



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111765509 A

(43) 申请公布日 2020.10.13

(21) 申请号 202010619464.6

(22) 申请日 2020.07.01

(71) 申请人 河北工业大学

地址 300130 天津市红桥区丁字沽光荣道8号河北工业大学东院330#

(72) 发明人 王晋达 王越

(74) 专利代理机构 天津翰林知识产权代理事务所(普通合伙) 12210

代理人 王瑞

(51) Int.Cl.

F24D 3/10 (2006.01)

F24D 3/02 (2006.01)

F24D 3/18 (2006.01)

F24D 19/10 (2006.01)

F24S 20/40 (2018.01)

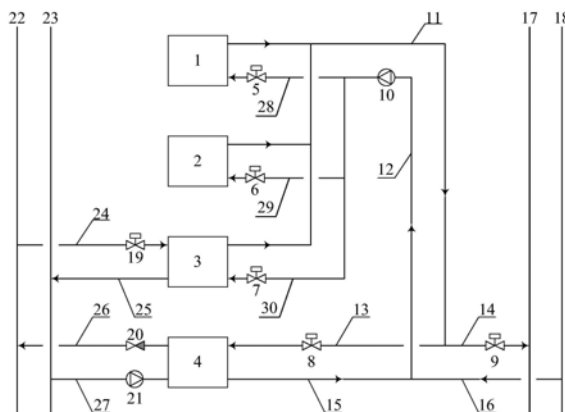
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种分布式风光互补双向供应能源站

(57) 摘要

本发明公开了一种分布式风光互补双向供应能源站,包括电热锅炉、太阳能集热器、电动热泵、板式换热器、能源站供水总管、能源站回水总管、供水总管第一支路、供水总管第二支路、回水总管第一支路、回水总管第二支路、热量补偿供水管线、热量补偿回水管线、反向供热出水管线、反向供热进水管线、热源回水第一支路、热源回水第二支路、热源回水第三支路、换热器输配侧逆止阀、各个调节阀门和泵。本能源站实现了波动性弃风与昼夜间歇太阳能的互补供热,再配合电动热泵设备的使用,确保了热量供应的稳定性与可靠性。



1. 一种分布式风光互补双向供应能源站,其特征就在于该能源站包括电热锅炉、太阳能集热器、电动热泵、板式换热器、能源站供水总管、能源站回水总管、供水总管第一支路、供水总管第二支路、回水总管第一支路、回水总管第二支路、热量补偿供水管线、热量补偿回水管线、反向供热出水管线、反向供热进水管线、热源回水第一支路、热源回水第二支路、热源回水第三支路、换热器输配侧逆止阀、各个调节阀和泵;

所述热量补偿供水管线的一端与输配侧供水管线连接,另一端与电动热泵的蒸发器的入口连接,其上设置有电动热泵输配侧调节阀;热量补偿回水管线的一端与输配侧回水管线连接,另一端与电动热泵的蒸发器的出口连接;反向供热进水管线的一端与输配侧回水管线连接,另一端与板式换热器的低温侧热媒入口连接,其上设置有反向供热加压泵;反向供热出水管线的一端与输配侧供水管线连接,另一端与板式换热器的低温侧热媒出口连接,其上设置有换热器输配侧逆止阀;

所述能源站回水总管的一端分为热源回水第一支路、热源回水第二支路和热源回水第三支路,另一端分为回水总管第一支路和回水总管第二支路,能源站回水总管上设置有能源站循环泵;热源回水第一支路的末端与电热锅炉的进口连接,其上设置有热源第一调节阀;热源回水第二支路的末端与太阳能集热器的进口连接,其上设置有热源第二调节阀;热源回水第三支路的末端与电动热泵的冷凝器入口连接,其上设置有热源第三调节阀;回水总管第二支路的始端与用户侧回水管线连接;回水总管第一支路的始端与板式换热器的高温侧热媒出口连接;

