



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109748380 A

(43)申请公布日 2019.05.14

(21)申请号 201910240934.5

(22)申请日 2019.03.28

(66)本国优先权数据

201810997290.X 2018.08.29 CN

(71)申请人 郑州轻工业学院

地址 450000 河南省郑州市金水区东风路5号

(72)发明人 刘楠 李营营 杨海龙 陈润

古德宁 刘杨 赵继红

(74)专利代理机构 北京科亿知识产权代理事务

所(普通合伙) 11350

代理人 汤东风

(51)Int.Cl.

C02F 3/00(2006.01)

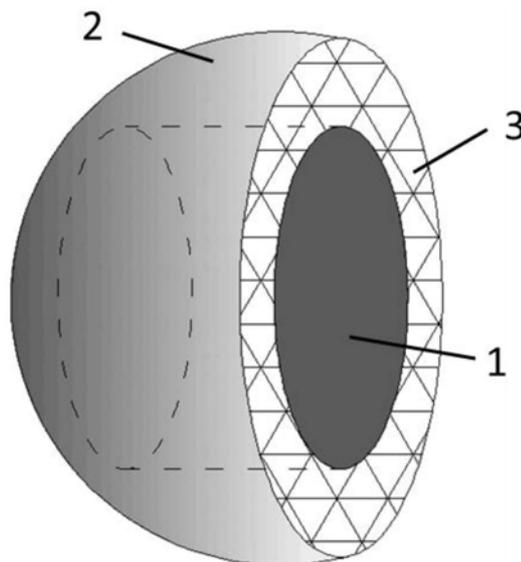
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

一种泡沫镍与铁碳的组合式生物填料及其制备方法

(57)摘要

本发明公开了一种泡沫镍与铁碳的组合式生物填料及其制备方法,一种泡沫镍与铁碳的组合式生物填料,包括泡沫镍,泡沫镍内包覆有铁碳颗粒;泡沫镍为超薄织网型片状结构;铁碳颗粒基体为圆柱状颗粒,其外表布满铁素针状体;一种泡沫镍与铁碳的组合式生物填料的制备方法,将铁碳颗粒完全包裹到片状泡沫镍内,其形状呈球形,泡沫镍由铁质针状网支撑于铁碳颗粒表面;其中,泡沫镍采用电沉积技术制备,泡沫镍是采用机械爆破开孔的聚酯型聚氨酯泡沫塑料,泡沫塑料是由具有五边形窗的十二面体结构单元组成的;采用本发明技术方案,能够大大降低废水、废气净化系统的能量消耗,工艺处理过程不涉及二次污染,而且能够充分提高难降解有机污染物的净化效率。



1. 一种泡沫镍与铁碳的组合式生物填料,包括泡沫镍(2),其特征在于,所述泡沫镍(2)内包覆有铁碳颗粒(1)。

2. 根据权利要求1所述的一种泡沫镍与铁碳的组合式生物填料,其特征在于,所述泡沫镍(2)为超薄织网型片状结构。

3. 根据权利要求1所述的一种泡沫镍与铁碳的组合式生物填料,其特征在于,所述铁碳颗粒(1)基体为圆柱状颗粒,其外表布满铁素针状体(3)。

4. 根据权利要求1所述的一种泡沫镍与铁碳的组合式生物填料,其特征在于,所述铁质针状网(3)均匀覆盖于铁碳颗粒(1)表面。

5. 根据权利要求1所述的一种泡沫镍与铁碳的组合式生物填料,其特征在于,所述泡沫镍(2)孔径为0.5mm~1mm,所述泡沫镍(2)高度为1mm~2mm,所述泡沫镍(2)长度为15mm,所述泡沫镍(2)宽度为15mm。

6. 根据权利要求1所述的一种泡沫镍与铁碳的组合式生物填料,其特征在于,所述铁碳颗粒(1)基体为圆柱状颗粒,所述铁碳颗粒(1)基体直径为10mm~12mm,所述铁碳颗粒(1)高度为8mm~10mm。

7. 根据权利要求1所述的一种泡沫镍与铁碳的组合式生物填料,其特征在于,所述铁碳颗粒(1)表面的铁质针状网(3),材质为铁质,以针状交叉分布,其长度为1.5mm~2.5mm。

