

(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  
2025 年 6 月 26 日 (26.06.2025)



(10) 国际公布号  
**WO 2025/129405 A1**

(51) 国际专利分类号:  
**H01M 10/0567** (2010.01) **H01M 10/54** (2006.01)  
**H01M 10/0566** (2010.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2023/139596

(22) 国际申请日: 2023 年 12 月 18 日 (18.12.2023)

(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 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 410600 (CN)。

(72) 发明人: 杨文进 (**YANG, Wenjin**); 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 528137 (CN)。阮丁山 (**RUAN, Dingshan**); 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 528137 (CN)。杜锐 (**DU, Rui**); 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 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 528137 (CN)。

(74) 代理人: 北京超凡宏宇知识产权代理有限公司 (**CHOFN INTELLECTUAL PROPERTY**); 中国北京市海淀区北四环西路68号左岸工社1215-1218室 100080 (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)。

本国际公布:  
— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(54) **Title:** ELECTROLYTE FOR ELECTROCHEMICAL REPAIR OF LITHIUM BATTERY AND PREPARATION METHOD THEREFOR, ELECTROCHEMICAL REPAIR AND REGENERATION METHOD, AND RECYCLING METHOD

(54) 发明名称: 一种锂电池的电化学修复用电解液、其制备方法、电化学修复再生方法和再利用方法

(57) **Abstract:** An electrolyte for electrochemical repair of a lithium battery and a preparation method therefor, an electrochemical repair and regeneration method, and a recycling method, relating to the technical field of resource recycling and regeneration. Raw materials of the electrolyte for electrochemical repair of the lithium battery comprise: a lithium salt, an aromatic agent, a stabilizing additive and a solvent, the final concentration of the lithium salt in the electrolyte is 0.1-15 g/L, the final concentration of the stabilizing additive is 0.1-5 g/L, and a mass ratio of the lithium salt to the aromatic agent is (1-5):(1-5). The electrolyte can improve the effect of repair and regeneration. When the electrolyte is used for electrochemical repair, a decommissioned battery does not need to be destroyed, no additional impurities are introduced, and indexes of an electrode sheet, such as the powder resistance and compaction density would not deteriorate. An electrochemical reaction has high current efficiency.

(57) 摘要: 一种锂电池的电化学修复用电解液、其制备方法、电化学修复再生方法和再利用方法, 涉及资源回收再生技术领域, 该锂电池的电化学修复用电解液的原料包括: 锂盐、芳香剂、稳定添加剂和溶剂, 电解液中所述锂盐终浓度为0.1~15g/L, 稳定添加剂的终浓度为0.1~5g/L, 锂盐和芳香剂的质量比为(1-5):(1-5)。该电解液可以提高修复再生的效果。在应用于电化学修复时退役电池无需破坏, 无额外杂质引入, 极片的粉末电阻、压实密度等指标不会发生劣化。电化学反应的电流效率高。

WO 2025/129405 A1

## 一种锂电池的电化学修复用电解液、其制备方法、电化学修复再生方法和再利用方法

### 技术领域

本公开涉及资源回收再生技术领域，具体而言，涉及一种锂电池的电化学修复用电解液、其制备方法、电化学修复再生方法和再利用方法。

### 背景技术

磷酸铁锂（ $\text{LiFePO}_4$ ）是目前市场占比最高的锂离子电池正极材料，由于具有相对低廉的价格、高的能量密度、优异的安全性和循环稳定性，因此磷酸铁锂电池被广泛应用在电动汽车和储能系统中。随着国家“双碳”战略的实施，新能源汽车以及储能市场将会急剧增长。然而，锂离子电池的寿命预计为 15~20 年，其中新能源汽车的动力电池寿命通常仅为 3~5 年，TrendForce 集邦咨询预测至 2030 年全球动力及储能电池回收规模将超过 1TWh，其中磷酸铁锂电池回收规模占比将超过 58%（约 580GWh）。数量庞大的退役电池不仅会造成环保压力，同时也是资源的巨大浪费。因此做好磷酸铁锂电池的回收再利用既是绿色环保的需要，也是实现资源循环利用的重要途径。

目前磷酸铁锂电池的回收再利用主要包括两方面，一是资源回收，将磷酸铁锂中价值较高的锂和磷、铁等通过湿法的溶解、沉淀后进行分类回收，或者火法烧结后将不同元素组元分开再回收；二是磷酸铁锂的修复再生，即直接将退役的磷酸铁锂极片通过化学反应实现再度循环使用。其中，磷酸铁锂的直接修复流程更短，具有更高的经济价值，是磷酸铁锂回收利用的重要方案。由于磷酸铁锂失效或者性能下降的主要原因是极片中锂的损失和锂空位被铁占用，因此其修复的关键是补锂和缺陷修复。昆明理工大学通过预氧化-补锂以及  $\text{V}^{5+}$  掺杂，采用固相烧结的方法实现了对磷酸铁锂的修复。然而，固相烧结法需要精确计算补锂含量，同时高温烧结能耗也高，因此寻找更加简单、高效和经济的修复方法很有必要。

为了解决精确补锂和能耗高等问题，目前采用的解决方法有水热法和三电极电化学法，两种方法均无需要精确计算退役失效磷酸铁锂的锂损失量，同时反应条件也相对温和，无需长时间高温热处理。但是水热法需要特定的反应釜和高压环境，而三电极电化学法需要特定的三电极装置，其实用化和产业化均存在阻碍。此外，不管是固相烧结还是水热法、三电极电化学法均需要先将极片剥离集流体、预处理去除粘结剂，使得得到的粉末会引入新的金属杂质（集流体）、造成粘结剂等浪费。此外，上述方法修复的磷酸铁锂还会改变其理化指标，如压实密度、电阻率和比表面积等，修复后未必达到客户使用要

求。

鉴于此，特提出本公开。

## 发明内容

本公开的目的在于提供一种锂电池的电化学修复用电解液、其制备方法、电化学修复再生方法和再利用方法。

本公开是这样实现的：

第一方面，本公开提供一种锂电池的电化学修复用电解液，其原料包括：锂盐、芳香剂、稳定添加剂和溶剂，所述电解液中所述锂盐终浓度为 0.1~15g/L，所述稳定添加剂的终浓度为 0.1~5g/L，所述锂盐和所述芳香剂的质量比为 (1-5)：(1-5)。

