

廖华丰, 高兰, 阮洋, 等. 强化常规工艺设计实现高品质供水应用实践[J]. 净水技术, 2026, 45(2): 188-195, 214.

Liao H F, Gao L, Ruan Y, et al. Application practice of enhanced conventional process design for implementation of high quality water supply[J]. Water Purification Technology, 2026, 45(2): 188-195, 214.

强化常规工艺设计实现高品质供水应用实践

廖华丰*, 高兰, 阮洋, 万年红, 张碧波, 赵红兵

(中国市政工程中南设计研究总院有限公司, 湖北武汉 430010)

摘要 【目的】国内深圳、上海、江苏、浙江等地已经在高品质供水上进行了大量探索, 并相继发布了地方供水相关的强制性或鼓励性标准。技术路线上, 主要以增设“臭氧+活性炭”深度处理单元, 构建长流程处理工艺为主。较长流程往往意味着较大的投资和较高的运维成本, 因此, 探索采用强化常规工艺实现高品质供水更符合绿色、低碳的高质量发展理念。【方法】浙江省衢州市第四水厂是衢州市首座按照《浙江省城市供水现代化水厂评价标准》建设的水厂, 设计采用运行安全可靠的“折板絮凝—平流沉淀—V型滤池”传统短流程工艺, 并采取了多种强化措施, 既满足了高标准出水水质要求, 又可大幅降低投资和运行成本。【结果】该项目于2022年6月底正式并网对外供水, 根据2022年7月—2022年12月运行数据, 实际处理水量为5.0万~8.2万 m^3/d , 实际出厂水质各项指标均达到浙江省现代化水厂出厂水优质标准, 其中每月出厂水浑浊度为0.03~0.06 NTU, 远优于设计目标, 实现了高品质供水的核心控制指标要求。【结论】该项目作为浙江省重点工程, 具有良好的示范效益, 文章以该工程为例, 从水厂原水水质、供水水质标准、工艺设计、总平面布置及实际运行效果等方面, 介绍了该水厂采用多种措施强化常规工艺实现高品质供水的工程实践, 为国内其他采用强化常规工艺高品质供水项目设计提供借鉴和参考。

关键词 高品质供水 折板絮凝 平流沉淀 V型滤池 强化常规工艺

中图分类号: TU991 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-0177(2026)02-0188-09

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2026.02.020

Application Practice of Enhanced Conventional Process Design for Implementation of High Quality Water Supply

Liao Huafeng*, Gao Lan, Ruan Yang, Wan Nianhong, Zhang Bibo, Zhao Hongbing

(Central & Southern China Municipal Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Wuhan 430010, China)

Abstract [Objective] Shenzhen, Shanghai, Jiangsu, Zhejiang and other places at home have carried out a lot of exploration on high-quality water supply, and have successively issued mandatory or encouraging standards for local water supply. In the technical route, the main process is to increase the ‘ozone + activated carbon’ advanced treatment to form a long process treatment technology. Longer processes often mean larger investment and higher operation and maintenance costs. Therefore, exploring the use of enhanced conventional processes to achieve high-quality water supply is more in line with the concept of green, low-carbon and high-quality development. [Methods] The No. 4 water treatment plant (WTP) in Quzhou City, Zhejiang Province is the first WTP in Quzhou City to be constructed according to the *Evaluation Standard of Modern Water Treatment Plant for Urban Water Supply in Zhejiang Province*. The design adopts the traditional short-flow process of ‘folded plate flocculation—horizontal sedimentation—V-type filter’ with safe and reliable operation, and adopts various strengthening measures, which not only meets the requirements of high standard finished quality, but also greatly reduces the investment and operation cost. [Results] The project is formally connected to the external water supply at the end of June 2022. According to the operation data from July 2022 to December 2022, the actual treatment water volume is 50 000 – 82 000 m^3/d , and the actual finished water quality indices reach the quality standard of the finished water of the modern

[收稿日期] 2025-03-09

[基金项目] 湖北省建设科技计划项目(KY-S-S-2023-007)

[通信作者] 廖华丰(1985—), 男, 正高级工程师, 注册公用设备工程师(给水排水), 主要从事市政给排水工程设计及新技术研究等工作, Email: liaohuafeng105@163.com。

WTP in Zhejiang Province. The monthly turbidity of the finished water is 0.03–0.06 NTU, which is far better than the design goal, and the core control index requirements of high-quality water supply are achieved. [**Conclusion**] As a key project in Zhejiang Province, the project has good demonstration benefits. Taking the project as an example, this paper introduces the engineering practice of the WTP using various measures to strengthen the conventional process to achieve high-quality water supply from the aspects of raw water quality, water quality standards, process design, general layout and actual operation effect. It provides reference to the design of other high-quality water supply projects at home.

