



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107081036 B

(45)授权公告日 2020.08.04

(21)申请号 201710502098.4

B01D 53/44(2006.01)

(22)申请日 2017.06.27

F24F 6/00(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107081036 A

(56)对比文件

CN 1951544 A,2007.04.25

CN 104857824 A,2015.08.26

(43)申请公布日 2017.08.22

CN 105107376 A,2015.12.02

(73)专利权人 山东大学

DE 19836519 A1,2000.02.17

地址 250061 山东省济南市历下区经十路  
17923号

EP 0778070 B1,2002.04.24

审查员 王文涓

(72)发明人 杜林 刘仕杰

(74)专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限公司 37221

代理人 王志坤

(51)Int.Cl.

B01D 53/00(2006.01)

B01D 53/76(2006.01)

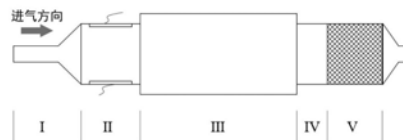
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

一种紫外活化臭氧氧化VOCs除尘净化装置及方法

(57)摘要

本发明公开了一种紫外活化臭氧氧化VOCs除尘净化装置及方法。按照气体流向依次包括气体调节区、紫外激发区、颗粒转化区及除尘区;气体调节区中设有加湿设备和臭氧喷入设备,进入装置的含有VOCs的气体通过加湿设备调节气体的湿度,同时通过臭氧喷入设备将含有VOCs的气体与臭氧进行混合得到混合气体;紫外激发区中设有紫外灯,紫外灯将混合气体中的臭氧和VOCs进行紫外激发;颗粒转化区的容积大于紫外激发区的容积,被紫外激发后的臭氧和VOCs在颗粒转化区进行反应,使得VOCs转化为固体颗粒;除尘区中设有除尘设备,VOCs转化的固体颗粒被除尘设备去除。本发明装置结构简单,所需能量少,能够节省大量能源。



1. 一种紫外活化臭氧氧化VOCs除尘净化装置,其特征是,按照气体流向依次包括紫外激发区、颗粒转化区及除尘区;所述紫外激发区中设有紫外灯,所述紫外灯将混合气体中的氧气和VOCs进行紫外激发;所述颗粒转化区的容积大于紫外激发区的容积,被紫外激发后的臭氧和VOCs在所述颗粒转化区进行反应,使得VOCs转化为固体颗粒;所述除尘区中设有除尘设备,VOCs转化的固体颗粒被所述除尘设备去除,所述紫外灯发射的紫外光波长为240nm~270nm;

所述紫外激发区与颗粒转化区均为筒状结构;紫外激发区的径向截面比颗粒转化区的径向截面小。

2. 如权利要求1所述的装置,其特征是,包括气体调节区,所述气体调节区设置在紫外激发区的上游。

3. 一种紫外活化臭氧氧化VOCs除尘净化装置,其特征是,按照气体流向依次包括气体调节区、紫外激发区、颗粒转化区及除尘区;所述气体调节区中设有加湿设备和臭氧喷入设备,进入所述装置的含有VOCs的气体通过加湿设备调节气体的湿度,同时通过臭氧喷入设备将含有VOCs的气体与臭氧进行混合得到混合气体;所述紫外激发区中设有紫外灯,所述紫外灯将混合气体中的臭氧和VOCs进行紫外激发;所述颗粒转化区的容积大于紫外激发区的容积,被紫外激发后的臭氧和VOCs在所述颗粒转化区进行反应,使得VOCs转化为固体颗粒;所述除尘区中设有除尘设备,VOCs转化的固体颗粒被所述除尘设备去除,所述紫外灯发射的紫外光波长为240nm~270nm;

所述紫外激发区与颗粒转化区均为筒状结构;紫外激发区的径向截面比颗粒转化区的径向截面小。

4. 如权利要求1~3任一所述的装置,其特征是,包括去除氧化剂区,从除尘区排出的气体进入去除氧化剂区,所述去除氧化剂区内填充臭氧分解剂或臭氧消除剂。

5. 如权利要求2或3所述的装置,其特征是,所述气体调节区、紫外激发区、颗粒转化区及除尘区直接连通,无需管道进行连接。

6. 如权利要求1~3任一所述的装置,其特征是,所述紫外灯设置在紫外激发区筒状结构内壁上。

7. 一种紫外活化臭氧氧化VOCs除尘净化方法,其特征是,将含有VOCs和氧气的气体经过波长为240nm~270nm紫外光照射后,使氧气转化为臭氧,并使气体内含有O自由基和OH自由基,然后进入没有紫外灯的环境中进行进一步反应,使得VOCs转化为固体颗粒,最后将固体颗粒去除;

