

喷水织机生产用水水质现状调研及其数据分析

吕思晨¹, 陈小光²

(1. 中国长丝织造协会 北京 100020;
2. 东华大学 环境科学与工程学院 上海 201620)

摘要: 喷水织机用水是化纤长丝织造行业中用水量最大的环节。采用现场调研、问卷和文献调研、抽样检测相结合的方式,综合水质对设备、产品及生产工艺的影响,确定了 14 项喷水织机生产用水水质指标:肉眼可见物、臭、pH 值、浊度、色度、化学需氧量(COD_{Cr})、总硬度(CaCO₃)、电导率、细菌总数、氯离子质量浓度、游离氯质量浓度、铁离子质量浓度、锰离子质量浓度和水温;统计分析了 43 家代表性企业的抽样检测数据。研究为制定喷水织机生产用水水质要求提供相关依据,对规范企业新水取用、废水处理过程的水质控制和监测等,具有重要的实践指导作用。

关键词: 喷水织机; 生产用水; 化纤长丝织造; 水质要求

中图分类号: TS103.33

文献标志码: A

Survey and data analysis on current situation of water quality for production of water jet looms

Lu Sichen¹, Chen Xiaoguang²

(1. China Filament Weaving Association, Beijing 100020, China;

2. College of Environmental Science and Engineering, Donghua University, Shanghai 201620, China)

Abstract: Water jet loom water consumption is the largest water consumption in the chemical fibre filament weaving industry. Using a combination of on-site research, questionnaire and literature research, sampling and testing, and integrating the impact of water quality on equipment, products and production processes, 14 water quality indicators for water jet loom production were identified: visible to the naked eye, odour, pH value, turbidity, chromaticity, chemical oxygen demand (COD_{Cr}), total hardness (CaCO₃), electrical conductivity, total bacterial counts, chloride mass concentration, free chlorine mass concentration, iron ion mass concentration, manganese ion mass concentration, and water temperature. Statistical analysis was conducted on the sampling and testing data of 43 representative enterprises. The research provides relevant basis for formulating water quality requirements for the production of water jet looms, and has important practical guiding value for standardizing the water quality control and monitoring of enterprises in the process of using new water and wastewater treatment.

Key words: water jet loom; production water; chemical fibre filament weaving; water quality requirements

化纤长丝织造产业作为纺织领域新兴产业,其市场竞争力强,产品品类丰富、功能多元、开发前景广阔。相较于棉、毛、麻等传统纺织产业,化纤长丝织造产业具有原料成本低、生产流程短、织造效率

高、能耗低,产品具有高性价比^[1]。据统计,截至 2023 年底,我国长丝织造行业织机规模达 92.7 万台,其中喷水织机 85.5 万台,同比增长 11.04%;2023 年化纤长丝织物总产量达 631 亿 m,同比增长 6.05%^[2]。

基金项目: 国家自然科学基金(52370067)

收稿日期: 2024-12-17

作者简介: 吕思晨,女,1987 年生,北京人,学士,高级工程师,主要研究方向为纺织及化纤长丝织造,E-mail:seasonlvsichen@126.com

通信作者: 陈小光,男,1979 年生,江西抚州人,博士,教授,主要研究方向为工业污水处理与资源化,E-mail:cxg@dhu.edu.cn

可见,化纤长丝织造产业已成为中国纺织工业中发展最快的支柱产业之一。

喷水织机用水是化纤长丝织造行业的主要用水环节。化纤长丝织造工艺流程中,主要用水工序为织造工段,即采用喷水织机进行织造工序。喷水织机是一种用水射流完成引纬工序的织机,目前90%以上的长丝织造企业采用该设备。喷水织机生产用水包括新水取用和循环水回用,且对水质有一定要求,织机的运转效率和耐久性都会受到水质的影响。若水质不达标,易引发生产环境细菌滋生,造成织机部件锈蚀、损伤,导致引纬系统性能下降,最终影响产品品质。基于此,本文开展喷水织机生产用水水质现状调研及数据分析,旨在为制定喷水织机生产用水水质要求相关标准提供科学依据,对规范企业新水取用、废水处理过程的水质控制和监测等,具有重要的实践指导作用。

