

·城市给排水·

# 临江水厂扩建工程设计

陈艳丽 沈裘昌 王如华

(上海市市政工程设计研究院,上海 200092)

**摘要** 上海市临江水厂原设计规模 40 万  $\text{m}^3/\text{d}$ , 规划供水量为 60 万  $\text{m}^3/\text{d}$ 。临江水厂扩建工程引进高效 ACTIFLO 澄清池, 设计上升流速可达 50  $\text{m}/\text{h}$ , 并采用 TGV 双层滤料滤池, 确保出厂水锰  $\leq 0.2 \text{ mg}/\text{L}$ 。为达到《上海市供水专业规划》2010 年水质目标, 除采用臭氧活性炭处理工艺外, 还采用了 UV 消毒工艺以去除隐孢子虫和贾第虫。另外为满足上海市环保要求, 对 60 万  $\text{m}^3/\text{d}$  规模水厂的排泥水进行了浓缩、脱水处置。

**关键词** 给水厂扩建 ACTIFLO 澄清池 TGV 滤池 UV 消毒 臭氧活性炭滤池

## Design of extension project of Linjiang Waterworks in Shanghai

Chen Yan-li, Shen Qiu-chang, Wang Ru-hua

(Shanghai Municipal Engineering Design and Research Institute, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** For the extension project of Linjiang Waterworks in Shanghai, the capacity of this waterworks will be upgraded from 400 to 600 thousand cubic meters per day. New processes such as high efficient clarifier ACTIFLO with designed sedimentation velocity of 50  $\text{m}/\text{h}$  and TGV filter with double filtrating layer are adopted to cut down the Mn content in output water to less than 0.2  $\text{mg}/\text{L}$ . Beside the ozone-activated carbon also the ultraviolet process will be adopted to remove Cryptosporidium and Giardia as required by the Plan of water supply in Shanghai for 2010. The waterworks sludge of this waterworks will be disposed by thickening and dewatering processes.

**Keywords:** Expansion of waterworks; Clarifier ACTIFLO; TVG filter; UV disinfection; Ozone-activated carbon filtration

### 1 临江水厂概况

临江水厂位于上海市浦东新区的南端, 黄浦江畔三林塘的出口处, 现隶属于中法合资的上海浦东威立雅自来水有限公司。

临江水厂于 1997 年 8 月建成投产, 设计规模 40 万  $\text{m}^3/\text{d}$ , 原水取自黄浦江上游, 采用常规净水处理工艺, 设有平流沉淀池 2 座、V 型滤池 2 组、清水池 2 座、吸水井和送水泵房等。采用液体硫酸铝作为混凝剂, 氯胺消毒。

临江水厂建设时利用西班牙政府贷款, 主要设备由西班牙引进, 多年出厂水浊度一般保持在 0.1 NTU 以下。

但是, 对照卫生部颁布的《生活饮用水卫生规

范》和《上海市供水专业规划》中关于 2010 年水质目标的要求, 现有的处理工艺无法使出厂水达标, 出水水质存在以下主要问题。

由于黄浦江上游原水受有机物污染, 氨氮和耗氧量( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ) 较高。大量加氯导致消毒副产物的增加和有机氯时有超标, 使出厂水的嗅阈值高, 口感较差, 健康安全性降低。出厂水中较高含量有机污染物进入管网后, 容易引起管网内微生物的滋生, 使水质下降, 出厂水中氨氮和耗氧量也经常超标。

此外现有常规净水工艺对原水中锰的去除能力较差, 出厂水中锰指标时有超标, 导致出厂水的色度偏高。

同时, 由于目前临江水厂排泥水收集以后未经

处理直接排放,也不符合环保要求。

根据上海市 1999~2020 年总体规划及供水专业规划的要求,上海浦东威立雅自来水有限公司于 2001 年对其下属的 5 座水厂编制了发展规划。其中至 2010 年临江水厂规划供水量为 60 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ,出厂水质要求:氨氮  $\leq 0.5 \text{ mg/L}$ ,  $\text{COD}_{\text{Mn}} \leq 3 \text{ mg/L}$ ,色度  $\leq 5$  度,锰  $\leq 0.02 \text{ mg/L}$ ,隐孢子虫为 0。水厂排水悬浮固体含量低于  $70 \text{ mg/L}$ 。

