

陕西省科学技术进步奖提名书

(2025年度)

一、项目基本情况

项目名称	浅埋隧道节点地震差动响应分析理论与抗震关键技术及应用
主要完成人	张敬华, 徐岩军, 禹海涛, 孙清, 刘力平, 袁勇, 杨喻声, 才继超, 刘焯
主要完成单位	陕西建工集团股份有限公司, 西安交通大学, 陕西建工铁建工程有限公司, 西部建筑抗震勘察设计研究院有限公司, 同济大学, 上海建工四建集团有限公司, 中建丝路建设投资有限公司

二、提名意见（适用于部门、机构提名）

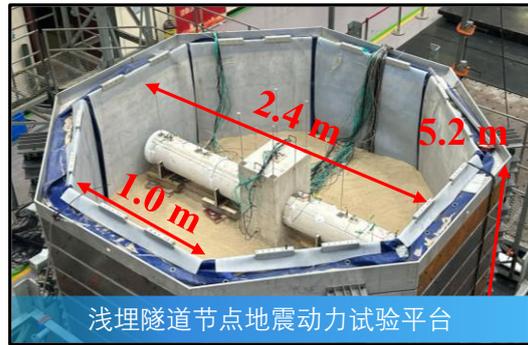
提名者	陕西省土木建筑学会	提名等级	<input type="checkbox"/> 一等奖 <input checked="" type="checkbox"/> 二等奖及以上 <input type="checkbox"/> 三等奖及以上
提名意见： 本项目聚焦我国隧道工程地震灾害防御重大需求，针对浅埋隧道节点抗震薄弱环节，系统攻克了土-结构动力相似性匹配、差动响应解析建模及灾变控制等核心关键技术难题。研究成果获国内外同行高度评价，成功应用于西安地铁 8 号线、西安地下综合管廊 PPP 项目、深中通道、苏通 GIL 综合管廊等隧道工程，支持菲律宾马卡蒂地铁等“一带一路”工程建设。经中国振动工程学会与陕西省土木建筑学会专家委员会鉴定，项目成果整体达到国际先进水平，其中浅埋隧道节点地震差动响应解析分析模型达到国际领先水平。该项目兼具理论突破、技术创新和重大工程应用价值，社会效益突出，对我国隧道和地下工程抗震技术发展具有重要推动作用。 提名该项目为陕西省科学技术进步奖二等奖。 说明：省科学技术奖一、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。“仅提名一等奖”评审落选项目不再降格参评二等奖，“提名二等奖及以上”的评审落选项目不再降格参评三等奖。提名项目正式提交后，提名等级建议本年度不得变更。			

三、项目简介

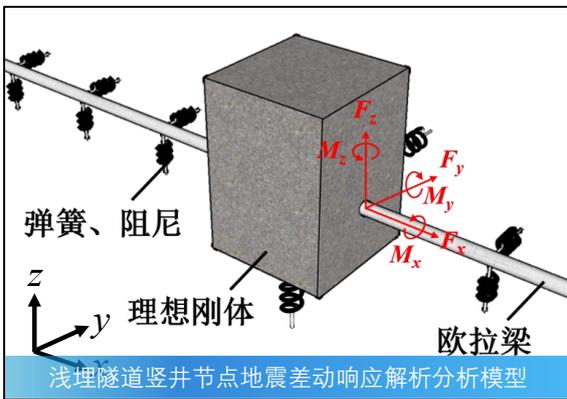
(限 2 页)

本项目聚焦隧道工程地震灾害防御的重大需求，依托国家科技支撑计划、国家自然科学基金资助，研究竖井/车站、跨地层/跨地裂缝区段、联络横通道等浅埋隧道节点地震差动响应分析理论与抗震关键技术。针对**缺少**复杂地下结构动力试验方法与平台、经典隧道抗震分析模型**不适用**于浅埋隧道节点、**缺少**浅埋隧道节点地震差动响应调控技术的现有不足，取得如下三项主要科技创新成果：

