



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102583632 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 18

(21) 申请号 201210095366. 2

C02F 1/62 (2006. 01)

(22) 申请日 2012. 04. 01

(71) 申请人 南京大学

地址 210093 江苏省南京市鼓楼区汉口路
22 号

申请人 江苏永泰环保科技有限公司

(72) 发明人 张伟铭 吕路 潘丙才 吴军
张淑娟 俞冬辉

(74) 专利代理机构 南京知识律师事务所 32207
代理人 蒋海军

(51) Int. Cl.

C02F 1/28 (2006. 01)

C02F 1/44 (2006. 01)

C02F 1/58 (2006. 01)

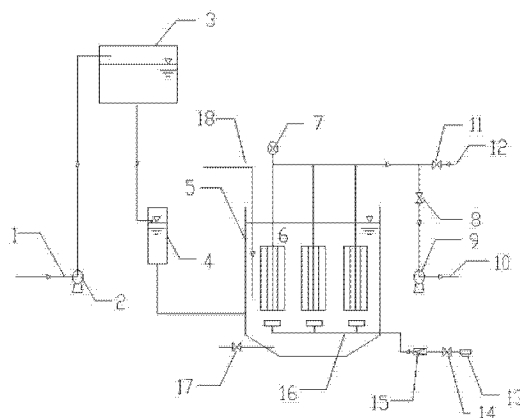
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种去除水中重金属的装置及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种去除水中重金属的装置及方法,属于水及废水除重金属领域。其包括进水控制系统、反应器和膜过滤系统,还包括曝气氧化系统、排泥系统和出水控制系统,所述的进水控制系统连接到反应器中;所述的膜过滤系统位于反应器的中下部;所述的膜过滤系统包括过滤膜组件和过滤膜,过滤膜为微滤膜或超滤膜;所述的排泥系统包括排泥阀和排泥管;所述的曝气氧化系统由曝气管、气体流量计、进气阀和空气泵通过管道依次连接组成。本发明还公开了一种去除水中重金属的方法。本发明是将氧化、吸附和膜分离有机地结合,置于同一反应池内完成,具有便于工程应用、固定投资低、运行成本低廉、能确保废水水质安全,有效去除水中重金属的优点。



1. 一种去除水中重金属的装置,包括进水控制系统、反应器(5)和膜过滤系统(6),其特征在于,还包括曝气氧化系统、排泥系统和出水控制系统,所述的进水控制系统连接到反应器(5)中;所述的膜过滤系统(6)位于反应器(5)的中下部,并且与出水控制系统相连接;所述的膜过滤系统(6)包括过滤膜组件和过滤膜,过滤膜包裹在过滤膜组件上;所述的排泥系统包括排泥阀(17)和排泥管,排泥阀(17)位于排泥管上,用于控制排泥管的开闭,排泥管的一端连接在反应器(5)的底部或反应器(5)侧壁的下半部分;所述的曝气氧化系统由曝气管(16)、气体流量计(15)、进气阀(14)和空气泵(13)通过管道依次连接组成,曝气管(16)位于反应器(5)内部的中下部,通过管道伸出反应器(5)的外部,气体流量计(15)、进气阀(14)和空气泵(13)位于反应器(5)的外部;所述的出水控制系统由出水阀门(8)、抽吸泵(9)和出水管(10)依次连接组成,出水阀门(8)与膜过滤系统(6)通过管道连接;所述的出水控制系统的连接管道上有真空表(7),连接在出水阀门(8)和膜过滤系统(6)之间的管道上,用于读取出水控制系统抽吸的气压。

2. 根据权利要求1所述的一种去除水中重金属的装置,其特征在于:所述的过滤膜为微滤膜或超滤膜,过滤膜的孔径为 $0.01\ \mu\text{m} \sim 0.75\ \mu\text{m}$ 。

3. 根据权利要求1所述的一种去除水中重金属的装置,其特征在于:还包括反冲洗系统和吸附剂投加管(18),所述的反冲洗系统包括冲洗管(12)和反冲洗阀门(11),所述的冲洗管(12)通过反冲洗阀门(11)接在反冲洗系统真空表(7)和出水阀门(8)之间;所述的吸附剂投加管(18)的一端伸入反应器(5)中。

4. 根据权利要求1所述的一种去除水中重金属的装置,其特征在于:所述的进水控制系统由进水管(1)、提升泵(2)、高位水箱(3)和恒位水箱(4)通过管道依次连接构成,在废水有重力流的情况下也可直接连接恒位水箱(4)上。

5. 一种去除水中重金属的方法,包括以下步骤:

(1) 将待处理的含有重金属的水通过进水控制系统加入反应器(5)中;

(2) 空气泵(13)向反应器(5)内加入氧化剂进行曝气,并进行搅拌混合,气水比为 $4:1 \sim 40:1$ 范围内;

(3) 向反应器(5)内投加吸附剂,用来吸附砷;

(4) 水在反应器(5)中反应 $2 \sim 60\text{min}$ 后,出水控制系统启动,抽出处理后的水。

6. 根据权利要求5所述的一种去除水中重金属的方法,其特征在于,还包括以下步骤:

(5) 打开排泥系统的排泥阀(17),排放饱和吸附剂;

