

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810063899.6

[51] Int. Cl.

C02F 9/14 (2006.01)

C02F 1/28 (2006.01)

C02F 3/12 (2006.01)

B01D 61/14 (2006.01)

B01D 65/02 (2006.01)

[43] 公开日 2008 年 7 月 16 日

[11] 公开号 CN 101219848A

[22] 申请日 2008.1.23

[21] 申请号 200810063899.6

[71] 申请人 哈尔滨工业大学

地址 150016 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街 92 号

[72] 发明人 李圭白 田家宇 杨艳玲 李 星
梁 恒 陈 杰

[74] 专利代理机构 哈尔滨市哈科专利事务所有限责
任公司

代理人 吴振刚

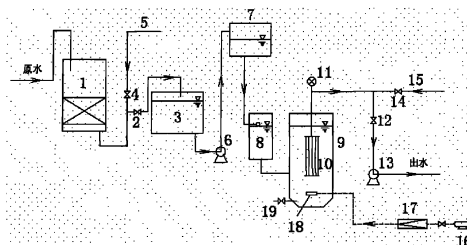
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 1 页

[54] 发明名称

一种饮用水深度净化方法和装置

[57] 摘要

本发明公开一种饮用水深度净化方法和装置。是一种针对普遍存在的微污染源而开发的饮用水深度处理工艺，将生物活性炭滤池和超滤膜生物反应器联用来深度净化饮用水。待处理的原水首先进入生物活性炭滤池，水中颗粒物被部分截留，有机物、氨氮等污染物被部分降解，水质得到一定程度的净化，超滤膜生物反应器的负荷得以降低；滤池出水再进入到超滤膜生物反应器当中；反应器内的活性污泥对滤池出水再次进行生物处理，水中氨氮、有机物等污染物再次得以降解；最后，经两级生物降解处理后的水由抽吸泵从超滤膜组件中抽出，超滤膜强大的去除水中颗粒物、截留两虫、水蚤、红虫、藻类、细菌甚至病毒的作用得以充分发挥。安全卫生的优质饮用水得以制备。



1. 一种饮用水深度净化方法,生物活性炭滤池和超滤膜生物反应器联用,待处理的原水如预先经过澄清处理的江河水和浊度较低的湖泊水库水,通过提升泵或重力流进入生物活性炭滤池,生物活性炭滤池内装填有颗粒活性炭滤料,粒径在 0.5mm~2.5mm 范围内;滤料层厚度一般在 0.7m~2.0m 范围内;滤池水力停留时间一般在 10~30min 范围内;进入滤池的原水经其内的生物活性炭处理后流出滤池,进入滤后水箱;滤后水经提升泵提升至高位水箱,再通过恒位水箱进入超滤膜生物反应器当中;超滤膜生物反应器的进水通过恒位水箱控制以保证反应器内液位恒定,该反应器内安装有浸没式超滤膜组件,膜孔径在 0.01 μ m~0.1 μ m 范围内;超滤膜抽吸压力在 10kPa~50kPa 范围内,膜通量一般在 5L/m²·h~50L/m²·h 范围内;超滤膜生物反应器的水力停留时间一般在 10~30min 范围内,污泥停留时间一般在 5d~30d 范围内;超滤膜生物反应器底部设有穿孔曝气管,通过反应器外的空气泵向反应器内进行曝气,为生物反应提供溶解氧,进行搅拌混合与膜丝清洗,气水比在 5:1~20:1 范围内;超滤膜生物反应器底部设有排泥管,定期向反应器外排放剩余污泥;生物活性炭滤池的反冲洗采用滤后水通过反冲洗泵或重力流进行;超滤膜组件的反冲洗采用超滤膜出水,通过反冲洗泵完成;进入超滤膜生物反应器的生物活性炭滤池出水再次经生物降解处理后由抽吸泵从超滤膜组件中抽出,优质饮用水得以制备。

