

申报 2026 年自然资源科学技术奖
(科技进步奖) 公示材料

一、成果基本情况

成果名称	青藏高原强震区重大工程地质灾害机理与防控技术
主要完成人	李丽慧、杨国香、叶海林、黄北秀、付正道、胡辉、李鹏飞、周鸿轲、蒋恒、臧明东
主要完成单位	中国科学院地质与地球物理研究所、中铁二院工程集团有限责任公司、中国人民解放军 63921 部队、中国地质大学（北京）、杭州鲁尔物联科技有限公司、中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司
推荐等级	二等奖

二、推荐意见

该项目针对青藏高原强震区地质灾害成因机理复杂、动力防控技术薄弱的问题，在第二次青藏高原综合科学考察研究、国家自然科学基金等项目支持下，融合现场调查、物理模型试验、理论分析、数值模拟、多源监测等多种技术手段，以青藏高原强震区重大工程地质灾害孕生规律、岩体动力响应规律、支护结构动力响应机制为主线，系统揭示了青藏高原强震区大型岩质边坡动力破坏机理，提出了耦合人类工程活动与极端气候的地质灾害风险动态评估模型，构建了“人工智能+数值分析”联合驱动的预测预警方法与应急联动平台，创新了锚杆、抗滑桩及预应力锚索等支护结构动力响应分析技术，形成了强震区边坡-隧道-桥梁地质灾害动力防控与快速抢修技术体系。

项目成果被中国地震局、中铁二院工程集团有限责任公司、中国电建集团昆明勘测设计研究院有限公司等单位成功应用于 RM 大型水电工程、成兰铁路、川藏铁路等重大工程，为青藏高原地区地质灾害风险评估、机理认识、智能监测与动力防控提供了重要科技支撑，取得了显著的社会效益和经济效益，有力推动了重大工程地质安全风险防控领域的科技进步。

成果授权国内外发明专利 19 项、软件著作权 6 项，出版专著 3 部、参编标准 2 部，发表高水平论文 57 篇，其中 SCI 论文 29 篇，培养研究生 30 名，1 人获青年地质科技奖银锤奖，1 人获全国大学青年教师地质课程教学比赛一等奖。

对照自然资源科学技术奖奖励办法，推荐该成果申报 2026 年自然资源科学技术二等奖。

三、成果简介

青藏高原地区地质条件复杂，生态环境脆弱，加之高海拔、高地应力、高地震以及高寒等“四高”的影响，大型滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害频发。二十一世纪以来，青藏高原地区已成为国家重大战略工程建设的主战场，一批拟建和在建的大型工程如川藏铁路、雅鲁藏布江水电开发工程以及新藏铁路等在建设、规划及运维阶段都面临着地质灾害的巨大威胁，如何保障复杂环境下重大工程建设的安全与稳定是我国西部大开发战略面临的巨大挑战。受极端复杂的地质条件和地质环境控制，青藏高原地区地质灾害成因和机理极为复杂，监测、模拟与防控等技术薄弱，难以满足青藏高原地区高质量发展的国家战略需求，急需开展复杂环境下青藏高原强震区重大工程地质灾害机理与防控技术研究。成果以国家和省部级项目为依托，以青藏高原地区重大工程地质灾害孕生规律、动力耦合作用机制为主线，经过近 20 年探索，形成了青藏高原地区重大工程地质灾害“判据与机理—模拟与评估—预警与防控”全链条理论技术体系，取得如下创新性成果：

1. 首次阐明了地震、开挖等复杂环境下重大工程岩质边坡动力响应规律，提出了多因素综合作用下岩质边坡灾变演化模型与破坏判据，并揭示了地震诱发大型岩质边坡浅层失稳与深层滑移的破坏机理，为大型岩质边坡动力灾变识别与防控提供了理论基础。

2. 创建了适用于岩质边坡精细化模拟的复杂岩体三维地质建模技术，建立了岩体物理力学参数与微观矿物组构的定量关系模型；研发了可再现边坡真实破坏过程的动力有限元模拟方法，提出了耦合人类工程活动与极端气候的地质灾害风险动态评估模型，实现了强震区重大工程边坡失稳风险的准确动态评估。

