(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104607008 B
(45)授权公告日 2017.01.11

(21)申请号 201310540452.4

(22)申请日 2013.11.05

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104607008 A

(43)申请公布日 2015.05.13

(73)专利权人 中国石油化工股份有限公司
地址 100728 北京市朝阳区朝阳门北大街22号
专利权人 中国石油化工股份有限公司抚顺石油化工研究院

(72)发明人 王岩 彭德强 王璐瑶 陈建兵 孟凡飞 陈新 王明星 姜阳

(51)Int.Cl.
*B01D 53/75*(2006.01)
*B01D 53/78*(2006.01)
*B01D 53/50*(2006.01)

(56)对比文件
CN 102794103 A,2012.11.28,
CN 102794103 A,2012.11.28,
DE 3841642 A1,1990.06.13,
CN 101934192 A,2011.01.05,
CN 200995120 Y,2007.12.26,
CN 201299984 Y,2009.09.02,

审查员 徐习岭

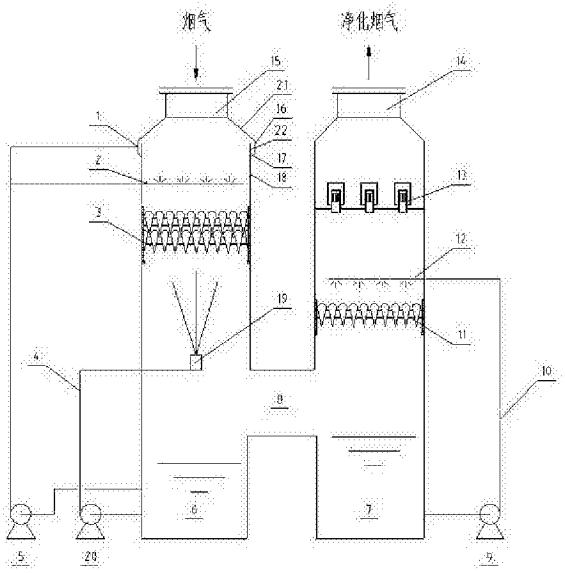
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

一种双循环烟气除尘脱硫塔及烟气脱硫方法

(57)摘要

本发明公开了一种双循环烟气除尘脱硫塔及脱硫方法。本发明的脱硫塔包括预处理单元和深度处理单元，二者构成“H”形双塔结构；所述的预处理单元自上而下包括烟气入口、一级喷淋系统、水滴形规整填料组件、湍冲洗涤器和一级持液槽，所述的深度处理单元自下而上包括二级持液槽、填料组件、除雾器和净化烟气出口；预处理单元和深度处理单元通过中部的烟气通道连通。本发明的脱硫塔利用水滴形规整填料组件和湍冲洗涤器吸收液的高位势能同时对烟气进行预处理，具有污染物去除率高和能耗低等优点，特别适用于含尘量较低的烟气的除尘脱硫过程。




CN 104607008 B

1.一种双循环烟气除尘脱硫塔，其特征在于，所述脱硫塔包括预处理单元和深度处理单元，二者构成“Ⅱ”型或“Ⅴ”形双塔结构，其中所述的预处理单元自上而下包括烟气入口、一级喷淋系统、水滴形规整填料组件、湍冲洗涤器和一级持液槽，所述的深度处理单元自下而上包括二级持液槽、填料组件、除雾器和净化烟气出口，预处理单元和深度处理单元通过中部的烟气通道连通；

所述的水滴形规整填料组件包括至少一层由若干并联的、水平放置的水滴形异形管构成的填料层，若干并联、水平放置的水滴形异形管构成了多个具有收集段、喉口和分散段的平行通道；在所述的水滴形异形管下部的两侧管壁上开设沟槽。

2.按照权利要求1所述的除尘脱硫塔，其特征在于，所述的水滴形规整填料组件包括两层以上由若干并联的、水平放置的水滴形异形管构成的填料层。

3.按照权利要求2所述的除尘脱硫塔，其特征在于，所述的水滴形异形管的截面为水滴形，其顶部为圆弧形，下部为锐角三角形。

4.按照权利要求1所述的除尘脱硫塔，其特征在于，所述的预处理单元中，在脱硫塔塔壁上部与烟气入口变径的连接部设置水膜组件。

5.按照权利要求4所述的除尘脱硫塔，其特征在于，在塔壁四周设置环管，环管上设置面向塔壁的喷嘴。

6.按照权利要求4所述的除尘脱硫塔，其特征在于，所述的水膜组件为溢流式水膜组件，溢流式水膜组件的结构为：烟气入口变径的下端连接一段直筒，该直筒段的直径大于预处理单元的塔径，在塔壁与变径连接部形成一个底部封闭、上端敞口的环形槽，该环形槽同一级持液槽通过管线连接。

7.按照权利要求6所述的除尘脱硫塔，其特征在于，所述的环形槽的敞口采用齿形结构。

8.按照权利要求1所述的除尘脱硫塔，其特征在于，所述深度处理单元中的填料组件选用规整填料组件。

9.按照权利要求8所述的除尘脱硫塔，其特征在于，所述的规整填料组件采用一层水滴形规整填料。

10.按照权利要求1所述的除尘脱硫塔，其特征在于，所述的预处理单元还包括一级循环泵Ⅰ、一级循环泵Ⅱ和一级循环管路；所述的深度处理单元还包括二级循环泵、二级循环管路和二级喷淋系统。

