



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117913402 A

(43) 申请公布日 2024. 04. 19

(21) 申请号 202410062282.1

(22) 申请日 2024.01.15

(71) 申请人 浙江超恒动力科技有限公司

地址 313100 浙江省湖州市长兴县画溪街
道长和路5号-17

(72) 发明人 常林荣 陈志刚 苏锋 常福荣
雷少帆 何福俭 谢金意 郝培栋
王子秋

(74) 专利代理机构 杭州杭诚专利事务所有限公
司 33109
专利代理师 樊铮

(51) Int. Cl.

H01M 10/48 (2006.01)

H01M 10/054 (2010.01)

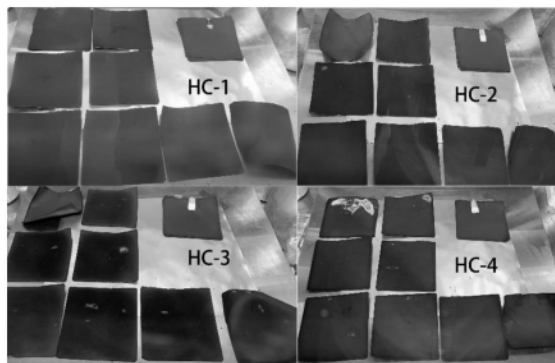
权利要求书1页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

一种钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置及其应用

(57) 摘要

本发明涉及钠离子电池负极技术领域,公开了一种钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置及其应用,该装置包括钠离子电池和位于钠离子电池内的参比电极,所述钠离子电池包括若干层叠的正极片和与正极片对应的负极片,负极片为硬碳负极片,所述参比电极包括极耳带和设于极耳带一端的参比金属;该装置能够鉴定不同硬碳负极是否存在析钠风险,并且能够鉴定存在析钠风险的硬碳负极的抗析钠性能高低,该装置能够快速对不同的硬碳负极析钠性能进行测试,能够显著提高钠离子硬碳负极的选型效率,该装置无需对电芯进行拆解,且检测精度高,数据准确,能够准确鉴定硬碳负极的抗析钠性能。



1. 一种钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置,其特征是,包括钠离子电池和位于钠离子电池内的参比电极,所述钠离子电池包括若干层叠的正极片和与正极片对应的负极片,负极片为硬碳负极片,所述参比电极包括极耳带和设于极耳带一端的参比金属。

2. 根据权利要求1所述的一种钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置,其特征是,所述极耳带的中端设有绝缘层,极耳带远离参比金属的一端设有极耳胶,所述参比金属位于极耳带的一端。

3. 根据权利要求1或2所述的一种钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置,其特征是,所述参比金属包括钠金属和铂金属中的一种。

4. 一种根据权利要求1至3任一所述的钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置的应用,其特征是,包括以下步骤:

步骤1:将不同的硬碳负极组装至钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置中,并将钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置充电至满电,使用多通道数据记录仪,记录硬碳负极的负极电位;硬碳负极的负极电位小于热力学析钠电位则硬碳负极存在析钠风险,硬碳负极的负极电位大于等于热力学析钠电位则硬碳负极无析钠风险;

步骤2:将存在析钠风险的硬碳负极再次组装至钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置中,并使用析钠动力学充放电制度对钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置进行充放电,使用多通道数据记录仪,记录硬碳负极达到热力学电位对应的电池荷电态和电池端电压,分析电池荷电态和电池端电压鉴定硬碳负极的抗析钠性能。

5. 根据权利要求4所述的钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置的应用,其特征是,热力学析钠电位包括钠参比电极热力学电位和铂参比电极热力学电位。

6. 根据权利要求4或5任一所述的钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置的应用,其特征是,步骤1中热力学析钠电位为钠参比电极热力学电位时,硬碳负极的负极电位小于0 V则硬碳负极存在析钠风险,硬碳负极的负极电位大于0 V则硬碳负极无析钠风险。

7. 根据权利要求4或5任一所述的钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置的应用,其特征是,步骤1中热力学析钠电位为铂参比电极热力学电位时,硬碳负极的负极电位小于-2 V则硬碳负极存在析钠风险,硬碳负极的负极电位大于-2 V则硬碳负极无析钠风险。

