



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104485489 B

(45)授权公告日 2017.08.04

(21)申请号 201510011360.6

H01M 10/44(2006.01)

(22)申请日 2015.01.09

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104485489 A

CN 101800344 A, 2010.08.11,
CN 101615696 A, 2009.12.30,
CN 102760914 A, 2012.10.31,

(43)申请公布日 2015.04.01

韩广欣等.LiFeP04锂离子电池充电限制电
压的研究.《电池工业》.2008,第13卷(第3期),引
言,第2.1节.

(73)专利权人 中航锂电(江苏)有限公司
地址 213299 江苏省常州市金坛区金坛大
道88号

审查员 付花荣

(72)发明人 王腾 郭盛昌 王玲 赵艳艳
张鹏

(74)专利代理机构 郑州睿信知识产权代理有限
公司 41119
代理人 崔旭东

(51)Int.Cl.

H01M 10/42(2006.01)

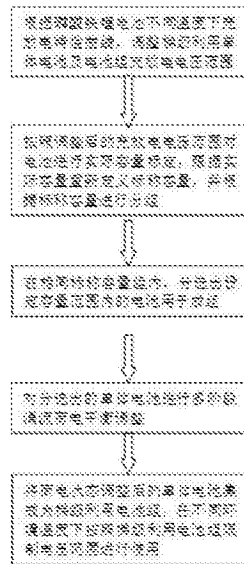
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种提升梯级利用电池组一致性的方法

(57)摘要

本发明涉及一种提升梯级利用电池组一致性的方法,包括荷电状态调整的步骤:对电池组内的电池进行涓流充电,涓流充电次数为两次或者两次以上。通过对电池组内的电池的荷电状态进行调整,保证电池组内的电池状态一致,进而保证各电池的充放电曲线的同步性,提升电池组的一致性。



1. 一种提升梯级利用电池组一致性的方法,其特征在于,所述方法包括荷电状态调整的步骤:对电池组内的电池进行涓流充电;设涓流充电次数为 N , $N \geq 2$,第一次充电电流为 A_1 ,第二次充电电流为 A_2 ,……第 N 次充电电流为 A_N ,第一次充电结束时的电压为 V_1 ,第二次充电结束时的电压为 V_2 ,……第 N 次充电结束时的电压为 V_N ;

$A_1 > A_2 > \dots > A_N$, $V_1 < V_2 < \dots < V_N \leq$ 充电限制电压;

所述充电限制电压为充电特性曲线中电压变化速率等于第一设定值时的电压值;

在所述荷电状态调整之前,所述方法还包括以下步骤:

(1) 根据电池在设定温度下的充、放电特性曲线,确定电池的充电限制电压和放电限制电压;

(2) 根据所述充电限制电压和放电限制电压,对电池进行相应时间的恒流充电和恒流放电,对电池进行容量标定,取得每个电池的实际容量;根据实际容量和设定的梯度规则,得到每个电池的标称容量;

(3) 按照电池标称容量进行分组;

所述梯度规则为:选定一系列的梯度容量值,梯度容量值与梯度范围对应,将电池的实际容量与梯度容量值进行比较,以确定电池所处的梯度范围。

2. 根据权利要求1所述的提升梯级利用电池组一致性的方法,其特征在于, $A_1 = k_1 C_{梯}$, $A_2 = k_2 C_{梯}$, …… , $A_N = k_N C_{梯}$, $k_1 > k_2 > \dots > k_N$, $C_{梯}$ 为该电池组内的电池的标称容量值。

3. 根据权利要求1所述的提升梯级利用电池组一致性的方法,其特征在于,所述电池为磷酸铁锂电池,所述放电限制电压为放电特性曲线中电压变化速率等于第二设定值时的电压值。

4. 根据权利要求3所述的提升梯级利用电池组一致性的方法,其特征在于,任意两个相邻的梯度容量值之间构成一个梯度范围,实际容量处于同一个梯度范围的电池标称容量相同,且标称容量为构成该梯度范围的两个相邻梯度容量值中较小的数值。

