

1. 一种火电厂余热利用系统,包括空气预热器、低压加热器、以及驱动汽轮机,其特征在于,还包括:

烟气-凝结水换热器(II),所述烟气-凝结水换热器(II)布置在所述空气预热器与火电厂的脱硫吸收塔之间,用于通过所述空气预热器出口的烟气加热来自所述低压加热器的凝结水。

2. 如权利要求1所述的火电厂余热利用系统,其特征在于,所述余热利用系统还包括驱动汽轮机乏汽能量利用系统,所述驱动汽轮机乏汽能量利用系统包括蒸汽-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,且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一次风机和/或送风机出口的一次风和/或二次风。

3. 如权利要求2所述的火电厂余热利用系统,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-水换热器通过热媒水与所述蒸汽-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。

4. 如权利要求2所述的火电厂余热利用系统,其特征在于,
所述蒸汽-水-风换热系统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-风换热系统和/或所述烟气-凝结水换热器(II)后,回到另一低压加热器的进口或出口。

5. 如权利要求1所述的火电厂余热利用系统,其特征在于,还包括高压加热器和烟气-给水换热器;

其中,所述火电厂的锅炉出口与所述烟气-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1所述的火电厂余热利用系统,其特征在于,还包括:低压加热器、除氧器、烟气-凝结水换热器(I);

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(I)侧连接;所述烟气-凝结水换热器烟气(I)的水侧与低压加热器或除氧器连接,以加热凝结水。

7. 如权利要求6所述的火电厂余热利用系统,其特征在于,从凝结水流程上,所述烟气-凝结水换热器(I)与所述低压加热器、除氧器并联,或串联,或同时并联和串联。

8. 如权利要求1所述的火电厂余热利用系统,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。

9. 如权利要求1所述的火电厂余热利用系统,其特征在于,在进入所述烟气-给水换热器和所述烟气-凝结水换热器(I)的烟道上还设置调节挡板门,所述条件挡板用于调节烟气量。

10. 一种火电机组,其特征在于,所述火电机组包括如权利要求1至9中任一项所述的火电厂余热利用系统。

火电厂余热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,具体涉及火火电厂余热利用系统及火电机组。

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] 目前,火电厂的能量利用率比较低,全厂热效率在35%~45%之间,世界上效率最高的火电厂的全厂热效率不高于46%。可见,约60%的能量被排放到环境中,没有被利用。

[0004] 排放到环境中的余热主要由两部分组成:(1)各种汽轮机的乏汽的能量被循环冷却水带走,这部分热量占余热的大部分。在目前的电厂,发电汽轮机的乏汽(也称排汽)被排入凝汽器,驱动汽轮机的乏汽也被排入凝汽器或者排入汽轮机回热系统。乏汽中含有大量的能量,主要是汽化潜能。当乏汽排入凝汽器,乏汽的能量被凝汽器的冷却水带走。或者,当乏汽排入回热系统,将排挤发电汽轮机抽汽,这部分被排挤的排汽最终也排入凝汽器,因此,乏汽的能量通过回热系统排挤的抽汽最终也被凝汽器的冷却水带走。(2)锅炉排放的烟气能量,由于烟气流量大,烟气温度较高,这部分热量也相当可观。

[0005] 因此,如果能够利用乏汽能量和锅炉排放的烟气能量,将对火电厂节能带来很大益处,提高火电厂的效率,降低煤耗,同时减少污染物的排放量。

发明内容

[0006] 本发明的目的是对火电厂余热进行回收利用,提高火电厂整体热效率。

[0007] 为实现上述目的,本发明提供了一种火电厂余热利用系统,包括空气预热器、低压加热器、以及驱动汽轮机,其特征在于,还包括:

[0008] 烟气-凝结水换热器(II),所述烟气-凝结水换热器(II)布置在所述空气预热器与火电厂的脱硫吸收塔之间,用于通过所述空气预热器出口的烟气加热来自所述低压加热器的凝结水。

[0009] 一优选实施例中,从凝结水流程上,所述烟气-凝结水换热器(II)与所述低压加热器并联。

[0010] 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(II)与所述低压加热器串联。

[0011] 另一优选实施例中,所述烟气-凝结水换热器(II)设置在所述除尘器进口。

[0012] 另一优选实施例中,所述烟气-凝结水换热器(II)设置在所述脱硫吸收塔进口。

[0013] 另一优选实施例中,所述烟气-凝结水换热器(II)分为多级设置在除尘器进口和脱硫吸收塔进口。

[0014] 另一优选实施例中,所述凝结水来源于本火电机组的汽轮机。

[0015] 另一优选实施例中,所述凝结水来源于其他火电机组的汽轮机。

[0016] 另一优选实施例中,所述余热利用系统还包括驱动汽轮机乏汽能量利用系统,所述驱动汽轮机乏汽能量利用系统包括蒸汽-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,且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一次风机和/或送风机出口的一次风和/或二次风。

[0017] 另一优选实施例中,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-水换热器通过热媒水与所述蒸汽-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。

[0018] 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-风换热系统和/或所述烟气-凝结水换热器(II)后,回到另一低压加热器的进口或出口。

[0019] 另一优选实施例中,从凝结水流程上,所述蒸汽-水换热器和空气-水换热器与低压加热器的关系为串联。

[0020] 另一优选实施例中,从凝结水流程上,所述蒸汽-水换热器和空气-水换热器与低压加热器的关系为并联。

[0021] 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(II)与所述蒸汽-水-风换热系统串联。

[0022] 另一优选实施例中,所述蒸汽-凝结水换热器(II)设置在所述蒸汽-水-风换热系统上游。

[0023] 另一优选实施例中,所述蒸汽-凝结水换热器(II)设置在所述蒸汽-水换热器与所述蒸汽-水-风换热系统之间。

[0024] 另一优选实施例中,所述蒸汽-凝结水换热器(II)在所述蒸汽-水-风换热系统下游。

[0025] 另一优选实施例中,所述蒸汽-凝结水换热器(II)在所述蒸汽-水-风换热系统之间。

[0026] 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(II)与所述蒸汽-水-风换热系统并联。

[0027] 另一优选实施例中,所述蒸汽-水-风换热系统的热媒水是除凝结水以外的其它水源,设置循环泵用以维持热媒水的循环。

[0028] 另一优选实施例中,还包括高压加热器和烟气-给水换热器;

[0029] 其中,所述火电厂的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

[0030] 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。

[0031] 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。

- [0032] 优选地,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。
- [0033] 优选地,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,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。
- [0034] 优选地,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。
- [0035] 优选地,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。
- [0036] 优选地,烟气-给水换热器可以是一级,也可以是若干级。
- [0037] 另一优选实施例中,火电厂余热利用系统还包括:烟气-凝结水换热器(I);
- [0038] 其中,所述烟气-凝结水换热器(I)烟气侧的出口与所述烟气-凝结水换热器(I)烟气侧连接;且
- [0039] 所述烟气-凝结水换热器(I)的水侧与低压加热器或除氧器连接,以加热凝结水。
- [0040] 优选地,从凝结水流程上,所述烟气-凝结水换热器(I)与所述低压加热器、除氧器串联。
- [0041] 优选地,从凝结水流程上,所述烟气-凝结水换热器(I)与所述低压加热器、除氧器并联,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(I)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、除氧器的上游、下游或任意两级低压加热器或低压加热器和除氧器的之间。
- [0042] 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(I)与所述低压加热器和除氧器同时并联和串联。
- [0043] 另一优选实施例中,所述烟气-凝结水换热器(I)布置在所有低压加热器和除氧器的上游、或布置在所有低压加热器和除氧器的下游、或布置在任意两个所述低压加热器或低压加热器与除氧器之间。
- [0044] 另一优选实施例中,烟气-凝结水换热器(I)可以是一级,也可以是若干级。
- [0045] 另一优选实施例中,本发明的火电厂余热利用系统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。
- [0046] 另一优选实施例中,在进入所述烟气-给水换热器和所述烟气-凝结水换热器(I)的烟道的烟道上还设置调节挡板门,所述条件挡板用于调节烟气量。
- [0047] 另一优选实施例中,本发明的火电厂余热利用系统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。
- [0048] 另一优选实施例中,本发明的火电厂余热利用系统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(I)和/或(II)的阻力。
- [0049] 另一优选实施例中,设置1个或以上所述烟气-给水换热器。
- [0050] 另一优选实施例中,设置1个或以上所述烟气-凝结水换热器(I)。
- [0051] 另一优选实施例中,所述凝结水、给水来源于本汽轮机。
- [0052] 另一优选实施例中,所述凝结水、给水来源于其它汽轮机。
- [0053] 另一优选实施例中,驱动汽轮机的乏汽凝结后可以引到凝汽器以回收工质,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。

[0054] 另一优选实施例中,驱动汽轮机可驱动给水泵、引风机、循环水泵、一次风机、送风机、或凝结水泵,也可驱动发电机发电。

[0055] 本发明还提供一种火电机组,其中,所述火电机组包括上述各实施例中的火电厂余热利用系统。

[0056] 一优选实施例中,所述火电机组是一次再热火电机组,或二次再热火电机组。

[0057] 一优选实施例中,所述火电机组的锅炉燃料为煤、或可燃气体、或油。

[0058] 本发明的火电厂余热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/或二次风进行加热,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。发电汽轮机给水系统和凝结水系统中的给水和凝结水被烟气加热后返回汽轮机热力系统。根据汽轮机热力循环基本原理,提高给水温度可降低汽轮机热耗。另外,烟气的能量传递给给水和凝结水后,排挤了部分高压加热器和低压加热器中的抽汽,在汽轮机进汽量不变的情况下,被排挤的抽汽在汽轮机内膨胀做功,因此,在机组煤耗量不变的情况下增加了汽轮发电机的发电量,同理,在汽轮发电机发电量不变的情况下,可节约机组的煤耗。此外,还利用烟气-凝结水换热器和空气预热器出来的混合烟气加热了低压加热器的凝结水,进一步利用了火电厂的余热能量,并进一步降低了低压加热器抽汽所需的发电汽轮机抽汽量,进一步节约了煤耗(或燃油等的消耗)。

[0059] 综上,本发明具有如下优点:

[0060] (1)即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,又利用了锅炉排烟的烟气余热,使得火电厂能量损失的两大方面都部分地得到利用,提高了火电厂的整体效率。

[0061] (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。

[0062] (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。

[0063] (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。

[0064] (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。

[0065] (6)蒸汽-水-冷风换热系统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。

[0066] (7)蒸汽-水-冷风换热系统和烟气-凝结水换热系统以按凝结水的流向串联布置或并联布置,使得上述两种电厂余热利用系统相互联系。这种配置方式使设备布置紧凑,大大节约了凝结水管道的长度,增加了各换热器参数匹配的灵活性,同时也提高了余热利用的效率。

