

(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 2024/259628 A1

(51) 国际专利分类号:
H01M 4/04 (2006.01) *H01M 4/1393* (2010.01)
H01M 4/36 (2006.01) *H01M 4/66* (2006.01)
H01M 4/139 (2010.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2023/101678

(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: 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)。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)。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)。

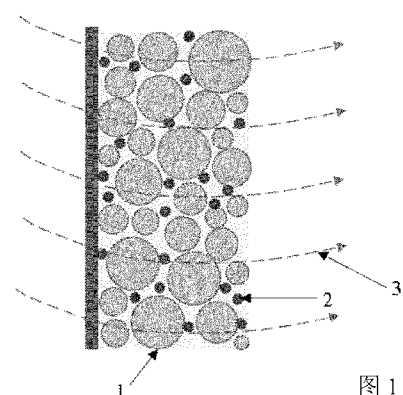
(74) 代理人: 北京远智汇知识产权代理有限公司 (BEIJING YZH IP FIRM); 中国北京市海淀区莲花池东路39号6层608室, Beijing 100036 (CN)。

(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, 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)。

(54) Title: MAGNETIC LITHIUM-RICH ELECTRODE, AND PREPARATION METHOD THEREFOR AND USE THEREOF

(54) 发明名称: 一种磁性富锂态电极及其制备方法和应用



(57) Abstract: The present disclosure provides a magnetic lithium-rich electrode, and a preparation method therefor and a use thereof. The magnetic lithium-rich electrode comprises a current collector and an active material layer provided on a surface of the current collector; the active material layer comprises an electrode active material, a magnetic material, a conductive agent, and a binder; the porosity of the magnetic lithium-rich electrode is 10-60%. In the present disclosure, by means of a magnetic field-assisted lithium extraction method in which a magnetic field is applied in an electrode preparation process, electrode porosity and the lithium ion conduction rate can be improved, thus the electrode internal mass transfer rate is increased and the electrochemical lithium extraction efficiency is markedly improved.

(57) 摘要: 本公开提供了一种磁性富锂态电极及其制备方法和应用, 所述磁性富锂态电极包括集流体和设置于所述集流体表面的活性物质层, 所述活性物质层包括电极活性材料、磁性物质、导电剂和粘结剂, 所述磁性富锂态电极的孔隙率为10~60%, 本公开通过磁场辅助提锂的方法, 在电极制备的过程中施加磁场, 可以提高电极的孔隙率以及锂离子传导率, 进而提高电极内部传质速率, 明显提高电化学提锂效率。

WO 2024/259628 A1

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

一种磁性富锂态电极及其制备方法和应用

技术领域

本公开属于盐湖提锂技术领域，涉及一种磁性富锂态电极及其制备方法和应用。

背景技术

锂是一种重要的战略资源，广泛用于锂电池领域。新能源领域的快速发展，带动锂资源的市场需求快速增加，低成本、高效地锂资源开发成为各企业参与市场竞争的重要保证。自然界中已探明的锂资源主要存在于盐湖卤水、海水和矿石中，其中盐湖锂资源约占 70%。由于锂矿石开采成本高、难度大，且随着不断开采已日益贫乏和枯竭，因此，从盐湖卤水提取锂已成为锂资源开发的趋势。

我国西部盐湖众多，但由于高镁锂比特征导致其开发程度低。目前国内外从卤水中提锂的方法主要有沉淀法、溶剂萃取法、蒸发结晶法、电渗析法、离子交换吸附法等，沉淀法作为一种已经成熟的提锂技术，存在着耗能较大、工艺流程复杂、成本较高的缺点，锂的回收率也不高。萃取法提锂速率快，但是萃取剂溶解于卤水中容易导致环境污染；吸附法存在吸附容量低、吸附剂溶损以及水耗大等问题。近年来，国内外很多研究者对新的提锂工艺进行了广泛的探索和研究，电化学提锂技术具有良好的使用价值和应用前景。

