

基于人工智能的油气水处理工艺仿真研究

刘国庆

中石化石油工程设计有限公司, 山东 东营 257100

DOI: 10.61369/SSSD.2025060010

摘要 : 人工智能技术的快速发展和应用领域的不断扩展, 改变了传统油气水处理工艺方式, 使之更加高效、精准和节约, 本文将基于人工智能, 从油气水处理工艺仿真相关概述及技术特点分析入手, 对其进行深入研究, 不断提高油气水处理工艺技术水平。

关键词 : 人工智能; 数据分析; 油气水处理工艺; 精准; 仿真

Research on Oil and Gas Water Treatment Process Simulation Based on Artificial Intelligence

Liu Guoqing

Sinopec Petroleum Engineering Design Co., Ltd., Dongying, Shandong 257100

Abstract : The rapid development of artificial intelligence technology and the continuous expansion of its application fields have changed the traditional oil and gas water treatment process, making it more efficient, accurate and economical. Based on artificial intelligence, this paper will start with an overview of oil and gas water treatment process simulation and an analysis of its technical characteristics, conduct in-depth research on it, and continuously improve the technical level of oil and gas water treatment processes.

Keywords : artificial intelligence; data analysis; oil and gas water treatment process; accuracy; simulation

引言

现阶段, 随着社会经济的不断发展和人们生活水平的不断提高, 能源需求量逐渐加大, 在加大油气资源开发的同时, 需要重点关注油气水处理工艺的先进性和智能化。在油田的日常生产中, 油气处理工艺作为一项能耗较大的环节, 技术质量高低直接影响到总体效益, 传统的油气水处理工艺设计中较为依靠经验和单一处理方法, 随着油田开发产业改革深化, 油气水处理工艺技术需要跟随时代的发展和科技的力量进行更新, 如何推广和应用高效节能油气水处理工艺技术, 成为一项热门课题内容。

一、油气水处理工艺仿真相关概述及技术特点分析

(一) 概述

在油田开发全生命周期中, 油气水处理工艺作为保障生产安全的核心技术环节, 同时承担着实现环境保护目标与资源高效利用的双重使命。传统处理模式受地质条件复杂性、开采阶段动态性及流体物性异质性等多维因素耦合影响, 普遍存在处理成本高企、安全风险累积及环境合规性不足等突出问题^[1]; 与之相比, 工艺仿真技术借助人工智能技术对各类工况加以模拟, 能够为工艺设计、参数优化、设备选型、故障诊断等工作提供可靠的理论基础和数据支撑, 进而降低试验开支、缩减研发周期, 并提高工艺运行的稳定性与经济性, 随着资源产业的快速发展, 对油气水工艺的处理要求更加严格, 人工智能技术的出现和不断更新, 可以促使传统工艺向智能化工艺和精细化工艺发展, 从而有效实现油气水处理工艺仿真技术的创新。

(二) 技术特点分析

1. 集成化

油气水处理工艺仿真突破了传统的仅限于某种单一单元的模拟方式, 将油气水分离、过滤、净化和输送等各个工艺流程有机地集成到同一个仿真平台中, 使各个单元之间可以实现信息的交流互通, 并且实现了所有涉及工艺过程的实时数据采集、传输和处理等功能, 以真实地呈现出整个过程的物料衡算、能量衡算和各种参数之间的关系^[2]。

2. 智能化

借助人工智能技术, 油气水处理工艺仿真系统形成了集智能决策、动态优化于一体的智能算法+专家知识库的仿真模型, 利用智能化建模方式构建过程模型, 使仿真系统可依据用户输入的参数值及工艺边界条件自动生成工艺流程的最优计算路径和最优模型参数, 用于实现对工艺流程的动态仿真模拟^[3]; 同时, 在仿真运行过程中自动完成对仿真模拟结果的解析与评估, 并分析判

定出工艺运行存在的问题，自动生成针对性的优化措施。

3. 可视化

基于人工智能技术，油气水处理工艺得到了可视化呈现，运用人工智能技术搭建出较为完善的工艺直观化信息展示架构，集成了三维建模技术、动态可视化渲染技术、交互式智能分析技术，能够将工艺运行过程中的相关抽象数学模型和监测数据转换成现实具体的图形图像和动态动画等表现形式，清晰地显示油气水进入处理系统后的流动路径、浓度梯度分布情况和设备运转状态等情况^[4]；此外，借助人工智能技术形成的智能可视化交互平台，可通过动态数字模型实现油气水处理系统各个处理单元之间的相互连接关系、物料通道以及系统的关键工艺参数状态随时间的发展变化情况的直接查询与判断^[5]。

