(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 103573311 A
(43)申请公布日 2014.02.12

(21)申请号 201210249940.5

(22)申请日 2012.07.19

(71)申请人 中国电力工程顾问集团华东电力设计院
地址 200063 上海市普陀区武宁路409号

(72)发明人 叶勇健 申松林 陈仁杰 施刚夜

(74)专利代理机构 上海一平知识产权代理有限公司 31266
代理人 任永武 祝莲君

(51)Int.Cl.
*F01K 17/02*(2006.01)
*F27D 17/00*(2006.01)

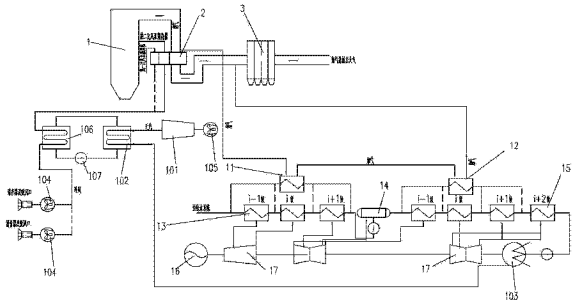
权利要求书1页 说明书9页 附图14页

(54)发明名称

火电厂驱动汽轮机乏汽能量利用系统及火电机组

(57)摘要

本发明提供一种火电厂驱动汽轮机乏汽能量利用系统及发电机组。该驱动汽轮机乏汽能量利用系统包括驱动汽轮机、空气预热器、以及风机，其中，驱动汽轮机乏汽能量利用系统还包括蒸汽－水换热器和空气－水换热器，蒸汽－水换热器和空气－水换热器构成蒸汽－水－风换热系统，驱动汽轮机乏汽通过蒸汽－水－风换热系统加热空气预热器进口的一次风和/或二次风。本发明的驱动汽轮机乏汽能量利用系统及火电机组有效地利用了驱动汽轮机的乏汽能量，提高了火电厂的效率，同时降低煤耗，减少污染物的排放量。



CN 103573311 A

1. 一种火电厂驱动汽轮机乏汽能量利用系统，包括驱动汽轮机、空气预热器、以及风机，其特征在于：

所述驱动汽轮机乏汽能量利用系统还包括蒸汽－水换热器和空气－水换热器，所述蒸汽－水换热器和空气－水换热器构成蒸汽－水－风换热系统，所述驱动汽轮机乏汽通过所述蒸汽－水－风换热系统加热所述空气预热器进口的一次风和／或二次风。

2. 如权利要求1所述的驱动汽轮机乏汽能量利用系统，其特征在于，所述蒸汽－水换热器的乏汽入口与所述驱动汽轮机的乏汽出口连接，所述空气－水换热器通过循环泵与所述蒸汽－水换热器连接，且所述空气－水换热器的进风口与所述风机连接，所述空气－水换热器的出风口与所述空气预热器的进风口连接

3. 如权利要求1所述的驱动汽轮机乏汽能量利用系统，其特征在于，所述蒸汽－水换热器的热媒水是一低压加热器的进口或出口的凝结水，所述凝结水在经过所述蒸汽－水－风换热系统后，回到另一低压加热器的进口或出口，且所述空气－水换热器的进风口与所述风机连接，所述空气－水换热器的出风口与所述空气预热器的进风口连接。

4. 如权利要求3所述的驱动汽轮机乏汽能量利用系统，其特征在于，所述蒸汽－水换热器的进水口与一低压加热器的进口或出口连接，所述空气－水换热器的出水口与另一低压加热器的进口或出口连接。

5. 一种火电机组，包括发电机、发电汽轮机、锅炉、以及除尘器，其特征在于，还包括：高压加热器、低压加热器、烟气－给水换热器、以及如权利要求1-4中任一项所述的驱动汽轮机乏汽能量利用系统；

其中，所述锅炉的出口与所述烟气－给水换热器烟气侧连接，所述烟气－给水换热器水侧与所述高压加热器连接；且

所述锅炉的出口的一部分高温烟气通过所述烟气－给水换热器，加热给水。

6. 如权利要求5所述的火电机组，其特征在于，还包括：

烟气－凝结水换热器；

其中，所述烟气－给水换热器烟气侧的出口与所述烟气－凝结水换热器烟气侧连接；

所述烟气－凝结水换热器烟气侧的出口与所述空气预热器的出口连接；且

所述烟气－凝结水换热器的水侧与低压加热器连接，加热凝结水。

7. 如权利要求5所述的火电机组，其特征在于，所述烟气－给水换热器布置在所有高压加热器的上游、或布置在所有高压加热器的下游、或布置在任意两级所述高压加热器之间、或与高压加热器并联布置。

8. 如权利要求6所述的火电机组，其特征在于，所述烟气－凝结水换热器布置在所有低压加热器的上游、或布置在所有低压加热器的下游、或布置在任意两个所述低压加热器之间、或与低压加热器并联布置。

9. 如权利要求5所述的火电机组，其特征在于，还包括在所述空气预热器出口的热二次风上布置的热风加热器，其中，所述热风加热器采用汽轮机的抽汽为加热汽源，以加热空气预热器出口的热二次风。

10. 如权利要求5所述的火电机组，其特征在于，在进入所述烟气－给水换热器的烟道的入口还设置调节挡板门，所述调节挡板门用于调节烟气量。

# 火电厂驱动汽轮机乏汽能量利用系统及火电机组

## 技术领域

[0001] 本发明涉及火力发电领域，具体涉及火力发电中驱动汽轮机的乏汽能量利用系统。

## 背景技术

[0002] 随着国民经济的发展，社会对电力的需求正在不断的提高。对于正在进行工业化和经济快速发展的新兴发展中国家，如中国，电力的消耗量和发电厂的装机容量正在迅速的增加。对中国而言，由于受其一次能源的储存品种和储存量的限制，近几十年来发电厂的燃料以煤炭为主，约为70％以上，而且这种趋势在可预见的未来不会有根本的改变。虽然燃煤火电厂对于中国有着成本较低、燃料来源广泛等优势，但是燃煤火电厂存在效率较低、污染物排放较多等缺点。由于排放到大气中的污染物基本上来源于煤炭的燃烧，因此污染物的排放量与火电厂的煤耗量之间相关。降低火电厂煤耗量的同时也减少了火电厂向大气中污染物的排放量。

[0003] 火电厂的一些转动设备由如给水泵、风机等，往往由驱动汽轮机（也称小汽轮机）驱动。在目前的电厂，驱动汽轮机的乏汽（排汽）排入凝汽器由循环水冷却，称之为湿冷。也有个别电厂的驱动汽轮机乏汽由空气冷却凝汽器冷却，采用冷却风机将乏汽热量释放到大气中，称为空气冷却。

[0004] 现有驱动汽轮机乏汽冷却方式，无论湿冷还是空气冷却都不回收乏汽中的能量。而乏汽中含有大量的能量，主要是汽化潜能，因如果能够利用驱动汽轮机乏汽能量对火电厂节能带来很大益处，提高火电厂的效率，可降低煤耗，同时减少污染物的排放量。

## 发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种可利用驱动汽轮机的乏汽能量的系统及火电机组。

[0006] 为实现上述目的，本发明提供了一种火电厂驱动汽轮机乏汽能量利用系统，包括驱动汽轮机、空气预热器、以及风机，其特征在于：

[0007] 所述驱动汽轮机乏汽能量利用系统还包括蒸汽－水换热器和空气－水换热器，所述蒸汽－水换热器和空气－水换热器构成蒸汽－水－风换热系统，所述驱动汽轮机乏汽通过所述蒸汽－水－风换热系统加热所述空气预热器进口的一次风和／或二次风。

[0008] 一优选实施例中，所述蒸汽－水换热器的乏汽入口与所述驱动汽轮机的乏汽出口连接，所述空气－水换热器通过循环泵与所述蒸汽－水换热器连接，所述空气－水换热器的进风口与所述风机连接，所述空气－水换热器的出风口与所述空气预热器的进风口连接。

[0009] 另一优选实施例中，所述蒸汽－水换热器的热媒水是一低压加热器的进口或出口的凝结水，且所述凝结水在经过所述蒸汽－水－风换热系统后，回到另一低压加热器的进口或出口，且所述空气－水换热器的进风口与所述风机连接，所述空气－水换热器的出风口与所述空气预热器的进风口连接。

[0010] 上述实施例中，优选地，所述蒸汽－水－风换热系统与低压加热器串联；或者，所述

蒸汽－水－风换热系统与低压加热器并联。

[0011] 另一优选实施例中，所述蒸汽－水－风换热系统的热媒水为独立的循环水系统，设置循环泵用于维持热媒水的循环。

[0012] 另一优选实施例中，所述驱动汽轮机的乏汽凝结后排入凝汽器以回收工质。

[0013] 另一优选实施例中，所述驱动汽轮机的乏汽凝结后排入回热系统的加热器以回收工质和热量。

[0014] 优选地，所述驱动汽轮机能够驱动给水泵、引风机、循环水泵、一次风机、送风机、以及凝结水泵或驱动发电机发电。

[0015] 优选地，所述蒸汽－水换热器的进水口与一低压加热器的进口或出口连接，所述空气－水换热器的出水口与另一低压加热器的进口或出口连接。

[0016] 优选地，所述风机包括锅炉送风机和／或一次风机。

[0017] 本发明还提供一种火电机组，所述火电机组包括发电机、发电汽轮机、锅炉、除尘器、高压加热器、低压加热器、烟气－给水换热器、以及上述的驱动汽轮机乏汽能量利用系统；

[0018] 其中，所述锅炉的出口与所述烟气－给水换热器烟气侧连接，所述烟气－给水换热器水侧与所述高压加热器连接；且

[0019] 所述锅炉的出口的一部分高温烟气通过所述烟气－给水换热器，加热给水。

[0020] 另一优选实施例中，所述火电机组还包括：

[0021] 烟气－凝结水换热器；

[0022] 其中，所述烟气－给水换热器烟气侧的出口与所述烟气－凝结水换热器烟气侧连接；

[0023] 所述烟气－凝结水换热器烟气侧的出口与所述空气预热器的出口连接；且

[0024] 所述烟气－凝结水换热器的水侧与低压加热器连接，加热凝结水。

[0025] 另一优选实施例中，从烟气流程上，所述烟气－给水换热器与所述空气预热器并联。

[0026] 另一优选实施例中，从给水流程上，所述烟气－给水换热器与所述高压加热器串联。

[0027] 另一优选实施例中，从给水流程上，所述烟气－给水换热器与所述高压加热器并联，一部分给水与给水主路分离后通过所述烟气－给水换热器被加热，再与给水主路汇合，所述一部分给水与所述给水主路的分离点和汇合点分别是所有高压加热器的上游、下游或任意两级高压加热器的之间。

[0028] 另一优选实施例中，从给水流程上，所述烟气－给水换热器与高压加热器同时并联和串联。

[0029] 另一优选实施例中，所述烟气－给水换热器布置在所有高压加热器的上游、或布置在所有高压加热器的下游、或布置在任意两级所述高压加热器之间。

[0030] 优选地，从烟气流程上，所述烟气－给水换热器与所述空气预热器并联。

[0031] 另一优选实施例中，从凝结水流程上，所述烟气－凝结水换热器与所述低压加热器串联。

[0032] 另一优选实施例中，从凝结水流程上，所述烟气－凝结水换热器与所述低压加热

器并联，一部分凝结水与凝结水主路分离后通过所述烟气－凝结水换热器被加热，再与凝结水主路汇合，所述一部分凝结水与所述凝结水主路的分离点和汇合点分别是所有低压加热器的上游、下游或任意两级低压加热器的之间。

