



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 218471995 U

(45) 授权公告日 2023. 02. 10

(21) 申请号 202221908209.4

(22) 申请日 2022.07.22

(73) 专利权人 上海卓微氢科技有限公司

地址 201306 上海市浦东新区自由贸易试
验区临港新片区新杨公路1666号2幢
201室

(72) 发明人 谢佳平 朱维 匡金俊 王术高

(74) 专利代理机构 青岛致嘉知识产权代理事务
所(普通合伙) 37236

专利代理师 张晓艳

(51) Int.Cl.

H01M 8/04029 (2016.01)

H01M 8/249 (2016.01)

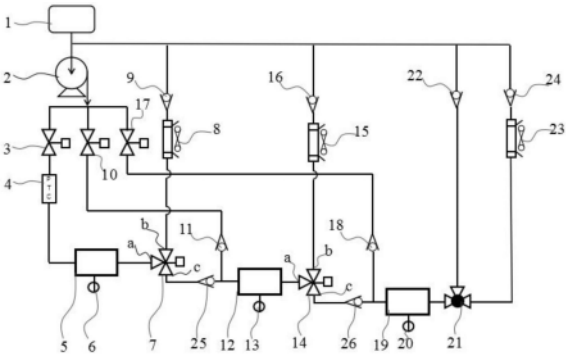
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 实用新型名称

一种多堆燃料电池冷却系统

(57) 摘要

本实用新型提出一种多堆燃料电池冷却系统所述系统包括冷却水箱和水泵,水泵的进水端连接冷却水箱,水泵的出水端连接三条冷却支路,三条冷却支路经回水管连接至冷却水箱;第一、第二冷却支路均包括开关阀、电堆、三通电磁阀、中冷器以及单向阀,第三冷却支路包括开关阀、单向阀、电堆、节温器及中冷器。第一冷却支路和第二冷却支路、第二冷却支路和第三却支路之间还通过单向阀连接。该系统可以回收利用前端燃料电池堆的废气热量,无需消耗额外电能即可实现后端电堆的快速启动,提高了系统的能量利用率。



1. 一种多堆燃料电池冷却系统,包括冷却水箱和水泵,其特征在于:水泵的进水端连接冷却水箱,水泵的出水端连接三条冷却支路,三条冷却支路经回水管连接至冷却水箱;

第一冷却支路包括经管路依次连接的开关阀一、PTC加热器、电堆一、三通电磁阀一、中冷器一以及单向阀一,电堆一上连接有温度传感器一;第二冷却支路包括经管路依次连接的开关阀二、单向阀五、电堆二、三通电磁阀二、中冷器二以及单向阀二,电堆二上连接有温度传感器二;第三冷却支路包括经管路依次连接的开关阀三、单向阀六、电堆三及中冷器三,中冷器三经单向阀四连接至回水管,电堆三上连接有温度传感器三;

所述三通电磁阀一的第三接口与电堆二通过管路连接,所述三通电磁阀二的第三接口与电堆三通过管路连接;

还包括燃料电池控制器,燃料电池控制器与电堆一至三、水泵、PTC加热器、温度传感器一至三、开关阀一至三、三通电磁阀一及三通电磁阀二电连接。

2. 根据权利要求1所述的多堆燃料电池冷却系统,其特征在于:所述电堆三和中冷器三之间的管路上还连接有节温器,节温器的第三接口经单向阀三连接至回水管。

3. 根据权利要求1所述的多堆燃料电池冷却系统,其特征在于:所述三通电磁阀一的第三接口与电堆二之间的管路上设置有单向阀七。

4. 根据权利要求3所述的多堆燃料电池冷却系统,其特征在于:所述三通电磁阀二的第三接口与电堆三之间的管路上设置有单向阀八。

一种多堆燃料电池冷却系统

技术领域

[0001] 本实用新型属于燃料电池领域,尤其涉及一种多堆燃料电池冷却系统。

背景技术

[0002] 质子交换膜燃料电池(proton exchange membrane fuel cell,PEMFC)性能优异,在交通、军事等领域得到广泛应用。目前新能源汽车上搭载的燃料电池系统多采用单一大功率燃料电池系统,大功率燃料电池由于技术和材料尚未完全突破,存在价格高、电堆老化快、无法长期运行等缺点。另外,频繁的功率变化会加速燃料电池的老化,同时电堆内部的燃料电池单体损坏也会导致整个燃料电池系统无法正常工作。为了解决这些问题,人们常采用多堆燃料电池系统(multi-stack fuel cell system,MFCS)来满足大功率的需求问题。多堆燃料电池系统由几套低功率燃料电池系统组成,而不是只由一个大功率电堆构成,避免了电堆耐久性不足的问题,增强了系统的稳定性。