11.按照权利要求2所述的除尘脱硫塔，其特征在于，相邻的两层水滴形异形管上下交错间隔设置，即下层填料的异形管与上层填料形成的平行通道相对齐。

12.按照权利要求1所述的除尘脱硫塔，其特征在于，所述的除雾器采用直筒形折流式除雾器；直筒形折流式除雾器包括若干个并列的除雾组件，每个除雾组件均包括升气管和直筒，直筒设置在升气管的外侧，并与升气管在同一轴线上；升气管固定在塔盘上，升气管的顶部设置封盖板，在升气管的圆周开有若干条缝，在靠近各条缝的升气管圆周上设置有切向导流翼。

13.按照权利要求1所述的除尘脱硫塔，其特征在于，在预处理单元的一级持液槽内放置浮篮，浮篮中放置氧化催化剂。

14.一种烟气除尘脱硫方法，其特征在于，该方法使用了权利要求1至13任一所述的烟

气除尘脱硫塔。

15.按照权利要求14所述的烟气除尘脱硫方法，其特征在于，所述方法包括以下内容：

(1)高温烟气进入预处理单元，经过一级喷淋系统急冷降温后，与吸收液继续并流向下流动，进入水滴形规整填料组件，并在此进行对吸收烟气的降温、除尘和预脱硫；

(2)步骤(1)一级吸收后的烟气与湍冲洗涤器喷出的pH值为中性或酸性的一级吸收液逆流接触，继续进行降温、除尘和预脱硫；

(3)吸收了二氧化硫的一级吸收液进入一级持液槽，并通过一级循环泵Ⅰ、一级循环泵Ⅱ和一级循环管路循环利用；

(4)预处理单元吸收后的烟气通过烟气通道进入深度处理单元，向上通过填料组件，并与填料组件上方喷淋系统喷射的pH值呈碱性的二级吸收液在填料组件充分接触传质，完成最终的脱硫过程；

(5)通过填料组件的净化后烟气通过除雾组件，气液分离后，从除尘脱硫反应器烟气出口排出。

16.按照权利要求15所述的烟气除尘脱硫方法，其特征在于，所述的烟气的$SO_2$浓度为500～5000mg/$Nm^3$，粉尘浓度为100～700mg/$Nm^3$。

17.按照权利要求15所述的烟气除尘脱硫方法，其特征在于，所述的烟气除尘脱硫塔的操作条件为：操作温度为100～350℃，操作压力为常压至1MPa，烟气处理量为500～1500$m^3$/h，吸收液循环量为0.4$m^3$/h～7$m^3$/h。

18.按照权利要求15所述的烟气除尘脱硫方法，其特征在于，所述的吸收液为NaOH溶液、$Na_2CO_3$溶液、$Mg(OH)_2$溶液或石灰水$Ca(OH)_2$。

19.按照权利要求15所述的烟气除尘脱硫方法，其特征在于，所述的一级吸收液的pH值在6～7之间，所述的二级吸收液的pH值在8～10之间。

20.按照权利要求16所述的烟气除尘脱硫方法，其特征在于，所述的烟气的$SO_2$浓度为1000～4000mg/$Nm^3$，粉尘浓度为200～500mg/$Nm^3$。

21.按照权利要求17所述的烟气除尘脱硫方法，其特征在于，所述的烟气除尘脱硫塔的操作条件为：操作温度为150～200℃，烟气处理量为700～1200 $m^3$/h，吸收液循环量为0.5$m^3$/h～6$m^3$/h。

22.按照权利要求18所述的烟气除尘脱硫方法，其特征在于，所述的吸收液为NaOH溶液。

# 一种双循环烟气除尘脱硫塔及烟气脱硫方法

## 技术领域

[0001] 本发明公开了一种双循环烟气除尘脱硫塔及烟气脱硫方法，属于环境保护领域，适用于烟气及工艺尾气除尘脱硫处理，可广泛应用于石油化工和环保等领域。

## 背景技术

[0002] 在中国的大气污染中，酸雨和浮尘是最主要的污染。十多年来，由于二氧化硫和氮氧化物的排放量日渐增多，酸雨的问题越来越突出。现在中国已是仅次于欧洲和北美的第三大酸雨区。$SO_2$和粉尘是造成我国大气污染的重要原因，也是我国当前重点控制的大气污染物。我国$SO_2$排放总量已连续多年超过2000万吨，2005年排放总量达到2549万吨，居世界首位，尽管我国“十一五”期间削减二氧化硫10%的目标已经实现，但我国目前的酸雨污染面积(占国土面积的30%)仍在不断扩大。每年因酸雨和$SO_2$污染造成农作物、森林和人体健康等方面的经济损失超过1000亿元，二氧化硫排放控制仍然不容忽视。粉尘是指粒径1～75微米的颗粒物。一般由工业生产上破碎、运转作业产生的。据分析，我国每年由工业和生活窖炉排入大气的粉尘，超过1000万吨。粉尘易被吸入人体呼吸道系统，直接威胁着人们的生命，尤其身处粉尘污染的环境会引起多种心血管、呼吸道疾病等。

