

(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4月4日 (04.04.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/066086 A1

(51) 国际专利分类号:

H01M 4/587 (2010.01)

(21) 国际申请号:

PCT/CN2022/141180

(22) 国际申请日:

2022年12月22日 (22.12.2022)

(25) 申请语言:

中文

(26) 公布语言:

中文

(30) 优先权:

202211179117.1 2022年9月26日 (26.09.2022) CN

(71) 申请人: 欣旺达动力科技股份有限公司 (SUNWODA MOBILITY ENERGY TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市光明新区公明街道塘家南十八号路欣旺达工业园A栋1-2楼, Guangdong 518107 (CN)。

(72) 发明人: 陈云 (CHEN, Yun); 中国广东省深圳市光明新区公明街道塘家南十八号路欣旺达工业园A栋1-2楼, Guangdong 518107 (CN)。 李嫚 (LI, Man); 中国广东省深圳市光明新区公明街道塘家南十八号路欣旺达工业园A栋1-2楼, Guangdong 518107 (CN)。 刘鹏 (LIU, Peng); 中国广东省深圳市光明新区公明街道塘家南十八号路欣旺达工业园A栋1-2楼, Guangdong 518107 (CN)。 褚春波 (CHU, Chunbo); 中国广东省深圳市光明新区公明街道塘家南十八号路欣旺达工业园A栋1-2楼, Guangdong 518107 (CN)。

(74) 代理人: 深圳紫藤知识产权代理有限公司 (PURPLEVINE INTELLECTUAL PROPERTY (SHENZHEN) CO., LTD.); 中国广东省深圳市南

山区粤海街道大冲社区华润置地大厦C座2901, Guangdong 518052 (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, 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:

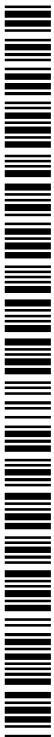
— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(54) Title: SECONDARY BATTERY AND BATTERY PACK

(54) 发明名称: 二次电池及电池包

(57) Abstract: Disclosed are a secondary battery and a battery pack. In the secondary battery, a negative active material layer is disposed on a current collector of a negative electrode sheet, the negative active material layer comprises a negative active material, and the negative electrode sheet has a non-faradaic specific capacitance value of 50-250 nF/g, thereby ensuring the quantity of electrochemical active sites on the surface of the negative electrode sheet, facilitating the contact between the negative electrode sheet and an electrolyte, accelerating the ion-electron conduction rate, reducing the charge transfer resistance, effectively improving the charging rate capability of the secondary battery, improving the current density of the negative electrode sheet, improving the energy density of the secondary battery, and realizing excellent dynamic performance and cycle performance of the secondary battery.

(57) 摘要: 公开一种二次电池及电池包, 所述二次电池通过在负极极片的集流体上设置负极活性物质层, 负极活性物质层包括负极活性物质, 且负极极片的非法拉第比电容值为50nF/g~250nF/g, 保证负极极片表面的电活性位点数量, 有利于负极极片与电解液的接触, 加快离子-电子传导速率, 降低电荷传输阻力, 能够有效的提升二次电池的充电倍率性能, 同时又能提升负极极片的电流密度, 提高二次电池的能量密度, 使得二次电池具有优异的动力学性能和循环性能。



WO 2024/066086 A1

二次电池及电池包

[0001] 本申请要求于2022年09月26日提交中国专利局、申请号为202211179117.1、发明名称为“二次电池及电池包”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

[0002] 本申请涉及电池技术领域，具体涉及一种二次电池及电池包。

背景技术

[0003] 随着电动汽车以及数码电子的迅猛发展，需要更高的功率密度、能量密度，且适合于快速充放电的二次电池应用于电动汽车及其电子产品领域。对电动汽车来说，二次电池，例如，锂离子电池的能量密度与充电时间是两个重要的技术指标，采用高容量电池可以达到最大的行驶里程，但是对快速充电性能存在着较大的影响。

[0004] 因此，有必要提供一种二次电池，可以使二次电池的能量密度和快充性能得到兼顾。

发明概述

技术问题

[0005] 本申请提供一种二次电池及电池包，通过设置负极极片的非法拉第比电容为50 nF/g~250nF/g，保证负极极片表面的电化学活性点位数量，有利于负极极片与电解液的接触，加快离子-电子传导速率，降低电荷传输阻力，能够有效的提升二次电池的充电倍率性能，同时又能提升负极极片的电流密度，提高二次电池的能量密度，使得二次电池具有优异的动力学性能和循环性能，具有良好的应用前景。

问题的解决方案

技术解决方案

[0006] 本申请的第一方面提供一种二次电池，包括正极极片、电解液和隔离膜，还包括：负极极片，所述负极极片包括负极集流体和设置于所述负极集流体的至少

一个表面的负极活性物质层，所述负极活性物质层包含负极活性物质，所述负极活性物质包含石墨；其中，所述负极极片的非法拉第比电容为 C_{dl} nF/g， $50 \leq C_{dl} \leq 250$ 。

[0007] 在一些实施例中，所述负极活性物质层的电阻为 R m Ω ， $4 \leq 0.1 \times C_{dl} - R \leq 24$ 。

[0008] 在一些实施例中， R 的取值范围为 $1 \leq R \leq 15$ 。

[0009] 在一些实施例中，所述负极极片的孔隙率 P 为20%~40%。

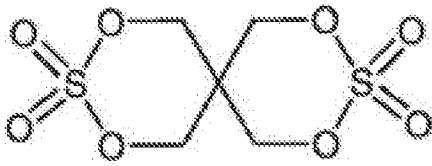
[0010] 在一些实施例中，所述负极活性物质层在所述负极集流体的一个表面上的涂布重量为 CW mg/cm²， $7 \leq CW \leq 12$ 。

[0011] 在一些实施例中，所述负极活性物质的松密度为1g/cm³~2.5g/cm³。

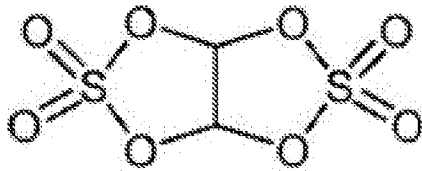
[0012] 在一些实施例中，所述负极活性物质的颗粒分散度为1.5~5。

[0013] 在一些实施例中，所述电解液包括含硫添加剂，所述含硫添加剂包括式（1）至式（5）中的至少一者：

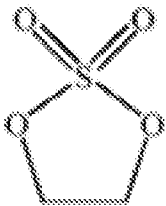
[0014]



式（1）；

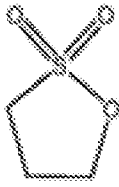


式（2）；

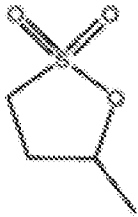


式（3）；

[0015]



式 (4) ;



式 (5) 。

[0016] 在一些实施例中, 基于所述电解液的质量, 所述含硫添加剂的含量为A%, $0.05 \leq Cd1 \times A\% \leq 12.5$ 。

[0017] 在一些实施例中, 基于所述电解液的质量, 所述含硫添加剂的含量为A%, $0.01 \leq A \leq 5$ 。

[0018] 同时, 本申请第二方面还提供一种电池包, 包括如前所述的二次电池。

发明的有益效果

有益效果

[0019] 提供一种二次电池及电池包, 所述二次电池通过在负极极片的集流体上设置负极活性物质层, 负极活性物质层包括负极活性物质, 且负极极片的非法拉第比电容为 $50\text{nF/g} \sim 250\text{nF/g}$, 保证负极极片表面的电化学生活性位点数量, 有利于负极极片与电解液的接触, 加快离子-电子传导速率, 降低电荷传输阻力, 能够有效的提升二次电池的充电倍率性能, 同时又能提升负极极片的电流密度, 提高二次电池的能量密度, 使得二次电池具有优异的动力学性能和循环性能, 具有良好的应用前景。

对附图的简要说明

附图说明

[0020] 图1是本申请实施例一所制备的负极极片在 0.1mv/s 扫描速度下的循环伏安图;

[0021] 图2是本申请实施例一所制备的负极极片在电位区间 $2.6\text{V} \sim 2.7\text{V}$, 0.1mv/s 扫描

速度下的线性扫描伏安图；

[0022] 图3是本申请实施例一所制备的负极极片的扫速-电流密度散点图的拟合曲线。

发明实施例

本发明的实施方式

[0023] 本申请提供一种二次电池及电池包，为使本申请的目的、技术方案及效果更加清楚、明确，以下参照附图并举实施例对本申请进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅用以解释本申请，并不用于限定本申请。

