

对建筑“模仿数”的思考

Thinking about Architectural “Imitation Math”

张 羽 Zhang Yu
刘 继 华 Liu Jihua

中图分类号 TU-05
文献标识码 A
文章编号 1003-739X(2008)11-0044-05

摘 要 数学作为一种工具,不仅对建筑进行丈量 and 计算,建筑师对数学发展的关注还改进了传统的设计方法;数学作为一门哲学,对数学哲学的认知就是以理性的思维将和谐理念贯穿于建筑中。当今的建筑设计依赖于计算机,这使建筑学与数学联系得更加紧密,但建筑“模仿数”不是为数学而建筑,运用数学的目的,是最终为“人”而建筑。

关键词 数学 建筑设计 数学哲学 理性 和谐

Abstract As a tool, Math is not only used to measure or compute the buildings, but also make architects improve on the traditional design methods; As a philosophy, Math make designers take the harmonious concept into buildings by rational thinking. Nowadays, architecture design more depends on the computer than before, which makes the Architecture and Math tight closer. However, building designed by imitating Math is not for Math, but for human ultimately.

Key Words Math, Architecture design, Math philosophy, Rational, Harmony

在公元前6世纪,古希腊的数学家毕达哥拉斯就宣称数是宇宙万物的本原,世界由于“模仿数”而存在;万事万物背后都有数的法则在起作用;无论是物质世界,还是精神世界,都不能没有数学^[1]。于是,受毕达哥拉斯的影响,自古希腊时代开始,数学就和哲学同源。研究数学的目的并不只在于使用,更为了在变化的世界中把握“真实的存在”。

在建筑领域,新材料技术的运用,新空间的呈现都离不开数学的支持,因为所有这些探讨和开发都是围绕人的尺度来展开的,数学不仅作为实现建筑的手段和工具,它的公式和模型所展示的逻辑关系也有助于人们对建筑现象的分析和设计方法的改进。因此,建筑“模仿数”是对数学知识和理论的借助。随着对计算机的开发,数学知识也在不断扩展,现代数学显现出“非理性”的表象,看上去似乎很难抓住一条规律,这种现象客观上影响了建筑思潮和建筑风格,数学的本质在这种无序的表象下会有所改变吗?在当今倡导运用跨学科理论进行本学科创新的学术背景下,建筑学该如何把握“模仿”数学的“度”,这需要在了解数学和建筑学二者的基础上进行探讨。

1 建筑设计方法与“模仿数”

毕达哥拉斯认为,数量和形状决定一切自然物体的形式,数不但有量的多寡,而且也具有几何形状,因为有了数,才有几何学上的点,有了点才有线、面和立体,从而构成万物^[1]。可以看出,他把数看作一种物质,他的“模仿数”也就是模仿这种抽象的、符号式的物质。而建筑中的“模仿数”是因为数学对事物间相互关系的解密为建筑学的发展提供许多思路和方法。数学也是一种艺术,它是由连续与离散、明晰与模糊、直线与曲线、多与少等概念所建立的对对应关系所构成,建筑作为技术与艺术的结合,既具有数学的理性与严谨,又具有数学艺术的浪漫,建筑中的虚与实、曲与直、对称与不对称的形式与数

第一作者 上海同济大学建筑与城市规划学院
建筑学博士研究生
第二作者 中国城市规划设计研究院城市规划师
邮 编 100036
电子信箱 zy100_777@126.com
收稿日期 2008 07 05

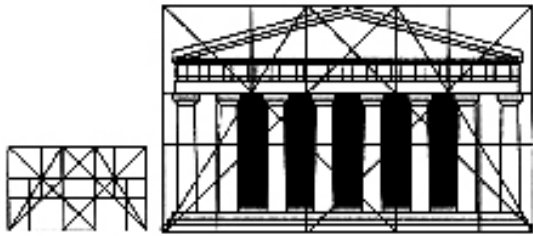


图1 对帕提农神庙黄金比的分析
(资料来源: <http://cq-art.com/130/showpost.aspx>)

