(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 112717652 B
(45)授权公告日 2022.10.14

(21)申请号 202011437054.6
(22)申请日 2020.12.11
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112717652 A
(43)申请公布日 2021.04.30
(73)专利权人 中石化南京工程有限公司
地址 210049 江苏省南京市栖霞区马群科技园马群大道3号
专利权人 中石化炼化工程(集团)股份有限公司
(72)发明人 李明军 刘芳 张建超 王秦岭 张传玲 邢亚琴
(74)专利代理机构 南京天华专利代理有限责任公司 32218
专利代理师 韩正玉 徐冬涛
(51)Int.Cl.
B01D 53/50(2006.01)
B01D 53/75(2006.01)
B01D 53/76(2006.01)
B01D 53/78(2006.01)
C01C 1/24(2006.01)
(56)对比文件
CN 108079762 A,2018.05.29
CN 101524620 A,2009.09.09
CN 214437776 U,2021.10.22
审查员 窦雅玲

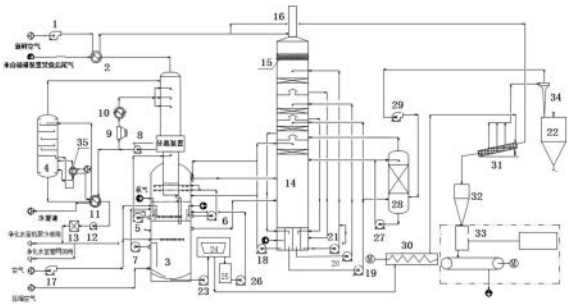
权利要求书2页 说明书9页 附图1页

(54)发明名称

一种一体式节能环保型氨法脱硫结晶系统及方法

(57)摘要

本发明一种一体式节能环保型氨法脱硫结晶系统及方法。该方法用一体式吸收氧化结晶设备副产硫酸铵，工艺流程较短，能耗低，占地少，投资省。先除尾气自带的大量水分，并处理成中性净化水；采用氨吸收尾气中二氧化硫，产生高浓度硫酸铵浆液；设置多级注氨设施以控制不同的工艺浓度保障吸收效果，保障各种工况下，尾气排放满足国家标准特殊排放限值要求；并采用回收的净化水串级洗涤实现超洁净排放；回收尾气余热干燥硫酸铵并消白烟，大幅度降低能耗和改善工厂形象；硫酸铵颗粒大、含水低。本发明生产过程中无硫酸铵料浆蒸汽蒸发，无废液排放，无新鲜水消耗，能耗低，烟气量少；且设备采用集成化，实现一塔多功能，设备数量少，短流程节能环保副产硫酸铵。



CN 112717652 B

1.一种一体式节能环保型氨法脱硫结晶系统，其特征在于：该系统包括一体式急冷吸收塔(3)和保安吸收洗涤系统；

所述的一体式急冷吸收塔(3)包括顶部的尾气急冷段，中部为两级吸收段，底部为溶液存储区，所述的溶液存储区从上到下依次为一级氧化段、二级氧化段、一级结晶段和二级结晶段；

来自硫磺装置焚烧后的尾气的输出端通过尾气换热器(2)与一体式急冷吸收塔(3)的顶部相连，尾气急冷段底部设有分离装置，分离后的液体通过急冷水空冷器(9)和急冷水换热器(10)与尾气急冷段的上部相连；中部的两级吸收段分别为一级动力波吸收段和二级逆向喷淋吸收段；一体式急冷吸收塔(3)的下部一级氧化段收集来自母液缓冲槽的结晶母液和保安吸收洗涤系统底部的吸收液；急冷吸收塔(3)下部的一级氧化段还设有氧化区和两个注氨区，一个注氨区的液体通过动力波循环泵与分离装置下部的一级吸收段相连；另一个注氨区的液体由喷淋循环泵输送至一级吸收段下部的二级吸收段；

所述的一级氧化段和二级氧化段之间通过溢流管或者泵相连，一级结晶段为稀固相区，二级结晶段为浓固相区，二级结晶后浓固相由塔底浓相输送泵依次送至离心系统和硫酸铵处理系统；

经二级吸收段吸收后的尾气输送至保安吸收洗涤系统后排空；

一级氧化段和二级氧化段中设置空气分布管，注氨区设置氨气分布管；所述的二级吸收段所在塔体的内径大于一级吸收段所在塔体的内径，且一级吸收段所在塔体套设在二级吸收段所在塔体的内腔中。

2.根据权利要求1所述的一体式节能环保型氨法脱硫结晶系统，其特征在于：分离装置还有一个输出端，该输出端通过净化水换热器(11)与汽提塔(4)的上部相连，汽提塔(4)顶部的输出端与急冷吸收塔(3)的顶部相连，汽提塔(4)底部的输出端通过净化水换热器(11)、净化水泵(12)和树脂交换脱酸设施(13)相连。

3.根据权利要求1所述的一体式节能环保型氨法脱硫结晶系统，其特征在于：二级吸收段的气体输出端与保安吸收洗涤塔(14)的下部相连，所述的保安吸收洗涤塔(14)的从下到上依次设有吸收层、水洗层、除沫层。

4.根据权利要求3所述的一体式节能环保型氨法脱硫结晶系统，其特征在于：保安吸收洗涤塔(14)的底部设有储液区，所述的储液区内分隔成若干区间，供塔内各区存储吸收液或洗涤液。

