



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113531919 A

(43) 申请公布日 2021. 10. 22

(21) 申请号 202110765084.8

(22) 申请日 2021.07.06

(71) 申请人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市咸宁西路28号

(72) 发明人 蒲亮 张胜棋

(74) 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任

公司 61200

代理人 陈翠兰

(51) Int. Cl.

F24S 20/40 (2018.01)

F24S 50/40 (2018.01)

F24S 60/10 (2018.01)

E01H 8/08 (2006.01)

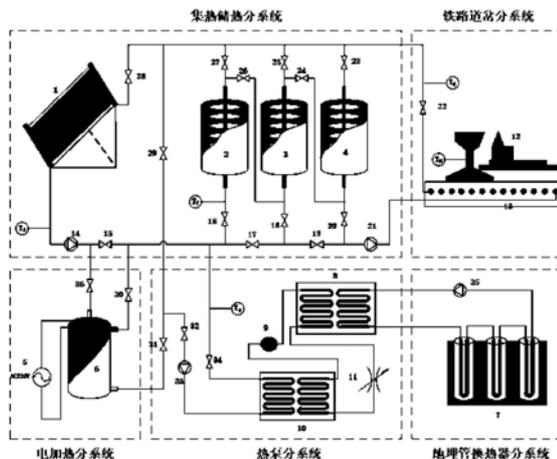
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种多源互补铁路道岔融雪化冰系统及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种多源互补铁路道岔融雪化冰系统及方法,属于新能源利用领域,该系统在冬季晴天时,根据太阳光照的强度,利用三级蓄热装置,对太阳能进行梯级蓄热,实现太阳能跨周期梯级利用。当太阳能不足时,地热能作为一种补充热源融雪化冰。电加热是在极端天气(突降暴雪、长时间降雪等)条件下的应急措施。与现有电加热融雪化冰系统相比,本发明可大幅降低电力增容成本和耗电量,只需消耗少量的循环泵功即可实现道岔机构的融雪化冰,节省初始投资成本且更加节能。



1. 一种多源互补铁路道岔融雪化冰系统,其特征在于,包括太阳能单元、电加热单元、热泵单元、控制单元和地埋管(13);

太阳能单元包括太阳能集热器(1)和与太阳能集热器(1)连接的蓄热装置,太阳能集热器(1)和蓄热装置分别与地埋管(13)连接;

电加热单元包括电源(5)和与电源(5)连接的电加热器(6);热泵单元包括换热装置,换热装置的入口端与蓄热装置的出口端连接,换热装置的出口端连接有地热管(7);电加热器(6)的出口端分别与地热管(7)和外接的地埋管(13)连接;

控制单元包括控制器和温度测量组件,控制器分别与温度测量组件、太阳能集热器(1)、蓄热装置、电源(5)和换热装置电连接;蓄热装置包括依次连接的高温蓄热器(2)、中温蓄热器(3)和低温蓄热器(4);温度测量组件包括第一温度传感器(T_A)、第二温度传感器(T_B)、第三温度传感器(T_C)、第四温度传感器(T_D)和第五温度传感器(T_E),第一温度传感器(T_A)安装在太阳能集热器(1)的侧边,第二温度传感器(T_B)安装在外接的铁路道岔(12)上,第三温度传感器(T_C)安装在蓄热装置的入口管路上,第四温度传感器(T_D)安装在换热装置的出口管路上,第五温度传感器(T_E)安装在地埋管(13)的出口管路上。

2. 根据权利要求1所述的多源互补铁路道岔融雪化冰系统,其特征在于,高温蓄热器(2)、中温蓄热器(3)和低温蓄热器(4)内分别填充有不同熔点的相变材料。

3. 根据权利要求1所述的多源互补铁路道岔融雪化冰系统,其特征在于,换热装置包括相互连接的第一换热器(8)和第二换热器(10),压缩机(9)安装在第一换热器(8)和第二换热器(10)之间的管路上;