所述能源站供水总管的一端分为三条支路,分别与电热锅炉的出口、太阳能集热器的出口和电动热泵的冷凝器出口连接,另一端分为供水总管第一支路和供水总管第二支路;供水总管第二支路的末端与用户侧供水管线连接,其上设置有第二支路调节阀;供水总管第一支路的末端与板式换热器的高温侧热媒入口连接,其上设置有第一支路调节阀。

2. 根据权利要求1所述的分布式风光互补双向供应能源站,其特征就在于所述电热锅炉、太阳能集热器和电动热泵并联配置。

## 一种分布式风光互补双向供应能源站

### 技术领域

[0001] 本发明涉及建筑供热系统,具体是一种分布式风光互补双向供应能源站。

### 背景技术

[0002] 我国的风电产业在过去十多年间经历了跨越式发展,风电机组的总装机容量和渗透率快速上升。由于风电本身的随机波动特性与电网调峰能力在供暖季受到限制(热电联产机组“以热定电”运行,无法参与深度电力调峰),供暖季北方多地的风电场面临严重“弃风”,造成可再生能源的大量浪费,因此需要快速提升电力系统负荷侧的运行灵活性与需求侧管理水平。

[0003] 太阳能供热在许多地区得到广泛应用,但存在如下两点问题:(1)太阳能集热器的热量输出功率在白天受天气状况影响存在不稳定性,同时夜间的热量输出直接降低为零,因此太阳能集热器无法独立承担某区域的供热负荷,必须同其他热源配合使用;(2)太阳能集热器的热量输出在白天某些时段可能大于对应用户的热负荷,形成过剩产热量,然而当前的区域供热系统不具备支持热量在输配侧与用户侧间双向传递的物理结构,未能充分发挥太阳能集热器的节能环保优势,也制约了分布式可再生能源的发展与能源产业的转型升级。

[0004] 根据我国的现行供热规范,供热管网的设计供、回水温度偏高:一级网为130/70℃,二级网为85/60℃(末端设备为散热器)或60/50℃(末端设备为地热盘管)。管网供、回水温度偏高将带来以下两方面的问题:(1)较高的一级网回水温度限制了低品位余热的直接回收利用(即由温差驱动的自发传热过程),从而显著提升了低品位余热能源的回收成本(必须借助热泵设备);(2)输送热媒与管道外部介质(通常为土壤)的温差较大,对于保温及工作状态良好的供热管网,输配散热损失也占到全年总输送热量的10%左右,造成较大的能源浪费。

### 发明内容

[0005] 针对现有技术的不足,本发明拟解决的技术问题是,提供一种分布式风光互补双向供应能源站。

[0006] 本发明解决所述技术问题的技术方案是,提供一种分布式风光互补双向供应能源站,其特征在于该能源站包括电热锅炉、太阳能集热器、电动热泵、板式换热器、能源站供水总管、能源站回水总管、供水总管第一支路、供水总管第二支路、回水总管第一支路、回水总管第二支路、热量补偿供水管线、热量补偿回水管线、反向供热出水管线、反向供热进水管线、热源回水第一支路、热源回水第二支路、热源回水第三支路、换热器输配侧逆止阀、各个调节阀门和泵;

[0007] 所述热量补偿供水管线的一端与输配侧供水管线连接,另一端与电动热泵的蒸发器的入口连接,其上设置有电动热泵输配侧调节阀;热量补偿回水管线的一端与输配侧回水管线连接,另一端与电动热泵的蒸发器的出口连接;反向供热进水管线的一端与输配侧

回水管线连接,另一端与板式换热器的低温侧热媒入口连接,其上设置有反向供热加压泵;反向供热出水管线的一端与输配侧供水管线连接,另一端与板式换热器的低温侧热媒出口连接,其上设置有换热器输配侧逆止阀;

