



# (12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 206950990 U

(45)授权公告日 2018.02.02

(21)申请号 201720806639.8

(22)申请日 2017.07.05

(73)专利权人 北京华钛高科科技有限公司

地址 100195 北京市海淀区闵庄路3号玉泉  
慧谷16号楼210室

(72)发明人 李宇展 于丽 王朋 王凌珉  
王华 范江峰

(74)专利代理机构 北京方安思达知识产权代理  
有限公司 11472

代理人 陈琳琳 李彪

(51)Int.Cl.

B01D 53/86(2006.01)

B01D 53/44(2006.01)

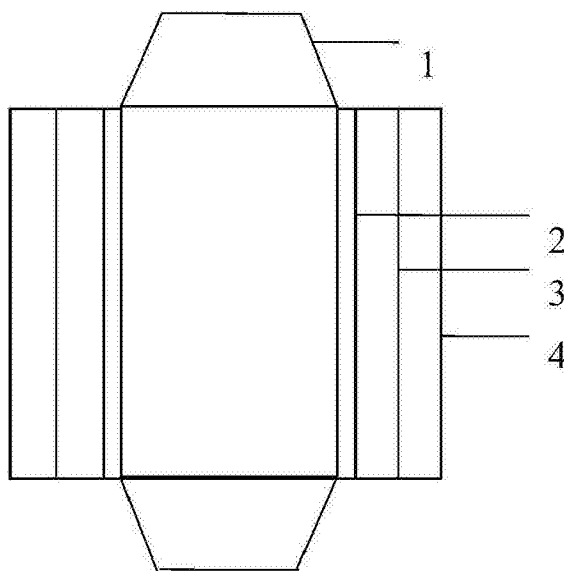
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

## (54)实用新型名称

一种光催化反应器和工业废气处理装置

## (57)摘要

本实用新型公开了一种新型的光催化反应器,包括分气锥、光催化复合材料、灯架和紫外灯,所述分气锥、光催化复合材料和灯架按照从内至外的顺序依次设置,所述分气锥设置于所述光催化反应器的中心,所述光催化复合材料为基底上负载有光催化剂的复合涂层结构,所述紫外灯安装于灯架上;光催化反应器的进气口和排气口设置在分气锥的两端,光催化反应器的壳体和分气锥之间的空间为气体流动通道。本实用新型还公开了一种工业废气处理装置,所述工业废气处理装置含有光催化反应器。本实用新型可将工业废气中的多种废气同时处理掉,并且处理效果好,可达到完全降解,同时也可将废气中的异味除掉。



1. 一种光催化反应器,包括分气锥、光催化复合材料、灯架和紫外灯,其特征在于:

所述分气锥、光催化复合材料和灯架按照从内至外的顺序依次设置,所述分气锥设置于所述光催化反应器的中心,所述光催化复合材料为基底上负载有光催化剂的复合涂层结构,所述紫外灯安装于灯架上;

光催化反应器的进气口和排气口设置在分气锥的两端,光催化反应器的壳体和分气锥之间的空间为气体流动通道。

2. 根据权利要求1所述的光催化反应器,其特征在于:分气锥的两头呈圆锥、圆台或菱锥状,中间为圆柱状。

3. 根据权利要求1所述的光催化反应器,其特征在于:所述分气锥与光催化复合材料的内壁距离在0.5-5.0cm之间。

4. 根据权利要求1所述的光催化反应器,其特征在于:所述灯架设置在光催化复合材料的外边,其与光催化复合材料之间的距离在3.0-10.0cm之间。

5. 根据权利要求1所述的光催化反应器,其特征在于:所述紫外灯为254nm的紫外灯,紫外灯平行设置在灯架上,且与固定紫外灯的灯架垂直。

6. 根据权利要求1所述的光催化反应器,其特征在于:所述光催化复合材料中的光催化剂为二氧化钛,所述基底为泡沫镍、泡沫铜、玻璃纤维毡或玻璃纤维布。

7. 根据权利要求1所述的光催化反应器,其特征在于:所述光催化反应器还包括一水蒸气进口,所述水蒸气进口设置于进气口的前端。

8. 一种工业废气处理装置,其特征在于,所述工业废气处理装置含有权利要求1-7任一所述的光催化反应器。

## 一种光催化反应器和工业废气处理装置

### 技术领域

[0001] 本实用新型属于工业有机废气处理领域,具体涉及一种工业有机废气光催化反应器和工业废气处理装置。

### 背景技术

[0002] 我国环境问题十分突出,严重制约着国家经济的发展和人们生活水平的提高,其中工业有机废气对环境污染非常严重,该类污染物具有排放量大、污染面广和难降解等特点,对有机废气的污染控制一直是环境保护领域的重要研究课题。