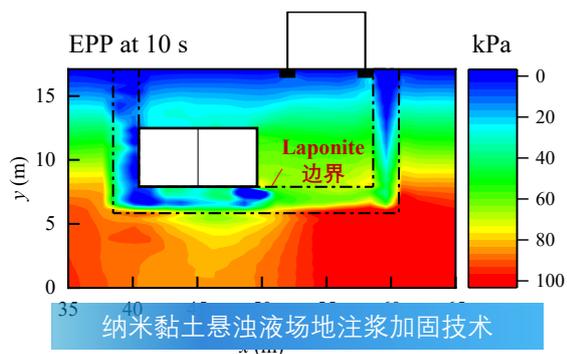
1. **浅埋隧道节点地震动力试验方法与平台**：提出以相对刚度和液化抗浮安全系数为控制指标的浅埋隧道节点动力相似性表征准则，解决 1g 重力失真环境下土-结构材料相似关系难以匹配的难题；研发节点-场地动力相似模型体系制备方法，可在缩尺试验中模拟地震作用下浅埋隧道节点土-结构动力相互作用全过程；开发浅埋隧道节点地震动力试验平台，测试结果表明，该平台可模拟跨断层、液化地基、河谷地形、行波效应等不利条件，可用于 10 km 级超长隧道工程抗震性能测试。



2. **浅埋隧道节点地震差动响应解析分析模型**：建立浅埋隧道跨地层节点地震差动响应解析分析模型，以闭式解的形式确立隧道变形、地层差动位移、隧道-地层相对刚度定量关系；发展浅埋隧道竖井节点地震差动响应解析分析模型，结合地震行波位移场，进一步开发行波作用下浅埋隧道节点差动响应解析分析模型。以上模型突破了传统隧道抗震分析方法仅适用于二维横断面或纵向连续均匀隧道且仅能考虑单一差动响应诱因的局限性。经振动台模型试验与数值仿真验证，解析计算结果误差小于 7%。

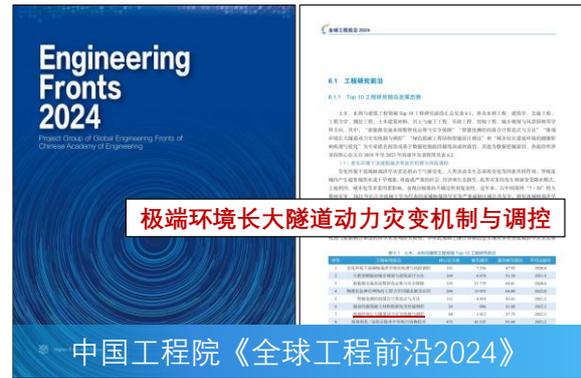


3. **浅埋隧道节点地震差动响应致灾机理与抗震关键技术**：定义仅依赖于土-结构相对刚度的浅埋隧道节点地震差动响应影响系数，可精准预测节点差动响应作用范围；研发 Laponite 纳米黏土悬浊液场地注浆加固技术、盾构隧道竖井节点抗震构造与施工监测技术，可使浅埋隧道节点变形、内力等地震差动



响应减小 40% ~ 70%。

项目组发表高水平学术论文 85 篇，Web of Science 核心合集总被引 2533 次，其中严格他引 1888 次，取得授权发明专利 12 项、实用新型专利 8 项，登记软件著作权 6 项。成果被 20 余名国内外院士、国际学会主席公开引用并高度评价，入选中国工程院《全球工程前沿 2020》、《全球工程前沿 2024》土木、水利与建筑工程领域 Top10。形成浅埋隧道节点抗震专有理论与技术体系，纳入国家、行业、地方标准规范 8 部，推动完善隧道等地下结构抗减震理论。



经中国振动工程学会专家委员会（中国科学院院士李杰任组长）和陕西省土木建筑学会专家委员会（全国工程勘察设计大师郑建国任组长）鉴定，一致认为：项目成果总体达到国际先进水平，其中浅埋隧道节点地震差动响应解析分析模型达到国际领先水平。

研究成果服务西安地铁 8 号线、西安地下综合管廊 PPP 项目等我省重大民生工程，支撑深中通道、苏通 GIL 综合管廊、山西小浪底等全国知名隧道工程，直接经济效益约 2.34 亿元，服务人口超 1.1 亿。为菲律宾马卡蒂地铁等强震区隧道项目贡献中国方案，切实促进“一带一路”战略框架下国际科学技术合作。

