

选冶工艺

三道庄多金属共生矿综合利用浅析*

张燕红, 崔延遂

(洛阳栾川钼业集团有限责任公司, 河南栾川 471500)

摘要 :三道庄钼钨矿床属多金属共生矿,介绍了三道庄钼钨矿床的地质构造特征,分析了资源开采的现状和存在的问题,并对资源综合利用的前景进行了展望。

关键词 :钼;白钨;铼;硫;硅灰石;综合利用;三道庄多金属矿

中图分类号:TD952 文献标识码:A 文章编号:1001-0076(2003)03-0027-05

Analysis on Multipurpose Utilization of Polymetallic Ore in Sandaozhuang

ZHANG Yan - hong , CUI Yan - sui

(Molybdenum Limited Corp. of Luanchuan , Luoyang , He 'nan Province 471500 , China)

Abstract :Sandaozhuang molybdenum ore is a polymetallic intergrowth ore. In this paper , the authors introduced geological structure features of Sandaozhuang molybdenum ore , analyzed its current state and problems of exploitation and prospect of multipurpose utilization of resources in the ore.

Key words :molybdenum ore ; rhenium ; sulfur ; multipurpose utilization ; Sandaozhuang polymetallic ore

三道庄钼钨矿是世界第一大钼矿床——栾川钼矿田的重要组成部分,拥有矿石储量 5.83 亿 t,其中钼金属量 67.25 万 t,平均品位 0.115%;伴生白钨 50.25 万 t,平均品位 0.117%,是我第二大白钨矿床,相当于一个特大型白钨矿;硫储量(C+D)39.77 万 t,平均品位 0.751%;伴生铼金属量 24.42t,平均品位 0.002%,以及丰富的铁、锌、铜、金、银、硅灰石、石榴子石、透灰石等有用矿物,矿石埋藏浅、矿石可选性好,宜于露天开采,具有较高的综合回收价值^[1]。三道庄多金属共生矿地质资源概况见表 1,原矿多项化学分析结果见表 2^[2],主要矿物含量见表 3^[2]。

表 1 三道庄多金属共生矿资源总量

矿种	储量级别	矿石量 (亿 t)	金属量 (万 t)	平均品 位(%)	备注
Mo	B + C + D	5.83	67.25	0.115	主矿产
WO ₃	B + C + D	4.29	50.25	0.117	伴生
S	C + D	5.30	397.67	0.751	伴生
Re			0.002442	0.002	伴生

表 2 三道庄矿区混合样原矿多项化学分析(%)

项目	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
含量	42.94	24.09	2.23	4.48	21.0
项目	MnO	TiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	Ga
含量	1.41	0.23	0.13	0.32	0.0025
项目	Ge	Mo	WO ₃	S	Cu
含量	0.00148	0.155	0.148	0.147	0.02

* 收稿日期 2002-11-07,修回日期 2003-01-11

作者简介 张燕红(1969-)男,河南栾川人,1992 年山东科技大学自动化系本科毕业,工程师,现任洛阳栾川钼业集团
万方数据
科技处技术科科长。

表3 主要矿物含量(%)

矿物	石榴石	透辉石	绿帘石	石英	斜长石	萤石
含量	42.6	29.2	4.5	6.8	3.3	1.1
矿物	方解石	磁黄铁矿	辉钼矿	白钨矿	黄铜矿	磁铁矿
含量	0.7	5.1	0.5	0.4	0.1	2.1

经过三十多年的发展,栾川已经成为我国第二大钼生产基地,钼业成为地方的支柱产业。2001年在钼市场持续疲软,价格处于历史最低点,生产不正常的情况下,钼精矿产量仍达到8350t。但长期以来由于工艺和技术等因素的制约,众多选矿企业在生产过程中仅对钼进行单一选别和利用,其它具有较高经济价值的伴生矿物一部分作废弃处理,一部分随尾矿至尾矿库堆存,造成了资源浪费,伴生资源的回收和利用却成了地域经济发展的瓶颈。几经努力,白钨回收于2001年5月取得突破性进展,工艺流程稳定,经济技术指标比较理想,其产业化不日将成为现实。因此从矿床地质特征入手,对伴生资源分布情况、资源利用现状以及存在的问题进行分析,对从整体上大规模综合利用和开发三道庄多金属共生矿具有重要的指导意义。

