



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109437112 B

(45) 授权公告日 2021. 11. 02

(21) 申请号 201811622064.X

(22) 申请日 2018.12.28

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 109437112 A

(43) 申请公布日 2019.03.08

(73) 专利权人 项义考  
地址 318000 浙江省台州市椒江区康平小  
区17号楼1单元601室

(72) 发明人 项义考

(74) 专利代理机构 蓝天知识产权代理(浙江)有  
限公司 33229

代理人 刘颖

(51) Int. Cl.  
C01B 13/10 (2006.01)

(56) 对比文件

- CN 205965445 U, 2017.02.22
- CN 105457458 A, 2016.04.06
- CN 105199799 A, 2015.12.30
- CN 2505685 Y, 2002.08.14
- CN 202569920 U, 2012.12.05
- US 2002014419 A1, 2002.02.07
- JP 2003001048 A, 2003.01.07
- WO 2013104059 A1, 2013.07.18

审查员 程可可

权利要求书1页 说明书9页 附图3页

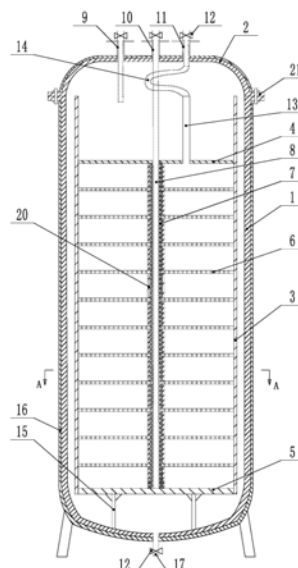
(54) 发明名称

一种利用浓硫酸为干燥剂的臭氧用气体干燥器

(57) 摘要

本发明属于高浓度臭氧生产设备技术领域，特指一种利用浓硫酸为干燥剂的臭氧用气体干燥器；气液混合器包括设置在压力桶内的筒体，在筒体内的上部、下部分别设置有隔离板、底板，在隔离板与底板之间的筒体内上下间隔设置有若干多孔板，在隔离板、多孔板上设置有贯穿孔，进气管插设在贯穿孔内，在进气管内插设有浓硫酸进出管，在顶盖上设置有浓硫酸进出口、进气口、出气口，进气管与进气口连通，浓硫酸进出管的上端与顶盖上的浓硫酸进出口连接，在隔离板上还设置有出气管，出气管与顶盖上的出气口连接，本发明以浓硫酸作为干燥剂，气体与浓硫酸在气液混合装置内曝气充分均匀混合，扩大接触面积，能瞬时吸收气体中的大部分水分。

CN 109437112 B



1. 一种利用浓硫酸为干燥剂的臭氧用气体干燥器,其特征在于:包括压力容器、气液混合器,所述压力容器包括压力桶(1)及顶盖(2),所述气液混合器包括设置在压力桶(1)内的筒体(3),在筒体(3)内的中上部、下部分别设置有隔板(4)、底板(5),隔板(4)将筒体(3)分隔成反冲存储器和多孔板曝气混合器,隔板(4)上设置有连通反冲存储器、多孔板曝气混合器的出气孔,在多孔板曝气混合器内上下间隔设置有若干多孔板(6),在进气管(7)的下部设置有连通多孔板曝气混合器的排气孔一,在隔板(4)、多孔板(6)上设置有贯穿孔,进气管(7)插设在贯穿孔内,在进气管(7)内插设有浓硫酸进出管(8),在顶盖(2)上设置有进气口(9)、浓硫酸进出口(10)、出气口(11),进气口(9)、浓硫酸进出口(10)、出气口(11)上均设置有开关(12),进气管(7)与进气口(9)连通,浓硫酸进出管(8)的上端与顶盖(2)上的浓硫酸进出口(10)连接,在隔板(4)上还设置有出气管(13),出气管(13)与顶盖(2)上的出气口(11)通过软管(14)连接,筒体(3)、多孔板(6)、隔板(4)、底板(5)均由耐腐蚀材料制成。

2. 根据权利要求1所述的一种利用浓硫酸为干燥剂的臭氧用气体干燥器,其特征在于:相邻的多孔板(6)之间、多孔板(6)与隔板(4)之间、多孔板(6)与底板(5)之间设置有分隔管(20),分隔管(20)套设在进气管(7)外,分隔管(20)上设置有连通进气管(7)内腔与多孔板曝气混合器的排气孔二。

3. 根据权利要求1所述的一种利用浓硫酸为干燥剂的臭氧用气体干燥器,其特征在于:多孔板(6)上的孔的孔径为0.5-2mm、同心圆环排列,圆环之间间隔5-20mm,每个圆环中的孔每间隔5-10mm设置,相邻的多孔板(6)之间的间隔距离为100-200mm。

4. 根据权利要求1-3任一项所述的一种利用浓硫酸为干燥剂的臭氧用气体干燥器,其特征在于:所述隔板(4)与筒体(3)、进气管(7)、出气管(13)之间通过焊接方式固定连接,多孔板(6)与筒体(3)、进气管(7)均通过焊接或紧密连接的方式固定连接。

5. 根据权利要求1-3任一项所述的一种利用浓硫酸为干燥剂的臭氧用气体干燥器,其特征在于:所述耐腐蚀材料是玻璃或聚四氟或塑料。

6. 根据权利要求1所述的一种利用浓硫酸为干燥剂的臭氧用气体干燥器,其特征在于:所述压力桶(1)的底部设置有换气口(17),在换气口(17)上设置有开关(12)。

