

附件

空区群下非均衡品位多金属矿高效开采与安全保障关键技术

项目名称	空区群下非均衡品位多金属矿高效开采与安全保障关键技术			
申报奖种	科技进步奖	申报等级	一等奖	提名单位 郴州市科技局
项目简介	<p>我国有色金属矿山传统空场法开采不但使遗留的大量高品位矿柱隐患资源无法开采，同时也给矿山的后续可持续开采带来了更大的安全隐患。以柿竹园多金属矿为例，作为一个以钨、钼、铋、锡、萤石等战略资源为主的特大型多金属矿床，虽然拥有矿石资源储量 3.90 亿 t，但多年来的空场法开采使得 315m×313m 区域富矿带存在体积高达 360 万 m³ 的复杂空区群，且空区群内遗留高品位矿柱资源 2935 万 t，空区群外矿石也无法开采。为解决这类矿山面临的空区群安全隐患与多金属矿石品位极度不均衡条件下的矿柱安全回收与空区群外围资源安全高效协同开采技术难题，在国家十二五科技支撑计划等项目的支持下，湖南柿竹园有色金属有限责任公司、长沙矿山研究院、中南大学等单位组织联合科技攻关，研发了空区群下非均衡品位多金属矿高效开采与安全保障成套关键技术，其主要技术内容与取得的科技创新如下：</p> <p>1、提出了空区群矿柱高阶大规模主动卸压开采技术，开发了多临空面自拉槽挤压爆破大量崩矿工艺，研发了多向组合双线同径微差起爆系统，创造了一次爆破装药量 821.3t、一次回采矿石 188.6 万 t 的空区群高品位矿柱资源回采世界记录，解决了空区群安全隐患难题，保障了矿山后续可持续安全开采。</p> <p>2、开发了以一次深孔轴向爆破强制切槽技术与竖向深孔等值微差高效落矿为特征的大结构无槽腔阶段深孔采矿法，创新了空区群外围低品位矿跟随空区处理的无安全隔层地下露天协同开采工艺，实现了空区群外围低品位厚大多金属矿的地下露天协同强化开采，获得了一次崩矿量 10 万 t、采场生产能力 2500-3200t/d、回采率 92.4%、贫化率 4.6% 的同类矿山国际领先采矿技术指标。</p> <p>3、发明了适用于复杂空区与崩落散体等岩层结构的微震震源定位方法，联合虚拟场和指数衰减函数建立目标函数，提升了高采深崩塌区、高陡边坡与开采空区交错环境下的微震定位精度，成功预警近 40 起地压灾害，保障了复杂环境多金属矿地下露天协同安全开采。</p> <p>4、创建了矿石品位、采选回收率、矿山生产能力、采选成本为指标的柿竹园矿钨、钼、铋、萤石等多金属矿智能配矿模型，首次实现了我国钨、钼、铋多金属矿贫富兼采、入选品位均衡、生产任务协调、成本精细管控的高效智能配矿，解决了多金属矿非均衡品位分布配矿技术难题。</p> <p>复杂空区环境下的非均衡品位多金属矿高效开采与安全保障关键技术已获得授权发明专利 10 项，实用新型专利 1 项，发表论文 17 篇，并在柿竹园多金属矿成功应用，近三年累计回收复杂空区群下的非均衡品位多金属矿 644.2 万 t，产值达 292421.8 万元。同时，上述相关技术已推广应用到洛阳栾川钼业集团、江西修水香炉山钨矿和湖南新田岭钨矿等有色金属矿山。近三年推广应用累计新增销售额 518519.1 万元，新增利润 121532.5 万元。</p>			

