



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108899615 A

(43)申请公布日 2018.11.27

(21)申请号 201810612341.2

H01M 10/657(2014.01)

(22)申请日 2018.06.14

H01M 10/658(2014.01)

(71)申请人 江苏大学

地址 212013 江苏省镇江市京口区学府路
301号

(72)发明人 徐晓明 傅家麒 李仁政

(51)Int.Cl.

H01M 10/615(2014.01)

H01M 10/617(2014.01)

H01M 10/625(2014.01)

H01M 10/63(2014.01)

H01M 10/633(2014.01)

H01M 10/653(2014.01)

H01M 10/6552(2014.01)

H01M 10/6556(2014.01)

H01M 10/6568(2014.01)

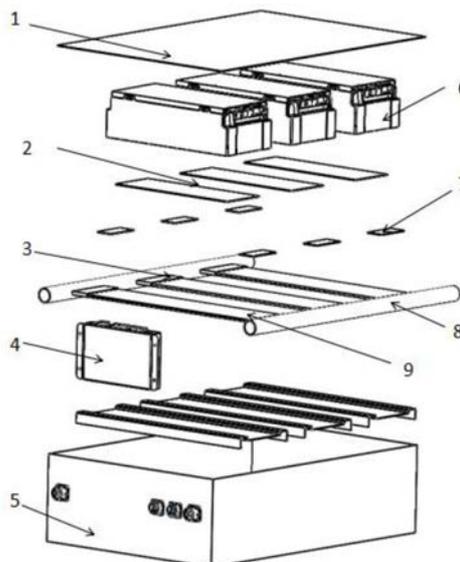
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

一种基于低温平面热管的多级加热装置及加热控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于低温平面热管的多级加热装置及加热控制方法,包括:加热水管、低温平面热管、加热片、导热垫、隔热套。低温平面热管插入加热水管;在加热水管的外部低温平面热管段两端各布置一个加热片,所述加热片所产生的热量能根据分配得到的加热功率进行调节;在加热片的外层安装布置一个隔热套,以减少加热片产生的热量与空气接触产生热量的损失;低温平面热管的中间部分上面布置导热垫,导热垫上安装电池模组,提高电池模组和低温平面热管的导热能力,保证电池模组加热时间。在使用时,通过热管控制装置实时监测电池模组的温差以调整加热功率使电池模组受热均衡,再根据理论加热时间实时分配总功率以调节电池模组的实际加热时间。



1. 一种基于低温平面热管的多级加热装置,其特征在于,包括加热水管(8)、平面热管;所述平面热管的两端插入所述加热水管(8)中;所述平面热管的中间部分上面设置导热垫(2),所述导热垫(2)能够与电池模组(6)接触进行传热;所述平面热管的中间靠近两端位置设有加热片(7),所述加热片(7)能够根据电池模组(6)的温差调节加热功率,使电池模组(6)受热均衡。

2. 根据权利要求1所述的一种基于低温平面热管的多级加热装置,其特征在于,所述加热片(7)的外层还包裹有隔热套(3)。

3. 根据权利要求1所述的一种基于低温平面热管的多级加热装置,其特征在于,所述加热水管(8)内通入加热液。

4. 根据权利要求1所述的一种基于低温平面热管的多级加热装置,其特征在于,所述平面热管为低温平面热管(9),其与加热水管(8)的连接处密封。

5. 根据权利要求1所述的一种基于低温平面热管的多级加热装置,其特征在于,还包括热管理控制装置(4);所述热管理控制装置一方面检测电池模组的温度并将检测结果传送给应急牵引电池组系统控制装置以控制电池模组进入相应的工作流程,另一方面检测各电池模组之间的温度差并输出低压信号控制加热片以可变的加热功率弥补各个电池模组之间的温度差并减少使电池模组达到启动条件的加热时间。

6. 根据权利要求4所述的一种基于低温平面热管的多级加热装置,其特征在于,所述多级加热装置整体放在一个上盖能够打开的电池箱体(5)内,所述电池箱体(5)与所述平面热管底部之间通过弹性支撑垫(14)固定和支撑,所述电池模组和电池箱体(5)之间通过电池模组加强筋(15)固定和支撑;

所述电池箱体(5)上设有高压总正接口(10)、高压总负接口(13)、低压控制接口(11)以及加热接口(12);其中,高压总正接口和高压总负接口分别与电池模组的正、负极连接以输出高压电;低压控制接口与热管理控制装置以低压线束连接,将热管理控制装置检测的信号传输给应急牵引电池组系统控制装置;加热接口与加热片以低压线束连接。

7. 根据权利要求1-6任意一项所述的一种基于低温平面热管的多级加热装置的加热控制方法,其特征在于,将加热水管(8)内通入加热液,加热液给低温平面热管(9)的端部进行加热,低温平面热管(9)将吸收到的热量通过导热垫传递给电池模组。

8. 根据权利要求7所述的加热控制方法,其特征在于,在低温平面热管(9)将吸收到的热量传输给电池模组(6)的过程中,利用热管理控制装置(4)实时调节电池模组(6)的热均衡和电池加热时间;具体地:

