

污水回用中颗粒填料生物接触氧化技术的研究

王占生¹

摘要: 本文介绍一种污水回用处理的技术—颗粒填料生物接触氧化, 并通过与混凝、澄清、过滤工艺的比较, 证明生物陶粒滤池具有能去除更多的 COD、氨氮、不用投加药剂、运行费省、污泥易处理等特点。

关键词: 陶粒_X 污水处理[✓] 生物降解[✓]

Study on Bio-contact Oxidation Process Packed with Granular Material Used in Wastewater Reuse

Zhansheng Wang¹

Abstract: A treatment process for wastewater reuse, biological contact oxidation process packed with granular material, is introduced in this paper. Compared with the process of coagulation, clarification and filtration, it has several advantages, such as removal of more COD and NH₃-N, no necessary of reagents, low working cost as well as that the produced sludge can be treated with ease.

Key words: ceramic granule medium, wastewater treatment, biological degradation

1. 概述

生物活性质量是近年来发展起来的一种去除微量有机物的有效方法, 它利用活性炭的物理吸附作用, 又发挥其表面生长的微生物对有机物的降解作用, 使活性炭能较长期地使用, 其累积去除污染量大大超过灰的物理吸附。

为了更好地使用这个方法, 我们曾进行了生物活性炭机理的研究^{[1][2]}, 通过研究, 认为生物活性炭实质上是生物降解作用与炭吸附作用两者的简单组合。考虑到活性炭价格高, 希望用惰性材料代替, 在实验室进行了惰性材料与活性炭去除苯酚的对比试验^[3], 通过对比试验, 可以得出如下结论:

(1) 生物活性炭运行初期主要是炭的物理吸附作用; 运行一段时间后是生物膜开始降解有机物, 此时去除有机物的能力为两种作用的相加; 当炭的吸附能力饱和后, 主要是炭上生物膜的降解作用, 因此可长期运行, 无需再生活性炭。

(2) 当炭的物理吸附能力饱和后, 活性炭与惰性材料均由其上的生物膜起降解作用, 此时对有机物的去除能力接近。

(3) 如果不考虑活性炭的物理吸附能力, 则可用惰性材料代替活性炭以生物降解作用去除有机物。

(4) 惰性材料只要符合一般材料的要求就可作为生物填料。

1986 年起将惰性材料作为生物载体用于太原杨家堡污水厂, 大同东郊污水厂二级出水的深度处理与北京燕山石化公司东沙河河水(主要是公司各厂外排水)水质处理的小型试验, 取得了满意的成果, 即生物填料(惰性材料)可以进一步去除二级处理出水的 COD 约 40% 左右, 显示出颗粒填料生物接触氧化法能有效地去除二级出水中的易生物降解的溶解性有机物与大部分悬浮物质与部分胶体。

¹ 清华大学环境科学与工程系 教授

Professor, Department of Environmental Science and Technology, Tsinghua University

[4]。为了验证小试的成果,中试装置设在太原市场家堡污水净化厂,1989 年 5 月至 90 年 9 月进行试验。

2. 中间试验研究的目的

中间试验主要集中了利用生物陶粒接触氧化滤池与纤维球滤池组合将二级出水进一步处理到工艺用水的水质要求(太原化学工业公司提出 $COD < 30mg/L$ $SS < 5mg/L$ 色度 < 20)。同时对本研究工艺(工艺 1)与常用的混凝、澄清、过滤工艺(工艺 2)进行对比试验,比较其处理效果分析。

3. 中间试验装置及分析项目

中间试验装置设在太原杨家堡污水净化厂沉砂地下,生物陶粒接触氧化池表面积 $1m^2$,填料高 2m,纤维球滤池表面积 $0.25m^2$,滤料高 1m,填料采用细丝软球,丝径 $3\mu m$,直径 3cm 密实度 5.5%,双色滤池采用试验 $D=150mm$,煤砂滤料 700mm,其中煤=6mm,高 300mm,砂 $d=0.6\sim 1.2mm$,高 400mm。试验来水接自二沉池出水用泵送到装置。试验水量:89 年 10 月 20 日至 90 年 5 月 16 日 $1.5\sim 3m^3/h$,汽水比 $1\sim 5:1$;90 年 5 月 16 日至 9 月 8 日水量 $2m^3/h$,汽水比为 $1.8\sim 3.2:1$;9 月 17 日水量 $2m^3/h$,汽水比 $2:1$ 。