在可选的实施方式中，所述锂盐包括氯化锂、硫酸锂、溴化锂、碘化锂和硝酸锂中的至少一种。

在可选的实施方式中，所述芳香剂包括苯甲醛、苯酚、吡咯、吡啶、1,3-间二苯酚、二苯甲胺、二甲基苯酰胺和 2-磺基苯甲酸中的至少一种。

在可选的实施方式中，所述稳定添加剂包括苯甲酸、山梨酸、尼泊尔金乙酯、尼泊尔金丙酯和对羟基苯中的至少一种。

在可选的实施方式中，所述溶剂为水、乙二醇、丙三醇和异丙醇中的至少一种。

第二方面，本公开提供一种锂电池的电化学修复用电解液的制备方法，其包括将如前述实施方式任一项所述的锂电池的电化学修复用电解液的原料混合均匀。

在可选的实施方式中，所述原料混合后还包括于 60-150℃ 反应 2-8h。

第三方面，本公开提供一种锂电池的电化学修复再生方法，其包括：

将退役锂电池经放电后拆解，取出正极极片和石墨极片；

将所述正极极片和所述石墨极片进行清洗、干燥和对辊压处理；

将处理后的所述正极极片和所述石墨极片置于电解槽中，并连接电源，所述电解槽内容纳有如前述实施方式任一项所述的电化学修复用电解液，待充电结束后取出；

将充电后的所述正极极片和所述石墨极片进行清洗、干燥和对辊压处理。

在可选的实施方式中，所述充电的过程中，先进行恒电流模式充电，再进行恒电压模式充电。

在可选的实施方式中，所述恒电流模式充电时的电流密度为 0.1-2C，电压区间为 0~0.5V。

在可选的实施方式中，当电压达到 0.1-4V 后，采用所述恒电压模式充电，继续充电直至电流密度为 0.004-0.006C 截止。

在可选的实施方式中，所述正极极片连接所述电解槽的阴极，所述石墨极片连接所述电解槽的阳极。

在可选的实施方式中，充电前和充电后对清洗后的所述正极极片和所述石墨极片进行干燥的干燥温度均为 60-150℃，干燥时间均为 1-24h。

在可选的实施方式中，充电前和充电后对清洗后的所述正极极片和所述石墨极片进行对辊压的压力均为 4-6T。

在可选的实施方式中，充电前清洗所述正极极片和所述石墨极片包括先采用 AB 液进行清洗，接着再采用去离子水清洗，其中，A 液为 EC、DEC 和 DMC 中的至少一种，B 液为无水乙醇、丙酮、甲醇、乙酸中的至少一种。

在可选的实施方式中，所述 AB 液中所述 A 液和所述 B 液的体积比为 (1-5): (1-5)。

在可选的实施方式中，充电前清洗所述正极极片和所述石墨极片的清洗次数为 1-3 次。

在可选的实施方式中，所述放电包括将所述退役锂电池浸泡于盐溶液中进行，所述盐溶液的电解质包括无机电解质和有机电解质。

在可选的实施方式中，所述无机电解质的终浓度为 0.1~100g/L，所述有机电解质的终浓度为 0.1~100g/L。

在可选的实施方式中，所述无机电解质为氯化钠、氯化钾、硫酸钠、硫酸钾、碳酸钠、碳酸氢钠、碳酸钾、碳酸氢钾、硝酸钠和硝酸钾中的至少一种。

在可选的实施方式中，所述有机电解质包括乙胺、二甲胺、三甲胺、乙酸、丙酸、苯甲酸、丙酮、乙醛、乙酸乙酯、甲酸甲酯、乙醚、丙醚、甲酚和苯酚中的至少一种。

在可选的实施方式中，所述退役锂电池包括磷酸铁锂、磷酸锰铁锂和镍钴锰铁锂中的至少一种。

第二方面，本公开提供一种锂电池的再利用方法，其包括如前述实施方式任一项所述的锂电池的电化学修复再生方法，还包括将修复得到的正极极片和石墨极片重新组装电池。

本公开具有以下有益效果：

本公开提供的锂电池的电化学修复用电解液通过将锂盐、芳香剂和稳定添加剂进行复配，其中，锂盐提供磷酸铁锂中缺失的锂；芳香剂含有不饱和键，在修复过程中充当还原剂；稳定添加剂可以起到保护修复过程中的三价铁不会再次出现氧化，同时稳定电解液的作用。锂盐和芳香剂可以反应形成复合物，该复合物有利于后续电化学修复时吸附于正极极片上，从而提高修复再生的效果。电解液可以循环使用，当电解液中锂的浓度降低后

只需补充相应的锂盐和芳香剂恢复初始浓度就可以，电解液无需更换造成浪费。进一步需要说明的是，本公开提供的锂电池的电化学修复再生方法，其退役电池无需暴力破坏，只需将外壳拆解，完整拿出电池的正极和负极即可，甚至隔膜在未破坏的情况下也可回收再利用，后续也无需分拣集流体，即集流体、极片黑粉同步回收再利用。装置简单易扩大，装置为普通的电解槽就可以实现，对于卷绕电池只需加长电解槽的长度即可。无额外杂质引入，由于不需要将磷酸铁锂黑粉从集流体表面剥离，不存在机械刮擦引入铝的风险。极片的粉末电阻、压实密度等指标不会发生劣化。此外，本公开提供的锂电池的电化学修复再生方法无需进行高温热处理，也无需水热反应需要耐高压，同时电化学反应的电流效率高。

### 具体实施方式

为使本公开实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将对本公开实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述。实施例中未注明具体条件者，按照常规条件或制造商建议的条件进行。所用试剂或仪器未注明生产厂商者，均为可以通过市售购买获得的常规产品。

本公开提供一种锂电池的电化学修复用电解液，其原料包括锂盐、芳香剂、稳定添加剂和溶剂。

其中，溶剂用于溶解锂盐、芳香剂和稳定添加剂，电解液中锂盐终浓度为0.1~15g/L，稳定添加剂的终浓度为0.1~5g/L，锂盐和芳香剂的质量比为(1-5):(1-5)。

本公开中的锂盐包括但不限于硫酸锂、溴化锂、碘化锂和硝酸锂中的至少一种。芳香剂包括但不限于苯甲醛、苯酚、吡咯、吡啶、1,3-间二苯酚、二苯甲胺、二甲基苯酰胺和2-磺基苯甲酸中的至少一种。稳定添加剂包括但不限于苯甲酸、山梨酸、尼泊尔金乙酯、尼泊尔金丙酯和对羟基苯中的至少一种。溶剂但不限于水、乙二醇、丙三醇和异丙醇中的至少一种。