四、客观评价

1. 国内外同行学术性评价意见

项目组发表高水平学术论文 85 篇，Web of Science 核心合集总被引 2533 次，其中严格他引 1888 次^[二、其他附件-2.其他-论文查收查引证明]。成果被 20 余名国内外院士、国际学会主席公开引用并高度评价。部分国内外同行学术性评价意见如下：

科技创新一方面：欧洲地震工程学会主席 Kyriazis Pitilakis 教授联合 14 位地震工程领域国际著名学者，在隧道工程顶级期刊《Tunnelling and Underground Space Technology》撰文（2020，99，103334），一致认为：**本项目研究成果对隧道竖井和联络通道等关键节点地震响应分析做出了重要贡献。**剑桥大学岩土工程系主任 Gopal S. P. Madabhushi 教授在岩土地震工程领域顶刊《Soil Dynamics and Earthquake Engineering》撰文（2023，168，107827），评价：**本项目提出的试验原理与平台解决了离散多点输入难题，能够实现大型地下工程一致和非一致地震激励模拟。**

科技创新二方面：中国工程院院士杜修力教授、加拿大工程院院士 M. Hesham El Naggar 教授在岩土工程领域顶刊《Computers and Geotechnics》撰文（2023，164，105813），评价：**项目组提出了隧道竖井节点地震响应动力解析模型，通过时频域转换可求解隧道地震内力。**国际土力学与岩土工程学会英国国家代表 Michael Brown 教授在《Tunnelling and Underground Space Technology》撰文（2025，157，106315），评价：**本项目提出的隧道关键节点闭式解析解克服了传统模型仅适用于隧道二维横断面平面应变模型的局限性。**

科技创新三方面：英国布里斯托大学地震与岩土工程首席 Mylonakis 教授在 ASCE 期刊《Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering》发文（2020，146(5)，04010031），评价：**本项目推导的土岩变化地层隧道地震响应解析解，从理论上证明了隧道地震响应随地层刚度突变而出现放大效应的物理机制。**中国工程院院士朱合华、中国工程院院士梁文灏、国际隧协主席严金秀在中国工程院院刊主刊《Engineering》联合撰文（2019，5，384-392），评价：**本项目研究成果确认了差动响应是隧道地震动力损伤的根源，并推导了隧道纵向地震响应解析解，为隧道抗震设计奠定了理论基础。**中国科协公路运输领域 T1 级期刊《中国公路学报》编辑部于该刊发表《中国交通隧道工程学术研究综述 2022》（2022，35(4)，1-40）介绍我国隧道领域重大研究进展，对本项目研究成果进行了大篇幅报道并给予高度评价。

2. 中国工程院全球工程前沿

如图 14 所示，项目研究成果分别入选《中国工程院全球工程前沿 2020》和《中国工程院全球工程前沿 2024》土木、水利与建筑工程领域 Top10 “地下工程的动力灾变跨尺度预测”和“极端环境长大隧道动力灾变机制与调控”。本项目主要完成人禹海涛教授受邀作为撰稿人对以上前沿领域进行了解读。



图 14 中国工程院全球工程前沿

3. 中国振动工程学会评价意见（二、其他附件-2. 其他-振动学会评价）

经中国振动工程学会专家委员会（中国科学院院士李杰任组长）鉴定：项目成果在深中通道、港珠澳大桥超长沉管隧道、上海郊环沿江通道、苏通 GIL 综合管廊隧道、西安地铁 8 号线等得到应用，经济社会效益显著，推广应用前景广阔。评价委员会认为，项目总体达到国际先进水平，其中浅埋隧道节点地震动力试验平台、浅埋隧道节点地震差动响应解析分析模型达到国际领先水平。

4. 陕西省土木建筑学会评价意见（二、其他附件-2. 其他-省土建学会评价）

经陕西省土木建筑学会专家委员会（全国工程勘察设计大师郑建国任组长）鉴定：项目成果纳入多项国家规范、地方标准，在上海郊环沿江通道、苏通 GIL 综合管廊隧道、西安地铁 8 号线等项目得到了应用，经济、社会效益显著，具有很好的推广应用价值。评价委员会认为，该成果整体达到国际先进水平，其中浅埋隧道节点地震差动响应解析分析模型达到国际领先水平。

