

参数化设计：方法、思维和工作组织模式

Parametric Design: Method, Thinking Strategy and Framework

撰文 刘延川 北京市建筑设计研究院方案创作室

1 名词梳理

从1980年开始计算机绘图和辅助设计，到1990年进行的计算机虚拟现实研究和介入设计过程实践，再到目前大行其道的参数化设计（Parametric Design），经过近30年的持续发展，计算机技术对设计起到了极大的推动作用。由于这种设计思潮正在进行中，也有学者或建筑师采用不同的词汇描述这一思潮（或其中的某个特定部分）。笔者试图对参数化（Parametric）和其他类似及相关的词汇做一个简单的梳理，以期对后文展开和读者理解有所帮助。

数字化（Digital）是将许多复杂多变的信息转变为可以度量的数字、数据，再将这些数字、数据转变为一系列二进制代码，引入计算机内部，进行统一处理后建立数字化模型。数字计算机的一切运算和功能都是用数字来完成的，在设计领域中应用时，数字化设计（Digital Design）包含的范围非常广泛，只要在设计的任何一个环节以任何方式使用了计算机，都可以说是数字化设计。

非线性（Non-linear）是数学名词，指不按比例、不成直线的关系，代表不规则的运动和突变。几乎各个专业各个领域都能找到非线性所描述的特点。在建筑中使用这个词，主要包含两个方面：一个方面指设计的过程，另一个方面指设计成果最终的状态，两个方面紧密相关。

非标准（Non-standard）的意思正如字面，它和建筑或者设计组合在一起，构成了非标准建筑或者非标准设计的概念，主要用来描述那些不同于采用大量相同的建筑元素来形成秩序或达到高效目的的建筑或设计。表现在外在形式上，具有和非线性建筑类似的特征。

算法（Algorithm）是一系列解决问题的清晰指令，算法代表着用系统的方法描述解决问题的策略机制。也就是说，能够对一定规范的输入在有限时间内获得所要求的输出。算法在方案设计初期，对于把非常模糊的概念发展成明确的系统化形式具有

极为强大的力量。它既是计算机的核心技术，也能处理建筑的核心问题。采用这种技术的建筑被称为算法建筑（Algorithmic Architecture）。

脚本（Scripting）是使用一种特定的描述性语言，依据一定的格式编写的可执行文件。一般来说，计算机脚本程序是确定的一系列控制计算机进行运算操作动作的组合，在其中可以实现一定的逻辑分支等。由于脚本语言通常都有简单、易学、易用的特性，很多建筑师都可以自己编写脚本语言，解决建筑设计中的特定问题。

建筑信息建模（Building Information Modeling，缩写为BIM）是以三维数字技术为基础，集成了建筑工程项目各种相关信息的工程数据模型，是对该工程项目相关信息的详尽表达。建筑信息模型是数字技术在建筑工程中的直接应用，以解决建筑工程在软件中描述的问题，使设计人员和工程技术人员能够对各种建筑信息做出正确的应对，并为协同工作打下坚实的基础。建筑信息模型同时又是一种应用于设计、建造、管理的数字化方法，这种方法支持建筑工程的集成管理环境，可以使建筑工程在其整个进程中显著提高效率和大量减少风险。

数字化装配（Digital Fabrication）是把数字化设计的成果转换到物质实体的一个关键过程。在这个过程中，要充分考虑材料的特性和加工运输的限制条件，把复杂而无序的形体优化为有序的可建造的建筑构件。常用的技术包括数控机床、三维打印机、激光切割机等。

参数化（Parametric）跟参数（Parameter）密切相关。参数是对指定应用而言，它可以是赋予的常数值，在泛指时，可以是一种变量，用来控制随其变化而变化的其他的量。参数化指建立起的特定的关系，当这种关系中的某个基本元素发生变化，其他的元素也随之变化，从而保证最初定义的关系不变。

关联（Association）既用于特定的科学领域，也在日常生

活中广泛使用，最主要的意思就是联系，与参数化的含义非常近似，因此有些建筑师将强调确定特定关系的方法和设计过程定义为关联设计（Associative Design）。

在这一组名词中，“数字化”的含义较为宏观，很难用它准确描述建筑设计领域中的具体应用。“非线性”、“非标准”、“算法”和“脚本”具有精确的定义，可以准确描述当前设计思想、方法和技术的一部分（甚至是最为重要的部分），但无法涵盖当前设计思潮的全部。“关联”和“参数化”则比较能够在合适的范围内描述当前设计思潮的特点。相比“参数化”强调建立特定关系的含义，“关联”仍然是一个较为宽泛的说法。因此，笔者选择“参数化设计”这个词，试图概括建筑设计领域引进计算机技术以来发展到目前为止建筑设计领域所出现的新现象。

