



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119731901 A

(43) 申请公布日 2025. 03. 28

(21) 申请号 202380059799.9

(22) 申请日 2023.08.22

(30) 优先权数据

2022-140794 2022.09.05 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2025.02.14

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2023/030174 2023.08.22

(87) PCT国际申请的公布数据

W02024/053392 JA 2024.03.14

(71) 申请人 松下知识产权经营株式会社

地址 日本

(72) 发明人 杨长辉 松田昂 佐田友和

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事

务所(普通合伙) 11277

专利代理师 刘新宇 张文慧

(51) Int.Cl.

H02J 7/00 (2006.01)

H01M 10/44 (2006.01)

H01M 10/48 (2006.01)

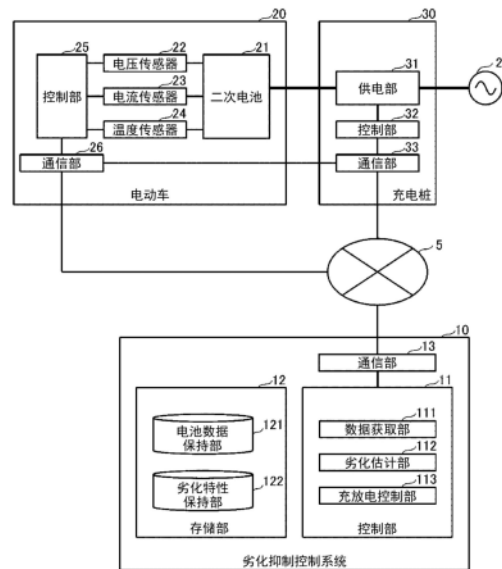
权利要求书2页 说明书11页 附图8页

(54) 发明名称

劣化抑制控制系统、劣化抑制控制方法、劣化抑制控制程序以及记载有劣化抑制控制程序的记录介质

(57) 摘要

在劣化抑制控制系统中,数据获取部获取包含二次电池的电压和电流的电池数据。劣化估计部基于二次电池的电池数据,来估计当前的正极的剩余容量相对于初始的正极的剩余容量的减少率和当前的负极的剩余容量相对于初始的负极的剩余容量的减少率。充放电控制部在正极的剩余容量的减少率比负极的剩余容量的减少率大的情况下切换为以正极的劣化抑制为优先的充放电控制,在负极的剩余容量的减少率比正极的剩余容量的减少率大的情况下切换为以负极的劣化抑制为优先的充放电控制。



1. 一种劣化抑制控制系统,其特征在于,具备:

获取部,其获取包含二次电池的电压和电流的电池数据;

估计部,其基于所述二次电池的电池数据,来估计当前的正极的剩余容量相对于初始的正极的剩余容量的减少率和当前的负极的剩余容量相对于初始的负极的剩余容量的减少率;以及

充放电控制部,其在所述正极的剩余容量的减少率比所述负极的剩余容量的减少率大的情况下切换为以所述正极的劣化抑制为优先的充放电控制,在所述负极的剩余容量的减少率比所述正极的剩余容量的减少率大的情况下切换为以所述负极的劣化抑制为优先的充放电控制。

2. 根据权利要求1所述的劣化抑制控制系统,其特征在于,

所述估计部对规定了所述二次电池的容量与电压的关系的充放电曲线进行微分来生成dV/dQ曲线,

所述估计部基于所述dV/dQ曲线的源自正极的两个峰间的距离的减少率来估计所述正极的剩余容量的减少率,

所述估计部基于所述dV/dQ曲线的源自负极的两个峰间的距离的减少率来估计所述负极的剩余容量的减少率。

3. 根据权利要求1所述的劣化抑制控制系统,其中,

在所述二次电池的容量的减少率超过阈值时,

所述估计部估计所述正极的剩余容量的减少率和所述负极的剩余容量的减少率,

所述充放电控制部基于两者的关系来执行所述充放电控制的切换控制。

4. 根据权利要求1所述的劣化抑制控制系统,其中,

还具备劣化特性保持部,所述劣化特性保持部保持所述二次电池的正极的保存劣化特性、充电劣化特性、负极的保存劣化特性以及充电劣化特性,

在对所述二次电池进行充电的情况下,

所述充放电控制部在选择了以所述正极的劣化抑制为优先的充放电控制的情况下,参照所述正极的保存劣化特性和充电劣化特性来选择多个充电配置文件候选中的、所述正极的劣化最少的充电配置文件,

所述充放电控制部在选择了以所述负极的劣化抑制为优先的充放电控制的情况下,参照所述负极的保存劣化特性和充电劣化特性来选择多个充电配置文件候选中的、所述负极的劣化最少的充电配置文件。

5. 一种劣化抑制控制方法,其特征在于,具有以下步骤:

获取包含二次电池的电压和电流的电池数据;

基于所述二次电池的电池数据,来估计当前的正极的剩余容量相对于初始的正极的剩余容量的减少率和当前的负极的剩余容量相对于初始的负极的剩余容量的减少率;以及

在所述正极的剩余容量的减少率比所述负极的剩余容量的减少率大的情况下切换为以所述正极的劣化抑制为优先的充放电控制,在所述负极的剩余容量的减少率比所述正极的剩余容量的减少率大的情况下切换为以所述负极的劣化抑制为优先的充放电控制。

6. 一种劣化抑制控制程序,其特征在于,使计算机执行以下处理:

获取包含二次电池的电压和电流的电池数据;

基于所述二次电池的电池数据,来估计当前的正极的剩余容量相对于初始的正极的剩余容量的减少率和当前的负极的剩余容量相对于初始的负极的剩余容量的减少率;以及

在所述正极的剩余容量的减少率比所述负极的剩余容量的减少率大的情况下切换为以所述正极的劣化抑制为优先的充放电控制,在所述负极的剩余容量的减少率比所述正极的剩余容量的减少率大的情况下切换为以所述负极的劣化抑制为优先的充放电控制。

7.一种非暂态记录介质,记载有根据权利要求6所述的充电控制程序。

劣化抑制控制系统、劣化抑制控制方法、劣化抑制控制程序以及记载有劣化抑制控制程序的记录介质

技术领域

[0001] 本公开涉及一种用于抑制二次电池的劣化的劣化抑制控制系统、劣化抑制控制方法以及劣化抑制控制程序。

背景技术

[0002] 近年来,锂离子电池被使用于各种各样的用途。为了抑制锂离子电池的劣化,通常的方法是直接使用锂离子电池的电压、电流、温度来切换充放电控制方法。对于此,提出了一种估计锂离子电池的内部状态(更具体地说是正极和负极的劣化状态)来切换充放电控制方法的方法(例如参照专利文献1)。在专利文献1中提出了如下方法:在正极的容量与负极的容量之差、或者正极的放电端电位与负极的放电端电位之差反转为负的值时变更二次电池的动作条件。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开2017-54692号公报

发明内容

[0006] 在二次电池的设计中,通常是对正极和负极分别附加作为电池容量的范围外的不在实际的充放电中使用的剩余容量。在大量附加剩余容量的情况下,基于正极的容量与负极的容量之差、或者正极的放电端电位与负极的放电端电位之差的控制并不一定会确保最大的电池容量。

[0007] 本公开是鉴于这样的状况而完成的,其目的在于提供一种能够最大限度地抑制二次电池的劣化的技术。

[0008] 为了解决上述问题,本公开的某个方式的劣化抑制控制系统具备:获取部,其获取包含二次电池的电压和电流的电池数据;估计部,其基于所述二次电池的电池数据,来估计当前的正极的剩余容量相对于初始的正极的剩余容量的减少率和当前的负极的剩余容量相对于初始的负极的剩余容量的减少率;以及充放电控制部,其在所述正极的剩余容量的减少率比所述负极的剩余容量的减少率大的情况下切换为以所述正极的劣化抑制为优先的充放电控制,在所述负极的剩余容量的减少率比所述正极的剩余容量的减少率大的情况下切换为以所述负极的劣化抑制为优先的充放电控制。