综上，本项目科技创新在试验方法、解析模型、抗震技术等方面均取得明显进步，在多个关键环节实现了对现有技术的突破与引领，与国内外同类技术对比见表 1。

表 1 本项目科技创新与国内外同类技术对比

对比内容	本项目水平	国内外同类技术水平
隧道动力试验相似比系统性与准确性	隧道-节点-场地纳入统一相似关系体系，弹性和塑性阶段均满足相似关系	场地、结构材料单指标线弹性阶段相似
试验平台特殊场地边界条件模拟能力	可模拟跨断层、可液化场地、行波非一致激励等不利条件	可模拟普通均质场地与一致地震激励
解析分析模型适用场景与计算精度	适用于跨地层、竖井等浅埋隧道节点行波作用下地震响应分析，误差小于 7%	仅适用于二维平面应变隧道横断面或纵向连续均匀隧道
浅埋隧道节点差动响应致灾机理描述	节点差动响应影响系数准确预测地震差动响应作用范围与衰减规律	无相关技术
浅埋隧道节点抗震技术效果	Laponite 注浆加固减小液化不均匀上浮/沉降近 40%，盾构隧道竖井节点地震内力减小 50%~68%	仅有原则性抗减震构造描述

五、应用情况

1. 应用情况

与陕西建工铁建工程有限公司、中建丝路建设投资有限公司、西部建筑抗震勘察设计研究院有限公司合作，将本项目研究成果应用于西安地铁 2 号线^[应用满二年佐证材料]、6 号线^[应用满二年佐证材料]、8 号线^[应用情况佐证材料 1]、西安东北部 330 千伏架空输电线路迁改落地工程^[应用满二年佐证材料]、西安地下综合管廊 PPP 项目^[应用情况佐证材料 1]、西安高新区科技八路快速通道与创业新大陆地下隧道及综合体项目^[应用情况佐证材料 1]、西安市三兆村城中村改造^[应用情况佐证材料 2]等**我省重大民生工程**。

与国家电网有限公司、中铁第四勘察设计院集团有限公司、中铁十五局集团有限公司、上海建工四建集团有限公司等行业领军公司合作，将本项目研究成果应用于苏通 GIL 综合管廊^[应用情况佐证材料 4]、上海沿江通道工程^[应用情况佐证材料 5]、上海市漕宝路快速路新建工程^[应用情况佐证材料 6]、深中通道^[应用情况佐证材料 7]、山西小浪底引黄工程^[应用情况佐证材料 8]、青岛胶州湾第二海底隧道^[应用情况佐证材料 9]、南京和燕路过江通道^[应用情况佐证材料 9]等**全国知名隧道工程**。

与上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司合作，将本项目研究成果应用于菲律宾马卡蒂地铁^[应用情况佐证材料 3]等**“一带一路”合作项目**。

以上成果应用解决了众多隧道工程抗震设计施工难题，保障了上千亿元基础设施抗震安全。具体应用情况汇总见表 2。

表 2 主要应用单位情况

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	陕西建工铁建工程有限公司	整体应用	西安地铁二号线二期南延段工程、西安地铁六号线二期 TJSJG-25 标纺五路站~纺三路站区间工程、西安东北部 330 千伏架空输电线路迁改落地工程、贵阳市观山湖区城市内涝治理项目施工二标	2021 年-2025 年	李伟/ 18809230286
2	中建丝路建设投资有限公司	浅埋隧道节点地震动力试验方法与平台、浅埋隧道节点地震差动响应解析分析模型	西安地铁 8 号（环）线、西安地下综合管廊 PPP 项目 I 标段、西安高新区科技八路快速通道与创业新大陆地下隧道及综合体项目	2020 年-2023 年	刘焯/ 15339056065
3	西部建筑抗震勘察设计研究院有限公司	浅埋隧道节点地震差动响应解析分析模型	西安市三兆村城中村改造项目 DK6	2024 年-2025 年	李浩宁/ 18691853344
4	上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司	浅埋隧道节点地震差动响应解析分析模型、浅埋隧道节点地震差动响应致灾机理与抗震关键技术	菲律宾马卡蒂强震区轨道交通工程项目	2020 年-2022 年	刘书/ 13816570675

