

1. 一种节能型锅炉尾气净化系统,其特征在于,包括洗涤塔、洗涤泵、纯水管路、节能泵、节能水管路、空气预热器、蒸汽管路和空气再热器;

所述洗涤塔的侧面设有烟气入口、顶部设有烟气出口,洗涤塔内烟气入口与烟气出口之间由下向上依次设有均流层、文丘里管栅层、洗涤喷淋层和除雾层,烟气入口下方设有洗涤液循环池;

所述洗涤泵的入口通过管路与洗涤液循环池连通,洗涤泵的出口通过管路与洗涤喷淋层的入液口连通;

所述节能泵的出口通过节能水管路与均流层的进水口连通,均流层的出水口通过节能水管路与空气预热器的进水口连通,空气预热器的出水口通过管路与节能泵的进口连通;

所述纯水管路的供给管路与文丘里管栅层的进水口连通,纯水管路的排出管路与文丘里管栅层的出水口连通;

所述蒸汽管路的进汽管路与空气再热器的进口连通,蒸汽管路的出汽管路与空气再热器的出口连通。

2. 根据权利要求1所述的节能型锅炉尾气净化系统,其特征在于,所述均流层在洗涤塔内倾斜设置,均流层底部在靠近烟气入口侧与烟气入口顶沿平齐、在远离烟气入口侧与烟气入口底沿平齐。

3. 根据权利要求1或2所述的节能型锅炉尾气净化系统,其特征在于,所述均流层包括若干个紧密组装的均流模块,单个均流模块呈矩形;每个均流模块包括两个长方体腔体和连通两个长方体腔体的一排金属管;其中一个长方体腔体上设置均流模块进水口,另一个长方体腔体上设置均流模块出水口;所有均流模块进水口并联后连通均流层进水口,所有均流模块出水口并联后连通均流层出水口;所述金属管的管径为30mm-80mm,金属管间缝隙为金属直径的1.0-3.0倍,金属管长度为1000mm-2500mm。

4. 根据权利要求3所述的节能型锅炉尾气净化系统,其特征在于,所述均流模块中金属管的轴线与洗涤塔进口气流方向呈相垂直布置,均流模块与弧形塔壁之间的弓形面积处设有金属均流孔板,所述金属均流孔板与均流层的底部在同一倾斜面上;所述金属均流孔板的孔径为20mm-35mm、开孔率为20%-35%。

5. 根据权利要求1所述的节能型锅炉尾气净化系统,其特征在于,所述文丘里管栅层包括若干个在洗涤塔水平截面上紧密排列组装的文丘里管栅模块;单个文丘里管栅模块呈矩形。

6. 根据权利要求5所述的节能型锅炉尾气净化系统,其特征在于,所述文丘里管栅模块包括进水腔体、出水腔体和若干排等间距且单排内均匀分布的金属管,所有金属管的其中一端端口连通进水腔体,所有金属管的另一端端口连通所述出水腔体;所述进水腔体上设置管栅模块进水口,所述出水腔体上设置管栅模块出水口;所有的管栅模块进水口并联后连通文丘里管栅层的进水口,所有管栅模块出水口并联后连通文丘里管栅层的出水口。

7. 根据权利要求6所述的节能型锅炉尾气净化系统,其特征在于,文丘里管栅模块的金属管管壁厚度为0.1mm-1.2mm、直径为20mm-40mm;水平相邻的两根金属管间缝隙间距为金属管管径的1/3-1,竖直向相邻相邻层之间间距为金属管直径的1/2-1。

8. 根据权利要求5所述的节能型锅炉尾气净化系统,其特征在于,所述矩形的文丘里管栅模块与弧形塔壁之间形成的弓形面积处安装有金属多孔板,金属多孔板的孔径为15mm-

30mm、开孔率为20%-40%。

9. 根据权利要求1所述的节能型锅炉尾气净化系统,其特征在于,所述空气预热器和空气加热器安装于锅炉送风机进风口处;空气预热器、空气再热器和锅炉送风机沿锅炉进风流向依次设置;所述空气预热器和空气再热器均为金属翅片管,空气预热器内流通介质为来自所述均流层的节能水;所述空气再热器内流通介质为高温蒸汽。

一种节能型锅炉尾气净化系统

技术领域

[0001] 本申请涉及新能源与节能技术领域，具体涉及一种节能型尾气净化系统。

背景技术

[0002] 工业生产约50%的热量以各种形式的余热直接排放到大气中，不仅浪费能源，而且对环境造成热污染。合理回收中低温烟气余热，对企业的节能降耗有很重要的意义。烟气余热根据温度的不同，可分为低、中、高温烟气余热，其中，低温烟气余热资源的温度小于100℃，中温烟气余热资源的温度介于100—300℃之间，高温烟气余热资源的温度大于300℃。由于烟气余热的温度不同，其方法也不尽相同。工业锅炉、炉窑是中低温烟气余热的重要来源，相对于中高温烟气余热，低温烟气余热有如下特点：品质低；大量存在于各类民用锅炉中，分布较为分散；排烟温度较低，露点腐蚀问题更为严重；传热温差较小。这就要求应用在低温烟气余热回收工程中的换热器体积小、阻力小、传热效率高、耐腐蚀、易维修，并且适应小温差下的传热。在这样的背景下，换热系数较低、体积大、阻力高、检修困难的传统换热器已经无法满足需要。因此，开发高效、低阻、经济性好的中低温烟气余热回收技术，是当前工业尾气余热回收亟待解决的技术难题。

[0003] 工业锅炉、炉窑等工业尾气中还含有大量的SO_x、NO_x、HCL和粉尘等污染物，在工业尾气排放之前需要对这些污染物处理净化达到排放标准。工业锅炉、炉窑尾气的净化处理工艺多采用湿式洗涤法，尾气与洗涤液在洗涤塔内逆向流通反应，实现尾气中污染物的洗涤净化。工业尾气中的大部分余热在洗涤过程中转移至洗涤液中，导致洗涤液升温，工业尾气温度降低至50℃-60℃，进一步增加了低温尾气余热回收的难题。同时，对中低温工业尾气进行换热降温过程中，随着温度的降低，尾气中的水蒸气和SO_x容易生成硫酸雾，腐蚀金属换热设备，造成换热系统无法稳定运行，采用常规取热工艺只能回收工业尾气酸露点温度以上的热量，对酸露点温度以下的热量则无法回收。工业尾气酸露点温度随尾气中水蒸气和SO_x含量不同而变化，一般在80℃-100℃之间，工业尾气中酸露点以下的热量巨大，对这部分热量的回收及利用具有重要的经济效益和环境效益。

