**科技成果登记表**

|  |  |
| --- | --- |
| **成果名称** | **下伏采空区高速公路灾变机理及加固关键技术研究** |
| **成果登记号** | **鲁交科评字[2023]第5号** | **知识产权** |  |
| **完成单位** |
| **序号** | **单位名称** | **通讯地址** |
| **1** | 山东高速基础设施建设有限公司 | 山东省济南市历下区龙奥西路1号银丰财富广场D座 |
| **2** | 山东高速岚临高速公路有限公司 | 山东省临沂市临沭县白旄镇华南社区 |
| **3** | 山东大学 | 山东省济南市山大南路27号 |
| **完成人** |
| **序号** | **姓名** | **工作单位** | **对成果的贡献** |
| 1 | 陈成勇 | 山东高速基础设施建设有限公司 | 主要人员，主持本项目 |
| 2 | 庄培芝 | 山东大学 | 主要人员，技术负责人，负责整体课题组织统筹和技术指导 |
| 3 | 李怀剑 | 山东高速基础设施建设有限公司 | 主要人员，现场技术负责人，负责示范工程现场组织统筹和技术指导 |
| 4 | 宋修广 | 山东大学 | 主要人员，贡献采空区稳定性分析成果 |
| 5 | 刘乐民 | 山东高速基础设施建设有限公司 | 主要人员，贡献采空区处治技术成果 |
| 6 | 商淑杰 | 山东高速基础设施建设有限公司 | 主要人员，贡献采空区处治技术成果 |
| 7 | 程俊伟 | 山东高速基础设施建设有限公司 | 主要人员，贡献采空区处治技术成果 |
| 8 | 张宏博 | 山东大学 | 主要人员，贡献采空区稳定性分析成果 |
| 9 | 李月祥 | 山东高速基础设施建设有限公司 | 主要人员，贡献采空区稳定性分析成果 |
| 10 | 徐长靖 | 山东高速基础设施建设有限公司 | 主要人员，贡献采空区稳定性分析成果 |
| 11 | 吴建清 | 山东大学 | 参与贡献采空区稳定性分析成果 |
| 12 | 孔令弟 | 山东高速基础设施建设有限公司 | 参与贡献采空区处治技术成果 |
| 13 | 徐全鹏 | 山东高速潍坊发展有限公司 | 参与贡献采空区处治技术成果 |
| 14 | 刘隆 | 山东高速基础设施建设有限公司 | 参与贡献采空区处治技术成果 |
| 15 | 朱颖 | 山东高速基础设施建设有限公司 | 参与贡献采空区处治技术成果 |
| 16 | 张德昌 | 山东高速日照发展有限公司 | 参与贡献采空区处治技术成果 |
| 17 | 许宏林 | 山东高速日照发展有限公司 | 参与贡献采空区处治技术成果 |
| 18 | 牛同辉 | 山东高速交通建设集团股份有限公司 | 参与贡献采空区处治技术成果 |
| 19 | 钱远顺 | 山东大学 | 参与贡献采空区稳定性分析成果 |
| 20 | 袁伟 | 山东高速基础设施建设有限公司 | 参与贡献采空区处治技术成果 |
| 21 | 徐云鹏 | 山东菏泽通达交通工程监理有限公司 | 参与贡献采空区处治技术成果 |
| 22 | 岳红亚 | 山东省交通规划设计院集团有限公司 | 参与贡献采空区处治技术成果 |
| 23 | 张建亮 | 山东高速基础设施建设有限公司 | 参与贡献采空区处治技术成果 |
| 24 | 杨汝东 | 山东大学 | 参与贡献采空区稳定性分析成果 |
| 25 | 杨功增 | 山东高速基础设施建设有限公司 | 参与贡献采空区处治技术成果 |
| 26 | 崔文杰 | 济南市市政工程设计研究院（集团）有限责任公司 | 参与贡献采空区稳定性分析成果 |
| 27 | 赵松松 | 山东高速基础设施建设有限公司 | 参与贡献采空区处治技术成果 |
