



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112072203 A

(43) 申请公布日 2020.12.11

(21) 申请号 202010863747.5

H01M 10/6557 (2014.01)

(22) 申请日 2020.08.25

H01M 10/6563 (2014.01)

(71) 申请人 东北林业大学

H01M 10/6568 (2014.01)

地址 150040 黑龙江省哈尔滨市香坊区和
兴路26号东北林业大学

H01M 10/6569 (2014.01)

H01M 2/10 (2006.01)

(72) 发明人 陈萌 韦依 聂文鹏 周华进
樊高飞 李静静

(74) 专利代理机构 江苏长德知识产权代理有限
公司 32478

代理人 刘传玉

(51) Int. Cl.

H01M 10/613 (2014.01)

H01M 10/625 (2014.01)

H01M 10/6551 (2014.01)

H01M 10/6554 (2014.01)

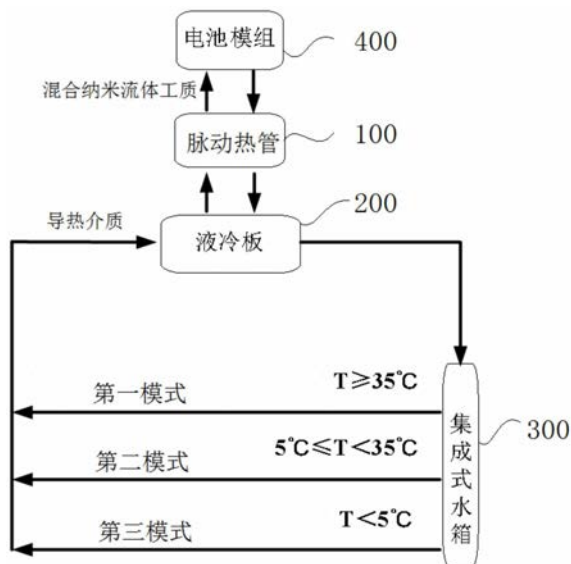
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

一种电动汽车电池包及其电池模组热管理单元

(57) 摘要

本发明公开了一种电动汽车电池包及其电池模组热管理单元,涉及电池技术领域,具体包括脉动热管、液冷板、风力源、集成式水箱、热源等执行元件,当热管理单元满足第一预定条件和第二预定条件、第三预定条件时分别启动第一模式、第二模式和第三模式,将电池模组的各种参数作为预定条件通过转换确定热管理单元的工作模式,能够更为匹配的调节电池模组的调节温度,耦合加热和散热,采用脉动热管与电池包接触,导热介质的通路不需要经过电池单元之间,可靠性高,解决相关技术中耦合加热和散热的较少,而且采用液体导热的方式可靠性较低的技术问题。



1. 一种电动汽车电池包及其电池模组热管理单元,其特征在于,包括:

脉动热管(100),设于电池模组(400)的电池单元之间,脉动热管(100)内部填充有由基液和工质介质混合而成的混合纳米流体力工质,基液为乙醇,工质介质为TiO₂纳米流体;

脉动热管(100)分为第一换热段(110)、绝热段(120)和第二换热段(130),绝热段(120)将第二换热段(130)和第一换热段(110)隔开,第一换热段(110)与电池模组(400)的电池单元导热接触;

液冷板(200),与脉动热管(100)连接,并与脉动热管(100)的第二换热段(130)导热接触,液冷板(200)内部设有内管道,该内管道通过冷却管连通集成式水箱(300);

液冷板(200)的底部设有风力源;

集成式水箱(300),集成式水箱(300)内部设有用于容纳导热介质的水槽(310)以及容纳泵(330)的设备室(320),泵(330)为导热介质提供流动能,使导热介质在液冷板(200)的内管道以及水槽(310)之间循环流动;

水槽(310)内还设有用于加热导热介质的热源(340);热源(340)能够对导热介质加热,对其提供热量;

该电动汽车电池包及其电池模组热管理单元,

满足第一预定条件时启动第一模式,第一模式下,脉动热管(100)的第一换热段(110)作为蒸发段,第二换热段(130)作为冷凝段,热量从蒸发段向冷凝段传递,将电池模组(400)的电池单元的热量向液冷板(200)传递,泵(330)带动导热介质在液冷板(200)与集成式水箱(300)之间循环,启动风力源对液冷板(200)进行散热;

满足第二预定条件时启动第二模式,第二模式下,脉动热管(100)的第一换热段(110)作为蒸发段,第二换热段(130)作为冷凝段,热量从蒸发段向冷凝段传递,将电池模组(400)的电池单元的热量向液冷板(200)传递,泵(330)带动导热介质在液冷板(200)与集成式水箱(300)之间循环,液冷板(200)将导热介质的热量散到空气中;

满足第三预定条件时启动第三模式,第三模式下,热源(340)对导热介质进行加热,泵(330)带动导热介质在液冷板(200)与集成式水箱(300)之间循环,脉动热管(100)的第一换热段(110)作为冷凝段,第二换热段(130)作为蒸发段,热量从蒸发段向冷凝段传递,将导热介质以及液冷板(200)的热量向电池模组(400)的电池单元传递;

