

两种含碳铅锌矿石预先除碳工艺对比研究

及亚娜¹, 孙体昌¹, 纪 军²

(1. 北京科技大学土木与环境工程学院, 北京 100083; 2. 北京矿冶研究总院, 北京 100044)

摘 要: 对比四川和内蒙古两个含碳铅锌矿石性质, 对两个矿石分别采取相同的预先除碳, 然后分别浮选铅、锌的工艺流程。分析比较了采用预先除碳工艺对铅、锌选别的影响, 结果表明, 四川龙塘铅锌矿石中的碳主要以有机碳存在, 而内蒙天宝山铅锌矿石中的碳主要以石墨的形式存在。采用相同的预先浮选除碳工艺, 都可以消除碳对铅、锌浮选的影响, 但龙塘矿石所得碳产品 1 可以合并到锌精矿中, 而天宝山矿石所得碳产品不能利用。

关键词: 含碳铅锌矿; 预先除碳工艺; 浮选

中图分类号: TD952.2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1004-4051 (2010) 02-0100-04

The comparative study on two carbonaceous lead-zinc ores using pre-decarbonization

JI Yan-a¹, SUN Ti-chang¹, JI Jun²

(1. Civil & Environment Engineering School, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China;

2. Beijing General Research Institute of Mining and Metallurgy, Beijing 100044, China)

Abstract: We compared the lead-zinc ores' properties from two places, Sichuan and Inner Mongolia. Predecarbonization was used to remove carbonaceous material in the two ores. And then the selective flotation for lead and zinc was adopted. We compared the effects coming from the process flow above. The results showed that the carbonaceous material in Sichuan Longtang ore was organic carbon and in Inner Mongolia Tianbaoshan was graphite. Using predecarbonization to the two ores could remove carbonaceous material. The carbon product 1 gained from Longtang ore could be mixed with zinc concentrate. But the carbon product 2 gained from Tianbaoshan ore could not be utilized at all.

Key words: carbonaceous lead-zinc ores; predecarbonization; flotation

如何消除含碳多金属硫化矿石分离过程中碳的影响, 一直是国内外选矿研究的难题之一。由于碳的可浮性好, 会随着铅、锌一起浮出, 并且由于矿物之间致密共生、互相嵌镶, 有些铅锌矿石铅锌分离本身就存在一定的困难, 再加上碳的干扰, 会严重影响铅锌矿的选别效果, 影响铅、锌精矿品位。

四川龙塘铅锌矿为一较典型的沉积-改造成因的层控型铅锌矿床, 其中含有大量的藻层纹石、叠层石白云岩及含藻白云岩^[1-2], 大量菌藻存在是龙塘铅锌矿中碳的来源。该矿区矿石中的碳以有机碳形式存在。

内蒙古天宝山铅锌矿处于狼山—渣尔泰矿带, 此矿带是我国北方重要的多金属成矿带。^[3-5] 该矿区赋矿围岩是一套海相沉积岩, 因为静水深海沉积的缺氧还原环境, 形成了高含量的碳质沉积。该矿区矿石中的碳主要以石墨形式存在。

以上两个矿山都存在铅锌矿石中含碳的问题, 由于碳的可浮性好, 它的存在造成铅、锌选别指标差, 经济效益低。比较两种矿石的矿石性质后, 对两个矿石中的碳分别进行了除碳处理, 目的是比较不同性质的含碳铅锌矿石采取相同除碳工艺后, 铅、锌选别指标的变化, 以及比较分析铅锌矿石中所含的易浮碳对铅、锌浮选的影响。

1 矿石性质研究对比

四川龙塘含碳铅锌矿石 (以下简称龙塘矿石) 是硫化铅锌矿石, 其中硫化物中的铅占铅总量的

收稿日期: 2009-08-31

作者简介: 及亚娜 (1981—), 女, 河北唐山人, 北京科技大学矿物加工博士生。

96.09%，硫化物中的锌占锌总量的 96.19%。内蒙古天宝山含碳铅锌矿石（以下简称天宝山矿石）也是硫化铅锌矿石，其中，硫化物中的铅占铅总量的 92.03%，硫化物中的锌占锌总量的 98.74%。分别对两种矿石进行了化学分析，结果见表 1。由表 1 可看出，两个矿石中有价金属均为铅、锌，且都具有工业开采的价值。其中，龙塘铅锌矿中铅、锌品位分别为 1.23%、8.78%；天宝山矿石铅、锌品位略低于龙塘石矿铅锌的品位，分别为 1.12%、5.58%。两种矿石中都含碳，且含碳量差别较大，龙塘矿石的含碳量达到 11.26%，而天宝山矿石的含量只有 4.30%。两种矿石化学成分的另一个主要区别是硫的品位，龙塘矿石硫品位为 4.68%，而天宝山矿石硫品位达为 25.95%。

