

(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
2024 年 12 月 26 日 (26.12.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/259611 A1

(51) 国际专利分类号:
C22B 26/12 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2023/101568

(22) 国际申请日: 2023 年 6 月 21 日 (21.06.2023)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(71) 申请人: 广东邦普循环科技有限公司 (GUANGDONG BRUNP RECYCLING TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省佛山市三水区乐平镇智信大道6号2座、7座、9座, Guangdong 528137 (CN)。湖南邦普循环科技有限公司 (HUNAN BRUNP RECYCLING TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国湖南省长沙市宁乡高新技术产业园区金宁东路508号, Hunan 410600 (CN)。

(72) 发明人: 李爱霞 (LI, Aixia); 中国广东省佛山市三水区乐平镇智信大道6号2座、7座、9座, Guangdong 528137 (CN)。余海军 (YU, Haijun); 中国广东省佛山市三水区乐平镇智信大道6号2座、7座、9座, Guangdong 528137 (CN)。谢英豪 (XIE, Yinghao); 中国广东省佛山市三水区乐平镇智信大道6号2座、7座、9座, Guangdong 528137 (CN)。李长东 (LI, Changdong); 中国广东省佛山市三水区乐平镇智信大道6号2座、7座、9座, Guangdong 528137 (CN)。

(74) 代理人: 北京远智汇知识产权代理有限公司 (BEIJING YZH IP FIRM); 中国北京市海淀区莲花池东路39号6层608室, Beijing 100036 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,

(54) Title: LITHIUM EXTRACTION DEINTERCALATION TANK AND USE THEREOF

(54) 发明名称: 一种提锂脱嵌槽及其应用

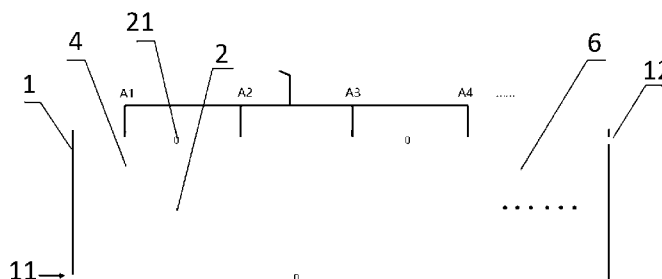


图 1

(57) Abstract: Provided in the present disclosure are a lithium extraction deintercalation tank and the use thereof. Partition plates with openings are arranged in main tanks, and the openings of adjacent partition plates are staggered up and down to form a plurality of connected "pipelined" lithium extraction tanks; a solution to be subjected to lithium extraction is led "zigzag" to the plurality of lithium extraction tanks, such that the concentration of lithium ions in said solution is gradually reduced in a flow direction; and lithium extraction electrodes containing different lithium ion sieve materials are correspondingly provided according to changes in the concentration, and the lithium extraction electrodes are configured to be different constant-current sections having operating currents decreasing progressively in sequence and/or different constant-voltage sections having operating voltages decreasing progressively in sequence, so as to perform electrolytic lithium extraction, thereby realizing a simple, flexible and efficient lithium extraction mode.

(57) 摘要: 本公开提供了一种提锂脱嵌槽及其应用, 通过在主槽内设置带有开孔的隔板, 且相邻隔板的开孔上下交错布置来形成多个相连的、"流水线式"的提锂槽, 让待提锂溶液"折流式"地通往多个提锂槽中, 使得待提锂溶液中的锂离子浓度沿流动方向逐渐降低, 根据浓度的变化对应设置含有不同锂离子筛材料的提锂电极, 并且将提锂电极设置为工作电流依次递减的不同恒流段和/或工作电压依次递减的不同恒压段, 以进行电解提锂, 从而实现简单, 灵活, 高效的提锂方式。

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,
MU, 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, SC, 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))。

一种提锂脱嵌槽及其应用

技术领域

本公开属于电化学领域，例如一种提锂脱嵌槽及其应用。

背景技术

随着新能源汽车的快速发展，动力电池对锂的需求量在近几年迅速增长。锂作为重要的新能源材料和战略储备资源，被誉为“21 世纪的能源金属”，其开发和利用受到全球的高度关注。据相关数据统计，全球锂资源总量达 4000 万吨，其中卤水（包括盐湖卤水、地下卤水、浓海水等）中的储量约占总储量的 70%。由于有限的优质固体矿资源的开采受限，而卤水提锂具有成本和规模优势，因此，对卤水锂资源的开发利用成为必然趋势。

电化学提锂技术，作为一种新型的锂分离提取技术，具有绿色、高效等优点，然而，目前，针对电化学提锂装置及提锂方法的研究相对较少。由于卤水锂离子浓度低、矿化度高、黏度大等特性，导致电化学脱嵌法盐湖提锂过程中提锂速率较低。此外，用于电化学脱嵌法盐湖提锂的装置存在极间距大、卤水流动不充分、溶液传质效果不佳等问题，也严重影响了电化学脱嵌法盐湖提锂过程中的提锂速率。相关技术中，针对大规模工业化的生产的需要，每个提锂脱嵌槽含有的阴阳脱嵌单元可达 100 个或更多，针对不同的处理待提锂溶液，单个阴阳脱嵌单元工作最大电流峰值可达 20~60A，那整个提锂脱嵌槽的电源工作电流输出要求达 2000~6000A，随着技术的深入研究发展，此电流甚至会更大。对于 2 米长的提锂脱嵌槽，由于每对阴阳脱嵌单元之间的施加工作电压不能超过 1V 或更低，因此，相关技术通常采用恒流-恒压的供电模式，以保证提锂过程中的工作电压在安全电压内。但这种供电方式很难使每个电极板完全发挥其

效能，无法达到高效提锂的目的。

CN115276141A 公开了一种电化学脱嵌槽电源的供电方法及系统，其基于预设的恒流段序列为电化学脱嵌工作组中各工作单元提供恒定电流，实时采集电化学脱嵌工作组中各工作单元的工作电压。在任意工作单元的工作电压达到预设电压阈值时，切换到下一恒流段，或在达到预设延时，切换到下一恒流段。由于恒流段序列中包括多个恒流段，各恒流段对应的电流不同，保证了工作单元安全的同时还可以使工作单元充分发挥效能。但其过程很繁琐，且很难控制不同恒流段变换的界限，工业上难以实现大规模生产。

因此，尚需要开发新的卤水电化学提锂的技术方案，以解决基于电化学脱嵌提锂技术存在的缺陷及问题。

发明内容

以下是对本文详细描述的主题的概述。本概述并非是为了限制权利要求的保护范围。

鉴于相关技术中存在的问题，本公开的目的在于提供一种提锂脱嵌槽及其应用，通过在主槽内设置带有开孔的隔板，且相邻隔板的开孔上下交错布置来形成多个相连的、“流水线式”的提锂槽，让待提锂溶液“折流式”地通往多个提锂槽中，使待提锂溶液中的锂离子浓度沿流动方向逐渐降低，根据浓度的变化对应设置含有不同锂离子筛材料的提锂电极，并且将提锂电极设置为工作电流依次递减的不同恒流段和/或工作电压依次递减的不同恒压段，以进行电解提锂，从而实现简单，灵活，高效的提锂方式。

