



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118401851 A

(43) 申请公布日 2024. 07. 26

(21) 申请号 202280081889.3

(22) 申请日 2022.11.09

(30) 优先权数据

2021-214442 2021.12.28 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.06.11

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/041695 2022.11.09

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/127319 JA 2023.07.06

(71) 申请人 株式会社电装

地址 日本爱知县刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 发明人 下西裕太 吉田周平

(74) 专利代理机构 上海华诚知识产权代理有限公司 31300

专利代理师 张丽颖

(51) Int.Cl.

G01R 31/392 (2006.01)

G01R 31/367 (2006.01)

G01R 31/3828 (2006.01)

G01R 31/389 (2006.01)

H01M 10/48 (2006.01)

H02J 7/00 (2006.01)

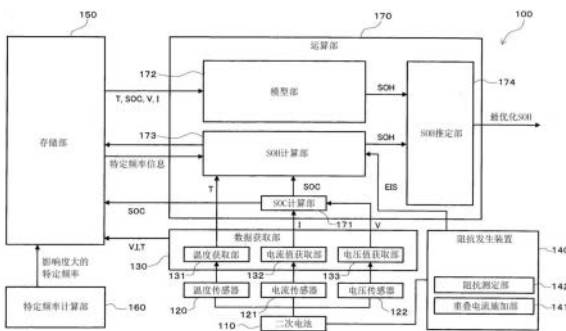
权利要求书2页 说明书10页 附图14页

(54) 发明名称

电池诊断系统

(57) 摘要

推定表示二次电池(110)的劣化度的SOH的电池诊断系统(100)包含:模型部(172)、SOH计算部(173)、及SOH推定部(174)。模型部获取表示二次电池的使用状态的使用历史数据,并基于使用历史数据来计算SOH。SOH计算部获取根据二次电池的劣化度而变化的物理量作为传感数据,并基于传感数据来计算SOH。SOH推定部基于由模型部计算出的SOH和由SOH计算部计算出的SOH,将双方的计算结果合成来推定最优化SOH。



1. 一种电池诊断系统,推定表示二次电池 (110) 的劣化度的SOH,其特征在于,包含:
模型部 (172),该模型部获取表示所述二次电池的使用状态的使用历史数据,并基于所述使用历史数据来计算所述SOH;
SOH计算部 (173),该SOH计算部获取对应于所述二次电池的劣化度而变化的物理量作为传感数据,并基于所述传感数据来计算SOH;以及
SOH推定部 (174),该SOH推定部基于由所述模型部计算出的SOH和由所述SOH计算部计算出的SOH,将双方的计算结果合成来推定最优的SOH。
2. 根据权利要求1所述的电池诊断系统,其特征在于,
所述传感数据是通过电化学阻抗谱法获取的所述二次电池的阻抗的数据,
所述SOH计算部通过将所述阻抗的数据作为输入的高斯过程回归来计算SOH。
3. 根据权利要求2所述的电池诊断系统,其特征在于,
包含存储部 (150),该存储部预先存储在所述电化学阻抗谱法中使用的频率的范围中的特定频率的信息,
所述SOH计算部使用所述阻抗的数据中的与存储于所述存储部的所述特定频率对应的阻抗的虚数成分来计算SOH。
4. 根据权利要求3所述的电池诊断系统,其特征在于,
通过所述电化学阻抗谱法获取的所述阻抗是如下的值:在测定了与施加于所述二次电池的交流电流对应的响应电压之后,作为具有绝对值和相位的信息的复数而通过进行将响应电压除以交流电流的除法运算而计算出的值。
5. 根据权利要求3或4所述的电池诊断系统,其特征在于,
所述特定频率是使用通过所述电化学阻抗谱法事先获取的所述二次电池的阻抗的数据并基于机器学习而决定的频率,并且是对所述二次电池的SOH的影响度大的频率。
6. 根据权利要求1所述的电池诊断系统,其特征在于,
所述传感数据是所述二次电池的充电时的电压变化的数据,
所述SOH计算部通过将所述二次电池的充电时的电压变化的数据作为输入的高斯过程回归来计算SOH。
7. 根据权利要求1~6中任一项所述的电池诊断系统,其特征在于,
所述SOH推定部使用非线性卡尔曼滤波器来推定SOH。
8. 一种电池诊断系统,推定表示二次电池 (110) 的劣化度的SOH,其特征在于,包含:
数据获取部 (130),该数据获取部获取表示所述二次电池的使用状态的时间序列数据;
数据处理部 (180),该数据处理部从所述数据获取部获取所述时间序列数据,并将所述时间序列数据处理为直方图数据;以及
运算部 (170),该运算部基于预先设定的计算模型,使用由所述数据获取部获取的所述时间序列数据和由所述数据处理部获取的所述直方图数据中的任一方案来计算SOH作为推定值。
9. 根据权利要求8所述的电池诊断系统,其特征在于,
所述直方图数据包含所述二次电池的SOC、温度、电流、 ΔDOD 的各参数,
所述运算部使用所述各参数和所述各参数中的两个以上的参数的积来计算SOH。
10. 根据权利要求9所述的电池诊断系统,其特征在于,

所述参数的积包含 $\text{SOC} \times T$ 、 $\Delta \text{DOD} \times T$ 、电流 $\times \Delta \text{DOD}$ 中的至少一个。

电池诊断系统

[0001] 关联申请的相互参照

[0002] 本申请基于2021年12月28日申请的日本专利申请2021-214442号,在此引用其记载内容。

技术领域

[0003] 本发明涉及一种电池诊断系统。

背景技术

[0004] 以往,例如专利文献1公开了一种二次电池模块的剩余寿命诊断方法。具体而言,剩余寿命诊断装置从充电器获取二次电池模块的充电信息,并且基于充电信息计算出二次电池模块的劣化度作为实测值。这里,劣化度是相对于新品的电池容量的当前的充满电容量。劣化度是SOH(State of Health:电池健康状态)。另外,剩余寿命诊断装置获取二次电池模块的输出信息,并且使用输出信息通过预测式来计算劣化度的预测值。

[0005] 并且,剩余寿命诊断装置将实测值与预测值进行比较,并在实测值与预测值之差为规定的值以下的情况下计算剩余寿命。在实测值与预测值之差超过规定的值的情况下,剩余寿命诊断装置基于实测值来校正预测式。剩余寿命诊断装置通过校正后的预测式再次计算预测值,并在实测值与预测值之差为规定的值以下的情况下计算剩余寿命。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献1:日本特开2020-119658号公报

[0009] 但是,在上述以往的技术中,由剩余寿命诊断装置计算出的作为二次电池模块的劣化度的实测值基于通过电流积分得到的区间容量测定来获取。因此,实测值包含了充电器中的传感误差、计算过程中的逻辑误差,因此难以预测高精度的剩余寿命。

发明内容

[0010] 本发明鉴于上述情况,其目的在于,提供一种能够提高二次电池的SOH的推定精度的电池诊断系统。

[0011] 根据本发明的第一方式和第二方式,电池诊断系统推定表示二次电池的劣化度的SOH。

[0012] 在第一方式中,电池诊断系统包含:模型部、SOH计算部以及SOH推定部。

[0013] 模型部获取表示二次电池的使用状态的使用历史数据,并基于使用历史数据来计算SOH。SOH计算部获取根据二次电池的劣化度而变化的物理量作为传感数据,并基于传感数据来计算SOH。SOH推定部基于由模型部计算出的SOH和由SOH计算部计算出的SOH,将双方的计算结果合起来推定最优的SOH。

[0014] 由此,在模型部产生的因二次电池的单体偏差导致的误差和在SOH计算部产生的传感误差这双方由SOH推定部进行最优化。因此,能够降低由SOH计算部计算出的SOH的传感

误差的影响。因此,能够提高二次电池的SOH的推定精度。

[0015] 在第二方式中,电池诊断系统包含:数据获取部、数据处理部以及运算部。

[0016] 数据获取部获取表示二次电池的使用状态的时间序列数据。数据处理部从数据获取部获取时间序列数据,并将时间序列数据处理为直方图数据。

[0017] 运算部基于预先设定的计算模型,使用由数据获取部获取的时间序列数据和由数据处理部获取的直方图数据中的任一方来计算SOH作为推定值。

[0018] 由此,使用二次电池的时间序列数据和直方图数据中的任一方来推定SOH。因此,与电流积分的方法相比,能够降低传感误差等误差的影响。因此,能够提高二次电池的SOH的推定精度。

附图说明

[0019] 关于本发明的上述和其他目的、特征、优点通过参照附图的下述详细说明而变得更明确。在附图中:

[0020] 图1是表示第一实施方式所涉及的电池诊断系统的结构的图。

[0021] 图2是表示事先获取特定频率的前处理和使用特定频率计算SOH的处理的图。

[0022] 图3是表示阻抗的虚数成分 Z_{image} 和SOH的关系性与频率的相关的图。

[0023] 图4是表示相对于维数的特定频率的图。

[0024] 图5是表示各维数中的学习数据、交叉验证数据、验证数据的各误差的图。

[0025] 图6是按照每个频率标绘了由阻抗发生装置测定的阻抗的实数成分 Z_{real} 和虚数成分 Z_{image} 的图。

[0026] 图7是表示二次电池的温度为45°C、SOC在30%~90%之间进行充放电时的SOH计算部的SOH的推定值和SOH的实测值的图。

[0027] 图8是表示二次电池的温度为10°C、SOC在10%~90%之间进行充放电时的SOH计算部的SOH的推定值和SOH的实测值的图。

[0028] 图9是表示对于劣化条件A、B、C,相对于SOH的实测值的SOH推定部、SOH计算部、模型部的各计算结果的各误差的图。

[0029] 图10是表示对于劣化条件A,SOH推定部、SOH计算部、模型部的各计算结果和SOH的实测值的图。

[0030] 图11是表示对于劣化条件B,SOH推定部、SOH计算部、模型部的各计算结果和SOH的实测值的图。

[0031] 图12是表示对于劣化条件C,SOH推定部、SOH计算部、模型部的各计算结果和SOH的实测值的图。

[0032] 图13是表示关于第二实施方式所涉及的传感数据的前处理和计算的流程的图。

[0033] 图14是表示关于第三实施方式所涉及的传感数据的前处理和计算的流程的图。

[0034] 图15是表示第四实施方式所涉及的电池诊断系统的结构的图。

[0035] 图16是表示第四实施方式所涉及的计算SOH的流程的图。

[0036] 图17是表示SOH的计算包含参数的积的情况的计算结果的精度的图。

[0037] 图18是表示SOH的计算不包含参数的积的情况的计算结果的精度的图。

具体实施方式

[0038] 以下,参照附图,对用于实施本发明的多个方式进行说明。在各实施方式中,可能对与先前的实施方式中说明过的事项对应的部分标注相同的参照符号并省略说明。在各实施方式中仅对结构的一部分进行说明的情况下,对于结构的其他部分能够应用先前说明过的其他实施方式。除了在各实施方式中明示了具体能够组合的部分彼此的组合之外,只要组合不会发生障碍,即使没有明示也能够将实施方式彼此部分地进行组合。

[0039] (第一实施方式)

[0040] 以下,参照附图,对第一实施方式进行说明。本实施方式所涉及的电池诊断系统是推定表示二次电池的劣化度的SOH的系统。

[0041] 如图1所示,电池诊断系统100包含二次电池110、温度传感器120、电流传感器121、电压传感器122、数据获取部130。另外,电池诊断系统100包含阻抗发生装置140、存储部150、特定频率计算部160、运算部170。

[0042] 二次电池110构成多个电池单体串联地连接的电池模块。各电池单体例如是锂离子二次电池。二次电池110构成电动汽车、混合动力车等电动车辆的电源部。此外,电池模块也包含各电池单体并联连接的结构。

[0043] 温度传感器120测定二次电池110的温度。温度传感器120设置于二次电池110。电流传感器121测定二次电池110的电流值。电流传感器121与二次电池110连接。电压传感器122测定二次电池110的电压值。电压传感器122与二次电池110连接。各传感器120~122随时向数据获取部130输出检测信号。

[0044] 数据获取部130定期地获取二次电池110的温度、电流值及电压值的各数据。因此,数据获取部130具有温度获取部131、电流值获取部132、及电压值获取部133。

[0045] 温度获取部131定期地获取由温度传感器120测定的二次电池110的温度T的信息。例如,温度获取部131根据一定期间内获取到的二次电池110的温度的分布来计算温度T。例如,温度T能够是根据一定期间内获取到的二次电池110的温度的度数分布计算出的平均值。温度获取部131向运算部170输出二次电池110的温度T的信息。

[0046] 此外,作为温度T,为了降低计算负载,也能够采用一定期间内获取到的二次电池110的温度的平均值等。

[0047] 电流值获取部132定期地获取由电流传感器121测定的二次电池110的电流I的信息。例如、电流值获取部132根据一定期间内获取到的二次电池110的电流的分布来计算电流I。例如,电流I能够是根据一定期间内获取到的二次电池110的电流的度数分布计算出的平均值。电流值获取部132向运算部170输出二次电池110的电流I的信息。

[0048] 此外,作为电流I,为了降低计算负载,还能够采用一定期间内获取到的二次电池110的电流的平均值等。

[0049] 电压值获取部133定期地获取由电压传感器122测定的二次电池110的电压V的信息。例如,电压V能够是根据一定期间内获取到的二次电池110的电压值的度数分布计算出的平均值。电压值获取部133向运算部170输出二次电池110的电压V的信息。

[0050] 此外,作为电压V,为了降低计算负载,也能够采用一定期间内获取到的二次电池110的电压的平均值等。

[0051] 另外,数据获取部130将由温度获取部131获取的温度T的信息、由电流值获取部

132获取的电流I的信息、由电压值获取部133获取的电压V的信息作为表示二次电池110的使用状态的使用历史数据存储于存储部150。

[0052] 使用历史数据包含时间序列数据和直方图数据。时间序列数据包含二次电池110的温度T、SOC、电压V、电流I的各数据。直方图数据是将时间序列数据处理成直方图的数据。此外，SOC由后述的运算部170获取。

[0053] 阻抗发生装置140是通过电化学阻抗谱法(Electrochemical Impedance Spectroscopy:EIS)来获取二次电池110的阻抗的装置。阻抗是根据二次电池110的劣化度而变化的物理量。阻抗数据EIS是由阻抗发生装置140测定的传感数据。阻抗发生装置140具有重叠电流施加部141和阻抗测定部142。

[0054] 重叠电流施加部141对二次电池110施加多个频率成分重叠而成的重叠电流。通过使用重叠电流，能够统合获取对二次电池110施加多个频率的电流时的电池电压。

[0055] 作为重叠电流，能够采用例如多重正弦波。作为重叠电流，也能够使用矩形波、锯齿波、三角波。这里，相对于作为重叠频率的基本频率的高次谐波次数越高则电流值大幅降低，与此相对，多重正弦波则不会降低。因此，通过采用多重正弦波作为重叠电流，能够维持高测定精度。在多重正弦波中，重叠的频率没有特别的限定，能够任意地设定。

[0056] 阻抗测定部142通过重叠电流施加部141获取施加于二次电池110的重叠电流的电流值。另外，阻抗测定部142获取重叠电流施加于二次电池110时的响应电压。因此，阻抗是如下的值：在测定了与施加于二次电池110的交流电流对应的响应电压之后，作为具有绝对值和相位的信息的复数，通过将响应电压除以交流电流进行除法而计算出的值。即，阻抗包含实数成分 Z_{real} 和虚数成分 Z_{image} 。

[0057] 具体而言，阻抗测定部142使用离散傅立叶变换对多个频率成分的每一个计算出二次电池110的阻抗。施加重叠电流时的电流值和电压值能够使用电流传感器121和电压传感器122的检测值。作为离散傅立叶变换，能够采用高速离散傅立叶变换(FFT)。

[0058] 阻抗发生装置140向运算部170输出计算出的多个频率成分的每一个的阻抗。此外，阻抗发生装置140也可以将阻抗的数据存储于存储部150。

[0059] 阻抗发生装置140例如能够利用构成车载用的动力控制单元的电力转换装置来构成。由此，不需要另外设置包含重叠电流的生成部的阻抗发生装置140。另外，能够生成大电流的重叠电流。由此，能够成为适合车载用的二次电池110的车载诊断的装置结构。或者，也能够是将重叠电流的生成部配置于未图示的车载用的充电装置或设置于外部的充电装置的结构。

[0060] 特定频率计算部160是用于事先通过电化学阻抗谱法来获取为了计算二次电池110的最优的SOH所需的特定频率的信息的装置。特定频率计算部160可以安装于车上也可以不安装于车上。

[0061] 即，特定频率是通过使用了事先获取的二次电池110的阻抗数据EIS的机器学习来决定的频率。另外，特定频率是对二次电池110的SOH的影响度大的频率。

[0062] 最优的SOH是由运算部170最终推定的SOH。对二次电池110的SOH的影响度对应于阻抗的虚数成分 Z_{image} 与SOH的相关的强弱。特定频率是例如大于1Hz的频率的范围、优选大于10Hz的频率的范围中的特定的频率。

[0063] 二次电池110根据搭载的电动车辆不同而结构不同。因此，二次电池110的特性例

如根据车型而不同。因此,特定频率根据二次电池110的结构而不同。特定频率计算部160用于获取与搭载于电动车辆的二次电池110对应的特定频率。特定频率的获取方法在之后说明。

[0064] 存储部150例如是能够覆写的非易失性的存储器。存储部150存储用于控制数据获取部130、阻抗发生装置140、运算部170的程序。另外,存储部150随时存储从数据获取部130和运算部170输入的使用历史数据。

[0065] 而且,存储部150存储在阻抗发生装置140中用于电化学阻抗谱法的测定的频率的范围中的多个特定频率的信息。多个特定频率的信息事先从特定频率计算部160输入。

[0066] 运算部170推定二次电池110的最优的SOH。运算部170由处理器等装置构成。运算部170具有SOC计算部171、模型部172、SOH计算部173、以及SOH推定部174。

[0067] SOC计算部171计算表示二次电池110的电池剩余量的充电率。二次电池110的充电率是由百分比表示相对于二次电池110的充满电容量的剩余容量的比。二次电池110的充电率是SOC(State Of Charge:荷电状态)。

[0068] 例如,SOC计算部171计算由电流值获取部132获取的二次电池110的电流值的积分值,并基于积分值来计算二次电池110的充电率。由SOC计算部171计算出的SOC的信息存储于存储部150并向SOH计算部173输出。

[0069] 模型部172从存储部150获取二次电池110的使用历史数据。另外,模型部172将使用历史数据带入作为预先设定的计算模型的理论公式来计算SOH。模型部172向SOH推定部174输出计算出的SOH。

[0070] SOH计算部173从阻抗发生装置140获取阻抗数据EIS作为传感数据。SOH计算部173通过温度转换模型和SOC转换模型将阻抗数据EIS转换为预先确定的规定的温度和规定的SOC中的数据。规定的温度例如是25℃。规定的SOC例如是50%。由此,能够不依赖于放置二次电池110的环境、二次电池110的状态来计算SOH。

[0071] SOH计算部173不使用与测定频率对应的全部的阻抗数据EIS,而是使用与存储于存储部150的多个特定频率对应的阻抗数据EIS。即,SOH计算部173基于将阻抗数据EIS中的与多个特定频率对应的阻抗的虚数成分 Z_{image} 作为输入的机器学习来计算SOH。由此,能够减少SOH计算部173中使用的输入数据的数量。因此,能够降低SOH计算部173的计算负荷。

