



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111693882 B

(45) 授权公告日 2022.09.06

(21) 申请号 202010615814.1

CN 103020445 A, 2013.04.03

(22) 申请日 2020.06.30

CN 106772063 A, 2017.05.31

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 108254696 A, 2018.07.06

申请公布号 CN 111693882 A

CN 108152747 A, 2018.06.12

(43) 申请公布日 2020.09.22

CN 109888834 A, 2019.06.14

(73) 专利权人 厦门金龙联合汽车工业有限公司

CN 105158698 A, 2015.12.16

地址 361000 福建省厦门市集美区金龙路9号

CN 1732389 A, 2006.02.08

CN 109307845 A, 2019.02.05

(72) 发明人 李鸿海 王喜明 任永欢 郑彬彬 林春敏

CN 106842065 A, 2017.06.13

CN 106597289 A, 2017.04.26

(74) 专利代理机构 泉州市博一专利事务所(普通合伙) 35213

CN 107843845 A, 2018.03.27

CN 109521366 A, 2019.03.26

专利代理师 方传榜

CN 111257778 A, 2020.06.09

CN 110031770 A, 2019.07.19

(51) Int. Cl.

CN 106093778 A, 2016.11.09

CN 108572327 A, 2018.09.25

G01R 31/392 (2019.01)

CN 103869252 A, 2014.06.18

G01R 31/396 (2019.01)

CN 107076802 A, 2017.08.18

G01R 31/388 (2019.01)

CN 105144437 A, 2015.12.09

G01R 31/367 (2019.01)

CN 103439666 A, 2013.12.11

(续)

(56) 对比文件

审查员 马佳伟

CN 109946616 A, 2019.06.28

权利要求书1页 说明书4页 附图1页

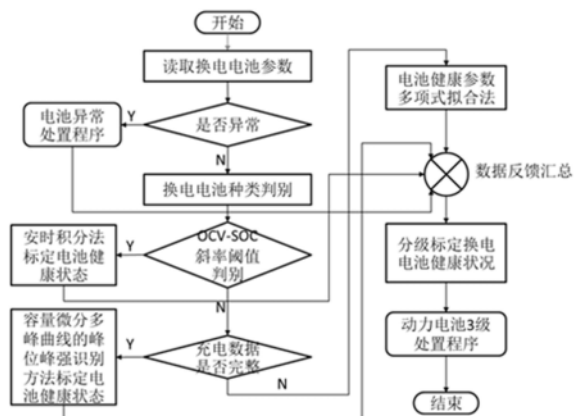
(54) 发明名称

一种换电电池健康状态的评价方法

出科学精准判断,适用于正负极成分复杂的换电电池体系的识别。

(57) 摘要

一种换电电池健康状态的评价方法,包括以下步骤:读取换电电池参数,并且对电池参数无异常的换电电池进行种类判别;将换电电池健康状态的判定分为三级,S1、将按时积分法用于充放电过程中OCV-Q斜率较大的换电电池种类体系,S2、将容量微分多峰曲线的峰位峰强识别方法用于充放电电压平台较平坦并且充放电数据完整的磷酸铁锂换电电池,S3、将电池健康参数多项式拟合法用于充放电电压平台较平坦且充放电数据较为复杂或者不够完整的换电电池体系;对换电电池的健康状况进行分级标定;对换电电池执行与前述方法对应的三级处置策略。该评价方法可对不同种类换电电池的健康状态做



CN 111693882 B

[接上页]