5.根据权利要求1所述的一体式节能环保型氨法脱硫结晶系统，其特征在于：所述的硫酸铵处理系统包括离心过滤机(24)和螺旋给料机(30)，所述的螺旋给料机(30)和振幅干燥机(31)相连，所述的振幅干燥机(31)的一端通过硫酸铵储斗(32)与计量包装系统相连，另一端通过旋风分离器(34)和细粉硫酸铵贮斗(22)相连，旋风分离器(34)顶部的输出端与尾气洗涤塔(28)相连。

6.一种利用权利要求1所述的系统实现硫磺回收装置的节能环保型氨法脱硫零排放方法，其特征在于：该方法包括以下步骤：

(1)新鲜空气经尾气换热器(2)进行余热回收升温至120～250℃，升温后的一部分热空气用作硫酸铵制备系统硫酸铵干燥；剩余作为保安吸收洗涤塔的烟气补充气，用于消除白烟；

经换热后的硫磺装置焚烧后的尾气进入一体式急冷吸收塔(3)上部经多层急冷水顺向或逆向喷淋，气液充分接触，之后经分离装置进行分离，分离的液相急冷水部分经急冷水空冷器(9)和急冷水换热器(10)冷却返回一体式急冷吸收塔(3)顶部循环使用，剩余部分经净化水换热器(11)加热后送至一体式汽提塔(4)顶部汽提；

尾气急冷气液分离后继续下行至一体式急冷吸收塔(3)的一级吸收段即动力波段，与一体式急冷吸收塔(3)底部的硫酸铵溶液逆流或者顺流喷淋，一级吸收段吸收后进入二级吸收段进行逆向喷淋吸收：

(2)经二级吸收段吸收后的尾气输送至保安吸收洗涤系统进行再次吸收和洗涤，保安吸收洗涤塔底部的吸收液送至一体式急冷吸收塔下部，经一级氧化后泵送至二级氧化、一级结晶段和二级结晶段，之后将二级结晶后浓固相由塔底浓相输送泵依次送至离心系统和硫酸铵处理系统。

一种一体式节能环保型氨法脱硫结晶系统及方法

技术领域

[0001] 本发明属于含硫尾气处理环保技术领域，涉及一种硫磺回收装置尾气处理并副产硫酸铵的方法。本方法采用氨吸收二氧化硫，并通过一体式吸收氧化结晶设备副产硫酸铵，工艺流程较短，占地少，投资低，能耗低且装置尾气排放满足国家标准特殊排放限值要求，无新鲜水消耗，无废液排放，无氨逃逸，并超洁净排放。

背景技术

[0002] 随着全球含硫原油和天然气资源的大量开发，以及煤化工的不断发展，硫磺回收已成为不可缺少的配套环保装置，但硫磺回收装置工况复杂，除正常工况外，存在多种工况：装置开工、预硫化、停工、吹硫、钝化、by-pass等工况及正常生产时短期的原料大幅波动等，不同工况下尾气排放浓度差异较大。近年来，随着世界各国保护大气环境的标准日益严格，对硫磺回收装置排放要求也日益严苛。现在国内大部分地区已要求酸性气处理装置尾气必须按照大气排放特殊限制即二氧化硫排放浓度小于100mg/Nm^3执行。要保证各种工况下尾气的达标排放，采用原有二级克劳斯+胺法尾气处理技术已不能满足全部工况达标排放的要求。

[0003] 因此氨法吸收、碱法吸收等化学吸收技术纷纷应用于硫磺回收装置，通过稳定的酸碱中和反应保证硫磺回收装置的尾气达标排放，但在吸收后会产生大量含氨、含盐废水，需要再次处理。不论废水直接排污水处理厂，还是经过过滤、蒸发、结晶，副产硫酸铵、硫酸钠的过程都会产生废水排放，造成二次污染。

[0004] 脱硫废水对于环境的危害巨大，具体表现为：(1)脱硫废水含有高浓度的硫酸盐，进入水环境中会被还原成S^{2-}，进而发生相关反应生成甲基汞，对水生生物的生存造成影响，改变水体原有生态功能；(2)脱硫废水呈弱酸性，可以溶解重金属和某些有毒物质，直接排放会对土壤和水环境产生不良影响，例如硒进入土壤与水体中会影响人体健康，长期累积还会引起慢性中毒。

[0005] 国内外常用的脱硫废水处理方法有：混凝-沉淀法、化学-微滤膜法、生化法、蒸发浓缩法、人工湿地法、零价铁法、流化床法、电驱动膜法等。本发明采用低温浓相吸收法和蒸汽汽提法，在系统内减少废水产生并将废水全部回收清洁处理为硫酸铵和净化水，净化水可用作为系统补充水和工厂冷却循环水站补充水。

[0006] 副产硫酸铵过程通常较为繁杂，必需经过氧化、蒸发、结晶、浓密、过滤、干燥等一系列过程，流程很长。且工序为间歇性连续生产，设备一般为一开一备，导致设备台数非常多，占地大，投资多。

发明内容

[0007] 本发明的目的是提供一种短流程的硫磺回收装置的节能环保型氨法脱硫零排放工艺，低能耗副产硫酸铵；正常操作时尾气二氧化硫排放浓度小于20mg/Nm^3；并适用于装置开工、预硫化、停工、吹硫、钝化、by-pass等工况及正常生产时短期的原料大幅波动等异常

