

分析与监测

UFC 法测定管网水的 DBP 生成量

林细萍¹, 焦中志², 刘宇³, 张德明¹, 谭美凌¹

(1. 深圳市水务<集团>有限公司, 广东 深圳 518055; 2. 哈尔滨工业大学 市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090; 3. 深圳城市建设开发<集团>公司, 广东 深圳 518010)

摘要: 我国主要采用前体物试验(FP 试验)对饮用水中消毒副产物(DBP)的形成进行评估,但这种方法无法对配水系统中 DBP 产量进行评估。为此借鉴美国的评估方法,根据中国的具体情况,建立了评估配水管网中消毒副产物产量的新方法——UFC 试验(uniform formation conditions),确立了 UFC 试验的条件:温度为 $(20 \pm 1.0)^\circ\text{C}$, pH 值为 7.5 ± 0.2 , 培养时间为 (24 ± 1) h, 24 h 后游离余氯为 (1.0 ± 0.4) mg/L,并建立了 UFC 的分析检测方法。

关键词: 消毒副产物; 评估; UFC

中图分类号: TU991.2 文献标识码: C 文章编号: 1000-4602(2005)06-0095-03

UFC Method for Measuring DBP Formation in Water Distribution System

LIN Xi-ping¹, JIAO Zhong-zhi², LIU Yu³, ZHANG De-Ming¹, TAN Mei-ling¹

(1. Shenzhen Water <Group> Co. Ltd., Shenzhen 518055, China; 2. School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China; 3. Shenzhen Urban Development <Group> Co. Ltd., Shenzhen 518010, China)

Abstract: In China, the formation potential (FP) test was mainly used to assess the disinfection byproduct (DBP) in drinking water, but the test failed to assess the DBP production in water distribution system. Therefore, by using the American assessment method for reference and according to the practical condition in China, a new method-uniform formation conditions (UFC) test was established to assess DBP in water distribution system, and the conditions of UFC test were determined as follows: temperature $(20 \pm 1.0)^\circ\text{C}$, pH 7.5 ± 0.2 , culture period (24 ± 1) h, and free chlorine residual (1.0 ± 0.4) mg/L after 24 h. Besides, the analysis method was set up for UFC.

Key words: disinfection byproduct; assess; UFC

目前主要采用两种方式对饮用水中消毒副产物的形成进行评价:生成势(FP)试验和模拟配水系统(SDS)试验,典型的生成势(FP)试验方法为在水样中加入大剂量的氯并使 DBP 形成最大量,这就使 DBP 生成物比率及生成量与实际配水管网中的 DBP 比率和生成量存在很大的差别,不能用于评估

实际水厂的 DBP 变化。另外,目前欧美所使用的 SDS 试验虽然能很好地表征某特定管网的 DBP 生成量,但对于不同管网 DBP 生成量的比较则具有相当的局限性。为了解决这一问题,德国提出了 UFC 试验方法,解决了不同水体、不同管网的 DBP 生成量的比较问题,但该方法是基于德国的水体情况而

定的,并不适用于其他国家,所以美国、日本分别针对本国的水体情况对该方法进行了改善,确立了适合本国的 UFC 试验条件(见表1)。我国尚未有相关试验,为此通过统计1999年、2000年全国30多个水司的水质情况,并根据中国的气候条件,建立适合我国配水管网中的 DBP 生成量评估方法——UFC(uniform formation conditions)试验,可对不同水体的 DBP 形成进行直接比较。

表1 日本、德国和美国的 UFC 试验条件

Tab.1 Conditions of UFC - DBP test used in Japan, Germany and U. S. A

项目	pH	温度/℃	t/h	余氯/ (mg · L ⁻¹)	备注
日本	7.0	20	24	1.0 ~ 2.0	
德国	7.4 ± 0.1	10	0.5 ~ 24	0.1	只报告 THMs 的量
美国	8.0 ± 0.2	20 ± 1.0	24 ± 1	1.0 ± 0.4	

1 UFC 试验方法

1.1 仪器

恒温培养箱,马福炉,测氯仪,pH计,TOC仪(或自动需氯分析仪),IKA 恒温水浴摇床,吹扫捕集仪,气质联用仪。

1.2 试剂

磷酸盐缓冲溶液:取50 mL 磷酸二氢钾溶液(0.1 mol/L),加入41 mL 氢氧化钠溶液(0.1 mol/L),最后稀释至100 mL,pH值为7.5 ± 0.2。

