第 24卷 第 2期
2008年 4月
哈 尔 滨 商 业 大 学 学 报 (自然科学版)
Journal of Harbin University of Commerce (Natural Sciences Edition)
Vol 24 No. 2
Apr. 2008

温度对生物活性炭处理效果影响的试验研究

段 蕾,吕炳南,李伟光

(哈尔滨工业大学 市政与环境工程学院,哈尔滨 150090)

摘 要:针对高温、常温以及低温的微污染水源,采用生物活性炭技术进行现场试验研究.结果表明,生物活性炭工艺在各个水质时期(高温、常温、低温)对水中的有机物的去除率分别为 COD_{Mn} (51.66%、47.74%、24.15%)、UV_{254} (60.6%、49.99%、17.86%)、TOC (55.17%、24.14%、22.86%).比较而言高温较常温及低温期生物活性炭能够达到更好的效果.同时,生物活性炭工艺细菌在投氯量低的条件下即可被杀灭,没有增加后续工艺消毒剂用量,保证了饮用水的安全性.

关键词:生物活性碳; COD_{Mn}; UV_{254}; TOC;细菌;温度

中图分类号: X703 **文献标识码**: A **文章编号**: 1672 - 0946(2008)02 - 0151 - 05

Study on effect of temperature on biological activated carbon process

DUAN Lei, LV Bing-nan, LI Wei-guang

(School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China)

Abstract: Comparing studies on treatment of high-temperature, normal-temperature and low-temperature micropolluted water by biological activitated carbon (BAC) was taken on the basis of a pilot-scale experiment. The results demonstrated that BAC process was able to efficiently remove COD_{Mn} (51.66%, 47.74% and 24.15%), UV_{254} (60.6%, 49.99%, 17.86%) as well as TOC (55.17%, 24.14%, 22.86%), respectively. It was also suggested that BAC was more effective for treating high-temperature water than for normal-temperature or low-temperature water. Meanwhile, bacteria broken from BAC could be effectively killed, even at a relative low chlorine dosage, thus, excessive chlorine for disinfection is not needed. This paper provides an economical method for ensuring the safety of drinking water by using BAC process in water treatment.

Key words: biological activitated carbon; COD_{Mn}; UV_{254}; TOC; bacteria; temperature

随着工农业的发展,我国饮用水水源的污染日益加剧,水中有机物含量不断增加并且成分越来越复杂.以去除浊度和细菌为主的常规水处理工艺难以去除这些微量有机污染物.天然水体中的有机物能够导致水产生气味和微生物的生长,使水体色度增加,更重要的是,在消毒过程中产生具有强烈致癌作用的消毒副产物(DBPs)[1].在给水处理中,如何去除消毒副产物的前驱物一直是一个难题.美国环保总署于 1998年颁布了消毒 - 消毒副产物法规,规定可以通过降低 TOC来达到降低消毒副产物的前驱物的目的[2].在水质要求不断提高的今天,为了保证饮用水的安全性,深度处理显得十分

收稿日期: 2007 - 08 - 29
基金项目:国家 863计划项目:北方地区安全饮用水保障技术(课题编号: 2002AA601140).
作者简介:段 蕾(1973 -),女,博士生,研究方向:饮用水的深度处理.

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

必要[3]. 国内外对此进行了大量深入的研究,其中臭氧 -生物活性炭水处理技术 (BAC)作为一种先进的饮用水深度净化工艺[4],普遍得到了人们的认可和接受.

本试验针对北方地区一年四季水温变化较大的特点,将研究分为常温、高温以及低温处理三个时期,从工程应用出发,在常规水处理工艺后增设臭氧生物活性炭工艺,利用活性炭的高效吸附性以及微生物的降解作用,将常规处理不能去除的嗅味、有机物、以及其他微量有害物质去除.

1 材料和方法

1.1 工艺流程及工艺参数

试验采用的中试工艺流程为:原水箱、机械混合池、气浮池、普通滤池、臭氧接触池、生物活性炭滤池以及消毒接触池 (如图 1). 其中深度处理工艺处理水量为 1.25 m^3 /h,以生物活性炭出水作为滤池以及生物活性炭滤池的反冲洗水.

