

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2025.06.015

执行“江苏省地标”印染工业污水处理厂设计实例

张 璐, 贾 鹏, 徐 祥, 辛 路, 方 正
(南京大学环境规划设计研究院集团股份公司, 江苏 南京 210003)

摘 要: 无锡某印染工业污水处理厂一期工程设计规模为 $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 废水成分复杂, 难降解有机物浓度高, 出水回用率和回用品质要求高, 出水水质需执行江苏省《城镇污水处理厂污染物排放标准》(DB 32/4440—2022)表1中A标准。针对进水水质特点, 污水处理厂设计分为高浓度废水和低浓度废水处理系统, 采用预处理、生化处理和深度处理单元, 出水进行多级回用。针对用地紧张的问题, 合理选择处理工艺, 优化单体设计, 采用集约化、紧凑型布置, 减少占地。详细介绍了主要建(构)筑物设计参数, 对工程投资和运行成本也进行了分析。

关键词: 印染废水; 分质处理; 集约化设计; 多级回用

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2025)06-0095-07

Design Example of a Printing and Dyeing Industrial WWTP to Implement the Local Discharge Standard of Jiangsu Province

ZHANG Lu, JIA Peng, XU Xiang, XIN Lu, FANG Zheng
(Nanjing University Environmental Planning and Design Institute Group Co. Ltd., Nanjing 210003, China)

Abstract: The design scale of the first phase of a printing and dyeing industrial wastewater treatment plant (WWTP) in Wuxi, Jiangsu Province is $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$. The composition of the wastewater is complex, and the concentration of refractory organic matter is high. While the requirements of effluent reuse rate and quality are high. The effluent quality is required to implement the level A in table 1 of *Discharge Standard of Pollutant for Municipal Wastewater Treatment Plant* (DB 32/4440—2022) in Jiangsu Province. Based on the characteristics of influent quality, the WWTP is designed into the high concentration and the low concentration wastewater treatment systems. The treatment process adopts pre-treatment, biochemical treatment, and advanced treatment units, and the effluent was reused in multi-level. In response to the tight land use, the processing technology was selected reasonably, the individual design was optimized, intensive and compact layout was adopted to reduce land occupation. The main design parameters of constructs were elaborated and the engineering investment and operating costs were also analyzed.

Key words: printing and dyeing wastewater; qualitative processing; intensive design; multi-level reuse

随着经济的快速增长, 国家对城市环境保护工作提出了更高的要求, 国家与地方环保部门也出台了污水处理技术的相关规范和要求更高的污染物排

放标准。根据《太湖流域水环境综合治理总体方案(2012—2035年)》, 考虑到总磷、总氮等污染物排放总量远超太湖环境容量的严峻形势, 以减磷控氮为

主线,要求在重点区域、重点领域和关键环节强化源头、系统协同治理,深化减污截污治污工作。2023年3月29日江苏省生态环境厅发布了《城镇污水处理厂污染物排放标准》(DB 32/4440—2022),对江苏省内污水处理厂污染物的总体排放限值提出了更严格的要求。

为推进无锡市印染行业绿色发展和智能化转型,实现印染行业高质量发展,力争建设一座无锡市乃至江苏省一流的印染产业基地,无锡市在太湖流域某纺织循环产业园内规划建设一座集中式印染废水工业污水处理厂,该工程总体设计按照“集约建设、共享治污”理念,以“绿岛”模式集中排污、治污,同时配套管网工程对区内工业废水分质分类收集、处理,提高排入河道径流的水质标准,推动流域减污降碳,实现入湖污染总量与太湖环境容量基本动态平衡。

介绍了该印染产业聚集区污水处理厂工程方案前期研究及工程设计过程,以期集约为集约化环境友好型工业污水处理厂建设提供工艺选择及工程设计经验。

1 设计进、出水水质

该工程处理规模确定为 $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,采用“分类收集、分质处理”方式,其中高浓度废水设计处理规模为 $5\,000 \text{ m}^3/\text{d}$,低浓度废水设计处理规模为 $4.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

