(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2023 年 7 月 6 日 (06.07.2023)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2023/124792 A1

(51) 国际专利分类号:
C22B 26/12 (2006.01) *C02F 1/28* (2023.01)
C22B 7/00 (2006.01) *C02F 101/10* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2022/136482

(22) 国际申请日: 2022 年 12 月 5 日 (05.12.2022)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202111630401.1 2021年12月28日 (28.12.2021) CN

(71) 申请人: 比亚迪股份有限公司 (BYD COMPANY LIMITED) [CN/CN]; 中国广东省深圳市坪山区比亚迪路3009号, Guangdong 518118 (CN)。

(72) 发明人: 韦家亮 (WEI, Jialiang); 中国广东省深圳市坪山区比亚迪路3009号, Guangdong 518118 (CN)。 林宏业 (LIN, Hongye); 中国广东省深圳市坪山区比亚迪路3009号, Guangdong 518118 (CN)。 连俊兰 (LIAN, Junlan); 中国广东省深圳市坪山区比亚迪路3009号, Guangdong 518118 (CN)。

(74) 代理人: 深圳市慧实专利代理有限公司 (SHENZHEN HUISHI PATENT AGENT CO., LTD.); 中国广东省深圳市坪山区坪山街道坪山大道2007号创新广场B座1501-1503, Guangdong 518118 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU,

(54) **Title:** METHOD FOR EXTRACTING LITHIUM FROM SALT LAKE

(54) **发明名称:** 盐湖提锂方法

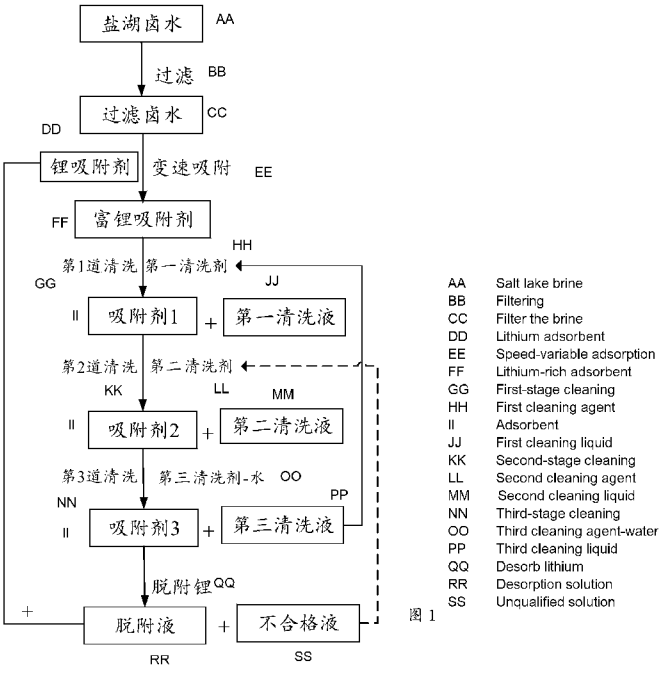

图 1

(57) **Abstract:** A method for extracting lithium from a salt lake. The method comprises: allowing salt lake brine to pass through a lithium adsorbent at variable speeds so as to enable lithium ions in the salt lake brine to be adsorbed onto the lithium adsorbent, thereby obtaining a lithium-rich adsorbent, wherein during the adsorption process, the flow rate of the salt lake brine is gradually reduced, and the difference between the initial flow rate and the final-stage flow rate of the salt lake brine is 0.5-3 BV/h; cleaning the lithium-rich adsorbent; and desorbing the lithium ions on the cleaned lithium-rich adsorbent by using a lithium ion eluent to obtain a desorption

WO 2023/124792 A1

[见续页]

CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的地区保护)：ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布：

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

solution.

(57) 摘要：一种盐湖提锂方法，包括：将盐湖卤水变速通过锂吸附剂，以使盐湖卤水中的锂离子吸附在锂吸附剂上，得到富锂吸附剂；其中，在吸附过程中，盐湖卤水的流速逐渐降低，且盐湖卤水的初始流速与末期流速的差值为0.5-3BV/h；对富锂吸附剂进行清洗；采用锂离子洗脱剂将清洗后的富锂吸附剂上的锂离子脱附下来，得到脱附液。

盐湖提锂方法

本申请要求于2021年12月28日提交中国专利局、申请号为202111630401.1、申请名称为“一种盐湖提锂方法”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请涉及环境保护和资源循环利用领域，具体涉及一种盐湖提锂方法。

背景技术

中国绝大部分锂资源储藏于盐湖卤水中，大都属于高镁锂比的卤水，因此从高镁锂比卤水中提锂成为中国锂资源开发的重点。近年开发的吸附法因具有对锂离子选择性好、工艺简单、可从高镁锂比盐湖卤水中提取锂、成本低等优点而受到广泛青睐。

然而，目前吸附法提锂工艺对锂的吸附效率低，还存在低温下（如冬天）难以生产得到锂含量高的合格脱附液的问题。

发明内容

为解决上述技术问题，本申请提供了一种可用于盐湖提锂方法，通过在卤水吸附阶段采用特定变速吸附工艺，可极大提高卤水中锂的吸附效率，解决在低温下难以得到高锂含量的合格脱附液的难题，提升了吸附卤水中锂的吸附效率，使得低温下也可以得到高锂含量的合格脱附液，从而可保证全年全天候无间断生产。

本申请提供了一种盐湖提锂方法，包括：将盐湖卤水变速通过锂吸附剂，以使所述盐湖卤水中的锂离子吸附在所述锂吸附剂上，得到富锂吸附剂；其中，在所述吸附过程中，所述盐湖卤水的流速逐渐降低，且所述盐湖卤水的初始流速与末期流速的差值为0.5-3BV/h；对所述富锂吸附剂进行清洗；以及，采用锂离子洗脱剂将所述清洗后的富锂吸附剂上的锂离子脱附下来，得到脱附液。

本申请提供的盐湖提锂方法中，通过在盐湖卤水的吸附阶段采用卤水流速逐渐降低的特定流速变化工艺，可以大大提升对卤水中锂的吸附效率，特别是可以实现低温（零度以下）下的高效锂吸附，进而可以保证在不影响产能的情况下得到锂含量在500mg/L以上的脱附液；在相同的吸附时间下（例如180min），在产能保持不变的条件下，采用本申请的提锂方法所得脱附液中的锂含量远高于常规采用流速固定的卤水吸附工艺的提锂方法制得的脱附液（一般在400mg/L左右）。

在一些实施方式中，所述初始流速为2.0-3.0BV/h，所述末期流速为1.2-1.8BV/h。

在一些实施方式中，所述盐湖卤水的总待吸附量为6-8个BV，所述吸附的总时长可以为2.5-4h。

在一些实施方式中，所述清洗依次包括：第1道清洗、第2道清洗、和第3道清洗，其中，所述第1道清洗时的第一清洗剂的流速、所述第2道清洗时的第二清洗剂的流速、所述第3道清洗时的第三清洗剂的流速呈依次增加的大小关系；所述第二清洗剂的用量大于所述第一清洗剂的用量、所述第三清洗剂的用量。

在一些实施方式中，第1道清洗时，第一清洗剂的流速为3-5BV/h，用量为0.5-1BV；第2道清洗时，第二清洗剂的流速为6-8BV/h，用量为1-1.5BV；第3道清洗时，第三清洗剂的流速为9-12BV/h，用量为0.5-1BV。

