**科学技术进步奖公示内容**

1. 项目名称：深埋公路隧道岩爆倾向性超前预报关键技术研究
2. 提名者及提名意见（包含提名等级）：

提名者：中交第一公路勘察设计研究院有限公司

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035 年远景目标纲要》确定了“交通强国建设工程”，强化了“深地”等前沿领域的国家战略科技力量，实施“一带一路”战略，川藏铁路等重大工程。深部岩体工程占有重要地位，尤其是我国西部地区的大型岩体隧道群工程规模宏大、布局复杂，高地应力诱发的深埋隧道岩爆灾害十分突出，严重影响隧道的安全建设与运行，其难以遏制的根源在于岩爆发生机制非常复杂，缺乏有效的岩爆倾向性原位测试技术，难以实现勘察过程中准确超前预报岩爆灾害。数字钻技术的飞速发展为超前预报岩爆提供了新的途径，突破了室内测试与传统原位监测的局限，项目揭示了岩石旋切过程的脆性-韧性转变机理，建立了岩石机-岩参数映射关系与非线性强度理论；发明了深部岩体数字钻等系列原位测试装备，提出基于数字钻技术的岩体力学性能原位评价方法；揭示了岩爆能量驱动机理，研发出基于数字钻的岩爆倾向性评价与超前预报技术。突破了在勘察或施工阶段岩爆超前预报技术瓶颈，为岩体工程加固和安全防护提供指导。项目研究成果对深部岩体工程加固和安全防护具有重要的科学意义，研发的深部岩体数字钻系统等系列设备被百家设计和施工单位采购，社会与经济效益显著。

因此，推荐该项目为陕西省科学技术进步奖二等奖。

1. 项目简介：

3.1．背景与意义

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035 年远景目标纲要》确定了“交通强国建设工程”，强化了“深地”等前沿领域的国家战略科技力量，实施 “一带一路”战略，川藏铁路等重大工程。习总书记指出：“向地球深部进军是我们必须解决的战略科技问题”。深部岩体工程占有重要地位，尤其是我国西部地区的大型岩体隧道群工程规模宏大、布局复杂，高地应力诱发的深埋隧道岩爆灾害十分突出，严重影响隧道的安全建设与运行，其难以遏制的根源在于岩爆发生机制非常复杂，缺乏有效的岩爆倾向性原位测试技术，难以实现勘察过程中准确超前预报岩爆灾害，岩爆也被誉为一种地质“顽症”，是困扰岩石力学界的百年难题！

数字钻技术的飞速发展为超前预报岩爆提供了新的途径。本项目围深部岩体岩爆超前预报这一科学问题，突破原位测试、现场评价、超前预报等关键技术，研发基于数字钻的岩爆倾向性预报关键技术，形成了成套核心技术成果，对深部岩体工程加固和安全防护具有重要的科学意义，社会与经济效益显著。

3.2．主要技术内容

本项目经十余年的努力，围绕深部岩体岩爆倾向性评价与预报问题开展研究，主要取得三方面研究成果：（1）岩石旋切过程的机-岩参数映射机理与原位测试技术。揭示了岩石旋切过程的切削力学基本规律与机-岩相互作用机理，构建了岩石旋切过程的机-岩作用力学模型；建立了机-岩参数映射关系的数学模型与深度学习模型，提出了基于旋切技术的岩石力学参数原位测试方法；阐明了岩石旋切过程的机-岩参数映射关系的各向异性，揭示了各向异性下旋切过程的岩石脆性-韧性转变机理，提出了基于旋切技术的岩石各向异性评价方法。（2）深部岩体旋切系统与节理岩体性质定量评价方法。解译了旋切参数定量评价岩体非连续性、基本质量与力学性能，提出了基于旋切技术的岩体质量与力学性能评价方法；解译了旋切参数定量评价岩体的尺寸效应，提出了基于旋切技术的节理岩体REV尺度确定方法；研发了现场、便携式旋切仪以及深部岩体旋切实验设备。（3）岩石非线性强度理论与岩爆倾向性原位测试技术。揭示了高地应力作用下岩石脆性-韧性转变机理，构建了高地应力下旋切过程的岩石脆性-韧性转变的理论判据，建立了基于旋切参数的岩石非线性强度准则，提出了基于旋切技术的高地应力估算方法；阐明了不同环境下岩石的非线性能耗规律，揭示了应变型岩爆的非线性能量驱动机制，提出了基于旋切参数的岩石脆性评价方法和岩爆倾向性判据；阐述了隧道围岩切向应力、径向应力、塑性区和结构面特征等因素对岩爆倾向性的影响规律，提出了基于旋切技术的岩爆倾向性判据和评价方法。

