



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109638384 A

(43)申请公布日 2019.04.16

(21)申请号 201811565300.9

H01M 10/6563(2014.01)

(22)申请日 2018.12.20

(71)申请人 电子科技大学

地址 611731 四川省成都市高新区(西区)  
西源大道2006号

申请人 保山亚隆信投资管理有限责任公司

(72)发明人 徐自强 吴孟强 马永笠 马云飞  
李湜

(74)专利代理机构 成都点睛专利代理事务所  
(普通合伙) 51232

代理人 葛启函

(51)Int.Cl.

H01M 10/613(2014.01)

H01M 10/63(2014.01)

H01M 10/637(2014.01)

权利要求书2页 说明书6页 附图6页

(54)发明名称

一种具有温差控制功能的电池组风冷散热系统及其热管理方法

(57)摘要

一种具有温差控制功能的电池组风冷散热系统及其热管理方法。属于电池组散热管理技术领域。本发明将电池组划分为多个始末两端安装风机的电池区间,根据电池组放电电流是否达到阈值电流来判断是否进行温差判断;进一步根据电池组各区间温度与进风口位置温度的差值是否超出额定温差来判断是否开启对应风机运行以实现热管理。本发明在传统温度控制的基础上引入电流控制条件,并将后者作为判断温差以运行风机的前提条件,使得电池组能够根据电池的工况自发、实时调整风机工作模式,实现散热的同时有效控制电池组内温差,并且能显著降低能耗。本发明风冷系统散热效果好、节能、高效,通用性强,热管理方法简单易操作,有利于大规模应用推广。

1. 一种具有温差控制功能的电池组风冷散热系统,包括若干个电池区间构成的电池组,容纳所述电池组的箱体,所述箱体相对两端具有与箱体连通的进风口和出风口;用于通风散热的风机,其特征在于,所述风机自箱体进风口至出风口间隔设置形成若干个始末两端安装风机的电池区间;所述电池组风冷散热系统还包括用于检测电池组各区间温度的温度传感器、用于检测电池组放电电流大小的电流传感器、中央控制单元和控制电路;所述中央控制单元根据电流传感器检测得到放电电流是否达到阈值电流来判断是否进行温差判断;当放电电流大于阈值电流时进行温差判断,根据温度传感器检测得到电池区间温度来判断是否通过控制电路来开启或关闭实际温差超出额定温差的电池区间对应风机以实现热管理。

2. 根据权利要求1所述的一种电池组风冷散热系统,其特征在于,所述电池组、温度传感器、电流传感器、控制电路分别与中央控制单元连接。

3. 根据权利要求1所述的一种电池组风冷散热系统,其特征在于,所述阈值电流为电池组内部最高温度和最低温度的差值等于额定温差时所对应电池组的放电电流,即控制电流。

4. 根据权利要求1所述的一种电池组风冷散热系统,其特征在于,所述电池组风冷散热系统中电池区间为串行通风散热结构或者并行通风散热结构。

5. 根据权利要求1所述的一种电池组风冷散热系统,其特征在于,定义电池单体的数目为M个,风机的数目为N个,自箱体的一端至所箱体另一端每隔 $\frac{M}{N-1}$ 个电池单体安装有一个风机。

6. 根据权利要求1所述的一种电池组风冷散热系统,其特征在于,所述风机的通风方式可为单向通风或交替双向通风。

7. 根据权利要求6所述的一种电池组风冷散热系统,其特征在于,当采用交替双向通风方式时,交替双向通风的交替一次通风方向的间隔时间具有可采用如下方式确定:通过对电池自然对流瞬态分析拟合得到温度与时间的曲线,将电池组内温度最高拟合曲线与电池组内温度最低拟合曲线的差值设定为额定温差即可计算得到。

8. 一种具有温差控制功能的电池组风冷散热管理方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤1:将电流传感器检测得到电池组的放电电流信息传送至中央控制单元,中央控制单元判断电池组的放电电流是否大于控制电流,如果电池组的放电电流大于控制电流,执行

步骤2:否则关闭风机;

步骤2:将温度传感器检测到电池组每一区间所对应的温度信息传送至中央控制单元,中央控制单元判断电池组任意区间的温度与进风口所在位置的温度之间的实际温差是否大于额定温差,如果存在实际温差大于额定温差,则控制与进风口所在位置的温度超出额定温差所对应的风机及位于该风机相对远离进风口方向之后的所有风机运行实现散热;如果存在实际温差小于或等于额定温差,则控制已开启风机关闭。

9. 根据权利要求6所述的一种电池组风冷散热管理方法,所述阈值电流为电池组内部最高温度和最低温度的差值等于额定温差时所对应电池组的放电电流,即控制电流。

10. 根据权利要求6所述的一种电池组风冷散热管理方法,所述风机的通风方式为交替

双向通风,交替双向通风的交替一次通风方向的间隔时间具有可采用如下方式确定:通过对电池自然对流瞬态分析拟合得到温度与时间的曲线,将电池组内温度最高拟合曲线与电池组内温度最低拟合曲线的差值设定为额定温差即可计算得到。

