



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109799005 A

(43)申请公布日 2019.05.24

(21)申请号 201811565109.4

H01M 10/48(2006.01)

(22)申请日 2018.12.20

B60L 58/10(2019.01)

(71)申请人 北京长城华冠汽车科技股份有限公司

地址 101300 北京市顺义区仁和镇时骏北街1号院4栋(科技创新功能区)

(72)发明人 陆群 周帅

(74)专利代理机构 北京英创嘉友知识产权代理事务所(普通合伙) 11447

代理人 魏嘉熹 南毅宁

(51)Int.Cl.

G01K 13/00(2006.01)

G01R 31/367(2019.01)

G01R 31/389(2019.01)

H01M 10/42(2006.01)

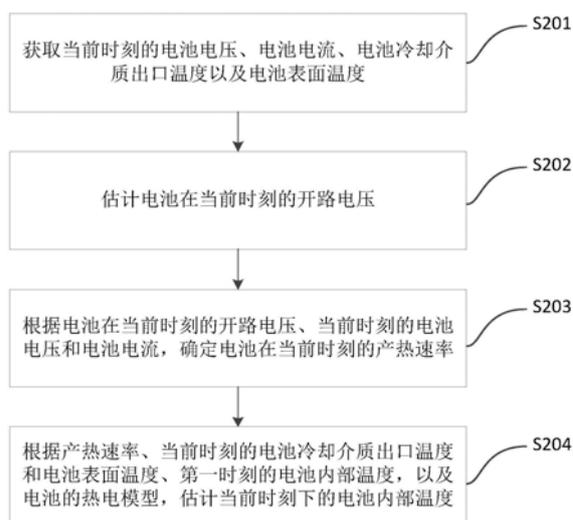
权利要求书3页 说明书10页 附图3页

(54)发明名称

电池内部温度估计方法、装置、系统和车辆

(57)摘要

本公开涉及一种电池内部温度估计方法、装置、系统和车辆,用以解决相关技术中电池内部温度测量不准确、成本高、而且无法保证系统可靠性的问题。该方法包括:获取当前时刻的电池端电压、电池端电流、电池冷却介质出口温度以及电池表面温度;估计电池在当前时刻的开路电压;根据开路电压、当前时刻的电池端电压和电池端电流,确定电池在当前时刻的产热速率;根据产热速率、电池冷却介质出口温度和电池表面温度、第一时刻的电池内部温度,以及电池的热电模型,估计当前时刻下的电池内部温度。



1. 一种电池内部温度估计方法,其特征在于,该方法包括:

获取当前时刻的电池端电压、电池端电流、电池冷却介质出口温度以及电池表面温度;
估计所述电池在所述当前时刻的开路电压;

根据所述开路电压、所述当前时刻的所述电池端电压和所述电池端电流,确定所述电池在所述当前时刻的产热速率;

根据所述产热速率、所述电池冷却介质出口温度和所述电池表面温度、第一时刻的电池内部温度,以及所述电池的热电模型,估计所述当前时刻下的电池内部温度,其中,所述电池的热电模型表征电池产生的热量与电池内部温度变化、电池与设置在电池表面的温度传感器之间的热传递、以及电池与冷却介质之间的热传递之间的能量平衡关系,所述第一时刻为所述当前时刻之前的一时刻,所述温度传感器用于检测电池表面温度。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述估计所述电池在所述当前时刻的开路电压,包括:

根据所述当前时刻的所述电池端电压和所述电池端电流、所述第一时刻的电池端电压和电池端电流、第二时刻的电池端电压和电池端电流,基于电池等效电路模型,采用递推最小二乘法,估计所述电池在所述当前时刻的开路电压,其中,所述第二时刻为所述第一时刻之前的一时刻。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据所述开路电压、所述当前时刻的所述电池端电压和所述电池端电流,确定所述电池在所述当前时刻的产热速率,包括:

根据如下公式计算所述当前时刻的所述产热速率 $P_{loss}(k)$:

$$P_{loss}(k) = (OCV(k) - V(k)) * I(k)$$

其中,OCV(k)表示所述当前时刻的所述开路电压,V(k)表示所述当前时刻的所述电池端电压,I(k)表示所述当前时刻的所述电池端电流。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述热电模型为:

$$P_{loss}(k) = C_{cell} \frac{dT_{cell}}{dt} + (T_{cell}(k) - T_{sensor}(k)) * K_{sensor} + (T_{cell}(k) - T_{coolant}(k)) * K_{coolant}$$

其中, $P_{loss}(k)$ 表示所述当前时刻的所述产热速率, C_{cell} 表示电池热容常数, dT_{cell} 表示在所述第一时刻到所述当前时刻期间的电池内部温度变化, dt 表示所述当前时刻与所述第一时刻之间的时间差, $T_{cell}(k)$ 表示所述当前时刻下的电池内部温度, $T_{sensor}(k)$ 表示所述当前时刻的所述电池表面温度, K_{sensor} 表示电池与所述温度传感器的传热系数, $T_{coolant}(k)$ 表示所述当前时刻的所述电池冷却介质出口温度, $K_{coolant}$ 表示电池与冷却介质的传热系数。

5. 根据权利要求1-4中任一项所述的方法,其特征在于,还包括:

根据所述当前时刻下的所述电池内部温度,对所述电池进行热管理控制。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,所述根据所述当前时刻下的电池内部温度,对所述电池进行热管理控制,包括:

若所述当前时刻下的所述电池内部温度大于预设的温度上限值,控制电池冷却装置开启;

若所述当前时刻下的所述电池内部温度小于预设的温度下限值,控制电池加热装置开启。

7. 一种电池内部温度估计装置,其特征在于,该装置包括:

信号采集模块,用于获取当前时刻的电池端电压、电池端电流、电池冷却介质出口温度以及电池表面温度;

第一估计模块,用于估计所述电池在所述当前时刻的开路电压;

产热速率确定模块,用于根据所述开路电压、所述当前时刻的所述电池端电压和所述电池端电流,确定所述电池在所述当前时刻的产热速率;

第二估计模块,用于根据所述产热速率、所述电池冷却介质出口温度和所述电池表面温度、第一时刻的电池内部温度,以及所述电池的热电模型,估计所述当前时刻下的电池内部温度,其中,所述电池的热电模型表征电池产生的热量与电池内部温度变化、电池与设置在电池表面的温度传感器之间的热传递、以及电池与冷却介质之间的热传递之间的能量平衡关系,所述第一时刻为所述当前时刻之前的一时刻,所述温度传感器用于检测电池表面温度。

8. 根据权利要求7所述的装置,其特征在于,所述第一估计模块,用于根据所述当前时刻的所述电池端电压和所述电池端电流、所述第一时刻的电池端电压和电池端电流、第二时刻的电池端电压和电池端电流,基于电池等效电路模型,采用递推最小二乘法,估计所述电池在所述当前时刻的开路电压,其中,所述第二时刻为所述第一时刻之前的一时刻。

