

白云鄂博铌资源特征及开发利用新进展

王维维^{1,2}, 杨占峰^{1,2}, 侯少春^{1,2}, 张立锋^{1,2}, 魏威^{1,2}

1. 包头稀土研究院 白云鄂博稀土资源研究与综合利用国家重点实验室, 内蒙古 包头 014030;
2. 稀土冶金及功能材料国家工程研究中心, 内蒙古 包头 014030

中图分类号: TD91; TD955 文献标识码: A 文章编号: 1001-0076(2020)05-0049-05
DOI: 10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2020.07.012

摘要 对白云鄂博铌资源特征、选矿技术进展及发展趋势做了详细评述, 指出白云鄂博矿石性质复杂是铌资源难以有效利用的主要因素, 单一选矿工艺处理白云鄂博铌资源研究较少, 主要是重选、磁选和浮选等工艺联合选别以及化学选矿, 针对铌资源开发利用存在的问题, 提出了先采用传统选矿方法预选富集获得铌精矿, 再进行氯化焙烧处理的思路, 对该铌资源的开发利用有良好的应用前景。

关键词 铌矿物; 赋存状态; 联合工艺; 化学选矿

铌是重要的稀有金属, 具有高熔点、高沸点、高延展性和抗腐蚀性等特点, 能与其它物质组成性能各异和品种繁多的新型材料, 大幅度提高产品的质量和性能, 已被广泛应用于军工国防、航空航天、特种材料、冶金、能源和农业等诸多领域, 是一种重要的战略资源。铌地壳丰度为 0.002%, 全球可用铌资源主要集中在巴西和加拿大^[1]。美国地质调查局的统计表明, 2019 年全球铌储量 908 万 t, 其中巴西 730 万 t (80.4%), 加拿大 160 万 t (17.6%), 两国合计占全球总量的 98.0%。除巴西和加拿大外, 中国、美国、俄罗斯和坦桑尼亚等国家也有铌资源分布, 但成分复杂, 资源禀赋差, 开采成本高。我国铌资源单一铌矿床少, 多金属共生矿床多, 矿石品位低, 与其它矿物共生, 嵌布较细, 开发利用难度大^[2]。但另有报道, 我国铌资源非常丰富, 储量居世界第二位, 仅次于巴西, 主要分布在包头白云鄂博、宜春、广西和新疆可可托海等地, 其中白云鄂博铌资源储量最大, 占我国铌资源储量的 95%^[3-4]。但由于白云鄂博矿多元素共生的特殊性, 铌资源的提取难度大, 一直未得到有效利用, 因此, 对于白云鄂博铌资源的选矿研究具有重要意义。

1 白云鄂博铌资源特点

白云鄂博矿床铌资源基本特征为^[5]: (1) 资源储量大。白云鄂博矿区 Nb₂O₅ 的远景储量约 660 万 t。(2) 分布较广。主、东和西矿体铁矿体含铌矿物, 东部接触带、主矿体和东矿体上盘、西矿体白云岩中铌含量较高。(3) 矿石含铌品位低, 铌矿物与其他矿物共生关系密切。含铁矿石中 Nb₂O₅ 品位为 0.068% ~ 0.14%, 东部接触带及菠萝头山矿体中 Nb₂O₅ 品位为 0.2% ~ 0.25%, 西矿体白云岩中 Nb₂O₅ 品位为 0.18% ~ 0.30%。(4) 铌矿物嵌布粒度较细, -0.074 mm 占 80% 时, 铌矿物的单体解离度为 50%。(5) 铌的分散程度较高。部分铌呈极细小的包裹体赋存在其他矿物中, 也有部分铌以类质同象赋存在其它矿物中, 不以独立矿物存在。(6) 铌矿物种类多, 含铌矿物共有 18 种。

为进一步查清白云鄂博铌资源特性, 许多学者对白云鄂博不同原料中铌的赋存状态进行了大量研究^[6-9]。主矿体霓石型铌-稀土-铁矿石中铌品位高达 0.27%, 含铌矿物主要有黄绿石、易解石、铌铁矿、

