



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110526318 A

(43)申请公布日 2019.12.03

(21)申请号 201910877367.4

B01D 53/26(2006.01)

(22)申请日 2019.09.17

C02F 103/08(2006.01)

(71)申请人 南京龙源环保有限公司

地址 210012 江苏省南京市雨花台区花神大道1号401室

(72)发明人 马贵林 陈思同

(74)专利代理机构 南京九致知识产权代理事务所(普通合伙) 32307

代理人 黄成萍

(51) Int. Cl.

C02F 1/16(2006.01)

C02F 1/04(2006.01)

B01D 49/00(2006.01)

B01D 53/00(2006.01)

B01D 53/48(2006.01)

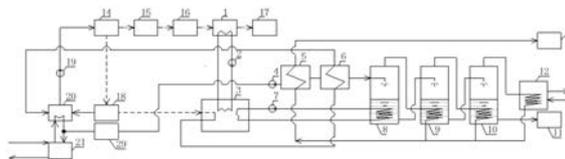
权利要求书2页 说明书9页 附图5页

(54)发明名称

一种烟气消白耦合海水淡化的能量综合利用方法及系统

(57)摘要

本发明提供一种烟气消白耦合海水淡化的能量综合利用方法及系统,主要包含火电厂热力系统、消白取热系统、低温海水淡化系统。锅炉排出的烟气依次经过除尘器、脱硫塔后进入冷却器,烟气中90%以上水蒸气冷凝析出,然后经烟囱排放,实现脱硫烟气消白。锅炉产生的主蒸汽经汽轮机做功后排入凝汽器,凝汽器采用海水冷却,海水升温后大部分排回大海,少部分海水经处理后送入海水淡化预加热系统,最后进入低温多效蒸发模块产生淡水。低温多效蒸发所需要的低温热源由消白取热系统中热泵提供,热泵驱动热源来自于汽轮机低温抽气。本发明有机地结合了烟气消白提水和海水淡化两种工艺,将其巧妙组合于一体,实现环保和节能双重效益,具有广泛运用前景。



1. 一种烟气消白耦合海水淡化的能量综合利用的方法,其特征在于:

热力系统中锅炉(14)排出的烟气依次流经除尘器(15)除尘、脱硫塔(16)脱硫,脱硫后的湿饱和烟气进入烟气冷却器(1)进行冷凝脱水消白,最后进入烟囱(17)向外排放;

烟气冷却器(1)的冷源是由溴化锂热泵机组(3)的冷端提供的冷冻水,湿饱和烟气中的水蒸气与冷冻水在烟气冷却器(1)中换热后形成的冷凝水进入低温海水淡化系统并最终流入淡水箱(13);冷冻水吸热循环回溴化锂热泵机组,溴化锂热泵机组热端产生的热水则作为热源驱动低温海水淡化系统工作,产生淡水,实现烟气废热和水的回收利用;

锅炉(14)产生的主蒸汽驱动汽轮机(18)发电,产生的乏气排入凝汽器(20)进行冷凝,凝汽器(20)采用海水作为冷源,海水吸收乏气潜热后升温,升温后的海水分为两部分,一部分排出,另一部分经海水预处理装置(29)处理后依次送往一级预加热器(5)和二级预加热器(6),加热后的海水送往低温海水淡化系统中的低温多效蒸发模块进行淡化处理;

所述溴化锂热泵机组(3)的驱动热源采用汽轮机(18)抽汽,抽汽冷凝后的疏水作为热源送往二级预加热器(6),最后靠凝汽器(20)背压抽回疏水;溴化锂热泵机组(3)热端产生的热水经热水循环泵(7)送往低温海水淡化系统,作为热源驱动低温多效蒸发模块进行海水蒸发,热水流经低温多效蒸发模块的一效低温蒸发模块(8)后循环回溴化锂热泵机组(3)的热端;海水蒸发产生的热淡水作为热源依次流入下一效低温蒸发模块和一级预加热器(5)中加热海水,释放其自身显热后流入到淡水箱(13)中;高含盐量浓缩海水从低温多效蒸发模块的浓海水出口流出。

2. 一种烟气消白耦合海水淡化的能量综合利用系统,其特征在于:所述系统包括火电厂热力系统、消白取热系统、低温海水淡化系统三个部分;

所述热力系统包括锅炉(14)、汽轮机(18)、凝汽器(20)、给水泵(19)、循环水泵房(21)、除尘器(15)、脱硫塔(16)、烟气冷却器(1)和烟囱(17);所述锅炉(14)的排烟口与除尘器(15)的入口连接,除尘器(15)的出口与脱硫塔(16)的入口连接,脱硫塔(16)出口与烟气冷却器(1)的烟气入口连接,烟气冷却器(1)的烟气出口与烟囱(17)连接;锅炉(14)与汽轮机(18)的蒸汽入口连接,汽轮机(18)的乏气出口与凝汽器(20)入口连接,凝汽器(20)的凝结水出口与给水泵(19)的入水口相连接,给水泵(19)的出水口与锅炉(14)的入水口相连接;所述凝汽器(20)冷却水供回水管道与循环水泵房(21)相连;

所述消白取热系统包括溴化锂热泵机组(3)、冷媒循环泵(2);所述溴化锂热泵机组(3)包括冷端管道和热端管道,所述冷端管道包括冷源出口和冷源入口,所述热端管道包括热源出口和热源入口;溴化锂热泵机组(3)的冷源出口与热力系统中所述烟气冷却器(1)的冷源入口相连接,烟气冷却器(1)的冷源出口与冷媒循环泵(2)的入口相连,所述冷媒循环泵(2)的出口与溴化锂热泵机组(3)的冷源入口相连接;

所述低温海水淡化系统包括海水预处理系统、一级预加热器(5)、二级预加热器(6)、低温多效蒸发模块、蒸汽冷凝器(12)、淡水箱(13)、热水循环泵(7)、海水增压泵(4);热力系统中所述凝汽器(20)回水出口与海水预处理装置(29)的入口连接,所述海水预处理装置(29)的出水口与海水增压泵(4)的入水口相连,海水增压泵(4)的出水口与一级预加热器(5)的海水入口相连;所述一级预加热器(5)的海水出口和二级预加热器(6)的海水入口相连,二级预加热器(6)的海水出口与低温多效蒸发模块的海水入口相连,低温多效蒸发模块的蒸汽出口和蒸汽冷凝器(12)的蒸汽入口相连,低温多效蒸发模块的淡水出口和一级预加热器

(5)的淡水入口相连,一级预加热器(5)的淡水出口和淡水箱(13)的入水口相连;

消白取热系统中所述溴化锂热泵机组(3)的驱动蒸汽凝结水排放管口与二级预加热器(6)的疏水入口连接,所述二级预加热器(6)的疏水出口与凝汽器(20)的疏水入口连接;所述溴化锂热泵机组(3)的热源出口和热水循环泵(7)的热水入口相连,热水循环泵(7)的热水出口和低温多效蒸发模块的热源入口相连,低温多效蒸发模块的热源出口与溴化锂热泵机组(3)的热源入口相连接,从而形成热水循环。

3.如权利要求2所述的烟气消白耦合海水淡化的能量综合利用系统,其特征在于:所述消白取热系统是直接消白取热系统,所述直接消白取热系统还包括沉淀箱(24)、工艺水箱(26)、冷凝水排出泵(27)、污泥排出泵(25)、风帽托盘(23),所述烟气冷却器(1)是直接消白冷却器;所述溴化锂热泵机组(3)的冷源出口和直接消白冷却器喷淋层(2201)相连,直接消白冷却器底部为风帽托盘(23),风帽托盘(23)的出口与沉淀箱(24)的入口相连,沉淀箱(24)的出口包括上层清液出口和下层污泥出口,上层清液出口与工艺水箱(26)的入口相连,下层污泥出口与污泥排出泵(25)的入口相连,污泥排出泵(25)的出口与脱硫制浆系统(30)的入口相连;所述工艺水箱(26)的出口包括第一出口和第二出口,所述第一出口与冷媒循环泵(2)的入口相连,冷媒循环泵(2)的出口与溴化锂热泵机组(3)的冷源入口相连,工艺水箱(26)的第二出口与冷凝水排出泵(27)的入口相连,冷凝水排出泵(27)的出口与低温海水淡化系统中所述海水增压泵(4)的入口相连。