为达此目的，本公开采用以下技术方案：

第一方面，本公开提供了一种提锂脱嵌槽，包括阴极主槽、阳极主槽，以及设置在阴极主槽与阳极主槽之间的隔膜；

所述阴极主槽内设置有隔板，所述隔板将所述阴极主槽划分为至少两个提锂槽；

所述提锂槽中设置有提锂电极，所述阳极主槽中设置有与所述提锂电极的数量相对应的脱嵌电极，所述提锂电极与所述脱嵌电极通过外部电源电性相连；

所述隔板上设置有开孔，相邻两个隔板之间的开孔沿所述提锂槽的高度方向上下交错排列，使待提锂溶液在所述阴极主槽内折流式流动。

本公开采用“流水线”式提锂槽设置方式，多个提锂槽相连，每两个槽之间用隔板分开，第1个隔板靠近底部或靠近顶部设置一个待测提锂溶液（如卤水）进入的孔洞（即开孔），第2个隔板在靠近顶部或靠近底部设置孔洞，第3个隔板在靠近底部或靠近顶部设置孔洞，以此类推，使得相连隔板间的孔洞沿隔板的高度方向交错上下排布，则待提锂溶液以“折流式”依次循环到最后一个提锂槽，从而使待提锂溶液流动更加充分，提高溶液的传质效果，尤其是适用于黏度大的卤水的提锂。

以下作为本公开可选的技术方案，但不作为本公开提供的技术方案的限制，通过以下技术方案，可以更好地达到和实现本公开的技术目的和有益效果。

作为本公开可选的技术方案，所述阳极主槽内设置有所述隔板，将所述阳极主槽划分为与每个提锂槽相对应的脱嵌槽，所述脱嵌槽内的脱嵌电极的数量与对应的提锂槽内的提锂电极的数量相同。

本公开中，可以在阳极主槽内设置与提锂电极数量相对应的脱嵌电极，也可以使用隔板将阳极主槽划分成多个脱嵌槽，每个脱嵌槽与对应的提锂槽通过隔膜进行传质，且每个脱嵌槽中的脱嵌电极与对应的提锂槽中的提锂电极相对应。即，阳极隔板与阴极隔板可以相同，也可以不同，不限制同一隔板，甚至阳极无需设置隔板，尤其在阴极主槽采用独立单元或每个提锂槽采用独立电源

时，阳极主槽内可不设置隔板。

在一个实施例中，第一个提锂槽及第一个脱嵌槽均设置有进液口，最后一个提锂槽及最后一个脱嵌槽均设置有出液口。

在使用本公开所述的提锂脱嵌槽进行提锂时，待提锂流经最后一个提锂槽时，锂离子的提取率已经达到目标要求，因此，可以将此时的溶液排出，以便于从进液口补入新的溶液，此流动过程通过控制进液速度可持续不断地进行，可以支持连续大量的提锂工作。

在一个实施例中，所述提锂槽的数量为 10~20 个，例如 10 个、11 个、12 个、13 个、14 个、15 个、16 个、17 个、18 个、19 个或 20 个。

作为本公开可选的技术方案，根据所述阴极主槽内的所述待提锂溶液中的锂离子浓度的变化，将所述提锂槽分为高浓度槽、中浓度槽及低浓度槽。

折流式流动的待提锂溶液中的锂离子浓度随着流动方向不断地降低，因此，本公开将提锂槽进行划分，各提锂槽中电极板上的锂离子筛材料根据该槽中通过的卤水的浓度的区间来进行选择，卤水中锂离子浓度高的区间段采用选择性好、吸附量高且化学性质稳定的锂离子筛材料，卤水中锂离子浓度中等的区间段采用化学稳定性较好但容量较高的锂离子筛材料，卤水中锂离子浓度较低的区间段采用离子扩散系数高但容量较低的锂离子筛材料。

作为本公开可选的技术方案，所述高浓度槽中锂离子的浓度大于 0.1g/L，例如 0.12g/L、0.17g/L、0.2g/L、0.25g/L、0.3g/L、0.35g/L、0.4g/L、0.45g/L 或 0.5g/L 等，所述中浓度槽中锂离子的浓度为 0.01~0.1g/L，例如 0.01g/L、0.02g/L、0.03g/L、0.04g/L、0.05g/L、0.06g/L、0.07g/L、0.08g/L、0.09g/L 或 0.1g/L 等，所述低浓度槽中锂离子的浓度为小于 0.01g/L，例如 0.008g/L、0.006g/L、0.004g/L 或 0.002g/L 等，但并不仅限于所列举的数值，上述数值范围内其他未列举的数

值同样适用。

作为本公开可选的技术方案，所述高浓度槽的数量为 2~8 个，例如 2 个、3 个、4 个、5 个、6 个、7 个或 8 个，所述中浓度槽的数量为 1~9 个，例如 1 个、2 个、3 个、4 个、5 个、6 个、7 个、8 个或 9 个，所述低浓度槽的数量为 1~9 个，例如 1 个、2 个、3 个、4 个、5 个、6 个、7 个、8 个或 9 个。

作为本公开可选的技术方案，所述高浓度槽中设置有第一锂离子筛材料、所述中浓度槽中设置有第二锂离子筛材料、所述低浓度槽中设置有第三锂离子筛材料；

按每单位质量的吸附容量比较，所述第一锂离子筛材料>所述第二锂离子筛材料>所述第三锂离子筛材料；

按每单位质量的离子扩散系数比较，所述第一锂离子筛材料<所述第二锂离子筛材料<所述第三锂离子筛材料。

作为本公开可选的技术方案，所述第一锂离子筛材料的吸附容量为 35~38mg/g，例如 35mg/g、35.3mg/g、35.6mg/g、35.9mg/g、36.2mg/g、36.5mg/g、36.8mg/g、37.1mg/g、37.4mg/g、37.7mg/g 或 38mg/g 等，所述第二锂离子筛材料的吸附容量为 30~33mg/g，例如 30mg/g、30.3mg/g、30.6mg/g、30.9mg/g、31.2mg/g、31.5mg/g、31.8mg/g、32.1mg/g、32.4mg/g、32.7mg/g 或 33mg/g 等，所述第三锂离子筛材料的吸附容量为 12~15mg/g，例如 12mg/g、12.3mg/g、12.6mg/g、12.9mg/g、13.2mg/g、13.5mg/g、13.8mg/g、14.1mg/g、14.4mg/g、14.7mg/g 或 15mg/g 等，但并不仅限于所列举的数值，上述数值范围内其他未列举的数值同样适用。

作为本公开优选的技术方案，所述第一锂离子筛材料的离子扩散系数为 $10^{-10} \sim 10^{-11} \text{cm}^2/\text{s}$ ，例如 $10^{-10} \text{cm}^2/\text{s}$ 、 $9 \times 10^{-11} \text{cm}^2/\text{s}$ 、 $8 \times 10^{-11} \text{cm}^2/\text{s}$ 、 $7 \times 10^{-11} \text{cm}^2/\text{s}$ 、

