

西藏某银铅多金属矿石工艺矿物学

侯俊富¹, 赵志强², 付强², 吴连方¹, 张革利³, 冯军⁴, 袁华山⁴, 李力⁴

(1. 藏东矿业股份有限公司, 西藏 昌都 854000;

2. 北京矿冶研究总院, 北京 102628;

3. 宝鸡西北有色 717 总队有限公司, 陕西 宝鸡 721012;

4. 中铝西藏矿业有限公司, 西藏 拉萨 85000)

摘要: 通过化学分析、化学物相分析、光学显微镜鉴定, 并结合扫描电镜分析、X-射线衍射分析等手段, 对西藏某银铅多金属矿进行了系统的工艺矿物学研究。研究结果表明, 矿石中银、铅、锌为有回收价值的元素, 铜和金单独回收难度较大。银矿物主要为辉银矿, 银黝铜矿; 铅矿物主要为方铅矿、铅矾和铅铁矾; 锌矿物主要为闪锌矿; 铜矿物主要为黄铜矿、黝铜矿及铜蓝等。其它金属矿物主要为赤铁矿、褐铁矿和黄铁矿。脉石矿物主要为石榴子石、石英、绿泥石等。选择 -0.074 mm 60% 作为较佳磨矿细度可以保证载银矿物方铅矿的单体解离, 而其它矿物充分解离则需进一步磨细。辉银矿粒度很细, 单独选出银精矿的可能性较小, 与载体矿物方铅矿、黝铜矿在浮选过程中将随载体矿物一起进入到相应的选矿产品中。该研究对于选别银铅锌铜多金属矿有一定的指导意义。

关键词: 银铅多金属矿; 工艺矿物学; 西藏

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2018.02.016

中图分类号: TD989;P575

文献标志码: A

文章编号: 1000-6532(2018)02-0070-07

矽卡岩型银铅锌铜多金属矿床, 矿石成分复杂, 共生紧密, 氧化程度高, 选矿难度大。已有学者对该类矿石选矿进行了大量的探索研究, 为该类矿石提高矿石综合利用率和回收率提供了良好的参考资料^[1-7]。矿石工艺矿物学研究对选矿工艺流程的设计有重要作用^[8]。

1 矿石物质组成

表 1 原矿主要化学成分分析结果 /%

Table 1 Chemical analysis of the raw ore

Ag*	Au*	Cu	Pb	Zn	S	Fe	As	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	C
220	0.30	0.29	3.22	1.12	3.40	12.21	0.052	42.32	8.43	16.59	1.94	0.37	<0.005	0.071

* 单位为 g/t

1.1 原矿多元素分析

对原矿样进行化学多元素分析, 结果见表 1。由表 1 可知, 该银铅锌多金属矿中银、铅和锌的品位分别为 220 g/t、3.22% 和 1.12%; 伴生元素铜和金的品位分别为 0.29% 和 0.30 g/t, 可考虑综合回收; 有害元素砷的含量为 0.052%, 需要注意其对铅锌精矿质量的影响。

1.2 矿石银、铅及锌的化学物相分析

将原矿综合样碾磨至其粒度全部小于 0.074 mm 后进行矿石中银、铅、锌和铜的化学物相分析, 其分析结果分别见表 2~5。

表 2 银的化学物相分析结果

Table 2 Analysis results of silver phase

相别	氧化银	裸露硫化银	硫化物包裹银	褐铁矿(铅矾)包裹银	硅酸盐包裹银	合计
含量 /10 ⁻⁶	0.90	97.36	51.13	46.12	23.01	218.52
分布率 /%	0.41	44.55	23.40	21.11	10.53	100.00

收稿日期: 2016-08-27

作者简介: 侯俊富 (1972-), 男, 高级工程师, 硕士, 从事矿产勘查管理与研究。

表3 铅的化学物相分析结果
Table 3 Analysis results of the lead phase

相别	硫化铅	硫酸铅	碳酸铅	氧化铁 (铅铁矾)	硅酸盐	合计
含量/%	1.60	0.69	0.10	0.70	0.11	3.20
分布率/%	50.00	21.56	3.13	21.88	3.43	100.00

