

# 山东省科学技术奖励提名公示

## 一、项目名称

建筑结构复杂改造与安全韧性提升关键技术及应用

## 二、提名者

李杰，中国科学院院士，同济大学教授

## 三、提名等级

2025 年度山东省科学技术进步奖一等奖

## 四、提名意见

该项目围绕既有建筑复杂改造与安全韧性提升关键技术，历时 10 余年，提出了新型托换结构与设计方法，研发了托换顶升相关设备，形成了结构整体顶升、长距离拖车迁移保护成套技术；发展了框架-摇摆墙结构，揭示了其加固框架的抗震性能提升机理，提出了附加耗能腹板框架结构抗震加固方法，研发了屈曲约束支撑与黏滞阻尼器组合减震技术，形成了基于减隔震的加固技术体系；发明了耐高温改性磷酸镁无机胶，提出了其粘贴 CFRP 加固混凝土结构计算方法，揭示了改性活性粉末混凝土加固砌体墙抗剪机理；建立了外保温系统服役寿命评估模型，发明了无压力注胶与粘锚结合加固外保温系统的方法。获发明专利 20 余项，发表高水平论文 50 余篇，近两年经济效益 1.5 亿元。

## 五、主要完成人

张鑫，闫凯，夏风敏，吕西林，潘鹏，赵考重，岳庆霞，王琴，崔士起，张维汇，蒋世林，窦霆，贾留东，刘巧玲，王继国

## 六、主要完成单位

山东建筑大学，山东建筑大学工程鉴定加固研究院有限公司，同济大学，清华大学，山东省建筑科学研究院有限公司，山东省建筑设计研究院有限公司，同圆设计集团股份有限公司，山东永正产业技术研究院有限公司，山东建固特种专业工程有限公司

## 七、项目简介：

本项目属土木建筑技术领域。随着我国城市化进程的加快，建筑业从增量扩张转向存量优化，既有建筑面临功能提升与韧性增强的重大技术需求，同时，既有建筑改

造已从单一结构加固向“功能-性能-韧性”协同提升的综合改造转变，亟需突破传统加固改造技术瓶颈。

本项目在国家重点研发、国家自然科学基金及重要工程研究等项目支持下，历时十余年，针对结构整体托换、抗震韧性提升、加固用新材料及围护结构安全的关键科学技术问题，通过系统研究，揭示了新型托换结构受力机理和加固后新旧结构协同机理，提出了基于体系的既有建筑抗震加固设计方法，发明了粘贴碳纤维布用改性磷酸镁无机胶，提出了高层建筑围护结构服役寿命评估方法，形成了建筑结构复杂改造与安全韧性提升技术体系，主要科技创新如下：

1、针对承重结构截断的复杂改造难题，提出了新型预应力与设置界面钢筋托换节点，发明了工具式组装钢托换结构，揭示了界面承载机理，建立了托换结构设计方法；发明了电动螺旋跟随千斤顶与多点同步控制液压顶升系统，形成了结构整体顶升与既有结构隔振成套技术，首创国内复杂建筑长距离拖车迁移保护关键技术，研发了健康监测与安全控制系统。

2、针对既有结构抗震韧性提升关键问题，构建了增设摇摆墙加固框架的技术体系，提出了附加耗能腹板的框架结构韧性提升新方法，研发了屈曲约束支撑与黏滞阻尼器组合减震技术，揭示了增设耗能构(部)件与既有框架的协同抗震机理，建立了框架结构内力优化与抗震耗能双目标加固方法。

3、发明了粘贴碳纤维布加固用磷酸镁无机胶，揭示了其粘结性与耐高温复配改性机理，提出了磷酸镁无机胶粘贴碳纤维布加固混凝土结构的计算方法；研发了砌体加固用改性活性粉末混凝土，揭示了其加固砌体墙抗剪性能提升机理。

4、针对高层建筑围护结构高空坠落问题，揭示了结构、环境、荷载关键因素作用下饰面层长期性能演化规律及失效机理，建立了外墙外保温系统锚栓连接服役寿命评估模型，发明了无压力注胶与粘锚结合加固方法，形成了高层建筑围护结构安全与韧性提升关键技术。

本项目技术已在山东、海南、陕西和湖南等地推广应用，完成单体最大建筑面积拖车迁移、国内首例摇摆墙加固框架等标志性工程，并成功应用于西安碑林石碑珍贵文物迁移隔震保护、济南修女楼百年文物建筑拖车迁移保护等工程。获发明专利 20 余项，发表高水平论文 50 余篇，近两年经济效益 1.5 亿元。本项目成果为城市更新中既有建筑功能提升提供了技术支持，解决了优秀历史建筑保护与拆除之间的矛盾，促进了城市可持续发展与文化传承。

## 八、主要知识产权和标准规范

(1) 中国专利, ZL 2020 1 0472495.3, 一种混凝土圆柱托换用组装式钢托换装置及其应用, 贾留东, 李名倬, 王恒, 谭天乐

(2) 中国专利, ZL 2015 1 0501396.2, 一种利用拼装拖车对建筑物进行整体移位的方法, 贾强, 张鑫, 贾留东, 夏风敏

(3) 中国专利, ZL 2020 1 0472481.1, 电动螺旋跟随千斤顶及其控制方法, 贾留东, 孟科, 李安起

(4) 地方标准, DB37/T 5246-2023 (备案号 J 17007-2023), 建筑消能减震与隔震技术规程, 张鑫, 范夕森, 夏风敏, 张玉明(女), 周广强, 闫凯, 王琴, 岳庆霞, 赵考重, 李莹, 张维汇, 李当生, 陈亮, 蒋世林, 徐承强, 于明武, 闵建新, 张玉明, 王中民, 崔士起, 孙永志, 王健, 张琳, 程始信, 张玉峰

(5) 中国专利, ZL 2012 1 0552661.6, 具有滑动支座的建筑物移位和隔震就位方法, 张鑫, 贾强, 范夕森

(6) 中国专利, ZL 2019 1 1113223.8, 一种建筑物顶升后钢管柱与隔震支座的连接装置及方法, 夏风敏, 谭天乐, 张鑫, 贾留东, 王继国

(7) 中国专利, ZL 2024 1 1155574.6, 一种碳纤维布加固建筑结构用磷酸镁无机胶及其制备方法, 闫凯, 刘星宇, 任鹏飞, 宋渊博, 张倩, 李尧

(8) 中国专利, ZL 2019 1 1168002.0, 一种提高建筑物砌体抗震性能的方法, 贾强, 张鑫, 贾留东, 闫凯

(9) 中国专利, ZL 2019 1 0885651.6, 一种多孔砖砌体墙外保温系统锚固装置及施工方法, 闫凯, 林鑫, 赵考重, 张玉晓

(10) 中国专利, ZL2021 1 1165648.0, 一种加固既有建筑物外墙保温层的方法, 韩志国, 赵考重, 李安起, 孔祥菲, 贾强