[0033] 另一优选实施例中，所述烟气－凝结水换热器与所述低压加热器同时并联和串联。

[0034] 另一优选实施例中，所述烟气－凝结水换热器布置在所有低压加热器的上游、或布置在所有低压加热器的下游、或布置在任意两个所述低压加热器之间。

[0035] 另一优选实施例中，所述火电机组还包括在所述空气预热器出口的热二次风上布置的热风加热器，其中，所述热风加热器采用汽轮机的抽汽为加热汽源，以加热空气预热器出口的热二次风。

[0036] 另一优选实施例中，在进入所述烟气－凝结水换热器的烟道的入口还设置调节挡板门，所述调节挡板门用于调节烟气量。

[0037] 另一优选实施例中，在进入所述烟气－给水换热器和／或所述烟气－凝结水换热器的烟道的入口还设置调节挡板门，所述调节挡板门用于调节烟气量。

[0038] 另一优选实施例中，所述火电机组还设置有给水升压泵，所述给水升压泵用于克服所述烟气－给水换热器的阻力。

[0039] 另一优选实施例中，所述火电机组还设置有凝结水升压泵，所述凝结水升压泵用于克服所述烟气－凝结水换热器的阻力。

[0040] 。

[0041] 优选地，本发明的火电机组中设置 1 个以上所述烟气－给水换热器。

[0042] 优选地，本发明的火电机组中设置 1 个以上所述烟气－凝结水换热器。

[0043] 本发明的火电机组是一次再热火电机组，或二次再热火电机组。

[0044] 本发明的锅炉是燃煤锅炉，或燃油锅炉、或燃气锅炉。

[0045] 本发明的给水来源于本火电机组，或来源于相邻火电机组。

[0046] 本发明的凝结水来源于本火电机组，或来源于相邻火电机组。

[0047] 本发明的驱动汽轮机乏汽能量利用系统及发电机组利用驱动汽轮机乏汽对送入空气预热器（或锅炉）的一次风和二次风进行加热，并将此能量置换为烟气能量并梯级利用，即低品质的乏汽能量通过置换后成为高品质的能量，以加热给水和凝结水。锅炉省煤器出口的部分高温烟气不经过空气预热器，而先后通过烟气－给水换热器和烟气－凝结水换热器，加热给水和凝结水，减少了高压加热器所需的发电汽轮机抽汽量，提高了给水温度，同时，也减少了低压加热器抽汽所需的发电汽轮机抽汽量。因此，降低了发电汽轮机热耗，减少火电机组的煤耗量、减少火电机组污染物的排放量。

[0048] 综上，本发明具有如下优点：

[0049] （1）充分利用了驱动汽轮机乏汽的能量，尤其是乏汽中的汽化潜热。

[0050] （2）通过将乏汽能量置换为烟气能量，通过实现了能量的梯级利用，提高了能量的利用率。

[0051] （3）提高了进入空气预热器冷风温度，避免空预器的冷端受热面腐蚀。与目前常用的采用蒸汽暖风器或者热风再循环的方案相比，本发明对机组整体效率的负面影响更小。

[0052] （4）采用烟气与凝结水、烟气与给水直接换热的方式，系统简单，成本低。

[0053] (5)采用蒸汽－水－冷风间接换热的方式，提高换热器的换热效率，降低换热面积，降低成本。

[0054] (6)蒸汽－水－冷风换热器的热媒水可为发电汽轮机回热系统的凝结水。当乏汽能量多于锅炉(通过加热冷风)能接受的能量时，乏汽能量除了被冷风吸收进入锅炉外，剩余的能量可以通过凝结水返回发电汽轮机的回热系统，可充分利用乏汽能量。

[0055] (7)汽轮机抽汽加热空气预热器出口热二次风，提高锅炉进风温度。

## 附图说明

[0056] 图 1 是本发明的驱动汽轮机乏汽能量利用系统中蒸汽－水－风换热系统的一个实施例的系统布置示意图；

[0057] 图 2 是本发明的驱动汽轮机乏汽能量利用系统中蒸汽－水－风换热系统的另一个实施例的系统布置示意图；

[0058] 图 3 是采用图 1 的驱动汽轮机乏汽能量利用系统的火电机组的一个实施例的系统布置示意图；

[0059] 图 4 是采用图 2 的驱动汽轮机乏汽能量利用系统的火电机组的一个实施例的系统布置示意图；

[0060] 图 5 是本发明的烟气－给水换热器的布置位置的一个实施例的方框图；

[0061] 图 6 是本发明的烟气－给水换热器的布置位置的另一个实施例的方框图；

[0062] 图 7 是本发明的烟气－给水换热器的布置位置的另一个实施例的方框图；

[0063] 图 8 是本发明的烟气－给水换热器的布置位置的另一个实施例的方框图；

[0064] 图 9 是本发明的烟气－给水换热器的布置位置的另一个实施例的方框图；

[0065] 图 10 是本发明的烟气－给水换热器的布置位置的另一个实施例的方框图；

[0066] 图 11 是本发明的烟气－凝结水换热器的布置位置的一个实施例的方框图；

[0067] 图 12 是本发明的烟气－凝结水换热器的布置位置的另一个实施例的方框图；

[0068] 图 13 是本发明的烟气－凝结水换热器的布置位置的另一个实施例的方框图；以及

[0069] 图 14 是在图 3 的基础上设置热风加热器的一个实施例的方框图。

## 具体实施方式

[0070] 以下将结合附图对本发明的较佳实施例进行详细说明，以便更清楚理解本发明的目的、特点和优点。应理解的是，附图所示的实施例并不是对本发明范围的限制，而只是为了说明本发明技术方案的实质精神。图中相同或相似的部分采用相同的附图标记表示。

[0071] 以下，对本发明的主要技术术语进行说明。

[0072] 本文中，所述锅炉主要包括锅炉装置。所述锅炉装置没有具体限制，只要不对本发明的发明目的产生限制即可，是本领域技术人员已知的。可以采用 π 型锅炉(或称派型锅炉)、塔式锅炉、倒 U 型锅炉等，可以是燃煤锅炉、燃油锅炉、燃气锅炉等，可以是自然循环锅炉、强迫循环锅炉、直流锅炉等，均在本发明的保护范围内。

[0073] 本文中，所述空气预热器没有具体限制，只要不对本发明的发明目的产生限制即可，是本领域技术人员已知的。可以采用管式预热器、回转式预热器等，均在本发明的保护范围内。

[0074] 本文中，所述除尘器是指捕捉烟气中灰尘的设备。只要不对本发明的发明目的产生限制即可，是本领域技术人员已知的。可以采用静电除尘器、布袋烟气除尘单元、电袋烟气除尘单元、水膜烟气除尘单元等，均在本发明的保护范围内。

[0075] 本文中，所述烟气－水换热器为一个换热器，或者为并联、串联、串并联的若干个换热器。

[0076] 本文中，所述空气－水换热器为一个换热器，或者为并联、串联、串并联的若干个换热器。

[0077] 本文中，所述烟气－给水换热器为一个换热器，或者为并联、串联、串并联的若干个换热器。

[0078] 本文中，所述烟气－凝结水换热器为一个换热器，或者为并联、串联、串并联的若干个换热器。本文中，所述风机没有具体限制，只要不对本发明的发明目的产生限制即可，是本领域技术人员已知的。可以采用离心式风机、轴流式风机等，均在本发明的保护范围内。

[0079] 本文中，所述烟气－给水换热器包括管式换热器、板式换热器、表面式换热器、间热式换热器等，均在本发明的保护范围内。

[0080] 本文中，所述烟气－凝结水换热器包括管式换热器、板式换热器、表面式换热器、间热式换热器等，均在本发明的保护范围内。

[0081] 本文中，所述烟气－水换热器包括管式换热器、板式换热器、表面式换热器、间热式换热器等，均在本发明的保护范围内。

[0082] 本文中，所述空气－水换热器包括管式换热器、板式换热器、表面式换热器、间热式换热器等，均在本发明的保护范围内。

[0083] 本文中，所述高压加热器指用汽轮机的抽汽加热给水的加热器，由于给水的温度高，其加热汽源－汽轮机高压抽汽的能量品质也较高。采用汽轮机热力循环以外的能量降低该抽汽量，可使汽轮机效率提高的较多。

[0084] 本文中，低压加热器指用汽轮机的抽汽加热凝结水的加热器，由于凝结水的温度低，其加热汽源－汽轮机低压抽汽的能量品质也较低。采用汽轮机热力循环以外的能量降低该抽汽量，可使汽轮机效率提高的较少。

[0085] 本文中，驱动汽轮机指用于驱动火电厂的一些转动设备，如给水泵、引风机等的汽轮机，也可驱动发电机发电。这种汽轮机的作用是向水泵、引风机等提供转动的动力，它与火电厂汽轮发电机组的汽轮机不同，通常也称为小汽轮机。

[0086] 本文中，驱动汽轮机乏汽指蒸汽进入驱动汽轮机做功后的排汽，文中简称为乏汽。

[0087] 以下详细说明本发明的实施方式。图 1 是本发明的驱动汽轮机乏汽能量利用系统的一个实施例的系统布置示意图。如图 1 所示，驱动汽轮机乏汽能量利用系统中，由用于驱动诸如泵等被驱动设备 105 的驱动汽轮机 101 出来的乏汽首先通过蒸汽－水换热器 102，蒸汽－水换热器 102 的乏汽入口与驱动汽轮机 101 的乏汽出口连接，蒸汽－水换热器 102 的乏汽出口与发电汽轮机冷凝器 103 连接。蒸汽－水换热器的进水口通过循环泵 107 与空气－水换热器 106 连接，蒸汽－水换热器 102 的出水口也与空气－水换热器 106 连接。由此，热媒水通过循环泵 107 在蒸汽－水换热器 102 与空气－水换热器 106 之间循环。蒸汽－水换热器 102 和空气－水换热器 106 一起构成蒸汽－水－风换热系统。

[0088] 空气－水换热器 106 的进风口与送风机和／或一次风机 104 连接，且空气－水换热器 106 的出风口通到空气预热器 2。

[0089] 通过该蒸汽－水－风换热系统，驱动汽轮机 101 的乏汽进入蒸汽－水换热器 102 后，被来自空气－水换热器的温度相对较低的热媒水冷却，乏汽经过冷却凝结成水后排入发电汽轮机的凝汽器 103 以回收工质（如图 1 所示），也可根据凝结水温度回到回热系统的加热器以回收工质和热量。

[0090] 同时，来自空气－水换热器 106 的温度相对较低的热媒水在蒸汽－水换热器 102 中被来自驱动汽轮机 101 的乏汽加热后，加热后的温度较高的热媒水又回到空气－水换热器 106。此时，来自送风机和／或一次风机 104 的冷风进入空气－水换热器 106 后，被上述的温度较高的热媒水加热，同时将该温度较高的热媒水冷却，被冷风冷却后的热媒水通过循环泵 107 循环回到蒸汽－水换热器，如此循环，构成蒸汽－水－风换热系统。

[0091] 来自送风机和／或一次风机 104 的风被蒸汽－水－风换热系统加热后，进入空气预热器 2，作为空气预热器 2 进口的一次风和二次风。由此，相比于现有的火电机组，空气预热器 2 进口的一次风和二次风的温度提高。换言之，来自驱动汽轮机 101 的乏汽加热了空气预热器 2 进口的一次风和二次风。并从而提高了燃烧器进风（即热二次风）温度以及磨煤机进风（即热一次风）温度。由此，乏汽的能量（尤其是汽化潜热）转换为空气预热器 2 出口的热一次风和热二次风的能量。