(56) 对比文件

- CN 110501652 A, 2019.11.26
- CN 109164398 A, 2019.01.08
- CN 110058178 A, 2019.07.26
- CN 102185167 A, 2011.09.14
- US 10641836 B1, 2020.05.05
- US 2012105069 A1, 2012.05.03
- JP 2019096552 A, 2019.06.20
- US 2018131200 A1, 2018.05.10
- US 2013066573 A1, 2013.03.14
- US 2015066406 A1, 2015.03.05
- US 2020049774 A1, 2020.02.13
- JP 2019158597 A, 2019.09.19
- US 2016103185 A1, 2016.04.14
- JP 6038275 B2, 2016.12.07
- US 2018123185 A1, 2018.05.03
- JP 2010212044 A, 2010.09.24
- 尚丽平等. 锂电池组在线均衡BMS健康管理方法研究.《电源技术》.2015,
- 郭琦沛等. 基于容量增量曲线的三元锂离子电池健康状态估计方法.《全球能源互联网》.2018, 第1卷(第2期),
- Derek Stenclik等. Energy Storage as a Peaker Replacement: Can Solar and Battery Energy Storage Replace the Capacity Value of Thermal Generation.《IEEE Electrification Magazine》.2018, 第6卷(第3期),
- Dongpei Qian等. Research on Calculation Method of Internal Resistance of Lithium Battery Based on Capacity Increment Curve.《2019 2nd World Conference on Mechanical Engineering and Intelligent Manufacturing (WCMEIM)》.2020,

1. 一种换电电池健康状态的评价方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤一、读取换电电池参数,并且对电池参数无异常的换电电池进行种类判别;

步骤二、按照电池健康状态数据分析策略的计算工作量大小,将换电电池健康状态的判定分为三级,包括:S1、将安时积分法用于充放电过程中OCV-Q斜率较大的换电电池种类体系,安时积分法具体是通过充电设备对换电电池的完整充电过程的电流进行分时积分,可以得出电池的满电容量,公式为 $Q(k) = Q(k-1) - \text{current}(k) * [t(k) - t(k-1)] / 3600$  (1),对于充电结束时刻的 $Q(k)$ 值,将其代入公式 $\text{SOH} = Q(k) / Q_0$  (2)得到对应的SOH; $t$ 为时间,单位为秒, $Q_0$ 为电池系统的额定容量,单位为Ah,current电流值规定充电为负值,放电为正值,单位为A;S2、将容量微分多峰曲线的峰位峰强识别方法用于充放电电压平台较平坦并且充放电数据完整的磷酸铁锂换电电池,峰位峰强识别方法具体是对充电过程中的 $Q$ -OCV求导,通过得到 $dQ / \Delta V - V$ 呈现出的波峰移位现象辨识出磷酸铁锂换电电池的不均衡程度;S3、将电池健康参数多项式拟合法用于充放电电压平台较平坦并且充放电数据较为复杂或者不够完整的换电电池体系,电池健康参数多项式拟合法具体是采用多种优化算法来识别充放电过程中电量和电压的关系 $\text{OCV} = f(\text{SOC})$ ,该方法采用以下多项式拟合工具函数: $y(k) = a_1 * \exp[-((x(k) - b_1) / c_1)^2] + a_2 * \exp[-((x(k) - b_2) / c_2)^2] + a_3 * \exp[-((x(k) - b_3) / c_3)^2] + a_4 * \exp[-((x(k) - b_4) / c_4)^2] + a_5 * \exp[-((x(k) - b_5) / c_5)^2]$  (3), $x(k)$ 为各时刻的current, $y(k)$ 为各时刻的OCV期望值, $a_1$ 到 $a_5$ 为内部加权参数, $c_1$ 到 $c_5$ 为外部加权参数, $b_1$ - $b_5$ 为5个维度的位移调整;

步骤三、对换电电池的健康状况进行分级标定;

步骤四、根据步骤三对换电电池的健康状况的分级标定结果,对换电电池执行后续的三级处置策略。

2. 如权利要求1所述的一种换电电池健康状态的评价方法,其特征在于:所述换电电池参数包括换电电池的型号参数和额定容量参数,以及换电站对换电电池的额定充电电压范围、安全温度范围。

3. 如权利要求1所述的一种换电电池健康状态的评价方法,其特征在于:所述优化算法包括最小二乘辨识算法、卡尔曼滤波算法、H无穷大算法及智能机器学习优化算法。

4. 如权利要求1所述的一种换电电池健康状态的评价方法,其特征在于:所述步骤S3中的换电电池体系为正极或负极含有磷酸铁锂或钛酸锂材料的电池体系。

5. 如权利要求1所述的一种换电电池健康状态的评价方法,其特征在于:所述三级处置策略包括继续使用、再均衡保养维护以及梯次利用。

## 一种换电电池健康状态的评价方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及新能源汽车技术领域,更为具体地说是指一种换电电池健康状态的评价方法。

### 背景技术

[0002] 新能源换电客车的动力电池系统由若干个电芯通过串并联组成,该系统的性能受电芯一致性影响。新能源汽车动力电池系统经历长时间使用后,电池单体之间因温度、自放电率、容量衰减速率、库仑效率等不同会导致电池单体之间的SOC出现不一致现象,即容量不均衡。

