

# 复杂高层与超高层建筑结构设计要点探析

杨涛贤<sup>1</sup> 庞宁<sup>2</sup>

1. 青岛领军智能建造新材料科技有限公司; 2. 青岛海易工程检测鉴定有限公司

**摘要:** 随着城市发展需求的提高, 建筑行业也不断出现新的建筑形式和建筑形态。同时, 随着城市人口密度的不断上涨, 复杂高层与超高层建筑应运而生, 为城市的容量和功能提供了更多的选择。然而, 在这些建筑中, 结构设计是非常关键且具有挑战性的环节。本文探讨了当前复杂高层与超复杂高层建筑在结构上的设计要求, 总结了结构设计的几个关键点, 旨在为复杂高层与超高层建筑的结构设计提供一些有益的参考, 以满足人们对于建筑适用性不断提高的要求。

**关键词:** 复杂高层; 超高层; 结构设计

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.07.090

**引言:** 在城市化飞速发展的背景下, 复杂高层与超高层建筑在城市建设中占据了愈发重要的地位。复杂高层与超高层建筑结构设计一直是建筑领域的一个重要分支, 随着城市化进程的不断推进, 越来越多的高层建筑如雨后春笋般涌现出来。如何在保证建筑安全性、品质和可靠性等前提下, 较好地满足人们日益增长的生活需求, 成为当前建筑设计研究的热点和难点。然而, 由于这类建筑的建造难度与技术门槛较高, 建造过程中需要面对众多的挑战。很多人认为只需要加高楼层数来制造超高层建筑, 然而这样的理念过于简单纯粹, 面临的现实问题却是复杂多样的。

## 一、国内外复杂高层与超高层建筑结构设计现状

目前, 全球范围内的高层建筑都在不断地追求更高、更大、更稳定的目标。近年来, 超高层建筑建设已成为全球城市化进程的重要标志之一。国内的《建筑设计规范》对建筑结构的设计和计算做出了具体的规定, 这也为复杂高层与超高层建筑的设计提供了技术支持。在国际上, 现代高层建筑结构设计已形成三种主要类型: 平面框架型、空间框架型和混合型。三种类型各有特点, 其中混合型的结构设计已成为解决超高层建筑结构设计难题的新途径。此外, 随着计算机技术的发展, 三维数值模拟和有限元分析方法被广泛应用于高层建筑结构设计和施工。在国内, 复杂高层与超高层建筑结构设计的发展也非常迅速。越来越多的高层建筑呈现出复杂、曲折的形态, 设计难度越来越大。随着建筑设计的不断创新和发展, 一些新的高效安全的建筑结构体系被逐步提出并得到实践和推广。例如, 空间桁架结构、支墩式剪力墙等。由此可见, 复杂高层与超高层建筑结构设计在国内外都得到了大量的关注和研究, 并取得了较好的成果。

在未来的发展中, 复杂高层与超高层建筑结构设计

将面临更多的挑战和机遇。在技术方面, 三维数值模拟和有限元分析方法将得到更加精确和高效的应用。同时, 在施工技术方面, 越来越多的高新技术和装备将被应用, 例如3D打印等。为了更好地推动复杂高层与超高层建筑结构设计的发展, 需加大科技创新力度, 加强人才培养和团队建设, 以便更好地满足城市化进程对于高层建筑的需要。复杂高层与超高层建筑结构设计是建筑领域的重要研究领域, 其设计与施工都面临着严峻的挑战和机遇。未来的发展将围绕技术创新、施工技术和人才培养等方面展开, 以期让高层建筑更加安全、经济、环保和美观。

## 二、复杂高层与超高层建筑结构设计要求

随着智能科技快速发展, 人类对于建筑物的需求也不断提升, 超高层建筑已经成为城市建筑的一道风景线, 其在经济、社会和文化方面都有着巨大的意义和影响。而作为超高层建筑的基础——结构设计, 更是需要各种细节和考虑。