9. 根据权利要求7所述的装置,其特征在于,所述产热速率确定模块,用于根据如下公式计算所述当前时刻的所述产热速率 $P_{loss}(k)$:

$$P_{loss}(k) = (OCV - V(k)) * I(k)$$

其中,OCV表示所述开路电压, $V(k)$ 表示所述当前时刻的所述电池端电压, $I(k)$ 表示所述当前时刻的所述电池端电流。

10. 根据权利要求7所述的装置,其特征在于,所述热电模型为:

$$P_{loss}(k) = C_{cell} \frac{dT_{cell}}{dt} + (T_{cell}(k) - T_{sensor}(k)) * K_{sensor} + (T_{cell}(k) - T_{coolant}(k)) * K_{coolant}$$

其中, $P_{loss}(k)$ 表示所述当前时刻的所述产热速率, C_{cell} 表示电池热容常数, dT_{cell} 表示在所述第一时刻到所述当前时刻期间的电池内部温度变化, dt 表示所述当前时刻与所述第一时刻之间的时间差, $T_{cell}(k)$ 表示所述当前时刻下的电池内部温度, $T_{sensor}(k)$ 表示所述当前时刻的所述电池表面温度, K_{sensor} 表示电池与所述温度传感器的传热系数, $T_{coolant}(k)$ 表示所述当前时刻的所述电池冷却介质出口温度, $K_{coolant}$ 表示电池与冷却介质的传热系数。

11. 根据权利要求7-10中任一项所述的装置,其特征在于,还包括:

控制模块,用于根据所述当前时刻下的所述电池内部温度,对所述电池进行热管理控制。

12. 根据权利要求11所述的装置,其特征在于,所述控制模块,用于在所述当前时刻下的所述电池内部温度大于预设的温度上限值的情况下,控制电池冷却装置开启;在所述当前时刻下的所述电池内部温度小于预设的温度下限值的情况下,控制电池加热装置开启。

13. 一种电池内部温度估计系统,其特征在于,该系统包括:

第一温度传感器,设置在电池表面,用于检测电池表面温度;

第二温度传感器,设置在电池冷却介质出口处,用于检测电池冷却介质出口温度;

电流感测元件,用于感测电池端电流;

电池管理系统,用于执行权利要求1-6中任一项所述的方法的步骤。

14. 一种车辆,其特征在于,包括电池和根据权利要求13所述的电池内部温度控制系统。

电池内部温度估计方法、装置、系统和车辆

技术领域

[0001] 本公开涉及车辆电池领域,具体地,涉及一种电池内部温度估计方法、装置、系统和车辆。

背景技术

[0002] 随着全球能源危机的不断加深,大气污染、全球气温上升的危害加剧,以及对提高汽车燃油经济性和减少汽车排放需求的不断增长,电动汽车得到了快速发展。锂离子已替代镍氢电池成为电动汽车(EV)、混合动力电动汽车(HEV)和插电式混合动力电动汽车(PHEV)的动力源,温度直接影响锂离子电池的能量、功率、寿命性能。锂离子电池中的一些材料具有低的热稳定性,当工作温度高于允许的温度值时,电池会变得热不稳定,而在低温条件下进行充电,可能造成内部析锂并进而引发短路。合理控制电池工作温度对电池系统的安全性和改善电池寿命至关重要,只有实时监测电池内部温度,才能实现对电池工作温度的精准控制,从而保护电池、延长电池寿命、充分发挥电池能力。

[0003] 相关技术中,大多用温度传感器测量电池表面温度作为电池内部温度,然而电池内部和表面间有较大温度差别,表面温度并不能真实反映电池内部温度情况,极端情况下温差甚至超过25℃。另一种测量电池内部温度的方法是将温度传感器放入电池内部,这种方式不但成本昂贵,而且无法保证电池系统的可靠性。

发明内容

[0004] 本公开的目的是提供一种电池内部温度估计方法、装置、系统和车辆,用以解决相关技术中电池内部温度测量不准确、成本高、而且无法保证系统可靠性的问题。

[0005] 为了实现上述目的,第一方面,本公开提供一种电池内部温度估计方法,该方法包括:

[0006] 获取当前时刻的电池端电压、电池端电流、电池冷却介质出口温度以及电池表面温度;

[0007] 估计所述电池在所述当前时刻的开路电压;

[0008] 根据所述开路电压、所述当前时刻的所述电池端电压和所述电池端电流,确定所述电池在所述当前时刻的产热速率;

[0009] 根据所述产热速率、所述电池冷却介质出口温度和所述电池表面温度、第一时刻的电池内部温度,以及所述电池的热电模型,估计所述当前时刻下的电池内部温度,其中,所述电池的热电模型表征电池产生的热量与电池内部温度变化、电池与设置在电池表面的温度传感器之间的热传递、以及电池与冷却介质之间的热传递之间的能量平衡关系,所述第一时刻为所述当前时刻之前的一时刻,所述温度传感器用于检测电池表面温度。

[0010] 可选地,所述估计所述电池在所述当前时刻的开路电压,包括:

[0011] 根据所述当前时刻的所述电池端电压和所述电池端电流、所述第一时刻的电池端电压和电池端电流、第二时刻的电池端电压和电池端电流,基于电池等效电路模型,采用递

推最小二乘法,估计所述电池在所述当前时刻的开路电压,其中,所述第二时刻为所述第一时刻之前的一时刻。

[0012] 可选地,所述根据所述开路电压、所述当前时刻的所述电池端电压和所述电池端电流,确定所述电池在所述当前时刻的产热速率,包括:

[0013] 根据如下公式计算所述当前时刻的所述产热速率 $P_{loss}(k)$:

$$[0014] \quad P_{loss}(k) = (OCV(k) - V(k)) * I(k)$$

[0015] 其中,OCV(k)表示所述当前时刻的所述开路电压,V(k)表示所述当前时刻的所述电池端电压,I(k)表示所述当前时刻的所述电池端电流。

[0016] 可选地,所述热电模型为:

$$[0017] \quad P_{loss}(k) = C_{cell} \frac{dT_{cell}}{dt} + (T_{cell}(k) - T_{sensor}(k)) * K_{sensor} + (T_{cell}(k) - T_{coolant}(k)) * K_{coolant}$$

[0018] 其中, $P_{loss}(k)$ 表示所述当前时刻的所述产热速率, C_{cell} 表示电池热容常数, dT_{cell} 表示在所述第一时刻到所述当前时刻期间的电池内部温度变化, dt 表示所述当前时刻与所述第一时刻之间的时间差, $T_{cell}(k)$ 表示所述当前时刻下的电池内部温度, $T_{sensor}(k)$ 表示所述当前时刻的所述电池表面温度, K_{sensor} 表示电池与所述温度传感器的传热系数, $T_{coolant}(k)$ 表示所述当前时刻的所述电池冷却介质出口温度, $K_{coolant}$ 表示电池与冷却介质的传热系数。