或,将含有VOCs的气体加湿并与臭氧混合得到混合气体,所述混合气体经过波长为240nm~270nm紫外光照射后使混合气体内含有O自由基和OH自由基,然后进入没有紫外灯的环境中进行进一步反应,使得VOCs转化为固体颗粒,最后将固体颗粒去除。

8. 如权利要求7所述的方法,其特征是,去除固体颗粒后的气体通过臭氧分解剂或臭氧消除剂将过量的臭氧除去。

9. 一种权利要求1~3任一所述的装置或权利要求7或8所述的方法在大气处理领域或工业废气处理领域中的应用。

10. 一种权利要求4所述的装置在大气处理领域或工业废气处理领域中的应用。

11. 一种权利要求5所述的装置在大气处理领域或工业废气处理领域中的应用。

12. 一种权利要求6所述的装置在大气处理领域或工业废气处理领域中的应用。

## 一种紫外活化臭氧氧化VOCs除尘净化装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于空气处理领域,涉及一种紫外活化臭氧氧化VOCs除尘净化装置及方法。

### 背景技术

[0002] VOCs(volatile organic compounds),挥发性有机物,是指常温下饱和蒸汽压大于70Pa、常压下沸点在260℃以下的有机化合物,或在20℃条件下蒸汽压大于或者等于10Pa具有相应挥发性的全部有机化合物。

[0003] 近年来雾霾影响我国东部沿海带主要城市,给人们的生活与财产造成极大损失。随着大气环境化学研究的深入发现,雾霾的爆发主要来自于VOCs的排放及其二次产物的生成。

[0004] 目前,VOCs的净化工艺主要有物理法、化学法、生物法三种主要方法。但是这三种主要方法都有自身的不足。现有的VOCs净化方法主要分为两大类,一类是将VOCs浓缩收集,另一类是将VOCs完全转化成CO<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>O实现无害化,即有害气体向无害气态的转化。物理法主要是采用吸附剂对VOCs进行吸附,从而将VOCs浓缩收集,但是需要定期对吸附剂进行老化甚至更换,增加运行成本。化学法是采用化学应对VOCs进行转化,能耗高,且容易产生二次污染。生物法是利用微生物对VOCs进行降解,其对被测VOCs具有较高的要求,包括其可降解性、水溶性和对微生物的毒性等,同时环境条件的改变对微生物的活性都有巨大影响,尤其是我国北方地区温度随季节变化大,不同季节活性菌落特征发生改变讲话效率也随之改变。

[0005] 生物法的主要缺点为:首先,VOCs中含有有毒有害成分,对微生物具有毒害作用,难以找到适宜分解VOCs的微生物;其次,生物法净化过程中需要VOCs从气相到液相转化和液相到生物相转化两个步骤,目前VOCs中有大部分是难溶于水的,传质效率底影响了处理效率;最后,生物法在正式运行前需要对微生物菌落进行调试培养,该培养过程往往需要数月的时间,延长了生物法设备的建设时间。

[0006] 现有的光催化氧化VOCs技术是一种新兴的处理VOCs的技术,该技术是通过催化剂产生大量OH自由基以后把VOCs氧化成H<sub>2</sub>O和CO<sub>2</sub>,使得该技术需要消耗大量的能量制备OH自由基,同时光催化氧化过程中的催化剂费用昂贵,所以导致光处理VOCs的技术的成本较高。

### 发明内容

[0007] 为了解决现有技术的不足,本发明的目的之一是提供一种紫外活化臭氧氧化VOCs除尘净化装置,无需催化剂,节省能源。

[0008] 为了实现上述目的,本发明的技术方案为:

[0009] 一种紫外活化臭氧氧化VOCs除尘净化装置,按照气体流向依次包括紫外激发区、颗粒转化区及除尘区;所述紫外激发区中设有紫外灯,所述紫外灯将混合气体中的氧气和VOCs进行紫外激发;所述颗粒转化区的容积大于紫外激发区的容积,被紫外激发后的臭氧

