DOI:10.26974/j.cnki.XBGC.2026.03.008

基于黄河水源的某大型城市给水厂工程设计及运行

白 鹭[1], 刘志远[2*], 朱 赫[1]
(1.银川中铁水务集团有限公司,宁夏 银川 750004;
2.上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海 200092)

摘 要:为缓解地下水超采困境,西北地区某城市建成以黄河原水为水源的大型给水厂(一期规模5.0×10^5 m³/d,二期规模5.0×10^5 m³/d),并采用预臭氧+复合沉淀池+V型滤池+紫外线消毒+氯消毒的工艺。基于近2.5 a的运行数据,系统评估该水厂处理效能与运行经济性。结果表明,出水稳定达到《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2022)要求;紫外线消毒使菌落总数由27 CFU/mL降至未检出,生物安全性显著提升;运行期间,固体聚合氯化铝(PAC,Al_2O_3质量分数为30%)平均用量为6.20 mg/L,有效氯平均用量为1.59 mg/L,绝干污泥产率为0.26 t/10^4 m³水,阳离子聚丙烯酰胺(PAM)投加量为2.2~3.5 kg/t干污泥;相关性分析显示,PAC加药量与进水流量关联最高(r=0.58),其次为进水温度、进水浊度,但与pH值及出水浊度相关性最弱,表明现行投加策略可有效适应黄河原水低温、低浊、高pH值等特性。该工程经验可为同类黄河水源给水厂提供技术参考。

关键词:黄河水源;给水厂;工艺设计;运行效果;紫外线消毒;水质保障
中图分类号:TU991.2 **文献标志码**:A

西北地区某城市长期将地下水作为唯一水源,数十年持续超采导致该区域形成以城区为中心的大型地下水漏斗区,而地下水位持续下降与地质环境退化等问题的相互交织,使城市供水安全面临系统性风险。该城市对单一水源依赖的脆弱性在干旱年份尤为明显,当地下水补给量锐减时,整座城市将陷入无水可用的被动局面[1]。这一困境并非个案,而是我国西北干旱区城市所面临的共性难题:如何在保障供水安全的前提下,实现从地下到地表、从单一到多元的结构性转变?

2019年,该城市建成投产一座以黄河上游原水为水源的大型地表水厂,一期设计规模5.0×10^5 m³/d,二期规划5.0×10^5 m³/d,总占地面积约30 hm²,标志着当地供水体系从单极依赖向多源互补的战略转型。然而,黄河水源的接入并不意味着问题的终结。黄河上游原水具有显著的特殊性,冬季低温、低浊导致混凝效率骤降,而常年偏高的pH值易改变絮体的水解形态,较高的总氮质量浓度则使消毒副产物增加,加之潜在的突发污染威胁,均对工艺选型与运行调控提出了严苛要求[2-3]。水厂最终采用预臭氧+复合沉淀池+V型滤池+紫外线消毒+氯消毒的多屏障工艺,并预留深度处理用地及应急接口,但其设计参数能否经受实际水质波动的考验,仍需接受实践检验。

本研究系统整理了该水厂2023年1月至2025年6月的运行监测数据,从水源水质特征、工艺设计逻辑、实际处理效能、药剂消耗规律及污泥产出特性5个维度展开实证分析。研究旨在回答两个核心问题:该工艺组合在应对黄河水源特异性挑战时的实际表现如何?该水厂的运行经验中哪些具有可迁移性?研究结果可为同类黄河水源给水厂的工程设计优化与水质安全保障提供切实参考。

1 水源水质分析

水厂原水取自黄河上游,取水点距离水厂约

收稿日期:2025-08-08
基金项目:上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司项目(K2022K050)
作者简介:白鹭(1983—),女,高级工程师,硕士,主要从事供水运营管理及生产技术研究(66340@waterych.com)。
* **通信作者**:刘志远(1985—),男,高级工程师,博士,主要从事水处理技术研究(liuzhiyuan@smedi.com)。
引用格式:白鹭,刘志远,朱赫.基于黄河水源的某大型城市给水厂工程设计及运行[J].西北工程技术学报(中英文),2026,25(3):249-255.

