



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108321448 A

(43)申请公布日 2018.07.24

(21)申请号 201810180104.3

(22)申请日 2018.03.05

(71)申请人 西南交通大学

地址 610000 四川省成都市二环路北一段

(72)发明人 戴朝华 陈化博 傅雪婷 袁爽
陈维荣

(74)专利代理机构 成都帝鹏知识产权代理事务
所(普通合伙) 51265

代理人 黎照西

(51) Int. Cl.

H01M 10/42(2006.01)

H01M 10/613(2014.01)

H01M 10/6552(2014.01)

H01M 10/6568(2014.01)

H01G 2/08(2006.01)

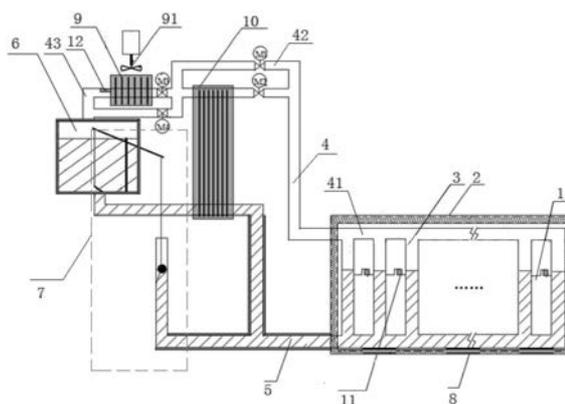
权利要求书3页 说明书8页 附图4页

(54)发明名称

一种高效的轨道交通储能热管理系统及其热管理方法

(57)摘要

本发明公开一种高效的轨道交通储能热管理系统及其热管理方法,通过热管内液态工质吸收储能单体的热量时发生相变,气态的工质经气体管道传输至散热器或相变储能器从而实现热量的交换;当热管中工质气化导致液位降低时,通过液位控制机构及时补充工质。本发明是一种能够迅速、有效对储能装置进行散热的热管理系统,能够满足轨道交通车辆在不同工况尤其是极端情况下储能装置快速散热、温度适宜且一致等要求。



1. 一种高效的轨道交通储能热管理系统,其特征在於,包括由多个储能单体(1)构成的储能装置、箱体(2)、热管阵列(3)、气体管道(4)、液体管道(5)、液体槽(6)、液位控制机构(7)、加热器(8)、散热器(9)、相变储能器(10)、传感器、阀门和控制单元;所述储能装置置于箱体(2)内,所述热管阵列(3)穿插于每个储能单体(1)之间,所述热管阵列(3)的顶部通过气体管道(4)连通至液体槽(6),在所述气体管道(4)上设置散热器(9)和/或相变储能器(10),所述热管阵列(3)的底部通过液体管道(5)连通液体槽(6),在所述液体槽(6)上设置有液位控制机构(7),所述热管阵列(3)、液体管道(5)和液体槽(6)内填有液态工质;在所述箱体(2)底部设置加热器(8);在所述散热器(9)和储能单体(1)上设置有传感器;在所述气体管道(4)上设置有阀门;所述控制单元连接至所述加热器(8)、散热器(9)、传感器和阀门的控制端。

2. 根据权利要求1所述的一种高效的轨道交通储能热管理系统,其特征在於,所述热管阵列(3)包括多个并列设置的热管(32),所述热管(32)内部填有液态工质,所述热管(32)的上端与气体管道(4)相连,所述热管(32)的下端与液体管道(5)相连;所述热管(32)通过传热媒介(31)与储能单体(1)进行热交换;所述传热媒介(31)为泡沫铝、导热硅胶、绝缘导热油或导热金属板。

3. 根据权利要求2所述的一种高效的轨道交通储能热管理系统,其特征在於,所述气体管道(4)包括主体管路(41)、分支管路(42)和连通管道(43);所述主体管路(41)迂回设置在箱体(2)顶部,且在箱体(2)顶部呈辐射开环状与各热管(32)连接;所述主体管路(41)通过分支管路(42)将热管(32)中的气态工质传输至散热器(9)或相变储能器(10);所述液体槽(6)与散热器(9)和相变储能器(10)通过连通管道(43)连通,所述连通管道(43)把经散热器(9)或相变储能器(10)相变后的液态工质经连通管道(43)传送回液体槽(6);在所述液体槽(6)内储存液态工质,通过液体管道(5)实时补偿热管(32)内的液态工质。

4. 根据权利要求3所述的一种高效的轨道交通储能热管理系统,其特征在於,所述分支管路(42)包括分支管路I(421)、分支管路II(422)、分支管路III(423)和分支管路IV(424),所述分支管路I(421)和分支管路II(422)端头均连接至主体管路(41),所述分支管路I(421)和分支管路II(422)端尾相互连接,在所述分支管路I(421)上设置阀门M1(425),在所述分支管路II(422)上设置阀门M2(426),所述相变储能器(10)设置在分支管路II(422)上;所述分支管路III(423)和分支管路IV(424)的端头相互连接且连接至分支管路I(421)和分支管路II(422)的端尾,所述分支管路III(423)经散热器(9)连接至连通管道(43),所述分支管路IV(424)的端尾连接至连通管道(43),在所述分支管路III(423)上设置阀门M3(427),在所述分支管路IV(424)上设置阀门M4(428)。

5. 根据权利要求2-4中任一所述的一种高效的轨道交通储能热管理系统,其特征在於,所述液体管道(5)包括田字形闭环管路(51)和主液体管路(52),所述田字形闭环管路(51)设置在储能箱底部所设置的沟槽中,所述田字形闭环管路(51)与热管阵列(3)中的热管(32)底端相连接;所述主液体管路(52)连通液体槽(6)和热管(32);所述相变储能器(10)设置在主液体管路(52)上。

6. 根据权利要求5所述的一种高效的轨道交通储能热管理系统,其特征在於,所述液位控制机构(7)包括液位阀门(71)、液位浮球阀(72)、液位计管体(73)和连动机械杆(74),所述液位阀门(71)设置在液体槽(6)底部的主液体管路(52)连接处,所述液位计管体(73)设