[0003] 多堆燃料电池系统多采用独立的并联式的水热管理结构,即每一个燃料电池堆搭配一套独立的冷却水管路,这种结构成本高,并且不能有效利用冷却水中的废弃热量。如果将多个燃料电池堆串联在一个冷却水回路中,这种方案虽然可以有效利用废弃热量,但不能很好的控制后续燃料电池的工作温度,并且会出现热量堆积在最后一个燃料电池堆中的现象,导致其无法正常工作。

[0004] 目前多堆燃料电池的能量管理主要根据当前的需求功率决定多堆燃料电池中的某一个电堆的开启,当功率需求较小时仅需少量电堆工作,由于车辆的功率是实时变化的,当需求功率变大时则需要更多的电堆参与供电,而燃料电池的启动需要一段时间,尤其是在寒冷环境中,未经过预热的燃料电池冷启动需要2-5min,这会导致燃料电池多堆系统无法快速满足整车实时行驶的能量需求,进而造成动力不足的现象。通常可以采用电加热的方式给燃料电池保持温度,但这种方式会消耗额外的电能。

实用新型内容

[0005] 本实用新型针对现有的多堆燃料电池系统水热管理结构成本高、控制复杂的技术问题,提出一种结构成本低、可充分利用电堆余热给后端电堆个体预热的多堆燃料电池冷却系统。

[0006] 为了达到上述目的,本实用新型采用的技术方案为:

[0007] 一种多堆燃料电池冷却系统,包括冷却水箱和水泵,水泵的进水端连接冷却水箱,水泵的出水端连接三条冷却支路,三条冷却支路经回水管连接至冷却水箱;

[0008] 第一冷却支路包括经管路依次连接的开关阀一、PTC加热器、电堆一、三通电磁阀一、中冷器一以及单向阀一,电堆一上连接有温度传感器一;第二冷却支路包括经管路依次连接的开关阀二、单向阀五、电堆二、三通电磁阀二、中冷器二以及单向阀二,电堆二上连接有温度传感器二;第三冷却支路包括经管路依次连接的开关阀三、单向阀六、电堆三及中冷器三,中冷器三经单向阀四连接至回水管,电堆三上连接有温度传感器三;

[0009] 所述三通电磁阀一的第三接口与电堆二通过管路连接,所述三通电磁阀二的第三接口与电堆三通过管路连接。

[0010] 还包括燃料电池控制器,燃料电池控制器与电堆一至三、水泵、PTC加热器、温度传感器一至三、开关阀一至三、三通电磁阀一及三通电磁阀二电连接。

[0011] 作为优选,所述电堆三和中冷器三之间的管路上还连接有节温器,节温器的第三接口经单向阀三连接至回水管。

[0012] 作为优选,所述三通电磁阀一的第三接口与电堆二之间的管路上设置有单向阀七。

[0013] 作为优选,所述三通电磁阀二的第三接口与电堆三之间的管路上设置有单向阀八。

[0014] 与现有技术相比,本实用新型的优点和积极效果在于:

[0015] 本实用新型所述的多堆燃料电池冷却系统通过合理的冷却管路设计可以回收利用前端燃料电池堆的废气热量,提高了系统的能量利用率。在前端电堆正常工作后,多堆燃料电池可以一直维持其温度在预热温度之上,无需消耗额外电能即可实现后端电堆的快速启动,并且当后端电堆正常工作时也不会影响其正常的散热功能。

附图说明

[0016] 图1为本实用新型多堆燃料电池冷却系统的结构示意图;

[0017] 图2为本实用新型多堆燃料电池冷却系统的控制网络连接图;

