



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107991623 B

(45)授权公告日 2020.05.08

(21)申请号 201711208271.6

G01R 31/388(2019.01)

(22)申请日 2017.11.27

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107991623 A

CN 106291375 A, 2017.01.04,
CN 101138142 A, 2008.03.05,
CN 104678305 A, 2015.06.03,
CN 102496981 A, 2012.06.13,
CN 105974323 A, 2016.09.28,

(43)申请公布日 2018.05.04

US 2006202663 A1, 2006.09.14,

(73)专利权人 山东大学
地址 250061 山东省济南市历下区经十路
17923号

陈岚等.修正参数的安时法估算锂离子电池剩余电量.《上海应用技术学院学报(自然科学版)》.2014,第14卷(第4期),310-313,318.

(72)发明人 张承慧 张奇 商云龙 段彬
崔纳新

罗锲铭等.基于修正参数的电动汽车SOC估算方法仿真.《武汉理工大学学报(信息与管理工程版)》.2014,第36卷(第3期),316-319,354.

(74)专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限公司 37221

代理人 李圣梅

审查员 张博

(51)Int.Cl.

G01R 31/392(2019.01)

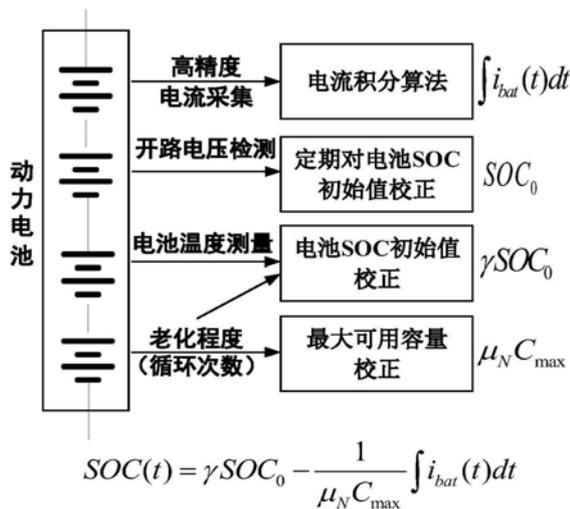
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

一种考虑温度和老化程度的电池安时积分SOC估计方法

(57)摘要

本发明公开了一种考虑温度和老化程度的电池安时积分SOC估计方法,包括:考虑温度和老化程度对电池的初始值进行校正获得电池SOC初始值受温度和老化程度影响的校正系数;考虑老化程度影响对电池的最大可用容量进行校正获得最大可用容量受老化程度影响的校正系数;根据得到的校正系数,通过电流传感器实时检测和保存测得的电池充放电电流*i_{bat}*,通过安时积分基本算法,得到电池在不同温度和老化程度下电池SOC的变化情况,即校正的SOC估计表达式。考虑了电池温度和老化程度对SOC的影响,能够精确估计电池SOC初始值,同时解决了安时积分法存在的累计误差问题,提高了安时积分法SOC估计精度。



1. 一种考虑温度和老化程度的电池安时积分SOC估计方法,其特征是,包括:

考虑温度和老化程度对电池的初始值进行校正获得电池SOC初始值受温度和老化程度影响的校正系数;

所述考虑温度和老化程度对电池的初始值进行校正时,通过电池管理系统实时获取电池温度和电池的充放电循环次数即老化程度,并根据修正算法重新计算电池的初始SOC,可以记为 γSOC_0 ,其中, γ 表示电池SOC初始值受温度和老化程度影响的校正系数, γSOC_0 就是考虑温度和老化程度影响时的电池SOC初始值;

所述考虑温度和老化程度对电池的初始值进行校正时,具体过程为:

设定测试温度范围和温度变化步长;

在不同温度下,对选取的部分动力电池单体,进行恒流充电,使动力电池恢复到充满电的状态;

对动力电池进行电流恒流放电实验,得到动力电池的最大可用容量;

在恒流电流下对电池进行充放电循环老化实验,直到电池最大可用容量只有初始最大可用容量的设定百分比为止,此时认为电池寿命已经终止,并选用常温时的最大可用容量作为基准,此时,可以得到在不同温度 $T^{\circ}\text{C}$ 、不同循环次数 N 下,电池SOC初始值受温度和老化

程度影响的校正系数 $\gamma = \frac{C_{\max}(T, N)}{C_{\max}(25^{\circ}\text{C}, 1)}$;