[0092] 而现有的火电厂中，空气预热器 2 进口的一次风和二次风常采用来自锅炉出口的烟气加热，因此，需消耗一部分的烟气能量。然而，由于锅炉出口的烟气温度高达 350 ～ 400℃左右，因此其还可用来加热较高温度的给水和凝结水，因此希望尽量减少锅炉出口的烟气中用来加热空气预热器进口的一次风和二次风的烟气量。而本发明中，通过上述的蒸汽－水－风换热系统，利用驱动汽轮机 101 的乏汽加热空气预热器 2 进口的一次风和二次风，由此大大减少了用来加热空气预热器进口的一次风和二次风的烟气量。

[0093] 需要指出的是，上述的蒸汽－水－风换热系统中，作为传热媒介的热媒水可以是独立的循环水系统，由循环泵克服水的阻力，如图 1 所示。也可以由发电汽轮机热力系统中的凝结水作为热媒水，如图 2 所示。

[0094] 图 2 示出以凝结水作为热媒水时的乏汽能量利用系统的一个实施例的系统布置示意图。如图 2 所示，本实施例中取消了循环泵，凝结水可以从某一级低压加热器 15 进口或出口引出，即蒸汽－水换热器的进水口与某一级低压加热器 15 的进口或出口连接。经过蒸汽－水换热器 102 和空气－水换热器 106 后，回到某一级低压加热器进口或出口，即空气－水换热器的出口与某一级低压加热器 15 的进口或出口连接，同时驱动汽轮机 101 的乏汽能量传递给了来自送风机和一次风机 104 的冷风。

[0095] 以凝结水作为热媒水时，用作热媒水的凝结水流量可以为全部凝结水流量，此时，蒸汽－水换热器 102 和空气－水换热器 106 与低压加热器 15 的关系为串联。或者，用作热媒水的凝结水流量可以为总凝结水流量的一部分，此时，蒸汽－水换热器 102 和空气－水换热器 106 与低压加热器 15 的关系为并联。

[0096] 上述实施例中，由于空气预热器 2 进口的冷风可通过驱动汽轮机乏汽加热，大大减少了现有技术中用来加热空气预热器 2 中一次风和二次风的锅炉出口高温烟气的量。因此，置换出的高温烟气可用来加热火电机组中的给水和凝结水。

[0097] 图 3-14 示出所置换出的锅炉出口烟气用于加热火电机组中的给水和凝结水的实施例的结构布置图。参见图 3，图 3 中所示的是蒸汽 - 水 - 风换热系统中，作为传热媒介的热媒水是独立的循环水系统时，所置换出的锅炉出口烟气用于加热火电机组中的给水和凝结水的一个实施例的结构布置图。

[0098] 如图 3 所示，火电机组包括：锅炉 1、空气预热器 2、除尘器 3、送风机 / 一次风机 104、烟气 - 给水换热器 11、烟气 - 凝结水换热器 12、高压加热器 13、除氧器 14、低压加热器 15、发电机 16、发电汽轮机（高压缸、中压缸、低压缸）17、以及驱动汽轮机 101。

[0099] 驱动汽轮机 101 出来的乏汽首先通过蒸汽 - 水换热器 102，蒸汽 - 水换热器 102 的乏汽入口与驱动汽轮机 101 的乏汽出口连接，蒸汽 - 水换热器 102 的乏汽出口与发电汽轮机冷凝器 103 连接。蒸汽 - 水换热器的进水口通过循环泵 107 与空气 - 水换热器 106 连接，蒸汽 - 水换热器 102 的出水口也与空气 - 水换热器 106 连接。由此，热媒水通过循环泵 107 在蒸汽 - 水换热器 102 与空气 - 水换热器 106 之间循环。蒸汽 - 水换热器 102、循环泵 107 以及空气 - 水换热器 106 一起构成蒸汽 - 水 - 风换热系统。空气 - 水换热器 106 的进风口与送风机和 / 或一次风机 104 连接，且空气 - 水换热器 106 的出风口通到空气预热器 2，被加热后的风作为空气预热器 2 进口的一次风和二次风。

[0100] 锅炉 1 的出口同时与空气预热器 2 和烟气 - 给水换热器 11 连接。烟气 - 给水换热器 11 与烟气 - 凝结水换热器 12 和高压加热器 13 连接。烟气 - 凝结水换热器 12 与空气预热器 2 的出口和低压加热器 15 连接。

[0101] 烟气 - 给水换热器 11 连接到锅炉 1 的出口，锅炉 1 燃烧产生的烟气中的一部分通过烟气 - 给水换热器 11 加热给水。本实施例中，从烟气流程上，烟气 - 给水换热器 11 与空气预热器 2 并联。从给水流程上，烟气 - 给水换热器 11 与高压加热器 13 并联，即一部分给水与给水主路分离后通过烟气 - 给水换热器 11 被加热，再与给水主路汇合。分离点和汇合点可以分别是所有高压加热器的上游、下游或任意两级高压加热器的之间。烟气 - 给水换热器是一级，但也可以是多级。

[0102] 烟气经过烟气 - 给水换热器 11 后，从烟气 - 给水换热器 11 出口的烟气通过烟气 - 凝结水换热器 12 加热凝结水，烟气 - 凝结水 12 与低压加热器 15 连接。本实施例中，从凝结水流程上，烟气 - 凝结水换热器 12 与低压加热器 15 并联，即一部分凝结水与凝结水主路分离后通过烟气 - 凝结水换热器被加热，再与凝结水主路汇合。分离点和汇合点可以分别是所有低压加热器的上游、下游或任意两级低压加热器的之间。烟气 - 凝结水换热器是一级，但也可以是多级。

[0103] 烟气经过烟气 - 凝结水换热器 12 后，从烟气 - 凝结水换热器 12 出口的烟气与空气预热器 2 出口的烟气混合。上述的两股烟气混合后，经过除尘器 3，然后进入脱硫吸收塔。

[0104] 驱动汽轮机 101 的乏汽通过蒸汽 - 水 - 风换热系统后，被来自送风机和 / 或一次风机 104 的冷风冷却，乏汽经过冷却凝结成水后排入发电汽轮机 16 的凝汽器 103 以回收工质。同时，来自送风机 / 或一次风机 104 的冷风被加热后进入空气预热器 2。

[0105] 上述实施例中，低品质的烟气能量通过置换后成为高品质的能量，同时加热了发电汽轮机给水和凝结水。即，锅炉出口的部分高温烟气先后通过烟气 - 给水换热器和烟气 - 凝结水换热器，加热发电汽轮机给水和凝结水，减少了原先加热给水的高能量品质的高压加热器抽汽和 / 或提高了给水温度，同时，减少了原先加热凝结水的低能量品质的低

压加热器抽汽，降低了发电汽轮机热耗。

[0106] 另外，利用驱动汽轮机的乏汽，通过驱动汽轮机乏汽能量利用系统提高了进入空气预热器冷风温度，避免空气预热器的冷端受热面腐蚀。与目前常用的采用蒸汽暖风器或者热风再循环的方案相比，本发明对机组整体效率的负面影响更小。

[0107] 图 4 示出蒸汽 - 水 - 风换热系统中，由发电汽轮机热力系统中的凝结水作为热媒水时，所置换出的锅炉出口烟气用于加热火电机组中的给水和凝结水的一个实施例的结构布置图。与上述参见图 3 所示的实施例不同之处在于，蒸汽 - 水 - 风换热系统中的热媒水是从某一级低压加热器 15 进口或出口引出的凝结水，且该热媒水（或凝结水）在经过蒸汽 - 水换热器 102 和空气 - 水换热器 106 后，回到某一级低压加热器进口或出口。其余相同，故在此不再详述。

[0108] 需要指出的是，本发明的烟气 - 给水换热器的布置位置和布置方式可以有各种变型而不脱离本发明的精神。以下以蒸汽 - 水 - 风换热系统中，作为传热媒介的热媒水是独立的循环水系统的情况下，描述烟气 - 给水换热器的布置位置和布置方式的各种实施例。蒸汽 - 水 - 风换热系统中，由火电机组中的凝结水作为热媒水的情况下，烟气 - 给水换热器的布置位置和布置方式与作为传热媒介的热媒水是独立的循环水系统的情况相同，在此不再详述。

[0109] 参见图 5-10，从给水流程上，烟气 - 给水换热器可与高压加热器串联，即烟气 - 给水换热器布置在所有高压加热器的下游（参见图 5），或者烟气 - 给水换热器布置在所有高压加热器的上游（参见图 6），或者烟气 - 给水换热器布置在任意两级高压加热器的之间（参见图 7），或者设置若干个烟气 - 给水换热器同时布置在上述位置中。

[0110] 另外，从给水流程上，烟气 - 给水换热器也可与高压加热器并联，即一部分给水与给水主路分离后通过烟气 - 给水换热器被加热，再与给水主路汇合（参见图 8）。分离点和汇合点可以分别是所有高压加热器的上游、下游或任意两级高压加热器的之间。烟气 - 给水换热器可以是一级，也可以是若干级。此外，从给水流程上，烟气 - 给水换热器也可与高压加热器同时并联和串联（参见图 9、图 10），烟气 - 给水换热器可以是一级，也可以是若干级。烟气 - 给水换热器与高压加热器串联时，换热器 11 的阻力可以由发电汽轮机给水泵克服，也可以另设置给水升压泵克服。

[0111] 本发明的烟气 - 凝结水换热器的布置位置和布置方式也可以有各种变型而不脱离本发明的精神。参见图 11-13，从凝结水流程上，烟气 - 凝结水换热器可与低压加热器串联，即烟气 - 凝结水换热器可布置在所有低压加热器的下游，或者布置在所有低压加热器的上游，或者布置在任意两级低压加热器的之间（参见图 11），或者设置若干个烟气 - 凝结水换热器同时布置在上述位置中。

[0112] 另外，从凝结水流程上，烟气 - 凝结水换热器也可与低压加热器并联，即一部分凝结水与凝结水主路分离后通过烟气 - 凝结水换热器被加热，再与凝结水主路汇合（参见图 12）。分离点和汇合点可以分别是所有低压加热器的上游、下游或任意两级低压加热器的之间。烟气 - 凝结水换热器可以是一级，也可以是若干级。此外，从凝结水流程上，烟气 - 凝结水换热器也可与低压加热器同时并联和串联，烟气 - 凝结水换热器可以是一级（参见图 13），也可以是若干级。烟气 - 凝结水换热器与低压加热器串联时，换热器的阻力可以由发电汽轮机凝结水泵克服，也可以另设置凝结水升压泵克服。

[0113] 此外，在上述基础上，还可以在空气预热器出口的热二次风上设置热风加热器 18，参见图 14。采用发电汽轮机某一级抽汽为加热汽源，通常采用过热度较大的抽汽，以加热空气预热器出口的热二次风，其作用是进一步提高锅炉进风温度。

