

平面不规则高层建筑结构设计研究

付龙飞

身份证号码：1301331986****0057

DOI:10.12238/jpm.v6i2.7702

[摘要] 随着城市化进程的加速,高层建筑在城市景观中占据越来越重要的地位。在现代建筑设计中,平面不规则的高层建筑成为了一个显著的趋势。然而,这类建筑在设计过程中由于其复杂的几何形态和不规则的结构特征,给建筑的结构安全性、抗震性能以及施工管理带来了巨大的挑战。本文主要探讨了平面不规则高层建筑的结构设计方法与技术,分析了影响结构安全的主要因素,并提出了合理的设计优化策略。通过对结构设计中的重要问题进行深入分析,本文为平面不规则高层建筑的安全设计提供了理论支持和实践指导。研究表明,采用先进的计算机辅助设计技术(如BIM技术)和合理的结构分析模型,可以有效解决不规则建筑的设计难题,确保建筑的稳定性和安全性。

[关键词] 高层建筑、平面不规则、结构设计、抗震性能、BIM技术

Research on the structural design of high-rise buildings with irregular planes

Fu Longfei

ID No.1301331986****0057

[Abstract] With the acceleration of urbanization, tall buildings occupy an increasingly important place in the urban landscape. In modern architectural design, high-rise buildings with irregular plans have become a significant trend. However, due to its complex geometry and irregular structural features in the design process, this type of building brings great challenges to the structural safety, seismic performance and construction management of the building. This paper mainly discusses the structural design methods and techniques of high-rise buildings with irregular plan, analyzes the main factors affecting structural safety, and proposes a reasonable design optimization strategy. Through an in-depth analysis of the important issues in structural design, this paper provides theoretical support and practical guidance for the safety design of high-rise buildings with irregular plan. The research shows that the use of advanced computer-aided design technology (such as BIM technology) and reasonable structural analysis model can effectively solve the design problems of irregular buildings and ensure the stability and safety of buildings.

[Key words] High-rise buildings; irregular planes; structural design; seismic performance; BIM technology

引言

随着全球化进程的推进,尤其是城市化速度的加快,现代都市的高层建筑逐渐成为城市建设的重要组成部分。近年来,越来越多的平面不规则高层建筑涌现出来,成为了建筑设计和结构工程领域的一个热点问题。平面不规则高层建筑不同于传统规则建筑,它们在功能性、形态设计以及视觉效果上均具有独特的优势,因此广泛应用于商业、办公和住宅等多种功能领域。然而,由于建筑本身的平面不规则性,导致结构系统更加复杂,结构的稳定性、抗震能力、施工难度等问题也随之增加。因此,如何在满足建筑功能需求的同时,确保建筑结构的安全性和可行性,成为当前建筑设计中的一个关键问题。本文旨在通过研究平面不规则高层建筑的结构设计方法,探讨影响建筑结构安全性和性能的因素,并提出改进和优化设计的有效途径。

一、平面不规则高层建筑的特点及面临的挑战

(一) 建筑形态的复杂性

平面不规则高层建筑结构设计需要面临扭转不规则、建筑结构高度过高、楼板凹凸不规则、楼板局部不连续等问题。建筑的每一层可能存在不同的平面尺寸和形状,建筑外立面的设

计通常也因造型需求而复杂多变。这种不规则的几何形态使得结构受力分布不均,且多变的荷载路径会引发建筑结构内部应力的集中,增加了结构的设计难度。为了确保建筑物的安全性,设计师需要深入分析每一部分的受力情况,并采取相应的补强措施。复杂的形态不仅对建筑结构的承载力提出更高的要求,而且还对施工中的技术难度和施工质量管理提出了更高的要求。

(二) 抗震设计的难度

平面不规则建筑在抗震设计中面临着更大的难度。建筑的不规则形态会导致结构在受地震荷载时出现不均匀的变形,产生扭转效应,进而影响建筑物的抗震性能。特别是一些高层不规则建筑,其上层受到的地震荷载和下层的响应可能存在较大的差异,导致建筑结构的安全隐患。因此,在进行平面不规则高层建筑的抗震设计时,除了需要关注结构的整体稳定性外,还必须进行详细的局部分析,确保每一部分都能承受地震荷载。传统的抗震设计方法往往难以满足不规则建筑的需求,因此,设计师必须借助更先进的技术手段来解决这一问题。

