

南方建筑

SOUTH ARCHITECTURE
《南方建筑》双月刊

4

总第158期

中国科技核心期刊
(中国科技论文统计源期刊)

建筑数字化技术 本期主题 (2014.4)
Digital Technologies in Architecture Topic

基于设计实践的参数化与 BIM

The Parametric and Building Information Modelling upon Architectural Design Practice

高岩
Gao Yan

摘要 参数化与 BIM 这两个词越来越多地被建筑师们挂在嘴上，在中国从鲜有人知到谁都能说点，也就是过去三、五年的事情。时至今日，参数化已经成为复杂形体的代词，对于 BIM 的理解也是众说纷纭，有人甚至把参数化和 BIM 等“时髦”的词语罗列在一起，暴露了对于这些数字化技术应用背后本质和动机的错位。要想真正领悟什么是参数化，什么是 BIM，以及二者之间的关系，就需要把参数化和 BIM 放到设计实践的语境下讨论。本文以广义的设计实践为媒介，先分别探讨如何全面理解参数化，BIM 和设计？然后在此基础上，利用设计四方维度的哲学框架，详细阐述 BIM 与设计的关系、参数化与设计的关系、参数化和设计的关系，最后展望 BIM 与参数化的未来。本文结尾，提出无论是参数化还是 BIM，他们都是过程和途径，不是目的，只有正确理解它们和建筑设计之间的关系，才能在提升设计团队工作效率和质量的同时，不限制设计师个体源于经验和直觉的创造性。

关键词 广义参数化；BIM；建筑设计；四方维度；信息管理与交流；主观创造能动性；自主创生；变化可能

ABSTRACT The Parametric and BIM have become the two popular words often mentioned by architects. It was only about five years ago when few actually understood what they were, but nowadays almost everyone can talk about them. Whereas, the Parametric has been regarded as the representative of complex form, meanwhile, there are many versions of BIM interpretation in China. Some even stack up the Parametric and BIM, as well as many other popular words such as Non-linear, and Algorithmic, somehow exposing the significant malposition of the purposes and the processes of applying the digital techniques. In order to comprehend what is the Parametric, BIM, and their relationships, we must discuss them in the context of architectural design practice. This article starts from investigating the comprehensive meaning of the Parametric and BIM based upon the understanding of generalized design activities. Then, it employs the Four Quadrants framework by Ken Wilber to elaborate the relationships between BIM and design, between the Parametric and design, and between the Parametric and BIM, before looking forward into the future directions. In the end, the conclusion was summarized as that no matter the Parametric or BIM, they are all the vehicles but not the destinations, the processes but not the purposes. Only when we understand their relationships upon architectural design practice, can we improve the collective efficiency and the design qualities of the team without constraining individual designers' intuitive and heuristic creativities.

KEY WORDS generalized parametric; Building Information Modeling; architectural design; four quadrants; information management and communication; intuitive creativity; autonomous generation; various possibilities

中图分类号 TU17; TU2 **文献标识码** A

DOI 10.3969/j.issn.1000-0232.2014.04.004 **文章编号** 1000-0232(2014)04-0004-11

作者简介 香港大学建筑系，助理教授；电子邮箱：yangao@hku.hk。

参数化与 BIM 这两个词越来越多地被建筑师们挂在嘴上,在中国从鲜有人知到谁都能说点,也就是过去三、五年左右的事情。在作者翻译第一次提出“参数化设计”(《世界建筑》2008年6月)后,目睹了中国在三、四年时间内“参数化设计”的迅猛发展,也意识到很多人把“参数化”简单地误读成一种表面形式或者风格特征;与此同时,很多人把 BIM 等同于 REVIT;有人认为 BIM 是一个可以引进的技术;有人觉得 BIM 代表着先进的生产力,用了就能赶上信息时代这个疾驰的列车;也有人把 BIM 等同于表现图制作……总之,众说纷纭,各抒己见,有人甚至把参数化和 BIM 等“时髦”的词语罗列在一起,暴露了对于这些数字化技术应用背后本质和动机的偏移。这些现象,促成了《南方建筑》杂志编辑邀请我就参数化设计和 BIM 写一篇文章,因为笔者经历过从设计实践,参数化设计应用,到全 BIM 建造的工程经验以及多年的在数字化信息平台上的教学研究,这次打算以广义设计为媒介,深入浅出地探讨一下 BIM、参数化和设计之间的关系。

为了达到上述目的,我们首先要理解什么是 BIM,什么是参数化,以及什么是设计?在此基础上,利用设计的四方维度的哲学框架,详细阐述 BIM、参数化与设计之间的关系。

1 如何理解参数化

2008年6月,作者在《世界建筑》编写了第一本在中国系统介绍“参数化设计”的专辑,短短的5、6年时间里,参数化设计成为了连开发商都喜闻乐道的词,学生们趋之若鹜地学习各种参数化软件,有些曾经抵制“参数化”方式的高校,也不得不受“大势所趋”,开始组织专门的参数化教研小组,几乎所有的主流建筑杂志都开始相继报道“参数化设计”,去年 DADA 的成立,标志着数字化、参数化从民间走向官方的新阶段,就连国家的十二五计划在提到建筑产业信息化的时候都出现了“参数化设计”。

1.1 参数化的定义

现在一提到参数化,很多人都会想到两件事:参数化软件和参数化风格。这两个都是对于参数化片面、局限的理解。

先说软件,其实所有软件都是参数化编写的,即程序的执行建立在各种参数和变量的输入信息与输出信息之间的运算基础上。我们常说的“参数化软件”和“非参数化软件”的区别就在于该软件是否为终端用户提供了直接自定义参数化关联的界面和相应的建模方式,建模的过程是不是可以被记录并回访,从而实现了对组合体模型的动态可逆的参数化控制。

再说参数化风格,这已经成为了“参数化设计”的潜台词,这种理解是狭义的参数化设计,即通过某些特定软件的关联建模,处理仅凭人力无法快速、有效实现的,相对复杂的形体本身或者大量物件组织的设计方式。本文立足的是广义参数化设计,即把设计的限制条件,通过相关数字化设计建模软件,与设计的形式输出之间建立参数关联,生成或者形成可以灵活调控、有限变化的虚拟建筑模型^[1]。广义参数化,就是指一个人造组合体中,内部个体之间的以及内部与外部之间的,可以用量化的参数描述的关系,并主动地明晰这种关系,使之成为设计秩序的依据。

1.2 建筑设计一直就是有参数的

其实古典主义建筑,就曾依靠参数设计与表达。从《建筑十书》中就提到的匀称(Symmetry)、比例、协调,都是在根据某一些条件,然后按照可以量度的关系,形成秩序,符合已有的规律和原则,建造成为建筑。比如对于各种柱式秩序、表现、效果的表述(图1),就是在定义各个部分之间的参数化关系——比例,而不是绝对尺寸。