[0024] 本申请一实施例中，提供一种二次电池，所述二次电池包括正极极片、负极极片、隔离膜、电解液、以及外壳。

[0025] I、负极极片

[0026] 负极极片包括负极集流体和设置于负极集流体的至少一个表面的负极活性物质层，负极活性物质层包含负极活性物质，负极活性物质包含石墨。

[0027] 负极极片为单面极片或双面极片，当负极极片为单面极片时，负极活性物质层设置于负极集流体的一个表面，当负极极片为双面极片时，负极活性物质层设置于负极集流体的两个表面。负极极片上也可同时存在单面负极极片区域和双面负极极片区域。

[0028] 负极极片的非法拉第比电容 $Cd1$ ：

[0029] 负极极片的非法拉第比电容为 $Cd1$ nF/g， $Cd1$ 的取值范围为 $50 \leq Cd1 \leq 250$ ，具体地， $Cd1$ 可以为50、70、80、140、160、180、200、205、210、250或其中任意两个数组成的范围。电池中的法拉第反应是指活性物质的氧化态发生变化，电荷穿过双电荷层通过电极界面移到活性物质内部的过程；非法拉第反应是指不发生穿过电极界面的电荷移动，通过离子在电极表面被物理性的吸附脱离，将电荷存储释放的反应。非法拉第比电容值 $Cd1$ nF/g，体现了负极极片中电化学活性位点的数量。在一定范围内， $Cd1$ 增大，电化学活性点数量增多，有利于负极活性材料与电解液的接触，加快离子-电子的传导速率，降低电荷传输阻力，能够有效的提升二次电池的倍率性能。在一些实施例中， $80 \leq Cd1 \leq 250$ ，当负极极片的非法拉第比电容值在上述范围，二次电池的综合性能得到进一步提升。

[0030] 在一些实施例中， $80 \leq Cd1 \leq 200$ ，当负极极片的非法拉第比电容值在上述范围，二次电池的综合性能能够得到更好的平衡，二次电池的整体性能更好。

[0031] 负极活性物质层的电阻R：

[0032] 在一些实施例中，R与Cd1的关系为： $4 \leq 0.1 \times Cd1 - R \leq 24$ 。当负极极片满足上述关系时，负极极片的离子传输路径更短，电化学反应加快，能够实现大倍率放电性能。且负极极片满足上述关系时，负极极片的电解液浸润、表面的阻抗、大倍率充放电性能均在较适合的状态，也可以降低负极极片在循环过程中的膨胀。

[0033] 在一些实施例中，R与Cd1的关系为： $4 \leq 0.1 \times Cd1 - R \leq 14$ 。当负极极片满足上述关系时，能够进一步优化负极极片内部结构，使二次电池的整体性能更优。

[0034] 在一些实施例中，负极活性物质层的电阻为 $R \text{ m}\Omega$ ，R的取值范围为 $1 \leq R \leq 15$ ，具体地，R可以为1、3、4、6、8、10、12、15或其中任意两个数组成的范围。电子的传导特性主要影响二次电池的倍率性能，二次电池的负极极片中影响电导率的重要因素包括负极集流体与负极活性物质层的界面情况，导电剂分布状态，颗粒间接触状态等，通过控制负极极片的膜片电阻（负极活性物质层的电阻）可使负极极片中材料性能处于较优状态。

[0035] 在一些实施例中，R的取值范围为 $2 \leq R \leq 11$ 。R的取值在此范围内，负极极片内部的导电网络更加完善，二次电池的综合性能更优。而且，若要实现二次电池快充，其中一个关键技术在于二次电池可以接受较大的充电电流，要求电池本身极化电阻足够小，本申请中将负极极片上的负极活性物质层的电阻R限定为 $1 \text{ m}\Omega \leq R \leq 15 \text{ m}\Omega$ ，且 $4 \leq 0.1 \times Cd1 - R \leq 24$ ，即膜片电阻足够小，导致二次电池本身的极化电阻足够小，且电化学反应活性位点数量处于较优范围，使二次电池的综合性能更优。

[0036] 在本申请的实施例中，所述负极活性物质层的电阻R的测试方法为：

[0037] 将负极极片裁剪为面积为 1540.25 mm^2 的圆片，将裁剪后的负极极片放置于膜片电阻测试仪探针中间，然后利用膜片电阻测试仪对负极极片进行测试，得到被测负极极片的负极活性物质层的电阻；选取10个负极极片样品分别利用膜片电阻测试仪进行测试后，将得到10个被测负极极片的负极活性物质层的电阻求

取平均值，即为负极活性物质层的电阻。

[0038] 负极极片的孔隙率P:

[0039] 在一些实施例中，负极极片的孔隙率P为20%~40%，具体地，P可以是20%、25%、28%、30%、35%、40%或其中任意两个数组成的范围。负极极片的孔隙率在上述范围内，孔道结构越丰富，不仅提高了电极与电解液的接触面积，而且能够缩短锂离子的传输路径，实现电解液快速浸润，为固液界面提供通畅的电荷传输通道，降低扩散能垒，使得锂离子能够快速嵌入和脱嵌到负极材料表面，加快反应动力学；减小负极表面极化，使电流分布更均匀，在大倍率快速充电时有更多的负极活性物质同时参与接受Li⁺，有效避免负极表面析锂；同时，在电化学过程中可以提供充足的电化学反应活性位点，加快负极的非法拉第反应过程，有利于电子和离子在固相和液相之间的传递，提升电化学反应动力学，最终提升材料的倍率性能。

[0040] 负极极片的孔隙率 $P = (V_1 - V_2) / V_1 \times 100\%$ ，其中 V_1 是样品的表观体积， V_2 是样品的真实体积。测试方法可参考GB/T 33052-2016 孔隙率测定方法。

[0041] 负极活性物质层的涂布重量CW:

[0042] 在一些实施例中，负极活性物质层在负极集流体的一个表面上的涂布重量为CW mg/cm²， $7 \leq CW \leq 12$ ，具体地，CW可以是7、9、9.5、10、11、12或其中任意两个数组成的范围。当负极极片非法拉第比电容值Cd1为50~250nF/g且负极活性物质层的涂布重量在上述范围内，在保证负极能量密度的同时，保证电解液能够在负极极片中扩散充分，避免消耗过多的电解液用于成膜，减少过度消耗锂离子的情况，同时在负极极片厚度方向上极化减轻，可以避免快速充电时负极表面析锂，保证二次电池的循环寿命和首效。负极活性物质层的涂布重量落入7mg/cm²~12mg/cm²范围内时，锂离子在负极极片内的迁移距离较短，表现出电荷转移阻抗降低，有利于提升电池功率性能，同时又能提升极片电流密度，提高电池能量密度。

[0043] 而且，涂布重量的改变，使负极活性物质层中颗粒与颗粒之间的物理接触发生改变，负极活性物质层中颗粒与颗粒之间的孔隙发生改变；由于非法拉第反应是通过离子在电极表面被物理性的吸附脱离，将电荷存储释放的反应，因此，负

极活性物质层中颗粒与颗粒之间的孔隙发生改变会影响非法拉第比电容值 C_{dl} 的大小。

[0044] 负极活性物质层的涂布重量=(负极极片重量-负极集流体重量)/负极极片面积。当测试的负极极片为双面涂布时, 负极极片面积为2倍的样品面积。

[0045] 负极活性物质的松密度:

[0046] 在一些实施例中, 负极活性物质层中负极活性物质的松密度为 $1\text{g}/\text{cm}^3 \sim 2.5\text{g}/\text{cm}^3$, 具体地, 松密度可以是1、1.5、1.8、2.0、2.2、2.5或其中任意两个数组成的范围。松密度可以体现包括颗粒内外孔及颗粒间空隙的松散颗粒堆积体的平均密度, 指的是粉体质量除以该粉体所占容器的体积所求得的密度。可以根据原材料的粒径、煅烧条件等将松密度控制在所规定范围。松密度值体现了负极活性物质颗粒的均一性。负极活性物质颗粒越均一, 负极极片的孔隙率增大, 能够提高锂离子的液相扩散能力, 有利于电池中非法拉第反应的进行, 导致负极极片的非法拉第比电容 C_{dl} 增加, 电化学活性点数量增多, 有利于材料与电解液的接触, 加快离子-电子的传导速率, 电荷传输阻力低, 能够有效的提升倍率性能。