5. 根据权利要求3或4所述的提升梯级利用电池组一致性的方法,其特征在于,所述磷酸铁锂电池的原始标称容量相同。

一种提升梯级利用电池组一致性的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种提升梯级利用电池组一致性的方法,属于电池利用技术领域。

背景技术

[0002] 目前锂离子动力电池价格偏高是限制电动汽车推广的重要因素之一,当电池容量衰减至初始容量的80%以下时,电动汽车的续航里程会明显减少,已不能满足车用要求,但对于储能系统来说,这些电池仍具有较大的使用价值。容量低于80%的电池从电动汽车上退下后,可继续应用于通讯基站、太阳能路灯、备用电源等储能领域。如此梯级利用,可充分发挥动力电池价值,从而降低电池在汽车使用阶段的成本,推动电动汽车提前普及。

[0003] 然而,由于电池在用于电动汽车时经历过复杂的运行工况,不同电池组之间以及同一电池组内的不同电池之间的老化程度均差异很大。锂离子电池要实现梯级利用,必须有效解决性能差异较大的电池重新配组后的一致性问题的,从而避免梯级利用电池组中出现短板效应,进而影响电池组性能。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种提升梯级利用电池组一致性的方法,用以解决性能差异较大的电池重新配组时,电池一致性较差的问题。

[0005] 为实现上述目的,本发明的方案包括一种提升梯级利用电池组一致性的方法,该方法包括荷电状态调整的步骤:对电池组内的电池进行涓流充电,涓流充电次数为两次或者两次以上。

[0006] 设涓流充电次数为N,第一次充电电流为A1,第二次充电电流为A2,……第N次充电电流为AN,第一次充电结束时的电压为V1,第二次充电结束时的电压为V2,……第N次充电结束时的电压为VN; $A_1 > A_2 > \dots > A_N$, $V_1 < V_2 < \dots < V_N \leq$ 充电限制电压;充电限制电压为充电特性曲线中电压变化速率等于第一设定值时的电压值。

[0007] $A_1 = k_1 C_{梯}$, $A_2 = k_2 C_{梯}$, …… , $A_N = k_N C_{梯}$, $k_1 > k_2 > \dots > k_N$, $C_{梯}$ 为该电池组内的电池的标称容量值。

[0008] 在荷电状态调整之前,该方法还包括以下步骤:

[0009] (1) 根据电池在设定温度下的充、放电特性曲线,确定电池的充电限制电压和放电限制电压;

[0010] (2) 根据所述充电限制电压和放电限制电压,对电池进行容量标定,取得每个电池的实际容量;根据实际容量和设定的梯度规则,得到每个电池的标称容量;

[0011] (3) 按照电池标称容量进行分组;

[0012] 梯度规则为:选定一系列的梯度容量值,梯度容量值与梯度范围对应,将电池的实际容量与梯度容量值进行比较,以确定电池所处的梯度范围。

[0013] 电池为磷酸铁锂电池,放电限制电压为放电特性曲线中电压变化速率等于第二设定值时的电压值。

[0014] 任意两个相邻的梯度容量值之间构成一个梯度范围,实际容量处于同一个梯度范围的电池标称容量相同,且标称容量为构成该梯度范围的两个相邻梯度容量值中较小的数值。

[0015] 磷酸铁锂电池的原始容量相同。

[0016] 本发明提供的对电池的荷电量进行调整,具体为对电池以多阶段的涓流方式进行充电,保证了每个电池的本质状态尽量一致,进而保证各电池的充放电曲线的同步性,提升电池组的一致性。

附图说明

[0017] 图1是不同温度下充电特性曲线示意图;

[0018] 图2是不同温度下放电特性曲线示意图;

[0019] 图3是提升梯级利用电池组一致性的方法总的流程图;