[0067] (8)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

[0068] 图1是本发明的火电厂烟气余热利用系统的蒸汽-水-风换热系统和烟气-凝结

水换热器(II)的一个实施例的系统布置示意图；

[0069] 图 2 是本发明的火电厂烟气余热利用系统的蒸汽-水-风换热系统和烟气-凝结水换热器(II)的另一个实施例的系统布置示意图；

[0070] 图 3 是本发明的火电厂烟气余热利用系统的蒸汽-水-风换热系统和烟气-凝结水换热器(II)的另一个实施例的系统布置示意图；

[0071] 图 4 是本发明的火电厂烟气余热利用系统的蒸汽-水-风换热系统和烟气-凝结水换热器(II)的另一个实施例的系统布置示意图；

[0072] 图 5 是本发明的火电厂烟气余热利用系统的蒸汽-水-风换热系统和烟气-凝结水换热器(II)的另一个实施例的系统布置示意图；

[0073] 图 6 是本发明的火电厂烟气余热利用系统的一个实施例的系统布置示意图；

[0074] 图 7 是本发明的火电厂烟气余热利用系统的又一个实施例的系统布置示意图；

[0075] 图 8 是图 6 的烟气余热利用系统的烟气-给水换热器的布置位置的一个实施例的方框图；

[0076] 图 9 是图 6 的烟气余热利用系统的烟气-给水换热器的布置位置的另一个实施例的方框图；

[0077] 图 10 是图 6 的烟气余热利用系统的烟气-给水换热器的布置位置的另一个实施例的方框图；

[0078] 图 11 是图 6 的烟气余热利用系统的烟气-给水换热器的布置位置的另一个实施例的方框图；

[0079] 图 12 是图 6 的烟气余热利用系统的烟气-给水换热器的布置位置的另一个实施例的方框图；

[0080] 图 13 是图 6 的烟气余热利用系统的烟气-给水换热器的布置位置的另一个实施例的方框图；

[0081] 图 14 是图 6 的烟气余热利用系统的烟气-凝结水换热器(I)的布置位置的一个实施例的方框图；

[0082] 图 15 是图 6 的烟气余热利用系统的烟气-凝结水换热器(I)的布置位置的另一个实施例的方框图；

[0083] 图 16 是图 6 的烟气余热利用系统的烟气-凝结水换热器(I)的布置位置的另一个实施例的方框图；以及

[0084] 图 17 是在图 7 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

[0085] 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。

[0086] 以下,对本发明的主要技术术语进行说明。

[0087] 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。

[0088] 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。

[0089] 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。

[0090] 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。

[0091] 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。

[0092] 本文中，所述烟气-凝结水换热器(I)和(II)为一个换热器，或者为并联、串联、串并联的若干个换热器。

[0093] 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。

[0094] 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、热管式换热器等，均在本发明的保护范围内。

[0095] 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、热管式换热器等，均在本发明的保护范围内。

[0096] 本文中，所述烟气-凝结水换热器(I)和(II)包括管式换热器、板式换热器、表面式换热器、间热式换热器、热管式换热器等，均在本发明的保护范围内。

[0097] 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、热管式换热器等，均在本发明的保护范围内。

[0098] 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。这种汽轮机的作用是向水泵、引风机等提供转动的动力，也可用于驱动发电机。

[0099] 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。

[0100] 以下详细说明本发明的实施方式。图1是本发明的火电厂余热利用系统的一个实施例的系统布置示意图。如图1所示，根据本发明的实施例的火电厂余热利用系统包括烟气-凝结水换热系统和驱动汽轮机乏汽能量利用系统。其中，烟气-凝结水换热系统中，锅炉1的空气预热器2出口的烟气通过除尘器3后，进入烟气-凝结水换热器108加热凝结水。凝结水可以从任意一级低压加热器15进口或出口引出，经过烟气-凝结水换热器108加热后回到任意一级低压加热器15的进口或出口。由此加热凝结水，并将空气预热器2出来的烟气的能量(火电厂余热的一部分)传递给凝结水，减少了低压加热器15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。

[0101] 上述实施例中，从凝结水流程上，烟气-凝结水换热器(II)108可以与低压加热器15并联布置(参见图1)，也可以与低压加热器15串联布置(参见图2，下文将更详细描述)，也可以串并联布置。从烟气流程上，烟气-凝结水换热器108可以布置在除尘器3进口，也可以布置在脱硫吸收塔109进口，也可以设置多级烟气-凝结水换热器108分别布置在除尘器3进口和脱硫吸收塔109进口。

[0102] 接下来,描述图 1 所示的驱动汽轮机乏汽能量利用系统。如图 1 所示,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。

[0103] 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。

[0104] 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。

[0105] 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。

[0106] 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。

[0107] 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,并从而保持或尽量保持了燃烧器进风(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。

[0108] 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。当蒸汽-水-风换热系统(即,驱动汽轮机乏汽利用系统)以发电汽轮机中的凝结水作为热媒水时,可取消用于蒸汽-水-风换热系统的循环泵,且蒸汽-水-风换热系统还可与烟气-凝结水换热系统组合布置。凝结水可以从某一级低压加热器进口或出口引出。

[0109] 图 2-5 是本发明的烟气余热利用系统的其他实施例的系统布置示意图,示出烟气-凝结水换热系统(II)和驱动汽轮机乏汽能量利用系统组合布置的实施例的系统布置示意图。如图 2 所示,本实施例中,凝结水从第 $i+2$ 级低压加热器 15 的进口引出。被引出的凝结水首先进入烟气-凝结水换热器(II) 108,即烟气-凝结水换热器(II)的进水口与某一级低压加热器 15 的进口或出口连接。通过烟气-凝结水换热器(II)后,凝结水进入蒸汽-水换热器 102,然后分别通过蒸汽-水换热器 102 和空气-水换热器 106,最后回到某一级低压加热器进口或出口,本实施例中为第 $i+1$ 级低压加热器 15 的进口或出口。即空气-水换热器 106 的出口与某一级低压加热器 15 的进口或出口连接。与图 1 中所示实施

例相同,空气-水换热器 106 的进风口也与送风机和 / 或一次风机 104 连接。此时,空气预热器 2 出来的烟气的能量和驱动汽轮机 101 的乏汽能量加热了凝结水并同时加热了来自送风机和一次风机 104 的冷风。

[0110] 应理解,当同时采用蒸汽-凝结水换热系统(II)和蒸汽-水-风换热系统时,从凝结水流程上,两者可串联设置,即蒸汽-凝结水换热系统(II)可设置在蒸汽-水-风换热系统上游,如图 2 所示。或者,蒸汽-凝结水换热系统(II)也可设置在蒸汽-水换热器 102 和空气-水换热器 106 之间,如图 3 所示,即烟气-凝结水换热器(II)108 的凝结水进水端与蒸汽-水换热器 102 连接,烟气-凝结水换热器(II) 108 的凝结水出水端与空气-水换热器 106 连接。或者,蒸汽-凝结水换热系统(II)也可设置在蒸汽-水-风换热系统下游,即烟气-凝结水换热器(II) 108 的凝结水进水端与空气-水换热器 106 连接,烟气-凝结水换热器(II) 108 的凝结水出水端与引出凝结水的低压加热器之后的任一级低压加热器 15 连接,如图 4 所示。

[0111] 另外,从凝结水流程上,蒸汽-水-风换热系统和烟气-凝结水换热系统(II)也可并联设置,即,蒸汽-水-风换热系统和烟气-凝结水换热系统(II)从同一级低压加热器 15 引出凝结水,且凝结水经过蒸汽-水-风换热系统和烟气-凝结水换热系统(II)后回流到相同的另外一级低压加热器 15,如图 5 所示。

[0112] 另外,需要指出的是,不管驱动汽轮机乏汽利用系统是采用独立的循环水系统,还是由发电汽轮机热力系统中的凝结水作为热媒水,上述的烟气-凝结水换热系统(II)和驱动汽轮机乏汽利用系统既可以组合使用,也可以分别单独使用,即在火电机组中仅单独采用烟气-凝结水换热系统(II),或仅单独采用驱动汽轮机乏汽利用系统。而且,当仅采用驱动汽轮机乏汽利用系统并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。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能量利用系统和 / 或烟气-凝结水换热系统加热,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(高达 350 ~ 400℃左右)可用来加热火电机组中的给水和凝结水。

[0113] 图 6-16 是本发明的烟气余热利用的烟气-给水换热系统和烟气-凝结水换热系统(I)的实施例的系统布置图,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系统布置图。参见图 6,图 6 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。

[0114] 如图 6 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(I) 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、驱动汽轮机 101、以及烟气-凝结水换热系统和驱动汽轮机乏汽能量利用系统。

[0115] 驱动汽轮机 101 出来的乏汽首先通过驱动汽轮机乏汽能量利用系统中的蒸汽-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。

[0116] 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。水侧流程中,烟气-给水换热器 11 和烟气-凝结水换热器(I) 12 分别与高压加热器 13 和低压加热器 15 连接。烟气侧流程中,锅炉出口、烟气-给水换热器 11、烟气-凝结水换热器(I) 12 连接。

[0117] 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。

[0118] 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(I)12 加热凝结水。本实施例中,从凝结水流程上,烟气-凝结水换热器(I)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(I)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(I)是一级,但也可以是多级。

[0119] 烟气经过烟气-凝结水换热器(I) 12 后,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,然后进入烟气-凝结水换热器 108 以加热凝结水。凝结水可以从任意一级低压加热器 15 进口或出口引出,经过烟气-凝结水换热器 108 加热后回到任意一级低压加热器 15 的进口或出口。

[0120] 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。

[0121] 图 6 实施例中,低品质的烟气能量和驱动汽轮机乏汽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(I),加热发电汽轮机给水和凝结水,减少了原先加热给水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压加热器抽汽,降低了发电汽轮机热耗。而且,烟气-凝结水换热器(I)12 和空气预热器 2 出来的混合烟气加热了凝结水,进一步减少了原先加热凝结水的低压加热器抽汽,利用了火电厂的余热能量。

[0122] 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。图 7 示出以发电汽轮机热力系统中的凝结水作为热媒水时,本发明的火电厂余热利用系统的系统布置图。与上

述参见图 6 所示的实施例不同之处在于,取消了循环泵,并且蒸汽-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。所引出的凝结水首先经过烟气-凝结水换热器 108,然后进入蒸汽-水换热器 102,并接着进入空气-水换热器 106,最后从空气-水换热器 106 出来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。

[0123] 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。

[0124] 参见图 8-13,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 8),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 9),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 10),或者设置若干个烟气-给水换热器同时布置在上述位置中。

[0125] 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 11)。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 12、图 13),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。

[0126] 本发明的烟气-凝结水换热器(I)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 14-16,从凝结水流程上,烟气-凝结水换热器(I)可与低压加热器串联,即烟气-凝结水换热器(I)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 14),或者设置若干个烟气-凝结水换热器(I)同时布置在上述位置中。

[0127] 另外,从凝结水流程上,烟气-凝结水换热器(I)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(I)被加热,再与凝结水主路汇合(参见图 15)。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(I)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(I)也可与低压加热器同时并联和串联,烟气-凝结水换热器(I)可以是一级(参见图 16),也可以是若干级。烟气-凝结水换热器(I)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。