3.3 创新成果

（1）揭示岩石数字钻过程的脆性-韧性转变机理与机-岩参数映射关系，发明了岩石力学参数原位测试技术，突破了现有原位测试成果难以合理反映大体积岩石内部原位力学特性局限；

（2）发明了深部岩体数字钻等系列原位测试装备，提出基于数字钻技术的岩体力学性能与尺寸效应的原位评价方法，解决了大尺度地质单元工程岩体力学参数获取难题，弥补了现有原位测试手段获取岩体参数不足，推动了触探技术发展；

（3）建立基于数字钻特性的岩石非线性强度理论，揭示岩爆能量驱动机理，发明了基于数字钻的岩爆倾向性评价与超前预报技术，突破了在勘察或施工阶段岩爆超前预报技术瓶颈，为岩体工程加固和安全防护提供指导。

3.4. 社会与经济效益

研究成果解决了国家级高速公路、铁路隧道与石油开采领域测井工程等岩体工程加固与安全防护的诸多难题，对行业进步具有重大推动作用。先后成功应用于陕西省宝坪高速公路秦岭隧道群、弥蒙铁路隧道工程、成自铁路隧道工程等交通、水电、石油开采等行业多个工程中，超前预报了隧道总长度超过15公里，避免了大量人员伤亡与财产损失，将隧洞勘察与施工工期缩短超过3个月，创新了勘察与施工工艺，提高了工程的建设效率，确保了工程安全与质量，产生经济效益约5.1亿元以上，间接经济效益显著。

研发的深部岩体数字钻系统等系列设备被百家设计和施工单位采购，截止2024年2月已出售282台，销售总额约1.24亿元，衍生出三大系列八大产品，使陕西西探公司产品升级，增加就业岗位，带动了钻井和钻探行业的装备制造领域产业升级。培养硕、博士研究生30余名；发表学术论文130余篇，其中SCI论文110余篇、EI论文20余篇；授权发明专利21项，其中国际专利2项；获陕西省高等学校科学技术奖特等奖一项，陕西省优秀博士学位论文等。

1. 客观评价：

4.1科技成果鉴定

本项目经全国工程勘察设计大师郑建国总工程师为主任委员，谢永利、徐拴海、任建喜、巨广宏、宋战平、张志强等多名专家教授为委员组成的专家组进行了科技成果评价，认为处于国际领先水平，主要评价结论如下：

项目成果总体达到国际先进水平，其中基于数字钻技术的岩爆倾向性评价方法达到了国际领先水平。（1）揭示了岩石旋切过程的脆性-韧性转变机理，建立了岩石机-岩参数映射关系与非线性强度理论；（2）发明了深部岩体数字钻等系列原位测试装备，提出基于数字钻技术的岩体力学性能原位评价方法；（3）揭示了岩爆能量驱动机理，研发出基于数字钻的岩爆倾向性评价与超前预报技术。项目成果在理论上有创新、技术上有突破；所研设备已被百家单位采购，在交通、水电等多项隧道工程中得到成功应用，经济与社会效益显著。

4.2 验收意见

2015年12月，西安理工大学土木建筑工程学院主持“XCY-1岩体力学参数现场旋切仪”验收会议，验收专家组意见：现场旋切触探仪的动力系统、钻进系统、测控系统完整齐全，整体结构布局合理，运行状态良好。

4.3科技查新结论

① 该项目部分成果在陕西省科学技术信息研究所科技查新中心，主要结论：除查新项目研究人员发表的论文外，中外文相关文献涉及节理岩体表征单元体的确定方法均为数值模拟方法，与查新项目研究采用随钻监测技术获取钻压、扭矩、钻速和转速等动态参数确定节理岩体表征单元体的方法不同。

