

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	复材加固结构与复材-超高性能混凝土组合结构关键技术及应用
主要完成人	陶毅，陈光明，JIANFEI CHEN，王秋维，古金本，付梦求， 张世顺，王朋，张少雄，陈昱翰
主要完成单位	西安建筑科技大学，华南理工大学，南方科技大学，广东省建筑工程机械施工有限公司，华中科技大学，陕西省建筑科学研究院有限公司

二、提名意见（适用于单位提名）

提 名 者	陕西省教育厅	提名等级	<input type="checkbox"/> 一等奖 <input checked="" type="checkbox"/> 二等奖 <input type="checkbox"/> 三等奖
<p>提名意见：</p> <p>本项目面向“打造宜居、韧性、智慧城市”的国家重大战略需求，依托国家自然科学基金、国家重点研发计划子课题、陕西省自然科学基金等 13 项国家及省部级项目，瞄准解决“高性能材料结构应用成本高”的“卡脖子”问题，围绕复材加固结构与复材-超高性能混凝土组合结构关键技术及应用开展研究，主要创新点包括：（1）UHPC 绿色制备与结构应用关键技术。解决工程应用前端的材料绿色化及产业化技术难题，以早强常温养护 UHPC 制备技术突破应用瓶颈，实现工程结构体系创新。（2）FRP 低干预加固既有结构关键技术。解决结构设计寿命与加固材料耐久性失配的难题，以“材尽其用”的思路提出既有结构低干预加固技术，提升 FRP 与 UHPC 在既有结构加固技术中的竞争优势。（3）FRP-UHPC 组合结构设计与建造关键技术。解决高性能材料应用成本高的难题，按照高性能材料与高性能结构协同设计的思路创新组合结构形式，从材料研发-结构设计-施工建造全链条支撑高性能结构工程应用。</p> <p>成果支撑发表高水平论文 61 篇，授权专利 24 项，主编国家、行业及地方标准 6 部，出版专著 4 部等。在陕西、广东、甘肃等省开展了工程示范和应用推广，取得了显著的社会和环境效益，实现经济效益约 1.8 亿元。建立了成本适中、性能优异、绿色低碳的高性能材料提升工程结构性能关键技术，为我国韧性城市与和美乡村建设提供了关键技术支撑，成果总体达到国际先进水平。</p> <p>提名该项目为陕西省科学技术进步奖二等奖。</p> <p>说明：省科学技术进步奖一、二、三等奖项目，实行按等级标准提名、独立评审表决的机制。提名单者应严格依据省科学技术奖的标准条件，说明提名项目的贡献程度及等级建议。“提名一等奖”评审落选项目不再降格参评二等奖，“提名二等奖”的评审落选项目不再降格参评三等奖。项目组与提名单单位沟通后，做出提名等级意见；提名项目正式提交后，提名等级建议不得变更。</p> <p>软科学标准计量科普类项目请勾选“二等奖”或者“三等奖”。</p>			

三、项目简介

(限 2 页)

1. 项目的背景与意义

习近平总书记在党的二十大报告中作出“打造宜居、韧性、智慧城市”的重大战略部署，2025 年中央城市工作会议进一步明确将“着力建设安全可靠的韧性城市，高质量开展城市更新”列为重点任务。当前，我国城市建设正经历从规模扩张向质量提升的重大转型，新建工程对长跨、重载、高性能的需求不断提高，对建筑安全、耐久、绿色等提出了更高要求。同时，随着城镇化建设进程进入存量时代，城市发展已转向以更新改造和性能提升为核心的新阶段。合理采用高性能材料与高性能结构实现工程结构性能提升不仅是满足上述国家重大需求的重要举措，也是促进建筑材料产业和建筑业高质量发展的重要推力。