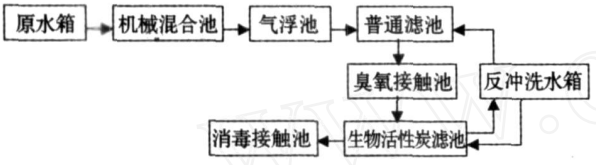

图 1 工艺流程

中试工艺构筑物采用不锈钢装置,其中臭氧接触池规格为 Φ = 600 mm ×3 400 mm,池内滤速 8.85 m/h,停留时间 12 min,水流方向为上向流. 生物活性炭滤池规格为 Φ = 600 mm ×3 500 mm,滤速 5 m/h,停留时间 20 min,炭层高度 1 500 mm,水流采用下向流,出水一部分进入消毒接触池,另一部分进入反冲洗水箱作为普通滤池以及生物活性炭滤池反冲洗水用水.

1.2 检测项目及方法

化学需氧量 (COD_{Mn})按照国家标准检测方法进行分析. UV_{254}表示水中腐殖质以及芳香族化合物的含量,水中 NOM通常在 254 nm的波长处出现吸收峰,该指标可间接表示有机物的浓度,还可近似反应三氯甲烷前体物 (THMFP)的多少[5]. 检测仪器型号 752紫外可见分光光度计 (上海光谱仪器有限公司). 总有机炭 (TOC),是以碳的含量表示水中有机物总量的综合性指标,使用 TOC测定仪进行测定 (Analytik Jena). 细菌菌量测定按照国家标准检测方法实施.

1.3 试验用水

试验期间水源的水质经历了低温,常温以及高温期. 原水、过滤出水及生物活性炭进水水质情况见表 1. 可以看出,原水浊度不高,有机物含量较低,属于微污染水源.

表 1 试验期间原水以及过滤出水水质情况

	原水	过滤	臭氧后
温度 /℃	1.2～30.6	1.2～30	1.2～30
浊度 /ntu	3.13～13.5	0.163～0.568	0.136～0.908
COD_{Mn} /(mg·L^{-1})	3.32～6.45	2.43～4.23	1.68～3.87
UV_{254} /cm^{-1}	0.05～0.146	0.028～0.095	0.014～0.085
Mn/(mg·L^{-1})	<0.05	<0.05	<0.05
Cr(六价) / (mg·L^{-1})	<0.004	<0.004	<0.004
Fe/(mg·L^{-1})	0.05～0.65	<0.05～0.07	<0.05～0.08
ABS/(mg·L^{-1})	<0.10	<0.10	<0.10
挥发酚 /(mg·L^{-1})	<0.002	<0.002	<0.002
氯化物 /(mg·L^{-1})	66～285	72～285	72～285
氨氮 /(mg·L^{-1})	0.05～0.73	<0.02～0.62	<0.02～0.72
亚硝酸盐氮 /(mg·L^{-1})	<0.001～0.068	<0.001～0.052	<0.001～0.015
硝酸盐氮 /(mg·L^{-1})	<0.001～5.56	0.15～5.44	0.09～5.19
TOC/(mg·L^{-1})	2.1～6.0	2～5.2	1.9～4.8
氯仿 / (μg·L^{-1})	<0.50	<0.50	<0.50～2
四氯化碳 /(μg·L^{-1})	<0.05	<0.05	<0.05
细菌总数 /(CFU·mL^{-1})	1.0 ×10^2～1.1 ×10^3	4～3.6 ×10^2	<1～36
大肠菌群 /(CFU·mL^{-1})	13～9.2 ×10^2	3～3.8 ×10^2	0～6
粪大肠菌群 /(CFU·mL^{-1})	15～3.2 ×10^2	0～25	0～0
藻类计数 /(万个·L^{-1})	0～7271.61	0～637.0623	0～115.5

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2　试验结果与讨论

2.1　不同水质时期对有机物的去除效果

在系统连续运行条件下,考察了生物活性炭在常温 (5～25 ℃)、高温 (26～30 ℃)以及低温 (1.2～4 ℃)条件下的处理效果,结果如图 2所示.