其制备方法简单，只需要将锂盐、芳香剂、稳定添加剂和溶剂混合后在60-150℃下反应2-8h，即获得电解液。

本公开中的电解液通过将锂盐、芳香剂和稳定添加剂进行复配，其中，锂盐提供修磷酸铁锂中缺失的锂；芳香剂含有不饱和键，在修复过程中充当还原剂；稳定添加剂可以起到保护修复过程中的三价铁不会再次出现氧化，同时稳定电解液的作用。锂盐和芳香剂可以反应形成复合物，该复合物有利于后续电化学修复时吸附于正极极片上，从而提高修复再生的效果。电解液可以循环使用，当电解液中锂的浓度降低后只需补充相应的锂盐和芳香剂恢复初始浓度就可以，电解液无需更换造成浪费。

进一步地，本公开提供一种锂电池的电化学修复再生方法，其包括如下步骤：

将退役锂电池经放电后拆解，取出正极极片和石墨极片；将正极极片和石墨极片清洗多次，干燥并进行对辊压处理；将清洗后的正极极片和石墨极片连接到电解槽的电源，电解槽内容纳有电解液，待充电结束后取出；将充电后的正极极片和石墨极片清洗多次，干燥并进行对辊压处理。

接下来，本公开针对每个步骤逐一进行说明：

S1、将退役锂电池经放电后拆解，取出正极极片和石墨极片。

具体地，先配制盐溶液，将退役电池的排气孔打开，同时将退役锂电池浸泡于盐溶液，中完全浸没，3 天后待完全放电，取出退役电池并用去离子水冲洗 3 遍。将退役电池的外壳、铝塑膜等拆除，取出里面的正极极片、石墨极片和隔膜，将石墨电极、磷酸铁锂电极、隔膜分离。

其中，盐溶液的电解质包括无机电解质和有机电解质。无机电解质的终浓度为 0.1~100g/L，有机电解质的终浓度为 0.1~100g/L。无机电解质为氯化钠、氯化钾、硫酸钠、硫酸钾、碳酸钠、碳酸氢钠、碳酸钾、碳酸氢钾、硝酸钠和硝酸钾中的至少一种。有机电解质包括乙胺、二甲胺、三甲胺、乙酸、丙酸、苯甲酸、丙酮、乙醛、乙酸乙酯、甲酸甲酯、乙醚、丙醚、甲酚和苯酚中的至少一种。

本公开中通过添加有机电解质，可以保证退役电池平稳放电，降低内部短路烧毁破坏。

S2、将正极极片和石墨极片清洗多次，干燥并进行对辊压处理。

先采用 AB 液进行清洗，接着再采用去离子水清洗，其中，A 液为 EC、DEC 和 DMC 中的至少一种，B 液为无水乙醇、丙酮、甲醇、乙酸中的至少一种。AB 液中 A 液和 B 液的体积比为 (1-5)：(1-5)。本公开中先采用 AB 液进行清洗，可以达到更好的清洗效果。清洗次数为 1-3 次。

清洗后进行干燥，干燥温度为 60-150℃，干燥时间均为 1-24h。

干燥后对干燥的正极极片和石墨极片进行对辊压处理，对辊压的压力为 4-6T，通过对辊压处理可以加强正极极片的结合力。

S3、将电解液倒入电解槽，将清洗后的正极极片和石墨极片连接到电解槽的电源，待充电结束后取出。

磷酸铁锂连接电解槽的阴极，石墨极片连接电解槽的阳极。充电的过程中，先进行恒电流模式充电，再进行恒电压模式充电。

恒电流模式充电时的电流密度为 0.1-2C，电压区间为 0~0.5V。当电压达到 0.1-4V 后，采用恒电压模式充电，继续充电直至电流密度为 0.004-0.006C 截止。

S4、将充电后的正极极片和石墨极片清洗多次，干燥并进行对辊压处理。

充电后直接用去离子水对正极极片和石墨极片进行清洗即可，随后于 60-150℃下进行干燥 1-24h。干燥后对干燥的正极极片和石墨极片进行对辊压处理，对辊压的压力为 4-6T，通过对辊压处理可以加强正极极片的结合力。

本公开还提供一种锂电池的再利用方法，其包括上述锂电池的电化学修复再生方法，还包括将修复得到的正极极片和石墨极片重新组装电池。

以下结合实施例对本公开的特征和性能作进一步的详细描述。

#### 实施例 1

本实施例提供了一种锂电池（磷酸铁锂）的电化学修复再生方法，其包括如下步骤：

S1、调配 5g/L 的氯化钠和 5g/L 的乙胺的混合溶液，将退役电池的排气孔打开，并将退役磷酸铁锂电池浸泡在溶液中完全浸没，3 天后待完全放电，取出退役电池并用去离子水冲洗 3 遍；将退役电池的外壳、铝塑膜等拆除，取出里面的磷酸铁锂极片、石墨极片和隔膜，将石墨电极、磷酸铁锂电极、隔膜分离；

S2、将拆解得到的磷酸铁锂极片和石墨极片用体积比为 1: 1: 1 的 EC、DEC 和无水乙醇溶液清洗 3 次，清洗液回收以备再用。将 AB 液清洗后的极片再用去离子水清洗 3 遍并将清洗后的水回收。将清洗后的磷酸铁锂极片和石墨极片放在真空烘箱 80℃干燥 2h，取出平铺在 5T 压力下辊压处理；

S3、配制电解液：按氯化锂（1.0g/L）和苯酚质量比为 1: 1，山梨酸浓度 0.2g/L，水为溶剂，配制电解液，80℃混合搅拌反应 2h。

S4、将辊压后的磷酸铁锂极片和石墨极片的极耳分别连接到电解槽电源的负极和正极，同时极片浸没在电解液中。充电时，先进行恒电流模式充电，电流密度为 0.1C，电压区间为 0~0.3V；当电压达到 0.3V 后，改为恒电压模式充电，继续充电直至电流密度为 0.005C 截止；

S5、将充电后的磷酸铁锂极片和石墨极片在去离子水中清洗 3 次，清洗液和电解槽液均回收循环使用。清洗后的极片在真空干燥箱中 80℃干燥 2h，取出平铺在 5T 压力下辊压处理；

S6、将 S5 修复后得到的磷酸铁锂极片和石墨极片重新组装电池，测试其充放电容量、首次库仑效率和倍率性能；

#### 实施例 2

本实施例提供了一种锂电池（磷酸铁锂）的电化学修复再生方法，其包括如下步骤：

S1、调配 10g/L 的碳酸钠和 1g/L 的乙胺混合溶液，将退役电池的排气孔打开，并将退

役磷酸铁锂电池浸泡在溶液中完全浸没，3 天后待完全放电，取出退役电池并用去离子水冲洗 3 遍；将退役电池的外壳、铝塑膜等拆除，取出里面的磷酸铁锂极片、石墨极片和隔膜，将石墨电极、磷酸铁锂电极、隔膜分离；

