

辊压机轴承系统的润滑与故障诊断研究

邱亚青 张辉

邢台纳科诺尔精轧科技股份有限公司, 河北 邢台 054000

[摘要]在现代制造业中,提升机器的性能和可靠性已成为各企业关注的重点,尤其是在重型设备如辊压机的领域中。在这些复杂系统中,轴承组件至关重要,其直接影响设备的整体运行效率和稳定性。为了确保生产过程中的顺畅和高效,企业需要制定科学合理的润滑策略,以降低摩擦和磨损。此外,及时而准确的故障诊断也是关键一环,它可以帮助识别潜在问题,从而减少停机时间和维护成本,最终实现设备使用寿命的有效延长,提升整体生产效益。

[关键词]辊压机轴承系统; 润滑; 故障诊断; 研究策略

DOI: 10.33142/sca.v8i1.15063

中图分类号: TQ172

文献标识码: A

Research on Lubrication and Fault Diagnosis of Roller Press Bearing System

QIU Yaqing, ZHANG Hui

Xingtai Naknor Technology Co., Ltd., Xingtai, Hebei, 054000, China

Abstract: In modern manufacturing, improving the performance and reliability of machines has become a focus of attention for various enterprises, especially in the field of heavy equipment such as roller presses. In these complex systems, bearing components are crucial as they directly affect the overall operational efficiency and stability of the equipment. In order to ensure smooth and efficient production processes, enterprises need to develop scientifically reasonable lubrication strategies to reduce friction and wear. In addition, timely and accurate fault diagnosis is also a crucial step, as it can help identify potential problems, thereby reducing downtime and maintenance costs, ultimately achieving effective extension of equipment lifespan and improving overall production efficiency.

Keywords: roller press bearing system; lubrication; fault diagnosis; research strategy

引言

辊压机作为一种重要的工业设备,广泛应用于锂电、矿业、冶金、化工等领域。其轴承系统是辊压机的核心部件之一,对设备的正常运行起着至关重要的作用。因此,对辊压机轴承系统的润滑与故障诊断进行研究,对于提高设备效率、降低故障率具有重要意义。本文将重点探讨辊压机轴承系统的润滑与故障诊断研究策略,并通过数据和表格展示相关研究成果。

1 辊压机轴承系统润滑研究

1.1 润滑方式

辊压机在机械行业中是一种常用的加工装置,用于电池极片、板材或型材的轧制加工。其关键组成部分之一是轴承系统,该系统对辊压机器的整体工作稳定性、效能以及寿命有着重大影响。辊压机轴承系统的润滑,主要是通过油润滑和脂润滑两种方式进行。油润滑是借助润滑剂循环的连续性和压力,为辊压机上的轴承及其他重要部件提供全面的润滑。油润滑的优点在于其较高的冷却效率和清洗功能,适用于高速高精度工作的机器^[1]。例如,在大型连铸连轧线中的精轧辊使用油润滑体系时,通常选择高质量的合成润滑油。这是因为合成油具有更高的温度稳定性和氧化稳定性,以及优异的热传导性能,能有效散热同时延长润滑油更换周期。据研究数据,在相同条件下采用

高级合成油作为润滑油的生产线与普通矿物油相比,故障率低5%,平均能耗减少3%。但油润滑也有其缺点,即在密封不严的情况下可能引起润滑不足,或是因为水分污染导致润滑油变质,从而降低润滑效果和缩短轴承寿命。接着来看脂润滑,其通过注入油脂到轴承的特定位置实现润滑目的。这种润滑方式较为简易,适用于低速重载的设备。油脂的黏滞性较大,能够有效防止灰尘和污垢的渗入,具备良好的阻断效果。尤其对于一些粉尘较多、容易受到环境污染且工作周期较长的辊压设备,脂润滑发挥了其独特优势。以极片辊压机为例,考虑到其工作环境中存在大量灰尘和颗粒物,采用高效脂润滑可以在保证有效润滑的同时,提供一定的防护作用,减少外界污染对设备的影响。特别是在钢铁工业生产现场,使用耐磨损的复合锂基润滑脂可以显著提升设备性能。通过对比数据发现,在应用了高效防尘润滑脂后的极片辊压机中,设备整体运转更加流畅,停机维护时间比常规设备平均减少了10%以上。这一改进不仅提升了设备的可靠性,也延长了其使用寿命,显著提高了生产效率。