次氯酸钠使用液:2 mg/mL,每次使用前现配并标定浓度。

抗坏血酸。

1.3 水样的采集和保存

将采样瓶清洗干净后应在550℃的马福炉中烘1 h。每一采样点平行采集6瓶水样进行检测,不能及时检测的应置于0℃的冰箱中保存。

① 水样的前处理

用0.1 mol/L 的盐酸溶液或0.1 mol/L 氢氧化钠溶液将水样的 pH 值调节为7.5 ± 0.2,然后加入2 mL/L 的磷酸盐缓冲溶液。

② 加氯量的初步确定

测定水样的 TOC 值,并取三瓶水样,根据 Cl₂:TOC 为 1.2:1、1.8:1、2.5:1 分别加氯,然后置于20℃的恒温培养箱培养24 h。测定三个水样的游离余氯值,并取游离余氯为(1.0 ± 0.4) mg/L 的水

样所需的投加量作为 UFC 试验的预加氯量(x)。如没有 TOC 仪,也可采用自动需氯分析仪确定加氯量。

③ 水样的最终试验

取前处理后的另三个平行水样,分别加氯($x - 0.4$)、 x 、($x + 0.4$) mg/L,盖紧盖子,混匀并置于20℃的恒温箱中培养24 h。测定三个水样的游离余氯值、pH 值。选取合适的水样进行消毒副产物的分析。

2 试验影响因素

2.1 干扰及消除

因 THMs 具有挥发性,所以试验中应尽量避免振动并让水样充满瓶子。

玻璃器具应在550℃的马福炉中烘1 h 以去除容器壁上残留的 DBP 前体物。

配制试剂应用去氯超纯水以避免带来污染。

2.2 影响因素

由于氯代 TTHMs 和 HAAs 对温度的变化很敏感,所以随着温度的升高 TTHMs 和 HAAs 的增加很明显。同样,随着培养时间的增加则 TTHMs 和 HAAs 的生成量也增加。

pH 值对 TTHMs 的生成量影响也比较大,pH 值升高2个单位则 TTHMs 的生成量增加50% ~ 60%,有关资料表明,TTHMs 的生成量随着 pH 值的增加而增加的原因可能是由于氯化中间体的水解所引起^[1]。然而,HAAs 随 pH 值的增加而有所减少。研究采用某水厂出厂水(TOC 值为2.5 mg/L),试验结果见图1。在 UFC—DBP 试验的 pH 值范围内 DOX 的生成量未受到 pH 值的影响。