考虑老化程度影响对电池的最大可用容量进行校正获得最大可用容量受老化程度影响的校正系数;

所述考虑老化程度影响对电池的最大可用容量进行校正时,根据电池最大可用容量与老化程度即充放电循环次数之间的关系,通过电池管理系统实时获取的充放电循环次数,并根据修正算法重新计算电池的最大可用容量,可以记为 $\mu_N C_{\max}$,其中, μ_N 表示最大可用容量受老化程度影响的校正系数, $\mu_N C_{\max}$ 就是不同老化程度即循环次数下的电池最大可用容量;

所述考虑老化程度影响对电池的最大可用容量进行校正时,具体过程为:

选取一部分动力电池单体,在常温下,进行恒流充电,使动力电池恢复到充满电的状态;

然后,对动力电池进行电流恒流放电实验,得到动力电池的最大可用容量,并选用第一次充满的最大可用容量 C_{\max} 作为基准;

而后,在恒流电流下对电池进行充放电循环老化实验,直到电池最大可用容量只有初始最大可用容量的设定百分比为止,此时认为电池寿命已经终止,得到最大可用容量受老

化程度影响的校正系数 $\mu_N = \frac{C_{\max}(N)}{C_{\max}}$,其中 N 表示循环次数;

根据得到的校正系数,通过电流传感器实时检测和保存测得的电池充放电电流 i_{bat} ,通过安时积分基本算法,得到电池在不同温度和老化程度下电池SOC的变化情况,即校正的

SOC估计表达式: $SOC(t) = \gamma SOC_0 - \frac{1}{\mu_N C_{\max}} \int i_{bat}(t) dt$ 。

2. 如权利要求1所述的一种考虑温度和老化程度的电池安时积分SOC估计方法,其特征

是,上述考虑温度和老化程度的电池安时积分SOC估计方法,其中,电池SOC初始值SOC₀本身需要定期校正,是指当电池需要定期或在过一段时间后对电池SOC初始值重新做一次校正。

3.如权利要求2所述的一种考虑温度和老化程度的电池安时积分SOC估计方法,其特征是,所述对电池SOC初始值做校正,校正方法:电池电压达到98%充电截止电压时,根据测得的开路电压与SOC的关系曲线,修正电池SOC初始值。

4.如权利要求1所述的一种考虑温度和老化程度的电池安时积分SOC估计方法,其特征是,上述考虑温度和老化程度的电池安时积分SOC估计方法在校正电池的初始值之前需要选取多组同一批次的动力电池单体,一部分用于最大可用容量受老化程度影响的校正实验,一部分用于电池SOC初始值受温度和老化程度影响的校正实验;选用电流控制精度较高的电池充放电设备、温度精度和范围合适的温控箱及高精度的电流传感器。

5.如权利要求1所述的一种考虑温度和老化程度的电池安时积分SOC估计方法,其特征是,所述循环次数根据电池的实际循环寿命次数和要求的估计精度而定。

6.如权利要求1所述的一种考虑温度和老化程度的电池安时积分SOC估计方法,其特征是,该考虑温度和老化程度的电池安时积分SOC估计方法应用于电池管理系统。

一种考虑温度和老化程度的电池安时积分SOC估计方法

技术领域

[0001] 本发明涉及动力电池技术领域,特别是涉及一种考虑温度和老化程度的电池安时积分SOC估计方法。

背景技术

[0002] 目前锂离子动力电池因能量密度高,自放电率低,无记忆效应和单体电压高等优点,成为电动汽车最具吸引力的可充电电池之一。作为电动汽车的核心,动力电池是目前制约电动汽车规模发展的关键因素。与传统燃油汽车不同,电动汽车的能量来自动力电池,动力电池及其管理系统对整车的动力、安全运行和经济性等性能至关重要。

[0003] 电池的荷电状态(state of charge, SOC),是电动汽车运行过程中非常重要的一个参数指标,是判断电池剩余电量、防止电池过充过放和判断是否需要均衡等提高电池性能的重要依据,也是电池管理系统需要解决的关键技术之一。类似传统燃油汽车的油表,电池SOC反映了电池的剩余电量情况。但与传统燃油汽车的剩余油量检测方法不同,电池的剩余电量无法使用传感器直接测量得到,必须通过一些其他可测物理量(如电池端电压、充放电电流、电池温度等)并采用相应算法来间接估计。