$6 \times 10^{-11} \text{cm}^2/\text{s}$ 、 $5 \times 10^{-11} \text{cm}^2/\text{s}$ 、 $4 \times 10^{-11} \text{cm}^2/\text{s}$ 、 $3 \times 10^{-11} \text{cm}^2/\text{s}$ 、 $2 \times 10^{-11} \text{cm}^2/\text{s}$ 或 $10^{-11} \text{cm}^2/\text{s}$ 等，所述第二锂离子筛材料的离子扩散系数为 $10^{-9} \sim 10^{-10} \text{cm}^2/\text{s}$ ，例如 $10^{-9} \text{cm}^2/\text{s}$ 、 $9 \times 10^{-10} \text{cm}^2/\text{s}$ 、 $8 \times 10^{-10} \text{cm}^2/\text{s}$ 、 $7 \times 10^{-10} \text{cm}^2/\text{s}$ 、 $6 \times 10^{-10} \text{cm}^2/\text{s}$ 、 $5 \times 10^{-10} \text{cm}^2/\text{s}$ 、 $4 \times 10^{-10} \text{cm}^2/\text{s}$ 、 $3 \times 10^{-10} \text{cm}^2/\text{s}$ 、 $2 \times 10^{-10} \text{cm}^2/\text{s}$ 或 $10^{-10} \text{cm}^2/\text{s}$ 等，所述第三锂离子筛材料的离子扩散系数为 $10^{-7} \sim 10^{-8} \text{cm}^2/\text{s}$ ，例如 $10^{-7} \text{cm}^2/\text{s}$ 、 $9 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{s}$ 、 $8 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{s}$ 、 $7 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{s}$ 、 $6 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{s}$ 、 $5 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{s}$ 、 $4 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{s}$ 、 $3 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{s}$ 、 $2 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{s}$ 或 $10^{-8} \text{cm}^2/\text{s}$ 等，但并不仅限于所列举的数值，上述数值范围内其他未列举的数值同样适用。

作为本公开可选的技术方案，所述第一锂离子筛材料、所述第二锂离子筛材料及所述第三锂离子筛材料为物理吸附材料或电化学吸附材料。

在一个实施例中，当所述第一锂离子筛材料、所述第二锂离子筛材料及所述第三锂离子筛材料为电化学吸附材料时，所述第一锂离子筛材料、所述第二锂离子筛材料及所述第三锂离子筛材料分别设置于对应的提锂槽中的提锂电极上。

作为本公开可选的技术方案，当所述第一锂离子筛材料、所述第二锂离子筛材料及所述第三锂离子筛材料为物理吸附材料时：

所述第一锂离子筛材料包括二氧化锰吸附剂；所述第二锂离子筛材料包括硅酸锂吸附剂；所述第三锂离子筛材料包括氢氧化铝基吸附剂。

作为本公开可选的技术方案，当所述第一锂离子筛材料、所述第二锂离子筛材料及所述第三锂离子筛材料为电化学吸附材料时：

所述第一锂离子筛材料包括锰氧化物锂离子筛，例如锰酸锂 LiMn_2O_4 、 $\text{Li}_{1.33}\text{Mn}_{1.67}\text{O}_4$ 或 $\text{Li}_{1.6}\text{Mn}_{1.6}\text{O}_4$ 中的至少一种；所述第二锂离子筛材料包括钴酸锂、钒酸锂或磷酸铁锂中的任一种或至少两种的组合，所述组合典型但非限制性的实例包括钴酸锂与磷酸铁锂的组合、钴酸锂与钒酸锂的组合或钒酸锂与磷酸铁

锂的组合；所述第三锂离子筛材料包括钛氧化物锂离子筛，例如钛酸锂 Li_2TiO_3 和/或 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 。

需要说明的是，本公开中锂离子筛材需要根据对应提锂槽中通过的卤水的浓度的区间来进行选择，具体选择要求如上所述，本领域的技术人员可以根据实际面对的工况或实施条件来进行合理的选择和调整，本申请并不限定所述第一、第二及第三锂离子筛材料一定为上述所列举的具体物质。

作为本公开可选的技术方案，每个所述提锂槽中安装有电流和/或电压监测器，用于监控对应的提锂电极。

在一个实施例中，所述电流和/或电压监测器电性连接于主机，所述电性连接是指通过电信号传输线路与主机进行连接，通过线路互相传递电信号进行信息沟通，所述主机用于分析、存储并显示所述提锂电极的工作状态及更换信息。

作为本公开可选的技术方案，所述隔板上的开孔靠近所述隔板的顶端或底端设置。

在一个实施例中，沿所述隔板的高度方向，所述开孔的边缘与所述隔板顶端或底端的距离占所述隔板高度的 5%~10%，例如 5%、5.5%、6%、6.5%、7%、7.5%、8%、8.5%、9%、9.5%或 10%等，但并不仅限于所列举的数值，上述数值范围内其他未列举的数值同样适用。

在一个实施例中，所述开孔的半径为 3~8cm，例如 3cm、3.5cm、4cm、4.5cm、5cm、5.5cm、6cm、6.5cm、7cm、7.5cm 或 8cm 等，但并不仅限于所列举的数值，上述数值范围内其他未列举的数值同样适用。

作为本公开可选的技术方案，包括如下步骤：

由第 1 个提锂槽同时通入待提锂溶液与热气，并在所述阴极主槽内折流式流动，进行递减式恒流电解提锂和/或递减式恒压电解提锂。

新鲜待提锂溶液通入提锂槽的过程中顺带通入热的空气，既能提高提锂过程中的温度，又能搅动待提锂溶液，进一步促进待提锂溶液的流动和传质效果，有效提高提锂槽的提锂效率。需要说明的是，由于阳极主槽内的脱锂速率比阴极主槽内的提锂速率快得多，故阳极主槽内可以不设置隔板，也可以不通入热气。

作为本公开可选的技术方案，所述递减式恒流电解提锂包括，在电解提锂的过程中，提锂槽内的提锂电极自身的工作电流保持不变，沿待提锂溶液的流动方向，提锂电极的工作电流依次减小或分段式依次减小。

在一个实施例中，在所述递减式恒流电解提锂中，相邻两个提锂电极的工作电流的差值为 0.5~7A，例如 0.5A、1A、1.5A、2A、2.5A、3A、3.5A、4A、4.5A、5A、5.5A、6A、6.5A 或 7A 等，但并不仅限于所列举的数值，上述数值范围内其他未列举的数值同样适用。

在一个实施例中，所述递减式恒流电解提锂中的各个提锂电极为并联式电连接，或每个提锂电极通过互相独立的电源进行单独控制实现恒流。

作为本公开可选的技术方案，所述递减式恒压电解提锂包括，在电解提锂的过程中，提锂槽内的提锂电极自身的工作电压保持不变，沿待提锂溶液的流动方向，提锂电极的工作电压依次减小或分段式依次减小。

在一个实施例中，在所述递减式恒压电解提锂中，相邻两个提锂电极的工作电压的差值为 0.05~0.15V，例如 0.05V、0.06V、0.07V、0.08V、0.09V、0.1V、0.11V、0.12V、0.13V、0.14V 或 0.15V 等，但并不仅限于所列举的数值，上述数值范围内其他未列举的数值同样适用。

本公开的目的之一在于通过隔板的划分，使待提锂溶液浓度随流动方向逐渐减小，因此，提锂电极的工作参数应根据提锂槽内待提锂溶液实际的浓度进

行调整。对于相邻的两三个槽或某个区间段内的提锂槽中的锂离子浓度变化不明显的情况，也可以选择将提锂槽进行分段或分区。以递减式恒流电解为例，分段后每一段内的提锂槽内的提锂电极的工作电流相同，沿溶液流动方向，相邻段之间的提锂电极的工作电流依次减小。无论以何种方式，第一个提锂槽内的工作电流是根据待提锂溶液的初始浓度决定的，浓度越大，初始的电流值就越大，提锂槽的设置数量及工作电流变化的幅度需要根据实际的提锂目标和效果进行调整，以使得最后一个提锂槽内的溶液中的锂离子浓度降低到目标要求以下，因此，本公开关键在于保持提锂电极的工作电流沿溶液流动方向整体下降的趋势。相似地，递减式恒压电解中的工作电压的变化，也可进行分段式递减。