[0003] VOCs是可挥发性有机物的统称,主要包括非甲烷总烃(烷烃、烯烃、炔烃、芳香烃)、含氧有机化合物(醛类、酮类、酯类、醇类、酚类、胺类、腈(氰)类等有机化合物,其中工业排放量最大的物质为三苯类(苯、甲苯、二甲苯)和卤代烃类,三苯类物质和卤代烃同时也是高毒性的物质。工业有机废气污染,涉及到众多行业,包括石油化工、制药、涂装、印染、制药、包装、印刷、电子、家具、制鞋等行业。

[0004] 有机废气种类极其繁多,目前已鉴定出的有300多种,有机工业废气会对人体健康和环境造成危害,在紫外线照射下有机废气与大气中的NO<sub>x</sub>发生光化学反应,产生O<sub>3</sub>等二次污染物;同时,有机废气与大气中的颗粒物作用还会形成二次有机气溶胶,因此VOCs严重威胁着人体健康及环境的可持续发展。VOCs排放来自石油化工、涂装、印刷等行业,由于原料、工艺的不同,这些行业的VOCs排放特点也大相径庭,因此VOCs治理一直以来都是我国在大气污染防治方面的重点和难点。

[0005] 近年来,我国各级政府就VOCs的污染治理和减排都采用了不同的措施,其中效果比较为显著的有广州市、上海市、重庆市等。

[0006] 目前在国际国内针对工业废气处理方法主要有物理法、化学法、生物法,包括吸附、直接燃烧、催化燃烧、化学氧化、生物滤池等处理手段,现阶段我国目前针对有机废气处理工艺主要有:高温燃烧法、吸收法、低温等离子催化氧化法、吸附法等。

[0007] 高温燃烧法是利用高温加热的方法,将有机废气直接燃烧处理,以达到废气净化的目的;其优点是净化效率高,可达95%以上;而缺点是需要大量热能,也易在高温下生成NO<sub>x</sub>等造成二次污染。

[0008] 废气处理吸收法是利用吸收液与废气相互接触,使废气中的有害物质溶入吸收液中,从而使废气得以净化;其优点是投资小,运行费用低,操作简单;而其缺点是处理效率低、不稳定、净化效率不高,约为50%,难以达到相关环保要求,适合低浓度有机废气,会有二次污染。

[0009] 低温等离子催化氧化法是等离子体中的大量活性电子、离子、激发态粒子和光子等与气体分子碰撞,产生大量的强氧化性的自由基O·、OH·、HO<sub>2</sub>和氧化性很强的O<sub>3</sub>;有机物分子受到高能电子碰撞,被激发及原子键断裂而形成小碎片基团或原子;O·、OH·、HO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>等与激发原子、有机物分子、基团、自由基等反应,最终使有机物分子氧化降解为CO<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>O;其优点是广泛适用性,适合于处理低浓度的有害气体,以及操作简单;其缺点是单独

的低温等离子体技术在处理有害气体时还是有其欠缺的地方,如不能完全彻底地把有害气体转化为无害气体,副产物较多;且在氧等离子体下产生大量的臭氧,臭氧浓度控制不当,会引起人们的健康问题;能耗较高;脱除效率较低等。

[0010] 吸附法是利用多孔性的活性炭、硅藻土、无烟煤等分子级的大表面剩余能,将有机气体分子吸附到其表面,从而净化。其优点是处理效率高(活性炭吸附可达99%以上),适用广泛,操作简单,投资费用低,运行费用相对较低;而其缺点是系统风压损失大,吸附剂的饱和点难掌握,吸附剂容量有限;以活性炭等吸附材料为基础的吸附净化方式,又涉及到吸附材料吸附饱和后的活化处理以及容易引起二次污染等问题。

[0011] 由于不同企业所排放的VOCs成分、浓度、烟气温度等存在较大差异且波动范围大,导致现有的绝大多数VOCs处理技术和设备的处理效果不佳,难以达到国家排放标准的最低要求,限制了推广使用。而光催化技术因具有占地面积小、应用范围广、运行成本低、设计投资少、不产生二次污染等优势而成为极有潜力的VOCs处理技术。

