

建筑设计中建筑形态与结构协同研究

孙倩

河北建筑设计研究院有限责任公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]建筑形态与结构协同问题是当前建筑设计重要问题之一,也是其能否良好实现建筑功能、保证建筑结构合理性和美观性的重要因素之一,更是其能否达到建筑可持续发展及节约资源效果关键所在;文中首先对建筑形态与结构协同基本概念进行阐述,然后分析了建筑形态与结构协同原则、设计方法和改进措施。功能适应性、结构约束下形态优化、美学表达与结构表现统一,以及资源高效使用等都是有效建筑形态与结构协同重要设计原则;而在具体设计中,参数化设计、BIM 助力协同以及通过结构优化求解方法解决建筑形态与结构问题也为建筑形态与结构协同提供技术支持并最终实现整体最优。最后,文中对协同设计的评估标准、改进措施以及未来的发展趋势进行了论述,在一定程度上可以为建筑设计师们的设计工作起到一定的借鉴作用,有利于促进建筑设计从单纯的注重形式到更加强调功能、结构、美观性和环保性的转变,进而使建筑的设计更加合理、科学和高效。

[关键词]建筑形态;结构协同;参设计优化

DOI: 10.33142/ec.v9i3.19252

中图分类号: TU201.6

文献标识码: A

Research on the Synergy between Architectural Form and Structure in Architectural Design

SUN Qian

Hebei Institute of Architectural Design & Research Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: The coordination between architectural form and structure is one of the important issues in current architectural design, and it is also an important factor in whether it can effectively achieve building functions, ensure the rationality and aesthetics of building structures. It is also the key to whether it can achieve sustainable development of buildings and save resources; The article first elaborates on the basic concept of synergy between architectural form and structure, and then analyzes the principles, design methods, and improvement measures of synergy between architectural form and structure. Functional adaptability, form optimization under structural constraints, unity of aesthetic expression and structural performance, and efficient use of resources are all important design principles for effective synergy between architectural form and structure; In specific design, parametric design, BIM assisted collaboration, and solving building form and structure problems through structural optimization methods also provide technical support for building form and structure collaboration and ultimately achieve overall optimization. Finally, the evaluation criteria, improvement measures, and future development trends of collaborative design are discussed in the article, which can provide some reference for the design work of architects. It is conducive to promoting the transformation of architectural design from simply focusing on form to emphasizing more on function, structure, aesthetics, and environmental protection, which making the design of buildings more reasonable, scientific, and efficient.

Keywords: architectural form; structural synergy; participate in design optimization

引言

伴随着城市化的快速发展及建筑技术进步,对于现代建筑物功能、空间、安全性等方面都提出了新的要求。而在以往的设计中一般都将形态设计与结构设计看作是相互独立的部分,形态注重美观及空间感,而结构则侧重于安全性和经济性,但是这样做的弊端就是造成大量的资源浪费、重复设计、结构与形态不对等的问题。近年来,在建筑学界越来越多的人开始关注形态与结构协同设计,认为这对提高建筑物质量有很大帮助而且可以节约能源、合理利用材料、提高工作效率。形态与结构协同研究是对形态与结构进行比较全面的研究工作,它以理论为基础,结合实际经验总结出一套较为完整的设计

方法。本文主要研究建筑形态与结构协同的基本概念、设计理念以及实现途径,并对其进行了改进和发展方向展望,期望对建筑创作起到一定借鉴作用,也希望能给相关研究带来一定启示。

1 建筑形态与结构协同的基本概念

建筑形态与结构协同即是在建筑设计当中,把建筑外观以及内部结构结合在一起,使建筑形态与结构之间产生一种相互制约又相互促进的关系,使建筑功能、美观以及结构安全得到协调统一。建筑形态是反映建筑空间布局、体形尺度以及样式特征,同时也是建筑艺术一个重要组成部分;而建筑结构则是为了保证建筑安全稳固以及使用寿命。两者之间的协同就要求建筑师在进行形态设计时要充

