

干法腈纶纺丝计量泵齿轮抱死原因分析与改进

徐越

中国石油化工股份有限公司齐鲁分公司腈纶厂

DOI:10.12238/etd.v6i2.12970

[摘要] 计量泵是干法腈纶纺丝工艺的关键设备,用于计量进入纺丝组件的原液量,要求流量计量精确、输出压力恒定,其运行平稳性对纺丝过程的稳定性、连续性起着决定性作用。并且计量精度对纺制腈纶纤维的纤度和强伸均匀性有着直接影响,因此,计量泵无论制造还是装配都要求非常精密。多年来,新计量泵上机后齿轮容易抱死,上机成功率不足20%,造成纺位频繁换泵运行连续性差,成为干法腈纶纺丝产量提高和质量保障的制约瓶颈。本文利用长期对计量泵构造、加工和装配的调研以及干法腈纶纺丝计量泵工作条件的研究,总结、明确了新计量泵上机后抱死的原因,并提出相应的改进措施。

[关键词] 干法腈纶工艺; 计量泵; 纺丝组件; 纤度

中图分类号: TB9 **文献标识码:** A

Analysis and improvement of gear lock in dry spinning acrylic fiber metering pump

Yue Xu

Acrylic Fiber Plant of China Petroleum&Chemical Corporation Qilu Branch

[Abstract] The metering pump is a key equipment in the dry spinning process of acrylic fibers, used to measure the amount of raw liquid entering the spinning components. It requires precise flow measurement and constant output pressure, and its smooth operation plays a decisive role in the stability and continuity of the spinning process. The metering accuracy has a direct impact on the fineness and strength uniformity of the spun acrylic fibers. Therefore, the metering pump requires very precision in both manufacturing and assembly. For many years, the gears of the new metering pump have been prone to lock up after being installed, resulting in a success rate of less than 20%. This has led to frequent changes in the spinning position and poor continuous operation of the pump, becoming a bottleneck for improving the production and quality assurance of dry spinning acrylic fiber. This article uses long-term research on the construction, processing, and assembly of metering pumps, as well as the study of the working conditions of dry spinning metering pumps for acrylic fibers, to summarize and clarify the reasons for the new metering pump locking after being installed on the machine, and propose corresponding improvement measures.

[Key words] dry-spinning acrylic fiber; metering pump; spinning pack; fineness.

引言

干法腈纶纺丝工艺选用的是JS-30×2型三齿轮泵,该泵具有输出压力稳定、输出流量准确的优点,有一个原液进口、两个原液出口,每个纺位配备一台计量泵,分别供给同一个纺丝组件两种流量相等、不同温度的纺丝原液,满足干法多环纺丝同步成型的要求。配套设备主要由电动机、减速机、快速拆装传动装置和固定板座组成。

1 定义

干法腈纶工艺^[1]:干法纺丝机甬道内使用热氮气与丝条单向传质传热,蒸发去除丝条中的溶剂(DMAC),使其固化成型为纤维。

由于内层丝条和外层丝条存在热量和扩散动力差异,为尽量减小这一差异,使内、外层丝条同步成型,要求供给纺丝组件内层的原液温度高于外层原液温度12~14℃。

计量泵^[2]:三齿轮泵,其中一个齿轮为传动齿轮,另外两个为计量齿轮,泵体由前盖板、中板和后盖板组成,齿轮安装在中板内,每个计量齿轮每转输出量为30毫升,一台纺丝机14台计量泵共用1台变频器,转速控制范围为20~60Rpm。

纺丝组件:负责过滤、分配纺丝原液和喷丝,其核心部件为喷丝板,其上按照分布规律排列数千个微孔,由内到外分为10~15环,每环均布100~200个左右的微孔,计量泵输出的原液

经喷丝板后形成数以千计的细小原液流, 去除溶剂后即可获得纤维。

纤度: 表示纤维粗细程度的指标, 也称“线密度”^[3], 单位名称是“特(tex)”, 即1000米长纤维的克数。

2 计量泵抱死原因分析

2.1 零件材质调查

每批计量泵进货入厂前都要对材质进行光谱检测, 检查近三年光谱检测结果。结论: 计量泵各部件材质与设计一致。

2.2 部件尺寸加工精度检查

结论: 计量泵各部件加工精度在允许公差范围内, 检测合格率100%。

2.3 装配过程调查

2.3.1 装配环境

检查装配室空调系统, 运行正常, 室温22摄氏度恒温控制, 送风经过10微米滤袋过滤, 满足无尘环境要求。

2.3.2 装配前齿轮及泵板检查

实行专人装配, 装配经验20年以上, 每次装配前均首先检查确认部件合格。

(1) 泵板孔套尺寸, 符合标准公差要求范围的, 进入组装工序, 超出公差范围的部件分离、维修。

(2) 工件表面光洁度检查: 组装前用320目砂纸打磨泵板和齿轮端面, 将工件平放在砂纸上, 将砂纸放在工作台上, 使研磨面与工件端面相接触, 用手掌压紧工件上面运动, 工件运行的轨迹应为8字形, 磨完后用压缩空气枪吹扫, 此后在组装过程中不用任何坚硬东西敲打工件。

