

修井作业现场视频 AI 智能监控技术在违章行为识别与远程监督中的应用

王松涛

辽河工程技术分公司高升作业大队

DOI : 10.32629/jpm.v7i7.8993

[摘要] 修井作业安全性与高效性对油田的持续稳定生产具有重要意义。传统人工监控方式在修井作业现场存在诸多局限，难以满足日益增长的安全管理需求。随着人工智能技术快速发展，AI 智能监控技术在修井作业领域的应用逐渐兴起。本文研究视频 AI 智能监控技术在修井作业现场违章行为识别与远程监督中的应用，通过介绍该技术原理、发展历程及优势，阐述其如何实现对常见违章行为的精准识别，及远程监督的有效实施。实际应用案例表明，该技术显著提升修井作业的安全性与管理效率，为石油行业的智能化发展提供了有力支持。

[关键词] 修井作业；AI 智能监控；违章行为识别；远程监督

Application of AI-Based Video Monitoring Technology for Violation Detection and Remote Supervision in Well Repair Operations

Wang Songtao

Gaosheng Operation Team, Liaohe Engineering Technology Branch

[Abstract] The safety and efficiency of well repair operations are crucial for ensuring sustained and stable oilfield production. Traditional manual monitoring methods exhibit significant limitations in well repair sites, failing to meet growing safety management demands. With rapid advancements in artificial intelligence technology, AI-powered monitoring systems have gained increasing adoption in this field. This study examines the application of video-based AI monitoring technology for detecting violations and enabling remote supervision during well repair operations. By outlining the technical principles, developmental history, and advantages of this technology, it demonstrates how it enables precise identification of common operational violations and facilitates effective remote monitoring. Practical case studies confirm that this technology significantly enhances operational safety and management efficiency, providing robust support for the intelligent transformation of the petroleum industry.

[Key words] Well maintenance operations, AI-powered monitoring, violation detection, remote supervision

引言

修井作业作为石油开采过程中不可或缺的一环，承担着维护油水井正常运行、延长生产周期以及保障油田持续高产稳产的重要任务。传统的修井作业监控主要依赖人工巡检和视频回放的方式，存在诸多局限性。首先，人工巡检效率低下，难以实现全天候、全方位的无死角监控，尤其在夜间或极端天气条件下，巡检人员的劳动强度大且容易出现疏漏。其次，传统视频监控系统缺乏智能分析能力，面对海量的视频数据，人工值守难以做到实时报警和精准识别，导致潜在的安全隐患无法及时发现和处理。此外，修井作业现场环境复杂，高温、高湿度、粉尘等因素对监控设备的性能要求较高，传统监控方式往往难以适应这些苛刻条件，进一步限制其应用效果。本文旨在探索 AI 智能监控技术在修井作业现场的应用，以解决传统监控方式存在的不足，提升作业安全性和管理效率。

1. AI 智能监控技术基础

1.1 技术原理概述

AI 智能监控技术的核心在于视频分析、图像识别和深度学习等先进算法的有机结合。视频分析技术通过对连续帧的图像数据进行捕捉与处理，能够提取出目标物体运动轨迹、行为模式等关键信息。图像识别则进一步通过特征提取与匹配算法，将视频中目标物体分类并标记，实现对特定行为的检测与识别。深度学习为视频监控提供强大技术支持，卷积神经网络通过多层卷积核的堆叠学习图像高级抽象特征，显著提高违章行为识别准确率。此外，基于深度学习的目标检测算法能够在复杂场景下快速定位和识别多个目标对象，为修井作业现场多任务监控提供可靠保障。

这些技术的协同作用使得 AI 智能监控系统能够在修井作业现场实时分析视频流数据，并自动识别潜在的违章行为。

这种技术原理应用不仅提升监控效率，还为后续的远程监督与管理决策提供了坚实的数据支持。

1.2 技术发展历程

AI 智能监控技术在石油行业的应用经历从早期尝试到逐步成熟的发展过程。在 20 世纪末至 21 世纪初，随着计算机视觉技术兴起，部分石油企业开始探索将视频监控技术引入钻井和修井作业现场。然而，受限于当时硬件性能和算法水平，系统功能较为单一，主要依赖于人工值守对视频画面进行简单分析，难以实现真正智能化监控。进入 2010 年后，随着深度学习理论突破及计算能力的提升，AI 技术在石油行业的应用得到快速发展。特别是在修井作业领域，智能监控系统的研发逐步从实验室走向实际应用场景。

