



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 106965685 B

(45) 授权公告日 2022. 01. 28

(21) 申请号 201610915219.3
(22) 申请日 2016.10.20
(65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 106965685 A
(43) 申请公布日 2017.07.21
(30) 优先权数据
 14/887,867 2015.10.20 US
(73) 专利权人 福特全球技术公司
 地址 美国密歇根州迪尔伯恩市
(72) 发明人 段晓宏 王旭
(74) 专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限公司 11286
 代理人 王秀君 鲁恭诚

(51) Int.Cl.
 B60L 58/10 (2019.01)
 B60L 58/16 (2019.01)
 B60K 35/00 (2006.01)
 审查员 张梦洁

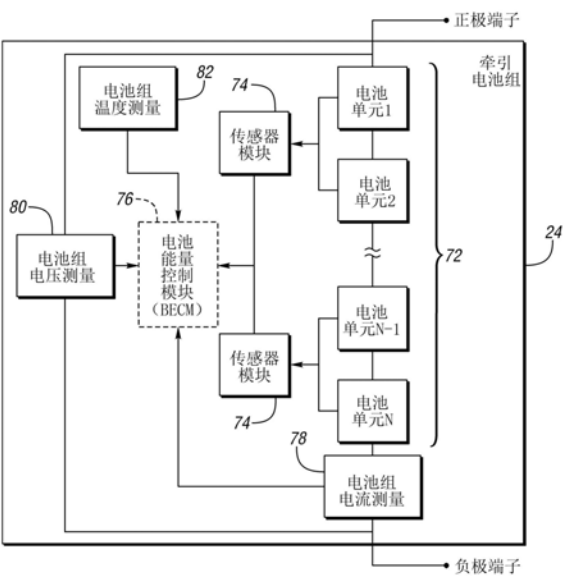
权利要求书1页 说明书10页 附图4页

(54) 发明名称

用于指示电池老化的系统和方法

(57) 摘要

本公开涉及一种用于指示电池老化的系统和方法。一种车辆包括牵引电池和控制器。控制器被配置为：基于参考容量值与初始参考容量的比值，输出牵引电池的老化值。参考容量值是从多个历史电池容量值的平均值和标准偏差导出的并且具有小于实际电池容量的预定概率。控制器被配置为：基于所述老化值，调整电池控制策略。所述车辆包括被配置为显示所述老化值的仪表组。



1. 一种车辆,包括:

牵引电池;

控制器,被配置为:输出所述牵引电池的老化,其中,所述牵引电池的老化是基于具有小于实际电池容量值的预定概率的参考电池容量值与寿命开始时的电池容量值的比值而被估计的,其中,所述参考电池容量值是从所述牵引电池的多个历史电池容量估计值的平均值和标准偏差所导出的。

2. 如权利要求1所述的车辆,其中,所述历史电池容量估计值是正态分布的。

3. 如权利要求1所述的车辆,其中,所述预定概率是在0.5和1.0之间且包括0.5和1.0的值。

4. 如权利要求1所述的车辆,还包括:仪表组,被配置为显示所述牵引电池的老化。

5. 如权利要求4所述的车辆,其中,根据所述比值小于相应的预定阈值,所述牵引电池的老化呈现多个预定的离散状态中的一个。

6. 如权利要求5所述的车辆,其中,所述预定的离散状态包括新的状态、寿命中期状态和寿命结束状态。

7. 如权利要求1所述的车辆,其中,所述控制器还被配置为:基于所述牵引电池的老化,操作所述牵引电池。

8. 如权利要求1所述的车辆,其中,所述历史电池容量估计值包括最近的预定数量的电池容量估计值。

用于指示电池老化的系统和方法

技术领域

[0001] 本申请总体上涉及用于指示牵引电池老化的系统。

背景技术

[0002] 混合动力车辆和电动车辆包括高电压牵引电池,以提供用于推进和其它车辆功能的储存的电能。牵引电池的性能可随着时间而变化。例如,可由牵引电池储存的能量的最大量通常随着时间而减小。为了更好地控制牵引电池,对电池容量进行估计是有用的。此外,估计牵引电池的大致老化以便检测出电池在何时接近寿命结束会是有用的。

发明内容

[0003] 在一些配置中,车辆包括牵引电池。车辆还包括控制器,所述控制器被配置为:基于具有小于实际安培小时值的预定概率的参考安培小时值与寿命开始时的安培小时值的比值,输出牵引电池的老化,其中,所述参考安培小时值是从所述牵引电池的多个历史安培小时值的平均值和标准偏差所导出的。其它配置可包括相应的计算机系统、设备和记录在一个或更多个计算机存储装置上的计算机程序,它们均被配置为执行方法的动作。

[0004] 一些配置可包括下列特征中的一个或更多个。在车辆中,所述历史安培小时值是正态分布的。在车辆中,所述预定概率是在0.5与1.0之间(包括0.5和1.0)的值。车辆可包括被配置为显示所述牵引电池的老化的仪表组。在车辆中,根据所述比值小于相应的预定阈值,所述牵引电池的老化呈现多个预定的离散状态中的一个。在车辆中,所述预定的离散状态包括新的状态、寿命中期状态和寿命结束状态。在车辆中,所述控制器还被配置为:基于所述牵引电池的老化,操作所述牵引电池。在车辆中,所述历史安培小时值包括最近的预定数量的估计安培小时值。所描述的配置的实现可包括在计算机可访问介质上的计算机软件、方法或处理或者硬件。

[0005] 在一些配置中,车辆包括被配置为显示牵引电池的老化状态的仪表组。车辆还包括控制器,所述控制器被配置为:基于具有小于实际安培小时值的预定概率的参考安培小时值与寿命开始时的安培小时值的比值,输出所述老化状态,其中,所述参考安培小时值是从多个历史安培小时值的平均值和标准偏差所导出的。其它配置可包括相应的计算机系统、设备和记录在一个或更多个计算机存储装置上的计算机程序,它们均被配置为执行方法的动作。

