【项目名称】黄土地区预制装配式通道涵洞关键技术研究

【项目简介】

1、本课题属于交通运输领域，由于装配式涵洞结构改变了原有的结构力学体系，现有的涵洞力学分析、设计计算方法理论支持不够且缺乏施工工艺的系统研究，山西交通控股集团有限公司科技项目《黄土地区预制装配式通道、涵洞关键技术研究》于2020年7月正式立项，项目总经费70万元，全部由山西昔榆高速公路有限公司提供。项目由山西昔榆高速公路有限公司、山西省交通规划勘察设计院有限公司、长安大学共同承担。

课题研究采用理论分析、数值模拟、现场试验对黄土地区预制装配式通道、涵洞关键技术展开研究。课题研究了填土高度、填土模量、搭接方式对预制装配式通道、涵洞结构受力与变形特性的影响及作用机理；建立了预制装配式涵洞与黄土地基相互作用模型，明确了黄土地区预制装配式通道、涵洞的力学性能；建立了预制装配式通道模块划分评价体系；提出了黄土地区预制装配式通道、涵洞荷载确定与结构设计方法；提出了成套的黄土地区预制装配式通道、涵洞施工方法及质量控制指标与标准；编制了装配式涵洞标准构造图。

2、项目组通过理论分析和数值模拟等手段，对黄土地区预制装配式通道、涵洞关键技术进行研究，取得以下创新性成果：

(1) 建立了预制装配式涵洞合理模块化关键指标与评价体系，基于评价方法对装配式箱涵、拱涵、盖板涵涵型进行了分析与评价，并提出装配式箱涵、拱涵、盖板涵的推荐涵型。

(2) 系统研究了黄土地区预制装配式通道、涵洞结构特点与受力变形特性，探明了预制装配式涵洞破坏机理，并提出其破坏模式，探明了预制装配式涵洞荷载传递机理，提出了黄土地区预制装配式涵洞荷载确定方法与结构设计方法。

(3) 构建黄土地区预制装配式涵洞施工标准化技术体系，提出了预制装配式涵洞关键技术及施工质量控制指标与标准。

3、项目组编制了《预制装配式涵洞施工技术指南》1部；形成了装配式涵洞标准构造图2套；发表学术论文4篇；授权专利16项，软著2项。项目依托昔榆高速装配式涵洞工程，开展了黄土地区预制装配式通道、涵洞结构受力特点

与受力变形分析，并对合理模块化、搭接强度及结构稳定性进行研究，建立了黄土地区预制装配式涵洞设计计算方法，提出了黄土地区预制装配式涵洞施工标准化关键技术。

经山西省公路学会组织专家鉴定，研究成果达到国际领先水平。

【主要完成人情况】

魏杰；王静；梁新春；王思琦；张永刚；高建荣；许桂青；张振宇

【主要完成单位及创新推广贡献】

山西昔榆高速公路有限公司

对本项目技术创新和应用的贡献：负责课题的统筹协调，及现场的试验，及施工经验的总结。在施工过程中，对施工过程把控提出合理建议，参与编制《预制装配式涵洞施工技术指南》。根据多年的现场实践经验，结合施工设备的吊装能力和常用运输设备的运输能力，指导拼装涵洞模块划分。

山西省交通规划勘察设计院有限公司

对本项目技术创新和应用的贡献：负责课题的申报；审定课题研究大纲；督促课题研究理论与依托工程的协调与开展；审定研究报告；协调课题开展过程中的相关问题；负责组织课题的验收与评审的申报工作；负责通道方案的拟定及标准图的设计；负责各项任务全程把控。

长安大学

对本项目技术创新和应用的贡献：协助课题的申报，制定课题研究大纲；完成课题研究内容要求的调研与分析；理论计算与分析，现场试验、数据采集及成果分析；撰写研究报告、工作报告、效益分析报告；完成科研查新；协助组织课题的验收与评审。

【完成人合作关系说明】

第一完成单位：山西昔榆高速公路有限公司

第二完成单位：山西省交通规划勘察设计院有限公司

第三完成单位：长安大学

【客观评价】

当前装配式通道、涵洞设计与施工技术尚缺乏系统性，且缺乏科学可靠的理论体系，因此开展黄土地区预制装配式通道涵洞关键技术研究具有重要的工程实际意义。本课题的研究成果预制装配式通道是山西省首次应用，开展此课题能够为黄土地区装配式通道、涵洞工程提供良好的工程示范，为后期推广该技术提供良好借鉴。随着应用的广泛，前提投资会进一步降低，经济效益会进一步显现。

