

# 现代建筑结构设计中的抗震性能优化方法研究

邓仕金

江西省河曦建设工程有限公司，江西上饶，334000；

**摘要：**在城镇化快速推进与地质灾害防御需求不断提高的背景下，现代建筑结构的抗震性能已成为工程安全评价的核心内容。本文针对建筑结构设计中抗震性能优化这一关键问题，结合当代结构工程理论成果与新型材料技术发展现状，系统剖析影响建筑抗震能力的核心因素。通过梳理传统抗震设计方法在复杂建筑场景中的应用局限，重点探索基于性能目标的优化思路，详细阐述结构体系选型、材料性能提升及智能算法应用等方面的具体优化策略。研究成果可为建筑结构设计提供科学可行的抗震优化路径，有效提升建筑在地震作用下的安全稳定性，为实际工程实践提供有价值的理论参考。

**关键词：**现代建筑；结构设计；抗震性能；优化方法；性能目标

**DOI：**10.64216/3104-9664.25.02.006

## 引言

地震作为典型的突发性自然灾害，其强大的破坏力对建筑结构安全构成严重威胁。近年来，全球多地地震灾害的发生，使得传统建筑结构在强震下的倒塌、损毁问题愈发突出，凸显了抗震性能优化的迫切性。现代建筑正朝着高层化、复杂化方向发展，结构受力模式更为复杂，对地震作用的响应也更为敏感，给抗震设计带来新挑战。当前，建筑抗震设计已从单纯满足规范要求转向性能优化层面。

## 1 现代建筑结构抗震性能的核心影响因素

### 1.1 结构体系力学特性

结构体系作为建筑抗震的基础载体，其力学特性直接决定抗震性能的优劣。不同结构体系在抗侧刚度、延性及能量耗散能力上存在本质差异，这些差异会在地震作用下被显著放大。例如，纯框架结构延性较好但抗侧刚度不足，在强震中易出现层间位移过大问题；剪力墙结构抗侧刚度强，但延性相对较差，不利于吸收地震能量。合理的结构体系需能够将地震荷载高效传递至基础，同时通过自身变形分散应力，避免局部应力集中引发的破坏。

### 1.2 材料性能适配性

建筑材料是结构抗震能力的物质保障，其强度、韧性及耐久性直接影响结构的抗震承载极限。传统建筑材料如普通混凝土，虽强度可满足基本需求，但韧性不足，在地震反复荷载作用下易发生脆性破坏。随着材料技术发展，高强度混凝土、高性能钢材等新型材料不断涌现，

为抗震优化提供了可能。然而，材料性能的提升并非简单替换，关键在于与结构设计的适配性。例如，在框架节点部位采用高韧性材料，可提升节点抗剪能力；在剪力墙中合理搭配普通钢材与高性能钢材，可平衡成本与抗震效果。

### 1.3 结构与场地协同性

不同场地的地质条件差异较大，软土地基与硬土地基在地震作用下的峰值加速度、频谱特性截然不同。若结构自振周期与场地卓越周期接近，易发生共振现象，大幅增加结构破坏风险。因此，结构设计需充分考虑场地条件，实现两者协同优化。在场地勘察阶段，需精准获取地震动参数；在结构设计阶段，通过调整结构刚度、质量分布等方式，改变结构动力特性，避免共振。这种协同优化能有效降低地震作用对结构的影响，提升抗震性能，是抗震设计中不可忽视的重要维度。

## 2 现代建筑结构抗震设计的理论基础与发展趋势

### 2.1 性能化抗震设计理论

基于性能的抗震设计理论是现代抗震设计的核心理论之一，其以明确的抗震性能目标为导向，突破了传统规范设计的被动局限。该理论要求根据建筑重要性、使用功能等，确定不同地震水准下的性能目标，如小震不坏、中震可修、大震不倒等。通过量化分析结构在多水准地震作用下的位移、应力等响应指标，判断设计方案是否满足性能要求。与传统设计相比，性能化设计更注重精准性与针对性，可根据工程实际需求调整设计参数，避免过度设计或设计不足。在实际应用中，需结合

结构分析软件，对结构进行精细化模拟，确保设计方案既满足安全需求，又符合经济合理性，为抗震优化提供坚实的理论支撑。

## 2.2 数字化技术支撑

数字化技术的快速发展为抗震设计提供了强大的技术支持，改变了传统设计中依赖经验估算的模式。BIM技术作为数字化设计的核心工具，可构建包含结构、材料等信息的三维模型，实现设计过程的可视化与协同化。有限元分析软件如ABAQUS、ANSYS等，能对结构进行精细化力学分析，模拟地震作用下结构的应力分布、位移变化等响应。通过数字化工具，设计人员可快速调整设计参数，对比不同方案的抗震效果，提升设计效率。同时，数字化模型可贯穿设计、施工全过程，为各环节提供准确数据支持，减少设计与施工的偏差，确保抗震设计意图的有效落地，推动抗震设计向精准化方向发展。

