

河南栾川三道庄钼矿工艺矿物学研究*

崔延遂¹, 卞孝东^{2,3}, 郭俊刚^{2,3}, 马驰^{2,3}, 王守敬^{2,3}, 王盘喜^{2,3}

(1. 洛阳栾川钼业集团有限责任公司, 河南 栾川, 471500; 2. 中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所, 郑州, 450006; 3. 国家非金属矿产综合利用工程技术研究中心, 郑州, 450006)

摘要:研究了河南栾川三道庄钼矿工艺矿物学特征, 查清了矿石结构构造和矿物组成、钼的存在形式, 对辉钼矿的粒度、嵌布特征、单体解离度进行测定和统计, 为三道庄钼矿床的选冶工艺提供理论基础和科学依据。

关键词:三道庄钼矿; 工艺矿物学; 粒度特征

中图分类号:TD954 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0076(2011)01-0036-04

A Study on the Process Mineralogy of Sandaozhuang Molybdenum Ore from Luanchuan in He'nan Province

CUI Yan - sui, BIAN Xiao - dong, GUO Jun - gang, et al

(Luoyang Luanchuan Molybdenum Co. Ltd., Luanchuan, He'nan 471500, China)

Abstract: The article studied the characteristics of process mineralogy of Sandaozhuang molybdenum ore in Luanchuan, He'nan province. The texture structure and mineral compositions of ore, the existing forms of molybdenum were identified. The grain size, embedded characteristics and the degree of liberation of molybdenite were determined and statistical analyzed, which provided theoretical basis and scientific foundation for the mineral processing of Sandaozhuang molybdenum ore.

Key words: Sandaozhuang molybdenum ore; process mineralogy; size features

三道庄钼矿位于栾川县赤土店乡三道庄与冷水镇南泥湖交接处, 属矽卡岩型^[1]品位较富大型钼矿床, 矿体产于南泥湖斑状二长花岗岩和矽卡岩、钙硅酸角岩接触带及外接触带, 矽卡岩、钙硅酸角岩为本矿区主要矿石类型。主矿体形态总的来讲较为简单, 为一厚度很大的似层状矿体。在主矿体的上、下部位有少数零星小矿体分布。我们对矿床的原矿综合样工艺矿物学特征进行了详细的研究, 为三道庄钼矿床的选冶工艺提供理论基础和科学依据。

1 样品采集与制备

本次样品采集主要采用水平网格捡块法。采集

样品依不同标高、不同矿石类型分别进行采样, 共采取 21 个点的试验样品, 每个点采样重量不少于 15 kg, 总计采样 348.1 kg。首先对所采集的矿样进行肉眼及放大镜观察, 以对原矿进行初步的了解, 并选取代表性的矿块制备光、薄片, 进行显微镜下鉴定; 然后对矿石样品进行破碎, 从每份样品中缩分出 1.5 kg 进行混合配制出综合样, 共 28.5 kg; 最后对加工制备好的综合矿样分别缩分取样, 进行相关分析和室内试验。

2 矿石化学成分与物相分析

* 收稿日期: 2010-08-20; 修回日期: 2010-09-06

作者简介: 崔延遂(1950-), 男, 河南栾川人, 高级工程师, 洛阳栾川钼业集团科技处处长。

2.1 化学成分

对原矿样品的综合样进行化学多项分析,定量分析矿石中各种元素的含量,结果见表1。

表1 三道庄钼矿原矿综合样化学多项分析结果

元素	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	CaO
含量/%	8.08	47.29	2.86	1.08	0.74	21.98
元素	Fe ₂ O ₃	S	Cu	Zn	P ₂ O ₅	WO ₃
含量/%	9.08	0.72	0.0062	0.016	0.18	0.06
元素	Mo	Pb	MnO	TiO ₂	Re	LOS
含量/%	0.19	0.0045	0.89	0.46	0.28	4.36

注:Re含量单位为g/t。

由表1可知,矿石中SiO₂、Al₂O₃、MgO、CaO以及Na₂O、K₂O的含量较高,是构成矿石中占绝大多数的硅酸盐类以及碳酸盐类造岩矿物的主要来源。原矿样品中Re含量<10 g/t,S<1%,均低于综合回收指标;WO₃含量0.06%达到综合回收指标。