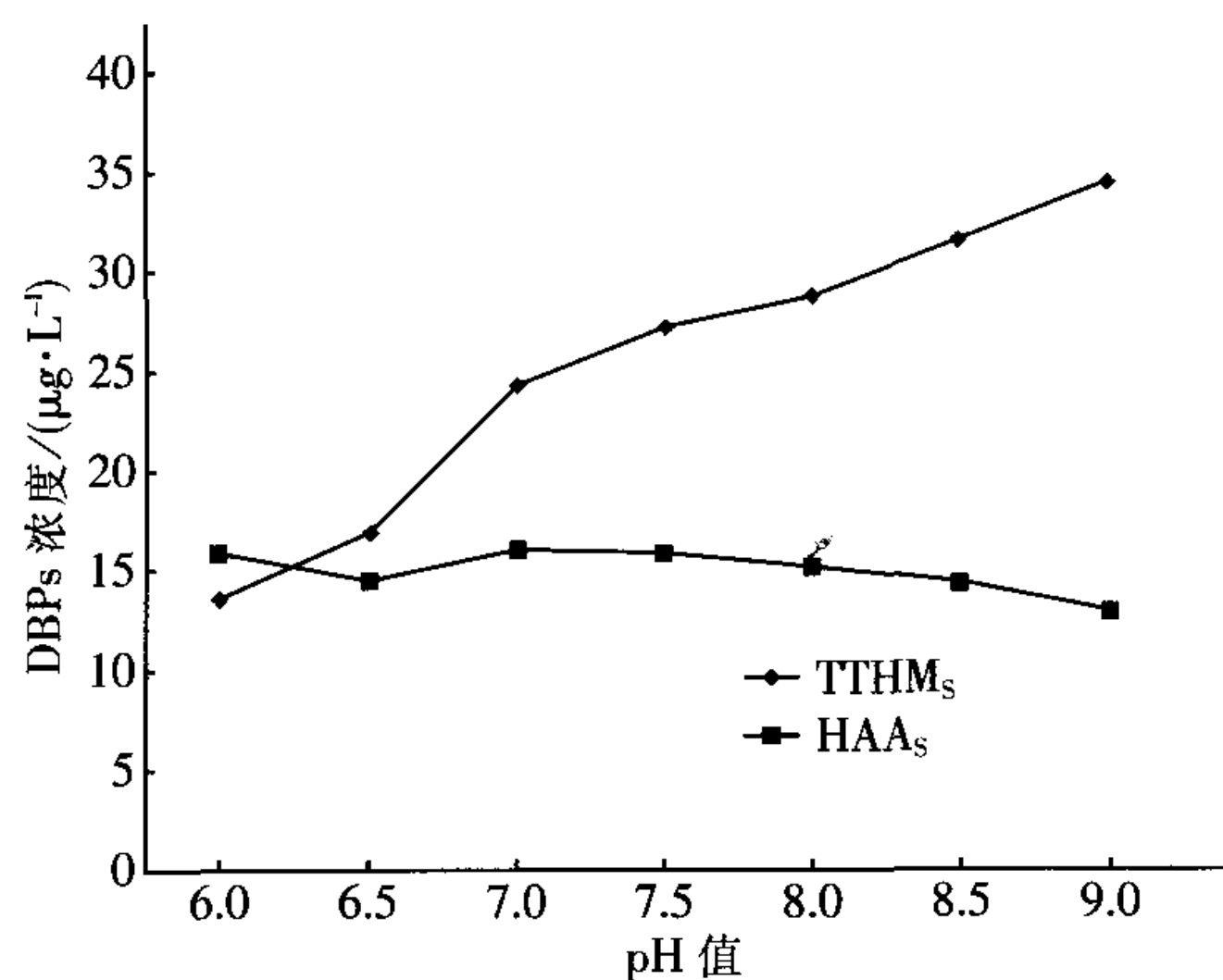


图1 pH 值对 DBP 生成量的影响

Fig.1 Effect of pH on DBPs formation

24 h 游离余氯量对 TTHMs 和 HAAs 有较大的

影响,研究表明,若余氯从 0.5 mg/L 增加到 1.4 mg/L 则 THMs 增加近 17%,这主要是由氯代物的增加所引起^[2]。HAAs 的生成量受余氯量的影响更大,DOX 生成量在试验研究的余氯范围内几乎没有变化。研究采用某水厂出厂水,当 TOC 值为 2.5 mg/L、pH 值为 7.5、培养温度为 (20 ± 1.0) °C 时,24 h 游离余氯量从 0.56 mg/L 增加到 1.83 mg/L。对 TTHMs 及 HAAs 生成量的影响见图 2。

