

井控设备在石油钻井施工过程中的应用

赵小春

宝鸡金辉石油机械有限公司 陕西 宝鸡 721000

摘要: 井控设备作为石油钻井安全作业的核心保障,贯穿钻井施工全流程。在钻井准备、钻进、起下钻及完井各阶段,通过实时监测压力、快速封井等功能,有效预防和处理井喷等井下复杂情况。然而,当前设备老化、人员素质差异及培训不足等问题制约其效能发挥。通过强化设备维护更新、提升人员专业素养、优化培训体系等改进措施,可显著增强井控设备应用效果,保障石油钻井施工安全高效开展。

关键词: 井控设备; 石油钻井; 施工过程; 应用

引言

石油钻井施工面临复杂地质条件与井下风险,井控设备的可靠运行直接关系作业安全与经济效益。从钻井准备阶段的设备调试,到钻进、起下钻及完井各环节,井控设备需精准响应井下压力变化,及时采取控制措施。本文通过系统分析井控设备在石油钻井施工各阶段的应用实践,探讨当前应用中存在的设备、人员及技术问题,提出针对性改进策略,旨在为提升石油钻井施工安全水平提供理论与实践参考。

1 井控设备概述

井控设备是油气钻井作业中用于控制地层压力、防止井喷事故发生,保障人员安全、设备完好和环境不受污染的关键装备体系。其核心功能在于对井筒压力进行实时监测与精准调控,通过对井口压力的有效管理,确保钻井作业在安全可控的压力环境下进行。防喷器组是井控设备的核心装置,由环形防喷器与闸板防喷器组成。环形防喷器能够在井口不同工况下实现对钻具的密封,在紧急情况下,即使井口钻具偏心、未下入钻具,也可快速封井,具备较强的适应性。闸板防喷器则按功能分为全封闸板、半封闸板、剪切闸板等,全封闸板可在无钻具时封闭井口,半封闸板用于封闭钻具与套管间的环形空间,剪切闸板能在紧急关头快速剪断钻具并封闭井口,各闸板协同工作,实现对井口的可靠控制。节流管汇和压井管汇是实现节流压井作业的重要设备。节流管汇通过调节节流阀开度,精确控制井筒回压,在维持井底压力稳定的同时,将溢流物安全地循环至地面。压井管汇则在发生井涌、井喷时,向井内泵入高密度压井液,建立有效的液柱压力,平衡地层压力,恢复井内压力平衡状态。二者相互配合,构成了维持井筒压力稳定的关键通道。井控管汇配套的控制系统,采用液压、气控等多种控制方式,实现对防喷器、节流压井管汇的

远程快速操作。当井下出现异常压力显示时,操作人员可在安全距离外迅速控制防喷器关闭井口,通过控制系统调节节流阀开度,完成压力调控。监测系统实时采集井口压力、流量、钻井液性能等参数,为井控决策提供数据支持,使作业人员能够及时发现井下异常,提前采取防范措施。整套井控设备体系各部分紧密配合,共同构筑起油气钻井作业的安全防线,有效降低井喷等风险事件的发生概率。

2 井控设备在石油钻井施工过程中的具体应用

2.1 钻井准备阶段的应用

(1) 在钻井准备阶段,井控设备的选型与安装是关键环节。需依据地层压力预测数据,精确选配防喷器组、节流管汇、压井管汇等核心设备。防喷器作为阻止地层流体失控喷出的重要装置,其规格、压力等级必须与预计井口压力相匹配,确保在突发井涌时能迅速封闭井口。对井控设备进行严格的安装调试,保证各部件连接牢固、密封可靠,为后续钻井作业筑牢安全防线。

(2) 井控设备的现场试压工作在此阶段不可或缺。通过对防喷器、管汇等设备进行额定工作压力下的试压操作,检测设备承压能力与密封性能,及时发现潜在泄漏点和薄弱环节。试压过程需严格记录压力变化数据,确保设备各项指标符合作业要求,避免因设备密封失效导致井控风险。(3) 要对井控设备进行全面的测试,包括防喷器的开关动作测试、节流管汇的节流调压测试等。确保防喷器能够在规定时间内实现快速关闭,节流管汇可精准调节井口回压,为应对钻井过程中的复杂工况提供可靠保障。配备充足的井控辅助设备应急物资,如备用胶芯、剪切闸板等,以提高现场应急处理能力^[1]。