[0019] 可选地,该方法还包括:

[0020] 根据所述当前时刻下的所述电池内部温度,对所述电池进行热管理控制。

[0021] 可选地,所述根据所述当前时刻下的电池内部温度,对所述电池进行热管理控制,包括:

[0022] 若所述当前时刻下的所述电池内部温度大于预设的温度上限值,控制电池冷却装置开启;

[0023] 若所述当前时刻下的所述电池内部温度小于预设的温度下限值,控制电池加热装置开启。

[0024] 第二方面,本公开提供一种电池内部温度估计装置,该装置包括:

[0025] 信号采集模块,用于获取当前时刻的电池端电压、电池端电流、电池冷却介质出口温度以及电池表面温度;

[0026] 第一估计模块,用于估计所述电池在所述当前时刻的开路电压;

[0027] 产热速率确定模块,用于根据所述开路电压、所述当前时刻的所述电池端电压和所述电池端电流,确定所述电池在所述当前时刻的产热速率;

[0028] 第二估计模块,用于根据所述产热速率、所述电池冷却介质出口温度和所述电池表面温度、第一时刻的电池内部温度,以及所述电池的热电模型,估计所述当前时刻下的电池内部温度,其中,所述电池的热电模型表征电池产生的热量与电池内部温度变化、电池与设置在电池表面的温度传感器之间的热传递、以及电池与冷却介质之间的热传递之间的能量平衡关系,所述第一时刻为所述当前时刻之前的一时刻,所述温度传感器用于检测电池表面温度。

[0029] 可选地,所述第一估计模块,用于根据所述当前时刻的所述电池端电压和所述电池端电流、所述第一时刻的电池端电压和电池端电流、第二时刻的电池端电压和电池端电

流,基于电池等效电路模型,采用递推最小二乘法,估计所述电池在所述当前时刻的开路电压,其中,所述第二时刻为所述第一时刻之前的一时刻。

[0030] 可选地,所述产热速率确定模块,用于根据如下公式计算所述当前时刻的所述产热速率 $P_{loss}(k)$:

$$[0031] \quad P_{loss}(k) = (OCV - V(k)) * I(k)$$

[0032] 其中,OCV表示所述开路电压, $V(k)$ 表示所述当前时刻的所述电池端电压, $I(k)$ 表示所述当前时刻的所述电池端电流。

[0033] 可选地,所述热电模型为:

$$[0034] \quad P_{loss}(k) = C_{cell} \frac{dT_{cell}}{dt} + (T_{cell}(k) - T_{sensor}(k)) * K_{sensor} + (T_{cell}(k) - T_{coolant}(k)) * K_{coolant}$$

[0035] 其中, $P_{loss}(k)$ 表示所述当前时刻的所述产热速率, C_{cell} 表示电池热容常数, dT_{cell} 表示在所述第一时刻到所述当前时刻期间的电池内部温度变化, dt 表示所述当前时刻与所述第一时刻之间的时间差, $T_{cell}(k)$ 表示所述当前时刻下的电池内部温度, $T_{sensor}(k)$ 表示所述当前时刻的所述电池表面温度, K_{sensor} 表示电池与所述温度传感器的传热系数, $T_{coolant}(k)$ 表示所述当前时刻的所述电池冷却介质出口温度, $K_{coolant}$ 表示电池与冷却介质的传热系数。

[0036] 可选地,该装置还包括:

[0037] 控制模块,用于根据所述当前时刻下的所述电池内部温度,对所述电池进行热管理控制。

[0038] 可选地,所述控制模块,用于在所述当前时刻下的所述电池内部温度大于预设的温度上限值的情况下,控制电池冷却装置开启;在所述当前时刻下的所述电池内部温度小于预设的温度下限值的情况下,控制电池加热装置开启。

[0039] 第三方面,本公开还提供一种电池内部温度估计系统,该系统包括:

[0040] 第一温度传感器,设置在电池表面,用于检测电池表面温度;

[0041] 第二温度传感器,设置在电池冷却介质出口处,用于检测电池冷却介质出口温度;

[0042] 电流感测元件,用于感测电池端电流;

[0043] 电池管理系统,用于执行本公开第一方面提供的上述电池内部温度估计方法的步骤。

[0044] 第四方面,本公开还提供一种车辆,包括电池和本公开第三方面提供的上述电池内部温度估计系统。

[0045] 在上述技术方案中,根据电池产生的热量与电池内部温度变化、电池与设置在电池表面的温度传感器之间的热传递、以及电池与冷却介质之间的热传递之间的能量平衡关系,构建了电池的热电模型。由于该热电模型本身符合电池能量平衡的自然规律,加之用于估计电池内部温度的参数(包括电池表面温度、电池冷却介质出口温度、电池端电压、电池端电流)均可通过相应的采集装置准确、可靠地采集到,因此,基于这些参数以及该热电模型估计电池内部温度,可以确保估计出的电池内部温度具有较高的可信度及准确度。此外,利用本公开提供的电池内部温度估计方法,在测量时不需要破坏电池内部结构,因此,测量成本低,且能够保证电池系统的可靠性,提高电池使用寿命。

[0046] 本公开的其他特征和优点将在随后的具体实施方式部分予以详细说明。

附图说明

[0047] 附图是用来提供对本公开的进一步理解,并且构成说明书的一部分,与下面的具体实施方式一起用于解释本公开,但并不构成对本公开的限制。在附图中:

[0048] 图1是根据本公开的一示例性实施例示出的电池等效电路模型示意图。

[0049] 图2是根据一示例性实施例示出的一种电池内部温度估计方法的流程图

[0050] 图3是根据另一示例性实施例示出的一种电池内部温度估计方法的流程图。

[0051] 图4是根据一示例性实施例示出的一种电池内部温度估计装置的框图。

[0052] 图5是根据一示例性实施例示出的一种电池内部温度估计系统的框图。

具体实施方式

[0053] 以下结合附图对本公开的具体实施方式进行详细说明。应当理解的是,此处所描述的具体实施方式仅用于说明和解释本公开,并不用于限制本公开。

[0054] 如在背景技术中所阐述的,相关技术中,要么采用温度传感器测量得到的电池表面温度作为电池内部温度,要么将温度传感器安装到电池内部测量得到电池内部温度。第一种方式得到的电池内部温度精度差,第二种方式检测成本高且无法保证系统可靠性。为了解决这一问题,发明人在研发中转换了研发思路,基于电池能量平衡关系建立了电池的热电模型,并利用该热电模型估计电池内部温度,从而达到提高电池内部温度的测量精度、降低测量成本、确保电池系统可靠性的目的。下面将详细描述本公开提供的电池内部温度估计方法。

