



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102642919 B

(45) 授权公告日 2013.12.11

(21) 申请号 201210134069.4

(22) 申请日 2012.04.28

(73) 专利权人 杭州师范大学

地址 310036 浙江省杭州市下沙高教园区学  
林街 16 号

(72) 发明人 金仁村 张倩倩 俞津津 邢保山

(74) 专利代理机构 杭州天正专利事务所有限公  
司 33201

代理人 黄美娟 王兵

(51) Int. Cl.

C02F 3/10 (2006.01)

(56) 对比文件

US 4292206 A, 1981.09.29, 说明书实施例

1.

CN 101186380 A, 2008.05.28, 说明书具体实

施方式.

CN 101423686 A, 2009.05.06, 说明书实施例

5.

CN 101712835 A, 2010.05.26, 说明书实施例

1.

审查员 沈璐

权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种中空玻璃微珠生物膜载体在废水处理中的  
应用

(57) 摘要

本发明公开了一种中空玻璃微珠生物膜载体在废水处理中的应用:将中空玻璃微珠加入接种活性污泥的生物膜反应器中,启动生物膜反应器进水并曝气,使中空玻璃微珠与生物膜反应器中的微生物充分接触,在中空玻璃微珠表面生成生物膜,利用生物膜进行废水的处理;所述中空玻璃微珠的单颗质量 $< 0.001\text{g}$ 、粒径 $0.01 \sim 0.075\text{mm}$ 、密度为 $180 \sim 190\text{Kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ;本发明所述中空玻璃微珠生物膜载体质轻、粒径和密度较小、化学性能稳定、机械强度高,具有良好的密封性、耐风压、耐腐蚀、不易破裂,流动性好,能够与微生物形成湍动状态,同时抵抗强烈的水力剪切作用,有利于废水的处理,加速了生物膜的形成速度与反应器的启动时间。

1. 一种中空玻璃微珠生物膜载体在废水处理中的应用,其特征在於所述的应用为:将中空玻璃微珠加入接种活性污泥的生物膜反应器中,启动生物膜反应器进水并曝气,使中空玻璃微珠与生物膜反应器中的微生物充分接触,在中空玻璃微珠表面生成生物膜,利用生物膜进行废水的处理;所述中空玻璃微珠单颗质量 $<0.0001\text{g}$ 、粒径 $0.01\sim 0.075\text{mm}$ 、密度为 $180\sim 190\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ 、呈表面粗糙的圆球状。

2. 如权利要求1所述中空玻璃微珠生物膜载体在废水处理中的应用,其特征在於:所述中空玻璃微珠的总投加量以反应器有效体积计为 $100\sim 150\text{g/L}$ 。

3. 如权利要求1所述中空玻璃微珠生物膜载体在废水处理中的应用,其特征在於:所述的应用按如下步骤进行:

(1) 将稳定运行的气提式反应器中的活性污泥接种于好氧生物膜反应器中,活性污泥量占反应器有效体积的 $5\sim 10\%$ ;

(2) 以含氮模拟废水为反应进水,启动好氧生物膜反应器,在进水与曝气的同时,加入中空玻璃微珠,进水氨氮浓度为 $70\text{mg/L}$ ,水力停留时间为 $24\text{h}$ ,中空玻璃微珠表面附着生物膜后,以 $7\sim 28\text{mg/L}$ 的步幅增加进水氨氮浓度,进行废水的处理;所述中空玻璃微珠的单颗质量 $<0.0001\text{g}$ 、粒径 $0.01\sim 0.075\text{mm}$ 、密度为 $180\sim 190\text{Kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ,所述中空玻璃微珠的总投加量以反应器有效体积计为 $100\sim 150\text{g/L}$ 。

4. 如权利要求2或3所述中空玻璃微珠生物膜载体在废水处理中的应用,其特征在於:所述中空玻璃微珠以补料方式加入,第一次向生物膜反应器中加入所述中空玻璃微珠以反应器的有效体积计为 $20\sim 24\text{g/L}$ ,当反应器出水的总脱氮效率低于 $50\%$ 时,向反应器中补加所述中空玻璃微珠,所述中空玻璃微珠的单次补加量以反应器的有效体积计为 $8\sim 10\text{g/L}$ ,所述中空玻璃微珠的添加总量以反应器的有效体积计为 $100\sim 150\text{g/L}$ 。