[0047] 负极活性物质的松密度测试可以参考 GB/T 31057.1-2014 颗粒材料物理性能测试第一部分松装密度测量。

[0048] 负极活性物质的颗粒分散度:

[0049] 在一些实施例中, 负极活性物质的颗粒分散度为 $1.5 \sim 5$, 具体地, 颗粒分散度可以是1.5、1.8、2.0、2.2、2.5、2.7、3.0、3.2、3.5、3.8、4.0、4.2、4.5、4.8、5或其中任意两个数组成的范围。颗粒分散度可以体现各种粒径成分含量的集散程度, 分散度影响搅拌过程中粉料分散效果, 使得到的浆料均匀性和稳定性好, 不易沉降, 能有效调控负极极片涂布重量的均一程度, 增强负极极片稳定性, 进而可以调控非法拉第过程, 提升锂离子在正负极间的传输效率, 使二次电池的倍率性能得到提升。

[0050] 在一些实施例中, 负极活性物质的颗粒分散度为 $1.5 \sim 3.5$ 。当负极活性物质的颗粒分散度在此范围, 负极浆料均匀性更好, 形成的负极极片表观性能更优, 二次电池的综合性能更好。

- [0051] 负极活性物质的颗粒分散度可用激光粒度分析仪进行测试，负极活性物质的颗粒分散度 = $(Dv99 - Dv10) / Dv50$ 。
- [0052] 非法拉第比电容Cd1值的测试方法：
- [0053] 在一些实施例中，参照图1~图3，负极极片的非法拉第比电容Cd1值的测试方法包括如下步骤：
- [0054] S1、非法拉第电位区间确认：将负极极片组装成半电池（简称扣电）进行循环伏安法（CV）测试，其中电压范围为0.005~3.0V，扫速为0.1~1mV/s，图1所示为负极极片在0.1mV/s扫描速度下的循环伏安图，由图1可见，循环伏安图包括两条曲线，两条曲线只是代表在同一扫速下扫了两圈，因为首圈不可逆，所以两圈峰位置会有所差异，而非法拉第电位区间则是曲线的平直段，即1.5V~3V区间；
- [0055] S2、非法拉第区间阴极扫描：从步骤S1所确认的电位区间1.5V~3V中选取一段电位区间进行线性扫描伏安法（LSV）测试，扫描方向从高电位到低电位，采集电压-电流曲线，其中选取的电位区间为2.6~2.7V，扫速为0.05~5mV/s，图2所示为0.1mV/s扫描速度下的线性扫描伏安图；
- [0056] 进一步地，在0.1mV/s的扫速下选取电位区间2.6~2.7V的中值U V，U=2.65，获得对应的电流值，根据对应的活性物质质量计算出电流密度值J1，单位为A/g；在0.05~5mV/s的扫速范围内，分别选取不同扫速下中值U对应的电流值，计算得出不同的电流密度值，得到扫速-电流密度散点图；
- [0057] S3、非法拉第比电容值计算：根据步骤S2采集的扫速-电流密度散点图，拟合得到线性函数，该线性函数的斜率K即为该负极极片阴极扫描方向的非法拉第比电容Cd1值。
- [0058] 扣电的组装方法为：将得到的负极极片烘干裁成小圆片称量后转移至真空烘箱中，在100℃下干燥8h，再转移至充满氩气的手套箱中进行半电池组装。组装方式为本领域常规的组装方式。使用循环伏安法曲线确认非法拉第电位区间，然后在电位区间内，利用线性伏安扫描法曲线测定电流值，计算得出非法拉第比电容Cd1值。
- [0059] 负极集流体：

- [0060] 在一些实施例中，负极集流体包括，但不限于，金属箔、金属圆柱、金属带卷、金属板、金属薄膜、金属板网、冲压金属、发泡金属等。在一些实施例中，负极集流体为金属箔。在一些实施例中，负极集流体为铝箔或铜箔。如本文所使用，术语“铜箔”包含铜合金箔。
- [0061] 在一些实施例中，负极集流体为导电性树脂。在一些实施例中，导电性树脂包括在聚丙烯膜上蒸镀铜而得的膜。
- [0062] 负极活性物质层：
- [0063] 负极活性物质层可以是一层或多层，多层负极活性物质层中的每层可以包含相同或不同的负极活性物质。负极活性物质为任何能够可逆地嵌入和脱嵌锂离子等金属离子的物质。在一些实施例中，负极活性物质的可充电容量大于正极活性物质的放电容量，以防止在充电期间锂金属析出在负极极片上。
- [0064] 在一些实施例中，负极活性材料层的厚度指的是涂布在负极集流体的单独一侧的负极活性材料层的厚度。在一些实施例中，单面负极活性材料层的厚度为15 μm 以上。在一些实施例中，单面负极活性材料层的厚度为20 μm 以上。在一些实施例中，单面负极活性材料层的厚度为30 μm 以上。在一些实施例中，单面负极活性材料层的厚度为150 μm 以下。在一些实施例中，单面负极活性材料层的厚度为120 μm 以下。在一些实施例中，单面负极活性材料层的厚度为100 μm 以下。在一些实施例中，负极活性材料层的厚度在由上述任意两个数值所组成的范围内。当负极活性材料层的厚度在上述范围内时，电解液可浸透到负极集流体界面附近，提高二次电池在高电流密度下的充放电特性；同时负极集流体相对于负极活性物质的体积比在适当范围内，可确保二次电池的容量。
- [0065] 在一些实施例中，负极活性物质层包括负极活性物质、导电剂、粘结剂和分散剂。
- [0066] 负极活性物质：
- [0067] 在一些实施例中，负极活性物质包括人造石墨、天然石墨、软炭、硬炭、无定型碳、碳纳米管、中间相炭微球中的一种或几种。
- [0068] 导电剂：
- [0069] 在一些实施例中，导电剂包括炭黑、石墨、碳纤维、碳纳米管或石墨烯中的一

种或多种，优选为炭黑。

[0070] 粘结剂：

[0071] 粘结剂可提高负极活性物质之间的粘结。粘结剂的种类没有特别限制，只要是对于电解液或电极制造时使用的溶剂稳定的材料即可。在一些实施例中，粘结剂包括羧甲基纤维素钠和丁苯橡胶。

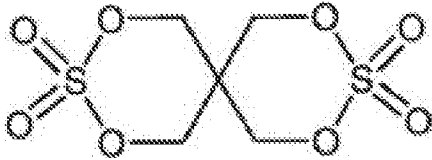
[0072] 分散剂：

[0073] 在一些实施例中，分散剂包含二乙基己醇，二乙基己醇是一种环境友好的有机化合物，价格低廉，来源广泛，其表面张力低，易于吸附和铺展在液体表面，物料受到机械力的剪切和摩擦，同时颗粒之间也会有内摩擦，在各个力的作用下，原料颗粒之间趋于高度分散，使浆料更加均匀，分散效果好，制备出的干极片厚度均一，避免起皱等问题影响电性能发挥，增强极片稳定性，提升锂离子在正负极间的传输效率，降低电化学极化，加快非法拉第反应过程，满足动力电池倍率性能和循环寿命的要求。

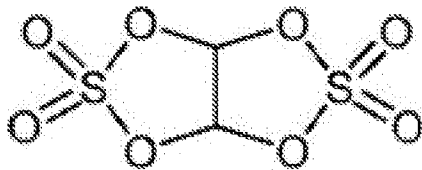
[0074] II、电解液

[0075] 在一些实施例中，电解液包括含硫添加剂，含硫添加剂包括式（1）至式（5）中的至少一者：

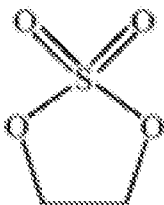
[0076]



式（1）；

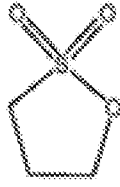


式（2）；

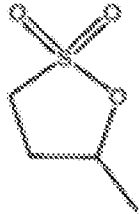


式 (3) ;

[0077]



式 (4) ;



