

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.20.027

喷织废水中水回用及其对集中污水厂运行的影响

方佩珍, 何新军, 徐亮, 肖敦泉, 胡涛
(浙江建投环保工程有限公司, 浙江 杭州 310013)

摘要: 某镇纺织企业中水回用工程服务于7家喷水织机企业,设计处理规模6 500 m³/d,采用格栅+混凝气浮+曝气生物滤池处理工艺,通过20%中水与污水厂的尾水交换、含油污泥离心脱水将油类留存于泥饼的方式,消除中水回用的污染物循环富集问题。实践证明,喷水织机废水经该工艺处理后,中水水质达到了喷水织机用水要求,大大减轻了原集中处理污水厂的水处理负荷,使污水处理厂出水水质稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级A标准。

关键词: 喷水织机废水; 中水回用; 混凝气浮; 曝气生物滤池

中图分类号: TU993 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)20-0152-04

Reclaimed Water Reuse of Water-jet Loom Wastewater and Its Influence on Operation of Centralized WWTP

FANG Pei-zhen, HE Xin-jun, XU Liang, XIAO Dun-quan, HU Tao
(Zhejiang Construction Investment Environment Engineering Co. Ltd., Hangzhou 310013, China)

Abstract: A reclaimed water reuse project with designed treatment capacity of 6 500 m³/d, which serves seven water-jet loom enterprises in a county, adopts the process of screen, coagulation flotation, and biological aerated filter. Twenty percent of the reclaimed water is exchanged with the effluent of the wastewater treatment plant(WWTP), and the oily sludge is centrifugally dehydrated to eliminate pollutant enrichment during reclaimed water cycling. Practice has proved that the quality of reclaimed water treated by this process can meet the demand of water-jet loom, which greatly reduces the water treatment load of the original centralized WWTP. Thereby the effluent of the WWTP reaches the discharge requirement of first level A criteria in *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918-2002).

Key words: water-jet loom wastewater; reclaimed water reuse; coagulation flotation; biological aerated filter(BAF)

1 工程概况

1.1 设计水质及水量

浙江省长兴县某镇7家纺织企业共有喷水织机1 700余台,产生废水约5 500 m³/d,未经任何处理排入城镇污水处理厂,导致该厂的进水工业废水量

大增,出水水质不能达标。大量喷水织机废水未回用,既浪费了水资源,又提高了纺织企业生产成本。经多方论证,确定在该污水厂内新建喷水织机废水中水回用设施,将喷水织机废水分流处理后回用至7家纺织企业。

对污水厂进水和喷水织机废水的水质、水量进行分析,结果见表 1。

表 1 污水厂进水和喷水织机废水的水质、水量

Tab. 1 Wastewater quality and quantity of wastewater treatment plant and water-jet loom

项 目	实际水量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	pH 值	COD/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	SS/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\text{NH}_3 - \text{N}/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TN/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TP/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	石油类/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
污水厂进水	7 500	6 ~ 9	300	280	7	10	1.3	110
喷水织机废水	5 500	6 ~ 9	350	350	2	3	0.2	14.8

考虑纺织企业规划用水量,中水回用站设计处理规模为 $6\,500\text{ m}^3/\text{d}$ 。根据《关于印发长兴县纺织印染行业长效管理办法的通知》(长政办发〔2016〕97 号)关于中水回用水质的要求,结合喷水织机废水水质,确定设计进水 pH 值为 6 ~ 9, $\text{COD} \leq 400\text{ mg/L}$, $\text{SS} \leq 350\text{ mg/L}$;回用水标准:pH 值为 6 ~ 9, $\text{COD} \leq 150\text{ mg/L}$, $\text{SS} \leq 70\text{ mg/L}$ 。

1.2 工艺流程

根据喷水织机废水含有油类、COD、SS 等污染物质的特性,设计采用格栅 + 混凝气浮 + 曝气生物滤池(BAF)为主的组合工艺,工艺流程见图 1。中水回用站与污水厂联动运行管理,为避免中水回用系统污染物的循环富集,将约 20% 处理后的中水排入污水厂,并用污水厂尾水补充中水。