[0128] 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 17。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。

[0129] 此外,还可在进入烟气-给水换热器和烟气-凝结水换热器(I)和(II)的烟道中设置调节挡板门调节烟气量。

[0130] 另外,上述的烟气-给水换热器、烟气-凝结水换热器(I)、烟气-凝结水换热器(II)、空气-水换热器、以及蒸汽-水换热器的各种布置方案可以相互组合(图6所示实施例是组合之一)而不脱离本发明的精神。

[0131] 本发明的火电厂余热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。发电汽轮机给水系统和凝结水系统中的给水和凝结水被烟气加热后返回汽轮机热力系统。根据汽轮机热力循环基本原理,提高给水温度可降低汽轮机热耗。另外,烟气的能量传递给给水和凝结水后,排挤了部分高压加热器和低压加热器中的抽汽,在汽轮机进汽量不变的情况下,被排挤的抽汽在汽轮机内膨胀做功,因此,在机组煤耗量不变的情况下增加了汽轮发电机的发电量,同理,在汽轮发电机发电量不变的情况下,可节约机组的煤耗。此外,还利用烟气-凝结水换热器和空气预热器出来的混合烟气加热了低压加热器的凝结水,进一步利用了火电厂的余热能量,并进一步降低了低压加热器抽汽所需的发电汽轮机抽汽量,进一步节约了煤耗(或燃油等的消耗)。

[0132] 综上,本发明具有如下优点:

[0133] (1)即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,又利用了锅炉排烟的烟气余热,使得火电厂能量损失的两大方面都部分地得到利用,提高了火电厂的整体效率。

[0134] (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。

[0135] (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。

[0136] (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。

[0137] (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。

[0138] (6)蒸汽-水-冷风换热系统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。

[0139] (7)蒸汽-水-冷风换热系统和烟气-凝结水换热系统以按凝结水的流向串联布置或并联布置,使得上述两种电厂余热利用系统相互联系。这种配置方式使设备布置紧凑,大大节约了凝结水管道的长度,增加了各换热器参数匹配的灵活性,同时也提高了余热利用的效率。