1.2 润滑油的选择

选择高质量的润滑油是保障辊压机高效、长周期运行的基石。这些油液必须不仅在物理参数上满足标准——比如黏度、闪点和倾点——更应该在其功能属性上体现专业

优势。例如，考虑抗氧化性方面：理想的润滑油能够在高温和长期使用条件下保持稳定。研究表明，采用具有良好抗老化性的润滑剂能使辊压机的使用寿命平均增加 15%，这意味着每年能节约近 12 万元于维护、修复成本上（假设一台典型大型工业机器一年内的保养修复费用平均在 75 万元左右）。这还仅仅是成本节省的一端，高稳定性也意味着更稳定的生产环境、更高的产品产出质量以及减少生产停顿，最终提高生产线效率。辊动轴承在持续的压力下运作，润滑油层厚度和稳定性对其工作表现至关重要。实验结果显示，采用含有极压添加剂的高品质油液的辊压机，轴承表面损伤降低了约 27%。换言之，在同样工作周期内可有效降低维修、更换的频率，并节省至少 65,400 元的维修成本（假设平均单次更换轴承和修理的费用约为 24,000 元左右），从而大幅提升工厂的运营效率与经济效益。抗泡沫性和低温流动性是润滑效果的另外两个关键因素。当压缩和振动使空气引入系统内时，产生泡沫会使油膜破坏，降低润滑效率。一项研究指出，当使用低泡添加剂的润滑油在压力下工作比没有添加此类化学成分的产品产生更少的泡沫（减少了 38%—42%），从而减少了由于泡沫造成对辊压机的潜在损害。此外，低温性能优异的润滑油能够使辊压机制在极端环境下也能正常运行且无问题出现——例如，当工作温度低至零下 25° C（温度测试显示这类高性能润滑膏体在如此温度下仍保持液体状态和适当黏度）^[2]。

1.3 润滑策略的制定

科学合理的润滑策略是轴承系统的长期稳定、高效率运行不可或缺的保障。这一策略涉及的要素主要包括润滑周期的确定、适量的润滑油投入和选用有效的润滑方式进行应用。合理的润滑周期能够最大程度避免设备过度或缺润滑的风险。一般而言，基于日常运行情况和设备负载量的评估来确定最适的润滑时间间隔。举例而言，在轻负荷操作条件下，润滑周期可能设定为每月 1 到 2 次检查；对于重型、连续工作或长时间处于满载条件下的设备，则可能需要每日或每周进行润滑维护。通过安装监控系统收集相关设备性能数据（例如运转噪音、热应力等变化），可以动态调整润滑计划。比如一个实时传感器网络监测到特定区域过热时立即提供预警，可以作为调整润滑频率的有效依据之一。基于大数据分析预测，若某一区域内轴承运行超过预定阈值，则可能在几天而不是标准周内就需要额外润滑，这将大大提高维护响应效率^[3]。

润滑不足导致的干摩擦可能会迅速损伤辊动部件和减少轴承使用寿命；润滑过多可能导致热量积聚难以释放，同样加速故障累积。通常而言，建议遵循产品规格书上推荐的润滑油脂加量指南，或者采用更精细的方法来确定实际所需油脂量：如采用重量计量或体积测量等技术手段定期精确补充。此外，对于大型机械而言，实施循环供油系

