

新型消毒剂水王子消毒粉用于饮用水消毒效果研究

庞维海 高乃云 徐飞飞 鲁文敏 黎雷

(同济大学环境科学与工程学院, 上海, 200092)

摘要: 以黄浦江原水为实验水样, 研究了新型消毒剂——水王子消毒粉对模拟常规处理出水的杀菌效果及持续能力, 并将此消毒粉与次氯酸钠消毒作比较, 评价其消毒副产物产量。结果表明, 原水经混凝、沉淀和过滤后, 当投加量为 0.5 mg/L 时, 水王子消毒粉可以杀灭水中 77% 的细菌, 使杀菌后细菌总数低于 50 CFU/mL; 在消毒副产物方面, 与次氯酸钠相比, 水王子消毒粉生成的三卤甲烷低于次氯酸钠。

关键词: 饮用水; 灭菌; 三卤甲烷; 消毒剂

0 前言

目前为止, 在公共给水系统中, 氯消毒为应用最广泛的消毒工艺, 氯消毒主要是通过次氯酸的氧化作用来杀灭细菌。然而, 氯在水中的作用是相当复杂的, 它不仅可以起氧化反应, 还可与水中天然存在的有机物起取代或加成反应而得到各种卤代物, 从而影响人体健康。

随着人们对饮用水水质要求的不断提高, 对氯气和氯的衍生物消毒的副作用及其危害程度也越来越重视, 如何控制饮用水中消毒副产物已经成为供水业面临的挑战之一。“水王子”牌消毒粉是一种高效氧化、消毒剂, 本文通过实验研究其消毒效果及消毒副产物产量。

1 实验方法与试剂

1.1 实验方法

以黄浦江原水作为实验用水, 经混凝、沉淀、过滤后, 取水样放于锥形瓶中, 分别加入不同浓度的消毒剂, 消毒时间 30min, 然后通过细菌培养、平皿计数的方法, 分析剩余细菌总数, 同时检测剩余水样中产生的三卤甲烷量。

1.2 主要试剂

- ①三卤甲烷标准物质, 由 Sigma-Aldrich 公司提供
- ②成都润兴药业公司水王子牌消毒粉
- ③次氯酸钠

1.3 主要设备

气相色谱: 岛津 (GC2010), 电子捕获检测器 (ECD), HP-5 毛细管色谱柱。

2 实验结果与讨论

2.1 水王子消毒粉的消毒效果

原水经混凝、沉淀后, 浑浊度为 6.81NTU, 以此作为消毒水样, 测得其中细菌总数为 1800CFU/mL。在此水样中投加不同浓度的“水王子”消毒粉, 消毒 30min 后, 剩余存活细菌数及去除率如图 1 所示。

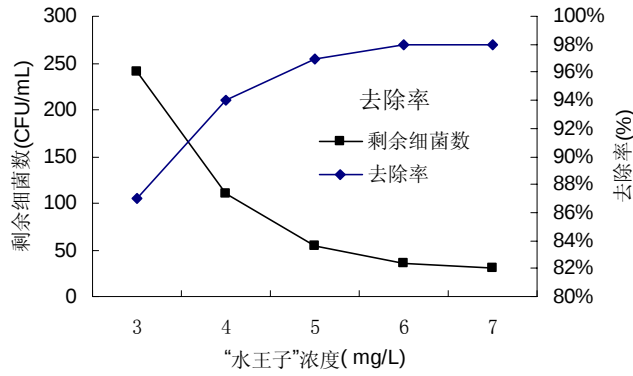


图 1 混凝、沉淀出水消毒效果

由图 1 可以看出，虽然经混凝、沉淀后水样的浑浊度比较高，但投加 3mg/L 就可以杀灭 87% 的细菌。并且在此投加浓度下，使水样的 UV_{254} 从由原来的 0.141 降至 0.126，因此消毒粉在杀灭细菌的同时，还使原水中的部分有机物得到氧化去除。把以上经混凝、沉淀后的水经 $0.45\mu\text{m}$ 膜过滤后，浑浊度为 0.4NTU，然后投加不同浓度的“水王子”消毒粉，消毒 30min 后，剩余存活细菌数及去除率如图 2 所示。

