



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103353239 A

(43) 申请公布日 2013. 10. 16

(21) 申请号 201310300232. 4

(22) 申请日 2013. 07. 17

(71) 申请人 广州智光节能有限公司

地址 510760 广东省广州市广州高新技术产
业开发区科学城科学大道121号511房

(72) 发明人 尧志 马廷全 徐艳

(74) 专利代理机构 广州市华学知识产权代理有
限公司 44245

代理人 杨晓松

(51) Int. Cl.

F27D 17/00(2006. 01)

F22B 1/18(2006. 01)

F22G 1/16(2006. 01)

F01D 15/10(2006. 01)

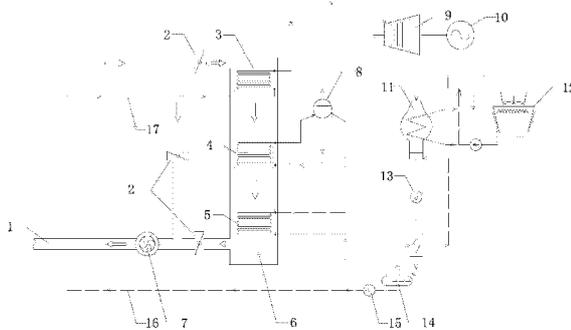
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

改进型石灰窑废气余热发电系统及其发电方
法

(57) 摘要

本发明公开了一种改进型石灰窑废气余热发电系统及其发电方法,所述发电系统包括烟囱、烟气阀门、余热锅炉、引风机、汽包、汽轮机、发电机、凝汽器、冷却塔、凝结水泵、除氧器、锅炉给水泵、除氧水回水管和富余蒸汽进汽管,所述余热锅炉内由上至下依次设置有过热器、蒸发器和省煤器,所述除氧水回水管与锅炉给水泵的出水口相连,所述富余蒸汽进汽管与过热器的进汽口相连;所述发电方法通过富余蒸汽进汽管使余热锅炉内的过热器补充了蒸汽管网中富余的饱和蒸汽,提高了进入汽轮机的过热蒸汽流量,使得发电量增加;所述发电方法还可以采用双压系统,减少传热温差,降低熵产,增加发电量。



1. 改进型石灰窑废气余热发电系统,包括烟囱(1)、烟气阀门(2)、余热锅炉(6)、引风机(7)、汽包(8)、汽轮机(9)、发电机(10)、凝汽器(11)、冷却塔(12)、凝结水泵(13)、除氧器(14)和锅炉给水泵(15),所述余热锅炉(6)内由上至下依次设置有过热器(3)、蒸发器(4)和省煤器(5),其特征在于:还包括除氧水回水管(16)和富余蒸汽进汽管(17),所述除氧水回水管(16)与锅炉给水泵(15)的出水口相连,所述富余蒸汽进汽管(17)与过热器(3)的进汽口相连。

2. 根据权利要求1所述的改进型石灰窑废气余热发电系统,其特征在于:所述锅炉给水泵(15)的出水口与省煤器(5)的进水口相连,所述省煤器(5)的出水口与汽包(8)的进水口相连,所述蒸发器(4)的进水口与汽包(8)的出水口相连,所述蒸发器(4)的出水口与汽包(8)的汽液两相进口相连,所述过热器(3)的进汽口与汽包(8)的出汽口相连,所述过热器(3)的出汽口与汽轮机(9)的进汽口相连。

3. 根据权利要求1所述的改进型石灰窑废气余热发电系统,其特征在于:所述过热器(3)为高压过热器,所述蒸发器(4)为高压蒸发器,所述省煤器(5)为高温省煤器,所述汽包(8)为低压汽包;所述余热锅炉(6)内还设置有低压过热器(18)、低压蒸发器(19)和低温省煤器(20),所述低压过热器(18)、低压蒸发器(19)和低温省煤器(20)依次排列在高温省煤器(5)的下方,所述系统还包括高压汽包(21);所述锅炉给水泵(15)的出水口与低温省煤器(20)的进水口相连,所述低温省煤器(20)的出水口分别与高温省煤器(5)的进水口和低压汽包(8)的进水口相连,所述低压蒸发器(19)的进水口与低压汽包(8)的出水口相连,所述低压蒸发器(19)的出水口与低压汽包(8)的汽液两相进口相连,所述低压过热器(18)的进汽口与低压汽包(8)的出汽口相连,所述低压过热器(18)的出汽口分别与汽轮机(9)的低压进汽口和除氧器(14)的蒸汽进口相连,所述高温省煤器(5)的出水口与高压汽包(21)的进水口相连,所述高压蒸发器(4)的进水口与高压汽包(21)的出水口相连,所述高压蒸发器(4)的出水口与高压汽包(21)的汽液两相进口相连,所述高压过热器(3)的进汽口与高压汽包(21)的出汽口相连,所述高压过热器(3)的出汽口与汽轮机(9)的高压进汽口相连。

