

建筑工程抗震设计探究

徐长彬¹ 周洪雨² 郝 婧¹

1. 包头冶金建筑研究院 内蒙古 包头 014010

2. 内蒙古科大建筑设计有限责任公司 内蒙古 包头 014010

摘 要：近年来，地震灾害给人类社会带来了巨大损失，无数建筑在地震中损毁坍塌，造成大量人员伤亡和财产损失。本文聚焦建筑工程抗震设计展开探究。阐述其遵循小震不坏、中震可修、大震不倒的基本原则，剖析关键点，包括场地选择、结构体系、构件及非结构构件的抗震设计等。探讨面临的挑战，如地震作用的复杂不确定性、新型结构体系及既有建筑加固等问题。并展望未来发展趋势，涵盖智能化设计、高性能材料应用以及多学科交叉融合的抗震设计研究等，为建筑工程抗震设计提供参考。

关键词：建筑结构；工程抗震；设计探究

引言：随着地震灾害给建筑带来的破坏日益引起关注，建筑工程的抗震设计成为保障生命财产安全的关键环节。合理的抗震设计不仅能减少地震对建筑结构的损害，还能提升建筑的整体安全性和耐久性。本文基于小震不坏、中震可修、大震不倒的基本原则，深入分析建筑工程抗震设计的关键要点，探讨当前面临的挑战，展望未来发展趋势，以推动建筑工程抗震设计的进步。

1 建筑工程抗震设计的基本原则

1.1 小震不坏

“小震不坏”是建筑工程抗震设计中最基础的原则，它要求建筑在遭遇低于本地区抗震设防烈度的多遇地震（小震）影响时，结构应保持弹性工作状态，不出现破坏。在小震作用下，建筑结构凭借自身的强度和刚度，能够将地震产生的作用力有效传递和消散，确保结构构件不发生裂缝、变形等可见损伤。例如，在一些采用框架-剪力墙结构的高层建筑中，合理设计的剪力墙和框架柱，能在小震来临时，通过自身的力学性能抵御地震力，维持建筑正常使用功能。这一原则的落实，不仅保障了建筑在日常轻微地震活动下的安全性，也降低了因频繁维修带来的经济成本，为建筑的长期稳定使用奠定基础。

1.2 中震可修

“中震可修”指建筑在遭遇相当于本地区抗震设防烈度的设防地震（中震）影响时，结构可能进入非弹性工作阶段，部分构件出现一定程度的损伤，但经过一般性修复或加固后，建筑仍能恢复正常使用功能。在中震作用下，结构设计允许部分次要构件先出现塑性变形，以此消耗地震能量，保护主要承重构件。以钢筋混凝土

框架结构为例，梁端可能会出现塑性铰，但只要设计合理，通过更换受损的梁、修复裂缝等措施，就能使建筑重新投入使用。该原则体现了建筑抗震设计在安全性和经济性之间的平衡，既保证建筑在中等强度地震下不至于完全丧失使用功能，又避免了过度设计带来的资源浪费。

1.3 大震不倒

“大震不倒”是建筑工程抗震设计的终极目标，即建筑在遭遇高于本地区抗震设防烈度的罕遇地震（大震）影响时，结构虽然会产生较大的弹塑性变形，但应确保不发生整体倒塌或危及生命安全的严重破坏。为实现这一目标，设计师需通过合理的结构体系选型、加强关键部位连接、设置多道防线等措施，增强建筑的延性和耗能能力。例如，在超高层建筑中采用巨型框架结构，利用巨型柱和巨型梁组成的主框架，以及次级框架的协同工作，即便部分构件失效，整体结构仍能维持稳定。“大震不倒”原则为人们在极端地震灾害中争取生存空间，最大程度减少人员伤亡，是保障社会稳定的重要防线^[1]。

2 建筑工程抗震设计的关键要点

2.1 场地选择与地基处理

场地选择与地基处理是建筑工程抗震设计的首要环节，对建筑抗震性能起着决定性作用。在场地选择时，应优先避开活动断裂带、软土液化区、陡坡等对抗震不利的地段，选择坚硬、均匀的场地土，降低地震作用对建筑的影响。例如，在地震频发地区，将建筑建于基岩或密实的砾石层上，可有效减少地震波的放大效应。地基处理方面，针对不同地质条件需采用合适的处理方法。对于软弱地基，可通过换填法、强夯法、桩基础等技术，增强地基承载力与稳定性。如某沿海城市高

层建筑,因地质条件软弱,采用桩基础深入持力层,不仅提高了建筑整体稳定性,还显著增强了抗震能力。合理的场地选择与地基处理,能够从根源上提升建筑的抗震性能,为后续抗震设计奠定坚实基础。

