



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104724834 B

(45)授权公告日 2017.01.04

(21)申请号 201510119383.9

(22)申请日 2015.03.18

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104724834 A

(43)申请公布日 2015.06.24

(73)专利权人 中国科学院南京土壤研究所

地址 210008 江苏省南京市北京东路71号

(72)发明人 王逢武 吴永红 杨嘉利

(74)专利代理机构 江苏致邦律师事务所 32230

代理人 栗仲平

(51)Int.Cl.

C02F 3/32(2006.01)

C02F 101/20(2006.01)

(56)对比文件

CN 1686873 A, 2005.10.26, 全文.

CN 101838047 A, 2010.09.22, 全文.

CN 103011422 A, 2013.04.03,

CN 103011391 A, 2013.04.03, 全文.

CN 104004644 A, 2014.08.27, 全文.

WO 2014102551 A1, 2014.07.03, 全文.

US 7638054 B1, 2009.12.29, 全文.

JP S63252596 A, 1988.10.19, 全文.

陈重军等.周丛藻类及其在水质净化中的应用.《应用生态学报》.2009,第20卷(第11期),

梁霞等.周丛藻类水质处理系统中氮、磷污染物去除效果研究.《环境科学学报》.2008,第28卷(第4期),

审查员 许金丽

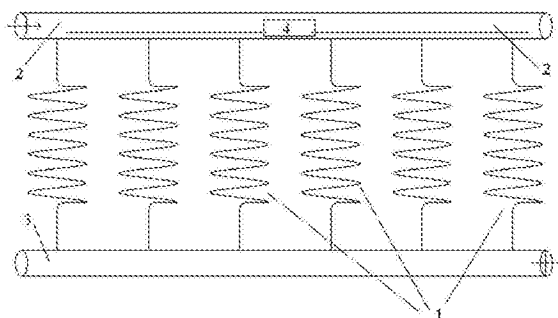
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

利用周丛生物处理系统去除面源污水中铜的方法及其设备

(57)摘要

利用周丛生物处理系统去除面源污水中铜的方法及其设备:(1).周丛生物反应器的设计:主体由透明材料制成,包括进出水直管段和螺旋圈管道;(2).周丛生物反应器的预处理:腐蚀内壁,增大比表面积;(3).周丛生物的富集;(4).周丛生物处理系统的设计:由过滤池、反应池与沉淀池组成;(5).其中反应池的设计:反应池进水曝气管与出水曝气管之间,连接有若干并联的周丛生物反应器;(6).关键环境条件的控制;(7).系统中周丛生物的后期处置:将周丛生物反应器中的周丛生物取出来,收集在一起,做无害化处理;也可以进一步收集其中的铜,加以利用.本发明可以通过周丛生物系统中各种微生物的集体功能,对面源污水中铜去除率高,运行成本低,环境友好.



1. 一种利用周丛生物处理系统去除面源污水中铜的方法,其特征在于,步骤如下,

(1). 周丛生物反应器的设计:所述周丛生物反应器的主体由透明材料制成,包括进出水直管段和螺旋圈管道;

(2). 周丛生物反应器的预处理:首先往管道内通入腐蚀液体,腐蚀内壁,增大比表面积,使以光合自养微生物为优势种群的微生物聚集体能够快速和稳定附着在管壁上,提高反应器富集周丛生物的能力;然后用清水冲洗内壁;

(3). 周丛生物的富集:往反应器内通入富营养化水,并加入WC溶液,进行光合周丛生物的富集;

在光照强度2500-5000Lux、温度为15-45℃条件下富集、培养周丛生物;为使周丛生物能够快速生长富集,对溶液进行适度曝气;20天后,管道内壁出现一层亮绿色粘稠状的光合周丛生物;

(4). 周丛生物处理系统的设计:周丛生物处理系统,由过滤池、反应池与沉淀池组成;

(5). 周丛生物处理系统中反应池的设计:反应池中设有两段直管,分别构成进水曝气管与出水曝气管,在该进水曝气管与出水曝气管内设置有曝气装置;在该进水曝气管与出水曝气管之间,连接有若干个并联的周丛生物反应器;

(6). 关键环境条件的控制:充足的光照是挂膜成功与否以及周丛生物活性和生物量增加的关键,因此要尽量满足光合周丛生物生长所需的光照条件;合适的水力停留时间也很重要,根据进水的营养程度调节;同时,本系统还对水体进行曝气,利于光合周丛生物的生长;

(7). 周丛生物处理系统中周丛生物的后期处置:将周丛生物反应器中的周丛生物取出来,收集在一起,做无害化处理;也可以进一步收集其中的铜,加以利用;