60 km。原水依次经取水泵站加压提升、渠道重力流输送、水库沉砂调蓄和管道重力流输送后,最终进入该水厂。2023 年 1 月至 2025 年 6 月的进厂原水水质数据见表 1。

表1 原水水质

Tab. 1 Quality of raw water

时间	项目	水温/(℃)	pH值	COD_{Mn}/(mg·L^{-1})	氨氮/(mg·L^{-1})	总氮/(mg·L^{-1})	浊度/NTU
2023年1—3月	范围	5.0～7.0	8.06～8.33	1.82～2.03(1.90)	0.020～0.130	2.78～2.96	0.52～10.70
	(平均)	(5.7)	(8.20)		(0.080)	(2.90)	(3.00)
2023年4—6月	范围	12.0～17.7	7.93～8.28	1.66～1.98(1.80)	0.020～0.110	1.09～4.25	1.07～19.80
	(平均)	(15.5)	(8.10)		(0.070)	(2.40)	(5.00)
2023年7—9月	范围	13.4～22.0	8.43～8.46	1.67～2.40(2.00)	0.040～0.070	1.58～1.91	1.62～33.60
	(平均)	(16.9)	(8.40)		(0.050)	(1.80)	(11.00)
2023年10—12月	范围	7.9～12.9	8.33～8.43	1.96～2.61(2.20)	0.020～0.170	2.02～2.55	2.50～37.80
	(平均)	(10.7)	(8.40)		(0.080)	(2.20)	(9.00)
2024年1—3月	范围	6.9～10.2	8.33～8.36	1.80～2.70(2.20)	0.085～0.159	2.41～2.88	1.46～4.83
	(平均)	(8.8)	(8.30)		(0.110)	(2.70)	(2.00)
2024年4—6月	范围	12.6～20.7	7.84～8.54	1.90～2.00(2.00)	0.111～0.151	2.22～2.70	0.30～10.70
	(平均)	(15.8)	(8.20)		(0.140)	(2.40)	(4.00)
2024年7—9月	范围	23.9～33.5	8.40～8.60	1.70～2.20(2.10)	0.084～0.102	1.69～2.17	2.17～20.40
	(平均)	(27.4)	(8.50)		(0.100)	(1.90)	(6.00)
2024年10—12月	范围	2.4～14.1	8.00～8.30	1.60～2.20(1.90)	0.098～0.190	1.87～2.63	1.64～24.10
	(平均)	(6.5)	(8.20)		(0.150)	(2.20)	(8.00)
2025年1—3月	范围	0.5～4.9	8.20～8.40	1.90～2.40(2.10)	0.071～0.119	2.47～4.38	1.50～6.50
	(平均)	(2.5)	(8.30)		(0.090)	(3.20)	(3.00)
2025年4—6月	范围	12.5～24.4	7.90～8.80	1.90～3.00(2.30)	0.083～0.121	2.09～2.88	1.08～16.10
	(平均)	(16.9)	(8.20)		(0.100)	(2.50)	(3.00)
地表Ⅱ类水质标准			6～9	4	0.5	0.5	

由表 1 可知,原水除总氮质量浓度超标外,其余指标均满足《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中Ⅱ类水要求。受水库沉砂调蓄的影响,原水浊度变化范围控制在 0.30～37.80 NTU,波动幅度相对平缓。第一季度时水温较低,平均值仅为 5.7 ℃,对应浊度为 2.67 NTU,属于低温、低浊水范畴[1-2]。原水总氮质量浓度较高,且经水库调蓄后,存在藻类爆发的风险[3]。原水平均 pH 值大于 8.0,pH 值偏高,存在出厂水中铝含量超标的风险[4]。因此,在给水厂的设计中应充分考虑低温、低浊、藻类爆发和 pH 值偏高的风险。

黄河流域灌区排水沟和工业企业众多,进一步增加了氨氮、总磷、有机物污染的风险[5-6]。以黄河青铜峡段为例,《2017 年宁夏水资源公报》显示,该段灌溉引水总量为 38.868×10^8 m^3,排水沟排水总量为 22.499×10^8 m^3。灌区排水沟除承担农田排水外,同时也接纳沿途工矿企业的工业废水、居民生活污水。灌区第五排水沟、银新沟和中干沟等多条排水沟水质类别为地表水劣Ⅴ类[5]。曲久辉院士[6]指出,黄河流域地表水中普遍存在微量有机物污染的问题。因此,黄河原水的水质污染风险也应在设计中加以充分考虑。