表4 锌的化学物相分析结果
Table 4 Analysis results of the zinc phase

相别	硫化锌	其它锌	合计
含量/%	0.98	0.14	1.12
分布率/%	87.19	12.81	100.00

表5 铜的化学物相分析结果
Table 5 Analysis results of the copper phase

相别	自由氧化铜	次生硫化铜	原生硫化铜	结合氧化铜	总铜
含量/%	0.011	0.11	0.128	0.040	0.289
分布率/%	3.81	38.06	44.29	13.84	100.00

表2显示矿石中银主要以裸露硫化银的形式存在,分布率为44.55%;其次以包裹于硫化物和褐铁矿(铅矾)的形式存在,分布率分别为23.40%、21.11%;还有10.53%的银包裹于硅酸盐中。

表3显示铅主要以硫化铅的形式存在,其分布率为50.00%;其次以氧化铅的方式产出,其中硫酸铅分布率为21.56%,碳酸铅分布率为3.13%;还有21.88%的铅一部分以铅铁矾的形式存在,一部分以吸附态或者微细粒包裹的形式赋存于褐铁矿中;另有3.43%的铅呈微细粒状包裹于脉石矿物中。

表4中结果显示锌主要以硫化物的形式存在,硫化锌中的锌占87.19%;另有12.81%的锌以离子吸附状态存在于褐铁矿或者呈微细粒包体分散于脉石矿物中。

表5结果显示铜主要以原生硫化铜的形式存在,分布率为44.29%;其次以次生硫化铜的形式存在,分布率为38.06%;还有一部分微粒铜矿物包裹在铅矾或者脉石矿物中合并为结合氧化铜。

1.3 矿石的矿物组成及相对含量

原矿中银矿物主要为辉银矿、含银黝铜矿;铅矿物主要为方铅矿,其次为铅矾,另有少量的铅铁矾、白铅矿和微量的车轮矿、硫铋铅矿;铜矿物主要为黄铜矿,其次为黝铜矿和铜蓝,另有少量

的蓝辉铜矿和微量斑铜矿;锌矿物主要为闪锌矿。其他金属矿物主要为褐铁矿,其次为黄铁矿、赤铁矿,另有少量的磁铁矿、毒砂、辉铅铋矿、铋华、硫砷铅铜矿、白钨矿、金红石等金属矿物。非金属矿物主要为石榴子石,其次为石英,另有少量绿泥石、滑石、白云母、伊利石、高岭石和微量钾长石、绿帘石、石膏、方解石、磷灰石等(见表6)。

表6 矿石的矿物组成及相对含量
Table 6 Mineral composition and content of the ores

矿物名称	含量/%	矿物名称	含量/%
方铅矿	1.97	金红石	0.35
铅矾	1.01	石榴子石	48.85
白铅矿	0.13	绿泥石	3.86
闪锌矿	1.58	白云母伊利石	3.64
黄铜矿	0.37	滑石	3.48
黝铜矿	0.29	高岭石	1.95
铜蓝蓝辉铜矿	0.06	绿帘石	0.42
黄铁矿	4.25	钾长石	0.34
褐铁矿	6.36	其他	1.68
赤铁矿	2.10	合计	100.00

2 重要矿物的嵌布特征

2.1 辉银矿

辉银矿主要呈不规则状、细脉状、微细粒状包裹于方铅矿中;有时可见辉银矿嵌布于铅矾矿物内或者分布在铅矾与方铅矿的交界处;少量辉银矿分布在褐铁矿及其他脉石矿物中。辉银矿粒度为0.005~0.015 mm。

