

欧洲水厂观感

洪 觉 民

摘要 作者在考察了欧洲及香港的 8 个自来水厂后,总结出欧洲水厂普遍采用深度处理、常规处理有新进展等十个方面的技术经验,从而提出了发展我国自来水厂的想法。

关键词 自来水厂 深度处理 常规处理 泵站 自动控制 欧洲

笔者于 1996 年考察了意大利佛罗伦萨的阿康尔 (ANCONIA) 水厂,法国的奥利 (ORLY) 水厂,蒙特 (MOUT) 水厂,德国的望姆巴赫 (WACHUNBACH) 水厂、来姆尔 (LANGNAC) 水厂,荷兰的阿姆斯特丹水厂、英国的阿姆莱 (AMLAID) 水厂及香港的北港水厂。

通过 8 个水厂的考察,对欧洲水处理的技术水平有了新的认识,开拓了眼界。

一、普遍进行了深度处理

60 至 70 年代,欧洲国家也面临着地面水源污染严重的问题,他们在研究水处理的方法上主要是利用臭氧与活性炭。虽然臭氧消毒从 1906 年法国尼斯 VEYAGE 水厂采用以来欧洲已普遍使用,但并未作为深度处理工艺。试验表明,对受到有机污染的水源单纯采用臭氧氧化,即使投加量很高,去除效果仍然很差。投加粉末活性炭或利用颗粒活性炭过滤会产生频繁再生的问题且费用昂贵。直到 70 年代中,西德发现在活性炭柱前注入臭氧,不但能很好地去除有机物,而且活性炭使用周期大大延长,因此就创造了生物活性炭法 (BAC 法)。1977 年底,第一个将生物活性炭法作深度处理的水厂是西德海姆市多奈水厂 (DOHME)。

自 70 年代末,西欧国家开始在自来水厂发展深度处理,这次我们考察的 5 个国家见到的水厂几乎都已建成以 BAC 法为主的深度处理。

1. 法国巴黎奥利 (ORLY) 水厂

其 1969 年建成,是巴黎主要水厂之一,设计能力 30 万 m^3/d 。水源取自塞纳河,塞纳河流经巴黎市区,上游水质良好,悬浮固体含量较少,但每年旱季水中有机物含量较高。水厂设有 4 座脉冲澄清池,20 座 V 型滤池,奥利水厂在建成当初只有臭氧消毒,80 年代中才在处理大楼前加装臭氧活性炭滤池。

臭氧发生器都为法国产品,发生器为不锈钢筒体,内设置数量众多的石英玻璃管,玻璃管内设有不锈钢管,玻璃管与不锈钢管之间有 1~2mm 的间隙,空气在中间通过,在高压作用下产生了 O_3 。最高放电电压为 1.2~1.5 万 V,频率 50Hz,每 kg 臭氧耗电约 15~20 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。进入发生器的空气利用硅胶和分子筛进行除湿处理,使空气中露点低于 -50。

臭氧投入专设的接触池,接触时间 0.5h,臭氧投加量 1~2 mg/L ,在接触池底部设有臭氧扩散器,臭氧自下而上,水自上而下进行接触,然后流入活性炭滤池。活性炭滤池滤速 10 m/h ,炭厚 1.0m,密闭设置。

水经过常规处理后,滤前浊度在 1NTU 左右,滤后浊度在 0.3~0.4NTU,经过臭氧与活性炭滤后,浊度在 0.03~0.04NTU,清澈透明,味道极好。

2. 法国巴黎 MOUT 水厂水源取自塞纳河下游,水质相对较差,氨氮达 0.3 mg/L ,该厂的生物炭滤情况是:在沉淀投加 O_3 ,加注量约 1 mg/L ;在过滤后投加 1~1.5 mg/L ,控制出厂 0.04 mg/L , O_3 接触时间 10min。在 O_3 接触后进行炭滤,滤速 10.8 m/h ,炭厚 1.3m,大约每三年再生一次。