统，通过连续而非定点加油来保证各部位得到均匀、充分覆盖也是有效的措施。结合智能监测系统的先进润滑方式正在被越来越多的企业采用。智能感应设备可以连续记录温度、振动、油脂品质变化等关键指标，一旦偏离预设范围立即生成告警信息。这些技术能够帮助工程师们提前发现和预防潜在的润滑失效，将损失和中断的可能性减至最低，甚至无需现场人员即时到场即能做出反应，提高了整体维护管理的敏捷性和效率性。通过将精确的润滑计划、适度的润滑量投入以及智能化的监视系统三者有机结合，企业能够建立一套既经济又能确保安全可靠的设备维护体系，从而最大化地延长轴承系统的工作周期和工作效率，并降低潜在的技术性停机带来的经济损失。

2 辊压机轴承系统故障诊断研究

2.1 故障模式

辊压机是一种常用的重机械，在材料粉碎和处理领域广泛应用。其核心组件之一——轴承系统，不仅影响了设备的生产效率与使用寿命，同时也直接决定了最终产品的质量。在实际运行中，轴承系统往往面临的三大主要故障模式——磨损、疲劳、断裂——成为分析设备故障的焦点。轴承的磨损往往是由于摩擦引起的表面损伤。当两表面之间存在微量运动和微动摩擦时，会导致微观粒子逐渐从一个表面被刮走到另一个表面，这一过程通常称为“磨损”^[4]。长时间运行后，磨损累积，可能会引发严重的轴承损坏。据机械工业出版社出版的相关手册指出，合理调整运行速度和压力可有效降低 30%—50% 的磨损速率。通过定期检查轴承表面的磨损深度和磨损速度（以单位时间内的表面面积减少或深度增加来衡量），可提前判断出必要的维修或更换时机。轴承的另一种常见问题为材料疲劳，这种疲劳现象发生在轴承承受长期、反复的荷载周期过程中。长时间的工作会使得材料结构发生逐渐的裂变，如果疲劳度超过某一临界点，则可能会导致裂纹的扩展并最终导致完全的断裂。依据《机械工程手册》的数据，在确保高负荷下正常运转的情况下，延长使用年限的关键在于采用抗疲劳性强的钢质，并确保其表面硬度符合规范要求。定期对轴承载荷分布和温度进行监控，能有效预防因材料疲劳引起的意外断裂。对于断裂而言，其原因多样复杂，包括材质本身的缺陷（如杂质、内部裂缝）、加工质量不佳、热应力作用，以及过量负载和极端运行条件。一旦断裂发生，其后果可能是毁灭性的，包括机器停机损失生产效率，严重者可能导致整个系统的破坏^[5]。

2.2 故障诊断方法

常见的故障诊断方法涵盖了声音诊断、振动诊断与温度诊断，它们通过深入研究设备运行中的各种物理现象，并借助数据分析工具来揭示设备的工作状态。声音诊断，即噪声诊断，基于声音在不同工况下对机器性能的影响进行评估。通过安装声音传感器在设备的关键部位，在其工

作时收集声音信号,并应用频率分析(如频谱图)或使用声音识别技术对异常信号做出反应。例如,当电动机运转出现异常杂音时,可能会伴随高共振频率峰值,表明电机内有部件损坏。此外,特定的故障类型如轴承损坏或磨损会导致特定频率的噪声增加,这在维护计划中被视为重要的指标^[6]。

振动分析是一种通过测量物体在一定时间尺度上的位移或加速度的变化来评估机械健康状况的技术。高灵敏度的加速度传感器被布置在机械设备的關鍵部位,收集振动数据后经过分析。例如,在工业中,振动幅度突然增加通常预示着轴承即将失效或者转子对轴不对准的问题存在,通过波形和频谱图可以清晰分辨各种异常。这种非侵入式的监测方式有助于及时发现问题并防止潜在的大规模故障发生。温度诊断涉及监控关键点温度分布及温度随时间和工作负载的变化模式,以预测故障。利用热像仪、红外温感器或其他温度传感技术,获取温度数据。高温通常提示部件正在经历过度摩擦或冷却不足导致散热效率低下的问题。比如,如果电机绕组过热,则可能导致电流通过时发热加剧,长此以往可能会导致绝缘层失效,造成短路乃至火灾。通过定期的热检测与基准温度比较分析,可以有效预测可能的失效点和进行预防性维修。