压缩机(9)侧边安装有节流阀(11),节流阀(11)与控制器电连接。

4. 根据权利要求1所述的多源互补铁路道岔融雪化冰系统,其特征在于,地热管(7)设有若干个,若干个地热管(7)依次串联。

5. 根据权利要求1所述的多源互补铁路道岔融雪化冰系统,其特征在于,铁路道岔(12)下安装有地埋管(13),第五温度传感器(T_E)安装在地埋管(13)的出口管路上。

6. 根据权利要求1所述的多源互补铁路道岔融雪化冰系统,其特征在于,蓄热装置、换热装置和电加热器(6)的出口端和入口端分别安装有电动球阀;

电动球阀分别与控制器电连接。

7. 根据权利要求1所述的多源互补铁路道岔融雪化冰系统,其特征在于,电源为220V交流电源;

电加热器(6)为电加热水浴。

8. 根据权利要求2所述的多源互补铁路道岔融雪化冰系统,其特征在于,高温蓄热器(2)内的相变材料为石蜡RT70;

中温蓄热器(3)内的相变材料为石蜡RT50;

低温蓄热器(4)内的相变材料为石蜡RT30。

9. 一种基于权利要求1~8任一项所述多源互补铁路道岔融雪化冰系统的多源互补铁路道岔融雪化冰方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤1) 搭建装置,分别获取第一温度传感器(T_A)、第二温度传感器(T_B)、第三温度传感器(T_C)、第四温度传感器(T_D)和第五温度传感器(T_E)的测量温度,并将获取的温度数据传输至控制器;

- 步骤2) 当 $T_B > 0^\circ\text{C}$, $T_A \geq 70^\circ\text{C}$, 控制器启动太阳能集热器(1)和蓄热装置工作进行蓄热;
- 当 $T_B > 0^\circ\text{C}$, 且 $T_A \leq 30^\circ\text{C}$, 控制器控制蓄热装置停止工作, 终止蓄热循环;
- 当 $T_B < 0^\circ\text{C}$, 且 $T_A > 30^\circ\text{C}$, 控制器启动太阳能集热器(1)工作, 关闭蓄热装置, 利用太阳能对铁路道岔进行供热;
- 当 $T_B < 0^\circ\text{C}$, 且 $T_A < 30^\circ\text{C}$, 控制器启动蓄热装置工作, 利用蓄热装置对铁路道岔进行供热;
- 当 $T_B < 0^\circ\text{C}$, $T_A < 30^\circ\text{C}$, $T_C < 30^\circ\text{C}$, 控制器启动换热装置工作, 利用换热器对铁路道岔进行供热;
- 当 $T_B < 0^\circ\text{C}$, $T_A < 30^\circ\text{C}$, $T_C < 30^\circ\text{C}$, $T_D < 30^\circ\text{C}$, $T_A > T_E$, 控制器同时启动电加热器(6)和太阳能集热器(1)工作, 利用电加热器(6)和太阳能集热器(1)串联, 对铁路道岔进行供热;
- 当 $T_B < 0^\circ\text{C}$, $T_A < 30^\circ\text{C}$, $T_C < 30^\circ\text{C}$, $T_D < 30^\circ\text{C}$, $T_A < T_E$, 控制器启动电加热器(6)工作, 利用电加热器(6)对铁路道岔进行供热。
10. 根据权利要求9所述的多源互补铁路道岔融雪化冰方法, 其特征在于, 当 $T_B > 0^\circ\text{C}$, 且 $50^\circ\text{C} < T_A < 70^\circ\text{C}$, 控制器启动太阳能集热器(1)、中温蓄热器(3)和低温蓄热器(4)工作, 进行蓄热;
- 当 $T_B > 0^\circ\text{C}$, 且 $30^\circ\text{C} < T_A < 50^\circ\text{C}$, 控制器启动太阳能集热器(1)和低温蓄热器(4)工作, 进行蓄热。

一种多源互补铁路道岔融雪化冰系统及方法

技术领域

[0001] 本发明属于新能源利用领域,涉及一种多源互补铁路道岔融雪化冰系统及方法。

背景技术

[0002] 大雪天气易使铁路道岔积雪,甚至结冰,积雪或者冰块阻挡铁路道岔尖轨的运动,影响列车的行车安全,目前铁路道岔的融雪方式主要以电加热为主,电加热融雪系统通过热辐射或热传导的方式使道岔上的积雪融化进而达到除雪目的。传统的电加热元件为条状结构,使用夹具将其固定于钢轨或者使用加热板安装于各个道岔牵引点处。电加热元件将电能转化为热能,通过和钢轨密贴,将热能传导至钢轨,使钢轨温度提升。电加热元件内部为金属电阻丝,起到电能转化为热能的作用。