8. 基于权利要求1、2或3中一种泡沫镍与铁碳的组合式生物填料的制备方法,其特征在于,将铁碳颗粒(1)完全包裹到片状泡沫镍(2)内,其形状呈球形,泡沫镍(2)由铁质针状网(3)支撑于铁碳颗粒(1)表面;

其中,泡沫镍(2)采用电沉积技术制备,泡沫镍(2)是采用机械爆破开孔的聚酯型聚氨酯泡沫塑料,泡沫塑料是由具有五边形窗的十二面体结构单元组成的;

所述铁碳颗粒(1)是由铁与碳复合而成的圆柱状铁碳颗粒,放入低合金高强度钢水中连续冷却形成。

## 一种泡沫镍与铁碳的组合式生物填料及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于电化学方法处理有机废水、有机废气技术领域，具体涉及一种泡沫镍与铁碳的组合式生物填料及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 水和大气是人类生活生产的重要基础，是人类不可缺少的资源。然而，自二十世纪以来，随着工业迅速发展，越来越多的未经处理或经部分处理的工业废液渗入地下、注入河流或湖泊等地面水体，废水的种类和数量迅猛增加，严重影响蓄水层和地面水体的水质，加重了水资源的危机，世界水体质量普遍受到威胁。由于工业废水的成分复杂，有机废水处理比城市污水处理更困难也更重要。有机废水不仅成分复杂、含有毒性物质，而且废水中有机物以芳香族化合物和杂环化合物居多，还多含有硫化物、有毒有机物。且色度高，有异味。有些废水散发出刺鼻恶臭，给周围环境造成不良影响，对人类的健康和安全产生威胁。此外，随着经济发展涌出的数量众多的化工企业，每年都排放大量的工业废气，大量工业有机废气的排放，使得大气环境质量急剧下降，不达标的工业废气排放到大气中，导致大气的有机化合物越来越多，这类物质往往带有恶臭，不仅对人体各种感官有刺激作用，而且不少有机化合物具有一定毒性，严重影响了人类生活的健康与安全，这大大制约了人类社会的生存和经济的发展。

[0003] 为解决大量增加的有机废水以及有机废气的处理问题，尤其是严重破坏水质和空气质量的难降解的有毒有害污染物，就必须寻求投资低、运行费用低、高效、稳定、具有对污染物去除的多功能特性，特别对难生物降解的废水、废气领域等深度处理具有良好效能的污水处理先进工艺技术，长期以来生物难降解有机废水、有机废气的处理技术一直是环境治理中的难点，传统的生物法在处理这些有机物时显得无能为力，就目前情况看，对难降解有机污染物的净化工艺还有待研发提高。

[0004] 目前已经存在的废水处理技术包括物理法、化学法、生物处理法等，与其他方法相比，生物法由于具有运行成本低、处理能力大、适用范围广和无二次污染等优点而备受关注；已经存在的废气处理技术包括吸附法、吸收法、氧化法、生物处理法等，与其它处理技术相比，废气生物处理技术具有处理效率高、成本低及环境友好等优点，因此受到人们广泛的关注。但是由于有机污染物成分复杂，废水中存在很多难以生物降解的有毒有害污染物，传统的生物法在处理这些有机污染物方面显得无能为力；废气生物处理技术涉及有机物的气-液传质问题，传统的生物法处理成分复杂的有机废气时传质效率较低，对废气的净化效率不高。所以，学者们在生物法的基础上做了大量研究与改进，发现电极生物膜法不仅节约成本，还能提高有机污染物的净化效率。而近期高级氧化法因其具有反应速度快、处理完全、无公害、适用范围广等优点也逐渐引起了世界各国的重视，并相继开展了该方向的研究与开发工作。电芬顿法作为一种高级氧化技术，因其工艺相对成熟、简单、不需要特殊的装置即可实现，而且铁作为氧化反应的反应物与催化剂，有经济优势，所以广泛应用于难生物降解的废水领域。国内外学者对电极生物膜法和电芬顿技术做了大量研究工作，相较于传

统的生物法,电极生物膜法和电芬顿技术利用了电极的优点,不仅具有流程短、投资少、运行费用低、操作管理方便等优点,电子供体还增强了微生物对有机污染物的降解效率,进一步推动了有机废水、有机废气净化系统向高效低耗方向发展,工程应用前景十分广阔。