收稿日期: 2020-08-13
基金项目: 内蒙古自然科学基金(2020MS05001); 内蒙古自然基金重大专项(2019ZD11)
作者简介: 王维维, 男, 硕士, 工程师, 主要从事资源综合利用研究。
杨占峰, 男, 高级工程师, 从事稀土资源开发和综合利用研究工作, 共同一作。
通信作者: 魏威, 男, 硕士, 工程师, 主要从事工艺矿物学研究。

铌铁金红石和褐钨铌矿,五种铌矿物含铌量之和占该类矿石中铌总量的 80% 以上,矿石中铌矿物主要以细粒及微细粒包裹体赋存在稀土矿物、铁矿物和硅酸盐矿物中。东部接触带含铌矿物主要为黄绿石、铌钙矿和铌铁矿,三种矿物中铌的分布率为 92%,主要与白云岩紧密共生。铌精矿(含 Nb_2O_5 约 5%)中铁矿物和硅酸盐矿物含量相对较高。铌精矿中 92.69% 的 Nb_2O_5 分布在易解石、铌铁金红石、黄绿石、铌铁矿和包头矿中,铌精矿中铌矿物和杂质矿物种类较多,且杂质矿物含量高。稀土尾矿中主要的铌矿物为易解石和铌铁金红石,还有少量铌铁矿和黄绿石,铌矿物嵌布粒度细且单体解离度低,与其连生的矿物种类多而且关系复杂。

白云鄂博铌矿物种类多,但通过对不同矿石中的铌矿物工艺矿物学研究发现,主要的含铌矿物为铌铁矿、铌铁金红石、褐钨铌矿、易解石、黄绿石和包头矿,各种铌矿物之间的物理化学性质差异较大,且与其它矿物之间共生关系复杂,选别难度大。

2 传统物理选矿工艺

为满足我国钢铁行业对铌的需求,国家将白云鄂博铌资源选冶新工艺研究列为“八五”科技攻关项目。20 世纪 60 年代,包钢对主、东矿体含铌围岩进行了小型探索试验,围岩中的含铌矿物结晶粒度较粗,与其它矿物连生关系简单,较容易解离,因此只进行了简单的重选抛尾富集试验。20 世纪 70 年代包钢在对中贫氧化铁矿石回收铁和稀土研究工作的同时,进行了回收铌的试验研究,选铁过程中将铌矿物富集到铁精矿中,经过炼铁工艺产生的含铌炉渣作为铌铁生产的原料。20 世纪 80 年代从主、东矿体含铌白云岩(Nb_2O_5 0.25%)中先后采用“重选—磁选—浮选”和“重选—浮选—磁选”工艺回收铌,试验结果指标为铌精矿 Nb_2O_5 品位 15.81%,回收率 54.27%。随后又对西矿体含铌白云岩进行了“摇床重选—强磁选—正浮选—重液分离”工艺研究,在原矿品位 Nb_2O_5 0.3% 时,可获得 Nb_2O_5 品位 25.21%、回收率为 39.47% 的铌精矿。20 世纪 90 年代初,长沙矿冶研究院与包钢矿山研究院以中贫氧化矿浮选稀土尾矿为原料,进行了反浮选—正浮选—强磁选的工业分流试验。选铁尾矿经一次粗选和三次精选得到浮选铌精矿品位为 Nb_2O_5 1.5%。然后又对该铌精矿进行强磁除铁,得到含 Nb_2O_5 2.5% 的铌精矿和含 Nb_2O_5 0.8% 的次铌精矿。包钢矿山研究院于 20 世纪 90 年代末又进行了中贫氧化矿选稀土尾矿回收铌的试验,通过一次粗选和三次精选,获得了 Nb_2O_5 品位为 4.90%、回收率为 28.25% 的铌精矿,品位和回收率均有所提高,但仍不能直接作为冶炼的原料^[10-12]。

