

钻井现场井控设备问题诊断及措施探究

朱玉立

江汉石油工程公司工程技术服务中心

DOI:10.12238/etd.v6i8.17143

[摘要] 随着石油钻井行业向深井、超深井及复杂地质领域进军,钻井现场井控设备的重要性愈发凸显。本文聚焦钻井现场井控设备,阐述其在钻井作业中保障安全、提升效率、控制成本的重要作用。深入剖析当前井控设备存在的设备老化、密封性能下降、结构装配问题及操作管理疏忽等状况。构建涵盖信号采集处理、特征提取识别、多源信息融合及智能诊断系统应用的故障诊断技术体系。同时,提出定期检查拆修、数据驱动决策、人员培训标准化操作以及环境适应与应急准备等预防性维护策略,旨在为钻井现场井控设备稳定运行提供理论与技术支持。

[关键词] 钻井现场; 井控设备; 问题诊断; 预防性维护

中图分类号: TE28 文献标识码: A

Problem Diagnosis and Measures for Well Control Equipment at Drilling Sites

Yuli Zhu

Engineering Technology Service Center, Jiangnan Petroleum Engineering Company

[Abstract] As the petroleum drilling industry advances into deep wells, ultra-deep wells, and complex geological environments, the importance of well control equipment at drilling sites has become increasingly prominent. This paper focuses on well control equipment at drilling sites, elaborating on its critical role in ensuring safety, improving efficiency, and controlling costs during drilling operations. It provides an in-depth analysis of current issues with well control equipment, including aging equipment, declining sealing performance, structural assembly problems, and operational management oversights. A fault diagnosis technology system is constructed, covering signal acquisition and processing, feature extraction and identification, multi-source information fusion, and the application of intelligent diagnostic systems. Additionally, preventive maintenance strategies are proposed, such as regular inspection and overhaul, data-driven decision-making, standardized operational training for personnel, and environmental adaptation and emergency preparedness, aiming to provide theoretical and technical support for the stable operation of well control equipment at drilling sites.

[Key words] Drilling Site; Well Control Equipment; Problem Diagnosis; Preventive Maintenance

引言

在石油钻井作业中,井控设备是保障钻井安全、顺利推进的关键装备。其能否正常运转,直接关系到钻井作业人员的安全、作业效率以及成本控制。随着钻井技术不断发展,钻井深度和难度日益增加,对井控设备性能要求愈发严苛。然而,在实际钻井现场,井控设备常面临诸多问题,影响其功能的发挥。因此,准确诊断井控设备问题并制定有效措施至关重要。本文将深入探讨钻井现场井控设备的重要性、现存问题、故障诊断技术及预防性维护策略。

1 井控设备在钻井作业中的重要性

1.1 安全保障

井控设备是钻井作业安全的“守护神”。在钻井过程中,地

层压力复杂多变,一旦井内压力失衡,可能引发井涌、井喷等严重事故,威胁人员生命和周边环境安全。井控设备中的防喷器组能迅速关闭井口,阻止井内流体喷出;节流压井管汇可精准控制井口压力,将危险控制在萌芽状态。例如,在某海上钻井平台,因及时启动井控设备,成功避免了井喷事故,保障了全体作业人员的安全,凸显了井控设备在守护生命和环境安全方面不可替代的作用。

1.2 效率提升

井控设备对钻井作业效率提升意义重大。高效的井控设备能确保钻井过程连续稳定进行。当出现井下压力异常时,井控设备可快速响应并有效控制,减少非计划停工时间。比如,先进的自动控制系统能实时监测井口压力,自动调节节流阀开度,使井

内压力迅速恢复平衡, 无需人工长时间干预。这不仅缩短了处理异常情况的时间, 还保证了钻井作业的连续性, 提高了钻井速度, 使钻井周期得以缩短, 从而提升了整体作业效率。

1.3 成本控制

合理运用井控设备有助于钻井作业成本控制。一方面, 良好的井控设备能减少事故发生, 避免因井喷等事故导致的设备损坏、环境污染治理及人员伤亡赔偿等巨额损失。另一方面, 高效的井控操作可降低压井液等材料消耗, 减少不必要的资源浪费。例如, 通过精确控制井口压力, 使用适量的压井液即可完成压井作业, 降低了材料成本。同时, 稳定的钻井过程减少了设备频繁启停带来的损耗, 延长了设备使用寿命, 进一步降低了设备维修和更换成本^[1]。

2 钻井现场井控设备存在的问题

2.1 设备老化与物理损伤

钻井现场环境恶劣, 井控设备长期暴露其中, 老化问题显著。金属部件在高温、高压及腐蚀性介质作用下, 易出现锈蚀、变薄现象, 像防喷器的壳体, 长期使用后局部可能因腐蚀而强度降低。橡胶密封件也会因老化变硬、失去弹性, 导致密封失效。物理损伤方面, 设备在搬运、安装及使用过程中, 可能遭受碰撞、挤压。例如, 钻井时飞溅的岩屑可能撞击防喷器, 造成表面凹痕、裂纹, 内部精密零件也可能因震动而松动、损坏, 影响设备正常运行。