在一个实施例中，所述递减式恒压电解提锂中的各个提锂电极为串联式电连接。

第二方面，本公开提供一种如第一方面所述的提锂脱嵌槽用于提锂的应用，所述提锂脱嵌槽用于提锂的应用包括：沿待提锂溶液的流动方向，将阴极主槽分为前段及后段，所述前段中的提锂槽进行所述递减式恒流电解提锂，所述后段中的提锂槽进行所述递减式恒压提锂。

本公开的提锂槽从前往后（即阴极主槽进液口到出液口的方向）优选设置为从高到低的不同恒流或前段恒流后段恒压的工作方式。相较于相关技术中对一个电极先恒流再恒压，或进行分段式恒流的供电方式，所述应用更加灵活且节省能源，避免了对电极进行变换供电方式的繁琐操作。

在一个实施例中，所述前段中的提锂槽的数量与所述后段中的提锂槽的数量之比大于等于 2，例如 2、3、4、5、6、7 或 8 等，但并不仅限于所列举的数值，上述数值范围内其他未列举的数值同样适用。

作为本公开可选的技术方案，所述待提锂溶液包括卤水。

在一个实施例中，所述卤水中锂离子的浓度为 0.2~0.8g/L，例如 0.2g/L、0.25g/L、0.3g/L、0.35g/L、0.4g/L、0.45g/L、0.5g/L、0.55g/L、0.6g/L、0.65g/L、0.7g/L、0.75g/L 或 0.8g/L 等，但并不仅限于所列举的数值，上述数值范围内其他未列举的数值同样适用。

在一个实施例中，所述待提锂溶液的流量为 1~5L/h，例如 1L/h、1.5L/h、2L/h、2.5L/h、3L/h、3.5L/h、4L/h、4.5L/h 或 5L/h 等，但并不仅限于所列举的数值，上述数值范围内其他未列举的数值同样适用。

在一个实施例中，所述热气的温度为 35~40°C，例如 35°C、36°C、37°C、38°C、39°C 或 40°C 等，但并不仅限于所列举的数值，上述数值范围内其他未列举的数值同样适用。

在一个实施例中，所述热气包括空气和/或惰性气体。

在一个实施例中，所述热气与待提锂溶液的流量比为 1:(1~2)，例如 1:1、1:1.1、1:1.2、1:1.3、1:1.4、1:1.5、1:1.6、1:1.7、1:1.8、1:1.9 或 1:2 等，但并不仅限于所列举的数值，上述数值范围内其他未列举的数值同样适用。

在一个实施例中，所述应用还包括，由第 1 个提锂槽同时通入待提锂溶液与热气时，向阳极主槽内通入纯水和/或氯化钠溶液。

当阳极主槽中也设置有隔板时，从第 1 个脱嵌槽的进液口通入纯水和/或氯化钠溶液。

作为本公开可选的技术方案，在电解提锂的过程中，监测提锂槽中提锂电极的电流和/或电压，当超过预设值时，更换对应的提锂电极。

本公开至少具有以下有益效果：

(1) 本公开所述提锂脱嵌槽通过采用“流水线”方式设置多个提锂槽相连，

使提锂槽中待提锂溶液“折流式”流动且锂离子浓度由高到低分布，从而根据每个提锂槽中不同的锂离子浓度来对对应设置提锂电极的锂离子筛材料，合理配置资源，从而在高效提锂的同时降低成本；

(2) 本公开所述提锂脱嵌槽用于提锂的应用在提锂电极匹配不同的工作电流和/或电压，进行递减式恒流电解提锂，或前段进行递减式恒流电解提锂，后段进行递减式恒压电解提锂，相较于相关技术中对一个电极进行先恒流再恒压或对一个电极进行分段式恒流供电方式，本方案的设置更灵活，而且避免了对电极进行变换供电方式的繁琐操作；

(3) 本公开所述提锂脱嵌槽用于提锂的应用在通入新鲜待提锂溶液的过程中也一并通入热的气体，搭配“折流式”的流动方式，使待提锂溶液的流动充分，提高溶液的传质效果，有效提高了电解槽的提锂效率。

在阅读并理解了附图和详细描述后，可以明白其他方面。

附图说明

附图用来提供对本文技术方案的进一步理解，并且构成说明书的一部分，与本申请的实施例一起用于解释本文的技术方案，并不构成对本文技术方案的限制。

图 1 是实施例 1 的提锂脱嵌槽中的阴极主槽的示意图；

图 2 是实施例 2 的提锂脱嵌槽中的阴极主槽的示意图；

图 3 是实施例 1 及实施例 2 的提锂脱嵌槽的俯视示意图；

图 4 是实施例 4 的提锂脱嵌槽的俯视示意图；

图中：1-阴极主槽、11-进液口、12-出液口、2-隔板、21-开孔、3-隔膜、4-提锂电极、5-脱嵌电极、6-待提锂溶液、7-外部电源、8-阳极主槽。

具体实施方式

下面结合附图并通过具体实施方式来进一步说明本公开的技术方案。本领域技术人员应该明了，所述实施例仅仅是帮助理解本公开，不应视为对本公开的具体限制。

实施例 1

本实施例提供了一种提锂脱嵌槽及其应用，如图 1 及图 3 所示：

所述提锂脱嵌槽包括阴极主槽 1、阳极主槽 8，以及设在阴极主槽 1 及阳极主槽 8 之间的隔膜 3；所述阴极主槽 1 内设置有隔板 2，所述隔板 2 将所述阴极主槽 1 划分为 15 个依次连通的提锂槽；所述阳极主槽 8 内也设置有隔板 2，所述隔板 2 将所述阳极主槽 8 划分为与提锂槽相对应的 15 个依次连通的脱嵌槽；第一个提锂槽及第一个脱嵌槽均设置有进液口 11，最后一个提锂槽及最后一个脱嵌槽均设置有出液口 12；

所述提锂槽中设置有提锂电极 4，所述提锂电极 4 之间并联式电连接；所述脱嵌槽中设置有脱嵌电极 5，所述脱嵌电极 5 之间并联式电连接，所述提锂电极 4 与所述脱嵌电极 5 通过外部电源 7 电性相连；

所述隔板 2 上设置有开孔 21，相邻两个隔板 2 之间的开孔 21 沿所述提锂槽或脱嵌槽的高度方向上下交错排列，第 1 个隔板 2 的开孔 21 设置于距离隔板 2 顶部 10cm 的位置，为半径 5cm 的圆形，第 2 个隔板 2 的开孔 21 设置于距离隔板 2 底部 10cm 的位置，为半径 5cm 的圆形，第 3 个隔板 2 的开孔 21 同第 1 个隔板 2，以此类推共设置 15 个隔板 2，使待提锂溶液 6 在所述阴极主槽 1 及阳极主槽 8 内折流式流动；

沿待提锂溶液 6 的流动方向，根据提锂槽中的锂离子浓度的变化将所述提锂槽分为 5 个高浓度槽、5 个中浓度槽及 5 个低浓度槽；所述高浓度槽中的提锂电极 4 的锂离子筛材料为吸附量高且选择性较好的 LiMn_2O_4 ；所述中浓度槽

