



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105299634 B

(45)授权公告日 2017.07.28

(21)申请号 201510830264.4

(51)Int.Cl.

F23C 10/18(2006.01)

(22)申请日 2015.11.25

(56)对比文件

CN 101196297 A, 2008.06.11,

CN 203628635 U, 2014.06.04,

CN 103353104 A, 2013.10.16,

CN 102635854 A, 2012.08.15,

CN 101749697 A, 2010.06.23,

周旭,郭强,郑兴胜.600 MW超临界循环流化床锅炉水冷壁设计及运行特性.《东方电气评论》.2014,第28卷(第109期),第23-25页.

周旭,郭强,郑兴胜.600 MW超临界循环流化床锅炉水冷壁设计及运行特性.《东方电气评论》.2014,第28卷(第109期),第23-25页.

审查员 刘思强

权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(74)专利代理机构 成都九鼎天元知识产权代理有限公司 51214

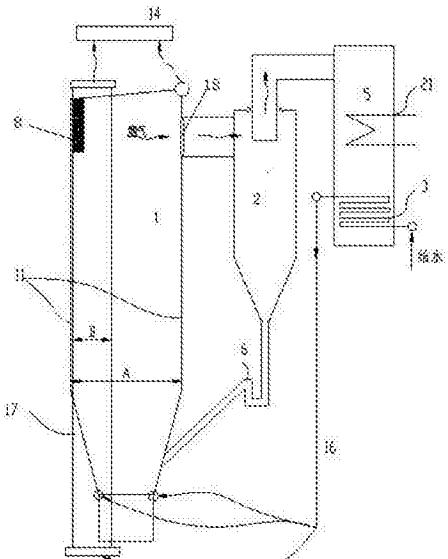
代理人 管高峰 钱成岑

(54)发明名称

低负荷下高流动稳定性的超临界循环流化床锅炉水冷壁

(57)摘要

B 本发明公开了一种超临界循环流化床(CFB)锅炉水冷壁实现低质量流速的方法,以及低负荷下高流动稳定性的该低质量流速的超临界CFB锅炉水冷壁,涉及一种循环流化床锅炉,包括低质量流速的炉膛四周水冷壁和水冷中隔墙,工质的流动在四周水冷壁和水冷中隔墙是并联,且炉膛四周水冷壁和水冷中隔墙的管子在蒸汽比例大于50%以上的位置的内径大于其下位置的内径,管子大内径部分的截面积是小内径部分截面积的1.05~3倍。本发明使得超临界CFB锅炉水冷壁实现低质量流速,同时解决低质量流速下增加水冷壁面积和炉膛高度问题;特别是,解决低质量流速的超临界CFB锅炉水冷壁在低负荷下流动稳定性下降问题,防止水冷壁系统负向反馈发生。



1.超临界循环流化床锅炉水冷壁实现低质量流速的方法,其特征在于步骤为:

首先,根据循环流化床锅炉的蒸汽流量T和燃料,计算出燃烧生成的烟气流量Q,然后由烟气流量和炉膛内的烟气流速V得到炉膛的截面面积S:Q/V=S;

第二步,根据得到炉膛的截面面积,以及设计的炉膛的截面形状,得到炉膛的周长L;

第三步,根据得到的炉膛周长L,按质量流速范围是700~350 kg/m².s选取组成炉膛水冷壁管子的内径和数量,且炉膛水冷壁由四周水冷壁和水冷中隔墙并联构成:

四周水冷壁管内径r1,四周水冷壁管数量m1,水冷中隔墙管内径r2,水冷中隔墙管数量m2;

炉膛水冷壁流通面积A= (3.14*r1²/4) * m1+ (3.14*r2²/4) m2.水冷壁质量流速t=T/A.且m1和m2要同时满足水冷壁扁钢温度的要求。

低负荷下高流动稳定性的超临界循环流化床锅炉水冷壁

技术领域

[0001] 本发明涉及一种循环流化床锅炉,特别是超临界参数的循环流化床锅炉水冷壁系统。

背景技术

[0002] 超临界锅炉发电机组能够获得更高的发电效率,超临界循环流化床锅炉是指锅炉输出的蒸汽的压力和温度高于水蒸汽的临界参数(22.12MPa,374.15℃)。然而超临界状态下,水和蒸汽没有物理参数上的区别,导致亚临界参数以下锅炉所采用的汽包-下降管-水冷壁-汽包构成的自然循环(或强制循环)水冷壁系统无法采用。超临界锅炉水冷壁系统采用一次直流锅炉,即水冷壁内的工质(水或者水蒸气)一次通过水冷壁。水冷壁内工质的质量流速相比亚临界锅炉自然循环(或强制循环)更低,水冷壁管被工质冷却的状况变差,水冷壁管金属的温度更高,容易出现超温损坏的问题。