[0009] 此外,上面的构成要素的任意组合以及将本公开的表达在装置、系统、方法、计算机程序、记录介质等之间进行变换得到的方式作为本公开的方式也是有效的。

[0010] 根据本公开,能够最大限度地抑制二次电池的劣化。

附图说明

[0011] 图1是用于说明二次电池的劣化抑制控制系统的图。

- [0012] 图2是示出保存劣化特性映射的一例的图。
- [0013] 图3A是示出充电/放电劣化特性映射的一例的图。
- [0014] 图3B是示出充电/放电劣化特性映射的一例的图。
- [0015] 图4是示出二次电池、正极、负极的充放电曲线以及 dV/dQ 曲线的一例的图。
- [0016] 图5是示出二次电池的 dV/dQ 曲线的另一例的图。
- [0017] 图6是示出某个二次电池的初始状态中的二次电池、正极、负极的充放电曲线的一例的图。
- [0018] 图7是示出二次电池、正极、负极的充放电曲线的收缩例的图。
- [0019] 图8是示出由实施方式所涉及的劣化抑制控制系统进行的充放电控制方法的切换处理的流程的流程图。
- [0020] 图9是示出由实施方式所涉及的劣化抑制控制系统进行的充电时的劣化抑制控制的一例的流程图。

具体实施方式

[0021] 图1是用于说明二次电池的劣化抑制控制系统10的图。劣化抑制控制系统10是用于解析搭载于电动车20的二次电池21的劣化状态并进行二次电池21的最优的劣化抑制控制的系统。劣化抑制控制系统10例如也可以构建在提供搭载于电动车20的二次电池21的劣化解析服务的运营商的自公司设施或数据中心中设置的自公司服务器上。另外,劣化抑制控制系统10也可以构建在基于云服务来利用的云服务器上。另外,劣化抑制控制系统10也可以构建在分散设置于多个据点(数据中心、自公司设施)的多个服务器上。该多个服务器也可以是多个自公司服务器的组合、多个云服务器的组合、自公司服务器与云服务器的组合中的任一个组合。

[0022] 在本实施方式中,作为电动车20,假定配送运营商所使用的电动车20。

[0023] 搭载于电动车20的二次电池21向驱动用马达(未图示)供给电力。二次电池21是将多个单体(cell)或多个并联单体电池块串联连接而构成的。

[0024] 各并联单体电池块是将多个单体并联连接而构成的。

[0025] 对于单体,能够使用锂离子电池单体、镍氢电池单体、铅电池单体等。下面,在本说明书中假定使用锂离子电池单体(公称电压:3.6V-3.7V)的例子。根据驱动用马达的电压来决定单体或并联单体电池块的串联数。

[0026] 电压传感器22分别检测被串联连接的单体或并联单体电池块的两端电压(正极-负极间的电压)。与被串联连接的多个单体或多个并联单体电池块串联地连接分流电阻。电流传感器23基于分流电阻的两端电压来检测流过被串联连接的单体或并联单体电池块的电流。此外,也可以使用霍尔元件来代替分流电阻。温度传感器24基于设置于多个单体或并联单体电池块中的至少一个的热敏电阻和电阻的分压电压,来检测多个单体或并联单体电池块的温度。

[0027] BMU(Battery Management Unit:电池管理单元)与ECU(Electronic Control Unit:电子控制单元)联合来构成控制部25。BMU将OCV(Open Circuit Voltage:开路电压)法与电流累计法组合来估计SOC(State Of Charge:充电状态)。OCV法是基于所测量的各单体的OCV和单体的SOC-OCV曲线来估计SOC的方法。电流累计法是基于各单体的充放电开始

时的OCV和所测量的电流的累计值来估计SOC的方法。电流累计法随着充放电时间变长而累积电流的测量误差。因而,优选使用通过OCV法估计出的SOC来校正通过电流累计法估计出的SOC。

[0028] BMU定期(例如间隔10秒)地采样多个单体或多个并联单体电池块的电压、电流、温度、SOC。BMU将包含多个单体或多个并联单体电池块的电压、电流、温度、SOC的电池数据经由车载网络发送到ECU。例如能够使用CAN(Controller Area Network:控制器局域网)、LIN(Local Interconnect Network:局域互联网)来作为车载网络。

[0029] 通信部26具有执行与充电桩30的通信部33的通信信号处理的功能以及执行用于与网络5连接的无线信号处理的功能。通信部26例如能够使用移动电话网络(蜂窝网络)、无线LAN、V2I(Vehicle-to-Infrastructure:车辆对基础设施)、V2V(Vehicle-to-Vehicle:车辆对车辆)、ETC系统(Electronic Toll Collection System:电子收费系统)、DSRC(Dedicated Short Range Communications:专用短程通信)来访问网络5。

[0030] 网络5是因特网、专用线路、VPN(Virtual Private Network:虚拟专用网络)等通信线路的总称,其通信介质、协议不限。作为通信介质,例如能够使用移动电话网络(蜂窝网络)、无线LAN、有线LAN、光纤网络、ADSL网络、CATV网络等。作为通信协议,例如能够使用TCP(Transmission Control Protocol:传输控制协议)/IP(Internet Protocol:因特网协议)、UDP(User Datagram Protocol:用户数据报协议)/IP、以太网(注册商标)等。

[0031] ECU既可以将采样到的电池数据随时发送到劣化抑制控制系统10,也可以累积于内部的存储器中并在规定的时机将累积于存储器中的电池数据同时发送到劣化抑制控制系统10。此外,也可以是,在由充电线缆将电动车20与充电桩30连接的状态下,ECU经由充电桩30将累积于存储器中的电池数据发送到劣化抑制控制系统10。

[0032] 通过由充电线缆将电动车20与充电桩30连接,能够从外部对电动车20内的二次电池21进行充电。充电桩30与商用电力系统2连接,来对二次电池21进行充电。

[0033] 一般来说,在普通充电的情况下以交流来充电,在快速充电的情况下以直流来充电。在以交流(例如单相100V/200V)来充电的情况下,由电动车20内的充电器(未图示)控制充电电压或充电电流。在以直流来充电的情况下,由充电桩30的供电部31控制充电电压或充电电流。供电部31包括整流电路、滤波器、DC/DC转换器,通过由整流电路对从商用电力系统2供给的交流电力进行全波整流并由滤波器进行平滑化来生成直流电力。DC/DC转换器控制所生成的直流电力的电压或电流。

[0034] 作为快速充电规格,例如能够使用CHAdeMO(注册商标)、ChaoJi、GB/T、Combo(Combined Charging System:联合充电系统)。在CHAdeMO2.0中,最大输出(规范)被规定为 $1000V \times 400A = 400kW$ 。在CHAdeMO3.0中,最大输出(规范)被规定为 $1500V \times 600A = 900kW$ 。在ChaoJi中,最大输出(规范)被规定为 $1500V \times 600A = 900kW$ 。在GB/T中,最大输出(规范)被规定为 $750V \times 250A = 185kW$ 。在Combo中,最大输出(规范)被规定为 $900V \times 400A = 350kW$ 。在CHAdeMO、ChaoJi、GB/T中,采用CAN作为通信方式。在Combo中,采用PLC(Power Line Communication:电力线通信)作为通信方式。

[0035] 在采用了CAN方式的充电线缆内,除包括电力线以外,还包括通信线。当通过该充电线缆将电动车20与充电桩30连接时,电动车20的控制部25确立与充电桩30的控制部32的通信信道。此外,在采用了PLC方式的充电线缆中,通信信号叠加于电力线来被传输。

[0036] 充电桩30的通信部33具有执行与电动车20的通信部26的通信信号处理的功能以及执行用于与网络5连接的信号处理的功能。通信部33例如能够使用有线LAN、无线LAN、移动电话网络(蜂窝网络)来访问网络5。

[0037] 劣化抑制控制系统10具备控制部11、存储部12以及通信部13。通信部13是用于通过有线或无线来与网络5连接的通信接口(例如NIC:Network Interface Card(网络接口卡))。

[0038] 控制部11包括数据获取部111、劣化估计部112以及充放电控制部113。

[0039] 控制部11的功能能够通过硬件资源与软件资源的协作、或仅通过硬件资源来实现。作为硬件资源,能够利用CPU、ROM、RAM、GPU(Graphics Processing Unit:图形处理单元)、ASIC(Application Specific Integrated Circuit:专用集成电路)、FPGA(Field Programmable Gate Array:现场可编程门阵列)、其它LSI。作为软件资源,能够利用操作系统、应用程序等程序。程序在此被预先记录于存储部12的存储器,但也可以通过因特网等电气通信线路、或者记录于存储器卡等(非暂态)记录介质来被提供。

[0040] 存储部12包括HDD、SSD等非易失性的记录介质,存储各种数据。存储部12包括电池数据保持部121和劣化特性保持部122。电池数据保持部121累积数据获取部111从电动车20或充电桩30获取到的电池数据。