2 处理工艺选择与设计参数

2.1 选择的工艺

水厂采用预臭氧+复合沉淀池+V 型滤池+紫外线消毒+氯消毒的水处理工艺,污泥经浓缩后采用板框压滤机脱水,脱水污泥外运处置。水厂工艺流程见图 1。

(1)应对低温、低浊水。低温、低浊水会导致水的黏度增大、杂质颗粒布朗运动减弱、混凝剂水解效率降低,从而影响絮凝效果[7]。对比平流沉淀池、斜管沉淀池及复合沉淀池的性能特点(表 2),复合沉淀池组合了前端平流沉淀区与后端斜管沉淀区,既

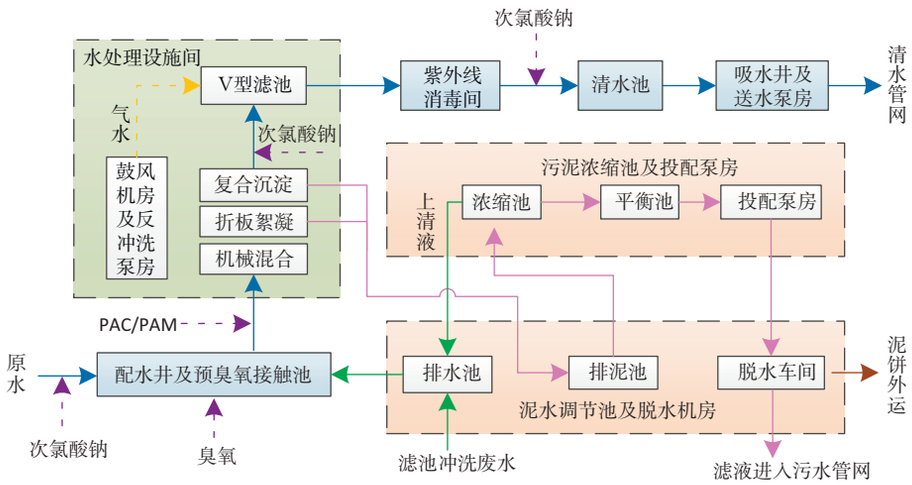


图1　水厂工艺流程

Fig. 1　Treatment process flow of the water treatment plant

表2　不同沉淀池池型对比

Tab. 2　Comparison of different types of sedimentation tanks

名　称	主要设计参数	优　点	缺点
平流沉淀池	沉淀时间1.5～3.5 h,水平流速10～25 mm/s。	构造简单、管理方便、耐冲击负荷强。	停留时间长,占地面积大,对小矾花的去除效果差,平流沉淀池的出水浊度一般只能控制在3 NTU以下。
斜管沉淀池	利用浅池理论,装填斜管,液面负荷3.6～9.0 $m^3/(m^2\cdot h)$。	沉淀效率高,水池体积小,占地面积小,处理同样水量时占地约为平流沉淀池的1/3。	对原水水质变化的适应性较差,斜管前端易积泥、易损坏,排泥设备的布置较困难,絮体可能黏附于斜管顶部形成絮凝渣层。
复合沉淀池	在斜管沉淀池的前端设有一段长度为12～25 m的平流沉淀区。	克服了平流沉淀池占地面积大、小矾花去除效果差的问题,克服了斜管沉淀池前端易集泥、易损坏的问题,延长了斜管更换周期。	占地面积比斜管沉淀池大,排泥设备的布置较困难。

克服了平流沉淀池占地面积大、小矾花去除效果差的缺点,又解决了斜管沉淀池前端易集泥、抗冲击负荷弱的问题,因此,该水厂选用复合沉淀池作为核心沉淀单元。同时,配套预臭氧氧化和助凝剂(PAM)投加系统,强化絮凝效果。

(2)防控藻类爆发。原水总氮质量浓度偏高,存在藻类繁殖风险,藻类代谢产物可能导致水质异味、滤池堵塞及消毒副产物增加[8]。除采用预臭氧氧化破坏藻类细胞结构外,设置多点加氯系统,通过前加氯系统抑制藻类繁殖,并通过后加氯系统保障出水余氯,以降低消毒副产物生成量。

(3)降低铝超标风险。原水pH值偏高,易导致混凝剂水解不完全,增加出厂水的铝含量[5]。通过优化混凝剂投加量,投加助凝剂,以及在原水进水总管预留CO_2投加接口等方法,可根据水质变化调节原水pH值,防控铝超标。