2.2 方铅矿

方铅矿是原矿中铅的主要硫化物,方铅矿主要呈不规则状分布在脉石矿物中,其中有一部分方铅矿呈微细粒浸染于脉石矿物中。常见方铅矿被铅矾、铜蓝等金属矿物沿边缘或裂隙浸蚀交代,一部分方铅矿呈微细粒颗粒残留在铅矾中;其次,方铅矿与闪锌矿共生关系也比较密切,常表现为方铅矿交代早期闪锌矿,其接触边界多为港湾状或者呈相互包裹形式产出;有时可见方铅矿与黄铜矿、黝铜矿紧密共生;有时可见方铅矿沿黄铁矿晶粒间隙和裂隙填充呈网状状;偶尔可见方铅矿中包裹有细粒的辉银矿。

2.3 铅矾, 铁铅矾

铅矾是原矿中主要的氧化铅矿物, 多呈不规则状产出。铅矾是方铅矿氧化后的产物, 常与方铅矿紧密共生在一起, 有利于铅的浮选回收。铅矾多沿方铅矿边缘或裂隙浸蚀交代, 在铅矾内部常见有孤岛状或者星状方铅矿; 有时在铅矾内部还能见到星点状的铜蓝; 有时可见铅矾与褐铁矿紧密共生; 有时可见铅矾与黄铁矿、闪锌矿等硫化物嵌布在一起。

铅铁矾是含铅的矿物之一, 多呈不规则状分布在脉石矿物中。铅铁矾与铅矾、方铅矿共生关系密切, 常见铅铁矾分布在铅矾或者方铅矿的边缘; 有时可见铅铁矾与褐铁矿紧密共生在一起。

2.4 白铅矿

白铅矿也是铅的氧化物之一, 其含量较少, 常交代铅矾并与之一起又交代方铅矿, 偶尔可见白铅矿与黄铜矿、闪锌矿等硫化物共生在一起。

2.5 闪锌矿

闪锌矿是原矿中主要的锌矿物, 主要呈半自形、它形粒状分布在脉石矿物中。闪锌矿与黄铜矿的嵌布关系比较密切, 其共生边界多弯曲不平, 且在闪锌矿内部常见粒状和不规则状黄铜矿包裹体, 磨矿过程中不易相互解离, 影响铜、锌分离; 部分闪锌矿与方铅矿紧密共生, 两者常呈复杂的共生边界嵌布在一起或者以互相包裹的形式产出; 有时可见闪锌矿与黄铁矿毗邻连生, 有的闪锌矿内还包裹有细粒黄铁矿。

闪锌矿的扫描电镜能谱分析, -2mm 原矿中 20 个闪锌矿颗粒普遍含 Fe, 铁含量变化范围一般为 0.5% ~ 3.0%, 平均铁含量为 1.85%; 偶尔可见闪锌矿中含有钴, 钴的平均含量为 0.08%。

2.6 黄铜矿

黄铜矿是主要硫化铜矿物, 粒度粗细不均匀, 主要呈不规则状分布在脉石矿物中, 少部分以微细粒浸染于脉石矿物内。其次, 黄铜矿与闪锌矿、

方铅矿嵌布关系较为复杂, 其共生边界常呈港湾状或以相互包裹的形式产出, 有一部分乳滴状黄铜矿呈固溶体分离结构星散于闪锌矿中, 这部分黄铜矿粒度常小于 0.005 mm, 磨矿时难以与闪锌矿相互解离, 影响铜、锌分离。有时可见黄铜矿与黄铁矿、黝铜矿、斑铜矿共生; 偶见黄铜矿中包裹有微细粒银矿物, 可与之一并回收。

2.7 黝铜矿

原矿中的黝铜矿也是铜的主要硫化物之一, 同时也是 Ag 的主要载体矿物之一, 常呈不规则状嵌布在脉石矿物中。黝铜矿与方铅矿、车轮矿的共生关系较为密切, 两者常呈不规则边界共生或以相互包裹的形式存在; 有时可见黝铜矿与黄铜矿、闪锌矿、黄铁矿紧密共生。黝铜矿的嵌布粒度以细粒为主, 一般为 0.010 ~ 0.100 mm。通过黝铜矿的 X-射线能谱分析可知, 黝铜矿普遍含 Zn、Fe, 大部分黝铜矿含有微量 Ag, 黝铜矿平均含 Ag 0.45%、Zn 7.80%, 可见, 该原矿中大部分黝铜矿为锌黝铜矿, 为简便起见, 均简称为黝铜矿。