第一预定条件、第二预定条件和第三预定条件是电池模组(400)的参数达到预定范围。

2. 根据权利要求1所述的一种电动汽车电池包及其电池模组热管理单元,其特征在于,所述液冷板(200)与脉动热管(100)之间的导热接触是液冷板(200)的顶面设有用于填入脉动热管(100)的第二换热段(130)的凹槽(210)。

3. 根据权利要求1或2所述的一种电动汽车电池包及其电池模组热管理单元,其特征在于,所述液冷板(200)的底部设置翅片。

4. 根据权利要求1或2所述的一种电动汽车电池包及其电池模组热管理单元,其特征在于,所述液冷板(200)的内管道两端分别为进口和出口,集成式水箱(300)上设有对应的进口和出口,冷却管连接内管道的进口以及集成式水箱(300)上的出口,集成式水箱(300)的进口通过冷却管连接内管道的出口,集成式水箱(300)的进口和出口均连通水槽(310)内部空间,泵(330)的进口连接集成式水箱(300)的进口,泵(330)的出口连接集成式水箱(300)的出口。

5. 根据权利要求1所述的一种电动汽车电池包及其电池模组热管理单元,其特征在于,所述第一预设条件是电池模组(400)的温度 $T \geq 35^{\circ}\text{C}$;

所述第二预设条件是电池模组(400)的温度 $5 \leq T < 35^{\circ}\text{C}$;

所述第三预设条件是电池模组(400)的温度 $T < 5^{\circ}\text{C}$ 。

6. 根据权利要求1所述的一种电动汽车电池包及其电池模组热管理单元,其特征在于,所述脉动热管(100)的第一换热段(110)和第二换热段(130)的材料均为硬质金属材料,绝热段(120)的材料为柔性材料;脉动热管(100)的第一换热段(110)连接一个相对于电池单元可移动的支架(111),支架(111)连接驱动其沿脉动热管(100)长边移动的直线驱动机构。

7. 根据权利要求6所述的一种电动汽车电池包及其电池模组热管理单元,其特征在于,所述第一换热段(110)移动的行程小于绝热段(120)的长度的 $1/5$ 。

一种电动汽车电池包及其电池模组热管理单元

技术领域

[0001] 本发明涉及电池技术领域,更具体而言,是一种耦合加热和散热功能的电动汽车电池包及其电池模组热管理单元。

背景技术

[0002] 申请号为CN201711387240.1的中国专利公开了“本发明是关于一种电池包热管理系统及电池包,涉及电池热管理技术领域,所要解决的技术问题是使其能够对多个电池模组分别进行温度调节。主要采用的技术方案为:电池包热管理系统,其包括:主液体循环管路,主液体循环管路中设置有循环水泵、加热器以及散热器;多个支液体循环管路,多个支液体循环管路依次并联在主液体循环管路的输出口和输入口之间;多个流量调节阀,多个流量调节阀分别设置在多个支液体循环管路中;多个换热器,多个所述换热器分别与多个所述支液体循环管路连接,多个所述换热器分别用于与多个电池模组连接,用于对所述电池模组进行热调节。本发明提供的电池包热管理系统,其能够用于同时对多个电池模组分别进行温度调节”。

[0003] 诸如上述专利公开的电池包热管理系统,耦合加热和散热功效的电池包相对较少。

[0004] 而且就现有技术中的电池包热管理系统的散热技术而言,空冷简便可行,但空气传热效率低,冷却速度慢,且易受环境温度影响较大;液冷与空冷相比,液体的传热系数通常比空气的传热系数要高,并且液体的边界层更薄,从而使得其导热率更高,液体冷却技术具有较好的散热效果,但是容易造成液体的泄露,并且管路的布置较为复杂,成本较高,系统的维护比较困难;相变材料冷却相比较以上两种冷却方式,由于相变材料导热系数低而且在相变时体积膨胀需要进行防漏设计,进而导致系统复杂;而热管作为高效的热传导装置,被应用在电池热管理中是一种较为理想的冷却方法。但在目前的研究中热管中的工质多以导热系数较低的水、乙醇、丙酮等为主,并且热管的形状不能和电池很好的匹配,限制了热管的高效散热。

[0005] 就现有技术中的电池包热管理系统的加热技术而言,在寒区低温环境下,通过内部加热方式需要对电池进行充放电,使电池出现性能衰减。而自加热方式,使用第三电极加热电池组是个很大的技术挑战,其改变了电池的自身结构,一旦温控开关失效,会导致电池加热失控,存在一定的安全隐患,其可靠性需进一步研究。外部加热方式比较安全,易于实现,但是能量损失较大,加热速度慢。同时外部加热方式的加热功率易受到局部过热风险的限制,导致电池温度增加不均匀。如空气加热系统在电池箱内有到达不了的盲区,导致温度具有不确定性,与空气加热系统相比,利用液体热流的加热方式能够获得更高的传热效率。但传统的将液体通入电池箱底部的方法,对电池箱密封性有更高的要求,其可靠性更加难以保证。