在一些实施方式中，所述第一清洗剂包括含浓度不超过 50g/L 的镁离子，及浓度不超过 300mg/L 的锂离子的水溶液；所述第二清洗剂包括含浓度不超过 5g/L 的镁离子，及浓度不超过 250mg/L 的锂离子的水溶液；所述第三清洗剂为纯水。

在一些实施方式中，所述锂脱附的过程中，所述锂离子洗脱剂为水，温度为 30-50℃。

在一些实施方式中，所述锂吸附剂包括吸附材料、粘结剂和润湿分散剂，其中，所述粘结剂包括偏氟乙烯-三氟氯乙烯共聚物和氟烯烃-乙烯基醚共聚物中的至少一种，所述润湿分散剂包括聚乙二醇、聚丙烯酸钠、聚乙烯醇、甲醛缩合物中的一种或多种。

在一些实施方式中，所述吸附材料为铝系吸附材料。

在一些实施方式中，所述铝系吸附材料可表示为 $Li_aX \cdot mAl(OH)_3 \cdot nH_2O$，其中，X 可以是 Cl^-、SO_4^{2-}，a=1 或 2，m 为 1-5，n 为 1-5。

在一些实施方式中，以所述锂吸附剂的重量为基准，所述吸附材料的含量为 80-95wt%，所述粘结剂的含量为 4-17wt%，所述润湿分散剂的含量为 1-5wt%。

在一些实施方式中，所述吸附材料的质量与所述粘结剂和所述润湿分散剂的质量之和的比值大于或者等于 8:1。

在一些实施方式中，所述粘结剂的质量为所述吸附材料的质量的 8%-12.5%。

在一些实施方式中，所述偏氟乙烯-三氟氯乙烯共聚物或所述氟烯烃-乙烯基醚共聚物的分子量为 10 万-80 万。

在一些实施方式中，在将所述盐湖卤水变速通过锂吸附剂的步骤之前，所述方法还包括：对所述盐湖卤水进行过滤，以除去其中的杂质。

在一些实施方式中，所述对所述盐湖卤水进行过滤的步骤包括：依次对所述盐湖卤水进行高速离心过滤和反冲洗过滤。

在一些实施方式中，所述锂吸附剂装填在交换柱或吸附塔内。

在一些实施方式中，在将盐湖卤水变速通过锂吸附剂的步骤之前，所述方法还包括：对所述锂吸附剂进行脱锂。

在一些实施方式中，所述锂离子洗脱剂的流速为 1.5-2.5BV/h。

在一些实施方式中，所述脱附的时间为 2.5-4h。

本申请提供的盐湖提锂方法，通过在盐湖卤水的吸附阶段采用特定的流速变化工艺，可以使对卤水中锂的吸附效率得到有效提升，解决了在低温下（卤水在冬天最低零下十几摄氏度一般不结冰）难以得到高锂含量的合格脱附液的难题，提升了吸附卤水中锂的吸附效率，使得低温下也可以得到高锂含量的合格脱附液，从而可保证全年全天候无间断生产。该盐湖提锂方法的工艺流程简单，提锂收率高，便于大规模工业化生产。

附图说明

图1为本申请一实施例提供的盐湖提锂方法的工艺流程图。

图2为本申请另一实施例提供的盐湖提锂方法的工艺流程图。

具体实施方式

本申请提供了一种盐湖提锂方法，包括以下步骤：

（1）将盐湖卤水变速通过锂吸附剂，以使所述盐湖卤水中的锂离子吸附在所述锂吸附剂上，得到富锂吸附剂；其中，在所述吸附过程中，所述盐湖卤水的流速逐渐降低，且所述盐湖卤水的初始流速与末期流速的差值为 0.5-3BV/h；

（2）对所述富锂吸附剂进行清洗；

（3）采用锂离子洗脱剂将所述清洗后的富锂吸附剂上的锂离子脱附下来，得到脱附液。

本申请提供的盐湖提锂方法中，通过在盐湖卤水的吸附阶段采用卤水流速逐渐降低的特定流速变化工艺，可以使对卤水中锂的吸附效率大大提升，特别是可以实现低温（零度以下）下的高效锂吸附，进而在不影响产能的情况下可保证得到锂含量在 500mg/L 以上的脱附液；在相同的吸附时间下（例如 180min），在产能保持不变的条件下，采用本申请的提锂方法所得脱附液中的锂含量远高于常规采用流速固定的卤水吸附工艺的提锂方法制得的脱附液（一般在 400mg/L 左右）。

本申请中，在吸附过程中，盐湖卤水的流速可根据时间变化，整体流速随吸附过程的进行而逐渐减低。盐湖卤水的初始流速与末期流速的差值为 0.5-3BV/h，具体可以是 0.8BV/h、1BV/h、1.2BV/h、1.5BV/h、1.8BV/h、2BV/h 或 2.5BV/h 等。合适的初、末期流速差值有利于对卤水中锂的吸附效率的提升。

其中，初始流速与末期流速的界定可根据具体的卤水变速工艺来定，若卤水的流速是连续地降低，则初始流速为开始吸附时最早通过锂吸附剂的的卤水流速，末期流速为吸附即将结束时，最后通过锂吸附剂的盐湖卤水流速。若卤水的流速是分阶段地离散性降低，即，在吸附过程中，卤水的流速有 n 个不同的值（n 为有限值，流速可分别是 V1、V2、…Vn），其中第 1 个流速段（流速为 V1）为卤水的初始流速，最后一个流速段（即，第 n 个流速段，流速为 Vn）为末期流速。若卤水的总待吸附量为 Q（单位是 Bv），则每个流速阶段通过吸附剂的卤水的量可以为 Q/n，其中，通过所述锂吸附剂的第 1 个 Q/n BV 的盐湖卤水的流速可称为初始流速，通过所述锂吸附剂的最后一个 Q/n BV 的盐湖卤水的流速可称为末期流速。举例来说，当需要吸附 6 个 BV 体积量的盐湖卤水时，每个 BV 的卤水分别依次采用 2.5、2.3、2.1、2.0、1.8、1.6BV/h 的流速通过锂吸附剂时，其中，卤水的初始流速为 2.5BV/h，末期流速为 1.6BV/h，每个卤水的吸附时间分别是 24min、26min、28.6min、30min、33min、37.5min。

本申请一些实施方式中，所述初始流速为 2.0-3.0BV/h，所述末期流速为 1.2-1.8BV/h。相较于流速固定的卤水吸附工艺，采用这样的卤水初始流速、末期流速，对卤水中锂的吸附效率可提升 5%-20%。其中，BV 一般是指锂吸附剂的填充体积，2.0-3.0BV/h（以下相同）代表卤水流速的体积量在每小时内为所述锂吸附剂体积的 2-3 倍。在一些实施例中，所述初始流速具体可以是 2.0、2.1、2.2、2.3、2.4、2.5、2.6、2.7、2.8、2.9 或 3.0BV/h 等。所述末期流速具体可以是 1.2、1.3、1.4、1.5、1.6、1.7 或 1.8BV/h 等。

在一些实施方式中，所述吸附过程中，所述盐湖卤水的总待吸附量为 6-8 个 BV，即，待与锂吸附剂接触的盐湖卤水的体积量是所述锂吸附剂的装填体积量的 6-8 倍。盐湖卤水的待吸附量可根据盐湖卤水中锂含量的高低（一般为 180-300ppm）来发生变动。在一些实施方式中，所述吸附的总时长可以为 2.5-4h，例如为 2.8h、3h、3.5h、3.8h 等。