S2、将拆解得到的磷酸铁锂极片和石墨极片用体积比为 1: 1: 1 的 EC、DMC 和无水乙醇溶液清洗 3 次，清洗液回收以备再用。将 AB 液清洗后的极片再用去离子水清洗 3 遍并将清洗后的水回收。将清洗后的磷酸铁锂极片和石墨极片放在真空烘箱 80℃干燥 2h，取出平铺在 5T 压力下辊压处理；

S3、配制电解液：按氯化锂（1.0g/L）和苯酚质量比为 1: 2，山梨酸浓度 0.2g/L，水为溶剂，配制电解液，80℃混合搅拌反应 2h。

S4、将辊压后的磷酸铁锂极片和石墨极片的极耳分别连接到电解槽电源的负极和正极，同时极片浸没在 2g/L 的氯化锂溶液中。充电时，先进行恒电流模式充电，电流密度为 0.1C，电压区间为 0~0.5V；当电压达到 0.5V 后，改为恒电压模式充电，继续充电直至电流密度为 0.005C 截止；

S5、将充电后的磷酸铁锂极片和石墨极片在去离子水中清洗 3 次，清洗液和电解槽槽液均回收循环使用。清洗后的极片在真空干燥箱中 80℃干燥 2h，取出平铺在 5T 压力下辊压处理；

S6、将 S5 修复后得到的磷酸铁锂极片和石墨极片重新组装电池，测试其充放电容量、首次库仑效率和倍率性能；

### 实施例 3

本实施例提供了一种锂电池（磷酸铁锂）的电化学修复再生方法，其包括如下步骤：

S1、调配 10g/L 的质量比为 1: 1: 1 的碳酸钠、氯化钠和 2g/L 的乙胺混合溶液，将退役电池的排气孔打开，并将退役磷酸铁锂电池浸泡在溶液中完全浸没，3 天后待完全放电，取出退役电池并用去离子水冲洗 3 遍；将退役电池的外壳、铝塑膜等拆除，取出里面的磷酸铁锂极片、石墨极片和隔膜，将石墨电极、磷酸铁锂电极、隔膜分离；

S2、将拆解得到的磷酸铁锂极片和石墨极片用体积比为 1: 1: 1 的 EC、DEC 和丙酮溶液清洗 2 次，清洗液回收以备再用。将 AB 液清洗后的极片再用去离子水清洗 2 遍并将清洗后的水回收。将清洗后的磷酸铁锂极片和石墨极片放在真空烘箱 100℃干燥 2h，取出平铺在 5T 压力下辊压处理；

S3、配制电解液：按溴化锂（2.0g/L）和苯酚质量比为 1: 1，山梨酸浓度 0.2g/L，水为溶剂，配制电解液，80℃混合搅拌反应 2h。

S4、将辊压后的磷酸铁锂极片和石墨极片的极耳分别连接到电解槽电源的负极和正极，同时极片浸没在 2g/L 的质量为 1: 1 的步骤 S3 的电解液中。充电时，先进行恒电流

模式充电，电流密度为 0.1C，电压区间为 0~0.5V；当电压达到 0.5V 后，改为恒电压模式充电，继续充电直至电流密度为 0.005C 截止；

S5、将充电后的磷酸铁锂极片和石墨极片在去离子水中清洗 3 次，清洗液和电解槽液均回收循环使用。清洗后的极片在真空干燥箱中 100℃干燥 2h，取出平铺在 5T 压力下辊压处理；

S6、将 S5 修复后得到的磷酸铁锂极片和石墨极片重新组装电池，测试其充放电容量、首次库仑效率和倍率性能；

#### 实施例 4

本实施例提供了一种锂电池（磷酸铁锂）的电化学修复再生方法，其包括如下步骤：

S1、调配 5g/L 的氯化钾和 1g/L 的乙酸溶液，将退役电池的排气孔打开，并将退役磷酸铁锂电池浸泡在溶液中完全浸没，3 天后待完全放电，取出退役电池并用去离子水冲洗 3 遍；将退役电池的外壳、铝塑膜等拆除，取出里面的磷酸铁锂极片、石墨极片和隔膜，将石墨电极、磷酸铁锂电极、隔膜分离；

S2、将拆解得到的磷酸铁锂极片和石墨极片用体积比为 1:1 的 EC 溶液和丙酮清洗 3 次，清洗液回收以备再用。将 AB 液清洗后的极片再用去离子水清洗 3 遍并将清洗后的水回收。将清洗后的磷酸铁锂极片和石墨极片放在真空烘箱 80℃干燥 2h，取出平铺在 5T 压力下辊压处理；

S3、配制电解液：按溴化锂（2.0g/L）和二甲基苯酰胺质量比为 1：2，苯甲酸浓度 0.5g/L，水为溶剂，配制电解液，100℃混合搅拌反应 2h。

S4、将辊压后的磷酸铁锂极片和石墨极片的极耳分别连接到电解槽电源的负极和正极，同时极片浸没在步骤 S3 的电解液中。充电时，先进行恒电流模式充电，电流密度为 0.5C，电压区间为 0~0.3V；当电压达到 0.3V 后，改为恒电压模式充电，继续充电直至电流密度为 0.005C 截止；

S5、将充电后的磷酸铁锂极片和石墨极片在去离子水中清洗 3 次，清洗液和电解槽液均回收循环使用。清洗后的极片在真空干燥箱中 80℃干燥 2h，取出平铺在 5T 压力下辊压处理；

S6、将 S5 修复后得到的磷酸铁锂极片和石墨极片重新组装电池，测试其充放电容量、首次库仑效率和倍率性能；

#### 实施例 5

本实施例提供了一种锂电池（磷酸铁锂）的电化学修复再生方法，其包括如下步骤：

S1、调配 10g/L 的氯化钠和 2g/L 的乙酸溶液，将退役电池的排气孔打开，并将退役磷酸铁锂电池浸泡在溶液中完全浸没，3 天后待完全放电，取出退役电池并用去离子水冲洗

3 遍；将退役电池的外壳、铝塑膜等拆除，取出里面的磷酸铁锂极片、石墨极片和隔膜，将石墨电极、磷酸铁锂电极、隔膜分离；

S2、将拆解得到的磷酸铁锂极片和石墨极片用体积比为 1: 1: 2 的 EC、DEC 和丙酮溶液清洗 3 次，清洗液回收以备再用。将 AB 液清洗后的极片再用去离子水清洗 3 遍并将清洗后的水回收。将清洗后的磷酸铁锂极片和石墨极片放在真空烘箱 100℃干燥 4h，取出平铺在 5T 压力下辊压处理；