### (一) 墙体厚度

墙体厚度是超高层建筑的一个重要设计要求, 直接关系到建筑物的抗侧刚度和稳定性。在超高层建筑中, 由于其高度较大, 对于抗风作用的要求也更高, 因此抗侧刚度和稳定性显得尤为重要。墙体的厚度会影响建筑物的抗侧承载能力和稳定性, 过薄会导致抗倾覆能力不足, 过厚则会增加建筑物的自重, 给建筑物带来不利影响。因此, 在超高层建筑的结构设计过程中, 需要合理地设置墙体的厚度, 并进行科学地权衡。在实践中, 可以通过减小建筑物的自重, 加强建筑材料的抗拉强度等方法, 来提高墙体的抗压和承载能力。同时, 在实际设计过程中, 还可以考虑使用一些创新的建筑结构技术, 如框架结构、钢筋混凝土双向网格板、装配式混凝土等, 从而更好地满足超高层建筑的设计要求。

### (二) 结构材料

对于超高层建筑的结构材料选择, 高强度混凝土和钢结构都是两个比较优秀的选择。高强度混凝土具有良好的强度和抗震性能, 可以在超高层建筑中担当重要的承载结构。同时, 钢材的高强韧性特点使其适合超高层建筑的建造。这些材料的轻量化设计也可以有效地满足超高层建筑对抗风性能的要求, 提高整体可靠性。而对于复杂高层建筑, 其结构设计更为复杂, 要求更高的承重性能、刚度、防火性能以及与周边环境的适应性等, 因此需要更精细地分析和规划。在复杂高层建筑的结构方案选择中, 需要考虑多个因素, 例如传统的框架、框剪和筒状结构外, 新型的钢-混凝土组合结构、钢筋混

凝土剪力核心墙等结构方案也得到了应用。在抗震设计方面，复杂高层建筑还需要采用主动控制技术来提高抗震性能。同时，结构计算与分析方法和设计优化等方法也需要建筑师具备较高的结构设计技能和经验，才能进行有效的设计。

### （三）节点设计

节点设计是超高层建筑设计中必须关注的一个方面。在超高层建筑结构设计中，节点的设计极为重要。节点应该考虑到结构的整体稳定性和强度，并且需要采取特殊的连接方式以提高节点的抗震性能。由于超高层建筑的高度和荷载较大，节点处的受力状态极其复杂，因此节点的设计需要考虑多种因素，如受力状态、材料强度和连接方式等。在节点连接方面，除了焊接和螺栓连接方式外，还有钢球球镶连接、高强度铆钉连接等多种方式。此外，节点的自重也需要考虑，通常采用轻量化设计来减小节点的自重。另外，在节点设计中，还需要考虑节点的可维修性。如果节点出现问题，需要便于进行检修和维护。因此，在节点设计中应该考虑方便拆卸和更换的设计，以便在必要时进行修复或更换。节点设计对超高层建筑的整个结构稳定性和安全性至关重要，需要设计师们在设计过程中加以重视和优化。

### （四）空气动力学

由于建筑本身的高度和体量巨大，所承载的荷载和风力负荷也非常大。因此，设计师必须考虑各种因素，如抗震性、抗风性、结构强度、耐久性、可维修性等。同时，超高层建筑在建设过程中需要使用大量的高强度钢材和高性能混凝土等特殊材料，在设计和建造中需要高度集成人工智能技术和先进的工程管理技术，确保建筑物的安全性和稳定性。同时，由于建筑的高度非常高，气流对建筑物的影响也非常大。在设计过程中，需要模拟各种天气条件下的气流情况，以确定建筑物的最大不均匀性和风力荷载。例如，在超高层建筑的设计中，可以采用CFD软件对建筑物的气流进行模拟分析来优化建筑物的结构设计参数，并确保超高层建筑在遇到恶劣天气时具有更好的稳定性。

### （五）消防安全

随着城市化进程的不断推进，复杂高层与超高层建筑的兴建越来越成为常态。然而，由于超高层建筑高度较高，结构设计对于建筑师和结构工程师来说也是一个巨大的挑战。在此背景下，对于超高层建筑的消防安全问题，更加需要特别注意。由于超高层建筑高度较高，火灾时逃生和灭火都比较困难。因此，在超高层建筑的设计中，必须考虑如何在建筑物内部安装自动灭火设施，以及提供多条逃生通道等措施。这些设施不仅能够有效地提高超高层建筑的消防安全水平，也能够保证人员的生命安全。