虽历经几十年对白云鄂博铌资源科研攻关仍没有找到切实可行的选别技术,但对其开发利用研究工作从未中断。吴旭^[13]等人以白云鄂博含 P 1.05%、Nb 0.19% 的稀土尾矿为原料,进行了反浮选—磁选回收铁、稀土和铌试验研究,采用油酸钠作为捕收剂,在碱性条件下反浮选除去大部分稀土矿物和磷灰石,反浮选尾矿弱磁选可获得 Nb 含量为 0.65%、回收率为 44.06% 的含铌富集物。

李英霞^[14]采用“浮选—磁选—重选”联合流程从稀土尾矿中回收铌,浮选粗精矿 Nb_2O_5 品位 0.55%、回收率 49.80%;通过铌精选和扫选试验发现,铌粗精矿在精选过程中的作业回收率和富集比均较低,同时铌精矿中的黄铁矿含量较高,因此对铌粗精矿预先脱硫,然后用磁选—重选联合流程可获得 Nb_2O_5 品位 1.66%、回收率 15.08% 的铌精矿和 Nb_2O_5 品位 0.59%、回收率 19.78% 的次铌精矿。

王建英^[15]等以稀土浮选尾矿为原料,采用正浮选—反浮选联合工艺回收铌。首先采用碳酸钠为调整剂、水玻璃为抑制剂、氧化石蜡皂为捕收剂进行反浮选除氟,反浮尾矿采用氟硅酸铵为调整剂、BYQ 和 JN 为捕收剂、FM-132 为起泡剂,进行一次粗选四次精选正浮选可获得 Nb_2O_5 品位 2.55%、回收率 36.76% 的铌精矿。

蔡震雷^[16]对弱磁选尾矿进行了混合浮选试验研究,混合精矿和尾矿中 Nb_2O_5 品位分别为 0.24% 和 0.23%。尾矿又通过一次粗选和五次精选的单一选铌流程,最终获得铌精矿产率 20.59%、 Nb_2O_5 品位为 0.46%、回收率为 44.30% 的技术指标。

姬俊梅^[17]分别对白云鄂博东部接触带、主东贫氧化矿和原生磁铁矿中的铌矿物进行了分类综合回收研究。东部接触带含铌矿物主要为铌钙矿、黄绿石和铌铁矿,原矿经磨矿至 -0.074 mm 占 80% 后采用摇床一次粗选和一次扫选,获得 Nb_2O_5 品位为 1.67% 的粗铌精矿;粗铌精矿再磨至 -0.074 mm 93% 进行反浮选,反浮沉砂弱磁选获得铌精矿,然后采用盐酸除铁,最终铌精矿 Nb_2O_5 品位为 15.87%、回收率为 23.9%。

王鑫^[18]等对包钢尾矿库尾矿综合回收铁、稀土、铌和萤石的试验,对比研究了“弱磁选—浮选—强磁选”和“弱磁选—强磁选—浮选—焙烧—弱磁选”工艺对有价值组分回收率的影响。尾矿先弱磁选磁铁矿,弱磁尾矿强磁选得到铁和铌的混合粗精矿,再经还原焙烧—弱磁选分离铌和铁,最终可获得 Nb_2O_5 品位 0.32%、回收率 47.96% 的铌精矿。

从上述大量研究结果可以看出,白云鄂博铌资源选矿工艺指标低,造成铌难选的主要原因归结如下:

(1) 矿石性质:含铌矿物种类多,各种铌矿物之间

的物化性质差异较大,导致浮选药剂对铌矿物的选择性变差;矿物分散程度高,难以有效富集;矿物嵌布粒度细,需要极细的磨矿细度才能单体解离,导致容易泥化。

(2) 选矿药剂:没有有效铌矿物的抑制剂,采用羧肟酸类捕收剂浮选稀土时致使部分易浮铌矿物随稀土流失,且对铌矿物表面污染;由于铌矿物种类多,捕收剂的选择性受限。

(3) 选矿设备:常规选矿设备处理微细粒复杂矿石效果甚微。

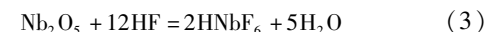
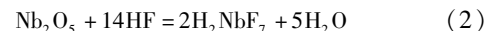
3 化学选矿工艺