Keywords high-quality water supply folded plate flocculation horizontal sedimentation V-type filter enhanced conventional process

随着经济的发展、社会的进步以及广大人民群众健康意识的提高,居民使用高品质饮用水的需求不断上升。据住房城乡建设部统计,2021年我国城市供水能力达31 737.67万 m³/d,全年供水总量达6 733 442.45万 m³。国内深圳、上海、江苏、浙江等地^[1-7]已经在高品质供水上进行了大量探索,并相继发布了地方供水相关的强制性或鼓励性标准,技术路线上,主要以增加“臭氧+活性炭”深度处理,形成长流程处理工艺为主。日本东京都实现高品质供水,约80%的原水均采用了“臭氧+活性炭”长流程工艺^[8]。较长流程往往意味着较大的投资和较高的运维成本。

《城镇水务2035年行业发展规划纲要》指出:“安全、便民、高效、绿色、经济、智慧”已成为现代化城镇水务体系的发展目标。因此,探索采用强化常规工艺实现高品质供水更符合绿色、低碳的高质量发展理念。浙江省衢州市第四水厂是衢州市首座按照《浙江省城市供水现代化水厂评价标准》建设的水厂,在项目一期工程(规模为10万 m³/d)中实践采用多种措施强化“折板絮凝—平流沉淀—V型滤池”实现高品质供水。

1 工程概况

浙江省衢州市第四水厂总规模为30万 m³/d,其中一期工程规模为10万 m³/d,按总规模控制总用地面积为9.67 hm²。该厂主要解决衢州乌溪江以东片区现状供水水量、水压不足问题,同时拟与现状石头坪水厂(规模为25万 m³/d)建立应急连通通道,形成双水厂联合供水的新格局,进一步提高城市和周边乡镇供水安全性。

2 原水水质及供水水质标准

衢州市第四水厂原水取自黄坛口水库,根据《浙江省水功能区、水环境功能区划分方案》,该水库水功能区为乌溪江黄坛口饮用水源区,目标水质

为《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) II类。该水库集雨面积为2 484 km²,多年平均降水量为1 869 mm,多年平均径流量为26.67亿 m³。本工程从该水库现状已建隧洞取水,隧洞出口已预留DN1800管道接口,本厂原水可从DN1800预留管接出,新建2根DN1400原水输水管道(长度约11.4 km)至衢州第四水厂。

根据2015年—2017年水库水质检测报告,原水水质主要指标统计分析如表1所示,总体上,除总氮、粪大肠菌群数等少数指标外,其余指标均为I~II类,含藻量少,水质良好,适合作为集中式地表水水源地。

表1 原水水质统计分析

Tab. 1 Statistical Analysis of Raw Water Quality

指标	单位	数值	备注
水温	℃	11~28	—
pH值	—	6.7~7.3	稍偏酸性
浑浊度	NTU	0.5~45.0	受上游来水影响较小
粪大肠菌群数	个/L	一般<2 000,短时最高达3 500	—
总氮	mg/L	0.50~1.98	—
氨氮	mg/L	一般<0.15	个别月份超过0.15,但一般仍小于0.50

浙江省城市水业协会对标国内外水厂中的先进水平,制定并推出的《浙江省城市供水现代化水厂评价标准》,核心目标是“现代化”,即在出厂水质、工艺、设备、管理及环境等方面要与国际接轨,达到世界先进水平,其中出厂水水质是现代化水厂的核心要求。设计确定衢州市第四水厂出厂水水质须达到现行国家标准及《浙江省城市供水现代化水厂评价标准》中现代化水厂出厂水优质标准的要求,具体如表2所示。

出厂水水质指标中,浑浊度(要求≤0.1 NTU)是具有代表性的指标,也是水厂高品质供水的核心控制指标,降低浑浊度能有效改善饮用水感官,并降

表 2 现代化水厂出厂水优质标准
Tab. 2 Finished Water High-Quality Standard for Modern WTP

检测项目	单位	限值	备注
色度(铂钴标准)	度	≤5	不得有异色;国标为 15
臭和味	级	无	强度等级为 0~1
浑浊度	NTU	≤0.1	国标为 1(水源与净水技术条件限制时为 3)
铁	mg/L	≤0.2	国标为 0.3
锰	mg/L	≤0.05	国标为 0.1
pH 值	—	7.0~8.5	国标为 6.5~8.5
耗氧量(高锰酸钾法,以 O ₂ 计)	mg/L	≤2.0	水源水限制,原水耗氧量>6.0 时,限值为<3.0;国标为 3(水源限制,原水耗氧量>6.0 时为 5)
菌落总数	mg/L	≤30	国标为 100
三氯甲烷	mg/L	≤0.030	国标为 0.06
三卤甲烷	mg/L	≤0.080	或各单项比之和值<0.8;国标为各单项比之和值≤1
总有机碳	mg/L	≤4.0	国标为 5
亚硝酸盐(以 N 计)	mg/L	≤0.1	国标为 1

注:检测项目及限值按项目设计时现行的《浙江省城市供水现代化水厂评价标准》与国家标准对比,未列的检测项目均按国标执行,下同。

低微生物风险(致病菌和“两虫”)^[9]。国内上海《生活饮用水水质标准》(DB31/T 1091—2025)、深圳《生活饮用水水质标准》(DB4403/T 60—2020)、江苏《江苏省城市自来水厂关键水质指标控制标准》(DB32/T 3701—2019)等地区制定的高品质供水相关地方标准中,均提出了降低浑浊度至 0.5 NTU 以下的要求。2023 年 4 月 1 日正式实施的《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2022),虽然指标数量由原标准的 106 项调整为 97 项,但进一步加强了从源头到龙头的供水全流程管控,而且更加关注感官指标、消毒副产物和风险变化等,从而推动建立高质量供水体系;对比旧版,虽然浑浊度指标没有提高要求,但增加了伴随藻类暴发产生的嗅阈值较低的 2-甲基异莰醇、土臭素,新型除草剂乙草胺,以及火药、烟花的主要原料高氯酸盐等 4 项扩展指标。