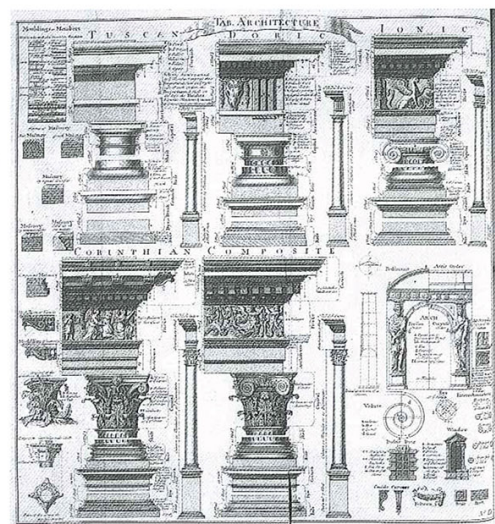


图1 希腊建筑五种古典柱式的范式图

中国的古代木建筑,同样也是在定义部分和部分、部分和整体之间的参数化关系,即从才分制的模数单元发展到整个建筑的构件尺寸与构造关系,所以中国的古建筑定义就是一个基于材料与形式参数化法则的、可以千变万化的原型(Prototype),如图2所示的建筑类型之间的拓扑变化和图3所示的屋顶举折。其实才分制模数、标准化的思想,在《建筑十书》的建筑基本原则中也有提及。

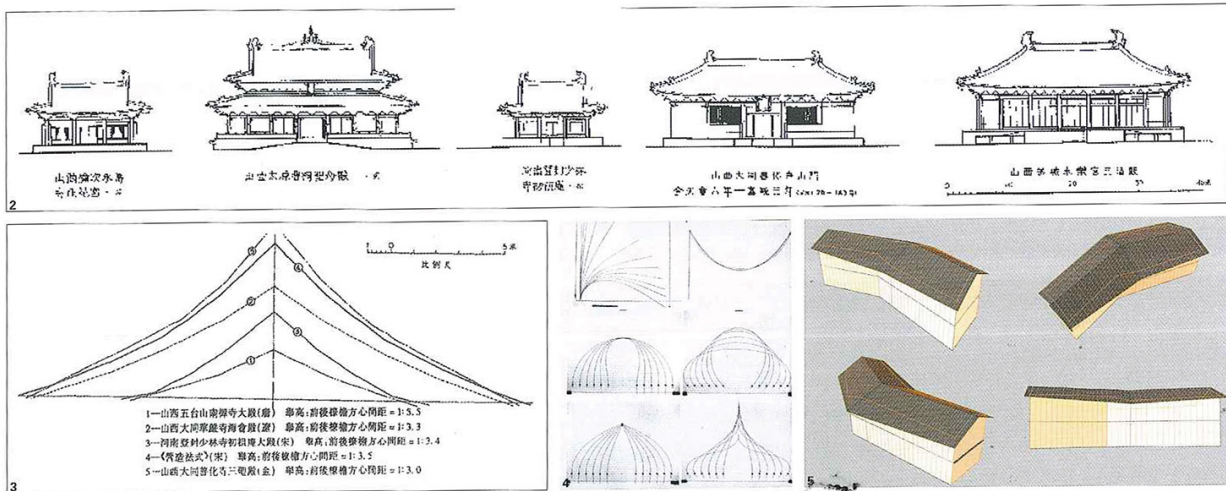


图2 历代建筑实例里面比较之二(宋、金、元)

图3 唐、宋、辽、金建筑屋顶举折示意图

图4 根据金属丝抗弯性能的找形实验

图5 双坡建筑根据参数化几何设定自动生成的案例之一

参数化设计,和“参数化软件工具”没有必然的联系,除了上述东、西方两个传统的建筑体系外,在现代主义运动期间的另外一位建筑先驱, Antoni Gaudi 就在利用物理模型进行材料的参数化试验,试图找到符合受力的优化形式,如图4所示,通过控制铁丝的固定点与长度之间的参数化关系,利用材料本身的性能,找到最合适的曲线形式。

1.3 参数化设计还是参数化建模

参数化和参数化设计的定义还有很多版本,其中一版是 Neil Leach 在《建筑数字化编程》(Neil Leach 袁丰编著)中提到“参数化设计仅仅涉及形式生成,就大错特错了”,但又说“参数化广义上指参数化建模软件的使用”,对此定义,显然没有理解我们使用软件都是参数化的,只不过区别是给终端用户提供了参数化动态可逆的控制界面。另外, Neil 还平实地解释了“算法”与“算法设计”,“算法指使用程式上的技法(Procedural Techniques)来解决设计问题”,把“算法设计”与“参数化设计”放到两个平行的位置上,从是否使用“脚本编程(Scripting)”作为两者区分的标志。这种提法非常局限, N Leach 提出 Maya 和 Rhino 是“参数化软件”, Grasshopper, Processing 是“算法软件”,可是 Maya 里面有 Mel 的脚本和界面, Grasshopper 也是基于 Rhino 本身的 VBScript 编程语言基础上的二次开发,软件的参数化是基础,算法只是把参数化的方式明确到逐步运算程式(a step-by-step procedure for calculations)的范畴内,参数化是基础,算法是子集。

出于对设计复杂性的尊重,我们希望明确“参数化建模”的概念,而不是过分的推崇容易误导的“参数化设计”。参数化建模是根据真实物理世界中的行为和属

性建模,用电脑设计物体。在建筑设计中,参数化建模需要作者充分理解构件的特性以及各自之间的互动关系。设计师可以随意操作改变模型,但元素之间的参数关系在模型中是稳定的。比如图5,一个双坡屋顶,如果规定两侧的坡度一定,当房间的进深发生改变时,如果屋檐的高度不变,那么屋脊就要变高;如果屋脊高度不变,同时建筑的外墙平面是折线而不是一条直线,那么屋檐就会形成一个高度变化的空间折线。

从对于设计的促进方面,我们更提倡“参数化建模”,而不是“参数化设计”。因为如果不充分理解参数化和设计的关系,参数化设计就容易造成误导,这点在后文会有详述。参数化不会、也不应该成为一种设计风格,因为不用“参数化”,也能做出和狭义参数化一样的形式结果;用了参数化,也可以实现和“狭义参数化”很不一样的形态。参数化建模高手,设计做不好的人有在;反之,很多设计天才,根本不关心参数化过程。所以,在我看来,参数化设计的提出,必须明确它的语境和目的,是狭义的还是广义的?是为了实现更容易被消费的复杂形态,还是弥散到设计的各个纬度成为设计的推力?否则,就偏离了原本的轨道,成为设计创意和多样性的阻力。

1.4 参数化设计的目的

至于参数化,它并不是新的东西,建筑设计从来就没有离开过参数化,它体现了建筑要通过可以量化的过程实现的属性。只不过计算机处理大量信息的强大性能,让我们能够通过理解事物之间的关系,在已有的“库存”中通过建构新的联系,超越了设计主观预设创意瓶颈。它不排斥主观性,因为设计过程中参数设定的本身就是主观的。同时让自上而下的设计,挪出一部份空间给自下而上的创生,即哲学层面的动机——“自主创生”

与“变化可能”(Autonomous Generation and Various Possibilities),这个可以借助《赖声川的创意学》中的一段来理解:

“一次我和金庸吃饭,问了他一个只有金庸迷才问的出口的笨问题:‘你的小说是怎么写的?’……他说他花非常多的时间建立角色,在他脑中想好所有角色,角色完整到已经完全有生命的地步。他说,只要角色到了这个地步,把他们放在人和状况里,‘他们就会自己跑’。……把这些跟真人一样的角色放在一个个情境中,一起互动,前因推动后果,小说似乎就能自己写自己!这就是‘导因,不导果’的绝佳例子。”