[0018] 图3为本实用新型多堆燃料电池冷却系统的使用方法的逻辑判断图;

[0019] 以上各图中:1、冷却水箱;2、水泵;3、开关阀一;4、PTC加热器;5、电堆一;6、温度传感器一;7、三通电磁阀一;8、中冷器一;9、单向阀一;10、开关阀二;11、单向阀五;12、电堆二;13、温度传感器二;14、三通电磁阀二;15、中冷器二;16、单向阀二;17、开关阀三;18、单向阀六;19、电堆三;20、温度传感器三;21、节温器;22、单向阀三;23、中冷器三;24、单向阀四;25、单向阀七;26、单向阀八;a、第一接口;b、第二接口;c、第三接口。

具体实施方式

[0020] 为了更好的理解本实用新型,下面结合附图和实施例做具体说明。

[0021] 实施例一

[0022] 如图1所示,一种多堆燃料电池冷却系统,包括冷却水箱1和水泵2,水泵2的进水端连接冷却水箱1,水泵2的出水端连接三条冷却支路,三条冷却支路经回水管连接至冷却水箱1;

[0023] 第一冷却支路包括经管路依次连接的开关阀一3、PTC加热器4、电堆一5、三通电磁阀一7、中冷器一8以及单向阀一9,电堆一5上连接有温度传感器一6,其中三通电磁阀一7的第一接口a连接电堆一5,其第二接口b(也就是第一出水口)连接中冷器一8。

[0024] 第二冷却支路包括经管路依次连接的开关阀二10、单向阀五11、电堆二12、三通电磁阀二14、中冷器二15以及单向阀二16,电堆二12上连接有温度传感器二13,其中三通电磁阀二14的第一接口a连接电堆二12,其第二接口b(也就是第一出水口)连接中冷器二15。

[0025] 第三冷却支路包括经管路依次连接的开关阀三17、单向阀六18、电堆三19、节温器

21及单向阀三22,节温器21的第三接口c连接至中冷器三23,中冷器三23经单向阀四24连接至回水管,电堆三19上连接有温度传感器三20。

[0026] 所述三通电磁阀一7的第三接口c(也就是第二出水口)与电堆二12之间还连接有单向阀七25,所述三通电磁阀二14的第三接口c(也就是第二出水口)与电堆三19之间还连接有单向阀八26。

[0027] 该系统还包括燃料电池控制器(FCU),燃料电池控制器(FCU)、水泵2、开关阀一~三、PTC加热器4、温度传感器一~三、三通电磁阀一7、三通电磁阀二14、燃料电池控制器、电堆一~三均通过CAN网络进行通信与控制,CAN网络如图2所示;

[0028] 该多堆燃料电池冷却系统的运行过程参照实施例二。

[0029] 本实施例所述的多堆燃料电池冷却系统通过合理的冷却管路设计既可以回收利用前端燃料电池堆的废气热量,提高了系统的能量利用率。在前端电堆正常工作后,多堆燃料电池可以一直维持其温度在预热温度之上,无需消耗额外电能即可实现后端电堆的快速启动,并且当后端电堆正常工作时也不会影响其正常的散热功能。

[0030] 实施例二

[0031] 一种多堆燃料电池冷却系统水热管理方法,包括预热冷启动环节、多堆工作环节及停机环节,如图3所示,具体包括如下步骤:

[0032] S1、当冷启动时运行预热冷启动环节。

[0033] 当车辆冷启动时,此时电堆温度过低无法正常工作,车辆上低压电,FCU控制三通电磁阀导通通往单向阀七25的回路,关闭通往中冷器一8的回路。

[0034] S2、三通电磁阀二14导通通往单向阀八26的回路,关闭通往中冷器二15的回路。

[0035] S3、开关阀一3开启,冷却水泵2开启,冷却水开始在回路中循环。此时开启PTC加热器4给冷却水加热,被加热的冷却水经过电堆一5开始预热电堆一5。此后冷却水从电堆一5的出水口流出,进入三通电磁阀一7,并经过单向阀七25流入电堆二12开始给电堆二12进行预热,冷却水从电堆二12出水口流出并经过三通电磁阀二14、单向阀八26流入电堆三19,开始给电堆三19进行预热。此时若电堆三19出水口温度小于节温器21大循环最低开启温度 $T_{\min}$,则冷却水通过节温器21小循环通道流入单向阀三22,最后流入水泵2。若此时若电堆二12出水口温度大于等于节温器21大循环最低开启温度 $T_{\min}$,则冷却水通过节温器21大循环通道流入中冷器,最后通过单向阀四24流入水泵2。

