



钛铁矿选矿技术研究与应用

王飞旺,崔毅琦,童 雄,谢 贤,孟 奇,邓政斌

(省部共建复杂有色金属资源清洁利用国家重点实验室,昆明理工大学国土资源工程学院,
云南省金属矿尾矿资源二次利用工程研究中心,云南 昆明 650093)

摘要:主要介绍了目前我国钛铁矿的储量及分布特点,评述了我国钛铁矿资源的选别工艺,包括重选、磁选、浮选、电选及联合工艺,指出了各选矿工艺优缺点及应用范围,并提出了今后研究重点在于新药的研发及微细粒级钛铁矿的回收方面。

关键词:钛铁矿;选矿工艺;微细粒;钛辉石

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2016.01.001

中图分类号:TD985 文献标志码:A 文章编号:1000-6532(2016)01-0001-06

我国钛资源相当丰富,约占世界总储量的48%,其中,钛铁矿储量占我国钛资源的比例高达98%^[1],分为原生钛铁矿和砂状钛铁矿两类,又以原生钛铁矿为主,占总储量的97%,主要分布于四川攀西地区和河北承德地区;砂状钛铁矿占3%,主要是海南、两广等地区的海滨砂矿及云南富民地区的内陆砂矿^[2]。钛及钛合金以其良好的性能广泛应用于航空航天、化工、生物等领域,充分开发和利用我国钛资源,研究钛铁矿选矿技术意义重大。

原生钛铁矿多共伴生于钛磁铁矿、钒钛磁铁矿中,其特点是储量大且集中,适合规模开采,但脉石含量高,回收率低,可选性较差^[3]。砂矿属于次生矿,其特点是结构松散,可选性较好,但原矿品位低,矿石易泥化。钛铁矿主要分选方式有重选、磁选、电选、浮选及联合等方法。

1 重选法回收钛铁矿

重选法适用于粗粒级浸染和细粒级集合浸染的

钛铁矿,经过粗碎和中碎后,可通过重选设备,如螺旋溜槽、摇床等,可抛弃大量脉石和脱泥。钛铁矿新型重选设备主要是旋转螺旋溜槽,该设备综合了螺旋溜槽、摇床、离心选矿机三者优势,避免摇床、离心选矿机分级入选的不足,易获得较高富集比,强化重选效能,回收下限降至0.019 mm,打破了重选通常只能回收+0.037 mm粒级的现状^[4]。在新疆某钛铁矿选矿厂生产流程改造中,用其代替1.2 m螺旋溜槽,钛粗精矿产率提高一倍,回收率增加20%。

陈国荣^[5]对广西某原生钛铁矿研究发现,原矿中钛金属主要分布于-0.60+0.02 mm,单体解离度达88.80%,采用原矿脱泥-溜槽粗选-溜槽扫选-摇床精选流程,得到的钛精矿品位达48.00%,回收率为75%,此流程无需磨矿环节,大大降低生产成本。

朝鲜大同郡某钛铁矿矿砂主要铁矿物为钛铁矿,少量为磁铁矿和褐铁矿。于雪^[6]根据矿石性质进行了多种工艺流程试验研究,最后确定采用原矿分级+0.25 mm得钛精矿1,-0.25+0.15 mm粒级和

收稿日期:2014-12-15

作者简介:王飞旺(1990-),男,在读硕士研究生,研究稀贵金属提取及二次资源综合利用。

-0.15 mm 粒级重选精矿磨矿-摇床重选得钛精矿 2 的工艺流程,试验获得钛精矿 1 TiO_2 品位 45.84%,回收率 40.84%,钛精矿 2 TiO_2 品位 44.26%,回收率 30.11%。

2 磁选法回收钛铁矿

钛铁矿属弱磁性矿物,其比磁化系数和密度均高于脉石矿物,对于同样粒度的矿物而言,其具有比脉石矿物大得多的体积磁化强度。这样,在一定场强下磁选时,钛铁矿中的脉石矿物和一部分细粒含铁硅酸盐矿物很容易被抛入尾矿中,通过强磁选可有效分离钛铁矿与脉石矿物,达到富集钛金属并能处理重选难富集的钛铁矿的目的,常用于精选、抛尾等环节。

