

典型矿石提锂工艺介绍及经济效益分析

杨景程 严 爽 (贵州省地质矿产中心实验室, 贵州 贵阳 550018)

摘 要: 金属矿物的开采和提炼, 是工业生产的重要前提。为提升金属矿物的开采效率, 促进提炼工艺经济效益的提升, 本文以金属锂元素为主要研究对象, 着重从矿石锂资源的角度, 在简单介绍矿石锂资源的经济价值后, 结合矿石提锂工艺对其产生的经济效益进行研究分析, 探讨能够基于经济效益优化矿石提锂工艺的有效方法和思路, 旨在为优化提升矿石提锂工艺水平提供借鉴优化的思路。

关键词: 矿石锂资源; 矿石提锂工艺; 经济效益

1 矿石锂资源经济价值

1.1 矿石锂资源的分布与开发

锂资源在现阶段的社会发展中有着较为广泛的应用, 其所具有的高比热、高电导率以及较强的化学活性, 能够满足一些新型清洁能源、陶瓷、玻璃、润滑脂等产品的生产需求, 且在当前以锂电池为主要动力的电动汽车推广应用的趋势下, 市场对锂资源的需求也在不断提升, 无论是锂资源储量还是提锂工艺产能的发展, 都得到了较为广泛的关注^[1]。当前针对矿石锂资源的开发, 以锂辉石和锂云母为主要的形式。从整体上来看, 我国锂矿石资源的开发受到自然环境条件或基础配套设施的影响, 难以满足市场碳酸锂的生产需求, 现阶段往往仍需要通过进口实现。我国的矿石锂资源储量丰富, 主要分布在四川、新疆、江西、湖南等地, 其中, 江西的锂矿资源较少受到地势以及社会发展的影响, 氧化锂的保有资源储量为 260 万 t, 在锂矿石的开采方面也较为容易。

从锂资源开发的角度来看, 尽管我国在锂辉石的产量不足, 但基于拥有的矿石提锂工艺, 能够让我国在锂资源产能方面体现出一定的优势。澳大利亚、加拿大等国家的矿石锂资源生产情况参差不齐, 例如, 澳大利亚的 Talison 公司矿石锂资源年产能为 74 万 t, 加拿大的 North American Lithium 公司矿石锂资源年产能为 20 万 t。我国宜春钽铌矿有限公司锂云母精矿年产约 20 万 t; 泰昌矿业年选矿能力约 60 万 t^[2]。

1.2 矿石提锂原理

当前能够应用于锂资源开发和生产的工艺, 以锂辉石提锂和锂云母提锂工艺为主。锂辉石提锂是现阶段应用最为广泛, 也是最为成熟的提锂工艺。该工艺需要将天然锂辉石选矿后获得 Li_2O 在 6% 的锂辉石精矿, 将其置于 1000℃ 的环境下转型焙烧, 让锂辉石的晶相能够从 α 型转化为 β 型。这种晶系的锂辉石

结构较为疏松, 将其研磨后混入少量浓硫酸, 再经过 300℃ 的酸化焙烧, 就可以形成可溶性的硫酸锂^[3]。待其冷却后, 还需要再经过中和浸出过滤得到硫酸锂溶液。最后向得到的溶液中加入石灰乳, 用于除去溶液中的钙、镁等杂质, 再经过净化洗涤处理后, 就可以得到碳酸锂, 同时也能够伴随反应产生硫酸钠。

而锂云母提锂则需要将一定比例的锂云母和硫酸盐置于高温下煅烧, 将锂云母矿石中的锂借助硫酸盐中的钾或钠置换出来, 从而形成具有可溶性的硫酸锂溶液。对烧结后得到的熟料进行水浸分离处理后, 得到硫酸锂溶液, 然后对溶液进行净化除杂处理, 就可以得到碳酸锂产品。

