



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109975713 A

(43)申请公布日 2019.07.05

(21)申请号 201910291881.X

(22)申请日 2019.04.12

(71)申请人 苏州正力蔚来新能源科技有限公司
地址 215500 江苏省苏州市常熟市高新技术
产业开发区黄浦江路59号2幢

(72)发明人 孙景宝 王志刚 李中飞 刘祥
吕丹

(74)专利代理机构 南京理工大学专利中心
32203

代理人 薛云燕

(51)Int.Cl.

G01R 31/382(2019.01)

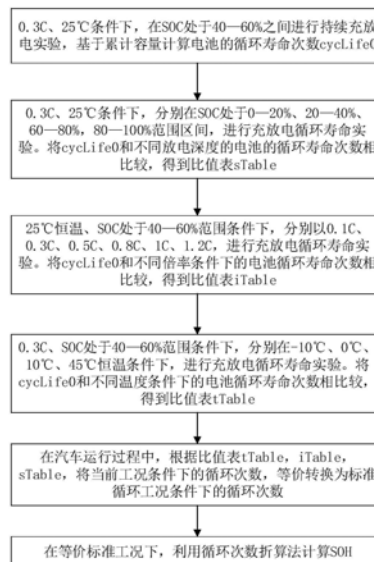
权利要求书3页 说明书9页 附图2页

(54)发明名称

一种考虑多因素影响的动力电池SOH估算方法

(57)摘要

本发明公开了一种考虑多因素影响的动力电池SOH估算方法。该方法为：以25℃、0.3C、SOC处于40-60%为标准工况，通过该工况下充放电测试，得到标准工况下循环寿命次数cycLife0；在不同SOC范围、不同温度、不同倍率条件下充放电测试，得到不同工况环境下的循环寿命次数，将cycLife0和不同SOC范围、不同温度、不同倍率条件下的循环寿命次数相比较，得到比值表sTable、tTable、iTable；在汽车运行过程中，根据比值表tTable、iTable、sTable，将当前温度、倍率、SOC下的循环次数，等价转换为标准工况条件下的循环次数；在等价标准工况下，利用循环次数折算法计算SOH。本发明算法简单、计算精度高，可以计算出所有单体电池的SOH，有利于对电池进行管理。



1. 一种考虑多因素影响的动力电池SOH估算方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1、以25℃、0.3C、SOC处于40-60%为标准工况,通过该工况下充放电测试,得到标准工况下循环寿命次数cycLife0;

步骤2、在不同SOC范围,充放电测试,得到不同放电深度的循环寿命次数,将cycLife0和不同SOC范围的循环寿命次数相比较,得到比值表sTable;

步骤3、在不同温度条件下充放电测试,得到不同温度下循环寿命次数,将cycLife0和不同温度条件下的循环寿命次数相比较,得到比值表tTable;

步骤4、在不同倍率条件下充放电测试,得到不同倍率下循环寿命次数,将cycLife0和不同倍率条件下的电池循环寿命次数相比较,得到比值表iTable;

步骤5、在汽车运行过程中,根据比值表tTable、iTable、sTable,将当前温度、倍率、SOC下的循环次数,等价转换为标准工况条件下的循环次数;

步骤6、在等价标准工况下,利用循环次数折算法计算SOH。

2. 根据权利要求1所述的考虑多因素影响的动力电池SOH估算方法,其特征在于,步骤1所述的以25℃、0.3C、SOC处于40-60%为标准工况,通过该工况下充放电测试,得到标准工况下循环寿命次数cycLife0,具体如下:

步骤1.1、在0.3C、25℃条件下,在SOC处于40%-60%之间进行充放电循环寿命实验,持续累计充放电容量,每次充电或放电完成后静置30min;测试过程中为保证SOC处于40%-60%之间,当电压静置时,采用OCV进行人工校正;

步骤1.2、每累计200*Ca的电量,满充、满放一次,计算实际容量,记录总累计容量和电池实际容量;

步骤1.3、重复步骤1.2,直到实际容量为标称容量的83%以下,将每累计200*Ca的电量计算一次实际容量,改为每累计20*Ca的电量计算一次实际容量;

步骤1.4、持续进行充放电实验,直到实际容量为标称容量的80%,终止测试;

步骤1.5、将总充放累计容量和2倍标称容量的比值,作为电池在标准工况下的循环寿命次数cycLife0,公式如下:

$$\text{cycLife0} = \frac{\text{总累计容量}}{\text{Ca} * 2}。$$

3. 根据权利要求1所述的考虑多因素影响的动力电池SOH估算方法,其特征在于,步骤2所述的在不同SOC范围,充放电测试,得到不同放电深度的循环寿命次数,将cycLife0和不同SOC范围的循环寿命次数相比较,得到比值表sTable,具体如下:

步骤2.1、在25℃,0.3C条件下,分别在SOC处于0-20%、20-40%、60-80%,80-100%范围区间内进行充放电循环寿命实验,持续累计充放电容量,每次充电或放电完成后静置30min,当电压静置时,采用OCV进行人工校正,确保测试过程在指定SOC范围内;

步骤2.2、每累计200*Ca的电量,满充、满放一次,计算实际容量,记录总累计容量和电池实际容量;

步骤2.3、重复步骤2.2,直到实际容量为标称容量的83%以下,将每累计200*Ca的电量计算一次实际容量,改为每累计20*Ca的电量计算一次实际容量;

