

# 土木建筑工程抗震设计与应用

张 峰

太原市建筑设计研究院 山西 太原 030024

**摘 要：**本文围绕土木建筑工程抗震设计展开论述。先是阐述抗震设计基本原理，涵盖地震作用特点、理论依据及设防目标设定等。接着介绍主要设计方法，包括结构选型与布置、构造措施以及隔震与消能减震技术等内容，并分析各方法要点。随后探讨新型抗震技术应用及原理，如隔震、消能减震、智能抗震技术等。同时指出当前抗震设计面临新材料性能不确定、复杂场地处理难、既有建筑加固改造困境等挑战，也点明智能化技术、高性能材料等发展趋势，以及加强科研、完善体系、协同创新等应对策略。

**关键词：**土木建筑工程；抗震设计；应用

## 引言

地震灾害对土木建筑工程的破坏力不容小觑，保障建筑具备良好抗震性能至关重要。在此背景下，土木建筑工程抗震设计成为研究重点。其涵盖多方面内容，从基本原理中地震动三要素对建筑结构的影响，到常用的反应谱、时程分析等理论依据，再到依据建筑功能、场地条件设定的设防目标，构成了设计基础。同时，抗震设计有着多样的主要方法，以及不断涌现的新型抗震技术。然而，当前该领域面临新材料性能难确定、复杂场地处理棘手、既有建筑加固改造困难等诸多挑战。基于此，探讨其发展趋势与应对策略意义重大。

## 1 土木建筑工程抗震设计的基本原理

地震作为一种极具破坏力的自然现象，其产生的地震作用有着独特的特点，而这些特点对建筑结构的影响深远。其中，地震动的三要素，即幅值、频谱、持时，扮演着关键角色。幅值代表着地震动的强弱程度，幅值越大，建筑结构所承受的地震力也就越大，可能致使结构构件承受超出其极限承载能力的荷载，从而出现破坏甚至倒塌的情况。频谱反映了地震动的频率成分，不同的建筑结构有着各自的自振频率，当地震动的频谱与结构自振频率接近时，就容易引发共振现象，使得结构的振动响应被急剧放大，对结构安全构成严重威胁。持时则关乎地震作用持续的时间长短，较长的持时会让结构在反复的地震力作用下不断累积损伤，削弱结构的整体稳定性。在抗震设计方面，有着坚实的理论依据来支撑。反应谱理论是常用的一种，它通过大量的地震记录分析，将不同周期、阻尼比的单质点体系在地震作用下的最大反应值进行统计并绘制成谱曲线。设计师依据此理论，结合建筑结构的自振周期等参数，就能大致确定结构在地震时的加速度、位移等地震响应情况，进而指

导构件的设计尺寸和配筋等工作。时程分析方法则是更为精细化的手段，选取符合场地特征的实际地震波或人工模拟地震波，输入到结构的计算模型中，模拟结构在地震全过程中的真实反应，精确分析结构各时刻的内力、变形等响应，为复杂结构或重要建筑的抗震设计提供可靠依据。此外，要根据不同的建筑功能、场地条件等来设定合理的抗震设防目标<sup>[1]</sup>。例如，医院、学校这类人员密集且地震后需尽快恢复功能的公共建筑，其抗震设防目标往往要更高，需保证在大震下结构不倒且关键功能能维持一定水平。而对于处在不同场地类别（如坚硬场地、软弱场地等）的建筑，考虑场地土对地震波的放大或滤波作用，也要针对性地调整设防标准，为后续具体的抗震设计工作筑牢根基。

## 2 抗震设计的主要方法

### 2.1 结构选型与布置

不同结构体系在抗震性能上各有优劣。框架结构具有空间布置灵活的优势，能较好地满足多样化的使用功能需求，但侧向刚度相对较小，在地震作用下水平位移较大。剪力墙结构侧向刚度大，抗震性能佳，能有效抵抗水平地震力，不过其空间灵活性欠佳。框架-剪力墙结构则结合了两者的优点，既保证了一定的空间灵活性，又具备较强的抗震能力。筒体结构适用于超高层建筑，整体稳定性和抗震性能都很突出。在选择结构体系时，需综合考虑建筑高度与使用功能。比如，多层公建、商业或配套可选用框架结构；高层住宅为兼顾空间与抗震，多采用剪力墙结构，必要时在连廊或受荷大的位置加设框架柱；同时，结构平面和竖向要遵循规则性布置原则。平面上，应尽量使质量、刚度分布均匀，避免出现凹凸不规则等情况，竖向则要避免楼层刚度突变，如此才能均匀传递地震力，防止应力集中，保障建筑抗震安全。

