

# 饮用水消毒的若干技术问题探讨

## Approach on Several Disinfection Technologies of Drinking Water

黄晓东 王占生 (清华大学环境科学与工程系,北京 100084)

Huang Xiaodong Wang Zhansheng (Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084)

**摘要** 对饮用水中余氯测定存在的问题、余氯与加氯量的关系、水中消毒剂残余量的控制等饮用水消毒所涉及的若干技术问题进行了试验研究和探讨。通过试验摸索出1种测定余氯的分光光度法,作为对目视比色法的修正。

**关键词:** 饮用水 消毒 余氯 邻联甲苯胺比色法 饮用水标准

### 1 引言

为保证自来水出厂水达到细菌学指标的要求,过滤后水(或管网水)中加入消毒剂的种类有:氯、氯胺、二氧化氯或臭氧等。氯是国内外各自来水厂采用的主要消毒剂。虽然饮用水消毒技术在我国水厂已有多年的使用经验,但对有些问题仍需进行深入探讨。

### 2 余氯测定存在的问题及方法的改进

#### 2.1 余氯测定方法的改进

余氯可用邻联甲苯胺比色法(OT法)、邻联甲苯胺—亚砷酸盐比色法、N,N-二乙基对苯二胺—硫酸亚铁铵滴定法和N,N-二乙基对苯二胺比色法(DPD法)测定。目视比色法具有简便、快速、不需专用仪器等优点,为各自来水厂普遍采用,但由于是目视比色,测定误差较大,很难准确区分出化合性余氯和游离性余氯。为此,通过试验,摸索出1种测定余氯的分光光度法,作为对目视比色法的修正。

在波长420nm的条件下,求出标准溶液的浓度和吸光度的关系系数(在本试验所用仪器和测试条件下,该系数为0.324)。取待测水样50mL,加入1mLOT显色剂,摇匀后马上用分光光度计在420nm波长下测其吸光度 $A_1$ ,水中的游离余氯 $=0.324A_1$ ,3min后测吸光度 $A_2$ ,总余氯 $=0.324A_2$ ,而化合性余氯 $=0.324(A_2 - A_1)$ 。对于有条件的水厂,可购置HACH余氯测定仪。这种仪器依据DPD比色法的原理,用2种不同的比色剂,可直接读出游离余氯和总余氯值。

#### 2.2 水中亚硝酸盐氮对余氯测定的干扰

根据余氯的标准测定方法,干扰物质的最高允许

含量如下<sup>[1]</sup>:高铁0.2mg/L,四价锰0.01mg/L,亚硝酸盐0.2mg/L。以深圳各水厂出厂水为例,高铁一般小于0.2mg/L,而四价锰时有超过0.01mg/L的情况出现,亚硝酸盐经常超过0.2mg/L,会对余氯的测定产生干扰。

在对出厂水,特别是管网末梢水进行检测时,如水中的余氯很低,干扰物质对余氯测定的影响就不可忽视。当水中的亚硝酸盐氮浓度比较高时,即使水中不含余氯,加入OT后仍然呈淡黄色,而且亚硝酸盐浓度越高,颜色越深。在纯水中加入亚硝酸盐氮,使其浓度为0.5mg/L,按余氯的测定方法,可测出水中的余氯为0.05mg/L,实际上此时水中并不含有余氯。必要时,应根据水样中干扰物质的浓度,对余氯测定值进行修正。但加入OT后,呈淡黄色的水样,不一定含有余氯。故在余氯测定时,应考虑亚硝酸盐氮的干扰,以给出正确的判断和分析结果。

### 3 余氯与加氯量的关系

如水中不含氨,则余氯和加氯量应呈线性关系,加氯量越大,余氯(游离性余氯)就越高。如水中含有氨,加入水中的氯与氨生成各种形式的氯胺,当投氯量进一步增大时,还可将氨氧化为氮气和硝酸盐。

氯与氨化学反应的结果,导致水中的游离余氯并非随加氯量的增加而呈线性增加。通过实际加氯和余氯测定试验,得到了图1所示的加氯量与水中余氯含量的关系曲线。

从图1可以看出,当水中氨氮浓度为3.06mg/L,

第一作者黄晓东,男,1965年11月出生,1999年毕业于清华大学,获市政工程博士学位,高级工程师。

有效氯投加量在 0~10mg/L 时,随着投氯量的提高,水中总余氯的含量基本上呈线性上升趋势,而游离性余氯增加较平缓、氨氮下降也比较平缓。加氯量在 6mg/L(有效氯)以上时,水中的游离余氯随加氯量增加而升高的幅度已很小。

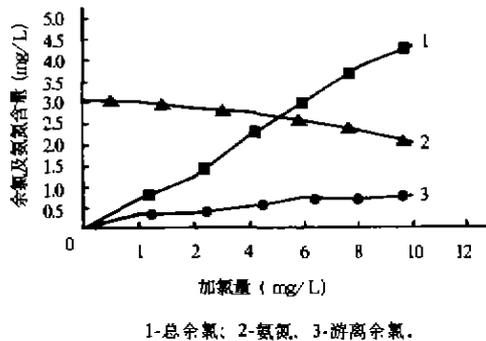


图1 加氯量对氨氮和余氯的影响  
Figure 1 Effect of chlorine addition on amount of NH<sub>3</sub> and residual chlorine