2.2 钻进过程中的应用

(1) 钻进过程中,井控设备实时监测井下压力变化,为钻井作业提供关键数据支撑。通过安装在井口的

压力传感器,持续采集立管压力、套管压力等参数,结合钻井液性能指标,及时分析判断井下是否出现异常。一旦发现压力异常波动,如立管压力突然下降、套管压力上升等,预示可能存在井漏或井涌风险,需立即采取相应措施。(2)当发生井涌等复杂情况时,防喷器迅速发挥作用。手动或液压控制防喷器关闭井口,截断井筒与地层的连通通道,防止地层流体大量涌入井筒。利用节流管汇控制井口回压,实施压井作业,通过调节节流阀开度,精确控制钻井液循环压力,逐步建立新的压力平衡,将侵入井筒的地层流体安全排出,恢复井内压力稳定。(3)在钻进过程中,持续对井控设备进行巡检与维护也至关重要。检查防喷器开关灵活性、密封件磨损情况,确保其随时处于待命状态;监测节流管汇、压井管汇的运行参数,保证管汇系统压力传输准确、控制灵敏。根据钻井进尺和地层变化,及时调整井控设备的工作参数,以适应不同工况下的井控需求,保障钻井作业安全顺利进行。

2.3 起下钻过程中的应用

(1)起下钻过程中,井控设备承担着维持井筒压力平衡的重要任务。由于起钻会导致井筒内钻井液液面下降,若不及时补充钻井液,易引发井涌;下钻时钻具下放速度过快,又可能产生激动压力造成井漏。需借助计量罐等设备精确计量起下钻过程中钻井液的灌入和返出量,对比理论值与实际值,判断井筒内压力变化情况。(2)一旦发现钻井液灌入量小于起出钻具排替量,或返出量大于下入钻具排替量,预示可能存在井涌或井漏风险,此时防喷器和节流压井管汇立即发挥作用。迅速关闭防喷器封闭井口,通过节流管汇实施小排量循环,监测井口压力变化,利用压井管汇注入适量钻井液,恢复井筒压力平衡。根据实际情况调整起下钻速度,优化钻井液性能,降低井控风险。(3)在起下钻作业期间,还需对井控设备进行动态检查。检查防喷器的闸板密封性能,确保在紧急情况下能有效封井;测试节流阀的调节精度,保证在压井作业时可精准控制压力。密切关注井控设备各连接部位的密封性,防止因振动等因素导致泄漏,保障起下钻作业安全高效完成^[2]。

2.4 完井阶段的应用

(1)完井阶段,井控设备用于保障井筒完整性和井口安全。在固井作业后,需对井口进行压力测试,验证水泥环封固质量和井口装置密封性能。通过防喷器组封闭井口,利用试压泵对套管环空施加压力,观察压力变化情况,判断是否存在套管漏失或水泥环窜槽等问题。若压力异常下降,需及时分析原因并采取补救措施。

(2)在完井管柱下入过程中,井控设备同样发挥重要作用。如同起下钻作业,需严格监测钻井液灌入和返出量,防止因管柱下入引起压力波动导致井涌或井漏。若出现异常情况,迅速启动防喷器关闭井口,通过节流压井管汇进行压力调控和循环处理,确保井筒压力稳定,避免完井作业中断或发生井控事故。(3)完井作业结束后,对井控设备进行全面检查和维护保养。拆卸防喷器等设备,检查闸板、胶芯等易损件磨损情况,及时更换失效部件;对管汇系统进行清洗、防腐处理,恢复设备性能。对井控设备进行功能测试和压力试验,确保设备完好,为后续作业准备,保障油井全生命周期安全运行。

3 井控设备在石油钻井施工过程应用中存在的问题与改进措施

3.1 存在的问题

3.1.1 设备老化与维护不足

在石油钻井复杂且恶劣的作业环境下,井控设备长期承受高温、高压、高腐蚀以及频繁的机械应力作用,设备老化问题逐渐凸显。部分关键部件,如防喷器的密封胶芯、节流管汇的闸阀,随着使用年限增加,密封性能下降,闸板开关灵活性降低,导致在突发井涌、井喷等险情时,难以迅速有效关闭井口,控制井口压力。日常维护工作未充分考虑设备实际运行工况,维护周期设定缺乏科学性,维护人员对设备内部磨损、腐蚀情况的检测手段单一,多依赖目视检查和经验判断,无法及时发现潜在隐患。部分企业为降低成本,减少维护资金投入,使设备带病运行,进一步加速老化进程,给石油钻井施工安全带来巨大风险。

3.1.2 操作人员素质参差不齐

石油钻井施工中,井控设备操作是一项技术要求高、专业性强的工作,需操作人员具备扎实的理论知识和丰富的实践经验。然而,实际作业中,操作人员技术水平差异明显。部分操作人员对井控设备的结构原理理解不透彻,仅掌握基本操作流程,在面对设备异常运行状况时,无法依据设备工作原理准确判断故障原因,更难以采取有效的应急处理措施。例如,当防喷器液压控制系统压力异常波动时,部分人员不能区分是液压泵故障、管路泄漏还是控制元件损坏导致,从而延误故障排除时机。部分操作人员缺乏严谨的工作态度和安全意识,存在违规操作行为,如未严格按照操作规程进行防喷器开关测试,简化操作步骤,增加了井控风险^[3]。