8. 根据权利要求4所述的钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置的应用,其特征是,步骤2中所述抗析钠性能包括优等抗析钠性能、中等抗析钠性能和劣等抗析钠性能。

9. 根据权利要求8所述的钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置的应用,其特征是,优等抗析钠性能包括:SOC为90~100 %,中等抗析钠性能包括:SOC为60~90 %,劣等抗析钠性能包括:SOC为0~60 %。

10. 根据权利要求8或9任一所述的钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置的应用,其特征是,优等抗析钠性能还包括:电池端电压为3.79~4.0 V,中等抗析钠性能还包括:电池端电压为3.55~3.79 V,劣等抗析钠性能还包括:电池端电压为3~3.55 V。

一种钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置及其应用

技术领域

[0001] 本发明涉及钠离子电池负极技术领域,尤其是涉及一种钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置及其应用。

背景技术

[0002] 与锂离子电池相比,钠离子电池有以下优势:首先,钠元素在地球上的含量非常丰富,较锂元素更为容易获得;其次,钠元素不与铝发生反应,电池正负极均可以选择成本较低的铝箔;更进一步,钠离子电池具备更好的安全性能,不易发生热失控,从而有效降低起火事故概率;钠离子电池高低温性能较为均衡。因此,钠离子电池具备成本低廉、安全性高以及优异的温度性能,是新能源电池的重要发展方向。

[0003] 在钠离子电池体系中,负极材料对电池的整体性能影响较大;目前钠离子电池的负极材料主要有碳基负极、钛基负极、合金类负极、磷/硫化物以及有机材料。碳基负极材料中的硬碳,具备生产工艺简单、前驱体丰富、储钠位点丰富以及成本低廉等特点,是目前实用价值最高,最接近产业化的材料。

[0004] 但是,硬碳负极在 $0.1\text{ V (vs. Na}^+/\text{Na)}$ 以下的储钠动力学性能不好,电化学极化较大,导致在充电过程中,其嵌钠电位非常接近于金属钠的析出电位 $0\text{ V (vs. Na}^+/\text{Na)}$,析钠会导致钠离子电池库伦效率降低,严重时,生成的钠枝晶会刺穿隔膜,导致短路或者爆炸;硬碳性能的好坏直接决定着钠离子电池产业化实现的可能;目前评价硬碳性能好坏的方法主要集中在三个方向:理化性能、微量金属元素分析和电化学性能分析,理化性能包括粒度、水分、pH、振实密度、比表面积、晶面间距,电化学性能包括首次放电容量以及首次库伦效率;但是,使用不同的硬碳前驱体、在不同的制备方法下所得到的硬碳材料,按照现有的理化性能分析以及微量金属元素分析,其差异很小;使用首次放电容量及库伦效率,仅仅能反应不同来源的硬碳材料短期使用性能;使用长期循环测试进行评价,由于析钠通常不会造成容量的快速衰减,容易造成假象,无法判定硬碳负极在应对析钠性能上的好坏。

发明内容

[0005] 本发明提供了一种不同钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置及其应用,该装置包括钠离子电池和位于钠离子电池中内的参比电极,该装置能够鉴定不同硬碳负极是否存在析钠风险,并且能够鉴定存在析钠风险的硬碳负极的抗析钠性能高低,该装置能够快速对不同的硬碳负极析钠性能进行测试,能够显著提高钠离子硬碳负极的选型效率,该装置无需对电芯进行拆解,且检测精度高,数据准确,能够准确鉴定硬碳负极的抗析钠性能。

[0006] 本发明的具体技术方案为:

一种不同钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置,包括钠离子电池和位于钠离子电池内的参比电极,所述钠离子电池包括若干层叠的正极片和与正极片对应的负极片,负极片为硬碳负极片,所述参比电极包括极耳带和设于极耳带一端的参比金属。

