

芳纶废水处理典型案例

刘连伟 刘利

中化环境科技工程有限公司

摘要: 对位芳纶产品在运行生产过程会消耗大量的水, 排出大量的污水。这类废水中含有合成对位芳纶的酸碱、原材料N-甲基吡咯烷酮(NMP)及少量产品和有机副产物等, 废水水质复杂, 盐分高, COD含量高, 具有低毒性等特点。这类废水常规的混合处理工艺很难对废水进行有效的处理, 需要对来水进行分质预处理。本研究将某企业芳纶生产废水分为三股水进行处理, 分别为纺丝废水、溶剂废水和综合废水。纺丝废水采用pH调节+过滤+超滤+反渗透工艺进行处理, 淡水进入溶剂废水处理单元, 浓水外运处置; 溶剂废水进行脱钙后, 与纺丝废水产生的淡水共同进入调节池, 经过A0生化+沉淀处理后排入园区污水处理厂; 综合废水采用pH调节+A0生化+沉淀工艺, 出水进入园区污水处理厂。

关键词: 芳纶废水; 生化处理; 膜处理

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.10.113

引言

芳纶具有阻燃、耐高温、电绝缘、高强度、高模量、耐腐蚀等特点, 性能优异, 广泛用于国防、航空航天、个体防护、环境保护、信息通讯等领域, 是发展高端制造业必不可少的基础材料^[1-4]。芳纶生产废水成分复杂、污染物浓度高, 是一种典型的难处理废水, 目前国内多采用生化处理, 处理出水达到《污水排入城市下水道水质标准》(CJ343-2010) B级标准后排入下游污水处理厂^[5]。本项目以某企业芳纶废水为例, 采取分质处理的原则, 为同类废水处理工艺路线的选择提供借鉴参考。

工程概况

某企业年产5000吨对位芳纶, 芳纶生产过程中产生大量的废水, 废水来源于NMP生产过程, 主要有W1-1, W2-1、W2-2、W2-3、W2-4, W3-1、W3-2, W4-1、W4-2等9股废水, 废水具有以下特性:

(1) 各股废水水质差异大, 浓度波动大

排放废水主要污染物集中在W2-2、W2-3及W3-1。W2-2废水主要污染物为无机酸, W2-3主要污染物为无机盐及碱, W3-1主要污染物为无机盐和有机物N-甲基吡咯烷酮(NMP)。特别是W3-1排放量相对较少但污染物浓度较高, 其他废水水量大但浓度较低。

(2) 废水污染物组分较少

污染物组分较为单一, 涉及硫酸钠、氯化钠、氯化钙等, 有机物为N-甲基吡咯烷酮(NMP)。

(3) 废水含钙量高

废水W3-1含钙量较高, 含钙量高会引起后序生化曝气设备结垢堵塞以及生化污泥无机钙化等问题, 严重影响废水站整体运行效果。

(4) 废水可生化性较好, 有一定浓度有机氮

有机物N-甲基吡咯烷酮(NMP)属易生化有机物且

生物毒性低, 可通过生化法有效去除。因NMP为含氮有机物, 生化处理过程会释放氨氮故生化处理工艺选择应考虑生物脱氮功能。

设计水质

设计进水水质 纺丝废水主要来自纺丝装置水洗回水、稀释排水和二次水水洗, 纺丝装置产生的三股废水输送至废水处理装置, 混合后, 用10%稀硫酸或32%液碱为原料, 调节废水pH; 调节后, 其硫酸钠含量约0.27%, 其组成如下表。

表1 纺丝废水设计水质

序号	水质指标	单位	数值
1	pH	—	7.5~8.5
2	SS	mg/L	10.0
3	COD	mg/L	20.0
4	Na ⁺	mg/L	892.1
5	SO ₄ ²⁻	mg/L	1861.7
6	TDS	mg/L	2758.8
7	二氧化硅(SiO ₂)	mg/L	5

纺丝废水进入膜处理装置, 产出淡水和浓水; 得到的淡水用于碳酸钠溶液配制、回收碳酸钙滤饼洗涤、溶剂废水稀释和纯水制备等; 膜浓缩产水的浓水本期工程外运处置, 远期工程采用MVR蒸发, 得到无水硫酸钠, 硫酸钠作为副产品外售。