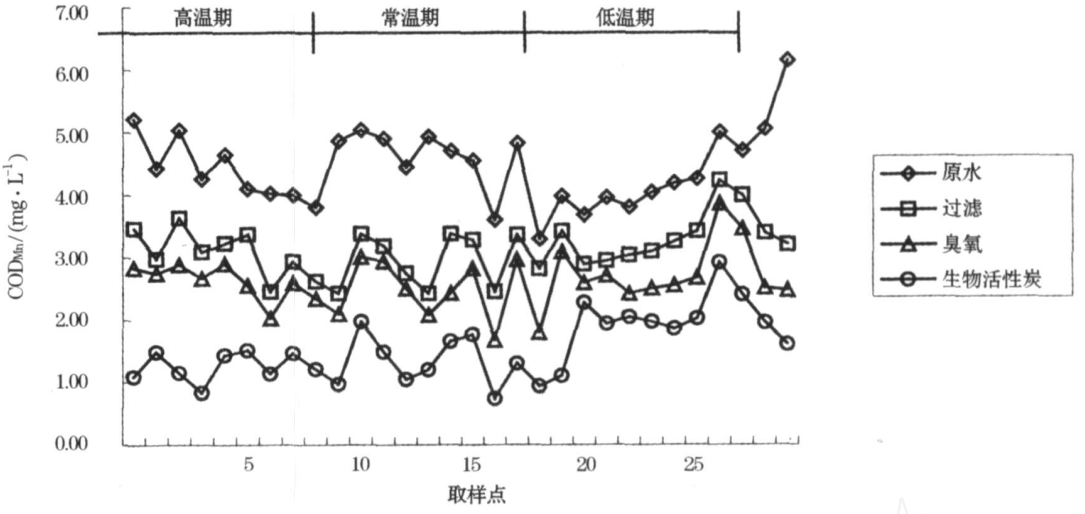

图 2　不同水质时期工艺出水 COD_{Mn}的变化

从图 2中看出,低温时期生物活性炭工艺出水 COD_{Mn}值在 2 mg/L,最高为 2.93 mg/L.高温、常温及低温期生物活性炭对 COD_{Mn}的平均去除率分别为 51.66%、47.74%、24.15%.可见,高温及常温期生物活性炭对 COD_{Mn}的处理效果明显好于低温时期,其出水 COD_{Mn}值均在 2 mg/L以下.这是因为温度是影响微生物生长的重要因素之一.附着在活性炭上的微生物有其最适生长温度,当微生物所处的环境温度不在最适温度范围内时,其新陈代谢不能正常进行,导致环境中的微生物总量小于最适温度时的生物总量,对有机物的利用率不高.在高温及常温时期,活性炭上的微生物大量生长繁殖,代谢消耗掉水中的有机物质.当水中 COD_{Mn}小于 2 mg/L时,水中微量有机物均低于致病、致害的阈值,在加氯消毒后,不产生有机氯代物[5].因此生物活性炭能够有效降低加氯消毒后氯代物的产生.

如图 3所示,高温、常温及低温期,生物活性炭对 TOC的去除率分别为 55.17%、24.14%和 22.86%,其中低温期原水的 TOC含量略高于常温期和高温期,受温度的影响,成长在活性炭上微生物在低温期活性受到抑制,使 TOC的去除受到一定的影响.

