**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**

地铁开挖围岩破裂涌水溃砂致灾机理及预控关键技术

**二、推荐单位（专家）及推荐意见**

**推荐单位：省教育厅**

（专家提名项目需注明专家的姓名、工作单位、职称职务和学科专业）

注：不超过600字。对照青岛市科技进步奖授奖条件，填写推荐意见和推荐等级

随青岛地铁建设的发展，隧道工程开挖过程中面临复杂的水文地质条件，严重影响施工进程，易诱发涌水溃砂等灾害，是城市地下空间建设过程中的关键难题之一。

该项目采用理论分析、装备研发、试验研究、工程实践等手段，通过与相关企业开展技术装备合作研发、国家自然科学基金资助等方式，开展持续攻关，对地下隧道涌水溃砂机理、精准预控技术等方面展开了深入研究，形成了地铁开挖围岩破裂涌水溃砂致灾机理及预控关键技术。

该项目建立了裂纹扩展模式预判模型，提出了岩石裂纹动态传播新方法；研制了新型试验材料及围岩涌水溃砂模拟系统，揭示了隧道开挖扰动诱发突水溃砂致灾机理，建立了精准预控技术体系。研究成果在相关单位成功进行了工业应用和技术转化。

经审核，确认该项目的推荐材料的内容属实，申报单位与项目完成人员的排序无误；经在项目完成单位和推荐单位公示无异议。

推荐该项目为青岛市科学技术进步奖二等奖。

**三、推荐等级**

二等

**四、项目简介**

本项目属于岩土工程、隧道及地下工程灾害防控、试验装备和材料研发等多学科交叉领域。

地铁等的建设是城市建设的关键举措，在近几年“疫情”影响下，以地铁为主的城市地下空间开发迎来了新的发展机遇。随着青岛地铁建设的发展，工程开挖过程中面临的地质条件复杂等问题日渐凸显，断层破碎带等地质构造严重影响施工进程，易诱发地质灾害。据不完全统计，2007年以来，发生隧道涌水溃砂事故20余起，导致57人死亡，直接经济损失数千万元。隧道涌水溃砂事故严重滞缓了城市地下交通设施建设进程。当前对地铁隧道涌水溃砂机理及其致灾机制尚不清晰，预控技术单一不成体系，精准探测难以实现。隧道涌水溃砂事故已渐成为城市地下岩土工程建设过程中亟待攻克的关键难题之一。

基于此，该项目通过与相关企业开展技术装备合作研发、国家自然科学基金资助等方式，开展持续攻关，形成了地铁开挖围岩破裂涌水溃砂致灾机理及预控关键技术，主要创新成果如下：

（1）理论分析。创建了裂纹扩展模式预判模型，揭示了岩石失稳破裂机制，提出了岩石裂纹动态传播新方法，为混合裂纹扩展模拟及软件开发提供了理论基础。

（2）装备研制。研制了新型相似模拟试验材料及制备装置；研发了隧道围岩破碎涌水溃砂模拟系统，进一步研制了破碎岩体渗流试验系统，探究了裂隙涌水溃砂发生时物理参量的变化规律，攻克了隧道围岩水砂运移规律不清晰的难题。

（3）预控技术开发。揭示了隧道开挖扰动诱发突水溃砂致灾机理，形成了隧道灾害精准预控技术体系，为城市地下空间安全建设提供工程技术指导。

研究成果在青岛市地铁等多处开展现场工程应用，较大程度缩短了施工工期；研发的装备在青岛鹏特机电设备有限公司等多家国内公司和科研院所广泛应用，得到国内岩土工程和矿山领域专家学者的广泛青睐和认可，形成的经济社会效益巨大。项目授权发明专利30余项，在岩土力学、International Journal of Rock Mechanics and MiningSciences、Mine Water and the Environment等国内外知名高水平期刊上公开发表论文40余篇。

