

以 *AOC* 评价管网水中异养菌的生长潜力

李 爽¹, 张晓健¹, 范晓军², 刘慧敏², 汪 浩², 叶慧娟²

(1. 清华大学 环境科学与工程系, 北京 100084; 2. 澳门自来水有限公司, 澳门)

摘 要: 对澳门管网水中异养菌二次生长和水质生物稳定性指标的相关关系的研究结果表明:①澳门管网水基本属于生物稳定的饮用水;②澳门管网沿途水中可同化有机碳(*AOC*)和可降解溶解性有机物(*BDOC*)的变化不明显;③降水量和水温对于 *AOC* 的季节变化有很大影响,而原水水质、处理工艺和水温则对 *BDOC* 的季节变化有很大影响;④由于管网水中 *AOC* 和异养菌计数(*HPC*)有明显的相关关系,而 *BDOC* 与 *HPC* 间无明显的相关关系,故建议将 *AOC* 作为评价管网水中异养菌二次生长潜力的首要指标。

关键词: 管网水; *AOC*; *BDOC*; 异养菌

中图分类号: TU991.21 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2003)01-0046-04

检测合格的出厂水在管网中也可能发生细菌的再生长,造成饮用水的二次污染,影响水的嗅、味和色度,并可能引发致病菌的繁殖。影响细菌在管网中再生长的因素很多,除消毒剂余量外,还包括营养基质、水力因素、温度、管材和管段腐蚀情况等^[1]。当一个管网系统相对固定时,从实际角度来看可人为控制的因素主要是水中有机营养基质的浓度,为此提出了生物稳定性的概念,即饮用水中有机营养基质支持异养菌生长的潜力。饮用水生物稳定性高,则表明水中细菌生长所需的有机营养基质少,细菌不易在其中生长;反之则容易发生细菌再生长问题。

生物稳定性的评价指标主要有两种:生物可同化有机碳(*AOC*)和生物可降解溶解性有机碳(*BDOC*)。一般认为 *AOC* 应包含在 *BDOC* 之中,但实际上二者是独立的,彼此不存在一定的比例关系,其应用情况也各不相同。

目前在美国等地应用 *AOC* 的较多,而在法国等地应用 *BDOC* 的较多,但是尚未有明确的试验数据证明哪个更适合于代表管网水中异养菌的二次生长情况。

1 试验条件和方法

1.1 取样点的确定

2001 年夏季和秋季对澳门的 5 个管网点进行

了水质生物稳定性的监测。由于澳门供水管线较短且主要为环形供水,所以沿主岛边缘选取了尽可能长的 3 个管网点来代表管网中水质的变化,分别为青州出厂水、管网中部点和管网末梢点。另外还选取了两个水质相对较差(主要根据细菌指标)的管网点进行测定,即路环水警分所点和同善堂中学附属幼稚园点。

1.2 试验仪器

所有玻璃仪器都要保证无碳化。酸洗后浸泡过夜,然后分别用自来水、蒸馏水和高纯水润洗 3 次。通过 550 °C 下加热 2 h 来去除痕量碳。采样瓶加入硫代硫酸钠以中止余氯反应。

1.3 *AOC* 测定方法

40 mL 水样经 70 °C、30 min 水浴进行巴氏消毒后冷却至室温,同时接种 P17 和 NOX 在 22~25 °C 下培养 2~3 d,再对培养液进行平板计数,计算水样中的 *AOC* 浓度。产率系数采用在澳门自来水公司测得的数据: $Y(P17) = 4.3 \times 10^6$ 个/ μg , $Y(\text{NO}_x) = 0.7 \times 10^6$ 个/ μg 。

1.4 *BDOC* 测定方法

测定方法采用 1986 年由 Joret 和 Levi 提出的方法(修改版),接种细菌是石英砂滤池的附着细菌。取 100 g 活化后的石英砂放入锥形瓶中,加入 300 mL 已中止余氯反应的待测水样,测定加砂前后的

DOC 差值(超过 0.2 mg/L 的作废),并通过空白、空白加砂和标准加砂水样来进行质量控制,采用的标准为 2 mg/L 的乙酸钠水样。每天同一时间测定水样的 *DOC* 值,一般在 5~10 d 内可降至最低,计算前后的 *DOC* 差值即为*BDOC* 的数值。试验在室温下进行,并注意避光。

