机械工业科学技术奖申报项目公示材料

（2024年度）

一、项目基本情况

项目名称	多层立交结构防灾减灾抗震性能研究与工程应用
主要完成人	1 宗雪梅，2 周敉，3 杨芳，4 吴登科，5 周新平，6 张玥，7 李宇，8 王博，9 赵彤，10 朱国强，11 张允，12 霍旭挺
主要完成单位	1 中联西北工程设计研究院有限公司，2 长安大学
申报等级	一等奖
联系人及电话	13720761185

二、项目简介

立项背景

我国处于地震多发区域，且呈现出强度大、频率高、破坏强的特点，给国家经济和社会发展带来阻力。城市多层立交结构因其对城市交通效率的极大提高，在我国得到迅速发展。多层立交结构建设在城市交通枢纽位置，属于城市生命线工程，相关抗震研究国内外较少，研究理论体系尚属空白，尚无规范可循。多层立交结构防灾减灾抗震性能研究，具有广阔应用前景和重要实践意义。

主要科技创新

以多层立交结构为研究对象，通过仿真分析并实施大比例结构模型振动台试验，探究多层立交结构地震响应规律，再现结构在地震作用下的破坏、倒塌状况、灾变机理及塑性铰的发展情况，形成多层立交结构基于多级设防水准的抗震理论

体系及评估方法。主要创新点如下:

（1）提出多层立交结构抗震设防水准、抗震性能目标，形成了同类结构抗震设计方法。

（2）通过理论分析和模型试验，获得了多层立交结构在破坏历程、塑性铰出铰顺序和数量、延性构件耗能等方面的地震响应规律。

（3）选择刚度退化损伤模型对多层立交结构进行损伤判别，提出 5 级损伤指标体系，确定了损伤指标与性能水准的对应关系。

（4）基于研究成果并结合我国相关抗震规范，提出多层立交结构基于性能抗震设计流程及抗震性能评估方法。

授权知识产权情况

本项目研究过程中获得的知识产权情况包括：申请发明专利 1 件，授权发明专利 2 件，授权实用新型专利 4 件，授权外观专利 1 件，获取软件著作权 1 项，发表论文 16 篇（其中 2 篇 SCI，8 篇 EI），编制标准 2 项。

经济效益和社会效益及促进行业科技进步作用

团队研究成果有效支撑多个项目建设，指导多座桥梁抗震设计，产生显著经济效益，应用本项目研究成果进行抗震设计的项目相比同类项目节约造价 300~400 元/平方米。

项目团队通过理论分析、试验研究、工程应用示范，完成雨润农副产品全球采购中心桥梁工程、宜川县丹州新区滨河路桥梁工程、西铜高速城市段尚稷路立交工程二期的抗震设计。项目成果应用可降低工程造价，提升城市桥梁防灾减灾水平，加强城市韧性建设，有效节约土地资源，减少建设对环境的污染。项目研究培养和引进多名高层次人才，具有显著经济效益、社会效益和环保效益。

通过本项目的研究显著促进桥梁抗震设计理论的发展，填补多层立交桥梁的研究空白，完善桥梁抗震设计理论体系，显著促进多层立交桥梁领域的科技进步。

三、应用情况

1、推广应用情况

本项目属于基础设施建设减灾防灾、城市韧性的研究领域。研究成果服务于基础设施中的桥梁建设技术，研究成果先后指导了 3 个桥梁相关的项目的抗震设计。

（1）雨润西安农副产品全球采购中心位于西安市北郊经济开发区，在交易区内部及外围用高架桥梁连接，高架桥通过匝道与交易区厂外道路衔接。项目团队通过数值理论分析、振动台试验验证详细研究了此项目桥梁的抗震性能。研究发现桥梁在纵向地震作用下墩柱弯矩从墩顶到墩底依次增加，在横向地震作用下，表现出与普通桥梁不同的受力特性，梁在纵桥向和横桥向的塑性铰出现顺序不同，不同尺寸刚度系梁对塑性铰出现顺序的影响。结合研究成果对本项目的桥梁进行了精细的抗震设计，产生较好的经济效益，减少造价约 300～400 元/m2，共节约造价 2800 万。同时多层设计有效的节约土地资源，减少了建设对环境的污染，具有显著的经济效益、社会效益和环保效益。