和VOCs在所述颗粒转化区进行反应,使得VOCs转化为固体颗粒;所述除尘区中设有除尘设备,VOCs转化的固体颗粒被所述除尘设备去除,所述紫外灯发射的紫外光波长为240nm~270nm。

[0010] 本发明通过波长为240nm~270nm的紫外光激发将氧气激发转化为臭氧,臭氧将VOCs氧化,使得VOCs的分子中加入了O原子,增加了分子的质量,同时增加了VOCs分子的极性,导致VOCs分子的挥发性降低,从而使VOCs由气态向颗粒态转化,再经过除尘区去除颗粒,从而达到去除VOCs的目的。

[0011] 一种紫外活化臭氧氧化VOCs除尘净化装置,按照气体流向依次包括气体调节区、紫外激发区、颗粒转化区及除尘区;所述气体调节区中设有加湿设备和臭氧喷入设备,进入所述装置的含有VOCs的气体通过加湿设备调节气体的湿度,同时通过臭氧喷入设备将含有VOCs的气体与臭氧进行混合得到混合气体;所述紫外激发区中设有紫外灯,所述紫外灯将混合气体中的臭氧和VOCs进行紫外激发;所述颗粒转化区的容积大于紫外激发区的容积,被紫外激发后的臭氧和VOCs在所述颗粒转化区进行反应,使得VOCs转化为固体颗粒;所述除尘区中设有除尘设备,VOCs转化的固体颗粒被所述除尘设备去除,所述紫外灯发射的紫外光波长为240nm~270nm。

[0012] 本发明的发明人通过对雾霾产生的原理研究发现,VOCs可以通过一系列物理化学反应,由气态转化为颗粒态,从而导致了雾霾的发生。本发明使含有VOCs的气体在气体调节区与臭氧混合并加湿,经过紫外激发区的紫外灯的激发,首先,紫外光能够使臭氧分解成O自由基,该自由基能够提供比臭氧更强的氧化性,同时O自由基与水反应生成OH自由基,其次,紫外光能够直接作用于VOCs内的分子键,从而对VOCs进行活化。然后,经过紫外激发的活化的混合气体进入颗粒转化区进行进一步反应,使得VOCs的分子中加入了O原子,增加了分子的质量,同时增加了VOCs分子的极性,导致VOCs分子的挥发性降低,从而使VOCs由气态向颗粒态转化;而且增加了O原子还能与其他VOCs分子上的H形成氢键,增加了分子间的相互作用力,促进分子结合形成聚合物,从而进一步促进颗粒物的形成。最后通过除尘设备将VOCs转化的固体颗粒去除,从而达到去除气体中VOCs的目的。

[0013] 本发明的目的之二是提供一种紫外活化臭氧氧化VOCs除尘净化方法,将含有VOCs和氧气的气体经过波长为240nm~270nm紫外光照射后,使氧气转化为臭氧,并使气体内含有O自由基和OH自由基,然后进入没有紫外灯的环境中进行进一步反应,使得VOCs转化为固体颗粒,最后将固定颗粒去除。

[0014] 或,将含有VOCs的气体加湿同时与臭氧混合得到混合气体,所述混合气体经过波长为240nm~270nm紫外光照射后使混合气体内含有O自由基和OH自由基,然后进入没有紫外灯的环境中进行进一步反应,使得VOCs转化为固体颗粒,最后将固定颗粒去除。

[0015] 本发明的目的之三是提供一种上述装置或上述方法在大气处理领域或工业废气处理领域中的应用。

[0016] 本发明的有益效果为:

[0017] 1. 本发明VOCs的净化效率在90%以上,尤其是针对低浓度挥发性有机废气具有良好的净化作用。

[0018] 2. 本发明装置结构简单,所需能量少,能够节省大量能源。

## 附图说明

[0019] 构成本申请的一部分的说明书附图用来提供对本申请的进一步理解,本申请的示意性实施例及其说明用于解释本申请,并不构成对本申请的不当限定。

[0020] 图1为本发明紫外活化臭氧氧化VOCs除尘净化装置的结构图,其中,I为气体调节区,II为紫外激发区,III为颗粒转化区,IV为除尘区,V为去除氧化剂区;

