



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111569630 A

(43)申请公布日 2020.08.25

(21)申请号 202010459180.5

B01D 5/00(2006.01)

(22)申请日 2020.05.27

B01D 53/00(2006.01)

B01D 47/06(2006.01)

(71)申请人 中国石油化工股份有限公司

地址 100000 北京市朝阳区朝阳门北大街
22号

申请人 中石化炼化工程(集团)股份有限公
司

(72)发明人 李玖重 孙志钦 李国智 周天宇
高晓红 郜建松 张婧帆 高跃成

(74)专利代理机构 北京超凡宏宇专利代理事务
所(特殊普通合伙) 11463

代理人 覃蛟

(51)Int.Cl.

B01D 53/78(2006.01)

B01D 53/50(2006.01)

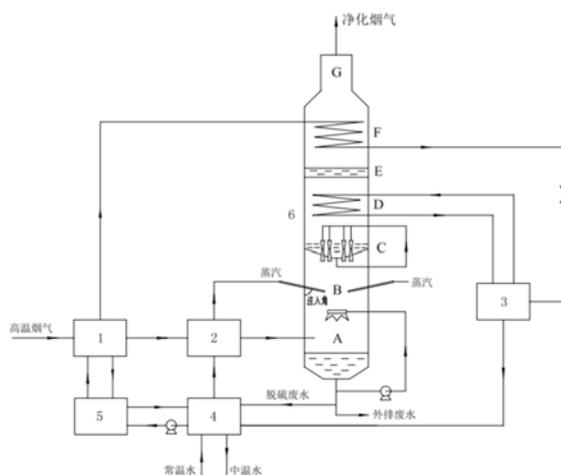
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

湿法脱硫系统和湿法脱硫方法

(57)摘要

本发明公开了一种湿法脱硫系统和湿法脱硫方法,通过分体热泵系统中设置发生器和废水蒸发器连续降低通入脱硫塔的含硫烟气的温度,使其降低至酸露点温度以下,促进烟气SO₃凝结和细小污染物第一次长大。并在废水蒸发器中利用含硫烟气蒸发脱硫废水,产生水蒸气注入脱硫塔内,建立过饱和水汽环境,促使脱硫烟气中的细小污染物第二次长大。同时通过发生器和深度蒸发器制取一定的冷量和热量,冷量用于净化烟气的深度冷却,构建过饱和水汽环境,促进细小污染物第三次长大,热量用于加热出脱硫塔净化烟气,使其温度升高,消除白烟现象。进而实现脱硫烟气细小污染物脱除、白烟消除、脱硫废水减排的目的。



1. 一种湿法脱硫系统,其特征在于,其包括脱硫塔和分体式热泵系统,所述脱硫塔内部由下到上依次包括有冷却吸收段、蒸汽注入段、深度冷却段、烟气升温段和烟气出口段;

所述分体式热泵系统包括发生器、废水蒸发器、深冷蒸发器、吸收器、换热器以及和所述脱硫塔的冷却吸收段连通的含硫烟气进管;

沿所述含硫烟气进管流动方向依次设置有所述发生器和所述废水蒸发器,以实现所述发生器和所述废水蒸发器对含硫烟气的连续降温;

所述脱硫塔的底部的脱硫废液出口依次连通于所述吸收器和所述废水蒸发器,所述废水蒸发器的蒸汽出口连通于所述脱硫塔的蒸汽注入段,以实现所述吸收器和所述废水蒸发器对所述脱硫废液的连续升温,并产生水蒸汽进行所述脱硫塔内;

所述发生器依次和所述换热器、所述吸收器连通,以使得所述发生器在换热后排出的制冷液能够通过所述换热器降温后,再通过所述吸收器降温并稀释后,再回到所述换热器与稀释前的制冷液进行换热升温,然后进入所述发生器;

所述发生器还与所述脱硫塔的烟气升温段的换热装置连通,以使得所述发生器内制冷液升温产生的溶剂蒸汽进入所述脱硫塔的换热装置内,所述烟气升温段的换热装置的冷凝水出口与所述深冷蒸发器连通,所述换热装置的冷凝水出口与所述深冷蒸发器之间还设置有用于降温的节流阀,所述深冷蒸发器还与所述脱硫塔的深度冷却段连通,以使得来自所述深度冷却段的深冷回流水在所述深冷蒸发器中与来自所述烟气升温段的冷凝水换热降温后,再通入所述脱硫塔的深度冷却段,来自所述烟气升温段的冷凝水受热升温后气化为蒸汽;

所述深冷蒸发器的蒸汽出口连通于所述吸收器,以实现对来自所述发生器的制冷液的稀释和降温。

2. 根据权利要求1所述的湿法脱硫系统,其特征还在于,所述吸收器内还设置有水加热通道,所述水加热通道设置有常温水进口和加热水出口,以通过制冷液放出的热量对常温水加热。

3. 根据权利要求1所述的湿法脱硫系统,其特征还在于,所述脱硫塔的蒸汽注入段的蒸汽注入口至少有两个,优选地,至少两个所述蒸汽注入口沿所述脱硫塔内壁同一水平面周向均匀间隔设置;