[0003] 烟气脱硫按脱硫剂的种类划分，可分为以下五种方法：以$CaCO_3$(石灰石)为基础的钙法，以MgO为基础的镁法，以$Na_2SO_3$为基础的钠法，以$NH_3$为基础的氨法，以有机碱为基础的有机碱法。目前，公认的脱硫除尘工艺包括水膜式、喷淋式、冲击式和水浴式等。文丘里和湍冲作为强化气液传质设备，在烟气除尘脱硫装置中被广泛应用，其中文丘里高度约16m～19m，且当烟气量比较大时，整个脱硫装置为多个文丘里与脱硫塔环抱形式，占用空间和投资均比较大，如诺顿公司的烟气脱硫技术。湍冲需要将液相升高6～8m，以产生泡沫区，并通过泡沫的不断更新，保持高效的气液传质效果，但反应器的高度和基础投资也因此大大增大。

[0004] 专利US3894563A与专利US2012000366A1均采用文丘里与旋流分离器组合实现除尘和气液分离。专利CN200920247553.1、CN200920200026.5和CN03142049.4介绍的脱硫装置或工艺中，湍冲洗涤塔均为单独设置，占地面积大，投资费用高。

[0005] 专利US4110088介绍了一种高温烟气急冷降温、除尘和脱除水溶性污染物的工艺及装置。927～1038℃的高温烟气经两级喷淋冷却后，进入旋流分离器分离出液滴和粉尘，再经填料塔进行脱除废气中污染物，净化气体进入带翅片板的折流板除雾器除雾后，最终经文丘里喷射进入排气筒，净化气体经文丘里高速喷出时，产生负压，抽吸文丘里周围空气，使净化气体湿度降低。该工艺流程过长，压降非常大，工艺中设置了两次风机，用以为烟气提供动力，能耗较大。

[0006] CN101301574A公开了一种多级烟气脱硫喷淋塔，包括初级脱硫洗涤器和次级脱硫喷淋塔，所述的初级脱硫洗涤器的出口和次级脱硫喷淋塔的入口相连通。这种多级烟气脱硫塔还包括回流管，这种连接管连接在初级脱硫洗涤器的底部与次级脱硫喷淋塔之间，由此，吸收液经该回流管回流至次级脱硫喷淋塔，相当于两级脱硫单元共用一个循环池。该技

术实现的技术效果是在初级脱硫洗涤器内一次脱硫，在次级脱硫喷淋塔内二次脱硫，该技术两级脱硫单元共用一个循环池，没有形成吸收液的级配区域，脱硫率不高，而且该技术吸收剂采用石灰石浆液，两级脱硫单元之间的回流管仅靠重力回流，故回流管线很容易堵塞，该技术长周期运转可靠性不足。

[0007] CN2608111Y公开了一种高浓度烟气脱硫除尘设备，该技术把2套以上的脱硫单元串联在一起，用一个外壳将串联的脱硫单元罩在一起，底部共用一个循环槽，该技术循环池没有针对高浓度烟气的特点来处理，仅仅将两套以上的脱硫单元串联在一起，脱硫效率能够保证，但是占地较大，不适合在场地预留较小的区域使用。

[0008] 现有技术中，高温烟气的降温/除尘/脱硫虽采用两级或多级气液接触吸收工艺，达到了污染物脱除效果，但每一级喷淋吸收均设置有相应的液体输送设备和吸收液雾化设备，能耗较高。

## 发明内容

[0009] 针对现有文丘里洗涤器及湍冲洗涤器烟气处理技术的不足，本发明提供了一种双循环烟气除尘脱硫塔，利用水滴形规整填料组件和湍冲洗涤器吸收液的高位势能同时对烟气进行预处理，其中水滴形规整填料组件位于湍冲洗涤器的上方。气相首先被一级喷淋系统喷淋降温后，气液两相又同时穿过水滴形规整填料组件，在此发生强烈的传质反应和除尘降温。湍冲洗涤器吸收液在喷淋过程中，因受烟气的风力切割作用，被分散成细小的液滴/雾滴，从而实现了又一次喷淋强化传质吸收，特别适用于含尘量较低的烟气的除尘脱硫过程。

[0010] 本发明提供了一种双循环烟气除尘脱硫塔，其特征在于，所述脱硫塔包括预处理单元和深度处理单元，二者构成“H”型或“U”形双塔结构，其中所述的预处理单元自上而下包括烟气入口、一级喷淋系统、水滴形规整填料组件、湍冲洗涤器和一级持液槽，所述的深度处理单元自下而上包括二级持液槽、填料组件、除雾器和净化烟气出口，预处理单元和深度处理单元通过中部的烟气通道连通。

[0011] 根据本发明的双循环烟气除尘脱硫塔，其中所述的预处理单元还包括一级循环泵Ⅰ、一级循环泵Ⅱ和一级循环管路；同样，所述的深度处理单元还包括二级循环泵、二级循环管路和二级喷淋系统。所述的一级喷淋系统位于水滴形规整填料组件的上方，并通过一级循环管路和一级循环泵Ⅰ与一级持液槽连接；湍冲洗涤器通过一级循环管路和一级循环泵Ⅱ同一级持液槽连接；所述的二级喷淋系统位于填料组件的上方或下方。

[0012] 根据本发明的双循环烟气除尘脱硫塔，其中在所述的预处理单元中，在脱硫塔塔壁的上部，优选脱硫塔塔壁与烟气入口变径的连接部设置水膜组件。所述的水膜组件可以采用本领域中任何适宜形式的结构，如可以在上部塔壁四周设置环管，环管上设置面向塔壁的喷嘴。而在本发明中，优选在塔壁与烟气入口变径的连接部设置溢流式水膜组件。溢流式水膜组件的结构为：烟气入口变径的下端连接一段直筒，该直筒段的直径大于预处理单元的塔径，在塔壁与变径的连接部形成一个底部封闭、上端敞口的环形槽，优选在环形槽的敞口采用齿形结构。该环形槽同一级持液槽通过管线连接。当液体不断注入环形槽中时，液体会以溢流形式从塔壁的上沿不断沿脱硫塔的内壁流下，由上向下，从而覆盖整个反应器器壁。由于在反应器入口干/湿交界面，热烟气第一次接触到喷淋水，会产生高浓度的酸雾，

