



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 106985683 B

(45) 授权公告日 2022. 03. 18

(21) 申请号 201710041248.6
(22) 申请日 2017.01.20
(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106985683 A
(43) 申请公布日 2017.07.28
(30) 优先权数据
15/001,618 2016.01.20 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 何川 李峰 毛睿齐
(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 58/12 (2019.01)
B60L 58/15 (2019.01)
B60L 58/27 (2019.01)
(56) 对比文件
CN 104103851 A, 2014.10.15
CN 105098924 A, 2015.11.25
DE 102013012164 A1, 2015.01.22
JP 2011057025 A, 2011.03.24
CN 101908617 A, 2010.12.08
JP 11-238528 A, 1999.08.31
审查员 张艳芬

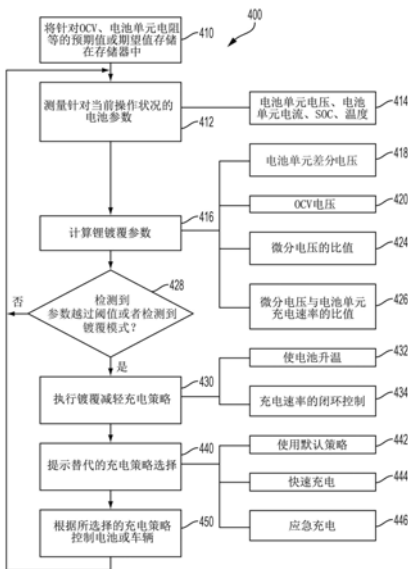
权利要求书1页 说明书9页 附图4页

(54) 发明名称

用于减轻电气化车辆电池中的锂镀覆的充电策略

(57) 摘要

本公开涉及一种用于减轻电气化车辆电池中的锂镀覆的充电策略。一种车辆包括牵引电池和控制器,所述控制器与所述牵引电池通信并且被配置为:响应于具有不同的充电速率的多个充电策略中的用户选择的充电策略,来控制所述牵引电池的充电,所述用户选择的充电策略是基于所述牵引电池中的锂镀覆的检测的。一种由具有牵引车辆的车辆中的车辆控制器实现的方法可包括:由所述控制器响应于从多个可用充电策略中选择的用户选择的充电策略来控制所述牵引电池的充电,所述多个可用充电策略中的每个充电策略具有不同的充电速率并且响应于所述牵引电池中的锂镀覆的检测而被显示在用户界面上,至少一个充电策略在被选择的情况下与额外的锂镀覆相关联。



1. 一种车辆,包括:

牵引电池,具有多个电池单元;

控制器,与所述牵引电池通信,并且被配置为:响应于在所述牵引电池中检测到锂电镀,提示用户从具有不同的充电速率的多个充电策略中选择一个充电策略;响应于用户从所述多个充电策略中选择一个充电策略,根据选择的充电策略来控制所述牵引电池的充电。

2. 如权利要求1所述的车辆,所述控制器还被配置为:存储所述多个充电策略中的至少一个充电策略的累计的选择次数,并且限制所述至少一个充电策略的选择次数。

3. 如权利要求1所述的车辆,所述控制器还被配置为:与链接的移动装置进行通信,并且经由所述移动装置提示用户从所述多个充电策略中选择一个充电策略。

4. 如权利要求1所述的车辆,所述控制器还被配置为:响应于检测到锂电镀而执行默认的充电策略以减轻锂电镀,直到用户选择的充电策略被选择时为止。

5. 如权利要求4所述的车辆,其中,所述默认的充电策略相对于未检测到锂电镀的情况下的充电策略降低所述牵引电池的充电速率。

6. 如权利要求1所述的车辆,所述多个充电策略中的至少一个充电策略将所述牵引电池的充电电流增大到导致锂电镀的充电电流,以减少充电时间。

7. 如权利要求6所述的车辆,其中,所述锂电镀是不可逆锂电镀。

8. 如权利要求1所述的车辆,所述控制器还被配置为:基于根据至少一个电池单元的测量的开路电压与先前存储的开路电压值之间的差的锂电镀指示,检测锂电镀。

9. 如权利要求1所述的车辆,所述控制器还被配置为:基于根据在所述牵引电池充电期间的微分电池单元电压与电池单元电流的比值的锂电镀指示,检测锂电镀。

10. 一种具有包括至少一个电池单元的牵引电池的车辆,包括:

控制器,连接至所述牵引电池,并且被配置为:响应于用户选择的充电策略来控制所述牵引电池的充电,所述用户选择的充电策略是基于响应于所述控制器检测到牵引电池锂电镀而发起的用于选择充电策略的提示的。

11. 一种由具有牵引电池的车辆中的车辆控制器实现的方法,包括:

由所述控制器根据从多个可用充电策略中选择的用户选择的充电策略来控制所述牵引电池的充电,所述多个可用充电策略中的每个充电策略具有不同的充电速率并且响应于在所述牵引电池中检测到锂电镀而被显示在用户界面上,所述多个可用充电策略中的至少一个充电策略在被选择的情况下与额外的锂电镀相关联。

用于减轻电气化车辆电池中的锂镀覆的充电策略

技术领域

[0001] 本公开涉及用于减轻电气化车辆电池中的锂镀覆(lithiumplating)的充电策略。

背景技术

[0002] 电气化车辆(诸如混合动力车辆、插电式混合动力车辆和电池电动车辆)使用由牵引电池供电的电机来驱动车辆动力传动系统。例如,电池的充电和放电导致电化学过程,该电化学过程影响可用于给车辆供电的电荷并且可随着环境状况和操作状况(例如,诸如电池荷电状态(SOC)、温度、电池单元平衡以及充电/放电速率或电流)的变化而变化。在锂离子(Li-ion)电池中,在一些操作状况下,金属锂可沉积在电池单元的阳极上,这可降低电池性能。尽管锂镀覆可在其它环境状况和操作状况下发生,但是电池在低操作温度和高充电电流下特别容易受到该过程(被称作锂镀覆)影响。

[0003] 里程焦虑(range anxiety)通常是接纳电气化车辆的障碍,并且指的是用户对没有足够的电池电荷到达特定目的地或者不得不在途中等待若干小时为电池电动车辆的电池再充电表示担心。已经开发了各种充电策略,以为耗尽电量的电池的的车辆提供更快的充电或者在驾驶员没有足够的时间用于常规充电时提供更快的充电。然而,这些充电策略可能导致锂镀覆以及关联的电池性能下降,特别是当在低温下进行充电时。