优选地,每个所述蒸汽注入口的蒸汽注入方向均倾斜向下,且与所述脱硫塔的内壁面呈 $10^{\circ}\sim 60^{\circ}$,优选 $20^{\circ}\sim 45^{\circ}$,更优选 30° ;优选地,所有所述蒸汽注入口的倾斜角度相同。

4. 根据权利要求1~3任一项所述的湿法脱硫系统,其特征还在于,所述脱硫塔在所述蒸汽注入段和所述深度冷却段之间还设置有喷淋洗涤段,优选地,所述喷淋洗涤段的底部还设有与顶部连通的回流管。

5. 根据权利要求1~3任一项所述的湿法脱硫系统,其特征还在于,所述脱硫塔在所述深度冷却段和所述烟气升温段之间还设置有除雾段,优选地,所述除雾段的除雾器包括水珠分离器、挡板除雾器、旋风分离器和静电除雾器中的任意一种。

6. 一种采用如权利要求1~5任意一项所述的湿法脱硫系统的湿法脱硫方法,其特征在于,其包括:

将温度 $\geq 150^{\circ}\text{C}$ 的含硫烟气依次通过所述发生器和所述废水蒸发器进行连续降温后进入所述脱硫塔的冷却吸收段,再在所述脱硫塔内依次上升通过所述蒸汽注入段、所述深度

冷却段、所述烟气升温段和所述烟气出口段；

将所述脱硫塔的底部排出的脱硫废液通入所述吸收器升温后，再通入所述废水蒸发器换热产生水蒸汽，并将产生的水蒸汽通入所述脱硫塔的蒸汽注入段；

将所述发生器内与所述含硫烟气换热并蒸发产生溶剂蒸汽后得到的富液制冷液，通过所述换热器降温后，再通过所述吸收器降温并稀释后得到稀释制冷液，将稀释制冷液返回所述换热器与稀释前的富液制冷液进行换热升温，然后进入所述发生器；

将发生器中由所述制冷液换热产生的溶剂蒸汽通入所述脱硫塔的烟气升温段的换热装置对上升烟气进行升温，将换热后产生的冷凝水通过节流阀降温后，进入所述深冷蒸发器，并与来自所述深度冷却段的回流水换热后，升温气化为溶剂蒸汽，来自所述深度冷却段的回流水降温后再次返回所述深度冷却段进行冷却烟气；

将所述深冷蒸发器产生的溶剂蒸汽通入所述吸收器对来自所述发生器的制冷液的稀释和降温。

7. 根据权利要求6所述的湿法脱硫方法，其特征在于，进入所述废水蒸发器的含硫烟气温度为 $110^{\circ}\text{C}\sim 140^{\circ}\text{C}$ ，进入所述脱硫塔的烟气温度为 $80\sim 110^{\circ}\text{C}$ 。

8. 根据权利要求7所述的湿法脱硫方法，其特征在于，当所述脱硫塔设置有喷淋洗涤段和除雾段时，通过所述冷却吸收段被所述脱硫塔的底部的浆液洗涤，再向上流动与所述蒸汽注入段注入的蒸汽混合进入所述喷淋洗涤段洗涤，然后被来自蒸发器的深冷水降温后，进入除雾段，再进入烟气升温段升高温度至 90°C 以上从所述脱硫塔的烟气出口段排出。

9. 根据权利要求6~8任一项所述的湿法脱硫方法，其特征在于，所述深度冷却段的深冷水和烟气采用直接接触的喷淋换热型式，或采用非接触的间接换热型式，深度冷却段回液温度为 $20\sim 40^{\circ}\text{C}$ ，来自所述蒸发器的深冷液温度为 $5\sim 25^{\circ}\text{C}$ 。

10. 根据权利要求6~8任一项所述的湿法脱硫方法，其特征在于，用于在所述发生器内与所述含硫烟气进行换热并产生溶剂蒸汽的制冷液包括溴化锂溶液、氨水和硝酸锂溶液中的任意一种，优选溴化锂溶液。

湿法脱硫系统和湿法脱硫方法

技术领域

[0001] 本发明涉及脱硫技术领域,具体而言,涉及一种湿法脱硫系统和湿法脱硫方法。

背景技术

[0002] 锅炉、焚烧炉、催化裂化装置等燃烧产生的烟气需要经过脱硫后才能排入大气,一般采用湿法脱硫处理含硫烟气。目前,脱硫后的净化烟气中仍含有大量的亚微米级的SO₃雾滴、细小颗粒物、挥发性盐类等污染物,排向大气中会形成雾霾天气,严重影响周边环境能见度及居民的身心健康。脱硫烟气中亚微米级的细小污染物在湿法脱硫系统中脱除效率较低,一般脱除效率不超过40%。

[0003] 针对传统污染物控制设施对细颗粒物、SO₃酸雾等亚微米级细小污染物的脱除效率亟需提高的现状,采用各种物理或化学作用使细颗粒物、SO₃酸雾等细小污染物长大后加以清除,是增强湿法脱硫脱除亚微米级细小污染物的重要手段。

