



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111668416 A

(43)申请公布日 2020.09.15

(21)申请号 202010517227.9

H01M 10/633(2014.01)

(22)申请日 2020.06.09

H01M 10/635(2014.01)

(71)申请人 中国矿业大学

H01M 10/6568(2014.01)

地址 221116 江苏省徐州市铜山区大学路1号

H01M 10/659(2014.01)

申请人 华富(江苏)锂电新技术有限公司

(72)发明人 霍宇涛 庞晓文 饶中浩 周寿斌
姜庆海 朱明海

(74)专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200

代理人 周敏

(51)Int.Cl.

H01M 2/10(2006.01)

H01M 10/613(2014.01)

H01M 10/625(2014.01)

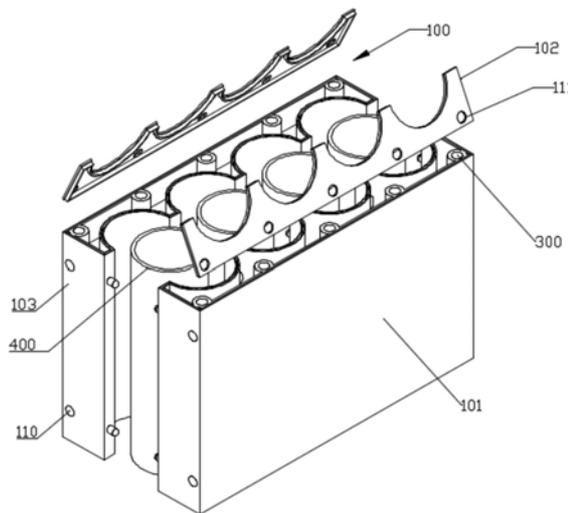
权利要求书2页 说明书5页 附图7页

(54)发明名称

一种扰流管和相变材料协同耦合的电池热管理系统及其控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种扰流管和相变材料协同耦合的电池热管理系统及其控制方法,该系统包括相变材料储存装置、扰流管主管道和扰流管副管道,相变材料储存装置内填充有相变材料,扰流管主管道和扰流管副管道设置在相变材料储存装置中,两个所述相变材料储存装置相互密封连接,内部形成多个圆柱形空腔,圆柱形空腔内设置有电池套筒,电池套筒表面为镂空结构,在电池套筒的镂空处均匀分布有防火微球。本发明基于协同原理将扰流管和相变材料进行耦合,经过模拟实验后发现,扰流管和相变材料结合能够有效延缓相变材料熔化速率,相比于一般的相变材料热管理系统能够提高电池包内部的温度均匀性。



1. 一种扰流管和相变材料协同耦合的电池热管理系统,其特征在于,包括相变材料储存装置(100)、扰流管主管道(200)和扰流管副管道(300),其中,

所述相变材料储存装置(100)包括底座(101)和可拆卸连接在底座(101)上的盖板(102),且底座(101)和盖板(102)为密封连接,所述底座(101)包括一体成型的底板、左侧壁(103)、右侧壁(104)、前侧壁(105)、后侧壁(106),所述左侧壁(103)、右侧壁(104)和后侧壁(106)均为长方形,所述前侧壁(105)的横截面呈连续的多个半圆形凸起(107),半圆形凸起(107)的连接处设有可适配连接的连接块(108)和连接槽(109),所述左侧壁(103)、右侧壁(104)上靠近后侧壁(106)的边缘处对称开设有主管道入口(110)且主管道入口(110)设有上下两个,所述盖板(102)、底板上靠近后侧壁(106)的边缘处分别均匀开设有多个副管道入口(111),所述底座(101)内设有空腔,

所述扰流管主管道(200)通过主管道入口(110)插入空腔内并分别与左侧壁(103)、右侧壁(104)固定,所述扰流管副管道(300)通过副管道入口(111)插入空腔内并与所述扰流管主管道(200)连通,扰流管主管道口径大于副管道口径,扰流管主管道(200)和扰流管副管道(300)中通入冷却液,且上下两个扰流管主管道(200)中液体流动方向相反,所述扰流管主管道(200)中液体流速 v_{main} 和扰流管副管道(300)中液体流速 $v_{assistant}$ 满足以下公式: $v_{main} < v_{assistant}$,且多个扰流管副管道(300)中液体流速 $v_{assistant}$ 随距离扰流管主管道(200)冷却液入口的远近依次递减,所述空腔中填充有相变材料,同时相变材料中预埋温度传感器,所述相变材料的融化点温度 $T_{melting}$ 和扰流管主管道(200)及扰流管副管道(300)冷却液入口温度 T_{inlet} 满足以下公式: $T_{melting} > T_{inlet}$,

所述相变材料储存装置(100)设置有两个,两个所述相变材料储存装置(100)的前侧壁(105)相互密封连接,内部形成多个圆柱形空腔(112),所述圆柱形空腔(112)内设置有电池套筒(400),圆柱形空腔(112)内径与电池套筒(400)的外径相适配,电池套筒与相变材料储存装置前侧壁之间涂覆有导热粘合剂,所述电池套筒(400)内放置电池,电池套筒(400)表面为镂空结构,在电池套筒(400)的镂空处均匀分布有防火微球(401)。

2. 根据权利要求1所述的一种扰流管和相变材料协同耦合的电池热管理系统,其特征在于,所述盖板(102)通过凹凸扣合结构与所述底座(101)连接。

3. 根据权利要求1所述的一种扰流管和相变材料协同耦合的电池热管理系统,其特征在于,所述连接块(108)和连接槽(109)为凸块和凹槽结构或者榫头和卯槽结构。

4. 根据权利要求1所述的一种扰流管和相变材料协同耦合的电池热管理系统,其特征在于,所述相变材料储存装置(100)由耐腐蚀材料制成,且装置的表面经过化学处理。

5. 根据权利要求1所述的一种扰流管和相变材料协同耦合的电池热管理系统,其特征在于,所述电池套筒(400)由高导热材料制成。

6. 根据权利要求1所述的一种扰流管和相变材料协同耦合的电池热管理系统,其特征在于,所述防火微球(401)通过镶嵌或粘贴的方式固定在电池套筒(400)的镂空处。

7. 一种权利要求1至6任一项所述的扰流管和相变材料协同耦合的电池热管理系统的控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