发明内容

[0004] 在各个实施例中,一种车辆包括具有多个电池单元的牵引电池和控制器,所述控制器与牵引电池通信并被配置为:响应于具有不同的充电速率的多个充电策略中的用户选择的充电策略来控制所述牵引电池的充电,其中,所述用户选择的充电策略是基于所述牵引电池中的锂镀覆的检测的。所述控制器可被配置为:存储所述多个充电策略中的至少一个充电策略的累计的选择次数,并且限制所述至少一个充电策略的选择次数。所述控制器可被配置为:响应于锂镀覆的检测,提示用户进行充电策略选择。在一个实施例中,控制器被配置为:与链接的移动装置(诸如智能电话)通信,以接收与所述用户选择的充电策略相关联的输入。所述控制器还可被配置为:响应于锂镀覆的检测而执行默认的充电策略以减轻锂镀覆,直到用户选择的充电策略被选择时为止。所述默认的充电策略相对于未检测到锂镀覆的情况下的充电策略降低所述牵引电池的充电速率。所述多个充电策略中的至少一个充电策略包括:将所述牵引电池的充电电流增大到导致可逆或不可逆锂镀覆的充电电流,以减少充电时间。

[0005] 根据本公开的实施例可包括一种车辆,所述车辆包括具有至少一个电池单元的牵引电池和控制器,所述控制器连接至所述牵引电池并且被配置为:响应于用户选择的充电策略来控制所述牵引电池充电,所述用户选择的充电策略是基于响应于所述控制器检测到牵引电池锂镀覆而发起的用于选择充电策略的提示的。所述控制器还可被配置为:提示用户选择多个充电策略中的一个充电策略以减少充电时间,所述多个充电策略中的至少一个充电策略导致与额外的锂镀覆相关联的充电电流。所述控制器还可被配置为:限制所述多

个充电策略中的至少一个充电策略可被选择的次数。所述控制器还可被配置为：仅在所述多个充电测量中的与额外的锂镀覆相关联的至少一个充电策略的累计的选择次数小于存储在所述控制器通信的存储器中的预定次数时，呈现所述多个充电策略中的与额外的锂镀覆相关联的至少一个充电策略。在一个实施例中，所述车辆包括具有用户界面的显示器，所述用户界面被配置为：提示用户选择所述多个充电策略中的一个充电策略，所述多个充电策略中的每个充电策略与不同的充电速率和锂镀覆水平相关联。所述控制器还可被配置为：从具有用户界面的链接的无线装置接收用户输入，所述用户界面被配置为：提示用户选择多个充电策略中的一个充电策略。

[0006] 根据本发明的一个实施例，所述控制器还被配置为：基于用户选择的充电策略，操作至少一个电气附件以使电池升温。

[0007] 一个或多个实施例包括由具有牵引电池的车辆中的车辆控制器实现的方法，所述方法通过所述控制器响应于从多个可用充电策略中选择的用户选择的充电策略来控制所述牵引电池的充电，所述多个可用充电策略中的每个充电策略具有不同的充电速率并且响应于所述牵引电池中的锂镀覆的检测而被显示在用户界面上，至少一个充电策略在被选择的情况下与额外的锂镀覆相关联。所述方法还可包括：在所述用户界面上显示所述多个可用充电策略中的每一个充电策略的估计充电时间，并且将所述至少一个充电策略的用户选择限制为预定的选择次数。

[0008] 根据本公开的实施例可提供一个或多个优点。例如，各个实施例为车辆驾驶员提供用于选择特定充电策略以进行更快充电的灵活性以适应各种驾驶员需要，特定充电策略可导致可逆锂镀覆或者有限量的不可逆锂镀覆。所述系统和方法可向用户传送用于避免锂镀覆的估计的充电时间，并允许用户超驰默认的充电模式以选择更快的充电策略。紧急或应急充电模式提供最快的充电，并且仅可被激活有限次数以避免电池性能的显著下降。根据各个实施例的锂镀覆的减轻可延长电池操作并且扩大容量范围以及增加可用电池寿命。充电策略的选择可提高客户满意度并减少里程焦虑。根据各个实施例的充电策略不需要添加任何硬件，提供准确的锂镀覆状况车载检测，并且可被用于电池电动车辆和插电式混合动力电动车辆。充电策略可通过连接的移动装置（诸如智能电话）被远程地选择或控制，或者经由车辆的用户界面被选择或控制。

[0009] 通过下面在结合附图时进行的详细描述，与各个实施例相关联的上述优点和其它优点及特征对于本领域普通技术人员将变得显而易见。

附图说明

[0010] 图1是示出根据代表性实施例的响应于锂电镀的检测的电气化车辆的可选择充电策略的框图；

[0011] 图2是示出了根据代表性实施例的用于检测锂镀覆和提示替代充电策略的未镀覆的电池单元和镀覆的电池单元的电池单元电压（作为SOC的函数）的曲线图；

[0012] 图3是示出根据代表性实施例的用于检测锂镀覆和提示替代充电策略的未镀覆的电池单元和镀覆的电池单元的电池单元电压变化速率与电池单元充电速率的比值（作为时间的函数）的曲线图；

[0013] 图4是示出根据代表性实施例的响应于锂镀覆的检测而选择和执行充电策略的系

统或方法的操作的流程图。

具体实施方式

[0014] 根据需要,在此公开了详细的实施例;然而,应该理解的是,所公开的实施例仅代表所要求保护的主体并且可以以各种替代形式来实施。附图无需按比例绘制;一些特征可被夸大或最小化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实施例的代表性基础。如本领域普通技术人员将理解的,参考任一附图示出和描述的各个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,可期望将与本公开的教导一致的特征的各种组合和变型用于特定的应用或实施方式。

[0015] 本公开的实施例可包括各种内部和外部电路或其它电气/电子装置。所有针对所述电路和其它装置或组件以及由它们中的每个所提供的功能的引用并不意在限于仅包含在此示出和描述的内容。尽管特定的标签可被分配给所公开的各种电路或其它装置,但是这种标签并不意在限制所述装置的操作范围。这种电路和其它装置可基于期望的特定类型的实施方式以任何方式彼此组合和/或分离。应认识到,在此公开的任何电路或其它装置可包括任何数量的分立的无源组件和有源组件(诸如电阻器、电容器、晶体管、放大器、模/数转换器(ADC或A/D转换器)、微处理器、集成电路、非暂时性存储器装置(例如,闪存、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、电可编程只读存储器(EPR0M)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)或上述项的其它合适的变型))和软件,它们彼此协作以执行在此公开的操作。另外,所述装置中的任何一个或多个可被配置为执行包含在非暂时性计算机可读存储介质中的计算机程序,该介质包括将计算机或控制器配置为执行所公开的任何数量的功能的指令。

