

陕西省科学技术进步奖公示信息

(2025年度)

一、项目基本情况

项目名称	既有钢筋混凝土结构抗震性能评估与提升关键技术及应用
主要完成人	牛荻涛，于峰，王友德，邢国华，魏超琪，李安邦，徐善华，胡晓鹏，赵珺，连晖，孙彬，加武荣，董振平，曾珂，常召群
主要完成单位	西安建筑科技大学，陕西省建筑科学研究院有限公司，安徽工业大学，长安大学，中铁二十局集团有限公司，中国建筑科学研究院有限公司，西安建筑科大工程技术有限公司，中国建材检验认证集团厦门宏业有限公司

二、提名意见（适用于单位提名）

提 名 者	陕西省土木建筑学会	提名等级	■一等奖 □二等奖 □三等奖
提名意见： 既有钢筋混凝土结构在其长期服役过程中遭受环境与地震作用双重威胁，只有考虑耐久性损伤进行既有混凝土结构抗震分析与评估才能真正达到减轻地震灾害目的。该项目在国家重点研发计划课题、国家自然科学基金等 8 项国家级项目和 5 项省部级项目支持下，历经 20 余年，以耐久性损伤钢筋混凝土结构抗震性能“退化-评估-提升”为主线，围绕既有钢筋混凝土结构耐久性损伤识别与材料动力行为、损伤构件-结构抗震性能退化模型与评估方法、抗震性能提升技术与设计方法开展了系统研究，形成了既有钢筋混凝土结构抗震性能评估方法与提升技术体系。 项目授权发明专利 35 项，发表论文 189 篇，其中 SCI 检索 43 篇，EI 检索 97 篇，被国内外文献引用 4584 次，出版学术专著 2 部；主编地方标准 3 部，参编国家标准 3 部、协会标准 1 部。项目成果成功应用于大型公共建筑、工业建（构）筑物、桥梁工程等混凝土结构的抗震鉴定与加固设计，推动了土木工程相关领域的技术进步，取得了显著的经济效益和社会效益。项目成果总体达到国际先进水平，考虑耐久性影响的既有钢筋混凝土结构抗震性能评估方法、高强铝合金嵌入式加固混凝土结构抗震性能提升技术达到国际领先水平，获陕西省土木建筑科技进步奖特等奖。 该项目创新性强，成果系统，内容丰富，实用性强，有广阔的应用前景和推广价值。提名材料齐全、规范，经完成单位公示，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省科学技术奖提名条件。 提名该项目为陕西省科学技术进步奖一等奖。			

三、项目简介

1.项目的背景与意义

我国基础设施建设规模巨大,既有建筑面积超过 1200 亿平方米,其中钢筋混凝土结构占 70% 以上。我国地域辽阔,环境复杂多样,钢筋混凝土结构“南锈北冻、东盐西蚀”,耐久性问题的突出,严重威胁基础设施服役安全,并造成巨大经济损失,约占 GDP 的 2%~4%。混凝土结构长期服役过程中,混凝土腐蚀和钢筋锈蚀引起材料-构件-结构力学行为改变,造成既有钢筋混凝土结构承载能力和抗震能力严重退化。而我国是世界上地震灾害最严重的国家之一,抗震设防烈度Ⅶ度及以上地区约占国土面积 58%。因此,为保障地震区既有钢筋混凝土结构服役安全,科学评估与提升既有结构抗震性能具有重要的科学意义和工程价值,也是可持续发展和“城市更新”国家战略的重大需求。

2.项目总体思路与创新成果

长期以来,工程界更多关注新建结构安全性与适用性,而对既有钢筋混凝土结构耐久性问题关注不足。传统地震工程学科主要以新建结构地震破坏机理与抗震设计理论为核心,逐步构建起较为完善的抗震设计理论与方法体系。然而,遭遇地震的结构大多已服役多年,普遍存在不同程度的耐久性损伤,只有考虑耐久性损伤进行抗震性能分析与评估,才更符合实际,才更科学合理。

项目组从 2001 年开始,历经 20 余年,在国家重点研发计划课题、国家自然科学基金项目等 8 项国家级项目和 5 项省部级项目支持下,以耐久性损伤钢筋混凝土结构抗震性能“退化-评估-提升”为主线,采用理论分析、试验研究、数值模拟等方法,系统研究了耐久性损伤钢筋混凝土结构“材料-构件-结构”动力行为、抗震性能评估方法与提升技术。取得以下主要创新成果:

(1) 明晰了耐久性损伤钢筋混凝土材料动力行为。研发了基于机器视觉的混凝土结构表面损伤快速识别方法,提出了融合超声波法和自然电位法的混凝土损伤与钢筋锈蚀精细化检测技术,构建了既有钢筋混凝土结构耐久性损伤检测成套技术;揭示了碳化和冻融损伤混凝土与锈蚀钢筋力学性能退化规律,建立了损伤混凝土与锈蚀钢筋动力本构模型,明晰了碳化和冻融损伤混凝土与锈蚀钢筋黏结性能劣化机理,建立了损伤混凝土与锈蚀钢筋黏结-滑移动力本构模型,为既有钢筋混凝土结构抗震性能评估奠定理论基础。

(2) 提出了既有混凝土结构抗震性能评估方法。揭示了耐久性损伤混凝土“构件-结构”地震破坏机理与抗震性能演变规律,提出了损伤构件时变恢复力模型与损伤结构抗震性能高效分析模型;提出了既有结构评估用地震作用取值方法,建立了基于地震动功率谱密度函数、改进时变 ARMA 模型和随机反应谱的评估用随机地震动模型,提出了既有钢筋混凝土结构抗震性能评估的能力谱方法、区间可靠度方法和概率地震易损性方法,解决了既有钢筋混凝土结构抗震性能评估的技术难题。