S3、配制电解液：按硝酸锂（2.0g/L）和二甲基苯酰胺质量比为 1: 1，苯甲酸浓度 0.5g/L，乙二醇为溶剂，配制电解液，100℃混合搅拌反应 2h。

S4、将辊压后的磷酸铁锂极片和石墨极片的极耳分别连接到电解槽电源的负极和正极，同时极片浸没在 2g/L 的硝酸锂溶液中。充电时，先进行恒电流模式充电，电流密度为 0.2C，电压区间为 0~0.8V；当电压达到 0.8V 后，改为恒电压模式充电，继续充电直至电流密度为 0.005C 截止；

S5、将充电后的磷酸铁锂极片和石墨极片在去离子水中清洗 3 次，清洗液和电解槽槽液均回收循环使用。清洗后的极片在真空干燥箱中 100℃干燥 4h，取出平铺在 5T 压力下辊压处理；

S6、将 S5 修复后得到的磷酸铁锂极片和石墨极片重新组装电池，测试其充放电容量、首次库仑效率和倍率性能；

#### 实施例 6

本实施例提供了一种锂电池（磷酸铁锂）的电化学修复再生方法，其包括如下步骤：

S1、调配 10g/L 的碳酸钠和 0.5g/L 的甲酸甲酯溶液，将退役电池的排气孔打开，并将退役磷酸铁锂电池浸泡在溶液中完全浸没，3 天后待完全放电，取出退役电池并用去离子水冲洗 3 遍；将退役电池的外壳、铝塑膜等拆除，取出里面的磷酸铁锂极片、石墨极片和隔膜，将石墨电极、磷酸铁锂电极、隔膜分离；

S2、将拆解得到的磷酸铁锂极片和石墨极片用体积比为 1: 1: 3 的 EC、DMC 和无水乙醇溶液清洗 3 次，清洗液回收以备再用。将 AB 液清洗后的极片再用去离子水清洗 3 遍并将清洗后的水回收。将清洗后的磷酸铁锂极片和石墨极片放在真空烘箱 80℃干燥 8h，取出平铺在 5T 压力下辊压处理；

S3、配制电解液：按溴化锂（2.0g/L）和二甲基苯酰胺质量比为 2: 1，苯甲酸浓度 1.0g/L，乙二醇为溶剂，配制电解液，100℃混合搅拌反应 2h。

S4、将辊压后的磷酸铁锂极片和石墨极片的极耳分别连接到电解槽电源的负极和正极，同时极片浸没在步骤 S3 的电解液中。充电时，先进行恒电流模式充电，电流密度为 0.1C，电压区间为 0~1.2V；当电压达到 1.2V 后，改为恒电压模式充电，继续充电直至电

流密度为 0.005C 截止；

S5、将充电后的磷酸铁锂极片和石墨极片在去离子水中清洗 3 次，清洗液和电解槽液均回收循环使用。清洗后的极片在真空干燥箱中 80℃干燥 8h，取出平铺在 5T 压力下辊压处理；

S6、将 S5 修复后得到的磷酸铁锂极片和石墨极片重新组装电池，测试其充放电容量、首次库仑效率和倍率性能；

#### 实施例 7

本实施例提供了一种锂电池（磷酸锰铁锂）的电化学修复再生方法，其包括如下步骤：

S1、调配 15g/L 的质量比为 1: 1: 1: 1 的氯化钠、碳酸钠、硫酸钠和 2g/L 的丙酮混合溶液，将退役电池的排气孔打开，并将退役磷酸锰铁锂浸泡在溶液中完全浸没，3 天后待完全放电，取出退役电池并用去离子水冲洗 3 遍；将退役电池的外壳、铝塑膜等拆除，取出里面的磷酸锰铁锂极片、石墨极片和隔膜，将石墨电极、磷酸铁锂电极、隔膜分离；

S2、将拆解得到的磷酸锰铁锂极片和石墨极片用体积比为 1: 1: 1: 3 的 EC、DEC、DMC 和无水乙醇溶液清洗 3 次，清洗液回收以备再用。将 AB 液清洗后的极片再用去离子水清洗 3 遍并将清洗后的水回收。将清洗后的磷酸锰铁锂极片和石墨极片放在真空烘箱 120℃干燥 2h，取出平铺在 5T 压力下辊压处理；

S3、配制电解液：按溴化锂（2.0g/L）和二甲基苯酰胺质量比为 2: 1，苯甲酸浓度 1.0g/L，乙二醇为溶剂，配制电解液，100℃混合搅拌反应 2h。

S4、将辊压后的磷酸锰铁锂极片和石墨极片的极耳分别连接到电解槽电源的负极和正极，同时极片浸没在 3g/L 的六氟磷酸锂溶液中（溶剂为体积比为 1: 1 的 EC/DEC 溶液）。充电时，先进行恒电流模式充电，电流密度为 0.1C，电压区间为 0~3.6V；当电压达到 3.6V 后，改为恒电压模式充电，继续充电直至电流密度为 0.005C 截止；

S5、将充电后的磷酸锰铁锂极片和石墨极片在去离子水中清洗 3 次，清洗液和电解槽液均回收循环使用。清洗后的极片在真空干燥箱中 120℃干燥 2h，取出平铺在 5T 压力下辊压处理；

S6、将 S5 修复后得到的磷酸锰铁锂极片和石墨极片重新组装电池，测试其充放电容量、首次库仑效率和倍率性能；

#### 实施例 8

本实施例提供了一种锂电池（磷酸铁锂）的电化学修复再生方法，其包括如下步骤：

S1、调配 10g/L 的质量比为 1: 1 的碳酸钠、碳酸钾和 5g/L 的苯酚混合溶液，将退役电池的排气孔打开，并将退役磷酸铁锂电池浸泡在溶液中完全浸没，3 天后待完全放电，

取出退役电池并用去离子水冲洗 3 遍；将退役电池的外壳、铝塑膜等拆除，取出里面的磷酸铁锂极片、石墨极片和隔膜，将石墨电极、磷酸铁锂电极、隔膜分离；

S2、将拆解得到的磷酸铁锂极片和石墨极片用体积比为 2: 2: 1 的 EC、DMC 和丙酮溶液清洗 3 次，清洗液回收以备再用。将 AB 液清洗后的极片再用去离子水清洗 3 遍并将清洗后的水回收。将清洗后的磷酸铁锂极片和石墨极片放在真空烘箱 100℃干燥 4h，取出平铺在 5T 压力下辊压处理；

S3、配制电解液：按溴化锂（2.0g/L）和吡咯质量比为 2: 3，山梨酸浓度 1.0g/L，乙二醇为溶剂，配制电解液，100℃混合搅拌反应 4h。

S4、将辊压后的磷酸铁锂极片和石墨极片的极耳分别连接到电解槽电源的负极和正极，同时极片浸没在步骤 S3 的电解液中。充电时，先进行恒电流模式充电，电流密度为 0.2C，电压区间为 0~0.3.6V；当电压达到 3.6V 后，改为恒电压模式充电，继续充电直至电流密度为 0.005C 截止；