情况下尾气二氧化硫排放浓度小于100mg/Nm^3，无新鲜水消耗、无废水排放、无氨逃逸且超洁净排放。解决了现有技术中烟气量大、废水排放及高能耗的问题。副产硫酸铵的主要设备设为多合一设备，将急冷、吸收、氧化、结晶多种功能合并实现，缩短流程，节省占地和投资。本发明的工艺路线为：急冷、吸收、氧化和结晶；保安吸收和洗涤部分；汽提部分；分离过滤、干燥和计量包装。

[0008] 本发明的目的可以通过以下技术方案实现：

[0009] 一种一体式节能环保型氨法脱硫结晶系统，该系统包括一体式急冷吸收塔和保安吸收洗涤系统；

[0010] 所述的一体式急冷吸收塔包括顶部的尾气急冷段，中部为两级吸收段，底部为溶液存储区，所述的溶液存储区从上到下依次为一级氧化段、二级氧化段、一级结晶段和二级结晶段；

[0011] 来自硫磺装置焚烧后的尾气的输出端通过尾气换热器与一体式急冷吸收塔的顶部相连，尾气急冷段底部设有分离装置，分离后的液体通过急冷水空冷器和急冷水换热器与尾气急冷段的上部相连；中部的两级吸收段分别为一级动力波吸收和二级逆向喷淋吸收；一体式急冷吸收塔的下部一级氧化段收集来自母液缓冲槽的结晶母液和保安吸收洗涤系统底部的吸收液；一体式急冷吸收塔下部的一级氧化段还分为注氨区和氧化区，氧化区溶液有两个注氨区，一个注氨区的液体通过动力波循环泵与分离装置下部的一级吸收段相连；另一个注氨区的液体由喷淋循环泵输送至一级吸收段下部的二级吸收段；

[0012] 所述的一级氧化段和二级氧化段之间通过溢流管或者泵相连，一级结晶段为稀固相区，二级结晶段为浓固相区，二级结晶后浓固相由塔底浓相输送泵依次送至离心系统和硫酸铵处理系统；

[0013] 经二级吸收段吸收后的尾气输送至保安吸收洗涤系统后排空。

[0014] 本发明技术方案中：分离装置还有一个输出端，该输出端通过净化水换热器与汽提塔的上部相连，汽提塔顶部的输出端与急冷吸收塔的顶部相连，汽提塔底部的输出端通过净化水换热器、净化水泵和树脂交换脱酸设施相连。

[0015] 本发明技术方案中：一级氧化段和二级氧化段中设置空气分布管，注氨区设置氨气分布管。

[0016] 本发明技术方案中：所述的二级吸收段所在塔体的内径大于一级吸收段所在塔体的内径，且一级吸收段所在塔体套设在二级吸收段所在塔体的内腔中。

[0017] 本发明技术方案中：二级吸收段的气体输出端与保安吸收洗涤塔的下部相连，所述的保安吸收洗涤塔的从下到上依次设有吸收层、水洗层、除沫层。

[0018] 本发明技术方案中：保安吸收洗涤塔的底部设有储液区，所述的储液区内分隔成若干区间，供塔内各区存储吸收液或洗涤液。

[0019] 本发明技术方案中：所述的硫酸铵处理系统包括离心过滤机和螺旋给料机，所述的螺旋给料机和振幅干燥机相连，所述的振幅干燥机的一端通过硫酸铵储斗与计量包装系统相连，另一端通过旋风分离器和细粉硫酸铵贮斗相连，旋风分离器顶部的输出端与尾气洗涤塔相连。

[0020] 一种利用上述的系统实现硫磺回收装置的节能环保型氨法脱硫零排放方法，该方法包括以下步骤：

[0021] (1)新鲜空气经尾气换热器进行余热回收升温至120～250℃，升温后的一部分热空气用作硫酸铵制备系统硫酸铵干燥；剩余作为保安吸收洗涤塔的烟气补充气，用于消除白烟；

[0022] 经换热后的硫磺装置焚烧后的尾气进入一体式急冷吸收塔上部经多层急冷水顺向或逆向喷淋，气液充分接触，之后经分离装置进行分离，分离的液相急冷水部分经急冷水空冷器和急冷水换热器冷却返回一体式急冷吸收塔顶部循环使用，剩余部分经净化水换热器加热后送至一体式汽提塔顶部汽提；

[0023] 尾气急冷气液分离后继续下行至一体式急冷吸收塔的一级吸收段即动力波段，与一体式急冷吸收塔底部的硫酸铵溶液逆流或者顺流喷淋，一级吸收段吸收后进入二级吸收段进行逆向喷淋吸收：

[0024] (2)经二级吸收段吸收后的尾气输送至保安吸收洗涤系统进行再次吸收和洗涤，保安吸收洗涤塔底部的吸收液送至一体式急冷吸收塔下部，经一级氧化后泵送至二级氧化、一级结晶段和二级结晶段，之后将二级结晶后浓固相由塔底浓相输送泵依次送至离心系统和硫酸铵处理系统。