1 调研方法

1.1 现场调研

针对化纤长丝织造大、中、小型生产企业及喷水织机设备生产企业,进行现场调研。围绕喷水织机生产过程中重点水质指标及其实际影响,深入了解企业喷水织机用水在线监测系统,查阅生产运行记录,全面、系统地梳理喷水织机生产用水的水质要求。

1.2 问卷和文献调研

通过问卷调查结合国内外相关文献检索,探清现有喷水织机生产用水水质指标及要求,结合现场调研结果,确定主要水质指标。

1.3 抽样检测

选取全国不同地区、不同企业(共43家)的生产

水样,统一进行水质检测,并对检测数据进行系统分析,尽可能客观地反映企业生产用水水质的基本情况。

2 水质指标的确定

通过现场调研、问卷和文献调研、抽样检测等方式,考察水质对设备、产品及生产工艺的综合影响,最终确定喷水织机生产用水水质指标:肉眼可见物、臭、pH值、浊度、色度、化学需氧量(以 COD_{Cr} 表征)、总硬度(CaCO_3)、电导率、细菌总数、氯离子质量浓度、游离氯质量浓度、铁离子质量浓度、锰离子质量浓度和水温共14项。

基于喷水织机生产过程的影响因素,各指标确定的依据如下:①肉眼可见物:影响生产环境,易造成设备孔眼堵塞;②臭:影响生产工作环境,对人体有一定危害;③pH值:水质过酸/过碱均会腐蚀设备或产品;④浊度:易造成设备孔眼堵塞等;⑤色度:易污染产品,影响产品品质;⑥总硬度(CaCO_3):易在喷嘴处产生水锈附着,导致光电探纬绝缘不良、入纬故障;⑦化学需氧量(COD_{Cr}):易降低丝线浆膜强度、滋生细菌并诱发酶变等;⑧电导率:应控制水的含盐量在合理区间,电导率过高易导致设备结垢,过低则增大电阻,易导致探纬器异常停机;⑨细菌总数:影响生产卫生环境等;⑩铁、锰、氯离子和游离氯质量浓度:易造成喷水织机金属设备电化学腐蚀等;⑪水温:过高易造成浆膜脱落、开口不良等。

3 水质指标数据分析

借助抽样样本测试数据,结合行业实际生产情况及相关文献资料,对所确定的各指标参数展开分析(表1~表6)。

表1 肉眼可见物和臭指标的检测情况

Table 1 Detection of visible objects and odor indexes by naked eyes

样本序号	肉眼可见物	臭	样本序号	肉眼可见物	臭
1	无	0(无)	23	浑浊	0(无)
2	有矾花	0(无)	24	无	0(无)
3	有矾花	3(明显)	25	有矾花	0(无)
4	有矾花	0(无)	26	有矾花	3(明显)
5	有矾花	3(明显)	27	有矾花	1(微弱)
6	无	0(无)	28	无	0(无)
7	有矾花	3(明显)	29	无	0(无)
8	有矾花	0(无)	30	无	0(无)
9	浑浊	3(明显)	31	无	1(微弱)
10	无	0(无)	32	浑浊	2(弱)

表 1(续)

样本序号	肉眼可见物	臭	样本序号	肉眼可见物	臭
11	无	0(无)	33	浑浊	3(明显)
12	无	0(无)	34	无	0(无)
13	无	1(微弱)	35	有矾花	0(无)
14	有矾花	0(无)	36	有矾花	3(明显)
15	无	0(无)	37	有矾花	0(无)
16	无	1(微弱)	38	无	0(无)
17	浑浊	3(明显)	39	浑浊	0(无)
18	无	0(无)	40	—(异常)	—(异常)
19	有矾花	0(无)	41	无	0(无)
20	有矾花	1(微弱)	42	有矾花	3(明显)
21	无	0(无)	43	浑浊	4(强)
22	无	1(微弱)			