[0003] 综上所述,现有的电加热融雪化冰系统具有耗电量巨大、电力增容成本过高、安装维护不方便等缺点,所以亟需发展一种新的铁路道岔融雪化冰技术。

发明内容

[0004] 为了克服上述现有技术中,电加热融雪化冰系统耗电量巨大、电力增容成本过高、安装维护不方便的缺点,本发明的目的在于提供一种多源互补铁路道岔融雪化冰系统及方法。

[0005] 为了达到上述目的,本发明采用以下技术方案予以实现:

[0006] 一种多源互补铁路道岔融雪化冰系统,包括太阳能单元、电加热单元、热泵单元、控制单元和地埋管;

[0007] 太阳能单元包括太阳能集热器和与太阳能集热器连接的蓄热装置,太阳能集热器和蓄热装置分别与地埋管连接;

[0008] 电加热单元包括电源和与电源连接的电加热器;热泵单元包括换热装置,换热装置的入口端与蓄热装置的出口端连接,换热装置的出口端连接有地热管;电加热器的出口端分别与地热管和外接的地埋管连接;

[0009] 控制单元包括控制器和温度测量组件,控制器分别与温度测量组件、太阳能集热器、蓄热装置、电源和换热装置电连接;蓄热装置包括依次连接的高温蓄热器、中温蓄热器和低温蓄热器;温度测量组件包括第一温度传感器 T_A 、第二温度传感器 T_B 、第三温度传感器 T_C 、第四温度传感器 T_D 和第五温度传感器 T_E ,第一温度传感器 T_A 安装在太阳能集热器的侧边,第二温度传感器 T_B 安装在外接的铁路道岔上,第三温度传感器 T_C 安装在蓄热装置的入口管路上,第四温度传感器 T_D 安装在换热装置的出口管路上,第五温度传感器 T_E 安装在地埋管的出口管路上。

[0010] 优选地,高温蓄热器、中温蓄热器和低温蓄热器内分别填充有不同熔点的相变材料。

[0011] 优选地,换热装置包括相互连接的第一换热器和第二换热器,压缩机安装在第一换热器和第二换热器之间的管路上;