#### 4 控制水中消毒剂残余量的问题

据研究,即便游离余氯浓度小于 0.05mg/L,人仍可品味到氯的存在<sup>[3]</sup>。使用二氧化氯亦然。残余消毒剂引起的不良口感已成为比较突出的水质问题。为此,美国 1998 年 12 月颁布的第 1 阶段消毒/消毒副产物法规中,除了对总三卤甲烷、溴酸盐、亚硝酸盐等规定了最大允许浓度(MCLs)外,还规定<sup>[4]</sup>。采用液氯消毒,水中的游离余氯不得高于 4.0mg/L(相当于有效氯 2.0mg/L),采用氯胺消毒,总余氯不得高于 4.0mg/L(相当于有效氯 2.0mg/L),二氧化氯不得高于 0.8mg/L。我国明确规定出厂水游离性余氯不得小于 0.3mg/L,管网末梢水不得小于 0.05mg/L。德国、西班牙和葡萄牙等国对饮用水中余氯的控制不作下限要求。比利时、芬兰、法国、爱尔兰、卢森堡和瑞士等国推荐出厂水残余消毒剂不得高于某一限制值。有些国家与我国的情况相似,如奥地利规定余氯须在 0.3~0.5mg/L(见表 1)。总体上,欧盟有不少国家对出厂水或用户水中的余氯、臭氧和二氧化氯提出了上限控制法规或推荐目标值。依据的原则是,加氯本身并不是目的,关键是看水能否达到卫生学指标的要求。

随着公众对水质要求的不断提高,最理想的消毒应该是,在保证符合卫生学指标的前提下,消除或最大可能地减轻由氯引起的不良气味和口感问题,有效地降低消毒副产物的含量。有鉴于此,除了应满足饮用水国家标准中对余氯的下限要求外,应结合我国国情,适时推荐残余消毒剂如余氯、二氧化氯和臭氧的

上限控制值。

余氯仅是保证管网水达到卫生学指标,关键要看细菌总数和大肠菌群数等能否符合要求。深圳特区外的某家水厂以二氧化氯为消毒剂,卫生防疫部门用常规的余氯检测法抽检,出厂水余氯经常在 0.3mg/L 以下,但细菌总数和大肠菌群数完全符合要求,卫生防疫部门却按国家饮用水标准对余氯的要求,认为该厂出厂水不合格。因此,对采用二氧化氯等新型消毒剂的水厂,应借鉴国外经验和标准,尽快制定相应控制标准和标准分析方法。

表1 欧盟各国对消毒剂残余量的规定<sup>[5]</sup>  
Table 1 Regulations on residual disinfectants in EC countries (mg/L)

国家	消毒剂种类	出厂水	用户水
奥地利 <sup>1)</sup>	游离氯	0.3~0.5	<0.3
	臭氧	>0.1	<0.05
	二氧化氯	>0.05	<0.2
德国 <sup>1)</sup>	游离氯	NA <sup>3)</sup>	>0.1
	二氧化氯	NA <sup>3)</sup>	0.05~0.2
葡萄牙 <sup>1)</sup>	氯	NA <sup>3)</sup>	0.2
西班牙 <sup>1)</sup>	游离氯	NA <sup>3)</sup>	0.2~0.8(取决于pH)
	化合氯	NA <sup>3)</sup>	1.0~1.8(取决于pH)
比利时 <sup>2)</sup>	游离氯	0.2	NA <sup>3)</sup>
芬兰 <sup>2)</sup>	总氯	<1.0	NA <sup>3)</sup>
法国 <sup>2)</sup>	游离氯	0.1	NA <sup>3)</sup>
爱尔兰 <sup>2)</sup>	游离氯	0.2~0.5	NA <sup>3)</sup>
卢森堡 <sup>2)</sup>	游离氯	<0.25	NA <sup>3)</sup>
	游离氯	<0.1	NA <sup>3)</sup>
瑞士 <sup>2)</sup>	二氧化氯	<0.05	NA <sup>3)</sup>
	臭氧	<0.05	NA <sup>3)</sup>
	氯胺	<0.02	NA <sup>3)</sup>

1) 法规强制标准; 2) 推荐指标, 3) 没有规定。

#### 5 参考文献

- 张宏陶.生活饮用水标准检验方法方法注解.重庆:重庆大学出版社,1993.
- Rhoda G M Wang. Water contamination and health. New York: Marcel Dekker, Inc. 1994. 46~50.
- Dick Van der kooij et al. Maintaining quality without a disinfectant residual. J. AWWA, 1999, 91(1): 55~57
- Rhodes Trussell R. Safeguarding distribution system integrity. J. AWWA, 1999, 91(1): 52.
- Owen Hydes. European regulations on residual disinfection. J. AWWA, 1999, 91(1): 70~74.

责任编辑 陆文浩 (收到修改稿日期 2001-09-26)