2.2 结构体系的选择与布置

结构体系的选择与布置是建筑抗震设计的关键,直接影响建筑在地震作用下的受力性能与变形能力。在选择结构体系时,需综合考虑建筑功能、高度、抗震设防烈度等因素。常见的结构体系中,框架结构具有平面布置灵活的特点,适用于对空间要求较高的建筑,但抗震能力相对较弱;剪力墙结构侧向刚度大,抗震性能好,多用于高层住宅;框架-剪力墙结构则结合两者优势,在提供灵活空间的同时具备良好的抗震性能。结构布置方面,应遵循规则、对称、均匀的原则,避免质量与刚度分布不均匀导致结构扭转效应。例如,在高层建筑设计中,合理设置剪力墙位置与数量,使结构刚心与质心尽量重合,减少地震作用下的扭转破坏。科学的结构体系选择与布置,能有效提升建筑的抗震能力,保障建筑在地震中的安全性。

2.3 结构构件的抗震设计

2.3.1 梁

梁作为建筑结构中的水平承重构件,其抗震设计至关重要。在地震作用下,梁需具备良好的承载能力与耗能能力,避免因过早破坏导致结构失效。设计时,应通过合理的截面尺寸、配筋率以及箍筋配置,增强梁的延性与抗剪能力。例如,采用“强剪弱弯”设计原则,适当加大梁端箍筋加密区范围与间距,防止梁在地震时发生剪切破坏;合理控制梁的跨高比,避免梁因刚度不足产生过大变形。同时,梁与柱的节点连接也需加强,确保节点处钢筋可靠锚固,使梁与柱协同工作,共同抵抗地震力。优化梁的抗震设计,能有效提升结构整体抗震性能,保障建筑在地震中的完整性与安全性。

2.3.2 柱

柱是建筑结构中的竖向承重构件,承担着传递上部荷载与抵抗地震作用的双重任务,其抗震性能直接关系到建筑的整体稳定性。在设计中,遵循“强柱弱梁”原则,确保柱的抗弯、抗剪与轴压承载能力高于梁,避免柱先于梁破坏导致结构倒塌。通过合理控制柱的轴压比,保证柱在地震时具有足够的延性;增加柱端箍筋加密区,约束混凝土,提高柱的变形能力与耗能性能。此外,柱的截面形状与尺寸也需根据建筑功能与抗震要求合理选择,如矩形柱便于施工与布置钢筋,圆形柱在双向受力时性能更优。加强柱的抗震设计,是保障建筑在

地震中“大震不倒”的关键环节,对提升建筑抗震能力意义重大。

2.3.3 剪力墙

剪力墙在建筑结构中主要承担水平地震力,是提高建筑抗震性能的重要构件。其设计需注重墙体的厚度、配筋以及边缘构件的设置。适当增加剪力墙厚度,可提高墙体的抗侧刚度与承载能力,但过厚会增加结构自重,需综合考虑。合理的配筋设计能够增强剪力墙的抗剪与抗弯能力,如采用双排配筋形式,提高墙体的整体性。剪力墙边缘构件的设置至关重要,通过加强边缘构件的配筋与箍筋约束,可有效提高墙体的延性与耗能能力。优化剪力墙的抗震设计,对保障建筑在地震中的安全性与稳定性具有不可替代的作用。

2.4 非结构构件的抗震设计

非结构构件虽不承担建筑的主要荷载,但在地震中若设计不当,极易发生破坏,造成人员伤亡与财产损失,因此其抗震设计同样不容忽视。非结构构件涵盖建筑装饰装修、机电设备等附属设施。对于建筑围护结构,如填充墙,应采用轻质材料,并通过拉结筋与主体结构可靠连接,避免墙体在地震时倒塌伤人;对于悬挂式吊顶、广告牌等构件,需加强其与主体结构的连接节点设计,确保在地震作用下不脱落。机电设备的抗震设计也至关重要,如给排水管道、电气线路等,需设置抗震支吊架,限制设备位移,防止管道破裂、漏电等次生灾害发生。加强非结构构件的抗震设计,能够减少地震对建筑使用功能的影响,降低次生灾害风险,保障人员生命安全与建筑的正常使用^[2]。

3 建筑工程抗震设计面临的挑战

3.1 地震作用的复杂性和不确定性

地震作用具有显著的复杂性与不确定性,为抗震设计带来巨大难题。一方面,地震的发生机制复杂,其产生的地震波包含多种频率成分,且在传播过程中会因地质条件变化而改变特性,难以精准预测其对建筑结构的影响。另一方面,地震的强度、持续时间和频率等参数存在极大不确定性,不同地区的地震特性差异显著,即便在同一地区,每次地震也不尽相同。目前的抗震设计理论和方法多基于历史地震数据与统计分析,但面对未来地震,仍难以全面、准确地模拟实际地震作用,导致建筑结构在地震中的实际响应与设计预期存在偏差。