数字技术的飞速发展人类社会带来了巨大而深刻的变化，在科学研究方面人们可以探究和掌控更为复杂的未知现象，出现了越来越复杂的社会组织模式和形态。作为和社会生活紧密相连的一环，建筑领域应该对这种现实进行及时的反应，因此使用参数化设计得到越来越复杂的形式和空间是一个必然的结果。可以说，复杂性是参数化设计存在的基本前提，如果人们不能理解和欣赏复杂性带来的新的美学标准，建筑师缺乏对复杂性进行精确掌控的欲望和手段，参数化设计就没有存在的必要。

2 设计方法

参数化设计过程中经常会通过细分和重组的方法完成设计。

通过细分建筑师可以获得足够多的构成建筑物的基本单元。它们可以是建筑材料，比如一块砖头、一块铺地的石材；也可以是某些构件组成的模块，比如一段墙或天花、一个窗户；还可以是一个房间或者若干个房间组成的一组空间单元。

除了这些可以从表面上直接看到的具体基本单元，细分后的单元还应该包括一些更为抽象的构成元素，比如某个复杂的三维曲面实际上是由两个方向的多条复杂曲线控制的，每条复杂的曲线可以细分为更多段的可以用数学公式精确描述的曲线。这些不同层级的、人眼不能直接感觉到的抽象单元在参数化设计中起到非常重要的作用。

有时，通过对某个构成元素的多次细分就能够完成设计，比如采用分形的方式就可以完成规划中的地块划分、建筑中的立面、天花或者铺装的图案设计。有时，细分的目的是为了重组。

当建筑师面对数量庞大的基本单元时，可以通过重组得到与细分之前完全不同的结果，其基本指导思想是局部之和大于总体。基本单元重组后形成了特定的关系，这种关系往往就是参数化设计中最为核心的参数化关系。在重组工作中，建筑师考虑的因素是每个基本单位，由于它们数量庞大，其重组的可能性极

多，复杂性很高。只有遵循某些特定的逻辑或者按照某种特定的生成规则才能使设计过程可控，有条不紊地调整和修改，从而达到理想的结果。

参数化设计过程中最重要的环节是制定规则。规则既包括生成系统的规则，也包括评估的规则。其基本工作方法是找出对某个项目有影响的各类因素，然后借用各领域的知识制定符合该项目特点的生成规则，应用最为广泛的是几何规则。在项目比较复杂时，需要针对不同的问题制定多套规则，同时还要制定一套控制或协调各规则之间关系的规则。应用这种设计方法生成的是一系列类似但各不相同的方案，因此需要制定一套评估规则帮助设计师进行选择。

在规则控制下生成的大量方案，即便经过评估规则的筛选，也不能保证达到最为理想的效果，这时就涉及到修改的问题。修改的逻辑与生成的逻辑一样，设计师需要在生成规则中，调整参数的设置，以扩大或缩小终端形象的数量，以及强化或弱化特定的几何形式。如果仍然不能达到理想的效果，更进一步的修改则是对生成规则本身进行调整，从而得到另一类可能性。

使用这种方法，一般情况下，最为简便的方式是直接借助功能较为强大的参数化设计软件，如Cartia/DP、GC、Rhino及其插件Grasshopper等进行规则设定并研究规则控制下的结果。对于那些具备写脚本和编程能力的年青一代建筑师，也可借助Monkey、Processing以及Maya或者其他软件的脚本和编程功能进行更为广泛和深入的探索和尝试。最复杂的操作是跟专业的软件工程师合作，使用最核心的底层计算机语言，如C++帮助建筑师开拓更多的可能性，解决更为复杂的问题。

虽然与传统的规划和设计中从整体到局部的工作方法有差异且最终结果给人的感受完全不同，细分仍可认为是一种自上而下（Top-down）的工作方法，但重组则是一种全新的自下而上（Bottom-up）的工作方法，其基本指导思想是局部之和大于总体。这一思想根源即复杂性科学中所说的涌现（Emergence）理论，“涌现的本质就是由小生大，由简入繁”。相关的词汇还有生长科学（Generative Sciences）。生长科学研究自然界生长过程的复杂行为，展示了自然现象中确定、有限的规则和参数在彼此之间的互动中形成的不确定、无穷的行为。在这两个大概念下，元胞自动机（Cellular Automata，简称CA，也有人译为细胞自动机、点格自动机、分子自动机或单元自动机）在自下而上的操作中具有重要的作用。元胞自动机是一类模型的总称，或者说是一个方法框架。在这类模型中，散布在规则格网（Lattice Grid）中的每一元胞（Cell）取有限的离散状态，遵循同样的作用规则，依据确定的局部规则作同步更新。自下而上的设计方法是用非常理性的方式和过程得到看似无序的复杂形式。无法预料、出

