

不规则高层建筑设计分析与研究

杨鑫

广西天艺建筑设计有限责任公司, 广西 南宁 530022

[摘要] 不规则高层建筑因其复杂的形态与多样化的功能需求, 在结构设计上要求达到更高的标准。与规则建筑相比, 这类建筑在受力分布、稳定性及抗震性能方面的差异较大, 设计挑战也因此增加。为了确保建筑的安全性, 必须采用先进的设计理念与优化方法, 从而有效保障建筑在多种荷载作用下的稳定性与安全性。

[关键词] 不规则结构; 高层建筑; 结构设计

DOI: 10.33142/ec.v8i3.15677

中图分类号:

文献标识码: A

Analysis and Research on the Structural Design of Irregular Tall Buildings

YANG Xin

Guangxi Tianyi Architectural Design Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530022, China

Abstract: Irregular high-rise buildings require higher standards in structural design due to their complex forms and diverse functional requirements. Compared with regular buildings, these types of buildings have significant differences in force distribution, stability, and seismic performance, which increases design challenges. In order to ensure the safety of buildings, advanced design concepts and optimization methods must be adopted to effectively guarantee the stability and safety of buildings under various loads.

Keywords: irregular structure; high-rise buildings; structure design

引言

随着城市化进程的加速, 不规则高层建筑因其独特的外观设计与功能需求而逐渐增多, 但这种建筑形式在抗震、抗风等方面面临着较大挑战, 尤其在地震荷载作用下, 容易引发扭转变形, 进而影响整体结构的安全性。因此, 深入研究不规则高层建筑的结构设计, 特别是在探索其稳定性、安全性及关键构件的优化设计方面, 已成为建筑工程领域中的一重要课题。

1 不规则结构的定义

不规则建筑结构的出现, 源于人们对建筑外形和功能的不断追求。随着现代城市化进程的加快, 高层建筑在满足各种使用功能的基础上, 还需要考虑视觉上的美学需求。不同于传统规整的建筑设计, 不规则结构往往打破常规, 使建筑外形更加独特、富有创新, 但这种设计理念也为结构工程师带来了巨大的挑战。尤其是在地震等外部荷载作用下, 不规则建筑结构的质心与刚心往往不重合, 导致建筑容易发生较大的扭转变形, 增加了结构安全性的风险。根据《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010) 与《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010) 等相关规范, 不规则结构可分为平面不规则和竖向不规则两大类。平面不规则主要包括扭转不规则、凹凸不规则和楼板局部不连续等情况。例如, 扭转不规则的建筑, 其楼层最大弹性水平位移可能超过两端弹性水平位移均值的 1.2 倍, 导致结构扭转变形; 而凹凸不规则则指建筑平面出现大幅度凹陷, 超过其总尺寸的 30%; 楼板局部不连续则使楼板尺寸或平面刚度出现急剧变化, 影响整体稳定性。竖向不规则包括

竖向刚度不规则、竖向抗侧力构件不连续以及楼层承载力突变等情况。例如, 竖向刚度不规则指某层侧向刚度不足上一层的 70%, 或是未达到其他楼层侧向刚度的 80%, 这会导致建筑的抗侧力能力下降; 竖向抗侧力构件不连续指抗侧力构件通过水平转换构件向下传递的情况, 容易造成传力不均; 楼层承载力突变则是指某一楼层的抗侧力构件承载力不足上一层的 80%。针对不规则高层建筑的结构设计, 工程师不仅要严格遵循规范要求, 还需要根据项目的造型和功能需求, 进行超规范的计算与分析。为了突破常规的限制, 设计出更加优质和可靠的工程项目, 设计过程中往往需要针对性地解决可能出现的特殊问题。因此, 在不规则建筑的设计与施工中, 结构安全性与稳定性必须得到充分保障, 合理的荷载分析和抗震抗风设计至关重要。本研究将通过具体的工程案例, 深入分析不规则建筑结构的设计方法及其应对策略。

2 不规则建筑结构设计原则与方法

2.1 结构安全性与稳定性要求

在不规则建筑结构设计中, 确保安全性与稳定性是至关重要的。由于这些建筑通常具有复杂的几何形态与结构特征, 设计师面临的挑战显著增加。建筑的安全性不仅仅取决于其对常规荷载的承载能力, 还必须考虑在极端荷载(如地震、风荷载等)作用下的响应。设计时, 荷载传递路径需被仔细分析, 确保荷载能够有效、均匀地分布至各个构件, 从而避免局部失稳或过载现象的发生。稳定性是影响结构设计的核心要素, 尤其是在高层不规则建筑中, 建筑的稳定性直接关系到其在极端条件下的生存能力。以

地震为例,由于质心与刚心的不重合,建筑可能会发生较大的扭转变形,从而威胁到结构的稳定性。提升抗扭转能力应当在设计中得到特别重视,抗侧力构件的合理布置亦有助于增强整体结构的稳定性。为确保安全性与稳定性得到充分保障,设计师通常采取加强核心筒、设置抗震支撑、优化楼板刚度等措施,从而减少建筑在地震等极端条件下的变形与位移。利用结构分析软件进行详细的动力响应分析,不仅可以精准评估抗震能力,还能对整体稳定性提供更为准确的评估。这些设计策略确保了不规则建筑在满足功能需求的同时,能够提供必要的安全保障与稳定性基础。