表2 溶剂废水设计水质

序号	名称	数值
1	H ₂ O含量	94.85%
2	NMP含量	0.14%
3	CaCl ₂ 含量	2.90%
4	NaCl含量	2.11%

表3 综合废水设计水质

序号	水质指标	单位	数值
1	pH	—	5.0~9.0
2	SS	mg/L	300.0
3	COD	mg/L	1600.0

设计出水水质 污水处理厂出水排入园区污水处理厂, 出水水质指标执行园区污水厂纳管标准, 具体如下表所示。

表4 出水水质指标

序号	名称	单位	数值
1	PH		6~9
2	COD	mg/L	≤500
3	BOD5	mg/L	≤300
4	TDS	mg/L	≤4500
5	总氮	mg/L	≤45
6	氨氮	mg/L	≤35
7	SS	mg/L	≤150
8	其他	达到园区污水纳管标准	

设计规模 各股废水设计规模见下列各表所示。

表5 纺丝废水设计水量 (单位: t/h)

序号	名称	设计水量	说明
1	水洗回水	160.00	圆整值
2	稀碱排水	4.50	圆整值
3	二次水水洗	135.00	圆整值
4	10%稀硫酸或32%稀碱		根据pH值
纺丝废水设计水量		300.00 (总规模)	一期150.00

表6 溶剂废水设计水量 (单位: t/h)

序号	名称	设计水量	说明
1	共沸废水	40.00	
2	20%碳酸钠溶液	6.00	冬季碳酸钠浓度控制在10%
3	碳酸钙滤饼洗涤用水	8.00	
溶剂废水设计水量		55.00 (总规模)	一期规模27.50

表7 综合废水设计水量 (单位: t/h)

序号	名称	设计水量	说明
1	洗废水	15	
2	未预见废水	14	
3	浆粕废水	49	
4	短切废水	2	
综合废水设计水量		80.00 (总规模)	一期规模40.00

工艺流程 根据各股水水质特点, 主要分为三股水进行处理, 分别为纺丝废水、溶剂废水和综合废水。纺丝废水采用pH调节+过滤+超滤+反渗透工艺进行处理, 淡水进入溶剂废水处理单元, 浓水外运处置; 溶剂废水进行脱钙后, 与纺丝废水产生的淡水共同进入调节池, 经过A0生化+沉淀处理后排入园区污水处理厂; 综合废水采用pH调节+A0生化+沉淀工艺, 出水进入园区污水处理厂。

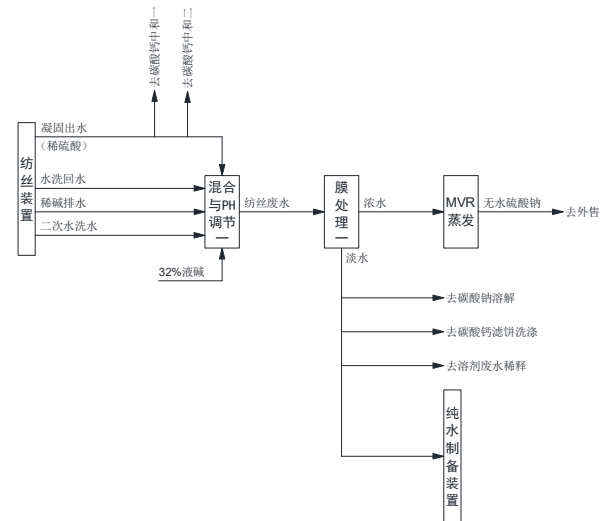


图1 纺丝废水处理流程示意图

工艺流程描述: 纺丝装置产生的三股废水输送至纺丝废水处理装置, 混合后, 用10%稀硫酸(生产装置凝固出水)或32%液碱为原料, 调节废水pH; 调节后硫酸钠含量约0.27%, 进入后续膜处理单元, 产生的淡水进入溶剂废水处理单元, 浓水外运处置(或MVR装置, MVR装置为二期工程)。

