

采油智能采油技术进展及趋势

赵泽源

河南油田工程科技股份有限公司 河南 郑州 450000

摘要：智能采油技术涵盖数据采集、大数据分析、远程控制与自动化、智能注水与驱油等技术范畴，相较于传统技术具有显著优势。近年来，传感器、自动化控制、数据分析与处理技术取得显著进展，推动智能油田、智能采油平台、智能井等集成应用发展。未来，智能采油技术将呈现多技术融合、智能化与绿色化协同、面向复杂油藏开采的创新趋势。

关键词：智能采油技术；进展；趋势；研究

引言：智能采油技术作为现代油田开发的前沿领域，集成了数据采集、大数据分析、远程控制与自动化、智能注水与驱油等多项关键技术。通过技术革新与集成应用，智能采油技术显著提高了采油效率、降低了人力成本、增强了生产安全性，并助力绿色开采。未来，该技术将呈现多技术融合、智能化与绿色化协同、面向复杂油藏开采的创新发展趋势。

1 智能采油技术概述

1.1 涵盖的主要技术范畴

(1) 数据采集与监控技术：智能采油技术通过部署各种传感器和监测设备，实时采集油井的温度、压力、流量、载荷、电参等关键参数，并利用物联网技术将数据传输至监控中心。这些数据为后续的智能分析和决策提供了坚实的基础。(2) 大数据分析与人机智能技术：通过对采集到的大量数据进行深度挖掘和分析，利用机器学习、深度学习等人工智能技术，智能采油技术能够准确识别油井的生产异常和工况变化，为优化生产方案提供科学依据。(3) 远程控制与自动化技术：基于大数据分析和人工智能的决策结果，智能采油技术可以实现远程控制和自动化调节，如自动调整抽油机的冲程、冲次、平衡度等参数，以及实现间抽井的自动启停控制，从而提高生产效率和降低人力成本。(4) 智能注水与驱油技术：智能采油技术还包括智能注水系统的应用，通过实时监测和分析油田的水位、油位、水化学成分等参数，结合数学模型进行自动化的注水率预测和调整，以及优化驱油工艺，以最大化采油率。

1.2 相较于传统采油技术的优势

(1) 提高采收率：智能采油技术通过实时监测和分析油井的生产数据，能够及时发现并解决生产过程中的问题，如结蜡、堵塞等，从而保持油井的高效生产状态。此外，智能注水与驱油技术的应用也能够更有效地

驱替地层中的剩余油，提高油田的最终采收率。(2) 降低人力成本：传统采油技术需要大量的人工巡检和操作，而智能采油技术通过远程控制和自动化调节，可以大大减少人工干预，降低人力成本。同时，智能监控系统的应用也使得油井的生产状态能够实时反馈至监控中心，减少了现场巡检的频率和强度。(3) 增强生产安全性：智能采油技术通过实时监测油井的生产参数和工况变化，能够及时发现并预警潜在的安全隐患，如设备故障、泄漏等。此外，智能监控系统的应用也使得油井的生产状态能够实时被监控和管理，减少了因人为疏忽导致的安全事故风险。(4) 提高决策科学性：智能采油技术基于大数据分析和人工智能技术的决策结果更加科学、准确。通过对大量数据的深度挖掘和分析，智能采油技术能够更全面地了解油井的生产状况和潜在问题，为优化生产方案提供科学依据^[1]。

2 智能采油关键技术进展

2.1 传感器技术进展

在采油环境中，传感器作为数据采集的前端设备，其性能直接影响着后续数据分析的准确性和可靠性。近年来，传感器技术在精度、抗干扰能力以及适应恶劣井下环境方面取得了显著进展。(1) 压力传感器作为采油过程中最常用的传感器之一，其技术革新主要体现在高精度和稳定性上。现代压力传感器采用先进的传感元件和电路设计，能够实现更高精度的压力测量，同时具有良好的温度补偿性能，确保在不同温度下的测量准确性。此外，压力传感器还增强了抗干扰能力，能够在电磁干扰、振动等恶劣环境下稳定工作。(2) 温度传感器在采油过程中也扮演着重要角色。随着技术的不断发展，温度传感器的测量范围更广、精度更高，并且具有更快的响应速度。新型温度传感器采用先进的材料和技术，能够在高温、高压等极端环境下准确测量温度，为

油井的生产监控提供可靠数据。(3) 流量传感器则是监测油井产量的关键设备。现代流量传感器采用非接触式测量技术, 避免了传统流量传感器因接触流体而产生的磨损和堵塞问题。同时, 流量传感器还具有更高的测量精度和稳定性, 能够实时准确地监测油井的产量变化。

