

粘胶长丝连续纺丝车间空气加湿系统的改造分析

秦枫

(新乡化纤股份有限公司 河南 新乡 453000)

摘要: 本文简要阐述粘胶长丝连续纺丝工艺特点及加湿需求, 引进几种可用的空气加湿系统, 通过性能对比探究其适配性、有效性, 发现高压微雾加湿器优越性明显, 可以在增大加湿量的基础上显著降低能耗支出。最后给出系统性的技改思路与举措, 从系统选型、参数设计、装置配备等方面展开论述, 实践证明技改切实有效, 每年可为企业节省成本 20 万元以上。

关键词: 粘胶长丝; 连续纺丝车间; 空气加湿系统

0 引言

粘胶长丝又被称作人造丝, 早在 20 世纪 60 年代就已经被引入和使用, 具有吸湿、透气、抗静电等诸多优势。至 80 年代, 用于生产粘胶长丝的工艺、设备得到跨越性发展, 国外更是普及应用了连续式纺丝机, 生产效能大幅度提升。改革开放以来, 我国逐步深化生产力、生产关系变革, 使得市场经济焕发出前所未有的活力, 粘胶长丝连续纺丝工艺规模化、工业化趋势愈发明朗, 市场竞争力也明显提升。作为控制车间湿度、调节车间环境的重要工具, 空气加湿系统的运用至关重要, 有必要进行系统探究和优化。

1 粘胶长丝连续纺丝工艺及加湿需求概述

连续纺丝工艺是在传统粘胶长丝纺织技术基础上发展、演变而来的, 能够对淋洗、烘干、卷装等工序步骤进行集成整合, 显著提升纺织操作的自动化效能, 现阶段科技进步、研究成果涌现, 粘胶长丝连续纺丝体系也明显完善、成熟。旧有工艺中, 卷绕工序的推进很容易导致牵伸量不同, 给丝饼内外层差异埋下隐患, 造成染色不均匀等系列问题, 而连续纺织较好地避免了这一问题, 丝条物化指标更加稳定, 生产的成品接头也更少, 可以满足 2 ~ 3kg 的大卷装需求。同时, 该种工艺的推广还有效减少了粘胶长丝生产的耗水量。传统半连续纺丝工艺中, 每生产 1t 左右的丝制产品, 需要耗费 500t 水, 而连续纺丝工艺中, 采用单根丝洗涤手法, 洗涤质量上升, 耗水量也仅有 120t/t。由于集成效能较好、科技含量较高, 连续纺织的纺速也明显提升, 可以达到 120 ~ 160m/min 的水平, 与传统方式相比提高 20 ~ 60m/min。

但值得注意的是, 该种工艺运行过程中, 同样会涉及到车间加湿调节问题。由于粘胶长丝纺织物料具备一定的导电性能, 当空气湿度下降时, 生产车间中静电摩

擦的影响会更加明显, 纺织飞毛、飞絮情况也更加严重, 不仅加剧了产品断头、起团风险, 使丝织物原本的光泽度遭受损失, 还会提升机械设备、控制设备故障几率, 影响连续纺丝工艺的正常运行。同时, 连续纺丝中还可能涉及到回潮处理问题, 对于不同批次的纺丝产品来说, 回潮率相差过大很容易影响最终质量, 而合适的湿度环境下, 落浆、经丝黏搭等工序效果都会更好, 因此通常推荐将湿度控制在 65% ~ 75%RH。此外, 由于连续纺丝车间设备较为密集, 纺丝酸浴、丝条烘干过程中, 均会产生热量, 夏季温湿度控制不当, 还可能影响员工工作状态, 致使产品质量、产量出现下降情况, 所以优化加湿系统、改善湿度条件至关重要。

