



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102012036 A

(43) 申请公布日 2011. 04. 13

(21) 申请号 201010527948. 4

(22) 申请日 2010. 11. 02

(71) 申请人 杨本洛

地址 200232 上海市徐汇区龙华西路 525 弄  
4 号 201 室

(72) 发明人 杨本洛

(74) 专利代理机构 上海交达专利事务所 31201

代理人 王锡麟 王桂忠

(51) Int. Cl.

F23J 15/00 (2006. 01)

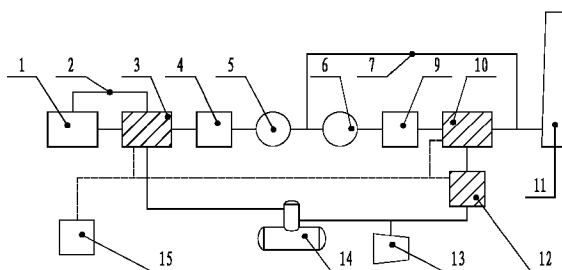
权利要求书 1 页 说明书 10 页 附图 4 页

## (54) 发明名称

湿法脱硫后净烟气升温 and 余热回收的复合相变换热装置

## (57) 摘要

一种传热技术领域的湿法脱硫后净烟气升温 and 余热回收的复合相变换热装置, 包括: I 级相变换热器、恒温加湿器、III 级相变换热器、电控柜, I 级相变换热器通过管道依次连接 III 级相变换热器、恒温加湿器, I 级相变换热器通过连线与电控柜连接, 恒温加湿器通过管道返回连接到 I 级相变换热器。本发明针对现有技术的缺陷, 充分发掘相变换热潜藏的多重技术优势, 根据锅炉设备系统中原烟气呈现的不同热工状态和相关的理化特性以及净烟气的相关物理特征和升温所需的能量, 利用锅炉系统中烟气携带的低温余热, 提升湿法脱硫后净烟气温度, 达到国家烟气排放标准, 并提高锅炉的热效率。



1. 一种湿法脱硫后净烟气升温和余热回收的复合相变换热装置，其特征在于，包括：I级相变换热器、恒温加湿器、III级相变换热器、电控柜，I级相变换热器通过管道依次连接III级相变换热器、恒温加湿器，I级相变换热器通过连线与电控柜连接，恒温加湿器通过管道返回连接到I级相变换热器。

2. 根据权利要求1所述的湿法脱硫后净烟气升温和余热回收的复合相变换热装置，其特征是，所述I级相变换热器包括：汽包、除盐水调节阀、测温仪、相变下段、相变下段设置在锅炉系统的空气预热器之后的烟道内，I级相变换热器的相变下段之后依次串联连接到锅炉系统的四个设备除尘器、引风机、脱硫风机、脱硫塔和III级相变换热器，之后接到排烟装置烟囱上；I级相变换热器的汽包依次连接到电厂系统两个设备构件除氧器、汽轮机的抽汽母管，汽轮机的抽汽母管再与恒温加湿器相联之后回到III级相变换热器；电控柜的信号采集端与测温仪相连接，电控柜的控制端与I级相变换热器的除盐水调节阀相连接，接受测温仪所测得的相变下段的壁面温度信号，并根据预设的技术参数控制除盐水调节阀的动作，电控柜的另一个信号采集端与III级相变换热器净烟气进口和出口处锅炉系统的温度计和流量计相连，实时调节恒温加湿器注水量的除盐水调节阀和汽轮机抽汽调节阀的开度。

3. 根据权利要求1所述的湿法脱硫后净烟气升温和余热回收的复合相变换热装置，其特征是，所述的III级相变换热器包括：换热翅片管束、联箱、疏水阀，其中：换热翅片管束固定设置于顶部和底部的联箱之间，并与脱硫塔输出的烟气方向相垂直，联箱的顶部与恒温加湿器的输出端相连接，底部湿度较大且接近于饱和水的工质经过疏水阀与锅炉的除氧器入口端相连。

4. 根据权利要求1所述的湿法脱硫后净烟气升温和余热回收的复合相变换热装置，其特征是，所述的恒温加湿器由混合室和喷嘴两个部分构成，两者通过管道连接，混合室出口与III级相变换热器管道连接。

5. 根据权利要求1所述的湿法脱硫后净烟气升温和余热回收的复合相变换热装置，其特征是，恒温加湿器出口后通过管道连接电厂系统的除氧器。

6. 根据权利要求1所述的湿法脱硫后净烟气升温和余热回收的复合相变换热装置，其特征是，在所述的I级相变换热器中设置相变上段预热加热空气预热器前的空气，采用中间隔板将相变上段与相变下段隔开。

7. 根据权利要求1所述的湿法脱硫后净烟气升温和余热回收的复合相变换热装置，其特征是，在锅炉系统的空气预热器与所述的I级相变换热器之间设置风道。

8. 根据权利要求1所述的湿法脱硫后净烟气升温和余热回收的复合相变换热装置，其特征是，III级相变换热器设置在锅炉系统的脱硫塔之后的除湿装置与烟囱之间，在脱硫塔之前设置于II级相变换热器。

9. 根据权利要求1所述的湿法脱硫后净烟气升温和余热回收的复合相变换热装置，其特征是，III级相变换热器设置在电厂系统的脱硫塔后部的除湿装置与烟囱之间，在电厂系统的汽轮机和III级相变换热器之间，设置恒温加湿器。

10. 根据权利要求1所述的湿法脱硫后净烟气升温和余热回收的复合相变换热装置，其特征是，I级相变换热器设置在锅炉系统的空气预热器与除尘器之间。

## 湿法脱硫后净烟气升温 and 余热回收的复合相变换热装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及的是一种传热技术领域的装置，具体是一种湿法脱硫后净烟气升温 and 余热回收的复合相变换热装置。

### 背景技术

[0002] 采用石灰石湿法烟气脱硫是目前大型电厂普遍使用的脱硫方法。但是，使用湿法石灰 / 石灰石脱硫工艺 (FCD) 普遍存在烟气热交换系统严重低温腐蚀，无法将净烟气加热至所需温度，并往往使得换热设备完全失效，最终造成了极其严重的二次污染的问题。或者说，使用烟气加热器提高净烟气温度，长期以来成为世界上始终没有很好得到解决的一个技术问题。比如根据《火电厂湿法烟气脱硫技术手册》(中国电力出版社，2006)，对其主要的三种形式烟气加热器剖析如下：

