

陕西省科技进步奖公示

一、项目名称：

装配式混凝土结构体系研发与高效建造协同创新

关键技术及应用

二、提名者及提名意见：

中共陕西省委军民融合发展委员办公室

项目团队针对装配式建筑需求和现有技术手段及工业化水平发展不平衡问题，围绕装配式结构性能、高效建造、绿色运维等进行体系和理论创新，开展了装配式混凝土结构体系研发与高效建造协同创新关键技术及应用研究。研发了7种预制构件高效连接技术和2种高性能填充材料，提出了相应的设计方法；构建了多种铰组合下新型装配式框架、纵横协同提升的装配式塔筒、高强钢筋自复位耗能装配式混凝土框架-剪力墙结构体系，揭示了连接节点-子构件-整体结构协同工作机理，建立了相应的抗震/抗倒塌设计方法，融合BIM技术形成了全寿命周期内性能保障和低碳运维体系，提出了装配式结构体系产业链碳排放核算方法与减碳策略。

项目创新性、先进性显著，对于推进装配式结构体系创新、高效建造和行业科技进步具有重要意义。获得国家专利、软件著作权等核心知识产权24项，发表高水平学术论文95篇，获批指导5项国家装配式产业基地、7项高新技术企业及示范单位、4项装配式工程研究中心建设。成果已应用于陕西幸福林带、西安市公共卫生中心、中国邮政西安邮件处理中心等全国53多个大型示范性工程和项目，对装配式建筑产业升级与绿色低碳发展有显著促进作用，具有广阔的应用前景和推广价值。

成果材料属实、齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省科技进步奖提名条件。特提名为陕西省科技进步一等奖。

三、项目简介：

“双碳”目标和可持续发展重大战略背景下，持续推进智能建造与新型建筑工业化、大力发展装配式结构是推进我国城市现代化进程、促进城镇化高质量建设、加快建筑产业升级、提升基础设施生产与使用效率、实现绿色可持续发展的重要途径。但装配式建筑需求和现有技术手段及工业化水平发展不平衡，需从理论和体系两方面完善和创新。构件层面：装配式混凝土构件自重大，连接部位复杂，施工空间小，预制构件的可靠连接是保障装配式混凝土结构“等同现浇”要求的基础，标准化、规范化的构件设计是提高施工效率的关键，需从轻型化、工业化、信息化等方面进行体系创新。结构层面：装配式建筑功能趋向于多样化、集成化，多种新型结构体系应运而生，但在局部连接、整体受力和设计理论等方面对该类结构提出了新要求，尤其在地震或偶然荷载作用下，明确结构抗力机制和倒塌机理是保障结构安全、可靠的前提。运维管理：合理的运营-建设体系是推动装配式建筑发展的必要因素，需建立标准化数据库，解决精准定位、精确组装、空间规划等问题，形成全生命周期可持续性智能运维管理体系，实现“快速装配”，升级“装配性能”。

研究团队历时十年，面向国家重大战略需求，以绿色建筑与智能建造为中心，围绕装配式结构性能设计、高效建造、绿色运维等方面进行理论和技术创新，完善设计理论和建造体系，开展装配式混凝土结构体系创新关键技术研究，在“**高效基连研发-应用性能提升-新型体系创新-结构功能评估-全过程保障**”等五方面形成体系化研究成果，并应用于全国多项装配式重点项目，全面推进了预制装配式混凝土结构应用和产业化进程。主要创新技术：（1）**装配式高效连接技术与基材研发**：研发了适用于多种结构体系的新型套筒、U型组合搭接与型钢螺栓等高效钢筋连接技术，提出了基于新型人工塑性铰与 π 型节点耗能机制的可拆卸连接技术，研制了高延性地聚物基与早强型磷酸镁水泥基两类高性能填充材料。（2）**装配式混凝土框架结构应用体系与性能控制**：提出了铰域“动-限”理论下的装配式节点抗震分析模型，建立了可拆卸竖向受力构件韧性体系与空间布置策略，研发了功能多元-环境需求-高效装配等驱动下的装配式人造骨料轻质墙板。（3）**新型装配式结构体系研发关键技术**：提出了装配式塔筒结构横向环箍-竖向预应力集束协同保障理论，研发了标准化膜壳式快速建造体系；提出了装配式“包钢-防屈曲支撑”加固既有结构韧性性能提升体系，建立了改造部位、新增支撑与整体结构的性能协调分析模型；研发了新型一体式光伏-建筑结构体系，形成了适用于不同建筑类型的一体式光伏-建筑-结构体系。（4）**装配式混凝土结构性能评估与智能设计**：揭示了强震作用下关键节点多因素耦合传力机制与失效规律，构建了“子域弧区-部域凹区-全局域跨区协调”串联式抗连续倒塌分析模型，提出了人工智能与大数据驱动的关键构件智能一体化设计方法。（5）**全生命周期性能保障与低碳运维**：提出了预制构件参数标准化方法与R-I拆分体系，构建了“大厂辐射站点、站点服务周边”的点-面-厂协同控制模式，研发了智能物流装备-调度算法-数字孪生一体化管控平台，形成了“生产-物流-装配”全过程协同保障体系。

