



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109579038 B

(45)授权公告日 2020.02.07

(21)申请号 201811421177.3

F28F 1/24(2006.01)

(22)申请日 2018.11.27

F25B 30/06(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

B01D 53/26(2006.01)

申请公布号 CN 109579038 A

审查员 曹璇

(43)申请公布日 2019.04.05

(73)专利权人 常州大学

地址 213164 江苏省常州市武进区滆湖中路1号

(72)发明人 王政伟 盛有志 许鑫 陈非凡

(74)专利代理机构 常州市英诺创信专利代理事务所(普通合伙) 32258

代理人 于桂贤

(51)Int.Cl.

F23J 15/06(2006.01)

F28D 7/08(2006.01)

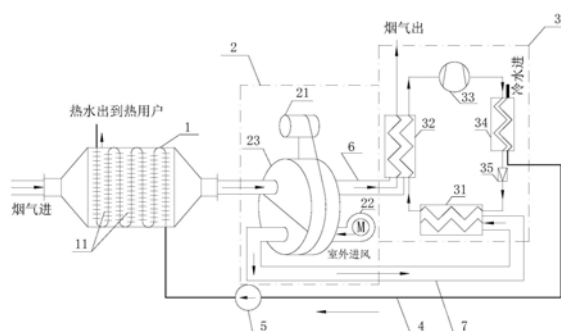
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

天然气烟气除湿余热再利用系统

(57)摘要

本发明提供一种天然气烟气除湿余热再利用系统,包括翅片管换热器、回转式烟气除湿装置和烟气源热泵。烟气经翅片管换热器换热降温,降温后的湿烟气经回转式烟气除湿装置被吸附水分,降低水蒸气含量,烟气再进入热泵的第二级蒸发器与制冷剂换热进一步降温后排入大气,被加热加湿的除湿剂用来预热室外进风而冷却得以再生循环;被加热加湿的室外进风进入热泵第一级蒸发器与制冷剂换热,冷凝器放出的热量用来加热冷水,被加热的水再进入翅片管换热器中和烟气进行热交换进一步升温,用来加热生活用水供热用户使用。该系统可以显著提高天然气烟气的余热回收率,冷水得到梯级加热,并且除湿剂将湿烟气干燥转变为干烟气,降低了投资和运行成本,减少低温腐蚀的可能性,经济效益显著。



1. 一种天然气烟气除湿余热再利用系统,其特征在于:包括翅片管换热器(1)、回转式烟气除湿装置(2)和烟气源热泵(3);所述回转式烟气除湿装置(2)包括拖动电机(21)、除湿再生器(23)和风机(22),所述除湿再生器(23)内设有除湿区(25)和再生区(26),所述除湿区(25)和再生区(26)内均填充有除湿剂(24);所述翅片管换热器(1)的烟气出口连接至除湿区(25)的烟气进口,除湿区(25)的烟气出口连接至烟气源热泵(3);所述再生区(26)的空气进口连接至风机(22),所述再生区(26)的空气出口连接至烟气源热泵(3);所述拖动电机(21)带动除湿再生器(23)轴向回转,实现除湿区(25)和再生区(26)内除湿剂(24)的轮换。

2. 如权利要求1所述的天然气烟气除湿余热再利用系统,其特征在于:所述烟气源热泵(3)包括第一级蒸发器(31)、第二级蒸发器(32)、压缩机(33)、冷凝器(34)和节流阀(35),所述第一级蒸发器(31)的入口与再生区(26)空气出口通过风管(7)相连通,所述第一级蒸发器(31)的出口连接至第二级蒸发器(32),所述除湿区(25)的烟气出口通过烟道(6)连接至第二级蒸发器(32),所述第二级蒸发器(32)连接至压缩机(33),所述压缩机(33)和冷凝器(34)依次连接,且冷凝器(34)出口通过管路返回至第一级蒸发器(31),所述冷凝器(34)和第一级蒸发器(31)之间的管路上还设有节流阀(35)。