# 一种具有温差控制功能的电池组风冷散热系统及其热管理方法

## 技术领域

[0001] 本发明属于电池组散热管理技术领域,具体涉及一种具有温差控制功能的电池组风冷散热系统及其热管理方法。

## 背景技术

[0002] 动力电池作为电动汽车动力源,往往需要蓄电池串并联形成电池组,由于装载电池的空间有限,电池与电池之间紧密堆积。当电池组在充电或不同工况下以不同倍率放电时,电池组内部会发生电化学反应而快速生热、温度急剧升高,电池组中大量单体电池紧密排布使得聚集的热量难以排出,长时间工作时电池的温度可能超出正常范围,同时由于空间位置的不同,各单体电池的温度会存在差异。电池的性能对温度变化较为敏感。如果不能及时降低电池内部温度,将导致某部分单体电池以及整个电池组系统温度过高,进而降低电池充放电循环效率、影响电池的功率和使用寿命,甚至发生电池组燃烧等热失控现象,严重影响了系统安全性与可靠性,

[0003] 当前电池热管理系统主要包括风冷、液冷相变材料冷却、热管冷却散热系统等。风冷系统因具有易于操作,生产成本低,占用空间小,便于维护的优点,被广泛应用。风冷方式作为应用最为广泛的一种电池组散热方式,主要有串行通风和并行通风两种方式。串行通风方式冷却空气沿着流场方向依次通过电池组,空气在流动过程中与电池发生热交换,温度逐渐升高,导致空气入口处的冷却效果明显优于出口处,电池组内部温差较大,温度分布不均匀;并行通风方式中冷却空气几乎同时流过电池,电池内部各单体电池间换热效果接近,相较于串行通风,并行通风方式更有利于单体电池之间的温度均匀,因此并行通风方式应用较为广泛。但采用并行通风时,相对来说,冷却空气流体中大部分会分布在靠近出口一侧,造成靠近出口一侧的单体电池的散热效果好于入口一侧。为了使得电池组的温度分布更加均匀,单体电池之间温差更小,国内外许多学者也都开展了相关的研究工作,现阶段对于风冷系统的温差控制研究集中在电池间流速分配不均匀的改善,途径主要是改变电池布局或送风位置。因此,如何设计一种有效的电池热管理系统对电池组进行散热和温差控制来保证电池单体的正常运行,使得电池组中每个电池都能发挥出最佳性能对于本领域技术人员来说亟待解决。

## 发明内容

[0004] 本发明针对现有风冷散热结构难以控制电池组局部温差、无法满足多工况的散热需求,提供一种具有温差控制功能的电池组风冷散热系统及其热管理方法。

[0005] 为了解决上述技术问题,本发明提供如下技术方案:

[0006] 一种具有温差控制功能的电池组风冷散热系统,包括若干个电池区间构成的电池组,容纳所述电池组的箱体,所述箱体相对两端具有与箱体连通的进风口和出风口;用于通风散热的风机,其特征在于,所述风机自箱体进风口至出风口间隔设置形成若干个始末两

端安装风机的电池区间;所述电池组风冷散热系统还包括用于检测电池组各区间温度的温度传感器、用于检测电池组放电电流大小的电流传感器、中央控制单元和控制电路;所述中央控制单元根据电流传感器检测得到放电电流是否达到阈值电流来判断是否进行温差判断;当放电电流大于阈值电流时进行温差判断,根据温度传感器检测得到电池区间温度来判断是否通过控制电路来开启或关闭实际温差超出额定温差的电池区间对应风机以实现热管理。

[0007] 进一步地,电池组、温度传感器、电流传感器、控制电路分别与中央控制单元连接。

[0008] 进一步地,所述阈值电流为电池组内部最高温度和最低温度的差值等于额定温差时所对应电池组的放电电流,即控制电流。

[0009] 进一步地,所述电池组风冷散热系统中电池区间为串行通风散热结构或者并行通风散热结构。

[0010] 作为具体实施方式,定义电池单体的数目为M个,风机的数目为N个,自箱体的一端至所箱体另一端每隔 $\frac{M}{N-1}$ 个电池单体安装有一个风机。

[0011] 进一步地,电池组热管理的电流控制条件为:当电池组的放电电流大于控制电流,中央控制单元根据电流传感器反馈的信息判断是否对各电池区间之间的温差进行判断;当电池组的放电电流小于或等于控制电流,中央控制单元根据电流检测单元反馈的信息不进行各电池区间之间的温差的判断或控制风机停止运行。因为当电池组放电电流越大,电池组的温差越大。而放电电流过大时,电池不能在理想温度情况下工作,我们研究发现:当电池以小于控制电流放电时,电池组温差在电池最佳工作温度区间和指定温差范围内,因此可不运行风机进行交替通风。