矿石中含有的锂资源较为丰富, 但从矿石中提炼锂资源的工艺难度也较高。近年来, 伴随着新兴行业的发展, 市场对锂资源的需求逐渐提升, 对矿石提锂工艺的优化调整也提出了更高的要求。在这一情况下, 如何通过优化工艺来降低用于矿石提锂的成本, 让碳酸锂产品在促进市场和社会的发展中发挥更大的作用, 提升碳酸锂产品的经济效益, 是当前相关人员需要关注的主要问题。

2 矿石提锂工艺及其经济效益分析

为实现对矿石提锂工艺的优化, 主要从工艺成本的角度, 探讨提锂工艺应用产生的经济效益情况。由于当前能够进行提锂的工艺分为矿石提锂和盐湖提锂两种, 考虑基于市场对碳酸锂产品的用途和需求不同, 应能够基于矿石提锂工艺产生的经济效益, 将其应用于合适的碳酸锂产品生产中, 从而更好地满足市场需求, 也能够一定程度上提升矿石提锂工艺应用的针对性和实际效率^[4]。基于此, 对矿石提锂工艺及其经济效益进行分析, 主要在简单介绍矿石提锂工艺流程后, 通过测试分析的方法, 对矿石提锂工艺产生的经济效益多少进行测试, 具体从以下几个方面入手:

2.1 矿石提锂工艺流程

矿石提锂的基本原理不同,实际的工艺流程也有着一定的差异。当前矿石提锂工艺主要以生产碳酸锂产品为主,通常包括工业级碳酸锂和电池级碳酸锂两种类型。其中,电池级碳酸锂的锂纯度更高。

2.1.1 锂辉石提锂

以锂辉石提锂的原理为例,基于这一原理进行矿石提锂工艺生产,主要分为转晶焙烧、浸出除杂和沉锂反应三个主要的阶段,锂辉石在经过转型焙烧后,需要将得到的精矿冷却细磨,然后向其中加入浓硫酸进行酸化焙烧,向得到的生产物中加入石灰石调浆浸出并压滤,再经过石灰乳和纯碱的净化锅炉,得到滤液。将滤液压缩后向其中加入纯碱溶液,在一次沉锂后,通过离心分离的方式可以将滤液中的液体和固体分离,将固体经过干燥和气流粉碎后,就可以得到电池级的碳酸锂。而分离后得到的滤液分为两部分,一部分需要加入纯碱溶液进行二次沉锂,一部分需要加酸中和后进行蒸发分离处理,再将得到的滤液加入纯碱溶液进行二次沉锂^[5]。在沉锂反应后,经过离心分离和干燥处理,可以得到工业级的碳酸锂。而经过加酸中和且蒸发分离后的溶液在经过干燥处理后,则可以得到元明粉。应用这一提锂工艺,可以获得初级碳酸锂产品。

2.1.2 锂云母提锂

而应用锂云母提锂原理进行工艺生产,主要考虑锂云母本身品位低、渣量大且含有氟这一特点,容易在工艺生产中形成难溶氟化物。而锂云母中含有一些稀有贵重金属资源也难以实现综合利用。在这一情况下,锂云母提锂应用和损耗的成本往往更高。该工艺在实际应用中主要分为混料焙烧、浸出除杂以及沉锂反应三个阶段。

具体而言,首先需要将锂云母矿石与熟石灰和硫酸盐充分混合,以混料造球的方式,将得到的产物进行充分焙烧,在经过球磨后及时浸出过滤,向得到的滤液中加入石灰乳和纯碱,再进行除杂过滤,然后将得到的滤液蒸发浓缩,再向其中加入纯碱溶液后进行一次沉锂反应并离心处理,向部分滤液加酸中和,通过蒸发和离心分离的方式得到硫酸钾钠盐和滤液,对滤液进行二次沉锂,经过再次离心分离后就可以得到工业级碳酸锂产品。而经过一次沉锂后的另一部分滤液需要进行干燥处理,在经过气流粉碎后,就可以得到电池级碳酸锂产品。