[0006] 一些配置可包括下列特征中的一个或更多个。在车辆中,所述老化状态包括新的状态、寿命中期状态和寿命结束状态。在车辆中,所述仪表组还被配置为:以第一颜色显示所述新的状态,以第二颜色显示所述寿命中期状态,并以第三颜色显示所述寿命结束状态。在车辆中,所述控制器还被配置为:根据所述老化状态,操作所述牵引电池。在车辆中,所述多个历史安培小时值包括所述牵引电池的最近的预定数量的估计安培小时值。在车辆中,所述多个历史安培小时值是正态分布的。所描述的配置的实现可包括在计算机可访问介质上的计算机软件、方法或处理或者硬件。

[0007] 根据本发明,提供一种车辆,所述车辆包括:仪表组,被配置为显示牵引电池的老化状态;控制器,被配置为:基于具有小于实际安培小时值的预定概率的参考安培小时值与寿命开始时的安培小时值的比值,输出所述老化状态,其中,所述参考安培小时值是从多个历史安培小时值的平均值和标准偏差导出的。

[0008] 根据本发明的一个实施例,所述老化状态包括新的状态、寿命中期状态和寿命结束状态。

[0009] 根据本发明的一个实施例,所述仪表组还被配置为:以第一颜色显示所述新的状态,以第二颜色显示所述寿命中期状态,并以第三颜色显示所述寿命结束状态。

[0010] 根据本发明的一个实施例,所述控制器还被配置为:根据所述老化状态,操作所述牵引电池。

[0011] 根据本发明的一个实施例,所述多个历史安培小时值包括所述牵引电池的最近的预定数量的估计安培小时值。

[0012] 根据本发明的一个实施例,所述多个历史安培小时值是正态分布的。

[0013] 在一些配置中,一种方法包括:由控制器基于具有小于实际安培小时值的预定概率的参考安培小时值与寿命开始时的安培小时值的比值,输出牵引电池的老化,其中,所述参考安培小时值是从多个历史安培小时值的平均值和标准偏差导出的。所述方法还包括:由控制器根据所述老化,操作所述牵引电池。其它配置可包括相应的计算机系统、设备和记录在一个或多个计算机存储装置上的计算机程序,所述计算机系统、设备和计算机程序中的每个被配置为执行所述方法的动作。

[0014] 一些配置可包括下列特征中的一个或多个。在所述方法中,所述牵引电池的老化呈现多个预定的离散状态中的一个。在所述方法中,所述预定的离散状态基于所述比值小于相应的预定阈值。在所述方法中,所述历史安培小时值包括最近的预定数量的估计安培小时值。所述方法可包括由仪表组显示所述牵引电池的老化。所描述的配置的实现可包括在计算机可访问介质上的计算机软件、方法或处理或者硬件。

[0015] 根据本发明,提供一种方法,所述方法包括:由控制器基于具有小于实际安培小时值的预定概率的参考安培小时值与寿命开始时的安培小时值的比值,输出牵引电池的老化,其中,所述参考安培小时值是从多个历史安培小时值的平均值和标准偏差导出的;由控制器根据所述老化操作所述牵引电池。

[0016] 根据本发明的一个实施例,所述老化呈现多个预定的离散状态中的一个。

[0017] 根据本发明的一个实施例,所述预定的离散状态是基于所述比值小于相应的预定阈值的。

[0018] 根据本发明的一个实施例,所述历史安培小时值包括最近的预定数量的估计安培小时值。

[0019] 根据本发明的一个实施例,所述方法还包括:由仪表组显示所述牵引电池的老化。

附图说明

[0020] 图1是示出典型的动力传动系统和能量储存组件的混合动力车辆的示图。

[0021] 图2是由多个电池单元组成的并且由电池能量控制模块进行监测和控制的可能的电池组布置的示图。

[0022] 图3是在两个不同的时间点的电池容量的可能的概率密度函数的曲线图。

[0023] 图4是用于估计牵引电池的老化的可能的操作序列的流程图。

具体实施方式

[0024] 在此描述了本公开的实施例。然而,应当理解的是,所公开的实施例仅为示例,其它实施例可采用各种替代形式。附图无需按比例绘制;可夸大或最小化一些特征以示出特定组件的细节。因此,在此公开的具体结构和功能细节不应被解释为具有限制性,而仅作为用于教导本领域技术人员以多种形式利用本发明的代表性基础。如本领域普通技术人员将理解的,参照任一附图示出和描述的各种特征可以与在一个或多个其它附图中示出的特征组合以产生未被明确示出或描述的实施例。示出的特征的组合提供用于典型应用的代表性实施例。然而,与本公开的教导一致的特征的多种组合和变型可被期望用于特定的应用或实施方式。

[0025] 图1描绘了典型的插电式混合动力电动车辆(PHEV)。典型的插电式混合动力电动车辆12可包括机械地连接到混合动力传动装置16的一个或多个电机14。电机14能够作为马达或发电机运转。此外,混合动力传动装置16机械地连接到发动机18。混合动力传动装置16还机械地连接到驱动轴20,驱动轴20机械地连接到车轮22。电机14可在发动机18开启或者关闭时提供推进和减速能力。电机14还作为发电机运转并且可通过回收在摩擦制动系统中通常将作为热损失掉的能量来提供燃料经济性效益。在特定状况下,通过允许发动机18以更为有效的转速运转并允许混合动力电动车辆12在发动机18关闭的情况下以电动模式运转,电机14还可减少车辆排放。

[0026] 牵引电池或电池组24储存可由电机14使用的能量。车辆电池组24通常提供高电压直流电(DC)输出。牵引电池24可电连接到一个或多个电力电子模块。一个或多个接触器42在断开时可将牵引电池24与其它组件隔离并且在闭合时可将牵引电池24连接到其它组件。电力电子模块26还可电连接至电机14并在牵引电池24和电机14之间提供双向传输能量的能力。例如,牵引电池24可提供DC电压,而电机14可使用三相交流(AC)电来运转。电力电子模块26可将DC电压转换为三相AC电以运转电机14。在再生模式下,电力电子模块26可将来自用作发电机的电机14的三相AC电转换为与牵引电池24兼容的DC电压。在此的描述同样可适用于纯电动车辆。对于纯电动车辆,混合动力传动装置16可以是连接到电机14的齿轮箱并且发动机18可以不存在。