在一些实施方式中，步骤（1）中，在所述盐湖卤水变速通过锂吸附剂之前，还包括：对所述卤水进行过滤，以除去其中的杂质（比如：颗粒状杂质）。其中，过滤可以依次包括：高速离心过滤和反冲洗过滤。高速离心过滤主要是为了除去去除大颗粒的沉淀物，高速离心过滤可以在离心式固液分离机中进行，离心速度为 15000-35000rpm。反冲洗过滤是为了进一步精密过滤，以使盐湖卤水中的固态杂质更少以确保过滤得到的物料不影响所述锂吸附剂的吸附功能，且过滤后的杂质反冲洗方便，且不用频繁更换过滤耗材。反冲洗过滤可以采用不锈钢滤网型反冲洗过滤机进行。

本申请中，所述盐湖卤水通过吸附法实现提锂。锂吸附剂可以装填在交换柱内（如玻璃柱、不锈钢柱）或吸附塔等载体内。当盐湖卤水流过装有锂吸附剂的载体，并与锂吸附剂接

触时，其中的锂离子可被锂吸附剂所吸附、固定下来，同时锂吸附剂也转变为吸附有锂的富锂吸附剂。

本申请实施方式中，所用锂吸附剂可以包括吸附材料和粘结剂。其中，吸附材料可以是铝系吸附材料，锰系吸附材料（例如尖晶石型锰氧化物与锂离子形成的结合体）、钛系吸附材料（例如偏钛酸型锂离子筛吸附剂）、铁系吸附材料等。本申请一些实施方式中，吸附材料为铝系吸附材料。铝系吸附材料可以是氢氧化铝和含锂化合物（如卤化锂、硫酸锂等）形成的结合体。该铝系吸附材料可从含锂溶液中吸附锂离子，待吸附饱和后，经一定温度的水洗脱，锂离子可从其上解析到溶液中。在一些实施方式中，所述铝系吸附材料可表示为$Li_aX \cdot mAl(OH)_3 \cdot nH_2O$，其中，X 可以是 Cl^-、SO_4^{2-}等；a=1 或 2；m 为 1-5，优选为 2；n 为 1-5。进一步地，为使本申请的锂吸附剂的锂吸附能力更强，在采用其进行盐湖提锂之前，可对该锂吸附剂进行适当脱锂，以使吸附材料具有较多的锂空位。脱锂后的铝系吸附材料可表示为$(1-x)Li_a' X \cdot mAl(OH)_3 \cdot nH_2O$，$0<x<1$。其中，铝系吸附材料可以通过机械化学合成法、浸泡法、酸化转化法、沉淀法等制得。以$LiCl \cdot mAl(OH)_3 \cdot nH_2O$为例，其可通过 LiCl 溶液浸泡氢氧化铝法制得，或者通过LiOH溶液浸泡氢氧化铝后酸化转化得到，或者通过AlCl3和 LiCl 溶液共沉淀制得，还可以通过 LiOH 和氢氧化铝研磨法制得等。

其中，粘结剂可以是环氧树脂、酚醛树脂、聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚偏氟乙烯、乙烯-醋酸乙烯共聚物、偏氟乙烯-三氟氯乙烯共聚物（简称 VDF-CTFE）和氟烯烃-乙烯基醚共聚物（也可称为 FEVE 型氟碳树脂）等中的一种或多种。

在一些实施方式中，所述粘结剂为偏氟乙烯-三氟氯乙烯共聚物和氟烯烃-乙烯基醚共聚物中的至少一种。此时，所述锂吸附剂还包括润湿分散剂，具体可以包括聚乙二醇、聚丙烯酸钠、聚乙烯醇、甲醛缩合物中的一种或多种。示例性的甲醛缩合物可以包括但不限于萘磺酸盐甲醛缩合物、甲基萘磺酸盐甲醛缩合物、苄基萘磺酸盐甲醛缩合物、酚磺酸盐甲醛缩合物等中的一种或多种。

采用偏氟乙烯-三氟氯乙烯共聚物和/或氟烯烃-乙烯基醚共聚物作粘结剂，不仅可以使锂吸附剂的结构稳定性及机械强度较高、耐腐蚀性好，在循环多次吸锂-脱锂使用后，该吸附剂的溶损率低，使用寿命长，同时上述粘结剂还可使吸附剂形成合适孔隙率和窄孔径的表面状态，使得上述锂吸附剂的锂吸附效率较高、不会使锂吸附剂的有效活性面积变小而影响其吸附速度和效率；上述润湿分散剂的润湿性也有利于吸附剂对锂离子的吸附效率和吸附量提高。此外，在这两种特定粘结剂的出色的表面光滑度和洁净性能及润湿分散剂的润湿性的协同作用下，还使得上述锂吸附剂在吸附锂后易于清洗干净、脱附锂的过程更易进行，进而节省清洗和脱附过程的用水量，降低吸附剂在这些过程中的溶损率，降低脱附温度，对盐湖等高缺少缺能源地区实现工业化提锂具有较大意义，并得到镁锂比低、锂含量高的合格脱附液。

在一些实施方式中，偏氟乙烯-三氟氯乙烯共聚物或氟烯烃-乙烯基醚共聚物的分子量可以为 10 万-80 万。适当高分子量的粘结剂的粘结效果较好，并降低锂吸附剂在使用过程中发生裂纹、破碎的风险，提高其使用寿命。其中，偏氟乙烯-三氟氯乙烯共聚物中，单体偏氟乙烯与三氟氯乙烯的共聚比可以为 1:（1-5），优选为 1:4。优选地，所述粘结剂为偏氟乙烯-三氟氯乙烯共聚物，或者为偏氟乙烯-三氟氯乙烯共聚物和氟烯烃-乙烯基醚共聚物的混合。

在一些实施方式中，所述甲醛缩合物的分子量为 4000-10000。所述聚丙烯酸钠的分子量为 5000-10000。

本申请一些实施方式中，所述润湿分散剂为聚乙二醇。聚乙二醇的润湿、分散性较优异。在一些实施方式中，所述聚乙二醇的分子量为 10000-30000。较高分子量的聚乙二醇随吸附剂

在水中的溶解程度较低，使吸附剂的使用寿命较长。

本申请实施方式中，以所述锂吸附剂的重量为基准，所述吸附材料的含量为 80-95wt%，所述粘结剂的含量为 4-17wt%，所述润湿分散剂的含量为 1-5wt%。适量占比的吸附材料、粘结剂、润湿分散剂的配合下，可使整体锂吸附剂能兼顾良好的结构稳定性、吸附效果及脱附效果。优选地，吸附材料的含量为 85-92wt%。优选地，粘结剂的含量为 5-15wt%，进一步优选为 6-12wt%。优选地，润湿分散剂的含量为 1-3wt%。

本申请一些实施方式中，所述粘结剂的质量为所述吸附材料的 8%-12.5%。适量的粘结剂用量可在保证锂吸附剂的结构稳定性高、使用寿命长（不易破碎）的情况下，还会弱化其对所得锂吸附剂的吸附容量的降低影响。

本申请实施方式中，所述润湿分散剂的质量为所述吸附材料的 1%-5%。此时，润湿分散剂可使得吸附材料在锂吸附剂颗粒中的分布情况更均匀、骨架更稳定，锂吸附剂颗粒的润湿性也得到提高，进而其吸附/脱附锂的速度也变高。此外，润湿分散剂也可在卤水中较缓慢地溶解，使吸附剂的孔隙率缓慢增加，进一步提高吸附剂的吸附效率，且不会对吸附剂的溶损率造成明显影响、不会明显减低吸附剂的使用寿命。