4. 根据权利要求1-3任一项所述的改进型石灰窑废气余热发电系统,其特征在于:所述余热锅炉(6)下部设有废气出口,所述废气出口通过与引风机(7)、烟囱(1)依次相接将废气排出。

5. 基于权利要求2所述系统的发电方法,其特征在于包括以下步骤:

1) 石灰窑预热器的废气进入余热锅炉(6),依次通过过热器(3)、蒸发器(4)和省煤器(5)换热冷却后,由引风机(7)通过烟囱(1)排入大气;

2) 来自除氧器(14)的锅炉给水,由锅炉给水泵(15)打进余热锅炉(6)的省煤器(5),经过省煤器(5)加热后进入汽包(8);

3) 在汽包(8)内的水通过自然循环方式经蒸发器(4)吸热沸腾后再回到汽包(8)内;

4) 从汽包(8)分离出来的饱和蒸汽和从富余蒸汽进汽管(17)进来的来自管网的富余蒸汽混合后一起经过热器(3)过热后,进入汽轮机(9)内膨胀做功,通过汽轮机(9)带动发电机(10)运转产生电能;

5) 做功后的乏汽经凝汽器(11)冷却变成凝结水,由凝结水泵(13)将凝结水打进除氧器(14),通过除氧水回水管(16)将富余饱和蒸汽的凝结水送回到产生富余蒸汽的锅炉水

系统,其余的凝结水送到余热锅炉(6)中。

6. 基于权利要求3所述系统的发电方法,其特征在于包括以下步骤:

1) 石灰窑预热器的废气进入余热锅炉(6),依次通过高压过热器(3)、高压蒸发器(4)、高温省煤器(5)、低压过热器(18)、低压蒸发器(19)和低温省煤器(20)换热冷却后,由引风机(7)通过烟囱(1)排入大气;

2) 来自除氧器(14)的锅炉给水,由锅炉给水泵(15)打进余热锅炉(6)的低温省煤器(20),经过低温省煤器(20)加热后分为两路,一路进入低压汽包(8),另一路进入高温省煤器(5)加热后到达高压汽包(21);

3) 在高压汽包(21)和低压汽包(8)内的水通过自然循环方式分别经高压蒸发器(4)和低压蒸发器(19)吸热沸腾后再回到各自的汽包内;

4) 从高压汽包(21)分离出来的饱和蒸汽和从富余蒸汽进汽管(17)进来的来自管网的富余蒸汽混合后一起经高压过热器(3)过热后,进入汽轮机(9)的高压进汽口在汽轮机(9)内膨胀做功;同时,从低压汽包(8)分离出来的饱和蒸汽经低压过热器(18)过热后,一部分进入除氧器(14)的蒸汽进口,另一部分进入汽轮机(9)的低压进汽口在汽轮机(9)内膨胀做功,通过汽轮机(9)带动发电机(10)运转产生电能;

5) 做功后的乏汽经凝汽器(11)冷却变成凝结水,由凝结水泵(13)将凝结水打到除氧器(14),通过除氧水回水管(16)将富余饱和蒸汽的凝结水送回到产生富余蒸汽的锅炉水系统,其余的凝结水送到余热锅炉(6)中。

改进型石灰窑废气余热发电系统及其发电方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种石灰窑余热发电系统及其发电方法,尤其是一种改进型石灰窑废气余热发电系统及其发电方法,属于余热发电技术领域。

背景技术

[0002] 现有的石灰窑废气余热发电系统,其结构如图1所示,包括烟囱1、烟气阀门2、余热锅炉6、引风机7、汽包8、汽轮机9、发电机10、凝汽器11、冷却塔12,余热锅炉6内从上到下依次设有过热器3、蒸发器4和省煤器5。

