

烘干机铺匀器系统故障分析及对策

Failure Analysis and Countermeasures of Dryer Spreader System

张敬尧

Jingyao Zhang

中国石油化工股份有限公司齐鲁分公司 中国·山东 淄博 255000

Sinopec Qilu Petrochemical Company, Zibo, Shandong, 255000, China

摘要: 聚合物烘干机是腈纶厂聚合工段的重要设备,主要作用是将“面条”状的聚合物原料进行烘干。铺匀器作用就是将聚合物“面条”均匀地铺放在烘干机链板上,在实际生产中,聚合物“面条”在烘干机链板上铺放的均匀程度是影响烘干效果的关键因素。铺匀器在日常运行中常常会出现摆速不均、摆幅变化甚至摆速失控情况,能够准确判断铺匀器系统故障原因,提前组织预知性维修,对于提高日常设备维护质量异常关键。

Abstract: The polymer dryer is an important equipment in the polymerization section of the acrylic fiber factory. Its main function is to dry the “noodle”-shaped polymer raw materials. The function of the spreader is to spread the polymer “noodles” evenly on the chain plate of the dryer. In the actual production, the uniformity of the polymer “noodles” spread on the drying machine chain plate is the key factor affecting the drying effect. In the daily operation of the spreader, the swing speed is often uneven, the swing amplitude changes and even the swing speed is out of control. It can accurately determine the cause of the spreader system failure and organize predictive maintenance in advance, which is extremely important to improve the quality of daily equipment maintenance.

关键词: 铺匀器; 液压阀; 摆动液压马达; 故障分析

Keywords: spreader; hydraulic valve; swing hydraulic motor; fault analysis

DOI: 10.12346/etr.v4i8.6872

1 引言

链板式烘干机是广泛应用于化工、冶金、农业以及食品行业的烘干设备,对于透气性好的片状、条状、颗粒状物料有良好的烘干效果。但由于物料在烘干机链板上铺放不均匀,会导致烘干效果严重降低。因此,考虑如何使物料平稳、均匀地铺放到链板上,对于设备稳定运行、提高烘干效率、降低能耗物耗都十分重要,也十分具有总结和研究价值。

2 聚合物烘干机铺匀器系统简介

聚合物烘干机是腈纶装置聚合工段的重要设备,由挤出机挤出的含60%水分“面条”状聚合物颗粒经由铺匀器均匀地铺放在烘干机链板上,经烘干机烘干使其含水量降至1%以下。铺匀器在烘干机链板上铺料的厚度约100 mm。

铺匀器系统由液压油泵、叠加液压阀组、摆动液压马达、摆臂及数字式角度检测装置等构成。主要工作过程为油泵启动后,液压油经过叠加液压阀组驱动摆动液压马达,摆动液压马达带动铺匀器摆臂实现 $\pm 35^\circ$ 范围摆动,摆动频率为13~15次/分钟^[1]。

3 铺匀器系统布料问题分析及解决方案

铺匀器系统的稳定性对整个聚合物烘干环节至关重要,在日常运行中铺匀器常常会出现铺料不均匀、摆臂无法启动、摆动幅度不合适等问题。

铺匀器布料不均主要是由于摆臂在换向时存在惯性,导致边缘处厚度比正常厚度要厚,严重时能够达到正常厚度的2倍以上,而影响布料效果的主要原因集中在摆动液压马达

【作者简介】张敬尧(1987-),男,中国山东淄博人,本科,工程师,从事机械工程研究。

故障、叠加式液压阀故障、角度检测系统故障等几大方面。

3.1 摆动液压马达故障

3.1.1 摆动液压马达简述

铺匀器摆臂往复摆动由摆动液压马达直接驱动实现，是液压系统中重要的执行元件之一。铺匀器系统中使用的是双叶片式摆动液压马达，工作时高压液压油进入动叶片一侧的液压腔，另一侧的液压油经液压阀组返回油箱，换向时通过液压方向阀改变油路方向，各腔体压力交错变化，驱动马达实现 70° 范围摆动，最终带动回转底座带上的摆臂完成摆动动作。