（2）滨河路为宜川县丹州新区的交通大动脉，起于青兰高速宜川出入口，止于现状宜集韩路、丹凤路、渭青路交叉口。桥梁包括黄河桥及牡丹桥，黄河桥桥梁全长 212.426m，为预应力混凝土现浇箱梁；牡丹桥全长 151.634m，为预应力混凝土现浇箱梁。在此项目中，由多层立交结构抗震性能研究创新团队完成该桥抗震设计，有效支撑项目建设，节约造价 300 元/m2，经济效益明显。

（3）尚稷路与西铜路立交位于西安市城北,全互通式立交。立交南北向全长 720m，东西向全长 1673.738m，立交总占地面积为 299.553 亩。立交总体方案为三层，其中:第一层(最下层)为慢行交通;第二层为西铜路主线，为桥梁形式，主线桥长 369m;第三层为尚稷路主线，为桥梁形式。二期桥梁工程包括尚稷路主线桥、西铜路主线桥梁拓宽、A 匝道桥、C 匝道桥、E 匝道桥及 G 匝道桥。抗震设防烈度为 8 度，设计基本地震加速度值为 0.20g，加速度反映谱特征周期值为 0.40s。由中联西北工程设计研究院有限公司和长安大学组建的多层立交结构抗震性能研究创新团队为该桥抗震设计提供技术指导，有效支撑项目建设。具有显著的经济效益、社会效益和环保效益。

四、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	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	采用超韧性纤维混凝土 加固震后桥墩的方法	中国	ZL201810445129.1	2019-04-26	3349224	长安大学	周敉；姜永存；宋建伟；付佳飞；刘进
2	发明专利	一种桥面板企口湿接缝连接结构及其施工方法	中国	ZL202210116470.9	2022-02-08	114293462	中联西北工程设计研究院有限公司	宗雪梅；高迈；杨芳；申心力
3	发明专利	一种等同现浇的装配式空心桥墩体系及其施工方法	中国	ZL201910661186.8	2024-03-12	6780984	长安大学	周敉;曾航;张洋;宋建伟;卢伟;吴江;朱国强
4	发明专利	一种框架式多层立交桥梁模型振动台试验用钢板防护装置	中国	ZL202120634086.9	2021-10-08	14351355	中联西北工程设计研究院有限公司	宗雪梅；周敉；杨芳；朱国强；刘刚；吴江
5	发明专利	一种多重保护主梁防落梁的耗能装置	中国	ZL201820695954.2	2019-04-02	8667826	长安大学	周敉；姜永存；宋建伟
6	发明专利	一种城市立交桥桥梁用抗震支座	中国	ZL202023228448.9	2021-11-02	14565059	中联西北工程设计研究院有限公司	王小冬；宗雪梅；刘刚；张允；杨芳；周红
7	发明专利	一种桥梁复合无缝伸缩缝	中国	ZL201721750390.×	2018-07-17	7608377	中联西北工程设计研究院有限公司	张允；宗雪梅；刘刚；董鑫；杨芳
8	发明专利	框架式多层立交桥梁	中国	ZL202030675101.5	2021-03-23	6421241	中联西北工程设计研究院有限公司	宗雪梅；杨芳；朱国强；周敉；刘岚；王小冬
9	发明专利	桥梁桩-土动力相互作用分析软件1.0	中国	2018SR376658	2018-01-21	02618501	长安大学	长安大学

五、代表性论文专著目录

序号	论文专著名称	刊名	作者	年卷页码（xx年xx卷xx页）	发表时间	通讯作者	第一作者	国内作者	他引总次数	检索数据库	知识产权是否国内所有

八、主要完成人情况表

姓 名	周敉	性 别	男	排 名	第 2 完成人
出生年月	1977年01月23日	国籍（地区）	中国	民 族	汉族
党 派	中国共产党	身份证号/证件号		610113197701237776	
行政职务	无	是否归国人员	是	归国时间	2014年05月01日
工作单位	长安大学	联系电话	029-82334868		
通讯地址	陕西西安南二环中段长安大学公路学院				
电子信箱	zhoumi@chd.edu.cn			移动电话	13720761185
毕业学校	同济大学	毕业时间	2009年03月01日	文化程度	研究生
技术职称	教授	专业、专长	桥梁工程	最高学位	博士
参加本项目的起止时间	2018年01月01日 至 2021年06月30日				