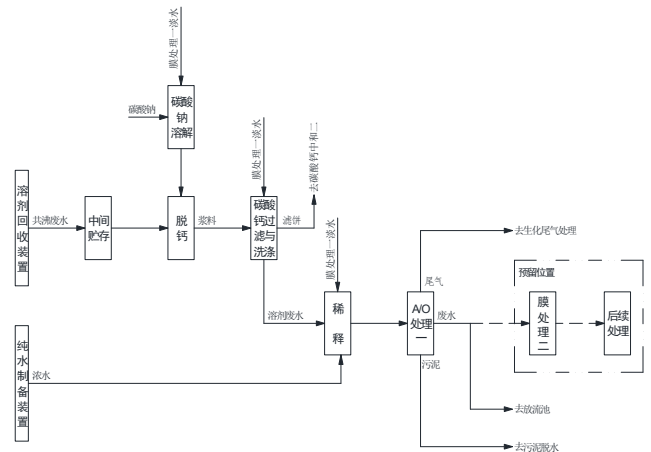


图2 溶剂废水处理流程示意图

工艺流程描述: 溶剂回收装置产生的共沸废水先输送至废水处理装置的中间贮槽, 再在反应槽中与碳酸钠水溶液进行连续脱钙: 氯化钙和碳酸钠进行反应, 生产碳酸钙和氯化钠, 碳酸钙进行脱水后返回生产装置进行再利用, 氯化钠浓水与纺丝废水处理后的淡水共同进入A/O生化单元处理。

工艺流程描述: 芳纶装置产生的冲洗水、浆粕和短切产生的废水等(简称综合废水)混合后, 用10%稀硫酸或32%液碱为原料, 调节pH后, 进入A/O工艺单元进行生化处理后外排至园区污水处理厂。

主要工艺单元及设计参数

(一) 纺丝废水处理单元

(1) 混合pH调节单元: 数量1座, 有效容积600m³, 水力停留时间HRT=4h; 潜水搅拌器2台, 功率N=5.5kW,

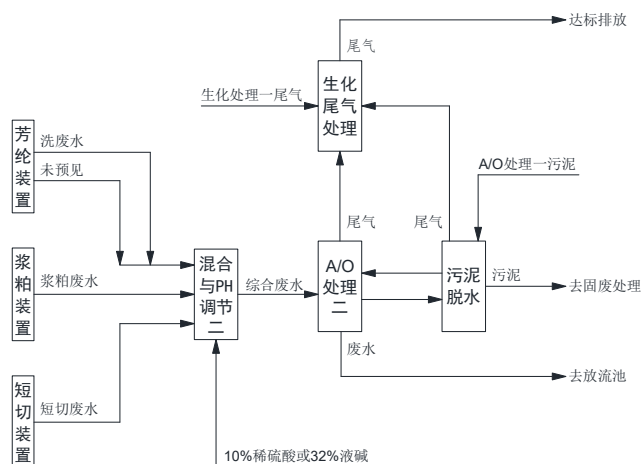


图3 综合废水处理流程示意图

材质碳钢防腐；原水提升泵2台，参数 $Q=150\text{m}^3/\text{h}$ ， $H=50\text{m}$ ， $N=30\text{kW}$ 。

(2) 预处理过滤单元：多介质过滤器3台，工作压力 0.4MPa ，处理水量 $Q=75\text{m}^3/\text{h}/\text{单台}$ ，尺寸 $\Phi 3200\text{mm}\times H4800\text{mm}$ ；反洗水泵2台，参数 $Q=400\text{m}^3/\text{h}$ ， $H=25\text{m}$ ， $N=45\text{kW}$ 。

(3) 预处理超滤单元：超滤膜装置1套，出力 $Q=68\text{m}^3/\text{h}$ ，回收率92%，错流过滤，净通量 $\leq 50\text{LMH}$ ；超滤反洗水泵2台， $Q=160\text{m}^3/\text{h}$ ， $H=25\text{m}$ ， $N=18.5\text{kW}$ 。

(4) 预处理反渗透：一级RO供水泵2台，卧式离心泵 $Q=136\text{m}^3/\text{h}$ ， $H=40\text{m}$ ， $P=30\text{kW}$ ；一级RO反渗透高压泵2台，卧式离心泵 $Q=70\text{m}^3/\text{h}$ ， $H=150\text{m}$ ， $P=37\text{kW}$ ；一级RO装置，出力： $52.5\text{m}^3/\text{h}$ ，膜通量 $\leq 20\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ ，回收率75%。

(5) 活性炭过滤：活性炭过滤器供水泵2台，卧式离心泵 $Q=35\text{m}^3/\text{h}$ ， $H=50\text{m}$ ， $P=11\text{kW}$ ；活性炭过滤器2台， $Q=35\text{m}^3/\text{h}$ 。单台， $\Phi 2200\text{mm}\times H4000\text{mm}$ ；活性炭过滤器反洗泵2台， $Q=130\text{m}^3/\text{h}$ ， $H=25\text{m}$ ， $N=15\text{kW}$ 。

