



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104492210 B

(45)授权公告日 2016.08.24

(21)申请号 201410672154.5

B01D 53/50(2006.01)

(22)申请日 2014.11.22

审查员 周雯菁

(73)专利权人 中北大学

地址 030051 山西省太原市学院路3号

(72)发明人 刘有智 袁志国 祁贵生 栗秀萍

张巧玲 申红艳 罗莹 高璟

焦纬洲 宋卫

(74)专利代理机构 太原晋科知识产权代理事务

所(特殊普通合伙) 14110

代理人 任林芳

(51)Int.Cl.

B01D 50/00(2006.01)

B01D 53/18(2006.01)

B01D 53/14(2006.01)

B01D 53/78(2006.01)

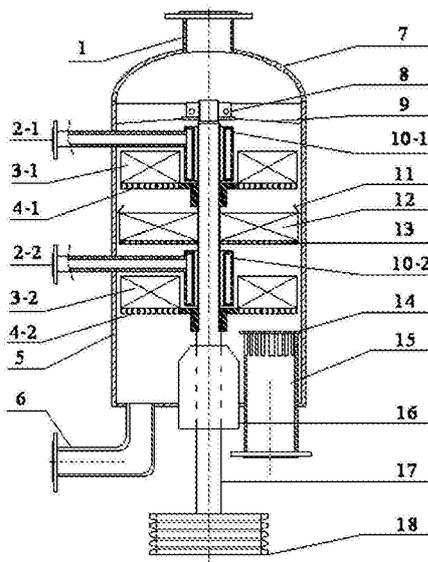
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种适用于船舶上的烟气脱硫除尘工艺及一体化装置

(57)摘要

本发明属于烟气脱硫除尘技术,具体涉及一种适用于船舶上的烟气脱硫除尘工艺及一体化装置,解决了现有船用烟气脱硫除尘工艺及装备存在的问题。烟气脱硫除尘装置,包括多级错流旋转填料床,贫液槽,贫液循环泵,曝气池等。烟气脱硫工艺包括开式的海水法烟气脱硫工艺和闭式的碱液法烟气脱硫工艺。两种工艺可以联合使用,与旋转填料床结合,具有脱硫率高、能耗低、工艺简单、投资和运行费用低、运行稳定、开停车方便,实现脱硫除尘一体化等优点。



1. 一种适用于船舶上的烟气脱硫除尘一体化装置,包括旋转填料床,旋转填料床有液体进口、气体进口(15)、液体出口(6)以及气体出口(1),液体进口连接吸收液来源,气体进口(15)连接船舶烟气输出管路,其特征在于:所述的旋转填料床包括外壳(5)、转轴(17)、旋流板除雾器(9)以及两个或者两个以上可以高速旋转的填料转子和一个或者一个以上静止的填料定子(12),填料转子与填料定子交替安装、自上而下同轴设置、以填料转子始、以填料转子终,最上部的填料转子上方设置旋流板除雾器(9),填料转子中心都设置有液体分布器,各液体分布器连接各自的液体进口,外壳(5)顶部连接气体出口(1)、底部连接液体出口(6)和气体进口(15)。

2. 根据权利要求1所述的适用于船舶上的烟气脱硫除尘一体化装置,其特征在于所述的填料定子(12)与外壳(5)相连,填料转子与转轴(17)相连,转轴(17)下端装有被动皮带轮(18)连接驱动电机,转轴(17)的上下两端与外壳连接的部分均通过轴承座进行动密封连接。

3. 根据权利要求2所述的适用于船舶上的烟气脱硫除尘一体化装置,其特征在于所述的旋流板除雾器(9)包括除雾器筋板,除雾器筋板与转轴(17)通过上轴承座连接,旋流板除雾器(9)上方安装在旋转填料床的外壳(5)顶部的椭圆封头(7),气体出口(1)设置于椭圆封头(7)顶部。

4. 根据权利要求3所述的适用于船舶上的烟气脱硫除尘一体化装置,其特征在于所述的填料转子和填料定子由填料支撑进行支撑,填料支撑为中间开孔的不锈钢板或支撑筋,支撑筋为斜叶片或直条筋;填料转子的填料支撑与转轴(17)焊接连为一体,填料定子的填料支撑与外壳(5)内壁焊接连为一体。

5. 根据权利要求4所述的适用于船舶上的烟气脱硫除尘一体化装置,其特征在于填料转子中心的液体分布器是环形套管,套于转轴(17)之上,每个液体分布器上根据烟气处理量非对称开4~8个孔,保证液体以2~5 m/s流速喷洒在转子内缘。

6. 根据权利要求5所述的适用于船舶上的烟气脱硫除尘一体化装置,其特征在于填料定子与外壳内壁间距占外壳内径的0.5%~10%,比填料转子与外壳内壁的间距小,静止不动的填料定子上方安装有梯形圆筒,梯形圆筒与外壳一起构成集液槽,梯形圆筒的底部连接填料定子的外缘。

7. 根据权利要求6所述的适用于船舶上的烟气脱硫除尘一体化装置,其特征在于液体出口(6)的顶部与外壳(5)底部齐平。

8. 根据权利要求7所述的适用于船舶上的烟气脱硫除尘一体化装置,其特征在于气体进口(15)伸进外壳(5)底部,气体进口(15)的顶部高出外壳底部,设置气体进口的进气管进入外壳前的一端安装有挡板一,在进气管末端、气体进口处也设置有挡板二,挡板二之前的进气管上开有一组格栅孔。