所以在干/湿界面的腐蚀情况极为严重，通过采用水膜保护的形式，可以大幅减少干/湿界面的腐蚀情况，并且将附着在反应器内壁上的结垢随时冲洗下来，避免了垢下腐蚀，提高了材质的防腐能力或者降低了高等级防腐材质的用量，从而大幅降低了造价。

[0013] 根据本发明的双循环烟气除尘脱硫塔，所述的水滴形规整填料组件包括至少一层、优选两层以上由若干并联的、水平放置的水滴形异形管构成的填料区，每层所述的若干并联、水平放置的水滴形异形管构成了多个具有收集段、喉口和分散段的平行通道。水滴形规整填料可制成一体或分割成若干块模块组合使用。

[0014] 本发明的双循环烟气除尘脱硫塔中，所述的水滴形异形管的截面(即端面)为水滴形，其顶部为圆弧形，下部为锐角三角形，形成“上头大下头尖”的水滴形。水滴形异形管的顶部为圆弧面，将有利于气体中含有的粉尘在湿态下，在自身重力及气相的吹拂下，通过此滑移界面向下滑落，从而避免发生通道堵塞现象。

[0015] 本发明的双循环烟气除尘脱硫塔中，优选在水滴形异形管的管壁下部开有若干平行的沟槽。沟槽的截面可以为三角形、矩形或圆弧形，优选三角形。异形管两侧管壁开设的沟槽，可以对称分布，对称分布的沟槽的下端可以连通，也可以不连通。所述的若干平行的沟槽，极大地增加了规整填料单位体积的表面积，即极大地增加了气液传质面积。

[0016] 水滴形异形管下部两侧管壁开设的沟槽，流经通道的壁流液滴流出喉口后，在气相吹动下液滴被吹动进入沟槽，并在沟槽内实现聚并，从而可以消除雾沫夹带，实现气液分离。

[0017] 本发明的双循环烟气除尘脱硫塔中，所述的水滴形异形管规整填料由并联的若干异形管形成了具有收集段、喉口和分散段的通道。当高温气体、液体及粉尘并流进入该填料区时，首先进入收集段(通道面积收缩)，气体速度增加，实现液相分散，液相单位比表面积增大，尘粒附着湿润，分散的极微液滴在高速气体的压迫作用下，由于水的延展性，将附着于管壁上形成液膜，实现了液滴的聚并和均温过程。当液膜通过喉口时，由于气体速度的进一步增加，又对液膜产生了强烈的压迫和切割作用，液膜进一步变薄，产生了二次分散作用；在经过喉口后，气体速度迅速下降，在此过程中，气体中含有的大量粉尘由于气体速度的变化，实现泥滴聚并，粉尘将沿着界面滑落，从而实现除尘功能，而液膜在水滴形异形管的两侧下部的管壁上往下流动时，又被气体挤入沟槽中，实现了再次聚并，并最终成连续线状由水滴形异形管的底部滴落，从而消除了雾沫夹带，完成了传质反应。

[0018] 本发明的双循环烟气除尘脱硫塔中，深度处理单元中使用的填料组件一般选用矩鞍环、鲍尔环、拉西环等散堆填料或规整填料。本发明中优选采用水滴形规整填料，其结构与预处理单元中的水滴形规整填料组件结构相同，其不同是该填料组件采用一层水滴形规整填料。

[0019] 本发明的双循环烟气除尘脱硫塔中，所述的二级喷淋系统位于填料组件的上方或下方，烟气与喷淋液逆流或并流接触传质。喷淋液在烟气向上吹动下，将在水滴形规整填料的上方产生一定高度的湍动的泡沫层，这时气液两相不仅接触面大，而且接触表面碱液不断得到更新。气液两相激烈碰撞混合，达到高效的传质反应，实现深度脱硫。液相在自身重力的作用下落入二级持液槽内。

[0020] 本发明的双循环烟气除尘脱硫塔中，所述的除雾器可以采用常规的除雾器，如采用折线型或流线型除雾器。本发明中，所述的除雾器优选直筒形折流式除雾器。直筒形折流

式除雾器包括若干个并列的除雾组件，每个除雾组件均包括升气管和直筒，直筒设置在升气管的外侧，并与升气管在同一轴线上；升气管固定在塔盘上，升气管的顶部设置封盖板，在升气管的圆周开有若干条缝，在靠近各条缝的升气管圆周上设置有切向导流翼，直筒内壁设有与轴线平行的若干条沟槽，用于液体的聚并，实现气液分离。

[0021] 在直筒形折流式除雾器中，所述的直筒的内表面上还可以设置凸起。所述的凸起与直筒的轴线平行，或者可以与轴线成一定夹角。所述设置的凸起的截面可以为矩形、三角形或圆形等适宜形状。本发明中所述的凸起优选采用截面为矩形的舌板结构。其中，舌板的旋转方向与切向导流翼的旋转方向相反。