[0007] 作为优选,所述极耳带的中端设有绝缘层,极耳带远离参比金属的一端设有极耳

胶,所述参比金属位于极耳带的一端。

[0008] 作为优选,所述参比金属包括钠金属和铂金属中的一种。

[0009] 作为优选,所述正极片上设有正极材料,所述正极材料包括层状氧化物、聚阴离子化合物、普鲁士蓝/白中的一种。

[0010] 作为优选,所述硬碳负极的原料包括生物质基、高分子树脂基和煤基中的一种或几种。

[0011] 本发明提供了一种不同钠离子电池负极硬碳析钠性能检测装置,该装置为三电极钠离子电池,包括若干层叠的正极片和对应正极片的负极片孔位,负极片孔位上设有硬碳负极片,参比电极为一端包覆有参比金属的极耳带,本发明的参比金属选用了钠金属或铂金属作为参比金属,该装置在一定的充电制度下,监控正、负极电位的变化,电池在充电过程中,若正极脱出的 Na^+ 没有及时嵌入到负极内部,多出的部分 Na^+ 在负极表面被还原,钠金属作为参比电极,钠离子电池在充电过程中的热力学析钠电位为 $0\text{ V (vs. Na}^+/\text{Na)}$;铂金属作为参比电极,钠离子电池在充电过程中的热力学析钠电位为 -2 V (vs. Pt) ,硬碳负极的电位小于真实电位或相对稳定电位,则表明硬碳负极存在析钠风险,硬碳负极的电位大于等于真实电位或相对稳定电位,则表明硬碳负极不存在析钠风险;存在析钠风险时,硬碳负极达到热力学析钠电位时对应的荷电态(SOC)越高,硬碳负极材料抗析钠性能越高,硬碳负极达到热力学析钠电位的电池端电压越高,则表明硬碳负极抗析钠性能越高。

[0012] 一种上述钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置的应用,包括以下步骤:

步骤1:将不同的硬碳负极组装至钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置中,并将钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置充电至满电,使用多通道数据记录仪,记录硬碳负极的负极电位;硬碳负极的负极电位小于热力学析钠电位则硬碳负极存在析钠风险,硬碳负极的负极电位大于等于热力学电位则硬碳负极无析钠风险;

步骤2:将存在析钠风险的硬碳负极再次组装至钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置中,并使用析钠动力学充放电制度对钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置进行充放电,使用多通道数据记录仪,记录硬碳负极达到热力学电位对应的电池荷电态和电池端电压,分析电池荷电态和电池端电压鉴定硬碳负极的抗析钠性能。

[0013] 作为优选,热力学析钠电位包括钠参比电极热力学电位和铂参比电极热力学电位。

[0014] 作为优选,步骤1中热力学电位为钠参比电极热力学析钠电位时,硬碳负极的负极电位小于 0 V 则硬碳负极存在析钠风险,硬碳负极的负极电位大于 0 V 则硬碳负极无析钠风险。

[0015] 作为优选,步骤1中热力学电位为铂参比电极热力学析钠电位时,硬碳负极的负极电位小于 -2 V 则硬碳负极存在析钠风险。硬碳负极的负极电位大于 -2 V 则硬碳负极无析钠风险。

[0016] 作为优选,步骤2中所述抗析钠性能包括优等抗析钠性能、中等抗析钠性能和劣等抗析钠性能。

[0017] 作为优选,优等抗析钠性能包括: SOC为 $90\sim 100\%$,中等抗析钠性能包括: SOC为 $60\sim 90\%$,劣等抗析钠性能包括: SOC为 $0\sim 60\%$ 。

[0018] 作为优选,优等抗析钠性能还包括: 电池端电压为 $3.79\sim 4.0\text{ V}$,中等抗析钠性能

还包括:电池端电压为3.55~3.79 V,劣等抗析钠性能还包括:电池端电压为3~3.55 V。

[0019] 与现有技术相比,本申请具有以下技术效果:

本发明提供的不同钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置能够快速对不同的硬碳负极的析钠性能进行检测,该装置对硬碳材料入场检验时,可通过不同硬碳负极的是否存在析钠风险和抗析钠性能来判定不同来源硬碳材料在实际电芯中应对析钠的性能优异,从而在电芯批量生产时为硬碳负极材料选型提供可靠依据,显著提升硬碳负极选型效率,此外本发明提供的装置无需对电芯进行拆解即可完成对硬碳负极是否存在析钠风险和抗析钠性能进行高精度检测。

附图说明

[0020] 图1为本发明钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置的结构示意图。

[0021] 图2为本发明参比电极结构示意图。

[0022] 图3为本发明实施例3至6钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置测试不同硬碳负极后拆解硬碳负极的示意图。