3 主要工艺设计

3.1 工艺路线选择

结合浙江省净化处理工艺的实际经验,要达到《浙江省城市供水现代化水厂评价标准》及现行国家标准的水质要求,应根据不同水源水质采取不同的处理方式,如 I~II 类水源,加强常规处理;III~IV 类水源,基于加强常规处理,必要时增加深度处理;IV 类以上水源,加强常规处理,在深度处理之前增加预处理;水库、湖泊水为水源,应有预防处理季节性藻类及其他特殊超标项目的技术措施。

考虑衢州市第四水厂原水水质特点和供水水质

要求,一般情况可达 II 类标准,但仍存在部分指标超标情况,要实现出厂水浑浊度≤0.1 NTU 等高标准水质要求,仅依靠常规的“混凝+沉淀+过滤”工艺存在一定风险。因此,提出 2 种解决方案:一是增加预处理及深度处理工艺;二是强化水源地保护,采用多种强化措施并结合精细化运维管控。

原水水质总体处于 I~II 类,其中总氮、氨氮、藻类等少数超标时,预加氯氧化、粉末活性炭吸附、滤后折点加氯等强化措施均有一定的去除效果。结合衢州市水源保护工作力度逐步加大,正在通过严格水源地保护区划分,实施一级保护区全封闭管理,推动一、二级保护区及准保护区综合治理,并采取了禁止含磷洗涤剂、农药和化肥等使用,禁止污染建设项目进入或污染水体活动发生等措施,原水水质将逐步向好。因此,强化水源地保护,采用多种强化措施并结合精细化运维管控实现高品质供水是可行的,且可节约投资约 5 000 万元,降低大量深度处理的运行成本,更为经济。

3.2 常规工艺强化措施

1) 强化混凝设计。

结合混凝沉淀的净水机理,絮凝形式、絮凝时间和水力条件等均对混凝效果具有重要影响。(1) 延长絮凝时间:采用絮凝效果较好、安装方便的折板絮凝。根据现行《室外给水设计标准》(GB 50013—2018),折板絮凝时间宜为 15~20 min,低温低浊水处理絮凝时间宜为 20~30 min。本次设计结合工程调

研经验,由常规的 15~20 min 延长至 26.9 min,并设过渡段(2 min);(2)控制水力条件:速度梯度(G)与絮凝反应时间(T)的乘积(GT)值常规取为 $1 \times 10^4 \sim 1 \times 10^5$,本次结合调研和计算的 GT 值取 8.8×10^4 ,并设置合理分组、分隔和分段,可调控不同水量工况 GT 值;(3)强化絮凝效果:反冲洗废水回用,投加石灰等。

2) 强化过滤设计。

根据滤池工作机理,降低滤速、提高滤层厚度(L)与滤料粒径(d_e)的比值,均有利于提高过滤效果^[10]。学者^[11]开展的低浑浊度进水条件下提高滤池出水水质研究中,在进水浑浊度约 1.5 NTU,滤速为 8 m/h 的条件下, L/d_e 为 1 000、1 200、1 400 时,过滤的浑浊度平均去除率分别为 74.7%、81.3%、86%。结合相关研究和工程实际经验采取如下强化措施:(1)采用均匀级配滤料[滤料有效粒径(d_{10})=0.9~1.2 mm,不均匀系数(K_{80})<1.4],滤层厚度由较常采用的 1.2~1.3 m 适当提高至 1.4 m;(2)设计滤速由较常采用的 8~10 m/h 适当降低为 7 m/h 左右。使滤层含污能力提高并防止杂质穿透滤层。

3) 考虑应急措施。

(1)应对原水水质突变:应急投加粉末活性炭等。(2)防止藻类滋生:在絮凝池、滤池前加氯。(3)满足余氯控制要求(>0.5 mg/L)(在 30 min 接触时间后):增加补氯点。

4) 优化药剂种类和投加顺序。

混凝剂投入原水后,只有在一定的 pH 范围内才能产生较好的混凝效果。黄坛口水库水经常出现 pH 值低于 7.0 的情况,一方面不利于絮凝,另一方面不满足《浙江省城市供水现代化水厂评价标准》中 pH 值为 7.0~8.5 的要求,故本工程絮凝反应前投加碱剂调整 pH,以稳定出厂水水质。浙江地区的水厂普遍前置投加了石灰,价格低廉,能调节水体的 pH,同时石灰作为颗粒核增重剂,能提升混凝沉淀效果。加药涉及种类和点位较多,结合调研工程经验,考虑日常工况、应急工况、投加频次、反应时间和相互干扰性,优先保证日常加碱、加矾、滤前加氯的效果,应急投加可根据情况进行现场调整,设计按应急投加粉末活性炭、预加氯、加碱、加矾、滤前加氯、滤后加氯、补氯的顺序设置投加点,其中加碱处增设微阻力管式混合器,并与加矾点间隔约 20 m 距离。

5) 精细化运维管控。

(1)实现全厂运行的自动化、信息化管控。(2)采用较严的企业内控标准(浑浊度 ≤ 0.05 NTU)。(3)合理设置在线监测仪表,定期进行人工过程取样监测。(4)灵活设置和调整工艺运行参数,如反冲洗恒定水头的自控阈值、初滤水排放时间等。