步骤2.4、持续进行充放电实验,直到实际容量为标称容量的80%,终止测试;

步骤2.5、计算不同SOC范围的循环寿命次数;

步骤2.6、将cycLife0和不同SOC范围的电池循环寿命次数相比较,得到比值表sTable。

4. 根据权利要求1所述的考虑多因素影响的动力电池SOH估算方法,其特征在于,步骤3所述的在不同温度条件下充放电测试,得到不同温度下循环寿命次数,将cycLife0和不同温度条件下的循环寿命次数相比较,得到比值表tTable,具体如下:

步骤3.1、在0.3C, SOC处于40%-60%范围条件下,分别在-20℃、-10℃、0℃、10℃、45℃恒温条件下进行充放电循环寿命实验,持续累计充放电容量,每次充电或放电完成后静置30min;测试过程中为保证SOC处于40%-60%之间,当电压静置时,采用OCV进行人工校正;

步骤3.2、每累计200*Ca的电量时,满充、满放一次,计算实际容量,记录总累计容量和电池实际容量;

步骤3.3、重复步骤3.2,直到实际容量为标称容量的83%以下,将每累计200*Ca的电量计算一次实际容量,改为每累计20*Ca的电量计算一次实际容量;

步骤3.4、持续进行充放电实验,直到实际容量为标称容量的80%,终止测试;

步骤3.5、计算不同温度下的循环寿命次数;

步骤3.6、将cycLife0和不同温度条件下的循环寿命次数相比较,得到比值表tTable。

5. 根据权利要求1所述的考虑多因素影响的动力电池SOH估算方法,其特征在于,步骤4所述的在不同倍率条件下充放电测试,得到不同倍率下循环寿命次数,将cycLife0和不同倍率条件下的电池循环寿命次数相比较,得到比值表iTable,具体如下:

步骤4.1、在25℃恒温、SOC处于40%-60%范围条件下,分别以0.1C、0.3C、0.5C、0.8C、1C、1.2C,进行充放电循环寿命实验,每次充电或放电完成后静置30min;测试过程中为保证SOC处于40%-60%之间,当电压静置时,采用OCV进行人工校正;

步骤4.2、每累计200*Ca的电量时,在25℃恒温、以0.3C满充、满放一次,记录总累计容量和电池实际容量;

步骤4.3、重复步骤4.2,直到实际容量为标称容量的83%以下,将每累计200*Ca的电量计算一次实际容量,改为每累计20*Ca的电量计算一次实际容量;

步骤4.4、持续进行充放电实验,直到实际容量为标称容量的80%,终止测试;

步骤4.5、计算不同倍率下的循环寿命次数;

步骤4.6、将cycLife0和不同倍率条件下的电池循环寿命次数相比较,得到比值表iTable。

6. 根据权利要求1所述的考虑多因素影响的动力电池SOH估算方法,其特征在于,步骤5所述的在汽车运行过程中,根据比值表tTable、iTable、sTable,将当前温度、倍率、SOC下的循环次数,等价转换为标准工况条件下的循环次数,具体如下:

步骤5.1、汽车充电或运行过程中,根据ah积分累计一分钟的电量 Q_1' ;

步骤5.2、计算该分钟的平均倍率Cur;

步骤5.3、根据平均倍率Cur、此时单体电池的温度 T_{em} 、SOC值 Soc ,分别在比值表iTable、tTable、sTable中进行查表,得到三个影响因素对应的比值为 P_i 、 P_t 、 P_s ;

步骤5.4、根据查表得到三个影响因素的比值,将该分钟过程的累计容量 Q_1' ,等价转换为标准工况下的累计容量 Q_1 ,公式如下所示:

$$Q_1 = P_i \times P_t \times P_s \times Q_1'$$

7. 根据权利要求1所述的考虑多因素影响的动力电池SOH估算方法,其特征在于,步骤6

所述的在等价标准工况下,利用循环次数折算法计算SOH,具体如下:

步骤6.1、将标况下等价的累计容量折算为循环次数:

$$\text{cycNum1} = \frac{Q_1}{2 * Ca}$$

步骤6.2、将该分钟的循环次数累加到该节电池总的循环次数中,公式如下:

$$\text{cycNum}[i] = \text{cycNum}[i] + \text{cycNum1}$$

其中i表示电池的节号;

步骤6.3、计算出每一节电池在标准状况下的循环次数;

步骤6.4、根据循环次数折算公式计算单体电池的SOH:

$$\text{SOH}[i] = 100\% - \frac{\text{cycNum}[i]}{\text{cycLife0}} * 20\%。$$

一种考虑多因素影响的动力电池SOH估算方法

技术领域

[0001] 本发明涉及新能源汽车用动力电池系统的SOH估算技术领域,特别是一种考虑多因素影响的动力电池SOH估算方法。

背景技术

[0002] 在新能源汽车电池管理系统中,SOH象征锂电池的健康生命状态,是评价电池性能以及老化程度的重要指标。SOH定义为:在标准条件下,电池从充满状态恒流放电到截止电压所放出的电量与其标称容量的百分比。标准条件一般为0.3C,25℃,标称容量是厂家标定的出厂容量,用Ca表示。新能源汽车出厂时,SOH为100%,随着电池的使用,电池逐渐老化,容量衰减,当SOH变为80%时,意味着电池寿命的终结。老化的电池,性能下降严重,容易引发各种安全问题,如果能准确估算每一节电池SOH的值,可以及时提醒人们更换新电池,同时有利于汽车电池的梯次利用。