[0003] 超临界锅炉水冷壁工质一次直流,水冷壁工质出口是过热蒸汽,炉膛水冷壁在不同位置,例如前墙水冷壁,侧墙水冷壁,由于位置不同,长度不同,所吸收的热量不同,会引起水冷壁管内工质的温度不同,引起水冷壁管材料温度不同。这种温差如不加以控制,恶劣的情况下会因温度差异起热应力拉裂、破坏水冷壁管子。

[0004] 常规的超临界煤粉锅炉水冷壁一般采用“螺旋盘管”的水冷壁结构,减小水冷壁管的流通面积,提高水冷壁管内工质的质量流速,同时螺旋盘管依次经过水冷壁的不同位置,尽量均匀吸热,解决水冷壁安全的问题。超超临界煤粉锅炉水冷壁的质量流速一般大于 $1000\text{kg/m}^2\cdot\text{s}$ 。

[0005] 循环流化床锅炉因为炉膛内有大量的循环物料,靠近水冷壁壁面附近有大量的贴壁下降流物料。螺旋盘管结构水冷壁会被贴壁下降流严重磨损,因而无法在循环流化床锅炉上采用。

[0006] 基于上述原因,超临界循环流化床锅炉水冷壁采用垂直管布置,水冷壁的质量流速一般较低,一般小于 $1000\text{kg/m}^2\cdot\text{s}$,被称为“垂直管低质量流速”。低质量流速的水冷壁系统利用工质的“自补偿特性”分配水冷壁的流量,使得吸热强的管子分配到多的流量,增强管子冷却,降低管壁温度。

[0007] 但是,本专利发明人在研究中却发现,采用低质量流速的超临界CFB锅炉水冷壁存在着较严重的低负荷下流动稳定性差的难题:锅炉在低负荷运行时,由于水冷壁的流量减少,水冷壁管子内工质(水或者蒸汽,或者两者的混合物)流动的稳定性下降,在受到扰动,例如外部加热增强,或者流量减少,容易出现工质流动速度急剧变化,水被加热气化,产生的蒸汽进一步阻塞水冷壁管子,引发流量减少,形成负向的反馈,最终引发管壁温度升高。

[0008] 因此低质量流速的超临界CFB锅炉水冷壁设计需要设法解决在低负荷时候流动的稳定性问题,防止负向反馈发生。然而,如何实现低质量流速条件下,完成低负荷下高流动稳定性的超临界CFB锅炉水冷壁设计,并没有相关的技术公开。

[0009] 另外,低质量流速的超临界CFB锅炉水冷壁采用一次直流锅炉,即水冷壁内的工质

(水或者水蒸气)一次通过水冷壁吸热,直接被加热成过热蒸汽。这要求超临界锅炉水冷壁的吸热量比例(约36-40%)比亚临界水冷壁吸热比例(小于29%)增加,水冷壁系统必须增加更多的面积才能满足要求。如果不采取改进措施锅炉水冷壁的高度会增加很快,造成锅炉造价的升高。另外循环流化床锅炉炉膛内换热依赖于循环的物料,炉膛高度增加后炉膛上部的循环物料浓度会降低,水冷壁换热效果也会下降。因此要设法增加超临界循环流化床锅炉水冷壁的面积,但不引起炉膛高度快速增加。

[0010] 在解决水冷壁面积增加方面,现有技术中存在水冷壁和扩展屏串联的方案,该方案在炉膛内增加屏式扩展受热面,降低了炉膛高度,降低了锅炉造价和制造难度。但是这种串联结构对水冷壁出口的蒸汽的干度有严格要求,比如“锅炉30%负荷工况下,工质干度要 $\geq 80\%$ ”“锅炉50%负荷工况下,水冷壁将工质加热为饱和蒸汽”。上述要求使得水冷壁还是必须有足够的面积,使得炉膛高度降低幅度有限。此外水冷壁和扩展屏串联,水冷壁系统质量流速很高,尤其是扩展屏的质量流速。质量流速增大对降低管壁的温度作用有限,还会使水冷壁的阻力增加,增大锅炉给水泵的能耗,降低电厂的经济性。