高浓度废水主要包含棉及棉混纺机织物、针织物及化纤生产类型中的前处理工序产生的退浆废水、漂白废水、煮练废水以及染色工序产生的深色染色废水等,其主要特点是难生物降解、有机物浓度高、水质水量变化大、成分复杂、色度深、部分废水含有毒物质、含盐量高、硬度高、铁锰离子含量高,且化纤工艺段产生的含锑废水占比较高,是一种较难处理的有机废水;低浓度废水主要为化纤含锑废水、浅染色废水、大部分水洗废水及其他后整理废水等,此类废水水量较大且水中污染因子较为单一,但进水水质、水量受企业的生产状况影响,波动较大;废水中易降解有机物比例极低,废水中剩余的有机污染物成分复杂,大部分属于难降解有机物,可生化性差;含盐量和硬度较低。设计进水水质见表1。

根据河道纳污能力及环评批复要求,该项目设

计出水要求主要污染物指标执行江苏省《城镇污水处理厂污染物排放标准》(DB 32/4440—2022)表1的A标准,污染物排放限值(瞬间最高值)执行《太湖地区城镇污水处理厂及重点工业行业主要水污染物排放限值》(DB 32/1072—2018)。设计出水水质见表2。

表1 设计进水水质

Tab.1 Design influent quality

项目	高浓度废水	低浓度废水
pH	6~9	6~9
COD/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	3 000	1 000
氨氮/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	30	25
总氮/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	50	45
总磷/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	10	5
BOD ₅ /($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	500	300
SS/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	400	400
色度/倍	500	80
总锑/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	2	1.5
电导率/($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)	6 000	2 000

表2 设计出水水质

Tab.2 Design effluent quality

项目	污染物排放指标	瞬时最高值排放标准
pH	6~9	6~9
COD/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	30	50
氨氮/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	1.5(3)	3(6) ¹
总氮/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	10(12)	12(15) ¹
总磷/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	0.3	0.5
BOD ₅ /($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	10	/
SS/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	10	/
色度/倍	30	/
二氧化氯/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	0.5	/
AOX/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	1	/
硫化物/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	0.2	/
苯胺类/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	0.5	/
六价铬/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	0.5	/
总锑/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	0.05	/
LAS/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	0.5	/
石油类/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	1	/
挥发酚/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	0.1	/

注: ¹每年11月1日—次年3月31日执行括号内排放限值。

该项目回用水考虑分级回用的模式,分为低品质回用水和高品质回用水,回用率为50%,即回用水水量为 $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。其中,低品质回用水主要用作漂洗等生产用水,也可以掺混一定比例新鲜水使用,水质标准执行《纺织染整工业回用水水质》(FZ/T 01107—2011);高品质回用水可用于浅色布

印染或棉印染企业,作为染色/印花生产用水,其对COD、铁、锰、硬度及电导率要求大幅提高,主要水质指标需达到《城市污水再生利用 工业用水水质》(GB/T 19923—2005)中工艺与产品用水标准,部分指标优于标准要求。回用水水质标准见表3。

表3 回用水水质标准

Tab.3 Water quality requirements for reuse water

项目	低品质回用水标准	高品质回用水标准
pH	6.5~8.5	6.5~8.5
色度/倍	≤25	≤25
浊度/NTU	/	5
电导率/($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	≤2 500	/
COD/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	≤50	≤30
SS/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	≤30	/
铁/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	≤0.3	≤0.1
锰/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	≤0.2	≤0.1
总硬度/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	≤450	≤50
TDS/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	/	≤500

2 总体设计思路及工艺流程

2.1 总体设计思路

该工程总体按照“集约建设、共享治污”理念设计,以“绿岛”模式集中排污、治污,将印染集聚区内所有印染企业废水通过专用污水管道直接输送至污水处理厂集中处理,污水收集遵循“分类收集、分质处理”原则^[1]。该项目一期可利用占地面积仅为46 955 m²(约70.42亩),因此需要采用集约化、紧凑型布置,以减少建设用地面积。