[0016] 图1是具有至少一个控制器的代表性电气化车辆实施例的框图,所述至少一个控制器被配置为在检测到牵引电池锂镀覆之后响应于用户选择的充电策略来控制电池充电。尽管在该代表性实施例中示出了具有内燃发动机的插电式混合动力车辆,但是本领域普通技术人员将认识到,所公开的实施例(示出了基于锂镀覆检测来提示和选择电池充电策略)也可用于其它类型的电气化车辆。代表性实施例中的用于基于用户选择的充电策略来控制电池充电的系统和方法独立于特定的车辆动力传动系统,这种例外对于本领域普通技术人员来说是显而易见的。例如,控制发动机以减小供应到牵引电池的电流将不适用于电池电动车辆。代表性的车辆应用可包括混合动力车辆、电动车辆或具有受与锂镀覆相关联的性能下降影响的电池的任何其它类型的车辆,在所述车辆中,可由用户响应于锂镀覆检测而选择一个或多个充电策略。

[0017] 在图1示出的代表性实施方式中,插电式混合动力电动车辆112可包括机械地连接到传动装置116的一个或多个电机114。电机114能够作为马达或发电机运转。对于混合动力车辆,传动装置116机械地连接到内燃发动机118。传动装置116还机械地连接到驱动轴120,驱动轴120机械地连接到车轮122。在此的描述同样适用于电池电动车辆(BEV),其中,混合动力传动装置116可以是连接到电机114的齿轮箱,并且如前所述可省略发动机118。无论发动机118是否正在运行,电机114都可提供推进和减速能力。电机114还用作发电机并且

可通过在再生制动期间回收在摩擦制动系统中通常作为热损失掉的能量来提供燃料经济性效益。如下面更详细地描述的,在检测到镀镀覆之后,可控制发动机118以基于所选择的电池充电策略来修改供应给电机114的动力。

[0018] 对于混合动力车辆应用或电动车辆应用,牵引电池或牵引电池组124将能量储存在连接在一起的多个单独的电池单元中,以为电机114和各种车辆电气附件提供期望的电压和充电容量。在一个实施例中,电池组124包括锂离子电池单元的阵列。锂镀覆(在此也被称作“镀覆”)指的是金属锂沉积在电池单元的负电极或阳极上的过程,并且可例如取决于沉积的锂的特定结构特性而导致诸如容量损失、增大阻抗、降低效率以及在一些情况下的内部短路的长期效应。在随后的放电循环期间,一定程度的镀覆可在被称作剥离(stripping)的过程中反向进行。不可逆镀覆可导致对电池单元阳极的永久性损坏。因此,根据本公开的各个实施例利用车辆控制器或电池控制器,所述车辆控制器或电池控制器被配置为:响应于锂镀覆的检测来提示用户选择电池充电策略,以在减轻可逆或不可逆锂镀覆的同时适应用户对更快充电的需求。所选择的充电策略可控制充电和放电以剥离可逆镀覆的阳极以及减少或消除额外的镀覆。在低温、高荷电状态(SOC)和高充电速率(高电流)下充电期间,电池单元特别容易受到镀覆。因此,充电策略可控制一个或更多个组件或附件以通过例如增大电池电流或操作电池加热器来直接或间接地使电池升温。可使用各种策略来计算锂镀覆指示值,以供控制器用于使用参照图2至图3示出和描述的代表性指示来检测锂镀覆和提示替代充电策略。

[0019] 虽然车辆电池组124通常向高电压总线150提供高电压DC输出,但是电压和电流可根据特定的操作状况和负载而变化。牵引电池组124电连接到一个或更多个外部电路152,一个或更多个外部电路152可包括例如电力电子器件或逆变器电路126、DC/DC转换器电路128和/或电力转换模块或电路132。一个或更多个接触器可在断开时将牵引电池组124与其它组件隔离,并且可在闭合时将牵引电池组124连接到其它组件。牵引电池组124可包括用于测量和监测各种操作参数(包括电池单元电流和单独的电池单元电压)的各种内部电路。诸如电池单元或电池单元的组(有时被称作区或块)的电压、电流和电阻的参数可由BECM146来监测和/或控制。可将与镀覆或未镀覆的电池单元相关联的各种电池期望值或目标值以及标称值存储在与BECM 146相关联的存储器中,以用于检测镀覆。例如,可针对代表性牵引电池经验性地确定电池单元内电阻,然后将其作为所有类似类型的电池的参数值或校准值存储在存储器中,以用于后续的锂镀覆检测和/或电池和车辆的控制。

[0020] 牵引电池组124除了提供用于推进的能量之外,还可为连接到高电压总线150的其它外部电路152提供能量。车辆112的配电系统还可包括DC/DC转换器模块或电路128,DC/DC转换器模块或电路128将牵引电池124的高电压DC输出转换为与可直接连接的其它车辆负载兼容的低电压DC供电。其它外部高电压电路或负载(诸如用于车厢加热器或组件加热器(诸如,电池加热器)的外部高电压电路或负载)可直接地连接到高电压总线150而不使用DC/DC转换器模块128。

[0021] 车辆112还可包括辅助电池130,辅助电池130具有相对较低的标称电压(例如,诸如24V或48V)并且可使用与牵引电池组124不同的电池化学反应来实现。辅助电池130也可被称作低电压电池、起动机电池或者还可被简单地称作用于各种应用的车辆电池。辅助电池130可被用于向通常由电力负载160表示的各种低电压组件、控制器、模块,马达、致动器、

传感器等提供电力。一个或更多个继电器/电压转换器168可被用于向车辆的电力负载160提供电力。在该实施例中,继电器/电压转换器168包括由车辆控制模块(VCM) 172提供的继电器输入信号控制的继电器,车辆控制模块172还可被用于使用电池能量控制模块(BECM) 146来直接或间接地控制车辆和/或牵引电池124。如下面更详细地描述的,一个或更多个电气组件或附件可由VCM 172和/或BECM 146来控制,以通过控制电池电流来控制锂电镀覆。