5. 如权利要求3所述中空玻璃微珠生物膜载体在废水处理中的应用,其特征在於:所述含氮模拟废水的组成为: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 为 $2.5\sim 3.8\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $\text{NaHCO}_3$ 为 $4.1\sim 6.1\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $\text{KH}_2\text{PO}_4$ 为 $25\sim 30\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $\text{CaCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 为 $135\sim 140\text{mg/L}$ 、 $\text{MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 为 $298\sim 303\text{mg/L}$ 、以及维持微生物生长的微量元素I为 $1.25\text{mL/L}$ 、微量元素II为 $1.25\text{mL/L}$ ;所述微量元素I为 $\text{EDTA4990}\sim 5010\text{mg/L}$ 、 $\text{FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 为 $9135\sim 9145\text{mg/L}$ ,微量元素II为 $\text{EDTA14980}\sim 15010\text{mg/L}$ 、 $\text{H}_3\text{BO}_3$ 为 $13\sim 18\text{mg/L}$ 、 $\text{MnCl}_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 为 $980\sim 1000\text{mg/L}$ 、 $\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 为 $245\sim 255\text{mg/L}$ 、 $\text{ZnSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 为 $420\sim 435\text{mg/L}$ 、 $\text{NiCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 为 $200\sim 220\text{mg/L}$ 、 $\text{NaMoO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 为 $210\sim 225\text{mg/L}$ 、 $\text{NaSeO}_4\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 为 $200\sim 215\text{mg/L}$ 。

## 一种中空玻璃微珠生物膜载体在废水处理中的应用

### (一) 技术领域

[0001] 本发明涉及一种中空玻璃微珠的应用,特别涉及一种中空玻璃微珠生物膜载体在废水处理中的应用。

### (二) 背景技术

[0002] 随着废水生物处理技术的逐渐成熟,生物膜处理法、活性污泥法等处理方法大量应用于废水处理中。其中生物膜废水处理法是与活性污泥法并列的一种污水好氧生物处理技术。这种处理法的实质是使细菌和真菌类的微生物、原生动物和后生动物一类的微型动物附着在填料或某些载体上生长繁育并在其上形成膜状生物污泥-生物膜。而生物膜废水处理法中最关键的是生物膜的形成以及更新。

[0003] 随着生物膜技术的不断发展,所用载体已从当初的鹅卵石逐渐向轻质载体方向发展。同时生物膜载体的取材已不单纯在于无机材料、有机材料,而向复合材料方向发展。常用的载体或填料材料包括有机与无机两大类。其中无机类主要有:沙子、碳酸盐、玻璃材料、沸石、陶瓷、碳纤维、矿渣、活性炭等,上述无机载体的特点:机械强度高、化学性质相对稳定、比表面积大等。缺点为:载体比重较大,不利于在流化床、湍动床等流化态生物膜反应器中应用、易出现堵塞、载体难回收利用的问题。

[0004] 有机类载体主要为:PVC、PE、PS、PP、各类树脂、塑料、纤维、多孔材料等。这些材料虽各有特点,但用作废水处理载体时存在许多缺点,如成本较高、加工工艺复杂,填料用废后形成的固体废弃物处理困难,有的还容易产生二次污染,危害环境。

### (三) 发明内容

[0005] 本发明根据生物膜处理中易出现的问题,以及生物膜工艺对载体的要求,提供一种中空玻璃微珠生物膜载体在废水处理中的应用,为废水处理提供一种新的生物膜载体。

[0006] 本发明采用的技术方案是:

[0007] 一种中空玻璃微珠生物膜载体在废水处理中的应用,所述的应用为:将中空玻璃微珠加入接种活性污泥的生物膜反应器中,启动生物膜反应器进水并曝气,使中空玻璃微珠与生物膜反应器中的微生物充分接触,在中空玻璃微珠表面生成生物膜,利用生物膜进行废水的处理;所述中空玻璃微珠是一种微小中空密闭的圆球状、超轻质、粉末状填充材料。

[0008] 进一步,优选所述的中空玻璃微珠单颗质量 $< 0.0001\text{g}$ 、粒径 $0.01 \sim 0.075\text{mm}$ 、密度为 $180 \sim 190\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ,即优选为广州兆通玻璃微珠商行的2018型号的中空玻璃微珠。

[0009] 进一步,所述中空玻璃微珠的总加入量小于反应器有效体积的10%,通常所述中空玻璃微珠的添加量是根据反应器的有效体积进行添加的,所述中空玻璃微珠的总添加量以反应器有效体积计为 $100 \sim 150\text{g/L}$ 。