[0003] (1) 循环加热 (GGH)，将脱硫塔上游未经脱硫处理、温度处于 130-150℃ 的原烟气通过某一种恰当形式的换热器加热净烟气，以提升烟气最终的排放温度。仅仅从能量平衡的角度考虑，GGH 技术可以合理分配或充分利用烟气的能量。设计恰当的 GGH，自然成为人们优先选择的最佳方式，但是，尽管至今所提出的 GGH 形式多种多样，这种努力并未获得成功。究其原因：因为净烟气的露点温度通常高于原烟气的露点温度，所以在保证换热器的壁面温度必须高于相关工质的露点温度从而不出现腐蚀的前提条件下，原烟气所释放热量的温度低于净烟气需要提升的温度，以至于由原烟气向净烟气传递热量的目的根本无法实现。

[0004] (2) 在线加热器 (SGH)，使用由汽轮机所提供的温度大致在 250℃ 左右的低压蒸汽，通过换热器加热脱硫塔后的净烟气。这一技术方案曾经得到人们的普遍重视，但是至今并无真正获得成功。原因是存在明显不足：其一，该换热器消耗蒸汽量大，热损失约占锅炉效率的 2%，经济性差；其二，此方式完全没有考虑如何吸收利用进入脱硫塔之前原烟气的低温余热，以尽可能提高锅炉热效率的问题，而且还因为需要消耗大量冷却水用于实现降低进入脱硫塔原烟气温度的工艺要求，以至于最终造成水资源的严重浪费和增加大气环境不必要的热污染。然而，换热器难以克服的严重低温腐蚀问题，导致整个设备根本无法持续正常工作。从技术角度讲，管束表面温度较高，腐蚀环境可望有所缓和。例如如果能够始终保持传热表面温度高于 120℃，并将烟气饱和度降至 80% 以下，则可明显降低净烟气对换热器的腐蚀速度。但是，从传热学的机理深入分析，进入净烟气加热器换热管道内侧的 250℃ 低压蒸汽仍然是过热蒸汽，而流经换热管道外侧的则是脱硫塔所流出，温度为 50℃ 左右、并夹带大量水分的净烟气。也就是说，在 SGH 换热器中，冷热流体大致处于通常所说的“气气换热”范畴。根据传热学的一般知识可知，管道外侧的换热系数远高于内侧的换热系数，再加之于低温净烟气还含有少量水分使得烟气侧的换热系数进一步加大，以至于在换热器局部的区域，其金属壁面温度十分接近于温度为 50℃ 的低温净烟气，而极大地偏离温度为 250℃ 的低压蒸汽，根本无法达到最初所期待壁温高于 120℃ 的设计要求。

[0005] (3) 直接燃烧加热器，通过类似于燃气轮机的附加设备，利用其产生的烟气加热经过脱硫的净烟气。毫无疑问，该方案不仅仅初期投资过大、运行成本过高、无法减少耗水量，而且还会出现伴生极为严重的二次热污染问题。

[0006] 由以上分析可知，归结于不能妥善解决净烟气严重低温腐蚀的技术障碍，目前各火电厂在使用湿式脱硫装置的情况下，普遍存在一方面净烟气的排烟温度过低，造成极其严重的二次污染，另一方面却因为不能充分利用原烟气的低温余热，导致难以进一步提高锅炉的效率低、并造成水资源浪费的问题。因此，针对目前相关技术存在的不足，如何为湿式脱硫后的净烟气提升温度是本技术领域工程技术人员共同关注的重大技术问题。

[0007] 经过对现有技术的检索发现，中国专利文献号 CN101140072A，公开日 2008-3-12，记载了一种应用于燃煤发电机组的脱硫烟气余热回收系统，包括：至少一用于实现气态与液态间交换热能的气水换热器；及与气水换热器分别独立贯通的烟气进、出烟道及凝结水进、出管道；气水换热器的烟气进口与燃煤发电机组中锅炉烟气除尘器后烟道贯通连接；气水换热器的烟气出口与脱硫系统中脱硫吸收塔的烟气进口贯通连接；气水换热器的凝结水进、出口可与回热系统的至少一级低压加热器并联或串联。

[0008] 但是，该技术无论是有效降低锅炉的排烟温度，还是希望提升大型电厂湿式脱硫净烟气温度，都没有解决如何合适解决烟气在不同场合下所造成严重低温腐蚀的难题。

[0009] 此外，经检索还发现，中国专利文献号 CN1818472A，公开日 2006-8-16，记载了一种“分离式烟气再热器及其换热方法”，该技术分为原烟气换热器(1)和净烟气换热器(3)两部分，该两部分通过蒸汽上升管(2)和凝结水下降管(4)连通起来。在原烟气换热器(1)，热烟气将热量传给循环液体；液体受热后蒸发，产生的蒸汽沿着蒸汽上升管(2)到达净烟气换热器(3)，释放出汽化潜热而凝结成液体，在重力或者水泵(6)的作用下，经凝结水下降管(4)回到原烟气换热器(1)，如此循环往复运行来实现加热净烟气的目的。

[0010] 显然，该技术相当于通常所说的分离式热管。但是，考虑到净烟气露点温度通常远高于原烟气的露点温度，因此在要求冷凝段的壁面温度必须相应高于蒸发段壁面温度的条件下，根本无法实现将蒸发段处原烟气所释放较低温度的能量向需要较高壁面温度的冷凝段进而向该处净烟气输送能量的效果。

## 发明内容

[0011] 本发明的目的在于克服现有技术中的不足，提供一种湿法脱硫后净烟气升温和余热回收的复合相变换热装置。本发明在确保不出现低温腐蚀的前提下，实现了解决如何将大型电厂脱硫塔后自身温度过低但露点温度较高的净烟气温度提升至满足排放标准的较高温度，与此同时，较大幅度降低进入脱硫塔前的原烟气温度以提高锅炉的热效率，并由此而减少脱硫塔用水量等。

[0012] 本发明是通过以下技术方案实现的：

[0013] 本发明包括：I级相变换热器、恒温加湿器、III级相变换热器、电控柜，I级相变换热器通过管道依次连接III级相变换热器、恒温加湿器，I级相变换热器通过连线与电

控柜连接，恒温加湿器通过管道返回连接到 I 级相变换热器。

[0014] 所述 I 级相变换热器包括：汽包、除盐水调节阀、测温仪、相变下段，相变下段设置在锅炉系统的空气预热器之后的烟道内，I 级相变换热器的相变下段之后依次串联连接到锅炉系统的四个设备除尘器、引风机、脱硫风机、脱硫塔和 III 级相变换热器，之后接到排烟装置烟囱上；I 级相变换热器的汽包依次连接到电厂系统两个设备构件除氧器、汽轮机的抽汽母管，汽轮机的抽汽母管再与恒温加湿器相联之后回到 III 级相变换热器；电控柜的一个信号采集端与用于检测相变下段壁面温度信号的测温仪相连接，电控柜的控制端与 I 级相变换热器的除盐水调节阀相连接，接受测温仪所测得的相变下段的壁面温度信号，并根据预设的技术参数控制除盐水调节阀的动作，电控柜的另一个信号采集端与 III 级相变换热器净烟气进口和出口处锅炉系统的温度计和流量计相连，实时调节恒温加湿器注水量的除盐水调节阀和汽轮机抽汽调节阀的开度。

