

管道分质供水的二氧化氯消毒试验

摘要：介绍了管道分质供水在理化指标和生物指标方面的特点，并对 ClO_2 的消毒效能作了一些研究和探讨。试验研究表明， ClO_2 作为管道直接饮用水的消毒剂是可行的；在满足管道纯净水安全消毒的前提下， ClO_2 溶液投加量为 0.3 mg/L 时，口感反应可以接受率接近 90%。

关键词：分质供水 二氧化氯 消毒

国内对于纯净水的末端消毒，目前常采用的方法有：臭氧和紫外线消毒法。这两种消毒方法都具有消毒速度快、广谱杀灭细菌和微生物的优点，但又都存在持续消毒能力很弱(或基本无持续消毒能力)和水质易受到二次污染的缺点。因此，这两种消毒方法对于瓶装纯净水的生产是比较适宜的，而对于供水管网分布范围较广的生活小区内的管道分质供水系统，存在着水质可能遭受二次污染的不安全因素。

1 消毒剂选择

为了确保管道纯净水系统微生物指标的安全，在试验中引入了安全消毒概念，即在不引入或导致其他污染物——如消毒副产物(DBPs)等进入供水系统的前提下，采用具有持续杀菌能力的消毒剂。一般，管道纯净水净水站均设生活小区内，从运行安全性方面考虑，排除了采用氯气消毒方法。

2 持续消毒能力试验

据资料报道，几种常用于饮用水的消毒剂，根据消毒剂生物学杀灭能力、稳定性、持续能力和 THMs 生成势的高低，可排序如下：

- ① 按生物学杀灭能力排序： $\text{O}_3 > \text{ClO}_2 > \text{Cl}_2 > \text{NH}_2\text{Cl}$ ；
- ② 按消毒剂稳定性和持续能力排序： $\text{NH}_2\text{Cl} > \text{ClO}_2 > \text{Cl}_2 > \text{O}_3$ ；
- ③ 按 THMs 和总有机卤生成势的高低排序： $\text{O}_3 \approx \text{ClO}_2 < \text{NH}_2\text{Cl} < \text{Cl}_2$ 。

3 二氧化氯的性能

二氧化氯在常温下为带有浅绿色的黄色有毒气体，其味道比氯更大。遇电火花、阳光直射或加热至 60℃ 以上时，极易发生爆炸。二氧化氯易溶于水，在水中的溶解度：25℃ 时为 81.06 mg/L，40℃ 时为 51.4 mg/L。二氧化氯水溶液在暗处和 pH 中性下可稳定保存。

二氧化氯与微生物接触时，对细胞壁有很强的吸附与穿透能力，能有效地氧化细胞内含硫基的酶，使微生物蛋白质中的氨基酸氧化分解，导致氨基酸链断裂、蛋白质失去功能，致使微生物死亡。它的作用既不是蛋白质变性，也不是氯化作用，而是很强的氧化作用的结果。

二氧化氯在较广的 pH 范围内(6~10)杀菌性能保持不变，二氧化氯与水中杂质的反应速度比氯快。二氧化氯的强氧化性决定了它的高杀菌能力，二氧化氯能杀死细菌、芽孢、藻类，并能有效地消灭大肠杆菌、脊髓灰质炎病毒、军团病毒等。在投加量相同的情况下，ClO₂的消毒作用比 Cl₂大得多，而在出水中的残留浓度却较低。美国的饮用水标准中所列的 CT 准数(消毒剂浓度与接触时间的乘积)，在对地表水进行消毒处理以使 99.9%的梨形虫失去活性的过程中，当 pH=6~9 时，氯为 120~270，二氧化氯为 54，臭氧为 3。

4 二氧化氯持续消毒能力试验

表 1 为二氧化氯水溶液持续消毒能力的试验结果。

表 1 稳定性 ClO₂ 持续消毒能力试验结果

ClO ₂ 投量 (mg/L)	0 h	48 h	56 h	72 h	80 h	96 h	104 h
空白(嘉源成品水)	0	不可计数	不可计数	不可计数	不可计数	不可计数	不可计数
0.2	0	不可计数	不可计数	不可计数	不可计数	不可计数	不可计数
0.3	0	0	4	0	0	11	不可计数
0.4	0	0	4	0	0	10	0
0.5	0	0	0	1	0	9	0
1.0	0	0	0	0	0	0	0

