

饮用水深度净化的生物技术

徐成善¹ ,金红花² ,林 晶³ ,刘艳鹏³

(1. 淮安市排水监管中心 ,江苏 淮安 ;2. 延吉市污水处理有限公司 ,辽宁 延吉 ;3. 大连理工大学环境科学与工程系 ,辽宁 大连 116024)

摘要 综述了饮用水深度净化的生物技术 ,包括生物活性炭、膜生物反应器、生物接触氧化及曝气生物滤池等。展望了饮用水生物处理技术的发展方向。

关键词 饮用水 ;生物活性炭 ;膜生物反应器

中图分类号 :TU991.2 文献标识码 :B 文章编号 :1004-693X(2007)S2-0036-02

对于饮用水进行深度处理的历史要追溯到 1804 年 ,当时苏格兰建立了第 1 座城市供水大型滤池。1829 年伦敦建立了慢砂滤池 ,1882 年上海建立了杨树浦水厂。20 世纪 60 年代至 80 年代是我国净水技术发展的活跃阶段 ,先后建成了很多大型水厂 ,其处理技术包括活性炭吸附、膜法处理、硅藻土过滤、生物处理、电渗析等技术 ,其中生物技术越来越受到人们的关注。

1 生物活性炭技术(BAC)

生物活性炭技术(BAC)是指水处理过程中 ,有意识地助长吸附在颗粒活性炭中好氧微生物活性的处理工艺。根据炭粒大小、微生物种属以及水中基质条件的不同 ,微生物和活性炭有多种结合方式。对颗粒炭而言 ,微生物群落可以分散在炭段表面 ,也可以成膜覆盖在整个炭粒外表面。对于粉末活性炭 ,微生物絮体和细菌个体则可与之吸附凝聚在一起。活性炭是一种兼有吸附、触媒和化学反应活性的多功能载体。微生物附着其上 ,可以发挥物理吸附与生物降解的协同作用 ,从而延长活性炭的工作周期 ,提高处理效率 ,改善出水水质 ,并能处理那些采用单纯生物处理或炭吸附法所不能去除的污染物质。BAC 技术能够有效去除可生物降解的溶解性有机物 ,并能同时去除氨氮。若将各种预处理措施与 BAC 技术联用 ,能够显著提高处理效果^[1]。

生物活性炭技术不足之处在于贫营养条件下 ,挂膜时间较长 ,另外进水浊度高时 ,活性炭微孔极易被阻塞 ,导致吸附功能下降 ,而且在长期高浊度情况下 ,会造成活性炭的使用周期缩短 ;由于大多数细

菌、藻类、原生生物的最佳 pH 值为 6.5 ~ 7.5 ,而硝化菌的最佳 pH 值范围更窄(硝化单胞菌和硝化杆菌为 7.5 ~ 8.0) ,因此 BAC 进水水质的 pH 值适用范围窄 ,抗冲击负荷能力也比较差^[2]。

生物活性炭的使用条件是适当充氧 ,以维持微生物的需氧条件 ,臭氧生物活性炭则是以臭氧代替氧气 ,是生物活性炭技术的一种主要应用方式。臭氧生物活性炭工艺最早于 1961 年在西德 Dusseldorf 市 Amestaad 水厂投入使用。从 20 世纪 60 年代以后 ,该技术已被欧洲、美国、加拿大、日本等发达国家广泛应用到微污染水的深度处理中 ,并且对净化饮用水中各种污染物都取得了良好效果^[3]。我国近年来也相继开展了这方面的研究 ,孔令宇等^[4]研究了臭氧-生物活性炭组合工艺中最佳臭氧投加剂量的确定 ,在投加臭氧质量浓度(2 ~ 8 mg/L)范围内 ,可同化有机碳(AOC)和可生物降解溶解性有机碳(BDOC)增加显著 ;AOC 和 BDOC 转化率一般随着臭氧投加量的增加而增加。李灵芝^[5]等研究了臭氧-活性炭组合工艺对饮用水中生物 AOC 的去除 ,表明此技术与传统工艺结合 ,可以使出水达到规定的排放标准。但是工艺仍需进一步消毒以保证水质稳定。

臭氧对很多有机物和无机物都具有氧化作用 ,结合活性炭的吸附作用 ,臭氧生物活性炭技术用于饮用水处理不仅能够降解水中大分子有机物 ,而且具有消毒功能 ,并且消毒副产物的危害与其他方法相比更低一些。

2 膜生物反应器在饮用水深度净化中的应用

膜生物反应器(MBR)由膜分离单元与生物处理

作者简介 徐成善(1978—) ,男 ,江苏淮安人 ,助理工程师 ,主要从事污水处理工作。E-mail :xuchenshan@yahoo.com.cn

单元组成,因此影响 MBR 稳定运行的因素不仅包括常规生物动力学参数,如容积负荷、污泥浓度、污泥负荷等,还包括膜分离的参数,如膜的固有性质(膜材料、膜孔径、荷电性等)、滤液的性质、操作方式、反应器的水力学条件等^[6]。其中生物动力学参数主要影响 MBR 的处理效果,膜分离参数主要影响 MBR 的处理能力。成膜的原因主要有:基质负荷率和剪切力比值决定了生物膜的结构。浓度和水力边界层的厚度对生物膜结构的关系为边界层增厚则生物膜生长不利。另外,生物膜的形成与性质与基质浓度和填料表面的不规则度有关,两者通过对基质传质和剪切力的影响来控制生物膜的性状^[7]。