7. 根据权利要求1所述的一种利用浓硫酸为干燥剂的臭氧用气体干燥器,其特征在于:所述压力容器由碳钢或不锈钢制成。

8. 根据权利要求1或7所述的一种利用浓硫酸为干燥剂的臭氧用气体干燥器,其特征在于:所述压力容器外包设有隔热棉(16)。

9. 根据权利要求1所述的一种利用浓硫酸为干燥剂的臭氧用气体干燥器,其特征在于:所述进气口(9)与空压机之间的管路上设置有冷干机。

## 一种利用浓硫酸为干燥剂的臭氧用气体干燥器

### 技术领域：

[0001] 本发明属于高浓度臭氧生产设备技术领域，特指一种利用浓硫酸为干燥剂的臭氧用气体干燥器。

### 背景技术：

[0002] 众所周知，臭氧作为强氧化剂在许多行业具有重要的用途，尤其在杀菌消毒和氧化化合物之后，自身不留下任何不良副产物，成为企业的首选氧化剂。但臭氧生产成本高，影响其推广应用。生产臭氧时，大部分企业选择空气和分子筛制氧的富氧源生产臭氧，臭氧机生产臭氧浓度除与氧气浓度直接相关外，还与空气或氧气的干燥度紧密相联。如特定的臭氧机在 $-40^{\circ}\text{C}$ 的露点温度干燥度下，臭氧浓度只有 $100\text{g}/\text{m}^3$ ，但在 $-60^{\circ}\text{C}$ 的露点温度干燥度下，氧气经过某种臭氧发生器时，有能力使氧气中的臭氧浓度高达 $200\text{g}/\text{m}^3$ ，从 $-40^{\circ}\text{C}$ 到 $-60^{\circ}\text{C}$ 的露点温度，臭氧浓度能够加倍，这能够减小电耗增加氧化能力，水蒸气分压仅从 $12.9\text{Pa}$ 降到 $1.08\text{Pa}$ ，水蒸气分压下降 $11.8\text{Pa}$ ，凝结的水量不多，仅为从 $-30^{\circ}\text{C}$ 到 $-40^{\circ}\text{C}$ 的水蒸气分压下降值 $38.1-12.9=25.2\text{Pa}$ 的一半，但脱水的难度提高，常规的压缩、冷却、硅胶干燥剂、分子筛制氧机干燥，均无法达到 $-60^{\circ}\text{C}$ 的露点温度。该现象引发许多专家攻关，有的用固体干燥剂能够达到 $-60^{\circ}\text{C}$ 的露点温度，但面临脱水成本高的问题。

[0003] 常见的固体干燥剂主要有五氧化二磷、高氯酸镁、氢氧化钾、氧化铝、硅胶、硫酸钙、氧化镁、溴化镁、氢氧化钠、氧化钙、氯化钙、氯化锌、溴化锌、硫酸铜等等，根据现有知识，硅胶、硫酸钙、氧化镁、溴化镁、氢氧化钠、氧化钙、氯化钙、氯化锌、溴化锌、硫酸铜等干燥剂均不易作为 $-60^{\circ}\text{C}$ 干燥剂，氢氧化钾、氧化铝可作为 $-60^{\circ}\text{C}$ 干燥剂，但容量少更换频繁不适合，比较合适的固体干燥剂为五氧化二磷、高氯酸镁，高氯酸镁毒性很强，再生麻烦，五氧化二磷吸水变为磷酸，不可再生，大量吸水存在成本问题。

[0004] 常见的液体干燥剂为浓硫酸，而浓硫酸吸水后具有更换、加热再生方便、阻力基本不变的优点，缺点是具有强氧化性、强酸性、强腐蚀性，还有弱的挥发分解性；以浓硫酸作为干燥剂，被干燥的气体成分只能是中性或酸性，不能与浓硫酸发生化学反应，故常用的被干燥气体有氧气、氮气、氢气、二氧化碳、惰性气体、部分碳氢化合物等；当气体是臭氧机用来制造臭氧的气体，有效成分为氧气，杂质气体成分有氮气、二氧化碳；臭氧机用的气体是处于流动状态而非静态，故重点考虑气体与液体曝气接触时必须能充分均匀混合，接触面积尽可能大，能瞬时吸收气体中的水分； $100\%$ 浓硫酸露点温度能达到 $-68^{\circ}\text{C}$ ，在曝气状态下，存在三氧化硫的挥发问题，吸水失效后再加热，硫酸浓度只能浓缩到 $98\%$ ，而 $98\%$ 浓硫酸常压 $25^{\circ}\text{C}$ 条件下，难以达到 $-60^{\circ}\text{C}$ 露点温度，那是否每次都用 $100\%$ 浓硫酸更换呢？显然行不通，那 $98\%$ 浓硫酸在哪些条件下可以作为 $-60^{\circ}\text{C}$ 露点温度的吸水干燥剂？本发明不仅从理论上解决难题，更在干燥器具体结构上解决问题。

### 发明内容：

[0005] 本发明的目的是提供一种利用浓硫酸为干燥剂能瞬时吸收气体中的水分使在压

力下其露点温度达到 $-60^{\circ}\text{C}$ 的臭氧用气体干燥器。

[0006] 本发明是这样实现的：

[0007] 一种利用浓硫酸为干燥剂的臭氧用气体干燥器，包括压力容器、气液混合器，所述压力容器包括压力桶及顶盖，所述气液混合器包括设置在压力桶内的筒体，在筒体内的中上部、下部分别设置有隔离板、底板，隔离板将筒体分隔成反冲存储器和多孔板曝气混合器，隔离板上设置有连通反冲存储器、多孔板曝气混合器的出气孔，在多孔板曝气混合器内上下间隔设置有若干多孔板，在进气管的下部设置有连通多孔板曝气混合器的排气孔一，在隔离板、多孔板上设置有贯穿孔，进气管插设在贯穿孔内，在进气管内插设有浓硫酸进出管，在顶盖上设置有进气口、浓硫酸进出口、出气口，进气口、浓硫酸进出口、出气口上均设置有开关，进气管与进气口连通，浓硫酸进出管的上端与顶盖上的浓硫酸进出口连接，在隔离板上还设置有出气管，出气管与顶盖上的出气口通过软管连接，筒体、多孔板、隔离板、底板均由耐腐蚀材料制成。

[0008] 在上述的一种利用浓硫酸为干燥剂的臭氧用气体干燥器中，相邻的多孔板之间、多孔板与隔离板之间、多孔板与底板之间设置有分隔管，分隔管套设在进气管外，分隔管上设置有连通进气管内腔与多孔板曝气混合器的排气孔二。

[0009] 在上述的一种利用浓硫酸为干燥剂的臭氧用气体干燥器中，浓硫酸进出口上设置有三通接头，一接口为浓硫酸进出接口、另一接口为机动接口。还一接口为压力测量口，在机动接口上还设置有三通接头。

[0010] 在上述的一种利用浓硫酸为干燥剂的臭氧用气体干燥器中，多孔板上的孔的孔径为 $0.5-2\text{mm}$ 、同心圆环排列，圆环之间间隔 $5-20\text{mm}$ ，每个圆环中的孔每间隔 $5-10\text{mm}$ 设置，相邻的多孔板之间的间隔距离为 $100-200\text{mm}$ 。