2.8 铜蓝, 蓝辉铜矿, 斑铜矿

铜蓝主要呈它形细粒或粒状集合体浸染于脉石中; 其次以微细粒分散于铅矾中, 特别是在铅矾与方铅矿的接触边界, 铜蓝的聚集密度更高; 有时可见铜蓝沿黄铜矿、方铅矿、闪锌矿边缘、裂隙充填交代或以星点状包裹于这些硫化物中。铜蓝的粒度一般为 0.001 ~ 0.05 mm。

蓝辉铜矿常与铜蓝连晶呈他形粒状集合体浸染于脉石矿物中, 或沿方铅矿、黄铜矿边缘、裂隙充填交代。

斑铜矿在原矿中的含量很少, 主要呈它形粒状和不规则状分布于脉石矿物中; 其次以与黄铜矿共生的形式存在, 常沿黄铜矿边缘交代。

2.9 黄铁矿

黄铁矿主要呈半自形、他形粒状分布在脉石矿物中; 其次以与方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、黝

铜矿等硫化物连生的形式产出，在黄铁矿中常有方铅矿、黄铜矿等包体；另有少量黄铁矿被褐铁矿交代呈残余结构。

2.10 褐铁矿，赤铁矿

褐铁矿是该原矿中常见的氧化铁矿物，粒度分布极不均匀，多以粒状、脉状、不规则状、同心环带状、蜂窝状及胶状等形式产出。部分褐铁矿沿黄铁矿边缘、裂隙交代，有的褐铁矿内部残留有细粒黄铁矿，有的褐铁矿显示黄铁矿假象；有时可见细粒方铅矿、铅矾、白铅矿、铜蓝充填或者包裹于褐铁矿内。

由于褐铁矿的成因比较复杂，所以褐铁矿的组成变化很大，X射线能谱分析，褐铁矿除含铁外，还含锰、铅、锌、钙、铝。褐铁矿中 Fe_2O_3 的含量为72.46%，其中Mn、Pb及Zn的含量分别为3.01%、4.75%及1.20%。原矿中的赤铁矿多呈它形粒状、针状及放射状集合体的形式分布于脉石矿物中。

3 重要金属矿物的粒度特征

为了解原矿中重要矿物的粒度分布特性，以便确定合理的磨矿细度，故在显微镜下用线段法对块样中的方铅矿、铅矾（包括少量白铅矿）、铅矿物集合体（指方铅矿、铅矾、白铅矿及其集合体）及闪锌矿的粒度进行统计，统计结果见表7。因原矿中方铅矿与氧化铅常紧密嵌布在一起，所以测定了铅矿物集合体的粒度。

方铅矿、铅矾以及闪锌矿的粒度特征见表7，8。结果显示：原矿中铅矿物与锌矿物均以中粗粒为主，且方铅矿及铅矿物集合体的粒度相对较粗，铅矾与闪锌矿次之。在+0.3 mm粒级中，方铅矿、铅矾、铅矿物集合体与闪锌矿的占有率分别为67.44%、38.63%、70.99%和44.75%。在-0.010 mm粒级中，方铅矿、氧化铅集合体、铅矿物集合体与闪锌矿的占有率分别为5.07%、2.76%、1.11%和1.26%。