分考虑到结构所承受荷载类型、构造形式以及应用材料等,而在结构设计上也要考虑到形态对空间以及美学方面的需求,防止形态与结构相脱节。协同设计是理念与技术相结合的过程,在设计理念的基础上融合设计方法和技术实现,如参数化设计、BIM模型和结构优化算法等。而协同设计可以让建筑物不仅仅是外形上的创新,也会在用材、能耗、施工等方面得到改善,进而促进建筑从传统、低效和高能耗转向智能化、绿色化和节能型建筑的发展趋势。

2 建筑形态与结构协同设计原则

2.1 功能适应性与结构协调性

功能适应性及结构协调性原则是要求建筑物的设计要符合其功能的需求以及满足功能需求所必须的空间和结构条件的基础上,通过对结构体系的科学合理的布置来达到对功能的有效支持。由于建筑功能的多样性导致了对于空间的要求也就更加多样化,各种不同的功能单元对跨度、层高的大小、承重能力以及开间的大小都有各自的要求,在进行形式上的设计时必须考虑到空间组织及其使用者的功能需求,在结构上也要针对这些形式进行布置,这样才能使建筑具有良好的性能和安全性。而协同设计就是为了让结构工程师能够更早地参与到设计阶段之中,在设计初期就将结构构件所受力的情况以及其节点布置还有材料性质等都考虑进入空间中去,从而使得形体与功能相协调。遵循功能性和合理性原则,建筑可以满足人们的需求又不会造成结构上的浪费以及不必要的材料消耗,达到设计合理性和经济性的统一。

2.2 结构约束下的形态优化

结构约束下形态优化的原则是建筑形态的设计要在满足结构要求的前提下进行创新来达到美观和安全的目的。建筑形态有多种呈现方式,但是形态上的任意创造都会受到结构可行性、施工条件和材料影响。协同设计就是让建筑师在做形态之前就要考虑到结构的问题,在形态设计时去研究受力情况、构件位置和节点连接形式,从而优化建筑外型及内部布局,做到形态美观而且可以被结构所支撑。比如参数化设计和结构分析软件都可以在设计前期对受力情况进行仿真,然后根据这些结果改变形态参数优化结构性能,减少后期修改工作量。结构约束下形态优化不仅可以保证建筑物安全性能,而且可以促进建筑设计发展,使形态和结构之间实现一种良好互动关系。

2.3 美学表达与结构表现统一

美学表达与结构表现统一原则是指要使建筑物的外观形象与其结构关系达到高度统一,形态设计不仅要具有美感,也要体现出结构所起的作用以及受力情况。而在合作设计时,结构构件及受力方式不能只为了保证安全性而存在,而应该是一种美的表达手段,适当布置使其更具有

艺术性。比如,可以将结构显露出来,或者用受力线来制造韵律感,也可以从构件形状及空间尺度上反映结构特点等都可以做到美观与结构一致。这个原则就是反对传统的“形态脱离结构”设计理念,让形态与结构相互影响,使得建筑在功能性和安全性的同时还兼具美观性、协调性和新颖性。

2.4 可持续性与资源高效利用

可持续性和资源高效利用的原则是在建筑形式和结构一体化的设计过程中,需要考虑到对材料使用的合理性、能源消耗以及对于环境的影响进行绿色设计和可持续发展的要求。协同设计通过对形式和结构的优化可以使不必要的材料浪费大大减少并且可以通过结构上的改进使得施工过程中的资源浪费也可以大幅减少。另外合理的形式有助于自然采光、通风以及温控等,从而节省建筑运行期间的能耗。资源高效利用不仅仅是指材料以及能源的节约,还包含着施工过程中的效率提高以及整个寿命周期内的优化,从而使建筑从建设到运营直至拆除整个阶段都做到经济以及环境效益最大化。利用可持续发展思想对形式和结构进行统一考虑,则可以使建筑在功能、美观以及环保方面都得到提高。