S5、将充电后的磷酸铁锂极片和石墨极片在去离子水中清洗 3 次，清洗液和电解槽槽液均回收循环使用。清洗后的极片在真空干燥箱中 100℃干燥 4h，取出平铺在 5T 压力下辊压处理；

S6、将 S5 修复后得到的磷酸铁锂极片和石墨极片重新组装电池，测试其充放电容量、首次库仑效率和倍率性能；

#### 对比例 1

本对比例与实施例 1 基本相同，区别仅在于，本对比例中，仅采用 1g/L 的硫酸锂溶液作为电解液。

#### 对比例 2

本对比例与实施例 1 基本相同，区别仅在于，本对比例中，省略了实施例 1 中的芳香剂。

#### 对比例 3

本对比例与实施例 1 基本相同，区别仅在于，本对比例中，省略了实施例 1 中的稳定添加剂。

#### 对比例 4

本对比例与实施例 1 基本相同，区别仅在于，本对比例中，步骤 S1 所用的放电溶液为 5g/L 的氯化钠。

#### 对比例 5

本对比例与实施例 1 基本相同，区别仅在于，本对比例中，步骤 S2 所用的清洗溶液

为 1：1 的 EC 和 DEC。

性能检测

将上述实施例 1-8 以及对比例 1-5 得到的正极极片和石墨极片重新组装电池，测试其充放电容量、首次库仑效率和倍率性能。

测试结果请参阅下表：

|       | 0.1C 放电容量<br>/mAh/g | 1C 放电容量/mAh/g | 首次库伦<br>效率 | 倍率性能<br>5C 放电容量<br>/mAh/g |
|-------|---------------------|---------------|------------|---------------------------|
| 实施例 1 | 158.3               | 144.0         | 98.3%      | 130.4                     |
| 实施例 2 | 156.0               | 143.2         | 95.9%      | 130.1                     |
| 实施例 3 | 155.8               | 141.3         | 96.3%      | 130.1                     |
| 实施例 4 | 157.2               | 143.8         | 98.0%      | 131.0                     |
| 实施例 5 | 156.5               | 142.1         | 96.4%      | 130.5                     |
| 实施例 6 | 158.9               | 145.1         | 96.6%      | 131.1                     |
| 实施例 7 | 162.5               | 145.8         | 97.5%      | 133.3                     |
| 实施例 8 | 161.7               | 145.3         | 97.2%      | 133.0                     |
| 对比例 1 | 145.8               | 128.3         | 90.1       | 100.8                     |
| 对比例 2 | 147.3               | 127.5         | 89.8       | 101.2                     |
| 对比例 3 | 146.0               | 128.2         | 91.0       | 101.3                     |
| 对比例 4 | 145.3               | 127.6         | 90.2       | 100.5                     |
| 对比例 5 | 150.1               | 130.3         | 96.8       | 118.6                     |

从上表可以看出，本公开实施例 1-8 提供的电池的测试性能显著优于对比例 1-5，其中，对比例 1 只采用锂盐作为电解液，其放电容量、首次库仑效率和倍率性能均显著低于实施例 1，这可能是由于仅采用利用作为电解液，其稳定性欠佳，导致最终修复效果欠佳。而对比例 2 中省略了芳香剂，导致在修复过程中磷酸铁锂极片容易被氧化，进而修复效果欠佳。而对比例 3 中省略了稳定添加剂，导致修复过程中的三价铁容易出现氧化，且电解液的稳定性欠佳，进而修复效果欠佳。从对比例 1-3 的数据可以看出，本公开中电解液的选择具有协同增效的技术效果。而对比例 4 中，仅采用无机电解质氯化钠进行放电，此时放电过程中可能存在平稳性欠佳，内部容易短路烧毁的情况，而本公开的实施例 1 中添加了有机电解质，其可以实现废旧电池的平稳放电，内部短路烧毁破坏的情况显著降低，因此有利于提升最终产品的性能。而对比例 5 中，清洗液仅包括 A 液，其清洗效果欠佳，而本公开的实施例 1 中添加了无水乙醇，可以实现更好的清洁效果。

综上所述，本公开提供的锂电池的电化学修复用电解液通过将锂盐、芳香剂和稳定添加剂进行复配，其中，锂盐提供磷酸铁锂中缺失的锂；芳香剂含有不饱和键，在修复过程中充当还原剂；稳定添加剂可以起到保护修复过程中的三价铁不会再次出现氧化，同时稳定电解液的作用。锂盐和芳香剂可以反应形成复合物，该复合物有利于后续电化学修复时吸附于正极极片上，从而提高修复再生的效果。电解液可以循环使用，当电解液中锂的浓度降低后只需补充相应的锂盐和芳香剂恢复初始浓度就可以，电解液无需更换造成浪费。进一步需要说明的是，本公开提供的锂电池的电化学修复再生方法，其退役电池无需暴力破坏，只需将外壳拆解，完整拿出电池的正极和负极即可，甚至隔膜在未破坏的情况下也可回收再利用，后续也无需分拣集流体，即集流体、极片黑粉同步回收再利用。装置简单易扩大，装置为普通的电解槽就可以实现，对于卷绕电池只需加长电解槽的长度即可。无额外杂质引入，由于不需要将磷酸铁锂黑粉从集流体表面剥离，不存在机械刮擦引入铝的风险。极片的粉末电阻、压实密度等指标不会发生劣化。此外，本公开提供的锂电池的电化学修复再生方法无需进行高温热处理，也无需水热反应需要耐高压，同时电化学反应的电流效率高。

以上详细描述了本公开的可选实施方式，但是，本公开并不限于此。在本公开的技术构思范围内，可以对本公开的技术方案进行多种简单变型，包括各个技术特征以任何其它的合适方式进行组合，这些简单变型和组合同样应当视为本公开所公开的内容，均属于本公开的保护范围。