另一方面,当时浦东新区准备筹建环球主题公园,位置涉及杨思水厂,规划上安排拆迁,因此,决定率先在临江水厂进行 20 万  $\text{m}^3/\text{d}$  扩建和 60 万  $\text{m}^3/\text{d}$  深度处理和排泥水处理工程建设。并于 2002 年下半年开始至 2004 年上半年相继完成了工程可行性研究、初步设计和施工图设计。

## 2 扩建工程的常规处理工艺

黄浦江原水锰超标,已成为浦东威立雅自来水有限公司供水中亟待解决的问题。临江水厂自 1997 年 7 月投产以来,黄浦江原水中的锰含量一直超标,特别是每年的春秋两季。2002 年原水锰含量最高达到  $0.22 \text{ mg/L}$ ,全年中有 187 天的出厂水不达标,因此,提高出厂水的锰指标合格率是当务之急。

扩建部分的 20 万  $\text{m}^3/\text{d}$  滤池选用石英砂和锰砂双层滤料快滤池。经过技术经济比较,若采用锰砂除锰,需增加锰砂滤料一次性投资,较石英砂滤料高出约 70 万元;若采用投加  $\text{KMnO}_4$  方法去除锰,设备一次性投资约 30 万元,加上每年的药剂费用,经综合比较,决定采用锰砂滤料除锰。

原有 40 万  $\text{m}^3/\text{d}$  系统的除锰工艺,受现状滤池高度和反冲洗条件的限制而暂采用投加  $\text{KMnO}_4$ 。将来是否改建为锰砂滤料滤池,有待扩建工程投入运行后,再总结经验作进一步研究。

20 万  $\text{m}^3/\text{d}$  扩建工程引进了法国 OTV 公司的 ACTIFLO 澄清池工艺,其特点是在原水投加混凝剂混合后投加活性细砂,形成以细砂为核心的大而重的矾花,大大增加矾花的沉降速度,提高了斜板的负荷,主要优点:

- (1) 高效、快速。上升流速可达  $50 \text{ m/h}$ ,加细砂 10 s 后几乎全部沉淀;
- (2) 细砂的损失补充量  $3 \text{ g/m}^3$ ,高分子助凝剂

投加量  $0.1 \text{ mg/L}$ ,加矾量较传统工艺少;

(3) 出水浊度  $< 1 \text{ NTU}$ ,色度  $< 5$  度,藻类去除率达 99%;

(4) 抗冲击负荷,可承受进水浊度达  $1\,500 \sim 2\,000 \text{ NTU}$ ;

(5) 占地面积少,约为平流沉淀池的 5%。

该处理工艺高效、快速得益于细砂的加速絮凝,其沉淀速度相当于 10 倍传统沉淀工艺沉速。

高效澄清池采用机械絮凝和斜板沉淀,每格澄清池分离区下部中心泥斗分别设置 2 根污泥循环泵吸泥管,污泥循环泵连续地将含有细砂的污泥输送到分离器,在离心力的作用下,细砂从泥水中分离并直接投加到絮凝区的投配混合池中,泥水则重力流向污泥调节池。其细砂循环量可以针对不同的水质进行调节,调节比例在 3%~6%之间。

## 3 深度处理工艺

为达到优质的出水目标,临江水厂扩建工程采用臭氧活性炭处理工艺。国内外很多研究和工程实例都证明臭氧活性炭技术应用于微污染水源水的处理是成熟和成功的。特别是通过 Ames 试验证实,活性炭吸附能有效去除水中的三致物质,因而对于 Ames 试验呈阳性的水源而言,活性炭吸附是提高出水健康安全性的关键工艺。同时还可以大大改善出厂水的嗅味指标。

