

(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
2020 年 9 月 3 日 (03.09.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/172989 A1

(51) 国际专利分类号:
G01R 31/367 (2019.01) **G01R 31/374** (2019.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/085079

(22) 国际申请日: 2019 年 4 月 30 日 (30.04.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910137591.X 2019 年 2 月 25 日 (25.02.2019) CN

(71) 申请人: 江苏大学 (JIANGSU UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国江苏省镇江市 学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。

(72) 发明人: 陈彪 (CHEN, Biao); 中国江苏省镇江市 学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。 江浩斌 (JIANG, Haobin); 中国江苏省镇江市 学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。 孙化阳 (SUN, Huayang); 中国江苏省镇江市 学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。 栗欢欢 (LI, Huanhuan); 中

国江苏省镇江市 学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。 华蕾 (HUA, Lei); 中国江苏省镇江市 学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。

(74) 代理人: 北京德崇智捷知识产权代理有限公司 (JW IP LAW FIRM); 中国北京市朝阳区酒仙桥路 14 号 A5 楼 7 层 701, Beijing 100015 (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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,

(54) Title: TEMPERATURE-INPUT-BASED METHOD AND SYSTEM FOR ESTIMATING OPEN-CIRCUIT VOLTAGE OF LITHIUM-ION BATTERY

(54) 发明名称: 一种带温度输入的锂离子电池开路电压估算方法及系统

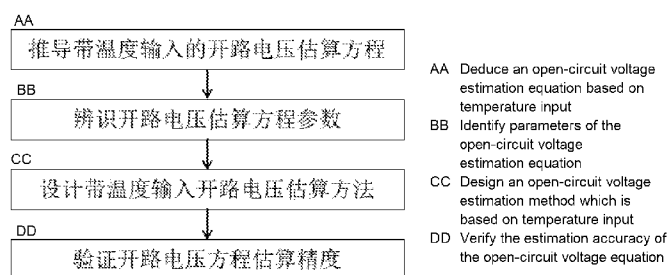


图 1

(57) Abstract: A temperature-input-based method and system for estimating the open-circuit voltage of a lithium-ion battery. The method comprises: step I, deducing, according to a gas-liquid dynamics model, an open-circuit voltage estimation equation to be determined, which equation is based on temperature input; step II, identifying estimation equation parameters according to experimental data, and substituting the parameters into the open-circuit voltage estimation equation to be determined of step I, so as to obtain a complete open-circuit voltage estimation equation; and step III, designing, according to the complete open-circuit voltage estimation equation, an open-circuit voltage estimation method based on temperature input. A state equation of the gas-liquid dynamics model includes the influence of temperature on the open-circuit voltage of a battery, without it being necessary to introduce a temperature compensation coefficient and an empirical formula; the amount of experimental data required for parameter identification is small, such that it is easy to identify model parameters; a sampling temperature at a previous time and a sampling temperature at the current time are input into a model to reflect more temperature information during the process of estimating the open-circuit voltage of a battery; and the equation for estimating an open-circuit voltage can eliminate a sampling error by means of self-iteration, does not depend on an initial value and has a high estimation accuracy.,



NA, RW, 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, 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))。

(57) 摘要：一种带温度输入的锂离子电池开路电压估算方法及系统，包括步骤一，依据气液动力学模型推导带温度输入的待定开路电压估算方程；步骤二，依据实验数据辨识估算方程参数，代入步骤一的待定开路电压估算方程得到完备的开路电压估算方程；步骤三，依据完备的开路电压估算方程设计带温度输入开路电压估算方法。所述气液动力学模型状态方程包含温度对电池开路电压的影响，无需引入温度补偿系数和经验公式；参数识别所需实验数据少，易于辨识模型参数；模型中输入前一刻与当前时刻采样温度，在电池开路电压估算过程中反映更多温度信息；估算开路电压的方程通过自身迭代能够消除采样误差，不依赖于初值，估算精度高。

一种带温度输入的锂离子电池开路电压估算方法及系统

技术领域

本发明属于电池管理系统领域，具体为一种带温度输入的锂离子电池开路电压估算方法及系统。

背景技术

据美国石油业协会最新估计，地球上尚未开采的原油储藏量已不足两万亿桶，可供人类开采时间不超过九十五年。汽车占石油总消费比重超过三分之一，世界各国在实现汽车能源转型方面做了很多努力，其中，使燃油汽车电动化是重要选择之一。但是车载锂电池有较大的充放电窗口，且电池充放电过程表现出极其复杂的非线性特性，电池可用容量受环境温度的变化影响很大。而现阶段电池模型普遍存在模型复杂，状态方程没有反映温度对电池特性的影响，需要引入温度补偿系数或经验公式对估算算法进行修正，将使得参数辨识难度增加、计算量变大、模型鲁棒性下降等问题，最终导致电池开路电压估算不准确，剩余续航里程难以确定。因此，建立一种带温度输入的开路电压估算模型有着重要的意义。

当前，电化学模型与等效电路模型是研究最多的电池解析模型。其中，电化学模型能够直接通过正极材料表面锂离子浓度估算电池 SOC，且估算精度高，但是模型的状态方程、微分方程和偏微分方程非常复杂，需要识别的参数达到数十个，最终估算算法仍需要与温度耦合，模型不易理解、计算量庞大，很难用于车载 MCU 实时估计。等效电路模型从电池外特性角度研究充放电过程，具有简单直观、物理含义明确等特点，经过研究者们深入研究开发出多种形式和结构，如 Rint model, Thevenin model, PNGV, n-RC model and so on。等效电路模型本身在整个电池充放电过程中估算精度有限，所以通常与智能算法相结合形成闭环估算系统，如滑膜算法、模糊逻辑算法、模拟退火算法、粒子群算法、卡尔曼滤波或其变体算法（无迹卡尔曼、扩展卡尔曼、有限差分卡尔曼等）。而智能算法需要做大量的运算，最终等效电路模型仍需要与温度耦合，同样难以在车载 MCU 上实现实时估计。

综上所述，仅依赖现有的电池模型远不能达到实际应用的需求，急需一种能够更准确地反映温度与电池性能的关系，更精确地刻画电池充放电过程表现的非线性特性、结构简单、运算量小的解析模型和开路电压估算方法。

发明内容

针对上述问题，本发明提供一种带温度输入的锂离子电池开路电压估算方法及系统，具有电池模型状态方程反映温度对电池性能的影响，无需引入温度修正系数或经验公式、模型简单直观易于理解、易于参数辨识、便于在工程中实现等特点。

本发明解决其技术问题所采用的技术方案是：一种带温度输入的锂离子电池开路电压估算方法，包括以下步骤：

步骤一，依据气液动力学模型推导带温度输入的待定开路电压估算方程：

$$P_3 = \frac{(P_2 - T_2 k_2)(T_1 k_2 + P_1) - T_1 k_1 + \sqrt{(T_1 k_2 + P_1)^2 (T_2 k_2 + P_2)^2 + T_1^2 k_1^2 + 2k_1(T_1 k_2 + P_1)(T_1 T_2 k_2 + 2T_2 P_1 - T_1 P_2)}}{2(T_1 k_2 + P_1)}$$

$$\text{其中， } P_2 = P_0 - \frac{1}{2} \rho I |I| - \frac{1}{2} \mu \rho I$$

P_0 、 I 和 P_1 在气液动力学模型中分别表示管口压强、气体流速和稳态下容器内压强，在电池中分别对应端电压、电流和开路电压， P_3 在气液动力学模型中表示要估算的稳态下容器内气体压强，在电池中表示要估算的开路电压， T_1 ：在气液动力学模型中表示前一时刻容器内稳态气体温度，在电池中表示前一时刻稳态时电池温度， T_2 ：在气液动力学模型中表示排气或充气过程中容器内气体温度，在电池中表示放电或充电过程中电池温度， ρ ：气流密度， μ ：气流阻力系数， k_1 ：第一等效参数， k_2 ：第二等效参数， P_0 ：管口压强；

步骤二，依据实验数据辨识估算方程参数：通过实验测试获得不同电流、端电压、温度下所对应的开路电压，并通过辨识方法辨识出开路电压估算方程中 k_1 、 k_2 、 ρ 和 μ 参数的最优值，将 k_1 、 k_2 、 ρ 和 μ 参数的值代入步骤一的待定开路电压估算方程得到完备的开路电压估算方程；