洪秉信^[8]发现钛铁矿多以复杂固溶体形式存在,易分解产生钛铁矿片晶,致使比磁化系数增大,与脉石矿物的磁性差异变大,从而实现磁选分离^[7]。徐明在云南某钛铁矿砂矿磁选试验中发现,原矿 TiO_2 品位 29.53%,泥化严重,经擦洗分级, +0.03 mm 粒级钛铁矿经一次磨矿-弱磁选铁-强磁选钛; -0.03 mm 粒级钛铁矿经脱泥-弱磁选铁-强磁选钛,最终获得 TiO_2 品位为 48.83%,回收率为 85.51% 的混合钛精矿。

3 浮选法回收钛铁矿

浮选作为一种分选精度高、分选效果好的分选方法,主要用于原生钛矿精选环节或细粒级钛铁矿的选别环节,包括常规浮选、絮凝浮选、团聚浮选和载体浮选等。

3.1 常规浮选

常规浮选常用的捕收剂有油酸及其皂类、氧化石蜡皂、塔尔油以及新型捕收剂,如 TAO、R-2、H1717、ZY、RST、TOB 等^[9]。

油酸及其皂类是最常用的钛铁矿捕收剂,技术成熟可靠,通过升温、增加氧气含量或添加乳化剂等方式能提高其捕收性能,缺点是耗药量较大、选择性差;氧化石蜡皂是石蜡经氧化-皂化的产品,来源

广,成本低,可代替油酸,常温下需乳化提升其捕收效果,精矿品位低、品位不稳定;塔尔油^[10]是塔尔皂的酸化产物,主要由松脂酸钠盐和脂肪酸钠盐组成,氧化后的松脂酸钠为主要捕收物质,也需乳化提升其捕收性能,针对攀枝花某微细粒钛铁矿选用乳化-塔尔油捕收,精矿品位可达 46.44%,回收率为 60.02%。

新型钛铁矿捕收剂克服了常规捕收剂选择性差、需乳化的不足,具有捕收能力强、选择性好的特点。钛铁矿与钛普通辉石两者浮游性相近,较难分离,魏民^[11]进行了新型捕收剂 TAO 的试验研究,采用 40 mg/L TAO-3 型捕收剂,1 mg/L 2[#]油,分离钛铁矿与钛辉石的人工混合矿,混合矿 TiO_2 品位为 20.34%,经一粗两精流程,钛精矿 TiO_2 品位为 48.40%,回收率达 69.00%,达到选择性分离钛铁矿的目的。袁国红^[12]利用 R-2 型捕收剂分选攀枝花某微细粒钛铁矿,给矿 TiO_2 品位 22.13%,R-2 用量 965 g/t,精矿 TiO_2 品位达 47.89%,回收率达 65.04%。

以脂肪酸、醇胺有机物以及有机酸酐等为原料,经酰胺化、酯化和磺化合成了一类共 3 种新型捕收剂。田建利^[13]通过单矿物和人工混合矿浮选试验研究了其浮选性能。结果表明,当 3 种捕收剂用量大于 60 mg/L 时,在较广泛的 pH 值范围内对钛铁矿的回收率均超过 80%,对钛辉石的回收率只有 20% 左右;对于品位为 20.54% 的人工混合矿,在不添加任何抑制剂的条件下一次粗选精矿品位为 40%。捕收剂在钛铁矿表面既有物理吸附也有化学吸附,以化学吸附为主;而捕收剂在钛辉石表面的吸附较弱,从而可以实现钛铁矿和钛辉石的有效分离。