2.2 工艺流程

鉴于目前国内对印染废水处理以物化-生化组合处理工艺为主^[2],该工程以资源利用和协同处理为技术目标,采用有针对性的先进处理工艺和技术成果,综合园区企业对回用水实际的需求,回用水采取低品质和高品质分级回用的模式,形成再生水的多级利用,使得再生水利用价值最大化,同时解决了COD和总氮等的达标、高回用率的稳定运行及污泥减量化等行业痛点问题。

该项目低浓度废水水量较大,若全部单独处理其建设成本及运行费用较高;高浓度废水水量较小,且来水与园区企业生产规模、生产负荷紧密相关,同时需要考虑高浓废水单独处理时生化系统的稳定性。结合园区管网情况,建设高浓度废水收集系统与低浓度废水收集系统有利于园区的环境风

险管控。综合考虑污水处理厂项目投资、运行费用及废水处理难度,将部分低浓度废水与高浓度废水进行调配混合后处理。

工艺流程如图1所示。

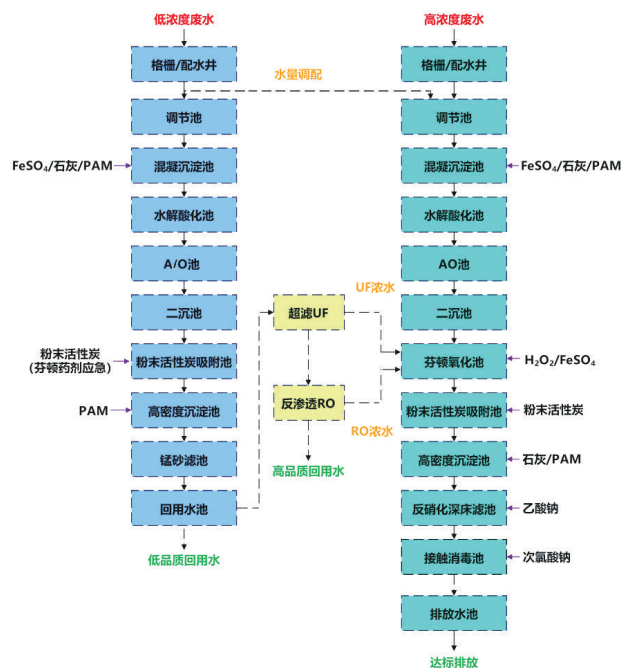


图1 工业污水处理厂工艺流程

Fig.1 Flow chart of the industrial wastewater treatment plant

高浓度废水进入格栅/配水井去除浮渣、小粒径垃圾、短绒短纤维等,并对高浓度废水和低浓度废水进行调配。再经调节池进行废水均质、均量,在混凝沉淀池通过投加硫酸亚铁、石灰、PAM进行物化沉淀处理后进入水解酸化池提高废水的可生化性,经A/O池进行生物脱氮除磷,深度处理采用芬顿氧化、粉末活性炭、高密度沉淀池、反硝化深床滤池进行高级氧化及物化、生化处理后再经消毒处理达标排放。低浓度废水进入格栅/配水井调配水量后,再进入调节池进行废水均质、均量,在混凝沉淀池投加硫酸亚铁、石灰、PAM进行物化沉淀处理,出水进入水解酸化池提高废水的可生化性;经A/O池进行生物脱氮除磷;深度处理先采用芬顿、粉末活性炭及高密度沉淀池进行高级氧化及物化处理,再经锰砂滤池进一步降低铁、锰离子含量,出水满足低品质回用水要求。

为降低运行成本,低浓度废水处理后的出水作为低品质回用水,高浓度废水混合部分低浓度废水并经过处理后外排。该处理模式可提高回用水水

质,减少企业自来水用量,降低排水量和用水成本; 品质回用水要求后回用^[3]。
通过高浓度废水处理线外排解决盐分累积问题。 2.3 去除效果
部分低品质回用水经超滤、反渗透膜处理后达到高 高浓度废水处理线各单元去除效果见表 4。