步骤(3)中,WC溶液配方为:

序号	组份	用量(mL/L)	母液浓度(g/L)	最终浓度(mM)
1	NaNO ₃	1	85.1	1
2	CaCl ₂ · 2H ₂ O	1	36.76	0.25
3	MgSO ₄ · 7H ₂ O	1	36.97	0.15
4	NaHCO ₃	1	12.6	0.15
5	NaSiO ₃ · 9H ₂ O	1	28.42	0.1
6	K ₂ HPO ₄	1	8.71	0.05
7	H ₃ BO ₃	1	24	0.39
8	WC微量元素溶液	1	※	
9	VB ₁₂ 溶液	1	※	
10	硫胺素溶液	1	※	
11	生物素溶液	1	※	

其中WC微量元素溶液母液配方为: Na₂EDTA·2H₂O 4.36g、FeCl₃·6H₂O 3.15g、CuSO₄·5H₂O 2.5g、ZnSO₄·7H₂O 22g、CoCl₂·6H₂O 10g、MnCl₂·4H₂O 180g、Na₃VO₄ 18g、Na₂MoO₄ · 2H₂O 6.3g、蒸馏水1 L;VB₁₂溶液母液、硫胺素溶液母液和生物素溶液母液分别为27mg VB₁₂、67mg 硫胺素和2400mg生物素分别溶于200mL 2.4g/200mL dH₂O, pH7.8的HEPES缓冲液中。

2. 根据权利要求1所述的利用周丛生物处理系统去除面源污水中铜的方法,其特征在

于,步骤(1)中,所述进出水直管段和螺旋圈管道的内径为1-4.0mm,厚度为3mm,总长度30-180cm。

3.根据权利要求1所述的利用周丛生物处理系统去除面源污水中铜的方法,其特征在于,步骤(2)中,所述周丛生物反应器的主体由石英玻璃制成;所述腐蚀液体采用1.7%/2.3%, W/W 的HF/NH₄F溶液。

4.根据权利要求1所述的利用周丛生物处理系统去除面源污水中铜的方法,其特征在于,步骤(2)中,所述周丛生物反应器的进出水直管段长度为20mm。

5.根据权利要求1所述的利用周丛生物处理系统去除面源污水中铜的方法,其特征在于,步骤(3)中富营养化水体的富营养化指数大于50。

6.根据权利要求1所述的利用周丛生物处理系统去除面源污水中铜的方法,其特征在于,步骤(6)中,当河水富营养化指数界于30与50之间时,水力停留时间设置在12-24小时;当河水富营养化指数界于50与70之间时,水力停留时间设置在24-48小时;当河水富营养化指数大于70时,水力停留时间设置在48-72小时。

7.权利要求1所述利用周丛生物处理系统去除面源污水中铜的方法所使用的周丛生物处理系统,由过滤池、反应池与沉淀池组成,其特征在于,所述的反应池中设有两段直管,分别构成进水曝气管与出水曝气管,在该进水曝气管与出水曝气管内设置有曝气装置;在该进水曝气管与出水曝气管之间,连接有若干个并联的周丛生物反应器;所述周丛生物反应器的主体由透明材料制成,包括进出水直管段和螺旋圈管道。

8.根据权利要求7所述的周丛生物处理系统,其特征在于,所述周丛生物反应器由石英玻璃制成。

9.根据权利要求7所述的周丛生物处理系统,其特征在于,所述周丛生物反应器进出水直管段与螺旋圈管道的管道内径为1-4.0mm,厚度3.0mm,总长度为30-180cm。

10.根据权利要求7或8或9所述的周丛生物处理系统,其特征在于,所述的反应池由多级周丛生物反应器并联而成,级数为15-50,各级周丛生物反应器固定在进水曝气管与出水曝气管上,末端相连排水;其中的进水曝气管与出水管曝气管中设有曝气装置,该曝气装置设有开关。

利用周丛生物处理系统去除面源污水中铜的方法及其设备

技术领域

[0001] 本发明属于生态与环境保护领域,涉及面源污水净化领域,尤其涉及一种利用周丛生物处理系统去除面源污水中铜的方法。本发明还涉及这种方法所使用的设备:周丛生物处理系统。

背景技术

[0002] 目前,重金属污染引起的环境问题越发严重。当前,铅中毒、重金属致胎儿畸形等事件也屡屡发生,使重金属污染成为关系到人类生命健康的重大环境问题。据报道,2009年到2010年我国重金属中毒事件高达31起。重金属主要随着人类工农业活动进入到水体中,致使水体重金属含量远高于自然背景,并且导致生态环境恶化、水质降低等现象。重金属是具有潜在危害性的重要污染物,其在环境中所产生的污染效应具有隐蔽性、长期性和不可逆性,且在水-土-植物大系统中迁移,伴随着转移的介质具有积累和放大的作用,对环境生物产生更大的影响。

