

于雷

清华大学建筑学院博士生、美国哈佛大学建筑学硕士。研究方向：互动建筑设计、数字生成与建造、参数化设计。主要作品：广西崇左新一代雷达数据中心、深圳曼海宁花园、银川宁东物流港、美国国家历史博物馆改造等。

DIGITAL DESIGN: A NEW WAY OF TRANSLATION FROM ARCHITECTURE DESIGN TO CONSTRUCTION

数字设计 ——从设计到建造的新途径

撰文 于雷 清华大学建筑学院

摘要 从设计到建造的过程是一个转译的过程。在从概念、图纸到施工的整个过程中由于信息辗转于各种中间媒介，造成了含义上的失真。在信息时代，采用数字设计的工作方式不仅能高效和准确地完成这种转译的任务，而且可以直接生成构造原型，甚至采用自动化装配技术完成建造。数字技术搭建了多学科共享的平台，为建筑设计提供了更丰富的素材和有效的生成方式，将成为一种具有极大潜力的工作方法。

关键词 转换与转译 数字生成 数字建造 三维打印技术 机器人技术 数字化整体解决方案

Robin Evans^[1] 的焦虑

Robin Evans在他的《Translations from Drawing to Building and other Essays》^[1]一书中指出了“转译”同“转换”的关系，提出转换就是一种传递方式，建筑设计往往是从图纸（或者说是绘画）转换而来的，而这种传递的过程需要一种精确的转换关系，使其尽可能少地发生含义上的改动。这种过程就像语言之间的翻译，既要传达表面含义，又要传达潜在的精神层面含义。但是，让Evans感到焦虑的是建筑师的工作同其设计的建筑物并不是严格的对应关系，而要经过一系列容易受到干扰的过程。他为刚刚（在写这篇文章的时候）才思考到这个问题而感到焦虑。

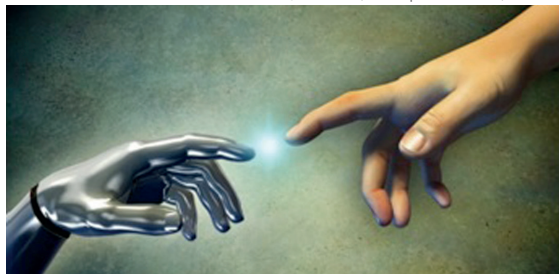
作为建筑理论家，Evans提出了一个大家习以为常的以至于被忽略的本质问题。实际上无论是建筑教育还是实践，我们都在努力修补这个过程的各种缺陷，如在设计构思的过程中就采用草图和模型进行各种研究，像Norman Foster和Renzo Piano等大型事务所都会制作足尺的节点模型，以提高最

终效果的确定性。但是Evans认为建筑是很难像画家或者雕塑家一样幸运地同颜料、画布、石头和金属等创作资料进行直接交流。他甚至感到，建筑图纸本身已经开始追求类似绘画一样的艺术效果，变成可以被“视觉消费”的东西。而建筑图纸作为一种形式逐渐地脱离了实际的基本功能，这种趋势无疑增加了转换过程中的干扰，不但对于弥补起始和结果之间的断裂毫无帮助，反而使其表达的结果更加扑朔迷离。

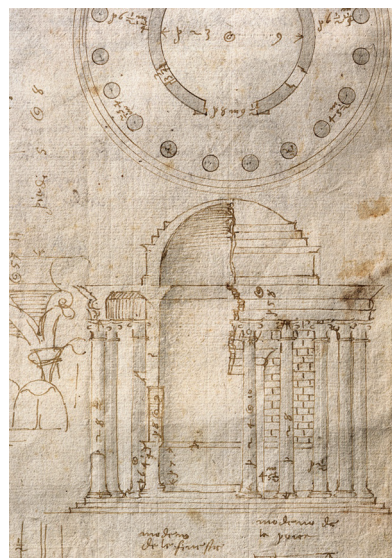
进入工业化时代，建筑师普遍接受了采用标准的构件进行建造的工作方式，虽然这样可以更精确地控制建造的结果，提高工作效率，但是这种过程使建筑师及相关的一系列工程专业更依赖于图纸和规范，通过图纸（或者说引用标准图）这种交流方式会使各个环节的操作过程更僵化，创作的空间也受到了制约。Evans在另一篇分析密斯·凡德罗的经典名作“巴塞罗那展馆”的文章《Mies Van der Rohe's Paradoxical Symmetries》^[2]中讽刺了追求工业化精美主义的密斯在巴塞罗那展馆的设计