2. 一种饮用水深度净化处理装置,包括依次串联的生物活性炭滤池、滤后水箱、高位水箱、恒位水箱和超滤膜生物反应器、膜出水控制系统、鼓风曝气系统、排泥系统、膜反冲洗系统,其特征在于:所述的生物活性炭滤池(1)内装填的颗粒活性炭滤料,粒径在 0.5mm~2.5mm 范围内,滤料层厚度在 0.7m~2.0m 范围内;滤池出水阀门(2)连接滤后水箱(3),一个反冲洗阀门(4)连接于反冲洗管路(5)和滤池出水阀门(2)的阀前端,滤池出水阀门(2)和反冲洗阀门(4)开关状态相反;提升泵(6)连接滤后水箱(3)和高位水箱(7),高位水箱(7)和恒位水箱(8)通过管路连接;超滤膜生物反应器(9)的进水通过恒位水箱(8)控制,超滤膜生物反应器(9)的水位和恒位水箱(8)水

位一致；超滤膜组件（10）安装于超滤膜生物反应器（9）内混合液体上部，其出水端经超滤出水阀门（12）连接抽吸泵（13），抽吸泵（13）的抽吸压力通过真空表（11）计量；超滤膜生物反应器（9）的底部或侧部中下方装有连接到排污池的排泥阀（19）和排泥管，组成排泥系统，每天定时排放剩余污泥；一组或多组穿孔曝气管（18）安装于反应池内混合液体下部，其进气端经空气流量计（17）连接空气泵（16）组成鼓风曝气系统；超滤膜组件（10）出水端装有真空表（11），经超滤出水阀门（12）连接抽吸泵（13）组成膜出水控制系统；超滤膜组件（10）出水端并接有超滤反冲洗阀门（14）和超滤反冲洗管路（15），组成膜反冲洗系统；反冲洗系统和出水控制系统的工作关系是，当超滤正常进行时反冲洗阀门（14）和反冲洗泵关闭，而超滤出水阀门（12）开启，抽吸泵（13）将超滤后水抽出；当反冲洗时反冲洗阀门（14）开启而超滤出水阀门（12）和抽吸泵（13）关闭，反冲洗泵对超滤膜进行反向冲洗。

3.如权利要求2所述的一种饮用水深度净化处理装置，其特征在于超滤膜生物反应器内安装的浸没式超滤膜组件（5），其膜材质可采用聚偏氟乙烯，聚氯乙烯，或其他超滤膜；膜孔径一般在 $0.01\mu\text{m}$ ~ $0.1\mu\text{m}$ 范围内；组件形式可以是中空纤维式，也可以是平板式。

4.如权利要求3所述的一种饮用水深度净化处理装置，其特征在于所述的超滤膜组件（5）是浸没式外压超滤膜组件。

5.如权利要求2所述的一种饮用水深度净化处理装置，其特征在于：生物活性炭滤池内装填的颗粒活性炭滤料，既可采用规则圆柱状炭，也可采用不规则破碎炭；材质既可采用煤质、木质也可采用椰壳、核桃壳等；粒径一般在 0.5mm ~ 2.5mm 范围内；滤料层厚度一般在 0.7m ~ 2.0m 范围内；滤池水力停留时间一般在 $10\sim 30\text{min}$ 范围内。