(6) 膜过滤系统(6)的清洗,关闭出水控制系统,开启反冲洗系统,将反冲洗系统与水泵连接,使水通过膜过滤系统(6)流入反应器(5)中,对反应器(5)中的膜过滤系统(6)进行清洗。

7. 如权利要求5所述的一种去除水中重金属的方法,其特征在于:所述步骤(1)的含有重金属的水中重金属的总浓度小于 $10\ \text{mg/L}$,所述的重金属是指镉、铬、铅、镍、铜中的一种或几种的混合。

8. 如权利要求5所述的一种去除水中重金属的方法,其特征在于:所述步骤(2)中的氧化剂为空气;所述的步骤(5)中控制吸附剂在反应器(5)内的停留时间在 $1\text{d} \sim 10\text{d}$ 。

9. 根据权利要求5所述的一种去除水中重金属的方法,其特征在于:所述步骤(3)中的吸附剂为氧化铁或氧化锰,吸附剂其外形尺寸为 $5\ \mu\text{m} \sim 1000\ \mu\text{m}$,吸附剂投加量为 $50 \sim 200$

mg/L。

10. 根据权利要求 5 所述的一种去除水中重金属的方法,其特征在于:所述步骤(4)中的出水控制系统抽水时抽吸压力为 $0.7\text{kPa} \sim 50\text{kPa}$,膜通量在 $5\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \sim 200\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 范围内。

一种去除水中重金属的装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及水及废水除重金属领域,更具体地说,涉及一种去除水中重金属的装置及方法。

背景技术

[0002] 水体重金属污染是一个全球性问题。基于人类正常的生产、社会活动和突发性水污染事故,据统计我国受重金属污染人口约占世界的 30%。鉴于重金属对人体健康的巨大危害,美国疾病控制中心和国际癌症研究机构都将其定为重要致癌物质。许多国家及世界卫生组织都对排放废水和饮用水中重金属的含量制定了日益严格的标准。因此,世界各国都把开发经济、高效、实用的重金属深度去除技术作为环境保护和安全健康的重点工作之一。同时,工业生产废水和饮用水中含有的砂砾、淤泥、黏土等颗粒物质和贾第虫、隐孢子虫、藻类和一些细菌较难去除,也成为水污染控制关注重点之一。因此,世界各国都把开发经济、高效、实用的清除水中重金属技术作为环境保护和安全健康工作的重点工作之一。

[0003] 近年来,氧化铁、氧化锰为代表的除重金属吸附剂的研发和应用,获得重大进展。但是大颗粒吸附剂需要固定床吸附装置,投资大、维护繁琐、不灵活;小颗粒吸附剂机械强度低、沉降性能不理想、固液分离困难,吸附剂易进入废水给水管,造成二次污染;并且此类吸附剂对于“两虫”、水蚤和藻类都不能有效去除。

[0004] 近年来,膜分离技术在水污染控制领域受到了极大的关注。反渗透膜可以从水体中有效分离重金属、砷等无机污染物,但是其孔径小、压差大、对辅助设备要求高,因此由于造价和运行费用高,难以在环保领域大规模应用。微滤和超滤虽然几乎不能去除水中无机砷,但是能有效截留溶液中的砂砾、淤泥、黏土等颗粒物质和贾第虫、隐孢子虫、藻类及一些细菌等微生物。

[0005] 中国专利号:200910105943.X 公开日:2010-09-15,公开了一种重金属工业废水的处理方法,该专利包括下列步骤:a 将待处理废水注入调节池,使所述废水停留 6-8 小时;b 将步骤 a 所得上清液注入反应池,添加药剂对重金属离子进行化学处理;c 将步骤 b 所得上清液注入 pH 调整池,调整 pH 值为 9.0-10.0;d 将步骤 c 中所得废水注入絮凝池,按照 5~10mg/L 的标准添加聚合氯化铝,反应时间为 15-20 分钟,进行絮凝反应;所得上清液引入微滤浓缩池后,使用离心泵以流速为 3-5m/s 将池中的废水注入孔径为 0.05-20 μm 的管式过滤膜,对废水进行过滤,所得出水进入反渗透过滤系统进行深度处理,所得浓水则引回微滤浓缩池循环过滤,工序简化,特别适合于高浓度重金属离子废水的预处理。但是该专利处理的工艺复杂,处理时间长,成本较高,而且该发明需要多个反应池配合工作,占地面积较大,也增大了生产成本。

[0006] 中国专利号 201010155003.4,公开日 2010 年 09 月 15 日,公开一种处理重金属废水的工艺和装置,该发明提供了一种处理重金属废水的工艺和装置。主要由电镀漂洗废水池、浓缩液循环池、反渗透/纳滤装置、复合电渗析装置和复合 EDI 装置构成。该发明是根据反渗透、电渗析和 EDI 的特点提出的复合膜分离技术处理重金属废水的工艺和装置,实