步骤三，依据完备的开路电压估算方程设计带温度输入开路电压估算方法，并计算得到开路电压估算值。

上述方案中，所述气液动力学模型的物理原型为设有气液共存系统的一个密闭容器，在容器的顶部安装有管道及阀门，所述容器内装有 V_0 体积的液体，剩下的容积 V 是压强为 P ，物质的量为 n ，密度为 ρ ，温度为 T 的气体。

上述方案中，所述步骤一的具体过程为：

所述气液动力学模型中设 μ 为气体流动过程中管道的综合阻力系数，字母 I 和 P_0 分别为气体的流速和管口气体的压强，字母 P ， V ， n ， T 分别为容器内气体的压强、体积、

物质的量和热力学温度，字母 V_w 和 n_j 分别为液体的体积和平衡状态下溶解于液体中气体的物质的量； P_1 为前一时刻容器内稳态气体压强， P_2 为排气或充气过程中容器内气体压强， P_3 为要估算的稳态下容器内气体压强；气液动力学模型在 t_1 时刻打开阀门放出气体或充入气体，在 t_2 时刻关闭阀门， $t_2 = t_1 + \Delta t, \Delta t \rightarrow 0$ ，在 t_3 时刻达到平衡状态；

当时间处于 t_1^- 时刻，

理想气体状态方程：

$$P_1 V = n_1 R T_1 \quad \text{公式一}$$

气体间隙溶填充解度方程：

$$n_{j1} = \frac{P_1 \varphi_m V_w}{R T_1 + b_m P_1} \quad \text{公式二}$$

其中， T_1 ：容器内稳态气体温度； P_1 ：气体压强； n_1 ：气体物质的量； V ：气体体积； R ：热力学常数； φ_m ：有效间隙常数； b_m ：气体分子的范德华体积； V_w ：液体体积； n_{j1} ：气体溶解物质的量； t_1^- ： t_1 时刻的左极限；

当时间处于 t_2^- 时刻，

理想气体状态方程：

$$P_2 V = n_2 R T_2 \quad \text{公式三}$$

其中， T_2 ：排气或充气过程中容器内气体温度， P_2 ：气体压强； n_2 ：气体物质的量； t_2^- ： t_2 时刻的左极限；

当时间处于 t_3 时刻，

理想气体状态方程为：

$$P_3 V = n_3 R T_2 \quad \text{公式四}$$

$$n_3 = n_2 + n_{j1} - n_{j3} \quad \text{公式五}$$

气体间隙填充溶解度方程：

公式六

$$n_{j3} = \frac{P_3 \varphi_m V_w}{RT_2 + b_m P_3}$$

其中, P_3 : 要估算的稳态下容器内气体压强; n_3 : 气体物质的量; n_{j3} : 气体溶解物的量;

设 P_s 为从 t_2 时刻到 t_3 时刻系统内气体由非稳态到稳态过程中改变的压强,

公式七

$$P_s = P_3 - P_2$$

将公式一至六带入到公式七中整理化简得:

公式八

$$P_s = P_3 - P_2 = \frac{R^2 T_2 \varphi_m V_w}{V b_m^2} \times \left(\frac{T_2}{\frac{RT_2}{b_m} + P_3} - \frac{T_1}{\frac{RT_1}{b_m} + P_1} \right)$$

设:

公式九

$$k_1 = \frac{R^2 \varphi_m V_w}{V b_m^2}, \quad k_2 = \frac{R}{b_m}$$

将参数 k_1 , k_2 再回带入公式八中得:

公式十

$$P_3 - P_2 = \frac{k_1 T_2}{k_2 T_2 + P_3} - \frac{k_1 T_1}{k_2 T_1 + P_1}$$

公式十所有参数均具有物理意义, 即所有参数的值均大于 0 且所述气液动力学模型系统内压强均大于 0, 则分母必大于 0, 改写为方程式公式十一:

公式十一

$$P_3^2 + P_3 \times (T_2 k_2 - P_2 + \frac{T_1 k_1}{T_1 k_2 + P_1}) + (\frac{T_1 k_1 T_2 k_2}{T_1 k_2 + P_1} - P_2 T_2 k_2 - k_1 T_2) = 0$$

将 P_3 看作是变量, 公式十一被看作是关于 P_3 的二次方程, 设:

公式十二

$$a = 1, \quad b = T_2 k_2 - P_2 + \frac{T_1 k_1}{T_1 k_2 + P_1}, \quad c = \frac{T_1 k_1 T_2 k_2}{T_1 k_2 + P_1} - P_2 T_2 k_2 - T_2 k_1$$

因为 $ac = -\frac{P_1 \times (P_2 k_2 + k_1) + P_2 k_2^2}{k_2 + P_1} < 0$, 恒成立; 则 $\Delta = b^2 - 4ac > 0$ 恒成立; 所以公式十

一有且仅有唯一的实数根, 为:

$$P_3 = \frac{(P_2 - T_2 k_2)(T_1 k_2 + P_1) - T_1 k_1 + \sqrt{(T_1 k_2 + P_1)^2 (T_2 k_2 + P_2)^2 + T_1^2 k_1^2 + 2k_1(T_1 k_2 + P_1)(T_1 T_2 k_2 + 2T_2 P_1 - T_1 P_2)}}{2(T_1 k_2 + P_1)} \quad \text{公式十}$$

三

当气液动力学模型系统处于 t_1 时刻至 t_2 时刻之间时, 依据气体流动连续方程列出:

$$P_2 = P_0 - \frac{1}{2} \rho l |I| - \frac{1}{2} \mu \rho l \quad \text{公式十四。}$$

上述方案中, 所述步骤二中辨识估算方程参数具体过程为:

- ①读取开路电压 OCV、端电压 U 、电流 I 、温度 T 数据;
- ②向待定开路电压估算方程中 P_1 , T_1 赋初值, $P_1 = \text{OCV}(1)$, $T_1 = T(1)$, 设置 $k=1$;
- ③赋值, $P_0 = U(k)$, $I = I(k)$, $T_2 = T(k)$;
- ④设置待辨识参数 k_1 、 k_2 、 ρ 和 μ 大于或等于 0;
- ⑤带入待定开路电压估算方程;
- ⑥更新初值 P_1, T_1 与 k , $P_1 = P_3$, $T_1 = T_2$, $k = k+1$
- ⑦将估算总误差 $S = S + |P_3 - \text{OCV}(k)|$ 作为目标函数;
- ⑧直到 S 不再变小为判断终止条件;
- ⑨循环上述③至⑧步直至参数辨识结束, 输出最优参数的值 k_1 、 k_2 、 ρ 和 μ 。

上述方案中, 所述步骤三具体过程为:

- ①向开路电压估算方程中 P_1 赋初值 $U(1)$ 、 T_1 赋初值 $T(1)$, $P_1 = U(1)$, $T_1 = T(1)$;
- ②将步骤二辨识出的最优参数值赋给 k_1 、 k_2 、 ρ 和 μ ;
- ③将采集的端电压、电流与温度数据赋给 P_0 , I 和 T_2 ;
- ④代入开路电压估算方程, 算出当前开路电压 P_3 ;
- ⑤利用算出的当前开路电压 P_3 更新 P_1 , T_2 更新 T_1 , 即 $P_1 = P_3$, $T_1 = T_2$;
- ⑥循环上述③至⑤步直至开路电压估算完成。