[0004] 专利200710132250.0公开了一种湿法烟气脱硫中应用水汽相变促进PM_{2.5}脱除的方法,采用在塔进口烟气、脱硫净化烟气中添加蒸汽的方式,使洗涤过程中的烟气及净化后的烟气两次达到过饱和状态,有效实现了PM_{2.5}的脱除。但该方法蒸汽消耗量大,能耗过高、系统运行经济性能较差。专利201710042816.4公开了一种湿法脱硫协同脱除细颗粒物及SO₃酸雾的方法,采用在脱硫塔入口烟道内喷入雾化水及喷淋冷却净化烟气的方法建立过饱和环境,使烟气中的颗粒物、SO₃酸雾凝结长大,被后续高效除雾器拦截脱除。该方法依靠注入冷却水建立过饱和环境,系统水耗较大,相应的脱硫废水处理量大幅增加,脱硫系统的运行费用较高,并且该方法容易打破脱硫系统的水平衡,影响整体的脱硫效率。

[0005] 此外,以上脱硫方法在排入空气中后还会产生大量白烟,在浪费了大量的热能和水资源的情况下,又会造成强烈的视觉污染,并且会造成较大的脱硫废水处理的负担。

[0006] 因此,白烟现象、废水处理、细小污染物脱除等都是现在湿法脱硫系统急需解决的问题。

[0007] 鉴于此,特提出本发明。

发明内容

[0008] 本发明的目的在于提供一种湿法脱硫系统和湿法脱硫方法,以改善以上问题。

[0009] 本发明是这样实现的:

[0010] 一方面,本发明的实施例提供了一种湿法脱硫系统,其包括脱硫塔和分体式热泵系统,脱硫塔内部由下到上依次包括有冷却吸收段、蒸汽注入段、深度冷却段、烟气升温段和烟气出口段。

[0011] 分体式热泵系统包括发生器、废水蒸发器、深冷蒸发器、吸收器、换热器以及和脱硫塔的冷却吸收段连通的含硫烟气进管。

[0012] 沿含硫烟气进管流动方向依次设置有发生器和废水蒸发器,以实现发生器和废水蒸发器对含硫烟气的连续降温。

[0013] 脱硫塔的底部的脱硫废液出口依次连通于吸收器和废水蒸发器,废水蒸发器的蒸汽出口连通于脱硫塔的蒸汽注入段,以实现吸收器和废水蒸发器对脱硫废液的连续升温,并产生蒸汽进行脱硫塔内。

[0014] 发生器依次和换热器、吸收器连通,以使得发生器在换热后排出的制冷液能够通过换热器降温后,再通过吸收器降温并稀释后,再回到换热器与稀释前的制冷液进行换热升温,然后进入发生器。

[0015] 发生器还与脱硫塔的烟气升温段的换热装置连通,以使得发生器内制冷液升温产生的溶剂蒸汽进入脱硫塔的换热装置内,烟气升温段的换热装置的冷凝水出口与深冷蒸发器连通,换热装置的冷凝水出口与深冷蒸发器之间还设置有用于降温的节流阀,深冷蒸发器还与脱硫塔的深度冷却段连通,以使得来自所述深冷回流段的深冷回流水在所述深冷蒸发器中与来自所述烟气升温段的冷凝水换热降温后,再通入所述脱硫塔的深度冷却段,来自所述烟气升温段的冷凝水受热升温后气化为蒸汽。

[0016] 深冷蒸发器的蒸汽出口连通于吸收器,以实现对来自发生器的制冷液的稀释和降温。

[0017] 可选地,吸收器内还设置有水加热通道,水加热通道设置有常温水进口和加热水出口,以通过制冷液放出的热量对常温水加热。

[0018] 可选地,脱硫塔的蒸汽注入段的蒸汽注入口至少有两个,可选地,至少两个蒸汽注入口沿脱硫塔内壁同一水平面周向均匀间隔设置。

[0019] 可选地,每个蒸汽注入口的蒸汽注入方向均倾斜向下,且与脱硫塔的内壁面呈 10° ~ 60° ,优选 20° ~ 45° ,更优选 30° ;可选地,所有蒸汽注入口的倾斜角度相同。

[0020] 可选地,脱硫塔在蒸汽注入段和深度冷却段之间还设置有喷淋洗涤段,可选地,喷淋洗涤段的底部还设有与顶部连通的回流管。

[0021] 可选地,脱硫塔在深度冷却段和烟气升温段之间还设置有除雾段,优选地,除雾段的除雾器包括水珠分离器、挡板除雾器、旋风分离器和静电除雾器中的任意一种。

[0022] 另一方面,本发明实施例还提供了上述采用湿法脱硫系统的湿法脱硫方法,其包括:

[0023] 将温度 $\geq 150^{\circ}\text{C}$ 的含硫烟气依次通过发生器和废水蒸发器进行连续降温后进入脱硫塔的冷却吸收段,再在脱硫塔内依次上升通过蒸汽注入段、深度冷却段、烟气升温段和烟气出口段。

[0024] 将脱硫塔的底部排出的脱硫废液通入吸收器升温后,再通入废水蒸发器换热产生蒸汽,并将产生的蒸汽通入脱硫塔的蒸汽注入段。

[0025] 将发生器内与含硫烟气换热并蒸发产生溶剂蒸汽后得到的富液制冷液,通过换热器降温后,再通过吸收器降温并稀释后得到稀释制冷液,将稀释制冷液返回换热器与稀释前的富液制冷液进行换热升温,然后进入发生器。

