

# 基于人工智能的油气田智能化采油气监控系统

## 应用及经济效益

宋守翔 王高标 (华东油气分公司采油气工程服务中心, 江苏 泰州 225399)

**摘要:** 本文研究了人工智能技术在油气田智能化采油气监控系统中的应用, 并评估了其经济效益。通过引入先进的人工智能算法, 如机器学习和深度学习, 对采油气过程中的大数据进行分析和处理, 从而实现对油气田操作的优化。研究表明, 采用智能化监控系统提高了油气田的生产效率, 还显著降低了操作成本, 对提升油气田的经济效益具有重要意义。文章从技术实施、系统优化、经济效益评估等方面进行详细探讨。

**关键词:** 人工智能; 智能化监控; 油气田自动化; 经济效益; 机器学习

随着全球能源需求的增加以及石油天然气资源的日益紧张, 油气田企业面临着越来越大的挑战, 传统的油气田采油气技术由于其高成本和低效率的特点, 已经逐渐不能满足现代油气田的生产需求, 为了提高生产效率并降低成本, 利用人工智能技术对油气田进行智能化改造成为一种必然趋势。本文详细探讨人工智能在油气田采油气监控中的应用, 及其带来的经济效益。

### 1 技术实施

#### 1.1 数据采集

在油气田智能化监控系统的架构中, 数据采集是至关重要的环节, 其有效性直接影响着后续的数据处理、分析及决策的质量和效率。在油气行业, 数据采集依赖于众多传感器和采集装置的精准布置和高效运行, 这些设备分布于油井、气井、输油气管线、压缩站和泵站等关键环节, 实时监测关键参数如温度、压力、流量及化学成分等。例如, 在油田中, 每个油井配备了压力、温度和流量三种类型的传感器, 每种传感器每小时收集一次数据, 表 1 是油井数据:

表 1 油井数据采集

油井编号	压力 (bar)	温度 (°C)	流量 (m <sup>3</sup> /h)
1	150	75	100
2	152	77	105
3	145	70	95
4	147	72	100

对于气井, 数据采集也包括压力、温度和流量的监控。此外, 还会监控如气体组分和水含量等特定参数, 这些数据对于气井的运营至关重要。表 2 展示了气井数据:

表 2 气井数据采集

气井编号	压力 (bar)	温度 (°C)	流量 (m <sup>3</sup> /h)	气体组分 (%)
A	180	60	200	98.5
B	175	65	190	99
C	165	55	180	97.8
D	170	58	185	98.3

数据的有效性与精确性是通过数据质量控制流程来保证的。该流程包括数据验证和清洗步骤, 确保数据准确无误且适合进一步分析。例如, 数据清洗过程中会排除那些明显偏离正常范围的数据点, 如温度超过设备规定的最大工作温度<sup>[1]</sup>, 在数据采集过程中, 关键性能指标 (KPI) 的计算通常依赖于收集到的数据, 例如, 平均日产量的计算可以通过以下公式进行:

$$\text{平均日产量 (m}^3\text{)} = \frac{\sum (\text{流量 (m}^3\text{/h)} \times \text{小时数})}{\text{油气井数量}}$$

这个公式帮助决策者理解整个油田的生产效率, 并对生产进行必要的调整。通过实时数据的持续监控, 系统可以即时发现任何可能的异常或效率下降, 从而迅速响应, 调整操作或进行维护。

数据采集系统的设计还必须考虑到数据的安全性和可靠性。采集的数据需要通过加密传输, 并在云端或本地服务器上备份, 以防数据丢失或被未授权访问, 数据的实时备份和恢复机制是保障油气田监控系统连续运行的重要组成部分。

#### 1.2 数据处理

在油气田智能化监控系统中, 数据处理环节对于确保操作的高效性和安全性具有至关重要的作用, 系统首先会从多个源头收集大量的数据, 这些数据量级

庞大，且结构复杂，涵盖从实时传感器数据到历史维护记录的各种信息类型，为了确保数据的有效性与可用性，必须对其进行彻底的预处理，过程中包括数据清洗、数据整合及数据转换三个关键步骤<sup>[2]</sup>。

数据清洗主要是去除收集过程中出现的错误和重复数据，如错误的读数或由于传输问题重复记录的数据。数据整合则是将来自不同数据源的信息进行合并，以形成一个全面的数据视图，支持更高层次的分析和决策。数据转换的目的是将原始数据转化为更适合分析的格式，比如将时间戳格式统一，或将连续的数值数据离散化，便于后续的模式识别或机器学习处理。