4.如权利要求2所述的烟气消白耦合海水淡化的能量综合利用系统,其特征在于:所述消白取热系统是间接消白取热系统,所述间接消白取热系统还包括沉淀箱(24)、工艺水箱(26)、冷凝水排出泵(27)、污泥排出泵(25)、风帽托盘(23)、膨胀水箱(28)所述烟气冷却器(1)是间接消白冷却器;所述溴化锂热泵机组(3)冷源出口和间接消白冷却器换热盘管(2202)相连,间接消白冷却器换热盘管(2202)出口与冷媒循环泵(2)的入口相连,冷媒循环泵(2)的出口与溴化锂热泵机组(3)的冷源入口相连,间接消白冷却器换热盘管(2202)和冷媒循环泵(2)之间连接有膨胀水箱(28);间接消白冷却器底部为风帽托盘(23),风帽托盘(23)的出口与沉淀箱(24)的入口相连,沉淀箱(24)的出口包括上层清液出口和下层污泥出口,上层清液出口与工艺水箱(26)的入口相连,下层污泥出口与污泥排出泵(25)的入口相连,污泥排出泵(25)的出口与脱硫制浆系统(30)的入口相连,工艺水箱(26)的出口与冷凝水排出泵(27)的入口相连,冷凝水排出泵(27)的出口与低温海水淡化系统中所述海水增压泵(4)的入口相连。

5.如权利要求3或4所述的烟气消白耦合海水淡化的能量综合利用系统,其特征在于:所述烟气冷却器(1)位于脱硫塔塔顶,烟囱(17)的入口处。

6.如权利要求2所述的烟气消白耦合海水淡化的能量综合利用系统,其特征在于:所述低温多效蒸发模块的效数是3效-8效。

一种烟气消白耦合海水淡化的能量综合利用方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及环保节能领域,具体涉及一种烟气消白耦合海水淡化的能量综合利用方法及系统。

背景技术

[0002] 现役燃煤电厂锅炉烟气脱硫工段普遍采用湿法脱硫(如石灰石-石膏法、海水脱硫、氨法、双碱法等),烟气经吸收塔洗涤后,可以满足SO₂达标排放,但同时高温烟气经洗涤后在吸收塔出口会形成湿饱和烟气。湿饱和烟气中不可避免地携带有逃逸出来的细微粉尘(如石膏粉粒、煤灰、碳酸钙粉粒等)及大量水汽,随饱和烟气逃逸的细微粉尘经烟囱排入大气会形成二次污染,烟气中的水蒸气在高空与冷空气作用会冷凝成细小液滴,而形成长长的白色烟羽。在长三角、京津冀地区,如上海、浙江省已出台相关条文要求尾气排放源要达到消白后排放。目前,烟气消白工艺主要有三种工艺流程,(1)升温工艺,将烟气直接加热到一定的温度,温升约25℃-40℃,使得烟气中的水蒸气处于过热状态,可实现脱白排放,此种工艺需要消耗大量热能。(2)冷凝工艺,将烟气进行深度冷却,通常冷却到35℃以下(温降约15℃-20℃),烟气中的大量水蒸气会凝结下来(冷凝水量约占60%-70%),此种工艺需要消耗较多冷量,烟气中水蒸气汽化潜热白白浪费。(3)冷凝-加热工艺,先将烟气进行初步预冷,烟气冷却幅度较小,约5℃-7℃,然后将烟气进行加热,加热幅度也较小,温升约15℃-20℃。加热后烟气为过热状态,可以达到脱白排放。该工艺系统复杂,需要设置烟气加热系统、烟气冷却系统、机力塔系统等。

[0003] 另一方面,目前淡水资源不足,沿海地区设有较多海水淡化工厂,海水淡化工艺种类较多,主要包含热法、膜法和化学法三大类。其中热法主要包含多级闪蒸、多效蒸发和蒸气蒸馏等,膜法主要包含反渗透和电渗析等,而化学法主要是采用离子交换法和水合物法。其中适用于大型化的多级闪蒸、多效蒸发和反渗透技术最具竞争力,各有较多商业化案例。多效蒸发属于传统的海水淡化工艺,最早可以追溯到十九世纪四十年代,早期多效蒸发工艺由于结垢严重、能耗高,现有被低温多效蒸发工艺取代的趋势。低温多效蒸发工艺最高蒸发温度不超过80℃,其造水比可达5.5-8。以单日造水20000t/h海水淡化工厂为例,其低温蒸汽耗量约为140t/h,其蒸汽耗量较大。

[0004] 经检索,有实用新型专利号CN207608447U,该实用新型提供了一种火力发电厂热膜耦合海水淡化系统,所述系统结合了低温海水淡化系统和膜法处理系统两种工艺,首先将海水预处理后送入低温多效蒸发产生淡水,然后将浓水送入膜法处理系统进一步生产水,提高海水利用率。相同的产水量该种系统可以适当减少热源蒸汽耗量,但将浓海水送入全膜处理系统,对膜本身运行不利,减少其使用寿命。其次,膜系统需要经常性反冲洗以保证膜的正常水通量,频繁反冲洗也进一步增加了洁净水消耗量。

[0005] 又有中国发明CN109160563A,该发明提供了一种基于火电厂烟气中水蒸气补集与余热回收的海水淡化系统,所述系统主要创新点有两点,其一,是在吸收塔前设置水媒式烟气冷却器回收烟气余热,用加热后的热水去海水淡化系统产生淡水。其二,是设置了烟气冷

却器,进入吸收塔烟气温度降低,这样吸收塔的蒸发量减少,水资源消耗减少。但所述系统并未考虑吸收塔实际水平衡问题,因为湿法脱硫吸收塔补水主要通过除雾器冲洗喷淋的形式向吸收塔内补水,进塔烟气温度降低,塔蒸发量减少,则意味着除雾器冲洗水量降低,除雾器冲洗水量减少会造成多级除雾器堵塞问题。经这些年脱硫行业的运行经验,现业内已达成共识,即入塔烟气温度已不能低于90℃(火电机组)。另外,海水低温淡化工需要低温热源温度不能低于85℃,为了保证烟气冷却器有适当的换热温压,吸收塔入塔温度不能低于95℃。锅炉出口烟气饱和温度约为38℃-45℃,系统并没有收水能力。因此,所述系统烟气冷却器仅能回收部分烟气的显热,以单台300MW机组为例除尘器后烟气温度从135℃降低到95℃,所降低的温度仅为40℃,回收显热约为58369500kJ/h。按照造水比8考虑,则一天产水量为4872吨,产水量较少。

[0006] 又有中国发明CN108458334A,该发明提供了一种新型火电厂低温余热利用及消白烟的装置及方法,所述装置主要在吸收塔出口设置一烟气冷却器,用水媒将烟气冷却,部分烟气中的水分冷凝下来,实现烟气消白。同时,流经冷却器的水媒温度升高,用升高温度的热水去加热一次/二次风,其余热量则由冷却塔散到空气中,实现部分低品位热量回收利用。该装置需要在吸收塔外设置专用的烟气冷却器,占地较大。且对烟气冷却幅度小,通常只能冷却到40℃-48℃,而对于北方燃煤电厂,冬季情况是无法满足烟气消白排放的。

