**青岛市科学技术奖提名公示内容-科技进步奖**

（2022年度）

**一、项目名称**

城市高陡破碎岩质边坡安全生态施工技术

**二、推荐单位推荐意见**

市内高陡破碎岩质边坡工程数量不断增多，规模不断增大，成为城镇化建设的重要难题，面临边坡安全风险高、环保要求严、施工环境复杂等一系列问题。该项目围绕破碎边坡稳定性分析和控制难、城区安全文明施工难、石质边坡绿化难，开展了城区高陡边坡安全绿色施工关键技术体系研究，形成以下创新点：（1）揭示了不同影响因素对边坡稳定性的影响特征及各影响因素的敏感性程度；明确了高陡边坡支护的主要技术。（2）提出了“二氧化碳破岩+机械破岩+静态爆破破岩”相结合的灵活破岩方式；提出了“预应力锚索（杆）+金属网（高强格栅）+格构梁+绿植”的绿色复合支护工艺；揭示了钢塑格栅锚网喷支护加固机理。（3）研制了高性能锚索测力传感器，研发了测力传感器量测技术；开发了锚索受力状态监测系统。（4）开发了新型复合式生态边坡复绿网结构；建立了复合式网结构的“根-土”复合体模型；提出了配套挂网喷播施工工艺。该课题成果丰富。研究成果在海河西路（科大五号路至朱宋路）高边坡工程、藏马山高陡边坡等改扩建工程中得到应用，推广应用价值和前景广阔。项目成果整体达到国际先进水平，其中近接城区边坡破岩及生态边坡方面达到国际领先水平。该项目材料准备齐全，内容真实有效，同意该项目申报中国公路学会科学技术奖。

**三、推荐等级**

二等奖

**四、项目简介**

**1.科学技术领域**

本项目属于城市高陡边坡安全绿色施工领域

**2.主要科技内容**

国家“十四五”规划纲要指出：推进以人为核心的新型城镇化。我国城镇化水平已超过65%，市内基础设施不断增强，同样也面临诸多挑战；其中市内边坡工程数量不断增多，规模不断增大，成为城镇化建设的重要难题，面临边坡安全风险高、环保要求严、施工环境复杂等一系列问题。目前城区高陡边坡主要面临以下关键问题：（1）松散高陡边坡地质条件复杂，稳定性较差，易发生事故；（2）临近居民区工程施工限制过大，噪声污染严重，影响周围居民休息生活；（3）市内边坡生态要求高，市容和居民需求强烈。针对以上关键问题，本项目以国家自然科学基金、企业委托等方式，联合科研、设计、生产、施工等单位协同攻关，取得了以下创新成果：

（1）高陡边坡稳定性分析

研究了各影响因素对松散破碎岩质高陡边坡稳定性的影响，揭示了不同影响因素对边坡稳定性的影响特征；基于灰色关联法，揭示了岩质高陡边坡各影响因素的敏感性程度；分析了不同支护方式对高陡岩质边坡稳定性的影响特征，明确了格构梁为优选支护方案。

（2）高陡边坡稳定性控制技术

提出了“二氧化碳破岩+机械破岩+静态爆破破岩”相结合的灵活破岩方式。提出了“预应力锚索（杆）+金属网（高强格栅）+格构梁+绿植”的绿色复合支护工艺；开展了钢塑格栅锚网喷支护在边坡中的应用研究，揭示了钢塑格栅锚网喷支护加固机理，分析了钢塑格栅结构参数对支护结构力学性能的影响。

（3）高性能锚索测力传感器、锚索受力状态监测系统开发

研制了高性能锚索测力传感器，解决了振弦式锚索测力传感器准确度低、量程小、偏载影响大和稳定性差等技术难题；研发了测力传感器量测技术，解决了量测附加误差、远距离量测、量测数据二次计算问题；开发了锚索受力状态监测系统，实现了锚索受力状态数据自动化采集和受力状态变化趋势智能化分析。

（4）生态边坡防护技术开发

开发了新型复合式生态边坡复绿网结构，提高喷播体的稳定性和抗冲刷能力；建立了复合式网结构的“根-土”复合体模型，揭示了“根-土”加固机理；提出了配套挂网喷播施工工艺，实现了网的大面积铺设、客土喷播及其养护，提高了铺网效率，提升了喷播效果，保证了种子存活率。