[0010] 进一步,所述中空玻璃微珠生物膜在废水处理中的应用推荐按如下步骤进行:

[0011] (1) 将稳定运行的气提式反应器中的活性污泥接种于好氧生物膜反应器中,活性

污泥接种量占反应器有效体积的 5 ~ 10% ;

[0012] (2) 以含氮模拟废水为反应进水,启动好氧生物膜反应器,在进水与曝气的同时,加入中空玻璃微珠,进水氨氮浓度为 70mg/L,水力停留时间为 24h,中空玻璃微珠表面附着生物膜后,以 7 ~ 28mg/L 的步幅增加进水氨氮浓度,进行废水的处理,所述生物膜处理废水的方法为本领域公知的技术;所述中空玻璃微珠的单颗质量 < 0.001g、粒径 0.01 ~ 0.075mm、密度为 180 ~ 190Kg · m<sup>-3</sup>,优选所述中空玻璃微珠为广州兆通玻璃微珠商行的 2018 型号的中空玻璃微珠,所述中空玻璃微珠的总加入量以反应器有效体积计为 100 ~ 150g/L。

[0013] 进一步,所述中空玻璃微珠以补料方式加入,即第一次向反应器中加入所述中空玻璃微珠以反应器有效体积计为 20 ~ 24g/L,随着生物膜反应器的运行,部分所述中空玻璃微珠会因水力冲刷及生物膜的衰老而脱落,使得体系中的所述中空玻璃微珠量逐渐减少,为保证反应器的处理效果,需不断向反应器中添加所述的中空玻璃微珠,添加量根据实际废水处理量及反应器有效体积大小添加,当反应器出水水质明显恶化时,即出水氨氮含量明显高于 5mg/L 时,向反应器中补加所述中空玻璃微珠,所述中空玻璃微珠的首次最大添加量与所处理废水水量间关系为 15 ~ 20g/L,所述中空玻璃微珠的每次最大补加量以反应器有效体积计为 8 ~ 10g/L,所述中空玻璃微珠的总添加量以反应器的有效体积计为 100 ~ 150g/L;若反应器出现膜全脱落等生物膜系统崩溃现象,即生物膜废水处理效果显著降低,出水水质指标无法满足国标 (GB1891-2002) 要求 (其中总氮含量应低于 15mg/L,氨氮含量低于 5mg/L) 时,需要重新加入中空玻璃微珠,添加量与第一次加入量 20 ~ 24g/L 相同或据实际情况酌情添加,也可将反应器中部分中空玻璃微珠取出后再添加新的中空玻璃微珠,使其最大添加量以反应器的有效体积计为 100 ~ 150g/L。

[0014] 进一步,本发明所述的中空玻璃微珠可以处理各类适用于生物膜反应器的废水,本发明采用含氮废水为模拟废水,所述含氮模拟废水的组成为:(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 为 (2.5 ~ 3.8) mg · L<sup>-1</sup> 和 NaHCO<sub>3</sub> 为 (4.1 ~ 6.1)mg · L<sup>-1</sup>、KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 为 (25 ~ 30)mg · L<sup>-1</sup>、CaCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O 为 (135 ~ 140)mg/L、MgSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O 为 (298 ~ 303)mg/L、以及维持微生物生长的微量元素 I 为 1.25mL/L、微量元素 II 为 1.25mL/L;所述微量元素 I 为 EDTA(4990 ~ 5010)mg/L, FeSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O(9135 ~ 9145)mg/L,微量元素 II 为 EDTA(14980 ~ 15010)mg/L、H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>(13 ~ 18)mg/L、MnCl<sub>2</sub> · 4H<sub>2</sub>O(980 ~ 1000)mg/L、CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O(245 ~ 255)mg/L、ZnSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O(420 ~ 435)mg/L、NiCl<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O(200 ~ 220)mg/L、NaMoO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O(210 ~ 225)mg/L、NaSeO<sub>4</sub> · 10H<sub>2</sub>O(200 ~ 215)mg/L。

[0015] 本发明所述反应器挂膜成功的检测方法包括:(1) 监测出水水质指标作为挂膜是否成功的标志,即当生物膜挂膜成功后,反应器出水中各表征污染物的指标值较为明显的低于进水中污染物的指标值;(2) 也可通过目测反应器出水口处有无污泥脱落而直观得到是否挂膜成功;(3) 也可通过测定反应器中载体(即中空玻璃微珠)上的膜厚度(挂膜前载体表面无厚度,挂膜后,载体表面膜厚较挂膜前厚度增加);(4) 可通过显微镜镜检生物膜表面所形成的微生物种类及生物膜的结构,若有大量的轮虫出现,则出水水质稳定,说明挂膜成熟;(5) 由生物膜表面观测到生物膜的颜色由最初的白色向奶白色到金黄色过度时,说明挂膜成功。