3.2 新型建筑结构体系的抗震设计问题

随着建筑技术的发展,新型建筑结构体系不断涌现,其抗震设计面临诸多新问题。新型结构体系往往突破传统结构形式,采用创新的材料、构造和受力方式,

现有的抗震设计规范和经验难以直接适用。例如,大跨度空间结构、超高建筑结构以及一些基于参数化设计的复杂异形结构,其在地震作用下的传力路径、变形模式和破坏机理尚未得到充分研究。此外,新型结构体系的抗震性能试验研究难度大、成本高,难以全面验证其在地震作用下的安全性,导致设计人员进行抗震设计时缺乏足够的理论依据和实践经验支撑。

3.3 既有建筑结构的抗震加固问题

既有建筑结构的抗震加固存在诸多棘手问题。许多既有建筑建造年代久远,当时的抗震设计标准较低,且建筑结构经过多年使用,存在不同程度的老化和损伤,难以准确评估其实际抗震性能。同时,既有建筑在使用过程中可能经历过改建、扩建,结构体系变得复杂,进一步增加了抗震加固的难度。在加固过程中,还需考虑不影响建筑正常使用,平衡加固效果与成本,且部分既有建筑受空间限制,难以采用传统有效的加固方法,导致加固方案的选择和实施面临较大挑战,难以确保加固后的建筑满足现行抗震设计要求^[3]。

4 建筑工程抗震设计的未来发展趋势

4.1 智能化抗震设计

随着信息技术的飞速发展,智能化抗震设计成为未来建筑工程抗震领域的重要趋势。一方面,人工智能与大数据技术的深度应用,能够对海量地震数据、建筑结构参数进行高效分析与处理,建立更为精准的地震作用预测模型,克服地震作用复杂性与不确定性带来的设计难题。例如,通过机器学习算法,可快速识别不同地震场景下建筑结构的响应规律,优化抗震设计方案。另一方面,物联网与传感器技术的普及,使建筑具备实时健康监测能力,能够动态感知结构在地震及日常使用中的受力、变形情况,及时发现潜在损伤并预警。此外,智能化设计软件的发展,可实现设计过程的自动化与优化,通过模拟不同设计参数下的抗震性能,快速生成最优设计方案,大幅提高抗震设计效率与质量,为建筑结构抗震安全提供更可靠保障。

4.2 高性能材料与新型结构体系的应用

高性能材料与新型结构体系的创新应用将推动建筑工程抗震设计迈向新高度。在材料方面,碳纤维复合材料、高性能混凝土、智能材料等具有高强度、高韧性、轻质以及自感知、自修复等特性的材料不断涌现,应用于建筑结构中可显著提升结构的抗震性能与耐久性。如碳纤维复合材料用于加固既有建筑结构,能在不

增加过多自重的情况下有效提高构件承载能力。新型结构体系则突破传统结构形式,像隔震、减震结构体系,通过设置隔震支座、阻尼器等装置,降低地震能量向上部结构的传递;自复位结构体系可在地震后自动恢复结构初始状态,减少结构损伤。这些高性能材料与新型结构体系的应用,不仅能满足复杂建筑功能需求,还能从根本上改变建筑结构的抗震性能,为抗震设计提供更多创新思路与解决方案。

4.3 多学科交叉融合的抗震设计研究

未来建筑工程抗震设计将朝着多学科交叉融合的方向发展。地震学、地质学、材料学、计算机科学等多学科知识的深度融合,有助于更全面地认识地震作用机理、结构响应特性以及材料性能。例如,结合地震学与地质学研究成果,能更准确地评估不同场地的地震危险性,为建筑选址与抗震设计提供科学依据;材料学与力学的交叉,推动新型高性能抗震材料的研发与应用;计算机科学与结构工程的结合,实现建筑结构抗震性能的精细化模拟与优化设计。此外,多学科团队协作合作模式将成为常态,通过整合各学科优势,开展跨学科研究项目,攻克抗震设计中的复杂难题,探索更先进、更有效的抗震设计理论与方法,推动建筑工程抗震设计领域不断创新与发展,提升建筑在地震灾害中的安全性与可靠性^[4]。

结束语

建筑工程抗震设计关乎生命财产安全,意义重大。从遵循“小震不坏、中震可修、大震不倒”的基本原则,到把握场地选择、构件设计等关键点,再到应对复杂挑战、顺应发展趋势,每个环节都需要深入研究与实践。未来,随着智能化技术、高性能材料和多学科融合的持续推进,抗震设计将不断突破创新,为建筑提供更坚实的安全保障。

参考文献

- [1]路彤.建筑工程抗震设计的作用及措施[J].四川水泥,2021(03):316-317.
- [2]邓永旗.建筑工程抗震设计的作用及其要点[J].中国标准化,2021(12):23-24.
- [3]刘旭.建筑工程在抗震设计中的探索[J].建材与装饰,2021(12):132-133.
- [4]康泽龙.建筑工程抗震设计的作用及其要点[J].科技创新与应用,2021(09):130-131.