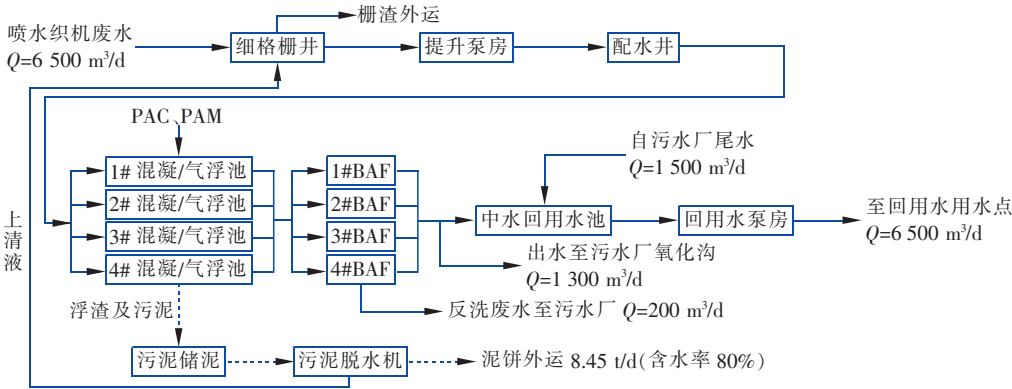


图 1 中水回用设计工艺流程

Fig. 1 Flow chart of reclaimed water treatment process

喷水织机废水首先通过细格栅去除废纱头等悬浮物,随后自流入提升泵房的集水井,再泵入配水井,均匀配水至 4 套混凝气浮池,在气浮池前端投加 PAC、PAM 并搅拌,废水中的细小悬浮物及油类络合絮凝,通过溶气气浮分离去除。随后废水自流进入 BAF,通过微生物作用,降解可溶性有机污染物,经 BAF 处理出水进入回用水池,经提升泵输送至各喷水织机用户。

由气浮产生的含油污泥与污水厂的污泥分开处理,进入独立的污泥储池,加药调质后进行污泥脱水,脱水机选择卧螺离心机,离心系数取 1 000,使油类进入泥饼中,由此分离去除。

1.3 主要建(构)筑物及设备

各处理单元的主要建(构)筑物:

① 集水井及提升泵房。1 座, $\text{HRT} = 1.5\text{ h}$,有效水深 4.0 m。集水井: $5.0\text{ m} \times 20.0\text{ m} \times 4.5\text{ m}$,地

下钢筋混凝土结构;泵房: $5.0\text{ m} \times 5.0\text{ m}$,地上砖混结构。

② 配水井。1 座, $\text{HRT} = 0.6\text{ h}$,内分 4 格,有效水深 7.7 m。尺寸为 $4.9\text{ m} \times 4.3\text{ m} \times 8.1\text{ m}$,半地下式钢筋混凝土结构。

③ 混凝气浮池。1 座,4 格,表面负荷为 $4.3\text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,水平流速为 21.6 m/h 。单格尺寸为 $2.3\text{ m} \times 12.1\text{ m} \times 2.4\text{ m}$,整体尺寸为 $23.2\text{ m} \times 12.5\text{ m} \times 2.4\text{ m}$,地上式钢筋混凝土结构。

④ BAF。1 座,4 格,滤料厚 3.5 m,设计滤速为 2.3 m/h ,容积负荷 $1.95\text{ kgCOD}/(\text{m}^3\text{ 滤料} \cdot \text{d})$ 。单格尺寸为 $6.0\text{ m} \times 5.0\text{ m} \times 7.1\text{ m}$,整体尺寸为 $23.6\text{ m} \times 19.6\text{ m} \times 9.9\text{ m}$,半地下式钢筋混凝土结构。

⑤ 回用水池。1 座, $\text{HRT} = 1.8\text{ h}$,有效水深 5.0 m。尺寸为 $10.0\text{ m} \times 10.0\text{ m} \times 5.5\text{ m}$,半地下式钢筋混凝土结构。

⑥ 污泥储池。1座, HRT = 4.5 h, 有效水深 4.0 m。尺寸为 4.0 m × 4.0 m × 4.5 m, 半地下式钢筋混凝土结构。

各处理单元的主要设备、材料:

① 混凝气浮池。搅拌机, 130 r/min, 1.1 kW, 4台, 水下 SS304 材质; 搅拌机, 40 r/min, 1.1 kW, 4台, 水下 SS304 材质; 刮渣机, 链板式, $B = 2.3$ m, $N = 1.1$ kW, 4台, 橡胶刮板; 空压机, $Q = 2.7$ m³/min, 0.8 MPa, $N = 22$ kW, 3台, 2用1备; 回流泵, $Q = 32$ m³/h, $H = 0.6$ MPa, $N = 11$ kW, 5台, 4用1备, SS304 材质; 溶气罐, $D800$ mm × 2 600 mm, 卧式, 耐压 1 MPa, 4台, SS304 材质; 释放器系统, $Q = 90$ m³/h, 4套, SS304 材质。