式 (5) 。

[0078] 基于电解液的质量，含硫添加剂的含量为A%， $0.05 \leq \text{Cd}1 \times A\% \leq 12.5$ ，优选 $0.01 \leq A \leq 5$ ，具体地，A可以0.1、0.5、0.7、1、1.5、1.8、2.2、2.7、3、4或其中任意两个数组成的范围。当负极极片的非法拉第比电容为 $50\text{nF/g} \sim 250\text{nF/g}$ 且电解液包含含硫添加剂时，含硫添加剂稳定性高，离子电导率高，其参与形成的界面膜主要是由有机硫化物组成，阻抗较小，提高锂离子传导能力，进而延长二次电池的寿命，减少电解液组分自身的副反应以及其与负极材料之间的反应，提升锂离子的迁移速率，降低SEI膜的阻抗，进而降低二次电池的阻抗，降低极化现象，提升充放电效率，同时避免负极极片出现析锂造成二次电池内部短路，负极极片和电解液的共同作用，有助于改善电池循环性能。适当含量的含硫添加剂能够提高锂离子传导效率，加快非法拉第反应过程，提高大倍率下快速充电的能力。在本申请的一些实施例中， $0.1 \leq A \leq 4$ 。在本申请的一些实施例中， $0.5 \leq A \leq 3$ 。当含硫添加剂的质量百分在上述范围时，且负极极片的非法拉第比电容为 $50\text{nF/g} \sim 250\text{nF/g}$ 时，二者之间进行电化学反应，形成的保护膜较为完整且膜的致密性合适，降低极化现象，使二次电池的循环性能得到改善。

[0079] 锂盐：

[0080] 在一些实施例中，锂盐包括六氟磷酸锂、有机硼酸锂、高氯酸锂、磺酰亚胺类锂盐中的至少一种。锂盐的含量没有特别限制，只要不损害本申请的效果即可

- 。
- [0081] III、正积极片
- [0082] 正积极片包括正极集流体和设置于正极集流体上的正极活性物质层。
- [0083] 正极活性物质层：
- [0084] 正极活性物质层可以是一层或多层。多层正极活性物质中的每层可以包含相同或不同的正极活性物质。正极活性物质为任何能够可逆地嵌入和脱嵌锂离子等金属离子的物质。
- [0085] 在一些实施例中，正极活性物质包含锰酸锂、磷酸铁锂（LFP）以及三元材料中的一种或几种。
- [0086] 在一些实施例中，正极活性物质包含三元材料，三元材料可以包含锂镍钴锰氧化物和/或锂镍钴铝氧化物。
- [0087] 在一些实施例中，正极活性材料包含锂镍钴锰氧化物，以镍元素、钴元素和锰元素的摩尔比为1计，镍元素的含量大于或等于0.5。
- [0088] 在一些实施例中，正极活性材料包含锂镍钴锰氧化物，以镍元素、钴元素和锰元素的摩尔比为1计，镍元素的含量小于或等于0.85。
- [0089] 在一些实施例中，正极活性材料包含掺杂元素和/或包覆元素，掺杂元素和/或包覆元素没有特别要求，只要能使正极活性材料更稳定即可。
- [0090] 另外，正极活性物质还包括正极导电剂、正极粘结剂和溶剂。
- [0091] 正极导电剂：
- [0092] 正极导电剂的种类没有限制，可以使用任何已知的导电剂。正极导电剂的实例可包括，但不限于，天然石墨、人造石墨等石墨；乙炔黑等炭黑；针状焦等无定形碳等碳材料；碳纳米管；石墨烯等。上述正极导电剂可单独使用或任意组合使用。
- [0093] 正极粘结剂：
- [0094] 正极活性材料层的制造中使用的正极粘结剂的种类没有特别限制，在涂布法的情况下，只要是在电极制造时使用的液体介质中可溶解或分散的材料即可。正极粘合剂的实例可包括，但不限于，以下中的一种或多种：聚乙烯、聚丙烯、聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚甲基丙烯酸甲酯、聚酰亚胺、芳香族聚酰胺、纤维

素、硝酸纤维素等树脂系高分子；丁苯橡胶(SBR)、丁腈橡胶(NBR)、氟橡胶、异戊二烯橡胶、乙烯-丙烯橡胶等橡胶状高分子；苯乙烯·丁二烯·苯乙烯嵌段共聚物或其氢化物、乙烯·丙烯·二烯三元共聚物(EPDM)、苯乙烯·乙烯·丁二烯·乙烯共聚物、苯乙烯·异戊二烯·苯乙烯嵌段共聚物或其氢化物等热塑性弹性体状高分子；间规-1,2-聚丁二烯、聚乙酸乙烯酯、乙烯·乙酸乙烯酯共聚物、丙烯· α -烯炔共聚物等软质树脂状高分子；聚偏氟乙烯(PVDF)、聚四氟乙烯、氟化聚偏二氟乙烯、聚四氟乙烯·乙烯共聚物等氟系高分子；具有碱金属离子(特别是锂离子)的离子传导性的高分子组合物等。上述正极粘结剂可单独使用或任意组合使用。

[0095] 溶剂：

[0096] 用于形成正极浆料的溶剂的种类没有限制，只要是能够溶解或分散正极活性物质、正极导电剂、正极粘结剂的溶剂即可。用于形成正极浆料的溶剂的实例可包括水系溶剂和有机系溶剂中的任一种。水系介质的实例可包括，但不限于，水、醇与水的混合介质等。有机系介质的实例可包括，但不限于，二亚乙基三胺、N,N-二甲氨基丙胺、二乙醚、环氧丙烷、四氢呋喃(THF)、N-甲基吡咯烷酮(NMP)、二甲基甲酰胺、二甲基乙酰胺、六甲基磷酰胺、二甲基亚砷等溶剂。

[0097] 正极集流体：

[0098] 正极集流体的种类没有特别限制，其可为任何已知适于用作正极集流体的材质。正极集流体的实例可包括，但不限于，铝、不锈钢、镍镀层、钛、钽等金属材料；碳布、碳纸等碳材料；聚合物与金属层形成的复合材料。在一些实施例中，正极集流体为金属材料。在一些实施例中，正极集流体为铝。

[0099] 正极集流体的形式没有特别限制。当正极集流体为金属材料时，正极集流体的形式可包括，但不限于，金属箔、金属圆柱、金属带卷、金属板、金属箔、金属板网、冲压金属、发泡金属等。当正极集流体为碳材料时，正极集流体的形式可包括，但不限于，碳板、碳薄膜、碳圆柱等。在一些实施例中，正极集流体为金属箔。在一些实施例中，所述金属箔为网状。金属箔的厚度没有特别限制。在一些实施例中，金属箔的厚度为大于 $1\ \mu\text{m}$ 、大于 $3\ \mu\text{m}$ 或大于 $5\ \mu\text{m}$ 。在一些实施例中，金属箔的厚度为小于 1mm 、小于 $50\ \mu\text{m}$ 或小于 $20\ \mu\text{m}$ 。在一些实施例

中，金属箔的厚度在上述任意两个数值所组成的范围内。

[0100] IV、隔离膜

[0101] 为了防止短路，在正极与负极之间通常设置有隔离膜。这种情况下，本申请的电解液通常渗入该隔离膜而使用。

[0102] V、应用

[0103] 本申请实施例还提供一种电池包，包括上述的二次电池。作为典型应用，所述电池包可以但不限于用于电动玩具、电动工具、电瓶车、电动汽车、储能设备、轮船、航天器等。

[0104] 下面结合具体实施例对本申请提供的二次电池的制备方法做出如下说明：

[0105] 实施例1

[0106] 正极极片的制备：

[0107] 将正极活性物质、正极导电剂、正极粘结剂与溶剂按照配方制成正极浆料，按质量百分比计，正极活性物质NCM811：正极导电剂炭黑：正极粘结剂聚偏氟乙烯（PVDF）为96：2：2，溶剂为N-甲基吡咯烷酮（NMP）；将制得的正极浆料均匀地涂覆在正极集流体（铝箔）的两个表面，然后在120℃下烘干得到正极极片，经过辊压控制正极极片的厚度，使其压实密度控制在 $3.5\text{g}/\text{cm}^3$ 。

[0108] 负极极片的制备：

[0109] 首先制备负极浆料，负极浆料中负极活性物质包括人造石墨、导电剂炭黑、羧甲基纤维素钠、丁苯橡胶和二乙基己醇，人造石墨、导电剂炭黑、羧甲基纤维素钠、丁苯橡胶和二乙基己醇的质量比为96.5:1.2:1.2:1.0:0.1。其中，人造石墨的松密度为 $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ ，分散度为2.0。