[0003] 上述石灰窑废气余热发电系统的发电原理是:余热锅炉6进口废气来自石灰窑预热器,进气温度约 $350 \sim 400^{\circ}\text{C}$,该废气进入余热锅炉6,通过布置在余热锅炉6内的过热器3、蒸发器4和省煤器5,逐步降温至 $160 \sim 180^{\circ}\text{C}$,这些废气经引风机7通过烟囱1排到大气中;来自除氧器14的锅炉给水,通过锅炉给水泵15打进余热锅炉6的省煤器5,经过省煤器5加热后进入汽包8,汽包8内的水通过自然循环方式经蒸发器4吸热沸腾后回到汽包8内,从汽包8内分离出来的饱和蒸汽经过过热器3吸热后变成过热蒸汽,然后进入汽轮机9膨胀做功,通过汽轮机9带动发电机10运转产生电能,做功后的乏汽经凝汽器11冷却后变成凝结水,由凝结水泵13打到除氧器14。

[0004] 但是,上述这种石灰窑废气余热发电系统存在如下缺陷:1)一般钢铁厂附属的石灰窑生产线在蒸汽管网中有富余的饱和蒸汽,蒸汽压力约 1.0MPa ,系统并没有利用这些富余饱和蒸汽,导致发电量不足;2)由于蒸汽系统为单压系统,传热温差大,系统熵增大,能量没有得到更好的利用。

发明内容

[0005] 本发明的目的是为了解决上述现有技术的缺陷,提供一种利用蒸汽管网中有富余的饱和蒸汽,使得进入汽轮机过热蒸汽的流量得到提高,可增加发电能力的改进型石灰窑废气余热发电系统。

[0006] 本发明的另一目的在于提供一种改进型石灰窑废气余热发电系统的发电方法。

[0007] 本发明的目的可以通过采取如下技术方案达到:

[0008] 改进型石灰窑废气余热发电系统,包括烟囱、烟气阀门、余热锅炉、引风机、汽包、汽轮机、发电机、凝汽器、冷却塔、凝结水泵、除氧器和锅炉给水泵,所述余热锅炉内由上至下依次设置有过热器、蒸发器和省煤器,其特征在于:还包括除氧水回水管和富余蒸汽进汽管,所述除氧水回水管与锅炉给水泵的出水口相连,所述富余蒸汽进汽管与过热器的进汽口相连。

[0009] 作为一种优选方案,所述锅炉给水泵的出水口与省煤器的进水口相连,所述省煤器的出水口与汽包的进水口相连,所述蒸发器的进水口与汽包的出水口相连,所述蒸发器的出水口与汽包的汽液两相进口相连,所述过热器的进汽口与汽包的出汽口相连,所述过热器的出汽口与汽轮机的进汽口相连。

[0010] 作为一种优选方案,所述过热器为高压过热器,所述蒸发器为高压蒸发器,所述省煤器为高温省煤器,所述汽包为低压汽包;所述余热锅炉内还设置有低压过热器、低压蒸发器和低温省煤器,所述低压过热器、低压蒸发器和低温省煤器依次排列在高温省煤器的下方,所述系统还包括高压汽包;所述锅炉给水泵的出水口与低温省煤器的进水口相连,所述低温省煤器的出水口分别与高温省煤器的进水口和低压汽包的进水口相连,所述低压蒸发器的进水口与低压汽包的出水口相连,所述低压蒸发器的出水口与低压汽包的汽液两相进口相连,所述低压过热器的进汽口与低压汽包的出汽口相连,所述低压过热器的出汽口分别与汽轮机的低压进汽口和除氧器的蒸汽进口相连,所述高温省煤器的出水口与高压汽包的进水口相连,所述高压蒸发器的进水口与高压汽包的出水口相连,所述高压蒸发器的出水口与高压汽包的汽液两相进口相连,所述高压过热器的进汽口与高压汽包的出汽口相连,所述高压过热器的出汽口与汽轮机的高压进汽口相连。

[0011] 作为一种优选方案,所述余热锅炉下部设有废气出口,所述废气出口通过与引风机、烟囱依次相接将废气排出。

[0012] 本发明的另一目的可以通过采取如下技术方案达到:

[0013] 改进型石灰窑废气余热发电系统的发电方法,其特征在于包括以下步骤:

[0014] 1) 石灰窑预热器的废气进入余热锅炉,依次通过过热器、蒸发器和省煤器换热冷却后,由引风机通过烟囱排出大气;

[0015] 2) 来自除氧器的锅炉给水,由锅炉给水泵打进余热锅炉的省煤器,经过省煤器加热后进入汽包;

[0016] 3) 在汽包内的水通过自然循环方式经蒸发器吸热沸腾后再回到汽包内;