[0011] 在上述的一种利用浓硫酸为干燥剂的臭氧用气体干燥器中，所述隔离板与筒体、进气管、出气管之间通过焊接方式固定连接，多孔板与筒体、进气管均通过焊接或紧密连接的方式固定连接。

[0012] 在上述的一种利用浓硫酸为干燥剂的臭氧用气体干燥器中，所述耐腐蚀材料是玻璃或聚四氟或塑料。

[0013] 在上述的一种利用浓硫酸为干燥剂的臭氧用气体干燥器中，所述压力桶的底部设置有换气口，在换气口上设置有开关。

[0014] 在上述的一种利用浓硫酸为干燥剂的臭氧用气体干燥器中，所述压力容器由碳钢或不锈钢制成。

[0015] 在上述的一种利用浓硫酸为干燥剂的臭氧用气体干燥器中，所述压力容器外包设有隔热棉。

[0016] 在上述的一种利用浓硫酸为干燥剂的臭氧用气体干燥器中，所述进气口与空压机之间的管路上设置有冷干机。

[0017] 本发明相比现有技术突出的优点是：

[0018] 本发明的气体干燥器是理论指导下多种容器结构相结合的创新型气体干燥器，分析浓硫酸在外部空压机增压、冷干机冷却降温的基础上，满足作为臭氧用气体干燥剂的条件，设计制造的气体干燥器具备了“瞬时快速吸水、耐腐蚀、耐压力、具二个U型防反冲结构、隔热保温”五项功能，氧气与浓硫酸在曝气混合器内曝气充分均匀混合，扩大接触面积，能

瞬时快速吸收氧气中的水分,氧气变为干燥气体用于制造臭氧。

#### 附图说明:

[0019] 图1是本发明的剖面示意图;

[0020] 图2是图1的A-A剖视图;

[0021] 图3是本发明的顶盖的俯视图。

[0022] 图中:1、压力桶;2、顶盖;3、筒体;4、隔离板;5、底板;6、多孔板;7、进气管;8、浓硫酸进出管;9、进气口;10、浓硫酸进出口;11、出气口;12、开关;13、出气管;14、软管;15、承重圆环;16、隔热棉;17、换气口;18、机动接口;19、压力测量口;20、分隔管;21、紧固法兰。

#### 具体实施方式:

[0023] 下面以具体实施例对本发明作进一步描述,参见图1-3:

[0024] 一种利用浓硫酸为干燥剂的臭氧用气体干燥器,包括压力容器、气液混合器,所述压力容器包括压力桶1及顶盖2,所述气液混合器包括设置在压力桶1内的筒体3,在筒体3内的中上部、下部分别设置有隔离板4、底板5,隔离板4将筒体3分隔为上部的反冲存储器和下部的多孔板曝气混合器,隔离板4上设置有连通反冲存储器、多孔板曝气混合器的出气孔,在多孔板曝气混合器内上下间隔设置有若干多孔板6,在隔离板4、多孔板6上设置有贯穿孔,进气管7插设在贯穿孔内,在进气管7的下端径向设置有与多孔板曝气混合器连通的排气孔一,在进气管7内插设有浓硫酸进出管8,在顶盖2上设置有进气口9、浓硫酸进出口10、出气口11,出气口11、进气口9、浓硫酸进出口10均由开关12控制启闭,进气管7与进气口9连通,浓硫酸进出管8的上端与顶盖2上的浓硫酸进出口10连接,在隔离板4上还设置有出气管13,出气管13通过软管14与顶盖2上的出气口11连接,筒体3、多孔板6、隔离板4、底板5均由耐腐蚀材料制成。

[0025] 本发明的反冲存储器与多孔板曝气混合器通过进气管7连通构成第一个U型防反冲结构,避免浓硫酸可能的泄漏事故,安全可靠。

[0026] 具体地,所述进气管7设置在隔离板4的中部,出气管13位于进气管7的一侧,出气管13通过焊接的方式与隔离板4固定连接。隔离板4与筒体3内壁呈焊接的方式固定连接。多孔板6与筒体3内壁、进气管7呈紧密接触或焊接的方式连接。底板5的底部焊接有承重圆环15,以适应压力桶1底部园弧形不平的问题。也可以通过加厚底板防止因重量导致底板5与筒体3焊接变形破裂。

[0027] 本发明以98%浓硫酸作为初始干燥剂,氧气和浓硫酸在气体干燥器内混合,浓硫酸吸收氧气中的水分,氧气变为干燥气体用于制造臭氧。由于浓硫酸具有强腐蚀性,只能使用耐酸腐蚀材料如聚四氟、塑料、玻璃作为盛放容器,因浓硫酸必须在一定的压力下才能达到要求的脱水能力,而聚四氟、塑料、玻璃容器不耐压,就需要耐压的碳钢或不锈钢外壳作为压力容器配合使用。因碳钢对浓硫酸有特殊的耐腐蚀能力,且碳钢比不锈钢便宜,故压力容器优先采用碳钢材质。

[0028] 同样地,考虑到本发明的液体介质为浓硫酸,气体中的水蒸气溶解到浓硫酸之中,浓硫酸不流动,仅气体流动,故筒体3可以是塑料、聚四氟、玻璃、钛板等耐腐蚀材料;考虑到成本费用和加工难度,以塑料材质加工最为方便、费用最低;玻璃质多孔板加工难度增加;

聚四氟材质多孔板加工方式与塑料类似,但成本增加;钛板可以采取冲孔形式但成本高。筒体3、多孔板6的材质可以是玻璃、聚四氟、塑料等耐腐蚀材料,以筒体3、多孔板6均为塑料PP材质为例,对于多孔板6的孔径孔距问题,孔径0.5-2mm、孔距为6倍孔径均在适应范围内,但受浓硫酸比重、粘度、打孔方式影响,孔径优先采用1mm比较合适;孔距则受打孔方式制约,如果模块化加热压铸,当以不锈钢板的机械冲孔方式排列,孔距为2倍孔径;如果采用人工打孔,则以同心圆环排列,圆环间隔5-20mm,在圆环中每间隔5-10mm打孔。如采用0.5mm、0.6mm、0.7mm钻头,实际人工打孔时钻头容易折断,故以1mm钻头打孔比较合适。筒体3的顶部密封仅有进气管7、出气管13,在气与酸混合曝气接触之后,尽可能使酸留在筒体3内,气连接到压力容器上;筒体3内放置多孔板6;多孔板6之间的间隔距离,经验值为100-200mm,实际试验比较后更合适。本发明在隔板4与位于最上端的多孔板6之间,底板5与位于最下端的多孔板6之间,及多孔板6与多孔板6之间设置有分隔管20,避免与筒体3内壁和进气管7呈紧密接触的多孔板6松动叠加,进气管7及浓硫酸进出管8均从分隔管20内穿过。由上述数据可知,分隔管20长度在100-200mm。同样地,在分隔管20上径向设置有连通进气管7及多孔板曝气混合器的排气孔二。