[0004] 综上所述：对工业尾气排放的大量中低温余热进行回收具有重要意义，但现有技术存在如下问题：1、采用现有常规换热技术只能将工业尾气酸露点温度以上的热量取出利用，取出热量有限；2、进入工业尾气污染物净化系统的工业尾气大部分热量转移至洗涤液中，尾气温度急剧下降，低温烟气和洗涤液中热量难以有效回收；3、中低温工业尾气余热品位低，余热再利用困难。因此，基于现有工业尾气污染物净化系统开发低品位工业尾气余热回收及利用技术迫在眉睫。

实用新型内容

[0005] 本申请提供一种节能型锅炉尾气净化系统，有效回收锅炉尾气中低品位余热，并将回收余热用于锅炉风预热和锅炉除氧器补水预热，降低锅炉运行能耗。

[0006] 一种节能型锅炉尾气净化系统，包括洗涤塔、洗涤泵、纯水管路、节能泵、节能水管

路、空气预热器、蒸汽管路和空气再热器；

[0007] 所述洗涤塔的侧面设有烟气入口、顶部设有烟气出口，洗涤塔内烟气入口与烟气出口之间由下向上依次设有均流层、文丘里管栅层、洗涤喷淋层和除雾层，烟气入口下方设有洗涤液循环池；

[0008] 所述洗涤泵的入口通过管路与洗涤液循环池连通，洗涤泵的出口通过管路与洗涤喷淋层的入液口连通；

[0009] 所述节能泵的出口通过节能水管路与均流层的进水口连通，均流层的出水口通过节能水管路与空气预热器的进水口连通，空气预热器的出水口通过管路与节能泵的进口连通；

[0010] 所述纯水管路的供给管路与文丘里管栅层的进水口连通，纯水管路的排出管路与文丘里管栅层的出水口连通；

[0011] 所述蒸汽管路的进汽管路与空气再热器的进口连通，蒸汽管路的出汽管路与空气再热器的出口连通。

[0012] 以下还提供了若干可选方式，但并不作为对上述总体方案的额外限定，仅仅是进一步的增补或优选，在没有技术或逻辑矛盾的前提下，各可选方式可单独针对上述总体方案进行组合，还可以是多个可选方式之间进行组合。

[0013] 可选的，所述均流层在洗涤塔内倾斜设置，均流层底部在靠近烟气入口侧与烟气入口顶沿平齐、在远离烟气入口侧与烟气入口底沿平齐。

[0014] 可选的，所述均流层包括若干个紧密组装的均流模块，单个均流模块呈矩形；每个均流模块包括两个长方体腔体和连通两个长方体腔体的一排金属管；其中一个长方体腔体上设置均流模块进水口，另一个长方体腔体上设置均流模块出水口；所有均流模块进水口并联后连通均流层进水口，所有均流模块出水口并联后连通均流层出水口；所述金属管的管径为30mm-80mm，金属管间缝隙为金属直径的1.0-3.0倍，金属管长度为1000mm-2500mm。

[0015] 可选的，所述均流模块中金属管的轴线与洗涤塔进口气流方向呈相垂直布置，均流模块与弧形塔壁之间的弓形面积处设有金属均流孔板，所述金属均流孔板与均流层的底部在同一倾斜面上；所述金属均流孔板的孔径为20mm-35 mm、开孔率为20%-35%。

[0016] 可选的，所述文丘里管栅层包括若干个在洗涤塔水平截面上紧密排列组装的文丘里管栅模块；单个文丘里管栅模块呈矩形。

[0017] 可选的，所述文丘里管栅模块包括进水腔体、出水腔体和若干排等间距且单排内均匀分布的金属管，所有金属管的其中一端端口连通进水腔体，所有金属管的另一端端口连通所述出水腔体；所述进水腔体上设置管栅模块进水口，所述出水腔体上设置管栅模块出水口；所有的管栅模块进水口并联后连通文丘里管栅层的进水口，所有管栅模块出水口并联后连通文丘里管栅层的出水口。

[0018] 可选的，文丘里管栅模块的金属管管壁厚度为0.1mm-1.2mm、直径为20mm -40mm；水平相邻的两根金属管间缝隙间距为金属管管径的1/3-1，竖直向相邻相邻层之间间距为金属管直径的1/2-1。

[0019] 可选的，所述矩形的文丘里管栅模块与弧形塔壁之间形成的弓形面积处安装有金属多孔板，金属多孔板的孔径为15mm-30mm、开孔率为20%-40%。

[0020] 可选的，所述空气预热器和空气加热器安装于锅炉送风机进风口处；空气预热器、

空气再热器和锅炉送风机沿锅炉进风流向依次设置;所述空气预热器和空气再热器均为金属翅片管,空气预热器内流通介质为来自所述均流层的节能水;所述空气再热器内流通介质为高温蒸汽。

[0021] 可选的,所述纯水管路连接锅炉除氧器。

[0022] 与现有技术相比,本申请至少具有如下效果之一:

[0023] (1) 本申请提供了一种在锅炉尾气洗涤塔中回收烟气余热的解决方案,在洗涤塔烟气进口上方洗涤喷淋层下方设置具有间接换热功能的均流层和文丘里管栅层,分级回收锅炉尾气排放的余热,降低锅炉尾气的余热排放;

[0024] (2) 本申请提供了一种降低锅炉运行能耗的解决方案,采用节能水作为均流层中尾气余热回收介质,将回收的烟气预热锅炉进风,降低锅炉运行过程的煤耗量;采用锅炉补水纯水作为文丘里管栅层余热回收介质,降低除氧器运行能耗;