电化学提锂的原理是对工作电极充电将锂离子脱出形成锂离子筛，在盐水中放电使锂离子选择性地进入锂离子筛中，通过充放电过程循环操作实现锂的富集。

CN105600807A 公开了一种从高镁锂比盐水中电化学提取锂盐的方法，将尖

晶石型 LiMn_2O_4 均匀涂覆在钛网集流体上作为工作电极，钛网作为对电极置于 LiCl 溶液中，对电极进行恒压充电，可将锂离子从 LiMn_2O_4 中脱出形成锂离子筛，将电极体系在高镁锂比盐水中放电可以选择性地使锂离子嵌入锂离子筛中，充放电循环操作实现电化学提取锂盐，但是由于盐湖卤水中存在大量的杂质元素（如镁、钠等），导致卤水粘度较大导致该方法存在溶液在电极内部传质缓慢的问题，进一步导致电化学提锂的效率较低。

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。

本公开的目的在于提供一种磁性富锂态电极及其制备方法和应用，本公开通过磁场辅助的方法，在电极制备的过程中施加磁场，可以提高电极的孔隙率以及锂离子传导速率，进而提高电极内部传质速率，明显提高电化学提锂效率。

为达到此公开目的，本公开采用以下技术方案：

第一方面，本公开实施例提供了一种磁性富锂态电极，所述磁性富锂态电极包括集流体和设置于所述集流体表面的活性物质层，所述活性物质层包括电极活性材料、磁性物质、导电剂和粘结剂，所述磁性富锂态电极的孔隙率为 10~60%，例如：10%、20%、30%、40%或 60%等。

本公开实施例所述磁性富锂态电极中含有磁性物质，在电极制备的过程中施加磁场，通过改变磁场方向来控制磁性颗粒的运动方向，使磁性颗粒在变向磁场的作用下反复转动，提升电极孔隙率的同时提高锂离子传导性。

在一个实施例中，所述集流体包括碳纤维或钛网。

在一个实施例中，所述电极活性材料包括锰酸锂、磷酸铁锂或磷酸锰铁锂中的任意一种或至少两种的组合。

在一个实施例中，所述磁性物质包括四氧化三铁。

在一个实施例中，所述磁性物质的粒径为 10~200nm，例如：10nm、50nm、80nm、100nm 或 200nm 等。

在一个实施例中，所述导电剂包括乙炔黑和/或导电炭黑。

在一个实施例中，所述粘结剂包括聚偏氟乙烯。

在一个实施例中，所述电极活性材料、磁性物质、导电剂和粘结剂的质量比为 1:(0.01~0.2):(0.1~0.2):(0.1~0.15)，例如：1:0.01:0.1:0.1、1:0.05:0.12:0.11、1:0.1:0.15:0.12、1:0.15:0.18:0.14 或 1:0.2:0.2:0.15 等。

在一个实施例中，所述磁性富锂态电极的锂离子电导率为 10^{-5} ~ 10^{-2} S/cm，例如： 10^{-5} S/cm、 2×10^{-4} S/cm、 5×10^{-3} S/cm、 8×10^{-3} S/cm 或 10^{-2} S/cm 等。

在一个实施例中，所述磁性富锂态电极的孔隙率为 20~50%。

本公开实施例所述磁性富锂态电极的孔隙率控制在 20~50%效果较好，若孔隙过大，电极机械强度差，降低循环性能，若孔隙率过小则卤水溶液的传质作用差。

第二方面，本公开实施例提供了一种如第一方面所述磁性富锂态电极的制备方法，所述制备方法包括以下步骤：

将电极活性材料、磁性物质、导电剂、粘结剂和溶剂混合得到浆料，对集流体施加变向磁场，将所述浆料涂覆在集流体表面，得到富锂态电极。

本公开实施例在制备电极浆料时，加入少量的磁性物质，并在涂布过程中施加变向的磁场，使磁性物质在电极内往不同方向运动，运动轨迹可以形成电极内的孔隙结构，即锂离子在活性物质层内移动的路径，提高锂离子传导性。

在一个实施例中，所述溶剂包括 N-甲基吡咯烷酮。

在一个实施例中，所述浆料的粘度为 1~10 Pa·s，例如：1 Pa·s、2 Pa·s、5 Pa·s、

8 Pa·s 或 10 Pa·s 等。

在一个实施例中，所述变向磁场的强度为 0.5~5T，例如：0.5 T、1 T、2 T、3 T、4 T 或 5 T 等。

在一个实施例中，所述涂覆的密度为 150~200 mg/cm²，例如：150 mg/cm²、160 mg/cm²、170 mg/cm²、180 mg/cm² 或 200 mg/cm² 等。