[0026] 将发生器中由制冷液换热产生的溶剂蒸汽通入脱硫塔的烟气升温段的换热装置对上升烟气进行升温,将换热后产生的冷凝水通过节流阀降温后,进入深冷蒸发器,并与来自所述深度冷却段的回流水换热后,升温气化为溶剂蒸汽,来自深度冷却段的回流水降温后再次返回深度冷却段进行冷却烟气。

[0027] 将深冷蒸发器产生的溶剂蒸汽通入所述吸收器对来自发生器的制冷液的稀释和

降温。

[0028] 可选地,进入废水蒸发器的含硫烟气温度为 $110^{\circ}\text{C}\sim 140^{\circ}\text{C}$,进入脱硫塔的烟气温度为 $80\sim 110^{\circ}\text{C}$ 。

[0029] 可选地,当脱硫塔设置有喷淋洗涤段和除雾段时,通过冷却吸收段被脱硫塔的底部的浆液洗涤,再向上流动与蒸汽注入段注入的蒸汽混合进入喷淋洗涤段洗涤,然后被来自蒸发器的深冷水降温后,进入除雾段,再进入烟气升温段升高温度至 90°C 以上从脱硫塔的烟气出口段排出。

[0030] 可选地,深度冷却段回水温度为 $20\sim 40^{\circ}\text{C}$,来自蒸发器的深冷水温度为 $5\sim 25^{\circ}\text{C}$ 。

[0031] 可选地,用于在发生器内与含硫烟气进行换热并产生溶剂蒸汽的制冷液包括溴化锂溶液、氨水和硝酸锂溶液中的任意一种,优选溴化锂溶液。

[0032] 本发明具有以下有益效果:

[0033] 通过分体热泵系统降低入脱硫塔烟气温度,使其可降低至酸露点温度以下,促进烟气 SO_3 凝结和细小污染物第一次长大,并通过脱硫塔烟气来蒸发脱硫废水,将产生的水蒸汽注入脱硫塔内,建立过饱和水汽环境,对被脱硫塔底的浆液洗涤冷却后的烟气进行作用,促使脱硫烟气中的细小污染物第二次长大。同时,还通过发生器中的制冷液与高温含硫烟气换热制备溶剂蒸汽,用于加热出脱硫塔净化烟气,使其温度升高,消除白烟现象,该水蒸汽换热后冷凝得到的冷却水再进一步通过蒸发器冷却后通入脱硫塔内,对净化烟气深度冷却,构建过饱和水汽环境,促进细小污染物第三次长大。进而实现脱硫烟气细小污染物脱除、白烟消除、脱硫废水减排的目的。

附图说明

[0034] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,应当理解,以下附图仅示出了本发明的某些实施例,因此不应被看作是对范围的限定,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他相关的附图。

[0035] 图1为本发明实施例1的湿法脱硫系统的示意图;

[0036] 图2为本发明实施例2的湿法脱硫方法的工艺流程示意图。

[0037] 图标:1-发生器;2-废水蒸发器;3-深冷蒸发器;4-吸收器;5-换热器;6-脱硫塔;A-冷却吸收段;B-蒸汽注入段;C-喷淋洗涤段;D-深度冷却段;E-除雾段;F-烟气升温段;G-烟气出口段。

具体实施方式

[0038] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述。实施例中未注明具体条件者,按照常规条件或制造商建议的条件进行。所用试剂或仪器未注明生产厂商者,均为可以通过市售购买获得的常规产品。

[0039] 以下结合实施例对本发明的特征和性能作进一步的详细描述。

[0040] 实施例1

[0041] 参见附图1,本实施例提供了一种湿法脱硫系统,其包括脱硫塔6和分体式热泵系

统,脱硫塔6内部由下到上依次包括有冷却吸收段A、蒸汽注入段B、喷淋洗涤段C、深度冷却段D、除雾段E、烟气升温段F和烟气出口段G。分体式热泵系统包括发生器1、废水蒸发器2、深冷蒸发器3、吸收器4、换热器5以及和脱硫塔6的冷却吸收段A连通的含硫烟气进管。

[0042] 需要说明的是,在其他实施例中,可以根据需要省略喷淋洗涤段C或除雾段E。

[0043] 沿含硫烟气进管流动方向依次设置有发生器1和废水蒸发器2,发生器1设置有含硫烟气进口和含硫烟气出口,高温烟气通过含硫烟气进口进入发生器1,并与发生器1中的制冷液发生换热,对含硫烟气进行第一次降温。含硫烟气从发生器1的含硫烟气出口排出后,通过管道进入废水蒸发器2,然后与废水蒸发器2中的脱硫废水进行第二次降温,两次降温后的含硫烟气可降低至酸露点温度以下,进而促进烟气SO₃凝结和细小污染物第一次长大。其中,高温含硫烟气在发生器1和废水蒸发器2中是间壁式换热,当然,根据工艺条件的需求,其他实施方式中废气蒸发器中,高温烟气也可以和脱硫废水进行直接换热。