(4)保障水质安全。为应对潜在的微量有机物的污染,预留臭氧生物活性炭深度处理用地;采用紫外线消毒＋氯消毒的复合消毒工艺,在保障消毒效果的同时,提升出水生物安全性[9]。

2.2　工艺设计参数

2.2.1　配水井及预臭氧接触池　共1座,配水井土建按1.0×10^6 m^3/d规模建成,预臭氧接触池按5.0×10^5 m^3/d处理规模建设。配水井设置2套净距100 mm的平板格栅,采用4条配水堰将原水分为4路,一期启用2道配水堰,封堵2道。预臭氧投加量为0.5～1.0 mg/L,接触时间为4.73 min,配套臭氧发生器及混合装置,确保臭氧与原水充分接触。

2.2.2　水处理设施间　水处理设施间内布置有复合沉淀池、V型滤池、鼓风机房及反冲洗泵房,设计规模为5.0×10^5 m^3/d。

(1)复合沉淀池共2座,单座分2组,1组分2格。混合阶段采用机械混合,混合时间为30 s,每格

安装 1 台混合搅拌器。絮凝阶段采用折板絮凝,水力停留时间为 23.8 min。絮凝池共 2 座,单座分 2 组,1 组分为 10 个流道。沉淀区前段为平流沉淀区(水平流速为 17.95 mm/s),后段为斜管沉淀区(上升流速为 1.4 mm/s),底部设置单轨式刮泥机和排泥斗,定期排出沉淀污泥。

(2)V 型滤池共 2 座,单座分为 14 格,双排布置,中间为管廊。单格过滤面积为 112 m^2,滤池采用均质石英砂滤料(粒径为 0.95~1.20 mm,不均匀系数 K_{80}≤1.3)。正常滤速为 6.91 m/h,强制滤速为 7.44 m/h。冲洗方式采用单独气冲洗+气水联合冲洗+单独水冲洗+全程表面扫洗,具体参数为单独气冲洗强度 55 $m^3/(h\cdot m^2)$,冲洗 2 min;气水联合冲洗中气冲强度 55 $m^3/(h\cdot m^2)$,水冲强度 9 $m^3/(h\cdot m^2)$,冲洗 5 min;单独水冲洗强度 18 $m^3/(h\cdot m^2)$,冲洗 5 min。

(3)对鼓风机房及反冲洗泵房,配置罗茨鼓风机 3 台(2 用 1 备),单台风量 3 024 m^3/h,风压 39.2 kPa;反冲洗水泵 3 台(2 用 1 备),单台流量 1 080 m^3/h,扬程 13 m。

2.2.3 *紫外线消毒间* 设计规模 5.0×10^5 m^3/d。设置 6 台紫外线反应器,选用中压高强紫外灯(每台配 6 支灯管),配套在线机械+化学清洗装置,避免灯管结垢影响消毒效果。紫外线设计穿透率 90%,进水最大浊度 1 NTU,最少紫外剂量 40 mJ/cm^2,确保对细菌、病毒等微生物的有效杀灭。

2.2.4 *吸水井及送水泵房* 吸水井 1 座,按 1.0×10^6 m^3/d 规模设计,分为 4 个独立格室,一期使用西侧 2 个格室,二期使用剩余 2 个格室。送水泵房土建按 1.0×10^6 m^3/d 规模设计,时变化系数取 1.3,设 10 个泵位,一期安装设备设计规模 5.0×10^5 m^3/d,使用 6 个泵位(5 用 1 备),单台流量 5 400 m^3/h,扬程 62 m,以满足城市供水管网压力及水量需求。

2.2.5 *污泥处理系统* 污泥处理系统主要包含污泥浓缩池及投配泵房,泥水调节池及脱水机房。

(1)污泥浓缩池及投配泵房。含 2 座污泥浓缩池(单座直径 30 m)、1 座储泥池和 1 座污泥投配泵房。污泥浓缩池设计规模 1.0×10^6 m^3/d,一期固体表面负荷为 0.36 $kg/(m^2\cdot h)$,液面负荷为 0.07 $m^3/(m^2\cdot h)$。投配泵房配置 3 台污泥投配螺杆泵(2 用 1 备,变频控制),单台流量 90~25 m^3/h,扬程 0.3~1.8 MPa。