## 2.2 抗震构造措施

在土木建筑工程抗震设计中, 各类构件有着严格的抗震构造要求。以梁为例, 需合理设置箍筋加密区, 在梁端等受力关键部位通过加密箍筋, 能有效约束混凝土, 提高其抗压能力, 防止在地震作用下混凝土过早被压碎, 增强梁的延性。对于柱而言, 纵筋的锚固与连接方式至关重要。采用可靠的锚固长度以及合适的连接工艺, 可保证纵筋在地震反复作用下仍能稳定地传递拉力与压力, 让柱在受力过程中更好地维持整体稳定性, 利于结构产生合理的塑性变形<sup>[2]</sup>。墙体方面, 配置边缘构件可显著提升墙体的抗震性能。边缘构件能约束墙体端部的混凝土, 使其在地震时不会因应力过大而突然崩坏, 增加墙体的耗能能力, 使得结构在遭遇地震时能够通过构件的塑性变形来消耗地震能量, 改变破坏模式, 避免脆性破坏, 从而保障整个建筑结构的抗震安全性。

## 2.3 隔震与消能减震技术

隔震技术中, 橡胶隔震支座是常用的一种, 其工作原理是利用橡胶的弹性变形来延长结构的自振周期, 使结构的自振周期远离地震动的卓越周期, 从而减小地震作用传递到上部结构的能量。适用于重要建筑、医院、学校等对抗震要求较高的场所。安装时要确保支座水平放置、定位准确等, 设计要依据建筑重量、地震参数等合理选型。摩擦隔震装置则通过摩擦耗能来减小地震影响, 多应用在中小跨度建筑。消能减震装置里, 黏滞阻尼器依靠黏滞流体在活塞运动时产生的阻尼力耗能, 金属屈服阻尼器靠金属材料屈服变形耗能。它们能有效耗散地震能量, 增强结构抗震性能, 减少结构响应。与传统抗震设计相比, 隔震与消能减震技术优势在于能更主动地控制地震影响、提升抗震效果, 但也存在成本较高、维护相对复杂等局限性。

## 3 新型抗震技术在土木建筑工程中的应用

### 3.1 隔震技术

隔震技术的核心原理在于巧妙运用隔震支座, 在土木建筑结构的基础与上部结构之间构建起一道“减震防线”, 以此改变结构整体的动力特性, 达到理想的抗震效果。以橡胶隔震支座为例, 它通常由多层橡胶和钢板相互交替叠合硫化而成。在地震发生时, 地震波携带的能量传递至建筑基础, 由于橡胶材料本身具有良好的弹性和较大的竖向承载能力, 能够在水平方向上产生较大的变形。这种变形过程就如同一个缓冲器, 可有效吸收和耗散地震能量, 避免其直接向上部结构传递。同时, 橡胶隔震支座能够显著延长结构的自振周期, 使结构的自振周期与地震波的卓越周期拉开差距, 根据共振原

理, 这样就能极大地降低结构的地震反应, 减少结构在地震作用下所承受的加速度、位移等响应, 进而保障上部结构在地震期间的安全性和稳定性。而滑移隔震支座则是依靠相对滑移来实现减震。其在地震作用下, 允许上部结构相对于基础产生一定的水平滑动, 通过滑动摩擦来消耗地震能量, 同样起到延长结构周期、避开地震卓越周期的作用, 使得传递到上部结构的地震力大幅减小。总之, 隔震技术通过这些隔震支座的独特作用机制, 为土木建筑工程在抵御地震灾害方面提供了极为有效的解决方案。

### 3.2 消能减震技术

(1) 黏滞阻尼器, 黏滞阻尼器主要是利用黏滞流体在活塞运动时产生的阻尼力来耗能。其内部填充有黏滞流体, 当结构因地震作用发生振动, 活塞在缸体中往复运动时, 黏滞流体受到挤压和剪切, 会产生与运动速度相关的阻力, 将结构振动的机械能转化为热能散发出去, 以此消耗地震输入到结构中的能量, 减少结构的反应。在耗能特性方面, 它所提供的阻尼力与速度成正比, 能有效控制结构在不同振动频率下的反应。在结构布置上, 常安装在结构的层间, 比如在框架结构的梁柱节点附近, 或者在高层结构的避难层等关键部位, 通过合理设置其数量和参数, 来提升结构整体的抗震性能。

(2) 金属屈服阻尼器, 金属屈服阻尼器依靠金属材料在受力达到屈服强度后发生塑性变形来耗能。像常用的软钢阻尼器, 当地震力作用时, 软钢部分会率先屈服进入塑性阶段, 通过反复的塑性变形吸收并耗散大量能量, 而且在地震结束后, 其还能在一定程度上恢复部分性能。耗能特性表现为在屈服阶段能稳定地消耗能量。在结构中, 一般布置在结构的剪力较大区域, 如框架结构的跨中位置或者剪力墙的边缘等, 多与主体结构协同工作, 分担地震作用下的剪力, 增强结构的耗能和抗震能力。(3) 摩擦阻尼器, 摩擦阻尼器则是利用构件之间的相对摩擦来耗能。在正常状态下, 阻尼器的摩擦面紧密贴合, 地震时, 结构的相对位移使摩擦面产生相对滑动, 摩擦力做功将机械能转化为热能消耗掉。其耗能大小取决于摩擦面的摩擦系数以及正压力等因素。在布置时, 常设置在结构容易产生相对位移的部位, 像框架结构的节点处或者结构的伸缩缝附近等, 以此控制结构的位移, 减少地震危害。通过实际工程案例展示消能减震技术如何有效提高建筑结构的抗震能力, 探讨其与传统抗震设计方法结合使用的优势和应用要点。