本申请一些实施方式中，所述吸附材料的质量与所述粘结剂和所述润湿分散剂的质量之和的比值大于或者等于 8:1。这样更利于所述锂吸附剂兼顾良好的结构稳定性及优异的吸附、脱附性能。优选地，该比值可以在（8-10）：1 的范围内。该比值具体可以是 8.5、9:1、9.5:1 等。

本申请实施方式中，所述锂吸附剂可以为柱状颗粒。柱状锂吸附剂颗粒的成型简单，表面光滑程度高，可避免其使用过程中因相互挤压、摩擦等而磨损或者掉粉，降低损耗量。在一些实施方式中，所述锂吸附剂的颗粒直径为 1.2mm-1.8mm，长度为 1.5mm-2.5mm。这样形貌和合适尺寸的锂吸附剂，可使液体和离子需要扩散的路径更合适，并且吸附剂之间挤压的时候容易留出一定空隙以利于卤水的渗透，有利于锂离子吸附效率的提高，并使脱附过程中锂离子与水之间的离子交换更易进行，便于降低脱锂温度及脱附水的用量以保证吸附的锂完全脱附下来。

本申请的步骤（2）中，对所述富锂吸附剂的清洗主要是洗去已吸附有锂离子的富锂吸附剂表面的杂质。本申请实施方式中，所述清洗分三步进行，依次包括：第 1 道清洗、第 2 道清洗和第 3 道清洗，其中，所述第 1 道清洗时的第一清洗剂的流速、所述第 2 道清洗时的第二清洗剂的流速、所述第 3 道清洗时的第三清洗剂的流速呈依次增加的大小关系（即，第一清洗剂的流速＜第二清洗剂的流速＜第三清洗剂的流速）；所述第二清洗剂的用量大于所述第一清洗剂的用量、所述第三清洗剂的用量。其中，第一清洗剂的用量与第三清洗剂的用量可以相等或者不等。

上述对富锂吸附剂的清洗工序分先慢后快三步进行，其中第 1 道清洗时的流速较低，可避免装有富锂吸附剂的载体中大量高浓度卤水在过快清洗流速下形成混凝层而使卤水中的杂质不易排出、大大降低清洗效果。第 2 道清洗时的流速适中，且清洗剂的用量较大，可保证清洗时间充足，以保证吸附剂粘附的镁等杂质能够充分溶解去除。第 3 道清洗时的流速较快，且清洗剂的用量低于第 2 道清洗剂的用量，可减少富锂吸附剂上吸附的锂脱附于清洗剂中，降低水洗过程的锂损失。因此，采用上述特定的清洗工艺可以将富锂吸附剂表面的杂质清洗干净，使后续脱附所得脱附液的镁锂质量比较低，且清洗剂的用量较少，清洗过程中的锂损失率（即，溶于清洗剂中的锂元素占被富锂吸附剂吸附的总锂元素的质量比）在 16%以内，甚至在 15%。

在一些实施方式中，所述第 3 道清洗时的清洗剂流速与所述第 1 道清洗时的清洗剂流速的差值可以在 5-9BV/h。此时可取得更好的上述清洗效果。

本申请一些实施方式中，所述清洗分三步进行，包括：第 1 道清洗，第一清洗剂的流速为 3-5BV/h，用量为 0.5-1BV；第 2 道清洗，第二清洗剂的流速为 6-8BV/h，用量为 1-1.5BV；第 3 道清洗，第三清洗剂的流速为 9-12BV/h，用量为 0.5-1BV。采用该清洗工艺能更好地将富锂吸附剂表面的杂质清洗干净，使后续脱附所得脱附液的镁锂质量比更低，如可降至 2:1 以下，清洗过程中的锂损失率更低，低于 15%，远低于业界常用的定速清洗工艺带来的约 20% 左右的锂损失水平（甚至 25%的损失率）。

具体地，所述第一清洗剂的用量可以为 0.6、0.7、0.8 或 0.9BV 等；所述第二清洗剂的用量可以为 1、1.2、1.3、1.4、1.5BV 等；第三清洗剂的用量可以为 0.6、0.7、0.8 或 0.9BV 等。进一步地，为减少清洗过程中的锂损失率，在一些实施方式中，控制所述清洗过程中各道清洗剂的总用量不超过 2.5BV。

在一些实施例中，第 1 道清洗的时间为 6-20min，进一步可以是 7-15min（例如是 9min），第 2 道清洗的时间为 7.5-15min，进一步可以是 9-13min（例如是 11min），第 3 道清洗的时间为 2.5-6.6min（例如是 4min）。在一些实施方式中，步骤（2）中，清洗的总时间可以控制在 25min 以内，进一步可以是 20min 以内。这样可以在达到较好的杂质清洗目的同时，还可降低锂损失率。

在具体实施例中，清洗过程具体包括：

i）采用第一清洗剂（即，第 1 道清洗用清洗剂）对所述富锂吸附剂进行第 1 道清洗，得到第一清洗液和第一吸附剂；

ii）采用第二清洗剂（即，第 2 道清洗用清洗剂）对所述第一吸附剂进行第 2 道清洗，得到第二清洗液和第二吸附剂；

iii）采用第三清洗剂（即，第 3 道清洗用清洗剂）对所述第二吸附剂进行第 3 道清洗，得到第三清洗液和第三吸附剂。这里的第三吸附剂即为清洗结束后的富锂吸附剂，前述步骤（3）的脱附也是针对其进行。

本申请中，第一清洗剂、第二清洗剂、第三清洗剂均含大量的水，各清洗剂可以是纯水，或者回用水（含有一定的无机金属离子杂质），各清洗剂的组成可以不同。在一些实施方式中，第一清洗剂、第二清洗剂、第三清洗剂均为纯水。此时，纯水的用量较大，且清洗过程中锂的损失率会略大。

在另一些实施方式中，第一清洗剂、第二清洗剂为回用水；第三清洗剂为纯水，而非回用水，具体可以是去离子水、蒸馏水、干净地下水、自来水等。前 2 道清洗用清洗剂为含锂的回用水，可抑制清洗过程中锂的脱附，最后一道清洗为纯水，纯水的用量较小，且可保证较洁净的清洗效果。在一些实施方式中，各清洗剂中不含有机物，且电导率小于 300 μs/cm，进一步地电导率小于 200 μs/cm，优选小于 50 μs/cm。

进一步地，第一清洗剂、第二清洗剂、第三清洗剂中的镁元素含量依次降低。在一些实施方式中，第一清洗剂中的镁含量不超过 50g/L，优选不超过 30g/L，进一步优选为不超过 10g/L；第二清洗剂中的镁含量不超过 5g/L，第三清洗剂中的镁含量不超过 100mg/L。在一些实施例中，第一清洗剂中的镁离子含量不超过 50g/L，锂离子含量不超过 300mg/L。在一些实施方式中，所述第一清洗剂还可以包括浓度均不超过 10g/L 的其他各金属离子（钙、硼、钠或钾）。第二清洗剂中的镁离子含量不超过 5g/L，锂离子含量不超过 250mg/L。