(2)泥水调节池及脱水机房。含 1 座废水调节池(有效容积 2 400 m^3)、1 座排泥调节池(有效容积 1 275 m^3)及 1 座脱水机房。调节池各配置 3 台提升泵(2 用 1 备),废水提升泵单台流量 600 m^3/h,排泥水提升泵单台流量 100 m^3/h;脱水机房配置 3 台板框压滤机(2 用 1 备),单台处理量 8.5 t/d,运行时长 18 h/d,峰值时可延长运行时间或启用备用设备。

3 运行效果分析

3.1 供水水量

水厂 2023-01-22—2025-07-22 的逐日供水水量见图 2。可见,水厂的供水水量整体呈逐步上升趋势,并具有显著的波动性。其中,2023 年的最高日供水量为 4.367×10^5 m^3/d,平均日供水量为 2.105×10^5 m^3/d;2024 年的最高日供水量为 4.859×10^5 m^3/d,平均日供水量为 2.883×10^5 m^3/d;2025 年的最高日供水量为 5.072×10^5 m^3/d,平均日供水量为 3.605×10^5 m^3/d。在供水高峰期,水厂已经满负荷运行。

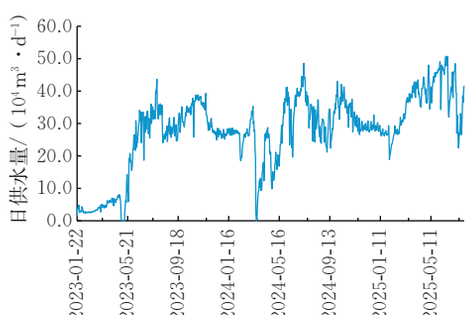


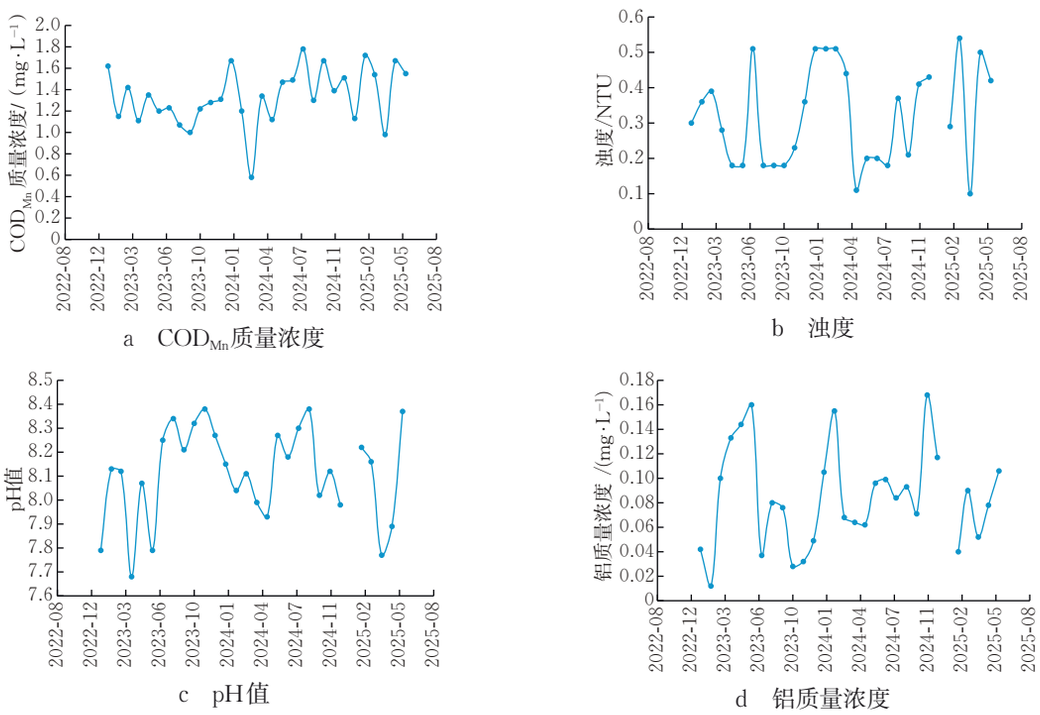
图 2 2023-01-22—2025-07-22 水厂逐日供水量

Fig. 2 Daily water supply from 2023-01-22 to 2025-07-22

3.2 产水水质

2023 年 1 月至 2025 年 6 月的出厂水主要水质指标见图 3。可见,出厂水中高锰酸盐指数(COD_{Mn})范围为 0.58~1.78 mg/L,平均值为 1.34 mg/L;浊度范围为 0.10~0.54 NTU,平均值为 0.32 NTU;铝质量浓度范围为 0.012~0.168 mg/L,平均值为 0.080 mg/L;pH 值范围为 7.68~8.38,平均值为 8.11。各指标均满足《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2022)的限值要求,表明水厂工艺对黄河原水的处理效果稳定可靠。

2025 年 6 月至 2025 年 8 月出厂水的微生物指标见表 3。可见,在紫外线消毒开启前,2025 年 6 月和 2025 年 7 月菌落总数均为 27 CFU/mL,总大肠菌群和大肠埃希氏菌均未检出,均满足《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2022)的限值要求。2025 年 8 月紫外线消毒开启后,菌落总数未检出,显示了出厂水的生物安全性。