[0021] 图2为净化前后气体中的VOCs的含量的表征图;

[0022] 图3为VOCs净化效率的表征图。

## 具体实施方式

[0023] 应该指出,以下详细说明都是例示性的,旨在对本申请提供进一步的说明。除非另有指明,本文使用的所有技术和科学术语具有与本申请所属技术领域的普通技术人员通常理解相同含义。

[0024] 需要注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根据本申请的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非上下文另外明确指出,否则单数形式也意图包括复数形式,此外,还应当理解的是,当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时,其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

[0025] 本发明中所述的加湿设备为能够增加空气湿度的设备,例如喷雾加湿器、蒸汽加湿器等。

[0026] 本发明中所述的臭氧喷入设备为能够向气体调节区中喷入臭氧的设备,例如喷气嘴、气管(且喷气嘴或气管连接臭氧发生器或臭氧储罐,臭氧发生器可以在气体调节区内,也可以在气体调节区外)。

[0027] 本发明中所述的除尘设备为能够将气体中的固体颗粒去除的设备,例如机械除尘器、电除尘器、过滤除尘器或洗涤除尘器等。

[0028] 正如背景技术所介绍的,现有技术中存在VOCs处理过程复杂、成本较高的不足,为了解决如上的技术问题,本申请提出了一种紫外活化臭氧氧化VOCs除尘净化装置。

[0029] 本申请的一种典型实施方式,提供了一种紫外活化臭氧氧化VOCs除尘净化装置,按照气体流向依次包括紫外激发区、颗粒转化区及除尘区;所述紫外激发区中设有紫外灯,所述紫外灯将混合气体中的氧气和VOCs进行紫外激发;所述颗粒转化区的容积大于紫外激发区的容积,被紫外激发后的臭氧和VOCs在所述颗粒转化区进行反应,使得VOCs转化为固体颗粒;所述除尘区中设有除尘设备,VOCs转化的固体颗粒被所述除尘设备去除,所述紫外灯发射的紫外光波长为240nm~270nm。

[0030] 本发明通过波长为240nm~270nm的紫外光激发将氧气激发转化为臭氧,臭氧将VOCs氧化,使得VOCs的分子中加入了O原子,增加了分子的质量,同时增加了VOCs分子的极性,导致VOCs分子的挥发性降低,从而使VOCs由气态向颗粒态转化,再经过除尘区去除颗粒态的VOCs,从而达到去除VOCs的目的。

[0031] 优选的,包括气体调节区,所述气体调节区设置在紫外激发区的上游。

[0032] 本申请的另一种典型实施方式中,提供了一种紫外活化臭氧氧化VOCs除尘净化装置,按照气体流向依次包括气体调节区、紫外激发区、颗粒转化区及除尘区;所述气体调节区中设有加湿设备和臭氧喷入设备,进入所述装置的含有VOCs的气体通过加湿设备调节气

体的湿度,同时通过臭氧喷入设备将含有VOCs的气体与臭氧进行混合得到混合气体;所述紫外激发区中设有紫外灯,所述紫外灯将混合气体中的臭氧和VOCs进行紫外激发;所述颗粒转化区的容积大于紫外激发区的容积,被紫外激发后的臭氧和VOCs在所述颗粒转化区进行反应,使得VOCs转化为固体颗粒;所述除尘区中设有除尘设备,VOCs转化的固体颗粒被所述除尘设备去除。

[0033] 本发明的发明人通过研究发现,VOCs可以通过一系列物理化学反应,由气态转化为颗粒态。本发明使含有VOCs的气体在气体调节区与臭氧混合并加湿,经过紫外激发区的紫外灯的激发,首先,紫外光能够使臭氧分解成O自由基,该自由基能够提供比臭氧更强的氧化性,同时O自由基与水反应生成OH自由基,其次,紫外光能够直接作用于VOCs内的分子键,从而对VOCs进行活化。然后,经过紫外激发的活化的混合气体进入颗粒转化区进行进一步反应,使得VOCs的分子中加入了O原子,增加了分子的质量,同时增加了VOCs分子的极性,导致VOCs分子的挥发性降低,从而使VOCs由气态向颗粒态转化;而且增加了O原子还能与其他VOCs分子上的H形成氢键,增加了分子间的相互作用力,促进分子结合形成聚合物,从而进一步促进颗粒物的形成。最后通过除尘设备将VOCs转化的固体颗粒去除,从而达到去除气体中VOCs的目的。