在一个实施例中，所述涂覆后进行烘干。

在一个实施例中，所述烘干的温度为 50~80°C，例如：50°C、55°C、60°C、70°C 或 80°C 等。

在一个实施例中，所述烘干的时间为 4~8h，例如：4 h、5 h、6 h、7 h 或 8 h 等。

第三方面，本公开实施例提供了一种磁场辅助电化学脱嵌盐湖提锂的方法，所述方法包括以下步骤：

(1) 以第一方面所述的磁性富锂态电极为正极，AgCl 电极为负极，注入电解液恒压反应得到磁性贫锂态电极；

(3) 用阴离子交换膜将电解装置分隔成阳极室和阴极室，将磁性富锂态电极置于阳极室，磁性贫锂态电极置于阴极室，阴极室注入盐湖卤水，阳极室注入盐溶液，恒压通电的同时对电极施加磁场，电流低至 150mA，结束反应。

本公开实施例在提锂过程中加入磁场可以促进卤水流动，提高卤水和活性物质的接触率，提高提锂效率。

在一个实施例中，步骤 (1) 所述电解液包括氯化钠溶液和/或氯化钾溶液。

在一个实施例中，所述电解液的浓度为 0.05~0.1mol/L，例如：0.05 mol/L、0.06 mol/L、0.07 mol/L、0.08 mol/L 或 0.1 mol/L 等。

在一个实施例中，所述恒压反应的电压为 0.8~1.2V，例如：0.8 V、0.9 V、

1 V、1.1 V 或 1.2 V 等。

在一个实施例中，步骤（2）所述盐溶液包括氯化钠溶液和/或氯化钾溶液。

在一个实施例中，所述盐溶液的浓度为 0.05~0.1mol/L，例如：0.05 mol/L、0.06 mol/L、0.07 mol/L、0.08 mol/L 或 0.1 mol/L 等。

在一个实施例中，步骤（2）所述恒压通电的电压为 0.3~1.2V，例如：0.3 V、0.5 V、0.8 V、1 V 或 1.2 V 等。

在一个实施例中，所述磁场的强度为 0.1~1T，例如：0.1 T、0.2 T、0.5 T、0.8 T 或 1 T 等。

相对于相关技术，本公开具有以下有益效果：

（1）本公开在制备电极浆料时，加入少量的磁性物质，并在涂布过程中施加变向的磁场，使磁性物质在电极内往不同方向运动，运动轨迹可以形成电极内的孔隙结构，即锂离子在活性物质层内移动的路径，提高锂离子传导性。

（2）本公开在提锂过程中，对电极施加大小、方向可控的磁场，能够调节电极内磁性物质的运动状态。传质通道内磁性物质的运动可以扰动卤水，促进卤水的流动，加快卤水与活性物质的接触，提高提锂效率。

（3）本公开制备的电极对卤水有较好的传质作用，提锂后阳极液富锂液中锂浓度可达 3.04g/L 以上，具有优异的电化学盐湖提锂性能。

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 是本公开实施例 1 所述磁性富锂态电极的结构示意图，其中，1-电极活

性材料，2-磁性物质，3-磁感线。

图 2 是本公开实施例 1 所述磁场辅助电化学脱嵌盐湖提锂的装置示意图。其中，1-线圈，2-铁芯，3-锂离子，4-KCl 溶液，5-阴离子交换膜，6-卤水。

具体实施方式

下面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磁场辅助电化学脱嵌盐湖提锂的方法，所述方法包括以下步骤：

(1) 将 100g 磷酸铁锂与 10g 四氧化三铁 ($D_{50}=50\text{nm}$)、20g 乙炔黑和 15gPVDF 混合，加入到 NMP 中，形成粘度为 10 Pa·s 的浆料，按 $150\text{mg}/\text{cm}^2$ 的密度涂覆在钛网集流体上，同时对集流体施加变向、强度为 2T 的磁场，变向的频率为 2 次/min，使磁性颗粒在变向磁场的作用下反复转动，然后在 80°C 下干燥 4h 得到孔隙率为 30%，锂离子电导率为 $5.83\times 10^{-3}\text{S}/\text{cm}$ 的磁性富锂态电极；