1.5 TOC 测定

采用岛津 5000A TOC 仪进行测定。

1.6 异养菌(HPC)测定方法

采用平板计数法,22~25℃下在 R2A 琼脂上培养 7 d 计数,平行样为 3 个。

2 结果和分析

2.1 管网水中*AOC* 的变化

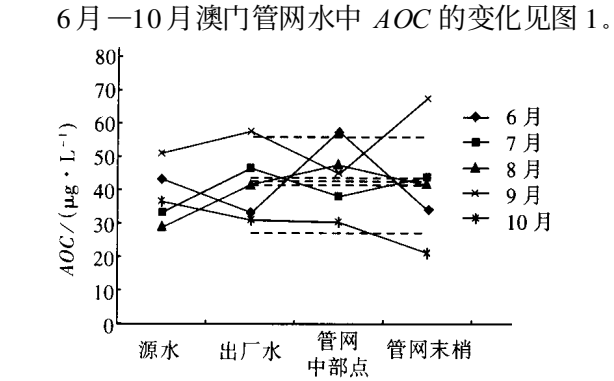


图1 *AOC* 在管网水中的变化

一般认为加氯情况下保持生物稳定的管网水*AOC* 为 50~100 μg/L,而澳门管网水中的*AOC* 在夏季气温最高的时候也不超过 70 μg/L,其他月份基本为 30~50 μg/L,因此可认为澳门管网水基本属于生物稳定的饮用水。

从出厂水到管网末梢之间*AOC* 变幅不大,最大不超过 14 μg/L。这主要是因为澳门供水管线比较短,管网中的*AOC* 变化不明显,因此考察饮用水中生物稳定与否,可以出厂水作为控制点进行研究。

比较*AOC* 随季节的变化规律可通过图 1 的月平均值(见虚线)来看。管网水中*AOC* 受到很多因素的影响,如原水水质、水温、降雨量、余氯量等。试验期间水温、降雨量和出厂水余氯情况见表 1。

从表 1 可以看出,降雨量对于源水中*AOC* 的含量有显著影响,由于 6、7 月份是澳门降水高峰期,导致源水中有有机物浓度下降,7、8 月份源水中*AOC* 值逐渐降低,8 月份已降至 28.6 μg/L。不过由于 7、8 月份水温比较高,*AOC* 含量会相应上升,综合

以上两种因素,这两个月份出厂水的*AOC* 值仍然和 6 月份的非常接近。由于 8 月份降水较少,导致温度仍较高的 9 月份源水*AOC* 值偏高,从而出厂水中*AOC* 值也很高,可以看出澳门自来水公司因此投加的消毒剂量增加,导致出厂水余氯达到最高(1.0 mg/L)。10 月份温度下降,水中*AOC* 含量开始明显低于前几个月。

表 1 澳门 6 月—10 月水温、降雨量和出厂水余氯

月份	水温(℃)	降雨量(mm)	出厂水余氯(mg/L)
6	28.0	729.8	0.9
7	28.0	666.9	0.8
8	30.5	191.6	0.7
9	27.3		1.0
10	26.0		0.9

2.2 *BDOC* 在给水管网中的变化

6月—10月澳门给水管网中*BDOC* 的变化见图 2。

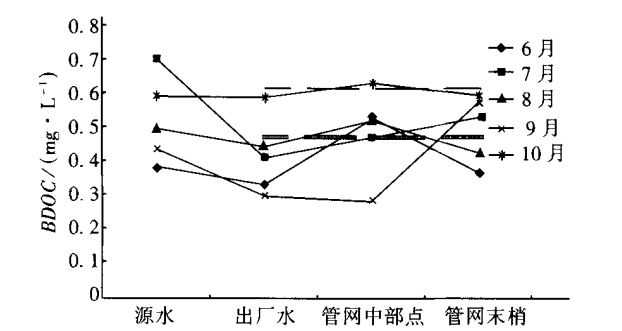


图2 *BDOC* 在管网水中的变化

从出厂水到管网末梢之间的*BDOC* 变幅不大,一般均在 0.2 mg/L 以下。

比较*BDOC* 季节间的变化规律可通过图 2 的月平均值来看。5、6、7 月份该值持续上升至 0.47 mg/L,8 月和 7 月数值接近,9 月份降至 0.39 mg/L,10 月份升至 0.60 g/L。

通过分析管网水中*BDOC* 的季节变化可以看出原水水质、处理工艺和水温对其变化有很大影响。5、6、7 月*BDOC* 值持续上升是由于气温上升所致;8 月与 7 月*BDOC* 值持平原因是源水水质明显好于 7 月,抵消了温度的影响;9 月温度下降,*BDOC* 也随之下降,至于 10 月的反常增高可能是因为源水中*BDOC* 较高且水厂工艺对其基本无去除所致。