[0110] 负极浆料的具体制备方法为：向双行星搅拌罐中按照顺序加入50%人造石墨、导电剂炭黑、50%人造石墨和70%羧甲基纤维素钠，调节搅拌罐公转转速为20r/min，自转转速为800r/min，低速搅拌30min混合均匀，加入部分去离子水搅拌1h形成第一混合粉料；进行刮料、翻底，在所述第一混合粉料中加入剩余30%羧甲基纤维素钠和去离子水，公转转速为25r/min，自转转速为2500r/min，高速搅拌90min，该过程控制真空度-0.085MPa，对浆料进行分散，形成第二混合溶液；进行刮料、翻底，在所述第二混合溶液中加入粘结剂丁苯橡胶和50%二乙基己

醇，公转转速为20r/min，自转转速为500r/min低速搅拌30min，该过程控制真空度-0.085MPa，形成第三混合溶液；在所述第三混合溶液中最后加入50%二乙基己醇，公转转速为10r/min，自转转速为100r/min搅拌30min，该过程控制真空度-0.085MPa，形成第四混合溶液；最后加入去离子水对浆料进一步调节粘度，公转转速为25r/min，自转转速为300r/min搅拌30min，更利于浆料分散均匀，该过程控制真空度-0.085MPa，当浆料的粘度位于 $2000\text{mPa}\cdot\text{s}\sim 3500\text{mPa}\cdot\text{s}$ 时浆料合格，自转转速为200r/min进行消泡处理后保存，过200目的筛网出料，制备得到负极浆料。将制备好的负极浆料均匀涂覆在负极集流体铜箔的一侧或两侧，涂布面密度控制在 $9.5\text{mg}/\text{cm}^2$ ，经烘烤干燥后进行辊压裁片得到负极片，烘烤温度为 $90^\circ\text{C}\sim 110^\circ\text{C}$ ，干燥时间为24h，辊压后负极极片孔隙率P为30%。

[0111] 其中，负极浆料的制备主要是将活性物质材料与非活性组分充分混合，充分发挥电极片的电化学性能，包括浆料的均匀性，避免团聚和沉降，保证极片可控的涂布重量，以及活性物质材料与非活性组分的匹配性，保证锂离子电池在正负两极之间的移动，提高电池整体的电化学性能。

[0112] 电解液的制备：

[0113] 将碳酸乙烯酯（EC）、碳酸甲乙酯（EMC）、碳酸二乙酯（EDC）按照体积比1:1:1混合，然后加入 $1\text{mol}/\text{L}$ 的 LiPF_6 混合均匀，配制成电解液。

[0114] 二次电池的制备：

[0115] 采用上述步骤制备出的负极极片、正极极片经过干燥后，与隔离膜一起采用卷绕机制备出卷绕电芯，将正极铝极耳与负极铜镀镍极耳焊接在电芯上，并将焊接完成的电芯放入已冲坑好的铝塑膜内进行封装，所述隔离膜采用PP膜；经过注液、化成定容制得二次电池。

[0116] 负极极片的非法拉第比电容值 Cd1 测试：

[0117] 步骤1，将二次电池在手套箱内进行拆解，得到负极overhang区域极片，用DMC（碳酸二甲酯）溶液浸泡，裁切后与金属锂片组装成扣式半电池；或者取未组装成电池的负极极片裁切后与金属锂片组装成扣式半电池；

[0118] 步骤2，将扣式半电池在电压范围 $0.005\text{V}\sim 3.0\text{V}$ 进行CV测试，扫速为 $0.1\text{mV}/\text{s}$ ，确认非法拉第电位区间为 $2.6\text{V}\sim 2.7\text{V}$ ；

- [0119] 步骤3, 然后从2.7V到2.6V进行LSV测试, 扫描速率分别为0.1mV/s, 0.2mV/s, 0.5mV/s, 1mV/s, 2mV/s, 选取电位区间中值2.65V, 获得对应的电流值 $-4.32E-07A$, $-5.50E-07A$, $-1.15E-06A$, $-2.08E-06A$, $-3.80E-06A$, 根据对应的活性物质质量0.02175g, 计算出电流密度值 $-1.25E-05A/g$, $-2.08E-05A/g$, $-4.75E-05A/g$, $-8.87E-05A/g$, $-1.64E-04A/g$;
- [0120] 步骤4, 根据步骤3获得的扫描速率和电流密度值绘制扫速-电流密度散点图, 拟合得到一条线性函数, 该线性函数的斜率 $-8E-05$ 即为该负极极片阴极扫描方向的非法拉第比电容为80nF/g。
- [0121] 其中, 负极极片overhang区域是指负极极片长度和宽度方向超出正极极片的部分。
- [0122] 实施例2
- [0123] 依照实施例1的方法制备二次电池, 除以下不同之处, 其余同实施例1:
- [0124] 负极极片涂布时的涂布重量 CW mg/cm²为7 mg/cm², 负极极片孔隙率 P 为25%, 负极活性物质层的电阻 R m Ω 为3m Ω , 负极极片的非法拉第比电容 $Cd1$ nF/g为140nF/g。
- [0125] 实施例3
- [0126] 依照实施例1的方法制备二次电池, 除以下不同之处, 其余同实施例1:
- [0127] 负极极片涂布时的涂布重量 CW mg/cm²为12mg/cm², 负极极片孔隙率 P 为25%, 负极活性物质层的电阻 R m Ω 为15m Ω , 负极极片的非法拉第比电容 $Cd1$ nF/g为200nF/g。
- [0128] 实施例4
- [0129] 依照实施例1的方法制备二次电池, 除以下不同之处, 其余同实施例1:
- [0130] 负极极片涂布时的涂布重量 CW mg/cm²为9mg/cm², 负极极片孔隙率 P 为20%, 负极活性物质层的电阻 R m Ω 为1m Ω , 负极极片的非法拉第比电容 $Cd1$ nF/g为250nF/g。
- [0131] 实施例5
- [0132] 依照实施例1的方法制备二次电池, 除以下不同之处, 其余同实施例1:
- [0133] 负极极片涂布时的涂布重量 CW mg/cm²为9mg/cm², 负极极片孔隙率 P 为40%,

负极活性物质层的电阻 R_m Ω 为 $8m\Omega$ ，负极极片的非法拉第比电容 Cd_1 nF/g为 $50nF/g$ 。

[0134] 实施例6

[0135] 依照实施例1的方法制备二次电池，除以下不同之处，其余同实施例1：

[0136] 负极极片涂布时的涂布重量 CW mg/cm^2 为 $12mg/cm^2$ ，负极极片孔隙率 P 为25%，负极活性物质层的电阻 R_m Ω 为 $15m\Omega$ ，负极极片的非法拉第比电容 Cd_1 nF/g为 $200nF/g$ 。

[0137] 实施例7

[0138] 依照实施例1的方法制备二次电池，除以下不同之处，其余同实施例1：

[0139] 负极极片涂布时的涂布重量 CW mg/cm^2 为 $10.5mg/cm^2$ ，负极极片孔隙率 P 为26%，负极活性物质层的电阻 R_m Ω 为 $12m\Omega$ ，负极极片的非法拉第比电容 Cd_1 nF/g为 $230nF/g$ 。

[0140] 实施例8

[0141] 依照实施例1的方法制备二次电池，除以下不同之处，其余同实施例1：

[0142] 负极极片涂布时的涂布重量 CW mg/cm^2 为 $9mg/cm^2$ ，负极极片孔隙率 P 为20%，负极活性物质层的电阻 R_m Ω 为 $2m\Omega$ ，负极极片的非法拉第比电容 Cd_1 nF/g为 $250nF/g$ 。

[0143] 实施例9

[0144] 依照实施例1的方法制备二次电池，除以下不同之处，其余同实施例1：

[0145] 负极极片涂布时的涂布重量 CW mg/cm^2 为 $10mg/cm^2$ ，负极极片孔隙率 P 为40%，负极活性物质层的电阻 R_m Ω 为 $2m\Omega$ ，负极极片的非法拉第比电容 Cd_1 nF/g为 $50nF/g$ 。

[0146] 实施例10

[0147] 依照实施例1的方法制备二次电池，除以下不同之处，其余同实施例1：

[0148] 负极极片涂布时的涂布重量 CW mg/cm^2 为 $9.2mg/cm^2$ ，负极极片孔隙率 P 为30%，负极活性物质层的电阻 R_m Ω 为 $2.5m\Omega$ ，负极极片的非法拉第比电容 Cd_1 nF/g为 $65nF/g$ 。