[0007] 基于上述现状,需要设计一种既能够满足火电厂烟气消白排放的要求,又能对消白过程中烟气的潜热和水进行回收利用的系统,例如将热能和水用于海水淡化系统中,可以在做好环境保护的同时,提高能源的利用率。

发明内容

[0008] 本发明目的在于提供一种烟气消白耦合海水淡化的能量综合利用方法及系统,解决了目前火电厂脱硫后形成的湿饱和烟气排入大气中造成的二次污染,同时也解决了目前烟气消白过程中根据工艺不同需要大量的热量或冷量,同时烟气中的热量和水也造成了巨大的能源浪费的问题;此外还减少了低温海水淡化系统中对蒸汽的需求问题。

[0009] 为达成上述目的,本发明提出如下技术方案:一种烟气消白耦合海水淡化的能量综合利用的方法,热力系统中锅炉排出的烟气依次流经除尘器除尘、脱硫塔脱硫,脱硫后的湿饱和烟气进入烟气冷却器,湿饱和烟气在冷却器和水媒直接或者间接接触完成降温、深度脱水,最终通过烟囱向外排放,烟气排放温度约15℃,实现了烟气消白;冷却器中冷冻水则由溴化锂热泵机组冷端提供,冷冻水温度约为7℃,湿饱和烟气中的水蒸气与冷冻水在烟气冷却器中换热形成冷凝水进入低温海水淡化系统并最终流入淡水箱,冷冻水在冷却器吸热后升温至25℃,并将热量传递给溴化锂热泵机组,溴化锂热泵机组热端产生的热水则作为热源驱动低温海水淡化系统工作,产生淡水,实现烟气废热和水的回收利用。

[0010] 锅炉产生的主蒸汽驱动汽轮机发电,做功后乏气排入凝汽器,凝汽器采用海水作为冷源进行冷却,海水吸收乏气冷却产生的潜热后升温,升温后的海水分为两部分,一部分排回大海,另一部分经海水预处理装置处理后送往一级预加热器,一级预加热器的高温水来自各效海水淡化模块产水,各模块产水最终温度约45℃,一级预加热器主要回收产水部分显热;海水从一级预加热器流入到二级预加热器再次加热后海水约45℃-55℃,然后被送往低温多效蒸发模块中对海水进行淡化处理。

[0011] 溴化锂热泵机组驱动热源采用汽轮机6段抽汽,抽汽冷凝后疏水作为热源送往二级预加热器,由凝汽器背压抽回疏水,完成对疏水(约110-160℃)显热的回收利用,同时也减少了对凝汽器的高温冲击。

[0012] 溴化锂热泵机组热端产生的热水经热水循环泵送往低温海水淡化系统中的低温多效蒸发模块,热水作为热源流经低温多效蒸发模块的一效低温蒸发模块后循环回溴化锂热泵机组热端,海水从二级预加热器加热后流入低温多效蒸发模块中;海水蒸发的热淡水作为热源依次流经下一效低温蒸发模块和一级预加热器,最终流入到淡水箱中,高含盐量浓缩海水从低温多效蒸发模块的最后一效的出口流出,送入到盐卤箱,完成利用消白取热系统中的热量对海水进行淡化回收。

[0013] 为实现上述烟气消白耦合海水淡化的能量综合利用方法,进一步地,设计一种烟气消白耦合海水淡化的能量综合利用系统,所述系统包括火电厂热力系统、消白取热系统、低温海水淡化系统三个部分;

[0014] 所述热力系统包括锅炉、汽轮机、凝汽器、给水泵、循环水泵房、除尘器、脱硫塔、烟气冷却器和烟囱;所述锅炉的排烟口与除尘器的入口连接,除尘器的出口与脱硫塔的入口连接,脱硫塔的出口与烟气冷却器的烟气入口连接,烟气冷却器的烟气出口与烟囱连接,烟气从锅炉中产生后就依次经过除尘器、脱硫塔、烟气冷却器进行烟气除尘脱硫消白后通过烟囱排出。锅炉与汽轮机的蒸汽入口连接,汽轮机的乏气出口与凝汽器的乏气入口连接,凝汽器的凝结水出口与给水泵的入水口相连接,给水泵的出水口与锅炉的入水口相连接,汽轮机做功后乏气排入凝汽器,通过海水冷却后,水通过给水泵进入锅炉循环利用。所述凝汽器冷却水供回水管道与循环水泵房相连,凝汽器冷却用的海水由循环水泵房提供,海水吸收乏气潜热后升温5℃-7℃,大部分海水排回大海,少部分则送往一级预加热器加热。

[0015] 所述消白取热系统包括溴化锂热泵机组、冷媒循环泵;系统采用的溴化锂热泵机组为单效溴化锂热泵,其COP为1.7,即回收0.7J烟气热量低温热量,需要消耗1J高温驱动热量高温,并产生1.7J的中低温热水。溴化锂热泵机组包括冷端管道和热端管道,所述冷端管道包括冷源出口和冷源入口,所述热端管道包括热源出口和热源入口;溴化锂热泵机组的冷源出口与热力系统中所述烟气冷却器的冷源入口相连接,烟气冷却器的冷源出口与冷媒循环泵的入口相连,所述冷媒循环泵的出口与溴化锂热泵机组的冷源入口相连接;溴化锂热泵机组冷端产生冷冻水提供给烟气冷却器进行消白,冷冻水在冷却器吸热后升温至25℃,并将热量传递给溴化锂热泵,进行烟气热量回收。

[0016] 所述低温海水淡化系统包括海水预处理系统、一级预加热器、二级预加热器、低温多效蒸发模块、蒸汽冷凝器、盐卤箱、淡水箱、热水循环泵、海水增压泵;热力系统中所述凝汽器回水出口与海水预处理系统的入口连接,所述海水预处理装置的出水口与海水增压泵的入水口相连,海水增压泵的出水口与一级预热器的海水入口相连;抽取冷却凝汽器而升温的部分海水进入低温海水淡化系统,对热力系统中的热量进行一部分回收利用。所述一级预热器的海水出口和二级预热器的海水入口相连,二级预热器的海水出口与低温多效蒸发模块的海水入口相连,低温多效蒸发模块的蒸汽出口和蒸汽冷凝器的蒸汽入口相连,低温多效蒸发模块的淡水出口和一级预热器的淡水入口相连,一级预热器的淡水出口和淡水箱的入水口相连;低温多效蒸发模块的浓海水出口和盐卤箱的入口相连。

[0017] 消白取热系统中所述溴化锂热泵机组的驱动蒸汽凝结水排放管口与二级预加热

器的疏水入口连接,所述二级预加热器的疏水出口与凝汽器的疏水入口连接,对汽轮机驱动溴化锂热泵产生的疏水潜热进行了热量的利用和水的回收;所述溴化锂热泵机组的热源出口和热水循环泵的热水入口相连,热水循环泵的热水出口和低温多效蒸发模块的热源入口相连,低温多效蒸发模块的热源出口与溴化锂热泵机组的热源入口相连接,溴化锂热泵机组给低温海水淡化系统提供热源。

[0018] 进一步地,本申请设计的烟气消白耦合海水淡化的能量综合利用系统,所述直接消白取热系统还包括沉淀箱、工艺水箱、冷凝水排出泵、污泥排出泵、风帽托盘,所述烟气冷却器是直接消白冷却器;所述溴化锂热泵机组的冷源出口和直接消白冷却器喷淋层相连,直接消白冷却器底部为风帽托盘,冷媒经喷淋后落入风帽托盘,风帽托盘的出口与沉淀箱的入口相连,烟气冷凝水和冷媒混合后一并自流进沉淀箱,沉淀箱的出口包括上层清液出口和下层污泥出口,上层清液流入到工艺水箱中,下层污泥出口与污泥排出泵的入口相连,污泥排出泵的出口与脱硫制浆系统的入口相连,污泥经污泥排出泵送往脱硫制浆系统;所述工艺水箱的出口包括第一出口和第二出口,所述第一出口与冷媒循环泵的入口相连,冷媒循环泵的出口与溴化锂热泵机组的冷源入口相连,工艺水箱的第二出口与冷凝水排出泵的入口相连,冷凝水排出泵的出口与低温海水淡化系统中所述海水增压泵的入口相连,工艺水箱内部分水经冷凝水排出泵送往低温海水淡化系统,其余水送往冷媒循环泵循环利用。