第一步,电池包进入工作状态,系统热启动后进行下一步;

第二步,系统自检并进行电池包温度信息采样,通过预埋到相变材料储存装置(100)中的温度传感器对电池包单元进行采样和统计;

第三步,在出厂和后期电池更换后需要对系统进行设置,针对不同种类的电池进行电池工作环境的设置:设置电池的最佳工作温度下限 T_1 和电池最佳工作温度上限 T_2 ,相变材料初始液相率为 $f_{l_solid}=0$,相变材料完全熔化液相率为 $f_{l_malt}=1$,设定电池处于安全状态的高温持续时间 t_{safe} ;

第四步,通过所述温度传感器监测电池的实时温度,在单位监测时间内计算电池温度的加权平均温度 T_{ave} ,加权平均温度是根据电池单体距离扰流管主管道冷却液入口位置的远近进行加权计算,计算公式如下:

$$T_{ave} = \frac{(x_1 \times T_1 + x_2 \times T_2 + x_3 \times T_3 + L + x_i \times T_i)}{x_1 + x_2 + x_3 + L + x_i}$$

其中, x_i 为电池单体距离扰流管主管道进口的距离, T_i 是电池单体的实时温度,通过安装的温度传感器进行实时监测,计算得到电池的加权平均温度 T_{ave} 进行下一步的判断;

第五步,对电池的加权平均温度进行判断,将电池的加权平均温度 T_{ave} 和电池的最佳工作温度上限 T_2 进行比较,当电池的加权平均温度 T_{ave} 小于电池的最佳工作温度时进行第六步,否则进行第七步;

第六步,当电池的温度处于正常的工作温度范围内时,只采用相变材料进行电池热管理,电池产生的热量被相变材料通过潜热吸收;

第七步,当电池的温度高于电池的最佳工作温度上限 T_2 时,对电池的高温持续时间进行计时,将电池处于较高温度的时间记为 t_i 并进行第八步;

第八步,判断电池处于较高温度的时间 t_i 是否小于设定的电池处于较高温度的安全时间 t_{safe} ,若判断为是,则进行第九步,否则进行第十步;

第九步,当电池热管理系统只采用较低的泵耗时,采用扰流管主管道进行电池热管理,同时继续对电池温度信息进行监测;

第十步,当判断电池较高工作温度持续时间 t_i 大于电池处于较高温度的安全时间 t_{safe} ,开始对相变材料的实时液相率 f_{l_i} 进行记录,并判断实时液相率 f_{l_i} 是否小于初始设定完全熔化液相率 $f_{l_malt}=1$,若判断为真,则进行第十一步,否则进行第十二步;

第十一步,当电池相变材料未熔化完全时,扰流管主管道采用较大流量能够满足电池热管理系统的散热要求,冷却液只通过扰流管主管道进行电池热管理,并进行继续对电池温度进行监测;

第十二步,当电池相变材料熔化完全时,电池温度较高,采用扰流管主管道和扰流管副管道同时工作进行电池热管理,并且根据电池的实时状态进行更加激进的电池热管理方案,防止电池进入高温失控的状态。

一种扰流管和相变材料协同耦合的电池热管理系统及其控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种电池热管理系统,具体涉及一种扰流管和相变材料协同耦合的电池热管理系统及其控制方法,属于动力电池热管理技术领域。

背景技术

[0002] 电动汽车由于其零排放等优点,受到广大消费者的青睐。但是动力电池温度失控导致的时间层出不穷,成了消费者购买新能源汽车路上的拦路虎。如何通过合理的装置和系统对电池温度进行控制和监测成为新能源汽车设计的难题。

[0003] 动力电池具有高产热密度和受限空间传热的特点,在电池包狭小的空间内部如何将热量及时有效的通过装置散发出去保证电池的状态是电池包设计的关键问题。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种扰流管和相变材料协同耦合的电池热管理系统。

[0005] 本发明的另一目的是提供上述扰流管和相变材料协同耦合的电池热管理系统的控制方法。

[0006] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案如下:一种扰流管和相变材料协同耦合的电池热管理系统,包括相变材料储存装置、扰流管主管道和扰流管副管道,其中所述相变材料储存装置包括底座和可拆卸连接在底座上的盖板,且底座和盖板为密封连接,所述底座包括一体成型的底板、左侧壁、右侧壁、前侧壁、后侧壁,所述左侧壁、右侧壁和后侧壁均为长方形,所述前侧壁的横截面呈连续的多个半圆形凸起,半圆形凸起的连接处设有可适配连接的连接块和连接槽,所述左侧壁、右侧壁上靠近后侧壁的边缘处对称开设有主管道入口且主管道入口设有上下两个,所述盖板、底板上靠近后侧壁的边缘处分别均匀开设有多个副管道入口,所述底座内设有空腔,所述扰流管主管道通过主管道入口插入空腔内并分别与左侧壁、右侧壁固定,所述扰流管副管道通过副管道入口插入空腔内并与所述扰流管主管道连通,扰流管主管道和扰流管副管道中通入冷却液,且上下两个扰流管主管道中液体流动方向相反,所述扰流管主管道中液体流速 v_{main} 和扰流管副管道中液体流速 $v_{assistant}$ 满足以下公式: $v_{main} < v_{assistant}$,且多个扰流管副管道300中液体流速 $v_{assistant}$ 随距离扰流管主管道冷却液入口的远近依次递减,所述空腔中填充有相变材料,同时相变材料中预埋温度传感器,所述相变材料的熔化点温度 $T_{melting}$ 和扰流管主管道及扰流管副管道冷却液入口温度 T_{inlet} 满足以下公式: $T_{melting} > T_{inlet}$,

[0007] 所述相变材料储存装置设置有两个,两个所述相变材料储存装置的前侧壁相互密封连接,内部形成多个圆柱形空腔,所述圆柱形空腔内设置有电池套筒,圆柱形空腔内径与电池套筒的外径相适配,电池套筒与相变材料储存装置前侧壁之间涂覆有导热粘合剂,所述电池套筒内放置电池,电池套筒表面为镂空结构,在电池套筒的镂空处均匀分布有防火微球。

