

环境因子对 BAC 滤池中无脊椎动物生长的影响研究

刘丽君^{1,2}, 李小伟³, 张金松^{1,2}, 杨宇峰³

(1. 哈尔滨工业大学 市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090; 2 深圳市水务 <集团> 有限公司, 广东 深圳 518031; 3. 暨南大学 水生生物研究所, 广东 广州 510632)

摘要: 于 2006 年 10 月—2007 年 9 月,在南方某地区采用相同水源的两座水厂内研究了进水无脊椎动物密度、水温、反冲洗、活性炭类型等 4 种因子对生物活性炭滤池中无脊椎动物生长的影响。结果表明,进水中无脊椎动物的密度越高,则滤池上层水中无脊椎动物的生长繁殖数量越大,且微生物出现泄漏的可能性就越高;进水水温越高,则越有利于无脊椎动物的快速繁殖;反冲洗对滤池中无脊椎动物具有较好的去除作用,能够显著降低滤后水的微生物密度;活性炭类型对无脊椎动物的生长也具有重要影响,柱状炭滤池比破碎炭滤池易滋生更多的无脊椎动物,这对生物活性炭滤池中无脊椎动物的控制技术有着非常重要的意义。

关键词: 生物活性炭滤池; 无脊椎动物; 环境因子; 活性炭类型

中图分类号: TU991 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000 - 4602(2009)03 - 0058 - 04

Influence of Environmental Factors on Growth of Invertebrates in BAC Filter

LIU Li-jun^{1,2}, LI Xiao-wei³, ZHANG Jin-song^{1,2}, YANG Yu-feng³

(1. School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China; 2. Shenzhen Water Supply <Group> Co Ltd, Shenzhen 518031, China; 3. Institute of Hydrobiology, Jinan University, Guangzhou 510632, China)

Abstract: The effects of four factors including the density of invertebrates in the inflow water, water temperature, backwashing and activated carbon type on the growth of invertebrates in BAC filter were studied in the period of Oct 2006 to Sep. 2007. The results show that when the density of invertebrates in the inflow water is high, the growth rate of invertebrates in the upper water of the filter is high, and the leakage possibility of microorganisms is high. The high water temperature is favorable for the rapid breeding of invertebrates. The effect of backwashing is the reduction of invertebrates in BAC filtration, decreasing the density of microorganisms in the treatment effluent. Regarding to the effect of the type of activated carbon, it is found that the density of invertebrates growing in columnar carbon is higher than that in cracked carbon. The conclusions of the study are important for the control technology of invertebrates in BAC filter.

Key words: BAC filter; invertebrate; environmental factors; activated carbon type

生物活性炭水处理技术的关键在于活性炭表面生长有一层生物膜,可去除水中的有机物和其他可生物降解的污染物。由于生物活性炭具有发达的孔隙结构、丰富的有机质和微生物,从而为更高级的水

生无脊椎动物提供了良好的生长条件。有研究表明,生物活性炭滤池使用 5 个月后,活性炭表面出现了大量的钟虫、轮虫和线虫,并认为这些现象标志着生物相已达到完全成熟。德国 Schreiber 等人经过 1

年的研究表明,活性炭中无脊椎动物的优势种是蛭态目和轮虫,其次是线虫,此外还有寡毛纲、桡足类、缓步类、腹毛类等微生物。如果这些无脊椎动物进入饮用水中,则会对水质安全产生严重影响^[1~4]。

南方某市两座采用同一水源的臭氧—生物活性炭深度处理水厂,由于水体的生物多样性随季节而变化,在春、夏季会有大量的无脊椎动物随原水进入水厂。因此为保障出厂水水质,笔者从 2006 年 10 月—2007 年 9 月对生物活性炭滤池(柱)中无脊椎动物的生长情况进行了为期 1 年的跟踪监测,分析了水温、活性炭类型、反冲洗等环境因子对无脊椎动物生长的影响。