混合用药可充分利用不同药剂的特点,实现药剂协同互补、提升捕收效果的目的。钛铁矿混合用药主要方式有中性油-烷基双膦酸(C_{279})混用、油酸-水杨羟肟酸混用、H717-柴油混用等。胡永平^[14]进行了中性油与 C_{279} 混合药剂浮选细粒级钛铁矿的试验,中性油与 C_{279} 用量比 1:4, C_{279} 用量减少 400 g/t,获得与单独使用 C_{279} 相同的浮选指标,其原因在

于中性油在吸附了捕收剂的矿物表面容易铺展,进一步增大矿物疏水性,提升上浮率。朱建光^[15]对混合药剂的加药顺序进行了研究,发现若先加或同时加捕收性强的药剂,可起到正的协同效应,若先加无捕收性或捕收性差的药剂,则会产生负的协同效应。因而可通过改变加药顺序来实现增大捕收,减小药耗的目的。

钛铁矿浮选调整剂主要包括活化剂、抑制剂、pH 值调整剂等。活化剂主要是 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, 电化学研究表明 Pb^{2+} 可选择性吸附于钛铁矿表面的双电层,增加矿物表面活性,利于捕收和浮选;而 Pb^{2+} 在石英等脉石表面则属于静电吸附,不会提升捕收效果。王立刚^[16]采用 60 g/t $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 活化浮选含有石英等脉石的钛铁矿,原矿 TiO_2 品位 20%, 石英含量 2.5%, 获得钛精矿 TiO_2 品位为 36.60%, 回收率为 83%, 与无 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 相比提高了 18%。

为获得更好的浮选指标,可添加水玻璃、六偏磷酸钠、酸化水玻璃(ASS)等来抑制石英、钛辉石等脉石矿物,ASS 是钛辉石的有效抑制剂,且不会对钛铁矿产生抑制效果。周军^[17]采用 ASS 作抑制剂,油酸作捕收剂浮选钛铁矿,给矿 TiO_2 品位 11.15%, 精矿 TiO_2 品位 42.54%, 回收率达 85.02%。此外,浮选药剂作用对矿浆 pH 值有一定要求,钛铁矿浮选较佳 pH 值为 4.0 ~ 6.0, 钛辉石可浮 pH 值为 5.0 ~ 7.5, 用 H_2SO_4 作 pH 值调整剂,可实现钛铁矿与钛辉石等脉石的分离。

3.2 絮凝浮选

絮凝浮选主要有选择性絮凝法和疏水性絮凝法。选择性絮凝是从两种或多种矿物的分散体系中使一种矿物凝聚和絮凝的方法;疏水性絮凝是指悬浮于水中的疏水性颗粒,由于相互之间的疏水作用而互相吸引凝成团的现象,疏水性絮团是通过添加捕收剂和中性油在高速搅拌下实现的。钛铁矿絮凝浮选是通过添加聚丙烯酰胺等絮凝剂选择性絮凝微细粒钛铁矿,使其形成絮团后浮选的最新技术。

宋少先^[18]进行了聚丙烯酰胺絮凝浮选钛微细粒的研究,原矿 TiO_2 品位 9.84%, 细度磨至 -0.04

mm 70%, pH=4.0, 絮凝剂聚丙烯酰胺 60 g/t, 捕收剂苄基胂酸 4.0 kg/t, 抑制剂氟硅酸钠 4.0 kg/t, 起泡剂乙基醚醇 40 g/t, 经一粗一精流程, 最终钛精矿 TiO_2 品位达 45.79%, 回收率为 50.52%, 比直接浮选品位提高 5.60%, 回收率提升 15.50%。

3.3 团聚浮选

钛铁矿团聚浮选是通过捕收剂吸附在钛铁矿表面使之疏水,借助桥液的毛细引力使矿粒聚团得以整体上浮分选的技术。团聚浮选过程中强烈的搅拌十分重要,强搅拌可赋予颗粒更多能量,克服矿粒间能垒,使矿粒表面疏水而引发絮凝成团。