[0006] 综合来看,现有技术的电池包热管理系统存在的问题是耦合加热和散热的较少,而且采用液体导热的方式可靠性较低。

发明内容

[0007] 本发明提供一种耦合加热和散热,采用脉动热管与电池包接触,可靠性高的电动汽车电池包及其电池模组热管理单元,解决相关技术中耦合加热和散热的较少,而且采用液体导热的方式可靠性较低的技术问题。

[0008] 根据本发明的一个方面,提供了一种电动汽车电池包及其电池模组热管理单元,包括:

[0009] 脉动热管,设于电池模组的电池单元之间,脉动热管内部填充有由基液和工质介质混合而成的混合纳米流体系工质,基液为乙醇,工质介质为TiO₂纳米流体;

[0010] 脉动热管分为第一换热段、绝热段和第二换热段,绝热段将第二换热段和第一换热段隔开,第一换热段与电池模组的电池单元导热接触;

[0011] 液冷板,与脉动热管连接,并与脉动热管的第二换热段导热接触,液冷板内部设有内管道,该内管道通过冷却管连通集成式水箱;

[0012] 液冷板的底部设有风力源;

[0013] 集成式水箱,集成式水箱内部设有用于容纳导热介质的水槽以及容纳泵的设备室,泵为导热介质提供流动能,使导热介质在液冷板的内管道以及水槽之间循环流动;

[0014] 水槽内还设有用于加热导热介质的热源;热源能够对导热介质加热,对其提供热量。

[0015] 该电动汽车电池包及其电池模组热管理单元,

[0016] 满足第一预定条件时启动第一模式,第一模式下,脉动热管的第一换热段作为蒸发段,第二换热段作为冷凝段,热量从蒸发段向冷凝段传递,将电池模组的电池单元的热量向液冷板传递,泵带动导热介质在液冷板与集成式水箱之间循环,启动风力源对液冷板进行散热;

[0017] 满足第二预定条件时启动第二模式,第二模式下,脉动热管的第一换热段作为蒸发段,第二换热段作为冷凝段,热量从蒸发段向冷凝段传递,将电池模组的电池单元的热量向液冷板传递,泵带动导热介质在液冷板与集成式水箱之间循环,液冷板将导热介质的热量散到空气中;

[0018] 满足第三预定条件时启动第三模式,第三模式下,热源对导热介质进行加热,泵带动导热介质在液冷板与集成式水箱之间循环,脉动热管的第一换热段作为冷凝段,第二换热段作为蒸发段,热量从蒸发段向冷凝段传递,将导热介质以及液冷板的热量向电池模组的电池单元传递;

[0019] 第一预定条件、第二预定条件和第三预定条件是电池模组的参数达到预定范围。

[0020] 通过采用上述技术方案,将电池模组的各种参数作为预定条件通过转换确定热管理单元的工作模式,能够更为匹配的调节电池模组的调节温度,耦合加热和散热,采用脉动热管与电池包接触,导热介质的通路不需要经过电池单元之间,可靠性高,解决相关技术中耦合加热和散热的较少,而且采用液体导热的方式可靠性较低的技术问题。

[0021] 进一步地,所述液冷板与脉动热管之间的导热接触是液冷板的顶面设有用于填入脉动热管的第二换热段的凹槽。

[0022] 进一步地,所述液冷板的底部设置翅片。

[0023] 进一步地,所述液冷板的内管道两端分别为进口和出口,集成式水箱上设有对应

的进口和出口,冷却管连接内管道的进口以及集成式水箱上的出口,集成式水箱的进口通过冷却管连接内管道的出口,集成式水箱的进口和出口均连通水槽内部空间,泵的进口连接集成式水箱的进口,泵的出口连接集成式水箱的出口。

[0024] 进一步地,所述第一预设条件是电池模组的温度 $T \geq 35^{\circ}\text{C}$;

[0025] 所述第二预设条件是电池模组的温度 $5 \leq T < 35^{\circ}\text{C}$;

[0026] 所述第三预设条件是电池模组的温度 $T < 5^{\circ}\text{C}$ 。

[0027] 进一步地,所述脉动热管的第一换热段和第二换热段的材料均为硬质金属材料,绝热段的材料为柔性材料;脉动热管的第一换热段连接一个相对于电池单元可移动的支架,支架连接驱动其沿脉动热管长边移动的直线驱动机构。

[0028] 进一步地,所述第一换热段移动的行程小于绝热段的长度的1/5。

[0029] 本发明的有益效果在于:

[0030] 一、该电池模组热管理系统耦合热管、风冷、液冷的热管理形式,实现了电池模组加热和散热管理一体化,更契合车辆市场实际应用需求。

[0031] 二、该电池模组热管理系统采用高导热性能的脉动热管作为传热核心元件,配以金属氧化物(TiO_2)悬浮液作为热管工作介质,解决了传统热管在电池热管理中高效传热受限问题;同时以液冷方式作为主热管理形式,在利用液冷的高效传热性能的同时,设计了集成式水箱,这避免了液冷管路的布置较为复杂,成本较高,系统的维护比较困难等问题。