The Critic Sees (批判的目光), Jasper Johns, 1964



上帝之手也许是一种虚拟的现实



圆厅草图-设计源于平面化的概念表述

中动了各种不易被察觉的小手脚，以达到他所追求的所谓严谨的形式美。从结果和过程上分析，他认为密斯的言行在某种程度上是前后矛盾的。

Robin Evans作为一个深邃的思考建筑实践和理论之关系的学者，他的尖锐观点撼动了很多实践建筑师和理论家。他的这两篇论文前后创作时间相差4年，所以在思维上具有很强的连续性。沿着他的逻辑，无论从安东尼奥·高迪（Antoni Gaudi）、弗雷克斯·坎德拉（Felix Candela）²还是包豪斯学派来讲，那些曾经振奋人心的创作过程都被逐渐遗忘了。二战后经济快速复苏，为了适应巨大的建设量，建筑设计行业也引入了福特主义式的流水线作业，一切都被标准般地固化下来，建筑师就逐渐变成了生产图纸的劳动者。而从图纸到建筑建造的这种现代流水线过程中，建筑师能够参与的部分越来越少。目前行业术语将出图之后的工作部分定义为“后期服务阶段”，这个阶段本身就是阉割了的创作内容的过程。

数字的渗透

令人惋惜的是Robin Evans英年早逝，如果他仍健在的话，上述诸多焦虑也许会被一种亢奋的情绪所迅速替代。因为建筑设计行业进入了信息时代，拥有了数字平台的支持，一场变革正在“切除”这条流水线上的诸多“病灶”。这不仅让建筑能够更精确地反映设计成果，更能够让设计理念充分贯彻到建造的整个

过程中，最终促使建筑的技术性、实用性、经济性和艺术性等关键素质得到整合与协调。在这种转换的影响下，建筑设计师所能够积极参与的部分将逐渐被还原到理想的状态，那么在Evans那个时代的困惑也将因为以数字技术为代表的新技术的出现而被逐渐化解。在CAD（Computer Aided Design）/CAM（Computer Aided Manufacturing）先进技术的支持下，他也许会展开对建筑形式与空间的一种全新的展望与思考。

建筑不仅是一种视觉艺术，更是一种综合感官的感知结果，是空间、材料、结构、环境等元素通过一定的设计逻辑，由视觉作为主导的认知转换为意识的体验，并逐渐固化和积累成为经验。这种经验性就是以梅洛·庞蒂为代表的“知觉现象学”。人们的这种经验性也许先天就来源于自然界的现象，区别于“国际式”的方盒子，天然的形式更能够激发感官的原始刺激。前卫建筑师（如扎哈·哈迪德）对于新形式和空间的实践与探索，与其说是让人类有了新的建筑体验，不如说唤起了人类对于自然形态的记忆。只是这种追求自然态的母题在Evans的那个时代被认为是乌托邦式的狂想而已。

但是如果如果没有数字技术的支持，我们现在见证的一切也许仍停留在幻想的阶段。而这些尝试在推进数字建筑技术发展的同时，融入了更多种类的学科知识，如分型数学、计算机编程、智能化材料等。在数字平台的支持下，

建筑学找到了更多的同自然科学产生交集的机会，因为数字技术营造了一种美妙的兼容性环境，也就是说通过数字技术的转换能力能够绕过相关学科的基础部分，而将其推导出的结果直接应用。比如我们套用数学模型，可以通过一些辅助的插件所提供的支持，直接改变数学模型参数生成计算机模型，而计算机模型的数据也可以通过对应的CAM软件输出为自动化加工的机器代码。建筑师则只需要掌握这些为设计师特供的插件的使用及其输入输出的组合方式即可。

设计与建造的互动

设计与建造往往被认为是一个过程的两个端点，中间则是一系列的转化过程。这个中间也是Robin Evans感到担忧之处，因为他认为像图纸这样的“数据传输”方式会在中间过程受到各种“左右”，事实上这是建筑师很难控制的事情，目前再严肃的建筑师也很难像西班牙建筑师安东尼·高迪一样用一生来打造一栋建筑。但是对于高迪来说，设计与建造是一个往复的过程，甚至本来就应该是一个互为因果的相互作用的整体。他通过大量的建造实验在论证设计概念的同时也发现了丰富而又合理的形式。

在现代建筑师事务所里，电脑三维模型已经成为了设计工作的必要环节，建筑师能够通过数字模型对设计方案进行全新的模拟与推敲。在会议室中，设计师同甲方通过三维模型