[0004] 现有SOC估计方法主要有放电法、开路电压法、电化学阻抗法、安时积分法、神经网络法、卡尔曼滤波法等,各种算法存在的问题如下:

[0005] 放电法的SOC估计较为准确,但是需要大量实验数据,且不满足电动汽车在实际行驶中的在线估计要求,难以实际应用;开路电压法在充放电开始和结束阶段的SOC估计效果较好,但充放电过程中误差较大,且由于要预计开路电压,需要长时间静置电池组,这与电动汽车的应用矛盾,在实际中很少单独使用;电化学阻抗法在电池电量较低或较高时,SOC估计较为准确,而电量在中间段时由于交流阻抗变化较小导致SOC估计不准,而且阻抗受初始电量、温度、老化程度等影响较大而估算困难,在硬件上也难以实现,在实际应用中很少;神经网络法需要大量的数据做训练,易受训练数据和训练方法的影响,处理过程较为复杂;卡尔曼滤波法是目前研究比较多的算法,各种卡尔曼滤波优化算法的研究很多,但是神经网络和卡尔曼滤波法由于系统设置困难,在电池管理系统中应用时,成本很高而不具优势;安时积分法,又称为电流积分法或库仑计数,因方法简单、实用有效,是目前电动汽车应用最常用的SOC估计算法。安时积分法通过将电池电流对时间进行积分来计算电池的荷电状态,这种方法对于计算电池放出的电量有一定的准确度。然而,电池充放电内部的化学反应过程十分复杂,同时电池SOC易受温度、老化程度(循环次数)、电流倍率、自放电等众多因素的影响,导致动力电池的SOC准确估计难度很大,极具挑战性。目前安时积分法还没有解决电池初始SOC准确估计的问题,因为一旦环境温度改变,电池的可用容量和初始SOC都会改变。除此之外,电流积分法中若电流测量不准,也会造成SOC计算误差,且误差具有累积性,会随着时间的增加而逐渐增大。

[0006] 综上所述,现有技术中对于动力电池的SOC精确估计问题,尚缺乏有效的解决方案。

发明内容

[0007] 为了解决现有技术的不足,本发明提供了一种考虑温度和老化程度的电池安时积分SOC估计方法,该方法考虑了电池温度和老化程度对SOC的影响,能够更为精确地估计电池SOC初始值,并解决了安时积分法存在的累计误差问题,提高了安时积分法SOC估计精度。

[0008] 一种考虑温度和老化程度的电池安时积分SOC估计方法,包括:

[0009] 考虑温度和老化程度对电池的初始值进行校正获得电池SOC初始值受温度和老化程度影响的校正系数;

[0010] 考虑老化程度影响对电池的最大可用容量进行校正获得最大可用容量受老化程度影响的校正系数;

[0011] 根据得到的校正系数,通过电流传感器实时检测和保存测得的电池充放电电流 i_{bat} ,通过安时积分基本算法,得到电池在不同温度和老化程度下电池SOC的变化情况,即校正的SOC估计表达式。

[0012] 进一步的,所述考虑温度和老化程度对电池的初始值进行校正时,通过电池管理系统实时获取电池温度和电池的充放电循环次数即老化程度,并根据修正算法重新计算电池的初始SOC,可以记为 γSOC_0 ,其中, γ 表示电池SOC初始值受温度和老化程度影响的校正系数, γSOC_0 就是考虑温度和老化程度影响时的电池SOC初始值。

[0013] 进一步的,所述考虑老化程度影响对电池的最大可用容量进行校正时,根据电池最大可用容量与老化程度即充放电循环次数之间的关系,通过电池管理系统实时获取的充放电循环次数,并根据修正算法重新计算电池的最大可用容量,可以记为 $\mu_N C_{max}$,其中, μ_N 表示最大可用容量受老化程度影响的校正系数, $\mu_N C_{max}$ 就是不同老化程度即循环次数下的电池最大可用容量。

[0014] 进一步的,上述考虑温度和老化程度的电池安时积分SOC估计方法,其中,电池SOC初始值 SOC_0 本身需要定期校正,是指当电池需要定期或在过一段时间后对电池SOC初始值重新做一次校正。