表 4 高浓度废水处理线各单元去除效果

Tab.4 Removal effect of each unit in the high concentration wastewater treatment line

项目		水量/ (m ³ ·d ⁻¹)	COD/ (mg·L ⁻¹)	BOD ₅ / (mg·L ⁻¹)	SS/ (mg·L ⁻¹)	NH ₃ -N/ (mg·L ⁻¹)	TN/ (mg·L ⁻¹)	TP/ (mg·L ⁻¹)	色度/ 倍	总锑/ (mg·L ⁻¹)
原水/格栅及配水井	进水	5 000	3 000	500	400	30	50	10	500	2
低浓度废水格栅配水井	进水	16 600	1 000	300	400	25	45	5	80	1.5
调节池+混凝沉淀池	出水	21 600	658.33	242.41	100	26.16	46.16	1.85	53.17	0.24
水解酸化池	出水	21 600	526.67	206.05	100	26.16	46.16	1.85	42.53	0.24
A/O+二沉池	出水	21 600	105.33	<10	<20	<1	<12	1.48	34.03	0.24
芬顿氧化(+粉末活性炭吸附应急)+高密度沉淀池	出水	25 000	<25	<5	<10	<1.5	<12	<0.2	<10	<0.02
反硝化深床滤池	出水	25 000	<25	<5	<3	<1.5	<6	<0.2	<10	<0.02
出水标准		25 000	30	10	10	1.5(3)	10(12)	0.3	30	0.05

注: 系统对 COD、BOD₅、SS、NH₃-N、TN、TP、色度、总锑的总去除率分别为>99%、>99%、>99%、>95%、>88%、>98%、>99%。

低浓度废水处理线的出水即为低品质回用水, 其各单元去除效果见表 5。

表 5 低浓度废水处理线各单元去除效果

Tab.5 Removal effect of each unit in the low concentration wastewater treatment line

项目		水量/ (m ³ ·d ⁻¹)	COD/ (mg·L ⁻¹)	BOD ₅ / (mg·L ⁻¹)	SS/ (mg·L ⁻¹)	NH ₃ -N/ (mg·L ⁻¹)	TN/ (mg·L ⁻¹)	TP/ (mg·L ⁻¹)	色度/ 倍	总锑/ (mg·L ⁻¹)
原水/格栅及配水井	进水	45 000	1 000	300	400	25	45	5	80	1.5
调节池+混凝沉淀池	出水	28 400	400	210	100	25	45	1.5	40	0.3
水解酸化池	出水	28 400	360	199.5	100	25	45	1.5	32	0.3
A/O+二沉池	出水	28 400	<72	<6	<20	<2	<12	1.2	25.6	<0.05
粉末活性炭吸附(芬顿氧化应急)+高密度沉淀池	出水	28 400	<36	<4	<10	<2	<12	<0.3	<10	<0.02
锰砂滤池	出水	28 400	<36	<4	<3	<2	<12	<0.3	<10	<0.02
出水标准		20 000	50	10	30	4(6)	12(15)	0.5	25	0.05

注: 系统对 COD、BOD₅、SS、NH₃-N、TN、TP、色度、总锑的总去除率分别为>96%、>99%、>99%、>92%、>73%、>94%、>88%、>99%。

3 工程设计

3.1 总平面布置

该工程统筹考虑污水处理厂一、二期平面布置。一期总用地面积 46 955 m²(约 70.42 亩),分南北两部分,北侧用地又分为国有土地和集体土地:北侧国有土地 33 000 m²(约 49.5 亩),集体土地 6 899 m²(约 10.34 亩);南侧用地 7 056 m²(约 10.58 亩)。

