

# 污水消毒方法展望

魏新庆

(天津市政工程设计研究院 给排水一所, 天津 300051)

**摘要:** 污水消毒越来越受到有关部门的重视, 本文通过对几种消毒方法的对比, 主要从安全性、广谱性、经济性、持续性等几个方面来分析, 指出在今后选择污水消毒方法时, 要打破单一消毒方法的局限, 应该从传统的单一消毒方法向联合消毒方法转变。作者提出了几种联合消毒设想。

**关键词:** 污水消毒; 安全; 广谱性; 持续性; 联合消毒

## 1 前言

水中微生物安全性是与人民健康休戚相关的问题, 其中的致病菌可能引起多种水致疾病, 如贾第虫病、隐孢子虫病、肝炎、脊髓灰质炎、细菌性痢疾等等, 一旦发作, 便会引起某个地区爆发性流行, 涉及人数多, 影响大。

消毒环节就是为了降低微生物风险而设的, 其含义为: 清除或杀灭病原微生物及其它有害微生物, 使其达到无害的程度。

## 2 消毒方法

目前应用在污水中的消毒方法可分为两大类, 即化学消毒法和物理消毒法。化学消毒法有液氯、二氧化氯、臭氧等; 物理消毒法有紫外线消毒等。

### 2.1 液氯消毒

氯用于消毒已有近百年的历史。液氯消毒具有余氯的持续消毒作用, 试剂价格较低, 操作简便, 不需庞大的设备等优点使它一段时间以来一直作为污水消毒方法的首选。

但是氯气本身有毒, 使用时必须注意安全, 防止泄漏。污水中氯与有机物结合导致了三卤甲烷及高浓度氯仿的形成。这种含氯副产物是危害人类的致癌物质。含有机氯的产物对接受水体产生二次污染, 同时会对水中生物产生负面影响。液氯消毒产生卤仿的问题已引起国内外学者的强烈关注。

液氯消毒会增加二级出水的溶解固体(TDS)和氯化物浓度, 从而影响出水 pH 值; 对原生动物的灭活相对无效(如贾第鞭毛虫、隐孢子虫); 通常可以灭活大肠杆菌的常规剂量, 对很多致病病毒、孢子、卵囊无效; 储气地点有气体泄漏的风险; 占地面积大, 由于反应较慢, 接触时间较长; 需要较大的储存空间, 占地面积大。

液氯有效灭活细菌的条件: pH 值为 6.5 ~ 8.5。

### 2.2 二氧化氯消毒

二氧化氯的消毒机理主要是氧化作用, 能较好地杀灭细菌、病毒, 且不会对动植物产生损伤, 杀菌作用持续时间长, 受 pH 影响小, 可除臭、去色。其缺点是产生亚氯酸根离子( $\text{ClO}_2^-$ ), 二氧化氯本身也有害, 且不能贮存, 需现场制备。

其消毒原理为: 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巯基的酶, 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。

这种消毒方法具有较好的广谱消毒效果, 其杀菌效率与臭氧相当, 远高于氯气。但脂肪族、芳

香族碳氢化合物和有机氯农药在常规水处理条件下与二氧化氯几乎不发生反应。

二氧化氯发生方法主要有化学法和电解法，其中化学法技术较为成熟，目前我国处理厂采用二氧化氯进行消毒的均为化学法。应用较多的是采用次氯酸钠和盐酸作为原料，原理是次氯酸钠在酸性环境中发生自身氧化还原反应而成。这就需要在处理厂运行时，在现场要储备大量的次氯酸钠和盐酸，而次氯酸钠和盐酸都是强腐蚀化学试剂，对操作人员存在着相当的危险。

二氧化氯有效灭活细菌的条件： $\text{pH}$  值 3~9。

### 2.3 臭氧消毒

臭氧的消毒机理包括直接氧化和产生自由基的间接氧化，与氯和二氧化氯一样，通过氧化破坏微生物的结构，达到消毒的目的，其优点是杀菌效果好，用量少，作用快，能同时控制水中铁、锰、色、味、嗅。