[0015] 所述的 III 级相变换热器包括：换热翅片管束、联箱、疏水阀，其中：换热翅片管束固定设置于顶部和底部的联箱之间，并与脱硫塔输出的烟气方向相垂直，联箱的顶部与恒温加湿器的输出端相连接，底部湿度较大且接近于饱和水的工质经过疏水阀与锅炉的除氧器入口端相连。

[0016] 所述的恒温加湿器由混合室和喷嘴两个部分构成，两者通过管道连接，混合室出口与 III 级相变换热器管道连接。

[0017] 本发明针对湿法脱硫后净烟气升温装置的现有技术无法正常工作的缺陷，充分发掘、应用和依赖相变换热潜藏的多重技术优势，根据锅炉设备系统中原烟气在流经不同设备时相应呈现的不同热工状态（主要是温度）和相关的理化特性（主要涉及露点温度与不同的腐蚀特性）以及净烟气的相关物理特征和升温所需的能量，在有效提升湿法脱硫后净烟气温度从而达致国家规定的烟气排放标准，并进一步利用锅炉设备系统中烟气携带的低温余热，以充分提高锅炉的热效率，与此同时，还可以大幅度减少脱硫装置的用水量，一种多重效果并存的综合型换热系统。

[0018] 本发明针对进入脱硫塔的原烟气和从脱硫塔流出的净烟气露点温度相差较大，特别是净烟气吸热端所需壁面温度远高于原烟气放热端所需壁面温度的“反常”特征，将一般的烟气加热器分解为若干个彼此独立的相变换热单元，有效地完成了吸收原烟气的低温余热和提升净烟气温度的核心任务。本发明通过对各个独立相变换热单元壁面温度进行实时控制，使它们在不同工况下始终满足预先设定的温度要求，以保证整个换热系统的安全性；同时借助于多重和间接的不同方式能量转换的组合，最终实现目前 GGH 系统所期待但无法做到将原烟气的低温余热用于加热净烟气、并同时要求相关设备不同处壁面温度各自处于不同的较高水平，以至于不会出现因为严重低温腐蚀而无法持续正常工作从而满足环保要求的目的。此外，在充分发挥能量分级利用的功效，进一步提高锅炉热效率的同时，还能够大幅度减少用于降低进入脱硫塔原烟气温度的冷却水用量，为节约同样极其珍贵的水资源做出了贡献。

#### 附图说明

[0019] 图 1 是实施例 1 的结构示意图。

[0020] 图 2 是实施例 2 的结构示意图；

[0021] 图中：空气预热器 1、风道 2、I 级相变换热器 3、除尘器 4、引风机 5、脱硫风机 6、旁通烟道 7、II 级相变换热器 8、脱硫塔 9、III 级相变换热器 10、烟囱 11、恒温加湿器 12、汽轮机 13、除氧器 14、电控柜 15。

[0022] 图 3 是 I 级相变换热器结构示意图；

[0023] 图中：相变上段 110、汽包 101、除盐水调节阀 102、电控柜 15、测温仪 104、中间隔板 105、相变下段 120。

[0024] 图 4 是 II 级相变换热器结构示意图；

[0025] 图中：相变上段 210、汽包 201、除盐水调节阀 202、电控柜 15、测温仪 204、中间隔板 205、相变下段 220。

[0026] 图 5 是 III 级相变换热器原理图；

[0027] 图中：底部联箱温度计 301、净烟气进口温度计 302、净烟气进口流量计 303、汽轮机抽汽压力计 304、汽轮机抽汽温度计 305、汽轮机抽汽流量计 306、除盐水压力计 307、除盐水温度计 308、除盐水流量计 309、净烟气出口温度计 310、汽轮机抽汽调节阀 311、除盐水调节阀 312、电控柜 15。

[0028] 图 6 是 III 级相变换热器系统接入示意图。

[0029] 图 7 是恒温加湿器结构示意图；

[0030] 图中：混合室 401、喷嘴 402。

[0031] 图 8 是 III 级相变换热器结构示意图；

[0032] 图中：换热翅片管束 501、联箱 502、疏水阀 503。

## 具体实施方式

[0033] 下面结合附图对本发明的实施例作详细说明，本实施例在以本发明技术方案为前提下进行实施，给出了详细的实施方式和具体的操作过程，但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0034] 实施例

[0035] 本实施例包括：I 级相变换热器 3、电控柜 15、III 级相变换热器 10、I 级相变换热器 3 通过管道依次连接 III 级相变换热器 10、恒温加湿器 12，I 级相变换热器 3 通过连线与电控柜 15 连接，恒温加湿器 12 通过管道返回连接到 I 级相变换热器 3。

[0036] 本实施例所述 I 级相变换热器 3 包括：汽包 101、除盐水调节阀 102、测温仪 104、相变下段 120，相变下段 120 设置在锅炉系统的空气预热器 1 之后的烟道内，I 级相变换热器 3 的相变下段 120 之后依次串联连接到锅炉系统的 4 个设备除尘器 4、引风机 5、脱硫风机 6、脱硫塔 9 和 III 级相变换热器 10，之后接到排烟装置烟囱 11 上；I 级相变换热器 3 的汽包 101 依次连接到电厂系统两个设备构件除氧器 14、汽轮机 13 的抽汽母管，汽轮机 13 的抽汽母管再与恒温加湿器 12 相联之后回到 III 级相变换热器 10；电控柜 15 的一个信号采集端与用于检测相变下段 120 壁面温度信号的测温仪 104 相连接，电控柜 15 的控制端与 I 级相变换热器 3 的除盐水调节阀 102 相连接，接受测温仪 104 所测得的相变下段 120 的壁面温度信号，并根据预设的技术参数控制除盐水调节阀 102 的动作。电控柜 15 的另一个信号采集端与 III 级相变换热器 10 净烟气进口和出口处锅炉系统的温度计和流量计相连，实时调节恒温加湿器 12 注水量的除盐水调节阀 312 和汽轮机抽汽调节阀

311 的开度。

[0037] 本实施例所述的 III 级相变换热器 10 包括：换热翅片管束 501、联箱 502、疏水阀 503，其中：换热翅片管束 501 固定设置于顶部和底部的联箱 502 之间，并与脱硫塔 9 输出的烟气方向相垂直，联箱 502 的顶部与恒温加湿器 12 的输出端相连接，底部湿度较大且接近于饱和水的工质经过疏水阀 503 与锅炉的除氧器入口端相连。

[0038] 本实施例所述的恒温加湿器 12 由混合室 401 和喷嘴 402 两个部分构成，两者通过管道连接，混合室 401 出口与 III 级相变换热器 10 管道连接。