[0003] 该种不均衡现象会使电池系统可用容量减少,利用效率降低,使车辆行驶里程减少,如果不进行再均衡保养,会导致电池容量过早过快的衰减,在缺乏有效电池健康状态的评价方法的情况下,电池会出现生命周期内报废的情况,不但浪费了资源而且也不利于电池梯次利用。

[0004] 目前的换电电池管理系统中,通常只是简单的采用安时积分方法对换电电池的容量进行标定,判断电池是否报废,缺乏对电池的健康状态进行科学精准判断的方法。申请公开号为CN 109946616A该专利是本申请人于2019年04月29日提交的发明专利申请,公开了一种磷酸铁锂电池系统容量不均衡程度的估算方法,包括以下具体步骤:搜集车辆最高单体电压 $V_{max}$ 、最低单体电压 $V_{min}$ 在充电过程的时间与电流数据;对数据进行平滑处理,并做容量微分处理,同时,对 $dQ/dV$ 与 $V$ 进行作图处理;对 $dQ/dV \sim V$ 图中所出现的峰值进行P1~P3的归类;对同类峰进行峰位差的计算,并求出 $dQ/dV_{max}$ 与 $dQ/dV_{min}$ 的峰位差 $\Delta V$ ;利用得到的峰位差 $\Delta V$ 值进行不均衡程度 $\Delta SOC$ 的计算。该估算方法仅适用于识别磷酸铁锂内部电芯的不均衡程度,而对于其它如快充长寿命要求的钛酸锂电池等,其正负极成分复杂,无法用简单的数据清洗手段获得电池健康状态的基础参数关系。为此,我们提供一种换电电池健康状态的评价方法。

### 发明内容

[0005] 本发明提供一种换电电池健康状态的评价方法,以克服现有电池健康评估方法,缺乏对各种类电池的健康状态科学精准判断等缺点。

[0006] 本发明采用如下技术方案:

[0007] 一种换电电池健康状态的评价方法,包括以下步骤:

[0008] 步骤一、读取换电电池参数,并且对电池参数无异常的换电电池进行种类判别;

[0009] 步骤二、按照电池健康状态数据分析策略的计算工作量大小,将换电电池健康状态的判定分为三级,包括:S1、将安时积分法用于充放电过程中OCV-Q斜率较大的换电电池种类体系;S2、将容量微分多峰曲线的峰位峰强识别方法用于充放电电压平台较平坦并且充放电数据完整的磷酸铁锂换电电池;S3、将电池健康参数多项式拟合法用于充放电电压平台较平坦并且充放电数据较为复杂或者不够完整的换电电池体系;

[0010] 步骤三、对换电电池的健康状况进行分级标定；

[0011] 步骤四、根据步骤三对换电电池的健康状况的分级标定结果，对换电电池执行后续的三级处置策略。

[0012] 优选地，上述换电电池参数包括换电电池的型号参数和额定容量参数，以及换电站对换电电池的额定充电电压范围、安全温度范围。

[0013] 进一步地，上述步骤S1中的安时积分法具体是通过充电设备对换电电池的完整充电过程的电流进行分时积分，可以得出电池的满电容量，公式为 $Q(k) = Q(k-1) - \text{current}(k) * [t(k) - t(k-1)] / 3600$  (1)，对于充电结束时刻的 $Q(k)$ 值，将其代入公式 $\text{SOH} = Q(k) / Q_0$  (2)得到对应的SOH； $t$ 为时间，单位为秒， $Q_0$ 为电池系统的额定容量，单位为Ah， $\text{current}$ 电流值规定充电为负值，放电为正值，单位为A。

[0014] 进一步地，上述步骤S2中的容量微分多峰曲线的峰位峰强识别方法，具体是对充电过程中的 $Q-OCV$ 求导，通过得到 $dQ / \Delta V - V$ 呈现出的波峰移位现象辨识出磷酸铁锂换电电池的不均衡程度。