[0011] 发明的内容

[0012] 本发明的目的:超临界CFB锅炉水冷壁实现低质量流速,同时解决低质量流速下增加水冷壁面积和炉膛高度问题;特别是,解决低质量流速的超临界CFB锅炉水冷壁在低负荷下流动稳定性下降问题,防止水冷壁系统负向反馈发生。

[0013] 本专利的目的通过下述技术方案来实现:

[0014] 超临界CFB锅炉水冷壁实现低质量流速的方法,步骤为:

[0015] 首先,根据CFB锅炉的蒸汽流量(T)和燃料,计算出燃烧生成的烟气流量(Q),然后由烟气流量和炉膛内的烟气流速得到炉膛的截面面积:燃料中的主要元素碳(C)氢(H)硫(S)燃烧会放出热量,也会产生烟气,放出的热量和产生的烟气量由公知的化学知识可知。根据蒸汽需要吸收的热量和燃料燃烧产生的热量平衡,可以计算得到烟气流量 Q 。炉膛内的烟气流速选择一般为 $V=4\text{--}6\text{m/s}$. $Q/V=S$, S 就是炉膛的截面面积。

[0016] 第二步,根据得到炉膛的截面面积,以及设计的炉膛的截面形状,得到炉膛的周长(L);如果选择的是矩形截面炉膛,综合考虑循环流化床锅炉炉膛的长(a)宽(b)比例, $a*b=S$,确定a,b。炉膛周长 $L=2*(a+b)$ 。

[0017] 第三步,根据得到的炉膛周长(L),按质量流速范围是 $700\text{--}350\text{kg/m}^2\cdot\text{s}$ 选取组成炉膛水冷壁管子的内径和数量,且炉膛水冷壁由四周水冷壁和水冷中隔墙并联构成:

[0018] 四周水冷壁管内径 r_1 ,四周水冷壁管数量 m_1 ,水冷中隔墙管内径 r_2 ,水冷中隔墙管数量 m_2 ;

[0019] 炉膛水冷壁流通面积 $A=(3.14*r_1^2/4)*m_1+(3.14*r_2^2/4)*m_2$.水冷壁质量流速 $t=T/A$. t 最佳的范围是 $700\text{--}350\text{kg/m}^2\cdot\text{s}$, m_1 和 m_2 要同时满足水冷壁扁钢温度的要求。

[0020] 本专利方法中,水冷壁管数量 m_1 和中隔墙管数量 m_2 太少扁钢尺寸大,扁钢温度会超过允许数值。水冷壁管内径面积和数量的乘积就是炉膛水冷壁的流通面积。为实现最佳的低质量流速效果,最佳的质量流速范围是 $700\text{--}350\text{kg/m}^2\cdot\text{s}$ 。质量流速高水冷壁不同管内工质流量偏差就大,出口的温差就大。太低的质量流速,也有可能引发流动停止,导致传热恶化。通过本专利的上述3个步骤,特别是四周水冷壁和水冷中隔墙并联方式,能够实现低质量流速。

[0021] 一种低负荷下高流动稳定性的超临界CFB锅炉水冷壁，包括低质量流速的炉膛四周水冷壁和水冷中隔墙，以及集中下降管和连接管，工质的流动在四周水冷壁和水冷中隔墙是并联的，锅炉的给水由集中下降管分别引至四周水冷壁和水冷中隔墙，然后由连接管引至汇聚集箱混合，汇聚集箱出口的蒸汽引至下游的过热器，且炉膛四周水冷壁和水冷中隔墙的管子在蒸汽比例大于50%以上的位置的内径大于其下位置的内径，管子大内径部分的截面积是小内径部分截面积的1.05~3倍。