[0032] 三、采用液冷的主热管理形式,实现散热加热一体化,利用液体对流的方式能够获得更高的加热和散热传热效率,加热和散热效果显著。将热管与液冷板贴合通过液冷管道传输到集成式水箱,避免了传统的将液体通入电池箱底部的的方法,降低对电池箱密封性高的要求,其可靠性容易保证。

附图说明

[0033] 图1是本发明实施例的热管理原理示意图;

[0034] 图2是本发明实施例的电池模组与脉动热管的组合示意图;

[0035] 图3是本发明实施例的液冷板的结构示意图;

[0036] 图4是本发明实施例的集成式水箱的结构示意图;

[0037] 图5是本发明实施例的脉动热管的结构示意图;

[0038] 图6是本发明实施例的脉动热管设置支架的结构示意图。

[0039] 图中:脉动热管100、第一换热段110、绝热段120、第二换热段130、支架111、液冷板200、凹槽210、集成式水箱300、水槽310、设备室320,泵330、热源340、电池模组400。

具体实施方式

[0040] 现在将参考示例实施方式讨论本文描述的主题。应该理解,讨论这些实施方式只是为了使得本领域技术人员能够更好地理解从而实现本文描述的主题,并非是对权利要求书中所阐述的保护范围、适用性或者示例的限制。可以在不脱离本说明书内容的保护范围的情况下,对所讨论的元素的功能和排列进行改变。各个示例可以根据需要,省略、替代或者添加各种过程或组件。例如,所描述的方法可以按照与所描述的顺序不同的顺序来执行,以及各个步骤可以被添加、省略或者组合。另外,相对一些示例所描述的特征在其它例子中

也可以进行组合。

[0041] 在本实施例中提供了一种电动汽车电池包及其电池模组热管理单元,如图1所示是根据本发明的热管理原理示意图,如图1-5所示,该电动汽车电池包及其电池模组热管理单元包括:

[0042] 脉动热管100,设于电池模组400的电池单元之间,脉动热管100内部填充有由基液和工质介质混合而成的混合纳米流体力工质,基液为乙醇,工质介质为TiO₂纳米流体。脉动热管100具有高导热性能,能够实现热量的高效传输而且其结构简单、成本低,实现小型化,高灵活性,用以作为传热装置恰到好处。

[0043] 脉动热管100分为第一换热段110、绝热段120和第二换热段130,绝热段120将第二换热段130和第一换热段110隔开,第一换热段110与电池模组400的电池单元导热接触;

[0044] 液冷板200,与脉动热管100连接,并与脉动热管100的第二换热段130导热接触,液冷板200内部设有内管道,该内管道通过冷却管连通集成式水箱300;具体可以是,内管道两端分别为进口和出口,集成式水箱300上设有对应的进口和出口,冷却管连接内管道的进口以及集成式水箱300上的出口,集成式水箱300的进口通过冷却管连接内管道的出口。

[0045] 液冷板200与脉动热管100之间的导热接触是液冷板200的顶面设有用于填入脉动热管100的第二换热段130的凹槽210。

[0046] 液冷板200的材料可选但不限于:导热良好的金属或非金属,例如铝。导热良好的液冷板200能够通过表面与空气热交换进行散热,进一步为了提高这个效果,可以通过增加液冷板200表面积的方式,例如液冷板200的底部设置翅片。

[0047] 液冷板200的底部设有风力源,用于将液冷板200以及内部的导热介质的热量以风冷的方式散到空气中。

[0048] 液冷板200的内管道是由开设于液冷板200内部的腔体构成,该腔体整体呈蛇形,能够提供导热介质在液冷板200内的行程。

[0049] 集成式水箱300,集成式水箱300内部设有用于容纳导热介质的水槽310以及容纳泵330的设备室320,泵330为导热介质提供流动能,使导热介质在液冷板200的内管道以及水槽310之间循环流动;集成式水箱300的进口和出口均连通水槽310内部空间,泵330的进口连接集成式水箱300的进口,泵330的出口连接集成式水箱300的出口。

[0050] 水槽310内还设有用于加热导热介质的热源340;热源340能够对导热介质加热,对其提供热量。

[0051] 集成式水箱300上还设有泄压阀和注水口,泄压阀是防止由于热胀冷缩导致的水箱内压力过大,起到泄压的作用,选用的泄压阀不仅有泄压的功能,也具有防水防尘的能力。注水口的主要作用是给集成式水箱300注入导热介质。

[0052] 热源340可选但不限于:电加热器、燃烧加热器。

[0053] 设备室320内还设有用于控制泵330、热源340、风力源、传感器等的电气控制器,电气控制器通过传感器检测电池模组400的温度等各项参数,并控制泵330、热源340、风力源的运转以及功率。