	提名单位情况	提名单位	郴州市科技局	联系人	郴州市科技局
		电子邮箱	czkj2882693@163.com	联系电话	07352882693
提名单位意见	提名意见	<p>项目针对柿竹园多金属矿面临空区群隐患高品位矿柱资源、空区群外围低品位资源安全高效低贫损回收和不同区域多金属矿非均衡品位精细配矿等技术难题，在“湖南省柿竹园多金属资源综合利用示范基地建设”和“十二五科技支撑计划”项目支持下，构建了高危空区群下地下露天协同开采总体技术方案，开发了复杂空区群矿柱地下高阶大规模主动卸压开采技术、大结构无槽腔阶段深孔采矿法与竖向深孔等值微差高效落矿技术，构建了非均衡品位多金属多目标精细化智能配矿模型，建成了适用高采深崩塌区、高陡边坡与空区交错环境下的微震监测系统，形成了空区群下非均衡品位多金属矿高效安全开采成套关键技术。项目获得了一系列具有自主知识产权的研究成果，其中授权发明专利 10 项，实用新型专利 1 项，国内外发表论文 17 篇。研发的新技术新工艺在柿竹园多金属矿全面推广应用，并推广应用到栾川钨矿、香炉山钨矿和新田岭钨矿，获得了显著的经济效益，近三年累计新增销售额为 518519.1 万元，新增利润 121532.5 万元。</p> <p>鉴于“空区群下非均衡品位多金属矿高效开采与安全保障关键技术”创新性突出，经济、社会、生态和国家安全效益明显，推广应用前景广阔，提名该项目为湖南省科学技术进步一等奖。</p>			
项目客观评价	<p>1、科技成果评价</p> <p>(1)2020 年 6 月 4 日，湖南省科学技术信息研究所在郴州组织“南岭成矿带复杂多金属矿采选联合集约化利用关键技术”项目评价，王运敏院士为组长的专家组到现场进行考察验收，形成如下评价意见：</p> <p>项目具有以下特点和创新：</p> <p>①开发了矿柱群立体分区控制开采技术和多项组合双线同径微差起爆网络系统，实施了单次爆破装药量 821t 的世界井下最大规模钻孔爆破，从根本上解决了矿柱群的开采技术难题，矿石综合回收率>95%，贫化率<5%。</p> <p>②该研究成果在湖南柿竹园有色金属有限责任公司，新田岭钨业有限公司和江西省香炉山钨业有限公司成功应用，生产运行稳定，技术重现性好，成熟度高，技术指标先进，经济、社会和环境效益显著。</p> <p>该项目技术创新性强，项目整体技术达到国际先进水平，其中矿柱群开采、伴生金属回收等技术达到国际领先水平，建议加快在产业中推广应用。</p> <p>(2)2020 年 9 月 15 日，中国有色金属工业协会在长沙组织召开了“柿竹园复杂多金属矿集约化开采技术研究及应用”项目成果评价会，形成如下评价意见：</p> <p>项目围绕空区群下矿柱回采失稳和复杂低品位多金属矿均衡高效利用等问题展开研究，解决了空区群下高品位矿柱安全回采和复杂低品位矿石的集约化利用难题，取得如下创新点：</p> <p>①研发了多空区矿柱群高中段超大规模强化开采技术，解决了互为集合的矿柱群分区开采与大体积空区地压监测难题。</p> <p>②研发了井下盘区崩落与露天组合台阶并行开采技术，解决了塌陷区内及周边矿体难以回采技术难题。</p> <p>③研发了自动识别微震波形的微震监测分析系统，为特大空区环境下矿柱群及周</p>				