(3) 创建了既有钢筋混凝土结构抗震性能提升技术体系。发明了高强铝合金嵌入式加固损伤混凝土构件新技术，揭示了加固损伤构件的抗震性能提升机制，并提出了其抗震加固设计方法；发明了损伤混凝土构件抗震性能与耐久性协同增强的 PVC-FRP 管、高性能灌浆料加固技术，阐明了工业腐蚀环境、氯盐和冻融环境下加固构件的耐久性提升效果；研发了高性能灌浆料-屈曲约束支撑加固损伤混凝土结构成套技术，实现了从构件到结构的抗震性能与耐久性协同增强，满足了既有钢筋混凝土结构抗震性能与耐久性提升的急需。

项目成果授权发明专利 35 项，发表论文 189 篇，其中 SCI 检索 43 篇，EI 检索 97 篇，被引用 4584 次；出版学术专著 2 部；主编地方标准 3 部，参编国家标准 3 部、协会标准 1 部。项目成果构建了我国既有混凝土结构抗震性能评估与提升理论、方法与技术体系，完善了混凝土结构耐久性领域的标准体系，满足了既有结构抗震性能评定与提升的急需。

3.社会效益

项目主编《房屋安全检测与鉴定技术规程》(DB 6101/3058)和《屈曲约束支撑应用技术规程》(DB 61/T 5014)等 3 部地方标准，研究成果纳入国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》(GB 50144)、《民用建筑可靠性鉴定标准》(GB 50292)和《混凝土结构耐久性设计标准》(GB/T 50476)、协会标准《盐渍土环境耐腐蚀混凝土应用技术规程》(CECS 607)等多部标准规范，完善了我国混凝土结构耐久性诊治领域的标准体系，推动了行业技术进步。

项目成果成功应用于我国东南沿海、西北、东北和西南地区的大型公共建筑、工业建（构）筑物、桥梁工程等 200 余项混凝土工程，应用效果显著。应用项目成果对攀钢炼钢主厂房、金堆城钼业主厂房、渭河重化工尿素造粒塔、西安丝路国际会议中心等大型民用与工业建筑进行抗震鉴定与加固，显著提升了损伤混凝土结构的抗震性能，有效延长了结构服役寿命。项目成果还应用于青荣城际铁路北珠岩跨绕城高速特大桥、哈齐高速铁路肇东特大桥、杨梅渡大桥等重大桥梁工程抗震鉴定，提出了科学合理的运维与加固方案，保障了重要基础设施的长期安全运营。

以项目成员为核心的“工程结构耐久性与全寿命”研究团队获教育部“长江学者和创新团队发展计划”创新团队(2013 年)、陕西省“三秦学者”创新团队(2017 年)、陕西高校青年创新团队(2019 年)。培养国家级人才 2 人次、省部级人才 4 人次、博士后 4 名、博士研究生 10 名、硕士研究生 70 余名，同时为国家培养了数百名专业技术人才，为我国土木工程人才队伍建设做出了重要贡献。

四、客观评价

1.科技成果评价意见

2024 年 5 月，由陕西省土木建筑学会组织，以岳清瑞院士为主任委员、杜修力院士和曾滨院士为副主任委员的评价委员会对项目组完成的“既有钢筋混凝土结构抗震性能评估与提升关键技术及应用”成果进行了评价，认为“项目成果总体达到国际先进水平，考虑耐久性影响的既有钢筋混凝土结构抗震性能评估方法、高强铝合金嵌入式加固混凝土结构抗震性能提升技术达到国际领先水平”。

2019 年 7 月，由中国冶金建设协会组织，以周绪红院士为主任、肖绪文院士为副主任的评价委员会，对项目组完成的“十三五”国家重点研发计划课题“既有工业建筑混凝土结构耐久性评估及修复技术研究”进行评价，认为“该课题成果整体达到国际先进水平”。

2.已获科技奖励

项目组完成的“既有钢筋混凝土结构抗震性能评估与提升关键技术及应用”于 2024 年获陕西省土木建筑科技进步奖特等奖。

3.成果查新结论

陕西省科学技术情报研究院对“既有钢筋混凝土结构抗震性能评估与提升关键技术及应用”项目成果进行科技查新，结论为“国内外均未见明确述及该查新项目技术特点的文献报道”。

4.应用评价

建研院检测中心有限公司、陕西省建筑科学研究院有限公司、西安建筑科大工程技术有限公司等应用项目成果，完成了天津液化天然气项目三期工程、国营四达机械 14 号厂房、攀钢集团炼钢厂房等六十余项工业建（构）筑物抗震鉴定与加固，应用效果良好，认为“有效延长结构使用寿命 5~15 年”，“对工业建筑服役性能提升与寿命延长具有重要价值”。

中铁北京工程局集团第一工程有限公司、中铁桥隧技术有限公司、中铁二十局集团有限公司等应用项目成果，完成了阜颖公路 11-12 号桥、杨梅渡大桥、哈齐高速铁路肇东特大桥等三十余项重大桥梁工程抗震性能评估与加固，应用效果良好，认为“保证了大桥顺利运营，经济效益明显”，“可在我国同类桥梁中推广应用，具有重大应用价值”。

中铁北京工程局集团北京有限公司、中国建材检验认证集团厦门宏业有限公司、安徽富煌钢构股份有限公司等应用项目成果，完成了长株潭城际铁路长沙站、厦门港务叶水福物流公司仓库、徽州坊一期骑行中心等百余项民用建筑抗震鉴定与改造，得到广泛认可，认为“提高了结构抗震性能，延长使用寿命”，“助力企业拓展业务范围，提升市场竞争力”。

5.行业协会与同行评价

中国工程建设标准化协会冶金分会对项目评价：项目成果为我国既有钢筋混凝土结构检测评估及抗震性能提升领域创建了系统性的技术体系，促进了行业技术水平的提升，为我国工业建筑结构安全诊治做出了重要贡献。