中的提锂电极 4 的锂离子筛材料为化学稳定性较好，离子扩散系数相对较低，容量高的磷酸铁锂；所述低浓度槽中的提锂电极 4 的锂离子筛材料为扩散系数高，稳定性好，但容量较低的 Li_2TiO_3 ；

每个所述提锂槽中安装有电压监测器，用于监控对应的提锂电极 4；所述电压监测器电性连接于主机，所述主机用于分析、存储并显示所述提锂电极 4 的工作状态及更换信息。

本实施例中所述提锂脱嵌槽的应用包括如下步骤：

由第 1 个提锂槽同时通入待提锂溶液 6 与热气，并在所述阴极主槽 1 内折流式流动，同时由第 1 个脱嵌槽通入纯水，并在所述阳极主槽 8 内折流式流动，所述待提锂溶液 6 为锂离子浓度为 0.5g/L 的卤水，卤水的流量为 3L/h，所述热气为温度为 37℃，流量为 4.5L/h 的热空气；

按表 1 设置提锂电极 4 的工作电流，其中第 1 个提锂槽中的提锂电极 4 为第 1 个提锂电极 4，其工作电流记为 A1，第 2 个提锂槽沿靠近阳极区的方向紧邻所述第 1 个提锂槽，其工作电流记为 A2， $A1 > A2$ ，以此类推，进行递减式恒流电解提锂；

表 1

提锂电极	电流	提锂电极	电流	提锂电极	电流
第 1 个	30A	第 6 个	20A	第 11 个	10A
第 2 个	28A	第 7 个	18A	第 12 个	8A
第 3 个	26A	第 8 个	16A	第 13 个	6A
第 4 个	24A	第 9 个	14A	第 14 个	4A
第 5 个	22A	第 10 个	12A	第 15 个	2A

当某个提锂槽中的提锂电极 4 的实时工作电压超过设定的安全定压 0.8V

时，电压监测器发出警报，对应更换新的提锂电极 4，直至完成电解提锂。

实施例 2

本实施例提供了一种提锂脱嵌槽及其应用，如图 2 及图 3 所示：

所述提锂脱嵌槽包括阴极主槽 1、阳极主槽 8，以及在阴极主槽 1 及阳极主槽 8 之间的隔膜 3；所述阴极主槽 1 内设置有隔板 2，所述隔板 2 将所述阴极主槽 1 划分为 15 个依次连通的提锂槽；所述阳极主槽 8 内也设置有隔板 2，所述隔板 2 将所述阳极主槽 8 划分为与提锂槽相对应的 15 个依次连通的脱嵌槽；所述提锂槽中设置有提锂电极 4，所述脱嵌槽中设置有脱嵌电极 5，所述提锂电极 4 与所述脱嵌电极 5 通过外部电源 7 电性相连；第一个提锂槽及第一个脱嵌槽均设置有进液口 11，最后一个提锂槽及最后一个脱嵌槽均设置有出液口 12；

所述隔板 2 上设置有开孔 21，相邻两个隔板 2 之间的开孔 21 沿所述提锂槽或脱嵌槽的高度方向上下交错排列，第 1 个隔板 2 的开孔 21 设置于距离隔板 2 顶部 10cm 的位置，为半径 5cm 的圆形，第 2 个隔板 2 的开孔 21 设置于距离隔板 2 底部 10cm 的位置，为半径 5cm 的圆形，第 3 个隔板 2 的开孔 21 同第 1 个隔板 2，以此类推共设置 15 个隔板 2，使待提锂溶液 6 在所述阴极主槽 1 及阳极主槽 8 内折流式流动；

沿待提锂溶液 6 的流动方向，根据提锂槽中的锂离子浓度的变化将所述提锂槽分为 5 个高浓度槽、5 个中浓度槽及 5 个低浓度槽；所述高浓度槽中的提锂电极 4 的锂离子筛材料为吸附量高且选择性较好的 LiMn_2O_4 ；所述中浓度槽中的提锂电极 4 的锂离子筛材料为化学稳定性较好，离子扩散系数相对较低，容量高的磷酸铁锂；所述低浓度槽中的提锂电极 4 的锂离子筛材料为扩散系数高，稳定性好，但容量较低的 Li_2TiO_3 ；

沿待提锂溶液 6 的流动方向，第 1 个提锂槽中的提锂电极 4 为第 1 个提锂电极 4，第 2 个提锂槽中的提锂电极 4 为第 2 个提锂电极 4，以此类推；同时将阴极主槽 1 分为前段及后段，前段包含第 1 个提锂电极 4 到第 10 个提锂电极 4，后段包含第 11 个提锂电极 4 到第 15 个提锂电极 4；前段中的提锂电极 4 为并联式电连接，后段中的提锂电极 4 为串联式电连接；

每个所述提锂槽中安装有电压监测器，用于监控对应的提锂电极 4；所述电压监测器电性连接于主机，所述主机用于分析、存储并显示所述提锂电极 4 的工作状态及更换信息。

本实施例中所述提锂脱嵌槽的应用包括如下步骤：

由第 1 个提锂槽同时通入待提锂溶液 6 与热气，并在所述阴极主槽 1 内折流式流动，同时由第 1 个脱嵌槽通入氯化钠溶液，并在所述阳极主槽 8 内折流式流动，所述待提锂溶液 6 为锂离子浓度为 0.5g/L 的卤水，卤水的流量为 3L/h，所述热气为温度为 40℃，流量为 6L/h 的热空气；

按表 2 设置提锂电极 4 的工作电流及工作电压，其中第 1 个提锂电极 4 的工作电流记为 A1，第 2 个提锂电极 4 的工作电流记为 A2， $A1>A2$ ，以此类推，第 11 个提锂电极 4 的工作电压记为 V1，第 12 个提锂电极 4 的工作电压记为 V2、以此类推；使前段中的提锂槽进行所述递减式恒流电解提锂，所述后段中的提锂槽进行所述递减式恒压提锂；

表 2

提锂电极	电流	提锂电极	电流	提锂电极	电压
第 1 个	30A	第 6 个	20A	第 11 个	0.8V
第 2 个	28A	第 7 个	18A	第 12 个	0.6V

第 3 个	26A	第 8 个	16A	第 13 个	0.4V
第 4 个	24A	第 9 个	14A	第 14 个	0.2V
第 5 个	22A	第 10 个	12A	第 15 个	0.1V

当某个提锂槽中的提锂电极 4 的实时工作电压超过设定的安全定压 0.8V 时，电压监测器发出警报，对应更换新的提锂电极 4，直至完成电解提锂。

实施例 3

本实施例提供了一种提锂脱嵌槽及其应用，所述提锂脱嵌槽与实施例 1 完全相同，所述用于与实施例 1 的区别为：

按表 3 设置提锂电极 4 的工作电压，其中第 1 个提锂槽中的提锂电极 4 为第 1 个提锂电极 4，其工作电压记为 V1，第 2 个提锂槽中的提锂电极 4 为第 2 个提锂电极 4，其工作电压记为 V2，V1>V2，以此类推，进行递减式恒压电解提锂；

表 3

提锂电极	电压	提锂电极	电压	提锂电极	电压
第 1 个	0.8V	第 6 个	0.55V	第 11 个	0.3V
第 2 个	0.75V	第 7 个	0.50V	第 12 个	0.25V
第 3 个	0.7V	第 8 个	0.45V	第 13 个	0.2V
第 4 个	0.65V	第 9 个	0.4V	第 14 个	0.15V
第 5 个	0.6V	第 10 个	0.35V	第 15 个	0.1V

