



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101219846 B

(45) 授权公告日 2010.12.01

(21) 申请号 200810063897.7

C02F 3/12(2006.01)

(22) 申请日 2008.01.23

B01D 61/14(2006.01)

B01D 65/02(2006.01)

(73) 专利权人 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

审查员 张伟

(72) 发明人 李圭白 田家宇 梁恒 李星 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 23101

代理人 吴振刚

(51) Int. Cl.

C02F 9/14(2006.01)

C02F 1/28(2006.01)

C02F 1/52(2006.01)

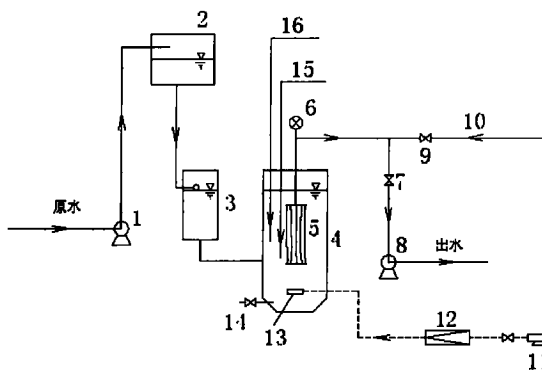
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54) 发明名称

超滤膜混凝 / 吸附 / 生物反应器一体化水深度处理方法及其装置

(57) 摘要

本发明公开一种超滤膜混凝 / 吸附 / 生物反应器一体化水深度处理方法及其装置。本发明是将混凝、吸附和生物反应置于同一反应池内完成。原水进入超滤膜混凝 / 吸附 / 生物反应器, 反应器内的活性污泥微生物对进水中的氨氮和小分子量有机物进行生物降解处理; 由混凝与吸附药剂投加系统向反应器内投加混凝剂和吸附剂以去除中、大分子量有机物和磷; 最后, 安装在反应器内的浸没式超滤膜组件进行固液分离, 优质饮用水得以制备。反应器底部设有穿孔曝气管, 连接排泥管, 定期排放反应器内的剩余污泥。为保证膜通量由膜反冲洗系统定期对超滤膜组件进行反冲洗。本发明将混凝作用、吸附作用与生物作用以及超滤的物理截留作用有机结合, 工程造价与运行费用显著降低, 是一种新型高效节能同时又易于维护管理的饮用水深度净化工艺。



1. 一种超滤膜混凝/吸附/生物反应器一体化饮用水深度处理方法,将混凝、吸附和生物反应有机地结合,置于同一反应池内完成,待处理的原水通过恒位水箱进入超滤膜混凝/吸附/生物反应器,反应器内的活性污泥微生物对进水中的氨氮和小分子量有机物进行生物降解处理;该反应器内水力停留时间 10 ~ 30min 范围内;同时,由混凝剂投加系统向反应器内投加混凝剂以去除大分子量有机物和磷,混凝剂是硫酸铝、聚合氯化铝、氯化铁、聚合硫酸铁或其它各种可用于饮用水生产的混凝剂中的一种,或是上述混凝剂与聚丙烯酰胺助凝剂的同时投加;由吸附剂投加系统向反应器内投加吸附剂以去除中等分子量有机物,吸附剂是粉末活性炭,或是各种其他吸附剂;反应器内安装有浸没式超滤膜组件,其材质是聚偏氟乙烯或聚氯乙烯或其它超滤膜;膜孔径应在 0.01 μm ~ 0.1 μm 范围内;组件形式是中空纤维式,或是平板式;通过抽吸泵控制超滤膜抽吸压力在 10kPa ~ 50kPa 范围内,膜通量在 5L/m²h ~ 50L/m²h 范围内;反应器底部设有穿孔曝气管,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,并进行搅拌混合与膜丝清洗,气水比在 5 : 1 ~ 20 : 1 范围内;反应器底部设有排泥阀和排泥管,定期向反应器外排放剩余污泥,控制污泥停留时间在 5d ~ 30d 范围内;为保证膜通量定期对超滤膜组件进行反冲洗,采用超滤膜出水,通过反冲洗泵完成,反冲周期视超滤膜组件的抽吸压力与膜通量而定;超滤膜组件反冲洗时关闭超滤膜出水阀门,同时开启超滤反冲洗阀门,由超滤反冲洗管路系统对超滤膜组件进行反冲洗。