② BAF。陶粒滤料, $\phi 3 \sim 5$ mm, 420 m³; 卵石承托层, $\phi 16 \sim 32$ mm, 12 m³; 卵石承托层, $\phi 8 \sim 16$ mm, 12 m³; 卵石承托层, $\phi 4 \sim 8$ mm, 12 m³; 防堵长

柄滤头, $\phi 21$ mm, $L = 405$ mm, 5 880 套, ABS 材质; 单孔膜空气扩散器, $\phi 60$ mm × 45 mm, 膜孔 $\phi 1.0$ mm, 4 320 套, 橡胶膜片; 曝气风机, $Q = 1.81$ m³/min, 58.8 kPa, $N = 4$ kW, 5台, 4用1备; 反冲洗风机, $Q = 35.5$ m³/min, 68.6 kPa, $N = 75$ kW, 2台, 1用1备; 反冲洗泵, $Q = 300$ m³/h, $H = 0.1$ MPa, $N = 15$ kW, 3台, 2用1备, SS304 材质。

③ 脱水机房。卧螺离心机, 处理量 60 ~ 100 kgDS/h, $N = 1.2$ kW, 1套。

2 运行效果

该工程于 2019 年 10 月开始调试运行, 经 2 个月的调试后, 中水回用系统运行稳定, 各工艺单元对污染物的去除优于设计要求; 同时, 污水处理厂的运行也恢复正常, 出水水质稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 一级 A 标准。

中水回用站进、出水 COD、SS 对比见表 2。

表 2 中水回用进、出水 COD、SS 数据对比

Tab. 2 Influent and effluent COD and SS of reclaimed water reuse

日期	COD					SS				
	进水/ (mg · L ⁻¹)	气浮		BAF		进水/ (mg · L ⁻¹)	气浮		BAF	
		出水/ (mg · L ⁻¹)	去除率/%	出水/ (mg · L ⁻¹)	去除率/%		出水/ (mg · L ⁻¹)	去除率/%	出水/ (mg · L ⁻¹)	去除率/%
1月1日	353	156	56	94	40	299	109	64	61	44
1月3日	310	145	53	92	37	301	116	61	63	46
1月4日	296	173	42	80	54	315	108	66	54	50
1月6日	287	158	45	83	48	318	105	67	59	44
1月7日	307	162	47	91	44	351	127	64	65	49
1月8日	287	163	43	87	47	362	106	71	58	45
1月9日	314	174	44	102	41	335	109	67	67	39
1月10日	306	132	57	73	45	371	124	67	48	61
1月11日	312	104	67	67	35	327	103	69	47	54
1月13日	347	127	63	88	31	315	109	65	53	51
1月14日	298	131	56	77	41	327	98	70	51	48
1月15日	340	152	55	72	53	309	99	68	55	44
1月16日	257	121	53	73	40	313	107	66	66	38
1月17日	342	162	53	92	43	312	109	65	53	51
1月18日	305	159	48	86	46	331	111	66	61	45
平均值	310.7	148.0	52	83.8	43	325.7	109.3	66	57.4	47
最大值	353	174	67	102	54	371	127	71	67	61
最小值	257	104	42	67	31	299	98	61	47	38

经分析, 混凝气浮对纺织废水 COD 平均去除率达 52%, SS 平均去除率为 66%, 油类物质下降显著, 肉眼未见, 水质有明显提升。废水中大部分 COD 和 SS 为油类及浆料, 其主要成分是高级脂肪醇、酯、醚类化合物, 通过 PAC 及 PAM 的压缩双电

层、电中和、网捕及吸附架桥作用, 此类污染物耦合形成络合絮状体^[1], 絮体遇到溶气系统释放的大量微小气泡形成气浮体, 上浮至水面形成浮渣, 从而被分离去除。

BAF 出水 COD 最高为 102 mg/L, 最低为 67

mg/L, COD 平均去除率为 43%; 出水 SS 最高为 67 mg/L, 最低为 47 mg/L, SS 平均去除率为 47%。BAF 进一步降解了废水中的可溶性 COD, 同时截留部分 SS, 有效保证了回用水水质。BAF 发挥作用的关键是在滤料层内生长的生物膜, 运行中发现陶粒上已附着一定厚度的生物膜, 表明 BAF 在深度处理气浮出水上, 达到了降解可溶性 COD 的目标^[2]。