与其他生物处理工艺相比,MBR 具有以下特点^[8]:出水水质很好,出水中无悬浮物质存在;膜本身具有消毒能力,无需使用化学物质消毒;水力停留时间、回流停留时间可以独立控制,无需对菌胶团微生物或者生物膜进行选择;与其他好氧工艺相比污泥产量少;污泥浓度高,从而设备效率高;可以处理难降解有机物,同时一些反应过程稳定性提高,例如硝化反应;具有处理高浓度废水的能力;对氨氮也有一定的去除率^[9]。

随着生物膜技术的不断发展,超滤膜和微滤膜价格的降低,膜技术以其灵活、小巧、高效的处理流程越来越受到使用者的青睐。经过 MBR 处理后的主要出水水质超出了世界上目前现有的水质标准,而且也会满足未来日益严格的标准,这些因素加上不断优化的膜结构和不断降低的膜价格,将保证 MBR 工艺的未来发展。同时 MBR 的研究还会使生物工艺和膜工艺之间的协同作用越来越优化。

3 生物技术在饮用水预处理中的应用

饮用水的生物预处理是在水厂常规处理工艺前的生物处理过程^[10]。生物预处理主要以生物膜法为主,即利用细菌、原生动物和后生动物等微生物附着在填料上,形成生物膜,其以水中的有机物质和氮、磷等营养物质为食物,使水得到净化,去除了水厂常规处理工艺不能充分去除的氨氮、亚硝酸盐氮、藻类、嗅味和苯酚类等,去除或减少了可能在加氯后产生致突变物质的前驱物。一般生物膜法对氨氮的去除率达 70% 以上,甚至超过 90%;对亚硝酸盐氮的去除率大于等于 80%;对磷的去除率大于等于 20%;对色度的去除率大于等于 30%;对藻类的去除率大于等于 60%;对浊度的去除率大于等于 40%,但对 COD 去除率通常小于 25%~30%。

主要的生物膜法包括生物接触氧化法(BCO)、

曝气生物滤池(BAF)和生物流化床法等。

BCO 是在池内设置填料,已经充氧的污染原水浸没全部填料,并以一定的流速流经填料。将 BOC 工艺用于污染原水的净化,是由日本小岛贞男博士于 1971 年研究成功的。1965 年日本东京玉川水厂的取水水源多摩川河水污染严重,氨氮质量浓度高达 5 mg/L,并有 ABS、农药、臭味等污染。受革生微生物的河卵石对水质生物净化作用的启发,小岛贞男经多年研究提出了用浸没式生物膜接触氧化装置来预处理多摩川河水的方案,即浸没水中的生物膜载体——填料采用塑料蜂窝斜管。在水中人工通入空气充氧,取得了良好的去除污染效果。

BAF 的基本原理是在一级强化的基础上,以颗粒状填料及其附着生长的生物膜为主要处理介质,充分发挥生物代谢作用、物理过滤作用、生物膜和填料的物理吸附作用,实现了污染物在同一单元反应器内去除,省却了二次沉淀设备。BAF 的最大特点是使用了一种粒状填料,粗糙多孔的粒状填料具有很大的比表面积,同时,填料上的微生物在新陈代谢作用下可产生的黏性物质如多糖类、酯类等,能发挥吸附架桥作用,同悬浮颗粒及胶体粒子黏结在一起,形成细小絮体,通过接触絮凝作用而被去除。

4 生物技术在饮用水深度处理中的展望

a. 对于饮用水的预处理阶段多采用生化技术,而对于深度处理则多采用的是膜技术、活性炭技术、臭氧氧化技术,生物技术与这些方法联合使用,从而弥补了单一技术不足之处。生物技术的设备、工艺参数、日常管理维护等在不断的改进和更新过程中提高处理的效果。对于饮用水深度净化的多种方法中,以生物技术为核心的净化方法在国内外大型水厂广泛使用,其处理成本较低,但基础建设费用高,占地面积大。而作为膜生物反应器在中小型水厂的使用过程则体现出集成、灵活的特点,是将来水处理发展的趋势。

b. 对于生物技术中微生物作用机理,工程应用中的模拟和建立动力学模型能有效地简化复杂的机理,并得到广泛的应用。对于生物作用的方式有待更深入的研究和探讨。

c. 生物技术对于去除水体中的细菌、藻类的能力是有限的,单纯的生物技术不能保证深度净化的饮用水直接使用,经过生化处理后的水体还须经过消毒处理后才能进入网。

(下转第 40 页)