置在主液体管路(52)上,所述液位浮球阀(72)设置在液位计管体(73)内,所述液位阀门(71)和液位浮球阀(72)通过连动机械杆(74)相连。

7. 根据权利要求1所述的一种高效的轨道交通储能热管理系统,其特征在于,所述加热器(8)包括自下而上依次叠加的隔热垫(81)、反射膜(82)和发热膜(83),所述加热器(8)置于箱体(2)底部,受控制单元控制;在所述散热器(9)处设置变速风机(91),所述变速风机(91)受控制单元控制,实现散热器(9)的宽范围功率调节,所述散热器(9)给气体管道(4)中的气态工质散热,散热功率由变速风机(91)控制;所述传感器包括温度传感器I(11)和温度传感器II(12),所述温度传感器I(11)置于各储能单体(1)的极耳或表面位置,所述温度传感器II(12)置于散热器(9)的出口位置的气体管道(4)上,所述传感器采集储能装置温度和散热器(9)出口工质温度,并将采集数据传输给控制单元。

8. 一种高效的轨道交通储能热管理系统的管理方法,其特征在于,包括步骤:

当储能单体(1)在工作时,产生的热量经传热媒介(31)传递给热管(32),热管(32)内液态工质发生相变成气态工质,从而将热量储存在气态工质中;

所述气态工质在气压作用下经气体管道(4)流向散热器(9)或相变储能器(10),由散热器(9)或相变储能器(10)将气态工质相变成液态工质,从而将热量传递出去或储存;

再次相变后的液态工质通过连通管道(43)回到液体槽(6);

平衡热管(32)内液体工质:热管(32)内液态工质因相变而减少,液位下降而低于平衡位置,液位控制机构(7)自动打开液体槽(6)向热管(32)补充液态工质,直到热管(32)液位恢复到平衡位置;

同时,由传感器实时检测温度状态,从而通过控制单元控制加热器(8)、散热器(9)和阀门的工作状态。

9. 根据权利要求8所述的一种高效的轨道交通储能热管理系统的管理方法,其特征在于,所述控制单元的控制过程包括步骤:

由传感器实时检测储能装置温度 T_1 和散热器(9)出口工质温度 T_2 ;

在控制单元中预设温度参考值、不同风速对应的功率 P_k 和变速风机初始功率值 P_0 ,所述温度参考值包括冷启动下限温度 T_{set0} 、储能装置最佳工作下限温度 T_{set1} 、储能装置最佳工作上限温度 T_{set3} 和冷却工质气液相变温度 T_{set2} ;所述不同风速对应的功率 P_k 为温度差值 ∇T_1 下的变速风机功率;所述变速风机初始功率值 P_0 ,由保证储能装置温度 T_1 处于最佳工作温度范围,且散热器(9)出口工质温度 T_2 小于等于 $T_{set2}-\nabla T_1$ 所需最低变速风机功率确定;

当储能装置温度 T_1 小于 T_{set0} 时,控制单元发出指令关闭阀门M1(425)、阀门M3(427)和变速风机(91),并打开阀门M2(426)和阀门M4(428),使相变储能器(10)工作,同时启动加热器(8)进行加热,加热器(8)产生的热量传递给储能单体(1),使 T_1 值增大;

当储能装置温度 T_1 大于 T_{set0} 且小于 T_{set1} 时,控制单元发出指令关闭加热器(8)、阀门M1(425)、阀门M3(427)和变速风机(91),同时打开阀门M2(426)和阀门M4(428),使相变储能器(10)单独工作给液体工质加热,使 T_1 值增大;

当储能装置温度 T_1 大于 T_{set1} 且小于 T_{set2} 时,控制单元发出指令关闭加热器(8)、变速风机(91)、阀门M2(426)和阀门M3(427),打开阀门M1(425)和阀门M4(428),此时气体管道(4)直接通往液体槽(6)而不经散热器(9)和相变储能器(10);

当储能装置温度 T_1 大于 T_{set2} 时,打开阀门M1(425)和阀门M3(427),关闭阀门M2(426)和

阀门M4 (428),此时气体管道(4)只经过散热器(9);若此时T1小于 T_{set3} ,温度传感器II (12)检测散热器(9)出口工质温度T2,当T2大于 $T_{set2}-\nabla T2$ 时,打开变速风机(91)并将变速风机功率调为初始功率P0,使得散热器(9)工质出口温度小于气态工质相变温度;

当储能装置T1温度大于 T_{set3} 时,控制系统实时控制变速风机(91),使散热器(9)出口工质温度降到 T_{set2} 以下。

10.根据权利要求8所述的一种高效的轨道交通储能热管理系统的热管理方法,其特征在于,所述液位控制机构(7)的控制方法包括步骤:

当液位计管体(73)内的液位浮球阀(72)检测到液位从平衡位置下降时,液位浮球阀(72)带动连动机械杆(74)逐渐打开液体槽(6)底部液位阀门(71),放出液态工质补充液位计管体(73)和热管(32)内减少的液态工质;

在液位计管体(73)和热管(32)得到液态工质补充液位上升到平衡位置过程中,液位浮球阀(72)带动连动机械杆(74)逐渐关闭液体槽(6)底部液位阀门(71)。

一种高效的轨道交通储能热管理系统及其热管理方法

技术领域

[0001] 本发明属于储能装置技术领域,特别是涉及一种高效的轨道交通储能热管理系统及其热管理方法。

背景技术

[0002] 近年来,城市环境污染问题日益严重,节能减排、开发利用新能源成为当下各国关注的焦点。发展城市公共交通,尤其是城市轨道交通,推进新能源在公共交通中的应用,是解决城市空气污染问题的有效途径。城市轨道交通动力电池在充放电过程中产生热量并迅速积累,这必然会引起电池内部温度升高,尤其当电池应用于城市轨道交通大电流充放电工况下或者环境温度较高时,电池内部可能发生剧烈的化学反应,产生的大量热量如果不能及时散出就会不断积聚,可能引发电池漏液、冒烟等现象,严重时甚至发生剧烈燃烧、爆炸等安全事故。温度对电池的整体性能有显著影响,主要体现在电池的电化学系统运行、充放电效率、可充性、可靠性、安全性及循环寿命上。一般来说,温度每上升 10°C ,化学反应速率就会增大一倍,温度的升高会加快电池内部有害化学反应的速率,进而对电池造成破坏,尤其在高倍率充放电时,温度每上升 5°C ,电池的寿命就会衰减一半。相对电动汽车而言,城市轨道交通的动力系统对储能的功率要求更高,对其快速充放电能力的需求更强,这将导致储能装置在大电流充放电时产生更多热量,因此需要对其进行特殊的、更有效的热管理。