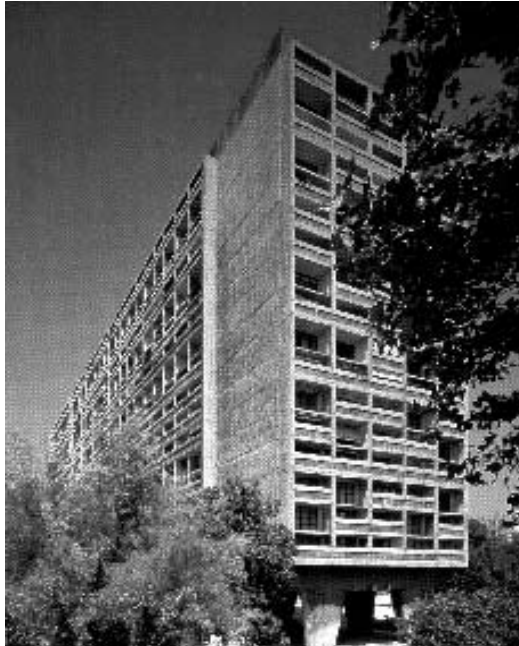


图3 马赛公寓(资料来源:[美]理查德·韦斯顿著. 现代主义. 海鹰, 杨晓宾译. 北京: 中国水利水电出版社, 2006: 218)

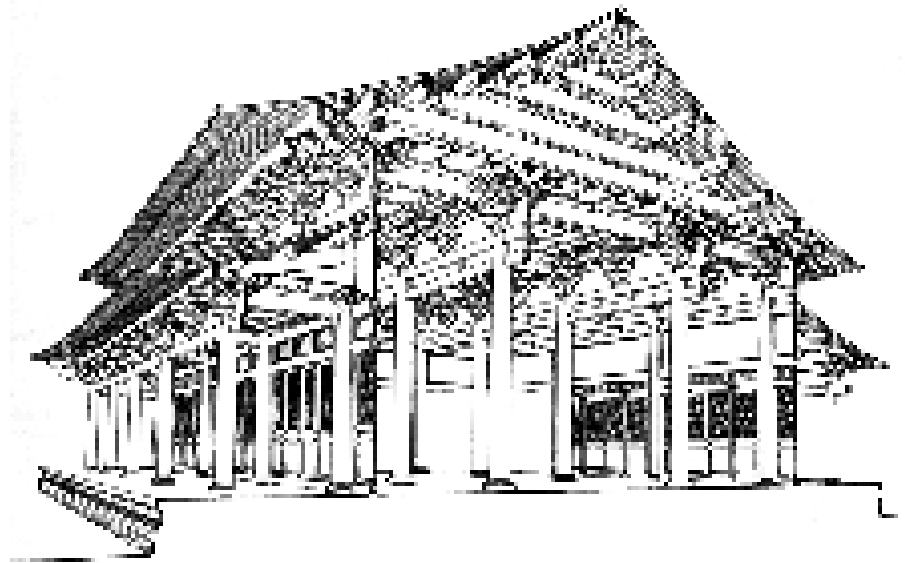


图2 采用模数制的中国木构建筑(资料来源: 侯幼彬, 李婉贞著. 中国古代建筑历史图说. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002: 113)

