

二氧化氯消毒技术在农村饮用水消毒中的应用探讨

岳银铃, 鄂学礼, 凌波, 张岚*

(中国疾病预防控制中心 环境与健康相关产品安全所, 北京 100050)

[摘要] 目的: 探讨二氧化氯消毒技术在农村饮用水消毒中应用的可行性和优势。方法: 分析目前我国农村地区主要使用的二氧化氯发生技术及其各自优缺点, 比较了二氧化氯消毒与常用消毒方式的成本。结果: 二氧化氯消毒技术在农村饮用水消毒中具有明显的优势, 使用过程中应根据实地需求选择合适的发生器类型, 严格控制操作条件, 降低消毒副产物。结论: 二氧化氯消毒技术具有明显的性价比优势, 采用合理的管理模式和应用正确适合的操作方法, 将在农村饮用水消毒中具有更广阔的应用前景。

[关键词] 二氧化氯; 农村饮用水消毒

[中图分类号] R187 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1004-8685(2010)04-0773-03

Discussion of rural drinking water disinfection using chlorine dioxide

YUE Yin-ling, E Xue-li, LING Bo, ZHANG Lan*

(Institute of Environmental Health and Related Product Safety, China Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China)

[Abstract] **Objective** To discuss the feasibility and advantages of chlorine dioxide disinfection for rural drinking water. **Methods** Analyzed the main used chlorine dioxide generating technology in China's rural areas and compared the cost of chlorine dioxide disinfection with other commonly used disinfection technology. **Results** Chlorine dioxide disinfection technology has obvious advantages in rural areas. It should be based on real needs to choose a suitable type of generator, and control conditions strictly to reduce the disinfection by-products. **Conclusion** Chlorine dioxide disinfection technology has significant cost advantages. If rational management model and correct methods were adopted, it will have a broader application prospects.

[Key words] Chlorine dioxide; Rural drinking water disinfection

近年来, 随着工业的快速发展, 饮用水源严重污染, 水质明显恶化, 饮用水安全已成为人们关注的重要问题。改革开放以来, 我国农村改水工作成绩斐然, 通过改水, 使千百万的老百姓喝上了洁净、安全的放心水。但我们在关注这些巨大成就的同时, 也必须看到我国仍有部分农村地区至今还未进行改水; 而且在部分已经完成改水的地区, 由于没有饮用水消毒设备或消毒设备落后, 加之部分有消毒设备的水厂因为资金不足或消毒观念不强等使得已购置的消毒设备长期处于停用, 或间歇使用的状态, 造成供水细菌指标不合格, 而经水传播的伤寒、痢疾以及腹泻等肠道传染性疾病一直以来都是我农村地区的高发疾病。

二氧化氯是一种氧化型消毒剂, 具有较强的病原体杀灭能力, 能够杀灭水中氯消毒效果较差的病毒和孢子等微生物, 使用时不易水解, 不与氨氮反应, 杀菌效果不受水中 pH 值影响, 能够有效去除水中的铁、锰、臭味和色度、藻类、酚类及硫化物等物质, 在饮用水消毒中产生的三卤甲烷要比氯化消毒低得多^[1], 因此二氧化氯被美国科学院饮水专业委员会评定为优先取代氯的消毒剂之一。我国和其他许多国家将其作为

常规饮水消毒剂。

1 二氧化氯发生器

由于二氧化氯不稳定, 易发生爆炸, 不易储存和运输, 因此二氧化氯一般采用现场发生制取。根据其制备原理, 可分为化学法和电解法, 目前饮用水消毒中应用最为普遍的是化学法^[2]。而根据反应原料的不同, 化学法又可分为亚氯酸钠法和氯酸盐法^[3]。

1.1 亚氯酸钠法

亚氯酸钠法是以亚氯酸钠为主要原料生产二氧化氯的方法, 主要有酸化法、氯化法、过硫酸盐($S_2O_8^{2-}$)氧化法、电化学法, 以及有机物或过渡金属(如 Fe^{3+})氧化法等, 其中以酸化法应用较多。主要化学反应方程式见表 1。