[0140] (8)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。

[0141] 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。

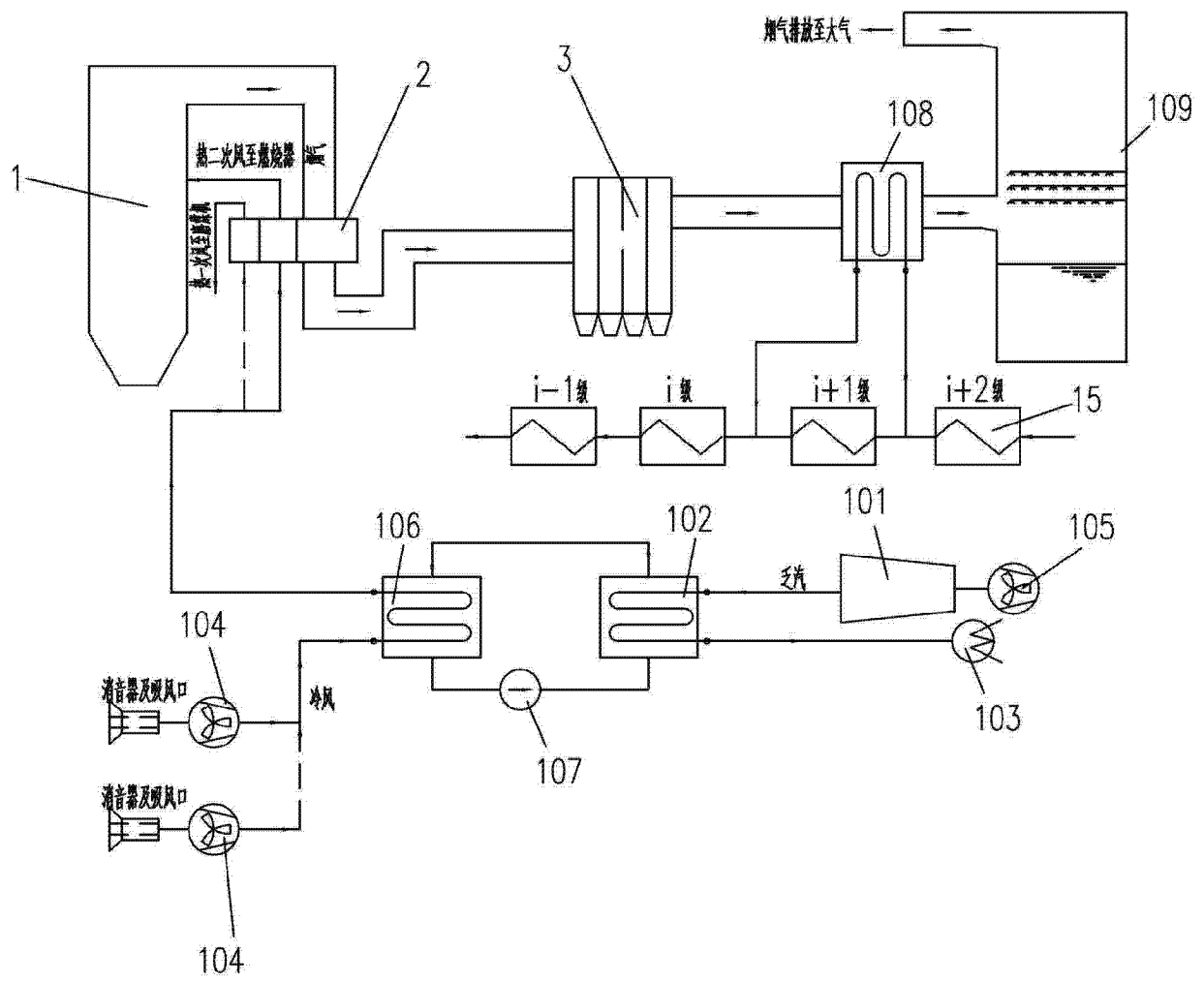


图 1