**3.技术经济指标**

（1）综合破岩技术

市内边坡施工噪声污染严重应用居民生活，本项目提出“二氧化碳破岩+机械破岩+静态爆破破岩”综合破岩技术，保证了边坡施工的连续性，克服了噪声问题对居民生活的影响。

（2）边坡安全稳定性控制

采用松散破碎岩体高陡边坡稳定性分析及支护技术，解决了特定城市高陡边坡的稳定性问题，保证了高边坡施工过程及后续运行过程的安全。

（3）传感器及锚索受力状态监测系统开发

开发了高性能锚索测力传感器，研发了测力传感器量测技术，开发了锚索受力状态监测系统，解决了振弦式锚索测力传感器准确度低、附加误差等问题，实现了锚索受力状态数据自动化采集和受力状态变化趋势智能化分析。

（4）生态防护技术

采用新型复合式生态边坡复绿网结构及其配套挂网喷播施工工艺，实现了对市内边坡的生态施工，环境效益显著。

本项目技术成果累计产生经济效益1亿余元。

**4.促进行业科技进步作用及应用推广情况**

以项目为依托，课题组成员在国内外发表收录论文13篇；获得授权专利22件，专著1部。经鉴定项目成果整体达到国际先进水平，其中城区边坡破岩及生态护坡方面达到国际领先水平。

本项目研究成果成功解决了青岛淮河西路、江西南昌至宁都高速公路高陡边坡等工程的稳定性分析和控制以及生态边坡问题，推动了施工方案的更新升级，促进了绿色复合支护工艺等的研发，引领了行业的绿色发展。研究成果成功推广与应用，生态与安全文明施工社会效益突出，得到了建设单位、施工单位和监理单位的高度肯定。

**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 | 一种基于嵌锁式生态土工格栅的施工方法 | 中国 | ZL202011300082.3 | 2022年02月01日 | 4917566 | 山东科技大学；李欣远 | 王清标；宋红旭；李越；施振跃；田成林；李因旭；王富强；王栋；赵业男；刘俊鹏；张文恺；张旭；李少波；聂海祥 | 有效 |
| 发明  专利 | 基于锚索预应力损失与岩土体蠕变耦合的预应力损失计算方法 | 中国 | ZL201410389291.8 | 2016年10月26日 | 2283547 | 山东科技大学；王清标 | 王清标；张聪；施振跃；温小康；王辉；吕荣山；许垒；张军贤；王天天；胡忠经；白云 | 有效 |
| 发明  专利 | 基于振弦传感技术的预应力锚索受力状态实时监测系统 | 中国 | ZL201110317968.3 | 2014年06月11日 | 1416305 | 山东科技大学 | 王清标 | 有效 |
| 发明  专利 | 锚喷支护工程中低回弹率低粉尘的混凝土喷头装置 | 中国 | ZL201410725436.7 | 2017年04月12日 | 2442947 | 山东科技大学 | 王清标；白云；张聪；吕荣山；许垒；胡忠经；王天天；张军贤 | 有效 |
| 发明  专利 | 基于锚索预应力损失与岩土体蠕变耦合的边坡蠕变量计算方法 | 中国 | ZL201410389327.2 | 2016年11月09日 | 2290863 | 山东科技大学；蒋金泉；王清标 | 蒋金泉；王清标；张聪；施振跃；温小康；王辉；胡忠经；许垒；吕荣山；王天天；白云；张军贤 | 有效 |
| 专著 | 预应力锚索锚固力损失机理及其监测技术 | 中国 | ISBN 978-7-03-046574-0 | 2015年12月 | 科学出版社 | 山东科技大学 | 王清标 |  |
| 实用  新型 | 一种复合式边坡生态防护网 | 中国 | ZL202021490183.7 | 2021年03月16日 | 12694847 | 中铁十四局集团有限公司；青岛市黄岛区交通运输局；李欣远 | 初文武；潘雷；张光辉；罗旭辉；孙鹏飞；吴兴元；王斌；刘成和；郑修利；林青松；郝晓春；张慧思；李越；张庆山 | 有效 |
| 实用  新型 | 一种边坡支护结构 | 中国 | ZL20201488419.3 | 2021年03月12日 | 12682090 | 中铁十四局集团有限公司；李欣远 | 初文武 | 失效 |
| 实用  新型 | 一种新型边坡支护用锚杆 | 中国 | ZL202021490163.X | 2021年04月13日 | 12944423 | 中铁十四局集团有限公司；青岛市黄岛区交通运输局；李欣远 | 初文武；董凯志；张光辉；罗旭辉；孙鹏飞；吴兴元；王斌；刘成和；郑修利；林青松；郝晓春；张慧思；黄鹏；王富强 | 失效 |
| QC小组活动成果 | 提高边坡防护格构梁混凝土表观质量 | 中国 |  | 2022年7月 | 山东省市政行业协会 | 中铁十四局集团有限公司 | 孙鹏飞；万木；唐建国；张顺利，李辉；朱家奇；张振杰；张纪元；张曰刚 |  |

