文章编号:1000-8020(2005)04-0489-02　　·方法与技术·

# 城市污水回用作为景观用水的安全性评价

鄂学礼　凌波　孙凤英　张淑珍　郭润霞　徐永香　高世荣
孙宗科　李淑敏　谷丽华　王桂芳　唐志刚　樊荣涛
中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所,北京　100021

**摘要**:**目的**　研究与探讨二沉池、微滤和反渗透处理的城市污水再生回用作为景观娱乐(喷泉)用水的安全性。**方法**　采用模拟喷洒方式,现场采集周边空气样品,检验水景周边空气中的恶臭、氨、硫化物、细菌总数和挥发性有机物等指标,并对检验结果进行安全性评价。**结果**　二沉池出水、微滤出水和反渗透出水形成的气溶胶中恶臭、氨、硫化氢、挥发性有机物和细菌总数含量依次减弱。**结论**　城市污水回用用作水景用水必须经深度处理方可降低接触曝露的风险。

**关键词**:城市污水回用　景观娱乐用水　水质安全性研究
**中图分类号**:X52　X799.3　　**文献标识码**:A

由于水资源匮乏水量分布不均,中国北方地区严重缺水,特别是城市用水尤显紧张。城市污水经深度处理后再次利用是重复利用水资源的有效方法,是节约用水的重要措施之一。世界上许多国家致力于以污水为原料生产再生水研究,把城市污水开辟为一种新的水源。

污水再生后可根据用途分为工业用冷却水,市政和生活杂用水,如冲厕、绿化、洗车、扫除等,和景观用水,如对市内湖水的补充、园林、人造水景景观娱乐(喷泉)用水等。由于用途不同,选择的评价指标与方法不同。本文对中国北方某大城市污水再生回用作为景观用水的喷洒过程中空气的安全性进行了初步研究与探讨。

## 1　试验与材料

### 1.1　水处理工艺[1]

城市污水处理及深度处理工艺流程见图 1～3。

图 1　城市污水二沉池出水处理工艺

图 2　城市污水微滤深度处理工艺

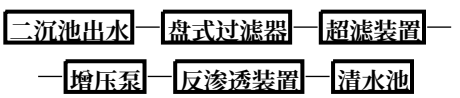


图 3　城市污水反渗透深度处理工艺

### 1.2　样品检验方法

空气中挥发性有机物:现场采样,吸附管送至实验室进行 GC/MS 测试。

恶臭:现场采集三袋气,按三点比较式臭袋法(GB/T14675-93)测定恶臭。

空气中细菌总数:采用电动空气细菌采集器采集样品。按《公共场所卫生标准》规定的方法进行检验。

空气中氨:氨被吸收在稀硫酸溶液中,按《纳氏试剂比色法》(GB/T14668-1993)进行检验。

空气中硫化氢:硫化氢被氢氧化镉—聚乙烯醇磷酸铵溶液吸收,按《居住区内大气中硫化氢卫生检验标准方法 亚甲兰分光光度法》(GB/ T11742-1989)进行检验。

### 1.3　样品采集

试验现场:小红门污水处理厂工地,远离道路、锅炉房及居民区大气污染源。

样品采集时间:2003 年 10 月 16 日上午 9～11:30。

样品类型:二沉池出水、二沉池出水再经微滤深度处理后的出水(微滤出水)、二沉池出水再经反渗透深度处理后的出水(反渗透出水)。

喷洒工具:分别由 10 吨洒水车模拟水景喷泉。

采样点:距离水景模型 10 米,采样高度距地平面 1.5 米。

现场气候条件见表 1。

表 1　采样期间的气象条件

| 太阳高度角(度) | 云量 | 辐射等级 | 风速(m/s) | 大气稳定度 | 温度(℃) | 相对湿度(%) | 风向角(度) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 51.9 | <4/<4 | +2 | 1 | A-B | 15 | 37 | NW40° |

## 2　结果与讨论

作为景观用水,特别是人造喷泉用水,水被喷到空中,水中的污染物随气溶胶漂浮于空气之中,因此气溶胶是人体暴露环境污染物的主要途径之一。

### 2.1　恶臭

恶臭是指一切刺激嗅觉器官引起人们不愉快及损害生活环境的气体物质。臭味污染是感觉公害,对人的感觉器官有刺激性,影响人们的生理和心理健康,其评价标准是人的感官反应,流行病学调查具有重要意义。以嗅觉气味存在的感觉阈值和能够定出气味特性的识别阈值两种。本指标按标准规定使用的是感觉阈值。我国尚无居住区臭味容许浓度标准,现参照国际标准,建议在 5～10 OLF/$m^3$ 之间选取,低于 5 OLF/$m^3$ 则表明无感觉阈值[1]。

作者简介:鄂学礼,男,研究员

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

根据测试结果,喷洒二沉池出水形成的气溶胶,散发的臭其强度为反渗透出水气溶胶的2倍,微滤出水散发的臭气强度介于二者之间。表明三种水在喷洒时,反渗透出水无感觉气味,微滤出水略带气味,而二沉池出水则具明显气味。

### 2.2 氨和硫化氢

空气中氨和硫化氢可能是致臭物质。由表2可见,喷洒二沉池出水、微滤出水和反渗透出水各自形成的气溶胶中,未见硫化氢检出。由于氨比空气轻,大气中通常检不出氨。本次试验表明,三种水喷洒过程中均检出氨,其含量依次减少,二沉池出水形成的气溶胶中氨的浓度为0.162 mg/m$^3$,(室内空气质量标准为0.2 mg/m$^3$),是微滤的2倍,为反渗透的3倍,反渗透的检出浓度接近方法的检出限(0.05mg/m$^3$),结果说明氨是生活污水的一种致臭物质,出水水质越好,气溶胶中的氨越少,对周边空气质量影响越小。