3.3 工艺流程

本项目工艺流程如图 1 所示。

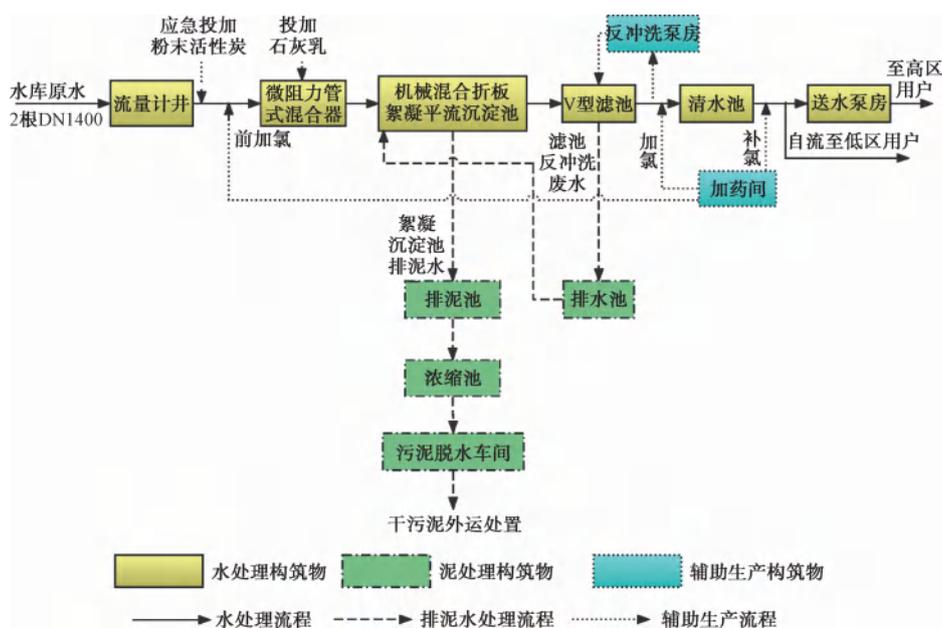


图 1 工艺流程

Fig. 1 Process Flow

3.4 主要设计参数

该水厂设计总规模为 30 万 m³/d, 其中一期工程规模为 10 万 m³/d。厂内辅助生产构(建)筑物土建按远期总规模一次建成, 主要

生产构筑物及设备按一期工程规模建设。为保证运行安全, 一期工程分为 2 条生产线, 每条生产线规模为 5 万 m³/d。主要构(建)筑物如表 3 所示。

表 3 主要建(构)筑物
Tab. 3 Major Structures

系统	构筑物	项目
水处理	机械混合折板絮凝池	2 座, 单座规模为 5 万 m ³ /d; 絮凝时间为 26.9 min, 过渡段时间为 2 min
	平流沉淀池	2 座, 单座规模为 5 万 m ³ /d; 沉淀时间为 1.86 h, 水平流速为 15.0 mm/s
	清水池	2 座, 单座调蓄容积为最高日设计水量的 14.7% 左右
	气水反冲洗滤池	1 座 8 格, 单座规模为 10 万 m ³ /d; 设计滤速为 7.0 m/h, 强制滤速为 8.04 m/h; 滤层厚度为 1.4 m
	反冲洗泵房	1 座(近远期共用)
	送水泵房	1 座(土建规模为 30 万 m ³ /d, 设备规模为 10 万 m ³ /d)
	加药间	1 座(土建规模为 30 万 m ³ /d, 设备规模为 10 万 m ³ /d); 加成品次氯酸钠、加矾、加碱及应急投加粉末活性炭 4 种药剂
排泥水处理	排水排泥池	1 座(近远期共用)
	污泥浓缩池	1 座(远期增加 1 座)
	脱水车间(含储泥池)	1 座(土建规模为 30 万 m ³ /d, 设备规模为 10 万 m ³ /d)

1) 机械混合、折板絮凝、平流沉淀池

机械混合、折板絮凝、平流沉淀池合建, 设 2 座, 每座规模为 5 万 m³/d, 单座平面尺寸为 121.36 m × 15.10 m。其中: (1) 机械混合池平面尺寸为 2.70 m × 2.45 m, 混合时间为 20 ~ 30 s; 桨板搅拌机采用 2 台, 转速为 125 r/min, 功率为 5.5 kW, 速度可调; (2) 折板絮凝采用排泥效果好的高效竖向折板絮凝池, 平面尺寸为 20.56 m × 15.10 m, 池深为 4.50 m; 每座絮凝池分 4 格, 每格分为 3 段, 总絮凝时间为 26.9 min, 有效水深为 4.15 m, GT 值为 8.8 × 10⁴; (3) 平流沉淀池平面尺寸为 100.40 m × 15.10 m, 池深为 3.5 m, 水平流速为 15.0 mm/s, 沉淀时间为 1.86 h, 有效水深为 3.2 m。

2) 气水反冲洗滤池(V 型滤池)

设 1 座滤池, 分为 8 格, 双排布置, 平面尺寸为 35.73 m × 34.90 m, 池深为 4.5 m。过滤面积为 622 m²(8 格), 设计滤速为 7.00 m/h, 强制滤速为 8.04 m/h。冲洗时间为 12 min, 其中气冲洗时间为 2 min [强度为 15 L/(m² · s)], 气水同时冲洗 4 min [气、水冲洗强度分别为 15、3 L/(m² · s)], 单独水冲洗 6 min [强度为 6 L/(m² · s)], 全程表面水扫洗强度为 1.85 L/(m² · s)。滤池按双排布置, 采用石英砂滤料, 粒径为 0.9 ~ 1.2 mm, 滤层厚度为 1.40 m,