3.1.2 影响摆臂布料均匀性原因分析

摆动液压马达作为驱动摆臂运动的关键部件，其运行状态将直接影响摆臂摆动效果。结合日常检维修经验和摆动液压马达分析，确定影响摆动质量的原因主要集中在液压油泄漏控制上。液压摆动马达由花键轴、动叶片、定叶片、前缸盖、后缸盖、缸体等组成，花键轴与动叶片安装在一起，定叶片与缸体安装在一起。

3.1.3 缸体泄漏原因和解决对策

液压油泄漏主要分为外漏和内漏。外漏的原因一般是缸体与缸盖间 O 型圈密封失效、花键轴与上缸盖 O 型圈密封失效、缸体与液压油管间密封失效等；内漏的原因一般是动叶片与缸体间密封失效、定叶片与花键轴间密封失效、花键轴与缸盖间密封失效、动（静）叶片上下侧与缸盖间隙过大等。

过量的泄漏使摆动液压马达的容积效率大幅降低，负载条件下严重时会产生爬行现象^[2]，使得变速或换向难以控制，即使通过铺匀器调整运行参数也无法取得理想的布料效果，这一点在实际生产过程中也得到了证实。

第一，外漏原因分析及解决对策。O 型圈密封失效是导致外漏的主要因素，在不考虑安装质量、轴颈磨损、密封圈材质影响的前提下，系统压力过高是导致 O 型密封圈失效的主要原因。但在实际生产过程中往往先由于液压马达的摆速和换向出现问题，为了改善运行效果强行调整进油量和系统压力导致超压，进一步造成了液压马达外漏。

第二，内漏原因分析及解决对策。摆动液压马达的内漏是由马达正常工作过程中各零部件间存在间隙导致，但为了保证马达内密闭容积腔的自由变化，各零部件间又要求具备一定的间隙。在实际生产中，对内漏影响较大的因素主要集中在组合密封失效、滑动轴承磨损以及端面间隙过大几个方面。

①组合密封失效。组合密封由 O 型圈与聚四氟乙烯密封条组装而成，组合密封主要用在动叶片与缸体间和定叶片

与花键轴间，其工作机理是：4 条直径 3mm 的 O 型圈组装入动叶片或定叶片的密封槽底部，并保持有 7%~9% 的压缩量，O 型圈上方安装聚四氟乙烯密封条，由于 O 型圈的压缩量产生作用力加载在密封条上，使得密封条上表面能够与缸体或花键轴紧密贴合在一起，当高压油进入密封槽内，使 O 型圈进一步压缩产生更大压缩量，其反作用力也使得密封条和密封面贴合更紧，因此该组合密封形式能够随着系统压力变化而自发调节密封面贴合压力。

该组合密封作为易损件，其安装质量将直接影响到摆动液压马达上机周期，组合密封常见的安装问题主要集中在密封条安装方向上。由于动叶片与缸体、定叶片与花键轴的密封面为弧面，且四氟密封条又分别安装在动叶片、定叶片的密封槽中，考虑到动密封面的形状特点，安装在动叶片上的密封条外侧应为凸出的弧面，其曲率半径应与缸体内表面一致；安装在定叶片上的密封条外侧应为凹陷的弧面，其曲率半径应与花键轴的表面一致。在安装过程中应特别注意此处的区别，如密封条的凹、凸面安装错误会导致盘车困难，也会直接影响液压马达的使用寿命。

②滑动轴承磨损。安装在上、下端盖的滑动轴承出现磨损也是常见的内漏原因之一。实验表明，高压油通过轴承间隙向低压油泄漏是内漏的主要原因，同时如果上端盖轴承间隙过大，也更容易导致外漏情况的发生。因此，对轴颈和滑动轴承的检查至关重要，如果安装过程中发现轴颈、轴承出现磨损，应立即进行修补或更换。

③端面间隙过大。端面间隙指的是动叶片上下端面与上、下端盖间隙，以及定叶片上下端面与上、下端盖的间隙。为了避免油温上升造成动叶片膨胀卡死，必须保留一定的端面间隙，但过大的间隙会造成内漏量增加，对摆动质量产生影响。造成端面间隙过大的原因主要是上下缸盖的 O 型圈安装不当或缸盖螺栓未拧紧，这种情况往往还会造成缸盖处的外漏，因此检修过程中必须选择合适的 O 型圈并且确保缸盖紧固。