[0036] S4、根据温度传感器一6返回的电堆一5温度值 T_1 ,温度传感器二13返回的电堆二12温度值 T_2 ,温度传感器三20返回的电堆三19温度值 T_3 ,当 T_1, T_2, T_3 的温度数值均大于 $T_{\min}$ 时,系统预热结束,燃料电池可以正常启动并输出电能。此后运行S5,冷启动完成进入多堆正常工作环节,否则运行S3。

[0037] S5、PTC加热器4停止运行,电堆一5正常工作;

[0038] S6、FCU根据整车能量需求确定电堆开启个数,当需要电堆一5和电堆二12都工作时运行S7,否则FCU控制三通电磁阀一7和三通电磁阀二14的两个出水口的开合度,使电堆二12和电堆三19的出水温度大于 $T_{\min}$ 并小于最佳工作温度 T_{best} ,并运行S5;

[0039] 电堆二12和电堆三19的出水温度大于 $T_{\min}$ 并小于最佳工作温度 T_{best} ,以便需要其工作时可以快速开始工作。具体的开关阀一3开启,冷却水流入电堆一5并吸收电堆一5的热量后进入三通电磁阀一7,此时三通电磁阀一7根据水热管理算法分配从电堆一5出水口流

出的冷却水进入中冷器一8及单向阀七25的流量。冷却水经过三通电磁阀一7一路通过中冷器一8、单向阀一9流入水泵2,一路通过单向阀七25流入电堆二12,冷却水进入电堆二12给电堆二12加热后从出水口流出,进入三通电磁阀二14,三通电磁阀二14根据水热管理算法分配从电堆二12出水口流出的冷却水进入中冷器二15及单向阀八26的流量。冷却水经过三通电磁阀二14一路通过中冷器二15、单向阀二16流入水泵2,一路通过单向阀八26流入电堆三19、节温器21,从节温器21流出的冷却水一路通过中冷器三23、单向阀四24流入水泵2,一路通过单向阀三22流入水泵2。水热管理算法通过三通电磁阀一7控制进入电堆二12的流量进而保证电堆二12和电堆三19的温度大于 $T_{\min}$ 并小于燃料电池最佳工作温度 T_{best} 。水热管理算法通过三通电磁阀二14控制进入电堆三19的流量进而保证电堆三19的温度大于 $T_{\min}$ 并小于燃料电池最佳工作温度 T_{best} 。

[0040] 三通电磁阀一7和三通电磁阀二14的两个出水口的开合度具体由下述方法控制:

[0041] S61、当电堆二12和电堆三19不工作时,温度传感器二13测量的电堆二12温度 T_2 ,三通电磁阀一和三通电磁阀二初始均为最大开度,使电堆二12的温度 T_2 逐渐接近 $(T_{\min} + T_{\text{best}})/2$;

[0042] S62、初步计算三通电磁阀一7的开度实时开度 D_{1_ori} , $D_{1_ori} = k_1(\lambda) T_2 / T_{\min}$, 其中 $k_1(\lambda)$ 为阀门开度的非线性系数,具体数值由台架标定得出。

[0043] S63、将 T_2 与电堆二12目标温度 $(T_{\min} + T_{\text{best}})/2$ 的差值作为PID控制器的输入值,得到三通电磁阀一7阀门开度的微调量 D_{1_pid} ,三通电磁阀一7的最终实时开度 $D_1 = D_{1_ori} + D_{1_pid}$;

$$[0044] \quad D_{1_pid} = K_{p1} \{ \Delta T_1 + \frac{1}{T_{i1}} \int_0^t \Delta T_1 dt + T_{d1} \frac{d\Delta T_1}{dt} \},$$