3 建筑形态与结构协同的设计方法

3.1 参数化设计协同中的应用

参数化设计对于建筑形态和结构的结合起到了决定性的作用,在参数化设计中可以使用一系列可变参数来连接形态、结构以及功能的关系,使得设计具有很大的灵活性和可控性。而在实际的设计当中,参数化软件不仅可以对建筑形态进行快速地修改,而且可以根据结构受力情况自动生成相应的构件大小、跨度、支座位置以及结构布置等,从而在一开始就可以使形态和结构达到很好的配合。这样就可以让建筑师在方案初期就大量地去做推敲比较,快速地判断出不同的方案是否合理可行,从而减少后期大量的返工造成的人力物力损失。同时,参数化设计还可以与可持续性分析工具相结合,对用材量、造价、能耗以及建筑全寿命周期内的资源消耗进行最优化,做到功能、结构、环境性能相统一的目的。而在更高级层面,参数化设计能够支持复杂的几何形状和非标准结构的研究工作,在保证结构安全性和施工可能性的基础上发挥创造性的设计,促进建筑设计的发展革新。所以,参数化设计是形态与结构相结合的技术方法,是现代复杂建筑设计中不可缺少的一个系统化、可量化的、智能化的设计方式。

3.2 BIM(建筑信息模型)辅助协同设计

BIM(建筑信息模型)技术对建筑形态与结构协同设计有着良好的信息集成、可视化分析和协同作用,在建筑形态、结构体系、机电管线及功能空间等方面,都可以在

一个三维虚拟环境中进行展示,并且可以做到各专业之间的信息实时更新和共享,大大降低了由于信息不同步而导致的设计矛盾和理解差异。而且 BIM 还可以模拟结构受力情况、节点连接方式、材料特性等,并可结合施工方法及施工顺序来进行施工可行性分析,从而避免后期出现工程问题,优化节点位置安排以及施工计划。在协同设计时, BIM 模型是沟通、决策、方案比选的重要工具,让建筑师、结构工程师、施工单位可以在一个平台上开展工作,并根据反馈的信息对方案进行不断的改进和完善。同时, BIM 还可以做复杂的形态和非标结构的分析计算,可以量化的评价建筑的质量包括结构的安全性、节能性以及造价等,可以作为形态及结构优化的依据。通过 BIM,设计的过程变得可视化和智能化,提高了工程的质量以及施工的进度,也使得整个工程项目更加紧密的合作并且更具有可持续性,给当代的设计提供了系统的、信息化以及精细化的支持。

3.3 结构优化算法与形态创新

结构优化算法是建筑设计中建筑形态与结构一体化设计的基础方法,它是利用数学模型、计算手段及仿真技术对建筑物结构进行细致、全面评价并进行优化,以达到结构受力良好、材料节省和建筑美观的效果。常见的有拓扑优化、尺寸优化、形态优化等多目标优化,通过对不同方案反复迭代计算和不断改变参数,建筑师可基于保证结构安全可靠的要求之下自由发挥创造力设计出不同建筑外形。而结构优化算法也能为构件截面、支撑体系及材料位置提供参考意见,同时可以分析复杂的空间布局或不规则的形状是否满足结构要求,在保证美观的同时也考虑施工便利和可行性的问题。利用优化算法与参数化建模相结合,建筑师可以在很短时间内提出大量不同形态的设计方案,进行受力分析以及对结构进行评估,有利于创新设计,减少材料浪费及施工风险,促进协同设计更加高效、智能、可持续发展。

3.4 多学科协作设计流程与策略

多学科协作设计流程是建筑形态与结构协同设计的必要条件,在此过程中,各个专业的人员共同参与,把他们的知识结合起来,形成一个整体的工作方式。这种工作方式一般有需求分析、概念性设计、结构计算与优化、施工模拟以及方案审查等一系列步骤,在这个过程中信息交流与反馈保证工作的连贯性和合理性。并且各个专业越早参与到项目当中,就越容易让形态、结构以及功能的目标在项目开始之前就得到统一。通过不同专业的通力合作,不仅可以大量减少设计阶段出现的问题及反复修改,也可以使建筑物更加合理、经济,施工更快捷方便,在保证建筑造型美观的同时又可以保障建筑的安全性和施工管

