

软破高氧化铅锌矿采选协同回收技术及应用

一、项目名称

软破高氧化铅锌矿采选协同回收技术及应用

二、提名单位及提名意见

提名单位：长沙矿山研究院有限责任公司

提名意见：

项目研发了软破矿体分层分区规模高效协同回采技术，解决了电耙道难维护、放矿贫化损失大、炮孔成孔和利用率低的问题；开发了无切割工程爆破拉槽技术、分层分区规模落矿控制爆破技术和炮孔变径耦合套管护孔技术，实现了软破矿体的规模高效精准控制爆破回采；研发出低品位氧化锌全粒级浮选药剂及工艺技术，解决了矿泥含量高、菱锌矿与碳酸盐和导极矿与硅酸盐分离难度大、氧化锌回收率低的问题，开发了高效低品位氧化锌矿混溶捕收剂、高泥质脉石矿浆环境短流程全粒级氧化锌浮选工艺，实现低品位细粒级氧化锌的高效浮选回收；研发了多期动载荷作用下软破岩体复合支护及崩落区残矿资源二次回收技术，开发了电耙道分期复合支护技术、巷道超前支护扩帮升棚修复技术和崩落区残矿资源二次回收技术，解决了支护难题，实现了崩落区残矿资源的安全回采和资源的有效回收；研发出硫化矿选择性抑制控碱浮选工艺，解决回水质量差、车间氨气污染大、管道结垢严重、废水回用困难等问题，实现了降低药剂成本、选矿回水零排放、改善车间空气质量和提高铅银回收率。项目研究过程中已获授权发明专利 3 项，发表科技论文 10 余篇。技术成果已在四川会理铅锌股份有限公司等多座矿山推广应用 3 年以上，新增销售额 15417.27 万元，新增利润 8546.40 万元。项目技术成果对实现软破高氧化铅锌矿产资源高效开发回收具有重大的意义，经济效益、生态效益和社会效益显著。

我单位认真审核了该项目提名书及相关附件，确认全部材料真实有效，符合湖南省科学技术奖提名要求。提名该项目为湖南省科学技

术进步奖二等奖。

三、项目简介

中国铅锌资源短缺，国内又有大量的高氧化铅锌资源却因开采条件复杂、选矿回收率低而不能有效利用。四川会理锌矿天宝山Ⅱ号矿体易冒顶、难支护、安全性差，贫化损失大，是典型的软破难采矿体。原矿氧化率达到 20~30%，原生泥含量 18.60%；易浮易泥化脉石矿物总含量为 63%，磨矿导致这类泥质脉石产生大量次生泥，矿泥对氧化锌浮选造成极大的不利影响。矿山经多年开采，资源逐步枯竭。鉴于此，四川会理铅锌股份有限公司联合长沙矿山研究院有限责任公司开展了“软破高氧化铅锌矿采选协同回收技术及应用”研究。项目组通过 10 年的试验研究与应用，攻克了软破高氧化铅锌矿采选回收的多项关键技术，实现了矿产资源的高效和低成本开采回收，其技术成果对于我国软破高氧化铅锌矿产资源开发具有极大的示范和借鉴意义。项目取得的主要成果有： 1.主要科技创新：（1）开发了软破矿体分层分区规模高效协同回采技术、无切割工程爆破拉槽技术、分层分区规模控制爆破及快速出矿技术、基于凿岩冲击声的矿体边界圈定方法和炮孔变径耦合套管护孔技术，解决了电耙道难维护、放矿贫化损失大、炮孔成孔和利用率低、高效爆破受限制的问题，实现了软破矿体的规模高效精准控制爆破回采；（2）开发了低品位氧化锌全粒级浮选药剂及工艺技术和高泥质脉石矿浆环境短流程全粒级氧化锌浮选工艺，研发了高效低品位氧化锌矿混溶捕收剂，解决了氧化锌矿物与脉石分离难度大、氧化锌回收率低的问题，实现低品位细粒级氧化锌的高效浮选回收；（3）开发了多期动载荷作用下软破岩体复合支护及崩落区残矿资源二次回收技术、电耙道分期复合支护技术和巷道超前支护扩帮升棚修复技术，解决了生产放矿困难、支护难度大的问题，实现了崩落区残矿资源的安全回采；（4）开发了硫化矿选择性抑制低碱浮选工艺，解决了回水质量差、车间氨气污染大、管道结垢严重、废水回用困难等问题，实现了降低药剂成本、改善车间空气质量和提高铅银回收率。 2.知识产权情况：取得“在急倾斜且极不稳固矿体中