2.2 荷载分析与结构响应

荷载分析与结构响应在不规则建筑结构设计占据着核心地位,对建筑性能的评估至关重要。荷载分析的目的在于确保建筑能够承受在日常使用中可能遇到的各类荷载,包括自重、活荷载、风荷载、雪荷载及地震荷载等。由于不规则建筑通常具有复杂的形态和荷载分布,设计师必须通过精确的建模与分析,全面考虑各类荷载之间的相互作用及其对结构的综合影响。特别是在地震作用下,荷载分析显得尤为关键。地震荷载不仅产生水平荷载,还可能引发建筑的扭转效应。由于不规则结构中质心与刚心的可能不重合,地震荷载会引起建筑复杂的振动与位移,进而威胁整体稳定性。为此,设计师通过动响应分析、反应谱分析或时程分析等手段,深入评估建筑在不同地震波作用下的反应,确保结构能够有效地消散地震能量,避免发生失稳。风荷载在高层不规则建筑设计中同样是一个关键因素。不规则建筑形态可能导致风流的变化,从而产生局部风压差异。因此,设计师需要结合建筑的风学特性,通过风洞试验或数值模拟等方法,分析建筑在不同风速下的响应,特别是风压对外立面的影响。此外,建筑与周围环境的相互作用,以及荷载在结构各部位的传递与分配,同样需要通过精准的结构分析加以确保,以保证建筑在各种荷载作用下展现出良好的适应性与稳定性。综合荷载分析与结构响应的结果为设计师提供了建筑是否能够在实际使用中安全、稳定运营的依据。通过全面、深入的荷载分析,不仅能够确保结构在常规荷载下的安全性,还能有效应对极端自然条件带来的挑战。

2.3 抗震与抗风设计的综合考虑

在不规则高层建筑的设计中,综合考虑抗震与抗风设计至关重要。高层建筑通常面临两种主要自然力(地震与风力),它们对建筑的影响机制各自不同。基于此,必须在设计阶段同步分析这两种极端荷载,确保建筑在这些极端条件下能够保持稳定。抗震设计的核心任务是确保结构有效抵御地震引起的水平力、振动及扭转效应。由于不规则结构可能导致质心与刚心不重合,地震荷载引发的响应会较为复杂,造成较大的扭转变形。在这种情况下,抗震设计不仅要求合理分配结构的整体刚度,还需通过加固核

心筒、穿层柱以及增强楼板的连接性来减小扭转变形的风险。此外,使用隔震层或阻尼器等减震装置,也能显著提升抗震能力。在抗风设计中,主要考虑风荷载对建筑物的影响。由于高层建筑形态复杂,风压分布常常不均,这可能导致建筑的振动或摇晃,进而影响建筑的舒适性与安全性。因此,抗风设计除了要分析建筑在不同风速下的动态响应外,还应充分考虑建筑的风阻特性。通过优化建筑外立面设计以及加强风荷载传递路径,建筑的抗风能力可得到有效提升。在综合抗震与抗风设计时,必须平衡两者的设计需求。尽管地震荷载瞬时作用剧烈,风荷载则是持续的、长期作用的,但这两种自然力对建筑的稳定性与安全性产生的影响同样深远。通过精确的动态分析与结构优化,结合现有的抗震与抗风设计规范,可以确保建筑在这两种自然力作用下保持理想的稳定性,最终保障高层不规则建筑的长期安全与耐久性。

3 不规则高层建筑的地震与风力作用分析

3.1 地震作用分析

在不规则高层建筑的设计中,地震作用分析占据着至关重要的位置。地震作用通过建筑结构的水平力传递至各层,而不规则结构的特殊性,尤其是质心与刚心的偏离,使得地震作用变得更加复杂。进行地震作用分析的第一步,必须先确定建筑所在的地震烈度区及可能的最大地震加速度,随后,结合建筑的地理位置与土壤条件,进行详尽的地震荷载计算。对于不规则高层建筑,地震作用引发的结构响应通常非常复杂。由于结构的非对称性及独特的几何形态,地震力不仅会引起水平位移,还可能导致较为剧烈的扭转效应。这种扭转效应加剧了建筑的变形,进一步威胁到其稳定性^[1]。为了有效应对这一挑战,必须通过精确的地震响应分析,深入识别建筑的动态特性,包括固有频率与振型,从而确保设计能够有效抑制结构的震动反应。在具体分析中,常用的地震分析方法包括反应谱分析与时程分析。反应谱分析一般用于评估建筑在地震作用下的最大响应,特别在地震强度较大时,能够为结构设计提供可靠的数据支持。而时程分析则通过模拟地震波在不同时间段对建筑结构的实际影响,更能揭示复杂的地震动态效应。对于不规则建筑,时程分析有助于更真实地反映结构在地震中的表现,尤其是在面对不规则荷载分布时,它提供的结果更为精准。最终,通过综合考虑地震荷载与结构响应,设计师能够采取必要的措施,如增加抗震支撑、应用阻尼器、合理设置隔震层等,以增强建筑在地震中的稳定性与安全性。

