



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118198540 A

(43) 申请公布日 2024. 06. 14

(21) 申请号 202410379060.2

(22) 申请日 2024.03.29

(71) 申请人 珠海冠宇电池股份有限公司

地址 519180 广东省珠海市斗门区井岸镇
珠峰大道209号

(72) 发明人 高刚 王玉荣 王烽

(74) 专利代理机构 北京同立钧成知识产权代理
有限公司 11205

专利代理师 李国祥 刘芳

(51) Int. Cl.

H01M 10/44 (2006.01)

H01M 10/48 (2006.01)

H02J 7/00 (2006.01)

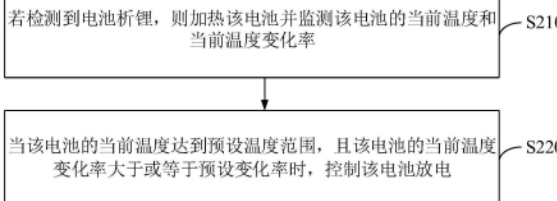
权利要求书2页 说明书11页 附图6页

(54) 发明名称

充放电方法、装置及电子设备、存储介质

(57) 摘要

本申请提供一种充放电方法、装置及电子设备、存储介质。该方法包括：若检测到电池析锂，则加热所述电池并监测所述电池的当前温度和当前温度变化率；当所述电池的当前温度达到预设温度范围，且所述电池的当前温度变化率大于或等于预设变化率时，控制所述电池放电。本申请的方法可以解决如何保障电池的使用安全性和减少电池容量寿命的损失的问题。



1. 一种充放电方法,其特征在于,包括:
若检测到电池析锂,则加热所述电池并监测所述电池的当前温度和当前温度变化率;
当所述电池的当前温度达到预设温度范围,且所述电池的当前温度变化率大于或等于预设变化率时,控制所述电池放电。
2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述控制所述电池放电,包括:
按照预设放电规则,控制所述电池放电;
其中,所述预设放电规则,包括:以预设放电倍率控制电池放电。
3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述以预设放电倍率控制电池放电,包括:
以第一放电倍率控制电池放电,当电池的当前剩余电量达到第一电量时,以第二放电倍率控制电池放电;
当电池的当前剩余电量达到第二电量时,以第三放电倍率控制电池放电,直到电池的当前剩余电量为零;
其中,所述第一放电倍率小于所述第二放电倍率,且大于所述第三放电倍率。
4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述控制所述电池放电的过程中,所述方法还包括:
监测所述电池的当前温度和当前温度变化率;
当所述电池的当前温度变化率小于所述预设变化率时,控制所述电池升温预设温度后,返回执行步骤所述监测所述电池的当前温度和当前温度变化率;
所述控制所述电池放电包括:
直到所述电池的当前温度变化率大于或等于所述预设变化率时,控制所述电池继续放电。
5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述控制所述电池升温预设温度后,返回执行步骤所述监测所述电池的当前温度和当前温度变化率包括:
控制所述电池升温预设温度,并等待预设时长后,返回执行步骤所述监测所述电池的当前温度和当前温度变化率。
6. 根据权利要求4或5所述的方法,其特征在于,所述控制所述电池继续放电包括:
获取所述电池的当前温度变化率大于或等于所述预设变化率时的电池的参考温度;
维持所述电池的当前温度大于或等于所述参考温度,且小于温度阈值,控制所述电池继续放电。
7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,所述维持所述电池的当前温度,控制所述电池继续放电的过程中,所述方法还包括:
监测所述电池的当前温度变化率;
所述控制所述电池继续放电包括:
当所述电池的当前温度变化率小于所述预设变化率时,停止维持所述电池的当前温度,并控制所述电池继续放电。
8. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述停止维持所述电池的当前温度,并控制所述电池继续放电后,所述方法还包括:
判断是否达到放电截止条件;
若否,则控制所述电池继续放电,并返回执行步骤所述判断是否达到放电截止条件;

若是,则停止控制所述电池放电。

9.一种充放电装置,其特征在于,包括:

检测模块,用于检测电池是否析锂;

加热模块,用于若检测到电池析锂,则加热所述电池;

监测模块,用于加热所述电池的过程中,监测所述电池的当前温度和当前温度变化率;

控制模块,用于当所述电池的当前温度达到预设温度范围,且所述电池的当前温度变化率大于或等于预设变化率时,控制所述电池放电。

10.一种电子设备,其特征在于,包括:处理器,以及与所述处理器通信连接的存储器;

所述存储器存储计算机执行指令;

所述处理器执行所述存储器存储的计算机执行指令,以实现如权利要求1至8中任一项所述的方法。

11.一种计算机可读存储介质,其特征在于,所述计算机可读存储介质中存储有计算机执行指令,当所述指令被执行时,使得计算机执行如权利要求1-8中任一项所述的方法。

充放电方法、装置及电子设备、存储介质

技术领域

[0001] 本申请涉及电池控制技术,尤其涉及一种充放电方法、装置及电子设备、存储介质。

背景技术

[0002] 随着新能源技术的发展,锂离子二次电池以其高能量密度、长循环寿命等优点得到大量的应用。随着客户对快充需求的提升,使得锂电池大多以大倍率充电,这就使得电池析锂风险不断提升。除此以外,电池老化后或者一些极端工况下电池很可能发生析锂。

[0003] 析锂检测技术的滞后性导致一部分析出的锂变成死锂。死锂,指的是析出的锂由于副反应,被新形成的SEI膜包裹,失去电连接,转换成非活性锂,不能再回嵌进负极活性材料。死锂不仅造成电池容量快速衰减,更会导致安全问题,使电池热安全性变差,更容易发生热失控。传统方案只能将析出的锂中未转变成死锂的部分做恢复活性的处理,但对死锂却无能为力。

[0004] 因此,保障电池的使用安全性和减少电池容量寿命的损失,仍然是需要解决的。

发明内容

[0005] 本申请提供一种充放电方法、装置及电子设备、存储介质,用以解决保障电池的使用安全性和减少电池容量寿命的损失的问题。

[0006] 第一方面,本申请提供一种充放电方法,包括:

[0007] 若检测到电池析锂,则加热所述电池并监测所述电池的当前温度和当前温度变化率;

[0008] 当所述电池的当前温度达到预设温度范围,且所述电池的当前温度变化率大于或等于预设变化率时,控制所述电池放电。

[0009] 其中一个实施例中,所述控制所述电池放电,包括:

[0010] 按照预设放电规则,控制所述电池放电;

[0011] 其中,所述预设放电规则,包括:以预设放电倍率控制电池放电。

[0012] 其中一个实施例中,所述以预设放电倍率控制电池放电,包括:

[0013] 以第一放电倍率控制电池放电,当电池的当前剩余电量达到第一电量时,以第二放电倍率控制电池放电;

[0014] 当电池的当前剩余电量达到第二电量时,以第三放电倍率控制电池放电,直到电池的当前剩余电量为零;

[0015] 其中,所述第一放电倍率小于所述第二放电倍率,且大于所述第三放电倍率。

[0016] 其中一个实施例中,所述控制所述电池放电的过程中,所述方法还包括:

[0017] 监测所述电池的当前温度和当前温度变化率;

[0018] 当所述电池的当前温度变化率小于所述预设变化率时,控制所述电池升温预设温度后,返回执行步骤所述监测所述电池的当前温度和当前温度变化率;

[0019] 所述控制所述电池放电包括：

[0020] 直到所述电池的当前温度变化率大于或等于所述预设变化率时，控制所述电池继续放电。

[0021] 其中一个实施例中，所述控制所述电池升温预设温度后，返回执行步骤所述监测所述电池的当前温度和当前温度变化率包括：

[0022] 控制所述电池升温预设温度，并等待预设时长后，返回执行步骤所述监测所述电池的当前温度和当前温度变化率。

[0023] 其中一个实施例中，所述控制所述电池继续放电包括：

[0024] 获取所述电池的当前温度变化率大于或等于所述预设变化率时的电池的参考温度；

[0025] 维持所述电池的当前温度大于或等于所述参考温度，且小于温度阈值，控制所述电池继续放电。

[0026] 其中一个实施例中，所述维持所述电池的当前温度，控制所述电池继续放电的过程中，所述方法还包括：

[0027] 监测所述电池的当前温度变化率；

[0028] 所述控制所述电池继续放电包括：

[0029] 当所述电池的当前温度变化率小于所述预设变化率时，停止维持所述电池的当前温度，并控制所述电池继续放电。

[0030] 其中一个实施例中，所述停止维持所述电池的当前温度，并控制所述电池继续放电后，所述方法还包括：

[0031] 判断是否达到放电截止条件；

[0032] 若否，则控制所述电池继续放电，并返回执行步骤所述判断是否达到放电截止条件；

[0033] 若是，则停止控制所述电池放电。

[0034] 第二方面，本申请提供一种充放电装置，包括：

[0035] 检测模块，用于检测电池是否析锂；

[0036] 加热模块，用于若检测到电池析锂，则加热所述电池；

[0037] 监测模块，用于加热所述电池的过程中，监测所述电池的当前温度和当前温度变化率；

[0038] 控制模块，用于当所述电池的当前温度达到预设温度范围，且所述电池的当前温度变化率大于或等于预设变化率时，控制所述电池放电。

[0039] 第三方面，本申请提供一种电子设备，包括：处理器，以及与所述处理器通信连接的存储器；

[0040] 所述存储器存储计算机执行指令；

[0041] 所述处理器执行所述存储器存储的计算机执行指令，以实现如第一方面所述的方法。

[0042] 第四方面，本申请提供一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质中存储有计算机执行指令，当所述指令被执行时，使得计算机执行如第一方面所述的方法。

[0043] 综上，本申请的实施例提供的充放电方法包括：若检测到电池析锂，则加热该电池

并监测该电池的当前温度和当前温度变化率;当该电池的当前温度达到预设温度范围,且该电池的当前温度变化率大于或等于预设变化率时,控制该电池放电。

[0044] 其中,该预设温度范围可以基于包裹死锂的SEI膜而设定,以使得该电池的当前温度达到该预设温度范围时,电池的负极活性材料表面正常致密SEI膜不分解,使包裹死锂的疏松SEI膜分解,从而在压力的作用下恢复死锂与负极活性材料之间的电连接。因此,本实施例提供的该充放电方法可以使死锂恢复与负极活性材料之间的电连接,使死锂恢复火星,从而改善析锂情况,保持电池容量,提升电池寿命,避免电池容量快速衰减,还可以消除安全隐患,提升电池热安全性。以上,本实施例可以解决如何保障电池的使用安全性和减少电池容量寿命的损失的问题。

附图说明

[0045] 此处的附图被并入说明书中并构成本说明书的一部分,示出了符合本公开的实施例,并与说明书一起用于解释本公开的原理。

[0046] 图1为本申请提供的充放电方法的一种应用场景示意图;

[0047] 图2为本申请的一个实施例提供的充放电方法的流程示意图;

[0048] 图3为本申请的一个实施例提供的电池加热电路的示意图;

[0049] 图4为本申请的一个实施例提供的充放电方法中放电规则1的放电示意图;

[0050] 图5为本申请的一个实施例提供的充放电方法中放电规则2的放电示意图;

[0051] 图6为本申请的一个实施例提供的充放电方法中放电规则3的放电示意图;

[0052] 图7为本申请的一个实施例提供的充放电方法中放电规则4的放电示意图;

[0053] 图8为本申请的一个实施例提供的充放电方法中放电规则5的放电示意图;

[0054] 图9为本申请的一个实施例提供的充放电方法中电池的容量衰减曲线;

[0055] 图10为本申请的一个实施例提供的充放电方法中ARC测试的测试结果图;

[0056] 图11为本申请的又一个实施例提供的充放电方法的流程示意图;

[0057] 图12为本申请的一个实施例提供的充放电装置的示意图;

[0058] 图13为本申请的一个实施例提供的电子设备的示意图。

[0059] 通过上述附图,已示出本公开明确的实施例,后文中将有更详细的描述。这些附图和文字描述并不是为了通过任何方式限制本公开构思的范围,而是通过参考特定实施例为本领域技术人员说明本公开的概念。

具体实施方式

[0060] 这里将详细地对示例性实施例进行说明,其示例表示在附图中。下面的描述涉及附图时,除非另有表示,不同附图中的相同数字表示相同或相似的要素。以下示例性实施例中所描述的实施方式并不代表与本公开相一致的所有实施方式。相反,它们仅是与如所附权利要求书中所详述的、本公开的一些方面相一致的装置和方法的例子。

[0061] 在本申请的描述中,需要理解的是,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本申请的描述中,“多个”的含义是两个或两个以上,除非另有明确具体的限定。

[0062] 随着新能源技术的发展,锂离子二次电池以其高能量密度、长循环寿命等优点得到大量的应用。随着客户对快充需求的提升,使得锂电池大多以大倍率充电,这就使得电池析锂风险不断提升。除此以外,电池老化后或者一些极端工况下电池很可能发生析锂。

[0063] 析锂检测技术的滞后性导致一部分析出的锂变成死锂。死锂,指的是析出的锂由于副反应,被新形成的固体电解质界面(Solid Electrolyte Interphase,简称SEI)膜包裹,失去电连接,转换成非活性锂,不能再回嵌进负极活性材料。死锂不仅造成电池容量快速衰减,更会导致安全问题,使电池热安全性变差,更容易发生热失控。传统方案只能将析出的锂中未转变成死锂的部分做恢复活性的处理,但对死锂却无能为力。

[0064] 因此,保障电池的使用安全性和减少电池容量寿命的损失,仍然是需要解决的。

[0065] 基于此,本申请提供一种充放电方法、装置及电子设备、存储介质。该充放电方法包括:若检测到电池析锂,则加热该电池并监测该电池的当前温度和当前温度变化率;当该电池的当前温度达到预设温度范围,且该电池的当前温度变化率大于或等于预设变化率时,控制该电池放电。