[0015] 进一步地，上述步骤S3中的电池健康参数多项式拟合法具体是采用多种优化算法来识别充放电过程中电量和电压的关系 $OCV = f(\text{SOC})$ ，该方法采用以下多项式拟合工具函数： $y(k) = a_1 * \exp[-((x(k) - b_1) / c_1)^2] + a_2 * \exp[-((x(k) - b_2) / c_2)^2] + a_3 * \exp[-((x(k) - b_3) / c_3)^2] + a_4 * \exp[-((x(k) - b_4) / c_4)^2] + a_5 * \exp[-((x(k) - b_5) / c_5)^2]$  (3)， $x(k)$ 为各时刻的 $\text{current}$ ， $y(k)$ 为各时刻的OCV期望值， $a_1$ 到 $a_5$ 为内部加权参数， $c_1$ 到 $c_5$ 为外部加权参数， $b_1$ - $b_5$ 为5个维度的位移调整。

[0016] 优选地，上述优化算法包括最小二乘辨识算法、卡尔曼滤波算法、H无穷大算法及智能机器学习优化算法。

[0017] 进一步地，上述步骤S3中的换电电池体系为正极或负极含有磷酸铁锂或钛酸锂材料的电池体系。

[0018] 进一步地，上述三级处理策略包括继续使用、再均衡保养维护以及梯次利用。

[0019] 由上述对本发明的描述可知，和现有技术相比，本发明具有如下优点：

[0020] 本发明采用安时积分法、容量微分多峰曲线的峰位峰强识别方法、电池健康参数多项式拟合法三级综合判断换电电池的健康情况，评估换电电池内单体真实剩余电量的计算，甄别出通过再均衡保养仍然可以使用的换电电池；同时对不适宜继续动力电池用途的换电电池进行合理的SOH评估，进而可以对其进行合理再利用安排。该发明评价方法，可对不同种类换电电池的健康状态做出科学精准判断，适用于正负极成分复杂的换电电池体系的识别。

## 附图说明

[0021] 图1为本发明的流程图。

[0022] 图2为本发明 $dQ/dV \sim V$ 的平滑与微分处理的示意图。

## 具体实施方式

[0023] 下面参照附图说明本发明的具体实施方式。为了全面理解本发明，下面描述到许多细节，但对于本领域技术人员来说，无需这些细节也可实现本发明。对于公知的组件、方

法及过程,以下不再详细描述。

[0024] 一种换电电池健康状态的评价方法,参照图1,包括以下步骤:

[0025] 步骤一、换电电池管理系统读取换电电池参数,并且对电池参数无异常的换电电池进行种类判别。换电电池参数包括换电电池的型号参数和额定容量参数,以及换电站对换电电池的额定充电电压范围、安全温度范围等。

[0026] 步骤二、选择判断换电电池健康状态的策略模块,按照电池健康状态的数据分析策略的计算工作量大小分为3级。

[0027] S1、将安时积分法用于充放电过程中OCV-Q斜率较大的换电电池种类体系;对于使用年限不长,OCV-Q斜率较大的电池,只需要对电池的整体容量状态进行确认记录,通过充电设备对换电电池的完整充电过程的电流进行分时积分,可以得出电池的满电容量,公式为: $Q(k) = Q(k-1) - \text{current}(k) * [t(k) - t(k-1)] / 3600$  (1),对于充电结束时刻的Q(k)值,将其代入公式 $\text{SOH} = Q(k) / Q_0$  (2)得到对应的SOH;t为时间,单位为秒,Q0为电池系统的额定容量,单位为Ah,current电流值规定充电为负值,放电为正值,单位为A。

[0028] S2、将容量微分多峰曲线的峰位峰强识别方法用于充放电电压平台较平坦并且充放电数据完整的磷酸铁锂换电电池。对于使用时间较长,安时积分法已经判别出电池出现容量衰减的电池,需要进一步判定此换电电池箱内部电芯的不均衡程度,从而有针对性的对电池进行均衡保养,这就需要用到容量微分多峰曲线的峰位峰强识别方法,此方法是用人工智能程序模块对充电过程中的Q~OCV求导,通过得到 $dQ / \Delta V \sim V$ 呈现出的波峰移位现象辨识出磷酸铁锂换电电池的不均衡程度,如图2所示。该磷酸铁锂换电电池的不均衡程度的估算方法与本申请人在公开号为CN 109946616A的发明专利相同,本实施例不做详细赘述。