[0025] (3) 本申请供了一种降低锅炉尾气净化系统运行能耗的解决方案,采用均流层的倾斜布置和管道设计,增强洗涤塔内烟气流动的均匀性和气液接触均匀性,提高污染物净化效率;在喷淋层下方设置文丘里管栅层强化气液湍流效果,进一步增加污染物脱除效率;通过两级换热降低洗涤塔内烟气温度和烟气流速,增加气液接触时间。

附图说明

[0026] 图1为本申请的节能型锅炉尾气净化系统的结构示意图。

[0027] 图2为均流层和文丘里管栅层在洗涤塔内的分布示意图。

[0028] 图3为图1和图2中均流层的整体结构示意图。

[0029] 图4为图3所述均流层的分体结构示意图。

[0030] 图5为图3和图4中单个均流模块的结构示意图。

[0031] 图6为图4中A部分的局部放大图。

[0032] 图7为图1和图2中文丘里管栅层的整体结构示意图。

[0033] 图8为图7所示文丘里管栅层的分体结构示意图。

[0034] 图9为图7和图8中单个文丘里管栅模块的结构示意图。

[0035] 图10为图7中B部分的局部放大图。

[0036] 图中所示附图标记如下:

[0037]	1-洗涤塔	2-均流层	3-文丘里管栅层
[0038]	4-洗涤喷淋层	5-除雾层	6-烟气入口
[0039]	7-烟气出口	8-洗涤泵	9-纯水供给管路
[0040]	10-纯水供给阀	11-纯水排出管路	12-节能泵
[0041]	13-节能水进水管路	14-节能水进水阀	15-节能水出水管路
[0042]	16-空气预热器排水管	17-空气预热器	18-空气再热器
[0043]	19-蒸汽输入管路	20-冷凝水排除管路	21-锅炉送风机
[0044]	22-锅炉除氧器	23-节能水缓冲罐	
[0045]	210-均流模块	220-金属均流孔板	
[0046]	211-均流金属管	212-第一长方体腔体	213-第二长方体腔体
[0047]	214-均流模块进水口	215-均流模块出水口	

[0048]	310-文丘里管栅模块	320-金属多孔板	
[0049]	311-管栅金属管	312-进水腔体	313-出水腔体
[0050]	314-管栅模块进水口	315-管栅模块出水口	

具体实施方式

[0051] 下面将结合本申请实施例中的附图,对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本申请保护的范围。

[0052] 为了更好地描述和说明本申请的实施例,可参考一幅或多幅附图,但用于描述附图的附加细节或示例不应当被认为是对本申请的实用新型创造、目前所描述的实施例或优选方式中任何一者的范围的限制。

[0053] 需要说明的是,当组件被称为与另一个组件“连接”时,它可以直接与另一个组件连接或者也可以存在居中的组件。当一个组件被认为是“设置于”另一个组件,它可以是直接设置在另一个组件上或者可能同时存在居中组件。

[0054] 除非另有定义,本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本申请的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。本文中在本申请的说明书中所使用的术语只是为了描述具体的实施例的目的,不是旨在于限制本申请。

[0055] 如图1所示,一种节能型锅炉尾气净化系统,包括洗涤塔1、洗涤泵8、纯水管路、节能泵12、节能水管路、空气预热器17、蒸汽管路和空气再热器18。纯水管路包括纯水供给管路9和纯水排出管路11,纯水供给管路9上设置纯水供给阀;节能水管路包括节能水进水管管路13、节能水出水管管路15和空气预热器排水管16,节能水进水管路13上设置节能水进水阀14;蒸汽管路包括蒸汽输入管路19和冷凝水排出管路20。

[0056] 洗涤塔1可采用湿法喷淋塔,洗涤塔1的侧面设有烟气入口6、顶部设有烟气出口7,洗涤塔1内烟气入口6与烟气出口7之间由下向上依次设有均流层2、文丘里管栅层3、洗涤喷淋层3和除雾层5,烟气入口下方设有洗涤液循环池。洗涤喷淋层3、除雾层5和洗涤液循环池均采用喷淋塔的常规设置。洗涤泵8为循环泵,洗涤泵的入口通过管路与洗涤液循环池连通,洗涤泵8的出口通过管路与洗涤喷淋层4的入液口连通。

[0057] 节能泵12为水泵,节能泵的出口通过节能水进水管路13与均流层2的进水口连通,均流层2的出水口通过节能水出水管15与空气预热器17的进水口连通,空气预热器17的出水口通过空气预热器排水管16接入节能水缓冲罐23,节能泵12的进口通过管路连通节能水缓冲罐23,形成均流层取热液的循环回路。纯水供给管路9与文丘里管栅层3的进水口连通,纯水排出管路11与文丘里管栅层3的出水口连通。蒸汽输入管路19与空气再热器18的蒸汽进口连通,冷凝水排除管路20与空气再热器18的冷凝水排出口连通。

[0058] 高温烟气经由烟气入口送入洗涤塔内,向上流动依次经过均流层2、文丘里管栅层3、洗涤喷淋层4和除雾层5,与洗涤喷淋层的喷淋液逆向接触进行喷淋洗涤,经除雾层5除雾后的净烟气最后经由烟气出口7排出。均流层位于烟气入口上方,对来自烟气入口的高温烟气进行整流;文丘里管栅层3位于均流层上方,在文丘里管栅层中,纯水通过金属文丘里管栅层金属管壁与烟气及喷淋浆液进行热交换。均流层内流通节能水,节能水在均流层内与

高温烟气进行热交换后由节能水出水管路送入空气预热器17内,作为空气预热器的流通介质,可用于对锅炉送风机21的进风进行预热。文丘里管栅层3内流通纯水,纯水经文丘里管栅层与喷淋浆液进行热交换,升温后的纯水由纯水排出管路19送出,可用于锅炉除氧器22补水。

[0059] 均流层2和文丘里管栅层3在洗涤塔内的一种分布方式如图2所示,均流层倾斜设置于烟气入口6的上方,文丘里管栅层3水平设置于均流层2的上方。

[0060] 均流层2设于烟气入口6上方,作为均流层的一种设置方式,均流层在洗涤塔内倾斜设置,均流层2的底部在靠近烟气入口侧与烟气入口6的顶沿平齐,在远离烟气入口侧,均流层2的底部与烟气入口6的底沿平齐(参见图2)。