美国混凝土协会中国分会主席、澳门科技大学李宗津教授对项目评价：项目在土木工程领域是一项值得称赞和有影响力的工作，其宝贵见解和实用解决方案为提高既有钢筋混凝土结构抗震性能做出了坚实贡献。

国务院学位委员会土木工程学科评议组成员、同济大学原副校长顾祥林教授对项目评价：项目研究方法具有前瞻性，提出的耐久性损伤钢筋混凝土结构抗震性能评估方法及加固关键技术不仅科学合理，而且极具实用性。

俄罗斯工程院外籍院士、国家高层次人才、国家杰青李宏男教授认为：项目成果具有显著的技术先进性、创新性以及突出的工程应用价值，其核心技术达到了国际领先水平。

国家高层次人才、国家杰青吴波教授认为：项目研究为我国工程结构抗震设计、加固改造、性能提升及安全管理提供了重要理论支撑和实践指导。

国家高层次人才、国家杰青徐赵东教授认为：项目研究对保障既有钢筋混凝土结构的安全性、耐久性、节省维修与重建费用、节约资源和维持社会经济可持续发展具有重要意义。

6.同行学术性评价

在耐久性损伤混凝土结构抗震性能基础理论方面，发表论文 72 篇，被引用 2055 次。日本工程院院士 UEDA Tamon 认为项目成果“冻融损伤混凝土与钢筋黏结-滑移动力本构”明晰了冻融损伤对黏结性能的影响；锈蚀钢筋混凝土柱抗震性能与恢复力模型研究被引用 200 余次，日本无损检测协会主席大下英吉教授认为清晰揭示了锈蚀钢筋混凝土柱抗震性能退化机理。

在耐久性损伤混凝土结构抗震性能评估方法方面，发表论文 51 篇，被引用 1025 次。陈厚群院士、岳清瑞院士等先后在多篇学术论文中引用研究成果“在役结构抗震评估地震作用取值、基于时变 ARMA 序列的随机地震动模型”，并给予高度评价。

在耐久性损伤混凝土结构抗震性能提升技术方面，发表论文 66 篇，被引用 1504 次。高强铝合金嵌入式加固混凝土构件抗震性能研究被日本京都大学谷正则教授正面评价，高强铝合金钢筋嵌入式加固混凝土梁受弯性能研究入选 ESI 高被引论文；PVC-FRP 加固混凝土柱抗震性能研究得到杜修力院士正面评价，认为 PVC-FRP 加固新方法取得了良好应用效果。

五、应用情况

项目成果已成功应用到冶金（三钢、攀钢、陕钢）、化工（陕西渭河重化工、陕西建新煤化）、机械（国营四达机械、西安电力机械厂）、有色（金堆城铝业、山西复晟铝业）、能源（大唐陇东能源、天津液化天然气）等行业的工业建（构）筑物诊治，成功解决了近百处高温、高湿、腐蚀、动载等环境下的既有混凝土结构可靠性性能评定、运维管理及抗震加固问题，有效延长结构使用寿命 5~15 年，为工业建构筑物长寿命安全服役提供了重要保障。

项目成果还广泛应用于各类民用建筑（西安丝路国际会议中心）、铁路（长株潭城际铁路长沙站）、公路（西安绕城高速）、桥梁（杨梅渡大桥、哈齐高速铁路肇东特大桥）、体育设施（徽州坊一期骑行中心、陕西网球中心）等重大工程抗震鉴定与加固设计，显著提升了混凝土冻融损伤、盐蚀、碳化及钢筋锈蚀等耐久性损伤混凝土结构的抗震性能，延长了结构服役寿命。

自 2015 年以来，研究成果累计被 200 余项工程采用，取得了良好的应用效果，保障了我国工业生产、交通运输、文化体育等重要基础设施的安全运营，取得显著经济效益，节约了大量自然资源，经济、社会和环境效益显著。主要应用单位情况如下表。

主要应用单位情况表

序号	单位名称	应用的技术	应用对象及规模	应用起止时间	单位联系人/电话
1	中铁北京工程局集团第一工程有限公司	锈蚀钢筋混凝土结构抗震性能评估与提升技术	阜颖公路 11-12 号桥梁	2016-2018	郑蕾 /029-62625239
		整体应用	渭南中铁颐养中心	2018-2019	
2	中铁北京工程局集团北京有限公司	锈蚀钢筋混凝土结构抗震性能评估技术	长株潭城际铁路长沙站进出站改造	2015-2017	高书艳 /13810285795
3	中铁桥隧技术有限公司	锈蚀钢筋混凝土结构抗震性能评估与提升技术	杨梅渡大桥	2017-2019	耿东升 /15195917364
			秦淮河特大桥		
			西善桥		
4	中铁二十局集团有限公司	锈蚀钢筋混凝土结构抗震性能评估与提升技术	青荣城际铁路北珠岩跨绕城高速特大桥	2021-2024	仲维玲 /13891935876
		冻融损伤混凝土结构抗震性能评估与提升技术	哈齐高速铁路肇东特大桥		
5	建研院检测中心有限公司	既有钢筋混凝土结构抗震性能评估	天津液化天然气项目三期工程等 10 余项工程	2015-2024	毛诗洋 /15652351354
6	西安建筑科大工程技术	整体应用	西安首府住宅楼、西安市人民体育场、山西复晟铝	2017-2019	才昀 /029-82201193

	有限公司		业等 14 项工程		
			原国棉三厂建构筑物、福建三钢运煤转运站、攀钢炼钢主厂房、陕钢建构筑物、金堆城铝业主厂房等 60 余项工程	2017-2024	任飞 /13991853624
			陕西渭河重化工尿素造粒塔	2017-2019	孙建设 /18220858997
			大唐陇东能源刘园子煤矿筒仓	2017-2019	苗元耀 /13572935456
7	中国建材检验认证集团 厦门宏业有限公司	整体应用	厦门港务叶水福物流公司仓库、厦门理工学院教学实验办公楼等 4 项工程	2017-2024	连晖 /13950163289
8	陕西省建筑科学研究院有限公司	整体应用	国营四达机械公司厂房、西安丝路国际会议中心、陕西省网球中心、西安绕城高速谢王互通等 10 余项工程	2019-2024	魏超琪 /13991937270
9	安徽富煌钢构股份有限公司	整体应用	安庆市新能源汽车零部件战略新基地、徽州坊一期骑行中心改造	2019-2024	田朋飞 /15215519286