2 粘胶长丝连续纺丝车间空气加湿系统技改措施

2.1 方案设计

案例车间中, 装配了干蒸汽加湿器系统, 由发电厂直接供应蒸汽进行加湿, 虽然效率可以达到 95% 以上, 但蒸汽质量波动较大, 容易出现硫离子超标问题, 影响车间清洁度的同时加剧了空气过滤器损耗。受到当地供电情况的影响, 蒸汽量供给平稳性也相对较差, 安全阀不定时启动, 给装置的平稳运行带来较大阻碍。因此, 在技改环节, 尝试通过设备结构、布局的优化稳定加湿性能。装置选型环节, 考虑了几种原理、结构不同的加湿设备, 其中超声波加湿器效率较高, 可以达到 95% 以上, 雾滴直径较小, 可以达到 1 ~ 10 μm , 运行噪声较小, 但局限性同样比较明显, 比如对水质要求较高, 电能转化过程中, 需要超声波发生器的辅助, 因此前期投入成本较多, 后期运行过程中, 耗能还会达到 100W/kg·h 左右, 经济性能较为欠缺。与之相比, 离心式加湿器的耗能状况要更为优良, 正式运行时仅有 20W/kg·h 左右的能耗, 且对水质的要求不高, 只要现场有洁净自来水就可以支持运行, 但缺点在于噪声比较大, 加湿效率仅

有50%左右,后期还可能发生滴水问题。

综合分析后决定,采用高压微雾设备进行设计,该装置加湿量较大,整体加湿效率可以达到95%以上,且雾滴直径较小,通常在 $3 \sim 10 \mu\text{m}$,运行环节耗能极低,通常为 $6\text{W}/\text{kg} \cdot \text{h}$ 左右。现场保留原有的蒸汽加湿系统,开放设置两套工作模式,常规状态下启动高压微雾系统加湿,若高压微雾无法满足使用需求,则组合使用原蒸汽系统及新微雾系统,保障连续纺丝工艺的顺利进行。从可行性角度分析,车间引入的空气加湿系统还应当具备自动监控、调节的功能,可以同时适应温度调节、湿度把控需求,因此采用全空气集中控制方案,系统抽取室外空气后,率先送入MAU(全新风空调机组)单元,完成含湿量的统一处理,继而进入RCU(回风空调机组)单元,进行降温或调节处理,最后通过FFU单元(送风口及风机过滤机组),室内空气则经由回风通道作用,回到RCU单元,与新风均匀混合送出,整个过程往返循环,能够较好满足车间新风、降温及加湿需求。系统内部结构设计时,单台MAU对应单台RCU,组合控制缩小波动范畴,可以将车间温度、相对湿度控制在合理、平稳的范围之内。

2.2 参数计算

在粘胶长丝连续纺丝车间运行过程中,对成品丝筒的质量要求较高,回潮率、变形量均需在合理范围之内,因此空气加湿系统设计时不能出现明显的水滴,产出的加湿水雾也要足够细,且后期维护、检修成本不能过高。基于此,合理设计加湿量就显得非常重要,可以采用如下公式辅助计算:

$$D = \rho L(d_2 - d_1)$$

其中: D 代表连续纺丝车间理论所需加湿量; ρ 代表干空气密度; L 代表车间内部的新风量; d_2 表示车间含湿量; d_1 则表示室外空气含湿量。从实践角度来讲,车间所处地理位置及生产运行季节、时间,均会影响上述参数具体值,而案例车间中,理想的环境湿度参数应当是 $70\% \pm 5\%$,夏季理想温度为 30°C ,冬季和春秋季节分别为 24°C 和 28°C ,误差控制在 1°C 以内。选取湿度控制达标率较低的春秋季节作为参数设置主要参考依据,测试得到的干空气密度为 $1.15\text{kg}/\text{m}^3$,新风量为 $3 \times 10^5\text{m}^3/\text{h}$,车间含湿量为 $15.65\text{g}/\text{kg}$,室外空气含湿量为 $19.37\text{g}/\text{kg}$,带入公式计算后,得到的理论加湿量约为 $1283.4\text{kg}/\text{h}$ 。考虑到湿度吸收效率影响,额外引入安全系数 n 进行修正,最终确定加湿量为 $1400\text{kg}/\text{h}$ 。

2.3 装置配备

综合成本、性能参数分析后,选定LHPF-12Z高压微雾加湿系统,其中配备LED触摸控制屏,增压泵等装置,同时内嵌PLC可编程逻辑控制器,装设电磁阀组、湿膜挡水板等,布局环节要做好整体规划,喷嘴部