[0029] 进一步地,硫酸是由三氧化硫溶解于水生成,在静态和室温条件下,是不易挥发、稳定性强的无机酸,不同于盐酸和硝酸的易挥发,但在曝气状态、 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 的浓硫酸,将有较多的三氧化硫气体硫酸雾逃逸,此时的曝气气体具有恶臭,尤其是气体经过空压机压缩时,气体温度可以达到 $54^{\circ}\text{C}$ ,更不适合用于臭氧用干燥气体。因此,必须将浓硫酸和气体同步冷却降温。气体中的水蒸汽分压多与少,直接与气体温度正相关。故对压缩气体和浓硫酸采取冷却降温措施,不仅能降低三氧化硫硫酸雾的挥发污染,而且能大大降低水蒸气的带入量,延长干燥剂的使用周期,使浓硫酸作为干燥剂变得方便实用。因此,为了实现浓硫酸和气体同步冷却降温,本发明的进气口9与空压机之间的管路上还设置有冷干机。冷干机对压力气体进行冷却,冷却后的压力气体同时也能实现对浓硫酸的冷却。压力和温度的调节由外部的空压机和冷干机控制。

[0030] 进一步地,碳钢或不锈钢也是热的良导体,在外部温度较高的夏天或其它因素导致环境温度升高时,容易将冷干机冷却后的压力气体加热到环境温度,因此,需要在压力容器外表包裹隔热棉16,阻止酸和气体温度升高,减少酸的挥发和气体的水蒸气分压。如:本实施例的压力容器要求耐压1.0MPa碳钢材料,耐浓硫酸腐蚀,中部园筒状。耐压检查密封效果后,在压力容器1外表面包裹隔热棉16,再套上外包装。

[0031] 当然,当浓硫酸在曝气状态、 $< 25^{\circ}\text{C}$ 的环境下,可以不使用冷干机与隔热棉。

[0032] 进一步地,本发明所述压力桶1为园筒状,顶盖2与压力桶1通过紧固法兰21固定连接。本发明的压力桶1的底部还设置有换气口17,在换气口17上设置有开关12。

[0033] 另外,本发明顶盖2上的进气口9、浓硫酸进出口10、出气口11也是通过法兰与顶盖2固定连接,法兰包括有两法兰片,其中一法兰片直接固定在顶盖2上,另一法兰片上具有不同的部件。进气口9的法兰外侧连接耐腐蚀开关,内侧连接耐腐蚀短管,减小或避免金属部件与浓硫酸接触;出气口11的法兰外侧连接耐腐蚀开关,内侧连接软管14,软管14与反冲存储器中的出气管13连接,方便压力桶1与顶盖2的拆卸;浓硫酸进出口10的法兰内侧与浓硫酸进出管8连接,法兰外侧先连接三通,接口之一为浓硫酸进出口10接口,该接口连接耐腐蚀开关,一接口为压力测量口19上设置开关12,开关12上再设置压力计和压力安全阀。另

一接口与机动接口18三通上的任一开关连接。正常运行时,浓硫酸进出口10的开关12关闭,与连接到机动测量口18的开关12之一打开,保持压力平衡,一旦浓硫酸进出口10的开关12漏气,也可预防反冲泄漏,构成第二个U型防反冲结构。

[0034] 进一步,在机动接口18上再设置三通接头,设置二个开关,一个开关用于机动测量、负压抽取浓硫酸、机动放气;另一个开关与浓硫酸进出口的法兰外侧三通接口连接,该开关打开时,浓硫酸进出管8上端与反冲存储器保持压力平衡,则浓硫酸进出管8与反冲存储器之间构成第二个U型防反冲结构,设备运行期间,避免不小心打开浓硫酸进出口10法兰上方开关时,浓硫酸不会喷射而出,安全可靠。

[0035] 本发明的工作原理分析:

[0036] 本发明一种浓硫酸为干燥剂的臭氧用气体干燥器,对气体进行干燥后生产臭氧,其工作原理分析如下:

[0037] 一、浓硫酸吸水干燥能力的分析

[0038] 众所周知,浓硫酸、五氧化二磷、高氯酸镁均具有极强的吸水能力,那有哪些具体数据证明能达到 $\leq -60^{\circ}\text{C}$ 的露点温度呢?根据已知的书本数据,1大气压101325Pa、 $25^{\circ}\text{C}$ 时1L空气中残留的水重,100%浓硫酸为 $3 \times 10^{-3}\text{mg}$ ,95%浓硫酸为0.3mg,五氧化二磷为 $2 \times 10^{-5}\text{mg}$ ,高氯酸镁为 $5 \times 10^{-4}\text{mg}$ 。

[0039] 五氧化二磷、高氯酸镁、95%浓硫酸计算结果见表1:

干燥剂名称	(mg)	水蒸气体积 ( $\text{L} \times 10^{-6}$ )	水蒸气分压(Pa)	露点温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )
$\text{P}_2\text{O}_5$	$2 \times 10^{-5}$	0.0228	0.00231	-97
$\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$	$5 \times 10^{-4}$	0.57	0.0577	-79
100% $\text{H}_2\text{SO}_4$	$3 \times 10^{-3}$	3.42	0.346	-68
95% $\text{H}_2\text{SO}_4$	0.3	342	34.6	-31