另外,为达到出厂水中隐孢子虫为零,采用了紫外线(UV)消毒工艺。

当前的研究和应用技术证明,紫外线可以在低剂量的情况下高效杀灭隐孢子虫和贾第虫。就投资和运行费用而言,若用臭氧灭活贾第虫和隐孢子虫,投加量至少  $3 \text{ mg/L}$ ,因此用臭氧方法灭活贾第虫和隐孢子虫费用比紫外线要高,而采用膜法则费用更加昂贵。

临江水厂扩建工程就采用臭氧消毒与 UV 消毒在经济上作了比较,结果表明一次性投资基本相同,但臭氧消毒的年运行费约 500 万元,而 UV 消毒年运行费仅为 130 万元左右(含 UV 灯管更新),由此可见,采用 UV 消毒比较经济。

## 4 工程的系统设计

临江水厂扩建工程净水处理和排泥水处理工艺流程见图 1。

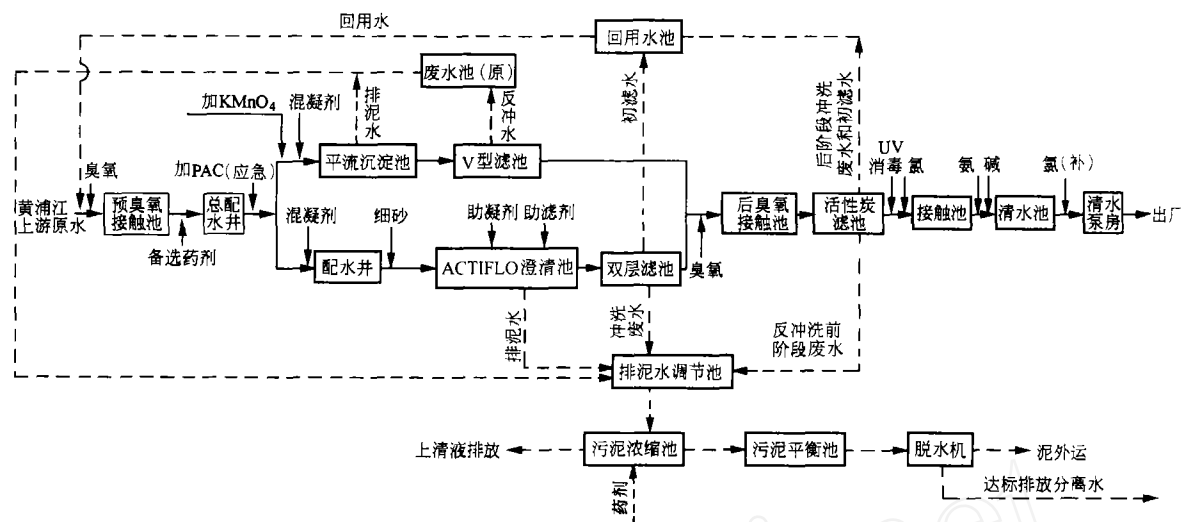


图1 净水处理工艺及排泥水处理工艺流程

#### 4.1 预臭氧接触池

设预臭氧接触池1座,规模为60万 $\text{m}^3/\text{d}$ 。臭氧接触时间为2~3 min,有效水深为6 m。臭氧投加采用静态混合器,设计预臭氧最大投加量为1 mg/L。

#### 4.2 ACTIFLO 澄清池

ACTIFLO 澄清池分设3座,每座规模6.7万 $\text{m}^3/\text{d}$ 。每座平行布置3格混合池,进水堰为可调节形式。在快速混合前投加95%的硫酸铝,在后混合池中投加5%,混合时间为1 min。有效水深约6.3 m。混合池内分别设置一套直径为2 m和3 m的机械混合搅拌器。每座澄清池斜管区面积为85 $\text{m}^2$ ,分离区液面负荷为34 $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ ,分离区下部设置中心传动刮泥机,刮泥机直径为11.4 m。池底设2根吸泥管至污泥循环泵,循环泵将池底含细砂的污泥送至分离器,在离心力作用下将细砂从泥水中分离出来,投配至混合池中,泥水则重力排至排泥水调节池。

