

井下作业井控信息化技术研究

宋奇

辽河工程技术分公司修井技术研究所

【摘要】随着石油天然气开采行业的不断发展,井下作业的安全性和高效性愈发受到重视。井下作业井控信息化技术作为提升作业水平的关键手段,正在逐步成为研究的热点。本文聚焦于井下作业井控信息化技术,阐述了该技术的重要性,分析了其主要构成部分,包括数据采集系统、传输网络、监控与预警平台等,并对未来发展趋势进行了展望,研究结果表明,井控信息化技术能够有效提升井下作业的安全性和管理水平,为未来智能化井控系统的发展奠定了基础。

【关键词】井下作业;井控;信息化技术

Research on well control information technology in downhole operation

Song Qi

Remover Technology Research Institute of Liaohe Engineering Technology Branch

【Abstract】 With the continuous development of oil and gas exploitation industry, the safety and efficiency of downhole operation are paid more and more attention. As a key means to improve the operation level, the well control information technology is gradually becoming a research hotspot. This paper focuses on downhole operation well control information technology, expounds the importance of the technology, analyzes its main components, including data acquisition system, transmission network, monitoring and early warning platform, etc., and the future development trend, the results show that the well control information technology can effectively improve the safety and management level of downhole operation, laid a foundation for the development of intelligent well control system in the future.

【Key words】 downhole operation; well control; information technology

1 引言

在全球能源格局深刻变革的当下,油田行业作为传统能源的重要支柱,正面临着前所未有的挑战与机遇,随着全球对清洁能源需求的日益增长,油田行业需要加快转型升级,数字化,信息化转型成为油田行业高质量发展的必由之路,而井下作业作为油田生产的关键环节,其数字化和信息化的重要性不言而喻。随着油气田开发的不断深入,井下作业面临的复杂性和风险性日益增加,井下作业过程中,由于地层压力的复杂性以及作业环境的特殊性,井喷失控等安全事故时有发生,这些事故不仅会造成巨大的经济损失,而且对人员生命安全和环境带来了严重威胁。传统的井控管理方式主要依赖人工操作和经验判断,不仅效率低下,而且存在较大安全隐患。在信息时代,数字化和信息化技术的飞速发展,为井下作业带来了革命性的变革契机。通过引入先进的技术,能够实现对井下作业环境的实时监控、数据的自动采集与分析、设备的智能控制等功能。新技术的引入成为提高井控管理效率和安全性的的重要手段。在新技术不断发展的今天,物联网、大数据、云计算、人工智能等新一代信息技术正以前

所未有的速度渗透到油田井下作业的各个环节。物联网技术实现了设备与设备、设备与人之间的互联互通,使得井下作业设备的运行状态能够实时被监测和管理。大数据技术则为海量的井下作业数据提供了高效的分析和处理手段。近年来,国内外学者在井控信息化和数字化技术领域开展了大量研究。井控信息化技术作为现代油气勘探与开发的关键技术之一,其重要性日益凸显。在市场竞争日益激烈的今天,油田企业只能通过转型,优化生产流程,提高生产效率,降低运营成本,才能市场中占据一席之地。

2 井下作业井控信息化技术的重要性

2.1 提升安全保障能力

井控信息化技术能够实时监测井下的压力、温度、流量等关键参数。一旦这些参数出现异常变化,系统可以迅速发出警报,提醒作业人员及时采取相应措施,避免井喷等事故的发生。通过远程控制技术,作业人员可以在安全区域对井下设备进行操作,减少现场人员面临的风险,尤其在高危环境下,能有效保障人员生命安全。

2.2 提高作业效率

传统的井控作业需要人工频繁地进行参数测量和记录,不仅耗费大量人力和时间,而且容易出现人为误差。井控信息化技术实现了数据的自动采集、传输和分析,作业人员可以通过监控平台直观地获取井下作业的各项信息,及时调整方案,优化作业参数,提高作业效率,减少作业时间和成本。借助信息化系统的数据分析功能,可快速定位井下设备的故障点,提前准备维修方案和备件,缩短故障排除时间,恢复正常作业。

2.3 实现精细化,智能化管理

井控信息化系统可以对大量的作业数据进行存储、分析和整合,实现不同部门和岗位之间的数据共享,便于协同工作和统一管理,为企业提高决策和管理的科学性。通过对历史数据的挖掘和分析,企业能够总结出不同地质条件下的井控规律,优化井控方案和应急预案。同时,基于信息化系统的远程监控功能,管理人员可以实时掌握各个作业现场的井控情况,实现对作业过程的精细化和智能化的管理。