[0040] [0041] 根据物理学知识,在 $0^{\circ}\text{C}$ 的水蒸气气体,1mol=18g=22.4L,则 $3 \times 10^{-3}\text{mg} = 3 \times 10^{-6}\text{g} = 3 \div 18 \times 10^{-6}\text{mol} = 3 \div 18 \times 22.4 \times 10^{-6}\text{L} = 3.73 \times 10^{-6}\text{L}$ ,1L空气从 $25^{\circ}\text{C}$ 换算到 $0^{\circ}\text{C}$ ,根据 $V_1 \times T_2 = V_2 \times T_1$ , $V_0 = V_{25} \times 273 \div 298 = 0.916V_{25} = 0.916\text{L}$ ,则 $25^{\circ}\text{C}$ 时1L空气中残留的水重,100%浓硫酸为 $3 \times 10^{-3}\text{mg}$ 相当于 $0^{\circ}\text{C}$ 的水蒸气体积为 $3.73 \times 0.916 \times 10^{-6}\text{L} = 3.42 \times 10^{-6}\text{L}$ ,相当于 $3.42 \times 101325 \times 10^{-6} = 0.346\text{Pa}$ 水蒸气分压,相当于 $-68^{\circ}\text{C}$ 的露点温度。

[0042] 从表1中可以看出,五氧化二磷、无水的高氯酸镁粉末吸水能力均比浓硫酸强,露点温度更低,从理论上五氧化二磷、无水的高氯酸镁粉末更适合作为吸水干燥剂,但高氯酸镁粉末具有氧化性和剧毒,加热再生和更换比较危险和困难,而五氧化二磷吸水后变为磷酸,不可再生,存在成本问题,故五氧化二磷、无水的高氯酸镁粉末作为微量水气吸收干燥剂比较合适。液体的硫酸更换和脱水再生比较方便,故吸水以浓硫酸为主,不同浓度的浓硫酸有不同的吸水能力,多级串联使用,就能达到所需要的干燥度。如果浓硫酸吸水后需要更干燥的气体,再连接五氧化二磷粉末进一步吸水才有价值。但100%浓硫酸无法通过加热再生获得,一般为98%浓硫酸,在常压下,存在露点不易达到 $-60^{\circ}\text{C}$ 问题。

[0043] 二、增加压力能降低露点温度、阻止酸气挥发

[0044] 根据表1数据,常压下100%浓硫酸的露点温度为 $-68^{\circ}\text{C}$ ,但常用的浓硫酸质量分数为98.3%,密度为 $1.84\text{g}/\text{cm}^3$ ,浓度为 $18.4\text{mol}/\text{L}$ ,沸点为 $338^{\circ}\text{C}$ ,95%硫酸的露点温度仅 $-31^{\circ}\text{C}$ ,加热再生不可能达到100%,最高浓度为98.3%,采用 $\leq 98.3\%$ 浓硫酸吸水,则不易达到 $-60^{\circ}\text{C}$ 的露点温度;另外,98.3%浓度时,三氧化硫接近动态平衡,浓硫酸在曝气时会有少量的三氧化硫气体逃逸形成酸雾,作为臭氧机用的干燥干净气体,不能含有腐蚀性强的酸雾或酸性气体。

[0045] 故常压下,浓硫酸不适合作为 $-60^{\circ}\text{C}$ 的露点温度臭氧用气体干燥剂。

[0046] 根据现有的压力与露点温度之间的关系图,在 $0.3\text{--}0.7\text{MPa}$ 压力下露点温度与正常大气压的露点温度大略关系如表2:

[0047] 根据表2数据,随着气压的增加,压力露点温度与常压露点温度差距不断增加,如 $0\text{MPa}$ 露点温度 $-60^{\circ}\text{C}$ 时,压力从 $0.3\text{MPa}$ 升到 $1.0\text{MPa}$ ,露点温度差 $\Delta t$ 从 $11^{\circ}\text{C}$ 升到 $20^{\circ}\text{C}$ ,其余类推;相同压力下,露点温度从低温到高温,压力露点温度与常压露点温度差距也不断增加,如 $0.7\text{MPa}$ 时, $0\text{MPa}$ 露点温度从 $-70^{\circ}\text{C}$ 升到 $10^{\circ}\text{C}$ 时,露点温度差 $\Delta t$ 从 $15^{\circ}\text{C}$ 升到 $32^{\circ}\text{C}$ ,由此可见,压力对温度比较高的气体脱水效果更好;压力在 $0.7\text{MPa}$ 时,仪器测量到约98%硫酸的露点温度达到 $-75^{\circ}\text{C}$ 。另外,气压增加,三氧化硫分解逃逸的量不断减小,压力在 $0.7\text{MPa}$ 时,曝气流出的气体用鼻子闻也能承受。

表 2 (据海川露点图资料估算的压力露点温度 $^{\circ}\text{C}$ )及温度与水蒸气分压 Pa 对应数据

0.3MPa, $^{\circ}\text{C}$	-60	-49	-38	-27	-15	-4	8	18	31	42	53
0.5MPa, $^{\circ}\text{C}$	-56	-44	-33	-22	-9	2	14	25	37	49	
[0048] 0.7MPa, $^{\circ}\text{C}$	-55	-43	-31	-19	-6	6	18	30	42	54	
1.0MPa, $^{\circ}\text{C}$	-52	-40	-27	-15	-2	10	23	35	48		
0MPa, $^{\circ}\text{C}$	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30
0MPa 水分压 Pa	0.26	1.08	3.95	12.9	38.1	102	260	610	1228	2339	4246

[0049] 增压压力能使98%的浓硫酸既达到 $-60^{\circ}\text{C}$ 的露点温度,还能消除三氧化硫挥发问题,满足作为臭氧用气体干燥剂的条件。

[0050] 三、冷却降温能降低露点温度、酸气挥发、延长使用周期

[0051] 硫酸是由三氧化硫溶解于水生成,在静态和室温条件下,是不易挥发、稳定性强的无机酸,不同于盐酸和硝酸的易挥发,但在常压、 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 曝气状态下的浓硫酸,动态平衡被打破,将有较多的三氧化硫气体逃逸生成硫酸雾,此时的曝气气体具有恶臭,尤其气体经过空压机压缩时,气体温度可以达到 $54^{\circ}\text{C}$ ,将释放出更多的三氧化硫气体。不仅通过增加压力能降低露点温度和三氧化硫的挥发,通过直接冷却降温,也能降低露点温度和三氧化硫的挥发,更能直接降低水蒸气分压。