[0114] 此外，还可在进入烟气－给水换热器和烟气－凝结水换热器的烟道中设置调节挡板门调节烟气量。

[0115] 另外，上述的烟气－给水换热器、烟气－凝结水换热器、空气－水换热器的各种布置方案可以相互组合（图 3 所示实施例是组合之一）而不脱离本发明的精神。

[0116] 本发明的驱动汽轮机乏汽能量利用系统及发电机组利用驱动汽轮机乏汽对送入空气预热器（或锅炉）的一次风和二次风进行加热，并将此能量置换为烟气能量并梯级利用，即低品质的乏汽能量通过置换后成为高品质的能量，以加热给水和凝结水。锅炉省煤器出口的部分高温烟气不经过空气预热器，而先后通过烟气－给水换热器和烟气－凝结水换热器，加热给水和凝结水，减少了高压加热器所需的发电汽轮机抽汽量，提高了给水温度，同时，也减少了低压加热器抽汽所需的发电汽轮机抽汽量。因此，降低了发电汽轮机热耗，减少火电机组的煤耗量、减少火电机组污染物的排放量。

[0117] 综上，本发明具有如下优点：

[0118] （1）充分利用了驱动汽轮机乏汽的能量，尤其是乏汽中的汽化潜热。

[0119] （2）通过将乏汽能量置换为烟气能量，通过实现了能量的梯级利用，提高了能量的利用率。

[0120] （3）提高了进入空气预热器冷风温度，避免空预器的冷端受热面腐蚀。与目前常用的采用蒸汽暖风器或者热风再循环的方案相比，本发明对机组整体效率的负面影响更小。

[0121] （4）采用烟气与凝结水、烟气与给水直接换热的方式，系统简单，成本低。

[0122] （5）采用蒸汽－水－冷风间接换热的方式，提高换热器的换热效率，降低换热面积，降低成本。

[0123] （6）蒸汽－水－冷风换热器的热媒水可为发电汽轮机回热系统的凝结水。当乏汽能量多于锅炉（通过加热冷风）能接受的能量时，乏汽能量除了被冷风吸收进入锅炉外，剩余的能量可以通过凝结水返回发电汽轮机的回热系统，可充分利用乏汽能量。

[0124] （7）汽轮机抽汽加热空气预热器出口热二次风，提高锅炉进风温度。

[0125] 以上已详细描述了本发明的较佳实施例，但应理解到，在阅读了本发明的上述讲授内容之后，本领域技术人员可以对本发明作各种改动或修改。这些等价形式同样落于本申请所附权利要求书所限定的范围。

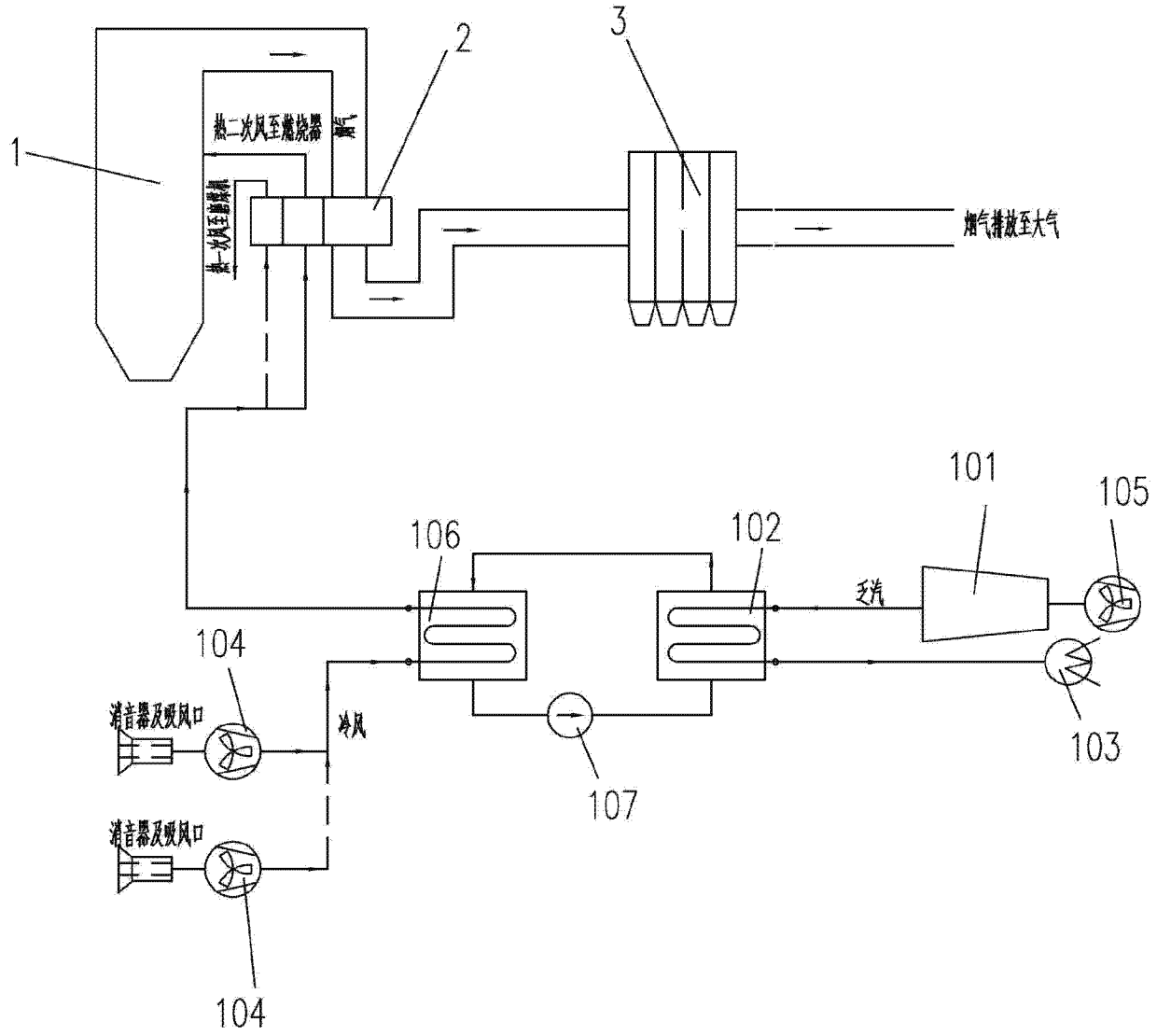

1
2
3
热一次风至燃烧器
热一次风至燃烧器
烟气排放至大气
101
105
106
102
乏汽
104
消音器及吸风口
冷风
103
107
消音器及吸风口
104

图 1

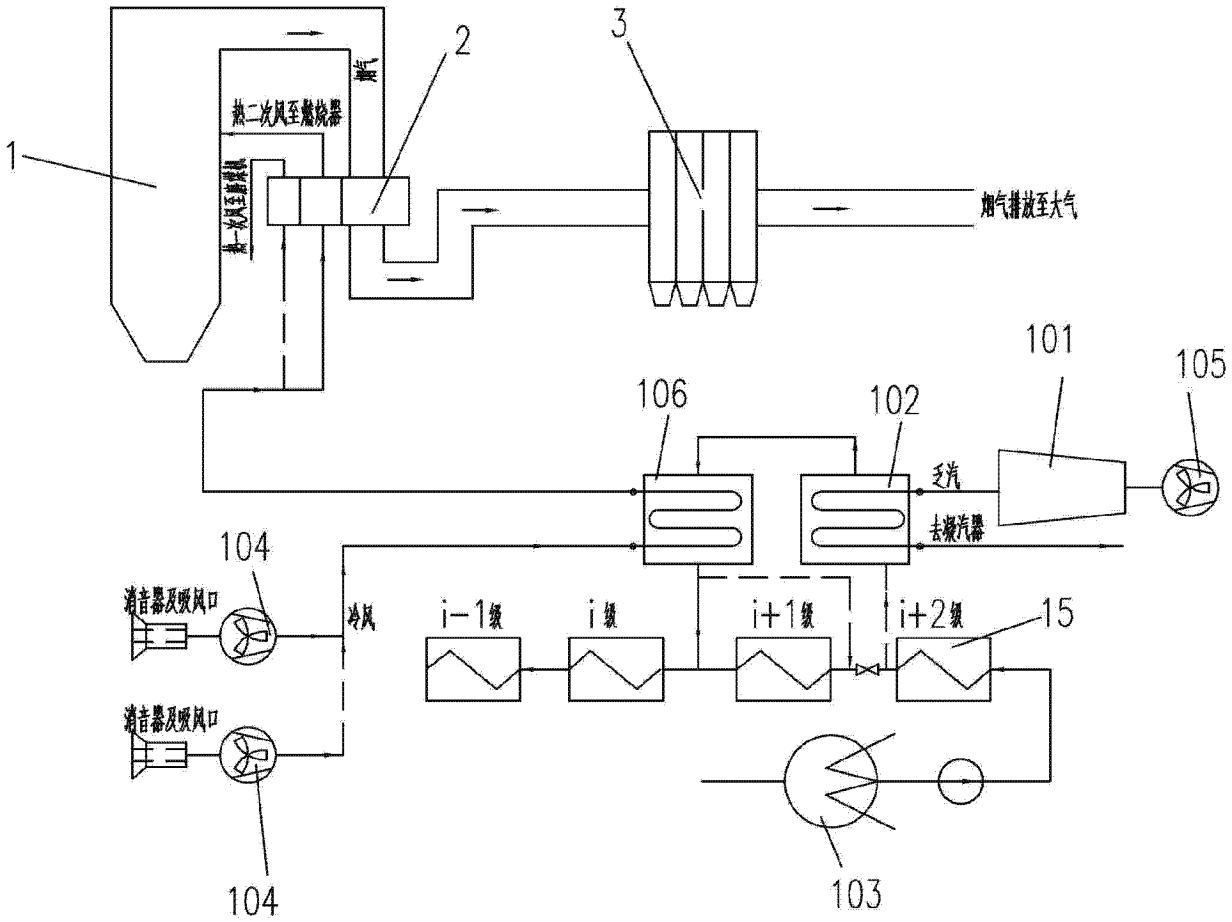

1
2
3
热二次风至燃烧器
热一次风至燃烧器
烟气排放至大气
101
105
106
102
乏汽
去凝汽器
104
消音器及吸风口
冷风
i-1级
i级
i+1级
i+2级
15
消音器及吸风口
104
103