[0017] 4) 从汽包分离出来的饱和蒸汽和从富余蒸汽进汽管进来的来自管网的富余蒸汽混合后一起经过热器过热后,进入汽轮机内膨胀做功,通过汽轮机带动发电机运转产生电能;

[0018] 5) 做功后的乏汽经凝汽器冷却变成凝结水,由凝结水泵将凝结水打进除氧器,通过除氧水回水管将富余饱和蒸汽的凝结水送回到产生富余蒸汽的锅炉水系统,其余的凝结水送到余热锅炉中。

[0019] 本发明的另一目的还可以通过采取如下技术方案达到:

[0020] 改进型石灰窑废气余热发电系统的发电方法,其特征在于包括以下步骤:

[0021] 1) 石灰窑预热器的废气进入余热锅炉,依次通过高压过热器、高压蒸发器、高温省煤器、低压过热器、低压蒸发器和低温省煤器换热冷却后,由引风机通过烟囱排入大气;

[0022] 2) 来自除氧器的锅炉给水,由锅炉给水泵打进余热锅炉的低温省煤器,经过低温省煤器加热后分为两路,一路进入低压汽包,另一路进入高温省煤器加热后到达高压汽包;

[0023] 3) 在高压汽包和低压汽包内的水通过自然循环方式分别经高压蒸发器和低压蒸发器吸热沸腾后再回到各自的汽包内;

[0024] 4) 从高压汽包分离出来的饱和蒸汽和从富余蒸汽进汽管进来的来自管网的富余蒸汽混合后一起经高压过热器过热后,进入汽轮机的高压进汽口在汽轮机内膨胀做功;同时,从低压汽包分离出来的饱和蒸汽经低压过热器过热后,一部分进入除氧器的蒸汽进口,另一部分进入汽轮机的低压进汽口在汽轮机内膨胀做功,通过汽轮机带动发电机运转产生

电能；

[0025] 5) 做功后的乏汽经凝汽器冷却变成凝结水，由凝结水泵将凝结水打到除氧器，通过除氧水回水管将富余饱和蒸汽的凝结水送回到产生富余蒸汽的锅炉水系统，其余的凝结水送到余热锅炉中。

[0026] 本发明相对于现有技术具有如下的有益效果：

[0027] 1、本发明发电系统通过富余蒸汽进汽管使余热锅炉内的过热器补充了蒸汽管网中富余的饱和蒸汽，提高了进入汽轮机的过热蒸汽流量，使得发电量增加。

[0028] 2、本发明发电系统可以采用双压系统，锅炉给水泵出来的锅炉给水可以先经过低温省煤器吸热后，大部分进入高温省煤器继续吸热后进入高压汽包，小部分直接进入低压汽包，低压汽包的水和蒸汽在低温烟气段吸热，高压汽包的水和蒸汽在高温烟气段吸热，减少了传热温差，降低了熵产，增加了发电量。

附图说明

[0029] 图 1 为现有的石灰窑废气余热发电系统结构示意图。

[0030] 图 2 为本发明石灰窑废气余热发电系统实施例 1 的结构示意图。

[0031] 图 3 为本发明石灰窑废气余热发电系统实施例 2 的结构示意图。

具体实施方式

[0032] 实施例 1：

[0033] 如图 2 所示，本实施例的改进型石灰窑废气余热发电系统，包括烟囱 1、烟气阀门 2、余热锅炉 6、引风机 7、汽包 8、汽轮机 9、发电机 10、凝汽器 11、冷却塔 12、凝结水泵 13、除氧器 14、锅炉给水泵 15、除氧水回水管 16 和富余蒸汽进汽管 17，所述余热锅炉 6 内由上至下依次设置有过热器 3、蒸发器 4 和省煤器 5，所述锅炉给水泵 15 的出水口与省煤器 5 的进水口相连，所述省煤器 5 的出水口与汽包 8 的进水口相连，所述蒸发器 4 的进水口与汽包 8 的出水口相连，所述蒸发器 4 的出水口与汽包 8 的汽液两相进口相连，所述过热器 3 的进汽口与汽包 8 的出汽口相连，所述过热器 3 的出汽口与汽轮机 9 的进汽口相连，所述锅炉给水泵 15 的出水口还与除氧水回水管 16 相连，所述过热器 3 的进汽口还与富余蒸汽进汽管 17 相连。

