

Fault diagnosis and preventive maintenance strategy of oil drilling rig equipment

Chenglong Hu

Sinopec Siji Petroleum Machinery Co., Ltd., Jingzhou, Hubei, 434020, China

Abstract

Due to the growing energy demand and the importance of the oil industry in ensuring energy security, oil drilling rigs, as key mechanical equipment for oil extraction, often face the risk of failure and damage due to complex working environments and high-intensity operations. This poses a threat to the continuity and safety of drilling operations. Any sudden incidents can lead to production disruptions, causing incalculable property losses, casualties, and other safety accidents, while also causing significant environmental pollution. Therefore, it is essential to conduct thorough equipment fault diagnosis for oil drilling rigs and develop corresponding preventive maintenance strategies.

Keywords

oil drilling rig equipment; fault diagnosis; preventive maintenance; strategy

石油钻机装备故障诊断与预防性维护策略

胡成龙

中石化四机石油机械有限公司, 中国·湖北 荆州 434020

摘要

由于增长的能源需求以及石油工业对确保能源安全的重要性, 石油钻机作为石油开采的重要机械设备, 受复杂的工作环境和高强度的运行常面临故障和损坏的风险, 对钻机作业的连续性和安全性造成了威胁。一旦出现突发状况就会造成生产中断, 引发不可估量的财产损失、人员伤亡等安全事故, 同时也会对环境造成很大的污染危害。所以, 必须要做好对石油钻机的设备故障诊断以及制定相应的预防性维修策略十分必要。

关键词

石油钻机装备; 故障诊断; 预防性维护; 策略

1 引言

由于钻机系统构造复杂, 作业环境恶劣, 作业强度大, 导致其各种机械结构件、电气系统和液压元件等, 都存在着频繁发生故障的危险。因而需借助科学诊断故障并实施有效的预防性维护策略, 以降低钻进设备故障的发生率, 减少停机时间, 增强其运行安全性与效率^[1]。对此, 本文系统梳理了适用于野外环境条件下的诊断路径, 并结合钻井运维实际, 进一步提出了相应的预防性维护策略。

2 石油钻机装备故障诊断

2.1 回转系统机械故障诊断

针对石油钻机设备回转系统的机械故障诊断集中于以下几方面: 一是按期进行人工听音检查, 用机械听诊器对回转台传动链、齿轮箱、主轴承部位做静、动态噪音进行检查,

识别是否存在金属干涉摩擦音、撞击音、周期性异响音, 以判定有无齿轮啮合异常、轴承游隙异常等隐患; 二是利用振动信号分析技术, 在回转装置重要部位安放三轴向振动传感器, 在工作状态下测得回转装置的加速度信号, 并用傅里叶变换的方法分析振动频谱中高阶谐波成分、侧频带成分以及峰值频率的变化趋势来判定有无齿轮偏磨、轴承滚道剥落等情况; 三是停机条件下, 复测链条张力, 这须使用测力计、链距量规分别测出其张紧度、节距值, 根据张紧器行程判断是否产生链节的塑性变形或张紧机构失效; 四是齿轮箱内部啮合质量的检测: 选用覆盖齿面的染色检测剂运转后形成接触印迹, 以掌握断齿面偏载、点蚀、剥落等缺陷分布; 五是润滑状态的检测: 定期从齿轮箱及轴承座取油样, 用颗粒计数器及光谱分析仪测量油液中的金属磨屑的数量、成分等, 根据润滑不良、润滑油老化引起的失效风险进行判断。

2.2 提升系统故障诊断

石油钻进设备提升系统故障诊断应密切关注钢丝绳、绞车制动系统、大钩组件、液压助力等项目。一是将钢丝绳

【作者简介】胡成龙(1997-), 男, 中国湖北汉川人, 硕士, 助理工程师, 从事机械工程研究。

分步骤开展检查,以光照增强型高清视觉设备进行检查,是否有表层的断丝、腐蚀、磨损和扭曲变形等问题。这些方面正常的话使用钢丝绳电磁探伤仪来进行钢丝绳内部缺陷的检查,并且获取断丝密度、腐蚀程度等方面的信号谱图数据,进而判断该提升系统还可继续使用的年限是多少;二是绞车制动系统可以借助高频制动力检测仪器来进行制动回响试验,并记录下制动器在负载状态下的制动力曲线及制动释放时延,并将上述采集数据同绞车制动系统技术标准进行比对以判断是否出现动态性能不良的现象,接着使用激光测厚仪来测量制动片所剩下的厚度值,看有没有超过限度的情况;三是大钩及游车旋转部位要定期开展轴承部位的热像检查,以满载运行周期进行红外图像采样,用温升分布图像评判是否有轴承润滑失效或者局部高温现象的存在。同时再以扭矩传感器测得扭转力的变化状况判断旋转灵活性;四是液压助力系统诊断主要是识别有无滞后、压力不足或系统泄漏等情况,为此以比例阀响应测试和压力动态曲线采集开展关键动作指令的响应时间与压力建立速率比较分析^[2]。