2.2 物相分析

选择具有代表性的样品组成综合样进行物相分析,结果见表2。

表2 三道庄钼矿原矿综合物相分析

钼的相态	硫化物中钼	氧化物中钼	合计
含量/%	0.16	0.01	0.17
分布率/%	94.12	5.88	100.00

从表2分析结果可知,矿石中钼以硫化钼为主,氧化钼少量,仅占5.88%,说明三道庄钼矿为原生硫化物型钼矿石。

3 矿石矿物组成及含量

3.1 矿石矿物组成

通过显微镜下对矿石进行光片、薄片鉴定、人工重砂鉴定和原矿样品的X射线衍射分析,主要矿物成分的电子探针分析等手段,查明矿石主要由10余种矿物所组成。有用金属矿物有辉钼矿、白钨矿、钼华、钼钙矿,其它金属矿物有黄铁矿、磁黄铁矿、钛铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、铜蓝、斑铜矿、蓝辉铜矿、磁铁矿、褐铁矿、赤铁矿、金红石;主要非金属矿物有钙铁榴石、钙铝榴石、透辉石、透闪石、阳起石、硅灰石、石英、白(黑)云母、斜长石(钾长石)、方解石;次要非金属矿物有萤石、绢云母、绿泥石、绿帘

石、榍石、锆石、磷灰石。

3.2 矿石矿物含量

在已查明矿石中矿物组成的基础上,结合矿石的化学多项分析、物相分析、光(薄)片镜下测定,以及X光衍射分析等手段,综合平衡计算得出矿石中主要矿物成分的相对含量,见表3。

表3 矿石中主要矿物的相对含量

矿物	含量/%	矿物	含量/%
辉钼矿	0.3	石榴子石	25.7
黄铁矿+磁黄铁矿	1.1	透辉石+闪石	18.7
黄铜矿	微量	石英	14.6
钛铁矿	0.9	硅灰石	16.3
闪锌矿	微量	白(黑)云母	10.1
褐铁矿	微量	斜长石+钾长石	9.1
白钨矿	微量	方解石	2
钼钙矿	微量	其它	1.2

4 矿石结构构造

4.1 矿石结构

矿石结构是指矿石中矿物颗粒的特点,即矿物颗粒的形态、相对大小及其空间相互结合的关系等所反映的形态特征^[2]。三道庄钼矿矿石结构主要有自形、半自形晶粒状结构、他形粒状结构、包含结构、筛孔状结构、交代残余状结构、假象结构、反应边结构、充填胶结结构以及粒状变晶结构等。

(1)自形、半自形晶粒状结构:辉钼矿多呈自形晶片状、鳞片状,产出在脉石矿物石榴子石、透辉石、石英等粒间或脉石矿物与黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿等金属硫化物粒间以及脉石矿物之中,也有呈自形、半自形晶粒状的黄铁矿、磁黄铁矿、白钨矿分布在脉石中。

(2)他形粒状结构:磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、斑铜矿、褐铁矿等多呈他形晶粒状分布在矿石中。