(三) 施工难度及成本控制

由于平面不规则高层建筑形态的复杂性和施工中的技术难题，施工过程的难度和成本也大大提高。例如，在施工过程中，如何确保各部位的受力均衡、如何协调不同结构部分的施工，都是需要重点考虑的问题。此外，施工过程中采用的模板、支撑系统和施工工艺等，都会因为建筑的不规则性而更加复杂，进而增加施工成本。由于不规则建筑设计方案的独特性，传统的施工方法往往难以满足要求，因此需要采用创新的技术手段和材料来实现设计的目标，进一步提高施工效率并降低成本。

二、平面不规则高层建筑结构设计的关键技术

(一) 合理的结构体系选择

在设计平面不规则高层建筑时，合理选择适合的结构体系是确保建筑安全的关键。常见的结构体系包括框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙混合结构等。框架结构适用于规则建筑，但对于不规则建筑而言，由于其复杂的受力情况，可能无法充分满足抗震要求。剪力墙结构虽然可以提高抗震性能，但由于其刚度过大，容易引发不均匀变形。框架-剪力墙混合结构则因其较好的适应性和灵活性，成为不规则建筑的常见选择。此外，现代建筑设计中，常采用的筒体结构体系也能够有效解决高层不规则建筑的稳定性问题。

(二) BIM 技术的应用

随着计算机辅助设计技术的发展，建筑信息模型 (BIM) 技术的应用为平面不规则高层建筑的结构设计提供了全新的思路。BIM 技术能够通过三维模型将建筑各部分的结构和功能信息整合和分析，帮助设计人员更清晰地了解建筑物各部分的受力情况和变形趋势。通过 BIM 技术，设计师可以实时调整结构方案，进行多方案比选，优化设计过程，减少设计缺陷和修改工作量。在抗震设计方面，BIM 技术通过数字化建模，可以进行建筑物的地震响应分析，模拟建筑物在地震作用下的表现，为抗震设计提供科学依据。此外，BIM 技术还可以在施工过程中实现协同作业，帮助施工人员实时监控项目进度，提高施工效率，降低成本。

(三) 抗震设计的优化措施

对于平面不规则高层建筑的抗震设计，优化措施的实施至关重要。首先，设计人员应根据建筑的具体情况，选择合适的结构材料和构件尺寸，确保建筑的抗震性能。其次，建筑物的质量分布和刚度分布要均匀，避免局部刚度过大或过小导致的不均匀变形。为此，可以通过增设剪力墙、核心筒等措施，来提升建筑的整体抗震能力。此外，合理设置抗震支撑系统，通过构建一定数量的竖向和水平支撑节点，减少建筑物的横向摆动，确保建筑在地震中的稳定性。

三、平面不规则高层建筑设计中的施工难点与解决策略

(一) 施工工艺的创新与优化

在平面不规则高层建筑的施工过程中，传统的施工方法往往无法应对其复杂的结构形式。为了提高施工效率和质量，施工单位需要采用创新的施工工艺和技术手段。例如，通过采用预制构件，可以在工厂进行构件的生产，然后在施工现场进行快速组装，减少施工时间，避免现场施工带来的不确定性。这不仅节省了施工时间，也提高了施工的精度和质量。此外，采用钢结构、复合材料等新型建筑材料，也可以有效提高建筑的施工质量，降低施工成本。钢结构不仅能够提供较强的承载能力，同时还可以有效减少建筑的自重，对高层建筑的抗震性和安全性有重要影响。同时，复合材料的应用，使得建筑不仅具

备更高的强度，还具备更好的耐久性和抗腐蚀能力，有助于提升建筑物的使用寿命。在施工工艺的优化方面，还可以引入智能化施工设备，如机械化模板、自动化焊接设备等，这些技术能够提高施工效率，减少人工错误的发生，提高施工安全性。在施工过程中，通过合理运用这些新型材料与工艺，能够实现不规则建筑结构的顺利搭建，并有效提高施工的经济效益和环境适应性。