[0055] 首先,先描述上述热电模型的建立过程。

[0056] 发明人在研究中发现,电池产生的热量主要用于电池内部温升、电池与设置在电池表面的温度传感器之间的热传递、以及电池与冷却介质之间的热传递。其中,该冷却介质可以为冷却空气,或者为冷却液,本公开对此不进行具体限定。基于这一发现,遵照能量守恒定律,发明人建立了电池的热电模型,该热电模型表征电池产生的热量与电池内部温度变化、电池与设置在电池表面的温度传感器之间的热传递、以及电池与冷却介质之间的热传递之间的能量平衡关系。示例地,该热电模型可以被表示如下公式(1):

[0057]

$$P_{loss}(k) = C_{cell} \frac{dT_{cell}}{dt} + (T_{cell}(k) - T_{sensor}(k)) * K_{sensor} + (T_{cell}(k) - T_{coolant}(k)) * K_{coolant} \quad (1)$$

[0058] 其中, $P_{loss}(k)$ 表示当前时刻的电池产热速率; C_{cell} 表示电池热容常数,与电池材料特性相关; dT_{cell} 表示在第一时刻到当前时刻期间的电池内部温度变化,该第一时刻为当前时刻之前的一时刻,可选地,该第一时刻和当前时刻为相邻的两个电池内部温度估计时刻; dt 表示当前时刻与第一时刻之间的时间差,示例地,该时间差可设置为 $0.01s \sim 1s$,该时间差表示电池内部温度估计的时间间隔; $T_{cell}(k)$ 表示当前时刻下的电池内部温度; $T_{sensor}(k)$ 表示当前时刻的电池表面温度; K_{sensor} 表示电池与电池表面的温度传感器的传热系数,与电池材料、温度传感器特性相关,该温度传感器用于检测电池表面温度,其中,该 K_{sensor} 可以为一个固定值,或者,可以为随温度变化的动态值,在随温度变化的实施方式中,可以根据预先建立的电池表面温度与传热系数 K_{sensor} 之间的映射关系表,确定与当前电池表面温度对应的 K_{sensor} ; $T_{coolant}(k)$ 表示当前时刻的电池冷却介质出口温度,示例地,若冷却介质为冷却

空气,则 $T_{coolant}(k)$ 表示当前时刻的电池冷却空气出口温度; $K_{coolant}$ 表示电池与冷却介质的传热系数,不但与电池材料特性有关,而且与冷却介质流速、温度存在一定的比例关系,示例地,若冷却介质为冷却空气,则 $K_{coolant}$ 表示电池与冷却空气的传热系数。该 $K_{coolant}$ 可以为一个固定值,或者,可以为随冷却介质流速变化的动态值,或者,可以为随冷却介质的温度及流速变化的动态值。在随冷却介质流速动态变化的实施方式中,可以根据预先建立的冷却介质流速与传热系数 $K_{coolant}$ 之间的映射关系表,确定与当前冷却介质流速对应的 $K_{coolant}$ 。在随冷却介质的温度及流速动态变化的实施方式中,可以根据预先建立的冷却介质的温度、流速与传热系数 $K_{coolant}$ 之间的映射关系表,确定与当前冷却介质流速和温度对应的 $K_{coolant}$ 。

[0059] 将公式(1)离散化以后得到差分方程(2):

$$T_{cell}(k) = T_{cell}(k-1) + dt * (T_{sensor}(k) - T_{cell}(k)) * K_{sensor} / C_{cell} + dt * ((T_{coolant}(k) - T_{cell}(k)) * K_{coolant} + P_{loss}(k)) / C_{cell} \quad (2)$$

[0061] 由差分方程(2)可以求得电池内部温度递推公式(3):

$$T_{cell}(k) = \frac{T_{coolant}(k) * K_{coolant} * dt + T_{sensor}(k) * K_{sensor} * dt + T_{cell}(k-1) * C_{cell} + P_{loss}(k) * dt}{C_{cell} + K_{sensor} * dt + K_{coolant} * dt} \quad (3)$$

[0063] 由此可知,在电池内部温度估计时,只要获得了当前时刻下的电池产热速率 $P_{loss}(k)$ 、电池表面温度 $T_{sensor}(k)$ 、电池冷却介质出口温度 $T_{coolant}(k)$,利用之前估计出的第一时刻的电池内部温度 $T_{cell}(k-1)$ 以及当前时刻与第一时刻之间的时间差 dt ,就可以根据公式(3)确定出当前时刻下的电池内部温度 $T_{cell}(k)$ 。

[0064] 电池表面温度 $T_{sensor}(k)$ 可以通过安装在电池表面的第一温度传感器来采集。在一种可选实施方式中,该电池表面温度 $T_{sensor}(k)$ 可以为电池表面上多采集点的温度平均值。电池冷却介质出口温度 $T_{coolant}(k)$ 可以通过安装在电池冷区介质出口处的第二温度传感器来采集。

[0065] 电池产热速率 $P_{loss}(k)$ 与当前电池端电压和电池端电流有关。示例地,电池产热速率 $P_{loss}(k)$ 的计算公式如公式(4)所示:

$$P_{loss}(k) = (OCV(k) - V(k)) * I(k) \quad (4)$$

[0067] 其中, $OCV(k)$ 表示当前时刻的电池开路电压; $V(k)$ 表示当前时刻的电池端电压; $I(k)$ 表示当前时刻的电池端电流。

[0068] 电池端电压 $V(k)$ 可以通过电池管理系统BMS内部集成的电压采集芯片采集,在其他实施方式中,该电池端电压 $V(k)$ 也可以通过与BMS独立设置的电压采集装置采集,对此,本公开不具体限定。电池端电流 $I(k)$ 可以通过电流感测元件感测,例如,霍尔传感器或分流器。这样,由公式(4)可知,只要获知了电池开路电压 $OCV(k)$,便可以计算出电池产热速率 $P_{loss}(k)$ 。

[0069] 在相关技术中公开了一些有关估计电池电路电压的方法。在本公开中,利用当前时刻的电池端电压 $V(k)$ 和电池端电流 $I(k)$ 、第一时刻的电池端电压 $V(k-1)$ 和电池端电流 $I(k-1)$ 、第二时刻的电池端电压 $V(k-2)$ 和电池端电流 $I(k-2)$,基于电池等效电路模型,采用递推最小二乘法,估计电池在当前时刻的开路电压 $OCV(k)$,其中,第一时刻为当前时刻之前

的一时刻,第二时刻为第一时刻之前的一时刻。优选地,该第二时刻、该第一时刻、该当前时刻为连续的三个电池内部温度估计时刻。

[0070] 具体地,电池等效电路模型如图1所示。根据图1中示出的电池等效电路模型,可以列出电池端电压计算公式如下:

$$[0071] \quad V(k) = OCV(k) + I(k) * R_0 + V_1(k) + V_2(k) \quad (5)$$

[0072] 其中, R_0 为欧姆电阻; R_1 为电荷传递电阻; R_2 为扩散电阻; C_1 为双电层电容; C_2 为扩散电容; $V_1(k)$ 表示 R_1 、 C_1 两端电压; $V_2(k)$ 表示 R_2 、 C_2 两端电压。