[0019] 进一步地,本申请设计的烟气消白耦合海水淡化的能量综合利用系统,所述间接消白取热系统还包括沉淀箱、工艺水箱、冷凝水排出泵、污泥排出泵、风帽托盘、膨胀水箱,所述烟气冷却器是间接消白冷却器;所述溴化锂热泵机组冷源出口和间接消白冷却器换热盘管相连,间接消白冷却器换热盘管出口与冷媒循环泵的入口相连,冷媒循环泵的出口与溴化锂热泵机组的冷源入口相连,间接消白冷却器换热盘管和冷媒循环泵之间连接有定压用的膨胀水箱,组成一个闭式循环系统;间接消白冷却器底部为风帽托盘,烟气消白取热后的冷凝水落入风帽托盘,风帽托盘的出口与沉淀箱的入口相连,冷凝水自流进沉淀箱,沉淀箱的出口包括上层清液出口和下层污泥出口,上层清液出口与工艺水箱的入口相连上层清液流入到工艺水箱中,下层污泥出口与污泥排出泵的入口相连,污泥排出泵的出口与脱硫制浆系统的入口相连,污泥经污泥排出泵送往脱硫制浆系统;工艺水箱的出口与冷凝水排出泵的入口相连,冷凝水排出泵的出口与低温海水淡化系统中所述海水增压泵的入口相连,冷凝水最终送往低温海水淡化系统。

[0020] 进一步地,本申请设计的烟气消白耦合海水淡化的能量综合利用系统,所述烟气冷却器位于脱硫塔塔顶,烟囱的入口处。烟气冷却器布置于脱硫塔塔顶,仅需将脱硫塔塔顶去掉,冷却器依靠脱硫塔本体刚度,安装于其顶上,无需额外占地。而且根据实际情况烟气冷却器可以采用直接喷淋冷冻水与烟气直接接触工艺或与烟气间接接触工艺,主要是取决于脱硫塔塔顶高度,烟气含灰量等。脱硫塔塔顶越高冷却器安装位置越高,如采用开式系统则冷却水循环泵耗高,可采用间接冷却闭式系统。如果脱硫后烟气含尘量高为避免溴化锂热泵蒸发器堵塞建议采用间接冷却闭式系统。其余情况可采用直接冷却开式系统。

[0021] 进一步地,本申请设计的烟气消白耦合海水淡化的能量综合利用系统装置,所述低温多效蒸发模块的效数是3效-8效。当效数低于3效时,则不能充分利用热能对海水进行充分淡化,但是当效数高于8时,后面水蒸汽的温度越来越低,海水浓度越来越高,海水淡化

的产水量较少没有实际意义。

[0022] 有益效果：

[0023] 通过将烟气消白和海水淡化有机地结合，可实现以下有益效果：

[0024] 1、采用深度冷凝工艺，排烟温度最低可达15℃，实现烟气全年候消白排放。

[0025] 2、可以实现脱硫烟气热量、水分回收利用。烟气冷却器内冷冻水由溴化锂热泵产生，烟气热量被回收后送热低温海水淡化系统，冷却器内的冷凝水则送往低温海水淡化预处理系统，实现水热回收。

[0026] 3、减少低温海水淡化系统蒸汽耗量，提高系统综合造水比。低温海水淡化系统采用低温多效蒸发工艺，低温多效蒸发工艺要求热源温度不低于80℃，溴化锂热泵产生的热水温度为85℃符合海水淡化要求，由于溴化锂热泵COP为1.7，即产生的热量较直接蒸汽加热减少42%。并且，低温海水淡化系统原海水采用多级预加热系统，可以进一步减少系统蒸汽消耗。

[0027] 4、脱硫区域改造工作量少。烟气冷却器布置于脱硫塔塔顶，仅需将脱硫塔塔顶去掉，冷却器依靠脱硫塔本体刚度，安装于其顶上，无需额外占地。

[0028] 5、消白系统设置灵活多样。烟气冷却器根据实际需求可采用直接喷冷冻水与烟气直接接触工艺，也可采用与烟气间接接触工艺。

[0029] 由以上技术方案可知，本发明的技术方案提供了提供一种烟气消白耦合海水淡化的能量综合利用方法及系统，可以满足火电厂烟气全年候消白排放的要求，又能用溴化锂热泵机组吸收锅炉湿法脱硫后湿饱和烟气中水蒸气潜热和水，将其回收后，用于海水淡化。利用溴化锂热泵产生的热水供给海水低温多效蒸发，可以起到火电厂低品位热量综合利用的目的。采用的溴化锂热泵COP为1.7，可节省海水淡化蒸汽消耗约40%-45%。可以在做好环境保护的同时，提高能源的利用率。

[0030] 应当理解，前述构思以及在下面更加详细地描述的额外构思的所有组合只要在这样的构思不相互矛盾的情况下都可以被视为本公开的发明主题的一部分。

[0031] 结合附图从下面的描述中可以更加全面地理解本发明教导的前述和其他方面、实施例和特征。本发明的其他附加方面例如示例性实施方式的特征和/或有益效果将在下面的描述中显见，或通过根据本发明教导的具体实施方式的实践中得知。

附图说明

[0032] 附图不意在按比例绘制。在附图中，在各个图中示出的每个相同或近似相同的组成部分可以用相同的标号表示。为了清晰起见，在每个图中，并非每个组成部分均被标记。现在，将通过例子并参考附图来描述本发明的各个方面的实施例，其中：

[0033] 图1是本发明烟气消白耦合海水淡化的能力综合利用系统装置流程示意图；

[0034] 图2是烟气消白直接冷却系统装置图；

[0035] 图3是烟气消白间接冷却系统装置图；

[0036] 图4是脱硫湿烟气直排热力过程线图；

[0037] 图5是脱硫烟气经本系统深度冷凝后热力过程线图。

[0038] 1、烟气冷却器；2、冷媒循环泵；3、溴化锂热泵机组；4、海水增压泵；5、一级预加热器；6、二级预加热器；7、热水循环泵；8、一效低温蒸发模块；9、二效低温蒸发模块；10、三效

低温蒸发模块;11、盐卤箱;12、蒸汽冷凝器;13、淡水箱;14、锅炉;15、除尘器;16、脱硫塔;17、烟囱;18、汽轮机;19、给水泵;20、凝汽器;21、循环水泵房;2201、直接消白冷却器喷淋层;2202、间接消白冷却器换热盘管;23、风帽托盘;24、沉淀箱;25、污泥排出泵;26、工艺水箱;27、冷凝水排出泵;28、膨胀水箱;29、海水预处理装置;30、脱硫制浆系统。

具体实施方式

[0039] 为了更了解本发明的技术内容,特举具体实施例并配合所附图式说明如下。

[0040] 在本公开中参照附图来描述本发明的各方面,附图中示出了许多说明的实施例。本公开的实施例不必定意在包括本发明的所有方面。应当理解,上面介绍的多种构思和实施例,以及下面更加详细地描述的那些构思和实施方式可以以很多方式中任意一种来实施,这是因为本发明所公开的构思和实施例并不限于任何实施方式。另外,本发明公开的一些方面可以单独使用,或者与本发明公开的其他方面的任何适当组合来使用。