(二) 施工现场的协调与管理

平面不规则建筑的施工涉及多个专业的协同作业，施工现场的协调与管理显得尤为重要。在施工过程中，项目经理需要合理安排施工进度，确保每个施工环节的顺利进行。由于平面不规则建筑的设计通常较为复杂，各个施工阶段之间的衔接性要求较高，因此，施工单位应建立一个高效的现场协调机制。加强项目经理和各工种之间的沟通，确保设计、施工和管理各个环节的无缝衔接。此外，还需要加强对施工人员的技术培训，提高他们的施工技术水平，以应对不规则建筑施工过程中遇到的各种难题。针对不同的结构形式和施工要求，施工人员应具备一定的灵活性，能够快速适应现场变化，并做出及时调整。同时，施工单位应加强质量控制和监督，确保施工质量符合设计要求，避免由于施工失误导致的结构问题。通过严格的现场管理，实时监测施工进度和质量，确保各项施工工艺得到有效落实，有助于保障工程质量，减少后期的维护成本和安全隐患。此外，施工过程中，施工现场的安全管理也需要引起足够重视，尤其是高空作业和大型设备的使用，更需要加强对作业人员的安全培训和管理，确保施工过程中的人员安全，避免发生安全事故。通过科学、严密的现场管理和协调，能够有效应对施工过程中遇到的种种挑战，确保建筑物的顺利完成并达到设计要求。

四、案例分析与实践经验

平面不规则高层建筑的结构设计和施工涉及多种技术和实际问题，通过具体案例分析，可以更好地理解这些复杂性，并从中提炼出实践经验，为未来类似项目提供参考。以下以几个典型案例为基础，分析平面不规则高层建筑的结构设计难点、施工挑战以及采取的解决措施。

(一) 某商业综合体不规则高层建筑案例

该案例为一座商业综合体，其平面形状呈不规则多边形，建筑高度达 150 米，主要功能为商业和办公。由于建筑功能复杂，其不同楼层的平面布局均有所变化，且部分楼层外挑，导致质量分布不均。设计过程中，主要难点在于如何协调建筑的功能需求与结构安全之间的矛盾。

在设计阶段，项目团队采用了框架-剪力墙混合结构体系，并在外挑部位设置了加强桁架以增强刚度。此外，通过引入 BIM 技术对整个建筑进行了三维建模，分析建筑在水平荷载作用下的变形和扭转效应。抗震设计方面，团队通过合理布置剪力墙和核心筒的位置，优化了结构的刚度分布，确保了结构在地震作用下的稳定性。

在施工阶段，该建筑外挑部位的施工成为主要难点。施工团队采用了钢结构外挑梁，并通过预应力技术减少了梁的挠度。为确保施工精度，使用了全站仪和激光测距仪对构件安装进行定位，减少了施工误差。最终，该建筑在施工质量、抗震性能和经济性方面均达到了预期目标。

(二) 某不规则住宅塔楼项目

另一案例为某住宅塔楼，其平面呈不规则的“Y”形。由

于“Y”形结构的三翼向外延伸，建筑的重心偏离中心，这种平面形状增加了扭转效应的影响，特别是在风荷载和地震荷载作用下，容易产生过大的侧向位移。

为解决上述问题，设计团队在建筑的核心位置设置了加强型核心筒，并通过调节剪力墙和柱的位置，实现了质量和刚度的均匀分布。此外，针对高层建筑常见的风振问题，在设计中引入了阻尼器系统，通过减少建筑顶部的水平位移，提高了整体舒适性。

施工过程中，由于“Y”形平面导致模板和支撑系统的设计较为复杂，施工团队采用了模块化模板，并结合现场浇筑技术，确保了模板的拼接质量。此外，为了减少核心筒施工中的误差，团队采用了智能化的混凝土浇筑控制系统，显著提高了施工效率。

（三）某文化中心多功能建筑

该建筑为一座文化中心，其建筑形状呈不规则曲面，局部悬挑跨度达12米。建筑功能包括展览、演出和会议，设计团队需要在确保结构安全的前提下满足建筑美学和功能需求。

由于曲面设计使得传统的框架结构无法完全满足需求，项目团队采用了钢-混凝土组合结构，通过空间桁架体系实现了大跨度和悬挑结构的稳定性。在设计过程中，团队借助有限元分析软件，模拟了建筑在静载、动载和温度变化条件下的受力情况，并对关键节点进行了加强设计。

施工过程中，由于建筑外形复杂且受力要求高，施工团队采用了大跨度拼装技术，先在工厂完成构件的预制，然后运至现场进行拼装。此外，利用BIM技术实时监控施工过程，确保

每个构件的安装位置和连接方式符合设计要求。该建筑最终不仅在美观性和实用性上达到了设计目标，也成为了当地的标志性建筑。

五、结语

平面不规则高层建筑设计是建筑设计领域中的一项复杂且具有挑战性的任务。本文分析了平面不规则建筑的设计特点、面临的挑战以及解决方案，提出了合理的结构体系选择、先进的设计技术应用以及施工管理的优化策略。随着建筑技术的不断进步，未来平面不规则建筑的设计和施工将更加科学和高效。尤其是BIM技术、智能化设计及新型建筑材料的应用，将为平面不规则高层建筑的安全性、经济性和可持续性提供更好的保障。