1 矿床地质

1.1 矿床地质和构造特征

三道庄矿区位于秦岭东端,处于豫西断隆三川——栾川陷褶断带构造线方向由北西西转向北西的弧形转折处和新华夏系列复合部位。出露地层为中元古界蓟县系上栾川群的三川组、南泥湖组及煤窑沟组一套浅海相碎屑岩、火山喷发岩及碳酸盐类沉积变质岩系,受接触变质作用形成分布广泛的各种角岩及矽卡岩。岩浆岩主要为前加里东期侵入的变细晶正长岩、变辉长岩和燕山中期侵入的酸性小岩体,与钼钨矿化有关的为南泥湖斑状二长花岗岩体。

矿区围岩蚀变强烈,与成矿有关的蚀变主要为矽卡岩化、硅化、钾化、绢云母及碳酸盐—沸石化。

三道庄主矿体呈扇形赋存于岩外接触带三川组上段的矽卡岩及钙硅酸角岩中,矿体的产出受南庄口—三道庄岭箱状背斜所控制,为一厚度很大的层状、似层状矿体。矿区褶皱断裂均较发育,主矿体走向280~310°,倾向南西,倾角为背斜轴部为5~10°,两翼产状较陡40~90°,矿体走向长度大于1420m,倾向延伸大于120m,厚度80~150m,平均厚度

125.56m,为一特大型斑岩—矽卡岩型钼钨矿床。钼钨矿体不仅赋存于三川组上段的矽卡岩、钙硅酸角岩内,在其顶、底板长英角岩构造有利部位(背斜轴部)亦可成矿。

矿石组成部分:金属矿物有黄铁矿、辉钼矿、白钨矿、黄铜矿、闪锌矿、钛铁矿等。主要有用矿物为辉钼矿、白钨矿,脉石矿物主要有钙铁榴石、钙铝榴石、硅灰石、石榴子石、斜长石、钾长石等。矿石结构有片状、束状、放射状结构。矿石构造有浸染状构造、细脉状构造、角砾状构造。矿石自然类型以矽卡岩为主,伴生有用组分为锗、硫、铁、钴、镓等。

1.2 开采技术条件与水文特征

三道庄矿体走向长度大于1420m,厚度一般80~150m,平均厚度125.56m,倾角5~15°,呈似层状透镜体产出。矿体覆盖层薄,矿区系山坡地形,地形坡度35~50°,区内最高标高1630m,最低侵蚀基准面标高1250m,比高380m。矿体出露标高1498m,大部分矿体出露山坡。开采技术条件好,适宜露天开采。矿石密度3.2t/m³,岩石2.9t/m³,岩石普氏硬度系数f=8~12,矿石f=10~12。矿区内断层主要有F₁、F₂₀、F₂₁、F₂₂,断层受挤压后片理发育,其中F₁断层穿过北东坡边,对该处边坡稳定有影响。

矿区位于地表分水岭脊部两侧斜坡地带,有利于降水径流的排泄。地表水系不发育,基岩含风化裂隙水,岩层含水性弱,对露天坑充水无直接影响,水文地质条件简单。

2 三道庄矿区资源开发情况

2.1 三道庄矿区资源开采现状

2.1.1 原5000t/d露天采场首采区境界

三道庄钼矿5000t/d露天采场首采区境界底坑标高1282m,地表最高为1558m,除1294m以下至1282m一个台阶凹陷外,其余全部为山坡露天,该境界内原有采剥总量1691.93万m³(5141.53万t)。其中剥离量908.79万m³(2635.50万t),采矿量783.13万m³(2506.03万t),出矿品位:Mo0.158%,WO₃0.078%,平均剥采比1.05t/t。

2.1.2 露天采矿现状

1992年6月,三道庄钼矿5000t/d露天采矿场投产,至1999年底,首采区境内1426m台阶以上已

采剥至设计境界 ,1390m 台阶已结束开沟 ,共完成采剥总量 592.30 万 m³(1935.67 万 t),2000 年采剥 124.46 万 m³(375 万 t)。露天开采主要开采工艺为 :中深孔穿孔、多排孔微差爆破 ,4m³ 电铲装载 ,矿石采用自卸汽车运至场外溜井 ,由溜井下放至平窿 ,用机车或汽车将矿石运至各个选厂 ,废石由自卸汽车直接运至废石场。