处理后的数据会被用于输入到各种机器学习模型中进行更深入分析。例如，可以使用时间序列分析来监测设备性能的变化趋势，通过建立设备的性能基线模型，并持续跟踪实际性能数据与预测数据的偏差，分析人员可以及时发现性能下降的趋势，从而预测潜在的设备故障。这种预测性维护策略极大提升了维护工作的时效性和精准性。此外，模式识别技术在数据处理过程中也发挥着关键作用。通过识别数据中的非典型模式，比如异常的压力波动，系统能够及时预警潜在的管线问题，如泄漏或堵塞，这些技术应用提高了监控系统的反应速度，也增强了油气田的整体安全性，表 3 是数据清洗前后对比，以及一些基于处理后数据的简单计算：

表 3 数据处理

数据 ID	原始压力 (bar)	清洗后压力 (bar)	原始流量 (m <sup>3</sup> /h)	清洗后流量 (m <sup>3</sup> /h)
1	152	150	110	105
2	151	149	111	106
100	145	145	100	95

对于模式识别和异常检测，假设标准差为  $\sigma$ ，平均值为  $\mu$  的简化公式可以表示为：

$$\text{异常检测} = |\text{数据点} - \mu| > 2\sigma$$

这个公式帮助识别那些偏离平均水平两个标准差以上的数据点，通常这样的波动被认为是异常的。

### 1.3 决策支持

智能化监控系统在油气田运营中的应用增加了对复杂数据的实时处理能力，进而提供精准的决策支持，这些系统依赖于高度先进的机器学习模型，能够基于历史数据和实时输入预测设备的故障概率，优化维护计划，显著降低运营成本并提高生产效率。为了更好地阐述智能化监控系统的效益，可以构建一个简化的数据模型，该模型假设维护策略优化前后设备的故障率

和维护成本有明显变化，首先，定义故障率的预测和实际影响，通过引入预测模型精确度 (P)，实际故障率 (R)，以及由此引发的维护成本 (C)。可以建立如下的基本关系式：

$$C = f(P, R)$$

其中，(f) 是成本函数，取决于预测精确度和实际故障率。设 (P) 的提升直接影响维护成本的降低，我们可以具体化这个函数为：

$$C = \frac{R}{P} \times M$$

这里 (M) 是基础维护成本，这个成本是固定的，但总体成本随着预测精确度的提升而降低。以此为基础，表 4 展示了在不同的预测精确度下，设备的故障率和维护成本的变化情况：

表 4 设备的故障率和维护成本的变化情况

预测精确度 (%)	实际故障率 (%)	基础维护成本 (万美元)
70	10	5
80	9	5
90	8	5
95	7	5

从表 4 可知，随着预测精确度的提高，实际维护成本降低，这证明通过提高预测精确度可以有效降低因故障带来的经济损失，这种类型的数据支持系统能够显著提高油气田的运营效率。

在实际应用中，智能化监控系统利用机器学习算法不断从历史数据中学习，提高其预测的准确性。例如，系统通过分析过去的故障数据，可以预测出某个泵站的某部分在未来一周内有较高的故障概率。这种预测使得维护团队可以在故障发生前，计划在非高峰时段进行维修，不仅减少了对生产的影响，还优化了资源的使用，避免了在高峰时段的高额维护成本。

## 2 系统优化

系统优化在油气生产领域发挥着至关重要的作用，尤其是通过利用智能算法对生产过程进行控制和优化，显著提高了油气田的效率与可持续性。这种优化策略通常依赖于深度学习模型，这些模型能够处理复杂的数据集，实时监控油井产量和设备状态，并据此自动调整采油策略。通过这种方式，可以最大化资源的有效利用，同时最小化操作过程中的环境影响<sup>[3]</sup>。

智能化系统不仅仅局限于监控和调整油井产量，它还包括了能源管理的重要方面，即通过精细调控能源消耗来降低整体能耗，这一过程涉及对各种能源输入（如电力、燃料等）的优化配置，确保在满足生产

需求的同时,减少不必要的能源浪费。通过智能化控制系统可以实时分析能源使用效率,自动调整能源分配和消耗,从而达到降低成本和提高能源利用效率的目的,表5展示了系统优化的一些关键性能指标,包括在优化前后的产量、能耗等数据:

表5 系统优化的关键性能指标

油井 ID	优化前产量 (桶/天)	优化后产量 (桶/天)	优化前能耗 (千瓦时)	优化后能耗 (千瓦时)
A01	800	1000	1500	1200
B02	650	830	1200	900
C03	700	900	1300	1000

为了定量评估系统优化的效果,可以使用以下公式计算“产量效率提升率”和“能耗降低率”:

$$\text{产量效率提升率} = \left( \frac{\text{优化后产量} - \text{优化前产量}}{\text{优化前产量}} \right) \times 100\%$$

$$\text{能耗降低率} = \left( \frac{\text{优化前能耗} - \text{优化后能耗}}{\text{优化前能耗}} \right) \times 100\%$$

这些计算不仅帮助油田管理者理解优化措施的具体效益,还提供了关键数据支持,以便进行未来的决策和策略调整。通过这种数据驱动的方法,可以确保油气生产过程更加高效,环保,同时降低成本,增强竞争力。

整个系统优化过程中,智能化技术的运用极大提高了操作的自动化水平,降低了人为错误的风险,增强了生产过程的可控性和可预测性。此外,系统优化还通过实时数据分析,为生产过程中的突发事件提供了快速响应能力,进一步保障了生产安全和设备完整性。

### 3 经济效益评估

经济效益评估是衡量智能化监控系统在油气田应用中价值的关键指标。通过实施这些系统,油气田的运营效率 and 安全性得到显著提升,还在经济层面实现了多方面的利益增加,这种智能化技术通过优化操作流程、减少人力需求、降低意外停工的频率及损失,极大改善了油气田的生产与管理效率<sup>[4]</sup>。

据初步统计,智能化监控系统的实施可以为油气田带来成本节约在10%至30%之间,同时生产效率可以提升20%以上,这种成本节约主要来自于减少的人力投入和更低的运维成本,而生产效率的提升则源于对生产过程的实时优化和更高的设备运行效率。具体而言,智能化系统能够通过实时数据分析,精确调整设备运行参数和生产流程,减少能源浪费,提高原油和天然气的提取率,表6展示了智能化监控系统实施前后油气田的运营成本和生产量的具体变化:

表6 油气田的运营成本和生产量的具体变化

油气田 编号	实施前年度 运营成本 (百万美元)	实施后年度 运营成本 (百万美元)	实施前年产量 (千桶)	实施后年产量 (千桶)
1	50	35	1000	1200
2	30	21	600	720
3	45	31.5	850	1020

为了定量分析智能化系统的经济效益,可以使用以下两个公式计算“成本节约率”和“生产效率提升率”:

$$\text{成本节约率} = \left( \frac{\text{实施前年度运营成本} - \text{实施后年度运营成本}}{\text{实施前年度运营成本}} \right) \times 100\%$$

$$\text{生产效率提升率} = \left( \frac{\text{实施后年产量} - \text{实施前年产量}}{\text{实施前年产量}} \right) \times 100\%$$

以上公式为油气田管理者提供一个量化工具来评估智能化监控系统的实际影响,也揭示了通过技术革新带来的直接经济利益。经过系统的实施,油气田在安全性和运营效率上有了显著的提升,其经济效益也得到实质性的增长,这种通过智能化系统带来的成本优化和产量提升,明确表明了现代化技术在传统能源行业中的重要价值和潜力。此外,随着全球能源需求的不断增长和环境保护的压力加大,这种技术的推广将可能成为行业转型和升级的关键因素,带来更广泛的社会经济效益。

### 4 结束语

人工智能的高度集成极大提高了油气田的操作效率和安全性,还通过智能化的决策支持系统优化了资源的配置和管理,降低了环境风险。此外,智能化监控系统的实施成本虽然较高,但长远来看,其带来的经济效益远超过初始投入。通过实时数据分析,这些系统能够预测设备故障,减少非计划的停工时间,还能够在减少资源浪费的同时增加油气产量,从而保障了投资的高效回报。

#### 参考文献:

- [1] 罗京,李金蔓,李权,等.基于云计算的海上油气田智能化管理平台设计[J].工业加热,2023,52(12):66-70+78.
- [2] 檀朝东,刘合,高小永,等.中国陆上油气田生产智能化现状及展望[J].前瞻科技,2023,2(02):121-130.

#### 作者简介:

宋守翔(1996.11-),男,汉族,青海西宁人,本科,研究方向:油气田自动化。

王高标(1992.11-),男,汉族,陕西渭南人,大专,技术员,研究方向:页岩气压裂试气。