陈万雄^[19]采用团聚浮选回收钛铁矿,捕收剂油酸钠 3.5 kg/t, 抑制剂草酸 1.5 kg/t, pH=5.4, 经强搅拌 17 min, 转速 2600 r/min, 浮选精矿 TiO_2 品位达 47.39%, 回收率达 74.67%, 比不加强搅拌品位、回收率分别提高 4.60%、17.60%。另外,叶轮直径及其在槽中的位置也会影响浮选指标,当叶轮与搅拌槽直径之比为 1:2, 叶轮距槽底 1.0 cm 时,团聚效果最好。

3.4 载体浮选

钛铁矿载体浮选是利用可浮选粒级矿物为载体,负载微细粒级钛铁矿上浮实现分选的技术。载体浮选法对微细粒矿物的选别有很好的效果,尽管研究学者对载体浮选回收微细矿物研究较多,但用药量较大及异类载体难以分离回收是载体浮选的主要问题,且大部分仍处于试验阶段,在实际生产中很难实现应用。

朱阳戈^[20]利用粗粒级(-0.020+0.038 mm、-0.038+0.074 mm 和 -0.074+0.100 mm 质量比为 1:1:1)钛铁矿对 -0.00+0.02 mm 细粒级钛铁矿进行载体浮选,粗粒级与细粒级质量比为 1:2, 油酸钠作捕收剂,在浮选过程中产生疏水作用力,使微粒向载体粘附,加速载体浮选,微粒级钛铁矿回收率达到 61.96%, 相比直接浮选微粒级提高了 9.40%, 且调浆条件、浮选过程均无特殊要求。

4 电选法回收钛铁矿

电选法主要是处理经重选、磁选产出的含有钛

辉石等非导电杂质的粗精矿,广泛用于精选环节。电选对钛铁矿粒度有要求,下限为 $0.04\text{ mm}^{[21]}$,电选前需进行加温、辐射照射等预处理。

王军^[22]分别采用两种新型电选机 YD-3 型和 Carpc 型分选攀枝花钛铁矿, YD-3 型电选机产出的精矿 TiO_2 品位为 47.36%,回收率为 85.90%,分别比 Carpc 型电选机产出的精矿高出 0.66%、9.92%,原因在于 Carpc 型电选机是为海滨钛砂矿设计,通过减小滚筒转速,升高极距的方式可在一定程度上优化其分选指标。

5 联合方法回收钛铁矿

采用联合方法往往较单一方法的回收效果更好,主要方法有磁选-浮选、重选-浮选、磁选-重选、重选-磁选-浮选-电选等。

5.1 磁选-浮选联合法

钛铁矿微细粒级的回收方法一直是研究的重点和难点,浮选基本可实现 -0.02 mm 粒级钛铁矿的回收,但大量的石英等脉石会影响浮选指标,对此可用强磁预抛尾改善浮选环境。

许新邦^[23]对攀西细粒级钛铁矿进行回收试验,给矿 TiO_2 品位 11.13%, $-0.045+0.02\text{ mm}$ 粒级钛金属占有率为 80%,采用磁-浮工艺进行分选, SLON-1500 型强磁选机预处理,抛尾率 75%,再经一次浮选脱硫,一粗五精一扫浮选钛铁矿,捕收剂为氧化石蜡皂和 MOS,调整剂为 H_2SO_4 ,抑制剂为水玻璃、CMC,精矿品位可达 47.47%,总回收率为 46.89%。

易运来^[24]采用阶段磨-阶段选别的磁选-浮选联合流程对国外某复杂钛铁矿矿石进行了选矿试验研究,对于含 Fe 51.47%、含 TiO_2 13.53% 的原矿,可以获得含 Fe 65.12%、回收率 78.60% 的铁精矿和含 TiO_2 45.12%、回收率 45.30% 的钛精矿。

甘肃某低品位原生钛铁矿 TFe 和 TiO_2 的含量分别仅为 12.23% 和 3.80%,陈凯达^[25]针对铁和钛的赋存状态和嵌布粒度特点以及矿区严重缺水的现状,制定了干式中强磁预选抛尾、细磨弱磁选铁、强磁选与浮选联合选钛组合技术方案,研究了磨