复材(FRP)与超高性能混凝土(UHPC)作为典型的高新能复合材料，具有卓越的力学性能及超高耐久性，在建筑安全延寿及工程结构性能提升方面展现出巨大的潜力。目前成本较高成为限制其工程应用的“卡脖子”问题。由于复材线弹性特征，复材加固既有结构常会发生脆性的断裂或剥离破坏，考虑成本因素后减少加固量会导致加固效果减弱；超高性能混凝土与复材强度匹配较好，但结构性能提升幅度与成本增加不成比例，导致材料强度利用率低。在此背景下，如何实现复材与 UHPC 的创新应用，合理控制成本，提升建筑结构性能与服役寿命，成为服务国家战略、推动行业进步亟待突破的重大关键技术难题。

2. 项目的总体思路和创新成果

从 2007 年开始，项目团队面向国家重大战略需求，针对“高性能材料工程应用成本高”的“卡脖子”难题，在国家自然科学基金、十三五国家重点研发计划子课题、陕西省自然科学基金研究计划等 13 项国家及省部级项目支持下，以“UHPC 绿色制备与结构应用关键技术、FRP 低干预加固既有结构关键技术、FRP-UHPC 组合结构设计及建造关键技术”为主线，按照“高性能材料与高性能结构协同设计”思路，以“材尽其用”为目标，实现材料成本与结构性能的综合寻优，系统开展了复材加固结构与复材-超高性能混凝土组合结构关键技术及应用科技攻关，取得了系列创新成果，并实现了规模化应用，为提升我国基础设施建设和运维提供了关键技术支撑。项目主要创新成果如下：

创新成果一：UHPC 绿色制备与结构应用关键技术。解决工程应用前端的材料绿色化及产业化技术难题，以早强常温养护 UHPC 制备技术突破应用瓶颈，实现工程结构体系创新。

创新成果二：FRP 低干预加固既有结构关键技术。解决结构设计寿命与材料寿命失配的问题，以“材尽其用”的思路提出既有结构低干预加固技术，提升 FRP 与 UHPC 在既有结构加固技术中的竞争优势。

创新成果三：FRP-UHPC 组合结构设计及建造关键技术。解决高性能材料应用成本高的难题，按照“高性能材料与高性能结构协同设计”的思路创新组合结构形式，从材料选择-结构设计-施工建造全链条支撑高性能结构应用。

项目成果共发表高水平学术期刊论文 61 篇，获批国家知识产权 24 项(其中发明专利 16 项)，支撑编制国家标准 2 部、行业标准 2 部、地方标准 2 部。项目技术路线合理、创新成果突出、应用前景广阔。相关论文成果得到包括两院院士在内的国内外诸多知名学者的充分肯定与引用，成果学术影响力显著。由中国工程院院士、全国工程勘察设计大师组成的专家组对项目成果给予了高度评价：项目成果总体达到国际先进水平，其中考虑塑性应变率的材料本构模型和 FRP 网格加固砌体墙体破坏模式控制方法达到国际领先水平。科技部专家组对项目依托的十三五课题技术评价意见为：基于缠绕管组合构件的新型拱结构、复材缠绕管混凝土柱-复材梁节点、基于缠绕管约束混凝土芯柱构件为国际上首次提出。专家组认定项目成果“复材-混凝土-钢双壁空心新型桥墩快速建造施工方法”达到国际先进水平。

3. 经济与社会效益

本项目执行期间，项目核心成员入选国家特聘专家、国家特聘青年专家；以项目核心成员为骨干的“建筑结构减隔震技术与应用创新”团队入选 2022 年陕西省秦创原“科学家+工程师”建设队伍。项目培养陕西省科协青年人才托举计划入选者 1 人、西安市科协青年人才托举计划入选者 1 人，培养了近百名硕博士毕业生。项目成果支撑了绿色建筑全国重点实验室的组建。主要完成人曾受邀为甘肃、青海两省中小学教育管理人员开展校舍加固技术及项目管理培训；项目主要完成人作为负责人，承办了第一届及第二届全国土木工程新材料及新型结构学术会议；近五年为企业单位提供技术服务 40 余项，开展技术培训近 30 场次，培养了一批专业技术人才，为持续推动韧性城市建设及高性能材料工程结构应用发挥了重要的支撑作用。

