

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	复杂工程结构减震（振）关键技术与工程应用
主要完成人	朱丽华，董尧荣，张超，夏巍，冯高伟，李丽霞，石菲， 王诗光，刘通，苏皓
主要完成单位	西安建筑科技大学，广州大学，陕西建工第三建设集团有限公司

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>该成果在多项国家级和省部级课题的支持下，历时 10 余年，针对复杂减隔震结构体系存在的技术难题和工程需求，系统开展了复杂工程结构减震（振）控制关键技术与工程应用。</p> <p>该成果研发了新型黏滞阻尼器开敞式布置机构、高效剪刀撑布置机构和高性能黏弹性阻尼器腋撑式机构三种减震子结构，满足了复杂减震结构体系多元化功能需求；研发了新型三维减震（振）摩擦摆组合支座和多维高阻尼粘弹性减隔震支座两种多维减震装置，实现了减隔震结构的多源振动控制；研发了新型装配式减震墙板和减震围护墙两种非结构构件，从系统维度提升了复杂减隔震结构体系的韧性。</p> <p>项目成果共发表学术论文 120 篇，其中 SCI 检索 70 篇，EI 检索 26 篇；授权国家发明专利 18 项、实用新型专利 41 项；培养博士和硕士研究生 42 名。成果已应用于高烈度区大型公共建筑、高层和超高层建筑、地铁临近建筑、内容大型动力设备的工业建筑、装配式减震结构等复杂工程结构中，产生了显著的经济效益和社会效益。项目成果有力推动了土木工程隔震减震技术的进步。</p> <p>该项目成果具有很高的创新性和先进性，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。</p> <p>特推荐提名为陕西省科学技术二等奖。</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

我国许多地区自然环境与地质条件复杂，抗震设防烈度高，工程结构面临着严峻的防震减灾问题。隔震减震技术能有效减轻工程结构的地震破坏、减少人民生命财产损失。自 2001 年消能减震纳入《建筑抗震设计规范》以来，随着结构减隔震技术的进一步发展和我国社会经济水平的不断提升，其工程应用越来越普遍。2021 年《建设工程抗震管理条例》颁布实施后，我国的结构隔震减震技术更是得到了前所未有的发展。**与此同时，减隔震结构型式也逐步从低层、简单结构向大型、高层、复杂工程结构的方向发展，减隔震结构的功能需求趋向多元化、振源复杂化，同时对非结构构件提出了更高的韧性要求（图 1）。因此，亟需开发高性能减隔震装置和子结构，并完善和建立减隔震结构设计方法，以满足复杂工程结构的减隔震控制设计理论和工程应用需求。**