项目立足装配式混凝土建筑根本，积极响应政策导向，形成了多项装配式混凝土结构体系研究成果，大力培育新产业、推动化解过剩产能、助力建筑业向信息化工业化转型。在国家 and 地方支持下，总投入经费 10.7 亿元，科技研发费用 3834 万元，指导获批多项国家装配式产业基地、高新技术企业及示范单位与装配式工程研究中心。在国内外高水平期刊发表学术论文 95 篇，其中，SCI 收录 40 篇，EI 收录 45 篇，授权国家发明专利 19 项，获软件著作权 5 项，出版学术专著 3 部，参编制行业/地方标准 6 项。

相关研究成果已应用于幸福林带、西安雁塔新天地区域提升改造项目、西北水电及新能源科技产业中心、青海宝恒装配式办公楼等重点项目。在项目支持下，广西建工轨道装配式建筑产业有限公司、山东高速德建集团有限公司和青海宝恒绿色建筑产业股份有限公司先后获批国家级装配式建筑产业基地，指导建成昆明铁新装配式建筑基地、中铁建预制构件研发基地等产业示范园，成果应用保障了装配式建筑产业链生产秩序和结构安全，积极推动了行业技术进步及企业产品研发，本项目成果完成单位三年累计新增销售额 44.62 亿元，新增利润 5.13 亿元，新增税收 3.80 亿元，取得了显著经济和社会效益。

四、客观评价：

在国家和地方计划支持下，项目历时十余年，创新性地开展了装配式混凝土结构体系研发与高效建造协同创新关键技术及应用研究，主持完成国家级、省部级项目 36 项，发表高水平学术论文 95 篇，国家专利、软件著作权等核心知识产权 24 项，相关成果应用于 53 余项大型示范性工程，为全国多处产业基地和工程研究中心的建设提供理论和技术支撑，成果应用保障了装配式建筑产业化发展和结构安全，拓展了装配技术的适用领域，产生了显著的经济和社会效益，助力建筑产业结构升级。

1. 科技成果评价

陕西省自然科学学会研究会组织专家（组长：杜修力；成员：郑建国、马建勋、牛荻涛、时炜）对“装配式混凝土结构高效连接技术、设计方法与工程应用”项目进行了会议成果评价。其中**杜修力院士**指出：该项目紧密围绕国家“双碳”与智能建造战略需求，在高效连接技术、新型结构体系、智能抗震韧性改造及低碳运维等方面创新成果显著。专家组一致认为成果**总体达到国际先进水平**，部分达到国际领先水平。

中国钢结构协会组织专家对本项目进行了成果评价。全国勘察大师侯兆新、王立军、朱忠义等专家一致认为：该项目聚焦结构“轻量化、高性能及装配式”需求，在构件设计、耗能装置研发及体系集成等方面创新成果显著，**成果总体达到国际先进水平**，其中部分达到国际领先水平。

2. 专家评价

杨庆山、董必钦教授认为：项目团队研发的新型装配式结构体系具有较高工程应用价值，提出的装配式混凝土结构抗倒塌设计方法具有重要理论意义，研究成果创新性和先进性显著，推动了装配式结构倒塌理论的研究，保障了地震区装配式建筑结构安全。装配式结构领域知名专家**张锡治研究员、王春林教授、王伟教授**认为：团队开展的装配式构件连接节点优化、新型装配式结构设计理论及抗震/抗连续倒塌设计方法等方面研究具有显著创新性，在装配式建筑体系方面形成了系统性成果，其中，取得的装配结构连接技术与抗倒塌研究成果处于国内领先，对于保障装配式结构安全、加快装配式建筑技术发展、推动建筑产业升级有重要的理论意义和实践指导价值。