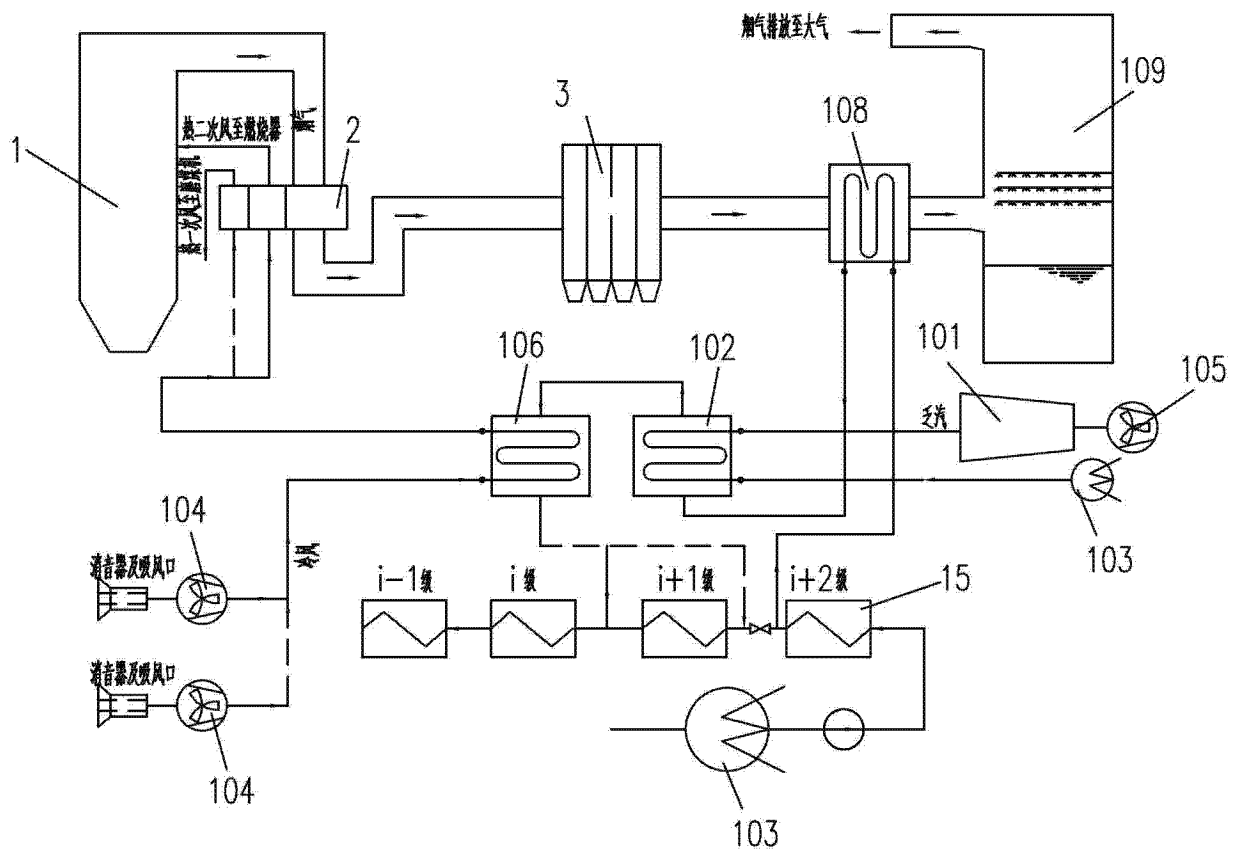


图 2

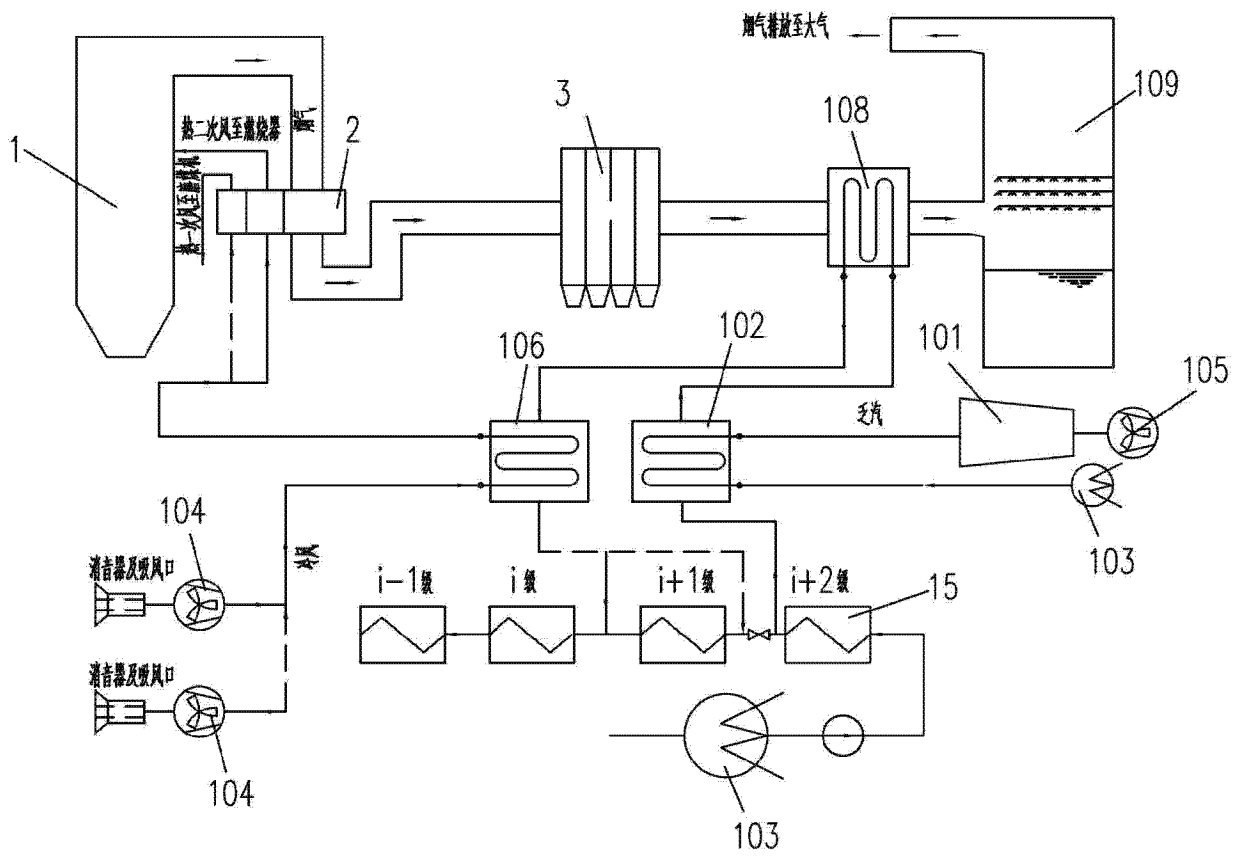


图 3

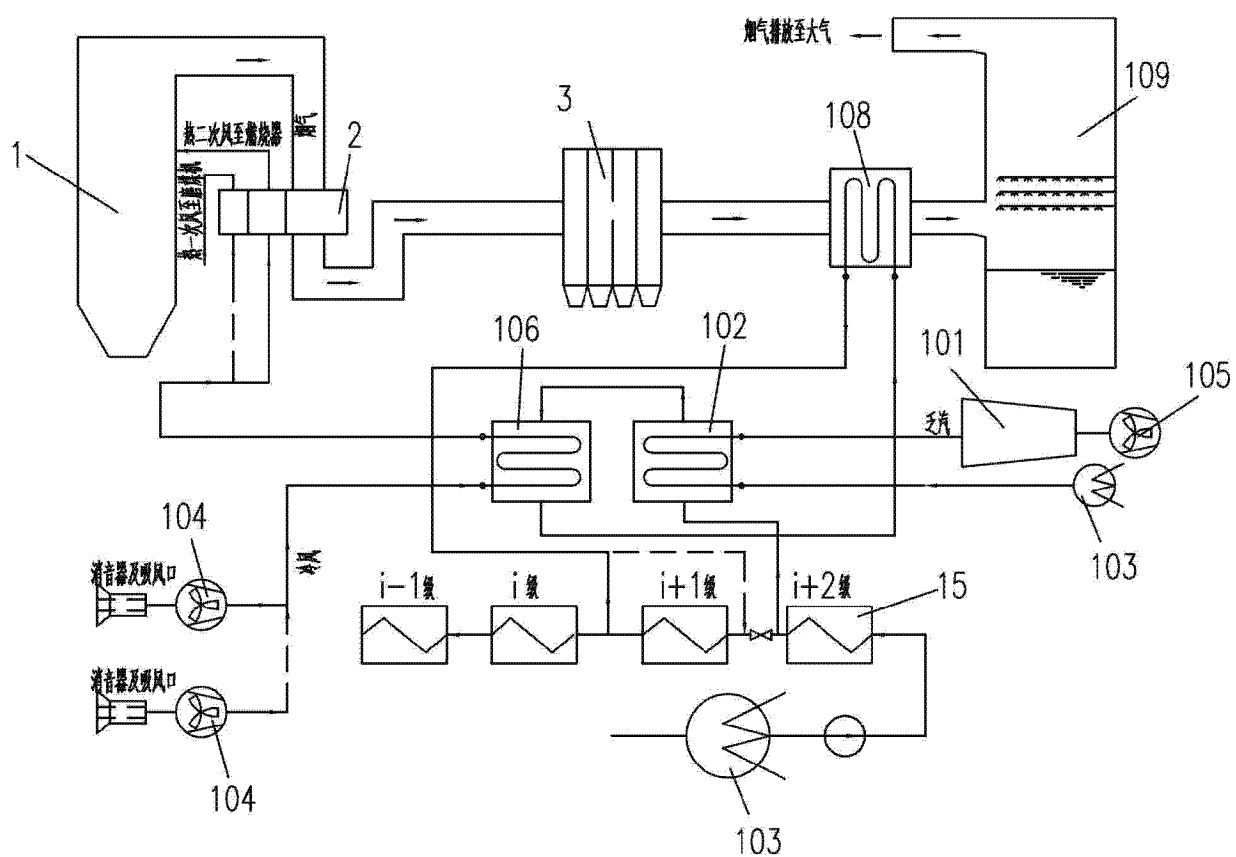


图 4

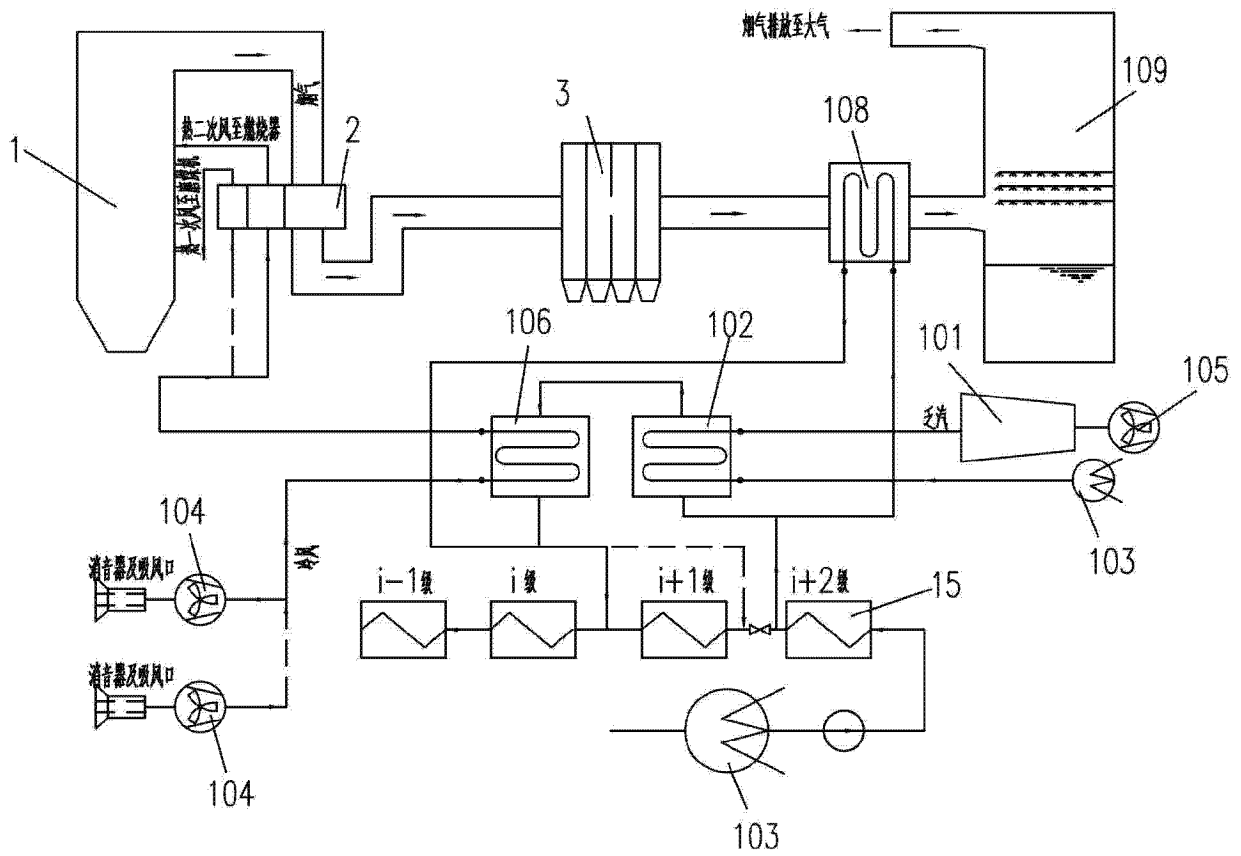


图 5