## 2.3 绿色化与经济性融合

现代抗震设计已不再局限于安全性能，而是朝着绿色化与经济性融合的方向发展。绿色建筑理念的普及，要求抗震设计在提升安全的同时，减少资源消耗与环境影响。例如，通过优化结构选型减少材料用量，选用环保型抗震材料，降低建筑全生命周期的能耗。经济性目标则要求在满足抗震性能的前提下，控制设计、施工及运维成本。这就需要设计人员进行多目标优化，平衡安全、绿色与经济之间的关系。通过精细化计算避免材料浪费，采用装配化施工降低人工成本，实现抗震性能与经济效益的统一。这种融合发展的设计理念，符合现代建筑行业的发展趋势，也是抗震设计的重要发展方向。

# 3 现代建筑结构抗震性能的优化路径与方法

## 3.1 结构体系优化选型

结构体系的优化选型是抗震性能优化的首要环节，直接决定结构的抗震基础能力。在设计初期，需结合建筑的功能需求、高度、场地条件等因素，综合评估各类结构体系的抗震性能。框架-剪力墙体系结合了框架结构的延性与剪力墙的抗侧刚度，适用于中高层建筑；筒体结构抗侧刚度强、整体性能好，常用于超高层建筑。除传统体系外，模块化、装配化结构体系因其施工高效、质量易控的特点，逐渐在抗震设计中应用。对于这类新型体系，需重点优化模块连接节点的抗震性能，确保模块间传力可靠。通过合理选型与创新设计，使结构体系在满足使用功能的同时，具备优越的抗震性能，为后续

优化工作奠定基础。

## 3.2 材料性能提升应用

材料性能的提升与合理应用，是提升结构抗震承载力的有效途径。高强度混凝土具有较高的抗压强度，可减小构件截面尺寸，减轻结构自重；高性能钢材屈服强度高、韧性好，在地震作用下能通过塑性变形吸收能量，减少结构破坏。在设计中，需根据结构各部位的受力特点，针对性选用合适材料。例如，在梁、柱等主要受力构件中采用高强度材料，提升承载能力；在节点部位采用高韧性材料，增强节点延性。同时，注重不同材料的搭配使用，如钢管混凝土组合结构，利用钢材与混凝土的协同工作，实现刚柔并济的抗震效果。通过材料的优化应用，在提升抗震性能的同时，实现结构的轻量化与经济性。

## 3.3 节点及关键部位强化

结构节点及关键受力部位是抗震薄弱环节，其性能直接影响结构整体抗震安全性。在地震作用下，节点需传递各构件间的力，易出现剪切破坏、锚固失效等问题；关键部位如底层柱、转换层等，因受力集中，也易发生破坏。针对这些问题，需采取强化设计措施。在节点设计中，可通过增大节点核心区尺寸、加密箍筋、优化钢筋锚固方式等，提升节点抗剪能力与延性。在关键部位，可采用加大截面尺寸、配置附加钢筋、增设耗能构件等方法，增强其承载能力与能量耗散能力。通过对薄弱环节的强化，可有效提升结构整体抗震性能，避免因局部破坏引发整体结构倒塌。

# 4 智能算法在抗震性能优化中的应用探索

## 4.1 遗传算法参数优化

遗传算法作为一种基于生物进化理论的全局优化算法，在建筑结构抗震参数优化中具有显著优势。其通过模拟自然选择与遗传变异过程，对结构设计参数进行多目标优化，可有效解决传统优化方法易陷入局部最优的问题。在抗震设计中，遗传算法可针对结构的截面尺寸、构件布置、材料用量等参数，以抗震性能指标与经济成本为优化目标，进行迭代计算。例如，在框架结构优化中，算法可自动调整梁、柱截面尺寸，在满足结构自振周期、层间位移等抗震指标的同时，实现材料用量最小化，达到结构轻量化设计目的。该算法的应用，可提升抗震优化的效率与精度，为设计人员提供科学的参数选择依据。