六、主要知识产权和标准规范等目录（限 10 条）

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家（地区）	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	专著	PVC-FRP 管钢筋混凝土柱基本性能与计算方法	中国	978-7-03-056146-6	2019 年 11 月 1 日	科学出版社	安徽工业大学	于峰;牛荻涛
2	标准	屈曲约束支撑应用技术规程	中国	DB61/T 5014-2021	2021 年 12 月 13 日	陕西省住房和城乡建设厅、陕西省市场监督管理局	陕西省建筑科学研究院有限公司	魏超琪;赵俊贤;韩伟;张鹏;柳明亮;李皓;郝晋升;罗佑新;苗晓瑜;辛力;邢启民;董振平;李德利;贾晨;贾明明;南晓辉;王晓明;贺婷;张航;郭丽娟;贺晶晶;岳焱超;信任;罗冬;卢晓岭;黄艳斌;邵立安;崔延珑;李昕;李爽;郭盈利;迟雪晶
3	发明专利	一种 PVC-FRP 管约束型钢混凝土柱-钢筋混凝土梁 L 型节点	中国	ZL201810893228.6	2020 年 6 月 5 日	3827764	安徽工业大学	于峰;刘杰;武萍;方圆;王士龙;江楠;项国圣
4	论文	基于区间分析的锈蚀钢筋混凝土结构使用寿命预测	中国	2012,33(06):110-115	2012 年 6 月 5 日	建筑结构学报	中国建筑科学研究院	孙彬;牛荻涛;王庆霖
5	发明专利	一种用于粘结滑移性能试验的加载装置及方法	中国	ZL201810574150.1	2024 年 7 月 2 日	7156979	西安建筑科技大学	曾珂;李睿;毛满;邓珍强;卢燕燕;周振海;徐超;岳炜焱
6	发明专利	一种钢筋混凝土墩柱冻融试验装置及方法	中国	ZL202210327197.4	2024 年 8 月 6 日	7261264	西安建筑科技大学	胡晓鹏;仲帅;彭刚;黄鹏琦;董振平;牛荻涛
7	发明专利	一种钢筋混凝土柱的加固结构及加固方法	中国	ZL201810904799.5	2020 年 8 月 11 日	3932994	长安大学	邢国华;常召群;崔鹏;王志萌;王博;吴涛
8	发明专利	一种复层包覆碳纤维加固防火隔热体系及其施工方法	中国	ZL202011119740.9	2022 年 5 月 17 日	5155859	西安建筑科技大学	王友德;徐善华;李安邦
9	发明专利	一种 PVC-FRP 管约束型钢混凝土柱-钢筋混凝土梁 T 型节点	中国	ZL201810893232.2	2020 年 6 月 5 日	3824892	安徽工业大学	于峰;刘杰;方圆;武萍;江楠;项国圣;王士龙
10	论文	在役钢筋混凝土连续刚构桥梁抗震性能评估	中国	2014,27(09):74-81	2014 年 9 月 15 日	中国公路学报	西安建筑科技大学	赵珺;牛荻涛

七、主要完成人情况表

姓 名	牛荻涛	排 名	1
行政职务	无		
技术职称	教授		
工作单位	西安建筑科技大学		
完成单位	西安建筑科技大学		
对本项目技术创造性贡献： 项目总负责，全面负责项目的策划、组织和实施，对创新点 1、2、3 做出了重要贡献，旁证材料见附件。具体贡献如下：（1）提出了既有钢筋混凝土结构抗震性能评估与提升关键技术的总体研究思路；（2）提出了既有钢筋混凝土结构耐久性损伤检测方法；（3）建立了锈蚀钢筋混凝土柱恢复力模型；（4）建立了既有结构评估用随机地震动模型；（5）提出了基于能力谱法的耐久性损伤钢筋混凝土结构抗震性能评估方法；（6）提出了 PVC-FRP 管加固损伤混凝土构件新技术。			

姓 名	于峰	排 名	2
行政职务	院长		
技术职称	教授		
工作单位	安徽工业大学		
完成单位	安徽工业大学		
对本项目技术创造性贡献： 完成人对创新点 3 做出了重要贡献，旁证材料见附件。具体贡献如下：（1）发明了 PVC-FRP 管加固混凝土构件新技术，建立了加固损伤混凝土柱承载力计算方法与恢复力模型；（2）提出了 PVC-FRP 管加固损伤混凝土构件抗震设计方法与构造措施；（3）量化了 PVC-FRP 管加固后混凝土构件的耐久性提升效果；（4）协调完成了项目成果在安庆市新能源汽车零部件战略新基地等项目中的应用。			

姓 名	王友德	排 名	3
行政职务	无		
技术职称	副教授		
工作单位	西安建筑科技大学		
完成单位	西安建筑科技大学		
对本项目技术创造性贡献： 完成人对创新点 1、2、3 做出了重要贡献，旁证材料见附件。具体贡献如下：（1）提出了钢筋锈蚀特征多维表征参数体系；（2）建立了冻融损伤混凝土重复受压动力本构模型；（3）提出了耐久性损伤混凝土抗震性能高效分析模型，揭示了损伤混凝土框架结构抗震性能退化规律；（4）提出了既有混凝土结构碳纤维加固防护一体化性能提升技术。			