[0044] 发生器1设置有制冷通道,制冷通道设置有制冷液进口、制冷液出口和蒸汽出口,蒸汽出口和脱硫塔6的烟气升温段F的换热装置连通,制冷液吸收高温含硫烟气的热量后产生的溶剂蒸汽进入到烟气升温段F的换热装置中对上升的净化烟气进行加热,使其温度升高,消除白烟现象。烟气升温段F的换热装置与脱硫塔内的烟气进行间壁式换热,即换热装置可为设置在脱硫塔6内的管式换热器或板式换热器,本实施例中,以盘管的形式设置在脱硫塔6内。

[0045] 相对于传统的分体式热泵系统,本实施例将传统热泵系统的冷凝器部分集成到脱硫塔内部,即实现了消除净化烟气白烟的作用,也简化了系统结构,提高了能量利用效率。

[0046] 再次参见附图1,脱硫塔6内的烟气升温段F的换热装置的冷凝水出口和深冷蒸发器3管道连通,在该管道上还设置有用于降温的节流阀,烟气升温段F与净化烟气换热后,由溶剂蒸汽冷凝得到的冷凝液通过节流阀降温后,进入深冷蒸发器3中。深冷蒸发器设置有深冷液出口和深冷回流液进口,深冷液出口与深度冷却段D的深冷液进口连通,深冷回流液进口和深度冷却段D的深冷液出口连通。深度冷却段D的冷却装置与脱硫塔内的烟气进行间壁式换热,即冷却装置可为设置在脱硫塔6内的管式换热器或板式换热器,本实施例中,以盘管的形式设置在脱硫塔6内。进而进入深冷蒸发器3的冷凝液与换热后的深冷回流液进行热交换,降温后的深冷回流液作为冷却液再次进入深度冷却段D冷却烟气,来自烟气升温段F的冷凝液在负压条件下升温气化为溶剂蒸汽进入吸收器4中。

[0047] 进一步地,发生器1的制冷通道通过管道依次和换热器5、吸收器4连通,与高温含硫烟气换热后,蒸发溶剂后得到的富液制冷液进入换热器5降温后,再进入吸收器4中和来自深冷蒸发器的溶剂蒸汽混合,形成稀释制冷液,然后该稀释制冷液通过管道回到换热器5与来自蒸发溶剂后得到的富液制冷液换热,使其温度升高后进入发生器1。

[0048] 同时,脱硫塔6的底部排出的脱硫废水一部分外排,另一部分通过管道通入吸收器4中进行间壁式换热升温后,再进一步进入废水蒸发器2中。在废水蒸发器2中通过吸收较高温度的含硫烟气的热量使得脱硫废水产生水蒸汽。废水蒸发器2的水蒸汽出口与脱硫塔6的蒸汽注入段连通,用入脱硫塔烟气蒸发脱硫废水,产生水蒸汽注入脱硫塔6内,建立过饱和水汽环境,促使脱硫烟气中的细小污染物第二次长大,更有利于SO₃和污染物的脱除。其中,废水蒸发器2定期排放出含硫固体废物。

[0049] 为了达到更佳的蒸汽注入效果,脱硫塔的蒸汽注入段的蒸汽注入口至少有两个。

本实施例中为两个,两个蒸汽注入口沿脱硫塔内壁同一水平面周向相对设置。当然,在其他实施例中蒸汽注入口更多时,多个蒸汽注入口沿脱硫塔内壁同一水平面周向均匀间隔设置。

[0050] 进一步地,为了使得蒸汽能够更好地与烟气进行作用,每个蒸汽注入口的蒸汽注入方向均倾斜向下,且与脱硫塔的内壁面呈 $10^{\circ}\sim 60^{\circ}$,优选 $20^{\circ}\sim 45^{\circ}$,更优选 30° ,且蒸汽注入口的倾斜角度相同。本实施例中,与脱硫塔的内壁面呈 30° ,即图1中的注入角。

[0051] 另外,本实施例中,吸收器内还设置有水加热通道,水加热通道设置有常温水进口和加热水出口,以通过制冷液放出的热量对常温水加热。常温水在富液制冷液的热量下被加热 $10\sim 50^{\circ}\text{C}$ 后,引出至热用户或进入循环水系统。

[0052] 本实施例中,喷淋洗涤段C的底部还设有与顶部连通的回流管。本实施例中,除雾段E的除雾器包括水珠分离器、挡板除雾器、旋风分离器和静电除雾器中的任意一种。

[0053] 以上采用湿法脱硫系统的湿法脱硫方法,具体包括:

[0054] 将温度 $\geq 150^{\circ}\text{C}$ 的含硫烟气依次通过发生器1和废水蒸发器2进行连续降温后进入脱硫塔6的冷却吸收段A,再在脱硫塔6内依次上升通过蒸汽注入段B、喷淋洗涤段C、深度冷却段D、除雾段E、烟气升温段F和烟气出口段G。进入废水蒸发器的含硫烟气温度为 $110^{\circ}\text{C}\sim 140^{\circ}\text{C}$,进入脱硫塔的烟气温度为 $80\sim 110^{\circ}\text{C}$ 。

[0055] 将脱硫塔6的底部排出的脱硫废液通入吸收器4升温后,再通入废水蒸发器2换热产生蒸汽,并将产生的蒸汽通入脱硫塔6的蒸汽注入段,蒸汽注入段B注入的蒸汽温度为 $101\sim 120^{\circ}\text{C}$ 。

