



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104826475 B

(45)授权公告日 2016.11.23

(21)申请号 201510233766.9

C02F 1/461(2006.01)

(22)申请日 2015.05.08

C02F 9/06(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

F02G 5/02(2006.01)

申请公布号 CN 104826475 A

F01K 25/08(2006.01)

(43)申请公布日 2015.08.12

C02F 103/18(2006.01)

C02F 103/08(2006.01)

(73)专利权人 大连海事大学

(56)对比文件

地址 116026 辽宁省大连市高新园区凌海路1号

CN 101810994 A,2010.08.25,

JP 昭56-45731 A,1981.04.25,

(72)发明人 潘新祥 韩志涛 孔清 董景明
杨少龙 季向赞

US 4322392 A,1982.03.30,

陈章跃.船用柴油机废气脱硫技术.《中国水运》.2013,第13卷(第11期),203.

(74)专利代理机构 大连东方专利代理有限责任公司 21212

Hansen J P et.al.Exhaust Gas Scrubber Installed Onboard MV Ficaria Seaways.《Public Test Report:Environmental Project No1429》.2012,

代理人 李洪福

审查员 邹帅

(51)Int.Cl.

B01D 53/78(2006.01)

B01D 53/50(2006.01)

B01D 47/00(2006.01)

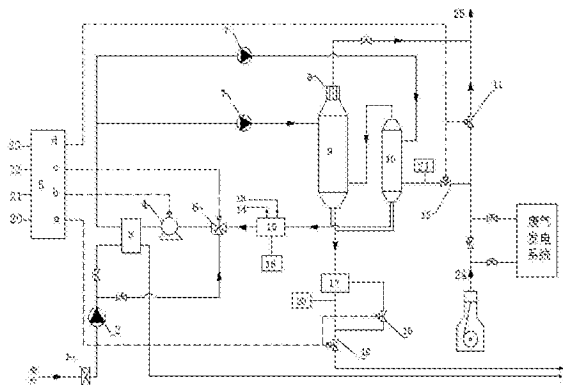
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种船舶废气混合式脱硫装置及其工作方法

(57)摘要

本发明公开了一种船舶废气混合式脱硫装置及其工作方法,所述的装置包括废气发电系统、废气脱硫系统、废气排放系统以及自动监测和控制系统;所述的工作方法,包括废气发电、废气脱硫和废气排放。由于本发明采用了有机朗肯循环进行发电,充分利用船舶主机的废气余热,并利用主机缸套水作为有机工质的加热源,发出的电能用于该脱硫系统,实现了船舶系统能量的综合利用。由于本发明采用混合式脱硫系统,即当船舶在公海航行时采用开式的海水法脱硫而在港口航行时采用闭式的NaOH溶液法脱硫,实现了船舶在不同运行工况下脱硫的实际需要。由于本发明采用了采用双塔结构,实现了船舶废气的高效脱硫。本发明实现了各公约对净化后尾气排放的严格要求。



1. 一种船舶废气混合式脱硫装置,其特征在于:包括废气发电系统、废气脱硫系统、废气排放系统以及自动监测和控制系统;所述的废气发电系统包括缸套水换热器(26)、蒸发器(32)、膨胀机(27)、冷凝器(30)、工质泵(31)、发电机(28)和储电装置(29);所述的缸套水换热器(26)上设置有烟气进口和烟气出口;所述的缸套水换热器(26)左端连接缸套水循环系统出口、右端连接蒸发器(32)的高温侧进口,所述的蒸发器(32)的高温侧出口连接缸套水循环系统进口,构成高温侧闭环;所述的蒸发器(32)低温侧出口依次连接膨胀机(27)、冷凝器(30)、工质泵(31)和蒸发器(32)低温侧进口,构成低温侧闭环;膨胀机(27)与发电机(28)之间通过法兰连接;发电机(28)与储电装置(29)通过导线连接;