[0027] 牵引电池24除提供用于推进的能量之外,还可为其它的车辆电气系统提供能量。车辆12可包括将牵引电池24的高电压DC输出转换为与低电压车辆负载兼容的低电压DC供应的DC/DC转换器模块28。DC/DC转换器模块28的输出可电连接至辅助电池30(例如,12V电池)。低电压系统可电连接至辅助电池。诸如压缩机和电加热器的其它高电压负载46可连接至牵引电池24的高电压输出。

[0028] 车辆12可以是可通过外部电源36给牵引电池24再充电的电动车辆或插电式混合动力车辆。外部电源36可连接到电插座。外部电源36可电连接至充电器或电动车辆供电设备(EVSE)38。外部电源36可以由电力公司提供的电力分配网络或电网。EVSE 38可提供用于调节并管理电源36与车辆12之间的能量传输的电路和控制。外部电源36可向EVSE 38提供DC或AC电力。EVSE 38可具有用于插入到车辆12的充电端口34中的充电连接器40。充电端

口34可以是配置为将电力从EVSE 38传输至车辆12的任何类型的端口。充电端口34可电连接至充电器或车载电力转换模块32。电力转换模块32可调节从EVSE 38供应的电力以向牵引电池24提供合适的电压电平和电流电平。电力转换模块32可与EVSE 38接口连接以协调对车辆12的电力传输。EVSE连接器40可具有与充电端口34的对应凹入匹配的插脚。可选择地,被描述为被电耦合或电连接的各种组件可使用无线感应耦合来传输电力。

[0029] 可提供一个或多个车轮制动器44以使车辆12减速并阻止车辆12的运动。车轮制动器44可为液压致动的、电致动的或它们的某种组合。车轮制动器44可为制动系统50的一部分。制动系统50可包括运转车轮制动器44的其它组件。为了简洁,附图描绘了制动系统50与车轮制动器44中的一个之间的单个连接。隐含了制动系统50与其它车轮制动器44之间的连接。制动系统连接可以是液压和/或电的。制动系统50可包括用于监控和协调车轮制动器44的操作的控制器。制动系统50可监控制动组件并且控制车轮制动器44以使车辆减速。制动系统50可对驾驶员指令作出响应并且还可自动运转以实现诸如稳定性控制的功能。制动系统50的控制器可在被另一控制器或子功能请求时实现施加请求的制动力度的方法。

[0030] 一个或多个电力负载46可连接至高电压总线。电力负载46可具有在适当的时候操作并控制电力负载46的关联的控制器。电力负载46的示例可以是加热模块或空调模块。

[0031] 车辆12可包括仪表组52。仪表组52可包括显示屏,显示屏可以是触摸屏。仪表组52可包括诸如灯、灯光和发光二极管(LED)的发光装置。仪表组52可包括由发光装置点亮的描述性文本或消息。仪表组52可安装在易于被车辆12的驾驶员和/或乘员查看的位置。仪表组52可包括用于车辆12的各种运转参数(例如,车辆速度、发动机转速、燃料位置)的仪表和指示器。仪表组52可被配置为以模拟形式或数字形式显示信息。仪表组52可包括被配置为将消息传送给驾驶员的一个或多个消息显示器。仪表组52可被配置为显示关于牵引电池24的信息。

[0032] 车辆12中的电子模块可通过一个或多个车辆网络进行通信。车辆网络可包括用于通信的多个信道。车辆网络的一个信道可以是诸如控制器局域网(CAN)的串行总线。车辆网络的信道中的一个可包括由电气与电子工程师协会(IEEE)802标准系列定义的以太网。车辆网络的其它信道可包括模块之间的离散连接,并可包括来自辅助电池30的电力信号。不同的信号可通过车辆网络的不同信道进行传输。例如,视频信号可通过高速信道(例如,以太网)进行传输,而控制信号可通过CAN或离散信号进行传输。车辆网络可包括帮助在模块之间传输信号和数据的任何硬件组件和软件组件。车辆网络未在图1中示出,但可隐含了车辆网络可连接到存在于车辆12中的任何电子模块。可存在车辆系统控制器(VSC)48来协调各种组件的操作。

[0033] 牵引电池24可以由各种化学配方构造。典型的电池组的化学成分可以是铅酸、镍-金属氢化物(NIMH)或锂离子。图2示出了N个电池单元72的简单串联结构的典型的牵引电池组24。然而,其它电池组24可由串联连接或并联连接或它们的某种组合连接的任意数量的单个电池单元组成。电池管理系统可具有监测并控制牵引电池24的性能的一个或多个控制器(诸如电池能量控制模块(BECM)76)。电池组24可包括用于测量各种电池组水平特性的传感器。电池组24可包括一个或多个电池组电流测量传感器78、电池组电压测量传感器80和电池组温度测量传感器82。BECM 76可包括用于与电池组电流传感器78、电池组电压传感器80和电池组温度传感器82连接的电路。BECM 76可具有非易失性存储器,使得数据可在

BECM 76处于关闭状况时被保留。保留的数据可在下一个钥匙周期时使用。

[0034] 除电池组水平特性之外,还可测量和监控电池单元72的水平特性。例如,可测量每个电池单元72的端电压、电流和温度。系统可使用一个或多个传感器模块74来测量电池单元72的特性。根据能力,传感器模块74可测量一个或多个电池单元72的特性。电池组24可利用多达 N_c 个传感器模块74来测量所有的电池单元72的特性。每个传感器模块74可将测量结果传输到BECM 76,以作进一步的处理和协调。传感器模块74可将信号以模拟形式或数字形式传输到BECM 76。在一些配置中,传感器模块74的功能可被合并到BECM 76的内部。即,传感器模块74的硬件可作为BECM 76中的电路的一部分被集成,并且BECM 76可负责原始信号的处理。BECM 76还可包括用于与一个或多个接触器42连接的电路,以断开和闭合接触器42。