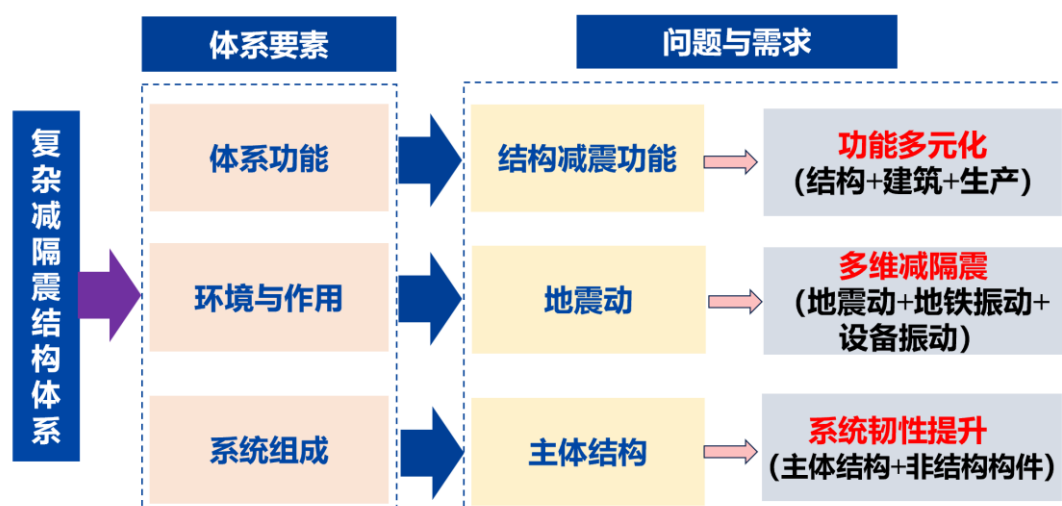


图 1 复杂减隔震结构体系技术难题与需求

在国家自然科学基金项目、国家重点研发计划项目课题等科研项目的支持下，围绕地震动及其它各类激励作用下复杂工程结构的减震（振）控制和抗震韧性提升等问题，系统开展了复杂工程结构减震（振）控制关键技术与工程应用方面的研究工作。该成果开发了系列减隔震装置和子结构，通过对复杂工程结构的振动台试验和精细化数值分析，提出了其减隔震设计方法。具体技术成果主要包括：

1. 面向减震结构体系的多元化功能需求，研发了新型黏滞阻尼器开敞式布置机构、黏滞阻尼器高效剪刀撑布置机构和高性能黏弹性阻尼器腋撑式机构三种减震子结构，解决了复杂工程结构的高效减震控制、损伤模式控制和多重功能需求互斥的技术难题。（1）建立了黏滞阻尼器开敞式布置机构和高效剪刀撑布置机构位移放大系数和附加阻尼比的计算方法，并提出了相应减震结构体系的设计方法；开发了黏

滞阻尼器布置机构混合使用技术。提出的黏滞阻尼器开敞式布置机构的位移放大系数能达到 1.0 以上，并能在结构框格内形成开敞空间。（2）提出了附加高性能黏弹性阻尼器腋撑式机构的减震结构体系的量化材料尺度损伤指标，建立了腋撑式减震结构的跨尺度损伤演化模型，提出了腋撑式减震结构体系优化分析方法。

2. 面向多振源减震（振）控制的需求，研发了新型三维减震（振）摩擦摆组合支座和多维高阻尼粘弹性减隔震支座两种多维减震装置，解决了复杂多源激励下减隔震结构体系的多维减震（振）问题。（1）建立了三维减震（振）摩擦摆组合支座的力学模型，实现了竖向和水平向力学性能的解耦分析计算；建立了内容大型动力设备工业建筑的双水准性能目标设计方法。三维减震（振）摩擦摆组合支座能够实现竖向振动 90% 以上的减振效率。（2）建立了多维高阻尼粘弹性减隔震装置的精细化多参量力学计算模型，提出了安装该装置结构的高效动力分析方法和多目标优化设计方法。多维高阻尼粘弹性减隔震支座三向减震（振）效率均达到 60% 以上。

3. 面向减隔震结构体系韧性提升需求，研发了新型装配式减震墙板和减震围护墙两种非结构构件，解决了复杂减隔震结构体系中非结构构件抗震韧性差、破坏严重的问题。提出了两类减震墙板与主体结构的连接方法，揭示了新型减震墙板和减震围护墙力学性能的参数影响规律，建立了减震墙板的等效力学模型和韧性设计准则，阐释了减震墙板-框架、减震围护墙-框架平面内和平面外的工作机理，提出了装配式减震墙板/减震围护墙框架结构的抗震设计方法。

4. 依托项目研究成果，将减隔震技术应用到**西安碑林博物馆改扩建工程和二二工程—西安项目（国家版本馆项目）中，并建造完成了这两项陕西省西安市重大工程。**减隔震技术的应用显著提升了主体结构和馆藏文物的地震安全性，同时也表明，该项目技术成果在提升重大工程结构地震安全性方面具有显著的技术和经济优势。