[0003] 动力电池老化影响因素非常多,放电深度、温度、倍率都会对SOH产生影响。目前大多数SOH估算算法,考虑的因素单一,并没有将上述三个因素都考虑到,且只估算电池组的SOH,不能够计算每一节电池的SOH。现在SOH估算常用的方法包括直接放电法、阻抗测试法、循环次数折算法等。

[0004] 直接放电法:在标准条件下充放电,测试电池实际容量,此时实际容量和标称容量Ca的比值为SOH。该方法计算的SOH准确度最高,但是需要对电池离线测试,对于汽车电池来说实现比较困难。

[0005] 阻抗测试方法:研究电池固有的内阻特性,基于电阻值来估算SOH。该方式需要测量电池阻抗,测试步骤比较复杂,一般需要添加额外的测量设备,另外电池阻抗值是毫欧姆级,比较小,测试中很容易产生误差,从而使得动力电池SOH的估算准确度比较低。

[0006] 循环次数折算法:根据电池的充放电循环次数和SOH关系来估算SOH,循环次数和SOH大致为线性关系。一次满充、满放行为是一次循环,当实际容量衰减为标称容量Ca的80%,电池寿命终止,电池寿命终止时,电池总的循环次数为循环寿命次数cycLife。根据循环次数计算SOH公式为:

$$[0007] \quad SOH = 100\% - \frac{\text{循环次数}}{\text{cycLife}} * 20\%$$

[0008] 因为行驶过程中,一般不会出现满充或满放的行为,而对于新电池来说一次循环的累积电量为标称容量的2倍,因此利用累积充放电容量来计算循环次数,公式如下:

$$[0009] \quad \text{循环次数} = \frac{Q}{Ca * 2}$$

[0010] 上述公式中Q为电池从出厂后累计的充放电容量。

[0011] 循环次数折算法,方法简单、易于实现,但是该计算方式有如下缺陷:

[0012] 1、该模型太过粗浅,并没有考虑到温度、放电深度、放电倍率等因素对SOH的影响。

[0013] 2、没有考虑到电池的不一致性,只能计算电池组的SOH,但是在实际电池包中,由

于单体电池温度、放电深度等环境不同,会导致单体SOH是不一样的。

发明内容

[0014] 本发明的目的在于提供一种计算简单、精度高、易于推广应用的考虑多因素影响的动力电池SOH估算方法。

[0015] 实现本发明目的的技术解决方案为:一种考虑多因素影响的动力电池SOH估算方法,包括以下步骤:

[0016] 步骤1、以25℃、0.3C、SOC处于40-60%为标准工况,通过该工况下充放电测试,得到标准工况下循环寿命次数cycLife0;

[0017] 步骤2、在不同SOC范围,充放电测试,得到不同放电深度的循环寿命次数,将cycLife0和不同SOC范围的循环寿命次数相比较,得到比值表sTable;

[0018] 步骤3、在不同温度条件下充放电测试,得到不同温度下循环寿命次数,将cycLife0和不同温度条件下的循环寿命次数相比较,得到比值表tTable;

[0019] 步骤4、在不同倍率条件下充放电测试,得到不同倍率下循环寿命次数,将cycLife0和不同倍率条件下的电池循环寿命次数相比较,得到比值表iTable;

[0020] 步骤5、在汽车运行过程中,根据比值表tTable、iTable、sTable,将当前温度、倍率、SOC下的循环次数,等价转换为标准工况条件下的循环次数;

[0021] 步骤6、在等价标准工况下,利用循环次数折算法计算SOH。

[0022] 进一步地,步骤1所述的以25℃、0.3C、SOC处于40-60%为标准工况,通过该工况下充放电测试,得到标准工况下循环寿命次数cycLife0,具体如下:

[0023] 步骤1.1、在0.3C、25℃条件下,在SOC处于40%-60%之间进行充放电循环寿命实验,持续累计充放电容量,每次充电或放电完成后静置30min;测试过程中为保证SOC处于40%-60%之间,当电压静置时,采用OCV进行人工校正;

[0024] 步骤1.2、每累计200*Ca的电量,满充、满放一次,计算实际容量,记录总累计容量和电池实际容量;

[0025] 步骤1.3、重复步骤1.2,直到实际容量为标称容量的83%以下,将每累计200*Ca的电量计算一次实际容量,改为每累计20*Ca的电量计算一次实际容量;

[0026] 步骤1.4、持续进行充放电实验,直到实际容量为标称容量的80%,终止测试;

[0027] 步骤1.5、将总充放累计容量和2倍标称容量的比值,作为电池在标准工况下的循环寿命次数cycLife0,公式如下:

$$[0028] \quad cycLife0 = \frac{\text{总累计容量}}{Ca * 2}。$$

[0029] 进一步地,步骤2所述的在不同SOC范围,充放电测试,得到不同放电深度的循环寿命次数,将cycLife0和不同SOC范围的循环寿命次数相比较,得到比值表sTable,具体如下:

[0030] 步骤2.1、在25℃,0.3C条件下,分别在SOC处于0-20%、20-40%、60-80%,80-100%范围区间内进行充放电循环寿命实验,持续累计充放电容量,每次充电或放电完成后静置30min,当电压静置时,采用OCV进行人工校正,确保测试过程在指定SOC范围内;

[0031] 步骤2.2、每累计200*Ca的电量,满充、满放一次,计算实际容量,记录总累计容量和电池实际容量;

[0032] 步骤2.3、重复步骤2.2,直到实际容量为标称容量的83%以下,将每累计200*Ca的电量计算一次实际容量,改为每累计20*Ca的电量计算一次实际容量;

[0033] 步骤2.4、持续进行充放电实验,直到实际容量为标称容量的80%,终止测试;

[0034] 步骤2.5、计算不同SOC范围的循环寿命次数;

[0035] 步骤2.6、将cycLife0和不同SOC范围的电池循环寿命次数相比较,得到比值表sTable。

[0036] 进一步地,步骤3所述的在不同温度条件下充放电测试,得到不同温度下循环寿命次数,将cycLife0和不同温度条件下的循环寿命次数相比较,得到比值表tTable,具体如下:

[0037] 步骤3.1、在0.3C,SOC处于40%-60%范围条件下,分别在-20℃、-10℃、0℃、10℃、45℃恒温条件下进行充放电循环寿命实验,持续累计充放电容量,每次充电或放电完成后静置30min;测试过程中为保证SOC处于40%-60%之间,当电压静置时,采用OCV进行人工校正;

[0038] 步骤3.2、每累计200*Ca的电量时,满充、满放一次,计算实际容量,记录总累计容量和电池实际容量;

[0039] 步骤3.3、重复步骤3.2,直到实际容量为标称容量的83%以下,将每累计200*Ca的电量计算一次实际容量,改为每累计20*Ca的电量计算一次实际容量;

[0040] 步骤3.4、持续进行充放电实验,直到实际容量为标称容量的80%,终止测试;

[0041] 步骤3.5、计算不同温度下的循环寿命次数;

[0042] 步骤3.6、将cycLife0和不同温度条件下的循环寿命次数相比较,得到比值表tTable。

[0043] 进一步地,步骤4所述的在不同倍率条件下充放电测试,得到不同倍率下循环寿命次数,将cycLife0和不同倍率条件下的电池循环寿命次数相比较,得到比值表iTable,具体如下:

[0044] 步骤4.1、在25℃恒温、SOC处于40%-60%范围条件下,分别以0.1C、0.3C、0.5C、0.8C、1C、1.2C,进行充放电循环寿命实验,每次充电或放电完成后静置30min;测试过程中为保证SOC处于40%-60%之间,当电压静置时,采用OCV进行人工校正;

[0045] 步骤4.2、每累计200*Ca的电量时,在25℃恒温、以0.3C满充、满放一次,记录总累计容量和电池实际容量;

[0046] 步骤4.3、重复步骤4.2,直到实际容量为标称容量的83%以下,将每累计200*Ca的电量计算一次实际容量,改为每累计20*Ca的电量计算一次实际容量;

[0047] 步骤4.4、持续进行充放电实验,直到实际容量为标称容量的80%,终止测试;

[0048] 步骤4.5、计算不同倍率下的循环寿命次数;

[0049] 步骤4.6、将cycLife0和不同倍率条件下的电池循环寿命次数相比较,得到比值表iTable。

[0050] 进一步地,步骤5所述的在汽车运行过程中,根据比值表tTable、iTable、sTable,将当前温度、倍率、SOC下的循环次数,等价转换为标准工况条件下的循环次数,具体如下:

[0051] 步骤5.1、汽车充电或运行过程中,根据ah积分累计一分钟的电量 Q_1' ;

[0052] 步骤5.2、计算该分钟的平均倍率Cur;

[0053] 步骤5.3、根据平均倍率Cur、此时单体电池的温度Tem、SOC值Soc,分别在比值表iTable、tTable、sTable中进行查表,得到三个影响因素对应的比值为Pi、Pt、Ps;

[0054] 步骤5.4、根据查表得到三个影响因素的比值,将该分钟过程的累计容量 Q_1' ,等价转换为标准工况下的累计容量 Q_1 ,公式如下所示:

[0055] $Q_1 = P_i \times P_t \times P_s \times Q_1'$ 。

[0056] 进一步地,步骤6所述的在等价标准工况下,利用循环次数折算法计算SOH,具体如下:

[0057] 步骤6.1、将标况下等价的累计容量折算为循环次数:

[0058]
$$\text{cycNum1} = \frac{Q_1}{2 * C_a}$$

[0059] 步骤6.2、将该分钟的循环次数累加到该节电池总的循环次数中,公式如下:

[0060] $\text{cycNum}[i] = \text{cycNum}[i] + \text{cycNum1}$

[0061] 其中i表示电池的节号;

[0062] 步骤6.3、计算出每一节电池在标准状况下的循环次数;

[0063] 步骤6.4、根据循环次数折算公式计算单体电池的SOH:

[0064]
$$\text{SOH}[i] = 100\% - \frac{\text{cycNum}[i]}{\text{cycLife0}} * 20\%$$