3. 研发了基于声波监测的岩体破裂参数反演方法及精密变形监测技术，构建了“人工智能+数值分析”联合驱动的地质灾害预测预警方法，开发了区域性地质灾害专群结合监测预警及智能应急指挥平台，形成了天-地协同的灾害智能监测、预警与应急联动技术体系，攻克了强震区地质灾害多源信息感知、精准预测和快速应急响应难题。

4. 创新了锚杆、抗滑桩及预应力锚索等支护结构的动力响应分析技术，研制了多功能自动锚杆及滑动隔震减震振动台试验系统，建立了高陡工程边坡危岩体防治、隧道口部快速修复及桥墩基坑防护方法，形成了强震区边坡-隧道-桥梁地质灾害动力防控与快速抢修技术体系。

相关成果被中国地震局、中铁二院工程集团有限责任公司、中国电建集团昆明勘测设计研究院有限公司等 10 余家机构和单位应用于 RM 大型水电工程、成兰铁路、川藏铁路等工程，为青藏高原强震区地质灾害机理认识、风险评估、智能监测与动力防控提供了重要科技支撑，取得了显著的社会效益和经济效益，有力推动了重大工程地质安全风险防控领域的科技进步。依托本项目，出版专著 3 部，参编标准 2 部，发表论文 57 篇，其中 SCI 论文 29 篇，授权国内外发明专利 19 项，软件著作权 6 项，项目成员中 1 人获青年地质科技奖—银锤奖，1 人获全国大学青年教师地质课程教学比赛一等奖，培养研究生 30 名。

四、客观评价

1、项目评审与验收意见

(1) 2016年12月6日,中国中铁股份有限公司组织胡建教授级高级工程师等专家对“地震边坡稳定性评价新方法 & 支挡结构抗震设计方法的理论与实验研究”科技成果进行了评审,认为该成果首次揭示了地震作用下边坡拉-剪组合破裂面的破坏模式,提出了地震作用下边坡动力设计的两种新方法,揭示了地震作用下边坡支护体系的变形受力特征,完善了边坡支护结构(锚杆、全长抗滑桩、埋入式抗滑桩与预应力锚索)抗震设计的方法,提升了设计可靠性与合理性。评审组一致认为研究成果达到了国际领先水平。

(2) 2018年7月24日,浙江省神仙居旅游集团有限公司组织专家对“浙江神仙居景区地质灾害调查与风险评估研究”进行了项目验收,专家组听取了课题汇报,审阅了研究报告和相关图件并进行了质询,一致认为项目研究报告内容丰富翔实,图件清晰准确,研究方法合理,技术手段先进,超额完成了项目所有实物工作和内容要求,同意通过验收。

(3) 2024年3月2日,中国科学院地质与地球物理研究所组织专家对中国科学院战略性先导科技专项(A类)“美丽中国生态文明建设科技工程”下属子课题“生态工程措施与岩土工程措施协同的绿色减灾关键技术”进行了验收,专家组听取了成果汇报,审阅了相关材料,经质询和讨论,一致认为,研究报告达到了子课题研究目标要求,同意通过验收。

2、科技查新报告

2026年9月1日委托中国科学院文献情报中心对创新点进行了查新,查新结论为:与本项目相关的科技创新点与国内外同类成果相比,未见报道,具有显著的创新性。

3、成果应用单位评价

(1) 华能澜沧江上游水电有限公司如美邦多水电工程建设管理局认为,研究团队研发的“岩质边坡复杂岩体三维地质建模技术”、“岩体力学参数-微观矿物组构定量关系模型”及“多动力耦合作用下地质灾害风险动态评估模型”,有效提升了地质勘测效率与重大工程全生命周期地质灾害风险评估水平,支撑了重大工程的安全选线与稳定运维,指导了地质灾害风险管控。

(2) 中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司认为,研究团队提出的多动力耦合作用下地质灾害风险动态评估模型,为流域尺度灾害防御体系规划提供了战略支撑,有效提升了水电工程全生命周期地质灾害风险评估水平,为复杂环境下大型水电工程的安全建设与长期运营提供了有力保障。