[0005] 专利号为ZL201020166785.7的中国实用新型专利公开了一种拉西环填料,包括环本体,在环本体的环壁上设有2~5个圆孔,提高了拉西环的孔隙率和流体的流通量,使流量分散更加均匀,从而提高了填料的工作效率,但是该拉西环的牢固强度下降,而且该拉西环填料比表面积较小,在生物滴滤装置中,不利于生物挂膜,还会存在填料层压降较高而引起生物滴滤装置阻塞的问题。该拉西环填料比较适合作为化工填料。

[0006] 公开号为CN102060374A的中国发明专利申请公开了一种复合生物填料的制备方法,以有机填料聚氯乙烯为骨架,有机填料聚氯乙烯骨架为多面空心球形或鲍尔环形;通过将有机填料聚氯乙烯骨架浸入质量浓度为25%~35%的聚乙烯醇溶液,再将沸石与膨胀蛭石颗粒(40~60目)按一定比例混匀后粘附在处理过的聚氯乙烯骨架表面,通风干燥后制得复合生物填料;该复合生物填料为无机填料与有机填料的结合,表面粗糙,缩短了微生物挂膜的时间,提高了微生物种群的抗冲击能力。虽然该复合生物填料在有机填料聚氯乙烯骨架表面附着无机填料沸石与膨胀蛭石颗粒,使得微生物容易挂膜,但是对填料层压降几乎没有影响,比较适合用在处理有机废水,当用在生物滴滤装置中处理有机废气时,其比表面积较小,导致挂膜生物量少,而且并不能保证表面复合材料的稳定性,可能会因表面复合材料及生物膜的脱落引起生物滴滤装置的阻塞问题。

[0007] 良好的生物填料应具有比表面积大、孔隙率高、有利于老化生物膜的剥落更新、廉价易得以及支撑强度好等特点。因此,针对当前工业有机废气、废水的排放特性,研究开发出高效、适用的生物填料,将成为工业有机废气、废水的生物处理装置长期高效、稳定运行的关键一步。

[0008] 无论是电极生物膜法还是电芬顿技术,都需要合适的生物填料,既能很好的负载生物膜,又有较强的导电性。以往的电化学方法处理废水、废气中,由于电极材料利用率低,难于附着生物膜而大大降低了有机污染物的降解效率。所以寻求较为合适的电极材料极为重要。

## 发明内容

[0009] 针对当前废水、废气污染特性及现有生物技术的不足,本发明提供了一种泡沫镍与铁碳的组合式生物填料及其制备方法,能够大大降低废水、废气净化系统的能量消耗,工艺处理过程不涉及二次污染,而且能够充分提高难降解有机污染物的净化效率。

[0010] 一种泡沫镍与铁碳的组合式生物填料,包括泡沫镍,所述的泡沫镍内包覆有铁碳颗粒。用在废水、废气净化处理系统中的泡沫镍与铁碳颗粒的组合式生物填料,包括若干个包覆有铁碳颗粒、基于铁质针状网支撑的泡沫镍,在电芬顿反应器中呈散乱状态堆放,堆积密度小,具有比表面积大、孔隙率高、单位体积生物量大且沉降性好、导电性强,堆积密度小,阻力系数低、支撑强度好且利于液态流体均匀流动等特性。

[0011] 作为优选,所述的泡沫镍为超薄连续泡沫镍,所述的泡沫镍为三维网状,大大增加了该泡沫镍的比表面积、产 $H_2O_2$ 的能力,且有利于液态流体的均匀流动。进一步优选,所述的泡沫镍的孔径为0.5mm~1mm,厚度为1mm~2mm,几何尺寸为15mm×15mm。对泡沫镍的孔径和

厚度限定在合适的范围,使得泡沫镍大小在合适的范围,基于泡沫镍大小,对铁碳颗粒的大小及形状做进一步的限定,并于铁碳颗粒表面分布铁质针状网支撑泡沫镍,的使得本发明泡沫镍与铁碳的组合式生物填料具有比表面积大、易生物挂膜、沉降性好、活性强、导电性强且产 $H_2O_2$ 和 $Fe^{2+}$ 的能力强、利于液态流体均匀流动。