这里的角色好比建筑设计中的各种因,之间的关系在某种机制的调动下就会导致自然形成的果。不过建筑毕竟不同于文学艺术,金庸的说法也是一种简化的比拟。

“自主创生”与“变化可能”(Autonomous Generation and Various Possibilities)不能放大成建筑师的“失我”和消极的“失控”,而是一种更高境界的“忘我”和更艺术化的“掌控”。

2 如何理解 BIM

2.1 BIM 的定义

很多人一提到 BIM,都会把它等同于美国 Autodesk 公司的产品 REVIT,是一个明显的把 BIM 当成软件工具的错误观点。常用的 BIM 软件除了 REVIT,还有法国 Dassault 公司的 Solidwork 和 Catia 以及在此技术平台上的 Digital Project,匈牙利 Graphisoft 公司的 ArchiCAD, Bentley 公司的 MicroStation,还有 Nemetschek 公司的 Vectorworks。BIM 不等同于某个特定的软件,即使不用目前市场上专门做 BIM 的软件,也是可以做出 BIM 模型的,只要该数字模型的目的是交流准确可靠的建造信息。我们在很多项目的实践过程中,都会根据特定阶段的特定目的,用不同的三维建模软件做 BIM,比如概念阶段和扩初阶段,都可以用 Digital Project,施工图阶段要根据工期的情况决定是否用 BIM 软件,否则,如果只是某个环节的某个很明确的部分,用 Rhino 甚至 SketchUp 更快,就无需花很多时间用 REVIT 做。

BIM 作为英文的缩写,可以指代三个词,建造信息模拟建模 Building Information Modelling,建造信息模型 Building Information Model,和建造信息管理 Building Information Management。本文只关注 BIM 作为建筑信息模拟建模 Building Information Modelling 的缩写。

BIM 的概念始于 20 世纪 70 年代^[2]。建造信息模型 (Building Information Model) 首先出现在发表的文章上

是 G.A. van Nederveen 和 F. P. Tolman^[3],而 BIM 这个缩写和建造信息建模 (Building Information Modelling) 第一次出现在 Autodesk 的白皮书《建造信息建模》中^[4],是 Jerry Laiserin 规范了现在大家熟知的 BIM 作为建筑建造过程数字化表现的定义。与 BIM 同时存在,表达一个意思的词还有 Graphisoft 的“虚拟建造”(Virtual Building), Bentley 系统的“一体化项目模型”(Integrated Project Models),除了 Autodesk, Vectorwork 也用 BIM 来形容促进建造信息交换和互通数字信息的格式。包括 Laiserin 在内,很多人都认为是 Graphisoft 的 ArchiCAD 软件的虚拟建造 (Virtual Building) 概念,在 1987 年首次实现了 BIM 的实际应用^[1]。

美国国家建造信息模型标准 (NBIMS) 项目委员会关于 BIM (Building Information Modelling) 的定义: BIM 是一个设施或设备的物理和功能特征的数字化表现。一个完整的信息模型就是一个信息库,提供该设施所有可靠的信息,用于支撑从最开始的设计概念到拆除整个建筑全生命周期各种决策^[5]。

美国通用承包商协会 (AGC) 这样定义 BIM: BIM 是用来模拟设施的建造施工和操作的电脑软件模型的发展和运用。结果的模型,即建造信息模型,是一个具有极大丰富数据,面向对象 (object oriented),某个设施的智能和参数化数字表现,它可以根据不同使用者的需求提取出交流建造的图像和信息,并对其进行分析,生成支持更准确决策的信息,提升建造实施过程的效率和质量。这个用 BIM 模型提高规划、设计和施工的过程正在越来越多地被描述成虚拟设计和施工 (VDC)。

美国国家房屋指标 (NBS) 对于 BIM 的定义是: BIM 是生成和管理建筑全生命周期期间的建造数据。BIM 的特点是使用三维、实时、动态的建模软件提升设计和施工阶段的生产力。

根据维基网的解释, BIM 是一个关于场地的物理和材料的特征信息描述,涉及生成 (generation) 和管理 (management) 的数字化表现过程。建造信息模型 (Building Information Models), 简称 BIMs, 不同于 BIM, 前者讲的是模型本身, 而后者强调的是过程。建造信息模型 BIMs 可以用来通过交换或者信网络化信息的方式, 支持关于特定场地的决策。建入的信息, 既可能是几何信息, 也可以是与物料属性相关的非几何信息。

在上述定义的基础上, 结合我个人对于 BIM 实践的经验总结, 我比较认同下面的这种定义: BIM 是在一个设施 (包括一切人造构筑物, 比如房屋、基础设施、桥梁、内装、园林构筑物等) 的全生命周期内, 即从开始的可行性研究立项、概念设计、项目审批、概念深化、

细部设计、施工图设计、到招投标、采购选料、生产加工、现场施工、验收交付、使用维护、最后拆除回收，对于建造信息创造和交流的过程、软件技术的发展与应用、以及高效管理策略的一种整合。BIM 链接了过去片段的过程和技术，让建造体系和建造环境有更好的衔接，支持建筑物理和内容功能的需求，分析建筑对环境的影响，同时优化投资回报。BIM 涉及的方面很多，包括设计、采购、修复、革新、改造、利用、资本规划和预算、生命和安全、保障和可持续性发展。下文只展开讨论 BIM 在设计方面的问题。

2.2 BIM 的优越性

参与建筑工程的各个单位都能从 BIM 中获益，概括的讲，BIM 的优势主要体现在对于建造质量的控制，优化投入的资源，减少环境的压力，消除各个专业之间交流的技术屏障，保证不同地域的协同工作，确保共享信息的实时更新和无缝对接，等等。我们更关心 BIM 对于建筑师、承包商和业主这三个受众群的好处。

2.2.1 BIM 对于建筑师的优越性

目前我们的建筑产业从设计到施工实施，主流设计还是从二维的平、立、剖面入手，在这个基础上设计出所有施工所需要的建造信息。而建造信息模型不但可以把所有的建造信息直接建入到三维可信赖的准确模型中去，还能通过过程模拟，反映诸如施工过程的第四纬度——时间，以及基于物料自动统计的第五纬度——造价。这也就是我们经常听到的五维 BIM (5D BIM)。其实，BIM 的纬度可以更多，比如材料的来源，物品订单的信息记录，加工厂家的工艺信息，能量的消耗，等等。核心还是一个可信赖的全息数字虚拟模型，就看你想附加什么样的信息在关联量化的几何形体上？建筑师怎样用这些信息？

BIM 把设计拆解成为“对象”(Object)的组合，既可以是几何形体的对象，也可以是无几何形体的抽象对象，或者是含糊的、未明晰的对象。通用的或者特定的，实体的或者虚体的，无论信息以何种形式存在于 BIM 模型空间中，它们都可以承载几何形体、部分之间的关系和本身的物理属性这些信息。