| 28 | 于瀚 | 威海威高建设有限公司 | 参与贡献采空区处治技术成果 |
| 29 | 申垒 | 山东高速基础设施建设有限公司 | 参与贡献采空区处治技术成果 |
| 30 | 谭浩 | 济南大学 | 参与贡献采空区处治技术成果 |
| 31 | 王骁男 | 山东高速基础设施建设有限公司 | 参与贡献采空区处治技术成果 |
| 32 | 曲岩 | 山东大学 | 参与贡献采空区稳定性分析成果 |
| 33 | 张玉玉 | 山东大学 | 参与贡献采空区稳定性分析成果 |
|  |  |  |  |
| **成果公报内容** |
| 针对道路影响范围内下伏高连通性采空区的可控式加固处治，提出了基于模袋法的帷幕注浆技术，该技术的基本思路是：采用排列式模袋注浆体在拟处置范围内采空区的外围形成连续地下帷幕墙，进而对帷幕墙范围内的采空区进行灌浆充填加固。其关键技术步骤可总结为：“先探、再堵、后灌”，主要工序包括：（1）对路域规定范围内的地下采空区进行详细勘探，探明采空区的赋存情况（如平面位置、采空情况、埋深、大小、形状、走向等）；（2）根据道路安全及变形控制要求，针对采空区赋存及与道路空间交互情况，合理确定加固范围；（3）根据设计加固范围和场地实际情况，设计帷幕孔和注浆孔布设方案（含点位、间距和深度等），后进行成孔施工；（4）采用专业机械设备在帷幕孔内安置模袋并固定，后向模袋内注浆，形成地下混凝土帷幕墙，减少或防止灌浆渗漏；（5）按照设计顺序对注浆孔进行充填注浆，实现对设计范围内道路下伏采空区的可控式加固处治。 |
| **评价专家名单** |
| **序号** | **姓名** | **单位** | **专业领域** | **职称** |
| **1** | 王松根 | 中国公路学会 | 公路工程 | 研究员 |
| **2** | 艾贻忠 | 山东省交通运输研究会 | 岩土工程 | 研究员 |
| **3** | 高雪池 | 山东高速集团有限公司 | 公路工程 | 研究员 |
| **4** | 张思峰 | 山东建筑大学 | 岩土工程 | 教授 |
| **5** | 李晋 | 山东交通学院 | 公路工程 | 教授 |
| **6** | 辛公锋 | 山东高速集团有限公司创新研究院 | 岩土工程 | 研究员 |
| **7** | 毕玉峰 | 山东省交通规划设计院集团有限公司 | 公路工程 | 研究员 |
| **组织评价单位：山东公路学会**  |
| **评价意见** |
| 2023 年1月 13 日，山东公路学会在济南组织了“下伏采空区高速公路灾变机理及加固关键技术研究”成果评价工作。评价委员会(名单附后)听取了项目组的汇报，审阅了相关技术文件，经质询和讨论，形成评价意见如下:一、项目组提交的技术文件齐全，内容完整，数据翔实，符合评价要求。二、项目采用理论分析、模型试验、数值模拟及现场测试等方法，开展了下伏采空区高速公路灾变机理及模袋法帷幕注浆加固关键技术等方面的研究，取得了如下主要创新成果:1.针对道路与采空区不同空间交互形式，通过室内模拟实验和数值仿真计算，揭示了道路下伏含采空区地层的失稳机理、变形演化规律及其关键影响因素。2.基于多应力场叠加和项目组提出的弹塑性孔收缩理论，提出了多种典型交互工况下道路下伏含采空区(巷道)地层稳定性的计算方法。 3.创新性的提出了模袋法帷幕注浆道路下伏采空区加固处治成套技术及工艺方法，解决了道路下伏采空区加固处治不易控制的技术难题。 三、项目成果在依托工程(岚罗高速公路)中成功应用，技术优势明显，经济、社会环保效益显著，对于同类工程具有积极指导意义。综上所述，项目研究成果总体上达到国际领先水平。建议进一步推广应用。 |