表 2 (续)

5	国网上海市电力公司	整体应用	苏通 GIL 综合管廊	2016 年-2018 年	柳永强 /021-28925368
6	上海沪申高速公路建设发展有限公司	浅埋隧道节点地震动力试验方法与平台、浅埋隧道节点地震差动响应致灾机理与抗震关键技术	上海沿江通道工程	2013 年-2016 年	李吴平 /15618951092
7	上海建工四建集团有限公司	浅埋隧道节点地震差动响应解析分析模型、浅埋隧道节点地震差动响应致灾机理与抗震关键技术	上海市漕宝路快速路新建工程 3 标	2023 年-2024 年	周君 /021-54519518
8	深中通道管理中心	浅埋隧道节点地震差动响应解析分析模型	深中通道工程	2015 年-2017 年	金文良 /13826199614
9	中铁十五局集团有限公司	浅埋隧道节点地震差动响应解析分析模型、浅埋隧道节点地震差动响应致灾机理与抗震关键技术	山西小浪底引黄工程施工 VII 标	2016 年-2023 年	李少华 /18001760922
10	中铁第四勘察设计院集团有限公司	整体应用	南京和燕路过江通道工程、青岛胶州湾第二海底隧道工程	2020 年-2022 年	薛光桥 /13297977653

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	规范	建筑与市政工程抗震通用规范	中国	GB 55002-2021	2021年4月9日	中华人民共和国住房和城乡建设部	12 同济大学；等	32袁勇；等
2	发明专利	一种用于盾构隧道模型试验的管环模型设计方法	中国	ZL201610380054.4	2018年08月24日	第 3044596 号	同济大学	禹海涛；张敬华；包蓁；袁勇
3	论文	Numerical modelling of a tunnel adjacent to a surface structure in liquefiable ground	欧洲	10.1680/j.geot.22.00 418	2023年06月09日	Géotechnique	西安交通大学；同济大学；那不勒斯费德里克二世大学；剑桥大学	张敬华；Emilio Bilotta；Gopal S. P.Madabhushi；袁勇
4	论文	Shaking table tests on discrepant responses of shaft-tunnel junction in soft soil under transverse excitations	欧洲	10.1016/j.soildyn.20 19.02.013	2019年02月28日	SoilDynamics and Earthquake Engineering	同济大学；那不勒斯费德里克二世大学	张敬华；袁勇；禹海涛
5	发明专利	一种可模拟盾构隧道环向接头的衬砌环模型设计方法	中国	ZL201810654816.4	2021年02月02日	第 4230581 号	同济大学	禹海涛；张敬华；袁勇
6	论文	Analytical solution for a finite Euler-Bernoulli beam with single discontinuity in section under arbitrary dynamic loads	美国	10.1016/j.apm.2018 .03.046	2018年04月10日	Applied Mathematical Modelling	同济大学；浙江大学；上海市市政工程设计研究总院（集	禹海涛；杨喻声；袁勇

							团)有限公司	
7	论文	Dynamic analytical model for shaft-tunnel junction under P-SV waves	美国	10.1016/j.apm.2022.07.026	2022年7月28日	Applied Mathematical Modelling	西安交通大学; 同济大学	张敬华; 袁勇; 孙清
8	规范	城镇既有建筑抗震隐患排查技术规程	中国	DB 6101/T 3154—2023	2023年6月14日	西安市市场监督管理局	3 西部建筑抗震勘察设计研究院有限公司; 等	13刘力平; 等
9	发明专利	一种盾构管片排版及选型方法	中国	ZL202311 613135.0	2024年08月27日	第 7319970 号	徐岩军; 上海米度测量技术有限公司	徐岩军; 林海荣; 吴小燕; 覃旭; 汪慧琴; 刘超; 李永进
10	发明专利	地铁盾构隧道成型洞门测量方法	中国	ZL201410 609578.7	2017年02月15日	第 2382973 号	中铁一局集团有限公司	徐岩军; 樊华真; 杨永强; 王鑫; 安彦荣; 霍小亚; 田黎明; 秦艳艳