热管理控制装置(4)检测电池模组(6)的初始温度,判断电池模组(6)的温度是否达到最佳工作温度 T' ,若达到,热管理控制装置(4)将温度信号传输给应急牵引电池组系统控制装置,控制电池模组(6)进行正常放电,若未达到,则再次判断是否达到电池模组(6)最低放电温度 T_0 ,存在两种情况:1)、达到电池最低放电温度 T_0 ,则热管理控制装置(4)将温度信号传输给应急牵引电池组系统控制装置,控制电池模组(6)进行低温放电自加热,即进入温放电模式下多级加热流程,并启动加热片(7)进行多级加热直至在规定时间内达到电池模组最佳工作温度 T' ;2)、未达到最低放电温度 T_0 ,则不启动电池模组放电自加热,电池模组进入多级预热流程,直至在规定的时间内达到电池模组(6)的最低放电温度 T_0 ,然后进入低温放电模式下多级加热流程。

9. 根据权利要求8所述的加热控制方法,其特征在于,所述多级预热流程如下:

热管理控制装置(4)设定多级预热时间 t_1 并检测环境温度,计算电池模组(6)达到最低放电温度 T_0 所需的加热总功率 P ,将所需的加热总功率平均分配给电池模组 m_1 、 m_2 、 m_3 、 \dots 、 m_n 对应的加热片(7)并开始通电加热;加热过程中,热管理控制装置(4)实时监测 m_1 、 m_2 、 m_3 、 \dots 、 m_n 的温度 T_1 、 T_2 、 T_3 、 \dots 、 T_n ,并计算 m_1 、 m_2 、 m_3 、 \dots 、 m_n 之间的温差 $|T_2-T_1|$ 、 $|T_3-T_2|$ 、 \dots 、 $|T_n-T_{n-1}|$,热管理控制装置(4)判断温差是否小于 2°C ,若温差 $|T_2-T_1|$ 、 $|T_3-T_2|$ 、 \dots 、 $|T_n-T_{n-1}|$ 大于 2°C ,热管理控制装置(4)将根据温差数值大小对电池模组 m_1 、 m_2 、 m_3 、 \dots 、 m_n 对应加热片(7)的加热功率 P_1 、 P_2 、 P_3 、 \dots 、 P_n 增加至 P_1 、 $P_2+\Delta P_{21}$ 、 $P_3+\Delta P_{31}$ 、 \dots 、 $P_n+\Delta P_{n1}$,并实时检测 T_1 、 T_2 、 T_3 、 \dots 、 T_n ,直至温差 $|T_2-T_1|$ 、 $|T_3-T_2|$ 、 \dots 、 $|T_n-T_{n-1}|$ 小于 2°C ;若温差 $|T_2-T_1|$ 、 $|T_3-T_2|$ 、 \dots 、 $|T_n-T_{n-1}|$ 小于 2°C ,则判断电池模组 m_1 、 m_2 、 m_3 、 \dots 、 m_n 温度是否达到最低放电温度 T_0 ,若未达到,则继续通电加热;若已达到最低放电温度 T_0 ,则进入低温放电模式下多级加热流程。

10. 根据权利要求8所述的加热控制方法,其特征在于,所述低温放电模式下多级加热流程如下:

当电池模组 m_1 、 m_2 、 m_3 、 \dots 、 m_n 温度 T_1 、 T_2 、 T_3 、 \dots 、 T_n 达到电池模组放电的最低放电温度 T_0 ,应急牵引电池组系统控制装置控制电池模组 m_1 、 m_2 、 m_3 、 \dots 、 m_n 以低倍率放电产热,同时热管理控制装置(4)设定低温放电多级加热时间 t_2 并计算当前状态下加热所需的总功率 P' ,热管理控制装置(4)将总功率 P' 平均分配给 m_1 、 m_2 、 m_3 、 \dots 、 m_n 对应的加热片并开始通电加热;热管理控制装置(4)实时检测 T_1 、 T_2 、 T_3 、 \dots 、 T_n 并计算 m_1 、 m_2 、 m_3 、 \dots 、 m_n 之间的温差 $|T_2-T_1|$ 、 $|T_3-T_2|$ 、 \dots 、 $|T_n-T_{n-1}|$,若 $|T_2-T_1|$ 、 $|T_3-T_2|$ 、 \dots 、 $|T_n-T_{n-1}|$ 大于 2°C ,热管理控制装置(4)将根据温差数值大小对 m_1 、 m_2 、 m_3 对应加热片的加热功率 P'_1 、 P'_2 、 P'_3 、 \dots 、 P'_n 调整至 P'_1 、 $P'_2+\Delta P_{21}'$ 、 $P'_3+\Delta P_{31}'$ 、 \dots 、 $P'_n+\Delta P_{n1}'$,直至温差 $|T_2-T_1|$ 、 $|T_3-T_2|$ 、 \dots 、 $|T_n-T_{n-1}|$ 小于 2°C ;若温差 $|T_2-T_1|$ 、 $|T_3-T_2|$ 、 \dots 、 $|T_n-T_{n-1}|$ 小于 2°C ,则判断电池模组(6)是否达到最佳工作温度 T' ,若未达到最佳工作温度,则在低倍率放电的同时继续进行通电加热;若已达到最佳工作温度 T' ,则停止多级加热流程,启动应急牵引电池组系统。

一种基于低温平面热管的多级加热装置及加热控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电池模组加热的技术领域,具体涉及一种基于低温平面热管的多级加热装置及控制方法。

背景技术

[0002] 目前国内外城市轨道交通车辆均采用电力电源,供电制式为DC 750V和DC 1500V。一旦发生故障,将导致牵引供电的中断,影响城市轨道交通运营的质量,造成运营损失。轨道车装载应急牵引电池组系统,在车辆故障情况下,列车转入应急自牵引模式,依靠自身配置的应急牵引电池组系统将列车行驶至最近的站点。由于电池组作为主要应急牵引来源,功率大、电压等级高,所以对电池组管理尤为重要。电池组在低温环境下,放电能力大大减退,减少放电能力,如果环境温度过低的话,可能电池组会出现无法放电的情况。为了保证电池组在低温环境中能正常工作,减少轨道列车滞留时间,电池组的加热系统至关重要。