[0022] 牵引电池组124可通过外部电源136再充电。外部电源136可包括连接到电网的插座。外部电源136可电连接到电动车辆供电设备(EVSE) 138。EVSE 138可提供电路和控制件以调节和管理电源136与车辆112之间的能量传输。外部电源136可向EVSE 138提供DC或AC电力。EVSE 138可具有用于插入到车辆112的充电端口134中的充电连接器140。充电端口134可电连接到充电器或车载电力转换模块132。可选地,被描述为电连接的各种组件可使用无线感应耦合来传输电力。如下面更详细地描述的,电力转换模块132是另一代表性的电气装置,该电气装置可被直接或间接地控制以通过控制电池电流来限制锂电镀覆或者使锂电镀覆反向。在一些应用中,可在充电期间减小或停止电池电流,或者可使电池电流反向以向外部电源136提供电流,以减少锂电镀覆或者使锂电镀覆反向。

[0023] 图1中示出的各种组件可具有一个或更多个关联的控制器、控制模块和/或处理器(诸如VCM 172)以基于锂电镀覆指示值或锂电镀覆的检测来控制车辆和牵引电池的操作。控制器可经由串行外设接口(SPI)总线(例如,控制器局域网(CAN))或经由离散导体进行通信。例如,各种操作参数或变量可使用CAN或其它导体来广播或发布,以供车辆控制模块或子模块用于控制车辆或车辆组件(诸如牵引电池组124或电力负载160)。一个或更多个控制器可以以独立方式操作,而不与一个或更多个其它控制器通信。控制器可包括电池能量控制模块(BECM) 146以控制各种充电和放电功能、电池单元电荷平衡、电池组电压测量、单独的电池单元电压测量、电池过充电保护、电池过放电保护、电池寿命终止确定、锂电镀覆的闭环反馈控制、电池电流极性或电池电流方向(充电和放电)等。

[0024] 控制器可包括各种类型的非暂时性计算机可读存储介质和/或与各种类型的非暂时性计算机可读存储介质通信,所述非暂时性计算机可读存储介质包括用于存储控制逻辑、算法、程序、操作变量、校准数据、目标值、标称值或期望值等的持久性存储装置和临时性存储装置。可将数据存储在通过一个或更多个操作参数进行访问或索引的数组或查找表中。在一个实施例中,BECM 146可与用于存储与电池单元的期望的开路电压值、阈值或模式(pattern)相关联的值的存储器通信。类似地,BECM 146可与具有存储在与电池单元内电阻相关联的查找表或数组中的值的存储器通信,其中,所述电池单元内电阻是基于电池参数(诸如温度、SOC、寿命等)的。

[0025] 还如图1所示,VCM 172可与车辆显示器180通信,车辆显示器180为车辆乘员提供用户界面。显示器180可包括用于接收用户输入的配置区域(programmed area)或触摸敏感区域以及可编程的或固定的按钮、旋钮、滑块、转盘等。如参照图2至图4更详细地示出和描述的,可经由VCM 172或与显示器180通信的另一车辆控制器对显示器180进行配置,以响应于VCM172或BECM 146检测到锂电镀覆而提示充电策略选择。显示器还可被配置为:为车辆乘员提供关于车辆或牵引电池的操作状态、操作模式、剩余燃料可行驶距离、完成充电所需的时间等的情报消息(informational message)。电池充电指示(诸如充电灯184)也可被用于将充电状态或充电模式传送给车辆外部的人。例如,当响应于锂电镀覆的检测而限制或约束

充电时,充电灯184可以以不同的颜色或模式点亮。例如,充电灯184还可基于亮度或点亮的部分的数量来显示电池荷电状态(SOC)的估计。

[0026] 各个实施例可包括将移动装置190(诸如智能电话)链接到VCM 172的能力。移动装置190可包括处理器、存储器和收发器,以与VCM 172无线地交换输入和输出。可选地或组合地,移动装置190可通过有线连接器连接或链接到VCM 172。移动装置190可被应用程序或应用配置为使用短程连接(诸如WiFi或蓝牙)和/或使用利用蜂窝连接和/或卫星连接的远程连接来提供到特定车辆112的安全链路或配对。移动装置190包括被编程或配置为响应于锂电镀覆的检测而接收用于充电策略的选择的用户输入的用户界面。VCM 172可向移动装置190发送数据以响应于锂电镀覆的检测而激活或触发该用户界面,以提示与充电策略有关的用户输入。各种其它车辆和/或电池控制功能可由直接或间接链接到VCM 172的授权的移动装置190来执行。可选地或组合地,可使用显示器180来执行类似功能。

[0027] 图2是示出根据代表性实施例的用于计算用于检测锂电镀覆和提示充电策略选择的锂电镀覆指示值的未电镀覆的电池单元和电镀覆的电池单元的电池单元电压(作为SOC的函数)的曲线图。图2的曲线图使用可用在电气化车辆(诸如在图1中示出的插电式混合动力电动车辆)中的电池组中的代表性锂离子电池单元的经验数据来产生。由线210表示的数据与具有很少电镀覆或无电镀覆的正常锂离子电池单元在放电期间随时间变化的电池单元电压相对应。由线212、214表示的数据与具有通过对电镀覆的电池单元的可见受损阳极的拆卸和检查而确认的电镀覆的锂电镀覆的电池单元在放电期间随时间的电池单元电压相对应。由于锂的化学特性,所以如前所述当电池单元被电镀覆时,电池单元开路电压(OCV)将高于具有较少电镀覆或没有电镀覆的电池单元的电池单元开路电压。