七、主要完成人情况表

姓 名	张敬华	排 名	1
行政职务	土木工程系副系主任		
技术职称	副教授		
工作单位	西安交通大学		
完成单位	西安交通大学		
<p>对本项目主要学术贡献： 国家自然科学基金项目“行波作用下隧道与竖井节点地震响应机制”负责人。负责本项目总体组织与实施，对创新成果一、二、三均有贡献。“主要知识产权和标准规范等目录”中第2、3、4、5、7项完成人。</p>			

姓 名	徐岩军	排 名	2
行政职务	总工程师		
技术职称	正高级工程师		
工作单位	陕西建工集团股份有限公司		
完成单位	陕西建工铁建工程有限公司		
<p>对本项目主要学术贡献： 科技创新三“浅埋隧道节点地震差动响应致灾机理与抗震关键技术”主要完成人。负责本项目研究成果在西安地铁2号线、6号线等项目中的实施应用（应用满二年佐证材料）。“主要知识产权和标准规范等目录”中第9、10项完成人。</p>			

姓 名	禹海涛	排 名	3
行政职务	ILEE 副主任		
技术职称	教授		
工作单位	同济大学		
完成单位	同济大学		

对本项目主要学术贡献：
 国家自然科学基金项目“盾构隧道强震灾变的宏-细观并发多尺度方法”负责人。科技创新一中“节点-场地动力相似模型体系制备方法”、科技创新二中“浅埋隧道跨地层节点地震差动响应解析分析模型”主要完成人。“主要知识产权和标准规范等目录”中第 2、4、5、6 项完成人。

姓 名	孙清	排 名	4
行政职务	土木工程系系主任		
技术职称	教授		
工作单位	西安交通大学		
完成单位	西安交通大学		

对本项目主要学术贡献：
 科技创新一中“浅埋隧道节点动力相似性表征准则”、科技创新二中“浅埋隧道竖井节点地震差动响应解析分析模型”和“行波作用下浅埋隧道节点差动响应解析分析模型”主要完成人。“主要知识产权和标准规范等目录”中第 7 项完成人。

姓 名	刘力平	排 名	5
行政职务	总经理助理		
技术职称	高级工程师		
工作单位	西部建筑抗震勘察设计研究院有限公司		
完成单位	西部建筑抗震勘察设计研究院有限公司		

对本项目主要学术贡献：
 对科技创新三“浅埋隧道节点地震差动响应致灾机理与抗震关键技术”有贡献，主要负责对Laponite 纳米黏土悬浊液场地注浆效果进行实验室与现场测试。推动项目研究成果应用于西安市三兆村城中村改造项目（应用情况佐证材料 2）。“主要知识产权和标准规范等目录”中第 8 项完成人。

姓 名	袁勇	排 名	6
行政职务	无		
技术职称	教授		
工作单位	同济大学		

完成单位	同济大学
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>国家科技支撑计划课题“地铁运营突发性灾害（火灾、爆炸和地震）防范处置技术与装置研发”负责人。科技创新一中“浅埋隧道节点地震动力试验平台”、科技创新二中“行波作用下浅埋隧道节点差动响应解析分析模型”、科技创新三中“浅埋隧道节点地震差动响应影响系数”共同完成人。“主要知识产权和标准规范等目录”中第1、2、3、4、5、6、7项完成人。</p>	

姓名	杨喻声	排 名	7
行政职务	无		
技术职称	高级工程师		
工作单位	上海建工四建集团有限公司		
完成单位	上海建工四建集团有限公司		
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>科技创新二中“浅埋隧道跨地层节点地震差动响应解析分析模型”主要完成人，对科技创新一中“节点-场地动力相似模型体系制备方法”有贡献。推动本项目研究成果在上海市漕宝路快速路新建工程等项目中的实施应用（应用情况佐证材料6）。“主要知识产权和标准规范等目录”中第6项完成人。</p>			

姓名	才继超	排 名	8
行政职务	助理总经理		
技术职称	高级工程师		
工作单位	中建丝路建设投资有限公司		
完成单位	中建丝路建设投资有限公司		
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>对科技创新二“浅埋隧道节点地震差动响应解析分析模型”有贡献，推动相关成果在西安地铁8号（环）线、西安地下综合管廊PPP项目I标段中的实施应用（应用情况佐证材料1），有效保障了工程的顺利建设。</p>			