[0029] S3、将电池健康参数多项式拟合法用于充放电电压平台较平坦并且充放电数据较为复杂或者不够完整的换电电池体系;如:正极或负极含有磷酸铁锂或钛酸锂材料的电池体系。

[0030] 电池健康参数多项式拟合法具体是采用多种优化算法来识别充放电过程中电量和电压的关系 $\text{OCV} = f(\text{SOC})$ ,该方法采用以下多项式拟合工具函数: $y(k) = a_1 * \exp[-((x(k) - b_1) / c_1)^2] + a_2 * \exp[-((x(k) - b_2) / c_2)^2] + a_3 * \exp[-((x(k) - b_3) / c_3)^2] + a_4 * \exp[-((x(k) - b_4) / c_4)^2] + a_5 * \exp[-((x(k) - b_5) / c_5)^2]$  (3)。上述公式(3)为5阶高斯函数,x(k)为各时刻的current,y(k)为各时刻的OCV期望值,a1到a5为内部加权参数,c1到c5为外部加权参数,b1-b5为5个维度的位移调整。

[0031] 根据具体电池充放电特性曲线的不同可以做出灵活的拟合调整,通过程序循环调整来逼近真实的充放电数据从而反推出 $\text{OCV} = f(\text{SOC})$ ,进而通过差值法得出所测换电电池的容量进而通过公式 $\text{SOH} = Q(k_{\max}) / Q_0$  (4)计算电池内电芯的健康状态参数SOH。