[0020] 图4是采用本发明的技术方案得出的梯级利用电池的一致性状态示意图。

具体实施方式

[0021] 下面结合附图对本发明做进一步详细的说明。

[0022] 本发明的基本方案是:一种提升梯级利用电池组一致性的方法,包括荷电状态调整的步骤:对电池组内的电池进行涓流充电,涓流充电次数为两次或者两次以上。

[0023] 基于以上基本技术方案,结合附图,给出以下几个具体实施例。

[0024] 实施例1

[0025] 对原有的磷酸铁锂电池组中的电池进行荷电状态调整。

[0026] 具体为每个电池以多阶段涓流方式进行充电。即:以多个不同的电流值依次对电池进行充电。

[0027] 设涓流充电次数为N,第一次充电电流为A1,第二次充电电流为A2,……第N次充电电流为AN,第一次充电结束时的电压为V1,第二次充电结束时的电压为V2,……第N次充电结束时的电压为VN。

[0028] $A_1 > A_2 > \dots > A_N, V_1 < V_2 < \dots < V_N \leq$ 充电限制电压。

[0029] $A_1 = k_1 C_{\text{梯}}, A_2 = k_2 C_{\text{梯}}, \dots, A_N = k_N C_{\text{梯}}, k_1 > k_2 > \dots > k_N, C_{\text{梯}}$ 为该电池组内的电池的标称容量值。

[0030] 具体的:

[0031] 多阶段涓流方式分为至少2个阶段,充电电流值按充电阶段顺序递减,每个阶段的充电电流值的数值范围为 $0.02C_{\text{梯}}(A) \sim 0.5C_{\text{梯}}(A)$,每个阶段设定的充电结束电压值按充电阶段顺序递增,数值范围包括 $3.35V \sim 3.5V$,最高电压值与充电限制电压相同。

[0032] 荷电状态调整方案制定的依据是:影响所有的电池的一致性的一个重要因素是成组前电池荷电量的平衡程度,若起始荷电量差异较大,则会造成电池组内电池充放电进程不同步,一致性差。采用多阶段涓流方式将每支电池充电至限制电压,充分消除充电极化内阻,可有效保证性能差异较大的梯级利用电池初始荷电状态的平衡性,进而保证梯级利用电池组的一致性。

[0033] 实施例2

[0034] 第一步:首先,选择电池为磷酸铁锂电池。

[0035] 选取若干个原始容量($C_{初}$ (Ah))相同的梯级利用磷酸铁锂电池作为待处理电池。

[0036] 根据磷酸铁锂电池不同环境温度下充放电特性曲线,本实施例中充放电曲线为时间-电压曲线。

[0037] 如图1和2所示,其中:曲线1为0℃时的充电特性曲线,曲线2为10℃时的充电特性曲线,曲线3为20℃时的充电特性曲线,曲线4为45℃时的充电特性曲线,曲线5为0℃时的放电特性曲线,曲线6为10℃时的放电特性曲线,曲线7为20℃时的放电特性曲线,曲线8为45℃时的放电特性曲线,曲线9为55℃时的放电特性曲线。

[0038] 常规磷酸铁锂电池在充放电限制电压范围2.5V~3.6V内使用时,电池充、放电末期电压变化速率极快,易造成电池充放电末端组内电压差较大(即电池充放电电压区间差异较大),会导致每个电池循环过程性能劣化速率不同,进而降低电池组长期使用过程一致性。根据磷酸铁锂电池充放电特性曲线,将充放电限制电压设置在工作电压平台的两端,可显著降低电池组充放电末期电压差异,保证分选后的电池组使用过程一致性,同时可最大程度的减少因降低充电限制电压和升高放电限制电压带来的能量损失。

[0039] 充电平台结束时的电压值定义为充电后期 $dV/dt \geq 0.02$ 时的临界电压值,与充电环境温度有直接关系,需根据环境温度的变化分别设置在3.4~3.55V。

[0040] 放电平台结束电压值定义为放电后期 $dV/dt \geq 0.03$ 时的临界电压值,与放电环境温度有直接关系,需根据环境温度的变化分别设置在2.8V~3.15V。