本项目成果 UHPC 绿色制备与结构应用关键技术、FRP 低干预加固既有结构关键技术、FRP-UHPC 组合结构设计及建造关键技术成功应用与大范围推广将为建筑业转型升级、绿色高性能材料推广应用提供重要的科技支撑。目前已成功应用于陕西、广东、甘肃、河北等地，完成了已知世界首例双壁空心桥墩的工程应用，推广应用面积 10 余万平方米和 1 条早强超高性能混凝土生产线。工程应用案例已取得经济效益约 1.8 亿元，新增利润约 1400 万元。项目成果可支撑新时期城乡建设高质量发展，对推进“韧性城市”与“和美乡村”建设具有重要意义。

四、客观评价

（限 2 页。围绕创新性、应用效益和经济社会价值进行客观、真实、准确评价。填写的评价意见要有客观依据，主要包括与国内外相关技术的比较，国家相关部门正式作出的技术检测报告、验收意见、鉴定结论，国内外重要科技奖励，国内外同行在重要学术刊物、学术专著和重要国际学术会议公开发表的学术性评价意见等，可在附件中提供证明材料。非公开资料（如私人信函等）不能作为评价依据。）

1. 成果评价意见：

以中国工程院院士、东南大学首席教授刘加平教授为组长、全国工程勘察设计大师肖明清教授级高工为副组长的专家组对本成果进行了评价，认为：项目成果总体达到国际先进水平，其中考虑塑性应变率的砌体材料本构模型和 FRP 网格加固砌体墙体破坏模式控制方法达到国际领先水平。

以教育部特聘专家、清华大学防灾减灾工程研究所所长陆新征教授为组长的专家组对本成果中“FRP-UHPC 组合结构关键技术及应用”的代表性成果进行了评价，认为：基于缠绕管组合构件的新型拱结构、复材缠绕管混凝土柱-复材梁节点、基于缠绕管约束混凝土芯柱构件为国际上首次提出。

以广东省勘察设计大师、广州市市政工程设计研究总院有限公司总工程师宁平华教授级高工为组长的专家组对本成果中“复材-混凝土-钢双壁空心新型桥墩快速建造施工方法”进行了评价，认为：该研究成果达到了国际先进水平。

2. 应用评价：

聚焦我国超高性能混凝土材料行业产线突破与技术引领——西安市高新区集贤产业园 UHPC 生产线，采用本项目研发的早强、高固废掺量配方体系及制备技术，突破了传统 UHPC 制备水泥用量大的限制，实现工业固废替代 30% 水泥，进而通过全原料粉体化，有效降低了材料成本。该产线 2020 年 5 月建成投产，成为当时西北地区首条专业化市政路桥用 UHPC 材料生产线，为 UHPC 在钢桥面铺装、结构加固领域的推广提供原料，推动行业绿色发展。

西安西南二环立交交通优化工程 UHPC 桥面铺装项目，规模化采用本项目产线生产的早强 UHPC 材料，保障该城市核心立交工程 UHPC 铺装连续供应。材料因工业固废替代技术，单方成本降低 20%。同时凭借早强特性满足“夜间施工、日间开放”的短时窗口期要求，累计缩短交通管制时间超 60 天，创造显著的环保与社会效益，成为超大城市立交改造 UHPC 规模化应用标杆。

完成了复材-混凝土-钢双壁空心新型桥墩首例实际工程应用，成功实施了广东省海丰县大湾区生态康养体验景观示范带（一期）玻璃廊桥项目中 4 根双壁空心桥墩的建造工作。预制-装配

式的施工方式实现了玻璃廊桥的一级基础和桥墩的同时施工建造，桥墩 14 天之内（从桥墩混凝土浇筑到现场安装完成，共 13 天）完成建造，在 1 个月实现安装主梁，有效地解决了该工程现场空间狭小，工期紧的问题，同时保证了桥墩建造质量，实现了服役期内免维护。该示范工程为已知世界首例双壁空心桥墩的工程实践，对双壁空心构件的推广应用具有里程碑式的意义。