2.1.3 地下开采现状

从 70 年代初开始 ,三道庄矿区范围内陆续采用地下开采 ,主要开采深部富矿 ,在 1282m ~ 1402m 标高之间范围内形成了几百个大小不等的规则和不规则的采空区 ,其中大规模的规则空区主要位于 1282m ~ 1330m 标高之间 ,不规则的采空区主要位于 1330m ~ 1402m 标高之间。

2.1.4 露天、地下采矿量统计

至 2000 年底 ,露天及地下已开采位于 5000t/d 首采区境界内的矿量合计为 900 万 t。在 8000t/d 扩帮范围内仍有地采空区 ,空区矿量为 30.15 万 t。

2.2 8000t/d 露天采矿场扩帮现状

目前 ,洛钼集团选矿生产能力已达到 10000t/d ,再加上需为部分乡镇企业供矿 ,原有采矿能力已不能满足整个栾川地区的选矿需求。为了保证采选平衡 ,从 2000 年开始 ,洛钼集团投资 2553 万元 ,着手实施“ 8000t/d 露天采矿场扩帮技术改造工程 ” ,具体为 :在原 5000t/d 露采首采区境界南部 ,横 13 ~ 17 线、纵 X X - X X Ⅱ 线、1354m 标高以上范围内扩帮。该处系山脊地形 ,南侧为三道庄南沟废石场 ,矿体覆盖层较薄 ,剥采比小 ,而且有约 500 万 t 的地质储量。并于 2001 年 7 月成功实施了装药量 330t、爆岩量 45.1 万 m³ 的硐室大爆破 ,随着配套工程的实施 ,目前出矿量(露采 + 地采)330 万 t/a ,缓解了供求矛盾 ,基本实现了采选平衡。

2.3 资源综合利用方面存在的问题和不足

三十多年来 ,洛钼集团由最初 1969 年 的 50t/d 小型实验厂 ,通过滚动式自我发展 ,达到了现在 10000t/d 的选矿规模 ,而供矿均来自三道庄矿区 ,累计出矿量 4000 万 t ,繁荣了地方经济。但三道庄矿区属钼铅共生矿 ,并伴生丰富的铼、硫、铁、金、银、硅灰石、石榴石等有用矿物 ,综合回收和综合利用的价

值较高 ,而各选厂仅回收和利用了单一钼 ,造成了资源浪费 ,也影响了经济效益的全面发挥。为了保护资源 ,提高企业综合经济效益 ,对三道庄矿床的资源综合利用问题亟待解决。

为了对三道庄矿区资源进行综合回收 ,洛钼集团在“ 十五 ”规划中明确提出要“ 加强矿产资源综合回收 ,变单一钼业经济为多金属复合型经济 ,做到多业并举 ,优势互补 ” ,全面提高企业经济效益。

3 三道庄矿区资源综合回收前景

3.1 钼

目前三道庄矿区采矿能力达到 10000t/d ,年出矿能力为 330 万 t ,钼精矿产量达到 10000t/a ,以当前价格(2.05 万元/t)估算 ,年产值可达 2 亿元左右。

3.2 白钨

2000 年 1 月 ~ 2001 年 5 月 ,洛钼集团与俄罗斯国家技术是心有色金属研究院合作 ,进行了从浮钼尾矿中综合回收白钨的试验研究 ,取得成功。其中 ,2001 年 4 月 16 日至 5 月 31 日进行的 150t/d 工业试验 ,试验流程见图 1 ,试验结果见表 4。

表 4 工业试验结果

产品名称	产率 (%)	品位(%)			回收率(%)		
		Mo	S	WO ₃	Mo	S	WO ₃
钼精矿	0.42	46.75			94.48		
硫精矿	8.94		12.96			61.96	
钨精矿	0.17			53.566			62.25

目前洛钼集团正在对处理量为 4500t/d 的马圈选矿厂进行技术改造 ,工程预计 2003 年 5 月投产 ,投产后年产含 WO₃53.566% 的白钨精矿 2933t ,平均销售收入 4152 万元/a ,利润总额为 1019 万元/a。未来几年 ,将该技术在各个选厂全面嫁接实现 10000t/d 白钨回收产业化后 ,约实现产值 9200 万元/a ,实现利润总额 2250 万元/a。