图 2

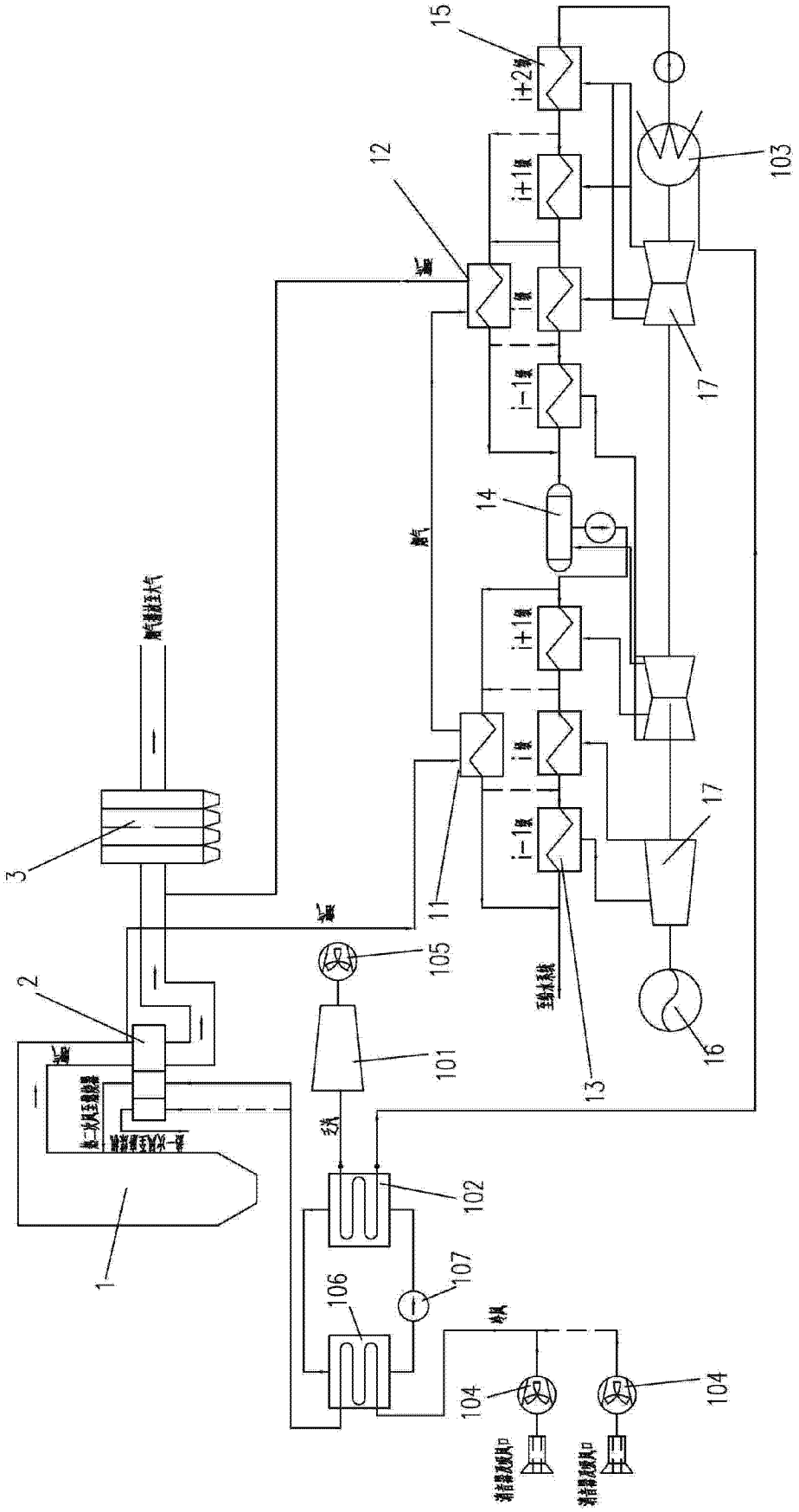

1
2
3
11
12
13
14
15
16
17
17
101
102
103
104
104
105
106
107
i+2级
i+1级
i级
i-1级
i+1级
i级
i-1级
至给水系统
烟气
烟气排放至大气
冷风
冷风
清洁器及吸风口
清洁器及吸风口

图 3

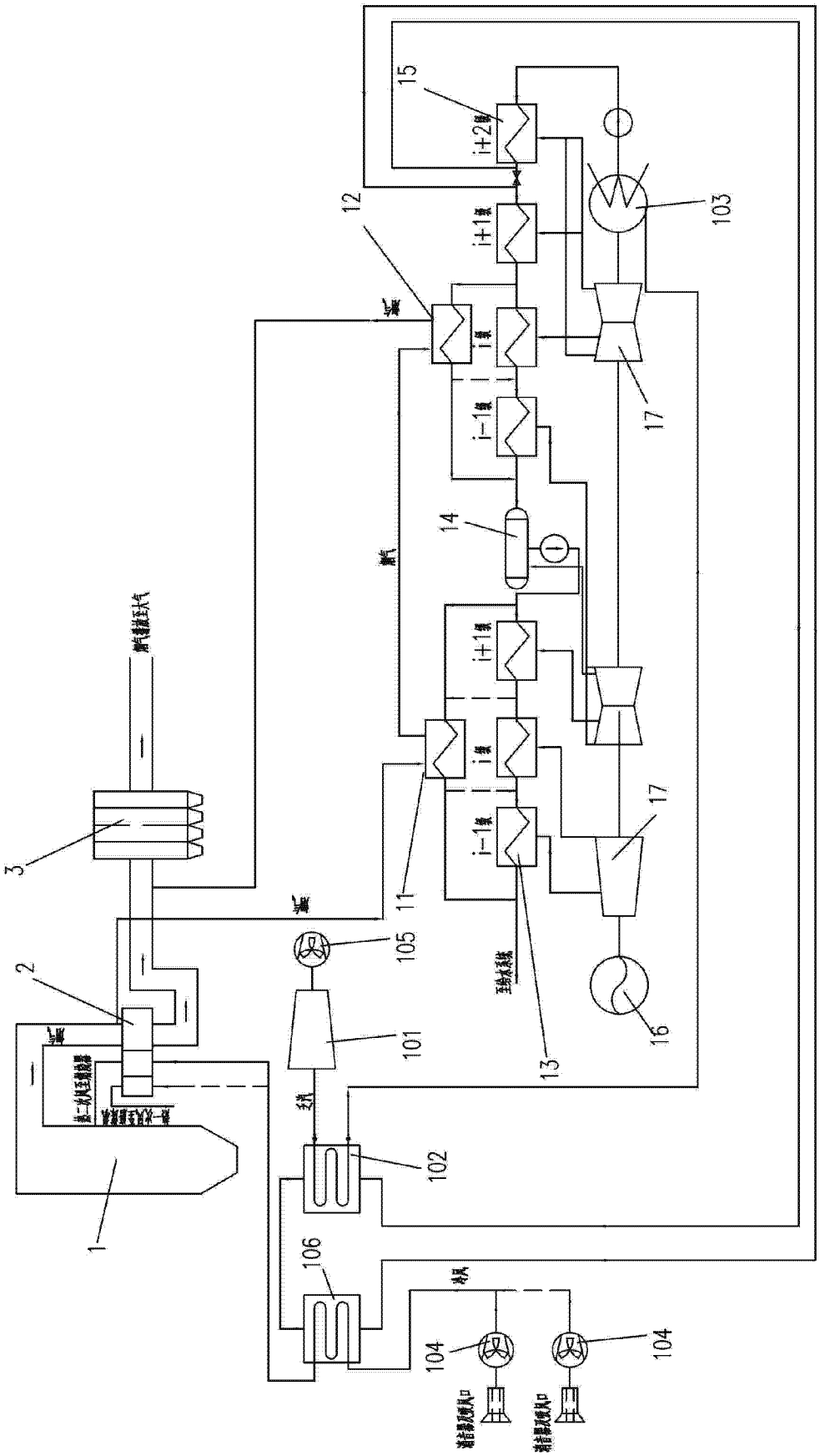



图 4

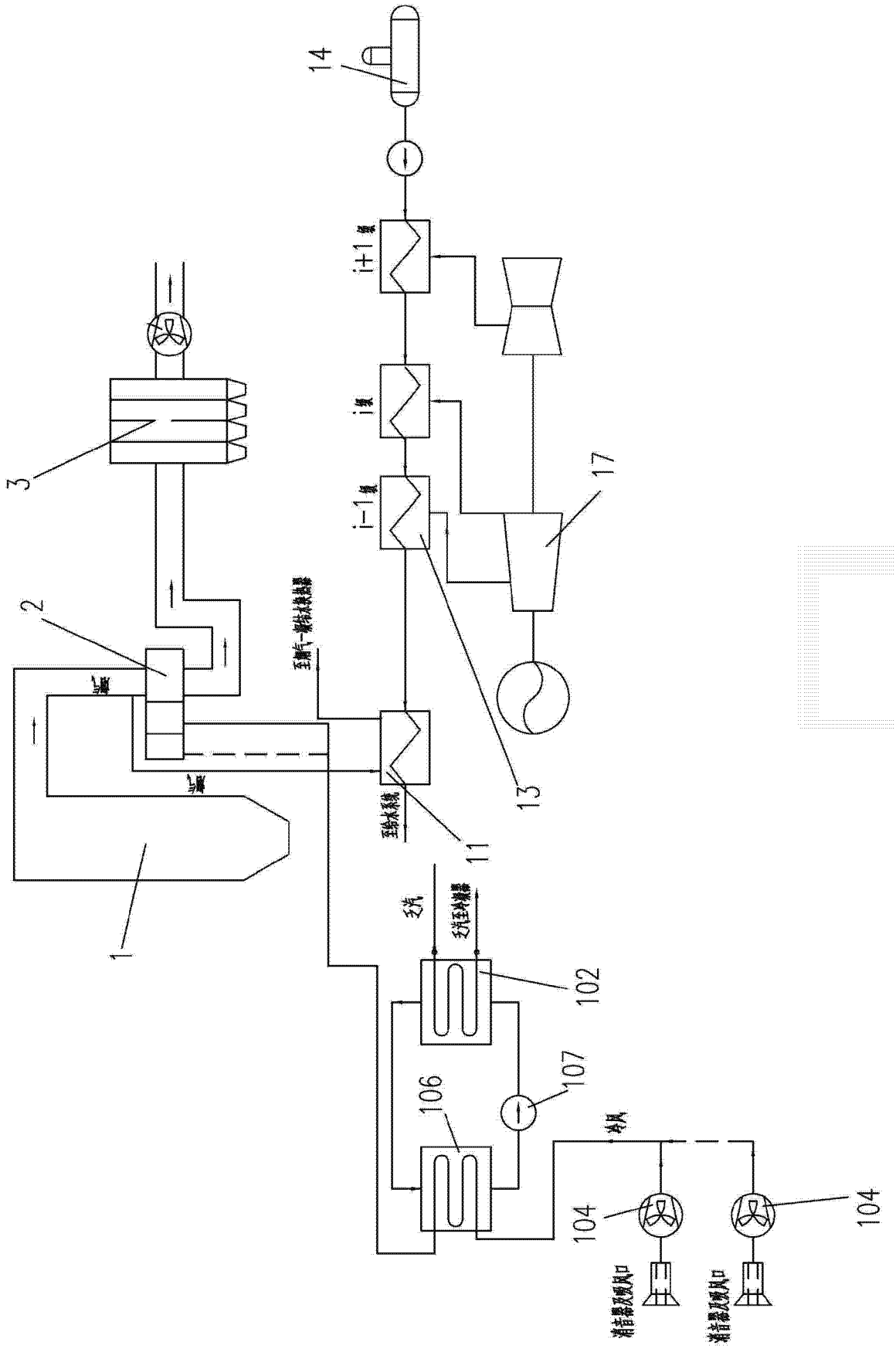

14
i+1 级
i 级
i-1 级
17
3
2
至翻气-橡炭水换热器
至给水系统
13
11
1
乏汽
乏汽至冷凝器
102
107
106
冷风
104
104
消音器及吸风口
消音器及吸风口