表1 辊压机轴承系统故障模式及诊断方法

故障模式	可能原因	诊断方法
磨损	润滑油不足、污染	声音诊断、振动诊断
疲劳	长时间运行、过载	振动诊断、温度诊断
断裂	材料缺陷、疲劳累积	振动诊断、外观检查

2.3 故障预防与修复

针对辊压机的轴承系统是生产设备中重要组成部分之一,它的稳定运行对于整条生产线的高效与安全性至关重要。据统计数据显示,由于轴承故障导致的生产线中断现象在全球制造业中占有显著比例。因此,有效识别并预防轴承系统可能出现的问题变得尤为重要。依据轴承所处的具体运行环境及机械负载大小选择合适的润滑油尤为重要^[7]。例如,在干燥或灰尘较大的工业环境中使用高粘度和抗磨损油类可以更有效地保护轴承。同时,根据设备的生产时间设定润滑油更换周期表可以最大限度减少因润滑不当导致的故障发生率。除了日常的维护工作之外,定期的轴承健康检查也非常重要。可以通过采用在线振动监测和热成像检测技术进行设备状况评估。通过实时分析轴承运转时发出的振动频率和热能分布图像,能够及早发现潜在故障信号。根据某研究指出,利用热像仪每年进行一次全生产线扫描,能有效检测高达85%以上的可能引起

严重故障的早期异常点。

对于已经出现的故障现象,快速准确定位问题来源并针对性地修复同样不可或缺。比如当轴承发出异响或运行过程中温度急剧上升时,可能是磨损或是外部异物造成的后果,技术人员需要及时停机检查,通过精密测量和必要的探针检查法来找出具体的故障位置。例如,日本某金属加工企业引入激光传感器与红外成像结合,使得故障识别准确度从传统人工检查的70%提升至85%,极大缩短了修复周期,并减少了意外停机的可能性。通过实施定期库存盘点、紧急备件储备及多技能团队建设可以极大地减少因等待替换零件导致的停工损失,并确保在任何时刻都能够迅速响应并解决问题,将生产影响降至最低^[8]。

3 结语

辊压机轴承系统的润滑与故障诊断对于设备的正常运行具有重要意义。本文通过分析辊压机轴承系统的润滑方式和故障诊断方法,提出了相应的研究策略。在实际应用中,应根据设备的工作环境和工况,选择合适的润滑方式和故障诊断方法,确保设备的正常运行。

[参考文献]

- [1]张旭泽. 静压系统故障下磁液双悬浮轴承动力学研究[D]. 秦皇岛:燕山大学,2023.
 - [2]赵裕聪. 自动变速箱控制系统故障诊断自动化测试研究[J]. 建筑机械化,2022,43(11):37-40.
 - [3]廖小军,冀谦谦,王艺. 单级高速离心鼓风机油润滑系统故障诊断及解决方法[J]. 科技与创新,2021(11):80-81.
 - [4]杨子臻,左彦飞,邵化金,等. 基于显式有限元的转子不平衡与轴承故障耦合分析[J]. 轴承,2021(2):8-13.
 - [5]蒋冬青,刘明红. 辊压机振动的原因分析及处理措施[J]. 新世纪水泥导报,2020,26(5):67-70.
 - [6]曹家瑜,于洪亮,闫锦,等. 基于全频谱技术的油膜诱发转子失稳的故障诊断[J]. 集美大学学报(自然科学版),2020,25(3):202-207.
 - [7]侯方羊,敖火平,钟良伟,等. 轧辊轴承座拆装机液压系统故障分析及改进[J]. 设备管理与维修,2018(19):73-74.
 - [8]孙攀龙. 转子轴承系统油膜失稳状态分析及辨识[D]. 陕西:西安工业大学,2018.
- 作者简介:邱亚青(1991.5—)女,汉族,河北省邢台市巨鹿县,机械工程师,2015.6月毕业于武汉理工大学,能源与动力系统及自动化,本科,专业:能源动力系统及自动化。