所述的废气脱硫系统采用混合式脱硫系统,具有开式脱硫和闭式脱硫的功能,包括海水滤器(1)、海水泵(2)、变频泵(4)、可控三通转换阀(6)、增压泵(7)、主洗涤塔(9)、副洗涤塔(10)、NaOH溶液循环柜(15)、泥浆柜(16)和曝气池(17),所述的海水滤器(1)连接海水泵(2)入口,所述的海水泵(2)出口有两路,一路连接冷却器(3)、另一路连接可控三通转换阀(6)的一个入口,可控三通转换阀(6)的另一个入口与NaOH溶液循环柜(15)连接,可控三通转换阀(6)的出口经变频泵(4)连接到冷却器(3);冷却器(3)还与两个增压泵(7)连接,其中一个增压泵(7)连接副洗涤塔(10)、另一个增压泵(7)连接主洗涤塔(9);所述的主洗涤塔(9)上端安装有电加热器(8)并连接废气出口(25),主洗涤塔(9)侧面的入口与副洗涤塔(10)出口连接,主洗涤塔(9)下端分别连接曝气池(17)和NaOH溶液循环柜(15);所述的副洗涤塔(10)侧面经可控电磁阀B(12)后分两路,一路经可控电磁阀A(11)连接废气出口(25),另一路经电磁阀分别连接废气发电系统和废气进口(24),副洗涤塔(10)下端分别连接曝气池(17)和NaOH溶液循环柜(15);所述的NaOH溶液循环柜(15)连接泥浆柜(16);副洗涤塔(10)和可控电磁阀B(12)之间安装有废气流量计(21);所述的曝气池(17)出口分两路,一路经可控电磁阀D(19)接舷外、另一路经可控电磁阀C(18)和可控电磁阀D(19)接舷外,在曝气池(17)出口和可控电磁阀D(19)之间安装有海水水质检测装置(20);

所述的废气排放系统包括主洗涤塔(9)、电加热器(8),所述的主洗涤塔(9)和电加热器(8)二者通过管道连接;

所述的自动监测和控制系统包括控制器(5)、可控三通转换阀(6)、四个可控电磁阀、海水检测装置和废气流量计(21),所述的控制器(5)左端连接四个输入信号,自下而上分别是海水水质检测信号、废气流量信号、混合式脱硫模式选择信号(22)和脱硫系统工作信号(23);右端自下而上分别连接可控电磁阀C(18)、可控电磁阀D(19)、变频泵(4)、可控三通转换阀(6)、可控电磁阀A(11)和可控电磁阀B(12)。

2. 一种船舶废气混合式脱硫装置的工作方法,其特征在于:包括以下步骤:

A、废气发电;

来自船舶主机的高温烟气流经缸套水换热器(26)时加热缸套水,温度升高的缸套水进入蒸发器(32),其中的有机工质使其相变成过热气体进入膨胀机(27),在膨胀机(27)内过热气体的压力能转变为动能,通过法兰带动发电机(28)旋转进行发电;发出的电能储存在储电装置(29)内以供给脱硫系统中的各泵系、电加热器(8)和控制器(5);

B、废气脱硫;

船舶在公海航行时采用海水脱硫,海水泵(2)由舷外抽吸经过海水滤器(1)的海水,控制器(5)根据废气流量计(21)传来的信号调节流经变频泵(4)的海水流量,经增压泵(7)增

压后泵送到主洗涤塔(9)和副洗涤塔(10)内进行喷淋,实现船舶废气脱硫;洗涤后的海水由于含有大量亚硫酸根离子,它很容易重新分解为SO₂气体,因此,需经过曝气池(17),在曝气池(17)中通入过量空气氧化亚硫酸根离子,使其变成稳定的硫酸根离子;海水水质监测装置取样分析曝气池(17)内海水成分,并把该数据传输至控制器(5),通过可控电磁阀C(18)和可控电磁阀D(19)的转换控制洗涤后海水直接排放入海或是重新进入曝气池(17);当船舶在港口时,采用NaOH溶液脱硫,在NaOH溶液循环柜(15)中加入NaOH和淡水进行配制NaOH溶液,NaOH溶液流经冷却器(3),由舷外海水对其冷却降温后经变频泵(4)调节流量,然后由增压泵(7)增压后泵送到主洗涤塔(9)和副洗涤塔(10)内进行喷淋脱硫;

C、废气排放;

废气经过主洗涤塔(9)和副洗涤塔(10)洗涤后流经排气烟道上的电加热器(8)进行加热,使废气温度升高后再排放升空;其中电加热器(8)的电来自废气发电系统的储电装置(29);加热的目的是提高废气升空力、减少硫氧化物对废气道的腐蚀以及减少白雾的产生。

