

## 高层建筑结构设计中的不规则问题与抗震方法探究

卢永亮

河北建筑设计研究院有限责任公司, 河北 石家庄 050000

**[摘要]**高层建筑在城市化发展过程中扮演着重要的角色,然而由于其高度和复杂性,其结构设计中存在不规则问题,对于抗震性能提出了挑战。文中介绍了建筑不规则设计的特点,包括平面和竖向的不规则设计,对高层建筑不规则设计进行了分类标准,包括抗震规范设计结构规划和结构划分标准,提出了高层建筑不规则结构设计的思路,包括偏心距比例关系和建筑刚度的合理改进操作,讨论了建筑结构的抗震设计措施,包括选配高稳定性材料和优化抗震设计思路,确保高层建筑的安全可靠性和可持续性发展。

**[关键词]**高层建筑; 不规则设计; 抗震方法; 结构设计; 材料选配

DOI: 10.33142/aem.v6i9.13826 中图分类号: TU2 文献标识码: A

### Exploration on Irregular Problems and Seismic Methods in the Design of High-rise Building Structures

LU Yongliang

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

**Abstract:** High rise buildings play an important role in the process of urbanization development. However, due to their height and complexity, there are irregularities in their structural design, which pose challenges to their seismic performance. The article introduces the characteristics of irregular design in buildings, including irregular design in both plan and vertical directions. It categorizes irregular design in high-rise buildings, including seismic code design, structural planning, and structural division standards. It proposes ideas for irregular structure design in high-rise buildings, including the proportional relationship of eccentricity and reasonable improvement of building stiffness. The article discusses seismic design measures for building structures, including selecting high stability materials and optimizing seismic design ideas, so as to ensure the safety, reliability, and sustainable development of high-rise buildings.

**Keywords:** high-rise buildings; irregular design; seismic methods; structural design; material selection

#### 引言

随着城市化进程的加速和人口的不断增长,高层建筑成为现代城市中无法忽视的重要组成部分<sup>[1]</sup>。在高层建筑中,不规则结构设计可导致结构的不均衡受力分布,进而降低建筑的抗震性能。因此,研究高层建筑结构设计中的不规则问题以及相应的抗震方法具有重要的理论与实践意义。

高层建筑具有复杂的平面形状和多变的立面设计,如凸凹、细腰、角部重叠、大悬挑、收进等复杂平面和立面,不规则设计会导致结构的受力分布不均匀,增加结构的复杂性和难度。同时,地震是高层建筑面临的主要自然灾害,为了确保高层建筑在地震发生时能够安全稳定地运行,抗震性能的设计与评估十分关键。然而,不规则结构的存在会导致结构扭转、剪切力集中以及不协调的响应,从而增加结构的易损性和崩塌风险。此外,高层建筑作为城市化进程的重要成果,其设计和建设应该追求可持续发展的目标。通过研究高层建筑结构设计中的不规则问题,可探索新的设计理念和方法,以提高建筑的能效性能和环境适应性。因此,本文深入研究高层建筑结构设计中的不规则问题和相应的抗震方法,提高高层建筑的抗震能力,推动建

筑结构学科的发展和可持续建筑的实践应用,为未来高层建筑设计与抗震工程领域的研究提供重要的理论基础和实践指导。

#### 1 建筑不规则设计的特点

##### 1.1 建筑平面的不规则设计特点

建筑平面的不规则设计特别能够反映出建筑师对空间创新的追求和对功能需求的灵活应对。首先,从建筑平面的布局来看,不规则设计往往打破了传统的对称和均衡原则。建筑师通过对建筑平面的不规则处理,创造出多变的形态和丰富的视觉层次。这种设计可以根据具体的地理位置、周边环境以及建筑自身的功能需求进行个性化的塑造。其次,不规则的建筑平面设计往往能更好地融入特定的自然环境中。在山地或丘陵地形中,不规则的建筑平面可以通过其自然曲线或多角形的形状,与地形的高低起伏相协调,从而减少对自然地貌的破坏,不仅提高了建筑本身的环境适应性,也增强了建筑与自然环境之间的和谐关系。再者,在商业或文化设施等多功能建筑中,通过不规则的空间布局,可以有效地区分不同功能区,同时保持空间的流动性和开放性,如包含展览空间、商业区和休闲区的复合设施,可通过不规则的平面设计来确保各个区