[0065] 本发明与现有技术相比,其显著优点在于:(1)通过将汽车运行过程等价为标准工况下的过程,将温度、放电深度、倍率因素纳入SOH估算模型中,提高了计算精度;(2)将单体电池不同环境的运行过程等价为标准工况下的运行过程,能够准确计算出所有单体电池的SOH,有利于对电池进行管理;(3)算法简单,计算量小,可推广于产品应用。

附图说明

[0066] 图1是本发明考虑多因素影响的动力电池SOH估算方法的流程示意图。

[0067] 图2是本发明中SOH计算的流程示意图。

具体实施方式

[0068] 一种考虑多因素影响的动力电池SOH估算方法,包括以下步骤:

[0069] 步骤1、以25℃、0.3C、SOC处于40-60%为标准工况,通过该工况下充放电测试,得到标准工况下循环寿命次数cycLife0;

[0070] 步骤2、在不同SOC范围,充放电测试,得到不同放电深度的循环寿命次数,将cycLife0和不同SOC范围的循环寿命次数相比较,得到比值表sTable;

[0071] 步骤3、在不同温度条件下充放电测试,得到不同温度下循环寿命次数,将cycLife0和不同温度条件下的循环寿命次数相比较,得到比值表tTable;

[0072] 步骤4、在不同倍率条件下充放电测试,得到不同倍率下循环寿命次数,将cycLife0和不同倍率条件下的电池循环寿命次数相比较,得到比值表iTable;

[0073] 步骤5、在汽车运行过程中,根据比值表tTable、iTable、sTable,将当前温度、倍率、SOC下的循环次数,等价转换为标准工况条件下的循环次数;

[0074] 步骤6、在等价标准工况下,利用循环次数折算法计算SOH。

[0075] 进一步地,步骤1所述的以25℃、0.3C、SOC处于40%-60%为标准工况,通过该工况下充放电测试,得到标准工况下循环寿命次数cycLife0,具体如下:

[0076] 步骤1.1、在0.3C、25℃条件下,在SOC处于40%-60%之间进行充放电循环寿命实验,持续累计充放电容量,每次充电或放电完成后静置30min;测试过程中为保证SOC处于40%-60%之间,当电压静置时,采用OCV进行人工校正;

[0077] 步骤1.2、每累计200*Ca的电量,满充、满放一次,计算实际容量,记录总累计容量和电池实际容量;

[0078] 步骤1.3、重复步骤1.2,直到实际容量为标称容量的83%以下,将每累计200*Ca的电量计算一次实际容量,改为每累计20*Ca的电量计算一次实际容量;

[0079] 步骤1.4、持续进行充放电实验,直到实际容量为标称容量的80%,终止测试;

[0080] 步骤1.5、将总充放累计容量和2倍标称容量的比值,作为电池在标准工况下的循环寿命次数cycLife0,公式如下:

$$[0081] \quad cycLife0 = \frac{\text{总累计容量}}{Ca * 2}。$$

[0082] 进一步地,步骤2所述的在不同SOC范围,充放电测试,得到不同放电深度的循环寿命次数,将cycLife0和不同SOC范围的循环寿命次数相比较,得到比值表sTable,具体如下:

[0083] 步骤2.1、在25℃,0.3C条件下,分别在SOC处于0-20%、20-40%、60-80%、80-100%范围区间内进行充放电循环寿命实验,持续累计充放电容量,每次充电或放电完成后静置30min,当电压静置时,采用OCV进行人工校正,确保测试过程在指定SOC范围内;

[0084] 步骤2.2、每累计200*Ca的电量,满充、满放一次,计算实际容量,记录总累计容量和电池实际容量;

[0085] 步骤2.3、重复步骤2.2,直到实际容量为标称容量的83%以下,将每累计200*Ca的电量计算一次实际容量,改为每累计20*Ca的电量计算一次实际容量;

[0086] 步骤2.4、持续进行充放电实验,直到实际容量为标称容量的80%,终止测试;

[0087] 步骤2.5、计算不同SOC范围的循环寿命次数;

[0088] 步骤2.6、将cycLife0和不同SOC范围的电池循环寿命次数相比较,得到比值表sTable。

[0089] 进一步地,步骤3所述的在不同温度条件下充放电测试,得到不同温度下循环寿命次数,将cycLife0和不同温度条件下的循环寿命次数相比较,得到比值表tTable,具体如下:

[0090] 步骤3.1、在0.3C,SOC处于40%-60%范围条件下,分别在-20℃、-10℃、0℃、10℃、45℃恒温条件下进行充放电循环寿命实验,持续累计充放电容量,每次充电或放电完成后静置30min;测试过程中为保证SOC处于40%-60%之间,当电压静置时,采用OCV进行人工校正;

[0091] 步骤3.2、每累计200*Ca的电量时,满充、满放一次,计算实际容量,记录总累计容量和电池实际容量;

[0092] 步骤3.3、重复步骤3.2,直到实际容量为标称容量的83%以下,将每累计200*Ca的电量计算一次实际容量,改为每累计20*Ca的电量计算一次实际容量;

[0093] 步骤3.4、持续进行充放电实验,直到实际容量为标称容量的80%,终止测试;

[0094] 步骤3.5、计算不同温度下的循环寿命次数；

[0095] 步骤3.6、将cycLife0和不同温度条件下的循环寿命次数相比较，得到比值表tTable。

[0096] 进一步地，步骤4所述的在不同倍率条件下充放电测试，得到不同倍率下循环寿命次数，将cycLife0和不同倍率条件下的电池循环寿命次数相比较，得到比值表iTable，具体如下：