[0072] 具体而言,SOH计算部173通过将阻抗数据EIS作为输入的高斯过程回归(Gaussian Process Regression;GPR)作为机器学习的手法来计算SOH。GPR是将当前和过去的状态作为输入值来推定预测值的模型之一。通过不使用测定误差大的阻抗的实数成分 Z_{real} ,提高了由SOH计算部173计算的SOH的推定精度。另外,由于使用了机器学习的方法,因此相对于电流积分的方法提高了SOH的推定精度。SOH计算部173向SOH推定部174输出计算出的SOH。

[0073] SOH推定部174基于由模型部172计算出的SOH和由SOH计算部173计算出的SOH将两者的计算结果合起来推定最优的SOH。具体而言,SOH推定部174通过由SOH计算部173计算出的SOH来校正由模型部172计算出的SOH。SOH推定部174基于由模型部172计算出的SOH的方差、SOH计算部173的噪声的方差来计算校正的程度,并推定最终的SOH。

[0074] SOH推定部174例如一天数次或者一天一次地获取最优的SOH的推定结果。当然,最优的SOH的推定频率不限于此,能够适当设定所需的频率。

[0075] 具体而言,SOH推定部174使用非线性卡尔曼滤波器来推定最优的SOH。非线性卡尔

曼滤波器优选是扩展卡尔曼过滤器(Extended Kalman Filter)。以上,是本实施方式所涉及的电池诊断系统100的整体结构。

[0076] 接着,对运算部170的工作进行说明。首先,模型部172基于存储于存储部150的使用历史数据来计算SOH,并向SOH推定部174输出计算出的SOH。

[0077] 另外,SOH计算部173基于从阻抗发生装置140输入的阻抗来计算SOH。这里,SOH计算部173使用存储于存储部150的多个特定频率的信息来计算SOH。如图2所示,多个特定频率的信息在前处理中事先获取。

[0078] 例如,二次电池110是具有50Ah的容量的、NCM622/Gr的结构。在前处理中事先获取特定频率的信息时的二次电池110的结构与电池诊断系统100所采用的二次电池110的结构相同。

[0079] 在第一个处理中,计算N维中的各特定频率的SOH与阻抗的虚数成分Zimage的相关。因此,事先通过各种条件使二次电池110劣化。劣化条件例如有使温度、SOC不同而进行保管的情况,使温度、中心SOC、 ΔDOD 不同而反复进行充放电的情况等。另外,作为数据而获取到二次电池110的寿命耗尽为止的SOH的推移、阻抗的虚数成分Zimage。

[0080] 此外,DOD(Depth Of Discharge:放电深度)表示二次电池110的放电深度。 ΔDOD 例如通过充放电开始时的SOC与结束时的SOC之差来计算。

[0081] 由此,如图3所示,得到阻抗的虚数成分Zimage和SOH的关系性与一定的范围的频率的相关。图3的横轴是对数刻度。表示阻抗的虚数成分Zimage与SOH的关系性的值越大则重要度越高。

[0082] 这里,如果将一定的范围的所有的频率用于SOH的推定,则会出现过拟合,从而外插区域的误差会增大。因此,并不是频率的数量、即维数越大越好。因此,使用图3所示的数据,通过作为机器学习之一的SISSO来计算到N维为止的特定频率的组合。即,决定将一定的范围的频率之中的哪个频率用于SOH的推定。通过这样决定的频率是特定频率。通过确定一些用于SOH的推定的频率,能够提高特定频率的通用性。

[0083] 通过上述的机器学习,如图4所示,导出维数与特定频率的组合。在二维的情况下,特定频率被决定为f21和f22这两个。两个频率相当于图3所示的相关曲线中的两个频率。同样地,在三维的情况下,决定f31、f32、f33这三个,相当于图3所示的相关曲线中的三个频率。四维的情况和五维的情况也同样地决定多个频率。

[0084] 接着,如图2所示,计算将与各特定频率对应的阻抗的虚数成分Zimage作为输入时的SOH的精度。图5示出了其结果。

[0085] 在图5中,学习数据是实际用于机器学习的数据。交叉验证数据是如下数据:例如从多个种类的劣化条件的全部数据之中剔除一个种类的劣化条件的数据并用于学习数据,并将剔除的一个种类的数据用作验证数据,将多个种类的全部数据依次变更为验证数据来进行机器学习而得到的数据。验证数据是未用于机器学习的未知的数据。RMSE表示相对于实测值的SOH的各数据的均方根误差(%)。

[0086] SOH的实测值是使二次电池110的温度为25℃,在二次电池110的SOC为0%~100%之间进行充放电,并将二次电池110的电流作为C/3时,由(当前的电池容量/初始的电池容量) $\times 100$ (%)进行计算出而得到。

[0087] 然后,计算相对于SOH的实测值的各数据的误差为最小的维数。在图5所示的例子

中,四维的情况下的误差最小。该情况下的特定频率是四个。这样,特定频率计算部160决定特定频率的数量和频率。之后,特定频率计算部160将特定频率的数量和频率的信息存储于存储部150。像这样,完成前处理。

[0088] SOH计算部173利用上述那样事先获取的四个特定频率的信息来执行图2所示的计算流程。因此,首先,SOH计算部173获取由阻抗发生装置140测定的阻抗数据EIS。如图6所示,阻抗的实数成分 Z_{real} 和虚数成分 Z_{image} 根据每个频率而变化。

[0089] 此外,SOH计算部173通过温度转换模型和SOC转换模型将阻抗数据EIS转换为例如25°C的温度和50%的SOC下的数据。由此,能够计算任意温度、SOC下的SOH。

[0090] 接着,SOH计算部173向存储部150要求四个特定频率的信息,并从存储部150获取四个特定频率的信息。另外,SOH计算部173从图6所示的阻抗的数据组中提取与四个特定频率对应的虚数成分 Z_{image} 作为输入。

[0091] 之后,SOH计算部173通过将阻抗的四个虚数成分 Z_{image} 作为输入的GPR来计算SOH。SOH计算部173向SOH推定部174输出计算出的SOH。

[0092] 本申请的发明人们计算出将二次电池110的温度设为45°C并重复在SOC为30%~90%之间进行充放电的循环时的SOH计算部173的SOH。图7示出了其结果。图7的横轴是天数。如图7所示,由GPR得到的SOH的推定值是接近SOH的实测值的值。

[0093] 另外,本申请的发明人们计算出将二次电池110的温度设为10°C并重复在SOC为10%~90%之间进行充放电的循环时的SOH计算部173的SOH。图8示出了其结果。图8的横轴是天数。如图8所示,即使在二次电池110放置于寒冷的环境的情况下,由GPR得到的SOH的推定值也没有大幅偏离SOH的实测值。

[0094] SOH推定部174使用上述那样由模型部172计算出的SOH和由SOH计算部173计算出的SOH,通过扩展卡尔曼过滤器来推定最优的SOH。以下,将最优的SOH称作最优化SOH。SOH推定部174向外部装置输出最优化SOH。外部装置用于向用户显示获取到的最优化SOH、进行二次电池110的充放电控制等。

[0095] 本申请的发明人们将多个劣化条件下的模型部172的计算结果、SOH计算部173的计算结果、以及SOH推定部174的计算结果与SOH的实测值进行比较。图9示出了其结果。

[0096] 此外,劣化条件A是将二次电池110的温度设为45°C,并重复在SOC为0%~100%之间进行充放电的循环的情况。劣化条件B是将二次电池110的温度设为45°C,并重复在SOC为30%~90%之间进行充放电的循环的情况。劣化条件C是将二次电池110的温度设为10°C,并重复在SOC为10%~90%之间进行充放电的循环的情况。各劣化条件A、B、C的充电时的电流为0.3C,放电时的电流为1C。另外,SOH的实测值的测定方法与上述相同。

[0097] 如图9和图10所示,在劣化条件A下,模型部172的SOH的计算结果的误差为0.7%,最大误差为2.6%。SOH计算部173的SOH的计算结果的误差为1.2%,最大误差为4.5%。

[0098] 与此相对,SOH推定部174的最优化SOH的计算结果的误差为0.3%,最大误差为1.2%。明显地,SOH推定部174的最优化SOH是与模型部172和SOH计算部173的各计算结果相比更接近SOH的实测值的值。

[0099] 如图9和图11所示,在劣化条件B下,各计算结果的误差原本就小,但SOH推定部174的最优化SOH是更接近SOH的实测值的值。

[0100] 如图9和图12所示,在劣化条件C下,SOH推定部174的最优化SOH的误差与模型部

172和SOH计算部173的各计算结果的误差之差变大。

[0101] 在劣化条件C下,考虑经过400天之后,二次电池110发生了锂析出,从而发生了异常劣化。因此,二次电池110的SOH急剧降低。模型部172的计算结果不能追随SOH的急剧降低。但是,SOH计算部173使用作为传感数据的阻抗的虚数成分 Z_{image} 来计算SOH,因此SOH计算部173的计算结果能够追随SOH的急剧降低。因此,能够说,仅SOH计算部173也能够提高SOH的推定值的精度。

[0102] 如以上说明的那样,在本实施方式中,在SOH推定部174将模型部172的计算结果和SOH计算部173的计算结果合成而进行最优化。具体而言,SOH推定部174以由模型部172计算出的SOH为基础,通过作为由SOH计算部173计算出的实测值的SOH来校模型部172的SOH,由此推定最终的SOH。

[0103] 由此,能够通过SOH推定部174对在模型部172产生的因二次电池110的单体偏差导致的误差和在SOH计算部173产生的传感误差这双方进行最优化。即,能够降低由SOH计算部173计算出的SOH的传感误差的影响。因此,能够提高二次电池110的最优化SOH的推定精度。