3.1.3 井控技术培训与演练不足

井控技术培训和演练是保障石油钻井施工安全的重要环节,但目前实际情况不容乐观。培训内容与现场实

实际需求存在脱节现象,过于侧重理论知识讲解,对现场复杂工况下的井控技术应用和故障处理案例分析较少。例如,培训中多是对井控设备标准操作流程的重复讲解,缺乏对特殊地质条件、设备突发故障等情况下应急处理方法的深入探讨。在演练方面,演练场景设置过于单一、理想化,未真实模拟井喷失控、设备损坏等复杂危险场景,导致操作人员在实际面对突发险情时,难以将培训所学知识有效应用,应急反应迟缓,协同配合能力不足,无法快速、高效地控制井口,保障人员和设备安全。

3.2 改进措施

3.2.1 加强设备更新与维护管理

针对设备老化问题,应建立科学合理的设备更新机制。结合设备使用年限、运行工况、检测数据等多方面因素,制定设备更新计划。对于超过设计使用寿命、关键部件性能严重下降的井控设备,及时淘汰更新,引入具有更高可靠性和智能化水平的新型设备。如采用新型高强度、耐腐蚀材料制造的防喷器,配备先进的密封技术和自动监测系统,可实时监测设备运行状态,提前预警潜在故障。在维护管理方面,优化维护方案,依据设备实际运行参数和磨损规律,制定个性化维护周期。运用先进的检测技术,如超声波探伤、红外热成像等,对设备内部结构进行无损检测,准确把握设备磨损、腐蚀情况,及时更换磨损部件,确保设备始终处于良好运行状态,提高井控设备的可靠性和安全性。

3.2.2 提高操作人员素质

提升操作人员素质是保障井控设备安全运行的关键。企业应加强对操作人员的选拔和培养,优先录用具备相关专业知识和实践经验的人员,并为其提供持续的职业发展通道。在日常工作中,注重理论知识与实践操作相结合的培训方式,定期组织操作人员参与技术讲座、案例分析会,邀请行业专家分享井控设备操作和故障处理经验,拓宽操作人员的知识面和视野。鼓励操作人员在实践中总结经验,开展技术创新和改进活动,对提出有效改进措施的人员给予奖励。通过建立严格的考核制度,定期对操作人员的技术水平和安全意识进行考

核评估,促使操作人员不断提升自身素质,规范操作行为,提高操作技能和应急处理能力。

3.2.3 强化井控技术培训与演练

为使井控技术培训和演练更贴合实际需求,应重新规划培训内容和演练方案。在培训内容上,增加现场实际案例分析比重,收集整理国内外石油钻井施工中因井控问题引发的事故案例,深入剖析事故原因、处理过程及经验教训,使操作人员深刻认识到井控工作的重要性和复杂性。针对不同地质条件、设备类型,详细讲解相应的井控技术要点和操作方法,提高培训内容的实用性和针对性。在演练方面,设计多样化、高难度的演练场景,模拟井喷失控、设备多部件同时损坏等极端情况,加强操作人员在复杂环境下的应急反应和协同配合能力训练。每次演练结束后,组织操作人员进行总结分析,查找演练过程中存在的问题和不足,不断优化演练方案,提高演练效果,确保操作人员在实际突发险情中能够迅速、准确地采取有效措施,保障石油钻井施工安全^[4]。

结语

综上所述,井控设备在石油钻井施工全流程中发挥着不可替代的安全保障作用。其应用效果受设备状态、人员操作及技术培训等多因素影响。通过解决设备老化、人员素质参差不齐、培训演练不足等问题,实施强化设备管理、提升人员能力、完善培训体系等措施,能够显著优化井控设备应用效能。未来,随着技术发展与管理模式创新,井控设备将在石油钻井安全领域发挥更大价值。

参考文献

- [1]张哲,马文超,张伟,等.井控设备在石油钻井施工过程中的应用[J].现代企业文化,2020(21):157-158.
- [2]牛朝阳.井控设备在石油钻井施工中的应用[J].魅力中国,2021(46):422-423.
- [3]范俊,李萌,吴传禹.石油钻井井控设备应用现状与改进对策[J].石油石化物资采购,2022(11):30-32.
- [4]张玉楼.石油钻井井控设备应用现状与改进对策[J].石油石化物资采购,2023(6):46-48.