案例分析：

某次，铺匀器摆臂的摆速由 14 摆 / 分钟逐渐降至 10 摆 / 分钟，通过加大摆动液压马达的进油量和液压系统压力，摆速逐渐恢复至 14 摆 / 分钟，但摆速仍存在下降趋势，约 20 小时后，摆速又逐渐降至 11 摆 / 分钟。通过分析，该上机液压马达连续在线运行时间已超过平均运行周期的 3 倍，据此判断马达出现了较严重的内漏，通过更换液压马达后铺匀器摆速轻松提升至 14 摆 / 分钟，经拆检故障马达，发现内部四氟密封条磨损严重，O 型圈均已产生严重塑性变形，同时花键轴轴径处出现了较深的磨痕，属于比较典型的

内漏导致容积效率下降的案例。

3.2 液压阀组故障

铺匀器液压阀组故障是导致出现布料问题的重要原因。摆动液压马达通过叠加式液压阀组实现可调速的左右摆动，基本的控制原理为液压油依次通过压力补偿器、电磁比例方向阀，到达摆动液压马达驱动马达转子转动。为了保证液压系统平稳运行，通过系统溢流阀控制工作压力，利用压力补偿器保持换向阀压差稳定；依靠叠加式溢流阀调整摆动液压马达进油/回油的溢流量实现摆速精准控制。在实际运行过程中，对铺匀器摆动稳定性影响因素集中在叠加式溢流阀和比例方向阀故障。

3.2.1 叠加式溢流阀故障分析及对策

叠加式溢流阀使用的是意大利 ATOS 的 KM-012 型叠加式溢流阀，这种溢流阀属于先导式平衡阀座式溢流阀，其基本原理与二级同心溢流阀相似。实际运行中，常常由于叠加溢流阀故障导致摆速无法提升、换向缓慢、摆速波动等情况，因此叠加溢流阀对铺匀器的稳定运行影响巨大。以下将重点对常见故障进行分析并提出维护对策。

①铺匀器摆速无法提升。导致这种情况出现的原因主要是异物使主阀芯或先导阀芯在开启动作后出现卡涩，导致阀芯无法顺利复位，大量的液压油通过叠加溢流阀溢流，使叠加溢流阀失去了调节作用^[3]。此时虽然可以通过调节系统溢流阀保持工作压力，但由于叠加溢流阀调节失效，致使摆动马达高压侧与低压侧压差过低，无法提供有效的转动动力，进一步降低系统溢流阀的溢流量能够使摆速实现一定程度上的提升，但这样会导致系统压力过高反而增加了液压摆动马达外漏和内漏风险。这种情况正确的处置方法是将叠加式溢流阀拆下，清洗阻尼孔、主阀芯、先导阀芯、两级弹簧和阀座，彻底清除异物后复位开车。另外，还可能由于弹簧变形、弹簧行程不够、阀锥磨损、压盖泄漏等原因导致摆速无法提升，但这几种情况一般出现较少。

②铺匀器摆臂摆速波动。通常情况下，摆臂的左右摆动速度可以通过调节叠加溢流阀的溢流量来控制，但系统在刚启动时常会出现摆速不均的情况，这是由于液压系统混入过量空气或油温过低导致，通常情况下对系统进行排气或待油温缓升至工作温度后摆动会逐渐趋于稳定。如果系统启动后较长时间内仍存在摆速波动的情况，就需要考虑是叠加溢流阀故障的原因导致了摆速波动。通过调整溢流阀两侧溢流量观察摆速变化情况，如果摆速波动没有任何改善，就需要及时拆清溢流阀，排除溢流阀堵塞情况，并检查弹簧情况，确保弹簧弹性和行程正常。

案例分析：

在某次铺匀器系统检修完毕开车初期，摆臂出现严重摆

速波动，基本状态是摆臂左摆速度正常，右摆时速度缓慢。对液压系统进行排气后问题仍然存在，此时通过降低叠加溢流阀控制右摆的溢流量，发现即使将溢流阀的溢流量调至最小，右摆摆速也没有改善，因此判断叠加溢流阀控制右摆的阀芯可能存在卡涩，通过对叠加溢流阀一侧进行拆清并复位后，右摆摆速顺利提升至正常速度，解决了左右摆速度差过大的问题。