[0041] 根据磷酸铁锂电池不同环境温度下充放电特性曲线,对梯级利用磷酸铁锂电池充放电限制电压进行调整,充电限制电压设定为充电平台结束时的电压值,放电限制电压设定为放电平台结束时的电压值。

[0042] 第二步,根据充电限制电压和放电限制电压,确定电池的实际容量和标称容量。

[0043] 以下给出一个具体的方式:

[0044] 根据充电限制电压和放电限制电压,确定每个磷酸铁锂电池的实际容量,步骤如下:

[0045] (1)对每个梯级利用磷酸铁锂电池以第一设定电流恒流放电至放电限制电压,并静置第一设定时间。

[0046] (2)对每个电池以第二设定电流恒流充电至充电限制电压,并静置第二设定时间。

[0047] (3)对每个电池以第三设定电流恒流放电至一定电压值,记录此时每个电池的实际容量;该一定电压值是根据放电限制电压设定的,比放电限制电压略大。

[0048] 第一设定电流、第二设定电流和第三设定电流的值为 $0.1 * C_{初} \sim 1.0 * C_{初}$, $C_{初}$ 为电池的原始容量。

[0049] 具体的,根据24V45Ah梯级利用磷酸铁锂电池组集成需求,选取20支原标称容量 $C_{初}$ 为60Ah的车用退役电池作为集成对象。

[0050] 在20℃下对上述20支电池进行容量标定,根据磷酸铁锂电池20℃下充放电特性曲线,将容量标定采用的充放电限制电压分别设定为3.45V和3.05V,具体容量标定步骤为:

[0051] 1)以电流值为 $1C_{初}$ (60A)对20支电池分别恒流放电至3.05V;

[0052] 2)静置10min;

[0053] 3)以电流值为 $0.5C_{初}$ (30A)对20支电池分别恒流充电至3.45V;

[0054] 4) 静置10min;

[0055] 5) 以电流值为 $1C_{初}$ (60A)对20支电池分别恒流放电至3.1V,记录本步骤实际容量,为 $C_{实}$ 。

[0056] 上述充放电电流还可以是其他值,只要满足给定的范围即可。

[0057] 选取若干个梯度容量值,比如40、45、50,任意两个相邻的梯度容量值之间构成一个梯度范围;将电池实际容量与上述梯度容量值进行比较,确定电池所处的梯度范围。实际容量处于同一个梯度范围的电池标称容量相同,且电池的标称容量为构成该梯度范围的两个相邻梯度容量值中较小的数值。作为其他的实施方式,也可以是两个相邻梯度容量值中较大的数值。

[0058] 以下给出一种标称容量确定示例,如表1所示。表1中 $C_{实}$ 为上述20℃下20支电池的实际容量, $C_{梯}$ 为确定的标称容量。

[0059] 表1

[0060]

| 电池编号 | $C_{实}$ (Ah) | 梯度范围(Ah) | $C_{梯}$ (Ah) |
|------|--------------|----------|--------------|
| 1 | 44.3 | 40-45 | 40 |
| 2 | 48.3 | 45-50 | 45 |
| 3 | 48.5 | 45-50 | 45 |
| 4 | 47.6 | 45-50 | 45 |
| 5 | 56.2 | 55-60 | 55 |
| 6 | 49.1 | 45-50 | 45 |
| 7 | 46.2 | 45-50 | 45 |
| 8 | 47.2 | 45-50 | 45 |
| 9 | 49.5 | 45-50 | 45 |
| 10 | 46.8 | 45-50 | 45 |

[0061]

| | | | |
|----|------|-------|----|
| 11 | 53.7 | 50-55 | 50 |
| 12 | 51.1 | 50-55 | 50 |
| 13 | 46.1 | 45-50 | 45 |
| 14 | 47.2 | 45-50 | 45 |
| 15 | 48.1 | 45-50 | 45 |
| 16 | 48.5 | 45-50 | 45 |
| 17 | 48.4 | 45-50 | 45 |
| 18 | 49.8 | 45-50 | 45 |
| 19 | 51.8 | 50-55 | 50 |
| 20 | 54.8 | 50-55 | 50 |