[0025] 在一些具体的实施方式中，本发明的工艺路线为：急冷、吸收、氧化和结晶；保安吸收和洗涤部分；汽提部分；分离过滤、干燥和计量包装。

[0026] 详细方案如下：

[0027] 1、急冷、吸收和氧化、结晶

[0028] 本部分包括尾气余热回收和急冷、两级吸收、两级氧化、结晶部分。主要设备为一体式急冷吸收塔。主要流程：

[0029] 尾气余热回收：硫磺回收装置焚烧后热尾气采用新鲜空气换热冷却，回收余热后的冷却尾气进入尾气急冷部分。回收余热后的热新鲜空气可用作为干燥结晶硫酸铵的干燥空气；也可用作为烟气补充气，热空气与净化烟气混合升温后至烟囱放空，用于烟气消白烟。

[0030] 急冷：进入急冷段的尾气经三级顺向喷淋，气液相充分接触，急冷降温，尾气中绝大部分水份被循环急冷水冷凝下来。经气液分离，尾气继续下行至两级吸收部分；分离的急冷水由泵加压后，大部分经冷却返回急冷段顶部循环急冷用，少部分被加热后送至汽提塔顶部汽提。

[0031] 两级吸收：急冷分离液相后尾气进入两级吸收段，此部分吸收为低温吸收，可大幅度降低高温急冷吸收产生的微粒盐雾量。先进入一级吸收即动力波段，与硫酸铵溶液顺流或逆流喷淋，被绝热饱和高效吸收二氧化硫。尾气出动力波后，进入二级吸收段即逆向喷淋吸收：动力波外塔体局部放大，兼具喷淋和分离、储液功能，尾气从动力波底部向外塔体溢出后上行至外塔体上部，出塔口设置稀亚硫酸铵溶液洗涤，洗涤后进入保安吸收和洗涤部分。外塔体上部设置用塔下部循环液喷淋的设施，逆流吸收强化吸收效果；中部为气液分离区，尾气上行，喷淋液下行；底部为储液区，分区设置注氨区和氧化区：分区可形成不同浓度吸收液，在注氨区设置注氨设施均匀分布氨气，以保证各循环液的吸收能力，且此区域面积较小，有利于紧急注氨等快速调节溶液吸收能力，以应对系统波动较大情况；在氧化区设置空气分布管，用于亚硫酸铵氧化，此区域面积较大，为一级氧化。底部各硫酸铵溶液分别由泵送至动力波内外喷头循环喷淋进行两级不同浓度溶液的吸收；剩余的溶液溢流或泵送至

下部的二级氧化段。循环泵入口也可设置注氨设施。

[0032] 氧化和结晶：一级氧化下部即塔下部设二级氧化和结晶区，从上至下为二级氧化段、一级结晶段和二级结晶段；与一级氧化段用溢流连通管连接，也可以通过泵送入二级氧化区，两级氧化中间设隔板隔成两个区域。一级氧化后的硫酸铵循环液通过溢流或泵送进入二级氧化段，二级氧化段也设置空气分布管，二级氧化尾气从本段上方至保安吸收塔下部吸收洗涤；氧化空气分布管上部为二级氧化段，下部为两级结晶段。结晶段上部为稀固相区，一级结晶段；下部为浓固相区，二级结晶段。二级结晶后浓固相由塔底浓相输送泵送至后续离心分离部分。稀固相区料浆经重力分离结晶料后由稀相循环泵送回一级氧化区继续注氨后循环吸收二氧化硫。塔最底部通入压缩空气，定期短吹，进行气相搅拌，防止塔底积料和堵塞出料口管线。氧化空气由氧化风机提供。

[0033] 一体式急冷吸收塔为多功能塔，急冷、吸收、氧化和结晶均在本塔内完成，具备急冷、吸收、分离、氧化、注氨、结晶、存液七项功能。顶部为尾气急冷段，中部为两级吸收段，下部为两级氧化和两级结晶段，其中一级氧化段和二级氧化段由隔板隔开，其他均按液位区分。

[0034] 在一体式急冷吸收塔内，通过两级吸收，尤其动力波段，吸收效率高，注氨浓度可调节，抗波动性好，低温吸收减少了气相中微粒盐雾的形成和夹带；尾气中绝大部分二氧化硫被吸收，剩余少量二氧化硫随尾气一起进入保安吸收部分。

[0035] 塔下部一级和二级氧化均为强氧化过程，通过两级充分氧化，保证停留时间和总氧化效率。

[0036] 两级结晶均为静态结晶，无干扰和扰动，晶核少，结晶快，晶体易长大。两级结晶保证停留时间充足，下部硫酸铵料浆浓度高，结晶量大、循环量小、结晶颗粒大，易沉降、易分离、硫酸铵粉料少。

[0037] 2、保安吸收和洗涤

[0038] 本部分包括保安吸收和水洗、除沫和放空。主要设备为保安吸收洗涤塔。

[0039] 由一体式急冷吸收塔二级吸收出来的尾气进入保安吸收洗涤塔下部保安吸收区，尾气沿塔上行，由塔底稀亚硫酸铵溶液循环逆流喷淋，吸收尾气中剩余二氧化硫。吸收液由集液盘收集至塔底吸收液区，由塔外循环泵大部分输送至吸收区，少部分用作为急冷吸收的吸收液补充。吸收液区设紧急注氨功能，保障上游硫磺回收装置工艺控制大幅波动时的保安吸收。

[0040] 烟气继续上行至水洗区，由塔底部对应的洗涤液逆流喷淋洗涤，将烟气中夹带的液滴和微粒盐雾置换和捕集下来，降低气溶胶的形成，减少尾气中尘含量并消除氨逃逸。洗涤液也经由集液盘收集至塔底水洗液区，由塔外水洗泵循环输送至塔上部。