2. 一种超滤膜混凝/吸附/生物反应器一体化饮用水深度处理装置,由进水控制系统、反应池、混凝与吸附剂投加系统、超滤膜组件、出水控制系统、鼓风机曝气系统、排泥系统、膜反冲洗系统组成,其特征在于:所述的进水控制系统由提升泵(1)、高位水箱(2)、恒位水箱(3)通过管路连接构成,或是在重力流的情况下由管路直接连接恒位水箱(3)构成;所述的反应池是一体化超滤膜混凝/吸附/生物反应池(4),待处理的原水通过恒位水箱(3)进入反应池(4),在反应池(4)的底部,或在反应池(4)的侧部中下方通过阀门和管路进入;反应池(4)配套有混凝剂投加系统(15)和吸附剂投加系统(16),混凝剂投加系统(15)和吸附剂投加系统(16)将混凝剂与吸附剂投加到反应池(4)内的混合液体中下部和鼓风机曝气系统上部之间的空间,是连续投加或分时段定时投加;超滤膜组件(5)安装于反应池(4)内混合液体的上部,其出水端经超滤出水阀门(7)连接抽吸泵(8),抽吸泵(8)的抽吸压力通过真空表(9)计量;反应池(4)内有对进水中氨氮和小分子量有机物进行生物降解处理的活性污泥微生物;反应池(4)的底部或侧部下方装有连接到排污池的排泥阀(14)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(13)安装于反应池内混合液体下部,其进气端经气体流量计(12)连接空气泵(11)组成鼓风机曝气系统;超滤膜组件(5)出水端装有真空表(6),经超滤出水阀门(7)连接抽吸泵(8)组成进出水控制系统;超滤膜组件(5)出水端并接的超滤反冲洗阀门(9)和超滤反冲洗管路(10),与反冲洗泵组成膜反冲洗系统;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(9)和反冲洗泵关闭,而超滤出水阀门(7)开启,抽吸泵(8)将超滤后水抽出;当反冲洗时反冲洗阀门(9)开启而超滤出水阀门(7)和抽吸泵(8)关闭,反冲洗泵对超滤膜进行反向冲洗;混凝剂投加系统(15)投加混凝剂是硫酸铝、聚合氯化铝、氯化铁、聚合硫酸铁或其它各种可用于饮用水生产的混凝剂中的一种,或是上述混凝剂与聚丙烯酰胺助凝剂的同时投加;吸附剂投加系统(16)投加吸附剂是粉末活性炭,或是各种其他吸附剂。

3. 如权利要求 2 所述的超滤膜混凝 / 吸附 / 生物反应器一体化饮用水深度处理装置, 其特征在于超滤膜组件 (5) 是聚偏氟乙烯或聚氯乙烯或其它超滤膜; 组件形式是中空纤维式, 或是平板式。

4. 如权利要求 3 所述的超滤膜混凝 / 吸附 / 生物反应器一体化饮用水深度处理装置, 其特征在于, 所述的反应器内超滤膜组件 (5) 的膜孔径应在 $0.01 \mu\text{m} \sim 0.1 \mu\text{m}$ 范围内。

5. 如权利要求 2 所述的超滤膜混凝 / 吸附 / 生物反应器一体化饮用水深度处理装置, 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。

超滤膜混凝 / 吸附 / 生物反应器一体化水深度处理方法及其装置

技术领域

[0001] 本发明属于水处理技术,特别是涉及一种饮用水深度净化技术,具体是超滤膜混凝 / 吸附 / 生物反应器一体化饮用水深度处理方法及其装置。

背景技术

[0002] 由于长期以来水源保护未受到足够的重视,饮用水源普遍受到氮、磷和有机物等的污染,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。这使得常规饮用水处理工艺,如混凝、沉淀、过滤、消毒处理工艺受到严峻的挑战,其出水越来越难以满足饮用水水质标准的要求。在这样的背景下,研究与开发新型高效的饮用水深度净化工艺具有重要的现实意义。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。曾为保障饮用水水质起到重要贡献的臭氧 - 颗粒活性炭处理工艺对于上述的水质问题,已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 $> 2 \sim 3\text{mg/l}$ 难于降到水质标准 0.5mg/l 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 - 颗粒活性炭更安全有效的饮用水深度处理工艺。

[0003] 目前,在饮用水处理领域,超滤技术受到了极大的关注。超滤能有效的去除水中颗粒物,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。同时超滤对于氮、磷也无法去除。

发明内容

[0004] 本发明的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饮用水深度处理工艺及装置。即超滤膜混凝 / 吸附 / 生物反应器一体化水深度处理方法及其装置。