[0034] 由于臭氧对人体及植物具有一定的损害作用,为了防止多余的臭氧排出,造成二次污染,优选的,包括去除氧化剂区,从除尘区排出的气体进入去除氧化剂区,所述去除氧化剂区内填充臭氧分解剂或臭氧消除剂。

[0035] 为了控制气体在装置中的流速,优选的,气体调节区的进气管上设有气体流量控制器。

[0036] 为了降低装置对气体的阻力,优选的,所述气体调节区、紫外激发区、颗粒转化区及除尘区直接连通,无需管道进行连接。

[0037] 进一步优选的,所述紫外激发区与颗粒转化区均为筒状结构。气体在流动过程中发生反应,减少空阻,既能降低能耗,又能防止颗粒化的VOCs沉积。

[0038] 更进一步优选的,紫外激发区的径向截面比颗粒转化区的径向截面小。本申请中以气体的流向为轴向,与轴向垂直的截面为径向截面。既能使得气体进入颗粒转化区的流速变慢,从而保证反应完全,又能保证颗粒转化区具有足够的空间进行反应。

[0039] 更进一步优选的,所述紫外灯设置在紫外激发区筒状结构内壁上。减少紫外灯对气体流动的阻力。

[0040] 更进一步优选的,所述紫外灯为多个,多个紫外灯分为两组,两组紫外灯相对设置。使紫外光照射更均匀。

[0041] 更进一步优选的,所述紫外激发区的内壁设有反光层。

[0042] 本申请还提供了一种紫外活化臭氧氧化VOCs除尘净化方法,将含有VOCs和氧气的气体经过波长为240nm~270nm紫外光照射后,使氧气转化为臭氧,并使气体内含有O自由基和OH自由基,然后进入没有紫外灯的环境中进行进一步反应,使得VOCs转化为固体颗粒,最后将固定颗粒去除。

[0043] 或,将含有VOCs的气体加湿并与臭氧混合得到混合气体,所述混合气体经过波长为240nm~270nm紫外光照射后使混合气体内含有O自由基和OH自由基,然后进入没有紫外灯的环境中进行进一步反应,使得VOCs转化为固体颗粒,最后将固定颗粒去除。

[0044] 优选的,去除固体颗粒后的气体通过臭氧分解剂或臭氧消除剂将过量的臭氧除去。

[0045] 本申请还提供了一种上述装置或上述方法在大气处理领域或工业废气处理领域中的应用。

[0046] 为了使得本领域技术人员能够更加清楚地了解本申请的技术方案,以下将结合具体的实施例详细说明本申请的技术方案。

[0047] 实施例1

[0048] 一种紫外活化臭氧氧化VOCs除尘净化装置,如图1所示,按照气体流向依次包括气体调节区I、紫外激发区II、颗粒转化区III、除尘区IV及去除氧化剂区V,所述气体调节区I、紫外激发区II、颗粒转化区III、除尘区IV及去除氧化剂区V直接连通,无需管道进行连接。紫外激发区II为筒状结构,筒状结构内壁上相对设置两组紫外灯,每组紫外灯内设有若干紫外灯,每个紫外灯的发射紫外光的波长均为240nm~270nm,紫外激发区的内壁为反光不锈钢。

[0049] 颗粒转化区III为筒状结构,颗粒转化区的径向截面是紫外激发区的径向截面大的2倍。且颗粒转化区的长度是紫外激发区II的长度的2倍。

[0050] 除尘区IV内设有除尘器,颗粒转化区III中转化的颗粒经过除尘器去除。除尘器电除尘器截面积为2000cm<sup>2</sup>,内部集尘片间距5mm。

[0051] 去除氧化剂区V内填充臭氧分解剂,将过量的臭氧分解去除。臭氧分解剂为二氧化锰与活性炭及定性剂混合产品。

[0052] 将含有浓度分别为4PPM、5PPM、5.5PPM、8PPM、10PPM、11PPM、12PPM的VOCs的气体均以1m<sup>3</sup>/min的速率输送至上述净化装置中,将除氧化剂区V获得的净化气体进行检测,其结果如图2~3所示。图2~3表明经过该装置净化,VOCs的净化效率在90%以上。