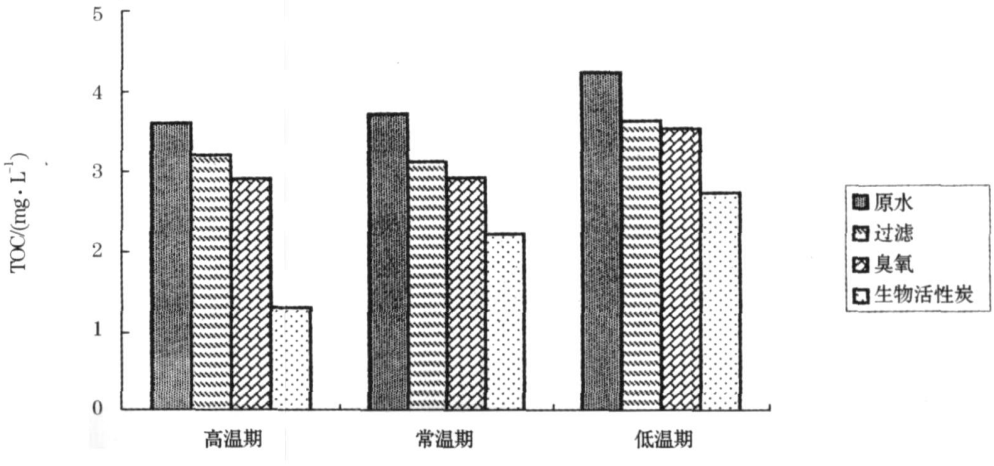

图 3　不同水质时期工艺出水 TOC的变化

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

如图 4所示,低温期生物活性炭出水 UV_{254}值明显小于高温以及常温时期,对 UV_{254}的平均去除率分别为 60.6%、49.99%和 17.86%.虽然在臭氧的作用下,一部分大分子有机物被分解为小分子有机物,但是在低温条件下生物活性炭上的微生物活性不高,不能充分发挥自身对有机物的代谢作用,因此较高温以及常温状态相比,此时的生物活性炭对有机物的去除主要依赖活性炭的吸附作用[6,7].

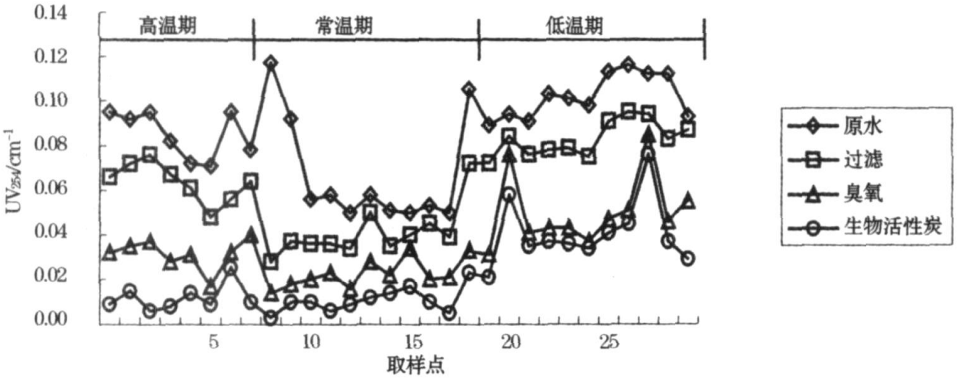

图 4 不同水质时期工艺出水 UV_{254}的变化

2.2 微生物的变化

在采用生物活性炭技术时,出水中微生物数量是一个关键参数.一年当中原水以及过滤出水生物量变化范围较大,但是经过臭氧接触池后水中细菌含量明显降低.在常温及低温时期,滤池出水细菌含量较高温期明显减少,经过臭氧后的生物活性炭出水细菌含量小于 100 CFU/mL.

高温期在 2 mg/L臭氧的投量下,仍有部分细菌存活,其臭氧接触池出水细菌最高为 54 CFU/mL最低为 0 CFU/mL,平均值为(6±0.8) CFU/mL.生物活性炭出水最高为 1 296 CFU/mL,最低为 15 CFU/mL,平均值 316 CFU/mL.这是因为在温度较高的环境下,生物活性炭上的生物大量生长繁殖,随水流出活性炭滤池的结果.