[0066] 其中,该预设温度范围可以基于包裹死锂的SEI膜而设定,以使得该电池的当前温度达到该预设温度范围时,电池的负极活性材料表面正常致密SEI膜不分解,使包裹死锂的疏松SEI膜分解,从而在压力的作用下恢复死锂与负极活性材料之间的电连接。因此,本实施例提供的该充放电方法可以使死锂恢复与负极活性材料之间的电连接,使死锂恢复火星,从而改善析锂情况,保持电池容量,提升电池寿命,避免电池容量快速衰减,还可以消除安全隐患,提升电池热安全性。以上,本申请可以解决如何保障电池的使用安全性和减少电池容量寿命的损失的问题。

[0067] 本申请提供的充放电方法应用于电子设备,该电子设备例如控制电池充放电的处理器、计算机等。图1为本申请提供的充放电方法的应用示意图,图中,该电子设备检测到电池析锂后,监测电池的当前温度,若电池的当前温度达到预设温度范围,监测电池的当前温度达到预设温度范围后的电池的温度变化率。若电池的温度变化率大于或等于预设变化率,控制电池放电。

[0068] 请参见图2,本申请的实施例提供一种充放电方法,包括:

[0069] S210,若检测到电池析锂,则加热该电池并监测该电池的当前温度和当前温度变化率。

[0070] 该电池的负极活性材料可以是石墨,氧化硅(SiO),碳化硅(SiC),石墨中掺SiO、SiC、锂金属等。本实施例对该电池的正极材料无要求,该电池的正极可以是钴酸锂、磷酸铁锂、钠离子电池等。本实施例对该电池的外形也无要求,该电池可以是软包电池、方壳电池、圆柱电池等。该电池可以是固态电池或液态电池。

[0071] 所描述的检测到电池析锂,包括该电池正在析锂、电池之前有过析锂。也就是说,只要该电池有析锂,即认定该电池析锂。

[0072] 可选的,采用析锂检测技术检测电池是否析锂。该析锂检测技术可以包括以下任意一种或多种:基于外特性的库伦效率法、阿伦尼乌斯曲线法、阻抗变化法、负极电位测量法、电压弛豫法、电化学阻抗谱法、厚度测量法、超声波检测法等,也可以是核磁共振技术、中子技术、还原滴定技术等,还可以是其他可以检测析锂的技术。

[0073] 以厚度测量法为例说明检测电池是否析锂的具体步骤。

[0074] 步骤一,分别定义第一电池厚度和第二电池厚度。其中,该第二电池厚度为电池当前满电的电池厚度,该第一电池厚度为电池上一次满电的电池厚度。需要说明的是,每次充满电,该第一电池厚度和该第二电池厚度依次更新,更新过程为该第一电池厚度=该第二电池厚度,该第二电池厚度=当前满电的电池厚度。

[0075] 步骤二,获取第一差值和该第一电池厚度的比值。该第一差值=该第二电池厚度-该第一电池厚度。当该比值超过厚度变化预设值时,确定电池析锂。基于经验,该厚度变化预设值可以为2%~5%。

[0076] 以上。

[0077] 若检测到电池析锂,则加热该电池并实时监测该电池的当前温度和当前温度变化率。可选的,可以利用加热膜对该电池进行加热,或者使用其他设备对该电池进行加热,本实施例不做限定。

[0078] 可选的,请参见图3,闭合开关100后,用加热膜200将电池300加热至该预设温度范围。

[0079] 优选的,为了降低加热效率对齐度的影响,规定加热膜的宽度和高度均大于或等于电池宽度的二分之一,且小于或等于电池宽度与宽度允许值之间的差值。即,加热膜的宽度W满足:电池宽度/2 $\leq$ W $\leq$ 电池宽度-5。加热膜的高度H满足:电池高度/2 $\leq$ H $\leq$ 电池高度-5。

[0080] S220,当该电池的当前温度达到预设温度范围,且该电池的当前温度变化率大于或等于预设变化率时,控制该电池放电。

[0081] 可选的,在对电池加热的过程中,实时监测电池的当前温度是否达到预设温度范围,当达到预设温度范围后,再获取电池的当前温度变化率。

[0082] 该预设温度范围中的最小值可以表述为T0,最大值可以表述为T1-5。当电池的当前温度大于或等于T0,且小于或等于T1-5时,确定电池的当前温度达到该预设温度范围。

[0083] 可选的,T0代表包裹电池死锂的SEI膜的分解温度。此时,T0可以通过离线加速量热仪(Accelerating Rate Calorimeter,简称ARC)测试获得。具体的,将电池在低温下进行大倍率充电,使电池析锂,然后在满电状态进行ARC测试,获取到的自产热温度即为T0。

[0084] 需要说明的是,对电池加热,当电池开始发生副反应自产热,则会使热量累积,导致温度逐渐升高,最终可能发生热失控,所以将自产热起始温度作为电池的安全阈值。通过锂电池内部各个副反应起始温度的测定,包裹电池死锂的SEI膜分解副反应产热是最早发生的,所以考虑以包裹电池死锂的SEI膜的分解温度为参考来控制电池充放电。

[0085] 可选的,T1代表该电池的负极活性材料表面的SEI膜的分解温度。之所以设定该预设温度范围的最大值为T1-5,是考虑到电池内部的温差可能会导致电池最高温度超过T1,因此以T1-5限制电池最高温度。负极活性材料表面的SEI膜的分解温度T1可以通过离线ARC测试获得。具体的,不进行析锂测试,直接将电池满电状态进行ARC测试,获取自产热温度即为T1。

[0086] 需要说明的是,该负极活性材料表面的SEI膜在电池生产过程中在特定工艺特性条件下生成,分为两层,第一层主要为碳酸锂(Li₂CO₃)、氟化锂(LiF)等无机盐,第二层主要为烷基氧锂(ROLi)和烷基碳酸锂(ROCO₂Li)等有机物。该负极活性材料表面的SEI膜中无机成分占比较大,且结构致密,界面稳定性相对较好,所以热稳定性好。而该包裹电池死锂的

SEI膜无明显的分层且含有较高比例的有机成分,这些有机物在高温条件下更容易发生热分解和挥发,进而导致膜层的破坏。且该包裹电池死锂的SEI膜的结构松散,内部含有很多孔隙和缺陷,热稳定性差,更易发生分解并放热。本实施例将电池的当前温度控制在 $T_0 \sim T_1 - 5$ 之间,可以保证电池的负极活性材料表面正常致密SEI膜(即该负极活性材料表面的SEI膜)不分解的前提下,使包裹死锂的疏松SEI膜(即该包裹电池死锂的SEI膜)分解,从而在压力的作用下恢复死锂与负极活性材料之间的电连接。

[0087] 若电池的当前温度达到该预设温度范围,则监测该电池的温度变化率。

[0088] 由于不同材料体系的电池对应的 T_0 不同,本实施例假设当电池的当前温度变化率 $dT/dt \geq 0.02^\circ\text{C}/\text{min}$,即认为SEI膜开始分解。即,该预设变化率等于 $0.02^\circ\text{C}/\text{min}$ 。

[0089] 当电池的当前温度在该预设温度范围,且检测到温度变化率 $dT/dt \geq 0.02^\circ\text{C}/\text{min}$ 时,开始控制电池放电。