除以上外，其他条件与实施例 1 完全相同。

实施例 4

本实施例提供了一种提锂脱嵌槽及其应用，如图 4 所示，所述提锂脱嵌槽的阳极主槽 8 中不设置隔板 2，除此之外，其他条件与实施例 1 完全相同。

对比例 1

本对比例提供了一种提锂脱嵌槽及其用于，所述提锂脱嵌槽与实施例 1 完全相同，所述应用与实施例 1 的区别为：将所有提锂电极 4 的工作电流设置为 25A，其他条件与实施例 1 完全相同。

对比例 2

本对比例提供了一种提锂脱嵌槽及其应用，所述提锂脱嵌槽与实施例 1 完全相同，所述应用与实施例 1 的区别为：将所有提锂电极 4 的工作电流设置为 1A，其他条件与实施例 1 完全相同。

对比例 3

本对比例提供了一种提锂脱嵌槽及其用于，所述提锂脱嵌槽与实施例 1 的区别为：将所有隔板 2 的开孔 21 统一设置为靠近隔板 2 底部 10cm 的位置，为半径 5cm 的圆形，不使待提锂溶液 6 进行折流式流动，除此之外，所述提锂脱嵌槽其他条件及应用参数与实施例 1 完全相同。

对比例 4

本对比例提供了一种提锂脱嵌槽及其应用，所述提锂脱嵌槽与实施例 1 的区别为：将所有提锂电极 4 的锂离子筛材料均设置为 LiMn_2O_4 ，除此之外，所述提锂脱嵌槽其他条件及应用参数与实施例 1 完全相同。

对比例 5

本对比例提供了一种提锂脱嵌槽及其用于，所述提锂脱嵌槽与实施例 1 的区别为：将所有提锂电极 4 的锂离子筛材料均设置为 Li_2TiO_3 ，除此之外，所述提锂脱嵌槽其他条件及应用参数与实施例 1 完全相同。

对比例 6

本对比例提供了一种提锂脱嵌槽及其应用，所述提锂脱嵌槽与实施例 1 的区别为：不使用热气，仅通入待提锂溶液 6，除此之外，所述提锂脱嵌槽其他条件及应用参数与实施例 1 完全相同。

在通入相同量的卤水提锂完成后，测试实施例及对比例溶液中最后一个提锂槽中剩余的锂离子浓度，计算提锂率，结果如表 4 所示。

表 4

项目	剩余锂离子浓度(g/L)	提锂率(%)
实施例 1	0.0012	99.76
实施例 2	0.0014	99.72
实施例 3	0.0089	98.22
实施例 4	0.0012	99.76
对比例 1	0.0027	99.46
对比例 2	0.2102	57.96
对比例 3	0.0094	98.12
对比例 4	0.0042	99.16
对比例 5	0.0045	99.10
对比例 6	0.0040	99.20

由表 1 可以看出：

由实施例 1-3 的剩余锂离子浓度可看出，本方案电解槽的供电方式优选为不同恒流段供电，实施例 1 相较于实施例 4 可看出，阳极有无隔板对本方案的结果无影响；实施例 1 相较于对比例 1，对比例 1 的供电方法为持续高电流，电极板容易超过安全电压，影响提锂，耗能和成本都会较高；对比例 2 为低电流，提锂效率极低；对比例 3 开口都在底部会造成提锂槽中的卤水流动过快，无法正常提锂；实施例 1 相较于对比例 4-5，在低浓度采用容量较高的锂离子筛会影响提锂效率，而在高浓度卤水中采用容量较低的锂离子筛则会增加更换锂离子筛的次数，操作繁琐；相较于对比例 6，通入了热气提高提锂环境的温度，能更好地提高提锂效率。

权 利 要 求 书

1. 一种提锂脱嵌槽，包括：

阳极主槽，所述阳极主槽内设置有脱嵌电极；

阴极主槽，所述阴极主槽内设置有隔板，所述隔板将所述阴极主槽划分为至少两个提锂槽；所述隔板上设置有开孔，相邻两个隔板之间的开孔沿所述提锂槽的高度方向上下交错排列，使待提锂溶液在所述阴极主槽内折流式流动；所述提锂槽中设置有提锂电极，所述提锂电极的数量与所述脱嵌电极的数量相对应；所述提锂电极与所述脱嵌电极通过外部电源电性相连；

隔膜，设置在所述阳极主槽与所述阴极主槽之间。

2. 根据权利要求 1 所述的提锂脱嵌槽，其中，所述阳极主槽内设置有所述隔板，将所述阳极主槽划分为与每个所述提锂槽相对应的脱嵌槽，所述脱嵌槽内的脱嵌电极的数量与对应的提锂槽内的提锂电极的数量相同；

可选地，第一个提锂槽及第一个脱嵌槽均设置有进液口，最后一个提锂槽及最后一个脱嵌槽均设置有出液口；

可选地，所述提锂槽的数量为 10~20 个。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的提锂脱嵌槽，其中，根据所述阴极主槽内的所述待提锂溶液中的锂离子浓度的变化，将所述提锂槽分为高浓度槽、中浓度槽及低浓度槽。

4. 根据权利要求 3 所述的提锂脱嵌槽，其中，所述高浓度槽中锂离子的浓度大于 0.1g/L；所述中浓度槽中锂离子的浓度为 0.01~0.1g/L；所述低浓度槽中锂离子的浓度小于 0.01g/L。

5. 根据权利要求 3 或 4 所述的提锂脱嵌槽，其中，所述高浓度槽的数量为 2~8 个；所述中浓度槽的数量为 1~9 个；所述低浓度槽的数量为 1~9 个。

6. 根据权利要求 3-5 任一项所述的提锂脱嵌槽，其中，所述高浓度槽中设

置有第一锂离子筛材料、所述中浓度槽中设置有第二锂离子筛材料、所述低浓度槽中设置有第三锂离子筛材料；

按每单位质量的吸附容量比较，所述第一锂离子筛材料>所述第二锂离子筛材料>所述第三锂离子筛材料；

按每单位质量的离子扩散系数比较，所述第一锂离子筛材料<所述第二锂离子筛材料<所述第三锂离子筛材料；

可选地，所述第一锂离子筛材料的吸附容量为 35~38mg/g；所述第二锂离子筛材料的吸附容量为 30~33mg/g；所述第三锂离子筛材料的吸附容量为 12~15mg/g；

可选地，所述第一锂离子筛材料的离子扩散系数为 $10^{-10} \sim 10^{-11} \text{cm}^2/\text{s}$ ；所述第二锂离子筛材料的离子扩散系数为 $10^{-9} \sim 10^{-10} \text{cm}^2/\text{s}$ ；所述第三锂离子筛材料的离子扩散系数为 $10^{-7} \sim 10^{-8} \text{cm}^2/\text{s}$ 。

7. 根据权利要求 6 所述的提锂脱嵌槽，其中，所述第一锂离子筛材料、所述第二锂离子筛材料及所述第三锂离子筛材料为物理吸附材料或电化学吸附材料；

可选地，当所述第一锂离子筛材料、所述第二锂离子筛材料及所述第三锂离子筛材料为电化学吸附材料时，所述第一锂离子筛材料、所述第二锂离子筛材料及所述第三锂离子筛材料分别设置于对应的提锂槽中的提锂电极上。