本申请一些实施方式中，可将步骤（3）的脱附过程中得到的锂浓度不超过 250mg/L 的

不合格脱附液（脱附后期产生）作为第 2 道清洗用清洗剂（即，第二清洗剂）；此外，脱附结束后装有锂吸附剂的载体（如吸附柱）中残留的水也可以排出，作为第二清洗剂。第 3 道清洗后得到的第三清洗液或第 2 道清洗后得到的第二清洗液可作为第 1 道清洗用清洗剂（即，第一清洗剂）。第 1 道清洗后得到的第一清洗液可返回混入所述盐湖卤水中。这样在整个清洗过程中，仅第 3 道清洗采用纯水，纯水的用量较少，这对在缺水地区进行盐湖卤水提锂工艺具有极大的经济和环保效益。示例性的，第二清洗液中一般含有浓度不超过 50g/L 的镁离子，其他各金属离子（钙、锂、硼、钠或钾）的浓度均不超过 10g/L；锂离子浓度进一步可以为 100-200ppm。第三清洗液中，一般含有浓度不超过 10g/L 的镁离子，以及浓度均不超过 0.5g/L 的其他各金属离子（如钙、锂、硼、钠或钾等）；进一步地，锂离子浓度低于 300mg/L。

本申请的步骤（3）中，采用锂离子洗脱剂（也可称锂脱附剂）对清洗后的富锂吸附剂进行洗脱，是为了将富锂吸附剂上吸附的锂离子脱附下来，使锂离子洗脱解吸至洗脱剂中得到脱附液，以便对脱附液进行进一步处理、利用（一般是转变为碳酸锂产品）；同时富锂吸附剂经脱附锂后，可以再生成所述锂吸附剂，再用来与盐湖卤水接触进行吸附提锂。上述提锂方法，步骤（1）-（3）为一个循环。

本申请实施方式中，锂离子洗脱剂的温度（也即“脱附过程的温度”）可以为 30-50℃。在一些实施方式中（如采用上述含偏氟乙烯-三氟氯乙烯共聚物和/或氟烯烃-乙烯基醚共聚物中作粘结剂的锂吸附剂时），该温度可以是可以为 30-40℃，例如为 28、30、32、35、38 或 40℃等，进一步可以是 30-35℃。其中，锂离子洗脱剂可以为去离子水、蒸馏水、干净地下水或自来水等。当然，也可可采用未达到锂浓度要求的不合格脱附液（脱附后期产生）按照从锂含量高到低的顺序进行先后脱附，以得到最大量的含锂量合格脱附液。

在一些实施方式中，所述锂离子洗脱剂的流速为 1.5-2.5BV/h，例如为 1.8BV/h、2BV/h、2.2BV/h 等。这样可以保证脱附液中的锂离子含量较高，且脱附时间不致过长。在一些实施方式中，所述脱附的时间为 2.5-4h，例如为 2.8h、3h、3.5h、3.8h 等。

本申请提供的盐湖提锂方法，通过在盐湖卤水的吸附阶段采用特定的流速变化工艺，可以使对卤水中锂的吸附效率得到有效提升，解决了在低温下（卤水在冬天最低零下十几摄氏度一般不结冰）难以得到高锂含量的合格脱附液的难题，可保证全年全天候无间断生产。该盐湖提锂方法的工艺流程简单，提锂收率高，便于大规模工业化生产。

下面分多个实施例对本申请实施例的技术方案进行详细说明。

以下实施例中所用待提锂的盐湖卤水的组成如下表 1 所示。

表 1

盐湖卤水组成	
Li（%）	0.0138
Na (%)	0.2325
Mg（%）	7.0719
K (%)	0.6241
Ca（%）	0.2970
B（%）	0.0133

Cl^-（%）	22.7497
SO_4^{2-}（%）	0.0577
Mg：Li	222.4

实施例1

一种盐湖提锂方法，工艺流程图如图1所示，具体包括以下步骤：

（1）吸附：

将锂吸附剂（具体包括铝系吸附材料$LiCl \cdot 2Al(OH)_3 \cdot nH_2O$、粘结剂-聚偏氟乙烯，二者质量比为9:1）装填在玻璃吸附柱内，装填量为0.9dm^3；

将待提锂的盐湖卤水（以下简称“卤水”）依次进行高速离心过滤、反冲洗过滤后，使其变速通过装有上述锂吸附剂的吸附柱，使其中的锂离子被吸附在锂吸附剂上并使锂吸附剂转变为富锂吸附剂；其中，吸附过程的温度为25℃，待吸附的卤水为6个BV，共5400mL，通过吸附柱的第1个BV的卤水的流速（即初始流速）为2.5BV/h，吸附时间24分钟，第2个BV的卤水的流速为2.3BV/h，吸附时间为26分钟，第3个BV的卤水的流速为2.1BV/h，吸附时间为28分钟，第4个BV的卤水的流速为2.0BV/h，吸附时间为30分钟，第5个BV的卤水的流速为1.8BV/h，吸附时间为33分钟，第6个BV的卤水的流速（即末期流速）为1.3BV/h，吸附时间为38分钟，上述吸附过程的总吸附时长约为3小时。

（2）富锂吸附剂的清洗：

采用清水对带富锂吸附剂的吸附柱进行清洗以洗去富锂吸附剂表面吸附的杂质；整个清洗过程分3步进行，清洗剂的总用量为2250mL（即，2.5BV），总清洗时间20分钟，具体包括：

a）第1道清洗：采用来自前一个循环中第3道清洗流出来的第三清洗液（组成为：Li^+含量为210mg/L，Mg^{2+}含量为10g/L）作为第一清洗剂来清洗富锂吸附剂，其中，第一清洗剂的用量为0.6BV，流速为4.5BV/h，清洗时间为8分钟，清洗结束后，得到第一吸附剂和第一清洗液；第一清洗液可回用混入盐湖卤水；

b）第2道清洗：采用来自前一个循环脱附阶段后期收集的不合格脱附液（组成为：Li^+含量为105mg/L，Mg^{2+}含量为150mg/L）作为第二清洗剂来清洗第一吸附剂，其中，第二清洗剂的体积用量为1.3BV（即1170mL），流速为8.5BV/h，清洗时间为9分钟；清洗结束后，得到第二吸附剂和第二清洗液；第二清洗液的镁锂质量比为206：1，可以收集起来用作卤水再次吸附，减少锂的损失；

c）第3道清洗：采用纯水作为该道清洗的第三清洗剂，其体积用量为0.6BV（5400mL），流速为12BV/h，清洗时间为3分钟，清洗结束后，得到第三吸附剂和第三清洗液；第三清洗液可存入预储罐中用作下个循环的第一清洗剂。

（3）脱附：

采用50℃的纯水作为锂离子洗脱剂对第三吸附剂进行淋洗脱附以脱去吸附的锂离子，其中，水的用量为3.3BV，流速为1.7BV/h，脱附时间为116min，收集脱附过程中前面2BV的液体作为合格脱附液（Li^+含量大于500mg/L），后面1.3BV作为不合格液回收用作清洗剂。

实施例2

实施例2与实施例1的不同之处在于：吸附过程中，按吸附先后顺序卤水的流速分别是2.8BV/h（初始流速）、2.6BV/h、2.4BV/h、2.1BV/h、1.8BV/h，1.5BV/h（末期流速），吸附时间分别为21.5min、23min、25min、28.5min、33min、40min，总的吸附时间为171分钟（即2.85h），

其余工艺参数与实施例1保证一致。

实施例3

实施例3与实施例1的不同之处在于：吸附过程中，按吸附先后顺序卤水的流速分别是2BV/h（初始流速）、1.8BV/h、1.6BV/h、1.4BV/h、1.3BV/h，1.2BV/h（末期流速），吸附时间分别为30min、33.3min、37.5min、43min、46min、50min，总的吸附时间约为240min，其余工艺参数与实施例1保证一致。