【推广应用情况】

项目成果成功应用于山西省昔阳（晋冀界）至榆次高速公路，根据昔阳（晋冀界）至榆次高速公路 LJ12 项目的预制装配式通道施工图，预制装配式箱型通道尺寸为（跨径×净高）4.0m×4.0m，累计长度为 192.28m，预制混凝土共计 950.62m³。累计节省直接经济效益 92.00 万元。若全线采用该技术，按 6 座涵洞节约 92 万元计，则全线 164 座涵洞的经济效益可达 2514.67 万元，社会经济效益显著，推广应用前景广阔。

通过本课题研究，能够对黄土地区预制装配式通道工程提供重要的设计施工依据和技术保证，为今后黄土地区预制装配式涵洞设计与施工技术提供了参考与借鉴，社会经济效益显著，推广应用前景广阔。使用量越大，可以摊销前期模板等成本投入，经济效益更显著。

【主要知识产权证明目录】

(1) 实用新型专利

	专利：<名称>（专利号、发明人、权利人、授权时间）
知识产权名称	专利1：<一种装配式构件现场吊装定位辅助台车>（ZL202220518042.4；贾坚华，许桂青，张永刚，冯忠居，刘世君，王志浩，赵瑞欣，闫鹏，张星全，王静，梁世春，高建荣，张振宇，裴富国，梁勇；山西路桥建设集团有限公司，山西昔榆高速公路有限公司，长安大学，山西省交通规划勘察设计院有限公司；2022.07.05）
	专利2：<一种装配式涵洞粒料类及混凝土垫层找平装置>（ZL202220540116.4；赵瑞欣，史或，冯忠居，王思琦，温郁斌，魏杰，许桂青，宗敬云，尹晋相，张星全，梁勇，高建荣，张振宇，梁世春；长安大学，山西路桥建设集团有限公司，山西昔榆高速公路有限公司，山西省交通规划勘察设计院有限公司；2022.07.05）
	专利3：<一种装配式涵洞拼接定位结构>（ZL202220537596.9；冯忠居；李玉婷；赵瑞欣，王静，魏杰，温郁斌，李逢晟，梁新春，许桂青，张永刚，梁世春，高建荣，张振宇，裴富国，梁勇，闫鹏，王思琦，尹继兴；长安大学，山西路桥建设集团有限公司