3.3 铼

铼是一种稀散金属元素 ,在地壳中的平均含量为 1 × 10⁻⁹ ,没有单独的金属铼存在 ,一般以类质同相的形式出现在辉钼矿的晶格中。铼具有优异的延展性、成型性及抗渗碳性 ,且耐高温、强度高、电阻值高 ,应用于航天、电子、电器、仪表和医疗等行业^[3]。

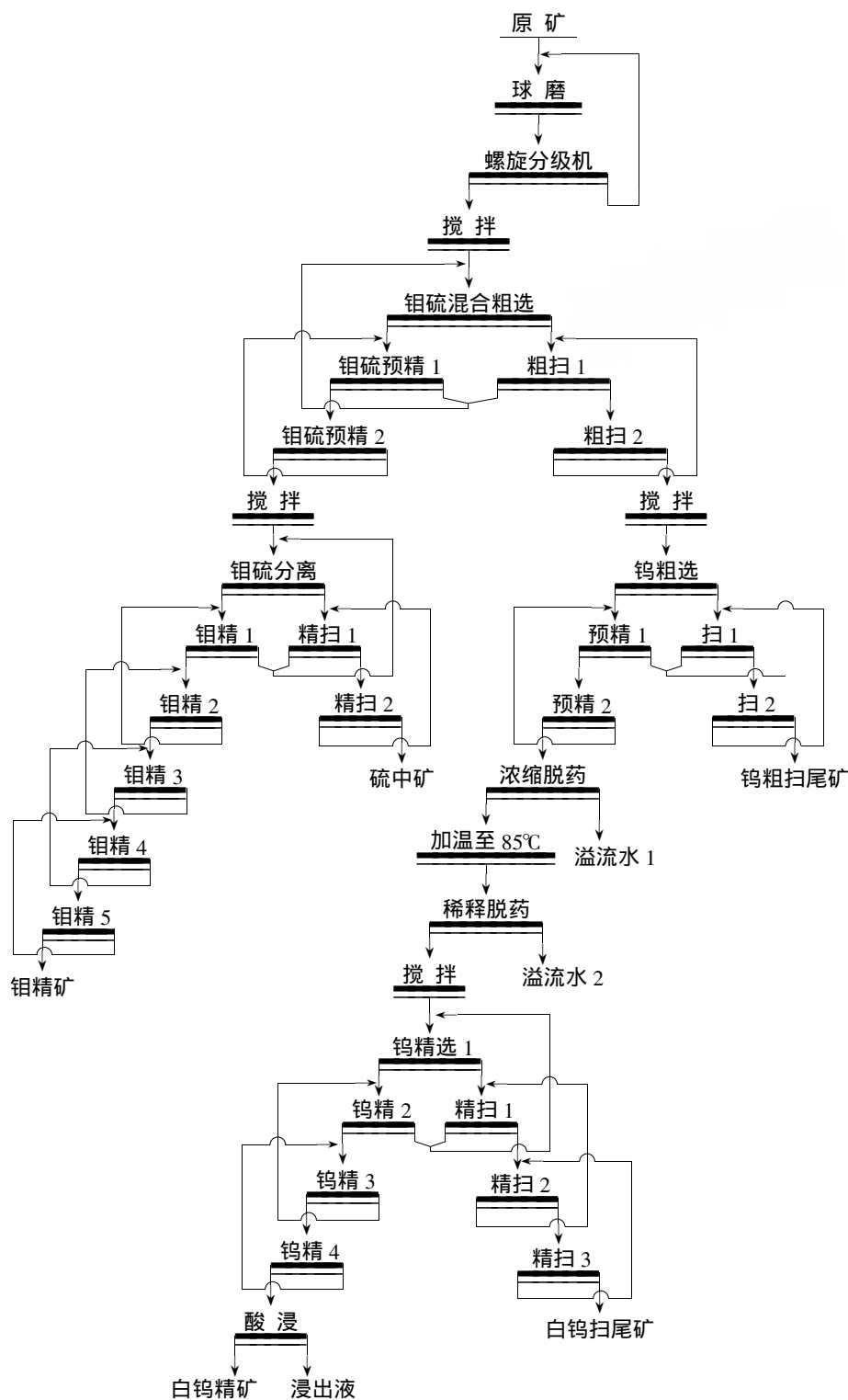


图 1 从浮钼尾矿中综合回收白钨工艺流程

栾川钼矿田伴生铼 135t,其中三道庄多金属共生矿中伴生 24.42t。多年来,由于受供求关系的影
万方数据

响,铼的价格变动较大,市场很不稳定,价格变化情况见表 5。

表 5 铼价格变化(美元/磅)