实施例4

实施例4与实施例1的不同之处在于：卤水的初始流速为3.5BV/h，末期流速为2.0BV/h，具体地，按吸附先后顺序，待吸附的6个BV的卤水的流速分别是3.5BV/h、3.2BV/h、3.0BV/h、2.8BV/h、2.5BV/h，2.0BV/h。各1个BV的卤水的吸附时间分别为17min、18.75min、20min、21.4min、24min、30min，总的吸附时间约为240min。

实施例5

实施例5与实施例1的不同之处在于：待吸附的卤水量为7.5个BV，在吸附过程中，卤水的流速增加降低，分为7个不同流速段，相邻流速段的降低幅度为0.5 BV/h，其中初始流速为5 BV/h，末期流速为2 BV/h，各1.07个BV的卤水的吸附时间分别为12.9min、14.3min、16.1min、18.4min、21.4min、25.7min、32.1min，总的吸附时间约为140.9min。

实施例6

实施例6与实施例1的不同之处在于：清洗过程的三步流速分别为：5BV/h、8 BV/h、12BV/h，清洗时间分别是7min、10min、3min，总清洗时间为20分钟，其余工艺参数与实施例1保证一致。

实施例7

实施例7与实施例1的不同之处在于：清洗过程采用定速清洗工艺，三步清洗以相同的流速7.5BV/h进行清洗，每道清洗时清洗剂的用量分别为0.8BV、0.9BV和0.8BV，清洗时间分别为：384秒，432秒，384秒。清洗过程的总时间20min、清洗剂的总用量2.5BV保持不变。

实施例8

实施例8与实施例1的不同之处在于：清洗过程采用定速清洗工艺，三步清洗以相同的流速7.5BV/h进行清洗，每道清洗时清洗剂的用量均为0.83BV、各道清洗时间均为6.64min。清洗过程的总时间20min、清洗剂的总用量2.5BV保持不变。

实施例9

实施例9与实施例1的不同之处在于：清洗过程采用定速清洗工艺，三步清洗以相同的流速5BV/h进行清洗，每道清洗时清洗剂的用量均为0.83BV、各道清洗时间均为10min。清洗剂的总用量2.5BV保持不变，清洗过程的总时间变为30min。

实施例10

一种盐湖提锂方法，工艺流程图如图2所示，实施例10与实施例1的不同之处在于：清洗过程中，各道清洗所采用的清洗剂均为纯水（不像实施例1中第1-2道清洗均采用回收水）。

实施例11

实施例11与实施例1的不同之处在于：所用锂吸附剂不同，脱附温度为30℃，其余工艺参数均相同。具体地，实施例11所用锂吸附剂包括与实施例1相同的吸附材料，但其粘结剂是分子量约为2万的偏氟乙烯-三氟氯乙烯共聚物，还包括分子量为1万的聚乙二醇作润湿分散剂，且吸附材料、粘结剂和润湿分散剂（聚乙二醇）的质量比为9:0.9:0.1。

实施例12

实施例12与实施例11的区别在于：盐湖提锂方法中，所用锂吸附剂中的粘结剂为FEVE型氟碳树脂。

实施例13

实施例13与实施例11的区别在于：盐湖提锂方法中，所用锂吸附剂中的粘结剂为质量比1:1的VDF-CTFE和FEVE型氟碳树脂。

实施例14

实施例14与实施例11的区别在于：吸附材料、粘结剂、聚乙二醇的质量比为9.5：0.4：0.1。

实施例15

实施例15的锂吸附剂与实施例11的不同之处在于：所用粘结剂（VDF-CTFE）的分子量为20万。

实施例16

实施例16的锂吸附剂与实施例11的不同之处在于：所用粘结剂（VDF-CTFE）的分子量为60万。

实施例17

实施例17的锂吸附剂与实施例11的不同之处在于：所用润湿分散剂是分子量为6000的聚丙烯酸钠。

为凸出本申请实施例的有益效果，设置以下对比例。

对比例1

对比例1与实施例1的不同之处在于：吸附过程采用定速吸附工艺，将盐湖卤水以2.5 BV/h的流速通过锂吸附剂，吸附时间仍为3小时。

对比例2

对比例2与实施例1的不同之处在于：步骤（1）的吸附过程采用定速吸附工艺，将盐湖卤水以2.5 BV/h的流速通过锂吸附剂，吸附时间仍为3小时；步骤（2）的清洗过程采用定速清洗工艺，三步清洗以相同的流速7.5BV/h进行清洗，每道清洗时清洗剂的用量均为0.83BV、各

道清洗时间均为6.64min。清洗过程的总时间20min、清洗剂的总用量2.5BV保持不变。

为对本申请实施例的效果进行有力支持，测定各实施例和对比例方法的吸附过程中的锂吸附量、吸附总时长、吸附收率、清洗过程中的锂损失率、最终所得脱附液中的锂含量、脱附液中的镁锂比、以及清洗纯水用量。其中，锂吸附量通过被吸附剂吸附掉的锂元素质量（即，吸附后的卤水与吸附前卤水中锂元素的质量差值）与该吸附剂的质量比来表示，吸附收率通过被锂吸附剂吸附的锂元素质量与原卤水中锂元素质量的比值来表示。清洗过程中的锂损失率是通过清洗完成后得到的清洗液（若有多步清洗，这是指最后一道清洗所得清洗液）中的锂元素质量与被富锂吸附剂所吸附的总锂量的比值。吸附效率表示实施例的综合性能，即在吸附收率的基础上还综合考虑其他因素，例如吸附总时长，清洁剂的用量等因素。

以上结果汇总在下表2中。

表 2 各实施例和对比例的结果汇总

编号	锂吸附量 (mg/g)	吸附总时长（min）	吸附收率（%）	清洗过程锂损失率（%）	脱附液中锂含量（mg/L）	脱附液镁锂比	清洗纯水用量（非回用水）
实施例 1	2.5	180	80	13	543	2:1	0.6BV
实施例 2	2.4	171	77	13	530	2:1	0.6BV
实施例 3	2.7	240	86	13	577	1.9:1	0.6BV
实施例 4	2.0	131.15	64	13	510	2.2:1	0.6BV
实施例 5	2.2	140.9	70	13	518	2.1:1	0.6BV
实施例 6	2.5	180	80	14	534	2.1:1	0.6BV
实施例 7	2.5	180	80	17	529	3:1	0.8BV
实施例 8	2.5	180	80	19	513	3.3:1	0.83BV
实施例 9	2.5	180	80	20	501	3.2:1	0.83BV
实施例 10	2.5	180	80	22	487	1.8:1	2.5BV
实施例 11	2.55	180	82	13	556	2:1	0.6BV
实施例 12	2.42	180	77.5	14	544	2:1	0.6BV
实施例 13	2.48	180	79.4	13	548	2:1	0.6BV
实施例 14	2.6	180	83	16	539	2:1	0.6BV
实施例 15	2.58	180	82.6	13.1	563	2:1	0.6BV
实施例 16	2.57	180	82.2	13.2	560	2:1	0.6BV
实施例 17	2.52	180	80.6	13	551	2:1	0.6BV
对比例 1	2.1	180	67	14	501	2.2:1	0.6BV
对比例 2	2.1	180	67	20	440	3.4:1	0.83BV

