

土木工程抗震结构设计思考

汪宇航

温州信达交通工程试验检测有限公司 浙江 温州 325000

摘要：地震作为自然灾害，其强大的破坏力对人类社会构成了严重威胁；土木工程抗震设计作为减轻地震灾害影响的重要手段，其重要性不言而喻。本文旨在系统介绍土木工程抗震设计的基本原则、主要内容及关键技术，为相关从业人员提供全面的参考和指导。通过合理的抗震设计，我们可以有效提升建筑物的抗震能力，确保其在地震中的安全稳定，从而保障人们的生命和财产安全。

关键词：土木工程；抗震；结构设计；思考

引言：抗震设计以安全性、经济性和适用性为核心原则，旨在确保建筑物在地震中的稳定与安全。本文详细介绍了场地选择与设计、结构选型与布置、构件设计与连接、隔震与减震设计等抗震设计的主要内容，并深入探讨了基础隔震技术、消能减震技术、结构控制技术和新型结构体系等关键技术。这些技术和方法的应用，能够显著提升建筑物的抗震性能，保障人们的生命财产安全。

1 土木工程抗震设计的基本原则

1.1 安全性原则

土木工程抗震设计的首要且核心原则是确保建筑物的安全性，地震作为一种突发性的自然灾害，其强大的破坏力往往对人们的生命财产安全构成严重威胁。

(1) 安全性原则要求抗震设计必须充分考虑地震力的作用；地震时，地面会产生强烈的震动，这种震动会以波的形式传播到建筑物上，对建筑物的结构产生巨大的冲击^[1]。(2) 为了抵御这种冲击，抗震设计需要采取合理的结构形式和构造措施；例如，通过增强结构的刚度、延性和耗能能力，使建筑物在地震中能够保持稳定，避免倒塌或严重损坏。(3) 安全性原则还强调抗震设计的全面性和系统性；这意味着在抗震设计中，不仅要考虑建筑物本身的结构安全，还要关注与之相关的各个方面，如地基处理、基础设计、上部结构布置、构件连接等；只有全面考虑，才能确保建筑物在地震中的整体安全性。

1.2 经济性原则

在土木工程抗震设计中，经济性原则与安全性原则相辅相成，共同构成了设计的基础。安全性固然是设计的首要目标，但合理的经济投入也是确保这一目标得以实现的关键。(1) 经济性原则首先体现在设计过程中的选择。结构形式、材料和施工方法的选择不仅影响建筑

物的抗震性能，更直接关系到建造成本；设计师需综合考量各种因素，如材料的成本、施工难度及工期等，选择性价比最优的方案。这既满足了抗震要求，又控制了建设成本，实现了经济效益的最大化。(2) 经济性原则还着重考虑了建筑物的可修复性。地震过后，建筑物的损坏往往难以避免；在抗震设计中，应预先考虑如何降低修复难度和成本。通过采用易于更换的构件、标准化的连接方式等设计手段，可以确保建筑物在地震后能够迅速且经济地恢复使用，从而大大减少因震后重建而产生的额外费用和时间成本。

1.3 适用性原则

在土木工程抗震设计中，适用性原则至关重要，它要求设计必须充分考虑建筑物的具体使用功能和环境特点；不同的建筑物，如住宅、商业设施和公共设施，各自承载着独特的功能和需求，这些差异对抗震设计提出了不同的要求。(1) 对于住宅建筑，适用性原则强调居住安全性和舒适度，设计时应确保结构在地震中保持稳定，同时考虑居民在震后的生活需求，如水电供应、通讯畅通等，以减轻地震对居民生活的影响。(2) 商业建筑则更注重商业运营的稳定性和连续性，抗震设计需考虑如何在地震后迅速恢复商业活动，减少经济损失，包括保护关键设备、确保疏散通道畅通等。(3) 公共设施如医院、学校等，其抗震设计需特别关注应急疏散和救援的便利性，设计应确保在地震发生时，人员能够迅速安全地疏散，同时便于救援队伍展开救援工作。

2 土木工程抗震设计的主要内容

2.1 场地选择与设计

场地选择是抗震设计的首要步骤，也是决定建筑物抗震性能的基础，地震时，地面的运动特性会直接影响建筑物的稳定性；因此，在选择建筑场地时，必须充分考虑地质条件、地形地貌、地震活动性以及地下水位等