[0039] 本实施例通过以下工作原理和过程来实现本发明所获得的突出的技术进步和显著的有益的效果：

[0040] 本实施例 I 级相变换热器 3 中与原烟气接触的的金属壁面温度始终控制在原烟气可能出现低温结露的温度之上，即工作在通常所说的“第一安全区”之中。在原烟气所回收的低温余热中，除了用作加热除盐水以减少电厂系统的汽轮机 13 的抽汽量以外，考虑到锅炉系统的空气预热器 1 受热面往往因为新鲜空气的温度过低而发生低温结露，故而在 I 级相变换热器 3 中增设相变上段 110 预热空气预热器 1 前的空气，采用中间隔板 105 将相变上段 110 与相变下段 120 隔开，将相变下段 120 从原烟气中吸收的一部分热量用作预热空气，不仅可以改善空气预热器 1 的工作条件，还往往因为改善燃烧而进一步提高锅炉的热效率；常温空气通过相变上段 110 预热后，再经过风道 2 进入锅炉系统的空气预热器 1，也就是说，在锅炉系统的空气预热器 1 与 I 级相变换热器 3 之间设置风道 2。

[0041] 本实施例恒温加湿器 12 通过管道连接电厂系统的汽轮机 13，当锅炉系统的空气预热器 1 出口的原烟气（进入脱硫塔前未经脱硫的烟气称为原烟气，经脱硫后的烟气称为净烟气）进入相变下段 120 经放热后温度降低，其能量转化为相变下段 120 内部原则上始终处于相变状态中的中间介质的汽化潜热，而所含气相成分较高的中间介质上升至汽包 101，通过凝结放热中把热量传递给温度较低的除盐水，被加热后的除盐水进入电厂系统的除氧器 14，从而减少了用于除氧的过热蒸汽（即汽轮机抽汽）量；另一方面，出自相变下段 120 的低温原烟气依次经过锅炉系统的除尘器 4、引风机 5 和脱硫风机 6，继而进入锅炉系统的脱硫塔 9 脱硫并进一步降温，而出自锅炉系统的脱硫塔 9 的低温净烟气流经 III 级相变换热器 10 被重新加热升温，最后通过烟囱 11 排放至大气；此外，引自电厂系统的汽轮机 13 抽汽母管的过热蒸汽（从能量平衡考虑，其中包括因 I 级相变换热器 3 回收余热所减少耗用汽轮机 13 抽汽的那部分能量）进入恒温加湿器 12，经加湿转变成干度略小于 100% 的饱和蒸汽，该干度较高的饱和蒸汽再被引入 III 级相变换热器 10，完全借助于凝结放热将净烟气加热至所需的排放温度，以同时保证换热器满足最初设定的壁面温度要求。测温仪 104 所测 I 级相变换热器 3 中与原烟气接触的的金属壁面温度信号发送到电控柜 15，电控柜 15 通过运算，调节 I 级相变换热器 3 的除盐水调节阀 102 的开度以形成对金属壁面温度的闭环控制。同时，电控柜 15 根据设定的工作参数，并采集设置在 III 级相变换热器 10 净烟气进口和出口处的温度计和流量计提供的数据，实时调节用于控制恒温加湿器 12 注水量的除盐水调节阀 312 和汽轮机抽汽调节阀 311 的开度。

[0042] 本实施例 III 级相变换热器 10 设置在锅炉系统的脱硫塔 9 之后的除湿装置与烟囱 11 之间，实现将汽轮机 13 的抽汽所提供的能量加热净烟气以达到环保所规定烟气排放温度的目的。在电厂系统的汽轮机 13 和 III 级相变换热器 10 之间，必须设置一个恒温加湿

器 12, 将从电厂系统的汽轮机 13 抽出的过热蒸汽变为饱和蒸汽, 以保证 III 级相变换热器 10 能够真正工作于“相变换热”状况, 并凭此将与净烟气相接触的金属壁面温度处于均匀的和可控可调的状态之中, 进而将该温度严格控制在高于净烟气所对应的露点温度 (例如 120℃) 以上, 从而使得以往技术难以避免的严重低温腐蚀现象不再出现。

[0043] 本实施例以上提及的所有设备, 如图 1 所示, 形成一个相互关联、彼此依存并由电控柜 15 加以实时控制的换热器系统。

[0044] 此外, 在脱硫塔 9 之前设置工作于“第二安全区”的 II 级相变换热器 8。II 级相变换热器 8 和 I 级相变换热器 3 的根本差异在于控制低温腐蚀的机理不同, 相应需要控制的壁面温度点不同, 以及与其对应使用条件和制作工艺的区别。例如, 针对此处所述的应用场合, 因为经过除尘器 4 处理以后的净烟气在原则上已经不再会出现“灰堵”的问题, 所以一般而言允许设置工作在“第二安全区”的 II 级相变换热器 8。显然, 对于工作在“第一安全区”的相变换热器而言, 只要其壁面温度不低于设定的温度就不应该出现低温腐蚀, 并且, 壁面温度越高只会越安全。但是, 与其完全不同, 当相变换热器工作在“第二安全区”的时候, 它的壁面温度必须严格控制在“第二安全区”所规定的“温度点”区域内, 既不能低于该“温度点”区域, 也不能高于该“温度点”区域, 否则都会出现不可容忍的低温腐蚀现象。此时, 还需要在换热器与原烟气接触的金属表面涂设防腐层, 将原则上不可避免的“低温腐蚀”合理地控制在某个最小“反应速率”之内。当然, 此处增设 II 级相变换热器 8, 目的在于用作进一步降低流出 I 级相变换热器 3 并因为吸收了引风机和脱硫风机做功所产生能量而有所升高的原烟气温度, 一方面, 利用原烟气的这部分能量加热除盐水以进一步减少耗用的汽轮机 13 抽汽, 另一方面, 还因为原烟气温度得以降低而进一步减少脱硫塔 9 的耗水量, 并同时提高脱硫反应的脱硫效果。增设了 II 级相变换热器的系统如图 2 所示。

[0045] 其中, I 级相变换热器 3 设置在锅炉系统的空气预热器 1 与除尘器 4 之间, 实现控制最低金属壁面温度需要在原烟气露点温度 (例如 80℃) 以上的, 其与外部设备的连结方式如图 3 所示。在原烟气经此换热器释放的能量中, 一部分用作加热常温空气以改善锅炉系统的空气预热器 1 的工作条件, 同时提高锅炉的热效率, 另一部分则用作加热除盐水以减少汽轮机 13 用于加热除盐水的抽汽量, 实现抵充加热净烟气所消耗过热蒸汽的目的。在设置工作于“第二安全区”的 II 级相变换热器 8 的场合, 待加热的除盐水首先被 II 级相变换热器 8 加热, 再进入置于除尘器 4 之前的 I 级相变换热器 3 被继续加热, 以进一步提升自己的温度。