其不意的结果固然不一定都能让建筑师接受，但也常有惊喜。可以说，自下而上的工作方法将是创新的真正助力。

3 思维模式

运用参数化设计方法得到的结果具有一定的相似性，比如建筑体型、空间或者某类构件或装饰元素，且具有渐变的形式特征。但仔细考察，其背后起作用的是两类不同的思维模式。第一类思维模式强调以直觉把握灵感，具有发散性的特点。设计师大都通过绘制草图、制作模型的方式来不断地调整大脑涌现的模糊和不定型的灵感和设计方案之间的距离，让最终完成的设计既能够满足使用功能的需求，也有可能找到适当的技术加以实现，同时保持着最为清晰的设计意图。第二类思维方式则强调系统和逻辑，设计工作的展开是通过研究和逻辑推理，发现无法用直觉直接把握的结果，从而为设计带来新的可能性。为简单起见，不妨把第一类理解为艺术家式的思维，把第二类理解为科学家式的思维。当然，大部分设计师其实都具备两种思维能力，才能让他们得以应对不同设计阶段的问题。这里着重讨论的是在一个设计方案从无到有的产生过程中，这两种思维方式在赋予形式这一环节中的不同之处。

很多建筑师在设计中往往能直接感受并想象到一个较为理想的形式，并借助参数化设计工具进行深入研究并定型。比如面对一个复杂曲面，通过不断调整两个方向的控制性曲线的数量和每个曲线的控制参数来吻合设计师大脑中想象的形式。这些曲线的数量和控制参数之间没有什么特定的关系，设计师只是通过试错和经验来调整并得到完美的形式。由于采用了参数化设计工具，在设计师最终选定的形式中，当然也存在一种特定的参数化关系。但这种关系是设计结果，其得到的过程是不可控的，有很多偶然因素。

第二类思维模式则要求建筑师首先通过研究得到一些有意义的信息/数据，将这些信息/数据进行分类、筛选，得到可以应用的参数，然后通过设定特定的规则，让这些参数建立起特定的关系。规则可以是一段可以执行的脚本/程序，最终得到一组具有类似特征的结果；也可以是一段持续演变、无限循环或不循环的动画，设计结果是这段动画中的一个固化的瞬间。不难看出，在这种思维模式中建立的参数化关系是由设计师主动建立的，因而是可控的。

第一类思维模式的困境是设计的不可沟通性。谈论一个设计时，对赋形（form finding）这个最为关键的阶段，不是避而不谈，就是以个人趣味和好恶的评判取代，从而让设计过程的重要一环仍然保持黑盒子式的神秘状态。设计工作越来越需要一个团

队共同完成，以应对复杂的现实。高效的内部沟通需要长时间的共同工作获得一致的经验 and 类似的趣味才能达到，在此之前，工作团队的规模是项目规模和设计品质的重要制约因素。

在第二类思维模式中，由于赋形的过程可以被清晰描述并得以检验，因此在设计沟通方面可以发挥较大的优势，这一优势能在团队合作中转化为较强的执行力。在这种模式中，建筑师更像科学家的角色，设计工作更像研究工作，最终设计是通过多项研究工作逐步推进完成的。对科学史有所了解的读者都知道，这种逐步推进并不意味着一个线性的过程。在建筑设计领域中，由于前提条件的多样性，科学研究式的思维模式和工作方法也不意味着不同的建筑师在面对同样项目时只能得到同样的结果。当赋形这个关键环节可以讨论，就意味着设计领域的进一步推进有了一个积极而有效的助力。

在实践中，项目的设计过程往往比较复杂，设计师常感到被动与无助，因此设计过程和设计结果之间的关系成为了讨论的热门议题。这种关系在两类思维模式中具有很大差异。第一类模式中，建筑师思维的目的直指最终的结果，所有设计过程是为了让最初呈现的模糊结果清晰化和定型化，极端状态是建筑师第一次操作设计工具得到的就是他想要的结果，因此设计过程可以被最小化甚至取消。第二类模式中，建筑师虽然有一个预设的结果，但并不认为那个预设的结果不可更改。把设计过程作为研究过程对待，意味着需要精心设定设计过程，经过这些设计过程的检验，最终结果自然呈现，它可能与预设结果相同，也可能完全不同。如果结果超越预期，这将是建筑师的幸事，如果低于预期，则设计师需要回到设计过程的某个阶段，修改甚至重新设定生成形式的规则。在这类模式中，设计的重点是生成形式的规则，在最终方案呈现之前，设计师没有办法预测该方案是否符合预期的理想效果，所以需要不断地进行检测、评估和修改。使用这种方法，无论生成还是调整和修改，设计师都不是依靠直觉接近最终的形式。这样的工作方式需要更为抽象的思维能力，设计过程较为复杂、漫长，但却有助于建筑师做出真正具有新意的作品。