[0041] 水洗后烟气经除沫，与经尾气余热回收热量后的热空气混合升温后进入烟囱排放。

[0042] 保安吸收洗涤为五合一设备，自下而上分别为：储液区、保安吸收区、水洗区、除沫区、烟囱。其中，储液区内分隔成若干格，供塔内各区存储吸收液或洗涤液。为吸收和水洗效果更好，吸收区和水洗区可设填料，也可不设。可设一级、两级或三级吸收和水洗段。若设三级水洗，塔底则需设三个水洗液区，洗涤液自上而下溢流连通，溶解物浓度逐级递增。

[0043] 3、汽提

[0044] 汽提部分主要设备为汽提塔和再沸器，也可两者合并为一体式的设备，急冷冷凝下来的含硫废水通过蒸汽汽提，再生为净化水，塔顶含硫尾气返回至尾气急冷部分。净化水经冷却，由泵送至脱酸设施如树脂交换等设施处理为中性净化水，用于装置内机泵冷却、水洗段补水等，多余的部分送至工厂系统循环水站做补充水。脱酸设施产生的废酸性水经冲洗进入硫酸铵吸收液回用。

[0045] 在汽提塔内，所有系统回收废水汽提再生，汽提出二氧化硫和二氧化碳，净化水脱酸后回系统循环使用。

[0046] 4、分离过滤、干燥和计量包装

[0047] 结晶浓相输送至离心过滤机进行离心液固分离。结晶母液回收至母液槽，由泵送至急冷吸收塔下部做循环吸收的喷淋循环液的补充。本发明设置两级静态结晶，结晶浓相含母液量少，母液槽体积可适当缩小，节省投资和占地。

[0048] 脱水后晶体经螺旋给料机输送至振幅干燥机。以急冷部分余热回收后的热空气为热源，采用振幅干燥，干燥后的硫酸铵颗粒，进缓冲小斗，进行计量包装。干燥尾气经尾气旋风分离器除尘后由风机加压送入尾气洗涤塔，用一级循环洗涤液洗涤，洗涤除尘后尾气送至保安吸收洗涤塔水洗段继续多级水洗。无新鲜水耗量，无氨逃逸且保证尾气超洁净排放；浓洗涤液送回保安吸收塔底作为补充液。

[0049] 本发明技术方案中：稀固相区晶体质量浓度1-10％，浓固相区晶体质量浓度5-30％；且浓固相的晶体质量浓度是大于稀固相区的晶体质量浓度。。

[0050] 本发明的有益效果：

[0051] 首先：国内外常用的脱硫废水处理方法有：混凝-沉淀法、化学-微滤膜法、生化法、蒸发浓缩法、人工湿地法、零价铁法、流化床法、电驱动膜法等。本发明结合蒸发浓缩法和蒸汽汽提法，增设一体式汽提设施，将系统内废水全部回收清洁处理为硫酸铵和净化水，净化水可作为系统补充水和工厂冷却循环水站补充水。

[0052] 其次，本发明一种零排放节能环保型硫磺尾气处理的方法，并用一体式急冷吸收氧化结晶设备副产硫酸铵，正常操作时尾气二氧化硫排放浓度小于20mg/Nm^3；且装置尾气排放满足硫磺回收装置各种工况排放，装置开工、预硫化、停工、吹硫、钝化、by-pass等工况及正常生产时短期的原料大幅波动等异常情况下，采用紧急注氨措施，利用大注氨量高循环浓度迅速提高吸收液吸收效率，使尾气二氧化硫排放浓度小于100mg/Nm^3；急冷废水再生后循环使用，无硫酸铵料浆蒸汽蒸发和无新鲜水消耗、无废水排放；且设备采用集成化，实现一塔多功能，短流程副产硫酸铵。适用范围广，流程短，设备数量少，能耗低，投资和占地省，并解决了现有技术中烟气量大、废水排放和能耗高的问题。

附图说明

[0053] 图1是氨法脱硫零排放工艺流程图。

[0054] 图中，1为空气风机，2为尾气换热器，3为一体式急冷吸收塔，4为汽提塔，5为动力波循环泵，6为喷淋循环泵，7为稀相循环泵，8为急冷水循环泵，9为急冷水空冷器，10为急冷水换热器，11为净化水换热器，12为净化水泵，13为脱酸设施，14为保安吸收洗涤塔，15为除沫器，16为烟囱，17为氧化风机，18为保安吸收循环泵，19为一级水洗泵，20为二级水洗泵，21为三级水洗泵，22为细粉硫酸铵贮斗，23为浓相输送泵，24为离心过滤机，25为母液槽，26

为母液槽泵，27为洗涤液泵，28为尾气洗涤塔，29为干燥尾气风机，30为螺旋给料机，31为振幅干燥机，32为硫酸铵储斗，33为计量包装系统，34为旋风分离器，35为汽提塔再沸器。

具体实施方式

[0055] 下面结合实施例对本发明做进一步说明，但本发明的保护范围不限于此：

[0056] 如图1，一种一体式节能环保型氨法脱硫结晶系统，该系统包括一体式急冷吸收塔(3)和保安吸收洗涤系统；

[0057] 所述的一体式急冷吸收塔(3)包括顶部的尾气急冷段，中部为两级吸收段，底部为溶液存储区，所述的溶液存储区从上到下依次为一级氧化段、二级氧化段、一级结晶段和二级结晶段；