矿细度、磁感应强度等的影响,在获得较优工艺条件的基础上,进行了全流程闭路试验。试验获得了含 Fe 60.57% 的铁精矿、含 TiO_2 46.15% 的钛精矿,铁的回收率为 35.41%,钛回收率达 66.19%,实现了矿石中铁和钛资源的综合回收。

陕西某地原生钛铁矿为钒钛磁铁矿选铁尾矿,原矿品位较低,矿物组成复杂,钛铁矿与榍石、钛赤铁矿等脉石矿物可浮性相近,且钛铁矿嵌布粒度细,与榍石、钛磁铁矿等脉石连生密切,分离难度大。刘健国^[26]针对该矿石性质,进行了 4 种方案的工艺对比试验研究,结果表明,一段高梯度磁选-磨矿-二段高梯度磁选-脱硫浮选-钛浮选方案,工艺简单,精矿指标较好,在原矿 TiO_2 品位 9.78% 的情况下,获得了 TiO_2 品位 46.82%,回收率 40.84% 的钛铁矿精矿,且浮选前再磨后,精矿指标可进一步提高到 TiO_2 品位 47.23%,回收率 45.36%。

5.2 重选-浮选联合法

对黑山选钛厂二段强磁尾矿,戴新宇^[27]采用重-浮工艺回收钛铁矿,给矿中 TiO_2 品位 5.93%,含硫 0.67%,脉石以钛辉石、斜长石为主,经螺旋溜槽粗选, 6-S 摇床精选,可获得粗精矿品位 32.12%,再经浮选脱硫,一粗四精浮钛,最终钛精矿 TiO_2 品位 47.18%,回收率 28.88%,同时产出品位 39.25% 的硫精矿,最大限度综合利用该资源。

5.3 磁选-重选联合法

对于砂钛矿虽然通过简单重选或磁选即可富集,但磁-重联合工艺可取得更好指标,降低成本。海南钛砂矿 TiO_2 品位 8.53%,脉石以石英为主,矿泥含量大,龙运波^[28]采用磁-重分选流程,磁选前预先强搅拌脱泥,经仿琼斯式 600 型强磁机粗选抛尾,摇床精选,精矿品位达 49.12%,回收率为 80.19%,为减少次生矿泥的产生,采取分级磨矿方式,同时添加矿泥分散剂以减少包裹体,提高选别指标。

某低品位磁铁矿钛铁矿矿石含铁 13.66%、钛 3.01%,磁铁矿、钛铁矿为回收目的矿物。阙绍娟^[29]进行了“弱磁选-强磁选”和“弱磁选-摇床重选”两方案的对比,研究结果表明,“弱磁选-摇床重

选”方案选矿效果较好,最终可获得铁品位60.25%、铁回收率35.57%的铁精矿和钛品位38.57%、钛回收率37.48%的钛铁矿精矿。

彭征^[30]针对某钛铁矿品位低、嵌布粒度细、分选难度较大,原矿中含有大量弱磁性片状金云母,采用高梯度磁选方法无法有效去除等原矿性质,通过试验研究选择弱磁选铁-高梯度磁选、重选粗选抛尾-高梯度磁选、摇床精选的工艺流程,获得了钛精矿TiO₂品位和回收率分别为42.62%和72.40%,铁精矿铁品位和铁回收率分别为65.97%和54.98%的指标,为此类钛铁矿的选矿提供了一种可行途径。

5.4 重选-磁选-浮选-电选联合法

攀枝花地区为典型钛铁矿矿区,原矿中脉石以钛辉石、斜长石为主,同时含有硫化矿物,可通过重选抛除斜长石,浮选脱硫,电选去除钛辉石。孙波^[31]对此进行了提高回收率的研究,选用螺旋、溜槽为粗选作业,适当降低粗精矿品位至8.47%,回收率可提高到24.97%,引入SHP型磁选机,一次强磁,品位提高至30%,再经一次脱硫浮选,一次电选,最终精矿TiO₂品位为47.89%,回收率43.29%,较重选流程提高了15%。