1 试验装置与方法

1.1 水厂工艺流程

试验在 A、B 两座水厂内进行,两座水厂均采用常规+臭氧—生物活性炭处理工艺,具体工艺流程分别见图 1、2。

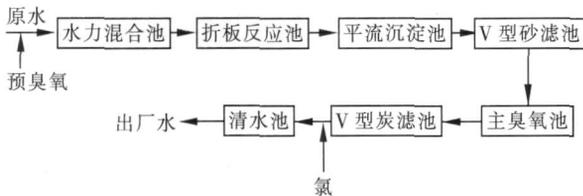


图 1 A水厂的工艺流程

Fig 1 Flow chart of treatment process in A plant

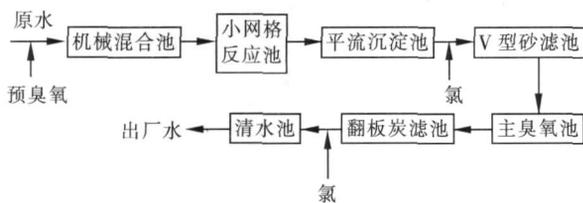


图 2 B水厂的工艺流程

Fig 2 Flow chart of treatment process in B plant

在运行过程中,B水厂每周有 1 d 将预臭氧氧化改为预氯化,砂滤池用含氯水进行反冲洗。

1.2 试验装置

A 水厂生物活性炭滤池:单格过滤面积为 96 m²,池型为“V 型,滤料为煤质活性炭,其中大部分炭滤池为柱状活性炭,小部分为破碎活性炭。炭层厚度为 1.85 m,砂垫层厚度为 50 mm,滤速为 8 m/s,采用气水反冲洗,反冲洗周期为 2~5 d(根据季节调整)。

B 水厂生物活性炭滤池:单格过滤面积为 137.75 m²,采用薄壁堰进水、气动翻板阀排水,滤料为破碎活性炭。炭层厚度为 1.9 m,炭床下石英砂垫层厚度为 0.3 m。采用气水反冲洗,反冲洗周期为 2~3 d(根据季节调整)。

模拟炭滤柱:6根一组,进水均为 B 水厂主臭氧池出水。滤柱内径为 200 mm,其中两根装填柱状炭,4根装填破碎炭,炭层厚度均为 1.6 m,砂垫层厚度为 150 mm,承托层厚度为 50 mm。运行初期,为了促进活性炭表面微生物的生长,采用较低滤速运行,滤速为 6 m/h。2007 年 3 月 1 日将其提高至 8 m/h,之后一直保持该滤速,运行过程中不进行反冲洗。

1.3 试验方法

进水中无脊椎动物密度的影响

于 2006 年 10 月,在 A 水厂和 B 水厂分别选取一个破碎炭滤池,使反冲洗周期由 2 d 延长至 5 d。在反冲洗周期内,每隔 24 h 采集一次滤前水(即滤池上层水,下同)和滤后水,共采集 5 次,比较两水厂炭滤前、后水中无脊椎动物的密度变化。

水温的影响

在 A 水厂选取一个 BAC 滤池,于 2007 年 2 月和 2007 年 7 月水温分别为 15 和 27 的条件下进行试验。延长反冲洗周期到 5 d,在反冲洗周期内每隔 24 h 采集一次滤前水和滤后水,比较不同水温下炭滤前、后水中无脊椎动物的密度变化。

反冲洗的影响

于 2007 年 1 月—9 月,分别在 B 水厂选取一个生物活性炭滤池(B1)和模拟炭柱的破碎炭柱(M1)对滤后水进行连续监测,其中 B 水厂生物活性炭滤池有反冲洗程序,模拟炭柱不进行反冲洗。根据滤后水中无脊椎动物的密度变化,考察反冲洗对无脊椎动物生长的影响。

活性炭类型的影响

于 2007 年 1 月 15 日—9 月分别对两种模拟炭滤柱(柱状炭柱和破碎炭柱)进行监测,15 d 采集一次水样(共采集样品 24 次),比较柱状炭柱和破碎炭柱中无脊椎动物的密度。

1.4 样品的采集方法与分析

样品采集

用 35 μm 的浮游生物网以一定流速在测压管处采集炭滤前、后水中的无脊椎动物。每次通过滤网的水量为 600 L,将滤网收集物洗脱在约 40 mL 水

中,并装入 50 mL 的聚乙烯瓶中尽快送至实验室。向样品中加入 1~2 mL 甲醛,静置 24~48 h 后在显微镜下计数。

样品分析

样品分析方法参考文献 [5~9]。

2 结果与分析

2.1 BAC 进水中无脊椎动物密度的影响

A 水厂 BAC 滤池中进水无脊椎动物的平均密度为 725 个 /m³,炭滤池上层水中的无脊椎动物密度为 320~2 900 个 /m³,平均为 1 192 个 /m³,且随运行时间的增加,无脊椎动物的密度呈指数上升的趋势(拟合曲线的 R² = 0.981 4),表现出明显的繁殖现象。B 水厂 BAC 滤池上层水中无脊椎动物的密度为 7~60 个 /m³,平均为 25 个 /m³,且没有明显的变化规律。由此可看出,B 水厂 BAC 进水中无脊椎动物的数量远远低于 A 水厂的(约为后者的 1/40),其主要原因有: B 水厂为新水厂,滤池运行时间短; B 水厂常规工艺的处理效果较 A 水厂的好,对原水中颗粒物的去除率较高; B 水厂每周有 1 d 将预臭氧氧化换为预氯化,且用含氯水反冲洗砂滤池,使得炭滤池进水中含有一定余氯从而降低了进水无脊椎动物的数量。此外,B 水厂的石英砂粒径较 A 水厂的小,也对无脊椎动物起到了高效截留作用。

