

# 智能分注分采技术在油田中的应用与经济性评估

王 青 孙成斌 刘 蕾 李晶秋 刘路标

(中国石化胜利油田分公司河口采油厂, 山东 东营 257000)

**摘要:**本文探讨了智能分注分采技术在油田中的应用及其经济与环境效益。该技术通过精准控制注采过程, 提升油田采收率、降低生产成本, 并减少能源消耗和环境污染。研究显示, 智能分注分采技术不仅优化了油田开发效率, 还推动了绿色可持续发展。随着技术的不断进步, 未来将实现更高效、智能化的油田管理, 推动油田行业的可持续发展和能源转型。

**关键词:**智能分注分采; 油田开发; 经济效益; 环境效益

## 1 引言

随着全球能源需求的不断增长, 石油资源的开采面临着越来越多的挑战。传统的油田生产技术在生产效率和经济效益方面开始出现瓶颈, 迫切需要创新技术来提高油田的开发潜力。智能注采技术作为油田开发的一项新技术, 通过实现高效的自动控制和精确的数据监测, 可以显著提高油田产量, 优化油田生产管理<sup>[1]</sup>。本文旨在探讨智能分注分采技术在油田中的应用效果及其经济性评估。通过分析其技术原理、应用实践、经济性分析以及环境效益, 全面评估该技术对油田开发的推动作用, 为石油行业的技术创新提供参考。

## 2 智能分注分采技术概述

### 2.1 智能分注分采技术概述

智能注采技术是一项集自动化、信息化和智能化于一体的石油开采技术。其基本原理是按液位和时间精确控制注采井, 协调注采过程, 以优化油田生产计划, 提高油气采收率。该技术通常采用实时监控系统和自动控制器, 利用传感器和数据收集分析平台准确记录每口井的压力、流量和温度等参数, 以确保每口井的最佳生产条件<sup>[2]</sup>。

智能分注分采技术的关键技术包括数据采集与传输技术、智能算法优化技术及自动化控制技术。这些技术的结合, 使得油田生产可以根据实际情况灵活调整, 提高了注采过程的效率与稳定性。此外, 随着大数据、物联网等技术的发展, 智能分注分采技术在油田的应用不断深化, 推动了油田管理向智能化、精细化方向发展。

### 2.2 智能分注分采技术的核心技术

智能分注分采技术的核心之一是数据采集与监测

技术。通过安装在井口及井下的传感器, 实时获取注采井的各类数据, 如压力、温度、流量、油水比等。这些数据通过无线传输技术传送到中心控制系统, 为后续的分析与决策提供基础。高精度的数据采集使得对油井的状态监控更加细致, 从而实现对每口井的精准调节<sup>[3]</sup>。

另一个关键技术是智能算法优化技术。基于实时监测的数据, 系统通过大数据分析和机器学习算法, 对注采过程进行优化。智能算法能够自动分析油井的生产状态, 预测未来的产量变化, 并根据油田的动态情况调整注采方案。这不仅提高了生产效率, 还有效延长了油田的生命周期, 减少了人工干预的依赖。

最后, 自动化控制技术是实现智能分注分采的基础。该技术通过PLC(可编程逻辑控制器)和DCS(分布式控制系统)等自动化控制设备, 实时调节注采井的工作状态。自动化控制系统根据优化算法的输出, 精确执行各项操作, 如调整注入压力、流量以及采油速度等, 实现注采过程的自动化、精细化控制。自动化控制技术不仅提高了油田的生产效率, 还有效降低了人为操作带来的风险。

### 2.3 相关技术的发展趋势

智能分注分采技术发展的趋势主要体现在信息技术与智能化的深度融合。随着大数据、人工智能和物联网的快速发展, 油田智能化程度不断提高。未来, 更先进的数据分析和人工智能算法将被应用到注采优化过程中, 更准确地预测油田产量变化, 自动调整注采策略, 进一步提高采油效率, 降低成本。

智能自动化设备在未来也将发挥重要作用。传统的油田自动化设备正逐步向更高的智能化方向发展, 借助机器学习和深度学习算法, 设备可以进行自我诊

断和自我维护，提高设备的稳定性和可靠性。同时，无人机、机器人等新型自动化设备将在油田检测、监控和维护中发挥更大作用，进一步提高油田自动化水平。

### 3 智能分注分采技术在油田的应用实践

#### 3.1 智能分注分采技术的应用案例

在国内某大型油田的开发过程中，智能分注分采技术成功应用，显著提升了油田的采收率和生产效率。该油田原本采用传统的注采技术，随着油藏开发的深入，注采井的效率逐渐下降。为了解决这一问题，油田公司引入了智能分注分采技术，通过实时数据采集、自动控制系统以及优化算法，实现了注采过程的精确管理。