FRP 低干预加固技术规模化应用——宝鸡千阳县砌体房屋加固项目。采用 FRP 网格低干预加固，突破传统复材加固对农房拆改大、适应性差的局限。针对砌体房屋覆盖面广、安全性问题突出等难题，FRP 网格低干预加固技术展现显著优势。通过对房屋结构的详细勘查与定制化方案，采用 FRP 网格条带、FRP 网格-FRP 布条带、FRP 网格-锚固件、FRP 网格-角钢锚固等不同方式进行结构加固，以靶向加固节省施工原材料 35%，有效降低了加固用料成本。加固期间不影响居民对房屋的日常使用。为乡村既有建筑安全改造提供“低碳、高效、低扰动”的产业化样板，推动农房抗震加固技术绿色升级。

3. 科技奖励：

（1）“超高性能混凝土制备及其工程结构应用研究”获 2025 年陕西高等学校科学技术研究优秀成果一等奖。

4. 学术评价：

在技术研发及成果凝练过程中，本成果核心创新点发表在诸如结构工程领域顶级期刊《Engineering Structures》、复合材料领域顶级期刊《Composites Part B: Engineering》、土木工程材料领域顶级期刊《Construction and Building Materials》等学术期刊上。

这些成果中，中国工程院院士、重庆大学周绪红教授对团队提出的“钢管-UHPC 界面粘结强度计算方法”的研究成果给予了肯定评价。国家杰出青年科学基金获得者青岛理工大学金祖权教授对项目组“UHPC 制备配合比优化”的研究成果进行了积极评价。加拿大工程院院士、湖南大学史才军教授采信了项目组得出的“UHPC 材料实验结论”。

中国科学院院士、香港理工大学校长滕锦光教授对本成果中的“FRP 与混凝土界面黏结性能模拟技术”做出了肯定评价。中国工程院外籍院士郝洪教授团队采纳了该研究成果并进行了积极评价。国际土木工程复合材料学会主席 Scott T. Smith 教授和国家特聘专家吴宇飞教授课题组也采用了该研究成果并进行了积极评价。

项目组成果“FRP 约束型钢 UHPC 组合柱轴压性能研究”在“2023 土木工程纤维增强复合材料发展论坛”中荣获优秀会议报告奖，并由大会主席中国工程院院士、北京科技大学岳清瑞教授颁奖。中国工程院院士、北京工业大学杜修力教授对本成果中的“内置 FRP 约束混凝土的方钢管混凝土柱”组合结构做出了积极评价：将 FRP 与钢管混凝土组合形成的新型结构既能充分发挥 FRP 约束作用又能限制钢管屈曲，使结构性能大幅提升。

五、应用情况

1. 应用情况（限 2 页）

采用高性能材料实现工程结构性能提升是新材料与新材料结构创新应用的主要突破口之一。超高性能混凝土（UHPC）在生产时使用固废替代水泥，具有降低成本、减污降碳的优点，有助于建筑业碳达峰；早强常温养护 UHPC 制备及应用技术可以显著降低成本、节省建造周期、降低结构自重、提升结构性能、延长结构寿命。加固效果相同时，复材（FRP）低干预加固既有结构技术比传统加固技术最大节省加固材料 40%。通过创新 FRP-UHPC 组合形式（包括 FRP-UHPC-钢管双壁空心构件、内置 FRP 约束 UHPC 芯柱的组合构件）实现构件轻质高强、构件连接便捷、结构性能提升、耐久性能增强、可预制装配等优点。本项目成果的实施可减少碳排、节约资源、降低成本、提升性能、促进工程结构绿色可持续发展，在示范过程中，产生直接经济效益逾 1.8 亿元，并取得了较好的社会与环境效益。本项目技术成果的主要应用单位与项目情况如下表。