[0104] 作为变形例,电池诊断系统100也可以仅采用SOH计算部173的计算结果作为SOH的推定值。SOH计算部173获取根据二次电池110的劣化度而变化的物理量作为传感数据,并且基于传感数据来推定SOH。因此,与电流积分的方法相比,能够降低传感误差等误差的影响。因此,能够提高二次电池110的SOH的推定精度。

[0105] (第二实施方式)

[0106] 在本实施方式中,主要对与第一实施方式不同的部分进行说明。在本实施方式中,SOH计算部173使用二次电池110的充电时的电压变化作为传感数据来计算SOH。

[0107] 因此,如图13所示,在前处理中,事先通过各种劣化条件使二次电池110劣化,从而获取直到二次电池110的寿命耗尽为止的SOH的推移。另外,获取劣化条件中的充电中的电压变化,并事先存储于存储部150。

[0108] 电压变化例如是从3.6V到3.7V的区间中的电压值的变化。3.6V~3.7V的电压区间是二次电池110的劣化时电压值显著变化的区域。本申请的发明人们经过深入研究后发现,在该电压区间中,电压变化与SOH相关。即,电压值是根据二次电池110的劣化度而变化的物理量。

[0109] 在上述的前处理完成的状态下,例如,二次电池110在充电站进行充电。SOH计算部173经由存储部150获取由数据获取部130获取到的二次电池110的电压变化。

[0110] 另外,SOH计算部173从由数据获取部130获取到的电压变化之中提取3.6V~3.7V的电压变化。然后,SOH计算部173通过将3.6V~3.7V的电压变化作为输入的GPR来计算SOH。这样,能够使用二次电池110的充电时的电压变化作为传感数据来计算SOH。

[0111] 作为变形例,也可以将电压变化设为从4.0V到4.1V的区间的电压值的变化。在该电压区间中,也能够提高SOH的推定精度。当然,不限于3.6V~3.7V的区间和4.0V~4.1V的区间,也可以设定为其他电压区间。

[0112] (第三实施方式)

[0113] 在本实施方式中,主要对与第一实施方式、第二实施方式不同的部分进行说明。在本实施方式中,SOH计算部173使用充电电压缓和时的电压变化量作为传感数据来计算SOH。

[0114] 因此,如图14所示,在前处理中,事先通过各种劣化条件使二次电池110劣化,并获

取直到二次电池110的寿命耗尽为止的SOH的推移。另外,获取劣化条件中的充电后的电压缓和响应,并事先存储于存储部150。

[0115] 电压缓和响应是例如10分钟的电压变化量。本申请的发明人们经过深入研究后发现,充电后的电压缓和响应与SOH相关。即,电压缓和响应的电压变化量是根据二次电池110的劣化度而变化的物理量。

[0116] 在上述的前处理完成的状态下,例如,二次电池110在充电站进行充电,并且以10分钟以上静止的状态放置。SOH计算部173经由存储部150获取由数据获取部130获取的二次电池110的电压变化量。

[0117] 另外,SOH计算部173从由数据获取部130获取的电压变化之中提取10分钟的电压变化量。然后,SOH计算部173通过将10分钟的电压变化量作为输入的GPR来计算SOH。这样,能够使用二次电池110的充电时的电压变化量作为传感数据来计算SOH。

[0118] (第四实施方式)

[0119] 在本实施方式中,主要对与上述各实施方式不同的部分进行说明。如图15所示,本实施方式所涉及的电池诊断系统100包含:二次电池110、数据获取部130、数据处理部180、存储部150、及运算部170。

[0120] 数据处理部180从数据获取部130获取时间序列数据,将时间序列数据处理为直方图数据。此外,直方图数据也可以由数据获取部130进行处理。

[0121] 数据处理部180具有SOC计算部181和参数计算部182。SOC计算部181具备和第一实施方式所示的SOC计算部171相同的功能。

[0122] 参数计算部182输入二次电池110的时间序列数据,并将时间序列数据处理为直方图数据。直方图数据包含二次电池110的SOC、温度 T 、电流 I 、 ΔDOD 的各参数。

[0123] 另外,参数计算部182计算预先设定的参数的积。参数的积包含 $SOC \times T$ 、 $\Delta DOD \times T$ 、 $I \times \Delta DOD$ 中的至少一个。参数计算部182将参数的积存储于存储部150。在使用直方图数据进行SOH的推定的情况下,不需要存储时间序列数据。

[0124] 本申请的发明人们经过深入研究后发现,通过使模型部172的计算模型包含 $SOC \times T$ 、 $\Delta DOD \times T$ 、 $I \times \Delta DOD$,即使在使用直方图数据作为输入的情况下,也能够高精度地预测SOH。此外,也能够代替电流 I 而使用C率。

[0125] 运算部170具有模型部172。模型部172基于预先设定的计算模型,使用时间序列数据和直方图数据中的任一方来计算SOH作为推定值。在使用直方图数据的情况下,运算部170使用各参数和各参数中的两个以上的参数的积来计算SOH。以上是本实施方式所涉及的电池诊断系统100的结构。

[0126] 接着,对使用直方图数据来推定SOH的流程进行说明。如图16所示,首先,数据获取部130获取时间序列数据等车辆数据。接着,数据处理部180在参数计算部182中计算参数的积。之后,参数计算部182将计算出的参数的积存储于存储部150。

[0127] 然后,运算部170的模型部172将存储于存储部150的直方图数据作为输入并通过预先设定的模型来计算SOH。即,模型部172使用参数和参数的积,通过运算 $SOH = f\{T, SOC, I, \Delta DOD, SOC \times T, \Delta DOD \times T, I \times \Delta DOD\}$ 来计算SOH。 f 是预先设定的计算式。

[0128] 本申请的发明人们在各种劣化条件下的SOH的计算中,在包含参数的积的情况和不包含参数的积的情况下,与采用时间序列数据计算出SOH的情况进行了比较。图17和图18

示出了其结果。此外,各种劣化条件例如与图2的第一个处理中采用的条件相同。

[0129] 如图17所示,在SOH的计算包含了参数的积的情况下,使用了时间序列数据的SOH的计算结果和使用了直方图数据的SOH的计算结果相对于SOH的实测值的误差为0.8%。即,通过使模型包含参数的积,不论采用时间序列数据还是直方图数据,都提高了SOH的推定精度。

[0130] 与此相对,如图18所示,在SOH的计算不包含参数的积的情况下,使用了时间序列数据的SOH的计算结果和使用了直方图数据的SOH的计算结果相对于SOH的实测值的误差为4.3%。因此,模型包含参数的积能够提高SOH的推定精度。

[0131] 如上所述,能够使用二次电池110的时间序列数据和直方图数据中的任一方法来推定SOH。此时,由于使用时间序列数据或直方图数据,因此与电流积分的方法相比,能够降低传感误差等误差的影响。因此,能够提高二次电池110的SOH的推定精度。

[0132] 本发明不限于上述的实施方式,在不脱离本发明的主旨的范围内,能够如以下那样进行各种变形。

[0133] 例如,二次电池110不限于搭载于机动车辆的情况,也包含设置于规定的地点的情况。另外,二次电池110的SOH不限于二次电池110的整体的SOH,也可以是构成二次电池110的电池单体的单体的SOH或多个SOH。

[0134] 本发明以实施例为基准进行了记载,但应当理解本发明不限于该实施例、结构。本发明还包含各种变形例、等同范围内的变形。除此之外,各种组合、方式,使它们进一步包含仅一个要素、其以上或以下的其他组合、方式也纳入于本发明的范畴、思想范围。