刘建国^[32]针对四川某钒钛磁铁矿选铁尾矿钛品位低、矿物组成复杂、常规选别工艺成本高、不具有开发价值等情况,对此钛铁矿进行了粗选和精选工艺试验研究。试验结果表明,采用圆锥选矿机重选-高梯度强磁选-磨矿-弱磁选-高梯度强磁选-脱硫浮选-钛浮选工艺流程,在原矿TiO₂品位为5.76%的条件下,获得了TiO₂品位为47.65%,TiO₂回收率为41.29%的满意钛铁精矿。

6 结 语

(1)钛铁矿重选法生产成本较低、操作简单、指标较高,但存在耗水量较大、微细粒级分选不佳的不足;磁选法实现了密度差异小的脉石分离,但存在微细粒级如-0.038 mm粒级不易选别的问题;浮选法具有针对性和高效性,然而钛辉石会严重影响钛铁矿的回收,且常规浮选、絮凝浮选、团聚浮选均不能

有效的分离微细级钛辉石;电选法优势在于其精选性能好,特别是对难分离钛辉石的脱除,不足在于需要干燥给矿及处理量小等;联合方法则充分发挥了以上各选钛方法优势,是今后研究的发展方向。

(2)选矿药剂是浮选的关键点,新型捕收剂如TAO、R-2等具有高选择性,为提升浮选指标发挥重要作用,因而研发新药剂和推广混合用药成为浮选的重点,同时针对微细粒产生的絮凝浮选、团聚浮选、载体浮选技术值得深入研究。

(3)选矿设备对选别效果至关重要,新型重选和磁选设备的研发在提升钛铁矿的选矿指标、降低成本方面发挥了巨大作用,针对微细粒钛铁矿回收设备的研发和实践是今后工作重点。

参考文献:

- [1]吴贤,张健.中国钛资源分布及特点[J].钛工业进展,2006(12):8-12.
- [2]陈名洁,文书明,胡天喜.国内钛铁矿浮选研究的现状与进展[J].国外金属矿选矿,2005,42(7):17-20.
- [3]戴新宇.原生钛铁矿选矿技术的进展[J].中国矿业,2002,11(2):40-42.
- [4]封国富.旋转螺旋溜槽选矿试验与实践[J].有色矿山,2002,31(4):27-30.
- [5]陈国荣.广西某钛铁矿的选矿工艺设计[J].有色金属:选矿部分,2009(5):29-32.
- [6]于雪,吴东国,张向军.朝鲜大同郡某钛铁矿选矿工艺研究[J].有色矿冶,2013,29(5):20-23.
- [7]洪秉信,傅文章,刘飞燕.钛铁固溶体分解结构和磁性研究[J].矿产综合利用,2010(6):22-25.
- [8]徐明,张渊,傅文章,等.云南钛铁矿砂矿磁选试验研究[J].矿产综合利用,2011(5):24-27.
- [9]罗溪梅,童雄.钛铁矿浮选药剂的研究概况[J].矿冶,2009,18(2):13-18.
- [10]朱建光.我国对钛铁矿捕收剂的研究与应用[J].矿冶工程,2006(8):78-85.
- [11]魏民.TAO系列捕收剂选别攀枝花钛铁矿的研究[J].广东有色金属学报,2006,16(2):80-83.
- [12]袁国红,余德文.R-2捕收剂选别攀枝花微细粒级钛铁矿试验研究[J].金属矿山,2001(9):37-39.
- [13]田建利,肖国光,黄光耀.新型捕收剂的合成及其对攀