[0003] 近二十年来,动力电池热管理研究工作取得了长足进展,主要形成了如下几种系统技术:基于耐高温或耐低温电池材料的电池热管理技术;空气或液体为传热介质的动力电池热管理系统;基于制热制冷原理如热管、冷板等技术的动力电池热管理。其中主流的车用储能热管理方式有风冷、液冷及使用相变材料冷却。风冷热管理系统通过空气流经锂电池箱内将热量带走,造价低、易实现,但占用空间大、一致性差、散热效率低,适用于对散热要求不高的场合。液冷热管理是用液体替代空气进行散热,散热效率较空气更高,但是系统复杂、造价更高且存在安全隐患。相变材料和热管结合的热管理技术,是当下比较热门的储能装置热管理技术。已有文献研究表明,与空冷等其他热管理方式相比,采用热管冷却方式具有良好的散热效果。

[0004] 现有的动力电池热管理系统中多采用烧结式热管,虽然热管的传热能力比较强,但是这种热管的散热能力是固定的,散热能力有限,不可以无限增大其热负荷,因此很多因素制约着热管的传热效率。当高强度、高温恶劣环境下热管达到某种极限后,热管的蒸发端干涸并出现过热,工作流体的循环会出现中断的情况。加之城市轨道交通车辆功率等级高,电池产热总量大,现有的热管理系统无法负荷。

发明内容

[0005] 为了解决上述问题,本发明提出了一种高效的轨道交通储能热管理系统及其热管理方法,是一种能够迅速、有效对储能装置进行散热的热管理系统,能够满足轨道交通车辆在不同工况尤其是极端情况下储能装置快速散热、温度适宜且一致等要求。

[0006] 为达到上述目的,本发明采用的技术方案是:一种高效的轨道交通储能热管理系统,包括由多个储能单体构成的储能装置、箱体、热管阵列、气体管道、液体管道、液体槽、液位控制机构、加热器、散热器、相变储能器、传感器、阀门和控制单元;所述储能装置置于箱体内,所述热管阵列穿插于每个储能单体之间,所述热管阵列的顶部通过气体管道连通至液体槽,在所述气体管道上设置散热器和/或相变储能器,所述热管阵列的底部通过液体管道连通液体槽,在所述液体槽上设置有液位控制机构,所述热管阵列、液体管道和液体槽内填有液态工质;在所述箱体底部设置加热器;在所述散热器和储能单体上设置有传感器;在所述气体管道上设置有阀门;所述控制单元连接至所述加热器、散热器、传感器和阀门的控制端。所述储能装置可以是锂电池、超级电容或其它的储能方式。

[0007] 进一步的是,所述热管阵列包括多个并列设置的热管,所述热管内部填有液态工质,所述热管的上端与气体管道相连,所述热管的下端与液体管道相连;所述热管通过传热媒介与储能单体进行热交换;所述传热媒介为泡沫铝、导热硅胶、绝缘导热油或导热金属板。

[0008] 所述热管阵列布置在储能单体之间,且热管与储能单体之间加填泡沫铝、导热硅胶、绝缘导热油或导热金属板等强化传热媒介;是实现与储能单体热交换的核心部件;热管中填充一定量的冷却工质,其液位稍高于储能单体,液位受液位控制机构控制而保持相对稳定;从而实现快速且高效的热传递。

[0009] 进一步的是,所述主体管路迂回设置在箱体顶部,且在箱体顶部呈辐射开环状与各热管连接;所述主体管路通过分支管路将热管中的气态工质传输至散热器或相变储能器;所述液体槽与散热器和相变储能器通过连通管道连通,所述连通管道把经散热器或相变储能器相变后的液态工质经连通管道传送回液体槽;在所述液体槽内储存液态工质,通过液体管道实时补偿热管内的液态工质。

[0010] 进一步的是,所述分支管路包括分支管路I、分支管路II、分支管路III和分支管路IV,所述分支管路I和分支管路II端头均连接至主体管路,所述分支管路I和分支管路II端尾相互连接,在所述分支管路I上设置阀门M1,在所述分支管路II上设置阀门M2,所述相变储能器设置在分支管路II上;所述分支管路III和分支管路IV的端头相互连接且连接至分支管路I和分支管路II的端尾,所述分支管路III经散热器连接至连通管道,所述分支管路IV的端尾连接至连通管道,在所述分支管路III上设置阀门M3,在所述分支管路IV上设置阀门M4;实现对气态工质的快速散热。

[0011] 在储能装置所处环境温度较低时,相变储能器吸收气态工质的热量,传递给液体管道中的液态工质,进而传递给储能单体;从而使储能装置的废热得到充分利用,提高能效。

[0012] 另外在冬季时,相变储能器吸收从储能装置内散发的多余热量,既可用于加热液态工质也可给车厢供暖,可降低轨道交通车辆空调系统的能耗,实现能量充分利用。

[0013] 进一步的是,所述液体管道包括田字形闭环管路和主液体管路,所述田字形闭环管路设置在储能箱底部所设置的沟槽中,所述田字形闭环管路与热管阵列中的热管底端相连接;所述主液体管路连通液体槽和热管,作为液态工质的传输通道,传输液体槽和热管中液态工质;所述相变储能器设置在主液体管路上。实现热管内冷却液态工质的快速循环补充。

[0014] 进一步的是,所述液位控制机构包括液位阀门、液位浮球阀、液位计管体和连动机械杆,所述液位阀门设置在液体槽底部主液体管路连接处,所述液位计管体设置在主液体管路上,所述液位浮球阀设置在液位计管体内,所述液位阀门和液位浮球阀通过连动机械杆相连。液位控制机构使热管阵列中所有热管的液位短时间内在平衡位置以下的小范围内来回波动,保证了热管内的工质能够得到实时快速地补充,同时不消耗电能具有节能效应。

[0015] 进一步的是,所述加热器包括自下而上依次叠加的隔热垫、反射膜和发热膜,所述加热器置于箱体底部,受控制单元控制;发热器与连接热管下端的液体管道实现良好传热,通过液体管道及热管将热量传递给储能单体,实现储能装置防冻和低温起动。

[0016] 在所述散热器处设置变速风机,所述变速风机受控制单元控制,实现散热器的宽范围功率调节,所述散热器给气体管道中的气态工质散热,散热功率由变速风机控制;对气态工质进行冷却,实现储能装置的散热。带走散热器热量的风,可以是环境空气,也可以是车厢内的废热空气。

[0017] 所述传感器包括温度传感器I和温度传感器II,所述温度传感器I置于各储能单体的极耳或表面位置,所述温度传感器II置于散热器的出口位置的气体管道上;所述传感器采集储能装置温度和散热器出口工质温度,并将采集数据传输给控制单元。可根据温度传感器采集到的温度值对加热器、散热器、变速风机和阀门实现控制。