表2 气溶胶中 $H_2S$ 和 $NH_3$ mg/m$^3$

| 样品 | 反渗透出水气溶胶 | 微滤出水气溶胶 | 二沉池出水气溶胶 |
|---|---|---|---|
| $NH_3$ | 0.058 | 0.082 | 0.162 |
| $H_2S$ | < 0.004 | < 0.004 | < 0.004 |

### 2.3 细菌总数

根据检验结果(见表3),试验现场空气本底细菌总数为700 cfu/m$^3$,与公园绿化地带上空气溶胶中细菌总数通常小于500 cfu/m$^3$相比较略高。空气中喷洒二沉池出水、微滤出水和反渗透出水各自形成的气溶胶中细菌总数高于本底值,但增高不甚明显。

### 2.4 挥发性有机物(VOCs)

空气中的挥发性有机物可通过呼吸道、皮肤吸收进入人体内。许多地区污水中挥发性有机物(VOCs)含量较高,有些化合物具有致癌毒性。一些挥发性有机物在室内空气中的质量浓度高于室外。

表3 气溶胶中细菌总数

| 样品 | 采样量(L) | 菌落数(cfu) | 细菌总数(cfu/m$^3$) |
|---|---|---|---|
| 本底 | 200 | 150 | $0.7\times10^3$ |
| 反渗透出水气溶胶 | 200 | 202 | $1.0\times10^3$ |
| 微滤出水气溶胶 | 200 | 197 | $1.0\times10^3$ |
| 二沉池出水气溶胶 | 200 | 213 | $1.1\times10^3$ |

由表4可见,喷洒二沉池出水、微滤出水和反渗透出水各自形成的气溶胶中均检出苯、甲苯、二甲苯、乙苯、苯酚等挥发性有机物,其浓度依次减少,表明出水水质越好,气溶胶中的挥发性有机物越少,对周边空气质量影响越小。

表4 气溶胶中挥发性有机物浓度 mg/m$^3$

| 样品 | 反渗透出水气溶胶 | 微滤出水气溶胶 | 二沉池出水气溶胶 |
|---|---|---|---|
| 苯 | 0.02 | 0.02 | 0.04 |
| 甲苯 | 0.71 | 0.98 | 1.60 |
| 二甲苯 | 0.50 | 0.85 | 2.82 |
| 乙酰苯 | 0.01 | - | |
| 苯酚 | 0.44 | 0.84 | 3.69 |
| 壬醛 | 0.01 | - | |
| 葵醛 | 0.01 | - | |
| 己醛 | - | 0.04 | |
| 乙苯 | - | 0.35 | 0.57 |

## 3 结论

城市污水回用可有多种用途,如工业用水(冷却水)、市政和生活杂用水(冲厕、绿化、洗车、扫除)等,这些水可直接按相应的"水质"标准进行安全性评价,如市政和生活杂用水水质标准、中水标准等。而作为景观娱乐用水的人造喷泉用水则有不同,其通过喷洒,使水中的污染物随气溶胶漂浮于空气之中,可直接与人体接触,目前尚无标准对其进行评价。因此对其进行了现场模拟试验,选择了相关指标进行了研究与探讨。

试验结果表明,水景周边空气受到喷泉用水水质的影响。城市污水回用用于水景用水必须经深度处理,二沉池出水不宜直接用于水景用水。经微滤或反渗透深度处理的回用水可作为水景用水,特别是经反渗透处理的回用水用于景观娱乐用水时,水景周边的空气中恶臭、氨、细菌和挥发性有机污染物等均可得到有效控制,其接触曝露风险较低。

## 4 参考文献

1 郑兴灿,张悦. 城市污水处理工艺的主要类型. 中国水业,2002,(10):38-40

(2004-09-18 收稿)


## 本刊对表格和插图的要求

凡用文字能表达的内容,尽量不用表和图。同一数据不宜用图和表重复表达,也不宜在文中重复描述。表和图的表达应科学、明确、简捷,具有自明性。图题、表题均应有中英文对照;图、表内容可以用中文表示,也可完全用英文表示,但不宜中英文混杂。本刊采用三横线表(顶线、表头线和底线),表格请用白纸写清,附于相应的正文段落之后。表格按在文中出现的先后顺序,用阿拉伯数字连续编号。每个表均应冠以简明的表题。说明性资料放在表注内,表中使用的全部非标准缩写应在表注中说明。表中的参数应标明量和单位符号,若所有栏或大部分栏的单位相同,可将该单位标注在表的右上角,表中的术语、符号、单位等应与图及文字表达所用的一致;表内数字一律用阿拉伯数字,同类数据小数点后的取舍位数要一致,数字为零的例数或百分数均写"0",未取得数据者以"-"表示,未做者则空白之,并在需要时于表下分别注明,如 $t$ 值等。插图按在正文中出现的顺序连续编号,计算机作图并提供激光打印图样,以宽×高=7.5cm×4cm大小为宜,线条应光滑、均匀,图中文字符号、单位、数字用6宋。摄影照片图像应清晰,对比要鲜明。在图的背面注明图号、作者姓名及图的上下方向。线条图请附上作图数据以便计算机作图。

《卫生研究》编辑部


© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net