[0061] 由入口烟道进洗涤塔的高温烟气在烟气流的冲力作用下,可能导致不能均匀向上流通,均流层用作对烟气进行整流,使高温烟气均匀向上流通。作为均流层的一种实施方式,如图3~图6所示,均流层2包括若干个均流模块210,单个均流模块210呈矩形,其结构如图5所示,包括两个长方体腔体(第一长方体腔体212和第二长方体腔体213)和连通两个长方体腔体的一排金属管(为区别文丘里管栅层的金属管,该金属管命名为均流金属管211);第一长方体腔体212上设置均流模块进水口214,第二长方体腔体213上设置均流模块出水口215。

[0062] 均流模块210在均流层所在倾斜面上紧密排列安装,矩形的均流模块210与弧形塔壁之间的弓形面积处设置金属均流孔板220(参见图3和图4),金属均流孔板与均流层的底部在同一倾斜面上(参见图2),金属均流孔板上均匀开设通孔(参见图6)。所有均流模块进水口214并联后连通均流层的进水口,所有均流模块出水口215并联后连通均流层的出水口。

[0063] 均流模块在倾斜面上安装时,一种实施方式中,所有均流模块210均以其均流金属管211水平延伸进行安装(参见图2~图4),均流模块中金属管轴线与洗涤塔进口气流方向呈相垂直布置。

[0064] 作为均流金属管211的一种具体实施方式,均流金属管的管径为30mm-80mm,均流金属管间缝隙为均流金属管直径的1.0-3.0倍,均流金属管长度为1000mm-2500mm。

[0065] 作为金属均流板220的一种具体实施方式,金属均流孔板的孔径为20mm-35mm、开孔率为20%-35%。

[0066] 文丘里管栅层3位于均流层2和喷淋洗涤层4之间,用于对喷淋液取热和强化污染物净化效率,作为文丘里管栅层的一种实施方式,如图7~图10所示,文丘里管栅层3包括若干个文丘里管栅模块310,若干个文丘里管栅模块310在洗涤塔水平截面上紧密排列进行组装(参见图2)。

[0067] 单个文丘里管栅模块310呈矩形,其结构如图9所示,包括进水腔体312、出水腔体313和若干金属管(以示与均流层的金属管进行区分,该金属管命名为管栅金属管311),相邻层管栅金属管之间等间距分布,单层管栅金属管内相邻金属管之间也等间距分布。所有管栅金属管311的其中一端端口连通进水腔体312,所有金属管的另一端端口连通出水腔体313;进水腔体和出水腔体可均设置为长方体结构,所有进水腔体上均设置管栅模块进水口314,所有出水腔体313上设置管栅模块出水口315;所有的管栅模块进水口并联后连通文丘里管栅层的进水口,所有管栅模块出水口并联后连通文丘里管栅层的出水口。

[0068] 作为单个管栅模块内金属管的分布方式选择,相邻层管栅金属管之间的金属管之间可重叠设置也可交错设置,重叠设置时上层金属管位于下层金属管的正上方,交错设置时,上层金属管位于下层金属管间隙的正上方,如图8所示的实施方式中,上层金属管对应位于下层金属管间隙的正上方。

[0069] 作为管栅金属管311的一种具体实施方式,管栅金属管管壁厚度为 0.1mm-1.2mm、直径为20mm-40mm;水平相邻的两根管栅金属管间缝隙间距为管栅金属管管径的 $1/3-1$,竖直向相邻相邻层之间间距为管栅金属管直径的 $1/2-1$ 。

[0070] 若干矩形的文丘里管栅模块310紧密安装于洗涤塔内水平截面上时,矩形的文丘里管栅模块310与弧形塔壁之间形成的弓形面积处安装金属多孔板320,金属多孔板320上均匀开孔(参见图2、图7、图8和图10)。作为金属多孔板的一种具体实施方式,金属多孔板的孔径为15mm-30mm、开孔率为20%-40%。

[0071] 经均流层取热的节能水可用作锅炉送风机的进风预热,一种具体实施方式中,空气预热器17和空气加热器18安装于锅炉送风机21进风口处;空气预热器17、空气再热器18和锅炉送风机21沿锅炉进风流向依次设置。低温环境空气在锅炉送风机21的作用下沿水平向流经空气预热器17,与空气预热器17内的高温节能水进行换热,实现空气预热,完成换热降温的节能水由节能泵12送至均流层循环取热,完成余热升温的空气继续沿水平向流经空气再热器18,高温蒸汽由蒸汽输入管路19经空气再热器18的蒸汽进口进入,通过空气再热器对空气进一步加热,完成换热的蒸汽由空气再热器的蒸汽出口经冷凝水排出管 20排出,完成预热和加热的空气由锅炉送风机21送入锅炉炉膛,降低锅炉运行能耗。

[0072] 作为空气预热器和空气再热器的一种具体实施方式,空气预热器17和空气再热器18均为金属翅片管,空气预热器内流通介质为来自所述均流层的节能水;空气再热器内流通介质为高温蒸汽。

[0073] 经文丘里管栅层取热的纯水可用作锅炉除氧器22补水,一种实施方式中,纯水排出管路11连接锅炉除氧器22。低温纯水由纯水供给管路9送入文丘里管栅层3的金属管内,与气液湍流层的烟气和洗涤液换热升温后,由纯水排出管路11送至锅炉除氧器22,提高锅炉除氧器进水温度,降低锅炉除氧器运行能耗采用上述系统进行锅炉尾气节能净化的方法,包括:

[0074] (1) 洗涤液循环池中的洗涤液由洗涤泵送至洗涤喷淋层雾化成洗涤液滴,雾化后的液滴在重力作用下向下移动,依次经过文丘里管栅层和均流层后落入洗涤液循环池,并在文丘里管栅层和均流层的金属管表面形成向下流淌的动态液膜;

[0075] (2) 携带污染物的高温锅炉尾气由洗涤塔烟气入口进入洗涤塔,水平向流动的气流在均流层金属管的导流作用下,均匀向上流通,高温烟气中的部分污染物被金属管表面的液膜捕集过程中,烟气中的部分热量通过均流层表面液膜与金属管内的节能水换热,烟气温度下降;