[0003] 现在对于应急牵引电池组系统的加热方式与电动汽车的电池组加热方式比较近似,加热液通过平面热管将热量传导给电池组,但是这样的加热方式加热效率低下,同时增大了电池组的温差,降低了电池组的热均衡性,进而减少电池组的放电容量,影响轨道列车在应急牵引电池组系统下的续航里程。

[0004] 专利公开号CN106602179A,公开日2017年4月26日,发明创造名称为一种电池加热系统和电池加热控制方法,该申请公开了一种电池加热系统和电池加热控制方法,其不足之处是:1、该发明专利公开的加热系统只能适用于普通低温环境(-15℃-0℃),在极端的低温环境-50℃不能适用;2、将电池加热到某一温度值所需要的时间较长。

[0005] 专利公开号CN105428753A,公开日2016年3月23日,发明创造的名称为一种新型锂电池快速加温的方法,该申请公开了一种新型锂电池快速加温的方法,其不足之处是该发明专利的原理为电阻加热,由于交流内阻的阻值分布不均匀,依次会导致加热不均匀,从而降低电池的热均衡性。

发明内容

[0006] 鉴于上述问题,本发明的目的是提供一种基于低温平面热管的多级加热装置及控制方法,用于轨道交通列车应急牵引电池组系统低温环境下电池组的加热,以保证电池组在极端低温下都能在短时间内达到最佳放电温度区间,提高电池组的热均衡性,保证轨道列车在应急牵引电池组系统的续航里程。

[0007] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0008] 一种基于低温平面热管的多级加热装置包括电池箱盖、导热垫、隔热套、热管理控制装置、电池箱体、电池模组、加热片、加热水管、低温平面热管、高压总正接口、低压控制接口、加热接口、高压总负接口、弹性支撑垫、电池模组加强筋。电池模组作为主要动力输出元件,置于电池箱体内,电池模组加强筋与电池箱体焊接连接,电池模组由电池模组加强筋支撑并固定,低温平面热管为高导热元件,可工作于零下50℃,置于电池模组底部,电池模组

与低温平面热管中间由导热垫隔开,导热垫为可压缩硅橡胶,其作用是绝缘、阻燃、导热并填充电池模组与低温平面热管之间的装配间隙。弹性支撑垫置于低温平面热管下方,用于支撑并固定平面热管。低温平面热管中间靠两端位置上布置加热片,两端延伸至电池箱体外侧并插入加热水管内,裸露在电池箱体外部的低温平面热管包裹隔热套。热管理控制装置安装于电池箱体内壁,高压总正接口、低压控制接口、加热接口、高压总负接口作为电连接插件,布置于电池箱体一侧。其中,高压总正接口和高压总负接口分别与电池模组的正、负极连接以输出高压电;低压控制接口与热管理控制装置以低压线束连接,将热管理控制装置检测的信号传输给应急牵引电池组系统控制装置;加热接口与加热片以低压线束连接。

[0009] 一种基于低温平面热管的多级加热装置,其基本工作原理是:在外接加热水管中通入远高于环境温度的加热液,低温平面热管受热启动并快速将热量传导至电池箱体内部,经由导热垫传热并开始加热电池模组,隔热套用于减少低温平面热管与外界的热交换以提升换热效率。在加热水管出口端,加热液传热后自身温度降低,使电池模组之间存在温度差,影响电池性能及使用寿命。热管理控制装置可检测各电池模组之间温度差并输出低压信号控制加热片以可变的加热功率工作以以弥补各个电池模组之间的温度差并减少使电池模组达到启动条件的加热时间。

[0010] 结合所述的基于低温平面热管的多级加热装置,本发明提供如下控制方法:

[0011] 针对基于低温平面热管的多级加热装置的工作原理,本发明提出了一种基于低温平面热管的多级加热控制方法:热管理控制装置检测电池模组的初始温度,判断电池模组的温度是否达到最佳工作温度 T' ,若达到,热管理控制装置将温度信号传输给应急牵引电池组系统控制装置,控制电池模组进行正常放电,若未达到,则再次判断是否达到电池模组最低放电温度 T_0 ,存在两种情况:1、达到电池最低放电温度 T_0 ,则热管理控制装置将温度信号传输给应急牵引电池组系统控制装置,控制电池模组进行低温放电自加热,即进入温放电模式下多级加热流程,并启动加热片进行多级加热直至在规定时间内达到电池模组最佳工作温度 T' ;2、未达到最低放电温度 T_0 ,则不启动电池模组放电自加热,电池模组进入多级预热流程,直至在规定的时间内达到电池模组的最低放电温度 T_0 ,然后进入低温放电模式下多级加热流程。