[0035] 计算电池组的各种特性可能是有用的。诸如电池电力容量、电池容量和电池荷电状态的量对于控制牵引电池24以及从牵引电池24接收电力的任何电力负载的操作可能是有用的。电池电力容量衡量牵引电池24可提供的电力的最大量或者牵引电池24可接收的电力的最大量。已知电池电力容量允许电力负载被管理,使得请求的电力在牵引电池24可处理的限制之内。

[0036] 电池容量衡量牵引电池24中可储存的能量的总量。电池容量可以以安培小时为单位来表示。与电池容量相关的值可被称为安培小时值。牵引电池24的电池容量可在牵引电池24的生命周期内减小。

[0037] 荷电状态(SOC)给出在牵引电池24中剩余多少电荷的指示。可将SOC表示为在牵引电池24中剩余的总电荷的百分比。与燃料表类似,可输出SOC值以向驾驶员通知在牵引电池24中剩余多少电荷。SOC还可用于控制电动车辆或混合动力电动车辆的运转。SOC的计算可通过各种方法来实现。计算SOC的一种可行的方法是随着时间执行对牵引电池电流的积分。这就是本领域中公知的安培小时积分。

[0038] 能量管理系统可操作牵引电池24以管理牵引电池24的荷电状态。牵引电池24可根据当前荷电状态与目标荷电状态的比较而进行充电或放电。例如,在当前荷电状态大于目标荷电状态时,牵引电池24可放电。可通过命令电机14的扭矩以从牵引电池24汲取电流或向牵引电池24提供电流来实现对牵引电池24的操作。牵引电池24的操作还可包括命令发动机18操作用于向电机14提供电力以给牵引电池24充电。

[0039] 在牵引电池24的生命周期内,牵引电池24的容量可减小。这可称为牵引电池24的老化。为了适当地控制车辆12,知道随着牵引电池24老化的容量是有用的。通过估计容量,可以调整车辆控制策略以保持可接受的车辆性能。例如,SOC窗口限制(例如,最小、低、高和最大)可限定正常的SOC操作范围。随着电池容量衰减,可以调节SOC窗口限制以确保(i)在低SOC窗口限制与高SOC窗口限制之间存在足够的能量,(ii)存在足够的电力来启动发动机以满足排放标准,(iii)电池过充保护对传感器测量的不准确度或误差保持鲁棒性(robust)。

[0040] 各种自学习算法可用于估计电池容量。然而,由于环境状况和测量误差的变化,所识别的容量值可能不是单调变化的参数。由于估计的电池容量值可能发生波动,所以自学习算法直接习得的容量值可能不适合用作牵引电池24的老化指示。更好的老化指示可以是单调变化并且在存在变化的车辆状况和测量误差的情况下不发生变化的老化指示。在此公

开的系统和方法提供在存在这些变化和测量误差的情况下改善的牵引电池的老化估计。牵引电池24的老化估计可用于调整电池控制策略,以改善车辆在生命周期中的性能。

[0041] BECM 76可被配置为在车辆12运转期间估计牵引电池容量。电池容量学习策略可以是现有技术中已知的任何算法或策略。例如,电池充电容量可被估计为电池电流吞吐量除以荷电状态(SOC)值的差。该方法基于已知独立于电池容量而获得的两个不同的SOC值。电池容量可被计算为:

$$[0042] \quad Q = \frac{\int_{T_i}^{T_f} i \, dt}{SOC_i - SOC_f} = \frac{\text{Throughput}}{SOC_i - SOC_f} \quad (1)$$

[0043] 其中, SOC_i 和 SOC_f 分别为在时刻 T_i 和时刻 T_f 的荷电状态值,并且 i 是流到电池或从电池流出的电流。电池电流吞吐量(Throughput)可被定义为电池电流在一段时间上的积分。当在控制器(例如,BECM 76)中实现时,该积分可由电流值乘以采样时间的和替代。

[0044] 荷电状态值可基于在两个点火开关接通/点火开关断开周期内采样的测量电压。对于锂离子电池,众所周知,在电池已空闲了足够长的时间之后,端电压约等于电池的开路电压(即, $V_t = V_{oc}$)。端电压可在上电时测量并且荷电状态可以从开路电压导出。可以通过测试数据或制造商数据获得荷电状态与开路电压之间的关系。吞吐量可在每个点火周期计算并存储在非易失性存储器中,以便在下一个点火周期中使用。电池容量的其它方法可同样适用于在此描述的方法和系统。

[0045] BECM 76可被配置为生成表示牵引电池24的老化的参数。所述参数可基于习得的电池容量值。在新的电池容量值可用时,BECM 76可执行统计算法以进一步分析电池容量值并输出电池老化参数。所述统计算法可包括计算来自当前车辆运转和先前车辆运转的估计电池容量值的平均值和标准偏差。统计算法可包括用于确定电池容量是否在预定的置信范围内的置信分析。

[0046] 可选择滑动窗口。滑动窗口可包括 n 个固定数量的估计电池容量值。估计容量值可以由BECM 76确定的最近 n 个数量的历史安培小时值并可被存储在BECM 76的非易失性存储器中。滑动平均值可以是滑动窗口的 n 个历史值的平均值。滑动标准偏差可以是滑动窗口的 n 个历史值的标准偏差。可以预期滑动平均值随着电池老化和电池容量降低而减小。滑动平均值和滑动标准偏差可用于确定实际电池容量(实际安培小时值)处于选择的范围内的概率(所述概率表示为百分比)。

[0047] 正态分布函数可用于描述多种随机变量。正态分布可以由平均值 μ 和标准偏差 σ 来表征。可归一化该正态分布以获得标准分数,所述标准分数也被称为 Z 值。针对给定的随机变量 x 的 Z 值由下式给出:

$$[0048] \quad Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (2)$$

[0049] 其中, x 是随机变量, μ 是随机变量的平均值, σ 是随机变量的标准偏差。

[0050] 正态分布可用于表征牵引电池24中的电池容量值的分布。在这种情况下,随机变量可以由历史值所表示的电池容量。针对表示电池容量的随机变量的 Z 值可由下式给出:

$$[0051] \quad Z = \frac{C - \mu}{\sigma} \quad (3)$$

[0052] 其中, C 是电池容量, μ 是电池容量的平均值, σ 是电池容量的标准偏差。 Z 值表示所

述容量与平均值的差距。使用所述分布,可以计算实际电池容量大于参考电池容量的概率。可以定义参考容量值 x ,使得存在实际电池容量大于参考容量值的预定概率,所述预定概率表示为 $P(C \geq x)$ 。参考容量值可以以安培小时为单位并且可被称为参考安培小时值。