一种船舶废气混合式脱硫装置及其工作方法

技术领域

[0001] 本发明涉及船舶节能减排领域,特别是一种船舶废气混合式脱硫装置及其工作方法。

背景技术

[0002] 远洋船舶多采用重油或渣油作为燃料,这些燃料中含有大量硫分,势必造成排放尾气中含有大量污染性气体SO_x。据统计,由船舶造成的SO_x的排放量占全球认为SO_x排放总量的5%以上,并且这一数据正在逐年增加,严重影响了生态环境和人们身体健康。为此,MARPOL公约(国际防止船舶造成污染公约)附则VI中对船舶硫氧化物的排放进行了明确规定。目前全球燃油含硫量限制在3.5%以内,该标准于2012年1月1日生效,到2020年1月1日,这一标准将降低至0.5%;对于硫氧化物排放控制区,目前的排放标准是1.0%,到2015年1月1日开始实施0.1%的排放标准。面对即将实施的更为严格的船舶尾气硫氧化物排放限制,国内外展开了船舶尾气处理技术的进一步研究。

[0003] 由于船舶的实际运行情况并结合陆地成熟脱硫技术,海水湿法脱硫这一方法成为了国内外众多专家、学者的重点研究对象。经研究表明:采用湿法洗涤来进行船舶尾气脱硫,其脱硫效率与废气温度有较大关系。有实验数据表明废气温度在60℃左右时海水对废气中硫氧化物的吸收效果最佳,而废气经过废气锅炉后其温度仍有180℃左右,为提高脱硫效率,目前的措施多是采用海水降温,海水温度升高后直接排放入海,对于尾气中蕴含的如此巨大的能量无疑是一种浪费。因此,考虑如何利用经过废气锅炉后废气中的余热就显得很有必要。

[0004] IMO(国际海事组织)的统计数据表明,海水法脱硫所消耗的功率约占船舶主机功率的1%-2%,例如对于一台额定功率为5000kW的主机来说,海水法脱硫所消耗的功率约50-100kW,这对于船舶发电机来说,这部分功率是比较大的,给船舶电网带来压力。而由主机排烟带走的废热能量约占主机额定功率的35%-40%,对于一台额定功率为5000kW的船舶主机来说,排烟带走的废热能量为1750-2000kW。如果能把主机排烟中这一部分能量利用上的话,可大大降低电网压力。

[0005] 船舶航行于大海,海水取之不尽且取之方便,非常适合用来对船舶尾气脱硫,然而海水法脱硫仅适用于船舶在航的条件下,当船舶靠港或航行至特殊海域时,由于港内海水污染情况严重或者海水碱度不足以吸收尾气中硫氧化物时,海水法就不适于船舶尾气的脱硫使用,因此,急需一种针对船舶在港或特殊海域时的尾气脱硫方法。

[0006] 经净化后的尾气其温度很低,可到达35℃左右,为防止烟囱出口处出现白雾并抬高废气升空力,必须设置尾气再加热系统。现有的加热方式多是采用未经净化处理的尾气去加热净化后尾气或者采用锅炉产生的过热蒸汽来加热净化后尾气。前者由于采用未净化处理的尾气,其中硫氧化物含量较高,这很容易造成换热器的腐蚀问题。后者采用锅炉产生的过热蒸汽,从船舶设计的角度考虑其蒸汽产量还不能满足船舶主机排烟加热所需要的热量。因此,考虑采用何种方式加热净化后的尾气至关重要。

发明内容

[0007] 为解决现有技术存在的上述问题,本发明要设计一种既实船应用性强又脱硫效率高且节能环保的船舶废气混合式脱硫装置及其工作方法。

[0008] 为了实现上述目的,本发明的技术方案如下:

[0009] 一种船舶废气混合式脱硫装置,包括废气发电系统、废气脱硫系统、废气排放系统以及自动监测和控制系统;所述的废气发电系统包括缸套水换热器、蒸发器、膨胀机、冷凝器、工质泵、发电机和储电装置;所述的缸套水换热器上设置有烟气进口和烟气出口;所述的缸套水换热器左端连接缸套水循环系统出口、右端连接蒸发器的高温侧进口,所述的蒸发器的高温侧出口连接缸套水循环系统进口,构成高温侧闭环;所述的蒸发器低温侧出口依次连接膨胀机、冷凝器、工质泵和蒸发器低温侧进口,构成低温侧闭环;膨胀机与发电机之间通过法兰连接;发电机与储电装置通过导线连接;