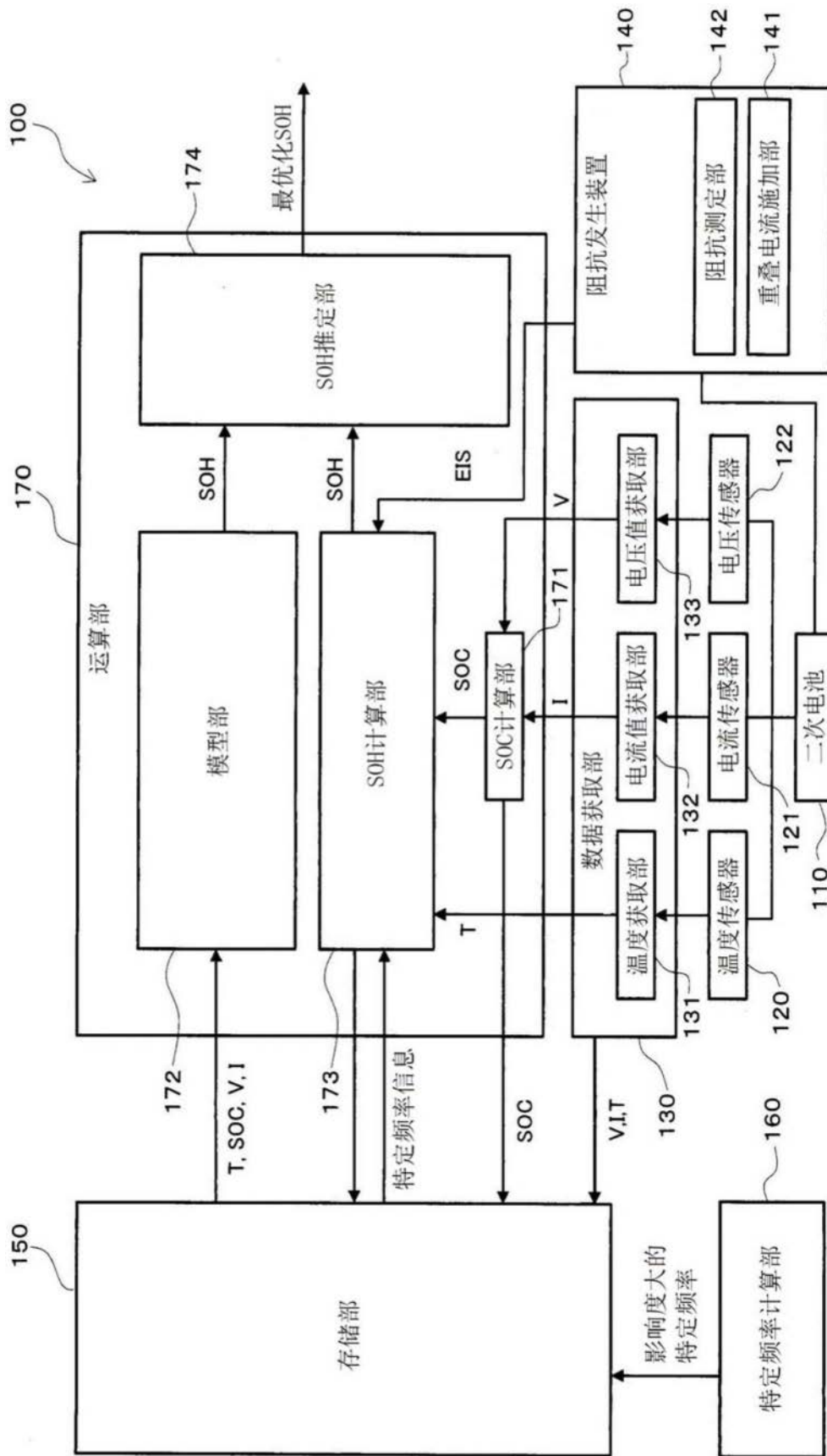


图1

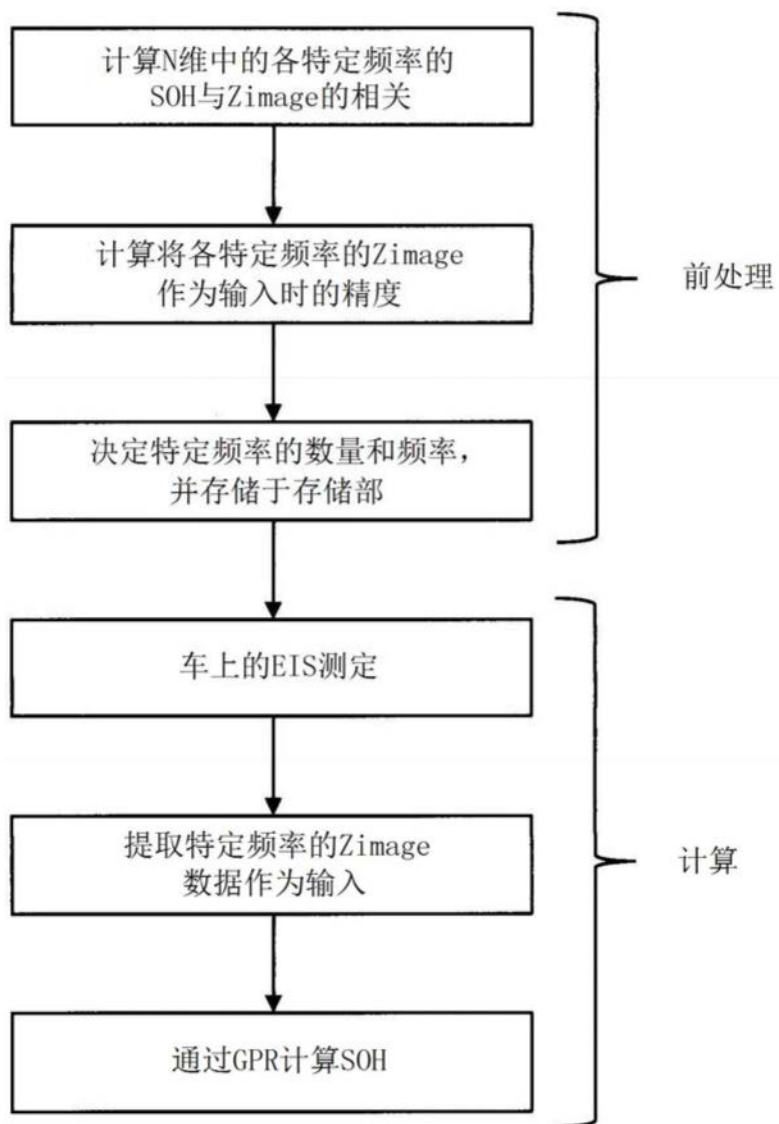


图2

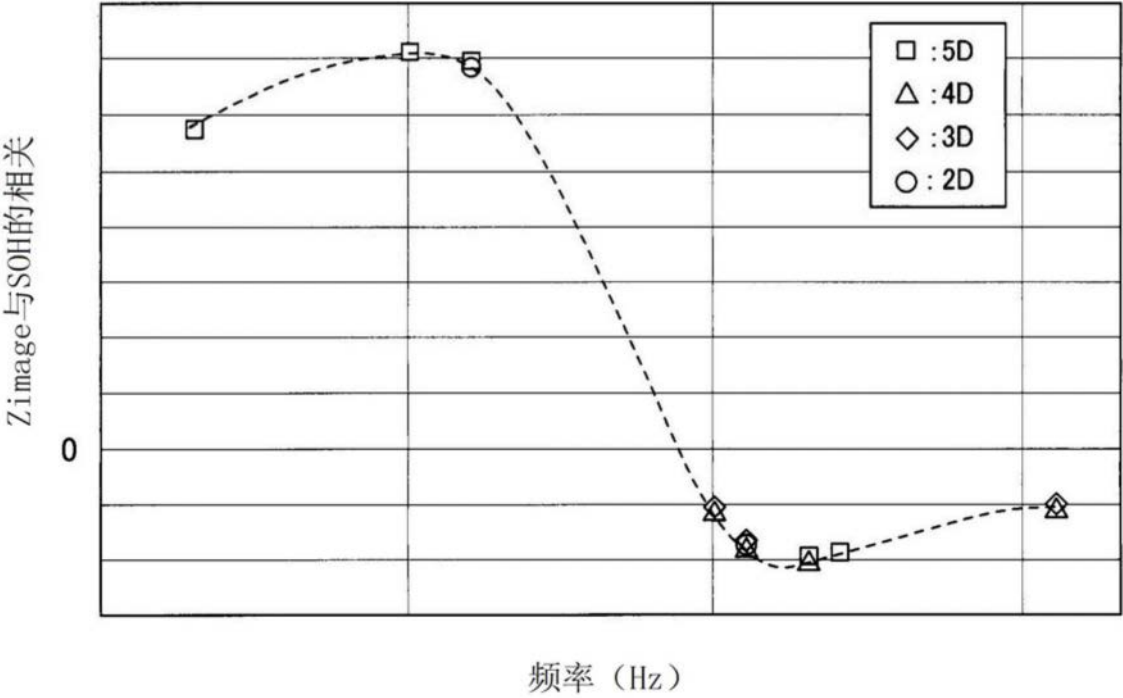


图3

维数	特定频率 (Hz)
2D	f21, f22
3D	f31, f32, f33
4D	f41, f42, f43, f44
5D	f51, f52, f53, f54, f55

图4

RMSE	特定频率的数量（维数）			
	2	3	4	5
学习数据（%）	3.8	2.7	<u>2.3</u>	3.3
交叉验证数据（%）	4.3	3.1	3.1	3.4
验证数据（%）	4.3	2.4	<u>1.7</u>	3.0