[0022] 其中，所述直筒的下端开口还可以设置成锯齿形结构，从而更加有利于分离出的液体从直筒的内壁成连续流滴落。

[0023] 本发明的双循环烟气除尘脱硫塔中，所述的直筒形折流式除雾器，通过流体在流动过程中的多次折流实现液滴与气体的分离。

[0024] 本发明还可以在预处理单元的一级持液槽内放置浮篮，浮篮中放置氧化催化剂，如可在酸性溶液中溶解出离子的铁矿石。

[0025] 本发明所要解决的另一个技术问题是提供一种烟气除尘脱硫方法，该方法使用了上面所述的双循环烟气除尘脱硫塔。

[0026] 本发明的一种烟气除尘脱硫方法，具体包括以下内容：

[0027] (1)高温烟气经过一级喷淋系统急冷降温后，与吸收液继续并流向下流动，进入水滴形规整填料组件，并在此进行对吸收烟气的降温、除尘和预脱硫；

[0028] (2)步骤(1)一级吸收后的烟气与湍冲洗涤器喷出的pH值为中性或酸性的一级吸收液逆流接触，湍冲吸收液在下降过程中，受到塔内气体的风力切割作用而被分散成细小的液滴/雾滴，在这个过程中继续进行降温、除尘和预脱硫；

[0029] (3)吸收了二氧化硫的一级吸收液进入一级持液槽，并通过一级循环泵Ⅰ、一级循环泵Ⅱ和一级循环管路循环利用；

[0030] (4)在上部压力的推动下，预处理单元吸收后的烟气通过预处理单元和深度处理单元之间的通道进入深度处理单元，向上通过填料组件，并与填料组件上方喷淋系统喷射的pH值呈碱性的二级吸收液在填料组件充分接触传质，完成最终的脱硫过程；

[0031] (5)通过填料组件的净化后烟气通过除雾组件，气液分离后，从除尘脱硫反应器烟气出口排出。

[0032] 本发明的烟气除尘脱硫方法中，在预处理单元和深度处理单元分别设置持液槽，形成了独立的双循环烟气除尘脱硫系统。两个持液槽中间设置通道，一级持液槽为预处理单元提供吸收液，二级持液槽为深度处理单元提供吸收液。该工艺提出脱硫吸收液浓度级配理念，原始吸收液首先进入二级持液槽，在通过中间通道进入一级持液槽，一级持液槽为最终的吸收液排放池，为确保吸收液的利用率，由一级持液槽的pH值控制进入二级持液槽的碱液量。由于该工艺流程能够确保二级持液槽维持较高的pH值，二级吸收液的碱度较高可以大大提高脱硫率。一级持液槽与二级持液槽pH值的分区控制，既保证了该烟气脱硫方法的高效性，又可以确保脱硫吸收液较高的利用率。

[0033] 本发明的烟气除尘脱硫方法中，烟气可以是来自于各种装置的含硫含尘高温烟气，其中烟气的$SO_2$浓度为500～5000mg/$Nm^3$，优选1000～4000mg/$Nm^3$；粉尘浓度70～300mg/

$Nm^3$，优选100～200mg/$Nm^3$。

[0034] 本发明的烟气除尘脱硫方法中，所述的烟气除尘脱硫塔的操作条件为：操作温度为100～350℃，优选150～200℃；操作压力为常压至1MPa；烟气处理量为500～200000$m^3$/h，优选700～180000$m^3$/h；吸收液循环量为0.4$m^3$/h～7$m^3$/h ，优选0.5$m^3$/h～6$m^3$/h。

[0035] 本发明的烟气除尘脱硫方法中，所述的吸收液可以是NaOH溶液、$Na_2CO_3$溶液、$Mg(OH)_2$溶液或石灰水$Ca(OH)_2$，本方法中的吸收液优选NaOH溶液，其中一级持液槽中的一级吸收液的pH值在6～7之间，所述的二级持液槽中得二级吸收液pH值在8～10之间。

[0036] 本发明还可以在预处理单元的一级持液槽内放置浮篮，浮篮中放置氧化催化剂，如可在酸性溶液中溶解出离子的铁矿石。由于一级持液槽中吸收液呈弱酸性，铁矿石可被溶解转化为具有催化功能的锰离子或铁离子。含有锰离子或铁离子一级吸收液被一级循环泵I输送至一级喷淋系统，其喷淋液与烟气逆流接触，烟气中得氧气被转移至液相中。一级吸收液与烟气中的$SO_2$反应生成亚硫酸盐或亚硫酸氢盐，之后在溶解氧和具有催化功能的锰离子或铁离子作用下，被氧化转化为硫酸盐，从而降低废水中的COD，使废水达标排放。

[0037] 与现有技术相比，本发明的双循环烟气除尘脱硫塔及烟气脱硫方法具有如下优点：

[0038] 1、高温烟气经过一级喷淋系统急冷降温后，与吸收液继续并流向下流动，进入水滴形规整填料组件，并在此进行对吸收烟气的降温、除尘和预脱硫；烟气急冷降温和除尘脱硫处理效果得到极大的强化。而通过规整填料后的烟气再次与湍冲吸收液接触后，吸收液受到气体的风力切割作用而被分散成细小的液滴/雾滴，气液两相之间的传质作用得到进一步强化。

[0039] 2、本发明的双循环烟气除尘脱硫塔，采用水膜组件，实现了对预处理单元塔壁的水膜保护，减少了预处理单元的设备腐蚀，提高了材质的防腐能力或者降低了高等级防腐材质的用量，从而大幅降低了工程造价。