8. 根据权利要求 7 所述的提锂脱嵌槽，其中，当所述第一锂离子筛材料、所述第二锂离子筛材料及所述第三锂离子筛材料为物理吸附材料时：

所述第一锂离子筛材料包括二氧化锰吸附剂；所述第二锂离子筛材料包括硅酸锂吸附剂；所述第三锂离子筛材料包括氢氧化铝基吸附剂。

9. 根据权利要求 7 所述的提锂脱嵌槽，其中，当所述第一锂离子筛材料、

所述第二锂离子筛材料及所述第三锂离子筛材料为电化学吸附材料时：

所述第一锂离子筛材料包括锰氧化物锂离子筛；所述第二锂离子筛材料包括钴酸锂、钒酸锂或磷酸铁锂中的任一种或至少两种的组合；所述第三锂离子筛材料包括钛氧化物锂离子筛；

可选地，所述锰氧化物锂离子筛包括 LiMn_2O_4 、 $\text{Li}_{1.33}\text{Mn}_{1.67}\text{O}_4$ 或 $\text{Li}_{1.6}\text{Mn}_{1.6}\text{O}_4$ 中的至少一种；

可选地，所述钛氧化物锂离子筛包括 Li_2TiO_3 和/或 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 。

10. 根据权利要求 1-9 任一项所述的提锂脱嵌槽，其中，每个所述提锂槽中安装有电流和/或电压监测器，用于监控对应的提锂电极；

可选地，所述电流和/或电压监测器电性连接于主机，所述主机用于分析、存储并显示所述提锂电极的工作状态及更换信息。

11. 根据权利要求 1-10 任一项所述的提锂脱嵌槽，其中，所述隔板上的开孔靠近所述隔板的顶端或底端设置；

可选地，沿所述隔板的高度方向，所述开孔的边缘与所述隔板的顶端或底端的距离占所述隔板的高度的 5%~10%；

可选地，所述开孔的半径为 3~8cm。

12. 一种用权利要求 1-11 任一项所述的提锂脱嵌槽提锂的应用，包括如下步骤：

由第 1 个提锂槽同时通入待提锂溶液与热气，并在所述阴极主槽内折流式流动，进行递减式恒流电解提锂和/或递减式恒压电解提锂。

13. 根据权利要求 12 所述的应用，其中，所述递减式恒流电解提锂包括，在电解提锂的过程中，提锂槽内的提锂电极自身的工作电流保持不变，沿待提锂溶液的流动方向，提锂电极的工作电流依次减小或分段式依次减小；

可选地，在所述递减式恒流电解提锂中，相邻两个提锂电极的工作电流的差值为 0.5~7A；

可选地，所述递减式恒流电解提锂中的各个提锂电极为并联式电连接。

14. 根据权利要求 12 或 13 所述的应用，其中，所述递减式恒压电解提锂包括，在电解提锂的过程中，提锂槽内的提锂电极自身的工作电压保持不变，沿待提锂溶液的流动方向，提锂电极的工作电压依次减小或分段式依次减小；

可选地，在所述递减式恒压电解提锂中，相邻两个提锂电极的工作电压的差值为 0.05~0.15V；

可选地，所述递减式恒压电解提锂中的各个提锂电极为串联式电连接。

15. 根据权利要求 12-14 任一项所述的应用，其中，沿待提锂溶液的流动方向，将阴极主槽分为前段及后段，对所述前段中的提锂槽进行所述递减式恒流电解提锂，对所述后段中的提锂槽进行所述递减式恒压提锂；