参考文献

- [1]张伟涛.平面不规则高层建筑设计研究[J].城市建设理论研究（电子版），2024，（33）：32-34.D0I：10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202433011.
- [2]潘钦锋，林环周，许立英，等.平面不规则多层框架基础隔震结构扭转效应及控制[J/OL].振动工程学报，1-13[2024-12-05].http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1349.TB.20240829.1606.002.html.
- [3]陶礼龙，彭健志，张浩远.某高层建筑超限判别问题分析研究[J].广东土木与建筑，2024，31（10）：34-37.D0I：10.19731/j.gdtmyjz.2024.10.009.
- [4]柏一航.基于屈服机制的不规则结构减震设计研究[D].山东建筑大学，2024.D0I：10.27273/d.cnki.gsajc.2024.000712.

上接第120页

的采纳并不广泛，这导致了其在实际操作中的成效不尽如人意。追溯其根源，主要在于尚未构建出一套完备的绿色施工技术体系。由于众多公路桥梁工程建设单位过分追求经济利益，对绿色建筑投入持保守态度，然而，加大绿色建造技术的应用力度，不仅能够为企业带来经济上的增益，还能显著节约建设资源。因此，施工团队在进行施工技术管理的同时，应当重视并深入理解绿色施工技术，致力于建立一套全面、系统且科学的绿色施工管理体系。例如，在施工过程中，道路桥梁工程所使用的材料需严格遵循节能环保的原则。此外，施工团队还需在未来持续优化和完善绿色施工体系，将绿色施工理念深度融入建筑工程技术之中，使施工方对绿色施工形成全新的认知和见解，从而确保在道路桥梁工程的施工过程中，绿色施工能够得到更加有效的应用，推动道路桥梁工程实现文明施工的目标，并进一步增强工程建设中的绿色环保观念与安全意识。

（五）加强施工人员绿色文明施工教育培训

公路桥梁工程建设规模庞大且复杂，涉及众多环节与细节，建筑工人作为这一庞大工程实施的主力军，其专业素质与施工行为直接决定了工程的最终质量与效果。其中，建筑工人的绿色文明施工意识尤为重要，其水平的高低不仅关乎个人行为规范，更直接关系到整个工程实施的成效与对环境的影响。因此，建设单位必须高度重视对施工人员进行绿色文明施工方面的教育培训，将该环节视为确保工程质量、推动可持续发展的关键举措，通过系统的、全面的培训，让所有建筑工人深刻认识到绿色文明施工的重要性，理解其背后所蕴含的环保理念与社会责任，以及这一理念在实际施工中如何转化为显著的工

程优势与社会效益。同时，培训还应确保工人能够准确掌握绿色施工的关键技术要点，包括材料选择、能源利用、废弃物处理等方面，从而更有效地发挥绿色施工技术的价值，减少施工过程中的环境污染与资源浪费，推动绿色施工技术在公路桥梁工程建设中的广泛应用与深入发展。

四、结束语

综上所述，在国家坚定不移地推进“绿色建造”战略的背景下，“绿色建造”已成为一种不可逆转的发展趋势。公路桥梁建设中的环境污染问题，尤其是扬尘、土壤及噪声污染，已日益引起社会各界的广泛关注，在工程建设中积极践行“绿色施工”理念，不仅有助于更好地保护人类赖以生存的生态环境推动公路桥梁工程的可持续发展，充分彰显绿色工程的真正价值。

参考文献

- [1]张鑫.绿色建筑施工技术在建筑工程中的实践探讨[J].建材发展导向，2024，22（3）：103-105.
- [2]李政.建筑工程施工绿色施工技术创新运用[J].现代装饰，2024，573（4）：58-60.
- [3]赵丹，毛洪波.绿色施工技术在道路与桥梁施工中的应用研究[J].现代工程科技，2023，2（6）：73-76.
- [4]杨照君.建筑工程建设中绿色建筑施工技术的实践分析[J].工程建设（维泽科技），2023，6（4）：153-155.
- [5]王晨蕾.城市道路施工中的绿色环保技术与实践研究[J].2024（3）：161-163.

作者简介：刘晨，1995.01.02，男，合肥，汉族，本科，助理工程师，安徽建工公路桥梁建设集团有限公司，研究方向：道路与桥梁。