② 项目成果“深埋公路隧道岩爆倾向性超前预报关键技术”于2023年7月在陕西省科学技术信息研究所科技查新中心，主要结论：除查新项目研究人员发表的论文外，未见明确述及建立公路隧道围岩数字钻进过程的机-岩参数映射模型；未见明确述及基于数字钻技术进行围岩尺寸效应评价；与查新醒目基于数字钻技术的岩爆倾向性原位测试方法类似。

4.4国内外知名专家评价

① 伊兹密尔民主大学Erarslan, Nazife在2021年发表论文时对研究成果进行详细的评述：" Therefore, some index properties of rocks, such as rock cohesion, internal friction, contact friction coefficient, brittleness index, etc., become very important parameters [47,60,61,29,30]." (因此，岩石的一些指标性质，如岩石内聚力、内摩擦、接触摩擦系数、脆性指数等，已经成为非常重要的参数)。(引用DOI: 10.1016/j.ijfatigue.2021.106442)

② 挪威斯塔万格大学Andrzej Tunkiel教授在2022年发表的论文中对研究成果进行评论："Another potential approach is to use CNN architecture, which was successfully applied in drilling problems before to determine rock strength parameters (He et al., 2019) or lithofacies recognition (Lima et al., 2019). "(另一种潜在的方法是使用CNN方法，已成功应用于钻井有关问题，例如确定岩石强度参数和识别岩性)。（引用DOI：10.1016/j.petrol.2021.109760）

③ Ahmed, Haitham M教授评述："earth structure and petrolitic exploitation [7], earthquake mechanisms, geothermal power generation [8,9], building and road construction [10,11], hydrothermal system [12], thermal energy storage (TES) [13-16], underground coal gasification [17], underground rock tunnels [18,19] and deep mining engineering [20]." (地球结构和石油开采、地震机制、地热发电、建筑和道路建设、热液系统、热能储存（TES）、地下煤气化、地下岩石隧道和深部采矿工程)。(引用DOI: 10.3390/ma15093204)

④ 首尔国立大学洪斌在2022年发表论文时评述："Example applications include … estimation of the rock strength parameters (He et al. 2019), classification of lithological facies using borehole images (Valentín et al. 2019), and reconstruction of the porous media (Kamrava et al. 2019; Valsecchi et al. 2020)." (实例应用包括…估算岩石强度参数，使用钻孔图像进行岩性相分类，以及重建多孔介质)。(引用DOI: 10.1007/s12145-021-00650-1)

4.5工程应用评价

① 陕西西探地质装备有限公司评价：研发的岩体数字钻系统等系列设备被百家设计和施工单位采购，截止2022年2月已出售282台，衍生出三大系列八大产品，使陕西西探公司产品升级，增加就业岗位，带动了钻探行业的装备制造领域产业升级。

② 云南建投基础工程有限责任公司评价：对云南元江至曼耗高速公路风口山隧道、元阳至绿春高速公路阿嘎下隧道、S41维（西）永（德）高速公路小官市等隧道进行了勘察阶段和施工期勘探，超前预报了工程岩体隧道围岩的力学参数、岩体非连续性、岩体基本质量以及不良地质体，创新了勘察与施工工艺，加快了工程进度，提高了隧道的建设效率，节约了勘察与施工成本，有效防治了不良地质灾害，确保了工程安全与工程质量。

③ 四川省冶勘设计集团有限公司评价：2017年1月将该技术引入公司已被应用与多个隧洞工程的分析，比如弥蒙铁路隧道工程、成自铁路隧道工程等等。该技术省去了大量的实验与技术成本投入，为隧道稳定性的超前预测提供了更加经济合理科学的论证支撑，提高了勘察和施工效率，社会经济效益显著。

4.5获奖情况

项目“基于数字钻技术的岩爆倾向性评价与预报关键技术”获得2023年度陕西省高等学校科学技术研究优秀成果奖特等奖。

1. 应用情况：

该项目成果先后应用于国家级高速公路、铁路隧道与石油开采领域测井工程等岩体工程加固与安全防护的诸多难题，对行业进步具有重大推动作用。先后成功应用于陕西省宝坪高速公路秦岭隧道群、弥蒙铁路隧道工程、成自铁路隧道工程等交通、水电、石油开采等行业多个工程中，避免了大量人员伤亡与财产损失，缩短隧洞勘察与施工工期，创新了勘察与施工工艺，提高了工程的建设效率，确保了工程安全与质量。

