

土建结构工程项目中抗震加固技术措施的应用

陈 晨 任志刚

北京科远智恒鉴定检测技术有限公司 北京 100055

摘 要：地震作为地质灾害，严重威胁着人们的生活。众所周知，我国位于太平洋和欧亚大陆的地震带之间，这是一个地震非常活跃的地区。随着社会经济水平的不断提高，城市建筑的高度和规模都有了很大的提高，如果土建建筑的抗震设计不合理，一旦发生地震，将严重危及居民的生命。目前，土建建筑高度重视结构抗震设计，并采取积极有效的措施来改善建筑结构的抗震设计。

关键词：土建结构；工程项目；抗震加固技术措施；应用

建筑业中最严重的自然灾害是地震，据国家统计局，地震灾害对建筑物造成的人为损害尤为明显。中国许多大地震表明，建筑物的抗震能力是减少地震中人员和财产损失的主要因素，因此建筑物的设计必须考虑到地震问题。随着我国经济的快速发展，我国城镇化进程加快，城市中的建筑物数量不断增加，城市中的一些旧建筑物仍在被人们使用。

1 土建结构工程抗震加固技术概述

土建结构工程抗震加固技术是通过既有建筑进行结构性能提升，使其满足现行抗震设防标准的关键措施。

1.1 技术定义与核心价值。抗震加固技术是对现有建筑或构筑物采取结构改造、材料增强、体系优化等手段，使其满足当前抗震设防要求的技术措施，核心目标是提升结构的承载力、延性、整体稳定性及抗震耗能能力，减少地震作用下的破坏风险。

1.2 核心目标。性能提升：改善结构抗震薄弱环节（如节点连接不足、承载力不足等），增强抗倒塌能力。规范适配：解决旧建筑与现行抗震标准（如《建筑抗震设计规范》）的差距问题。功能适应：应对建筑用途变更（如厂房改学校）或材料老化（混凝土碳化、钢筋锈蚀）带来的抗震需求提升。

2 抗震加固的核心目的

2.1 提升建筑抗震能力。通过强化结构构件（如梁、柱、墙体）的抗剪、抗弯及抗压性能，改善建筑在地震作用下的整体稳定性，降低倒塌风险。例如，采用消能减震技术可有效消耗地震能量，通过消能器将动能转化为热能消散，显著提升结构变形能力。

2.2 满足现行抗震规范要求。随着抗震设防标准的更新，既有建筑需通过加固达到现行规范要求的抗震设防烈度，确保遭遇设计地震时结构安全。例如，老旧建筑因原设计未考虑当前抗震标准，需通过增设圈梁、构造

柱或隔震装置实现合规改造。

2.3 修复既有损伤与缺陷。针对施工质量问题（如混凝土振捣不密实、钢筋锚固不足）或环境侵蚀（如化学腐蚀、氯离子渗透）导致的构件强度退化，通过置换混凝土、碳纤维加固等技术恢复其承载能力。加固设计需结合抗震鉴定结果，定位裂缝及薄弱环节后针对性处理。

2.4 延长建筑使用寿命与降低灾害损失。抗震加固在提高结构耐久性的同时，减少地震导致的人员伤亡及财产损失。例如，加固后的建筑可避免因结构破坏引发的次生灾害（如坍塌、管线破裂），保障震后功能延续性。此外，合规加固可延长建筑使用年限，避免因结构失效导致的提前拆除重建。实施要点，需基于抗震鉴定结果（如结构体系合理性分析、承载力验算）制定加固方案，确保技术措施与目标匹配^[1]。

3 抗震加固在土建结构工程中的重要性

3.1 安全保障的核心作用。降低倒塌风险，通过强化构件抗剪、抗弯性能及优化结构体系，显著提升建筑整体抗震能力，减少地震中结构倒塌概率，避免大规模人员伤亡。例如，对未设防或设防不足的既有建筑进行加固，可使其承载力提升30%-50%。控制次生灾害，加固后的建筑能有效减少地震引发的墙体开裂、管线破裂等次生灾害，保障震后基础功能持续运行。历史建筑通过低干预加固技术（如扁钢加固）还可保留原貌，兼具安全与文化价值。

3.2 法规合规与标准适配。满足现行抗震规范，我国2000年前建成的436.5亿平方米存量建筑中，约60%未达现行抗震设防标准。加固工程通过增设抗震墙、隔震支座等措施，使老旧建筑符合《建筑抗震设计规范》要求，规避法律风险。重点区域强制应用，高烈度区及地震重点监视区的公共建筑强制采用隔震减震技术，确保震后快速恢复使用功能。

3.3 经济性与可持续性价值。延长建筑寿命,通过修复裂缝、置换劣化材料等技术,可延长建筑使用寿命20-30年,减少拆除重建成本。例如,碳纤维加固技术以轻量化特性避免空间占用,适用于既有建筑改造。资源节约与环保,加固工程的能耗和污染仅为拆除重建的10%-20%,符合绿色建筑理念。北京等地对农宅改造提供补贴,推动低成本抗震升级。

