



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107579308 B

(45)授权公告日 2019.08.27

(21)申请号 201710771219.5

H01M 10/633(2014.01)

(22)申请日 2017.08.31

H01M 10/635(2014.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

H01M 10/6563(2014.01)

申请公布号 CN 107579308 A

H01M 10/6571(2014.01)

(43)申请公布日 2018.01.12

B60L 58/26(2019.01)

B60L 58/27(2019.01)

(73)专利权人 江苏大学

(56)对比文件

地址 212013 江苏省镇江市京口区学府路301号

CN 102496747 A, 2012.06.13,

CN 105958138 A, 2016.09.21,

(72)发明人 盘朝奉 刘兵 陈龙 江浩斌

CN 103904382 A, 2014.07.02,

陈燎 王丽梅 栗欢欢 刘良

CN 102122735 A, 2011.07.13,

CN 106785237 A, 2017.05.31,

(51)Int.Cl.

审查员 张红万

H01M 10/613(2014.01)

H01M 10/615(2014.01)

H01M 10/617(2014.01)

H01M 10/625(2014.01)

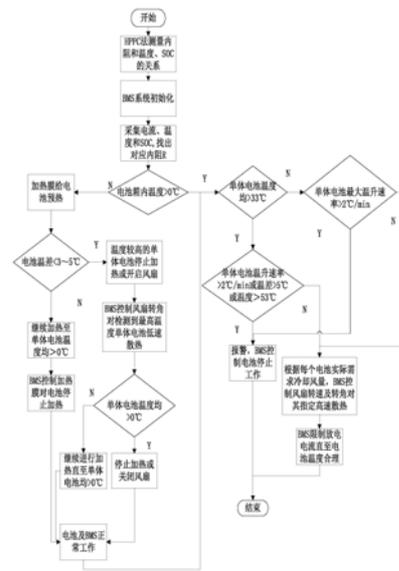
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种电动汽车电池包热管理及温度均衡控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种电动汽车电池包热管理及温度均衡控制方法,包括电池模组、电池箱、BMS及报警装置,电池模组周围布置加热膜,电池箱内等距分布多个温度传感器并安装多个可控转角的风扇;BMS通过温度传感器监测电池包温度评价电池状态,并将0℃、33℃、53℃作为温控阈值,联合温升速率和温差作为判定条件对电池包进行热管理,包括采取加热膜选择性加热和精确控制风扇转角、开启时刻以及冷却风量的措施来维持电池包温度在工作范围内。本发明有效避免了电池温升过高、温差过大,确保电池温度变化平稳和均衡的特点,提高锂电池使用寿命。



CN 107579308 B

1. 一种电动汽车电池包热管理及温度均衡控制方法, 电池包热管理及温度均衡控制装置包括电池包、电池箱、电池管理系统BMS、报警装置及温度传感器, 所述电池包设置在电池箱内部, 所述电池管理系统及报警装置设置在电池包和电池箱之间的间隙处, 所述电池包由四个电池模组组成, 电池模组由若干个单体电池组成, 电池模组周围由加热膜包裹; 电池箱两平行侧面的壁面上分别安装两个可控制转角的排风扇、送风扇, 电池箱内布置多个温度传感器, 用于BMS对电池包温度的监测, 同时根据对电池包温度状态进行热管理设计了加热均衡温度控制系统和散热均衡温度控制系统, 其特征在于, 包括以下步骤:

S1: 利用HPPC法测量电池包内阻与温度、内阻与SOC之间的关系, 电池管理系统BMS检测电池包电流、SOC以及各个单体电池温度, 并根据检测到的各个单体电池温度计算电池包平均温度以及电池模组的平均温度值、温升速率, 由BMS检测到的电池包SOC以及计算得出的电池包平均温度从数据存储里找到对应的内阻R;

S2: 温度传感器采集的温度信息传输给BMS, 当BMS判断单体电池温度低于 0°C 时, BMS控制加热膜对单体电池进行一段时间的预热;

S3: 当BMS判断单体电池温度均高于 0°C 而低于 33°C 时, 若单体电池温升速率大于 $2^{\circ}\text{C}/\text{min}$, 则BMS报警并控制电池包停止工作; 若单体电池温升速率小于 $2^{\circ}\text{C}/\text{min}$, 则BMS控制风扇开启进行散热;