2.2 矿石提锂工艺经济效益分析

2.2.1 锂辉石提锂

在实际应用锂辉石工艺生产碳酸锂产品时,能够以更易于控制的特点满足企业生产的需要,且应用这一工艺获得的碳酸锂产品质量和稳定性更好,还可以副产硫酸钠。但同时,考虑工艺对硫酸的用量需求较大,但硫酸的市场价格波动也比较大,整个工艺过程也需要对沉锂反应产生的酸性尾气进行处理,因而会消耗较多的成本费用。基于这一前提,考虑在以锂辉石提锂的工艺进行生产中,由于锂辉石大多来自国外,精矿品味在5%~6%左右,而锂辉石精矿的价格在1000美元/t左右(汇率6.4计算),如果按照8~9t的精矿能够生产1t的碳酸锂来计算,在原料成本为5.5~6万元/t,加工成本为2~3万元/t的情况下,整体消耗的成本应在8.4万元/t左右,毛利润约7.6万元/t。由此可知,应用矿石提锂工艺消耗的成本在6万元左右。如果某企业的提锂工艺产能为6万t,按照16万元/t的售价标准,销售毛利润率为35%,则一年可以获得的毛利润为33.6亿元。

2.2.2 锂云母提锂

而应用锂云母提锂的工艺进行生产,发现该工艺在反应中产生的渣量较少,锂的回收率也比较高,无需浓硫酸,综合成本较低。但由于该工艺未能对锂云母中的钾、铷、铯等进行综合利用,且硫酸钾的价格相较浓硫酸更为昂贵,钾本身也很难在工艺生产中除去干净,因而容易对得到的硫酸锂产品品质产生影响。基于这一前提,考虑在精矿品味为3%~4%的情况下,精矿价格在1500~2000万元/t左右,约14~18t的精矿能够生产1t碳酸锂产品。基于此,将原料成本控制在3万元,加工成本在3~4万元/t,则整年的成本可以控制在7万元/t左右。如果某企业应用锂云母的工艺产能为10t,按16万元/t的标准进行计算,则利用锂云母技术提炼碳酸锂,每吨毛利为11万元。如果能够通过优化工艺的方式将成本控制在5万元/t,则一年的毛利润能够达到16.5亿元。

2.2.3 盐湖提锂

为探讨矿石提锂工艺的经济效益和价值,进一步结合盐湖提锂的工艺方法,探讨矿石提锂工艺与盐湖提锂工艺产生的经济效益的差异。盐湖提锂工艺主要以高原地区富含镁锂的卤水为原料,借助物理化学的方法来提炼锂资源。受到现阶段技术能力以及恶劣地理环境条件的影响,尽管该工艺本身的生产成本较低,

但隐形成本较高。例如,某企业应用盐湖提锂的方式获得电池级的碳酸锂成本在4万元/t左右,隐形成本在1万元/t左右。则盐湖提锂每吨获得的碳酸锂毛利润在11万元左右,在该公司的年产能为3万t的情况下,获得毛利润为33亿元。尽管从这一角度来看,盐湖提锂的方式能够获得更理想的经济效益,但盐湖提锂的生产周期通常需要1-3年才能满产,而应用矿石提锂的方法只需要1年,且盐湖卤水晾晒时间长,盐湖项目从启动到满产时间跨度比较大,导致其相对于矿石产能释放较慢,提锂过程也容易受到天气的影响,因而在实际生产中有着较多的限制,仍需要对该提锂工艺进行不断优化。

2.2.4 矿石提锂工艺对比

考虑矿石提锂工艺与盐湖提锂工艺的区别,结合某企业进行矿石提锂的实际成本消耗,应用锂辉石提锂的工艺,发现在锂辉石单价为2025.51元/t、纯碱单价为1140.88元/t、硫酸单价为351.33元/t的情况下,应用锂辉石工艺生产的工业级碳酸锂产品成本为25589.87元/t,电池级碳酸锂产品成本为27076.63元/t。而同年应用盐湖提锂工艺,发现在工艺生产应用的熟石灰单价为1224元/t、盐酸为136元/t、氯化钙为1632元/t、碳酸钠为5168元/t的情况下,获得的工业级碳酸锂产品成本为15415.6元/t,获得的电池级碳酸锂成本为27250元/t。结合以上数据可以发现,制备电池级的碳酸锂产品,应用矿石提锂工艺消耗的成本更低;而制备工业级的碳酸锂产品,由于盐湖提锂的方式无需进行精矿加工,且整体能耗较低,因而更适用于这一盐湖提锂的方式。