[0012] 进一步地,电池组热管理的温差控制条件为:定义自进风口至出风口间隔设置的风机的温度依次为 $A_0、A_1、A_2 \cdots A_i \cdots A_N$ ,实际使用时所限定电池组的最大温差值即额定温差为T,当 $A_i - A_0 > T$ 时,中央控制单元控制第i个风机及其相对远离进风口方向之后的所有风机运行散热;当 $A_i - A_0 \leq T$ 时,中央控制单元控制风机停止运行。对于任何结构的电池组,电池的温度自进风口位置至出风口位置逐渐升高,因此,在满足温差控制条件开启风机时,应当开启超出额定温差且距离进风口风机以及相对远离进风口方向之后的所有风机。

[0013] 更进一步地,所述风机的通风方式可为单向通风或交替双向通风,其中所述交替双向通风指的是进风口和出风口的位置交替,在进风口和出风口确定的情况下,风机的出口方向应当一致。当采用交替双向通风方式时,交替双向通风的交替一次通风方向的间隔时间(简称为交替间隔时间)具有可采用如下方式确定:通过对电池自然对流瞬态分析拟合得到温度与时间的曲线,将电池组内温度最高拟合曲线与电池组内温度最低拟合曲线的差值设定为额定温差即可计算得到交替间隔时间。

[0014] 一种具有温差控制功能的电池组风冷散热管理方法,其特征在于,包括如下步骤:

[0015] 步骤1:将电流传感器检测得到电池组的放电电流信息传送至中央控制单元,中央控制单元判断电池组的放电电流是否大于控制电流,如果电池组的放电电流大于控制电流,执行步骤2:否则关闭风机;

[0016] 步骤2:将温度传感器检测到电池组每一区间所对应的温度信息传送至中央控制单元,中央控制单元判断电池组任意区间的温度与进风口所在位置的温差之间的实际温差

是否大于额定温差,如果存在实际温差大于额定温差,则控制与进风口所在位置的温度超出额定温差所对应的风机及位于该风机相对远离进风口方向之后的所有风机运行实现散热;如果存在实际温差小于或等于额定温差,则控制已开启风机关闭。

[0017] 进一步地,所述阈值电流为电池组内部最高温度和最低温度的差值等于额定温差时所对应电池组的放电电流,即控制电流。

[0018] 进一步地,电池组热管理的电流控制条件为:当电池组的放电电流大于控制电流,中央控制单元根据电流传感器反馈的信息判断是否对各电池区间之间的温差进行判断;当电池组的放电电流小于或等于控制电流,中央控制单元根据电流检测单元反馈的信息不进行各电池区间之间的温差的判断或控制风机停止运行。因为当电池组放电电流越大,电池组的温差越大。而放电电流过大时,电池不能在理想温度情况下工作,我们研究发现:当电池以小于控制电流放电时,电池组温差在电池最佳工作温度区间和指定温差范围内,因此可不运行风机进行交替通风。

[0019] 进一步地,电池组热管理的温差控制条件为:定义自进风口至出风口间隔设置的风机的温度依次为 $A_0$ 、 $A_1$ 、 $A_2$ ... $A_i$ ... $A_N$ ,实际使用时所限定电池组的最大温差值即额定温差为 $T$ ,当 $A_i - A_0 > T$ 时,中央控制单元控制第 $i$ 个风机及其相对远离进风口方向之后的所有风机运行散热;当 $A_i - A_0 \leq T$ 时,中央控制单元控制风机停止运行。对于任何结构的电池组,电池的温度自进风口位置至出风口位置逐渐升高,因此,在满足温差控制条件开启风机时,应当开启超出额定温差且距离进风口风机以及相对远离进风口方向之后的所有风机。

[0020] 更进一步地,所述风机的通风方式可为单向通风或交替双向通风,其中所述交替双向通风指的是进风口和出风口的位置交替,在进风口和出风口确定的情况下,风机的出口方向应当一致。当采用交替双向通风方式时,交替双向通风的交替一次通风方向的间隔时间(简称为交替间隔时间)具有可采用如下方式确定:通过对电池自然对流瞬态分析拟合得到温度与时间的曲线,将电池组内温度最高拟合曲线与电池组内温度最低拟合曲线的差值设定为额定温差即可计算得到交替间隔时间。

[0021] 本发明的原理具体如下:

[0022] 本发明通过建立不同放电情况下电池组温升变化规律(主要是电池组最高温度和最低温度),根据拟合曲线将电池组最大温差设定为电池组使用时的额定温差,从而得到了将电池组温差控制在额定温差时的电池组放电电流即控制电流,进一步将放电电流作为是否判断温差以运行风机进行散热的前提条件,即通过电流控制条件即判断电池组工作时放电电流的大小是否超过控制电流来确定是否检测电池组温差,进而控制风机的开启或关闭。

[0023] 相比现有技术,本发明的有益效果如下:

[0024] 本发明在传统温度控制的基础上引入电流控制条件,并将后者作为判断温差以运行风机的前提条件,使得电池组能够根据电池的工况自发、实时调整风机工作模式,实现散热的同时有效控制电池组内温差,并且能显著降低能耗。本发明有效解决了散热过程中导致的电池温度异常升高,电池组温差大等问题,显著改善电池单体之间的温度均衡和电池性能的一致性。本发明风冷系统散热效果好、节能、高效,通用性强,热管理方法简单易操作,有利于大规模应用推广。