	<p>边矿体开采提供了安全保障。</p> <p>④研究成果已在湖南柿竹园有色金属有限责任公司成功应用，矿块生产能力不小于 2150t/d，回采率>95%，贫化率<5%，实现了年产 220 万 t 的生产能力，累计处理采空区 300 多万 m³，技术成熟可靠，经济和社会效益显著。</p> <p>该项目技术创新强，项目整体技术达到国际领先水平，建议加快在产业中的推广应用。</p> <p>2、国家项目结题验收</p> <p>(1)2019 年 4 月 3 日，中国有色金属工业协会召开了在北京组织专家召开了国家科技支撑计划“柿竹园钨锡多金属资源高效开发关键技术研究及示范”项目中“多空区厚大矿体安全高效开采及工程化技术研究”(2015BAB14B01)课题验收会。专家组形成主要验收结论为：课题研发出多空区条件下的高中段集中作业高强度采矿、多临空面协同挤压崩矿、复杂空区群远程综合探测等新技术，建成了 180 万吨/年多空区厚大矿体安全高效采矿示范工程，经综合评审，验收专家组一致同意通过课题验收。</p> <p>3、科技查新</p> <p>2021 年 8 月 24 日在教育部科技查新工作站进行了科技查新，查新结论为：经检索并对相关文献分析对比可知，国内外公开的相关文献报道分别涉及到该查新项目的一部分研究内容(含该查新委托人及其项目组成员多项研究成果)，但国内外未见与该查新项目的综合技术特点相同的文献报道。</p>			
<p>项目推广应用情况</p>	<p>2011 年 9 月 23 日，湖南柿竹园有色金属有限责任公司通过国土资源部、财政部评审，被认定为首批国家矿产资源综合利用示范基地，柿竹园公司启动了“湖南省柿竹园多金属资源综合利用示范基地建设”项目，并于 2016 年 12 月 4 日通过国土部、财政部的示范基地验收，其中 2013 年国土资源部将地下立体分区大规模控制爆破开采技术遴选为《矿产资源节约与综合利用先进适用技术推广目录和汇编(第二批)》，并在全国进行示范推广。</p> <p>2017 年 1 月起，湖南柿竹园有色金属有限责任公司全面推广应用空区群下非均衡品位多金属矿高效开采与安全保障关键技术，累计出矿量 842.20 万 t，实现了采矿贫化率<5%，矿石回收率>95%，矿块生产能力>2150t/d，大块产出率<4%的国际领先技术指标，钨、钼和钽选矿综合回收率分别提高 8%、12%和 15%。近三年累计处理空区 191.07 万 m³，开采空区群高品位矿柱资源 460.5 万 t，高效开采空区群外围低品位资源 70.98 万 t，露天开采低品位资源 112.72 万 t，新增利润 71136.8 万元。</p> <p>鉴于“空区群下非均衡品位多金属矿高效开采与安全保障关键技术”在湖南柿竹园有色金属有限责任公司应用效果良好，经济效益显著，先后在栾川钼矿、香炉山钨矿和新田岭钨矿推广应用。</p>			
<p>主要知识产权和标准规范等目录</p>	<p>1</p>	<p>高危空区群下地下转露天协同开采技术研究</p>	<p>期刊名</p>	<p>金属矿山</p>
	<p>2</p>	<p>微震信号到时差的自动拾取方法</p>	<p>专利号</p>	<p>ZL 201910044199.0</p>
	<p>3</p>	<p>一种急倾斜双层矿体阶段深孔采矿法</p>	<p>专利号</p>	<p>ZL 201910677842.3</p>
	<p>4</p>	<p>考虑传感器感度的声发射事件震级获取方法、系统及可读存储介质</p>	<p>专利号</p>	<p>ZL201910963735.7</p>

	5	一种上下皆存在高阶大跨度采空区的残留顶柱的回收方法		专利号	ZL 201811219213.8	
	6	一种高效型圆锥破碎机		专利号	ZL 201910795649.X	
	7	一种新式磁选机及使用方法		专利号	ZL 201910717111.7	
	8	井下独头巷道通风系统		专利号	ZL 201910694470.5	
	9	中深孔切槽爆破设计与起爆网路可靠性分析		期刊名	爆破	
	10	大直径深孔阶段空场法凿岩爆破参数研究		期刊名	矿业研究与开发	
主要完成人情况	姓名	何斌全	排名	1	行政职务	总经理
	技术职称	教授级高工	工作单位	湖南柿竹园有色金属有限责任公司		
	主要完成单位	湖南柿竹园有色金属有限责任公司				
	主要科技创新的贡献	项目负责人，创新点 1、2、3、4 的主要贡献者。研发复杂空区群矿柱地下高阶大跨度大规模主动卸压开采技术，开发大结构无槽腔阶段深孔采矿法与竖向深孔等值微差高效落矿技术，建设非均衡品位多金属多目标精细化智能配矿系统，在研究成果产业化应用和推广作出重要贡献。				
	姓名	黄麟淇	排名	2	行政职务	无
	技术职称	副教授	工作单位	中南大学		
	主要科技创新的贡献	创新点 3 和创新点 4 的主要贡献者，提出了联合交叉小波变换和卷积神经网络的 P 波相对到时拾取方法，为高采深崩塌区、高陡边坡与开采空区交错环境下的高精度微震监测系统提供理论依据，构建基于矿石品位、采选回收率、矿山生产能力、采选成本为指标的多金属矿多目标精细化智能配矿模型。				
	姓名	林卫星	排名	3	行政职务	部门副总经理
	技术职称	教授级高工	工作单位	长沙矿山研究院有限责任公司		
	主要科技创新的贡献	创新点 1 和创新点 2 的主要贡献者，研发复杂空区群矿柱地下高阶大跨度大规模主动卸压开采技术，提出空区群外围低品位厚大矿体大结构无槽腔阶段深孔高效低成本采矿方法，开发能量聚合深孔轴向爆破切槽技术与竖向深孔等值微差高效落矿技术。				
姓名	沈慧明	排名	4	行政职务	董事	
技术职称	高级工程师	工作单位	湖南柿竹园有色金属有限责任公司			
主要科技创新的贡献	创新点 1 的主要贡献者，研发复杂条件下非线性等阻力自由面爆破和自拉槽挤压爆破崩矿技术，提出空区群外围低品位矿跟随空区处理的无安全隔层地下露天协同开采方案，研究矿柱回采顺序与复杂采空区稳定性。					