2.3 泥浆泵系统故障诊断

石油钻井设备中泥浆泵系统故障诊断主要涉及以下几方面:一是泥浆泵系统液端进出口管路上安装高频响应压力传感器,采集泵压实时曲线,并利用频域分析对压力波动周期性和幅度变化开展判定,在曲线呈现周期性剧烈起伏或瞬时压降现象时,根据现场参数初步对进排阀密封失效或活塞组零件磨损予以定位;二是为保证泵排水量的稳定性须实行定期拆检制度,即对液端缸套进行内壁圆度检测和硬度残值评估,当泥浆泵系统圆度偏差超过制造公差或内壁磨蚀深度超过规定限值时,应判定为缸套失效并及时进行更换;三是通过安装三轴振动传感器进行频谱分析泵体运行振动状态,若出现中高振幅异常或振动方式发生变化情况须对地脚螺栓开展排查确定其预紧力是否符合设计要求,同时以激光对中检测联轴器修正同轴度误差;四是定期开展泥浆泵系统润滑油采样分析,以颗粒计数法和光谱分析技术确认其有无混入泥浆微粒,当颗粒浓度明显升高或检测出无机杂质的谱峰,则应判断密封腔体已被破坏须及时更换密封部件,同时再检查动静密封间隙;五是对于气动排气单元,若有延迟或排气量不足,应检查气动调节阀电控信号稳定性及通气管路是否有堵塞或漏气等问题^[3]。该诊断以人工触发排气阀监测其响应时间和排气效率进行。

2.4 液压系统故障诊断

一是采集液压油样,采用光阻法或自动粒子计数器评估污染程度,清洁等级按相应标准量化,若超过颗粒等级,则需检查高压滤芯是否有堵塞,以及各密封接头有无外接污染物侵入导致的泄漏等;二是液压油缸的响应性能应通过逐缸操作确认,控制阀手动开闭时需记录其伸缩时间与实际负载对应的位移变化,由于缸内密封圈老化、刮油环损坏或液压油中含气等原因,往往会导致响应延迟或行程不足,需要

进一步的拆检,确认内部磨损状态和是否有气蚀现象;三是在液压系统压力分段测试上,采用高精度便携式数字压力表对供油管路及各支路进行测压点,以液压泵出口、分配器及关键换向阀位压力值为检查重点,在系统负载的不同阶段进行测试,以识别是否存在压降异常、脉动或稳压功能失效等情况;四是液压系统的电液比例阀、溢流阀等关键控制元件,以控制信号输入稳定条件下开展压力与截止校核,并利用标定工具读取实际开启压力,随后将其和设定值比较,如果发现偏差超限,则需对电磁驱动机构与反馈信号闭环调节功能进行检查;五是结合静态停机检查和动态运行观察,对液压系统中的软管、接头、活接头、旋转接头等部位开展泄露检查,同时在泄漏源定位上采取红外热成像法或是荧光检漏法进行。

3 石油钻机装备预防性维护策略

3.1 回转系统预防性维护

石油钻机设备回转系统预防性维护要点为:一是每天开机前要对回转驱动机构空载人工作业情况做出判定,查看旋转阻力是否均衡,同时通过听诊法确认有无异响。下一步则需检查链条的张紧度,以保证处于规定数值内;二是每周用配套型号的高压黄油枪给链轮、回转轴承补充锂基润滑脂,根据轴承腔体大小以及上一次注脂的情况给每个润滑点补充适量的润滑脂,以避免润滑过多导致密封失效。需特别注意在链条本体加注润滑油前要用到金属刮刀将链子表面的砂、泥土、油泥等予以去除,一方面使链条本体表面润滑剂分布得更加均匀,另一方面则确保不会因为杂质而阻止润滑剂的正常流动;三是钻机设备齿轮箱每个月解体检查齿轮啮合齿面磨痕,利用金相显微镜检查齿面上的磨痕,必要时还需利用激光对准装置纠正偏载造成的啮合误差,以精确调整齿轮的齿侧间隙到合理的范围之内。齿轮油每三个月更换一次,换油之前要取样送到实验室检测杂质浓度、水分含量和金属颗粒含量,依据检测的数据确定齿轮啮合状态^[4]。换油须密封状态下严格按照抽排和进回注的流程来进行;四是张紧轮和张紧机构螺母每隔半个月以扭力扳手按照设备使用说明书检验紧固力矩。若力矩校验中发现两者之间存在 $\pm 5\%$ 的差别,则需要马上重新紧固,并且要详细记录数据。

3.2 提升系统预防性维护

提升系统预防性维护重点在钢丝绳、制动机构和旋转部件三个方面。一是钢丝绳维护。钻机设备提升系统每运行100小时就应对钢丝绳进行一次人工目视检查及整条钢丝绳全长清洗润滑,以专用清洁剂清洗掉钢丝绳表面的泥浆、油污等附着物以后,采用涂油轮将符合规定的专用润滑脂均匀涂覆于钢丝绳表层之上,并使其完全覆盖,以提高钢丝绳的耐磨性和防锈能力。钢丝绳绳股出现异常变形、断丝等情况应该做好记录并评价此钢丝绳可继续使用的期限;二是游车及大钩外壳必须在每次起升作业完毕后用高压蒸汽或清洗