[0032] 上述优化算法包括最小二乘辨识算法、卡尔曼滤波算法、H无穷大算法及智能机器学习优化算法。

[0033] 步骤三、根据3级判定模块算出的电池健康参数对换电电池的的健康状况分级标定。

[0034] 步骤四、根据步骤三对换电电池的健康状况的分级标定结果,对换电电池执行后续的三级处置策略。三级处理策略包括:继续使用、再均衡保养维护以及梯次利用。

[0035] 上述仅为本发明的具体实施方式,但本发明的设计构思并不局限于此,凡利用此构思对本发明进行非实质性的改动,均应属于侵犯本发明保护范围的行为。

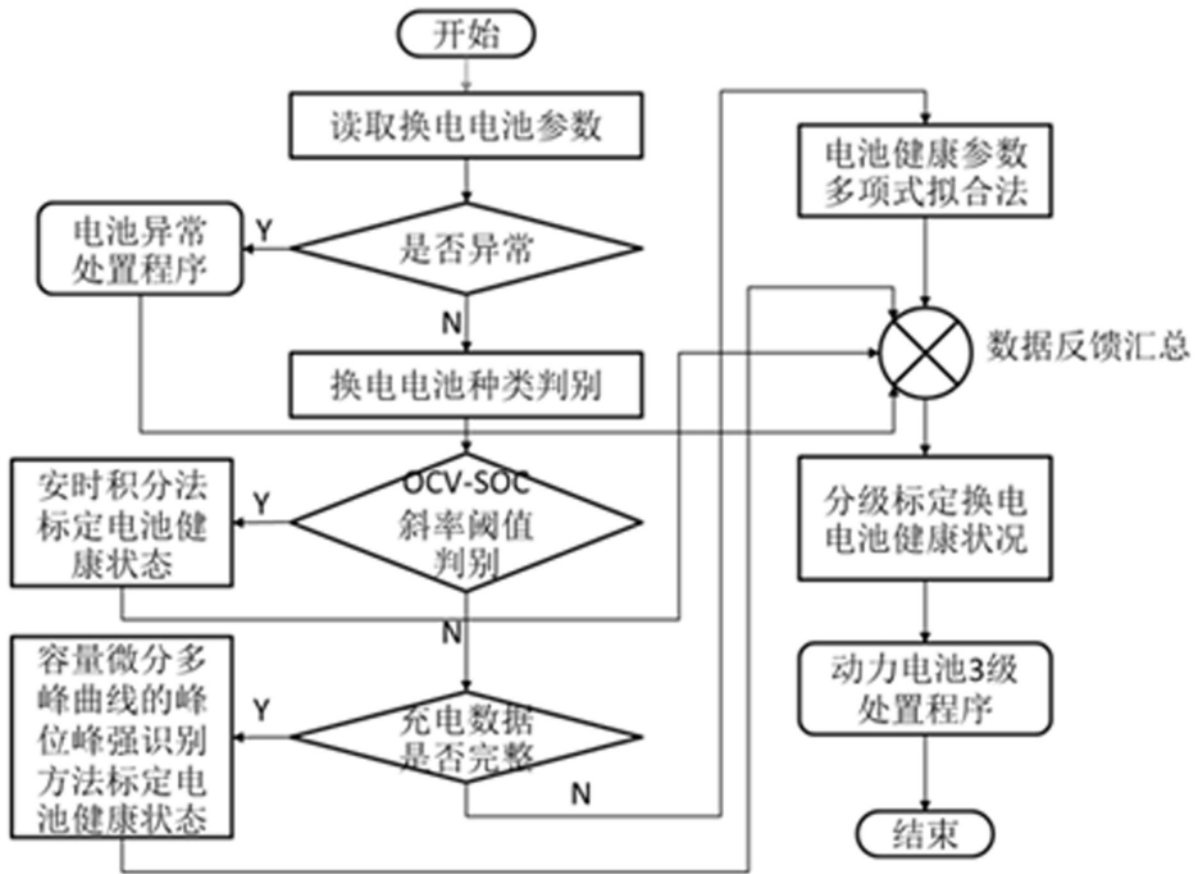


图1

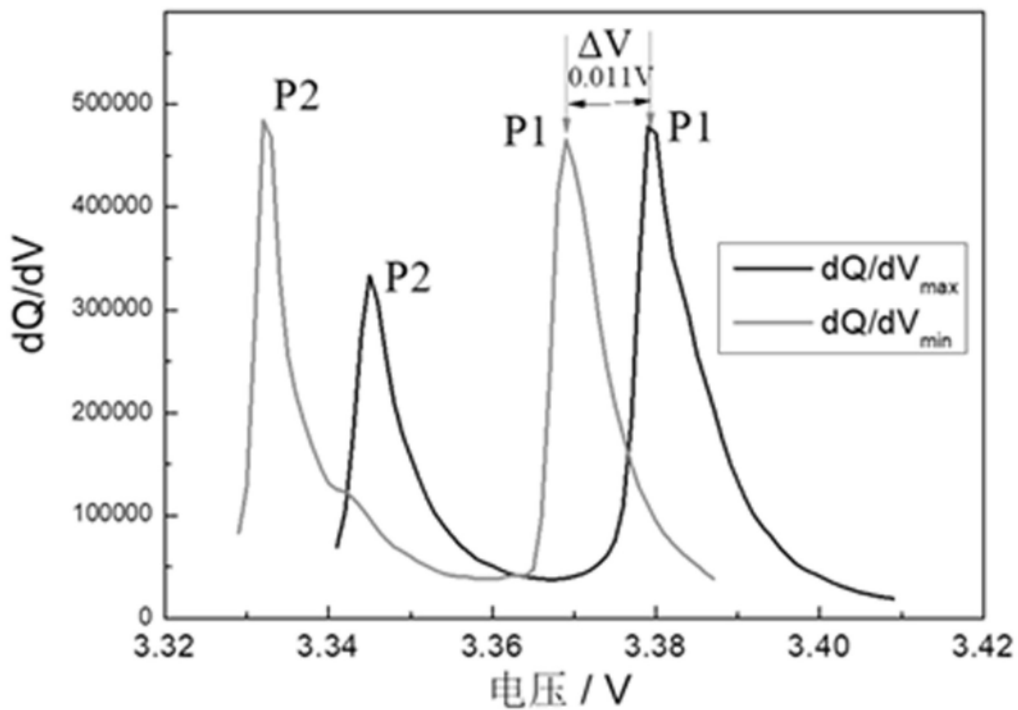


图2