化学选矿是根据矿物之间的化学性质不同,利用化学方法改变矿物的化学性质,再采用相应方法实现目的组分有效富集的矿物加工方法。特别是在处理和综合利用贫、细、杂等难选矿物方面效果显著。随着矿石的不断开采,易选矿石日趋枯竭,难处理矿石及固废资源化是选矿的发展方向,化学选矿法或将其与物理选矿法组成联合流程,是解决矿物资源贫、细、杂等难选课题和使未利用资源资源化的重要途径。

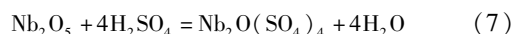
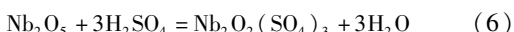
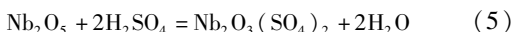
3.1 氧化—酸浸工艺

矿物原料浸出是浸出剂选择性地溶浸矿物原料中某些矿物组分的工艺过程。浸出原料通常是难以用物理选矿方法处理的原矿、尾矿、中间产品和冶金渣等。因此在浸出前需进行预处理(氧化焙烧、高压氧化和还原焙烧等)改变物料结构从而使浸出液与目的组分有效接触,实现化学反应后浸出。传统处理铌矿的酸分解法主要包括氢氟酸分解法和硫酸分解法。

氢氟酸分解铌矿物同时也是浸出铌的过程。铌在氢氟酸溶液中通常以络合酸的形式存在,其组成与氟离子的质量浓度和溶液酸度有关。随氢氟酸浓度的增加,会出现由氟氧铌酸络合物型向氟铌酸络合物型的过渡: $\text{H}_2\text{NbOF}_5 \rightarrow \text{H}_2\text{NbF}_7 \rightarrow \text{HNbF}_6$,通常认为浸出反应为:



铌能和硫酸作用生成多种硫酸盐,反应如下:



蔡震雷^[16]等人以包钢稀土尾矿为研究对象,采用混合浮选流程脱除部分杂质矿物后,对槽内产物进行一次粗选、五次精选的全流程浮选试验回收铌矿物,对

铌浮选精矿在 $m(\text{HF}) : m(\text{H}_2\text{SO}_4)$ 为 3 : 1、酸矿比为 9 : 1、酸浸时间为 2 h、酸浸温度为 90 ℃ 条件下进行酸浸,铌浸出率为 99.78%,并探讨了铌矿物酸浸机理。

李梅^[19]等人以白云鄂博尾矿作为研究对象,通过先浓酸浸出、再助剂焙烧、最后酸浸的工艺路线,研究了白云鄂博尾矿浸出铌的工艺条件。考查了盐酸浸出条件和焙烧条件对铌浸出率的影响,最终铌的浸出率可达 90%,经过处理的酸浸渣中铌的品位可达 3% 以上,作业回收率大于 40%。

包钢矿山研究院^[20]以包钢尾矿为原料进行了硫酸体系的高压浸出、P204 体系萃取浸出液、洗涤有机相、反萃优溶分离铌和钽、P350 体系提纯粗钽液、精钽液草酸沉淀、草酸钽煅烧等试验,探索出了完整的工艺流程参数,并获得了 99.9% 的氧化钽和 99.9% 的氧化铌,整个工艺过程中钽的浸出率大于 90%,钽的总回收率大于 70%;铌的浸出率大于 65%,铌的总回收率大于 50%。