图5

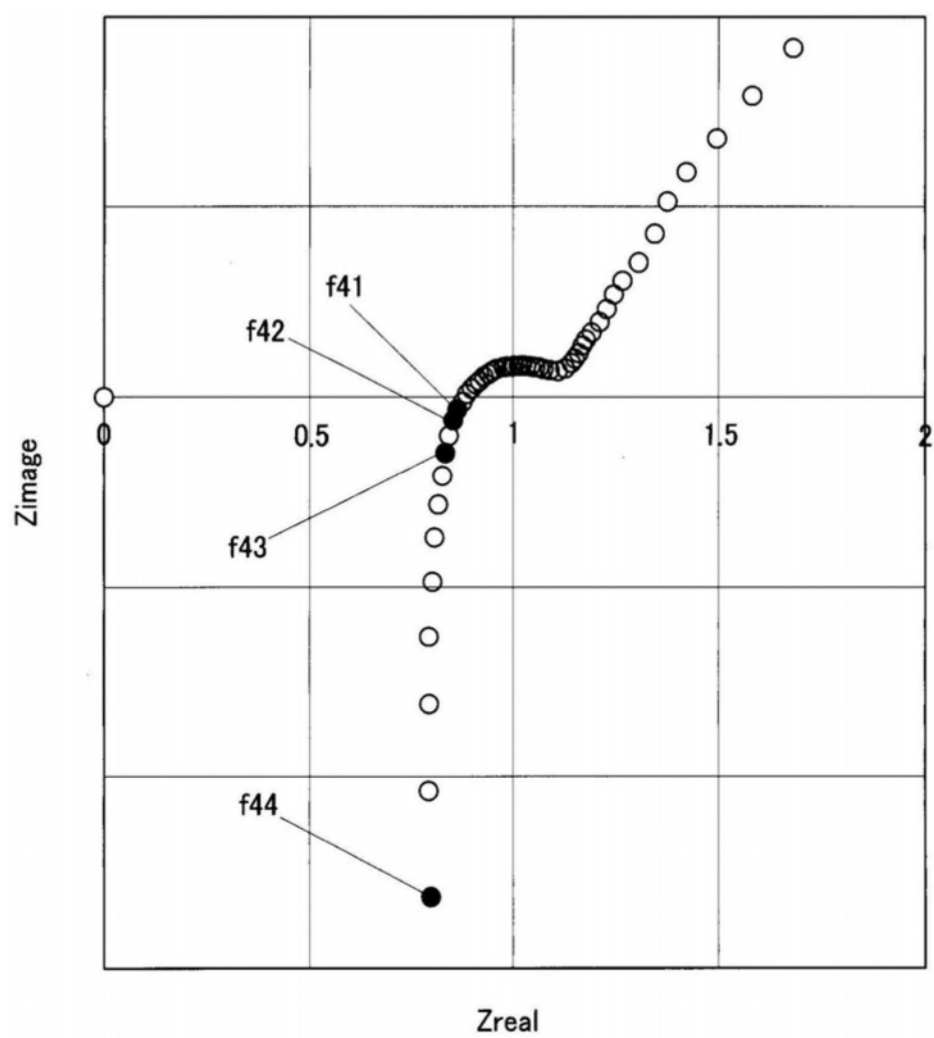


图6

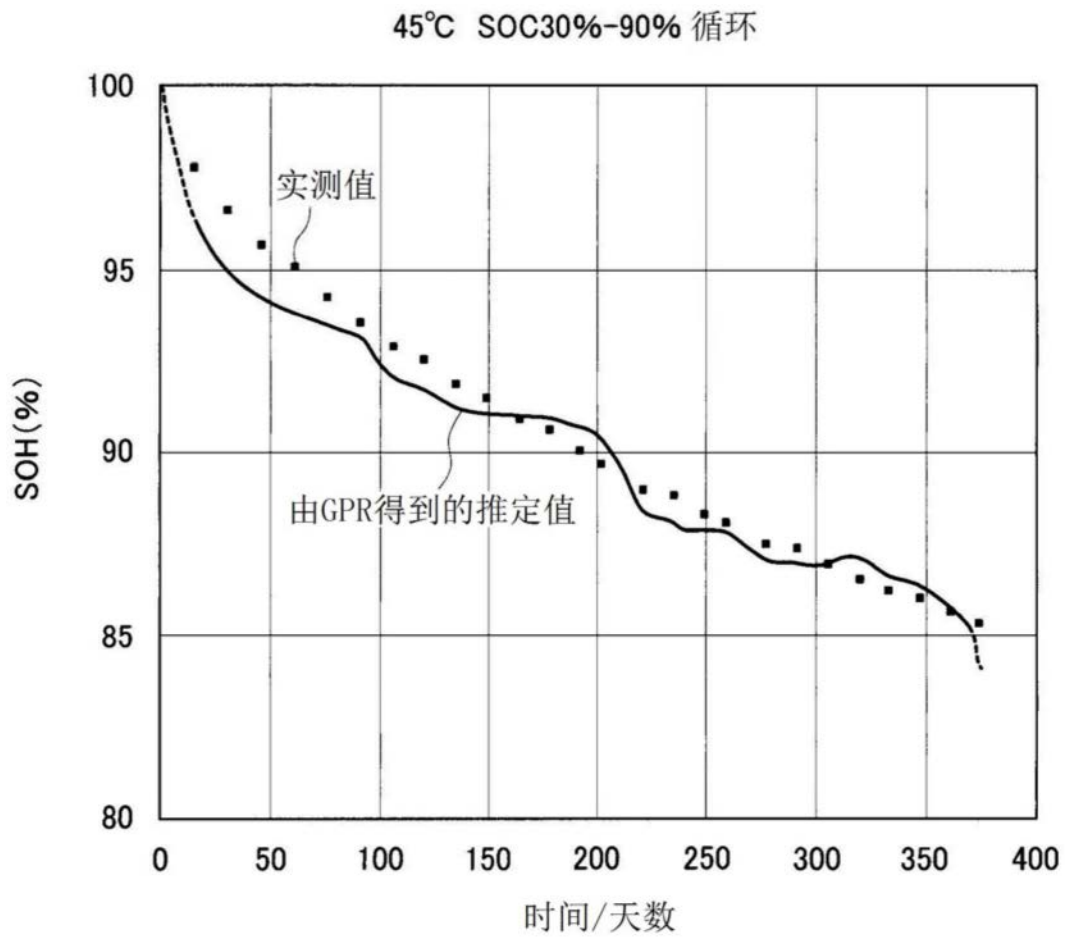


图7

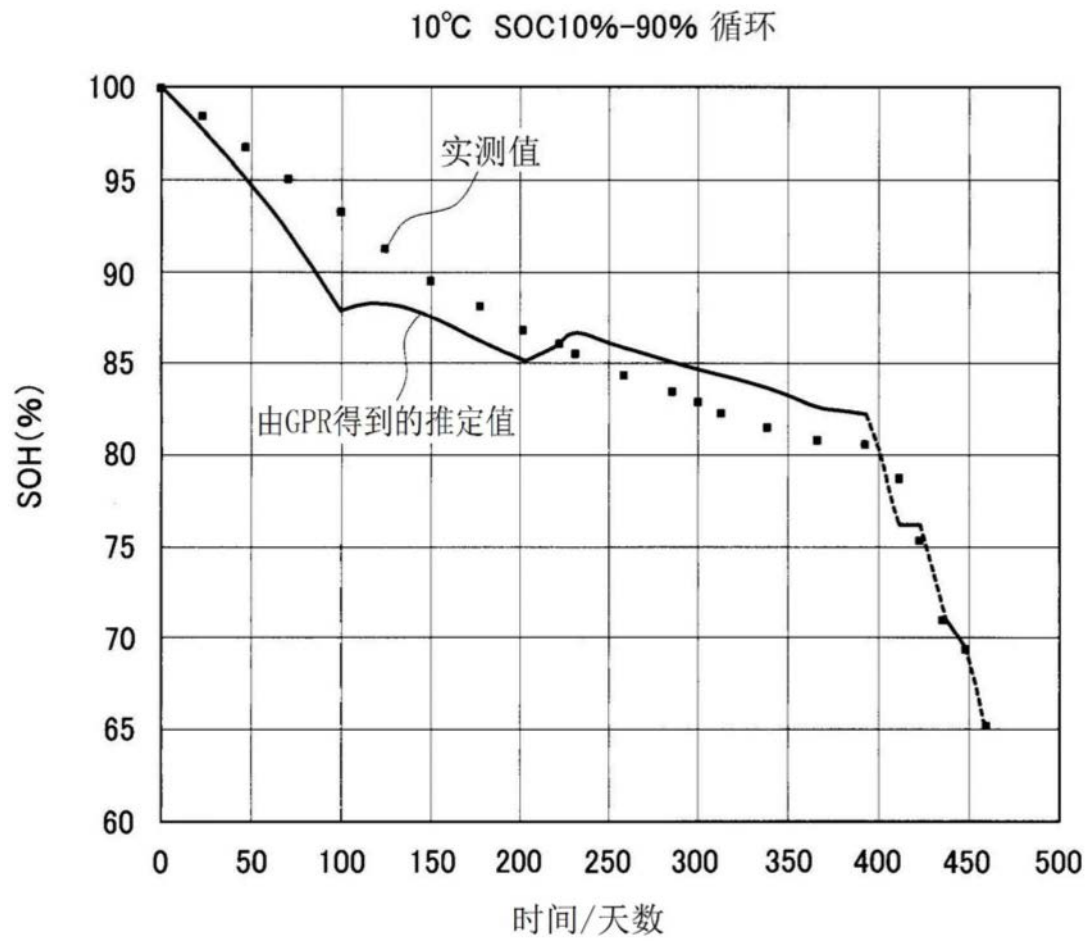


图8

		SOH推定部 计算结果	SOH计算部 计算结果	模型部 计算结果
劣化条件A	RMSE	0.3%	1.2%	0.7%
	最大误差	1.2%	4.5%	2.6%
劣化条件B	RMSE	0.6%	0.8%	0.7%
	最大误差	1.3%	1.6%	1.4%
劣化条件C	RMSE	0.2%	2.0%	3.4%
	最大误差	1.1%	5.4%	11.9%