[0016] 本发明所述中空玻璃微珠是一种肉眼看上去非常微小的,内部充斥二氧化碳等气

体的、中空封闭性、表面呈粗糙状的圆球状粉末,粒径在  $1 \sim 500 \mu\text{m}$  之间,密度在  $0.1 \sim 0.3\text{g}/\text{m}^3$  之间,具有质量轻比表面积大、导热系数低、抗压强度高,分散性、流动性、稳定性好的优点。另外,还具有自润滑、耐腐蚀、耐风压、无毒等优异性能,可以取代部分青铜粉、二硫化钼和白炭黑等的填充材料。所述中空玻璃微珠由无机材料构成,其化学组成为二氧化硅、氧化铝、氧化锆、氧化镁、硅酸钠等。所述中空玻璃微珠的制备方法为公知的技术。

[0017] 本发明所优选采用的中空玻璃微珠是取自广州兆通玻璃微珠商行的 2018 型号的中空玻璃微珠。本发明中所用中空玻璃微珠的具体物理性质如下:质轻(单颗载体质量约  $< 0.0001\text{g}$ )、粒径  $0.01 \sim 0.075\text{mm}$ 、密度为  $180 \sim 190\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 、表面特性(中空玻璃珠呈表面粗糙的圆球状)、机械强度较高(良好的密封性、耐风压、耐腐蚀、不易破裂)、化学稳定性(为普通玻璃强化形成的玻璃载体、化学稳定性良好)。

[0018] 本发明中空玻璃微珠作为生物膜载体的特性如下:

[0019] 1) 一般来讲,生物膜反应器从启动到稳定运行需要较长的时间。为了使废水中的污染物能在较短时间内完成与生物膜的接触吸附,通常需要进行不同程度的搅动,这种搅动将产生非常强烈的水力剪切作用。大量研究结果表明:生物膜的载体材料必须具有足够的机械强度,以抵抗这种强烈的水力剪切作用,防止载体在运动、碰撞过程中破碎。而中空玻璃微珠因其本身具有良好的机械强度(良好的密封性、耐风压、耐腐蚀、不易破裂),适用于生物膜载体。

[0020] 2) 表面粗糙度在很大程度上被认为是影响微生物在载体表面附着、固定的一个重要因素。这是因为:一、与光滑表面相比,粗糙的载体表面增加了微生物与载体间的有效接触面积;二、为避免水力剪切作用的冲刷,微生物总是优先附着在载体表面的粗糙部分,如凹处、缝隙等。因此,载体表面粗糙度越大,附着的微生物就越多。中空玻璃微珠因其材质为玻璃,是经加工后切割所成的细小圆球状粉末,其外表粗糙而非普通玻璃般光滑,因此有利于微生物附着,易于挂膜且膜不易脱落。

[0021] 3) 作为生物膜载体时,所用载体的质量也在一定程度上影响膜生物反应器的处理效果。本发明中的中空玻璃微珠由于其质量较一般载体轻(单颗质量约  $< 0.0001\text{g}$ )、密度为  $180 \sim 190\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 、易于流化床、湍动床等流化态的生物膜反应器中,容易与微生物形成湍动状态。且在生物膜后期的脱落等处理中也易于重复利用。因其质轻,即便是在生物膜处理中存在载体随出水流失的情况,也易解决(可经膜生物反应器后续的沉淀池进行回流至膜生物反应器中),不存在生物膜老化后脱落造成二次污染的问题。且载体可重复利用,经济效益也较高。

[0022] 4) 中空玻璃微珠是由普通玻璃经加工而成,其组成与普通玻璃一样,主要是硅酸盐( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ 、 $\text{CaSiO}_3$ 、 $\text{SiO}_2$  或  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$  等),而钠、钙等元素为微生物生长所必需的营养元素,故以中空玻璃微珠作为生物膜载体用于废水生物处理中对微生物无毒副作用。

[0023] 5) 由于中空玻璃微珠是微小圆球,在液体中要比片状、针状或不规则形状的填充材料具有较好的流动性,易于微生物接触,从而加快生物膜的形成与交替速度,利于废水的生物处理。