从上述研究结果可以看出,氧化—酸浸工艺处理白云鄂博含铌尾矿技术上是可行的,但该工艺流程复杂,耗酸量大,产品纯度低,含铌浸出液需要进一步处理,工业上应用较少。

3.2 选择性还原焙烧—冶炼工艺

还原焙烧是在低于炉料熔点和还原气氛条件下,使矿石中的金属氧化物转变为相应低价金属氧化物或金属的过程。选择性还原—冶炼工艺是将铌精矿和还原剂等混匀后造球在焙烧炉内进行选择性还原焙烧获得还原铌精矿,再将还原铌精矿进行电炉熔分得到铌磷半钢和富铌渣,富铌渣进行第二步还原冶炼可获得铌铁合金,该方法可获得含铌 12.41% 的低级铌铁,铌的总回收率大于 80%^[21]。

赵二熊^[22]以白云鄂博低品位(0.59% ~ 4.99%)的铌精矿为原料,在热力学计算基础上,将铌精矿和还原剂焦粉装罐后选择性还原,可获得金属化率 80% 以上、回收率 99% 以上的还原铌精矿;还原铌精矿破碎处理后加入熔剂和还原剂进行电炉熔分除铁脱磷获得富铌渣,铌回收率大于 95%,富铌渣进一步熔炼获得铌铁合金,铌的品位大于 20%,总回收率 70% 以上。张龙也进行了类似工艺研究。苑伟进行上述研究的同时探讨了高温还原和低温还原对铌回收效果的影响。

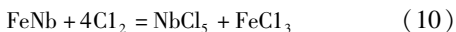
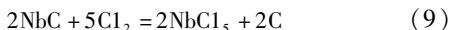
专利 CN105154659A^[23]公开了一种从白云鄂博低品位矿石中同步提取铁和铌的方法。该方法将低品位铌铁矿进行预处理,得到高温粒料,高温粒料经熔化还原,得到含铌铁水和含铌除铁熔渣,对含铌铁水进行氧化造渣,得到除铌粗铁及富铌熔渣;将除铁熔渣及富铌熔渣进行混合调质,得到低黏度含铌熔渣;低黏度含铌

熔渣进行氯化处理,得到除铌残渣及气态多金属氯化物;气态多金属氯化物冷凝分离,得到铌的氯化物。

在常规物理选矿未能有效分离回收白云鄂博铌资源的前提下直接冶炼制备低级铌铁合金也是一种新思路,可一定程度上实现铌资源的利用,但低品位矿石直接冶炼渣量大,电耗高,生产周期过长,不能从根本上解决白云鄂博铌资源的合理高效利用。

3.3 氯化焙烧工艺

氯化焙烧是在一定温度和气氛条件下,用氯化剂使矿物原料中的目的组分转为气相或凝聚相的氯化物,生成的铌和钛等氯化物的沸点较低,在氯化过程中可以被气体带走,并在冷凝装置中冷凝;而高熔点的氯化物,如稀土元素、钠、钾、钙和镁等的氯化物则存留在氯化器中,形成氯化物熔盐而实现杂质的分离。铌的氯化反应如下:



Brocchi 等^[24]人采用氯化法从含铌锡尾矿中回收铌,从氯化过程的热力学和动力学出发,用气态氯对锡渣进行氯化处理,在 900 °C 下焙烧 40 min,大部分难熔氧化物可转化为氯化物。Vladimir Hlavacek 等^[25]人对反应体系进行了热力学模拟,并研究了氧化铌的氯化反应动力学,测定了动力学数据,试验数据符合收缩核模型。于秀兰^[26]对氯化法提取包钢选矿厂尾矿中有价元素进行了可行性分析,指出随着我国沸腾氯化炉设备的不断改进,氯化同时回收尾矿中有价元素将成为一个有益的工艺。

勒磊^[27]通过热力学分析了包钢尾矿氯化反应的可行性,并研究了烧结、温度和配碳量对铌氯化的影响。在 700 °C 氯化 120 min,铌的氯化率为 99.47%。王中磊^[28]以含铌 0.18% 的包钢铁尾矿为原料,采用碳热氯化法回收其中的铌,在物料粒度 0.106 mm、焙烧时间 1.5 h、焙烧温度 850 °C 时铌氯化提取率为 94%。

