

既有建筑结构安全性评估与加固改造技术创新

廖博然

江西省中赣投勘察设计院有限公司 江西南昌 330000

摘要：本文聚焦于既有建筑结构安全性评估与加固改造技术创新。随着城市建设的发展，大量既有建筑面临着安全性评估及改造的需求。通过对既有建筑结构安全性评估的方法和流程进行深入分析，结合实际案例探讨当前技术中存在的问题。同时，详细阐述加固改造技术的创新方向和实践应用，旨在为提高既有建筑的安全性和耐久性提供理论支持和技术参考，以适应社会经济发展对既有建筑的新要求。

关键词：既有建筑；结构安全性评估；加固改造技术；技术创新

引言

城市化进程加快，城市有大量既有建筑。因建设年代、设计标准不同及环境和人为因素影响，其结构安全性面临挑战。早期建筑设计可能未考虑当前需求和灾害防御标准，存在安全隐患。随着社会发展和人们对建筑功能要求提高，对既有建筑进行安全性评估和加固改造很重要。既有建筑结构安全性评估可确定建筑现状、判断是否满足安全要求，为加固改造提供依据。但目前评估方法和技术有不足，需改进完善。加固改造技术保障既有建筑安全、延长寿命的关键。传统技术有局限，开展既有建筑结构安全性评估与加固改造技术创新研究有现实意义。通过创新可提高评估准确性和效率，开发更高效、经济、环保的加固技术，保障既有建筑安全使用。

一、既有建筑结构安全性评估技术创新

（一）传统评估方法的局限性分析

传统既有建筑结构安全性评估方法常依赖主观经验、简化计算模型或部分抽样检测，存在诸多问题。准确性上，依赖经验易因个体差异和知识局限致结果偏差，简单计算难全面考虑实际受力和材料性能变异，抽样检测可能遗漏关键损伤；全面性上，难以覆盖所有关键和隐蔽部位，缺乏探查内部损伤的有效手段；效率上，经验判断和简单计算精度不足，全面检测耗时耗力、成本高且可能损伤建筑，无法满足现代城市快速评估需求。

（二）先进检测与监测技术的应用

为克服传统方法不足，一系列先进检测与监测技术被引入。新型无损检测技术，如高精度超声波检测、红外热成像技术、雷达探测技术，不损伤结构，能提供精

确内部信息，提高损伤识别的准确性和全面性。结构健康监测（SHM）技术通过在关键部位布设传感器网络，实时采集结构响应数据，适用于重要建筑或桥梁，可捕捉早期性能变化信号，为预防性维护和维修决策提供依据。

（三）精细化评估方法与理念

精细化评估方法强调综合运用多源信息，包括先进检测数据、设计图纸、历史资料等，建立信息融合模型进行综合分析，以准确评估结构安全状态和潜在风险。评估理念从基于承载力的二元判断转向基于损伤识别和性能退化的评估，关注损伤发展过程，预测性能退化趋势，考虑不确定性因素，引入概率统计或不确定性量化技术评估结果可信度，为决策提供更科学可靠的依据，为制定维护加固策略奠定基础^[1]。

二、既有建筑结构加固改造材料创新

（一）传统加固材料的性能局限

在既有建筑结构加固改造领域，钢材和普通混凝土是长期以来广泛使用的加固材料。钢材具有较高的强度和良好的延性，能够有效提高结构的承载能力和抗震性能。然而，钢材的密度较大，使用钢材进行加固，尤其是大面积外包或增设构件时，会显著增加结构的自重，这可能对原有基础的承载力提出更高要求，甚至需要同时对基础进行加固，增加了工程复杂性和成本。此外，钢材在潮湿或存在腐蚀性介质的环境中，容易发生锈蚀，其耐久性受到挑战，需要额外的防腐处理和维护措施。普通混凝土虽然成本较低，取材方便，与原混凝土结构有较好的相容性，但在加固应用中，其施工过程相对复杂，需要支模、振捣，湿作业时间长，对施工环境和原