3. 德国斯图加特附近的来格朗水厂在普通快滤池前投加臭氧 (投加量 0.5~1.5 mg/L),接触 30min,然后进入气冲滤池,经过滤后再炭滤。

4. 荷兰阿姆斯特丹水厂始建于 1853 年,水源几经更换,从 1980 年开始利用 REIHE 河水,并与 POTDER 地区回用水一起作为水厂水源,是一个处理非常完善的地面水厂。出水量约 9.2 万 m^3/d 。其处理过程极为复杂,工艺流程为:

(1) 自然沉淀

经过初步絮凝和沉淀后原水进入水库,自然沉淀约 100d,在自然光的作用下让氨、有机物自然分解。

该水库还可起到贮水作用,在水库后面进入水泵前加盐酸以调节 pH 值。

② 快滤

滤速 $8 \sim 12 \text{ m/h}$, 气水反冲。经过快滤的水送到缓冲水库,可贮存 15d,保证水厂的流量和水压稳定。

③ 臭氧处理

臭氧投加量 $0.5 \sim 1.5 \text{ mg/L}$,接触 40min。

④ 软化

经臭氧处理后,水再经软化调整硬度后,再一次加入极少量的盐酸以调节水中 pH 值。

⑤ 活性炭过滤

软化后的水进入活性炭滤池,接触 40min,由于臭氧的作用,在炭滤料周围生长大量生物膜,通过对有机杂质的吸附和降解,使水更加纯净和富含氧量。根据需要还应在滤后水中投加少量氢氧化钠,以防水中酸度过大,腐蚀管道。

⑥ 慢滤

最终的净化处理手段为砂慢滤。慢滤池在室内,长约 130m 宽约 80m,滤速为 0.7 m/h 。慢滤是去除水中微小杂质和细菌的有效手段,以保证出厂水清澈、可靠。

看来,这些水厂的深度处理虽然都是利用臭氧与活性炭的联合作用,但有的放在常规处理之后,有的与常规处理结合在一起。尽管方法不同,有一点已经肯定,即在欧洲臭氧加活性炭技术已被公认和证实是处理污染原水、减少饮用水中有机物浓度的最有效技术。

二、常规处理有了新的发展

在见到的欧洲水厂基本保留了常规处理即混合、絮凝、沉淀、过滤、消毒。沉淀池在法国大都是脉冲澄清池,在德国是机械搅拌澄清池或不锈钢斜管沉淀池,在 5 个国家都没有见到平流式沉淀池。V 型滤池只有在法国或法国设计的意大利佛罗伦萨阿康尔水厂采用,德国、荷兰、英国采用的是普通气水冲洗滤池。但欧洲水厂常规处理有了新的发展。

1. 出现了高密度澄清池

我们参观的水厂中有两个设有高密度澄清池。

一是法国 MOUT 水厂

MOUT 水厂 1923 年建成时采用慢滤池,60 年代末扩建了 $6.0 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 的水厂,主要工艺采用预加 O_3 、脉冲澄清和 V 型滤池及炭滤。90 年代又新建了一个新

厂,设计能力 $5.0 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 。

新厂采用了高密度澄清池,现将有关了解到的情况介绍如下:

高密度澄清池与斜管沉淀池构造基本一致。其区别在于高密度沉淀池将斜管沉淀池的活性污泥进行回流,以加强絮体强度和沉淀效率。据介绍有以下优点:

(1) 处理效率高,池体面积只有一般澄清池的 $1/4$ 。

MOUT 水厂高密度沉淀池高 6.5m,容积 54 m^3 ,表面积 118 m^2 ,停留时间 7min,处理能力为 $2500 \text{ m}^3/\text{h}$,上升流速为 $5 \sim 22 \text{ m/h}$ 。