- [0008] 优选的,所述盖板通过凹凸扣合结构与底座连接。
- [0009] 优选的,所述连接块和连接槽为凸块和凹槽结构或者榫头和卯槽结构。。
- [0010] 优选的,所述相变材料储存装置由耐腐蚀材料制成,且装置的表面经过化学处理。
- [0011] 优选的,所述电池套筒由高导热材料制成。
- [0012] 优选的,所述防火微球通过镶嵌或粘贴的方式固定在电池套筒的镂空处。
- [0013] 本发明还提供上述扰流管和和相变材料协同耦合的电池热管理系统的控制方法,包括以下步骤:
- [0014] 第一步,电池包进入工作状态,系统热启动后进行下一步;
- [0015] 第二步,系统自检并进行电池包温度等信息采样,主要通过电池包制造过程中预埋到相变材料储存装置中的温度传感器等元件对电池包单元进行采样和统计;
- [0016] 第三步,在出厂和后期电池更换后需要对系统进行设置,针对不同种类的电池进行电池工作环境的设置:设置电池的最佳工作温度下限 T_1 和电池最佳工作温度上限 T_2 ,相变材料初始液相率为 $f_{l_solid}=0$,相变材料完全熔化液相率为 $f_{l_malt}=1$,设定电池处于安全状态的高温持续时间 t_{safe} ;
- [0017] 第四步,通过预先安装在电池周围的温度传感器监测电池的实时温度,在单位监测时间内计算电池温度的加权平均温度 T_{ave} ,加权平均温度是根据电池单体距离扰流管主管道冷却液入口位置的远近进行加权计算,计算公式如下:
- [0018]
$$T_{ave} = \frac{(x_1 \times T_1 + x_2 \times T_2 + x_3 \times T_3 + L + x_i \times T_i)}{x_1 + x_2 + x_3 + L + x_i}$$
- [0019] 其中, x_i 为电池单体距离扰流管主管道进口的距离, T_i 是电池单体的实时温度,通过安装的温度传感器进行实时监测,计算得到电池的加权平均温度 T_{ave} 进行下一步的判断;
- [0020] 第五步,对电池的加权平均温度进行判断,将电池的加权平均温度 T_{ave} 和电池的最佳工作温度上限 T_2 进行比较,当电池的加权平均温度 T_{ave} 小于电池的最佳工作温度时进行第六步,否则进行第七步;
- [0021] 第六步,当电池的温度处于正常的工作温度范围内时,不需要对电池进行额外的电池热管理措施,此时相变材料是主要的电池部件,电池产生的热量被相变材料通过潜热吸收;
- [0022] 第七步,当电池的温度高于电池的最佳工作温度上限 T_2 时,对电池的高温持续时间进行计时,将电池处于较高温度的时间记为 t_i 并进行第八步;
- [0023] 第八步,判断电池处于较高温度的时间 t_i 是否小于设定的电池处于较高温度的安全时间 t_{safe} ,若判断为是,则进行第九步,否则进行第十步;
- [0024] 第九步,当电池热管理系统只采用较低的泵耗时,采用扰流管主管道进行电池热管理,同时继续对电池温度等信息进行监测;
- [0025] 第十步,当判断电池较高工作温度持续时间 t_i 大于电池处于较高温度的安全时间 t_{safe} ,开始对相变材料的实时液相率 f_{l_i} 进行记录,并判断实时液相率 f_{l_i} 是否小于初始设定完全熔化液相率 $f_{l_malt}=1$,若判断为真,则进行第十一步,否则进行第十二步;
- [0026] 第十一步,当电池相变材料未熔化完全时,扰流管主管道采用较大流量能够满足电池热管理系统的散热要求,冷却液只通过扰流管主管道进行电池热管理,并进行继续对电池温度进行监测;

[0027] 第十二步,当电池相变材料熔化完全时,电池温度较高,采用扰流管主管道和扰流管副管道同时工作进行电池热管理,并且根据电池的实时状态考虑加大流量等措施进行更加激进的电池热管理方案,防止电池进入高温失控的状态。

[0028] 与现有技术相比,本发明基于协同原理将扰流管和相变材料进行耦合,经过模拟实验后发现,扰流管和相变材料结合能够有效延缓相变材料熔化速率,相比于一般的相变材料热管理系统能够提高电池包内部的温度均匀性。

附图说明

[0029] 图1是本发明扰流管和相变材料协同耦合的电池热管理系统的示意图;

[0030] 图2是本发明中相变材料储存装置的底座结构示意图;

[0031] 图3是本发明中相变材料储存装置的盖板结构示意图;

[0032] 图4是本发明中扰流管主管道和扰流管副管道结构示意图;

[0033] 图5是本发明系统使用时扰流管内部流动状态示意图;

[0034] 图6是本发明两个相变材料储存装置连接后的结构示意图;

[0035] 图7是本发明中电池套筒结构示意图;

[0036] 图8是本发明扰流管和相变材料协同耦合的电池热管理系统的控制流程图;

[0037] 图中,100相变材料储存装置、101底座、102盖板、103左侧壁、104右侧壁、105前侧壁、106后侧壁、107半圆形凸起、108连接块、109连接槽、110 主管道入口、111副管道入口、112圆柱形空腔、200扰流管主管道、300扰流管副管道、400电池套筒、401防火微球。

具体实施方式

[0038] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步详细说明。以下实施例中所述的“前、后、左、右”均以图2所示方向为准。

[0039] 如图1至图7所示,本发明提供一种扰流管和相变材料协同耦合的电池热管理系统,包括相变材料储存装置100、扰流管主管道200和扰流管副管道300,其中优选的,所述相变材料储存装置100由耐腐蚀材料制成,且装置的表面经过化学处理。所述相变材料储存装置100包括底座101和可拆卸连接在底座101 上的盖板102,且底座101和盖板102为密封连接,优选的,所述盖板102通过凹凸扣合结构与底座101连接,两者扣合后能够有效密封相变材料,防止在电池包受到撞击后,相变材料储存装置100中的相变材料泄露对环境造成污染。