验证其可以有效地处理含重金属废水。但是该发明仅仅是停留在实验室阶段,放到工业废水处理时,要使用很多大型的反应设备和反应池,占地面积较大,成本较高。

[0007] 文献检索表明,对于采用过滤膜或超滤膜的在一个反应器中完成去除水中重金属的装置及方法并未见文献报道。

发明内容

[0008] 1. 发明要解决的技术问题

针对现有废水除砷装置及方法占地面积大,处理成本较高,而且不能过滤水中的砂砾、淤泥、黏土等颗粒物质和贾第虫、隐孢子虫、藻类及一些细菌等微生物的问题,本发明提供一种去除水中重金属的装置及方法,将氧化、吸附和膜分离有机地结合,置于同一反应池内完成去除重金属过程,是一种便于工程应用、固定投资抵、运行成本低廉、并能同时过滤去除水中的包括砂砾、淤泥、黏土等颗粒物质和贾第虫、隐孢子虫、藻类及一些细菌等微生物的除砷装置及工艺。

[0009] 2. 技术方案

本发明的技术方案如下:

一种去除水中重金属的装置,包括进水控制系统、反应器和膜过滤系统,还包括曝气氧化系统、排泥系统和出水控制系统,所述的进水控制系统连接到反应器中;所述的膜过滤系统位于反应器的中下部,并且与出水控制系统相连接;所述的膜过滤系统包括过滤膜组件和过滤膜,过滤膜包裹在过滤膜组件上;所述的排泥系统包括排泥阀和排泥管,排泥阀位于排泥管上,用于控制排泥管的开闭,排泥管的一端连接在反应器的底部或反应器侧壁的下半部分;所述的曝气氧化系统由曝气管、气体流量计、进气阀和空气泵通过管道依次连接组成,曝气管位于反应器内部的中下部,通过管道伸出反应器的外部,气体流量计、进气阀和空气泵位于反应器的外部;所述的出水控制系统由出水阀门、抽吸泵和出水管依次连接组成,出水阀门与膜过滤系统通过管道连接;所述的出水控制系统的连接管道上有真空表,连接在出水阀门和膜过滤系统之间的管道上,用于读取出水控制系统抽吸的气压。

[0010] 所述的过滤膜为微滤膜或超滤膜,过滤膜的孔径为 $0.01\ \mu\text{m} \sim 0.75\ \mu\text{m}$ 。

[0011] 还包括反冲洗系统和吸附剂投加管,所述的反冲洗系统包括冲洗管和反冲洗阀门,所述的冲洗管通过反冲洗阀门接在反冲洗系统真空表和出水阀门之间;所述的吸附剂投加管的一端伸入反应器中。

[0012] 所述的进水控制系统由进水管、提升泵、高位水箱和恒位水箱通过管道依次连接构成,在废水有重力流的情况下也可直接连接恒位水箱上。

[0013] 一种去除水中重金属的方法,包括以下步骤:

- (1) 将待处理的含有重金属的水通过进水控制系统加入反应器中;
 - (2) 空气泵向反应器内加入氧化剂进行曝气,并进行搅拌混合,气水比为 $4:1 \sim 40:1$ 范围内;
 - (3) 向反应器内投加吸附剂,用来吸附砷;
 - (4) 水在反应器中反应 $2 \sim 60\text{min}$ 后,出水控制系统启动,抽出处理后的水;
- 进一步的,还包括以下步骤:
- (5) 打开排泥系统的排泥阀,排放饱和吸附剂;

(6) 膜过滤系统的清洗, 关闭出水控制系统, 开启反冲洗系统, 将反冲洗系统与水泵连接, 使水通过膜过滤系统流入反应器中, 对反应器中的膜过滤系统进行清洗。

[0014] 所述步骤(1)的含有重金属的水中重金属的总浓度小于 10 mg/L, 所述的重金属是指镉、铬、铅、镍、铜中的一种或几种的混合。

[0015] 所述步骤(2)中的氧化剂为空气; 所述的步骤(5)中控制吸附剂在反应器内的停留时间在 1d ~ 10d。

[0016] 所述步骤(3)中的吸附剂为氧化铁或氧化锰, 吸附剂其外形尺寸为 $5\mu\text{m} \sim 1000\mu\text{m}$, 吸附剂投加量为 50~200 mg/L。

[0017] 所述步骤(4)中的出水控制系统抽水时抽吸压力为 0.7kPa ~ 50kPa, 膜通量在 $5\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \sim 200\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 范围内。

[0018] 3. 有益效果

采用本发明提供的装置及方法, 与已有的公知技术相比, 具有如下显著效果:

(1) 本发明巧妙地将废水处理工艺中的氧化、吸附与膜分离单元有机地结合起来, 将氧化、吸附与膜分离置于同一个反应器内完成, 显著降低了工程造价与运行费用, 大幅度减少了占地面积, 易于维护管理, 便于推广应用;

(2) 本发明采用孔径在 $0.01\mu\text{m} \sim 0.75\mu\text{m}$ 范围内的微滤膜或超滤膜, 处理后水中重金属的总含量小于 0.5 mg/L, 达到排放标准, 在去除水中重金属的同时, 还能同时过滤去除过滤水中的砂砾、淤泥、黏土等颗粒物质和贾第虫、隐孢子虫、藻类及一些细菌等微生物;

(3) 本发明采用颗粒形尺寸在 $5\mu\text{m} \sim 1000\mu\text{m}$ 范围内的氧化铁和氧化锰为吸附剂, 能有效将无机砷从水体中去除, 而且价格便宜, 有效地降低处理成本;

(4) 本发明采用较低的膜抽吸压力与膜通量, 进一步降低了能耗, 并能有效延缓膜污染, 减少膜物理清洗与化学清洗的次数, 并且带有反冲洗系统, 对膜的清洗方便, 延长膜的使用寿命, 减少该工艺的维护运行费用;