表 1 两种矿石主要化学成分比较 (%)

化学成分	Pb	Zn	Cu	Fe	S	As	C	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Ag (g/t)
龙塘矿石	1.23	8.78	0.047	0.4	4.68	0.049	11.26	3.80	0.21	24.72	16.42	26.93
天宝山矿石	1.12	5.58	0.006	22.2	25.95	0.0058	4.30	14.4	2.83	12.87	4.13	26.93

表 2 两种矿石中矿物组成比较 (%)

矿石名称	矿物名称	闪锌矿	方铅矿	黄铜矿	神麝铜矿	黄铁矿	磁黄铁矿	钛铁矿	磁铁矿
龙塘矿石	含量 (%)	13.32	1.36	微量	0.10	0.42	微量	微量	微量
天宝山矿石	含量 (%)	10.07	1.2	微量	微量	26.38	19.77	微量	微量
矿石名称	矿物名称	白云石	方解石	有机碳	石墨	石英	云母	长石	其他矿物
龙塘矿石	含量 (%)	75.51	3.34	1.17	—	3.50	0.50	微量	0.78
天宝山矿石	含量 (%)	微量	14.10	—	2.61	1.55	5.19	9.46	9.67

为考察和比较不同矿石中碳与其他矿物的关系，进行了详细的工艺矿物学研究。结果表明，龙塘矿石中的有机碳分布比较广泛，中细粒有机碳常嵌生在脉石矿物中，有机碳多与闪锌矿紧密共生，或沿粗粒闪锌矿裂隙中嵌生，或呈微细粒沿闪锌矿周边嵌生，此外也有少量的有机碳以细粒-微细粒包裹的形式嵌生在闪锌矿中。磨矿时，部分有机碳与闪锌矿充分单体解离比较困难。天宝山矿石中，大多数石墨嵌布粒度比较细，多呈细小片状嵌布在脉石矿物中，也有部分与闪锌矿、方铅矿、磁黄铁矿等金属矿物紧密共生。少量结晶较差的石墨嵌布在闪锌矿中或与闪锌矿紧密共生，二者充分解离比较困难。

综上所述，龙塘矿石和天宝山矿石中均含碳，但碳的形式、含量以及与脉石矿物结合程度均不相同。龙塘矿石含有机碳，而天宝山矿石中含石墨。有机碳占龙塘矿石中总碳的比例小于石墨占天宝山矿石中总碳的比例。龙塘矿石中的有机碳与锌矿物结合紧密，而天宝山矿石中的石墨多与脉石结合紧密，也有相当部分与铅、锌矿物共生。

两种矿石的矿物组成见表 2。由表 2 可看出，虽然两个矿石中都有碳，但碳的存在形式不同。龙塘矿石中总碳含有 11.26%，有机碳在矿物组成中占 1.17%，结合表 1 数据，可计算出有机碳占总碳量的 10.39%；其他的碳主要含在白云石和方解石等脉石中，其中白云石中所含碳占总碳量的 87.47%，方解石中所含碳占总碳量的 3.56%，这部分碳基本不会影响铅、锌的浮选。天宝山矿石总碳含量为 4.30%。石墨在矿物组成中占 2.61%，占总碳量的 60.70%，其他含碳的脉石主要为方解石，占总碳量的 39.35%。由以上对比分析可见，天宝山矿石中易浮的碳含量要高于龙塘矿石中易浮的碳含量。因此，碳对天宝山矿石的影响要高于对龙塘矿石的影响。

2 除碳工艺研究及对比

针对矿石性质以及矿石中碳嵌布特点，为避免矿石中的碳对后面的铅、锌选别造成影响，对两种矿石进行了预先浮选除碳工艺小型试验。在进行详细条件试验的基础上，分别进行了闭路试验，闭路实验的原则流程以及产品的结果见图 1。