[0040] 所述底座101包括一体成型的底板、左侧壁103、右侧壁104、前侧壁105、后侧壁106,所述左侧壁103、右侧壁104和后侧壁106均为长方形,所述前侧壁105的横截面呈连续的多个半圆形凸起107,半圆形凸起107的连接处设有可适配连接的连接块108和连接槽109,本实施例优选凸块和凹槽结构。所述左侧壁103、右侧壁104上靠近后侧壁106的边缘处对称开设有主管道入口110且主管道入口110设有上下两个,所述盖板102、底板上靠近后侧壁106的边缘处分别均匀开设有多个副管道入口111。所述底座101内设有空腔,所述扰流管主管道200通过主管道入口110插入空腔内并分别与左侧壁103、右侧壁104固定,所述扰流管副管道300通过副管道入口111插入空腔内并与所述扰流管主管道 200连通。作为进一步改进的方案,在扰流管主管道200与左侧壁103、右侧壁 104的接触面、扰流管副管道300与

盖板102、底板的接触面分别进行密封处理,可以使用硅胶或者其他稳定性好、气密性好的材料,防止相变材料从扰流管主管道200和/或扰流管副管道300的周边流出。

[0041] 扰流管主管道200和扰流管副管道300中通入冷却液,且上下两个扰流管主管道200中液体流动方向相反,所述扰流管主管道200中液体流速 v_{main} 和扰流管副管道300中液体流速 $v_{assistant}$ 满足以下公式: $v_{main} < v_{assistant}$,且多个扰流管副管道300中液体流速 $v_{assistant}$ 随距离扰流管主管道200冷却液入口的远近依次递减,保证泵耗 $p_{main} = p_{assistant}$ 。图5所示为实际工作时扰流管内冷却液的流动状态。

[0042] 所述空腔中填充有相变材料,比如石蜡等,同时相变材料中预埋耐受性好、灵敏度高的温度传感器。所述相变材料的熔化点温度 $T_{melting}$ 和扰流管主管道200及扰流管副管道300冷却液入口温度 T_{inlet} 满足以下公式: $T_{melting} > T_{inlet}$ 。

[0043] 所述相变材料储存装置100设置有两个,两个所述相变材料储存装置100的前侧壁105通过凸块和凹槽卡合进行位置确定和密封连接,内部形成多个圆柱形空腔112,由两个半圆形凸起107整体围合而成,如图6所示。所述圆柱形空腔112内设置有电池套筒400,优选的,所述电池套筒400由高导热材料制成,比如铜等。圆柱形空腔112内径与电池套筒400的外径相适配,电池套筒400与相变材料储存装置前侧壁105之间涂覆有导热粘合剂,比如导热硅脂,用于保证相变材料储存装置100和电池套筒400间的贴合性,提高换热效率。所述电池套筒400内放置电池,电池套筒400表面为镂空结构,能够保证电池和相变材料的有效接触面积,在电池套筒400的镂空处均匀分布有防火微球401。优选的,所述防火微球401通过镶嵌或粘贴的方式固定在电池套筒400的镂空处。在电池受损或者电池包发生碰撞时,防火微球401能够及时破裂并释放内部存储的防火液体或粉末进行灭火和防止有毒气体扩散。

[0044] 本系统为灵活可拆卸的单元集合,通过设置在相变材料储存装置100上的连接块和连接槽能够与其他电池单元相连,装配之后形成电池包整体,能够在最大程度上保证电池单体受损及容量下降后的拆卸和维修方便,同时通过将电池包整体单元化的措施避免电池热蔓延和热失控后的传递问题。

[0045] 工作时,如图8所示,上述扰流管和相变材料协同耦合的电池热管理系统的控制方法包括以下步骤:

[0046] 第一步,电池包进入工作状态,系统热启动后进行下一步;

[0047] 第二步,系统自检并进行电池包温度等信息采样,主要通过电池包制造过程中预埋入相变材料储存装置中的温度传感器等元件对电池包单元进行采样和统计,并进行下一步;

[0048] 第三步,在出厂和后期电池更换后需要对系统进行设置,针对不同种类的电池进行电池工作环境的设置:设置电池的最佳工作温度下限 T_1 和电池最佳工作温度上限 T_2 ,相变材料初始液相率为 $f_{l_solid} = 0$,相变材料完全熔化液相率为 $f_{l_malt} = 1$,设定电池处于安全状态的高温持续时间 t_{safe} ;

[0049] 第四步,通过预先安装在电池周围的温度传感器监测电池的实时温度,在单位监测时间内计算电池温度的加权平均温度 T_{ave} ,加权平均温度是根据电池单体距离扰流管主管道冷却液入口位置的远近进行加权计算,计算公式如下:

$$[0050] \quad T_{ave} = \frac{(x_1 \times T_1 + x_2 \times T_2 + x_3 \times T_3 + L + x_i \times T_i)}{x_1 + x_2 + x_3 + L + x_i}$$

[0051] 其中, x_i 为电池单体距离扰流管主管道进口的距离, T_i 是电池单体的实时温度, 通过安装的温度传感器进行实时监测, 计算得到电池的加权平均温度 T_{ave} 进行下一步的判断;

[0052] 第五步, 对电池的加权平均温度进行判断, 将电池的加权平均温度 T_{ave} 和电池的最佳工作温度上限 T_2 进行比较, 当电池的加权平均温度 T_{ave} 小于电池的最佳工作温度时进行第六步, 否则进行第七步;

[0053] 第六步, 当电池的温度处于正常的工作温度范围内时, 不需要对电池进行额外的电池热管理措施, 只采用相变材料进行电池热管理, 此时相变材料是主要的电池部件, 电池产生的热量被相变材料通过潜热吸收;

[0054] 第七步, 当电池的温度高于电池的最佳工作温度上限 T_2 时, 对电池的高温持续时间进行计时, 将电池处于较高温度的时间记为 t_i 并进行第八步;

[0055] 第八步, 判断电池处于较高温度的时间 t_i 是否小于设定的电池处于较高温度安全时间 t_{safe} , 若判断为是, 则进行第九步, 否则进行第十步;

[0056] 第九步, 当电池热管理系统只采用较低的泵耗时, 采用扰流管主管道进行电池热管理, 同时继续对电池温度等信息进行监测;

[0057] 第十步, 当判断电池较高工作温度持续时间 t_i 大于电池处于较高温度安全时间 t_{safe} , 开始对相变材料的实时液相率 f_{l_i} 进行记录, 并判断实时液相率 f_{l_i} 是否小于初始设定完全熔化液相率 $f_{l_malt} = 1$, 若判断为真, 则进行第十一步, 否则进行第十二步;