对本项目技术创造性贡献：（限300字）

作为项目研究主要完成人，参与项目申报、开题的组织协调工作；采用新型支座连接方式和新型钢板防护装置圆满完成框架式多层立交桥梁模型桥梁振动台试验。提出了框架式多层立交桥梁连续倒塌破坏准则，基于拆除构件法进行了框架式多层立交桥梁的抗连续倒塌分析。投入工作量占本人65%，发表相关论文10篇（SCI收录2篇、EI收录8篇），获准发明专利2项、获准实用新型专利3项、获准外观专利1项。对第2、3、4创新点作出主要贡献。

曾获奖励及荣誉称号情况	中国公路学会科学技术一等奖（2019年12月）；

声明：	工作单位声明：
1.该项目是本人本年度被提名的唯一项目。本人同意"主要完成人"排名，并对提名书内容及全部附件材料进行了审查，保证所提供的有关材料真实有效，且不存在违反相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。本人工作单位已知悉本人被提名情况且无异议。如产生争议，将积极配合调查处理工作。如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并按规定接受处理。 2.本人符合作为项目完成人的要求，不属于公务员以及参照《中华人民共和国公务员法》管理的人员。 3.本人尊重评审专家的评审，接受评审结果。 本人签名： 年 月 日	本单位确认该完成人情况表内容真实有效，且不存在违反相关法律及侵犯他人知识产权的情形，如产生争议，将积极配合调查处理。 单位（盖章） 年 月 日

机械工业科学技术奖

八、主要完成人情况表

姓 名	李宇	性 别	男	排 名	第 7 完成人
出生年月	1982年08月10日	国籍（地区）	中国	民 族	汉族
党 派	中国九三学社	身份证号/证件号		350103198208103916	
行政职务	无	是否归国人员	否	归国时间	
工作单位	长安大学	联系电话	13259890253		
通讯地址	陕西西安南二环中段长安大学公路学院				
电子信箱	liyu@chd.edu.cn			移动电话	13259890253
毕业学校	北京交通大学	毕业时间	2010年07月01日	文化程度	研究生
技术职称	副教授	专业、专长	桥梁工程	最高学位	博士
参加本项目的起止时间	2018年01月01日 至 2021年06月30日				

对本项目技术创造性贡献：（限300字）

作为项目研究主要团队成员，对本项目主要技术贡献：建立考虑土体约束的等效SDOF模型，编制弹塑性动力分析程序，以改进的地震损伤性能评估模型作为性能目标的量化工具，建立能考虑近震效应和SSI效应的影响，并综合强度、位移、能量三重指标的梁式桥基于性能的抗震设计方法。投入工作量占本人40%，发表相关论文3篇（EI收录3篇），获软件著作权1项。

曾获奖励及荣誉称号情况	陕西省交通运输科学技术奖二等奖；

声明：	工作单位声明：
1.该项目是本人本年度被提名的唯一项目。本人同意"主要完成人"排名，并对提名书内容及全部附件材料进行了审查，保证所提供的有关材料真实有效，且不存在违反相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。本人工作单位已知悉本人被提名情况且无异议。如产生争议，将积极配合调查处理工作。如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并按规定接受处理。 2.本人符合作为项目完成人的要求，不属于公务员以及参照《中华人民共和国公务员法》管理的人员。 3.本人尊重评审专家的评审，接受评审结果。 本人签名： 年 月 日	本单位确认该完成人情况表内容真实有效，且不存在违反相关法律及侵犯他人知识产权的情形，如产生争议，将积极配合调查处理。 单位（盖章） 年 月 日

