

ABR 工程设计的要点分析

周 华

(环境保护部华南环境科学研究所, 广州 510655)

摘要 针对印染废水的特性和已有印染废水生化处理工艺在工程应用中存在的问题分析的基础上, 提出 ABR 工艺方案, 成功应用于印染废水的厌氧处理工段, 保证了稳定的 COD 去除效率和脱色效果。通过分析 ABR 反应器的运行规律, 总结出 HRT、反应器内的水力流态优化是 ABR 设计成败的关键。

关键词 印染废水 ABR 水力流态 HRT

Analysis of ABR 's engineering design consideration

Zhou Hua

(South China Institute of Environmental Sciences, MEP,
China, Ministry of Environmental Protection, Guangzhou 510655, China)

Abstract Based on the characteristics of printing dyeing wastewater and analysis of the existing problem of application in printing dyeing wastewater 's biological treatment process. Proposed ABR process scheme, its has been used on anaerobic wastewater treatment of printing dyeing wastewater, but also ensured the removal rate of COD and decolorizing effect are stable. With analyzing operation regulations of ABR reactor, the article has concluded engineering design consideration- HRT and the optimization of flow pattern of water power in reactor. They are the key for successful of ABR design.

Keywords :Printing and dyeing wastewater; Anaerobic baffled reactor (ABR); Flow pattern of water power; Hydraulic remain time (HRT)

目前,国内的印染废水处理手段以生物法为主,辅以物理法和化学法,其在工程实践中,存在的几个主要问题:新型染料、PVA 浆料、新型助剂等难生化降解的有机物大量进入印染废水,使生化处理系统的 COD 去除率越来越低,从而过于依赖前段物化法的处理效果,导致运行成本比较高。生化处理系统脱色效果不理想,要保证出水色度稳定达标,通常需要在生化处理系统后增加一套混凝加药脱色工序,导致运行成本增加。系统的剩余污泥量过大,污泥处理费用偏高。总的来说,印染废水处理系统在工程应用中的核心问题是运行成本过高。解决问题的关键在于提高生化系统的处理效果,所以,如何优化现有的生化处理系统和开发新的生化

处理工艺,以适应印染废水的新特性,成为印染废水处理技术研究的重点。

1 ABR 工艺简介

折流板厌氧反应器 (Anaerobic Baffled Reactor, ABR) 是 Bachman 和 McCarty 等人于 1982 年前后提出的一种新型高效厌氧反应器^[6],其构造如图 1。反应器特点是:内置竖向导流板,将反应器分隔成串联的几个反应室,每个反应室都是一个相对 UASB 系统,其中的污泥可以是以颗粒化形式或以絮状形式存在。水流由导流板引导上下折流前进,逐个通过反应室内的污泥床层,进水中的底物与微生物充分接触而得以降解去除。借助于废水流动和沼气上升的作用,反应室中的污泥上下运动,但是由

于导流板的阻挡和污泥自身的沉降性能,污泥在水平方向的流速极其缓慢,从而大量的厌氧污泥被截留在反应室中^[4]。

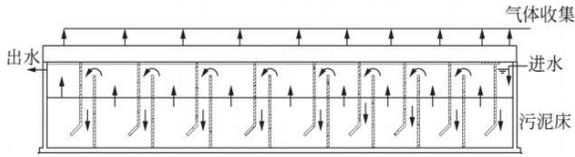


图1 折流式厌氧反应器

可见,虽然在构造上 ABR 可以看作多个 UASB 的简单串联,但在工艺上与单个 UASB 有着显著的不同,UASB 可近似地看作是一个完全混合式反应器,而 ABR 则更接近于推流式反应器。

其次,同传统好氧工艺相比,厌氧反应器的一个不足之处是系统出水水质较差,通常需要经过后续处理才能达到排放标准,而 ABR 的推流式特性可确保系统拥有更优的出水水质,同时反应器的运行也更加稳定。对冲击负荷以及进水中的有毒物质具有更好的缓冲适应能力。

ABR 工艺特别适用于各类有毒难降解有机工业废水的处理。本文把 ABR 工艺应用于印染废水的厌氧处理工段,以期达到提高 COD 去除效率和脱色效果,降低运行费用的目的。

