

# 高层建筑结构的抗震性能优化研究

田占尧

上海浚源建筑设计股份有限公司河北设计院

DOI: 10.12238/jpm.v5i3.6614

**[摘要]** 随着建筑行业的迅速发展,当今快速城市化的浪潮中,高层建筑不仅成为城市天际线的标志,还是现代城市发展的重要组成部分,标志技术进步和经济实力,在解决城市人口密集和土地资源有限的问题上发挥着关键作用。但高层建筑在面对自然灾害,尤其是在面对地震时的安全性已成为一个不容忽视的问题。地震是一种不可预测且破坏力巨大的自然灾害,对高层建筑的安全造成了威胁。深入研究高层建筑的抗震设计,不仅是工程技术领域的需求,更是对人类生命财产安全的基本保障。

**[关键词]** 高层建筑结构; 抗震性能; 优化研究

## Research on the seismic performance optimization of the high-rise building structure

Tian Zhanyao

Shanghai Junyuan Architectural Design Co., Ltd., Hebei Design Institute

**[Abstract]** With the rapid development of the construction industry, in the wave of rapid urbanization, high-rise buildings not only become the symbol of the urban skyline, but also an important part of modern urban development, marking technological progress and economic strength, and playing a key role in solving the problems of dense urban dense population and limited land resources. But the safety of high-rise buildings in the face of natural disasters, especially in the face of earthquakes, has become a problem that cannot be ignored. Earthquake is an unpredictable and destructive natural disaster, which poses a threat to the safety of high-rise buildings. In-depth study of the seismic design of high-rise buildings is not only the demand in the field of engineering technology, but also the basic guarantee for the safety of human life and property.

**[Key words]** high-rise building structure; seismic performance; optimization research

### 引言

随着经济的迅猛发展,城市人口的数量稳步增加,在城市资源不断稀缺的背景下,城市建设用地越来越少,由此产生的土地问题使得城市中的居住建筑表现出高密度、高体积的特性,高层居住建筑成为必然。但是随着物质的极大丰富,以及人们对居住空间需求的不断增加,对居住建筑的品质也提出了更高的要求。新的理念如“健康住宅”“亲情住宅”“绿色住宅”“第四代住宅”等不断出现,舒适健康的居住建筑受到广泛关注,而人性化的设计更是备受瞩目。随着城市更新的推进,要求对街道、公园、绿地和住宅区等环境进行改善,以形成舒适的生活环境和美丽的市容,也体现出对人性化需要的关注。将人性化理念应用于建筑设计,不仅可以为城市的可持续发展

提供不竭动力,同时,对于满足人们的精神需求、提高居民的居住品质也有着重要意义。

### 1 抗震设计概述

#### 1.1 结构安全性要求

结构安全性要求是指在进行抗震设计时,要确保建筑物具备足够的安全性能。结构的强度应满足或超过规定的荷载作用下的需求,包括垂直荷载和地震荷载,通常根据建筑物的用途和规范来确定。结构的刚度应满足规定的限值,以确保在地震作用下不发生超出允许范围的变形,这通常与建筑物的稳定性和减震性能密切相关。结构应具备足够的延性,即在地震中能够产生适度变形而不致破坏,以吸收和分散地震能量,有助于减少结构的应力集中,从而减少破坏。结构的各个部分应保持

稳定，不会发生失稳或翻倒的情况；结构要具备防火性能，以保证在地震中不易发生火灾或能够有效控制火灾。结构安全性要求是确保建筑物在地震中具备足够稳定性和安全性的关键要素，需要根据具体的项目要求和地震规范来进行确定和满足。

### 1.2 抗震设计目标

抗震设计的目标是确保建筑物在地震中具备足够的稳定性和安全性，以最大程度地减少人员伤亡和财产损失。抗震设计的首要目标是建筑物在地震中能够为被困人员提供足够的保护，以最大限度地减少伤亡，其中包括避免结构倒塌、防止构件和非结构物失稳、减少破坏性振动等。此外，抗震设计目标也包括降低财产损失。采用适当的设计和施工方法，以降低地震造成的物资损失和修复成本。抗震设计还要考虑建筑物在地震后的社会功能和连续性。建筑物应具备恢复功能，以便尽快恢复到日常的生活和社会活动中。

## 2 高层建筑抗震设计原理

### 2.1 动力学分析

动力学分析在高层建筑抗震设计中扮演着至关重要的角色，涉及对高层建筑在地震波作用下的动态响应进行深入评估，具体为：第1，通过精确模拟地震波的特性（如振幅、频率、持续时间），工程师能预测高层建筑在不同类型地震影响下的行为。第2，建筑的自然振动特性，如频率和振型很重要。这些分析通常借助高级计算模型进行，如有限元方法，其能模拟复杂的结构响应。第3，动力学分析还包括对高层建筑各部分如框架、核心筒和悬挑结构的详细考察，确保其在地震中的整体稳定性和局部安全性。