[0053] 随机变量可首先转换为 Z 值。将参考容量限制转换为 Z 值得出:

$$[0054] \quad Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (4)$$

[0055] 实际电池容量大于参考容量值的概率可表示为 Z 值。即,所述概率可表示为 $P(z \geq Z)$ 。所述概率可通过标准 Z 值查找表来求解。

[0056] 电池容量值可使用图3中所描绘的正态分布来建模。牵引电池24的初始容量可被建模为具有第一平均值102的第一概率密度函数100。当第一概率密度函数100描述牵引电池24的状况时,第一参考容量值104可被描述为实际电池容量在某一时间点处以预定概率超过的参考容量值。随着电池老化,电池容量降低并可由具有第二平均值108(所述第二平均值108小于第一平均值102)的第二概率密度函数106来描述。第二概率密度函数106可表示在第一状况(所述第一状况由第一概率密度函数100描述)之后的第二时间点牵引电池24的状况。第二参考容量值110可被描述为实际电池容量在第二时间点处以预定概率超过的参考容量值。在此描述了参考容量值的计算和使用。

[0057] 可期望计算实际电池容量超过参考容量值的概率是预定的值的参考容量值。确定 $P(z \geq Z)$ 在何时是预定的概率会是有用的。例如,可将预定的概率设置为0.9的置信水平。这将意味着实际电池容量超过参考容量值的可能性为90%。可在校准过程或系统设置期间将预定的概率校准到可选择的值。预定的概率可被配置为在预定的范围内,诸如在0.5与1.0之间,且包括0.5和1.0。此外,已知置信水平可确定 Z 的值。 Z 的值可从标准 Z 值查找表导出。从该标准表中, $P(z \geq Z)$ 的置信水平的值为0.9得出负的1.282(-1.282)的 Z 值。可类似地导出其它置信水平。

[0058] 已知期望置信水平的 Z 值允许参考容量值通过式(4)被计算为:

$$[0059] \quad x = \mu_k + Z\sigma_k \quad (5)$$

[0060] 该值定义了实际电池容量被预期为以由选择的置信水平定义的概率超过的参考容量水平。参照图3,第一参考容量值可被确定为 $x_1 = \mu_1 + Z\sigma_1$ 。第二参考容量值可被确定为 $x_2 = \mu_2 + Z\sigma_2$ 。为达到0.9的置信水平,可使用负的1.282(-1.282)的 Z 值。可按照在此所描述的计算平均值和标准偏差值。

[0061] 使用的统计方法提供了对电池老化的有用指示。已知实际电池容量以指定的概率超过参考容量值为车辆运转提供了有用的数据。使用统计方法提供了实际电池容量在可接受的范围内的某种确定性。

[0062] Z 值表示参考容量限制与平均值的差距。从 Z 值可以确定所述分布大于给定值的概率。在正常的电池操作期间,参考容量值通常将小于滑动平均值。在本申请中 Z 值通常可为负值。

[0063] 实际电池容量大于参考容量值的概率可被确定为曲线(例如,100、106)下方的从参考容量值(例如,104、110)到右尾(right tail)的区域。右尾可以是曲线的随着容量朝无穷大增加而接近零的那一部分。实际电池容量超过参考容量值的置信水平可被给定为数 $P(z \geq Z)$ 。

[0064] 可使用先进先出缓冲器来计算平均值和标准偏差。当控制器76估计出电池容量时,安培小时值可存储在缓冲器中。所述缓冲器可表示历史安培小时值。当确定出新的电池容量估计时,可将缓冲器中的最早的估计从缓冲器中移除。随后可使用缓冲器中更新的容量值来计算平均值和标准偏差。这种计算方法可能需要将最后n个容量值存储在BECM 76的非易失性存储器中以在点火周期之间保持所述值。平均值和标准偏差可被计算为:

$$[0065] \quad \mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i \quad (6)$$

$$[0066] \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (C_i - \mu)^2} \quad (7)$$

[0067] 其中, C_i 是第i个容量值,n是缓冲器中的容量值的数量。

[0068] 还可使用先前计算的平均值和标准偏差值来计算平均值和标准偏差。平均值可被计算为:

$$[0069] \quad \mu_k = \frac{n-1}{n} \mu_{k-1} + \frac{1}{n} C_{est} \quad (8)$$

[0070] 其中, C_{est} 是来自当前周期的估计容量, μ_{k-1} 是来自前一个执行周期的平均容量,n是样本大小。标准偏差可被计算为:

$$[0071] \quad \sigma_k = \sqrt{\frac{n-1}{n} \sigma_{k-1}^2 + \frac{1}{n} (C_{est} - \mu_k)^2} \quad (9)$$

[0072] 其中, μ_k 和 σ_k 是在当前周期中更新的平均容量和标准偏差, σ_{k-1} 是在前一个执行周期中更新的标准偏差。

[0073] 可根据式(5)使用平均值和标准偏差来计算参考容量值。这产生实际电池容量被预期为以预定概率超过的参考容量值。

[0074] 随着电池老化,可预期电池容量减小。随着时间的推移,可预期电池容量估计的平均值减小。作为结果,参考容量值也可按照所描绘的减小。容量保持 (Capacity Retention) 函数可被表示为:

$$[0075] \quad \text{Capacity Retention} = \frac{x}{x_0} 100 \quad (10)$$

[0076] 其中, x_0 是未老化电池单元的寿命开始时的容量值(寿命开始时的安培小时值)。例如,等于第一参考容量值104的值可用作寿命开始时的容量值。容量保持值可表示从牵引电池24的初始状况保持的容量的百分比。相应的衰减函数可被表示为:

$$[0077] \quad \text{Capacity Decay} = 100 - \text{Capacity Retention} \quad (11)$$

