



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107942261 A

(43)申请公布日 2018.04.20

(21)申请号 201711479919.3

(22)申请日 2017.12.29

(71)申请人 上海电气集团股份有限公司
地址 200336 上海市长宁区兴义路8号30层

(72)发明人 张思文 孙华 李霄

(74)专利代理机构 上海弼兴律师事务所 31283
代理人 薛琦 李梦男

(51)Int.Cl.
G01R 31/36(2006.01)

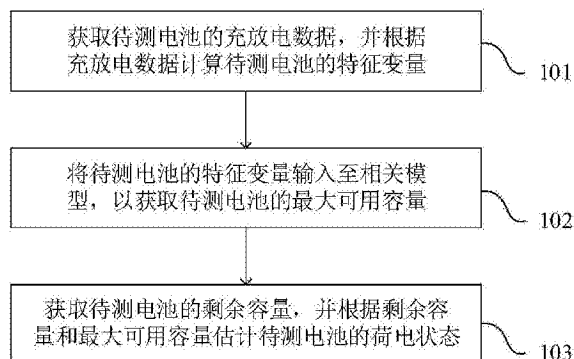
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

电池荷电状态的估计方法及系统

(57)摘要

本发明公开了一种电池荷电状态的估计方法及系统。所述估计方法包括以下步骤：S₁、获取待测电池的充放电数据，并根据所述充放电数据计算所述待测电池的特征变量；S₂、将所述待测电池的特征变量输入至相关模型，以获取所述待测电池的最大可用容量；所述相关模型表征特征变量与最大可用容量的定量关系；S₃、获取所述待测电池的剩余容量，并根据所述剩余容量和所述最大可用容量估计所述待测电池的荷电状态。本发明通过相关模型实现了在线估算电池的当前最大可用容量，在此基础上实现电池全生命周期的SOC计算，解决了随着电池容量衰减SOC估算误差变大的问题。且本发明的算法简单实用，复杂度低，适用于嵌入式BMS系统。



1. 一种电池荷电状态的估计方法,其特征在于,所述估计方法包括以下步骤:
 - S₁、获取待测电池的充放电数据,并根据所述充放电数据计算所述待测电池的特征变量;
 - S₂、将所述待测电池的特征变量输入至相关模型,以获取所述待测电池的最大可用容量;所述相关模型表征特征变量与最大可用容量的定量关系;
 - S₃、获取所述待测电池的剩余容量,并根据所述剩余容量和所述最大可用容量估计所述待测电池的荷电状态。
2. 如权利要求1所述的电池荷电状态的估计方法,其特征在于,步骤S₂之前,所述估计方法还包括建立相关模型的步骤;

所述建立相关模型的步骤,具体包括:

 - S₁₁、获取与所述待测电池的型号相同的多个电池的寿命衰减数据;
 - S₁₂、根据所述寿命衰减数据构建电池的特征变量并计算容量数据序列;
 - S₁₃、基于最小二乘法拟合所述容量数据序列和特征变量,以构建相关模型。
3. 如权利要求2所述的电池荷电状态的估计方法,其特征在于,步骤S₁₂之前,还包括:基于数字滤波法对所述寿命衰减数据平滑去噪。
4. 如权利要求1-3中任意一项所述的电池荷电状态的估计方法,其特征在于,所述特征变量包括:等压降放电安时和/或等压降充电安时;

所述等压降放电安时表征每个充放电周期中将电池按照等压降放电后所对应的安时数;

所述等压降充电安时表征每个充放电周期中将电池按照等压降充电后所对应的安时数。
5. 如权利要求1所述的电池荷电状态的估计方法,其特征在于,步骤S₃中,获取所述待测电池的剩余容量的步骤具体包括:

根据SOC-OCV曲线计算所述待测电池的容量初值;

基于安时积分法计算所述待测电池的容量变化值;

根据所述容量初值和所述容量变化值计算所述剩余容量。
6. 如权利要求2所述的电池荷电状态的估计方法,其特征在于,所述充放电数据和所述寿命衰减数据包括以下参数:

充放电过程中,电池的电压、电流和温度。
7. 一种电池荷电状态的估计系统,其特征在于,所述估计系统包括:

数据获取模块,用于获取待测电池的充放电数据,并根据所述充放电数据计算所述待测电池的特征变量;