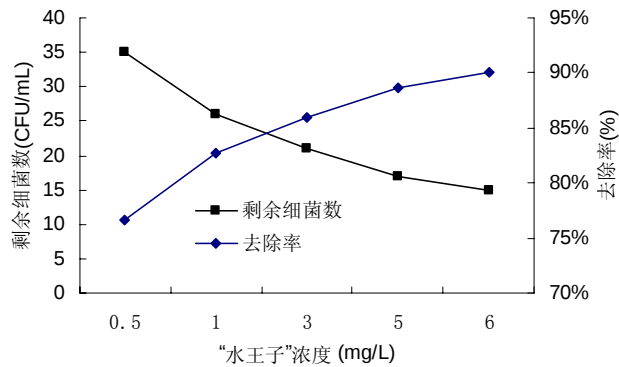


图 2 水王子消毒粉对混凝、沉淀和过滤出水的消毒效果

由图 2 可以看出，对于滤后水而言，投加 0.5mg/L 的“水王子”消毒粉，就可以杀灭水中 77% 的细菌，并且使剩余细菌总数降至 50CFU/mL 以下，满足《生活饮用水卫生标准 GB5749—2006》中 100CFU/mL 以下的要求。

2.2 抑菌效果测定

取 2 份水样，各加入水王子消毒粉、次氯酸钠，使其中细菌总数降至 80~90CFU/mL，然后静置 24h，检测其间细菌的恢复速率，结果如图 3 所示。

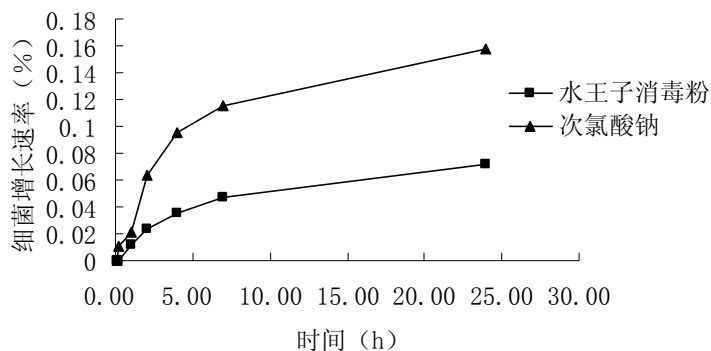
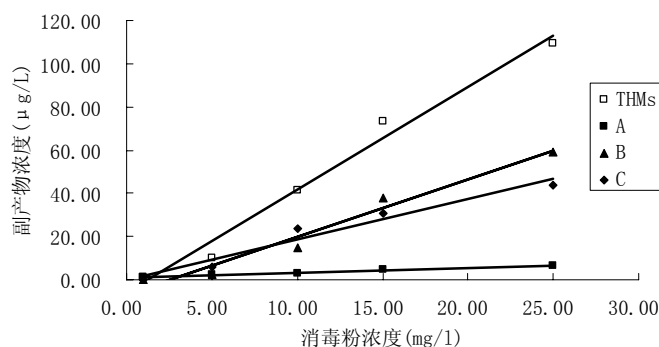


图3 水王子消毒粉和次氯酸钠对混凝、沉淀和过滤出水的消毒效果比较

由图3可以看出，在同等的灭菌条件下，投加水王子消毒粉水样中细菌增长速率明显低于投加次氯酸钠的增长速率，因此水王子消毒粉比次氯酸钠消毒的持久性更好。

2.3 消毒粉副产物测定

氯化消毒剂易与原水中的自然有机质（NOM）产生消毒副产物（DBPs），三卤甲烷（THMs）是氯化消毒剂的主要消毒副产物之一^[2]，以黄浦江原水为实验水样，在其中投加不同浓度的水王子消毒粉，然后分析三卤甲烷的生成量，结果如图4所示。