3 井下作业井控信息化技术的构成

3.1 数据采集系统

(1) 传感器传感器是数据采集系统的关键设备,用于测量井下的各种物理参数。常见的传感器包括压力传感器、温度传感器、流量传感器等。压力传感器能够精确测量地层压力、井口压力、等参数,高精度的压力传感器能够实时捕捉压力的微小波动,为判断井下工况提供数据。例如,高精度的石英晶体压力传感器,测量精度可达 $\pm 0.05\%FS$ 。温度传感器则用于检测井下流体的温度,帮助分析地层特性与作业状况,如热电偶温度传感器适用于高温环境,其测量范围可达几百摄氏度,而热敏电阻温度传感器则具有较高的灵敏度和精度,适用于温度变化较为敏感的场所。流量传感器用于测量井内流体的流量,如电磁流量计、涡流流量器等,对于判断井内流体流动状态至关重要。

(2) 数据采集终端:数据采集终端负责收集各个传感器传来的数据,并对其进行初步处理和储存。它通常采用模块化设计,具备多个数据接口,能够对采集到的数据进行简单的滤波、转换等处理,以提高数据的质量。

3.2 传输网络

(1) 有线传输:有线传输是井控数据传输的一种重要方式,常见的有线传输介质包括光纤和光缆。光纤具有传输速率高、带宽大、抗干扰能力强等优点,能够满足大量井控数据的高速、稳定传输的需求。在一些对数据传输实时性要求较高的深井和超深井作业中,光纤被广泛应用,但成本较

高,布线施工难度大。电缆传输则具有成本较低、安装方便等特点,但传输距离和带宽有限,抗干扰性比较弱,在一些浅井或对传输速度要求较低的作业场景中广泛应用。

(2) 无线传输:随着无线通讯技术的发展,无线传输在井控数据传输中也得到了越来越多的应用。无线传输方式主要包括 ZigBee 传输、电磁波传输、声波传输和微卫星传输等。ZigBee 技术具有低功耗、自组网等特点,适用于井下传感器节点之间的短距离数据传输。在写分布式传感器网络中,通过 ZigBee 技术可以时间传感器之间的数据交互和汇聚;电磁波传输采用高频电磁波在井下传输数据,可实现一定距离的无线数据传输,安装和维护方便,能快速部署,适用于一些临时作业井或难以布线的区域;声波传输利用声波在井筒内的流体或固体介质中传播来传输数据,适用于恶劣环境,能在有泥浆等复杂介质的井筒中传输,与井下工具兼容性好,但传输速率低,传输距离增加时信号衰减严重;卫星通讯在偏远地区的井场,地面网络覆盖不足时,可通过卫星通讯将井下数据传输到远程控制中心,可实现全球范围内的数据传输,不受地理环境限制,但通信成本高,信号传输有延迟。

3.3 监控和预警平台

(1) 监控软件:监控软件是井控信息化系统的核心部分,它运行在地面监控中心的服务器上,负责接收、显示和处理来自传输网络的数据。利用智能监测设备,实时监测井下作业过程中的废水、废气、废渣排放情况,以及周边土壤、水质、空气等环境指标的影响,通过直观地图表、曲线等形式将井下的各种参数实时展开给作业人员,实现绿色井控作业。同时,监控设备还具备数据存储、查询和分析功能,能够对历史数据进行回溯和分析,为井控决策提供参考依据。

(2) 预警系统:预警系统是井控信息化技术的重要组成部分,构建基于大数据和人工智能的井控安全风险预警模型,综合考虑地质条件、作业参数、设备状态等因素,对井喷、井漏、硫化氢泄露等各类安全风险进行实时评估和动态预警,提前采取防控措施。预警方式可以包括声音警报、短信通知、弹窗提示等多种方式。此外,预警系统还可以根据不同的风险等级,采取不同的预警方式,以便作业人员能够快速判断风险的严重程度。

4 井下作业井控信息化技术应用现状及存在问题

4.1 应用现状

目前,井下作业井控信息化技术在国内外各大油田都得到了广泛的应用。许多油田已经建立了较为完善的井控信息化系统,实现了对井下作业过程的实时监控和预警。例如,

国外的一个大型油田公司，如壳牌、BP等，在其全球范围内的油田作业中，全面采用了先进额井控信息化技术，通过远程监控中心对各个作业现场进行实时管理，大大提高了井控工作的效率和安全性。在国内，中石油、中石化等大型油田企业也在积极推进井控信息化建设，部分油田已经实现了井控数据的全流程数字化管理，取得了显著地成效。