表7 原矿中重要矿物的粒度统计
Table 7 The main mineral grain size statistics of the raw ores

粒度范围 /mm	方铅矿 /%		铅矾 /%		铅矿物集合体 /%		闪锌矿 /%	
	分布率	累计	分布率	累计	分布率	累计	分布率	累计
>2	7.23	7.23	-	-	18.28	18.28	1.49	1.49
-1+1.651	5.17	12.40	-	-	3.01	21.29	0.98	2.47
-1.651+0.833	9.39	21.79	5.02	5.02	11.74	33.03	1.40	3.87
-0.833+0.589	12.08	44.25	7.54	16.10	9.39	49.85	4.55	12.36
-0.589+0.417	16.14	60.38	12.45	28.55	12.04	61.89	13.12	25.48
-0.417+0.295	7.05	67.44	10.07	38.63	9.11	70.99	19.28	44.75
-0.295+0.208	5.07	72.51	5.43	44.06	5.07	76.06	13.10	57.86
-0.208+0.147	6.05	78.56	11.33	55.39	5.29	81.35	16.82	74.68
-0.147+0.104	2.97	81.53	12.03	67.42	3.64	84.99	9.55	84.23
-0.104+0.074	3.11	84.64	8.50	75.92	3.09	88.08	5.04	89.27
-0.074+0.043	4.54	89.18	11.90	87.81	4.89	92.97	5.60	94.86
-0.043+0.02	3.04	92.22	6.14	93.95	3.43	96.41	2.37	97.23
-0.02+0.015	1.65	93.88	1.80	95.76	1.09	97.50	0.82	98.05
-0.015+0.01	1.06	94.93	1.49	97.24	0.91	98.40	0.70	98.74
-0.01	5.07	100.00	2.76	100.00	1.11	99.52	1.26	100.00

表 8 原矿中重要矿物的嵌布粒度特征 /%

Table 8 The main mineral mosaic granularity of the raw ores

粒级 /mm	粗粒 +0.3	中粒 -0.3+0.074	细粒 -0.074+0.01	微粒 -0.01
方铅矿	67.44	17.20	10.29	5.07
铅矾	38.63	37.29	21.32	2.76
铅矿物集合体	70.99	17.08	10.32	1.11
闪锌矿	44.75	44.52	9.48	1.25

4 重要金属矿物的解离度

将原矿 (-2 mm) 磨至不同细度, 在显微镜下分别测定了不同磨矿细度下方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、铅矾的单体解离度, 统计结果见表 9~12。从表 9~12 可以看出, 当磨矿细度达到 -0.074 mm 55% 时, 方铅矿、铅矾、闪锌矿、铜矿物的单体解离度分别为 79.36%、68.94%、65.80% 和 60.81%, 当磨矿细度增至 -0.074 mm 60% 时, 方铅矿的解离度达到 88.43%。但是铅矾、闪锌矿、铜矿物集合体的解离度为 74.25%、70.61%、66.03%, 解离程度不是很高。其中, 方铅矿与铅矾的嵌布关系较为密切, 两者互相嵌连产出的方式较多, 与铅矾连生的方铅矿占到 3.57%, 在硫化物浮选作业过程中, 这部分铅矾将可能会随与之连生的方铅矿一块进入到铅精矿中。而闪锌矿与黄铜矿的嵌布关系较为复杂, 黄铜矿常呈微、细粒状包裹在闪锌矿中, 与黄铜矿连生的闪锌矿占到 20.53%, 同时与闪锌矿连生的黄铜矿占到 15.56%, 两者难以互相解离。

随着磨矿细度的进一步提高, 方铅矿的单体解离度也随之增加, 但幅度不大。铅矾的解离程度也呈增高趋势, 但是其单体以及与方铅矿连生的那一部分总和基本在 90% 左右, 提升幅度不高。同时, 闪锌矿与铜矿物的解离程度也均没有明显的增高, 主要原因是两者彼此连生、包裹较为复杂, 当磨矿细度达到 80% 时, 闪锌矿与黄铜矿的单体解离度才分别达到 81.06% 和 76.07%, 需要进一步细磨才能使其充分解离。