3. 工程应用评价

研究成果应用于幸福林带、西安雁塔新天地区域提升改造项目、西北水电及新能源科技产业中心、青海宝恒装配式办公楼等重点项目，获国家优质工程银质奖、陕西省优秀工程设计奖等荣誉，提高了建筑结构抗震抗倒塌性能，推进了装配式建筑比例和规模化程度推进供给侧结构改革和新型城镇化发展。

在项目支持下，合作单位获得省高新技术企业、技术创新示范企业等称号，联合建立了青海省工程技术研究中心，指导中铁建预制构件研发基地与中国电建集团西北勘测设计研究院城市更新研究中心建设，助力山东德建集团有限公司、青海宝恒绿色建筑产业股份有限公司与广西建工集团有限责任公司获国家装配式建筑产业基地，提升了合作企业核心竞争力和品牌影响力，助力合作企业在装配式领域创新奋进。

4. 国内外相关技术比较

本项目技术与国内外同类技术的比较情况见表 1。

表 1 本项目技术与国内外同类技术的比较

关键技术		本项技术	国内外技术
技术 1	装配式高效连接技术与基材研发	研发了 7 种适用于装配式结构的高效连接技术和 2 种高性能填充材料，给出了相应设计方法。	强震作用下构件连接的力学性能难以保障，日益多元化的装配式建造需求缺乏对应的连接方式。本技术提升建造效率 20%。
技术 2	装配式混凝土框架结构应用体系与性能控制	提出了多种铰组合下新型装配式框架结构，给出了相应结构性能控制与设计方法。	新型结构体系仍处于探索阶段，现行规范的适用性有待验证，同类研究与工程实践吻合度不足。本技术提高建筑可靠度 25%。
技术 3	新型装配式结构体系研发关键技术	提出了高强钢筋自复位智能抗震结构与装配式“包钢-防屈曲支撑”加固结构性能提升体系。	现有装配式结构震后恢复能力有待提高，智能抗震体系不完善建筑加固改造效率低。本技术避免大拆大建。
技术 4	装配式混凝土结构性能评估与控制	提出了装配式低层结构抗侵蚀和能源自供给技术，形成了新型一体式光伏-建筑结构体系。	当前装配式建筑的低能耗设计多停留在单一措施叠加层面，缺乏从整体性能出发的系统化方法。
技术 5	全生命周期性能保障与低碳运维	构建了“点-面”式场域化智能运维体系，给出了建筑全局碳排放评估方法与减碳策略。	简化建模工作和全寿命周期管理是 BIM 中重难点技术问题，现行规范中碳排放计算规则较模糊。

5. 代表性成果评价与课题验收意见

主要知识产权中 4 篇论文均入选高被引，被引频次位居装配式建筑领域前列，获国内外同行广泛关注，充分彰显了成果的学术影响力、创新性与前沿性。

申报团队主持完成国家级、省部级项目 36 项，且均已通过相关技术部门结题验收。主要项目验收意见如下：

其中，国家自然科学基金项目“非抗震 RC 空间框架连续倒塌加固破坏机制与设计方法(51778060)”验收意见为“准予结题”。

陕西省重点研发计划项目：“高烈度区装配式耗能框架破坏机理与设计方法研究(2020KW-067)”、“新型装配式部分填充钢混组合框架-耗能支撑体系地震损伤控制与设计方法(2024GH-ZDXM-18)”、“绿色建筑工业化关键技术及应用示范（2018ZDCXL- SF-03-03-02）”相关项目评审专家组给出的意见为“验收通过”。

五、应用情况：

基于项目提出的**连接技术、建造标准、提升方法、设计理论、运维体系**，结合示范工程生产基地和企业集团的市场运作，不断进行技术创新，**将新技术、新体系和新理论应用于全国多地 53 余处装配式工程建设项目**，助力合作单位获批**省级高新技术企业及省级技术创新示范企业**，在项目成果支持下，山东德建集团有限公司、广西建工轨道装配式建筑产业有限公司及青海宝恒绿色建筑产业股份有限公司先后获批**国家装配式建筑产业基地**，为建筑业转型起到了推动作用。具体应用单位情况见表 2。