[0012] 多级预热流程如下:热管理控制装置(4)设定多级预热时间 t_1 并检测环境温度,计算电池模组(6)达到最低放电温度 T_0 所需的加热总功率 P ,将所需的加热总功率平均分配给电池模组 $m_1、m_2、m_3、\dots、m_n$ 对应的加热片(7)并开始通电加热;加热过程中,热管理控制装置(4)实时监测 $m_1、m_2、m_3、\dots、m_n$ 的温度 $T_1、T_2、T_3、\dots、T_n$,并计算 $m_1、m_2、m_3、\dots、m_n$ 之间的温差 $|T_2-T_1|、|T_3-T_2|、\dots、|T_n-T_{n-1}|$,热管理控制装置(4)判断温差是否小于 2°C ,若温差 $|T_2-T_1|、|T_3-T_2|、\dots、|T_n-T_{n-1}|$ 大于 2°C ,热管理控制装置(4)将根据温差数值大小对电池模组 $m_1、m_2、m_3、\dots、m_n$ 对应加热片(7)的加热功率 $P_1、P_2、P_3、\dots、P_n$ 增加至 $P_1、P_2+\Delta P_{21}、P_3+\Delta P_{31}、\dots、P_n+\Delta P_{n1}$,并实时检测 $T_1、T_2、T_3、\dots、T_n$,直至温差 $|T_2-T_1|、|T_3-T_2|、\dots、|T_n-T_{n-1}|$ 小于 2°C ;若温差 $|T_2-T_1|、|T_3-T_2|、\dots、|T_n-T_{n-1}|$ 小于 2°C ,则判断电池模组 $m_1、m_2、m_3、\dots、m_n$ 温度是否达到最低放电温度 T_0 ,若未达到,则继续通电加热;若已达到最低放电温度 T_0 ,则进入低温放电模式下多级加热流程。

[0013] 低温放电下多级加热流程如下:当电池模组 $m_1、m_2、m_3、\dots、m_n$ 温度 $T_1、T_2、T_3、\dots、T_n$

达到电池模组放电的最低放电温度 T_0 ,应急牵引电池组系统控制装置控制电池模组 m_1 、 m_2 、 m_3 、 \dots 、 m_n 以低倍率放电产热,同时热管理控制装置(4)设定低温放电多级加热时间 t_2 并计算当前状态下加热所需的总功率 P' ,热管理控制装置(4)将总功率 P' 平均分配给 m_1 、 m_2 、 m_3 、 \dots 、 m_n 对应的加热片并开始通电加热;热管理控制装置(4)实时检测 T_1 、 T_2 、 T_3 、 \dots 、 T_n 并计算 m_1 、 m_2 、 m_3 、 \dots 、 m_n 之间的温差 $|T_2-T_1|$ 、 $|T_3-T_2|$ 、 \dots 、 $|T_n-T_{n-1}|$,若 $|T_2-T_1|$ 、 $|T_3-T_2|$ 、 \dots 、 $|T_n-T_{n-1}|$ 大于 2°C ,热管理控制装置(4)将根据温差数值大小对 m_1 、 m_2 、 m_3 对应加热片的加热功率 P_1' 、 P_2' 、 P_3' 、 \dots 、 P_n' 调整至 $P_1'+\Delta P_{21}'$ 、 $P_2'+\Delta P_{31}'$ 、 \dots 、 $P_n'+\Delta P_{n1}'$,直至温差 $|T_2-T_1|$ 、 $|T_3-T_2|$ 、 \dots 、 $|T_n-T_{n-1}|$ 小于 2°C ;若温差 $|T_2-T_1|$ 、 $|T_3-T_2|$ 、 \dots 、 $|T_n-T_{n-1}|$ 小于 2°C ,则判断电池模组(6)是否达到最佳工作温度 T' ,若未达到最佳工作温度,则在低倍率放电的同时继续进行通电加热;若已达到最佳工作温度 T' ,则停止多级加热流程,启动应急牵引电池组系统。

[0014] 本发明的有益效果:

[0015] (1)本发明公开的一种基于低温平面热管的多级加热装置及控制方法能工作在低至零下 50°C 的极端寒冷工况下。

[0016] (2)本发明公开的一种基于低温平面热管的多级加热装置及控制方法加热应急牵引电池系统所需要的时间极大降低,从而缩短轨交列车在运行区间段的滞留时间。

[0017] (3)本发明公开的一种基于低温平面热管的多级加热装置及控制方法使模组之间的温差控制在比较小的范围之内,提高电池模组的热均衡性,保证轨交列车能够具有更长的续驶里程。

附图说明

[0018] 图1为本发明实施例提供的电池模组加热装置的爆炸图

[0019] 图2为本发明实施例提供的电池组通电及信号传输接口位置图

[0020] 图3为本发明实施例提供的低温平面热管与加热片关系图

[0021] 图4为本发明实施例提供的基于低温平面热管的多级加热控制方法框架图

[0022] 图5为本发明实施例提供的多级加热控制方法多级预热工作流程图

[0023] 图6为本发明实施例提供的多级加热控制方法低温放电模式下多级加热的工作流程图

[0024] 其中:1-电池箱盖、2-导热垫、3-隔热套、4-热管理控制装置、5-电池箱体、6-电池模组、7-加热片、8-加热水管、9-低温平面热管、10-高压总正接口、11-低压控制接口、12-加热接口、13-高压总负接口、14-弹性支撑垫、15-电池模组加强筋

具体实施方式

[0025] 本发明实施例公开了一种基于低温平面热管的多级加热装置及控制方法,用于轨道交通列车的应急牵引电池组系统,能保证应急牵引电池组系统在极端低温下在短时间内达到电池组工作的最佳温度区间。