近几年来也在中交第一公路勘察设计研究院有限公司、云南建投基础工程有限责任公司、四川省冶勘设计集团有限公司、陕西皖通腾飞建设工程有限公司等企事业单位有应用。该项目相关理论与技术及其数字钻设备使现场施工设计更加理性化、科学化，防止了上百次的岩爆事故，取得了显著的社会效益与经济效益。该项目满足了当前信息化科学化勘察、施工的急需，极大地推进土木工程设计施工技术的大发展。

研发的岩体数字钻系统等系列设备被百家设计和施工单位采购，截止2022年2月已出售282台，销售总额约1.24亿元，衍生出三大系列八大产品，使陕西西探公司产品升级，增加就业岗位，带动了钻井和钻探行业的装备制造领域产业升级。

国民经济迅猛发展，我国水利、矿业和交通基建规模不断扩大，其中隧道（洞）工程占据着主导地位。该项目的相关理论与技术，不仅能满足在勘察与施工现场、快速、科学化、定量化设计与施工的需求，还对提升我国隧道（洞）建设水平具有重要意义。

1. 主要知识产权和标准规范等目录：（**限10条，****所列专利证书颁发日期、标准规范发布日期、论文发表日期应在2024年12月31日之前。填写论文专著时请注意按原文中英文填写**）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 知识产权类 别 | 知识产权  具体名称 | 国家  （地区） | 授权号 | 授权日期 | 证书编号 | 权利人 | 发明人 |
| 1 | 发明专利 | Rock Burst Tendency Prediction Method Considering the Plastic Zone and Radial Stress of Tunnel | 南非 | 2022/05471 | 2022-08-31 | 2022/05471 | 西安理工大学 | HE Mingming,  YUAN Zhuoya,  ZHANG Yonghao,  YANG Beibei,  FENG Guangliang, DENG Bianyuan,  MA Xudong,  LIU Xiaoping,  LUO Bo,  LIU Jiebaixue,  REN Taoping |
| 2 | 发明专利 | Method for determining constant mi and intensity envelope in Hoek-Brown criterion based on digital drill parameters | 南非 | 2022/07831 | 2022-10-26 | 2022/07831 | 西安理工大学 | HE Mingming  YUAN Zhuoya,  ZHANG Yonghao,  WANG Jing,  WANG Haoteng,  LIU Xiaoping,  MA Xudong,  LUO Bo,  DENG Bianyuan,  ZHU Chun,  FENG Guangliang |
| 3 | 发明专利 | 一种基于旋切触探技术的岩体力学参数快速确定方法 | 中国 | ZL201810803404.2 | 2022-11-11 | 第5577018号 | 西安理工大学 | 何明明，李  宁，姚显  春，徐春杰 |
| 4 | 发明专利 | 一种基于旋切触探技术的岩体快速分级方法 | 中国 | ZL201810803431.X | 2022-09-30 | 第5487478号 | 西安理工大学 | 何明明，李宁，姚显春，徐春杰 |
| 5 | 发明专利 | 一种岩石切削强度及抗切削强度指标快速确定的方法 | 中国 | ZL201810804602.0 | 2022-2-22 | 第4952794号 | 西安理工大学 | 李宁，何明明，宋玲，李骞 |
| 6 | 发明专利 | 一种基于能量耗散的岩石屈服强度确定方法 | 中国 | ZL2020100426014 | 2023-03-21 | 第5801156号 | 西安理工大学 | 何明明,庞帆,张志强,陈蕴生,杨贝贝,刘毅,王滈藤,朱珏蓉,李宁 |
| 7 | 实用新型 | 一种围压作用下的数字钻探试验装置 | 中国 | ZL2022202010332 | 2022-08-16 | 第17178494号 | 西安理工大学 | 何明明,李盼锋,朱记伟,周佳佩,张永浩,张志强,马旭东,任桃平,邓边员,刘洁白雪 |
| 8 | 论文 | Correlation between the rockburst proneness and friction characteristics of  rock materials and a new method for rockburst proneness prediction: Field  demonstration | 中国 | 2021, 205:108997 | 2021-5-26 | Journal of Petroleum Science and Engineering | 西安理工大学 | Mingming He, Zhiqiang Zhang, Jiwei Zhu, Ning Li, Guofeng Li, Yunsheng Chen |
| 9 | 论文 | Numerical simulation of rock bursts triggered by blasting disturbance for deep-buried tunnels in jointed rock masses | 中国 | 2023, 161:105609 | 2023-9-1 | Computers and Geotechnics | 西安理工大学 | Mingming He, Mingchen Ding, Zhuoya Yuan, Jinrui Zhao, Bo Luo, Xudong Ma |
| 10 | 论文 | Deep convolutional neural network for fast determination of the rock  strength parameters using drilling data | 中国 | 2019,123:104084 | 2019-9-14 | International Journal of  Rock Mechanics and Mining Sciences | 西安理工大学 | Mingming He, Zhiqiang Zhangc, Jie Ren, Jiuyang Huan, Guofeng Li, Yunsheng Chen,  Ning Li |
| 承诺：上述知识产权无争议且为本项目独有，未曾在往年国家科学技术奖励项目、往年其他省部级（政府）科学技术奖励项目和本年度其他陕西省科学技术奖提名项目中作为支撑材料出现。用于提名陕西省科学技术奖的情况，已征得未列入项目主要完成人和主要完成单位的权利人（专利指发明人）的同意，有关知情证明材料均存档备查。 | | | | | | | | |