3 对原污水处理厂的水质、水量影响

喷水织机废水原集中处理的污水厂设计处理能力为 7 500 m³/d, 出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 的一级 A 标准。自中水回用工程实施后, 污水厂的总进水量降至 3 500 m³/d, 降低了污水厂的处理规模和污染负荷, 在污水厂容积不变的情况下, 容积负荷从原来的 0.135 kgCOD/(kgMLSS · d) 降至 0.028 kgCOD/(kgMLSS · d), 释放了一定的污水处理能力。

2017 年 12 月, 喷水织机废水中水回用前, 污水厂进水 COD 为 164 ~ 386 mg/L (平均值 272.6 mg/L), 出水 COD 为 54.9 ~ 99.9 mg/L (平均为 68.6 mg/L), 持续超标; 2019 年 12 月中水回用工程实施后, 污水厂进水 COD 为 94 ~ 142 mg/L (平均值为 124.3 mg/L), 平均降低约 150 mg/L, 出水 COD 为 18.6 ~ 29.8 mg/L (平均值 24.2 mg/L), 稳定达到一级 A 排放标准。

4 主要经济技术指标

中水回用运行成本主要由电费、药剂费、污泥处置费、人工费组成, 总装机容量为 305 kW, 电耗为 1.15 kW · h/m³, 电价按 0.69 元/(kW · h) 计, 则电费为 0.794 元/m³; 混凝气浮 PAC 投加量为 30 mg/L, PAM 投加量为 1 mg/L, 则药剂费为 0.08 元/m³; 产泥量约为 0.26 kgDS/m³, 折合 80% 含水率脱水污泥 1.3 kg/m³, 污泥处置费为 280 元/t, 则吨水污泥处置费为 0.36 元/m³; 中水回用站编制人员 6 人, 人均工资福利为 5 万元/a, 则人工费为 0.126 元/m³。综上, 中水回用处理成本为 1.36 元/m³。

经回用处理后, 各项水质指标满足生产工艺要求, 按实际回用水量为 5 500 m³/d、年运行 330 d 计, 则可节水 181.5 × 10⁴ m³/a。纺织企业支付中水费用为 180 元/(台 · 月), 共 1 700 台喷水织机, 工业用水水价为 4.85 元/m³, 则企业可节省水费约 543.7 万元/a, 同时减少了废水排放量, 环境、经济效益显著。

5 结语

① 喷水织机废水采用混凝气浮 + BAF 组合工艺处理效果较好, 混凝气浮的 COD 和 SS 平均去除率分别为 52% 和 66%, BAF 的 COD 和 SS 平均去除率分别为 43% 和 47%, 处理出水水质优于当地中水回用水质标准。

② 通过 20% 中水与污水厂的尾水交换、含油污泥离心脱水将油类留存于泥饼的方式, 结合 BAF 对可溶性有机物的降解作用, 可消除喷水织机废水中水回用过程的污染物循环富集问题。

③ 喷水织机废水分流处理中水回用, 大大减轻了原集中处理污水厂的处理负荷, 使出水水质稳定达到一级 A 标准, 并释放了部分污水处理能力。

参考文献:

- [1] 徐正启, 陈小光, 柳建设, 等. 喷水织造废水的中水回用工程案例[J]. 工业水处理, 2016, 36(7): 97-100.
Xu Zhengqi, Chen Xiaoguang, Liu Jianshe, et al. Case study on the project of reclaimed water reuse of water-jet weaving wastewater [J]. Industrial Water Treatment, 2016, 36(7): 97-100 (in Chinese).
- [2] 梁海燕. 喷水织机废水处理工艺研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2008.
Liang Haiyan. Study on Treatment Technology of Hydraulic Loom Wastewater [D]. Shanghai: Shanghai Jiaotong University, 2008 (in Chinese).



作者简介: 方佩珍 (1975 -), 女, 浙江台州人, 硕士, 高级工程师, 现从事生态环境保护技术研发、推广与管理工作。

E-mail: 414952461@qq.com

收稿日期: 2020-05-13