计算模块,用于将所述待测电池的特征变量输入至相关模型,以获取所述待测电池的最大可用容量;

所述相关模型表征特征变量与最大可用容量的定量关系;

所述计算模块还用于获取所述待测电池的剩余容量,并根据所述剩余容量和所述最大可用容量估计所述待测电池的荷电状态。
8. 如权利要求7所述的电池荷电状态的估计系统,其特征在于,所述估计系统还包括:

模型建立模块；

所述模型建立模块，具体包括：

数据获取单元，用于获取与所述待测电池的型号相同的多个电池的寿命衰减数据；

计算单元，用于根据所述寿命衰减数据构建电池的特征变量并计算容量数据序列；

模型构建单元，用于基于最小二乘法拟合所述容量数据序列和特征变量，以构建相关模型。

9. 如权利要求8所述的电池荷电状态的估计系统，其特征在于，所述模型建立模块还包括：

数据处理单元，用于基于数字滤波法对所述寿命衰减数据平滑去噪。

10. 如权利要求7-9中任意一项所述的电池荷电状态的估计系统，其特征在于，所述特征变量包括：等压降放电安时和/或等压降充电安时；

所述等压降放电安时表征每个充放电周期中将电池按照等压降放电后所对应的安时数；

所述等压降充电安时表征每个充放电周期中将电池按照等压降充电后所对应的安时数。

11. 如权利要求7所述的电池荷电状态的估计系统，其特征在于，所述计算模块具体用于根据SOC-OCV曲线计算所述待测电池的容量初值，基于安时积分法计算所述待测电池的容量变化值，并根据所述容量初值和所述容量变化值计算所述剩余容量。

12. 如权利要求8所述的电池荷电状态的估计系统，其特征在于，所述充放电数据和所述寿命衰减数据包括以下参数：

充放电过程中，电池的电压、电流和温度。

电池荷电状态的估计方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及电池技术领域,特别涉及一种适用于嵌入式BMS系统的电池荷电状态的估计方法及系统。

背景技术

[0002] 电池核电状态(SOC)是电池管理系统中最重要的参数,SOC估计的准确性对系统的稳定运行和安全性具有重要意义。SOC的定义如下: $SOC = \text{剩余容量} / \text{最大可用容量}$,一般将电池出厂容量作为最大可用容量,并估计SOC。出厂时刻,最大可用容量等于出厂容量,随着电池使用,最大可用容量会小于出厂容量。

[0003] 现有技术中,SOC估算方法很少考虑循环寿命对容量的影响,无法确定电池容量与最大容量的定量关系,而锂电池的容量会随着使用次数的增加而衰减,简单的使用剩余容量与电池出厂容量的比值作为SOC的估计值,这种做法在电池出厂时具有较高的准确性,随着电池循环使用容量逐步衰减,SOC的估计值误差会越来越大。现有技术中也有针对电池老化的SOC估算方法,但其需要对大量的数据进行运算,方法复杂,由于嵌入式系统BMS的计算和存储能力有限,上述方法不适用于嵌入式BMS系统。

发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题是为了克服现有技术的SOC估算方法要么存在由于未考虑循环寿命对容量的影响导致不能准确估计电池的荷电状态,要么方法复杂,运算量大的缺陷,提供一种准确度高、算法复杂度低,适用于嵌入式BMS系统的电池荷电状态的估计方法及系统。

[0005] 本发明是通过下述技术方案来解决上述技术问题:

[0006] 一种电池荷电状态的估计方法,所述估计方法包括以下步骤:

[0007] S₁、获取待测电池的充放电数据,并根据所述充放电数据计算所述待测电池的特征变量;

[0008] S₂、将所述待测电池的特征变量输入至相关模型,以获取所述待测电池的最大可用容量;

[0009] 所述相关模型表征特征变量与最大可用容量的定量关系;

[0010] S₃、获取所述待测电池的剩余容量,并根据所述剩余容量和所述最大可用容量估计所述待测电池的荷电状态。

[0011] 较佳地,步骤S₂之前,所述估计方法还包括建立相关模型的步骤;

[0012] 所述建立相关模型的步骤,具体包括:

[0013] S₁₁、获取与所述待测电池的型号相同的多个电池的寿命衰减数据;