- [0012] 压缩机侧边安装有节流阀,节流阀与控制器电连接。
- [0013] 优选地,地热管设有若干个,若干个地热管依次串联。
- [0014] 优选地,铁路道岔下安装有地埋管,第五温度传感器 T_E 安装在地埋管的出口管路上。
- [0015] 优选地,蓄热装置、换热装置和电加热器的出口端和入口端分别安装有电动球阀;
- [0016] 电动球阀分别与控制器电连接。
- [0017] 优选地,电源为220V交流电源;
- [0018] 电加热器为电加热水浴。
- [0019] 优选地,高温蓄热器内的相变材料为石蜡RT70;
- [0020] 中温蓄热器内的相变材料为石蜡RT50;
- [0021] 低温蓄热器内的相变材料为石蜡RT30。
- [0022] 一种基于所述多源互补铁路道岔融雪化冰系统的多源互补铁路道岔融雪化冰方法,包括如下步骤:
- [0023] 步骤1) 搭建装置,分别获取第一温度传感器 T_A 、第二温度传感器 T_B 、第三温度传感器 T_C 、第四温度传感器 T_D 和第五温度传感器 T_E 的测量温度,并将获取的温度数据传输至控制器;
- [0024] 步骤2) 当 $T_B > 0^\circ\text{C}$, $T_A \geq 70^\circ\text{C}$, 控制器启动太阳能集热器和蓄热装置工作进行蓄热;
- [0025] 当 $T_B > 0^\circ\text{C}$, 且 $T_A \leq 30^\circ\text{C}$, 控制器控制蓄热装置停止工作,终止蓄热循环;
- [0026] 当 $T_B < 0^\circ\text{C}$, 且 $T_A > 30^\circ\text{C}$, 控制器启动太阳能集热器工作,关闭蓄热装置,利用太阳能对铁路道岔进行供热;
- [0027] 当 $T_B < 0^\circ\text{C}$, 且 $T_A < 30^\circ\text{C}$, 控制器启动蓄热装置工作,利用蓄热装置对铁路道岔进行供热;
- [0028] 当 $T_B < 0^\circ\text{C}$, $T_A < 30^\circ\text{C}$, $T_C < 30^\circ\text{C}$, 控制器启动换热装置工作,利用换热器对铁路道岔进行供热;
- [0029] 当 $T_B < 0^\circ\text{C}$, $T_A < 30^\circ\text{C}$, $T_C < 30^\circ\text{C}$, $T_D < 30^\circ\text{C}$, $T_A > T_E$, 控制器同时启动电加热器和太阳能集热器工作,利用电加热器和太阳能集热器串联,对铁路道岔进行供热;
- [0030] 当 $T_B < 0^\circ\text{C}$, $T_A < 30^\circ\text{C}$, $T_C < 30^\circ\text{C}$, $T_D < 30^\circ\text{C}$, $T_A < T_E$, 控制器启动电加热器工作,利用电加热器对铁路道岔进行供热。
- [0031] 优选地,当 $T_B > 0^\circ\text{C}$, 且 $50^\circ\text{C} < T_A < 70^\circ\text{C}$, 控制器启动太阳能集热器、中温蓄热器和低温蓄热器工作,进行蓄热;
- [0032] 当 $T_B > 0^\circ\text{C}$, 且 $30^\circ\text{C} < T_A < 50^\circ\text{C}$, 控制器启动太阳能集热器和低温蓄热器工作,进行蓄热。
- [0033] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:
- [0034] 本发明公开了一种多源互补铁路道岔融雪化冰系统,该系统在冬季晴天时,根据太阳光照的强度,利用三级蓄热装置,对太阳能进行梯级蓄热,实现太阳能跨周期梯级利用。当太阳能不足时,地热能作为一种补充热源融雪化冰。电加热是在极端天气(突降暴雪、长时间降雪等)条件下的应急措施。与现有电加热融雪化冰系统相比,本发明可大幅降低电力增容成本和耗电量,只需消耗少量的循环泵功即可实现道岔机构的融雪化冰,节省初始投资成本且更加节能。

[0035] 本发明公开了一种多源互补铁路道岔融雪化冰方法,由于冬季正常光照下太阳能集热器出口水温介于70-90℃,伴随着降雪等气候条件,集热器出口水温逐渐降低,因此设置储热温度为30℃的低温蓄热器、50℃中温蓄热器和70℃的高温蓄热器,分别获取第一温度传感器、第二温度传感器、第三温度传感器、第四温度传感器和第五温度传感器的测量温度,并将获取的温度数据传输至控制器。为解决铁路道岔融雪化冰问题,同时降低能耗,通过使用太阳能和地热能,提升融雪化冰的效率,并大幅降低融雪化冰的成本。

附图说明

[0036] 图1为本发明多源互补铁路道岔融雪化冰系统的整体流程结构图;

[0037] 其中:1-太阳能集热器;2-高温蓄热器;3-中温蓄热器;4-低温蓄热器;5-电源;6-电加热器;7-地热管;8-第一换热器;9-压缩机;10-第二换热器;11-节流阀;12-铁路道岔;13-地埋管;14-第一循环泵;15-第一电动球阀;16-第二电动球阀;17-第三电动球阀;18-第四电动球阀;19-第五电动球阀;20-第六电动球阀;21-第二循环泵;22-第七电动球阀;23-第八电动球阀;24-第九电动球阀;25-第十电动球阀;26-第十一电动球阀;27-第十二电动球阀;28-第十三电动球阀;29-第十四电动球阀;30-第十五电动球阀;31-第十六电动球阀;32-第十七电动球阀;33-第三循环泵;34-第十八电动球阀;35-第四循环泵;36-第十九电动球阀; T_A -第一温度传感器; T_B -第二温度传感器; T_C -第三温度传感器; T_D -第四温度传感器; T_E -第五温度传感器。