[0022] 本专利装置的超临界循环流化床水冷壁系统包含四周水冷壁和水冷中隔墙。虽然四周水冷壁和水冷中隔墙这种部件在小容量、特别是亚临界参数以下的锅炉上已经有应用。但锅炉的参数达到超临界以后，亚临界参数以下锅炉所采用的汽包-下降管-水冷壁-汽包构成的自然循环(或强制循环)水冷壁系统无法采用。本专利的四周水冷壁和水冷中隔墙并联设计解决低质量流速下增加水冷壁面积和炉膛高度问题。同时由于采用低质量流速设计(质量流速一般小于 $1000\text{kg/m}^2\cdot\text{s}$ ，特别是 $700\sim350\text{kg/m}^2\cdot\text{s}$)，如前所述，本专利发明人发现，四周水冷壁和水冷中隔墙出现了超临界循环流化床锅炉所特有的低负荷流动稳定性问题。

[0023] 常规的超临界水冷壁管径一般下部内径大，上部内径小。这是因为，上部工质温度高，使用较小的内径能够提高蒸汽的流速，增强对管壁的冷却能力，降低管壁温度。另外，上部管径比下部小，是为了增加管子承受内压的能力。锅炉设计者清楚，相同管子内压情况下，管径越小，所需的壁厚就越小。

[0024] 而本专利的发明人在研究中发现：低质量流速的超临界循环流化床锅炉与常规的锅炉不同，解决稳定性问题时，不能按常规的方法。四周水冷壁和水冷中隔墙的管子内的工质(水、蒸汽或汽水混合物)在流动过程中被加热，体积流速随着被加热不断增加，为实现低质量流速的“自补偿特性”，防止水被加热气化，产生的蒸汽进一步阻塞水冷壁管子，引发流量减少，形成负向的反馈，本专利发明人在四周水冷壁和水冷中隔墙的上部需根据工质的比容变化，增大管子的内径。即形成：炉膛四周水冷壁和水冷中隔墙的上部的管子内径大于下部的内径。此外，四周水冷壁、水冷中隔墙管子上部和下部管径变化的位置应避开管内工质相变(由水变成蒸汽)的区域，因此在蒸汽比例大于50%以上的位置增大管径。且上部管子的截面积是下部管子截面积的1.05~3倍。

[0025] 作为选择，四周水冷壁、水冷中隔墙管子上部和下部之间没有混合或(和)分配的装置。该方案能避免在混合或(和)分配装置中发生工质分层、水和蒸汽分配不均匀。

[0026] 作为选择，水冷中隔墙从炉膛底部一直延伸到顶部。该方案中，为了增加水冷壁系统换热面积，同时不过多增加锅炉高度，造成成本大幅度增加，本专利公开的四周水冷壁和水冷中隔墙有很多优点。现有技术的扩展屏，如果布置在炉膛的上部，超临界循环流化床锅炉炉膛高度增加后，炉膛上部物料浓度较低，上部的传热系数下降，扩展屏的换热效率较低，为达到相同的吸热量，需要更多的材料。本专利的水冷中隔墙从炉膛底部一直延伸到顶部，在炉膛的中下部布置有水冷中隔墙，换热系数高，能够节约材料。

[0027] 作为选择，水冷中隔墙布置在与炉膛烟气出口通道正对的炉膛水冷壁上，在相接位置，水冷中隔墙与炉膛水冷壁焊接连接在一起。该方案中，水冷中隔墙布置在与炉膛烟气出口通道正对的炉膛水冷壁上，有利于炉膛内烟气有组织流动，防止出现不规则的涡流，发生烟气冲刷磨损。水冷中隔墙和四周水冷壁焊接连接，有利于防止水冷中隔墙震动和变形。

[0028] 作为选择,水冷中隔墙双面受热,组成水冷中隔墙的管子内径大于组成炉膛四周水冷壁的管子内径。该方案中,水冷中隔墙在炉膛内,管子吸热强烈,优选的方案水冷中隔墙的管径大于四周水冷壁的管径。

[0029] 作为选择,炉膛四周水冷壁弯曲形成烟气出口通道的部分的管子内径大于其他位置管子的内径。该方案中,在四周水冷壁上部有较多弯管,造成工质流动阻力大的区域,例如烟气出口等,这些区域的管子内径大于其他位置管子的内径。

[0030] 作为选择,水冷中隔墙受热长度不同,在水冷中隔墙的上部对吸热长度短的管子覆盖耐火材料。

[0031] 作为选择,水冷中隔墙的宽度不超过炉膛深度的一半。该方案不影响炉膛内烟气有组织流动。

[0032] 作为选择,水冷中隔墙布置多个,各水冷中隔墙在炉膛断面上对称布置。该方案中,为增加水冷壁系统的面积,可以多个水冷中隔墙布置在四周水冷壁形成的炉膛内,水冷中隔墙多个布置时,应对称布置在炉膛内,有利于炉膛温度均匀。