姓 名	邢国华	排 名	4
行政职务	院长		
技术职称	教授		
工作单位	长安大学		
完成单位	长安大学		
对本项目技术创造性贡献： 完成人对创新点 3 做出了重要贡献，旁证材料见附件。具体贡献如下：（1）发明了高强铝合金嵌入式加固损伤混凝土构件抗震提升新技术；（2）建立了考虑加固参数的损伤混凝土柱承载力计算方法与恢复力模型；（3）创新了高强铝合金嵌入式加固损伤混凝土构件抗震设计方法。			

姓 名	魏超琪	排 名	5
行政职务	总经理助理		
技术职称	正高级工程师		
工作单位	陕西省建筑科学研究院有限公司		
完成单位	陕西省建筑科学研究院有限公司		
对本项目技术创造性贡献： 完成人对创新点 1、2、3 做出了重要贡献，旁证材料见附件。具体贡献如下：（1）研发了高性能灌浆料-屈曲约束支撑加固损伤混凝土结构新技术，建立了加固损伤结构抗震设计方法和成套施工技术；（2）主编了陕西省地方标准《屈曲约束支撑应用技术规程》（DB 61/T 5014-2021）；（3）作为合作单位技术负责人，协调完成了项目成果在工业与民用建筑中的应用，根据现场实测结果对抗震性能提升技术进行修正与完善。			

姓 名	李安邦	排 名	6
行政职务	院长助理		
技术职称	副教授		
工作单位	西安建筑科技大学		
完成单位	西安建筑科技大学		
对本项目技术创造性贡献： 完成人对创新点 1、2 做出了重要贡献，旁证材料见附件。具体贡献如下：（1）提出了碳化混凝土重复受压动力本构模型；（2）提出了冻融损伤混凝土与钢筋黏结-滑移动力本构模型；（3）提出了碳化混凝土与钢筋黏结-滑移动力本构模型。			

姓 名	徐善华	排 名	7
行政职务	无		
技术职称	教授		
工作单位	西安建筑科技大学		
完成单位	西安建筑科技大学		
对本项目技术创造性贡献： 完成人对创新点 1、2 做出了重要贡献，旁证材料见附件。具体贡献如下：（1）制定了耐久性损伤钢筋混凝土材料、构件动力行为的总体研究思路和技术路线；（2）提出了锈蚀钢筋力学性能随机模型与动力本构模型；（3）提出了损伤混凝土与锈蚀钢筋极限黏结强度计算模型；（4）提出了冻融损伤混凝土柱恢复力模型。			

姓 名	胡晓鹏		8
行政职务	无		
技术职称	教授		
工作单位	西安建筑科技大学		
完成单位	西安建筑科技大学		
对本项目技术创造性贡献： 完成人对创新点 2、3 做出了重要贡献，旁证材料见附件。具体贡献如下：（1）发明了钢筋混凝土柱冻融试验装置及方法；（2）研发了高性能灌浆料围套加固损伤混凝土构件实用技术，提出了加固损伤混凝土构件抗震设计方法；（3）量化了高性能灌浆料围套加固混凝土构件的耐久性提升效果。			

姓 名	赵珺	排 名	9
行政职务	无		
技术职称	副教授		
工作单位	西安建筑科技大学		
完成单位	西安建筑科技大学		
对本项目技术创造性贡献： 完成人对创新点 2 做出了重要贡献，旁证材料见附件。具体贡献如下：（1）建立了评估用平稳与非平稳随机地震动加速度功率谱密度函数，提出了基于随机化反应谱模拟的评估用随机地震动模型；（2）建立了耐久性损伤混凝土结构的随机地震易损性分析模型，提出了基于地震易损性的耐久性损伤钢筋混凝土结构抗震性能评估方法。			

姓 名	连晖	排 名	10
行政职务	部长		
技术职称	高级工程师		
工作单位	中国建材检验认证集团厦门宏业有限公司		
完成单位	中国建材检验认证集团厦门宏业有限公司		
对本项目技术创造性贡献： 完成人对创新点 1、2、3 做出了重要贡献，旁证材料见附件。具体贡献如下：（1）作为合作单位的技术负责人，合作研发了冻融损伤钢筋混凝土结构抗震性能评估方法；（2）协调完成了项目成果在厦门理工学院继续教育学院教学实验办公楼等工程中的应用；（3）负责项目成果在民用建筑中的应用推广。			

姓 名	孙彬	排 名	11
行政职务	院长		
技术职称	研究员		
工作单位	中国建筑科学研究院有限公司		
完成单位	中国建筑科学研究院有限公司		
对本项目技术创造性贡献： 完成人对创新点 2 做出了重要贡献，旁证材料见附件。具体贡献如下：（1）提出了确定在役结构抗震评估用地震烈度的取值标准和方法；（2）提出了基于区间分析法的耐久性损伤钢筋混凝土结构抗震性能评估方法；（3）作为合作单位的技术负责人，协调完成了项目成果在天津液化天然气项目三期工程改造中的应用，并负责项目成果在同类项目中的推广；（4）根据现场实测结果对理论模型进行了修正与完善。			

姓 名	加武荣	排 名	12
行政职务	副总经理		
技术职称	正高级工程师		
工作单位	中铁二十局集团有限公司		
完成单位	中铁二十局集团有限公司		
对本项目技术创造性贡献： 完成人对创新点 1、2、3 做出了重要贡献，旁证材料见附件。具体贡献如下：（1）作为合作单位的技术负责人，合作研发了锈蚀钢筋混凝土结构抗震性能评估方法与加固技术；（2）协调完成了项目成果在哈齐高速铁路肇东特大桥等工程中的应用，并负责项目成果在桥梁工程中推广；（3）根据现场实测结果对评估模型与加固技术进行了修正与完善。			

姓 名	董振平	排 名	13
行政职务	总经理		
技术职称	正高级工程师		
工作单位	西安建筑科大工程技术有限公司		
完成单位	西安建筑科大工程技术有限公司		
对本项目技术创造性贡献： 完成人对创新点 1、2、3 做出了重要贡献，旁证材料见附件。具体贡献如下：（1）主编了西安市地方标准《房屋安全检测与鉴定技术规程》(DB 6101/3058-2019)；（2）作为合作单位的技术负责人，协调完成了项目成果在攀钢、三钢、陕钢等大型冶金企业厂房结构检测鉴定与加固改造中的应用，同时负责项目成果在工业建构筑物中推广应用。			