在充分考虑当前先进技术不断发展的背景下,由于各种高端锂产品的应用范围逐渐扩大,各类电子产品的生产应用在很大程度上带动了锂电池的需求和发展,相应的市场对电池级碳酸锂的需求也逐渐提高,且航空航天等领域的发展也对高纯碳酸锂产生了更高的需求。在这一情况下,考虑矿石提锂方法消耗的成本更低,工艺处理所需的原料为精矿,原料的化学组成较为稳定,除硅、铝外其他杂质的含量较低,且经过长时间的发展已经形成了较为成熟、便利的工艺生产途径和流程,因而实际获得的经济效益也更高。

在选择应用矿石提锂的方式生产电池级碳酸锂产品的前提下,考虑到现阶段碳酸锂的价格在盐湖卤水提锂工艺出现后呈现出持续下跌的趋势,相应的进口锂精矿的价格也不断下降。尽管对签订长期报销合同

的企业而言,精矿的降价趋势对企业降低成本的影响有限,但如果基于优化的工艺,在国内采购锂云母精矿,就会让精矿的价格波动更加明显。也就是说,在产品价格不断下降的情况下,锂辉石的利润空间被压缩,则锂云母提锂工艺就能够在成本上体现出更为明显的优势。在这一情况下,两种矿石提锂的工艺方法都能够体现出一定的优势,对进行提锂生产的企业而言,应结合自身的实际产能情况和经营发展需求,应用合适的提锂方法,并能够规划通过进一步开发矿石锂资源和优化提锂工艺的方式,控制企业生成碳酸锂产品的实际成本。

尽管盐湖提锂工艺在生产工业级碳酸锂产品方面消耗的成本和产生的经济效益要更为明显,但考虑该工艺在实际应用中受到的技术以及环境条件的限制,应注重加强对该工艺技术的优化调整,以实现盐湖卤水提锂的大规模生产和降低生产成本为主要目的,让盐湖提锂工艺能够与矿石提锂工艺并重,以便能够从工业级碳酸锂和电池级碳酸锂产品的生产中实现对成本和经济效益的有效控制。

3 结论

综上所述,经济效益可以作为衡量和优化矿石提锂工艺方法的有效指标。结合当前市场对锂资源的大量需求,在充分考虑锂资源的物理化学特性的基础上,明确我国矿石锂资源的主要分布范围和情况,基于矿石提锂的原理和工艺流程步骤,借助经济效益的相关指标来探讨能够优化矿石提锂工艺技术的有效方法,能够让矿石提锂工艺的优化开发更符合实际的市场发展需求,也有利于社会整体的可持续发展。

参考文献:

- [1] 周建平,艾仙斌等.锂矿石提锂工艺与锂渣资源化利用研究进展[J].能源研究与管理,2022,14(04):71-77.
- [2] 雷春元.矿石提锂控制系统解决方案[J].轻工科技,2022,38(03):72-75.
- [3] 徐正震,梁精龙等.含锂资源中锂的提取研究现状及展望[J].矿产综合利用,2021(05):32-37.
- [4] 陈光辉,王中奎等.国内氢氧化锂生产工艺及成本分析[J].中国金属通报,2020(05):9-10.
- [5] 田健,李涛等.典型锂矿石提锂技术研究进展[J].湖北大学学报(自然科学版),2020,42(01):56-60.

作者简介:

杨景程(1990-),男,苗族,四川邛崃人,本科,研究方向:化学分析。