BIM 模型可以直接实时自动生成各种视角的表现视图，并随意剖切或者投影，得到反映真实建造信息的二维图纸。除此之外，非几何的部件物理属性也可以自动统计导出，甚至通过 Excel 表的数据，反过来操作控制三维模型。无论是图纸的几何信息还是统计表的非几何信息，都与三维模型实时关联，只要模型发生改变，其他导出的所有信息都实时自动更新。

另外，BIM 模型都是参数化关联的，理论上可以是一个完全参数化的模型，这样可以在项目比较细化深入

的阶段，还具备修改建筑大形体的能力。但实际操作中，建筑尺度这么复杂的系统组合，不可能也没必要做出全参数化可调的 BIM 模型；除非是非常有经验、有智慧、懂软件应用的建筑师，否则不可能做出在建筑大形体层面上参数可控的 BIM 模型。在 BIM 参数化建模方面，本文后面还会详述。

2.2.2 BIM 对于承包商的优越性

根据美国 AGC 发表的承包商 BIM 指导手册，BIM 的好处有：

- 可以在进场施工前检测材料碰撞（比如提前发现管线和结构部件的碰撞）；
- 可以在虚拟真实场景的环境下，直观地可视化待建的部分；
- 减少现场施工中的错误和返工；
- 模型可以准确的反映施工现场的限制条件，允许最大程度的工厂预制化，提高建筑构件加工制造的性价比；
- 可以测试更多的可能性，比如预演各种不同的施工工序，比较不同方案的造价；
- 便于非专业人员（比如业主和用户）理解最终的建筑产品；
- 减少返工修复，从而降低保险的费用。
- 承包商应该是 BIM 最大的获益者，随着 BIM 的制作成本的控制和团队制作能力的提升，在享用到 BIM 的好处后，必然愿意投入 BIM，有可能在业主能够接受的报价中包含 BIM 的费用。

2.2.3 BIM 对于投资业主的优越性

如果从业主的角度看 BIM 的优越性，最重要的是减少了施工过程中可能出现的错误，和由此造成的误工、额外花销的风险。只有业主意识到这一点，才有可能愿意多花作 BIM 的这一部分费用，主动在招标中，选择有能力作 BIM 的设计团队。

另外一个对于业主最直接的好处，就是大大增加了在项目的全生命周期内信息的透明性，设计和建造信息的交流可以更直接，更有效地和其他量化信息实时关联，让业主清楚地知道钱花在什么地方？最后建成是什么样？为什么会是这个样子？如何避免可能工程建造的风险？从而实现投资利益的最大化？

2.3 BIM 的目的

BIM 受到软件开发商、专业人员、施工单位、业主和政府推崇，各自的目的却不一样：比如政府，希望能够提高行业的质量和管理水平，响应领导对于信息产业的号召，给政绩加分；业主看中 BIM 能更有效的控制工程造价和透明度，提高工程质量的同时降低不可预知的风险；施工单位意识到复杂的工程，BIM 能够提升

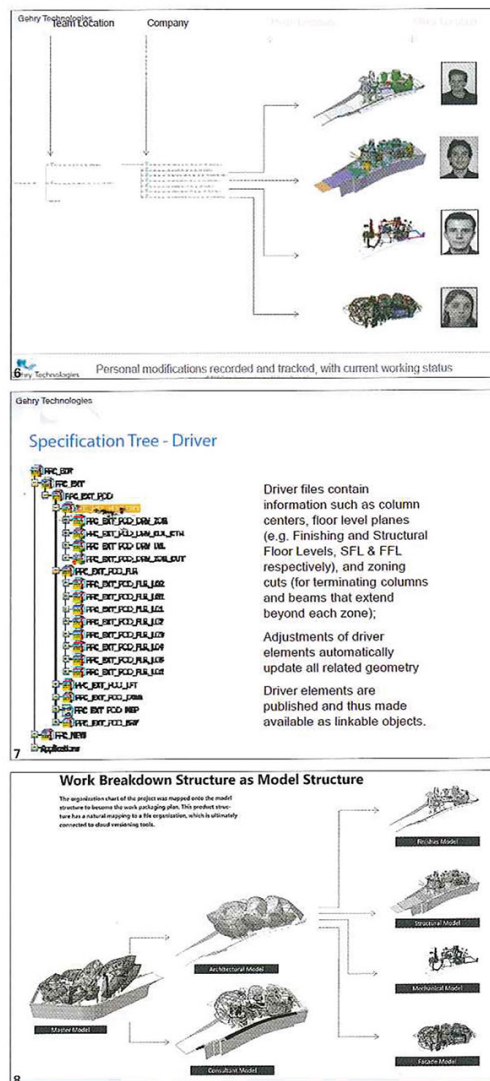
施工的管理水平,把设计信息有效的传达给施工单位;专业人员不甘落后于时代的步伐,都在苦寻向知识型、创新型的转型,提升自身的市场竞争力,并深深体会到在 BIM 平台下设计的精准性;软件开发商,无论个体对于技术多么热衷,都无法掩盖他们拓展业务、多卖软件和服务的本性。

简单的讲, BIM 就是把二维的 CAD 制图变成了三维建模,信息不再是基于二维平面的 CAD 图纸,而是三维的信息模型。变成三维信息模型的目的应该是为了更有效、完整的导出、交流和管理建造信息。说到底,它就是一种在虚拟三维数字空间的平台上,不同的从事建筑建的方式,最核心的目的是管理和交流,而不是关于技术本身。

对于“管理”,先不说 BIM 模型,有过 CAD 经验的建筑师都深知,一个好的 CAD 文件,条理清晰的制图标准以及系统组织的图层命名和层级,都决定着文件可以被交流的效率。BIM 模型,不光是你自己一个人的文件,更多的是要和大团队配合的部分文件(图 6),如何有效、高效地在团队里共享一个 BIM 模型,做到不互相干扰、又相互支持,必须有一个行之有效模型逐层分解的系统文件结构和简单缜密的命名规则(图 7),这个命名规则可以从最大的建筑整体到最小的构造部件。除了从 BIM 团队内部的组织管理 BIM 模型本身的层面理解,我们还需要从 BIM 模拟建造出的信息管理来认识。毕竟, BIM 的目的不是 BIM 模型本身,而是要生成并交流建造的信息,对于真实的物理建造起到指导性的预判。模型的建造过程,就如同真实世界里的建造过程,物体部件的组织逻辑,也要和真实建造相符(图 8),不然就会成为一个好看中不用的花瓶。能做出有条理又好用的 BIM 模型,需要建模人员有足够的工程经验。BIM 规范更是如此,制定者必须有建筑学背景,对建筑工程从设计到施工,乃至后续运营的管理,都有着全面理解,同时又懂得 BIM 软件工作原理。如果让 IT 专业人员根据软件自身数据管理的逻辑制定,一定会出问题。