[0012] 所述的铁碳颗粒为铁碳粉末制成的实体,呈圆柱状,所述的呈圆柱状是呈大致圆柱体,不排除有些不规则的圆柱体,铁碳颗粒表面分布铁质针状网支撑并包覆于泡沫镍中,以增强泡沫镍的强度和沉降性。所述的圆柱状铁碳颗粒,具有易于产生 $Fe^{2+}$ 的特性,且能有效减少反应过程中物质和电子的传递引起的阻抗,具有沉降性能好、导电性强的特点。

[0013] 作为优选,所述的铁碳颗粒的内径为10mm~12mm,所述铁碳颗粒的高度为8mm~10mm。所述铁碳颗粒表面的铁质针状网,材质为铁质,以针状交叉分布,其长度为1.5mm~2.5mm。具有比表面积大、易于微生物附着及生长的特性,具有活性强、利于老化生物膜的脱落、更新,具有沉降性能好,电流密度大、导电性强的特点。

[0014] 本发明还提供一种泡沫镍与铁碳的组合式生物填料的制备方法,将铁碳颗粒完全包裹到片状泡沫镍内,其形状呈球形,泡沫镍由铁质针状网支撑于铁碳颗粒表面;

[0015] 其中,泡沫镍采用电沉积技术制备,泡沫镍是采用机械爆破开孔的聚酯型聚氨酯泡沫塑料,泡沫塑料是由具有五边形窗的十二面体结构单元组成的;

[0016] 所述铁碳颗粒由铁与碳复合而成的圆柱状铁碳颗粒,放入低合金高强度钢水中连续冷却形成。

[0017] 与现有技术相比,本发明具有如下优点:

[0018] 本发明的一种泡沫镍与铁碳的组合式生物填料的制备与应用,不仅能有效集结电流、在反应过程中物质和电子的传递引起的阻抗较小,大大增强了反应器体系的导电性,而且具有较大的比表面积和较高的孔隙率,易于生物挂膜、单位体积生物量大、堆积密度小,可有效提高有机污染物的降解效率,特别适用于电极生物膜法中。古振澳等人通过比较石墨、碳纤维毡、泡沫铜、泡沫镍催化产 $H_2O_2$ 的量,发现泡沫镍在1h内产 $H_2O_2$ 量是其余电极产 $H_2O_2$ 量的三倍。泡沫镍具有相对较好的 $H_2O_2$ 催化效果,特别适用于电芬顿技术处理有机废水的系统中。

[0019] 泡沫镍为三维网状结构,具备优异的阴极性能,但其质地较轻,在水中处于漂浮态,不利于增强反应器体系的导电性,更不利于生物挂膜,所以改良泡沫镍的沉降性和导电性十分重要。本发明着重介绍,一种泡沫镍与铁碳的组合式生物填料的制作方法,旨在寻求更合适的生物填料。因此,针对当前有机废水、有机废气污染特性,研究开发出高效、适用的生物填料,将成为废水废气中难降解有机污染物处理装置长期高效、稳定运行的关键一步。

[0020] 本发明泡沫镍与铁碳的组合式生物填料采用泡沫镍和包覆于泡沫镍内的表面分布铁质针状网的铁碳颗粒组合,制作工艺较简单,所需材料价廉易得,具有性质及结构稳定、比表面积大、导电性强、沉降性好以及支撑强度高优点。本发明泡沫镍与表面分布铁质针状网的铁碳颗粒的组合式生物填料可利用在难生物降解的有机废水、废气领域,实用价值较大。

[0021] 本发明泡沫镍与铁碳的组合式生物填料具有以下优点:1)比表面积大、孔隙率高,可以最大限度容纳活性物质;2)堆积密度小、气流阻力系数低,有着均匀的面密度;3)单位

体积生物量大、污染物去除负荷高;4)支撑强度高、结构稳定、不易被压实,有良好的可焊性;5)可保证液态流体的均匀流动特性,并有利于老化生物膜的脱落、更新;6)电流密度大,导电性强;7)沉降性能好,处理工艺体系稳定;8)产 $H_2O_2$ 和 $Fe^{2+}$ 的能力强。

[0022] 所述的连续泡沫镍采用的是机械爆破开孔的聚酯型聚氨酯泡沫塑料,连续泡沫镍的电沉积制造技术按导电化方法可分为:化学镀镍法、浸涂导电胶法、真空气相沉积法。按电沉积方式可分为电沉积法(湿法)和气相沉积法(干法)两种。而电沉积法又分为平镀和竖镀两种形式。