② 污泥可以回流,从而节省混凝剂约 30%。

③ 污泥容易脱水,由于大部分污泥回用,脱水污泥浓度高不必浓缩,还有脱水方便的优点。

④ 处理效果好,塞纳河平均浊度 $20 \sim 100 \text{ NTU}$,一般洪水时 200 NTU ,最高达 3000 NTU ,沉淀池出水可达 $0.2 \sim 1.0 \text{ NTU}$ 。

高密度沉淀池的构造外型与斜管沉淀池一样,斜管为塑料(德国用不锈钢),池顶加罩,据介绍是为了防止太阳直晒生长藻类。污泥回流池与机械搅拌絮凝池差不多。

二是德国来格朗水厂

该水厂高密度澄清池为圆形、不锈钢斜管、机械刮泥、污泥回流式絮凝池。

每池池高 7.0m,直径 14m,面积 170 m^2 ,上升滤速 $20 \sim 30 \text{ m/h}$,回流污泥量达 2% (含水率 95%),根据泥位进行排泥控制,出水浊度为 1 NTU 。

2. 关于 BIOLITE 滤池

MOUT 水厂滤池共有 8 座,每座面积 33.6 m^2 ,设计滤速 10.6 m/h ,流量 $312.5 \text{ m}^3/\text{h}$ 。其构造与 V 型滤池一样,但滤料高 1.3m,是用人工加工的 BIOLITE。介质制作外表看来类如黄色小米,很均匀,据介绍可以增加滤料吸附能力,还可以将氨转化为氮。

三、将液氯改为二氧化氯

在欧洲我们见到的 7 个水厂中已有 6 个水厂将液氯改为二氧化氯。

二氧化氯不仅可以快速杀菌而且可以更有效地杀死芽孢。与氯相比对 pH 有较高的适应范围,当 $\text{pH} > 6.5$ 时,杀菌效率比氯高得多。二氧化氯消毒不会产生有机氯,可以有效地减少由于加氯引起的三氯甲烷、总

有机氯等致癌物质的产生。二氧化氯氧化能力强,可以去除水中色度、臭味、锰等。由于二氧化氯不与氨氮等化合物作用,因此不会因水中含氮而产生折点现象。同时认为二氧化氯与臭氧相比,在水中保持的残留量的时间较长,所以美国及欧洲早在 40~50 年代就开始研究,目前在欧洲几乎已普遍使用。

佛罗伦萨水厂的二氧化氯是利用亚氯酸钠和盐酸作原料就地配制当即使用的。

制作时,将亚氯酸钠加水稀释至 10%,盐酸稀释至 6%~8%,然后混合反应 20min 产生二氧化氯水溶液,用水射器或泵送至加注点。二氧化氯投加点要根据使用目的而定,如去除污染则在滤前投加,如用于消毒则在滤后投加;如保持水中余氯则在出厂前投加,如多种用途则分散投加。

二氧化氯的制取与投加在欧洲水厂是全自动控制的,因此比较方便。

佛罗伦萨水厂在滤前要投加 $< 2\text{mg/L}$, 出厂前为保持余氯投加量为 $0.5 \sim 1\text{mg/L}$; 奥利水厂在生物炭滤后投加, 投加量为 0.5mg/L ; 来格朗水厂也是在炭滤后投加二氧化氯, 投加量为 $0.13 \sim 0.16\text{mg/L}$ 。这几个水厂认为在一般情况下, 不要预加氯。

四、贮药和投药方法非常先进

参观的水厂几乎加药品种都很多, 最多达 7~8 种。都可以根据水质的变化采用不同药剂, 以去除水中杂质、增加水中的缺少物质。原料用槽车输送, 贮药普遍采用罐体和筒装, 药品全部封闭。药剂投加都用计量泵, 比国内水厂现有的加药方法先进得多。

例如佛罗伦萨水厂针对水质准备了 8 种药剂, 非常完善, 主要有: 活性炭粉、次氯酸钠、液体二氧化碳、二氧化氯、液体聚氯化铝或硫酸铝、臭氧、双氧水 H_2O_2 、二次补二氧化氯共 8 种化学药品, 处理后浊度一般都能达到 0.1 NTU 以下。