[0041] 本发明设计一种烟气消白耦合海水淡化的能量综合利用的方法,热力系统中锅炉14排出的烟气依次流经除尘器15除尘、脱硫塔16脱硫,脱硫后的湿饱和烟气进入烟气冷却器1,湿饱和烟气在烟气冷却器1中和水媒直接或者间接接触完成降温、深度脱水,最终烟气排放温度约15℃,实现了烟气消白;烟气冷却器中1所需冷冻水由溴化锂热泵机组3冷端提供,冷冻水温度约为7℃,湿饱和烟气中的水蒸气与冷冻水在烟气冷却器1中换热形成冷凝水进入低温海水淡化系统并最终流入淡水箱13;冷冻水在烟气冷却器中1吸热后升温至25℃,并将热量传递给溴化锂热泵机组3,溴化锂热泵机组3热端产生的热水则作为热源驱动低温海水淡化系统工作,产生淡水,实现烟气废热和水的回收利用。

[0042] 锅炉14产生的主蒸汽驱动汽轮机18发电,做功后乏气排入凝汽器20进行冷却,凝汽器20采用海水作为冷源,海水吸收乏气冷却产生的潜热后升温约5℃~7℃,升温后的海水分为两部分,一部分排回大海,另一部分经海水预处理装置29处理后送往一级预加热器5,一级预加热器5的高温水来自各效海水淡化模块产水,各模块产水最终温度约45℃,一级预加热器5主要回收产水部分显热;海水从一级预加热器5流入到二级预加热器6再次加热后海水约45℃-55℃,然后被送往低温多效蒸发模块中进行海水淡化处理;

[0043] 溴化锂热泵机组3驱动热源采用汽轮机18的6段抽汽,抽汽冷凝后疏水作为热源送往二级预加热器6,由凝汽器20背压抽回疏水,完成了对疏水(约110℃-160℃)显热进行回收利用,同时也减少了对凝汽器20的高温冲击。

[0044] 溴化锂热泵机组3热端产生的热水经热水循环泵7送往低温海水淡化系统中的低温多效蒸发模块,热源流经低温多效蒸发模块后循环回溴化锂热泵机组3的热端,海水从二级预加热器6加热后流入低温多效蒸发模块中的一效低温蒸发模块;海水蒸发的蒸汽作为热源依次流经下一效低温蒸发模块和一级预加热器5,最终流入到淡水箱13中,高含盐量浓缩海水从低温多效蒸发模块的最后一效的出口流出,送入到盐卤箱11,完成利用热力系统中的热量对海水进行淡化回收。

[0045] 为实现上述烟气消白耦合海水淡化的能量综合利用方法,具体实施时,如图1所示,设计一种烟气消白耦合海水淡化的能量综合利用系统,所述系统包括火电厂热力系统、消白取热系统、低温海水淡化系统三个部分;

[0046] 所述热力系统包括锅炉14、汽轮机18、凝汽器20、给水泵19、循环水泵房21、除尘器

15、脱硫塔16、烟气冷却器1和烟囱17；锅炉14的烟气排出口连接除尘器15，除尘器15的出口与脱硫塔16的入口连接，烟气进入除尘器15除尘，除尘后的烟气流入脱硫塔16，脱硫塔16的出口与烟气冷却器1的烟气入口连接，烟气从脱硫塔16进入烟气冷却器1冷却消白，烟气冷却器1的烟气出口与烟囱17连接，烟气在烟气冷却器1进行烟气消白后通过烟囱17排入大气中。锅炉14与汽轮机18的蒸汽入口连接，锅炉14的蒸汽提供给汽轮机18发电后，汽轮机18的乏气出口与凝汽器20的乏气入口连接，汽轮机18做功后的乏气流入凝汽器20冷却，凝汽器20的凝结水出口与给水泵19的入水口相连接，给水泵19的出水口与锅炉14的入水口相连接，热水通过给水泵19进入锅炉14循环利用。凝汽器20的冷却需要循环水泵房21提供冷水，循环水泵房21包括供水管道和回水管道，循环水泵房21的供水管道为凝汽器20提供海水作为冷却水，海水从循环水泵房21进入凝汽器20吸热后进入循环水泵房21的回水管道并流出，海水吸收乏气潜热后升温 5°C - 7°C ，大部分海水排回大海，抽取少部分升温后的海水送往一级预加热器5加热。

[0047] 设置消白取热系统包括溴化锂热泵机组3、冷媒循环泵2；系统采用的溴化锂热泵机组3是COP为1.7的单效溴化锂热泵。溴化锂热泵机组3包括冷端管道和热端管道；溴化锂热泵机组3的冷端管道和热力系统中烟气冷却器1相连接，烟气冷却器1的出口与冷媒循环泵2的入口相连，冷媒循环泵2与溴化锂热泵机组3的冷端管道另一端口连接；溴化锂热泵机组3产生冷冻水提供给烟气冷却器1进行消白，冷冻水在冷却器吸热后升温至 25°C ，流经冷媒循环泵2流回溴化锂热泵机组3冷端，并将热量传递给溴化锂热泵机组3，进行烟气热量回收。

[0048] 设置低温海水淡化系统包括海水预处理系统、一级预加热器5、二级预加热器6、低温多效蒸发模块、蒸汽冷凝器12、盐卤箱11、淡水箱13、热水循环泵7、海水增压泵4；热力系统中凝汽器20的回水出口与海水预处理装置29连接，海水预处理装置29与海水增压泵4相连，海水增压泵4与一级预加热器5相连；抽取冷却凝汽器20后升温的部分海水进入海水预处理装置29并流入低温海水淡化系统，对热力系统中的热量进行一部分回收利用。一级预加热器5和二级预加热器6相连，二级预加热器6与低温多效蒸发模块的一效低温蒸发模块8相连提供海水，溴化锂热泵机组3热端产生的热源经热水循环泵7送往低温海水淡化系统中的一效低温蒸发模块8管道，热源流经一效低温蒸发模块8管道后循环回溴化锂热泵机组3；海水蒸发的蒸汽作为热源进入二效低温蒸发模块9的管道，海水从一效低温蒸发模块8流入二效低温蒸发模块9中，蒸汽流经二效低温蒸发模块9的管道后作为热源流入一级预加热器5；二效低温蒸发模块9中的海水蒸发的蒸汽作为热源进入三效低温蒸发模块10的管道，海水从二效低温蒸发模块9流入三效低温蒸发模块10中，蒸汽流经三效低温蒸发模块10管道后作为热源流入一级预加热器5，海水蒸发的蒸汽流经蒸汽冷凝器12后流入一级预加热器5，所有流入一级预加热器5的热源从一级预加热器5中流出到淡水箱13中，海水从三效低温蒸发模块10的出口流入到盐卤箱11，完成利用消白取热系统中的热量对海水进行淡化回收。

[0049] 设置消白取热系统中溴化锂热泵机组3的驱动蒸汽凝结水排放管口与二级预加热器6连接，溴化锂热泵驱动蒸汽产生的疏水从溴化锂热泵机组3流入二级预加热器6，二级预加热器6与凝汽器20的连接，疏水作为热源流经二级预加热器6后流入凝汽器20中，对汽轮机18驱动溴化锂热泵机组3产生的疏水潜热进行了热量的利用和水的回收；溴化锂热泵机

组3的热源出口和热水循环泵7的热水入口相连,热水循环泵7的热水出口和低温多效蒸发模块的热源入口相连溴化锂热泵机组3产生的热源经过热水循环泵7流入低温多效蒸发模块的一效低温蒸发模块8中并提供用于海水蒸发的热量,低温多效蒸发模块的热源出口与溴化锂热泵机组3的热源入口相连接,热源蒸发海水降温后流回溴化锂热泵机组3的热端。