[0052] 根据表2中压力、温度与 $0\text{MPa}$ 下水蒸气分压Pa的数据,如果仅有压力无冷却装置,在 $0.7\text{MPa}$ 时,当夏天 $30^{\circ}\text{C}$ 气体压缩后升高到 $54^{\circ}\text{C}$ ,露点温度为 $20^{\circ}\text{C}$ ,水蒸气分压 $2339\text{Pa}$ ,如自然散热降低为气温的 $30^{\circ}\text{C}$ ,则露点温度为 $0^{\circ}\text{C}$ ,水蒸气分压 $610\text{Pa}$ ,当采取冷却降温措施后气温降低到 $18^{\circ}\text{C}$ ,则露点温度为 $-10^{\circ}\text{C}$ ,水蒸气分压为 $260\text{Pa}$ ,继续冷却气温降低到 $6^{\circ}\text{C}$ ,则露点温度为 $-20^{\circ}\text{C}$ ,水蒸气分压为 $102\text{Pa}$ 。运转时间相同时, $54^{\circ}\text{C}$ 与 $6^{\circ}\text{C}$ 压缩后的水蒸气带入量

相差约23倍;自然冷却30℃与冷却降温6℃相比,水蒸气带入量相差约6倍。故30℃夏天采取降温与不降温,水蒸气带入量至少相差约6倍,如1个月更换1次难以忍受,那么6个月更换1次干燥剂就能被企业接受。

[0053] 故对压缩气体和浓硫酸采取冷却降温措施,不仅能降低三氧化硫硫酸雾的挥发污染,而且能大大降低露点温度,更能减小水蒸气的带入量,延长干燥剂的使用周期,使浓硫酸作为干燥剂变得方便实用。

[0054] 四、U型管防反冲原理的应用

[0055] 单个的用于分散水中气泡的多孔板增氧装置在压力稳定的单向气体流动过程中能够正常运行,但在运行和暂停过程中,往往由于管路漏气或其它原因导致反方向流动,液体是水时,对人没有什么危害,对仪器设备可能造成损害;当液体是浓硫酸时,一旦反方向流动,对人和仪器设备均造成损害,导致不该发生的事故,故必须考虑气体在正反流动方向都不能有浓硫酸泄漏。试验中发生多次事故,直到想到了U型管防反冲原理,应用到干燥器中,能够圆满解决反冲腐蚀与泄漏问题,但不是两个直径相同的容器并列底部联通,而是反冲存储器与曝气混合器通过进气管连接,达到防止浓硫酸反冲腐蚀与泄漏的目的。

[0056] 本发明的浓硫酸进出口、浓硫酸进出管、进气管、反冲存储器、浓硫酸进出口和机动出口连接开关,构成了U型管防反冲结构。

[0057] 进气时,浓硫酸进入曝气混合器内,反冲时浓硫酸进入反冲存储器内,反冲存储器体积略大于浓硫酸吸水后的体积,一旦气体反方向流动也不会外泄,避免仅有多孔板增氧装置可能造成的泄漏事故。

[0058] 五、耐腐蚀容器和耐压容器并用

[0059] 由于浓硫酸具有强腐蚀性,与浓硫酸接触的容器只能使用耐酸腐蚀材料制造如聚四氟、塑料、玻璃作为盛放容器,因浓硫酸必须在一定的压力下才能达到要求的吸水能力,而聚四氟、塑料、玻璃容器耐压强度差,就需要耐压的碳钢或不锈钢外壳等作为耐压容器配合使用,因碳钢对浓硫酸有特殊的耐腐蚀能力,且碳钢比不锈钢便宜,故外壳优先采用碳钢材质。

[0060] 六、多孔板增氧装置技术的应用

[0061] 尽管对浓硫酸采取了增压降温措施,使用了耐腐蚀容器和耐压容器,其目的在于为浓硫酸快速吸收气体中的水分创造条件,传统的曝气技术不足于快速和高效地吸收水分,“用于分散水中气泡的多孔板增氧装置”发明专利技术就能弥补气液混合不均匀缺陷,引用发明专利的思路和主要制造结构,使浓硫酸与流动的气体曝气充分混合,扩大接触面积,能瞬时吸收气体中的大部分水分,达到干燥气体的目的,多孔板增氧装置应用到这里,称为气液混合器,是该气体干燥器的核心装置。

[0062] 七浓硫酸吸水规律性分析

[0063] 根据现有的公共数据,分别收集不同浓度下浓硫酸的比重和mol浓度,计算浓硫酸浓度每下降2%,计算吸水后总重量,得到吸水总量,2%浓度差吸水增加量,总结其规律性,计算结果见表3。

表3 1L98%浓硫酸含 1797.8g 硫酸浓度下降 2%的变化规律

浓度 %	98	96	94	92	90	88	86	84
比重 g/cm <sup>3</sup>	1.8361	1.8355	1.8312	1.8240	1.8144	1.8022	1.7872	1.7693
当量浓度 mol/L	18.345	17.965	17.55	17.11	16.65	16.17	15.62	15.155
体积 L	1	1.021	1.045	1.072	1.102	1.134	1.174	1.210
总重量 g	1836.1	1874.3	1914.2	1955.6	1999.1	2044.6	2099.0	2141.7
水的重量 g	38.3	76.5	116.4	157.8	201.3	246.8	301.2	343.9
水的增加重量 g		38.2	78.1	119.6	163	208.5	263	305.6
2%浓度差 吸水增加量 g		38.2	39.9	41.5	43.4	45.5	54.5	42.6
25℃常压下露点温度	-53.2	-38.4	-23.6	-8.8	6	20.8		
0.7MPa 露点温度	-73	-60	-40	-30	-20	-10		

[0064]

[0065] 根据表3数据,在100%-88%浓度区间,发现浓硫酸浓度每下降2%,水分增加重量在38.2克基础上缓慢增加,增加量在1.6-2.1之间,但88%与86%吸水增加量相差9克,86%与84%又减小11.9克,86%出现突变拐点,总体上,浓硫酸浓度与吸水量、露点温度成直线线性变化规律。这一规律,有利于干燥器多个串联,梯度近似平均增加,从98%开始可以一直下降到88%浓度再加热再生,比单个使用时间延长约5倍,如延伸到84%,则时间延长约8倍,也有利于减小更换频次,减小工作量,节约再生电耗。结合表2数据,在适当的环境温度下,压缩空气冷却到室温后,尤其在气体流动速度较快时,冷却效果变差电耗增加时,可以停用冷干机,直接进入浓硫酸干燥器内吸水干燥。

[0066] 八、干燥器各要素之间的比例关系

[0067] 本发明根据具体的气体流量,假设经过臭氧发生器的气体流量为1m<sup>3</sup>/h,气体流过多孔板曝气混合器内多孔板的流速0.5m/s为例,多孔板孔径1mm,粗略计算多孔板孔数量、根据打孔规则确定多孔板直径,再确定园筒直径和长度,再选择压力容器的直径范围和高度,各部件计算结果如下:

[0068] 1、多孔板6的孔数量要求

[0069] 孔径0.5-2mm均在适应范围内,现以人工打孔为例,这里选择1mm孔径,1个孔的面积为 $7.85 \times 10^{-7} \text{m}^2$ ,需要孔的有效横截面积为 $1 \div 3600 \div 0.5 = 5.555 \times 10^{-4} \text{m}^2$ ,则一张多孔板上所需要的孔数量为 $5.555 \times 10^{-4} \text{m}^2 \div 7.85 \times 10^{-7} \text{m}^2 = 707$ 个。

[0070] 2、多孔板6和筒体1大小

[0071] 曝气孔排列方式有直线和圆环排列方式,在塑料板上,按照圆环方式排列时,孔距按照圆周长5mm、圆环间隔10mm规则打孔,从直径60mm圆环上开始,第一圈 $3.14 \times 60 / 5 = 37$ 取36,第二圈 $3.14 \times 80 / 5 = 50$ ,第三圈 $3.14 \times 100 / 5 = 62.8$ 取60,依此类推,在直径220mm圆环上打孔, $3.14 \times 220 / 5 = 138$ 取136,共9圈,共782孔 $> 707$ ,满足要求,边上空10mm,则多孔板直径至少240mm,塑料管现有规格有直径250mm,壁厚4.5mm,其内径241mm,刚好与多孔板直径240mm匹配,即园筒采用直径250mm、壁厚4.5mm塑料管;

[0072] 也可以继续打孔,直到在直径280mm圆环上打孔, $3.14 \times 280 / 5 = 176$ 孔,共12圈,1268孔,边上空10mm,则多孔板直径至少300mm,塑料管现有规格有直径315mm,壁厚4.5mm,其内径306mm,则多孔板直径可以选择305mm匹配。即多孔板直径305mm,园筒采用直径315mm,壁厚4.5mm塑料管。见表4

[0073]

直径 mm	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280
孔数	36	50	60	75	88	100	112	125	136	150	160	176
累计孔		86	146	221	309	409	521	646	782	932	1092	1268

[0074] 3、压力容器直径的确定

[0075] 压力容器压力桶的内壁并不是一个理想的圆,当园筒内嵌于压力桶的内壁时,多孔板与园筒不能紧密接触,故气液混合器必须独立放置于压力桶内,且留有空隙,一般压力桶的内径要大于塑料园筒外径20mm,便于塑料园筒放置于压力桶内。当园筒外径250mm,压力桶外径取300mm,园筒外径315mm,压力桶外径取350mm相匹配。

[0076] 4、反冲存储器与多孔板曝气混合器体积比例问题

[0077] 根据试验经验,浓硫酸加入量以占曝气混合器筒体有效高度的1/3为合适高度,曝气后气液混合高度占2/3,剩余1/3高度为气液分离空间,反冲存储器高度,考虑到98%到86%浓硫酸吸水后有17.4%体积增加,另考虑反冲时震荡外溢的安全高度,占浓硫酸高度1.2倍考虑,故如果筒体有效高度为42,反冲存储器高度为12,曝气混合器高度为30,另考虑隔板、多孔板和底板所占高度,即为筒体总长度,压力容器的高度要大于筒体总长度。

[0078] 上述实施例仅为本发明的较佳实施例之一,并非以此限制本发明的实施范围,故:凡依本发明的形状、结构、原理所做的等效变化,均应涵盖于本发明的保护范围之内。