域既有适当的独立性，又能实现空间的有效整合。最后，不规则的建筑平面设计还能通过创造独特的内部空间体验来吸引公众的注意。不同于标准化、模块化的设计，不规则设计通过非线性的动线引导人们在建筑内部进行探索，这种设计能够激发人们对空间的好奇心和探索欲，增加建筑的互动性和参与感。

### 1.2 建筑竖向的不规则设计特点

建筑竖向的不规则设计是通过突破传统的垂直和水平限制，为建筑赋予了更多的动态性和表现力，不仅在视觉上提供了独特的美感，而且在功能和结构上也表现出极大的灵活性和创新性<sup>[2]</sup>。首先，从视觉效果上来说，建筑竖向的不规则设计通过创造不同高度、角度和形状的立面，使建筑物本身成为一个引人注目的艺术作品，使用斜面、弯曲或多角的形态，打破传统建筑的直线条束缚，让建筑物展现出向上螺旋或波浪形状状态的动感，不仅增强了建筑的立体感，也使得建筑在不同的视角下呈现出不同的视觉效果。其次，竖向不规则设计在结构和材料的使用上也展现出了高度的创新。为了支持复杂的竖向设计，建筑师和结构师往往需要运用先进的结构工程技术和新型材料，使用高强度钢材或特种混凝土来保证建筑的安全性，同时利用轻质材料和玻璃来增加外观的轻盈感和透明度，确保建筑的耐久性和安全性。此外，竖向不规则设计还能有效应对复杂的功能需求和环境挑战。在有限的城市空间内，通过竖向设计可以最大化地使用土地资源，同时也能更好地适应复杂的城市环境，如不规则的地块和周边建筑的影响。此外，这种设计还可以优化建筑的通风和采光，提高能源效率。不同高度和角度的立面可以根据太阳的位置调整窗户的布局，以最大化日照的利用和调节室内的温度。不规则的竖向设计还强调了建筑与环境的互动关系。通过不同的设计手法，如绿色屋顶、垂直花园等，建筑不仅在视觉上与自然环境融为一体，也在实际使用中提高了生态效益，促进了城市的可持续发展。

## 2 高层建筑不规则设计的分类标准

### 2.1 抗震规范设计结构规划

高层建筑的不规则设计在现代城市建筑中日益流行，特别是在抗震规范设计结构规划方面，不仅需要满足美学和功能的需求，还必须严格遵守建筑抗震的安全标准<sup>[3]</sup>。首先，不规则高层建筑在抗震设计中通常采用多种结构系统的组合来提高其抗震性能，包括核心筒结构、框架-剪力墙系统、减隔震结构等。核心筒结构通过剪力墙筒体来抵抗侧向力，常用于超高层建筑中；框架-剪力墙系统则通过框架和剪力墙的组合来承载地震力，框架作为第二道抗震防线，适用于各种高度的建筑；而隔震结构设计则是通过在建筑与基础之间安装隔震支座，使建筑本身在地震中可以相对于地面自由移动，大幅度降低结构受到的地震影响，降低其地震作用，达到提高抗震性能要求。其次，