[0041] 劣化特性保持部122按二次电池的每个类型来保持正极的保存劣化特性、充电劣化特性、放电劣化特性、负极的保存劣化特性、充电劣化特性、放电劣化特性。

[0042] 劣化特性保持部122保持型号、型式、单体形状、正极材料、正极材料的构成比、负极材料、负极材料的构成比、能量重量密度、能量体积密度等信息中的至少一者来作为用于确定二次电池的类型的电池信息。在每次登记新类型的二次电池时更新劣化特性保持部122内的数据。另外,在更新已登记的二次电池的特性信息时也更新劣化特性保持部122内的数据。

[0043] 二次电池的保存劣化是根据二次电池的各时间点的温度、各时间点的SOC并随着时间经过而发展的劣化。不论是否正在充放电,都会随时间经过而发展。保存劣化主要起因于在负极形成覆膜(SEI(Solid Electrolyte Interphase:固体电解质界面)膜)而发生。保存劣化依赖于各时间点的SOC和温度。

[0044] 一般来说,各时间点的SOC越高则保存劣化速度越增加,另外各时间点的温度越高则保存劣化速度越增加。

[0045] 二次电池的充放电劣化是随着充放电的次数增加而发展的劣化。充放电劣化主要起因于由活性物质的膨胀或收缩引起的裂纹、剥离等而发生。充放电劣化依赖于使用的SOC范围、温度、电流速率。一般来说,使用的SOC范围越大则充放电劣化速度越增加,另外温度越高则充放电劣化速度越增加,另外电流速率越高则充放电劣化速度越增加。

[0046] 通过由电池制造商进行的实验、模拟来按二次电池的每个类型预先导出正极的保存劣化特性、充电劣化特性、放电劣化特性、负极的保存劣化特性、充电劣化特性、放电劣化特性。

[0047] 图2是示出保存劣化特性映射的一例的图。横轴表示SOC[%],纵轴表示保存劣化系数 K_s 。一般来说,保存劣化对于经过时间(h)的0.5次幂(平方根)的值而大致线性地发展。此外,根据二次电池的类型,也可能对于经过时间(h)的0.4次幂的值、0.6次幂的值等而大

致线性地发展。

[0048] 在图2中,为了简化,只描绘了针对25°C和45°C这两种温度的保存劣化特性,但实际上生成针对许多温度的保存劣化特性。此外,也可以不通过映射而是通过以SOC和温度为说明变量且以保存劣化系数 K_s 为目标变量的保存劣化特性模型(函数)来定义保存劣化特性。

[0049] 图3A、图3B是示出充电/放电劣化特性映射的一例的图。图3A示出充电劣化特性映射的一例,图3B示出放电劣化特性映射的一例。横轴表示SOC[%]的使用范围。在图3A、图3B中,各SOC的值表示10%的使用范围的下限值。例如,SOC10%表示在SOC为10%~20%的范围内进行充放电,SOC11%表示在SOC为11%~21%的范围内进行充放电。纵轴表示充电/放电劣化系数 K_c 、 K_d 。

[0050] 一般来说,充放电劣化对于总充电量或总放电量(Ah)的0.5次幂(平方根)的值而大致线性地发展。此外,根据二次电池的类型,也可能对于总充电量或总放电量(Ah)的0.4次幂的值、0.6次幂的值等而大致线性地发展。

[0051] 在图3A、图3B中,为了简化,只描绘了针对0.1C和0.8C这两种电流速率的充电/放电劣化特性,但实际上生成针对许多电流速率的充电/放电劣化特性。在充电时,如图3A所示可知,在SOC的使用范围低的区域和高的区域内充电/放电劣化速度增加。在放电时,如图3B所示可知,在SOC的使用范围低的区域内充电/放电劣化速度增加。

[0052] 另外,尽管温度没有电流速率那种程度的作用,但充电/放电劣化特性也受到温度的影响。因而,为了提高充电/放电劣化速度的估计精度,优选按多个电流速率与多个温度的二维的组合的每个组合准备规定了SOC使用范围与充电/放电劣化系数的关系的充电/放电劣化特性。另一方面,在生成简易的充电/放电劣化特性映射的情况下,可以将温度视为常温,仅准备多个电流速率的每个电流速率的充电/放电劣化特性。

[0053] 此外,也可以不通过映射而是通过以SOC使用范围、电流速率以及温度为说明变量且以充电/放电劣化系数 K_c 、 K_d 为目标变量的充电/放电劣化特性模型(函数)来定义充电/放电劣化特性。此外,温度也可以是常数。

[0054] 对正极和负极分别准备上面说明的二次电池的保存劣化特性、充电劣化特性、放电劣化特性。在本实施方式中,二次电池的保存劣化特性、充电劣化特性、放电劣化特性使用于后述的劣化抑制控制的切换处理,不用于二次电池的劣化估计处理。

[0055] 在本实施方式中,通过解析在对二次电池的充放电曲线进行微分而得到的 dV/dQ 曲线中出现的峰信息,来独立地解析正极和负极的劣化状况。二次电池的充放电曲线是规定了充放电量与电池电压的关系的曲线。

[0056] 图4是示出二次电池、正极、负极的充放电曲线以及 dV/dQ 曲线的一例的图。上部的图示出充放电曲线。横轴表示容量[Ah],左面的纵轴表示电池电压[V]、正极电位 $[V_{vs}L^+/L]$,右面的纵轴表示负极电位 $[V_{vs}L^+/L]$ 。正极电位 $[V_{vs}L^+/L]$ 和负极电位 $[V_{vs}L^+/L]$ 是将锂电位设为0V时的电位。电池电压是正极电位与负极电位之差,通过OCV来定义。

[0057] 例如,电池容量的下限(SOC=0%)的电池电压被设定为2.5V,电池容量的上限(SOC=100%)的电池电压被设定为4.2V。下部的图示出对二次电池、正极、负极的充放电曲线分别进行微分而得到的 dV/dQ 曲线。横轴表示容量[Ah],纵轴表示 dV/dQ [V/Ah]。

[0058] 在锂离子电池中,随着充电、放电,锂离子在正极活性物质与负极活性物质之间往

复运动。在放电时,随着锂离子从负极向正极移动,负极电位上升,正极电位降低。电池电压降低。在充电时,随着锂离子从正极向负极移动,正极电位上升,负极电位降低。电池电压上升。二次电池的充放电曲线的形状根据正极活性物质、负极活性物质的种类、量而不同。

[0059] 另外,充放电曲线的形状因劣化而变化。

[0060] 一般来说,二次电池的充放电曲线是如图4所示那样电压逐渐地降低的形状,难以从二次电池的充放电曲线中提取源自正极活性物质、负极活性物质的构造变化。另一方面,在二次电池的 dV/dQ 曲线中观察到多个峰。能够至少根据初始状态中的正极的 dV/dQ 曲线和负极的 dV/dQ 曲线的形状来估计各峰源自正极活性物质的构造还是源自负极活性物质的构造。

[0061] 各峰对应于正极电位或负极电位的变化率取极大值或极小值的情况。正极电位、负极电位由活性物质中的锂组成比决定。电位的变化率变为极大或极小时的活性物质中的锂组成比与电池容量无关,是恒定的。因而,二次电池的 dV/dQ 曲线的源自正极的两个峰间的距离的减少率与正极容量的减少率对应。例如,若当前的 dV/dQ 曲线的源自正极的两个峰间的距离减少至初始状态中的 dV/dQ 曲线的源自正极的两个峰间的距离的80%,则能够估计为正极容量减少至初始状态的80%。对于负极也是同样的。

[0062] 图5示出二次电池的 dV/dQ 曲线的另一例。在图5所示的例子中,从二次电池的 dV/dQ 曲线中提取到四个峰(极大值)。第一峰N1和第三峰N2是源自负极的峰,第二峰P1和第四峰P2是源自正极的峰。能够根据第一峰N1与第三峰N2间的距离(即,为了从第一峰N1转变为第三峰N2所需要的充电量)的减少率来估计负极容量的减少率。同样,能够根据第二峰P1与第四峰P2间的距离的减少率来估计正极容量的减少率。