[0018] 另一方面,本发明还提供了一种高效的轨道交通储能热管理系统的管理方法,包括步骤:

[0019] 当储能单体在工作时,产生的热量经传热媒介传递给热管,热管内液态工质发生相变成气态工质,从而将热量储存在气态工质中;

[0020] 所述气态工质在气压作用下经气体管道流向散热器或相变储能器,由散热器或相变储能器将气态工质相变成液态工质,从而将热量传递出去或储存;

[0021] 再次相变后的液态工质通过连通管道回到液体槽;

[0022] 平衡热管内液体工质,热管内液态工质因相变而减少,液位将下降而低于平衡位置,液位控制机构将自动打开液体槽向热管补充液态工质,直到热管液位恢复到平衡位置;

[0023] 同时,由传感器实时检测温度状态,从而通过控制单元控制加热器、散热器和阀门的工作状态。

[0024] 进一步的是,所述控制单元的控制过程包括步骤:

[0025] 由传感器实时检测储能装置温度 T_1 和散热器出口工质温度 T_2 ;

[0026] 在控制单元中预设温度参考值、不同风速对应的功率 P_k 和变速风机初始功率值 P_0 ,所述温度参考值包括冷启动下限温度 T_{set0} 、储能装置最佳工作下限温度 T_{set1} 、储能装置最佳工作上限温度 T_{set3} 和冷却工质气液相变温度 T_{set2} ;所述不同风速对应的功率 P_k 为温度差值 ∇T_1 下的变速风机功率;所述变速风机初始功率值 P_0 ,由保证储能装置温度 T_1 处于最佳工作温度范围,且散热器出口工质温度 T_2 小于等于 $T_{set2}-\nabla T_1$ 所需最低变速风机功率确定;

[0027] 当储能装置温度 T_1 小于 T_{set0} 时,控制单元发出指令关闭阀门M1、阀门M3和变速风机,并打开阀门M2和阀门M4,使相变储能器工作,同时启动加热器进行加热,加热器产生的热量传递给储能单体,使 T_1 值增大;

[0028] 当储能装置温度 T_1 大于 T_{set0} 且小于 T_{set1} 时,控制单元发出指令关闭加热器、阀门

M1、阀门M3和变速风机,同时打开阀门M2和阀门M4,使相变储能器单独工作给液体工质加热,使T1值增大;

[0029] 当储能装置温度T1大于 T_{set1} 且小于 T_{set2} 时,控制单元发出指令关闭加热器、变速风机、阀门M2和阀门M3,打开阀门M1和阀门M4,此时气体管道直接通往液体槽而不经过散热器和相变储能器;

[0030] 当储能装置温度T1大于 T_{set2} 时,打开阀门M1和阀门M3,关闭阀门M2和阀门M4,此时气体管道只经过散热器;若此时T1小于 T_{set3} ,温度传感器II检测散热器出口工质温度T2,当T2大于 $T_{set2}-\nabla T2$ 时,打开变速风机并将变速风机功率调为初始功率P0,使得散热器工质出口温度小于气态工质相变温度;

[0031] 当储能装置T1温度大于 T_{set3} 时,控制系统实时控制变速风机,使散热器出口工质温度降到 T_{set2} 以下;

[0032] 当接收到结束信号时,控制单元恢复初始设置并结束工作,否则将循环控制流程。

[0033] 整个控制过程目的在于使得储能装置始终工作在最佳温度 $T_{set1}\sim T_{set3}$,且保证从散热器出来然后流入液体槽的工质为液态。

[0034] 所述的相变储能器中装有相变材料,该相变材料在低温时为固态、高温时为液态,固液相变温度在 T_{set0} 与 T_{set1} 之间。在储能装置所处环境温度较低时,相变材料吸收气态工质的热量,传递给液体管道中的液态工质,进而传递给储能单体;从而使储能装置的废热得到充分利用,提高能效相变储能器在环境温度较低时,吸收气态工质的热量,传递给液态工质,进而传递给储能单体。

[0035] 进一步的是,所述液位控制机构的控制方法包括步骤:

[0036] 当液位计管体内的液位浮球阀检测到液位从平衡位置下降时,液位浮球阀带动连动机械杆逐渐打开液体槽底部液位阀门,放出液态工质补充液位计管体和热管内减少的液态工质;

[0037] 在液位计管体和热管得到液态工质补充液位上升到平衡位置过程中,液位浮球阀带动连动机械杆逐渐关闭液体槽底部液位阀门。

[0038] 液位控制机构使热管阵列中所有热管的液位短时间内在平衡位置以下的小范围内来回波动,保证了热管内的工质能够得到实时快速地补充,同时不消耗电能具有节能效应。

[0039] 本发明通过热管内液态工质吸收储能单体的热量时发生相变,气态的工质经气体管道传输至散热器或相变储能器从而实现热量的交换;当热管中工质气化导致液位降低时,通过液位控制机构及时补充工质。

[0040] 采用本技术方案的有益效果:

[0041] ①本发明基于新能源轨道交通车辆功率等级高、电池放电倍率大等自身特点,利用本发明提出的连通式可调工质的热管散热方式,能够有效避免了传统热管局部因工质量少而烧干的现象,能保证热管对储能装置的高效散热,使储能装置工作中最佳温度范围内;能够满足轨道交通车辆在不同工况尤其是极端情况下储能装置快速散热、温度适宜且一致等要求;

[0042] ②本发明利用相变储能器将电池废热用于给液体工质加热或车厢内供暖,提高了能源的利用率,减少了能源浪费;

[0043] ③本发明中热管阵列与每个储能单体都有热交换,等效于每个储能单体浸渍于热管冷凝环境中,保证了储能装置的高效散热和温度一致性;尤其是冬天极冷天气下能够对储能装置工作温度进行高效调节;

[0044] ④本发明通过变速风机引入新能源有轨电车空调冷风作为散热器的冷源,能有效降低储能装置的温度,可有效提高能量的利用率和环保性,尤其在夏季处于高温工况时对储能装置的高效散热。

附图说明

[0045] 图1为本发明的一种高效的轨道交通储能热管理系统的结构示意图;

[0046] 图2为本发明实施例中热管阵列的局部结构示意图;

[0047] 图3为本发明实施例中气体管道的结构示意图;

[0048] 图4为本发明实施例中箱体内部组件的结构示意图;