从以上研究结果可以看出,氯化法处理复杂难选矿石具有明显的分离效果,并且工艺流程短、回收率高、尾气中残余的氯气或氯化氢可碱中和处理或回收二次利用。但采用该工艺直接处理低品位矿石能耗较高,因此优先采用常规选矿方法富集获得粗铌精矿,铌精矿再进行氯化挥发可实现铌资源的合理利用。

4 结语

我国铌资源储量丰富,其中白云鄂博铌资源占我国铌资源储量的 95%,但平均品位低,与其它矿物共生关系复杂,嵌布粒度细,开发利用难度大。虽然通过

科研工作者的不断努力已经取得了一些成果,但要彻底解决白云鄂博铌资源的利用问题,还需从以下几个方面继续深入研究:

(1) 由于白云鄂博铌矿石矿物种类多,嵌布粒度细,应致力于选择性强的浮选捕收剂的研制和微细粒选矿设备的研发。

(2) 从原矿中回收铌比从稀土尾矿和铁尾矿中回收铌效果显著,对于含铌围岩应单独处理;对于铁、稀土和铌的共伴生矿石,在回收铁和稀土时应充分考虑铌在铁和稀土精矿中的损失,以及减少铌矿物过磨和浮选药剂污染。

(3) 氯化法是处理该复杂矿石的有效途径,但因处理的物料铌品位过低而加工过程能耗较高,因此采用预选物理选矿富集—氯化焙烧回收白云鄂博铌资源具有潜在的应用前景。

参考文献:

- [1] 何海洋,何敏,李建武.我国铌资源供需形势分析[J].中国矿业,2018(11):27-31.
- [2] 张去非.白云鄂博矿床铌资源矿物学基本特征的分析[J].有色金属,2005,57(2):111-113.
- [3] 张国忠.白云鄂博矿冶工艺学(上)[M].包头:包头钢铁公司科学技术处,1995.
- [4] 张银.中国铌资源需求预测及供应安全战略研究[D].北京:中国地质大学,2019.
- [5] 段建军,姜立峰,贾艳.白云鄂博矿选铌的工艺研究[J].包钢科技,2009,35(增刊)28-31.
- [6] 张袁玉,杨占峰,焦登铭,等.白云鄂博主矿霓石型铌稀土铁矿石中铌在独立矿物中的富集状态和分布规律研究[J].有色金属(选矿部分),2020(1):6-12.
- [7] 张去非,穆晓东.白云鄂博东部接触带含铌白云岩矿物组成及 Nb₂O₅ 赋存状态的研究[J].金属矿山,2006(2):49-52.
- [8] 侯晓志,杨占峰,王振江,等.白云鄂博铌精矿矿物组成特征及铌的分布规律研究[J].有色金属(选矿部分),2018(2):4-11.
- [9] 段利平,王文才,沈茂森.白云鄂博矿选铁尾矿中铌矿物的工艺矿物学研究[J].内蒙古科技大学学报,2005,34(1):9-12.
- [10] 张去非.我国铌资源开发利用的现状及其可行性[J].中国矿业,2003,12(6):30-33.
- [11] 张鉴.白云鄂博共生矿选矿技术现状与展望[J].包钢科技,2005(4):1-5.
- [12] 王文梅.白云鄂博铌资源综合利用选矿新工艺[J].包钢科技,1997(3):116-120.
- [13] 吴旭,王建英,李保卫,等.白云鄂博矿脱磷选铁及部分回收稀土、铌的新工艺[J].中国稀土学报,2016,34(4):486-493.
- [14] 李英霞.从包钢强磁尾矿中回收稀土和铌的研究[J].广东有色金属学报,1999,9(2):101-105.
- [15] 王建英,文登学,贾艳.白云鄂博稀选尾矿中铌的回收试验[J].矿产综合利用,2009,(3):121-126.
- [16] 蔡震雷.白云鄂博铌资源回收选冶新工艺研究[D].武汉:武汉理工大学,2011.
- [17] 姬俊梅.包头矿铌矿物的综合回收研究[J].矿业快报,2005(10):13-15.