近年来，随着物联网、大数据和云计算等新兴技术普及，AI 智能监控技术在石油行业应用进一步深化。国内石油企业纷纷推进“智能油田”建设，将 AI 智能监控技术作为提升生产安全和管理效率重要手段。这一发展历程表明，AI 智能监控技术正逐步成为不可或缺核心技术之一，并在修井作业领域展现出广阔应用前景。

1.3 技术优势分析

相较于传统人工监控方式，AI 智能监控技术在准确性、实时性和全天候工作能力等方面具有显著优势。首先，在准确性方面，AI 技术通过深度学习算法对大量历史数据的学习与训练，能够识别出人类难以察觉的细微特征，大幅降低误报率和漏报率。例如，在修井作业现场，AI 系统可以精准识别未佩戴安全帽、违规操作设备等违章行为，其识别准确率通常可达 90% 以上，远高于传统人工监控的水平。其次，在实时性方面，AI 智能监控系统能够实时处理视频流数据，并在毫秒级时间内生成预警信息，为管理人员提供及时的决策支持。这种实时性优势在应对突发事故时尤为重要，可有效减少事故损失并保障人员安全。

此外，AI 智能监控技术具备全天候工作能力，不受光线、天气等环境因素影响。例如，在高温、高湿度或强沙尘等恶劣条件下，传统监控设备往往难以正常工作，而基于深度学习的 AI 系统则能够通过图像增强和噪声过滤算法，确保监控画面的清晰度和稳定性。同时，AI 系统自动化特性使其能够持续运行而无需人工干预，极大降低人力成本和劳动强度。这些优势使得 AI 智能监控技术成为修井作业现场安全管理的重要工具，为提升作业效率和管理水平提供了有力保障。

2. 违章行为识别

2.1 常见违章行为类型

修井作业现场由于涉及复杂操作流程和多样的设备使用，违章行为发生频率较高且种类繁多。常见的违章行为包括未佩戴安全帽、违规操作设备、人员离岗等。这些行为不仅对作业人员的生命安全构成威胁，还可能导致严重的安全事故，例如人员离岗和吸烟等行为也容易引发安全隐患，尤其是在需要持续监控的关键岗位上。因此，针对这些典型违章行为进行有效识别和监控，是提升安全管理水平重要环节。

2.2 AI 识别机制与算法模型

AI 智能监控技术通过先进的算法模型对修井作业现场的视频数据进行分析，从而实现违章行为的自动识别。其中，卷

积神经网络 (CNN) 作为一种深度学习算法，在图像识别领域表现出色，被广泛应用于视频智能分析系统中。此外，结合时间序列分析技术，AI 系统还能够捕捉动态行为变化趋势，进一步提高识别准确性。这种基于深度学习识别机制不仅能够实现实时分析，还可在处理海量视频数据时保持较高效率，为修井作业现场的安全管理提供强有力技术支持。

2.3 识别准确性与影响因素

AI 智能监控技术在违章行为识别方面其准确性仍受到多种因素的影响。首先，光线条件是影响识别效果重要因素之一。在低光照或强光照射条件下，摄像头采集的图像质量会显著下降，导致特征提取困难，降低识别准确率。其次，摄像头安装角度和位置也会对识别结果产生重要影响。此外，修井作业现场复杂环境，也会对硬件设备的性能造成干扰，进一步影响识别效果。为提高识别准确性，可从算法优化和硬件改进两方面入手。此外，结合多传感器融合技术，也可以弥补单一视觉传感器的不足，从而提高整体识别系统的准确性。

3. 远程监督实现

3.1 数据传输与存储

现场视频数据的实时传输是远程监督功能实现基础，其核心在于构建高效、稳定的数据传输网络。通过部署基于 5G 或工业以太网通信技术，可实现现场视频数据高速传输，确保数据在毫秒级延迟内完成从采集端到远程监督平台的传递。此外，为保障数据传输过程中的安全性与可靠性，常采用加密协议对视频流进行加密处理，防止数据被篡改或窃取。在数据存储方面，远程监控系统需设计分层存储架构，结合本地边缘存储与云端分布式存储方式，以满足不同场景下存储需求。本地存储主要用于临时缓存和关键数据快速调用，而云端存储则用于长期保存历史数据，并提供高可扩展性和容错能力。通过这种方式，不仅可降低网络带宽压力，还能确保数据在多节点备份情况下具备高可用性，为远程监督提供坚实的数据基础。