[0076] (3) 经均流层整流换热后的烟气向上流动依次经过文丘里管栅层和洗涤喷淋层,在文丘里管栅层中,烟气流速迅速增加,喷淋液滴与高速气流在文丘里管栅层发生强烈逆向湍流,大量喷淋液被高速气流雾化层细小雾滴,并形成一定厚度的气液湍流层,在气液湍流层中细小液滴与高速气流发生强烈的传质、传热反应,烟气中大部分污染物在气液湍流层中脱除,并将烟气与洗涤液中的热量通过文丘里管栅层的金属管管壁传递给金属管内的

纯水；

[0077] (4) 完成换热升温后的节能水在节能泵的驱动下送至空气预热器进水口，在空气预热器内的翅片金属管内流动，低温环境空气在锅炉送风机的作用下沿水平向流经空气预热器，与空气预热器内的高温节能水通过翅片换热实现空气预热，完成换热降温的节能水由空气预热器出水口经节能泵管路输送至均流层循环取热，完成余热升温的空气继续沿水平向流经空气再热器，高温蒸汽由空气再热器的蒸汽进口进入，通过空气再热器的金属翅片管对空气进一步加热，完成换热的蒸汽由空气再热器的蒸汽出口管路排出，完成预热和加热的空气由锅炉送风机送入锅炉炉膛，降低锅炉运行能耗；

[0078] (5) 低温纯水由纯水供给管路送入文丘里管栅层的金属管内，与气液湍流层的烟气和洗涤液换热升温后，由纯水排出管路送至锅炉除氧器，提高锅炉除氧器进水温度，降低锅炉除氧器运行能耗；

[0079] (6) 完成两级换热后的烟气经过喷淋洗涤层进一步脱除烟气中的污染物，实现烟气净化，完成洗涤净化后的烟气经脱浆层脱除洗涤液滴后，由洗涤塔顶部的烟气出口排放。

[0080] 以上所述实施例的各技术特征可以进行任意的组合，为使描述简洁，未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述，然而，只要这些技术特征的组合不存在矛盾，都应当认为是本说明书记载的范围。

[0081] 以上所述实施例仅表达了本申请的几种实施方式，其描述较为具体和详细，但并不能因此而理解为对实用新型专利范围的限制。应当指出的是，对于本领域的普通技术人员来说，在不脱离本申请构思的前提下，还可以做出若干变形和改进，这些都属于本申请的保护范围。因此，本申请专利的保护范围应以所附权利要求为准。