[0090] 可选的,在放电过程中,监测电池电量,若电池电量为零,控制电池停止放电。

[0091] 或者,若电池电量为预设电量,控制电池停止放电。

[0092] 综上,本实施例提供的充放电方法包括:若检测到电池析锂,则加热该电池并监测该电池的当前温度和当前温度变化率;当该电池的当前温度达到预设温度范围,且该电池的当前温度变化率大于或等于预设变化率时,控制该电池放电。

[0093] 其中,该预设温度范围可以基于包裹死锂的SEI膜而设定,以使得该电池的当前温度达到该预设温度范围时,电池的负极活性材料表面正常致密SEI膜不分解,使包裹死锂的疏松SEI膜分解,从而在压力的作用下恢复死锂与负极活性材料之间的电连接。因此,本实施例提供的该充放电方法可以使死锂恢复与负极活性材料之间的电连接,使死锂恢复火星,从而改善析锂情况,保持电池容量,提升电池寿命,避免电池容量快速衰减,还可以消除安全隐患,提升电池热安全性。以上,本实施例可以解决如何保障电池的使用安全性和减少电池容量寿命的损失的问题。

[0094] 一些实施例中,控制该电池放电的过程中,该方法还包括:

[0095] 步骤一,监测该电池的当前温度和当前温度变化率。

[0096] 该电池的当前温度和当前温度变化率处于变化中,为了防止电池的损坏,需要实时监测电池的当前温度和当前温度变化率。

[0097] 步骤二,当该电池的当前温度变化率小于该预设变化率时,控制该电池升温预设温度后,返回执行步骤该监测该电池的当前温度和当前温度变化率。

[0098] 假设该预设变化率等于 $0.02^\circ\text{C}/\text{min}$,若电池的当前温度变化率 $dT/dt < 0.02^\circ\text{C}/\text{min}$,则控制该电池升温预设温度,并返回执行步骤一。优选的,控制该电池升温预设温度,并等待预设时长后,返回执行步骤一。

[0099] 该预设温度可以是 2°C ,该预设时长可以 $20\text{min} - 40\text{min}$ 。升温后的电池温度为 $T + 2^\circ\text{C}$,其中 T 代表电池的当前温度。

[0100] 若电池的当前温度变化率仍小于该预设变化率,则继续升温 2°C ,等待并检测电池的当前温度和当前温度变化率,直到电池的当前温度变化率 $dT/dt \geq 0.02^\circ\text{C}/\text{min}$,控制电池继续放电。即,只要确定一次电池的当前温度变化率小于该预设变化率,则控制电池升温 2°C 。

[0101] 优选的,若电池的当前温度升温至 $T_1 - 10^\circ\text{C}$,但电池的温度变化率 $dT/dt < 0.02^\circ\text{C}/$

min,未达到要求,则认为此次死锂已经消除。其中,T1为覆盖在电池的负极活性材料表面的SEI膜的分解温度。负极活性材料表面的SEI膜的分解温度T1可以通过离线ARC测试获得。具体的,不进行析锂测试,直接将电池满电状态进行ARC测试,获取自产热温度即为T1。

[0102] 一些实施例中,控制电池继续放电包括:

[0103] 步骤一,获取该电池的当前温度变化率大于或等于该预设变化率时的电池的当前温度。

[0104] 若该预设变化率等于 $0.02^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。则记录 $dT/dt \geq 0.02^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 时电池的参考温度T2。

[0105] 步骤二,维持该电池的当前温度大于或等于该参考温度,且小于温度阈值,控制该电池继续放电。

[0106] 该温度阈值可以是如上所描述的T1-5。

[0107] 在控制电池放电的过程中维持电池的当前温度可以有效提高电池放电效率,更准确得控制电池析锂。

[0108] 一些实施例中,维持该电池的当前温度,控制该电池继续放电的过程中,该方法还包括:

[0109] 步骤一,监测该电池的当前温度变化率。

[0110] 步骤二,当该电池的当前温度变化率小于该预设变化率时,停止维持该电池的当前温度,并控制该电池继续放电。

[0111] 也就是说,在维持该电池的当前温度大于或等于该参考温度T2,且小于温度阈值后,还需要监测该电池的当前温度变化率 dT/dt 。

[0112] 当 dT/dt 小于该预设变化率,例如 dT/dt 小于 $0.02^{\circ}\text{C}/\text{min}$,则不用再维持电池温度,继续按照放电规则控制电池放电即可。

[0113] 一些实施例中,该停止维持该电池的当前温度,并控制该电池继续放电后,该方法还包括:

[0114] 步骤一,判断是否达到放电截止条件。

[0115] 该放电截止条件可以是达到预设放电时长、电池电量为0、电池电量达到预设电量中的任意一个条件或任意多个条件。

[0116] 步骤二,若否,则控制该电池继续放电,并返回执行步骤该判断是否达到放电截止条件。

[0117] 没有达到放电截止条件时,继续按照预设放电规则控制电池放电。

[0118] 步骤三,若是,则停止控制该电池放电。

[0119] 达到放电截止条件时,结束电池的放电控制。

[0120] 一些实施例中,控制该电池放电时,按照预设放电规则控制该电池放电。该预设放电规则包括:以预设放电倍率控制电池放电。

[0121] 例如,以第一放电倍率控制电池放电,当电池的当前剩余电量达到第一电量时,以第二放电倍率控制电池放电。当电池的当前剩余电量达到第二电量时,以第三放电倍率控制电池放电,直到电池的当前剩余电量为零。其中,该第一放电倍率小于该第二放电倍率,且大于该第三放电倍率。

[0122] 请参见图4所示的放电规则1的放电示意图和图5所示的放电规则2的放电示意图,

放电过程整体可分为三个阶段。该预设放电倍率包括：第一阶段放电倍率为 I_1 ，第二阶段放电倍率为 I_2 ，第三阶段放电倍率为 I_3 。其中 $0.04C \leq I_1 \leq 0.2C$ ， $0.2C \leq I_2 \leq 1C$ ， $0.03C \leq I_3 \leq 0.15C$ ， $I_3 \leq I_1 \leq I_2$ 。第一阶段放电的截止条件为放电量 $2\% - 5\%$ SOC (State of Charge, 电池荷电)，第二阶段放电截止条件为 $SOC \leq 10\%$ ，第三阶段放电截止条件为 0% SOC，即电池电量为零。

[0123] 第一阶段放电倍率 I_1 设置得比较小的原因是由于死锂恢复的电连接尚不稳定，需小电流稳固电连接。第三阶段放电倍率 I_3 设置得比较小，是因为后期未回嵌的锂较少，回嵌速度会较慢。第二阶段放电倍率 I_2 设置得比较大，是为了确保析锂改善的同时，缩短析锂的改善时间。

[0124] 如图6所示的放电规则3的放电示意图，若不考虑缩短析锂的改善时间，可以全程以第三阶段放电倍率 I_3 放电。

[0125] 如图7所示的放电规则4的放电示意图，为了更好的保证死锂电连接的稳定性，则电流不宜剧烈变化，所以电流呈阶梯状从 I_1 变化至 I_2 。放电规则4对变化速率和阶梯数无要求，其他条件与放电规则1相同。