[0062] 第三步,根据标称容量对电池进行分组,将同一标称容量的电池分为一组。

[0063] 进一步地,可以对在同一组内的电池再做出分选:剔除不在设定容量范围内的电池,该设定容量范围比表1中所述的梯度范围要更窄,控制在 $(5\% \sim 10\%) * C_{梯}$ (Ah)内。

[0064] 具体的,以表1中 $C_{梯}$ 为45Ah的电池中,按照 $C_{实}$ 挑出8支电池,筛选条件是:组内容量

极差控制在5% $C_{梯}$ (约为2.2Ah)以内,分选结果见表2。

[0065] 表2

| 电池编号 | $C_{实}(Ah)$ | $C_{梯}(Ah)$ |
|-----------|-------------|-------------|
| 4 | 47.6 | 45 |
| 7 | 46.2 | 45 |
| [0066] 8 | 47.2 | 45 |
| 10 | 46.8 | 45 |
| 13 | 46.1 | 45 |
| 14 | 47.2 | 45 |
| [0067] 15 | 48.1 | 45 |

[0068] 上述的电池为磷酸铁锂电池,充放电曲线为时间-电压曲线,作为其他的实施例,电池可以是其他类型的电池。上述给出了一种标称容量的确定方法。作为其他的实施例,还有其他确定标称容量的方式。比如说:(1)将确定实际容量的步骤进一步简化,(2)改变确定实际容量的步骤中的参数值,比如充放电电流和静置的时间。上述给出了一种梯度确定规则,作为其他的实施例,也可以按其他的梯度规则确定标称容量。

[0069] 对上述分选出的磷酸铁锂电池再进行荷电状态调整,如图3所示。这里与实施例1相同。

[0070] 每个电池以多阶段涓流方式进行充电。即:以多个不同的电流值依次对电池进行充电。

[0071] 设涓流充电次数为N,第一次充电电流为 A_1 ,第二次充电电流为 A_2 ,……第N次充电电流为 A_N ,第一次充电结束时的电压为 V_1 ,第二次充电结束时的电压为 V_2 ,……第N次充电结束时的电压为 V_N 。

[0072] $A_1 > A_2 > \dots > A_N, V_1 < V_2 < \dots < V_N \leq$ 充电限制电压。

[0073] $A_1 = k_1 C_{梯}, A_2 = k_2 C_{梯}, \dots, A_N = k_N C_{梯}, k_1 > k_2 > \dots > k_N, C_{梯}$ 为电池所属组的标称容量值。

[0074] 具体的,对表2中8支电池:

[0075] 1) 以电流值为 $0.5C_{梯}(A)$ 对8支电池分别进行恒流充电至3.35V;

[0076] 2) 以电流值为 $0.1C_{梯}(A)$ 对8支电池分别进行恒流充电至3.40V;

[0077] 3) 以电流值为 $0.05C_{梯}(A)$ 对8支电池分别进行恒流充电至3.45V。

[0078] 其中,多阶段涓流方式分为3个阶段,充电电流值按充电阶段顺序递减,每个阶段的充电电流值的数值范围为 $0.02C_{梯}(A) \sim 0.5C_{梯}(A)$,每个阶段设定的充电结束时电压值按充电阶段顺序递增,数值范围包括3.35V~3.5V,最高电压值与充电限制电压相同。

[0079] 荷电状态调整方案制定的依据是：影响所有的电池的一致性的一个重要因素是成组前电池荷电量的平衡程度，若起始荷电量差异较大，则会造成电池组内电池充放电进程不同步，一致性差。采用多阶段涓流方式将每支电池充电至限制电压，充分消除充电极化内阻，可有效保证性能差异较大的梯级利用电池初始荷电状态的平衡性，进而保证梯级利用电池组的一致性。