[0034] 本实施例中，所述余热锅 6 下部设有废气出口，所述废气出口通过与引风机 7、烟囱 1 依次相接将废气排出。

[0035] 本实施例的改进型石灰窑废气余热发电系统的发电原理如下：

[0036] 1) 石灰窑预热器的废气进入余热锅炉 6，该废气温度为 $350 \sim 400^{\circ}\text{C}$ ，其依次通过过热器 3、蒸发器 4 和省煤器 5 换热冷却后，该废气温度降低到 $160 \sim 180^{\circ}\text{C}$ ，由引风机 7 通过烟囱 1 排入大气；

[0037] 2) 来自除氧器 14 的锅炉给水，由锅炉给水泵 15 打进余热锅炉 6 的省煤器 5，经过省煤器 5 加热后进入汽包 8；

[0038] 3) 在汽包 8 内的水通过自然循环方式经蒸发器 4 吸热沸腾后再回到汽包 8 内；

[0039] 4) 从汽包 8 分离出来的饱和蒸汽和从富余蒸汽进汽管 17 进来的来自管网的富余蒸汽混合后一起经过热器 3 过热后，进入汽轮机 9 内膨胀做功，通过汽轮机 9 带动发电机 10

运转产生电能；

[0040] 5) 做功后的乏汽经凝汽器 11 冷却变成凝结水,由凝结水泵 13 将凝结水打进除氧器 14,通过除氧水回水管 16 将富余饱和蒸汽的凝结水送回到产生富余蒸汽的锅炉水系统,其余的凝结水送到余热锅炉 6 中。

[0041] 本实施例的改进型石灰窑废气余热发电系统由于通过富余蒸汽进汽管 17 使过热器 3 补充了富余的饱和蒸汽,提高了进入汽轮机 9 的过热蒸汽流量,使得发电量增加。

[0042] 实施例 2:

[0043] 如图 3 所示,本实施例的改进型石灰窑废气余热发电系统,包括烟囱 1、烟气阀门 2、余热锅炉 6、引风机 7、低压汽包 8、高压汽包 21、汽轮机 9、发电机 10、凝汽器 11、冷却塔 12、凝结水泵 13、除氧器 14、锅炉给水泵 15、除氧水回水管 16 和富余蒸汽进汽管 17,所述余热锅炉 6 内由上至下依次设置有高压过热器 3、高压蒸发器 4、高温省煤器 5、低压过热器 18、低压蒸发器 19 和低温省煤器 20,所述锅炉给水泵 15 的出水口与低温省煤器 20 的进水口相连,所述低温省煤器 20 的出水口分别与高温省煤器 5 的进水口和低压汽包 8 的进水口相连,所述低压蒸发器 19 的进水口与低压汽包 8 的出水口相连,所述低压蒸发器 19 的出水口与低压汽包 8 的汽液两相进口相连,所述低压过热器 18 的进汽口与低压汽包 8 的出汽口相连,所述低压过热器 18 的出汽口分别与汽轮机 9 的低压进汽口和除氧器 14 的蒸汽进口相连,所述高温省煤器 5 的出水口与高压汽包 21 的进水口相连,所述高压蒸发器 4 的进水口与高压汽包 21 的出水口相连,所述高压蒸发器 4 的出水口与高压汽包 21 的汽液两相进口相连,所述高压过热器 3 的进汽口与高压汽包 21 的出汽口相连,所述高压过热器 3 的出汽口与汽轮机 9 的高压进汽口相连,所述锅炉给水泵 15 的出水口还与除氧水回水管 16 相连,所述高压过热器 3 的进汽口还与富余蒸汽进汽管 17 相连。

[0044] 本实施例的改进型石灰窑废气余热发电系统的发电原理如下:

[0045] 1) 石灰窑预热器的废气进入余热锅炉 6,该废气温度为 $350 \sim 400^{\circ}\text{C}$,其依次通过高压过热器 3、高压蒸发器 4、高温省煤器 5、低压过热器 18、低压蒸发器 19 和低温省煤器 20 换热冷却后,该废气温度降低到 $140 \sim 160^{\circ}\text{C}$,由引风机 7 通过烟囱 1 排入大气;

[0046] 2) 来自除氧器 14 的锅炉给水,由锅炉给水泵 15 打进余热锅炉 6 的低温省煤器 20,经过低温省煤器 20 加热后分为两路,一路进入低压汽包 8,另一路进入高温省煤器 5 加热后到达高压汽包 21;

[0047] 3) 在高压汽包 21 和低压汽包 8 内的水通过自然循环方式分别经高压蒸发器 4 和低压蒸发器 19 吸热沸腾后再回到各自的汽包内;