[0053] 实施例2

[0054] 一种紫外活化臭氧氧化VOCs除尘净化装置,如图1所示,按照气体流向依次包括气体调节区I、紫外激发区II、颗粒转化区III、除尘区IV及去除氧化剂区V,所述气体调节区I、紫外激发区II、颗粒转化区III、除尘区IV及去除氧化剂区V直接连通,无需管道进行连接。

[0055] 气体调节区I内设有加湿器和喷气嘴,喷气嘴与臭氧发生器连接,臭氧发生器产生的臭氧通过喷气嘴向气体调节区I内喷入,使臭氧与进入气体调节区I内含有VOCs的气体进行混合,通过加湿器调节进入气体调节区I内含有VOCs的气体的湿度。气体调节区I的进气管上设有气体流量控制器,通过气体流量控制器控制VOCs的气体的进入速度。

[0056] 紫外激发区II为筒状结构,筒状结构内壁上相对设置两组紫外灯,每组紫外灯内设有若干紫外灯,每个紫外灯的发射紫外光的波长均为240nm~270nm,紫外激发区的内壁为反光不锈钢。

[0057] 颗粒转化区III为筒状结构,颗粒转化区的径向截面比紫外激发区的径向截面大。且颗粒转化区的长度比紫外激发区II的长度长。

[0058] 除尘区IV内设有除尘器,颗粒转化区III中转化的颗粒经过除尘器去除。

[0059] 去除氧化剂区V内填充臭氧分解剂,将过量的臭氧分解去除。

[0060] 控制含有VOCs的进入速度为1m<sup>3</sup>/min,控制臭氧的进入速度为1cm<sup>3</sup>/min,控制气体调节区I内的气体的相对湿度为20%。采用该装置进行净化,VOCs的净化效率在95%以上。

[0061] 以上所述仅为本申请的优选实施例而已,并不用于限制本申请,对于本领域的技术人员来说,本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本申请的保护范围之内。

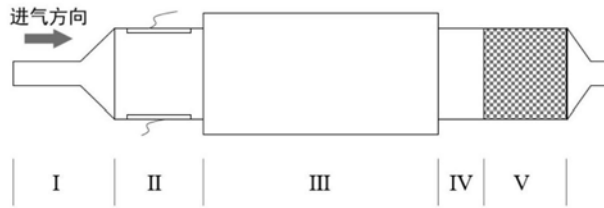


图1

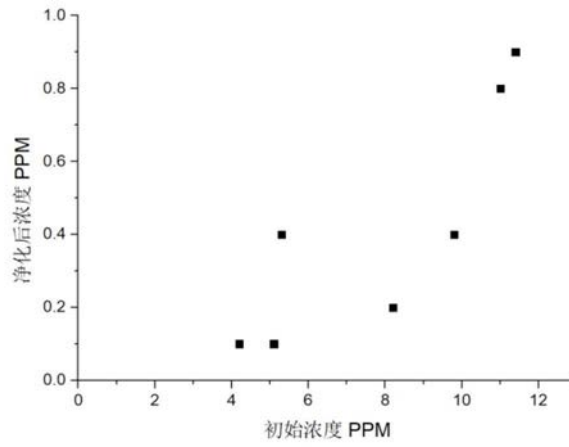


图2

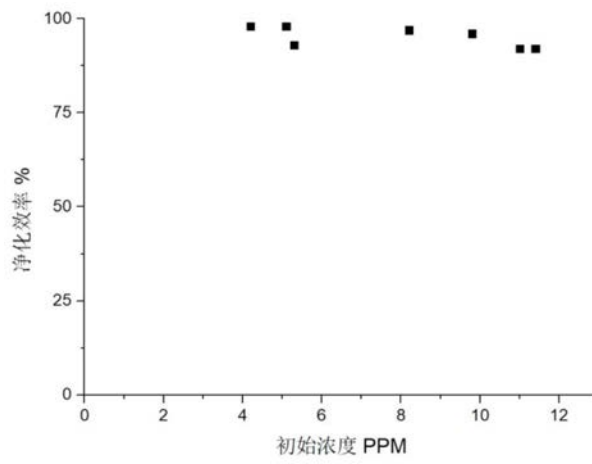


图3