

《复杂环境露天矿山边坡灾害机制与防控关键技术》

项目信息

一、项目名称：复杂环境露天矿山边坡灾害机制与防控关键技术

二、提名者：昆明理工大学

三、提名等级：云南省科学技术进步奖 一等奖

四、项目简介：

我国为露天开采大国，金属非金属露天矿山超过 50000 座，露天矿石产量约占 50%。露天开采持续向深部、高强度、大规模方向发展，滑坡等灾害逐年增多。近十年来，露天矿滑坡事故近 2000 起，占安全生产事故的 15%，居第三位；死亡超 3000 人，在安全生产事故中居首位。边坡灾害严重制约资源安全高效开采，威胁国家资源安全与经济发展。因此，研究复杂环境露天矿山边坡灾害机制与防控关键技术，助力我国绿色资源产业发展，具有重要战略意义。

项目以 863 课题、十二五、十三五计划等 37 项国家与省部级基础研究、科技项目为支撑，历经 18 年协同攻关与工程实践，创建了复杂环境矿山边坡稳定性评价与灾害防控理论方法、关键技术及自主装备系统。创新成果概述如下：（1）建立了适用于所有摩擦类材料的广义非线性强度准则，创新了露天矿边坡稳定性计算方法与可靠度评价标准，形成了一整套适用于复杂地层露天矿边坡稳定性计算与评价的理论及标准体系。（2）首创了露天矿边坡预应力锚固洞塞综合防控技术体系，攻克了富水破碎带边坡防治难题；研发了强富水砂(砾)卵石层矿山地连墙止水固坡综合技术与工艺，破解了止水固坡结构间协同共存难题，实现了露天矿边坡防灾结构“智能定参、协同增效”的重大进步。（3）研发了完全自主知识产权的露天矿边坡时空多维监测预警技术与装备，攻克了监测数据振荡性强、趋势性弱、预报时效性差的技术难题，打破了国外技术垄断，已被列为国家级专业救援力量。

项目解决了复杂环境矿山边坡岩体强度理论、灾害预警及防控技术等重大科技难题，多项技术为国内外首创，创新性突出。研究成果已被国家标准《非煤露天矿边坡工程技术规范》(GB 51016-2014)、行业标准《金属非金属露天矿山高陡边坡安全监测技术规范》(AQ/T 2063-2018)、团体标准《露天矿山岩质边坡工程设计规范》(T/CSRME 009-2021)和《采矿手册》采纳。

项目成果已成功应用于云南省大红山铁矿、云南省兰坪铅锌矿、云南省清水沟磷矿、云南省砂锅村山石灰岩矿、内蒙古白云鄂博铁矿、赞比亚穆利亚希铜矿等国内外 10 省市 30 余个重点项目，涵盖有色、冶金、建材、煤炭等露天矿与土木、交通等行业的边坡工程，经济效益和社会效益显著。

五、主要成果：

项目授权专利 120 余件(发明专利 50 余件)，软件著作权 30 余项，主编或参编了 11 部国家/行业/团体标准，主编的《非煤露天矿边坡工程技术规范》为我国非煤矿山唯一一部边坡设计国家标准；编写了《岩石力学》、《采矿手册 第四卷 露天与特殊开采》、《露天采矿学》等重点出版物与教材 8 部，被 100 余所矿业、土木、水利类高校选用，社会影响力显著。部分知识产权如下表：

序号	名称	类别	编号	作者
1	一种基于外部激振和小波包能量谱的岩土体失稳灾害监测预警方法	发明专利	CN109903525B	吴顺川、张化进、程海勇、王登华
2	基于条间法向力分布特征的边坡稳定性极限平衡计算方法	发明专利	CN109914379B	吴顺川、韩龙强、张小强、程海勇、任义
3	一种基于岩土体应变状态突变的边坡稳定性监测及失稳预测方法	发明专利	CN101718876B	吴顺川、高永涛、潘旦光
4	一种用于大变形量测的分布式光纤传感器	发明专利	CN101738170B	吴顺川、刘洋、高利立
5	一种节理岩体各向异性的确定方法	发明专利	CN103115820B	周喻、吴顺川、高永涛、严琼