[0015] 进一步的,所述对电池SOC初始值做校正,校正方法:电池电压将达到充电截止电压、接近充满电状态时,根据测得的开路电压与SOC的关系曲线,修正电池SOC初始值。

[0016] 进一步的,上述考虑温度和老化程度的电池安时积分SOC估计方法在校正电池的初始值之前需要选取多组同一批次的动力电池单体,一部分用于最大可用容量受老化程度影响的校正实验,一部分用于电池SOC初始值受温度和老化程度影响的校正实验;选用电流控制精度较高的电池充放电设备、温度精度和范围合适的温控箱及高精度的电流传感器。

[0017] 进一步的,所述考虑温度和老化程度对电池的初始值进行校正时,具体过程为:

[0018] 选取一部分动力电池单体,在常温下,进行恒流充电,使动力电池恢复到充满电的状态;

[0019] 然后,对动力电池进行电流恒流放电实验,得到动力电池的最大可用容量,并选用第一次充满的最大可用容量 C_{max} 作为基准;

[0020] 而后,在恒流电流下对电池进行充放电循环老化实验,直到电池最大可用容量只有初始最大可用容量的设定百分比为止,此时认为电池寿命已经终止,得到最大可用容量

受老化程度影响的校正系数 $\mu_N = \frac{C_{\max}(N)}{C_{\max}}$, 其中N表示循环次数。

[0021] 进一步的,所述循环次数根据电池的实际循环寿命次数和要求的估计精度而定。

[0022] 进一步的,所述考虑老化程度影响对电池的最大可用容量进行校正时,具体过程为:

[0023] 设定测试温度范围和温度变化步长;

[0024] 在不同温度下,对选取的部分动力电池单体,进行恒流充电,使动力电池恢复到充满电的状态;

[0025] 对动力电池进行电流恒流放电实验,得到动力电池的最大可用容量;

[0026] 在恒流电流下对电池进行充放电循环老化实验,直到电池最大可用容量只有初始最大可用容量的设定百分比为止,此时认为电池寿命已经终止,并选用常温时的最大可用容量作为基准,此时,可以得到在不同温度T°C、不同循环次数N下,电池SOC初始值受温度和

老化程度影响的校正系数 $\gamma = \frac{C_{\max}(T, N)}{C_{\max}(25^{\circ}\text{C}, 1)}$ 。

[0027] 进一步的,上述考虑温度和老化程度的电池安时积分SOC估计方法应用于电池管理系统。

[0028] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0029] (1) 本发明提出的一种考虑温度和老化程度的电池安时积分SOC估计方法,获得考虑温度和老化程度的最大可用容量受老化程度影响的校正系数计电池SOC初始值受温度和老化程度影响的校正系数,对安时积分法进行了优化,简单可靠,易于实现。

[0030] (2) 本发明的一种电池SOC估计方法,考虑了电池温度和老化程度对SOC的影响,能够精确估计电池SOC初始值,同时解决了安时积分法存在的累计误差问题,提高了安时积分法SOC估计精度。

[0031] (3) 本发明为电池管理系统提供了一种更为准确的电池SOC估计方法,为安全、合理、高效使用动力电池提供了基本保障。

附图说明

[0032] 构成本申请的一部分的说明书附图用来提供对本申请的进一步理解,本申请的示意性实施例及其说明用于解释本申请,并不构成对本申请的不当限定。

[0033] 图1是本发明的一种考虑温度和老化程度的电池SOC估计方法示意图。

具体实施方式

[0034] 应该指出,以下详细说明都是例示性的,旨在对本申请提供进一步的说明。除非另有指明,本文使用的所有技术和科学术语具有与本申请所属技术领域的普通技术人员通常理解的相同含义。

[0035] 需要注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根据本申请的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非上下文另外明确指出,否则单数形式也意图包括复数形式,此外,还应当理解的是,当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包

括”时,其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

[0036] 正如背景技术所介绍的,现有技术中现有安时积分法估计电池SOC的方法并没有考虑温度和老化程度等因素的影响,估计精度有限,为了解决如上的技术问题,本申请提出了一种考虑温度和老化程度的电池安时积分SOC估计方法。

[0037] 本申请的一种典型的实施方式中,如图1所示,提供了一种考虑温度和老化程度的电池安时积分SOC估计方法,该一种考虑温度和老化程度的电池安时积分SOC估计方法中包括考虑温度和老化程度的电池SOC初始值校正步骤,考虑老化程度影响的电池最大可用容量校正步骤,根据上述步骤得到的校正系数利用安时积分法基本算法实现对电池SOC估计。