[0023] 图中,外壳1,正极片2,负极片3,正极耳4,负极耳5,参比电极6,极耳带601,参比金属602,绝缘层603和极耳胶604。

具体实施方式

[0024] 下面结合实施例对本发明作进一步的描述。

[0025] 实施例1:(金属钠参比电极)

如图1和图2所示,一种钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置,包括钠离子电池,钠离子电池包括外壳1、位于外壳内的若干层叠的正极片2、与正极片对应的负极片3、一端设有外壳内的正极耳4、一端设有外壳内的负极耳5以及一端位于外壳内的参比电极6,负极片为硬碳负极片;参比电极包括极耳带601、设于极耳带一端的参比金属602以及包裹在极耳带上的隔膜;极耳带的中端设有绝缘层603,极耳带远离参比金属的一端设有极耳胶604,参比金属位于极耳带的一端,参比金属为钠金属;

金属钠参比电极的制备步骤包括:取铝片作为极耳带,极耳带上端设有极耳胶,中间用高温胶贴好绝缘层,末端使用钠带包裹使铝片贴紧钠,极耳带末端长3 mm,宽1 mm,最后使用聚丙烯隔膜将中间绝缘层以及末端钠带包裹好的极耳带包裹后制成金属钠参比电极;

钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置的制备步骤包括:固定钠离子电池正极材料,将市售的硬碳负极材料组装至负极孔位中,正极使用七片,负极使用八片,进行叠片,叠片完成后,焊接极耳与贴高温胶;将电芯转移至手套箱,将裹好隔膜的金属钠参比电极塞进电芯,参比电极尽量靠近工作电极,当前负极为工作电极,放到贴近正极极片的一侧,顶端封好胶带;然后,将电芯装入铝塑膜;在手套箱内,先热封电芯侧面及顶端;紧接着,从未热封端注入电解液;注液完毕,热封注液端;放置适当时间,保证电解液充分浸润极片;最后,将电芯转移出来,二次热封;热封完成后,将电芯转移至45℃恒温箱中进行陈化制成不同钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置。

[0026] 实施例2:(金属铂参比电极)

如图1和图2所示,一种钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置,包括钠离子电池,钠离子电池包括外壳1、位于外壳内的若干层叠的正极片2、与正极片对应的负极片3、一端设有外壳内的正极耳4、一端设有外壳内的负极耳5以及一端位于外壳内的参比电极6,负极片为硬碳负极片;参比电极包括极耳带601、设于极耳带一端的参比金属602以及包裹在极耳带上的隔膜;极耳带的中端设有绝缘层603,极耳带远离参比金属的一端设有极耳胶604,参比金属位于极耳带的一端,参比金属为铂金属;

金属铂参比电极的制备步骤包括:取铝片作为极耳带,极耳带上端设有极耳胶,中间用高温胶贴好绝缘层,末端使用铂带包裹使铝片贴紧钠,极耳带末端长3 mm,宽1 mm,最后使用聚丙烯隔膜将中间绝缘层以及末端钠带包裹好的极耳带包裹后制成金属铂参比电极;

钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置的制备步骤包括:固定钠离子电池正极材料,将市售的硬碳负极材料组装至负极孔位中,正极使用七片,负极使用八片,进行叠片,叠片完成后,焊接极耳与贴高温胶;将电芯转移至手套箱,将裹好隔膜的金属铂参比电极塞进电芯,参比电极尽量靠近工作电极,当前负极为工作电极,放到贴近正积极片的一侧,顶端封好胶带;然后,将电芯装入铝塑膜;在手套箱内,先热封电芯侧面及顶端;紧接着,从未热封端注入电解液;注液完毕,热封注液端;放置适当时间,保证电解液充分浸润极片;最后,将电芯转移出来,二次热封;热封完成后,将电芯转移至45 °C恒温箱中进行陈化制成不同钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置。

[0027] 实施例3:

一种实施例1所述的钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置的应用,包括以下步骤:

步骤1:将HC-1硬碳负极组装至钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置中,并将钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置充满电至SOC为100 %,使用多通道数据记录仪,记录硬碳负极的负极电位,硬碳负极的负极电位小于0 V (vs. Na^+/Na) 则硬碳负极存在析钠风险,硬碳负极的负极电位大于等于0 V (vs. Na^+/Na) 则硬碳负极无析钠风险;