[0073] 根据全状态响应可列出 $V_1(k)$ 、 $V_2(k)$ 差分方程:

$$[0074] \quad V_1(k) = \exp\left(-\frac{dt}{R_1 C_1}\right) V_1(k-1) + I(k-1) * R_1 * \left(1 - \exp\left(-\frac{dt}{R_1 C_1}\right)\right) \quad (6)$$

$$[0075] \quad V_2(k) = \exp\left(-\frac{dt}{R_2 C_2}\right) V_2(k-1) + I(k-1) * R_2 * \left(1 - \exp\left(-\frac{dt}{R_2 C_2}\right)\right) \quad (7)$$

[0076] 令:

$$[0077] \quad a_1 = \exp\left(-\frac{dt}{R_1 C_1}\right) \quad (8)$$

$$[0078] \quad b_1 = R_1 * \left(1 - \exp\left(-\frac{dt}{R_1 C_1}\right)\right) \quad (9)$$

$$[0079] \quad a_2 = \exp\left(-\frac{dt}{R_2 C_2}\right) \quad (10)$$

$$[0080] \quad b_2 = R_2 * \left(1 - \exp\left(-\frac{dt}{R_2 C_2}\right)\right) \quad (11)$$

[0081] 将关系式(8)~(11)代入方程(6)和(7),然后运用z变换与逆z变换,可得差分方程如下:

[0082]

$$V(k) = (a_1 + a_2)V(k-1) - a_1 a_2 V(k-2) + R_0 I(k) + [b_1 + b_2 - R_0(a_1 + a_2)]I(k-1) + (a_1 a_2 R_0 - b_1 a_2 - b_2 a_1)I(k-2) + [1 - (a_1 + a_2) + a_1 a_2]OCV(k) \quad (12)$$

[0083] 令:

$$[0084] \quad \theta_1 = a_1 + a_2$$

$$[0085] \quad \theta_2 = -a_1 a_2$$

$$[0086] \quad \theta_3 = R_0$$

$$[0087] \quad \theta_4 = b_1 + b_2 - R_0(a_1 + a_2)$$

$$[0088] \quad \theta_5 = a_1 a_2 R_0 - b_1 a_2 - b_2 a_1$$

$$[0089] \quad \theta_6 = [1 - (a_1 + a_2) + a_1 a_2]OCV(k) \quad (13)$$

[0090] 则根据测量的当前时刻的电池端电压 $V(k)$ 、电池端电流 $I(k)$ 以及之前测量的第一时刻的电池端电压 $V(k-1)$ 、第二时刻的电池端电压 $V(k-2)$ 、第一时刻的电池端电流 $I(k-1)$ 、

第二时刻的电池端电流 $I(k-2)$ ，采用递推最小二乘算法可实时估算出参数值 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 、 θ_4 、 θ_5 、 θ_6 ，之后，根据关系式(13)可计算出OCV(k)，如公式(14)所示：

$$[0091] \quad \text{OCV}(k) = \theta_6 / (1 - \theta_1 - \theta_2) \quad (14)$$

[0092] 由于开路电压OCV(k)是根据可以被准确采集到的电池端电压和电池端电流估计出的，因此，该开路电压OCV(k)的估算精度较高，进而确保基于该开路电压OCV(k)确定出的电池产热速率 $P_{\text{loss}}(k)$ 较为准确。另外，由于电池表面温度 $T_{\text{sensor}}(k)$ 和电池冷却介质出口温度 $T_{\text{coolant}}(k)$ 这两个数据均可以通过温度传感器被准确采集到，因此，基于这三个数据估计出的电池内部温度 $T_{\text{cell}}(k)$ 的可信度是较高的，数据准确性得以提升。

[0093] 在构建出电池的热电模型之后，便可以利用该热电模型实时估计电池内部温度。图2是根据一示例性实施例示出的一种电池内部温度估计方法的流程图。如图2所示，该方法可以包括步骤201~步骤204。

[0094] 在步骤201中，获取当前时刻的电池端电压、电池端电流、电池冷却介质出口温度以及电池表面温度。

[0095] 如上所述，电池端电压可以通过BMS内部集成的电压采集芯片采集，也可以通过与BMS独立设置的电压采集装置采集。电池端电流可以通过电流感测元件感测，该电流感测元件例如为：霍尔传感器或分流器。电池表面温度 $T_{\text{sensor}}(k)$ 可以通过安装在电池表面的第一温度传感器来采集，如NTC(Negative Temperature Coefficient, 负温度系数)温度传感器，该电池表面温度 $T_{\text{sensor}}(k)$ 可以为电池表面上多采集点的温度平均值。电池冷却介质出口温度 $T_{\text{coolant}}(k)$ 可以通过安装在电池冷区介质出口处的第二温度传感器来采集，如NTC温度传感器。

[0096] 在步骤202中，估计电池在当前时刻的开路电压。

[0097] 示例地，根据当前时刻的电池端电压和电池端电流、第一时刻的电池端电压和电池端电流、第二时刻的电池端电压和电池端电流，基于电池等效电路模型，采用递推最小二乘法，估计电池在当前时刻的开路电压。

[0098] 具体地，首先，根据当前时刻的电池端电压 $V(k)$ 和电池端电流 $I(k)$ 、第一时刻的电池端电压 $V(k-1)$ 和电池端电流 $I(k-1)$ 、第二时刻的电池端电压 $V(k-2)$ 和电池端电流 $I(k-2)$ ，基于电池等效电路模型，采用递推最小二乘法，估算出参数值 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 、 θ_4 、 θ_5 、 θ_6 ，之后，再利用公式(14)计算出电池在当前时刻的开路电压OCV(k)。

[0099] 需要说明的是，上述估计电池开路电压的方法仅仅是示例性的，并不用于限制本公开，也可以利用本领域技术人员知晓的其他相关技术中的估计电池开路电压的方法来实施步骤202。

[0100] 在步骤203中，根据电池在当前时刻的开路电压、当前时刻的电池端电压和电池端电流，确定电池在当前时刻的产热速率。

[0101] 示例地，通过公式(4)计算电池在当前时刻的产热速率 $P_{\text{loss}}(k)$ 。

[0102] 在步骤204中，根据产热速率、当前时刻的电池冷却介质出口温度和电池表面温度、第一时刻的电池内部温度，以及电池的热电模型，估计当前时刻下的电池内部温度。

[0103] 如上所述，电池的热电模型表征电池产生的热量与电池内部温度变化、电池与设置在电池表面的温度传感器之间的热传递、以及电池与冷却介质之间的热传递之间的能量平衡关系。

[0104] 示例地,电池的热电模型如公式(1)所示。

[0105] 示例地,根据步骤203获得的 $P_{\text{loss}}(k)$ 、以及步骤201获得的 $T_{\text{sensor}}(k)$ 和 $T_{\text{coolant}}(k)$,利用之前估计出的第一时刻的电池内部温度 $T_{\text{cell}}(k-1)$ 以及当前时刻与第一时刻之间的时间差 dt ,通过公式(3)确定出当前时刻下的电池内部温度 $T_{\text{cell}}(k)$ 。