[0046] 需要注意, 当待释放热量的烟气经过 I 级相变换热器 3 中带有翅片的相变下段 120 时, 烟气释放的热量将用于加热始终处于饱和状态的相变工质, 进入相变上段 210、汽包 201 的相变工质处于均压均温的状态, 同时也使得与烟气接触、存在低温腐蚀可能的金属壁面相应处于均匀化的温度状态之中, 从而为金属壁面温度的可控可调提供了条件; 至于相变工质加热除盐水或者常温空气的过程与一般形式的换热器没有差别; 而释放了汽化潜热故而湿度大大增加了的相变工质, 经过下降管和下集箱再进入蒸发器并重新接受烟气释放的能量, 于是借助于这种循环往复, I 级相变换热器 3 得以正常工作。一般情况下, I 级相变换热器 3 的金属壁面温度, 是借助于控制被加热的除盐水水量得以实现的。



[0047] 但是,设置在“第二安全区”的Ⅱ级相变换热器8,其克服“低温腐蚀影响”的机理完全不同于工作于“第一安全区”的相变换热器。烟气发生低温结露时在金属壁面上一定会出现酸液,而酸液的浓度和金属壁面温度对“金属腐蚀速率”产生相反的影响,而所谓“第二安全区”就是利用这一特性,将金属壁面的“腐蚀速率”控制在一个相对最低、人们可以合理地接受的水平之上。因此,与要求工作于“第一安全区”的相变换热器的壁面温度必须高于引发低温结露现象的温度(如80℃)以上,从而不会出现“低温腐蚀”现象有所不同,对于工作在“第二安全区”的换热器,其金属壁面温度往往要低得多(如35-55℃),从而为进一步降低进入脱硫塔9之前的原烟气温度提供了可能。

[0048] 本实施例从传热学原理考虑,工作于“第二安全区”的Ⅱ级相变换热器8必须满足如下基本条件:(1)换热器中与烟气接触的金属,其壁面温度必须处于更为严格的均匀和可控可调状态;(2)控制装置必须满足“双向可控可调”要求,既不能低于也不允许高于预设的金属壁面温度;(3)仍然需要保持足够的温压,例如在气侧一端,其与金属壁面的最低温差不得低于15℃,而在液侧一端,其与金属壁面的最低温差不得低于10℃;(4)烟气不得含有灰分;(5)金属表面需要增敷满足耐腐蚀要求的涂层。因此,如果与以往一般形式的相变换热器相比,对于图(4)所示的Ⅱ级相变换热器8,无论在抗腐蚀机理、相应设置的结构乃至连结方式上都存在若干细致而重大的差别。以外,与同时提出的“工作于第二安全区的加热炉用复合相变换热器”专利的使用状况完全不同,此处还需要根据发电厂的实际情况,预先考核和定量计算使用工作在“第二安全区”的Ⅱ级相变换热器的综合经济效益,以避免因为温压过低而导致结构过于庞大、运行成本增加,以至于实际效益急剧下降等可能出现的问题。

[0049] Ⅲ级相变换热器10则设置在脱硫塔9后部的除湿装置与烟囱11之间,除提高锅炉热效率以外,提升净烟气温度以满足排放标准的核心任务。如图(6)所示,进入该换热器的净烟气其温度通常为50℃左右,需要加热至排放标准所规定的温度(如80℃)再经由烟囱排入大气。因为即使经过“除湿装置”处理,脱硫塔9流出的净烟气仍然含有较高的含水量,所以净烟气所对应的露点温度往往会远远超出原烟气的露点温度(例如120℃),以至于目前使用的净烟气升温装置因为出现极为严重的低温腐蚀而无法正常运行。显然,为了能够使净烟气升温装置得以持续运行,需要考虑净烟气升温装置整体的壁面温度,或者它的最低壁面温度怎样才能控制在远高于净烟气所对应露点温度之上的要害问题。

[0050] 如前所述,本实施例如果不对汽轮机抽出的“过热蒸汽”加以处理,使其变成“饱和蒸汽”后再引入“净烟气升温装置”之中,则将出现因为壁面温度不均匀和局部区域温度过低而必然导致的严重低温腐蚀现象。因此,恒温加湿器12需要承担:将抽取自汽轮机温度较高的“过热蒸汽”,首先变为与所设定最低壁面温度相对应(如120℃)的“饱和蒸汽”,使“饱和蒸汽”在进入Ⅲ级相变换热器10,释放热量的整个过程始终处于“凝结放热”状况,进而使与原烟气接触的金属壁面温度均匀地处于最初所设定,不至于出现低温腐蚀的120℃较高温度。较高压力的水经过喷嘴402雾化后喷入混合室401,进而与进入混合室401的过热蒸汽充分混合,变做满足一定热工指标(如温度、湿度)的饱和蒸汽,再从混合室401出口进入Ⅲ级相变换热器10本体。

[0051] 进一步说,所述的Ⅲ级相变换热器10需要直接承担加热净烟气的任务,它与通常使用的相变换热器在结构上存在较大的差异,如图(8)所示,无需将换热器分割为吸热段(相变下段)和放热段(汽包、相变上段)两个部分,而只是类似于一般管式换热器的结构形式,流经管内的工质是处于凝结放热状态下的饱和蒸汽,流经管外的则是需要加热并且露点温度往往相对偏高的净烟气,要求换热器的换热翅片管束501整体都必须始终处于相变换热状态之中。

[0052] 显然,为了实现以上所述的诸技术要素并适应负荷变化的要求,如图(5)所示,除了恒温加湿器12在内的Ⅲ级相变换热器10,电厂系统的配置的设备 and 构件是常见的运行系统:安装在电厂系统的汽轮机13抽汽管路上的汽轮机抽汽压力计304和汽轮机抽汽温度计305(由此可推算过热蒸汽的过热度)、汽轮机抽汽流量计306、汽轮机抽汽调节阀311;设置于“恒温加湿器”注水管道上的除盐水压力计307、除盐水温度计308、除盐水流量计309、除盐水调节阀312(根据过热蒸汽的流量和过热度推算和预设需要注入的水量,以使“恒温加湿器”出口处饱和蒸汽的干度能够稳定地控制在98%~95%之间);设置于Ⅲ级相变换热器10净烟气进口处的净烟气进口温度计302、净烟气进口流量计303和设置于Ⅲ级相变换热器10出口的净烟气出口温度计310(以此初步推算和预设汽轮机的抽汽量);以及设置于Ⅲ级相变换热器10底部联箱502处的底部联箱温度计301。

[0053] 本实施例从全面清楚完整描述本发明的实施方式的角度出发,进一步描述实现本发明目的和获得本发明效果作用的两个实施情况的应用例:具体如下:

[0054] 应用例一

[0055] 如图1所示,本应用例包括:空气预热器1、风道2、I级相变换热器3、除尘器4、引风机5、脱硫风机6、旁通烟道7、脱硫塔9、Ⅲ级相变换热器10、烟囱11、恒温加湿器12、汽轮机13、除氧器14、电控柜15。

[0056] 本应用例在空气预热器1与电除尘器4之间设置I级相变换热器3,I级相变换热器的相变上段110接于空气预热器1进口的空气通道中。风道2将相变上段110中加热了的空气送入空气预热器1的空气通道。相变下段120、相变上段110和汽包101的内腔是一个彼此联通的整体,内腔充满处于相变状态的相变工质。在相变下段120,液态的相变工质吸收烟气余热汽化,进入相变上段110和汽包101的饱和蒸汽分别向空气和除盐水放热,再重新凝结为液体回到相变下段120。如此不断循环往复,将吸收的烟气余热预热空气和直接用于加热除盐水,一方面用于提升空气预热器1的壁面温度,保证其最低壁面温度大于露点温度;另一方面用于减少汽轮机13原来用于加热除盐水的抽汽量,再将节省下来的能量转而用于后续的加热净烟气。

[0057] 电控柜15根据测温仪104测得的金属壁面温度调节流经除盐水调节阀102的除盐水流量,迫使相变下段120的最低金属壁面温度处于可控可调状态,金属壁面温度和排烟温度之间的温差设计在10-15℃之间,从而为在保证不结露的同时大幅度利用烟气的低温余热。此外,I级相变换热器3兼具“暖风机”的功能,避免了目前大型电站锅炉的空气预热器1实际上难以避免的低温腐蚀现象,同时将空气预热器1的最低壁面温度纳入可控可调范畴(通过调节相变下段120的最低金属壁面温度来调节相变上段110的出口风温,从而控制空气预热器1的最低壁面温度)。

[0058] 如图 8 所示, 本应用例还在脱硫塔 9 和烟囱 11 之间设置 III 级相变换热器 10, 该 III 级相变换热器 10 的联箱 502 与换热翅片管束 501 内腔连通并连接在恒温加湿器 12 的出口, 恒温加湿器 12 进口接通汽轮机 13 的抽汽管, 该 III 级相变换热器 10 的控制系统 (含在电控柜 15 内) 通过计算下列输入数据: 净烟气进口温度计 302、净烟气进口流量计 303、汽轮机抽汽压力计 304、汽轮机抽汽温度计 305、汽轮机抽汽流量计 306、除盐水压力计 307、除盐水温度计 308、除盐水流量计 309 实现自动控制汽轮机抽汽控制阀门 311、除盐水控制阀门 312, 使“恒温加湿器”出口处饱和蒸汽的干度能够稳定地控制在 98%~95% 之间。III 级相变换热器 10 的联箱 502 下方一般应设有疏水阀 503 连通到除氧器 14, 把凝结水纳入电厂系统中的除氧器中。III 级相变换热器 10 利用恒温加湿器 12 提供的饱和蒸汽重新加热脱硫塔 9 所排放含水率较高从而酸露点同样较高的净烟气。由于 III 级相变换热器 10 处于相变换热状态, 保留了相变换热器所具金属表面温度均匀、与被加热净烟气温差较低的技术优势, 可以使用温度为 120-160℃ 的较低能级的蒸汽, 就能够使换热器的金属表面温度维系于不低于 120-160℃ 的状态。底部联箱 502 的温度计 301 提供设备壁面温度对照值, 确保设备运行壁面温度是在露点以上 (事实上选定的抽汽口已经决定了壁面温度), 净烟气出口温度计 310 提供出口烟气温度, 实时监控烟气温度, 从而使烟气的排放温度始终高于国家规定的排放要求 (如 80℃)。

[0059] 应用例二

[0060] 如图 2 所示, 本应用例在上述应用例一的基础上, 进一步节省能源, 对上述应用例一结构作出进一步改进: 在脱硫风机 6 和脱硫塔 9 之间的烟道上设置 II 级相变换热器 8。

[0061] 如图 4 所示, II 级相变换热器 8 的结构、功能与 I 级相变换热器 3 相同, 由中间隔板 205 分隔为相变上段 210 和相变下段 220, 相变上段 210 接于空气通道中, 相变下段 220 接于烟气通道中, 将吸收的烟气余热预热空气和锅炉除盐水。II 级相变换热器 8 和 I 级相变换热器 3 的区别就是各自控制的温度点不同, 以及制作工艺有区别, 如 II 级相变换热器 8 壁温设定在第二安全区内, 金属表面涂有防腐层。电控柜 15 根据测温仪 204 测得的金属壁面温度调节流经除盐水调节阀 202 中的除盐水流量闭环控制 II 级相变换热器 8 的金属壁面温度。由于增设了 II 级相变换热器 8, 更加充分地利用了烟气的余热, 使进入脱硫塔 9 的烟气温度进一步降低, 有利于后续脱硫, 且进一步降低脱硫塔 9 的用水量。

[0062] 本应用例中烟气经以下过程处理: 从锅炉出来的高温烟气, 经过空气预热器 1 第一次降温到 T1 (如 140℃), 然后进入 I 级相变换热器 3 把烟气热能传给空气和除盐水, 再次降温, I 级相变换热器壁温控制在 T2 (如 90℃), 出口烟气温度比壁面温度高 15℃ 左右; 然后该温度下的烟气依次经过除尘器 4、引风机 5、脱硫风机 6, 进入 II 级相变换热器 8 把烟气热能再次传给空气和除盐水, 该 II 级相变换热器 8 壁面温度控制在 T3 (如 50℃), 该温度低于露点温度, 处于第二安全区内, 出口排烟温度比 T3 高 15℃ 左右; 该温度下的低温烟气进入脱硫塔 9 中脱硫, 脱硫塔 9 后的净烟气温度将再度降低, 出口温度为 T4℃ (如 50℃); 脱硫塔 9 后的烟气随后进入 III 级相变换热器 10, 该 III 级相变换热器 10 是将低温烟气进行抬升, 使最后烟气的排放温度符合国家规定的排放标准 (如 80℃)。III 级相变换热器 10 的热源来源于汽轮机 13 的抽汽, 由恒温加湿器 12 进行加湿使引入的过热蒸汽变成饱和蒸汽, 从而使 III 级相变换热器 10 的热蒸汽侧一直处于相变状态, 既利