表 1 亚氯酸钠法制备二氧化氯主要反应方程式

方法	主要反应方程式
酸-亚氯酸钠	$4HCl + 5NaClO_2 \rightarrow 4ClO_2 \uparrow + 5NaCl + 2H_2O$ $2H_2SO_4 + 5NaClO_2 \rightarrow 4ClO_2 \uparrow + 2Na_2SO_4 + NaCl + 2H_2O$
氯气-亚氯酸钠	$Cl_2 + 2NaClO_2 \rightarrow 2ClO_2 \uparrow + 2NaCl$
液氯-亚氯酸钠	$Cl_2 + H_2O \rightarrow HOCl + HCl$ $HOC + HCl + 2NaClO_2 \rightarrow 2ClO_2 \uparrow + 2NaCl + H_2O$
过硫酸盐法	$2NaClO_2 + Na_2S_2O_8 \rightarrow 2ClO_2 \uparrow + 2Na_2SO_4$

[基金项目] “十一五”国家科技支撑计划重点项目(2006BAD01B05)
[作者简介] 岳银铃(1977-), 女, 主管技师, 主要从事饮水与健康研究。

* 通讯联系人, E-mail: z67672004@sina.com

亚氯酸钠法在发生技术、二氧化氯产率、纯度上有一系列的优点,但在发生成本方面,由于采用亚氯酸钠为主料,成本相对较高。因此亚氯酸钠法在发达国家普遍使用,而在国内,虽然发生二氧化氯的成本在一定程度上限制了其使用,但由于该法自身所具有的技术优越性,在国内也有一定的市场。

1.2 氯酸盐法

氯酸盐法主要是指氯酸盐在酸性条件下与不同还原剂反应制取二氧化氯的方法。因为氯酸钠价格便宜,在大规模生产中常被用作发生二氧化氯的主要原料。常用的还原剂有二氧化硫(SO_2)、氯离子(Cl^-)、甲醇(CH_3OH)和过氧化氢(H_2O_2)等,其中氯离子被认为是直接还原剂,其他则为间接还原剂。按照还原剂的不同,氯酸盐法主要分为5类,见表2^[14]。

表2 各种氯酸盐发生法

还原剂	制取方法
SO_2	马蒂逊法、 R_1 法、大曹法、佩尔松法
NaCl	R_2 法、 R_3 法、 R_7 法、SVP法
HCl	开斯汀法、 R_3H 法、开麦蒂法、 R_4 - R_6 法
CH_3OH	索尔维法、 R_8 法、 R_9 法、SVP-LIFE、SVP-SCW、SVP-GAP/S
H_2O_2	R_{10} 法、SVP-HP法、SVP-HPA法、SVP-GLS法
$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	蔗糖法
$\text{N}_2\text{H}_4\text{CO}$	尿素法

氯酸钠盐酸法是我国农村地区应用最为普遍的二氧化氯饮用水消毒技术。从二氧化氯发生器工艺看,以氯酸钠、盐酸为原料的复合二氧化氯发生器依靠水射器产生的负压将空气吸入反应室内,并将生成的二氧化氯和氯气气体从液相中移出。该工艺二氧化氯转化率低,同时反应温度要求高,在制备二氧化氯的同时还会有氯气的存在,具有产生卤代烃的可能性。此外,由于原料转化率低,如果处理不当,未反应完全的原料会进入供水系统,造成新的污染,危害健康。相关调查显示,2004年在广东地区部分采用复合二氧化氯发生器的水厂中出厂水亚氯酸盐含量检测均不超标,但70%的出厂水中亚氯酸盐含量超过《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006)规定的0.7mg/L的限制要求,表明二氧化氯溶液中含有大量未完全转化的氯酸盐。

而且在目前饮用水消毒市场上,由于氯酸钠盐酸法工艺、设备简单,入行的“门槛”较低,许多非专业人士面对巨大的市场诱惑,也介入到生产这类发生器的行业中,导致市场上质量低劣的发生器泛滥,对整个行业造成了极为恶劣的影响。

但氯酸钠盐酸法也具有其独特的农村饮用水消毒优势,氯酸钠盐酸法原料简单、易得、价廉,工艺的安全性也较好,设备简单,采用二元投料,操作简便,正负压运行均可,发生成本低,而且副产的氯气是由 Cl^- 转化而来,提供了额外的有效氯,在经济上也最为有利。废液中含酸、盐量低,可以转为民用产品得到综合利用。结合我国国情来看,氯酸钠盐酸法二氧化氯发生器,即复合型二氧化氯发生器在相当长一段时间内仍将是我国化学法二氧化氯发生器的主导类型之一。