(4) 除了上述传感器外, 还有用于监测油井液位、气体浓度等参数的传感器也在不断革新。这些传感器具有更强的适应性和稳定性, 能够在恶劣的井下环境中长时间稳定工作, 为智能采油提供可靠的数据支持^[2]。

2.2 自动化控制技术进展

自动化控制在采油设备中的应用日益广泛, 为采油过程的优化运行提供了有力保障。抽油机作为采油过程中的核心设备, 其自动化启停控制是实现智能采油的关键。通过安装传感器和控制器, 可以实时监测抽油机的工作状态和油井的生产情况, 根据预设的算法和策略自动调整抽油机的运行状态, 实现抽油机的智能化控制。(1) 注水泵的智能流量调节控制也是自动化控制在采油设备中的重要应用。通过安装流量传感器和控制器, 可以实时监测注水泵的流量和压力, 根据油井的需求自动调节注水泵的流量, 确保注水过程的稳定性和准确性。(2) 自动化控制技术的应用不仅减少了人为干预, 提高了生产稳定性, 还实现了采油过程的优化运行。通过实时监测和调整设备的工作状态, 可以及时发现并解决生产过程中的问题, 确保油井的高效生产。

2.3 数据分析与处理技术进展

大数据和人工智能算法在采油数据处理中的应用日益广泛, 为采油决策提供了科学依据。通过采集和分析大量的采油数据, 可以挖掘出数据中的潜在规律, 为油藏动态监测、故障预测与诊断等功能提供支持。(1) 大数据技术的应用使得采油数据的处理和分析更加高效和准确。通过构建大数据平台, 可以实现对海量数据的实时采集、存储和处理, 为后续的数据分析提供坚实基础。同时, 大数据技术还可以实现对数据的可视化展示, 使得采油人员能够更加直观地了解油井的生产情况和问题。(2) 人工智能算法的应用则进一步提升了采油数据处理的智能化水平。通过训练和优化算法模型, 可以对采油数据进行深度挖掘和分析, 发现数据中的隐藏规律和模式。这些规律和模式可以为油藏动态监测提供有力支持, 帮助采油人员及时了解油藏的变化情况; 同时, 还可以为故障预测与诊断提供科学依据, 提高采油过程的可靠性和安全性。

3 智能采油技术集成应用进展

3.1 智能油田建设进展

智能油田是采油技术集成应用的最高形态, 它通过将数据采集、传输、处理与应用系统一体化整合, 实现了油田生产的全面智能化管理。在整体架构搭建方面, 智能油田采用了分层、分布式的系统架构, 包括感知层、网络层、平台层和应用层。感知层负责数据采集, 通过各种传感器实时监测油田生产过程中的各种参数; 网络层负责数据传输, 利用物联网技术将采集到的数据实时传输至数据中心; 平台层负责数据处理与分析, 通过大数据和人工智能算法对数据进行深度挖掘; 应用层则负责将处理后的数据应用于油田生产的各个环节, 实现智能化决策和管理。在各系统集成方面, 智能油田实现了生产管理系统、设备管理系统、安全环保系统、能源管理系统等多个系统的有机集成。通过系统集成, 智能油田能够实现对油田生产过程的全面监控和管理, 及时发现并解决生产过程中的问题, 提高生产效率和管理水平。同时, 智能油田还实现了数据的共享和协同, 为油田生产的优化决策提供了有力支持。

3.2 智能采油平台进展

智能采油平台是智能采油技术的重要应用领域之一。无论是海上还是陆地采油平台, 都在设备智能化升级、远程监控与操作等方面取得了显著进展。(1) 在设备智能化升级方面, 智能采油平台通过引入先进的传感器、控制器和执行器等设备, 实现了对采油设备的智能化改造。这些智能化设备能够实时监测设备的工作状态和生产参数, 根据预设的算法和策略自动调整设备的工作模式, 提高设备的运行效率和稳定性。(2) 在远程监控与操作方面, 智能采油平台通过构建远程监控系统 and 操作平台, 实现了对采油平台的远程监控和操作。采油人员可以在控制中心通过监控系统实时查看采油平台的生产情况和设备状态, 通过操作平台对采油设备进行远程控制和调节。这不仅提高了采油平台的生产效率, 还降低了人员的安全风险。(3) 智能采油平台的应用还显著提高了采油平台的安全性。通过实时监测和预警系统, 可以及时发现并处理潜在的安全隐患, 如设备故障、泄漏等。同时, 智能采油平台还具备自动应急处理能力, 能够在紧急情况下自动采取应急措施, 确保采油平台的安全运行^[3]。