S4: 当BMS判断单体电池温度均高于 33°C 时, 若单体电池温升速率大于 $2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 或者温差大于 5°C 或者有些单体电池温度高于 53°C , 则BMS发出报警信号并控制电池包停止工作; 反之, 则开启风扇对电池包进行并行通风散热并限制电池包放电电流, 直至电池包温度在工作范围内。

2. 如权利要求1所述的一种电动汽车电池包热管理及温度均衡控制方法, 其特征在于, 所述温度传感器分布在单体电池某一表面中间位置, 并且按照单体电池的布置等距的分布在电池箱内。

3. 如权利要求1所述的一种电动汽车电池包热管理及温度均衡控制方法, 其特征在于, 两个送风扇安装在同一侧电池箱壁面的中间位置, 且一个送风扇位于一端两个电池模组之间、另一个送风扇位于另一端两个电池模组之间; 两个排风扇安装在同一侧电池壁面的底端底角处。

4. 如权利要求1所述的一种电动汽车电池包热管理及温度均衡控制方法, 其特征在于, 风扇的可控制转角小于 90° 。

5. 如权利要求1所述的一种电动汽车电池包热管理及温度均衡控制方法, 其特征在于, 所述BMS对电池包温度的监测即是对每个单体电池温度的监测, 同时计算每个单体电池、电池模组的温升、温差、温升速率以及冷却风质量, 来判断单体电池是在低温时加热膜加热还是在高温时采用并行通风、控制风扇转角进行散热。

6. 如权利要求5所述的一种电动汽车电池包热管理及温度均衡控制方法, 其特征在于, 各个单体电池温度之间的差值称为温差, 设最大温差为 5°C ; 各个单体电池温度上升的快慢即为单体电池的温升速率, 设其最大值为 $2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

7. 如权利要求5所述的一种电动汽车电池包热管理及温度均衡控制方法, 其特征在于, 当单体电池温度过低时, 采用加热膜加热, 如果单体电池温差过大, 则对较高温度的单体电池停止加热或者开启风扇进行散热, 此时电池箱出风口关闭。

8. 如权利要求5所述的一种电动汽车电池包热管理及温度均衡控制方法,其特征在于,所述BMS根据监测到的每个单体电池温度计算每个电池模组的平均温度,如果有部分电池模组温度较高,则两个送风风扇立即转过一定的角度对电池模组集中散热。

9. 如权利要求5所述的一种电动汽车电池包热管理及温度均衡控制方法,其特征在于,BMS根据电池发热公式 $Q=I^2Rt$ 计算出t时间内电池包的发热量 $Q_{\text{电池}}$,对电池包发热进行冷却的风量所吸收的热量等于电池包的发热量,即 $Q_{\text{冷却}}=Q_{\text{电池}}$;由传热学公式 $Q_{\text{冷却}}=c_{\text{空气}}m \Delta T$,得 $Q_{\text{电池}}=c_{\text{空气}}m \Delta T$,再根据冷却风质量计算公式 $m=f(v, t)$,进而可以得出 $Q_{\text{电池}}=c_{\text{空气}}f(v, t) \Delta T$,最终求得可调风扇转速;其中, $c_{\text{空气}}$ 为空气比热容, ΔT 为电池箱进风口和出风口的温差,m为冷却风质量,它是风速v和时间t的函数。

一种电动汽车电池包热管理及温度均衡控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电动汽车电池包领域,尤其是一种电动汽车电池包热管理及温度均衡控制方法。

背景技术

[0002] 随着全球能源危机和环境污染的日益加重,新能源汽车行业越来越引起人们的重视。其中电动汽车已成为世界范围内新型汽车的主流,动力电池作为电动汽车的核心部件,尤其是锂离子电池的高电压、高比能量、良好的循环性能、清洁无污染等优点被认为是最有前途的车用动力源。

[0003] 电动汽车的关键部件锂动力电池虽然有着一些良好的性能,但也存在着材料稳定性差,易出现安全问题和使用成本较高等缺陷。温度是影响锂电池性能最主要的因素,因此必须采用电池热管理系统对其进行合理、有效的热管理。

[0004] 理论上锂电池正常的工作温度范围在 $-10^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$,但是实验表明其在低温下(0°C 以下)无法使电动汽车行驶,在高温(55°C 以上)时,电池包极易出现热失控的危险。因此,将电动汽车锂电池的温度控制在 $0^{\circ}\text{C}\sim 55^{\circ}\text{C}$,其中电池特性如容量、温升、内阻等在 $15^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$ 达到最佳状态,故最佳工作温度为 $15^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$ 。当电池持续工作在 45°C 以上时,在高倍率充放电时其循环寿命降低约60%,电动汽车在温度较高的使用过程中,电池包容易出现温升过高、温差过大等情况,极易发生热失控的危险。因此,控制电池包的温度和温差在合适的范围内进行工作,这对发挥良好的性能和具有较长的使用寿命显得十分重要。