3.4 推动技术发展与社会效益。技术创新驱动,减隔震技术的成熟应用(如消能器、隔震支座)推动行业技术迭代,提升复杂结构抗震设计水平。模块化加固体系(如预制组件拼接)进一步缩短工期40%以上。社会稳定性提升,加固工程通过保障居民住房安全,增强公众对建筑抗震性能的信任,间接促进社区和谐与城市韧性建设。抗震加固不仅是土建工程的安全底线,更是实现建筑全生命周期价值、推动可持续发展的重要技术手段^[2]。

4 土建结构工程项目中抗震加固技术措施的应用

4.1 墙体抗震加固措施。(1)传统加固技术,钢筋网砂浆面层加固,适用于砌体或混凝土墙体,通过在墙体单侧或双侧涂抹25-40mm厚钢筋网砂浆面层(水泥砂浆+Φ4-6钢筋网),提升抗剪承载力并改善整体性。底层外侧加固时需将面层延伸至地面以下500mm以提高耐久性。钢筋混凝土板墙加固,针对承载力严重不足的墙体,采用现浇或喷射混凝土板墙(厚度 $\geq 60\text{mm}$)进行单/双侧加固,需自下而上连续布置并设置独立基础³⁵。板墙基础埋深与原墙一致,底层外侧板墙地面以下部分适当加厚。增设抗震墙,对横墙间距过大或抗震能力不足的房屋,优先选用与原结构同材料的抗震墙(砌体墙厚度 $\geq 190\text{mm}$,混凝土墙厚度 $\geq 140\text{mm}$),并确保新旧墙体通过拉结钢筋连接。(2)新型加固技术,模块化加固体系,采用预制模块套件与预埋钢筋拼接技术,通过无损检测定位薄弱区域后植入防腐钢筋,填充混凝土固定模块,实现墙体整体稳定性和抗震性能提升。粘钢加固法,针对混凝土墙体配筋不足问题,根据抗剪或抗弯需求粘贴横向/竖向扁钢,抗剪不足时仅设横向扁钢,抗弯不足时设竖向扁钢。碳纤维布加固,适用于墙体局部开裂或承载力不足,通过粘贴碳纤维布增强抗拉性能,具有轻量化、耐腐蚀、施工便捷等优势。(3)特殊墙体处理,承重墙开洞加固,对需开洞的承重墙,采用型钢框架或混凝土边框加固洞口周边,通过预埋锚栓或焊接确保新增构件与原墙协同受力。砖木结构加固,采用扁钢-扒钉组合加固历史建筑砖墙,通过振动台试验验证其平面外抗倒塌能力,实现低干预加固^[3]。(4)抗震结构优化,增设圈梁与构造柱,在墙体顶部或楼层标

高处增设钢筋混凝土圈梁,结合构造柱形成约束体系,提升砌体结构整体性。拉结钢筋增强,在砖墙与梁柱连接处增设拉结钢筋(一端锚入灰缝,另一端通过环氧树脂或膨胀螺栓固定),改善节点抗震性能。实施要点,加固前需通过抗震鉴定明确薄弱环节,针对性选择技术方案。高烈度区公共建筑优先采用隔震技术,老旧小区改造需符合《建设工程抗震管理条例》强制要求。质量控制需关注材料防腐、节点连接及信息化追溯管理(如隔震支座全周期记录)。

4.2 混凝土柱抗震加固措施。(1)传统加固技术,外包混凝土加固法,通过增大柱截面尺寸并配置新增钢筋,提升抗压、抗弯及抗剪承载力。施工时需对原柱表面凿毛处理,植入剪力筋并绑扎外围钢筋笼,浇筑高强度细石混凝土形成组合截面。例如,某仓库中柱加固后抗压承载力提升87.5%。外包型钢加固法,在柱四角或两侧包裹型钢(如角钢、钢板),通过焊接缀板形成整体受力体系。干式加固时钢架与原柱按刚度分配荷载,湿式加固采用结构胶粘结,适用于快速提升抗震性能的场景。置换混凝土加固法,针对受压区混凝土强度不足或存在缺陷的柱体,局部置换为高强度混凝土。施工需先支撑原结构,置换深度不小于60mm,新旧混凝土界面需满足协同受力要求。(2)新型加固技术,碳纤维布加固,通过环向粘贴碳纤维布增强柱的延性和抗剪能力,尤其适用于轴压比超限或存在裂缝的柱体。具有轻质、耐腐蚀、施工便捷等优势。预应力撑杆加固法,采用外加预应力型钢撑杆对偏心受压柱进行加固,可大幅提高承载力并减少变形。适用于需快速恢复结构功能的工业厂房改造。组合加固技术,结合外包钢与碳纤维布复合加固,例如型钢增强柱体刚度,碳纤维布限制混凝土开裂,形成多道抗震防线^[4]。(3)抗震加固要点,界面处理与节点连接,新旧混凝土界面需凿毛并植入剪力筋,外包型钢节点需焊接或化学锚栓锚固。碳纤维布端部设置U形箍或压条锚固,避免剥离破坏。构造措施优化,箍筋加密区间距调整为100mm,增强柱核心区约束。新增纵向钢筋需可靠锚入基础或相邻构件,确保荷载传递连续性。检测与施工控制,加固前需通过质量检测(如裂缝宽度、垂直度偏差)明确损伤类型。施工中需实时监测原结构应力状态,避免二次损伤。实施规范与政策要求,加固设计需符合《既有建筑鉴定与加固通用规范》(GB55021-2021),优先采用隔震技术满足高烈度区抗震设防要求。老旧工业厂房改造中,超长框架柱可采用分段加固并增设防震缝,优化加固后结构体系。混凝土柱抗震加固需结合承载力需求、损伤程度及施工条件,