具体实施方式

[0038] 为了使本技术领域的人员更好地理解本发明方案;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的实施例;而不是全部的实施例。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所有其他实施例;都应当属于本发明保护的范围。

[0039] 需要说明的是;本发明的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象;而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换;以便这里描述的本发明的实施例能够以除了在这里图示或描述的那些以外的顺序实施。此外;术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形;意图在于覆盖不排他的包含;例如;包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元;而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

[0040] 下面结合附图对本发明做进一步详细描述:

[0041] 实施例1

[0042] 参见图1,一种多源互补铁路道岔融雪化冰系统,包括太阳能单元、电加热单元、热泵单元和控制单元;太阳能单元包括太阳能集热器1和与太阳能集热器1连接的蓄热装置,太阳能集热器1和蓄热装置分别与地埋管连接;电加热单元包括电源5和与电源5连接的电加热器6;热泵单元包括换热装置,换热装置的入口端与蓄热装置的出口端连接,换热装置的出口端连接有地热管7;电加热器6的出口端分别与地热管和外接的地埋管连接;控制单

元包括控制器和温度测量组件,控制器分别与温度测量组件、太阳能集热器1、蓄热装置、电源5和换热装置电连接;蓄热装置包括依次连接的高温蓄热器2、中温蓄热器3和低温蓄热器4;温度测量组件包括第一温度传感器 T_A 、第二温度传感器 T_B 、第三温度传感器 T_C 、第四温度传感器 T_D 和第五温度传感器 T_E ,第一温度传感器 T_A 安装在太阳能集热器1的侧边,用于测量太阳能集热器1的出口温度;第二温度传感器 T_B 安装在外接的铁路道岔12上,用于测量铁路道岔12的温度;第三温度传感器 T_C 安装在蓄热装置的入口管路上,用于测量蓄热装置的入口温度;第四温度传感器 T_D 安装在换热装置的出口管路上,用于测量换热装置的出口温度;第五温度传感器 T_E 安装在地埋管的出口管路上,用于测量地埋管的出口温度。

[0043] 实施例2

[0044] 除以下内容外,其余内容与实施例1相同。

[0045] 高温蓄热器2、中温蓄热器3和低温蓄热器4内分别填充有不同熔点的相变材料。换热装置包括相互连接的第一换热器8和第二换热器10,压缩机9安装在第一换热器8和第二换热器10之间的管路上;压缩机9侧边安装有节流阀11,节流阀11与控制器电连接。

[0046] 实施例3

[0047] 除以下内容外,其余内容与实施例1相同。

[0048] 地热管设有若干个,若干个地热管依次串联。铁路道岔12下安装有地埋管13,第五温度传感器 T_E 安装在地埋管的出口管路上。蓄热装置、换热装置和电加热器6的出口端和入口端分别安装有电动球阀;电动球阀分别与控制器电连接。电源为220V交流电源;电加热器6为电加热水浴。高温蓄热器2内的相变材料为石蜡RT70;中温蓄热器3内的相变材料为石蜡RT50;低温蓄热器4内的相变材料为石蜡RT30。

[0049] 实施例4

[0050] 除以下内容外,其余内容与实施例1相同。

[0051] 太阳能集热器1设有两个出口,一侧出口管路上分别安装有第一温度传感器 T_A ,第一温度传感器 T_A 一侧依次安装有第一循环泵14和第一电动球阀15,第一循环泵14和第一电动球阀15之间设有管路,管路一端连接有电加热器6,管路上安装有第十九电动球阀36,电加热器6连接有电源5,电加热器6设有2个出口,分别连接有第二循环泵21和第十五电动球阀30,高温蓄热器2设有2个出口,一个出口与中温蓄热器3连接,另一个出口通过管路与地埋管13连接,高温蓄热器2与中温蓄热器3之间设有第十一电动球阀26,高温蓄热器2与地埋管13的管路上安装有第十二电动球阀27;中温蓄热器3设有2个出口,一个出口与低温蓄热器4连接,另一个出口通过管路与地埋管13连接,中温蓄热器3与低温蓄热器4之间设有第九电动球阀24,中温蓄热器3与地埋管13的管路上安装有第十电动球阀25;低温蓄热器4与地埋管13连接的管路上设有第八电动球阀23,高温蓄热器2的出口管路上依次安装有第三温度传感器 T_C 和第二电动球阀16。