[0008] 所述能源站回水总管的一端分为热源回水第一支路、热源回水第二支路和热源回水第三支路,另一端分为回水总管第一支路和回水总管第二支路,能源站回水总管上设置有能源站循环泵;热源回水第一支路的末端与电热锅炉的进口连接,其上设置有热源第一调节阀;热源回水第二支路的末端与太阳能集热器的进口连接,其上设置有热源第二调节阀;热源回水第三支路的末端与电动热泵的冷凝器入口连接,其上设置有热源第三调节阀;回水总管第二支路的始端与用户侧回水管线连接;回水总管第一支路的始端与板式换热器的高温侧热媒出口连接;

[0009] 所述能源站供水总管的一端分为三条支路,分别与电热锅炉的出口、太阳能集热器的出口和电动热泵的冷凝器出口连接,另一端分为供水总管第一支路和供水总管第二支路;供水总管第二支路的末端与用户侧供水管线连接,其上设置有第二支路调节阀;供水总管第一支路的末端与板式换热器的高温侧热媒入口连接,其上设置有第一支路调节阀。

[0010] 与现有技术相比,本发明有益效果在于:

[0011] 1.本能源站实现了波动性弃风与昼夜间歇太阳能的互补供热,再配合电动热泵设备的使用,确保了热量供应的稳定性与可靠性。

[0012] 2.板式换热器可在电热锅炉和太阳能集热器的总供热量大于用户侧热负荷时,实现能源站的反向供热,突破了常规热力站仅允许热量由输配侧向用户侧单向传递的限制,可再生能源(风电与分布式太阳能)的节能环保潜力得以充分发挥。

[0013] 3.电动热泵可在电热锅炉和太阳能集热器的总供热量不足时,向用户侧补充供热;同时允许输配侧管网以较低的供、回水温度运行,低品位余热能源的回收利用率显著提升,供热运行成本降低;同时,输配管线内热媒与外部介质(通常为土壤)的传热温差减小,输配管线的散热损失显著降低。

[0014] 4.可在同一个区域供热系统中设置多个本能源站,多个能源站配合使用实现不同能源站内的电热锅炉共同构成区域电网的灵活电负荷,通过对电热锅炉的合理运行调度,能够有效提升风电整合消纳同时降低供热运行成本。

[0015] 5.电热锅炉和太阳能集热器仅与用户侧供水管线和用户侧回水管线存在直接连接关系;电动热泵和板式换热器同时与用户侧供水管线、用户侧回水管线、输配侧供水管线和输配侧回水管线存在直接连接关系。

[0016] 6.第一支路调节阀和第二支路调节阀的配置使能源站具备自由切换供热模式的能力,同时能够灵活调整反向供热量的大小。

[0017] 7.换热器输配侧逆止阀和反向供热加压泵使输配侧回水管线内的低压热媒能够进入板式换热器吸热;换热器输配侧逆止阀阻止了输配侧供水管线内的高压热媒进入板式换热器放热。

## 附图说明

[0018] 图1为本发明的系统整体结构示意图;

[0019] 图2为本发明实施例1的能源站对应热用户的热负荷延续时间曲线图和可再生能

源供热出力延续时间曲线图；

[0020] 图中,1-电热锅炉;2-太阳能集热器;3-电动热泵;4-板式换热器;5-热源第一调节阀;6-热源第二调节阀;7-热源第三调节阀;8-第一支路调节阀;9-第二支路调节阀;10-能源站循环泵;11-能源站供水总管;12-能源站回水总管;13-供水总管第一支路;14-供水总管第二支路;15-回水总管第一支路;16-回水总管第二支路;17-用户侧供水管线;18-用户侧回水管线;19-电动热泵输配侧调节阀;20-换热器输配侧逆止阀;21-反向供热加压泵;22-输配侧供水管线;23-输配侧回水管线;24-热量补偿供水管线;25-热量补偿回水管线;26-反向供热出水管线;27-反向供热进水管线;28-热源回水第一支路;29-热源回水第二支路;30-热源回水第三支路。

