南非温霍克城市用水循环系统

章非娟　胡家骏

（同济大学）

南非温霍克城，在干旱时期水资源严重不足，乃以本城废水作水源，部分废水经处理后送入给水水库，与水厂出水混合后供应城市。这是世界上第一个城市污水回用工程。

一、处理系统现状

城市废水量为12700米³/日，其中4500米³/日经低氮活性污泥法处理后进入一系列氧化塘。氧化塘为废水回收厂的水源水库，并起平衡水质和调节水量的作用。废水回收厂从氧化塘取水，加氯和硫酸铝，用混凝沉淀法去除藻类，然后用折点加氯法除氨，再澄清（沉淀与过滤）；加氯消毒，用活性炭吸附残留在水里的有机物和重金属化合物，最后加微量氯气以保证后消毒作用。流程如图1所示。

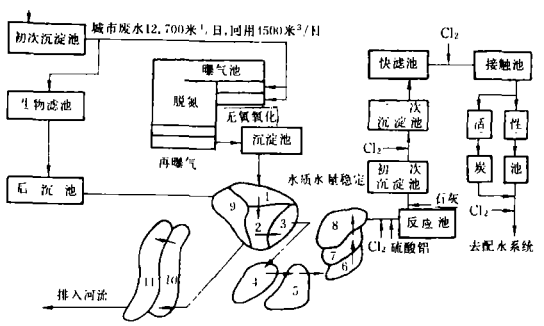


图1　温霍克城废水处理厂和回收厂流程(WRP3)

上述系统在1979年8月投产。在这一年中，废水回收厂断断续续地工作了25周，回收废水50万吨左右，约占供水区总供水量的16%。

活性污泥法和氧化塘对去氮有较好的作用。进水的氨氮和硝酸盐氮平均值分别为1.94和5.2毫克/升，出水平均值分别为1.58和1.2毫克/升。塘的水质平衡作用是很显著的。进水的水质变化为塘水所平缓，高峰降低了，出水水质要平稳得多。

图2是各回收处理过程改善水的生化性质的状况。回收厂出水的平均值为，磷酸盐0.7毫克/升，COD 7.3毫克/升，硝酸盐氮1.45毫克/升，氨氮0.1毫克/升，有机氯0.5毫克/升。虽然COD偏高，处理过程是有效的。出水的硝酸盐高于进水，表明活性炭池是有微生物生长。

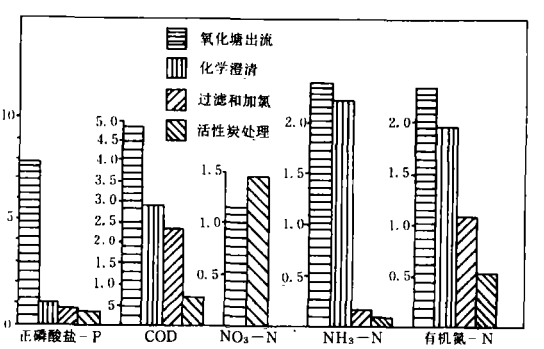


图2　各处理过程对水的生化性质的改善(单位:毫克/升)

由于使用化学药品，出水的无机盐含量高于进水。硫酸根平均增加53毫克/升。废水处理厂的去磷效果很差，塘的进水的磷酸根平均高达10.4毫克/升，出水平均为7.9毫克/升。硫酸铝用量高达187毫克/升。

对三卤甲烷的形成特别注意。结果表明，为除藻而适当加氯(低于折点加氯的需要量)并不大量形成三卤甲烷。另外的研究表明，在折点加氯之前除去悬浮有机物，对限制三卤甲烷形成是极其重要的。

对卫生品质十分重视。共进行十项微生物检验，包括平板总数(每毫升)，大肠菌数(每百毫升)、粪便大肠菌数(每百毫升)和病毒数(每百升)。回收厂出水的细菌总数要求不超过100个/毫升，后三项参数要求达到"0"。运行结果表明，检验的水样基本上都能符合要求。

凡不符合政府规定的水质标准的回收水都不能使用。政府监测单位每周做一次废水回收厂各项水样的化学分析，每两周做一次微生物检验，同时进行流行病学的调查研究。

废水回收厂化学品的消耗分别为硫酸铝190毫克/升，氯30毫克/升，石灰60毫克/升，活性炭130毫克/升。电耗为0.3千瓦时/米^3。

二、发展过程

六十年代初期，由于干旱缺水，在南非洲进行了城市废水回用于城市给水系统的研究。1968年10月，温霍克废水回收厂投产。该厂(WRP1)以该城生物过滤废水厂的出水注入氧化塘，作为水源，流量为4500米^3/日，流程如图3所示。

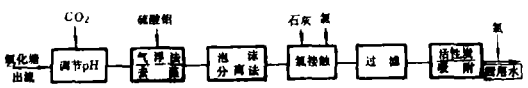


图3 温霍克废水回收厂WRP1流程图

WRP1采用气浮法除藻，泡沫分离法除合成洗涤剂，最后加氯、过滤和活性炭吸附。从投产到1970年6月的头两年中，共回收水1百万米^3，约占全城总供水量的13.4%。

为研究废水回收厂处理过程的改进，在1970年于普雷托里建造了一个同样规模的实验厂进行研究。由于氧化塘不再能有效地去除营养元素，根据实验厂的研究成果，1972年把WRP1改用化学处理法(高石灰法和曝气脱氨法)。WRP1在初建阶段每年能合格地工作8个月，随后每年工作期日益缩短，到1973年仅工作约70天。

在1976年WRP1改建成为WRP2。1977年～1978年间工作3200天。但费用上升，曝气脱氮塔的积垢，设备的维修和大量污泥的处置也是不足之处。在水温下降、氧化塘出水氨氮过高时，不得不停运(因用氯量过高，费用太大，水质又较差)。

1979年，废水处理厂再次扩建，增设低氮活性污泥法设施，使出水水质提高，并比较稳定，特别是氨氮较低(平均值为1.58毫克/升)。同时，WRP2改建为WRP3，过程大大简化，与常规的用水净化过程相当，而水质仍然优良，情况已如前述。

WRP1、WRP2和WRP3的化学品和电能费用分别为23.09、28.60和21.23分/米^3，以WRP3为最低。

三、经　验

温霍克城市用水循环系统是成功的。但是，废水回收厂回用水量最高只占全部用水的三分之一左右，且不是全年工作，常需停产，费用也偏高。

生物过滤法的出水水质变化较大，活性污泥法的出水水质比较稳定。但废水处理厂磷的去除率较低，因而增加了硫酸铝的用量。

活性炭费用昂贵，回收再生是最重要的。低活性炭用量和提高再生炭回收率将有助于费用的降低。

氧化塘的缓冲作用是重要的。用氯化锂做示踪剂作一次馈入试验时(进水含量为100克/升)，废水处理厂和氧化塘的稀释倍数约为2×10^6。因此，在有害物质偶然大量进入废水时，估计不会产生问题。

(上接第33页)

$$C_1=COD_{Cr}(O_2,\ mg/l)$$

$$=\frac{(V_0-V_1)\times N\times 8\times 1000}{V}$$

$$-\frac{(A\times V-10\times B)\times 2.88}{49.03\times V}$$

本方法不一定对所有废水都适用。需与经典法进行比较。在小于10%时，建议采用本法测定。

(上海第五洗染厂　张守仁)