A 水厂 BAC 出水中无脊椎动物的密度为 880~2 830 个 /m³,平均为 1 776 个 /m³,在反冲洗周期内随运行时间的增加,无脊椎动物的数量呈明显的上升趋势(接近线性关系, y = 19.148x + 401.19, R² = 0.797 6)。与滤前水相比,无脊椎动物的密度没有发生明显变化,其主要原因是由于无脊椎动物在炭滤池中出现了大量繁殖,虽然炭滤层对其具有一定的截留作用,但仍有大量的无脊椎动物穿透滤层而出现泄漏,从而造成出水水质变差。B 水厂炭滤池出水中无脊椎动物的密度为 2~50 个 /m³,平均为 19 个 /m³,明显低于 A 水厂的,也比进水的低。这主要是由于进水中无脊椎动物密度较低所致,此外也与滤池运行时间短、滤料粒径小有关。

上述试验结果表明,当进入炭滤池的无脊椎动物密度越高,其在滤池中越容易大量繁殖,也越容易出现生物泄漏。因此要防止炭滤池中无脊椎动物的过度生长,首先应控制进入炭滤池的生物密度。

2.2 水温的影响

不同水温下(2007 年 2 月水温为 15、2007 年

7 月水温为 27),A 水厂炭滤前、后水中无脊椎动物的密度变化见图 3、4。

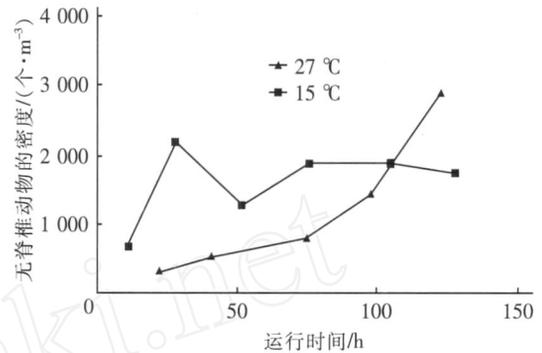


图 3 不同水温下炭滤前水中无脊椎动物密度的比较
Fig 3 Comparison of invertebrate density before BAC filter under different temperature

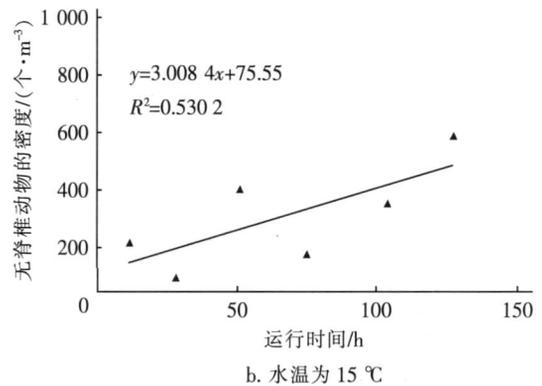
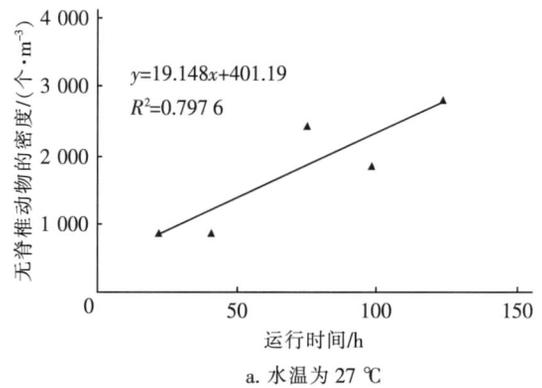


图 4 不同水温下炭滤后水中无脊椎动物密度的比较
Fig 4 Comparison of invertebrate density after BAC filter under different temperature

由图 3 可知,水温为 15 时进水中无脊椎动物的密度略高于 27 时的。这是由于从 2007 年 6 月开始,A 水厂采取了预氯化等多种措施以控制常规工艺出水的生物密度,使得进入炭滤池的无脊椎动物密度显著降低。