[0003] 铜是微生物必须的营养元素,又是一种污染元素,相对于其他重金属元素而言毒性较强,污染较常见。随着社会经济的快速发展,水体中铜污染问题十分严峻。铜矿的开采、冶炼厂排放的“三废”、含铜农药和化肥的过量使用和城市生活垃圾处理不当等,使水体含铜量达到原始水体的几倍甚至几十倍,远远超出了水体环境的承载力,严重威胁到区域生态系统的稳定和人类的健康。非污染水体中铜含量在 $2\mu\text{g/L}$ 以下,但是在污染较严重的地区,比如矿区附近的水体中铜含量可以达到 $1000\mu\text{g/L}$ 以上,如2012年江西德兴铜矿区大圹河枯水期源区、上游、中游、下游水体中铜的含量分别为 $4843\mu\text{g/L}$ 、 $2908\mu\text{g/L}$ 、 $734\mu\text{g/L}$ 、 $491\mu\text{g/L}$ 。这些地区的水体铜含量都远远超过了国家环境二级标准。相当一部分水体污染严重,威胁到饮水水质。

[0004] 面源污染是我国入河湖污染负荷的主要形式之一,尤其是水体重金属污染给河道带来了很重的负荷,这给常规的处理带来了很多新的挑战,如传统的物理化学处理的性价比不高。因此,如何有效的去除或者控制面源污水中的铜的浓度已经迫在眉睫。

[0005] 鉴于当前很多水体受到铜污染的现状,国内外学者开发了多种有效的去铜措施。主要分为两类,一类是物理化学修复,另一类是原位水质净化。在实际河道水质净化案例中,原位水质净化法应用比较广泛,也具有比较好的前景。从生态学角度而言,原位改善水质,提高河道水生生态系统的自净能力和恢复力,也是河道生态系统持续健康发展的必由之路。

[0006] 生物原位水质净化法主要是利用超富集植物的原理净化河道水质,或利用微生物转化重金属形态,改变重金属毒性,进而达到修复水体的目的,或者利用微生物聚集体的方法吸附、吸收重金属。代表性的微生物聚集法有生物膜法,它是一种重要的废水生物处理方法,依靠附着在载体上的微生物群落吸收和降解废水中的污染物质达到净化效果。由于生物反应器能够很好地固定生物膜,调节生物膜组成结构;可以通过调节反应器的设置,控制生物膜的生物量和活性,因此,生物反应器在原位水质净化中应用比较广泛,也在河水原

位净化领域具有很好的前景。

[0007] 目前研究最多的是生物方面的除铜措施,尤其是生物膜反应器,应用于面源污水除铜的生物膜反应器对水体中的重金属有较好的去除效果。应用于污水处理的使用的生物膜反应器工艺型式各异,主要分为典型生物膜反应器工艺(例如生物膜滤池和生物膜转盘等)和实用新型生物膜反应器工艺(生物膜流化床、移动床生物膜反应器(MBBRs)以及序批式生物膜反应器(SBBRs)等)。然而,上述周丛生物处理系统绝大多数是针对氮、磷等设计和去除,而专门针对铜去除技术和方法研究相对较少。

[0008] 并且,由于农业面源污水组成、负荷和排放特征的复杂性,传统的单一微生物反应器已经不再适应面源污水中铜的去除,因此,反应器内单一或者少数的几种优势微生物物种容易中毒。其次,目前针对铜的一般采用化学试剂法,将水体中的铜转化为难溶物、絮凝沉淀或者铜渣,再进行去除,操作繁琐,费用昂贵,且容易造成二次污染。与此同时,面源污水亟需治理,针对面源污水一般分布面积大、污染面广以及难以集中控制等特点,传统的点源生物膜反应器工艺难以达到满意的去除效果,且一般造价昂贵,运行维护繁琐,占地耗时,难以实际应用到面源污水中铜的治理。

[0009] 周丛生物是在一定的水体环境条件下产生的微生物聚集体,其群落结构复杂,种群丰富,比表面积大,并带负电荷,主要由光合自养型生物主导,一般呈现绿色,广泛分布与各种基质的表面;研究发现周丛生物对铜有较好的去除效果,能够通过吸附解吸、沉淀溶解、配位解离、氧化还原等降解水体中的铜。