(5) 本发明利用吸附剂高效的吸附富集作用将重金属从水中分离去除; 最后利用过滤膜高效的截留能力将反应器内的饱和吸附剂回收, 为吸附剂后续的再生、重复利用创造了条件, 能有效的去处水中的重金属。

附图说明

[0019] 图 1 为本发明实施例 1 的结构示意图;

图 2 为本发明实施例 2 的结构示意图。

[0020] 图中: 1. 进水管 2. 提升泵 3. 高位水箱 4. 恒位水箱 5. 反应器 6. 膜过滤系统 7. 真空表 8. 出水阀门 9. 抽吸泵 10. 出水管 11. 反冲洗阀门 12. 冲洗管 13. 空气泵 14. 进气阀 15. 气体流量计 16. 曝气管 17. 排泥阀 18. 吸附剂投加管。

具体实施方式

[0021] 以下通过实施例对本发明作进一步描述:

如图 2 所示, 一种去除水中重金属的装置, 包括进水控制系统、反应器 5 和膜过滤系统 6, 还包括曝气氧化系统、排泥系统和出水控制系统, 所述的进水控制系统连接到反应器 5

中;所述的膜过滤系统 6 位于反应器 5 的中下部,并且与出水控制系统相连接;所述的膜过滤系统 6 包括过滤膜组件和过滤膜,过滤膜包裹在过滤膜组件上;所述的排泥系统包括排泥阀 17 和排泥管,排泥阀 17 位于排泥管上,用于控制排泥管的开闭,排泥管的一端连接在反应器 5 的底部或反应器 5 侧壁的下半部分;所述的曝气氧化系统由曝气管 16、气体流量计 15、进气阀 14 和空气泵 13 通过管道依次连接组成,曝气管 16 位于反应器 5 内部的中下部,通过管道伸出反应器 5 的外部,气体流量计 15、进气阀 14 和空气泵 13 位于反应器 5 的外部;所述的出水控制系统由出水阀门 8、抽吸泵 9 和出水管 10 依次连接组成,出水阀门 8 与膜过滤系统 6 通过管道连接;所述的出水控制系统的连接管道上有真空表 7,连接在出水阀门 8 和膜过滤系统 6 之间的管道上,用于读取出水控制系统抽吸的气压。

[0022] 所述的过滤膜为微滤膜或超滤膜,过滤膜的孔径为 $0.01\ \mu\text{m} \sim 0.75\ \mu\text{m}$ 。

[0023] 所述的进水控制系统由进水管 1、提升泵 2、高位水箱 3 和恒位水箱 4 通过管道依次连接构成,在废水有重力流的情况下也可直接连接恒位水箱 4 上。

[0024] 还包括反冲洗系统和吸附剂投加管 18,所述的反冲洗系统包括冲洗管 12 和反冲洗阀门 11,所述的冲洗管 12 通过反冲洗阀门 11 接在反冲洗系统真空表 7 和出水阀门 8 之间;所述的吸附剂投加管 18 的一端伸入反应器 5 中。

[0025] 一种去除水中重金属的方法,包括以下步骤:

(1) 将待处理的含有重金属的水通过进水控制系统加入反应器 5 中;

(2) 空气泵 13 向反应器 5 内加入氧化剂进行曝气,并进行搅拌混合,气水比为 $4:1 \sim 40:1$ 范围内;

(3) 向反应器 5 内投加吸附剂,用来吸附砷;

(4) 水在反应器 5 中反应 $2 \sim 60\text{min}$ 后,出水控制系统启动,抽出处理后的水;

进一步的,还包括以下步骤:

(5) 打开排泥系统的排泥阀 17,排放饱和吸附剂;

(6) 膜过滤系统 6 的清洗,关闭出水控制系统,开启反冲洗系统,将反冲洗系统与水泵连接,使水通过膜过滤系统 6 流入反应器 5 中,对反应器 5 中的膜过滤系统 6 进行清洗。

[0026] 所述步骤(1)的含有重金属的水中重金属的总浓度小于 $10\ \text{mg/L}$,所述的重金属是指镉、铬、铅、镍、铜中的一种或几种的混合。

[0027] 所述步骤(2)中的氧化剂为空气;所述的步骤(5)中控制吸附剂在反应器 5 内的停留时间在 $1\text{d} \sim 10\text{d}$ 。

[0028] 所述步骤(3)中的吸附剂为氧化铁或氧化锰,吸附剂其外形尺寸为 $5\ \mu\text{m} \sim 1000\ \mu\text{m}$,吸附剂投加量为 $50 \sim 200\ \text{mg/L}$ 。

[0029] 所述步骤(4)中的出水控制系统抽水时抽吸压力为 $0.7\text{kPa} \sim 50\text{kPa}$,膜通量在 $5\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \sim 200\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 范围内。

[0030] 以下结合具体的实施例对本发明进行进一步的解释:

实施例 1

如图 1 所示,一种去除水中重金属的装置,包括进水控制系统、反应器 5 和膜过滤系统 6,还包括曝气氧化系统、排泥系统和出水控制系统,所述的进水控制系统连接到反应器 5 中;所述的膜过滤系统 6 位于反应器 5 的中下部,并且与出水控制系统相连接;所述的膜过滤系统 6 包括过滤膜组件和过滤膜,过滤膜包裹在过滤膜组件上;所述的排泥系统包括排