[0063] 为了估计当前的二次电池的充放电曲线,需要在SOC=0%~SOC=100%为止以低速率进行维护充电。将电流速率设定得低是为了减小由电流引起的电压降IR的影响并使检测电压接近理想的OCV。例如,理想情况是以0.05C的电流速率进行20小时的维护充电。另外,也能够通过重复以0.2C的电流速率进行3分钟充电并检测暂停1分钟后的电压的控制来以7小时的维护充电估计二次电池的充放电曲线。

[0064] 若将金属锂的参照极导入到二次电池内则能够检测正极电位和负极电位。在该情况下,能够估计正极的充放电曲线、负极的充放电曲线、正极的 dV/dQ 曲线、负极的 dV/dQ 曲线。由此,能够直接求出正极的 dV/dQ 曲线的两个峰间的距离的减少率。同样,能够直接求出负极的 dV/dQ 曲线的两个峰间的距离的减少率。

[0065] 但是,在市场上出售的一般的二次电池中没有设置参照极。因此,如上所述,在本实施方式中,确定二次电池的 dV/dQ 曲线的多个峰中的源自正极的峰和源自负极的峰,来求出正极容量的减少率和负极容量的减少率。

[0066] 在二次电池的设计中,通常事先对正极和负极分别附加剩余容量。设计者向正极填充比在实际的充放电中使用的正极活性物质多的正极活性物质,向负极填充比在实际的充放电中使用的负极活性物质多的负极活性物质。使正极活性物质的量越多,则正极的充放电曲线的宽度越宽,使负极活性物质的量越多,则负极的充放电曲线的宽度越宽。正极和负极的充放电曲线的宽度由于劣化而收缩。

[0067] 正极的充放电曲线与负极的充放电曲线重叠的区域为电池容量,设计者将电池容量的下限设定为SOC=0%(例如电池电压=2.5V),将上限设定为SOC=100%(例如电池电

压=4.2V)。

[0068] 图6是示出某个二次电池的初始状态中的二次电池、正极、负极的充放电曲线的一例的图。横轴表示容量[Ah],纵轴表示电池电压[V]、正极电位[VvsL⁺/L]、负极电位[VvsL⁺/L]。在图6所示的例子中,正极的下限容量被设定得比电池的下限容量低,实际上能够从SOC=0%的状态再进行放电。正极的下限容量与电池的下限容量之差为正极剩余容量。负极的上限容量被设定得比电池的上限容量高,实际上能够从SOC=100%的状态再进行充电。负极的上限容量与电池的上限容量之差为负极剩余容量。

[0069] 图7是示出二次电池、正极、负极的充放电曲线的收缩例的图。上部的图示出由于正极的劣化而使正极的充放电曲线的宽度收缩了10%的状态。下部的图示出由于负极的劣化而使负极的充放电曲线的宽度收缩了10%的状态。二次电池的BMU将二次电池的下限电压与上限电压之间的范围设定为电池容量。无论在如上部的图所示的那样正极容量减少了10%的情况下,还是在如下部的图所示的那样负极容量减少了10%的情况下,电池容量都减少10%。

[0070] 图8是示出由实施方式所涉及的劣化抑制控制系统10进行的充放电控制方法的切换处理的流程的流程图。当维护的实施时期到来时(S10的“是”),充放电控制部113向充电桩30的控制部32发送维护充电指示。例如,也可以每几个月进行一次维护充电。供电部31以由劣化抑制控制系统10指定的电流速率来对二次电池21进行恒定电流充电。电动车20的控制部25向充电桩30的控制部32发送包含维护充电期间的电压、电流、温度、SOC的电池数据。充电桩30的控制部32在维护充电结束后,向劣化抑制控制系统10发送维护充电时的电池数据。

[0071] 劣化抑制控制系统10的数据获取部111从充电桩30获取维护充电时的电池数据并累积于电池数据保持部121。劣化估计部112对维护充电时的二次电池21中包括的多个单体的电池数据进行统计处理来生成代表单体的电池数据。

[0072] 劣化估计部112基于代表单体的电池数据中包含的容量和电压来生成代表单体的充放电曲线。能够累计电流来求出容量。劣化估计部112将在从SOC=0%(下限电压)至SOC=100%(上限电压)为止的期间所充电的容量估计为当前的电池容量(S11)。

[0073] 劣化估计部112计算本次的维护充电时的电池容量相对于上次的维护充电时的电池容量的减少率,并将该减少率与阈值进行比较(S12)。在该减少率为阈值以下的情况下(S12的“否”),不进行充放电控制方法的切换而结束处理。

[0074] 在该减少率超过阈值的情况下(S12的“是”),劣化估计部112对代表单体的充放电曲线进行微分来生成代表单体的dV/dQ曲线。劣化估计部112基于dV/dQ曲线的源自正极的两个峰间的距离的减少率,来估计当前的正极剩余容量相对于初始的正极剩余容量的减少率。在本实施方式中,如下述(式1)所示的那样将正极剩余容量的减少率定义为正极相对劣化度[%](S13)。

[0075] 正极相对劣化度[%]=100-(当前的正极容量-当前的电池容量)/(初始的正极容量-初始的电池容量)···(式1)。

[0076] 劣化估计部112基于dV/dQ曲线的源自负极的两个峰间的距离的减少率,来估计当前的负极剩余容量相对于初始的负极剩余容量的减少率。在本实施方式中,如下述(式2)所示的那样将负极剩余容量的减少率定义为负极相对劣化度[%](S14)。

[0077] 负极相对劣化度[%]=100-(当前的负极容量-当前的电池容量)/(初始的负极容量-初始的电池容量)···(式2)。

[0078] 充放电控制部113在正极相对劣化度比负极相对劣化度大的情况下(S15的“是”)切换为以正极的劣化抑制为优先的充放电控制(S16),在负极相对劣化度比正极相对劣化度大的情况下(S15的“否”)切换为以负极的劣化抑制为优先的充放电控制(S17)。

[0079] 正极相对劣化度比负极相对劣化度大的情况相当于图7的上部的图的例子,由于负极剩余容量相对更多,因此选择以正极的劣化抑制为优先的充放电控制。

[0080] 反之,负极相对劣化度比正极相对劣化度大的情况相当于图7的下部的图的例子,由于正极剩余容量相对更多,因此选择以负极的劣化抑制为优先的充放电控制。

[0081] 图9是示出由实施方式所涉及的劣化抑制控制系统10进行的充电时的劣化抑制控制的一例的流程图。充放电控制部113在对二次电池21进行充电前生成多个充电配置文件(S20)。

[0082] 例如,充放电控制部113基于用户的操作来获取二次电池21的目标SOC、充电开始时刻、充电结束时刻,从电动车20的控制部25获取二次电池21的当前SOC。充放电控制部113在获取到的充电开始时刻与充电结束时刻之间的可充电时间内以规定的步长设定多个槽。充放电控制部113在满足二次电池21的SOC在充电结束时刻达到了目标SOC的条件的范围内生成对各槽分配了电流速率的多个模式的充电配置文件。

[0083] 分配给一个槽的电流速率也可以为0(暂停期间)。充放电控制部113也可以全面地生成数百个模式的充电配置文件。

[0084] 在选择以正极的劣化抑制为优先的充放电控制的情况下(S21的“正极”),充放电控制部113参照正极的保存劣化特性和充电劣化特性来选择多个充电配置文件中的、正极的劣化最少的充电配置文件(S22)。具体地说,充放电控制部113输入充电配置文件的各槽的电流速率和SOC来计算各槽的正极的保存劣化系数和正极的充电劣化系数。充放电控制部113选择正极的保存劣化系数与正极的充电劣化系数的合计最小的充电配置文件。

[0085] 在选择以负极的劣化抑制为优先的充放电控制的情况下(S21的“负极”),充放电控制部113参照负极的保存劣化特性和充电劣化特性来选择多个充电配置文件中的、负极的劣化最少的充电配置文件(S23)。具体地说,充放电控制部113输入充电配置文件的各槽的电流速率和SOC来计算各槽的负极的保存劣化系数和负极的充电劣化系数。充放电控制部113选择负极的保存劣化系数与负极的充电劣化系数的合计最小的充电配置文件。

[0086] 此外,在电动车20是自动驾驶车辆的情况下,能够基于配送计划来生成进行了劣化抑制的放电计划。充放电控制部113在电动车20出发前生成多个放电配置文件。在选择以正极的劣化抑制为优先的充放电控制的情况下,充放电控制部113参照正极的保存劣化特性和充电劣化特性来选择多个放电配置文件中的、正极的劣化最少的放电配置文件。在选择以负极的劣化抑制为优先的充放电控制的情况下,充放电控制部113参照负极的保存劣化特性和充电劣化特性来选择多个放电配置文件中的、负极的劣化最少的放电配置文件。