2.3 消毒效果对比

为验证生物活性炭出水细菌能否在消毒接触池被有效杀灭,对高温期的生物活性炭出水细菌进行了消毒效果的对比实验.如图 5所示,加氯消毒后,生物活性炭出水细菌大部分都能被杀死,随着消毒剂投量的增加,细菌的致死率也相对提高.室温条件下(25 ℃),投氯量为 1 mg/L时,灭菌 10 min后细菌致死率为 99%,40 min后细菌的致死率为 99.5%;当投氯量为 3 mg/L时,10 min灭菌后细菌的致死率达到了 100%.这说明,生物活性炭滤池出水细菌能够在小剂量氯投加时就能够被有效杀灭,常规工艺后增设臭氧生物活性炭工艺没有增加消毒剂的投量,降低了消毒成本.

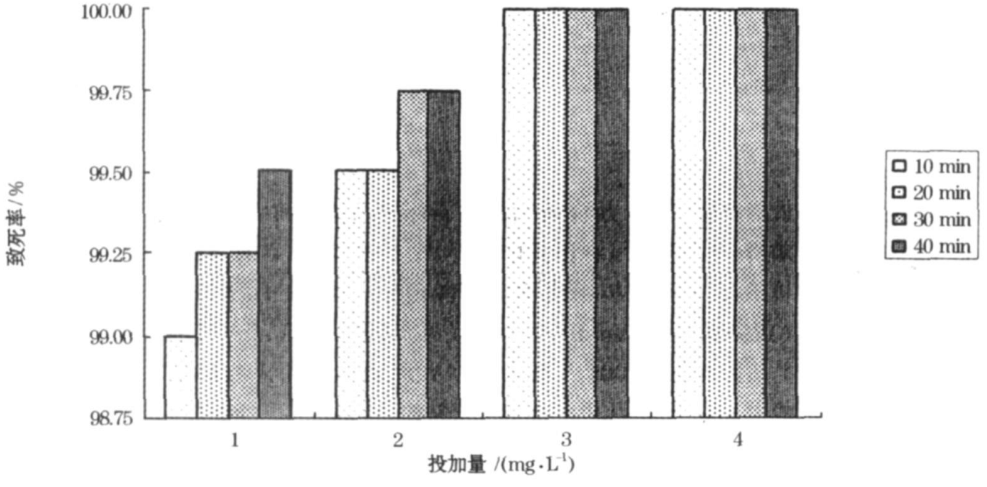

图 5 不同氯投加量在不同停留时间的消毒效果对比图

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3 结　论

1) 高温时期生物活性炭对微污染水源水中有机物的去除效果好于常温及低温期,主要是因为微生物在高温时具有较高的活性,能够有效分解有机物.

2) 受温度的限制,低温期生物活性炭对水中有机物的去除主要是活性炭的吸附,而不是微生物降解作用.

3) 即使在细菌繁殖的高温时期,生物活性炭出水中的细菌也能在投氯较低条件下得到有效的杀灭.

参考文献:

[1] TOMASZEWSKA M, MOZIA S, MORAWSKI A W. Removal of organic matter by coagulation enhanced with adsorption on PAC [J]. Desalination, 2004, 161: 79 - 87.

[2] USEPA, Enhanced coagulation and enhanced precipitative softening guidance manual[C]//EPA, Office of Water and Drinking Ground Water, Washington, DC, 1998, 20 - 50.

[3] 王　琳,王宝贞. 饮用水深度处理技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.

[4] 田　禹. 臭氧生物活性炭联用技术发展状况 [J]. 哈尔滨工业大学学报, 1998, 30(2): 21 - 24.

[5] 蒋绍阶,刘宗源. UV_{254}作为水处理中有机物控制指标的意义 [C]//中国土木工程学会水工业分会给水委员会第八次年会, 2001.

[6] 张金松, 王佳音, 王宝贞. 臭氧化 - 生物活性炭深度净化饮用水试验研究 [J]. 中国给水排水, 1999, 15: 17 - 20.

[7] 李宝东,刘冬梅,林　涛. 饮用水处理过程中的化学氧化技术 [J]. 哈尔滨商业大学学报:自然科学版, 2004, (20): 199 - 202.

(上接 147页)

[22] CURRIE M S, VALA M, PISETKY D S, *et al* Correlation between erythrocyte CR 1 reduction and other blood proteinase markers in patients with malignant and inflammatoryd isorders [J]. Blood, 1990, 75(8): 1699 - 1701.