该项目获授权国家发明专利 18 项、实用新型专利 41 项。成果纳入《工业设备基础可靠性鉴定标准》（T/CECS 1416-2023）。该项目成果在高烈度区大型公共建筑、高层和超高层建筑、地铁临近建筑、内容大型动力设备的工业建筑、装配式减震结构等复杂工程结构中得到了广泛应用。陕西永安减震科技有限公司、中建震安科技工程有限公司、中科瑞城设计公司、衡水震泰隔震器材有限公司等多家公司企业将该项目成果应用于华阴市人民医院、西咸平安大厦等 20 多个实际工程项目中，共计新增合同金额 76685 万元，新增利润 7853 万元，取得了良好的经济效益和社会效益，应用前景广阔。

四、客观评价

该项目围绕复杂工程结构的减震（振）关键技术和工程应用开展了系统深入的研究。研究成果具有很高的学术价值和工程意义。相关管理部门、专业机构、国内外同行对该项目成果的创新性、应用效益和经济社会价值进行了全面积极的评价。

1. 科技成果鉴定

2024 年 7 月 13 日，陕西省土木建筑学会组织专家对西安建筑科技大学、广州大学、陕西建工第三建设集团有限公司等单位联合完成的“复杂工程结构减震（振）关键技术与工程应用”成果进行了科技评价。评价委员会认为，**项目成果整体达到国际先进水平，其中黏滞阻尼器开敞式布置机构及设计方法达到国际领先水平。**

2. 科技查新报告

陕西省科学技术情报研究院对黏滞阻尼器开敞式布置机构、三维减振隔震摩擦摆支座及装配式减震墙板 3 个查新点进行了查新、比较、分析和鉴别。**得出查新结论：在国内外公开发表的中外文文献中与本查新项目查新点完全相同的研究工作未见报道。**

3. 与国内外相关技术的比较

根据科技查新报告，以及其它文献检索对比，该项目的主要技术成果与国内外相关技术对比如下表。

该项目创新成果	国内外同类技术水平
研发了新型黏滞阻尼器开敞式布置机构，提出了黏滞阻尼器开敞式布置机构减震结构体系设计方法。	现有黏滞阻尼器布置机构阻碍视野，无法满足人们对空间、视野、美观等的多元化功能需求。
研发了新型高性能黏弹性阻尼器腋撑式减震结构体系，建立了该结构的跨尺度损伤演化模型。	传统黏弹性阻尼器布置方法无法同时满足结构的高效减震控制、损伤模式控制需求和建筑功能需求。
研发了黏滞阻尼器高效剪刀撑布置机构，其位移放大系数达到 3.5 以上，提升了黏滞阻尼器的工作效率。	现有的黏滞阻尼器布置机构，普通机构的位移放大系数低于 1.0，放大型机构低于 2.5。
研发了三维减震（振）摩擦摆组合支座，提出了内容大型动力设备工业建筑的振震双控技术。	现有减隔震装置无法同时减小竖向设备振动和水平向地震动。

<p>研发了新型减震墙板和减震围护墙，建立了减震墙板和减震围护墙的等效力学模型和韧性设计准则。</p>	<p>现有装配式复合墙板构造复杂，在地震中易遭受破坏，且对结构附加刚度和过强约束，导致抗震不利。</p>
<p>4. 重要科技奖励</p> <p>依托该项目成果申请的科技成果“融合多重功能需求的高性能消能减震结构体系研究与应用”获得陕西高等学校科学技术奖一等奖。</p> <p>围绕该成果的主要研究内容，成果第一完成人朱丽华教授主持的项目“工程结构减震控制”（项目编号：2022JC-35）获陕西省杰出青年科学基金资助；基于在复杂工程结构减隔震控制方向的学术成绩，朱丽华教授于 2023 年获“建筑结构行业杰出青年”称号。成果第二完成人董尧荣副教授于 2023 年获批“三秦英才引进计划”青年项目。</p> <p>5. 课题验收意见</p> <p>项目组主持完成的国家自然科学基金项目、国家重点研发计划课题等项目均已通过验收且顺利结题。国家自然科学基金委员会对“考虑建筑需求的黏滞阻尼器开敞式布置机构力学性能与减震机理研究（51878552）”“主子耦合系统强震倒塌破坏机理与抗震设计方法研究（50908186）”和“装配式混凝土框架减震墙板结构抗震性能研究（51508117）”项目给出准予结题的意见。中国 21 世纪议程管理中心组织的专家组对“工业化建筑新型消能减震节点与消能墙关键技术(2017YFC0703608)”项目的结题验收意见为验收通过。广东省基础与应用基础研究基金委员会对“装配式框架减震墙板机理与性能研究（2016A030310259）”项目的结题验收意见为验收通过。</p> <p>6. 学术性评价</p> <p>该项目研究成果在国内外土木工程学科顶级期刊《Earthquake Engineering & Structural Dynamics》、《Journal of Structural Engineering-ASCE》、《土木工程学报》等高水平期刊上发表论文 30 余篇，研究成果得到了国内外著名专家学者的积极评价。所研发的减震（振）控制技术已获得 50 余项国家发明专利和实用新型专利授权。部分研究成果被纳入国家、地方规范/标准，并已经应用于多项重大重点工程。</p>	