[0049] 图5为本发明实施例中气体管道和液体管道的结构示意图;

[0050] 图6为本发明实施例中液位控制机构的结构示意图;

[0051] 图7为本发明实施例中控制单元的连接示意图;

[0052] 图8为本发明实施例中一种高效的轨道交通储能热管理系统的管理方法的流程图;

[0053] 其中,1是储能单体,2是箱体,3是热管阵列,4是气体管道,5是液体管道,6是液体槽,7是液位控制机构,8是加热器,9是散热器,10是相变储能器;31是传热媒介,32是热管;41是主体管路,42是分支管路,43是连通管道;421是分支管路I,422是分支管路II,423是分支管路III,424是分支管路IV,425是阀门M1,426是阀门M2,427是阀门M3,428是阀门M4;51是田字形闭环管路,52是主液体管路;71是液位阀门,72是液位浮球阀,73是液位计管体,74是连动机械杆;81是隔热垫,82是反射膜,83是发热膜;91是变速风机,11是温度传感器I,12是温度传感器II。

具体实施方式

[0054] 为了使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面结合附图对本发明作进一步阐述。

[0055] 在本实施例中,参见图1和图7所示,本发明提出了一种高效的轨道交通储能热管理系统,包括由多个储能单体1构成的储能装置、箱体2、热管阵列3、气体管道4、液体管道5、液体槽6、液位控制机构7、加热器8、散热器9、相变储能器10、传感器、阀门和控制单元;所述储能装置置于箱体2内,所述热管阵列3穿插于每个储能单体1之间,所述热管阵列3的顶部通过气体管道4连通至液体槽6,在所述气体管道4上设置散热器9和/或相变储能器10,所述热管阵列3的底部通过液体管道5连通液体槽6,在所述液体槽6上设置有液位控制机构7,所述热管阵列3、液体管道5和液体槽6内填有液态工质;在所述箱体2底部设置加热器8;在所述散热器9和储能单体1上设置有传感器;在所述气体管道4上设置有阀门;所述控制单元连接至所述加热器8、散热器9、传感器和阀门的控制端。

[0056] 所述液态工质,选用经济性、综合热物理性质良好、热稳定性良好、常温下为液态的冷却液,且标准大气压下气液相变温度分别为 T_{set2} , $-50^{\circ}\text{C}\sim T_{set2}$ 为液态,其中液体工质量

需要根据后续大量的仿真及实验结果来确定。

[0057] 其中,如图2所示,所述热管阵列3包括多个并列设置的热管32,所述热管32内部填有液态工质,所述热管32的上端与气体管道4相连,所述热管32的下端与液体管道5相连;所述热管32通过传热媒介31与储能单体1进行热交换;所述传热媒介31为泡沫铝、导热硅胶、绝缘导热油或导热金属板。

[0058] 所述的热管阵列3布置在储能单体1之间,且热管32与储能单体1之间加填泡沫铝、导热硅胶、绝缘导热油或导热金属板等强化传热媒介31;是实现与储能单体1热交换的核心部件;热管32中填充一定量的冷却工质,其液位稍高于储能单体1,液位受液位控制机构7控制而保持相对稳定;实现快速且高效的热传递。

[0059] 其中,如图3和图4所示,所述主体管路41迂回设置在箱体2顶部,且在箱体2顶部呈辐射开环状与各热管32连接;所述主体管路41通过分支管路42将热管32中的气态工质传输至散热器9或相变储能器10;所述液体槽6与散热器9和相变储能器10通过连通管道43连通,所述连通管道43把经散热器9或相变储能器10相变后的液态工质经连通管道43传送回液体槽6;在所述液体槽6内储存液态工质,通过液体管道5实时补偿热管32内的液态工质。

[0060] 其中,如图3和图7所示,所述分支管路42包括分支管路I421、分支管路II 422、分支管路III 423和分支管路IV 424,所述分支管路I421和分支管路II 422端头均连接至主体管路41,所述分支管路I421和分支管路II 422端尾相互连接,在所述分支管路I421上设置阀门M1425,在所述分支管路II 422上设置阀门M2426,所述相变储能器10设置在分支管路II 422上;所述分支管路III 423和分支管路IV 424的端头相互连接且连接至分支管路I421和分支管路II 422的端尾,所述分支管路III 423经散热器9连接至连通管道43,所述分支管路IV 424的端尾连接至连通管道43,在所述分支管路III 423上设置阀门M3427,在所述分支管路IV 424上设置阀门M4428;实现对气态工质的快速散热。在储能装置所处环境温度较低时,相变储能器10吸收气态工质的热量,传递给液体管道5中的液态工质,进而传递给储能单体1;从而使储能装置的废热得到充分利用,提高能效。

[0061] 另外在冬季时,相变储能器10吸收从储能装置内散发的多余热量,既可用于加热液态工质也可给车厢供暖,可降低轨道交通车辆空调系统的能耗,实现能量充分利用。

[0062] 其中,如图5所示,所述液体管道5包括田字形闭环管路51和主液体管路52,所述田字形闭环管路51设置在储能箱底部所设置的沟槽中,所述田字形闭环管路51与热管阵列3中的热管32底端相连接;所述主液体管路52连通液体槽6和热管32,作为液态工质的传输通道,传输液体槽6和热管32中液态工质;所述相变储能器10设置在主液体管路52上。实现热管32内冷却液态工质的快速循环补充。

[0063] 其中,如图6所示,所述液位控制机构7包括液位阀门71、液位浮球阀72、液位计管体73和连动机械杆74,所述液位阀门71设置在液体槽6底部主液体管路52连接处,所述液位计管体73设置在主液体管路52上,所述液位浮球阀72设置在液位计管体73内,所述液位阀门71和液位浮球阀72通过连动机械杆74相连。液位控制机构7使热管阵列3中所有热管32的液位短时间内在平衡位置以下的小范围内来回波动,保证了热管32内的工质能够得到实时快速地补充,同时不消耗电能具有节能效应。

[0064] 作为上述实施例的优化方案,所述加热器8包括自下而上依次叠加的隔热垫81、反射膜82和发热膜83,所述加热器8置于箱体2底部,受控制单元控制;加热器应与连接热管32

下端的液体管道5实现良好传热,通过液体管道5及热管32将热量传递给储能单体1,实现储能装置防冻和低温起动。

[0065] 在所述散热器9处设置变速风机91,所述变速风机91受控制单元控制,实现散热器9的宽范围功率调节,所述散热器9给气体管道4中的气态工质散热,散热功率由变速风机91控制;对气态工质进行冷却,实现储能装置的散热。