位避开核心设备,主机箱、喷嘴之间的距离可以适当拉近,防止出现阻力损失问题,尽可能保障喷嘴附近的压力。采用进口高压柱塞泵,电机额定功率为 2.2kW ,出水压力可以达到 7MPa 左右,在常规泵体的基础上,增设备用泵,支持人工切换和开闭,水箱体积约为 0.096m^3 ,采用不锈钢材质,可以较好地规避后期水箱锈蚀,影响雾化效果的风险。喷嘴则布置在MAU单元之后,以横纵方式设置11列,每列为14个喷嘴,间距控制在 20mm 以上。考虑到设备本身的工作压力较大,长时间的雾化喷射过程可能会对喷孔造成磨损,因此采用耐压紫铜管,理论承受压力可以达到 15MPa ,对于铜管接头等处薄弱部位,还额外设置了卡箍构件,防止压力过大出现漏水问题。挡水板设置环节则融合了湿膜技术,膜体厚度约为 100mm ,10个组块相互连接,中间借助不锈钢压条完成固定(图1),可以满足雾滴吸收需求。

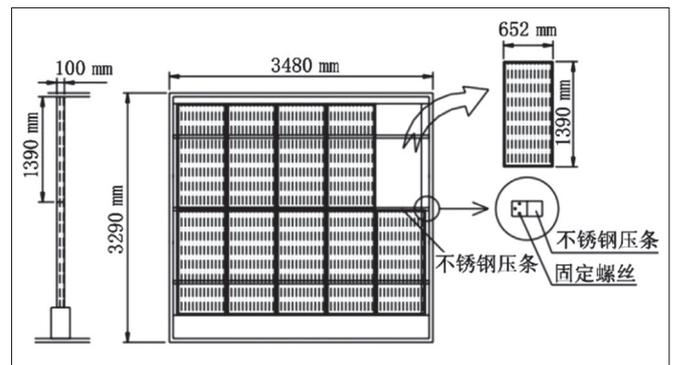


图1 湿膜布置示意图

2.4 系统运行优化

案例车间引入高压微雾系统并运行使用一段时间后,出现了明显的积水问题,内部盘管肋片运行环境较为恶劣,表面甚至出现了轻微锈蚀问题,需要额外耗费精力开展除垢、清洁工作,缩短装置使用寿命的同时,造成了水资源的浪费。究其原因,主要是因为空调机组结构较为紧凑,系统释放的很多微雾分子未被完全吸收,并在后期冷凝、落地,形成积水。现场调查分析后,对设备进水水质进行改进,增加水软化装置生成去离子水,经检测出水电阻率可以达到 $18\text{M}\Omega$,内部装设加热器,将出水温度提升至 22°C ,采用工业型柱塞泵对喷嘴进行改良,泵体内自带变频器,可以在较长时间内维持压力恒定性能,防止压力波动造成雾化失效情况。此外,喷头孔径也会影响装置运行效率,孔径越小,雾化的效果越好,相应的吸收效率也就更高,有助于解决机组积水问题但可能会出现堵塞的情况。而喷嘴越大,雾滴粒径也就越大,容易损伤雾化效果。经过观测分析后,选用孔径为 0.15mm 的进口喷嘴,单个构件加湿量可以达到 $2.7\text{g}/\text{h}$ 。确定型号规格后,合理加大了预热段、加湿段间距,参数为 800mm ,可以防止雾滴碰撞导致粒径增大、

下落频繁的问题。在 MAU 单元底部、湿膜挡水盘底部等位置，还增加了接水盘，定期回收凝结水使用，缓解水资源浪费问题的同时防止积水、锈蚀等问题。考虑到后期存在检修、维护需求，在预热段、预冷段之间空出了一定间距，设置检修门方便系统维护。各检测加湿单元内部装有传感器，可以通过 PLC 可编程逻辑控制器与总控室建立连接，支持故障警报与定期巡视（图 2）。