[0087] 如上面说明的那样,根据本实施方式,基于出现正极活性物质和负极活性物质的构造变化的dV/dQ曲线的峰位置的变化以及电池容量的变化,来计算正极的相对劣化度和负极的相对劣化度。将该正极的相对劣化度和负极的相对劣化度作为尺度来进行充放电控制,以保持正极的相对劣化度与负极的相对劣化度的平衡、即最大化正极的充放电曲线与

负极的充放电曲线重叠的区域。由此,能够最大限度地抑制单体水平的劣化发展(SOH(State Of Health:健康状态)的降低)。

[0088] 上面基于实施方式说明了本公开。本领域技术人员应当理解,实施方式是例示,那些各构成要素、各处理过程的组合能够有各种变形例,并且这样的变形例也处于本公开的范围之内。

[0089] 上述的劣化抑制控制系统10也可以安装于电动车20的控制部25或充电桩30的控制部32。

[0090] 在上述实施方式中,作为电动车20,设想了四轮的电动汽车。关于这一点,也可以是电动摩托车(电动滑板车)、电动自行车、电动脚踏滑板车。另外,电动汽车不仅包括全规格的电动汽车,还包括高尔夫球车、接待车(land car)等低速的电动汽车。另外,搭载二次电池21的对象不限于电动车20。搭载二次电池21的对象还包括电动船舶、铁道车辆、多旋翼飞行器(无人机)等电动移动体、固定式蓄电系统、消费者用的电子设备(智能手机、笔记本电脑等)。

[0091] 此外,实施方式也可以通过下面的项目来确定。

[0092] [项目1]

[0093] 一种劣化抑制控制系统(10),其特征在于,具备:

[0094] 获取部(111),其获取包含二次电池(21)的电压和电流的电池数据;

[0095] 估计部(112),其基于所述二次电池(21)的电池数据,来估计当前的正极的剩余容量相对于初始的正极的剩余容量的减少率和当前的负极的剩余容量相对于初始的负极的剩余容量的减少率;以及

[0096] 充放电控制部(113),其在所述正极的剩余容量的减少率比所述负极的剩余容量的减少率大的情况下切换为以所述正极的劣化抑制为优先的充放电控制,在所述负极的剩余容量的减少率比所述正极的剩余容量的减少率大的情况下切换为以所述负极的劣化抑制为优先的充放电控制。

[0097] 由此,能够最大限度地抑制二次电池(21)的劣化。

[0098] [项目2]

[0099] 根据项目1所述的劣化抑制控制系统(10),其特征在于,

[0100] 所述估计部(112)对规定了所述二次电池(21)的容量与电压的关系的充放电曲线进行微分来生成dV/dQ曲线,

[0101] 所述估计部(112)基于所述dV/dQ曲线的源自正极的两个峰间的距离的减少率来估计所述正极的剩余容量的减少率,

[0102] 所述估计部(112)基于所述dV/dQ曲线的源自负极的两个峰间的距离的减少率来估计所述负极的剩余容量的减少率。

[0103] 由此,能够根据二次电池(21)的充放电曲线来高精度地估计正极的剩余容量的减少率和负极的剩余容量的减少率。

[0104] [项目3]

[0105] 根据项目1所述的劣化抑制控制系统(10),其中,

[0106] 在所述二次电池(21)的容量的减少率超过阈值时,

[0107] 所述估计部(112)估计所述正极的剩余容量的减少率和所述负极的剩余容量的减

少率,

[0108] 所述充放电控制部(113)基于两者的关系来执行所述充放电控制的切换控制。

[0109] 由此,能够优化充放电控制的切换频度。

[0110] [项目4]

[0111] 根据项目1所述的劣化抑制控制系统(10),其中,

[0112] 还具备劣化特性保持部(122),所述劣化特性保持部(122)保持所述二次电池(21)的正极的保存劣化特性、充电劣化特性、负极的保存劣化特性以及充电劣化特性,

[0113] 在对所述二次电池(21)进行充电的情况下,

[0114] 所述充放电控制部(113)在选择了以所述正极的劣化抑制为优先的充放电控制的情况下,参照所述正极的保存劣化特性和充电劣化特性来选择多个充电配置文件候选中的、所述正极的劣化最少的充电配置文件,

[0115] 所述充放电控制部(113)在选择了以所述负极的劣化抑制为优先的充放电控制的情况下,参照所述负极的保存劣化特性和充电劣化特性来选择多个充电配置文件候选中的、所述负极的劣化最少的充电配置文件。

[0116] 由此,能够制作最大限度地抑制了二次电池(21)的劣化的充电计划。

[0117] [项目5]

[0118] 一种劣化抑制控制方法,其特征在于,具有以下步骤:

[0119] 获取包含二次电池(21)的电压和电流的电池数据;

[0120] 基于所述二次电池(21)的电池数据,来估计当前的正极的剩余容量相对于初始的正极的剩余容量的减少率和当前的负极的剩余容量相对于初始的负极的剩余容量的减少率;以及

[0121] 在所述正极的剩余容量的减少率比所述负极的剩余容量的减少率大的情况下切换为以所述正极的劣化抑制为优先的充放电控制,在所述负极的剩余容量的减少率比所述正极的剩余容量的减少率大的情况下切换为以所述负极的劣化抑制为优先的充放电控制。

[0122] 由此,能够最大限度地抑制二次电池(21)的劣化。

[0123] [项目6]

[0124] 一种劣化抑制控制程序,其特征在于,使计算机执行以下处理:

[0125] 获取包含二次电池(21)的电压和电流的电池数据;

[0126] 基于所述二次电池(21)的电池数据,来估计当前的正极的剩余容量相对于初始的正极的剩余容量的减少率和当前的负极的剩余容量相对于初始的负极的剩余容量的减少率;以及

[0127] 在所述正极的剩余容量的减少率比所述负极的剩余容量的减少率大的情况下切换为以所述正极的劣化抑制为优先的充放电控制,在所述负极的剩余容量的减少率比所述正极的剩余容量的减少率大的情况下切换为以所述负极的劣化抑制为优先的充放电控制。

[0128] 由此,能够最大限度地抑制二次电池(21)的劣化。

[0129] 附图标记说明

[0130] 2:商用电力系统;5:网络;10:劣化抑制控制系统;11:控制部;12:存储部;13:通信部;20:电动车;21:二次电池;22:电压传感器;23:电流传感器;24:温度传感器;25:控制部;26:通信部;30:充电桩;31:供电部;32:控制部;33:通信部;111:数据获取部;112:劣化估计