2.3 HPC 与 TOC、*BDOC* 和*AOC* 的相关性

管网水中 HPC 和 TOC、HPC 和*BDOC* 均无明显的相关关系(分别见图 3、4)。

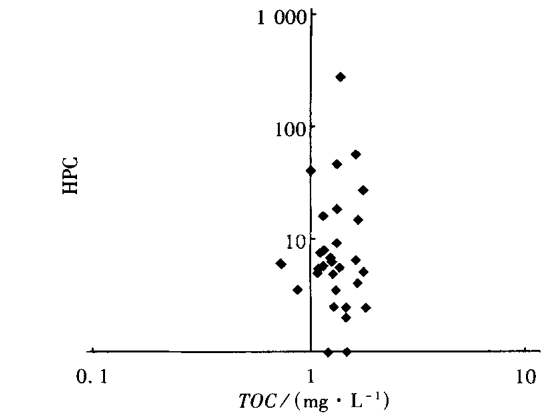


图3 澳门管网水中 HPC 和 TOC 的相关关系

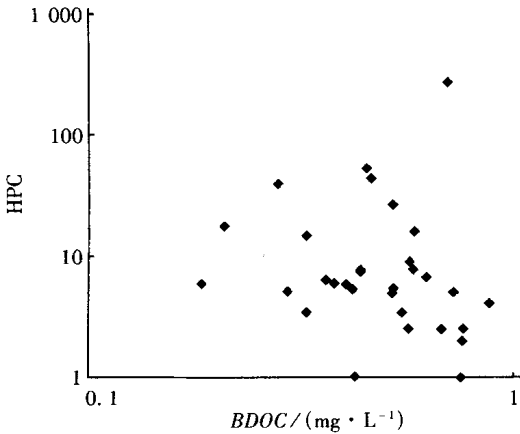


图4 澳门管网水中 HPC 和 BDOC 的相关关系

由此可见, TOC 和 BDOC 都不适合用来评价管网水中异养菌的生长潜力。管网水中 HPC 和 AOC 有明显的相关关系(如图 5 所示),其结果和 van der Kooij 的研究结果类似^[2]。

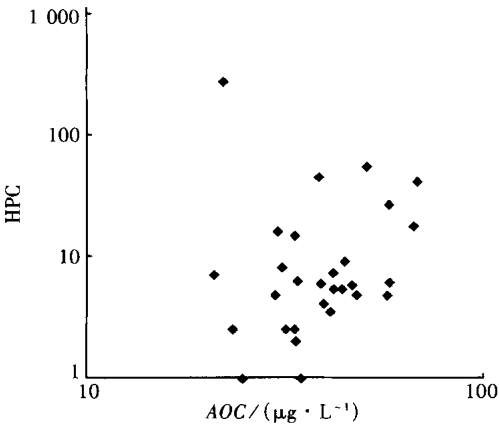


图5 澳门管网水中 HPC 和 AOC 的相关关系

2.4 评价异养菌二次生长潜力的指标选择

AOC 和 BDOC 同为评价生物稳定性的指标,

二者的定义不同,测定方法原理也不同。究竟哪一个指标更适合用于评价管网水中异养菌二次生长的潜力尚无定论。

笔者对澳门源水进行了膜过滤分析,发现二者所代表的有机物分子质量也有明显差异。AOC 随分子质量的增加没有明显的梯级效果,三种源水在表观分子质量<1 000、3 000、10 000、100 000 u 时的 AOC 含量变化均在方法精密度范围允许之内,彼此之间没有显著性差异。因此推测 AOC 主要与分子质量<1 000 u 的有机物相关,此结论与其他研究者的结论一致^[3],而截留分子质量为 10 000 u 的超滤膜对 BDOC 的去除率<45%,截留分子质量为 1 000 u 的超滤膜对其去除率则为 49%~80%,这意味着 BDOC 不仅与分子质量<1 000 u 的有机物相关,当分子质量为 1 000~10 000 u 时 also 存在着相当部分有机物与 BDOC 相关。

管网水中异养菌计数结果和 AOC 的相关关系较好,原因可能是因为其中异养菌利用的主要是分子质量<1 000 u 的小分子有机物,对于分子质量>1 000 u 的有机物利用率较低。另外,AOC 是采用特定细菌(P17 和 NOX)进行测定的,这两种细菌广泛存在于管网水中;而 BDOC 采用的是源水中本身的混合菌种,由于处理工艺的去除和管网水中的异养菌种类差别较大,也可能导致与 HPC 相关关系的差异。

综上所述,根据澳门饮用水的情况,与 BDOC 比较而言 AOC 更适于作为评价管网水中异养菌二次生长潜力的指示参数。

3 结论

① 澳门管网水中的 AOC 在夏季气温最高的时候不超过 70 µg/L,在其他月份为 30~50 µg/L,基本属于生物稳定的饮用水。

② 澳门管网水沿途 AOC 变化不明显,因此考察饮用水中生物稳定与否,可以出厂水作为控制点进行研究。

③ 降水量和水温对于 AOC 的季节间变化有很大影响,由于澳门 6、7 月份为降水高峰期,所以 AOC 的夏季最高点向后推移至 9 月份,比前几月份增加了 40%左右。

④ 从出厂水到管网末梢之间,BDOC 变幅不大(一般在 0.2 mg/L 以下)。原水水质、处理工艺

和水温对其季节变化有很大影响。

⑤ 由于管网水中 HPC 和 AOC 间有明显相关关系,而 HPC 与 BDOC 间则无明显相关关系,所以 AOC 比 BDOC 更适合作为评价管网水中异养菌二次生长潜力的指示参数。

参考文献:

[1] LeChevallier M W, Welch N J *et al.* Full— scale studies of factors related to coliform regrowth in drinking water [J] . Appl Environ Microbiol, 1996, 62(7): 2201— 2211.