一般地，在采用同样的吸附剂在同样温度下进行提锂时，吸附总时长越长，吸附效率越高。从表2可以获知，在吸附剂相同、吸附总时长相同时，变速吸附工艺的吸附效率（实施例

1）要比定速吸附工艺（对比例1-2）的吸附效率的效率高得多。实施例2-5与实施例1的吸附时长不同，虽然实施例2、4、5的总吸附时长比实施例1短，但实施例2、4、5的吸附效率与实施例1的吸附效率相比差距不明显。此外，以清洗剂的流速为变量，采用变速（由慢到快）清洗工艺，可有效降低清洗过程中的锂损失率（实施例1、6）；而定速清洗工艺（实施例7-9），锂损失率会稍高，且得到的脱附液中镁锂比会略高（对比例2与对比例1的比对是类似的情况）；此外，全程采用纯水清洗的锂损失率（实施例10）高于回用水和纯水共同清洗时的锂损失率（实施例1）。

此外，通过实施例11-14与实施例1的对比可知，采用偏氟乙烯-三氟氯乙烯共聚物和氟烯烃-乙烯基醚共聚物中的至少一种作粘结剂及含润湿分散剂的吸附剂中，其脱附温度可较低，且锂脱附液的锂离子浓度与实施例1基本相当。在锂脱附液的锂离子浓度相当的情况下，实施例的脱附温度越低，越能节约大量能源，对于稀缺水电能源的盐湖地区来说，水电用量对生产成本和产能具有重大意义，特别是自来水，纯水等，往往成本是其余地区的3-5倍以上。此外，实施例15-16与实施例11的区别在于，粘结剂VDF-CTFE的分子量不同，实施例15-16中该粘结剂的分子量在10万-80万的范围，在其它条件相同时，其比粘结剂分子量为2万的实施例11的脱附效果较好。实施例17与实施例11的润湿分散剂不同，采用聚乙二醇作润湿分散剂的实施例11，比采用聚丙烯酸钠作润湿分散剂的实施例17的脱附效果略好。

总的说来，本申请实施例的提锂方法，采用特定的变速吸附工艺，对卤水中锂的吸附效率高，有助于实现低温下的高效锂吸附，进而可保证得到合理的锂脱附液。

以上所述是本申请的示例性实施方式，应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理的前提下，还可以做出若干改进和润饰，这些改进和润饰也视为本申请的保护范围。

权 利 要 求 书

1．一种盐湖提锂方法，其特征在于，包括：

使盐湖卤水变速通过锂吸附剂，以使所述盐湖卤水中的锂离子吸附在所述锂吸附剂上，得到富锂吸附剂；其中，在所述吸附的过程中，所述盐湖卤水的流速逐渐降低，且所述盐湖卤水的初始流速与末期流速的差值为0.5-3BV/h；

对所述富锂吸附剂进行清洗；以及

采用锂离子洗脱剂将清洗后的富锂吸附剂上的锂离子脱附下来，得到脱附液。

2．根据权利要求1所述的盐湖提锂方法，其特征在于，所述初始流速为2.0-3.0BV/h，所述末期流速为1.2-1.8BV/h。

3．根据权利要求 1 或 2 所述的盐湖提锂方法，其特征在于，所述盐湖卤水的总待吸附量为 6-8 个 BV，所述吸附的过程的总时长为 2.5-4h。

4．根据权利要求 1-3 中任一项所述的盐湖提锂方法，其特征在于，所述清洗依次包括：第 1 道清洗、第 2 道清洗、和第 3 道清洗，且所述第 1 道清洗时的第一清洗剂的流速、所述第 2 道清洗时的第二清洗剂的流速、所述第 3 道清洗时的第三清洗剂的流速呈依次增大；所述第二清洗剂的用量大于所述第一清洗剂的用量、所述第三清洗剂的用量。

5．根据权利要求 4 所述的盐湖提锂方法，其特征在于，

所述第 1 道清洗时，第一清洗剂的流速为 3-5BV/h，用量为 0.5-1BV；

所述第 2 道清洗时，第二清洗剂的流速为 6-8BV/h，用量为 1-1.5BV；以及

所述第 3 道清洗时，第三清洗剂的流速为 9-12BV/h，用量为 0.5-1BV。

6．根据权利要求 4 或 5 所述的盐湖提锂方法，其特征在于，所述第一清洗剂包括含浓度不超过 50g/L 的镁离子及浓度不超过 300mg/L 的锂离子的水溶液；所述第二清洗剂包括含浓度不超过 5g/L 的镁离子及浓度不超过 250mg/L 的锂离子的水溶液；所述第三清洗剂为纯水。

7．根据权利要求 1-6 中任一项所述的盐湖提锂方法，其特征在于，所述锂离子脱附的过程中，所述锂离子洗脱剂为水，温度为 30-50℃。

8．根据权利要求 1-7 中任一项所述的盐湖提锂方法，其特征在于，所述锂吸附剂包括吸附材料、粘结剂和润湿分散剂，其中，所述粘结剂包括偏氟乙烯-三氟氯乙烯共聚物和氟烯烃-乙烯基醚共聚物中的至少一种，所述润湿分散剂包括聚乙二醇、聚丙烯酸钠、聚乙烯醇、甲醛缩合物中的一种或多种。

9．根据权利要求 8 所述的盐湖提锂方法，其特征在于，所述吸附材料为铝系吸附材料。

10．根据权利要求 9 所述的盐湖提锂方法，其特征在于，所述铝系吸附材料表示为 $Li_aX \cdot mAl(OH)_3 \cdot nH_2O$，其中，X 是 Cl^-或 $SO4^{2-}$，a=1 或 2，m 为 1-5，n 为 1-5。

11. 根据权利要求 8-10 中任一项所述的盐湖提锂方法，其特征在于，以所述锂吸附剂的重量为基准，所述吸附材料的含量为 80-95wt%，所述粘结剂的含量为 4-17wt%，所述润湿分散剂的含量为 1-5wt%。

12. 根据权利要求 8-11 中任一项所述的盐湖提锂方法，其特征在于，所述吸附材料的质量与所述粘结剂和所述润湿分散剂的质量之和的比值大于或者等于 8:1。

13. 根据权利要求 8-12 中任一项所述的盐湖提锂方法，其特征在于，所述粘结剂的质量为所述吸附材料的质量的 8%-12.5%。

14. 根据权利要求 8-13 中任一项所述的盐湖提锂方法，其特征在于，所述偏氟乙烯-三氟氯乙烯共聚物或所述氟烯烃-乙烯基醚共聚物的分子量为 10 万-80 万。