表 2 主要应用单位情况表				
序号	单位名称	应用的技术	应用起止时间	单位联系人
1	中建八局华中建设有限公司	关键技术 1、3	2018.02 -2025.12	王彬
2	中国建筑第六工程局有限公司应用证明	关键技术 3、4	2019.03 -2025.12	赵海宏
3	山东高速德建集团有限公司	关键技术 1、2、3	2017.10 -2025.12	苏钢
4	中建三局集团有限公司	关键技术 1、2、5	2018.02 -2025.12	李艳
5	成都建工第六建筑工程有限公司	关键技术 1、4、5	2017.03 -2025.12	唐铭
6	中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司	关键技术 1、2、5	2019.01 -至今	杨新苗
7	中国建筑西北设计研究院有限公司	关键技术 1、2、4、5	2017.03 -至今	赵海宏
8	青海宝恒绿色建筑产业股份有限公司	关键技术 1、2、3、5	2017.09 -至今	张真真
9	中铁上海设计院集团有限公司	关键技术 1、2、3	2020.01 -至今	陶佳元
10	中铁电气化局集团有限公司	关键技术 4、5	2021.01 -至今	任鹏

六、主要知识产权和标准规范等目录：

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	发明专利	一种装配式自保温再生混凝土房屋体系及其施工方法	中国	CN 112554435 B	2024.08.30	7333898	西安工业大学	黄华，郭梦雪，周文杰，陈少壮，陈震，薛春亮，李铭，邓万钊
2	发明专利	一种装配式框架结构自复位耗能体系及其施工方法	中国	CN 109707037 B	2021.04.20	4373770	长安大学	黄华，袁玉杰，吴先兵，张凡涛，黄敏，郭梦雪，林笑，周文杰
3	发明专利	一种装配式结构梁-梁人工塑性铰连接	中国	CN 109707039	2021.05.18	4433499	长安大学	黄华，袁玉杰，吴先

		结点及其施工方法		B				兵, 张凡涛, 黄敏, 郭梦雪, 林笑, 周文杰
4	发明专利	一种装配式环形基础及其装配方法	中国	CN 114960719 B	2024.01.05	6605166	中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司	艾腾, 周剑, 高徐军, 韩晓峰, 杨新茁, 郭鹏, 张玉
5	论文	Seismic behavior of a replaceable artificial controllable plastic hinge for precast concrete beam-column joint	中国	Engineering Structures, 2021, 245	2021.07.10	112848	长安大学	Hua Huang, YujieYuan, Wei Zhang*, Ming Li
6	论文	Theoretical analysis on the lateral drift of precast concrete frame with replaceable artificial controllable plastic hinges	中国	Journal of Building Engineering, 2022, 62	2022.10.08	105386	西安工业大学	Hua Huang, Ming Li*, Yujie Yuan, Hao Bai
7	论文	Experimental Research on the Seismic Performance of Precast Concrete Frame with Replaceable Artificial Controllable Plastic Hinges	中国	Journal of Structural Engineering, 2023, 149	2023.04.08	04022222	西安工业大学	Hua Huang, Ming Li*, Yujie Yua, and Hao Bai
8	论文	Geopolymer cold-bonded lightweight aggregate concrete: mechanical properties and microstructure	中国	Construction and Building Materials, 2025, 465	2025.02.01:	140261	长安大学	Xi Liu*, Yuan Wen, Shun Chen, Mingxing Jiang
9	规程	装配式建筑 BIM 技术应用规程	中国	T/CCIAT 0058-2023	2023.08.24	中国建筑行业协会	山东高速德建集团有限公司	胡兆文等
10	规程	GRC 保温复合墙板应用技术规程	中国	T/CCIAT 0102-2025	2025.10.17	中国建筑行业协会	山东高速德建集团有限公司	胡兆文等

七、主要完成人情况：

姓 名	黄华	排 名	1
行政职务	院长		
技术职称	教授		
工作单位	西安工业大学		
完成单位	西安工业大学		
对本项目主要学术贡献： 项目总负责人，负责制定研究技术路线及方案，主要承担装配式结构耗能连接技术与装配式韧性改造结构体系研发、装配式混凝土框架结构倒塌破坏机理与抗倒塌理论研究，提出了装配式混凝土框架结构性能协调设计方法与抗倒塌设计理论，工作量占本人工作量的 75%。 负责成果在西安市雁塔区文化新天地、青海宝恒装配式办公楼等重大项目的技术推广，在全部创新点均做出了创造性工作。			