不规则设计的高层建筑在抗震规范设计中也强调材料的选择和技术的创新。使用高性能混凝土和钢材，这些材料不仅具有更好的强度和延性，还能更有效地承受地震期间的动态载荷。此外，现代建筑技术如基于性能的设计方法也在这类建筑中得到应用，这种方法允许工程师根据预期的地震性能来设计建筑，而不仅是遵循传统的规范限制。再者，针对高层不规则建筑的抗震设计还需要进行详细的动态分析模拟，包括模态分析等，帮助工程师理解建筑在真实的震动中的响应，特别是对于不规则结构。最后，通过在建筑设计中集成减隔震系统，如粘滞阻尼器、摆动隔震系统等，可以显著减少建筑在地震中的位移和加速度，从而保护结构安全以及建筑内的人员和设备。

### 2.2 结构划分标准

在高层建筑的设计中，结构划分标准是至关重要的，尤其是在处理不规则设计的高层建筑时，不仅帮助确定建筑的整体稳定性和安全性，还影响着建筑的功能布局和最终的视觉效果。首先，高层建筑的结构划分通常基于建筑的几何形态和功能需求，按照建筑的不同部分或层次进行，如将建筑分为多层、高层和超高层，每一部分根据其承载需求和使用功能采用不同的结构系统。多层需要更大的开放空间，地震剪力较小通常会采用框架或钢框架；而高层则更注重轻量化和抗风设计，可能采用框架剪力墙、框架支撑体系结合使用较轻的建筑材料。其次，不规则高层建筑的结构划分也需要考虑建筑的动态响应，特别是在抗震设计中。不规则结构可能扭转效应明显、地震剪力传递中断不连续等，使得建筑在地震中的动力响应变得复杂。因此，结构必须确保每一部分都能有效地分配和传递地震力，减少可能的扭转效应和不利的动力集中，通常需要在设计初期进行详细的动态分析，以确定最优的结构体系方案。最后，结构划分标准还涉及到高层建筑中的垂直和水平结构构件的配置。垂直构件结合电梯井、楼梯间和垂直通道等合理布置，不仅是承载结构的关键，也是实现建筑垂直交通的核心。合理的抗侧力构件配置可以有效地支撑高层建筑，保持结构的整体稳定。水平构件，如楼板和梁，则需要与垂直构件协同工作，以确保力的均匀分布和传递。

## 3 高层建筑不规则结构设计思路

### 3.1 高层建筑结构质量和刚度的分布

结构偏心距，指的是建筑质量中心与刚度中心之间的距离，这一比例关系直接影响到建筑在风荷载或地震作用下的动力响应<sup>[4]</sup>。首先，设计者需要精确计算建筑的质量中心和刚度中心。质量中心是建筑所有质量的平均位置，而刚度中心则是结构抵抗侧向力的转动中心。理想状态下，这两个中心应当尽可能接近或重合，这样可以最小化由于偏心产生的扭转效应，从而提高结构的整体稳定性。其次，偏心距的控制通常涉及到复杂的工程决策和技术手段。通过调整核心筒的位置、尺寸和形状，可以有效地调整刚度

中心的位置。此外,增加或优化布置剪力墙也是常用的方法,因为剪力墙在提高建筑刚度的同时,能有效地调整刚度分布,减少偏心产生的不利影响。再者,在考虑偏心距比例关系时,设计者还需关注建筑的整体使用功能和美学需求。不规则的建筑形态虽然在视觉上具有独特的吸引力,但也可能导致质量中心和刚度中心的偏移,从而增加设计的复杂性。最后,高层建筑的偏心距比例关系还应考虑到长期使用过程中可能的变化,如建筑材料的老化、使用方式的改变等因素,都可影响到结构的初始设定。因此,设计时还需要预留一定的灵活性和调整空间,确保建筑在其生命周期内保持良好的性能。