步骤2:将存在析钠风险的硬碳负极再次组装至钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置中,并使用充放电制度对钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置进行充放电,充放电制度见表1,使用多通道数据记录仪,记录硬碳负极达到热力学电位对应的电池荷电态和电池端电压。

[0028] 实施例4:

一种实施例1所述的钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置的应用,包括以下步骤:

步骤1:将HC-2硬碳负极组装至钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置中,并将钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置充满电至SOC为100 %,使用多通道数据记录仪,记录硬碳负极的负极电位,硬碳负极的负极电位小于0 V (vs. Na^+/Na) 则硬碳负极存在析钠风险,硬碳负极的负极电位大于等于0 V (vs. Na^+/Na) 则硬碳负极无析钠风险;

步骤2:将存在析钠风险的硬碳负极再次组装至钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置中,并使用充放电制度对钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置进行充放电,充放电制度见表1,使用多通道数据记录仪,记录硬碳负极达到热力学电位对应的电池荷电态和

电池端电压。

[0029] 实施例5:

一种实施例1所述的钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置的应用,包括以下步骤:

步骤1:将HC-3硬碳负极组装至钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置中,并将钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置充满电至SOC为100 %,使用多通道数据记录仪,记录硬碳负极的负极电位,硬碳负极的负极电位小于0 V (vs. Na^+/Na) 则硬碳负极存在析钠风险,硬碳负极的负极电位大于等于0 V (vs. Na^+/Na) 则硬碳负极无析钠风险;

步骤2:将存在析钠风险的硬碳负极再次组装至钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置中,并使用充放电制度对钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置进行充放电,充放电制度见表1,使用多通道数据记录仪,记录硬碳负极达到热力学电位对应的电池荷电态和电池端电压。

[0030] 实施例6:

一种实施例1所述的钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置的应用,包括以下步骤:

步骤1:将HC-4硬碳负极组装至钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置中,并将钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置充满电至SOC为100 %,使用多通道数据记录仪,记录硬碳负极的负极电位,硬碳负极的负极电位小于0 V (vs. Na^+/Na) 则硬碳负极存在析钠风险,硬碳负极的负极电位大于等于0 V (vs. Na^+/Na) 则硬碳负极无析钠风险;

步骤2:将存在析钠风险的硬碳负极再次组装至钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置中,并使用充放电制度对钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置进行充放电,充放电制度见表1,使用多通道数据记录仪,记录硬碳负极达到热力学电位对应的电池荷电态和电池端电压。

[0031] 实施例7:

一种实施例1所述的钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置的应用,包括以下步骤:

步骤1:将HC-1硬碳负极组装至钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置中,并将钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置充满电至SOC为100 %,使用多通道数据记录仪,记录硬碳负极的负极电位,硬碳负极的负极电位小于-2 V (vs. Pt) 则硬碳负极存在析钠风险,硬碳负极的负极电位大于等于-2 V (vs. Pt) 则硬碳负极无析钠风险;

步骤2:将存在析钠风险的硬碳负极再次组装至钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置中,并使用充放电制度对钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置进行充放电,充放电制度见表1,使用多通道数据记录仪,记录硬碳负极达到热力学电位对应的电池荷电态和电池端电压。

[0032] 实施例8:

一种实施例1所述的钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置的应用,包括以下步骤:

步骤1:将HC-2硬碳负极组装至钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置中,并将钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置充满电至SOC为100 %,使用多通道数据记录仪,记录

硬碳负极的负极电位,硬碳负极的负极电位小于-2 V(vs. Pt)则硬碳负极存在析钠风险,硬碳负极的负极电位大于等于-2 V(vs. Pt)则硬碳负极无析钠风险;

步骤2:将存在析钠风险的硬碳负极再次组装至钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置中,并使用充放电制度对钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置进行充放电,充放电制度见表1,使用多通道数据记录仪,记录硬碳负极达到热力学电位对应的电池荷电态和电池端电压。

[0033] 实施例9:

一种实施例1所述的钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置的应用,包括以下步骤:

步骤1:将HC-3硬碳负极组装至钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置中,并将钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置充满电至SOC为100 %,使用多通道数据记录仪,记录硬碳负极的负极电位,硬碳负极的负极电位小于-2 V(vs. Pt)则硬碳负极存在析钠风险,硬碳负极的负极电位大于等于-2 V(vs. Pt)则硬碳负极无析钠风险;