9. 根据权利要求8所述的适用于船舶上的烟气脱硫除尘一体化装置,其特征在于所述吸收液来源为天然海水或者装有天然海水的海水池(19),海水池(19)经水泵、调节阀、流量计连接旋转填料床的各个液体进口,旋转填料床的液体出口经过滤装置(26)连接曝气池(27),曝气池(27)设对外的排液口。

10. 根据权利要求8所述的适用于船舶上的烟气脱硫除尘一体化装置,其特征在于所述吸收液来源为装有碱性吸收液的缓冲罐(28),缓冲罐(28)通过水泵、调节阀、流量计连接旋

转填料床的各个液体进口,旋转填料床的液体出口经过滤装置(26)连接缓冲罐(28),缓冲罐(28)连接曝气池(27),曝气池(27)设对外排液口、同时底部连接污泥柜(29)。

11.一种用于船舶上烟气脱硫除尘工艺,基于如权利要求9所述的适用于船舶上的烟气脱硫除尘一体化装置完成,其特征在于其为开式的海水法烟气脱硫工艺,步骤如下:

a. 船舶锅炉烟气进入旋转填料床底部的气体进口,

b. 海水按与船舶锅炉烟气 $0.1\sim 5\text{ L/m}^3$ 的液气比用水泵从海洋或海水池中直接增压至旋转填料床的各个液体进口,

c. 海水在旋转填料床内经过液体分布器向周围喷洒,被转速为 $200\sim 1600\text{ r/min}$ 高速旋转的填料转子剪切成尺度极小的液滴、液膜、液丝;液体从填料转子中心甩出到外壳内缘,与轴向而来的烟气错流接触,最后,从填料转子甩出的液体被旋转填料床的外壳截获并沿壳壁流下,从外壳底部的液体出口排出,而气体则通过旋转填料床顶部的旋流板除雾器后由气体出口排出,

d. 当处理气量不足最大处理量的 $1/3$ 时,需要的液量也小,且气速较低,一级即可达到高效脱硫,仅在下方液体进口通入海水,上边的两层填料可同时充当除雾器的作用;

e. 从液体出口排出的液体进入过滤装置,将烟气中洗涤下来的粉尘过滤掉,然后进入曝气池,

f. 向曝气池中通入适量空气,进行脱硫后海水的稀释,经过 $20\sim 30\text{ min}$ 的曝气,达到入海排放标准后排入大海。

12.一种用于船舶上烟气脱硫除尘工艺,基于如权利要求10所述的适用于船舶上的烟气脱硫除尘一体化装置完成,其特征在于其为闭式的碱液法烟气脱硫工艺,步骤如下:

a. 将船舶锅炉烟气由鼓风机送入旋转填料床底部的气体进口;

b. 同时将缓冲罐中的碱性吸收液按与船舶锅炉烟气 $0.2\sim 5\text{ L/m}^3$ 的液气比用水泵泵入旋转填料床的各个液体进口;

c. 碱性吸收液在旋转填料床内经过液体分布器向周围喷洒,被转速为 $200\sim 1600\text{ r/min}$ 的高速旋转的填料转子剪切成尺度极小的液滴、液膜、液丝;液体从填料转子中心甩出到外壳内缘,与轴向而来的烟气错流接触,最后,从填料转子甩出的液体被旋转填料床的外壳截获并沿壳壁流下,从床体底部的液体出口排出,而气体则通过旋转填料床顶部的旋流板除雾器后由气体出口排出,碱性吸收液从底部液体出口排出;

d. 当处理气量不足最大处理量的 $1/3$ 时,需要的液量也小,一级即可达到高效脱硫,因而仅在下方液体进口通入碱性吸收液,上边的两层填料可同时充当除雾器的作用;

e. 排出的碱性吸收液进入沉降过滤装置,将烟气中洗涤下来的粉尘过滤掉;

f. 过滤后的吸收液回到缓冲罐,进行循环吸收,当pH值低于 $5\sim 7$,添加淡水和碱性添加剂,碱性添加剂是NaOH或 Na_2CO_3 或 NaHCO_3 ;

g. 循环使盐浓度达到饱和时,将产生的残液稀释和曝气处理后,达到入海排放标准后的残液直接排入大海,残液中的污泥用污泥柜存储以待排岸。

一种适用于船舶上的烟气脱硫除尘工艺及一体化装置

技术领域

[0001] 本发明属于烟气脱硫除尘的技术领域,具体涉及一种适用于船舶上的烟气脱硫除尘工艺及一体化装置。

背景技术

[0002] 船舶动力装置(大型柴油机)使用的是含硫量极高的重油,导致其尾气中含有大量的SO_x,对大气造成严重污染。为了对船用柴油机排放造成的污染加以控制,国际海事组织(IMO)对MARPOL73/78公约附则VI“防止船舶造成大气污染规则”进行了修订,对船用燃油含量的规定更加严苛:对于硫氧化物排放控制区,从2015年1月1日开始不得超过0.1%;对于非控制区,从2012年1月1日开始,全球船用重质燃油的硫含量从附则VI的4.5%降低至3.5%。