[0012] 以纳米二氧化钛光触媒为例,结合最新技术使光触媒以最小的颗粒均匀附着在不同物质表面,以紫外光为能源,激发价带上的电子( $e^-$ )跃迁到导带,在价带上产生相应的空穴( $h^+$ ),生成具有极强氧化作用的超氧负离子和羟基自由基,可将甲醛、甲胺、苯、二甲苯、TVOC等有害有机物、污染物、臭气等氧化分解成无害的 $CO_2$ 和  $H_2O$ ,达到净化空气、分解有害有机物的目的。

[0013] 光催化剂具有除异味功能,光催化剂在光照下一直释放自由基,从而实现全方位除异味;光催化剂过滤网能对臭味物质氧化分解,而自身不发生变化,具有长期活性。通常光催化在工业有机废气降解应用时,是将二氧化钛光催化剂负载在一定的基底上。负载到基底上的光催化剂的光催化性能除了受光催化剂本身的特性外,还跟传质有关,因为光催化反应发生在气-固的界面上。虽然气体反应物的种类、浓度、温度、湿度、光催化剂的比表面积等会影响光催化反应效率,但是反应的比表面积以及在体系中的传质过程也是特别重要的。因此,对于有效的对工业废气的光催化来说,反应器的设计是至关重要的。

[0014] 通常情况下,分解有机物、除臭是光催化剂的主要应用方面。许多科研单位和高科技公司已经努力致力于高效光催化工业废气净化的研发。光催化净化工业废气有以下几种形式。板式的光催化反应是紫外光直接照射到光催化板上,该种光催化反应的瓶颈是虽然具有较大的对流传质效率和反应速率,但是反应比表面积比较小,使得光催化反应的结果比较差;对于使用蜂窝状光催化材料的光催化反应器来说,UV灯放置在平行于蜂窝体的两侧,结果是该类型的光催化反应器具有低反应效率,即使光催化材料的比表面积和对流传质是大的。甚至有人在设计蜂窝状反应器时,使用之字形的设计去改善光催化降解效率。以上几种情况均不太理想。

### 实用新型内容

[0015] 本实用新型的一个目的是提高光催化反应在实际工业有机废气中的降解效率,为此本实用新型提供了一种新型的光催化反应器。

[0016] 为此,本实用新型提供了一种具备高比表面积的反应器,其具备支撑比较小的通道和低的空气流动速度,并可以实现大量传质,并且UV光源直接激发到反应表面上。

[0017] 本实用新型提供的用于有机废气处理的光催化反应器包括分气锥、光催化复合材

料、灯架和紫外灯,所述分气锥、光催化复合材料和灯架按照从内至外的顺序依次设置,所述分气锥设置于所述光催化反应器的中心,所述光催化复合材料为基底上负载有光催化剂的复合涂层结构,所述灯架上设置有紫外灯的安装孔;

[0018] 光催化反应器的进气口和排气口设置在分气锥的两端,光催化反应器的壳体和分气锥之间的空间为气体流动通道。

[0019] 作为上述光催化反应器一种更好的选择,分气锥的两头呈圆锥、圆台或菱锥状,中间为圆柱状。

[0020] 作为上述光催化反应器一种更好的选择,所述分气锥与光催化复合材料的内壁距离在0.5-5.0cm之间。

[0021] 作为上述光催化反应器一种更好的选择,所述灯架设置在光催化复合材料的外边,其与光催化材料之间的距离在3.0-10.0cm之间。

[0022] 作为上述光催化反应器一种更好的选择,所述紫外灯为254nm的紫外灯,紫外灯平行设置在灯架上,且与固定紫外灯的灯架垂直。

[0023] 在本实用新型的一个实施例内,光催化反应器包括分气锥、光催化复合材料、灯架和外壳。分气锥在反应器的最中心,其外层是光催化剂与基底的复合材料,分气锥与光催化复合材料的内壁距离在0.5-5.0cm之间,并可以根据风量、风速等具体情况进行调整。在光催化复合材料的中心设置分气锥,目的在于使进入反应器的有机废气均匀分散在光催化复合材料的表面,充分与光催化剂接触,提高光催化剂对有机气体的降解效率,并有效避免有机气体扩散到腔体的各个部分,使得有机气体因扩散距离短而不能与光催化剂充分接触,光催化剂在光照条件下产生的羟基自由基和超氧负离子的利用率低。灯架设置在光催化复合材料的外边,其与光催化复合材料之间的距离在3.0-10.0cm之间,灯架中的小圆形为固定紫外灯的卡头。根据实际情况,在灯架上可设置不同长度、不同功率、不同数量的紫外灯。本实用新型使用的紫外灯为 254nm的紫外灯,通常情况下,紫外灯平行设置在灯架上,且与固定紫外灯的灯架垂直。在剖面图的最外面是反应器的外壳,外壳的材质可以是不锈钢、铝板、镀锌板等。为了进一步提高光催化反应,可以在外壳的内壁上涂覆光催化剂。