上述方案中, 所述辨识方法为遗传算法、粒子群算法、模拟退火算法、蚁群算法、支持

向量机法、神经网络算法或最小二乘法。

进一步的, 所述辨识方法为遗传算法。

一种实现所述带温度输入的锂离子电池开路电压估算方法的系统, 包括信号采集模

块、开路电压估算模块和显示模块；

所述信号采集模块用于采集电池的电流、温度和电压；

所述信号采集模块与开路电压估算模块连接并将采集的电流、温度和电压信号传送到开

路电压估算模块，所述开路电压估算模块根据开路电压估算方程计算出开路电压值；

所述开路电压估算模块与显示模块连接，将电池电流、温度、电压和开路电压值发送给显示模块显示。

上述方案中，所述信号采集模块包括电流传感器、温度传感器和电压传感器。

上述方案中，所述开路电压估算模块包括单片机。

有技术相比，本发明的有益效果是：

1.本发明气液动力学模型状态方程包含温度对电池开路电压的影响，无需引入温度补偿系数和经验公式；

2.本发明参数识别所需实验数据少，易于辨识模型参数；

3.本发明模型中输入前一时刻与当前时刻采样温度，在电池开路电压估算过程中反映更多温度信息；

4.本发明估算开路电压的方程通过自身迭代能够消除采样误差，不依赖于初值，估算精度高。

附图说明

本发明的上述和/或附加的方面和优点从结合下面附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解，其中：

图1为本发明流程图。

图2为本发明所述气液动力学模型物理量图。

图3为本发明参数辨识流程图。

图4为本发明开路电压估算算法流程图。

图5为本发明所述系统框图。

图6为在15℃下估算结果。

图7为在15℃下估算误差。

图8为在25℃下估算结果。

图 9 为在 25℃ 下估算误差。

图 10 为在 35℃ 下估算结果。

图 11 为在 35℃ 下估算误差。

图 12 为在 45℃ 下估算结果。

图 13 为在 45℃ 下估算误差。

具体实施方式

下面详细描述本发明的实施例，所述实施例的示例在附图中示出，其中自始至终 相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的，旨在用于解释本发明，而不能理解为对本发明的限制。

在本发明的描述中，需要理解的是，术语“中心”、“纵向”、“横向”、“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“轴向”、“径向”、“竖直”、“水平”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系 为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或 暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为 对本发明的限制。此外，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。在本发明的描述中，“多个”的含义是两个或 两个以上，除非另有明确具体的限定。

在本发明中，除非另有明确的规定和限定，术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等 术语应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或一体地连接；可以是机械连接，也可以是电连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

图 1 所示为本发明所述带温度输入的锂离子电池开路电压估算方法的一种实施方式，所述带温度输入的锂离子电池开路电压估算方法，包括如下步骤：

对锂离子电池进行变倍率变温恒流 HPPC 实验，记录电池开路电压、温度、电流和端电压数据，用于辨识带温度输入的 OCV 方程参数；

对锂离子电池进行变温工况 HPPC 实验，记录电池开路电压、温度、电流和端电压数据，用于验证带温度输入的开路电压估算方法有效性。

步骤一，依据气液动力学模型推导带温度输入的待定开路电压估算方程，

通过理想气体状态方程、气体溶解平衡方程和伯努利方程推导待定开路电压估算方程为：

$$P_3 = \frac{(P_2 - T_2 k_2)(T_1 k_2 + P_1) - T_1 k_1 + \sqrt{(T_1 k_2 + P_1)^2 (T_2 k_2 + P_2)^2 + T_1^2 k_1^2 + 2k_1(T_1 k_2 + P_1)(T_1 T_2 k_2 + 2T_2 P_1 - T_1 P_2)}}{2(T_1 k_2 + P_1)}$$

$$P_2 = P_0 - \frac{1}{2} \rho I |I| - \frac{1}{2} \mu \rho I$$

其中，

P_0 、 I 和 P_1 在气液动力学模型中分别表示管口压强、气体流速和稳态下容器内压强，在电池中分别对应端电压、电流和开路电压， P_3 在气液动力学模型中表示要估算的稳态下容器内气体压强，在电池中表示要估算的开路电压， T_1 ：在气液动力学模型中表示前一时刻容器内稳态气体温度，在电池中表示前一时刻稳态时电池温度， T_2 ：在气液动力学模型中表示排气或充气过程中容器内气体温度，在电池中表示放电或充电过程中电池温度， ρ ：气流密度， μ ：气流阻力系数， k_1 ：第一等效参数， k_2 ：第二等效参数， P_0 ：管口压强；

步骤二，依据实验数据辨识估算方程参数：通过实验测试获得不同电流、端电压、温度下所对应的开路电压，并通过辨识方法辨识出开路电压估算方程中 k_1 、 k_2 、 ρ 和 μ 参数的最优值，将 k_1 、 k_2 、 ρ 和 μ 参数的值代入步骤一的待定开路电压估算方程得到完备的开路电压估算方程；

步骤三，依据完备的开路电压估算方程设计带温度输入开路电压估算方法，并计算得到开路电压估算值。

如图 2 所示，所述步骤一种气液动力学模型的物理原型为设有气液共存系统的一个密闭容器，在容器的顶部安装有管道及阀门，所述容器内装有 V_w 体积的液体，剩下的容积 V 是压强为 P ，物质的量为 n ，密度为 ρ ，温度为 T 的气体。

所述步骤一依据气液动力学模型推导带温度输入的开路电压估算方程，具体过程为：

在所述气液动力学模型中，设字母 μ 为气体流动过程中管道的综合阻力系数，字母 I 和 P_0 分别为气体的流速和管口气体的压强，字母 P ， V ， n ， T 分别为容器内气体的压强、体积、物质的量和热力学温度，字母 V_w 和 n_j 分别为液体的体积和平衡状态下溶解于液体中气体的物质的量； P_1 为前一时刻容器内稳态气体压强， P_2 为排气或充气过程中容

器内气体压强, P_3 为要估算的稳态下容器内气体压强; OCV 模型在 t_1 时刻打开阀门放出气体或充入气体, 在 t_2 时刻关闭阀门, $t_2 = t_1 + \Delta t, \Delta t \rightarrow 0$, 经过很长一段时间在 t_3 时刻达到平衡状态, 在对应的时间内模型物理量标注对应的数字。

当时间处于 t_1^- 时刻,

理想气体状态方程:

$$P_1 V = n_1 R T_1 \quad \text{公式一}$$

气体间隙溶填充解度方程:

$$n_{j1} = \frac{P_1 \varphi_m V_w}{R T_1 + b_m P_1} \quad \text{公式二}$$

其中, T_1 : 容器内稳态气体温度; P_1 : 气体压强; n_1 : 气体物质的量; V : 气体体积; R : 热力学常数; φ_m : 有效间隙常数; b_m : 气体分子的范德华体积; V_w : 液体体积; n_{j1} : 气体溶解物质的量; t_1^- : t_1 时刻的左极限。

当时间处于 t_2^- 时刻,

理想气体状态方程:

$$P_2 V = n_2 R T_2 \quad \text{公式三}$$

其中, T_2 : 排气或充气过程中容器内气体温度, P_2 : 气体压强; n_2 : 气体物质的量; t_2^- : t_2 时刻的左极限。

当时间处于 t_3 时刻,

理想气体状态方程为:

$$P_3 V = n_3 R T_2 \quad \text{公式四}$$

$$n_3 = n_2 + n_{j1} - n_{j3} \quad \text{公式五}$$

气体间隙填充溶解度方程:

$$n_{j3} = \frac{P_3 \varphi_m V_w}{R T_2 + b_m P_3} \quad \text{公式六}$$

其中, P_3 : 要估算的稳态下容器内气体压强; n_3 : 气体物质的量; n_{j3} : 气体溶解物质的量。

设 P_s 为从 t_2 时刻到 t_3 时刻系统内气体由非稳态到稳态过程中改变的压强。

$$P_s = P_3 - P_2 \quad \text{公式七}$$

将公式一至六带入到公式七中整理化简得:

$$P_s = P_3 - P_2 = \frac{R^2 T_2 \varphi_m V_w}{V b_m^2} \times \left(\frac{T_2}{\frac{RT_2}{b_m} + P_3} - \frac{T_1}{\frac{RT_1}{b_m} + P_1} \right) \quad \text{公式八}$$

设:

$$k_1 = \frac{R^2 \varphi_m V_w}{V b_m^2}, \quad k_2 = \frac{R}{b_m} \quad \text{公式九}$$

将参数 k_1 , k_2 再回带入公式八中得:

$$P_3 - P_2 = \frac{k_1 T_2}{k_2 T_2 + P_3} - \frac{k_1 T_1}{k_2 T_1 + P_1} \quad \text{公式十}$$