3.3 智能井技术进展

智能井是智能采油技术的另一重要应用领域。它在井下流量控制、分层开采等方面取得了技术突破和应用成果, 实现了对单井生产的精细化管理。(1) 在井下流量控制方面, 智能井通过安装井下流量控制阀和传感器, 实现了对井下流量的实时监测和控制。根据油井的

生产情况和需求,可以自动调整流量控制阀的开度,实现对井下流量的精确控制。这不仅提高了油井的生产效率,还减少了能源的浪费。(2)在分层开采方面,智能井通过采用先进的分层开采技术和设备,实现了对不同油层的精确开采。通过实时监测各油层的生产情况和压力变化,可以优化开采策略,提高油井的采收率和开发效果。(3)智能井技术的应用还实现了对单井生产的全面监控和管理。通过构建智能井管理系统,可以实时查看油井的生产数据、设备状态和运行参数等信息,为油井的优化决策和管理提供了有力支持。同时,智能井还具备自动报警和应急处理能力,能够在出现异常情况时及时采取措施,确保油井的安全生产。

4 智能采油技术发展趋势

4.1 多技术融合发展趋势

未来,传感器技术、自动化控制技术、数据分析技术将与物联网、5G通信等新兴技术进一步深度融合,共同构建更强大的智能采油技术体系。传感器技术将不断升级,实现更高精度、更稳定的监测。这些传感器将遍布油井和油藏,实时采集各种关键数据,为智能采油提供坚实的基础。同时,自动化控制技术将借助物联网技术,实现采油设备的远程监控和智能调度。5G通信的高速、低延迟特性将使得这一过程更加流畅、高效。数据分析技术则将对海量数据进行深度挖掘,提取有价值的信息,为决策支持提供科学依据。这种多技术的深度融合,将使得智能采油技术更加智能化、自动化,提高采油效率和安全性,降低人为干预和成本^[4]。

4.2 智能化与绿色化协同发展趋势

在环保要求日益严格的背景下,智能采油技术将助力实现绿色开采。通过智能控制,可以精确调整采油设备的运行状态,降低能耗,减少不必要的浪费。例如,智能抽油机可以根据油井的实际生产情况,自动调整冲次和抽汲深度,使得抽油过程更加高效、节能。同时,智能监测技术可以实时监测油井周边的环境参数,及时发现并处理潜在的污染问题。通过智能控制污染物排放,可以减少对环境的负面影响。此外,智能采油技术

还可以应用于废弃物的处理和回收利用,实现资源的循环利用。这种智能化与绿色化的协同发展,将使得智能采油技术更加环保、可持续。

4.3 面向复杂油藏开采的技术创新趋势

针对深层油藏、页岩油藏等复杂油藏,智能采油技术将展现出强大的创新力。通过高精度的地震勘探和成像技术,可以准确识别油藏的位置和分布,为开采提供科学依据。同时,智能钻井技术和完井工艺的应用,将提高钻井的成功率和效率,降低开采难度。针对页岩油藏等非常规油藏,智能压裂技术将实现更精确、更高效的压裂作业,提高油藏的渗透性和产量。这些技术创新将使得智能采油技术在复杂油藏开采中发挥更大的作用^[5]。

结束语

随着科技的飞速发展,智能采油技术正不断迈向新的高度。多技术融合、智能化与绿色化协同、面向复杂油藏开采的技术创新等趋势,将共同推动智能采油技术的全面升级。未来,智能采油技术将更加智能化、自动化,提高采油效率和安全性,同时注重环保和可持续性,实现绿色开采。针对复杂油藏的开采难题,智能采油技术将展现出强大的创新力,为油田开发带来革命性的变革。展望未来,智能采油技术将持续引领油田行业向更加高效、环保、智能的方向发展。

参考文献

- [1]李根生,宋先知.田守嶂智能钻井技术研究现状及发展趋势[J].石油钻探技术,2020,48(1):1-8.
- [2]刘卓.国内外数字油田技术发展趋势及策略[J].石油科技论坛,2020,39(4):62-67.
- [3]李传伟.基于无线传感器网络的石油钻机设备远程监控系统的设计与实现[J].西北工业大学学报,2020,31(2):159-165.
- [4]曹润欣.油气开发中采油工程方案的应用思考[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(23):31-33.
- [5]杨毅.采油工程面临的问题与治理措施[J].化学工程与装备,2023,(08):150-152.