[0003] 在船舶上加装烟气脱硫装置,是应对国际船舶排放标准最有前途的途径。因为,要真正降低船用燃油的硫含量并不容易。考虑到炼油公司对重油进行深度脱硫要增加约1000元/t的燃油成本,而低硫轻油又油源不足,其高昂的费用也令船东无法承受。然而,据测算,采用烟气脱硫装置,脱硫成本折算成燃油成本为50~100元/t,为重油深度脱硫成本的1/10,经济上优势明显,切不需要改变炼油与油品供应方案。

[0004] 船舶烟气脱硫设备是一种对船舶柴油机的排烟进行洗涤等后处理的装置,该装置需要达到一种“等效性”,即船舶主机的排烟经过废气洗涤设备脱硫后,烟气中SO_x含量降低,使得主机使用含量3.5%的燃油产生的排放等效于使用含硫量0.1%的燃油,设备的脱硫率为97.2%。由于船舶的条件所限,船舶废气脱硫设备必须满足经济性好、轻便小巧、不对海洋环境造成污染等要求。

[0005] 目前国外开发出来的烟气洗涤设备都是洗涤塔。PureSO_x、BELCO、Hamworthy 这三种洗涤器的脱硫效率都满足最高的等效性(即脱硫率超过97.2%)。PureSO_x和Hamworthy 两种设备都采用主洗涤塔外配用一个类似文丘里管的装置,其作用是对烟气进行冷却和预洗涤。一般船舶主机的排烟温度在200~300°C,经过预洗涤后高温烟气被冷凝降温达到饱和状态,有利于主塔内脱硫效率的提高。BELCO设备采用锥形水幕喷淋起到冷却烟气的效果。烟气从塔体下部进入,使得塔体更小巧,安装更加灵活,有利于并联使用,因此相对来说,该设备的适用范围最大。然而,这三种洗涤塔的直径均为5 m左右,塔高均在10 m以上,庞大的设备体积无疑大大增加了脱硫成本。

[0006] 由于受到船上特定环境的限制,加上船舶脱硫指标严格于一般烟气脱硫,因此船用烟气脱硫应用技术和工艺困难很大。如何减少整个设备的体积是海水脱硫能否应用于船舶领域的关键问题。

[0007] 在达到要求的脱硫效率的前提下,控制废气脱硫设备的成本是主要目标。采用混合系统的洗涤液供排方式具有广泛的适用性和较高的经济性,是废气洗涤脱硫设备的首选。

[0008] 专利CN 102698583 A发明了一种电解法海水脱硫方法和装置用于船用燃机尾气处理。将天然海水由电解制氯设备电解产生次氯酸钠海水溶液,作为吸收剂替代天然海水,

利用次氯酸钠的氧化性,将溶解于海水中的亚硫酸钠氧化为硫酸根,提高了海水对二氧化硫的吸收速率。省却了现有技术的曝气池,提高了单位体积海水的SO₂吸收效率,大大减小了吸收塔的体积,实现了海水脱硫工艺在船舶的应用。但该方法使用电解装置,能耗较高。专利CN103007691 A发明了一种船用燃机烟气脱硫脱硝一体化方法及设备,该方法利用二氧化氯浓溶液与天然海水混合作为SO_x和NO_x的吸收剂,二氧化氯由二氧化氯发生器制得,实现了用同一吸收剂脱除两种污染气体,减小了设备占地面积,提高了船舶空间利用率;同样省却了原海水脱硫工艺流程中的曝气池,提高了单位体积海水的SO₂吸收效率,减小了吸收塔的体积。但是,该方法使用二氧化氯发生器,成本难免较高。

[0009] 目前,PM 2.5(2.5 μm以下颗粒物)的污染已成为热点话题,其危害性已被人们所重视。国际海事组织对于船舶尾气中微粒排放限制条例还在制定当中。研究表明:燃油硫含量将决定船舶排烟中微粒的含量。船舶尾气的微粒中有40%~80%的组分是硫酸盐,因为硫酸盐易溶于水,所以考虑运用湿法除尘技术将部分颗粒物洗下是可行的。PureSO_x、BELCO、Hamworthy等设备也声称可以去除30%~80%的PM。然而,船舶排烟中的颗粒物有70%在0.4 μm以下,普通湿法除尘技术对于这种粒径范围内的颗粒物去除效果并不好。因此,要采用湿法在同一洗涤塔内同时脱除SO_x和PM,如何加强湿法对于超细微粒的捕集能力将是研究的重点和难点。

发明内容

[0010] 本发明目的是提供一种船用燃机烟气脱硫除尘一体化方法及实施该方法的设备,以解决现有技术存在的投资成本高,占地面积大,设备的操作难度大,除尘效果不佳的问题。

[0011] 本发明的技术方案是:一种适用于船舶上的烟气脱硫除尘一体化装置,包括旋转填料床,旋转填料床有液体进口、气体进口、液体出口以及气体出口,液体进口连接吸收液来源,气体进口连接船舶烟气输出管路,所述的旋转填料床包括外壳、转轴、旋流板除雾器以及两个或者两个以上可以高速旋转的填料转子和一个或者一个以上静止的填料定子,填料转子与填料定子交替安装、自上而下同轴设置、以填料转子始、以填料转子终,最上部的填料转子上方设置旋流板除雾器,填料转子中心都设置有液体分布器,各液体分布器连接各自的液体进口,外壳顶部连接气体出口、底部连接液体出口和气体进口。