[0054] 该电动汽车电池包及其电池模组热管理单元,

[0055] 满足第一预定条件时启动第一模式,第一模式下,脉动热管100的第一换热段110作为蒸发段,第二换热段130作为冷凝段,热量从蒸发段向冷凝段传递,将电池模组400的电

池单元的热量向液冷板200传递,泵330带动导热介质在液冷板200与集成式水箱300之间循环,启动风力源对液冷板200进行散热。这种模式下散热效果最好,不仅有液冷板200表面与空气的散热,还有风力源加速空气流动提高热量的散热速度;

[0056] 满足第二预定条件时启动第二模式,第二模式下,脉动热管100的第一换热段110作为蒸发段,第二换热段130作为冷凝段,热量从蒸发段向冷凝段传递,将电池模组400的电池单元的热量向液冷板200传递,泵330带动导热介质在液冷板200与集成式水箱300之间循环,液冷板200将导热介质的热量散到空气中。这种模式下散热效果相较于第一模式来说散热效率较低,仅有液冷板200表面与空气的散热;

[0057] 满足第三预定条件时启动第三模式,第三模式下,热源340对导热介质进行加热,泵330带动导热介质在液冷板200与集成式水箱300之间循环,脉动热管100的第一换热段110作为冷凝段,第二换热段130作为蒸发段,热量从蒸发段向冷凝段传递,将导热介质以及液冷板200的热量向电池模组400的电池单元传递。这种模式下对电池单元进行加热;

[0058] 第一预定条件可以是电池模组400的温度、电压、电流、时间等达到预定范围;

[0059] 第二预定条件可以是电池模组400的温度、电压、电流、时间等达到预定范围;

[0060] 第三预定条件可以是电池模组400的温度、电压、电流、时间等达到预定范围;

[0061] 作为一种实施例,应用于充电、放电等全时间环境的热管理;

[0062] 采用电池模组400温度 $T \geq 35^{\circ}\text{C}$ 作为第一预设条件,采用电池模组400温度 $5 \leq T < 35^{\circ}\text{C}$ 作为第二预设条件,采用电池模组400温度 $T < 5^{\circ}\text{C}$ 作为第三预设条件;

[0063] 在电池模组400温度 $T \geq 35^{\circ}\text{C}$ 启动第一模式,开始强散热;

[0064] 在电池模组400温度 $5 \leq T < 35^{\circ}\text{C}$ 时启动第二模式开始弱散热;

[0065] 在电池模组400温度 $T < 5^{\circ}\text{C}$ 时启动第三模式开始加热。

[0066] 作为第二种实施例,应用于放电工况下的热管理;

[0067] 采用电池模组400放电电流或放电电压超过阈值作为第一预设条件,采用温度 $T \geq 35^{\circ}\text{C}$ 作为第二预设条件,采用电池模组400温度 $T < 5^{\circ}\text{C}$ 作为第三预设条件;

[0068] 上述放电电流或放电电压的阈值根据不同规格和型号的电池模组400的参数得出或适应性预设。

[0069] 在电池模组400放电电流或放电电压超过阈值启动第一模式,开始强散热;

[0070] 在电池模组400温度 $T \geq 35^{\circ}\text{C}$ 时启动第二模式开始弱散热;

[0071] 在电池模组400温度 $T < 5^{\circ}\text{C}$ 时启动第三模式开始加热;

[0072] 在这一种实施例中能够结合温度以及电池模组400的输出情况混合对电池模组400进行热管理;

[0073] 作为第三种实施例,应用于充电工况下的热管理;

[0074] 采用电池模组400充电电流或充电电压超过阈值作为第一预设条件,采用温度 $T \geq 35^{\circ}\text{C}$ 作为第二预设条件,采用电池模组400温度 $T < 5^{\circ}\text{C}$ 作为第三预设条件;

[0075] 上述充电电流或充电电压的阈值根据不同规格和型号的电池模组400的参数得出或适应性预设。

[0076] 在电池模组400放电电流或放电电压超过阈值启动第一模式,开始强散热;

[0077] 在电池模组400温度 $T \geq 35^{\circ}\text{C}$ 时启动第二模式开始弱散热;

[0078] 在电池模组400温度 $T < 5^{\circ}\text{C}$ 时启动第三模式开始加热;

[0079] 在这一种实施例中能够结合温度以及电池模组400的充电情况混合对电池模组400进行热管理。

[0080] 第一预设条件可以设置为多个,多个第一预设条件可以是和与或的逻辑判断关系,例如一个第一预设条件是温度 $T \geq 35^{\circ}\text{C}$,另一个第一预设条件是放电电压超过阈值;

[0081] 可以是同时满足两个第一预设条件时启动第一模式,也可以是满足任意一个第一预设条件时启动第一模式。

[0082] 通过三个模式对应的预设条件的组合能够综合电池模组400的温度、电压、电流、时间作为参数进行综合的多元化的热管理,不再局限于单一维度的参数作为热管理的依据。