[0010] 相比于传统的生物膜技术,周丛生物处理系统更适合于大面积、大尺度的面源污水处理,同时成本低廉,充分利用太阳能,耗能低,不额外占用昂贵的土地资源等优势使其成为极具应用前景的技术之一。其次,光合周丛生物容易人工固定化和收获,从而使得铜资源的重新利用成为可能,达到节约资源、减少污染、增加经济效益的目的。

[0011] 目前,也有一些新兴微生物技术或微生物与其它技术联合的技术用于重金属的去除,例如:

[0012] 生物吸附剂、固定床反应器(专利申请号:CN201410487854)提供了一种用于重金属污水处理的生物吸附剂,由双孢菇改性制备得到,用于吸附污水中的重金属离子,吸附容量高且再生后吸附容量无明显下降。还提供了一种用于重金属污水处理的固定床反应器、重金属污水的处理方法。虽然该技术对铅离子的吸附容量很高,但是双孢菇长期浸泡在水体中,可能会腐败,造成水体二次污染。

[0013] 利用积雪草和微生物联合去除土壤或水体中重金属的方法(专利申请号:CN201410365418)公开了一种利用积雪草和微生物联合去除土壤或水体中重金属的方法,所述方法包括:在含有重金属的土壤或水体中种植积雪草;定期收割积雪草并保留积雪草在土壤或水体中的部分;将哈茨木霉菌菌液接种到积雪草根部分。虽然本发明能够同时去除受污染土壤或水体中的铅、锌、镉,但由于积雪草生长受到地域的限制,其应用范围受到很大的局限性,更不适合在农业面源污水中应用。

[0014] 一种去除污水中重金属的处理装置及其处理方法(专利申请号:CN201410248353)提供一种去除污水中重金属的处理装置及处理方法,包括一罐体,所述罐体底部连接有进水管,罐体上端连接有出水管,所述罐体内由下至上依次设有砂石初滤层、微生物吸附层、滤布及颗粒活性炭吸附层,所述微生物吸附层设有表面附着有微生物的球体。本发明具有

以下有益效果：本发明克服了传统去除金属离子方法存在成本高、操作复杂、难以对低浓度废水进行处理等缺点，但利用的吸附层存在被堵塞的风险。

[0015] 可见，无论是传统的重金属（如铜）去除技术，还是目前正在申请发明专利的一些与微生物有关的新兴技术，都不能一劳永逸去除水体中的重金属，更难以去除成分复杂、负荷多变、排放无规律的农业面源污水中的重金属，因此，迫切需要发展新的重金属（如铜）去除技术。

发明内容

[0016] 本发明的目的在于解决现有技术的不足：提供一种利用周丛生物处理系统去除面源污水中铜的方法。该发明生产可以自我生存和自我循环利用的周丛生物，这种周丛生物可以处理含铜污水。这是新的设计与建设模式，一方面可以培养光合自养微生物，另一方面降低面源污水中铜浓度，减少铜对水环境的不利影响，又实现经济利益的增加。本发明以降低污水中铜浓度为目标，采用“分区、分级、多段”和“培养周丛生物，再构建运行周丛生物处理系统”的工作思路，依据“进水-过滤-处理-溢流-出水”的工艺路线进行设计。是一种低成本、灵活、易操作的面源污水铜去除的方法。本发明还将提供这种方法所使用的设备：周丛生物处理系统。

[0017] 完成上述发明任务的技术方案是，一种利用周丛生物处理系统去除面源污水中铜的方法，其特征在于，步骤如下，

[0018] (1). 周丛生物反应器的设计：所述周丛生物反应器的主体由透明材料制成（例如，石英玻璃），包括进出水直管段和螺旋圈管道（图1）；

[0019] (2). 周丛生物反应器的预处理：首先往管道内通入腐蚀液体，腐蚀内壁，增大比表面积，使以光合自养微生物为优势种群的微生物聚集体能够快速和稳定附着在管壁上，提高反应器富集周丛生物的能力。然后用清水冲洗内壁；

[0020] 当周丛生物反应器的主体由石英玻璃制成时，所述腐蚀液体可以采用HF/NH₄F（1.7%/2.3%，W/W）。

[0021] (3). 周丛生物的富集：往反应器内通入富营养化水，并加入WC溶液，进行光合周丛生物的富集；

[0022] 可以在光照强度2500-5000Lux、温度为15-45℃条件下富集、培养周丛生物；为使周丛生物能够快速生长富集，对溶液进行适度曝气；20天后，管道内壁出现一层亮绿色粘稠状的光合周丛生物；