### 2.2 能量分散

能量分散策略在高层建筑抗震设计中的应用，旨在通过合理的结构布局 and 材料选择，有效分散和吸收地震能量，从而减轻对主体结构的冲击。这一策略的实施涉及以下方面：第1，建筑的结构布局应不断优化，以分散地震力的传递路径，如设置转移层、隔震层等。第2，材料选择对于能量吸收至关重要，如高韧性钢材或者特殊混凝土在承受地震力时能够表现出更好的能量吸收和耗散性能。第3，建筑设计中还可以考虑引入非结构元素，如墙体和隔板，它们在地震中能够作为额外的能量吸收器，进一步保护主要承重结构。

### 2.3 延性设计

延性设计的核心在于确保高层建筑结构在遭受极端地震作用时有足够的变形能力，从而避免脆性破坏。这一设计理念

强调在极端地震条件下，结构应通过塑性变形来耗散地震能量，而不是突然断裂。实现这一目标的关键在于选择合适的材料和设计合理的结构细节。例如，具有高塑性的钢筋混凝土可以在地震中提供更大的变形空间；关键结构节点（如梁柱连接处）需要特别设计以承受较大的变形而不致失效。此外，整体结构布局的优化也是实现延性设计的重要方面，如通过设置能够在地震中“牺牲”的非承重元素来保护主要承重结构。

## 3 高抗震地区建筑特点与挑战

### 3.1 高抗震地区的定义及其特点

高抗震地区通常指的是地震活动频繁且强度较大的区域。这些地区由于地壳运动活跃，导致地震带分布广泛，地震发生的频率和强度都远高于一般地区。在这些地区，地震对建筑物的影响尤为显著，因此建筑设计和施工必须考虑到极端的地震环境。高抗震地区的主要特点包括地震波的复杂性、震级的不确定性以及地震带的多样性。这些特点要求建筑设计不仅要考虑常规的结构强度和稳定性，还需要考虑到地震力的作用下建筑结构的动态响应。

### 3.2 高层建筑在高抗震地区面临的挑战

在高抗震地区，高层建筑面临的挑战尤为严峻。由于其高度和结构复杂性，高层建筑在地震作用下的响应比低层建筑更为复杂。首先，高层建筑在地震波的作用下容易产生较大的侧向位移和扭转效应，这可能导致结构的非线性破坏。其次，高层建筑由于其较长的自然周期，更容易与地震波的某些频率共振，从而引发更严重的破坏。高层建筑的设计还需要考虑到风荷载与地震荷载的联合作用，这增加了设计的复杂性和难度。为了应对这些挑战，高层建筑的设计必须采用高强度材料，加强结构连接和节点设计，以及采用高效的减震和隔震技术。建筑的基础设计也需要考虑到地震作用下的土壤—结构相互作用，确保建筑的整体稳定性和安全性。

## 4 高层建筑结构抗震性能优化策略

### 4.1 动力隔震系统的应用

在高层建筑抗震性能优化策略中，动力隔震系统的应用是一项革命性的进步。这种系统的核心理念在于通过特定的工程技术，将高层建筑主体与其基础隔离，从而显著减少地震力对高层建筑结构的直接影响。动力隔震系统应用需要注重以下方面：第1，隔震支座的设计与应用。隔震支座是动力隔震系统的核心组件，其设计须精确匹配建筑的动力特性。常见的隔震支座类型包括高阻尼橡胶支座、滑动支座和铅芯支座等。这些支座的设计考虑了高层建筑的质量、刚度和预期的地震动力特性，

以确保在地震发生时能有效隔绝地面运动对上部结构的传递。第2,系统的整体性能评估。动力隔震系统的有效性不仅取决于隔震支座,还依赖于整个系统的协调工作。这要求对高层建筑的整体动力行为进行综合评估,包括模拟不同强度和特性的地震对高层建筑的影响。

#### 4.2 性能化设计

性能化设计属于构件设计范畴,主要针对局部构件的安全性进行分析。不同类别的构件对应的设防水准也不一样,应分别进行设计。因此在做性能化设计前,首先需确定哪些是关键构件,哪些是一般构件,哪些是耗能构件。由于该项目是细腰不规则结构,核心筒显得非常重要,因此核心筒及核心筒内的梁、板均为重要构件,底部加强区内所有墙体也为重要构件,非底部加强区及核心筒以外的竖向构件、梁为一般构件,连梁为耗能构件。