6	一种基于到时差数据库的 微地震震源快速定位方法	发明专利	CN106094021B	吴顺川、黄小庆、 陈子健、许学良、 张诗淮
7	一种扩展翼式锚杆装置	发明专利	CN105604057B	吴顺川、刘刚、 宋伟超、白浩均 等
8	一种用于尾矿库振动失稳 分析的模拟试验装置	发明专利	CN111024346B	金爱兵、郝晓燕、 孙浩、赵怡晴等
9	一种矿岩散体破裂时空演 化规律分析系统及方法	发明专利	CN112730026B	金爱兵、李木芽、 孙浩、孙金海等
10	一种考虑滑面动力渐进破 坏的地震边坡稳定性分析 方法	发明专利	CN111324942B	吴顺川、张化进、 韩龙强、程海勇 等
11	一种具有三层保护双锚固 段预应力锚固体系及其锚 固方法	发明专利	CN101798812B	吴顺川、高永涛
12	Equivalent fracture network model for steady seepage problems with free surfaces	SCI	2021, 603: 127156	Wei W、Q Jiang、 Ye Z, Xiong F、 Qin H
13	Simulation of Seismic Dynamic Response and Post-failure Behavior of Jointed Rock Slope Using Explicit Numerical Manifold Method	SCI	2022, 55(11): 6921-6938	Ye Z、Xie J、Lu R、Wei W、Jiang Q
14	Role of pore attribute in the localized deformation of granular rocks: A numerical study	SCI	2021, 821:229147	Xiong LF 、 Wu SC、Ma J、Peng Y
15	Study on the limit equilibrium slice method considering characteristics of inter- slice normal forces distribution: the improved Spencer method	SCI	2019, 78(20):611	Wu SC、Han LQ、 Cheng ZQ、et al
16	A generalized nonlinear failure criterion for frictional materials	SCI	2017, 12: 1353-1371	Wu SC 、 Zhang SH、Guo C、Xiong LF
17	Mechanical Behavior of a Granite from Wuyi Mountain: Insights from Strain-Based Approaches	SCI	2019, 52(3):719-736	Xiong LF 、 Wu SC、Zhang SH
18	考虑服务年限的露天矿边 坡时变目标可靠度研究	EI	2019, 36(03): 542-548	吴顺川、张化进、 肖术等

19	修正 Hoek-Brown 准则的等效 Mohr-Coulomb 强度参数确定方法研究	EI	2019, 40(11):4165-4177	吴顺川、张敏、张诗淮等
20	非煤露天矿山岩质边坡稳定性评价标准探讨	EI	2022, 44(05): 876-885	吴顺川、贺鹏彬、程海勇等
21	富水砂卵石地层露天矿止水固坡技术研究及应用	EI	2022, 41(12):2460-2472	韩龙强、吴顺川、高永涛、王广和等
22	非煤露天矿边坡工程技术规范	国家标准	GB 51016-2014	李九鸣、王广和、唐辉明、杨书涛、吴顺川等
23	金属非金属露天矿山高陡边坡安全监测技术规范	行业标准	AQ/T 2063-2018	马海涛、张兴凯、李全明、于正兴等
24	露天矿山岩质边坡工程设计规范	团体标准	T/CSRME 009-2021	吴顺川、王广和、王哲英、姜清辉、程海勇、韩龙强、陈峰、杨泽、金爱兵、于正兴等
25	边坡工程	教材	ISBN 9787502471736	吴顺川、金爱兵、刘洋

六、主要完成单位：

- 1、昆明理工大学
- 2、昆明有色冶金设计研究院股份公司
- 3、中勘冶金勘察设计研究院有限责任公司
- 4、中国安全生产科学研究院
- 5、玉溪大红山矿业有限公司
- 6、武汉大学
- 7、北京科技大学
- 8、华新水泥（富民）有限公司

七、主要完成人：

序号	姓名	性别	出生年月	职称	学历/学位	工作单位
1	吴顺川	男	1969.12	教授	博士	昆明理工大学
2	黄兴益	男	1965.01	正高	硕士	昆明有色冶金设计研究院股份公司

3	韩龙强	男	1989.05	特聘教授	博士	昆明理工大学
4	邢志华	男	1970.02	正高	学士	玉溪大红山矿业有限公司
5	王广和	男	1965.03	正高	学士	中勘冶金勘察设计研究院有限责任公司
6	陈爱明	男	1969.10	正高	学士	昆明有色冶金设计研究院股份公司
7	于正兴	男	1979.10	正高	博士	中国安全生产科学研究院
8	李福申	男	1965.02	正高	学士	中勘冶金勘察设计研究院有限责任公司
9	董越权	男	1978.10	高工	硕士	玉溪大红山矿业有限公司
10	金爱兵	男	1974.05	教授	博士	北京科技大学
11	吴敏平	男	1978.09	高工	学士	华新水泥（富民）有限公司
12	程海勇	男	1984.08	教授	博士	昆明理工大学
13	位伟	男	1985.09	副教授	博士	武汉大学