一种饮用水深度净化方法和装置

技术领域

本发明属于水处理技术领域，具体地说是生物活性炭滤池与超滤膜生物反应器联用对饮用水进行深度净化处理的方法和装置。

背景技术

由于长期以来水源保护未受到足够的重视，饮用水源普遍受到污染，在饮用水中发现了种类众多的对人体有毒害的微量有机污染物，如致癌、致畸、致突变物质等和氯化消毒副产物。在这个背景下研发出了臭氧—颗粒活性炭处理工艺，起到了较好的保障饮用水水质的作用。随着水质检测技术的发展，又发现了许多新的水质问题，如贾第虫和隐孢子虫（两虫）问题，水蚤、红虫问题，水的生物稳定性问题、高氨氮含量问题等等。为此，包括我国在内的世界各国都对饮用水制订了更严格的水质卫生标准。臭氧—颗粒活性炭处理工艺对于上述的水质问题，不能取得令人满意的处理效果。例如对“两虫”、水蚤、藻类都不能 100%地去除，对高氨氮含量，氨氮含量 $>2\sim3\text{mg/l}$ ，难于降到水质标准的要求等等。此外，臭氧氧化能生成溴酸盐、甲醛等对人体有较严重毒害作用的氧化副产物，使臭氧的广泛使用受到质疑；还有研究指出，颗粒活性炭的出水中细菌含量显著增多、细菌抗氯性增强，随水流出的细微炭粒会对后续消毒效果产生不利影响。在这个背景下，有待于研发出比臭氧—颗粒活性炭更安全更有效的饮用水深度处理工艺。

目前，在饮用水处理领域，超滤技术受到了极大的关注。超滤能有效去除水中颗粒物，使出水浊度降低至 0.1NTU 以下，并能去除大分子有机污染物，几乎 100%的截留两虫、水蚤、红虫、藻类、细菌甚至病毒等微生物。但是单独超滤对水中溶解性有机物的去除能力非常有限，尤其是小分子量、易生物降解有机物，超滤几乎不能去除。而这部分小分子量有机物却会引起水的生物稳定性问题，造成细菌在管网内二次繁殖，恶化水质。同时超滤对于氨氮也无法去除。

发明内容

本发明目的在于研发一种便于工程应用、运行成本低廉、并能显著提高水质的一种饮用水深度净化方法和装置。

一种饮用水深度净化方法，生物活性炭滤池和超滤膜生物反应器联用，待处理的原水如预先经过澄清处理的江河水和浊度较低的湖泊水库水，通过提升泵或重力流进入生物活性炭滤池，生物活性炭滤池内装填有颗粒活性炭滤料，粒径在 0.5mm~2.5mm 范围内；滤料层厚度一般在 0.7m~2.0m 范围内；滤池水力停留时间一般在 10~30min 范围内。进入滤池的原水经其内的生物活性炭处理后流出滤池，进入滤后水箱；滤后水经提升泵提升至高位水箱，再通过恒位水箱进入超滤膜生物反应器当中；超滤膜生物反应器的进水通过恒位水箱控制以保证反应器内液位恒定，该反应器内安装有浸没式超滤膜组件，膜孔径在 0.01 μ m~0.1 μ m 范围内；超滤膜抽吸压力在 10kPa~50kPa 范围内，膜通量一般在 5L/m²·h~50L/m²·h 范围内；超滤膜生物反应器的水力停留时间一般在 10~30min 范围内，污泥停留时间一般在 5d~30d 范围内；超滤膜生物反应器底部设有穿孔曝气管，通过反应器外的空气泵向反应器内进行曝气，为生物反应提供溶解氧，进行搅拌混合与膜丝清洗，气水比在 5:1~20:1 范围内；超滤膜生物反应器底部设有排泥管，定期向反应器外排放剩余污泥；生物活性炭滤池的反冲洗采用滤后水通过反冲洗泵或重力流进行；超滤膜组件的反冲洗采用超滤膜出水，通过反冲洗泵完成。进入超滤膜生物反应器的生物活性炭滤池水再次经生物降解处理后由抽吸泵从超滤膜组件中抽出，优质饮用水得以制备