[0012] 所述的填料定子与外壳相连,填料转子与转轴相连,转轴下端装有被动皮带轮连接驱动电机,转轴的上下两端与外壳连接的部分均通过轴承座进行动密封。

[0013] 所述的旋流板除雾器包括除雾器筋板,除雾器筋板与转轴通过上轴承座连接,旋流板除雾器上方安装在旋转填料床外壳顶部的椭圆封头,气体出口设置于椭圆封头顶部。

[0014] 所述的填料转子和填料定子由填料支撑进行支撑,填料支撑为中间开孔的不锈钢板或支撑筋,支撑筋为斜叶片或直条筋;填料转子的填料支撑与转轴焊接连为一体,填料定子的填料支撑与外壳内壁焊接连为一体。

[0015] 填料转子中心的液体分布器是环形套管,套于转轴之上,每个液体分布器上根据烟气处理量非对称开4~8个孔,保证液体以2~5 m/s流速喷洒在转子内缘。

[0016] 填料定子与外壳内壁间距占外壳内径的0.5%~10%,比填料转子与外壳内壁的间距小,静止不动的填料定子上方安装有梯形圆筒,梯形圆筒与外壳一起构成集液槽,梯形圆筒

的底部连接填料定子的外缘。

[0017] 液体出口的顶部与外壳底部齐平。

[0018] 气体进口伸进外壳底部,气体进口的顶部高出外壳底部,设置气体进口的进气管进入外壳前的一端安装有挡板一,在进气管末端、气体进口处也设置有挡板二,挡板二之前的进气管上开有一组格栅孔。

[0019] 所述吸收液来源为天然海水或者装有天然海水的海水池,海水池经水泵、调节阀、流量计连接旋转填料床的各个液体进口,旋转填料床的液体出口经过滤装置连接曝气池,曝气池设对外的排液口。

[0020] 所述吸收液来源为装有碱性吸收液的缓冲罐,缓冲罐通过水泵、调节阀、流量计连接旋转填料床的各个液体进口,旋转填料床的液体出口经过滤装置连接缓冲罐,缓冲罐连接曝气池,曝气池设对外排液口、同时底部连接污泥柜。

[0021] 一种用于船舶上烟气脱硫除尘工艺,基于如上所述的适用于船舶上的烟气脱硫除尘一体化装置完成,其为开式的海水法烟气脱硫工艺,步骤如下:

[0022] a. 船舶锅炉烟气进入旋转填料床底部的气体进口,

[0023] b. 海水按与船舶锅炉烟气 $0.1\sim 5\text{ L/m}^3$ 的液气比用水泵从海洋或海水池中直接增压至旋转填料床的各个液体进口,

[0024] c. 海水在旋转填料床内经过液体分布器向周围喷洒,被转速为 $200\sim 1600\text{ r/min}$ 的高速旋转的填料转子剪切成尺度极小的液滴、液膜、液丝;液体从填料转子中心甩出到壳体内缘,与轴向而来的烟气错流接触,最后,从填料转子甩出的液体被旋转床的外壳截获并沿壳壁流下,外壳底部的液体出口排出,而气体则通过旋转填料床顶部的旋流板除雾器后由气体出口排出,

[0025] d. 当处理气量不足最大处理量的 $1/3$ 时,需要的液量也小,且气速较低,一级即可达到高效脱硫,仅在下方液体进口通入海水,上边的两层填料可同时充当除雾器的作用;

[0026] e. 从液体出口排出的液体进入过滤装置,将烟气中洗涤下来的粉尘过滤掉,然后进入曝气池,

[0027] f. 向曝气池中通入适量空气,进行脱硫后海水的稀释,经过 $20\sim 30\text{ min}$ 的曝气,达到入海排放标准后排入大海。

[0028] 一种用于船舶上烟气脱硫除尘工艺,基于所述的适用于船舶上的烟气脱硫除尘一体化装置完成,其为闭式的碱液法烟气脱硫工艺,步骤如下:

[0029] a. 将船舶锅炉烟气由鼓风机送入旋转填料床底部的气体进口;

[0030] b. 同时将缓冲罐中的碱性吸收液按与船舶锅炉烟气 $0.2\sim 5\text{ L/m}^3$ 的液气比用水泵泵入旋转填料床的各个液体进口;

[0031] c. 碱性吸收液在在旋转填料床内经过液体分布器向周围喷洒,被转速为 $200\sim 1600\text{ r/min}$ 的高速旋转的填料转子剪切成尺度极小的液滴、液膜、液丝;液体从填料转子中心甩出到壳体内缘,与轴向而来的烟气错流接触,最后,从填料转子甩出的液体被旋转填料床的外壳截获并沿壳壁流下,从床体底部的液体出口排出,而气体则通过旋转床顶部的旋流板除雾器后由气体出口排出,碱性吸收液从底部排液管排出;

[0032] d. 当处理气量不足最大处理量的 $1/3$ 时,需要的液量也小,一级即可达到高效脱硫,因而仅在下方液体进口通入碱液,上边的两层填料可同时充当除雾器的作用;

[0033] e.排出的碱性吸收液进入沉降过滤装置,将烟气中洗涤下来的粉尘过滤掉;