(2) 以磁性富锂态电极为正极，AgCl 电极为负极，0.05mol/L KCl 溶液为电解液，在 1.0 V 的恒定电压下对富锂态电极进行脱锂得到磁性贫锂态电极；

(3) 用阴离子交换膜将电解装置分隔成阳极室和阴极室，将磁性富锂态电极和磁性贫锂态电极分别置于阳极室和阴极室，往阴极室注入卤水，阳极室注入 0.05 KCl 溶液，在 0.3V 的恒压电压下进行提锂，同时通过磁场调节装置对电极施加大小为 1T 的变向磁场，变向的频率为 3 次/min，调控电极内磁性材料的运动状态，当电流低至 150mA 时，结束反应。

所述磁性富锂态电极在磁场中的结构示意图如图 1 所示，所述磁场辅助电

化学脱嵌盐湖提锂的装置示意图如图 2 所示，由图 1-2 可以看出，本公开在盐湖提锂的过程中施加变向磁场，由于电极中存在的磁性物质，在变向磁场的作用下磁性物质的运动状态发生变化，可以促进卤水的流动，加快卤水与活性物质的接触，提高提锂效率。

实施例 2

本实施例提供了一种磁场辅助电化学脱嵌盐湖提锂的方法，所述方法包括以下步骤：

(1) 将 100g 磷酸铁锂与 1g 四氧化三铁 ($D_{50}=100\text{nm}$)、10g 乙炔黑和 10gPVDF 混合，加入到 NMP 中，形成粘度为 1 Pa·s 的浆料，按 $150\text{mg}/\text{cm}^2$ 的密度涂覆在钛网集流体上，同时对集流体施加变向、强度为 0.5T 的磁场，变向的频率为 2 次/min，使磁性颗粒在变向磁场的作用下反复转动，然后在 50°C 下干燥 8h 得到孔隙率为 20%，锂离子电导率为 $4.67\times 10^{-3}\text{S}/\text{cm}$ 的磁性富锂态电极；

(2) 以磁性富锂态电极为正极，AgCl 电极为负极，0.05mol/L KCl 溶液为电解液，在 1.0 V 的恒定电压下对富锂态电极进行脱锂得到磁性贫锂态电极；

(3) 用阴离子交换膜将电解装置分隔成阳极室和阴极室，将磁性富锂态电极和磁性贫锂态电极分别置于阳极室和阴极室，往阴极室注入卤水，阳极室注入 0.05 KCl 溶液，在 0.5V 的恒压电压下进行提锂，同时通过磁场调节装置对电极施加大小为 0.1T 的变向磁场，变向的频率为 3 次/min，调控电极内磁性材料的运动状态。当电流低至 150mA 时，结束反应。

实施例 3

本实施例提供了一种磁场辅助电化学脱嵌盐湖提锂的方法，所述方法包括以下步骤：

(1) 将 100g 磷酸铁锂与 15g 四氧化三铁 ($D_{50}=20\text{nm}$)、15g 乙炔黑和 15gPVDF 混合, 加入到 NMP 中, 形成粘度为 $5\text{Pa}\cdot\text{s}$ 的浆料, 按 $200\text{mg}/\text{cm}^2$ 的密度涂覆在钛网集流体上, 同时对集流体施加变向、强度为 1T 的磁场, 变向的频率为 2 次/min, 使磁性颗粒在变向磁场的作用下反复转动, 然后在 60°C 下干燥 5h 得到孔隙率为 40%, 锂离子电导率为 $6.35\times 10^{-3}\text{S}/\text{cm}$ 的磁性富锂态电极;

(2) 以磁性富锂态电极为正极, AgCl 电极为负极, 0.05mol/L KCl 溶液为电解液, 在 1.0 V 的恒定电压下对富锂态电极进行脱锂得到磁性贫锂态电极;