a　COD_{Mn}质量浓度　　b　浊度

c　pH值　　d　铝质量浓度

图3　2023年1月至2025年6月出厂水主要水质指标

Fig. 3　Key finished-water parameters from January 2023 to June 2025

表3　2023年6月至2023年8月出厂水的微生物指标

Tab. 3　Microbiological parameters of finished water from June 2023 to August 2023

检测时间	紫外线开启情况	菌落总数/(CFU·mL⁻¹)	总大肠菌群/(CFU·100 mL⁻¹)	大肠埃希式菌/(CFU·100 mL⁻¹)
2025-06	未开启	27	0	0
2025-07	未开启	27	0	0
2025-08	开启	0	0	0

值得注意的是,一些研究采用相同的工艺后也显示出相似的结果。黄孟斌等[8]为应对炭砂滤池带来的生物泄露问题,保障出厂水微生物达标,在臭氧-炭砂滤池短流程深度处理的基础上,对消毒工艺进行升级改造,新增 2 套管道低压高强紫外设备,工程投入运行后,细菌总数下降 99%。潘晓等[9]以南方某水厂的中试和生产紫外线消毒装置为基础,考察了紫外线和化合氯联合消毒对生物活性炭出水中细菌的杀灭效果,结果显示,当紫外线投加剂量为 480 J/m,氯投加量为 1 mg/L 时,灭菌效率可达 100%。

3.3　药耗

水厂日常运行主要消耗聚合氯化铝(PAC)、聚丙烯酰胺(PAM)、O_2及食盐。其中,PAC 为混凝剂,阴离子 PAM 为助凝剂(沉淀池前投加),阳离子 PAM 为污泥调理剂(压滤机前投放),O_2用于制备臭氧,食盐用于制备次氯酸钠。2023—2025 年水厂的药剂消耗情况见表 4。可见,PAC 投加量从 2023 年的 7.50 mg/L 优化至 2025 年的 6.20 mg/L,主要因冬季选用低盐基度的 PAC(聚合度低、电荷密度高),在未启用助凝剂和预臭氧的情况下,其仍能高效处理低温、低浊水,形成小而密实的矾花[10]。有效氯投加量从 2023 年的 2.3 mg/L 降至 2025 年的 1.6 mg/L,对应食盐消耗量同步下降,归因于运行优化。实际运行中仅启用了前加氯(0.6～0.9 mg/L)和后加氯(1.0～1.4 mg/L)。启用前加氯有效抑制了藻类繁殖,且净水车间防阳光直射设计避免了沉淀工序中藻类的生长,因此无需启用滤池前加氯。水厂满负荷运行时水流在清水池内的停留时间缩短,后补氯也未启用。阳离子 PAM 投加量从 3.5 kg/t 干污泥降至 2.2 kg/t 干污泥,优化后仍在设备投加范围内,污泥脱水效果未受影响。