多个因素：（1）地质条件方面，应选择土质坚硬、均匀且无明显地质缺陷的场地，避免选择软弱土层、滑坡地带或泥石流易发区。地形地貌上，应避免陡峭的山坡、河岸边缘等易受地震影响的地带，地震活动性则是评估场地地震风险的关键指标，应选择地震活动相对较弱或地震烈度较低的地区。（2）在场地设计中，除了选择有利的场地外，还应采取一系列措施来减少地震对建筑物的影响。例如，设置防震缝可以隔离相邻建筑物之间的地震作用，减少因相邻建筑物相互碰撞而产生的破坏；设置隔离层则可以将建筑物与地基之间的地震作用隔离，降低地震对建筑物基础的破坏。

2.2 结构选型与布置

结构选型与布置是抗震设计的核心环节，合理的结构形式和布置方式能够显著提高建筑物的抗震能力，确保建筑物在地震中保持稳定。（1）在结构选型上，应根据建筑物的功能、高度、跨度以及地震烈度等因素，选择适当的结构体系；框架结构、剪力墙结构、筒体结构等是常见的抗震结构体系。框架结构具有较大的灵活性和延性，适用于多层和高层建筑；剪力墙结构则通过设置剪力墙来承担地震作用，适用于高层和超高层建筑；筒体结构则通过筒体来承担大部分地震作用，适用于超高层建筑和特殊结构^[2]。（2）在结构布置上，应遵循对称、均匀、规则的原则；对称布置可以确保建筑物在地震中受力均匀，减少因受力不均而产生的破坏；均匀布置则可以避免结构出现薄弱部位或应力集中现象，提高结构的整体抗震性能；规则布置则有利于地震作用的传递和消耗，降低地震对建筑物的破坏。

2.3 构件设计与连接

在抗震设计的精细考量中，构件的设计与连接扮演着至关重要的角色，它们如同建筑物的骨骼与关节，直接关乎整体结构的稳固与抗震效能。每个构件，不论是承重梁、支撑柱还是剪力墙，都需精心设计，以确保在地震发生时能有效传递并分散地震力，从而保护建筑物免受严重损害。构件的截面尺寸与配筋率是决定其抗震能力的两大核心要素；设计时，需依据地震作用下的力学特性，精确计算并确定构件的截面大小，确保其具备足够的承载力来抵御地震产生的巨大压力。此外，材料的选择同样至关重要，采用高强度、高韧性的建筑材料，如优质钢筋与高性能混凝土，能够显著提升构件的抗震性能；这些材料在地震的强烈冲击下，仍能保持其优良的力学性能，为建筑物提供坚实可靠的支撑，有效抵御地震的破坏力。通过综合考虑构件设计、配筋优化以及材料选用，我们可以确保建筑物在地震中保持稳

定，为人们的生命财产安全提供有力保障。

2.4 隔震与减震设计

隔震与减震设计是提高建筑物抗震性能的有效手段，它们通过不同的方式减少地震对建筑物的影响，从而保护建筑物的安全和稳定。隔震设计的主要思想是在建筑物基础与上部结构之间设置一层隔震层。这层隔震层可以像一道屏障一样，将地震能量隔离在隔震层以下，从而减少上部结构受到的地震作用。隔震层的设计需要考虑到建筑物的具体情况和地震特性，以确保其能够有效地隔离地震能量，橡胶隔震支座和滑动隔震支座是两种常见的隔震层形式。橡胶隔震支座利用橡胶的弹性变形来吸收和分散地震能量，从而减小上部结构的震动；而滑动隔震支座则通过允许结构在地震时发生一定的水平滑动来消耗地震能量。在选择隔震层形式时，应根据建筑物的结构类型、地震烈度以及施工条件等因素进行综合考虑，减震设计则是通过在上部结构中设置减震装置来消耗地震能量，从而减轻地震对建筑物的影响。减震装置可以采用阻尼器、耗能器等形式；阻尼器通过增加结构的阻尼来减缓震动速度，降低地震反应；而耗能器则通过吸收和分散地震能量来减少建筑物的震动幅度。

3 土木工程抗震设计的关键技术

3.1 基础隔震技术

基础隔震技术作为抗震设计的重要组成部分，其核心思想在于将建筑物基础与上部结构之间设置一层隔震层，以此隔离地震能量，减少其对上部结构的直接冲击。隔震层的设计通常采用橡胶隔震支座、滑动支座等高效隔震装置，这些装置不仅具有良好的隔震性能，还能确保长期使用的耐久性。橡胶隔震支座以其卓越的弹性恢复力和稳定的隔震效果而广受青睐，在地震发生时，橡胶支座能够吸收并分散地震能量，有效减小上部结构的震动幅度。而滑动支座则通过允许结构在地震时发生一定程度的水平滑动，进一步消耗地震能量，降低地震对建筑物的破坏力。基础隔震技术因其显著的抗震效果，适用于各种类型的建筑物，尤其是高层建筑和大跨度结构；在这些建筑中，由于结构自重较大、地震作用显著，采用基础隔震技术能够大幅提升建筑物的抗震性能，确保其在地震中的安全稳定。