[0080] 上述多阶段涓流方式分为3个阶段，作为其他的实施例，阶段个数可以选择不同的次数，但是最少为2次。

[0081] 将荷电状态调整后的电池组里的梯级利用电池依次串联，集成为梯级利用电池组，电池组的充电限制电压为电池组内的电池个数与一个电池的充电限制电压的乘积，电池组的放电限制电压为电池组内的电池个数与一个电池的放电限制电压的乘积。

[0082] 具体为，将荷电状态调整后的8支电池进行串联成组，集成为24V45Ah梯级利用电池组，20℃下该电池组充电限制电压为28V (3.45V*8)，放电限制电压为24.8V (3.05V*8)，电池组一致性如图4所示(图4中的右纵轴为电压级差)。

[0083] 实施例2分别从“电池本质状态一致性分选”、“成组前状态一致性调整”和“成组后长期使用过程一致性控制”三方面采取措施，系统提升梯级利用电池组一致性的问题。

[0084] 对电池进行分选的目的是：保证电池本质状态尽量一致，但仍无法绝对保证梯级利用电池组一致性。

[0085] 对分选后的电池进行荷电状态调整的目的是：通过对电池集成为电池组前的荷电量进行调整，保证成组前电池状态一致，进而保证电池组内各电池充放电曲线的同步性。

[0086] 另外，梯级利用电池组按设定的电池组充放电限制电压使用的目的是：通过对梯级利用电池组使用制度进行控制，减小电池组充放电末端电压差异，提高电池组长期使用过程中组内各电池充放电电压区间的一致性，进而促使各电池性能衰减趋势尽量一致，提升了电池组长期使用过程中的一致性。

[0087] 以上给出了具体的实施方式，但本发明不局限于所描述的实施方式。本发明的基本思路在于上述基本方案，对本领域普通技术人员而言，根据本发明的教导，设计出各种变形的模型、公式、参数并不需要花费创造性劳动。在不脱离本发明的原理和精神的情况下对实施方式进行的变化、修改、替换和变型仍落入本发明的保护范围内。