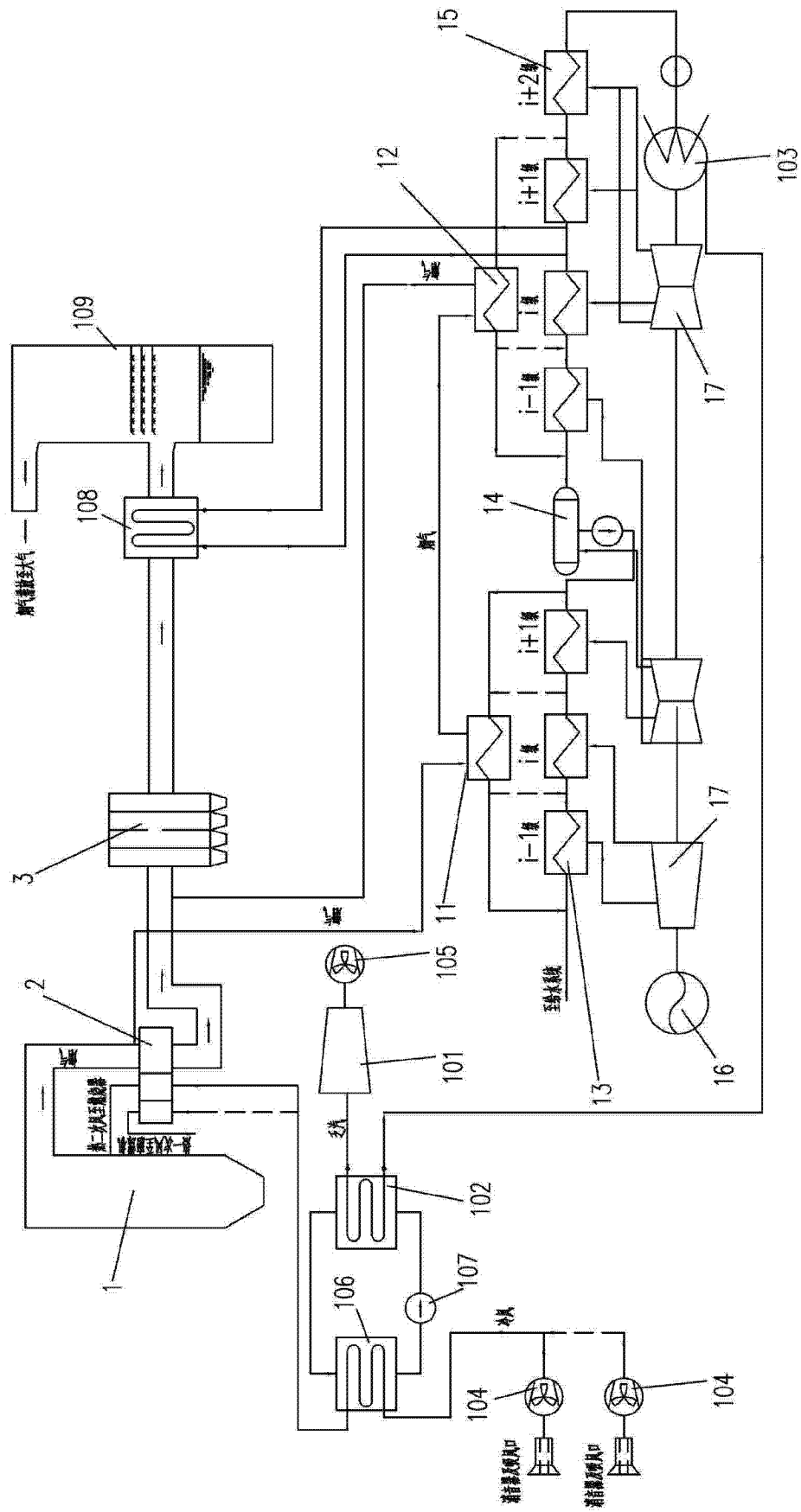


图 6

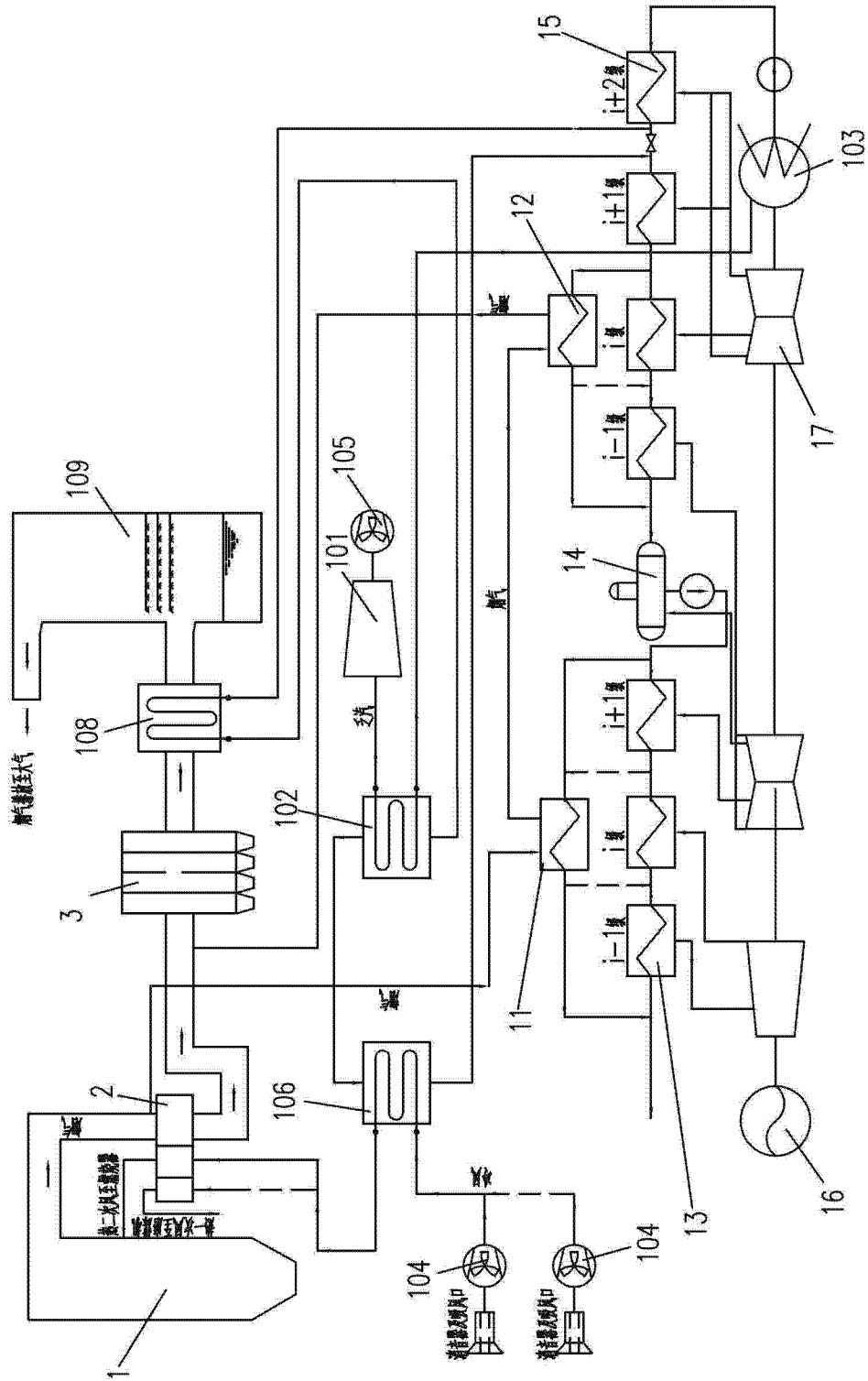


图 7

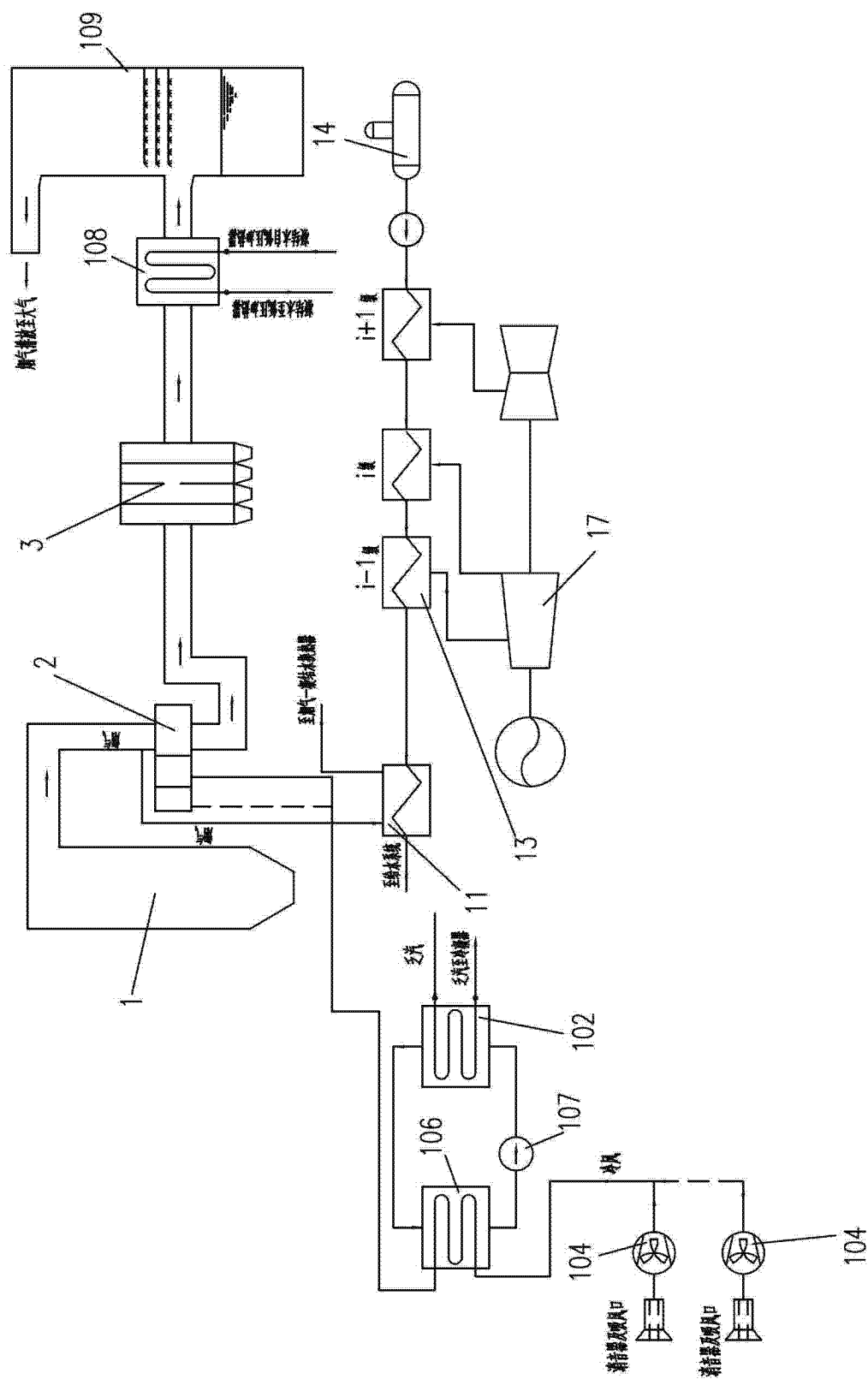


图 8

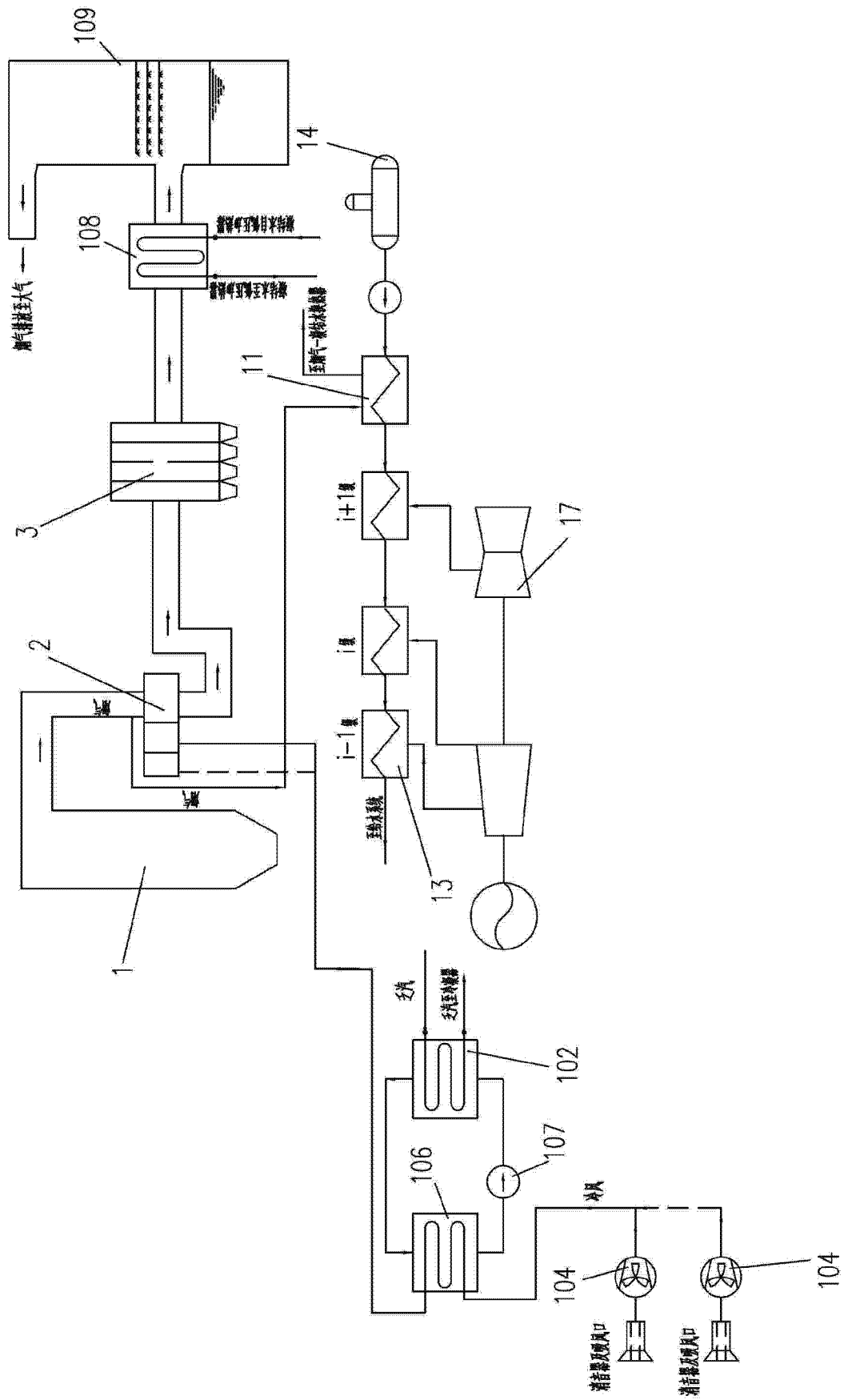


图 9