[0083] 无论采用哪一种具体的实施例,总体来说,电池模组400散热传输路径为电池单元外表面→热管蒸发段→热管冷凝段→液冷板200内管道→液冷管→集成式水箱300;

[0084] 加热传输路径为集成式水箱300→液冷管→液冷板200内管道→热管蒸发段→热管冷凝段→电池外表面;

[0085] 基于脉动热管100的特性,其存在一段绝热段120,而电池模组400与液冷板200之间的间距又不能设置的太大,导致一部分绝热段120与电池模组400接触,实际上电池单元与第一换热段110导热接触的区域有限;为了解决这个问题可以在电池单元与第一换热段110导热接触的一面设置导热面;

[0086] 如图6所示,为了进一步解决这个问题,本实施例提供以下方式:

[0087] 脉动热管100的第一换热段110和第二换热段130的材料均为硬质金属材料,例如铜,绝热段120的材料为柔性材料;脉动热管100的第一换热段110连接一个相对于电池单元可移动的支架111,支架111连接驱动其沿脉动热管100长边移动的直线驱动机构;

[0088] 支架111被直线驱动机构直线移动的过程中带动第一换热段110在脉动热管100所在的平面内相对于电池单元移动,能够使第一换热段110导热接触到电池单元表面的更大区域;

[0089] 另一方面,第一换热段110在脉动热管100所在的平面内相对于第二换热段130移动,随着间距变化绝热段120在直线形状与弯曲形状之间过渡,因此需要保持第一换热段110的行程小于绝热段120的长度的 $1/5$,以保持脉动热管100的导热效果的持续。

[0090] 直线驱动机构可选但不限于连接电机的滚珠丝杆副、气缸、液压缸、卷扬机;

[0091] 支架111与电池单元的可移动是支架111与电池单元之间通过直线滑轨连接。

[0092] 对于上述的脉动热管100充灌率为 $46 \sim 53\%$ 。经过试验发现上述充灌率范围内的情况下能够在第一换热段110移动到低位时仍能起到导热效果。

