

中国科学院成都山地所 2025 年度四川省科 学技术奖候选项目公示内容

一、项目名称

松散破碎岩土体注浆加固关键技术及应用

二、推荐奖种

科学技术进步奖

三、提名者

中国科学院成都分院

四、项目简介

在国家“一带一路”倡议纵深推进与“双碳”战略全面实施的战略背景下，中国交通、水利、矿山等基础设施建设加速向青藏高原、横断山区等高寒高海拔地质环境脆弱区拓展，面临的工程地质条件日趋严峻。区内广泛分布的松散破碎岩土体具有显著结构异质性与低抗剪强度特征，在降雨、地震及工程扰动等因素触发下，极易诱发崩塌、滑坡、涌水突泥等灾害，构成重大安全威胁。

注浆技术是加固松散破碎岩土体的常用手段，广泛应用于加强坡体、洞室、地基等结构稳定性；然而，在本成果取得之前，既有注浆理论，以及不同行业规范中，水泥浆液在在孔隙介质中的扩散范围，其标准并不统一，且取值相差悬殊，导致工程实践中普遍存在材料浪费或加固不足等问题。究其根本，在于对水泥浆液时变流变特性的理论基础认知不足，缺乏表征破碎岩土体三维孔隙迂曲效应的定量模型，且注浆关键参数的耦合效应尚未被纳入岩土设计考量之中。

为此，团队依托多项国家及省部级重大课题，历经二十多年系统研究与工程实践，构建了涵盖浆液流变理论、孔隙结构表征与注浆设计方法的成套技术体系，确立了松散破碎岩土体注浆锚杆加固由经验模式向理论驱动的技术路径。主要创新点如下：

- 1) 阐明了时效性对水泥浆液流变特性的调控机制，解决了工程实践中流变参数取值适用性差的难题，为快速、精准确定水泥浆液流变类型及参数提供了关键理论依据。
- 2) 建立了破碎岩土体普适性三维迂曲度数学模型，为定量表征松散介质复杂孔隙网络结构提供了理论支撑。
- 3) 开发了水泥浆液时变性与岩土体孔隙迂曲效应耦合的注浆加固新技术，克服了传统加固范围预测精度不足的瓶颈，为松散低固结岩土体锚杆注浆方案优化提供了科学指导。

以中国工程院院士何川教授为组长的评价委员会一致认为，项目成果总体处于国际先进水平，部分达到国际领先水平，有力推动了地质灾害防控科技水平的进步，经济、社会与生态环境效益显著，在土木、水利水电、建筑、交通、采矿等行业具有广阔应用前景。

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	Method for Determining Consistency Coefficient of Power-Law Cement Grout	美国	US 11958789 (B1)	2024.4.16	US0119587 89B1	昆明理 工大学	Zhiquan Yang, Junfan Xiong, Yingyan Zhu, Yi Yang, Yongshun Han, Muhammad Asif Khan, Jianbin Xie, Tianbing Xiang, Bihua Zhang, Hanhua Xu, Jie Zhang, Shenzhang Liu, Qijun Jia, Chengyin Ye, Gang Li	有效
发明 专利	Method for Determining Three-Dimensional Tortuosity of Loose and Broken Rock-Soil Mass	美国	US 11946845 (B1)	2024.4.2	US0119468 45B1	昆明理 工大学	Zhiquan Yang, Jiajun Zhang, Junfan Xiong, Yingyan Zhu, Yi Yang, Muhammad Asif Khan, Tianbing Xiang, Bihua Zhang, Hanhua Xu, Jie Zhang, Shenzhang Liu	有效

发明专利	Method for Determining Column-hemispherical Permeation Radius with Time-varying Property of Power-law Cement Grout and Tortuosity of Rock and Soil Mass	美国	US 11733146 (B1)	2023.8.22	US0117331 46B1	昆明理工大学	Zhiquan Yang, Mao Chen, Yingyan Zhu, Yi Yang, Wentao Chen, Yuqing Liu, Muhammad Asif Khan, Bihua Zhang, Hanhua Xu, Tianbing Xiang, Jie Zhang	有效
发明专利	一种分布式注浆过程动态监测装置及方法	中国	ZL 20211135228 3.2	2022.3.4	第 4977517 号	成都理工大学, 成都理工博大工程科技有限公司	林凡强, 钟伟, 王向鹏, 孙宏宇, 张鸿伟, 黄珂琪, 李小辉, 刘之讯	有效
发明专利	一种锚杆浇固长度的无损测算法	中国	ZL 20101013853 9.5	2012.9.5	第 1041212 号	中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所	邹代华, 朱颖彦, 崔岩	无效
发明专利	一种光纤光栅测斜仪及测斜算法	中国	ZL 20091021666 0.2	2013.6.5	第 1210911 号	中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所	朱颖彦, 张碧华	无效