[0028] 在各个实施例中,针对特定电池操作参数(诸如温度、电流、SOC、寿命等)的预期的或正常的电池OCV和/或预期的电池单元内电阻可被存储在与BECM 146通信的存储器中。锂电镀覆指示值可与在类似操作状况下的至少一个电池单元的测量的OCV与先前存储的预期的OCV之间的差相对应。可根据以下公式基于测量的电池单元电压、通过电池单元的电流以及计算的或先前存储在于电池控制系统关联的存储器中的电池单元内电阻来计算测量的OCV:

$$[0029] \quad OCV = V_{\text{battery}} - I * R_{\text{cell}}$$

[0030] 其中,OCV表示电池单元开路电压(V), V_{battery} 表示测量的电池单元电压(V), I 表示通过电池单元的电流(A), R_{cell} 表示电池单元内电阻(欧姆)。与差分OCV相对应的锂电镀覆指示值随后被用于锂电镀覆的闭环反馈控制。可根据以下公式来确定基于电池单元或者电池单元组或块的差分电压的电镀覆指示值:

$$[0031] \quad \text{电镀覆指示值} = OCV_{\text{测量}} - OCV_{\text{预期}}$$

[0032] 与牵引电池通信的一个或更多个控制器可被配置为通过将差分电压与关联的阈值进行比较来检测锂电镀覆。

[0033] 图3是示出根据代表性实施例的用于用于锂电镀覆的检测和提示充电策略选择的电镀覆指示值的未电镀覆的电池单元或电镀覆的电池单元的电池单元电压变化速率与电池单元充电速率的比值(时间的函数)的曲线图。由线310表示的数据与具有很少锂电镀覆或没有锂电镀覆的电池单元的比值相对应,而由线312、314表示的数据与呈现锂电镀覆的电池单元的比值相对应。线320与代表性阈值相对应,该代表性阈值可被用于与用于锂电镀覆的检测的比值进

行比较,响应于计算的比值越过阈值(例如,针对线312在330处所指示的以及针对在线314在340处所指示的)而检测到的锂镀覆。

[0034] 本领域普通技术人员将认识到,特定的阈值可基于电池和/或环境的操作参数或状况而变化并且可被存储在被配置为查找表的存储器中,或者可基于公式或等式被计算或在线估计,所述公式或等式使用经验数据来生成阈值的数学表达式。类似地,可利用用于检测镀覆的数学参数或统计参数(诸如相关性)来对由一个或多个电池单元的数据随时间形成的模式与对应的没有镀覆的电池单元的预期的模式或期望的模式进行比较。类似地,其它比值可被计算并且被用于基于与镀覆的电池单元相关联的经验数据来检测镀覆。镀覆指示可被闭环控制器用于基于响应于锂镀覆的检测而被选择的充电策略来控制电池的充电。

[0035] 如图3中总体上示出的,对于锂镀覆的电池单元,当镀覆的锂在该过程中已停止参与反应时,电池单元电压变化速率或微分电压与电池单元充电速率(例如,电池单元充电速率可由电池单元电流来指示)的比值将具有明显的转变。由于由线310、312和314表示的电池单元电压变化速率与电池单元充电速率的比值与基于时间的比值相比是稳健的(robust),所以其对于各种电池操作状况来说也是稳健的。因此,可使用电池单元电压变化速率与电池单元充电速率的比值来控制锂镀覆,以最小化锂镀覆或防止该比值越过指示锂镀覆的关联阈值。还可检测锂镀覆的模式,并使用该信息来控制并/或跟踪锂镀覆。

[0036] 如先前针对图2所描述的,由于每个电池单元的锂和碳阳极的化学特性,所以当电池被镀覆时,电池单元OCV将高于没有镀覆情况下的正常的或标称的电池开路电压。当锂停止参与反应时,如在350总体上所指示的,电池OCV将回到正常的OCV。在各种应用中,在电池组内针对单独的电池单元或电池单元的组或块测量电池单元电压,使得特定的电池单元或电池单元的组的微分电压 dV/dt 可被计算。电池单元充电速率或电池单元电荷的变化速率可由实际电池单元电流(I)来表示,如下表示:

$$[0037] \quad \frac{dQ}{dt} = I$$

[0038] 电池单元电压变化速率与电池单元充电速率的比值可被车辆控制器或电池控制器根据以下公式计算为镀覆指示值:

$$[0039] \quad \text{比值(镀覆指示值)} = \frac{dV_{\text{battery}}}{dQ} = \left(\frac{dV_{\text{battery}}}{dt} \right) / \left(\frac{dQ}{dt} \right) = \left(\frac{dV}{dt} \right) / I$$

[0040] 其中,Q表示电池单元累积电荷(库仑), V_{battery} 表示测量的电池单元电压(V),I表示通过电池单元的电流(A)。可在微分运算/计算之前和/或在微分运算/计算之后应用滤波器以减少或消除信号噪声。

[0041] 图4是示出根据代表性实施例的用于检测锂镀覆和提示电池充电策略选择的一个或多个锂镀覆指示或参数的计算的流程图。尽管在此描述的处理、系统、方法、启示等可被描述为以有序的顺序发生,但是这样的处理可使用以与描述或示出的顺序不同的顺序完成的所描述的步骤来被执行。应理解的是,在与本公开的教导保持一致并被所要求保护的主体涵盖的同时,可同时执行特定的操作或功能,可添加其它的操作或功能,或者可省略在此描述的特定的操作或功能。类似地,各种操作或功能或者操作的组可基于特定的控制循环而被重复执行和/或响应于特定的输入或事件而被执行。方法或处理的描述针对示出特

定实施例的目的而被提供,并且应被理解为代表许多变型中的一个,而不仅仅限于示出或描述的实施例。

[0042] 如本领域普通技术人员通常理解的,所述系统或方法可通过计算机算法、机器可执行代码或被编程到与车辆相关联的一个或更多个合适的可编程装置(诸如VCM 172、BECM 146、其它控制器或它们的组合)中的软件指令来实现。

[0043] 系统或方法400的操作包括:如在410表示的,将针对各种电池操作参数的预期值或期望值存储在非暂时性计算机可读介质或存储器中,以便随后用于检测锂镀覆和/或控制可能影响锂镀覆的一个或更多个车辆操作或电池操作。如前所述,电池参数值可包括与当前的电池操作状况和/或环境操作状况相对应的代表性电池单元或电池单元的组的开路电压的预期值或期望值。还可存储电池单元内电阻,以便随后用于基于测量的电池单元电压来计算电池单元的OCV。所存储的值还可包括电池电力相对于温度的查找表和累计的镀覆历史计数。累计的镀覆历史计数可限制可选择可能导致镀覆的充电策略的次数。例如,响应于镀覆的检测而被选择的紧急或应急充电模式可在车辆或电池的寿命内被限制为总共十个或二十个事件。根据特定的应用和实施方式,该限制也可与安培小时(Ah)的总量相对应,而不是与事件的总数相对应。