(3) 用阴离子交换膜将电解装置分隔成阳极室和阴极室, 将磁性富锂态电极和磁性贫锂态电极分别置于阳极室和阴极室, 往阴极室注入卤水, 阳极室注入 0.05 KCl 溶液, 在 0.5V 的恒压电压下进行提锂, 同时通过磁场调节装置对电极施加大小为 0.5T 的变向磁场, 变向的频率为 3 次/min, 调控电极内磁性材料的运动状态。当电流低至 150mA 时, 结束反应。

实施例 4

本实施例与实施例 1 区别仅在于, 步骤 (1) 所述磁场强度为 0.3T, 得到孔隙率为 10%, 锂离子电导率为 $2.39\times 10^{-3}\text{S}/\text{cm}$ 的磁性富锂态电极, 其他条件与参数与实施例 1 完全相同。

实施例 5

本实施例与实施例 1 区别仅在于, 步骤 (1) 所述磁场强度为 6T, 得到孔隙率为 60%, 锂离子电导率为 $6.61\times 10^{-3}\text{S}/\text{cm}$ 的磁性富锂态电极, 其他条件与参数与实施例 1 完全相同。

实施例 6

本实施例与实施例 1 区别仅在于, 步骤 (3) 所述磁场强度为 0.05T, 其他

条件与参数与实施例 1 完全相同。

实施例 7

本实施例与实施例 1 区别仅在于，步骤（3）所述磁场强度为 1.2T，其他条件与参数与实施例 1 完全相同。

对比例 1

本对比例与实施例 1 区别仅在于，步骤（1）在涂覆过程中不对集流体施加磁场，其他条件与参数与实施例 1 完全相同。

对比例 2

本对比例与实施例 1 区别仅在于，步骤（3）在提锂过程中不对电极施加磁场，其他条件与参数与实施例 1 完全相同。

对比例 3

提供了一种磁场辅助电化学脱嵌盐湖提锂的方法，所述方法包括以下步骤：

（1）将 100g 磷酸铁锂与 10g 碳酸氢钠、20g 乙炔黑和 15gPVDF 混合，加入到 NMP 中，混合均匀得到电极浆料，按 $150\text{mg}/\text{cm}^2$ 的密度涂覆在钛网集流体上，然后在 80°C 下干燥 4h 得到富锂态电极；

（2）以富锂态电极为正极，AgCl 电极为负极， $0.05\text{mol}/\text{L}$ KCl 溶液为电解液，在 1.0 V 的恒定电压下对富锂态电极进行脱锂得到贫锂态电极；

（3）用阴离子交换膜将电解装置分隔成阳极室和阴极室，将富锂态电极和贫锂态电极分别置于阳极室和阴极室，往阴极室注入卤水，阳极室注入 0.05KCl 溶液，在 0.3V 的恒压电压下进行提锂，当电流低至 150mA 时，结束反应。

性能测试：

对实施例和对比例得到富锂溶液进行锂浓度测试，测试结果如表 1 所示：

表 1

	锂浓度 g/L
实施例 1	3.12
实施例 2	3.04
实施例 3	3.10
实施例 4	3.03
实施例 5	2.98
实施例 6	3.05
实施例 7	3.00
对比例 1	2.83
对比例 2	2.76
对比例 3	2.91

由表 1 可以看出，由实施例 1-3 可得，本公开所述磁场辅助电化学脱嵌盐湖提锂的方法制得富锂溶液的锂浓度可达 3.04g/L 以上。

由实施例 1 和实施例 4-5 对比可得，本公开所述提锂的过程中，制备富锂态电极时对集流体施加的磁场强度会影响后续的提锂效果，将第一磁场强度控制在 0.5~5T，提锂效果较好，若强度过大，磁性颗粒运动范围太大、运动速度太快，造成孔隙过大，电极机械强度差，降低循环性能，若强度过小，则无法使磁性颗粒转动，导致孔隙率小，卤水溶液的传质作用差。

由实施例 1 和实施例 6-7 对比可得，本公开所述提锂的过程中，对电极施加

的磁场强度会影响后续的提锂效果，将第二磁场强度控制在 0.1~1T，提锂效果较好，若强度过大，磁性颗粒运动脱离一定范围，造成分布不均匀，从而导致对卤水的扰动不均匀，溶液传质不均匀，若强度过小，则磁性颗粒运动幅度小，对卤水的扰动作用小。