#### 4.3 质量控制与安全管理

在高层住宅建筑施工过程中,质量控制与安全管理是两个至关重要的环节,尤其在高抗震地区,这两方面的重要性更加凸显。质量控制关乎建筑的整体质量和后期使用的安全性,其涵盖了从施工材料到构件的各个方面,包括材料的质量、施工工艺的精确性以及施工细节的准确性。为了确保高质量的施工成果,施工团队需建立一套严格的质量监控体系,这个体系需要从材料的进场开始,对材料的存储、使用乃至整个施工过程进行全面的监控和管理,以确保每一个环节都能达到设计要求和施工规范,避免因施工失误导致建筑结构性能的降低或出现安全隐患。安全管理则是保障施工顺利进行和施工人员安全的关键。考虑到高层建筑施工的特殊性,如作业的高度和结构的复杂性,施工团队必须采取一系列有效的安全措施。

#### 4.4 钢筋混凝土构件设计

钢筋混凝土构件设计是抗震设计中的重要环节,需要在工程的整体设计过程中对其进行充分考虑和优化。首先,柱体是承受建筑物竖向荷载和地震力的重要构件,对其设计应考虑到承载能力、稳定性和抗震性能。在设计柱时,需要确定柱体的尺寸、配筋、轴力和弯矩等。合理选择柱截面尺寸和配筋率,提高柱的弯矩承载能力,能够增强柱的抗震性能。此外,还需要考虑柱的埋置长度、柱的轴压力作用等因素,以保证柱体在地震作用下的稳定性和完整性。其次,梁作为支撑和连接结构的构件,在抗震设计中也起到了非常重要的作用。设计梁时需要考虑受力性能、弯剪承载能力和抗震性能。在梁设计中,需要确定梁的尺寸、受力状态、配筋等。合理选择梁截面尺寸并

提高梁的弯剪承载能力,能够增强梁的抗震性能。同时,还需要注意梁与柱的连接,确保梁柱节点的刚性和强度,以提高整个结构的稳定性。综上所述,钢筋混凝土构件设计是抗震设计中不可忽视的重要部分,需要综合考虑结构的力学性能、稳定性和耐久性,以提供可靠的抗震性能。

#### 4.5 能监测与自适应控制系统的应用

智能监测与自适应控制系统的应用包括以下关键的方面:第1,实时结构健康监测。实时结构健康监测利用传感器网络,如加速度计、应变计和位移计,持续监测高层建筑的关键结构参数。这些传感器可提供有关高层建筑在日常和极端条件下(如地震)的性能数据。通过分析这些数据,工程师可以及时了解高层建筑的健康状况,预测潜在的结构问题,并及时采取维修或加固措施。第2,自适应控制系统的集成。自适应控制系统包括主动和被动控制系统,能根据监测到的数据和外部环境变化作出响应。例如,在地震发生时,这些系统可调整高层建筑的阻尼比和刚度,以减少振动和潜在的损伤。这种自适应能力使建筑能更有效应对地震等自然灾害。第3,地震预警与应急响应。智能监测系统还可集成地震预警功能,提前几秒钟到几分钟警告即将发生的地震。这为阻尼比和刚度建筑的自动安全系统(如电梯控制、紧急疏散指示)提供了宝贵的时间,可以采取预防措施,保护建筑内的人员和设备。

#### 结语

随着城市化进程的日渐加速,高层建筑在城市景观中占据了越来越重要的地位。然而,地震作为一种常见的自然灾害,对高层建筑的结构安全性能提出了严峻的挑战,探究高层混凝土建筑抗震结构设计成为建筑领域的重要研究课题。高层住宅建筑在高抗震地区的施工需要综合考虑地震动力学、地质条件、建筑材料和施工技术等多个方面。其次,抗震设计原则的正确应用对于提高建筑的抗震性能至关重要。全球气候变化和城市化进程的加快,对高层建筑的抗震设计提出了更高要求。设计师需要建造更安全、更可靠的高层建筑,以为保护人类生命财产安全和推动城市可持续发展作贡献。

#### [参考文献]

- [1]吕潮,张洵.某车辆段上盖项目超限高层建筑结构设计及抗震性能分析[J].四川水泥,2022(12):117-119.
- [2]杨理.高层住宅结构设计对建筑抗震性能的影响研究[J].住宅与房地产,2023(29):100-103.
- [3]王鑫.隔震减震控制技术在复杂高层建筑结构设计中的应用[J].四川水泥,2023(9):128-130.