[0034] f.过滤后的吸收液回到缓冲罐,进行循环吸收,当pH值低于5-7,添加淡水和碱性添加剂,碱性添加剂是NaOH或Na₂CO₃或NaHCO₃;

[0035] g.循环使盐浓度达到饱和时,将产生的残液稀释和曝气处理后,达到入海排放标准后的残液直接排入大海,残液中的污泥用污泥柜存储以待排岸。

[0036] 旋转填料床的处理气速可达传统塔设备的3倍,大大减小了设备直径,本发明能直接安装在烟囱内部,相比塔设备而言,大大节省了设备的占地面积。

[0037] 本发明中的两种工艺在船舶上都可以独立使用,又可以联合使用。对于VLCC、ULCC、万箱轮等长期航行于开放海域的船舶,拥有充足的海水资源,可以采用开式的海水法烟气脱硫除尘工艺。对于航行于内河河口的船舶来说,水质碱度较低,甚至都是淡水,为满足脱硫要求,可采用舷外水或自身淡水添加碱性化学添加剂,如NaOH或Na₂CO₃等,增加吸收剂的碱性,使脱硫效率提高,即采用闭式的碱液法烟气脱硫除尘工艺。对于频繁出入内河和外海的船舶,淡水添加碱性物和海水脱硫两种系统混合使用,根据海水水质或港口严格硫排放控制要求,灵活切换使用。

[0038] 本发明的有益效果是:首先,两种烟气脱硫除尘工艺既可以独立使用,又可以联合使用,灵活切换,适用性强;其次,多级错流旋转填料床能够将液体分散成微米级的液膜、液滴和液丝,气体通过填料转子和填料定子的多次分布使得气液两相得到极强的微观混合混合,从而强化气-液间的传质过程,提高脱硫率和PM_{2.5}的捕集率,填料床上部的旋流板除雾器与壳体连为一体,椭圆形封头既加强了壳体强度,又可以消除雾沫夹带现象,使脱硫除尘实现一体化。

[0039] 本发明所述多级错流旋转填料床具有设备体积小,处理气量范围宽,结构简单,操作容易,与传统塔器相比,该工艺具有脱硫率高、除尘率高、能耗低、工艺简单、能实现脱硫除尘一体化、投资和运行费用低、运行稳定、基本不受船舶颠簸倾斜的影响、开停车方便等优点。

[0040] 附图说明:

[0041] 图1为多级错流旋转填料床结构示意图;图2为海水法开式烟气脱硫除尘流程;图3为碱法闭式烟气脱硫除尘流程。

[0042] 图中:1、气体出口;2-1、液体进口I;2-2、液体进口II;3-1、填料转子I;3-2、填料转子II;4-1、转子填料支撑I;4-2、转子填料支撑II;5、外壳;6、液体出口;7、椭圆封头;8、上轴承座;9、旋流板除雾器;10-1、液体分布器I;10-2、液体分布器II;11、集液槽;12、填料定子;13、定子填料支撑;14、挡板;15、气体进口;16、下轴承座;17、转轴;18、被动皮带轮;19、海水池;20、水泵;21、调节阀I;22、调节阀II;23、调节阀III,24、流量计I,25、流量计II;26、过滤装置;27、曝气池;28、缓冲罐,29、污泥柜。

具体实施方式

[0043] 结合附图对本发明的具体实施方式作进一步说明。

[0044] 用于船舶上烟气脱硫除尘工艺及一体化装置,多级错流旋转填料床作为烟气脱硫除尘的核心反应器。以二级错流旋转填料床,包括两级填料转子、一级填料定子为例,如附图1所示,其主体包括两个可以高速旋转的填料转子3-1、3-2和一个静止不动的填料定子

12。填料转子中心分别设置液体分布器10-1、10-2,分别与进液管2-1、2-2连接,旋转填料床顶部安装有旋流板除雾器9,与壳体连为一体。除雾器上方的壳体顶部安装有椭圆封头7,封头顶部设有排气管。在转轴与壳体的连接处均设有轴承座,轴承座内含有动密封。气体进口管末端装有挡板,挡板之前一段管上开有一组格栅孔,可实现烟气在转子下方的初次分布,避免直吹转子填料和气体短路。

[0045] 填料转子由填料支撑组件进行支撑,填料支撑4-1、转子填料支撑II 4-2、定子填料支撑13为中间开孔的不锈钢板或支撑筋,支撑筋可以为斜叶片或直条筋。转子3-1和3-2的填料支撑4-1、4-2与转轴17焊接连为一体,定子12的填料支撑13与壳体5内壁焊接连为一体。

[0046] 填料转子中心的液体分布器10-1和10-2是环形套管,每个液体分布器上对称开6个孔,开孔孔径5 mm。

[0047] 工作状态下,液体从两个进液管2-1、2-2分别通过液体分布器10-1、10-2喷洒进入高速旋转的填料,液体受到填料的高速剪切作用,成为尺度非常小的液膜、液滴、液丝,气体从进口管进入高速旋转的转子3-2,受到高速剪切之后螺旋上升,通过中间静止的定子12时再次受到其中填料的剪切,得到了气体的再分布,最后气体通过高速旋转的转子3-1再次受到高速剪切。最后,从转子3-1、3-2甩出的液体被旋转床的外壳5截获并沿壳壁流下,集液槽11可以收集含有颗粒的吸收液,液体从填料床底部的液体出口6排出,而气体通过三层填料后再旋转通过旋流板除雾器,经过除雾器板叶片时气体夹带的液滴在惯性作用下甩向外侧的壳体。最后通过旋转床顶部的排气管1排出。当处理气量小的时候,需要的液量也小,可以仅在下方的液体进口管2-2通入液体,上边的两层填料可同时充当除雾器的作用。