泥阀 17 和排泥管,排泥阀 17 位于排泥管上,用于控制排泥管的开闭,排泥管的一端连接在反应器 5 的底部或反应器 5 侧壁的下半部分;所述的曝气氧化系统由曝气管 16、气体流量计 15、进气阀 14 和空气泵 13 通过管道依次连接组成,曝气管 16 位于反应器 5 内部的中下部,通过管道伸出反应器 5 的外部,气体流量计 15、进气阀 14 和空气泵 13 位于反应器 5 的外部;所述的出水控制系统由出水阀门 8、抽吸泵 9 和出水管 10 依次连接组成,出水阀门 8 与膜过滤系统 6 通过管道连接;所述的出水控制系统的连接管道上有真空表 7,连接在出水阀门 8 和膜过滤系统 6 之间的管道上,用于读取出水控制系统抽吸的气压。

[0031] 所述的过滤膜为采用江苏南大金山环保科技有限公司提供的浸没式中空纤维微滤膜,膜孔径为 $0.3\mu\text{m}$,膜材质为聚氯乙烯。

[0032] 还包括反冲洗系统和吸附剂投加管 18,所述的反冲洗系统包括冲洗管 12 和反冲洗阀门 11,所述的冲洗管 12 通过反冲洗阀门 11 接在反冲洗系统真空表 7 和出水阀门 8 之间;所述的吸附剂投加管 18 的一端伸入反应器 5 中。

[0033] 一种去除水中重金属的方法,包括以下步骤:

(1) 含有重金属的水有自身的重力流,能通过管道直接流入恒位水箱 4,水中含有铬 2mg/L ,将待处理的含有重金属的水通过进水控制系统加入反应器 5 中;

(2) 空气泵 13 向反应器 5 内加入氧化剂进行曝气,氧化剂为空气,并进行搅拌混合,气水比为 $10:1$;

(3) 向反应器 5 内投加吸附剂,用来吸附砷,吸附剂选用负载型氧化锰,颗粒尺寸为 $500\mu\text{m} \sim 1000\mu\text{m}$,投加量为 120mg/L ;

(4) 水在反应器 5 中反应 30min 后,出水控制系统启动,出水控制系统抽水时抽吸压力为 $0.7\text{kPa} \sim 4\text{kPa}$,抽出处理后的水;微滤膜的过水通量为 $100\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 。

[0034] (5) 控制吸附剂在反应器 5 内的停留时间在 2d ,打开排泥系统的排泥阀 17,排放饱和和吸附剂;

(6) 膜过滤系统 6 的清洗,反冲洗周期为 2d ,关闭出水控制系统的出水阀门 8,开启反冲洗系统的反冲洗阀门 11,将冲洗管 12 与水泵连接,使水通过膜过滤系统 6 流入反应器 5 中,完成对膜过滤系统 6 的清洗。

[0035] 处理后铬浓度为 0.08mg/L ,小于 0.1mg/L 达到排放标准,相比以往的固定床处理方式,采用本发明装置及方法,不仅减小了设备的占地面积,有效地除去了废水中的铬,而且同时过滤去除过滤水中的砂砾、淤泥、黏土等颗粒物质和贾第虫、隐孢子虫、藻类及一些细菌等微生物,每吨水处理建设投资可以降低 25% 、运行费用降低 20% 。

[0036] 实施例 2

如图 2 所示,一种去除水中重金属的装置,包括进水控制系统、反应器 5 和膜过滤系统 6,还包括曝气氧化系统、排泥系统和出水控制系统,所述的进水控制系统连接到反应器 5 中;所述的膜过滤系统 6 位于反应器 5 的中下部,并且与出水控制系统相连接;所述的膜过滤系统 6 包括过滤膜组件和过滤膜,过滤膜包裹在过滤膜组件上;所述的排泥系统包括排泥阀 17 和排泥管,排泥阀 17 位于排泥管上,用于控制排泥管的开闭,排泥管的一端连接在反应器 5 的底部或反应器 5 侧壁的下半部分;所述的曝气氧化系统由曝气管 16、气体流量计 15、进气阀 14 和空气泵 13 通过管道依次连接组成,曝气管 16 位于反应器 5 内部的中下部,通过管道伸出反应器 5 的外部,气体流量计 15、进气阀 14 和空气泵 13 位于反应器 5 的

外部；所述的出水控制系统由出水阀门 8、抽吸泵 9 和出水管 10 依次连接组成，出水阀门 8 与膜过滤系统 6 通过管道连接；所述的出水控制系统的连接管道上有真空表 7，连接在出水阀门 8 和膜过滤系统 6 之间的管道上，用于读取出水控制系统抽吸的气压。

[0037] 所述的过滤膜采用江苏永泰环保科技有限公司提供的浸没式中空纤维微滤膜，膜孔径为 $0.7\ \mu\text{m}$ ，膜材质为聚偏氟氯丙烯。

[0038] 所述的进水控制系统由进水管 1、提升泵 2、高位水箱 3 和恒位水箱 4 通过管道依次连接构成。

[0039] 还包括反冲洗系统和吸附剂投加管 18，所述的反冲洗系统包括冲洗管 12 和反冲洗阀门 11，所述的冲洗管 12 通过反冲洗阀门 11 接在反冲洗系统真空表 7 和出水阀门 8 之间；所述的吸附剂投加管 18 的一端伸入反应器 5 中。