3.2 主要单体设计

3.2.1 低浓度废水处理系统

① 格栅及配水井、调节池、事故池、混凝沉淀池

该系统由格栅及配水井、调节池、事故池、混凝沉淀池组合立体建设,平面尺寸为 67.7 m×50.6 m。格栅及配水井、混凝沉淀池叠建于调节池上方。同时将配套的进水监测房、电气室 1#及鼓风机房布置于池体上方,厂区污水提升井一同合建。混凝沉淀池叠建于调节事故池上方。事故池停留时间 2 h,调节池停留时间 8 h,混凝反应时间 45 min,沉淀池表面负荷 1.2 m³/(m²·h)。主要配套设备:回转式格栅 3 套,B=1 500 mm,α=75°,栅条间隙 5 mm,N=1.5 kW,渠深 H=2.6 m;潜水提升泵 5 台,4 用 1 备,Q=470 m³/h,H=160 kPa,N=45 kW。

② 水解酸化池

水解酸化池1座,分4组,平面尺寸51.2 m×37.0 m,停留时间15 h,有效水深9.3 m。主要设备:罗茨鼓风机2台,1用1备, $Q=24.62 \text{ m}^3/\text{min}$, $H=100 \text{ kPa}$, $N=55 \text{ kW}$;排泥泵3台,2用1备, $Q=27 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=140 \text{ kPa}$, $N=2.2 \text{ kW}$;进水堰板,4套,尺寸为12 450 mm×450 mm×10 mm,材质为304不锈钢。

③ A/O池

多级A/O池1座,分2组,平面尺寸53.2 m×52.0 m,缺氧区停留时间6 h,好氧区停留时间14 h,有效水深9 m,污泥浓度3.5 g/L,内回流比200%,外回流比75%~100%,污泥负荷0.14 kgCOD/(kgMLSS·d),反硝化负荷0.038 kgTN/(kgMLSS·d),总供气量120 m³/min。主要设备:磁浮风机(好氧区)3台,2用1备, $Q=60 \text{ m}^3/\text{min}$, $H=100 \text{ kPa}$, $N=132 \text{ kW}$,变频。

④ 二沉池、污泥回流井及回用水池1#

该系统由二沉池、污泥回流井及回用水池1#组合立体建设,回用水池位于二沉池下部,平面尺寸59.7 m×42.5 m。沉淀池1座,分2组,平流式,有效水深4 m,表面负荷0.96 m³/(m²·h),回用水池停留时间6.5 h。主要设备:链式刮泥刮渣机4台, $B=7.12 \text{ m}$, $L=55 \text{ m}$, $P=0.55 \text{ kW}$;穿孔排泥管及套筒阀36套,排泥管DN200,有效长度7.12 m,套筒阀液位调节范围1.0 m;污泥回流泵3台,2用1备, $Q=521 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=65 \text{ kPa}$, $N=18.5 \text{ kW}$;剩余污泥泵2台,1用1备, $Q=83 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=100 \text{ kPa}$, $N=3.7 \text{ kW}$;回用水泵4台,2用2备, $Q=420 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=325 \text{ kPa}$, $N=75 \text{ kW}$,变频。

⑤ 芬顿氧化池及粉末活性炭吸附池

该系统由芬顿氧化池、粉末活性炭吸附池组合立体建设,芬顿氧化池1座,分2组,平面尺寸36.8 m×23.45 m,反应时间2 h,有效水深6 m。主要设备:搅拌机6套,桨叶式,碳钢衬塑材质。

⑥ 高密度沉淀池

高密度沉淀池1座,分2组,平面尺寸17.1 m×8.1 m,混合时间110 s,絮凝反应时间15 min,有效水深7 m,沉淀区表面负荷8.5 m³/(m²·h)。主要设备:刮泥机2套,直径10 m;排泥泵6台,4用2备, $Q=110 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=150 \text{ kPa}$, $N=5.5 \text{ kW}$ 。