步骤2:将存在析钠风险的硬碳负极再次组装至钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置中,并使用充放电制度对钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置进行充放电,充放电制度见表1,使用多通道数据记录仪,记录硬碳负极达到热力学电位对应的电池荷电态和电池端电压。

[0034] 实施例10:

一种实施例1所述的钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置的应用,包括以下步骤:

步骤1:将HC-4硬碳负极组装至钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置中,并将钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置充满电至SOC为100 %,使用多通道数据记录仪,记录硬碳负极的负极电位,硬碳负极的负极电位小于-2 V(vs. Pt)则硬碳负极存在析钠风险,硬碳负极的负极电位大于等于-2 V(vs. Pt)则硬碳负极无析钠风险;

步骤2:将存在析钠风险的硬碳负极再次组装至钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置中,并使用充放电制度对钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置进行充放电,充放电制度见表1,使用多通道数据记录仪,记录硬碳负极达到热力学电位对应的电池荷电态和电池端电压。

[0035] 测试结果

表1 实施例3至10的充放电制度

工步号	工步名称	倍率 (C)	截止电压 (V)
1	搁置	/	/
2	恒流充电	0.05	3.45
3	恒流充电	0.1	3.65
4	恒流充电	0.2	3.8
5	恒流充电	0.4	3.9
6	搁置	/	/
7	恒流放电	0.3	2
8	搁置	/	/
9	恒流恒压充电	0.5	/

[0036] 表2 实施例3至6的硬碳负极析钠风险检测结果

	硬碳种类	SOC (%)	负极电位 (V vs. Na ⁺ /Na)	析钠风险
实施例 3	HC-1	100	0.11	无
实施例 4	HC-2	100	-0.25	轻微
实施例 5	HC-3	100	-0.36	中等
实施例 6	HC-4	100	-0.75	严重

[0037] 如表2所示,表2显示了实施例3至6中使用参比电极为钠金属参比电极的钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置(参比电极为钠金属参比电极)测试不同硬碳负极在充电过程中的负极电位,结果显示,HC-1的负极电位大于0 V,表明HC-1硬碳负极不存在析钠风险;HC-2的负极电位小于0 V,但不显著,表明HC-1硬碳负极存在轻微析钠风险;HC-3的负极电位显著小于0 V,表明HC-1硬碳负极存在中等析钠风险,HC-4的负极电位极其显著地小于0 V,表明HC-4硬碳负极存在严重析钠风险。

[0038] 表3 实施例3至6的硬碳负极抗析钠性能检测结果

	硬碳种类	SOC (%)	电池端电压 (V)	应对析钠能力
实施例 3	HC-1	92	3.8	优
实施例 4	HC-2	85	3.75	中
实施例 5	HC-3	75	3.6	中
实施例 6	HC-4	40	3.5	差

[0039] 如表3所示,表3显示了实施例3至6中使用参比电极为钠金属参比电极的钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置测试不同硬碳负极在充电过程中的SOC和电池端电压;结果显示,HC-1硬碳负极的SOC大于90 %和电池端电压大于3.79 V,表明HC-1硬碳负极属于优等抗析钠性能;HC-2硬碳负极和HC-3硬碳负极的SOC在60 %至90 %之间,电池端电压在3.55 V至3.79 V之间,表明HC-2硬碳负极和HC-3硬碳负极属于中等抗析钠性能;HC-4硬碳负极的SOC低于60 %和电池端电压低于3.55 V以下,表明HC-4硬碳负极属于劣等抗析钠性能;

如图3所示,图3显示了实施例3至6钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置测试不同硬碳负极后拆解硬碳负极的示意图,从图3的结果中可以看出将HC-1硬碳负极、HC-2硬碳负极、HC-3硬碳负极和C-4硬碳负极拆解后的析钠状态与上述结果一致,此外从图3中也可以看出仅通过拆解观察,对于硬碳负极仅能观察是否存在析钠风险无法精确观察硬碳负极的抗析钠性能,而本发明提供的装置则是能够精确分析硬碳负极的析钠风险和抗析钠性能。