1. 主要完成人情况：

主要完成人：（依次列写完成人姓名）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 排名 | 姓名 | 技术职称 | 行政职务 | 工作单位 | 完成单位 | 对本项目的贡献 |
| 1 | 何明明 | 副教授 | 无 | 西安理工大学 | 西安理工大学 | 主要对创新点1、2 和3有重要贡献。 |
| 2 | 张博 | 正高级工程师 | 总经理 | 中交第一公路勘察设计研究院有限公司 | 中交第一公路勘察设计研究院有限公司 | 主要对创新点2 和3有重要贡献。 |
| 3 | 罗波 | 正高级工程师 | 总经理助理、城建与市政事业部（市政总院）院长 | 中交第一公路勘察设计研究院有限公司 | 中交第一公路勘察设计研究院有限公司 | 主要对创新点2 和3有重要贡献。 |
| 4 | 马旭东 | 高级工程师 | 城建与市政事业部（市政总院）综合办公室主任 | 中交第一公路勘察设计研究院有限公司 | 中交第一公路勘察设计研究院有限公司 | 主要对创新点1和2有重要贡献。 |
| 5 | 刘洁白雪 | 工程师 | 研发部副经理 | 中国检验认证集团陕西有限公司 | 中国检验认证集团陕西有限公司 | 主要对创新点3有重要贡献。 |
| 6 | 庄泽亮 | 正高级工程师 | 副书记、副董事长 | 中交第二公路工程局有限公司 | 中交第二公路工程局有限公司 | 主要对创新点3有重要贡献。 |
| 7 | 王滈藤 | 无 | 无 | 西安理工大学 | 西安理工大学 | 主要对创新点2有重要贡献。 |
| 8 | 乔娟 | 正高级工程师 | 处长 | 陕西省公路局 | 陕西省公路局 | 主要对创新点3有重要贡献。 |
| 9 | 丁明晨 | 无 | 无 | 西安理工大学 | 西安理工大学 | 主要对创新点1有重要贡献。 |
| 10 | 王晶 | 无 | 无 | 西安理工大学 | 西安理工大学 | 主要对创新点1有重要贡献。 |
|  |  |  |  |  |  |  |