### 工业实用性

本公开提供的锂电池的电化学修复用电解液通过将锂盐、芳香剂和稳定添加剂进行复配，其中，锂盐提供磷酸铁锂中缺失的锂；芳香剂含有不饱和键，在修复过程中充当还原剂；稳定添加剂可以起到保护修复过程中的三价铁不会再次出现氧化，同时稳定电解液的作用。锂盐和芳香剂可以反应形成复合物，该复合物有利于后续电化学修复时吸附于正极极片上，从而提高修复再生的效果。电解液可以循环使用，当电解液中锂的浓度降低后只需补充相应的锂盐和芳香剂恢复初始浓度就可以，电解液无需更换造成浪费。进一步需要说明的是，本公开提供的锂电池的电化学修复再生方法，其退役电池无需暴力破坏，只需将外壳拆解，完整拿出电池的正极和负极即可，甚至隔膜在未破坏的情况下也可回收再利用，后续也无需分拣集流体，即集流体、极片黑粉同步回收再利用。装置简单易扩大，装置为普通的电解槽就可以实现，对于卷绕电池只需加长电解槽的长度即可。无额外杂质引入，由于不需要将磷酸铁锂黑粉从集流体表面剥离，不存在机械刮擦引入铝的风险。极片的粉末电阻、压实密度等指标不会发生劣化。此外，本公开提供的锂电池的电化学修复

再生方法无需进行高温热处理，也无需水热反应需要耐高压，同时电化学反应的电流效率高。

### 权利要求书

1.一种锂电池的电化学修复用电解液，其特征在于，其原料包括：锂盐、芳香剂、稳定添加剂和溶剂，所述电解液中所述锂盐终浓度为 0.1~15g/L，所述稳定添加剂的终浓度为 0.1~5g/L，所述锂盐和所述芳香剂的质量比为 (1-5): (1-5)。

2.根据权利要求 1 所述的锂电池的电化学修复用电解液，其特征在于，所述锂盐包括氯化锂、硫酸锂、溴化锂、碘化锂和硝酸锂中的至少一种。

3.根据权利要求 1-2 任一项所述的锂电池的电化学修复用电解液，其特征在于，所述芳香剂包括苯甲醛、苯酚、吡咯、吡啶、1,3-间二苯酚、二苯甲胺、二甲基苯酰胺和 2-磺基苯甲酸中的至少一种。

4.根据权利要求 1-3 任一项所述的锂电池的电化学修复用电解液，其特征在于，所述稳定添加剂包括苯甲酸、山梨酸、尼泊尔金乙酯、尼泊尔金丙酯和对羟基苯中的至少一种。

5.根据权利要求 1-4 任一项所述的锂电池的电化学修复用电解液，其特征在于，所述溶剂为水、乙二醇、丙三醇和异丙醇中的至少一种。

6.一种锂电池的电化学修复用电解液的制备方法，其特征在于，其包括将如权利要求 1-5 任一项所述的锂电池的电化学修复用电解液的原料混合均匀。

7.根据权利要求 6 所述的锂电池的电化学修复用电解液的制备方法，其特征在于，所述原料混合后还包括于 60-150℃反应 2-8h。

8.一种锂电池的电化学修复再生方法，其特征在于，其包括：

将退役锂电池经放电后拆解，取出正极极片和石墨极片；

将所述正极极片和所述石墨极片进行清洗、干燥和对辊压处理；

将处理后的所述正极极片和所述石墨极片置于电解槽中，并连接电源，所述电解槽内容纳有如权利要求 1-5 任一项所述的电化学修复用电解液，待充电结束后取出；

将充电后的所述正极极片和所述石墨极片进行清洗、干燥和对辊压处理。

9.根据权利要求 8 所述的锂电池的电化学修复再生方法，其特征在于，所述充电的过程中，先进行恒电流模式充电，再进行恒电压模式充电。

10.根据权利要求 9 所述的锂电池的电化学修复再生方法，其特征在于，所述恒电流模式充电时的电流密度为 0.1-2C，电压区间为 0~0.5V。

11.根据权利要求 9-10 任一项所述的锂电池的电化学修复再生方法，其特征在于，当电压达到 0.1-4V 后，采用所述恒电压模式充电，继续充电直至电流密度为 0.004-0.006C 截止。

12.根据权利要求 8-11 任一项所述的锂电池的电化学修复再生方法，其特征在于，所

述正极极片连接所述电解槽的阴极，所述石墨极片连接所述电解槽的阳极。

13.根据权利要求 8-12 任一项所述的锂电池的电化学修复再生方法，其特征在于，充电前和充电后对清洗后的所述正极极片和所述石墨极片进行干燥的干燥温度均为 60-150℃，干燥时间均为 1-24h。

14.根据权利要求 8-13 任一项所述的锂电池的电化学修复再生方法，其特征在于，充电前和充电后对清洗后的所述正极极片和所述石墨极片进行对辊压的压力均为 4-6T。

15.根据权利要求 8-14 任一项所述的锂电池的电化学修复再生方法，其特征在于，充电前清洗所述正极极片和所述石墨极片包括先采用 AB 液进行清洗，接着再采用去离子水清洗，其中，A 液为 EC、DEC 和 DMC 中的至少一种，B 液为无水乙醇、丙酮、甲醇、乙酸中的至少一种。

16.根据权利要求 15 所述的锂电池的电化学修复再生方法，其特征在于，所述 AB 液中所述 A 液和所述 B 液的体积比为 (1-5): (1-5)。

17.根据权利要求 15-16 任一项所述的锂电池的电化学修复再生方法，其特征在于，充电前清洗所述正极极片和所述石墨极片的清洗次数为 1-3 次。

18.根据权利要求 8-17 任一项所述的锂电池的电化学修复再生方法，其特征在于，所述放电包括将所述退役锂电池浸泡于盐溶液中进行，所述盐溶液的电解质包括无机电解质和有机电解质。

19.根据权利要求 18 所述的锂电池的电化学修复再生方法，其特征在于，所述无机电解质的终浓度为 0.1~100g/L，所述有机电解质的终浓度为 0.1~100g/L。

20.根据权利要求 18-19 任一项所述的锂电池的电化学修复再生方法，其特征在于，所述无机电解质为氯化钠、氯化钾、硫酸钠、硫酸钾、碳酸钠、碳酸氢钠、碳酸钾、碳酸氢钾、硝酸钠和硝酸钾中的至少一种。

21.根据权利要求 18-19 任一项所述的锂电池的电化学修复再生方法，其特征在于，所述有机电解质包括乙胺、二甲胺、三甲胺、乙酸、丙酸、苯甲酸、丙酮、乙醛、乙酸乙酯、甲酸甲酯、乙醚、丙醚、甲酚和苯酚中的至少一种。

22.根据权利要求 8-21 任一项所述的锂电池的电化学修复再生方法，其特征在于，所述退役锂电池包括磷酸铁锂、磷酸锰铁锂和镍钴锰铁锂中的至少一种。

23.一种锂电池的再利用方法，其特征在于，其包括如权利要求 1-22 任一项所述的锂电池的电化学修复再生方法，还包括将修复得到的正极极片和石墨极片重新组装电池。

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/139596

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

H01M10/0567(2010.01)i; H01M10/0566(2010.01)i; H01M10/54(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: H01M10/-