[0045] 其中, K_{p1} ,为PID比例系数, T_{i1} ,为PID积分系数, T_{d1} ,为PID微分系数,由现场调试确定。

[0046] S64、温度传感器三20测量的电堆三19温度 T_3 ,初步计算三通电磁阀二14的阀门实时开度 D_{2_ori} ,

[0047] $D_{2_ori} = k_2(\lambda) T_3 / T_{\min}$, 其中 $k_2(\lambda)$ 为阀门开度的非线性系数;

[0048] S65、将 T_3 与电堆三19目标温度 $T_{\min}$ 的差值作为PID控制器的输入值,得到三通电磁阀二14阀门开度的微调量 D_{2_pid} ,三通电磁阀二14的最终实时开度 $D_2 = D_{2_ori} + D_{2_pid}$ 。

$$[0049] \quad D_{2_pid} = K_{p2} \{ \Delta T_2 + \frac{1}{T_{i2}} \int_0^t \Delta T_2 dt + T_{d2} \frac{d\Delta T_2}{dt} \},$$

[0050] K_{p1}, K_{p2} 为PID比例系数, T_{i1}, T_{i2} 为PID积分系数, T_{d1}, T_{d2} 为PID微分系数,由现场调试确定。

[0051] 常规温度控制只有一个被控对象,而此处温度控制对象有两个分别为三通电磁阀一和三通电磁阀二,尤其是三通电磁阀一7的控制会影响三通电磁阀二14的控制,进而影响电堆二12和电堆三19的保温温度,该方法给出了多被控对象的温控解决方案。

[0052] S7、关闭三通电磁阀一7通往单向阀227的回路,导通通往中冷器一8的回路;

[0053] S8、开启开关阀二10,电堆二12开始正常工作;

[0054] S9、FCU根据整车能量需求确定电堆开启个数,当需要电堆一5和电堆二12都工作时,运行S10。否则FCU控制三通电磁阀二14的两个出水口的开合度,使电堆三19的出水温度大于 $T_{\min}$ 并小于最佳工作温度 T_{best} ,并运行S6;此时开关阀一3和二开启,三通电磁阀一7关

闭通往单向阀227的回路,冷却水经过开关阀、PTC流入电堆一5,经过电堆一5的冷却水全部经过中冷器一8、单向阀一9流入水泵2。第二路冷却水经过开关阀二10、单向阀五11流入电堆二12,给电堆二12冷却并从电堆二12出水口流入三通电磁阀二14,三通电磁阀二14根据水热管理算法分配从电堆二12出水口流出的冷却水进入中冷器二15及单向阀八26的流量,进而保证电堆三19的温度大于 $T_{\min}$ 并小于燃料电池最佳工作温度 T_{best} ,三通电磁阀二14流出的冷却水冷一路通过中冷器二15、单向阀二16流入水泵2,一路通过单向阀八26流入电堆三19、节温器21,从节温器21流出的冷却水一路通过中冷器三23、单向阀四24流入水泵2,一路通过单向阀三22流入水泵2。

[0055] 三通电磁阀二14的出水口的开合度由下述方法控制,

[0056] S91、温度传感器三20测量的电堆三19温度 T_3 ,初步计算三通电磁阀二14的阀门实时开度 D_{2_ori} , $D_{2_ori}=k_2(\lambda)T_3/T_{\min}$, $k_2(\lambda)$ 为阀门开度的非线性系数;

[0057] S92、以 T_3 与电堆三19目标温度 $T_{\min}$ 的差值作为PID控制器的输入值,得到三通电磁阀二14阀门开度的微增量 D_{2_pid} ,三通电磁阀二14的实时开度 $D_2=D_{2_ori}+D_{2_pid}$ 。

[0058] S10、关闭三通电磁阀二14通往单向阀八26的回路,导通通往中冷器二15的回路;

[0059] S11、开启开关阀三17,电堆三19开始正常工作。此时无需考虑电堆一~三的预热保持,而仅需考虑三个电堆的散热,开关阀一~三均开启,三通电磁阀一7关闭通往单向阀227的回路,三通电磁阀二14关闭通往单向阀八26的回路。从开关阀1流出的冷却水经过PTC、电堆一5、三通电磁阀一7、中冷器一8、单向阀一9流入水泵2;从开关阀二10流出的冷却水经过单向阀五11、电堆二12、三通电磁阀二14、中冷器二15、单向阀二16流入水泵2;从开关阀三17流出的冷却水经过单向阀六18、电堆三19、节温器21后一路通过单向阀三22流入水泵2,一路通过中冷器三23、单向阀四24流入水泵2。