### 3.3 智能抗震技术

(1) 应用原理, 智能材料在土木建筑抗震领域有着

独特的应用原理。例如形状记忆合金，它具备形状记忆效应和超弹性特性。在常温下发生变形后，一旦受热就能恢复到原始形状，在建筑结构中，当地震导致其变形时，之后可基于温度变化等条件自动复原，实现结构的自修复功能。同时，其超弹性可让结构在地震作用下产生较大变形而不发生破坏，起到耗能减震作用，赋予结构自适应能力。压电材料则能实现机械能和电能的相互转换，在结构受地震力产生应变时，会产生相应的电信号，借此可实时感知结构受力、变形情况，实现结构的自感知功能。智能控制系统则是通过在建筑关键部位布置各类传感器，如加速度传感器、位移传感器等，实时收集结构的振动、位移等数据，传输至控制中心进行分析。然后依据分析结果，利用液压装置、主动质量阻尼器等设备，对结构施加反向作用力，调节结构的刚度、阻尼等参数，实时优化结构的抗震性能。（2）发展前景、技术难题与限制因素，智能抗震技术前景广阔，有望打造出更加智能、安全的建筑，极大提升抗震减灾能力。然而目前也面临诸多挑战，在技术方面，智能材料的耐久性、稳定性有待提升，复杂环境下信号传输和精确控制难度较大。从推广应用来看，其成本高昂，无论是智能材料本身，还是系统的安装、维护都需要大量资金投入，并且相关技术人才匮乏，限制了该技术在土木工程中的大规模普及应用<sup>[3]</sup>。

#### 4 土木工程抗震设计面临的挑战与发展趋势

##### 4.1 面临的挑战

在土木工程抗震设计中，诸多难题逐渐凸显。新材料的应用虽带来创新可能，但因其性能不确定性，像部分新型复合材料在长期受力及不同环境下的表现难以精准把控，给抗震设计的可靠性带来影响。复杂场地条件更是棘手，软土地基易导致建筑沉降不均，液化地基在地震时会丧失承载力，极大增加了抗震设计难度，稍有不慎就会削弱建筑抗震性能。既有建筑的抗震加固改造面临技术与经济的双重困境，既要确保改造后能有效抵御地震，又要控制成本，难度颇高。

##### 4.2 发展趋势

未来，抗震设计领域有着诸多积极的发展方向。智

能化抗震设计技术有望大放异彩，借助人工智能与大数据，能精准预测地震响应，优化设计方案，提升抗震效率。高性能抗震材料的研发与推广会为结构提供更强有力的保障。基于性能的抗震设计理念将进一步深化拓展，更贴合实际需求。多学科交叉融合也会让抗震设计更具科学性与有效性，全方位提升土木建筑工程的抗震水平<sup>[4]</sup>。

##### 4.3 应对策略

针对上述情况，需加强科研投入，集中攻克新材料、复杂场地等相关抗震设计难题，减少不确定性。完善既有建筑抗震加固的规范与技术体系，保障改造质量。鼓励高校、科研机构与企业协同合作，汇聚各方优势开展抗震设计创新研究，使抗震设计能与时俱进，更好地应对各类挑战。

##### 结束语

综上所述，土木建筑工程抗震设计是关乎建筑安全与社会稳定的关键环节。从基本原理出发，我们了解到地震作用特点及相应设计理论依据，不同抗震设计方法各有要点与优势，而新型抗震技术更是拓展了抗震的思路与手段。然而，当下抗震设计面临新材料性能难把控、复杂场地处理棘手、既有建筑加固改造两难等诸多挑战。但值得期待的是，随着智能化技术、高性能材料研发等发展趋势的推进，以及通过加强科研、完善体系、协同创新等应对策略的落实，相信未来土木建筑工程抗震设计将不断突破困境，让建筑在地震灾害面前具备更强的抵御能力，切实保障人们的生命与财产安全。

##### 参考文献

- [1]曹亮.建筑设计中的隔震减震措施浅析[J].中国住宅设施,2021(8):33-34.
- [2]宋海燕.谈抗震设计在房屋建筑设计中的应用[J].山西建筑,2020,039(027):38-39.
- [3]李金果,李伟建.抗震设计在房屋建筑设计中的应用研究[J].四川水泥,2020,000(012):35-35.
- [4]唐翠华,唐彬耀.泸定移民建筑设计中结构体系与建筑功能的适应性探究[J].水电站设计,2021(02):82-84.