主要应用单位情况表					
序号	单位名称	应用的技术	应用对象规模	应用起止时间	单位联系人
1	陕西交控新材料有限公司	早强 UHPC 绿色制备与产业化技术	早强超高性能混凝土（UHPC）生产线（西安）	2019.11-2022.12	马瑞杰
2	中建三局集团有限公司	FRP 约束型钢 UHPC 组合柱关键技术工程应用	“永利国际金融中心”项目（西安）	2015.05-2017.10	陈家能
3	中国建筑一局（集团）有限公司西北分公司	内置高强芯柱的钢管混凝土组合柱关键技术工程应用	“启迪·大院儿(第一批)”项目（西安）	2021.03-2023.06	申张鹏
4	陕西建科建设特种工程有限公司	FRP 低干预加固既有结构关键技术	曲江新区希尔顿酒店项目（西安）	2021.04-2021.06	王金威
5	陕西建科建设特种工程有限公司	FRP 低干预加固既有结构关键技术	宝鸡千阳县砌体房屋加固项目（宝鸡）	2021.10-2022.06	王金威
6	陕西建科建设特种工程有限公司	FRP 低干预加固既有结构关键技术	四川航空股份有限公司西安运营基地建设项目（西安）	2020.04-2020.06	王金威
7	陕西涌鑫矿业有限责任公司	FRP 低干预加固既有结构关键技术	安山煤矿产品仓加固修缮工程项目（榆林）	2022.07-2022.12	何斌
8	陕西彬荣建设工程有限公司	UHPC 桥面铺装技术	跨冶峪河人行天桥工程（太原）	2022.08-2022.10	张雨浓
9	陕西交控长大	UHPC 桥面铺	京雄高速公路钢桥	2022.05-2022.12	王丹

	桥建养技术研究中心	装技术	面铺装工程（高碑店）		
10	新时代西安设计研究院有限公司	内置 FRP 约束 UHPC 芯柱的方钢管混凝土组合柱	中国人民解放军陕西省西安警备区西安市民兵训练基地提升改造项目（西安）	2022.10-2022.12	杜辉

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	论文	内置约束芯柱的方钢管混凝土组合柱轴压承载力分析	中国	10.14006/j.jzjgxb.2020.0082	2020 年 6 月 30 日	建筑结构学报	西安建筑科技大学，南方科技大学	陶毅，叶思君，陈建飞
2	论文	Pullout behaviour of FRP anchors in clay bricks	欧洲	10.1016/j.conbuildmat.2021.122544	2021 年 5 月 10 日	Construction and Building Materials	西安建筑科技大学，南方科技大学	Xiao-Long Zheng, Yi Tao, Qing-Xuan Shi, Jian-Fei Chen
3	发明专利	一种掺碱激发剂早强超高性能混凝土及其制备方法	中国	ZL201610908590.7	2019 年 12 月 3 日	3618689	西安建筑科技大学	陶毅，张海镇，史庆轩，王秋维
4	发明专利	一种约束混凝土组合柱	中国	ZL201610905296.0	2019 年 8 月 6 日	3481105	西安建筑科技大学	史庆轩，戎翀，王秋维，陶毅
5	发明专利	FRP 管-混凝土-钢管双管组合结构节点及其建造方法	中国	ZL202010997259.3	2024 年 9 月 6 日	7346400	华南理工大学	陈光明，赖江涛，陆奕辰
6	标准	纤维增强复合材料工程技术标准	中国	GB50608-2020	2020 年 2 月 27 日	中华人民共和国住房和城乡建设部	华南理工大学等	陈光明等
7	标准	碳纤维增强复合材料加固混凝土结构技术规程	中国	T/CECS 146-2022	2022 年 2 月 25 日	中国工程建设标准化协会	华南理工大学等	陈建飞，陈光明，张世顺等
8	标准	高强箍筋约束混凝土结构技术规程	中国	DBJ61/T 119-2016	2016 年 12 月 12 日	陕西省住房和城乡建设厅	西安建筑科技大学等	王秋维等
9	标准	DP 型烧结多孔砖砌体结构技术规程	中国	DBJ61/T1 03-2015	2015 年 12 月 29 日	陕西省住房和城乡建设厅	西安建筑科技大学等	王秋维，陶毅，王朋等
10	其他	ICE Manual of Construction Materials	欧洲	10.1680/mocm.35973	2009 年 7 月 31 日	Thomas Telford Ltd	南方科技大学等	J. F. Chen