[18] 王鑫,林海,董颖博,等.不同磁浮工艺对综合回收某稀土尾矿中稀土、铁、铌和萤石的影响[J].稀有金属,2014,38(5):846-854.

[19] 李梅,高凯,郭财胜,等.从低品位含铌矿中提取铌的方法[P],中国,201310300543.0.2013-07-17.

[20] 宋常青,钱淑慧,李春龙,等.一种从稀土尾矿中综合回收利用多种矿产资源的选矿工艺:中国,201410319762.8[P].2014-07-07.

[21] 张波,刘承军,姜茂发.白云鄂博稀土铌铁复合矿提铌工艺的研究[C]//第七届(2009)中国钢铁年会.

[22] 赵二熊.白云鄂博低品位铌精矿铌铁冶炼新工艺研究[D].包头:内蒙古科技大学,2019.

[23] 张凯,武文斐,李玉梅,等.一种从白云鄂博低品位矿中同步提取铁和铌的方法:201510669348.4[P].2015-15-16.

[24] EDUARDO A. BROCCHI, FRANCISCO J. MOURA. Chlorination methods applied to recover refractory metals from tin slags[J]. Minerals Engineering, 2008, 21:150-156

[25] FENGLIN YANG,VLADIMIR HLAVACEK. Kinetic study of chlorination of niobium(V) oxide with chlorine and carbon monoxide[J]. Powder Technology, 1999, 102: 177-183.

[26] 于秀兰.碳热氯化法提取包钢选矿厂尾矿中有价元素可行性分析[J].化工进展,2009,28(增刊):544-547.

[27] 靳磊.包钢尾矿铌提取冶金热力学与动力学研究[D].包头:内蒙古科技大学,2009.

[28] 王中磊,段赞,沈少波,等.氯化法从包头铁尾矿中提取铌和稀土的研究[J].中国稀土学报,2008,26:501-505.

Characteristics of Bayan Obo Niobium Resources and New Progress in Its Development and Utilization

WANG Weiwei^{1,2}, YANG Zhanfeng^{1,2}, HOU Chaochun^{1,2}, ZHANG Lifeng^{1,2}, WEI Wei^{1,2}

1. Baotou Research Institute of Rare Earths, State Key Laboratory of Bayan Obo Rare Earth Resource Researches and Comprehensive Utilization, Baotou 014030, China
2. National Engineering Research Centre of Rare Earth Metallurgy and Functional Materials Co., Ltd, Baotou 014030, China

Abstract: The characteristics of Bayan Obo’s niobium resources, progress of beneficiation technology and development trend are reviewed detail. It is pointed out that the complex nature of Bayan Obo’s ore is the main factor that makes effective use of niobium resources difficult. There are few studies on the treatment of Bayan Obo niobium resources by a single beneficiation process, mainly the combined separation of gravity separation, magnetic separation, flotation and other processes, and chemical beneficiation. In view of the problems in the development and utilization of niobium resources, the idea of first use of traditional beneficiation methods to obtain niobium concentrate by pre-concentration and then chlorination-roasting of the niobium concentrate is proposed, which has a good application prospect for the development and utilization of this niobium resource.

Key words: niobium minerals; occurrence state; combined process; chemical beneficiation

引用格式:王维维,杨占峰,侯少春,张立锋,魏威.白云鄂博铌资源特征及开发利用新进展[J].矿产保护与利用,2020,40(5):49-53.

Wang WW, Yang ZF, Hou CC, Zhang LF, and Wei W. Characteristics of Bayan Obo niobium resources and new progress in its development and utilization[J]. Conservation and utilization of mineral resources, 2020, 40(5): 49-53.