(3)包含结构:部分黄铁矿、磁黄铁矿中包裹有细粒的黄铜矿,也见有细粒的黄铜矿被包裹在闪锌矿、辉钼矿中。

(4)筛孔状结构:脉石矿物呈不规则状或近圆粒状充填在黄铁矿颗粒中呈筛孔状,构成筛孔状结构。

(5)交代残余状结构:钼钙矿交代辉钼矿,辉钼

矿呈残余状分布在钼钙矿中。褐铁矿中分布有黄铁矿残余。

(6)假象结构:钼钙矿交代辉钼矿并保留了辉钼矿原有的晶形轮廓,少量黄铁矿被斑铜矿、蓝辉铜矿交代构成交代假象结构。

(7)反应边结构:铜蓝沿黄铜矿颗粒的边部交代黄铜矿形成反应边,也有蓝辉铜矿分布在斑铜矿边部呈环带状构成交代反应边结构。

(8)充填胶结结构:黄铁矿呈他形不规则状细粒集合体沿脉石矿物石榴子石、透辉石的粒间及裂隙充填,呈细网状状,形成充填胶结结构。

(9)粒状变晶结构:石榴子石、透辉石、石英、长石等脉石矿物呈大小不等的自形晶、半自形晶粒状或他形晶粒状相嵌共生分布在矿石中,构成粒状变晶结构。

4.2 矿石构造

矿石构造是指矿石中矿物集合体的特点,即矿物集合体的形态、相对大小及其空间相互结合的关系等所反映的形态特征^[2]。三道庄钼矿矿石构造主要有稀疏浸染状构造、细脉状构造及角砾状构造等。

(1)稀疏浸染状构造:辉钼矿、白钨矿以及其它硫化物呈自形~他形粒状稀疏星点状浸染状构造,为矿石中主要的构造形式,在透辉石斜长石角岩型中沿片理浸染常表现为较明显。

(2)细脉状构造:有两种情况:一种为辉钼矿、白钨矿、黄铁矿、磁黄铁矿单一或共同与脉石矿物组成的细脉,为主要的构造形式;另一种情况为单一的辉钼矿或黄铁矿(磁黄铁矿)组成单矿物细脉(薄膜)分布和充填在各类矿石基质中构成,为次要的构造形式。

(3)角砾状构造:辉钼矿、白钨矿或其它金属硫化物呈片状、自形~他形粒状沿角砾岩的砾石间隙充填交代构成的角砾状构造。

5 原矿粒度特征

5.1 辉钼矿嵌布特征

辉钼矿是矿石中主要的含钼矿物,在矿石中的含量约0.2%~0.3%。含有类质同象混入物铼,是分散元素铼的主要载体矿物。辉钼矿呈叶片状、薄板状自形晶,多以弯曲的片状、鳞片状、束状、放射

状、簇状以及团状、发丝状集合体分布在脉石矿物的粒间,也有少部分辉钼矿分布在黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿与脉石矿物粒间,以及脉石矿物的裂隙或包裹在脉石矿物之中。辉钼矿以粒间嵌布形式为主,与脉石矿物以及金属硫化物接触界线较为平直,嵌布粒度一般为0.04~0.5 mm,其分布率在87.2%,粗粒达1 mm,细粒小于0.01 mm,分布率相对较低。辉钼矿的原生粒度统计结果见表4。

表4 辉钼矿的原生嵌布粒度

粒级/mm	粒径总长度/ μm	分布率/%	累计/%
1~0.5	2680	5.64	5.64
0.5~0.3	3980	8.37	14.01
0.3~0.15	12390	26.07	40.08
0.15~0.074	15155	31.89	71.97
0.074~0.04	9920	20.87	92.84
~0.04	3398	7.16	100
合计	47523	100.00	

5.2 原矿单体解离度测定

通过对原矿(-2 mm)样品进行筛分、称重、化验,计算出分布率,结果见表5。

表5 原矿-2 mm筛析结果

粒级/mm	重量/g	产率/%	Mo品位/%	Mo分布率/%	累计/%
+1.0	208.15	41.38	0.13	28.48	28.48
-1.0+0.5	105.08	20.89	0.20	22.13	50.61
-0.5+0.25	54.88	10.91	0.23	13.29	63.90
-0.25+0.10	52.40	10.42	0.37	20.43	84.33
-0.10+0.074	16.07	3.20	0.30	5.08	89.41
-0.074+0.045	17.04	3.39	0.23	4.13	93.54
-0.045+0.038	14.94	2.97	0.16	2.49	96.03
-0.038	34.42	6.84	0.11	3.97	100.00
合计	502.98	100.00	0.19	100.00	

从表5可知,在0.074 mm以上中的钼分布率为89.41%。说明辉钼矿颗粒较粗。

通过在实体显微镜镜下对各粒级样品进行单体解离情况统计,结果见表6。

通过磨制砂光片在反光显微镜下观察,发现解离情况基本与在实体显微镜镜下观察结果相近,具体如下:-2+1 mm全部为连生体和脉石集合体;-1+0.5 mm有极少量单体,连生体为主;-0.5+0.25 mm辉钼矿单体约为一半,连生体的粒度很细