部;113:充放电控制部;121:电池数据保持部;122:劣化特性保持部。

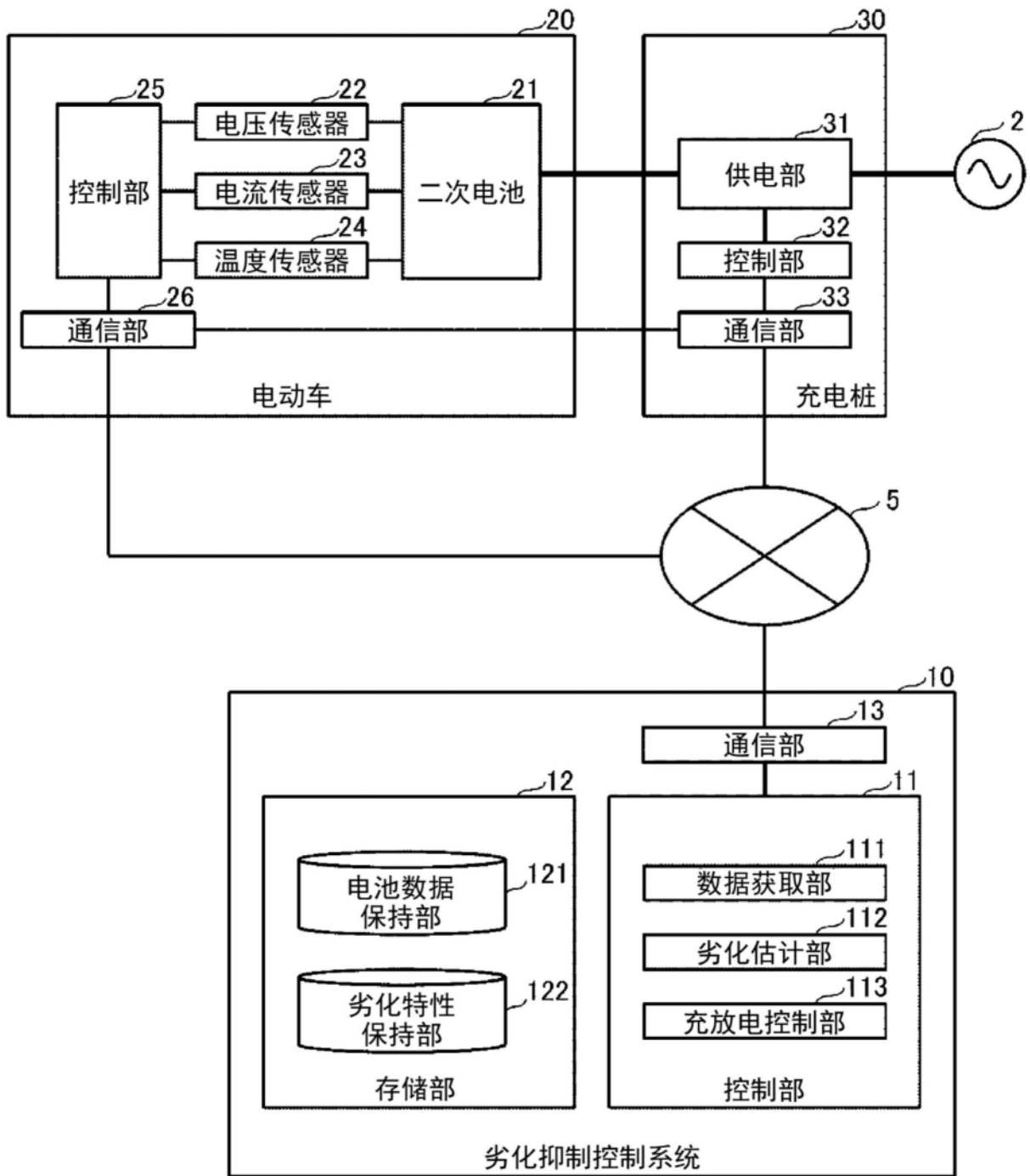


图1

保存劣化系数Ks

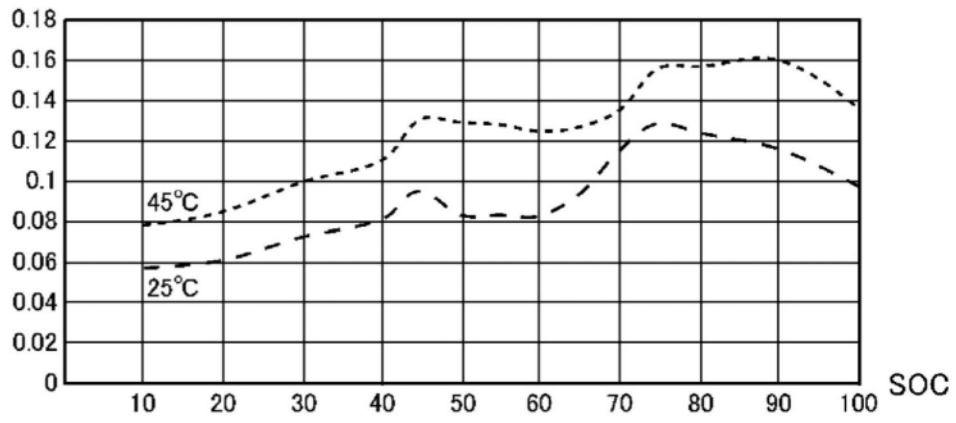


图2

充电劣化系数Kc

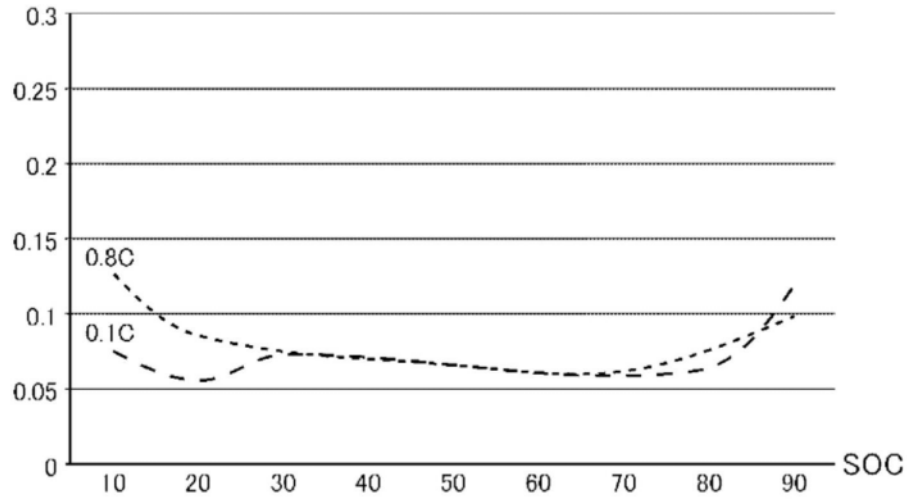


图3A

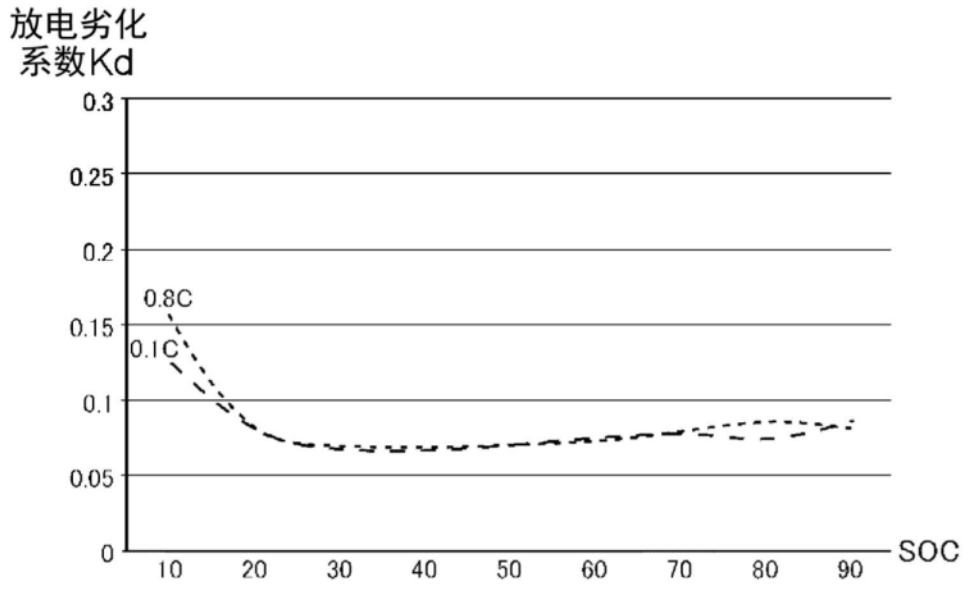


图3B

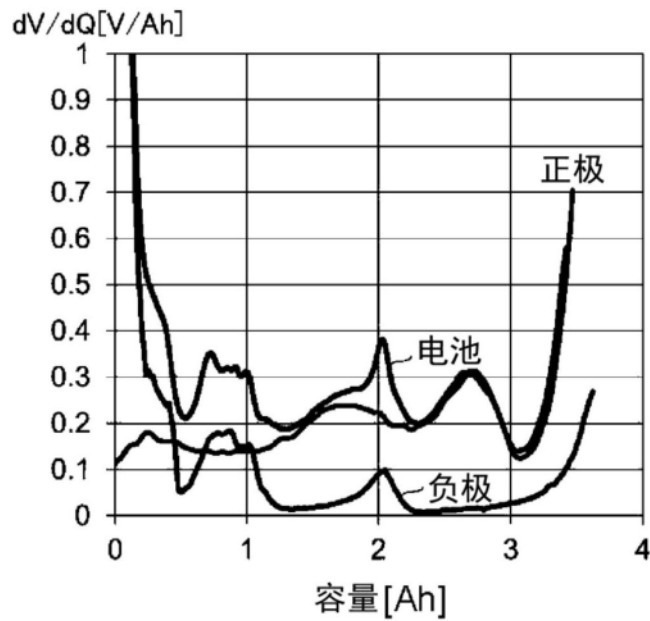
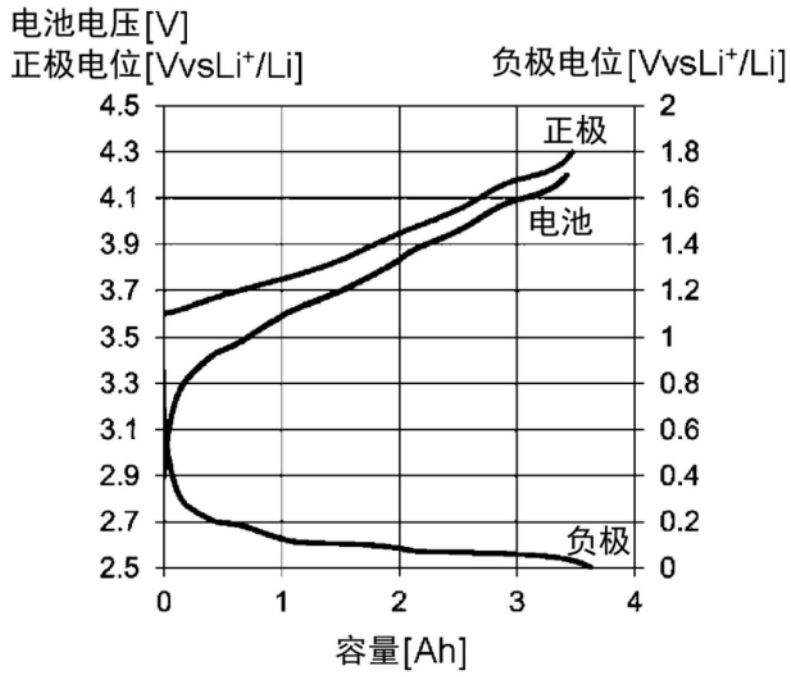