[0040] 表4 实施例7至10的硬碳负极析钠风险检测结果

	硬碳种类	SOC (%)	负极电位 (V vs. Pt)	析钠风险
实施例 7	HC-1	100	-1.97	无
实施例 8	HC-2	100	-2.13	轻微
实施例 9	HC-3	100	-2.45	中等
实施例 10	HC-4	100	-2.86	严重

[0041] 如表4所示,表4显示了实施例7至10中使用参比电极为铂金属参比电极的钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置测试不同硬碳负极在充电过程中的负极电位,结果显示,HC-1的负极电位大于-2 V,表明HC-1硬碳负极不存在析钠风险;HC-2的负极电位小于-2 V,

但不显著,表明HC-1硬碳负极存在轻微析钠风险;HC-3的负极电位显著小于-2 V,表明HC-1硬碳负极存在中等析钠风险,HC-4的负极电位极其显著地小于-2 V,表明HC-4硬碳负极存在严重析钠风险,上述结果与钠金属参比电极结果一致。

[0042] 表5 实施例7至10的硬碳负极抗析钠性能检测结果

	硬碳种类	SOC (%)	电池端电压 (V)	应对析钠能力
实施例 7	HC-1	92	3.8	优
实施例 8	HC-2	85	3.75	中
实施例 9	HC-3	75	3.6	中
实施例 10	HC-4	40	3.5	差

[0043] 如表5所示,表5显示了实施例7至10中使用参比电极为铂金属参比电极的钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置测试不同硬碳负极在充电过程中的SOC和电池端电压,结果显示,HC-1硬碳负极的SOC大于90 %和电池端电压大于3.79 V,表明HC-1硬碳负极属于优等抗析钠性能;HC-2硬碳负极和HC-3硬碳负极的SOC在60 %至90 %之间,电池端电压在3.55 V至3.79 V之间,表明HC-2硬碳负极和HC-3硬碳负极属于中等抗析钠性能;HC-4硬碳负极的SOC低于60 %和电池端电压低于3.55 V以下,表明HC-4硬碳负极属于劣等抗析钠性能;上述结果与与钠金属参比电极结果一致;从表4和表5的结果可以看出在检测不同硬碳负极的析钠性能时,使用钠金属参比电极和铂金属参比电极制备本发明提供的钠离子电池硬碳负极析钠性能检测装置具有相同的技术效果。

[0044] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例,并非对本发明作任何限制,凡是根据本发明技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、变更以及等效变换,均仍属于本发明技术方案的保护范围。