[0010] 所述的废气脱硫系统采用混合式脱硫系统,具有开式脱硫和闭式脱硫的功能,包括海水滤器、海水泵、变频泵、可控三通转换阀、增压泵、主洗涤塔、副洗涤塔、NaOH溶液循环柜、泥浆柜和曝气池,所述的海水滤器连接海水泵入口,所述的海水泵出口有两路,一路连接冷却器、另一路连接可控三通转换阀的一个入口,可控三通转换阀的另一个入口与NaOH溶液循环柜连接,可控三通转换阀的出口经变频泵连接到冷却器;冷却器还与两个增压泵连接,其中一个增压泵连接副洗涤塔、另一个增压泵连接主洗涤塔;所述的主洗涤塔上端安装有电加热器并连接废气出口,主洗涤塔侧面的入口与副洗涤塔出口连接,主洗涤塔下端分别连接曝气池和NaOH溶液循环柜;所述的副洗涤塔侧面经可控电磁阀B后分两路,一路经可控电磁阀A连接废气出口,另一路经电磁阀分别连接废气发电系统和废气进口,副洗涤塔下端分别连接曝气池和NaOH溶液循环柜;所述的NaOH溶液循环柜连接泥浆柜;副洗涤塔和可控电磁阀B之间安装有废气流量计;所述的曝气池出口分两路,一路经可控电磁阀D接舷外、另一路经可控电磁阀C和可控电磁阀D接舷外,在曝气池出口和可控电磁阀D之间安装有海水水质检测装置;

[0011] 所述的废气排放系统包括主洗涤塔、电加热器,所述的主洗涤塔和电加热器二者通过管道连接;

[0012] 所述的自动监测和控制系统包括控制器、可控三通转换阀、四个可控电磁阀、海水检测装置和废气流量计,所述的控制器左端连接四个输入信号,自下而上分别是海水水质检测信号、废气流量信号、混合式脱硫模式选择信号和脱硫系统工作信号;右端自下而上分别连接可控电磁阀C、可控电磁阀D、变频泵、可控三通转换阀、可控电磁阀A和可控电磁阀B。

[0013] 一种船舶废气混合式脱硫装置的工作方法,包括以下步骤:

[0014] A、废气发电;

[0015] 来自船舶主机的高温烟气流经缸套水换热器时加热缸套水,温度升高的缸套水进入蒸发器,其中的有机工质使其相变成过热气体进入膨胀机,在膨胀机内过热气体的压力能转变为动能,通过法兰带动发电机旋转进行发电。发出的电能储存在储电装置内以供给脱硫系统中的各泵系、电加热器和控制器。

[0016] B、废气脱硫;

[0017] 船舶在公海航行时采用海水脱硫,海水泵由舷外抽吸经过海水滤器的海水,控制

器根据废气流量计传来的信号调节流经变频泵的海水流量,经增压泵增压后泵送到主洗涤塔和副洗涤塔内进行喷淋,实现船舶废气脱硫。洗涤后的海水由于含有大量亚硫酸根离子,它很容易重新分解为SO₂气体,因此,需经过曝气池,在曝气池中通入过量空气氧化亚硫酸根离子,使其变成稳定的硫酸根离子。海水水质监测装置取样分析曝气池内海水成分,并把该数据传输至控制器,通过可控电磁阀C和可控电磁阀D的转换控制洗涤后海水直接排放入海或是重新进入曝气池;当船舶在港口时,采用NaOH溶液脱硫,在NaOH溶液循环柜中加入NaOH和淡水进行配制NaOH溶液,NaOH溶液流经冷却器,由舷外海水对其冷却降温后经变频泵调节流量,然后由增压泵增压后泵送到主洗涤塔和副洗涤塔内进行喷淋脱硫。

[0018] C、废气排放;

[0019] 废气经过主洗涤塔和副洗涤塔洗涤后流经排气烟道上的电加热器进行加热,使废气温度升高后再排放升空。其中电加热器的电能来自废气发电系统的储电装置。加热的目的是提高废气升空力、减少硫氧化物对废气道的腐蚀以及减少白雾的产生。