剂将表面油泥去除,否则会引起腐蚀产生局部点蚀。每运转200h应当拆检摩擦片,使用游标卡尺测量摩擦片剩余厚度,如接近极限值则应当及时更换。同时还要检查刹车鼓表面有无出现热裂纹、油污,若表面有抛光光斑或硬化层剥落应该使用320目以上砂布磨平后促使其摩擦性能恢复;三是每月应对游车轴承和天车滑轮添加一次NLGI-2级抗水润滑脂并用撬棒检查滑轮轴向间隙大小是否超过允值,如果发现过大就需要更换轴承或者修复轴套。另须确保各处滑轮灵活转动且无卡滞情况;四是每季度须进行钻井设备提升系统制动液压缸、液压助力装置进行静压试验,模拟负荷下的保压能力、回程响应时间和系统漏泄检测,经检测合格后才能投入使用;五是各类维护工作严格按照标准作业规程开展,并且经过资质认可的维护工作人员签字确认并做台账登记,以实现整个维护过程有据可查。

3.3 泥浆泵系统预防性维护

针对石油钻机泥浆泵系统预防性维护策略,应从液端耐磨、振动控制及润滑保障三方面实施针对性工艺操作。作业前应按照作业指导书要求,以酒精棉擦拭活塞杆与缸套配合面 $50\mu\text{m}$ 以内的沉积物,随即用40目不锈钢刷清除结晶颗粒并校验面间间隙;每周在泵停机状态下拆检出入口阀盖螺栓,借助电动扭矩扳手按顺序分段施加 $120\pm 5\text{N}\cdot\text{m}$ 力矩并监测紧固均匀度;运行累计300h后置换活塞组件,并于活塞密封面涂敷2g聚四氟乙烯基高温润滑脂,保证 50°C 工作条件下密封脂不低于0.5mm;每两周采用手持 100m/s^2 量程振动仪沿泵体四角进行X/Y方向振动幅值测量,对比基线值 $\pm 10\%$ 范围,若超限则对地脚螺栓预紧力进行 $\pm 5\%$ 微调并配合激光对中仪检校联轴器同轴误差至 $\leq 0.02\text{mm}$;润滑系统部分,齿轮箱润滑油每季度在 90°C 预热状态下排放10min以排除乳化物并通过滤纸检验油液杂质含量,同时更换滤芯并清洗油壳内壁;排气管与气囊室每500h采用稀释剂冲洗后进行高压氮气吹扫,以消除微小堵塞与压差异常。

3.4 液压系统预防性维护

液压系统预防性维护核心在于构建多级维护流程。一是维护前须先对油料油温、粘度指标进行油箱液位视镜核验,确认符合厂家规范,接着对油液透明度进行检测,排除乳化、起泡现象^[5]。而沉积物含量则在放油排污后进行检

查;二是日常巡检时,为识别钻机设备液压系统局部渗漏或动静摩擦异常,须对其易损坏的密封部件进行红外热扫描与高压空气进行吹扫。三是每周对快速接头和软管接口进行扭矩校准和微渗检漏试验,扭矩值偏离 $\pm 0.5\%$ 时进行更换或重新紧固,同时冲洗液压系统关键回路以及清除管路气穴;四是每月采集钻机设备液压系统的油液样品,对污染度和含水量进行激光颗粒计数和红外光谱分析评估,一方面发现颗粒超限或水分超标0.1%的,须立即更换滤芯,对油箱底部沉积进行彻底清洗。另一方面对压力量进行校准,对电液配比阀反馈信号进行修正曲线检查;五是季度内,在检查阀块通道压降和清洗一体化滤网的同时,对液压缸活塞杆和导向衬套进行非接触式测量,根据位移传感器反馈判断间隙变化和更换密封圈;六是半年后开展液压系统压力耐久性测试,对溢流阀、比例阀进行逐级校准,对压力波动曲线进行动态加载工况下监测,以保证电路稳定与对元件寿命进行预测;七是年度维护中须拆解液压泵,以三维坐标测量仪对叶轮与轴瓦间隙进行检查,同时端面复测跳动及更换O型圈及轴封。须注意所更换部件批号及润滑油批次均要记录进系统,以便追溯。

4 结语

综上所述,石油钻机装备的可靠运行要依靠科学的故障诊断和系统的预防性维护,为此我们应针对其各子系统开展定期检验、状态评估及维修,以避免或降低钻机设备故障出现的概率,从而切实增强装备运行效率和现场作业安全。

参考文献

- [1] 张海涛.海洋石油钻机装备故障诊断与预防性维护策略[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(21):41-43.
- [2] 杨吉胜.石油钻井机械设备故障排除与维修策略研究[J].中国科技期刊数据库工业A,2023(4):4.
- [3] 何玉苟.海洋模块钻机液压系统故障分析及改进[J].石油工程建设,2023,49(1):67-71.
- [4] 陈伟彬.浅谈石油钻井机械设备的管理与维护[J].中国石油和化工标准与质量,2024(5).
- [5] 马立伟.石油钻井机械设备运行管理维护技术[J].今日制造与升级,2024(3):137-139.