设计亦可以2格运行,即每格处理规模10万 $\text{m}^3/\text{d}$ ,其水力负荷为49 $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ 。

#### 4.3 双层滤料滤池(TGV)

新建滤池1组,规模为20万 $\text{m}^3/\text{d}$ ,为锰砂、石英砂双层滤料滤池。滤池分成5格,单排布置,单格过滤面积为125 $\text{m}^2$ 。设计滤速为13.7 m/h。滤池采用气水反冲洗。单气冲时强度为60 $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ ;气水同冲时气冲洗强度为60 $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ ,水冲洗强度为20 $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ ;单水冲时,水冲洗强度

为60 $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ 。布水布气系统采用长柄滤头。反冲洗水由冲洗水泵提供,反冲洗气源由鼓风机提供。

在滤池进水前投加少量混凝剂并快速混合,以改善滤池的载污能力和延长过滤周期。

#### 4.4 中间提升、臭氧接触池

##### 4.4.1 中间提升

设中间提升泵房1座,规模60万 $\text{m}^3/\text{d}$ ,内设5台提升泵(4用1备)。为避免流量波动引起上下游处理设施的流量不平衡,每台水泵工作按恒扬程、恒流量运行,且通过变频调速器控制实现。

##### 4.4.2 后臭氧接触池

设后臭氧接触池1座,规模60万 $\text{m}^3/\text{d}$ ,有效水深6 m,有效接触时间6 min,采用静态混合器投加臭氧。设计臭氧最大投加量2.7 mg/L。

预臭氧和后臭氧所采用的静态混合器及臭氧制备和投加系统均采用引进设备。

#### 4.5 活性炭滤池

设活性炭滤池1组,规模为60万 $\text{m}^3/\text{d}$ ,分为18格,双排布置,单格过滤面积为125 $\text{m}^2$ 。设计滤速11.2 m/h,炭床吸附时间10.8 min。反冲洗采用单独气冲加单独水冲洗方式,气冲洗强度为35 $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ ,水冲洗强度为35 $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ 。布水布气系统采用短柄滤头。反冲洗气及反冲洗水均由反冲洗水泵及鼓风机提供。

活性炭滤池配套的冲洗泵房及鼓风机、空压机和配电集中设置于活性炭滤池西端。

#### 4.6 紫外线(UV)消毒

规模为 60 万  $\text{m}^3/\text{d}$ , 分为 4 组, 可以 4 组运行, 亦可 3 组运行, 设计处理规模为每组 20 万  $\text{m}^3/\text{d}$ 。紫外线消毒装置采用引进设备。设计加注量为 400  $\text{J}/\text{m}^2$ , 采用低压灯。若用中压灯, 灯的数量要少很多, 但总的用电成本要高出 2~3 倍。

#### 4.7 臭氧系统

本工程以液氧为氧源制备臭氧。制氧系统主要设备有: VPSA 真空变压吸附制氧主机 1 套、空气预处理系统、高效分子筛、鼓风机、氧气压缩机、消毒器仪表及 MCC 系统等。此外系统还设置了液氧备用系统: 1 座 30  $\text{m}^3$  液氧储槽、远程液位监测、低温保护调节等。制氧站场区占地约 260  $\text{m}^2$ 。

臭氧制备车间土建按 60 万  $\text{m}^3/\text{d}$  规模建设。臭氧制备车间内共设臭氧发生器系统 4 套, 每套臭氧发生器能力为 24.6  $\text{kg}/\text{h}$ , 臭氧含量以 12% 计。此外还设置尾气破坏装置 4 套, 2 用 2 备, 以收集预臭氧及后臭氧之尾气。臭氧设备为国外进口。

#### 4.8 加药系统

(1) 加混凝剂。临江水厂 60 万  $\text{m}^3/\text{d}$  规模均采用液体硫酸铝, 设计最大投加量为 43  $\text{mg}/\text{L}$ 。

