2023年度贵州省科学技术奖推荐公示内容

一、项目名称

地下开挖条件下顺层岩质边坡锚杆安全防控技术研究及应用

二、推荐单位

贵州省交通运输厅

三、推荐等级

贵州省科技进步奖二等奖、三等奖

1. 项目简介（不超过2000字）

本项目属于交通运输工程领域。

顺层岩质边坡是自然界中分布范围较为广泛的一种边坡形式，大量实践表明，顺层岩质边坡失稳是岩土工程面临的重大地质灾害之一。与其它赋存特征的顺层岩质边坡相比，地下开挖卸荷效应使边坡原有应力场受到极大扰动，损伤了层状岩体原有结构的稳定性，劣化了顺层岩质边坡的赋存环境，进一步增加了其滑塌失稳的风险，严重影响基础工程建设的顺利进行，甚至给经济建设和人们生命财产安全带来重大损失。因此，针对地下开挖条件下顺层岩质边坡的稳定性及安全防护方法开展系统研究具有极其重要的现实意义及实用价值。

本项目在贵州省科技支撑计划“地下开挖诱发顺层岩质边坡失稳机理及锚杆安全防控体系研究（黔科合支撑［2019］2883 号）”的支持下通过理论研究、室内试验、数值模拟和现场实施等手段，从“稳定性分析方法→滑动面搜索定位→锚固加固措施”三个方面对顺层岩质边坡在地下开挖条件下安全问题进行了系统研究，进一步完善了该类型边坡的稳定性分析理论和锚杆支护理论。取得了如下创新性成果：

**（一）提出了地下开挖诱发顺层岩质边坡失稳的破坏模式及稳定性分析方法。**国内外相关人员对顺层岩质边坡开挖稳定性的研究主要集中在表层开挖或坡脚开挖，失稳模式表现为滑移-拉裂型、滑移-压致拉裂型、蠕滑-拉裂型、滑移弯曲破坏型、弯曲-拉裂破坏型、滑劈破坏型和顺层滑移型等。本项目研究了地下开挖条件下顺层岩质边坡的失稳模式和力学机制，其主要表现为坍塌破坏、坍塌—滑移破坏和滑塌破坏三种情况，并针对这三种失稳模式建立了对应的安全系数计算方法

**（二）建立了基于倾斜角度变形的边坡二维/三维临界滑动面搜索方法。**目前常采用能量突变、加速度突变、塑性区贯通突变等作为数值模拟方法边坡临界失稳状态判据，本项目提出了采用监测点处的倾斜角度变形突变作为临界失稳判据，具有更高的灵敏性。基于临界状态的倾斜变形场分析获取的临界滑动面不需要事先假定滑动面形状和位置，且不受岩土体破坏准则的约束。

**（三）构建了考虑轴向约束和横向约束协调作用的复合抗剪力计算及锚固优化方法。**国内外相关人员在锚固工程设计时将锚杆视作纯受轴向荷载的拉杆力学模型，只考虑锚杆的轴向变形约束而忽略其它形式的锚固约束作用。本项目建立了同时考虑锚杆轴向约束和横向约束协调作用的复合抗剪力计算方法，在此基础上，提出了边坡群锚优化设计流程。

本项目共授权发明专利3项，实用新型3项，获得软件著作权4项，发表论文SCI论文1篇、EI论文4篇、北大核心论文5篇。项目创新成果在贵州省兴义环城高速、纳雍至晴隆高速公路、赫章至六盘水高速公路、六枝至安龙高速公路等多个工程中得到推广应用。