姓 名	曾珂	排 名	14
行政职务	无		
技术职称	副教授		
工作单位	西安建筑科技大学		
完成单位	西安建筑科技大学		
对本项目技术创造性贡献： 完成人对创新点 1、2 做出了重要贡献，旁证材料见附件。具体贡献如下：（1）发明了钢筋混凝土黏结滑移实验装置；（2）提出了基于改进 ARMA 模型的评估用随机地震动模型，并编制了模拟地震波程序。			

姓 名	常召群	排 名	15
行政职务	无		
技术职称	副教授		
工作单位	长安大学		
完成单位	长安大学		
对本项目技术创造性贡献： 完成人对创新点 3 做出了重要贡献，旁证材料见附件。具体贡献如下：（1）参与研发了高强铝合金嵌入式加固混凝土结构新技术；（2）开展了高强铝合金嵌入式加固混凝土柱偏心受压试验，验证了高强铝合金嵌入式技术的加固效果。			

八、主要完成单位情况表

单位名称	西安建筑科技大学
对本项目科技创新和应用推广情况的贡献： 作为“既有钢筋混凝土结构抗震性能评估与提升关键技术及应用”项目的牵头单位，西安建筑科技大学在国家自然科学基金、国家重点研发课题等项目支持下，围绕既有钢筋混凝土结构抗震性能评估与提升关键技术开展了系统深入的研究，负责制定项目总体方案、技术路线、研究内容和目标，负责为项目研究创造良好的环境、提供设备、试验条件、保证科研资金投入等，对项目的创新和应用做出了如下贡献： 1、组织项目总体实施； 2、构建了既有混凝土结构耐久性损伤检测成套技术，建立了损伤混凝土与锈蚀钢筋动力本构模型和黏结-滑移动力本构模型； 3、提出了损伤构件时变恢复力模型与损伤结构抗震性能高效分析模型； 4、建立了基于改进时变 ARMA 模型的评估用随机地震动模型，提出了基于能力谱法、地震易损性的既有钢筋混凝土结构抗震性能评估方法； 5、研发了高性能灌浆料围套加固混凝土构件实用技术，提出了高性能灌浆料围套加固损伤混凝土构件抗震设计方法； 6、参编国家标准 3 部、协会标准 1 部； 7、发表 SCI/EI 检索论文 108 篇，授权国家发明专利 8 件； 8、组织领域内技术宣传和技术推广工作，多次组织全国学术交流会，培养了大批高层次科研与技术人才； 9、组织技术应用和工程实践，完成工程应用，创造了巨大的经济效益。 对创新点 1、2、3 有贡献。	

单位名称	陕西省建筑科学研究院有限公司
对本项目科技创新和应用推广情况的贡献： 作为“既有钢筋混凝土结构抗震性能评估与提升关键技术及应用”项目的主要完成单位，陕西省建筑科学研究院主要负责耐久性损伤混凝土结构抗震性能提升技术的完善与修正、科研成果的推广与应用，对项目的创新和应用做出了如下贡献： 1、研发了高性能灌浆料-屈曲约束支撑加固损伤混凝土结构新技术，建立了加固损伤结构抗震设计方法和成套施工技术； 2、主编陕西省地方标准《屈曲约束支撑应用技术规程》（DB 61/T 5014-2021）； 3、联系实际工程项目，推广科研成果； 4、协调完成了项目成果在工业与民用建筑中的应用，根据现场实测结果对抗震性能提升技术进行修正与完善。 对创新点 1、2、3 有贡献。	

单位名称	安徽工业大学
对本项目科技创新和应用推广情况的贡献： 作为“既有钢筋混凝土结构抗震性能评估与提升关键技术及应用”项目的主要完成单位，安徽工业大学依托国家自然科学基金等项目，重点围绕耐久性损伤混凝土结构抗震性能提升技术开展了系统深入的研究，积极推动工程应用，对项目的创新和应用做出了如下贡献： 1、负责制定耐久性损伤混凝土结构抗震性能提升技术体系总体研究方案、研发目标、总体思路以及技术路线； 2、发明了 PVC-FRP 管加固混凝土构件新技术，建立了加固损伤混凝土构件承载力计算方法与恢复力模型； 3、提出了 PVC-FRP 管加固损伤混凝土构件抗震设计与构造措施，量化了 PVC-FRP 管加固混凝土构件的耐久性提升效果； 4、发表 SCI/EI 检索论文 12 篇，出版学术专著 2 部，授权国家发明专利 15 件； 5、培养大批高层次科研与技术人才，完成相关成果在工程中的推广与应用。 对创新点 3 有贡献。	

单位名称	长安大学
对本项目科技创新和应用推广情况的贡献： 作为“既有钢筋混凝土结构抗震性能评估与提升关键技术及应用”项目的主要完成单位，长安大学围绕耐久性损伤混凝土结构抗震性能提升技术开展了系统深入的研究，积极推动工程应用，对项目的创新和应用做出了如下贡献： 1、发明了高强铝合金嵌入式加固损伤混凝土构件新技术，建立了考虑加固参数的损伤混凝土柱承载力计算方法与恢复力模型； 2、创新了高强铝合金嵌入式加固损伤混凝土构件抗震设计方法，开发了铝合金嵌入式加固钢筋混凝土结构设计程序； 3、发表 SCI/EI 检索论文 18 篇，授权国家发明专利 6 件； 4、培养大批高层次科研与技术人才，组织实施科研成果的实际工程应用。 对创新点 3 有贡献。	