1. 主要完成单位及创新推广贡献：

主要完成单位：（依次列写单位名称）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 排 名 | 完成单位 | 创新推广贡献 |
| 1 | 中交第一公路勘察设计研究院有限公司 | 现场完成隧洞开挖期间设计参数校正和施工方案的优化，有效避免了隧洞开挖过程中岩爆等不良地质灾害的发生，加快了隧洞开挖进程，产生了显著经济效益。主要贡献：揭示了岩石非线性能耗规律与岩爆能量驱动机理，发明了基于数字钻的岩爆倾向性评价与超前预报技术。（1）将项目成果应用在多个隧道工程，在实践中验证和完善该技术和方法。（2）将项目成果应用推广到多个隧道工程中，创造了显著的经济和社会效益。（3）参与了该项目的研究、开发、应用、宣传、推广工作。主要对创新点1、2和3有重要贡献。 |
| 2 | 西安理工大学 | 开展了较为系统深入的研究，负责制定项目总体方案、技术路线、研究内容和目标，负责为项目研究创造良好的环境、提供设备、试验条件、保证科研资金投入等，对项目的创新和应用做出了如下贡献：（1）揭示了岩石数字钻进过程的破岩机理以及机-岩参数映射机理，发明了基于数字钻的岩石力学参数原位测试技术。（2）解译了数字钻参数定量评价岩体性质及其尺寸效应，提出了岩体力学性能现场测试与评价新方法，研发了深部岩体数字钻系统等系列设备。（3）建立了基于数字钻参数的岩石非线性强度理论，揭示了岩石非线性能耗规律与岩爆能量驱动机理，发明了基于数字钻的岩爆倾向性评价与超前预报技术。主要对创新点1、2 和3有重要贡献。 |
| 3 | 中国检验认证集团陕西有限公司 | 参与了项目中数字钻研发工作，大幅提高了数字钻装备的测试精度，对本项目的主要贡献有：检验并提高了数字钻装备测试精度，参与了该项目的研究、开发、应用、宣传、推广工作。主要对创新点2有重要贡献。 |
| 4 | 中交第二公路工程局有限公司 | 参与了项目研究方案、技术路线及研究内容的制定与完善工作，大幅提高了实验获取岩石力学参数的时效性，拓宽了岩石力学实验应用场景。主要对创新点2有重要贡献。 |
| 5 | 陕西省公路局 | 参与了项目研究方案、技术路线及研究内容的制定与完善工作，拓宽了岩爆倾向性超前预报的应用场景。主要对创新点3有重要贡献。 |

1. 完成人合作关系说明：（**合作方式**包括专著合著、论文合著、共同立项、共同知识产权、共同获奖、共同参与制定标准规范、产业合作等。下表中的“项目排名”指在本次报奖中的完成人排序。）

完成人合作关系情况汇总表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 合作方式 | 合作者/项目排名 | 合作起始时间 | 合作完成时间 | 合作成果名称 |
| 1 | 共同知识产权 | 何明明/1、罗波/3、马旭东/4、刘洁白雪/5 | 2011年1月1日 | 2022年12月31日 | Rock Burst Tendency Prediction Method Considering the Plastic Zone and Radial Stress of Tunnel |
| 2 | 共同知识产权 | 何明明/1、罗波/3、马旭东/4、王滈藤/7、王晶/10 | 2011年1月1日 | 2023年12月31日 | Method for determining constant mi and intensity envelope in Hoek-Brown criterion based on digital drill parameters |
| 3 | 共同知识产权 | 何明明/1、马旭东/4、刘洁白雪/5 | 2017年1月1日 | 2022年12月31日 | 一种围压作用下的数字钻探试验装置 |
| 4 | 共同获奖 | 何明明/1、罗波/3、马旭东/4、刘洁白雪/5、王滈藤/7 | 2011年1月1日 | 2022年12月31日 | 基于数字钻技术的岩爆倾向性评价与预报关键技术 |
| 5 | 论文合著 | 何明明/1、罗波/3、马旭东/4、丁明晨/9 | 2019年1月1日 | 2023年12月31日 | Numerical simulation of rock bursts triggered by blasting disturbance for deep-buried tunnels in jointed rock masses |
| 6 | 联合开发推广 | 何明明/1、张博/2、罗波/3、马旭东/4、 | 2018年1月1日 | 2023年12月31日 | 基于数字钻技术的岩爆倾向性评价与预报关键技术 |
| 7 | 联合开发推广 | 何明明/1、庄泽亮/6 | 2019年1月1日 | 2023年12月31日 | 基于数字钻技术的岩爆倾向性评价与预报关键技术 |
| 8 | 联合开发推广 | 何明明/1、乔娟/8 | 2019年1月1日 | 2023年12月31日 | 基于数字钻技术的岩爆倾向性评价与预报关键技术 |
| 不限条目 |  |  |  |  |  |

**注意：**专家提名项目还应公示提名专家的姓名、工作单位、职称和学科专业。