[0056] 将发生器1内与含硫烟气换热并蒸发产生溶剂蒸汽后得到的富液制冷液,通过换热器5降温后,再通过吸收器4降温并稀释后得到稀释制冷液,将稀释制冷液返回换热器5与稀释前的富液制冷液进行换热升温,然后进入发生器1。

[0057] 将发生器1中由制冷液换热产生的水蒸汽通入脱硫塔6的烟气升温段F的换热装置对上升烟气进行升温,将换热后产生的冷凝水通过节流阀降温后,进入深冷蒸发器,并与来自深度冷却段D的回流水换热后,升温气化为溶剂蒸汽后进入吸收器,来自深度冷却段D的回流水降温后再次回到深度冷却段D进行冷却。深度冷却段D回水温度为 $20\sim 40^{\circ}\text{C}$,深冷水温度为 $5\sim 25^{\circ}\text{C}$ 。

[0058] 将深冷蒸发器3产生的溶剂蒸汽通入吸收器4对来自发生器1的制冷液的稀释和降温。

[0059] 进入脱硫塔的烟气通过冷却吸收段被脱硫塔的底部的浆液洗涤,再向上流动与蒸汽注入段B注入的蒸汽混合进入喷淋洗涤段C洗涤,然后被来自深冷蒸发器3的深冷水降温后,进入除雾段E,再进入烟气升温段F升高温度至 90°C 以上从脱硫塔6的烟气出口段G排出。具体地,从废水蒸发器2出来的烟气进入脱硫塔6的冷却吸收段A,被脱硫塔底的浆液洗涤,烟气温度降低 $2\sim 8^{\circ}\text{C}$ 后向上流动与蒸汽注入段B注入的蒸汽混合进入喷淋洗涤段C。烟气进入脱硫塔喷淋洗涤段C进一步洗涤后进入深度冷却段D,被来自深冷蒸发器3的深冷水冷却降温,烟气温度降低 $3\sim 6^{\circ}\text{C}$ 进入除雾段E。烟气进入脱硫塔除雾段E脱除雾滴和部分细小污染物后进入烟气升温段F,被从发生器1来的溶剂蒸汽加热升温后,温度升高至 90°C 以上从脱硫塔6的烟气出口段G排出。

[0060] 用于在发生器1内与含硫烟气进行换热并产生水蒸汽的制冷液包括溴化锂溶液、

氨水和硝酸锂溶液中的任意一种,本实施例采用溴化锂溶液。

[0061] 实施例2

[0062] 本实施例还提供了一种采用实施例1的湿法脱硫系统的具体湿法脱硫方法。

[0063] 参见附图2,湿法脱硫系统的脱硫塔的蒸汽注入段B的蒸汽注入入口为两个,蒸汽注入方向与脱硫塔壁面的注入角为 30° 。深度冷却段深冷水和烟气可以采用直接接触的喷淋换热型式;制冷液为溴化锂溶液;脱硫塔的除雾段E的除雾器为挡板除雾器。其中,图2中的蒸发器为深度冷却蒸发器。

[0064] 来自余热锅炉的 180°C 高温烟气进入发生器,温度降低至 130°C 后进入废水蒸发器,蒸发废水后烟气温度降低至 90°C 后进入脱硫塔。

[0065] 发生器内溴化锂稀溶液吸收高温烟气热量后,产生水蒸汽进入脱硫塔烟气升温段F加热净化烟气,水蒸汽温度降低冷凝为 60°C 的液态水经节流阀降温降压,温度降低至 15°C 后进入深冷蒸发器。发生器内溴化锂稀溶液吸热产生 110°C 水蒸汽后,变为溴化锂富溶液进入换热器。

[0066] 低温低压的液态水进入深冷蒸发器吸收来自脱硫塔的深度冷却段D的 30°C 回水的热量后进入深度冷却段D进行冷却操作,来自烟气升温段F的冷凝水在深冷蒸发器中气化为 20°C 水蒸汽进入吸收器,深度冷却段D回水温度降低变为 20°C 的深冷水进入脱硫塔的深度冷却段D冷却净化烟气。

[0067] 水蒸汽进入吸收器后,被来自换热器的溴化锂富溶液吸收放出热量,把 30°C 常温水加热至 70°C 引出至热用户;把脱硫塔底部来的部分 56°C 脱硫废水温度升高至 80°C 后进入废水蒸发器。

[0068] 溴化锂富溶液吸收水蒸汽变为稀溶液从吸收器引出进入换热器,与发生器来的溴化锂富溶液进行换热,溴化锂富溶液温度降低至 85°C 后进入吸收器,溴化锂稀溶液温度升高至 105°C 后进入发生器吸收高温烟气热量产生水蒸汽进行热泵循环。

[0069] 在吸收器升温至 80°C 的脱硫废水进入废水蒸发器,吸收烟气热量产生 105°C 水蒸汽从脱硫塔蒸汽注入段B注入脱硫塔。

[0070] 从废水蒸发器出来的烟气进入脱硫塔的冷却吸收段A,被脱硫塔底的浆液洗涤,烟气温度降低至 54°C 后向上流动与蒸汽注入段注入的蒸汽混合,温度升高至 56°C 进入喷淋洗涤段C。脱硫塔底浆液一部分返回冷却吸收段A洗涤烟气,一部分外排进行处理,一部分进入吸收器升温后进入废水蒸发器。