[0058] 第十一步, 当电池相变材料未熔化完全时, 扰流管主管道采用较大流量能够满足电池热管理系统的散热要求, 冷却液只通过扰流管主管道进行电池热管理, 并进行继续对电池温度进行监测;

[0059] 第十二步, 当电池相变材料熔化完全时, 电池温度较高, 采用扰流管主管道和扰流管副管道同时工作进行电池热管理, 并且根据电池的实时状态考虑加大流量等措施进行更加激进的电池热管理方案, 防止电池进入高温失控的状态。

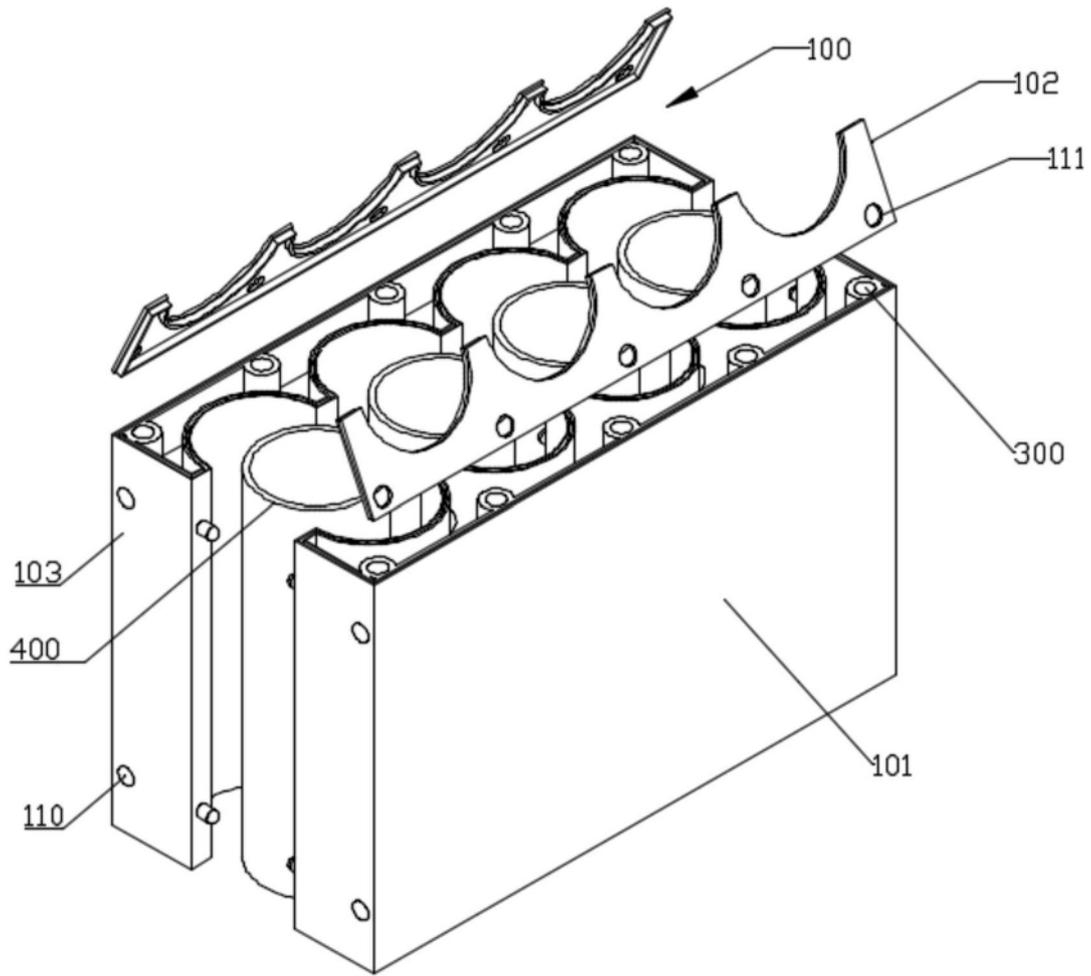


图1

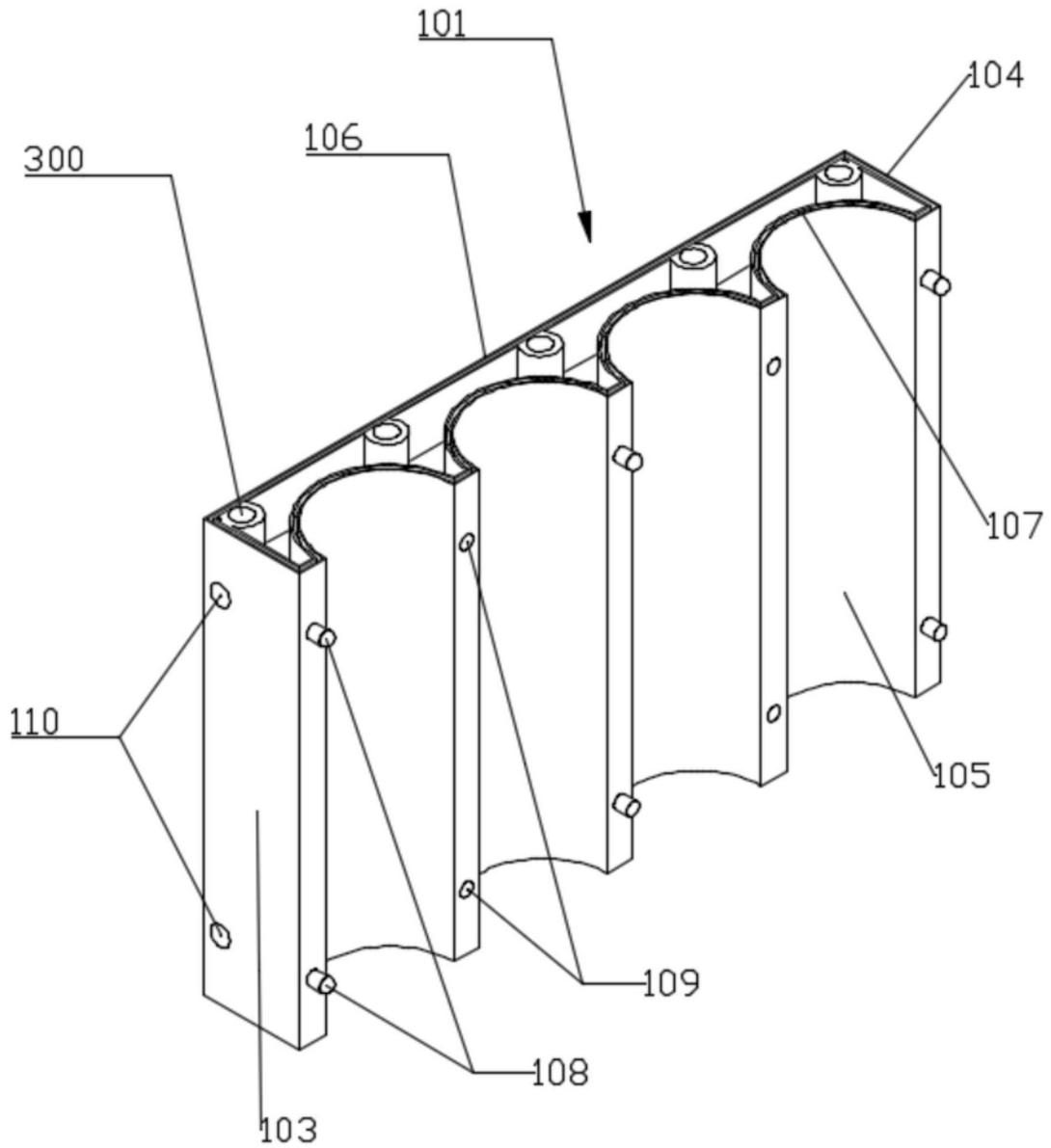