## 附图说明

- [0025] 图1为本实施例1提出的电池组串行通风散热结构的示意图。
- [0026] 图2为本实施例2提出的电池组并行通风散热结构的示意图。
- [0027] 图3为本实施例2提出电池组并行通风散热结构进、出风位置不交替时电池组温度分布情况。
- [0028] 图4为本实施例2中13号电池自然对流瞬态分析结果。
- [0029] 图5为本发明提出的一种具有温差控制功能的电池组风冷散热管理方法的流程示意图。
- [0030] 图6为本实施例2中1号鼓风机运行302s电池组温度云图。
- [0031] 图7为本实施例2中2号鼓风机运行302s电池组温度云图。
- [0032] 图8为本实施例2提出电池组并行通风散热结构进、出风位置交替时电池组温度分布情况。

## 具体实施方式

[0033] 为了使得所属领域技术人员能够更加清楚本发明方案及原理,下面结合附图和具体实施例进行详细描述。本发明的内容不局限于任何具体实施例,也不代表是最佳实施例,本领域技术人员所熟知的一般替代也涵盖在本发明的保护范围内。

[0034] 实施例1:

[0035] 如图1所示,本实施例提供了一种电池组风冷散热结构,包括:

[0036] M个电池单体构成的电池组,容纳所述电池组的箱体,所述箱体相对两端具有与箱体连通的进风口和出风口;

[0037] 用于通风散热的风机,本实施例中自箱体的一端进风口至所箱体另一端出风口每隔 $\frac{M}{N-1}$ 个电池单体安装有一个风机,即任意 $\frac{M}{N-1}$ 个电池单体所构成的一个电池组部分的始末两端分别安装有风机,进而通过风冷实现所在电池区间的降温;

[0038] 用于监测电池组各部分温度的温度传感器;

[0039] 用于检测电池组放电电流大小的电流传感器;

[0040] 中央控制单元

[0041] 控制电路;

[0042] 所述电池组、温度传感器、电流传感器和控制电路分别与中央控制单元连接;如图5所示热管理方法流程,所述中央控制单元根据电流传感器检测得到放电电流是否达到阈值电流来判断是否进行温差判断;当放电电流大于阈值电流时进行温差判断,根据温度传感器检测得到电池区间温度来判断是否通过控制电路来开启或关闭实际温差超出额定温差的电池区间对应风机以实现热管理。

[0043] 实施例2:

[0044] 本实施例基于如图2所示电池组并行通风散热结构对电池组进行仿真分析,本实施例研究的电池组采用国内某18650磷酸铁锂电池,整个电池包由16个单体组成,构成48V电池组。锂离子电池工作在25℃-45℃,电池之间最大温差为5℃。电池组中电池间隔为5mm,为了防止回流,延长进风口和出风口管道长度。在所述两个管道口分别放置一个鼓风机。当

1号鼓风机启动,2号鼓风机关闭,右侧管道为进风口,左侧管道为出风口;当2号鼓风机启动,1号鼓风机关闭,左侧管道为进风口,右侧管道为出风口。

[0045] 当1号鼓风机启动,2号鼓风机关闭时,电池组在长时间的放电过程中,大量的热积聚在13号电池附近,而4号电池附近因为强对流空气的冷却电池降温明显,使得电池组温差很大。相反,当2号鼓风机启动,1号鼓风机关闭时,大量的热积聚在4号电池附近,而13号电池附近因为强对流空气的冷却电池降温明显。

[0046] 采用1、2鼓风机交替运行,可让电池组内空气往复,让长期聚集在一处的温度散发出去,可缩小电池组的最大温差。在电池组放电电流较小时,仅使用单向鼓风机也能让电池组工作在理想状态下。在此条件下,本文加入电流控制条件对何时采用双向鼓风机交替运行进行判断。通过电池组需保持的最大温差温度,定义鼓风机交替运行一次的间隔时间。

[0047] 采用ICEM对模型进行网格划分,然后将网格模型导入FLUENT,对材料、边界条件、发热方程、迭代参数进行设置。让25℃的空气以1m/s的速度从进风口流入,从出风口流出对电池组在25℃的环境下进行降温。

[0048] 本实施例先对进风口和出风口位置不交替进行稳态分析。该结构下温度分布情况如图3所示。当电池组放电电流越大,电池组的温差越大。而放电电流过大时,电池不能在理想温度情况下工作。电池组最大温差可近视为13号电池和4号电池的温度差。

[0049] 假设本结构要将电池组最大温差控制为Z℃。对于进风口和出风口交替开启条件可根据图3进行分析。将图3电池组温度分布情况,拟合曲线得到不同放电电流情况下电池组的最高温差如下:

$$[0050] \quad \text{最低温度: } T_{\text{低}} = 0.24054I^2 - 0.19975I + 25.431 \quad (1)$$

$$[0051] \quad \text{最高温度: } T_{\text{高}} = 1.60857I^2 - 1.85743I + 28.016 \quad (2)$$

$$[0052] \quad \text{电池组最大温差: } T_{\text{差}} = 1.36803I^2 - 1.65768I + 2.585 \quad (3)$$