[0149] 实施例11

[0150] 依照实施例1的方法制备二次电池，除以下不同之处，其余同实施例1：

[0151] 负极极片涂布时的涂布重量 CW mg/cm^2 为 $9.1\text{mg}/\text{cm}^2$ ，负极极片孔隙率 P 为25%，负极活性物质层的电阻 R $\text{m}\Omega$ 为 $6.3\text{m}\Omega$ ，负极极片的非法拉第比电容 Cd nF/g 为 $150\text{nF}/\text{g}$ 。

[0152] 实施例12

[0153] 依照实施例1的方法制备二次电池，除以下不同之处，其余同实施例1：

[0154] 负极极片涂布时的涂布重量 CW mg/cm^2 为 $9.6\text{mg}/\text{cm}^2$ ，负极极片孔隙率 P 为30%，负极活性物质层的电阻 R $\text{m}\Omega$ 为 $9.5\text{m}\Omega$ ，负极极片的非法拉第比电容 Cd nF/g 为 $150\text{nF}/\text{g}$ 。

[0155] 实施例13

[0156] 依照实施例1的方法制备二次电池，除以下不同之处，其余同实施例1：

[0157] 负极极片涂布时的涂布重量 CW mg/cm^2 为 $10\text{mg}/\text{cm}^2$ ，负极极片孔隙率 P 为22%，负极活性物质层的电阻 R $\text{m}\Omega$ 为 $11\text{m}\Omega$ ，负极极片的非法拉第比电容 Cd nF/g 为 $150\text{nF}/\text{g}$ 。

[0158] 对比例1

[0159] 依照实施例1的方法制备二次电池，除以下不同之处，其余同实施例1：

[0160] 负极极片涂布时的涂布重量 CW mg/cm^2 为 $5\text{mg}/\text{cm}^2$ ，负极极片孔隙率 P 为42%，负极活性物质层的电阻 R $\text{m}\Omega$ 为 $10\text{m}\Omega$ ，负极极片的非法拉第比电容 Cd nF/g 为 $260\text{nF}/\text{g}$ 。

[0161] 对比例2

[0162] 依照实施例1的方法制备二次电池，除以下不同之处，其余同实施例1：

[0163] 负极极片涂布时的涂布重量 CW mg/cm^2 为 $14\text{mg}/\text{cm}^2$ ，负极极片孔隙率 P 为18%，负极活性物质层的电阻 R $\text{m}\Omega$ 为 $12\text{m}\Omega$ ，负极极片的非法拉第比电容 Cd nF/g 为 $45\text{nF}/\text{g}$ 。

[0164] 根据本申请实施例提供的二次电池的性能测试过程和测试结果如下：

[0165] (1) 动力学性能测试

[0166] 将二次电池在 25°C 静置30min，以 $x\text{C}$ 满充、以 1C 满放重复10次，再以 $x\text{C}$ 满充，然后拆解出负极极片，并观察负极极片表面析锂情况。如果负极表面未析锂，

则将充电倍率 x_C 以0.1C为梯度递增再次进行测试，直至负极表面析锂，停止测试，此时的充电倍率 x_C 减去0.1C即为电池的最大充电倍率。

[0167] (2) 能量密度测试

[0168] 将二次电池在25℃静置30min，以1C满充、1C满放，记录实际放电能量；用电子天平对锂离子电池进行称重；1C实际放电能量与重量的比值即为二次电池的实际能量密度。其中，实际能量密度小于目标能量密度的80%时，认为二次电池实际能量密度非常低；实际能量密度大于等于目标能量密度的80%且小于95%时，认为二次电池实际能量密度偏低；实际能量密度大于等于目标能量密度的95%且小于105%时，认为二次电池实际能量密度适中；实际能量密度大于等于目标能量密度的105%且小于120%时，认为二次电池实际能量密度较高；实际能量密度为目标能量密度的120%时，认为二次电池实际能量密度非常高。

[0169] (3) 循环性能测试

[0170] 将二次电池在25℃静置30min，在1C恒流放电，静置10min，1C恒流恒压充电，静置10min，进行满充满放循环测试，记录循环1000圈的容量保持率。

[0171] 实施例1~13提供的二次电池的性能测试结果以及对比例1和2提供的二次电池的性能测试结果如表1所示。

[0172] 表1

[]

[表1]

	CW	P (%))	R	Cd 1	$0.1 \times Cd$ 1-R	能量密度 比 (%)	容量保持 率 (%)	动力学性能 (C)
实施例1	9.5	30	4.6	80	3.4	125	95	2.5
实施例2	8	30	5.0	10	5	112	94	3.5
实施例3	7.5	35	2.0	12	10	108	95	3.8
实施例4	7	25	3.0	14	11	105	92	4
实施例5	8.5	35	2.5	16	13.5	118	92	3.7
实施例6	12	25	15.0	20	5	133	96	2
实施例7	10.5	26	12.0	23	11	128	94	2.4
实施例8	9.2	30	3	25	22	110	92	2.6

				0				
实施例9	10	40	2	50	3	115	91	2.4
实施例10	9.2	30	2.5	65	4	120	91	2.5
实施例11	9.1	25	6.3	15	8.7	122	93	3.1
实施例12	9.6	30	9.5	15	5.5	125	91	2.6
实施例13	10	22	11	15	4	124	91	2.2
对比例1	5	42	10	26	16	75	85	1.2
对比例2	14	18	12	45	-7.5	85	86	1.5

[0173] 由表1可知，实施例1~13提供的二次电池的动力学性能较优，能量密度较高或非常高，循环性能的容量保持率高达91%~96%，使得本申请实施例提供的二次电池能在大倍率下进行快速充电的同时，使得二次电池具有较高甚至非常高的能量密度，并且具有优良的循环性能（循环性能的容量保持率高达91%~96%）。

[0174] 而对比例1中的负极活性物质层涂布量为 $5\text{mg}/\text{cm}^2$ ，负极极片的孔隙率P为42%

，且负极极片的非法拉第比电容 C_{dl} 值高达260 nF/g，导致对比例1提供的二次电池动力学性能变差、能量密度非常低，而且循环性能测试后的容量保持率仅为85%。对比例2中的负极活性物质层涂布量为 $14\text{mg}/\text{cm}^2$

，负极极片的孔隙率 P 为18%，且负极极片的非法拉第比电容 C_{dl} 值为260，对比例2提供的二次电池动力学性能变差，虽然有较高的能量密度，但循环性能测试后的容量保持率仅为86%。

[0175] 因此，对比例1和对比例2提供的二次电池，均难以在大倍率下进行快速充电的同时保持较高的能量密度和优良的循环性能。

[0176] 实施例14

[0177] 依照实施例1的方法制备二次电池，负极活性物质层的涂布重量 CW mg/cm^2 为 $9\text{mg}/\text{cm}^2$ ，孔隙率 P 为35%，除以下不同之处，其余同实施例1：

[0178] 负极活性物质的松密度为 $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ ，负极活性物质的颗粒分散度为2，负极极片的非法拉第比电容 C_{dl} nF/g为 $200\text{nF}/\text{g}$ 。

[0179] 实施例15

[0180] 依照实施例1的方法制备二次电池，负极活性物质层的涂布重量 CW 为 $9\text{mg}/\text{cm}^2$ ，孔隙率 P 为35%，除以下不同之处，其余同实施例1：

[0181] 负极活性物质的松密度为 $1\text{g}/\text{cm}^3$ ，负极活性物质的颗粒分散度为1.5，负极极片的非法拉第比电容 C_{dl} nF/g为 $240\text{nF}/\text{g}$ 。

[0182] 实施例16

[0183] 依照实施例1的方法制备二次电池，负极活性物质层的涂布重量 CW 为 $9\text{mg}/\text{cm}^2$ ，孔隙率 P 为35%，除以下不同之处，其余同实施例1：

[0184] 负极活性物质的松密度为 $1.8\text{g}/\text{cm}^3$ ，负极活性物质的颗粒分散度为2.5，负极极片的非法拉第比电容 C_{dl} nF/g为 $180\text{nF}/\text{g}$ 。

[0185] 实施例17

[0186] 依照实施例1的方法制备二次电池，负极活性物质层的涂布重量 CW 为 $9\text{mg}/\text{cm}^2$ ，孔隙率 P 为35%，除以下不同之处，其余同实施例1：

[0187] 负极活性物质的松密度为 $2\text{g}/\text{cm}^3$ ，负极活性物质的颗粒分散度为3，负极极片的非法拉第比电容 C_{dl} nF/g为 $150\text{nF}/\text{g}$ 。

