

绿色水处理策略在盐湖提锂中的实践与探索

季常青

厦门紫金矿冶技术有限公司 福建 厦门 361101

摘要: 随着全球对锂资源需求的激增,盐湖提锂技术作为锂资源开发的重要方向,其重要性日益凸显。本文旨在探讨绿色水处理策略在盐湖提锂中的实践与探索,通过分析现有技术、环境挑战以及创新解决方案,提出一套高效、环保的盐湖提锂流程。文章首先介绍了盐湖提锂的基本原理和现有技术,随后详细阐述了绿色水处理策略在盐湖提锂中的具体应用,包括预处理、浓缩、分离和纯化等环节,并结合实际案例展示了绿色水处理策略在提高提锂效率、降低环境影响方面的显著成效。最后文章总结了绿色水处理策略在盐湖提锂中的重要意义,并对未来发展趋势进行了展望。

关键词: 盐湖提锂;绿色水处理策略;环保高效;技术创新;可持续发展

引言

锂,被誉为“21世纪的白色石油”,是锂电池等新能源产业的核心原料。随着新能源产业的快速发展,全球对锂资源的需求不断增长。盐湖提锂作为主要的锂资源开发方式之一,具有资源丰富、成本低廉、环保高效等优势。然而传统盐湖提锂技术往往伴随着环境污染和资源浪费等问题,难以满足可持续发展的要求。因此探索绿色水处理策略在盐湖提锂中的应用,对于提高提锂效率、降低环境影响具有重要意义。

1 盐湖提锂的基本原理与现有技术

1.1 盐湖提锂的基本原理

盐湖提锂的基本原理是利用盐湖中锂资源的特性,通过溶解、沉淀、浓缩、结晶等化学和物理过程,将锂从盐湖水中提取出来。盐湖中的主要锂矿石是碳酸锂和硼酸锂,这些锂矿石以溶解的形式存在于盐湖水中。提锂过程一般包括盐湖水的采集、预处理、锂的溶解、沉淀、浓缩、结晶、提取和精炼等步骤。

1.2 现有盐湖提锂技术

当前,盐湖提锂技术主要包括沉淀法、溶剂萃取法、离子交换吸附法、碳化法等。其中,离子交换吸附法因其操作简便、环境友好和高效性,在盐湖提锂领域得到了广泛应用。此外,随着科学技术的不断发展,吸附法、萃取法等提锂新技术不断完善,并广泛应用于我国的盐湖提锂领域。

2 绿色水处理策略在盐湖提锂中的实践

2.1 预处理阶段的绿色水处理策略

预处理阶段是盐湖提锂过程中的首个关键环节,此阶段的主要目标是去除盐湖水中的杂质、调节pH值,为后续锂提取工艺创造有利条件,确保整个提锂过程的

顺利进行。在这一阶段,绿色水处理策略的应用尤为关键,主要体现在以下几个方面:

2.1.1 高效除杂技术

盐湖水中含有的悬浮物、有机物等杂质,对后续的提锂工艺会产生不利影响,降低提锂效率。因此引入高效除杂技术成为预处理阶段的重要一环。混凝沉淀法和吸附法是两种常用的高效除杂技术。

混凝沉淀法通过向盐湖水中加入混凝剂,使溶液中的杂质颗粒相互聚集,形成较大的絮状物质,进而沉淀下来。这种方法不仅能够有效去除悬浮物,还能降低有机物的含量,为后续的提锂工艺提供清洁的原料。在选择混凝剂时,应优先考虑环保型产品,以避免对盐湖生态环境造成二次污染。吸附法则利用特制的吸附材料,如活性炭、树脂等,对盐湖水中的杂质离子进行吸附。这些吸附材料具有高度的选择性和吸附能力,能够高效地去除溶液中的有害物质,提高盐湖水的纯净度。与混凝沉淀法相比,吸附法在处理低浓度杂质时更具优势,且操作简便、易于控制^[1]。

2.1.2 精准pH值调控

pH值是影响锂离子溶解性和许多混凝剂、反应剂性能的关键因素。在预处理阶段,通过精准调控pH值,可以优化锂离子的溶解环境,提高提锂效率。传统的pH值调控方法往往采用强酸或强碱,这不仅会对环境造成污染,还可能影响后续提锂工艺的稳定性。

绿色水处理策略强调使用环保型pH调节剂,如弱酸、弱碱或生物调节剂等。这些调节剂不仅能够有效调节pH值,还能减少对环境的污染。同时,通过精准控制调节剂的投加量和投加时机,可以实现pH值的精确调控,为后续的提锂工艺提供最佳的溶解环境。在实际操