**七、主要完成人情况**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓名 | 排名 | 行政职务 | 技术职称 | 工作单位 | 完成单位 | 对本项目贡献 |
| 王清标 | 1 | 院长 | 教授 | 山东科技大学 | 山东科技大学 | 作为项目负责人，统筹项目整体，对全部创新点均作出了突出贡献。 |
| 施振跃 | 2 | 无 | 讲师 | 山东科技大学 | 山东科技大学 | 作为技术骨干，参与完成高陡岩质边坡稳定性分析、控制及生态边坡技术开发。 |
| 初文武 | 3 | 副总经理 | 高级工程师 | 中铁十四局集团有限公司 | 中铁十四局集团有限公司 | 在边坡稳定性监测、控制及生态边坡防护技术开发做出了重要贡献。 |
| 孙鹏飞 | 4 | 项目总工 | 高级工程师 | 中铁十四局集团有限公司 | 中铁十四局集团有限公司 | 在边坡稳定性监测、控制及生态边坡防护技术应用做出了重要贡献。 |
| 潘雷 | 5 | 交通运输事业服务中心主任 | 高级工程师 | 青岛西海岸新区交通运输局 | 青岛西海岸新区交通运输局 | 参与边坡稳定性控制及生态边坡防护技术开发。 |
| 张光辉 | 6 | 项目经理 | 高级工程师 | 中铁十四局集团有限公司 | 中铁十四局集团有限公司 | 在边坡稳定性控制及生态边坡防护技术开发做出了重要贡献。 |
| 刘成和 | 7 | 总工程师 | 正高级工程师 | 中铁十四局集团有限公司 | 中铁十四局集团有限公司 | 为边坡稳定性控制及生态边坡防护方面做出了重要贡献。 |
| 唐建国 | 8 | 工程部长 | 工程师 | 中铁十四局集团市政工程分公司 | 中铁十四局集团市政工程分公司 | 为边坡稳定性控制技术开发做出了重要贡献。 |
| 董凯志 | 9 | 无 | 高级工程师 | 青岛市黄岛区交通运输局 | 青岛市黄岛区交通运输局 | 在边坡稳定性控制及生态边坡防护技术开发做出了重要贡献。 |
| 李晓斐 | 10 | 无 | 高级经济师 | 青岛西海岸新区交通运输局 | 青岛西海岸新区交通运输局 | 负责项目经济成本分析。 |