公式十所有参数均具有物理意义, 即所有参数的值均大于 0 且本模型系统内压强均大于 0, 则分母大于 0, 改写为公式十一:

$$P_3^2 + P_3 \times (T_2 k_2 - P_2 + \frac{T_1 k_1}{T_1 k_2 + P_1}) + (\frac{T_1 k_1 T_2 k_2}{T_1 k_2 + P_1} - P_2 T_2 k_2 - k_1 T_2) = 0 \quad \text{公式十一}$$

将 P_3 看作是变量, 公式十一可以被看作是关于 P_3 的二次方程, 设:

$$a=1, \quad b=T_2 k_2 - P_2 + \frac{T_1 k_1}{T_1 k_2 + P_1}, \quad c = \frac{T_1 k_1 T_2 k_2}{T_1 k_2 + P_1} - P_2 T_2 k_2 - T_2 k_1 \quad \text{公式十二}$$

采用 Δ 判别法与韦达定理得:

$$\text{因为 } ac = -\frac{P_1 \times (P_2 k_2 + k_1) + P_2 k_2^2}{k_2 + P_1} < 0, \text{ 恒成立; 则 } \Delta = b^2 - 4ac > 0 \text{ 恒成立; 所以公式十}$$

一有且仅有唯一的实数根, 为:

$$P_3 = \frac{(P_2 - T_2 k_2)(T_1 k_2 + P_1) - T_1 k_1 + \sqrt{(T_1 k_2 + P_1)^2 (T_2 k_2 + P_2)^2 + T_1^2 k_1^2 + 2k_1 (T_1 k_2 + P_1)(T_1 T_2 k_2 + 2T_2 P_1 - T_1 P_2)}}{2(T_1 k_2 + P_1)} \quad \text{公式十三}$$

三

当模型系统处于 t_1 时刻至 t_2 时刻之间时，依据气体流动连续方程可以列出：

$$P_2 = P_0 - \frac{1}{2} \rho I |I| - \frac{1}{2} \mu \rho I \quad \text{公式十四}$$

公式十三和公式十四是得到的开路电压 OCV 估算方程，其中充电电流为正，放电电流为负。

如图 3 所示，所述步骤二依据实验数据辨识估算方程参数，具体过程为：

通过变倍率变温恒流 HPPC 实验测试获得不同电流、端电压、温度下所对应的开路电压，采用遗传算法求解最优的方法辨识出 k_1 、 k_2 、 ρ 和 μ 参数的值，得到完备的开路电压估算方程：

- ①读取开路电压 OCV、端电压 U、电流 I、温度 T 数据；
- ②向开路电压 OCV 估算公式中 P_1 、 T_1 赋初值，即 $P_1 = \text{OCV}(1)$ 、 $T_1 = T(1)$ ，设置 $k = 1$ ；
- ③赋值， $P_0 = U(k)$ 、 $I = I(k)$ 、 $T_2 = T(k)$ ；
- ④设置待辨识参数 k_1 、 k_2 、 ρ 和 μ 条件为大于或等于 0；
- ⑤带入开路电压 OCV 估算方程；
- ⑥更新初值 P_1, T_1 与 k ， $P_1 = P_3$ ， $T_1 = T_2$ ， $k = k + 1$ ；
- ⑦将估算总误差 $S = S + |P_3 - \text{OCV}(k)|$ 作为目标函数；
- ⑧利用遗传算法求解最优的方法判断终止条件；
- ⑨循环上述③至⑧步直至参数辨识结束，输出最优参数的值 k_1 、 k_2 、 ρ 和 μ 。

其中，辨识方法包括遗传算法、粒子群算法、模拟退火算法、蚁群算法、支持向量机法、神经网络算法或最小二乘法等智能算法；本实施例中优选为遗传算法。

如图 4 所示，所述步骤三依据辨识的参数方程建立带温度输入开路电压估算算法，具体过程为：

依据步骤一与步骤二设计开路电压估算方法，并验证开路电压估算方法的估算效果；

- ①向 OCV 估算公式中 P_1 赋初值 $U(1)$ 、 T_1 赋初值 $T(1)$ ，即 $P_1 = U(1)$ 、 $T_1 = T(1)$ ；
- ②将步骤二中遗传算法识别的参数值赋给 k_1 、 k_2 、 ρ 和 μ ；
- ③将采集的端电压、电流与温度数据赋给 P_0 ， I 和 T_2 ；

④代入开路电压估算方程，即公式十三和公式十四算出当前开路电压 P_3 ；

⑤利用算出的当前开路电压 P_3 更新 P_1 ， T_2 更新 T_1 ，即 $P_1 = P_3$ ， $T_1 = T_2$ ；

⑥循环上述③至⑤步直至开路电压估算结束。

所述的一种带温度输入的锂离子电池开路电压估算方法，包括对所述 OCV 估算算法参数进行在线估算或离线估算。

如图 5 所示，一种实现所述基于气液动力学模型的电池开路电压估算方法的系统，包括信号采集模块、开路电压估算模块和显示模块；所述信号采集模块用于采集电池的电流、温度和电压；所述信号采集模块与开路电压估算模块连接并将采集的电流、温度和电压信号传送到开路电压估算模块，所述开路电压估算模块根据开路电压估算方程计算出开路电压值；所述开路电压估算模块与显示模块连接，将电池电流、温度、电压和开路电压值发送给显示模块显示。

所述信号采集模块包括电流传感器、温度传感器和电压传感器。

所述开路电压估算模块包括单片机，所述单片机优选为 STM32。将基于气液动力学模型的电池 OCV 估算方法在硬件上实现，可以在 Keil uVision5 开发平台上运用 C 语言编写的代码在 STM32 单片机上实现的。

所述开路电压估算模块具体为：

首先加载 STM32 单片机库函数文件，运用库函数配置 STM32 单片机寄存器，编写时钟函数、定时器函数、延迟函数、存储函数、数据校验函数、OCV 估算函数和主函数等；

①将电流传感器、温度传感器连接到信号采集卡上，采集卡可以直接采集单体电池电压，优选的，单体电池电压范围在 0—5V 以内；

②采集卡与 STM 单片机串口相连，通讯方式选择 RS-232，将电池的电流、电压、温度信号传给单片机；

③STM32 单片机主函数读取电池的电流、电压、温度信号，调用 OCV 估算函数算出当前输入下的开路电压值；将电池电流、电压、温度和算出的开路电压值写入内存卡中，并把电池电流、电压、温度和算出的开路电压值发送给上位机的显示模块显示；

④如此循环第①—③步，完成电池组实时开路电压估算。

所述上位机是基于 Microsoft Visual Studio 平台开发的，用于显示电池组端电压、开路电

压、所有串联单体电池的开路电压和拟合的电池最低开路电压；

所述单片机包括： 2^n 位单片机， $n=1,2,3,\dots$ ，以及各种 ARM 内核的运算单元；

运用的信号通讯协议包括：RS-485、CAN、TCP、modbus、MPI、串口通信等。

电动汽车电池正常工作温度为 15°C 至 45°C ，本发明选择以 15°C 为起始温度，每间隔 10°C 分别在 0.1C 、 0.3C 、 0.5C 、 1C 和 2C 倍率下验证估算结果，如图 6-13 所示。其中，图 6 为 15°C 环境下模型估算效果，图 6 显示估算曲线与实验曲线基本重合，图 7 是与图 6 相对应的估算误差，图 7 显示除了终了时刻在估算稳定之后各倍率下的估算误差均在 $\pm 20\text{mV}$ 以内，能够满足实车使用需求；图 8 为 25°C 环境下模型估算效果，图 8 显示估算曲线与实验曲线基本重合，图 9 是与图 8 相对应的估算误差，图 9 显示除了终了时刻在估算稳定之后各倍率下的估算误差均在 $\pm 20\text{mV}$ 以内，能够满足实车使用需求；图 10 为 35°C 环境下模型估算效果，图 10 显示估算曲线与实验曲线基本重合，图 11 是与图 10 相对应的估算误差，图 11 显示除了终了时刻在估算稳定之后各倍率下的估算误差均在 $\pm 20\text{mV}$ 以内，能够满足实车使用需求；图 12 为 45°C 环境下模型估算效果，图 12 显示估算曲线与实验曲线基本重合，图 13 是与图 12 相对应的估算误差，图 13 显示除了终了时刻在估算稳定之后各倍率下的估算误差均在 $\pm 20\text{mV}$ 以内，能够满足实车使用需求。