[0071] 烟气进入脱硫塔喷淋洗涤段C进一步洗涤后进入深度冷却段D,被来自蒸发器的 20°C 深冷水冷却降温,烟气温度降低至 52°C 进入除雾段E。在脱硫塔除雾段脱除雾滴和细小污染物,净化烟气细小污染物总体减少 85% ,然后烟气进入烟气升温段F,被从发生器来的 110°C 水蒸汽加热升温至 90°C 后从脱硫塔烟气出口段G排出。

[0072] 综上所述,本发明上述实施例相对于现有技术其至少具有以下效果:

[0073] 1、使烟气中的亚微米级细小污染物降低 80% 以上,实现烟气的洁净排放。入塔烟气温度可降低到 $80\sim 110^{\circ}\text{C}$,烟气在脱硫塔内流速降低,增加了与吸收洗涤液的接触时间,有利于 SO_x 和颗粒物的洗涤脱除。同时,烟气温度降低,减少了溶液中可挥发物质的蒸发,有效降低细小污染物的二次生成。

[0074] 并且,入塔前烟气温度降低到 $80\sim 110^{\circ}\text{C}$,达到了烟气的酸露点温度, SO_3 发生凝

结,促使细小污染物第一次长大;向脱硫塔内注入水蒸气,形成一个过饱和的水汽环境,促使细小污染物第二次长大;在深度冷却区用深冷水冷却烟气,促进烟气中水蒸气以细小污染物为凝结核进行冷凝,促使细小颗粒物第三次。通过三次相变冷凝原理,促使细小颗粒物充分长大,被洗涤液和除雾器有效脱除,使烟气中的细颗粒物减少80%以上,实现烟气的洁净排放。

[0075] 2、有效消除白烟现象。

[0076] 高温烟气进入脱硫塔,温度降低到80~110℃,可使脱硫后的净化烟气温度降低3~7℃;深度冷却段可使脱硫后的净化烟气温度降低3~5℃,总体可使净化烟气温度降低6~12℃,烟气含水量可减少45~75g/kg烟气。脱硫烟气降温后再被升温至90℃以上,烟气湿度由100%降低至20~28%,白烟现象可以有效消除。

[0077] 3、实现了脱硫废水的减排和回用。

[0078] 利用入脱硫塔烟气的热量蒸发脱硫废水,脱硫废水变为水蒸汽注入脱硫塔,实现了脱硫废水的减排和回用。可减少脱硫废水的排放量为10~20g/kg烟气,废水处理成本有效降低。

[0079] 4、实现能量的梯级利用,系统简单、投资少。

[0080] 采用分体热泵系统,逐级利用高温烟气热量,实现能量的梯级利用,系统无需额外热源,实现了大幅降低脱硫烟气细小污染物含量、消除白烟、减少废水排放和系统补水的目的;同时,分体热泵系统将传统热泵的冷凝器部分置于脱硫塔内,采取管内走溶剂蒸汽的换热型式,大幅简化了整个系统的复杂程度,节省了投资成本。