3.2 消能减震技术

消能减震技术作为一种先进的抗震策略，通过在建筑物中巧妙设置消能器，有效减轻地震对建筑物的冲击与破坏，这一技术的关键在于消能器的设计与应用，其中，金属屈服耗能器与粘弹性阻尼器是两种主流的消能

装置^[3]。金属屈服耗能器巧妙利用了金属材料的塑性变形能力，在地震发生时；通过金属材料的屈服变形产生强大的阻尼力，有效吸收并消耗地震能量，其结构简单、成本经济且维护方便，因此在多种建筑类型的抗震设计中得到广泛应用。而粘弹性阻尼器则通过粘弹性材料的特殊性质，将地震能量转化为热能进行耗散，不仅具有卓越的消能效果，还能优化结构的动力响应，进一步提升建筑物的抗震性能。消能减震技术尤其适用于高层建筑、重要公共建筑等对抗震性能要求极高的建筑类型；通过科学合理地布置消能器，可以显著降低地震对建筑物的潜在威胁，有效保护人们的生命财产安全，为现代建筑抗震设计提供了有力支撑。

3.3 结构控制技术

结构控制技术是一种先进的抗震设计方法，它通过对结构进行主动或被动的控制，调整结构的动力特性，从而减小地震对结构的影响，这一技术包括主动控制技术和被动控制技术两种类型。（1）主动控制技术通常采用主动质量阻尼器、主动支撑等装置，通过外部能源输入，对结构进行实时控制，这些装置能够根据地震作用的大小和方向，主动调整结构的动力响应，从而减小地震对建筑物的破坏力。（2）被动控制技术则利用结构的自身特性，如刚度、阻尼等，对结构进行被动调整，这种技术不需要外部能源输入，通过合理设计结构的形状、尺寸和材料等因素，使结构在地震作用下具有更好的抗震性能。结构控制技术适用于各种类型的建筑物，特别是高层建筑和复杂结构；在这些建筑中，通过采用结构控制技术，可以实现对结构动力特性的精确控制，提高建筑物的抗震能力。

3.4 新型结构体系

随着科技的进步与建筑技术的革新，一系列新型结构体系应运而生，极大地丰富了抗震设计的选择空间。钢框架-支撑结构便是其中的佼佼者，它通过精心设计的

钢框架与支撑系统，构建出既稳固又灵活的结构体系，这一体系在地震发生时，能够凭借其出色的整体性和稳定性，有效抵御地震力的冲击，确保建筑物的安然无恙^[4]。预应力混凝土结构则另辟蹊径，通过预应力技术的应用，显著提升了混凝土的力学性能，这种结构不仅具有卓越的抗压能力，还能有效抵抗裂缝的产生，从而在地震中展现出更强的抗震韧性。而钢-混凝土组合结构，更是将钢材与混凝土两种材料的优势巧妙融合，形成了既轻便又坚固的抗震结构，这种结构体系不仅施工便捷、成本可控，更在抗震性能上表现出色，成为现代建筑抗震设计的优选方案。这些新型结构体系不仅满足了现代建筑对于美学、实用性和耐久性的高标准要求，更在抗震领域展现出了强大的生命力，为守护人们的生命财产安全提供了坚实可靠的保障。

结语：综上所述，土木工程抗震设计是一个复杂而系统的工程，它涉及到多个方面和关键技术。通过遵循安全性、经济性和适用性的基本原则，结合场地选择与设计、结构选型与布置、构件设计与连接、隔震与减震设计等主要内容，以及运用基础隔震技术、消能减震技术、结构控制技术和新型结构体系等关键技术，我们可以有效提升建筑物的抗震性能。这不仅是对人们生命财产安全的负责，更是对社会发展与进步的贡献。

参考文献

- [1]张科.土木工程结构设计的抗震设计分析[J].建设科技,2023,(16):74-76.
- [2]李嘉顺.加强土木工程结构设计安全性的探讨[J].工程建设与设计,2022,(24):20-22.
- [3]刘旭楠.土木工程结构设计与地基加固技术分析[J].工程技术研究,2022,7(20):167-169.
- [4]赵金帅,温修春.“地震工程学”课程改革与实践探析[J].安徽建筑,2022,29(03):109-110.