⑦ 锰砂滤池

锰砂滤池1座,分4格,平面尺寸25.3 m×15.2 m,滤速8 m/h,池深5.62 m,锰砂滤料高度1.5 m。

主要设备:罗茨风机2套,1用1备, $Q=50 \text{ m}^3/\text{min}$, $H=60 \text{ kPa}$, $N=75 \text{ kW}$ 。

3.2.2 高浓度废水处理系统

① 粗细格栅、调节池、混凝沉淀池、混合池

该系统由粗细格栅、调节池、混凝沉淀池、混合池组合立体建设,平面尺寸42 m×13.7 m。混凝沉淀池叠建于调节事故池上方。调节池停留时间8 h,有效水深6.3 m,混凝反应时间25 min,沉淀池表面负荷2 m³/(m²·h),混合池停留时间1 h。主要设备:粗格栅2套, $B=500 \text{ mm}$, $\alpha=75^\circ$,栅条间隙5 mm, $P=1.5 \text{ kW}$;细格栅2套, $B=500 \text{ mm}$, $\alpha=90^\circ$,栅条间隙1 mm。

② 水解酸化池

水解酸化池1座,分4组,平面尺寸51.2 m×37.0 m,停留时间20 h,有效水深9.3 m。主要设备:罗茨鼓风机2台,1用1备, $Q=24.62 \text{ m}^3/\text{min}$, $H=100 \text{ kPa}$, $N=55 \text{ kW}$;排泥泵3台,2用1备, $Q=27 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=140 \text{ kPa}$, $N=2.2 \text{ kW}$;进水堰板,4套,尺寸12 450 mm×450 mm×10 mm,304不锈钢材质。

③ A/O池

A/O池1座,分2组,平面尺寸53.8 m×51.2 m,缺氧区停留时间6 h,好氧区停留时间18 h,有效水深9 m,污泥浓度3.5 g/L,内回流比250%,外回流比75%~100%,污泥负荷0.126 kgCOD/(kgMLSS·d),反硝化负荷0.034 kgTN/(kgMLSS·d),总供气量150 m³/min。主要设备:磁浮风机(好氧区)3套,2用1备, $Q=75 \text{ m}^3/\text{min}$, $H=100 \text{ kPa}$, $N=150 \text{ kW}$,变频。

④ 配水井及二沉池、回用水池2#

该系统由配水井及二沉池、回用水池2#组合立体建设,回用水池位于二沉池下部,平面尺寸64.6 m×19.2 m。沉淀池1座,分4格,平流式,有效水深4 m,表面负荷0.96 m³/(m²·h),回用水池停留时间5 h。主要设备:液压往复式刮泥机4套,单格池宽4.5 m,池长57.6 m, $P=7.5 \text{ kW}$ 。

⑤ 芬顿氧化池、接触消毒池、排放水池

该系统由芬顿氧化池、接触消毒池、排放水池组合立体建设,接触消毒池及排放水池设置于芬顿氧化池下方,平面尺寸42.5 m×25.6 m。芬顿反应时间3 h,有效水深6 m,接触消毒池反应时间40 min,加氯量6 mg/L,排放水池停留时间2 h。主要设备:搅拌机6套,桨叶式,碳钢衬塑材质;干性粉末活性炭加药系统2套,料仓30 m³。

⑥ 高密度沉淀池

高密度沉淀池1座,分2格,平面尺寸24.8 m×16.8 m,混合时间110 s,絮凝反应时间15 min,有效水深6 m,沉淀区表面负荷 $8 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。主要设备:刮泥机2套,直径10 m;排泥泵6台,4用2备, $Q=430 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=150 \text{ kPa}$, $N=17.5 \text{ kW}$ 。