表 9 方铅矿的单体解离特征

Table 9 Galenite monomer dissociation degree

磨矿 细度 -0.074 mm/%	单 体 /%	连生体 /%					合计
		与黄 铁矿	与闪 锌矿	与铜 矿物	与 铅矾	与 脉石	
55	79.36	1.65	4.87	1.56	5.89	6.67	100.00
60	88.43	1.47	2.47	1.33	3.57	2.73	100.00
65	90.99	0.55	1.81	1.02	3.43	2.20	100.00
70	92.01	0.45	1.19	0.93	3.26	2.16	100.00
80	93.04	0.45	1.01	0.82	2.68	2.00	100.00

表 10 铅矾的单体解离特征

Table 10 Sardinianite monomer dissociation degree

磨矿 细度 -0.074 mm/%	单 体 /%	连生体 /%					合计
		与方 铅矿	与黄 铁矿	与闪 锌矿	与铜 矿物	与脉 石	
55	68.94	16.56	1.53	1.78	4.01	7.18	100.00
60	74.25	13.25	1.11	0.95	3.94	6.50	100.00
65	79.79	11.19	0.46	0.65	2.92	4.99	100.00
70	81.34	10.15	0.38	0.55	2.81	4.77	100.00
80	84.78	7.29	0.35	0.49	2.76	4.33	100.00

表 11 闪锌矿的单体解离特征

Table 11 Sphalerite monomer dissociation degree

磨矿 细度 -0.074 mm/%	单 体 /%	连生体 /%					合计
		与黄 铁矿	与铜 矿物	与方 铅矿	与铅 矾	与脉 石	
55	65.80	0.61	22.00	6.81	0.67	4.11	100.00
60	70.61	0.54	20.53	4.43	0.55	3.44	100.00
65	74.98	0.35	18.11	3.44	0.11	3.01	100.00
70	79.18	0.31	17.01	1.70	0.06	1.74	100.00
80	80.60	0.24	16.07	1.38	0.06	1.65	100.00

表 12 铜矿物的单体解离特征

Table 12 Copper mineral dissociation degree

磨矿 细度 -0.074 mm/%	单 体 /%	连生体 /%					合计
		与黄 铁矿	与闪 锌矿	与方 铅矿	与铅 矾	与脉 石	
55	60.81	4.16	17.48	6.01	4.98	6.56	100.00
60	66.03	3.45	15.56	5.29	4.43	5.24	100.00
65	70.36	2.55	13.55	4.91	3.79	4.84	100.00
70	73.01	1.97	12.94	4.25	3.49	4.34	100.00
80	76.07	1.69	12.09	3.17	3.61	3.37	100.00

5 影响银铅锌铜回收的矿物学因素

5.1 影响原矿中银回收的矿物学因素

辉银矿粒度很细, 一般集中在 0.005~0.015 mm, 在一般的磨矿条件下银矿物单体解离较困难, 单

独选出银精矿的可能性较小。但银与载体矿物方铅矿、黝铜矿关系密切,在浮选过程中将随载体矿物一起进入到相应的选矿产品中。

部分辉银矿和含银黝铜矿呈微细粒包裹在褐铁矿或者其它脉石矿物中,将损失于尾矿中。

部分含银黝铜矿呈微细粒包裹于闪锌矿中,单体解离较困难而最终进入锌精矿,由于锌精矿中银的计价比铅精矿中银的计价低很多,所以会降低矿山的经济效益。

有一部分方铅矿和铅矾呈细粒浸染状分布在褐铁矿及脉石矿物或者在黄铁矿的微细裂隙中呈细脉状分布,这些嵌布类型的方铅矿及铅矾解离较困难,与这种方铅矿有关的银矿物也难以回收。

5.2 影响原矿中铅回收的矿物学因素

化学物相分析结果表明,原矿中有 21.88% 的铅一部分以铅铁矾的形式存在,一部分以吸附态或者微细粒包裹的形式赋存于褐铁矿中,在浮选氧化铅的作业中,这些铅多损失于浮选尾矿中,这也将直接影响原矿中铅的选矿指标。