[0048] 4) 从高压汽包 21 分离出来的饱和蒸汽和从富余蒸汽进汽管 17 进来的来自管网的富余蒸汽混合后一起经高压过热器 3 过热后,进入汽轮机 9 的高压进汽口在汽轮机 9 内膨胀做功;同时,从低压汽包 8 分离出来的饱和蒸汽经低压过热器 18 过热后,一部分进入除氧器的蒸汽进口,另一部分进入汽轮机 9 的低压进汽口在汽轮机 9 内膨胀做功,通过汽轮机 9 带动发电机 10 运转产生电能;

[0049] 5) 做功后的乏汽经凝汽器 11 冷却变成凝结水,由凝结水泵 13 将凝结水打到除氧器 14,通过除氧水回水管 16 将富余饱和蒸汽的凝结水送回到产生富余蒸汽的锅炉水系统,其余的凝结水送到余热锅炉 6 中。

[0050] 本实施例的改进型石灰窑废气余热发电系统由于采用了双压蒸汽系统,经低温省

煤器 20 加热后的给水大部分进入高温省煤器 18 继续吸热后进入高压汽包 21, 小部分直接进入低压汽包 8, 低压汽包 8 的水和蒸汽在低温烟气段吸热, 高压汽包 21 的水和蒸汽在高温烟气段吸热, 减少了传热温差, 降低了熵产, 同时通过富余蒸汽进汽管 17 使高压过热器 3 补充了富余的饱和蒸汽, 增大了进入汽轮机 9 的高压过热蒸汽流量, 使发电量增加。

[0051] 以上所述, 仅为本发明优选的实施例, 但本发明的保护范围并不局限于此, 任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明所公开的范围, 根据本发明的技术方案及其发明构思加以等同替换或改变, 都属于本发明的保护范围。