### 具体实施方式

[0021] 下面给出本发明的具体实施例。具体实施例仅用于进一步详细说明本发明,不限制本申请权利要求的保护范围。

[0022] 本发明提供了一种分布式风光互补双向供应能源站(简称能源站,参见图1),其特征在于该能源站包括电热锅炉1、太阳能集热器2、电动热泵3、板式换热器4、能源站供水总管11、能源站回水总管12、供水总管第一支路13、供水总管第二支路14、回水总管第一支路15、回水总管第二支路16、热量补偿供水管线24、热量补偿回水管线25、反向供热出水管线26、反向供热进水管线27、换热器输配侧逆止阀20、各个调节阀和泵;

[0023] 所述热量补偿供水管线24的一端与输配侧供水管线22连接,另一端与电动热泵3的蒸发器的入口连接,其上设置有电动热泵输配侧调节阀19;热量补偿回水管线25的一端与输配侧回水管线23连接,另一端与电动热泵3的蒸发器的出口连接;反向供热进水管线27的一端与输配侧回水管线23连接,另一端与板式换热器4的低温侧热媒入口连接,其上设置有反向供热加压泵21;反向供热出水管线26的一端与输配侧供水管线22连接,另一端与板式换热器4的低温侧热媒出口连接,其上设置有换热器输配侧逆止阀20;

[0024] 所述能源站回水总管12的一端分为热源回水第一支路28、热源回水第二支路29和热源回水第三支路30,另一端分为回水总管第一支路15和回水总管第二支路16,能源站回水总管12上设置有能源站循环泵10;热源回水第一支路28的末端与电热锅炉1的进水口连接,其上设置有热源第一调节阀5;热源回水第二支路29的末端与太阳能集热器2的进水口连接,其上设置有热源第二调节阀6;热源回水第三支路30的末端与电动热泵3的冷凝器入口连接,其上设置有热源第三调节阀7;回水总管第二支路16的始端与用户侧回水管线18连接;回水总管第一支路15的始端与板式换热器4的高温侧热媒出口连接;

[0025] 所述能源站供水总管11的一端分为三条支路,三条支路的始端分别与电热锅炉1的出口、太阳能集热器2的出口和电动热泵3的冷凝器出口连接,另一端分为供水总管第一支路13和供水总管第二支路14;供水总管第二支路14的末端与用户侧供水管线17连接,供水总管第二支路14上设置有第二支路调节阀9;供水总管第一支路13的末端与板式换热器4的高温侧热媒入口连接,其上设置有第一支路调节阀8。

[0026] 所述电热锅炉1、太阳能集热器2和电动热泵3在能源站内并联配置,共同构成热源模块;

[0027] 本发明同时提供了一种分布式风光互补双向供应能源站的供热运行方法(简称方

法),其特征在于该方法具体如下:

[0028] 当电热锅炉1和太阳能集热器2的总供热量小于用户热负荷时,电动热泵3启动,板式换热器4停机,热源第三调节阀7和电动热泵输配侧调节阀19开启,第一支路调节阀8关闭,第二支路调节阀9开启,反向供热加压泵21停机,热源第一调节阀5和热源第二调节阀6开启,能源站循环泵10启动;电动热泵3启动对能源站进行补偿供热,具体是:对于用户侧,用户侧回水管线18内的低温热媒分别流经回水总管第二支路16和能源站回水总管12进入能源站循环泵10被加压,然后分别通过热源回水第一支路28、热源回水第二支路29和热源回水第三支路30进入电热锅炉1、太阳能集热器2和电动热泵3被加热升温,高温热媒随后流经能源站供水总管11和供水总管第二支路14进入用户侧供水管线17;对于输配侧,输配侧供水管线22中的高温热媒流经热量补偿供水管线24进入电动热泵3的蒸发器放热,温度降低后的低温热媒从热量补偿回水管线25流出,最后回到输配侧回水管线23;