[0005] 本发明处理方法是,将混凝、吸附和生物反应有机地结合,置于同一反应池内完成。待处理的原水通过恒位水箱进入超滤膜混凝 / 吸附 / 生物反应器,反应器内的活性污泥微生物对进水中的氨氮和小分子量有机物进行生物降解处理;该反应器内水力停留时间在 $10 \sim 30\text{min}$ 范围内,污泥停留时间一般在 $5\text{d} \sim 30\text{d}$ 范围内;同时,由混凝剂投加系统向超滤膜混凝 / 吸附 / 生物反应器内投加混凝剂以去除大分子量有机物和磷,混凝剂可以是硫

酸铝、聚合氯化铝、氯化铁、聚合硫酸铁或其它各种可用于饮用水生产的混凝剂中的一种,也可以是上述混凝剂与聚丙烯酰胺等助凝剂的同时投加;由吸附剂投加系统向超滤膜混凝/吸附/生物反应器内投加吸附剂以去除中等分子量有机物,吸附剂可以是粉末活性炭,也可以是各种其他吸附剂;反应器内安装有浸没式超滤膜组件,其材质可是聚偏氟乙烯或聚氯乙烯或其它超滤膜,膜孔径应在在 $0.01\mu\text{m} \sim 0.1\mu\text{m}$ 范围内,组件形式可以是中空纤维式,也可以是平板式;通过抽吸泵控制超滤膜抽吸压力在 $10\text{kPa} \sim 50\text{kPa}$ 范围内,膜通量在 $5\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \sim 50\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 范围内;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,并进行搅拌混合与膜丝清洗,气水比在 $5:1 \sim 20:1$ 范围内;反应器底部设有排泥阀和排泥管,定期向反应器外排放剩余污泥;为保证膜通量定期对超滤膜组件进行反冲洗,采用超滤膜出水,通过反冲洗泵完成,反冲周期视超滤膜组件的抽吸压力与膜通量而定;超滤膜组件反冲洗时关闭超滤膜出水阀门,同时开启超滤反冲洗阀门,由超滤反冲洗管路系统对超滤膜组件进行反冲洗。

[0006] 本发明超滤膜混凝/吸附/生物反应器一体化饮用水深度处理装置,由进水控制系统、反应池、混凝与吸附剂投加系统、超滤膜组件、出水控制系统、鼓风曝气系统、排泥系统、膜反冲洗系统组成,其特征在于:所述的进水控制系统由提升泵 1、高位水箱 2、恒位水箱 3 通过管路连接构成,在重力流的情况下也可由管路直接连接恒位水箱 3 构成;所述的反应池是一体化超滤膜混凝/吸附/生物反应池 4,待处理的原水通过恒位水箱 3 进入一体化反应池 4,可在一体化反应池 4 的底部,也可在一体化反应池 4 的侧部中下方通过阀门和管路进入;一体化反应池 4 配套装有混凝剂投加系统 15 和吸附剂投加系统 16,混凝剂投加系统 15 和吸附剂投加系统 16 将混凝剂与吸附剂投加到一体化反应池 4 内混合液体的中下部和鼓风曝气系统上部之间的空间,可以是连续投加或分时段定时投加;超滤膜组件 5 安装于一体化反应池 4 内混合液体的上部,其出水端经超滤出水阀门 7 连接抽吸泵 8,抽吸泵 8 的抽吸压力通过真空表 9 计量;反应池 4 内为可对进水中氨氮和小分子量有机物进行生物降解处理的活性污泥微生物;反应池 4 的底部或侧部下方装有连接到排污池的排泥阀 14 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 13 安装于反应池内混合液体下部,其进气端经气体流量计 12 连接空气泵 11 组成鼓风曝气系统;超滤膜组件 5 出水端装有真空表 6,经超滤出水阀门 7 连接抽吸泵 8 组成进出水控制系统;超滤膜组件 5 出水端并接有超滤反冲洗阀门 9 和超滤反冲洗管路 10,与反冲洗泵组成膜反冲洗系统;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 9 和反冲洗泵关闭,而超滤出水阀门 7 开启,抽吸泵 8 将超滤后水抽出;当反冲洗时反冲洗阀门 9 开启而超滤出水阀门 7 和抽吸泵 8 关闭,反冲洗泵对超滤膜进行反向冲洗;混凝剂投加系统 15 投加混凝剂可以是硫酸铝、聚合氯化铝、氯化铁、聚合硫酸铁或其它各种可用于饮用水生产的混凝剂中的一种,也可以是上述混凝剂与聚丙烯酰胺等助凝剂的同时投加;吸附剂投加系统 16 投加吸附剂可以是粉末活性炭,也可以是各种其他吸附剂。