⑦ 反硝化深床滤池

反硝化深床滤池1座,分4格,平面尺寸19.3 m×16.08 m,池深9.4 m,反硝化容积负荷为 $0.46 \text{ kgNO}_3^- - \text{N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$,滤池表面水力负荷 $7.72 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。主要设备:罗茨风机2套,1用1备, $Q=55 \text{ m}^3/\text{min}$, $H=80 \text{ kPa}$, $N=90 \text{ kW}$;反冲洗水泵3套,2用1备, $Q=270 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=150 \text{ kPa}$, $N=22 \text{ kW}$;排水泵2套,1用1备, $Q=175 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=100 \text{ kPa}$, $N=7.5 \text{ kW}$;放空泵1套, $Q=10 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=100 \text{ kPa}$, $N=0.75 \text{ kW}$ 。

⑧ 接触消毒池及出水计量槽

接触消毒池及出水计量槽合建,1座,平面尺寸8.3 m×16.08 m,池深6.5 m,接触消毒时间30 min。主要设备:巴氏计量槽1套,过水能力 $25\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

3.2.3 回用水系统

① 低品质回用水水池

低品质回用水水池2座,平面尺寸64.6 m×19.2 m,停留时间5 h,有效水深4.5 m。主要设备:回用水泵3台,2用1备, $Q=550 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=300 \text{ kPa}$, $N=75 \text{ kW}$ 。

② 高品质回用水系统

高品质回用水水量 $5\,000 \text{ m}^3/\text{d}$,设置超滤反渗透车间1座,平面尺寸28.5 m×21.6 m。主要设备:超滤膜装置3套,2用1备, $Q=178 \text{ m}^3/\text{h}$;反渗透装置3套,2用1备, $Q=160 \text{ m}^3/\text{h}$;回用水泵3台,2用1备, $Q=110 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=320 \text{ kPa}$, $N=30 \text{ kW}$ 。

3.2.4 污泥系统

① 污泥浓缩池

污泥浓缩池1座,分6格,平面尺寸38.0 m×6.0 m,污泥停留时间7.6 h。主要设备:搅拌机6套, $N=0.75 \text{ kW}$,配导流筒。

② 污泥脱水机房

污泥脱水机房1座,框架结构,平面尺寸40.8 m×18.0 m。每日工作时间16 h,单台板框机压滤面积 600 m^2 ,共6台,每天处理4批,单批次时长4 h。主要设备:高压隔膜式板框压滤机6套,过滤面积 600 m^2 , $N=22 \text{ kW}$ 。

3.3 工程设计经验

3.3.1 分类收集,分质处理

根据高浓度废水和低浓度废水特征,设置低浓度水处理线、高浓度水处理线及回用水处理线,针对性采用不同工艺流程和参数^[4]。尾水按高出水标准进行设计,设置芬顿高级氧化+活性炭吸附双重处理保障COD达标,满足江苏省《城镇污水处理厂污染物排放标准》(DB 32/4440—2022)表1的A标准。在回用水处理过程中,提出了优水优用、按质依序回用的多级回用模式。将经过深度处理的优质再生水用于染色工艺中对水质要求较高的末道水洗,其出水再用于对水质要求较为宽松的头道水洗环节,形成再生水的多级利用,实现再生水利用价值最大化。

3.3.2 集约用地,组合布置

在优化平面布置的同时,更多利用竖向空间以节约占地,部分浅层构筑物叠建。功能分区兼顾消防通道、生产车间通道和人行通道的布置,采用小环路和回车场结合的方式,利用高程形成地空结合的人行通道。

3.3.3 优化设计,节约成本

结构设计专业采用灌注桩和预制桩结合的方式,粉砂层区域采用灌注桩,其他采用预制桩,从而降低综合造价。优化布置高程,选用节能设备;建设智慧水务平台,利用大数据进行精细化管理,建立智能加药控制系统模型并根据应用软件测算得出吨水药耗可降低20.8%,平均节省乙酸钠药剂费用4.72万元/月,从而降低运行费用^[5]。

4 工程投资及运行成本

4.1 投资概算

该工程投资概算约60 051.92万元,其中工程费用为42 816.85万元。工程费用中土建工程费用约26 463.40万元,投资占比为44.07%,设备采购及安装费用为16 353.45万元,投资占比为27.23%。