以强化过滤效果。下部砾石承托层厚度为 0.1 m, 承托层粒径为 2 ~ 4 mm。滤层上最大水深为 1.30 m, 最大过滤水头为 2.10 m, 每格滤池配水配气系统采用长柄滤头, 在滤板上均匀布置, 滤板下部空间净高为 0.9 m。

3) 反冲洗泵房

设 1 座反冲洗泵房, 平面尺寸为 26.70 m × 12.95 m。泵房内设反冲洗水泵 3 台(2 用 1 备), 流量为 840 m³/h, 扬程为 10.0 m, 配套电机功率为 37 kW; 螺杆鼓风机 3 台(2 用 1 备), 流量为 36.09 m³/min, 出风压力为 0.04 MPa, 配套电机功率为 32 kW; 螺杆空压机 2 台(1 用 1 备), 流量为 1.7 m³/min, 出风压力为 0.7 MPa, 配套电机功率为 11 kW。

4) 清水池

根据该市实际最高日逐时供水量曲线测算, 随着供水量的增加, 近 3 年所需调蓄容积分别为最高日供水量的 13.33%、12.08% 和 10.97%, 呈逐年减少趋势。根据测算结果, 考虑本工程近期规模相对较小, 调蓄容积宜适当留有余地, 远期随着供水量的增长, 所需调蓄容积可适当降低。本工程单座清水池平面尺寸为 57.60 m × 54.40 m, 有效水深为 4.8 m, 单座有效容积约 14 720 m³, 为最高日设计水

量的 14.7%, 近期设 2 座, 远期增加 1 座。

5) 送水泵房

新建 1 座送水泵房(含吸水井), 与全厂变配电间合建, 土建规模为 30 万 m^3/d , 近期设备安装规模为 10 万 m^3/d 。根据现状地势高区近期供水量逐年快速增长的情况, 结合与建设单位及运营单位等的沟通意见, 送水泵房水泵配置适当增大近期单台机组容量, 同时考虑若出现实际供水量低于小泵高效供水范围时, 则由衢州水业或建设单位另行调配水泵安装于预留泵位。泵房内共设 6 台水泵机组位置, 近期安装 3 台卧式离心泵, 2 大 1 小, 其中 1 台大泵备用, 均采用变频调节。单台大泵流量为 4 200 m^3/h , 扬程为 28~30 m, 配套电机功率为 450 kW; 单台小泵流量为 2 500 m^3/h , 扬程为 27~29 m, 配套电机功率为 80 kW。泵房外建 1 座吸水井, 中间连通, 平面尺寸为 42.40 m \times 6.10 m。

6) 加药间

全厂共设 1 座加药间, 土建规模为 30 万 m^3/d , 设备按一期规模为 10 万 m^3/d 安装。其平面尺寸为 63.90 m \times 18.60 m, 具有加成品次氯酸钠、加矾、加碱及应急投加粉末活性炭 4 种功能, 按不同的功能分隔成若干个功能间, 同时预留 1~2 个加药功能间, 约 120 m^2 的面积, 用于应对未来水质变化的加药需求。(1) 次氯酸钠投加系统。前加氯: 投加氯质量浓度为 0.5~1.0 mg/L, 主要作用为除藻; 投加点位于絮凝池进水管(1 个投加点)和滤池进水廊道上(2 个投加点, 1 个投加泵)。滤后加氯: 投加氯质量浓度为 1.5~2.0 mg/L, 主要作用为出厂水消毒, 投氯点在每座清水池进水管上, 近期设 2 个投加点。补氯: 最大投加氯质量浓度为 1.0 mg/L, 投加点在送水泵房吸水井进水总管上。(2) 加矾系统。混凝剂采用液态碱式氯化铝[氧化铝(Al_2O_3)质量分数为 10%]稀释至 5%左右后投加(实际运行时可根据需要调整投加浓度), 设计最大投加质量浓度为 40 mg/L; 平均投加质量浓度为 15 mg/L。(3) 加碱系统。碱剂采用熟石灰[$\text{Ca}(\text{OH})_2$], 采用成套设备。设计最大投加量为 5 mg/L, 投加量为 1.5~3.0 mg/L, 投加质量分数为 1%~2%。(4) 应急投加粉末活性炭系统。投加质量浓度为 5~30 mg/L, 采用成套设备, 包括粉料运输及存储系统(有效容积为 40 m^3)、投加输送系统、射流混合系统及增压管道泵系统等, 以最大投加量计存储天数, 近期为