3.2.2 比例方向阀故障分析及对策

比例方向阀使用的是 ATOS 的 DKZA-A 型，属于直动式三位四通方向阀。该阀具有对称的机械结构，输入电信号通过放大器驱动比例电磁铁，比例电磁铁推动阀芯移动。阀芯不仅可以实现换位，而且换位的行程可以连续地或按比例的变化，因而联通油口间的流通面积也可以连续地按比例变化，这样不仅能够控制摆臂运动方向，而且能够控制摆动速度。在正常的摆臂控制过程中，需要保证摆臂的摆速稳定，因此就要保持比例方向阀流量稳定。

根据节流公式：

$$Q=Cd \times A \times (2 \times \Delta p / \rho)^{1/2}$$

当节流面积一定时，流量与压差成正比；当压差固定时，流量又与节流孔面积成正比。由于这一特性，液压系统中使用了补偿器配合稳定压差，当比例方向阀前后压差稳定时（约 1.6 MPa），可以通过控制节流面积实现流量控制。在铺匀器运行维护过程中，比例方向阀故障会导致铺匀器摆臂无法换向、摆动速度不平稳等情况。以下对常见故障进行分析并提出相应的维护对策。

①铺匀器无法实现换向。铺匀器主要通过方向阀阀芯移动改变油路方向，驱动摆动液压马达完成换向。由于比例方向阀故障导致无法换向的原因一般为阀芯卡紧、比例电磁铁故障、放大器故障等。其中阀芯卡紧故障在实际生产中最为常见，主要是由于液压系统污染导致，出现这种情况时一般可以通过拆清来解决；比例电磁铁故障和放大器故障一般只能通过更换来解决。

②铺匀器摆动速度不平稳。如果铺匀器摆速出现没有规律的波动且难以通过其他方式进行调整，原因很有可能是比例方向阀出现了故障。出现这种情况时，可能是由于阀芯出现了较大的磨损，方向阀内漏量明显增加，难以通过其他措施有效控制流量，导致摆动速度波动，这种情况一般只能通过更换方向阀才能解决。另外，根据节流公式，如果方向阀压差出现波动，流量就会变得难以控制，引起方向阀压差波动主要原因是压力补偿器出现故障，通常可以通过拆清或更换解决。

3.3 角度检测装置故障

为了实现对摆臂的精确控制，摆臂下方若干个防爆型接近

开关会实时无接触地监测摆臂运动位置。通过调整摆臂在不同位置时的电压,经比例放大器使方向阀的电磁铁带动阀芯移动,不同的电压控制阀芯停留在不同位置,从而驱动摆动液压马达实现不同的摆动速度,而两端的接近开关可以控制方向阀完成换向,这是通过角度检测装置实现摆臂精准控制的基本原理。由于方向阀阀芯对阀口会存在不同程度的遮盖,意味着电压调整也会存在死区的情况,因此通过调整电压对摆臂实现的控制是有限的,这对于摆动故障的判断至关重要。

通常情况下,角度检测装置故障主要是比例放大器或接近开关故障,而出现这种情况一般只能通过更换备件解决。

4 结语

论文系统地分析了烘干机铺匀器系统,阐述了系统的工作原理,研究了常见的问题和故障,比较透彻地分析了故障

发生机理和解决方案,在文中对常见的故障案例进行分析并梳理明确了解决思路,对烘干机烘干质量控制提供了非常大的帮助,大大提高了故障判断效率,降低了停工检修时间。同时,论文还对摆动液压马达、叠加式溢流阀、叠加式比例方向阀进行了故障分析,对同类型由摆动液压马达驱动实现往复作业和叠加阀组控制的液压系统故障解决提供了借鉴和参考。

参考文献

- [1] 王学锋,杜雁林,范晓林.依据角度位置变速的铺匀器控制系统[J].锻压装备与制造技术,2003(2):65-66.
- [2] 李祖昌.摆动液压马达及其选用[J].液压与气动,1999(2):37.
- [3] 刘慧杰.溢流阀的故障分析和解决方法[J].液压气动与密封,2001(6):37.