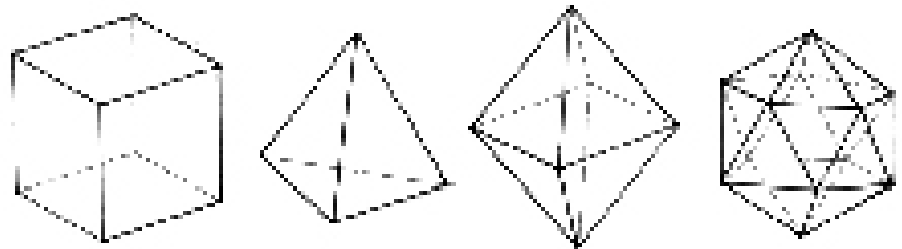


图4 柏拉图的立方体都由三角形构成

学中的诸多概念构成了一种对应关系。

“数”蕴含着和谐的比例和韵律,自从毕达哥拉斯发现了黄金分割比,人们就开始运用基准线将黄金比蕴含于建筑形式的设计中,使建筑呈现出一种稳定的秩序。正如古希腊雅典卫城中帕提农神庙的正立面所显示的,用基准线来分析时,它是符合了多重黄金分割的矩形(图1),其精确的比例设置体现了古希腊人对数学美学的认知。柯布西耶在他的建筑中也采用基准线,这是“反任意性的一个保证,是精神领域里的满足……它带来了可以感知的数学”^[2]。选择一条基准线,就决定了一件作品的基本几何性质,是建筑学的重大程序之一。

与希腊人一样,中国的古人也崇拜“数”,认为宇宙是按照数学的规则来建造的,他们的建筑审美观就是以几何与数形成的建筑秩序来模仿宇宙的秩序,模数

制的运用则体现了这种有序性,它对单体建筑在尺寸上规格化、标准化的方法,使木构建筑的各式各样的榫卯,严丝合缝地组成精确的建筑构件(图2),从而达到单体到群体建筑的统一。日本建筑采用的模数制是以榻榻米的尺寸为模数,室内开间、面积、屏风大小都依据这个模数形成,使得各个界面结合之间展现出一种有机的美。后来,许多西方国家受日本建筑的影响,开始形成以模数为基础的建筑构件标准化,模数制所体现的预制性大大提高了房屋的建造效率。柯布西耶曾说:“当人用脚和前臂来建立秩序的时候,他创造了控制整个建筑的模数,因此这建筑物就合于他的尺度。”^[2]在一战期间和二战后,他都将这种模数制运用在住宅设计中,这不仅是表现形式上的韵律和秩序,更重要的是体现建造的效率 and 建筑的功能,正如他所设计的批量生产的住宅和

马赛公寓(图3),都是对当时社会存在的居住问题提出的一种对策。

柯布西耶对模数制的运用也源于他对机器美学的崇尚和对数学的热情,他赞美工程师:“不追求建筑的构思,只简单地顺从数学计算的结果和活的有机物的观念,他们使用了基本元素,并且把它们按规则互相协调起来,在我们的心里引起了建筑的情感”^[2]。柯布西耶的“工程师美学”与当时许多现代主义建筑先驱所倡导的内容是异曲同工的,在当时的设计中,他们推崇机器的比例、形体和材料的运用,追求理性、纯粹的几何形态,他们认为机器是真正的艺术品,其形式清晰,组织严密,因为它们包含着数,也就包含着秩序。这种思想曾经推动了建筑的快速发展,使现代建筑彻底与传统决裂。

在建筑中,不管是对模数的运用还是对比例的推敲,都属于传统的借用数学来



图5 贝赫尔保险公司总部大楼（网格状的道路体系将独立单元组织在一起，为强调单元体的“繁殖”，方案有意没有完成）（资料来源：汪江华 著. 形式主义建筑. 天津：天津大学出版社，2004：154）

建筑师对几何网格进行开发，它是以标准构件为基本构成元素，网格中的点、线、面分别代表建筑物交叉点、墙体和空间，通过网格协调而衍生出的建筑可以从一种原始的简单形式开始，有机地按预先设定的规则繁殖（图5~6），这种作品常常带有理性的数学美感^[3]。