图2

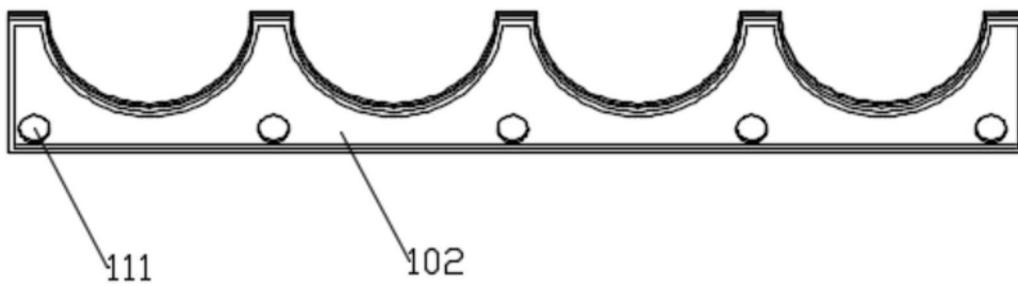


图3

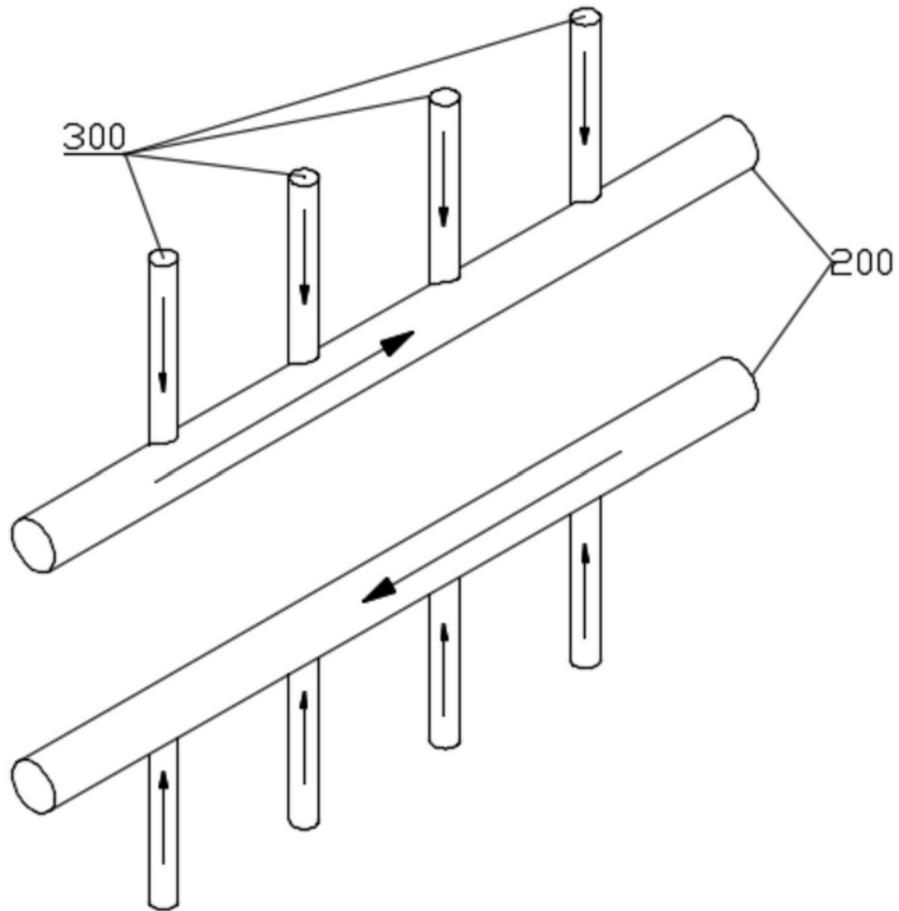


图4

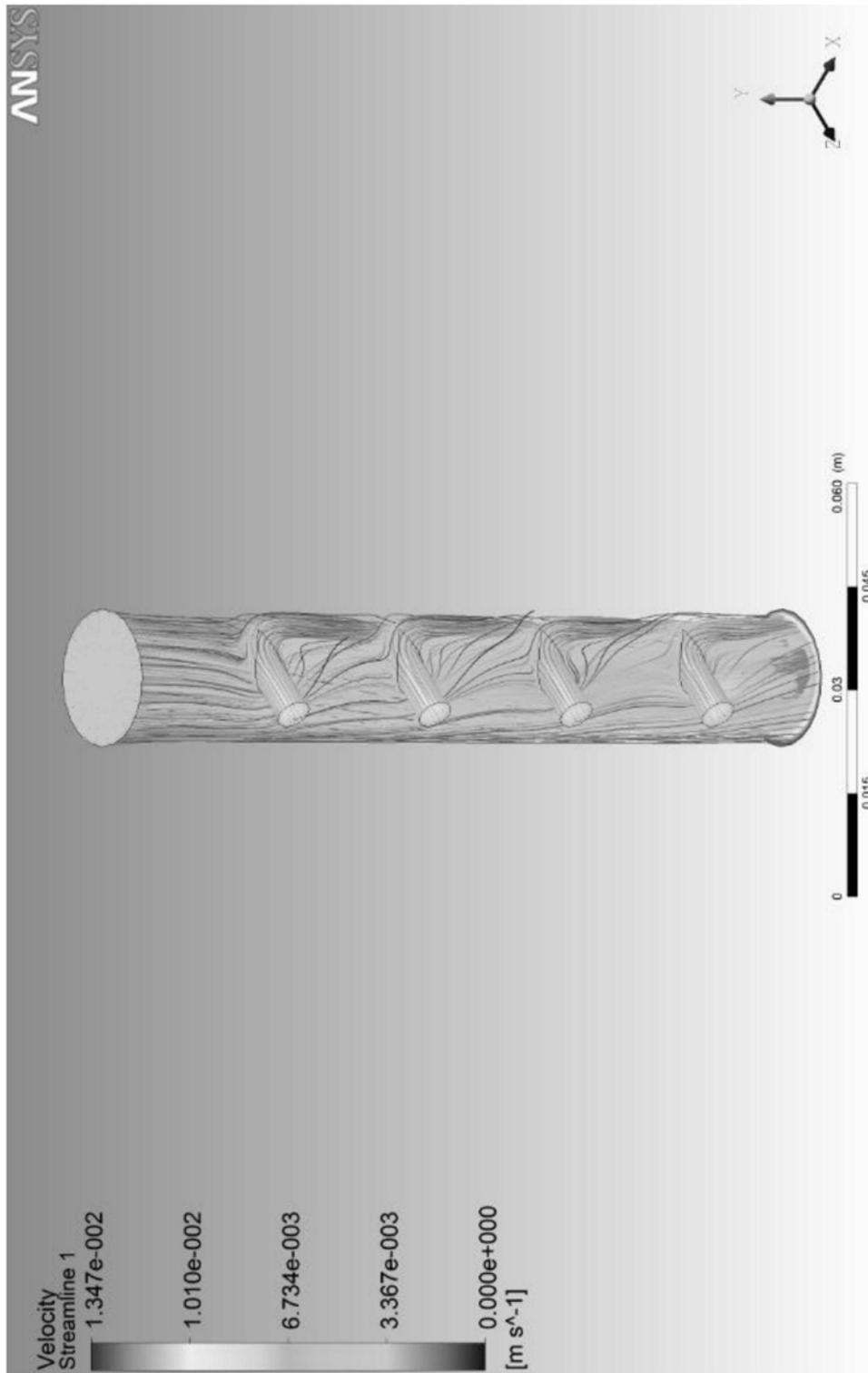