[0040] 一种去除水中重金属的方法，包括以下步骤：

(1) 将待处理的含镉 5mg/L 的废水通过进水控制系统加入反应器 5 中；

(2) 空气泵 13 向反应器 5 内加入氧化剂进行曝气，氧化剂为空气，并进行搅拌混合，气水比为 $10 : 1$ ；

(3) 向反应器 5 内投加吸附剂，用来吸附砷，吸附剂选用颗粒氧化锰，颗粒尺寸为 $100\ \mu\text{m} \sim 500\ \mu\text{m}$ ，投加量为 200mg/L ；

(4) 水在反应器 5 中反应 50min 后，出水控制系统启动，抽吸泵 9 的抽吸压力在 $1\text{kPa} \sim 5\text{kPa}$ 范围内，由真空表 7 进行计量，抽出处理后的水；

(5) 控制吸附剂在反应器 5 内的停留时间在 4d ，打开排泥系统的排泥阀 17，排放饱和吸附剂；

(6) 膜过滤系统 6 的清洗，反冲洗周期为 5d ，关闭出水控制系统的出水阀门 8，开启反冲洗系统的反冲洗阀门 11，将冲洗管 12 与水泵连接，使水通过膜过滤系统 6 流入反应器 5 中，完成对膜过滤系统 6 的清洗。

[0041] 处理后镉浓度为 $0.06\ \text{mg/L}$ ，小于 $0.1\ \text{mg/L}$ 达到排放标准，相比以往的固定床处理方式，采用本发明装置及方法，不仅减小了设备的占地面积，有效地除去了废水中的镉，而且同时过滤去除过滤水中的砂砾、淤泥、黏土等颗粒物质和贾第虫、隐孢子虫、藻类及一些细菌等微生物，每吨水处理建设投资可以降低 25% 、运行费用降低 20% 。

[0042] 实施例 3

同实施例 2，所不同的是，待处理的水为含镍 10mg/L 的废水，气水比为 $40 : 1$ ；吸附剂选用颗粒氧化铁，颗粒尺寸为 $200\ \mu\text{m} \sim 1000\ \mu\text{m}$ ，投加量为 180mg/L ，在该反应器 5 内反应时间为 60min ；抽吸泵 9 的抽吸压力在 $0.7\text{kPa} \sim 2\text{kPa}$ 范围内，膜过滤系统 6 采用美国通用公司提供的浸没式中空纤维微滤膜，膜孔径为 $0.65\ \mu\text{m}$ ，膜材质为聚氯乙烯，过滤膜的过水通量为 $200\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ；反冲洗周期为 2d ， 1d 后打开排泥阀 17 将反应器 5 内饱和吸附剂排出。

[0043] 处理后废水中镍含量为 $0.04\ \text{mg/L}$ ，达到排放标准，相比以往的固定床处理方式，采用本发明装置及方法，不仅减小了设备的占地面积，有效地除去了废水中的镍，而且同时过滤去除过滤水中的砂砾、淤泥、黏土等颗粒物质和贾第虫、隐孢子虫、藻类及一些细菌等微生物，每吨水处理建设投资可以降低 22% 、运行费用降低 15% 。

[0044] 实施例 4

同实施例 2，所不同的是，待处理的水为含铅 2mg/L 的废水，气水比为 $20 : 1$ ；吸附剂选

用粉末氧化锰,颗粒尺寸为 $50\ \mu\text{m} \sim 100\ \mu\text{m}$,投加量为 50mg/L ,在该反应器 5 内反应时间为 40min ;抽吸泵 9 的抽吸压力在 $1\text{kPa} \sim 5\text{kPa}$ 范围内,膜过滤系统 6 采用美国陶氏公司提供的浸没式中空纤维微滤膜,膜孔径为 $0.2\ \mu\text{m}$,膜材质为聚氯乙烯。微滤膜的过水通量为 $100\text{L}/\text{m}^2\text{h}$;反冲洗周期为 5d,8d 后打开排泥阀 17 将反应器 5 内饱和吸附剂排出。

[0045] 处理后废水中铅含量为 $0.03\ \text{mg/L}$,达到排放标准,相比以往的固定床处理方式,采用本发明装置及方法,不仅减小了设备的占地面积,有效地除去了废水中的铅,而且同时过滤去除过滤水中的砂砾、淤泥、黏土等颗粒物质和贾第虫、隐孢子虫、藻类及一些细菌等微生物,每吨水处理建设投资可以降低 20%、运行费用降低 22%。

[0046] 实施例 5

同实施例 2,所不同的是,待处理的水为含铜 6mg/L 的废水,气水比为 $9:1$;吸附剂选用江苏永泰环保科技有限公司的负载型氧化铁,颗粒尺寸为 $800\ \mu\text{m} \sim 1000\ \mu\text{m}$,投加量为 200mg/L ,在该反应器 5 内反应时间为 35min ;抽吸泵 9 的抽吸压力在 $1\text{kPa} \sim 5\text{kPa}$ 范围内,膜过滤系统 6 采用江苏永泰环保科技有限公司提供的浸没式中空纤维微滤膜,膜孔径为 $0.75\ \mu\text{m}$,膜材质为聚氯乙烯。微滤膜的过水通量为 $90\text{L}/\text{m}^2\text{h}$ 。反冲洗周期为 3d,4d 后打开排泥阀 17 将反应器 5 内饱和吸附剂排出。