本发明处理装置，包括依次串联的生物活性炭滤池、滤后水箱、高位水箱、恒位水箱和超滤膜生物反应器、膜出水控制系统、鼓风曝气系统、排泥系统、膜反冲洗系统，其特征在于：所述的生物活性炭滤池 1 内装填的颗粒活性炭滤料，粒径在 0.5mm~2.5mm 范围内，滤料层厚度在 0.7m~2.0m 范围内；滤池出水阀门 2 连接滤后水箱 3，一个反冲洗阀门 4 连接于反冲洗管路 5 和滤池出水阀门 2 的阀前端，滤池出水阀门 2 和反冲洗阀门 4 开关状态相反；提升泵 6 连接滤后水箱 3 和高位水箱 7，高位水箱 7 和恒位水箱 8 通过管路连接；超滤膜生物反应器 9 的进水通过恒位水箱 8 控制，超滤膜生物反应器 9 的水位和恒位水箱 8 水位一致；超滤膜组件 10 安装于超滤膜生物反应器 9 内混合液体上部，其出水端经超滤出水阀门 12 连接抽吸泵 13，抽吸泵 13 的抽吸压力通过真空表 11 计量；超滤膜生物反应器 9 的底部或侧部中下方装有连接到排污池的

排泥阀 19 和排泥管,组成排泥系统,每天定时排放剩余污泥;一组或多组穿孔曝气管 18 安装于反应池内混合液体下部,其进气端经空气流量计 17 连接空气泵 16 组成鼓风曝气系统;超滤膜组件 10 出水端装有真空表 11,经超滤出水阀门 12 连接抽吸泵 13 组成膜出水控制系统;超滤膜组件 10 出水端并接有超滤反冲洗阀门 14 和超滤反冲洗管路 15,组成膜反冲洗系统;反冲洗系统和出水控制系统的工作关系是,当超滤正常进行时反冲洗阀门 14 和反冲洗泵关闭,而超滤出水阀门 12 开启,抽吸泵 13 将超滤后水抽出;当反冲洗时反冲洗阀门 14 开启而超滤出水阀门 12 和抽吸泵 13 关闭,反冲洗泵对超滤膜进行反向冲洗;

本发明所述的超滤膜生物反应器内安装的浸没式超滤膜组件 5,其膜材质可采用聚偏氟乙烯,聚氯乙烯或其他超滤膜;膜孔径一般在 $0.01\mu\text{m}\sim 0.1\mu\text{m}$ 范围内;组件形式可以是中空纤维式,也可以是平板式。

本发明所述的超滤膜组件 5 是浸没式外压超滤膜组件。

本发明所述的生物活性炭滤池内装填的颗粒活性炭滤料,既可采用规则圆柱状炭,也可采用不规则破碎炭;材质既可采用煤质、木质也可采用椰壳、核桃壳等;粒径一般在 $0.5\text{mm}\sim 2.5\text{mm}$ 范围内;滤料层厚度一般在 $0.7\text{m}\sim 2.0\text{m}$ 范围内;滤池水力停留时间一般在 $10\sim 30\text{min}$ 范围内。

本发明针对饮用水源普遍受到氨氮、有机物污染的情况,将生物活性炭滤池与浸没式超滤膜技术有机地结合起来,并将浸没式超滤膜单元转化为超滤膜生物反应器。这样既能充分地发挥超滤膜对颗粒物和微生物的截留作用,又能为受污染原水除生物活性炭滤池外再增加一级生物处理单元,实现两级生物处理与超滤联合保障饮用水水质卫生安全,达到制备优质饮用水的目的。

附图说明

图 1 为本发明装置的系统图;

图 2 为本发明净水效果表。

具体实施方式

本发明处理方法是:待处理的原水,包括经混凝沉淀等澄清工艺处理后的江河水或浊度较低的湖泊水库水,首先进入生物活性炭滤池,水中颗粒物被生物活性炭部分截留,有机物、氨氮等污染物被部分降解,水质得到一定程度的净化,超滤膜生物反应器的负荷得以降低;生物活