[0040] 3、本发明的烟气除尘脱硫方法，提出了脱硫吸收液浓度级配理念。通过在预处理单元和深度处理单元分别设置持液槽，形成了独立的双循环烟气除尘脱硫系统。由一级持液槽的pH值控制进入二级持液槽的新鲜碱液量，从而确保二级持液槽的pH值维持较高的碱度，因而大大提高了脱硫率。一级持液槽与二级持液槽pH值的分区控制，既保证了该烟气脱硫方法的高效性，又可以确保脱硫吸收液较高的利用率。

## 附图说明

[0041] 图1是本发明一种烟气除尘脱硫塔的结构示意图。

[0042] 图1中：1-水膜组件；2-一级喷淋系统；3-水滴形规整填料组件；4-一级循环管路；5-一级循环泵I；6-一级持液槽；7-二级持液槽；8-通道；9-二级循环泵；10-二级循环管路；11-填料组件；12-二级喷淋系统；13-除雾器组件；14-净化烟气出口；15-烟气入口； 16-外筒；17-底板；18-筒体；19-湍冲洗涤器；20-一级循环泵II；21-变径；22-筒体上沿。

[0043] 图2是本发明的水滴形规整填料组件的结构示意图。

[0044] 图2中：31-拉杆；32-水滴形异形管；33-壳体；34-凸缘，35-收集段；36-喉口；37-分散段；18-筒体。

[0045] 图3是本发明的水滴形异型管的结构示意图。

[0046] 图3中：321-沟槽。

[0047] 图4是本发明中直筒形折流式除雾器的结构示意图。

[0048] 图4中：131-塔盘；132-升气管；133-直筒；134-切向导流翼；135-封盖板；136-条缝；137-沟槽。

## 具体实施方式

[0049] 下面结合附图和实施例进一步说明本发明的技术内容和效果。

[0050] 如图1所示，本发明的双循环烟气除尘脱硫塔包括预处理单元和深度处理单元，二者构成“H”型双塔结构，其中所述的预处理单元自上而下依次包括烟气入口15、水膜组件1、一级喷淋系统2、水滴形规整填料组件3、湍冲洗涤器19和一级持液槽6，所述的深度处理单元自下而上依次包括二级持液槽7、填料组件11、除雾器13和净化烟气出口14，预处理单元和深度处理单元通过中部的烟气通道8连通。

[0051] 本发明的双循环烟气除尘脱硫塔，其中所述的预处理单元还包括一级循环泵I5、一级循环泵Ⅱ20和一级循环管路4；所述的深度处理单元还包括二级循环泵9、二级循环管路10和二级喷淋系统12。所述的一级喷淋系统2位于水滴形规整填料组件3的上方。二级喷淋系统12位于填料组件11的上方，当然二级喷淋系统12也可以位于填料组件11的下方。

[0052] 本发明的双循环烟气除尘脱硫塔中，所述的水膜组件1可以采用本领域中任何适宜形式的结构。图1中，水膜组件1包括烟气入口变径21下端连接的直筒段16、底板17和预处理单元的筒体18的上沿22，由直筒段16、底板17和筒体上沿22围成了一个环形槽，并通过一级循环管路4、一级循环泵5同一级持液槽6相连。其中直筒段16的直径大于筒体18的直径。其中优选筒体上沿22(即环形槽敞口)优选采用齿形结构。

[0053] 本发明的双循环烟气除尘脱硫塔，所述的湍冲洗涤器可选用任意形式的湍冲喷嘴。如图2所示，本发明的双循环烟气除尘脱硫塔，所述的水滴形规整填料组件由若干条并联水平放置的水滴形异形管32、水滴形异形管32通过拉杆31连接，并固定在壳体33上。筒体18内壁上设置支撑凸缘34，用于安装固定水滴形规整填料。若干平行的水滴形异形管32之间形成了多条平行通道，构成了气液两相流动通道，所述通道包括收集段35、喉口36和分散段37。

[0054] 如图4所示，本发明的双循环烟气除尘脱硫塔，所述的直筒形折流式除雾器包括升气管132和直筒133，直筒133设置在升气管132的外侧，并与升气管132在同一轴线上；升气管132固定在塔盘131上，升气管的顶部设置封盖板135，在升气管的圆周开有若干条缝136，在靠近各条缝的升气管圆周上设置有切向导流翼134。在直筒133的内表面(内壁)上还开设有沟槽137。

[0055] 工作时，高温烟气经过急冷降温后由烟气入口15，首先进入预处理单元，一级持液槽6中的一级循环液由一级循环泵I5一部分输送给水膜组件1，对反应器形成液膜保护，另一部分输送到一级喷淋系统2，高温烟气与一级喷淋系统2喷出的一级吸收液逆流接触，实现初步的急冷降温。降温后的烟气与被分散的一级吸收液继续并流向下流动，进入水滴形规整填料组件3，并在此进一步完成对吸收烟气的降温、除尘和预脱硫；烟气继续向下流动，与湍冲洗涤器19喷出的一级吸收液逆流接触，湍冲洗涤器19喷出的一级吸收液由一级循环泵Ⅱ20输送，湍冲吸收液在下降过程中，受到塔内气体的风力切割作用而被分散成细小的