浮选闭路时，不同矿石的详细流程有所不同。对龙塘矿石，除碳流程为一次粗选一次扫选四次精选的预选；铅浮选为一次粗选一次扫选三次精选；锌浮选为一次粗选两次扫选三次精选。对天宝山矿石，除碳流程为一次粗选一次扫选一次精选；铅浮选为一次粗选一次扫选三次精选；锌浮选为一次粗选一次扫选三次精选。

由图 1A 图所列出的试验结果可以看出，由于龙塘矿石中碳和锌的紧密嵌生，碳产品 1 中锌的含量高达 46.25%，同时回收率也达到 22.36%。可将碳产品 1 作为一个锌精矿，但其中的铅的品位为 5.66%，不符合锌精矿的质量要求。将它与除碳后铅锌顺序浮选得到的锌精矿混合作为总的锌精矿，成为含锌 50.37%、回收率 95.34% 的合格锌

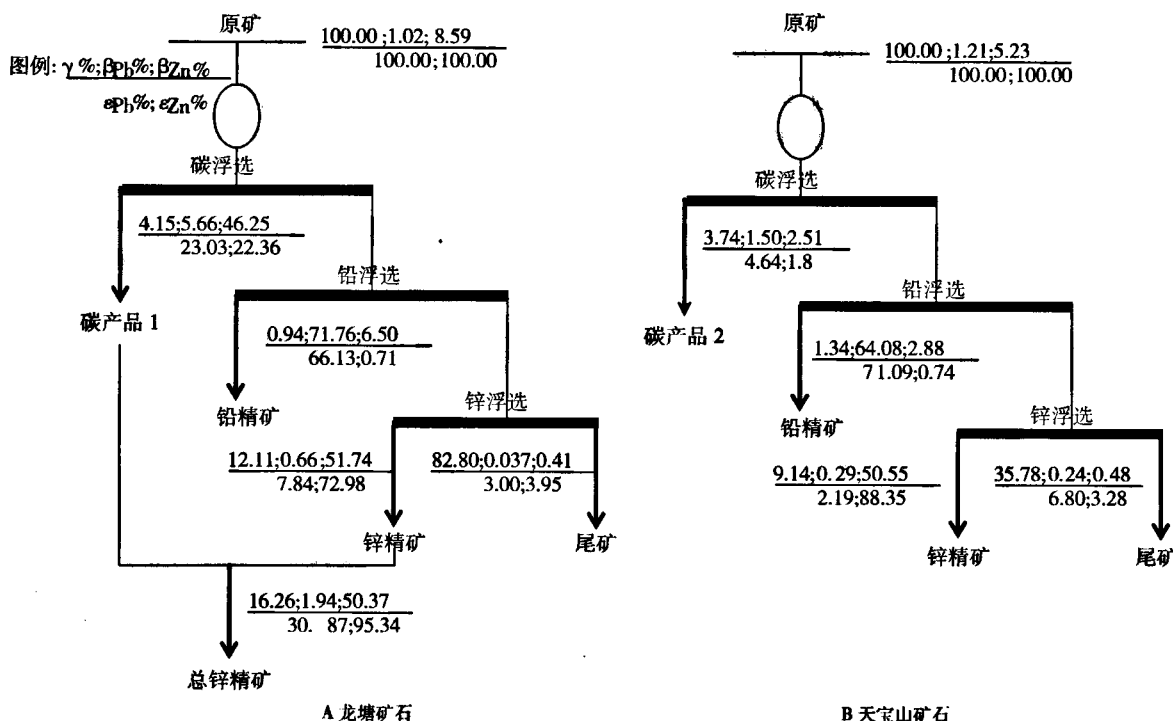


图1 两种矿石预先除碳原则流程及结果比较

精矿,其中含铅品位为1.94%,回收率为30.87%,这样才能具有最优的工业生产价值,同时也可以消除碳对铅锌浮选的影响。除碳后,进行铅锌顺序浮选,可以得到品位为71.76%、回收率为66.13%的铅精矿,其中含锌品位为6.50%、回收率为0.71%。

由图1B图所示,对于天宝山矿石,采取预选除碳工艺消除了碳对铅、锌浮选的影响,得到合格的铅、锌精矿。其中,铅精矿铅品位达到64.08%、回收率71.09%,锌品位为2.88%;锌精矿锌品位为50.55%、回收率88.35%,铅品位为0.29%。