杨厂来水约有 60~70%为工业废水、生活污水 30~40%,因管道建设尚不配套,来水量小于设计水量,因此,一沉池出水水质较好,SS 较低,一级处理出水也因水量关系,水质偏好,COD 与 SS 均较低。考虑到这些情况,在分析试验数据时,不仅列出水水质并且计算了去除率。

4. 试验数据的分析整理

生物陶粒——过滤工艺处理效率 表 1

水质指标	进水(mg/L)	生物陶粒去除率%	出水(mg/L)	总去除率%
COD	102~133	51.17	39.95	64.40
	70~100	45.02	33.70	53.29
	50~70	40.36	25.84	56.99
	33.6~50	33.02	25.0	44.07
BOD	7.42			
SS	7.42			
色度	< 20			
浊度	10 左右			
NH ₃ N	35.56			

注:出水与去除率均为平均值,数据系从 90 年 5 月起统计。

4.1 组合工艺

试验数据列于表 1,主要对 COD、SS 与 NH₃-N 进行分析。

从表 1 可见,进水 COD 越高,工艺总去除率越高,但出水绝对值升高,进水 COD 值越低,工艺总去除率降低,但出水 COD 值越低。以平均值统计,进水 COD 在 70mg/L 左右时,出水可降至 30mg/L 左右,此时生物陶粒接触氧化的去除率略大于 40%,这与小试的 COD 去除率在 40%左右是符合的,COD 总去除率视进水水质而异,介于 44~66%。

水质其他指标 BOD 值可降至 10mg/L 以下;SS 在 5mg/L 以下;色度 20 以下;氨氮由于微生物的硝化作用,可去除 35%;浊度一般在 10 左右;总磷因没有投加混凝剂,去除效果不明显。

工艺出水供回用需加氯杀菌,避免在输送管道,冷却设备中生长微生物粘垢,同时由于氯的氧化,又能去除部分残余溶解性有机物,因此不仅细菌数减少,COD 值也会相应降低,加氯试验是在烧杯中加漂白粉进行的。

第一次试验工艺出水 COD22.6mg/L, 加氯 0.85mg/L, 30 分钟后余氯量 0.1mg/L, COD 值降至 16.9mg/L, 第二次出水 COD26.3mg/L, 加氯 0.85mg/L, 30 分钟后余氯 0.14mg/L, COD 降至 18.8mg/L。考虑到氯的作用, 本工艺出水的 COD 值能再降低 5~7mg/L, 这样, 一般进水 COD 值在 70mg/L 情况下, 出水可在 30mg/L 以下, 能符合太原化学公司所提要求。

4.2 本工艺与深度处理传统工艺(混凝、澄清、过滤)的比较试验

4.2.1 太原杨家堡污水厂污水深度处理的比较

目前国内外深度处理常用的工艺为: 混凝、澄清、过滤。在现场安装下加药设备、澄清柱、过滤柱、流量为 641/h, 投加工业硫酸铝 120mg/L, 澄清池上升流速 1mm/s。上向流生物陶粒滤池流量为 2m³/h, 气水比 2:1, 双层滤料滤池滤速 10m/h。

工艺 1 进出水 COD 平均值为 87.74mg/L 与 31.82mg/L, 总去除率为 63.73%; 工艺 2 进出水 COD 平均值为 105.73mg/L 与 45.29mg/L, 总去除率为 57.16, 显然工艺 1 对 COD 的去除率高于工艺 2; 两工艺的 SS 去除率较接近, 出水的 SS 皆低于 5mg/L; 工艺 2 对 NH₃-N 的去除率仅为 6.57%, 而工艺 1 为 38.77%, 证明生物陶粒量有硝化作用, 这是化学混凝所不具备的。

4.2.2 与现有城市污水深度的处理结果的比较

根据大连春柳污水处理厂小试与中试的结果, 中国市政工程华北设计院小试报告与青岛市城市污水回用于工业的中试结果^[5]与生物陶粒、过滤工艺试验结果进行比较, 列于表 4。虽然表 4 中所列数据并不能直接进行比较, 因为各地水质与运转条件都不一样, 但也可看出生物陶粒——过滤工艺比传统工艺 COD 去除率为高, 出水 COD 值相对也较低。