[0053] 式中I为放电电流,  $T_{\text{低}}$ 为电池组最低温度,  $T_{\text{高}}$ 为电池组最高温度,  $T_{\text{差}}$ 为电池组最大温差。根据式(3)得到:

$$[0054] \quad I_{\text{控}} = \frac{1.65768 \pm \sqrt{2.7479 - 5.472(2.582 - Z)}}{2.736} \quad (4)$$

[0055] 式中 $I_{\text{控}}$ 为电池组温差控制在Z℃时电池组放电电流。当电池以小于 $I_{\text{控}}$ 电流放电时,电池组温差在电池最佳工作温度区间和指定温差范围内则可不进行鼓风机交替通风。当电池以超过 $I_{\text{控}}$ 电流放电时,则需要鼓风机交替通风。

[0056] 对于鼓风机交替运行一次间隔时间的确定,可通过对13号电池和4号电池温度分布估算。13号电池附近空气流速在本结构中基本为0m/s,则可将13号电池附近的温度估算为电池在自然对流情况下的生热情况。如图4所示。

[0057] 由上拟合曲线图得到不同放电电流情况下13号电池的温度变化式如下:

$$[0058] \quad T_{13} = At^2 + Bt + C \quad (5)$$

[0059] 式中 $T_{13}$ 为13号电池温度;t为时间;A、B和C的取值如表1所示。

[0060] 表1 A、B、C参数取值

[0061]

参数 放电电流	A	B	C
3A	-3.5545E-7	0.00264	26.91523
4A	-6.25319E-7	0.00569	27.18773
5A	-1.11575E-6	0.01003	27.49886
6A	-1.71512E-6	0.01542	27.71227

[0062] 对于4号电池在本结构下散热良好,其温度分布受到放电时间影响不大,即可将其估算为稳态情况下的温度分布。其分布情况可用式(1)表示。

[0063] 根据式(1)和式(5)可对电池组温差进行估算:

[0064]  $T_{\text{差}} = At^2 + Bt + C - T_{\text{低}}$  (6)

[0065] 为验证本文所述的可行性,对放电电流为5A,控制电池组最大温差为5℃这一条件进行验证。根据式(4)求得,最大温差为5℃时, $I_{\text{控}}$ 为2.0661A。首先比较放电电流和控制电流的大小,本实施例中放电电流5A大于2.0661A,因此需要将鼓风机交替运行;紧接着对于鼓风机交替一次的间隔时间根据式(6)求得为302s。经过FLUENT仿真,对该结构进行瞬态仿真,每302s对INLET和OUTLET的边界条件进行一次交替。

[0066] 当1号鼓风机启动运行,2号鼓风机关闭时,302s后电池组温差分布如图6所示。电池组温度保持在26~29℃。由电池温度分布显示当1号鼓风机启动时,下半部分电池温度散热良好,13号电池附近的热量积聚比较大。

[0067] 当2号鼓风机启动运行,1号鼓风机关闭时,604s后电池组温差分布如图7所示。电池组温度保持在27.7~31.7℃。由电池温度分布显示当2号鼓风机启动时,原来13号被降温1.3℃,且附近电池都有降温,13号电池附近电池决定了电池组的最低温度。然后由于空气对流原因,4号电池附近开始积聚热量。

[0068] 图8为1、2号鼓风机以302s为周期交替运行情况下,整个电池组的温度分布情况,黑色方形脉冲线控制1号鼓风机,红色方形脉冲线控制2号鼓风机。当2个鼓风机交替运行时,温度分布规律明显。验证了在本结构下采用交替式风冷的可行性。

[0069] 以上结合附图对本发明的实施例进行了详细阐述,但是本发明并不局限于上述的具体实施方式,上述具体实施方式仅仅是示意性的,而不是限制性的,本领域的普通技术人员在本发明的启示下,不脱离本发明宗旨和权利要求所保护范围的情况下还可以做出很多变形,这些均属于本发明的保护。