[0033] 作为选择,锅炉的炉膛两侧都布置有烟气出口通道,多个水冷中隔墙布置在两侧烟气出口通道之间并排列成一排面,且各水冷中隔墙之间留有烟气通道。

[0034] 前述本发明主方案及其各进一步选择方案可以自由组合以形成多个方案,均为本发明可采用并要求保护的方案:如本发明,各选择即可和其他选择任意组合,本领域技术人员在了解本发明方案后根据现有技术和公知常识可明了有多种组合,均为本发明所要保护的技术方案,在此不做穷举。

[0035] 本发明的有益效果:超临界CFB锅炉水冷壁实现低质量流速,同时解决低质量流速下增加水冷壁面积和炉膛高度问题;特别是,解决低质量流速的超临界CFB锅炉水冷壁在低负荷下流动稳定性下降问题,防止水冷壁系统负向反馈发生。

附图说明

[0036] 图1是本发明实施例的结构示意图;

[0037] 图2是锅炉的炉两侧都布置炉膛烟气出口通道时的水冷中隔墙布置结构示意图;

[0038] 图中,1为炉膛,2为分离装置,3为省煤器,5为尾部烟道,6为回料装置,8为水冷壁,11为四周水冷壁,14为汇聚集箱,16为集中下降管,17为水冷中隔墙,18为烟气出口通道,21为过热器。

具体实施方式

[0039] 下面结合具体实施例和附图对本发明作进一步的说明。

[0040] 超临界CFB锅炉水冷壁实现低质量流速的方法,步骤为:

[0041] 首先,根据CFB锅炉的蒸汽流量(T)和燃料,计算出燃烧生成的烟气流量(Q),然后由烟气流量和炉膛内的烟气流速得到炉膛的截面面积:燃料中的主要元素碳(C)氢(H)硫(S)燃烧会放出热量,也会产生烟气,放出的热量和产生的烟气量由公知的化学知识可知。根据蒸汽需要吸收的热量和燃料燃烧产生的热量平衡,可以计算得到烟气流量 Q 。炉膛内的烟气流速选择一般为 $V=4\text{--}6\text{m/s}$. $Q/V=S$, S 就是炉膛的截面面积。

[0042] 第二步,根据得到炉膛的截面面积,以及设计的炉膛的截面形状,得到炉膛的周长

(L)；如果选择的是矩形截面炉膛，综合考虑循环流化床锅炉炉膛的长(a)宽(b)比例， $a \cdot b = S$ ，确定a,b。炉膛周长 $L = 2 * (a+b)$ 。

[0043] 第三步，根据得到的炉膛周长(L)，按质量流速范围是 $700 \sim 350 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ 选取组成炉膛水冷壁管子的内径和数量，且炉膛水冷壁由四周水冷壁和水冷中隔墙并联构成：

[0044] 四周水冷壁管内径 r_1 ，四周水冷壁管数量 m_1 ，水冷中隔墙管内径 r_2 ，水冷中隔墙管数量 m_2 ；

[0045] 炉膛水冷壁流通面积 $A = (3.14 * r_1^2 / 4) * m_1 + (3.14 * r_2^2 / 4) * m_2$ 。水冷壁质量流速 $t = T / A$ 。 t 最佳的范围是 $700 \sim 350 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ ， m_1 和 m_2 要同时满足水冷壁扁钢温度的要求。

[0046] 参考图1所示，一种超临界循环锅炉水冷壁系统，包含低质量流速(最佳的质量流速范围是 $700 \sim 350 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$)的炉膛四周水冷壁11和水冷中隔墙17，锅炉的给水由集中下降管引至并行的炉膛四周水冷壁11和水冷中隔墙17。工质在四周水冷壁11和水冷中隔墙17中被加热，由连接管引起汇聚集箱14混合。在超临界工况下，汇聚集箱14出口的蒸汽被引至下游的过热器21。为了满足超临界循环流化床锅炉在低负荷运行时安全，防止炉膛四周水冷壁11和水冷中隔墙17内工质吸热膨胀引起的压力波动和流动不稳定，在组成炉膛四周水冷壁11和水冷中隔墙17上部的管子内径大于下部的内径，且在蒸汽比例大于50%以上的位置增大管径，且上部管子的截面积是下部管子截面积的1.05~3倍。