两种工艺 COD 去除效果比较 表 2

试验单位	工艺	试验规模	进水(mg/L)	出水(mg/L)	去除率
大连春柳污水厂	传统	小试	135	65	52
大连春柳污水厂	传统	中试	64	39	39
中国市政工程	传统	小试	63~99.1	54~60.5	49.82
华北院	传统	小试	49~74	27.5~49	46.06
青岛城市污水厂	传统	中试	34.4~101.2	平均	56.72
太原杨家堡污水厂	过滤生物陶粒	小试	42.2	18.5	60.28
	生物陶粒-过滤	小试	70~100	33.7	53.22
	生物陶粒-过滤	中试	50~70	25.84	56.99

4.2.3 两种工艺去除效果的分析

国内外一般深度处理的任务就是进一步去除二级出水中以悬浮态和胶体存在的有机、无机残留物, 传统工艺采用投加混凝剂, 澄清或沉淀、过滤, 可以去除 >1μm 的悬浮有机和无机物, 溶解性磷酸盐、某些重金属离子与降低细菌和病毒的含量, 但对溶解性物质都很难去除。

由于生物处理过程中二沉池出水的溶解性有机相当一部分是微生物的代谢产物, 国外学者的研究表明, 这一部分有机物是可生化的。因此, 再用生化手段进行二级出水的深度处理具有根据的。利用生物填料接触氧化与过滤能滤去悬浮物与胶体, 填料小的生物膜还可吸附与降解部分溶解性物质, 并能产生生物炭化作用, 使其出水水中悬浮物的沉性与过滤性能, 从总的作用机理评价传统的化学澄清-过滤与生物填料接触氧化-过滤两种工艺, 可以得出后者的综合 COD 处理效率将高于前者。

由于传统工艺投加了混凝剂, 对磷、浊度有较高的去除率。生物填料接触氧化工艺中利用了微生物降解部分氨氮, 因此出水中氨氮较低(但两种工艺对总氮的去除均其微), 藉助生物絮凝的作用, 对浊度也有较好的去除能力, 但稍不及传统工艺。

4.2.4 两种工艺产生污泥的含水率比较

污水处理过程中污泥的处理与处置量是个重要的问题, 根据文献报导, 一般化学絮凝澄清的污

泥水率高,不易处置,而生物处理产生的污泥,尤以生物膜法产生的污泥絮体可沉性好,含水率低。在生物陶粒接触氧化工艺与混凝、澄清、过滤工艺比较试验中,对两工艺的污泥进行了含水率的测定。

生物陶粒接触氧化池产生的污泥系取自反冲排水,经 1 小时沉淀后取泥样于蒸发皿,烘干后称重,测得含水率为 98.1(两个平行样,一为 97.85,另为 98.39%)。

澄清池排泥含水率,取 4 个样分别测定,平均为 99.33%。

污泥含水率的测定,证实了生物填料产生的泥比澄清池泥含水率低,因此澄清、过滤工艺泥的处理将比生物填料法的泥困难,需浓缩,然后脱水。

5. 结论

5.1 采用生物填料接触氧化-过滤可使一级出水的 COD 值降至 30g/L 左右(视进水水质而异),SS 降至 5mg/L 以下,色度<20,浊度<10(加药可降至 5 以下)。

5.2 与传统的●、澄清、过滤工艺相比,生物填料接触氧化工艺比有生物膜吸附、降解有机物的作用与生物絮凝作用,具有不需投加药剂、运行费用省、COD 去除效率高、能去除部分氨氮、污泥易处理等优点。

5.3 生物填料接触氧化工艺占地与传统工艺基本持平,基建造价略高(填料因地取材,可节省造价)。

5.4 生物接触氧化滤池的设计参数为:进水负荷 $2\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$,滤料高 2m(气水比 2~3:1)。

参考文献

(1) 张晓健 生物活性炭生物降解与炭吸附有机物关系的研究,清华大学环境工程系博士论文,1986 年。

(2) 王树平 生物活性炭生物再生机理的研究,清华大学环境工程系博士论文,1989 年 5 月。

(3) 邸凯迎 多孔生物载体降解有机物的对照度验研究,清华大学学士论文,1986 年 6 月。

(4) 华北地区城市污水再用于工业的研究,清华大学环境工程研究所,1988 年 1 月。

(5) 金儒霖 青岛市城市污水回用于工业,武汉城市建设学院学报,1985 年第一期。

(6) 张鸿涛 城市污水回用处理技术研究,清华大学硕士论文,1988 年 6 月。

后记

此文写于 1990 年,根据近来研究结果,进水负荷可提高到 4~6%,(负荷高时应采用上向流)。视太原化工集团有限公司水厂已南堰 2.42%,城中并于 2001 年 11 月 15 日进行了投产。