图 5

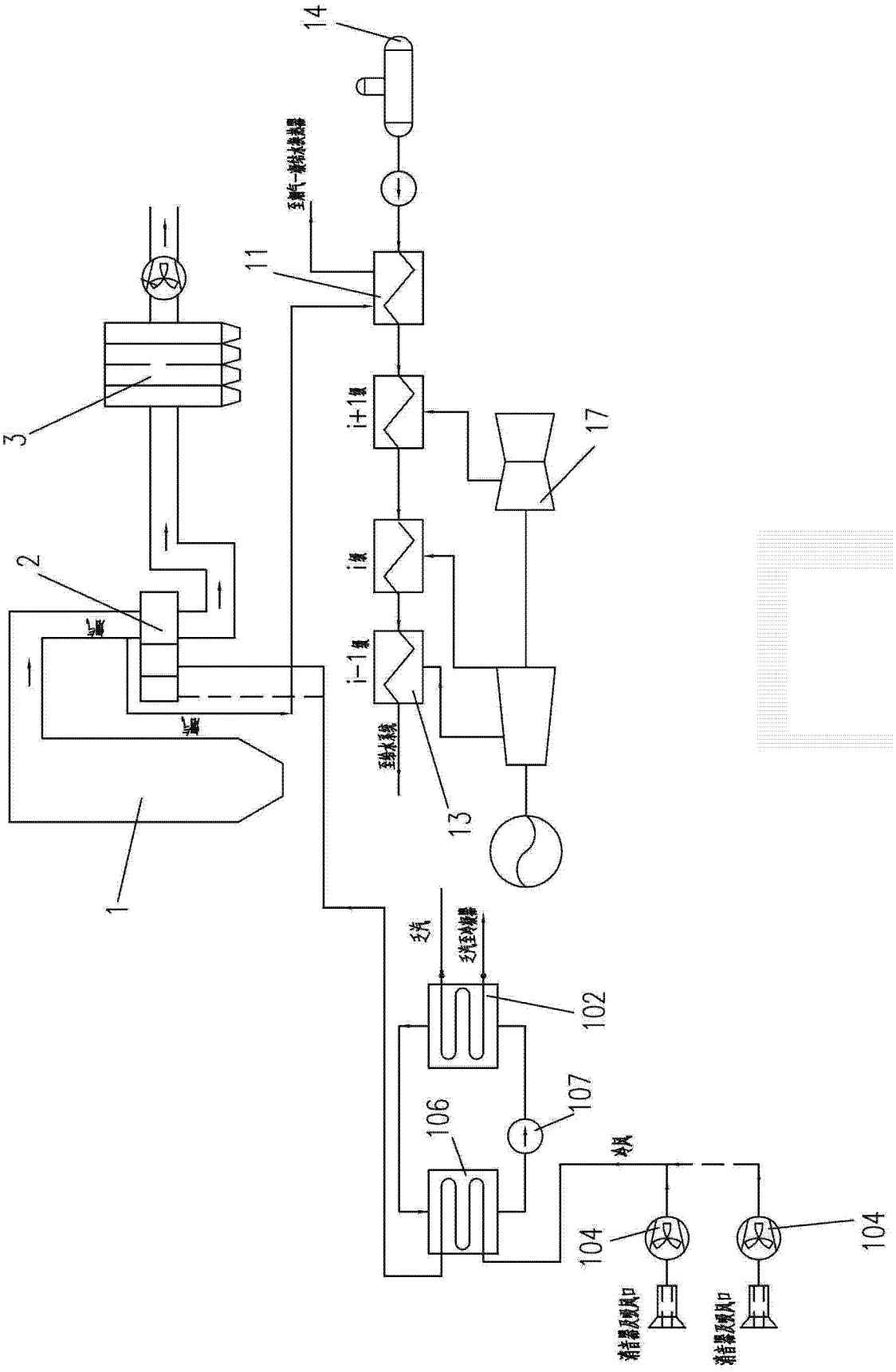



图 6

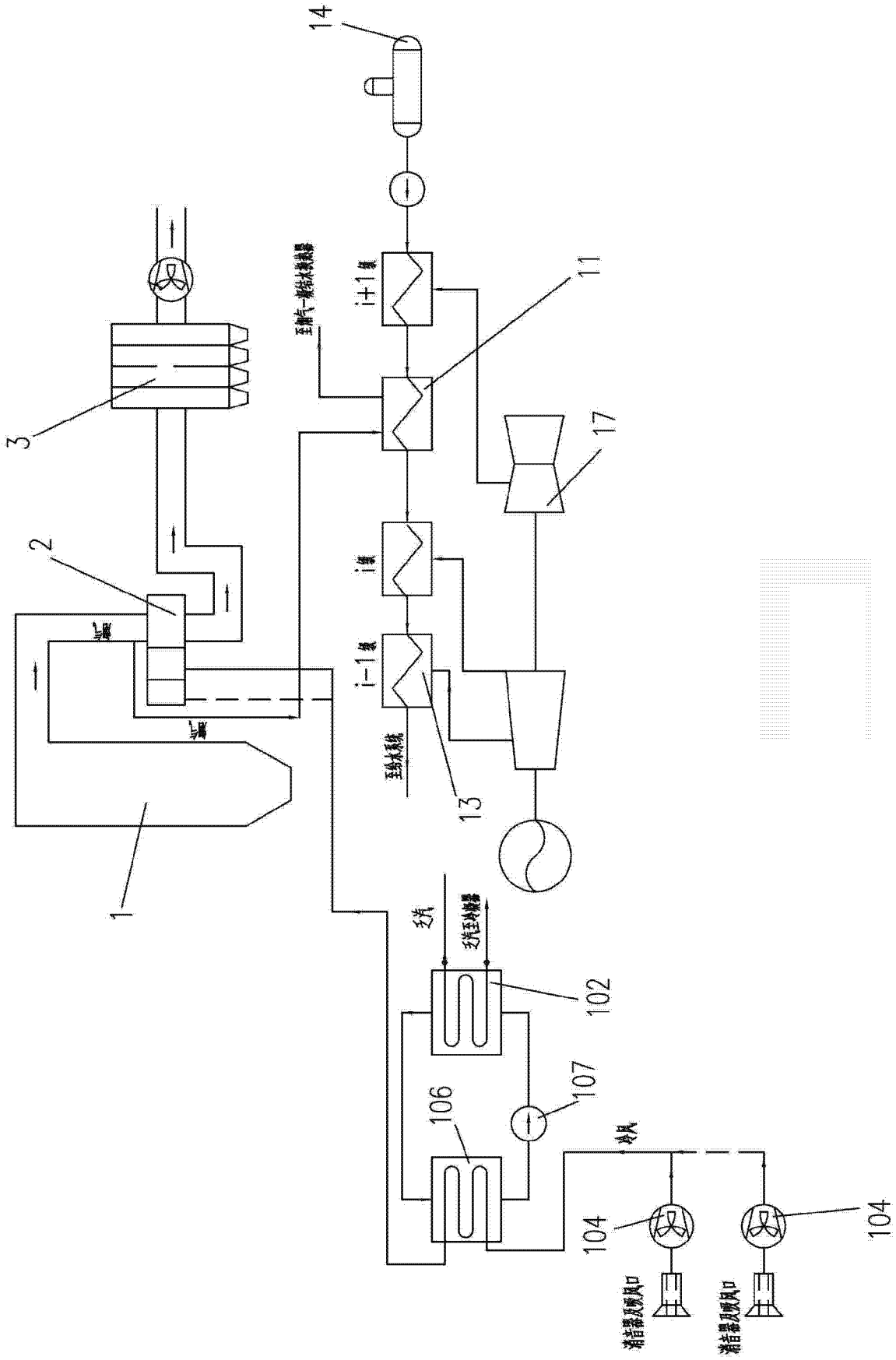



图 7

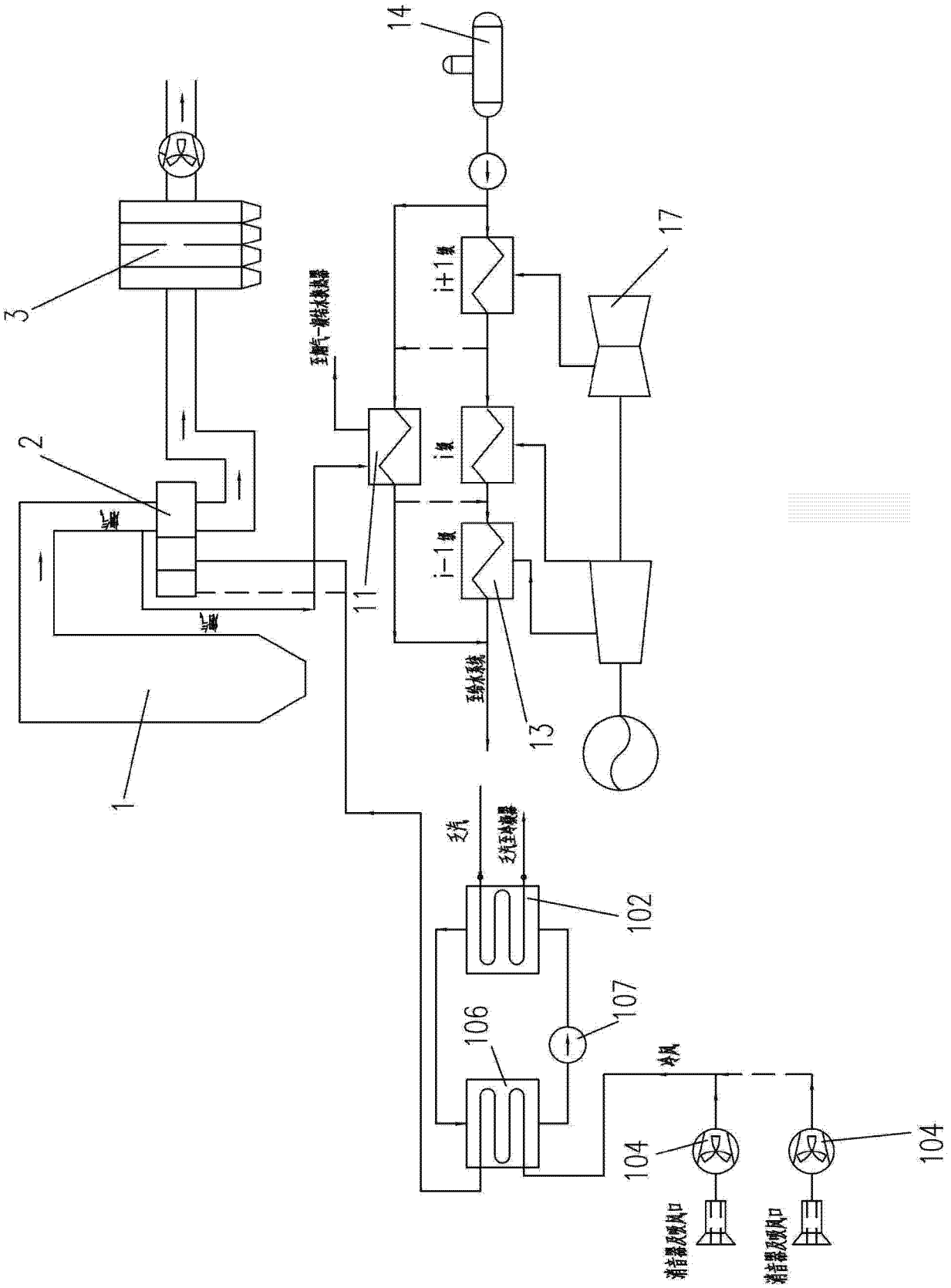



图 8

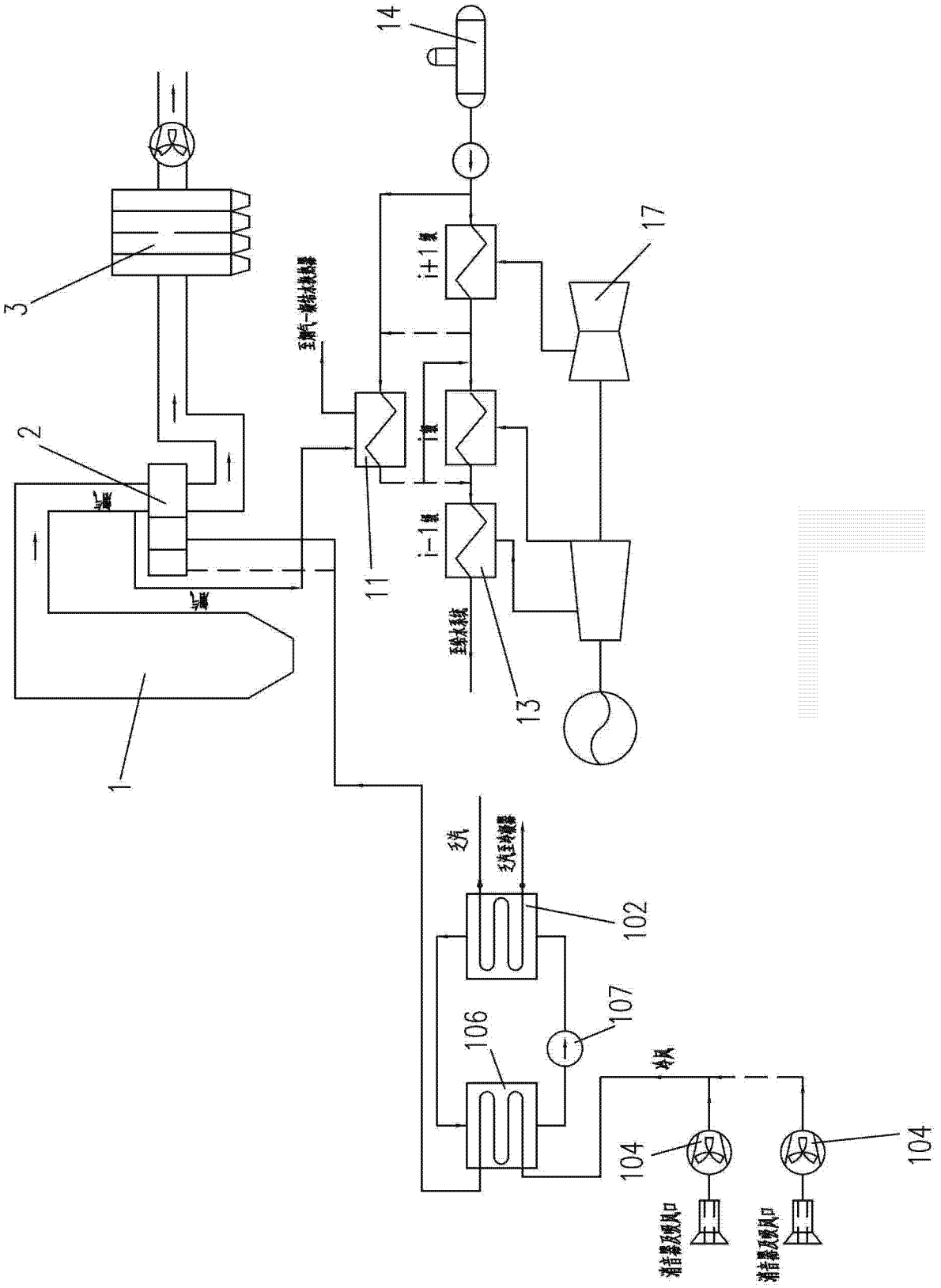



图 9

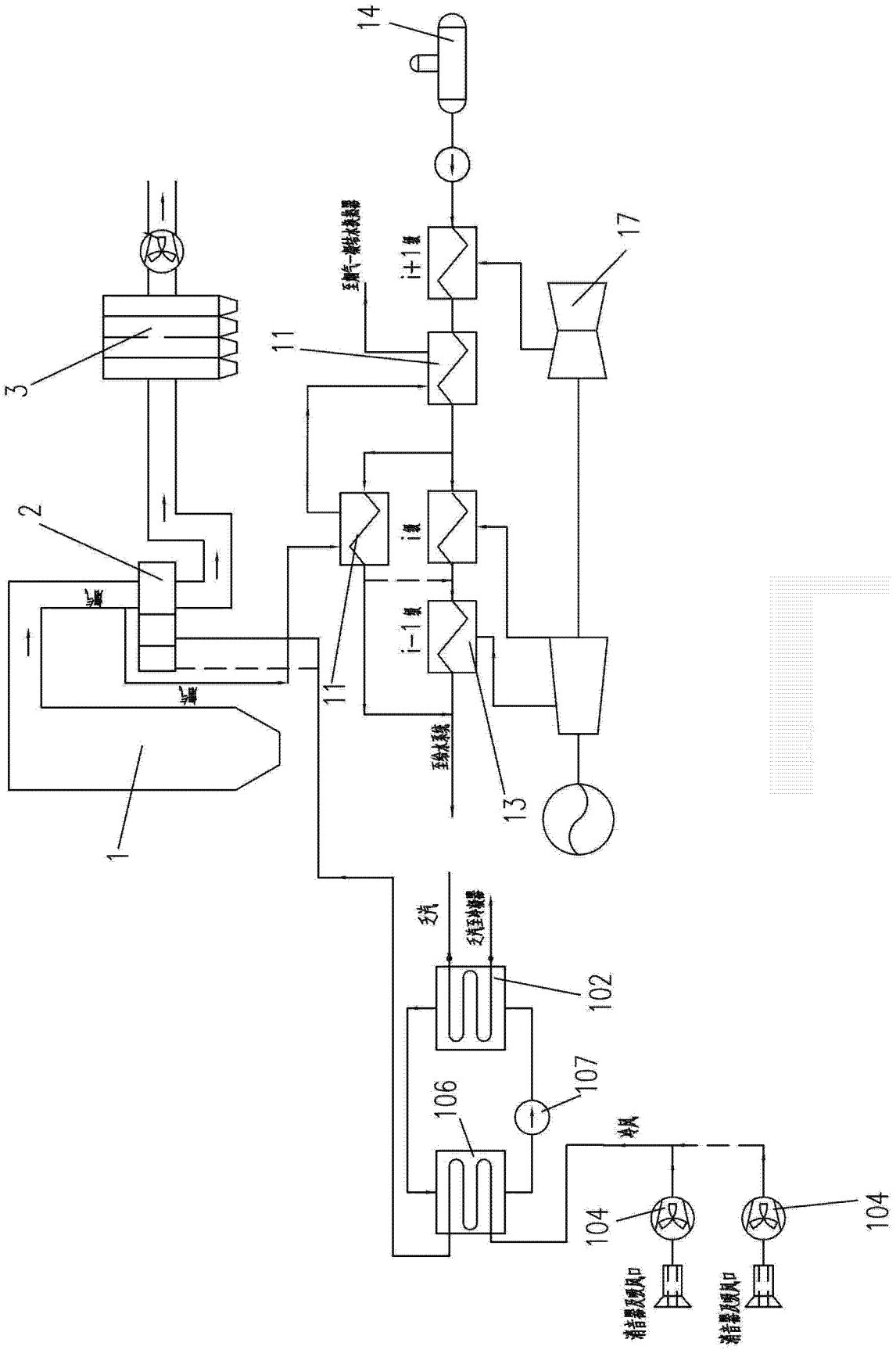