性炭滤池出水首先进入滤后水箱，该水箱起到调节水质水量的作用；生物活性炭滤池出水由滤后水箱经提升泵提升至高位水箱，再经恒位水箱进入到超滤膜生物反应器当中；反应器内的活性污泥对经生物活性炭处理后的水再次进行生物处理，水中氨氮、有机物等污染物再次得以降解；最后，经两级生物作用处理后的水由抽吸泵从超滤膜组件中抽出，超滤膜发挥其强大的去除水中颗粒物和大型有机污染物、截留两虫、水蚤、红虫、藻类、细菌甚至病毒等微生物的作用，优质饮用水得以制备。

如图1所示，本发明包括生物活性炭滤池与超滤膜生物反应器两个核心单元。生物活性炭滤池内装填的颗粒活性炭滤料粒径一般在0.5mm~2.5mm范围内，滤料层厚度一般在0.7m~2.0m范围内，滤池停留时间一般在10~30min范围内，以达到充分发挥生物活性炭滤池初步除污染作用，降低后续超滤膜生物反应器负荷的目的；超滤膜生物反应器的水力停留时间一般在10min~30min范围内，目的是让从生物活性炭滤池流出的氨氮、有机物等污染物在该反应器内得以充分的降解。

为有效控制和去除水中颗粒物、大分子有机污染物、两虫、水蚤、红虫、藻类、细菌病毒等微生物，超滤膜孔径一般在0.01 μ m~0.1 μ m范围内；为有效控制膜污染，减少膜物理清洗和化学清洗的次数，延长膜使用寿命，超滤膜采用较低的抽吸压力和膜通量，膜抽吸压力一般在10kPa~50kPa范围内，膜通量一般在5L/m²·h~50L/m²·h范围内；同时，超滤膜组件下部设置穿孔曝气管，通过曝气来对超滤膜生物反应器内活性污泥进行搅拌混合及对膜丝进行冲刷清洗，并为其内的微生物提供溶解氧，气水比一般在5:1~20:1范围内；为避免泥渣在反应器内过分积累，影响处理效果或造成膜污染，通过污泥排放阀定期向反应器外排泥，控制超滤膜生物反应器内污泥停留时间在5d~30d范围内。

本发明具有如下优点：

- 1、本发明采用生物处理与超滤组合工艺制备优质饮用水，过程无需投加任何药剂，对水质不产生不良影响，属于绿色的生物与物理净水工艺。
- 2、本发明采用生物处理单元串联，弥补了单级生物处理单元对氨氮、有机物等污染物降解不彻底，处理效果易受冲击负荷影响的缺陷。
- 3、本发明前段采用生物活性炭滤池单元，该工艺单元在很多水厂都有采用，因此便于现有水厂改造，便于推广应用。

4、本发明采用孔径在 $0.01\mu\text{m}$ ~ $0.1\mu\text{m}$ 范围内的超滤膜，能有效控制和去除水中颗粒物、大分子有机污染物、两虫、水蚤、红虫、藻类、细菌病毒等微生物，在超滤膜生物反应器单元进行有效的固液分离，制备优质饮用水。