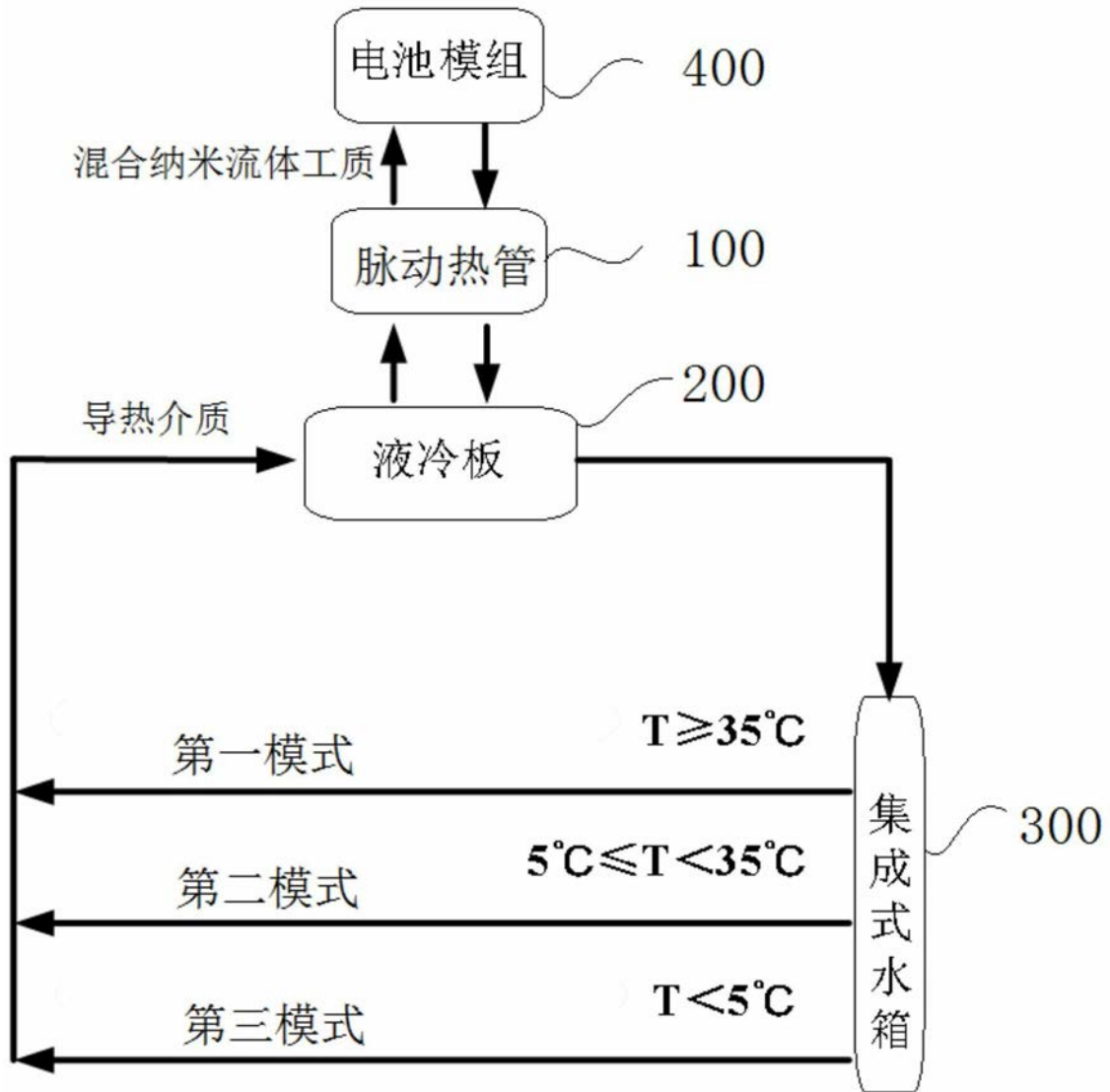


图1

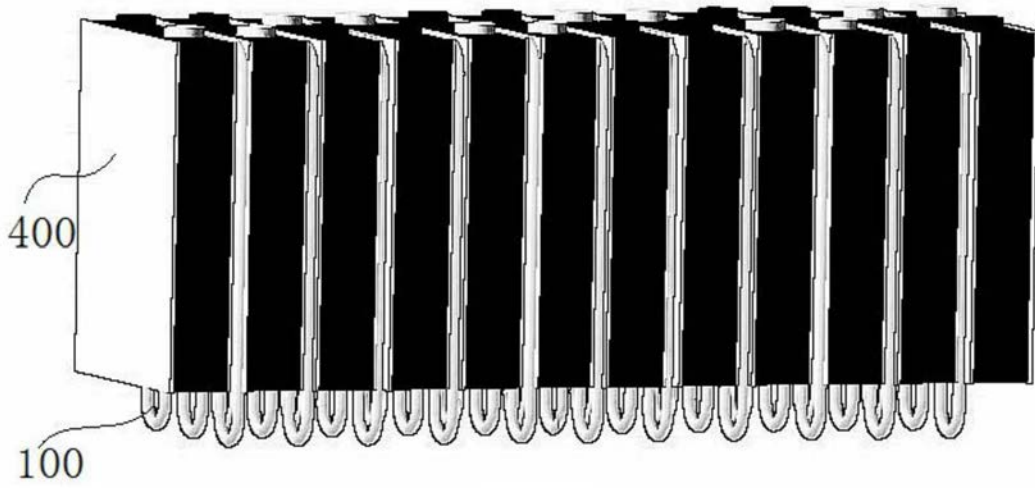


图2

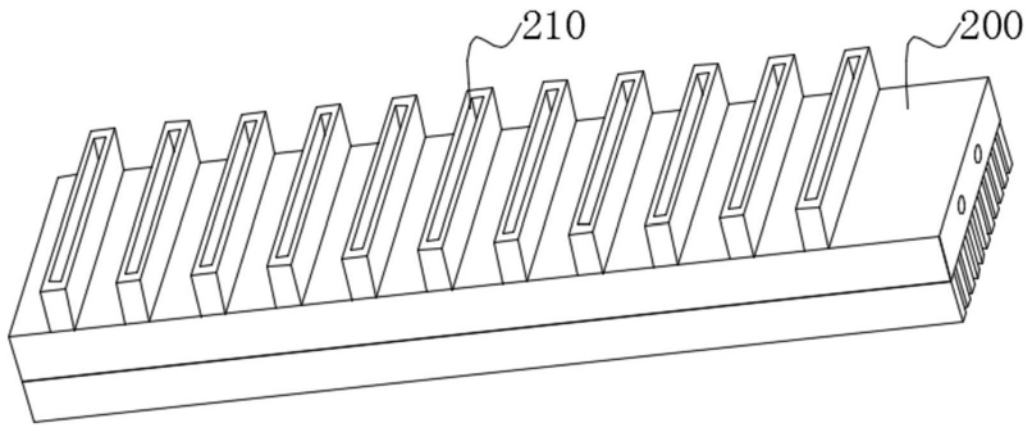