而另一类设计方法就完全运用数学知识。计算机的开发运用使数学知识不断扩充，从而带动建筑设计方法的发展。以前对建筑空间的研究基本上借助于欧几里德几何，而现今对空间的研究推广到更高维的几何、非欧几何及拓扑学。如建筑形态学，它研究建筑的形式和结构，涉及的领域除了力和材料就是数学几何，其中就包括拓扑几何。形态学借助它来描述建筑形式的规律。拓扑学使人们跳出了建立在尺寸概念基础上的欧几里德几何所限定的古典建筑空间的框子，创造了大量的曲面空间结构。基本方法是：建筑空间的相互关系决定了建筑的拓扑结构，根据拓扑结构来确定不同区域的相互位置，以拓扑图形表示所有空间组合的可能性，通过施加某些限制条件来删去没价值的组合方案，把各空间之间的关系特征以数字形式排列成矩阵数列，输入到计算机中处理，然后再转化为拓扑图形。也就是一旦输入建筑空间的拓扑图形，计算机就可以把它的二元图形显示出来（图7）。这种二元图形是一个由一系列不定形的自由线构成的网络，没有尺寸的概念，但可以根据网络图对各个空间外界边缘进行限定。拓扑学是20世纪在数学领域里取得进展较大的一个分支，它在建筑学中的运用在一定程度上避免了建筑师凭直观想象和个人经验带来

进行设计的方法，在现代主义建筑运动之后，人们开始对建筑设计的方法进行讨论和研究，而这些方法的建立很大程度上依赖于对数学知识的引用。在现代主义建筑时期，建筑设计仍以手绘图为主要形式，建筑师凭经验、直觉、灵感和判断力来设计方案。到了60年代，西方新科学、新技术的出现改变了这种情况，转而依靠科学的方法和工具。此时，人们认为用数学语言来表达建筑有利于引用现代科技手段如计算机来定量地处理设计问题，于是，数学中的公式、模型、几何图形就和各种设计方法紧密地结合在一起。这其中，一类设计方法是借用具像的数学符号来分析设计方案：如英国的建筑师勃劳德彭特受到古希腊哲学家柏拉图的影响，提出一种

以抽象的几何比例系统为基础或为参照对象的设计方法。柏拉图认为宇宙是由立方体、正棱锥体、八面体和正二十面体构成，即土、火、空气和水，而这些体又依次由三角形组成（图4）^[3]，在对中世纪的哥特教堂的立面构图的分析中就包括了柏拉图的三角形，勃劳德彭特的设计方法包含了这种对几何系统的寻求，给予建筑形式的设计一种法则性；又如，建筑类型学是借助几何元素来分析建筑方案的，它选择固定的建筑组群关系以及建筑的母题，对其进行几何简化，简化还原后的几何元素还可以经过图形换喻等方式进行类推，由此简洁的图形就蕴含了历史的意义，使建筑方案与历史、文化、环境、文脉建立了联系；再如，以结构主义为指导思想的



图6 新德里展览中心（建筑结构以几何网格的形式有规则地繁殖）（资料来源：邹德依，戴路 著. 印度现代建筑. 郑州：河南科学技术出版社，2003：7）

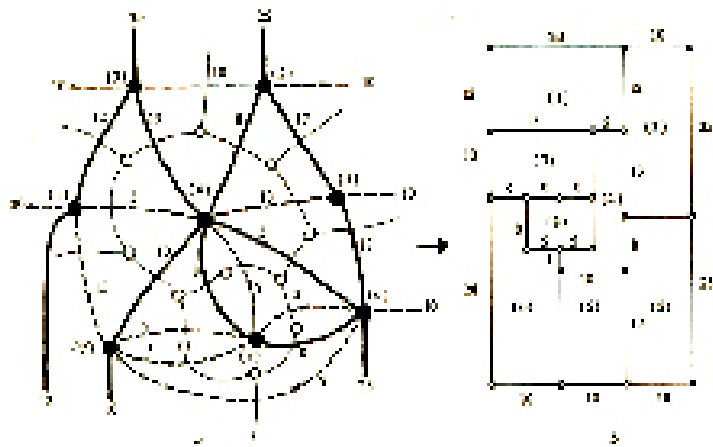


图7 从二元图形到建筑方案的生成（资料来源：刘先觉 著. 现代建筑理论. 北京：中国建筑工业出版社，1999：389）

的局限性。随着人们对数学其他未解问题的逐渐突破，它将会为建筑设计提供更多的方法。

2 建筑设计理念与数学哲学

在实用数学方面，毕达哥拉斯使得算术成为可能，在哲学方面，又促使人们相信数是构成实物世界的基础。数学是一门有着丰富内容的知识体系，它以自己的方法和语言来描述和认识世界。伽利略曾说，如果我们不借助于数学来认识世界，就只会黑暗的迷宫中踌躇^[4]。数学既是一门科学，其本质更是哲学。在建筑领域，数学不仅作为一种成就建筑的工具，更重要的是它引导人们去认识和解剖建筑与其他事物的关系。