[0052] 实施例5

[0053] 一种多源互补铁路道岔融雪化冰方法,包括如下步骤:

[0054] 步骤1) 搭建装置,分别获取第一温度传感器 T_A 、第二温度传感器 T_B 、第三温度传感器 T_C 、第四温度传感器 T_D 和第五温度传感器 T_E 的测量温度,并将获取的温度数据传输至控制器;

[0055] 步骤2) 当 $T_B > 0^\circ\text{C}$, $T_A \geq 70^\circ\text{C}$, 控制器启动太阳能集热器1和蓄热装置工作进行蓄热;

[0056] 当 $T_B > 0^\circ\text{C}$, 且 $50^\circ\text{C} < T_A < 70^\circ\text{C}$, 控制器启动太阳能集热器1、中温蓄热器3和低温蓄热器4工作, 进行蓄热;

[0057] 当 $T_B > 0^\circ\text{C}$, 且 $30^\circ\text{C} < T_A < 50^\circ\text{C}$, 控制器启动太阳能集热器1和低温蓄热器4工作, 进行蓄热;

[0058] 当 $T_B > 0^\circ\text{C}$, 且 $T_A \leq 30^\circ\text{C}$, 控制器控制蓄热装置停止工作, 终止蓄热循环;

[0059] 当 $T_B < 0^\circ\text{C}$, 且 $T_A > 30^\circ\text{C}$, 控制器启动太阳能集热器1工作, 关闭蓄热装置, 利用太阳能对铁路道岔进行供热;

[0060] 当 $T_B < 0^\circ\text{C}$, 且 $T_A < 30^\circ\text{C}$, 控制器启动蓄热装置工作, 利用蓄热装置对铁路道岔进行供热;

[0061] 当 $T_B < 0^\circ\text{C}$, $T_A < 30^\circ\text{C}$, $T_C < 30^\circ\text{C}$, 控制器启动换热装置工作, 利用换热器对铁路道岔进行供热;

[0062] 当 $T_B < 0^\circ\text{C}$, $T_A < 30^\circ\text{C}$, $T_C < 30^\circ\text{C}$, $T_D < 30^\circ\text{C}$, $T_A > T_E$, 控制器同时启动电加热器6和太阳能集热器1工作, 利用电加热器6和太阳能集热器1串联, 对铁路道岔进行供热;

[0063] 当 $T_B < 0^\circ\text{C}$, $T_A < 30^\circ\text{C}$, $T_C < 30^\circ\text{C}$, $T_D < 30^\circ\text{C}$, $T_A < T_E$, 控制器启动电加热器6工作, 利用电加热器6对铁路道岔进行供热。

[0064] 实施例6

[0065] 一种多源互补铁路道岔融雪化冰方法, 包括如下步骤:

[0066] 根据环境温度和系统监测点温度变化特性, 整个系统共有六种典型的运行模式:

(a) 太阳能储热模式: 天气晴朗, 光照充足时, 太阳能集热系统持续工作, 对相变蓄热器进行储热; (b) 太阳能供热模式: 太阳能为道岔提供热量融雪化冰; (c) 相变蓄热器供热模式: 相变蓄热器热量充足时, 通过释放此前存储在相变蓄热器中的热量为铁路道岔提供热量融雪化冰; (d) 热泵供热模式: 当太阳能、相变蓄热器均不可用时, 开启热泵系统, 热泵冷凝热为道岔供热; (e) 电加热串联太阳能供热模式: 电加热联合部分太阳能为道岔供热; (f) 电加热供能模式: 电加热为道岔供热。