### （六）垂直交通

对于超高层建筑来说，垂直交通的设计是至关重要的。电梯系统应该合理规划和设计电梯数量、速度和载

容量等因素。如果没有恰当的电梯系统，超高层建筑的居住者和使用者将难以进出。为此，在超高层电梯系统设计中，需要采用智能控制技术以确保电梯系统的运行顺畅和安全性。此外，现代电梯技术也逐渐发展出了许多新的应用技术，如全数字识别乘客技术和数字智能型安全控制技术等，以提高电梯系统的智能化和自动化水平。

## 三、复杂高层和超高层建筑设计发展方向分析

复杂高层和超高层建筑的结构设计问题分析是建筑师和结构工程师需要重视的工作。如今，众多高层建筑的设计和建造已经走出了框架、筒状和剪力墙等传统的结构形式，这使得高层建筑的结构设计面临着更为复杂的挑战。

### （一）结构方案的选择

对于高层建筑的结构方案选择，需要考虑多个因素，其中承重性能、刚度、防火性能以及与周边环境的适应性等是比较重要的考虑因素。选取合适的结构方案需要综合考虑建筑的地理条件、用途和造价等因素，同时也需要根据具体情况进行技术创新和研发，以实现结构方案的优化和升级。例如，在复杂高层建筑的结构方案设计中，建筑师可以借鉴“鸟巢”等建筑物的设计思路，采用曲线板壳结构和网壳结构，实现建筑形态的多样化和美观性的提升。笔者所在公司设计并建造的一座高层建筑便采用了这种结构形式，既能满足强度和稳定性要求，又能够提升空间感和观感。

### （二）抗震设计

对于任何一座高层建筑来说，抗震设计都是至关重要的。在我国地震频繁的情况下，针对高层建筑的抗震性能优化设计具有特殊的意义。高层建筑因其高度和重量等原因，在地震中更容易发生倒塌、侧倾等严重问题，给人们的生命财产安全带来很大威胁。因此，在建筑结构设计之初就需要综合考虑抗震性能，并在施工过程中加强监测与检验，以确保结构在自然灾害中的稳定性。抗震设计涉及很多方面，包括设计荷载分析、设计地震动参数、设计抗震措施等通过对结构模型进行基于时程分析、非线性静力分析和非线性动力分析等方法的抗震性能分析，可以更加精准地预测建筑结构在强震作用下的响应情况。

### （三）结构计算与分析方法

复杂高层和超高层建筑的结构计算与分析方法非常重要，是建筑师和结构工程师制定优质、安全和可持续的结构方案的基础。常用的结构计算和分析软件主要包括有限元法（FEA）、非线性静力分析法（NLRSA）和非线性动力分析法（NLDSA）。有限元法可以直接模拟实际工程中的结构行为和运动规律，但需要比较高的计算能力。对于非线性动力分析法，则可以更加精确地分析建筑结构在风、地震和其他激励下的振动反应，提供科学依据为抗震设计和改进提供了思路。结构计算和分析方法的使用需要建筑师具备较高的结构设计技能和经

验，才能进行有效的设计。

#### （四）设计优化

针对复杂高层和超高层建筑结构方案的选择、材料选取和构造方式等方面都需要进行多方位、系统化和细致化的优化，以提高建筑性能和资源利用率，并降低施工成本。此外，科技进步也为高层建筑的设计提供了新的空间和机遇，例如采用BIM建模、人工智能等先进技术，可以帮助设计人员更好地完成结构模拟和分析，提高复杂高层建筑结构设计的精度和准确性。针对高层建筑的设计优化，笔者所在公司最近在某城市开展了一项项目，采用了先进的高空作业技术，通过在施工前先进行可视化模拟，使得工人在高空作业时预先设计安全路线、工具放置位置等，既提高了施工效率，又确保了工人的生命安全。

#### （五）节能问题

复杂高层和超高层建筑是大型能耗建筑，需要大量的能源来维护建筑的运营和生活质量。因此，建筑设计还需要考虑如何减少能源消耗。在建筑设计中可以采用绝缘和节能材料，建立科学的供暖和通风系统等方法来降低能耗并提高建筑效益。同时，随着绿色低碳生活的推广，居民与开发商对节能的需求越来越大，而在设计中的客观条件限制也导致设计师们在设计中很大地忽略了这一点。因此，在未来趋势的影响下，针对复杂高层和超高层的设计也将向节能倾斜。