[0024] 综上所述:中空玻璃微珠具有作为生物膜载体的功能,使其应用范围从一般的建筑用材拓展至废水生物处理领域。

[0025] 与现有技术相比,本发明的有益效果主要体现在:本发明所述中空玻璃微珠生物

膜载体质轻、粒径和密度较小、化学性能稳定、机械强度高,具有良好的密封性、耐风压、耐腐蚀、不易破裂,流动性好,能够与微生物形成湍动状态,同时抵抗强烈的水力剪切作用;中空玻璃微珠生物膜载体表面粗糙,便于微生物附着,使生物膜不易脱落,有利于废水的处理;由于生物膜在中空玻璃微珠上易附着,且由于中空玻璃微珠质轻且容易与下行水流及上升气体形成湍动流化状态,加速了生物膜的形成速度与反应器的启动时间。

#### (四)附图说明

[0026] 图1为本次试验所用的SBR好氧生物膜反应器结构示意图,其中1为进水口同时也作为后续中空玻璃微珠的补料口,2为出水口,3为曝气装置。

#### (五)具体实施方式

[0027] 下面结合具体实施例对本发明进行进一步描述,但本发明的保护范围并不仅限于此:

[0028] 本发明采用SBR好氧生物膜反应器(如图1所示),所述反应器由有机玻璃制成,总体积5L,有效体积2.5L,整个反应器呈流化状态;所述反应器底部有出水口2和曝气装置3,顶部有进水口1,所述曝气装置3通过外侧曝气系统安置于反应器主体内。其中SBR反应器的操作时间如下:一个循环为8小时,其中包括:进水360分钟;曝气440分钟;沉淀15分钟;排水25分钟。

[0029] 实施例1

[0030] 1)生物膜反应器的挂膜

[0031] 分别将实验室稳定运行的气提式反应器中的活性污泥接种于两个构型及反应器大小均相同的好氧生物膜反应器 $R_1$ 、 $R_2$ (图1所示)中,其中 $R_1$ 、 $R_2$ 中接种的活性污泥量相同,接种污泥体积均为1.5L,其中 $R_1$ 好氧生物膜反应器中添加聚醚砜中空纤维膜作为生物膜载体(其外形为纤维状,是一种具有支撑作用的膜,其物理参数为:内径0.4mm、外径0.8mm、膜孔径 $0.2 \times 10^{-3}$ mm、孔隙率80%、膜总面积 $0.36\text{m}^2$ ,生产厂家:上海秉奇化工科技有限公司提供); $R_2$ 反应器中所添加载体为所述的中空玻璃微珠(其参数条件为:单颗质量约0.001g、粒径0.01~0.075mm、密度为 $180 \sim 190\text{Kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ,生产厂家:广州兆通玻璃微珠商行的2018型号产品)。

[0032] 含氮模拟废水的组成为:( $\text{NH}_4$ )<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>为 $3\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和NaHCO<sub>3</sub>为 $3.8\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>为 $27\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O为136mg/L、MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O为300mg/L、以及维持微生物生长的微量元素I为1.25mL/L、微量元素II为1.25mL/L;所述微量元素I为EDTA为5000mg/L、FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O为9140mg/L,微量元素II为EDTA为15000mg/L、H<sub>3</sub>BO<sub>4</sub>为14mg/L、MnCl<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O为990mg/L、CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O为250mg/L、ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O为430mg/L、NiCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O为210mg/L、NaMoO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O为220mg/L、NaSeO<sub>4</sub>·10H<sub>2</sub>O为210mg/L。

[0033] 以上述含氮模拟废水为反应器进水,由反应器外侧曝气系统进行曝气,开启进水,以 $0.8 \sim 1.0\text{m}^3/\text{h}$ 的速度曝气,同时从反应器的进水口1向好氧生物膜反应器 $R_1$ 中加入聚醚砜中空纤维膜20g,向好氧生物膜反应器 $R_2$ 的进水口1中加入所述中空玻璃微珠20g,进水氨氮浓度分别为70mg/L,水力停留时间分别为24h,进行生物膜反应器的挂膜,好氧生物膜反应器 $R_1$ 、 $R_2$ 分别运行15天、10天后,聚醚砜中空纤维膜和中空玻璃微珠表面均附着一