4.2 存在问题

(1) 专业人才短缺：井控信息化技术涉及到石油工程、信息技术等多个领域的知识，需要既懂井控技术又熟悉信息化技术的复合型人才。然而，目前这类人才相对短缺，导致在井控信息化系统的建设、运维和应用过程中，存在技术难题和无法及时解决、系统运行效率不高等问题。例如，在系统出现故障时，由于缺乏专业的技术人员，可能无法快速定位和排除故障，影响了井下作业的正常进行。

(2) 系统集成度不高：当前，一些井控信息化系统存在各个子系统之间集成度不高的问题。数据采集系统、传输网络和监控与预警平台之间可能存在兼容性问题，导致数据传输不畅或信息共享困难。例如，不同厂家生产的传感器和数据采集终端之间可能存在接口不匹配、通信协议不一致等问题，影响了整个系统的协同工作效率。此外，井控信息化系统与其他井下作业管理系统之间的集成度也有待提高，难以实现数据的全面共享和业务流程的无缝对接。

(3) 数据准确性和可靠性有待提高：尽管传感器技术不断发展，但在复杂的井下环境中，传感器仍可能收到各种因素的干扰，到时数据测量不准确。例如，在高温、高压、高腐蚀性的井下环境中，传感器的性能可能会下降，甚至出现故障，从而影响数据的准确性和可靠性。此外，数据传输过程中的信号衰减、干扰等问题，也可能到时数据丢失或错误，影响井控决策的正确性。

5 井下作业井控信息化技术的发挥趋势

5.1 智能化远程协作

随着人工智能、大数据、云计算等技术的不断发展，井控信息化技术将朝着智能化方向迈进。基于实时监测数据和预设的安全规则，系统能够自动做出井控操作决策，例如，通过分析防喷器的压力变化和动作数据，判断其风险能否

下降；在井内压力异常时自动控制节流管汇调节压力，或在发现井涌初期自动启动关井程序，无需人工干预，提高应急响应速度。

5.2 智能运维管理

物联网技术的发展为井控信息化带来了新的机遇。未来，井控信息化系统将于物联网技术深度融合，利用物联网和移动互联网技术，建立井控设备的智能运维管理平台，实现设备的远程监控、故障诊断、维修调度和备件管理的一体化，实现井下设备的全面互联互通。通过在井控设备上安装智能传感器和通信模块，将每一台都接入物联网，作业人员可以实时了解设备的运行状态、健康状况等信息。例如，通过物联网技术，作业人员可以远程监测防喷器的开关状态、密封性能等参数，及时发现设备潜在的故障隐患，提前进行维护和保养，确保设备在关键时刻能够正常运行。此外，物联网技术还可以实现对井下作业现场的全方位监控，包括人员位置、设备分布等信息，提高作业现场的管理水平。随着高速通信技术的发展和普及，井控信息化技术将实现井上井下、不同地区专家和作业人员之间的实时高清音视频交互和数据共享，进行远程协同决策和操作指导。例如，在某偏远地区的油田发生井控紧急情况时，位于总部的专家可以通过网络实时查看现场的井控数据和视频图像，与现场作业人员进行实时沟通和指导，快速解决问题，避免事故的扩大。这种实时远程协作模式将大大提高井控工作的效率和科学性。

6 结论

井下作业井控信息化技术作为保障井下作业安全、提高作业效率的关键技术，在石油天然气开采行业中具有重要的地位。通过构建完善的数据采集系统、高效的传输网络和功能强大的监控与预警平台，井控信息化技术能够实现对井下作业参数的实时监测、分析和预警。尽管目前该技术在应用过程中还存在一些问题，但随着技术的不断发展和创新，智能化、物联网化以及实时远程协作等将成为未来的发展趋势。相信在不久的将来，井下作业井控信息化技术将不断的完善和成熟，为石油天然气行业的安全、高效发展提供更加坚实的技术支撑。

参考文献：

- [1]蒋宏伟.数字化井控技术研究现状与发展趋势[J].石油工业技术监督, 2017(11).
- [2]刘润华, 黄勇智, 何诚.浅析提高井控安全管理的几点思考[J].中国石油和化工标准与质量, 2012, 32(5): 208.
- [3]潘婕, 徐大宇.井控安全管理工作探讨[J].中国新技术新产品, 2013(13): 190-191.