[0023] (4). 周丛生物处理系统的设计：周丛生物处理系统，由过滤池、反应池与沉淀池组成（图3）；

[0024] (5). 周丛生物处理系统中反应池的设计：反应池中设有两段直管（可以采用PVC管），分别构成进水曝气管与出水曝气管，在该进水曝气管与出水曝气管内设置有曝气装置；在该进水曝气管与出水曝气管之间，连接有若干个并联的周丛生物反应器（如图2所示）；

[0025] 换言之，所述的反应池由多级周丛生物反应器串联而成，级数为15-50，各级周丛生物反应器固定在PVC管上，末端相连排水；其中的进水曝气管从所述过滤池进水；其中的出水管曝气管向所述沉淀池出水。

[0026] PVC管内的曝气装置设有开关,可以通过开关控制器曝气强度和时间等。

[0027] (6).关键环境条件的控制:充足的光照是挂膜成功与否以及周丛生物活性和生物量增加的关键,因此要尽量满足光合周丛生物生长所需的光照条件;合适的水力停留时间也很重要,一般根据进水的营养程度调节;同时,本系统还可以对水体进行曝气,利于光合周丛生物的生长;

[0028] (7).光合周丛生物处理系统中周丛生物的后期处置:将周丛生物反应器中的周丛生物取出来,收集在一起,做无害化处理;也可以进一步收集其中的铜,加以利用。

[0029] 本发明方法的灵活性在于,可以依据规模的大小,配置相应数量的处理系统,并因地制宜,合理布置,即可以治理污水,又不影响其水域运输通畅;

[0030] 光合周丛生物处理系统与传统的藻类处理系统相比,最明显的优势就是其容易收获,避免其死亡后对水体造成的负面效应。

[0031] 结果表明光合周丛生物不仅可以高效的去除铜,其去除率为98.2%,因此可以充分利用收获后的周丛生物进行重新利用,变废为宝,充分合理利用废弃资源,增加一定的经济收入。也可以对水质净化起到一定作用,充分发挥光合周丛生物系统的最优效果。进一步的技术方案包括:

[0032] 步骤(1)中,经大量试验证明,管道内径为1-4.0mm时,周丛生物富集效果最好。内径太小,水流很慢周丛生物很难富集,且管道容易堵塞;内径太大,水流量大,容易将富集的周丛生物冲走。经大量试验证明,管道厚度为3mm时最佳。管道厚度太薄,不耐酸腐蚀,经HF与NH₄F混合溶液处理后,容易穿孔;厚度太厚,经济成本大,浪费材料。反应器各设置长20mm的直管段,创新之处在于能够防止回流,并减小沿程阻力,使水流顺利的进入反应器。该设计不仅节省空间,而且有效减缓了水流的速度,利于周丛生物富集。

[0033] 步骤(2)中,往反应器管道通入HF/NH₄F(1.7%/2.3%,W/W)溶液一段时间(30分钟),然后用清水冲洗。

[0034] 步骤(3)中富营养化水体的富营养化指数大于50,用于富集和培养周丛生物的富营养化水需要含有藻类、细菌等微生物,因此,在富集的周丛生物其“种源”实际上来源于所取的富营养水。不同地点采集的富营养化水,其培养的周丛生物微生物群落组成可能不同,其对污染物的去除效果也存在差异,但对有铜的去除效率基本一致。

[0035] 步骤(3)中WC溶液配方为:

[0036]

序号	组份	用量(mL/L)	母液浓度(g/L)	最终浓度(mM)
1	NaNO ₃	1	85.1	1
2	CaCl ₂ • 2H ₂ O	1	36.76	0.25
3	MgSO ₄ • 7H ₂ O	1	36.97	0.15
4	NaHCO ₃	1	12.6	0.15
5	NaSiO ₃ • 9H ₂ O	1	28.42	0.1
6	K ₂ HPO ₄	1	8.71	0.05
7	H ₃ BO ₃	1	24	0.39
8	WC微量元素溶液	1	※	
9	VB ₁₂ 溶液	1	※	

10	硫胺素溶液	1	※	
11	生物素溶液	1	※	

[0037] 其中WC微量元素溶液母液配方为： $\text{Na}_2\text{EDTA} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 4.36g、 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 3.15g、 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 2.5g、 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 22g、 $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 10g、 $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 180g、 Na_3VO_4 18g、 $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 6.3g、蒸馏水1 L；VB₁₂溶液母液、硫胺素溶液母液和生物素溶液母液分别为27mg VB₁₂、67mg硫胺素和2400mg生物素分别溶于200mL HEPES缓冲液(2.4g/200mL dH₂O, pH7.8)中。