图3

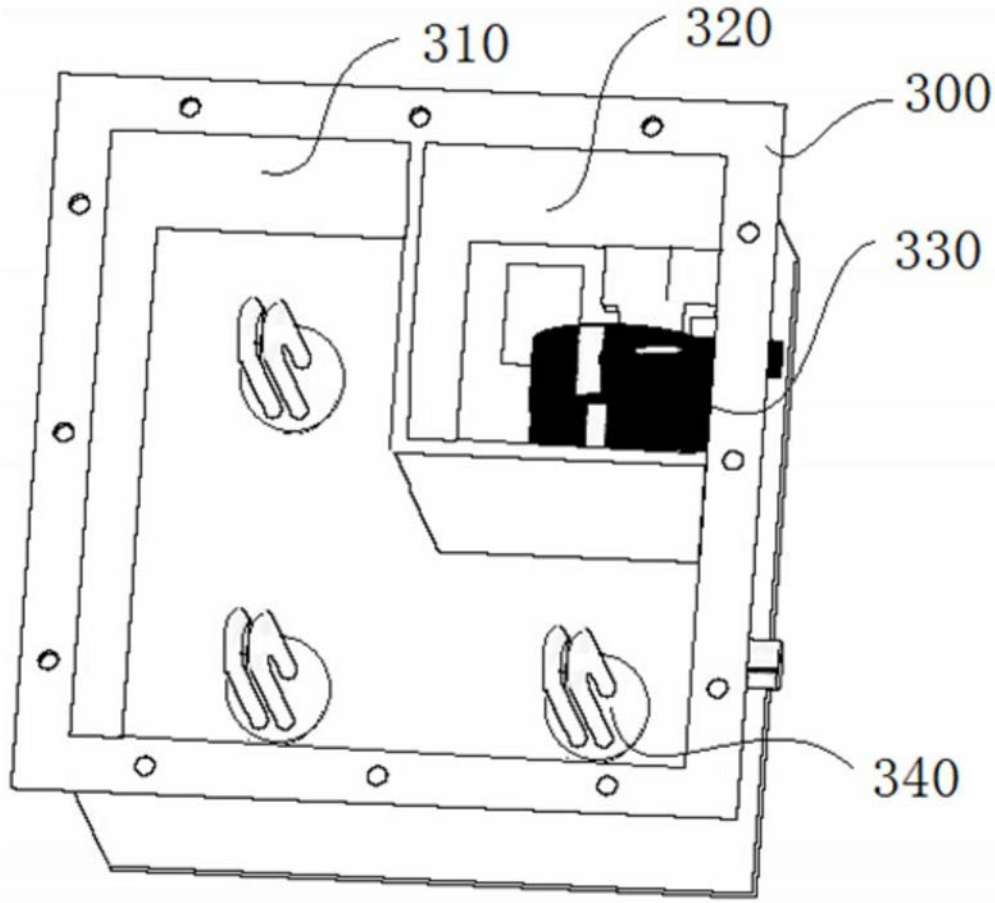


图4

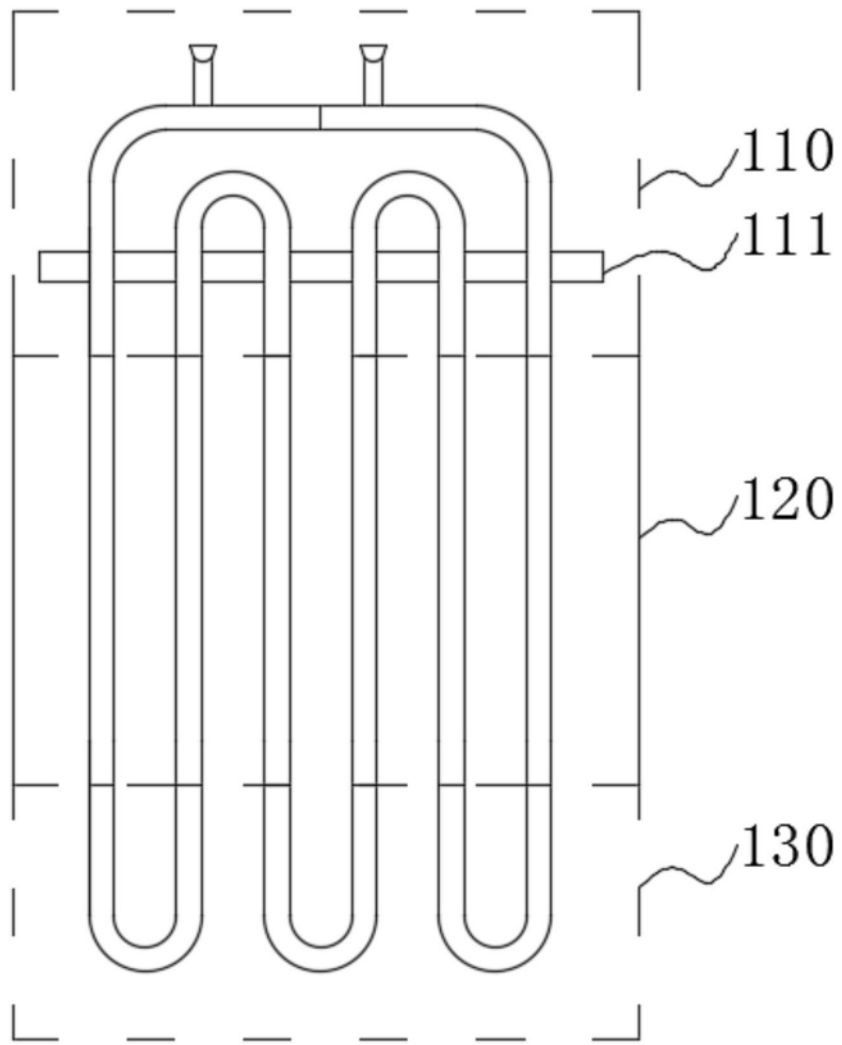


图6