[0020] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0021] 1、由于本发明采用了有机朗肯循环进行发电,充分利用船舶主机的废气余热,并利用主机缸套水作为有机工质的加热源,发出的电能用于该脱硫系统,实现了船舶系统能量的综合利用。

[0022] 2、由于本发明采用混合式脱硫系统,即当船舶在公海航行时采用开式的海水法脱硫而在港口航行时采用闭式的NaOH溶液法脱硫,实现了船舶在不同运行工况下脱硫的实际需要。

[0023] 3、由于本发明采用了采用双塔结构,即主洗涤塔和副洗涤塔,其中主洗涤塔是实现船舶废气脱硫的关键装置,副洗涤塔实现预洗涤脱硫和降温功能;实现了船舶废气的高效脱硫。

[0024] 4、由于本发明采用了电加热的方式来加热净化后废气,所用电能来自废气发电系统的储电装置,实现了各公约对净化后尾气排放的严格要求。

[0025] 5、由于本发明采用了NaOH溶液的降温措施,即在进入洗涤塔前使用海水在冷却器中对NaOH溶液进行降温,以达到脱硫反应的最佳温度,实现了船舶废气的高效脱硫。

附图说明

[0026] 本发明共有附图2张,其中:

[0027] 图1是一种船舶废气混合式脱硫装置及方法的示意图。

[0028] 图2是废气发电系统示意图。

[0029] 图中:1、海水滤器,2、海水泵,3、冷却器,4、变频泵,5、控制器,6、可控三通转换阀,7、增压泵,8、电加热器,9、主洗涤塔,10、副洗涤塔,11、可控电磁阀A,12、可控电磁阀B,13、淡水入口,14、NaOH入口,15、NaOH溶液循环柜,16、泥浆柜,17、曝气池,18、可控电磁阀C,19、可控电磁阀D,20、海水水质检测装置,21、废气流量计,22、混合式脱硫模式选择信号,23、脱硫系统工作信号,24、废气进口,25、废气出口,26、缸套水换热器,27、膨胀机,28、发电机,29、储电装置,30、冷凝器,31、工质泵,32、蒸发器。

具体实施方式

[0030] 下面结合附图对本发明进行进一步地描述。如图1-2所示，一种船舶废气混合式脱硫装置，包括废气发电系统、废气脱硫系统、废气排放系统以及自动监测和控制系统；所述的废气发电系统包括缸套水换热器26、蒸发器32、膨胀机27、冷凝器30、工质泵31、发电机28和储电装置29；所述的缸套水换热器26上设置有烟气进口和烟气出口；所述的缸套水换热器26左端连接缸套水循环系统出口、右端连接蒸发器32的高温侧进口，所述的蒸发器32的高温侧出口连接缸套水循环系统进口，构成高温侧闭环；所述的蒸发器32低温侧出口依次连接膨胀机27、冷凝器30、工质泵31和蒸发器32低温侧进口，构成低温侧闭环；膨胀机27与发电机28之间通过法兰连接；发电机28与储电装置29通过导线连接；

[0031] 所述的废气脱硫系统采用混合式脱硫系统，具有开式脱硫和闭式脱硫的功能，包括海水滤器1、海水泵2、变频泵4、可控三通转换阀6、增压泵7、主洗涤塔9、副洗涤塔10、NaOH溶液循环柜15、泥浆柜16和曝气池17，所述的海水滤器1连接海水泵2入口，所述的海水泵2出口有两路，一路连接冷却器3、另一路连接可控三通转换阀6的一个入口，可控三通转换阀6的另一个入口与NaOH溶液循环柜15连接，可控三通转换阀6的出口经变频泵4连接到冷却器3；冷却器3还与两个增压泵7连接，其中一个增压泵7连接副洗涤塔10、另一个增压泵7连接主洗涤塔9；所述的主洗涤塔9上端安装有电加热器8并连接废气出口25，主洗涤塔9侧面的入口与副洗涤塔10出口连接，主洗涤塔9下端分别连接曝气池17和NaOH溶液循环柜15；所述的副洗涤塔10侧面经可控电磁阀B12后分两路，一路经可控电磁阀A11连接废气出口25，另一路经电磁阀分别连接废气发电系统和废气进口24，副洗涤塔10下端分别连接曝气池17和NaOH溶液循环柜15；所述的NaOH溶液循环柜15连接泥浆柜16；副洗涤塔10和可控电磁阀B12之间安装有废气流量计21；所述的曝气池17出口分两路，一路经可控电磁阀D19接舷外、另一路经可控电磁阀C18和可控电磁阀D19接舷外，在曝气池17出口和可控电磁阀D19之间安装有海水水质检测装置20；