综合选用传统与新型技术,注重构造协同性和全周期质量控制。

4.3 其他结构抗震加固技术。(1)砖木结构加固,扁钢-扒钉组合加固,针对历史建筑砖木结构,采用扁钢和扒钉对穿斗木构架与砖墙连接薄弱处进行加固,通过振动台试验验证其平面外抗倒塌能力,实现低干预加固目标。扁钢嵌入墙体灰缝并与扒钉锚固,增强墙体平面外稳定性。木质构件腐朽处采用防腐木材替换或环氧树脂填充修复^[5]。木构架节点强化,对木柱与梁连接节点增设斜撑或钢夹板,修复榫卯松动部位,提升木构架整体变形能力。(2)钢结构加固,外包型钢加固法,在钢柱或钢梁外围包裹型钢,通过焊接缀板形成组合截面,增强承载力与抗屈曲性能。钢构件锈蚀区域需先进行喷砂除锈处理,再涂覆防腐涂层。增设加劲肋,对薄壁钢构件(如H型钢梁腹板)焊接纵向或横向加劲肋,防止局部失稳和剪切破坏。(3)预制板结构加固,楼板连接增强,预制板接缝处采用钢筋搭接或碳纤维布封闭,浇筑细石混凝土形成整体受力体系,避免地震时板间错动。楼板加厚技术,在预制板表面增加40-60mm厚钢筋混凝土层,配置双向钢筋网并与原结构植筋连接,提升抗弯刚度。(4)附属结构加固,烟囱与水箱间加固,对出屋顶烟囱或水箱间增设竖向钢拉杆或钢筋混凝土边框,约束其侧向位移,防止地震时倾覆。楼梯间抗震优化,楼梯间墙体采用钢筋网砂浆面层加固,梯梁与梯柱节点通过粘钢或碳纤维布补强,形成逃生通道的安全冗余。(5)减隔震技术应用,阻尼器安装,在钢结构或大跨度空间结构中增设黏滞阻尼器、金属屈服阻尼器,耗散地震能量,减少主体结构损伤。隔震支座升级,对重要公共建筑基础层设置叠层橡胶隔震支座,降低地震作用传递效

率,实现“地动房不动”效果^[6]。(6)模块化加固技术,预制套件拼接,采用标准化预制钢构件或碳纤维模块,通过无损检测定位薄弱区域后植入锚栓固定,缩短工期40%以上。实施要点,加固前需结合《建设工程抗震管理条例》要求进行抗震性能鉴定,明确薄弱环节。高烈度区优先采用减隔震技术,历史建筑加固需兼顾保护原貌与性能提升。施工中需监测原有结构应力变化,避免加固过程引发二次损伤。加固技术选择需综合考虑结构类型、损伤程度及抗震设防目标,遵循“最小干预、最大效益”原则。

综上所述,如果抗震加固技术能够在土建结构工程当中得以充分应用,必须有效提升建筑工程的稳定性和安全性,在对这一项技术措施加以一定程度地应用的基础上,通常而言能够从根本上满足现代化土建工程项目的实际需求,进而有效提升土建施工企业的社会价值。

参考文献

- [1]杨琴.大型综合医院建筑钢筋混凝土框架结构抗震加固技术研究[J].消防界:电子版,2022(3):66,73.
- [2]邓茂.公路装配式梁桥抗震性能评估与加固方法研究[D].昆明理工大学,2022.
- [3]李林.成都市某商业建筑增层后抗震性能分析和加固优化设计[D].成都理工大学,2019.
- [4]韩琴.抗震加固技术在土建结构工程项目中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),201722(14):221.
- [5]田超良.土建工程结构设计中的桩基设计与抗震设计问题[J].住宅与房地产,2022(9):111.
- [6]许雨.土建结构设计中的桩基设计与抗震设计[J].农村经济与科技,2022(4):61~62.