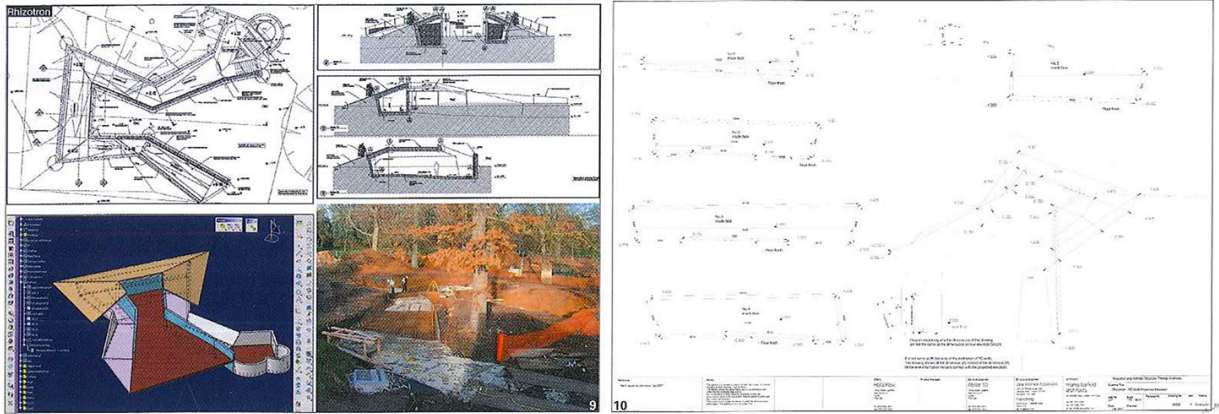
理解了“管理”就不难理解“交流”,因为管理信息的根本目的,就是为了有效、高效的交流。设计团队建造 BIM 模型的管理,是为了内部的交流,比如设计团队内部设计人员的信息整合以及不同专业间的协同合作;按照现实建造逻辑的 BIM 模型中的模拟建造信息,是为了和外部更好的交流,比如设计单位向业主表达方案;设计公司跟施工单位、供应商的信息导出与反馈,等等。明白了这个道理,就会发现 BIM 灵活很多,并不是一定要按照一个固定的模式做 BIM 模型。做 BIM 一定要问:我这个 BIM 模型的目的是什么?是为了表达哪个部分?到什么程度?受什么条件的制约?可能会有哪些变化?

图 6 BIM 模型的团队协作
图 7 BIM 模型的命名规则
图 8 BIM 模型的组织逻辑



哪些未知因素需要用可变的输入数据控制 BIM 模型,还是主观的形体输入?

比如我在英国皇家植物园中的树冠步行道项目中,就遇到了施工图单位的工程师根本不用三维软件的问题。项目的其中一部分是半地下的混凝土构筑物,内部是展示与树根相关的教育内容。建筑虽然小,但是方案设计的所有围合面,除了内侧的一圈墙是竖直的外,其他的面都是倾斜的(图 9)。工程师表示我们说这个设计无法实现,因为很多斜面并不会密合相交。为了辅助工程师完成施工图的绘制,我们对内表面做了 BIM 模型。这个模型被翻译成为工程师习惯的二维真实投影图纸(图 10),标注每个控制点的标高和在平面上的坐标。我们高效地利用了时间,只针对特定信息作建模和导出的工作,圆满地实现了和施工图单位交流建造信息的目的。



总之，只有深刻领会到 BIM 的目的，我们才不会教条的看待 BIM，才能以一颗平常心，既不把它捧得高大神秘，也不将它贬成软件操作；才会更灵活的、有策略性的从事 BIM 建模，不会为了 BIM 而 BIM。一个好的 BIM 模型，绝对不是看它有多么的完整精细，而是看它能否更快更好地交流设计与建造信息。如果不能做到这点，我们不如就用传统的 CAD，不是更省事？那种在二维图纸的基础上反做 BIM 做法，岂不颠倒了 BIM 的初衷？本来是应该促进信息的交流，结果却成了一个额外的负担。

3 如何理解设计

3.1 设计的定义

“设计”，在中文和英文语境下的解释，有着微妙的差异。先看英文，Design 是由 De 的前缀和 Sign 的词根组成，De 的意思是削减、逆向，Sign 的意思是符号，即有意义的图像。按照词面的理解，就是要通过“编”和“解”的过程，建立某种秩序，组织可见的事物，使之成为有意义的图像。根据维基百科的解释，Design 是为了建造某物体或者系统而创造的计划或者常规^[6]。百度对“设计”的解释是“把一种计划、规划、设想通过视觉的形式传达出来的活动过程”。我个人根据拆解中文的“设”与“计”并挖掘各自的内涵来理解“设计”的定义，即“设”= 设想（根据明确的需求和动机）x 建设（造物过程与结果表达）；“计”= 计划（设计方式与方法）x 计策（概念思考与论辩）x 计算（量化分析与衡量）。

建筑设计，是指为满足特定建筑物的建造目的（包括人们对它的环境角色的要求、使用功能的要求、对它的视觉感受的要求）而进行的设计，它使具体的物质材料依其在所建位置的历史、文化文脉，景观环境，在技术、经济等方面可行的条件下形成能够成为审美对象或

具有象征意义的产物。它包括了建筑行为中，一切具有功能及意义之设计，也是建筑由发想到建筑完成之间设计者的心智活动及表现的总结^[7]。由此可见，建筑设计是一个复杂的系统性与主观性相互盘结交错的创造行为，最终导致物料组成的建筑。

3.2 在四方维度的框架内理解设计^[8]

为了能建立一个更持久、全面的策略来研究分析参数化、BIM 与设计的关系，我想借用 Ken Wilber 提出的人类文明历史发展过程中的四方维度模型 (Four Quadrants)，来挖掘“参数化”和“BIM”对于设计的价值。

首先了解一下什么是四方维度模型，它是 Ken Wilber (*A Brief History of Everything*) 试图系统地整合所有知识的图解，从认识论的角度可以解释一切存在 (all beings)，其核心思想认为现实 (Reality) 是一个根据真实感的不同和精致度，从“超越 (transcendent)”、“微妙 (subtle)”、到“全观 (gross)”，自上而下地串联所有存在的链条，四方维度模型就是这个认知链条的哲学理论框架。如图 11 所示，Wilber 发现现代历史的最根本特点是四个基本文化价值域的差别，即自我 (我 I)，文化 (我们 We)、自然 (它) 和社会 (他/它们)，于此相对应的知识领域是：心理学 / 艺术、宗教 / 道德、自然科学和社会科学。

(建筑) 设计是一个复杂综合的创造性活动，牵扯到四方维度中的所有方面；因此，根据这个整体论的理论框架模型，重新认识参数化、BIM 与“(建筑) 设计”，就可以超越表面的“相”，上升到背后的“理”。

(建筑) 设计在四方维度模型中的对应关系体现在图 12 中，在全观层面上 (gross)：是个人意图 (我)，包括设计师、业主的主观意愿和政治企图；群体文化 (我们) 是我们提倡的地域文化、建筑传统；自然科学 (它)，

图 9 英国伦敦皇家花园步行道半地下展廊 BIM 模型交流过程

图 10 英国伦敦皇家花园步行道半地下展廊 BIM 模型交流信息形式

图 11 四方维度
图 12 设计解读

包括建筑技术、物理、材料、环境、构造和设备；和社会系统 (They)，包括区域、城市、村落、区块和社区。这四个维度相互重叠复合，就会形成微妙 (subtle) 层面上所有与 (建筑) 设计相关的动力与制衡：比如个人意图和群体文化的叠加复合，会形成审美领域的艺术与文化自觉；社会系统和自然科学的叠加复合，是起法规约束的各种规范条例；群体文化与社会系统的叠加复合，则形成模式和规律，成为社会现象演变的动力；社会系统、群体文化和自然科学的三重叠加复合，会形成一切建造施工类活动；个人意图、群体文化和社会系统三重叠加复合的结果，就是一切设计管理类活动，等等。其他各种复合叠加，这里就不再逐一罗列。这个图表的核心，是超越层面 (transcendent) 的设计创造活动，包括设计过程中的分析、发现、抽象、概念、赋形、阐释和表述。