[0005] 目前,电动汽车电池包散热的方法一般利用风扇采用并行通风的方式实现,当BMS(BATTERY MANAGEMENT SYSTEM电池管理系统)检测到电池温度过高或者电池温差过大的时候,即控制风扇启动对电池包进行散热,这种散热方法成本低廉、方便实现。风冷采用电子风扇进行电池组的降温冷却,结构较为简单但是容易造成散热不均,影响电池的一致性从而降低电池寿命。如何有效地实现风扇的降温冷却功能,保证动力电池在适宜的温度范围内工作同时避免电池局部温度过高,是目前应该解决的问题。

发明内容

[0006] 本发明的目的是能够提供一种电动汽车电池包热管理及温度均衡控制方法,解决电池包低温保护和高温保护以及温度均衡的问题,保证电池包温度均衡和工作在最佳温度范围内,提高一致性。本发明利用温度传感器测得的温度信号输送给BMS来判断电池包的状态,通过BMS来控制加热膜和风扇的开启使得电池包温度均衡,同时根据对电池包温度状态进行热管理设计了加热均衡温度控制系统和散热均衡温度控制系统,这样有效避免了电池包温差和温升过大、发生热失控的危险,同时保证单体电池温度均衡可以有效地延长电池的使用寿命。

[0007] 本发明采用以下方案实现:

[0008] 一种电动汽车电池包热管理及温度均衡控制方法,电池包热管理及温度均衡控制

装置包括电池包、电池箱、电池管理系统BMS、报警装置及温度传感器,所述电池包设置在电池箱内部,所述电池管理系统及报警装置设置在电池包和电池箱之间的间隙处,所述电池包由四个电池模组组成,电池模组由若干个单体电池组成,电池模组周围由加热膜包裹;电池箱两平行侧面的壁面上分别安装两个可控制转角的排风扇、送风扇,电池箱内布置多个温度传感器,用于BMS对电池包温度的监测,同时根据对电池包温度状态进行热管理设计了加热均衡温度控制系统和散热均衡温度控制系统,包括以下步骤:

[0009] S1:利用HPPC法测量电池包内阻与温度、内阻与SOC之间的关系,电池管理系统BMS检测电池包电流、SOC以及各个单体电池温度,并根据检测到的各个单体电池温度计算电池包平均温度以及电池模组的平均温度值、温升速率,由BMS检测到的电池包SOC以及计算得出的电池包平均温度从数据存储里找到对应的内阻R;

[0010] S2:温度传感器采集的温度信息传输给BMS,当BMS判断单体电池温度低于 0°C 时,BMS控制加热膜对单体电池进行一段时间的预热;

[0011] S3:当BMS判断单体电池温度均高于 0°C 而低于 33°C 时,若单体电池温升速率大于 $2^{\circ}\text{C}/\text{min}$,则BMS报警并控制电池包停止工作;若单体电池温升速率小于 $2^{\circ}\text{C}/\text{min}$,则BMS控制风扇开启进行散热;

[0012] S4:当BMS判断单体电池温度均高于 33°C 时,若单体电池温升速率大于 $2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 或者温差大于 5°C 或者有些单体电池温度高于 53°C ,则BMS发出报警信号并控制电池包停止工作;反之,则开启风扇对电池包进行并行通风散热并限制电池包放电电流,直至电池包温度在工作范围内。

[0013] 上述方案中,所述温度传感器分布在单体电池某一表面中间位置,并且按照单体电池的布置等距的分布在电池箱内。

[0014] 上述方案中,两个送风扇安装在同一侧电池箱壁面的中间位置,且一个送风扇位于一端两个电池模组之间、另一个送风扇位于另一端两个电池模组之间;两个排风扇安装在同一侧电池壁面的底端底角处。

[0015] 上述方案中,风扇的可控制转角小于 90° 。

[0016] 上述方案中,所述BMS对电池包温度的监测即是对每个单体电池温度的监测,同时计算每个单体电池、电池模组的温升、温差、温升速率以及冷却风质量,来判断单体电池是在低温时加热膜加热还是在高温时采用并行通风、控制风扇转角进行散热。