[0044] 如框412所表示的,针对当前操作状况测量或以其它方式确定各种电池参数。如在414表示的,代表性参数可包括电池单元电压、电池单元电流、SOC和温度。如框416所表示的,确定一个或更多个锂镀覆参数或指示。如前所述,锂镀覆参数或指示可以是基于电池单元差分电压418的,例如,电池单元差分电压418可包括差分OCV。可选地,如先前描述的以及在420表示的,可使用测量的电池单元电流、电池单元电压和电池单元内电阻来计算测量的OCV。如在424所表示的微分电压的比值可被计算,并且可包括如在426所表示的微分电压或变化电压与电池充电速率的比值。如在428所表示的,可将一个或更多个锂镀覆指示值与对应的参数进行比较以检测锂镀覆。

[0045] 在428,如果基于一个或多个镀覆参数越过对应的阈值水平而检测到锂镀覆,则如在430所表示的,可启用默认的镀覆减轻充电策略。如在432所表示的,默认的策略可包括直接或间接地使电池升温。这可包括例如通过激活一个或更多个电气附件来控制电池电流以间接地使电池升温。直接加热可包括例如控制电池加热器或者将热的车厢空气引导通过电池。默认的充电策略可基于相对于对应的阈值的一个或更多个镀覆参数的计算值来停止充电速率或者将充电速率降低到未检测到锂镀覆的点。在一个实施例中,如在434所表示的,基于镀覆参数值来实现对充电速率的闭环控制。闭环控制器运转以根据需要增大、减小和/或停止针对当前电池温度的充电电流。

[0046] 现在参照图1和图4,如前所述,响应于锂镀覆的检测,充电灯184、显示器180和/或移动装置190可被配置为显示或以声音的方式发出警报、消息或其它指示,所述警报、消息或其它指示指示锂镀覆和减轻锂镀覆充电策略的执行。在一个实施例中,显示指示低电池温度正在影响充电速率的消息。显示器180和/或移动装置190可包括用户界面以显示消息并且如在440所表示的提示用户针对充电策略的选择进行输入。

[0047] 用户界面可呈现多个充电策略以供用户选择。可用的充电策略可根据应用和实施方式而变化,并且可基于当前操作状况(诸如累计的镀覆历史、SOC、温度等)而变化。在一个实施例中,用户界面包括:如在442所表示的用于使用默认镀覆减轻充电策略的选项,如在

444所表示的用于选择快速充电选项的选项以及如在446所表示的用于选择紧急或应急充电策略的选项。如框450所表示的,然后控制电池和/或车辆以执行所选择的充电策略。

[0048] 默认镀覆减轻充电策略将继续给电池充电,但是以较低的速率进行充电和/或消耗额外的能量以通过运行电气附件来增大电池电流从而使电池升温(例如,可包括由电池加热器直接加热)。用户界面可包括与每个可用的充电策略的选择或确认相关联的估计的充电结束时间和/或消耗的能量或能量成本。例如,代表性信息可包括:完全或部分地给电池充电所需要的小时数或获得足够的电荷以行驶指定的距离或者行驶到指定的目的地所需要的小时数。

[0049] 如在444表示的快速充电策略的选择提供了比默认的镀覆减轻策略更快的充电。发动机控制器可利用电池电力和充电电力使电池循环,以更快地使电池升温。诸如车辆空气调节系统、乘用车厢加热器和/或后窗除雾器的附件可作为电力负载160来被操作,以使电池循环并提供比默认的策略更快的加热。该策略将比默认的策略消耗更多的能量。如前所述,可显示与估计的充电时间、距离、电力等有关的类似的情报消息。该策略可将充电速率或充电电流控制到导致一些可逆镀覆的水平,以减少部分或完全充电所需的充电时间。

[0050] 由框446表示的紧急或应急充电策略采用针对快速充电策略444和默认策略442所描述的各种方法,但是允许更高的充电电流以减少充电时间,该充电电流可导致有限量的不可逆锂镀覆。累计的镀覆历史计数可限制可选择的应急充电策略的次数,或者可要求车辆服务在重置计数或增大限制之前测试电池以防止与不可逆镀覆和阳极损坏相关联的显著的性能下降。例如,策略446可受限于出现的次数或总的安培小时数。

[0051] 如本领域普通技术人员可认识到的,所描述的代表性实施例可提供一个或多个优点(诸如为用户提供基于预期驾驶需要来控制电池充电策略的灵活性)。其可在消除或限制与锂镀覆相关联的任何电池性能下降的同时,通过提供对充电过程的额外的用户控制来减少里程焦虑。

[0052] 虽然以上描述了代表性实施例,但是并不意在这些实施例描述了所要求保护的主题的所有可能形式。更确切地,在说明书中所使用的词语是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。此外,可将各个实现的实施例的特征进行组合以形成未被明确描述或示出的进一步的实施例。尽管针对一个或多个期望的特性,各个实施例已经被描述为提供优点或优于其它实施例或现有技术的实施方式,但是如本领域的普通技术人员所知,根据特定的应用和实施方式,一个或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、装配的容易性等。被描述为在一个或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不一定在本公开的范围之外,并可被期望用于特定的应用。