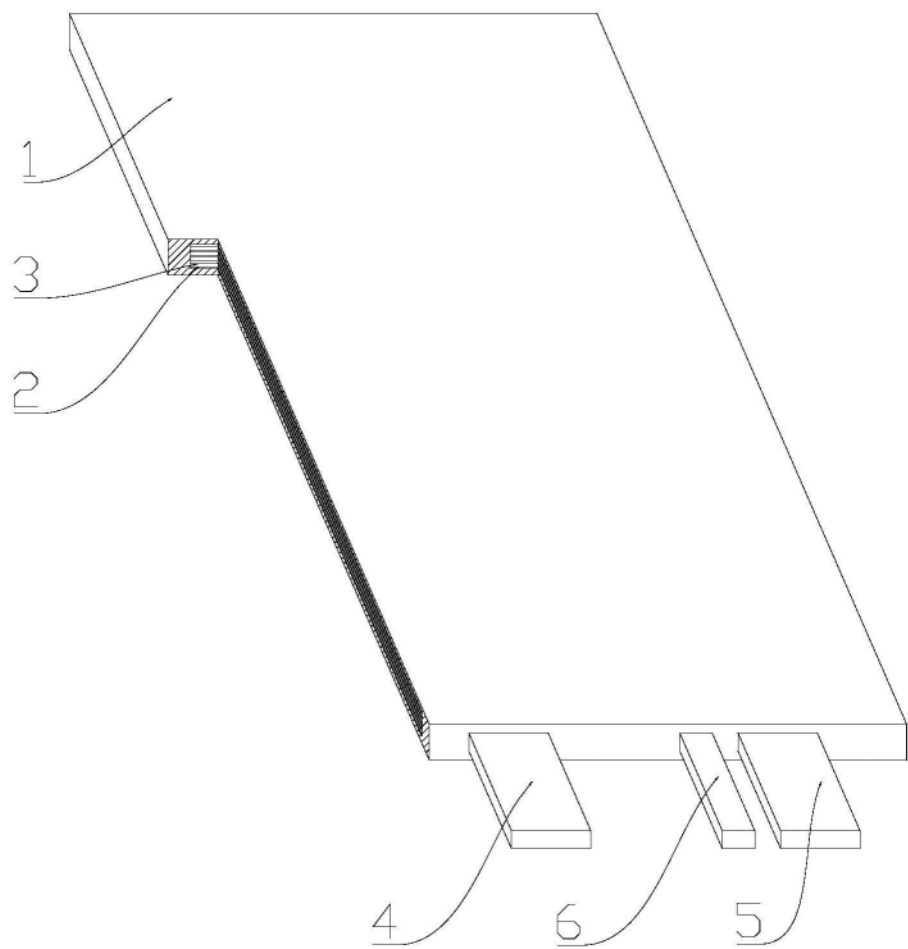


图1

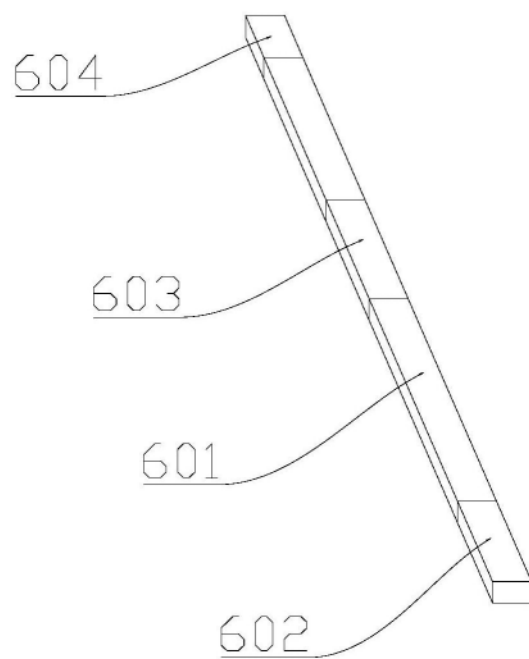


图2

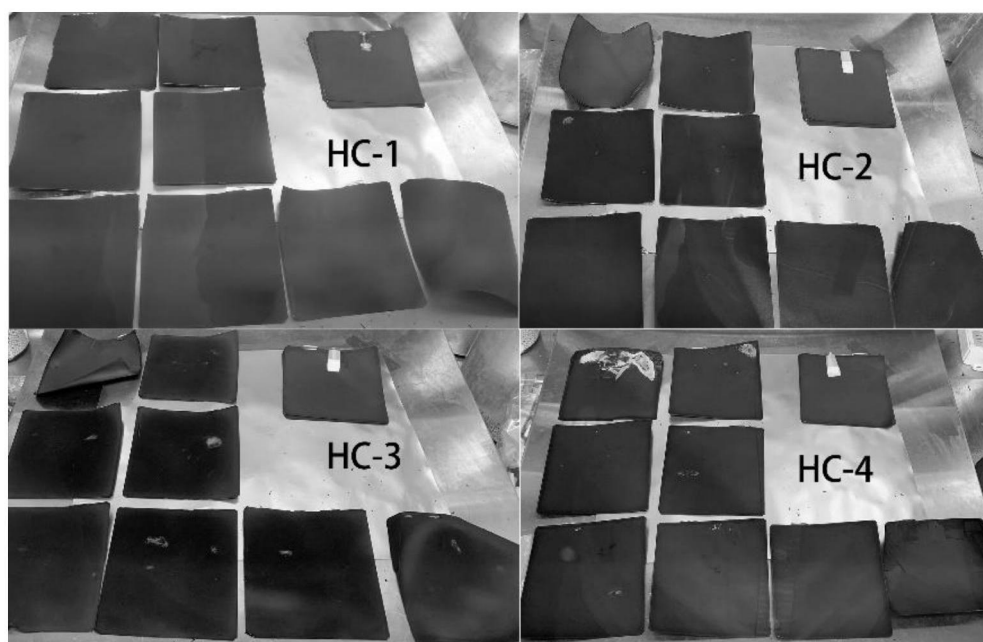


图3