（八）电镀涂装工厂废水

图 14-25 所示是处理电镀涂装工厂废水的事例。

①流程：原水→旋转圆板→电絮凝上浮→砂过滤→过氧化氢与臭氧并用

②处理水量：100m³/天

③臭氧注入量：200mg/l

④过氧化氢注入量：30~40mg/l

⑤臭氧吸收效率：90%

该设备乃工厂新开时，为对应排放水标准中COD 20mg/l以下的新增规定，事先建好试验设备，对最终处理在过氧化氢加臭氧处理、臭氧处理及活性炭处理等进行比较研讨，并在研讨建设费、维护费、可靠性的基础上，最终选择最适合的过氧化氢加臭氧处理法。其处理效果达到COD约为 10mg/l，远低于COD 20mg/l的标准值。

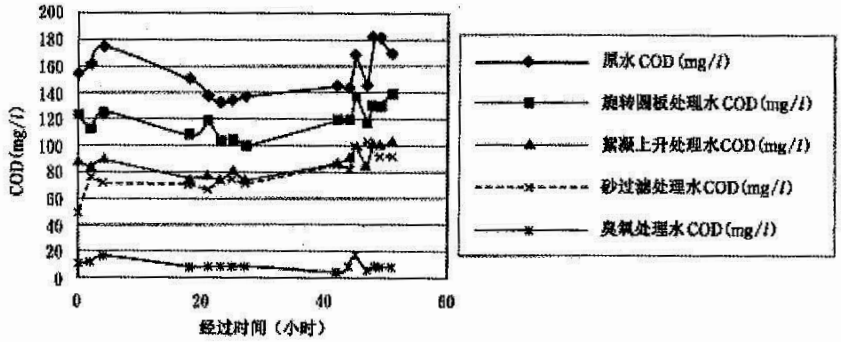

图 14-25 电镀涂装工厂废水进行臭氧处理的效果

14.4 泳池的臭氧处理技术

14.4.1 概要

对泳池的卫生情况历来均很重视，并一直以氯消毒管理为主，随着游泳者的增加，对泳池水质的关注度也提高了，希望更舒适且安全，即希望①清洁感好，②透明度高，③对眼睛刺激小，④无氯臭。为实现如此舒适的池水，在以往循环过滤系统的基础上加装臭氧净化设备的泳池增多了。

最近指出，三卤甲烷等相关氯消毒的副产物会影响健康，于是，1993 年 12 月对自来水标准进行大幅修改，2001 年 7 月在泳池卫生标准中，又新加入了总三卤甲烷的暂定目标值。考虑到池水并非以饮用为目的等，总三卤甲烷值定为自来水标准的 2 倍（总三卤甲烷 0.2mg/l 以下）作为暂定目标。

日本国民对增进健康的关注度很高，尤其游泳属全身运动，因此，从婴幼儿，孕妇到老

年人，都投入泳池中。为此越加关心其水质。今后，作为深度处理引进臭氧处理系统将不可或缺，期待能保持更舒适且安全水质的泳池越来越多。

本章中将叙述臭氧对池水的净化效果，同时，对泳池水中总三卤甲烷及使之减少的高级氧化处理技术予以说明。

14.4.2 臭氧对泳池的净化效果

（一）泳池的净化系统

泳池中的污染物质主要是由泳者带来的，如皮肤、毛发等碎屑，汗、鼻涕、唾液、皮垢、尿等分泌物和排泄物，化妆品、发油等油脂类，及其所含细菌、病毒类等。表 14-7 为这类污染物质的净化处理方法。由毛发收集器、过滤以去除悬浮性固状污染物质，用氯消毒剂进行卫生管理。但这种方法几乎无法去除溶解性及胶性污染物质而使之残留，只能大量补给水进行稀释。

表 14-7 历来泳池的净化方法与目的

净化方法	净化目的
毛发收集器	去除较大的垃圾
过滤装置	主净化（除浊）
消毒剂	卫生管理（杀菌）
絮凝剂	辅助过滤（提高过滤能力）
pH调整剂	辅助过滤、卫生管理（将pH调整至絮凝效果、杀菌效果最佳点）
补给水	稀释溶解性污染物质

臭氧处理能分解溶解性污染物质，降低高锰酸钾的消耗量（以下为 $KMnO_4$），并具有絮凝胶性物质的效果，因而能提高水的透明度。在卫生管理方面，其强力的杀菌效果更可期待。因此，正引进臭氧处理作为深度处理技术。