[0032] 所述的废气排放系统包括主洗涤塔9、电加热器8，所述的主洗涤塔9和电加热器8二者通过管道连接；

[0033] 所述的自动监测和控制系统包括控制器5、可控三通转换阀6、四个可控电磁阀、海水检测装置和废气流量计21，所述的控制器5左端连接四个输入信号，自下而上分别是海水水质检测信号、废气流量信号、混合式脱硫模式选择信号22和脱硫系统工作信号23；右端自下而上分别连接可控电磁阀C18、可控电磁阀D19、变频泵4、可控三通转换阀6、可控电磁阀A11和可控电磁阀B12。

[0034] 一种船舶废气混合式脱硫装置的工作方法，包括以下步骤：

[0035] A、废气发电；

[0036] 来自船舶主机的高温烟气流经缸套水换热器26时加热缸套水，温度升高的缸套水进入蒸发器32，其中的有机工质使其相变成过热气体进入膨胀机27，在膨胀机27内过热气体的压力能转变为动能，通过法兰带动发电机28旋转进行发电。发出的电能储存在储电装置29内以供给脱硫系统中的各泵系、电加热器8和控制器5。

[0037] B、废气脱硫；

[0038] 船舶在公海航行时采用海水脱硫，海水泵2由舷外抽吸经过海水滤器1的海水，控制器5根据废气流量计21传来的信号调节流经变频泵4的海水流量，经增压泵7增压后泵送到主洗涤塔9和副洗涤塔10内进行喷淋，实现船舶废气脱硫。洗涤后的海水由于含有大量亚

硫酸根离子,它很容易重新分解为 SO_2 气体,因此,需经过曝气池17,在曝气池17中通入过量空气氧化亚硫酸根离子,使其变成稳定的硫酸根离子。海水水质监测装置取样分析曝气池17内海水成分,并把该数据传输至控制器5,通过可控电磁阀C18和可控电磁阀D19的转换控制洗涤后海水直接排放入海或是重新进入曝气池17;当船舶在港口时,采用NaOH溶液脱硫,在NaOH溶液循环柜15中加入NaOH和淡水进行配制NaOH溶液,NaOH溶液流经冷却器3,由舷外海水对其冷却降温后经变频泵4调节流量,然后由增压泵7增压后泵送到主洗涤塔9和副洗涤塔10内进行喷淋脱硫。

[0039] C、废气排放;

[0040] 废气经过主洗涤塔9和副洗涤塔10洗涤后流经排气烟道上的电加热器8进行加热,使废气温度升高后再排放升空。其中电加热器8的电来自废气发电系统的储电装置29。加热的目的是提高废气升空力、减少硫氧化物对废气道的腐蚀以及减少白雾的产生。

[0041] 本发明的具体工作过程如下:

[0042] 来自船舶主机的高温烟气经过涡轮增压器和废气锅炉后,其温度约为 180°C ,首先进入缸套水换热器26加热缸套水,两者逆向对流换热使得缸套水温度上升至 100°C 。 100°C 的缸套水进入蒸发器32加热有机工质,缸套水温度则降低至 85°C 左右,重新进入主机缸套进行循环。被加热的有机工质相变成过热气体进入膨胀机27,在膨胀机27内过热气体的压力能转化为动能,通过法兰连接带动发电机28旋转进行发电。过热气体膨胀做功后温度和压力下降并进入冷凝器30,在冷凝器30内海水对其冷却降温使其变为液态,经工质泵31泵送至蒸发器32,重新进入下一循环。发电机28发出的电能储存在储电装置29中,以供给该脱硫系统中的用电设备。

[0043] 船舶主机废气发电后,由控制器5控制废气的流通模式。当可控电磁阀A11关闭(开启),可控电磁阀B12开启(关闭)时,废气进入洗涤模式直排模式。直排模式下,废气不经过任何处理直接排放升空;洗涤模式下,废气首先经过废气流量计21监测废气流量,这一信号传输至控制器5,由控制器5输出控制信号b来控制变频泵4的开度,调节洗涤液的供给量。