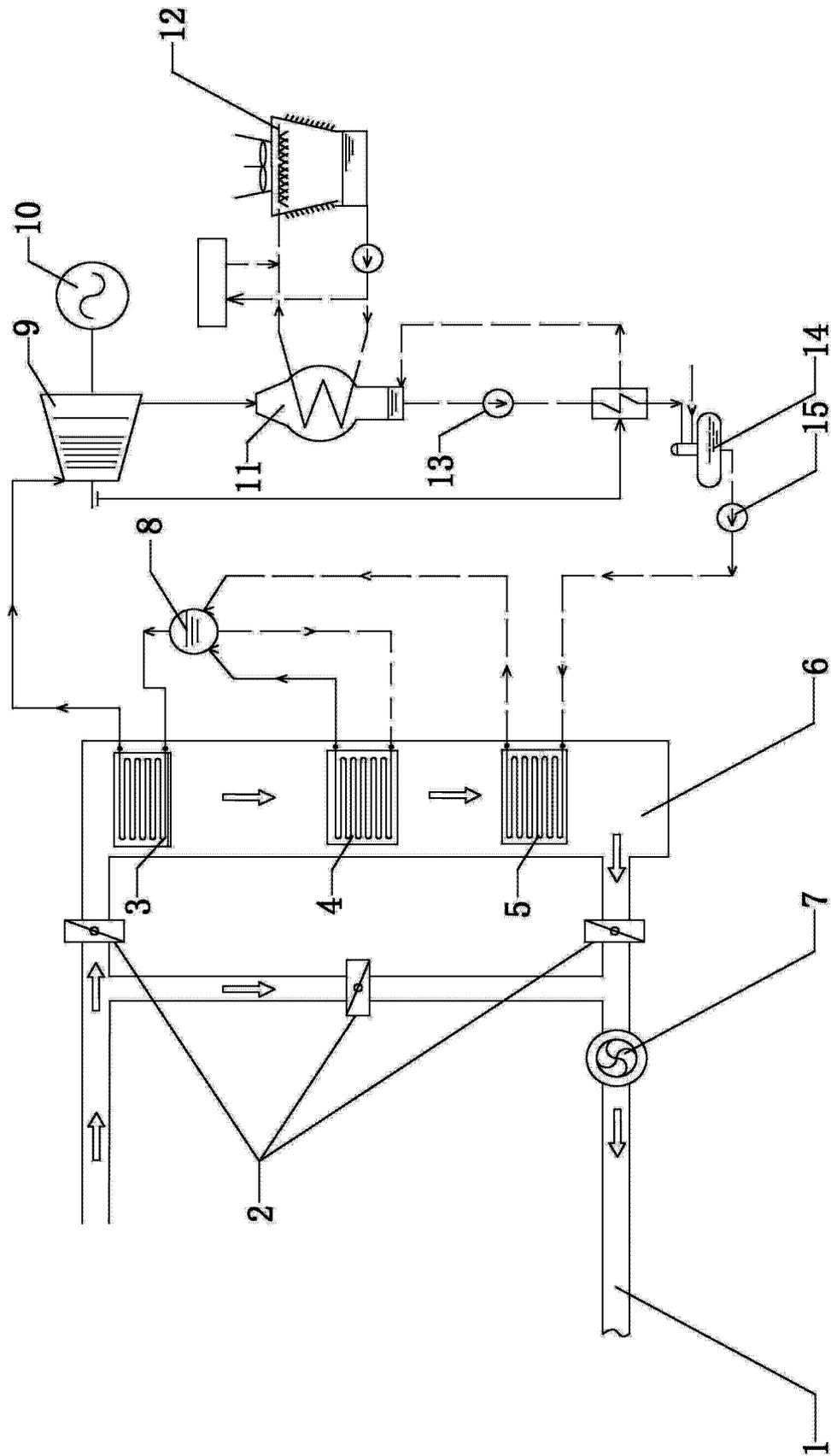


图 1

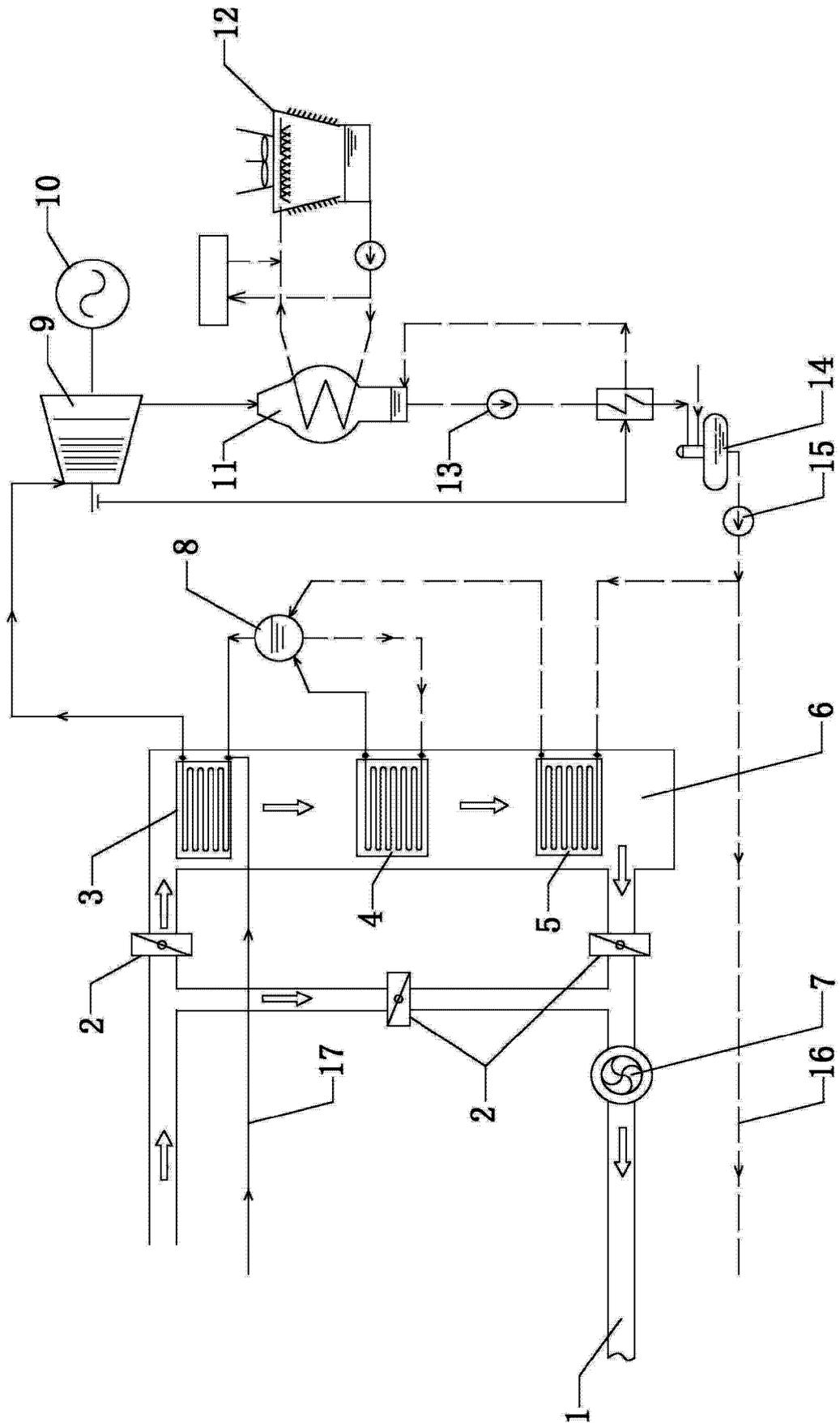