作中,精准pH值调控需要结合盐湖水的实际情况和提锂工艺的要求进行。通过实时监测pH值的变化,及时调整调节剂的投加量,确保pH值稳定在最佳范围内。这不仅能够提高提锂效率,还能降低能耗和成本,实现经济效益和环境效益的双赢^[2]。

2.2 浓缩阶段的绿色水处理策略

浓缩阶段是提高盐湖水中锂离子浓度的关键环节,也是决定后续提锂效率和产品质量的重要步骤。在这一阶段,绿色水处理策略的应用尤为关键,它不仅关乎到资源的有效利用,还直接影响到整个提锂过程的环保性能。以下是对浓缩阶段绿色水处理策略的具体阐述:

2.2.1 高效节能浓缩技术

在盐湖提锂的浓缩阶段,传统方法往往能耗高、效率低,且易造成环境污染。因此,采用高效节能浓缩技术成为绿色水处理策略的重要组成部分。其中,反渗透和纳滤等膜分离技术因其独特的优势而备受青睐。

反渗透技术是一种通过半透膜将溶液中的溶剂(通常是水)和溶质进行分离的技术。在盐湖提锂中,反渗透膜能够允许水分子通过,而阻止大部分盐类和其他杂质通过,从而实现盐湖水的浓缩。这种技术不仅浓缩效率高,而且能耗相对较低,有助于降低生产成本。纳滤技术则是一种介于超滤和反渗透之间的膜分离技术,其孔径大小适中,能够截留部分小分子有机物和二价及多价离子,同时允许一价离子和小分子物质通过。在盐湖提锂中,纳滤技术可以用于进一步提纯经过反渗透处理后的溶液,提高锂离子的浓度^[3]。

这些高效节能浓缩技术的应用,不仅提高了盐湖提锂的效率,还能降低了能耗和成本,符合绿色水处理策略的核心要求。

2.2.2 废水回收利用

在盐湖提锂的浓缩过程中,会产生大量的废水。这些废水中往往含有一定量的有用成分,如未完全提取的锂离子、其他有价值的盐类等。如果直接排放,不仅会造成资源浪费,还可能对环境造成污染。因此科学合理的废水回收利用策略成为绿色水处理策略的重要组成部分。通过采用先进的废水处理技术,如膜分离、蒸发结晶等,可以将废水中的有用成分进行回收和再利用。这不仅提高了资源的利用率,还减少了环境污染,实现了经济效益和环境效益的双赢。在实际应用中,废水回收利用策略需要综合考虑废水的水质、水量以及回收成本等因素。通过优化废水处理流程,提高回收效率,降低回收成本,可以实现废水的最大化利用和最小化排放^[4]。

2.3 分离与纯化阶段的绿色水处理策略

分离与纯化阶段在盐湖提锂过程中扮演着至关重要的角色,它是决定最终产品纯度和质量的关键环节。此阶段的主要任务是将锂离子从复杂的盐湖水中有效地分离出来,并进一步提升其纯度,以满足不同应用领域对高纯度锂的需求。在这一阶段,绿色水处理策略的应用显得尤为重要,它不仅关乎提锂效率,还直接影响到整个生产过程的环保性能。

2.3.1 高效离子交换树脂

传统的离子交换树脂虽然在一定程度上能够实现锂离子的分离,但往往存在吸附容量有限、选择性不高、耐温性能差等问题,而离子交换树脂作为分离与纯化阶段的核心材料,其性能直接影响到锂的提取效率和纯度。绿色水处理策略则强调使用环保型、高效能的离子交换树脂,如铝系、钛系和锰系提锂吸附剂,以克服这些局限性。

铝系提锂吸附剂以其高选择性和大容量吸附能力而著称,能够有效地从高镁锂比的盐湖水中捕获锂离子,减少杂质的干扰。钛系吸附剂则以其良好的耐低温性能和稳定的化学性质,适用于寒冷地区的盐湖提锂作业,保证了提锂过程的连续性和稳定性。而锰系吸附剂则通过其独特的吸附机制,实现了对锂离子的高效分离和纯化,提高了最终产品的纯度。这些环保型、高效能的离子交换树脂不仅提高了锂的提取效率,还减少了化学药剂的使用量,降低了对环境的污染。同时,它们的长循环寿命也降低了生产成本,提高了整个提锂过程的经济性。

2.3.2 绿色除杂技术

在分离与纯化阶段,除了依靠高效的离子交换树脂外,绿色除杂技术的应用也是提高锂纯度的关键。传统的除杂方法往往涉及复杂的化学反应和大量的化学药剂,不仅能耗高,还可能产生有害的副产物。而绿色除杂技术,如离子膜分离和电渗析等,则以其操作简便、能耗低、环保性能好的特点,成为绿色水处理策略的重要组成部分。