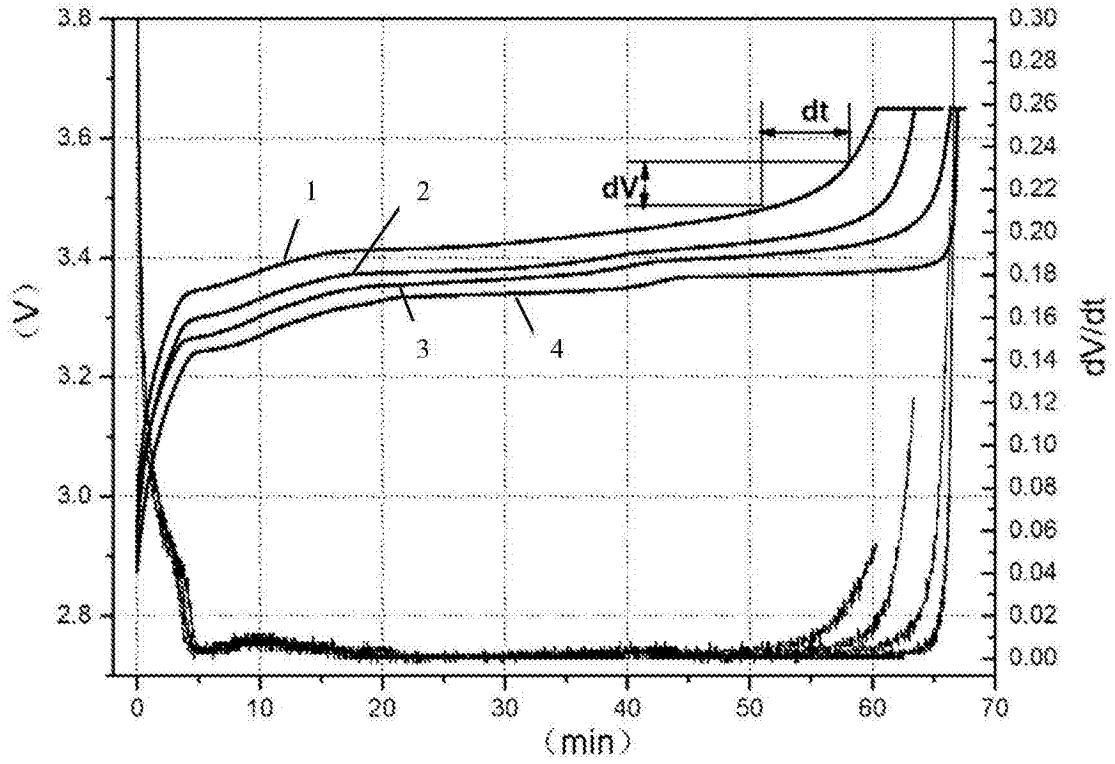


图1

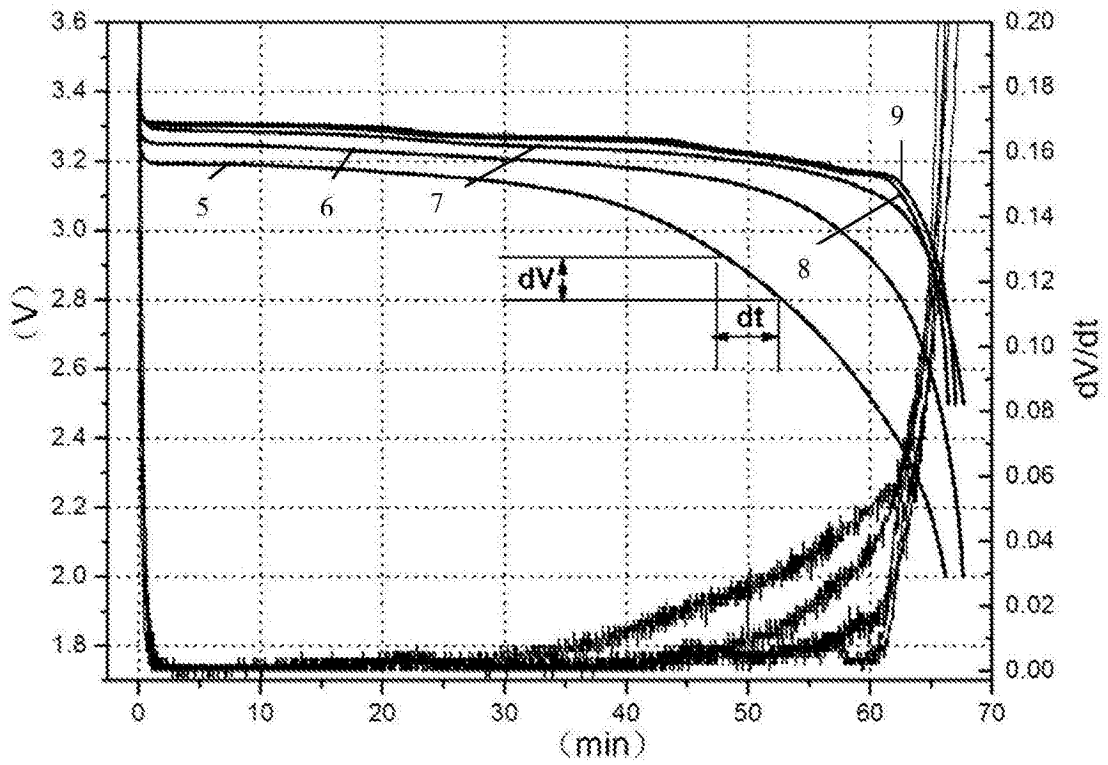


图2