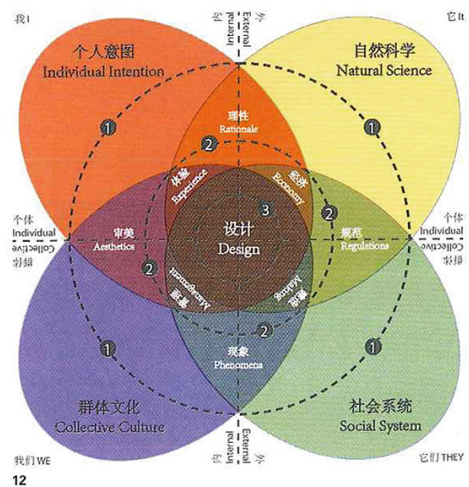
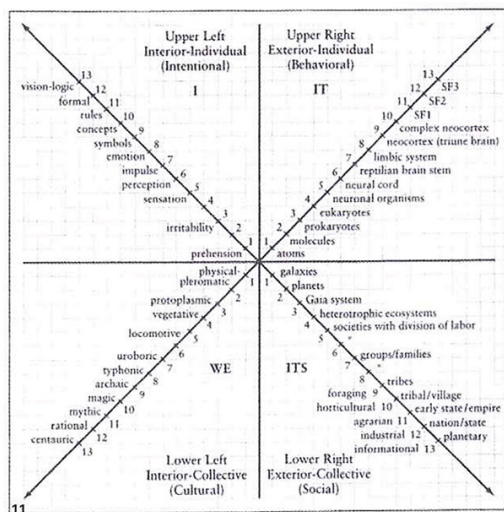
4 参数化和设计的关系

根据上述四方维度区域重叠的层数，我把它分为三个层级，参数化在三个层级都有所体现。

第一层级的参数化价值主要是在基本的 4 个纬度本身：在个人意图维度，参数化是个体思想可视化的工具，在个体想法之后，从属于个体意志，这类“参数化”更多的是思想的表示而已，比如 Frank Gehry 的设计；在自然科学维度，“参数化”主要指量化分析基础上的运算关联，对象包括建筑物理、环境科学、力学验证、几何优化、以及找形等建筑科学，比如 Norman Forster 的瑞士银行大楼，通过参数化的方式找形，分析结构的表面受力分布，来建立构件与几何形体之间的参数化关系；在群体文化维度，“参数化”本身已经成为一种文化，

即一部分群体在从事建筑设计实践活动过程中的一种特有的生活形式和交流方式；在社会系统层面，利用数字信息的非物质性和强大的信息处理能力，社会系统的运行模式可以按照“大数据”的方式记录和分析，并量化成为可以反复使用和学习的数字化模型，帮助我们理解社会系统（如城市和农村）运行过程中不可见的规律和秩序，预言未来的可能性，空间句法 (space syntax) 就是一个典型的在社会系统维度应用“参数化”的例子。

第二层级的参数化价值首先体现在四个纬度的双重复合区域：在审美领域，“参数化”可以控制和实现更复杂的形体，追求麦克·福柯 (Michael Foucault) 提出的“无序之美” (the delightful disorder of things)，它实际上是一种看似无序的更高级秩序，更接近于自然生命本原，因此更容易令人愉悦；在理性领域，“参数化”为不可量化的个人设计意图提供了量化逻辑，为个体自由的设计意愿提供了参数调控和量度分析，最典型的例子就是当下建筑设计中受建筑表现性能 (architectural performance) 驱动的设计方式，“参数化”可以根据建筑科学的规律，模拟各种假设的场景，刺激个体的设计意图，形成设计概念和参数化模型；在规范领域，“参数化”的应用价值还处在非常初级的阶段，它有能力让规范从对于事实的描述，转变成为对于更本质的建筑内外关系的描述，规范也可以变得灵活可变，这种被“参数化”了的规范终将转化成为规范的规范；在现象维度，“参数化”可以辅助表象抽象成为意义的推导过程，以及明晰将意义赋予形式的再创作，让看似不可量化的现象学，从简单的模仿物体形式，提升到深层次的重组秩序，实现 Patrik Schumacher 在他的新书里 [9] 倡导的，让建



筑在符号学层面成为社会交流的载体。

其次，在四个维度的三重复合区域，“参数化”的价值是：管理方面，“参数化”可以在几何形式与非几何的材料属性和统计之间建立关联，也可以把预算和材料限制作为形式生成的输入条件，准确实时地交换信息，BIM 的主要应用价值也在这个领域；在建造领域，“参数化”目前主要包括但不局限于从数字模型中导出数控加工需要的建造信息，参数化加工制造，以及参数化施工；在经济领域，“参数化”可以在经济模型和几何模型之间形成关联，让市场分析、预算调整、资本运转等建筑经济活动，直接和设计的形态互动；在体验领域，“参数化”的价值主要体现在高效可视化未来的可能，让人们提前体验建筑产品。第三层级的参数化价值，在目前的技术阶段，还是以人为主体，“参数化”完全弥散到设计师的主体意识和行为习惯中，影响但不干扰设计最核心的创造性概念思维与实现设计的行动。

5 BIM 与设计的关系

为了对比参数化和设计的关系，我们同样用四方维度三个层级来分析 BIM 同设计的关系。

第一层级的 BIM 价值在基本的 4 个纬度体现为：个人意图维度，BIM 是按照现实材料属性和建造效果虚拟化个人设计思想的工具，在最开始的概念设计，是否需要用 BIM 的工具，取决于你的立意在哪。比如我们申请了专利的腾龙塔概念设计（图 13、14），就是在概念找形阶段，使用 Digital Project 软件，依靠它参数化建模和强大的、可以信赖的几何处理能力，明晰了在成形规则基础上，整合结构概念的复杂几何模型，并便捷地直接导出表达设计的二维图纸。同样的案例还有我们的国际竞赛获奖项目“弓棚”（图 15），以及正在施工的保定童梦世界景观设计，后者 BIM 的应用主要是在概念设计阶段，针对主要景观斜面、入口桥梁等施工进行中的建筑限制条件下的初始几何信息设定（图 16、17）；在自然科学维度，BIM 模型的过程往往能够基于三维数字模型进行力学、物理性能分析以及按照材料真实的属性模拟设计组合物的行为，碰撞检测就是这个维度一个最基本的应用，在工程领域的可动结构方面，BIM 的建模成为主要的设计手段；在群体文化维度，BIM 类似参数化，已经成为一种新的文化，形成了一个新的圈子；在社会系统层面，BIM 在原有工程项目社会组织的基础上，提出了“主模型”（Master Model）的概念，对于 BIM 的掌控以后会成为项目管理的核心，它把建筑师对于项目的控制延伸到施工建造阶段，让建筑师的设计有机地整合