[0024] 本实用新型的装置中,所述分气锥处于反应器的中心位置,分气锥的两头呈圆锥状而中间为圆柱状,这样的目的是使进入反应器的有机工业废气,沿着分气锥的外壁进入到反应器中,而不是整个反应器的腔体中,使进气成为一种有方向性的流动。进气口和排气口分别在分气锥的两端,使很好地控制了气体在反应器内的流动方向。

[0025] 本实用新型的反应器结构既利用了光催化剂的有效比表面积,又提高了传质效率,使光催化反应能有效地发生在气-固界面上;同时本实用新型采用的光催化复合材料是将光催化剂负载到泡沫镍上,也可以是泡沫铜、玻璃纤维毡、以及其它的柔性材料基体上,这些材料具有比表面积大的特点,能显著地提高光催化降解有机气体的效率;本实用新型设计的光催化反应器既可单独使用降解工业有机废气,也可以与其它废气处理手段联合使用,比如吸附法、吸收法、UV光解法以及低温等离子体等,结构简单,比较易于拆卸与组装。

[0026] 本实用新型可以使用现有技术已经公开的用于有机废气处理的光催化剂以及光催化复合材料,具体的材料可以参见CN105457487A、CN105381673A、CN204973587U、CN105169927A中使用的光催化剂以及其选用的光催化复合材料。

[0027] 本实用新型的光催化反应器是一种高效的光催化降解模块,它能够高效地处理多

种工业有机废气,既可以处理较高浓度的工业废气,也可以处理中低浓度的工业废气。与之前常用的板式、之字形、蜂窝状的光催化反应器相比,具有有效的光催化比表面积和大的传质速率。通常情况下,工业有机废气处理系统是采用多种降解技术的复合连用,既可以为多种处理技术的一种或两种以上与光催化反应器联合使用,也可以是单独的光催化反应器的组合使用或一个光催化模块的单独使用。本实用新型中光催化模块既可以是圆筒形,也可以是方形,与它相连用的其它模块可以是任何形式,只要接口匹配即可。

[0028] 本实用新型可以采用筒形的外框以及筒形的光催化反应器,本领域技术人员也可以根据需要进行选择其他形状的外框和光催化反应器。

[0029] 作为上述光催化反应器一种更好的选择,所述光催化反应器还包括一水蒸气进口,所述水蒸气进口设置于进气口的前端。通过光催化反应器降解有机废气时,需要调节和控制有机废气的湿度。水是光催化反应必不可少的条件,对光催化降解有很大的影响。除了提高传质效率外,控制好湿度是有机废气降解的关键。通常情况下,随着湿度的增加,光催化反应速率增大,但当湿度继续增加时,光催化反应速率反而降低了,即湿度对光催化反应的影响已存在最佳范围。这是因为在有水气的条件下,二氧化钛表面有氢氧根生成,而氢氧根可以俘获光致空穴产生羟基自由基,将有机污染物直接分解。因此随着湿度的增加,气体中的水可以用来补充二氧化钛表面的氢氧根,生成足够的羟基自由基,促进了光催化反应。但是,二氧化钛表面过量的氢氧根也可与水分子反应和有机污染物通过共价键和氢键结合,从而造成水分子与有机物在催化剂表面的竞争吸附,阻碍光催化反应。在有机废气进入反应器前设置一个水蒸气进口,可增加有机废气的湿度来提高光催化效率。湿度的大小应根据有机废气的种类、浓度、温度等具体情况而进行调整。

[0030] 作为上述光催化反应器一种更好的选择,所述光催化剂为二氧化钛,所述基底为泡沫镍、泡沫铜、玻璃纤维毡或玻璃纤维布。

[0031] 作为上述光催化反应器一种更好的选择,所述基底具有网状的结构。

[0032] 本实用新型可以采用纳米二氧化钛光催化剂作为原料,结合独有的实用新型技术使光催化剂以最大比表面积均匀附着在基底上,基底可能是泡沫镍、泡沫铜、玻璃纤维毡、玻璃纤维布等,以紫外灯为光源,激发价带上的电子( $e^-$ )跃迁到导带,在价带上产生相应的空穴( $h^+$ ),生成具有极强氧化作用的超氧负离子和羟基自由基,将工业有机废气氧化分解成无害的 $CO_2$ 和 $H_2O$ ,达到净化工业有机废气的目的;同时光催化剂具有杀菌的功能,能将各种细菌杀死;光催化剂过滤网能氧化分解工业有机废气,自身不发生变化,具有长期活性。