图5

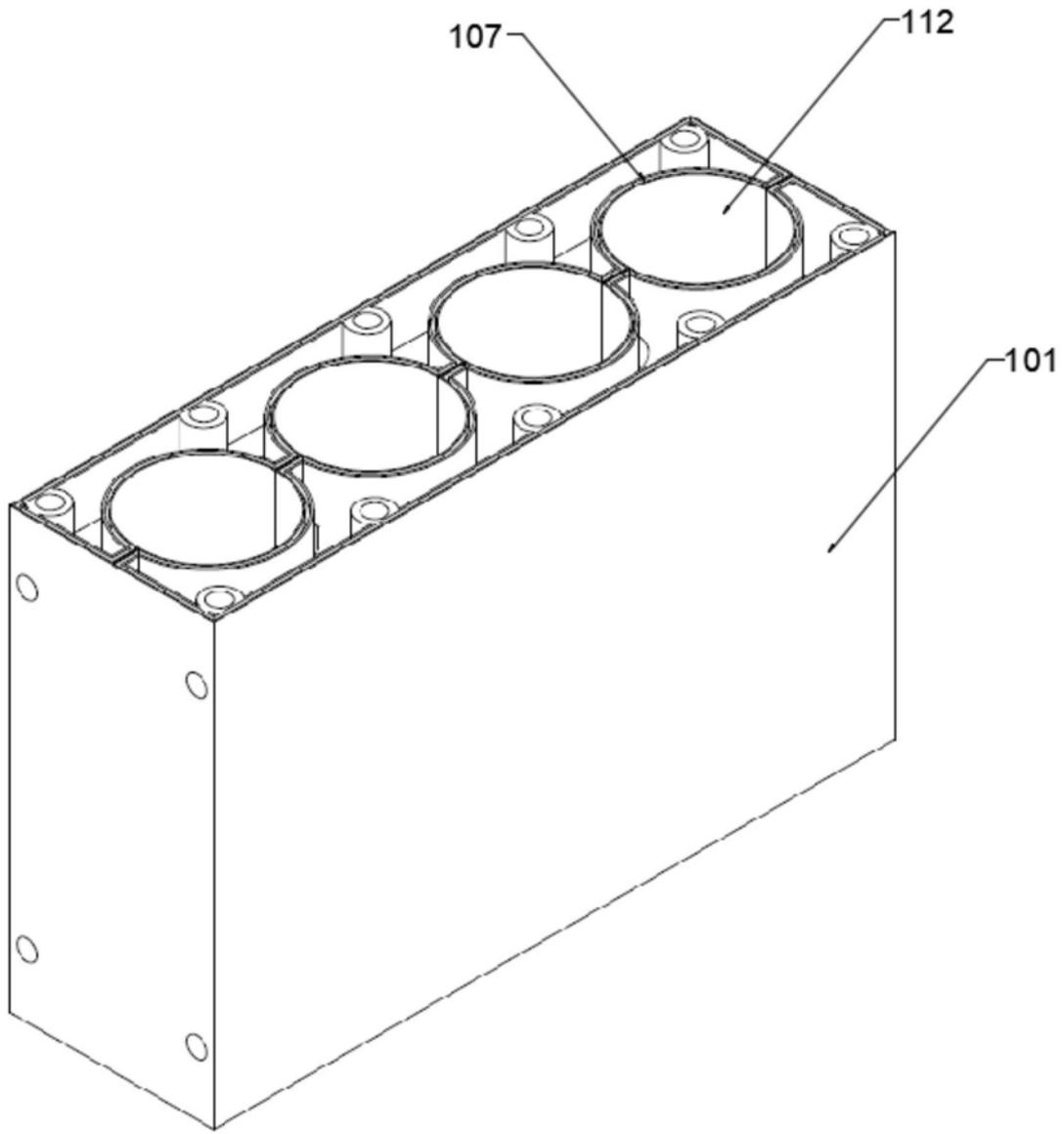


图6

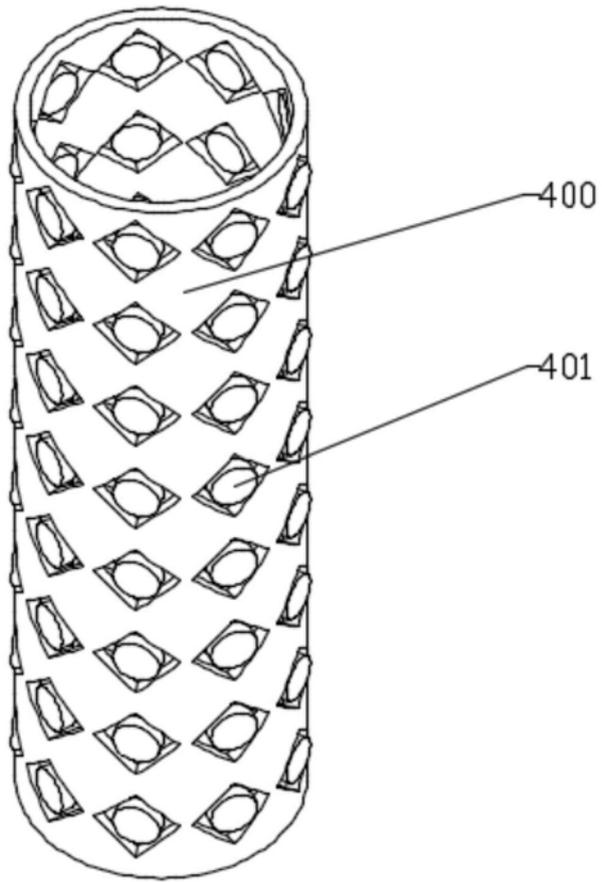


图7

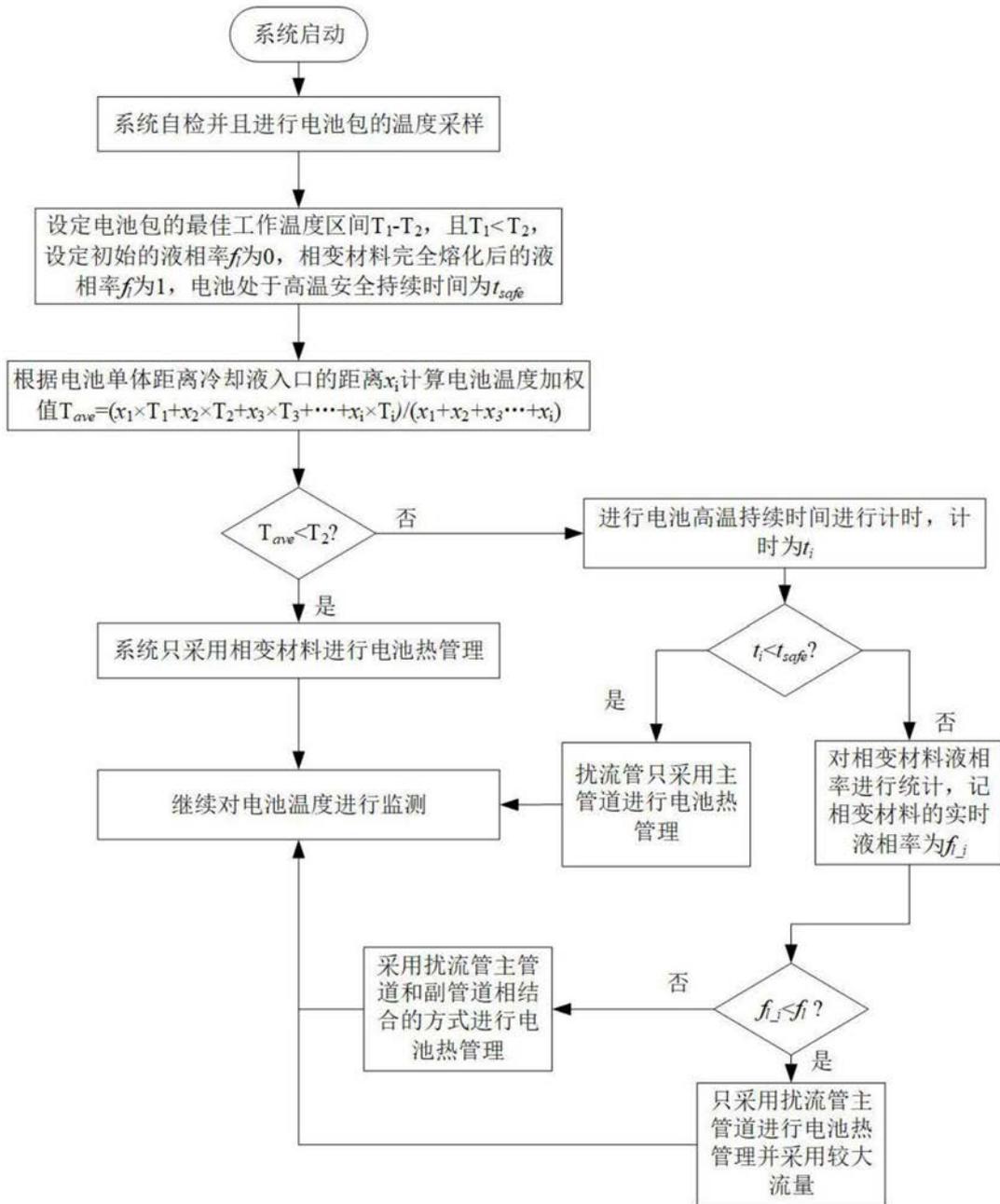


图8