的拉槽方法”等 3 项授权发明专利，发表“会理锌矿爆破工程中存在的问题及解决方案”等科技论文 10 余篇。 3.主要技术经济指标。采矿技术指标：损失率 10.45%；贫化率 17.30%；平均生产能力（出矿）为 553t/d，最大生产能力 753t/d。选矿技术指标：在原矿性质和精矿品位相当的情况下，铅回收率由 57.25%提高到 61.34%，锌回收率由 80.12%提高到 86.62%、氧化锌的作业回收率由 27.92%提高到 47.44%、银的回收率由 73.39%提高到 80.49%，采选技术经济指标先进。 4.推广应用与效益。项目技术成果已成功应用于会理锌矿、兰坪氧化锌矿等金属矿山的工业生产，实现了矿产资源的高效回收。仅会理锌矿，2018-202 年新增销售额 15417.27 万元，新增利润 8546.40 万元。技术成果具有广泛应用前景和推广意义，有力推动了采矿和选矿技术进步及行业发展。

四、客观评价

1. 中国有色金属工业协会组织的科技成果评价

2015 年 9 月 10 日和 2019 年 9 月 16 日，受长沙矿山研究院有限责任公司委托，中国有色金属工业协会采取会议评审的形式，组织专家对“软破厚大矿体安全低贫损开采技术与应用”和“高钙镁高泥质难处理混合铅锌矿高效利用新技术”项目成果分别进行了评价。评价咨询专家听取了项目组的汇报，审阅了有关技术资料，进行了质询、交流和对评价成果评价独立打分，最后得到综合评分并形成综合评价结论。

（1）软破厚大矿体安全低贫损开采技术与应用

技术创新程度：1) 研发了多期动载荷作用下的软破岩体电耙巷道支护技术，采用分期联合支护，从整体上降低二次支护成本；采用新的终期钢筋混凝土整体浇注支护结构，减小了拱顶受力面积，改善

了电耙道的受力状态，提高了支护结构的稳定性；2) 研发了软破矿体中深孔无拉底扩漏技术，有效地解决了扩漏拉底分次爆破的难题和浅孔扩漏不到位的问题，缩短了爆破准备时间；3) 研发了小补偿空间微差超前拉槽与侧向挤压相结合的大量崩矿控制爆破技术。

技术经济指标的先进程度：该项目研究成果在四川会理铅锌股份有限公司天宝山矿得到了成功应用，并取得了先进的技术经济指标。

技术难度和复杂程度：软破矿岩矿山采掘巷道掘进困难，支护量大、中深孔施工困难、成孔率低、爆破效果欠佳、采矿过程安全隐患多，技术难度大，复杂程度高。

技术重现性和成熟度：研究成果已在四川会理铅锌股份有限公司全面应用，经过了矿山多年开采应用验证，技术成熟度高。

技术创新对推动行业科技进步和提高市场竞争能力的作用：研究成果为软破厚大矿体的开发利用提供了成套技术支撑，对推动行业科技进步和提高市场竞争能力具有积极作用。

综合评价结论：项目技术达到国际先进水平。

(2) 高钙镁高泥质难处理混合铅锌矿高效利用新技术

技术创新程度：针对会理锌矿高钙镁、高泥质、硫化氧化混合铅锌矿，开发了硫化铅锌低碱浮选-氧化锌不脱泥全粒级浮选技术，研发了氧化锌高效捕收剂 CA-1，建立了六偏磷酸钠+CMC+CA-1+戊黄药混配协同用药制度。新技术的应用减少石灰用量 90%、硫酸铜用量 45%，取消碳酸氢铵，回水 pH 值由 11 降为 7；消除矿泥及碳酸盐、硅酸盐脉石对浮选的影响；显著提高了铅锌银的回收 102021 年度提

名书预览版率，大幅度降低生产成本，明显改善工作环境，实现绿色环保生产，技术创新程度高。

技术经济指标的先进程度：在原矿性质和精矿品位相当的情况下，铅回收率由 57.25%提高到 61.34%，锌回收率由 80.12%提高到 86.62%、氧化锌（异极矿与菱锌矿的比例为 3：1）的作业回收率由 27.92%提高到 47.44%、银的回收率由 73.39%提高到 80.49%，药剂成本降低了 4.17 元/吨原矿，人工成本节约 100 万元/年以上，技术经济指标先进。