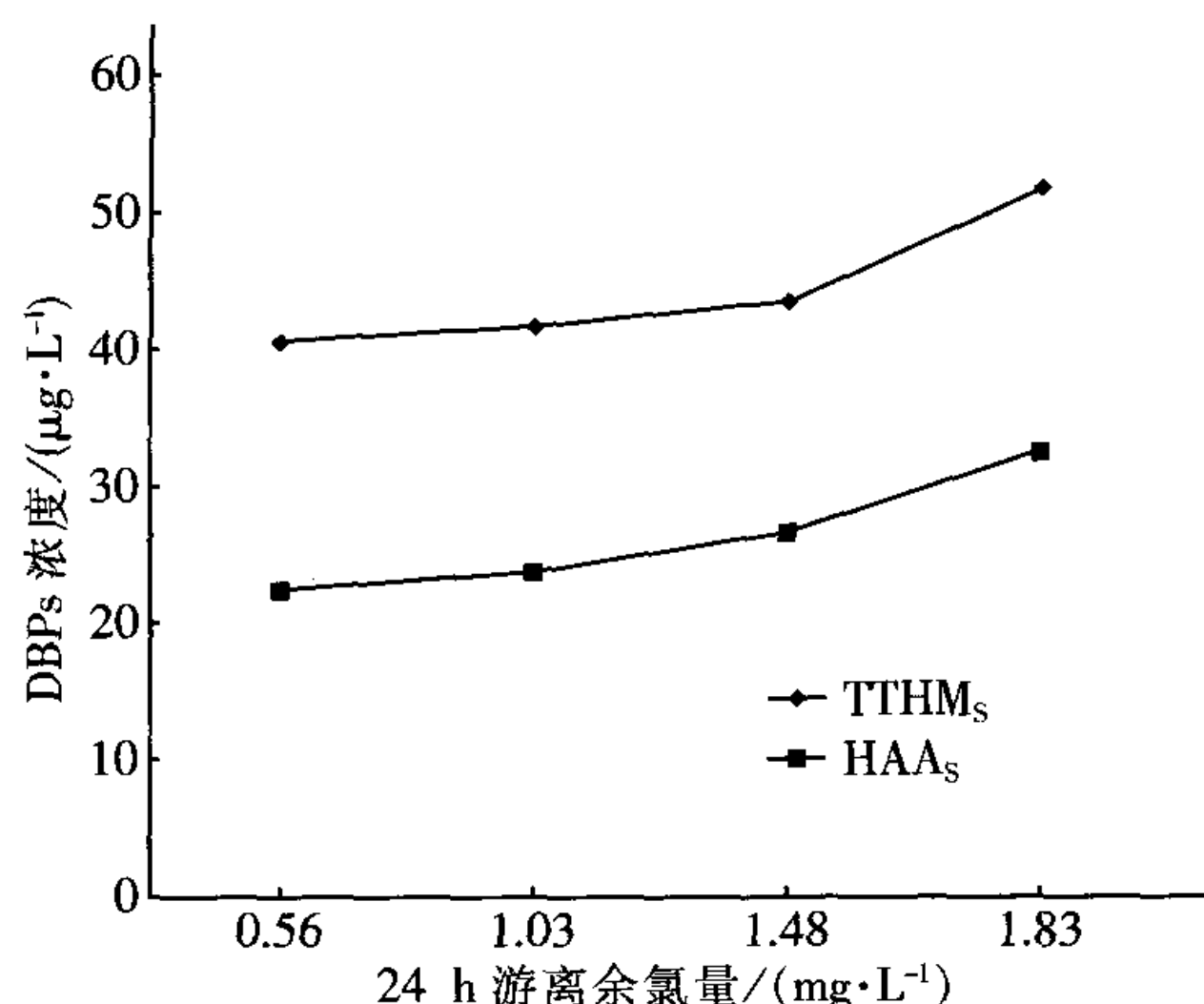


图2 24 h 游离余氯量对 DBP 生成量的影响

Fig. 2 Effect of 24 h chlorine residual on DBPs formation

3 试验条件的确定

3.1 培养时间

FP 试验的培养时间为 5~7 d,在这段时间内水样中的前体物基本能被反应,DBP 的生成量最大^[3],但是实际管网中水样的最长停留时间一般为 3 d,大部分的停留时间在 24 h 左右。DBP 生成动力学研究表明:培养时间为 1 d 时产生的 DBP 比 3 d 产生的 DBP 少 20%。故经综合考虑,建议采用 24 h 的 UFC 培养时间,这样在检测水样时从确定合适的加氯量到完成全部试验只需要 2 d 时间。

3.2 培养温度

中国北方地区的四季温差变化比较大,南方地区的平均温度在 20 °C 左右。在加氯量、pH 值及培养时间一定的条件下 DBP 生成量随着培养温度的升高而增加。经综合考虑确定培养温度为 (20 ± 1.0) °C。

3.3 pH 值

调查了全国 30 多个水司 1999 年、2000 年管网水、出厂水的余氯、pH 值,具体如表 2 所示。

表2 管网水、出厂水的余氯及 pH 值

Tab. 2 Free chlorine residual and pH of distribution system and finished water

时间	项目	水体	平均值	最大值	最小值
1999 年	pH	管网水	7.6	8.6	6.0
		出厂水	7.5	8.9	6.0
	余氯/ (mg·L ⁻¹)	管网水	0.45	3.00	0.00
		出厂水	0.72	4.10	0.05
2000 年	pH	管网水	7.5	8.6	6.0
		出厂水	7.5	8.5	6.1
	余氯/ (mg·L ⁻¹)	管网水	0.41	4.00	0.00
		出厂水	0.71	4.00	0.00

根据表 2 的统计结果,确定 pH 值为 7.5 ± 0.2 。

3.4 余氯

我国的饮用水水质标准规定,管网水中的余氯 ≥ 0.05 mg/L,所以 UFC 考虑的余氯量应当足够高(3 d 后仍有可检测的余氯量),该方法确定 24 h 后的目标余氯量为 1.0 mg/L。由于在低余氯浓度的条件下 DBP 的生成对余氯的微小变化非常敏感,故在消毒副产物形成时余氯变化范围应该足够窄,但同时也应考虑到如果偏差范围太窄则加氯量很难确定。对需氯量的研究表明,在大部分水体中 0.7 mg/L 的 24 h 余氯量被认为是足够高的(3~5 d 后仍可观察到余氯量),故最终确定 24 h 余氯量为 (1.0 ± 0.4) mg/L。

4 结论

UFC—DBP 试验条件:pH 值为 7.5 ± 0.2 ,温度为 (20 ± 1.0) °C,培养时间为 (24 ± 1) h,24 h 后游离余氯为 (1.0 ± 0.4) mg/L。

该方法适应于对 TTHMs、THAAs、DOX (dissolved organic halide) 的检测。与 FP 试验相比,UFC 试验对配水管网中 DBP 的产量给出了更好的预测。

参考文献:

- [1] Summers R Scott. Assessing DBP yield: uniform formation conditions[J]. J AWWA, 1996: 88(6): 80-93.
- [2] Krasner S W. The Impact of Chlorine Dose, Residual Chlorine, Bromide, and Organic Carbon on Trihalomethane Speciation[M]. Toronto: AWWA, 1992.
- [3] 林细萍,卢益新,张德明,等. THMF 及 HAAs 的测定方法[J]. 中国给水排水, 2003, 19(10): 98-100.

电话: (0755) 26788789

E-mail: phever@sohu.com

收稿日期: 2004-11-01