理上的可行性,对大型复杂的建筑工程进行全方位的合作设计。

4 建筑形态与结构协同的优化与发展

4.1 协同设计评价体系

协同设计评价体系是建筑设计和结构设计协同优化的重要手段,它是以一定标准和方法来衡量设计方案优劣的一种方式。而评价体系一般包括形态及结构功能协调性、安全性、经济合理性和可实施性等几个方面。通过对一系列指标进行分析比较,在设计中不断调整设计方案,从而达到最佳结果^[1]。现在的评价体系除了传统的评价方法之外还加入了计算机技术,比如 BIM 软件、结构受力分析软件及能耗分析软件等。协同设计评价体系是设计决策的重要依据,同时也是对项目管理和施工指导以及建筑性能优化的一个有效量化评价工具,使建筑在形式新颖性、安全性及节约资源等方面取得良好的效果。

4.2 优化策略与技术方法

在建筑形态与结构协同过程中,优化策略和技术方法对达成预期结果起着至关重要的作用。优化策略有根据参数化设计不断改变设计方案、利用结构拓扑优化来优化设计方案、根据材料及构件位置进行优化以及从施工角度出发进行优化等,都是为了使设计方案在保证结构安全的前提下尽可能地降低成本并且满足美学要求^[2]。而技术方法上, BIM 平台和三维建模能够把各个专业的信息集成起来,结构分析软件和优化算法可以在形态设计时就预估到其受力情况并提出相应建议,这样就可以避免设计中出现问题导致资源浪费现象发生。采用优化技术和优化方法相结合的方式建筑创作,在建筑设计的初期就可以获得较好的形式以及合理的结构,提高工作效率及可施工性,从而使得整个建筑作品具有良好的品质以及较高的可持续性。

4.3 协同设计的未来趋势与挑战

伴随着建筑业向智能化、信息化、绿色化方向发展,建筑形态与结构协同设计也出现了一些新的发展趋势及问题^[3]。未来的发展趋势主要有以下几点:第一是借助人工智能和机器学习来提高协同设计智能化水平,让方案产生以及改进更加快捷方便;第二是多尺度协同设计不断推进,做到对从单个构件到整个建筑全过程协同管理;第三是绿色设计理念在协同设计中得到更多重视,通过协同设计进行节能减排、节约资源等方面工作。但是同时由于协同设计本身复杂度高、不同领域之间交流存在困难以及数字化工具使用不够广泛等问题给协同设计带来一定困扰。在实际工作中,设计人员要不断提高自身水平,改进合作方式,利用先进的工具进行形态、结构、功能的一体化。而在不断完善设计方法、评价标准的同时,建筑形态与结

构协同也将在未来的建筑设计中起到更大的作用,促进创新、高效以及可持续发展。

5 结语

本文对建筑形态与结构协同的基本概念、设计理念、方法和优化措施进行了详细介绍,指出功能适应性、结构限制下形态优化、美观与结构协调一致以及可持续性在协同设计中重要地位。利用参数化设计、BIM 技术和结构优化软件等工具,使形态设计更具创意的同时也更加符合结构要求。协同设计评价标准和优化方案给实际工作带来很大帮助,也为今后智慧型、信息化和节能建筑发展打下良好基础。

[参考文献]

- [1]孙逊.结构和建筑的空间融合——东大院建筑创作中的结构创新[J].当代建筑,2025(1):77-80.
 - [2]季文媚,李薇薇.寿县古城传统民居建筑空间形态与结构特征研究[J].湖南城市学院学报(自然科学版),2025,34(4):37-44.
 - [3]张蕴龙,于博.基于参数化设计的建筑形态与结构一体化研究[J].中国建筑装饰装修,2024(15):80-82.
- 作者简介:孙倩(1994.11—),女,汉族,毕业院校:河北农业大学,现就职单位:河北建筑设计研究院有限责任公司。