[0106] 在上述技术方案中,根据电池产生的热量与电池内部温度变化、电池与设置在电池表面的温度传感器之间的热传递、以及电池与冷却介质之间的热传递之间的能量平衡关系,构建了电池的热电模型。由于该热电模型本身符合电池能量平衡的自然规律,加之用于估计电池内部温度的参数(包括电池表面温度、电池冷却介质出口温度、电池端电压、电池端电流)均可通过相应的采集装置准确、可靠地采集到,因此,基于这些参数以及该热电模型估计电池内部温度,可以确保估计出的电池内部温度具有较高的可信度及准确度。此外,利用本公开提供的电池内部温度估计方法,在测量时不需要破坏电池内部结构,因此,测量成本低,且能够保证电池系统的可靠性,提高电池使用寿命。

[0107] 在可选的实施方式中,在估计出当前时刻下的电池内部温度后,可以存储该电池内部温度,以便估计下一时刻的电池内部温度时使用。

[0108] 此外,在电池内部温度估计结束时,结束之前先保存最近一次估算出的参数值 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 、 θ_4 、 θ_5 、 θ_6 以及递推过程中的协方差矩阵,以便下次电池上电时作为初值使用。

[0109] 图3是根据另一示例性实施例示出的一种电池内部温度估计方法的流程图。如图3所示,在图2所示的方法的基础上,该方法还可以包括步骤205。

[0110] 在步骤205中,根据当前时刻下的电池内部温度,对电池进行热管理控制。

[0111] 示例地,根据当前时刻下的电池内部温度,对电池进行热管理控制可以为:若当前时刻下的电池内部温度大于预设的温度上限值,控制电池冷却装置开启。其中,电池冷却装置可以例如为电池冷却风扇,不过应当理解的是,该电池冷却风扇仅仅是示例性的,其他用于为电池进行冷却的装置同样适用于本公开。此外,该温度上限值可以根据电池在不同温度下的性能来预先设定,示例地,该温度上限值可以被设置为 35° 至 40° 之间的温度值。

[0112] 当估计出的电池内部温度大于该温度上限值,则表示当前电池内部温度较高,电池性能会受影响,此时,控制电池冷却装置开启从而达到为电池冷却的目的。

[0113] 示例地,根据当前时刻下的电池内部温度,对电池进行热管理控制可以为:若当前时刻下的电池内部温度小于预设的温度下限值,控制电池加热装置开启。其中,电池加热装置可以例如为附着在电池表面的加热膜,不过应当理解的是,该加热膜仅仅是示例性的,其他用于为电池进行加热的装置同样适用于本公开。此外,该温度下限值也可以根据电池在不同温度下的性能来预先设定,示例地,该温度下限值可以被设置为 0° 至 5° 之间的温度值。

[0114] 当估计出的电池内部温度小于该温度下限值,则表示当前电池内部温度较低,电池性能会受影响,此时,控制电池加热装置开启从而达到为电池加热的目的。

[0115] 应当理解的是,若估计出的电池内部温度恢复到正常工作温度范围内,则可以控制电池加热装置或电池冷却装置关闭。

[0116] 基于同一发明构思,本公开还提供一种电池内部温度估计装置。图4是根据一示例性实施例示出的一种电池内部温度估计装置的框图。如图4所示,该装置400可以包括:

[0117] 信号采集模块401,用于获取当前时刻的电池端电压、电池端电流、电池冷却介质出口温度以及电池表面温度;

[0118] 第一估计模块402,用于估计电池在当前时刻的开路电压;

[0119] 产热速率确定模块403,用于根据第一估计模块402估计出的开路电压、信号采集模块401获取到的当前时刻的电池端电压和电池端电流,确定电池在当前时刻的产热速率;

[0120] 第二估计模块404,用于根据产热速率确定模块403确定出的产热速率、信号采集模块401获取到的当前时刻的电池冷却介质出口温度和电池表面温度、第一时刻的电池内部温度,以及电池的热电模型,估计当前时刻下的电池内部温度,其中,该第一时刻为该当前时刻之前的一时刻。

[0121] 在上述技术方案中,根据电池产生的热量与电池内部温度变化、电池与设置在电池表面的温度传感器之间的热传递、以及电池与冷却介质之间的热传递之间的能量平衡关系,构建了电池的热电模型。由于该热电模型本身符合电池能量平衡的自然规律,加之用于估计电池内部温度的参数(包括电池表面温度、电池冷却介质出口温度、电池端电压、电池端电流)均可通过相应的采集装置准确、可靠地采集到,因此,基于这些参数以及该热电模型估计电池内部温度,可以确保估计出的电池内部温度具有较高的可信度及准确度。此外,利用本公开提供的电池内部温度估计方法,在测量时不需要破坏电池内部结构,因此,测量成本低,且能够保证电池系统的可靠性,提高电池使用寿命。

[0122] 可选地,所述第一估计模块402用于根据当前时刻的电池端电压和电池端电流、第一时刻的电池端电压和电池端电流、第二时刻的电池端电压和电池端电流,基于电池等效电路模型,采用递推最小二乘法,估计电池在当前时刻的开路电压,其中,该第二时刻为该第一时刻之前的一时刻。

[0123] 可选地,所述产热速率确定模块403用于根据公式(4)计算当前时刻的电池产热速率 $P_{loss}(k)$ 。

[0124] 可选地,该装置400还可以包括:

[0125] 控制模块,用于根据第二估计模块404估计出的当前时刻下的电池内部温度,对电池进行热管理控制。

[0126] 可选地,该控制模块可以用于在当前时刻下的电池内部温度大于预设的温度上限值的情况下,控制电池冷却装置开启;在当前时刻下的电池内部温度小于预设的温度下限值的情况下,控制电池加热装置开启。

[0127] 本领域的技术人员可以清楚地了解到,为描述的方便和简洁,仅以上述任一实施例所述的电池内部温度估计装置中各功能模块的划分进行举例说明,实际应用中,可以根据需要而将上述功能分配由不同的功能模块完成,即将装置的内部结构划分成不同的功能模块,以完成以上描述的全部或者部分功能。上述描述功能模块的具体工作过程,可以参考前述方法实施例中的对应过程,在此不再赘述。

[0128] 值得说明的是,以上对上述任一实施例所述的电池内部温度估计装置的模块划分,仅仅为一种逻辑功能划分,实际实现时可以有另外的划分方式,例如多个模块或组件可以结合或者可以集成到另一个系统,或一些特征可以忽略,或不执行。另一点,所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口,装置或模块的间接耦合或通信连接,可以是电性,机械或其它的形式。

[0129] 另外,在本公开各个实施例中的各功能模块可以集成在一个处理模块中,也可以是各个模块单独物理包括,也可以两个或两个以上模块集成在一个模块中。上述集成的模