姓 名	刘喜	排 名	2
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		
对本项目主要学术贡献： 主要负责项目的研究规划与研究方案的制定，承担装配式混凝土结构钢筋高效连接技术，开发碟簧-摩擦片自复位耗能连接装置，提出韧性框架-剪力墙自复位连接空间布局与性能调控方法；研发多源驱动装配式人造骨料轻质墙板，揭示墙板与框架协同工作机理。工作量占本人工作量的 75%，在创新点（1）、（2）、（3）、（4）均做出主要贡献。			

姓 名	蔡伟	排 名	3
行政职务	分公司执行董事		
技术职称	工程师		
工作单位	中建六局交通建设有限公司		
完成单位	中国建筑第六工程局有限公司		

对本项目主要学术贡献： 主要负责项目的研究规划、组织协调、研究方案的制定，完成了高效连接技术施工工艺优化与现场验证，针对高烈度区吊装效率低、施工空间受限等难题，推广应用高效连接技术与新型结构体系成套施工工艺，形成标准化生产与高效装配系统工艺。工作量占本人工作量的 60%，在创新点（2）、（4）做出主要贡献。			
--	--	--	--

姓 名	胡兆文	排 名	4
行政职务	顾问总工程师		
技术职称	正高级工程师		
工作单位	山东高速德建集团有限公司		
完成单位	山东高速德建集团有限公司		
对本项目主要学术贡献：			
参与项目的组织协调与工程实施工作，主要负责装配式预制构件生产工艺优化与新型部品部件研发。在预制构件的生产制造与工程应用中，主导完成了标准化模具设计与构件生产工艺优化，建立了构件生产质量控制体系，有效提高了构件生产精度与脱模效率；参与完成了装配式构件力学性能试验，为高效连接节点设计参数确定与结构性能评估提供了关键试验数据支撑，保障了预制构件生产供应与现场高效装配的协同衔接。工作量占本人工作量的 75%，在创新点（1）、（2）、（3）、（5）做出主要贡献。			

姓 名	刘跃伟	排 名	5
行政职务	董事长		
技术职称	副高级工程师		
工作单位	成都建工第六建筑工程有限公司		
完成单位	成都建工第六建筑工程有限公司		
对本项目主要学术贡献： 参与项目的组织协调工作，主要负责部品制造与智能安装全链条技术研究与示范，参与研发可拆卸人工塑性铰连接技术，提出基于“特征尺寸-使用比例”的损伤可控设计方法，建立标准化生产与智能安装成套技术体系。工作量占本人工作量的 55%，在创新点（1）、（4）做出主要贡献。			

姓 名	周剑	排 名	6
行政职务	城建与交通工程院副总工程师，所长		
技术职称	正高级工程师		

工作单位	中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司
完成单位	中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司
对本项目主要学术贡献： 参与成果的研发及应用推广工作，主要负责面向城市更新的装配式干法连接与结构改造技术研究，研发“包钢-防屈曲支撑”韧性提升体系，提出塔筒结构环箍-预应力协同保障理论与膜壳式快速建造技术，完成了高性能填充材料研发。工作量占本人工作量的 60%，在创新点（2）、（3）、（4）作出主要贡献。	

姓 名	陈磊	排 名	7
行政职务	建筑公司副总经理、总经济师		
技术职称	高级工程师		
工作单位	中国水电建设集团十五工程局有限公司		
完成单位	中国水电建设集团十五工程局有限公司		
对本项目主要学术贡献： 参与项目的组织协调工作，主要负责抗震设计方法与性能评估体系的工程应用，推广变形协调与性能协调抗震设计方法，采用“子结构-工作域”模型完成节点性能校核，统筹转动刚度与变形协调系数，优化结构协同工作机制。工作量占本人工作量的 60%，在创新点（2）、（3）做出主要贡献。			
姓 名	王力	排 名	8
行政职务	一分司设计与技术管理部经理		
技术职称	高级工程师		
工作单位	中建三局集团有限公司		
完成单位	中建三局集团有限公司		
对本项目主要学术贡献： 主要研发扣合装配式快拆光伏连接与支架结构体系，建立既有结构光伏支架屋面一体化设计方案，形成“光伏-建筑-结构”一体化设计方法，推广全过程协同保障体系。工作量占本人工作量的 60%，在创新点（4）做出主要贡献，在创新点（1）、（2）做出重要贡献。			