可见本发明带温度输入气液动力学模型反映电池更多的温度信息，电池温度通过迭代提高了模型鲁棒性。本发明开路电压 OCV 估算方程为解析表达式且与时间解耦、运算量小，方程能够通过迭代逐渐消除模型初始误差，提高估算精度。温度与端电压、电流一样作为 OCV 估算方程输入量，无需引入温度补偿系数或经验公式，降低参数识别难度，扩展了模型适用范围。

应当理解，虽然本说明书是按照各个实施例描述的，但并非每个实施例仅包含一个独立的技术方案，说明书的这种叙述方式仅仅是为清楚起见，本领域技术人员应当将说明书作为一个整体，各实施例中的技术方案也可以经适当组合，形成本领域技术人员可以理解的其他实施方式。

上文所列出的一系列的详细说明仅仅是针对本发明的可行性实施例的具体说明，它们并非用以限制本发明的保护范围，凡未脱离本发明技艺精神所作的等效实施例或变更均应包含在本发明的保护范围之内。

权利要求书

1.一种带温度输入的锂离子电池开路电压估算方法，其特征在于，包括以下步骤：

步骤一，依据气液动力学模型推导带温度输入的待定开路电压估算方程：

$$P_3 = \frac{(P_2 - T_2 k_2)(T_1 k_2 + P_1) - T_1 k_1 + \sqrt{(T_1 k_2 + P_1)^2 (T_2 k_2 + P_2)^2 + T_1^2 k_1^2 + 2k_1(T_1 k_2 + P_1)(T_1 T_2 k_2 + 2T_2 P_1 - T_1 P_2)}}{2(T_1 k_2 + P_1)}$$

$$\text{其中, } P_2 = P_0 - \frac{1}{2} \rho l |I| - \frac{1}{2} \mu \rho l$$

P_0 、 I 和 P_1 在气液动力学模型中分别表示管口压强、气体流速和稳态下容器内压强，在电池中分别对应端电压、电流和开路电压， P_3 在气液动力学模型中表示要估算的稳态下容器内气体压强，在电池中表示要估算的开路电压， T_1 ：在气液动力学模型中表示前一时刻容器内稳态气体温度，在电池中表示前一时刻稳态时电池温度， T_2 ：在气液动力学模型中表示排气或充气过程中容器内气体温度，在电池中表示放电或充电过程中电池温度， ρ ：气流密度， μ ：气流阻力系数， k_1 ：第一等效参数， k_2 ：第二等效参数， P_0 ：管口压强；

步骤二，依据实验数据辨识估算方程参数：通过实验测试获得不同电流、端电压、温度下所对应的开路电压，并通过辨识方法辨识出开路电压估算方程中 k_1 、 k_2 、 ρ 和 μ 参数的最优值，将 k_1 、 k_2 、 ρ 和 μ 参数的值代入步骤一的待定开路电压估算方程得到完备的开路电压估算方程；

步骤三，依据完备的开路电压估算方程设计带温度输入开路电压估算方法，并计算得到开路电压估算值。

2. 根据权利要求 1 所述的带温度输入的锂离子电池开路电压估算方法，其特征在于，所述气液动力学模型的物理原型为设有气液共存系统的一个密闭容器，在容器的顶部安装有管道及阀门，所述容器内装有 V_w 体积的液体，剩下的容积 V 是压强为 P ，物质的量为 n ，密度为 ρ ，温度为 T 的气体。

3. 根据权利要求 2 所述的带温度输入的锂离子电池开路电压估算方法，其特征在于，所述步骤一的具体过程为：

所述气液动力学模型中设 μ 为气体流动过程中管道的综合阻力系数，字母 I 和 P_0 分别为气体的流速和管口气体的压强，字母 P ， V ， n ， T 分别为容器内气体的压强、体积、物质的量和热力学温度，字母 V_w 和 n_j 分别为液体的体积和平衡状态下溶解于液体中气体的物质的量； P_1 为前一时刻容器内稳态气体压强， P_2 为排气或充气过程中容器内气体压

强, P_3 为要估算的稳态下容器内气体压强; 气液动力学模型在 t_1 时刻打开阀门放出气体或充入气体, 在 t_2 时刻关闭阀门, $t_2 = t_1 + \Delta t, \Delta t \rightarrow 0$, 在 t_3 时刻达到平衡状态;

当时间处于 t_1^- 时刻,

理想气体状态方程:

$$P_1 V = n_1 R T_1 \quad \text{公式一}$$

气体间隙溶填充解度方程:

$$n_{j1} = \frac{P_1 \phi_m V_w}{R T_1 + b_m P_1} \quad \text{公式二}$$

其中, T_1 : 容器内稳态气体温度; P_1 : 气体压强; n_1 : 气体物质的量; V : 气体体积; R : 热力学常数; ϕ_m : 有效间隙常数; b_m : 气体分子的范德华体积; V_w : 液体体积; n_{j1} : 气体溶解物质的量; t_1^- : t_1 时刻的左极限;

当时间处于 t_2^- 时刻,

理想气体状态方程:

$$P_2 V = n_2 R T_2 \quad \text{公式三}$$

其中, T_2 : 排气或充气过程中容器内气体温度, P_2 : 气体压强; n_2 : 气体物质的量; t_2^- : t_2 时刻的左极限;

当时间处于 t_3 时刻,

理想气体状态方程为:

$$P_3 V = n_3 R T_2 \quad \text{公式四}$$

$$n_3 = n_2 + n_{j1} - n_{j3} \quad \text{公式五}$$

气体间隙填充溶解度方程:

$$n_{j3} = \frac{P_3 \phi_m V_w}{R T_2 + b_m P_3} \quad \text{公式六}$$

其中, P_3 : 要估算的稳态下容器内气体压强; n_3 : 气体物质的量; n_{j3} : 气体溶解物质的量;

设 P_s 为从 t_2 时刻到 t_3 时刻系统内气体由非稳态到稳态过程中改变的压强,

$$P_s = P_3 - P_2 \quad \text{公式七}$$

将公式一至式六带入到方程式七中整理化简得:

$$P_s = P_3 - P_2 = \frac{R^2 T_2 \varphi_m V_w}{V b_m^2} \times \left(\frac{T_2}{\frac{RT_2}{b_m} + P_3} - \frac{T_1}{\frac{RT_1}{b_m} + P_1} \right) \quad \text{公式八}$$

设:

$$k_1 = \frac{R^2 \varphi_m V_w}{V b_m^2}, \quad k_2 = \frac{R}{b_m} \quad \text{公式九}$$

将参数 k_1 , k_2 再回带入公式八中得:

$$P_3 - P_2 = \frac{k_1 T_2}{k_2 T_2 + P_3} - \frac{k_1 T_1}{k_2 T_1 + P_1} \quad \text{公式十}$$

公式十所有参数均具有物理意义, 即所有参数的值均大于 0 且所述气液动力学模型系统内压强均大于 0, 则分母必大于 0, 改写为方程式公式十一:

$$P_3^2 + P_3 \times (T_2 k_2 - P_2 + \frac{T_1 k_1}{T_1 k_2 + P_1}) + (\frac{T_1 k_1 T_2 k_2}{T_1 k_2 + P_1} - P_2 T_2 k_2 - k_1 T_2) = 0 \quad \text{公式十一}$$

将 P_3 看作是变量, 公式十一被看作是关于 P_3 的二次方程, 设:

$$a = 1, \quad b = T_2 k_2 - P_2 + \frac{T_1 k_1}{T_1 k_2 + P_1}, \quad c = \frac{T_1 k_1 T_2 k_2}{T_1 k_2 + P_1} - P_2 T_2 k_2 - T_2 k_1 \quad \text{公式十二}$$

因为 $ac = -\frac{P_1 \times (P_2 k_2 + k_1) + P_2 k_2^2}{k_2 + P_1} < 0$, 恒成立; 则 $\Delta = b^2 - 4ac > 0$ 恒成立; 所以方程式