[0066] 所述传感器包括温度传感器I11和温度传感器II12,所述温度传感器I11置于各储能单体1的极耳或表面位置,所述温度传感器II12置于散热器9的出口位置的气体管道4上;所述传感器采集储能装置温度和散热器9出口工质温度,并将采集数据传输给控制单元。可根据温度传感器采集到的温度值对加热器8、散热器9、变速风机91和阀门实现控制。

[0067] 为配合本发明方法的实现,基于相同的发明构思,本发明还提供了一种高效的轨道交通储能热管理系统的管理方法,包括步骤:

[0068] 当储能单体1在工作时,产生的热量经传热媒介31传递给热管32,热管32内液态工质发生相变成气态工质,从而将热量储存在气态工质中;

[0069] 所述气态工质在气压作用下经气体管道4流向散热器9或相变储能器10,由散热器9或相变储能器10将气态工质相变成液态工质,从而将热量传递出去或储存;

[0070] 再次相变后的液态工质通过连通管道43回到液体槽6;

[0071] 平衡热管32内液体工质,热管32内液态工质因相变而减少,液位将下降而低于平衡位置,液位控制机构7将自动打开液体槽6向热管32补充液态工质,直到热管32液位恢复到平衡位置;

[0072] 同时,由传感器实时检测温度状态,从而通过控制单元控制加热器8、散热器9和阀门的工作状态。

[0073] 作为上述实施例的优化方案,如图8所示,所述控制单元的控制过程包括步骤:

[0074] 由传感器实时检测储能装置温度 T_1 和散热器9出口工质温度 T_2 ;

[0075] 在控制单元中预设温度参考值、不同风速对应的功率 P_k 和变速风机初始功率值 P_0 ,所述温度参考值包括冷启动下限温度 T_{set0} 、储能装置最佳工作下限温度 T_{set1} 、储能装置最佳工作上限温度 T_{set3} 和冷却工质气液相变温度 T_{set2} ;所述不同风速对应的功率 P_k 为温度差值 ∇T_1 下的变速风机功率;所述变速风机初始功率值 P_0 ,由保证储能装置温度 T_1 处于最佳工作温度范围,且散热器9出口工质温度 T_2 小于等于 $T_{set2}-\nabla T_1$ 所需最低变速风机功率确定;

[0076] 当储能装置温度 T_1 小于 T_{set0} 时,控制单元发出指令关闭阀门M1425、阀门M3427和变速风机91,并打开阀门M2426和阀门M4428,使相变储能器10工作,同时启动加热器8进行加热,加热器8产生的热量传递给储能单体1,使 T_1 值增大;

[0077] 当储能装置温度 T_1 大于 T_{set0} 且小于 T_{set1} 时,控制单元发出指令关闭加热器8、阀门M1425、阀门M3427和变速风机91,同时打开阀门M2426和阀门M4428,使相变储能器10单独工作给液体工质加热,使 T_1 值增大;

[0078] 当储能装置温度 T_1 大于 T_{set1} 且小于 T_{set2} 时,控制单元发出指令关闭加热器8、变速风机91、阀门M2426和阀门M3427,打开阀门M1425和阀门M4428,此时气体管道4直接通往液体槽6而不经散热器9和相变储能器10;

[0079] 当储能装置温度 T_1 大于 T_{set2} 时,打开阀门M1425和阀门M3427,关闭阀门M2426和

门M4428,此时气体管道4只经过散热器9;若此时 T_1 小于 T_{set3} ,温度传感器II12检测散热器9出口工质温度 T_2 ,当 T_2 大于 $T_{set2}-\nabla T_2$ 时,打开变速风机91并将变速风机功率调为初始功率 P_0 ,使得散热器9工质出口温度小于气态工质相变温度;

[0080] 当储能装置 T_1 温度大于 T_{set3} 时,控制系统实时控制变速风机91,使散热器9出口工质温度降到 T_{set2} 以下;

[0081] 当接收到结束信号时,控制单元恢复初始设置并结束工作,否则将循环控制流程。

[0082] 整个控制过程目的在于使得储能装置始终工作在最佳温度 $T_{set1} \sim T_{set3}$,且保证从散热器9出来然后流入液体槽6的工质为液态。

[0083] 所述的相变储能器10中装有相变材料,该相变材料在低温时为固态、高温时为液态,固液相变温度在 T_{set0} 与 T_{set1} 之间。在储能装置所处环境温度较低时,相变材料吸收气态工质的热量,传递给液体管道5中的液态工质,进而传递给储能单体1;从而使储能装置的废热得到充分利用,提高能效相变储能器10在环境温度较低时,吸收气态工质的热量,传递给液态工质,进而传递给储能单体1。

[0084] 作为上述实施例的优化方案,所述液位控制机构7的控制方法包括步骤:

[0085] 当液位计管体73内的液位浮球阀72检测到液位从平衡位置下降时,液位浮球阀72带动连动机械杆74逐渐打开液体槽6底部液位阀门71,放出液态工质补充液位计管体73和热管32内减少的液态工质;

[0086] 在液位计管体73和热管32得到液态工质补充液位上升到平衡位置过程中,液位浮球阀72带动连动机械杆74逐渐关闭液体槽6底部液位阀门71。

[0087] 液位控制机构7使热管阵列3中所有热管32的液位短时间内在平衡位置以下的小范围内来回波动,保证了热管32内的工质能够得到实时快速地补充,同时不消耗电能具有节能效应。

[0088] 以上显示和描述了本发明的基本原理和主要特征和本发明的优点。本行业的技术人员应该了解,本发明不受上述实施例的限制,上述实施例和说明书中描述的只是说明本发明的原理,在不脱离本发明精神和范围的前提下,本发明还会有各种变化和改进,这些变化和改进都落入要求保护的本发明范围内。本发明要求保护范围由所附的权利要求书及其等效物界定。