主要 完成 人 情 况	姓名	兰晓平	排名	5	行政职务	副总经理
	技术职称	工程师	工作单位	湖南柿竹园有色金属有限责任公司		
	主要科技创新的贡献	创新点 1 和创新点 3 的主要贡献者，研发复杂空区群矿柱地下高阶阶段大规模主动卸压开采技术，参与建设一套高采深崩塌区、高陡边坡与空区交错环境下的微震监测系统，探索缓倾斜厚矿体地压演化规律与采空区隐患处理。				
	姓名	尚雪义	排名	6	行政职务	无
	技术职称	讲师	工作单位	重庆大学		
	主要科技创新的贡献	创新点 3 的主要贡献者，提出崩塌区与空区交错环境虚拟场和指数衰减函数的微震震源定位方法，研发考虑传感器感度系数震级和 b 值修正技术，构建适用复杂空区群的微震事件空间、数目和 b 值的大震级微震事件多预警指标，实现了高采深崩塌区、高陡边坡与空区交错环境下的微震事件的精准监测。				
	姓名	陈国辉	排名	7	行政职务	主任
	技术职称	高级工程师	工作单位	湖南柿竹园有色金属有限责任公司		
	主要科技创新的贡献	创新点 2 的主要贡献者，研发了聚能对冲爆破一次成井装药装置，为深孔轴向爆破强制切槽技术与竖向深孔等值微差高效落矿技术实施提供了基础。				
	姓名	李帅	排名	8	行政职务	无
	技术职称	副教授	工作单位	中南大学		
	主要科技创新的贡献	该成员是创新点 1 的贡献者，研发空区群矿柱高阶阶段大规模主动卸压开采技术，开发多临空面自拉槽挤压爆破大量崩矿工艺，发明一种上下皆存在高阶阶段大跨度采空区残留顶柱回收方法。				
	姓名	汤永平	排名	9	行政职务	副总工程师
	技术职称	高级工程师	工作单位	长沙矿山研究院有限责任公司		
	主要科技创新的贡献	创新点 1 和创新点 2 的主要贡献者，研发复杂空区群矿柱地下高阶阶段大规模主动卸压开采技术和大结构无槽腔阶段深孔采矿法，构建高危空区群下地下露天协同开采技术方案。				
	姓名	周启明	排名	10	行政职务	副厂长
	技术职称	高级工程师	工作单位	湖南柿竹园有色金属有限责任公司		
	主要科技创新的贡献	创新点 4 的主要贡献者，研发了适用不同矿岩软硬特征的高效破碎机 and 适用不同铁元素含量的磁选机，建设我国首个钨、钼、铋多金属矿高效智能配矿系统。				
	姓名	雷成	排名	11	行政职务	技术主管
技术职称	工程师	工作单位	湖南柿竹园有色金属有限责任公司			