于控制 III 级相变换热器 10 的壁温，同时又可以使用较低品质的热源来更有效的抬升烟气温度，以节省能源。

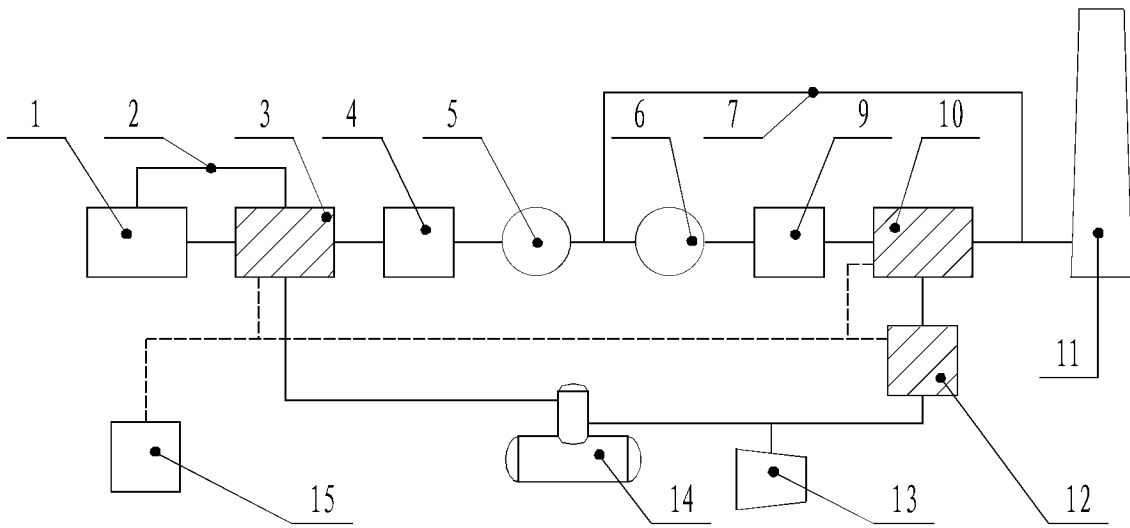


图 1

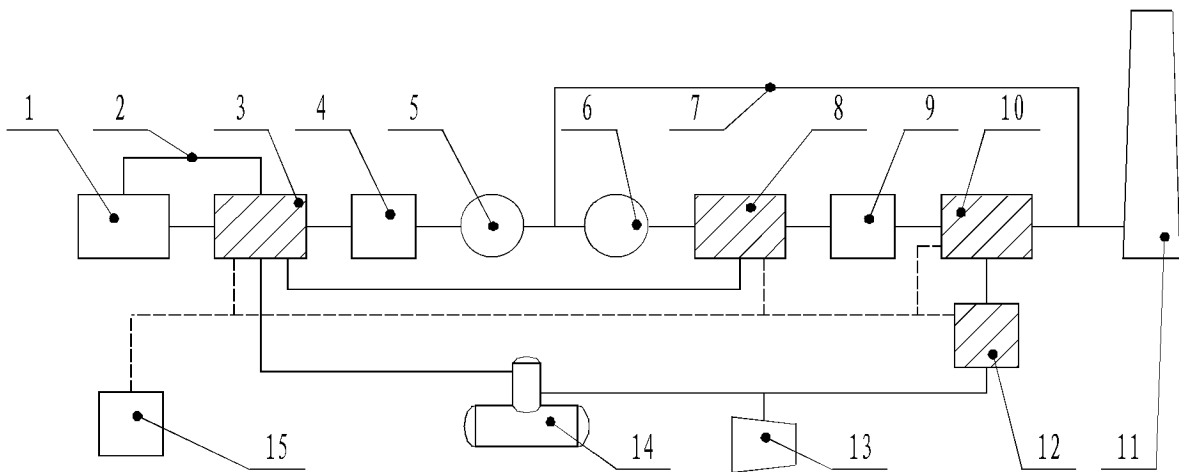


图 2

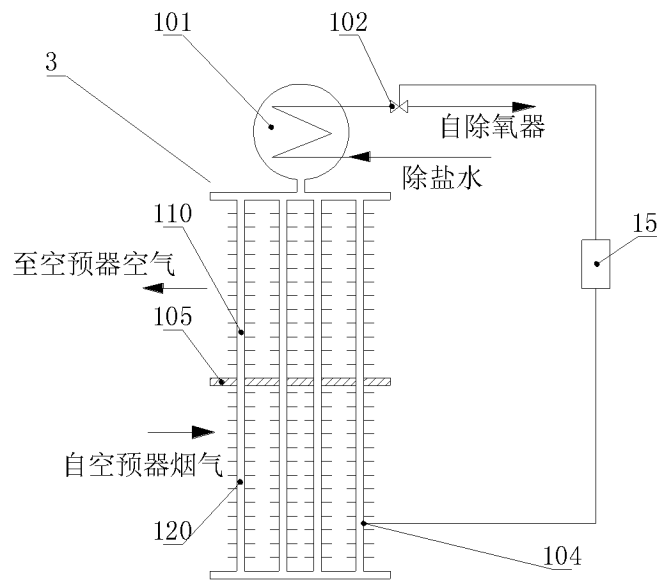


图 3