5、本发明后段采用浸没式外压超滤膜，与内压式超滤膜相比较能耗得到显著降低。

6、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，延长膜的使用寿命，减少该工艺的维护运行费用。

实施例

采用如图1所示的生物活性炭滤池—超滤膜生物反应器联用深度净化饮用水工艺对某一微污染水源水进行处理。待处理的原水首先进入生物活性炭滤池1，该滤池水力停留时间30min，滤层厚度1.0m，滤料为宁夏ZJ-15煤质柱状活性炭。滤后水经滤池出水阀门2进入滤后水箱3，此时滤池反冲洗阀门4处于关闭状态。滤后水从滤后水箱3经提升泵6提升至高位水箱7，再通过恒位水箱8进入超滤膜生物反应器9，该反应器水力停留时间30min。超滤膜组件10采用海南立升净水科技有限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 $10\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ ，超滤膜出水经超滤膜出水阀门12由抽吸泵13抽出，此时超滤膜反冲洗阀门14处于关闭状态。抽吸泵13的抽吸压力在 15kPa ~ 30kPa 范围内，由真空表11进行计量。超滤膜生物反应器9由外部的空气泵16通过位于反应器底部的穿孔曝气管18向反应器内曝气，气水比为20:1，通过气体流量计17控制。反应器的污泥停留时间为20d，通过排泥阀19向反应器外定期排放剩余污泥。生物活性炭滤池1反冲洗时关闭滤池出水阀门2，开启滤池反冲洗阀门4，由滤池反冲洗管路系统5对生物活性炭滤池1进行反冲洗；超滤膜组件10反冲洗时关闭超滤膜出水阀门12，开启超滤膜反冲洗阀门14，由超滤膜反冲洗管路系统15对超滤膜组件10进行反冲洗。

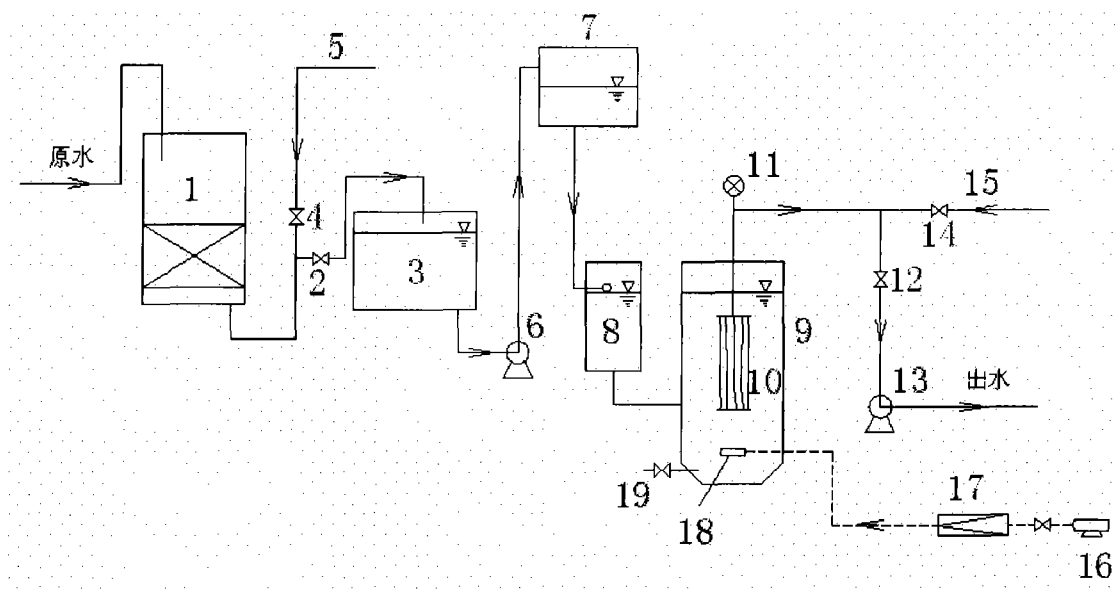


图 1

表 1 本发明净水效果

项目	原水水质	生物活性炭滤池出水		超滤膜生物反应器出水	
		出水水质	去除率(%)	出水水质	总去除率(%)
TOC(mg/L)	6.206	4.430	28.6	3.464	44.2
DOC(mg/L)	5.649	4.069	28.0	3.464	38.7
COD _{Mn} (mg/L)	5.22	4.03	22.8	2.79	46.6
UV ₂₅₄ (cm ⁻¹)	0.091	0.061	33.0	0.051	44.0
NH ₃ -N(mg/L)	3.43	1.56	54.5	0.37	89.2
NO ₂ ⁻ -N(mg/L)	0.089	0.412	-363	0.016	82.0
浊度(NTU)	2.40	0.90	62.5	0.06	97.5

图 2