[0026] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的其他实施

例,都属于本发明的保护范围。

[0027] 如图1-图3所示,本发明实施例提供基于低温平面热管的多级加热装置包括电池箱盖1、导热垫2、隔热套3、热管理控制装置4、电池箱体5、电池模组6、加热片7、加热水管8、低温平面热管9、高压总正接口10、低压控制接口11、加热接口12、高压总负接口13、弹性支撑垫14、电池模组加强筋15。电池模组6作为主要动力输出元件,置于电池箱体5内,电池模组加强筋15与电池箱体5焊接连接,电池模组6由电池模组加强筋15支撑并固定,低温平面热管9为高导热元件,可工作于零下50℃,置于电池模组6底部,电池模组6与低温平面热管9中间由导热垫2隔开,导热垫2为可压缩硅橡胶,其作用是绝缘、阻燃、导热并填充电池模组6与低温平面热管9之间的装配间隙。弹性支撑垫14置于低温平面热管9下方,用于支撑并把低温平面热管9固定在电池箱体5底部。低温平面热管9中间靠两端位置布置加热片7,两端延伸至电池箱体5外侧并插入加热水管8内,裸露在电池箱体5外部的低温平面热管9包裹隔热套3。热管理控制装置4安装于电池箱体5内壁,高压总正接口10、低压控制接口11、加热接口12、高压总负接口13作为电连接插件,布置于电池箱体5一侧。其中,高压总正接口10和高压总负接口13分别与电池模组6的正、负极连接以输出高压电,低压控制接口11与热管理控制装置4以低压线束连接,加热接口12与加热片7以低压线束连接。

[0028] 如图1-图3所示,本发明实施例提供的基于低温平面热管的多级加热装置,其基本工作原理是:在外接加热水管8中通入远高于环境温度的加热液,低温平面热管9受热启动并快速将热量传导至电池箱体5内部,经由导热垫2传热并开始加热电池模组6,隔热套3用于减少低温平面热管9与外界的热交换以提升换热效率。在加热水管8出口端,加热液传热后自身温度降低,使电池模组6之间存在温度差,影响电池性能及使用寿命。热管理控制装置4可检测各电池模组6之间温度差并输出低压信号控制加热片7以可变的加热功率工作以弥补各个电池模组6之间的温度差并减少使电池模组6达到启动条件的加热时间。

[0029] 如图4所示,本发明实施例提供一种基于低温平面热管的多级加热控制方法,所述控制方法主要为:

[0030] 热管理控制装置4检测电池模组6的初始温度,判断电池模组6的温度是否达到最佳工作温度 T' ,若达到,热管理控制装置4将温度信号传输给应急牵引电池组系统控制装置,控制电池模组6进行正常放电,若未达到,则再次判断是否达到电池模组6最低放电温度 T_0 ,存在两种情况:1、达到电池最低放电温度 T_0 ,则热管理控制装置4将温度信号传输给应急牵引电池组系统控制装置,控制电池模组6进入低温放电模式下多级加热流程,启动加热片7进行多级加热直至在规定时间内达到电池模组6最佳工作温度 T' ;2、未达到最低放电温度 T_0 ,则不启动电池模组6放电自加热,进入多级预热流程,直至在规定的时间内达到电池模组6的最低放电温度 T_0 ,然后进入低温放电模式下多级加热流程。

[0031] 多级预热流程如下:

[0032] 以3个电池模组 m_1 、 m_2 、 m_3 为例,热管理控制装置4设定多级预热时间 t_1 并检测环境温度,计算电池模组6达到最低放电温度 T_0 所需的加热总功率 P ,将所需的加热总功率平均分配给电池模组 m_1 、 m_2 、 m_3 对应的加热片并开始通电加热。加热过程中,热管理控制装置4实时监测 m_1 、 m_2 、 m_3 的温度 T_1 、 T_2 、 T_3 ,并计算 m_1 、 m_2 、 m_3 之间的温差 $|T_2-T_1|$ 、 $|T_3-T_2|$,控制装置判断温差是否小于 2°C ,若温差 $|T_2-T_1|$ 、 $|T_3-T_2|$ 大于 2°C ,热管理控制装置4将根据温差数值大小对电池模组 m_1 、 m_2 、 m_3 对应加热片的加热功率 P_1 、 P_2 、 P_3 增加至 P_1 、 $P_2+\Delta P_{21}$ 、 $P_3+\Delta P_{31}$ 并实时

检测 T_1 、 T_2 、 T_3 ，直至温差 $|T_2-T_1|$ 、 $|T_3-T_2|$ 小于 2°C ；若温差 $|T_2-T_1|$ 、 $|T_3-T_2|$ 小于 2°C ，则判断电池模组 m_1 、 m_2 、 m_3 温度是否达到最低放电温度 T_0 ，若未达到，则继续通电加热；若已达到最低放电温度 T_0 ，则进入低温放电模式下多级加热流程。

[0033] 低温放电模式下多级加热流程如下：

[0034] 以3个电池模组 m_1 、 m_2 、 m_3 为例，当电池模组 m_1 、 m_2 、 m_3 温度 T_1 、 T_2 、 T_3 达到电池模组放电的最低温度 T_0 ，应急牵引电池组控制装置控制电池模组 m_1 、 m_2 、 m_3 以低倍率放电产热，同时热管理控制装置4设定低温放电多级加热时间 t_2 并计算当前状态下加热所需的总功率 P' ，热管理控制装置4将总功率 P' 平均分配给 m_1 、 m_2 、 m_3 对应的加热片7并开始通电加热。热管理控制装置4实时检测 T_1 、 T_2 、 T_3 并计算 m_1 、 m_2 、 m_3 之间的温差 $|T_2-T_1|$ 、 $|T_3-T_2|$ ，若 $|T_2-T_1|$ 、 $|T_3-T_2|$ 大于 2°C ，热管理控制装置4将根据温差数值大小对 m_1 、 m_2 、 m_3 对应加热片的加热功率 P_1' 、 P_2' 、 P_3' 调整至 P_1' 、 $P_2' + \Delta P_{21}'$ 、 $P_3' + \Delta P_{31}'$ ，直至温差 $|T_2-T_1|$ 、 $|T_3-T_2|$ 小于 2°C ；若温差 $|T_2-T_1|$ 、 $|T_3-T_2|$ 小于 2°C ，则判断电池是否达到最佳启动温度 T' ，若未达到最佳启动温度，则在低倍率放电的同时继续进行通电加热；若已达到最佳启动温度 T' ，则停止多级加热流程，启动应急牵引电池组系统。 ΔP_* 以及 ΔP_* 为电池模组对应加热片调整的功率。