图 10

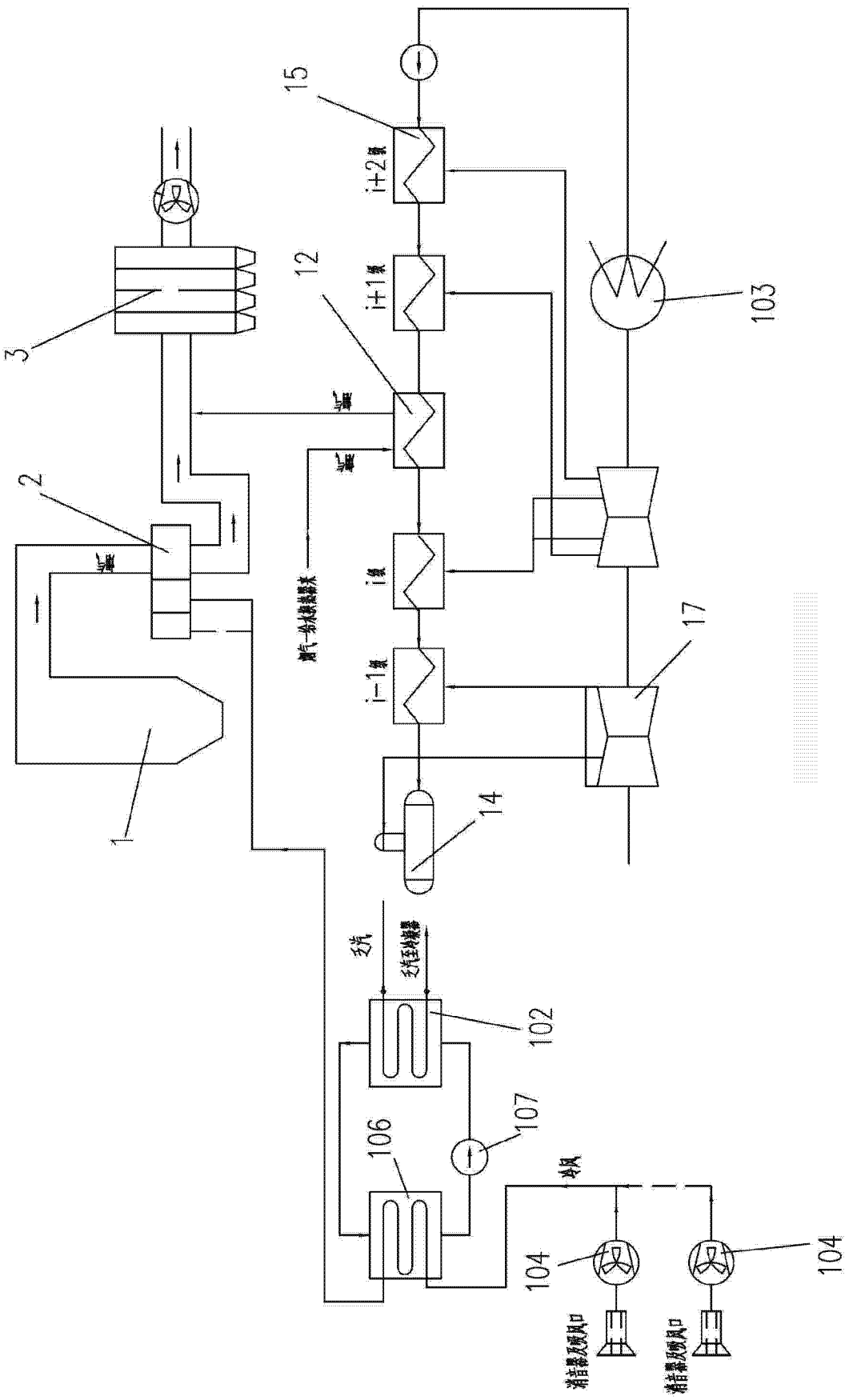



图 11

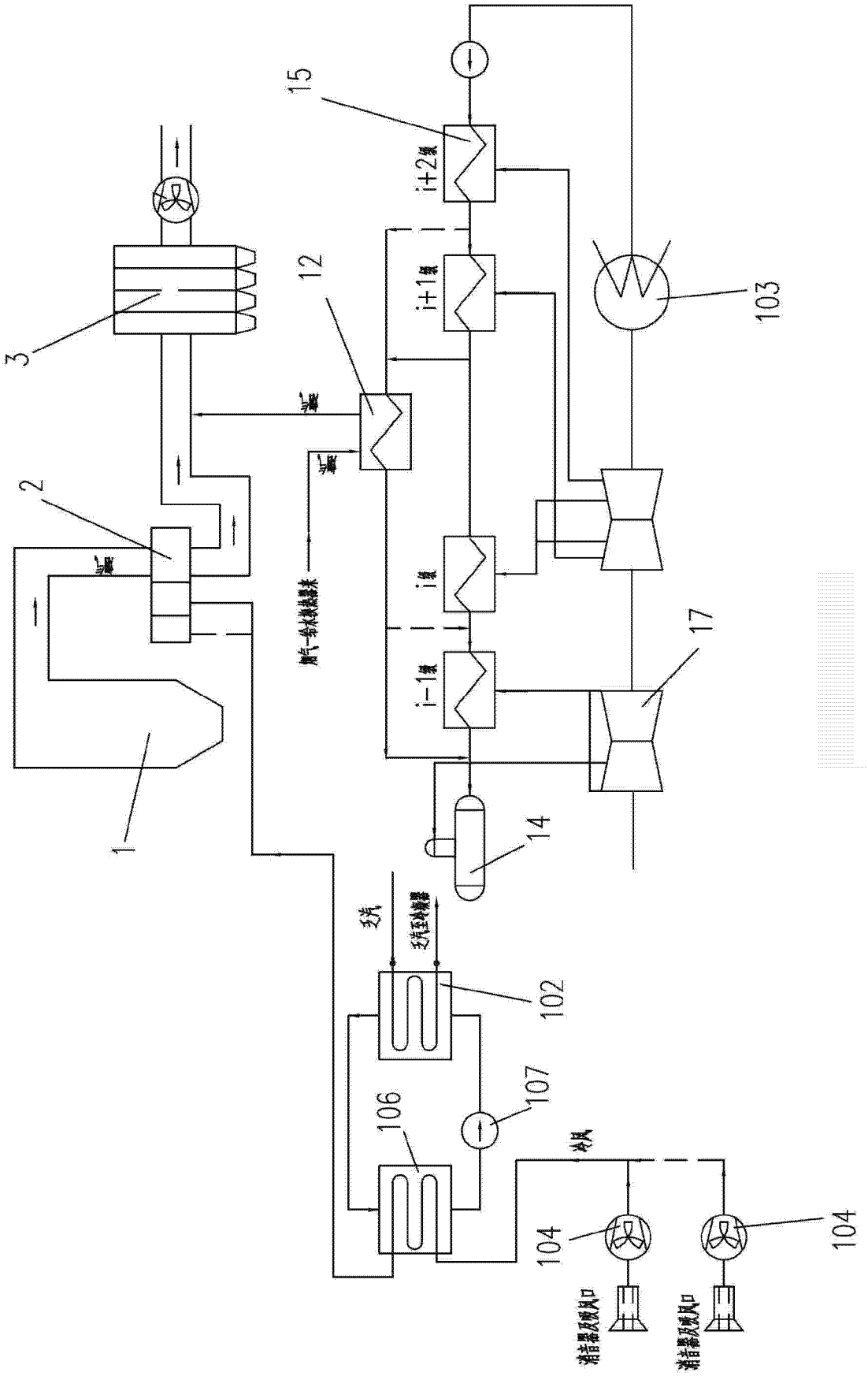



图 12

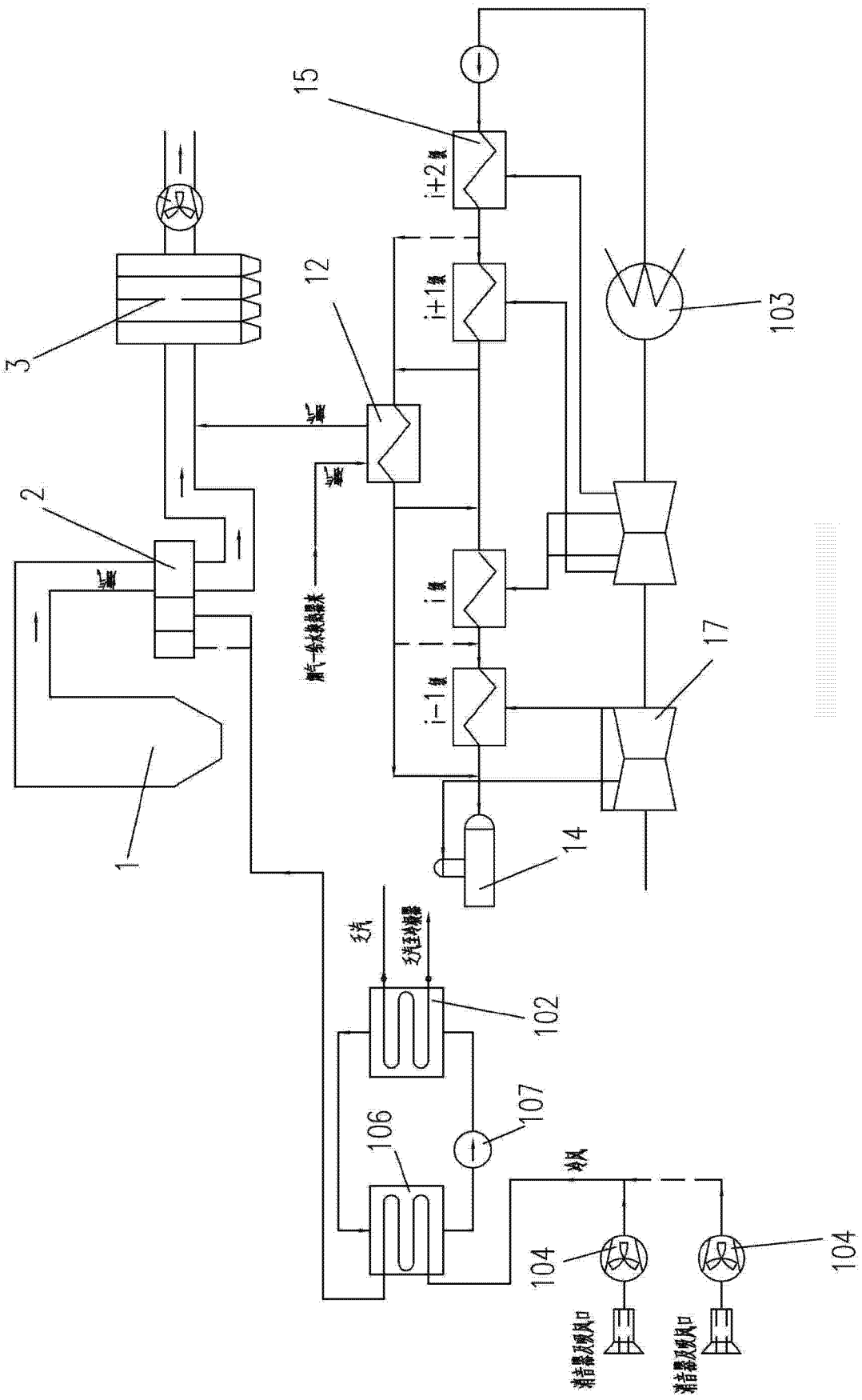

1
2
3
12
15
i+2级
i+1级
i级
i-1级
17
14
103
102
106
107
104
104
乏汽
乏汽至冷凝器
冷风
清洁器及吸风口