[0078] 容量衰减 (Capacity Decay) 值可表示从牵引电池24的初始状况损失的容量的百分比。

[0079] 对于新的牵引电池24,由于分子和分母应大致相等,所以容量保持值可以以100开始。随着牵引电池24老化,分子可减小,使得容量保持百分比减小。可选地,容量衰减值可随着牵引电池老化而增大。容量衰减值或容量保持值可用作电池老化的指示。

[0080] BECM 76可被配置为将指示牵引电池24老化的值输出到包括仪表组52的其它模块。BECM 76可被配置为生成所述老化并将所述老化作为每个电池的寿命阶段的多个预定的离散值中的一个来输出。

[0081] 仪表组52可被配置为以数字形式或模拟形式将老化值显示为百分比值。在一些配置中,仪表组52可被配置为将老化值显示为条状图。仪表组52可被配置为显示容量衰减值或容量保持值。在一些配置中,牵引电池24的老化可被分类为多个预定的离散状态中的一个。当容量保持值大于第一预定阈值时,牵引电池24可被分类为处于新的状态。当容量保持值小于第二预定阈值(所述第二预定阈值小于第一预定阈值)时,牵引电池24可被分类为处于旧的或寿命结束状态。当容量保持值在第一阈值与第二阈值之间时,牵引电池24可被分类为处于寿命中期状态。在一些配置中,仪表组52可被配置为显示指示牵引电池24的寿命状态的输出。仪表组52可根据老化值来显示指示电池的老化为新的、寿命中期或寿命结束的消息。仪表组52可针对各个寿命状态显示不同颜色的消息或符号。绿色可表示新的状态,黄色可表示寿命中期状态,红色可表示寿命结束状态。电池寿命指示可帮助车主了解即将到来的车辆维护需求。

[0082] 图4描绘了描述用于电池老化指示的可能的操作序列的流程图。在操作200,可通过任何可用的方法来估计电池安培小时值。在操作202,可进行检查以确定新的电池安培小时值是否可用。如果新的电池安培小时值不可用,执行可返回到操作200。如果新的电池安培小时值可用,则可以执行操作204以更新历史安培小时值。例如,可以使用最近计算的电池安培小时值来更新先进先出缓冲器。

[0083] 在操作206,可计算统计值。可基于历史安培小时值来计算平均值和标准偏差。在操作208,可计算与参考容量值相对应的参考安培小时值。参考安培小时值可以是具有小于实际安培小时值的预定概率的容量值。在操作210,可计算保持容量和/或相关的容量衰减值。可计算参考安培小时值与寿命开始时的安培小时值的比值。在操作212,可计算指示电池老化的值并将其输出给其它模块。例如,可根据预定的阈值来确定离散值的寿命阶段。在操作214,可通过仪表组52显示电池老化指示。在操作216,可根据所述老化来操作牵引电池24。

[0084] 电池老化计算可提供对牵引电池老化的良好估计。在计算中使用统计值允许使用更多的样本来改善对电池老化的估计。基于当前电池容量的现有方法容易波动并且不会如实际电池容量可能的那样单调不增加。

[0085] 在此公开的处理、方法或算法可被传送到处理装置、控制器或计算机/通过处理装置、控制器或计算机来实现,其中,所述处理装置、控制器或计算机可包括任何现有的可编程电子控制单元或专用电子控制单元。类似地,所述处理、方法或算法可以以多种形式被存储为可由控制器或计算机执行的数据和指令,所述多种形式包括但不限于:永久地存储在非可写存储介质(诸如ROM装置)上的信息以及可变地存储在可写存储介质(诸如软盘、磁带、CD、RAM装置以及其它磁性介质和光学介质)上的信息。所述处理、方法或算法还可被实现为软件可执行对象。可选地,可利用合适的硬件组件(诸如专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)、状态机、控制器或者其它硬件组件或装置)或者硬件、软件和固件组件的组合来整体或部分地实现所述处理、方法或算法。

[0086] 虽然以上描述了示例性实施例,但是这些实施例并不意在描述了权利要求所涵盖的所有的可能形式。说明书中所使用的词语为描述性词语而非限制性词语,并且应理解的是,可在不脱离本公开的精神和范围的情况下做出各种改变。如前所述,可将各种实施例的特征组合以形成本发明的可能未被明确描述或示出的进一步的实施例。尽管针对一个或更

多个期望特性,各种实施例可能已经被描述为提供优点或者优于其它实施例或现有技术实施方式,但是本领域普通技术人员应该认识到,根据特定的应用和实施方式,一个或更多个特征或特性可被折衷以实现期望的整体系统属性。这些属性可包括但不限于:成本、强度、耐用性、生命周期成本、市场性、外观、包装、尺寸、可维护性、重量、可制造性、易组装性等。因此,被描述为在一个或更多个特性方面不如其它实施例或现有技术实施方式满足期望的实施例并不在本公开的范围之外,并可被期望用于特定的应用。