2 工程应用

2.1 工程概况

广东省鹤山市某染厂在生产过程中使用的染料主要有活性染料和硫化染料,在退浆、煮炼、染整及漂洗等工段会产生高浓度印染废水。工程为改扩建工程,按照 6 000 m³/d 的规模设计,24 h 连续运行,处理量为 250 m³/h。根据该厂废水站历年来的运行数据确定进水指标;同时根据《水污染物排放限值》(DB 44/26—2001) 第一时段一级标准要求,确定出水要求如表 1。

表 1 废水进水指标及出水要求

项目	进水指标	排放要求	去除率/ %
COD _{Cr} / mg/L	1 800 ~ 2 000	100	95
BOD ₅ / mg/L	400 ~ 500	20	96
SS/ mg/L	250 ~ 350	60	83
硫化物/ mg/L	0.5 ~ 3.0	0.5	83
色度/ 倍	500	40	
pH	9 ~ 13	6 ~ 9	
温度/	50		

2.2 工艺流程及主要设计参数

本工程的设计流程见图 2。

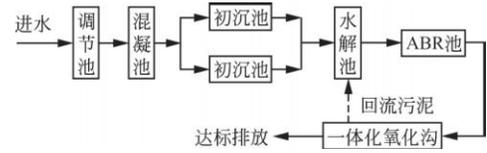


图2 工艺流程示意

ABR 池 1 座,半地下钢筋混凝土结构;流量 250 m³/h,有效容积 5 408 m³,有效水深 6.5 m,停留时间 21.6 h。

2.3 工程运行情况

印染废水处理系统在经过长达半年的启动后,进入了稳定运行的状态,通过了环保验收。该染厂的实际原水水质变化很大,COD_{Cr} 在 1 000 ~ 2 000 mg/L 的范围内波动,pH 12 左右,废水中硫化物含量很高。废水首先经过混凝初沉系统,pH 调至 9 ~ 10,并投加絮凝剂去除约 50 % 的 COD,然后进入 ABR 系统,去除 25 % 左右的 COD_{Cr} 以及去除色度和难降解有机物,最后进入后续氧化处理工艺,去除接近 90 % 的 COD_{Cr} 以及其他有机污染物,出水达标排放。

由于废水的营养配比不足,所以需要定期在厌氧和好氧系统投加营养剂,包括尿素、过磷酸钙、面粉或粪便污水。原水 COD_{Cr} 的波动比较大,需要及时调整絮凝剂的投药配比,操作比较繁琐,若反应不及时,则会导致混凝处理效果不理想,初沉池出水水质变差,从而使后续的生化系统承受比较大的冲击负荷,在这种情况下,虽然出水水质时有波动,但最终出水还是基本达标的,证明了生化系统可以耐受一定的冲击负荷。废水的 pH 较高,若加酸中和把 pH 调到 9 左右,需要消耗大量的硫酸,本工程仅把原水的 pH 调至 10,然后投加 FeSO₄ 进行混凝反应,经过初沉池后,进入 ABR 池的 pH 在 9.5 左右,系统并无不良反应。由此,可以节省一些加酸中和调节的运行成本。

3 ABR 的运行规律分析

3.1 HRT 对处理效果的影响

在 ABR 反应器的工程设计中,选择合理的水力停留时间非常关键,这个关乎工程造价和反应器处理效果的问题,必须在两者中找到一个平衡点。针对广东省鹤山某染厂废水处理的工程设计,ABR 反

反应器的主要功能是厌氧水解,提高废水可生化性,截留难降解有机物,并不要求反应器达至全面的产甲烷阶段,所以 ABR 反应器的设计水力停留时间为 21.6 h。据工程实践经验,印染废水处理工程的水解段的设计停留时间一般不超过 12 h,甚至更低。本设计选用 20 多小时的停留时间是考虑到原水的 COD 比较高、色度高、水质变化大、硫化物等其他有毒难降解有机物含量高,希望通过延长厌氧水解反应器的停留时间,达到更好的脱色效果、提高废水的可生化性,减少前段物化阶段的加药量,降低运行成本,同时由于前段预处理工艺中并没有设置专用的降温措施,所以希望通过延长 ABR 反应器停留时间,增加废水与空气接触面积的方法来降低水温。