清洁器及吸风口

图 13

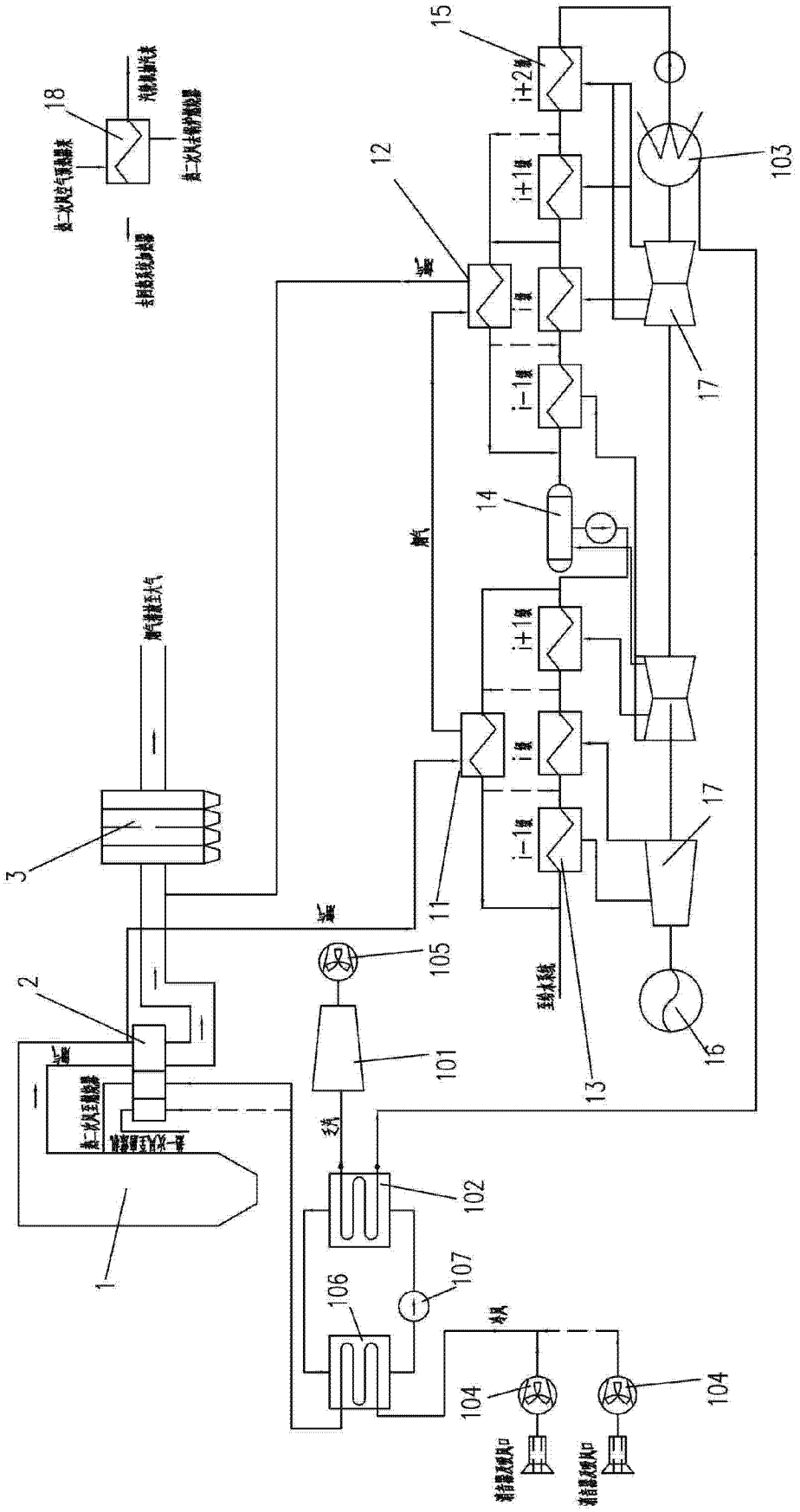

1
2
3
11
12
13
14
15
16
17
18
101
102
103
104
105
106
107
i+2级
i+1级
i级
i-1级
烟气
至给水系统
烟气排放至大气
去回热系统加热器
热二次风空气预热器来
热二次风去锅炉燃烧器
汽轮机抽汽来
热二次风至燃烧器
热一次风至燃烧器
热一次风至燃烧器
乏汽
冷风
清洁器及吸风口

图 14