[0023] 所述的连续泡沫镍构成泡沫镍网状结构的丝均为中空体,其截面呈三角形,中空微孔部分的体积占总孔隙率的1.5%~3.0%;各条件下所得产品孔隙率均大于95.8%。

[0024] 本发明泡沫镍与铁碳的组合式生物填料适用于废水、有机废气净化处理系统中,特别适合用于电芬顿法处理难降解有机废水装置中,各方面性能均优于常用生物填料,从而可大大降低电芬顿装置的能量消耗,并可充分提高难降解有机物的净化效率。因此,泡沫镍与表面分布铁质针状网的铁碳的组合式生物填料在难降解的废水领域应用前景巨大。

## 附图说明

[0025] 图1为本发明泡沫镍与铁碳的组合式生物填料的结构示意图。

[0026] 附图标注:铁碳颗粒1,泡沫镍2,铁质针状网3。

## 具体实施方式

[0027] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0028] 如图1所示,本发明提供一种泡沫镍与铁碳的组合式生物填料,包括泡沫镍2,所述的泡沫镍2内包覆有铁碳颗粒1。用在废水、废气净化处理系统中的泡沫镍与铁碳颗粒的组合式生物填料,包括若干个包覆有铁碳颗粒1、基于铁质针状网3支撑的泡沫镍2,在电芬顿反应器中呈散乱状态堆放,堆积密度小,具有比表面积大、孔隙率高、单位体积生物量大且沉降性好、导电性强,堆积密度小,阻力系数低、支撑强度好且利于液态流体均匀流动等特性。

[0029] 所述的泡沫镍2为超薄连续泡沫镍,所述的泡沫镍2为三维网状,大大增加了该泡沫镍2的比表面积、产 $H_2O_2$ 的能力,且有利于液态流体的均匀流动。进一步优选,所述的泡沫镍2的孔径为0.5mm~1mm,厚度为1mm~2mm,几何尺寸为15mm×15mm。对泡沫镍2的孔径和厚度限定在合适的范围,使得泡沫镍2大小在合适的范围,基于泡沫镍2大小,对铁碳颗粒1的大小及形状做进一步的限定,并于铁碳颗粒1表面分布铁质针状网3支撑泡沫镍2,的使得本发明泡沫镍2与铁碳1的组合式生物填料具有比表面积大、易生物挂膜、沉降性好、活性强、导电性强且产 $H_2O_2$ 和 $Fe^{2+}$ 的能力强、利于液态流体均匀流动。

[0030] 所述的铁碳颗粒1为铁碳粉末制成的实体,呈圆柱状,所述的呈圆柱状是大致呈圆柱体,不排除有些不规则的圆柱体,铁碳颗粒1表面分布铁质针状网3支撑并包覆于泡沫镍2中,以增强泡沫镍2的强度和沉降性。所述的圆柱状铁碳颗粒1,具有易于产生 $Fe^{2+}$ 的特性,且

能有效减少反应过程中物质和电子的传递引起的阻抗,具有沉降性能好、导电性强的特点。

[0031] 所述的铁碳颗粒1的内径为10mm~12mm,所述铁碳颗粒1的高度为8mm~10mm。所述铁碳颗粒1表面的铁质针状网3,材质为铁质,以针状交叉分布,其长度为1.5mm~2.5mm。具有比表面积大、易于微生物附着及生长的特性,具有活性强、利于老化生物膜的脱落、更新,具有沉降性能好,电流密度大、导电性强的特点。

[0032] 本发明还提供一种泡沫镍与铁碳的组合式生物填料的制备方法,将铁碳颗粒1完全包裹到片状泡沫镍2内,其形状呈球形,泡沫镍2由铁质针状网3支撑于铁碳颗粒1表面;

[0033] 其中,泡沫镍2的制备方法较多,有发泡法、羰基镍法、浸镍盐热解法、低温气相沉积法、烧结法、化学镀法、涂导电浆法、等离子及磁控溅射法等。工业化生产主要采用涂层电浆法、化学镀法和等离子溅射法等,是以聚氨酯泡沫塑料为骨架,经这三种方法进行导电化处理,再进行电沉积和热处理。