关于水温问题,废水进水温度为 50℃,废水经调节池、混凝池、初沉池后,温度可降至 42℃,此温度为中温厌氧的最佳条件;再经 20 多小时的厌氧处理后,温度可降至 37℃左右,基本达至预期的目标。

废水的 BOD/COD 为 0.25,属于较难生物降解的印染废水,经过 ABR 反应器处理后,BOD/COD 提升至 0.37 左右,证明 ABR 反应器良好的水解作用。

根据 2006 年 12 月、2007 年 1 月、3 月、6 月共四个月的系统进水及厌氧段 COD_{Cr} 变化以及 COD_{Cr} 去除率变化统计数据,ABR 反应器的平均 COD_{Cr} 去除率在 25%左右,在合理的范围内;对色度的去除效率,也是令人满意的,但在原水 COD_{Cr} 、色度过高的情况下,也会出现不达标现象,需要投加次氯酸钠补救。

本工程的设计停留时间为 21.6 h,达到了预期的处理效果。在工程试运行过程中,曾出现由于厂方的产能不足,排放废水量仅为原设计值 50%的情况,在进水负荷为设计值 50%的时候,ABR 反应器的停留时间等于翻倍,即为 43 h,但处理效率并没有明显的提升,因此有理由认为,对于该种高浓度的印染废水,以水解作用为主的 ABR 反应器,设计水力停留时间为 20 多个小时,是适宜的。

3.2 水力流态对处理效果的影响

优良的水力流态不仅能保证 ABR 反应器内污泥和废水的充分混合,还能防止种泥的流失,有利于

在反应器各隔室中积累大量沉降性能良好的活性污泥,同时又可避免泥水发生分层,尽量减少死角,提高反应器的容积利用率。而要保证反应器内有良好的水力流态,则需要合理设计反应器内各隔室的上升流速和下向流流速。

对于上升流设计,要点是既要使污泥悬浮起来,又不致使污泥随水流失到下一个隔室中。理论上只要混合液的上流速度大于 0.3 mm/s 就可以了,但实际上随着厌氧污泥颗粒的变大,水流速度必须大于 0.3 mm/s 数倍,才能将污泥床浮动起来。在本工程设计中,ABR 反应器前面四个隔室的上升流速约为 2 mm/s。

而下向流的设计流速应该比较大,从而提高上向流隔室的进水均匀性,并使产气集中在上向流隔室。在工程设计中,在底部设一 45°的斜板(如图 3),使得平稳下流的水流速在斜板断面骤然流速加大,对底部的污泥床形成冲击,使其浮动达到使水流均匀通过污泥层的目的。本设计中 ABR 反应器前面四个隔室的下向流流速约为 5 mm/s。

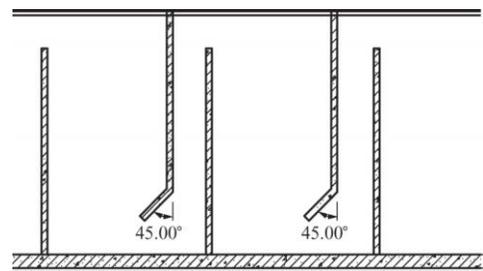


图 3 ABR 反应器折板布置

ABR 反应器的 COD_{Cr} 去除率在 25%左右,以水解的标准来衡量,处理效果尚可。在池面观察,池水暗黑,不时会有气泡冒出,证明有沼气产生,但并未达到大面积均匀冒出细密气泡的程度。所以,ABR 反应器的设计上升流速 2 mm/s 和下向流流速 5 mm/s 基本可以满足印染废水的处理要求。在启动过程中,由于进水负荷未能达到设计值,导致 ABR 反应器的整体流速很低,污泥大部分沉积在前面的几个隔室中,采取循环泵打回流的方式可以缓解这种不利的状况。