通过以上简要的分析，笔者认为不能简单否认第一种思维模式在参数化设计过程中所发挥的作用，也不能认为只有第二种思维模式才能得到真正的参数化设计作品。在目前阶段可以明确的也许是第二种思维模式提供了一种新的可能性，它可以得到人脑不能直觉把握的关系或者形象。同时，规则的制定、调整和修改都在更为理性的沟通平台上进行，更适于团队合作。它让更多具有不同于传统思维模式的个人可以进入到建筑设计领域并为设计

实践的过程和结果提供更多的可能性。

4 工作组织模式

在设计方案确定后，需要通过初步设计和施工图设计将方案中确定的设计意图深入发展，为实际建造奠定坚实的基础。此过程中经济、技术和规范等都有较为清晰的评判标准，因此便于选择和沟通。在组织生产的过程中，将项目整体分成建筑、结构、机电和经济等几个专业分别完成。同时，设定一些时间点，使各专业可以互相校核工作成果，最终完成整套设计文件。

目前在中国，虽然设计师采用计算机绘图，但施工图生产组织模式的实质是个体手工操作生产模式，效率十分低下，且在最终的设计文件中出现错漏碰缺现象比起手工时代更为频繁和严重。之所以这种模式还能在实践中大量应用，根本原因在于目前粗放式的设计能勉强适应现实状况，方案设计和深化实施工作的矛盾尚不够激化，大部分情况下设计师采用协同工作模式的动力不够强大。参数化设计的产品本身具有较强的复杂性，不论是后期使用参数化工具，还是一开始就用算法进行系统生成，所能形成的结果都有非常复杂的秩序，依靠传统工作模式已经无法精确高效完成最终的设计文件。随着社会对高完成度设计的要求逐步提高，与此相配的二维或三维协同工作模式是必然选择。

在三维协同工作模式中，建筑信息建模（BIM）是最重要的概念，不论将这一名词理解为完成后的三维模型，还是一种工作过程以及信息管理方式，都必须搭建一个能够综合所有信息的技术平台并依靠这个信息平台完成设计并进行信息管理。其基本原理是保证信息的唯一性和信息传递的关联性和及时性。设计团队首先要在公共服务器上将所有设计信息划分为多个系统和层级，所有设计人员的设计工作在服务器上进行而不是在个人的电脑上进行，以不同的系统（如外墙、核心筒、垂直交通、卫生间等）

划分设计工作。最终完成的图纸仍以平立剖面为主轴进行，但每张图纸都是由参照引用不同系统中的相关部分集合而成的。在这种模式下，每个元素都是唯一的，在需要修改时，只要对这个元素进行修改，全套图纸中任何一张参照这个元素的图纸也自动更新，同时将这种修改信息发给参照这一元素的其他设计人员。采用这种模式可以最大限度避免设计中的错漏碰缺现象。二维协同和三维协同工作模式原理相同，只是其设计平台更为简单，操作更为简便，对计算机硬件的要求较低，适用于某些复杂程度不是特别高的项目。

在参数化设计中，各专业之间的信息提取、交换和输出都跟原来的方式不同，特别是强调从建筑的物理性能、生态节能的角度出发开展设计的建筑师，即便在方案的早期阶段，也需要进行大量精确的计算。各专业运用参数化工具介入的方式和时间也有所不同：传统模式下建筑方案确定后，各专业配合只做微调的方式必将改变，创意早期就整合各专业领域的相关因素，最后建立整合度极高的参数化模型的工作模式将得到采纳。在深化过程中，不断调整和修改以达到最优效果成为工作的常态。以参数化模型为工作平台，进行复杂的信息提取将更为准确、直观和有效。这种模式对设计师的知识结构和团队的组织管理都提出了更高的要求，设计师将承担起更大的责任，也能够更好地顺应社会现实，满足业主需求并帮助业主精确控制设计建造的各个环节，杜绝浪费。从长远来看，将会对推动整个建筑行业升级起到重要的作用。

致谢

感谢王振飞、王鹿鸣、马海东、井敏飞、庞崧、霍宁、童佳旒在写作中给予的帮助和建议。



作者简介

刘延川，天津大学建筑系建筑学学士，建筑联盟建筑学院设计研究实验室（Design Research Lab，Architectural Association School of Architecture）建筑学硕士（MArch）。曾在华森建筑与工程顾问有限公司，建设部建筑设计院（现中国建筑设计研究院），北京伴城建筑设计咨询公司工作。目前在北京市建筑设计研究院方案创作工作室（BIAD Ufo）任主任建筑师。工作范围涉及建筑实践和教学、编辑出版、展览策划等多个领域。