表 2 pH 值、色度、浊度、铁、锰的检测情况

Table 2 Detection of pH value, color, turbidity, iron and manganese

样本序号	pH 值	浊度(NTU)	色度/倍	铁离子质量浓度/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	锰离子质量浓度/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)
1	7.86	0.24	4	0.038	0.050
2	7.17	0.34	4	0.019	0.020
3	7.15	0.99	20	0.038	0.100
4	7.08	1.09	8	0.252	0.070
5	8.09	0.32	20	0.019	0.020
6	7.61	0.91	2	0.043	0.050
7	7.09	0.25	20	0.033	0.040
8	7.33	0.63	8	0.033	0.060
9	7.07	3.55	20	0.076	0.040
10	7.10	0.72	8	0.033	0.020
11	7.53	0.30	4	0.081	0.080
12	8.32	0.25	2	0.019	0.100
13	7.96	1.18	4	0.052	0.040
14	9.34	0.53	8	0.014	0.050
15	7.34	2.26	8	0.052	0.140
16	7.50	1.22	4	0.076	0.120
17	7.12	7.07	20(黑色)	7.982	1.630
18	7.16	0.58	2	0.109	0.070
19	7.07	0.40	20(蓝色透明)	0.043	0.140
20	6.98	1.46	20	0.105	0.210
21	7.55	5.92	20	0.071	0.090
22	8.02	0.30	4	0.033	0.090
23	7.69	11.69	20	0.133	0.100
24	6.80	0.23	4	0.010	0.009
25	7.48	5.11	20	0.038	0.170
26	7.49	19.61	8	0.581	0.800
27	6.89	0.36	4	0.057	0.060
28	7.71	0.66	8	0.024	0.010
29	8.23	0.95	2	0.047	0.030

表2(续)

样本序号	pH 值	浊度(NTU)	色度/倍	铁离子质量浓度/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	锰离子质量浓度/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)
30	7.22	0.29	4	0.024	0.000
31	6.94	2.23	4	0.090	0.140
32	7.42	9.62	6	0.309	0.480
33	6.66	7.61	20	0.395	0.480
34	7.91	0.53	4	0.019	0.000
35	6.41	1.39	2	0.081	0.130
36	6.81	2.63	30(蓝色透明)	2.323	0.270
37	7.58	20.6	20	0.476	0.640
38	7.53	0.26	4	0.014	0.000
39	8.63	3.82	8	0.047	0.300
40	6.44	0.513	—(异常)	0.030	0.008
41	7.76	0.40	8	0.024	0.020
42	6.91	50.9	30(白色混浊)	1.090	1.140
43	6.24	156.5	—(异常)	1.342	1.610

表3 化学需氧量(COD_{Cr})检测情况Table 3 Detection of chemical oxygen demand (COD_{Cr})

样本序号	$\text{COD}_{\text{Cr}}/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	样本序号	$\text{COD}_{\text{Cr}}/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	样本序号	$\text{COD}_{\text{Cr}}/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	样本序号	$\text{COD}_{\text{Cr}}/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)
1	42.10	12	70.73	23	173.10	34	13.540
2	27.09	13	164.00	24	33.11	35	334.100
3	419.90	14	97.82	25	147.500	36	2 318(异常)
4	434.90	15	19.56	26	1 994.000(异常)	37	478.40
5	33.11	16	444.00	27	22.570	38	40.63
6	37.60	17	1 400(异常)	28	4.515	39	73.74
7	93.31	18	13.54	29	25.580	40	4.32
8	367.20	19	329.80	30	51.170	41	61.70
9	159.50	20	757.00(异常)	31	874.400(异常)	42	3 627.00(异常)
10	36.12	21	40.63	32	72.240	43	4 124.00(异常)
11	3.01	22	28.59	33	194.100		

表4 总硬度(CaCO_3)检测情况Table 4 Detection of total hardness (CaCO_3)