液滴/雾滴，在这个过程中继续进行降温、除尘和预脱硫。

[0056] 吸收了二氧化硫的一级吸收液落入一级持液槽6，并通过一级循环泵I5、一级循环泵Ⅱ20和一级循环管路4循环利用；而预处理单元吸收后的烟气在上部压力的推动下，通过预处理单元和深度处理单元之间的通道8进入深度处理单元。一级吸收后的烟气向上通过填料组件11，并与填料组件11上方的二级喷淋系统喷射的二级吸收液在填料组件11充分接触传质，吸收了二氧化硫的二级吸收液落入二级持液槽7，并通过二级循环泵9和二级循环管路10循环利用，完成最终的脱硫过程。通过填料组件11的净化后烟气通过除雾器13，气液分离后，从除尘脱硫塔烟气出口14排出。

[0057] 实施例1

[0058] 某高温烟气温度180℃，气量160000$Nm^3/h$，$SO_2$浓度为500$mg/Nm^3$，粉尘浓度100$mg/Nm^3$

[0059] 反应器操作条件：操作温度170℃，操作压力常压，一级吸收液pH值为6～7，二级吸收液PH值为8～9。湍冲液气比6：1，以NaOH溶液为吸收剂，气液逆流接触；填料组件操作液气比3：1。