[0097] 步骤4.1、在25℃恒温、SOC处于40%-60%范围条件下，分别以0.1C、0.3C、0.5C、0.8C、1C、1.2C，进行充放电循环寿命实验，每次充电或放电完成后静置30min；测试过程中为保证SOC处于40%-60%之间，当电压静置时，采用0CV进行人工校正；

[0098] 步骤4.2、每累计200*Ca的电量时，在25℃恒温、以0.3C满充、满放一次，记录总累计容量和电池实际容量；

[0099] 步骤4.3、重复步骤4.2，直到实际容量为标称容量的83%以下，将每累计200*Ca的电量计算一次实际容量，改为每累计20*Ca的电量计算一次实际容量；

[0100] 步骤4.4、持续进行充放电实验，直到实际容量为标称容量的80%，终止测试；

[0101] 步骤4.5、计算不同倍率下的循环寿命次数；

[0102] 步骤4.6、将cycLife0和不同倍率条件下的电池循环寿命次数相比较，得到比值表iTable。

[0103] 进一步地，步骤5所述的在汽车运行过程中，根据比值表tTable、iTable、sTable，将当前温度、倍率、SOC下的循环次数，等价转换为标准工况条件下的循环次数，具体如下：

[0104] 步骤5.1、汽车充电或运行过程中，根据ah积分累计一分钟的电量 Q_1' ；

[0105] 步骤5.2、计算该分钟的平均倍率Cur；

[0106] 步骤5.3、根据平均倍率Cur、此时单体电池的温度Tem、SOC值Soc，分别在比值表iTable、tTable、sTable中进行查表，得到三个影响因素对应的比值为Pi、Pt、Ps；

[0107] 步骤5.4、根据查表得到三个影响因素的比值，将该分钟过程的累计容量 Q_1' ，等价转换为标准工况下的累计容量 Q_1 ，公式如下所示：

[0108] $Q_1 = P_i \times P_t \times P_s \times Q_1'$ 。

[0109] 进一步地，步骤6所述的在等价标准工况下，利用循环次数折算法计算SOH，具体如下：

[0110] 步骤6.1、将标况下等价的累计容量折算为循环次数：

[0111]
$$\text{cycNum1} = \frac{Q_1}{2 * Ca}$$

[0112] 步骤6.2、将该分钟的循环次数累加到该节电池总的循环次数中，公式如下：

[0113] $\text{cycNum}[i] = \text{cycNum}[i + \text{cycNum1}]$

[0114] 其中i表示电池的节号；

[0115] 步骤6.3、计算出每一节电池在标准状况下的循环次数；

[0116] 步骤6.4、根据循环次数折算公式计算单体电池的SOH：

[0117]
$$\text{SOH}[i] = 100\% - \frac{\text{cycNum}[i]}{\text{cycLife0}} * 20\%$$

[0118] 下面结合附图及具体实施例对本发明作进一步详细说明。

[0119] 实施例

[0120] 设某个100节电池组成的汽车电池包A,以该电池包为例说明本专利使用方式。

[0121] 结合图1,本发明一种考虑多因素影响的动力电池SOH估算方法,包括以下步骤,其中步骤1~4是实验准备步骤,步骤5是利用实验测试结果计算A电池包所有单体SOH的步骤:

[0122] 步骤1、以25℃、0.3C、SOC处于40-60%为标准工况,取1节和电池包A同类型的新单体电池,在标准工况下对该节电池进行充放电测试,得到该类型电池在标准工况下循环寿命次数 $cycLife_0$,具体如下:

[0123] 步骤1.1、在0.3C、25℃条件下,在SOC处于40%-60%之间进行充放电循环寿命实验,持续累计充放电容量,每次充电或放电完成后静置30min;测试过程中为保证SOC处于40%-60%之间,当电压静置时,采用OCV进行人工校正;

[0124] 步骤1.2、每累计200*Ca的电量,满充、满放一次,计算实际容量,记录总累计容量和电池实际容量;

[0125] 步骤1.3、重复步骤1.2,直到实际容量为标称容量的83%以下,将每累计200*Ca的电量计算一次实际容量,改为每累计20*Ca的电量计算一次实际容量,以将确保循环寿命次数准确计算;

[0126] 步骤1.4、持续进行充放电实验,直到实际容量为标称容量的80%,终止测试;

[0127] 步骤1.5、将总充放累计容量和2倍标称容量的比值,作为电池在标准工况下的循环寿命次数 $cycLife_0$,公式如下:

$$[0128] \quad cycLife_0 = \frac{\text{总累计容量}}{Ca * 2}$$

[0129] 步骤2、取4节和电池包A同类型的新单体电池,分别在不同SOC范围内,充放电测试,得到不同放电深度的循环寿命次数,将标准工况下循环寿命次数 $cycLife_0$ 除以不同放电深度的循环寿命次数,得到放电深度对寿命影响的比值表sTable,具体如下:

[0130] 步骤2.1、在25℃,0.3C条件下,将4节电池分别在SOC处于0-20%、20-40%、60-80%、80-100%范围区间内进行充放电循环寿命实验,各自持续累计充放电容量,每次充电或放电完成后静置30min,当电压静置时,采用OCV进行人工校正的方式,确保测试过程在指定SOC范围内;