图9

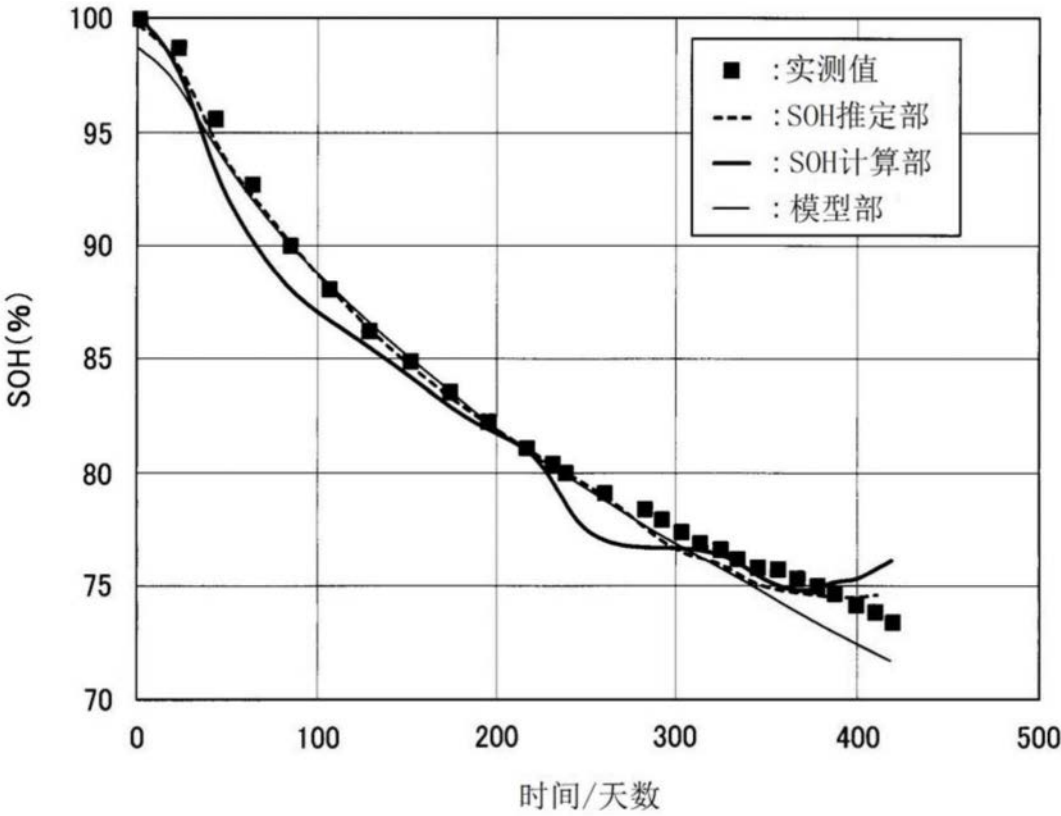


图10

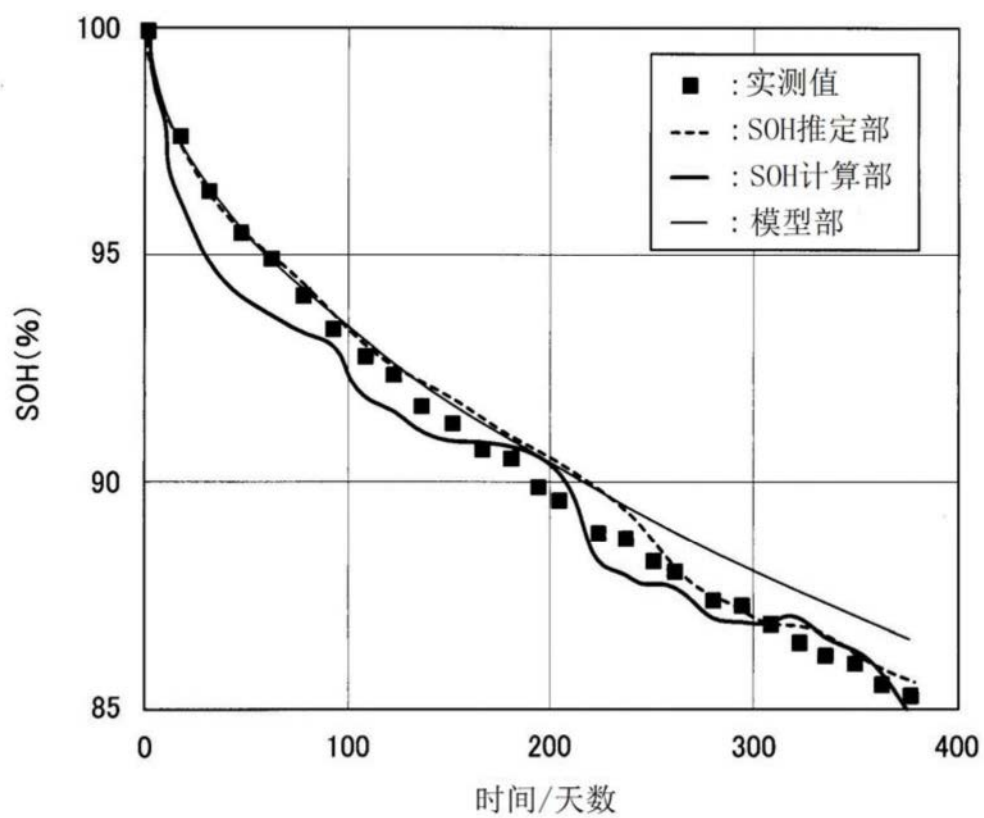


图11

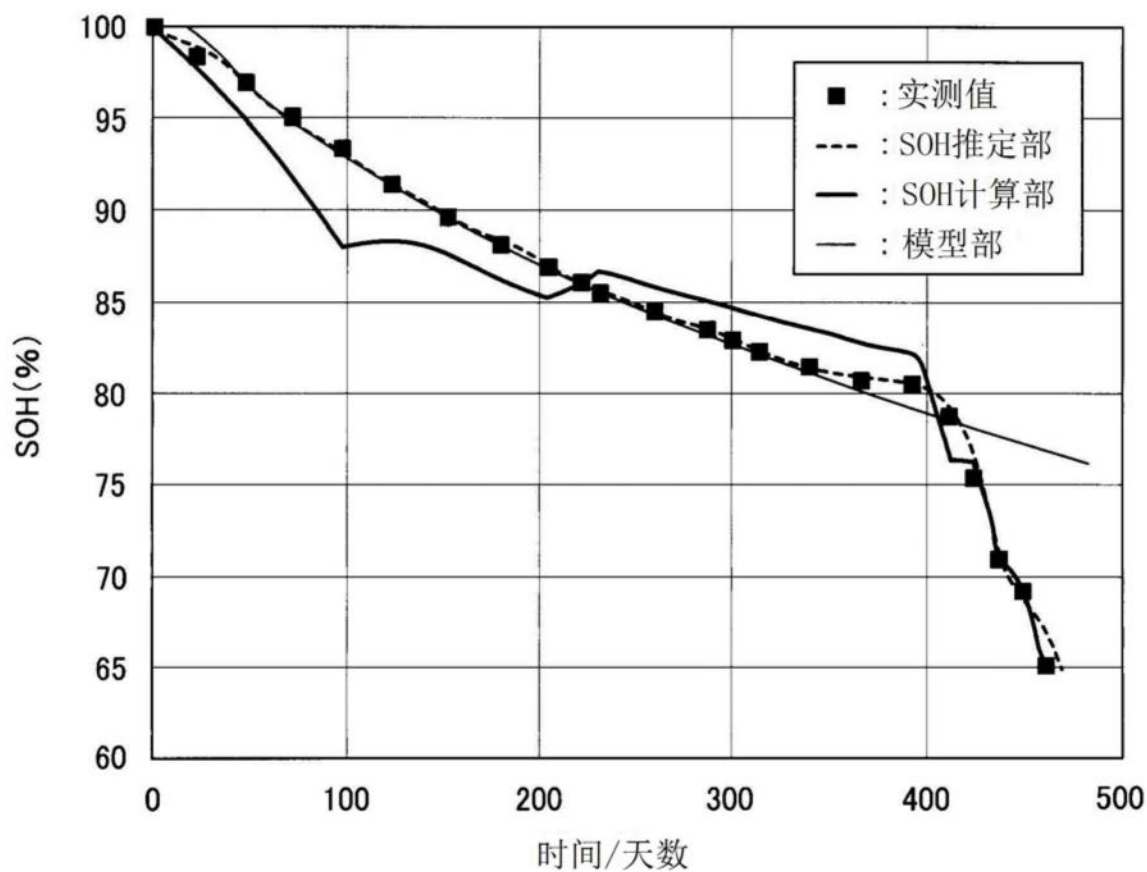


图12

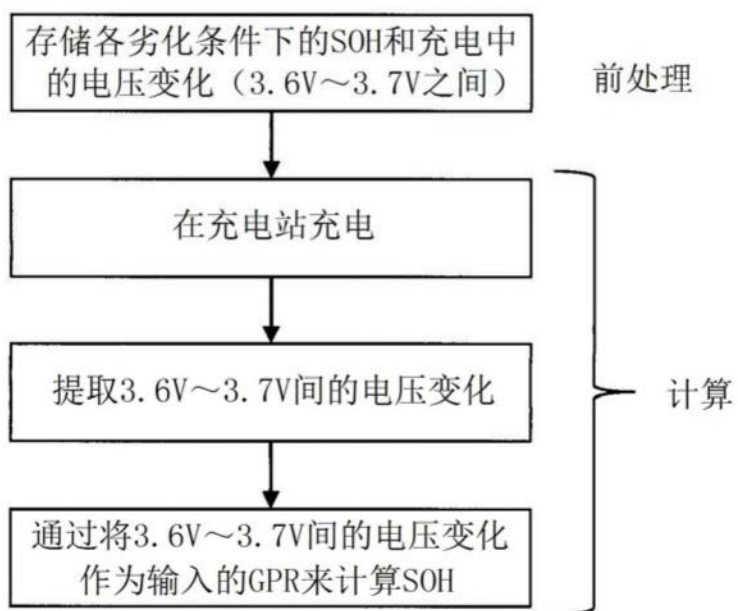


图13

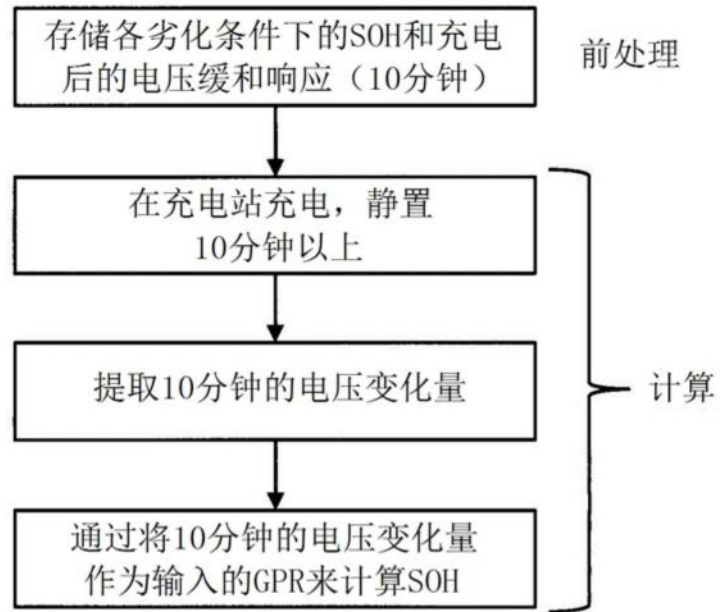


图14