[0067] (a) 太阳能储热模式: 当 T_B 大于 0°C 且 T_A 大于等于 70°C , 启动太阳能储热模式。流经太阳能集热器1的相变微胶囊悬浮液被加热, 温度升高, 依次流经第一循环泵14、第一电动球阀15、第二电动球阀16、第十一电动球阀26、第九电动球阀24, 将热量传递至高温蓄热器2、中温蓄热器3和低温蓄热器4, 梯级储存太阳能, 提高太阳能的利用效率; 此后流经第八电动球阀23和第十三电动球阀28流至太阳能集热器1循环加热; 当 T_B 大于 0°C 且 T_A 小于 70°C 大于 50°C , 流经太阳能集热器1的相变微胶囊悬浮液被加热, 温度升高, 依次流经第一循环泵14、第一电动球阀15、第三电动球阀17、第四电动球阀18和第九电动球阀24, 将热量传递至中温蓄热器3和低温蓄热器4, 梯级储存太阳能, 提高太阳能的利用效率; 此后流经第八电动球阀23和第十三电动球阀28流至太阳能集热器1循环加热; 当 T_B 大于 0°C 且 T_A 小于 50°C 大于 30°C , 流经太阳能集热器1的相变微胶囊悬浮液被加热, 温度升高, 依次流经第一循环泵14、第一电动球阀15、第三电动球阀17、第五电动球阀19和第六电动球阀20, 将热量传递至低温蓄热器4; 此后流经第八电动球阀23和第十三电动球阀28流至太阳能集热器1循环加热; 当 T_B 大于 0°C 且 T_A 小于等于 30°C , 终止蓄热循环。

[0068] (b) 太阳能供热模式: 当 T_B 小于 0°C 且 T_A 大于 30°C , 启动太阳能供热模式。流经太阳能集热器1的相变微胶囊悬浮液被加热, 温度升高, 依次流经第一循环泵14、第一电动球阀

15、第三电动球阀17和第五电动球阀19,将热量释放给铁路路基,提升路基的温度,融化冰雪,此后经过第七电动球阀17和第十三电动球阀28,流至太阳能集热器1循环加热。

[0069] (c) 相变蓄热器供热模式:当 T_B 小于 0°C 且 T_A 小于 30°C ,启动相变蓄热器供热模式。低温循环流体依次通过第七电动球阀22和第八电动球阀23,流经低温蓄热器4,低温流体温度升高,此后通过第九电动球阀24和第十一电动球阀26,继续被中温蓄热器3和高温蓄热器2加热。最后,依次通过第二电动球阀16、第三电动球阀17、第五电动球阀19和第二循环泵21抵达蛇形埋管,将热量释放给铁路路基;此后,循环流体通过第七电动球阀22和第八电动球阀23返回低温蓄热器4继续吸热。

[0070] (d) 热泵供热模式:当 T_B 小于 0°C 且 T_A 、 T_C 小于 30°C ,启动热泵供热模式。第四循环泵35与压缩机9启动,低温循环流体流经第二换热器10加热后,依次通过第十八电动球阀34、第三电动球阀17、第五电动球阀19和第二循环泵21,将热量释放给铁路路基,提升路基的温度,融化冰雪,此后经过第七电动球阀22、第十四电动球阀29、第十七电动球阀32和第三循环泵33流至第二换热器10循环加热。

[0071] (e) 电加热串联太阳能供热模式:当 T_B 小于 0°C 且 T_A 、 T_C 和 T_D 均小于 30°C , T_A 大于 T_E ,启动电加热串联太阳能供热模式。循环流体通过太阳能加热器1被加热后,流经第一循环泵14和第十九电动球阀36至电加热水浴,温度升高后,依次通过第十六电动球阀31、第三电动球阀17、第五电动球阀19和第二循环泵21到达蛇形埋管,将热量释放给铁路路基;此后,循环流体通过第七电动球阀22和第十三电动球阀28。

[0072] (f) 电加热供能模式:当 T_B 小于 0°C 且 T_A 、 T_C 和 T_D 均小于 30°C , T_A 小于 T_E ,启动电加热功能模式。从加热水浴流出的高温循环流体,流经第十六电动球阀31、第三电动球阀17、第五电动球阀19和第二循环泵21到达蛇形埋管,将热量释放给铁路路基;此后,循环流体通过第七电动球阀22、第十四电动球阀29和第十六电动球阀31回到电加热水浴。