小,小于0.04 mm; -0.25 + 0.10 mm 辉钼矿以单体为主,连生体约为 20%,粒度细小; -0.10 + 0.074 mm 辉钼矿以单体为主,连生体很少。

表6 原矿筛析样品中辉钼矿单体解离度

粒级 /mm	单体颗粒 数/个	连体颗粒 数/个	颗粒总数 /个	单体解离 度/%
-2 + 1	0	1524	1524	0
-1 + 0.5	12	1186	1198	1.0
-0.5 + 0.25	782	743	1525	51.3
-0.25 + 0.1	924	243	1167	79.2
-0.1 + 0.074	1210	65	1275	94.9
-0.074 + 0.045	1093	22	1115	98.0

从总的统计结果来看,在 0.074 mm 以上辉钼矿解离度为 94.9%,属于中细粒嵌布。

6 结论

(1) 多项分析表明,原矿样品中 Re 含量 < 10 g/t, S < 1%, 均低于综合回收指标; WO₃ 含量 0.06% 达到综合回收指标。化学物相分析表明,矿石中钼

以硫化钼为主,氧化钼少量,仅占 5.88%,说明三道庄钼矿为原生硫化物型钼矿石。

(2) 三道庄钼矿矿石成分复杂,金属矿物种类繁杂,有辉钼矿、黄铁矿、磁黄铁矿、钛铁矿、黄铜矿、闪锌矿、褐铁矿、白钨矿、钼钙矿等。脉石矿物以石榴子石、透辉石、闪石(透闪石、阳起石)、石英以及长石、方解石、云母等为主。

(3) 原矿粒度分析表明,辉钼矿以粒间嵌布形式为主,嵌布粒度一般为 0.04 ~ 0.5 mm,其分布率为 87.2%,在 0.074 mm 以上辉钼矿解离度为 94.9%,属于中细粒嵌布。原矿 -2 mm 筛析结果中,在 0.074 mm 以上中的钼分布率为 89.41%,说明辉钼矿颗粒较粗。建议优化磨矿制度,以提高回收率。

参考文献:

- [1] 杨根生,黄超勇,王秋云,等. 河南省钼矿床的分布规律和找矿特征[J]. 矿产与地质,2007,21(4):421-424.
- [2] 周乐光. 矿石学基础[M]. 北京:冶金工业出版社,2003.

深切悼念本刊原主编张克仁研究员

我国矿物工程领域杰出专家、中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所原所长、国家非金属矿工程技术研究中心名誉主任、《矿产保护与利用》主编张克仁同志,因病医治无效,于 2011 年 1 月 18 日 6 时 49 分,在河南省人民医院逝世,享年 75 岁。

张克仁同志 1936 年 1 月 21 日出生于河南开封市,1959 年中南矿冶学院选矿专业研究生毕业,曾任地矿部矿产综合利用研究所所长、郑州矿产综合利用研究所所长、党委委员,研究员,2001 年 7 月退休。1999 年任《矿产保护与利用》期刊主编至今。

张克仁同志学识渊博,为国家、部、省科技决策做出过重要贡献。先后荣获全国科学大会奖和地矿部重大成果奖,荣获省部科技成果二等奖五项、三等奖一项;1991 年获国务院政府特殊津贴。他曾担任中国地质学会理事、矿产综合利用专业委员会主任委员、中国矿业协会理事、选矿专业委员会副主任、第三批中国地质科学院高咨中心委员、四川省人民政府科技顾问、河南省矿协副会长、武汉钢铁集团高级顾问、攀钢集团公司特聘专家等。近年来,一直从事矿产资源综合利用试验研究和国家矿产资源规划、科研和工程项目编制及立项论证工作,参加了科技部“十一五”规划研究、国土资源部“十一五”规划研究(矿产资源节约与综合利用部分)、中国地质调查局科技中长期发展规划纲要制订。

张克仁同志为我国地质科技事业贡献出了毕生精力。我们永远怀念他!

《矿产保护与利用》编辑部