由实施例 1 和对比例 1 对比可得，本公开在制备电极浆料时，加入少量的磁性物质，并在涂布过程中施加变向的磁场，使磁性物质在电极内往不同方向运动，运动轨迹可以形成电极内的孔隙结构，即锂离子在活性物质层内移动的路径，提高锂离子传导性。

由实施例 1 和对比例 2 对比可得，本公开在提锂过程中，对电极施加大小、方向可控的磁场，能够调节电极内磁性物质的运动状态。传质通道内磁性物质的运动可以扰动卤水，促进卤水的流动，加快卤水与活性物质的接触，提高提锂效率。

由实施例 1 和对比例 1 对比可得，本公开在电极制备的过程中施加磁场，通过改变磁场方向来控制磁性颗粒的运动方向，使磁性颗粒在变向磁场的作用下反复转动，提升电极孔隙率的同时提高锂离子传导性，在提锂过程中加入磁场可以促进卤水流动，提高卤水和活性物质的接触率，提高提锂效率。

权 利 要 求 书

1、一种磁性富锂态电极，所述磁性富锂态电极包括集流体和设置于所述集流体表面的活性物质层，所述活性物质层包括电极活性材料、磁性物质、导电剂和粘结剂，所述磁性富锂态电极的孔隙率为 10~60%。

2、如权利要求 1 所述的磁性富锂态电极，其中，所述集流体包括碳纤维或钛网。

3、如权利要求 1 所述的磁性富锂态电极，其中，所述电极活性材料包括锰酸锂、磷酸铁锂或磷酸锰铁锂中的任意一种或至少两种的组合。

4、如权利要求 1 所述的磁性富锂态电极，其中，所述磁性物质包括四氧化三铁；

可选地，所述磁性物质的粒径为 10~200nm。

5、如权利要求 1 所述的磁性富锂态电极，其中，所述导电剂包括乙炔黑和/或导电炭黑。

6、如权利要求 1 所述的磁性富锂态电极，其中，所述粘结剂包括聚偏氟乙烯。

7、如权利要求 1-6 任一项所述的磁性富锂态电极，其中，所述电极活性材料、磁性物质、导电剂和粘结剂的质量比为 1:(0.01~0.2):(0.1~0.2):(0.1~0.15)。

8、如权利要求 1-7 任一项所述的磁性富锂态电极，其中，所述磁性富锂态电极的锂离子电导率为 10^{-5} ~ 10^{-2} S/cm；

可选地，所述磁性富锂态电极的孔隙率为 20~50%。

9、一种如权利要求 1-8 任一项所述磁性富锂态电极的制备方法，所述制备方法包括以下步骤：

将电极活性材料、磁性物质、导电剂、粘结剂和溶剂混合得到浆料，对集流体施加变向磁场，将所述浆料涂覆在集流体表面，得到富锂态电极。

10、如权利要求 9 所述的制备方法，其中，所述溶剂包括 N-甲基吡咯烷酮；

可选地，所述浆料的粘度为 1~10 Pa·s；

可选地，所述变向磁场的强度为 0.5~5T；

可选地，所述涂覆的密度为 150~200 mg/cm²；

可选地，所述涂覆后进行烘干；

可选地，所述烘干的温度为 50~80°C；

可选地，所述烘干的时间为 4~8h。

11、一种磁场辅助电化学脱嵌盐湖提锂的方法，所述方法包括以下步骤：

(1) 以如权利要求 1-8 任一项所述的磁性富锂态电极为正极，AgCl 电极为负极，注入电解液恒压反应得到磁性贫锂态电极；

(3) 用阴离子交换膜将电解装置分隔成阳极室和阴极室，将磁性富锂态电极置于阳极室，磁性贫锂态电极置于阴极室，阴极室注入盐湖卤水，阳极室注入盐溶液，恒压通电的同时对电极施加磁场，电流低至 150mA，结束反应。