五、应用情况

1. 应用情况

该项目成果解决了复杂工程结构减震（振）设计、施工关键技术难题，形成了包括设计方法、施工装备等系列成果，在高烈度区大型公共建筑、高层和超高层建筑、地铁临近建筑、内容大型动力设备的工业建筑、装配式减震结构等复杂工程结构中得到了广泛应用。项目成果被陕西永安减震科技有限公司、中建震安科技工程有限公司、中科瑞城设计公司、衡水震泰隔震器材有限公司等多家公司企业应用，涉及项目 28 个，取得了良好的经济效益和社会效益，推广应用前景广阔。

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	发明专利	一种开敞式阻尼器布置机构	中国	ZL 2015 1 0405127.6	2017 年 5 月 31 日	第 2498184 号	西安建筑科技大学	朱丽华, 王健
2	发明专利	一种可更换耗能层的装配式粘弹性-摩擦减震器	中国	ZL 2022 1 0899634.X	2024 年 08 月 09 日	第 7269352 号	西安建筑科技大学	董尧荣, 徐赵东, 史庆轩, 朱丽华, 黄兴淮, 张甜
3	发明专利	一种装配式自复位减震墙体框架结构	中国	ZL 2022 1 0418858.4	2023 年 06 月 09 日	第 6038001 号	广州大学	张超, 黄炜元, 周云, 黄镇钦, 李家乐, 石菲
4	发明专利	一种自复位单向摩擦耗能装置	中国	ZL 2022 1 0860247.5	2024 年 07 月 26 日	第 7236629 号	西安建筑科技大学	朱丽华, 刘通, 宁秋君, 李子杰, 罗金武
5	发明专利	一种装配式自复位减震墙体结构及其施工方法	中国	ZL 2022 1 0420756.6	2023 年 10 月 03 日	第 6378160 号	广州大学	张超, 黄炜元, 周云, 林子健, 李家乐, 石菲
6	发明专利	建筑工程砼剪力墙外窗洞口留置施工方法	中国	ZL 2008 1 0231784.3	2011 年 11 月 09 日	第 859168 号	陕西建工第三建设集团有限公司	宫平, 王强, 夏巍, 韩超, 甘党俊, 解炜, 高展
7	发明专利	一种具有中低频减振特性的弹性超材料轮盘结构	中国	ZL 2019 1 0098846.6	2020 年 06 月 02 日	第 3818741 号	西安建筑科技大学	李丽霞, 吕瑞翔, 解妙霞
8	论文	Experimental and mathematical model of the variable friction adaptive self-centering energy dissipative brace	美国	https://doi.org/10.1002/eqe.3982	2023 年 08 月 10 日	Earthquake Engineering and Structural Dynamics	西安建筑科技大学	刘通, 朱丽华, 董尧荣, 罗金武, 李子杰