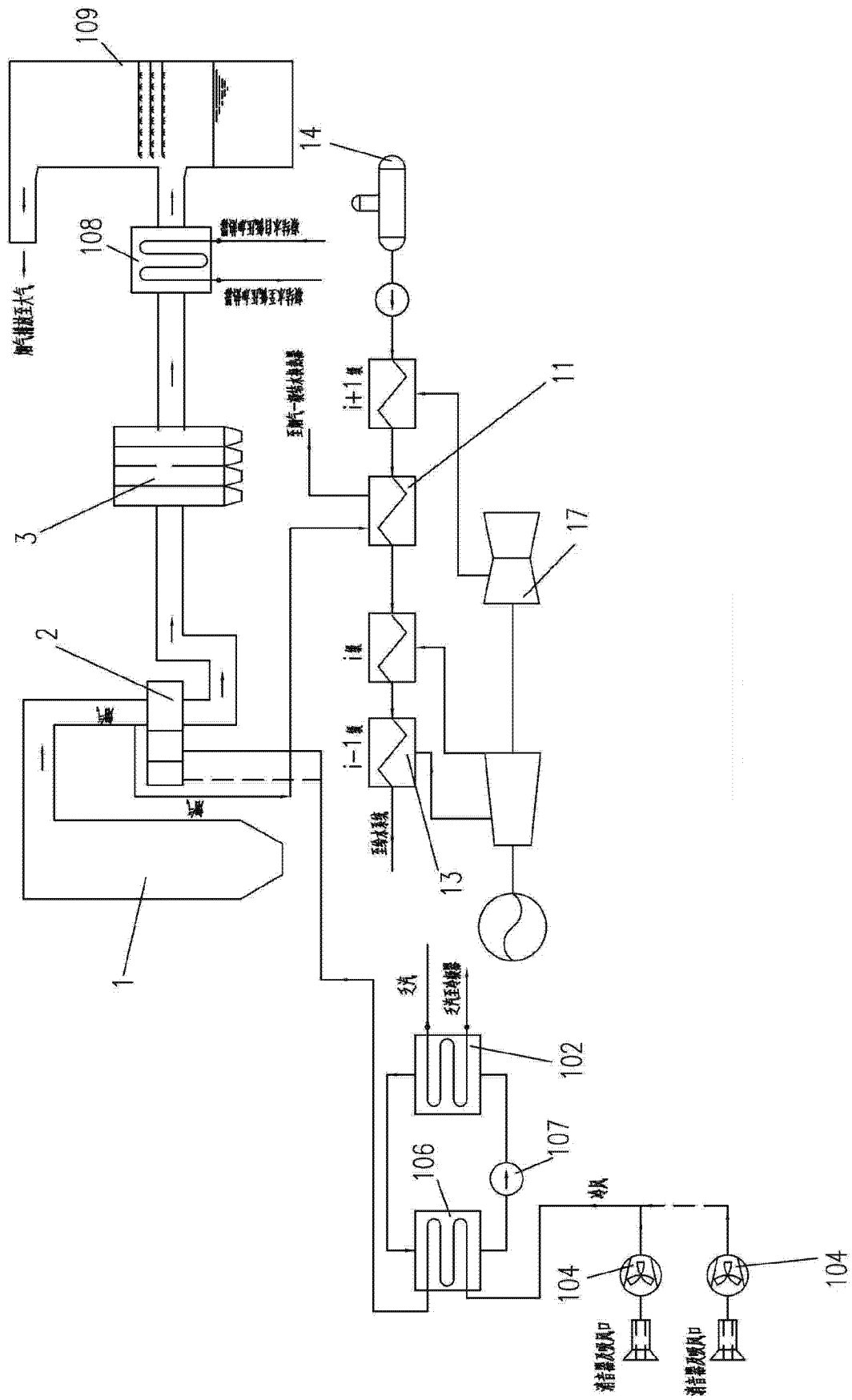


图 10

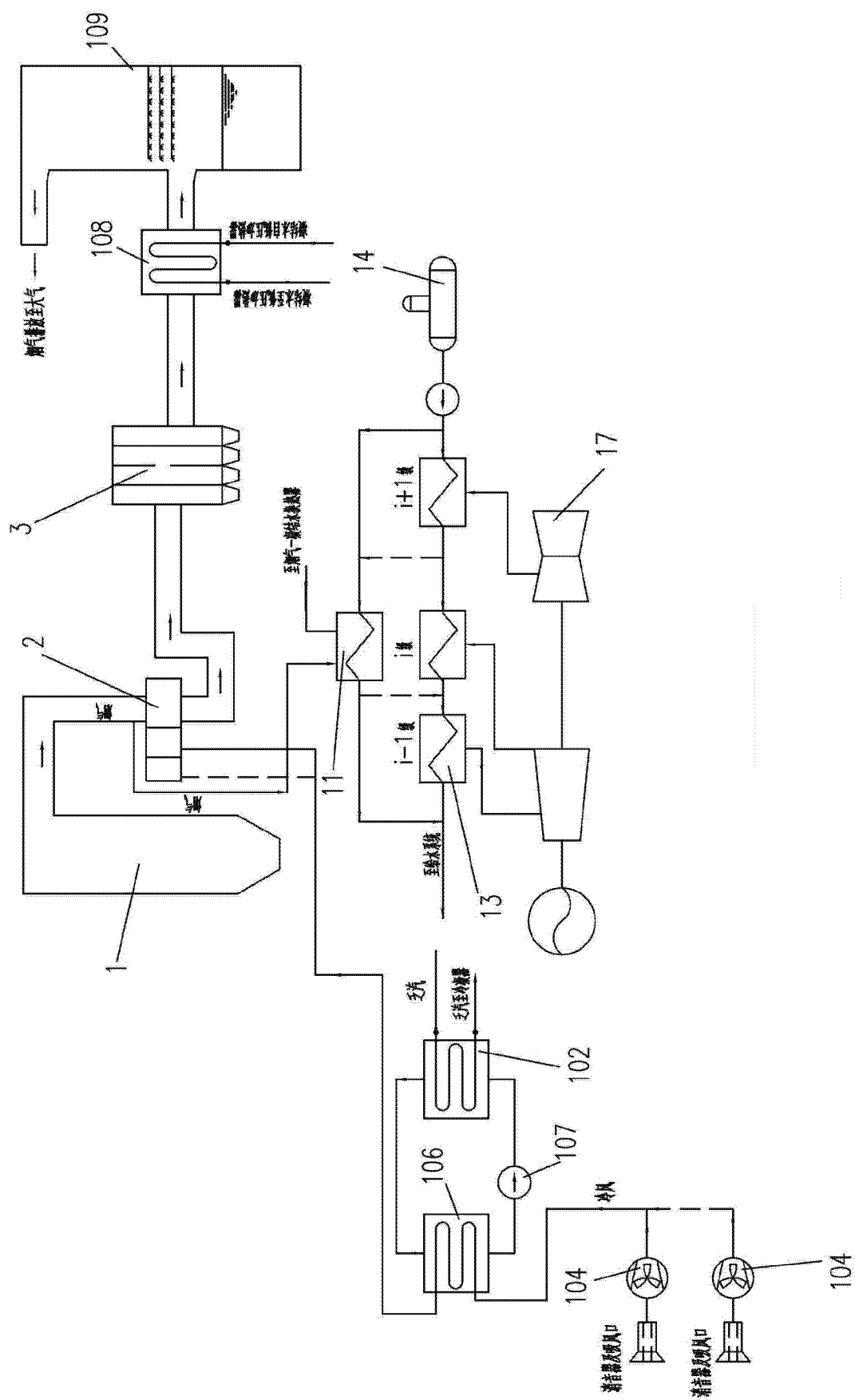


图 11

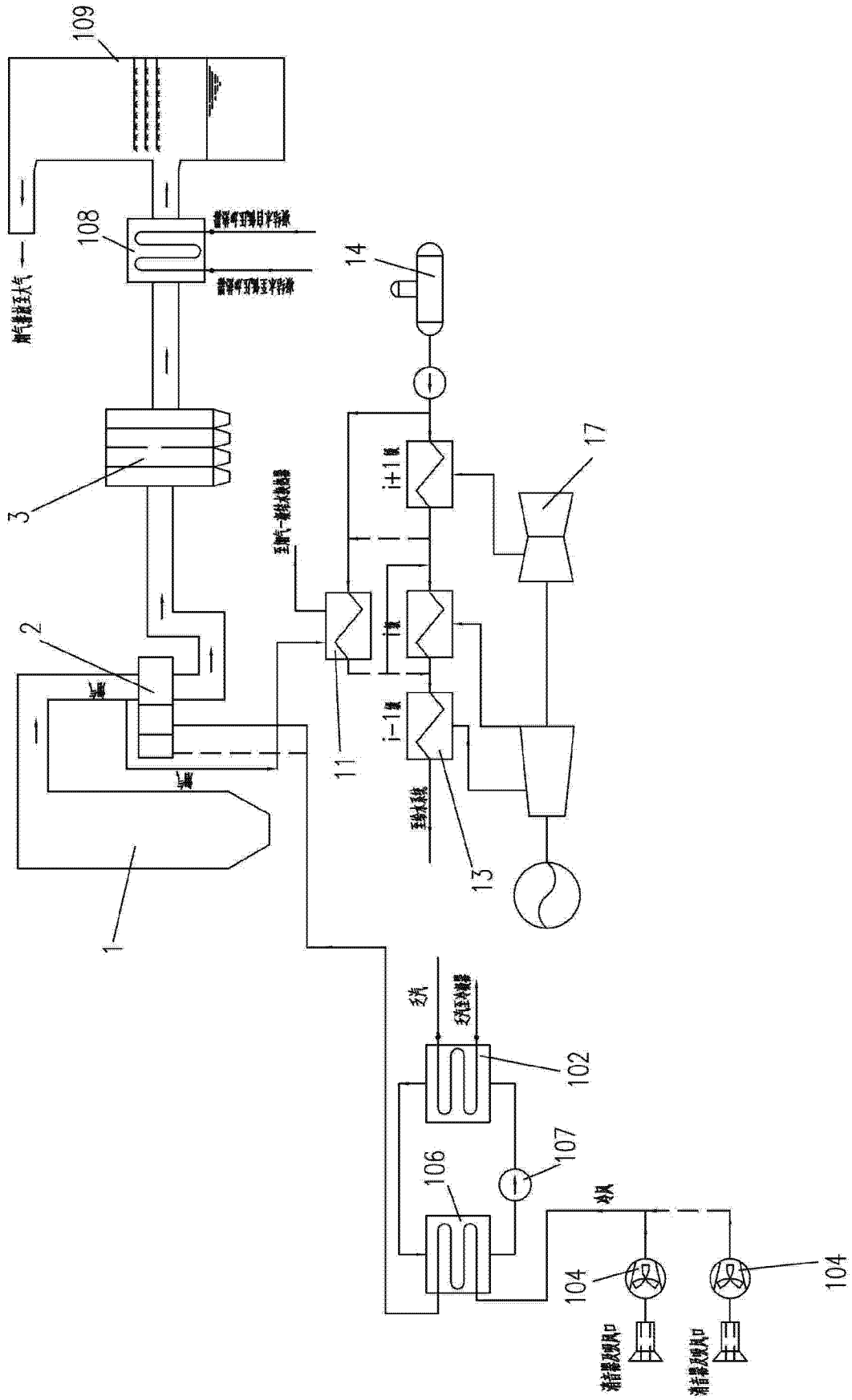


图 12

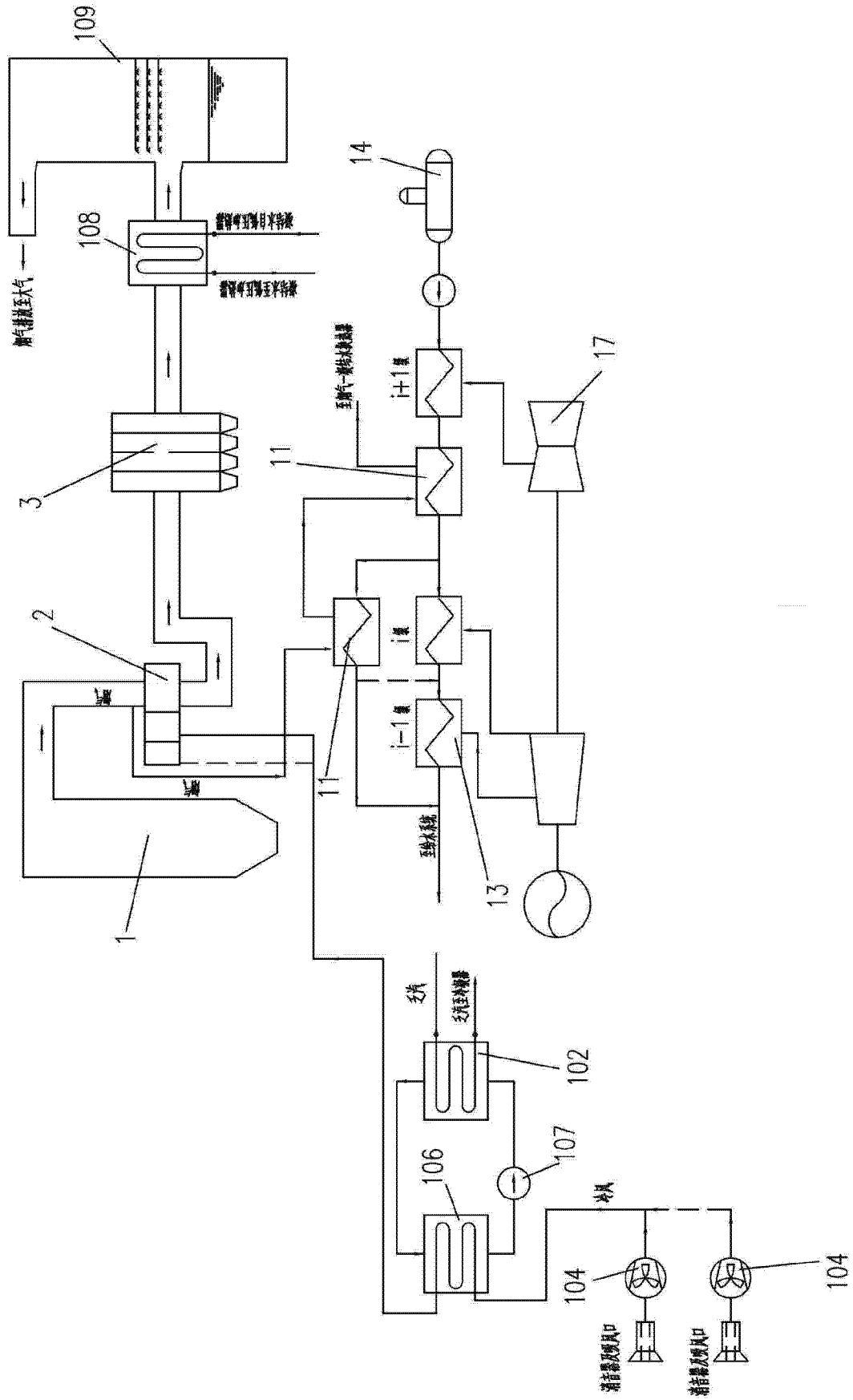


图 13