臭氧处理的流程如图 14-26 所示，将循环水部分（5%～10%）分出并注入 2～3g/m^3 的臭氧进行处理。一般是将臭氧处理水返回到过滤装置的上游侧。

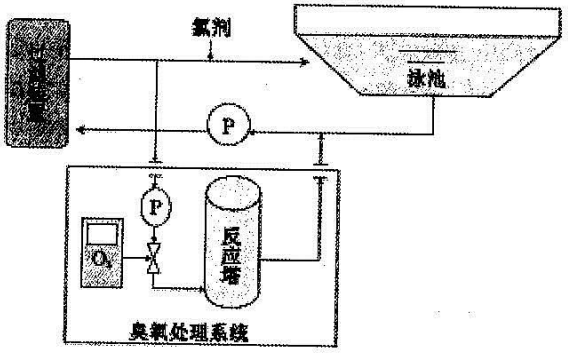

图 14-26 泳池用臭氧处理系统流程

(二)臭氧的净化效果

臭氧以其强力的氧化作用，确认在泳池中有表 14-8 所示的主要 4 种净化效果。

表 14-8 泳池的臭氧净化效果

臭氧净化效果
①提高杀菌效果
②提高脱色效果以及水的透明度
③氧化分解有机污染物（降低$KMnO_4$的消耗量）
④减少氯化合物

(1)提高杀菌效果

臭氧是强氧化剂，即使微量也有一种独特的气味，且残留性小，并不适用于泳池主体的杀菌。但臭氧有相当氯剂 10 倍以上的杀菌能力，因此，可为循环水进行强力杀菌。

而且臭氧处理使池水得到净化，有机氮化合物被分解降减，进而化合氯也被分解降减，从而可便于对游离残留氯的管理，仅用少量氯剂即可维持其杀菌力。

(2)脱色、提高透明度

水池显色、透明度降低主要是由腐殖质或人的污染物质等高分子有机物以及胶性物质所造成。臭氧可分解这些物质，并使其低分子化，从而可使池水脱色。另外，这些物质的极性会增强，絮凝效果提升，会在接下来的过滤装置中被去除，从而提高透明度。

此外，臭氧可将附着在滤材表面、降低过滤性能的高粘性污染物质分解，也有提高其过滤能力的效果。

(3)氧化分解有机污染物（降低$KMnO_4$的消耗量）

相比常规用于净水处理的次氯酸，臭氧的氧化能力要高很多（氧化还原电位约是它的 2 倍），作为强力氧化剂，能氧化分解被处理水中的有机污染物。为此可减少常规净水处理中用作氧化剂的高锰酸钾（$KMnO_4$）消耗量。

(4)减少氯化合物（化合氯（氯胺）、有机氯化合物的分解）

泳池中使用氯剂会产生多种氯化合物。特别是会与氨等氮化合物反应生成化合氯（氯胺），还会与污染有机物反应生成三卤甲烷等有机氯化合物而成了严峻的问题。臭氧可分解并降减这些生成物质的氮源以及有机物，从而抑制化合氯及有机氯化合物的生成量。且生成的化合氯也可由臭氧分解掉。

14.4.3 池水中的三卤甲烷

近年来，氯消毒的副产物三卤甲烷等作为影响健康物质而受关注，世上最完善的德国的 DIN（德国工业标准）规格标准中已规定，三氯甲烷浓度须低于 0.02mg/l（20μg/l），为日

本暂定目标值的十分之一。

日本的“2000年度社团法人日本泳池舒适性设施协会扶助金研究”、“1989年第36卷日本公共卫生志第2号神奈川卫生研究所长谷川等调查”等对泳池内的三卤甲烷等有机氯化合物进行了调查。其结果汇总如表14-9与表14-10所示。以DIN规格对照，半数以上的泳池都不合格。由于是调查，采样时间多为白天，而室内泳池的游泳者大部分集中在傍晚至晚上，所以推测夜间的数值应更高。

因此，希望引入能分解降减三卤甲烷的处理系统，而应用臭氧的高级氧化处理法（AOP）等受到了关注。

表14-9 泳池中三卤甲烷等有机氯化合物（1）

项　　目	浓　度
高锰酸钾消耗量（$KMnO_4$）[mg/l]	0.79～1.76
总三卤甲烷（TTHM）[μg/l]	3～81
总有机碳（TOC）[mg/l]	0.8～36.0

采样处：70个室内泳池

表14-10 泳池中三卤甲烷等有机氯化合物（2）

项　　目	浓　度
总有机氯化合物（TOX）[mg/l]	438～2800
总三卤甲烷（TTHM）[μg/l]	20.7～195
总有机碳（TOC）[mg/l]	4.1～109

采样处：15个室内泳池、8个室外泳池

14.4.4 用于泳池的高级氧化处理（AOP）技术

所谓高级氧化处理（AOP）技术，是指利用紫外线照射等方法，使水中的臭氧生成几乎可对所有有机物具有强反应活性的羟基自由基（·OH），从而将难降解性有机物氧化分解成二氧化碳与水的技术。

这种高级氧化处理（AOP）技术，在垃圾最终处理厂渗出水与地下水污染的对策上，已作为对难降解性物质的二噁英、三氯乙烯、三氯甲烷等有机卤化物的实用性分解技术。地下水处理的实验结果如图14-27～28所示，臭氧加紫外线的高级氧化处理（AOP）（臭氧注入量2～3mg/l）使难降解物质降减达90%，实现高效分解。利用该项技术的臭氧加紫外线处理系统，能高效降减三卤甲烷等有机氯化合物，也可应用在泳池中。

本文摘自《臭氧技术手册》 【修订版】原著〔日〕臭氧协会 津野 洋

翻译 方荣楠

主审 李汉忠 王占生