公式十一有且仅有唯一的实数根, 为:

$$P_3 = \frac{(P_2 - T_2 k_2)(T_1 k_2 + P_1) - T_1 k_1 + \sqrt{(T_1 k_2 + P_1)^2 (T_2 k_2 + P_2)^2 + T_1^2 k_1^2 + 2k_1(T_1 k_2 + P_1)(T_1 T_2 k_2 + 2T_2 P_1 - T_1 P_2)}}{2(T_1 k_2 + P_1)} \quad \text{公式十三}$$

当气液动力学模型系统处于 t_1 时刻至 t_2 时刻之间时, 依据气体流动连续方程列出:

$$P_2 = P_0 - \frac{1}{2} \rho l |I| - \frac{1}{2} \mu \rho l \quad \text{公式十四}$$

4. 根据权利要求 1 所述的带温度输入的锂离子电池开路电压估算方法, 其特征在于, 所述步骤二中辨识估算方程参数具体过程为:

- ①读取开路电压 OCV、端电压 U、电流 I、温度 T 数据;
- ②向待定开路电压估算方程中 P_1 , T_1 赋初值, $P_1 = \text{OCV}(1)$, $T_1 = T(1)$, 设置 $k=1$;
- ③赋值, $P_0 = U(k)$, $I = I(k)$, $T_2 = T(k)$;
- ④设置待辨识参数 k_1 、 k_2 、 ρ 和 μ 大于或等于 0;
- ⑤带入待定开路电压估算方程;

⑥更新初值 P_1, T_1 与 k , $P_1 = P_3$, $T_1 = T_2$, $k = k + 1$

⑦将估算总误差 $S = S + |P_3 - \text{OCV}(k)|$ 作为目标函数;

⑧直到 S 不再变小为判断终止条件;

⑨循环③至⑧步直至参数辨识结束, 输出最优参数的值 k_1 、 k_2 、 ρ 和 μ 。

5. 根据权利要求 1 所述的带温度输入的锂离子电池开路电压估算方法, 其特征在于, 所述步骤三具体过程为:

①向开路电压估算方程中 P_1 赋初值 $U(1)$ 、 T_1 赋初值 $T(1)$, $P_1 = U(1)$, $T_1 = T(1)$;

②将步骤二辨识出的最优参数值赋给 k_1 、 k_2 、 ρ 和 μ ;

③将采集的端电压、电流与温度数据赋给 P_0 , I 和 T_2 ;

④代入开路电压估算方程, 算出当前开路电压 P_3 ;

⑤利用算出的当前开路电压 P_3 更新 P_1 , T_2 更新 T_1 , 即 $P_1 = P_3$, $T_1 = T_2$;

⑥循环③至⑤步直至开路电压估算完成。

6. 根据权利要求 1 所述的带温度输入的锂离子电池开路电压估算方法, 其特征在于, 所述辨识方法为遗传算法、粒子群算法、模拟退火算法、蚁群算法、支持向量机法、神经网络算法或最小二乘法。

7. 根据权利要求 6 所述的带温度输入的锂离子电池开路电压估算方法, 其特征在于, 所述辨识方法为遗传算法。

8. 一种实现权利要求 1-7 所述带温度输入的锂离子电池开路电压估算方法的系统, 其特征在于, 包括信号采集模块、开路电压估算模块和显示模块;

所述信号采集模块用于采集电池的电流、温度和电压;

所述信号采集模块与开路电压估算模块连接并将采集的电流、温度和电压信号传送到开路电压估算模块, 所述开路电压估算模块根据开路电压估算方程计算出开路电压值;