[0060] S12、停机环节:水泵2关闭,开关阀一~三均关闭,系统停机。

[0061] 通过该水热管理算法可以使燃料电池系统一直维持其温度在预热温度之上,减少了燃料电池堆的冷启动时间,燃料电池堆无需额外能源加热即可快速启动。该水热管理方法高效实用,多堆燃料电池的预热温度和工作温度都得到了精确控制,保证了系统运行的稳定性。

[0062] 以上所述,仅是本实用新型的较佳实施例而已,并非是对本实用新型作其它形式的限制,任何熟悉本专业的技术人员可能利用上述揭示的技术内容加以变更或改型为等同变化的等效实施例应用于其它领域,但是凡是未脱离本实用新型技术方案内容,依据本实用新型的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化与改型,仍属于本实用新型技术方案的保护范围。

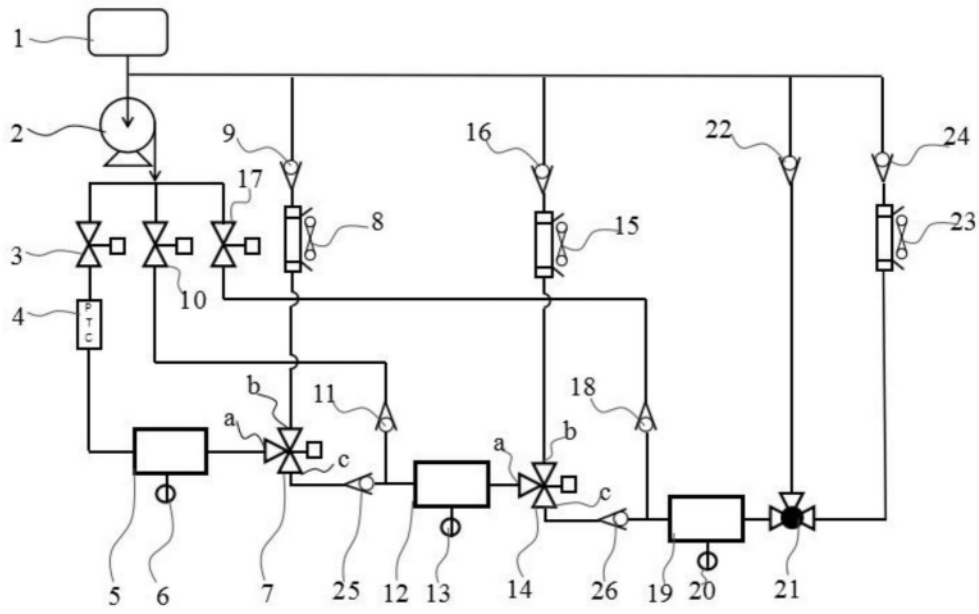


图1

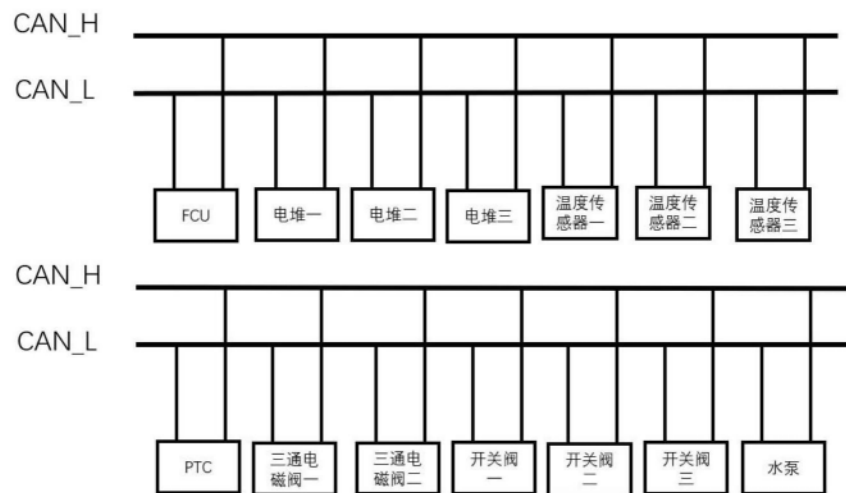


图2

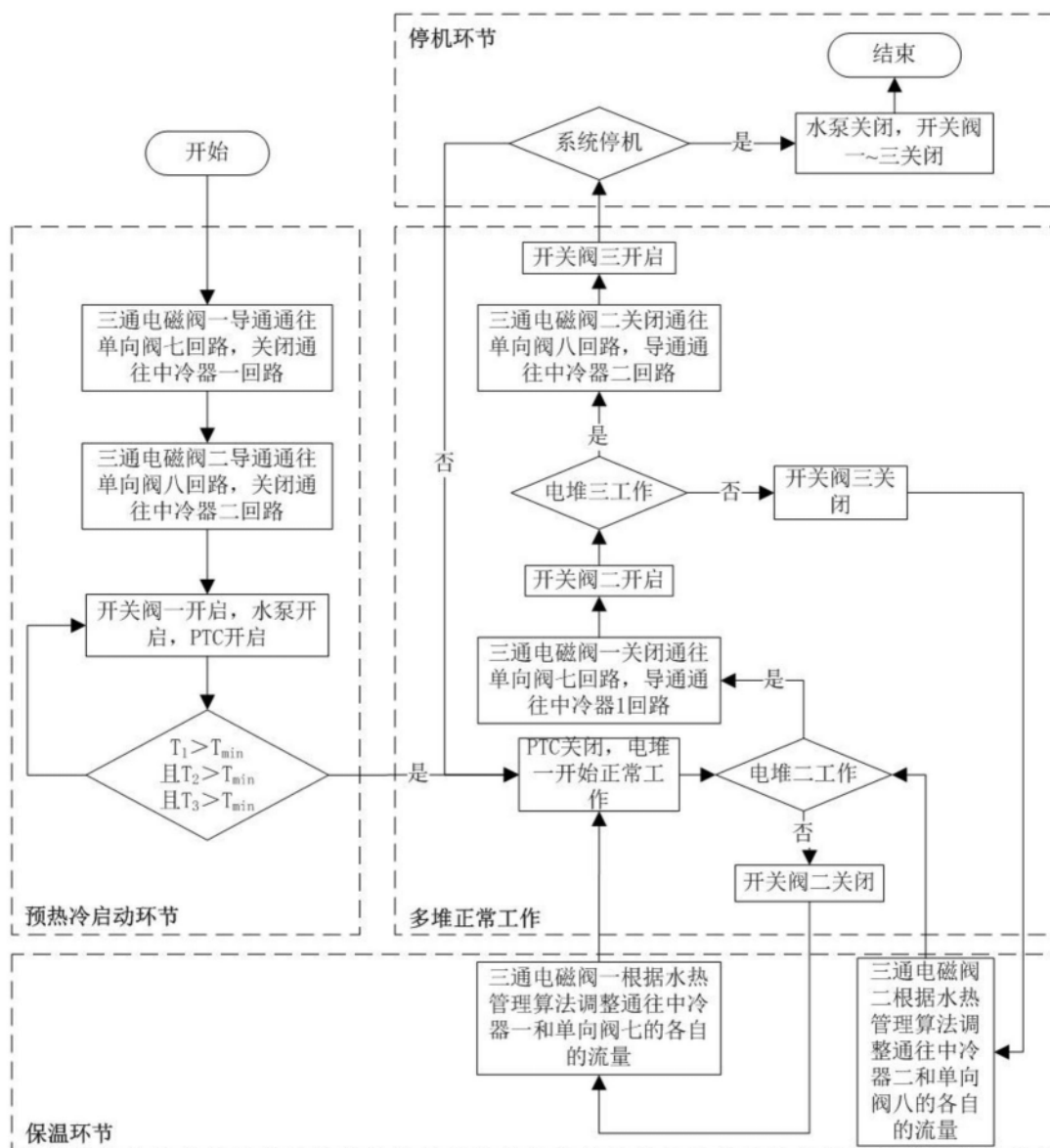


图3