**八、主要完成单位情况**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 单位名称 | 山东科技大学 | | | | |
| 排 名 | 1 | 法定代表人 | 姚庆国 | 所 在 地 | 山东 |
| 单位性质 | 高等院校 | 传 真 | 0532-86057619 | 邮政编码 | 266590 |
| 通讯地址 | 山东省青岛市经济技术开发区前湾港路 579 号 | | | | |
| 联 系 人 | 别海燕 | 单位电话 | 0532-86057619 | 移动电话 | 15166427309 |
| 电子邮箱 | sdkdcgk@sdust.edu.cn | | | | |
| 主要贡献 | 山东科技大学作为本项目的第1完成单位，为本项目组织实施、理论研究和应用推广做出了重大贡献。  （1）研究了高陡边坡稳定性控制技术，参与提出了“预应力锚索（杆）+金属网（高强格栅）+格构梁+绿植”的绿色复合支护工艺；开展了钢塑格栅锚网喷支护在边坡中的应用研究，揭示了钢塑格栅锚网喷支护加固机理，分析了钢塑格栅结构参数对支护结构力学性能的影响。  （2）开发了高性能锚索测力传感器、锚索受力状态监测系统，研制了高性能锚索测力传感器，解决了振弦式锚索测力传感器准确度低、量程小、偏载影响大和稳定性差等技术难题；研发了测力传感器量测技术，解决了量测附加误差、远距离量测、量测数据二次计算问题；开发了锚索受力状态监测系统，实现了锚索受力状态数据自动化采集和受力状态变化趋势智能化分析。  （3）研究了生态边坡防护技术，提出了配套挂网喷播施工工艺，实现了网的大面积铺设、客土喷播及其养护，提高了铺网效率，提升了喷播效果，保证了种子存活率。  研究成果得到成功推广与应用，并取得了显著的经济和社会效益，得到了建设单位、施工单位和监理单位的高度肯定，为本项目技术推广和应用做出了巨大贡献。 | | | | |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 单位名称 | 中铁十四局集团有限公司 | | | | |
| 排 名 | 2 | 法定代表人 | 吴言坤 | 所 在 地 | 山东 |
| 单位性质 | 国有企业 | 传 真 | 0531-88385000 | 邮政编码 | 250000 |
| 通讯地址 | 山东省济南市历下区奥体西路2666号铁建大厦A座 | | | | |
| 联 系 人 | 李秀东 | 单位电话 | 0531-88386443 | 移动电话 | 13969103301 |
| 电子邮箱 | 45154025@qq.com | | | | |
| 主要贡献 | （1）组织实施本项目整体，提供资金、技术和平台支持。  （2）研究了高陡边坡稳定性，分析了各影响因素对松散破碎岩质高陡边坡稳定性的影响，揭示了不同影响因素对边坡稳定性的影响特征；基于灰色关联法，揭示了岩质高陡边坡各影响因素的敏感性程度；分析了不同支护方式对高陡岩质边坡稳定性的影响特征，明确了格构梁为优选支护方案。  （3）研究了高陡边坡稳定性控制技术，提出了“二氧化碳破岩+机械破岩+静态爆破破岩”相结合的灵活破岩方式。提出了“预应力锚索（杆）+金属网（高强格栅）+格构梁+绿植”的绿色复合支护工艺；开展了钢塑格栅锚网喷支护在边坡中的应用研究，揭示了钢塑格栅锚网喷支护加固机理，分析了钢塑格栅结构参数对支护结构力学性能的影响。  （4）研究了生态边坡防护技术，建立了复合式网结构的“根-土”复合体模型，揭示了“根-土”加固机理；实现了网的大面积铺设、客土喷播及其养护，保证了种子存活率。  （5）积极推动了整体技术的拓展与应用。 | | | | |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 单位名称 | 中铁十四局集团有限公司市政工程分公司 | | | | |
| 排 名 | 3 | 法定代表人 | 吴云杰 | 所 在 地 | 山东 |
| 单位性质 | 国有企业 | 传 真 |  | 邮政编码 | 266590 |
| 通讯地址 | 青岛市崂山区香港东路254号碧海山庄3号楼 | | | | |
| 联 系 人 | 唐建国 | 单位电话 | 0532-80622658 | 移动电话 | 18563938441 |
| 电子邮箱 | 461003690@qq.com | | | | |
| 主要贡献 | （1）研究了高陡边坡稳定性，参与分析了各影响因素对松散破碎岩质高陡边坡稳定性的影响，参与揭示了不同影响因素对边坡稳定性的影响特征；揭示了岩质高陡边坡各影响因素的敏感性程度；参与分析了不同支护方式对高陡岩质边坡稳定性的影响特征。  （2）研究了高陡边坡稳定性控制技术，参与提出了“二氧化碳破岩+机械破岩+静态爆破破岩”相结合的灵活破岩方式。参与提出了“预应力锚索（杆）+金属网（高强格栅）+格构梁+绿植”的绿色复合支护工艺。  （3）研究了生态边坡防护技术，参与开发了新型复合式生态边坡复绿网结构，提高喷播体的稳定性和抗冲刷能力；参与建立了复合式网结构的“根-土”复合体模型，揭示了“根-土”加固机理。  （4）建立了山东科技大学实习基地，提供了实习岗位，协助完成了数据收集和分析，积极推广项目技术成果。 | | | | |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 单位名称 | 青岛西海岸新区交通运输局 | | | | |
| 排 名 | 4 | 法定代表人 | 王少冰 | 所 在 地 | 山东 |
| 单位性质 | 事业单位 | 传 真 | 0532-8616211 | 邮政编码 | 266555 |
| 通讯地址 | 西海岸新区西区办公中心3号楼 | | | | |
| 联 系 人 | 潘雷 | 单位电话 | 0532-8688001 | 移动电话 | 13863987788 |
| 电子邮箱 | yingsui-001@163.com | | | | |
| 主要贡献 | （1）研究了高陡边坡稳定性控制技术，参与提出了“二氧化碳破岩+机械破岩+静态爆破破岩”相结合的灵活破岩方式。参与提出了“预应力锚索（杆）+金属网（高强格栅）+格构梁+绿植”的绿色复合支护工艺。  （2）研究了生态边坡防护技术，参与开发了新型复合式生态边坡复绿网结构，提高喷播体的稳定性和抗冲刷能力；参与建立了复合式网结构的“根-土”复合体模型，揭示了“根-土”加固机理；参与提出了配套挂网喷播施工工艺，实现了网的大面积铺设、客土喷播及其养护，提高了铺网效率，提升了喷播效果，保证了种子存活率。  （3）利用自身优势，将整体技术应用于相关工程，促进了技术的推广和应用。 | | | | |