12、如权利要求 11 所述的方法，其中，步骤 (1) 所述电解液包括氯化钠溶液和/或氯化钾溶液；

可选地，所述电解液的浓度为 0.05~0.1mol/L；

可选地，所述恒压反应的电压为 0.8~1.2V。

13、如权利要求 11 或 12 所述的方法，其中，步骤 (2) 所述盐溶液包括氯化钠溶液和/或氯化钾溶液；

可选地，所述盐溶液的浓度为 0.05~0.1mol/L。

14、如权利要求 11-13 任一项所述的方法，其中，步骤 (2) 所述恒压通电的电压为 0.3~1.2V；

可选地，所述磁场的强度为 0.1~1T。

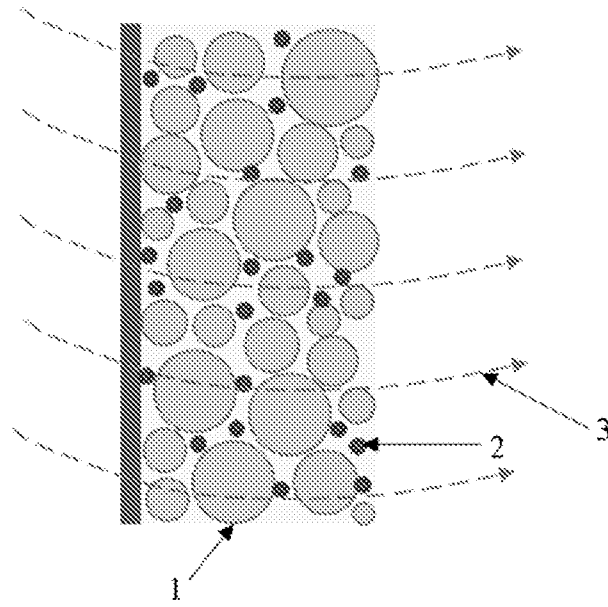


图 1

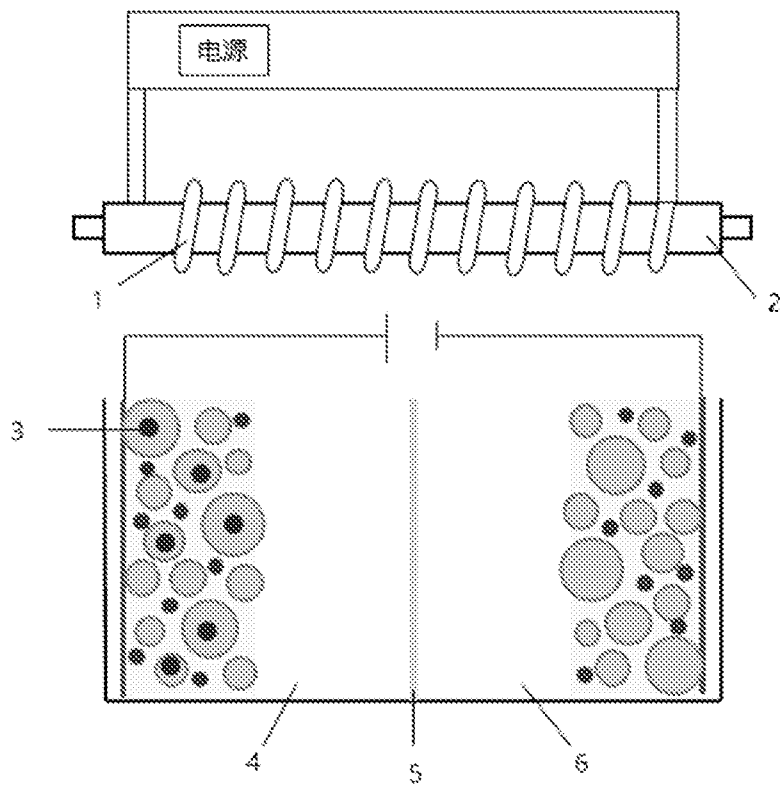


图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/101678

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01M 4/04(2006.01)i; H01M 4/36(2006.01)i; H01M 4/139(2010.01)i; H01M 4/1393(2010.01)i; H01M 4/66(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:H01M