姓 名	卢小松	排 名	9
行政职务	无		
技术职称	讲师		
工作单位	西安工业大学		

完成单位	西安工业大学
对本项目主要学术贡献： 主要完成了可拆卸人工塑性铰连接节点研发与抗震试验研究，承担节点构造设计、力学试验与数值模拟，参与损伤梯度分析方法建立。工作量占本人工作量的 65%，在创新点（1）、（2）、（4）作出重要贡献。	

姓 名	陈舸	排 名	10
行政职务	总工程师		
技术职称	正高级工程师		
工作单位	成都建工第六建筑工程有限公司		
完成单位	成都建工第六建筑工程有限公司		
对本项目主要学术贡献： 完成了装配式部品制造技术研究，承担构件生产流程优化及工程应用，参与损伤可控设计方法的工程验证。工作量占本人工作量的 50%，在创新点（4）作出重要贡献。			

姓 名	任 力	排 名	11
行政职务	技术质量部副经理		
技术职称	工程师		
工作单位	中建六局交通建设有限公司		
完成单位	中国建筑第六工程局有限公司		
对本项目主要学术贡献： 参与高效连接技术施工工艺优化，承担高烈度区构件吊装与节点施工的现场试验及工法编制，参与标准化生产与高效装配成套工艺制定。工作量占本人工作量的 50%，在创新点（2）、（4）作出重要贡献。			

姓 名	李艳	排 名	12
行政职务	一分司设计与技术支持中心主任		
技术职称	高级工程师		
工作单位	中建三局集团有限公司		

完成单位	中建三局集团有限公司
对本项目主要学术贡献： 参与光伏-结构一体化技术研究，承担快拆光伏连接节点力学性能测试与构造优化，参与屋面一体化设计方案制定，负责工程现场组织与数据采集。工作量占本人工作量的 50%，在创新点（4）作出重要贡献。	

姓 名	唐 铭	排 名	13
行政职务	科技质量部主管		
技术职称	工程师		
工作单位	成都建工第六建筑工程有限公司		
完成单位	成都建工第六建筑工程有限公司		
对本项目主要学术贡献： 参与智能安装施工技术研究，承担构件 BIM 安装工艺现场试验与方案优化，参与可拆卸铰连接技术在典型工程中的安装技术指导。工作量占本人工作量的 45%，在创新点（1）、（4）作出重要贡献。			

姓 名	刘宏社	排 名	14
行政职务	中国水电建设集团十五工程局有限公司房建专业副总工程师		
技术职称	正高（建筑专业）		
工作单位	中国水电建设集团十五工程局有限公司		
完成单位	中国水电建设集团十五工程局有限公司		
对本项目主要学术贡献： 参与抗震设计方法与性能评估体系工程验证，承担“子结构-工作域”模型的节点性能校核与数据分析，参与变形协调与性能协调设计方法的现场技术指导。工作量占本人工作量的 50%，在创新点（2）、（3）作出重要贡献。			

姓 名	杨新苗	排 名	15
行政职务	副所长		
技术职称	高级工程师		
工作单位	中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司		

完成单位	中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司
对本项目主要学术贡献： 参与成果研发工作与应用推广，主要负责新型装配式改造与智能建造技术研发工作，w 完成了“包钢-防屈曲支撑”体系抗震试验与工程验证，参与高性能填充材料配比优化与测试。工作量占本人工作量的 55%，在创新点（2）、（3）作出重要贡献。	

八、主要完成单位及创新推广贡献：

单位名称	西安工业大学
对本项目主要学术贡献： 西安工业大学科研团队与中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司，中建三局集团有限公司，中国建筑第六工程局有限公司，成都建工第六建筑工程有限公司等单位合作，开展了装配式结构可拆卸式人工塑性铰连接与损伤控制技术研发，针对震后修复困难的行业痛点，提出了铰域“动-限”理论下的节点抗震分析模型，研发了可拆卸人工可控塑性铰连接节点，建立了“子结构-工作域”损伤梯度分析方法，形成了大型装配式混凝土结构性能协调抗震设计方法，搭建了融合 AI 与数字孪生的全域感知与智能管控平台，构建了“生产-物流-装配”全过程协同保障体系。 研究成果已在陕建(西咸新区)建筑产业基地办公楼及宿舍公寓等项目中应用，产生了显著的经济和社会效益。 申报资料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，本报奖项目经过向社会公示，无异议。	