块既可以采用硬件的形式实现,也可以采用硬件加软件功能模块的形式实现。并且,上述各功能模块的物理实现也可能有多种实现方式。例如,本公开实施例中的信号采集模块可以为模数转换(ADC)电路,第一估计模块、产热速率确定模块、第二估计模块和控制模块可以被集成为微控制模块(MCU, Micro Control Unit),也可以为现场可编程门阵列(Field Programmable Gate Array, FPGA)或其他硬件,以实现本公开实施例中电池内部温度估计方法的部分操作。

[0130] 基于同一发明构思,本公开还提供一种电池内部温度估计系统。图5是根据一示例性实施例示出的一种电池内部温度估计系统的框图。如图5所示,该系统可以包括:

[0131] 第一温度传感器501,设置在电池表面,用于检测电池表面温度;

[0132] 第二温度传感器502,设置在电池冷却介质出口处,用于检测电池冷却介质出口温度;

[0133] 电流感测元件503,用于感测电池端电流;

[0134] 电池管理系统504,用于执行本公开提供的上述电池内部温度估计方法。

[0135] 其中,该第一温度传感器501和该第二温度传感器502例如为NTC温度传感器。电流感测元件503例如为霍尔传感器或分流器。

[0136] 示例地,如图5所示,电池管理系统504可以包括控制器MCU 505和电压采集芯片506。该电压采集芯片506用于实时采集电池端电压。电池管理系统504还可以包括至少一个模数转换(ADC)电路(未示出),该ADC电路可以全部位于MCU 505内,或全部位于MCU 505之外,或一部分位于MCU 505内、一部分位于MCU 505之外。ADC电路用于将传感器检测到的模拟信号转化为数字信号。MCU 505用于执行开路电压的估算、产热效率的计算、电池内部温度的估计、以及电池加热装置与电池冷却装置的控制等等。

[0137] 需要说明的是,图5仅仅示出了电池管理系统中的一部分部件,并不表示电池管理系统只包括所示出的部件,可以根据实际需求,对电池管理系统配置各种功能部件,例如,存储器等。

[0138] 本公开还提供一种车辆,包括电池和本公开提供的上述电池内部温度控制系统。

[0139] 可选地,该车辆为能够电力驱动的汽车,例如,电动汽车(EV)、混合动力电动汽车(HEV)和插电式混合动力电动汽车(PHEV)等。此外,该电池可以为车辆的动力电池,也可以为车辆上用于供电的其他电池。

[0140] 以上结合附图详细描述了本公开的优选实施方式,但是,本公开并不限于上述实施方式中的具体细节,在本公开的技术构思范围内,可以对本公开的技术方案进行多种简单变型,这些简单变型均属于本公开的保护范围。

[0141] 另外需要说明的是,在上述具体实施方式中所描述的各个具体技术特征,在不矛盾的情况下,可以通过任何合适的方式进行组合。为了避免不必要的重复,本公开对各种可能的组合方式不再另行说明。