[0047] 处理后废水中铜含量为 $0.03\ \text{mg/L}$,达到排放标准,相比以往的固定床处理方式,采用本发明装置及方法,不仅减小了设备的占地面积,有效地除去了废水中的铜,而且同时过滤去除过滤水中的砂砾、淤泥、黏土等颗粒物质和贾第虫、隐孢子虫、藻类及一些细菌等微生物,每吨水处理建设投资可以降低 28%、运行费用降低 18%。

[0048] 实施例 6

同实施例 2,所不同的是,待处理的水为含镉 0.2mg/L 和铅 0.5mg/L 的废水,气水比为 $4:1$;吸附剂选用颗粒氧化铁,颗粒尺寸为 $100\ \mu\text{m} \sim 300\ \mu\text{m}$,投加量为 50mg/L ,在该反应器 5 内反应时间为 2min ;抽吸泵 9 的抽吸压力在 $40\text{kPa} \sim 50\text{kPa}$ 范围内,膜过滤系统 6 采用江苏南大金山环保科技有限公司提供的浸没式中空纤维超滤膜,膜孔径为 $0.03\ \mu\text{m}$,膜材质为聚氯乙烯,超滤膜的过水通量为 $90\text{L}/\text{m}^2\text{h}$ 。反冲洗周期为 8d,10d 后打开排泥阀 17 将反应器 5 内饱和吸附剂排出。

[0049] 处理后废水中镉含量为 0.01mg/L 和铅含量为 0.02mg/L ,达到排放标准,相比以往的固定床处理方式,采用本发明装置及方法,不仅减小了设备的占地面积,有效地除去了废水中的镉和铅,而且同时过滤去除过滤水中的砂砾、淤泥、黏土等颗粒物质和贾第虫、隐孢子虫、藻类及一些细菌等微生物,每吨水处理建设投资可以降低 28%、运行费用降低 18%。

[0050] 实施例 7

同实施例 2,所不同的是,待处理的水为含铜 3mg/L 、铅 4mg/L 和铬 2mg/L 的废水,气水比为 $30:1$;吸附剂选用颗粒氧化铁,颗粒尺寸为 $5\ \mu\text{m} \sim 100\ \mu\text{m}$,投加量为 200mg/L ,在该反应器 5 内反应时间为 50min ;抽吸泵 9 的抽吸压力在 $5\text{kPa} \sim 8\text{kPa}$ 范围内,膜过滤系统 6 采用美国陶氏公司提供的浸没式中空纤维超滤膜,膜孔径为 $0.01\ \mu\text{m}$,膜材质为聚氯乙烯,超滤膜的过水通量为 $10\text{L}/\text{m}^2\text{h}$ 。反冲洗周期为 3d,1d 后打开排泥阀 17 将反应器 5 内饱和吸附剂排出。

[0051] 处理后废水中铜含量 0.01mg/L 、铅含量 0.02mg/L 和铬含量 0.01mg/L ,达到排放标准,相比以往的固定床处理方式,采用本发明装置及方法,不仅减小了设备的占地面积,有

效地除去了废水中的铜、铅和铬,而且同时过滤去除过滤水中的砂砾、淤泥、黏土等颗粒物质和贾第虫、隐孢子虫、藻类及一些细菌等微生物,每吨水处理建设投资可以降低 20%、运行费用降低 15%。

[0052] 实施例 8

同实施例 2,所不同的是,待处理的水为含铜 1mg/L、铅 2mg/L、镉 2mg/L、镍 4mg/L 和铬 1mg/L 的废水,气水比为 30 : 1 ;吸附剂选用颗粒氧化铁,颗粒尺寸为 200 μm ~ 400 μm ,投加量为 200mg/L,在该反应器 5 内反应时间为 60min ;抽吸泵 9 的抽吸压力在 2kPa ~ 5kPa 范围内,膜过滤系统 6 采用美国陶氏公司提供的浸没式中空纤维超滤膜,膜孔径为 0.01 μm ,膜材质为聚氯乙烯,超滤膜的过水通量为 5L/m²·h。反冲洗周期为 3d,每工作一天,打开一次排泥阀 17 将反应器 5 内饱和吸附剂排出。

[0053] 处理后废水中各元素含量为铜 0.005mg/L、铅 0.01mg/L、镉 0.01mg/L、镍 0.01mg/L 和铬 0.005mg/L,达到排放标准,相比以往的固定床处理方式,采用本发明装置及方法,不仅减小了设备的占地面积,有效地除去了废水中的铜、铬、镍、镉和铅,而且同时过滤去除过滤水中的砂砾、淤泥、黏土等颗粒物质和贾第虫、隐孢子虫、藻类及一些细菌等微生物,每吨水处理建设投资可以降低 15%、运行费用降低 18%。