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, ENTXTC, WPABSC, CJFD, CNKI: 锂电池, 锂盐, 退役, 修复, 再生, 苯酚, 山梨酸, 苯甲酸, 丙酮, 充电, 电化学, 电解液, 二甲基苯酰胺, 放电, 邦普循环科技, 浸, 氯化钾, 清洗, 溶液, 稳定, 乙醇, Li, lithium iron phosphate, electrochem, regenerate, electrolyte, repair, recycling, EC, DEC, DMC

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                            | Relevant to claim No. |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | CN 117012953 A (NINGBO RONBAY NEW ENERGY TECHNOLOGY CO., LTD.) 07 November 2023 (2023-11-07)<br>description, embodiment 11                                    | 1-7                   |
| Y         | CN 117012953 A (NINGBO RONBAY NEW ENERGY TECHNOLOGY CO., LTD.) 07 November 2023 (2023-11-07)<br>description, embodiment 11                                    | 8-14, 22-23           |
| Y         | CN 116266647 A (NINGBO INSTITUTE OF MATERIALS TECHNOLOGY AND ENGINEERING, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 20 June 2023 (2023-06-20)<br>description, embodiment 2 | 8-14, 22-23           |
| A         | CN 112103591 A (GUANGZHOU HAOYUE NEW ENERGY EQUIPMENT CO., LTD.) 18 December 2020 (2020-12-18)<br>description, embodiment 1                                   | 1-23                  |
| A         | KR 102201699 B1 (KOREA INSTITUTE OF ENERGY RESEARCH) 13 January 2021 (2021-01-13)<br>description, paragraphs [0032]-[0052]                                    | 1-23                  |



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

“&amp;” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 July 2024

Date of mailing of the international search report

26 July 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/CN2023/139596****C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                            | Relevant to claim No. |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | WO 2023116018 A1 (GUANGDONG BRUNP RECYCLING TECHNOLOGY CO., LTD. et al.) 29 June 2023 (2023-06-29)<br>description, embodiment 1                               | 1-23                  |
| A         | CN 117012953 A (NINGBO RONBAY NEW ENERGY TECHNOLOGY CO., LTD.) 07 November 2023 (2023-11-07)<br>description, embodiment 11                                    | 15-21                 |
| A         | CN 116266647 A (NINGBO INSTITUTE OF MATERIALS TECHNOLOGY AND ENGINEERING, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 20 June 2023 (2023-06-20)<br>description, embodiment 2 | 15-21                 |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/CN2023/139596**

| Patent document<br>cited in search report |            |    | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s) |           |   | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|------------|----|--------------------------------------|-------------------------|-----------|---|--------------------------------------|
| CN                                        | 117012953  | A  | 07 November 2023                     | None                    |           |   |                                      |
| CN                                        | 116266647  | A  | 20 June 2023                         | None                    |           |   |                                      |
| CN                                        | 112103591  | A  | 18 December 2020                     | None                    |           |   |                                      |
| KR                                        | 102201699  | B1 | 13 January 2021                      | None                    |           |   |                                      |
| WO                                        | 2023116018 | A1 | 29 June 2023                         | CN                      | 114388922 | A | 22 April 2022                        |
|                                           |            |    |                                      | CN                      | 114388922 | B | 31 May 2024                          |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                               |                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 国际检索报告                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                               | 国际申请号<br>PCT/CN2023/139596            |
| A. 主题的分类<br>H01M10/0567(2010.01)i; H01M10/0566(2010.01)i; H01M10/54(2006.01)i<br>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<br>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)<br>IPC: H01M10/-<br>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献<br>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))<br>CNTXT, ENTXT, WPABSC, CJFD, CNKI: 锂电池, 锂盐, 退役, 修复, 再生, 苯酚, 山梨酸, 苯甲酸, 丙酮, 充电, 电化学, 电解液, 二甲基苯酰胺, 放电, 邦普循环科技, 浸, 氯化钾, 清洗, 溶液, 稳定, 乙醇, Li, lithium iron phosphate, electrochem, regenerate, electrolyte, repair, recycling, EC, DEC, DMC                                                                                                              |                                                                                                               |                                       |
| 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                               |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | CN 117012953 A (宁波容百新能源科技股份有限公司) 2023年11月7日 (2023 - 11 - 07)<br>说明书实施例11                                      | 1-7                                   |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | CN 117012953 A (宁波容百新能源科技股份有限公司) 2023年11月7日 (2023 - 11 - 07)<br>说明书实施例11                                      | 8-14、22-23                            |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | CN 116266647 A (中国科学院宁波材料技术与工程研究所) 2023年6月20日 (2023 - 06 - 20)<br>说明书实施例2                                     | 8-14、22-23                            |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | CN 112103591 A (广州市豪越新能源设备有限公司) 2020年12月18日 (2020 - 12 - 18)<br>说明书实施例1                                       | 1-23                                  |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | KR 102201699 B1 (KOREA INST. ENERGY RES.) 2021年1月13日 (2021 - 01 - 13)<br>说明书第[0032]-[0052]段                   | 1-23                                  |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | WO 2023116018 A1 (GUANGDONG BRUNP RECYCLING TECHNOLOGY CO. LTD.et al.) 2023年6月29日 (2023 - 06 - 29)<br>说明书实施例1 | 1-23                                  |
| <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。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                               |                                       |
| <p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“D” 申请人在国际申请中引证的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“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)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&amp;” 同族专利的文件</p> |                                                                                                               |                                       |
| 国际检索实际完成的日期<br>2024年7月11日                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                               | 国际检索报告邮寄日期<br>2024年7月26日              |
| ISA/CN的名称和邮寄地址<br>中国国家知识产权局<br>中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                               | 授权官员<br>杨森<br>电话号码 (+86) 010-53962347 |

PCT/ISA/210 表(第2页) (2022年7月)

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号  
PCT/CN2023/139596

| 检索报告引用的专利文件 |            |    | 公布日<br>(年/月/日) | 同族专利 |           |   | 公布日<br>(年/月/日) |
|-------------|------------|----|----------------|------|-----------|---|----------------|
| CN          | 117012953  | A  | 2023年11月7日     | 无    |           |   |                |
| CN          | 116266647  | A  | 2023年6月20日     | 无    |           |   |                |
| CN          | 112103591  | A  | 2020年12月18日    | 无    |           |   |                |
| KR          | 102201699  | B1 | 2021年1月13日     | 无    |           |   |                |
| WO          | 2023116018 | A1 | 2023年6月29日     | CN   | 114388922 | A | 2022年4月22日     |
|             |            |    |                | CN   | 114388922 | B | 2024年5月31日     |