样本序号	总硬度/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	样本序号	总硬度/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	样本序号	总硬度/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	样本序号	总硬度/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)
1	312.0	12	40.0	23	208.0	34	240.0
2	304.0	13	320.0	24	14.0	35	444.0
3	800.0	14	280.0	25	80.0	36	688.0
4	472.0	15	112.0	26	484.0	37	296.0
5	384.0	16	0	27	144.0	38	260.0
6	200.0	17	472.0	28	36.0	39	64.0
7	368.0	18	144.0	29	26.0	40	15.3
8	336.0	19	432.0	30	0	41	176.0
9	344.0	20	256.0	31	548.0	42	712.0
10	304.0	21	72.0	32	80.0	43	328.0
11	48.0	22	160.0	33	308.0		

表 5 电导率检测情况
Table 5 Conductivity detection

样本序号	电导率/ ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	样本序号	电导率/ ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	样本序号	电导率/ ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	样本序号	电导率/ ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)
1	1 021	12	298	23	760	34	572
2	726	13	950	24	576	35	2 180
3	798	14	858	25	286	36	2 860
4	2 020	15	412	26	1 712	37	979
5	734	16	283	27	498	38	1 185
6	556	17	1 229	28	423	39	337
7	1 017	18	726	29	319	40	554
8	1 288	19	2 810	30	694	41	743
9	1 099	20	1 320	31	2 000	42	1 980
10	929	21	163	32	938	43	2 920
11	295	22	602	33	987		

表 6 氯离子和游离氯检测情况
Table 6 Detection of chloride and free chlorine

样本序号	氯离子/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	游离氯/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	样本序号	氯离子质量浓度/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	游离氯质量浓度/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)
1	162	0.092	23	152	0.146
2	80	0.102	24	50	0.147
3	152	0.105	25	48	0.150
4	616	0.107	26	508	0.151
5	48	0.110	27	84	0.157
6	80	0.111	28	64	0.158
7	160	0.111	29	58	0.161
8	296	0.117	30	108	0.163
9	208	0.122	31	668	0.177
10	152	0.123	32	40	0.180
11	24	0.125	33	208	0.180
12	48	0.127	34	76	0.186
13	248	0.127	35	712	0.200
14	256	0.129	36	904	0.217
15	56	0.130	37	220	0.272
16	60	0.130	38	224	0.280
17	336	0.130	39	48	1.933
18	120	0.132	40	42	0.010
19	912	0.132	41	196	—(异常)
20	344	0.134	42	648	—(异常)
21	8	0.136	43	888	—(异常)
22	88	0.142			

3.1 肉眼可见物及臭

肉眼可见物是生产用水感官层面的基本要求,对生产卫生环境影响较大。为鼓励企业重视该指标,保障生产流程与员工工作环境,将其确定为喷水织机生产用水的重要指标之一。由表 1 可知,经剔除异常检测结果、设定参比数据,明确肉眼可见物的

控制要求为无悬浮物或胶态物;臭的控制要求定为 0,即无臭味。43 份样本中,肉眼可见物与臭指标的合格样本占比分别约为 45%和 59.52%。

3.2 pH 值、色度、浊度及铁、锰离子质量浓度

结合调研数据(表 2),pH 值、色度、浊度及铁、锰离子质量浓度等指标值在各企业间差别较大。根

据样本数据检测结果,去除异常检测数据,设置参比数据:当pH值处于6.5~8.0时,合格样品占比约79%;浊度 ≤ 2 时,合格样品占比约65%;色度 ≤ 30 时,合格样品占比约90%;铁离子质量浓度 ≤ 0.3 时,合格样品占比约81%;锰离子质量浓度 ≤ 0.1 mg/L时,合格样品占比约62%。

3.3 化学需氧量

COD_{Cr}也是企业生产用水需重点控制的指标,不仅应符合生产用水水质的相关要求,还应满足环保排放标准的约束。参考《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级标准的A类允许排放浓度,将COD_{Cr}限值设定为 ≤ 50 mg/L。该标准4.1.2.1节规定,城镇污水处理厂出水作为回用水时,需执行一级A标准(如引入稀释能力弱的河湖作为城镇景观用水、一般回用水等场景)^[3]。结合表3数据,若要求COD_{Cr} ≤ 50 mg/L,合格样品占比仅47.22%。过度提高COD_{Cr}指标要求,会对企业生产和员工工作环境产生较大影响,故各喷水织机企业需综合考虑。