[0050] 具体实施时,本申请设计的烟气消白耦合海水淡化的能量综合利用系统,如图2所示,所述直接消白取热系统还包括沉淀箱24、工艺水箱26、冷凝水排出泵27、污泥排出泵25、风帽托盘23,烟气冷却器1是直接消白冷却器;溴化锂热泵机组3和直接消白冷却器喷淋层2201相连,直接消白冷却器底部为风帽托盘23,冷媒经喷淋后落入风帽托盘23,风帽托盘23与沉淀箱24相连,烟气冷凝水和冷媒混合后一并自流进沉淀箱24,沉淀箱24包括上层清液出口和下层污泥出口,上层清液流入到工艺水箱26中,下层污泥出口与污泥排出泵25相连,污泥排出泵25与脱硫制浆系统30相连,沉淀箱24中的污泥经污泥排出泵25送往脱硫制浆系统30;工艺水箱26有两个出口,一个出口与冷媒循环泵2相连,冷媒循环泵2与溴化锂热泵机组3的冷源端相连,水通过冷媒循环泵2流入溴化锂热泵机组3冷端管道中进行冷源循环,工艺水箱26的另一个出口与冷凝水排出泵27相连,冷凝水排出泵27与低温海水淡化系统中海水增压泵4相连,工艺水箱26内部分水经冷凝水排出泵27作为水源被送往低温海水淡化系统。

[0051] 具体实施时,本申请设计的烟气消白耦合海水淡化的能量综合利用系统,间接消白取热系统还包括沉淀箱24、工艺水箱26、冷凝水排出泵27、污泥排出泵25、风帽托盘23、膨胀水箱28,烟气冷却器1是间接消白冷却器;溴化锂热泵机组3冷源和间接消白冷却器换热盘管2202相连,间接消白冷却器换热盘管2202与冷媒循环泵2相连,冷媒循环泵2与溴化锂热泵机组3相连,间接消白冷却器换热盘管2202和冷媒循环泵2之间连接有定压用的膨胀水箱28,组成一个闭式循环系统;间接消白冷却器底部为风帽托盘23,冷源流经换热盘管,烟气中湿饱和和水蒸气遇冷液化后的冷凝水落入风帽托盘23,风帽托盘23的出口与沉淀箱24相连,冷凝水自流进沉淀箱24,沉淀箱24包括上层清液出口和下层污泥出口,上层清液出口与工艺水箱26相连,沉淀箱24中的上层清液流入到工艺水箱26中,下层污泥出口与污泥排出泵25相连,污泥排出泵25与脱硫制浆系统30相连,污泥经污泥排出泵25送往脱硫制浆系统30;工艺水箱26的出口与冷凝水排出泵27相连,冷凝水排出泵27与低温海水淡化系统中的海水增压泵4相连,冷凝水通过冷凝水排出泵27作为水源被送往低温海水淡化系统。

[0052] 具体实施时,本申请设计的烟气消白耦合海水淡化的能量综合利用系统,如图3所示,烟气冷却器1位于脱硫塔塔顶,烟囱17的入口处。烟气冷却器1布置于脱硫塔塔顶,仅需将脱硫塔塔顶去掉,冷却器依靠脱硫塔本体刚度,安装在脱硫塔塔顶上,无需额外占地。而且根据脱硫塔塔顶高度、烟气含灰量等情况,烟气冷却器1可以采用直接喷淋冷冻水与烟气直接接触工艺或与烟气间接接触工艺脱硫塔塔顶越高冷却器安装位置越高,如采用开式系统则冷却水循环泵耗高,可采用间接冷却闭式系统。如果脱硫后烟气含尘量高为避免溴化锂热泵蒸发器堵塞建议采用间接冷却闭式系统;其余情况可采用直接冷却开式系统。

[0053] 具体实施时,本申请设计的烟气消白耦合海水淡化的能量综合利用系统装置,所述低温多效蒸发模块的效数是3效-8效的任一种。当效数低于3效时,则不能充分利用热能对海水进行充分淡化,但是当效数高于8时,后面水蒸汽的温度越来越低,海水浓度越来越高,海水淡化的产水量较少没有实际意义。本申请中设计的低温多效蒸发模块的效数是3

效。

[0054] 基于上述实施例中的烟气消白耦合海水淡化的能量综合利用系统,提供一种具体的设备参数、烟气指标、温度指标以及本能量综合利用系统能够达到的效果。

[0055] 系统主要参数如下:

[0056] 单台机组装机容量:300MW,

[0057] 脱硫塔出口烟气量:1250000Nm³/h(湿态),

[0058] 脱硫塔出口烟气温度:48℃,

[0059] 烟气主要成分:N₂:72.5%,CO₂:13.1%,O₂:3.2%,H₂O:11.2%(饱和状态),

[0060] 溴化锂热泵COP:1.7,

[0061] 海水淡化系统产水量:59000t/d,

[0062] 多效蒸发模块造水比:8,

[0063] 烟气深冷后排放温度:15℃,

[0064] 消白考核大气工况:10℃,80%相对湿度。

[0065] 极端消白情况下热平衡和物料平衡计算后,部分计算结果如下:

[0066] 深度冷却后烟气量:1129300Nm³/h

[0067] 深度冷却后烟气成分:N₂:80.24%,CO₂:14.51%,O₂:3.54%,H₂O:1.71%(饱和状态)

[0068] 冷凝释放显热:82347698kJ/h,

[0069] 冷凝释放潜热:238974355kJ/h,

[0070] 冷凝总放热:321322053kJ/h,

[0071] 冷凝水量:96947kg/h,

[0072] 溴化锂热泵系统蒸汽耗量:183t/h,

[0073] 溴化锂热泵系统85℃热水循环量:8000t/h,

[0074] 海水淡化系统产水量:59000t/d,

[0075] 综合造水比:13.6。

[0076] 图4和图5分别给出了该系统消白前和消白后烟气系统热力过程对比,其中A点为脱硫出口工况,B点为考核工况点,图5中的C点为冷却器出口,从图中可以看出烟气冷却到15℃,考核工况条件下,烟气与空气混合过程线不会和100%湿饱和线相交,即排放过程中不会产生白烟。

[0077] 虽然本发明已以较佳实施例揭露如上,然其并非用以限定本发明。本发明所属技术领域中具有通常知识者,在不脱离本发明的精神和范围内,当可作各种的更动与润饰。因此,本发明的保护范围当视权利要求书所界定者为准。