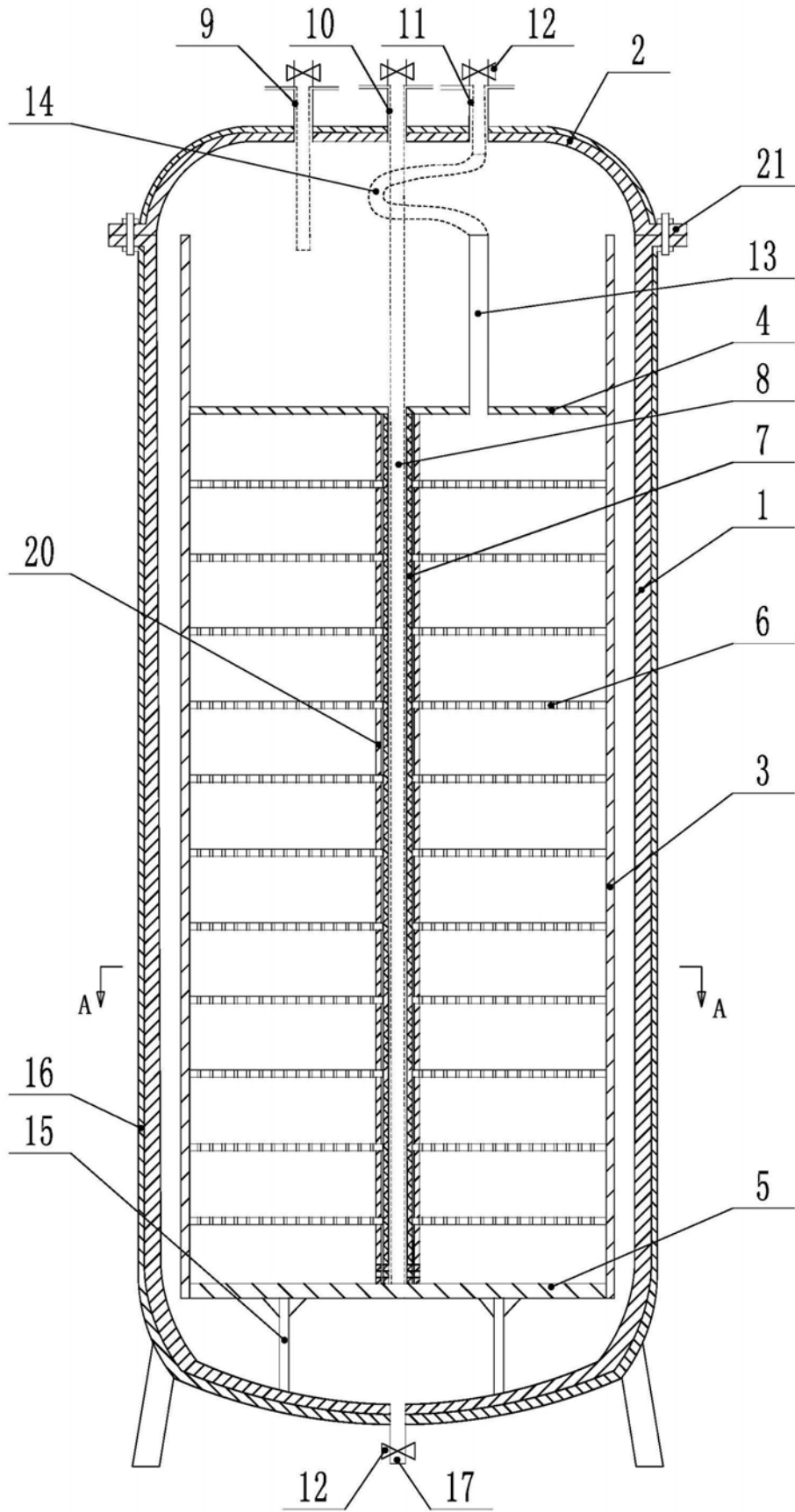


图1

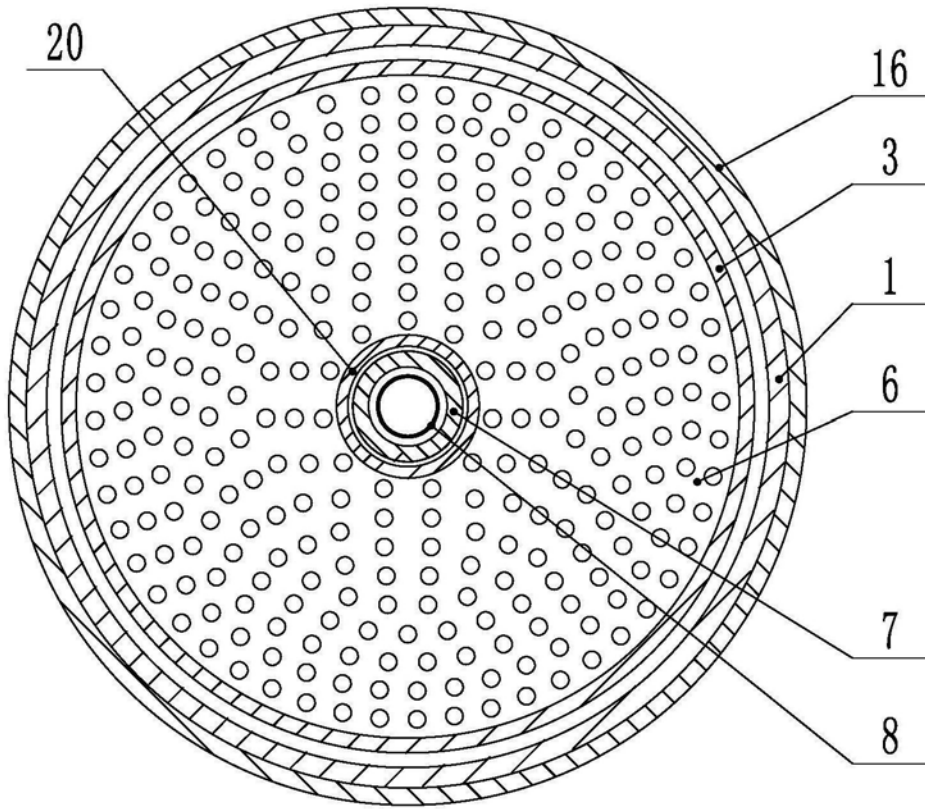


图2

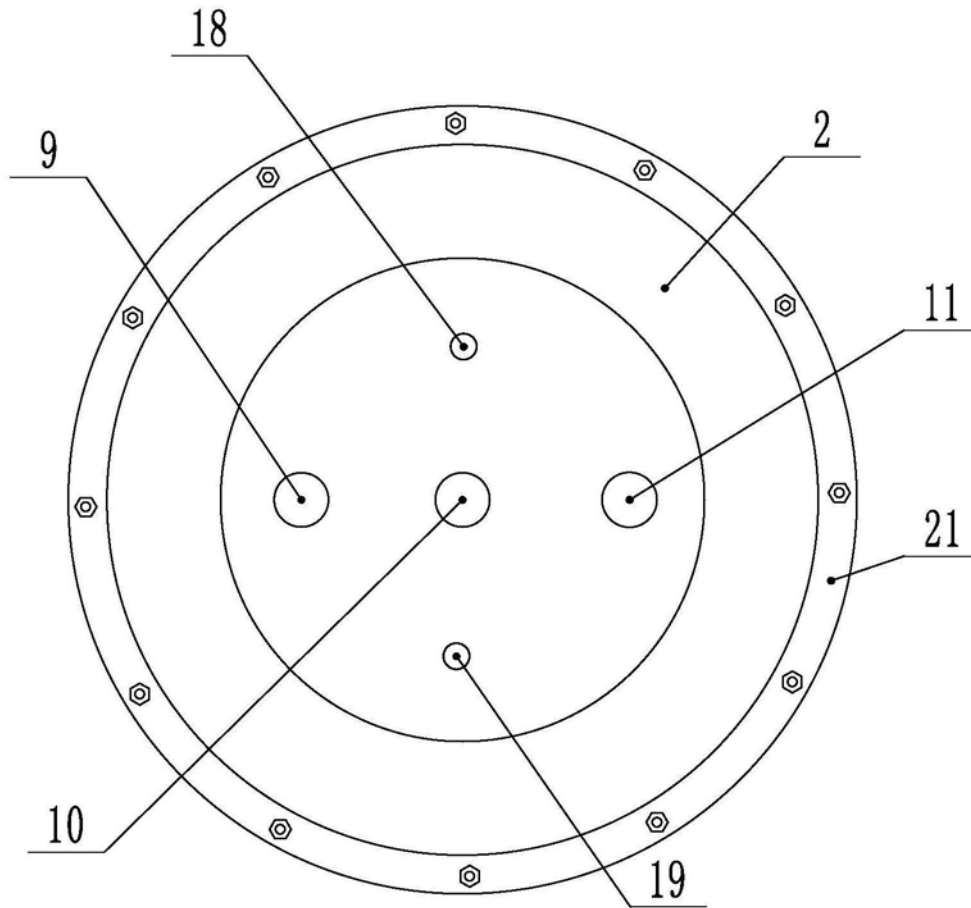


图3