所述开路电压估算模块与显示模块连接, 将电池电流、温度、电压和开路电压值发送给显示模块显示。

9. 根据权利要求 8 所述带温度输入的锂离子电池开路电压估算方法的系统, 其特征在于, 所述信号采集模块包括电流传感器、温度传感器和电压传感器。

10. 根据权利要求 8 所述带温度输入的锂离子电池开路电压估算方法的系统, 其特征在于, 所述开路电压估算模块包括单片机。

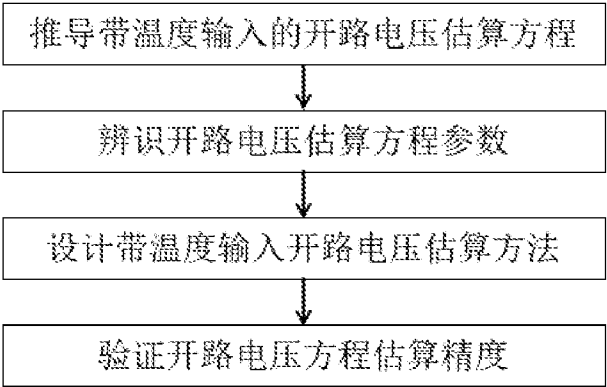


图 1

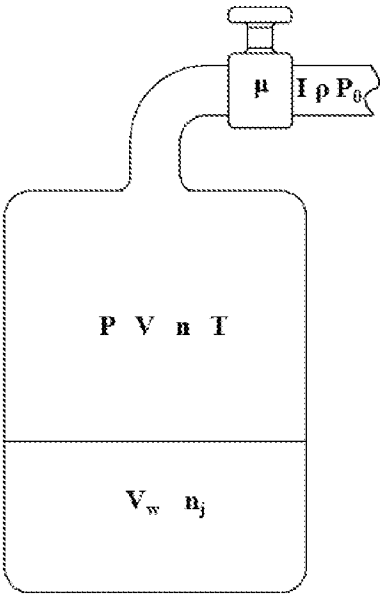


图 2

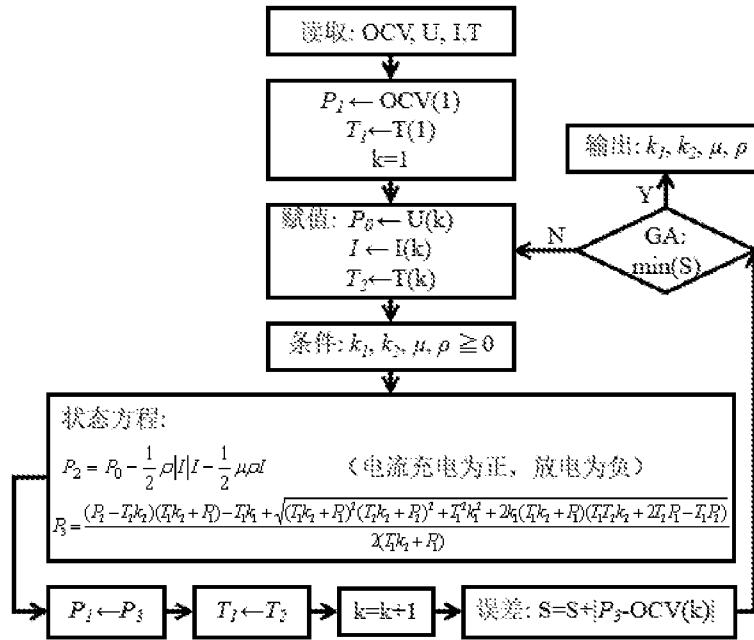


图 3

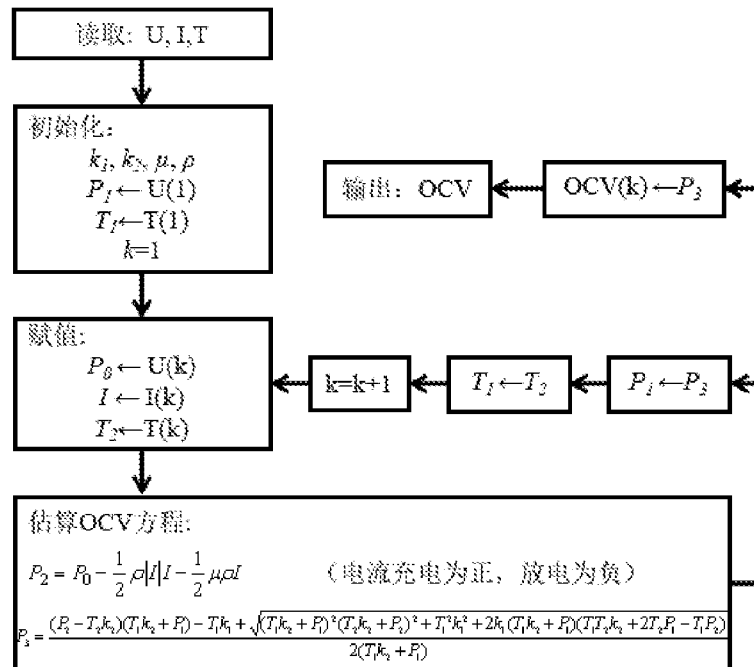


图 4

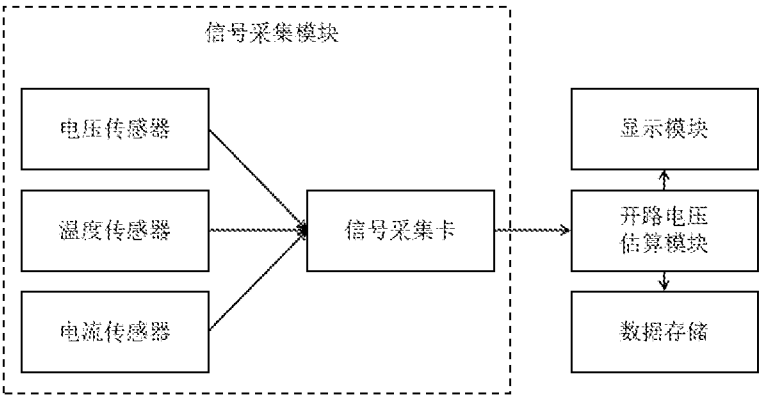


图 5

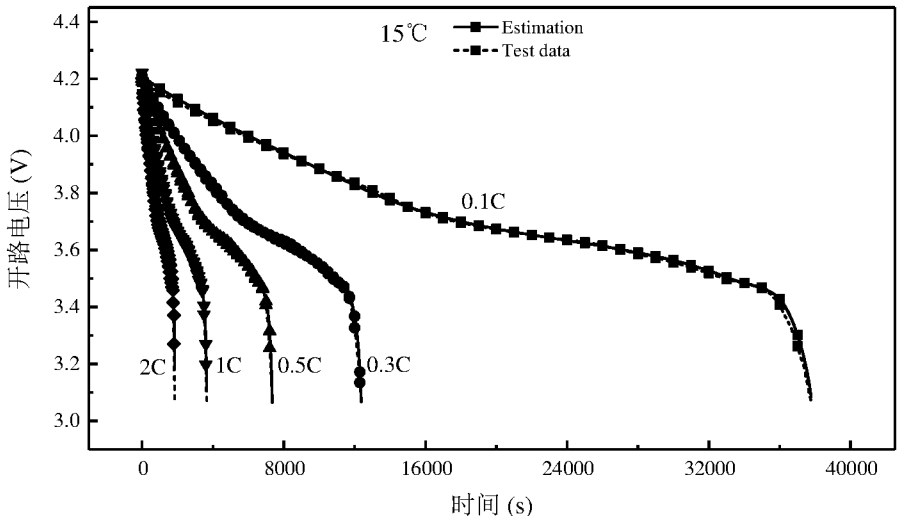


图 6

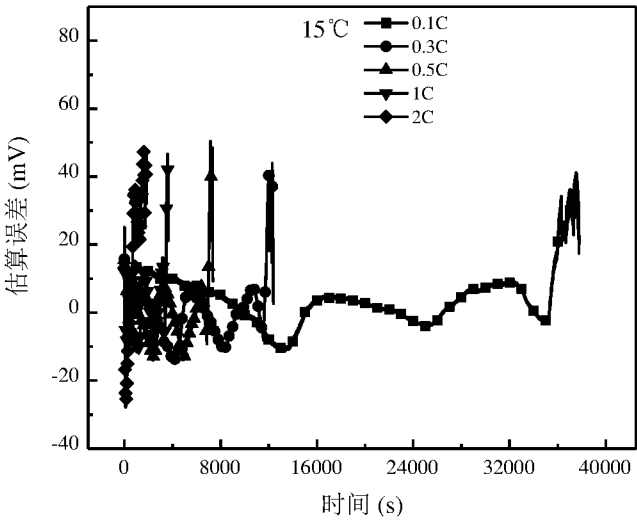


图 7

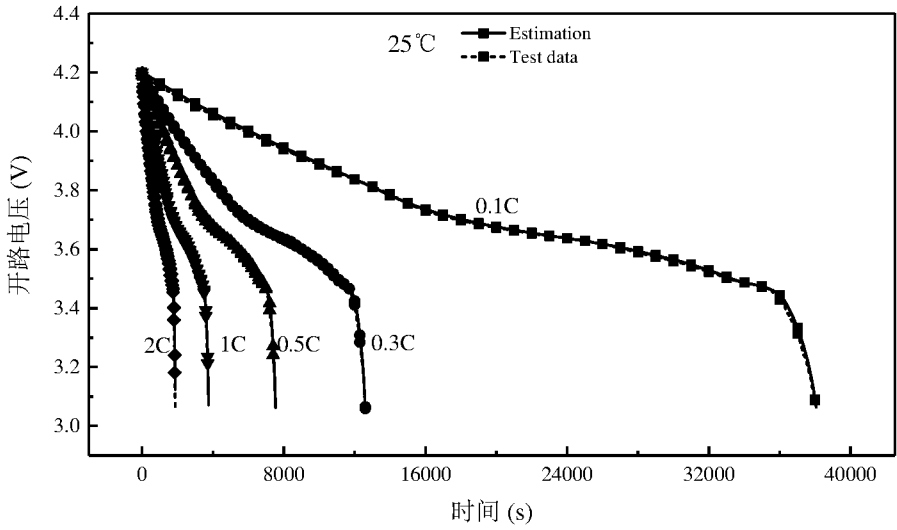


图 8

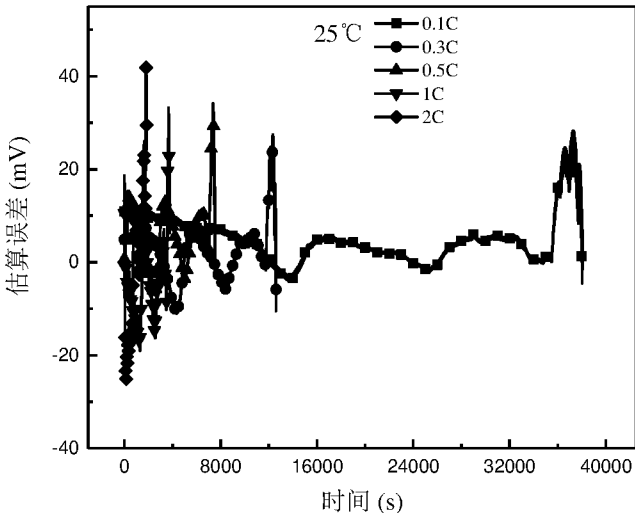


图 9

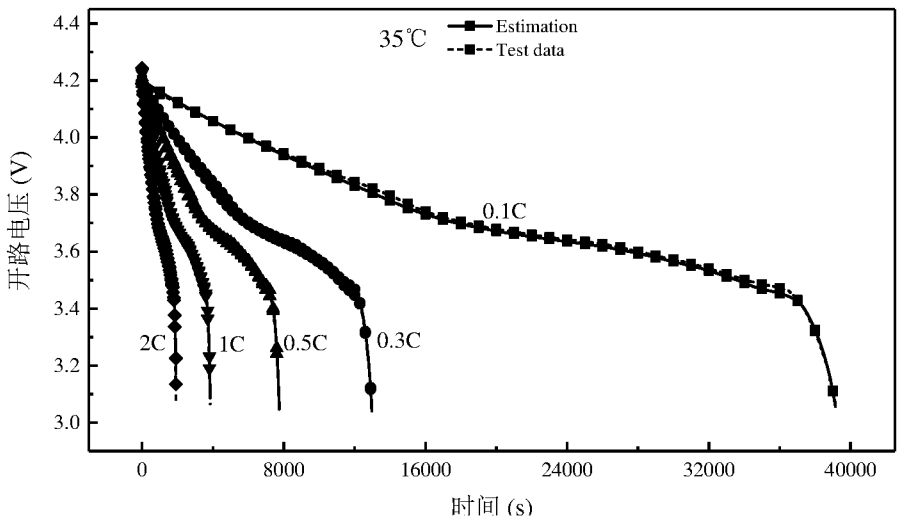


图 10

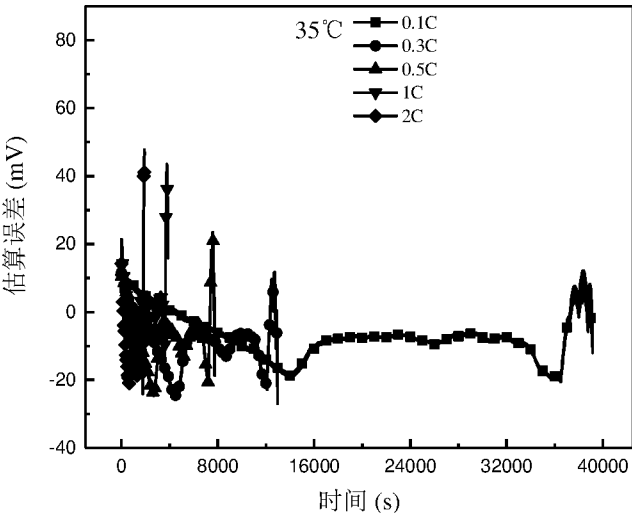


图 11

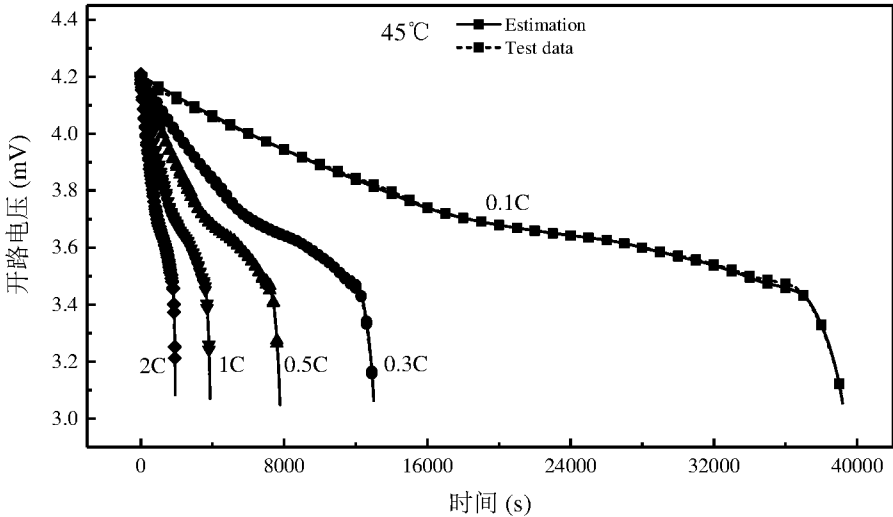


图 12

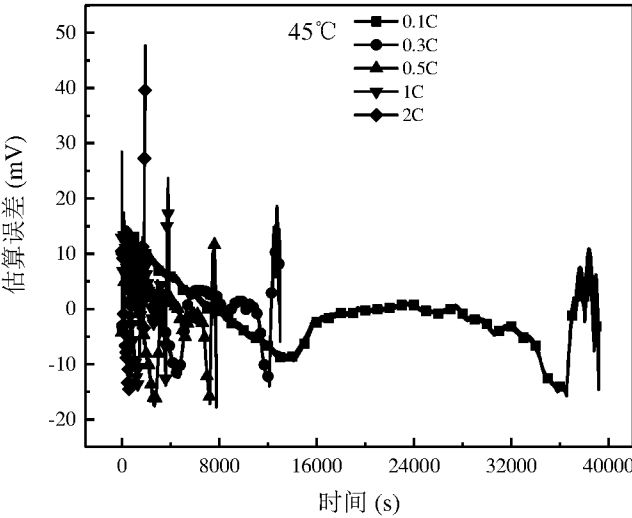


图 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/085079

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R 31/367(2019.01)i; G01R 31/374(2019.01)n

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)

G01R

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)

WPI, EPODOC, CNPAT, CNKI: 气液动力学, 模型, 锂离子, 电池, 开路电压, OCV, 温度, 估算, 递推, gas, liquid, dynamic, lithium, battery, temperature, model, estimat+, recursion

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 108169682 A (JIANGSU UNIVERSITY) 15 June 2018 (2018-06-15) description, paragraphs [0005]-[0097]	1-10
A	CN 1832246 A (SHANGHAI INSTITUTE OF MICROSYSTEM AND INFORMATION TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 13 September 2006 (2006-09-13) entire document	1-10
A	CN 103439668 A (GUILIN UNIVERSITY OF ELECTRONIC TECHNOLOGY) 11 December 2013 (2013-12-11) entire document	1-10
A	US 2014210418 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC RESEARCH LABORATORIES, INC.) 31 July 2014 (2014-07-31) entire document	1-10



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

“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

15 August 2019

Date of mailing of the international search report

27 August 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/085079

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	108169682	A	15 June 2018	WO	2019113999	A1	20 June 2019
CN	1832246	A	13 September 2006	CN	100533843	C	26 August 2009
CN	103439668	A	11 December 2013	CN	103439668	B	26 August 2015
US	2014210418	A1	31 July 2014	WO	2014119123	A1	07 August 2014
				US	9077182	B2	07 July 2015

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/085079