由图 4 可知,水温为 15 时,滤后水中无脊椎动物的密度明显低于 27 时的。在不同温度下无

脊椎动物密度均呈上升趋势,27 下炭滤后水中无脊椎动物密度的增长速率明显快于 15 时的。这主要是由于高水温有利于无脊椎动物的生长所致。

2.3 反冲洗的影响

对于 B 水厂的炭滤池 B1 和模拟炭柱 M1,其滤后水中无脊椎动物的种类组成和密度均存在较大差别。从无脊椎动物的种类组成上看,随着运行时间的增加,M1 炭滤柱上无脊椎动物的种类数量逐渐增加,可分为剑水蚤、枝角类、轮虫、无节幼体、寡毛类、线虫等六大类;而 B1 炭滤池中无脊椎动物的种类数量并未发生明显变化,以轮虫为主,有少量的无节幼体和线虫,全年均未发现剑水蚤和寡毛类等大型无脊椎动物。从无脊椎动物的密度变化上看,随着运行时间的增加,M1 炭滤柱出水中无脊椎动物的密度整体上呈明显的增长趋势(最高达 5 610 个 /m³,平均为 1 301 个 /m³);而 B1 炭滤池出水中无脊椎动物最高仅为 825 个 /m³,平均为 119 个 /m³,明显低于前者,增长缓慢。这说明反冲洗对控制生物活性炭滤池中无脊椎动物的生长具有重要影响。

2.4 活性炭类型的影响

柱状炭柱与破碎炭柱中各类无脊椎动物的密度差异较大,具体情况见表 1。

表 1 模拟炭柱中柱状炭与破碎炭中各类无脊椎动物的数量比较

Tab 1 Comparison of invertebrate density between columnar activated carbon and cracked activated carbon

个 · m⁻³

项 目	剑水蚤	枝角类	轮虫	无节幼体	寡毛类	线虫	总计
柱状炭柱	107	11	912	313	36	16	1 395
破碎炭柱	55	5	692	392	0	52	1 196

由表 1 可知,柱状炭柱中无脊椎动物的总数高于破碎炭柱的,其中柱状炭柱中剑水蚤、枝角类、轮虫和寡毛类等微生物的密度均高于破碎炭柱的,而无节幼体和线虫等微生物的密度则低于破碎炭柱的。这说明柱状炭柱比破碎炭柱更有利于无脊椎动物的生长,可能滋生更多的无脊椎动物(特别是易滋生剑水蚤、寡毛类等较大型无脊椎动物)。

3 结论

进水无脊椎动物的密度对 BAC 滤池中无脊椎动物的生长具有重要影响,进水中无脊椎动物的密度越高,则其在滤池中的繁殖越快、出现生物泄漏的可能性就越大。

水温对 BAC 滤池中无脊椎动物的生长也具有重要影响,水温越高则 BAC 滤池中无脊椎动物的生长越快。

采取合适的反冲洗措施能够控制滤池中无脊椎动物的生长,从而降低出水中的生物密度。

柱状炭滤池中无脊椎动物的密度明显高于破碎炭滤池的,特别是易滋生剑水蚤、寡毛类等大型无脊椎动物。

参考文献:

- [1] Scheriber H, Schoenen D, Traunspurger W. Invertebrate colonization of granular activated carbon filters[J]. Water Res, 1997, 31(4): 743 - 748
- [2] 吴敏,杨健,马小杰,等. 水处理生物消毒技术研究现状及展望[J]. 中国给水排水, 2004, 20(8): 34 - 35.
- [3] 陈洪斌,梅翔,何群彪,等. 生物预处理中的微型动物分布与控制[J]. 中国给水排水, 2005, 21(5): 6 - 9.
- [4] 齐枝花,于鑫,余萍,等. 生物法中细菌群感效应所需自诱导物的存在证明[J]. 中国给水排水, 2006, 22(13): 18 - 21.
- [5] 章示涉,黄祥飞. 淡水浮游生物研究方法[M]. 北京:科学出版社, 1991.
- [6] 王家楫. 中国淡水轮虫志[M]. 北京:科学出版社, 1961.
- [7] 沈嘉瑞. 中国动物志——淡水桡足类[M]. 北京:科学出版, 1979.
- [8] 蒋燮治,堵南山. 中国动物志——淡水枝角类[M]. 北京:科学出版社, 1979.
- [9] 周凤霞,陈剑虹. 淡水微型生物图谱[M]. 北京:化学工业出版社, 2005.

电话: 13802553105

E - mail: szliulijun@126. com

收稿日期: 2008 - 09 - 16