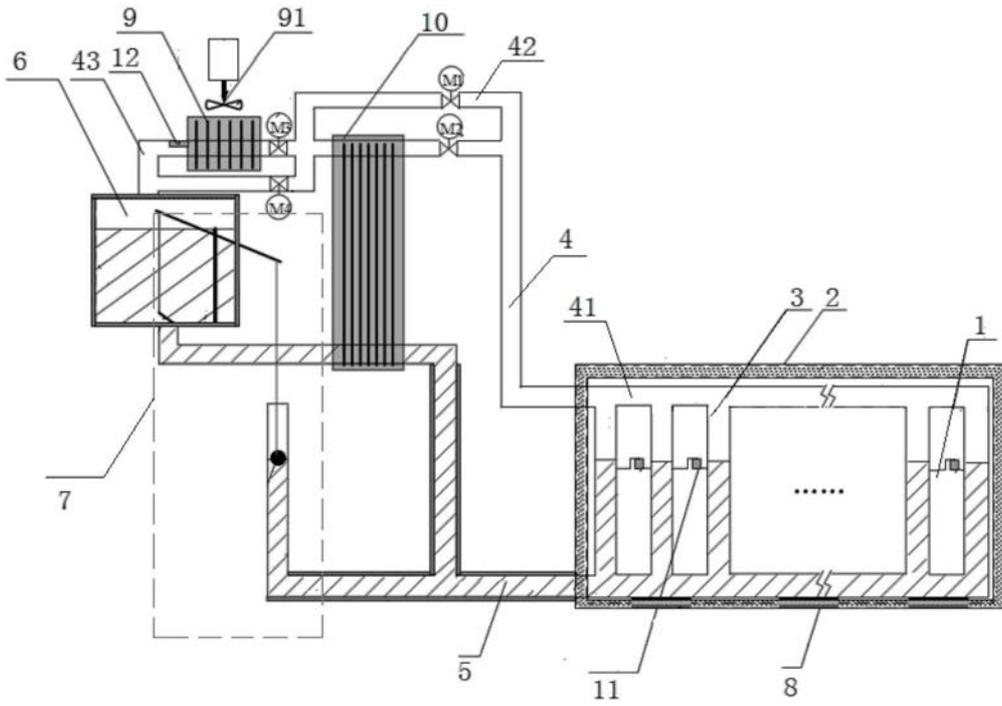


图1

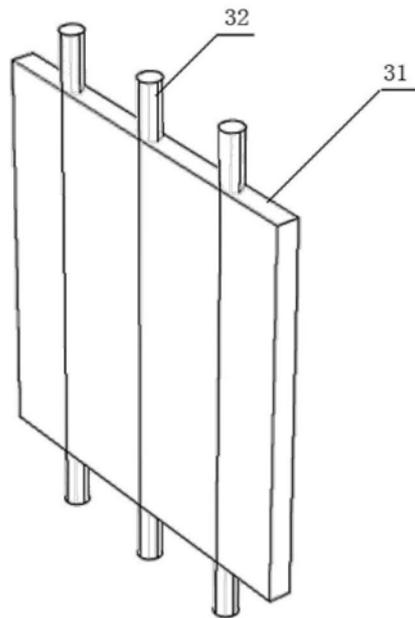


图2

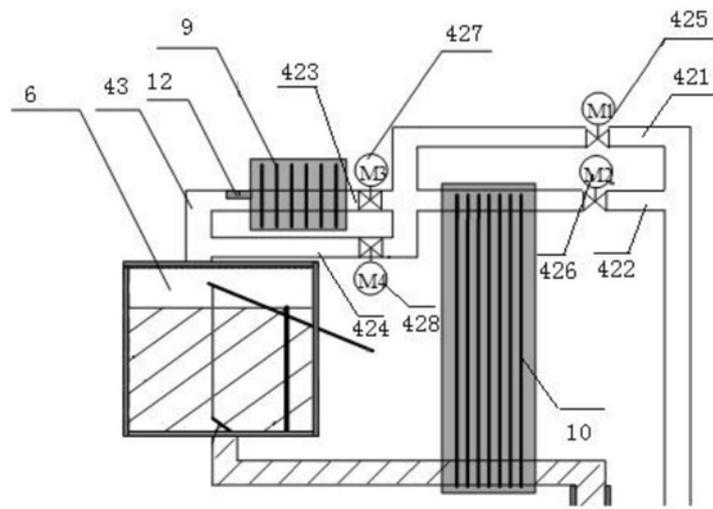


图3

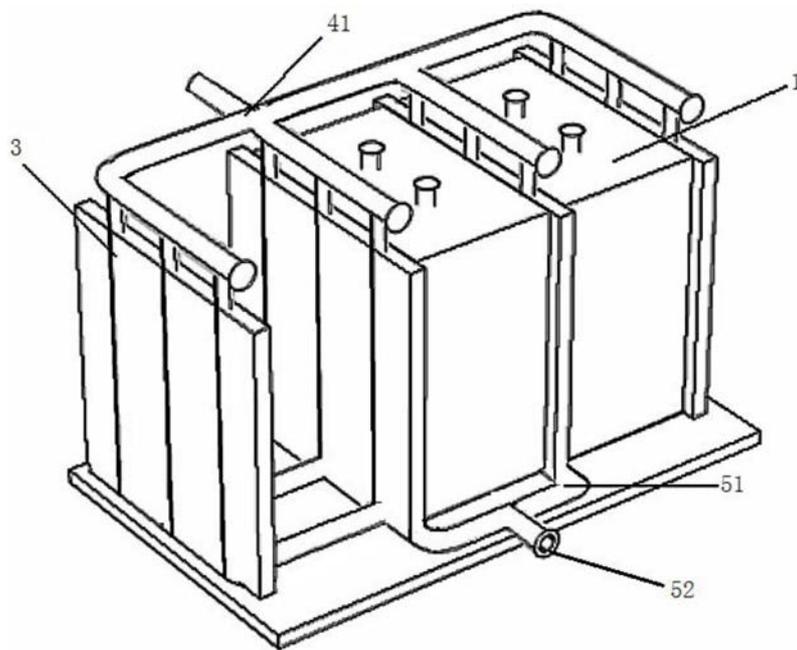


图4