[0029] 当电热锅炉1和太阳能集热器2的总供热量大于用户热负荷时,电动热泵3停机,板式换热器4启动,热源第三调节阀7和电动热泵输配侧调节阀19关闭,第一支路调节阀8和第二支路调节阀9开启,反向供热加压泵21启动,热源第一调节阀5和热源第二调节阀6开启,能源站循环泵10启动;板式换热器4启动将电热锅炉1和太阳能集热器2的过量产热转移至输配侧,具体是:对于用户侧,从板式换热器4和用户侧回水管线18中流出的低温热媒分别进入回水总管第一支路15和回水总管第二支路16,混合后的低温热媒由能源站回水总管12输送至能源站循环泵10被加压,然后分别流经热源回水第一支路28和热源回水第二支路29进入电热锅炉1和太阳能集热器2内被加热升温,高温热媒随后进入能源站供水总管11,接着部分高温热媒通过供水总管第一支路13进入板式换热器4,另一部分则通过供水总管第二支路14进入用户侧供水管线17;对于输配侧,输配侧回水管线23内的低温热媒通过反向供热进水管线27进入反向供热加压泵21被加压,然后进入板式换热器4被加热,接着通过反向供热出水管线26返回输配侧供水管线22。

[0030] 当电热锅炉1和太阳能集热器2的总供热量等于用户热负荷时,电动热泵3和板式换热器4停机,热源第三调节阀7、第一支路调节阀8和电动热泵输配侧调节阀19关闭,反向供热加压泵21停机,第二支路调节阀9开启,热源第一调节阀5和热源第二调节阀6开启,能源站循环泵10启动;能源站向用户侧独立供热,具体是:用户侧回水管线18内的低温热媒分别流经回水总管第二支路16和能源站回水总管12进入能源站循环泵10被加压,然后分别通过热源回水第一支路28和热源回水第二支路29进入电热锅炉1和太阳能集热器2被加热升温,高温热媒随后流经能源站供水总管11和供水总管第二支路14进入用户侧供水管线17。

[0031] 优选地,当电网无法消纳全部风电而出现弃风时,电热锅炉1启动向用户侧供热,热源第一调节阀5开启;当电网无弃风时,电热锅炉1停机(或处于待机状态),热源第一调节阀5关闭。

[0032] 优选地,在一天内太阳辐射较强的时间段,太阳能集热器2启动向用户侧供热,热源第二调节阀6开启;在太阳辐射较弱或无太阳辐射的时间段,太阳能集热器2停机,热源第二调节阀6关闭。

[0033] 实施例中,电热锅炉1采用弃风供能电热锅炉。

[0034] 实施例1

[0035] 本能源站反向供热的节能、经济和环保效益。

[0036] 假设某分布式能源站的设计热负荷0.3MW(初期和末期的热负荷均为0.1MW),供暖季持续150天,同时用户热负荷的大小在供暖季均匀分布(热负荷延续时间图为直线);同时,假设电热锅炉1与太阳能集热器2的热出力之和的最大和最小值分别为0.25MW和0.15MW,且在供暖季均匀分布。

[0037] 基于以上假设,本发明的能源站对应热用户的热负荷延续时间图和可再生能源供热出力延续时间图如图2所示。

[0038] 图2中,曲线I为热负荷延续时间图,曲线II为可再生能源供热出力延续时间图;图2的阴影面积表示本发明的能源站在整个供暖季可回收的弃风电能与太阳能的总量。总回收量(回收弃风电能与太阳能之和) $Q_{re}$ 与其经济性(折算为等量电能的价格)可由下式计算得到:

$$[0039] \begin{cases} Q_{re} = \frac{0.15 - 0.1 \times 75 \times 24}{2} = 45 \text{ MWh} \\ K = 1000 \cdot Q_{re} \cdot k = 45000 \times 0.6 = 27000 \text{ 元} \end{cases}$$

[0040] 通常,火电厂生产1MWh电能约排放1吨CO<sub>2</sub>,本发明的能源站的总回收量可减少CO<sub>2</sub>排放45吨。由此可见本发明能够带来可观的节能、经济和环保效益。