单位名称	中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司
对本项目主要学术贡献： 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司与长安大学、西安工业大学等单位合作，面向城市更新进程加快的时代背景，就装配式结构干法连接技术、建筑结构装配式改造技术、装配式韧性组合结构抗震性能等展开系列研究，研发了装配式“包钢-防屈曲支撑”加固既有结构韧性性能提升体系，提出了装配式塔筒结构横向环箍-竖向预应力集束协同保障理论与膜壳式快速建造技术，参与研发了高延性地聚物基与磷酸镁水泥基两类高性能填充材料。 研究成果已在西安市雁塔区文化新天地区域提升改造工程等项目中转化并推广，对装配式产业化推广应用做出了重要的贡献，促进了成果的广泛应用。 申报资料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，本报奖项目经过向社会公示，无异议。	

单位名称	长安大学
对本项目主要学术贡献： 长安大学科研团队与西安工业大学、中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司、中国水电建设集团十五工程局有限公司等单位合作，长期开展装配式高效连接技术、装配式结构体系研发与智能抗震设计理论研究。研发了适用于多种结构体系的 U 型筋复合搭接、新型约束浆锚、型钢螺栓连接等干法/湿法高效连接技术，提出了基于贝叶斯概率理论的节点抗剪承载力计算模型；开发了碟簧与摩擦耗能片组合的自复位耗能连接装置，提出了韧性框架-剪力墙自复位耗能连接空间布局与性能调控设计方法；研发了多源驱动下装配式人造骨料轻质墙板，揭示了墙板与主体框架协同工作机理。 项目研究成果已在青海宝恒装配式办公楼等代表性工程项目中应用，产生了显著的经济和社会效益。 申报资料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，本报奖项目经过向社会公示，无异议。	

单位名称	中建三局集团有限公司
对本项目主要学术贡献： 中建三局集团有限公司联合长安大学、西安工业大学等单位，围绕分布式光伏-建筑结构一体化建造技术研发与全过程协同保障体系的工程验证。针对光伏支架与装配式屋面协同工作机制不明确的难题，研发了扣合装配式快拆光伏连接与支架结构体系，建立了既有结构光伏支架屋面一体化设计方案，形成了适用于不同建筑类型的“光伏-建筑-结构”一体化设计方法。同时，推广应用了“生产-物流-装配”全过程协同保障体系与标准化构件生产、高效连接等系列技术成果。 成果已在西安市公共卫生中心（应急项目快速交付）等重大工程中应用，有效降低了资源消耗与施工安全风险，实现了绿色低碳建造。 申报资料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，本报奖项目经过向社会公示，无异议。	

单位名称	中国建筑第六工程局有限公司
对本项目主要学术贡献： 中国建筑第六工程局有限公司与西安工业大学等单位合作，开展了装配式高效连接技术在典型工程中的施工工艺优化与现场验证。针对高烈度区预制构件吊装效率低、节点施工空间受限等现场难题，推广应用了装配式高效连接技术与新型结构体系成套施工工艺，形成了构件标准化生产、现场高效装配等系统施工工艺。 成果已在云麓长林苑等多项工程中成功应用，在降低模具切换次数与单构件制造成本、缩短现场吊装等待时间、减少原材料资源消耗等方面效果显著，实现了绿色低碳建造。 申报资料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，本报奖项目经过向社会公示，无异议。	

单位名称	成都建工第六建筑工程有限公司
对本项目主要学术贡献： 成都建工第六建筑工程有限公司与西安工业大学等单位长期合作，开展了装配式建筑部品制造、BIM 智能化安装全链条关键技术的工程研究与示范。参与研发了可拆卸式人工塑性铰连接与损伤控制技术，提出了基于“特征尺寸-使用比例”的损伤可控设计方法；建立了标准化构件生产与智能化安装施工的成套工程应用技术体系。 成果已在电子科技大学“三医+人工智能”科技园项目二期等工程中应用，有效减少了资源消耗，提高了生产运输与安装效率，降低了安全风险。 申报资料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，本报奖项目经过向社会公示，无异议。	