[0014] S₁₂、根据所述寿命衰减数据构建电池的特征变量并计算容量数据序列;

[0015] S₁₃、基于最小二乘法拟合所述容量数据序列和特征变量,以构建相关模型。

[0016] 较佳地,步骤S₁₂之前,还包括:

- [0017] 基于数字滤波法对所述寿命衰减数据平滑去噪。
- [0018] 较佳地,所述特征变量包括:等压降放电安时和/或等压降充电安时;
- [0019] 所述等压降放电安时表征每个充放电周期中将电池按照等压降放电后所对应的安时数;
- [0020] 所述等压降充电安时表征每个充放电周期中将电池按照等压降充电后所对应的安时数。
- [0021] 较佳地,步骤S₃中,获取所述待测电池的剩余容量的步骤具体包括:
- [0022] 根据SOC-OCV曲线计算所述待测电池的容量初值;
- [0023] 基于安时积分法计算所述待测电池的容量变化值;
- [0024] 根据所述容量初值和所述容量变化值计算所述剩余容量。
- [0025] 较佳地,所述充放电数据和所述寿命衰减数据包括以下参数:
- [0026] 充放电过程中,电池的电压、电流和温度。
- [0027] 本发明还提供一种电池荷电状态的估计系统,所述估计系统包括:
- [0028] 数据获取模块,用于获取待测电池的充放电数据,并根据所述充放电数据计算所述待测电池的特征变量;
- [0029] 计算模块,用于将所述待测电池的特征变量输入至相关模型,以获取所述待测电池的最大可用容量;
- [0030] 所述相关模型表征特征变量与最大可用容量的定量关系;
- [0031] 所述计算模块还用于获取所述待测电池的剩余容量,并根据所述剩余容量和所述最大可用容量估计所述待测电池的荷电状态。
- [0032] 较佳地,所述估计系统还包括:模型建立模块;
- [0033] 所述模型建立模块,具体包括:
- [0034] 数据获取单元,用于获取与所述待测电池的型号相同的多个电池的寿命衰减数据;
- [0035] 计算单元,用于根据所述寿命衰减数据构建电池的特征变量并计算容量数据序列;
- [0036] 模型构建单元,用于基于最小二乘法拟合所述容量数据序列和特征变量,以构建相关模型。
- [0037] 较佳地,所述模型建立模块还包括:
- [0038] 数据处理单元,用于基于数字滤波法对所述寿命衰减数据平滑去噪。
- [0039] 较佳地,所述特征变量包括:等压降放电安时和/或等压降充电安时;
- [0040] 所述等压降放电安时表征每个充放电周期中将电池按照等压降放电后所对应的安时数;
- [0041] 所述等压降充电安时表征每个充放电周期中将电池按照等压降充电后所对应的安时数。
- [0042] 较佳地,所述计算模块具体用于根据SOC-OCV曲线计算所述待测电池的容量初值,基于安时积分法计算所述待测电池的容量变化值,并根据所述容量初值和所述容量变化值计算所述剩余容量。
- [0043] 较佳地,所述充放电数据和所述寿命衰减数据包括以下参数:

[0044] 充放电过程中,电池的电压、电流和温度。

[0045] 本发明的积极进步效果在于:本发明通过相关模型实现了在线估算电池的当前最大可用容量,在此基础上实现电池全生命周期的SOC计算,解决了随着电池容量衰减SOC估算误差变大的问题。且本发明的算法简单实用,复杂度低,适用于嵌入式BMS系统。

附图说明

[0046] 图1为本发明实施例1的电池荷电状态的估计方法的流程图。

[0047] 图2为电池循环次数与有效容量及等压降安时变化对比图。

[0048] 图3为本发明实施例1的电池荷电状态的估计方法中拟合容量数据序列和特征变量的结果示意图。

[0049] 图4为本发明实施例2的电池荷电状态的估计方法的模块示意图。

具体实施方式

[0050] 下面通过实施例的方式进一步说明本发明,但并不因此将本发明限制在所述的实施例范围之中。

[0051] 实施例1

[0052] 如图1所示,本实施例的电池荷电状态的估计方法,包括以下步骤:

[0053] 步骤101、获取待测电池的充放电数据,并根据充放电数据计算待测电池的特征变量。

[0054] 其中,充放电数据包括以下参数:充放电过程中,电池的电压、电流和温度。上述参数与电池退化具有关联性,易于测量,通过BMS系统(电池管理系统)对待测电池的实时监控即可获取。

[0055] 特征变量包括:等压降安时。等压降安时包括:等压降放电安时和/或等压降充电安时。等压降放电安时表征每个充放电周期中将电池按照等压降放电后所对应的安时数,也即将每个放电周期中电压从一个高电压下降至另一个低电压所对应的放电安时。等压降充电安时表征每个充放电周期中将电池按照等压降充电后所对应的安时数。对于循环充放电的锂离子电池来说,参见图2,图中L1表征等压降充电安时随循环次数的变化规律曲线,L2表征等压降放电安时随循环次数的变化规律曲线,L3表征有效容量随循环次数的变化规律曲线。在放电周期中,电池电压从一个较高电压下降至另一个较低电压所需要的时间,随着充放电次数的不断增加呈现减小趋势,即与锂离子电池的实际容量存在一定的相关性,且易于通过直接监测构建。因此,本实施例中选择等压降放电安时和/或等压降充电安时作为特征变量,其中又以等压降放电安时为最佳选择,用其计算电池的最大可用容量。需要说明的是,计算待测电池的特征变量之前,可进行充放电数据预处理,采用数字滤波的方式去除异常数据,以确保计算的准确性。

[0056] 步骤102、将待测电池的特征变量输入至相关模型,以获取待测电池的最大可用容量。

[0057] 其中,相关模型表征特征变量与最大可用容量的定量关系。相关模型的输入参数为特征变量,输出参数为最大可用容量。

[0058] 本实施例中,步骤102之前,估计方法还包括建立相关模型的步骤。

- [0059] 建立相关模型的步骤,具体包括:
- [0060] 步骤100-1、获取与待测电池型号相同的多个电池的寿命衰减数据。
- [0061] 步骤100-2、根据寿命衰减数据构建电池的特征变量并计算容量数据序列。
- [0062] 其中,寿命衰减数据包括以下参数:充放电过程中,电池的电压、电流和温度。
- [0063] 步骤100-2之前,还包括:基于数字滤波法对寿命衰减数据平滑去噪。以筛掉异常值和有问题的数据,提高相关模型的准确性。
- [0064] 步骤100-3、基于最小二乘法拟合容量数据序列和特征变量,以构建相关模型。
- [0065] 步骤100-3具体包括:利用最小二乘法对特征变量和电池容量进行一次多项式拟合或二次多项式拟合。
- [0066] 得到的拟合多项式分别为:
- [0067] 一次多项式拟合公式:
- [0068] $CAP=1.0245C+65.7621$;
- [0069] CAP为有效容量,C为特征变量(或健康因子);
- [0070] 误差均值 $E_x=0$,误差标准差 $\sigma=0.8216$ 。
- [0071] 一次多项式的拟合效果曲线图,参见图3中的L4。其中,图3中的原数据也即等压降放电安时的数值。
- [0072] 二次多项式拟合公式:
- [0073] $CAP=0.0129C^2+0.5955C+69.0271$;
- [0074] CAP为有效容量,C为特征变量;
- [0075] 误差均值 $E_x=0$,误差标准差 $\sigma=0.7954$ 。
- [0076] 二次多项式的拟合效果曲线图,参见图3中的L5。
- [0077] 本实施例中,建立相关模型之前可选择多个初始特征变量,例如,等压降放电安时、等安时放电电压差、等压降充电安时和等安时充电电压差;等安时放电电压差表征每个充放电周期中将电池按照等安时放电后所对应的电压差;等安时充电电压差表征每个充放电周期中将电池按照等安时充电后所对应的电压差。分析上述特征变量与电池的容量数据序列之间的相关性,判断二者之间是否具有线性关系,具体的可通过Pearson相关分析法计算容量数据序列与特征变量之间的相关系数,以验证其相关性。因等压降充电安时健康因子的Pearson相关系数 $r=0.9694$;可以看出,等压降充电安时健康因子与容量具有较强的相关性,因此将等压降充电安时作为表征最大可用容量的特征变量。得到的相关模型能准确表征特征变量与最大可用容量的定量关系。
- [0078] 步骤103、获取待测电池的剩余容量,并根据剩余容量和最大可用容量估计待测电池的荷电状态。
- [0079] 步骤103中,获取待测电池的剩余容量的步骤具体包括:
- [0080] 步骤103-1、根据SOC-OCV曲线计算待测电池的容量初值。
- [0081] 步骤103-2、基于安时积分法计算待测电池的容量变化值。
- [0082] 步骤103-3、根据容量初值和容量变化值计算剩余容量。
- [0083] 具体的,步骤103-3中根据如下公式计算剩余容量 Q' :
- [0084] $Q'=(Q_0+Q_1)$;
- [0085] 进而,步骤103中可根据如下公式计算荷电状态SOC:

[0086] $SOC = (Q_0 + Q_1) / Q_{max}$;

[0087] 其中, Q_0 为容量初值, Q_1 为容量变化值, Q_{max} 为最大可用容量。

[0088] 以下通过一个具体实例说明利用本实施例的估计方法计算电池荷电状态SOC的准确性:

[0089] 选择电池出厂容量为100AH的一个电池作为待测电池, 运行一段时间之后, 根据测量获得的电压、电流数据以及上述步骤100-3中获得的拟合公式, 估算出待测电池的当前可用最大容量为出厂容量的90%, 即 $Q_{max} = 90AH$ 。根据SOC-OCV曲线计算容量初值 $Q_0 = 40AH$, 利用安时积分法计算容量变化值 $Q_1 = 20AH$, 待测电池的荷电状态 $SOC = (Q_0 + Q_1) / Q_{max} = (40 + 20) / 90 = 66.7\%$ 。

[0090] 而若按照传统方法计算电池的SOC, 由于其不考虑循环寿命对容量的影响, 则 $SOC = (Q_0 + Q_1) / Q_{出厂值} = (40 + 20) / 100 = 60.0\%$ 。可见, 传统方法在电池老化时SOC会产出比较大的估计误差, 而且误差随电池老化程度成正比。

[0091] 本实施例中, 通过相关模型实现了在线估算电池的当前最大可用容量, 在此基础上实现电池全生命周期的SOC计算, 解决了随着电池容量衰减SOC估算误差变大的问题。且算法简单实用, 复杂度低, 适用于嵌入式BMS系统。

[0092] 实施例2

[0093] 如图4所示, 本实施例的电池荷电状态的估计系统包括: 数据获取模块1、计算模块2和模型建立模块3。

[0094] 数据获取模块1用于获取待测电池的充放电数据, 并根据充放电数据计算待测电池的特征变量。其中, 充放电数据包括以下参数: 充放电过程中, 电池的电压、电流和温度。

[0095] 特征变量包括: 等压降放电安时和/或等压降充电安时。等压降放电安时表征每个充放电周期中将电池按照等压降放电后所对应的安时数。等压降充电安时表征每个充放电周期中将电池按照等压降充电后所对应的安时数。本实施例中选择等压降放电安时和/或等压降充电安时作为特征变量, 其中又以等压降放电安时为最佳选择, 用其计算电池的最大可用容量。

[0096] 模型建立模块3用于建立相关模型。相关模型表征特征变量与最大可用容量的定量关系, 相关模型的输入参数为特征变量, 输出参数为最大可用容量。

[0097] 模型建立模块3具体包括: 数据获取单元31、计算单元32和模型构建单元33。数据获取单元用于获取与待测电池的型号相同的多个电池的寿命衰减数据。其中, 充放电数据和寿命衰减数据包括以下参数: 充放电过程中, 电池的电压、电流和温度。计算单元用于根据寿命衰减数据构建电池的特征变量并计算容量数据序列。模型构建单元用于基于最小二乘法拟合容量数据序列和特征变量, 以构建相关模型。具体的, 模型构建单元利用最小二乘法对特征变量和电池容量进行一次多项式拟合或二次多项式拟合, 以构建相关模型。

[0098] 本实施例中, 模型建立模块还包括: 数据处理单元34。数据处理单元用于基于数字滤波法对寿命衰减数据平滑去噪。从而, 计算单元根据经过平滑去噪的寿命衰减数据构建电池的特征变量并计算容量数据序列, 提高相关模型的准确性。