5.3 d, 远期为 1.8 d, 采用射流混合系统投加。

7) 排水排泥池

排水池与排泥池合建, 本工程设置 1 座排水排泥池(远期错开反冲洗及排泥), 总平面尺寸为 38.70 m \times 19.90 m。(1) 排水池。排水池用以接纳滤池反冲洗废水和浓缩池上清液, 为减小排水池容积, 滤池反冲洗为依次单格冲洗。根据砂滤池反冲洗强度及冲洗时间计算, 单格砂滤池反冲洗 1 次排出的废水量约 360 m^3 。排水池内分 2 格, 单格有效容积为 703 m^3 , 总有效容积为 1 406 m^3 , 每格内设 3 台潜水泵位, 2 用 1 备, 变频, 用以将排水池的废水均匀送至水处理构筑物。单泵流量为 100 m^3/h , 扬程为 14 m, 功率为 7.5 kW。(2) 排泥池。排泥池收纳絮凝沉淀池排泥水, 一般总排泥量按制水量的 1%计, 近期约 1 050 m^3/d ; 2 座沉淀池轮流排泥, 一次最大排泥量为 525 m^3 。设排泥池 1 座, 共 1 格, 有效容积为 703 m^3 , 内设 3 台潜水泵位, 2 用 1 备, 变频, 用以将排泥池的废水均匀送至污泥浓缩池。单泵流量为 100 m^3/h , 扬程为 14 m, 功率为 7.5 kW。排水排泥池设连通闸门, 当滤池反冲洗废水水质不满足回用要求时, 可进入污泥处理系统进行处理。

8) 污泥浓缩池、储泥池及脱水机房

考虑污泥处理系统的规模应满足全年 85%~95% 天数可完全处理的要求, 根据最近 3 年的原水浑浊度统计资料, 经测算, 衢州市第四水厂按远期规模为 30 万 m^3/d 满负荷生产时的干污泥产量约 6.24 t/d, 近期工程产泥量约 2.08 t/d。一期工程设圆形辐流式污泥浓缩池 1 座, 单座直径为 15 m, 中期视原水浑浊度情况可不增加, 远期增加 1 座, 池边水深为 5.0 m; 设计进泥含固率为 0.6%~1.0%, 出泥含固率为 2%~4%, 固体通量为 0.6 kg 干泥/($\text{m}^2 \cdot \text{h}$)。单池配 $\varphi 15$ m 中心传动浓缩机 1 台, 电机功率为 0.37 kW。

按总规模为 30 万 m^3/d 建 1 座污泥脱水机房, 车间内设污泥斗 1 个, 脱水车间平面尺寸为 28.40 m \times 14.85 m。车间外配套设有储泥池 1 个, 平面尺寸为 8.5 m \times 4.5 m。需脱水污泥含固率为 2%~4%, 脱水泥饼含固率为 20%~25%, 平均固相回收率 $\geq 96\%$ 。聚丙烯酰胺(PAM)聚合物投加量为 2.0~4.0 kg/(t 干泥)。污泥脱水车间近期共安装 2 台卧螺式离心脱水机, 单台离心机进泥量为 9~13 m^3/h , 配套主机功率为 22 kW, 1 用 1 备。每天运行 8 h。脱水机主要配

套设备有污泥进料泵 2 台,流量为 $4 \text{ m}^3/\text{h}$,功率为 15 kW ;污泥切碎机 2 台,流量为 $12 \text{ m}^3/\text{h}$,功率为 2.2 kW ;絮凝剂投配系统 1 套,功率为 3.0 kW ;水平螺旋输送机 1 套,功率为 2.2 kW ,倾斜螺旋输送机 1 套,功率为 3.0 kW 。储泥池内设桨叶搅拌器 2 台,单台功率为 5.5 kW 。脱水机泥饼可由泥饼泵送入贮泥斗临时贮存,定时直接装车外运。贮泥斗下部出口装有电动刀阀控制卸泥,既可大大减轻工人劳动强度,又利于保持泥库清洁卫生。

4 总平面布置

水厂用地范围线内面积为 $96\,673 \text{ m}^2$ (约 145 亩),平面形状呈矩形,总平面布置按 $30 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 统一考虑,在不影响水厂正常运转的前提下尽量节约用地。原水进水管从南侧进厂,供水区域基本位于厂区北部。因此,生产区絮凝沉淀池、清水池、滤池、送水泵房及变电间等净水构筑物由南至北有

机地组合成一体,减少管道迂回。办公区位于厂区的西北侧,主要建筑物为综合楼和机修仓库,另配有大面积的广场绿化,营造优美的园林式水厂氛围。生产区实行封闭式管理,设置了通透式围墙与办公区严格分开,通过 2 个带门禁系统的出入口连通办公区。考虑未来出厂高品质供水水质要求进一步提高的趋势,以及为应对原水水质变化预留一定余地,厂区预留深度处理工艺建设用地。根据《城市供水行业反恐防范工作标准》(建城[2016]203 号),本水厂为公共供水企业,反恐防范类别为 I 类,总平面布置时按标准考虑设置完善的反恐防范措施,例如:厂界设置不低于 2.5 m 高的实心围墙,厂区内敞开式水处理构筑物如絮凝池距离围墙距离不低于 30 m ,以及设置进出水生态预警池等。