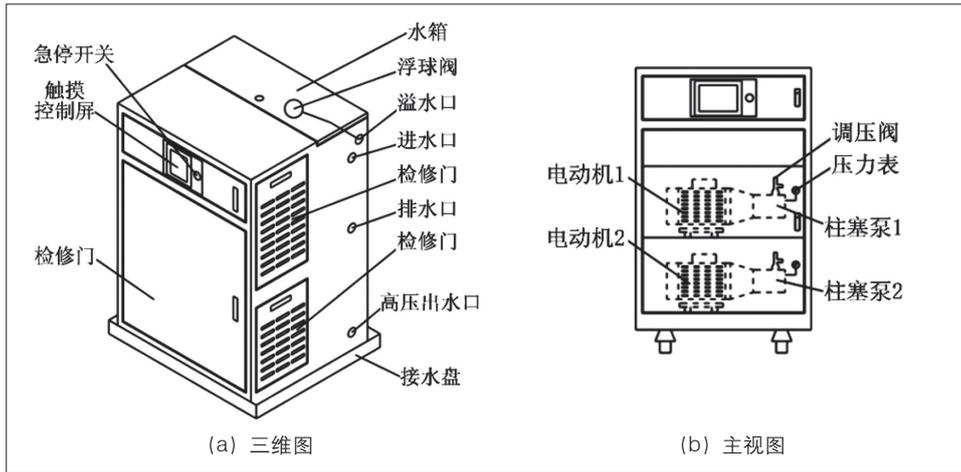


图 2 改进后的加湿系统主机箱结构示意图

2.5 系统运行维护

高压微雾加湿系统综合性能优良，能够在提升加湿效用的基础上，显著降低能源支出，为粘胶长丝连续纺丝工艺的运行奠定了坚实基础。但该种设备本身较为昂贵，频繁的构件更换可能加大经济负担，因此日常使用过程中，还需要制定科学的运维管理举措。其中，高压泵作为系统核心，扮演着决定性、主导性作用，可以选择美国 GIANT、意大利 AR 等有柱塞泵，为防止泵体出现抖动、漏水等障碍，还应该定期检查泵体连接处，确保密封良好，且回水、出水管路均要畅通，防止堵塞出现的故障问题。定期加注冷却润滑油，坚决禁止缺油、超载运行，加注操作必须由专人执行，用量不能超过油标线，且加强对泵体运行温度的监测，通常不能超过 70℃，防止温度过高影响密封圈性能，造成设备损坏、停机停产等风险。此外，高压雾化喷嘴作为其中的重要构件，孔径通常为 0.15mm，对去离子水进行雾化处理时，需要将雾滴细化到微米级别，孔洞承受的压力约为 5 ~ 7MPa，这种冲刷力长期作用，很容易给喷孔带来磨损风险，实践中可以通过定期更换防止雾化失效情况，也可以直接引用红宝石喷嘴，以达到延长使用寿命的目标。对于源头水质来说，也要做好质量把控，定期清理水箱，避免杂质沉积、粘附，为防止水滴影响连续纺丝设备运行，喷嘴方向也必须进行优化设置，尽量避免生产装置，

采用直接加湿方案时，也不推荐高压喷雾系统，以防影响核心设备的正常运转。

2.6 运行成效分析

系统技改完成并投产使用一段时间后，对其运行成果、经济效益进行统计，结果发现一年内系统实际节约蒸汽量约为 1409t，按照 220 元/t 的成本计算，总计节省费用 309980 元。而高压微雾系统加湿耗水量约为 2266.5t，以 3.62 元/t 的单价计算，支出费用约为 8204.73 元。同时，为提升装置运行效率，还需要进行去离子水的制备工作，制备水量同样为 2266.5t，以 4.25 元/t 的单价计算，支出费用约为 9632.63 元。此外，高压微雾加湿系统同样需要耗费电能驱动，一年内耗电量约为 31104kW·h，按照单价 0.85 元计算，电费成本约为 26438.4 元，用总节约成本减去技改支出后，获得的年单位效益约为 265704.24 元（不包含运维保养费用），可以为粘胶长丝连续纺丝车间年效益的提升奠定坚实基础。

3 结语

综上，本文引入某连续纺丝车间加湿系统运行难题，从方案设计、参数计算、新装置配备、系统改良、运维管理等方面进行展开阐述，在原有蒸汽系统的基础上，引入高压微雾加湿设备，与原蒸汽系统并用，计算出实际加湿量应为 1400kg/h。同时严格控制入口水质，采用去离子水解决系统积水、构件锈蚀问题，增设接水盘、增大喷嘴间距以推动凝结水的循环利用。设备投产运行一年后进行统计核算，分析可节约成本 26 万余元，能够为车间经济增收提供助力。

参考文献：

[1] 张炜, 王道铨, 林苗俏, 等. 非空调环境下制丝车间微雾加湿控制系统的设计 [J]. 烟草科技, 2022, 55(01): 107-112.
 [2] 罗浩. 关于涂装车间喷漆室空调喷淋系统的研究与探讨 [J]. 现代涂料与涂装, 2021, 24(05): 53-55+66.
 [3] 汪健. 高压微雾系统在空调机组的节能应用 [J]. 中国新技术新产品, 2020(09): 41-42.
 [4] 龚宇景. 高压微雾加湿系统应用实例分析 [J]. 暖通空调, 2019, 49(06): 68-73.