	主要科技创新的贡献	创新点 2 的主要贡献者，研发了聚能对冲爆破一次成井装药装置，为深孔轴向爆破强制切槽技术与竖向深孔等值微差高效落矿技术实施提供了基础。				
	姓名	高湘海	排名	12	行政职务	主任
	技术职称	工程师	工作单位	湖南柿竹园有色金属有限责任公司		
	主要科技创新的贡献	创新点 1 的主要贡献者，提出了空区群矿柱高阶阶段大规模主动卸压开采技术，开发了多临空面自拉槽挤压爆破大量崩矿工艺，发明了一种井下独头巷道通风系统。				
主要完成单位及创新推广贡献	湖南柿竹园有色金属有限责任公司	<p>湖南柿竹园有色金属有限责任公司联合科研院所和高校进行科技攻关，研发了复杂空区群矿柱地下高阶阶段大规模主动卸压开采技术，解决了空区群采矿安全隐患并回收了高品位矿柱资源；开发了大结构无槽腔阶段深孔采矿法与竖向深孔等值微差高效落矿技术，实现了空区周边复杂低品位矿石的高效安全开采；建设了我国首个非均衡品位多金属多目标精细化智能配矿系统，提高了多金属选矿回收率；建成了高陡边坡与开采空区交错环境下的高精度微震监测系统，保障了柿竹园矿空区群多金属矿安全开采，研发了空区群下非均衡品位多金属矿高效开采与安全保障成套关键技术，获得了一系列具有自主知识产权的研究成果。</p> <p>项目研发新工艺技术已在湖南柿竹园有色金属有限责任公司全面推广应用，近三年累计开采空区群高品位矿柱资源 460.5 万 t，完全排除了空区群安全隐患，高效开采空区群外围低品位资源 183.6 万 t，新增利润 71136.8 万元。</p>				
	长沙矿山研究院有限责任公司	<p>针对多金属矿空区群下高品位矿柱及周边低品位资源开采条件差、生产效率低、资源回采率低的技术难题，提出了复杂空区群矿柱地下高阶阶段大规模主动卸压开采技术和自拉槽挤压爆破崩矿技术，研发了空区群外围厚大稳固矿体大结构无槽腔阶段深孔高效低成本采矿方法，创新矿房矿量 60-72 万 t 的大结构采场设计，开发竖向深孔等值微差高效落矿技术，建立强拉槽高度与轴向爆破控制面积关系模型，优化拉槽孔网参数，发明连续柱状药包竖向深孔全孔侧向崩矿技术，提高炸药能量利用率，获得了一系列具有自主知识产权的研究成果。</p>				
	中南大学	<p>针对多金属矿露天地下协同开采特征，创新性地提出了适用于复杂空区与崩落散体等岩层结构的基于虚拟场和指数衰减函数微震震源定位方法，为高采深崩塌区、高陡边坡与开采空区交错环境下的高精度微震监测系统提供理论依据，保障了柿竹园多金属矿安全开采；为解决多金属矿非均衡品位分布配矿技术难题，提出复杂非均衡品位多金属矿多目标精细化配矿模型，用自适应遗传算法获得最优配矿技术方案，构建了我国首个钨锡钼多金属矿贫富兼采、入选品位均衡、生产能力与生产任务协调、成本管控的精细化高效智能配矿系统。</p>				

	重庆大学	<p>为解决空区群影响震源定位技术难题，提出一种多参量约束最优目标函数和适用于复杂空区及大塌陷区无需预先测定波速的震源定位方法，大幅度提高了震源定位精度，为复杂空区群与大塌陷区域中潜在失稳岩体微震监测与灾害防控提供了理论支持。研发了适用于复杂空区与崩落散体等岩层结构的的多指标预警方法，结合柿竹园多金属矿空区群露天地下协同开采特征，建立了柿竹园多金属矿潜在失稳区域岩体灾害防控技术指标体系，保障了柿竹园多金属矿露天地下协同安全开采。</p>
完成人合作关系说明	<p>湖南柿竹园有色金属有限责任公司和长沙矿山研究院有限责任公司、中南大学、重庆大学等通过技术合作和知识产权共享，紧密围绕柿竹园多金属矿空区群矿柱资源安全回收和空区群周边复杂低品位多金属矿开采出现的一系列难题，开展科技攻关。何斌全、沈慧明、兰晓平、陈国辉、周启明、雷成、高湘海为项目第一完成单位湖南柿竹园有色金属有限责任公司团队主要成员，林卫星、汤永平为项目第二完成单位长沙矿山研究院有限责任公司的团队主要成员，黄麟淇、李帅是项目第三完成单位中南大学的团队主要成员，尚雪义项目是第四完成单位重庆大学的主要成员。</p>	