[0126] 如图8所示的放电规则5的放电示意图，电流近似线性从 I_1 变化至 I_2 ，其他条件与放电规则1相同。

[0127] 为便于理解，以下再以示例对该充放电方法进行说明。

[0128] 首先，选择测试电池为容量为 $4.6Ah$ ，上限电压为 $4.45V$ ，下限电压为 $3V$ 的钴酸锂/石墨体系软包电池，测试电池均为同型号，同批次的电池。

[0129] 测试主要分为循环测试和ARC测试，其中循环测试分为七组，容量衰减曲线如图9所示，图中黑色虚框内为各对比组析锂位置。

[0130] 基础组 (Base组) 在室温 ($25 \pm 3^\circ C$) 下，按电池规格书规定的工步正常循环测试，即电池在该工步下不会发生析锂，测试工步为： $2C$ 恒流充至 $4.45V$ ，转 $4.45V$ 恒压充电，截止电流为 $0.05C$ ，静置 $10min$ ， $0.5C$ 恒流放至 $3V$ ，静置 $10min$ ，循环 $400Cycle$ 。

[0131] 对比组1-6在室温 ($25^\circ C \pm 3^\circ C$) 下，按大于电池规格书的充电倍率进行循环测试，即电池会发生析锂，测试工步为 $3C$ 恒流充至 $4.45V$ ，转 $4.45V$ 恒压充电，截止电流为 $0.05C$ ，静置 $10min$ ， $0.5C$ 恒流放至 $3V$ ，静置 $10min$ ，循环 $400Cycle$ ，循环过程测试电池均通过原为膨胀仪检测电池厚度变化，厚度变化预设值设定为 3% ，当两次循环间满电厚度变化 $\geq 3\%$ ，即发生严重的析锂，并伴随死锂的形成，此时会将电池的当前温度加热到 T_0 ，静置 $10min$ 。当检测到温度变化率 $dT/dt \geq 0.02^\circ C/min$ 时，按预设放电规则进行放电。其中基于之前同型号正常电池与析锂电池的ARC测试，可知 T_0 为 $50^\circ C$ ， T_1 为 $80^\circ C$ 。其中，对比组1-5分别按放电规则1-5进行放电，而对比组6不进行任何处理，正常循环。

[0132] 放电规则1： $0.04C$ 放 4% SOC的电量， $0.5C$ 放至 5% SOC， $0.04C$ 放至 0% SOC。

[0133] 放电规则2： $0.05C$ 放 4% SOC的电量， $0.7C$ 放至 5% SOC， $0.03C$ 放至 0% SOC。

[0134] 放电规则3： $0.15C$ 放至 0% SOC。

[0135] 放电规则4： $0.04C$ 放 4% SOC的电量， $0.2C$ 放 10% SOC， $0.4C$ 放 10% SOC， $0.6C$ 放电 10% SOC， $1C$ 放至 5% SOC， $0.04C$ 放至 0% SOC。

[0136] 放电规则5： $0.04C$ 放 4% SOC的电量，然后放电倍率以 $0.04C/min$ 的速率增加，直至达到 $1C$ ，然后以 $-0.04C$ 的速率下降至 $0.04C$ 。

[0137] 以此循环,直至SOC达到5%后,0.04C放至0%SOC。

[0138] 其中,之所以以SOC作为各倍率的判定依据,使为了准确计算剩余电量,从而确定放电时间。

[0139] 另外,分别取循环结束后的Base组 and 对比组1-6电池,进行ARC测试,对比自产温度,测试结果如图10所示。测试参数为:起始温度40℃,结束温度100℃,温度台阶5℃,等待时间30min。图10中黑色三角处为对比组6的自产热起始温度T0,即疏松SEI膜分解的温度,为50.4℃。黑色箭头处为Base组和对比组1-5的自产热起始温度T1,分别为81.2℃、80.5℃、80.7℃、81℃、80.1℃、80.9℃。

[0140] 通过图9循环容量保持率与图10的ARC测试结果可知,对比组6由于在析锂后未利用该充放电方法进行死锂消除,循环容量加速衰减,且ARC测试自产热起始温度T0远低于Base组和对比组1-5自产热起始温度T1,说明电池的热安全性很差,容易热累计,发生热失控。而对比组1-5在析锂后利用该充放电方法进行死锂消除,使死锂重新变为活性锂,发挥容量,后续循环容量未出现加速衰减。由此可知,该充放电方法可使死锂恢复活性,从而保持电池容量,提升电池寿命,避免电池容量快速衰减。且对比组1-5经过死锂消除改善工步后,电池自产热起始温度T1远大于对比组6自产热起始温度T0,与Base组相近,说明通过该充放电方法消除了死锂的安全隐患,提升了电池热安全性。

[0141] 为理解方便,以下结合图11的举例,对本申请实施例提供的该充放电方法进行进一步的描述。

[0142] 电池正常使用时,检测电池是否析锂(包括当前正在析锂、之前有析锂)。若电池未析锂,则恢复电池的正常使用,依据需要存储数据。

[0143] 若电池析锂,将电池加热到该预设温度范围,且电池的温度变化率 $dT/dt \geq 0.02^\circ\text{C}/\text{min}$ 时,按照预设放电规则控制电池放电,过程中监控电池的当前温度和当前温度变化率。

[0144] 再判断电池的当前温度变化率 dT/dt 。

[0145] 得出判断结果后的执行过程分为两种:

[0146] 第一种,若电池的当前温度变化率 $dT/dt \geq 0.02^\circ\text{C}/\text{min}$,则记录 $dT/dt \geq 0.02^\circ\text{C}/\text{min}$ 的温度点T2(即上述的该参考温度),并维持 $T2 \leq$ 电池的当前温度 $< T1-5$,并按预设放电规则放电。过程中监控电池的当前温度变化率。

[0147] 第二种,若 $dT/dt \geq 0.02^\circ\text{C}/\text{min}$ 不成立,则升温电池的温度为 $T+2^\circ\text{C}$,其中T代表电池此次升温之前的当前温度。每升温一次,判断一次电池的当前温度变化率,如果 $dT/dt < 0.02^\circ\text{C}/\text{min}$,则继续升温。直到 $dT/dt \geq 0.02^\circ\text{C}/\text{min}$ 时,以第一种执行过程控制电池继续放电。

[0148] 以第一种执行过程控制电池继续放电的过程中监控电池的当前温度变化率后,得出判断结果后的执行过程分为两种:

[0149] 第一种,若电池的当前温度变化率 $dT/dt < 0.02^\circ\text{C}/\text{min}$,不用维持电池温度,继续按照预设放电规则控制电池放电即可,直到达到放电截止条件后,恢复电池的正常使用。

[0150] 第二种,若电池的当前温度变化率 $dT/dt \geq 0.02^\circ\text{C}/\text{min}$,记录 $dT/dt \geq 0.02^\circ\text{C}/\text{min}$ 的温度点T2(即上述的该参考温度),并维持 $T2 \leq$ 电池的当前温度 $< T1-5$,并按预设放电规则放电。过程中监控电池的当前温度变化率。直到电池的当前温度变化率 $dT/dt < 0.02^\circ\text{C}/$

min时,不用维持电池温度,继续按照预设放电规则控制电池放电即可,直到达到放电截止条件后,恢复电池的正常使用。

[0151] 请参见图12,本申请的实施例提供一种充放电装置10,包括:

[0152] 加热模块11,用于若检测到电池析锂,则加热该电池。

[0153] 监测模块12,用于监测该电池的当前温度和当前温度变化率。

[0154] 控制模块13,用于当该电池的当前温度达到预设温度范围,且该电池的当前温度变化率大于或等于预设变化率时,控制该电池放电。

[0155] 该控制模块13具体用于:按照预设放电规则,控制该电池放电;

[0156] 其中,该预设放电规则,包括:以预设放电倍率控制电池放电。

[0157] 该控制模块13具体用于:以第一放电倍率控制电池放电,当电池的当前剩余电量达到第一电量时,以第二放电倍率控制电池放电;当电池的当前剩余电量达到第二电量时,以第三放电倍率控制电池放电,直到电池的当前剩余电量为零;其中,该第一放电倍率小于该第二放电倍率,且大于该第三放电倍率。

[0158] 该监测模块12还用于:监测该电池的当前温度和当前温度变化率。该加热模块11还用于:当该电池的当前温度变化率小于该预设变化率时,控制该电池升温预设温度。该监测模块12还用于控制该电池升温预设温度后,返回执行步骤该监测该电池的当前温度和当前温度变化率。该控制模块13具体用于:直到该电池的当前温度变化率大于或等于该预设变化率时,控制该电池继续放电。

[0159] 该加热模块11具体用于:控制该电池升温预设温度,并等待预设时长。

[0160] 该监测模块12具体用于:等待预设时长后,返回执行步骤该监测该电池的当前温度和当前温度变化率。

[0161] 该控制模块13具体用于:获取该电池的当前温度变化率大于或等于该预设变化率时的电池的参考温度;维持该电池的当前温度大于或等于该参考温度,且小于温度阈值,控制该电池继续放电。

[0162] 维持该电池的当前温度,控制该电池继续放电的过程中,该监测模块12还用于监测该电池的当前温度变化率。该控制模块13具体用于:当该电池的当前温度变化率小于该预设变化率时,停止维持该电池的当前温度,并控制该电池继续放电。

[0163] 该控制模块13还用于:判断是否达到放电截止条件;若否,则控制该电池继续放电,并返回执行步骤该判断是否达到放电截止条件;若是,则停止控制该电池放电。

[0164] 本申请实施例提供的充放电装置,可以执行上述方法实施例中的充放电方法,其实现原理和技术效果类似,在此不再赘述。需要说明的是,上述图11所示的各模块的划分仅是一种示意,本申请对各模块的划分,以及,各模块的命名并不进行限定。

[0165] 请参见图13,本申请还提供一种电子设备20,包括处理器21,以及与该处理器21通信连接的存储器22。该存储器22存储计算机执行指令,该处理器21执行该存储器22存储的计算机执行指令,以实现如以上任一项实施例提供的方法。

[0166] 本申请还提供一种计算机可读存储介质,该计算机可读存储介质中存储有计算机执行指令,当该指令被执行时,使得计算机执行指令被处理器执行时用于实现如上任一项实施例提供的该充放电方法。

[0167] 本申请还提供一种计算机程序产品,包括计算机程序,该计算机程序被处理器执

行时用于实现如上任一项实施例提供的该充放电方法。

[0168] 需要说明的是,上述计算机可读存储介质可以是只读存储器(Read Only Memory, ROM)、可编程只读存储器(Programmable Read-Only Memory, PROM)、可擦除可编程只读存储器(Erasable Programmable Read-Only Memory, EPROM)、电可擦除可编程只读存储器(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory, EEPROM)、磁性随机存取存储器(Ferromagnetic Random Access Memory, FRAM)、快闪存储器(Flash Memory)、磁表面存储器、光盘、或只读光盘(Compact Disc Read-Only Memory, CD-ROM)等存储器。也可以是包括上述存储器之一或任意组合的各种电子设备,如移动电话、计算机、平板设备、个人数字助理等。

[0169] 需要说明的是,在本文中,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者装置不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者装置所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括该要素的过程、方法、物品或者装置中还存在另外的相同要素。

[0170] 上述本申请实施例序号仅仅为了描述,不代表实施例的优劣。

[0171] 通过以上的实施方式的描述,本领域的技术人员可以清楚地了解到上述实施例方法可借助软件加必需的通用硬件平台的方式来实现,当然也可以通过硬件,但很多情况下前者是更佳的实施方式。基于这样的理解,本申请的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储介质(如ROM/RAM、磁碟、光盘)中,包括若干指令用以使得一台终端设备(可以是手机,计算机,服务器,空调器,或者网络设备等)执行本申请各个实施例所描述的方法。

[0172] 本申请是参照根据本申请实施例的方法、设备(系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器,使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0173] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中,使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品,该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

[0174] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上,使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理,从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0175] 以上仅为本申请的优选实施例,并非因此限制本申请的专利范围,凡是利用本申请说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换,或直接或间接运用在其他相关的技术领域,均同理包括在本申请的专利保护范围内。