数学哲学所体现的最深刻的意义就是理性，理性涵盖于数的和谐中，和谐的涵义本来就是宏观与微观的结合，大到整个数学领域以及内部各分支之间的和谐发展，小到分支内部定理与定理之间的丝丝入扣，都体现了数学系统的和谐。数学的和谐性上升为一种思想，是建筑师在现实世界中寻求与宇宙万物和谐共处的保障。柯布西耶在《走向新建筑》中对建筑自身的和谐这样表述：建筑形体要相互协调，它是人的“精神的一种数学创造”；建筑是处理材料数量的问题，“量度它们，把它们纳入方程式，它们就构成了韵律，它们诉说数目字，诉说协调、诉说精神”；对于建筑平面，柯布把它当作一个朴素的抽象，一个代数演算，“平面本身包含韵律，它是从简单的或复杂的匀称中导出的平衡状态”^[2]。建筑不是孤立存在的，除了要强调自身的和谐，还要考虑与外界的联系，人类自最初建造房屋时便将自然环境考虑在内，如今人们把这种环境的意义延伸，扩展为建筑与社会环境、生态环境的综合协调。在模糊数学建立之后，建筑学者便以其判断、推理、控制的方法来分析建筑与环境的问题。模糊数学以经典的集合论扩展为模糊集合论为基础，指向没有明确外延的概念和事物。运用在建筑中就是指联系外界环境与建筑内部的中介空间，即“模糊空间”，它使得内部空间以一种和谐的方式向外界过渡，促进人们与自然、与社会的交流。虽然这种空间自古就存在，但现在以科学的观点来研究，为多元化的建筑发展增添了时代的内容，使传统的和谐观得以传承。

每当哲学发现科学出了问题时，被迫改变的往往总是哲学而不是科学。20世纪初对数学基础的争论事实上对数学本身的

影响不算大，因为形式化、公理化等发展趋势是本来就有的，而不是哲学促发的，相比而言，数学基础的争论对哲学的影响则是巨大的。数学领域的非线性发展改变了过去由于线性科学的作用而产生的僵硬判断。然而，人们开始质疑，建筑和其它事物的关系如此复杂和多样，同样呈现非线性现象，建筑和谐的内容是否是确定与可寻的呢？该怎样理解非线性？非线性科学是基础性研究，需要数学知识来分析。建筑与城市、环境构成一个非线性系统，在这个以数字技术为特征的信息时代，就要运用非线性思维来解决日益复杂的建筑问题。非线性里存在自然的自组织性，这种规律在建筑的发展中体现得隐秘又深刻，需要我们运用逻辑思维去挖掘和总结，从建筑空间、结构、功能、社会环境等角度出发，归纳出建筑的非线性特征，提出非线性设计方法。现有的材料和计算机技术已经为非线性设计提供了强有力的物质支撑，作为信息社会的标志，非线性建筑是未来建筑的发展趋势。因此，和谐建筑的概念也要随着科学的发现而不断扩展，做到建筑与各种关系的协调仍旧需要数学理性的支持。

建筑理论学者以很多方法预测建筑发展的趋势，但总是很难寻求一个规律，或者事与愿违，这就好似混沌，它的根源在于非线性的相互作用。混沌数学研究的就是无序中的有序，其有序性表现为系统在相应的空间总是收敛于一定的吸引子，了解这个道理，我们对建筑的发展趋势就可以进行相应的引导。例如，在近现代中西方的建筑历史中，都出现过“复古主义”风潮，而且在很长时间内都挥之不去，这种现象可以理解为奇怪吸引子效应，强制性地消除它们是徒劳的。人们所做的最大努力就是发挥创造性，在风格上寻找更多的生长点，这样非良性吸引子的作用自然就弱化了。