离子膜分离技术利用离子膜的选择性透过性,实现了锂离子与其他杂质离子的有效分离。这种技术不仅提高了锂的纯度,还减少了化学药剂的使用,降低了对环境的污染。同时,离子膜分离技术还具有操作简便、易于控制的优点,适用于不同规模的盐湖提锂作业。

电渗析技术则是通过电场作用,驱动溶液中的离子通过半透膜进行分离。这种技术不仅能耗低,还能够实现锂离子的高效回收和纯化。在盐湖提锂过程中,电渗析技术可以有效地去除溶液中的杂质离子,提高锂的纯度,同时减少废水的排放,保护生态环境^[5]。

3 案例分析：绿色水处理策略在盐湖提锂中的应用

3.1 青海盐湖工业股份有限公司案例

青海盐湖工业股份有限公司经过十余年研究，开发出拥有自主知识产权的“吸附提锂+膜分离浓缩耦合技术”。该技术通过开发吸附提锂核心材料吸附剂和提锂装置吸附塔等核心技术，首次实现了超高镁锂比锂的绿色提取。采用该技术的1万吨/年工业级碳酸锂装置已于2018年达产，2万吨/年电池级碳酸锂项目于2021年达产。该技术的成功应用，不仅提高了提锂效率，还显著降低了能耗和成本，实现了经济效益与环境保护的双赢。

3.2 西藏盐湖提锂项目案例

西藏拥有数个锂浓度、镁锂比堪称一流的盐湖资源，但由于基础设施薄弱、高海拔条件艰苦以及环保要求格外严苛，尚未得到全面开发。然而，通过引入绿色水处理策略，西藏盐湖提锂项目取得了显著进展。例如，采用高盐卤水淡化膜和制取淡水装置，成功解决了淡水短缺的问题；同时，通过优化混凝剂投加量、反应时间及温度控制等流程优化措施，提高了提取效率和可持续性。

4 绿色水处理策略在盐湖提锂中的重要意义

4.1 提高提锂效率

绿色水处理策略通过引入高效节能的浓缩技术、环保型的离子交换树脂和绿色除杂技术等措施，显著提高了盐湖提锂的效率。这不仅满足了市场对锂资源日益增长的需求，还推动了新能源产业的快速发展。

4.2 降低环境影响

传统盐湖提锂技术往往伴随着环境污染和资源浪费等问题。而绿色水处理策略强调环保理念的应用，通过减少化学药剂的使用、优化废水处理流程等措施，有效降低了对环境的影响。这不仅保护了脆弱的生态环境，还实现了资源的可持续利用。

4.3 推动技术创新

绿色水处理策略在盐湖提锂中的实践与探索，推动了相关技术的不断创新和发展。通过引入新材料、新工艺和新设备等措施，提高了提锂技术的整体水平，为全球锂产业的可持续发展提供了有力支撑。

5 未来展望

随着全球对锂资源需求的持续增长和环境保护意识的不断提高，绿色水处理策略在盐湖提锂中的应用前景将更加广阔。未来，应继续加强产学研各方合作，加大技术研发投入，解决产业化技术关键问题；同时，注重人才培养和引进工作，为技术创新提供有力保障。此外，还应关注盐湖提锂过程中的节能减排措施和资源循环利用等方面的问题，推动盐湖提锂技术的绿色化和低碳化发展。

6 结论

绿色水处理策略在盐湖提锂中的实践与探索具有重要意义。通过引入高效节能的浓缩技术、环保型的离子交换树脂和绿色除杂技术等措施，显著提高了盐湖提锂的效率并降低了环境影响。未来，随着技术的不断进步和市场需求的增加，绿色水处理策略将在盐湖提锂领域发挥更加重要的作用，为全球锂产业的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]孔令杰,谢佳豪,李光壁,等.盐湖卤水锂提取技术研究进展[J/OL].无机盐工业,1-15
- [2]王雅茹,解玉龙.盐湖卤水提锂吸附材料研究进展[J/OL].盐湖研究,1-10[2024-09-18].
- [3]余亮良,黄敏.含锂资源提锂技术现状及研究进展[J].有色冶金设计与研究,2024,45(02):5-9+24.
- [4]靳军宝,郑玉荣,吴新年,等.盐湖提锂关键技术发展态势研究[J].现代化工,2024,44(04):6-12+18.
- [5]郝勇,马瑞瑞,田元立,等.锂离子筛在盐湖卤水提锂中的研究进展[J].应用化工,2024,53(02):494-498.