[0035] 从上述技术方案可以看出，本发明实施例提供一种基于低温平面热管的多级加热装置及控制方法，通过导热垫2、隔热套3、加热片7、加热水管8、低温平面热管9构成多级加热装置，以热管理控制装置4作为控制中心，形成多级加热控制方法，解决应急牵引电池系统在低温环境下的加热问题，保证应急牵引电池组系统在极端低温下在短时间内达到电池组工作的最佳温度区间，提高电池组的热均衡性，保证轨道列车在应急牵引电池组系统的续航里程。

[0036] 上文所列出的一系列的详细说明仅仅是针对本发明的可行性实施方式的具体说明，它们并非用以限制本发明的保护范围，凡未脱离本发明技艺精神所作的等效实施方式或变更均应包含在本发明的保护范围之内。

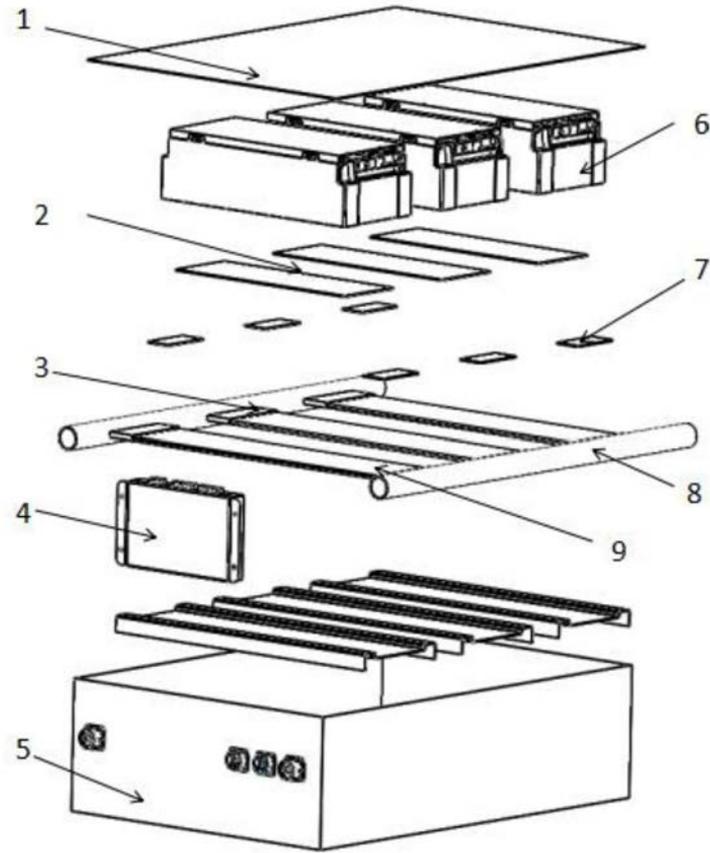


图1

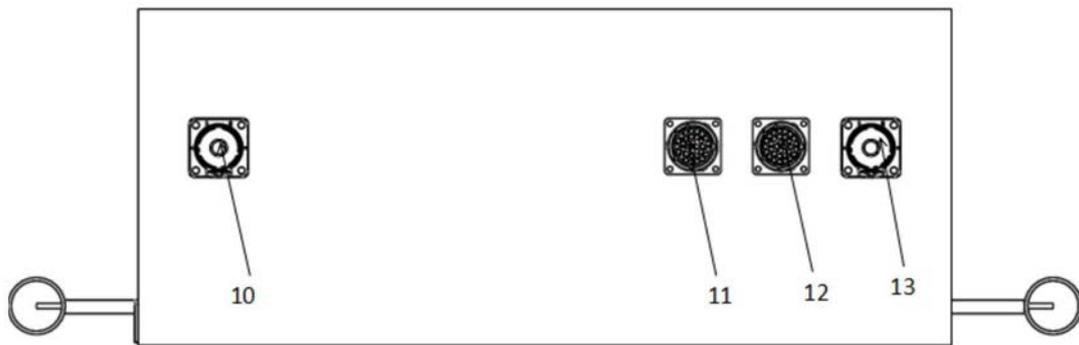