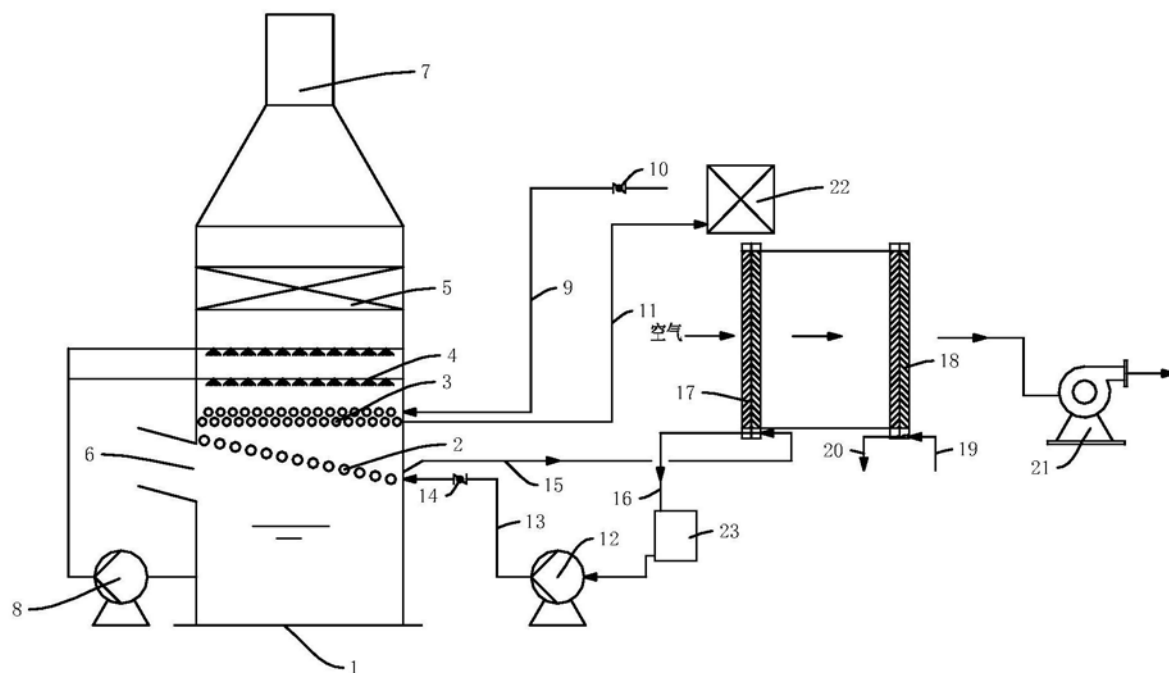


图1

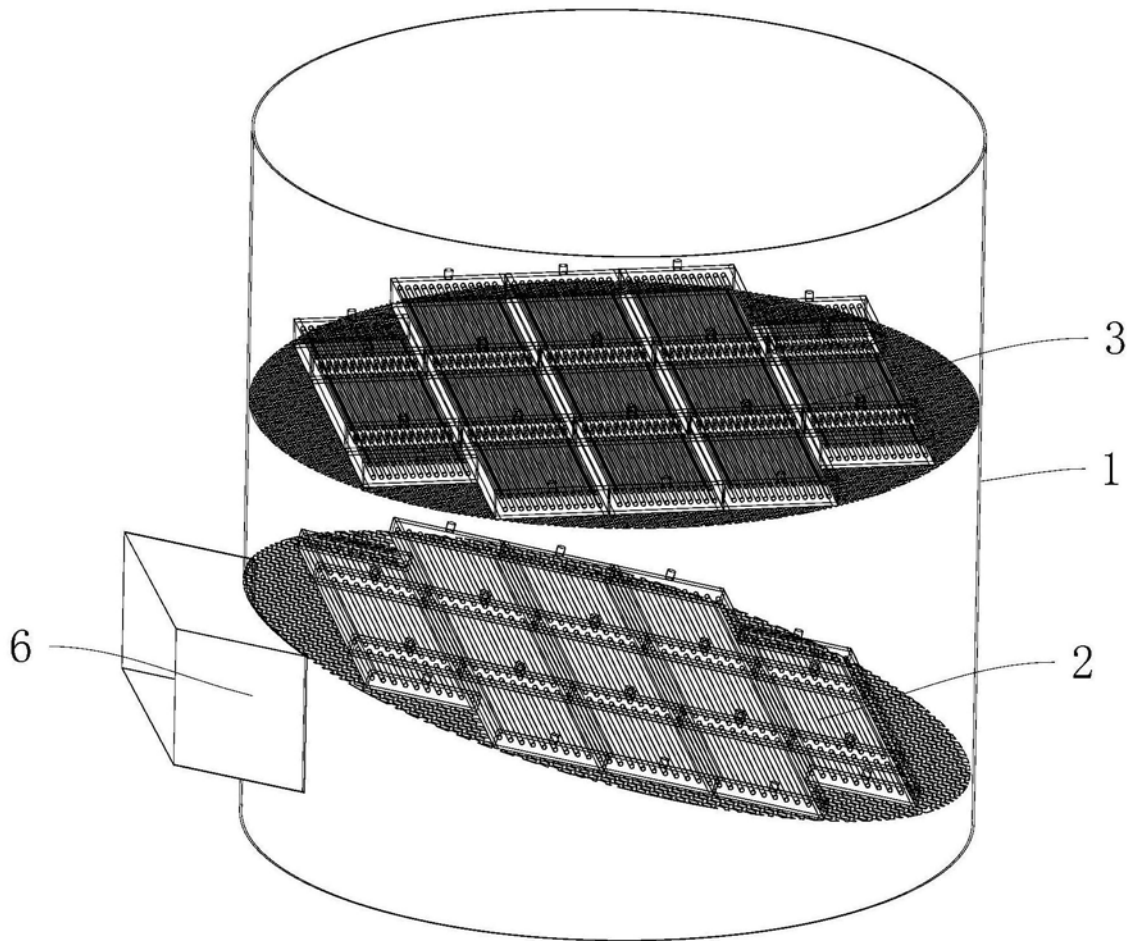


图2

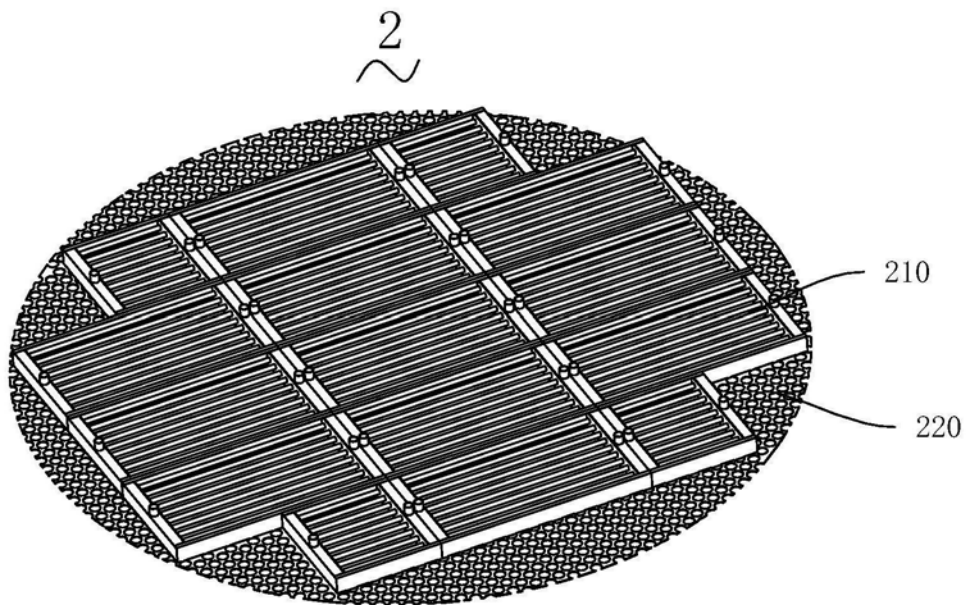


图3