[2] Van Der Kooij. Assimilable organic carbon as an indicator of bacterial regrowth[J] . Jour AWWA, 1992, 84(2): 57— 65.

[3] Lars J, Hem, Harry Efraimsen. Assimilable organic carbon in molecular weight fractions of natural organic matter [J] . Wat Res, 2001, 35(4), 1106— 1110.

电话: (010)62777618
E— mail: lishuang98@mails. tsinghua. edu. cn
收稿日期: 2002— 06— 04

。技术交流。

采用改性 13X 分子筛处理生活污水

1 改性 13X 分子筛

13X 分子筛系笔者利用钾长石合成^[1],阳离子表面活性剂 CTMAB、CPC 及 TPC 均为化学纯。将 50 g 分子筛倒入 250 mL 不同浓度的 CTMAB、CPC、TPC 溶液中,在常温下搅拌不同的时间,经抽滤后在 90~100 ℃下烘干,再于 110 ℃下活化 1 h,由此制得一系列不同性能的改性 13X 分子筛。

用对 COD_{Cr} 的去除率来表征改性分子筛的处理性能。配制 COD 为 200 mg/L 的有机废水,称取分子筛 1.0 g 放入 100 mL 的有机废水中,搅拌 10 min 并依次从杯中取上清液离心后测定 COD。

2 处理生活污水的效果

活性剂选为 CTMAB,质量分数为 1.0%,反应时间为 1 h。试验所用的原水为上海某居住小区的生活污水。

将生活污水用直径约为 0.4 mm 的筛网过滤以去除其中明显的悬浮物,然后测定其主要水质指标。取两个大烧杯,分别加入 1.0 g 13X 分子筛和经改性后的 13X 分子筛,然后再分别加入 500 mL 经简单预处理的污水,均在常温下搅拌 10 min,离心后取上层清液测定水质指标。结果如表 1 所示。

表 1 改性分子筛处理生活污水的效果

项 目	pH	SS (mg/L)	浊度 (NTU)	COD (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	氨氮 (mg/L)	油 (mg/L)
原水	7.5	88.8	51.1	335.7	152.8	97.5	50.8
处理出水	改性 分子筛	7.5	2.6	0.9	19.1	7.3	9.8
	未改性 分子筛	8.0	0.2	0.1	99.0	31.9	7.1
去除率 (%)	改性 分子筛		97.1	98.2	94.3	95.2	89.9
	未改性 分子筛		99.8	99.6	70.5	79.1	92.7

从表 1 可见,与未改性的分子筛相比,改性分子筛能有效地去除废水中的 COD、BOD₅ 和油,其去除率分别为 94.3%、95.2%、98.6%,虽然对 SS、浊度、氨氮的去除率有所下降,但仍达 90% 左右。

3 结 论

① 分别用不同浓度的表面活性剂 CTMAB、CPC、TPC 对 13X 分子筛进行了改性试验,结果表明,经用质量分数为 1.0% 的 CTMAB、反应时间为 1 h 改性的分子筛对 COD 的去除率最高。

② 与未改性的分子筛相比,改性分子筛能有效地去除污水中的 COD、BOD₅ 和油,其去除率分别为 94.3%、95.2%、98.6%,虽然对 SS、浊度、氨氮的去除率有所下降,但仍达 90% 左右。

③ 用阳离子表面活性剂改性 13X 分子筛,由于有机离子之间存在着疏水作用和强烈的范德华力,分子筛内的无机阳离子很容易被有机阳离子取代,使比表面积和晶胞参数比未改性的分子筛大;其次,由于有机阳离子的水合作用明显小于无机阳离子,通常没有水存在于分子筛表面,最多只有一二层水分子包围在有机阳离子周围,因而从水中去除有机污染物的能力比改性前提高了。

④ 因为经表面活性剂改性的分子筛对无机物(如 SS、浊度、氨氮)的去除率有所降低,故该改性分子筛比较适用于去除有机污染物。

(上海理工大学城市建设与环境工程学院
上海市环境科学院 陶 红 周仕林
屠 莹 李 旻 供稿)