七、主要完成人情况表

姓 名	陶毅	排 名	1
行政职务	绿色建筑全国重点实验室副主任		
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，在创新点一、二、三里均做出了主要的创造性贡献，具体贡献如下： （1）负责“早强常温养护 UHPC 制备技术”研发与产业化（创新点一）。 （2）提出了“考虑塑性应变率的混凝土/砌体材料本构模型”；负责“FRP 低干预加固拱桥的破坏及倒塌机理”、“FRP 低干预网格加固多层开洞砌体结构”具体研究方案制定与实施；研发了有限元追踪单元技术；提出了 FRP 网格低干预加固多层开洞砌体墙技术（创新点二）。 （3）负责“内置 FRP 约束 UHPC 芯柱的组合结构抗震性能”具体研究方案制定与实施；提出了基于破坏模式的节点承载力计算方法（创新点三）。 （4）是第 1、2、3、4、9 篇代表性论文专著的作者。			

姓 名	陈光明	排 名	2
行政职务	无		
技术职称	教授		
工作单位	华南理工大学		
完成单位	华南理工大学		
对本项目技术创造性贡献： 完成人在创新点二、三中做出了主要的创造性贡献，具体贡献如下： （1）参与了 FRP 低干预加固既有结构关键技术中有关 FRP 剥离破坏控制技术的研究（创新点二） （2）提出了“复材混凝土-钢双壁空心新型桥墩”设计计算方法；提出了一套“免拆模”、“免防腐涂装”的新型桥墩快速建造施工方法。参与研发了“FRP 约束型钢 UHPC 组合柱”，提出了基于弯-剪变形占比的截面设计方法（创新点三）。 （3）是第 5、6、7 篇代表性论文专著的作者。			

姓 名	JIANFEI CHEN	排 名	3
行政职务	无		
技术职称	教授		
工作单位	南方科技大学		
完成单位	南方科技大学		
对本项目技术创造性贡献： 完成人在创新点二、三中做出了主要的创造性贡献，具体贡献如下： （1）参与“研发考虑塑性应变率的混凝土/砌体材料塑性损伤本构模型”；参与“FRP 网-FRP 锚固件联合加固砌体结构抗震性能及破坏机理”研究；参与“研发 FRP 低干预加固技术”（创新点二）。 （2）负责“内置 FRP 约束 UHPC 芯柱的钢管混凝土柱轴压性能及协同工作机制”研究（创新点三）。 （3）是第 1、2、7、10 篇代表性论文专著的作者。			

姓 名	王秋维	排 名	4
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： 完成人在创新点一、三中做出了重要的创造性贡献，具体贡献如下： （1）负责“粗骨料 UHPC 拉伸损伤模型”“混杂钢纤维 UHPC 轴拉本构模型及其拉伸韧性评价方法”具体研究工作（创新点一）。 （2）负责“钢管-UHPC 界面黏结强度计算模型研究”（创新点三）。 （3）是第 3、4、8、9 篇代表性论文专著的作者。			

姓 名	古金本	排 名	5
行政职务	无		
技术职称	讲师		
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： 完成人在创新点一、二中做出了重要的创造性贡献，具体贡献如下： （1）参与“早强型 UHPC 预混-封装-搅拌-养护的全过程产业化”，负责“配置负泊松比钢筋（NPR）的新型 UHPC 梁”具体研究工作（创新点一）。 （2）参与“FRP 网格低干预加固多层开洞砌体墙”具体研究工作，提出 FRP 网格加固砌体开洞墙破坏模式控制方法（创新点二）。			

姓 名	付梦求	排 名	6
行政职务	技术总监		
技术职称	正高级工程师		
工作单位	广东省建筑工程机械施工有限公司		
完成单位	广东省建筑工程机械施工有限公司		
对本项目技术创造性贡献： 完成人在创新点三中做出了重要的创造性贡献，具体贡献如下： （1）参与“复材-混凝土-钢双壁空心组合结构桥墩快速建造方式”研究；开展示范应用（创新点三）。			