[0017] 上述方案中,各个单体电池温度之间的差值称为温差,设最大温差为 5°C ;各个单体电池温度上升的快慢即为单体电池的温升速率,设其最大值为 $2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

[0018] 上述方案中,当单体电池温度过低时,采用加热膜加热,如果单体电池温差过大,则对较高温度的单体电池停止加热或者开启风扇进行散热,此时电池箱出风口关闭。

[0019] 上述方案中,所述BMS根据监测到的各个单体电池温度计算每个电池模组的平均温度,如果有部分电池模组温度较高,则两个送风风扇立即转过一定的角度对电池模组集中散热。

[0020] 上述方案中,BMS根据电池发热公式 $Q=I^2Rt$ 计算出t时间内电池包的发热量 $Q_{\text{电池}}$,对电池包发热进行冷却的风量所吸收的热量等于电池包的发热量,即 $Q_{\text{冷却}}=Q_{\text{电池}}$;由传热学公式 $Q_{\text{冷却}}=c_{\text{空气}}m\Delta T$,得 $Q_{\text{电池}}=c_{\text{空气}}m\Delta T$,再根据冷却风质量计算公式 $m=f(v,t)$,进而可以得出 $Q_{\text{电池}}=c_{\text{空气}}f(v,t)\Delta T$,最终求得可调风扇转速;其中, $c_{\text{空气}}$ 为空气比热容, ΔT 为电池箱进风

口和出风口的温差, m 为冷却风质量,它是风速 v 和时间 t 的函数。

[0021] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0022] 本发明利用BMS进行精确控制:单体电池低温时通过加热膜加热,高温时以单体电池的温度值和温升速率、温差以及电池模组的平均温度值和温升速率等参数作为参考,对电池包处在工作状态下的热量进行精确的控制,可以采用并行通风、控制两个送风风扇以及两个排风风扇转角的方式散热,这样散热效果好,不仅实现电池热管理,而且有效的避免了电池温升过高、局部温差过大问题,保证电池温度变化平稳和均衡一致性的特点,同时将电池包温度控制在正常工作范围内,极大的提高了锂电池的使用寿命。

附图说明

[0023] 图1为电池包热管理及温度均衡控制装置结构示意图;

[0024] 图2为控制方法流程图;

[0025] 图3为加热控制温度均衡系统原理方框图;

[0026] 图4为散热控制温度均衡系统原理方框图。

具体实施方式

[0027] 下面将结合本发明中的附图,对本发明中的技术方案进行清楚、完整的描述。显然,所描述的实施例是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。

[0028] 本发明的核心思想在于,根据单体电池的温升和温升速率、温差以及电池模组的平均温度值和温升速率作为参数,对电池包在低温和高温工作状态下的热量进行控制。

[0029] 电池包热管理及温度均衡控制装置,如图1所示,包括锂电池包、电池箱、电池管理系统、报警装置及温度传感器,电池包设置在电池箱内部,电池管理系统及报警装置设置在电池包和电池箱之间的间隙处,电池包由四块电池模组组成,J、B、D、C为电池模组的中心位置,电池模组由若干个单体电池组成,电池模组周围由加热膜包裹;电池箱两平行侧面的壁面上安装两个可控制转角(小于 90°)排风扇、两个可控制转角(小于 90°)的送风风扇,A、M、H均为风扇的中心,K点为排风扇③的轴线与电池模组1轴线的交点,E点在电池模组1和电池模组2的间隙中心处;温度传感器分布在单体电池某一表面中间位置,并且按照单体电池的布置等距的分布在电池箱内;两个送风扇安装在同一侧电池箱壁面的中间位置,且一个送风扇①位于电池模组3、4之间、送风扇②位于电池模组1、2之间;排风扇③、④安装在同一侧电池壁面的底端底角处。

[0030] BMS通过温度传感器监测电池包温度并判断单体电池是否需要热管理,包括采取加热膜加热和风扇冷却的措施来控制电池包的温度使其维持在工作范围内;BMS通过单体电池和电池模组温升速率、温差、温升以及冷却风质量来控制风扇开启时刻、转速以及转角,直至每个单体电池的状态信息保持一致。

[0031] 一种电动汽车电池包热管理及温度均衡控制方法,如图2的流程图,包括步骤:

[0032] S1:利用HPPC法测量电池包内阻与温度、内阻与SOC之间的关系,电池管理系统BMS检测电池包电流、SOC以及各个单体电池温度,并根据检测到的各个单体电池温度计算电池包平均温度以及电池模组的平均温度值、温升速率,由BMS检测到的电池包SOC以及计算得出的电池包平均温度从数据存储里找到对应的内阻 R 。

[0033] S2:温度传感器采集的温度信息传输给BMS,当BMS判断电池箱内温度低于0℃时,BMS控制加热膜对锂电池进行一段时间的预热;当单体电池温差<3~5℃时,温度较高的单体电池停止加热或者BMS控制风扇转角对检测到最高温度单体电池低速散热,直至单体电池温度高于0℃,停止加热或关闭风扇,反之BMS控制加热膜对电池停止加热,电池开始正常工作。

[0034] S3:当BMS判断单体电池温度均高于0℃而低于33℃时,若单体电池温升速率大于2℃/min,则BMS报警并控制电池包停止工作;若单体电池温升速率小于2℃/min,则BMS控制风扇开启进行散热。

[0035] S4:当BMS判断单体电池温度均高于33℃时,若单体电池温升速率大于2℃/min或者温差大于5℃或者有些单体电池温度高于53℃,则BMS发出报警信号并控制电池包停止工作;若单体电池温升速率小于2℃/min或者温差小于5℃或者有些单体电池温度低于53℃,则开启风扇对电池包进行并行通风散热并限制电池包放电电流,直至电池包温度在工作范围内。

[0036] 本实施例中BMS对电池包温度的检测即是对每个单体电池温度的检测,同时计算各个单体电池、电池模组的温升、温差、温升速率,来判断单体电池是在低温时加热膜加热还是在高温时采用并行通风、控制风扇转角进行散热。

[0037] 本实施例中各单体电池温度之间的差值称为温差,设最大温差为5℃;各个单体电池温度上升的快慢即为单体电池的温升速率,设其最大值为2℃/min。

[0038] 本实施例中当单体电池温度过低时,采用加热膜加热,如果单体电池温差过大,则对较高温度的单体电池停止加热或者开启风扇进行散热,此时电池箱出风口关闭。

[0039] 本实施例中BMS根据检测到的各个单体电池温度并计算每个电池模块平均温度;在三角形AEC中,AE、AC、EC三个边长是可知的,根据电池与风扇的设计与安装可以测量出这些边长值,通过BMS存储器储存,由余弦定理可知:

$$[0040] \quad \gamma = \arccos\left(\frac{AE^2 + AC^2 - EC^2}{2 \cdot AE \cdot AC}\right) \quad (1)$$

[0041] 同样地,在三角形ADE、三角形ABE、三角形ABC、三角形HJB、三角形HBD、三角形MCK中,可以通过余弦定理计算得出相对应的角度;

$$[0042] \quad \beta = \arccos\left(\frac{AD^2 + AE^2 - DE^2}{2 \cdot AD \cdot AE}\right) \quad (2)$$

$$[0043] \quad \delta = \arccos\left(\frac{AB^2 + AE^2 - BE^2}{2 \cdot AB \cdot AE}\right) \quad (3)$$

$$[0044] \quad \alpha = \arccos\left(\frac{AB^2 + AC^2 - BC^2}{2 \cdot AB \cdot AC}\right) \quad (4)$$

$$[0045] \quad \theta = \arccos\left(\frac{HJ^2 + HB^2 - BJ^2}{2 \cdot HJ \cdot HB}\right) \quad (5)$$

$$[0046] \quad \varphi = \arccos\left(\frac{HB^2 + HD^2 - BD^2}{2 \cdot HB \cdot HD}\right) \quad (6)$$

$$[0047] \quad \sigma = \arccos\left(\frac{MC^2 + MK^2 - CK^2}{2 \cdot MC \cdot MK}\right) \quad (7)$$

[0048] 将这些计算出的角度存入BMS中,当检测到某个电池模组温度较高时,就可以转过角度对其进行特定散热;如附图1所示有四块电池模组分别标号1、2、3、4:当电池模组1温度较高时,BMS控制送风扇②转过一定的角度 γ 对其进行散热,同时排风扇③开启转过 σ 进行排风,热风流向如图中箭头所示;若电池模块3温度较高,则送风扇①开启的同时,送风扇②立即转过 α 对其进行定向散热;其中送风扇②和排风扇④转角相对应构成电池包并行通风散热,送风扇①和抽风扇③相对应构成电池包并行通风散热与送风扇②和抽风扇④的情况类似。