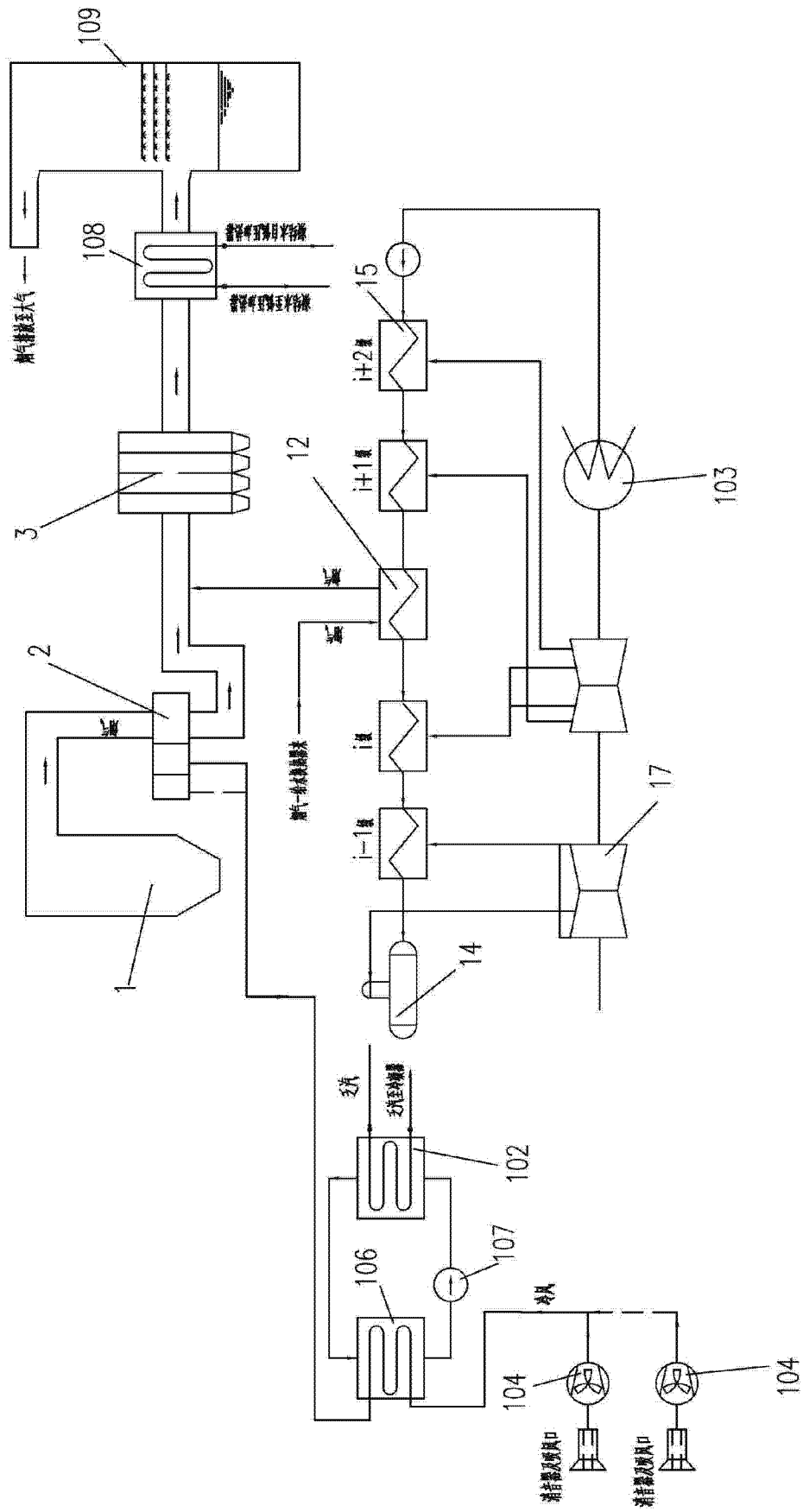


图 14

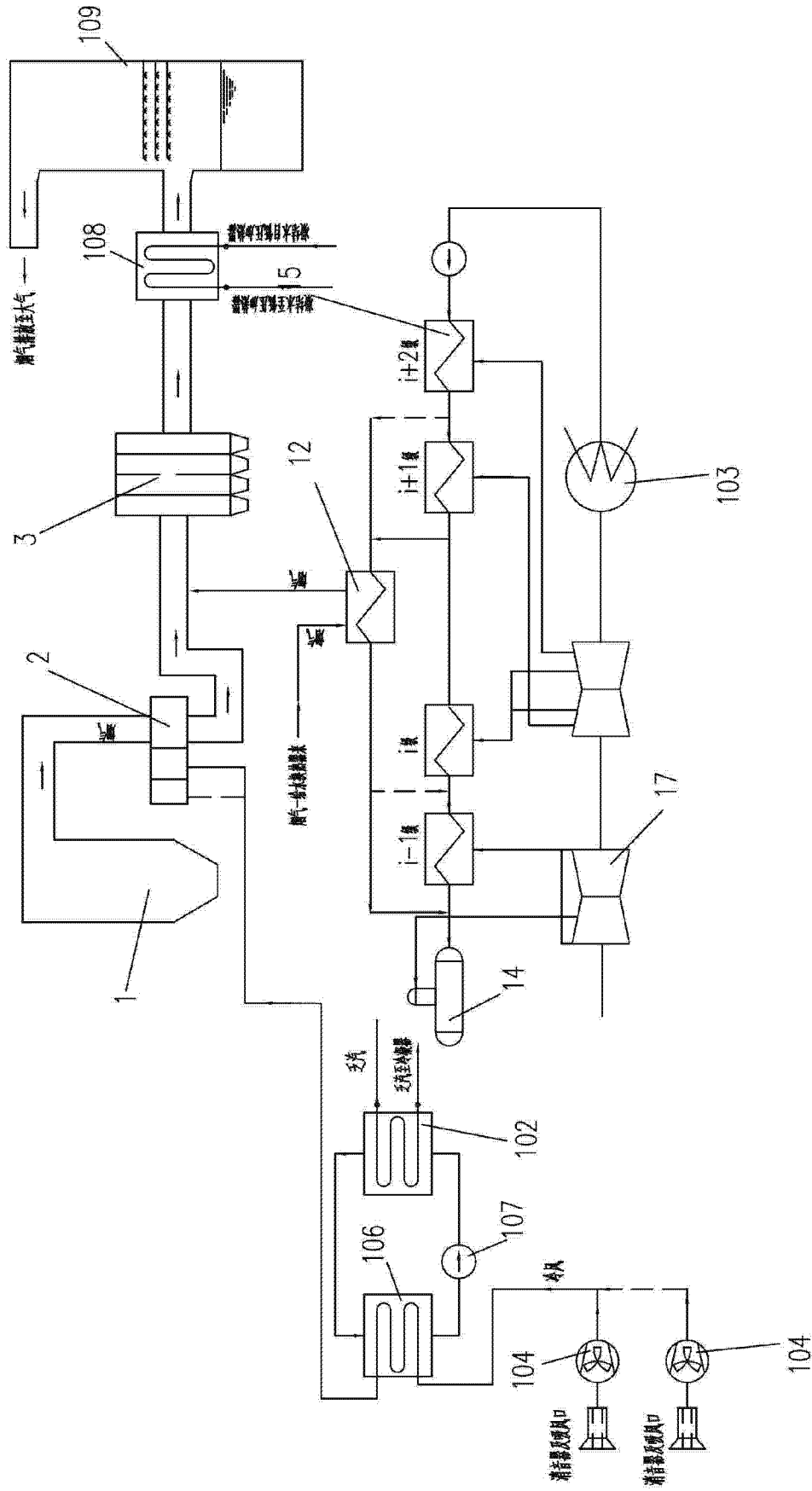


图 15

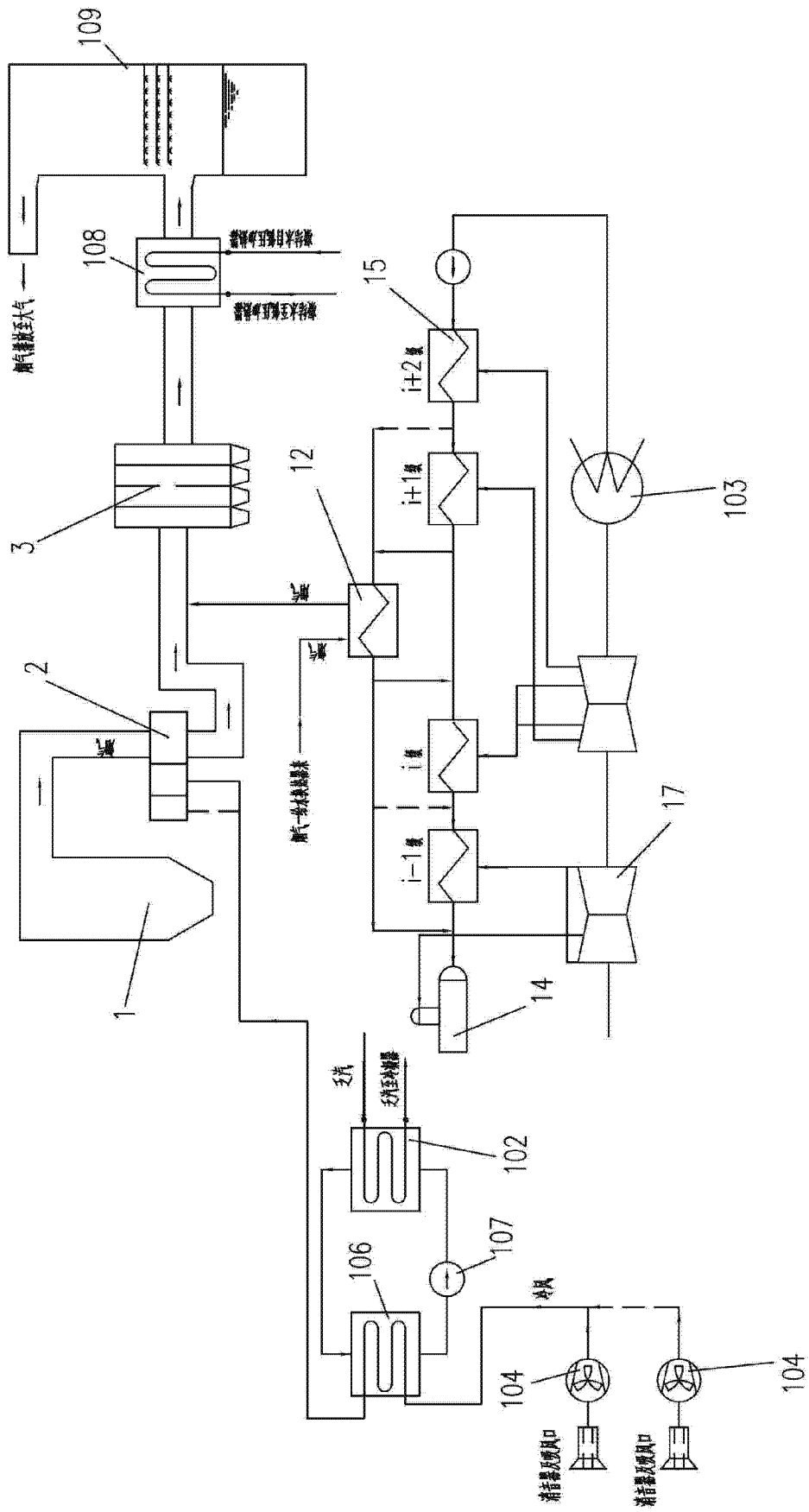


图 16

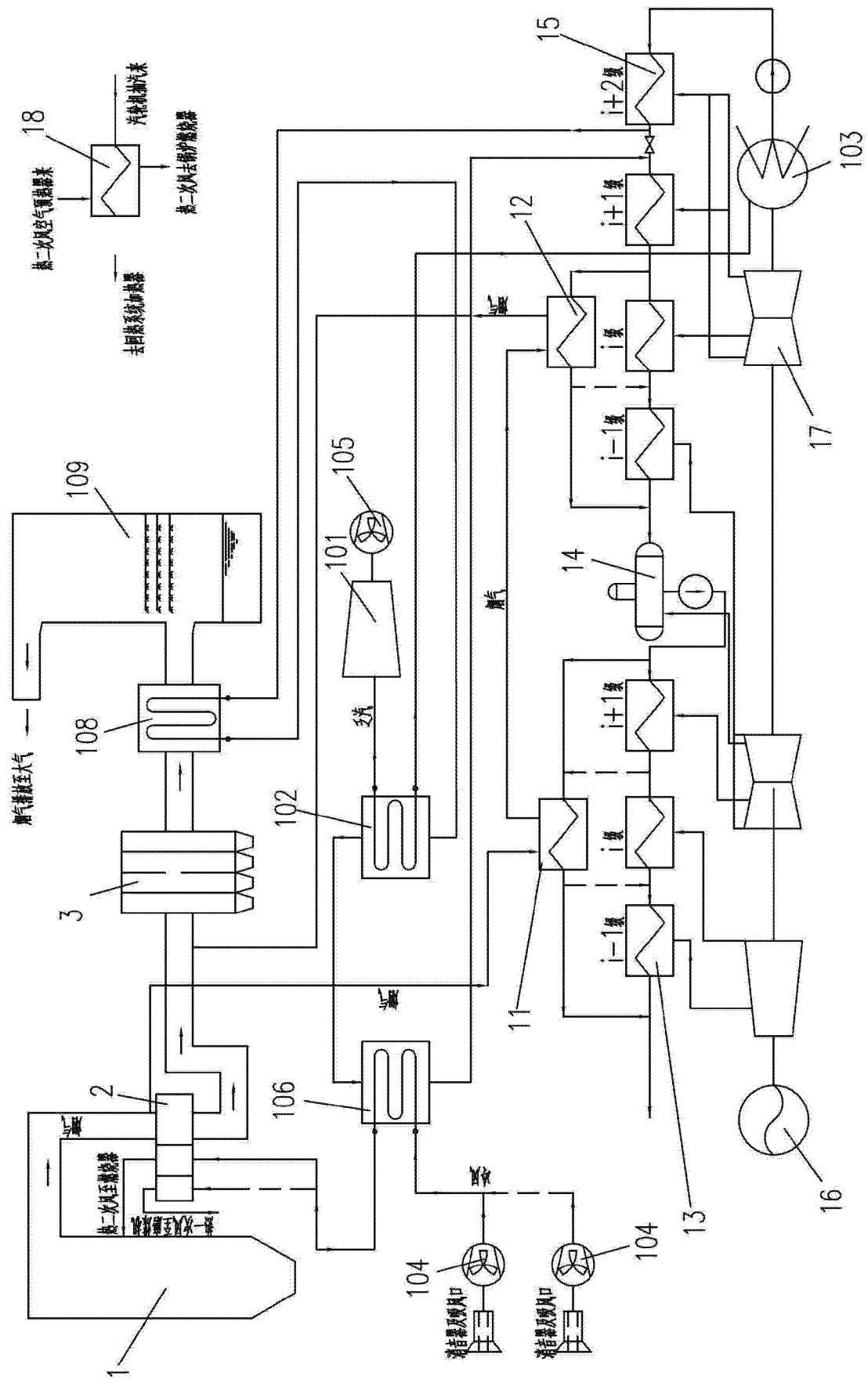


图 17