姓名	刘焯	排 名	9
行政职务	业务经理		

技术职称	工程师
工作单位	中建丝路建设投资有限公司
完成单位	中建丝路建设投资有限公司
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>参加西安高新区科技八路快速通道与创业新大陆地下隧道及综合体项目抗震评价，推动科技创新二“浅埋隧道节点地震差动响应解析分析模型”在该项目中的实施应用(应用情况佐证材料 1)，取得良好社会与经济效益。</p>	

八、主要完成单位情况表

单位名称	陕西建工集团股份有限公司
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>全面负责项目总体组织、协调和实施，确定项目研究需求和总体技术路线，分解项目各专项技术研发与实证应用。其中，科技创新三“浅埋隧道节点地震差动响应致灾机理与抗震关键技术”已应用于本单位承建的西安地铁 2 号线、西安地铁 6 号线等项目中（应用满二年佐证材料）。推动研究成果纳入陕西省工程建设标准《黄土地区城市轨道交通工程浅埋暗挖隧道施工技术规范 DB 61/T 5117-2025》和《城市轨道交通暗挖车站施工技术规范 DB 61/T 5055-2023》。</p>	

单位名称	西安交通大学
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>国家自然科学基金项目“行波作用下隧道与竖井节点地震响应机制”依托单位。在科技创新一“浅埋隧道节点地震动力试验方法与平台”、科技创新二“浅埋隧道节点地震差动响应解析分析模型”、科技创新三“浅埋隧道节点地震差动响应致灾机理与抗震关键技术”的基本理论、试验验证等方面起到引导作用。</p>	

单位名称	陕西建工铁建工程有限公司
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>对科技创新三中“Laponite 纳米黏土悬浊液场地注浆加固技术”有贡献。贵阳市观山湖区城市内涝治理项目施工二标总承包，负责推动本项目研究成果在该工程中的推广应用（应用满二年佐证材料）。</p>	

单位名称	西部建筑抗震勘察设计研究院有限公司
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>整合资源，组建以企业为主、科研院校共同参与的“产学研”联合攻关团队。推进科技创新二“浅埋隧道节点地震差动响应解析分析模型”在西安市三兆村城中村改造项目中的落地应用（应用情况佐证材料 2），促进相关成果纳入西安市地方标准《城市既有建筑抗震隐患排查技术规程 DB 6101/T 3154-2023》。</p>	

单位名称	同济大学
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>国家科技支撑计划课题“地铁运营突发性灾害（火灾、爆炸和地震）防范处置技术与装置研发”、国家自然科学基金项目“盾构隧道强震灾变的宏-细观并发多尺度方法”依托单位。本单位土木工程防灾减灾全国重点实验室多点振动台试验系统为科技创新一中“浅埋隧道节点地震动力试验平台”提供关键核心设备与平台，对科技创新二、三均有贡献。</p>	

单位名称	上海建工四建集团有限公司
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>对科技创新二中“浅埋隧道跨地层节点地震差动响应解析分析模型”有贡献。推动本项目研究成果在上海市漕宝路快速路新建工程中的实施应用（应用情况佐证材料 6）。</p>	

单位名称	中建丝路建设投资有限公司
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>负责落实本项目研究成果在西安地铁 8 号（环）线、西安地下综合管廊 PPP 项目 I 标段、西安高新区科技八路快速通道与创业新大陆地下隧道及综合体等项目中的推广应用（应用情况佐证材料 1）。对科技创新二“浅埋隧道节点地震差动响应解析分析模型”的应用实施有突出贡献。</p>	

完成人合作关系说明

与徐岩军（第二完成人）的合作：徐岩军是本项目科技创新成果落实为施工技术的核心推动者，双方共同完成“Laponite 纳米黏土悬浊液场地注浆加固技术”和“盾构隧道竖井节点抗震构造与施工监测技术”的研究工作，并将其推广应用至西安地铁 2 号线、6 号线等隧道工程。基于上述成果，双方合作申请并获得第十届（2025 年度）陕西省土木建筑科技进步奖一等奖。