[0038] 步骤(6)中,当河水富营养化程度较低时,即富营养化指数界于30与50之间时,水力停留时间一般设置在12-24小时;当河水富营养化程度较高时,即富营养化指数界于50与70之间时,水力停留时间一般设置在24-48小时;当河水富营养化程度很高时,即富营养化指数大于70时,水力停留时间一般设置在48-72小时。

[0039] 完成本申请第二个发明任务的技术方案是,一种周丛生物处理系统,由过滤池、反应池与沉淀池组成,其特征在于,所述的反应池中设有两段直管(可以采用PVC管),分别构成进水曝气管与出水曝气管,在该进水曝气管与出水曝气管内设置有曝气装置;在该进水曝气管与出水曝气管之间,连接有若干个并联的周丛生物反应器;所述周丛生物反应器的主体由透明材料制成(例如,石英玻璃),包括进出水直管段和螺旋圈管道(参见图1)。

[0040] 其中的进水曝气管从所述过滤池进水;其中的出水管曝气管向所述沉淀池出水。

[0041] 申请人建议:所述进出水直管段与螺旋圈管道的管道内径为1-4.0mm,厚度3.0mm,总长度为30-180cm。

[0042] 申请人建议:所述的反应池由多级周丛生物反应器串联而成,级数为15-50,各级周丛生物反应器固定在PVC管上,末端相连排水;其中的进水曝气管与出水管曝气管中设有曝气装置,该曝气装置设有开关。

[0043] 周丛生物处理系统能够快速稳定富集微生物形成周丛生物,根据实际工程所需,设计相应规模、尺度和面积的处理系统,在受污水体中进行布置,从而达到去除污水中铜的目的。

[0044] 本发明实施前后技术效果很好,周丛生物处理系统应用后,铜的去除率为70-100%。

[0045] 本发明方法简单、易行,净化河道水质效果好。与传统的河道水质净化技术(如人工浮床、添加化学药剂等)相比,本发明的方法具有效果稳定、处理效率高、建设成本低、运行成本低的特点。发明的周丛生物具有一次投入、多年使用的特点,培养的周丛生物可繁衍性质类似的微生物种群,进一步减低运行成本。另外,周丛生物处理系统应用期间,不会影响河道的正常泄洪和排灌,便于推广。

附图说明

[0046] 图1为周丛生物处理系统的结构图;

[0047] 图2为周丛生物反应池的设计图;

[0048] 图3为处理系统的配置图:其中,过滤池、反应池、沉淀池、曝气装置、溢流水口;

[0049] 图4为本发明的周丛生物处理系统去除面源污水中铜的效果。

具体实施方式

[0050] 下面结合附图1、2、3详述本发明的技术方案。

[0051] 一种低成本、灵活、易操作的周丛生物处理系统面源污水铜去除的方法,其特征在于包括如下步骤:

[0052] (1)周丛生物反应器的设计:周丛生物反应器主体由石英玻璃制成,包括进出水管段和螺旋圈管道,管道内径1.0–4.0mm,厚度3mm,总长度30–180cm(图1);

[0053] (2)周丛生物反应器的预处理:首先往管道内通入HF/NH₄F(1.7%/2.3%,W/W)溶液,然后用清水冲洗内壁。

[0054] (3)周丛生物的富集:往反应器内通入富营养化水,并加入WC溶液,进行光合周丛生物的富集。在光照强度大于2500–5000Lux、温度为15–45℃条件下富集、培养周丛生物。为使周丛生物能够快速生长富集,对溶液进行适度曝气。

[0055] (4)反应池的设计:将多级周丛生物反应器串联起来,周丛生物反应器一端固定在PVC管上,末端相连排水如图所示(图2)。在PVC管内,设置曝气装置,可以通过开关控制器曝气强度和时间等。

[0056] (5)实际处理系统的技术工艺配置:技术工艺包括过滤池、反应池、沉淀池(图3),周丛生物处理系统水力停留时间按照面源污水的营养程度设计,即,一般富营养化指数界于30与50之间时,水力停留时间设置在12–24小时;富营养化指数界于50与70之间时,水力停留时间一般设置在24–48小时;富营养化指数大于70时,水力停留时间一般设置在48–72小时。

[0057] 实施例1,参照图1–图3:

[0058] 江苏省南京市玄武湖是一个富营养化的城市湖泊,水体中除了氮磷的营养物质超标外,个别重金属如铜也污染严重。造成这种现象的原因之一,是因为玄武湖接纳了大量面源污水。为减少这种含铜的面源污水的污染,利用本发明的周丛生物处理系统对其进行净化。

[0059] 以这种面源污水和污水中的微生物聚集体进行周丛生物富集和培养,开展如下案例研究:

[0060] (1).周丛生物反应器的设计:所述周丛生物反应器1的主体由石英玻璃制成,包括进出水管段1-1和螺旋圈管道1-2(图1);

[0061] (2).周丛生物反应器的预处理:首先往管道内通入腐蚀液体,腐蚀内壁,增大比表面积,使以光合自养微生物为优势种群的微生物聚集体能够快速和稳定附着在管壁上,提高反应器富集周丛生物的能力。然后用清水冲洗内壁;

[0062] 当周丛生物反应器的主体由石英玻璃制成时,所述腐蚀液体可以采用HF/NH₄F(1.7%/2.3%,W/W)。

[0063] (3).周丛生物的富集:往反应器内通入富营养化水,并加入WC溶液,进行光合周丛生物的富集;

[0064] 可以在光照强度2500–5000Lux、温度为15–45℃条件下富集、培养周丛生物;为使周丛生物能够快速生长富集,对溶液进行适度曝气;20天后,管道内壁出现一层亮绿色粘稠状的光合周丛生物;

[0065] (4).周丛生物处理系统的设计:周丛生物处理系统,由过滤池5、反应池6与沉淀池7组成(图3);

[0066] (5).周丛生物处理系统中反应池5的设计(如图2所示):反应池中设有两段直管(可以采用PVC管),分别构成进水曝气管2与出水曝气管3,在该进水曝气管与出水曝气管内设置有曝气装置4;在该进水曝气管与出水曝气管之间,连接有若干个并联的周丛生物反应器1;

[0067] 换言之,所述的反应池由多级周丛生物反应器并联而成,级数为15-50,各级周丛生物反应器固定在PVC管上,末端相连排水;其中的进水曝气管从所述过滤池进水;其中的出水管曝气管向所述沉淀池出水。

[0068] PVC管内的曝气装置设有开关,可以通过开关控制器曝气强度和时间等。

[0069] (6).关键环境条件的控制:充足的光照是挂膜成功与否以及周丛生物活性和生物量增加的关键,因此要尽量满足光合周丛生物生长所需的光照条件;合适的水力停留时间也很重要,一般根据进水的营养程度调节;同时,本系统还可以对水体进行曝气,利于光合周丛生物的生长;

[0070] (7).周丛生物处理系统中周丛生物的后处置:将周丛生物反应器中的周丛生物取出来,收集在一起,做无害化处理;也可以进一步收集其中的铜,加以利用。

[0071] 监测结果表明,测得初始铜浓度为 10 mg Cu L^{-1} 。在试验进行48h的时候,铜的去除率为87.7%。在72h,铜的去除率由94.2%降低到90.4%,这是由于周丛生物出现了新陈代谢,老化的周丛生物在管壁脱落,新的周丛生物重新生长,在84h,铜的去除率为95.5%。在实验结束时候(108h)铜的去除率为98.2%(见图4)。表明周丛生物有较强的除铜能力,实现了面源污水中铜的去除,有效降低了铜污染的环境风险