[0049] 本实施例中利用HPPC(混合动力脉冲能力特性)法测量电池包内阻与温度、电池包内阻与SOC之间的关系,BMS根据检测到的各个单体电池温度计算电池包平均温度,BMS根据电池包平均温度及电池包SOC从数据存储里找到对应的内阻R。

[0050] BMS根据电池发热公式 $Q=I^2Rt$ 计算出t时间内电池包的发热量 $Q_{\text{电池}}$,对电池包发热进行冷却的风量所吸收的热量等于电池的发热量,即 $Q_{\text{冷却}}=Q_{\text{电池}}$;由传热学公式 $Q_{\text{冷却}}=c_{\text{空气}}m\Delta T$ 和 $Q_{\text{冷却}}=Q_{\text{电池}}$,得 $Q_{\text{电池}}=c_{\text{空气}}m\Delta T$,再根据冷却风质量计算公式 $m=f(v,t)$,进而可以得出 $Q_{\text{电池}}=c_{\text{空气}}f(v,t)\Delta T$,最终求得可调风扇转速;其中, $c_{\text{空气}}$ 为空气比热容, ΔT 为电池箱进风口和出风口的温差, m 为冷却风质量,它是关于风速 v 和时间 t 的函数。

[0051] 根据上述计算得出的冷却风质量和风扇转角可以使电池包散热以及局部温度均衡,实现良好的一致性目标。

[0052] 本实施例中加热控制温度均衡系统为闭环控制系统,其系统原理图如图3所示:

[0053] 被控对象:电池单体,被控量:电池温度,给定温度 0°C 于加热系统为输入量,实际电池温度为输出量,温度传感器测得的信号进行负反馈;比较元件为温度传感器,执行元件为BMS、加热膜。首先输入特定温度于系统,然后根据BMS进行判断温度传感器测得的电池温度与给定温度的大小,通过加热膜进行加热,如果温差过大,开启风扇散热对输出的电池温度进行负反馈,同时可以利用温度传感器测得的信号进行反馈,直至输出温度达到理想状态。

[0054] 本实施例中散热控制温度均衡系统为闭环控制系统,其系统原理图如图4所示:

[0055] 被控对象:电池单体,被控量:电池温度,给定电池工作最佳温度范围于散热控制系统为输入量,实际电池温度为输出量,温度传感器测得的信号进行负反馈;比较元件为温度传感器,执行元件为BMS、四个风扇。首先输入最佳工作温度于散热系统,然后根据BMS来比较最佳工作温度与电池放电发热时的温度决定风扇的开启时刻和转角;由于电池在大电流放电时,车速较快,电池包装载在电动汽车下部位置时会对它进行一定的散热,电池包下表面温度明显比上表面温度低,这样会对电池包的实际温度进行一定的反馈,同时根据温度传感器测得的温度信号不断的反馈给BMS来调节风扇控制温度的变化,直至电池的实际温度达到理想的状态。

[0056] 通过本发明方法据BMS检测锂电池包温度并评价温度电池状态,然后对电池包进行热管理(采取加热膜加热和风扇冷却的措施),来控制锂电池包的温度维持在工作范围内;BMS根据温度传感器采集的单体电池、电池模组温度信息计算出温升、温差以及温升速率;通过单体电池温升速率、温差、温升、以及冷却风量等信息来控制风扇开启时刻、转速以