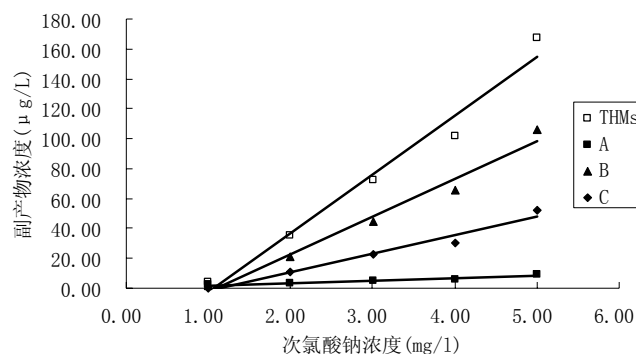
A—三氯甲烷，B—一溴二氯甲烷，C—二溴一氯甲烷，THMs—三卤甲烷总量

图4 不同浓度水王子消毒粉产生的副产物

表1 水王子消毒粉浓度与三卤甲烷产量关系式

	浓度与三卤甲烷产量关系式	
三卤甲烷总量	$y = 4.7595x - 6.1883$	$R^2 = 0.9827$
三氯甲烷	$y = 2.6753x - 7.0532$	$R^2 = 0.9676$
一溴二氯甲烷	$y = 1.8702x - 0.1057$	$R^2 = 0.956$
二溴一氯甲烷	$y = 0.2139x + 0.9698$	$R^2 = 0.9864$

由图4可以看出，三卤甲烷的生成量与“水王子”消毒粉的投加量基本成线性相关，水王子消毒粉浓度与三卤甲烷产量关系式如表1所示。虽然三卤甲烷会随着消毒粉投加量的增加，但生成量很低，即使是投加量达到25mg/L，其三卤甲烷仍然不超过《生活饮用水卫生标准 GB5749-2006》中的要求。



注：次氯酸钠以有效氯计

图 5 不同浓度次氯酸钠产生的三卤甲烷

表 2 不同浓度次氯酸钠产生的三卤甲烷关系式

	浓度与三卤甲烷产量关系式
三卤甲烷总量	$y = 39.224x - 41.468 \quad R^2 = 0.9736$
三氯甲烷	$y = 25.23x - 27.888 \quad R^2 = 0.9766$
一溴二氯甲烷	$y = 12.341x - 13.813 \quad R^2 = 0.9695$
二溴一氯甲烷	$y = 1.653x + 0.233 \quad R^2 = 0.9332$

为了比较“水王子”消毒粉与其它氯化消毒中三卤甲烷的生成量，取相同的水样，在其中加入不同浓度的次氯酸钠，测定其中三卤甲烷的生成量。由图 5 可以看出，三卤甲烷的生成与次氯酸钠的投加量同样呈线性相关，但与“水王子”消毒粉相比，无论是绝对生成量还是随着浓度的增长速率，都比“水王子”消毒粉大。

3 结论

- (1) “水王子”消毒粉具有非常优越的灭菌性能及非氯氧化能力，对于黄浦江原水而言，在滤后水浑浊度 0.5NTU、 $UV_{254} = 0.141$ 的情况下，投加“水王子”消毒粉 0.5mg/L 就能达到《生活饮用水卫生标准 GB5749-2006》中的灭菌效果。
- (2) 与采用次氯酸钠消毒相比，“水王子”消毒粉具有更强的抑制细菌再生的能力。
- (3) 与采用氯化消毒相比，“水王子”消毒粉在消毒过程中三卤甲烷的生成量要低，因此更适合于饮用水消毒。

参考文献：

- [1] 曲显恩. 含氯消毒剂的性能与应用[J], 中国氯碱, 2005,1: 19-23.
- [2] 陈萍萍, 张建英, 金坚袁. 饮用水中卤乙酸和三卤甲烷的形成及影响因素研究[J], 环境化学, 2005,4 (24) : 435-437.