注 表中数据除标注外，其余为细菌总数，单位为：个/mL。

从表 1 可以看到，当二氧化氯溶液的投加浓度为 0.3~0.5 mg/L 时，室温条件下敞口容器中的水样在静置 4 d(96 h)内，水样细菌总数指标满足企业标准：在 104 h 时，只有浓度为 0.3 mg/L 的水样细菌总数超标(不可计数)，其余的水样细菌总数试验结果均<10 个/mL，仍可达到企业生产标准。所以，可认为当二氧化氯投加浓度在 0.3~0.5 mg/L 时，暴露空气时间在 4 d 以内时，完全可以满足抑制水中细菌生长的要求。

通过上述试验结果和理论分析表明，二氧化氯消毒剂无论在稳定性和持续消毒能力上以及在不引入消毒副产物(DBPs)等方面，均能够满足预期的分质供水管网安全消毒要求，对于管道纯净水，ClO₂投量为 0。

3~0.5 mg/L 是有效可行的。由于二氧化氯具有很高的杀菌性和稳定性，低剂量的二氧化氯便可达到使用效果，而且抑菌作用时间很长，完全可以用于抑制配水管网中的生物活性，这一点对于长距离的配水系统使用二氧化氯是非常重要的。

5 消毒方式与口感关系的探讨

目前，还未见有关纯净水水质口感的研究报道，并且行业内也没有一个量化标准。为了能够比较客观地评价纯净水经过消毒剂处理后，对水质口感所产生的影响，特编制了抽样调查表(如表 2)。将不同水质的水样混在一起统一编号，为简化分析研究，将口感评价划分为三类档次，即口感好、口感一般和口感差三类。在人群样本选择上，采取了中、青年人群占主体，适当让一些少年儿童参加，以增加抽样调查结果的真实性。

表 2 各种水质口感调查结果

样品编号	样品来源	口感评价		
1	超滤水	a:口感好(33%)	b:口感一般(58%)	c:口感差(有异味)(9%)
2	超滤水+0.2 mg/L ClO ₂	a:口感好(33%)	b:口感一般(56%)	c:口感差(有异味)(11%)
3	超滤水+0.3 mg/L ClO ₂	a:口感好(24%)	b:口感一般(67%)	c:口感差(有异味)(9%)
4	超滤水+0.4 mg/L ClO ₂	a:口感好(29%)	b:口感一般(67%)	c:口感差(有异味)(4%)
5	超滤水+0.5 mg/L ClO ₂	a:口感好(29%)	b:口感一般(60%)	c:口感差(有异味)(11%)
6	市售瓶装水-A	a:口感好(46%)	b:口感一般(38%)	c:口感差(有异味)(16%)
7	市售瓶装水-B	a:口感好(40%)	b:口感一般(36%)	c:口感差(有异味)(24%)
8	市售瓶装水-C	a:口感好(37%)	b:口感一般(36%)	c:口感差(有异味)(27%)

注 ①超滤水：是指纯净水生产工艺中未加任何消毒剂时的出水；
②市售瓶装水：是深圳市内最常见的瓶装纯净水。

6 结语

① 理论分析和试验结果表明，二氧化氯无论在消毒剂稳定性和消毒持续能力以及在不引入消毒副产物(DBPs)等方面，均能满足安全消毒剂要求。

② 对于管道纯净水，ClO₂ 投量为 0.3~0.5 mg/L 是有效可行的。由于低剂量的二氧化氯便可达到使用效果，而且抑菌作用时间很长，完全可以用于管道纯净水配水管网的安全消毒。

③ 由于本试验是在静态条件下、并以稳定性二氧化氯为消毒剂得出的试验结果，在将本试验结果应



用于管道纯净水生产实践时，还需考虑如下几点影响因素：水力条件差异、微生物环境差异、消毒剂来源的差异等影响。

中国城镇水网
www.chinacitywater.org