3.4　PAC投药量相关性分析

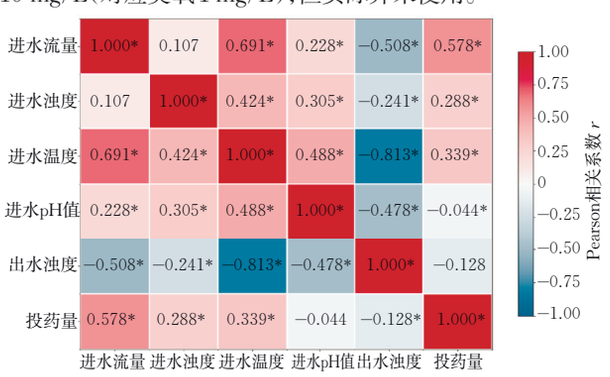
利用皮尔逊(Pearson)相关系数方法分析水厂 2025 年的 PAC 投药量和进水流量、进水浊度、进水温度、进水 pH 值、出水浊度的相关关系,结果见图 4。可见,PAC 加药量与进水流量、温度和浊度呈现正相关性,而与进水 pH 值和出水浊度的相关性较

表4 水厂年均药剂消耗统计

Tab. 4 Statistics of annual average chemical consumption at the water treatment plant

年份	PAC(w(Al_2O_3)=30%)/(mg·L^{-1})	阳离子PAM(污泥调理剂)/(kg·t干污泥$^{-1}$)	食盐/(mg·L^{-1})
2023	7.50	3.5	6.90
2024	6.21	2.6	5.83
2025	6.20	2.2	4.77
设计投加量	20.00	4.0	12.00

注:食盐设计投加量中对应有效氯为4 mg/L;阴离子PAM(助凝剂)设计投加量为0.1 mg/L,O_2设计投加量为10 mg/L(对应臭氧1 mg/L),但实际并未使用。



注:*表示$p<0.05$,相关性具有统计学意义。

图4 PAC投药量与进水流量、进水浊度、进水温度、pH值、出水浊度的相关系数热力图

Fig. 4 Heatmap of correlation coefficients between PAC dosage and influent flow rate, influent turbidity, temperature, pH, and finished-water turbidity

差。其中,投药量与进水流量的相关系数为0.58,呈现出中等程度的正相关,意味着随着进水流量的增加,投药量也需要相应的增加。投药量与进水温度的相关系数为0.34,呈现出较弱的正相关,说明进水温度的升高对投药量有一定的正向影响,但影响有限。投药量与进水浊度的相关系数为0.29,存在较弱的正相关,表明进水浊度升高时,投药量会有一定程度的上升,但这种关系并不明显。投药量与进水pH值的相关系数为−0.04,表明两者几乎不存在线性相关关系,即进水的pH值对投药量的影响极小。投药量与出水浊度的相关系数为−0.13,呈现出较弱的负相关,说明所选PAC药剂对黄河原水pH值偏高的适应性强,但投药量调整对出水浊度的改善效果有限,后续可通过优化混合絮凝条件进一步提升处理效率。

3.5 污泥产量

水厂设计绝干污泥产率为0.24 t/$10^4$$m^3$水,2023—2025年实际平均绝干污泥产率为0.26 t/$10^4$$m^3$水,与设计值基本一致。污泥经板框压滤机脱水后,含水率控制在60%(质量分数)以下,外运至指定处置场所,未对周边环境造成影响。

4 结论

针对黄河上游原水低温、低浊、pH值偏高、总氮质量浓度较高及潜在污染风险等水质特性,水厂采用预臭氧+复合沉淀池+V型滤池+紫外线消毒+氯消毒组合工艺,并稳定运行,出水水质满足《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2022)要求。以下为2点具体结论:

(1)紫外线消毒单元的投运使出厂水菌落总数由27 CFU/mL降至未检出水平,生物安全性得到实质性提升。预臭氧工艺单元及阴离子PAM助凝剂在实际运行中均未启用,而系统仍能保持稳定的处理效能,反映出该工艺设计在应对水质波动时具备足够的适应性与操作冗余度。

(2)运行期间药剂消耗呈现以下特征:固体聚合氯化铝(PAC,w=30%的Al_2O_3)平均投加量为6.20 mg/L,有效氯投加量为1.59 mg/L,阳离子聚丙烯酰胺(PAM)投加量为2.2~3.5 kg/t干污泥。最终,绝干污泥产率为0.26 t/$10^4$$m^3$水。皮尔逊相关性分析进一步揭示,PAC加药量与进水流量关联性最高(r=0.58),其次为温度(r=0.34)和进水浊度(r=0.29),但与pH值(r=−0.04)和出水浊度(r=−0.13)相关性最弱。这一流量主导型的加药响应模式表明,所选PAC药剂的水解特性与黄河原水的高pH值、低温、低浊条件具有较好的匹配性,无需因常规水质参数波动而频繁调整投加策略。