[0033] 本实用新型还公开了含有该光催化反应器的工业废气处理装置,其含有前述的光催化反应器。

[0034] 本实用新型具有如下的有益效果:

[0035] 第一、该工业有机废气光催化反应器可以单独使用,也可以联合其它工业废气净化技术:如活性炭吸附、液体吸收法、UV光解、低温等离子体氧化法等处理方法组合使用,将工业废气中的多种废气同时处理掉,并且处理效果好,可达到完全降解,同时也可将废气中的异味除掉;

[0036] 第二、该工业有机废气光催化反应器可采用多组并行的组合净化模块,可以逐级将工业有机废气净化;该实用新型可采用泡沫镍、玻璃纤维毡或其它柔性基体的光催化复合材料。该实用新型中,由于使用了分气锥结构,能够使工业有机废气沿着光催化复合材料

行进,可以最大程度的利用光催化材料的表面积。

[0037] 第三、该工业有机废气光催化反应器可采用多组并行的净化形式,结构简单,既方便拆卸更换,又可根据具体的应用环境调节光催化氧化模块的数量、功率以及处理能力。

#### 附图说明

[0038] 图1为有机废气光催化反应器的俯视图;

[0039] 图2为有机废气光催化反应器的剖面图;

[0040] 附图标识:

[0041] 1、分气锥;2、光催化复合材料;3、灯架;4、外壳。

#### 具体实施方式

[0042] 如下为本实用新型的具体实施例,其仅用作对本实用新型的解释而并非限制。

[0043] 一种工业有机废气光催化反应器的俯视图见图1,该剖面与进气方向垂直成 $90^{\circ}$ 。从图1中可以看出,该光催化反应器的内部结构分别为:分气锥1,光催化复合材料(基底上负载有光催化剂的复合涂层结构)2,灯架3,外壳4。

[0044] 所述分气锥设置在反应器的最中心,其外层是光催化复合材料,分气锥与光催化复合材料的内壁距离在0.5-5.0cm之间,可以根据风量、风速等具体情况进行调整。在光催化复合材料的中心设置分气锥,目的在于使进入反应器的有机废气均匀分散在光催化复合材料的表面,充分与光催化剂接触,提高光催化剂对有机气体的降解效率;而不是有机气体扩散到腔体的各个部分,使得有机气体不能与光催化剂充分接触,光催化剂在光照条件下产生的羟基自由基和超氧负离子的利用率低,因为其扩散距离特别短。

[0045] 所述灯架设置在光催化复合材料的外边,其与光催化材料之间的距离在3.0-10.0cm之间,灯架中的小圆形为固定紫外灯的卡头。根据实际情况,在灯架上可设置不同长度、不同功率、不同数量的紫外灯。本实用新型使用的紫外灯为254nm的紫外灯,通常情况下,紫外灯平行设置在灯架上,且与固定紫外灯的灯架垂直。在剖面图的最外面是反应器的外壳,外壳的材质可以是不锈钢、铝板、镀锌板等。为了进一步提高光催化反应,可以在外壳的内壁上涂覆光催化剂。

[0046] 工业有机废气光催化反应器的截面图见图2。所述分气锥处于反应器的中心位置,分气锥的两头呈圆锥、圆台或菱锥状而中间为圆柱状,这样的目的是使进入反应器的有机工业废气,沿着分气锥的外壁进入到反应器中,而不是整个反应器的腔体中,使进气成为一种有方向性的流动。进气口和排气口分别在分气锥的两端,很好地控制了气体在反应器内的流动方向。

[0047] 通过光催化反应器降解有机废气,需要调节和控制有机废气的湿度。水是光催化反应必不可少的条件,对光催化降解有很大的影响。除了提高传质效率外,控制好湿度是有机废气降解的关键。通常情况下,随着湿度的增加,光催化反应速率增大,但当湿度继续增加时,光催化反应速率反而降低了,即湿度对光催化反应的影响已存在最佳范围。这是因为在有水气的条件下,二氧化钛表面有氢氧根生成,而氢氧根可以俘获光致空穴产生羟基自由基,将有机污染物直接分解。因此随着湿度的增加,气体中的水可以用来补充二氧化钛表面的氢氧根,生成足够的羟基自由基,促进了光催化反应。但是,二氧化钛表面过量的氢氧