总平面布置如图 2 所示,水厂效果如图 3 所示。厂区近期用地面积为 $60\,182 \text{ m}^2$ (约 90 亩)。该布置

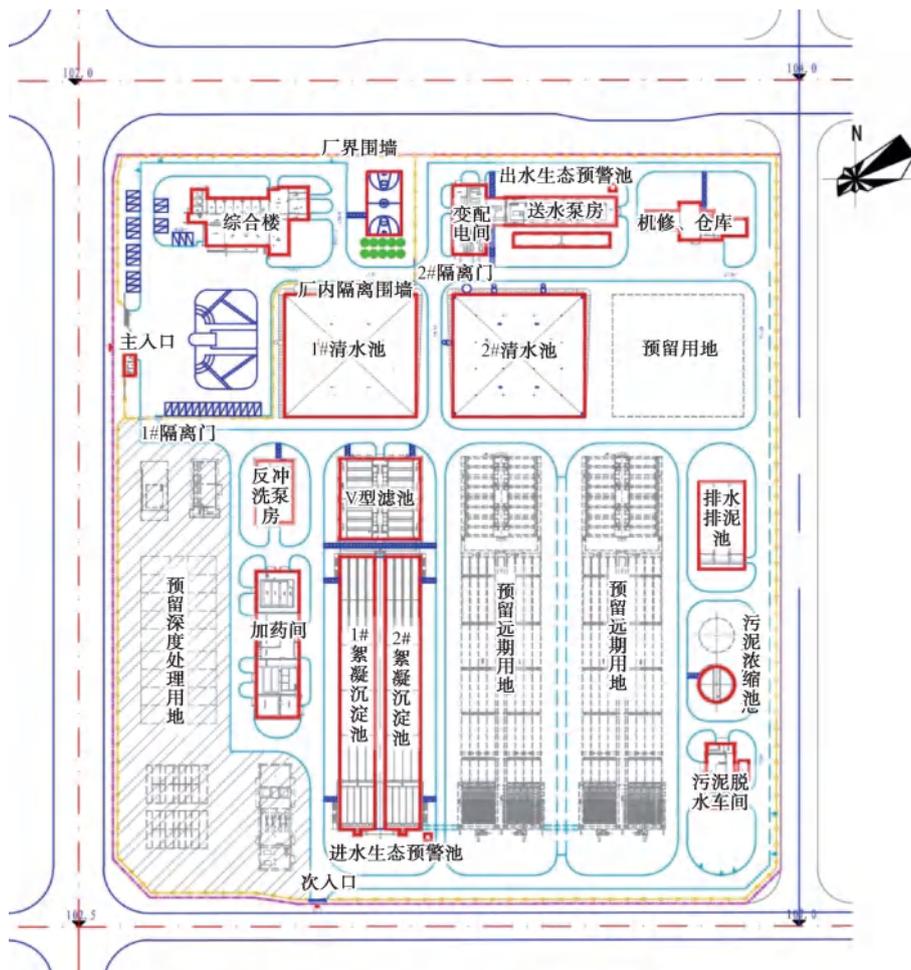


图 2 厂区平面布置

Fig. 2 Layout of the Plant



图3 水厂效果图

Fig. 3 Design Sketch of WTP

功能分区明确,办公区、水处理区、污泥处理区、远期扩建水处理区和深度处理区预留用地既相对独立,又紧密联系成一体。厂区现状地面标高为1985国家高程基准的103~107 m,周边规划道路高程为102.5~107.0 m,根据城市总体规划及城市防洪标准,综合厂区土方平衡及厂区雨水排放要求,考虑与周边道路衔接,确定厂区设计地面标高为104.0~105.0 m。

5 运行效果

项目概算总投资约2.28亿元,其中工程费用约1.52亿元。初步设计测算制水成本为1.26元/m³;制水经营成本为0.79元/m³。

项目于2022年6月底正式并网对外供水,根据2022年7月—12月运行数据,实际处理水量为5.0万~8.2万m³/d,实际电耗为0.08~0.13kW·h/m³,实际药耗如下:聚合氯化铝(PAC)投加质量浓度(以10%原液计)为14.90~23.05mg/L,成品次氯酸钠投加质量浓度(以有效氯10%原液计)为7.0~20.8mg/L,石灰投加质量浓度为0.37~1.92mg/L。运行以来,实际出厂水质均达到浙江省现代化水厂出厂水优质标准,各项卫生指标合格率为100%,其中原水浊度为1.0~15.0NTU,沉淀池出水浊度为0.5~1.5NTU,滤后出厂水月平均浊度为0.03~0.06NTU,优于设计目标。经过实践运行检验,多种组合强化措施使得传统工艺能很好地满足本项目高品质供水的要求,大幅降低了投资和运行成本。

6 结语

本文从浙江省衢州市第四水厂原水水质及供水水质标准、工艺设计、总平面布置等方面,系统介绍了该水厂总体方案及实际运行效果,为强化常规工艺实现高品质供水设计提供借鉴和参考。

(1)衢州市第四水厂一期工程中采用多种措施强化“折板絮凝—平流沉淀—V型滤池”实现高品质供水,出厂水浊度可稳定达到 ≤ 0.1 NTU,实现了高品质供水的核心控制指标要求。

(2)对原水水质总体处于I~II类,总氮、氨氮、藻类等常规工艺难以去除的指标少数超标时,在充分调研的基础上,加强水源保护,采取强化常规处理实现口感好、风险小、成本低的高品质供水是可行的。强化常规工艺,重点是综合采取多种措施稳定水质、强化混凝效果、控制滤速以及精细化管理。

(3)总平面布置综合考虑生产工艺需求、反恐恐怖要求等,并考虑未来高品质供水水质要求进一步提高的趋势,以及为应对原水水质变化预留一定余地,厂区宜预留深度处理工艺建设用地。

(4)要实现高品质供水,还须更新理念,在提高出厂水水质的同时,加强从“源头”到“龙头”全过程的管控,未来可运用新一代信息技术打造全过程标准化、信息化、智能化的智慧水厂,进一步提升精细化管理水平。

(下转第214页)