### 四、复杂高层与超高层建筑结构设计改进

#### （一）遵循标准与规范

复杂高层和超高层建筑结构的设计需要遵循一定的标准以及相关的规范。比如，《高层建筑混凝土结构技术规程》便是目前国内应用最广泛的设计规范之一。在设计过程中，需要充分考虑规程中的设计规定所依据的理论分析、试验研究和震害经验。同时，针对超过规范适用范围的超限复杂高层建筑结构，需要提出适用于这类建筑的设计准则和建议。另外，现代科技的发展也为建筑设计带来了新的机遇。通过一些数值计算软件，可以更全面地进行建筑结构分析和计算，使设计更加精确和可靠。

#### （二）基于BIM技术的建筑设计

BIM（建筑信息模型）是一种数字化建模技术，可以用来模拟和分析建筑结构在不同条件下的性能。采用BIM技术进行建筑设计，可以实现项目信息的集成、分析和管理的，为复杂高层和超高层建筑结构设计提供更为准确、高效和可靠的数据支持。例如，使用BIM技术可以进行三维模拟，预测建筑结构在不同天气和风力条件下的应力和应变，以及防火性能和维护等等。同时，在建筑完成后，使用BIM技术还可以进行维修和管理的持续监控，以确保建筑的持续稳定。

#### （三）使用先进材料和技术

使用先进材料和技术也是改进复杂高层和超高层建筑结构设计的重要手段之一。这些材料和技术可以改善

建筑整体的性能和强度，同时提高其抗震、抗风能力和耐用性。例如，使用耐火高强度混凝土，可以提高建筑物的耐火性和抗压强度；使用聚合物增强玻璃纤维钢材，可以提高建筑的抗震能力。同时，在施工过程中，可以采用先进的装配式建筑工艺和设备来提高建筑结构装配的精度和效率，以及减少安全风险。

#### （四）加强风险评估和预测

复杂高层和超高层建筑结构设计中的风险评估和预测也是非常重要的。在设计过程中，应针对建筑本身的特点和所处区域的自然环境，充分考虑风险评估和预测，以预防和应对可能的灾难。例如，通过综合分析风难度、风加载和建筑品质等因素，预测建筑在不同风暴等级下的响应，以及在特定气候条件下的变形和破坏情况。与此同时，考虑使用建筑物表面的防护性套筒、设置未来发展空间、设置防风翼等方法，提高建筑结构的稳定性和安全性。

#### （五）推行可持续发展理念

推行可持续发展理念是改进和推广复杂高层和超高层建筑结构设计的最佳途径之一。可持续发展理念通过从建筑物的整体角度考虑设计概念、计划工艺和材料等多方面，以最小化对环境的不良影响，推进社会、经济、环境的协调发展。例如，使用可再生能源、降低能源消耗，从而降低建筑物的运营成本；利用雨水等再生水资源，达到减排减碳和节水效果等。通过推行可持续发展理念，可大幅提高建筑结构设计的社会责任感和文化意义。

### 五、结束语

设计高层与超高层建筑结构是一项非常复杂的任务，需要考虑到很多因素，如建筑的高度、地震等自然因素、建筑材料的选用、工程的可行性等等。通过对本文所述的复杂高层与超高层建筑的结构设计要点的探析，可以发现在设计当中有很重要的一点就是对于各个方面的综合考虑和合理的选择。综上所述，本文的研究为设计者提供了有关复杂高层与超高层建筑的结构设计方面的指导，希望能够为建筑师和结构工程师的设计工作提供有价值的参考和借鉴。在未来的建筑设计中，应该更加关注人类的需求和自然环境的保护，拥抱新技术，走向绿色可持续的建筑发展，这样才能够推动建筑领域持续发展。

#### 参考文献

- [1] 宋颜培. 复杂高层与超高层建筑结构设计要点解析[J]. 绿色环保建材, 2021, (10): 59-60.
- [2] 康建. 复杂高层与超高层建筑结构设计要点分析[J]. 中国高新科技, 2021, (14): 57-58.
- [3] 焦亚洲. 复杂高层与超高层建筑结构设计要点[J]. 建筑技术开发, 2021, (11): 14-15.
- [4] 高履伟. 复杂高层与超高层建筑结构设计思考[J]. 住宅与房地产, 2019, (34): 71.