年份	1969	1971	1978	1980	1986	1987	1990	1997	1998
价格	850	1500	350	3000	165	450	700	437	600

从表 5 可知 ,若以 1998 年的价格计算 ,将三道庄矿区中的 24.42t 金属铼回收后 ,能够创造 2.5 亿元的总产值。

3.4 硫精矿

三道庄矿区伴生硫 397.67 万 t ,平均品位 0.751% ,在 4500t/d 白钨回收工程技改过程中 ,采用钼硫混选及分离(流程见图 1) ,所得硫中矿再经一粗一精一扫 ,可获得品位为 45% 的硫精矿 62.1t/d ,其中含 Au2.5g/t ,含 Ag150g/t。该工程实施后 ,硫精矿产量约 2 万 t/a ,年创产值 1000 万元/a 左右。

3.5 硅灰石

栾川钼矿田伴生的硅灰石主要分布在三道庄矿区 ,主要矿体由石榴子石硅灰石角岩型矿石组成 ,硅灰石平均含量达 65%(1980 年石榴石硅灰石角岩型钼多金属矿石选矿样) ,估算地质储量在 1000 万 t 以上。矿体总产状 :走向 280~310° ,倾向南西 ,倾角较平缓 ,在箱状背斜轴部为 5~10° ,两翼受构造影响产状较陡 ,为 40~90^[4]。

硅灰石作为一种新兴的工业矿物原料 ,在世界上已有 40 年的应用历史 ,主要用作陶瓷、塑料制品、耐火材料、油漆工业、焊接、研磨、化学工业和造纸等领域。

根据三道庄矿区现有的生产规模 ,因未综合回收 ,每年丢失的硅灰石储量约 10 万 t ,按硅灰石原矿品位 65% ,选矿回收率 60% ,硅灰石精矿品位 80% 计算 ,丢失的硅灰石精矿约 4.9 万 t。回收后 ,按 800

元/t 价格计算 ,实现产值 3920 万元/a ,利润总额 400 万元/a ,经济效益可观。

3.6 其它有用矿物

三道庄矿区还伴生有储量丰富的铁、锌、铜、石榴子石、透辉石等有用矿物 ,需进一步研究 ,采取可行的回收方案 ,发挥其应有的经济效益。

4 结 论

(1)三道庄钼钨矿拥有矿石储量 5.83 亿 t ,钼钨储量丰富 ,并伴生铼、硫、铁、锌、铜、金、银、硅灰石、石榴子石等有用矿物 ,但目前只回收了钼 ,资源浪费较大 ,资源综合回收迫在眉睫。

(2)按洛钼集团现有采矿能力估算 ,将钼、白钨、铼、硫、金、银、硅灰石综合回收后 ,年产值将高达 5 亿元以上 ,经济效益可观。

(3)栾川钼矿田是世界六大钼矿田之一 ,已探明矿石储量 21 亿 t〔5〕 ,属多金属共生矿 ,因此三道庄矿区资源的综合利用对科学开发栾川钼矿田具有重要的指导作用和深远的战略意义。

参考文献 :

[1] 张燕红. 栾川钼矿白钨回收产业化前景[J]. 中国钨业 , 2002 (3).

[2] 陈忠典. 栾川钼资源的开发利用和保护[J]. 中国钨业 , 1998 (4).

[3] 申友元. 从钼精矿压煮液提取铼[J]. 中国钨业 ,1998 , (4).

[4] 田朝辉 ,等. 栾川钼矿伴生硅灰石资源及其综合利用 [J]. 中国钨业 ,2001 (1).

[5] 张燕红、徐文松. 从栾川浮钼尾矿中综合回收白钨的试验研究[J]. 中国钨业 ,2002 (4).