[0041] 实施例2

[0042] 采用本能源站能够显著降低输配侧热量的沿程散热损失。

[0043] 假设供暖季输配管线外土壤的平均温度为10℃,常规区域供热系统输配侧供、回水管线的平均温度为90/55℃,本发明的能源站输配侧供、回水管线的平均温度为35/15℃。基于以上几点假设,可得下表:

	常规区域供热系统	本发明能源站
[0044] 输配侧供水管线的平均温度℃	95	35
输配侧回水管线的平均温度℃	55	15
管线外土壤的平均温度℃	10	
输配侧管线的平均散热温差℃	$\frac{95+55}{2} - 10 = 62.5$	$\frac{35+15}{2} - 10 = 15$

[0045] 根据基本传热理论,输配管线内热媒的沿程散热损失与平均散热温差成正比,因此本发明的能源站输配侧热量的沿程散热损失仅为常规区域供热系统的24%(15/62.5),输配散热能耗显著降低。

[0046] 实施例3

[0047] 采用本能源站能够减小低品位余热能源的回收利用成本。

[0048] 假设某地区在整个供暖季存在105GJ的低品位余热(温度为45℃),对于本发明的能源站,其输配侧供水管线的平均温度为35℃,小于低品位余热温度,因此可借助换热设备利用自发的热传导回收这部分低品位余热,其运行成本通常可忽略。

[0049] 对于常规区域供热系统,由于低品位余热的温度(45℃)低于输配侧供水管线的平均温度(95℃),因此需要借助热泵对低品位能源进行升温。假设对应高温热泵的蒸发温度为35℃(保证蒸发器侧10℃的换热温差),冷凝温度为105℃(保证冷凝器侧10℃的换热温

差), 热泵的机械效率60%, 则该型热泵的能效系数为:

$$[0050] \quad COP = \frac{105 + 273}{105 - 35} \times 60\% = 3.24$$

[0051] 因此, 回收105GJ的低品位余热, 需要消耗的高品位电能总量P及用电成本为:

$$[0052] \quad \begin{cases} P = \frac{Q}{COP} = \frac{10^5}{3.24} = 30864.2 \text{ GJ} = 8573333 \text{ kWh} \\ M = P \cdot m = 8573333 \text{ kWh} \times 0.6 \text{ 元/kWh} = 514.4 \text{ 万元} \end{cases}$$