3.3 ABR 反应器构造形式对处理效果的影响

反应器的构造形式,直接影响混合液在反应器内的水力流态。ABR 反应器的构造形式设计主要

指分格数的设计、上向流室和下向流室的尺寸比例、导流板的安装角度设计等。

3.3.1 分格数设计

在 ABR 反应器的内部构造设计中,分格数是比较关键的参数。分格数越多则反应器趋于推流的程度越高,但过多的分格数会增加工程造价和增大反应器的总水头损失。所以,应该合理设置分格数。本工程的 ABR 反应器中,为了充分利用场地的长度,设计了 11 个隔室(如图 4),前四个隔室为一组,尺寸基本相同,上向流室与下向流室的水平宽度比为 2.5 : 1;后四个隔室为一组,尺寸基本相同,上向流室与下向流室的水平宽度比为 3.6 : 1;最后三个隔室为一组,尺寸基本相同,上向流室与下向流室的水平宽度比为 5.6 : 1。

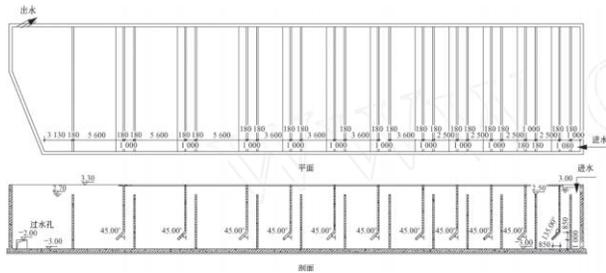


图 4 ABR 反应器平剖面

各隔室的进水有机负荷逐级递减,隔室的单独 COD_{Cr} 去除率也在逐级递减, COD_{Cr} 和其他有机污染物主要在前面两组共八个隔室内得到去除,最后一组共三个隔室主要起到稳定出水水质的作用。

在这样的分格布局下,前面四个隔室的进水有机负荷过高、污泥也主要集中在这几个隔室,后面隔室的污泥浓度比较低,造成 ABR 反应器的容积利用率比较低,在系统正常运行的过程中,主要通过加强污泥回流的方式来改善这种不利的影 响,长期的运行数据表明,ABR 反应器的处理效果基本达到预期的目标值。

3.3.2 上向流室与下向流室的设计

在工程设计中,通过减小下向流室的长度,使下向流室仅起前后两格连接管的作用,这样下流室内的流速较大,可提高上流室进水的均匀性,并使产气集中在上流室中;在 ABR 各上向流室的底部前后端设置 45° 倒角,以创造更好的水力条件。其中在第一至四隔室中,上向流室的水平宽度为 2.5 m,下向流

室的水平宽度为 1 m,其比值为 2.5 : 1(如图 5)。这样的设计确保了上向流流速 2 mm/s,下向流流速达 5 mm/s,但下向流的流速略嫌低,可以考虑减少下向流室的水平宽度,让其仅仅充当连接管的角色,并且把上向流室与下向流室的水平宽度比值设定为 3 : 1 或者 4 : 1。以上这些措施都能有效改善反应器内的水力流态,提高 ABR 的处理效率,需要在以后的工程设计中留意。

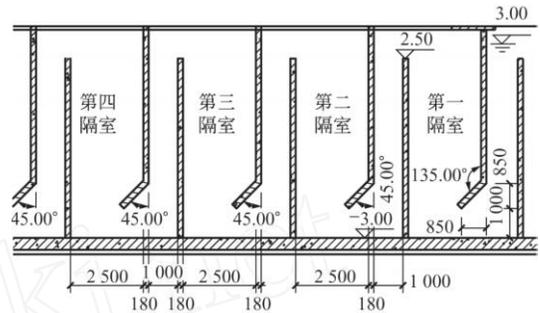


图 5 ABR 反应器第一至四隔室示意

如上所述,ABR 反应器内部构造形式的设计是混合液能否在反应器内保持理想流速和均匀流态的关键因素,而优良的水力流态,是 ABR 反应器保持高处理效能的关键因素,可见,ABR 反应器内部构造形式的设计是影响 ABR 反应器设计成败的关键。根据本工程的 ABR 反应器内部构造设计,推算第一至第四隔室的上升流速为 2 mm/s、下向流流速为 5 mm/s,相对于一般研究的推荐值,上升流速偏高,理论上会导致隔室污泥的流失,但 ABR 反应器运行稳定, COD_{Cr} 去除率在 25% 左右,基本达到了设计预期;原水的 BOD/ COD 为 0.25,经过 ABR 反应器处理后, BOD/ COD 提升至 0.37 左右,证明 ABR 反应器发挥了良好的水解作用。