(2) 加氯(加氨)。通过加氯来确保管网末梢余氯量, 加氨则是使出水的氯以化合氯的形式存在, 以使管网较长时间维持要求的余氯量。

(3) 加碱。通过加碱调整出厂水的 pH, 以提高其化学稳定性, 防止出厂水对管网的侵蚀, 设计投加量为 16~5  $\text{mg}/\text{L}$ 。并根据净水处理工艺的需要, 在其他处理阶段加碱, 以优化处理效果, 故其设计投加量最大为 32  $\text{mg}/\text{L}$ 。

(4) 加粉末活性炭。流程中考虑了投加粉末活性炭工艺, 即当原水有突发事故或有机物污染严重时投加, 以确保出厂水 100% 安全, 设计最大投加量为 30  $\text{mg}/\text{L}$ 。

(5) 加  $\text{KMnO}_4$ 。40 万  $\text{m}^3/\text{d}$  现有系统 V 型滤池前投加  $\text{KMnO}_4$ , 设计最大投加量为 0.8  $\text{mg}/\text{L}$ 。并预留有 TGV 滤池前投加  $\text{KMnO}_4$  的接口, 其设计最大投加量为 0.4  $\text{mg}/\text{L}$ 。

(6) 预留投加备用药剂。为适应整体净水处理流程需要, 在水厂原水进厂前端的 60 万  $\text{m}^3/\text{d}$  配水井里预留  $\text{H}_2\text{SO}_4$  投加口, 考虑最大投加量 30  $\text{mg}/\text{L}$ 。

在后臭氧接触池之后预留  $\text{SO}_2$  投加口, 用于脱臭, 考虑最大投加量 1.4  $\text{mg}/\text{L}$ 。在氯、氨接触池之后和清水池出口分别预留  $\text{SO}_2$  投加口, 用于超量加氯时脱氯, 考虑最大投加量 2  $\text{mg}/\text{L}$ 。

#### 4.9 排泥水处理

排泥水处理系统包括对现有和新建净水构筑物的排泥水进行处理, 其流程见图 1。

来自原有沉淀池排泥水、滤池反冲洗水和新建的 ACTIFLO 澄清池排泥水和 TGV 滤池反冲洗水以及 GAC 滤池前段反冲洗水均重力流到调节池, 不同的排泥水在这里混合并进行流量调蓄。

调节池里的混合排泥水经泵均匀地提升至浓缩池, 浓缩后的污泥含固率达到 3%, 浓缩污泥送至平衡池, 再由螺杆泵送至板框压滤机进行脱水处理。脱水后泥饼含固率大于 35%。浓缩池的上清液和板框压滤机分离水均达到排放要求, 重力排入厂区排水系统。

#### 5 结语

临江水厂扩建工程的设计已完成一年多, 现正在施工中, 扩建的 20 万  $\text{m}^3/\text{d}$  常规处理部分在 2005 年底完成, 深度处理和排泥水处理, 预计 2007 年才能建成, 届时将再作总结与大家分享。

电话: (021) 51298274

E-mail: chen-yl\_gp2@smidi.com

收稿日期: 2005-11-03

#### 武汉市汉西污水处理厂特许经营项目启动

2005 年 11 月武汉市汉西污水处理厂特许经营项目正式启动。汉西污水处理厂是汉口地区规划的 3 座城市污水处理厂之一, 厂址位于东西湖区境内。服务范围东至新华路, 南临汉江, 西止吴家山台商投资区, 北到府河堤, 服务面积为 154.1  $\text{km}^2$ , 服务人口达 58 万, 日处理污水 40 万  $\text{m}^3$ , 2006 年 4 月建成, 出水将达到二级处理标准。

由新加坡亚洲水务公司、武汉凯迪电力股份有限公司、武汉格林天地环保产业集团有限公司和武汉市城市排水发展有限公司 4 家参股组成的汉西污水处理有限公司, 投资 4.6 亿元, 以 BOT 方式运作, 拥有汉西污水处理厂 25 年经营权。

(丹 丹)