该项目的查新结果表明主要创新性成果在所查的文献中，除查新委托方的文献涉及查新点外，未见相同报道，具有显著新颖性。

五、主要知识产权和标准规范等目录

| **知识产权（标准）类别** | **知识产权（标准）具体名称** | **国家**  **（地区）** | **授权号（标准编号）** | **授权（标准发布）日期** | **证书编号**  **（标准批准发布部门）** | **权利人（标准起草单位）** | **发明人（标准起草人）** | **发明专利（标准）有效状态** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 发明专利 | 一种边坡临界滑动面确定方法、装置及终端设备 | 中国 | ZL202110571127.9 | 2021 年5月25日 | 5875747 | 贵州省质安交通工程监控检测中心有限责任公司;石家庄铁道大学 | 袁维、谭捍华、马文君、黄启舒、韩振中、李斌、彭夔、王华  、孟庆生、谢勇、曹少辉、胡凯、赵剑、丁瑞、邱浩浩、屈晓英 | 有效 |
| 发明专利 | 注浆型自膨胀锚杆结构 | 中国 | ZL201811336301.6 | 2018年11月09日 | 4168100 | 石家庄铁道大学;贵州省质安交通工程监控检测中心有限责任公司 | 袁维、韩振中、王安礼、邱浩浩 | 有效 |
| 发明专利 | 顺层岩质边坡地下开挖模型试验系统及试验方法 | 中国 | ZL201710600760. X | 2017年07月21日 | 3446934 | 石家庄铁道大学 | 袁维、王伟、赵宝平、王洪光、史磊、李家欣；李宗鸿；闻磊；常江芳 | 有效 |
| 软著 | 顺层边坡稳定性分析系统 | 中国 | 2020SR1531519 | 2019年12月20日 | 6332491 | 贵州省质安交通工程监控检测中心有限责任公司;石家庄铁道大学 | 黄启舒、杨成铭、孙瑞峰 、唐斌、沙琳川、程国昭、袁维 | 有效 |
| 软著 | 锚杆锚固力计算系统 | 中国 | 2020SR1531509 | 2020年03月20日 | 6332481 | 贵州省质安交通工程监控检测中心有限责任公司、石家庄铁道大学 | 黄启舒、杨成铭、孙瑞峰 、唐斌、沙琳川、程国昭、袁维 | 有效 |
| 软著 | 锚杆优化设计系统 | 中国 | 2020SR1531506 | 2020年8月20日 | 6332478 | 贵州省质安交通工程监控检测中心有限责任公司;石家庄铁道大学 | 黄启舒、杨成铭、孙瑞峰 、唐斌、沙琳川、程国昭、袁维 | 有效 |
| 论文  SCI | A new approach for quantifying the two‑dimensional joint roughness  coefcient (JRC) of rock joints | 英国 | (2021) 80:484 | 2021年7月23日 | (2021) 80:484 | Environmental Earth Sciences | Yuan Wei、Liu Sifan、Tan Hanhuai、Niu Jiandong、Jiang Zhiling、Li Xilai1、2Peng Shu、Xue Yanyu、Wang Wei、Sun Xiaoyun | 有效 |
| 论文  EI | 剪切方向与锚杆倾向共面条件下的锚固机制研究 | 中国 | 1000－7598 (2020) 增 2－0000－10 | 2020年08月1日 | 1000－7598 (2020) 增 2－0000－10 | 岩土力学 | 黎海滨 、谭捍华、袁 维 、黄启舒 、韩振中 、王 华 、彭 澍 | 有效 |
| 北大核心论文 | 剪切方向与锚杆倾向垂直条件下锚杆的锚固机制研究 | 中国 | 1000-4939(2021)05-0000-09 | 2021年10月1日 | 1000-4939(2021)05-0000-09 | 应用力学学报 | 黎海滨 、谭捍华、袁 维 、黄启舒 、韩振中 、王 华 、彭 澍 | 有效 |
| 北大核心论文 | 考虑横向约束作用的锚杆锚固参数优化 | 中国 | 2021,21(18):7731-7738 | 2021年11月24日 | 2021,21(18):7731-7738 | 科学技术与工程 | 黎海滨 、谭捍华、袁 维 、黄启舒 、韩振中 、王 华 、彭 澍 | 有效 |

表列专利、标准等为本项目独有，未在已获省科学技术奖励项目或本年度其他推荐项目中使用，未曾提交2022年度省科学技术奖励评审但未授奖。

共有知识产权已征得未列入项目主要完成人的权利人同意。

六、主要完成人

黄启舒、袁维、杨成铭、孙瑞峰、唐斌、沙琳川、程国昭

七、主要完成单位

贵州省质安交通工程监控检测中心有限责任公司、石家庄铁道大学、贵州嵘屹科技有限公司、中铁十七局集团城市建设有限公司、贵州中工建工程有限责任公司