与禹海涛（第三完成人）、袁勇（第六完成人）、杨喻声（第七完成人）的合作：袁勇教授与禹海涛教授分别是张敬华（第一完成人）和杨喻声（第七完成人）的博士研究生导师与副导师，是本项目理论研究的核心合作者。双方依托国家科技支撑计划、国家自然科学基金等项目开展联合攻关，共同取得“浅埋隧道节点动力相似性表征准则”、“浅埋隧道节点地震动力试验平台”等成果，合作发表多篇论文、联合申请多项发明专利与软件著作权。

与孙清（第四完成人）的合作：孙清教授是张敬华（第一完成人）所在“工程结构研究团队”学术带头人，本项目研究成果在其团队支持下取得，两人共同署名发表多篇学术论文，并合作申请多项国家发明专利和软件著作权。

与刘力平（第五完成人）的合作：刘力平是张敬华（第一完成人）的同等学力硕士研究生，为项目成果纳入西安市地方规范做出了重要贡献，为科技创新三中“Laponite 纳米黏土悬浊液场地注浆加固技术”做出贡献，双方合作推动项目研究成果应用于西安市三兆村城中村改造项目，合作获第十届（2025 年度）陕西省土木建筑科技进步奖一等奖。

与才继超（第八完成人）、刘焯（第九完成人）的合作：才继超、刘焯为本项目研究成果在西安地铁 8 号（环）线、西安地下综合管廊 PPP 项目 I 标段、西安高新区科技八路快速通道等工程中的应用提供了重要支持。双方共同商讨了项目成果的应用策略和推广路径，并取得了显著的经济效益和社会效益，合作获得第十届（2025 年度）陕西省土木建筑科技进步奖一等奖。

第一完成人签名：

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	徐岩军/2	2018年1月	2024年12月	第十届（2025年度）陕西省土木建筑科技进步奖一等奖	二、其他附件-2. 其他-省土建学会奖证书
2	论文合著、共同知识产权	禹海涛/3	2012年1月	2024年12月	一种用于盾构隧道模型试验的管环模型设计方法； Shaking table tests on discrepant responses of shaft-tunnel junction in soft soil under transverse excitations；一种可模拟盾构隧道环向接头的衬砌环模型设计方法	一、必备附件-1. “主要知识产权和标准规范等目录”前3项-第2项
3	论文合著、共同获奖	孙清/4	2020年1月	2024年12月	Dynamic analytical model for shaft-tunnel junction under P-SV waves；第十届（2025年度）陕西省土木建筑科技进步奖一等奖	二、其他附件-2. 其他-省土建学会奖证书
4	共同获奖	刘力平/5	2021年1月	2024年12月	第十届（2025年度）陕西省土木建筑科技进步奖一等奖	二、其他附件-2. 其他-省土建学会奖证书
5	论文合著、共同知识产权	袁勇/6	2012年9月	2024年12月	一种用于盾构隧道模型试验的管环模型设计方法； Numerical modelling of a tunnel adjacent to a surface structure in liquefiable ground；Shaking table tests on discrepant responses of shaft-tunnel junction in soft soil under transverse excitations；一种可模拟盾构隧道环向接头的衬砌环模型设计方法；Dynamic analytical model for shaft-tunnel junction under P-SV waves	一、必备附件-1. “主要知识产权和标准规范等目录”前3项-第2、3项
6	论文合著	杨喻声/7	2016年1月	2023年12月	Dynamic responses of long tunnels in layered viscoelastic ground subjected to inclined SH waves；Analytical solution for a finite Euler-Bernoulli beam with single discontinuity in section under arbitrary dynamic loads	二、其他附件-2. 其他-杨喻声与第一完成人合著论文 （另：“主要知识产权和标准规范等目录”中第6项为杨喻声与第三完成人禹海涛、第六完成人袁勇合著论文）
7	共同获奖	才继超/8	2021年1月	2024年12月	第十届（2025年度）陕西省土木建筑科技进步奖一等奖	二、其他附件-2. 其他-省土建学会奖证书
8	共同获奖	刘焯/9	2021年1月	2024年12月	第十届（2025年度）陕西省土木建筑科技进步奖一等奖	二、其他附件-2. 其他-省土建学会奖证书

承诺：本人作为项目第一完成人，对本项目完成人合作关系及上述内容的真实性负责，特此声明。

第一完成人签名：