[0060] 经本发明处理后，烟气温度60℃，脱硫效率98%，除尘效率98%。

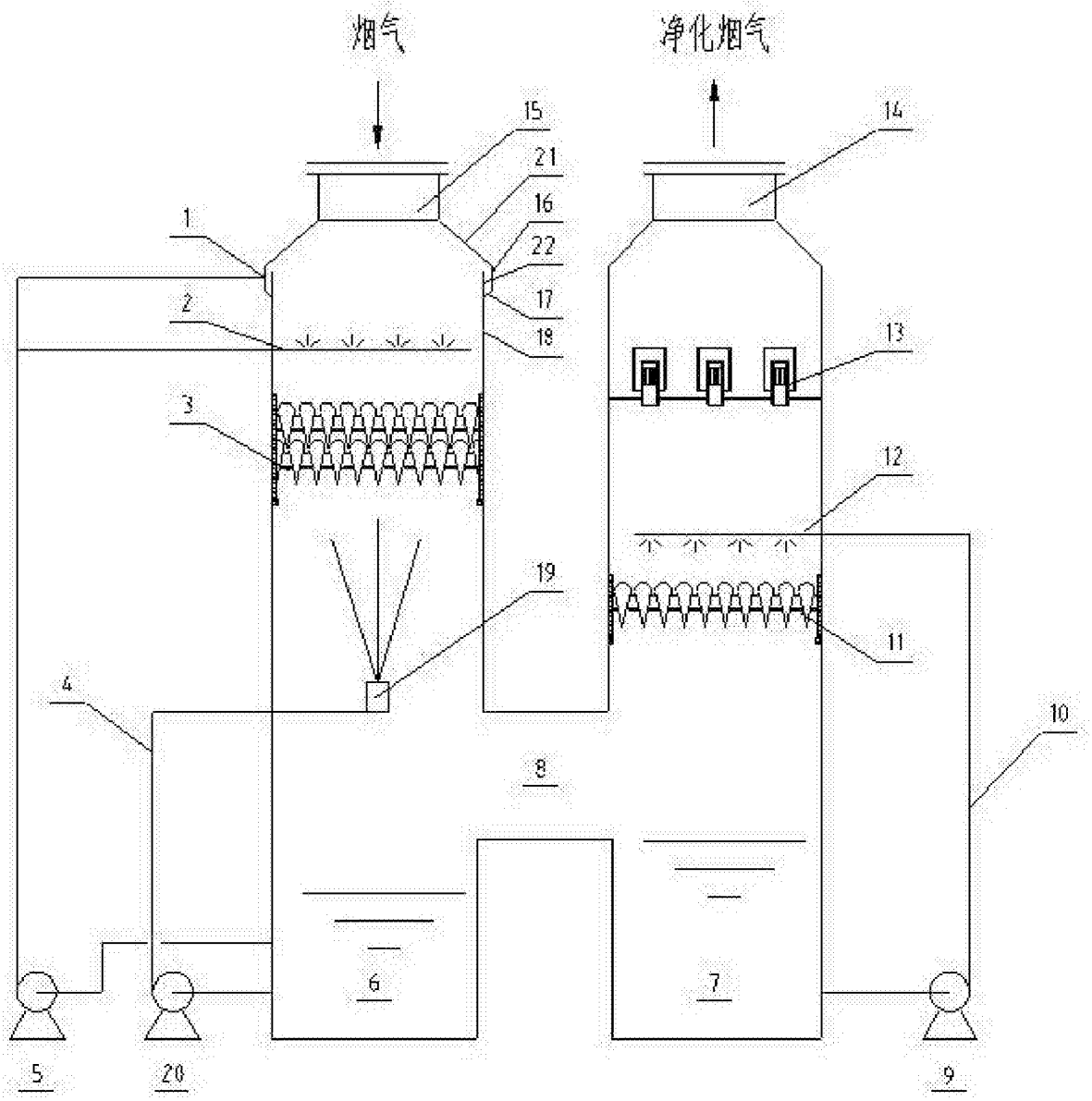



图1

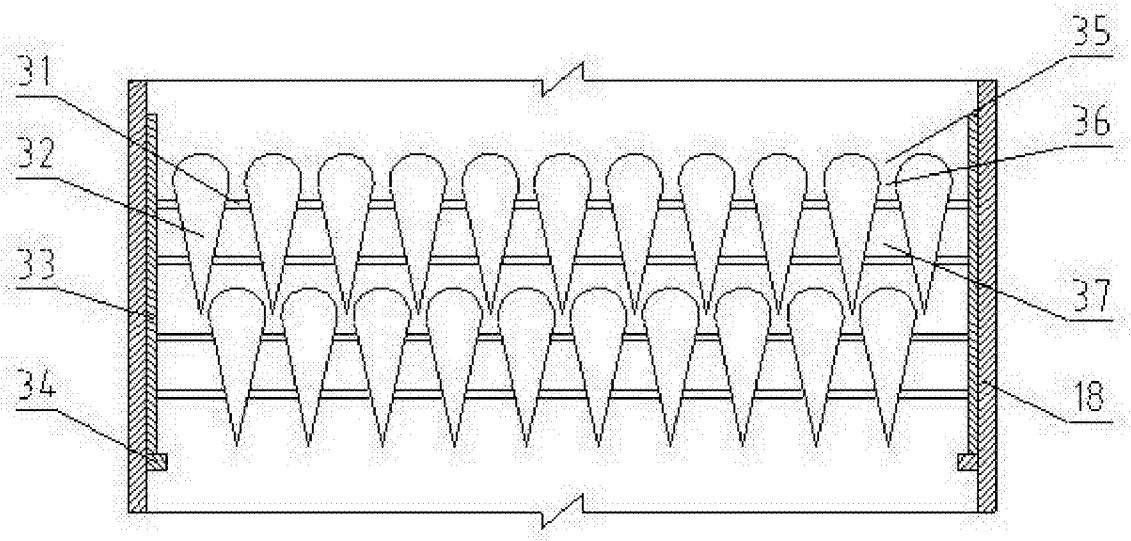



图2

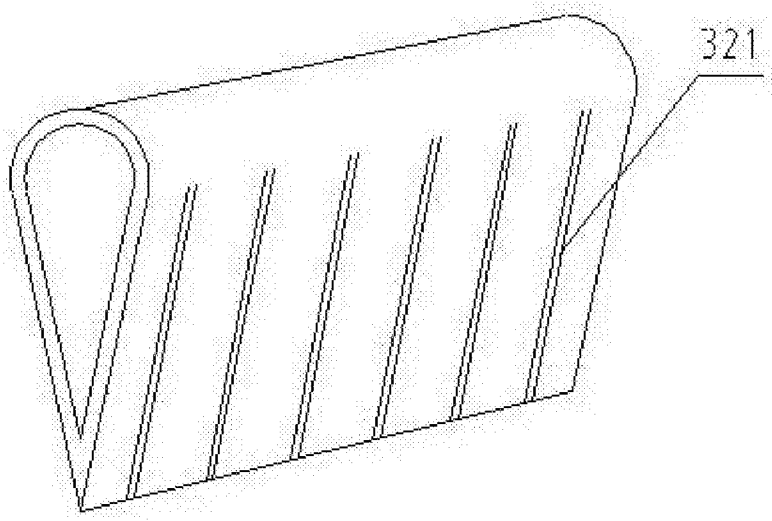



图3

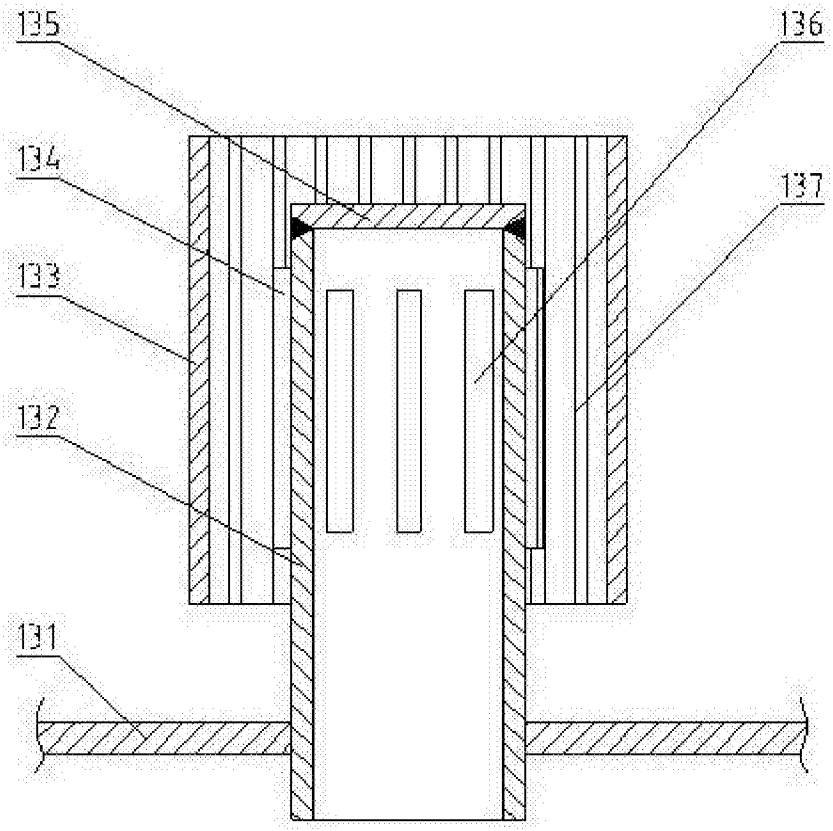



图4