3.2 风荷载分析

风荷载分析在高层建筑设计中具有不可或缺的地位,尤其在不规则高层建筑中,风的作用变得愈加复杂。在进行风荷载分析时,设计师必须充分考虑建筑所在的风速区、风压以及建筑的风阻特性。风力的影响不仅与建筑的外形、尺寸、材料以及周围环境密切相关,还与风的方向、风速及气候条件的变化息息相关。因此,精确的风荷载分析对

于保障建筑的安全至关重要。对于不规则高层建筑,风荷载的作用显得尤为复杂。由于这些建筑通常具有不对称的形态与外立面,风的作用可能在不同方向上产生不同的响应。这种现象可能导致建筑在风压作用下发生偏转、摇晃甚至扭转,从而影响建筑的稳定性,并可能对其舒适性构成威胁。因此,设计师需要根据建筑的形状与局部特征,精确计算每一层在不同风速下的风荷载分布,尤其是在建筑的高层部分,风荷载的影响尤为显著。风荷载的计算通常基于风压系数、气象数据及建筑几何形态等多个因素。在实际操作中,设计师常采用静态风荷载法与动态风荷载法。静态风荷载法适用于一般建筑的风压估算,而动态风荷载法则能更精确地捕捉风对建筑的动态影响。特别是在极端风速或突发气候条件下,动态风荷载法能够更好地反映建筑结构在实际风荷载作用下的响应。

4 结构关键构件的设计

4.1 穿层柱与转换桁架设计

在不规则高层建筑设计中,穿层柱与转换桁架是至关重要的结构构件。穿层柱的主要作用是连接不同楼层之间的垂直承重体系,必须保证垂直荷载从上层传递到下层时能够稳定可靠。同时,其设计要有效避免因不规则结构而产生的扭转效应及偏心力矩。穿层柱的设计需要特别关注其轴向受力能力与稳定性,确保在各种荷载作用下不会出现过大的位移或屈曲。由于不规则建筑通常具有形态不对称或凹凸不平的特点,穿层柱的布置与设计的难度较大,因此需要精确计算其在不同荷载下的响应。转换桁架则承担着将上层结构荷载转换为下层结构能承受的形式的作用^[2]。尤其在多层建筑中,若存在大开口或特殊结构要求时,转换桁架通常成为承重体系的核心,承受着复杂的力学作用。在设计过程中,转换桁架的受力分配必须合理,以确保其在不同使用条件下保持稳定性。对于大跨度或不规则布置的建筑,桁架的布置要避免受力不均或应力集中的现象。通过对桁架尺寸、材料及连接方式的优化,可显著提升整体结构的稳定性与抗震性能。

4.2 楼板大开洞设计

楼板大开洞设计在高层建筑中较为常见,通常用于布

置管道、空调设备或楼梯井等设施。尽管这种开洞能够提供所需的空间,其对楼板整体受力与稳定性所产生的影响却不容忽视。设计时,开洞的位置、尺寸及楼板的受力特性必须综合考虑,以避免损害楼板的整体刚度与承载能力。开洞应尽量避免开楼板的的关键受力区域,尤其是在支撑点附近,这样可以有效避免对楼板抗弯与抗剪能力的直接影响。对于较大开洞,通常需要通过增设支撑构件或采用特殊结构形式来帮助分担洞口周围的荷载。例如,加强筋或设置转换梁可以有效分散荷载,从而减少局部破坏的风险。在开洞边缘,还需设计适当的加固措施,以确保结构的稳定性与安全性^[3]。此外,楼板大开洞设计必须充分考虑承载力要求。在荷载计算时,不仅要考虑静荷载的影响,还应包括风荷载、地震荷载等外力的作用。通过科学的分析与计算,能够确定洞口周围区域所需的加固强度与加固方法。开洞尺寸的合理控制也至关重要,尺寸过大可能影响楼板的稳定性,而尺寸过小则可能无法满足使用功能的需求。

5 结语

不规则高层建筑的设计涉及诸多复杂问题,尤其在结构的安全性、稳定性与荷载响应方面。通过深入分析不规则结构设计原则、动力特性及关键构件的优化,建筑在地震、风力等自然力作用下的安全性可得到有效保障。随着技术的不断进步,不规则建筑的设计将得到进一步优化,满足功能与美学需求的同时,建筑的整体安全性与稳定性也将得到确保。

[参考文献]

- [1]胡道航.某特别不规则高层建筑结构设计与分析[J].建筑结构,2022,52(23):92-99.
 - [2]招云杰.不规则高层建筑结构设计要点分析[J].工程建设与设计,2021(20):4-6.
 - [3]刘立勋.不规则高层建筑结构设计分析[J].工程技术研究,2021,6(6):204-205.
- 作者简介:杨鑫(1988.11—),毕业院校:河北联合大学,所学专业:土木工程,当前就职单位名称:广西天艺建筑设计有限责任公司,就职单位职务:结构设计,职称级别:中级。