及转角,直至每个单体电池的状态信息保持一致。

[0057] 以上所述仅用于描述本发明的详细技术方案,并不用于限定本发明的保护范围,应当理解。

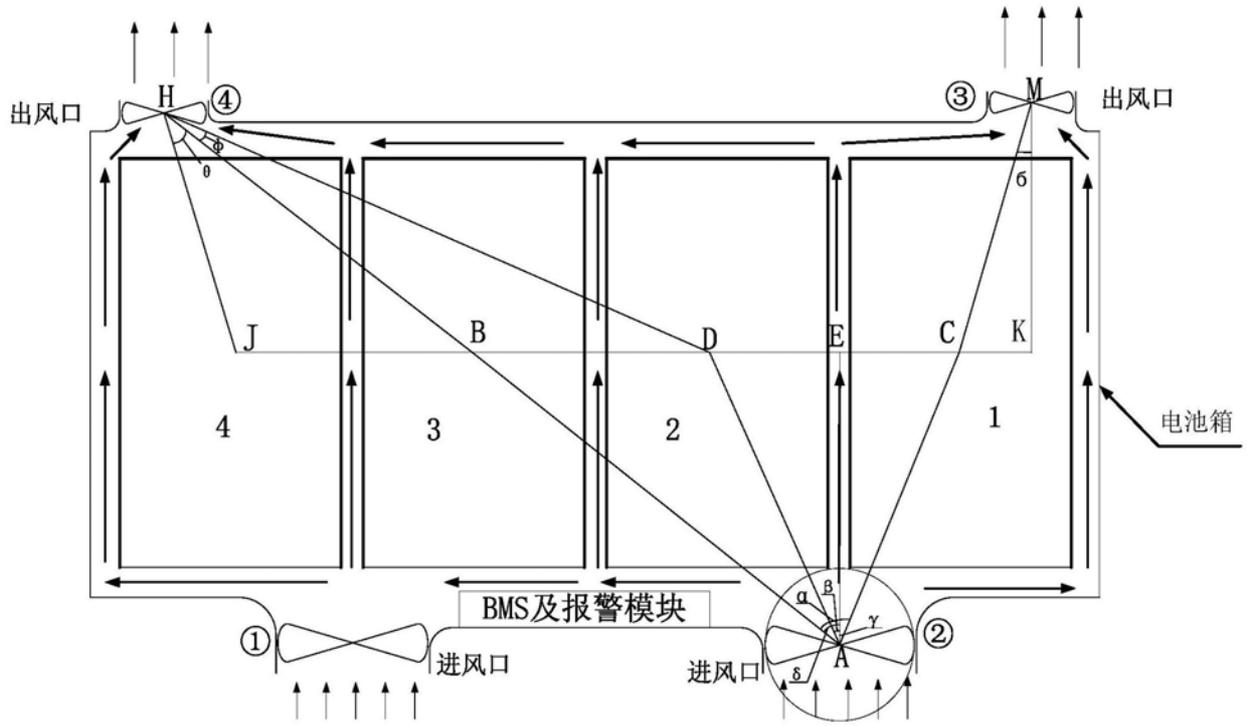


图1