[0188] 实施例18

[0189] 依照实施例1的方法制备二次电池，负极活性物质层的涂布重量CW为9 mg/cm²，孔隙率P为35%，除以下不同之处，其余同实施例1：

[0190] 负极活性物质的松密度为2.2g/cm³，负极活性物质的颗粒分散度为4，负极极片的非法拉第比电容Cd1 nF/g为100nF/g。

[0191] 实施例19

[0192] 依照实施例1的方法制备二次电池，负极活性物质层的涂布重量CW为9 mg/cm²，孔隙率P为35%，除以下不同之处，其余同实施例1：

[0193] 负极活性物质的松密度为2.5g/cm³，负极活性物质的颗粒分散度为5，负极极片的非法拉第比电容Cd1 nF/g为60nF/g。

[0194] 实施例14~19提供的二次电池的性能测试结果如表2所示。

[0195] 表2

[] [表2]

	松密度 (g/cm ³)	颗粒分散度	Cd1	动力学性能 (C)	容量保持率 (%)
实施例14	1.5	2	200	3.5	95
实施例15	1	1.5	240	4	94
实施例16	1.8	2.5	180	3.1	92
实施例17	2	3	150	2.6	93
实施例18	2.2	4	100	2.3	94
实施例19	2.5	5	60	2	92

[0196] 由表2可知，实施例14~19提供的二次电池的动力学性能测试结果中，动力学性能高达 $2C\sim 4C$ ，使得实施例14~19提供的二次电池能在大倍率下进行快速充电的同时，使得二次电池具有较高甚至非常高的能量密度，并且具有优良的循环性能。

[0197] 实施例20

[0198] 依照实施例1的方法制备二次电池，除以下不同之处，其余同实施例1：

[0199] 选用式（4）所示含硫添加剂作为电解液中的含硫添加剂，电解液中含硫添加剂的含量为0.05%。

[0200] 实施例21

[0201] 依照实施例1的方法制备二次电池，除以下不同之处，其余同实施例1：

[0202] 选用式（4）所示含硫添加剂作为电解液中的含硫添加剂，电解液中含硫添加剂的含量为0.1%。

[0203] 实施例22

[0204] 依照实施例1的方法制备二次电池，除以下不同之处，其余同实施例1：

[0205] 选用式（4）所示含硫添加剂作为电解液中的含硫添加剂，电解液中含硫添加剂的含量为0.5%。

[0206] 实施例23

[0207] 依照实施例1的方法制备二次电池，除以下不同之处，其余同实施例1：

[0208] 选用式（4）所示含硫添加剂作为电解液中的含硫添加剂，电解液中含硫添加剂的含量为1%。

[0209] 实施例24

[0210] 依照实施例1的方法制备二次电池，除以下不同之处，其余同实施例1：

[0211] 选用式（4）所示含硫添加剂作为电解液中的含硫添加剂，电解液中含硫添加剂的含量为2%。

[0212] 实施例25

[0213] 依照实施例1的方法制备二次电池，除以下不同之处，其余同实施例1：

[0214] 选用式（4）所示含硫添加剂作为电解液中的含硫添加剂，电解液中含硫添加剂的含量为5%。

[0215] 实施例26

[0216] 依照实施例1的方法制备二次电池，除以下不同之处，其余同实施例1：

[0217] 选用式（3）所示含硫添加剂作为电解液中的含硫添加剂，电解液中含硫添加剂的含量为0.1%。

[0218] 实施例27

[0219] 依照实施例1的方法制备二次电池，除以下不同之处，其余同实施例1：

[0220] 选用式（3）所示含硫添加剂作为电解液中的含硫添加剂，电解液中含硫添加剂的含量为1%。

[0221] 实施例28

[0222] 依照实施例1的方法制备二次电池，除以下不同之处，其余同实施例1：

[0223] 选用式（3）和（4）的组合作为电解液中的含硫添加剂，电解液中式（3）所示的含硫添加剂的含量为0.5%，式（4）所示的含硫添加剂的含量为0.5%。

[0224] 实施例29

[0225] 依照实施例1的方法制备二次电池，除以下不同之处，其余同实施例1：

[0226] 选用式（1）和（3）的组合作为电解液中的含硫添加剂，电解液中式（1）所示的含硫添加剂的含量为0.3%，式（3）所示的含硫添加剂的含量为0.5%。

[0227] 实施例14~19提供的二次电池的性能测试结果如表3所示。

[0228] 表3

[]

[表3]

	含硫添加剂种类	含硫添加剂含量 (%)	动力学性能 (C)	容量保持率 (%)
实施例20	式(4)	0.05	2.6	95
实施例21	式(4)	0.1	2.8	95
实施例22	式(4)	0.5	3.1	96
实施例23	式(4)	1	3.6	97
实施例24	式(4)	2	4	95
实施例25	式(4)	5	2.9	94
实施例26	式(3)	0.1	2.9	95
实施例27	式(3)	1	3.6	96
实施例28	式(3)+式(4)	0.5+0.5	3.8	96
实施例29	式(1)+式(3)	0.3+0.5	3.7	95

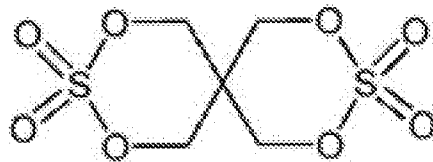
[0229] 由表3可知, 实施例20~29提供的二次电池的动力学性能测试结果中, 动力学性能高达2.6C~4C, 使得实施例20~29提供的二次电池能在大倍率下进行快速充电的同时, 二次电池具有较高甚至非常高的能量密度, 并且具有优良的循环性能

（循环性能测试后的容量保持率高达94%~96%）。

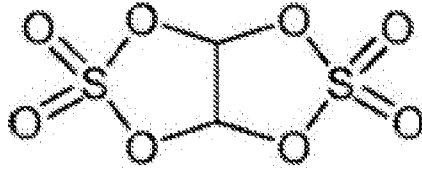
[0230] 以上对本申请实施例所提供的二次电池及电池包进行了详细介绍，本申请中应用了具体个例对本申请的原理及实施方式进行了阐述，以上实施例的说明只是用于帮助理解本申请的技术方案及其核心思想；本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本申请各实施例的技术方案的范围。

权利要求书

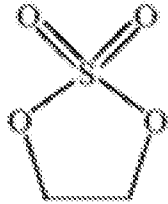
- [权利要求 1] 一种二次电池，包括正极极片、电解液和隔离膜，其特征在于，还包括：
 负极极片，所述负极极片包括负极集流体和设置于所述负极集流体的至少一个表面的负极活性物质层，所述负极活性物质层包含负极活性物质，所述负极活性物质包含石墨；
 其中，所述负极极片的非法拉第比电容为 $Cd1 \text{ nF/g}$ ， $50 \leq Cd1 \leq 250$ 。
- [权利要求 2] 根据权利要求1所述的二次电池，其特征在于，所述负极活性物质层的电阻为 $R \text{ m}\Omega$ ， $4 \leq 0.1 \times Cd1 - R \leq 24$ 。
- [权利要求 3] 根据权利要求1-2任一项所述的二次电池，其特征在于， R 的取值范围为 $1 \leq R \leq 15$ 。
- [权利要求 4] 根据权利要求1-3任一项所述的二次电池，其特征在于，所述负极极片的孔隙率 P 为 $20\% \sim 40\%$ 。
- [权利要求 5] 根据权利要求1-4任一项所述的二次电池，其特征在于，所述负极活性物质层在所述负极集流体的一个表面上的涂布重量为 $CW \text{ mg/cm}^2$ ， $7 \leq CW \leq 12$ 。
- [权利要求 6] 根据权利要求1-5任一项所述的二次电池，其特征在于，所述负极活性物质的松密度为 $1 \text{ g/cm}^3 \sim 2.5 \text{ g/cm}^3$ 。
- [权利要求 7] 根据权利要求1-6任一项所述的二次电池，其特征在于，所述负极活性物质的颗粒分散度为 $1.5 \sim 5$ 。
- [权利要求 8] 根据权利要求1-7任一项所述的二次电池，其特征在于，所述电解液包括含硫添加剂，所述含硫添加剂包括式（1）至式（5）中的至少一者：



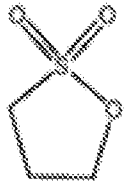
式（1）；



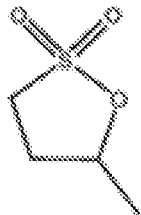
式 (2) ;



