**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**

复杂条件地下工程精细化计算与试验平台及灾害防控关键技术

**二、推荐单位（专家）及推荐意见**

随着能源开采、基础设施建设、地铁及地下综合体等城市更新工程的快速深入发展，涌现出一些极深、极软、极大、极浅等特殊复杂条件下的地下工程，给工程建设带来极大风险。计算与试验是地下工程支护问题研究的重要手段，计算与试验手段的创新升级是更准确揭示灾害发生机理、更有高效开展技术研发的前提，也是工程应用的先验保障。该项目通过数值计算程序开发、多尺度试验平台研制、典型极端灾害发生机理研究、防控理论与关键技术研发及工业性试验等，取得了3项主要科技创新：开发了支护结构复杂力学行为数值模型及仿真计算程序，建立了精细化计算平台，实现了各类复杂条件下地下工程支护问题精细化计算；研制并应用了复杂条件围岩-支护相互作用行为试验研发平台，揭示了深部高应力软岩、极弱胶结软岩巷道支护失效机理与极浅埋硬岩大跨隧道块体失稳机制；阐明了深部高应力、极软岩条件下钢管混凝土拱架承载作用机制及超浅埋大跨硬岩隧道预应力锚杆作用机制，建立了主动支护设计方法，形成了围岩灾害主动防控关键技术体系，提供了持续大变形及瞬时失稳两大工程难题的破解路径。成果应用于临沂矿业集团、鲁西矿业、内蒙古上海庙矿业的多座煤矿的20余处的深部、软岩巷道与超大断面硐室，青岛地铁6号线工程的7座超大跨浅埋隧道、临临高速公路6条隧道，解决了超深、超软、超浅、超小净距、下穿纪念碑等极端条件隧道设计与施工问题，成果中的试验装置与方法等得以转化，经济效益合计超5亿元。

该项目推动了极端条件地下工程计算与试验手段的革新，突破了支护结构设计计算与研发应用的若干技术瓶颈，形成了对典型极端工程条件地下工程灾害的防控体系与成功示范。成果得到了行业权威专家认可，部分技术达到国际领先水平。

成果具有重要的应用价值和广阔的推广前景。提名人认真审阅了项目提名书及附件材料，确认全部材料真实有效，相关栏目均符合山东省科学技术奖励工作办公室的填写要求。按照要求，项目完成人所在单位对该项目的拟提名情况进行了公示，公示期结束，无异议。

**三、推荐等级**

二等奖。

**四、项目简介**

随着能源开采、基础设施建设、地铁及地下综合体等城市更新工程的快速深入发展，涌现出一些极深、极软、极大、极浅等特殊条件下的地下工程，给工程建设带来极大风险。这些极端条件下地下工程围岩灾害的产生机理与常规条件显著不同，是当前研究所欠缺的，现有的支护技术也难以应对出现的新挑战，要么难以控制围岩稳定产生冒顶、塌方灾害，要么设计方案过于繁冗严重阻碍建设进度。因此，在新的社会发展时期，更多更复杂的工程条件对地下工程灾害防控提出了更为迫切、更加高质量的需求。计算与试验是地下工程支护问题研究的重要手段，计算与试验手段的创新升级是更准确揭示灾害发生机理、更有高效开展技术研发的前提，也是工程应用的先验保障。

该项目通过数值计算程序开发、多尺度试验平台研制、典型极端灾害发生机理研究、防控理论与关键技术研发及工业性试验等，取得了3项主要科技创新：（1）提炼了复杂条件下地下工程支护行为特征，开发了支护结构复杂力学行为数值模型及仿真计算程序，结合裂隙岩体计算参数取值设备与方法创新，建立了精细化计算平台，攻克了岩体参数取值、支护结构功能欠缺、细节计算粗糙等难题，实现了各类复杂条件下地下工程支护问题精细化计算。（2）研制了锚杆、拱架试验装置、围岩压力模拟系列化试验装置，建立并应用了复杂条件围岩-支护相互作用行为试验研发平台，揭示了深部高应力软岩、极弱胶结软岩巷道支护失效机理与极浅埋硬岩大跨隧道块体失稳机制，提出了应对不同工程特点的围岩灾害主动防控理论。（3）提出了围岩灾害分类主动防控对策，阐明了深部高应力、极软岩条件下钢管混凝土拱架承载作用机制及超浅埋大跨硬岩隧道预应力锚杆作用机制，建立了主动支护设计方法，结合拱架、锚杆、注浆等材料及工艺创新，形成了围岩灾害主动防控关键技术体系，提供了持续大变形及瞬时失稳两大工程难题的破解路径。