3. 如权利要求2所述的天然气烟气除湿余热再利用系统,其特征在于:所述翅片管换热器(1)的烟气进口和烟气出口分别位于左右两端,所述翅片管换热器(1)的烟气进口连接燃烧天然气锅炉或工业炉的烟气出口;翅片管换热器(1)的进水口位于右下端,出水口位于左上端,翅片管换热器(1)的进水口与冷凝器(34)的出水口通过水管(4)连接,且水管(4)上设有水泵(5)。

4. 如权利要求1所述的天然气烟气除湿余热再利用系统,其特征在于:所述翅片管换热器(1)的管束上加装了肋片(11)。

5. 如权利要求1所述的天然气烟气除湿余热再利用系统,其特征在于:所述除湿区(25)内设有湿度计。

6. 如权利要求1所述的天然气烟气除湿余热再利用系统,其特征在于:所述除湿剂(24)为密实多孔结构。

7. 如权利要求1所述的天然气烟气除湿余热再利用系统,其特征在于:所述烟气源热泵(3)为压缩式烟气源热泵或吸收式烟气源热泵。

天然气烟气除湿余热再利用系统

技术领域

[0001] 本发明涉及烟气余热回收系统技术领域,特别是涉及一种天然气烟气除湿余热再利用系统,属于能源与动力工程系统领域。

背景技术

[0002] 天然气作为一种优质、高效的清洁燃料,将其在民用和工业领域的大力推广应用,对环境保护有着重大的现实意义。天然气锅炉因为其较高的热效率在供热领域中已经逐渐占据主导地位。天然气属于化石能源,热值高,易于清洁燃烧,但不可再生,2017年度天然气累计消费量2373亿立方米,相比2016年增长15.3%,因此提高天然气的能源利用率,降低运行成本显得十分重要。

[0003] 天然气燃烧的烟气中含有大量的水蒸气、容积份额比高达20%以上,同时由于燃烧过程中的中心温度高,烟气中 NO_x 含量较高,所以一般情况下,天然气锅炉的排烟温度远高于水蒸气的露点温度,以避免 NO_x 溶于水形成的酸性溶液对换热器造成的低温腐蚀,排出温度这么高的烟气造成了大量的显热和潜热的损失;并且由于湿烟气中水蒸气的存在,烟气排入大气时会出现“冒白烟”现象,导致雾霾的发生,对环境保护不利。

[0004] 近年来,已出现多种形式的烟气余热回收系统,将吸收式或压缩式烟气源热泵应用于烟气潜热回收,例如,专利号为CN 104132481 A的中国发明专利公开了一种烟气源烟气源热泵热水系统和低温烟气余热回收利用方法,烟气进入烟气源热泵热水系统的热管式蒸发器,通过热管把热量传给制冷剂,制冷剂由压缩机送到管壳式冷凝器中加热自来水。烟气源热泵热水系统能直接高效回收低温烟气余热,提高了余热回收率,排烟温度也大幅降低,然而由于烟气中的水蒸气降温冷凝时对热管式蒸发器的低温腐蚀严重,设备投资和运行费用较高。

[0005] 因此考虑在天然气烟气中的水蒸气冷凝结露之前就将水蒸气利用物理吸附的方法除去,使得湿烟气转变为干烟气,利用干烟气作为烟气源热泵热源,在蒸发器中与制冷剂换热,这样可以保证烟气源热泵不发生低温腐蚀,安全运行大大提高,同时采用普通材料来降低成本。