机械工业科学技术奖

20247001040183276343

八、主要完成人情况表

姓 名	朱国强	性 别	男	排 名	第 10完成人
出生年月	1994年05月11日	国籍（地区）	中国	民 族	汉族
党 派	群众	身份证号/证件号		372925199405116910	
行政职务	无	是否归国人员	否	归国时间	
工作单位	长安大学	联系电话	029-82334868		
通讯地址	陕西西安南二环中段长安大学公路学院				
电子信箱	2020021029@chd.edu.cn			移动电话	18710989500
毕业学校	长安大学	毕业时间		文化程度	研究生
技术职称	其它	专业、专长	桥梁工程	最高学位	硕士
参加本项目的起止时间	2018年01月01日 至 2021年06月30日				

对本项目技术创造性贡献：（限300字）

作为项目研究团队成员，参与振动台试验研究，参与采集试验数据，分析试验结论，撰写试验报告；参与多层立交结构基于性能的抗震性能评估。参与整体报告撰写、修改等工作，投入工作量占本人55%，发表相关论文2篇（EI收录2篇），获准实用新型专利1项、获准外观专利1项。

曾获奖励及荣誉称号情况	无

声明：	工作单位声明：
1.该项目是本人本年度被提名的唯一项目。本人同意"主要完成人"排名，并对提名书内容及全部附件材料进行了审查，保证所提供的有关材料真实有效，且不存在违反相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。本人工作单位已知悉本人被提名情况且无异议。如产生争议，将积极配合调查处理工作。如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并按规定接受处理。 2.本人符合作为项目完成人的要求，不属于公务员以及参照《中华人民共和国公务员法》管理的人员。 3.本人尊重评审专家的评审，接受评审结果。 本人签名： 年 月 日	本单位确认该完成人情况表内容真实有效，且不存在违反相关法律及侵犯他人知识产权的情形，如产生争议，将积极配合调查处理。 单位（盖章） 年 月 日

机械工业科学技术奖

九、主要完成单位情况表

单位名称	长安大学			所在地	陕西
排　名	2	单位性质	高等院校		
联系人	周敉	联系电话	029-82334868	移动电话	029-82334868
通讯地址	陕西西安南二环中段长安大学			邮政编码	710064

对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：（限600字）

提出框架式多层立交桥梁基于性能抗震设计的抗震设防水准、抗震性能水准以及抗震性能目标。对框架式多层立交桥梁有限元模型进行时程分析得到不同峰值地震作用下框架式多层立交桥梁的受力响应，分析总结框架式多层立交桥梁结构的受力特点。采用振型组合分布模式的 Pushover方法对框架式多层立交桥梁进行了推倒分析，得到了框架式多层立交桥梁从弹性阶段到塑性阶段的抗震性能发展变化历程。采用Chopra改进能力谱法对框架式多层立交桥梁进行基于性能的抗震性能评估。对比不同约束体系下框架式双层立交桥梁的地震响应规律，得到了框架式多层立交桥梁在顺桥向和横桥向的合理约束体系。提出了框架式多层立交桥梁连续倒塌破坏准则，基于拆除构件法进行了框架式多层立交桥梁的抗连续倒塌分析。采用新型支座连接方式和新型钢板防护装置圆满完成了框架式多层立交桥梁模型桥梁振动台试验。

在雨润二期建设工程、西铜高速城市段尚稷路立交工程二期工程和宜川县丹州新区滨河路桥梁工程建设中给出了抗震设计指导，协助确定了背景桥梁工程的抗震设防目标，并对支座选型、约束体系、构造设计和墩柱配筋等方面提供了合理建议，优化抗震设计方案。同时将新型支座连接方式推广应用到斜拉压力输水管桥的振动台试验中，取得了理想的试验结果，促进了成果的应用和推广。

声明：

本单位对提名书内容及全部附件材料进行了审查，全部内容和材料属实，并对提名材料的真实性负责。已知悉本单位完成人被提名情况，并同意本单位在"主要完成单位"中的排序。尊重评审专家的评审，接受评审结果。如产生争议，将保证积极配合调查处理。如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并按规定接受处理。

单位（盖章）：

年　月　日