- [18] Martínez E, Lacorte S, Llobet I, et al. Multicomponent analysis of volatile organic compounds in water by automated purge and trap coupled to gas chromatography-mass spectrometry [J]. *Journal of Chromatography A*, 2002, 959(1/2): 181–190. DOI: 10.1016/S0021-9673(02)00439-9.
- [19] Hu T L, Chiang P C. Odorous compounds from a cyanobacterium in a water purification plant in central Taiwan [J]. *Water Research*, 1996, 30(10): 2522–2525.
- [20] 陈辉, 陈跃安, 余丽娟, 等. 黄浦江原水中土臭素冬季超标机制研究[J]. *环境科学学报*, 2019, 39(4): 1134–1139.
Chen H, Chen Y A, Yu L J, et al. Mechanism of geosmin over-limitation in winter in the raw water of Huangpu River[J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2019, 39(4): 1134–1139.
- [21] Gollinopoulos S K, Kostopoulou M N, Lekkas T D. Volatile halogenated organics in the water supply system in Athens, Greece [J]. *Water Research*, 1998, 32(6): 1811–1818.
- [22] Pecoraino G, Scalici L, Avellone G, et al. Distribution of volatile organic compounds in Sicilian groundwaters analysed by head space-solid phase micro extraction coupled with gas chromatography mass spectrometry (SPME/GC/MS) [J]. *Water Research*, 2008, 42(14): 3563–3577.
- [23] Moschet C, Lew B M, Hasenbein S, et al. LC- and GC-QTOF-MS as complementary tools for a comprehensive micropollutant analysis in aquatic systems [J]. *Environmental Science & Technology*, 2016, 51(3): 1553–1561.
- [24] Beaudreau P. A systematic review of the time series studies addressing the endemic risk of acute gastroenteritis according to drinking water operation conditions in urban areas of developed countries [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2018, 15(5): 867.

(上接第 195 页)

参考文献

- [1] 宁运芳, 刘柱, 陈学水, 等. 大型老旧水厂不断水集约化重建技术与实践[J]. *给水排水*, 2022, 48(9): 1–6.
Ning Y F, Liu Z, Chen X S, et al. Technology and practice of intensive reconstruction of large and old water plants under continuous water supply conditions [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2022, 48(9): 1–6.
- [2] 陆志惠. 上海市《生活饮用水水质标准》(DB31/T 1091—2018)实施评估及修订建议[J]. *净水技术*, 2022, 41(6): 57–64.
Lu Z H. Implementation evaluation and revision proposal of Shanghai standards for drinking water quality (DB31/T 1091–2018) [J]. *Water Purification Technology*, 2022, 41(6): 57–64.
- [3] 王圣, 赵欣, 姜蕾, 等. 对标国际, 标准引领——从源头到龙头的高品质饮用水水质安全保障技术与管理[J]. *净水技术*, 2023, 42(1): J1–J4.
Wang S, Zhao X, Jiang L, et al. Benchmarking international standards, leading by standards—Safety assurance technology and management of high-quality drinking water from the source to the leader [J]. *Water Purification Technology*, 2023, 42(1): J1–J4.
- [4] 赵加斌. 基于上海市高品质供水的水厂设计思考[J]. *净水技术*, 2023, 42(S1): 281–288.
Zhao J B. Design consideration of WTP based on Shanghai high quality water supplying [J]. *Water Purification Technology*, 2023, 42(S1): 281–288.
- [5] 董秉直, 肖健, 华建良, 等. 高品质饮用水的思考以及苏州实践[J]. *给水排水*, 2021, 57(8): 19–27.
Dong B Z, Xiao J, Hua J L, et al. View of high quality drinking water and its practice in Suzhou [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2021, 57(8): 19–27.
- [6] 朱建文. 杭州主城区饮用水深度处理的发展与实践[J]. *净水技术*, 2022, 41(2): 168–173.
Zhu J W. Development and practice of advanced treatment for drinking water in main urban area of Hangzhou [J]. *Water Purification Technology*, 2022, 41(2): 168–173.
- [7] 张立尖. 上海市饮用水水质标准发展历程与 2025 新地标解读[J]. *净水技术*, 2025, 44(4): 1–11.
Zhang L J. Developing process of drinking water quality standards in Shanghai and interpretation of the 2025 new local standard [J]. *Water Purification Technology*, 2025, 44(4): 1–11.
- [8] 包伟忠. 高品质饮用水建设及运维中关键问题探讨[J]. *净水技术*, 2024, 43(S1): 71–75.
Bao W Z. Discussion on key problems of high quality drinking water building and management [J]. *Water Purification Technology*, 2024, 43(S1): 71–75.
- [9] 镇祥华, 黄智, 张文胜, 等. 实现低出水浊度常规处理工艺探讨[J]. *给水排水*, 2021, 47(9): 6–12.
Zhen X H, Huang Zhi, Zhang Wensheng, et al. Discussion on reducing effluent turbidity of conventional treatment process [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2021, 47(9): 6–12.
- [10] 王智, 郗燕秋, 董蕾茜, 等. 水厂滤池改造方法及应用案例[J]. *净水技术*, 2017, 36(9): 78–85, 90.
Wang Z, Qie Y Q, Dong L X, et al. Reconstruction methods and application cases of filters in water treatment plant (WTP) [J]. *Water Purification Technology*, 2017, 36(9): 78–85, 90.
- [11] 韦舒. 低浊度进水条件下提高滤池出水水质的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2012.
Wei S. Improvement of water quality treated by filtration tank under the condition of influent with low-turbidity [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2012.