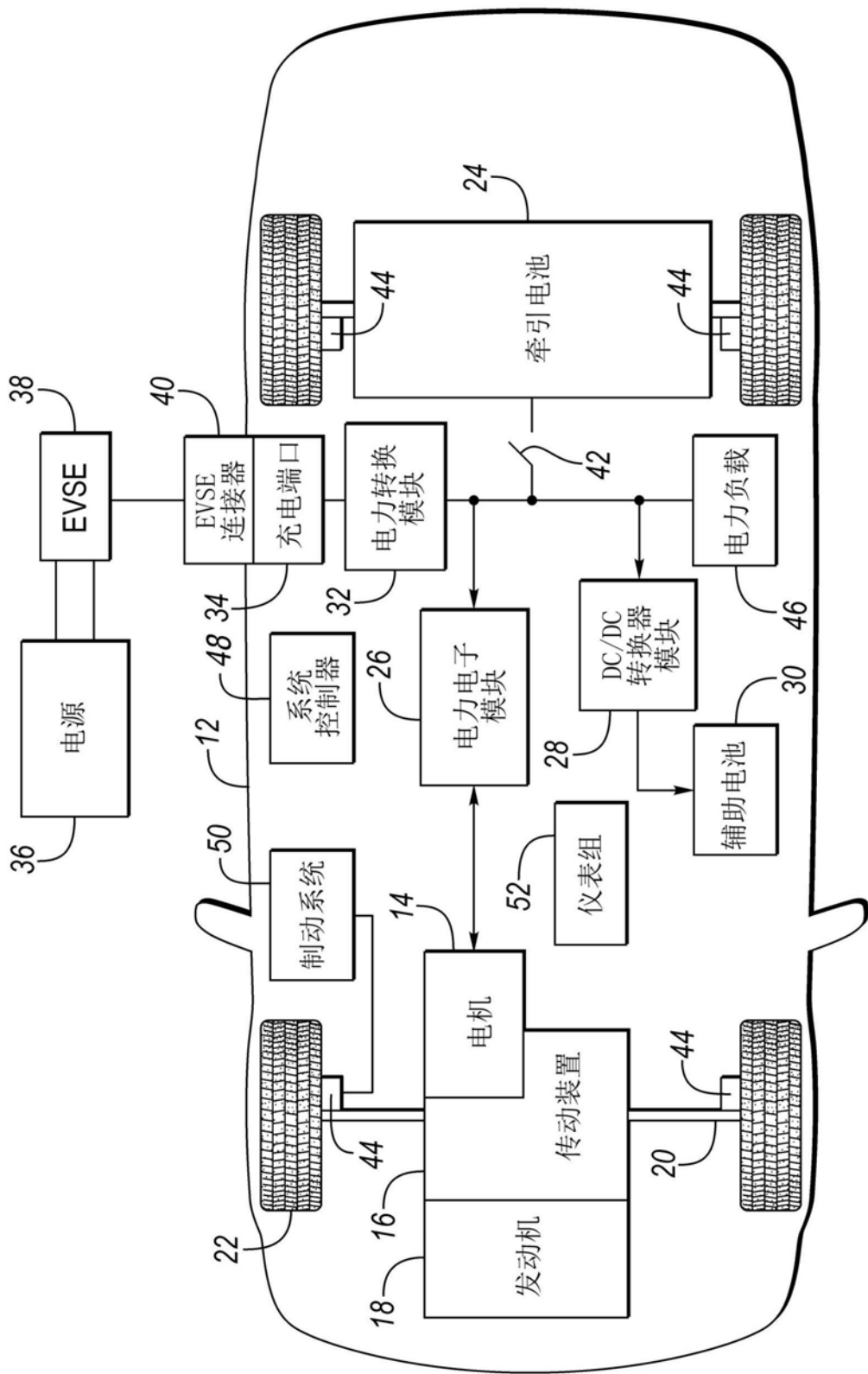


图1

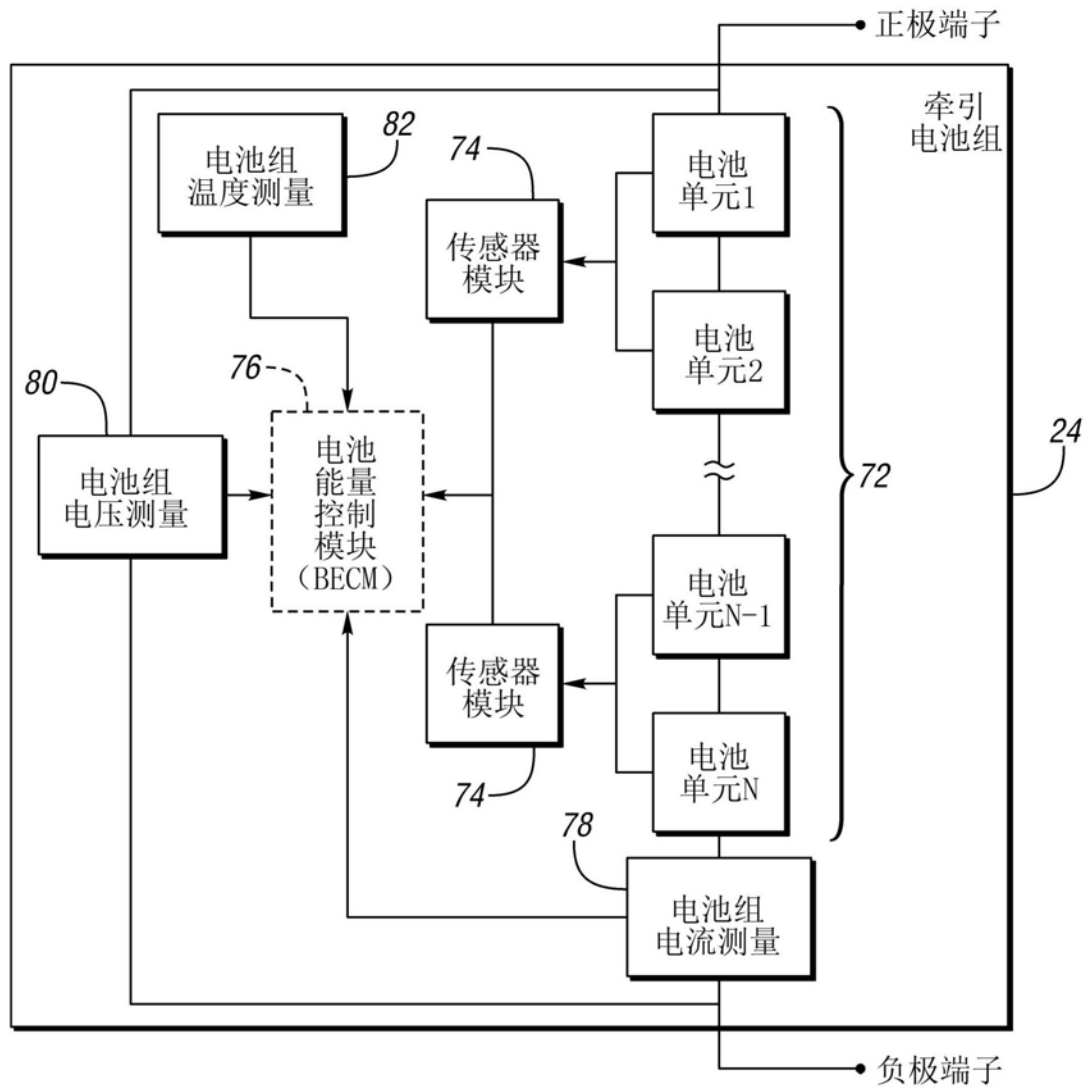


图2