4.2 运行成本

该工程生产运行成本主要为动力费、水费、污泥外运处理费,以及芬顿、膜清洗、污泥处理等药剂费。经核算,经营期平均总成本费用为10 147.53万元/a,单位处理成本为5.62元/ m^3 ,单位处理经营成本为4.41元/ m^3 ,单位处理可变成本为3.67

元/m³。

5 结论

① 由于可建设用地紧张,故工业污水处理厂设计时打破了传统污水处理厂单一平铺的布置形式,引入类似综合体的多层立体式格局设计理念,主要水处理构筑物组合式布置,节省用地,科学合理地划分不同功能区域,可为集约化、环境友好型印染工业污水处理厂工程设计提供参考。

② 印染废水经“分类分质预处理+多级AO+芬顿氧化+活性炭吸附+反硝化深床滤池”组合工艺处理后,出水水质达到江苏省《城镇污水处理厂污染物排放标准》(DB 32/4440—2022)表1中A标准,且回用水水质满足《纺织染整工业回用水水质》(FZ/T 01107—2011)及园区企业车间生产要求,回用率达到50%。整套处理系统调控性较好,适应水量及水质变化的能力较强,同时脱氮和去除有机污染物的能力较强,适用于含高浓度有机污染物及高氮的印染废水处理及回用。

③ 设置精确曝气系统,按需分配和调节曝气量,实现活性污泥系统的高效稳定运行,在保证污染物达标的同时又防止过度曝气,实现节能降耗。

参考文献:

- [1] 张欣辰,张建良,张连国,等. 绍兴滨海印染集聚区污水预处理方案研究[J]. 给水排水, 2012, 38(9): 48-51.
- ZHANG Xincheng, ZHANG Jianliang, ZHANG Lianguo, et al. Study on the wastewater pretreatment scheme of nesting district of dyeing and printing industry in Shaoxing Binhai district [J]. Water & Wastewater Engineering, 2012, 38(9): 48-51 (in Chinese).
- [2] 蒋彬,王鸿儒,袁绍春,等. 印染废水深度处理工程实

例[J]. 工业水处理, 2018, 38(11): 96-99.

JIANG Bin, WANG Hongru, YUAN Shaochun, et al. Case study on the advanced treatment of printing and dyeing wastewater [J]. Industrial Water Treatment, 2018, 38(11): 96-99 (in Chinese).

- [3] 程家迪,黄周满. 水解酸化+A/O+UF+RO处理低浓度印染废水回用工程[J]. 工业水处理, 2017, 37(5): 98-100.

CHENG Jiadi, HUANG Zhouman. Reuse project on the treatment of low-concentration printing and dyeing wastewater by hydrolytic acidification+A/O+UF+RO hybrid process [J]. Industrial Water Treatment, 2017, 37(5): 98-100 (in Chinese).

- [4] 许晓明,刘宇心,闫萍,等. 以工业废水为主的污水厂准IV类水质提标扩建工程设计[J]. 中国给水排水, 2020, 36(18): 60-65.

XU Xiaoming, LIU Yuxin, YAN Ping, et al. A design case of upgrading and expansion project to meet the quasi-IV class standard in a WWTP with industrial wastewater as its major influent [J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(18): 60-65 (in Chinese).

- [5] 庄会栋,洪卫,张增国,等. 印染工业园区废水深度处理工程运行效果[J]. 给水排水, 2021, 47(2): 76-79.

ZHUANG Huidong, HONG Wei, ZHANG Zengguo, et al. Running effect of advanced treatment project for wastewater from a printing and dyeing industrial park [J]. Water & Wastewater Engineering, 2021, 47(2): 76-79 (in Chinese).

作者简介:张璐(1994—),女,甘肃陇南人,硕士,工程师,主要研究方向为工业废水处理。

E-mail:zl@njuae.cn

收稿日期:2024-04-19

修回日期:2024-06-18

(编辑:衣春敏)