由于在两种矿石中硫含量差异很大,在天宝山矿石中所含的硫比龙塘矿石中的硫高出4倍还多。因此,黄铁矿对天宝山矿石在浮选过程中的影响,要远高于龙塘矿石。天宝山矿石采用预先除碳工艺后,得到的碳产品2中,用肉眼就可见大量的黄铁矿颗粒。最终的产品显微镜下观察发现,该碳产品2中除了石墨外,金属矿物主要为黄铁矿,其矿物相对含量接近40%;其次为闪锌矿、方铅矿和磁黄铁矿,脉石矿物主要为微细粒的云母和方解石。由于碳产品2中有大量的黄铁矿存在,没有成为铅精矿或锌精矿的可能。而龙塘矿石采用预除浮碳工艺后,碳产品1中除有机碳外,主要金属矿物为闪锌矿,其次是方铅矿和少量的

黄铁矿,其他的脉石矿物很少。多数闪锌矿以细粒单体或与有机碳组成细粒连生体的形式产出,碳产品1中锌的品位能够达到低级别锌精矿的要求,同时也没有黄铁矿的干扰。因此,最终与除碳后铅锌顺序浮选得到的锌精矿混合,作为一个总的锌精矿产出。

由以上两个实际矿石试验可以看出,由于碳的天然可浮性好,铅锌矿中如果有大量碳的存在,确实影响铅、锌的品位和回收率。采用预先除碳的流程,使天宝山矿石和龙塘矿石都达到了除碳的目的,消除了碳对铅浮选影响,并得到合格铅精矿以及锌精矿。但如果应用预先除碳工艺,在实际操作过程中,碳是作为一种副产品还是精矿,要根据含碳铅锌矿石的性质以及碳与有价金属矿物的嵌布特征,来最终确定对碳产品处理的问题。

预先浮碳在浮碳过程中,必定会有部分细粒、易浮的方铅矿和闪锌矿以及部分连生体进入到碳产品中。在对龙塘矿石进行预先除碳过程中,得到的碳产品中,铅的品位达到5.66%,回收率高达23.03%,导致两个锌精矿混合后有30.87%的铅损失在锌精矿中,使得铅精矿中铅的回收率只有66.13%。天宝山矿石预先除碳所得的碳产品中,铅品位1.50%、回收率4.64%;锌品位2.51%、回收率1.8%,这会影响铅锌的回收率。因此,这种预先除碳工艺流程中,铅、锌的回收

率会低于一般的铅锌分离工艺。通过以上试验研究可以说明,预先除碳工艺在实际工程中是可以被采用的,但要根据含碳矿石的性质来确定最终的工艺流程。

3 结论

(1) 两种矿石中所含碳的存在状态不同,龙塘矿石含1.17%的有机碳,占总碳量的10.39%;天宝山矿石含2.61%石墨,占总碳量的60.70%。同时,龙塘矿石中的有机碳与锌矿物结合紧密,而天宝山矿石中的石墨多与脉石结合紧密。

(2) 虽然两种矿石中碳的含量和存在状态不同,但采用浮选预先除碳工艺,都可以消除碳对铅、锌选别的影响。经过除碳后再铅锌顺序浮选,两种矿石都可以得到合格的铅、锌精矿。但由于矿石性质的差异,两种矿石所得碳产品的处理方法不同,龙塘矿石所得碳产品1可以合并到锌精矿中,而天宝山矿石所得碳产品2不能利用。

(4) 在实际工业应用过程中,应根据含碳铅锌矿石的性质对碳产品进行处理。因为含碳铅锌矿在碳预处理工艺流程中,碳产品中会有部分铅、锌进入其中,所以铅、锌的回收率会低于不除碳直接进行铅、锌顺序分离浮选工艺。

参考文献

- [1] 徐旗章,等.四川盐边龙塘铅锌矿资源调查与评价[M].成都:成都科技大学出版社,1993:123-145.
- [2] 朱创业,张寿庭,等.菌藻在四川龙塘铅锌矿成矿过程中的作用[J].成都地质学报,1993,3(20):75-81.
- [3] 冯俊生.含碳铅锌多金属矿石除碳工艺[J].国外金属选矿,2001,(6):6-8.
- [4] 冯俊生.含碳铅锌多金属矿石除碳工艺的分析[J].黄金科学技术,2001,9(2):33-36.
- [5] 柳振江,王建平,付超,等.内蒙古甲生盘铅锌硫矿床地质特征及成矿机制研究[A].第九届全国矿床会议论文集[C].2008,11:269-270.