技术难度和复杂程度：高钙镁、高泥质、硫化氧化混合铅锌矿的浮选分离是世界性难题，异极矿与硅酸盐脉石矿物、菱锌矿与碳酸盐脉石矿物的分离问题一直没有得到有效的解决，该项目的技术难度大、复杂程度高。

技术重现性和成熟度：相关研究成果已在会理锌矿成功工业应用且稳定运行 3 年，并在云南、内蒙古的部分氧化铅锌矿得到试验验证，技术重现性好、成熟度高。技术创新对推动行业科技进步和提高市场竞争能力的作用：研究成果为复杂难选氧化锌矿处理提供了新的技术，可在同类型矿山推广应用，对推动行业科技进步和提高企业市场竞争能力作用大。

综合评价结论：该项目整体技术处于国际先进水平，其中异极矿的浮选回收率居国际领先。

2.项目科技查新

教育部科技查新工作站（Z11）查新结论：经检索并对相关文献

分析对比结果表明，除该查新委托人及项目组成员的文献外，国内外未见与该查新项目综合技术特点相符的文献报道。

五、推广应用情况

项目研究取得的成果有：（1）开发了软破矿体分层分区规模高效协同回采技术、无切割工程爆破拉槽技术、分层分区规模控制爆破及快速出矿技术、基于凿岩冲击声的矿体边界圈定方法和炮孔变径耦合套管护孔技术，解决了电耙道难维护、放矿贫化损失大、炮孔成孔和利用率低、高效爆破受限制的问题，实现了软破矿体的规模高效精准控制爆破回采；（2）开发了低品位氧化锌全粒级浮选药剂及工艺技术和高泥质脉石矿浆环境短流程全粒级氧化锌浮选工艺，研发了高效低品位氧化锌矿混溶捕收剂，解决了氧化锌矿物与脉石分离难度大、锌金属量损失大、氧化锌回收率低的问题，实现低品位细粒级氧化锌的高效浮选回收；（3）开发了多期动载荷作用下软破岩体复合支护及崩落区残矿资源二次回收技术、电耙道分期复合支护技术和巷道超前支护扩帮升棚修复技术，解决了生产放矿困难、支护难度大的问题，实现了崩落区残矿资源的安全回采；（4）开发了硫化矿选择性抑制低碱浮选工艺，解决了回水质量差、车间氨气污染大、管道结垢严重、废水回用困难等问题，实现了降低药剂成本、选矿回水零排放、改善车间空气质量、提高铅银回收率。本项目研究成果已经在四川会理铅锌股份有限公司得到长期工业应用，并取得了良好的技术经济指标和显著的经济与社会效益。形成了一套软破高氧化铅锌矿采选协同回收技术及应用成套关键共性技术，利用项目科技成果，通过工业应用，2018年多产出铅金属（含银）435.27t，锌金属3132.74t；2019年多产出铅金属（含银）386.29t，锌金属2521.35t；2020年多产出铅金属（含银）423.61t，锌金属2837.52t，3年新增销售额15417.27万元，新增利润8546.40万元。实现软破高氧化铅锌矿资源的高效回收，提高资源利用率。

六、主要知识产权

主要知识产权和标准规范等目录（不超过 10 件）

知识产权类别	知识产权名称	国家（地区）	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人	发明专利有效状态
论文	会理锌矿爆破工程中存在的问题及解决方案	中国	矿业研究与开发	2010 年 12 月 31 日	1005-2763(2010)06-0096-03	长沙矿山研究院有限责任公司	尹贤刚、李应龙	其他有效的知识产权
发明专利	在急倾斜且极不稳固矿体中的拉槽方法	中国	ZL201811203887.9	2020 年 08 月 25 日	3954324	长沙矿山研究院有限责任公司	杨宁，尹贤刚，肖木恩，彭亮，赖伟，谭富生	有效专利
发明专利	一种氧化矿浮选混溶捕收剂及其使用方法	中国	ZL201810893424.3	2020 年 08 月 11 日	3930617	长沙矿山研究院有限责任公司	祁忠旭，冯程，孙大勇，王章鹤，王龙，肖舜元，陶建利，黄虎辉	有效专利
发明专利	基于凿岩冲击声识别的岩层分界面圈定方法	中国	ZL201810177847.5	2020 年 09 月 11 日	3984861	长沙矿山研究院有限责任公司	赖伟	有效专利