3.4 污泥回流对处理效果的影响

本工程设计中,增设了 ABR 反应器专用污泥循环泵,在反应器的每个隔室底部铺设一根穿孔吸泥管,通过阀门控制。污泥循环泵最高可达 100% 的回流量。

在反应器内进行适量的污泥回流,可以改善由于 ABR 反应器各隔室的进水有机负荷不均匀而导致反应器的容积利用率低的状况;可以随时调节反应器的水力负荷,在废水量不足的时候,还可以保证反应器内混合液的上、下向流流速,稳定水力流态;

虹吸式竖井配水系统在冷却塔中的应用与思考

陈英华¹ 胡华强² 施文勇²

(1 国网北京经济技术研究院,北京 100052; 2 江苏省电力设计院,南京 211102)

摘要 通过剖析山东某工程 6# 冷却塔在调试过程中出现的问题及其解决方法,总结虹吸式竖井配水冷却塔在设计、施工及运行中应注意的环节,并对虹吸式竖井配水冷却塔及套筒式竖井配水冷却塔进行了比较,对工程应用提出意见。

关键词 冷却塔 虹吸式竖井配水 设计 施工

0 前言

大型冷却塔的配水方式有主水槽和配水管联合的槽式配水方式,有内、外区配水通过不同管道进入冷却塔的套筒式竖井配水系统,也有通过虹吸原理进行内外区配水虹吸式竖井配水系统。虹吸式竖井配水系统是自然通风冷却塔中较为成熟的配水技术。但是在使用中仍然会出现各式问题,不能形成有效的虹吸,最终影响了冷却塔的冷却效果。

下面通过山东省某工程的实际使用情况,来说明冷却塔采用虹吸式竖井配水时应该注意的

问题。

1 工程实例及冷却塔相关参数

山东省某电厂扩建 2 × 300 MW 纯凝发电机组,该工程已于 2006 年投产发电。该工程循环水系统为单元制,每台机组配置 1 座 5 500 m² 自然通风冷却塔及 2 台循环水泵(配双速电机),夏季循环水冷却倍率为 60 倍;冷却塔在 2 台循环水泵高转速运行或 1 台高转速 1 台低转速运行时全塔配水,在 2 台循环水泵低转速运行时外围配水;冷却塔采用虹吸式竖井配水系统。

1.1 外部气象条件

可以定期扰动反应器各隔室底层的污泥床,使其不至于过度沉积。

在废水处理系统正常运行过程中,污泥循环泵是 24 h 开启的。曾经有一段时间,厂方为了节省电费,停开污泥循环泵,一周后,ABR 池的出水水质恶化,池水变黑变臭,恢复污泥回流后,经过一段时间系统恢复正常。

由此可见,适量的污泥回流对 ABR 反应器的正常运行是非常重要的。

4 结论

综上所述,ABR 工艺工程设计的关键环节是 HRT 的设定和水力流态的优化。HRT 的设计,关乎工程造价,若选取过低的 HRT,则难以达到预期的处理效果,所以找到平衡点,选定合适的 HRT 值显得至关重要。

至于反应器内水力流态的优化问题,是反应器设计的核心问题,是设计成败的关键。归根结底,流

态的优化就是对反应器的内部构造形式的合理设计。

参考文献

- 1 佟玉衡. 实用废水处理新技术. 北京:化学工业出版社,1998
- 2 高峰. 厌氧折流板反应器-ABR-系统处理难降解有机废水的特性研究:[学位论文]. 西安:西安建筑科技大学,2004
- 3 张希衡. 废水厌氧生物处理工程. 北京:中国环境科学出版社,1996
- 4 沈耀良. 厌氧折流板反应器(ABR)——一种新型的厌氧处理工艺. 苏州城建环保学院学报,1994,7(4):33~39
- 5 沈耀良. ABR 反应器中污泥的特性及其分布. 苏州城建环保学院学报,1998,11(2):1~6
- 6 张忠祥,钱易. 废水生物处理新技术. 北京:清华大学出版社,2004

通讯处:510655 广州市员村西街七号大院

电话:13826188932

E-mail:leoleo@139.com

收稿日期:2009-11-07