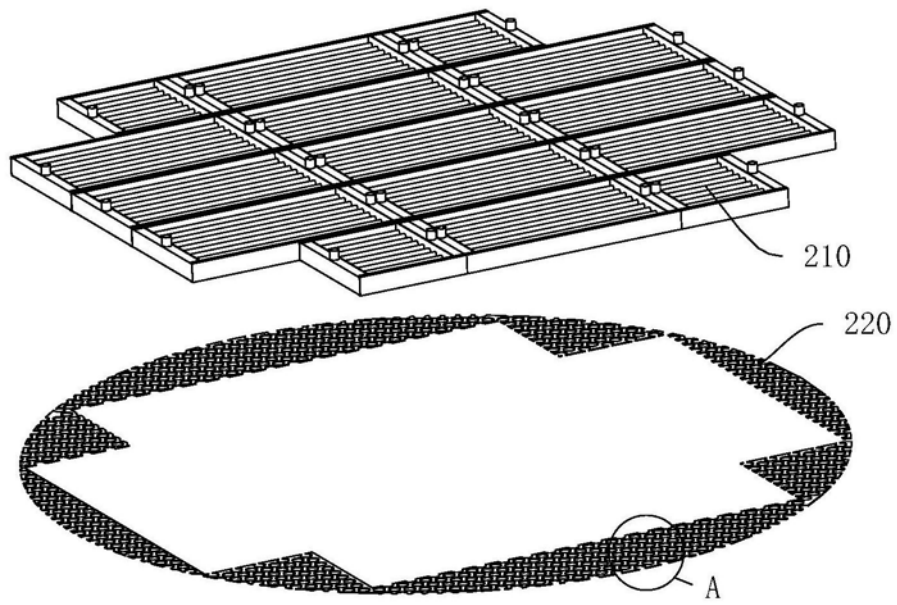


图4

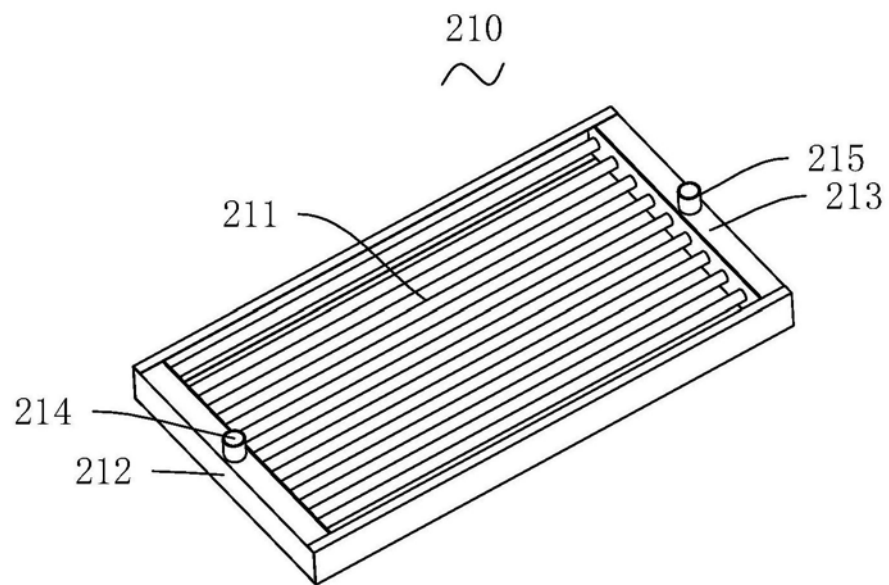


图5

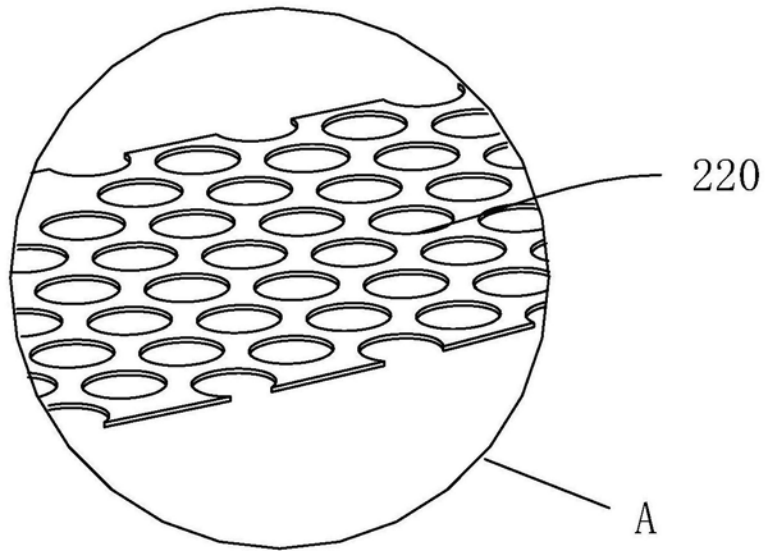


图6

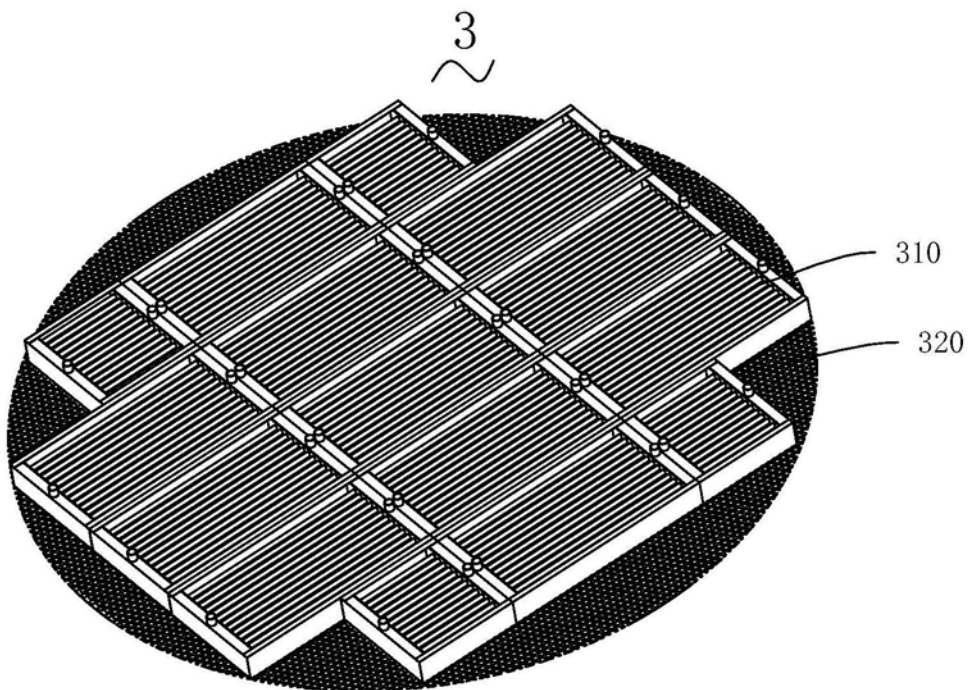