单位名称	中铁二十局集团有限公司
对本项目科技创新和应用推广情况的贡献： 作为“既有钢筋混凝土结构抗震性能评估与提升关键技术及应用”项目的主要完成单位，中铁二十局集团有限公司主要负责预测模型的完善与修正和科研成果的推广应用，对项目的创新和应用做出了如下贡献： 1、协调完成了项目成果在青荣城际铁路北珠岩跨绕城高速特大桥、哈齐高速铁路肇东特大桥中的实际应用； 2、合作完成了锈蚀钢筋混凝土结构抗震性能评估方法与加固技术研发； 3、合作完成了滨海与冻融环境下桥梁工程耐久性损伤检测、抗震性能评估与抗震加固工作，根据现场实测结果对评估模型与加固技术进行了修正与完善； 4、组织项目成果的宣传、推广工作，组织全国桥梁施工企业的学术交流会。 对创新点 1、2、3 有贡献。	

单位名称	中国建筑科学研究院有限公司
对本项目科技创新和应用推广情况的贡献： 作为“既有钢筋混凝土结构抗震性能评估与提升关键技术及应用”项目的主要完成单位，中国建筑科学研究院有限公司主要负责耐久性损伤混凝土结构抗震性能评估方法研究、项目成果的应用推广，对项目的创新和应用做出了如下贡献： 1、提出了在役结构抗震评估用地震烈度的取值标准和方法，建立了基于区间分析法的耐久性损伤钢筋混凝土结构抗震性能评估方法； 2、发表 SCI/EI 检索论文 2 篇，授权国家发明专利 6 件； 3、协调完成了项目成果在天津液化天然气项目三期工程改造中的应用，根据现场实测结果对理论模型进行了修正与完善； 4、负责项目成果推广。 对创新点 2 有贡献。	

单位名称	西安建筑科大工程技术有限公司
对本项目科技创新和应用推广情况的贡献： 作为“既有钢筋混凝土结构抗震性能评估与提升关键技术及应用”项目的主要完成单位，西安建筑科大工程技术有限公司主要负责既有钢筋混凝土结构抗震性能评估方法与提升技术的应用推广，对项目的创新和应用做出了如下贡献： 1、主编了西安市地方标准《房屋安全检测与鉴定技术规程》（DB 6101/3058-2019）； 2、协调完成了项目成果在攀钢、三钢、陕钢等大型冶金企业厂房结构检测鉴定与加固改造中的应用； 3、组织项目成果的宣传、推广工作，组织工业建筑加固改造领域的学术交流会。 对创新点 1、2、3 有贡献。	

单位名称	中国建材检验认证集团厦门宏业有限公司
对本项目科技创新和应用推广情况的贡献： 作为“既有钢筋混凝土结构抗震性能评估与提升关键技术及应用”项目的主要完成单位，中国建材检验认证集团厦门宏业有限公司主要参与了科研成果在实际工程中的应用和实践工作，根据现场实测结果对理论模型进行修正与完善，对项目的创新和应用做出了如下贡献： 1、合作完成了冻融损伤钢筋混凝土结构抗震性能评估方法研究； 2、协调完成了项目成果在厦门理工学院继续教育学院教学实验办公楼等工程中的应用； 3、根据现场实测结果对理论模型进行修正与完善； 4、负责项目成果在民用建筑中的应用推广。 对创新点 1、2、3 有贡献。	

完成人合作关系说明

第二完成人于峰,教授,现于安徽工业大学工作,是我 2004 级博士研究生,合作涉及 PVC-FRP 管加固混凝土构件新技术研发、PVC-FRP 管加固损伤混凝土构件抗震设计方法与构造措施、以及抗震加固技术验证工作,与我合作授权多项发明专利,共同出版专著[见附件],并发表多篇论文[见附件]。

第三完成人王友德,副教授,现于西安建筑科技大学工作,是第七完成人徐善华教授 2011 级硕士研究生、2013 级博士研究生,是以我为带头人的教育部创新团队“现代混凝土结构安全性与耐久性”、陕西省三秦学者创新团队的核心成员,合作涉及钢筋锈蚀特征多维表征参数体系、冻融损伤混凝土重复受压动力本构模型、既有混凝土结构碳纤维加固防护一体化性能提升技术等,与第七完成人合作发表多篇论文,共同授权发明专利[见附件],与第八完成人共同立项国家自然科学基金[见附件]。

第四完成人邢国华,教授,现于长安大学工作,是我 2011 年的博士后,合作涉及高强铝合金嵌入式加固损伤混凝土构件抗震提升新技术、承载力计算方法与恢复力模型、抗震设计方法等,与我合作发表多篇论文,共同获陕西省土木建筑科技进步奖特等奖[见附件],与第十五完成人合作发表多篇论文,授权多项发明专利[见附件]。

第五完成人魏超琪,正高级工程师,现于陕西省建筑科学研究院有限公司工作,从 2010 年 1 月至 2024 年 12 月参与了此项目。合作涉及高性能灌浆料-屈曲约束支撑加固损伤混凝土结构新技术、抗震设计方法及施工技术的完善、修正与推广应用,与我共同获陕西省土木建筑科技进步奖特等奖[见附件],与第十三完成人共同编制了陕西省地方标准《屈曲约束支撑应用技术规程》[见附件]。

第六完成人李安邦,副教授,现于西安建筑科技大学工作,是第七完成人徐善华教授 2011 级硕士研究生、2014 级博士研究生,是以我为带头人的教育部创新团队“现代混凝土结构安全性与耐久性”、陕西省三秦学者创新团队的核心成员,合作涉及损伤混凝土与钢筋黏结-滑移动力本构模型等,与我共同获陕西省土木建筑科技进步奖特等奖[见附件],与第三完成人共同授权发明专利[见附件],与第七完成人合作发表了多篇论文[见附件]。