用细磨石对齿顶进行磨光, 将齿轮平放在工作台上, 用手指夹拿齿轮, 边使齿轮轻转, 边轻轻研磨齿顶。

2.3.3 组装步骤

步骤一: 组装之前, 先用干净纱布沾上清洗剂擦洗一下后板表面, 然后将被动轴插入后板内, 并将定位销涂上润滑油用手推入后孔定位孔内, 为防止歪斜, 先将被动齿轮插入轴中, 紧靠泵板转一下是否转动自如, 然后用手压入被动齿轮轴固定在后板内。用上述方法装入另一根被动轴, 然后将两被动齿轮取出。

步骤二: 用平行板检查一下主动轴套的高度, 孔套表面不能高出泵板表面, 然后将后板放在台虎钳上, 用手插入主动齿轮轴, 然后装入主动齿轮检查一下, 使主动齿轮可以在装入圆键的主动轴上可以平滑移动, 并在被动轴上涂上润滑油, 重新装入两个被动齿轮, 用手转动主动轴观察一下三个齿轮的相互咬合情况, 咬合良好、转动灵活后取出三个齿轮。

步骤三: 平行放入中间板, 注意中间板不能放反, 以免进出口颠倒。然后取出主动轴, 装上主动齿轮后一起装入后板和中板内, 然后依法装入两个被动齿轮, 并检查相互咬合情况, 如转动不畅, 要重新取出齿轮检查, 用细砂纸打磨一下齿轮外圆和孔径。如果齿轮被卡住不动, 用手分别转动各个齿轮的齿, 哪个不动便检修那个齿轮。

步骤四: 在各个齿轮间注入润滑油, 平行放入前板, 用手顺时针方向转动主动轴是否自如。

步骤五: 在固定螺栓表面涂上润滑油, 安装泵体固定螺栓, 每预紧一个螺栓都要转动主轴, 一边紧固一边转动, 紧固螺栓的扭矩为(100Nm), 按对角线对螺栓逐一紧固。

步骤六: 装入填料密封, 用填料盖压紧, 螺栓对角紧固, 并注意检查主轴周围缝隙均匀, 防止压偏磨损主轴。

结论: 计量泵装配环境合格、工人技术水平满足要求, 执行标准组装步骤。

2.4 校验及安装过程调查

(1) 泵校验前首先检查外观, 没有轴套突出、填料压偏等明显缺陷。

(2) 泵在校验台充分运转, 泵板和齿轮腔体充满润滑油, 校验输出流量偏差率小于1.5%, 不均匀率小于3.0%, 检查校验记录, 全部满足要求。

(3) 运输小车内铺放厚橡胶皮, 搬运及上机时轻拿轻放, 防止碰撞硬物。

(4) 紧固时使用扭力扳手, 紧固扭矩100Nm, 每颗螺丝受力均匀, 抽查2面纺丝机(28台泵)螺栓紧固扭矩, 全部符合要求。

(5) 每次更换完泵后要检查对中, 在万向节校正范围内。检查所有纺位对中情况, 万向节平直, 对中符合要求。

结论: 计量泵校验及上机安装操作规范, 满足设备要求。

2.5 泵工艺运行条件调查

(1) 泵运行转速在36-40转/分钟, 在额定转速范围60-70%的最佳区间。

(2) 泵入口背压为2.0Mpa控制稳定, 出口压力2.5-3.0Mpa, 低于5.3Mpa的控制上限。

(3) 泵输送介质温度110℃, 低于120℃的控制上限。

(4) 输送介质经过过滤精度为15微米的滤布过滤, 按照45天的周期更换滤布。

结论: 泵工艺运行条件在设计范围以内, 无超温、超压、超设计值运行。

2.6 抱死计量泵检查

对多台下机计量泵进行解体检查, 泵板、齿轮完好无损伤, 齿轮及泵板腔体未发现杂质及异物; 泵下机后盘车齿轮转动正常, 无卡顿现象。

结论: 抱死计量泵部件未发现损伤及缺陷, 无异物卡涩。但发现泵下机自然降温后, 齿轮可恢复自由转动。据此分析可能是齿轮、泵板材质不同, 热膨胀系数存在差异, 导致泵上机抱死。立即对齿轮和泵板进行热膨胀实验。