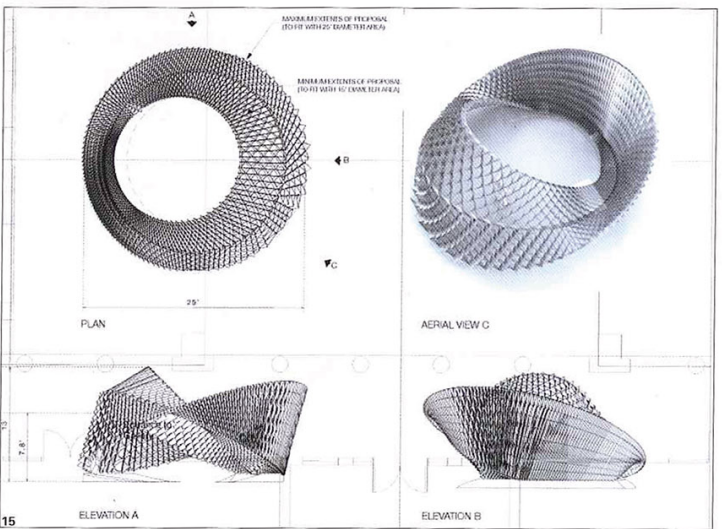
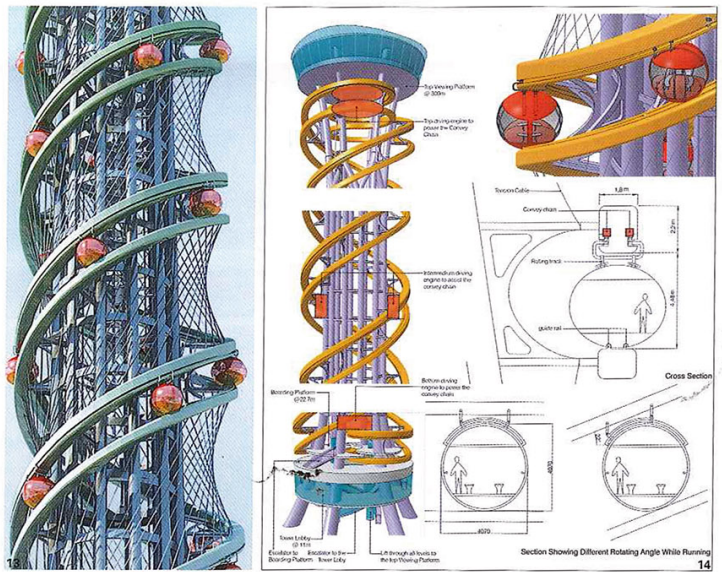


图 13 腾龙塔 BIM 模型渲染效果
图 14 腾龙塔 BIM 结合建模与设计传动原理表述
图 15 弓棚的 BIM 模型表现和到处图纸
图 16、17 保定童梦世界主体体验馆

到建造施工阶段，而不再是设计概念与施工图建造信息割裂的状态。

第二层级的 BIM 价值：在审美领域，BIM 可以展现最近真实建造效果的电脑渲染，因为它可以把大量的细部节点、真实构件、材料系统键入到虚拟模型中；在理性领域，BIM 本身的建模过程，就必须是一步一步的，每个对象的建立都要考虑输入与输出之间的参数化关系，都必须考虑真实建造的制约，以及由此导致的几何形态的真实性；在规范领域，BIM 本身的规范会对推动 BIM 最终的全面应用，美国国家建造信息模型标准（NBIMS）项目委员会已经形成了自己的一套规范体系，香港、新加坡和中国政府也都在制定自己的 BIM 标准，当设计的审核从二维图纸升级到三维模型的时候，它一方面可以大大提升审核的效率，另一方面也为进一步发展完善建筑规范提供了新的媒介，令规范的诠释更满足当初制定规范的初衷；在现象维度，BIM 与“参数化”类似，可以明晰建筑形式背后的成形秩序，与参数化处理组织抽象无质的形式不同，BIM 明晰的过程，是直接采用真实材料、物品在虚拟世界中的数字表现。

最后，BIM 在四个维度的三重复合区域的价值：管理方面，前文已经论述过，这里不再重复；在建造领域，BIM 可以生成直接控制设备生产加工的模型和信息文件，BIM 完全可以做到“你看到的就是你得到的”，BIM 对施工现场的施工过程的模拟、校验、执行与控制，也发挥了传统二维图纸所不能比拟的功效；在经济领域，BIM 可以在经济模型和几何模型之间形成关联，让市场分析、预算调整、资本运转等建筑经济活动，直接和设计形态互动；在体验领域，BIM 可以把信息可视化整合到三维模型表现中，让“视觉的感知”和“准确信息的获取”重叠在一个荧幕上，并带你漫步这个虚拟建筑中，提前感受建成后的效果，充分交流设计的信息，暴露潜在的问题。

BIM，作为数字化时代的一个产物，我们只要全面的理解 BIM，就不应该一刀切地把它放到设计之后、施工之前，而是可以灵活的、有策略的应用到各个阶段。在方案设计阶段，如果应用 BIM 信息模拟建模平台，会更多的鼓励设计师从一开始就在系统逻辑、建构材料和部件组合的纬度上，思考创造建筑。在方案确定后，不断明晰建造信息的过程中，保持设计团队和建造团队之间透明直接的、基于三维信息模型的交流方式，有效的反馈前期设计决策，更积极地调整设计，摆脱相互牵制的方案妥协。

6 BIM 与参数化的关系

N Leach 在《建筑数字化编程》中提到 Digital

Project 作为参数化设计软件，而实际上 Digital Project 是 Frank Gehry 在 Catia 软件平台上的二次开发，Catia 也是一个 BIM 软件，可见参数化与 BIM 之间的关系。

在前文讲述 BIM 特点的时候，已经提到了模型都是参数化关联的。BIM 的软件都可以参数化建模，但是由于它建入了大量的信息和物体，很难实现真正意义上的全局参数化模型，即使是有经验的 BIM 设计师，也无法彻底做出一个所有部分都有效参数关联可变的 BIM 模型。在现实工程中，通常是在不同的设计阶段，确定稳定不变的部分，再以此为新的输入条件去做下一个层级的关联模型，以此在不同层级内实现局部的参数化模型，比如一面墙的轮廓线定了，它上面的开窗可以根据与立面的结构布局的的参数化关联变化。

在设计方案确定的前提下，BIM 建模工作最需要智慧的是设计符合实际工程中信息交流的模式体系结构。这是一个抽象的关于系统组织关系的结构，而不是物理的建造结构。BIM 体系的结构设计，必然要涉及参数的设计及其与模型部件之间的规则。什么样的参数需要建在 BIM 模型中留有接口，要根据项目的不同阶段确定。比如在设计初期，建筑面积和外形轮廓可能是一个不断调整的参数；在扩初阶段，轴线和立面模数很可能反复变动；在施工图阶段，可能要把 BIM 的参数细化到具体的部品构件上，比如钢筋混凝土的配筋和截面尺寸与跨度之间的关系，等等。所以，一个高效的 BIM 模型，不在于它包括信息的数量，而在于它如何高效地组织和管理承载的各种信息。把一个 BIM 模型做的极度庞杂并不难，只要有时间都能实现，难的是在有限的时间内，如何让这个 BIM 模型的系统清晰、参数与实际建造过程相关、模型灵活可变。只有这样，BIM 建模工作，尤其是在参数化建模这个环节，才不会沦为纯粹的体力劳动。