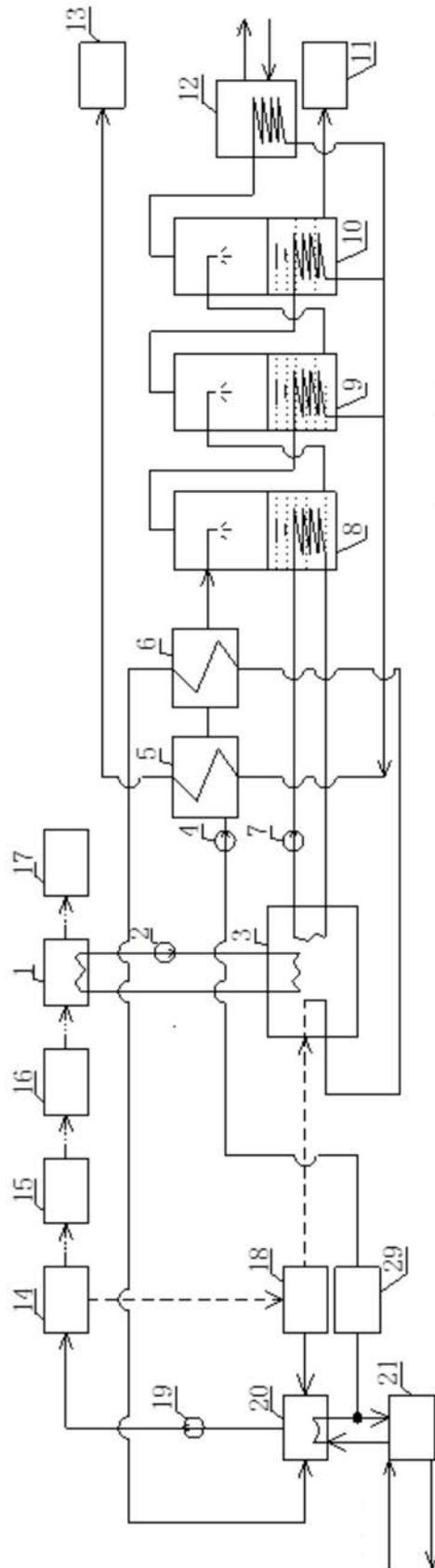


图1

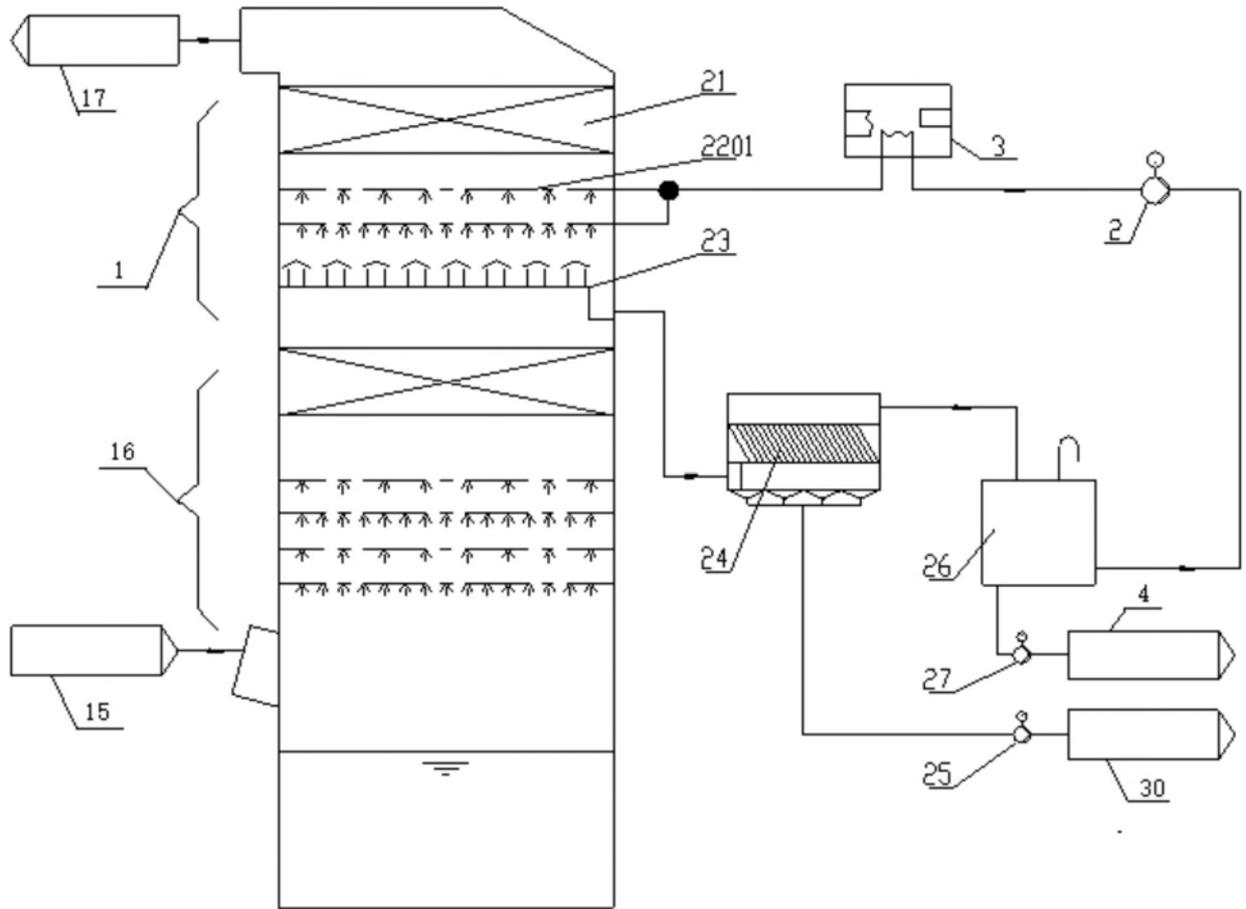


图2

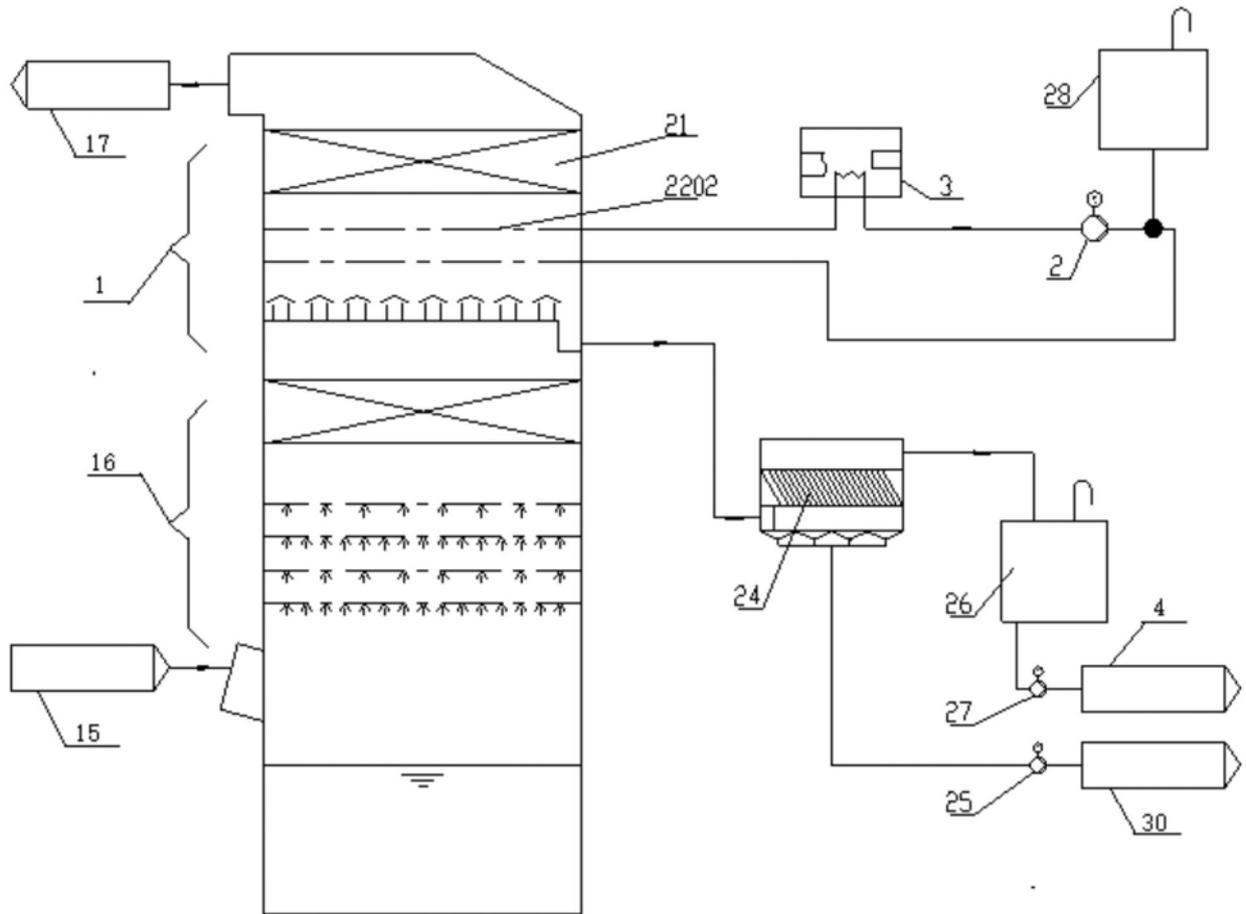