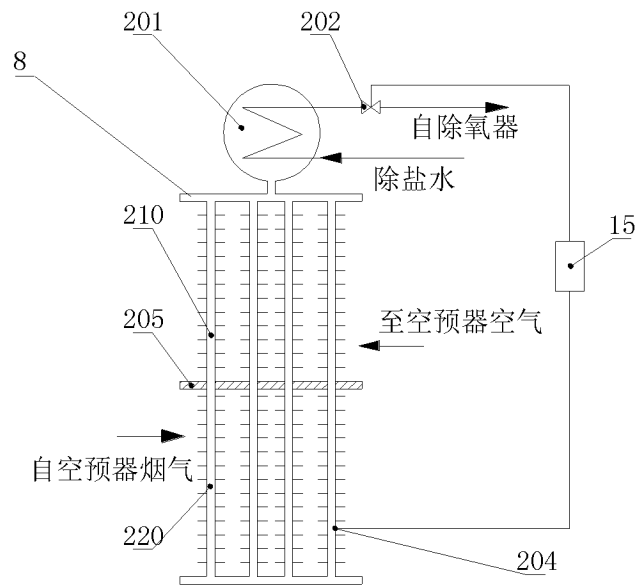


图 4

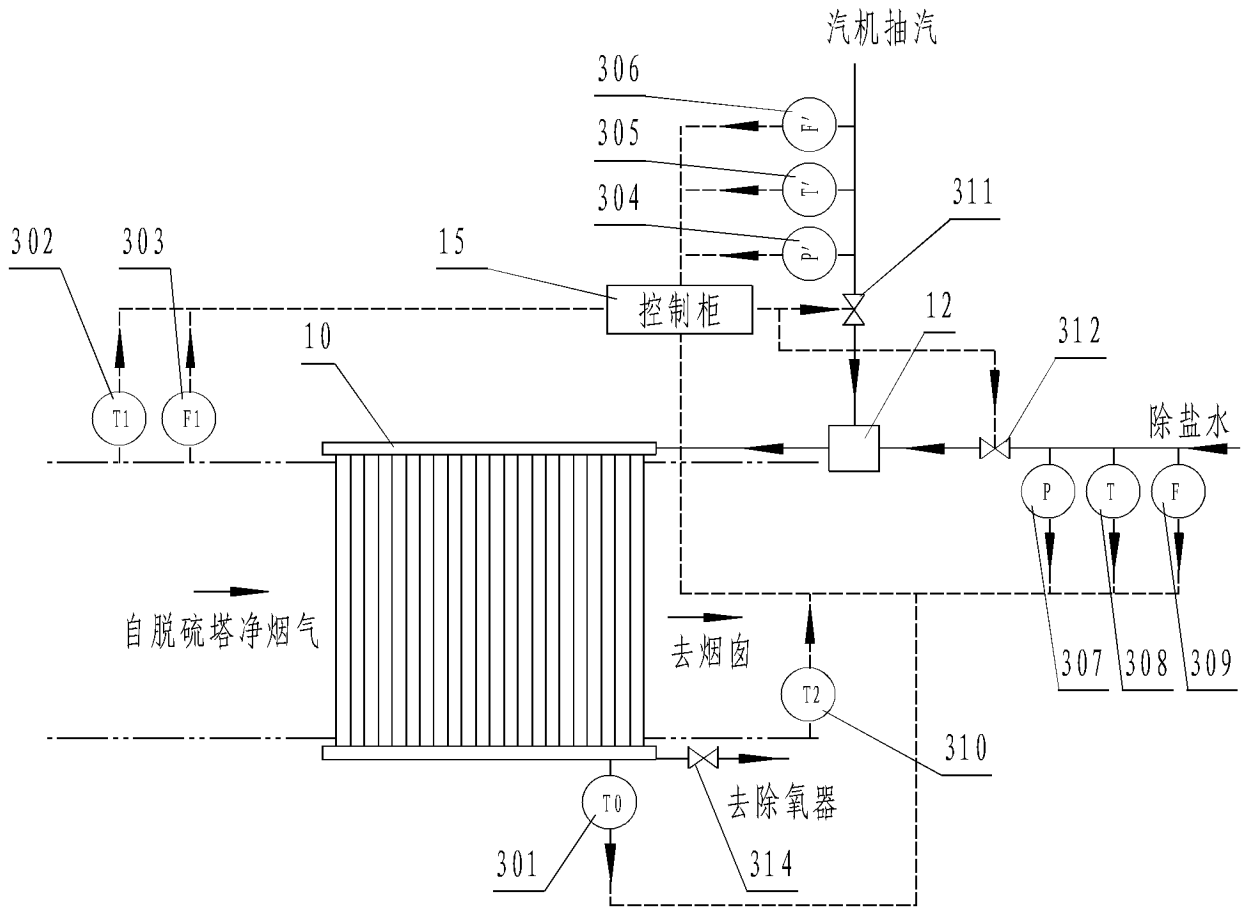


图 5

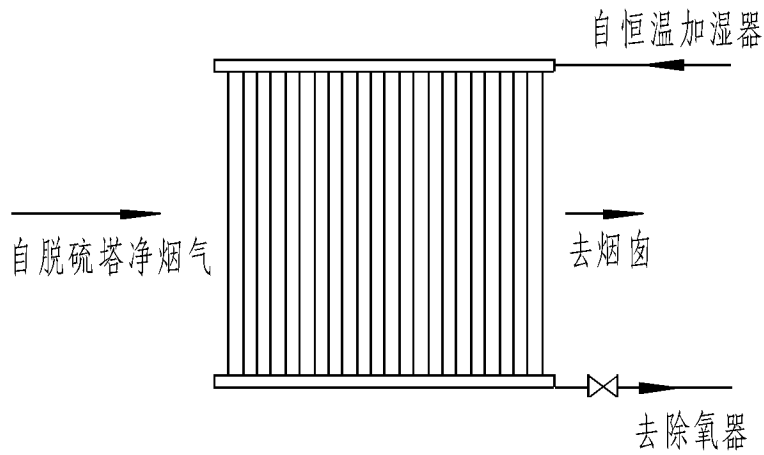


图 6

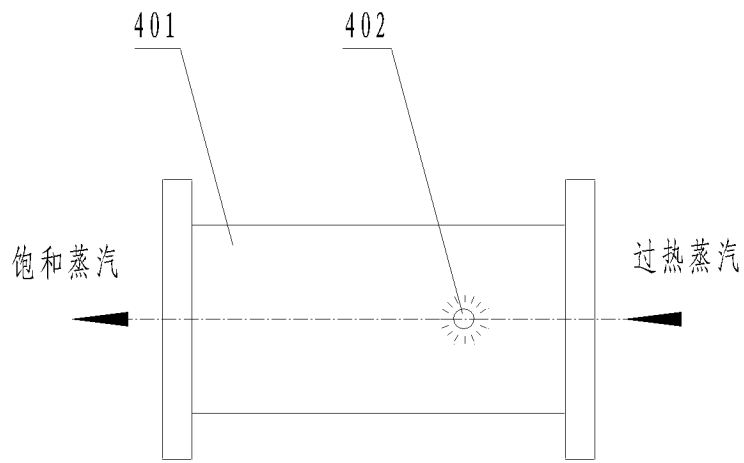


图 7

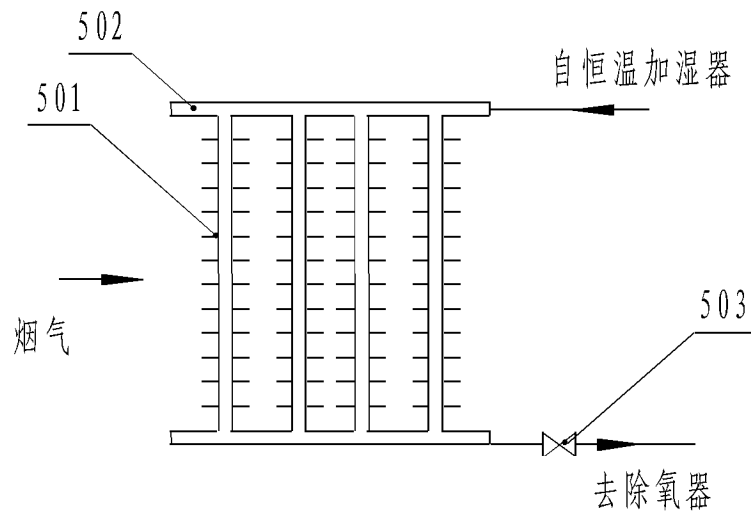


图 8