式 (3) ;



式 (4) ;



式 (5) 。

[权利要求 9] 根据权利要求8所述的二次电池，其特征在于，基于所述电解液的质量，所述含硫添加剂的含量为A%， $0.05 \leq \text{Cd}1 \times \text{A}\% \leq 12.5$ 。

[权利要求 10] 根据权利要求8-9任一项所述的二次电池，其特征在于，基于所述电解液的质量，所述含硫添加剂的含量为A%， $0.01 \leq \text{A} \leq 5$ 。

[权利要求 11] 一种电池包，其特征在于，包括如权利要求1~10任一项所述的二次电池。

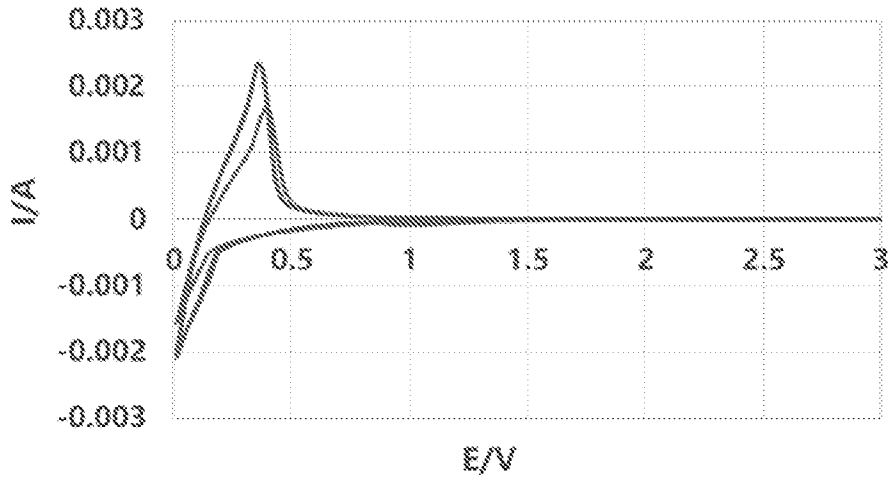


图 1

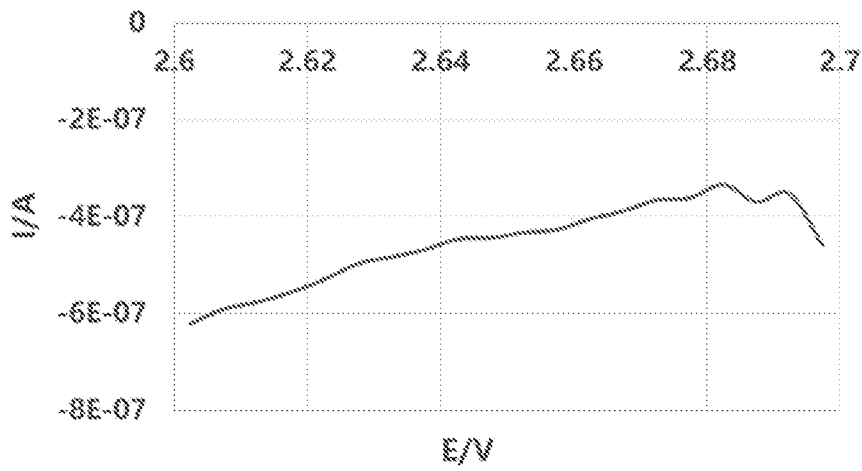


图 2

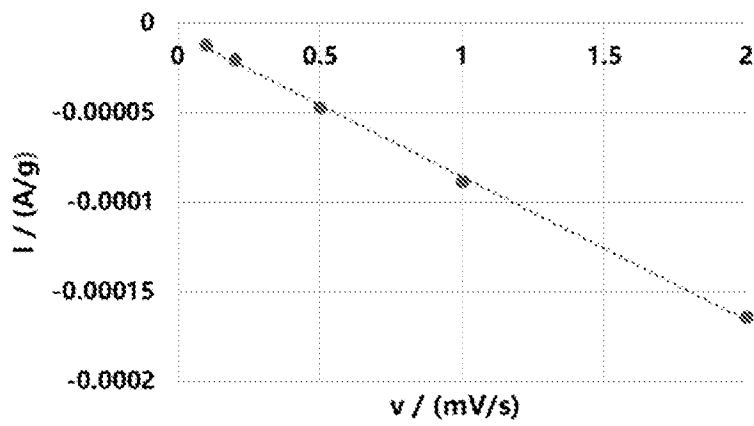


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/141180

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H01M4/587(2010.01)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)		
VEN, CNABS, CNTXT, WOTXT, EPTXT, USTXT, CNKI, IEEE: 电池, 电解液, 添加剂, 含硫, 丙磺酸内脂, 非法拉第, 电容, 容量, 孔隙率, 孔隙度, 空隙度, 空隙率, 松装密度, 松密度, 堆密度, 松堆密度, 毛体密度, 松散堆积密度, 疏松密度, 石墨, battery, electrolyte, additive, sulfur, propane, sultone, non-faradaic, nonfaradaic, capacitance, capacity, porosity, void+, bulk+, loose+, graphite		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 115472833 A (SUNWODA ELECTRIC VEHICLE BATTERY CO., LTD.) 13 December 2022 (2022-12-13) description, paragraphs 25-234	1-11
X	JP 2004158205 A (JAPAN STORAGE BATTERY CO., LTD.) 03 June 2004 (2004-06-03) description, paragraphs 1-23, and figures 1-4	1-7, 11
Y	JP 2004158205 A (JAPAN STORAGE BATTERY CO., LTD.) 03 June 2004 (2004-06-03) description, paragraphs 1-23, and figures 1-4	8-10
Y	CN 102231441 A (SOUTH CHINA NORMAL UNIVERSITY) 02 November 2011 (2011-11-02) description, paragraphs 4-62, and figures 1-4	8-10
X	CN 115084425 A (PRIME PLANET ENERGY & SOLUTIONS, INC.) 20 September 2022 (2022-09-20) description, paragraphs 27-167	1-7, 11
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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
14 April 2023		23 April 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		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/141180

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 115084425 A (PRIME PLANET ENERGY & SOLUTIONS, INC.) 20 September 2022 (2022-09-20) description, paragraphs 27-167	8-10
A	CN 104704586 A (ASAHI KASEI CORP.) 10 June 2015 (2015-06-10) entire document	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2022/141180

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	115472833	A	13 December 2022	None	
JP	2004158205	A	03 June 2004	None	
CN	102231441	A	02 November 2011	None	
CN	115084425	A	20 September 2022	KR	20220128292 A 20 September 2022
				JP	2022139877 A 26 September 2022
				US	2022293918 A1 15 September 2022
				EP	4057388 A1 14 September 2022
CN	104704586	A	10 June 2015	WO	2014054599 A1 10 April 2014
				US	2015255781 A1 10 September 2015
				US	9979010 B2 22 May 2018
				JPWO	2014054599 A1 25 August 2016
				JP	6006325 B2 12 October 2016
				TW	201424102 A 16 June 2014
				TWI	502797 B 01 October 2015
				KR	20150045470 A 28 April 2015
				KR	101674842 B1 09 November 2016
				EP	2905793 A1 12 August 2015
				EP	2905793 A4 07 October 2015
				EP	2905793 B1 22 May 2019

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 104704586 A (旭化成株式会社) 2015年6月10日 (2015 - 06 - 10) 全文	1-11

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/141180

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	115472833	A	2022年12月13日	无			
JP	2004158205	A	2004年6月3日	无			
CN	102231441	A	2011年11月2日	无			
CN	115084425	A	2022年9月20日	KR	20220128292	A	2022年9月20日
				JP	2022139877	A	2022年9月26日
				US	2022293918	A1	2022年9月15日
				EP	4057388	A1	2022年9月14日
CN	104704586	A	2015年6月10日	WO	2014054599	A1	2014年4月10日
				US	2015255781	A1	2015年9月10日
				US	9979010	B2	2018年5月22日
				JPWO	2014054599	A1	2016年8月25日
				JP	6006325	B2	2016年10月12日
				TW	201424102	A	2014年6月16日
				TWI	502797	B	2015年10月1日
				KR	20150045470	A	2015年4月28日
				KR	101674842	B1	2016年11月9日
				EP	2905793	A1	2015年8月12日
				EP	2905793	A4	2015年10月7日
				EP	2905793	B1	2019年5月22日