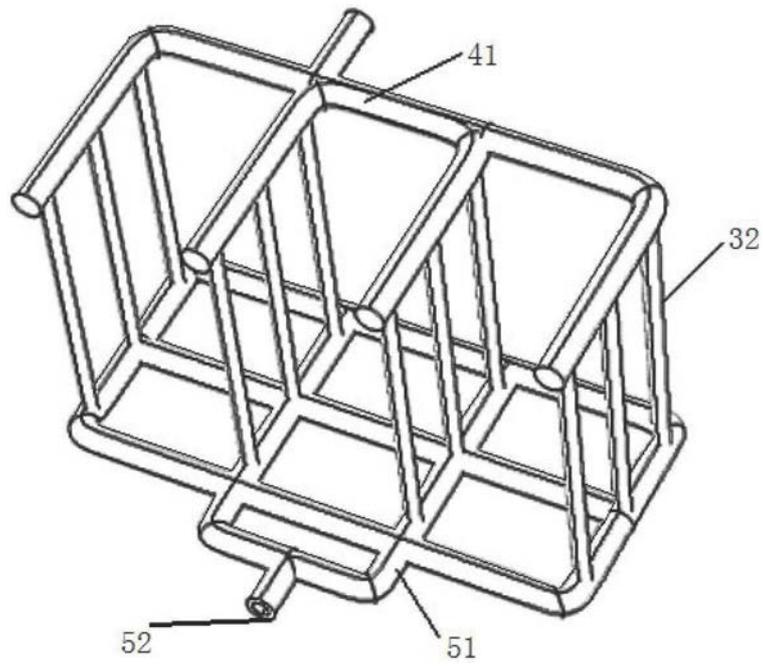


图5

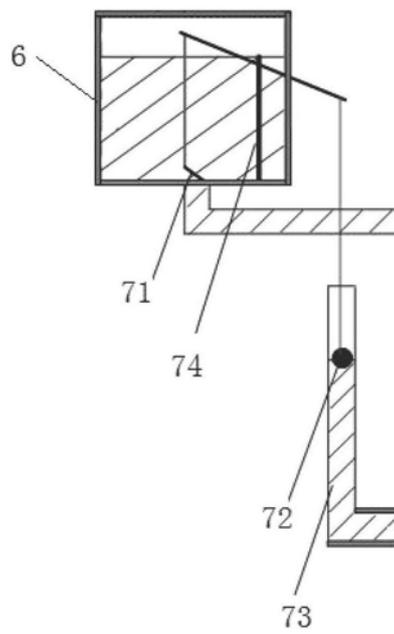


图6

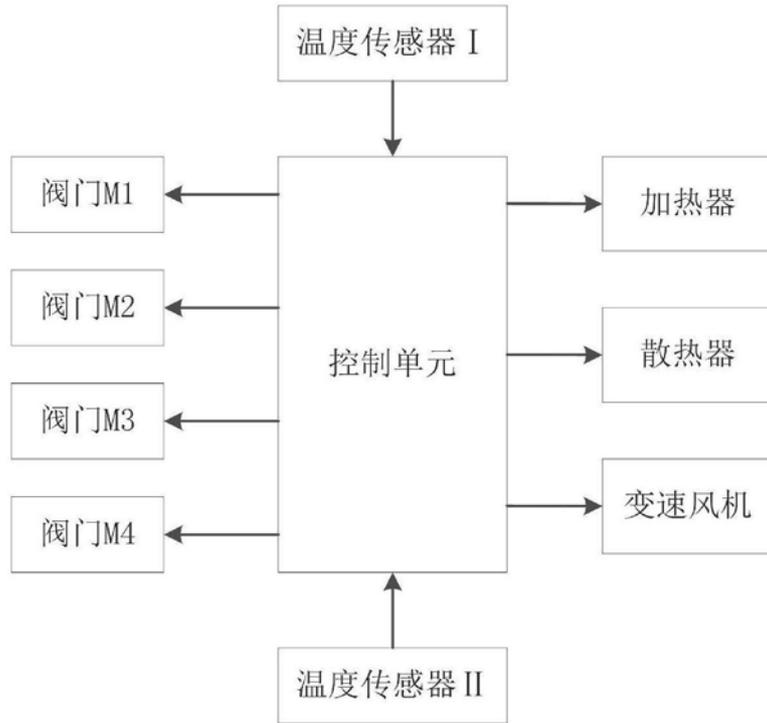


图7

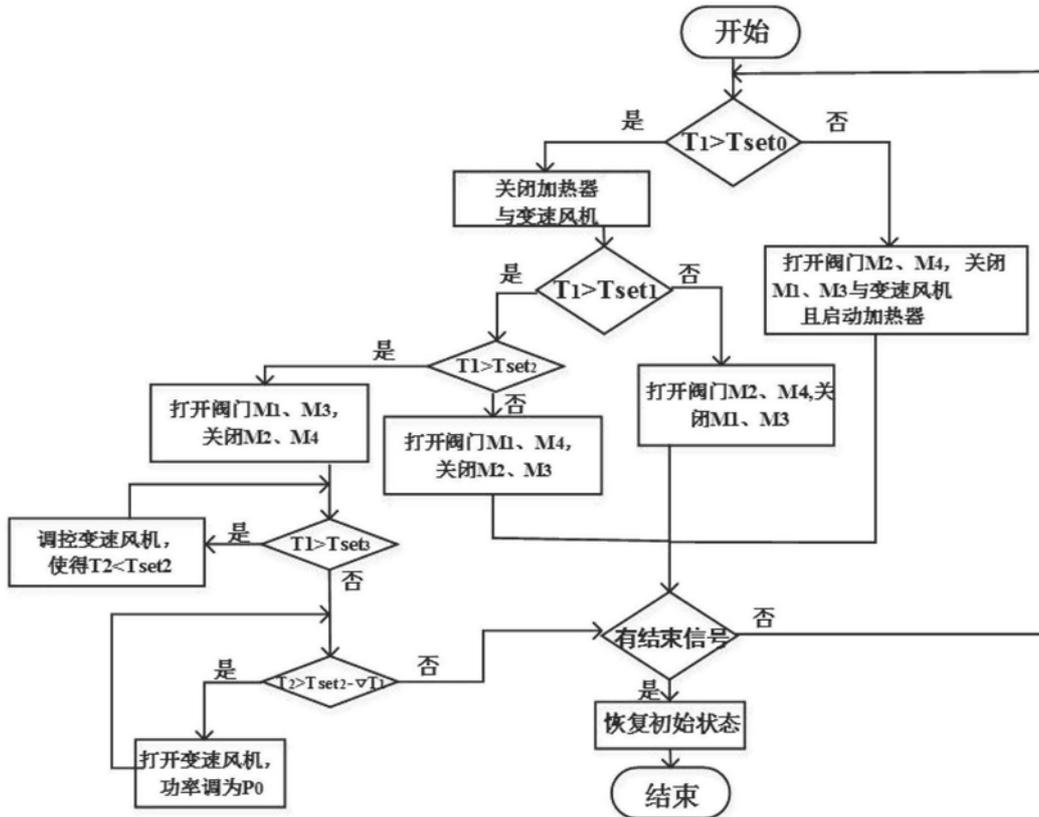


图8