我国目前大部分饮用水还是采用全氯气消毒,相比之下,

复合二氧化氯发生器的产气中至少含有50%的 CD_2 。对于一些没有条件采用氯气消毒的偏远地区的中小水厂,复合二氧化氯发生器是一个既经济又安全的选择,在一定程度上可以认为复合二氧化氯发生器填补了社会需求的一个空白。

另外,复合型二氧化氯发生器消毒中,由于 CD_2 中有氯气的存在,使得 CD_2 消毒有害副产物 CD_2^- 降低了10~20个百分点,这也是复合二氧化氯发生器的一个有利方面。

总体分析,可以认为以盐酸法为基础的复合型二氧化氯发生器在相当长一段时间内仍将是我国化学法二氧化氯发生器的主导类型之一,它本身存在的一些缺点,应当也有可能在今后的发展中不断改进,建议采取以下措施,以进一步提高原料转化率和稳定性:(1)尽量降低待消毒水的耗氧量和还原性物质,以减少亚氯酸盐的生成量;(2)确保原料(反应物)合理适当的浓度,以保证主反应的正常进行;(3)确保反应釜内合适的温度,以提高发生器的产气量;(4)确保足够的反应时间,采用多级串联反应釜为宜,以提高原料转化率;(5)采用二氧化氯气体与残液分离装置,以免反应物混入消毒剂中。其中在今后的饮用水消毒中,残液分离将是该类型发生器发展的一个趋势。

2 二氧化氯消毒技术成本在农村应用的可行性

二氧化氯的消毒成本取决于 CD_2 的制取成本及其投加量。投加量与水质有关,在水质一定的情况下,消毒成本主要由 CD_2 的制取成本决定。其中,氯酸钠法制取 CD_2 的成本主要包括原料费、电费、设备折旧费和维护费,净水成本(费用/水)约为0.6~1.2分^[5,6];亚氯酸钠法主要包括原料费、设备折旧费和维护费,净水成本(费用/吨水)约为2.5~3分^[7]。

二氧化氯消毒成本,尤其是氯酸钠法,与使用氯气消毒的成本相差不大,但二氧化氯的制取更加方便、安全,而且在消毒效果、消毒副产物控制等方面也优于氯气。紫外线消毒虽然设备简单,但总投资较高,而且消毒过程中存在细菌复活的问题,另外还有产生新菌种的生物风险;臭氧消毒设备价格贵,成本高,电耗高,无剩余消毒能力,仅适用于地下水水质优良、输配水距离短、在管网中停留时间短的单村供水消毒。因此二氧化氯消毒技术在农村饮用水消毒应用中具有较强的成本优势。

通过成本分析可以发现二氧化氯消毒成本中原料费、折旧费、维护费和电费分别占总成本的83.3%、10%、3.8%和1.6%,其中折旧费、电费和维护费三者之和只占15.4%^[5,6]。说明化学法二氧化氯设备的折旧费、维护费和能耗均处于较低水平,原料费是构成 CD_2 制取成本的主要成分,因此若要进一步降低二氧化氯的消毒成本,重点在于降低二氧化氯的制作成本,尤其是原料亚氯酸钠的生产应尽快形成批量化、规模化。

3 小结

消毒是饮用水安全的重要环节,直接影响着由于不洁饮用水导致的疾病患病率。在消毒观念较为薄弱的农村,应进一步加强农村饮用水消毒教育,减少介水传播疾病的发病率。

二氧化氯消毒技术用于饮用水消毒具有较高的性价比,随着人们对其特性认识的加深,其应用优势也越来越明显,在严格细致的管理下用于农村饮用水消毒具有可持续性。而且从

(下转第923页)

如何提高炭疽杆菌检出率

刘彩丽

(甘肃省临夏回族自治州疾病预防控制中心, 甘肃临夏 731100)

[关键词] 炭疽杆菌; 检出率

[中图分类号] R446.5

[文献标识码] C

[文章编号] 1004-8685(2010)04-0923-01

今年临夏州发生了两起皮肤炭疽疫情, 疫点分别在东乡县和临夏县。但检出率差别很大, 东乡县没有检出炭疽菌, 而在临夏县连续检出 3 例。在炭疽菌检测过程中, 得到了不少体会, 下面在如何提高炭疽杆菌的检出率的问题上总结一下:

1. 基层医疗机构应该及时报告就诊人员中发生的疑似炭疽疫情。报告时间越早检出率越高; 皮肤炭疽患者发病早期细菌在体内生长旺盛, 繁殖快, 所以发病 1 周内采样有意义, 超过 1 周后就很难检测到炭疽菌。

2. 做流行病学调查时一定要仔细、全面, 抓住要点, 不要漏掉 1 个患者, 着重记录是否使用过抗生素这 1 项。

3. 做好与基层医疗机构的协调工作, 基层医疗机构在采样人员来之前暂时不要采用抗生素治疗; 炭疽杆菌对抗生素比较敏感, 静脉注射抗生素超过 10 min 后对疽痂渗出物采样培养后, 镜检发现杆菌形态有变异, 而且后续证实实验一般症状不典型。静脉注射抗生素超过 1~2 h 后, 再采样培养, 一般很难检出炭疽杆菌。

4. 采样所用平板一定要用新鲜配制的, 存放时间太长的普通平板或血平板由于缺乏细菌所生长的环境和营养, 菌落生长稀少或不生长(易杂菌生长), 而且不典型。

5. 虽然炭疽监测方案^[1]要求采集样品数量, 采样人员应

该尽量多采患者疽痂或有关样品的平行样。尤其疽痂被污染的一定先用 5% 碘伏消毒, 渗出液最好用采血器抽取, 而渗出液涂片最好直接用玻片接触沾一下, 然后立即在酒精灯下固定; 渗出液少的用棉签采集渗出液, 先涂片, 后将棉签放入肉汤中进行培养。以上玻片编号一定要清楚。

6. 检验人员要多做平行样培养, 提高检出率。

7. 做分离培养时, 最好一样一平板, 在有培养基的底上标明样品编号, 以免样品混淆不清。

8. 挑取菌落前, 最好做标记, 挑取典型的较大的菌落。为了获取较大菌落, 可以延时培养, 或不定时间观察菌落生长情况。

9. 挑取菌落做镜检时, 多挑取菌落, 多做几个涂片, 挑取多处做标记。挑取典型菌落的一部分, 剩余的可做分离培养。

10. 做证实实验的菌落必须是分离转种培养的纯菌落。

11. 在采样箱放置样品时要注意安全包装, 尽量使用塑料容器, 防止样品泄露, 造成相互污染。

12. 记录一定要完整, 注意培养时间的记录。

总之, 做炭疽杆菌检测时, 每个环节都要按炭疽检验方案规范操作执行, 这样才能最大限度的提高炭疽杆菌的检出率。

[参考文献]

[1] 卫生部. 全国炭疽监测方案(试行). 2005 8.

(收稿日期: 2009-10-19)

(上接第 774 页)

长远来看, 随着对二氧化氯纯度要求的提高, 亚氯酸钠盐酸法二氧化氯发生器将以其使用操作简便, 原料转化率较高, 二氧化氯产量弹性大, 二氧化氯纯度高, 反应稳定等特点而拥有广阔的市场。氯酸钠盐酸法复合二氧化氯发生工艺的去氯化化也将会有一定的研究意义和发展空间。

[参考文献]

[1] 黄君礼. 新型水处理剂 - 二氧化氯技术及其应用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002 56-61.

[2] Hohnstrom UK, Sandgren L, Norell M, et al. Process for production of chlorine dioxide US 4, 678 654 1987.

[3] Norell M. Process for production of chlorine dioxide US 4, 770, 868 1988.

[4] 张金松. 饮用水二氧化氯净化技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 23-28.

[5] 白华, 宋涛. 二氧化氯及二氧化氯发生器在饮用水消毒中的应用 [J]. 中国科技信息, 2009 (8): 190.

[6] 徐贤英. 二氧化氯在饮用水消毒中的应用研究 [J]. 湖北师范学院学报, 2006 26(2): 9-13.

[7] 师俊杰, 陈亚鹏, 霍鹏. 高纯二氧化氯供水消毒系统的应用 [J]. 应用化工, 2008 37(5): 585-588.

(收稿日期: 2009-12-24)