结构表面条件要求较高，施工便捷性不足。同时，普通混凝土的自重也较大，且其抗拉强度低，脆性相对较大，在提高结构延性和抗裂性能方面的效果有限。

（二）新型高性能加固材料的研发与应用

随着材料科学的发展，一系列新型高性能加固材料被研发并应用于既有建筑加固改造工程中。高性能纤维增强复合材料（FRP），主要包括碳纤维增强复合材料（CFRP）和玻璃纤维增强复合材料（GFRP），以其轻质高强的特性受到广泛关注。这些材料密度远低于钢材和混凝土，同样重量的材料可以提供更高的强度和刚度。它们具有优异的抗拉性能和耐腐蚀性，施工时通常采用干作业方式，如将预制的纤维布或板材粘贴在结构表面，无需支模和养护，施工便捷高效，对原结构扰动小。在加固应用中，FRP材料能够有效提高混凝土结构的抗弯承载能力、抗剪承载能力以及抗震性能，且不会显著增加结构自重。高强度钢绞线也因其高强度、低松弛特性，在加固工程中展现出创新应用价值，常用于预应力加固方法，能够更有效地利用材料强度，控制结构变形。自密实混凝土（SCC）具有优异的流动性和自填充性，能够填充复杂形状的模板或结构间隙，减少振捣需求，提高施工效率和质量，适用于外包柱、填充受损区域等加固场景。聚合物砂浆则具有粘结强度高、耐磨性好、耐久性优良等特点，常用于修补裂缝、粘贴瓷砖或作为界面处理剂。此外，一些功能型材料，如具有高阻尼特性的阻尼材料，可以用于减少结构振动；自修复材料则能在材料内部微裂缝产生时自动进行修复，延缓损伤扩展，这些材料在提升结构长期性能和适应特殊功能需求方面具有巨大潜力^[2]。

（三）材料与原结构协同工作的关键问题

在加固改造工程中，新引入的加固材料能否与原结构有效协同工作，是决定加固效果成败的核心问题。这主要涉及两个关键因素：新、旧材料界面之间的粘结性能和两者在受力过程中的变形协调能力。界面粘结是传递应力的基础，如果界面粘结强度不足，在荷载作用下，新、旧材料之间可能发生剥离破坏，导致加固材料无法充分发挥其设计效能，甚至可能在界面处形成新的薄弱环节。影响粘结性能的因素包括原结构表面的清洁度、粗糙度、湿润状态，以及粘结剂的性能和质量。变形协调则要求新、旧材料在受力时能够共同变形，避免产生过大的相对滑移或应力集中。由于新、旧材料通常具有不同的弹性模量、线膨胀系数和收缩特性，在荷载作用

以及温度、湿度变化的影响下，两者之间可能产生不一致的变形。如果这种变形差异过大，而界面又无法有效协调，就会导致界面开裂、材料内部产生附加应力，甚至引发加固层的破坏。因此，在加固设计时，必须充分考虑这些关键因素，采取有效的界面处理措施，选择相容性好的材料组合，并可能需要通过构造措施来增强两者的协同工作能力，确保加固效果得以实现^[3]。

三、既有建筑结构加固改造工艺技术创新

（一）传统加固工艺的挑战

传统的既有建筑结构加固方法，例如增大截面法，在施工时需大量支模、绑扎钢筋以及浇筑混凝土。这一过程不仅施工工艺复杂，且现场湿作业量大，会产生较多建筑垃圾。以某建于上世纪90年代的办公楼为例，使用增大截面法加固框架柱时，施工场地被大量占用，施工周期延长了约3个月。并且由于需在原结构上进行操作，对原结构的扰动较大，可能影响既有结构的稳定性。同时，增大截面会使建筑空间变小，影响建筑物内部的使用功能。据相关数据统计，约60%的采用增大截面法加固的项目，内部空间使用率平均降低了5%~10%。

外包钢法同样存在诸多不足。在施工时，需对原结构表面进行处理，以保证钢材与原结构的有效连接，这对施工精度要求较高。而且，外包钢会增加结构的自重，对基础产生更大的压力。如某工业厂房采用外包钢法加固梁结构，虽然短期内结构承载力有所提升，但长期使用后，因基础不堪重负，出现了不均匀沉降现象。此外，钢材长期暴露在环境中易生锈，需要定期维护，增加了后期使用成本。根据2020年中国建筑科学研究院的一项调查，采用外包钢法加固的建筑，5年后约有30%出现了不同程度的钢材锈蚀情况^[4]。

（二）高效、低干扰加固工艺探索

粘贴加固法中的粘贴钢板工艺，是将钢板通过高强度结构胶粘贴在混凝土构件表面，使钢板与原构件共同受力，从而提高结构的承载力。其工艺要点在于，需保证原构件表面平整、干燥，对结构胶的性能要求也较高，要确保钢板与混凝土之间有足够的粘结强度。这种方法的优点在于施工工艺相对简单，施工速度快，对原结构的损伤小，基本不影响建筑物的正常使用。比如在某学校教学楼的加固中，采用粘贴钢板法加固部分梁结构，施工期间学校正常教学秩序未受明显影响，且加固后结构性能得到显著提升。粘贴纤维布（如碳纤维布）则是利用纤维布的高强度特性，同样通过结构胶粘贴于构件