[0081] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

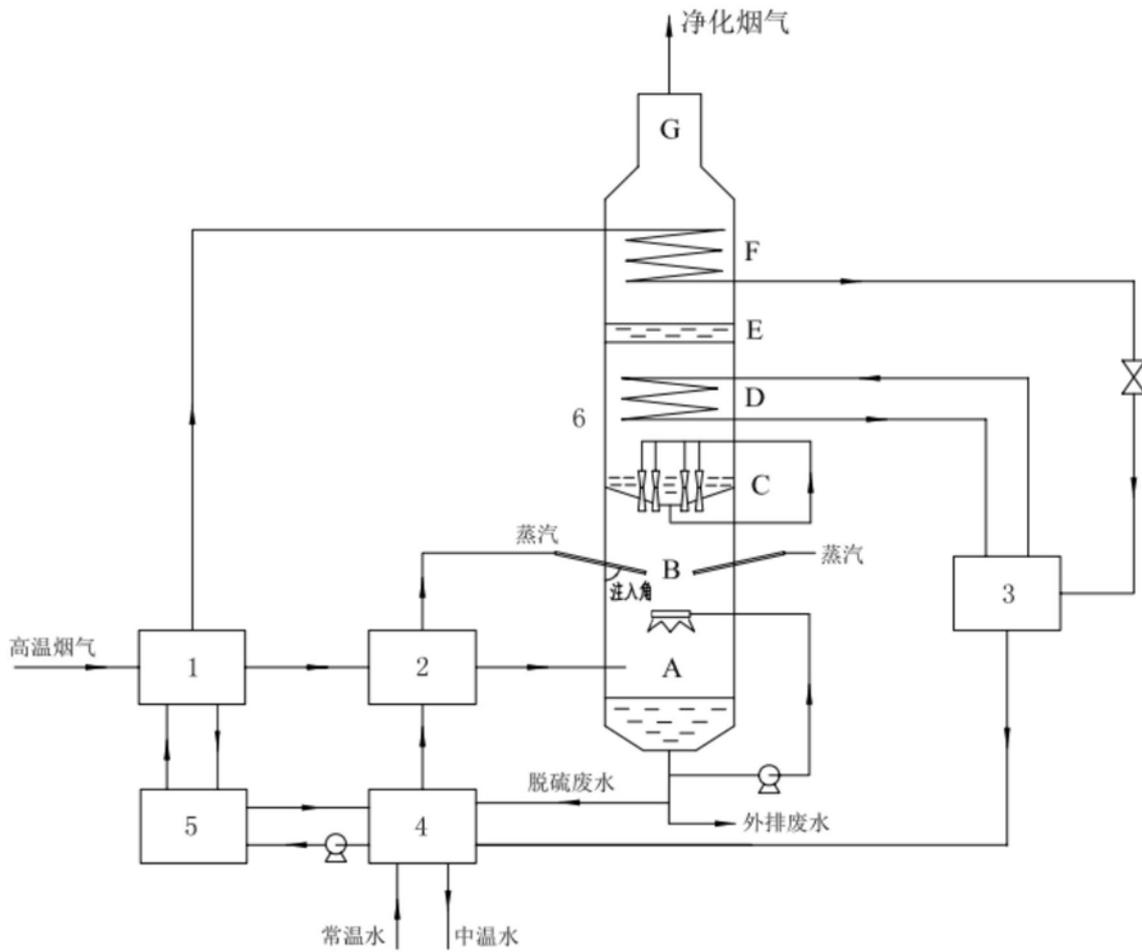


图1

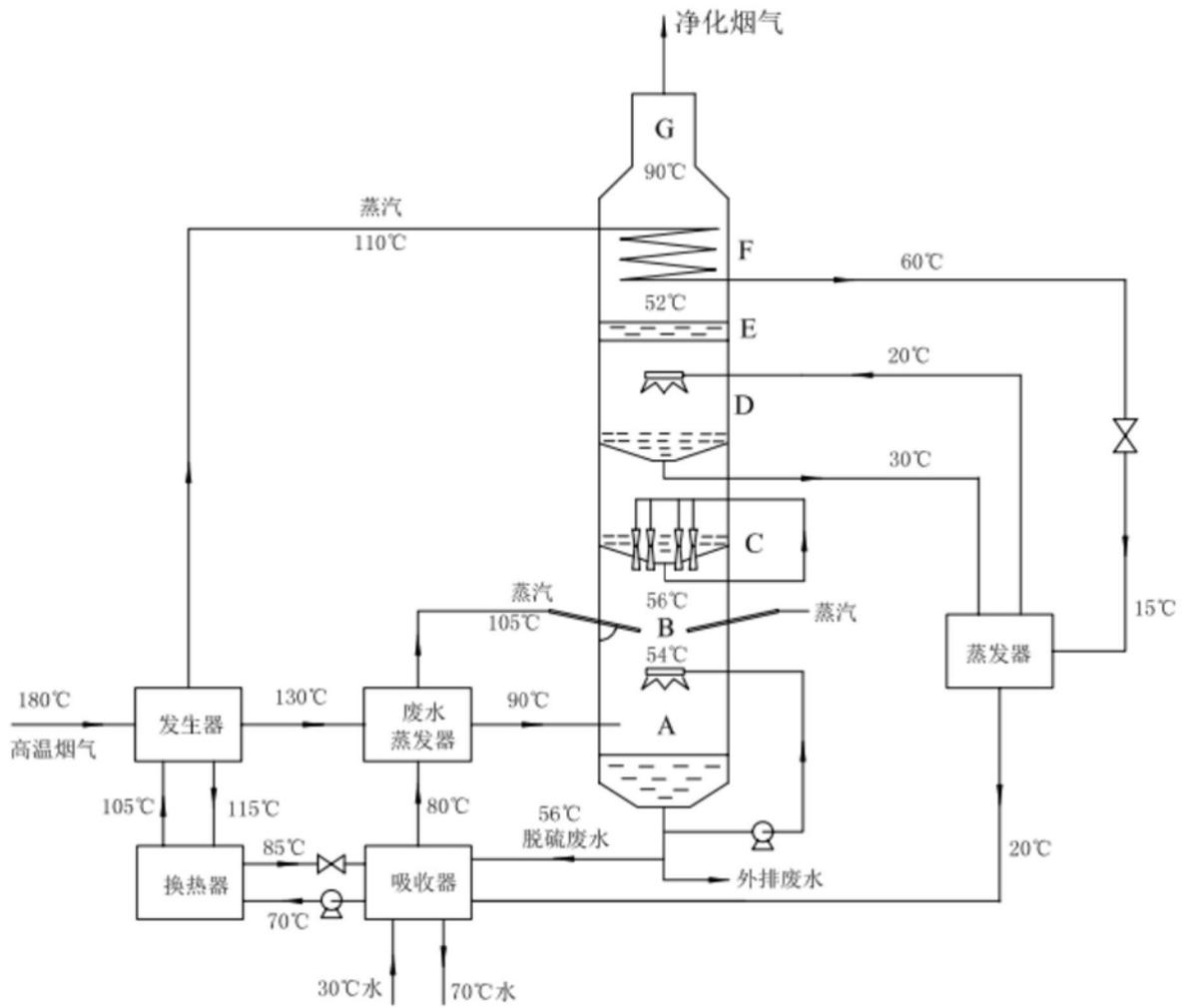


图2