[0047] 水冷中隔墙17布置在与炉膛烟气出口通道18正对的炉膛水冷壁11上，在相接位置，水冷中隔墙17与四周水冷壁11焊接连接在一起。这种连接能够防止水冷中隔墙17震动。当水冷中隔墙17是双面受热时，即水冷中隔墙17置于炉膛中，且两侧均不与四周水冷壁11连接固定，此时组成水冷中隔墙17的管子内径大于组成炉膛四周水冷壁11的管子内径。

[0048] 四周水冷壁11弯曲形成烟气出口通道18的部分的管子内径大于其他位置管子的内径。

[0049] 水冷中隔墙17受热长度不同时，在水冷中隔墙17的上部对吸热长度短的管子覆盖耐火材料，以防止低负荷是工质停滞引起的过热。

[0050] 为了降低水冷中隔墙17对炉膛内烟气流动的影响，水冷中隔墙17的宽度尺寸B宜不超过 $0.5A$ ，即不超过炉膛深度的一半。当水冷中隔墙17布置多个时，宜在炉膛断面上对称布置，即沿炉膛左右侧墙方向左右对称排列或沿前后墙方向前后对称排列。

[0051] 另外一种实施实例，当锅炉的炉两侧都布置炉膛烟气出口通道18在炉膛时(如附图2的左右两侧均布置炉膛烟气出口通道18)，多个水冷中隔墙17布置在两侧烟气出口通道18的之间排列成一排面。这种情况下，水冷中隔墙17多个布置，各水冷中隔墙17之间宜留有烟气通道，平衡炉膛的烟气压力。