原矿中方铅矿、铅矾在 -0.010 mm 粒级中的占有率分别为 5.07% 和 2.76%,除两者以彼此连生的形式存在的这部分可以在浮选过程中一并回收外,其余微粒方铅矿、铅矾主要浸染于脉石矿物中或者包裹于闪锌矿、黄铜矿等硫化物中,在浮选过程中既会影响铅的浮选回收率,同时也使得铅、锌或铅、铜分选难度增大。

5.3 影响原矿中锌回收的矿物学因素

锌的赋存状态研究表明,原矿中有部分锌以吸附态赋存于褐铁矿,另有少量的锌以类质同像的形式存在于黝铜矿中,这些以分散形式存在的锌在选矿过程中难以回收。

闪锌矿与黄铜矿共生关系特别密切,常见闪锌矿中包裹有微、细粒的黄铜矿,会提高闪锌矿的浮游性能,这部分闪锌矿将可能会随黄铜矿进入到铜精矿中,是影响锌回收率及铜、锌分离的主要因素。

扫描电镜分析结果显示,闪锌矿中含有 1.85% 的 Fe,是影响锌精矿品位的因素之一。

5.4 影响原矿中铜回收的矿物学因素

铜矿物主要为黄铜矿和黝铜矿,其次为铜蓝和蓝辉铜矿。黄铜矿、黝铜矿常与闪锌矿、方铅矿共生关系密切,常见这些硫化物彼此交错嵌生或者以相互包裹的形式产出,同时还有一部分铜蓝呈微细粒分布在铅矾或者脉石内部,这些铜矿物在磨矿过程中不易单体解离,增加铜、铅分离或者铜、锌分离的难度。

在黝铜矿中常含有 6.59% 的 Zn,一定程度上会影响铜的品位。此外,在原矿中见到有一定量的绿泥石、高岭石、滑石及白云母等层状硅酸盐矿物,在磨矿过程中易产生泥化现象,因此在磨矿过程中要防止过磨现象的产生,同时在浮选过程中对这些矿物加以抑制。

6 结 论

(1) 原矿中有价元素主要为银、铅和锌,伴生元素铜、金可考虑综合回收。原矿中银矿物主要为辉银矿及含银黝铜矿;铅矿物主要为方铅矿,其次为铅矾,另有少量的白铅矿、铅铁矾和微量的车轮矿、硫铋铅矿;铜矿物主要为黄铜矿,其次为黝铜矿和铜蓝,另有少量的蓝辉铜矿和微量斑铜矿;锌矿物主要为闪锌矿;其它金属矿物主要为褐铁矿、赤铁矿、黄铁矿等。非金属矿物主要为石英、石榴子石、绿泥石、滑石、白云母、高岭石等。

(2) 原矿中银的载体矿物辉银矿的粒度很细,一般分布在 0.005 ~ 0.015 mm,黝铜矿粒度集中在 0.010 ~ 0.100 mm;铅矿物与锌矿物均以中粗粒为主,在 +0.074 mm 粒级中,方铅矿、铅矾、闪锌矿的占有率都大于 75%。

(3) 当磨矿细度在 -0.074 mm 60% 时,方铅矿的解离度达到 88.43%,解离比较充分,而铅矾、闪锌矿、铜矿物集合体的解离度均小于 75%,解离程度不是很高。其中,铅矾与方铅矿的嵌布关系较为密切,在硫化物浮选作业过程中,有一部分铅矾将可能会随之连生的方铅矿一块到铅精矿中。而闪锌矿与黄铜矿的嵌布关系较为复杂,需要进一步细磨才能使两者解离。

(4) 银常以分散形式存在于方铅矿、黝铜矿

中,在浮选过程中将随铅、铜走向进入到相应的产品中去。铅、锌的赋存状态比较复杂。铅除方铅矿、铅矾、白铅矿的形式存在外,尚有部分铅与铁结合以铅铁矾的形式产出,还有部分铅呈分散的形式赋存于褐铁矿中,铅铁矾及分散在褐铁矿中的铅约占铅总量的 20% 左右;锌除闪锌矿的形式存在外,还以吸附态赋存于褐铁矿和以类质同像的形式存在于黝铜矿。