[0131] 步骤2.2、每累计200*Ca的电量,满充、满放一次,计算实际容量,记录总累计容量和电池实际容量;

[0132] 步骤2.3、重复步骤2.2,直到实际容量为标称容量的83%以下,将每累计200*Ca的电量计算一次实际容量,改为每累计20*Ca的电量计算一次实际容量,以将确保循环寿命次数准确计算;

[0133] 步骤2.4、持续进行充放电实验,直到实际容量为标称容量的80%,终止测试;

[0134] 步骤2.5、根据不同SOC范围下的充放电实验,获得不同放电深度下电池循环寿命次数;

[0135] 步骤2.6、将标准工况下的循环寿命次数 $cycLife_0$ 除以不同SOC范围的电池循环寿命次数,得到放电深度对电池寿命影响的比值表sTable。

[0136] 步骤3、取5节和电池包A同类型的新单体电池,分别在不同温度条件下充放电测试,得到不同温度下循环寿命次数,将 $cycLife_0$ 和不同温度条件下的循环寿命次数相比较,

得到比值表tTable,具体如下:

[0137] 步骤3.1、在0.3C,SOC处于40%-60%范围条件下,取5节和电池包A同类型的新单体电池,分别在-20℃、-10℃、0℃、10℃、45℃恒温条件下,进行充放电循环寿命实验,各自持续累计充放电容量,每次充电或放电完成后静置30min;测试过程中为保证SOC处于40%-60%之间,当电压静置时,采用OCV进行人工校正;

[0138] 步骤3.2、每累计200*Ca的电量时,满充、满放一次,计算实际容量,记录总累计容量和电池实际容量;

[0139] 步骤3.3、重复步骤3.2,直到实际容量为标称容量的83%以下,将每累计200*Ca的电量计算一次实际容量,改为每累计20*Ca的电量计算一次实际容量,以将确保循环寿命次数准确计算;

[0140] 步骤3.4、持续进行充放电实验,直到实际容量为标称容量的80%,终止测试;

[0141] 步骤3.5、根据不同温度条件下充放电测试,获得不同温度下电池循环寿命次数;

[0142] 步骤3.6、将标准工况下的循环寿命次数cycLife0除以不同温度条件下的循环寿命次数,得到温度对寿命影响比值表tTable。

[0143] 步骤4、取5节和电池包A同类型的新单体电池,分别在不同倍率条件下充放电测试,得到不同倍率下循环寿命次数,将cycLife0和不同倍率条件下的电池循环寿命次数相比较,得到比值表iTable,具体如下:

[0144] 步骤4.1、在25℃恒温、SOC处于40%-60%范围条件下,取6节和电池包A同类型的新单体电池,分别以0.1C、0.3C、0.5C、0.8C、1C、1.2C,进行充放电循环寿命实验,每次充电或放电完成后静置30min;测试过程中为保证SOC处于40%-60%之间,当电压静置时,采用OCV进行人工校正;

[0145] 步骤4.2、每累计200*Ca的电量时,在25℃恒温、以0.3C满充、满放一次,记录总累计容量和电池实际容量;

[0146] 步骤4.3、重复步骤4.2,直到实际容量为标称容量的83%以下,将每累计200*Ca的电量计算一次实际容量,改为每累计20*Ca的电量计算一次实际容量,以将确保循环寿命次数准确度;

[0147] 步骤4.4、持续进行充放电实验,直到实际容量为标称容量的80%,终止测试;

[0148] 步骤4.5、根据上述不同倍率条件下充放电测试,获得不同倍率下电池循环寿命次数;

[0149] 步骤4.6、用标准工况下的循环寿命次数cycLife0除以不同倍率条件下的循环寿命次数,得到倍率对寿命影响比值表tTable。

[0150] 步骤5、在汽车运行过程中,根据比值表tTable、iTable、sTable测试数据,将当前温度、倍率、SOC下的循环次数,等价转换为标准工况条件下的循环次数方式,计算每一节电池的循环次数,然后根据单体电池不同的循环次数估算单体电池的SOH,具体如下:

[0151] 步骤5.1、汽车充电或运行过程中,根据ah积分累计一分钟的电量 Q_1' ;

[0152] 步骤5.2、计算该分钟的平均倍率Cur;

[0153] 步骤5.3、根据平均倍率Cur查表iTable得到该倍率对寿命影响比值 P_i ,根据第k节单体电池的温度 $T_{em}[k]$ 查表tTable获取该节电池温度对寿命影响比值 $P_t^{[k]}$ (k表示电池节号),根据第k节单体电池的温度 $Soc[k]$ 查表sTable获取该节电池放电深度对寿命影响比值

$P_s^{[k]}$ 。

[0154] 步骤5.4、根据查表得到三个影响因素的比值,将该分钟过程的累计容量 Q_1' ,根据不同电池所处环境查表得到的比值,等价转换为标准工况下的累计容量 $Q_1^{[k]}$,公式如下所示:

$$[0155] \quad Q_1^{[k]} = P_i * P_t^{[k]} * P_s^{[k]} * Q_1'$$

[0156] 步骤6、在等价标准工况下,利用循环次数折算法计算SOH[k],结合图2,具体如下:

[0157] 步骤6.1、将标况下等价的累计容量折算为循环次数:

$$[0158] \quad cycNum1[k] = \frac{Q_1^{[k]}}{2 * Ca}$$

[0159] 步骤6.2、将该分钟的循环次数累加到该节电池总的循环次数中,公式如下:

$$[0160] \quad cycNum[k] = cycNum[k] + cycNum1[k]$$

[0161] 其中k表示电池的节号;

[0162] 步骤6.3、按照上述步骤计算出100节单体电池在标准状况下的循环次数 $cycNum[k]$;

[0163] 步骤6.4、根据循环次数折算公式计算所有单体电池的SOH[k]:

$$[0164] \quad SOH[k] = 100\% - \frac{cycNum[k]}{cycLife0} * 20\%$$

[0165] 若采用传统的循环次数计算SOH,100节电池只有一个循环次数,通过该值计算的SOH不能充分准确代表所有单体电池的SOH,另外该循环次数,没有考虑到倍率、单体电池所处不同环境、不同放电深度等因素,因此传统方式估算的SOH误差较大。

[0166] 本发明基于大量的实验测试结果,将汽车运行过程等价为标准工况下的过程,将温度、放电深度、倍率因素纳入SOH估算模型中,提高了计算精度;通过将单体电池不同环境的运行过程等价为标准工况下的运行过程,能够准确计算出所有单体电池的SOH,有利于对电池进行管理;该算法操作简单,计算量小,可推广于产品应用。



图1

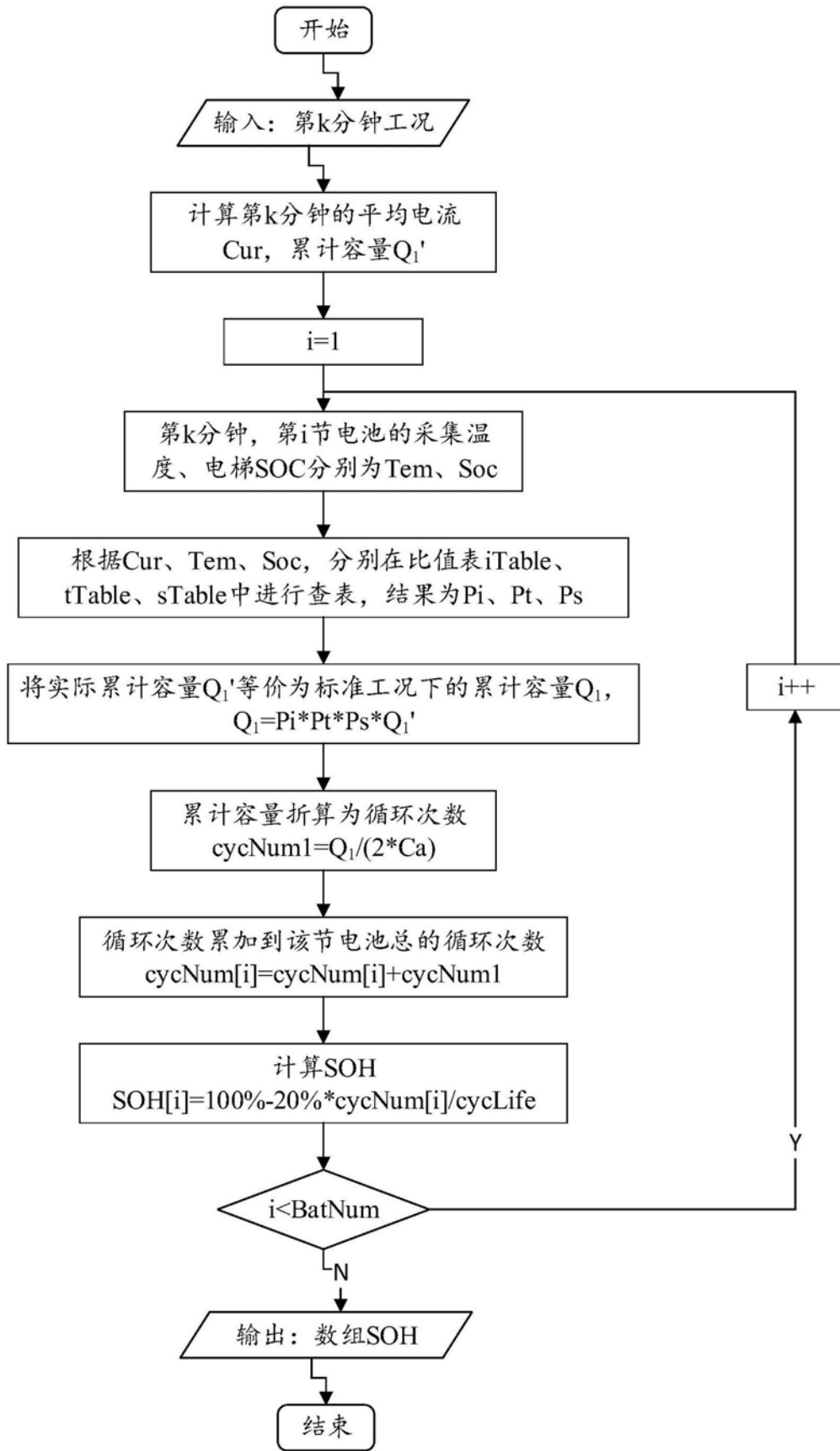


图2