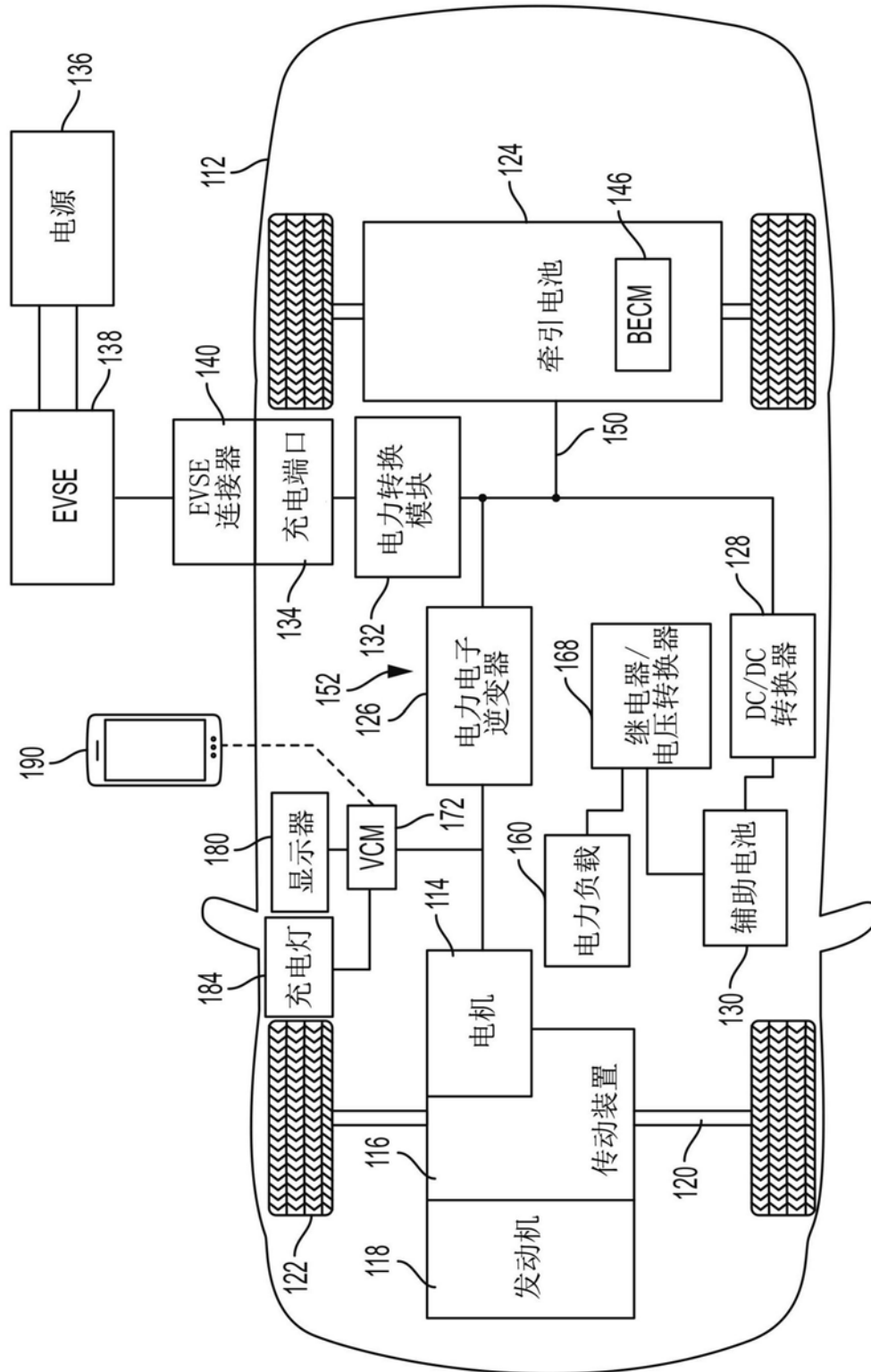


图1

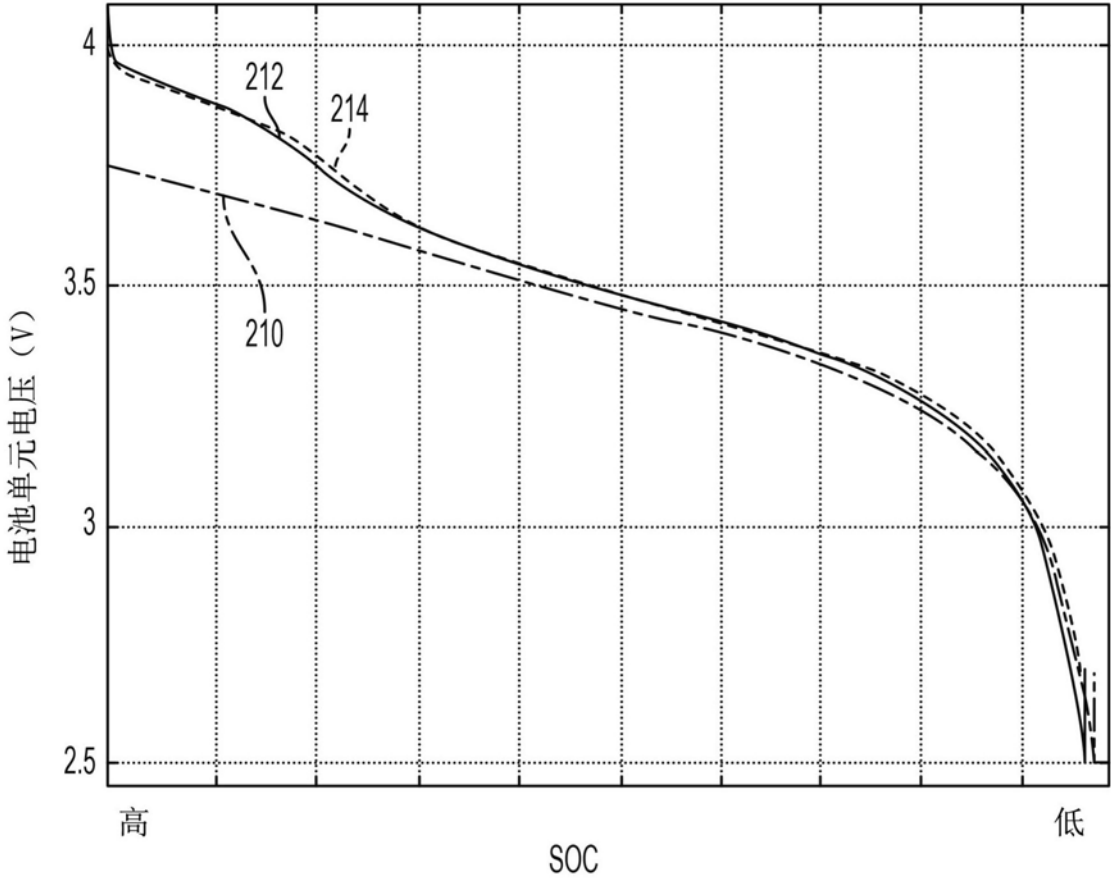


图2