[0058] 来自硫磺装置焚烧后的尾气的输出端通过尾气换热器(2)与一体式急冷吸收塔(3)的顶部相连，尾气急冷段底部设有分离装置，分离后的液体通过急冷水空冷器(9)和急冷水换热器(10)与尾气急冷段的上部相连；中部的两级吸收段，一级为动力波吸收，二级为逆向喷淋吸收；一体式急冷吸收塔(3)的下部一级氧化段收集来自母液缓冲槽的结晶母液和保安吸收洗涤系统底部的吸收液；且一级氧化段还设有两个注氨区和氧化区，一个注氨区的液体通过动力波循环泵与分离装置下部的一级吸收段相连；另一个注氨区的液体由喷淋循环泵输送至一级吸收段下部的二级吸收段；

[0059] 所述的一级氧化段和二级氧化段之间通过溢流管或者泵相连，一级结晶段为稀固相区，二级结晶段为浓固相区，二级结晶后浓固相由塔底浓相输送泵依次送至离心系统和硫酸铵处理系统；

[0060] 经二级吸收段吸收后的尾气输送至保安吸收洗涤系统后排空。

[0061] 分离装置还有一个输出端，该输出端通过净化水换热器(11)与汽提塔(4)的上部相连，汽提塔(4)顶部的输出端与一体式急冷吸收塔(3)的顶部相连，汽提塔(4)底部的输出端通过净化水换热器(11)、净化水泵(12)和树脂交换脱酸设施(13)相连。

[0062] 一级氧化段和二级氧化段中设置空气分布管。注氨区设置氨气分布管。

[0063] 所述的二级吸收段所在塔体的内径大于一级吸收段所在塔体的内径，且一级吸收段所在塔体套设在二级吸收段所在塔体的内腔中。

[0064] 二级吸收段的气体输出端与保安吸收洗涤塔(14)的下部相连，所述的保安吸收洗涤塔(14)从下到上依次设有吸收层、水洗层、除沫层。

[0065] 保安吸收洗涤塔(14)的底部设有储液区，所述的储液区内分隔成若干区间，供塔内各区存储吸收液或洗涤液。

[0066] 所述的硫酸铵处理系统包括离心分离机(24)和螺旋给料机(30)，所述的螺旋给料机(30)和振幅干燥机(31)相连，所述的振幅干燥机(31)的一端通过硫酸铵储斗(32)与计量包装系统相连，另一端通过旋风分离器(34)和细粉硫酸铵贮斗(22)相连，旋风分离器(34)顶部的输出端与尾气洗涤塔(28)相连。

[0067] 详细实施方式如下：

[0068] 本发明的工艺路线为：急冷、吸收、氧化和结晶；保安吸收和洗涤部分；汽提部分；分离过滤、干燥和计量包装。详细方案如下：

[0069] 1、急冷、吸收和氧化、结晶

[0070] 本部分包括尾气余热回收和急冷、两级吸收、两级氧化、结晶部分。主要设备为一体式急冷吸收塔。主要流程：

[0071] 尾气余热回收：硫磺回收装置焚烧后约300～350℃热尾气(SO_2浓度约500～30000mg/Nm^3)，采用新鲜空气换热冷却，回收余热后的冷却尾气220～300℃进入尾气急冷部分。回收余热后的热新鲜空气120～250℃可用作为干燥结晶硫酸铵的干燥空气；也可用作为烟气补充气，热空气与净化烟气混合升温后达110～150℃至烟囱放空，用于烟气消白烟。

[0072] 急冷：进入急冷段的尾气经三级顺向喷淋，气液相充分接触，急冷降温，尾气中96～98％绝大部分水份被循环急冷水冷凝下来。经气液分离，尾气继续下行至两级吸收部分；分离的急冷水由泵加压后，大部分经冷却至30～40℃返回急冷段顶部循环急冷用，少部分被加热至95℃后送至汽提塔顶部汽提。

[0073] 两级吸收：急冷分离液相后尾气进入两级吸收段，此部分吸收为低温吸收35～50℃，可大幅度降低高温急冷吸收产生的微粒盐雾量。先进入一级吸收即动力波段，与硫酸铵溶液顺流或逆流喷淋，被绝热饱和高效吸收二氧化硫。尾气出动力波后，进入二级吸收段即逆向喷淋吸收：动力波外塔体局部放大，兼具喷淋和分离、储液功能，尾气从动力波底部向外塔体溢出后上行至外塔体上部，出塔口设置稀亚硫酸铵溶液洗涤，洗涤后进入保安吸收和洗涤部分。外塔体上部设置用塔下部循环液喷淋的设施，逆流吸收强化吸收效果；中部为气液分离区，尾气上行，喷淋液下行；底部为储液区，分区设置注氨区和氧化区：分区可形成不同浓度吸收液，在注氨区设置注氨设施均匀分布氨气，以保证各循环液的吸收能力，且此区域面积较小，有利于大流量紧急注氨形成高浓度溶液快速调节溶液吸收能力，以应对系统波动较大情况；在氧化区设置空气分布管，用于亚硫酸铵氧化，此区域面积较大，为一级氧化。底部各硫酸铵溶液分别由泵送至动力波内外喷头循环喷淋进行两级不同浓度溶液的吸收；剩余的溶液溢流或泵送至下部的二级氧化段。循环泵入口也可设置注氨设施。