15. 根据权利要求 1-14 中任一项所述的盐湖提锂方法，其特征在于，在所述将盐湖卤水变速通过锂吸附剂的步骤之前，所述方法还包括：

对所述盐湖卤水进行过滤，以除去其中的杂质。

16. 根据权利要求 15 所述的盐湖提锂方法，其特征在于，所述对所述盐湖卤水进行过滤的步骤包括：

依次对所述盐湖卤水进行高速离心过滤和反冲洗过滤。

17. 根据权利要求 1-16 中任一项所述的盐湖提锂方法，其特征在于，所述锂吸附剂装填在交换柱或吸附塔内。

18. 根据权利要求 1-17 中任一项所述的盐湖提锂方法，其特征在于，在将盐湖卤水变速通过锂吸附剂的步骤之前，所述方法还包括：

对所述锂吸附剂进行脱锂。

19. 根据权利要求 1-18 中任一项所述的盐湖提锂方法，其特征在于，所述锂离子洗脱剂的流速为 1.5-2.5BV/h。

20. 根据权利要求 1-19 中任一项所述的盐湖提锂方法，其特征在于，所述脱附的时间为 2.5-4h。

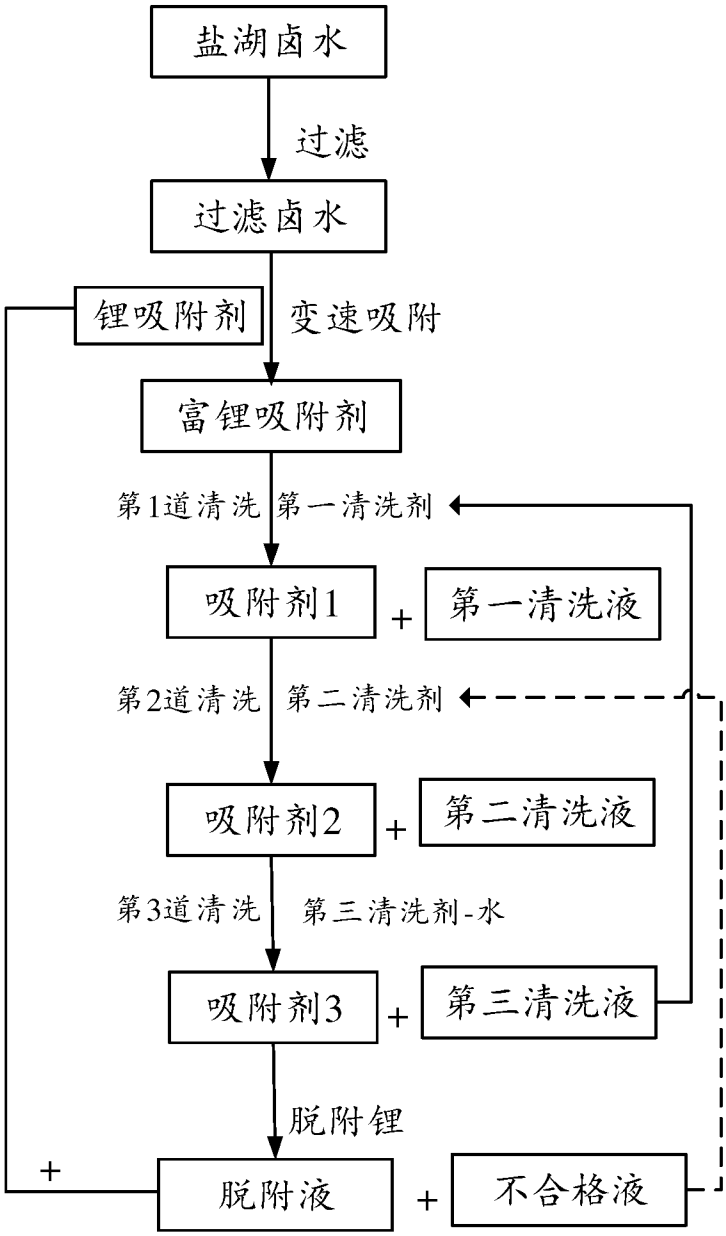
盐湖卤水
过滤
过滤卤水
锂吸附剂
变速吸附
富锂吸附剂
第1道清洗
第一清洗剂
吸附剂1
+
第一清洗液
第2道清洗
第二清洗剂
吸附剂2
+
第二清洗液
第3道清洗
第三清洗剂-水
吸附剂3
+
第三清洗液
脱附锂
+
脱附液
+
不合格液

图 1

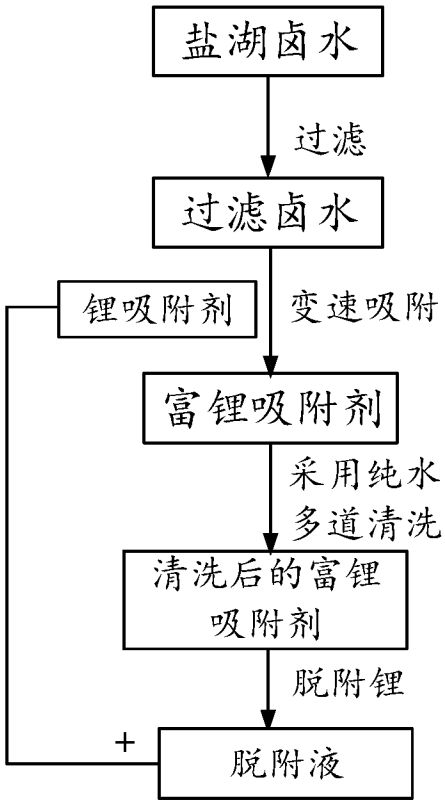

图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2022/136482

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22B26/12(2006.01)i;C22B7/00(2006.01)i;C02F1/28(2023.01)i;C02F101/10(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC:C22B; C02F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNTXT, CNKI, SIPOABS, ENTXT, DWPI: 变动流速, 变化流速, 变速, 递减, 减速, 锂, BV/h, Variable flow rate, variable flow rate, variable speed, decreasing, decreasing, lithium

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 109266851 A (QINGHAI INSTITUTE OF SALT LAKES, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 25 January 2019 (2019-01-25) entire document	1-20
A	CN 101928828 A (XIAN SUNRESIN TECHNOLOGY CO., LTD.) 29 December 2010 (2010-12-29) entire document	1-20
A	CN 210795792 U (BYD CO., LTD.) 19 June 2020 (2020-06-19) entire document	1-20
A	EP 2532759 A1 (SARP INDUSTRIES) 12 December 2012 (2012-12-12) entire document	1-20
A	CN 109759006 A (BYD CO., LTD.) 17 May 2019 (2019-05-17) entire document	1-20
A	CN 112538575 A (BYD CO., LTD.) 23 March 2021 (2021-03-23) entire document	1-20

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
13 February 2023	**16 February 2023**

Name and mailing address of the ISA/CN	Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) **China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088**	
Facsimile No. **(86-10)62019451**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2022/136482

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 109266851 A	25 January 2019	None	
CN 101928828 A	29 December 2010	None	
CN 210795792 U	19 June 2020	None	
EP 2532759 A1	12 December 2012	FR 2976295 A1	14 December 2012
		FR 2976295 B1	05 July 2013
CN 109759006 A	17 May 2019	None	
CN 112538575 A	23 March 2021	None	

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2022/136482

A. 主题的分类

C22B26/12(2006.01)i;C22B7/00(2006.01)i;C02F1/28(2023.01)i;C02F101/10(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC:C22B; C02F

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用））

CNTXT,CNKI,SIPOABS,ENTXT,DWPI:变动流速,变化流速,变速,递减,减速,锂,BV/h,Variable flow rate,variable flow rate,variable speed,decreasing,decreasing,lithium

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 109266851 A (中国科学院青海盐湖研究所) 2019年1月25日 (2019-01-25) 全文	1-20
A	CN 101928828 A (西安蓝晓科技有限公司) 2010年12月29日 (2010-12-29) 全文	1-20
A	CN 210795792 U (比亚迪股份有限公司) 2020年6月19日 (2020-06-19) 全文	1-20
A	EP 2532759 A1 (SARP IND) 2012年12月12日 (2012-12-12) 全文	1-20
A	CN 109759006 A (比亚迪股份有限公司) 2019年5月17日 (2019-05-17) 全文	1-20
A	CN 112538575 A (比亚迪股份有限公司) 2021年3月23日 (2021-03-23) 全文	1-20

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2023年2月13日	2023年2月16日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451	受权官员 夏冰 电话号码 (+86) 010-62084685

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2022/136482

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	109266851	A	2019年1月25日	无			
CN	101928828	A	2010年12月29日	无			
CN	210795792	U	2020年6月19日	无			
EP	2532759	A1	2012年12月12日	FR	2976295	A1	2012年12月14日
				FR	2976295	B1	2013年7月5日
CN	109759006	A	2019年5月17日	无			
CN	112538575	A	2021年3月23日	无			