可选地，所述前段中的提锂槽的数量与所述后段中的提锂槽的数量之比大于等于 2。

16. 根据权利要求 12-15 任一项所述的应用，其中，所述待提锂溶液包括卤水；

可选地，所述卤水中锂离子的浓度为 0.2~0.8g/L；

可选地，所述待提锂溶液的流量为 1~5L/h；

可选地，所述热气的温度为 35~40°C；

可选地，所述热气包括空气和/或惰性气体；

可选地，所述热气与待提锂溶液的流量比为 1:(1~2)；

可选地，所述应用还包括，由第 1 个提锂槽同时通入待提锂溶液与热气时，向阳极主槽内通入纯水和/或氯化钠溶液。

17. 根据权利要求 12-16 任一项所述的应用，其中，在电解提锂的过程中，监测提锂槽中提锂电极的电流和/或电压，当超过预设值时，更换对应的提锂电极。

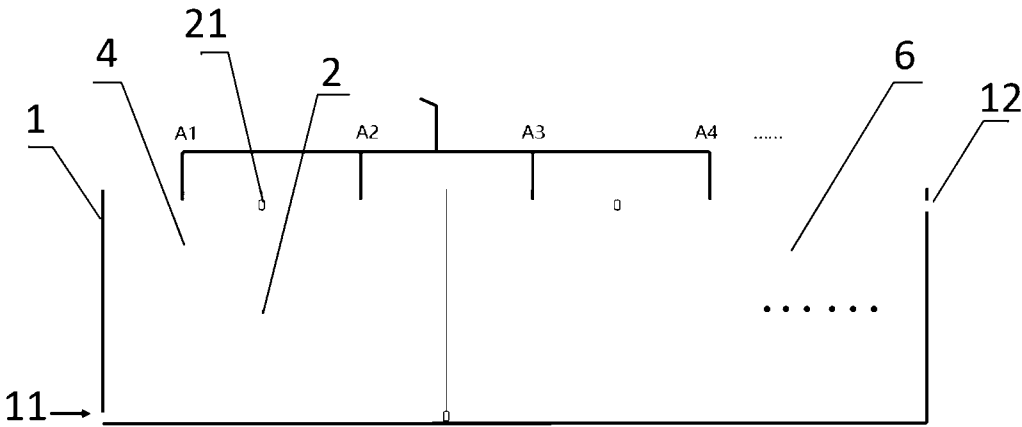


图 1

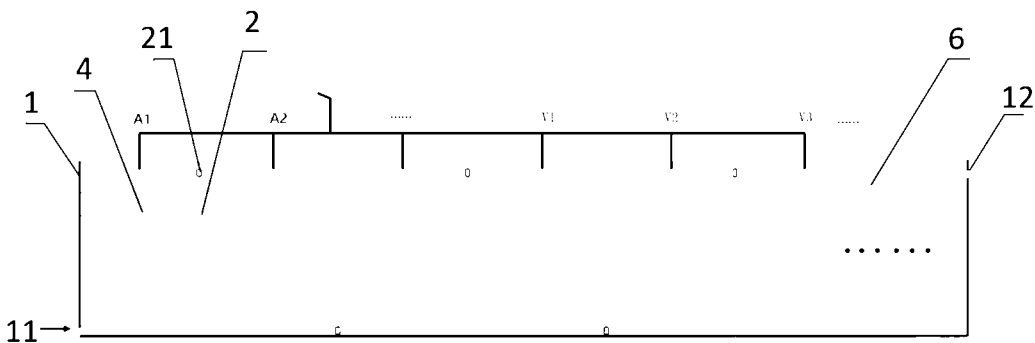


图 2

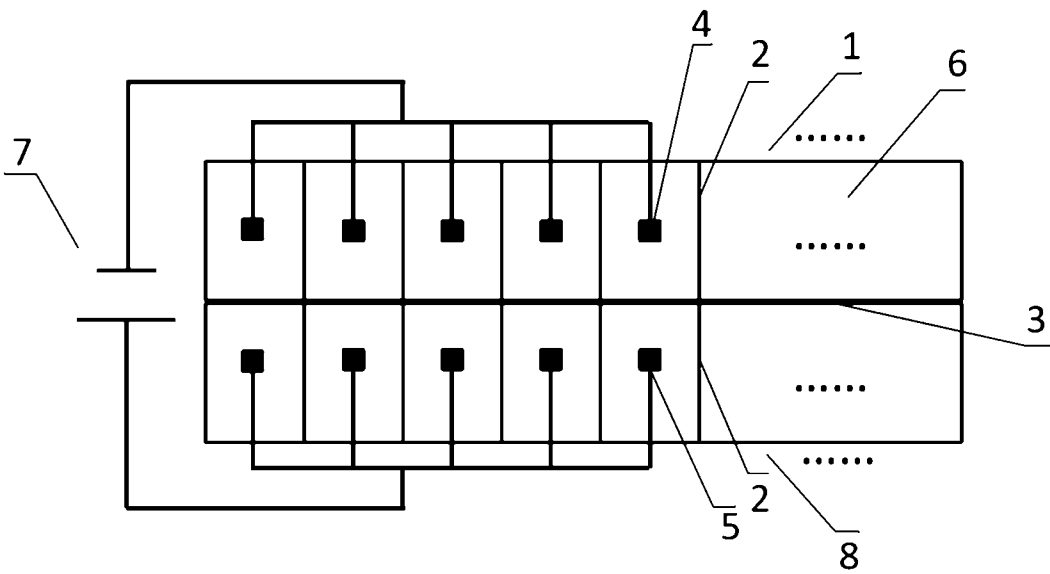


图 3

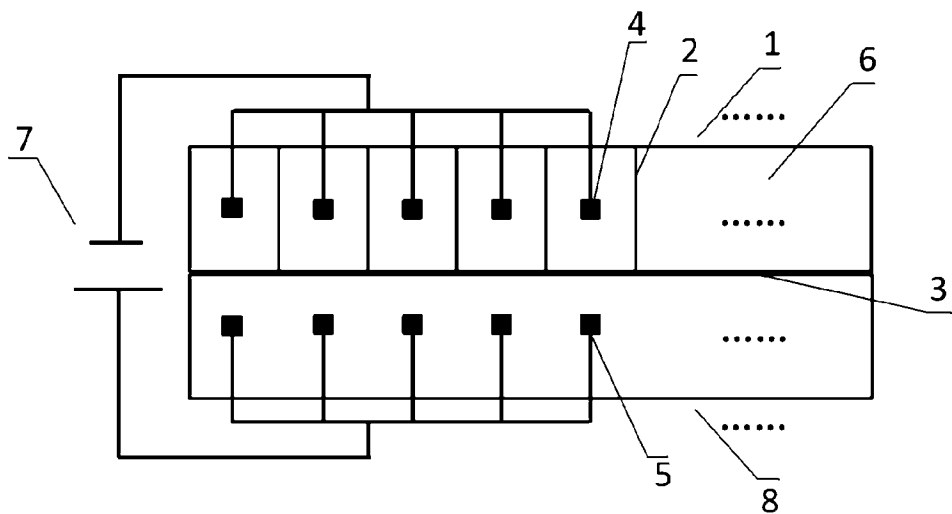


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/101568

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22B 26/12(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

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, ENTXT, DWPI, SIPOABS, CNKI: 提锂, 脱嵌, 槽, 隔板, 孔, 折流, 隔膜, lift+ lithium, groove, de-embed+, clapboard, hole, baffl+, diaphragm

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 112030007 A (JIANGSU ZHONGNAN LITHIUM CO., LTD.) 04 December 2020 (2020-12-04) entire document	1-17
A	CN 113856490 A (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) 31 December 2021 (2021-12-31) entire document	1-17
A	CN 207793370 U (QINGHAI QAIDAM XINGHUA LITHIUM SALT CO., LTD.) 31 August 2018 (2018-08-31) entire document	1-17
A	CN 212426149 U (JIANGSU ZHONGNAN LITHIUM CO., LTD.) 29 January 2021 (2021-01-29) entire document	1-17
A	EP 0505899 A1 (ASAHI CHEMICAL INDUSTRY CO., LTD.) 30 September 1992 (1992-09-30) entire document	1-17

☒ 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

03 November 2023

Date of mailing of the international search report

05 March 2024

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District,
Beijing 100088

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/101568

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6200435 B1 (CHLORINE ENGINEERS CORP., LTD. et al.) 13 March 2001 (2001-03-13) entire document	1-17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/101568

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	112030007	A	04 December 2020	CN	212426149	U	29 January 2021
CN	113856490	A	31 December 2021	None			
CN	207793370	U	31 August 2018	None			
CN	212426149	U	29 January 2021	None			
EP	0505899	A1	30 September 1992	US	5225060	A	06 July 1993
				DE	69220526	D1	31 July 1997
				DE	69220526	T2	05 February 1998
				EP	0505899	B1	25 June 1997
US	6200435	B1	13 March 2001	DE	69921735	D1	16 December 2004
				DE	69921735	T2	31 March 2005
				EP	0960960	A1	01 December 1999
				EP	0960960	B1	10 November 2004
				JPH	11323584	A	26 November 1999
				JP	4007565	B2	14 November 2007
				KR	19990088136	A	27 December 1999
				KR	100533516	B1	06 December 2005

国际检索报告		国际申请号 PCT/CN2023/101568
A. 主题的分类 C22B 26/12(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 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,ENTXT,DWPI,SIPOABS,CNKI: 提锂, 脱嵌, 槽, 隔板, 孔, 折流, 隔膜, lift+ lithium, groove, de-embed+, clapboard, hole, baffl+, diaphragm		
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 112030007 A (江苏中南锂业有限公司) 2020年12月4日 (2020 - 12 - 04) 全文	1-17
A	CN 113856490 A (中南大学) 2021年12月31日 (2021 - 12 - 31) 全文	1-17
A	CN 207793370 U (青海柴达木兴华锂盐有限公司) 2018年8月31日 (2018 - 08 - 31) 全文	1-17
A	CN 212426149 U (江苏中南锂业有限公司) 2021年1月29日 (2021 - 01 - 29) 全文	1-17
A	EP 0505899 A1 (ASAHI CHEMICAL IND) 1992年9月30日 (1992 - 09 - 30) 全文	1-17
A	US 6200435 B1 (CHLORINE ENG CORP LTD 等) 2001年3月13日 (2001 - 03 - 13) 全文	1-17
☐ 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 2023年11月3日		国际检索报告邮寄日期 2024年3月5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		受权官员 扈智静 电话号码 (+86) 010-62084762

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2023/101568

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	112030007	A	2020年12月4日	CN	212426149	U	2021年1月29日
CN	113856490	A	2021年12月31日	无			
CN	207793370	U	2018年8月31日	无			
CN	212426149	U	2021年1月29日	无			
EP	0505899	A1	1992年9月30日	US	5225060	A	1993年7月6日
				DE	69220526	D1	1997年7月31日
				DE	69220526	T2	1998年2月5日
				EP	0505899	B1	1997年6月25日
US	6200435	B1	2001年3月13日	DE	69921735	D1	2004年12月16日
				DE	69921735	T2	2005年3月31日
				EP	0960960	A1	1999年12月1日
				EP	0960960	B1	2004年11月10日
				JPH	11323584	A	1999年11月26日
				JP	4007565	B2	2007年11月14日
				KR	19990088136	A	1999年12月27日
				KR	100533516	B1	2005年12月6日