尽管从线性数学发展为非线性数学，从欧几里德几何发展为非欧几何，数学哲学的内容扩充了、复杂了，但仍旧渗透着严谨，数学中难以确定的规律可以通过不断的推理和实验来归纳。数学哲学仍然以理性与和谐的本质影响建筑师的设计理念，它内容的变化只不过是提醒我们：对其中隐含的秩序的觉察将是今后建筑学领域的增长点。

3 建筑“模仿数”的是与非

虽然毕达哥拉斯对数学的发展做出巨大贡献，但他又完全迷信数学，认为“万

物皆数”，数学在他的思想中与一种特殊形式的神秘主义结合在一起，亚里士多德批评他道：“不过是空言和诗意的比喻而已”^[1]。自从他那时以来，而且一部分是由于他的缘故，数学对于哲学的影响一直都是既深刻而又不幸的，使某些门类的科学具有一种虚幻的价值。就像现在有些建筑理论学者用数学模型论来解答建筑的一切问题，当然，作为一种研究方法有它深刻的意义和价值，但同时也会出现一些不利的因素。数学需要严谨性和精确性，就因为这份严谨和精确，使人们完全相信数学思想高于感官，直觉高于观察，如果感官世界与数学不符，那么就否定感觉到的，从而导致了形而上学的结果或知识论中错误的根源。建筑师奈尔维面对计算机的局限性，曾经遗憾地说“人类某些最高级的品性，如直觉和直接领悟力……都已经被抽象的非人性化的数学公式所淹没……在遥远的过去，许多作品的手法和风格是从直觉中获得的，但是今天最现代的理论方法也无法对这些作品进行分析”^[5]。数学虽然也被看作为一种艺术，但它体现的是技术的艺术性，建筑设计不只包含一个技术问题，它还需要建筑师非理性思维的运用和精神的表达，而建筑精神的表达随着物质的高度发达则愈来愈有意义。

美国化学家洛德·霍夫曼批评“还原主义”就是将所有科学最终还原到数学来解释，“高层次的认识还原为低层次……从人文学开始，退到社会科学、生物学、化学、物理学，一直退到数学。”他认为科学包含不同的层次，各层次都有相应的认识水平和价值观，“……人们所谓的认识，要用那个领域内的各种观念对诸多问题进行讨论……这种认识方法是表现人类能力完美的例证”^[6]。如果建筑学的概念被还原了，那它许多有价值的内容便失去了，如果我们把建筑方法和理论用数学规定得太死板，就会与艺术、人文学产生隔阂。

高举“数”的旗帜来阐释建筑，最终会导致数学的形式主义。从北宋的《营造法式》里以“材”为木构件的模数制到清代《工程做法》中的以“斗口”为模数制的发展过程中，模数制已从突出的功能性特征转变为程式化建筑的标尺，木构建筑的表情也越来越刻板；20世纪初，现代建筑的先驱们倡导“包含着数”的机器美学，虽然后来成为国际式建筑的典型模式，但那个机器原理时代是理性中心主义时代，强调对人类创造的科学技术的利

用, 忽视其他生命价值, 这必然会给生态环境、人文环境带来负面影响; 如今, 利用数学的手段来分析建筑方案有时也会使设计理论更加抽象和脱离现实, 像在第一部分中提到的建筑师勃劳德彭特的几何法则性的方法就是有局限的, 它需要清晰地建立问题的范围, 并权衡各种问题的重要性之后才可以使用, 但建筑设计是一个复杂的问题, 很难达到这种理想状态。