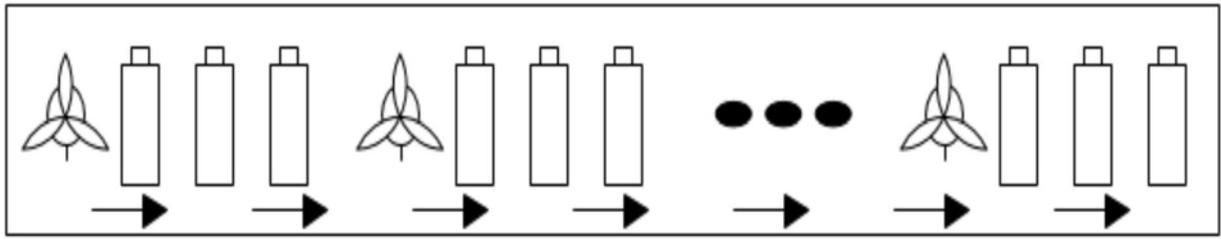


图1

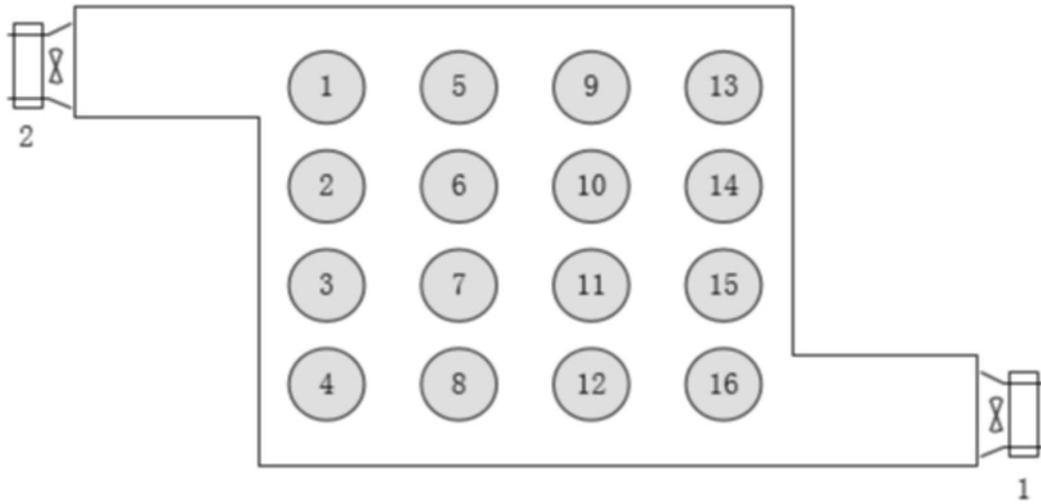


图2

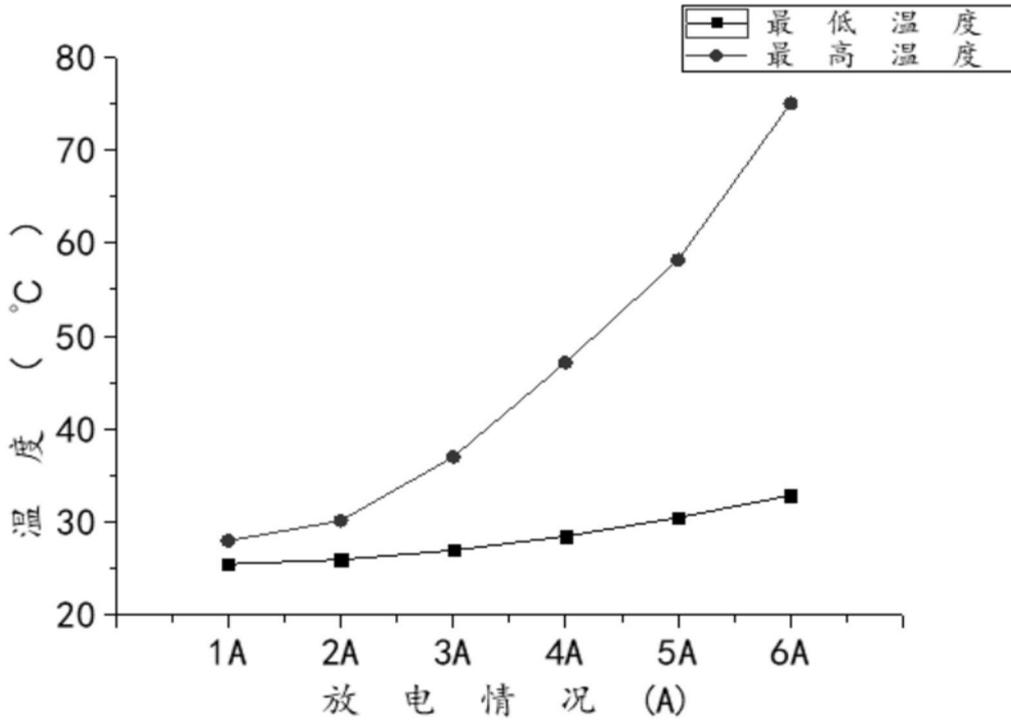