9	论文	Experimental study and multi-scale refinement model of high damping acrylic polymer matrix VEDs for civil structural seismic retrofit	美国	https://doi.org/10.1002/eqe.4147	2024 年 06 月 13 日	Earthquake Engineering and Structural Dynamics	西安建筑科技大学	董尧荣, 徐赵东, 朱丽华, 史庆轩, 李强强, 何嘉轩, 成羽
10	协会标准	工业设备基础可靠性鉴定标准	中国	T/CECS 1416-2023	2023 年 09 月 20 日	中国计划出版社	西安建筑科技大学	朱丽华

七、主要完成人情况表

姓 名	朱丽华	排 名	1
行政职务	执行院长		
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： 项目负责人，全面负责项目的策划、组织和实施。研发了新型黏滞阻尼器开敞式布置机构和高效剪刀撑布置机构两种减震子结构，提出了其减震结构的设计方法，解决了复杂减隔震结构功能需求多元化的问题；研发了新型三维减震（振）摩擦摆组合支座，提出了内容大型动力设备工业建筑的振震双控技术，解决了复杂多源激励下减隔震结构体系的多维减震（振）问题。			

姓 名	董尧荣	排 名	2
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： 研发了新型高性能黏弹性阻尼器腋撑式减震结构体系，提出了该结构体系量化的材料尺度损伤指标，建立了腋撑式减震结构的跨尺度损伤演化模型，提出了腋撑式减震结构体系优化分析方法，解决了复杂工程结构的高效减震控制、损伤模式控制需求和建筑功能需求互斥的技术难题。研发了多维高阻尼粘弹性减隔震支座，建立了精细化多参量力学计算模型，提出了安装该装置结构的高效动力分析方法和多目标优化设计方法。			

姓 名	张超	排 名	3
行政职务	系主任		
技术职称	教授		
工作单位	广州大学		
完成单位	广州大学		
对本项目技术创造性贡献： 研发了新型减震墙板和减震围护墙，建立了减震墙板和减震围护墙的等效力学模型和韧性设计准则，阐释了减震墙板-框架、减震围护墙-框架平面内和平面外的工作机理，提出了装配式减震墙板/减震围护墙框架结构基于性能的抗震设计方法，解决了复杂减隔震结构体系中非结构构件抗震韧性差、破坏严重的问题。			

姓 名	夏巍	排 名	4
行政职务	总工程师		
技术职称	正高级工程师		
工作单位	陕西建工第三建设集团有限公司		
完成单位	陕西建工第三建设集团有限公司		
对本项目技术创造性贡献： 在项目的成果转化和推广应用中有重要贡献。参与了三维减震（振）摩擦摆组合支座及其力学性能测试。负责建造完成了西安碑林博物馆改扩建工程和二二工程—西安项目（国家版本馆项目），并将减隔震技术应用到这两项重大工程中。			

姓 名	冯高伟	排 名	5
行政职务	无		
技术职称	高级工程师		
工作单位	陕西建工第三建设集团有限公司		
完成单位	陕西建工第三建设集团有限公司		
对本项目技术创造性贡献： 在项目的成果转化和推广应用中有重要贡献。是西安碑林博物馆改扩建工程和二二工程——西安项目（国家版本馆项目）项目的主要技术负责人，对两项重大工程的隔震技术应用起到重要推动作用。			

姓 名	李丽霞	排 名	6
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： 主要负责项目实施过程中减隔震结构体系的模态分析，试验测试数据的挖掘和分析。对黏滞阻尼器开敞式布置机构和三维减震（振）摩擦摆组合支座的构造进行了优化。负责成果在实际工程应用中的技术支持。			

姓 名	石菲	排 名	7
行政职务	无		
技术职称	副教授		
工作单位	广州大学		
完成单位	广州大学		
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>参与了新型减震墙板和减震围护墙的研发及其力学性能试验研究，建立了新型减震墙板和减震围护墙的等效力学模型，提出了装配式减震墙板/减震围护墙框架结构基于性能的抗震设计方法。</p>			