- 西钛铁矿的浮选性能[J]. 矿冶工程, 2013, 33(4): 59-62.
- [14] 胡永平, 张毅. 混合捕收剂浮选细粒钛铁矿的研究[J]. 有色金属, 1994, 3(8): 31-36.
- [15] 朱建光, 朱玉霜, 王升鹤, 等. 利用协同效应最佳点配制钛铁矿捕收剂[J]. 有色金属: 选矿部分, 2002(4): 39-41.
- [16] 王立刚, 陈金中. 云南某钛粗精矿提高品位选矿试验研究[J]. 矿冶工程, 2009(21): 179-181.
- [17] 周军, 钱鑫. 混合药剂浮选原生钛铁矿的研究[J]. 有色金属: 选矿部分, 1996, 6(11): 29-32.
- [18] 宋少先, 卢寿慈, 蒋维勤, 等. 攀枝花细粒钛铁矿疏水絮凝浮选工艺研究[J]. 矿产综合利用, 1996(4): 6-10.
- [19] 陈万雄, 陈荃, 朱德庆. 细粒钛铁矿-长石油团聚的研究[J]. 金属矿山, 1989(7): 33-37.
- [20] 朱阳戈, 张国范, 冯其明, 等. 微细粒钛铁矿的自载体浮选[J]. 中国有色金属学报, 2009, 3(3): 554-560.
- [21] 封金鹏, 马少健. 电选机应用的新进展[J]. 有色矿冶, 2005, 21(21): 11-12.
- [22] 王军, 邹建新, 周建国. YD-3 型及 Carpco 型电选机电极结构与工艺参数优化研究[J]. 矿产综合利用, 2004(4): 44-48.
- [23] 许新邦. 磁-浮选流程回收攀钢微细粒钛铁矿的试验研究[J]. 矿冶工程, 2001, 21(2): 37-40.
- [24] 易运来, 魏茜, 刘忠荣. 国外某复杂钛铁矿的选矿试验研究[J]. 矿冶工程, 2014, 34(1): 33-43.
- [25] 陈凯达, 符剑刚, 王晖. 甘肃低品位钛铁矿选矿工艺研究[J]. 钢铁泛泰, 2013, 34(1): 1-6.
- [26] 刘建国, 张军, 于丽丽. 陕西某难选原生钛铁矿选矿工艺研究[J]. 矿产综合利用, 2014(6): 24-27.
- [27] 戴新宇, 余德文. 从黑山选钛厂强磁尾矿中选钛的试验研究[J]. 金属矿山, 2007(12): 128-130.
- [28] 龙运波, 张裕书, 周满赓, 等. 海南万宁海滨砂矿选矿试验研究[J]. 矿产综合利用, 2011(4): 14-17.
- [29] 阙绍娟, 兰健, 梁怀文. 某低品位磁铁矿钛铁矿选矿试验研究[J]. 大众科技, 2014, 16(181): 73-75.
- [30] 彭征, 黄建雄, 徐国栋. 钛铁矿选矿试验[J]. 现代矿业, 2013, 1(1): 116-118.
- [31] 孙波. 攀枝花选钛厂提高钛精矿回收率的探索[J]. 湿法冶金, 2003, 22(3): 148-151.
- [32] 刘建国, 汤玉和, 张军. 某低品位钛铁矿选矿工艺试验[J]. 现代矿业, 2013, 6(6): 85-87.

Research and Application of Beneficiation Process for Ilmenite

Wang Feiwang, Cui Yiqi, Tong Xiong, Xie Xian, Meng Qi, Deng Zhengbin

(State Key Laboratory of Complex Nonferrous Metal Resources Clean Utilization,

Faculty of Land Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology,

Yunnan Province Engineering Research Center for Reutilization of Metal Tailings Resources,

Kunming, Yunnan, China)

Abstract: The current reserves and distribution characteristics of titanium iron ore in China were introduced. The beneficiation technology for ilmenite ore was reviewed, including gravity separation, magnetic separation, flotation and electrostatic separation and combination process, the advantages, disadvantages and scope of application of which were pointed out. Meanwhile, it proposes that the focus of future research is R & D of new reagents and recovery of micro-fine ilmenite ore.

Keywords: Ilmenite; Beneficiation Process; Micro-fine particle; Titanite