## 4.2 神经网络性能预测

神经网络凭借其强大的非线性映射能力，在建筑结构抗震性能预测中得到广泛应用。其可通过学习大量历史设计数据与对应的抗震性能指标，建立结构参数与抗震性能之间的复杂关系模型。在实际设计中，只需输入新的结构参数，模型即可快速输出对应的抗震性能指标，如最大层间位移、构件最大应力等，大幅缩短性能评估时间。与传统有限元分析相比，神经网络预测具有高效性的优势，可满足设计过程中多方案快速对比的需求。通过建立精准的预测模型，设计人员可及时发现设计方案中的不足，针对性地调整参数，为抗震优化决策提供快速、可靠的依据，提升设计效率与质量。

#### 4.3 智能与数字化融合

将智能算法与BIM、有限元分析等数字化工具融合，是现代抗震设计的重要发展方向。这种融合可构建一体化的抗震优化设计平台，实现设计、分析、优化的高效协同。在平台中，BIM模型提供精准的结构几何与材料信息，有限元分析工具基于BIM模型进行地震响应计算，智能算法则根据分析结果对设计参数进行优化，并将优化后的参数反馈至BIM模型中。整个过程形成闭环，大幅提升设计效率与精度。例如，在高层建筑设计中，平台可自动完成BIM建模、地震作用分析、遗传算法参数优化等一系列工作，设计人员只需根据需求调整优化目标，即可快速得到最优设计方案。这种融合应用，推动抗震设计向智能化、一体化方向发展，提升设计水平。

### 5 抗震性能优化设计的质量控制与保障措施

#### 5.1 全流程性能评估

建立全流程抗震性能评估体系，是保障抗震优化设计质量的关键措施。抗震设计是一个连续的过程，各阶段设计内容相互关联，单一阶段的评估无法全面保障设计质量。全流程评估体系涵盖方案设计、初步设计、施工图设计及施工验收等各个阶段。在方案设计阶段，重点评估结构体系选型的合理性；初步设计阶段，通过精细化分析评估结构参数是否满足性能目标；施工图设计阶段，核查设计细节是否符合抗震规范及优化要求；施工验收阶段，检查施工质量是否与设计一致。通过各阶段的动态评估，及时发现设计与施工中的问题，并采取优化调整措施，确保每一个环节都符合抗震要求，最终保障建筑整体抗震性能。

#### 5.2 设计施工协同衔接

设计与施工的协同衔接，是确保抗震优化设计落地的重要保障。抗震设计的优化效果，最终需通过施工实现。若设计与施工脱节，易出现设计意图无法准确传达、施工方法不符合设计要求等问题，影响抗震性能。因此，需强化两者间的沟通协作。在设计阶段，设计人员应充分考虑施工可行性，选用成熟、可靠的施工技术；施工前，组织技术交底会议，向施工团队详细说明抗震优化设计的关键点与技术要求。施工过程中，建立常态化沟通机制，设计人员及时解决施工中出现的技术问题，施工团队反馈施工过程中的实际情况，确保施工严格按照优化设计方案进行，保障抗震设计效果的有效实现。

#### 5.3 设计标准完善

完善的抗震设计标准化与规范化体系，是引导抗震优化设计有序发展的重要支撑。随着新技术、新方法的不断涌现，传统设计标准已难以完全覆盖新型结构体系、材料及优化技术的应用需求。因此，需结合行业发展现状，推动抗震设计标准的更新与完善。在标准制定中，应纳入BIM技术、智能算法等新型技术的应用规范，明确新型材料的抗震设计要求，细化性能化设计的评估指标与方法。

### 6 结论

本文围绕现代建筑结构设计中的抗震性能优化方法展开系统研究，明确了结构体系力学特性、材料性能适配性及结构与场地协同性是影响抗震性能的核心因素。基于性能化设计理论与数字化技术支撑，从结构体系选型、材料应用、节点强化等方面提出了具体的抗震优化路径。智能算法与数字化工具的融合应用，为抗震优化提供了高效、精准的技术手段，而全流程评估、设计施工协同等保障措施，则确保了优化设计的落地效果。

#### 参考文献

- [1] 叶灿辉. 高层建筑结构设计抗震性能优化关键技术研究[J]. 新城建科技, 2025, 34(07): 87-89.
- [2] 何本富. 剪力墙结构设计在建筑结构设计中的应用[J]. 城市开发, 2025, (08): 165-167.
- [3] 肖小珍. 基于装配式建筑竖向接缝剪力墙的结构设计及抗震性能评估[J]. 石材, 2024, (10): 72-74.
- [4] 牛天晨. 高层住宅建筑结构设计的关键技术研究[J]. 居舍, 2024, (07): 46-48.
- [5] 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.