二、传统油气水处理工艺存在的问题

(一) 处理效率低

在传统的油气水处理工艺体系内，目前普遍采用的是依托于工程经验进行的设计方法，无法准确量化该过程中的复杂的流体力学特性及多相化学反应机理，各个工艺处理流程的功能单元也难以实现协调匹配优化，例如：以油气水分离单元为例，传统的技术方案都是利用重力沉降的方式去除污水中的油类物质，而在实际工作中需要处理一些具有较强的分散性和乳化的油泥污水处理时，由于油滴粒子与表面张力等作用力的影响，将大大地影响到其处理效果^[6]。同时，在油气水处理运行参数优化上以经验为主的，在其动态下还没有建立根据来液物性变化的智能化调节方式，不能及时调整当前原油乳化程度的变化导致外界条件发生变化，随着来液混合物的流量、温度、含油量等关键工艺参数的实际波动，需要对现有装置控制系统的处理强度和工况精准匹配。

(二) 能耗高

传统油气水处理技术的高耗能问题是自身处理机理决定的，在采取的传统非智能化能源控制手段下，导致传统工艺能耗较大的特点是十分明显的：比如在油水分离方面，原油黏度下降是影响分离效果的主要因素，热力学升温和液化天然气温度调节均可在一定范围内达到降低黏度的效果，但是能量传递的过程中必然有损耗^[7]；高压过滤设备为克服多孔介质的阻力，必须维持稳定的压差，这种持续的能量输入在低负荷时易形成浪费。

(三) 运营成本高

传统的油气水处理工艺在运营过程中耗费较高，这主要体现在三个方面。其一，药剂消耗方面的成本居高不下。为了让处理后的油气水达到既定标准，传统工艺通常需要大量投放破乳剂、絮凝剂、杀菌剂等化学药剂。但药剂的选型与投放量大多依靠经验来确定，这就很容易出现投放过量的情况，这不仅会使成本增加，还可能对后续的处理环节造成不良影响^[8]。其二，设备维护所需的成本较为高昂。传统工艺所使用的设备结构繁杂，易损坏的部件数量较多，而且设备是在较为恶劣的工况下运行的，因此容易出现腐蚀、磨损、堵塞等故障，这就需要对设备进行频繁的维修和部件更换，进而导致维护成本上升^[9]；其三，人工方面的

成本较高，传统工艺的操作与监控工作主要由人工来完成，这就需要配备较多的操作人员，他们负责进行参数监测、设备调节以及故障处理等工作，大量的人力投入使得人工成本难以降低。

三、基于人工智能的油气水处理工艺仿真技术分析

(一) 构建人工智能算法模型，提高工艺处理效果

在油气水处理工艺实施过程中，存在着复杂的物理与化学变化，涉及温度、压力、流量、水质成分等多项参数，且这些参数之间呈现出非线性、强耦合的关联特征，传统机理模型通常难以精准捕捉此类复杂关系，而人工智能算法凭借其出色的学习与拟合能力，能够有效应对这一难题，常见的人工智能算法有神经网络、支持向量机、决策树、随机森林等，其中，神经网络具备强大的非线性映射能力，通过多层神经元的连接，可对输入的工艺参数与输出的处理效果之间的复杂关系进行建模^[10]，在油气水处理工艺仿真时，可将历史工艺运行数据，比如不同温度、压力条件下的处理后水质指标等，作为训练样本输入神经网络，借助反向传播等算法持续调整网络参数，使模型能够准确预测不同工艺条件下的处理效果。

(二) 建立数据驱动的工艺优化决策机制，优化工艺流程

在油气水处理工艺里，数据贯穿于整个处理流程，涵盖原料性质数据、工艺操作参数数据、处理效果数据等多个方面，这些数据中蕴含着工艺运行的规律以及潜在的优化空间，借助建立数据驱动的决策机制，能够充分挖掘这些数据的价值，实现工艺的持续优化，其一，要构建完善的数据采集体系。通过在油气水处理设备上安装各类传感器，实时采集温度、压力、流量、液位、水质等关键参数，并将这些数据传输至数据中心进行存储和管理，与此同时，还需收集历史运行数据、设备维护数据等，形成全面且系统的数据库，为决策机制的建立提供数据支持^[11]；其一，运用数据挖掘技术对所收集的数据展开深入剖析。借助关联分析，探寻不同工艺参数之间的内在关联，以及工艺参数与处理效果之间的关联规律；借助聚类分析，将具有相似特征的工艺运行状态加以分类，为工艺优化提供具有针对性的方案；利用趋势预测分析，预判工艺参数和处理效果的变化趋向，提前采取调整举措，防止工艺出现波动；其三，借助人工智能技术对仿真过程中生成的海量数据进行实时解析，辨别出影响工艺性能的关键参数及其敏感程度。通过遗传算法、粒子群优化等智能优化算法，在仿真模型中对关键参数进行寻优，确定最优的操作条件组合，例如药剂投加量、温度、压力等，从而达成处理效率最大化、能耗最小化等目标；

(三) 开发智能化工艺监控与故障诊断系统，实现全方位

传统油气水处理工艺的监控模式主要依赖于人工周期性巡检与基础仪表的离散式监测，这种模式普遍存在数据采集滞后、监测维度单一、异常响应迟缓等局限性，难以满足现代工业对工艺安全与运行效率的严苛要求，相比之下，智能化工艺监控体系通过融合多类型传感器技术、物联网架构及机器学习算法，构建了覆盖全工艺链路的实时感知与智能分析平台^[12]；这类智能化的