论文	电耙道复合支护技术研究	中国	矿业研究与开发	2011 年 12 月 31 日	1005-2763(2011) 06-0049-03	长沙矿山研究院 有限责任公司	尹贤刚,谌立勇,李应 龙	其他有 效的知 识产权
论文	超前支护在采 矿工程中的应 用研究	中国	矿业研究与开发	2012 年 10 月 31 日	1005-2763(2012) 05-0060-03	长沙矿山研究院 有限责任公司	尹贤刚,谌立勇,郑云	其他有 效的知 识产权
论文	某低品位铅锌 矿高效利用的 选矿试验研究	中国	矿业研究与开发	2019 年 3 月 25 日	1005-2763(2019) 03-0140-05	长沙矿山研究院 有限责任公司	冯程,祁忠旭,孙大勇, 彭志兵,欧阳林莉	其他有 效的知 识产权
论文	高浓度技术提 高铅选矿指标 的工艺研究	中国	四川有色金属	2017 年 12 月 28 日	1006-4079(2017) 04-0035-04	四川会理铅锌矿 股份有限公司	刘勇	其他有 效的知 识产权
论文	采场电耙道支 护方式和支护 时机的探讨	中国	采矿技术	2020 年 12 月 31 日	1671-2900(2008) 04-0024-02	四川会理铅锌矿 股份有限公司	刘良发,李应龙	其他有 效的知 识产权
论文	低品位复杂难 选铜铅锌矿选 铜工艺	中国	矿产综合利用	2016 年 6 月 30 日	1000-6532(2016) 03-0019-04	四川会理铅锌矿 股份有限公司	何翔,陈昌员	其他有 效的知 识产权

七、主要完成人情况

姓名	排名	行政职务	技术职称	工作单位	对本项目贡献
尹贤刚	1	主任	教授	长沙矿山研究院有限责任公司	项目负责人，项目的所有4项科技创新的主要贡献人之一，占本人工作总量的65%。负责制定项目整体试验研究方案，是本项目核心技术的主要研发人，对该项目的研究成功起了决定性的作用。
祁忠旭	2	所长	高工	长沙矿山研究院有限责任公司	技术创新点2和4的主要贡献人之一，占本人工作总量的70%。协助项目负责人制定项目整体试验研究方案，并且负责选矿试验研究、浮选药剂研发、工艺方案优化及工业试验研究，主持工业试验，是本项目核心技术的主要研发人。
刘勇	3	副总经理	工程师	四川会理铅锌矿股份有限公司	科技创新2和4的贡献人之一，占本人工作总量的60%。负责制定选矿项目整体试验研究方案和工业试验研究，实施矿山项目统筹管理及矿院双方的协调，为项目立项，顺利实施做出了突出贡献。
赖伟	4	所长	高工	长沙矿山研究院有限责任公司	技术创新点1和3主要贡献人之一，占本人工作总量的60%。参与制定项目试验研究方案，参与并协调完成项目的采矿工业试验研究。
冯程	5	主任	工程师	长沙矿山研究院有限责任公司	技术创新点2和4的主要贡献人之一，占本人工作总量的70%。负责试验报告编写，参与并协调完成项目的实验室选矿试验研究和工业试验研究。

刘良发	6	总工办主任	高工	四川会理铅锌矿股份有限公司	科技创新 1 的主要贡献人之一，占本人工作总量的 60%。参与并协调完成项目的采矿工业试验研究，实施矿山项目统筹管理及矿院双方的协调，协调项目技术成果在矿山的推广应用。
杨宁	7	/	工程师	长沙矿山研究院有限责任公司	技术创新点 1 和 3 主要贡献人之一，占本人工作总量的 60%。参与制定项目试验研究方案，参与并协调完成项目的采矿工业试验研究
孙大勇	8	副所长	工程师	长沙矿山研究院有限责任公司	技术创新点 2 和 4 的主要贡献人之一，占本人工作总量的 60%。参与并协调完成项目的实验室选矿试验研究。
何翔	9	副厂长	工程师	四川会理铅锌矿股份有限公司	科技创新 2 的主要贡献人之一，占本人工作总量的 60%。参与并协调完成项目的选矿工业试验研究，协调项目技术成果在矿山的推广应用。