图3

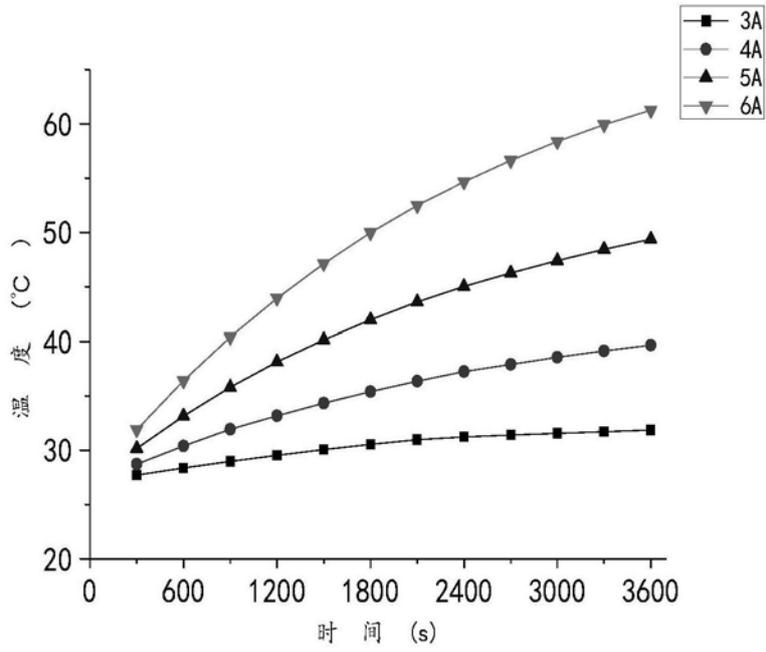


图4

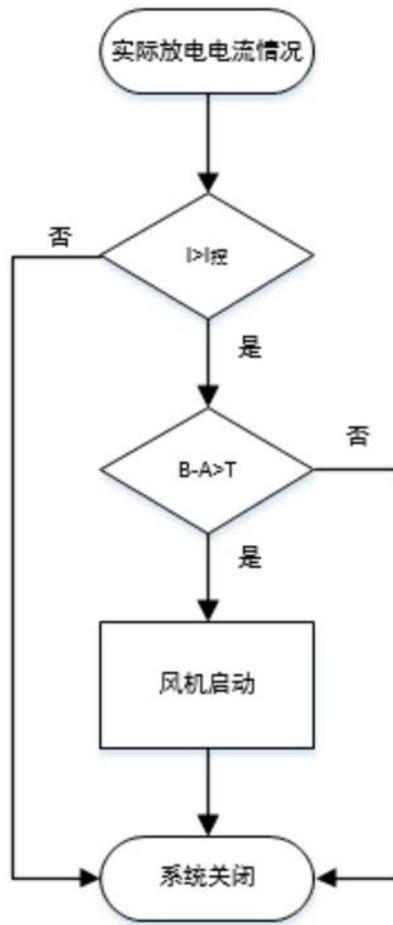


图5