7 BIM 与参数化的未来

会不会有一天，所有的建筑都用 BIM 的方式设计建造？BIM 真的被应用到建筑全周期，而不是只集中在概念设计到施工图的阶段？对于技术的发展，任何海市蜃楼般的幻想，都有可能成为现实。比如电子设备的更新换代，汽车工业的智能化，等等。然而，建筑的尺度远远大于上述类型的人造物，它承载的社会和文化意义，无法被技术取代。技术永远不是问题，问题是用它做什么？怎么做？评判标准是什么？我相信，建筑设计过程中的多维度复杂性和对于未来的预判性，需要模拟建筑信息模型这种设计表达和交流的媒介，只要它符合特定文脉下人与人协同合作的工作方式，并在允许的时间内充分发挥人的能动性，圆满完成任务。

工具的升级换代是不可阻挡的,被广泛应用前提是要有合适的规则制度。中国的设计院体制,比起西方单专业咨询的公司制度,从多工种配合协调方面,具有应用 BIM 的先天优势;然而,缺乏成熟的咨询服务文化,也造成了很多设计单位都要自己培养 BIM 团队的窘境,增加了自身的投资压力和风险。国内已经出现独立的 BIM 服务团队多年,却没有掀起太大的波澜,主要也是因为需求不是来自业主和政府,一旦自上而下的推动 BIM,必然会促成独立 BIM 咨询服务的市场。

也有人推断, BIM 早晚会成为像现在表现图公司那样,遍地都是,成为低成本的劳动? 软件渲染器的发展,已经出现了接近傻瓜版的实时仿真渲染, BIM 软件技术,会不会出现类似的现象,使其成为人人都能快速掌握的工具? 首先, BIM 和表现图有着本质的不同,前者是要真实可靠的建造信息,与建造施工过程直接相关,它的严肃性和法律责任,是需要有丰富工程经验的人员直接参与,而不是看上去差不多的效果。另外,如前所述,好的 BIM 远远超越软件操作的层面, BIM 模型的系统设计需要专业设计的智慧和经验,这类 BIM 经理的角色,最好由建筑设计背景的人员承担。 BIM 的建模,就是一个虚拟的真实建造过程,它的价值与风险,必须得到社会的广泛认可,得到它应得的待遇。

另外一个判断未来的风向标,是建筑教育。今天 BIM 课程在欧美很多高校里,已经成为主流,香港大学在 5 年前,也已经把 BIM 课程作为管理类的选修课,现在定为研究生的必修课。虽然执行过程中有遇到一些问题,但大势头是清晰的。我们也在不断结合中国建筑实践的特点,摸索更有效的教学方式。等高校都开设 BIM 课程后,相信 BIM 的未来就不言而喻了。接下来我们应该重点讨论的是: BIM 教学应该如何设计? 作为建筑教育者,我们今天必须承担未来的责任,预见未来的机遇和挑战。 BIM 已经从将来时,快速地演变成正在进行时,这个过程中,大家要冷静的判断、批判的接受、创造性的应用。我倒是真心希望,能有哪家中国的 IT 公司,开发一款属于我们中国人自己的 BIM 软件,为中国的高速、高质的建设推波助澜!

对比 BIM, 参数化如果只是停留在技法的层面,只是作为设计实现的不同工具和手段,不应该也不会成为当代建筑设计的一个方向。技术的更新是不可抗拒的,它肯定会发生,谁都想做得更快更好。探讨这个领域的时候,更有意义的话题是这些数字化技术带来设计师行为,思考方式,以及职业跨行业合作方式等重大变化。任何上述方向都可以应用参数化和 BIM 过程。它是过程,不是目的。只不过这个过程意义重大,因为它扩张原有

的动机,增加新的无限可能。再往前推一步,就是智能建筑、智能城市,比如实验用机器人等人工智能的技术创造和实现建筑,这在中国目前还没有出现。

在未来,人工智能长足发展后,机器学习不是天方夜谭,那个时候的设计不再成为人类的专利。但是,从伦理和情感角度,我认为设计的核心,是智慧地平衡“综合解决问题”、“创造力”和“艺术性”,设计师在电脑设计时代会更加珍贵。那时候的设计师,应该是在在设计设计。 ■

图片来源

图 1: <http://classiccolumnsofkansas.com/our-column-specifications>;

图 2、3: 梁思成. 梁思成全集(第七卷)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001: 112.

图 4: Siegfried Gass, Frei Otto and Wolfgang Weidlich. Experimente: Physikalische Analogmodelle Im Architektonischen Entwerfen. the Institut für leichte Flächentragwerke, Universität Stuttgart in 1990.

图 5: 凯里民族文化园项目建筑参数化自主生成, 度态建筑设计有限公司;

图 6、7: Digital Project, Gehry Technologies 软件培训教材;

图 8: Frank Gehry 法国 Foundation Louis Vuitton 项目北京数字渗透展览参展信息;

图 9、10: 英国克尤皇家植物园树冠步行道及树根半地下展廊项目, 英国 Marks Barfield Architects;

图 11: <https://integralpermaculture.wordpress.com/tag/ken-wilber/>;

图 12: 作者绘制;

图 13、14: 龙腾塔渲染, 度态建筑设计有限公司;

图 15: “弓棚” REPEAT 建筑设计竞赛优秀奖作品, 度态建筑设计有限公司;

图 16、17: 度态建筑设计有限公司。

注释

1) 本文 BIM 的缘起和定义均根据: 美国国家建造信息模型标准 (NBIMS) 项目委员会、美国通用承包商协会 (AGC)、美国国家房屋指标 (NBS) 和 Wikipedia 对于 BIM 的解释。

参考文献

- [1] 高岩. 参数化设计——更高效的设计技术和方法 [J]. 世界建筑, 2008(5): 28-33.
- [2] Eastman, Charles; Fisher, David; Lafue, Gilles; Lividini, Joseph; Stoker, Douglas; Yessios, Christos (September 1974). An Outline of the Building Description System. Institute of Physical Planning, Carnegie-Mellon University.
- [3] Van Nederveen, G. A.; Tolman, F. P. (1992). "Modelling multiple views on buildings". *Automation in Construction* 1 (3): 215-24..
- [4] Autodesk (2003). *Building Information Modeling*. San Rafael, CA, Autodesk, Inc.
- [5] http://en.wikipedia.org/wiki/Building_information_modeling
- [6] <http://en.wikipedia.org/wiki/Design>
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%BB%BA%E7%AF%89%E8%AD%E8%A8%88>
- [7] 高岩. 质疑数字化(建筑)设计——浅谈数字化“与”建筑设计 [J]. 建筑技艺, 2014(5).
- [8] Van Nederveen, G. A.; Tolman, F. P. (1992). Modelling multiple views on buildings. *Automation in Construction* 1 (3): 215-24..
- [9] Patrik Schumacher, *The Autopoiesis of Architecture*, 2012.