**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 | 模拟采场围岩突水通道扩展演化试验系统 | 中国 | ZL201710683023.0 | 2022.04.22 | 5097549 | 山东科技大学 | 张士川;李杨杨;孙熙震;陈绍杰;陈明;崔博强;郭浩 | 有效 |
| 发明  专利 | 煤层采动诱发顶板涌水溃砂灾害模拟试验系统及监测方法 | 中国 | ZL201310728093.5 | 2015.11.18 | 1843446 | 山东科技大学 | 郭惟嘉;王海龙;李杨杨;孙熙震;陈绍杰;张新国;尹立明;孙文斌;刘音;陈军涛;江宁;张保良 | 有效 |
| 发明  专利 | 注浆材料被动螺旋均化及降尘装置及工艺 | 中国 | ZL201510263620.9 | 2017.04.19 | 2458533 | 山东  大学 | 李术才;白继文;刘人太;张红军;仁智德;姜鹏;刘鹏;李良 | 有效 |
| 发明  专利 | 用于相似模拟材料圆柱标准试件的制备装置及制备方法 | 中国 | ZL201910839635.3 | 2022.04.06 | 5122713 | 山东科技大学 | 李杨杨;杨维弘;张士川;周升范;邵珠娟;赵猛;周海军;李宗凯;孙健;董国良;  陈男 | 有效 |
| 发明  专利 | 一种用于三维模拟巷道围岩破裂的试验系统及方法 | 中国 | ZL201510889598.9 | 2018.09.28 | 3091960 | 山东科技大学 | 王学武;郭惟嘉;张士川;孙文斌;张鑫;王海龙;李杨杨;张保良;江宁;赵金海;  周少良;陈明;徐福通;杜彦君;张平平;陈彦好;王枫植;  仲秋 | 有效 |
| 发明  专利 | 假三轴高压渗透试验仪 | 中国 | ZL201510229210.2 | 2018.02.09 | 2813046 | 山东科技大学 | 高宗军;于晨;冯建国;王敏;孟祥旭;  张洪英;田红 | 有效 |
| 发明  专利 | 一种位移监测装置及其用于三维相似模拟材料模拟试验的使用方法 | 中国 | ZL201410816181.5 | 2017.05.03 | 2471240 | 山东科技大学 | 江宁;张士川;赵金海;刘占新;崔博强;郭皓;白丽扬 | 有效 |
| 发明  专利 | 一种用于煤层垂向钻孔的自进式钻机及煤层垂向钻孔方法 | 中国 | ZL201710152259.1 | 2019.02.26 | 3270348 | 山东科技大学 | 陈兵;刘勇;屈晓;马宏发;刘兴全;  郭宇航;任凯强 | 有效 |
| 实用新型专利 | 模拟不同地应力条件下底板突水的试验系统 | 中国 | ZL201820759028.7 | 2019.03.22 | 8611185 | 山东科技大学 | 李杨杨;孟凡宝;孙熙震;沈宝堂;张士川;梁彦波;陈绍杰;宋士康;郑勇;张磊;  孙庆超 | 有效 |
| 论文 | 复合缺陷类岩石裂纹扩展规律及力学特性试验研究 | 中国 | 2022,41(02):42-50 | 2022.04.15 | 山东科技大学学报（自然科学版） | 山东科技大学 | 李杨杨;颜浩东;张士川;张磊;张书磊;李宗凯 | 有效 |

**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 |
| 李杨杨 | 1 | 副主任 | 教授 | 山东科技大学 | 山东科技大学 | 项目总负责人 |
| 白继文 | 2 | 无 | 副研究员 | 山东大学 | 山东大学 | 预控技术开发及现场指导 |
| 孟祥旭 | 3 | 无 | 高级  工程师 | 青岛乾坤兴智能科技有限公司 | 青岛乾坤兴智能科技有限公司 | 装备制造及  装配调试运行 |
| 江宁 | 4 | 无 | 副教授 | 山东科技大学 | 山东科技大学 | 数据整理分析 |
| 赵金海 | 5 | 无 | 副教授 | 山东科技大学 | 山东科技大学 | 设备创新研发 |
| 陈军涛 | 6 | 副主任 | 副教授 | 山东科技大学 | 山东科技大学 | 设备装配运行 |
| 陈兵 | 7 | 无 | 无 | 山东科技大学 | 山东科技大学 | 室内试验 |
| 颜浩东 | 8 | 无 | 无 | 山东科技大学 | 山东科技大学 | 理论分析 |

注：“主要完成人情况”摘自“主要完成人情况表”中的部分内容，公示姓名、排名、行政职务、技术职称、工作单位、完成单位、对本项目贡献。

**八、主要完成单位情况**

**（1）完成单位：**山东科技大学

**对本项目科技创新和推广应用效益的贡献：**

创建了裂纹扩展模式理论预判模型，揭示了岩石失稳破裂机制，提出了岩石裂纹动态传播的新方法；研制了新型相似模拟试验材料及制备装置；研发了隧道围岩破碎涌水溃砂模拟系统，进一步研制了破碎岩体渗流试验系统，开展了相关室内物理模拟试验，探究了裂隙涌水溃砂灾变发生时物理参量的变化规律。

该单位负责了项目整体理论分析和模型建立、设备研发、室内试验等工作，经本单位推广应用所产生的经济效益和社会效益占项目总体经济社会效益的60%。

**（2）完成单位：**山东大学

**对本项目科技创新和推广应用效益的贡献：**

协助第一完成单位揭示了隧道开挖扰动诱发突水溃砂致灾机理，共同形成了灾害精准预控技术体系，为城市地下空间安全建设提供了工程技术指导。

该单位负责了项目预控技术及现场实践等工作，经本单位推广应用所产生的经济效益和社会效益占项目总体经济社会效益的20%。

**（3）完成单位：**青岛乾坤兴智能科技有限公司

**对本项目科技创新和推广应用效益的贡献：**

配合第一完成单位开展了试验装备的加工制造及装配调试运行，协助制成了相似模拟试验材料及其加工装置，共同开发建成了隧道涌水溃砂模拟系统、破碎岩体渗流试验系统，解决了设备匮乏的难题。

该单位负责了项目装备加工作制造、装配调试运行等工作，经本单位推广应用所产生的经济效益和社会效益占项目总体经济社会效益的20%。