3.4 总硬度

喷水织机生产用水硬度过高,将对设备性能与产品品质产生双重影响。调研发现,因行业设备和产品品类丰富,不同企业基于自身情况,对该值要求存在差异,尤其是生产锦纶细旦产品的企业,对硬度控制要求更为严苛。结合检测数据和行业生产实际,约有超过半数调研企业的硬度指标低于《纺织染整工业回用水水质》(GB 4287)(指标值为450 mg/L)^[4]和《生活饮用水水质标准》(DB1306/T 207-2022)(指标值为450 mg/L)中相应的硬度指标值^[5]。经考量,将总硬度(CaCO₃)参比数据定为 ≤ 300 (mg/L)。由表4可知,约有53%的调研企业总硬度指标值 ≤ 300 mg/L。

3.5 电导率

电导率对设备有一定影响,对产品影响相对有限,但降低该值的成本较高。企业反映电导率在1 000 μ s/cm以内,可满足正常生产需要。据此,将电导率的参比数据定为1 000 μ s/cm,结合检测数据分析,电导率满足 $\leq 1 000$ μ s/cm的企业有28家,占比约65%。

3.6 氯离子和游离氯

氯离子浓度高容易引起设备腐蚀,且水体中的氯离子一旦产生,去除难度大、成本高。结合调研分析,该值对设备影响显著,当氯离子质量浓度超过

100 mg/L时,对设备腐蚀性剧增。因此,本研究将氯离子质量浓度参比数据确定为 ≤ 100 mg/L。由表6可知,氯离子质量浓度满足 ≤ 100 mg/L的企业共18家,占比约42%。

游离氯有较强的氧化性,易腐蚀设备。调研结果显示,将其质量浓度控制在0.3 mg/L以下能延缓腐蚀,适配行业实际情况。依表6数据,将游离氯质量浓度参比数据确定为 ≤ 0.3 mg/L时,得达标的企业共39家,占比约97%。

3.7 细菌总数

细菌总数指标涉及喷水织机生产用水与人体健康(皮肤接触)、生产卫生环境等,但目前鲜有企业对该指标进行监测。参考《生活饮用水卫生标准》(GB 5749)^[5],细菌总数限值为100 MPN/mL或CFU/mL。

3.8 水温

水温过高容易造成浆膜脱落、细菌滋生,干扰生产流程与环境;水温过低则使织布操作人员体感寒凉,影响工作效率和健康。该数据检测受天气、环境影响较大,检测难度高。依据行业现场调研和问卷反馈情况,建议将12~25 $^{\circ}$ C作为喷水织机生产用水温度的参比区间。

4 结束语

通过现场调研、问卷和文献调研的方式,综合水质对设备运行、产品质量及生产工艺的影响,确定喷水织机生产用水水质主要指标为肉眼可见物、臭、pH值、浊度、色度、化学需氧量(COD_{Cr})、总硬度(CaCO₃)、电导率、细菌总数、氯离子质量浓度、游离氯质量浓度、铁离子质量浓度、锰离子质量浓度和水温共14项。

根据对43家代表性企业的抽样检测,综合行业生产实际及相关文献资料,分析各指标参比值并进行统计分析。研究成果为制定喷水织机生产用水水质标准提供科学依据,对规范企业新水取用、废水处理环节的水质控制和监测等,具有重要的实践指导作用。

参 考 文 献

- [1] 中国长丝织造协会. 长丝织造技术与装备[M]. 北京: 中国纺织出版社有限公司, 2023.
- [2] 中国纺织工业联合会. 2023/2024 中国纺织工业发展报告[M]. 北京: 中国纺织出版社有限公司, 2024.

- [3] GB 18918—2002.城镇污水处理厂污染物排放标准[S].北京:中国环境出版社,2002.
- [4] FZ/T 01107—2011 纺织染整工业回用水水质[S].北京:中国标准出版社,2011.
- [5] GB 5749—2022 生活饮用水卫生标准[S].北京:中国标准出版社,2022.

科技点亮绿途 创新守护蔚蓝
智能绘就清景 数智焕新山河
匠心雕琢生态 携手共筑蓝天