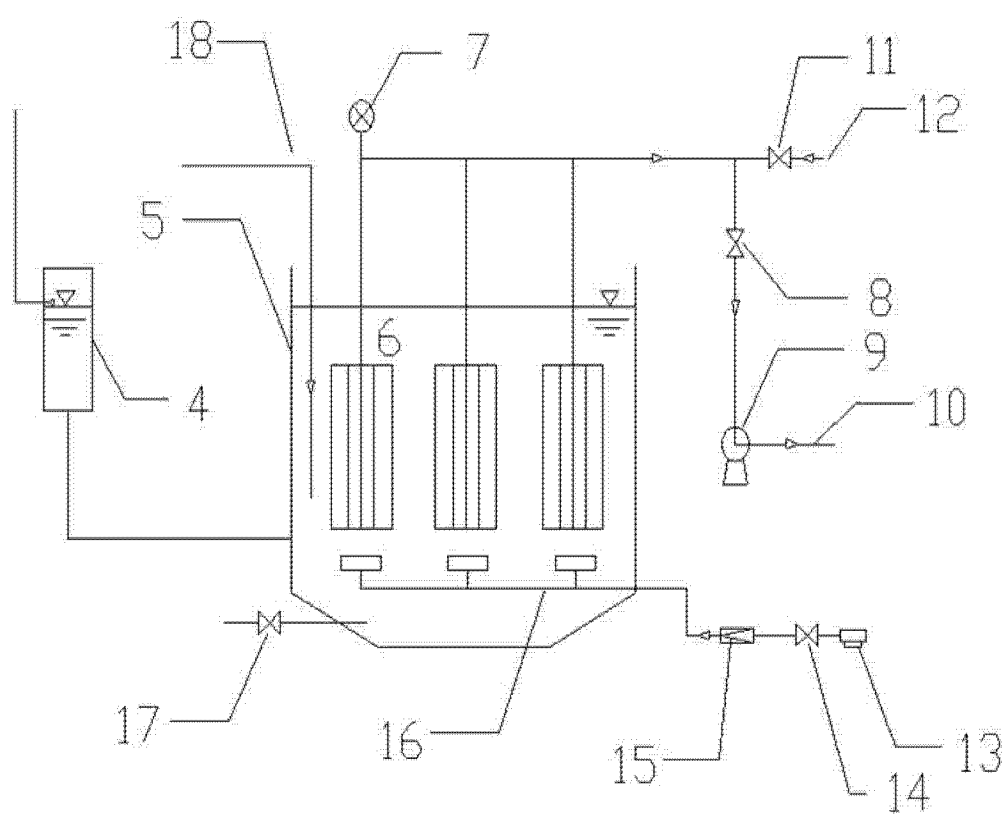


图 1

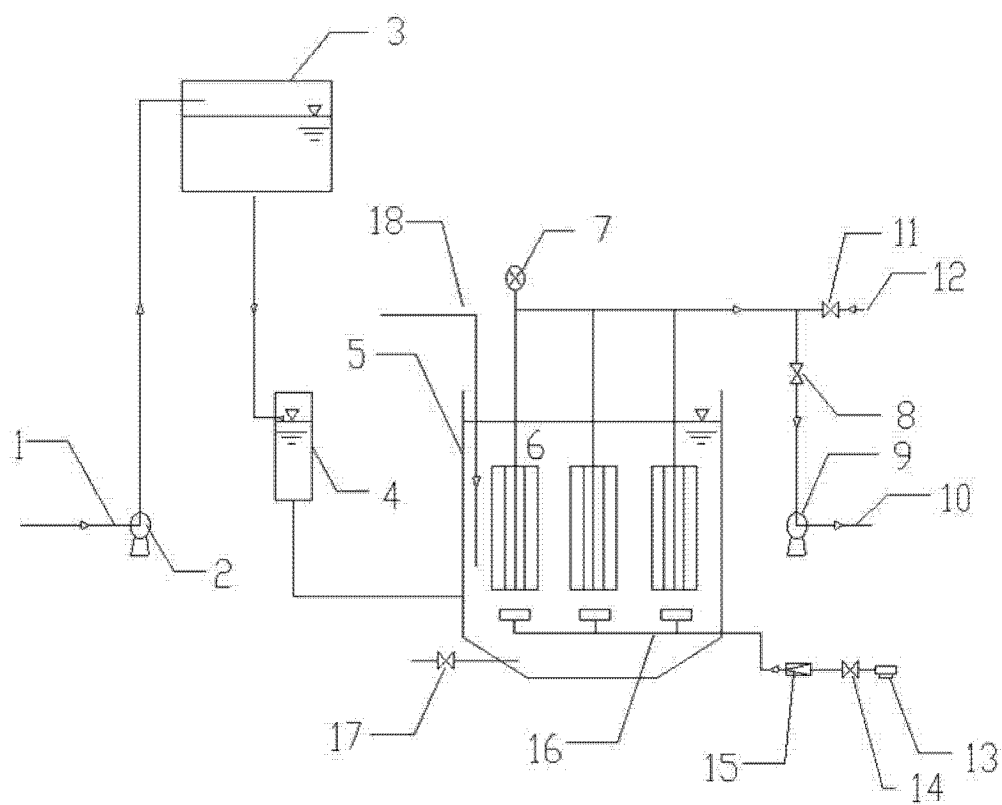


图 2