[0048] 本发明的两种脱硫除尘工艺流程,分别为:

[0049] 对于开式的海水法烟气脱硫工艺,结合其工艺流程图2,具体步骤如下:

[0050] a. 将船舶锅炉烟气由鼓风机送入多级错流旋转填料床底部的气体进口15,与此同时:

[0051] b. 将天然海水按液气比 $0.1\sim 5\text{ L/m}^3$ 用水泵20输入多级错流旋转填料床的两个液体进口2-1和2-2。

[0052] c. 天然海水在多级错流床内被转速为 $200\sim 1600\text{ r/min}$ 的高速旋转的填料转子剪切成尺度极小的液滴、液膜、液丝;液体从转子中心甩出到壳体内缘,与轴向而来的烟气错流接触,最后,从填料转转子甩出的液体被旋转床的外壳截获并沿壳壁流下,从外壳底部的液体出口6排出,而气体则通过旋转床顶部的旋流板式除雾器除雾后经排气管1排出。

[0053] d. 当处理气量小(不足最大处理量的 $1/3$)的时候,需要的液量也小,可以仅由下方的液体进口管2-2通入天然海水,上边的两层填料可同时充当除雾器的作用;

[0054] e. 从旋转床出来的液体进入过滤装置26,将烟气中洗涤下来的粉尘过滤掉,然后液体进入曝气池27;

[0055] f. 为了快速地将海水中的亚硫酸根离子氧化成硫酸根离子,并减小曝气池27的尺寸,向曝气池27中通入适量空气,并利用类似于压载水的溢流置换法,进行脱硫后海水的稀释,经过 $20\sim 30\text{ min}$ 的曝气,达到入海排放标准后排入大海。

[0056] 对于闭式的碱液法烟气脱硫工艺,结合其工艺流程图3,具体步骤如下:

[0057] a. 将船舶锅炉烟气由鼓风机送入多级错流旋转填料床底部的气体进口15,

[0058] b. 将缓冲罐28中的碱性吸收液按液气比 $0.2\sim 5\text{ L/m}^3$ 用水泵20泵入多级错流旋转填料床的液体进口2-1和2-2。

[0059] c. 碱性吸收液在多级错流旋转填料床中与烟气错流接触,与海水法步骤2(c)相同,吸收后烟气从顶部气体出口1排除,碱性吸收液从底部液体出口6排出。

[0060] d. 排出的碱性吸收液同样进入过滤装置26,同步步骤2(e)。

[0061] e. 过滤后的吸收液回到缓冲罐28,进行循环吸收,当pH值低于5-7,添加淡水和碱性添加剂,碱性添加剂是NaOH或 Na_2CO_3 或 NaHCO_3 ;

[0062] f. 循环一定的时间,当盐的浓度达到饱和时,将产生的残液在曝气池27稀释和曝气处理后,达到入海排放标准后的残液直接排入大海,残液中的污泥用专门的污泥柜29存储以待排岸。

[0063] 实施例1:

[0064] 烟气中 SO_2 浓度为2000 ppm,进口烟气温度为 140°C ;海水法液气比为 6 L/m^3 时,脱硫率为99.3%,除尘率为99.8%。碱液法液气比为 2 L/m^3 时,脱硫率为99.5%,除尘率为99.6%。

[0065] 实施例2:

[0066] 烟气中 SO_2 浓度为1500 ppm,进口烟气温度为 80°C ;海水法液气比为 3 L/m^3 时,脱硫率为99.1%,除尘率为99.5%。碱液法液气比为 1 L/m^3 时,脱硫率为99.2%,除尘率为99.4%。

[0067] 实施例3:

[0068] 烟气中 SO_2 浓度为800 ppm,进口烟气温度为 50°C ;海水法液气比为 2 L/m^3 时,脱硫率为98.9%,除尘率为99.2%。碱液法液气比为 0.5 L/m^3 时,脱硫率为98.8%,除尘率为99.1%。

[0069] 而相比其他烟气洗涤装置,例如PureSO_x、BELCO、Hamworthy、Ecosilencer分别采用的填料塔、两级串联的喷淋塔、泡沫塔和鼓泡塔,前三个装置采用混合系统,最后一个采用开环即海水脱硫系统,它们的脱硫率分别为99%、>97%、99%、90%,虽然已经取得良好的效果,但这些塔设备的尺寸均在 $\Phi 5\text{ m}\times 10\text{ m}$ 左右,庞大的设备体积占用大量的船舶空间,并且投资费用和运行费用较高,2006年公开的申请号为200810048002.2名称为“海船排烟脱硫方法及装置”采用填料式洗涤器进行海水法脱硫,在燃油含硫量3%的条件下,能够减排 SO_2 到等效燃油含硫量为0.1%,即脱硫率达到96.7%,然而,当重质燃油的含硫量为3.5%时,其脱硫效率将难以满足要求,另外,该洗涤器同样存在直径大,设备占用空间大,成本高等难题,且运行在颠簸环境中,烟气的净化效果将大大降低。