所有药剂如聚氯化铝、二氧化碳、盐酸、次氯酸钠等都是由制造厂用槽车送到厂, 厂内设立各种立式、卧式、塔式罐体, 贮存药剂, 由于药剂都是液体, 不必设置溶解及溶液池。加注采用计量泵在 PLC 控制下自动投入水体, 投药工艺只是在槽车来时需用人用接合器与罐体相连接外, 其余基本无人操作。

奥利水厂贮药与投药都分散设置在每组澄清池旁。即每组澄清池有单独的贮药及投药设施。

其它水厂的加药间也全部罐装。原料全部封闭进厂, 计量泵设在罐旁, 一个罐一台泵, 加药量都由计算机控制。

五、泵站设计很有特色

佛罗伦萨水厂一、二级泵房采用立式泵, 占地面积很小, 没有专用的配电室。开关柜与 PLC 就放在操作平台上, 一级泵房的闸阀、逆止阀放在室外, 二级泵房设置在清水池上, 由于无人操作, 泵房土建比较简单。

奥利水厂泵站不仅将一、二级泵房放在一起, 而且将卧式泵全部采用立式安装, 很是紧凑。一级泵房吸水井是和泵房外墙连在一起, 管道布置极为紧凑。厂内净水设备控制阀门大都采用气动控制, 具有管理维护方便的优点。

望姆巴赫水厂的一级泵站全部露天设置。

六、高度实现了计算机控制

所有水厂除中控室、化验室、污泥脱水房外, 几乎无人操作。值班人员没有坐班的只有少数人巡回检查。水质的仪表监测内容十分丰富, 一次仪表全部正确开通, 监控全部在中控室, 但现场也有显示并可手动操作。各种工艺流程模拟内容齐全, 对水厂生产情况一目了然。

厂内设有闭路电视, 所有大门包括水源地都是用磁卡开启, 不设传达室, 厂内除了化验室和中控室岗位上设有专职人员外, 只有维修人员。

七、污泥得到了妥善处置

欧洲国家已不允许水厂污泥不经处理, 排放到地面水体。因此水厂都将污水进行浓缩与脱水处理, 处理后污水回用, 干泥送到城市垃圾场。

一般处理方法为将沉淀池及滤池的污水排入辐流式沉淀池, 沉淀后清水进行回流送入沉淀池。污泥进入浓缩池再到脱水间, 采用板框压滤脱水后污泥含水率约 80%~75%。

八、非常重视水源保护和原水质量的提高

我们所见到的地面水体如有名的塞纳河、泰晤士河、多瑙河看来都很干净, 水厂取水地点水源保护工作十分周到。即使水源受到污染, 也不惜成本地加以预处理。例如德国科隆附近的望姆巴赫水厂由于望姆巴赫水库藻类大量繁殖, 湖水富营养化严重, 为了确保下游水厂水质, 在水库上游进水口筑坝, 取水经处理后放入下游水库, 再由下游水库作水厂水源。

荷兰的阿姆斯特丹水厂将原水作初步处理后再放入水库贮存 100d 自然净化后作水厂的水源。对水质的提高几乎到了不计成本和费用的程度。实际上即使如此讲究,水处理成本都为当地货币的 1 元/ m³ 左右,与他们的普遍收入相比并不太高。

对取水水质的监测也十分重视,例如奥利水厂在取水口还设置了一个监测内容十分周全和设备很先进的水质监测站,可以监测各种水位、pH、NH₃、总 C、总 P、温度、浊度和自动取样器,取水口周围有电视监控,现场情况直接反映在中控室中。

九、将化验和科研作为水厂主要管理内容

几乎所有参观的水厂除了一个先进的中控室外,还有一个周全的化验室,不仅人员较多,仪器也十分齐全,除一般理化仪器外,还配有质谱仪、TOC、原子吸收光度计、色谱仪等。化验室不仅仪器先进、能自动取样,而且几乎都还承担了一个如何指导生产和不断提高水质的科研任务。