(5) 原矿中硫化物彼此之间相互嵌连紧密,特别是在闪锌矿中包裹大量的微、细粒黄铜矿,还有大部分铜蓝呈微细粒包裹在铅矾内,一方面会影响铜、铅、锌的选矿回收率,一方面会增加铜、锌分离或者铜、铅分离的难度。

(6) 原矿中脉石矿物组成较复杂,特别是绿泥石、高岭石、伊利石、白云母、滑石等这些矿物在磨矿过程中易泥化,会对浮选指标产生不利影响。

参考文献:

- [1] 王云,张丽军.复杂铜铅锌多金属硫化矿选矿试验研究[J].有色金属:选矿部分,2007(6):1-6.
- [2] 刘杰,纪军,孙体昌,曹志成,等.某复杂难选铅锌多金属硫化矿选矿试验研究[J].有色金属:选矿部分,2010(3):13-16.
- [3] 曹俊雅,鲁倍倍,马斌,等.氧化铅锌矿硫化技术研究进展[J].矿产综合利用,2016(2):17-21.
- [4] 何翔,陈昌员.低品位复杂难选铜铅锌矿选矿工艺[J].矿产综合利用,2016(3):19-21,29.
- [5] 蒋素芳,郭玉武,魏党生,等.四川某难选硫铁铅锌矿合理选矿工艺研究[J].矿产综合利用,2016(3):35-39.
- [6] 惠博,徐莺,赵开乐,等.汉源某氧化铅锌矿难选原因分析及流程推荐[J].矿产综合利用,2016(3):76-79.
- [7] 张锦林,李朝晖,王德海.难选铜铅锌多金属硫化矿选矿工艺的探讨[J].中国有色冶金,2004,33(4):68-71.
- [8] 谭伟军,冯泽平.青海某铜镍多金属硫化矿工艺矿物学研究[J].矿产综合利用,2015(2):56-59.

Study on Process Mineralogy for a Silver-lead Polymetallic Ore Deposit in Tibet

Hou Junfu¹, Zhao Zhiqiang², Fu Qiang², Wu Lianfang¹, Zhang Geli³, Feng Jun⁴, Yuan Huashan⁴, Li Li⁴

(1. Eastern Tibet Mining Co., Ltd., Qamdo, Tibet, China

2. Beijing General Research Institute of Mining and Metallurgy, Beijing, China;

3. The 717 Branch of the Northwest Nonferrous Geological Prospecting Bureau Co., Ltd., Baoji, Shaanxi, China; 721012;

4. Chinalco Tibet Mining Co., Ltd., Lhasa, Tibet, China)

Abstract: A detailed mineralogical characterization of a silver-lead Polymetallic ore in Tibet was studied by ways of chemical analysis, chemical phase analysis, optical microscopy identification, scanning electron microscopy and x-ray diffraction analysis. The results show that the valuable elements are Ag, Pb, Zn and Cu, Au separate recovery is difficult. The silver mineral is argentite and freibergite. The lead mineral is galenite, sardinianite and plumbojarosite. The zinc mineral mainly is sphalerite. The copper mineral is chalcopyrite, tetrahedrite, covellite and so on. Other metal mineral is hematite, limonite and pyrite. The gangue mineral is garnet, quartz and chlorite and so on. The optimal grinding fineness is -0.074mm of 60% to make sure that most of galenite with silver can be liberated from minerals and further grinding can make most of the minerals liberated. The argentite with fine grain size can not be separated, can be riched with carrier mineral galenite and tetrahedrite in the process of mineral processing. The research could be a reference to beneficiation of the silver-lead-zinc-copper polymetallic ores.

Keywords: Silver-lead polymetallic ore; Process mineralogy; Tibet