[0034] 泡沫镍2的制备过程为:聚氨酯泡沫→粗化→敏化→活化→化学镀镍→电铸镍→热解→热处理。粗化采用 $\text{KMnO}_4+\text{H}_2\text{SO}_4$ 工艺使开孔率达到99%以上;敏化、活化采用常规氯化亚锡和氯化钯工艺,化学镀镍采用以次亚磷酸钠为还原剂的碱性低温镀镍工艺;电铸镍采用硫酸镍系溶液,阳极采用电解镍,将化学镀镍后的泡沫固定在导电框架上作阴极,电源采用可恒压恒流控制的可控硅整流器;加热分解去除泡沫芯模骨架,然后在还原氛下热处理得到泡沫镍2。

[0035] 泡沫镍2的具体操作步骤如下:

[0036] 1.将聚氨酯泡沫塑料基体浸入无水乙醇中,用玻璃棒反复搅拌挤压,在室温下操作15min。取出,用蒸馏水冲洗三次。在室温下将泡沫塑料浸入 $1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 氢氧化钠溶液中15min,不断用玻璃棒挤压,使之浸泡均匀取出,用蒸馏水冲洗三次,将泡沫塑料浸入 $1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 盐酸溶液中15min,不断用玻璃棒挤压,使之浸泡均匀。取出,用蒸馏水冲洗三次,30℃烘干备用。

[0037] 2.将活化液(盐基胶体钯)预热,放入烘干的泡沫塑料,不断用玻璃棒挤压搅拌,随后用蒸馏水清洗至蒸馏水呈无色为止。随后在解胶液中解胶5min,用蒸馏水清洗。

[0038] 3.将活化后的泡沫塑料基体在低温碱性条件先化学镀镍20min(条件:硫酸镍 $30\sim 40\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ,次磷酸钠 $30\sim 40\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ,三种络合剂 $24\sim 28\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ,氯化铵 $15\sim 20\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ,三乙醇胺 $10\sim 16\text{ml}\cdot\text{L}^{-1}$ ,碘酸钾 $15\sim 20\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,温度 $25\sim 30^\circ\text{C}$ , $\text{pH}8.0\sim 8.5$ );然后电镀镍100min(条件:硫酸镍 $80\sim 90\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ,氯化镍 $90\sim 100\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ,硼酸 $40\sim 45\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ,1,4-丁炔二醇 $0.4\sim 0.8\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ,糖精 $1.0\sim 1.4\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ,十二烷基硫酸钠 $80\sim 120\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , $\text{pH}3\sim 4$ ,温度 $35\sim 40^\circ\text{C}$ ,电流密度 $1\sim 1.5\text{A}\cdot\text{dm}^{-2}$ )。即可得到泡沫镍2。

[0039] 实施例1

[0040] 如图1所示,本发明泡沫镍与铁碳颗粒的组合式生物填料,包括泡沫镍2,泡沫镍2内固定包覆有表面分布铁质针状网3的铁碳颗粒1,泡沫镍2为连续泡沫镍,泡沫镍2的孔径为0.5mm~1mm,泡沫镍2的厚度为1mm~2mm,泡沫镍2几何尺寸为 $15\text{mm}\times 15\text{mm}$ 。铁碳颗粒1内径为10mm~12mm,铁碳颗粒1的高度为8mm~10mm。一片泡沫镍2包覆一个表面分布铁质针状网3铁碳颗粒1,铁质针状网3用于支撑泡沫镍2。泡沫镍2为超薄片状泡沫镍2,铁碳颗粒1为铁碳粉混合制成的圆柱状固态物。

[0041] 本实施例的技术指标类表内容如下:

[0042]

填料类型	规格 $\Phi$ /mm	孔隙率 /%	比表面积 $/\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-3}$	堆积密度 $/\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	HRT /min	最大去除负荷 $/\text{g} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$	相应进气负荷 $/\text{g} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$	床层压降 $/\text{Pa} \cdot \text{m}^{-1}$
球形	10	95-98	41000	0.30	29	17.5	14.1	300

[0043] 实施例2

[0044] 反应器为常温条件下,将分别含有 $100\text{mg} \cdot \text{Nm}^{-3}$ 和 $120\text{mg} \cdot \text{Nm}^{-3}$ 二甲苯和乙酸乙酯混合模拟废气 $100\text{L} \cdot \text{h}^{-1}$ 通入内置本生物填料的电极生物膜反应器内,停留时间 $1\text{min}$ ,检测已净化的尾气,结果为:二甲苯和乙酸乙酯去除效率分别为 $91.1\%$ 和 $95.5\%$ 。