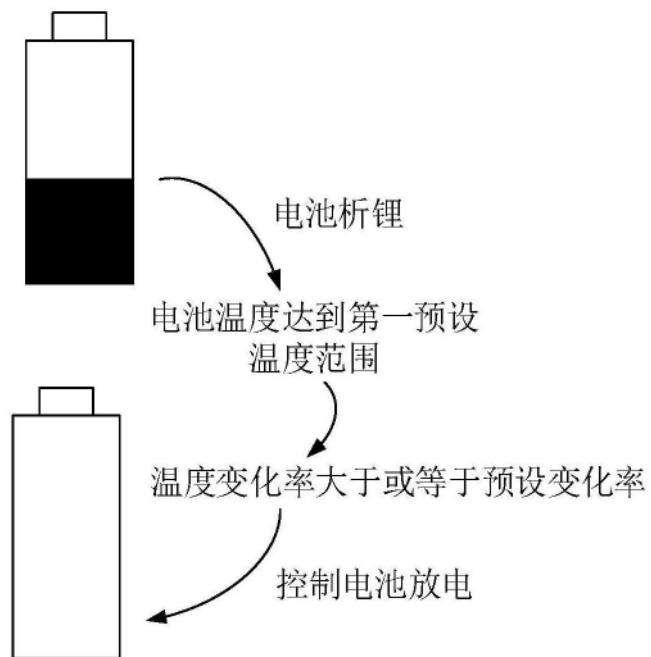


图1

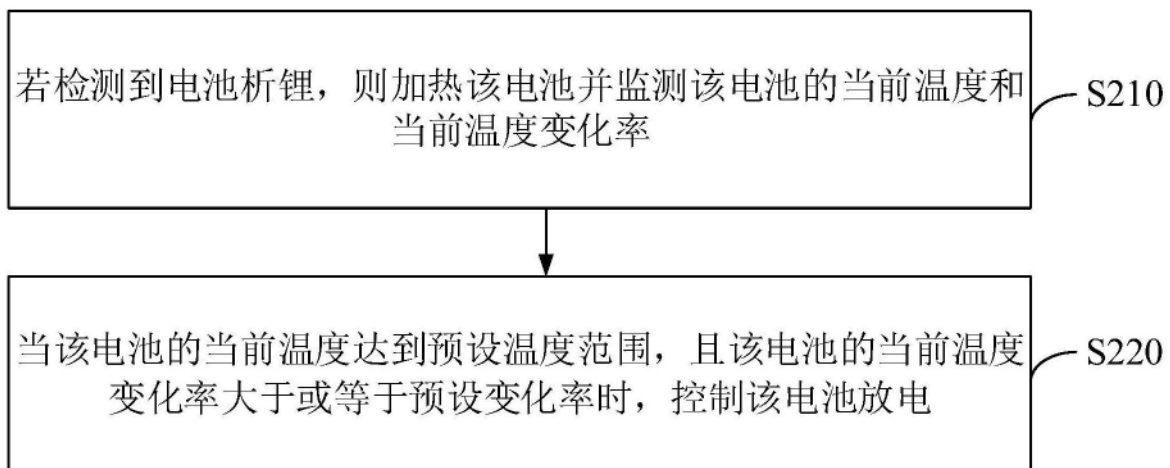


图2

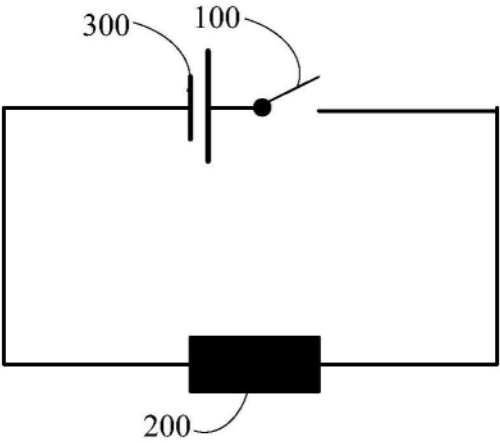


图3

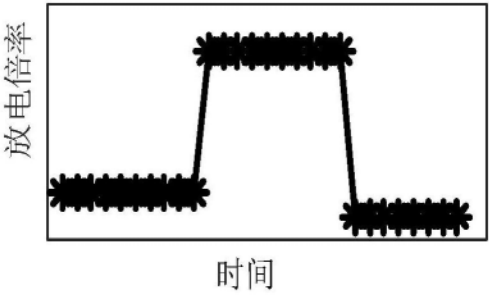


图4

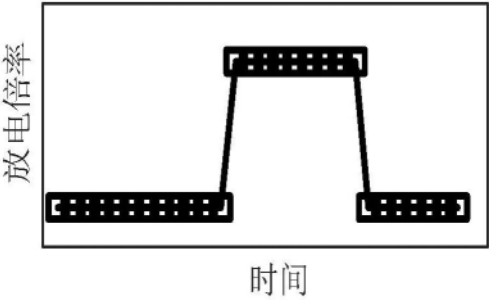


图5

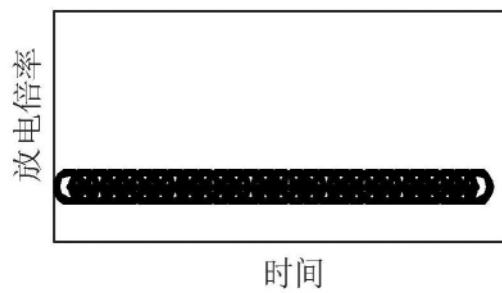


图6

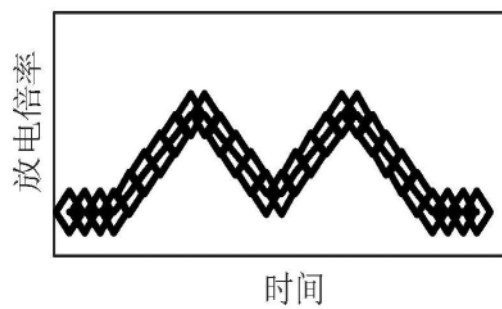