成果应用于临沂矿业集团、鲁西矿业、内蒙古上海庙矿业的多座煤矿的20余处的深部、软岩巷道与超大断面硐室，巷道持续大变形得到永久控制，避免了反复复修，节约了劳动力和成本投入，促进巷道功能发挥，产生经济效益21800万元。成果应用于青岛地铁6号线工程的7座超大跨浅埋隧道，优化了原支护设计方案，采用了高效施工工法，监测数据显示隧道围岩稳定，隧道拱顶沉降为既有线路的46~56%，支护材料减少约30%，施工工期累计缩短27.5个月，产生经济效益共计25240万元。成果应用于临临高速公路6条隧道工程中，解决了超浅埋、下穿纪念碑、超小净距等极端条件隧道设计与施工问题，产生经济效益11700万元；成果中的试验装置与方法等创新成果在天勤工程科技公司得以转化，孵化出地下工程专用试验装置12台套，产生经济效益2700万元。

该项目推动了极端条件地下工程计算与试验手段的革新，突破了支护结构设计计算与研发应用的若干技术瓶颈，形成了对典型极端工程条件地下工程灾害的防控体系与成功示范。成果得到了行业权威专家认可，部分技术达到国际领先水平。成果授权中国发明专利14件，实用新型专利6件，发表高水平论文27篇，其中ESI高被引论文1篇，入选F5000顶尖中文论文库3篇，该成果可为行业热点问题的解决做出推动作用，具有十分重要的理论和现实意义。