2.7 热膨胀实验

结论: 计量泵齿轮与中板材质不同, 热膨胀系数存在差异, 尤其是长度热膨胀变量大, 虽然齿轮按照公差下限控制, 但升温到工作温度时, 齿轮长度超过泵板孔套长度, 导致齿轮两端面顶住泵外盖板和内盖板, 从而导致齿轮抱死。

3 改进措施

计量泵齿轮热膨胀实验数据

齿轮编号	常温 (25℃)		加热 (120℃)		变化量
	长度 (mm)		长度 (mm)		
1#	长度 (mm)	52-0.03	长度 (mm)	52+0.04	+0.07
	直径 (mm)	50-0.01	直径 (mm)	50-0.01	0
2#	长度 (mm)	52-0.03	宽度 (mm)	52+0.04	+0.07
	直径 (mm)	50-0.01	直径 (mm)	50-0.01	0
3#	长度 (mm)	52-0.025	宽度 (mm)	52+0.045	+0.07
	直径 (mm)	50-0.01	直径 (mm)	50-0.01	0
4#	长度 (mm)	52-0.03	宽度 (mm)	52+0.04	+0.07
	直径 (mm)	50-0.01	直径 (mm)	50-0.01	0
5#	长度 (mm)	52-0.025	宽度 (mm)	52+0.045	+0.07
	直径 (mm)	50-0.01	直径 (mm)	50-0.01	0

计量泵中板热膨胀实验数据

齿轮编号	常温 (25℃)		加热 (120℃)		变化量
	孔套长度 (mm)		孔套长度 (mm)		
1#	孔套长度 (mm)	52-0.01	孔套长度 (mm)	52+0.03	+0.04
	孔套直径 (mm)	50+0.01	孔套直径 (mm)	50+0.01	0
2#	孔套长度 (mm)	52-0.01	孔套长度 (mm)	52+0.03	+0.04
	孔套直径 (mm)	50+0.01	孔套直径 (mm)	50+0.01	0
3#	孔套长度 (mm)	52-0.01	孔套长度 (mm)	52+0.03	+0.04
	孔套直径 (mm)	50+0.01	孔套直径 (mm)	50+0.01	0
4#	孔套长度 (mm)	52-0.01	孔套长度 (mm)	52+0.03	+0.04
	孔套直径 (mm)	50+0.01	孔套直径 (mm)	50+0.01	0
5#	孔套长度 (mm)	52-0.01	孔套长度 (mm)	52+0.03	+0.04
	孔套直径 (mm)	50+0.01	孔套直径 (mm)	50+0.01	0

微调齿轮长度加工公差, 由 $52_{-0.035}^{-0.004}$ 调整为 $52_{-0.045}^{-0.005}$ 而且

尽量向公差下限控制。2024年按照调整后参数定制了15台计量泵。新泵到货后, 首先对泵输出流量(计量精度)进行校验。

15台新计量泵校验数据: 差值率均小于1.5%, 不匀率均小于3.0%, 满足设计要求。6-12月调整齿轮参数后的新计量泵陆续上机安装, 没有再出现齿轮抱死现象。

4 结论

通过对干法腈纶纺丝计量泵结构、材质、零部件尺寸、装配、上机运行等方面广泛的调查分析, 明确了计量泵上机后齿轮抱死的原因是: 为保证计量精度计量泵各部件配合间隙紧密, 但由于泵板和齿轮材质不同, 齿轮热膨胀系数大于泵板, 当泵达到工作温度时齿轮与泵板之间间隙变为零甚至过盈, 齿轮两端面顶到泵前、后盖板致使齿轮抱死。根据原因分析结果制定改进措施: 将齿轮长度公差上、下限分别减小0.001mm和0.01mm, 加工过程按照公差下限控制。改进数据后的计量泵计量精度满足干法腈纶工艺运行和质量要求, 彻底解决了齿轮抱死问题。

[参考文献]

[1]关晓博,刘勇,郑道远.DMAC干法腈纶可纺性的工艺分析[J].齐鲁石油化工,2022,50(04):287-291.

[2]孙燕,汪海仙.纺丝计量泵常见问题分析与解决措施[J].现代丝绸科学与技术,2023,38(03):20-22.

[3]路向明,席志勤,郝涵菲,等.论如何降低线密度疵点丝产生率[J].山东纺织经济,2014,(08):24-26.

作者简介:

徐越(1971--),男,山东淄博人,汉族,本科,工程师,从事机械、材料、润滑、防腐蚀研究。