[23] 郭　峰,虞紫茜,赵中平. 细胞免疫功能的初步研究 [J]. 中华医学杂志, 1982, 62(12): 715 - 716.

[24] 王海滨,钱宝华,张继利,等. 肿瘤患者红细胞 CD44s与CD58分子的定量测定及意义 [J]. 中华微生物学和免疫学杂志, 2001, 7(2): 427 - 430.

[25] 张乃红. 造血与淋巴组织肿瘤患者红细胞免疫功能的研究 [D]. 太原:山西医科大学, 2006.

[26] 龚惠兰,罗兴华,周　攀. 快速进入高原环境中对男子柔道运动员运动能力的影响 [J]. 中国临床康复, 2003, 7(6): 990 - 991.

[27] 胡琪琛. 运动时血乳酸浓度的变化对红细胞免疫功能的影响 [J]. 中国免疫学杂志, 1995, 8: 24.

[28] 祝京耘,楮以德,周晶萍,等. 中度高原地区体育锻炼对老年人红细胞免疫和 CIC的影响 [J]. 高原医学杂志, 1996, 26(2): 50 - 51.

[29] 罗　琳,张　缨. 高住高练低训对足球运动员红细胞 CD35数量及活性变化的影响 [J]. 中国运动医学杂志, 2006, 7(25): 395 - 398.

[30] 李　怡,余　勤. 阻断性睡眠呼吸暂停低通气综合患者红细胞天然免疫功能的变化 [J]. 中华结核与呼吸杂志, 2006, 29(6): 325 - 327.

[31] 郭　峰,张俊洁,赵书平,等. 正常人红细胞 CR1密度相关基因组多态性分布分析 [J]. 上海免疫学杂志, 1998, 18(3): 152 - 153.

[32] 杨新潮,邬伟秀,郭　峰,等. 血液肿瘤患者红细胞 CR1密度基因组多态性分析 [J]. 临床血液学杂志, 1998, 11(6): 263 - 264.

[33] 郭　峰,张俊洁,崔　英,等. 卵巢癌患者红细胞 CR1密度相关基因组多态性与血细胞天然免疫活性相关性研究 [J]. 中华微生物学和免疫学杂志, 2003, 8(23): 595 - 597.

[34] 郭　峰,赵书平,张乐之,等. 原发性肝癌患者红细胞免疫黏附肿瘤细胞能力与红细胞 CR1基因型及活性相关性分析 [J]. 中华微生物学和免疫学杂志, 1999, 19(6): 523 - 526.

[35] 王若霞,郭　峰,张俊洁,等. 肺癌患者红细胞 CR1基因密度型分布与红细胞免疫变化的研究 [J]. 中华微生物学和免疫学杂志, 1998, 11(18): 479 - 481.

[36] NAGAYASU E, ITO M, AKAKI M. CR1 density polymorphism on erythrocytes of falciparum malaria patients in Thailand[J]. Am J Trop Hyg, 2001, 64(1 - 2): 1 - 5.

[37] 李海林,金　萍. 反复呼吸道感染患儿红细胞 CR1数量基因多态性及其红细胞免疫功能 [J]. 免疫学杂志, 2006, 7(22): 423 - 425.

[38] 何庭宇,郭聂涛,杨　进,等. 原发性肾病综合征患者红细胞 CR1密度相关基因及数量表达与黏附活性的测定及意义 [J]. 中国卫生检验杂志, 2005, 12(15): 1500 - 1501.

[39] CORNILLET P, PHILBERT F, KAZATCHKINE M D. Genomic determination of the CR1 (CD35) density polymorphismon erythrocytes using polymerase chain reaction amplification and Hind restriction enzyme digestion [J]. J Immunol Methods, 1991, 136(2): 193 - 197.

[40] 卢大雷. Ⅱ型糖尿病患者红细胞天然免疫功能变化与 CR1密度基因多态性的相关分析 [J]. 中华微生物学和免疫学杂志, 2003, 5(23): 322 - 324.

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net