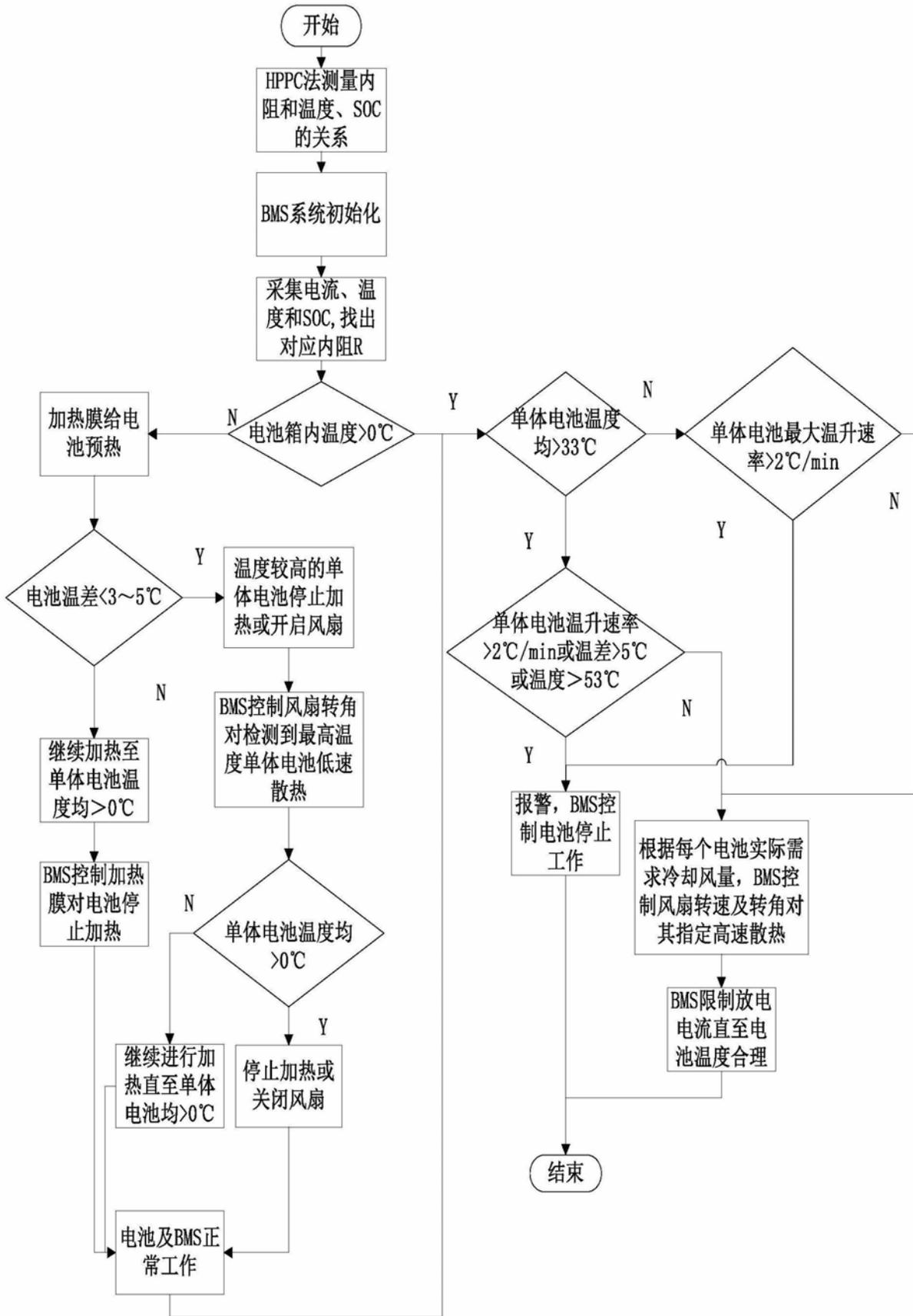


图2

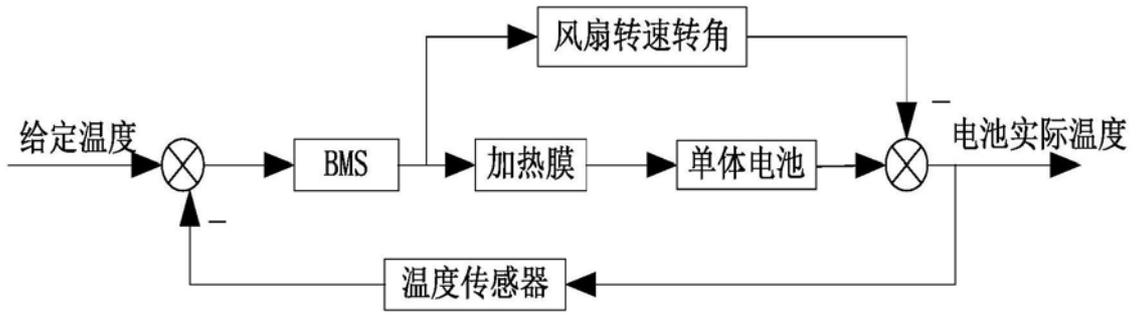


图3

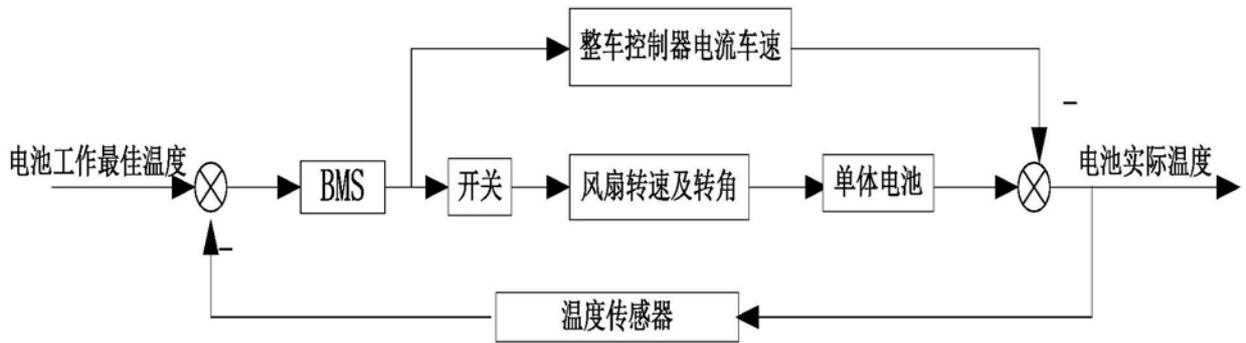


图4