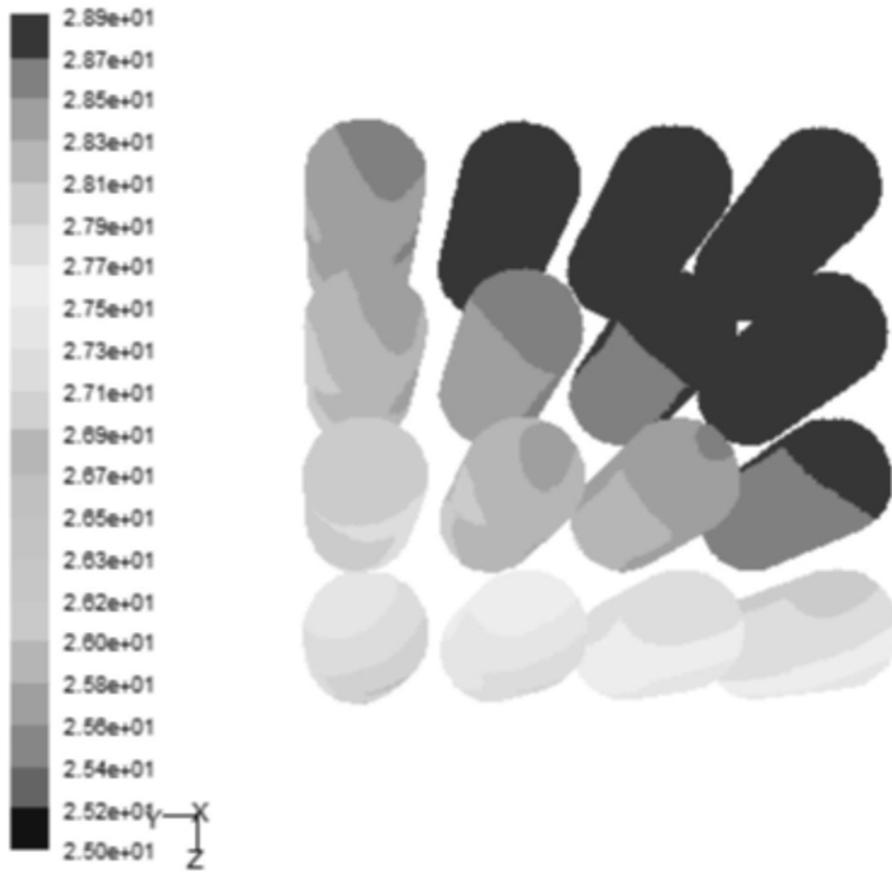


图6

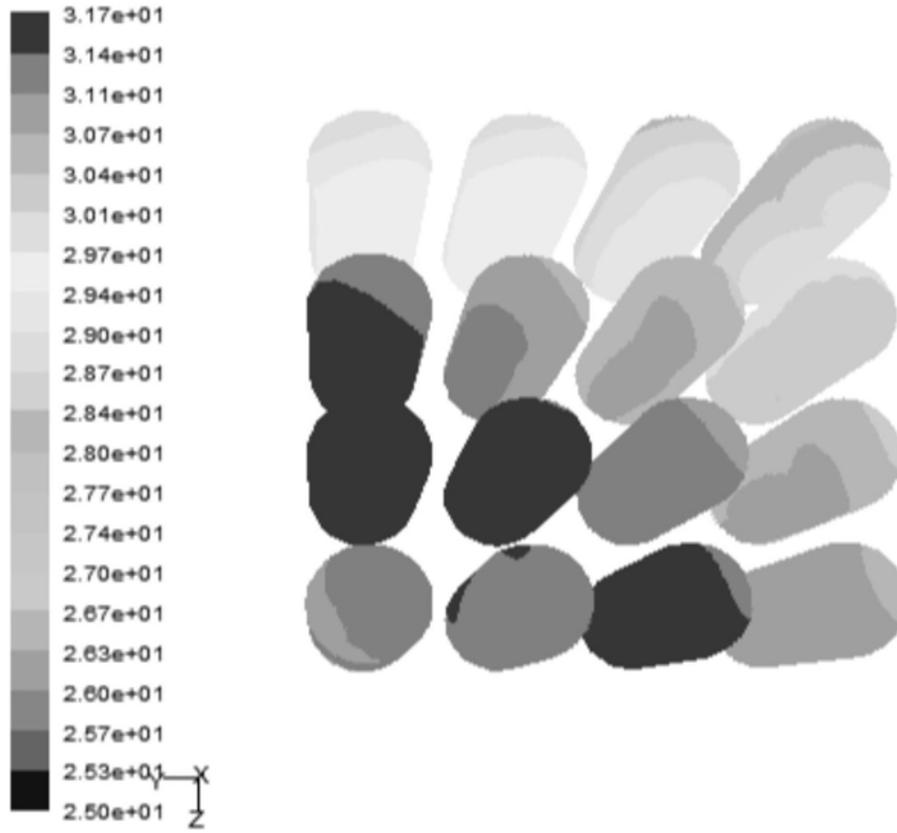


图7

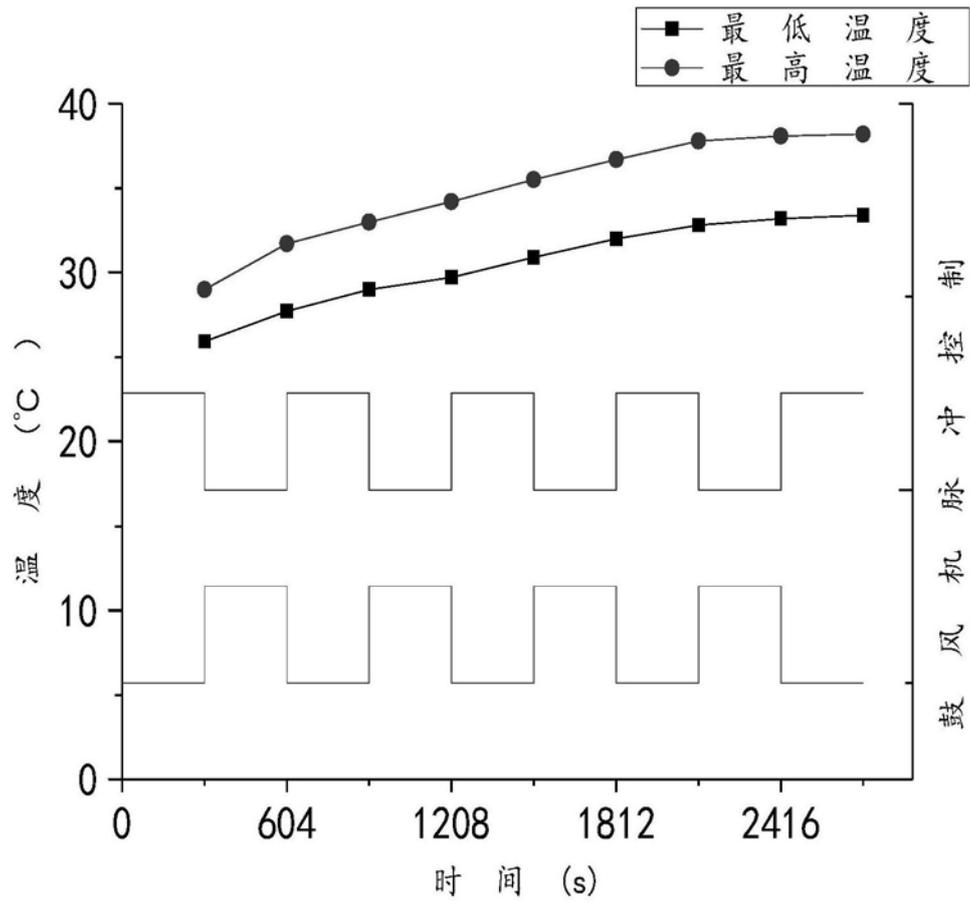


图8