[0070] 本方法可在一个多级错流旋转填料床内同时实现脱硫及除尘,设备体积小,可直接安装于烟囱内部,并且脱硫除尘效果基本不受船舶航行期间颠簸倾斜的影响。同时,该方法还将开式和闭式的两种脱硫除尘工艺联合使用,可以灵活切换,既适用于远洋航行,也适用于内河行驶,实用性强。该发明在处理烟气中 SO_2 浓度在2000 ppm以下时,脱硫率可保持在98%以上,除尘率可达99%以上。

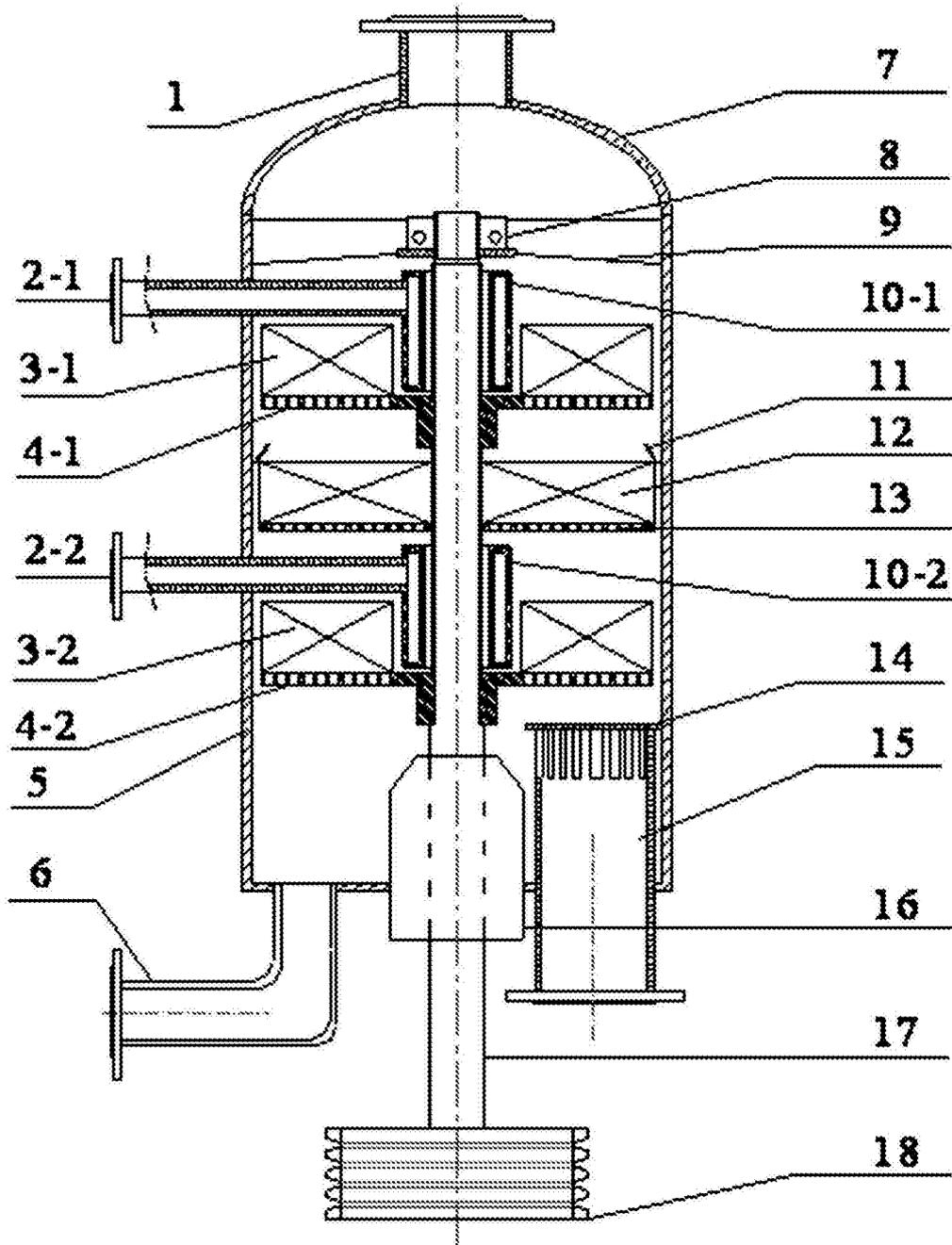


图1

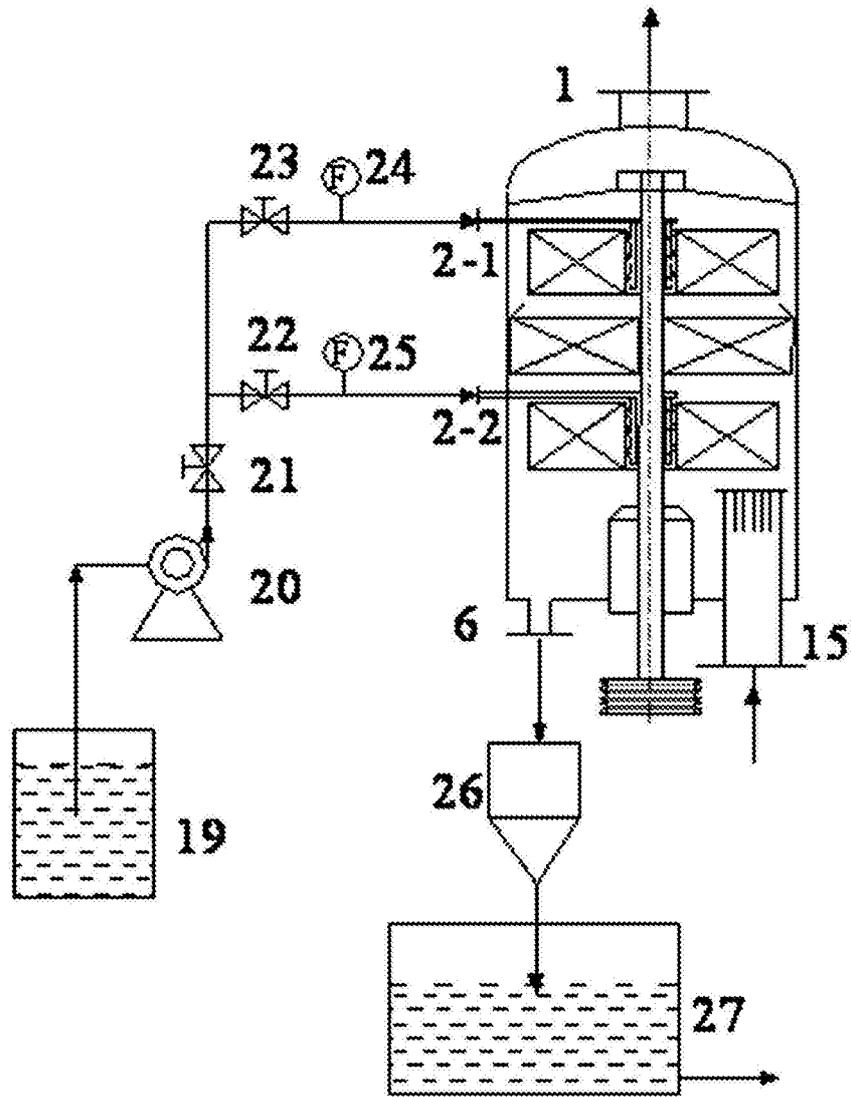


图2

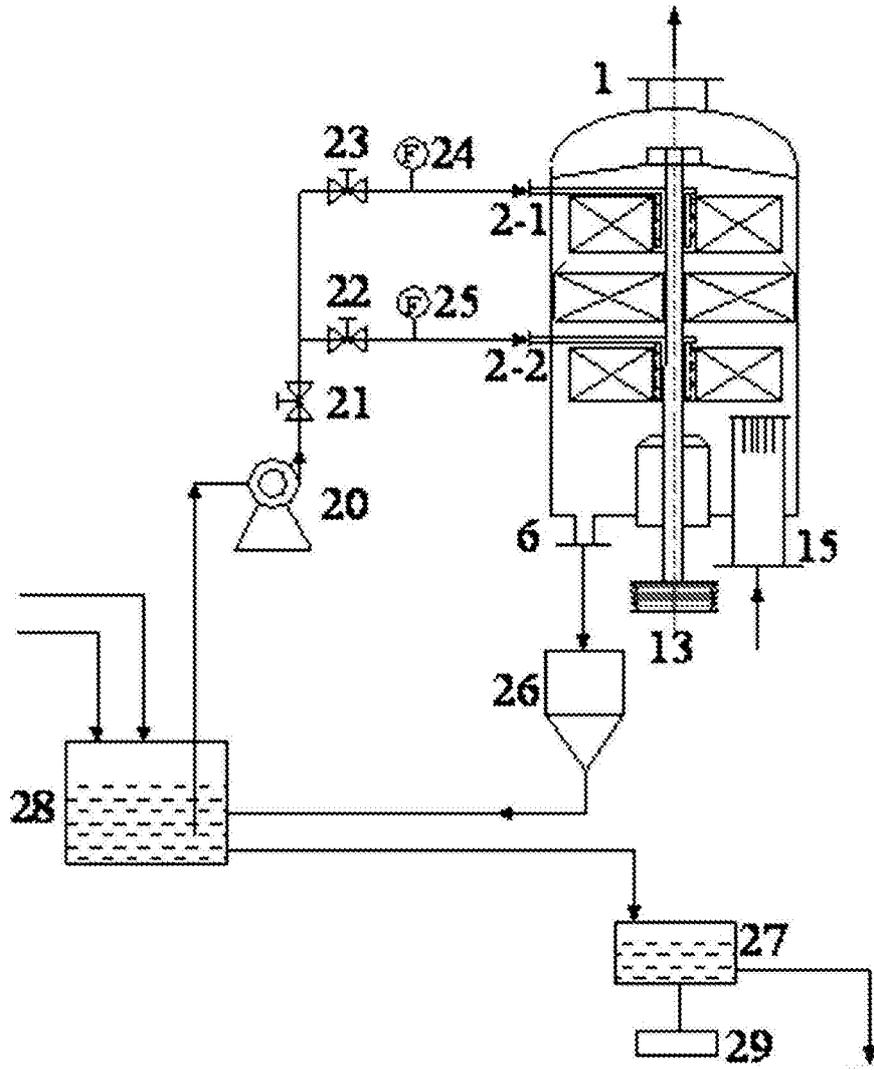


图3