[0142] 此外,本公开的各种不同的实施方式之间也可以进行任意组合,只要其不违背本公开的思想,其同样应当视为本公开所公开的内容。

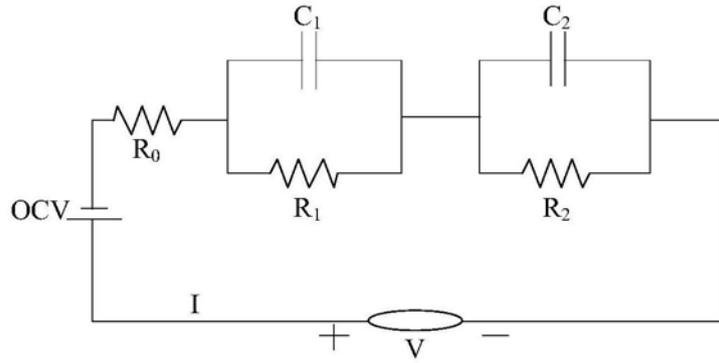


图1

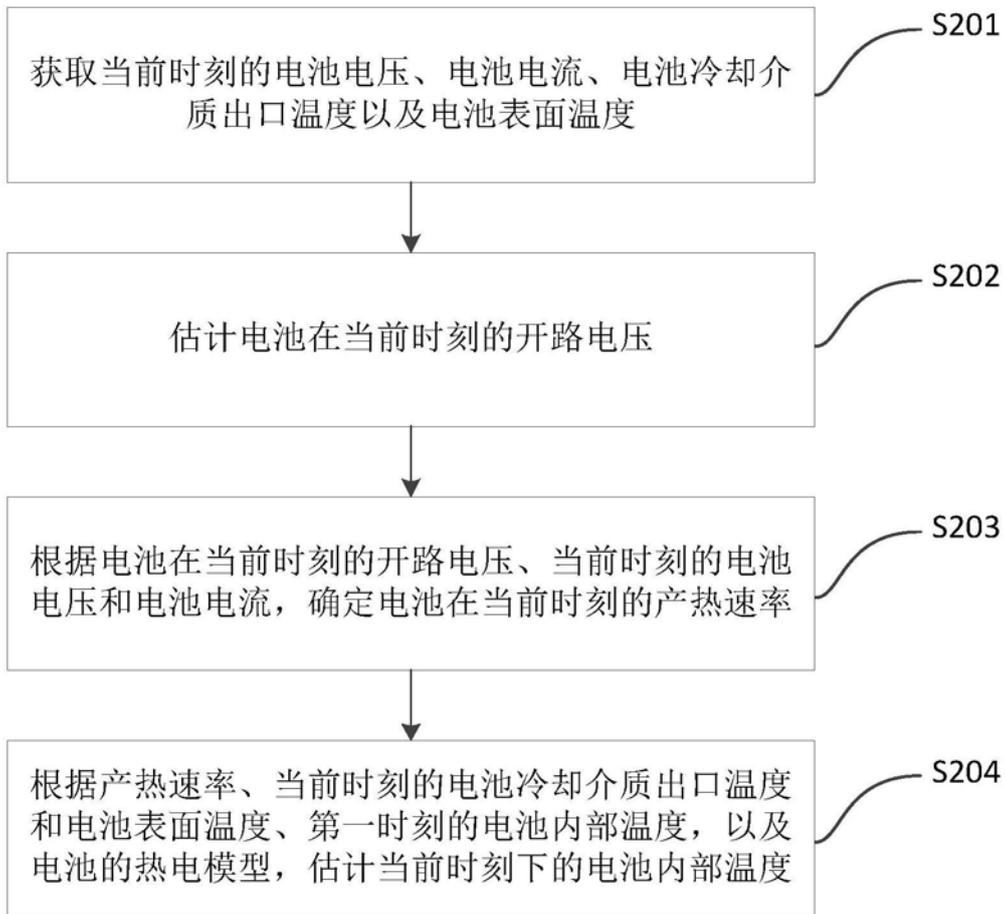


图2

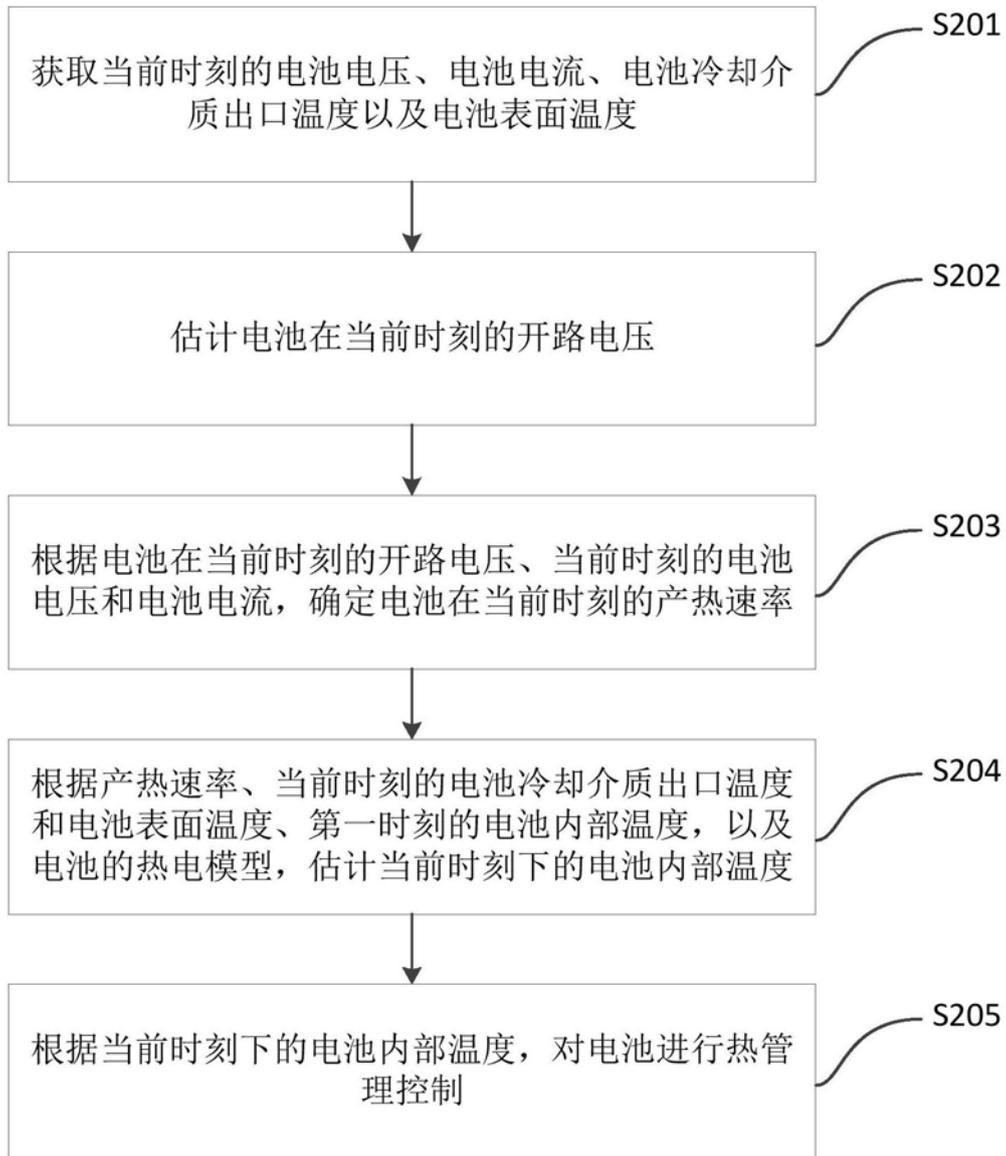


图3

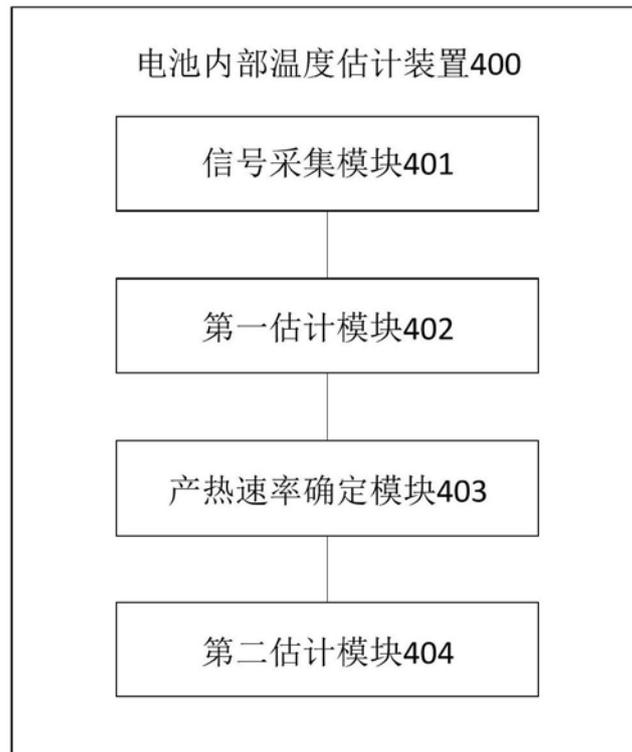


图4

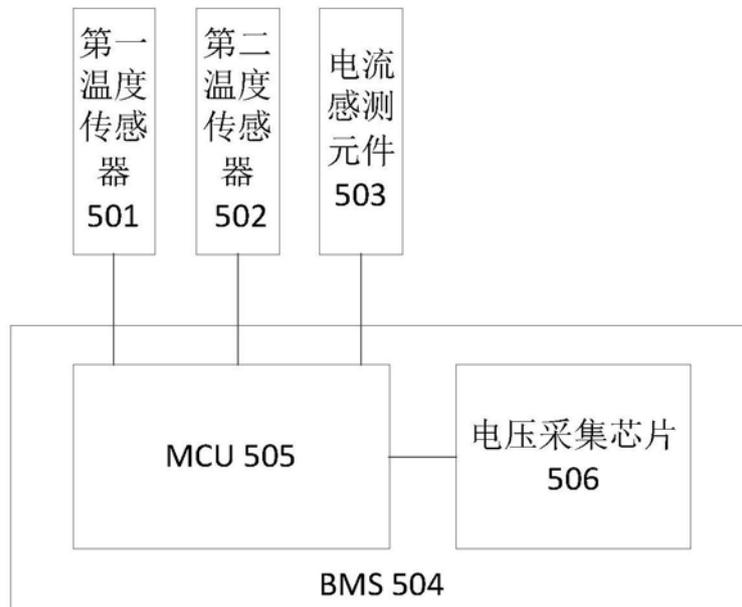


图5