层淡黄色生物膜,表明好氧生物膜反应器  $R_1$ 、 $R_2$  挂膜成功。

[0034] 2) 生物膜反应器的启动

[0035] 好氧生物膜反应器挂膜成功后,以  $0.8 \sim 1.0 \text{ m}^3/\text{h}$  的速度向两反应器曝气,同时保持进水氨氮浓度均为  $70 \text{ mg/L}$ ,水力停留时间 (HRT) 为  $24 \text{ h}$ ,每天测定出水水质,当出水氨氮量低于  $5 \text{ mg/L}$  时,保持 HRT 不变,增加进水氨氮浓度使得反应器中氨氮负荷增加,进水氨氮浓度以  $28 \text{ mg/L}$  步幅增加,每天测定出水水质。当好氧生物膜反应器  $R_1$  或好氧生物膜反应器  $R_2$  出水的脱氮率低于  $50\%$  时,分别从进水口 1 处向反应器体系  $R_1$  中添加聚醚砜中空纤维; $R_2$  中添加中空玻璃微珠,每次补加载体(聚醚砜中空纤维膜或中空玻璃微珠)的最大量以反应器有效体积计为  $8 \sim 10 \text{ g/L}$ ,所述载体总加入量以反应器有效体积计为  $80 \text{ g/L}$ 。载体(聚醚砜中空纤维膜或中空玻璃微珠)补加完成后,反应器继续运行,同时测定出水水质。当两反应器的进水氨氮浓度均达到  $350 \text{ mg/L}$  时,测定的反应器脱氮效率,结果为:反应器  $R_1$  脱氮率从最初的  $10\%$  增加到运行结束的  $70\%$  并维持恒定;反应器  $R_2$  脱氮率从最初的  $10\%$  达到  $88.4\%$  并维持恒定,表明添加聚醚砜中空纤维载体与添加所述中空玻璃微珠时的脱氮率出现较大的差异,中空玻璃微珠的脱氮效率较好。

[0036] 实施例 2

[0037] 以实际生活污水为生物膜反应器进水,进水各参数为:(COD $600 \text{ mg/L}$ 、SS  $150 \text{ mg/L}$ 、pH  $6 \sim 8$ ),向生物膜反应器中加入所述中空玻璃微珠,生物膜反应器构型及挂膜过程操作同实施例 1,挂膜成功后,曝气速度为  $0.8 \sim 1.0 \text{ m}^3/\text{h}$ , (也可根据实际需要进行大小调整,调整幅度以进水流量间关系为  $1 : (7.7 \sim 8.5) \text{ m}^3/\text{h}$ ,水力停留时间为  $5 \text{ h}$ ,运行生物膜反应器,由于生物膜在中空玻璃微珠上易附着,且由于中空玻璃微珠质轻且容易与下行水流及上升气体形成湍动流化状态,加速了生物膜的形成速度与反应器的启动时间,使得反应器中滞留的生物量多。在反应器运行过程中,实时监测出水水质,当出水水质低于国标要求的(其中总氮含量应低于  $15 \text{ mg/L}$ ,氨氮含量低于  $5 \text{ mg/L}$ ,国标 GB1891-2002) 时或大量生物膜脱落时,应立即从进水口 1 加入中空玻璃微珠,每次中空玻璃微珠的最大添加量以反应器有效体积计为  $(8 \sim 10 \text{ g/L})$ ,同时所述中空玻璃微珠的总添加量以反应器有效体积计为  $100 \text{ g/L}$ 。添加载体后,反应器继续保持运行,当反应器稳定运行 30 天后,出水 COD 浓度为  $42 \text{ mg/L}$ ,出水 SS 量为  $5 \text{ mg/L}$ ,COD 去除率达  $93\%$ ,SS 去除速率达  $96\%$ 。

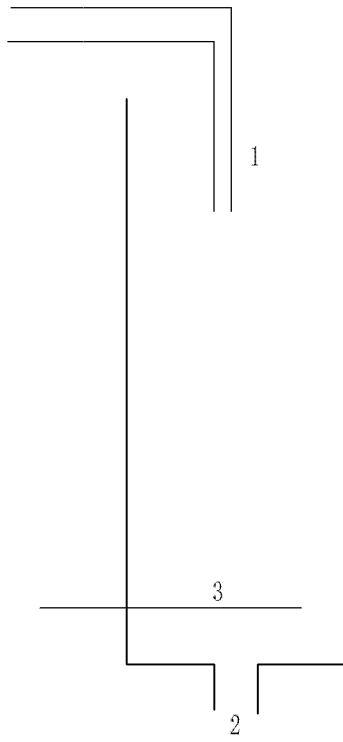


图 1