工艺监控与故障诊断系统，能够在油气水处理设备的关键部位安装高精度传感器，实时采集温度、压力、流量、振动、浓度等参数，并将这些参数即时传送至监控中心。监控中心的人工智能算法会对这些数据展开实时分析与处理，进而构建出工艺参数的正常运行范围模型。

系统监测到任一关键工艺参数偏离预设安全阈值时，将立即触发多级预警机制，通过声光报警与移动终端推送等方式通知操作人员介入处理，在故障智能诊断环节，系统基于深度学习框架构建的故障预测模型，对海量历史故障数据的特征提取与模式识别训练，快速给予故障类型、故障位置及故障原因，例如，当系统监测到泵的振动值异常升高时，结合历史故障数据中泵叶轮磨损、轴承损坏等故障的特征参数，可迅速诊断出可能的故障成因，并提供相应的维修建议。

（四）建设虚实结合的数字孪生平台

数字孪生平台以实体油气水处理系统为参照原型，依托三维建模、传感器数据采集、人工智能算法等技术手段，在虚拟空间中搭建出一个与实体系统同步运转的数字模型，这一数字模型可以实时呈现实体系统的运行状态、工艺参数、设备性能等信息，进而实现实体系统与虚拟模型之间的实时交互及数据共用，在油气水处理工艺仿真领域，数字孪生平台能够模拟原料性质改变、工艺参数调整等多种工况条件，进而预测工艺的运行成效及可能

出现的问题，在虚拟模型中开展大量仿真实验，可为工艺的设计、优化与改造提供可靠参考，降低实际试验的成本与风险，举例来说，测试新工艺参数时，可先在数字孪生平台进行模拟，观察不同参数组合下的处理效果，像处理后的水质指标、能耗等，从中筛选出最优参数组合，再将其应用于实际物理系统，以此提升工艺优化的效率与精准度；

与此同时，数字孪生平台还能实现对油气水处理系统的全生命周期管理，从系统的设计、建设、运行，到维护乃至报废，数字孪生平台都可进行全程跟踪与记录。在运行阶段，虚拟模型借助实时采集的物理系统数据及时更新，准确反映系统的老化、磨损等状态变化，为设备的维护保养提供精准的预测与规划。

四、结语

综上所述，传统油气水处理工艺能耗大、污染大，不符合当前国家和社会对资源开发的可持续发展战略要求，因此，随着全球能源需求增加以及环境污染问题的恶化，大力优化和选用更先进、智能化的油气水处理工艺是必然选择，基于人工智能技术，实施仿真工艺可以实现工艺的精确性和动态性，提高处理效率、减少成本投入，实现资源的合理运用。

参考文献

- [1] 牛鹏涛, 杜渐, 潘诗元, 等. 基于机器学习的油气水三相混输管道起点压力预测 [J]. 油气田地面工程, 2025, 44 (02): 36–41+48.
- [2] 王福昌, 谈涛, 高阳, 等. 漏失及油气水侵严重长封段致密油气井一次上返固井技术 [J]. 石油钻采工艺, 2024, 46 (03): 292–297+316.
- [3] 邓翔天. 油气水多相流相含率超声测试优化方法研究 [D]. 武汉科技大学, 2024.
- [4] 汉继程, 官自超, 王伟杰, 等. 某海底油气水混输管道内腐蚀风险分析与控制建议 [J]. 涂层与防护, 2024, 45 (02): 5–9+46.
- [5] 苏茜, 邓翔天, 刘振兴. 油气水三相流相含率超声测试模型优化 [J]. 化工进展, 2024, 43 (02): 791–799.
- [6] 彭琴, 刘斌, 刘春艳, 等. 考虑油气水三相流的水平井产能计算新方法 [J]. 复杂油气藏, 2023, 16 (04): 444–448.
- [7] 苏茜, 夏志飞, 刘振兴. 基于RBF的油气水段塞流流型超声识别方法 [J]. 化工进展, 2024, 43 (02): 628–636.
- [8] 牛永斌, 荆楚涵, 邵威猛, 等. 生物扰动油气水储层的研究现状及展望 [J]. 沉积学报, 2023, 41 (06): 1934–1953.
- [9] 符强, 谭忠健, 李鸿儒, 等. 基于气测与地化多参数组合的录井油气水解释模型 [J]. 录井工程, 2023, 34 (02): 65–71.
- [10] 李雪莹. 基于深度学习的油气水多相管流量预测研究 [J]. 油气田地面工程, 2023, 42 (06): 14–19.
- [11] 张李娜. 油气水三相流在线分离与流态辨识方法研究 [D]. 东北石油大学, 2023.
- [12] 徐念念. 浅谈油气水分离处理工艺流程及技术探讨 [J]. 清洗世界, 2022, 38 (03): 23–24.