[0045] 实施例3

[0046] 反应器为常温条件下,将平均温度 $20^\circ\text{C}$ 含有 $10\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 染料废水 $20\text{L} \cdot \text{h}^{-1}$ 通入内置本生物填料的电极生物膜反应器内,停留时间 $20\text{min}$ ,检测反应器出口COD,结果为:COD去除效率为 $83.7\%$ 。

[0047] 实施例4

[0048] 反应器为常温条件下,将平均温度 $20^\circ\text{C}$ 含有 $210\text{mg} \cdot \text{Nm}^{-3}$ 二甲苯模拟废气 $120\text{L} \cdot \text{h}^{-1}$ 本生物填料的电极生物膜反应器内,停留时间 $1\text{min}$ ,检测反应器出口尾气,结果为:二甲苯去除效率为 $77.2\%$ 。

[0049] 以上显示和描述了本发明的基本原理和主要特征和本发明的优点,对于本领域技术人员而言,显然本发明不限于上述示范性实施例的细节,而且在不背离本发明的精神或基本特征的情况下,能够以其他的具体形式实现本发明。因此,无论从哪一点来看,均应将实施例看作是示范性的,而且是非限制性的,本发明的范围由所附权利要求而不是上述说明限定,因此旨在将落在权利要求的等同要件的含义和范围内的所有变化囊括在本发明内。不应将权利要求中的任何附图标记视为限制所涉及的权利要求。

[0050] 此外,应当理解,虽然本说明书按照实施方式加以描述,但并非每个实施方式仅包含一个独立的技术方案,说明书的这种叙述方式仅仅是为清楚起见,本领域技术人员应当将说明书作为一个整体,各实施例中的技术方案也可以经适当组合,形成本领域技术人员可以理解的其他实施方式。

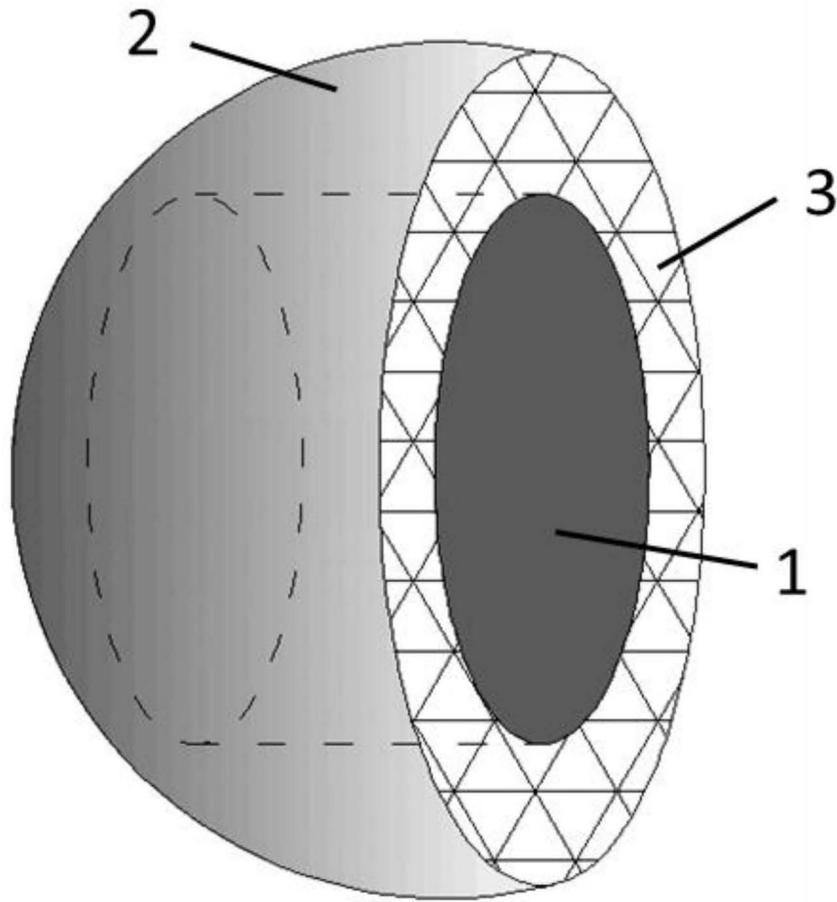


图1