[0073] 以上内容仅为说明本发明的技术思想;不能以此限定本发明的保护范围;凡是按照本发明提出的技术思想;在技术方案基础上所做的任何改动;均落入本发明权利要求书的保护范围之内。

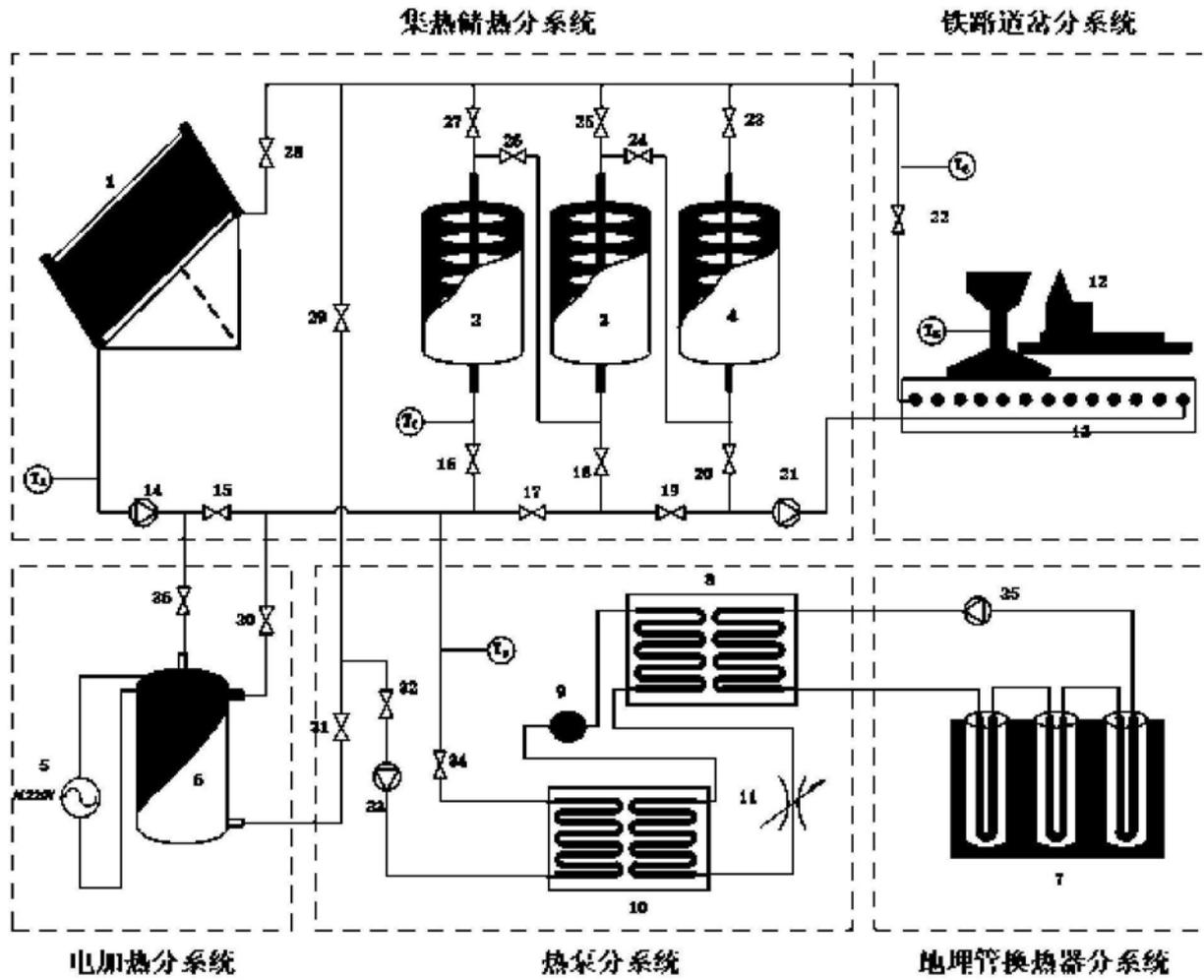


图1