[0044] 洗涤模式下,海水经海水过滤器1过滤后,由海水泵2抽吸上来,分为两路,一路通往可控三通转换阀6,另一路通往冷却器3。当可控三通转换阀6处于侧通状态时为海水洗涤模式,此时,海水经变频泵4调节流量后分两路泵送至增压泵7进行加压雾化,一路自下而上进入副洗涤塔10,进行预吸收废气中 SO_2 ,同时对废气进行降温,经过降温和预洗涤的烟气由副洗涤塔10顶部进入主洗涤塔9;另一路自下而上进入主洗涤塔9,与废气逆向流动进行洗涤。主洗涤塔9和副洗涤塔10洗涤后的溶液进入曝气池17,在曝气池17内通入过量空气充分氧化溶液中的亚硫酸根离子,曝气池17排放口装有海水水质监测装置,来监测海水中亚硫酸根离子含量是否满足船舶防污染公约中规定的排放标准,并将该信号传输至控制器5,由控制器5输出控制信号控制可控电磁阀C18和可控电磁阀D19,当可控电磁阀C18关闭(打开)可控电磁阀D19打开(关闭)时,曝气池17内溶液排放入海循环曝气。当可控三通转换阀6处于直通状态时为NaOH溶液洗涤模式,此时,来自NaOH溶液循环柜15的溶液经变频泵4调节流量后分两路泵送至增压泵7进行加压雾化,一路自下而上进入副洗涤塔10,进行预吸收废气中 SO_2 ,同时对废气进行降温,经过降温和预洗涤的烟气由副洗涤塔10顶部进入主洗涤塔9;另一路自下而上进入主洗涤塔9,与废气逆向流动进行洗涤。主洗涤塔9和副洗涤塔10洗涤后的溶液重新进入NaOH溶液循环柜15,离心分离后其中的污泥进入泥浆柜16,当NaOH溶液

循环柜15中碱液量或浓度不足时,可通过淡水入口13和NaOH入口14来补充。

[0045] 所述废气排放系统,在主洗涤塔9内装有除雾器,洗涤后废气经除雾器除去液滴后,进入电加热器8,加热洗涤后的废气使其温度升高后排放升空。其中,洗涤后废气与废气直排通道共用一个烟囱。