综上,这一工程实践表明,水厂在工艺选型、设计参数确定及运行调控方面形成的系统性经验可为黄河流域及类似水源条件地区的大型给水厂工程提供可迁移的技术参考,从而有效缓解西北地区城市地下水超采困境,推动供水结构从单一水源向多元互补转型。

参考文献:

[1] 彭伟, 刘耀群, 丁仕林, 等. 低温低浊水处理的研究现状[J]. 辽宁化工, 2021, 50(5): 637-640.

[2] 张永, 刘欣, 薛彦, 等. 低温低浊黄河原水对水厂沉淀池出水铝离子的影响因素[J]. 净水技术, 2023, 42

(8):68-74.
[3] 单敬. 水库藻类与富营养化指标相关性研究[J]. 供水技术, 2019, 13(4):47-50.
[4] 张宇, 杨艳玲, 于海宽, 等. 给水厂铝超标的影响因素与调控措施[J]. 水处理技术, 2021, 47(6):84-87.
[5] 宁夏回族自治区水利厅. 2017 年宁夏回族自治区水资源公报[R/OL]. 2018-10-15. https://slt.nx.gov.cn/xxgk_281/fdzdgknr/gbxx/szygb/202105/t20210507_2826653.html.
[6] 曲久辉. 黄河流域饮用水安全保障策略及建议[N]. 陕西日报, 2020-07-31(5).
[7] 鲍宝珠, 王宏, 夏芳, 等. 郑州市自来水冬季出现腥味的原因及预防对策[J]. 中国公共卫生, 1994, 10(3):113-114.
[8] 黄孟斌, 王长平, 张毅, 等. 净水厂紫外消毒工艺改造工程实践[J]. 水处理技术, 2020, 46(8):132-134.
[9] 潘晓, 王祥勇, 陈洪斌. 紫外线和化合氯联合消毒在水厂的应用研究[J]. 水处理技术, 2012, 38(7):71-74.
[10] 李圭白,李尔. 给水处理理论与实践[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2013.

Engineering Design and Operation of a Large Municipal Water Treatment Plant Using Yellow River Water

BAI Lu[1], *LIU Zhiyuan*[2*], *ZHU He*[1]
(1.Yinchuan China Railway Water Group Co., Ltd., Yinchuan 750004, China;
2. Shanghai Municipal Engineering Design and Research Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China)

Abstract: To alleviate groundwater overexploitation, a large municipal water treatment plant (WTP) drawing raw water from the Yellow River was constructed in a city in northwestern China, with a Phase I capacity of 5.0×10^5 m^3/d, and a Phase II capacity of 5.0×10^5 m^3/d. The treatment train comprises pre-ozonation, composite sedimentation tanks, V-type filters, ultraviolet (UV) disinfection, and chlorination. Using nearly 2.5 years of operational data, this study systematically evaluated the treatment performance and operating economics of the plant. The results showed that the finished water consistently met the *Standards for Drinking Water Quality* (GB 5749-2022). UV disinfection reduced the total bacterial count from 27 CFU/mL to below the detection limit, markedly improving microbial safety. During the operating period, the average dosage of solid polyaluminum chloride (PAC, Al_2O_3 with a concentration of 30%) was 6.20 mg/L, and the average available chlorine dose was 1.59 mg/L. The dry solids yield was 0.26 t per 10^4 m^3 of treated water, and the cationic polyacrylamide (PAM) dosage ranged from 2.2 to 3.5 kg per tonne of dry solids. Correlation analysis showed that PAC dosage was most strongly correlated with influent flow rate (r=0.58), followed by influent temperature and turbidity, whereas its correlations with pH and finished-water turbidity were the weakest. These results indicate that the current dosing strategy can effectively handle the low temperature, low turbidity, and high pH of Yellow River raw water. The operational experience gained from this project provides a technical reference for similar WTPs treating Yellow River source water.

Keywords: Yellow River water; water treatment plant; process design; operational performance; ultraviolet disinfection; water quality guarantee

(责任编辑　李　琼)