姓 名	张世顺	排 名	7
行政职务	土木与水利工程学院副院长		
技术职称	教授		
工作单位	华中科技大学		
完成单位	华中科技大学		
对本项目技术创造性贡献： 完成人在创新点二中做出了重要的创造性贡献，具体贡献如下： （1）负责“FRP 缠绕-UHPC 预制模块复合加固 RC 方柱技术”研究，提出了 FRP 缠绕-UHPC 预制模块复合加固 RC 方柱工法（创新点二）。 （2）是第 7 篇代表性论文专著的作者。			

姓 名	王朋	排 名	8
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： 完成人在创新点一中做出了重要的创造性贡献，具体贡献如下： （1）负责“UHPC 免拆模板-RC 构件制备及其受力性能”具体研究工作，研发了梁柱构件装配成型的 UHPC 免拆模板技术（创新点一）。 （2）是第 9 篇代表性论文专著的作者。			

姓 名	张少雄	排 名	9
行政职务	分公司副总经理		
技术职称	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： 完成人在创新点二中做出了重要的创造性贡献，具体贡献如下： （1）参与“FRP 网格低干预加固技术”研究；负责开展示范应用。（创新点二）。			

姓 名	陈昱翰	排 名	10
行政职务	无		
技术职称	无		
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： 完成人在创新点三中做出了重要的创造性贡献，具体贡献如下： （1）参与“FRP 约束型钢 UHPC 组合柱”具体研究工作，提出组合柱增益效果实现方法、基于弯-剪变形占比的截面设计方法（创新点三）。			

八、主要完成单位情况表

单位名称	西安建筑科技大学
<p>对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：</p> <ol style="list-style-type: none">1. 承担 UHPC 绿色制备与结构应用关键技术工作；2. 承担 FRP 低干预加固既有结构关键技术研究及应用工作；3. 承担 FRP-UHPC 组合结构设计及建造关键技术研发及应用工作；4. 参编《DP 型烧结多孔砖砌体结构技术规程 DBJ61/T 103-2015》、《高强箍筋约束混凝土结构技术规程 DBJ61/T 119-2016》；5. 参与成果理论研究、试验验证、成果总结的相关工作；6. 牵头负责申请科技成果鉴定、奖项申报的相关工作。	

单位名称	华南理工大学
<p>对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 承担“复材-混凝土-钢双壁空心组合结构桥墩”研发及应用工作； 2. 参编《碳纤维增强复合材料加固混凝土结构技术规程 T/CECS 146-2022》； 3. 参与科技成果鉴定、奖项申报的相关工作。 	

单位名称	南方科技大学
<p>对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 参与研发 UHPC 绿色制备技术工作； 2. 参与 FRP 低干预加固既有结构关键技术研究及应用工作； 3. 参与 FRP-UHPC 组合结构设计及建造关键技术研究及应用工作； 4. 参与成果理论研究、试验验证、成果总结、奖项申报等相关工作。 	

单位名称	广东省建筑工程机械施工有限公司
<p>对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 参与“复材-混凝土-钢双壁空心组合结构桥墩快速建造”的示范应用工作； 2. 参与项目成果试验验证、资料收集等相关工作； 3. 负责项目成果的应用推广工作。 	

单位名称	华中科技大学
<p>对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 承担“FRP 缠绕-UHPC 预制模块复合加固 RC 方柱关键技术”研究及应用工作； 2. 参与项目成果理论研究、试验验证、资料收集等相关工作。 	

单位名称	陕西省建筑科学研究院有限公司
<p>对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 承担 FRP 低干预加固结构研究及应用工作； 2. 负责项目成果的应用推广工作。 	