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: 磁性, 锂, 电极, 孔隙率, 导电, magnet+, lithium, electrode, porosity, electric conduct+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 114041220 A (NINGDE AMPEREX TECHNOLOGY LTD.) 11 February 2022 (2022-02-11) description, paragraphs 4-32	1-14
Y	CN 112151743 A (SVOLT ENERGY TECHNOLOGY CO., LTD.) 29 December 2020 (2020-12-29) description, paragraph 4	1-14
Y	CN 115881883 A (SK ENERGY CO., LTD.) 31 March 2023 (2023-03-31) claims 1-17	1-14
A	CN 107201452 A (HEBEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 26 September 2017 (2017-09-26) entire document	1-14
A	CN 115663113 A (CHUNENG NEW ENERGY CO., LTD.) 31 January 2023 (2023-01-31) entire document	1-14
A	US 2014295265 A1 (DONGGUAN AMPEREX TECHNOLOGY LTD.) 02 October 2014 (2014-10-02) entire document	1-14

 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

04 January 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/CN2023/101678

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2015357628 A1 (NINGDE AMPEREX TECHNOLOGY LTD.) 10 December 2015 (2015-12-10) entire document	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/101678

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	114041220	A	11 February 2022	US	2022302461	A1	22 September 2022
				WO	2022193168	A1	22 September 2022
				EP	4086985	A4	09 November 2022
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
CN	112151743	A	29 December 2020	CN	112151743	B	28 June 2022
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
CN	115881883	A	31 March 2023	EP	4156328	A1	29 March 2023
				KR	20230045527	A	04 April 2023
				KR	20230045245	A	04 April 2023
				US	2023097017	A1	30 March 2023
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
CN	107201452	A	26 September 2017	CN	107201452	B	14 May 2019
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
CN	115663113	A	31 January 2023	CN	115663113	B	03 October 2023
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
US	2014295265	A1	02 October 2014	US	9728816	B2	08 August 2017
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
US	2015357628	A1	10 December 2015	US	9806330	B2	31 October 2017
				CN	105449165	A	30 March 2016
				CN	105449165	B	02 January 2018
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2023/101678

A. 主题的分类 H01M 4/04(2006.01)i; H01M 4/36(2006.01)i; H01M 4/139(2010.01)i; H01M 4/1393(2010.01)i; H01M 4/66(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:H01M 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: 磁性, 锂, 电极, 孔隙率, 导电, magnet+, lithium, electrode, porosity, electric conduct+		
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
Y	CN 114041220 A (宁德新能源科技有限公司) 2022年2月11日 (2022 - 02 - 11) 说明书第4-32段	1-14
Y	CN 112151743 A (蜂巢能源科技有限公司) 2020年12月29日 (2020 - 12 - 29) 说明书第4段	1-14
Y	CN 115881883 A (SK新能源株式会社) 2023年3月31日 (2023 - 03 - 31) 权利要求1-17	1-14
A	CN 107201452 A (河北工业大学) 2017年9月26日 (2017 - 09 - 26) 全文	1-14
A	CN 115663113 A (楚能新能源股份有限公司) 2023年1月31日 (2023 - 01 - 31) 全文	1-14
A	US 2014295265 A1 (DONGGUAN AMPEREX TECH LTD) 2014年10月2日 (2014 - 10 - 02) 全文	1-14
<input checked="" type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 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1月4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	授权官员 扈智静 电话号码 (+86) 010-62084762	

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	US 2015357628 A1 (NINGDE AMPEREX TECHNOLOGY LTD) 2015年12月10日 (2015 - 12 - 10) 全文	1-14
<hr/>		

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/101678

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	114041220	A	2022年2月11日	US	2022302461	A1	2022年9月22日
				WO	2022193168	A1	2022年9月22日
				EP	4086985	A4	2022年11月9日
CN	112151743	A	2020年12月29日	CN	112151743	B	2022年6月28日
CN	115881883	A	2023年3月31日	EP	4156328	A1	2023年3月29日
				KR	20230045527	A	2023年4月4日
				KR	20230045245	A	2023年4月4日
				US	2023097017	A1	2023年3月30日
CN	107201452	A	2017年9月26日	CN	107201452	B	2019年5月14日
CN	115663113	A	2023年1月31日	CN	115663113	B	2023年10月3日
US	2014295265	A1	2014年10月2日	US	9728816	B2	2017年8月8日
US	2015357628	A1	2015年12月10日	US	9806330	B2	2017年10月31日
				CN	105449165	A	2016年3月30日
				CN	105449165	B	2018年1月2日