### 3.2 建筑刚度的合理改进操作

建筑刚度指的是结构抵抗形变的能力,尤其在面对侧向荷载,如风荷载和地震作用时,刚度成为设计的关键参数。针对不规则结构,合理的刚度改进操作不仅需要提高结构的抗弯能力,还应关注刚度分布的均匀性,以避免因刚度突变或不连续导致的结构应力集中和非线性动力响应。第一,在不规则建筑设计中,采用剪力墙系统是常见的刚度改进方法。剪力墙不仅能有效地承担横向荷载,还能通过其在建筑中的布局来调整和优化刚度分布。设计者可以选择在建筑的不同方位设置剪力墙,或者利用连续的剪力墙带来围绕整个建筑,以形成更为均匀和连续的刚度体系。第二,使用高性能的材料也是改进建筑刚度的有效方式。使用高强度钢材或预应力混凝土可以在不增加结构重量的情况下,显著提高结构的刚度和承载力。第三,设计者考虑建筑的动态响应特性,通过有限元模拟和其他计算工具,详细分析模拟建筑在实际荷载作用下的动态行为。基于这些分析,可以进一步调整和优化结构刚度,确保在地震荷载作用下,建筑能保持良好的性能。

## 4 建筑结构的抗震设计措施

### 4.1 选配高稳定性材料

高稳定性材料主要指那些具有高强度、高韧性和良好延展性的材料,这些特性使得材料能够在地震荷载维持结构的完整性和功能,从而降低地震造成的损害<sup>[5]</sup>。其一,由于其优异的延展性和韧性,钢材能够在遭受剧烈震动时承受较大的变形而不致断裂,是抗震设计中极为重要的性能,通过使用高性能的结构钢,例如抗震钢或高强度低合金钢,建筑可以更有效地吸收和分散地震能量,减少结构的损伤。第二,预应力技术通过事先在混凝土中引入压应

力,来提高其抗裂和抗弯曲的能力。在地震中,预应力混凝土的这种预压效应能有效控制裂缝的开展和传播,增强结构的整体稳定性。此外,加入合适的纤维(如钢纤维、碳纤维等)可以进一步提高混凝土的韧性和抗冲击性,使其在地震作用下表现更优。

### 4.2 优化建筑抗震设计思路

优化建筑结构的抗震设计思路涉及到从总体布局到细节处理的多方面考虑,确保建筑在地震发生时能够有效抵抗震动的破坏。一方面,在建筑的平面和立面上应尽量避免复杂的几何形状和不规则的质量分布。规整的结构布局可以确保在地震作用下,结构各部分受力更均匀,避免由于质量和刚度的不均匀分布而引起的扭转和不对称振动,如设计师尽量采用对称的布局方案,并合理配置结构墙和框架,以增强结构的整体稳定性。另一方面,设计中应加强结构的冗余性,意味着即使部分结构元素在极端情况下失效,整个建筑仍能保持稳定并继续发挥功能。这可以通过增加多余的承载路径、使用双重结构系统等方式来实现。

## 5 结束语

高层建筑结构设计中的不规则问题对于抗震性能具有重要影响,因此需要采取相应的抗震方法。通过合理控制建筑的不规则性,优化结构的设计和材料选配,可提高高层建筑的抗震能力。在未来的建筑设计中,应注重研究和应用高效的抗震技术,为高层建筑的持续发展提供支持和保障。

### [参考文献]

- [1]叶博文. 高层建筑结构设计中的不规则问题与抗震方法[J]. 城市建设理论研究(电子版),2024(8):187-189.
  - [2]徐建清. 简析高层建筑结构设计中的不规则问题与抗震方法[J]. 江西建材,2023(6):119-121.
  - [3]吴文峰. 高层建筑结构设计中的不规则问题与抗震方法探究[J]. 江西建材,2022(8):110-112.
  - [4]颜剑超. 高层建筑结构设计中不规则问题与抗震措施分析[J]. 砖瓦,2021(10):91-92.
  - [5]毕大博. 高层建筑结构设计中的不规则问题与抗震措施[J]. 建筑技术开发,2021,48(14):1-2.
- 作者简介:卢永亮(1985.1—),男,汉族,毕业学校:河北建筑工程学院,现工作单位:河北建筑设计研究院有限责任公司。