尽管建筑对数学的借用会带来负面的影响, 但它毕竟是被人来使用的, 使用得适当与否还要归因于人。当今科学的发展趋势最为重要的是科学的数学化, 数学又用来研究数量、结构、变化以及空间模型等概念, 具有科学与艺术双重概念的建筑怎能与数学脱离干系呢。加拿大数学家塔希奇在他所撰写的《后现代思想的数学根源》一书中阐述, 后现代思想可以被视为对数学基础争论的进一步继续。在他看来, 正是那些受到哲学与文化熏陶, 受到科学和诗歌训练, 受到他们所属的传统影响的人在从事着数学研究, 他们往往不以数学为目的, 而以社会文化为旨归, 因此, 这些数学的“偶尔涉猎者”有时会走向非理性主义和浪漫主义^[7]。在建筑领域, 随着对文化价值的呼唤, 后现代建筑风格风起云涌, 但很多现象表现出的是建筑师对非线性数学理性精神的误解, 建筑流于形式和符号化, 这种误解最终导致了后现代建筑风潮的颓败。即使是追求形式, 也要了解形式的构成规律, 了解几何学。柯布曾指出建筑是形式的创造者, 是“高等数学”^[2], 是严肃的艺术, 建筑艺术要根据标准办事, 对所借鉴的科学知识和文化内容要有深刻的理解, 把它们协调地组织在设计中, 使其形式经得起推敲和

岁月的考验。

就建筑设计方法来说, 只凭借人的直觉和经验来设计, 往往会遗漏一些有价值的可能性。钢筋混凝土所具有的连贯性潜质并不是轻而易举地就能够发挥出来, 只有当以计算机为基础的“有限元”出现之后, 才能够进行计算。现代数学离不开计算机, 在给定的条件下, 我们利用计算机和逻辑的数学方法可以求出建筑组合的许多可能性, 这给设计很大的选择空间。建筑设计方法的改进和更新决定建筑现代化的进程, 建筑学的创新需要和新科学建立有机的联系, 数学内涵的逻辑思维是进行建筑创新的关键, 因为创新思维就是以逻辑为基础的, 熟知逻辑规则, 才能超越逻辑, 最终达到逻辑与非逻辑的统一。数学逻辑为我们带来系统的研究方法, 通过对数学模型和对系统中要素的分析, 就可以将建筑学和其它学科有机地结合成整体, 从而使具体的建筑学研究达到更高的层次。但并不是运用了数学逻辑, 引用了跨学科的知识, 形成了逻辑关系, 创造出的一套模式就是探讨设计方法论的终点, 我们需要验证它的价值和实用性, 是否对数学借用有“度”, 是否便于对建筑的理解和创新, 这是运用数学的最终目的。

结 语

当代建筑的发展需要更多综合型的建筑师, 不仅能掌握建筑设计的各个环节, 还要关注科学发现, 深入理解数学领域的成果。“模仿数”不是对数学的崇拜, 不是迷信数学, 更不是以模仿数学的“形”来标榜“理性”, 数学作为基本科学, 可以将它看作为实现建筑理想的一个工具, 一个平台, 建筑是为人类而

建筑, 不是为数学而建筑, 它既然是一个工具, 那么由它解释的建筑就更应该明了、易懂; 而它作为一个平台, 建筑师就应该在这个平台上表达对人的关怀和对建筑和谐美的追求。

参考文献

- 1 范明生. 古希腊罗马美学//西方美学通史: 第一卷. 上海: 上海文艺出版社, 1999: 62.
- 2 [法]勒·柯布西耶 著. 走向新建筑. 陈志华 译. 西安: 陕西师范大学出版社, 2004: 65, 61, 205, 28, 173, 139, 145, 123.
- 3 刘先觉 著. 现代建筑理论. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999: 526, 393.
- 4 [美]莫里斯·克莱茵. 古今数学思想: 第二册. 朱学贤 译. 上海: 上海科学技术出版社, 2002: 33.
- 5 [英]理查德·韦斯顿 著. 材料、形式和建筑. 范肃宁, 陈佳良 译. 北京: 中国水利水电出版社, 2005: 88.
- 6 [美]洛德·霍夫曼. 相同与不同. 李荣生, 王经琳 译. 长春: 吉林人民出版社, 1998: 17.
- 7 [加]费拉第米尔·塔西奇. 后现代思想的数学根源. 蔡仲, 戴建平 译. 上海: 复旦大学出版社, 2005.