[0074] 氧化和结晶：一级氧化下部即塔下部设二级氧化和结晶区，从上至下为二级氧化段、一级结晶段和二级结晶段；与一级氧化段用溢流连通管连接，也可以通过泵送入二级氧化区，两级氧化中间设隔板隔成两个区域。一级氧化后的硫酸铵循环液通过溢流或泵送进入二级氧化段，二级氧化段设置空气分布管，二级氧化尾气从本段上方空间去保安吸收塔下部吸收洗涤；氧化空气分布管上部为二级氧化段，下部为两级结晶段。结晶段上部为稀固相区，一级结晶段；下部为浓固相区，二级结晶段。二级结晶后浓固相由塔底浓相输送泵送至后续离心分离部分。稀固相区料浆经重力分离结晶料后由稀相循环泵送回一级氧化区继续注氨后循环吸收二氧化硫。塔最底部通入压缩空气，定期短吹，进行气相搅拌，防止塔底积料和堵塞出料口管线。氧化空气由氧化风机提供。其中：稀固相区晶体质量浓度1-10％，浓固相区晶体质量浓度5-30％；且浓固相的晶体质量浓度是大于稀固相区的晶体质量浓度。。

[0075] 一体式急冷吸收塔为多功能塔，急冷、吸收、氧化和结晶均在塔内完成，具备急冷、吸收、分离、氧化、注氨、结晶、存液七项功能。顶部为尾气急冷段，中部为两级吸收段，下部为两级氧化和两级结晶段，其中一级氧化段和二级氧化段由隔板隔开，其他均按液位区分。

[0076] 一体式在急冷吸收塔内，通过两级吸收，尤其动力波段，吸收效率高，注氨浓度可调节，抗波动性好，低温吸收减少了气相中微粒盐雾的形成和夹带；尾气中绝大部分二氧化

硫被吸收，剩余少量二氧化硫随尾气一起进入保安吸收部分。

[0077] 塔下部一级和二级氧化均为强氧化过程，通过两级充分氧化，保证停留时间和总氧化效率。

[0078] 两级结晶均为静态结晶，无干扰和扰动，晶核少，结晶快，晶体易长大。两级结晶保证停留时间充足，下部硫酸铵料浆浓度高，结晶量大、循环量小、结晶颗粒大，易沉降、易分离、硫酸铵粉料少。

[0079] 2、保安吸收和洗涤

[0080] 本部分包括保安吸收和水洗、除沫和放空。主要设备为保安吸收洗涤塔。

[0081] 由一体式急冷吸收塔两级吸收出来的尾气进入保安吸收洗涤塔下部保安吸收区，尾气沿塔上行，由塔底稀亚硫酸铵溶液循环逆流喷淋，吸收尾气中剩余二氧化硫。吸收液由集液盘收集至塔底吸收液区，由塔外循环泵大部分输送至吸收区，少部分用作为急冷吸收的吸收液补充。吸收液区设紧急注氨功能，保障上游硫磺回收装置工艺控制大幅波动时的保安吸收。

[0082] 烟气继续上行至水洗区，由塔底部对应的洗涤液逆流喷淋洗涤，将烟气中夹带的液滴和微粒盐雾都置换和捕集下来，降低气溶胶的形成，减少尾气中尘含量并消除氨逃逸。洗涤液也经由集液盘收集至塔底水洗液区，由塔外水洗泵循环输送至塔上部。

[0083] 水洗后烟气经除沫，与经尾气余热回收热量后的热空气混合升温后进入烟囱排放。

[0084] 保安吸收洗涤为五合一设备，自下而上分别为：储液区、保安吸收区、水洗区、除沫区、烟囱。其中，储液区内分隔成若干格，供塔内各区存储吸收液或洗涤液。为吸收和水洗效果更好，吸收区和水洗区可设填料，也可不设。可设一级、两级或三级吸收和水洗段。若设三级水洗，塔底则需设三个水洗液区，洗涤液自上而下溢流连通，溶解物浓度逐级递增。

[0085] 3、汽提

[0086] 汽提部分主要设备为汽提塔和再沸器，也可两者合并为一体式的设备，急冷冷凝下来的含硫废水通过蒸汽汽提，再生为净化水，塔顶含硫尾气返回至尾气急冷部分。净化水经冷却，由泵送至脱酸设施如树脂交换等设施处理为中性净化水，用于装置内机泵冷却、水洗段补水等，多余的部分送至工厂系统循环水站做补充水。脱酸设施产生的废酸性水经冲洗进入硫酸铵吸收液回用。

[0087] 在汽提塔内，所有系统回收废水汽提再生，汽提出二氧化硫和二氧化碳，净化水脱酸后回系统循环使用。

[0088] 4、分离过滤、干燥和计量包装

[0089] 结晶浓相输送至离心过滤机进行离心液固分离。结晶母液回收至母液槽，由泵送至急冷吸收塔下部做循环吸收的喷淋循环液的补充。本发明设置两级静态结晶，结晶浓相含母液量少，母液槽体积可适当缩小，节省投资和占地。

[0090] 脱水后晶体经螺旋给料机输送至振幅干燥机。以急冷部分余热回收后的热空气为热源，采用振幅干燥，干燥后的硫酸铵颗粒，进缓冲小斗，进行计量包装。干燥尾气经尾气旋风分离器除尘后由风机加压送入尾气洗涤塔，用一级循环洗涤液洗涤，洗涤除尘后尾气送至保安吸收洗涤塔水洗段继续多级水洗。无新鲜水耗量，无氨逃逸且保证尾气超洁净排放；浓洗涤液送回保安吸收塔底作为补充液。