[0007] 本发明其特征还在于所述的超滤膜组件 5 可以是聚偏氟乙烯或聚氯乙烯或其它超滤膜;组件形式可以是中空纤维式,也可以是平板式。

[0008] 本发明其特征还在于所述的反应器内安装有浸没式超滤膜组件 5,超滤膜组件 5 的膜孔径应在在 $0.01\mu\text{m} \sim 0.1\mu\text{m}$ 范围内;

[0009] 本发明其特征还在于所述的超滤膜组件 5 是浸没式外压超滤膜组件。

[0010] 本发明具有如下优点：

[0011] 本发明针对饮用水源普遍受到氮、磷、有机物污染的情况，把常规饮用水处理工艺中的混凝、吸附单元与膜生物反应器中的生物反应器单元有机地结合起来，将混凝、吸附与生物反应置于同一个反应器内完成。本发明利用混凝作用去除大分子量有机污染物与溶解性磷酸盐，利用吸附作用去除中等分子量有机污染物，利用生物降解作用去除小分子量有机污染物与氨氮，最后利用超滤膜高效的截留反应器内的颗粒物和微生物，达到深度处理水源水，制备优质饮用水的目的。

[0012] 本发明将混凝、吸附、生物反应以及超滤置于同一个反应器内完成，一方面显著提高了饮用水水质，另一方面又显著降低了工程造价与运行费用，大幅度减少了占地面积，是一种新型高效节能同时又易于维护管理的饮用水深度净化工艺，便于推广应用。

[0013] 本发明将混凝、吸附与生物作用有机地结合起来，弥补了混凝、吸附作用无法去除氨氮、小分子量有机物，生物作用无法去除大分子量有机物和磷酸盐的缺陷，采用不同的方式来去除不同类型的污染物，既能大幅度提高处理效果，又能使处理效果稳定不易受冲击负荷的影响。

[0014] 本发明采用孔径在 $0.01\ \mu\text{m} \sim 0.1\ \mu\text{m}$ 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，在超滤膜混凝 / 吸附 / 生物反应器中进行有效的固液分离，从而制备优质饮用水。

[0015] 本发明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。

[0016] 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。

附图说明

[0017] 图 1 为本发明装置的系统图；

[0018] 图 2 为本发明净水效果表。

具体实施方式

[0019] 具体工艺是：待处理的原水，包括经初步澄清处理后的江河水或浊度较低的湖泊水库水，经恒位水箱进入到一体化超滤膜混凝 / 吸附 / 生物反应器当中；反应器内的活性污泥微生物对进水中的氨氮和小分子量有机物进行生物降解处理；通过混凝与吸附剂投加系统投加到反应器内的混凝药剂与进水中的大分子量有机物以及磷酸盐发生混凝反应，同时存留在反应器当中的混凝药剂也会吸附进水中的有机污染物与磷酸盐；投加的粉末活性炭等吸附剂对进水中的中等分子量有机物进行吸附；最后，经生物作用和混凝、吸附作用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、去除大分子有机污染物、截留两虫、水蚤、红虫、藻类、细菌甚至病毒等微生物的作用得到充分地发挥。安全卫生的优质饮用水得以制备。

[0020] 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 $0.01\ \mu\text{m} \sim 0.1\ \mu\text{m}$ 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 $10\text{kPa} \sim 50\text{kPa}$ 范围内；膜通量一般在 $5\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \sim 50\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 范围内。

[0021] 为保证一体化超滤膜混凝 / 吸附 / 生物反应器内活性污泥微生物有足够的溶解氧, 并保证反应器内的活性污泥以及混凝剂、吸附剂混合均匀, 并对超滤膜表面进行冲刷清洗, 超滤膜组件下部设置穿孔曝气管, 通过反应器外部的空气泵向反应器内提供曝气, 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, 混凝 / 吸附 / 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, 污泥停留时间一般控制在 5d ~ 30d 范围内。