姓 名	王诗光	排 名	8
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		
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>负责黏滞阻尼器开敞式布置机构、高效剪刀撑布置机构两种减震子结构和三维减震（振）摩擦摆组合支座受力性能的理论分析，并对附加减震子结构和支座的复杂减隔震结构体系进行了受力性能理论分析和数值模拟。</p>			

姓 名	刘通	排 名	9
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： 负责复杂激励下减隔震结构动力响应的精细化数值分析。参与黏滞阻尼器开敞式布置机构和高效剪刀撑布置机构的研发、性能测试、参数分析等工作。参与三维减震（振）摩擦摆组合支座力学性能试验测试、力学计算模型建立等工作。			

姓 名	苏皓	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： 负责黏滞阻尼器开敞式布置机构的力学性能测试、振动台试验，建立了采用黏滞阻尼器开敞式布置机构的减震结构的设计方法。提出了减震结构体系中黏滞阻尼器混合布置的优化方法，解决了黏滞阻尼器单一布置机构不能完全满足建筑结构多重功能需求的难题。			

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> <p>我校以朱丽华教授为负责人的科研团队，与广州大学、陕西建工第三建设集团有限公司开展合作，针对复杂工程结构减隔震控制中的重要科学问题和关键技术进行了系统深入的研究。</p> <p>我校负责制定项目的整体研究方案，主持项目的全面研究工作，组织完成项目成果鉴定，并负责项目成果的集成应用和示范推广。该校研发了新型黏滞阻尼器开敞式布置机构、高效剪刀撑布置机构和高性能黏弹性阻尼器腋撑式机构三种减震子结构，解决了复杂工程结构的高效减震控制、损伤模式控制和多重功能需求互斥的技术难题；研发了新型三维减震（振）摩擦摆组合支座和多维高阻尼粘弹性减隔震支座两种多维减震装置，解决了复杂多源激励下减隔震结构体系的多维减震（振）问题。项目成果在陕西永安减震科技有限公司、中建震安科技工程有限公司、中科瑞城设计公司、衡水震泰隔震器材有限公司等多家单位，包括华阴市人民医院、西咸平安大厦等 20 个实际工程项目中得到推广应用，经济效益和社会效益显著。项目成果为复杂工程结构减震控制的工程应用提供了科学依据，促进了该领域的技术进步。</p>	

单位名称	广州大学
<p>对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：</p> <p>我校张超教授带领的科研团队，与西安建筑科技大学、陕西建工第三建设集团有限公司围绕复杂工程结构减隔震控制技术，进行了长期科研合作，并取得了系列重要科研成果。</p> <p>我校研发了新型装配式减震墙板和减震围护墙两种非结构构件，提出了其与主体结构的连接方法，建立了装配式减震墙板/减震围护墙框架结构基于性能的抗震设计方法。项目成果在广州市园林建设集团有限公司等 8 个工程项目中得到应用，经济效益和社会效益显著。</p>	

单位名称	陕西建工第三建设集团有限公司
<p>对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：</p> <p>陕西建工第三建设集团有限公司与西安建筑科技大学、广州大学在工程结构减隔震控制技术领域长期开展科研合作，并负责相关科技成果转化与应用。</p> <p>作为施工单位建造完成了西安碑林博物馆改扩建工程和二二工程—西安项目（国家版本馆项目）两项西安市重点项目，并将减隔震技术应用到这两项工程中，取得了显著的经济效益和社会效益，有力推动了减隔震结构施工技术方面的技术进步。</p>	

完成人合作关系说明

本人负责的科技成果“复杂工程结构减震（振）关键技术与工程应用”参加 2025 年度陕西省科学技术奖申报，该成果由西安建筑科技大学、广州大学和陕西建工第三建设集团有限公司共同完成。