A. 主题的分类 G01R 31/367(2019.01)i; G01R 31/374(2019.01)n 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 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) G01R 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 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)) WPI, EPDOC, CNPAT, CNKI:气液动力学, 模型, 锂离子, 电池, 开路电压, OCV, 温度, 估算, 递推, gas, liquid, dynamic, lithium, battery, temperature, model, estimat+, recursion																	
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>CN 108169682 A (江苏大学) 2018年 6月 15日 (2018 - 06 - 15) 说明书第5-97段</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 1832246 A (中国科学院上海微系统与信息技术研究所) 2006年 9月 13日 (2006 - 09 - 13) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103439668 A (桂林电子科技大学) 2013年 12月 11日 (2013 - 12 - 11) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2014210418 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC RESEARCH LABORATORIES, INC.) 2014年 7月 31日 (2014 - 07 - 31) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	A	CN 108169682 A (江苏大学) 2018年 6月 15日 (2018 - 06 - 15) 说明书第5-97段	1-10	A	CN 1832246 A (中国科学院上海微系统与信息技术研究所) 2006年 9月 13日 (2006 - 09 - 13) 全文	1-10	A	CN 103439668 A (桂林电子科技大学) 2013年 12月 11日 (2013 - 12 - 11) 全文	1-10	A	US 2014210418 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC RESEARCH LABORATORIES, INC.) 2014年 7月 31日 (2014 - 07 - 31) 全文	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求															
A	CN 108169682 A (江苏大学) 2018年 6月 15日 (2018 - 06 - 15) 说明书第5-97段	1-10															
A	CN 1832246 A (中国科学院上海微系统与信息技术研究所) 2006年 9月 13日 (2006 - 09 - 13) 全文	1-10															
A	CN 103439668 A (桂林电子科技大学) 2013年 12月 11日 (2013 - 12 - 11) 全文	1-10															
A	US 2014210418 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC RESEARCH LABORATORIES, INC.) 2014年 7月 31日 (2014 - 07 - 31) 全文	1-10															
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																	
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “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) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “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 “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 “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 “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 “&” 同族专利的文件																	
国际检索实际完成的日期 2019年 8月 15日		国际检索报告邮寄日期 2019年 8月 27日															
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		受权官员 张建强 电话号码 86-(10)-53961475															

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/085079

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	108169682	A	2018年 6月 15日	WO	2019113999	A1	2019年 6月 20日
CN	1832246	A	2006年 9月 13日	CN	100533843	C	2009年 8月 26日
CN	103439668	A	2013年 12月 11日	CN	103439668	B	2015年 8月 26日
US	2014210418	A1	2014年 7月 31日	WO	2014119123	A1	2014年 8月 7日
				US	9077182	B2	2015年 7月 7日