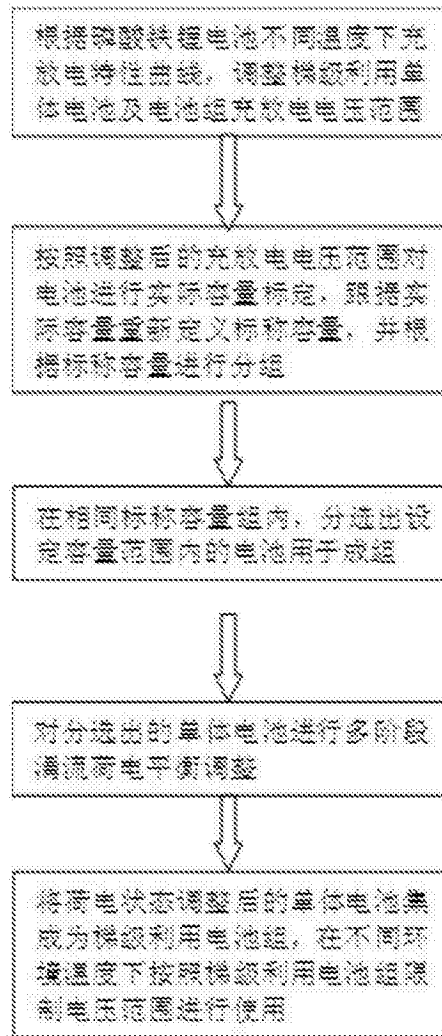


图3

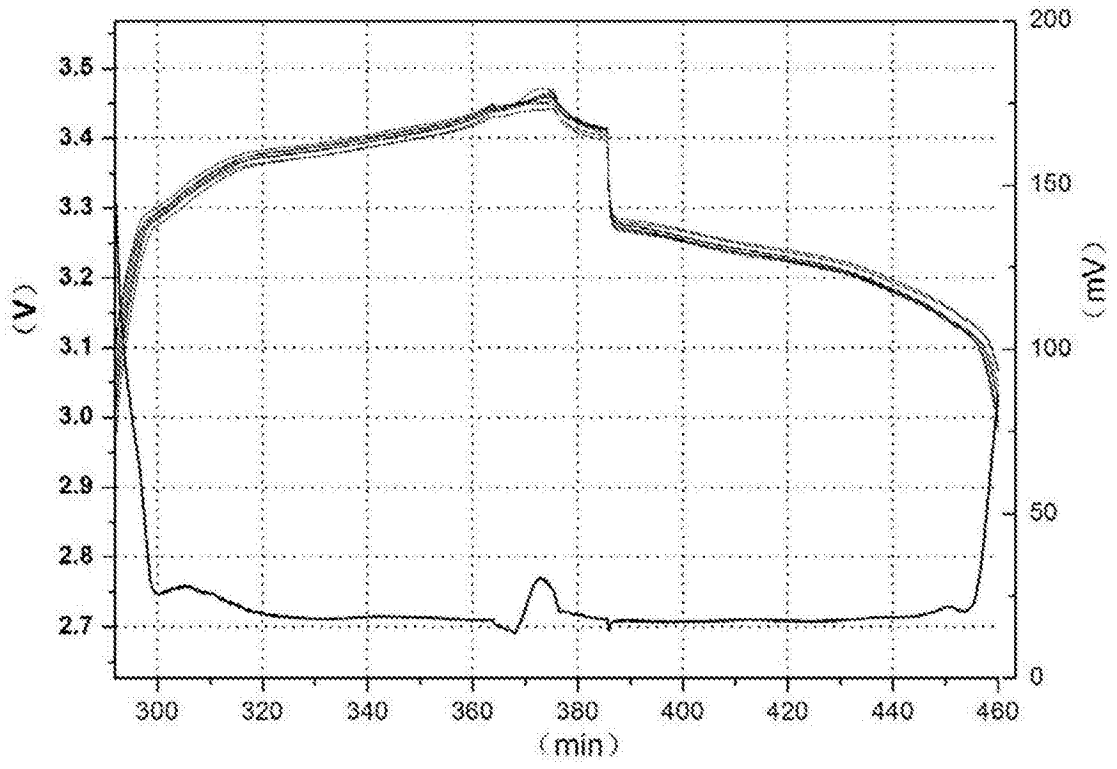


图4