2.2 密封性能下降

井控设备的密封性能是保障井控安全的关键, 但实际上常出现下降情况。密封元件质量参差不齐, 部分密封圈、盘根等在制造时就存在尺寸偏差、材质不均等问题, 安装后难以达到良好密封效果。使用过程中, 密封元件会因频繁开关、压力冲击而磨损, 如防喷器的闸板密封橡胶, 多次操作后表面会被刮伤, 密封性能变差。

2.3 结构缺陷与装配问题

部分井控设备在设计或制造时存在结构缺陷。例如, 某些防喷器的内部流道设计不合理, 导致流体通过时产生涡流, 影响压力控制效果; 节流压井管汇的阀门结构复杂, 容易出现卡滞现象。装配环节也问题频发, 装配人员若未严格按照规范操作, 可能导致零件安装不到位、间隙过大或过小。如防喷器闸板与壳体的装配间隙不合适, 会使闸板运动受阻或密封不严。而且, 不同厂家生产的零件兼容性差, 混用后也可能引发结构与装配方面的问题。

2.4 操作与管理疏忽

在钻井现场, 操作人员对井控设备的操作疏忽时有发生。部分人员未经过系统培训, 对设备性能和操作流程不熟悉, 在紧急情况下无法正确操作井控设备, 如不能及时关闭防喷器。日常操作中, 也存在违规行为, 如未按照规定压力进行试压, 就投入使用。管理方面, 设备管理制度执行不严格, 设备维护保养计划未能有效落实, 导致设备带病运行。同时, 对设备的检查不细致, 不能及时发现潜在问题, 使得小问题逐渐演变成大故障, 影响钻井作业的安全与进度^[2]。

3 钻井现场井控设备故障诊断技术体系

3.1 信号采集与处理

信号采集是钻井现场井控设备故障诊断的基础环节。需运用多种传感器, 如压力传感器、温度传感器、振动传感器等, 精准采集设备运行过程中的压力、温度、振动等关键参数信号。这些传感器要具备高精度、高可靠性和抗干扰能力, 以适应钻井现场复杂恶劣的环境。采集到的信号往往包含大量噪声和干扰, 需进行预处理。通过滤波算法去除高频噪声, 运用平滑处理技术消除信号的随机波动, 使信号更加清晰、稳定。同时, 对信号进行归一化处理, 将不同量纲的信号统一到相同范围, 便于后续分析。此外, 还需对信号进行采样和量化, 将连续的模拟信号转换为离散的数字信号, 为后续的特征提取和故障诊断提供高质量的数据支持, 确保能准确捕捉设备故障的特征信息。

3.2 特征提取与模式识别

特征提取是从处理后的信号中挖掘出能反映设备故障状态的关键特征。可采用时域分析方法, 提取信号的均值、方差、峰值等统计特征, 这些特征能直观反映信号在时间上的变化情况。频域分析则通过傅里叶变换将时域信号转换为频域信号, 提取频谱特征, 如主频、频带能量等, 以发现设备故障在频率上的特征。时频分析方法结合时域和频域信息, 能更全面地描述信号特性。模式识别是基于提取的特征, 运用分类算法判断设备是否发生故障以及故障的类型。常见的分类算法有支持向量机、神经网络等, 通过对大量正常和故障样本的学习, 建立分类模型, 实现对设备故障的准确识别, 为后续的维修决策提供依据。

3.3 多源信息融合

钻井现场井控设备故障诊断涉及多种类型的信息, 如设备自身的运行参数、环境参数、历史维修记录等。多源信息融合旨在将这些分散、异构的信息进行综合处理, 以提高故障诊断的准确性和可靠性。首先, 要对不同来源的信息进行预处理, 统一数据格式和尺度。然后, 采用数据层融合、特征层融合或决策层融合的方法。数据层融合直接对原始数据进行融合处理, 能保留更多原始信息, 但数据量大、处理复杂。特征层融合先提取各信息源的特征, 再进行融合, 可降低数据维度。决策层融合则先对各信息源进行独立诊断, 再将诊断结果进行融合。通过多源信息融合, 能充分利用各种信息的优势, 克服单一信息源的局限性, 更准确地判断设备故障状态。

3.4 智能诊断系统应用

智能诊断系统是钻井现场井控设备故障诊断的发展方向。它集成了信号采集与处理、特征提取与模式识别、多源信息融合等技术, 能够实现设备故障的自动化、智能化诊断。该系统具有强大的数据存储和分析能力, 可对大量的设备运行数据进行实时监测和分析。通过机器学习算法, 系统能不断学习和优化诊断模型, 提高故障诊断的准确性和效率。同时, 智能诊断系统还具备预警功能, 当检测到设备可能出现故障时, 能及时发出警报, 提醒工作人员采取措施。此外, 它还能提供故障原因分析和维修建议, 帮助工作人员快速定位和解决故障。智能诊断系统的应用,