**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 | 一种岩体裂隙三维探测系统及探测方法 | 中国 | ZL 2016 10035077. 1 | 2018.03.09 | 第2840352号 | 山东科技大学 | 李为腾；梅玉春；杨宁 | 有效 |
| 发明专利 | 一种岩体裂隙探测传感器及使用方法 | 中国 | ZL 2016 10035673. X | 2018.05.08 | 第2918023号 | 山东科技大学 | 李为腾；梅玉春 | 有效 |
| 发明专利 | 一种深部巷道支护用新型混凝土支架 | 中国 | ZL 2015 10837797.5 | 2019.03.22 | 第3304454号 | 山东科技大学 | [李廷春；](https://cprs.patentstar.com.cn/Search/ResultList?CurrentQuery=5p2O5bu35pilL0lO&type=cn)[尚黎明；](https://cprs.patentstar.com.cn/Search/ResultList?CurrentQuery=5bCa6buO5piOL0lO&type=cn)[陈佃浩；](https://cprs.patentstar.com.cn/Search/ResultList?CurrentQuery=6ZmI5L2D5rWpL0lO&type=cn)[吕连勋；](https://cprs.patentstar.com.cn/Search/ResultList?CurrentQuery=5ZCV6L+e5YuLL0lO&type=cn)[杜贻腾；](https://cprs.patentstar.com.cn/Search/ResultList?CurrentQuery=5p2c6LS76IW+L0lO&type=cn)[徐开山；](https://cprs.patentstar.com.cn/Search/ResultList?CurrentQuery=5b6Q5byA5bGxL0lO&type=cn)[李为腾](https://cprs.patentstar.com.cn/Search/ResultList?CurrentQuery=5p2O5Li66IW+L0lO&type=cn) | 有效 |
| 发明专利 | 钢管混凝土拱架套管节点大偏心试验装置及使用方法 | 中国 | ZL 2016 10035138.4 | 2018.01.05 | 第2769148号 | 山东科技大学 | 李为腾；[李廷春；](https://cprs.patentstar.com.cn/Search/ResultList?CurrentQuery=5p2O5bu35pilL0lO&type=cn)王刚；杨宁；[张玉华](https://cprs.patentstar.com.cn/Search/ResultList?CurrentQuery=5byg546J5Y2OL0lO&type=cn) | 有效 |
| 发明专利 | 一种钢管混凝土拱架灌注模拟系统及效果测评方法 | 中国 | ZL 2015 10943735.2 | 2016.01.17 | 第2187245号 | 山东科技大学 | [李为腾；](https://cprs.patentstar.com.cn/Search/ResultList?CurrentQuery=5p2O5Li66IW+L0lO&type=cn)杨宁；[李廷春；](https://cprs.patentstar.com.cn/Search/ResultList?CurrentQuery=5p2O5bu35pilL0lO&type=cn)[王刚；](https://cprs.patentstar.com.cn/Search/ResultList?CurrentQuery=546L5YiaL0lO&type=cn)[张玉华；](https://cprs.patentstar.com.cn/Search/ResultList?CurrentQuery=5byg546J5Y2OL0lO&type=cn)玄超；[张尹](https://cprs.patentstar.com.cn/Search/ResultList?CurrentQuery=5byg5bC5L0lO&type=cn) | 有效 |
| 发明专利 | 围岩变形与压力模拟试验系统及试验方法 | 中国 | ZL 2016 10035076.7 | 2018.04.06 | 第2871304号 | 山东科技大学 | 李为腾；李廷春；王刚；杨宁；玄超 | 有效 |
| 发明专利 | 具有警示功能的锚杆让压装置及使用方法 | 中国 | ZL 2016 11204246.6 | 2019.12.20 | 第3639540号 | 山东科技大学；李廷春 | [李为腾；](https://cprs.patentstar.com.cn/Search/ResultList?CurrentQuery=5p2O5Li66IW+L0lO&type=cn)[李廷春；](https://cprs.patentstar.com.cn/Search/ResultList?CurrentQuery=5p2O5bu35pilL0lO&type=cn)[杨博；](https://cprs.patentstar.com.cn/Search/ResultList?CurrentQuery=5p2o5Y2aL0lO&type=cn)[王刚；](https://cprs.patentstar.com.cn/Search/ResultList?CurrentQuery=546L5YiaL0lO&type=cn)[马海曜；](https://cprs.patentstar.com.cn/Search/ResultList?CurrentQuery=6ams5rW35pucL0lO&type=cn)[杨宁；](https://cprs.patentstar.com.cn/Search/ResultList?CurrentQuery=5p2o5a6BL0lO&type=cn)[张玉华](https://cprs.patentstar.com.cn/Search/ResultList?CurrentQuery=5byg546J5Y2OL0lO&type=cn) | 有效 |
| 发明专利 | 一种土岩复合地层下卧既有隧道的地下空间开挖方法 | 中国 | ZL 2019 10000755.4 | 2020.05.26 | 第3815177号 | 山东科技大学 | [李廷春；](https://cprs.patentstar.com.cn/Search/ResultList?CurrentQuery=5p2O5bu35pilL0lO&type=cn)[冉金林；](https://cprs.patentstar.com.cn/Search/ResultList?CurrentQuery=5YaJ6YeR5p6XL0lO&type=cn)[徐奎学；](https://cprs.patentstar.com.cn/Search/ResultList?CurrentQuery=5b6Q5aWO5a2mL0lO&type=cn)[李世杰](https://cprs.patentstar.com.cn/Search/ResultList?CurrentQuery=5p2O5LiW5p2wL0lO&type=cn) | 有效 |
| 发明专利 | 一种注浆扩散三维监测系统及监测方法 | 中国 | ZL 2016 10035140.1 | 2017.11.28 | 第2715554号 | 山东科技大学 | 李为腾；杨宁；梅玉春 | 有效 |
| 发明专利 | 一种注浆加固浆液扩散调控方法 | 中国 | ZL 2015 10041249.1 | 2017.02.22 | 第2391900号 | 山东科技大学 | [李为腾；](https://cprs.patentstar.com.cn/Search/ResultList?CurrentQuery=5p2O5Li66IW+L0lO&type=cn)[梅玉春；](https://cprs.patentstar.com.cn/Search/ResultList?CurrentQuery=5qKF546J5pilL0lO&type=cn)[王书庆；](https://cprs.patentstar.com.cn/Search/ResultList?CurrentQuery=546L5Lmm5bqGL0lO&type=cn)[李建伟；](https://cprs.patentstar.com.cn/Search/ResultList?CurrentQuery=5p2O5bu65LyfL0lO&type=cn)[张浩杰](https://cprs.patentstar.com.cn/Search/ResultList?CurrentQuery=5byg5rWp5p2wL0lO&type=cn) | 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 |
| 李为腾 | 1 | 副院长 | 副教授 | 山东科技大学 | 山东科技大学 | 负责项目的总体规划、进度、成果组织与管理 |
| 李廷春 | 2 | 无 | 教授 | 山东科技大学 | 山东科技大学 | 负责深部、软岩巷道支护方面的学术思想形成与研究实施 |
| 刘林胜 | 3 | 安全总监 | 工程师 | 青岛市地铁六号线有限公司 | 青岛市地铁六号线有限公司 | 负责超浅埋大跨隧道技术的研究与应用 |
| 梅玉春 | 4 | 无 | 在读博士研究生 | 山东科技大学 | 山东科技大学 | 负责计算程序开发与应用 |
| 武善元 | 5 | 总经理助理 | 工程技术应用研究员 | 临沂矿业集团有限责任公司 | 临沂矿业集团有限责任公司 | 负责深部软岩巷道的技术研究与应用 |
| 姜维亮 | 6 | 部长 | 高级工程师 | 山东高速淄临高速公路有限公司 | 山东高速淄临高速公路有限公司 | 负责超浅埋、小净距、下穿构筑物等隧道施工技术研究 |
| 胡兆锋 | 7 | 总工程师 | 工程技术应用研究员 | 山东能源集团鲁西矿业有限公司 | 山东能源集团鲁西矿业有限公司 | 负责深部软岩巷道的技术研究与应用 |
| 赵仁乐 | 8 | 副总经理 | 工程技术应用研究员 | 临沂矿业集团有限责任公司 | 临沂矿业集团有限责任公司 | 负责深部软岩巷道的技术研究与应用 |
| 杨旭旭 | 9 | 副主任 | 副教授 | 山东科技大学 | 山东科技大学 | 负责裂隙岩体计算与注浆加固方面的研究 |
| 朱庆文 | 10 | 无 | 在读博士研究生 | 山东科技大学 | 山东科技大学 | 负责模型试验技术研发与应用 |

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**

第一完成单位：山东科技大学

第二完成单位：青岛市地铁六号线有限公司

第三完成单位：临沂矿业集团有限责任公司

第四完成单位：山东高速淄临高速公路有限公司

第五完成单位：山东能源集团鲁西矿业有限公司