[0099] 相关模型建立好之后可存储于BMS系统中, 供计算模块估计电池的当前核电状态时随时调用, 以计算电池的当前最大可用容量。

[0100] 计算模块2用于将待测电池的特征变量输入至相关模型, 以获取待测电池的最大

可用容量 Q_{\max} ,并获取待测电池的剩余容量,根据剩余容量和最大可用容量估计待测电池的荷电状态。

[0101] 具体的,计算模块根据SOC-OCV曲线计算待测电池的容量初值 Q_0 ,基于安时积分法计算待测电池的容量变化值 Q_1 ,并根据容量初值和容量变化值计算剩余容量,进而计算荷电状态SOC,具体公式如下:

[0102] $SOC = (Q_0 + Q_1) / Q_{\max}$ 。

[0103] 本实施例中,通过相关模型实现了在线估算电池的当前最大可用容量,在此基础上实现电池全生命周期的SOC计算,解决了随着电池容量衰减SOC估算误差变大的问题。且算法简单实用,复杂度低,适用于嵌入式BMS系统。

[0104] 虽然以上描述了本发明的具体实施方式,但是本领域的技术人员应当理解,这仅是举例说明,本发明的保护范围是由所附权利要求书限定的。本领域的技术人员在不背离本发明的原理和实质的前提下,可以对这些实施方式做出多种变更或修改,但这些变更和修改均落入本发明的保护范围。