发明内容

[0006] 本发明所要解决的技术问题是:为了克服现有技术中的不足,本发明提供一种天然气烟气除湿余热再利用系统。

[0007] 本发明解决其技术问题所要采用的技术方案是:一种天然气烟气除湿余热再利用系统,包括与锅炉烟气出口相连通的翅片管换热器,还包括回转式烟气除湿装置和烟气源热泵,所述回转式烟气除湿装置包括拖动电机、除湿再生器和风机,所述除湿再生器内设有除湿区和再生区,所述除湿区和再生区内均填充有除湿剂,所述翅片管换热器的烟气出口连接至除湿区的烟气进口,除湿区的烟气出口连接至烟气源热泵;所述再生区的空气进口连接至风机,所述再生区的空气出口连接至烟气源热泵;所述拖动电机带动除湿再生器轴

向回转,实现除湿区和再生区内除湿剂的轮换。

[0008] 进一步,所述烟气源热泵包括第一级蒸发器、第二级蒸发器、压缩机、冷凝器和节流阀,所述第一级蒸发器的入口与再生区空气出口通过风管相连接,所述第一级蒸发器的出口连接至第二级蒸发器,所述除湿区的烟气出口通过烟道连接至第二级蒸发器,所述第二级蒸发器连接至压缩机,所述压缩机和冷凝器依次连接,且冷凝器出口通过管路返回至第一级蒸发器,所述冷凝器和第一级蒸发器之间的管路上还设有节流阀。

[0009] 所述的第一级蒸发器,第二级蒸发器和冷凝器等为烟气源热泵的部件,制冷剂在烟气源热泵部件之间进行循环。所述烟气源热泵第二级蒸发器入口通过烟道和除湿区的烟气出口相连接,所述烟气源热泵第一级蒸发器入口和再生区出口通过风管相连接。被干燥后的烟气进入第二级蒸发器中和制冷剂进行换热降温,温度降至环境温度后再排入大气;热空气进入第一级蒸发器中和制冷剂进行换热降温至环境温度排放,烟气源热泵第一级蒸发器和烟气源热泵第二级蒸发器可串联可并联,冷水由冷凝器进水口进入,冷凝器的排热加热冷水,冷凝器出水口和翅片管换热器进水口通过水管和水泵相连,冷凝器流出的水进入翅片管换热器中进行二次升温。

[0010] 进一步,所述翅片管换热器的烟气进口和烟气出口分别位于左右两端,所述翅片管换热器的烟气进口连接烟气输入设备;翅片管换热器的进水口位于下端,出水口位于上两端,翅片管换热器的进水口与冷凝器的出水口通过水管连接,且水管上设有水泵;翅片管换热器的出水口的热水进入热用户管网。水走管程,烟气横掠翅片管束对水进行加热,水和烟气整体呈逆流形式换热。

[0011] 进一步,所述翅片管换热器的管束上加装了肋片增强换热效果。优选肋片均匀设置。

[0012] 进一步,所述除湿区内设有湿度计。优选的,湿度计设置在除湿区的烟气出口末端,除湿区末端的除湿剂最后达到饱和,因此,当检测到末端饱和时,可以使除湿剂利用率达到最大化。

[0013] 优选的,所述除湿剂为密实多孔结构。

[0014] 优选的,所述烟气源热泵为压缩式烟气源热泵或吸收式烟气源热泵。

[0015] 由翅片管换热器降温后流出的湿烟气在回转式烟气除湿装置中的固体除湿剂中被干燥成干烟气,干烟气再进入烟气源热泵第二级蒸发器中与制冷剂换热降温后排入大气;固体除湿剂转到再生区和室外进风进行热湿交换,所述室外进风被所述固体除湿剂加热加湿成热湿空气进入烟气源热泵第一级蒸发器中与制冷剂换热,固体除湿剂得以脱附再生,冷凝器释放的热量和翅片管换热器中烟气放出的热量用来对冷水梯级加热。