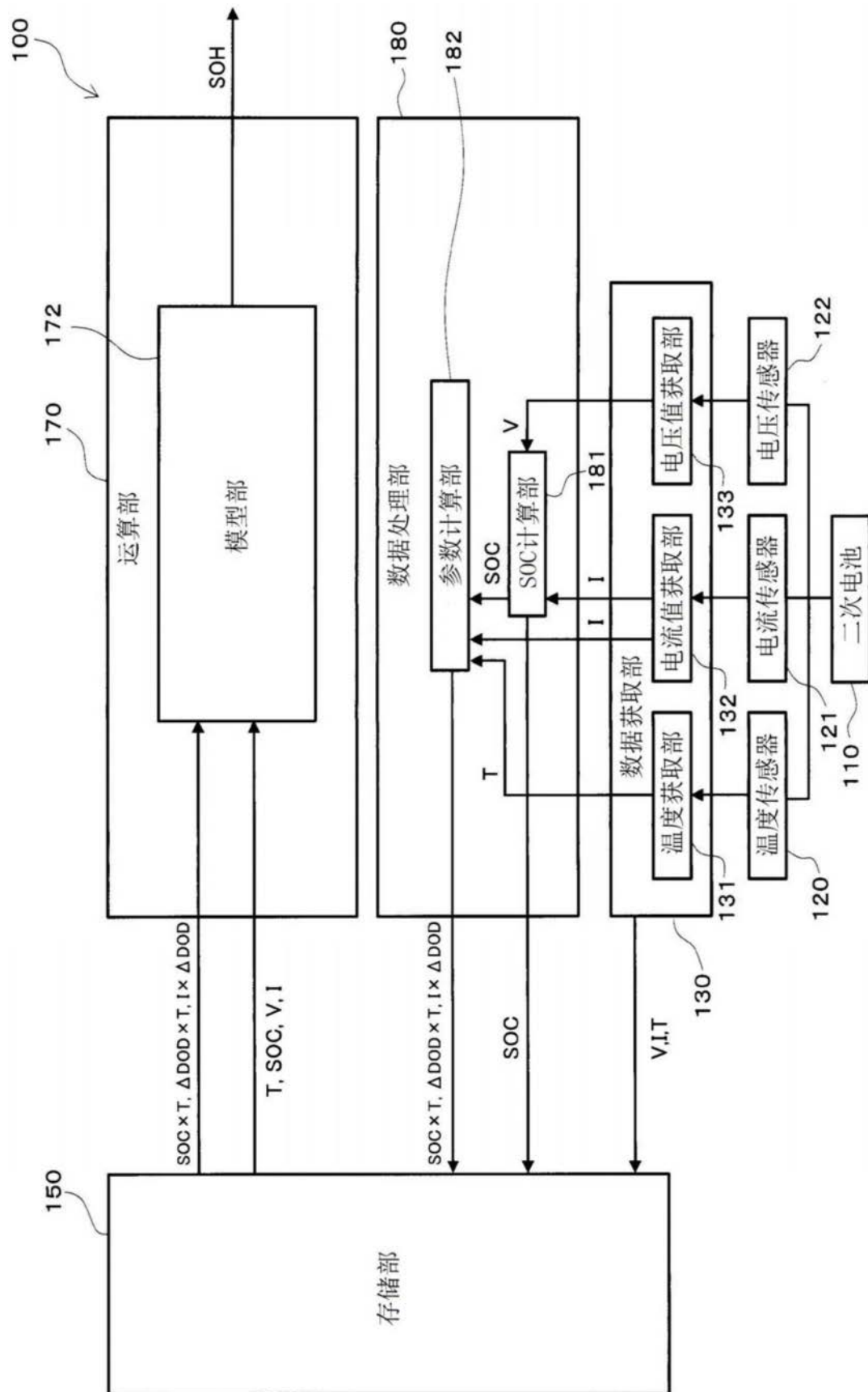


图15

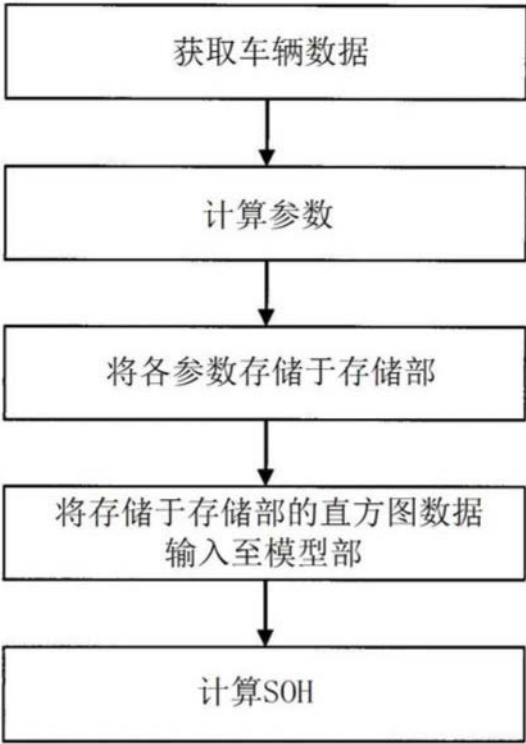


图16

$$SOH = f \{ T, SOC, I, \Delta DOD, SOC \times T, \Delta DOD \times T, I \times \Delta DOD \}$$

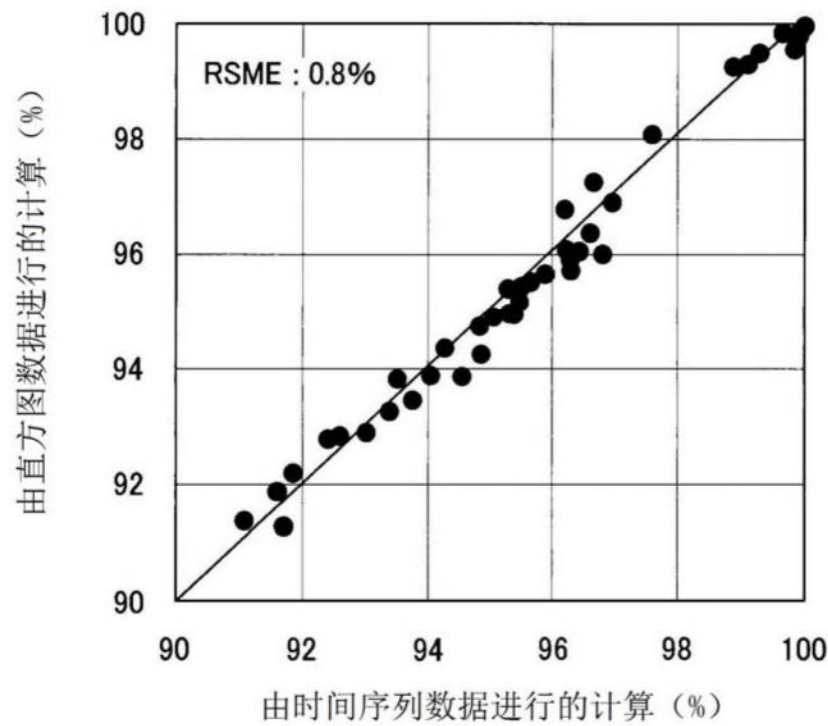


图17

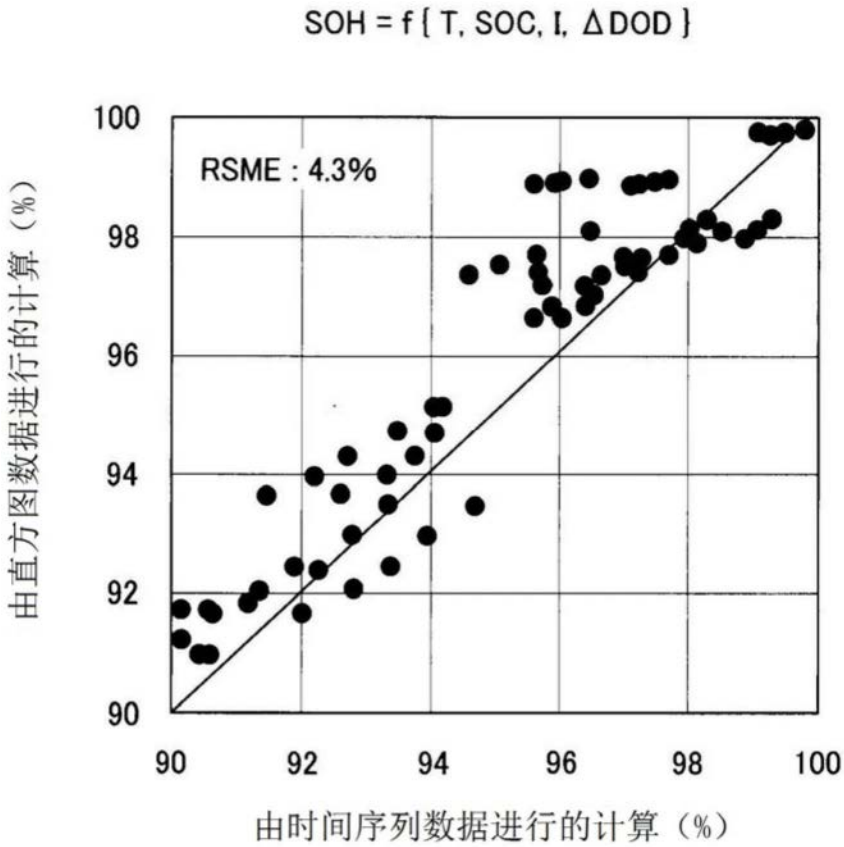


图18