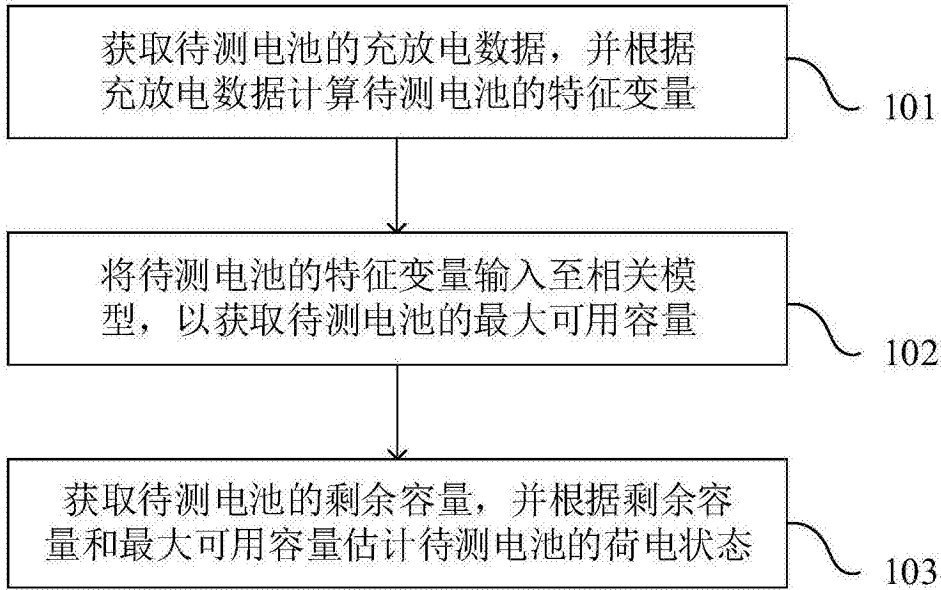


图1

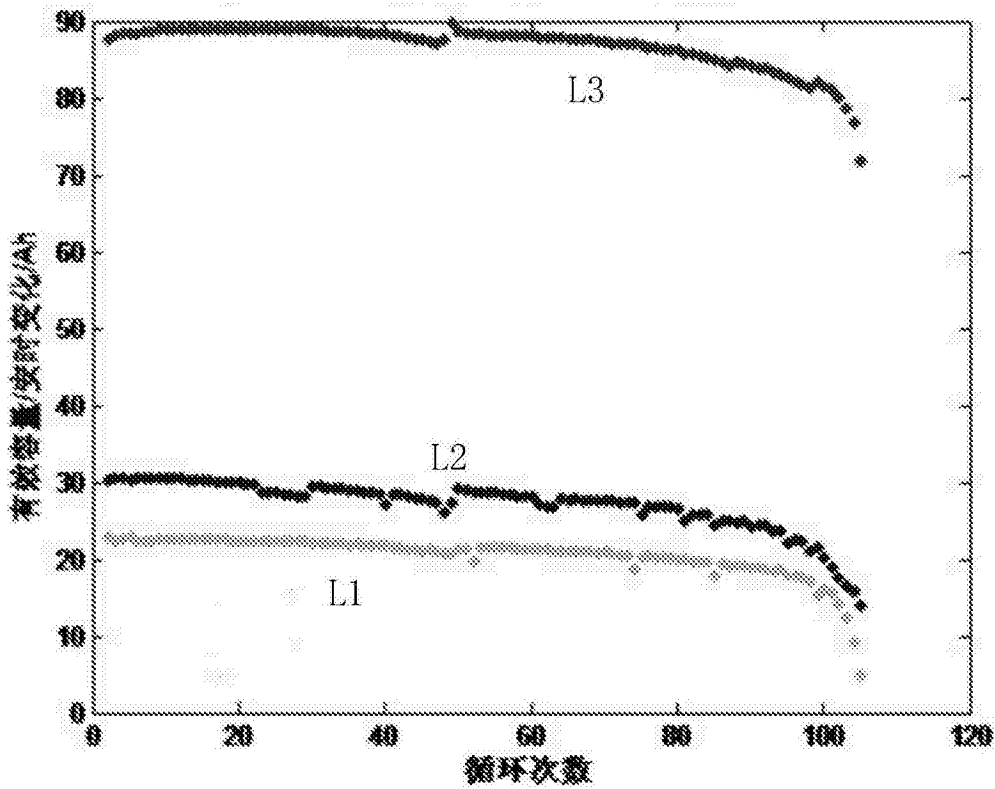


图2

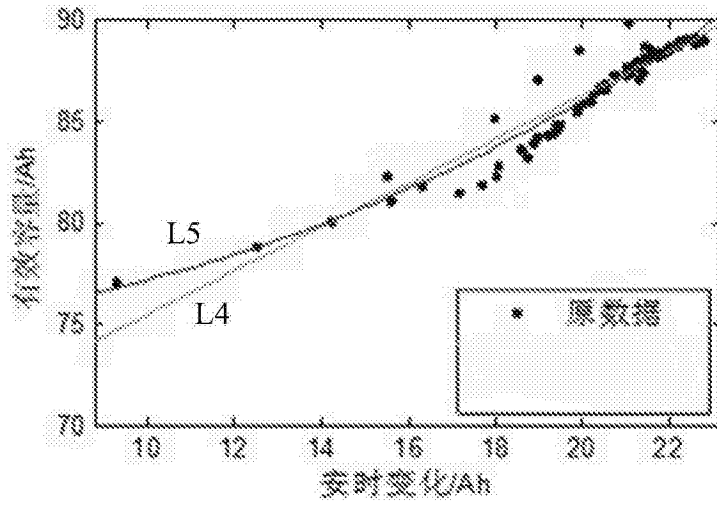


图3

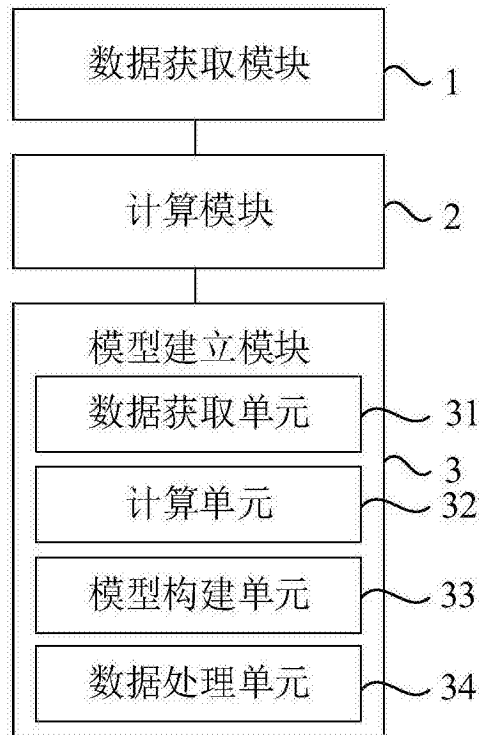


图4