单位名称	中国水电建设集团十五工程局有限公司
对本项目主要学术贡献： 中国水电建设集团十五工程局有限公司与西安工业大学、中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司等单位合作，开展了装配式混凝土结构抗震设计方法与性能评估体系的工程应用与验证工作。推广应用了装配式混凝土结构变形协调与性能协调抗震设计方法，采用“子结构-工作域”损伤梯度分析模型完成装配节点性能校核优化了整体结构协同工作机制。 相关成果在临空配套城市更新项目等工程中成功应用，有效保障了强震作用下各预制构件受力均衡，规避了装配式建筑延性水平局部节点薄弱的行业痛点，推动了装配式结构抗震设计流程标准化与工程应用。 申报资料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，本报奖项目经过向社会公示，无异议。	

单位名称	山东高速德建集团有限公司
对本项目主要学术贡献： 山东高速德建集团有限公司与西安工业大学、中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司等单位合作，主要负责装配式预制构件生产工艺优化与新型部品部件研发。在预制构件产品研发与生产实践中，提出了标准化模具设计与构件生产工艺优化方案，有效提高了构件生产精度与脱模效率，降低了模具切换次数与单构件制造成本；参与完成了装配式构件力学性能试验研究，为高效连接节点的设计参数确定与结构性能评估提供了关键试验数据支撑。 相关成果已在装配式建筑项目中应用，验证了生产工艺的可靠性与构件产品的结构性能。 申报材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，本报奖项目经过向社会公示，无异议。	

九、完成人合作关系说明：

参加 2026 年陕西省科学技术奖申报与评审的“装配式混凝土结构体系创新关键技术和高效建造及工程应用”项目成果，主要由西安工业大学，中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司，长安大学，中建三局集团有限公司，中国建筑第六工程局有限公司、成都建工第六建筑工程有限公司、中国水电建设集团十五工程局有限公司等七个主要完成单位共同完成和联合申请，项目研究及应用内容针对绿色建筑与智能建造需求，围绕装配连接、抗震理论、新型结构、韧性提升与智能运维等方面进行融合创新，开展装配式混凝土结构体系创新关键技术研究。人员排序考虑在项目中工作量大小、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推广等因素，客观反映本项目成果每个主要完成人的科研业绩，经充分协商一致后确定，单位排序考虑在本项目成果中投入人员与经费多少、研究与工程应用的工作量、成果数目及开展的合作项目等因素，客观反映各主要完成单位在本项目成果中的实际工作业绩，经充分协商后一致确定。

西安工业大学、中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司和长安大学科研团队在技术研发、工程应用等方面有长期良好的合作，相关成果在西安市雁塔区文化新天地区域提升改造项目、中铁建临港大厦项目、中铁建总部员工基地租赁房等工程中取得应用，形成了具有代表性的系列成果。西安工业大学和中建三局集团有限公司，中国建筑第六工程局有限公司、成都建工第六建筑工程有限公司、

中国水电建设集团十五工程局有限公司保持良好合作关系，在项目申报、奖励申请、学术交流等方面开展了长期合作。

具体合作情况见完成人合作关系情况表。

表 2 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	合作时间	合作完成时间	合作成果	证明材料
1	共同科技成果	黄华/1、刘喜/2	2018.1	至今	2023 年陕西高等学校科学技术研究优秀成果奖一等奖，装配式混凝土结构体系应用关键技术、抗倒塌设计与产业升级	获奖证书
2	共同科技成果	刘喜/2、周剑/5、杨新苗/15	2019.01	2024.12	城市更新背景下框架节点受力性能与改造提升技术研究	科技成果鉴定报告
3	共同知识产权	刘跃伟/3、陈舸/9	2022.01	2025.09	主要知识产权：一种隔震结构系统地震易损性分析方法	专利证书
4	共同科技成果	黄华/1、胡兆文/4	2019.01	至今	规程：装配式建筑 BIM 技术应用规程（T/CCIAT 0058-2023）	标准规程
5	共同科技成果	黄华/1、唐铭/13	2020.01	至今	基于低碳智造、智慧物流与协同安装的装配式建筑供应链智能化关键技术	获奖证书
6	共同知识产权	周剑/5、杨新苗/15	2019.01	至今	主要知识产权：一种装配式环形基础及其装配方法	专利证书
7	共同知识产权	王力/8、李艳/12	2021.02	至今	主要知识产权：一种预制构件吊装工具	专利证书
8	共同科技成果	黄华/1、蔡伟/3、刘跃伟/5、周剑/6、陈磊/7、王力/8、卢小松/9、陈舸/10、任力/11、刘宏社/14	2016.08	至今	装配式混凝土结构高效连接技术、设计方法与工程应用	科技成果鉴定报告