[0038] 其中,关于电池SOC,指的是电池剩余电量与最大可用容量的百分比,其中电池剩余电量是指电池从当前状态放电至放完电状态过程中放出的总电量;最大可用容量是指电池从充满电状态以足够小的电流放电至放完电状态过程中放出的总电量,此值与温度无关,只与电池设计容量和老化程度有关。电池SOC可以表示为:

$$[0039] \quad SOC(t) = \frac{C_{rem}(t)}{C_{max}} \times 100\%$$

[0040] 其中, C_{rem} 、 C_{max} 分别表示电池的剩余电量和最大可用容量;

[0041] 关于安时积分法,是指通过将电池电流对时间进行积分来计算电池的SOC,基本原理为:

$$[0042] \quad SOC(t) = SOC_0 - \frac{1}{C_{max}} \int i_{bat}(t) dt$$

[0043] 其中, SOC_0 表示电池SOC初始值, i_{bat} 表示电池的充放电电流。

[0044] 关于电池SOC初始值 SOC_0 ,是指电池在充放电开始时,初始时刻的电池SOC值。

[0045] 考虑温度和老化程度的电池SOC初始值校正,是指通过电池管理系统实时获取电池温度和电池的充放电循环次数(老化程度),并根据修正算法重新计算电池的初始SOC,可以记为 γSOC_0 ,其中, γ 表示电池SOC初始值受温度和老化程度影响的校正系数, γSOC_0 就是考虑温度和老化程度影响时的电池SOC初始值。

[0046] 考虑老化程度影响的电池最大可用容量校正,是指根据电池最大可用容与老化程度(充放电循环次数)之间的关系,通过电池管理系统实时获取的充放电循环次数,并根据修正算法重新计算电池的最大可用容量,可以记为 $\mu_N C_{max}$,其中, μ_N 表示最大可用容量受老化程度影响的校正系数, $\mu_N C_{max}$ 就是不同老化程度(循环次数)下的电池最大可用容量;

[0047] 一种考虑温度和老化程度的电池SOC估计方法,可以表示为;

$$[0048] \quad SOC(t) = \gamma SOC_0 - \frac{1}{\mu_N C_{max}} \int i_{bat}(t) dt$$

[0049] 本申请的又一种实施例中,应用上述构思实现考虑温度和老化程度的电池SOC估计方法,包括以下步骤:

[0050] 步骤一:选取多组同一批次的动力电池单体,一部分用于最大可用容量受老化程度影响的校正实验,一部分用于电池SOC初始值受温度和老化程度影响的校正实验;选用电流控制精度较高的电池充放电设备、选用温度精度和范围合适的温控箱等,并选用高精度的电流传感器,减少电流测量误差和安时积分的累计误差;

[0051] 步骤二:选取一部分动力电池单体,在常温25℃温度下,进行恒流充电,使动力电池恢复到充满电的状态;然后,对动力电池进行足够小的电流恒流放电实验,得到动力电池的最大可用容量,并选用第一次充满的最大可用容量 C_{\max} 作为基准;然后,在1C恒流电流下对电池进行充放电循环老化实验,直到电池最大可用容量只有初始最大可用容量的80%为止,此时可以认为电池寿命已经终止,可以得到最大可用容量受老化程度影响的校正系数

$\mu_N = \frac{C_{\max}(N)}{C_{\max}}$,其中N表示循环次数,由于 $C_{\max}(N)$ 该值随循环次数的变化幅度较小,因此可

$$\text{以简化为分段的形式,即 } \mu_N = \begin{cases} \frac{C_{\max}(A)}{C_{\max}} & N \leq 300 \\ \frac{C_{\max}(B)}{C_{\max}} & 300 < N \leq 600 \\ \frac{C_{\max}(C)}{C_{\max}} & N > 600 \end{cases},$$

[0052] 上述循环次数N的具体分段值300和600,并不是固定不变的,可而是根据电池的实际循环寿命次数和要求的估计精度等具体情况而定;

