文化，还显示了传统建筑理论与以计算为导向的当代实践之间新的不匹配。

而这种不匹配可以被视为两种理论文化的再次冲突：即前者基于定性的社会调查，而后者则以定量的数据分析为主导。这种理论与实践的错位在时间上与“批判理论”部分新思想同时存在，然而却被历史学家和建筑理论家所忽视。“批判理论”在自我瓦解的同时，也见证了建筑理论新分支的诞生。这些新理论大多数都面向计算和数学，它们迅速聚集于特定的理论体系并成为该体系的全新范式。

新时代一系列新范式拓展了建筑的可能性，却也重新带来了技术教条主义危机，从“机器”到“计算机”的隐喻性革命再次引发千禧年以后对建筑师主体地位的思考，但设计与科学并非平行线，艺术和技术的耦合在以“生成设计”为代表的新一代数字化建筑设计方向中已然成为可能。为了反抗技术教条主义，新理念意在探索理论研究中结合计算技术的全新方法，即通过一种优化技术将建筑师的主观意图与不同的计算技术有机整合，促使建筑师成为设计过程的主导，在这里，传统建筑理论将成为联系两种范式的粘结剂。

总体而言，传统建筑理论与以计算为导向的当代实践之间的不匹配，本质上是在技术垄断时代下数字化建筑设计实践中建筑师的又一次价值危机，但历史已经证明建筑创作无法脱离建筑师孤立存在，如何处理传统理论与计算实践间的矛盾？或许可以回到计算视角出现的时代，从先锋数字建筑师的选择中寻找答案——即建筑计算而非计算建筑。

参考文献

- [1] COONS S A, MANN R W. Computer-aided Design Related to the Engineering Design Process[M]. Cambridge: M. I. T. Electronic Systems Laboratory, 1960.
- [2] QUIN C A C. The Cybernetic Imagination of Computational Architecture[J]. International Journal of Architectural Computing, SAGE Publications, 2016, 14(1): 16–29.
- [3] CROSS N. Designarily Ways of Knowing: Design Discipline Versus Design Science[J]. Design Issues, 2001, 17(3): 49–55.
- [4] PICON A. Digital Culture in Architecture: An Introduction for the Design Professions[M]. Basel: Birkhäuser, 2010.
- [5] BALDWIN J T. Bucky Works: Buckminster Fuller's Ideas Today[M]. New York; Chichester: Wiley, 1998.
- [6] MENDES R, PAIO A C R, BRANDÃO F. Transdisciplinarity in Architecture as a Digital Change: Back to the Future[C]//Universidad de Barcelona. Back to the Future. The Future in the Past: ICDHS 10th+1 Barcelona 2018. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona, 2018: 706–710.
- [7] CROSS N. Science and Design Methodology: A Review[J]. Research in Engineering Design, 1993, 5(2): 63–69.
- [8] KELLER S B. Systems Aesthetics: Architectural Theory at the University of Cambridge, 1960-1975[D]. Cambridge: Harvard University, 2005.
- [9] GERO J S. Computer-Aided Architectural Design—Past, Present and Future[J]. Architectural Science Review, 1983, 26(1): 2–5.
- [10] ANKER P. The Bauhaus of Nature[J]. Modernism/modernity, 2005, 12(2): 229–251.
- [11] WHITFORD F. Bauhaus[M]. London: Thames and Hudson, 1984.
- [12] FINDELI A. Rethinking Design Education for the 21st Century: Theoretical, Methodological, and Ethical Discussion[J]. Design Issues, 2001, 17(1): 5–17.
- [13] The Museum of Modern Art. Moholy-Nagy, EM1, EM2, and EM3 (Telephone Pictures), 1923[EB/OL]. (2017-04-06)[2023-09-19]. <https://www.youtube.com/watch?v=...>

- com/watch?v=ff8z14SiIKk.
- [14] ROCHA A J M. Architecture Theory, 1960—1980 : Emergence of a Computational Perspective[D]. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2004.
 - [15] STEENSON M W. Architectural Intelligence: How Designers and Architects Created the Digital Landscape[M]. Cambridge: The MIT Press, 2017.
 - [16] SCHULDENFREI R. Inventing American Modernism: Joseph Hudnut, Walter Gropius, and the Bauhaus Legacy at Harvard, by Jill Pearlman[J]. Design and Culture, 2009, 1(3): 387–389.
 - [17] CHERMAYEFF S, ALEXANDER C. Community and Privacy: Toward a New Architecture of Humanism[M]. Garden City: Doubleday, 1963.
 - [18] HEIMS S J. Constructing a Social Science for Postwar America: The Cybernetics Group, 1946-1953[M]. Cambridge: The MIT Press, 1993.
 - [19] OXMAN R. Theory and Design in the First Digital Age[J]. Design Studies, 2006, 27(3): 229–265.
 - [20] MANOVICH L. The Language of New Media[M]. Cambridge: The MIT Press, 2002.
 - [21] SUTHERLAND I E. Sketchpad: A Man-machine Graphical Communication System[D]. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 1963.
 - [22] HALSTED D. The Origins of the Architectural Metaphor in Computing: Design and Technology at IBM, 1957–1964[J]. IEEE Annals of the History of Computing, 2018, 40(1): 61–70.
 - [23] WERNER L C. HUNCH 1972: A Second Experiment in Sketch Recognition or: 'I Know the Concept of Your Concept of Interpolation'[C]//MARCOS C L. Graphic Imprints. Cham: Springer International Publishing, 2019: 3–11.
 - [24] HOGGETT R. 1969-70 - SEEK - Nicholas Negroponte (American)[EB/OL]. cyberneticzoo.com. (2010-10-27)[2023-09-19]. <https://cyberneticzoo.com/robots-in-art/1969-70-seek-nicholas-negroponte-american/>.
 - [25] CAETANO I, LEITÃO A. Architecture Meets Computation: An Overview of the Evolution of Computational Design Approaches in Architecture[J]. Architectural Science Review, 2020, 63(2): 165–174.
 - [26] KOUTAMANIS A. A Biased History of CAAD[C]//Instituto Superior Técnico. Digital Design: The Quest for New Paradigms-eCAADe Conference Proceedings. Lisbon: Technical University of Lisbon, 2005: 629–637.
 - [27] SHAVIV E. Funicular Surface Structures: A Computer Graphics Approach[M]. Cambridge: Center for Urban and Regional Studies, Technion-I.I.T., 1968.
 - [28] VARDOULI T, THEODORE D. Walking Instead of Working: Space Allocation, Automatic Architecture, and the Abstraction of Hospital Labor[J]. IEEE Annals of the History of Computing, 2021, 43(2): 6–17.
 - [29] LICKLIDER J C R, CLARK W E. On-line Man-computer Communication[C]// Association for Computing Machinery. Proceedings of the May 1-3, 1962, Spring Joint Computer Conference. New York: Association for Computing Machinery, 1962: 113–128.
 - [30] WHITEHEAD B, ELDARS M Z. The Planning of Single-storey Layouts[J]. Building Science, 1965, 1(2): 127–139.
 - [31] KULKARNI M, BHATWADEKAR S, THAKUR H. A Literature Review of Facility Planning and Plant Layouts[J]. International Journal of Engineering Sciences & Research Technology, 2015(35): 35–42.
 - [32] ALEXANDER C. Notes on the Synthesis of Form[M]. Cambridge: Harvard University Press, 1964.