组成^[3-4]。模型库在计算机中按一定组织结构形式存储多个模型集合体,是水资源优化配置进行各种计算的模型程序集合;模型库管理系统对模型库中的模型实施管理。决策支持系统通过数据流和操作流实现模型库管理系统调用,组织模型,完成模型间、人机交互系统与模型间信息交流,见图3。

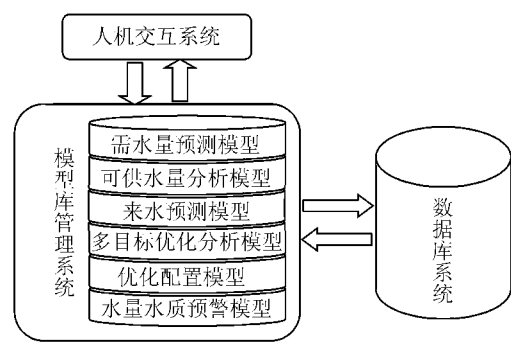


图3 模型库及模型库管理系统组织结构

水资源系统复杂,难以用单一模型来描述元素与元素的依存关系。本文应用系统分析理论将大系统分解为子系统、子系统分解为子子系统,把复杂的水资源优化配置问题分解成若干子问题,根据子问题内部约束机制或运转机制建立模型或子模型,最后将各模型有机统一。根据区域多目标水资源优化配置的需要,模型库具体由需水量预测模型、可供水量分析模型、来水预测模型、多目标优化分析模型、优化配置模型和水量水质预警模型等6个基本模型构成。

3.3 人机交互系统设计

人机交互系统是水资源优化配置决策支持系统的核心部分。本文人机交互系统包括C/S和B/S两种方式,C/S方式是需要安装的Windows用户操

作界面,B/S方式就是常见的Web页面方式,无论那种方式都是由输入、显示、对话、输出和帮助等部分组成。在决策的过程中,人机交互系统扮演着非常重要的角色,该过程由决策者、人机交互系统和模型库管理系统进行交互对话而实现。决策人员依据决策原则、自己的知识和经验、通过系统的人机交互界面(页面),修改模型参数,输入偏好信息,不断进行迭代计算,找到合理的水资源分配方案与配置结果。

4 结 语

本文以水资源优化配置理论为基础,以水资源决策问题为中心,以辅助决策为宗旨,提出了水资源优化配置决策支持系统(WRDSS)的设计思路与原则。WRDSS的设计以自动采集水资源信息为数据平台,紧密结合日益成熟的Web技术和WebGIS技术构建分布式的WRDSS,从而更大范围的考虑多级部门决策者、专家和用户的决策意见。

参考文献:

[1] 杨志清. 21世纪水资源展望[J]. 水资源保护, 2004(4): 66-68.
[2] 朱成涛, 梁忠民. 基于Web框架的连云港市水资源管理决策支持系统[J]. 水利水电科技进展, 2005, 25(S1): 153-156.
[3] 孙翠清. 区域水资源优化配置的控制论模型[D]. 南京: 河海大学, 2005.
[4] 袁洪州. 区域水资源优化配置的大系统分解协调模型研究[D]. 南京: 河海大学, 2005.

(收稿日期: 2007-07-13 编辑: 高渭文)

(上接第37页)

参考文献:

[1] 尹静, 王景峰, 龚泰石. 饮用水深度净化技术应用研究进展[R]//中华预防医学会首届学术年会论文集, 济南: 中华预防医学会, 2002: 1-2.
[2] 周娟娟, 胡中华. 生物活性炭技术(BAC)进展与应用[J]. 西南给排水, 2003, 25(2): 13-17.
[3] 王雪峰, 朱天宇. 臭氧生物活性炭饮用水深度处理工艺及其优化[J]. 河海大学常州分校学报, 2002, 16(4): 32-36.
[4] 孔令宇, 张晓健, 王占生. 臭氧生物活性炭组合工艺中最佳臭氧投加剂量的确定[J]. 环境科学, 2006, 26(7): 1344-1347.

[5] 李灵芝, 王占生. 臭氧-活性炭组合工艺对饮用水中环境AOC的去除[J]. 科学与技术, 2003, 26(5): 45-47.
[6] RITTMANN B E, DHAM S A. Are membrane bioreactors ready for widespread application?[J]. Environ Sci Technol, 2005, 10(1): 398-405.
[7] 于鑫, 张晓健, 王占生. 饮用水生物处理的膜生态学研究进展[J]. 中国给水排水, 2003, 19(6): 29-31.
[8] STEPHEN S T. 张树国, 李咏梅, 译. 膜生物反应器污水处理技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 149-153.
[9] 付婉霞, 聂正武, 高杰, 等. 饮用水氨氮的去除方法综述[J]. 能源环境保护, 2006, 20(3): 15-17.
[10] 夏四清, 高廷耀. 受污染饮用水源的生物预处理技术[J]. 上海环境科学, 2000, 19(6): 285-287.

(收稿日期: 2007-09-24 编辑: 高渭文)