完成人合作关系说明

参加本年度陕西省科学技术进步奖申报和评审的“复材加固结构与复材-超高性能混凝土组合结构关键技术及应用”项目成果，申报主要完成人包括陶毅、陈光明、陈建飞、王秋维、古金本、付梦求、张世顺、王朋、张少雄、陈昱翰共 10 人。其中陶毅、王秋维、古金本、王朋、陈昱翰为西安建筑科技大学绿色建筑全国重点实验室绿色建造研究中心核心成员（陶毅为实验室分管业务的副主任）。自 2007 年起，陶毅与陈光明、陈建飞合作开展复材加固结构与复材组合结构的基础理论研究工作（陶毅、陈光明为陈建飞曾指导的博士生）。自 2008 年起，陈光明与张世顺合作开展复材组合结构研究的基础理论研究工作。自 2021 年起，陕西省建筑科学研究院有限公司张少雄与陶毅团队合作开展复材加固结构领域的产学研合作（张少雄目前为陶毅在读工程博士生）。自 2019 年起，广东省建筑工程机械施工有限公司付梦求与陈光明合作开展复材组合结构领域的产学研合作。

从 2018 年开始，陶毅与王秋维、王朋合作完成了陕西省自然科学基金基础研究计划项目《内置 FRP 约束高性能混凝土芯柱的组合柱受力性能与设计方法研究》。自 2015 年开始，陶毅与古金本依托国家自然科学基金《FRP 网-锚固件联合加固砖砌体墙的抗震性能研究》、十三五国家重点研发计划子课题在复材加固及复材组合结构领域开展了持续性的合作（古金本为陶毅曾指导的硕士生，博士毕业后引进为团队核心成员）。陶毅与陈光明、陈建飞、王秋维、古金本、王朋、张少雄、陈昱翰等人形成了一批共同立项、合著文章、合作申请发明专利等共同知识产权，并联合广东省建筑工程机械施工有限公司，陕西省建筑科学研究院有限公司完成了包括房建、桥梁、道路等多应用场景的工程应用项目，取得了较好的经济和社会效益。本项目人员排序考虑在项目中参加试验、计算分析、理论研究和工程技术应用、关键技术问题解决等的工作量大小、投入精力与时间多少、承担工作的重要性程度及在本项目研究与应用成果的多少等因素，客观反映本项目成果每个主要完成人的科研工作业绩，经充分协商后一致确定。

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	共同参与制定标准规范	陶毅/1, 陈光明/2, 古金本/5	2007.10.01	2025.03.28	国家标准《约束混凝土用纤维增强复合材料管 GB/T 45467-2025》	
2	共同立项	陶毅/1, 陈建飞/3	2007.10.01	2024.12.31	十三五国家重点研发计划课题《工业标准化纤维增强复合材料缠绕管构件及其新型结构体系研究》	
3	共同知识产权	陶毅/1, 王秋维/4	2013.09.30	2024.12.31	授权发明专利《一种掺碱激发剂早强超高性能混凝土及其制备方法 ZL201610908590.7》	
4	论文合著	陶毅/1, 陈建飞/3, 古金本/5	2015.09.01	2024.12.31	Behavior of hybrid CFST with FRP-confined UHPC core under axial compression	
5	论文合著	陈光明/2, 付梦求/6	2017.07.01	2023.06.13	FRP spiral strip-confined concrete columns: Stress-strain behavior and size effect	
6	共同参与制定标准规范	陈光明/2, 陈建飞/3, 张世顺/7	2008.09.01	2024.12.31	行业标准《碳纤维增强复合材料加固混凝土结构技术规程 T/CECS 146-2022》	
7	共同参与制定标准规范	陶毅/1, 王秋维/4, 王朋/8	2013.09.30	2024.12.31	地方标准《DP 型烧结多孔砖砌体结构技术规程》(DBJ61/T 103-2015)	
8	论文合著	陶毅/1, 古金本/5, 张少雄/9, 陈昱翰/10	2020.03.01	2025.07.05	A Comparative Study on the Flexural Behavior of UHPC Beams Reinforced with NPR and Conventional Steel Rebars	
9	论文合著	陶毅/1, 古金本/5, 陈昱翰/10	2022.09.01	2024.12.31	FRP 约束十字型钢混凝土组合柱轴压承载力计算	