[0016] 除湿区进口和翅片管换热器出口烟道相连接,再生区进口通过风管和风机相连;在除湿过程中,烟气从翅片管换热器左侧出口流出进入回转式烟气除湿装置的除湿区,除湿区中的固体除湿剂与烟气直接接触可以对湿烟气进行降温除湿,同时固体除湿剂表面水蒸气分压力远小于湿烟气水蒸气分压力,湿烟气中的水蒸气在分压差的作用下会转移到固体除湿剂中。所述回转式烟气除湿装置在所述拖动电机带动下缓慢转动,当固体除湿剂在除湿区吸附水蒸气达到饱和状态后,进入再生区脱附再生,再生过程如下:室外进风在风机的作用下通过风管流过高温高湿的固体除湿剂与其进行热湿交换,固体除湿剂温度降低,吸附的水蒸气在浓度差作用下被室外进风带走,除湿剂完成再生过程,室外进风也被预热

加湿然后被送入烟气源热泵第一级蒸发器,固体除湿剂再转回除湿区干燥烟气,周而复始地进行这一过程;所述的固体除湿剂采用多孔结构,除湿区有烟气流道,再生区有空气流道,让湿烟气和固体除湿剂,室外进风和固体除湿剂充分接触减小流动阻力,提高除湿和再生效果;除湿区后设置了湿度计,用以检测除湿后的烟气中水蒸气含量,看除湿装置是否达到预期效果。

[0017] 本发明的有益效果是:

[0018] 1. 设置了单独的回转式烟气除湿装置,对烟气起到了降温除湿和吸附除湿的双重效果。回转式烟气除湿装置中的固体除湿剂和湿烟气直接接触,可以对烟气起到降温除湿的作用,同时固体除湿剂可以对湿烟气中的水蒸气进行吸附,将湿烟气变为干烟气,干烟气进入烟气源热泵第二级蒸发器作为烟气源热泵热源,大大减轻了蒸发器材料受到低温腐蚀的压力,降低了运行成本。

[0019] 2. 回转式烟气除湿装置中的固体除湿剂对湿烟气进行除湿,然后到再生区对室外空气进行加热加湿,被加热加湿后的热空气进入烟气源热泵第一级蒸发器,为烟气源热泵提供第二个热源。固体除湿剂也得以降温再生,进而可以循环使用,运行维护方便。

[0020] 3. 实现烟气余热的全热利用,翅片管换热器回收大部分的显热用来加热生活用水,供人们生活使用。固体除湿剂干燥烟气后,旋转至再生区和室外空气进行热湿交换,将显热和凝结潜热传给室外空气,室外空气再进入烟气源热泵第一级蒸发器与制冷剂换热降温,实现水蒸气潜热的回收,最后被除湿的烟气作为烟气源热泵的热源。翅片管换热器进水口和冷凝器出水口连接,冷凝器和翅片管换热器放出的热量用来梯级加热生活用水,实现了水的二次升温。烟气温度在第一级蒸发器中被降至环境温度再排入大气,最终实现烟气余热的回收利用。系统还有效地消除排烟冒“白烟”的现象,起到烟气“脱白”的作用,减少了雾霾的诱因。

附图说明

[0021] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明。

[0022] 图1是本发明最佳实施例的结构示意图。

[0023] 图2是本发明实施例的回转式烟气除湿装置的结构示意图。

[0024] 图3是本发明实施例的回转式烟气除湿装置的结构示意图。

[0025] 图中:1、翅片管换热器,11、肋片,2、回转式烟气除湿装置,21、拖动电机,22、风机,23、除湿再生器,24、除湿剂,25、除湿区,26、再生区,27、壳体,3、烟气源热泵,31、第一级蒸发器,32、第二级蒸发器,33、压缩机,34、冷凝器,35、节流阀,4、水管,5、水泵,6、烟道,7、风管。

具体实施方式

[0026] 现在结合附图对本发明作详细的说明。此图为简化的示意图,仅以示意方式说明本发明的基本结构,因此其仅显示与本发明有关的构成。

[0027] 如图1所示,本发明的一种天然气烟气除湿余热再利用系统,包括翅片管换热器1、回转式烟气除湿装置2和烟气源热泵3。其中,回转式烟气除湿装置2包括拖动电机21、风机22、圆柱形除湿再生器23和除湿剂24。烟气源热泵3包括第一级蒸发器31、第二级蒸发器32、