可减少人工诊断的主观性和误差,提高钻井现场井控设备的可靠性和安全性,保障钻井作业的顺利进行^[3]。

4 钻井现场井控设备预防性维护策略

4.1 定期检查与拆修

定期检查是钻井现场井控设备预防性维护的基础工作。需制定详细且合理的检查计划,依据设备的使用频率、工作环境等因素,确定不同设备的检查周期,如每日、每周、每月检查等。检查内容涵盖设备的外观、运行参数、密封性能等多个方面。外观检查主要查看设备有无破损、变形、锈蚀等情况;运行参数检查通过仪器仪表监测压力、温度、流量等是否在正常范围内;密封性能检查则着重检查密封处有无泄漏。定期拆修是对设备进行深度维护的重要手段。按照设备的使用说明书和规范要求,定期对设备进行拆卸检修,清理内部杂质和污垢,检查零部件的磨损、腐蚀情况。对于磨损严重或损坏的零部件,及时进行更换,确保设备的性能和精度。同时,在拆修过程中,对设备的关键部位进行详细记录,为后续的维护和故障分析提供依据。

4.2 数据驱动的决策机制

在钻井现场井控设备预防性维护中,数据驱动的决策机制发挥着关键作用。首先,要构建全面的数据采集体系,利用各类传感器实时收集设备运行数据,如压力、温度、振动频率等,同时整合设备的维修记录、故障历史等信息,形成海量且多维的数据集。接着,运用数据分析技术对采集到的数据进行深度挖掘。通过统计分析找出设备运行的规律和趋势,例如识别出设备在特定工况下参数的异常波动;借助机器学习算法建立故障预测模型,根据历史数据和实时数据预测设备可能出现的故障类型和时间。基于数据分析结果制定决策。若预测到设备即将出现故障,可提前安排维修计划,避免非计划停机;根据设备不同部件的磨损情况和寿命预测,合理安排备件采购和更换。同时,决策机制还应具备动态调整能力,根据设备实际运行状况和新采集的数据,及时优化维护策略,确保井控设备始终处于良好的运行状态,保障钻井作业的安全与高效。

4.3 人员培训与标准化操作

人员培训与标准化操作是保障钻井现场井控设备预防性维护质量的重要环节。在人员培训方面,需制定系统且有针对性的培训计划。一方面,开展理论知识培训,让操作人员深入了解井控设备的结构、原理、性能参数以及常见故障类型和成因,为其实际操作和故障判断奠定基础。另一方面,强化实践技能培训,

通过模拟操作、现场实操等方式,使人员熟练掌握设备的操作流程、维护要点和应急处理方法。标准化操作则是将培训内容转化为具体的行为准则。制定详细的操作规程,明确设备启动、运行、停机等各个环节的操作步骤和注意事项,确保操作人员严格按照标准执行。同时,建立监督考核机制,定期对人员的操作情况进行检查和评估,对违规操作及时纠正并给予相应处罚,对表现优秀的人员进行奖励。

4.4 环境适应与应急准备

钻井现场环境复杂多变,井控设备需具备良好的环境适应性,同时做好应急准备以应对突发状况。在环境适应方面,要充分考虑高温、低温、潮湿、沙尘等恶劣环境对设备的影响。针对高温环境,选用耐高温材料制作设备部件,并配备有效的散热装置;对于低温环境,采取保温措施防止设备冻裂,确保润滑油在低温下仍能正常流动。在潮湿和沙尘环境中,加强设备的密封防护,防止水分和灰尘进入设备内部,影响设备性能。应急准备至关重要。制定完善的应急预案,明确在井控设备出现故障或井喷等紧急情况时的应对流程和责任分工。储备充足的应急物资,如备用密封件、抢险工具等,并定期进行检查和维护,确保其处于可用状态^[4]。

5 结束语

钻井现场井控设备的安全稳定运行,是保障钻井作业顺利推进、人员生命安全及环境不受侵害的关键。因此,深入剖析了井控设备存在的老化损伤、密封性能下降等问题,详细阐述了故障诊断技术体系,并提出了预防性维护策略。通过信号采集、多源信息融合等诊断技术,可精准定位设备故障;借助定期检查、数据驱动决策等维护措施,能有效预防故障发生。未来,需持续优化诊断技术与维护策略,提升人员专业素养,以更好地应对复杂多变的钻井环境,为钻井行业的安全高效发展筑牢坚实基础。

[参考文献]

- [1]韩玉.石油平台钻井固控系统的开发与改进[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(3):135-136.
- [2]薄艳娜.水平定向钻进穿越施工及其风险控制措施[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(1):46-48.
- [3]吴昊.钻井井控设备现状与改进策略[J].中国石油和化工标准与质量,2021,41(20):109-110.
- [4]齐凯棣.井控安全管理问题浅析[J].中国安全生产科学技术,2021,13(S1):19-22.