图4

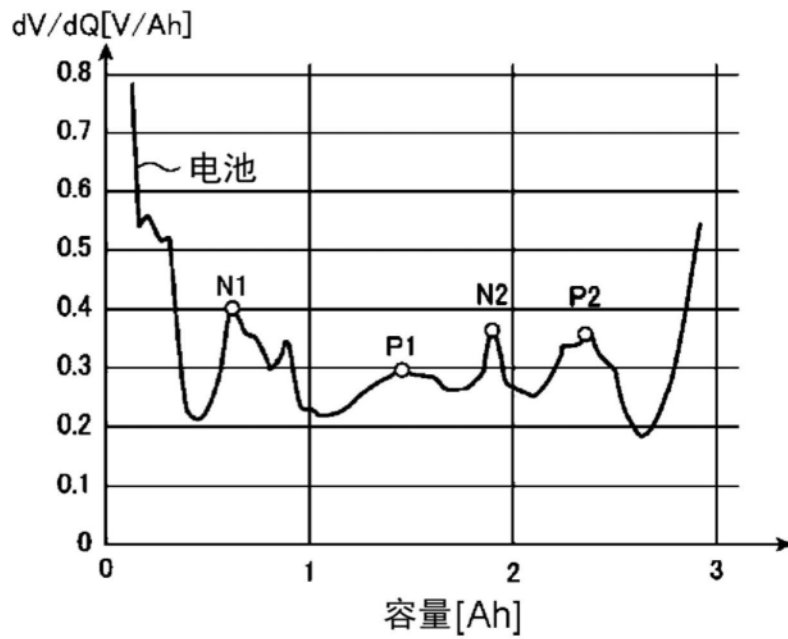


图5

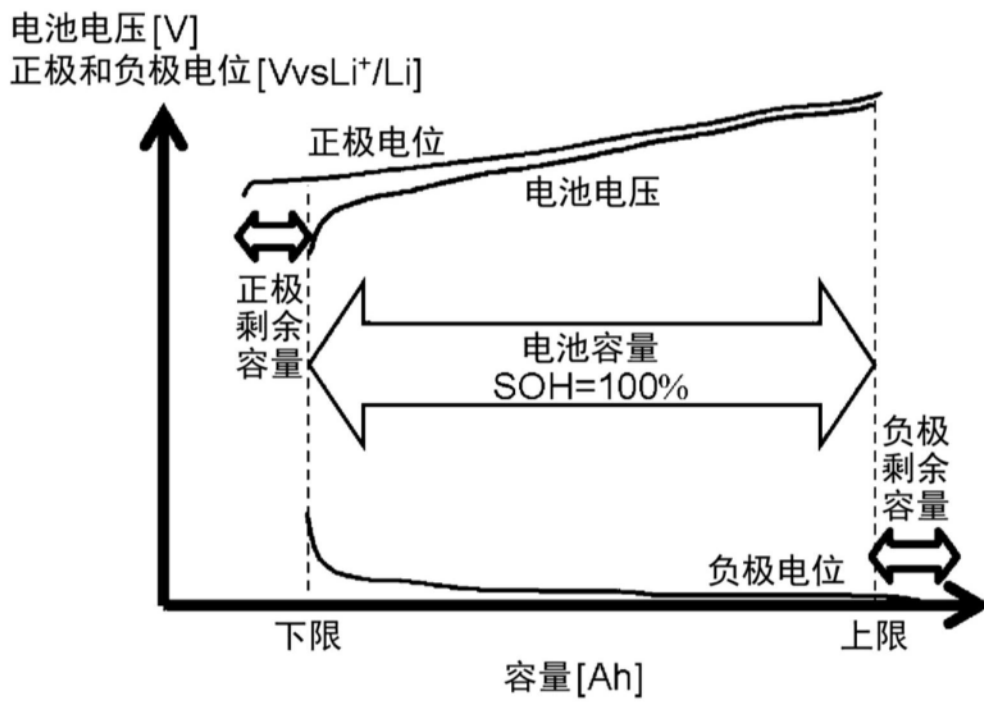


图6