压缩机33、冷凝器34和节流阀35。其中,翅片管换热器1管束上加装了均匀的肋片11;翅片管换热器1烟气进出口分别位于左右两端,水的进出口分别位于下端和上端,翅片管换热器1进水口和冷凝器34出水口通过水管4和水泵5相连接。

[0028] 如图2和图3所示,回转式烟气除湿装置2的除湿再生器23为圆柱形结构,除湿再生器23被平均分成除湿区25和再生区26两部分,除湿区25和再生区26被圆柱形壳体27包围,除湿区25和再生区26中均填有密实多孔结构的固体除湿剂24,除湿区25有烟气流道,再生区26有空气流道,便于湿烟气与固体除湿剂以及室外进风与固体除湿剂充分接触,提高除湿和再生效果。翅片管换热器1的烟气出口烟道6连接回转式烟气除湿装置2的除湿区25进口。回转式烟气除湿装置2在拖动电机21的作用下缓慢转动。回转式烟气除湿装置2的再生区26进口通过风管7连接风机22。

[0029] 烟气源热泵3可以为压缩式烟气源热泵,吸收式烟气源热泵或者其他类型的烟气源热泵,本实施例选取的是压缩式烟气源热泵。烟气源热泵3的第二级蒸发器32入口通过烟道6和除湿区25的烟气出口相连接,烟气源热泵3的第二级蒸发器32出口为烟气出口,烟气源热泵3的第一级蒸发器31入口和再生区26空气出口通过风管7相连接,烟气源热泵3的第一级蒸发器31和烟气源热泵3的第二级蒸发器32可串联可并联,本实施例选取的是串联方式。

[0030] 本实施例提供的天然气烟气除湿余热再利用系统在工作时,工作流程如下:

[0031] 1) 从锅炉或工业炉尾部排出的烟气温度大概120℃左右,烟气首先进入翅片管换热器1中和水进行热量交换,烟气由翅片管换热器1左侧烟气进口进入,与从翅片管换热器1右下端流入的水进行换热,水和烟气呈逆流换热,水一烟气换热完成后烟气由翅片管换热器1右侧出口流出,烟气大部分显热被水吸收,被加热的水从翅片管换热器1左上部出口流出供热用户使用,充分换热后,烟气温度降至60℃左右。

[0032] 2) 由翅片管换热器1右侧出口流出的湿烟气由烟道6流入回转式烟气除湿装置2的除湿区25和固体除湿剂24直接接触,首先对烟气起到了降温除湿的作用,并且由于固体除湿剂24中的水蒸气分压力远小于湿烟气中的水蒸气分压力,烟气中的水蒸气在浓度差的推动下会转移到固体除湿剂24表面,完成热质交换,实现了对湿烟气的干燥降温,湿烟气含湿量大大降低从而完成除湿过程。除湿区25后设有湿度计(未画出)用以检测除湿后的烟气中水蒸气含量,看回转式烟气除湿装置2是否达到预期效果。之后从除湿区25出口流出的干烟气通过烟道6流入烟气源热泵3第二级蒸发器32中,继续和制冷剂换热降温,温度降低至接近环境温度左右时由烟气出口排入大气。

[0033] 3) 与此同时,在除湿过程中,当固体除湿剂24在除湿区25吸附水蒸气达到饱和状态后,回转式烟气除湿装置2在拖动电机21的带动下进入再生区26脱附再生,室外进风在风机22作用下由风管7流过高温高湿的固体除湿剂24与其进行热湿交换,固体除湿剂24温度降低,其吸附的水蒸气在浓度差作用下被室外进风带走,固体除湿剂24完成再生过程,再转回除湿区25干燥烟气并周而复始地进行这一过程。