项目组中的董尧荣、李丽霞、王诗光、刘通、苏皓以及本人均为西安建筑科技大学研究人员，且均在本人带领的课题组。自 2021 年开始，本人即与董尧荣副教授就复杂工程结构减隔震控制开展科研合作，本人的研究侧重黏滞阻尼减震结构，董尧荣侧重粘弹性阻尼减震结构。目前本人与董尧荣合作发表多篇论文，并共同申报专利。因研究工作需要，本人于 2020 年邀请李丽霞副教授加入课题组。李丽霞的专业领域为机械工程，对课题组研发的各类减隔震装置的优化起到了重要作用。王诗光是本人的博士后，刘通和苏皓是本人的博士生，这三人均在本项目中与本人有深度合作。2024 年，本人与董尧荣、李丽霞、王诗光、刘通和苏皓共同申报的科技成果“融合多重功能需求的高性能消能减震结构体系研究与应用”获得陕西高等学校科学技术奖一等奖。

本人与广州大学张超教授团队的合作始于 2017 年共同申请“十三五”国家重点研发计划项目课题。在该项目课题中共同就复杂工程结构的减震控制技术难题进行了合作研究，本人的课题组侧重从减震子结构方面解决复杂减隔震结构的功能需求多元化问题，张超团队侧重提升复杂减隔震结构体系的韧性，进而研发了新型减震墙板和减震围护墙非结构构件。石菲是张超教授团队成员，共同参与了 we 承担的国家重点研发计划项目课题。

本人与陕西建工第三建设集团有限公司夏巍和冯高伟的合作，源于该公司承担的西安碑林博物馆改扩建工程和二二工程-西安项目（国家版本馆项目）。这两项西安市重点工程均采用了减隔震技术，由于本人擅长复杂工程结构的减隔震设计与施工技术，因此，夏巍和冯高伟邀请本人及课题组全程参与了这两项工程的建造，并对这两项工程进行了减隔震结构动力响应分析和施工验算。

本成果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、成果数目及其开展的合作项目等因素，客观反应每个主要完成单位在本项目成果中的实际工作业绩，经充分协商一致后确定。

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	共同获奖	朱丽华 /1, 董尧荣/2, 李丽霞/6, 王诗光/8, 刘通/9, 苏皓/10	2022 年 01 月	2024 年 12 月	融合多重功能需求的高性能消能减震结构体系研究与应用	附件
2	共同知识产权	朱丽华 /1, 刘通/9	2022 年 07 月	2024 年 07 月	一种自复位单向摩擦耗能装置	附件
3	共同知识产权	朱丽华 /1, 董尧荣/2	2022 年 07 月	2024 年 08 月	一种可更换耗能层的装配式粘弹性-摩擦减震器	附件
4	共同知识产权	张超/3, 石菲/7	2022 年 04 月	2023 年 6 月	一种装配式自复位减震墙体框架结构	附件
5	共同知识产权	张超/3, 石菲/7	2022 年 4 月	2023 年 10 月	一种装配式自复位减震墙体结构及其施工方法	附件
6	论文合著	朱丽华 /1 董尧荣/2, 刘通/9	2022 年 6 月	2023 年 8 月	Experimental and mathematical model of the variable friction adaptive self-centering energy dissipative brace	附件
7	论文合著	朱丽华 /1, 董尧荣/2	2023 年 11 月	2024 年 5 月	Experimental study and multi-scale refinement model of high damping acrylic polymer matrix VEDs for civil structural seismic retrofit	附件
8	共同立项	朱丽华 /1, 张超/3	2017 年 07 月	2021 年 06 月	国家重点研发计划项目课题 (2017YFC0703608)	未列入附件

9	产业合作	朱丽华/1, 夏巍/4, 李丽霞/6, 王诗光/8	2020 年 05 月	2021 年 03 月	西安市碑林博物馆改扩建工程	未列入附件
10	产业合作	朱丽华/1, 夏巍/4, 冯高伟/5, 苏皓/10	2021 年 09 月	2022 年 12 月	二二工程-西安项目 (国家版本馆项目)	未列入附件