[0022] 实施例

[0023] 采用如图 1 所示的超滤膜混凝 / 吸附 / 生物反应器一体化饮用水深度处理工艺对某一微污染水源水进行处理。待处理的原水首先由提升泵 1 提升至高位水箱 2, 再通过恒位水箱 3 进入超滤膜混凝 / 吸附 / 生物反应器 4, 该反应器内水力停留时间 30min。同时, 由混凝剂投加系统 15 向超滤膜混凝 / 吸附 / 生物反应器 4 内投加混凝剂, 混凝剂采用聚合氯化铝, 投加量为 10mg/L; 由吸附剂投加系统 16 向超滤膜混凝 / 吸附 / 生物反应器 4 内投加吸附剂, 吸附剂选用粉末活性炭, 投加量为 8mg/L。反应器内污泥停留时间为 20d。超滤膜组件 5 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 μm , 膜材质为聚氯乙烯。超滤膜的过水通量为 $10\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$, 超滤膜出水经超滤出水阀门 7 由抽吸泵 8 抽出, 此时超滤反冲洗阀门 9 处于关闭状态。抽吸泵 8 的抽吸压力在 15kPa ~ 30kPa 范围内, 由真空表 6 进行计量。超滤膜混凝 / 吸附 / 生物反应器 4 由外部的空气泵 11 通过位于反应器底部的穿孔曝气管 13 向反应器内曝气, 气水比为 20 : 1, 通过气体流量计 12 进行控制。超滤膜混凝 / 吸附 / 生物反应器 4 内污泥停留时间为 20d, 通过排泥阀 14 向反应器外排放剩余污泥。超滤膜组件 5 反冲洗时关闭超滤膜出水阀门 7, 开启超滤反冲洗阀门 9, 由超滤反冲洗管路系统 10 对超滤膜组件 5 进行反冲洗。该超滤膜混凝 / 吸附 / 生物反应器一体化饮用水深度处理工艺的具体处理效果如表 1 所示。

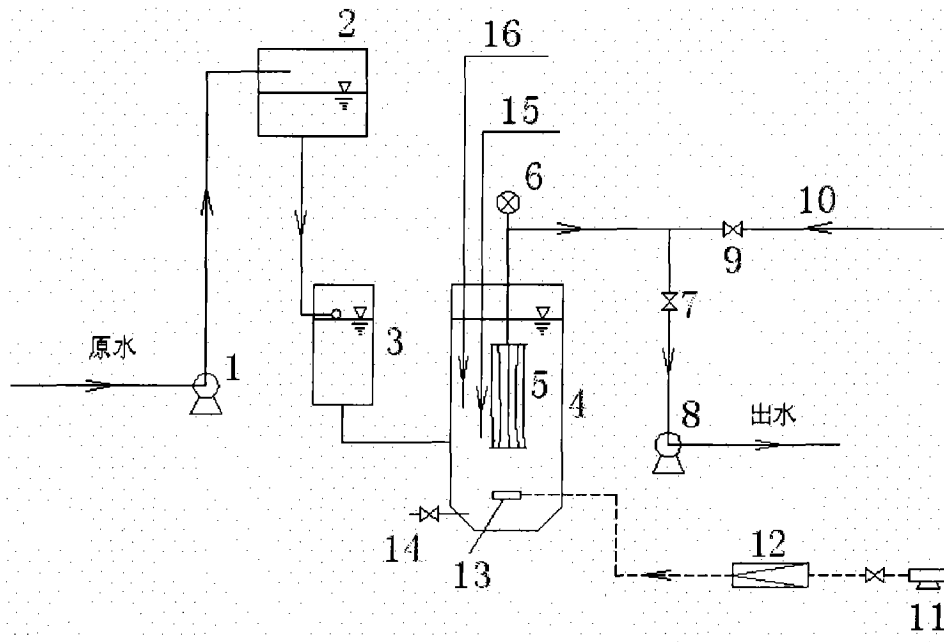


图 1

表 1 超滤膜混凝/吸附/生物反应器一体化饮用水深度处理工艺净水效果

项目	原水水质	超滤膜混凝/吸附/生物反应器出水	
		出水水质	去除率(%)
TOC(mg/L)	5.772	1.847	68.0
DOC(mg/L)	5.352	1.847	65.5
COD _{Mn} (mg/L)	3.87	1.34	65.4
UV ₂₅₄ (cm ⁻¹)	0.074	0.017	77.0
NH ₃ -N(mg/L)	3.72	0.07	98.1
溶解性 PO ₄ ⁻ -P(μg/L)	88.23	0.44	99.5
浊度(NTU)	1.15	0.04	96.5

图 2