根也可与水分子反应和有机污染物通过共价键和氢键结合,从而造成水分子与有机物在催化剂表面的竞争吸附,阻碍光催化反应。所以本实用新型中,在有机废气进入反应器前有一个水蒸气进口,增加有机废气的湿度来提高光催化效率。湿度的大小应根据有机废气的种类、浓度、温度等具体情况而进行调整。

[0048] 本实用新型采用以纳米二氧化钛作为光催化剂,使光催化以最大比表面积均匀附着在基底上,基底可以是泡沫镍、泡沫铜、玻璃纤维毡、玻璃纤维布等,以紫外灯为光源,激发价带上的电子( $e^-$ )跃迁到导带,在价带上产生相应的空穴( $h^+$ ),生成具有极强氧化作用的超氧负离子和氢氧自由基,将工业有机废气氧化分解成无害的  $CO_2$ 和 $H_2O$ ,达到净化工业有机废气的目的;同时光催化剂具有杀菌的功能,能将各种细菌杀死;光催化剂过滤网能氧化分解工业有机废气,自己不发生变化,具有长期活性。

[0049] 该工业有机废气光催化反应器可以单独使用,也可以联合其它工业废气净化技术:如活性炭吸附、液体吸收法、UV光解、低温等离子体氧化法等处理方法组合使用,进而提供一种工业有机废气处理装置。该工业有机废气光催化反应器可采用多组并行的组合净化模块,并可采用泡沫镍、玻璃纤维毡或其它柔性基体的光催化复合材料。该工业有机废气光催化反应器也可采用多组并行的净化形式。

[0050] 最后所应说明的是,以上实施例仅用以说明本实用新型的技术方案而非限制。尽管参照实施例对本实用新型进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,对本实用新型的技术方案进行修改或者等同替换,都不脱离本实用新型技术方案的精神和范围,其均应涵盖在本实用新型的权利要求范围当中。



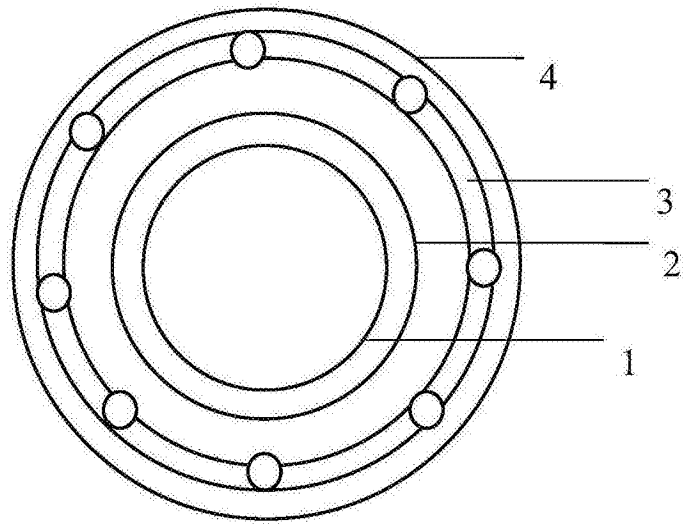


图1

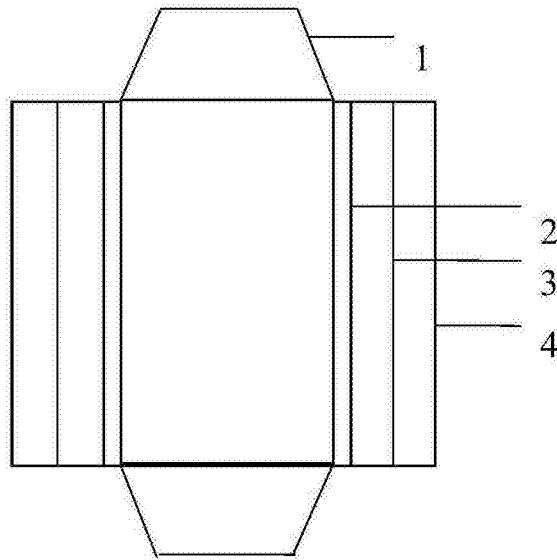


图2