图2

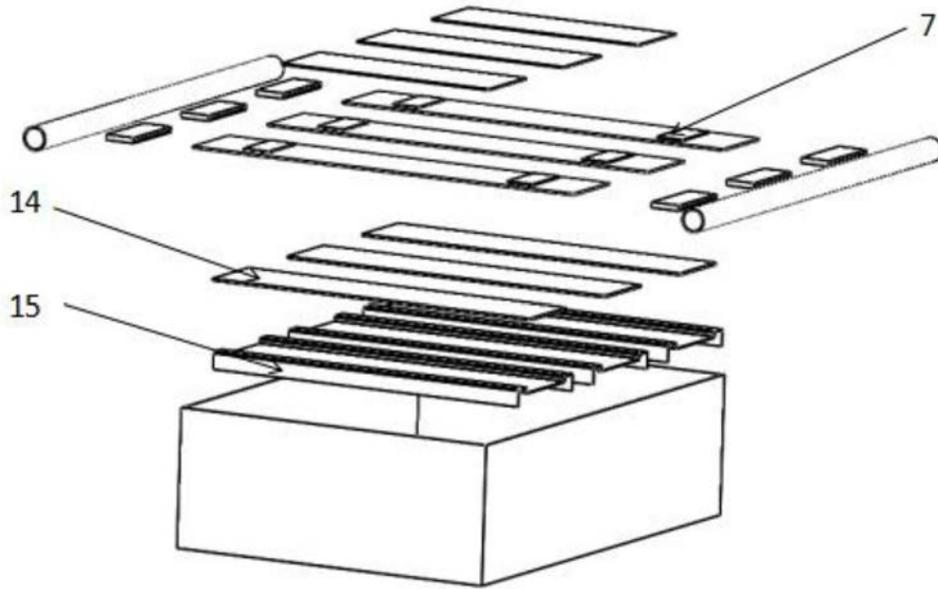


图3

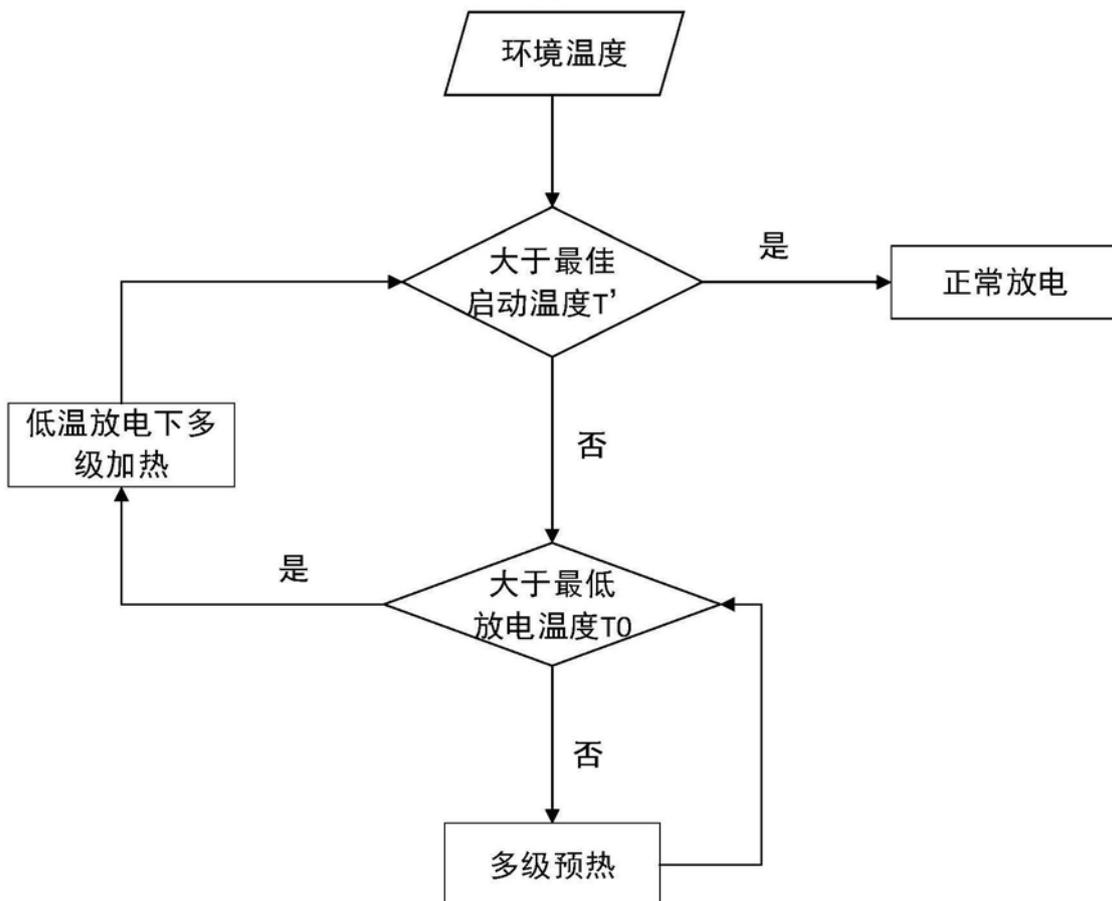


图4

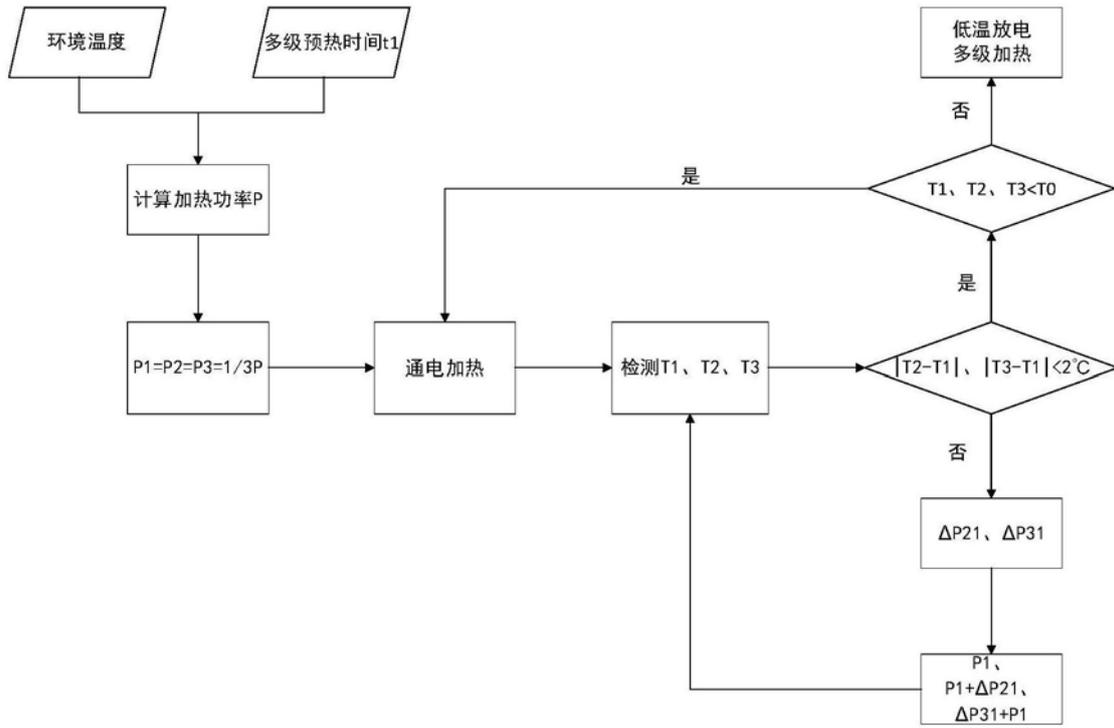


图5

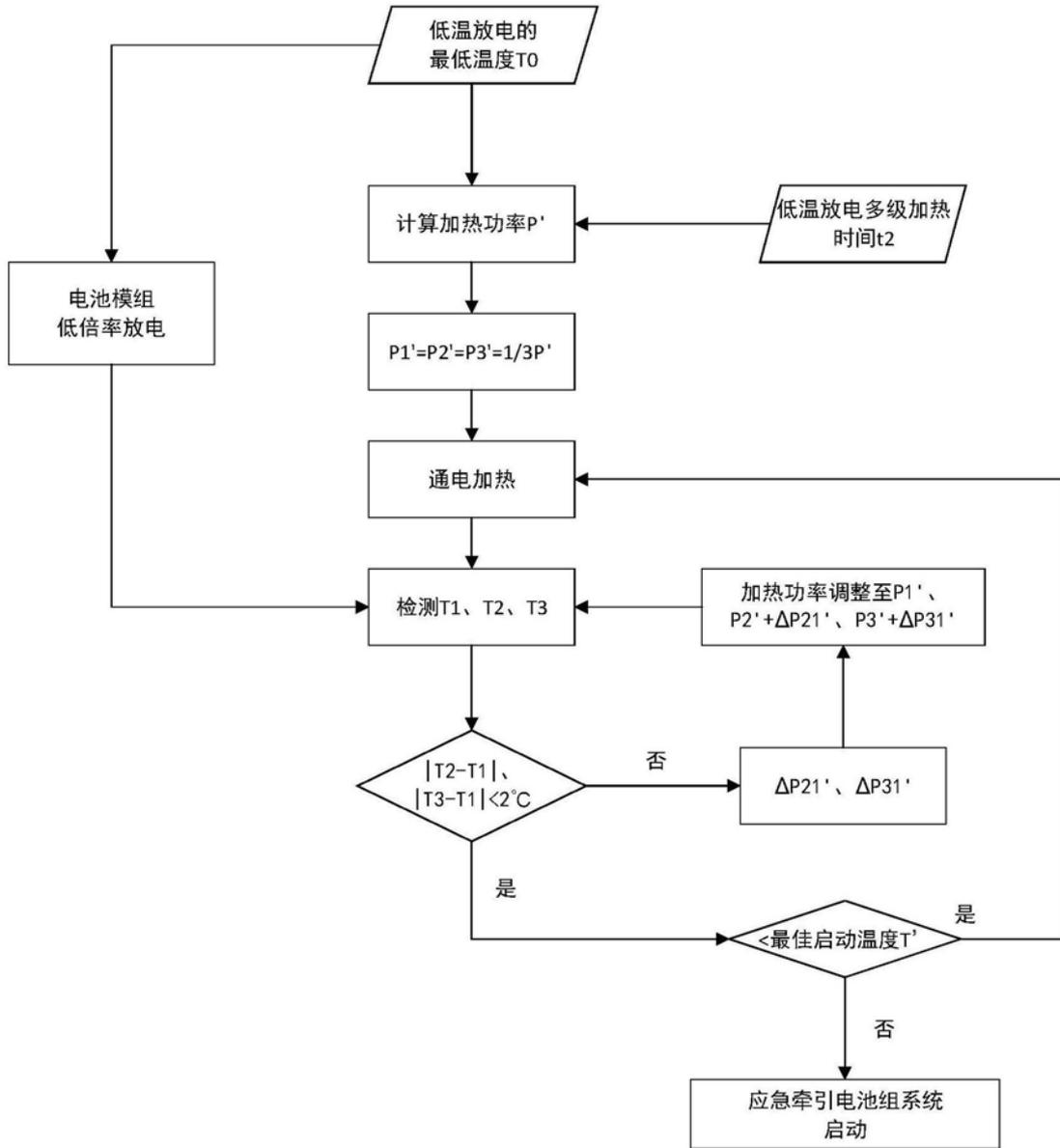


图6