发明专利	岩土体迂曲度幂律浆液时变性的柱半球渗透半径确定方法	中国	ZL 202210608440.X	2022.9.2	第 5425642 号	成都理工大学, 昆明理工大学	杨志全, 刘昱清, 朱颖彦, 王向鹏, 杨 溢, 叶长文, 陈 茂, 李小辉, 张碧华, 杨太强, 林凡强	有效
发明专利	一种可实时监测渗透注浆过程注浆压力的装置及监测方法	中国	ZL 201711187136.8	2023.9.26	第 6357065 号	昆明理工大学	杨志全, 张 煄, 杨 溢, 张 震, 杨文才, 贾 彬, 丁 攀, 王 渊	有效
发明专利	一种可实时监测灌入被注介质注浆量的装置及监测方法	中国	ZL 201711187175.8	2023.9.26	第 6358078 号	昆明理工大学	杨志全, 张 煄, 杨 溢, 张 震, 杨文才, 贾 彬, 丁 攀, 王 渊	有效
发明专利	松散介质迂曲度的宾汉浆液渗透注浆扩散半径计算方法	中国	ZL 202110581178.X	2022.12.30	第 5671681 号	昆明理工大学	杨志全, 李朝月, 朱颖彦, 甘 进, 李 壮, 张智伟, 樊详珑, 路 乔	有效

六、论文专著目录：

序号	论文(专著) 名称/刊名 /作者	年卷页码 (xx 年 xx 卷 xx 页)	发表 时间 (年月 日)	通讯作者 (含共同)	第一作者 (含共同)	国内作者	他 引 总 次 数	检索 数据 库	论文 署名 单位 是否 包含 国外 单位
1	DGM-MDS: Dynamic grouting monitoring with a novel multi-channel distributed system / Construction and Building Materials / Fanqiang Lin; Xiangpeng Wang; Wei Zhong; Jin Hu; Kunpeng Wang; Kecheng Chen; Hongwei Zhang	2023 年 394 卷: 1-17 页	2023 年 8 月 29 日	Xiangpeng Wang	Fanqiang Lin	Fanqiang Lin; Xiangpeng Wang; Wei Zhong; Jin Hu; Kunpeng Wang; Kecheng Chen; Hongwei Zhang	3	SCI-E	否
2	中巴喀喇昆仑公路冰川泥石流/山地学报/朱颖彦; 潘军宇; 李朝月; 杨志全; 廖丽萍; Muhammad Waseem	2022 年 40 卷:71-83 页	2022 年 4 月 15 日	杨志全	朱颖彦	朱颖彦; 潘军宇; 李朝月; 杨志全; 廖丽萍;	9	CSCD	是
3	Study on Mechanism and Verification of Columnar Penetration Grouting of Time-Varying Newtonian Fluids/ Processes/Xuguang Zhao; Zhiquan Yang; Xiangrui Meng; Shaobin Wang; Rui Li; Hanhua Xu; Xiangpeng Wang; Changwen Ye; Tianbing Xiang; Wanzhong Xu; Junzhi Chen; Ping Wang; Jinke Yuan; Xiaohui Li	2023 年 11 卷: 1-13 页	2023 年 4 月 9 日	Zhiquan Yang	Xuguang Zhao	Xuguang Zhao; Zhiquan Yang; Xiangrui Meng; Shaobin Wang; Rui Li; Hanhua Xu; Xiangpeng Wang; Changwen Ye; Tianbing Xiang; Wanzhong Xu; Junzhi Chen; Ping Wang; Jinke Yuan; Xiaohui Li	68	SCI-E	否

4	Penetration Grouting Mechanism of Time-Dependent Power-Law Fluid for Reinforcing Loose Gravel Soil/Minerals/ Tingting Guo; Zhiwei Zhang; Zhiquan Yang; Yingyan Zhu; Yi Yang; Yanhui Guo; Renchao Wang; Bihua Zhang; Yingchao Fang; Dongliang Yu; Yapeng Mi; Jiankun Su; Hao Liu; Jie Zhang; Yongfa Guo; Honglei Wang	2021年11 卷:1-17页	2021 年12 月8 日	Zhiquan Yang	Tingting Guo	Tingting Guo; Zhiwei Zhang; Zhiquan Yang; Yingyan Zhu; Yi Yang; Yanhui Guo; Renchao Wang; Bihua Zhang; Yingchao Fang; Dongliang Yu; Yapeng Mi; Jiankun Su; Hao Liu; Jie Zhang; Yongfa Guo; Honglei Wang	17	SCI-E	否
5	Two-Dimensional Soil Geometric Tortuosity Model Based on Porosity and Particle Arrangement/Minerals/ Jin Gan; Zhiquan yang; Zhiwei Zhang; Chaoyue Li; Yi yang; Yingyan Zhu; Yanhui Guo; Renchao wang; Bihua Zhang; Yingchao Fang; Dongliang Yu; Jie Zhang; Hao Liu; Jiankun Su	2021年12 卷: 1-11 页	2021 年12 月28 日	Zhiquan yang	Jin Gan	Jin Gan; Zhiquan yang; Zhiwei Zhang; Chaoyue Li; Yi yang; Yingyan Zhu; Yanhui Guo; Renchao wang; Bihua Zhang; Yingchao Fang; Dongliang Yu; Jie Zhang; Hao Liu; Jiankun Su	5	SCI-E	否

七、主要完成人：

朱颖彦、杨志全、向天兵、陶伟明、王向鹏、郭永发、许汉华、林凡强、郭婷婷、赵旭光

八、主要完成单位：

中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所，昆明理工大学，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，成都理工大学，中国有色金属工业昆明勘察设计研究院有限公司