[0034] 4) 固体除湿剂24完成再生的同时,室外进风也被加热加湿成热湿空气,通过风管7由再生区26出口流入烟气源热泵3第一级蒸发器31中和制冷剂换热降温至环境温度。热湿空气和干烟气作为烟气源热泵3的双热源,实施例中的两个蒸发器为串联布置,这样可以实现空气和烟气热量的梯级利用。冷水由冷凝器34进水口进入,冷凝器34产生的热量加热冷

水,被加热的水从冷凝器34出水口流出通过水管4在水泵5作用下进入翅片管换热器1与烟气进行热交换完成水的第二次升温。步骤1)到4)完成了烟气余热的全热回收过程。

[0035] 以上述依据本发明的理想实施例为启示,通过上述的说明内容,相关的工作人员完全可以在不偏离本发明的范围内,进行多样的变更以及修改。本项发明的技术范围并不局限于说明书上的内容,必须要根据权利要求范围来确定其技术性范围。

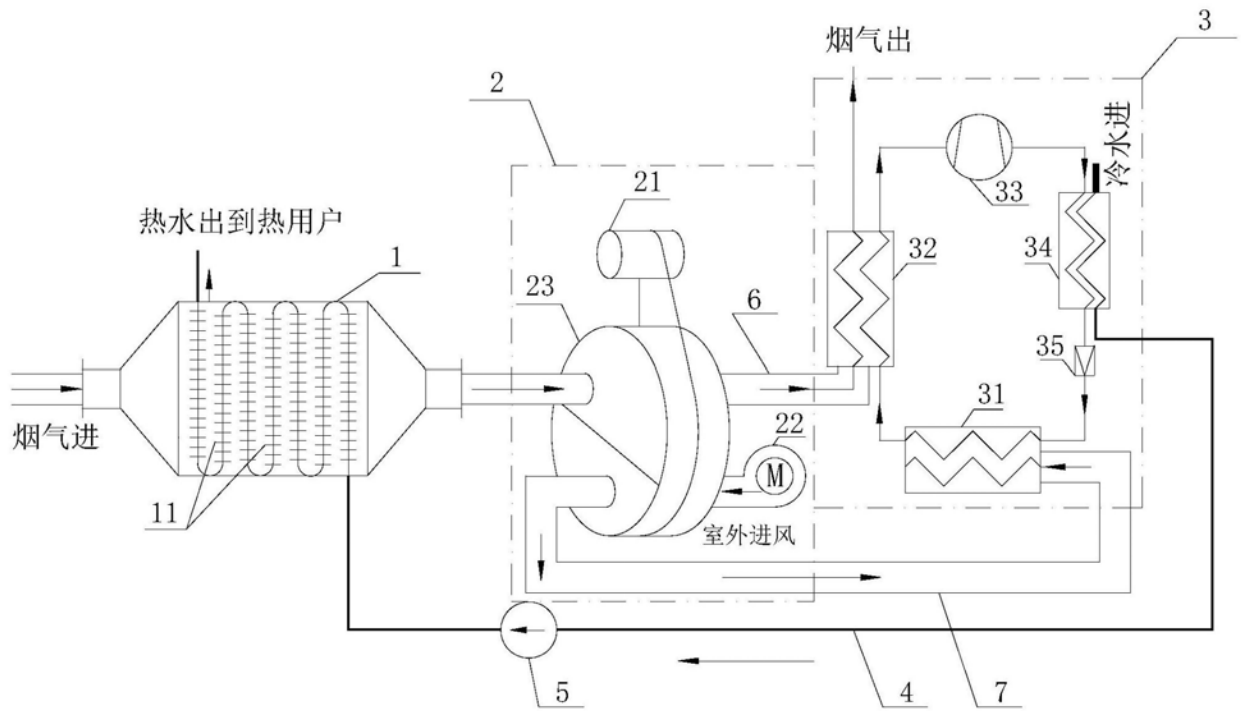


图1

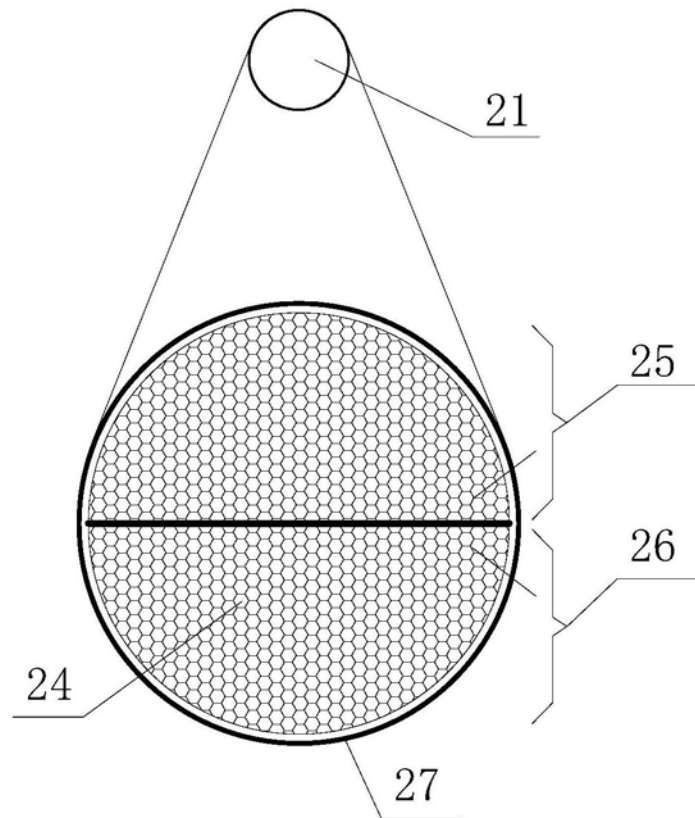


图2

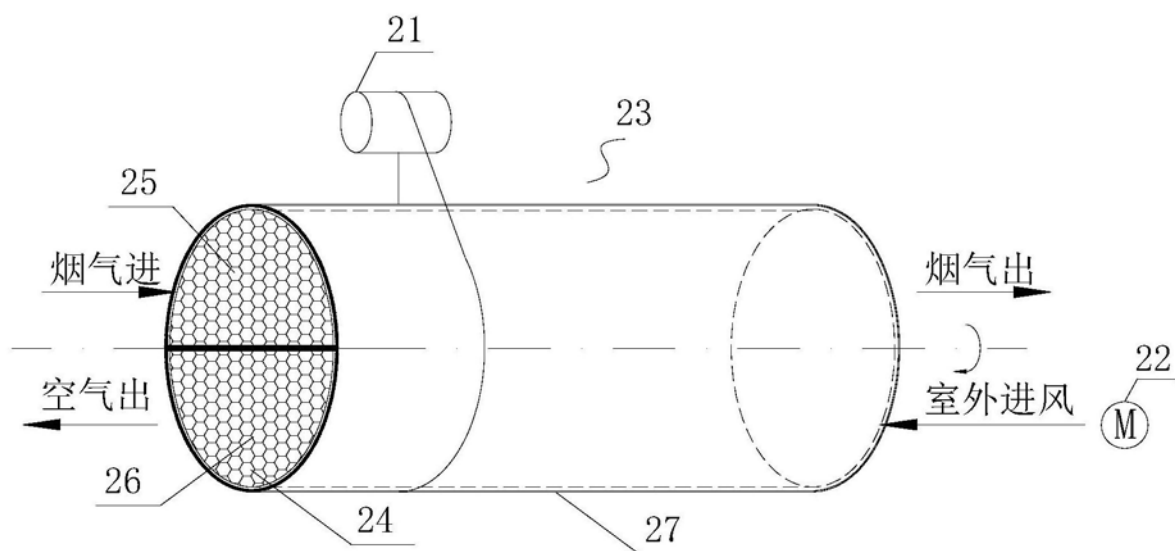


图3