<p>，山西昔榆高速公路有限公司，山西省交通规划勘察设计院有限公司；2022.07.05)</p>
<p>专利4: <一种用于锚栓精确定位的装配式涵洞的模板系统> (ZL2022205210006; 冯忠居, 徐博熙, 赵瑞欣, 温郁斌, 魏杰, 许桂青, 梁新春, 张星全, 闫鹏, 成治刚, 郭杰, 刘世君, 王静, 高建荣, 张振宇, 梁世春, 王思琦, 尹继兴; 长安大学, 山西路桥建设集团有限公司, 山西昔榆高速公路有限公司, 山西省交通规划勘察设计院有限公司; 2022.07.15)</p>
<p>专利5: <一种用于吊装装配式构件的平衡调节装置> (ZL202220554800.8; 温郁斌, 梁新春, 裴富国, 冯忠居, 张正峰, 刘强, 王静, 王鹏超, 赵瑞欣, 许桂青, 张星全, 梁世春, 高建荣, 张振宇, 梁勇, 王思琦, 王志浩; 山西路桥建设集团有限公司, 山西昔榆高速公路有限公司, 长安大学, 山西省交通规划勘察设计院有限公司; 2022.09.22)</p>
<p>专利6: <一种弯曲螺栓安装装置> (ZL202220535955.7; 魏杰, 李逢晟, 成治纲, 武晓燕, 冯忠居, 梁勇, 许桂青, 王静, 王伟, 赵瑞欣, 张星全, 裴富国, 梁世春, 高建荣, 张振宇, 郭杰, 王思琦, 宋健; 山西路桥建设集团有限公司, 山西昔榆高速公路有限公司, 长安大学, 山西省交通规划勘察设计院有限公司; 2022.08.23)</p>
<p>专利7: <一种装配式防水涵洞结构> (ZL202220554872.2; 温郁斌, 宗敬云, 尹晋相, 冯忠居, 郭杰, 张星全, 王静, 宋健, 赵瑞欣, 裴富国, 高建荣, 张振宇, 梁世春, 武晓燕, 梁勇, 王思琦, 王伟; 山西路桥建设集团有限公司, 山西昔榆高速公路有限公司, 长安大学, 山西省交通规划勘察设计院有限公司; 2022.09.20)</p>
<p>专利8: <一种涵洞抹缝处理装置> (ZL202120089847.7; 赵瑞欣, 冯忠居, 尹继兴, 温郁斌, 魏杰, 王思琦, 梁世春, 成圆梦, 王静, 许桂清, 刘星越; 长安大学; 2021.12.14)</p>
<p>专利9: <一种盖板涵辅助施工台车> (ZL202022653455.7; 冯忠居, 王逸然, 李铁, 温郁斌, 尹继兴, 魏杰, 白少奋, 成治纲, 全超文, 梁新春, 关云辉, 孟莹莹, 王国宾, 袁鑫; 长安大学; 2021.07.27)</p>
<p>专利10: <一种涵洞底部淤泥清理装置> (ZL202022461025.5; 冯忠居, 陈露, 尹继兴, 魏杰, 李铁, 温郁斌, 王思琦, 成圆梦, 江冠, 宗敬云, 张聪, 袁鑫, 王国宾; 长安大学; 2021.07.23)</p>
<p>专利11: <一种可调节的拱涵内模装置> (ZL202023019111.7; 冯忠居, 王泽国, 尹继兴, 温郁斌, 李铁, 魏杰, 王思琦, 成圆梦, 贾坚华, 何静斌, 宗敬云, 武敏, 马昊, 王逸然; 长安大学; 2021.09.28)</p>
<p>专利12: <一种可移动的涵洞清洗装置> (ZL202022728961.8; 冯忠居, 王国宾, 尹继兴, 魏杰, 李铁, 温郁斌, 董芸秀, 陈慧芸, 江冠, 武晓燕, 张聪, 许桂清, 王泽国, 陈露; 长安大学; 2021.08.13)</p>
<p>专利13: <一种生态型涵洞的修剪装置> (ZL202022638552.9; 冯忠居, 刘旭照, 李铁, 温郁斌, 尹继兴, 魏杰, 武敏, 霍建维, 尹晋相, 刘星越, 张永刚, 成圆梦, 陈露, 袁鑫; 长安大学; 2021.09.07)</p>
<p>专利14: <一种用于盖板涵的排水装置> (ZL202022933653.9; 冯忠居, 马昊, 尹继兴, 魏杰, 李铁, 温郁斌, 成圆梦, 王思琦, 李逢晟, 陈锦华, 许桂清, 郭穗柱, 刘旭照, 王泽国; 长安大学; 2021.08.13)</p>

	专利15: <一种涵洞预留螺栓连接孔道处理装置> (ZL202120090902.4; 赵瑞欣, 冯忠居, 尹继兴, 王思琦, 温郁斌, 魏杰, 梁世春, 成圆梦, 王静, 许桂清, 刘星越; 长安大学; 2021.12.14)
	专利16: <一种涵洞变形监测装置> (ZL202221017642.9; 冯忠居, 尹继兴, 王思琦, 王静, 张振宇, 宋晓雷, 梁世春, 刘旭照, 陈露, 王逸然; 长安大学; 2022.08.12)

(2) 计算机软件、著作权

知识产权名称	软件、专著: <名称、权利人(出版商)、作者、授权时间>
	软件1: <高填土涵洞垂直土压力计算系统 V1.0、长安大学、赵瑞欣; 冯忠居; 成圆梦; 王思琦; 尹继兴、刘星越; 2021.09.13>

(3) 代表性论文专著目录

代表性论文 专著目录	论文: <名称、期刊、年卷、作者、发布时间>
	论文1: <预制装配式涵洞施工技术研究、施工技术、2021年51卷、魏杰、王思琦、梁勇、冯忠居、许桂青、赵瑞欣、2022年10月>
	论文2: <公路装配式涵洞地基处理技术研究、交通节能与环保、2022年18卷、温郁斌、张琦、张永刚、王思琦、王静、2022年10月>
	论文3: <装配式涵洞运输阶段的稳定性分析、交通节能与环保、2022年18卷、温郁斌、许桂青、闫鹏、王伟、梁世春、2022年10月>
	论文4: <装配式涵洞吊点位置的设置技术研究、交通节能与环保、2022年18卷、温郁斌、卫香娟、刘鹏、王泽国、王思琦、2022年10月>