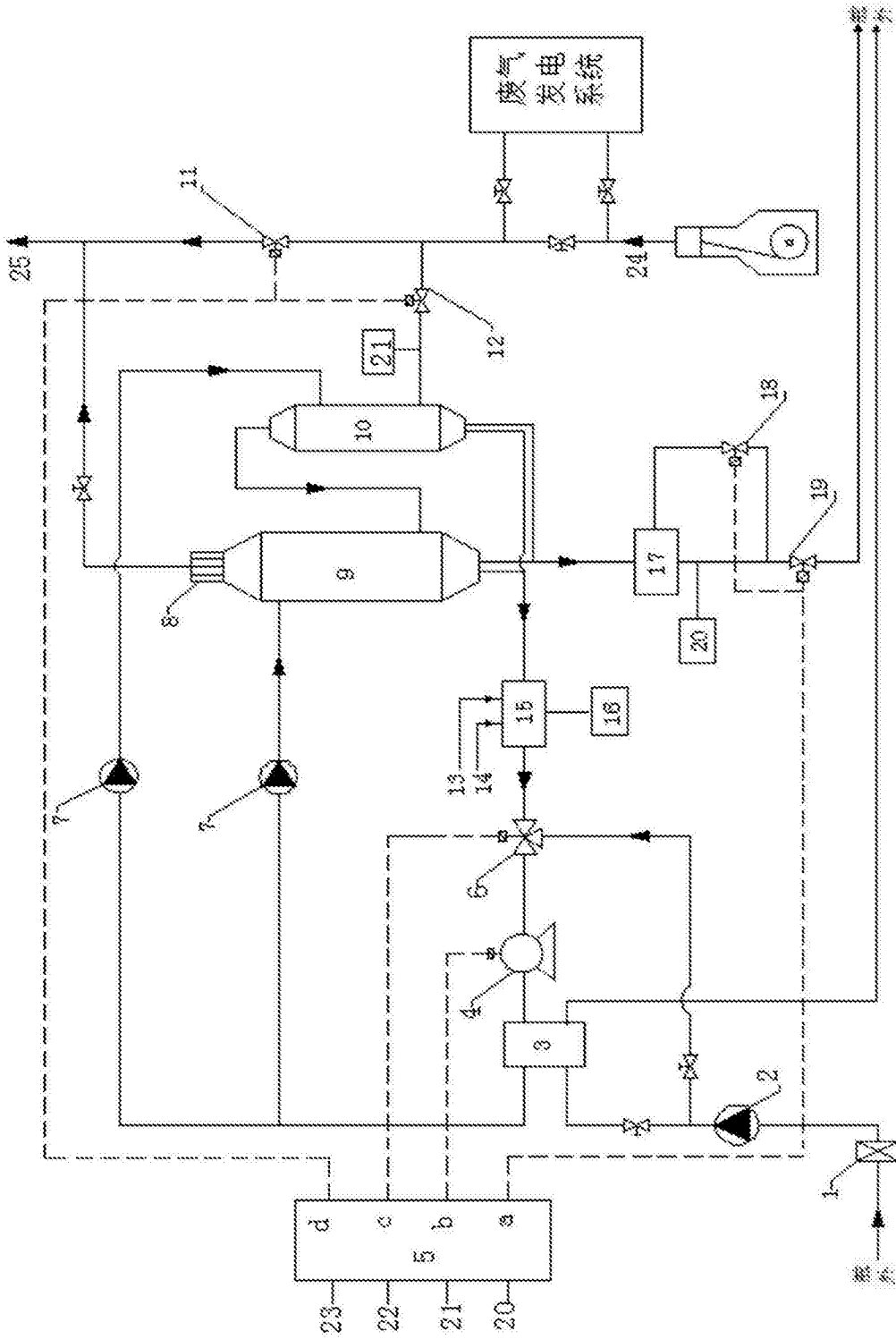


图1

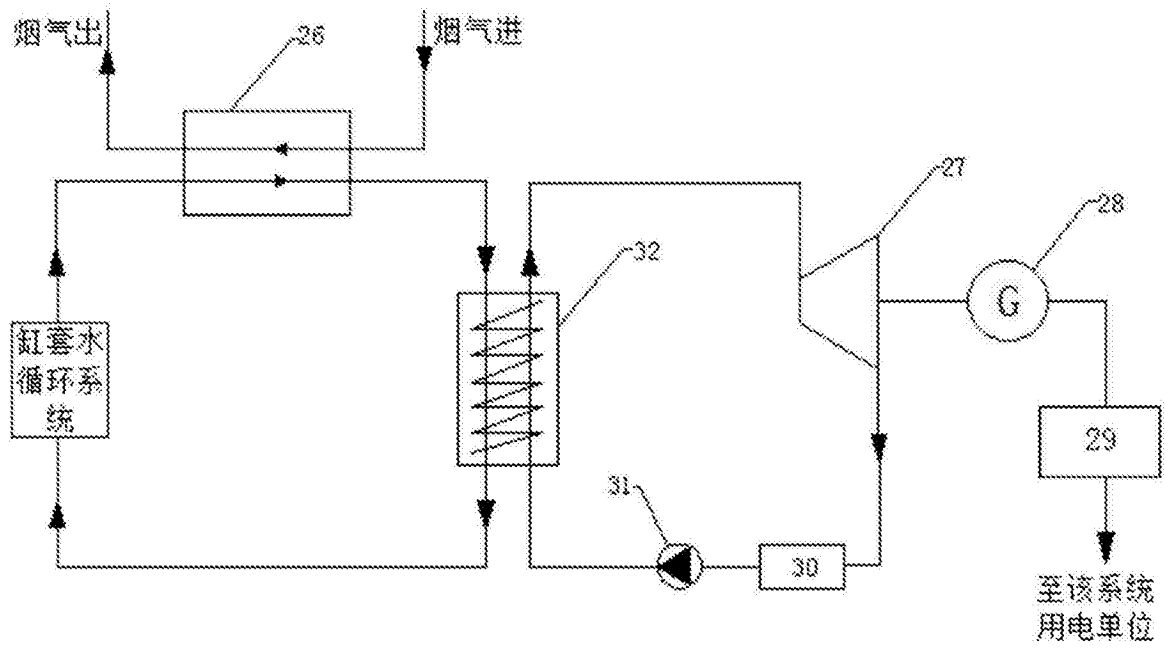


图2