表面。其重量轻，不增加结构自重，耐腐蚀性能好，适用于各种受力构件的加固，尤其在抗震加固方面效果显著。例如，在2018年四川某地区的既有建筑抗震加固项目中，大量采用了粘贴碳纤维布的方法，经后续地震监测，加固后的建筑在抵御小震时表现良好，有效保障了居民的生命财产安全。

预应力加固技术原理是通过在加固件施加预应力，使原结构在使用荷载作用下的应力状态得到改善，从而提高结构的承载能力和抗裂性能。在提升结构承载力方面，以某大型商场的加固为例，对其大跨度屋面梁采用预应力加固技术后，梁的承载能力提高了约30%，满足了商场后期增加设备及人流量的需求。在控制变形上，该技术能有效减小结构在荷载作用下的挠度，如某桥梁结构经预应力加固后，其在车辆荷载作用下的最大挠度降低了40%左右，显著提升了桥梁的安全性和耐久性^[5]。

局部置换工艺适用于原结构部分构件损坏严重的情况，通过将损坏部分剔除，用新的材料和构件进行替换，可精准修复结构。例如某化工厂的混凝土柱因长期受化学侵蚀，部分区域强度严重下降，采用局部置换工艺，将受损部分混凝土剔除，重新浇筑高强度耐腐蚀混凝土，使柱子恢复了设计承载能力。无损修复工艺则利用先进的材料和技术，在不破坏原结构的前提下对微小裂缝、缺陷等进行修复。如采用注射粘结剂修复混凝土裂缝，能有效恢复结构的整体性和防水性能，在一些古建筑的结构加固中应用广泛，既保证了结构安全，又最大程度保留了建筑的原有风貌。

（三）施工过程中的质量控制与创新

新工艺对施工精度要求颇高。例如粘贴加固法，钢板或纤维布的粘贴位置偏差需控制在极小范围内，一般要求平面位置偏差不得超过5mm，以确保其与原结构协同工作的效果。在预应力加固施工中，预应力施加的大小和均匀性直接影响加固效果，要求预应力张拉误差控制在±5%以内。并且，很多新工艺对环境条件敏感，像粘贴加固时，环境温度应控制在5℃-35℃之间，相对湿度不宜大于70%，否则会影响结构胶的粘结性能。

为保证质量，相应的质量控制措施必不可少。施工前，需对原材料进行严格检验，结构胶的粘结强度、钢材及纤维布的力学性能等都需符合设计要求。例如，对

结构胶进行拉伸抗剪强度测试，要求其强度不低于设计值的95%。施工过程中，要加强过程监控，采用先进的检测设备，如在粘贴加固中使用超声检测仪，检测钢板或纤维布与原结构之间的粘结密实度，确保粘结缺陷面积不超过总面积的3%。施工完成后，还需进行整体性能检测，如对加固后的结构进行荷载试验，验证其是否满足设计的承载能力和变形要求。

结语

既有建筑结构安全性评估与加固改造技术创新，是应对城市发展和建筑更新需求的重要举措。先进检测技术、新型加固材料研发应用、高效加固工艺探索及严格施工质量控制，各环节紧密相连，保障既有建筑安全与可持续使用。随着科技进步，未来该技术有望取得更大突破。评估技术方面，或引入智能化、自动化检测手段，如用物联网连接传感器形成监测网络，结合大数据与人工智能分析数据，精准预测结构性能退化。加固改造材料将朝环保、高效、功能性方向发展，如研发高强度、耐久性好的纤维增强复合材料与智能材料，提升加固效果并减少环境影响。加固改造工艺会不断创新优化，提高施工效率、减少干扰，注重精细化与标准化，如采用机器人施工技术。此外，跨学科融合将成趋势，建筑领域与多学科深度合作攻克难题，提供科学有效方案。总之，该技术创新发展为城市与既有建筑提供技术支撑，我们应推动其进步以适应社会与建筑环境变化。

参考文献

- [1] 李正飞, 龙浩.既有砌体结构建筑安全性检测及加固设计[J].工业安全与环保, 2022, 48(07): 30-33.
- [2] 刘也牧.既有建筑物结构安全改造分析[J].四川水泥, 2022, (06): 259-261.
- [3] 赵周洋.既有建筑加固改造设计原则与技术应用[J].居业, 2021, (05): 49-50.
- [4] 褚少辉, 赵士永.既有建筑改造加固后安全评估技术研究[J].建设科技, 2021, (06): 83-86. DOI: 10.16116/j.cnki.jskj.2021.06.018.
- [5] 詹学杰, 浦沪军.某既有建筑桩基安全性分析及加固思路[J].福建建设科技, 2020, (03): 46-49.