[0053] 步骤三:设计合适的测试温度范围和温度变化步长,然后,在不同温度下,对选取的部分动力电池单体,进行恒流充电,使动力电池恢复到充满电的状态;然后,对动力电池进行足够小的电流恒流放电实验,得到动力电池的最大可用容量,然后,在1C恒流电流下对电池进行充放电循环老化实验,直到电池最大可用容量只有初始最大可用容量的80%为止,此时可以认为电池寿命已经终止,并选用常温25℃时的最大可用容量作为基准,此时,可以得到在

[0054] 不同温度 $T^{\circ}\text{C}$ 、不同循环次数N下,电池SOC初始值受温度和老化程度影响的校正系数

$$[0055] \quad \gamma = \frac{C_{\max}(T, N)}{C_{\max}(25^{\circ}\text{C}, 1)};$$

[0056] 步骤四:根据步骤二和步骤三得到的校正系数,通过高精度电流传感器实时检测和保存测得的电池充放电电流 i_{bat} ,通过安时积分基本算法,就可以得到电池在不同温度和老化程度下电池SOC的变化情况,即校正的SOC估计表达式

$$SOC(t) = \gamma SOC_0 - \frac{1}{\mu_N C_{\max}} \int i_{\text{bat}}(t) dt$$

[0057] 本发明的再一种实施例子中,若电流测量不准,将造成SOC计算误差,且误差具有累积性,会随着时间的增加而逐渐增大,因此需要过一段时间或定期对电池SOC初始值做校正。校正方法是当电池需要定期或在过一段时间后对电池SOC初始值重新做一次校正,校正可在电池快要充满电时进行,即电池电压达到98%充电截止电压(又称充电终止电压)时进行,此时电池电压将达到充电截止电压,电池SOC变化一点对应电池开路电压变化较大,校正精度高,同时由于充电电流足够小,可以忽略欧姆电阻压降和极化电压的影响,此时电池

电压基本等于电池的开路电压;根据前期采用开路电压法测得的电池数据,主要是实验测得的开路电压与SOC的对应关系,根据当前的电池电压通过查表法修正当前的电池SOC值,显然,前期测得的和存储的数据越多越详细,SOC修正的越准确,通过以上就可以实现更为准确地修正电池SOC初始值。

[0058] 本申请的另一种典型的实施方式中,公开了一种电池管理系统,该电池管理系统应用上述考虑温度和老化程度的电池SOC估计方法进行电池SOC估计。该电池管理系统更为准确的估计电池SOC,为安全、合理、高效使用动力电池提供了基本保障。

[0059] 以上所述仅为本申请的优选实施例而已,并不用于限制本申请,对于本领域的技术人员来说,本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本申请的保护范围之内。

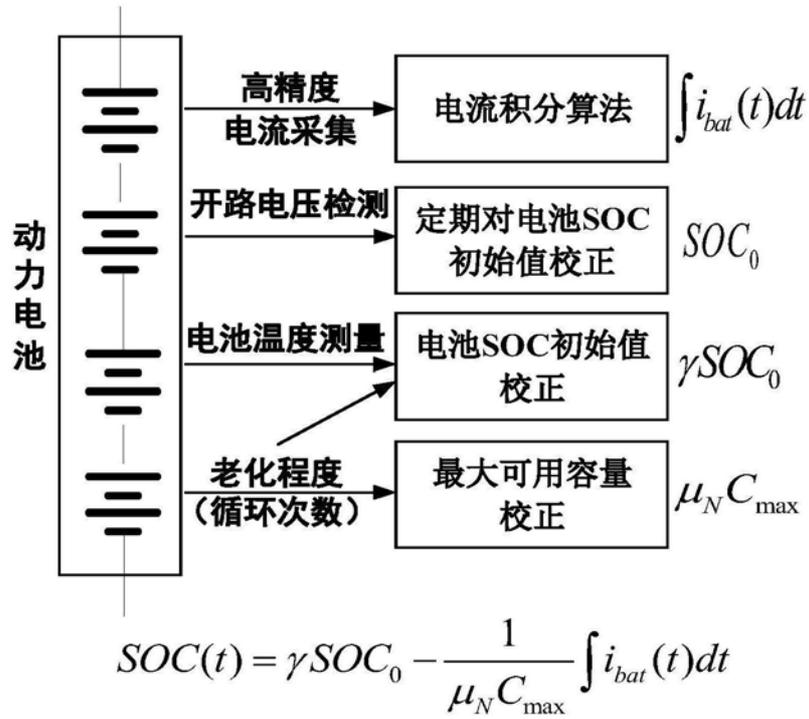


图1