(6) 膜浓缩单元超滤：超滤膜装置2套，出力 $Q=15.5\text{m}^3/\text{h}$ ，回收率92%，错流过滤。

(7) 弱酸阳床：供水泵2台， $Q=31\text{m}^3/\text{h}$ ， $H=50\text{m}$ ， $P=11\text{kW}$ ；交换器2台， $Q=31\text{m}^3/\text{h}$ ，尺寸 $\text{DN}1600\times H4500\text{mm}$ 。

(8) 浓水反渗透：浓水RO给水泵2台，卧式离心泵 $Q=30\text{m}^3/\text{h}$ ， $H=40\text{m}$ ， $P=5.5\text{kW}$ ；浓水RO装置2套，单套出力： $11.25\text{m}^3/\text{h}$ ，膜通量 $\leq 20\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ ，回收率75%。

(二) 溶剂废水处理单元

(1) 原水提升泵：数量2台，参数 $Q=50\text{m}^3/\text{h}$ ， $H=20\text{m}$ ，电机功率 $N=5.5\text{kW}$ （变频）。

(2) 碳酸钠粉体投加装置：投加能力 $5\text{m}^3/\text{h}$ 。包括碳酸钠配制槽，一级搅拌器、二级搅拌器、碳酸钠加药泵、反应罐。

(3) 板框脱水机：过滤面积 $S=80\text{m}^2$ ，数量2台。

(4) 出水提升泵：数量2台，流量 $Q=60\text{m}^3/\text{h}$ ， $H=20\text{m}$ ， $N=5.5\text{kW}$ （变频）

(5) A/O生化池：数量2组，总水力停留时间 $\text{HRT}=12\text{h}$ ，配备3台双曲面搅拌器，2台曝气风机，2台混

合液回流泵。

(6) 平流沉淀池：数量2组，表面负荷 $q=1.15\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 。

(三) 综合废水处理单元

(1) 调节池：数量1座，停留时间 $\text{HRT}=7.6\text{h}$ ，配备潜水搅拌机、废水提升泵。

(2) A/O池：数量2组，总水力停留时间 $\text{HRT}=12\text{h}$ ，配备1台潜水搅拌机，2台曝气风机，2台混合液回流泵。

(3) 平流沉淀池：数量2组，表面负荷 $q=1.15\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ ，配备刮泥机、污泥回流泵、剩余污泥排放泵。

运行效果

经过60d调试，系统稳定运行，连续10d检测系统进出水主要水质指标，其结果如下表所示。其中纺丝废水单元来水经过处理后，淡水进入溶剂废水处理单元进行稀释，浓水外运处置。

表8 出水水质

项目	溶剂废水处理系统调节池来水	溶剂废水处理系统出水	综合废水处理系统调节池来水	综合废水处理系统出水
pH	7.85	7.76	7.2	7.5
COD	1073	76	825	79.5
TN	28.6	15.6	42.8	13.8
TP	5	0.5	8.5	0.5

工程投资

本工程建设投资41,357,215元（不包括土建工程），其中工程费用38,829,157元（包括设备材料购置费及安装费），设计费1,362,058元，其他费用1,166,000元。

结论

根据芳纶生产过程中的水质特点，采用分质处理的方案，处理三股不同性质的废水。纺丝废水采用pH调节+过滤+超滤+反渗透工艺进行处理，淡水进入溶剂废水处理单元，浓水外运处置；溶剂废水进行脱钙后，与纺丝废水产生的淡水共同进入调节池，经过AO生化+沉淀处理后排入园区污水处理厂；综合废水采用pH调节+AO生化+沉淀工艺，出水进入园区污水处理厂。运行数据表明，本工艺方案选择合理，出水水质满足园区污水厂进水水质指标要求。

参考文献

- [1] 陈蕾, 胡祖明, 刘兆峰. 芳纶1313纤维制备技术进展[J]. 高分子通报, 2004(6).
- [2] 宋翠艳, 宋西全, 邓召良. 间位芳纶的技术现状和发展方向[J]. 纺织学报, 2012, 33(6).
- [3] 马海兵, 林海. 功能性间位芳纶技术发展现状与建议[J]. 高科技纤维与应用, 2016, 41(2)
- [4] 马千里, 李常胜, 田明. 对位芳香族聚酰胺纤维[J]. 北京: 国防工业出版社2018: 23-81.
- [5] 谢洪强, 任仲恺, 程普伟. 间位芳纶生产废水氨氮的强化处理及工程实践[J]. 环境科技, 2015, 28(3).