十、绿化环境都十分优美

欧洲水厂占地面积都较大,厂内建筑虽不豪华但非常整洁,厂内都有大面积草地,环境十分优美。

厂内在一般岗位上不设值班人员,但水厂内没有

跑冒滴漏。只见到一个阀门有少量滴漏,可下面有白色毛巾衬垫。德国水厂位于气候寒冷地区,全水厂都建在封闭的空调厂房内,厂房无窗,不见阳光。室内管道都采用不锈钢,大都是室内明管敷设。建筑漂亮,连检查井盖都垫有胶皮密封。清水池开放,水透明碧蓝。

十一、结语

对欧洲 5 个国家 7 个水厂的考察走马观花,不过,根据欧洲供水经验笔者认为:从我国自来水厂的实际出发,现在应该到了水厂进行深度处理的时候了,迟早要走这条路,晚走不如早走。要研究常规处理的新技术,不能只满足于在工艺方面我们不落后,也不能像刮风一样地只推行一种滤池,而忽视了其它发展。要开发贮药、投药的新方式,使原料进厂不落地,改变水厂中几十年不变的溶药溶液池投药方式。要继续发展水厂的计算机控制。

作者通讯处:310016 杭州市清泰门外

杭州市自来水总公司

电话:(0571)6945101-6105

收稿日期:1997-12-4

主办:中国建筑技术研究院
中国土木工程学会给水排水学会
编辑出版:《给水排水》编辑部
(100044 北京西外车公庄大街 19 号)
电话: (010)68362263 (010)68316321
(010)68317744 - 437

传真: (010)68348830
邮购: (010)68393587
印刷:中国建筑工业出版社印刷厂
国内总发行:北京报刊发行局
国内订阅处:全国各地邮电局(所)
(邮发代号:2-757)

国外总发行:中国国际图书贸易总公司
(发行代号:M4425)
(北京 399 信箱)
广告经营许可证:京西工商广字 0239 号
每期定价:3.80 元

WATER & WASTEWATER ENGINEERING Vol. 24 No. 3 March 1998

CONTENTS

Application of Fuzzy Decision Method for Process Selection of Urban WTP

.....Ling Meng et al (6)

Abstract : An evaluating indicator set used for the decision course to select the technical process of urban wastewater treatment plant was proposed. This will be helpful to use the knowledge of fuzzy mathematics to establish the evaluating standard and quantification method, and to optimize the decision from candidates by grey associated analysis. The feasibility of this method has been identified by practical application.

Impression on European WaterworksHong J uemin (10)

Abstract : The author of this paper investigated eight waterworks in Hong Kong and Europe. The new technical progress widely available in Europe on conventional and advanced water treatment are summarized into ten topics, by which some ideas referring to the development of waterworks in this country are suggested.

Research on the Dilute-Diffuse in Bailonggang Area at the Rivermouth

of Yangtze RiverXu Gaotian et al (14)

Abstract : For the second phase of the combined sewerage project in Shanghai the dilute-diffuse pattern was researched experimentally by engineering river model. The experiment was conducted in two stages. A diffuser of length 200m with 6 upward pipes and a diffuser of length 207m with 10 upward pipes were used for the first and second stages respectively to determine the scope of mixing zone and its variation at different runoff and tidal stencils. The study was conducted for various cases such as the spring tides and neap tides in both flooding and dry seasons respectively. The experimental results have shown that the length of diffuser and the number of upward pipes have an essential effect to influence the scope of mixing zone and in the coastal area of Bailonggang a sewage outfall flow of 1.7 million m^3/d will be feasible.

Full Scale Experiment of $A + A^2/O$ Process to Treat Urban WastewaterYan Xiuqin (18)

Abstract : The treatment effect of and the main influencing factors to the $A + A^2/O$ process were investigated comprehensively by the full scale experiment treating urban wastewater. The rational process composition in accordance with different inflow