[0053] 由此可见, 本发明的能源站在回收低品位余热能源方面具有显著的运行成本优势, 相比常规的区域供热系统, 整个供暖季可节省运行费用约514.4万元。

[0054] 本发明未述及之处适用于现有技术。

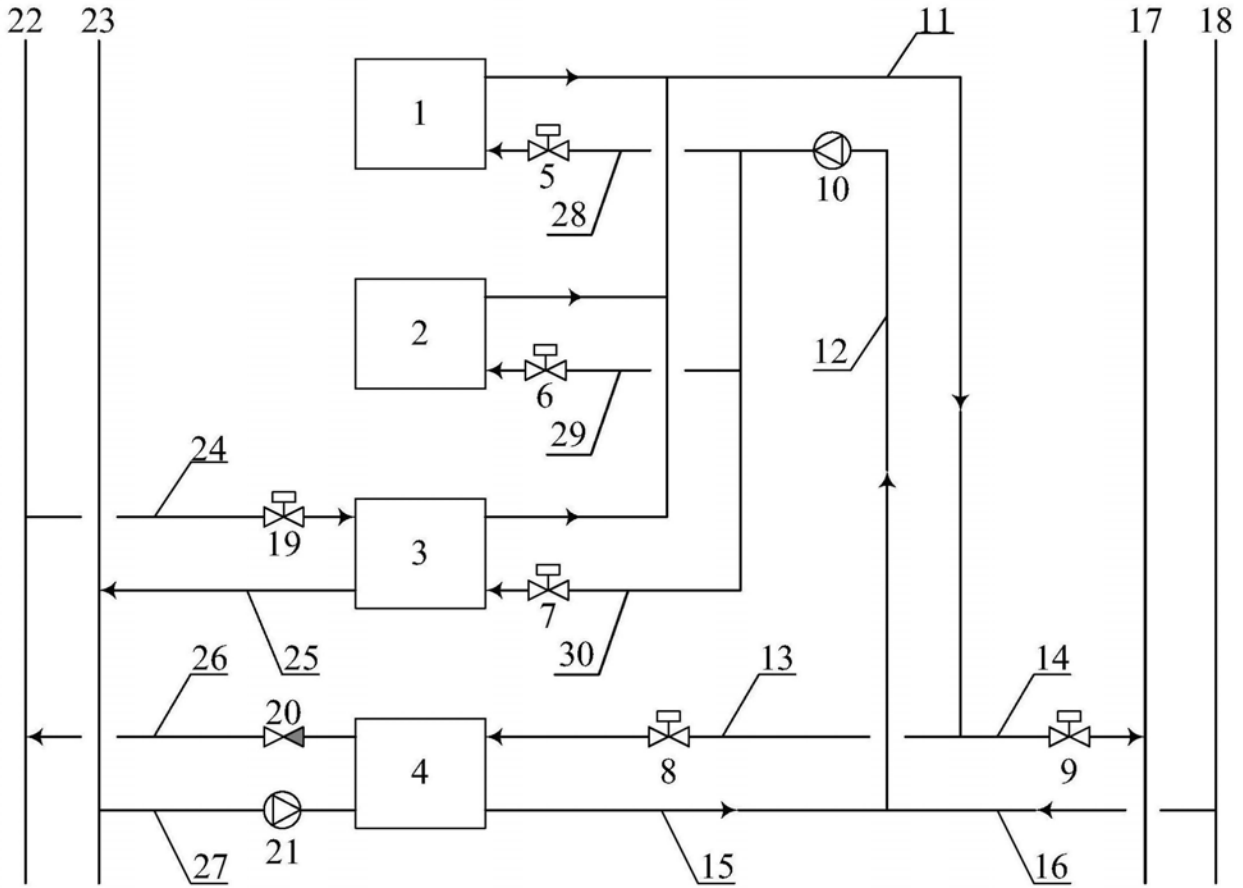


图1

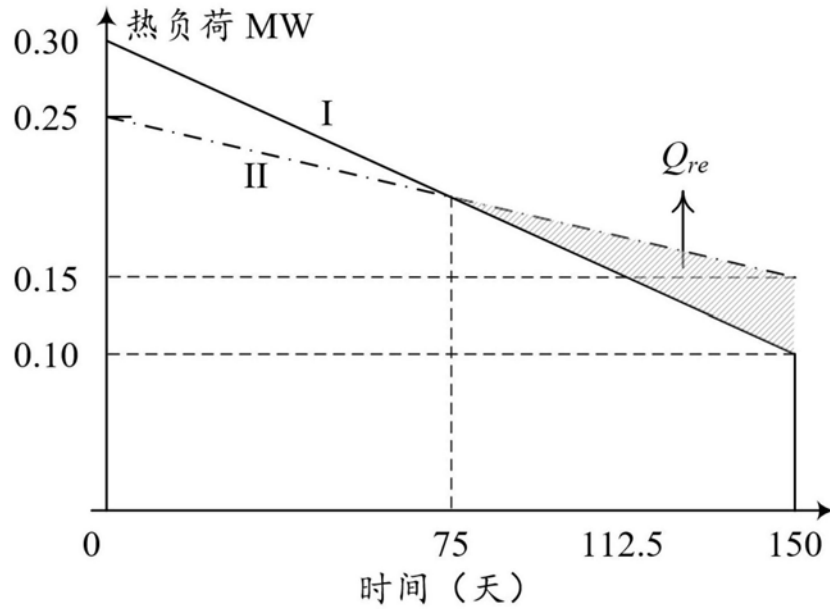


图2