图3

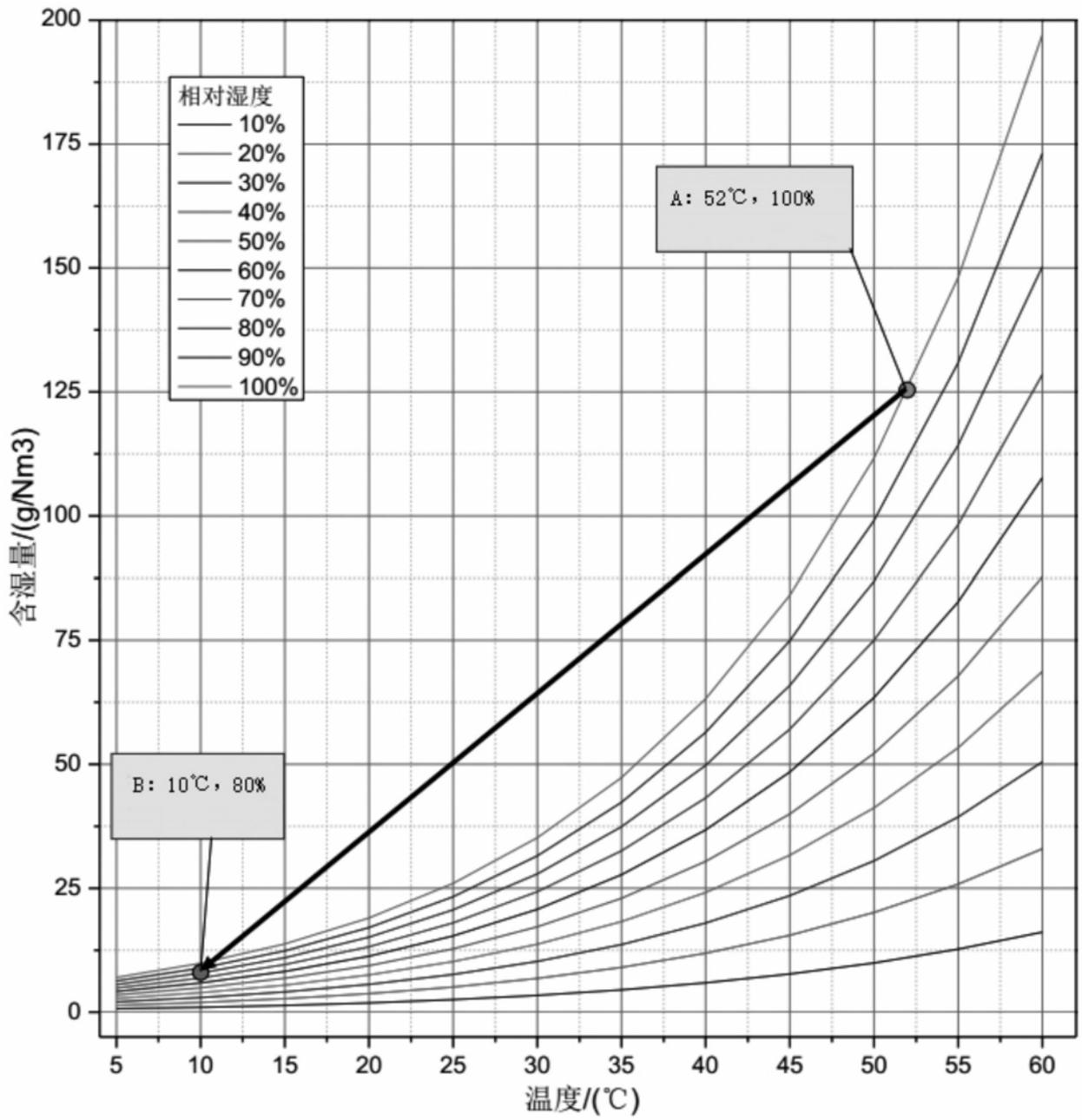


图4

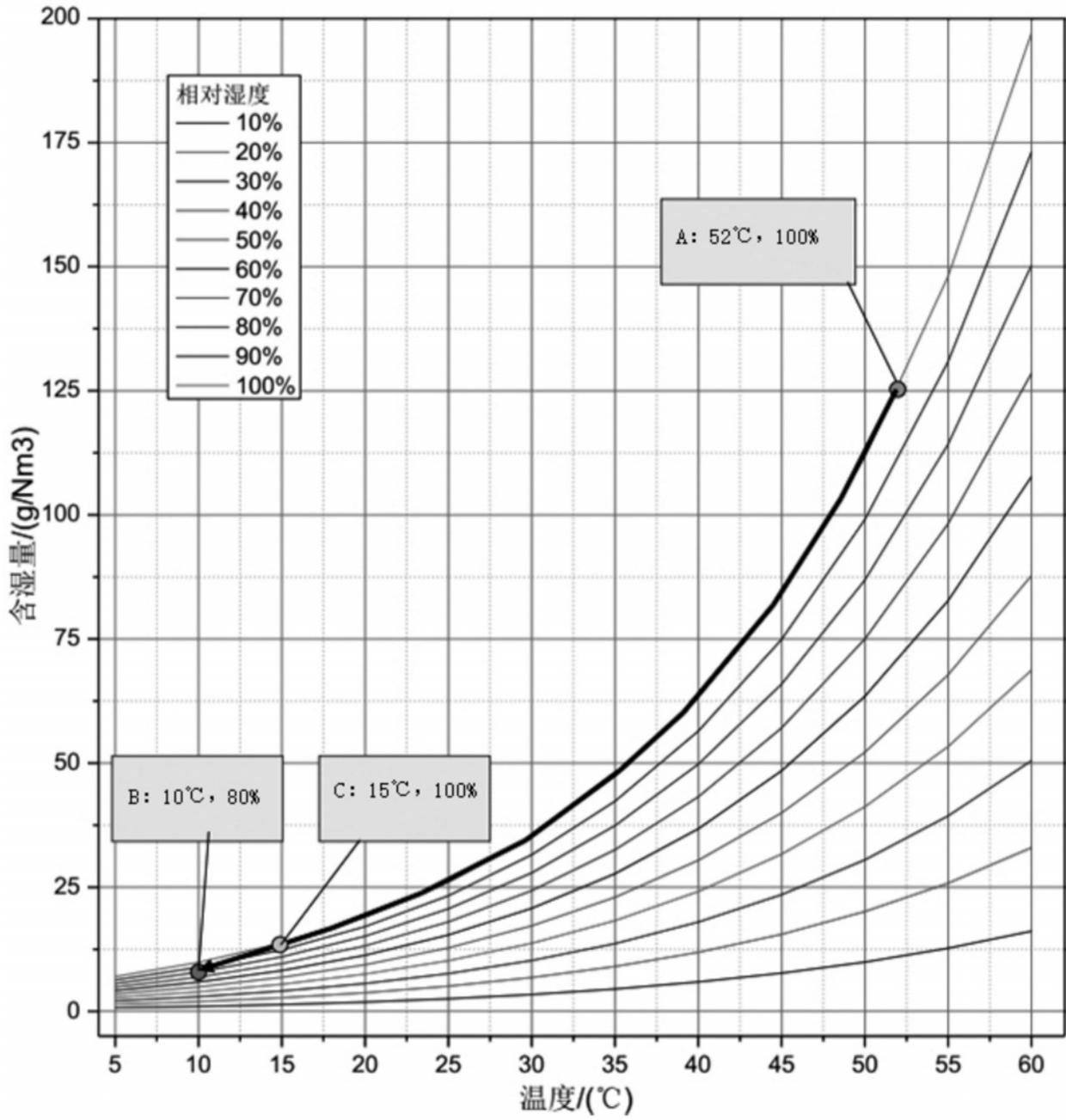


图5