因为臭氧不够稳定，容易自行分解，半衰期短（约为 20 min），应就地生产使用；消毒设备复杂，对操作人员的技术水平要求高；投资大，电耗高；当水质水量变化时，调节投加量困难；在水中的溶解度低，尾气处理不当会造成空气污染。所以，以我国现有情况看，在污水处理厂中大量使用臭氧消毒的可行性不高。当臭氧浓度大于 0.01 mg/L 时，可闻到刺激性气味，长期接触影响肺部功能。

臭氧没有持续消毒的作用。

有效灭活细菌的条件： $\text{pH} \geq 7$ 。

上述三种消毒方法形成的消毒副产物的主要种类如表 1 所示：

表 1 三种消毒方法产生的消毒副产物

消毒剂	消毒副产物的主要种类
氯	氯仿、卤乙酸、卤化腈
二氧化氯	亚氯酸盐、氯酸盐、有机性副产物
臭氧	溴酸盐、醛类物质、酮类物质、羧酸、二溴丙酮腈

### 2.4 紫外线消毒

紫外线消毒法则具有不投加化学药剂、不增加水的嗅和味、不产生有毒有害的副产物、消毒速度快、效率高、设备操作简单、便于运行管理和实现自动化等优点，近几年来在我国逐渐得到广泛的应用。水消毒主要采用的是 C 波段紫外线。

消毒机理：利用波长 254 nm 及其附近波长区域的紫外线对微生物的遗传物质核酸（RNA 或 DNA）破坏而使细菌灭活。由于紫外线具有对隐孢子虫的高效杀灭作用和不产生副产物等特点，这种紫外线损伤也是致死性损伤。

紫外线消毒法不会产生消毒副产物，不会造成二次污染问题。紫外消毒对细菌、病毒、原生动物都有效，即有其广谱性，紫外线对病原体进行消毒不受水温、 $\text{pH}$  值的影响。

能够影响紫外消毒的因素有：紫外光的穿透率（UVT）、总悬浮物（TSS）、固体颗粒尺寸（PSD）。

## 3 联合消毒方案

通过上述几种常用的消毒方法的对比，我们可以看出：

具有持续消毒的方法有：液氯、二氧化氯；

具有广谱性的方法：紫外线、二氧化氯、臭氧；

具有不产生有毒副产物的方法有：紫外消毒法；

在操作中存在危险的方法有：液氯、二氧化氯、臭氧。

---

我们在工程设计中选择消毒方法时，既要考虑所选择的消毒剂要具有灭活水中微生物的广谱性、尽量减少有毒副产物，又要考虑其安全，同时应该适当考虑其消毒的持续性。根据处理后出水的不同用途，采用与之相适应的消毒方法，达到安全、合理、环保、经济、有效的水消毒技术。我们应该从传统的、单一的消毒工艺向联合消毒工艺发展，各工艺取长补短，联合应用，从而达到最佳效果。

如：紫外线+二氧化氯方案。利用紫外消毒的无毒副产物、广谱性、操作安全来作为主消毒方法，对污水中的微生物进行灭活；后利用二氧化氯消毒的持续性，进行精加工，这里就有一个二者投加剂量的选择问题了。

同理可有：紫外线+液氯方案、臭氧+二氧化氯等等组合。那么具体选择何种组合，应根据不同的污水处理工艺、不同的处理出水用途来具体考虑。

#### **4 结束语**

2002年11月，某些国家及地区爆发了非典型性肺炎，这一疫情的元凶—冠状病毒的广泛传播和顽强存活的能力，使人们意识到消毒的重要性，尤其是污水处理厂的尾水消毒，成为防止疫情扩散的重要防线。

这次事件告诉我们，选择消毒方法时，不仅要从经济上考虑，而且也要兼顾一次杀菌的广谱性、以及后续杀菌的持续性。从工程设计角度来说，要对污水的卫生学指标重视起来。如何更有效、更安全、更经济的选择灭活污水中的细菌、病毒的方法将是一个应该更加深入研究的课题。

笔者只是粗浅的谈一点想法，不妥之处欢迎指正。