第七完成人徐善华,教授,现于西安建筑科技大学工作,是我 2000 级博士研究生,是以我为带头人的教育部创新团队“现代混凝土结构安全性与耐久性”、陕西省三秦学者创新团队的核心成员,合作涉及锈蚀钢筋动力本构模型、冻融损伤混凝土柱恢复力模型等,与我共同获陕西省土木建筑科技进步奖特等奖[见附件],与第三完成人共同授权发明专利[见附件],与第六完成人合作发表多篇论文[见附件],与第十三完成人共同立项国家自然科学基金项目[见附件]。

第八完成人胡晓鹏,教授,现于西安建筑科技大学工作,是我 2002 级硕士研究生、2005 级博士研究生,是以我为带头人的教育部创新团队“现代混凝土结构安全性与耐久性”、陕西省三秦学者创新团队的核心成员,合作涉及钢筋混凝土柱冻融试验装置及方法、高性能灌浆料围套加固

损伤混凝土构件实用技术等，与我合作发表多篇论文，共同授权发明专利[见附件]，与第三完成人共同立项国家自然科学基金[见附件]。

第九完成人赵珺，副教授，现于西安建筑科技大学工作，是我 2008 级博士研究生，合作涉及基于随机化反应谱模拟的评估用随机地震动模型、基于地震易损性的耐久性损伤钢筋混凝土结构抗震性能评估方法等，与我合作发表了多篇论文[见附件]，共同获陕西省土木建筑科技进步奖特等奖[见附件]。

第十完成人连晖，高级工程师，现于中国建材检验认证集团厦门宏业有限公司工作，是我 2003 级硕士研究生。与我开展了产业合作，共同完成冻融损伤钢筋混凝土结构抗震性能评估方法研究[见附件]，并将本项目成果应用到厦门理工学院继续教育学院教学实验办公楼加固改造工程中[见附件]，共同获陕西省土木建筑科技进步奖特等奖[见附件]。

第十一完成人孙彬，研究员，现于中国建筑科学研究院有限公司工作，是我 2003 级博士研究生，合作涉及在役结构抗震评估用地震烈度的取值方法、基于区间分析法的耐久性损伤钢筋混凝土结构抗震性能评估方法等，同时完成了项目成果推广应用、理论模型修正与完善，与我合作发表多篇论文[见附件]，共同获陕西省土木建筑科技进步奖特等奖[见附件]。

第十二完成人加武荣，正高级工程师，现于中铁二十局集团有限公司工作，于 2021 年 1 月至 2024 年 6 月参与本项目。与我开展了产业合作，共同完成锈蚀钢筋混凝土结构抗震性能评估方法与加固技术研发[见附件]，并将本项目成果应用到青荣城际铁路北珠岩跨绕城高速特大桥、哈齐高速铁路肇东特大桥抗震鉴定与加固项目中[见附件]。

第十三完成人董振平，正高级工程师，现于西安建筑科大工程技术有限公司工作，是我 2006 级博士研究生，合作涉及混凝土碳化深度计算方法、项目成果技术推广等，与我合作发表多篇论文，共同授权发明专利[见附件]，共同获陕西省土木建筑科技进步奖特等奖[见附件]。与第五完成人合作编制陕西省地方标准《屈曲约束支撑应用技术规程》[见附件]，与第七完成人共同立项国家自然科学基金项目[见附件]。

第十四完成人曾珂，副教授，现于西安建筑科技大学工作，是我 1999 级博士研究生，从 2001 年 1 月参与此项目。合作涉及基于改进 ARMA 模型的评估用随机地震动模型等，与我合作发表多篇论文，共同获陕西省土木建筑科技进步奖特等奖[见附件]。

第十五完成人常召群，副教授，现于长安大学工作，从 2016 年 4 月至 2024 年 12 月参与此项目。合作涉及高强铝合金嵌入式加固混凝土构件新技术等，与第四完成人合作发表多篇论文，授权多项发明专利[见附件]。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作起始时间	合作完成时间	合作成果	证明材料
1	共同获奖	牛荻涛/1、邢国华/4、魏超琪/5、李安邦/6、徐善华/7、赵珺/9、连晖/10、孙彬/11、董振平/13、曾珂/14	2001年9月	2024年12月	陕西省土木建筑科技进步奖特等奖	
2	共同参与制定标准规范	魏超琪/5、董振平/13	2010年1月	2024年12月	屈曲约束支撑应用技术规程	
3	专著合著	牛荻涛/1、于峰/2	2004年9月	2024年12月	PVC-FRP管钢筋混凝土柱基本力学性能与计算方法	
4	共同知识产权	牛荻涛/1、胡晓鹏/8、董振平/13	2002年1月	2024年12月	一种钢筋混凝土墩柱冻融试验装置及方法	
5	共同知识产权	王友德/3、李安邦/6、徐善华/7	2011年9月	2024年12月	一种复层包覆碳纤维加固防火隔热体系及其施工方法	
6	共同知识产权	邢国华/4、常召群/15	2016年4月	2024年12月	一种钢筋混凝土柱的加固结构及加固方法	
7	共同立项	徐善华/7、董振平/13	2010年9月	2013年12月	国家自然科学基金（腐蚀和冻融环境下既有混凝土结构非线性动力行为和抗震性能评估方法研究）	
8	共同立项	王友德/3、胡晓鹏/8	2020年9月	2024年12月	国家自然科学基金（水泥基灌浆料加固混凝土结构构件的承载性能研究）	
9	论文合著	牛荻涛/1、赵珺/9	2008年9月	2024年12月	在役钢筋混凝土连续刚构桥梁抗震性能评估	
10	论文合著	牛荻涛/1、孙彬/11	2003年9月	2024年12月	基于区间分析的锈蚀钢筋混凝土结构使用寿命预测	
11	产业合作	牛荻涛/1、连晖/10	2003年9月	2024年12月	冻融损伤钢筋混凝土结构抗震性能评估方法	
12	产业合作	牛荻涛/1、加武荣/12	2021年1月	2024年6月	锈蚀钢筋混凝土结构抗震性能评估方法与加固技术	