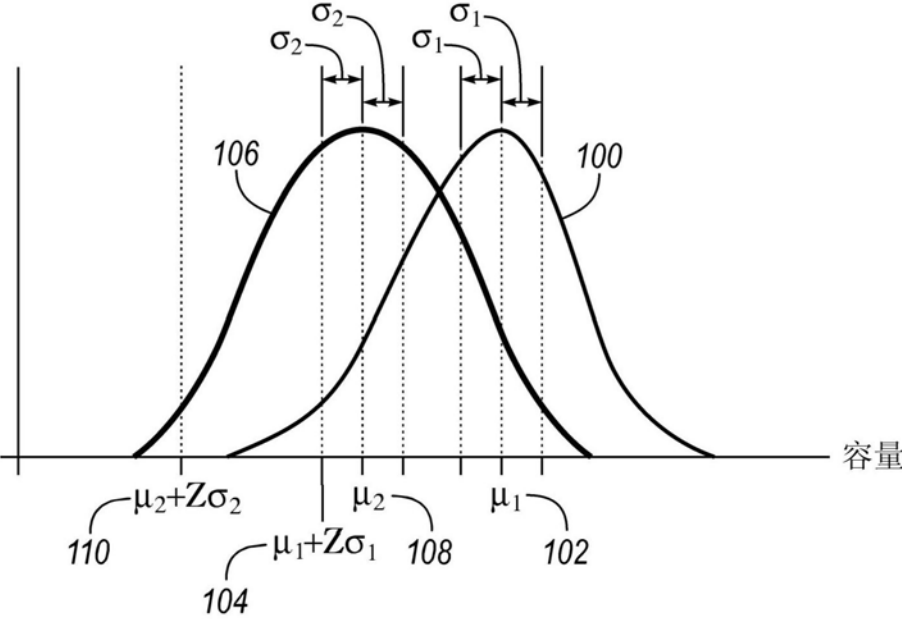


图3

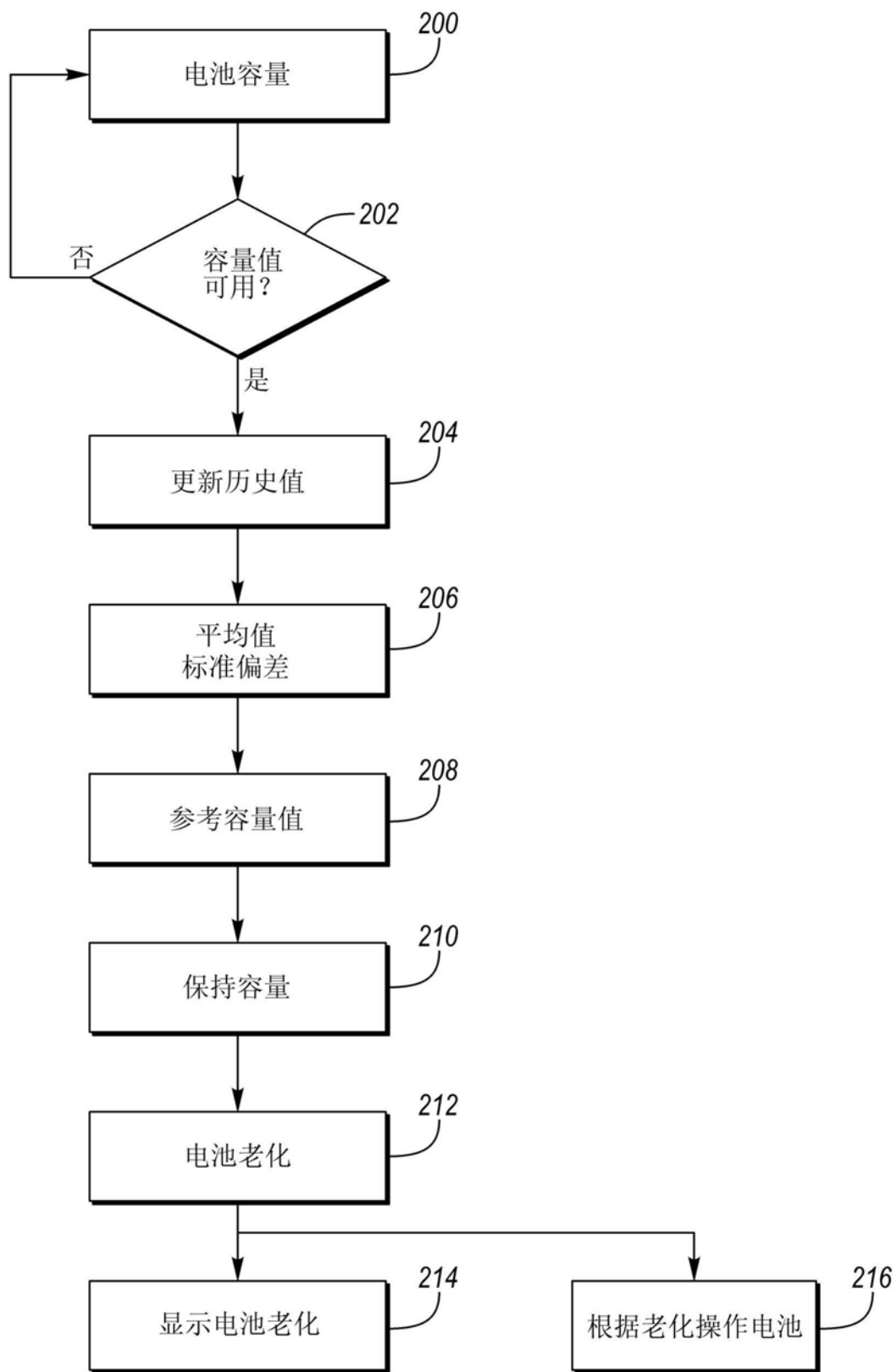


图4