(3) 中铁第一勘察设计院集团有限公司认为,研究团队提出的“新建川藏铁路昌都—林芝段隧道进出口高边坡变形稳定性评价及选线建议”,为线路优化和地质灾害防治提供了科学依据和技术支撑,有效支撑了川藏铁路的勘察设计。

(4) 中国电建集团河南省电力勘测设计院有限公司认为,研究团队研发的“可再现边坡真实破坏过程的动力有限元模拟方法”、“基于振动台试验的锚杆、抗滑桩及预应力锚索等支护结构的动力响应分析技术”以及“强震区边坡-隧道-桥梁地质灾害动力防控与快速抢修技术体系”,显著提升了高烈度地区重大工程地质灾害风险预测与防控能力,助力重大工程地质灾害防治工作,可在青藏高原等高烈度地区地质灾害治理工程中推广应用。

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
团体标准	智能指挥调度 现代数字城市应急指挥系统通用要求 第 1 部分：地质灾害智能监测预警与应急指挥系统	中国	T/CICC 16017-2021	2021.05.20	中国指挥与控制学会	杭州鲁尔物联科技有限公司、杭州未来公共安全研究院、一体化指挥调度技术国家工程实验室、博康智能信息技术有限公司、北京市维纳智能指挥调度技术研究院	胡辉、宋杰、张亮、江子君、包元锋、聂建权、高展、常海峰、温晓萍	有效
发明专利	Mesomechanics Testing System and Method Integrating Heating and Observation	美国	US 12,222,329 B2	2025-2-11	—	中国科学院地质与地球物理研究所	李丽慧、黄北秀、杜忠明	有效
发明专利	天地融合多维巨型古滑坡地质构造-属性一体化三维模型构建及形变监测方法	中国	CN118037979B	2024-06-04	第 7059305 号	中国地质大学（北京）	杨国香、王飞永、樊垚江	有效
计算机软件著作权	强震区崩滑灾害新型防治技术应用示范点监测预警平台 V1.0.0	中国	2023SR1775398	2023-03-15	软著登字第 12362571 号	杭州鲁尔物联科技有限公司	—	有效
发明专利	用于隧道口部快速修复的装配式整体 GFRP-骨架混凝土口部衬砌结构及快速修复方法	中国	CN111472811B	2021-06-01	第 4457844 号	中国人民解放军 63921 部队	叶海林、祖峰、白文静、姜初伟、李玉良、武齐永、陈勇、李苏疆、张俊鹏、徐楠楠、苗朝阳、任磊、田廷全、樊静、李志强、	有效

							郝振奋、马晓慧、张志宇	
发明专利	一种模拟抗滑桩对桥梁墩台作用的简化数值模拟方法	中国	CN111553013B	2022-06-14	第 5232758 号	中铁二院工程集团有限责任公司	付正道、周波、薛元、王智猛、张东卿、姜瑞雪、肖杭、李睿、张涛	有效
发明专利	一种斜坡蠕变体上锚索预应力损失的简易测算方法	中国	CN112883506B	2022-07-29	第 5346957 号	中铁二院工程集团有限责任公司	封志军、付正道、王毅敏、肖朝乾、姚裕春、薛元、林宇亮、曾锐、周文洋、张东卿、王智猛	有效
发明专利	一种高陡边坡危岩体的防治方法及结构	中国	CN117738105B	2026-03-06	第 8758399 号	中国水电顾问集团贵阳勘测设计研究院岩土工程有限公司，中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司	陈兵、李鹏飞、吴述彧、朱代强、陈再谦、胡大儒	有效
发明专利	一种用于洞室数字化编录的扫描无人机	中国	CN119975876B	2025-10-28	第 8404057 号	中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司，华能澜沧江水电股份有限公司	周鸿轲、陈鸿杰、李鹏飞、朱伟玺、吴述彧、琚承乾、马海忠	有效
发明专利	一种位于陡坡的多线桥桥墩基坑防护结构与施工方法	中国	CN111778858B	2022-04-19	第 5090722 号	中铁二院工程集团有限责任公司	蒋恒、褚宇光、王智猛、张硕、张铸、张涛、冯子亮、刘漫、李志、周文洋、周波、肖朝乾、肖雄、李睿	有效