[0052] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

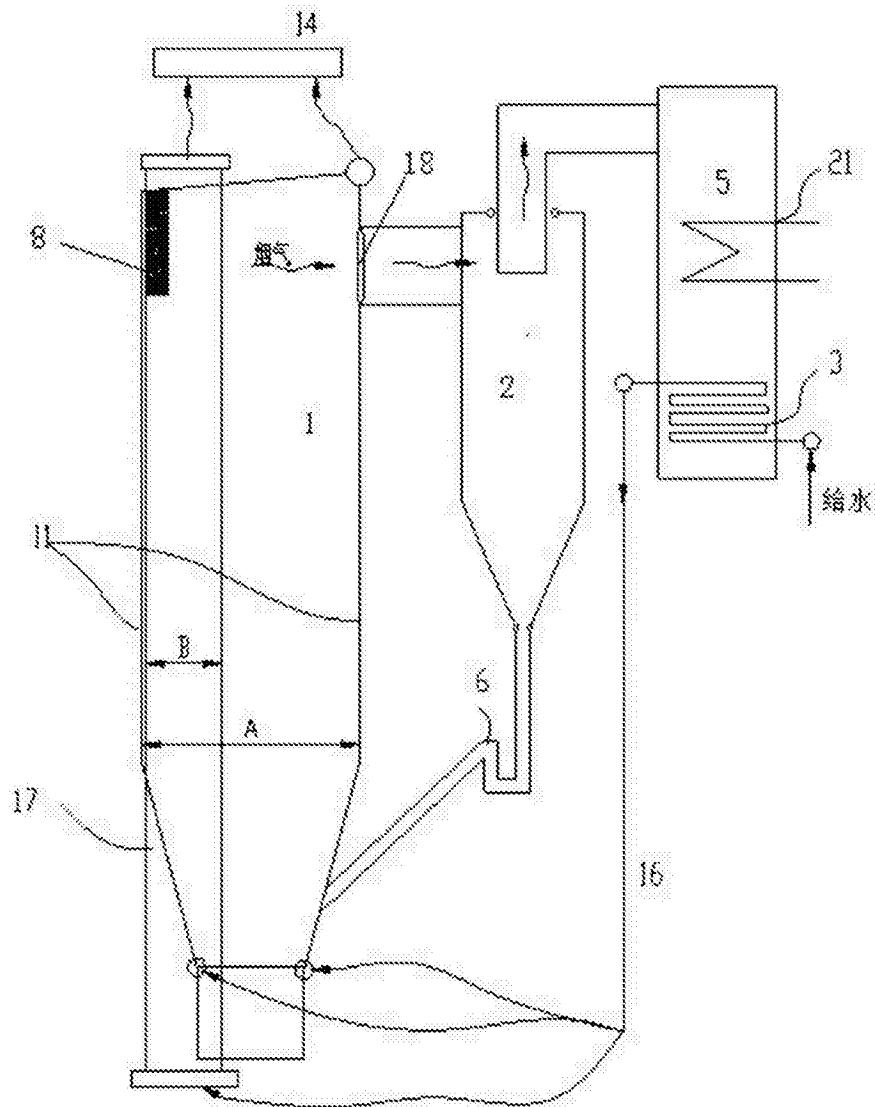


图1

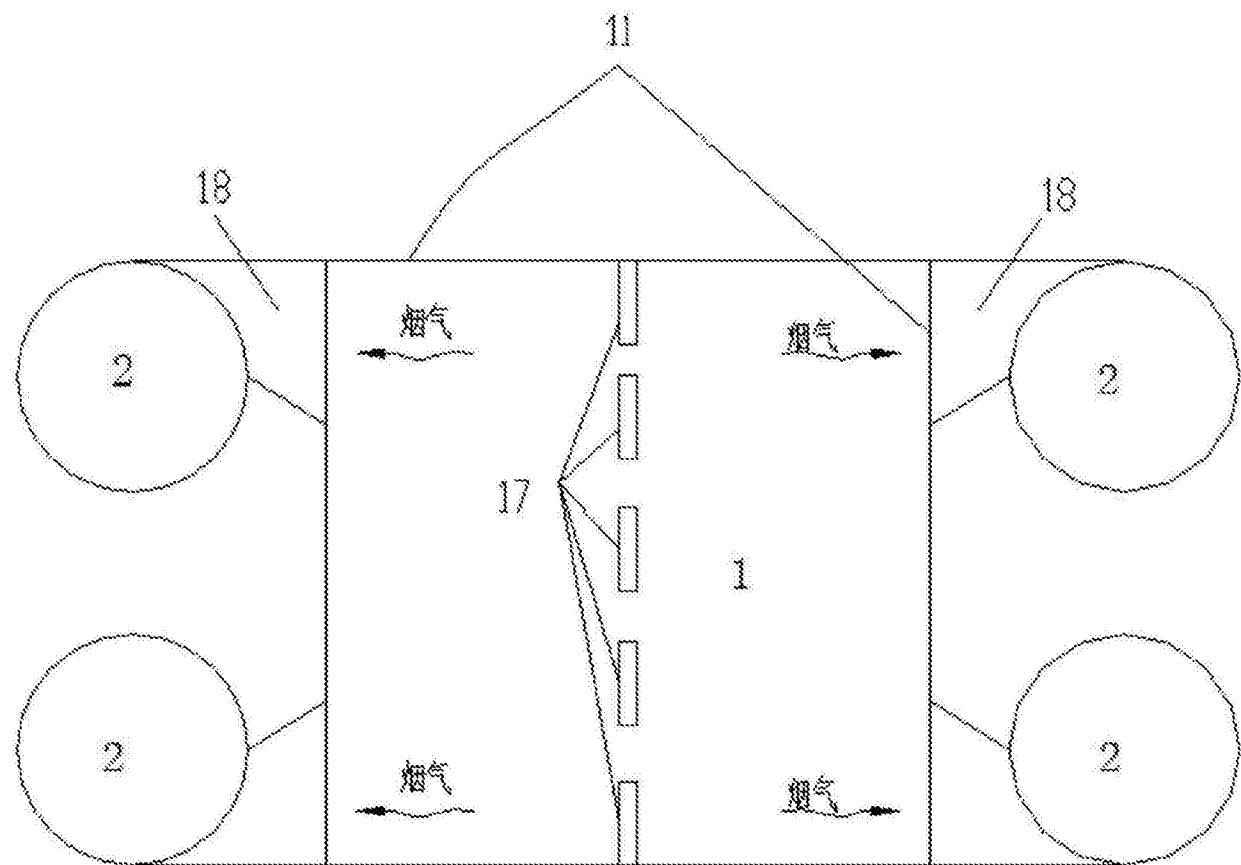


图2