图 2

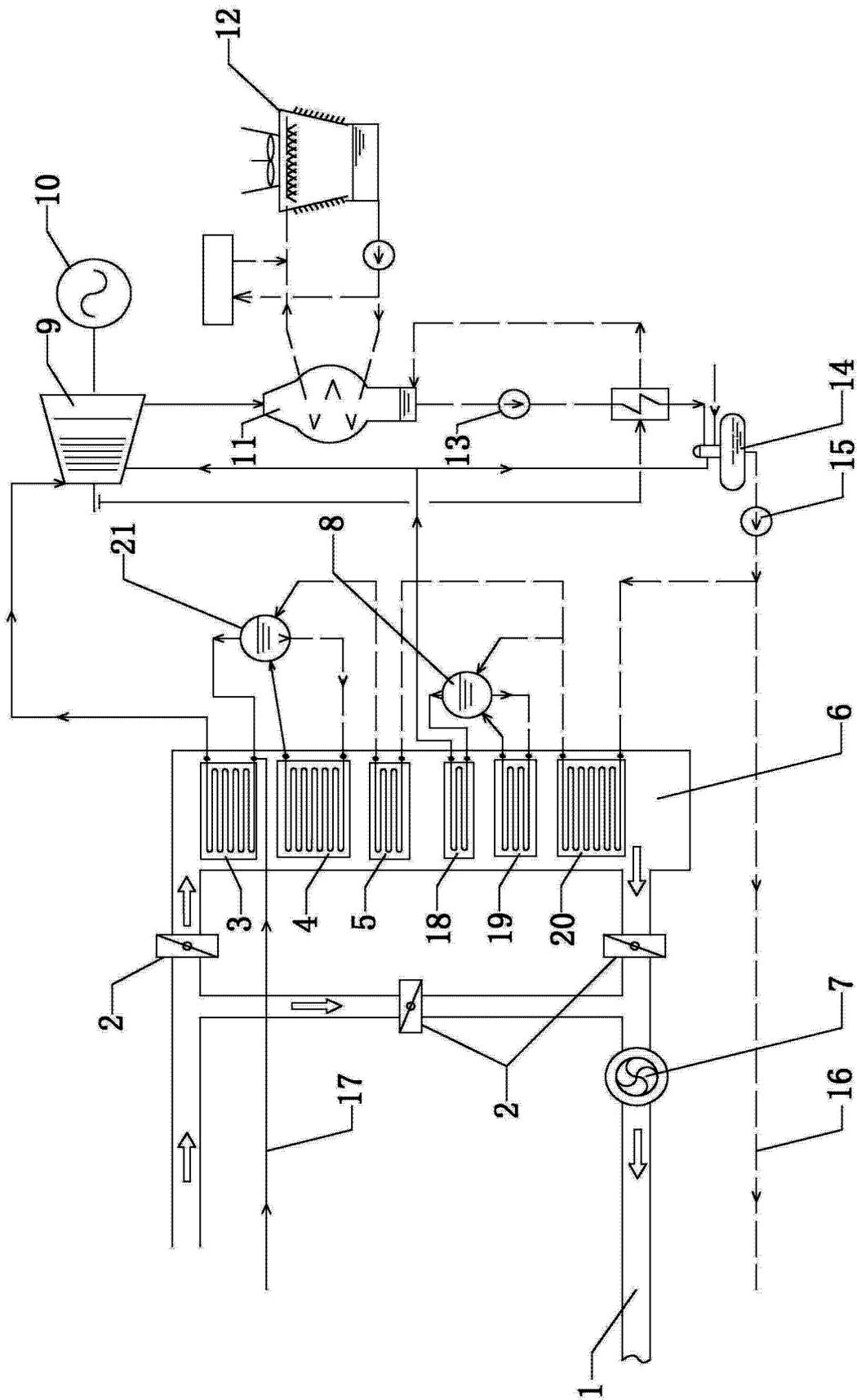


图 3