八、主要完成单位情况

第一完成单位：长沙矿山研究院有限责任公司

项目合同签订后，成立了攻关课题小组，按合同进度计划要求，保质保量的完成了合同规定的技术内容和目标。主要贡献：1、技术研究及开发：工程地质及开采技术条件调查研究、采场回采顺序优化研究、采准切割参数优化研究、支护形式与参数优化研究、软破矿体爆破参数优化研究、控制放矿技术研究。2、采矿方法工业试验研究方案制定，现场技术指导。工业试验采场采切工程布置及施工设计、巷道工程支护设计、大量落矿中深孔凿岩、拉底扩漏和爆破设计、制定放矿方案及计划、采场地压监测。3、选矿方面经过试验研发出低碱度浮选技术、低品位氧化锌全粒级浮选技术、低品位氧化锌捕收剂CA-1。4、编制试验研究报告、评价报告，主要技术成果挖掘并申请知识产权保护。5、全面主持该课题，主持和参与了课题立项论证、方案讨论及制定、试验、总结、检索、评价的全过程,对整个项目的技术创新有突出贡献。长沙矿山研究院有限责任公司是全国唯一专门从事金属非金属矿床开采技术研究的重点科研机构。公司现有员工986人，技术中心研发人员591人，高级技术人员141人。拥有国家采矿工程技术研究中心、金属矿山安全技术国家重点实验室、金属非金属矿山安全工程技术研究中心等科研平台，主办了《矿业研究与开发》和《采矿技术》两份国家矿业科技期刊。拥有获奖成果509项，其中国家科技成果奖励62项；获得授权专利177项。

第二完成单位：四川会理铅锌股份有限公司

项目合同签订后，成立了攻关小组，并设立了指挥部，与长沙矿山研究院有限责任公司开展联合攻关。主要贡献:1、协助项目研究人员收集资料，现场踏勘。采场结构现状；底部结构、分段巷道支护工程破坏模式；采场爆破工程现状；贫化损失现状；选矿厂存在的问题收集等统计工作。2、参与制定试验实施方案，制定采场施工进度计划及目标，投入人力、物力、财力，保障项目的顺利实施。完成各项技术的现场工业试验以及技术成果在矿山的推广应用。3、研发设备的试制和加工。4、统计试验采场技术经济指标，参与编制试验研究报告。5、参与项目的科技成果评价。四川会理铅锌股份有限公司公司注册资本 4 亿元，其中国有股权为 95%，资产总额 8.4 亿元，主营铅、锌矿采选；公司生产能力日采选原矿 1000 吨，年产铅锌精矿金属量约 1.7 万吨。2013 年~2015 年年销售收入分别为 2.03 亿元、2.07 亿元、1.82 亿元，研发投入分别为 866 万元、847 万元、960 万元，研发投入约占销售收入的 4.5%。公司现有员工 939 人，技术中心研发人员 45 人。先后获得“中国 100 家最大有色金属矿采选业企业”、“全国模范劳动关系和谐企业”、“国家级绿色矿山试点单位”、“国家安全生产标准化二级企业（非煤地下矿山）”、“省级安全文化建设示范企业”、“四川省安全社区”、“四川省企业技术中心”等殊荣。公司拥有 12 项实用新型专利，1 项发明专利。

九、主要完成合作关系

项目完成人尹贤刚、祁忠旭、赖伟、冯程、杨宁、孙大勇均为长沙矿山研究院有限责任公司研究人员，尹贤刚是科研发展带头人，其他人是采选研究团队的核心成员，在项目中主要承担方案研究、实验

室实验，对项目四项科技创新作出创造性贡献，是“在急倾斜且极不稳固矿体中的拉槽方法”等专利的主要发明人、“某低品位铅锌矿高效利用的选矿试验研究”等科技论文的合著者；完成人刘勇为四川会理铅锌股份有限公司的技术负责人，刘良发、何翔均为公司核心技术骨干，主要负责项目研究方案、成果的转化应用和现场技术改进。

项目研究期间，项目主要研究人员共同申请并已获得发明专利 4 项，发表科技论文 10 余篇，并分别于 2015 年 8 月和 2019 年 9 月完成了两项科学技术成果的评价。