[0072] 上述实施例不以任何形式限制本发明,凡采用等同替换或等效变换的方式所获得的技术方案,均落在本发明的保护范围。

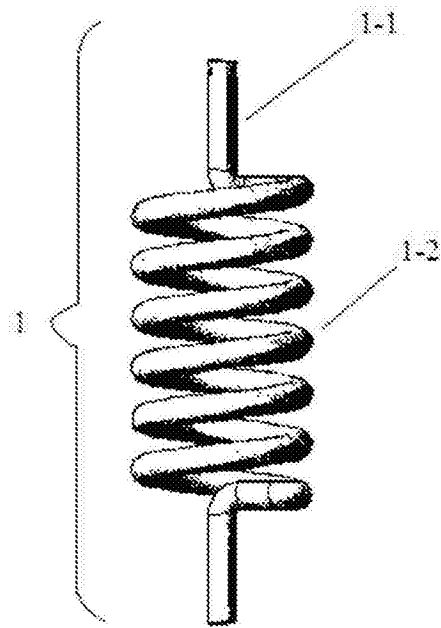


图1

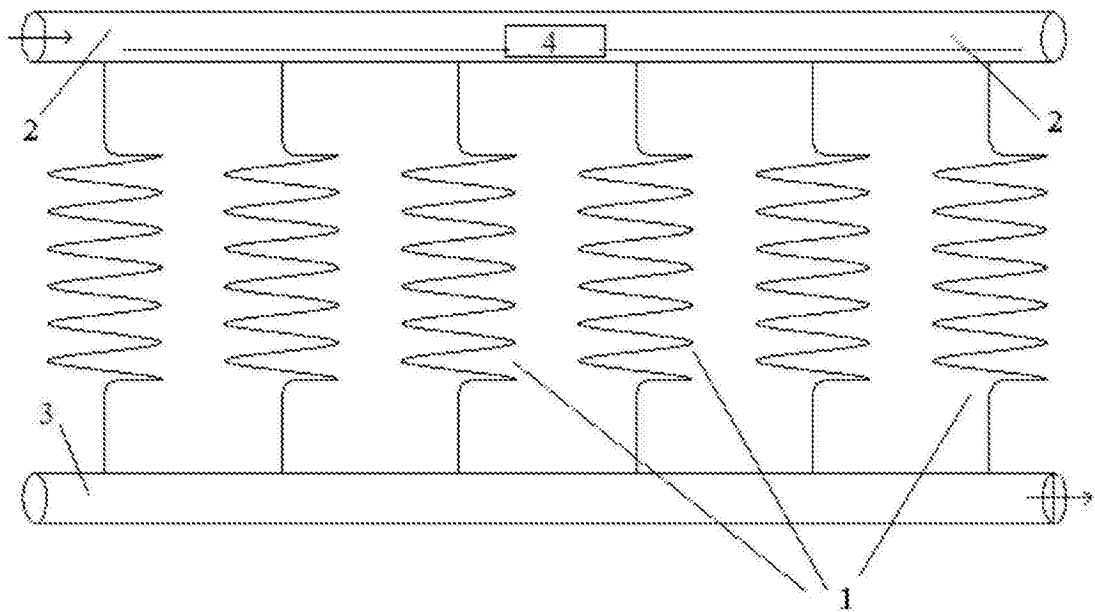


图2

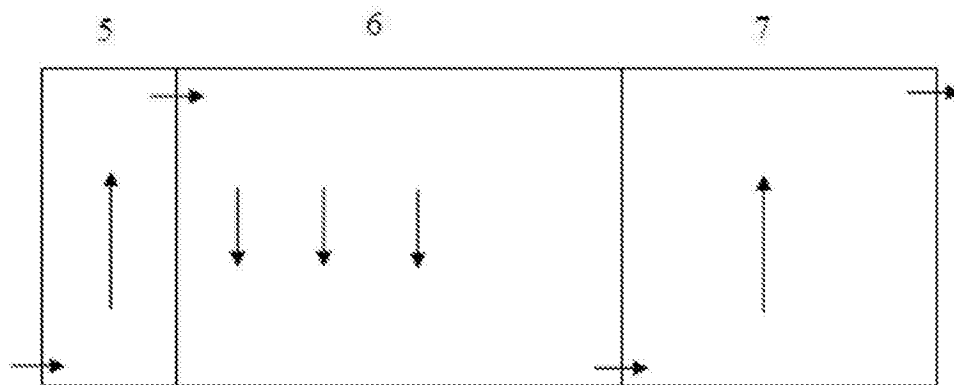


图3

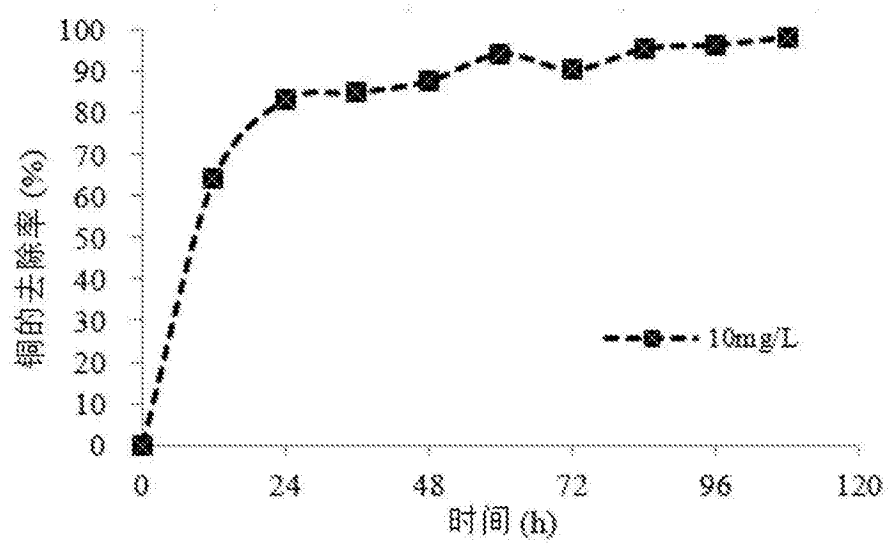


图4