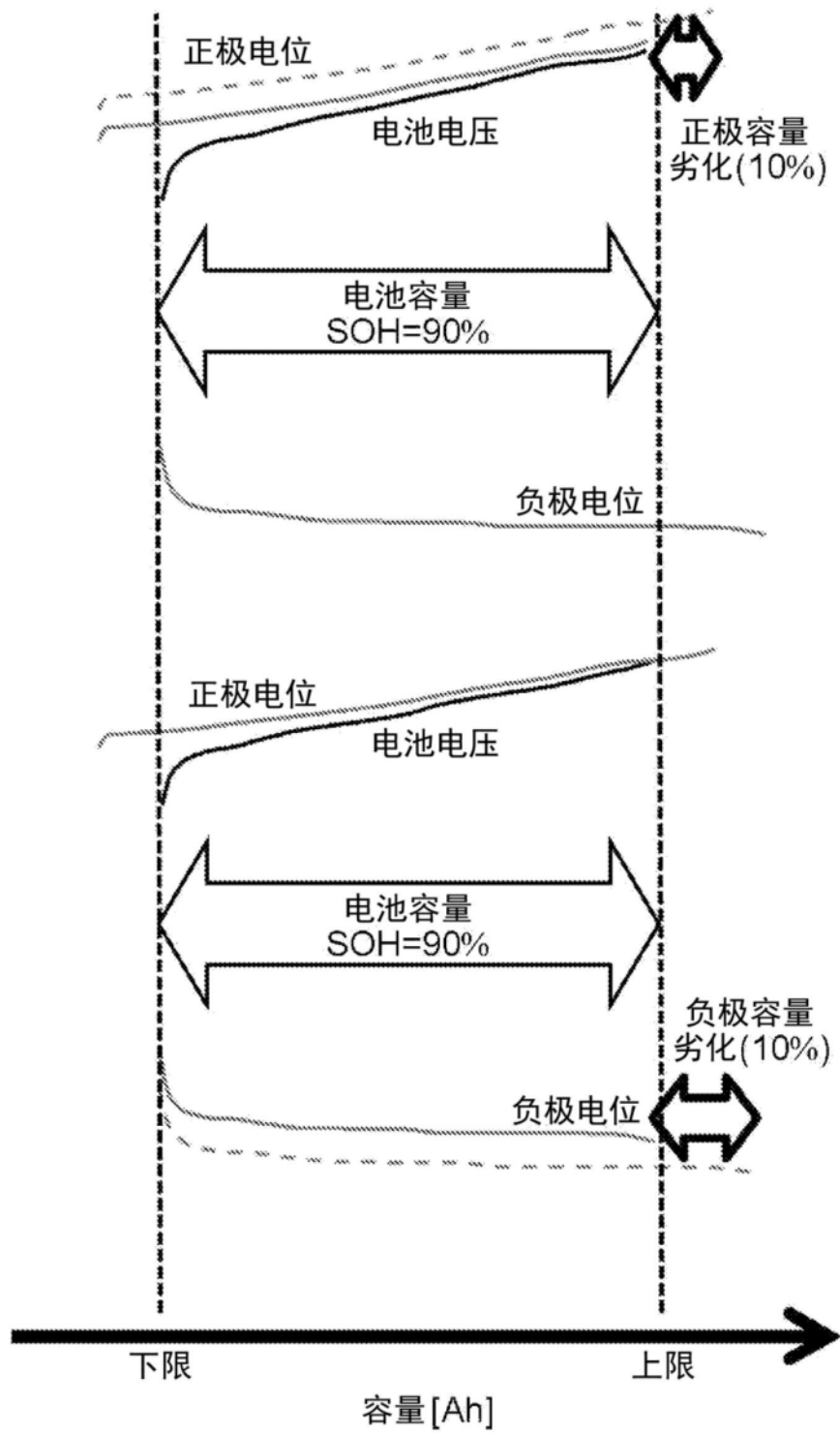


图7

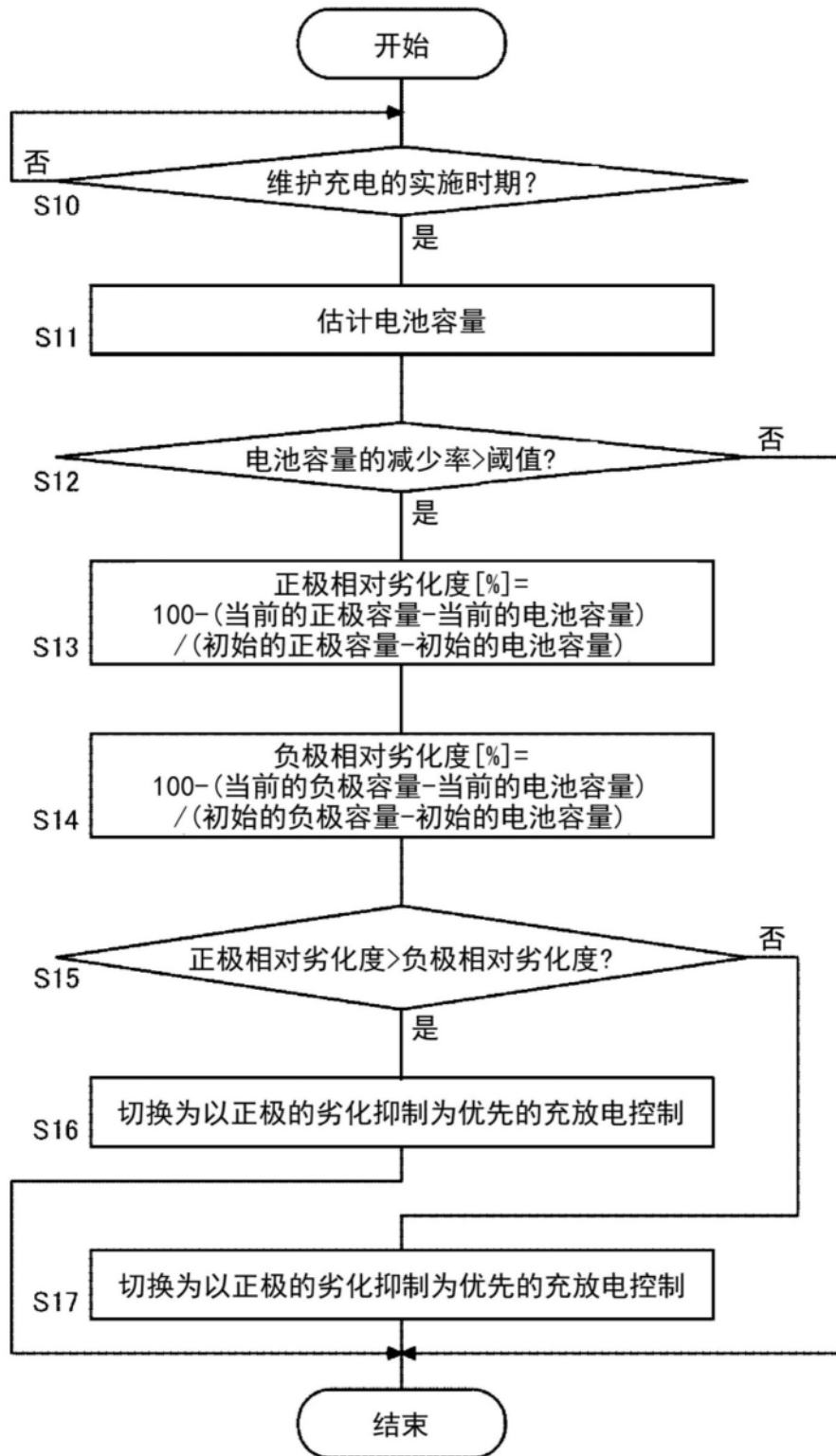


图8

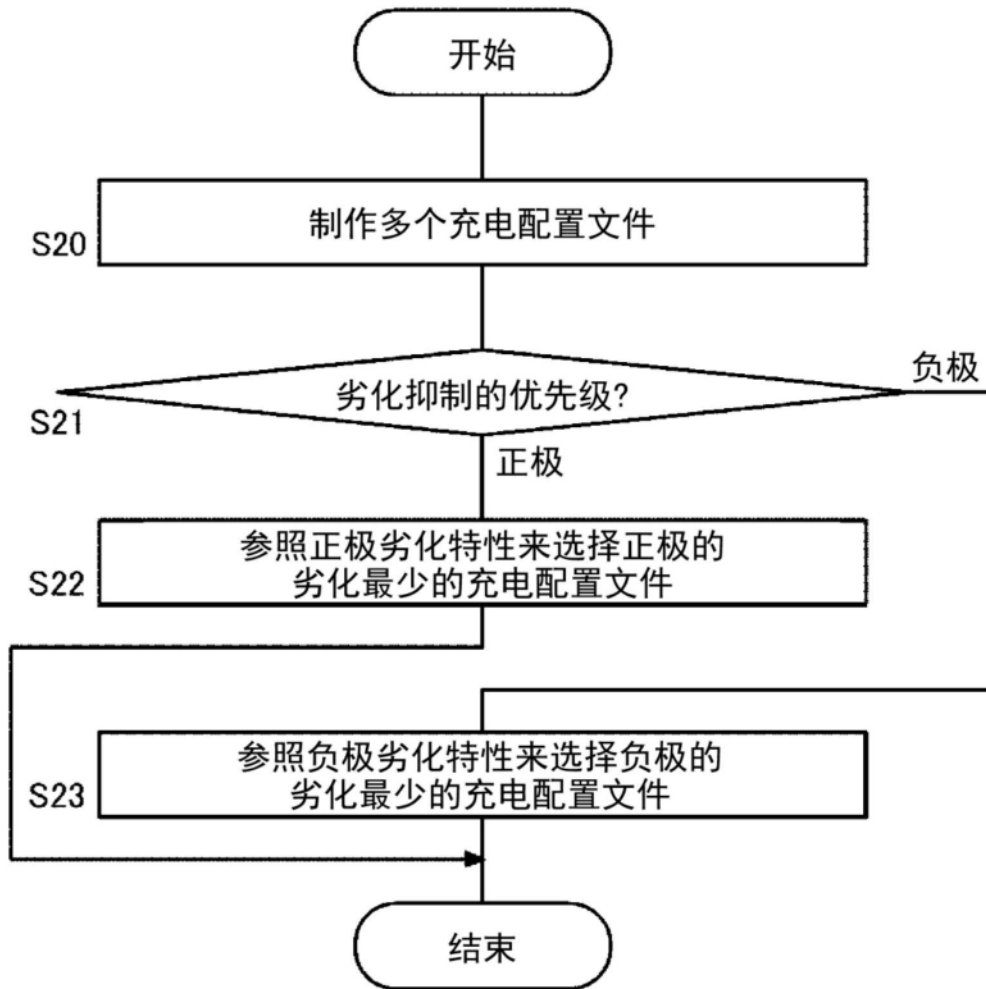


图9