图7

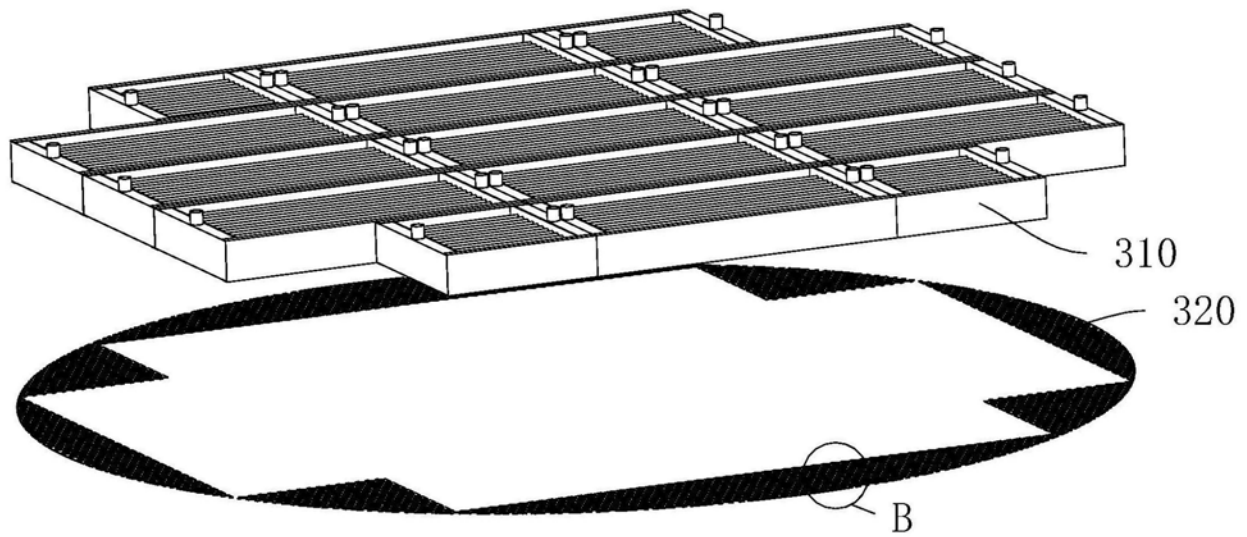


图8

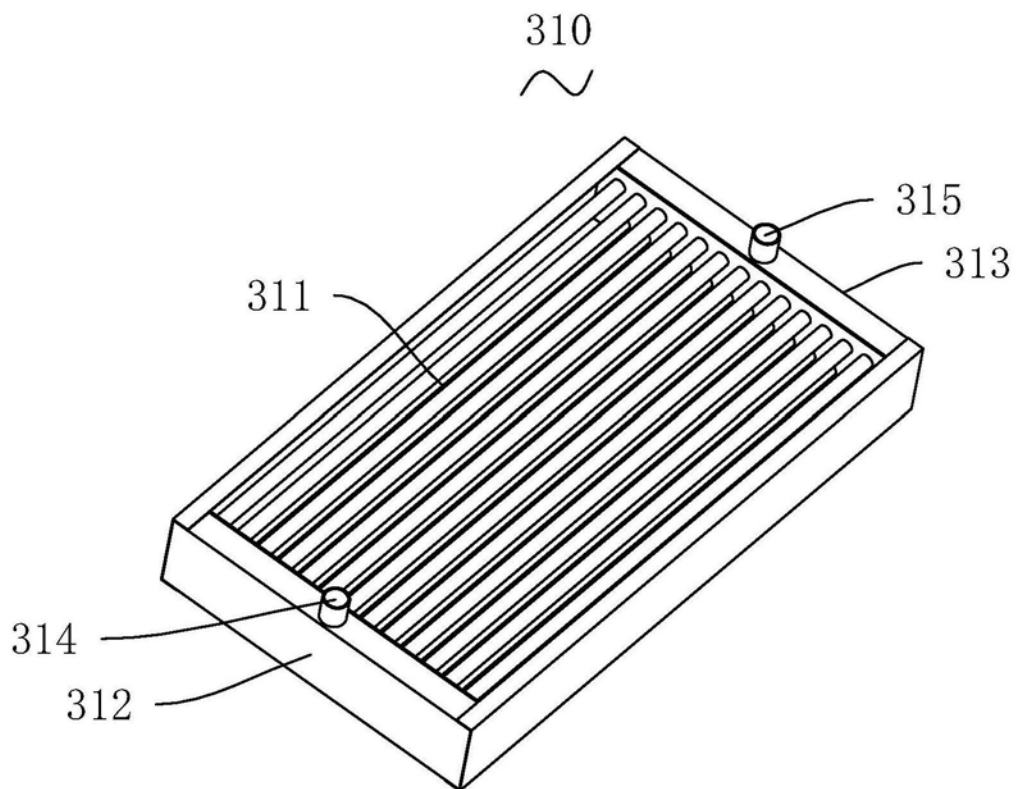


图9

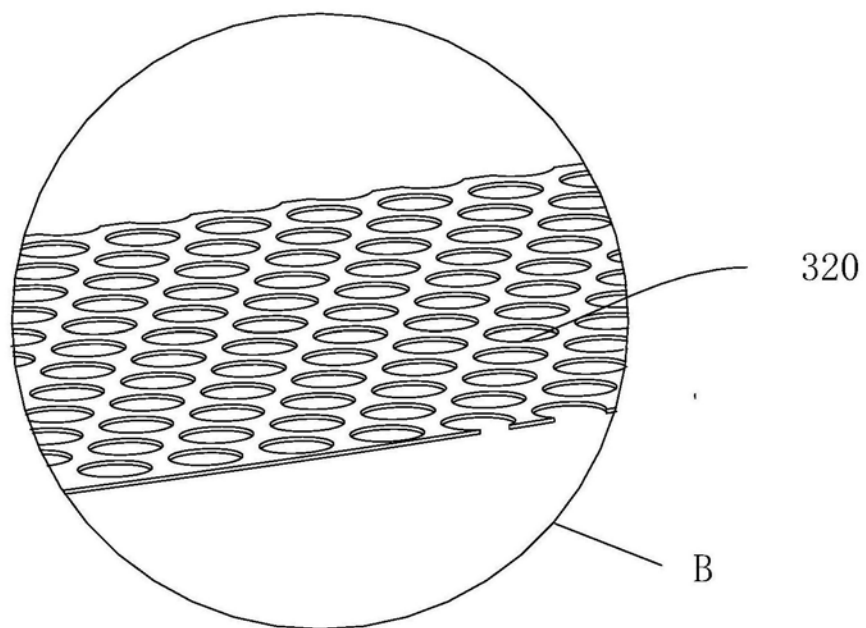


图10