具体来说，在个注采井中安装智能传感器，实时监测井口温度、压力和流量等关键数据。这些数据通过无线通信系统传输到中央控制系统，利用大数据分析和智能算法动态调整油井的生产条件。根据每口井的不同情况，系统可以自动调整注采流量和压力，并在不同水平和阶段进行注采优化，使每口井都能达到最佳生产条件。

在该技术的应用下，油田的采油效率明显提高。根据统计，经过智能分注分采技术的优化，油田整体采收率提升了约8%，并且生产成本减少了15%。此外，油田的环境污染也得到了有效控制，油田的注采过程更加环保、可持续。

这一应用案例表明，智能分注分采技术不仅能够显著提高油田的生产效率，还能降低成本，延长油田的生命周期，对油田开发具有重要的经济和环境意义。

#### 3.2 技术应用的实施过程

智能分注和分采技术的实施始于设备的选择和安装。在这一过程中，油田必须根据地质条件和生产要求选择合适的传感器、自动化和控制系统以及数据采集平台。这些设备必须安装在关键的注水井和采油井位置，并且与油田现有的生产系统兼容。在安装过程中，技术人员将对每个传感器的安放和调试进行细致的工作，以确保数据采集的准确性和系统运行的稳定性。同时，监测系统和数据传输网络也需要进行全面测试，确保信号传输稳定无误。

在设备安装完成后，进入系统调试与运行阶段。这一阶段的关键任务是确保数据采集系统、优化算法和自动化控制系统能够顺利协调工作。通过调试，系统能够根据实时数据动态调整注采过程，如控制注入压力、流量及采油速率等参数。在实际运行中，系统

会根据油井的实际情况进行自适应调整，最大化提高采收率。此时，技术团队还需对系统进行持续监控，及时发现并解决问题，确保技术的稳定应用。同时，操作人员需要进行相关培训，熟悉技术使用和应急处理流程。

#### 3.3 应用中的问题与解决方案

在使用智能分注分采技术时首先要解决的问题是系统的稳定性和适应性。由于油田地质条件复杂，任何单一的控制模式都无法满足所有油井的要求。一些井口的生产条件会发生快速变化，导致传感器数据波动较大，影响系统的精确控制。要解决这个问题，可以通过优化传感器的选择和布置来提高数据采集的准确性，并利用机器学习算法来提高系统的适应性，自动确定和调整不同油井的生产计划。

另一个问题是设备维护和升级。智能分注分采系统使用了大量高精密设备，长时间运行会导致硬件故障和性能低下，影响整体效率。为解决这一问题，油田需要建立定期检修和维护机制，利用远程监控技术实时跟踪设备状态。同时，系统需要定期升级，以确保与新技术和新设备的兼容性。结合大数据分析技术，提前发现设备的潜在问题，提前采取措施降低故障率。

最后，人员操作水平与技术接受度也是应用中的挑战。为此，应通过系统培训提升操作人员的技术水平，同时通过简化操作界面，使其更加直观易懂，提高技术接受度和应用效率。

### 4 智能分注分采技术的经济性评估

#### 4.1 技术投入成本分析

智能分注分采技术的投入成本主要包括设备采购与安装费用、系统开发与调试费用以及人员培训和维护成本。设备采购成本是一项相对较高的支出，涉及传感器、自动化和控制设备以及数据收集平台等硬件的选择和采购。根据油田的规模和技术要求，设备采购成本可能占总投资的很大一部分。在安装过程中还必须考虑与油田现有生产系统的兼容性，设备调试和安装可能会产生额外费用。此外，系统开发费用包括对现有系统的升级以及定制化的软件开发，使其更好地适应油田的具体需求<sup>[4]</sup>。

在技术投入后的运行阶段，维护成本也不可忽视。设备需要定期进行检查、保养和更新，保证其长期高效运行。维护过程中，除了设备本身的保养费用，还包括技术支持人员的投入以及系统更新的费用。油田还需要建立完善的监控与运维机制，防止设备故障影响生产进度。

## 4.2 成本效益分析

智能分注分采技术的应用虽然在初期需要较高的投入，但从长远来看，其成本效益是显著的。首先，提高采收率是最直接的经济效益。通过智能化控制系统对油井的精准调控，能够提高油田的整体采收率。根据实践案例，智能分注分采技术的应用可使油田采收率提高约8%，这意味着在同等油藏条件下，可以获取更多的石油资源，直接提升产值。