[0091] 本发明提供一种硫磺回收装置的一体式节能环保型氨法脱硫系统及方法，并用一体式急冷吸收氧化结晶设备低能耗副产硫酸铵。正常操作时尾气二氧化硫排放浓度小于20mg/Nm^3；且装置尾气排放满足硫磺回收装置各种工况排放，装置开工、预硫化、停工、吹硫、钝化、by-pass等工况及正常生产时短期的原料大幅波动等异常情况下尾气二氧化硫排放浓度小于100mg/Nm^3；急冷废水再生后循环使用，无新鲜水消耗，以8万吨/年硫磺装置为例，可额外提供8～10t/h净化水回用；硫酸铵处理部分的母液、蒸发冷凝液、洗涤液返回吸收部分回用，无废水排放；适用范围广，处理SO_2浓度范围约500～30000mg/Nm^3；且设备采用集成化，实现一塔多功能，一体式急冷吸收塔，集急冷、两级吸收、分离、氧化、注氨、结晶、存液七项功能，保安吸收塔集吸收、两级水洗、除沫、烟囱为一体，有效减少十余台设备和管道，节省占地约100m^2，降低投资约200万元；有效利用尾气热源，降低能耗1900kW；有效解决了现有技术中烟气量大、废水排放和能耗高的问题。

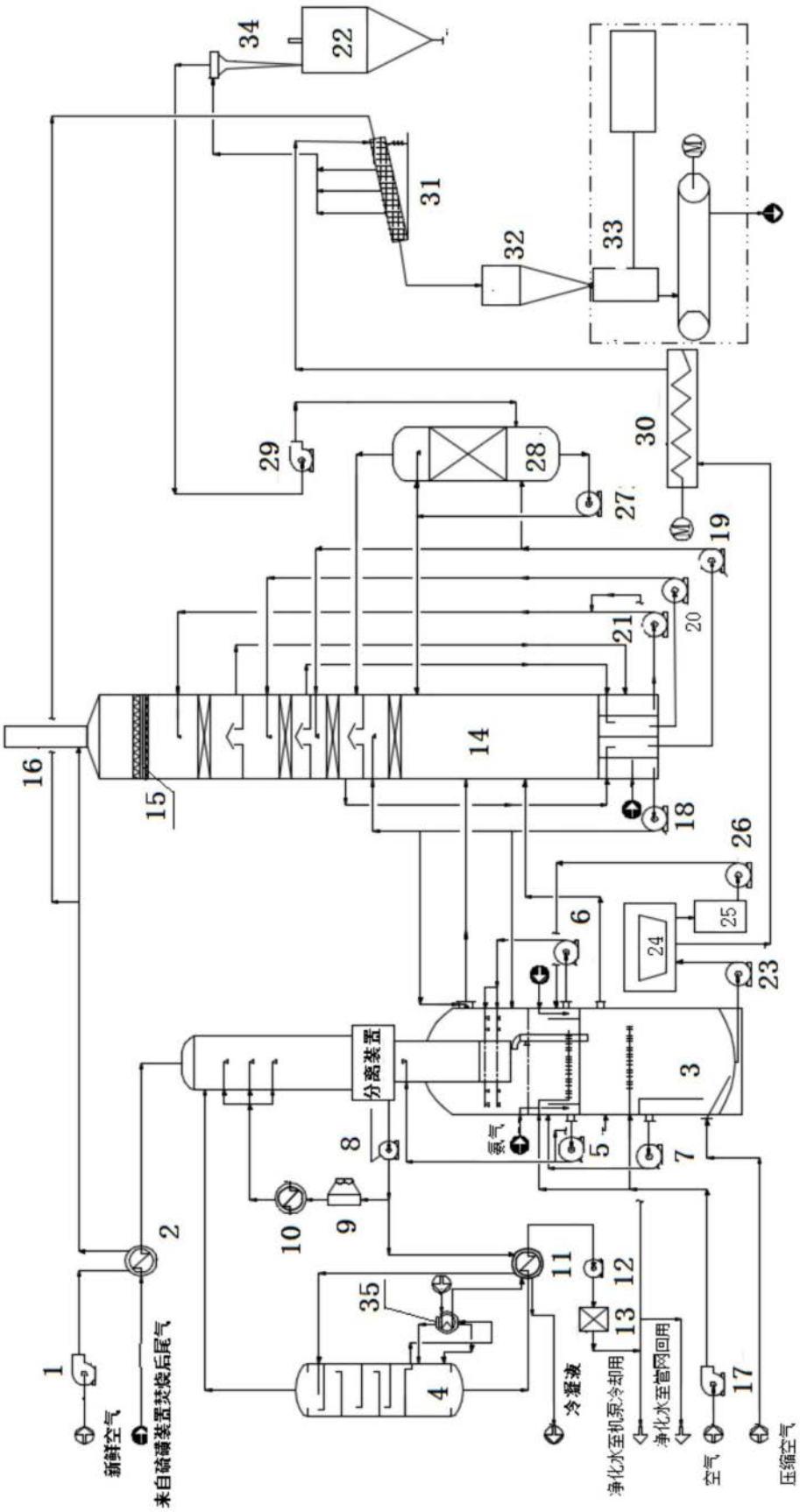


图1