图7

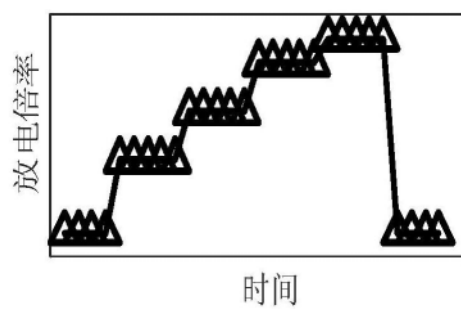


图8

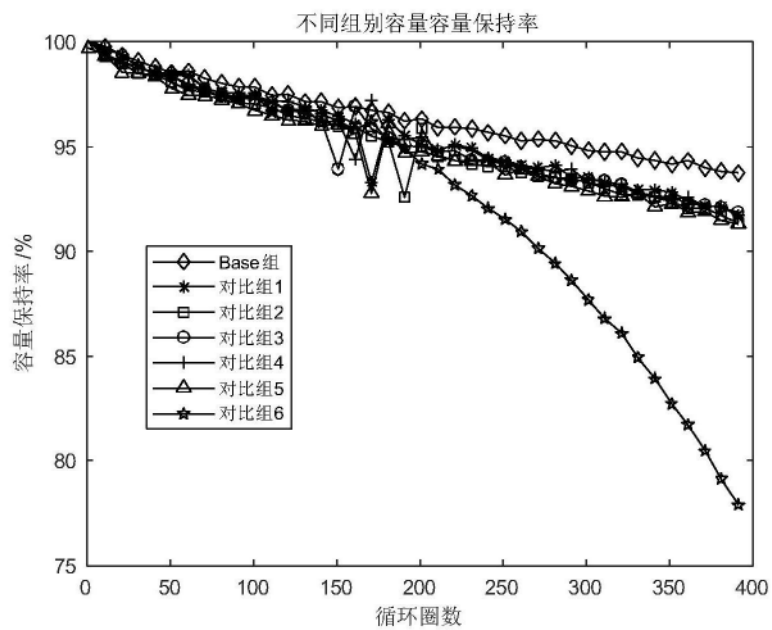


图9

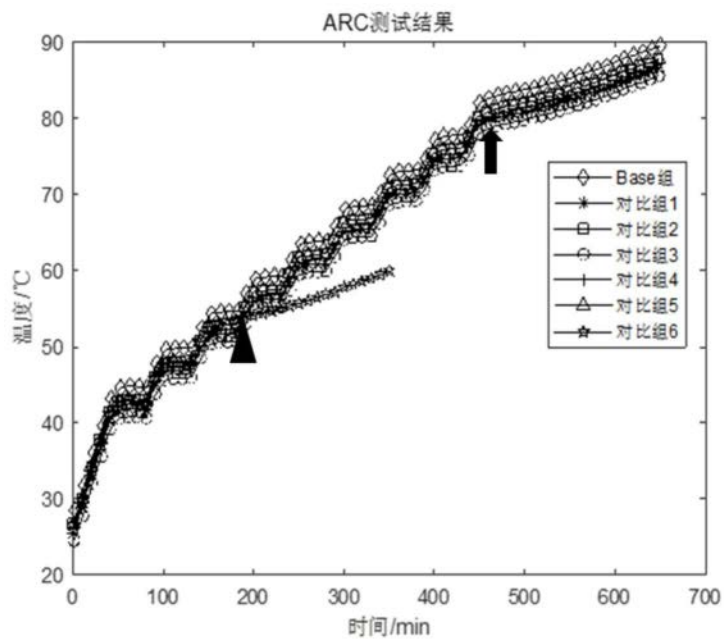


图10

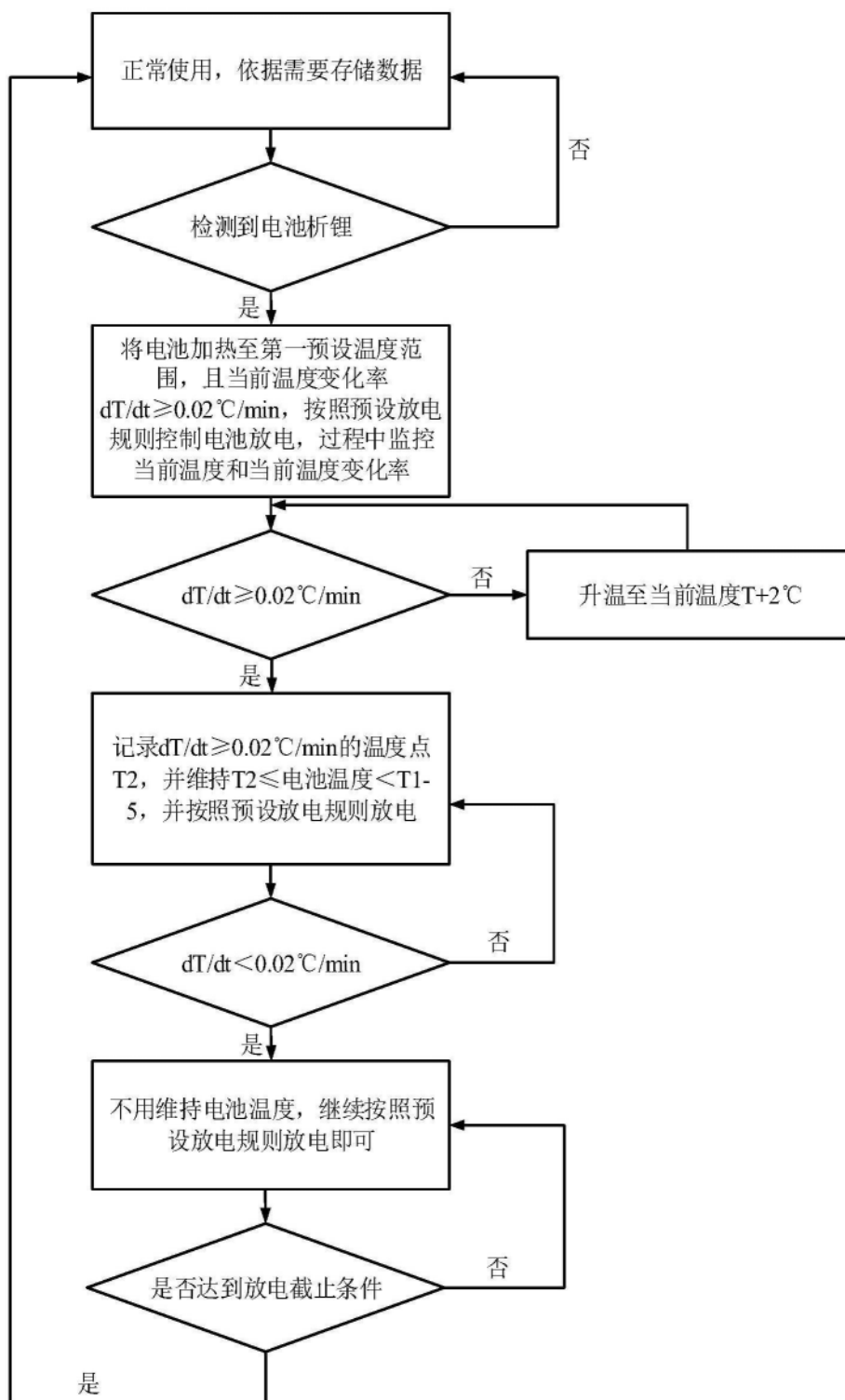


图11

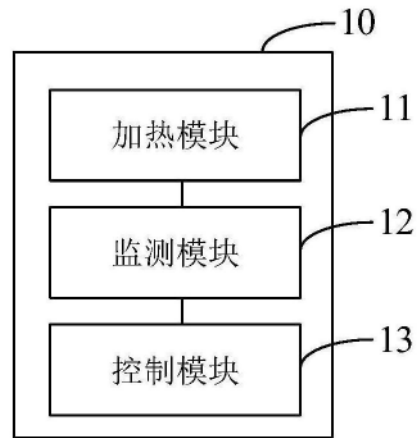


图12

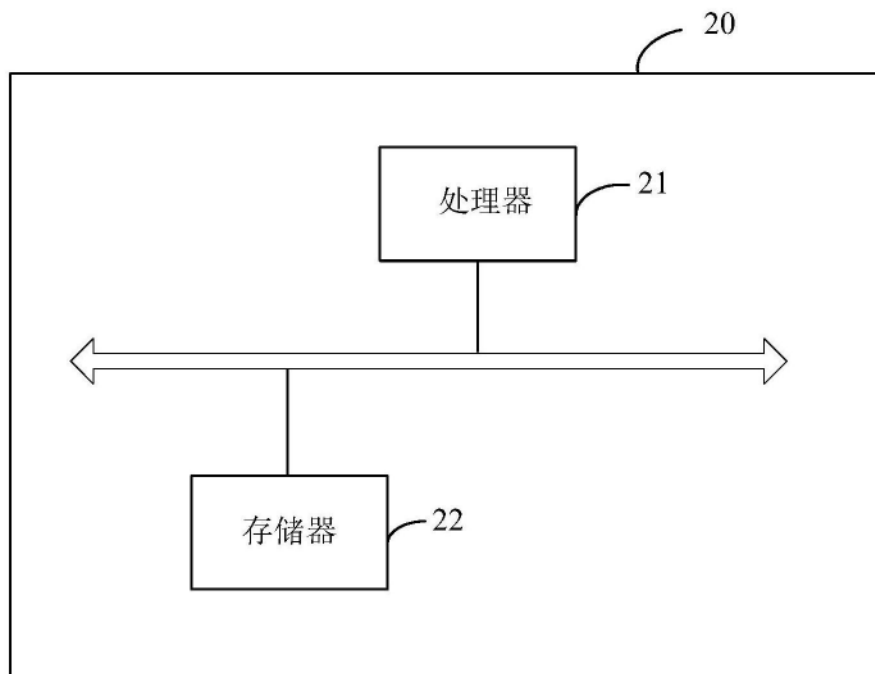


图13