在此基础上，智能分注分采技术的应用能够有效降低生产成本。通过精确控制注采过程，减少了能源的浪费，优化了注采方案，减少了对人工的依赖。系统自动化和智能化减少了人工干预和错误操作，从而降低了人力成本及人为损失。

最后，延长油田使用寿命也是该技术的一大优势。通过优化注采过程，减缓了油田资源的过度消耗，有效延长了油田的生命周期，推迟了开发后的封井时间。此外，环保效益也不容忽视，智能化控制使得生产过程更加环保，符合绿色可持续发展的要求。综上所述，智能分注分采技术能够带来可观的长期效益，具有较强的成本回收能力和经济可行性。

## 4.3 技术投资回报期与风险评估

智能分注分采技术的投资回报期取决于企业的规模、投资额和引进技术后产量增加的时间。总体而言，技术实施的投资成本如下。特别是实施、安装和实施、系统优化和人员培训的费用，以及回报期。在实施初期，根据技术的使用情况，可设定为2至5年。技术的应用能够显著提高油田的采收率，降低运营成本，提高其盈利能力。随着技术的深入应用，生产效益逐步显现，油田的经济回报也会不断增长，最终达到投资回收的平衡点。然而，智能分注分采技术的实施也伴随以下几点风险。

①技术适应性风险。由于油田地质条件复杂，某些井口的生产状况可能无法完全符合预期的优化效果，影响采收率的提升。

②设备故障风险。高精度设备在长期运行中可能出现故障，导致系统停运和生产中断，增加维修成本。

③市场价格波动风险。石油市场的价格波动可能对油田的经济效益产生影响，进而影响投资回报。

因此，在实施前，需要进行全面的风险评估与应对策略制定，以降低潜在的负面影响。

## 4.4 智能分注分采技术的环境效益

智能分注分采技术在提升油田采收率和生产效率的同时，具有显著的环境效益。首先，减少能源消耗

是其主要贡献之一。通过精确控制注采过程，该技术能够优化注入流量和采油速度，避免了不必要的能源浪费，降低了油田整体的能源需求。精准的注采控制使得油田在保持产量的同时，大幅减少了能源消耗，进而降低了碳排放，推动了油田生产的绿色转型。

其次，智能分注分采技术有助于减少环境污染。在传统油田开发中，过量的注水和不恰当的采油方法会导致地下水污染、土壤退化和生态破坏。然而，智能注采技术通过精确控制注水量和采油量，可以有效避免这些问题。此外，该技术的高效率还能延缓油田的开发周期，减轻资源过度开采对生态系统造成压力。

综上所述，智能分注分采技术不仅提高了油田的经济效益，也通过降低能耗和污染，促进了绿色可持续的油田开发。

## 5 结论与建议

智能分注分采通过精确控制注采过程，可以大幅提高油田采收率，降低生产成本，减少能源消耗和环境污染，带来显著的经济效益和环境效益。该技术的应用不仅提高了油田开发的效率，还促进了油田开发过程的绿色可持续发展。

人工智能、大数据和物联网技术的进一步发展将使智能分注分采技术更加智能和精密，使其能够更准确地应对复杂油藏条件下的生产挑战。与此同时，日益增长的环保需求也将促进该技术的不断创新，使油田开发朝着更环保、更智能的方向发展。

展望未来，随着人工智能、大数据和物联网技术的进一步发展，智能分注分采技术将更加智能化和精细化，能够更精准地应对复杂油藏条件下的生产挑战。同时，环保要求的不断提升也将促进这一技术的持续创新，推动油田向更加绿色、智能的方向发展。在能源转型和可持续发展的背景下，智能分注分采技术将发挥越来越重要的作用。

## 参考文献：

- [1] 余婷. 中高渗油藏高含水阶段智能分注分采精准挖潜技术及应用 [J]. 内蒙古石油化工, 2024, 50(02): 91-95.
- [2] 罗云龙. 渤海油田智能分注分采效果评价指标及方法研究 [D]. 东北石油大学, 2022.
- [3] 罗云龙, 卢祥国, 曹豹, 等. 智能分注分采技术改善水驱开发效果评价方法 [J]. 油气地质与采收率, 2021, 28(02): 119-126.
- [4] 赵仲浩, 杨万有, 罗昌华, 等. 海上油田多功能压控式智能分采工艺技术研究 [J]. 石油机械, 2018, 46(01): 92-95.