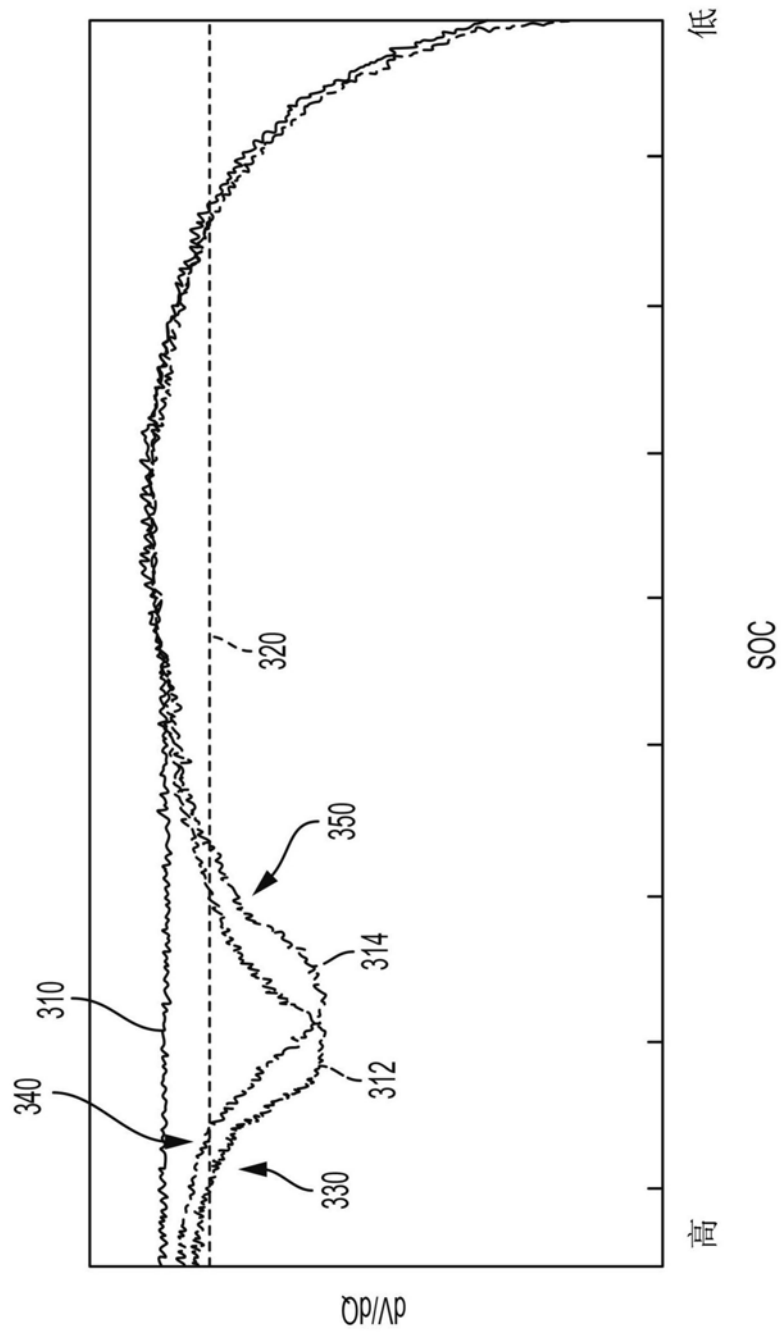


图3

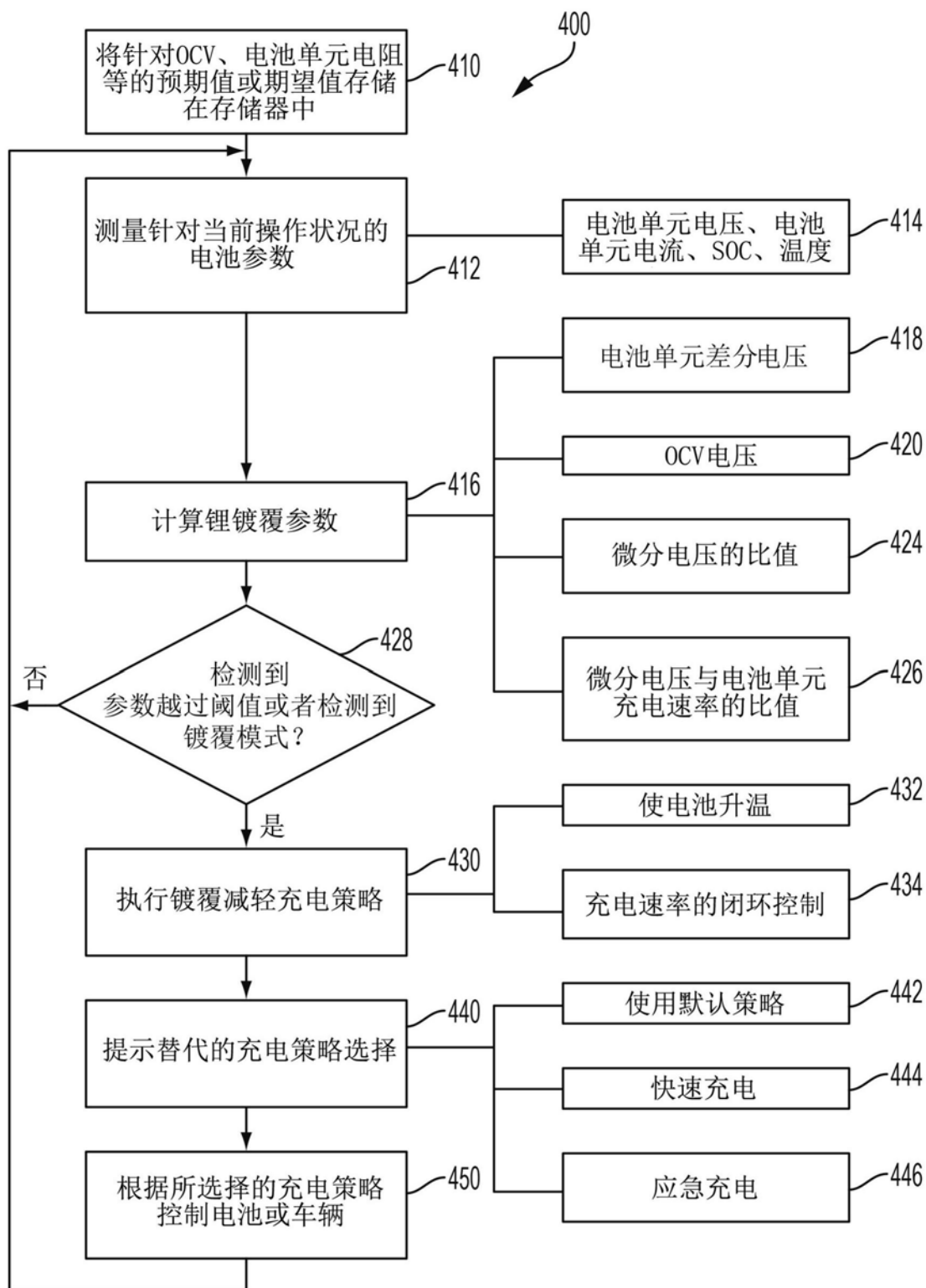


图4