3.2 远程控制与应急响应

基于 AI 智能监控技术，远程控制系统能够通过实时分析现场视频数据，自动生成控制指令并传达至作业现场，实现对修井作业过程的精准干预。这一过程依赖于低延迟的通信网络和高精度的算法模型，确保指令传达的及时性和准确性。在应急响应方面，AI 智能监控技术通过集成多种传感器数据和实时视频流，能够在紧急情况下迅速启动预设的应急预案。这种快速响应机制显著提升了修井作业现场的安全管理水平，减少了因人为反应迟缓而导致的损失。

3.3 远程监督平台功能

远程监督平台作为核心应用载体，应具备多项核心功能，以支持管理决策和提升作业效率。首先，实时监控功能是平台的基础能力，通过集成多路高清视频流和传感器数据，管理人员可随时查看作业现场实时状态，并对关键环节进行重点监控。其次，违章预警功能利用 AI 算法对现场视频进行实时分析，一旦发现违章行为或安全隐患，系统将立即生成预警信息并推送至相关责任人，以便及时采取措施加以纠正。此外，历史数据查询与分析功能也是远程监督平台的重要组成部分，通过对历史视频、报警记录和其他运营数据深度挖掘，平台可生成各类统计报表和趋势图表，为管理层提供科学决策依据。最后，远程监督平台还应支持多用户协同操作和权限管理功能，

确保不同层级管理人员能够根据自身职责访问和操作相应模块,同时保障数据安全性和隐私性。

4.应用效果评估

4.1 实际案例分析

AI 智能监控技术在修井作业现场应用已取得显著成效,尤其在违章行为识别与远程监督方面。以某油田修井作业现场为例,该场地部署基于卷积神经网络算法的视频智能分析系统,并结合便携式视频监控终端及远程监控平台,实现对现场作业的实时监测与智能化管理。通过该系统,现场作业人员未佩戴安全帽、违规操作设备等典型违章行为能够被快速识别并触发报警机制。此外,系统还支持多区域集中数据采集与存储,为后续事故分析和责任追溯提供了重要依据。实际应用表明,该系统不仅有效降低人工巡检工作量,还显著提升现场安全管理的精细化水平。

分析还发现,该系统应用使得修井作业现场安全管理更加科学化和规范化。例如,在一次夜间作业中,系统成功检测到一名操作人员在未佩戴防护设备情况下接近高风险区域,并立即通过远程监督平台向管理人员发出预警信号。管理人员随即通过平台下达指令,及时制止潜在安全隐患。这一案例充分展示 AI 智能监控技术在复杂环境下适应性和可靠性,同时也验证其在提升修井作业安全性方面实际价值。

4.2 成效数据展示

通过对多个修井作业现场应用 AI 智能监控技术前后数据进行对比分析,清晰看到该技术在降低安全事故发生率等方面显著成效。以某油田为例,引入 AI 智能监控系统后,其修井作业现场安全事故发生率从应用前年均 3.2 起降至 1.1 起。同时,由于系统能够自动完成对违章行为识别与报警,人工巡检频率减少约 40%。

在管理效率方面,AI 智能监控技术应用同样表现出色。据统计,该系统上线后,现场违章行为平均发现时间从 30 分钟缩短至 5 分钟以内,违章处理时间也减少近 35%。此外,通过对历史数据的查询与分析,管理人员能够更精准地识别安全隐患高发区域和时间段,从而制定更具针对性的安全管理措施。这些数据充分证明 AI 智能监控技术在提升修井作业管理效率方面的巨大潜力。

4.3 用户反馈与评价

为全面评估实际应用价值,对现场作业人员和管理人员进行问卷调查与访谈。结果显示,绝大多数用户对该技术表示认可,认为在提升修井作业安全性与便捷性方面发挥重要作用。也有部分用户提出一些改进建议。如有现场作业人员认为系统在某些复杂环境下识别准确率仍有待提升;还有管理人员希望系统能进一步优化用户界面,增强操作便捷性。这些反馈为后续技术改进提供重要参考,也表明 AI 智能监控技术在实际应用中仍具有较大优化空间。

5.实施挑战与应对策略

5.1 环境适应性问题

修井作业现场环境复杂多变,高温、高湿度、粉尘等恶劣条件对 AI 智能监控设备与技术性能提出严峻挑战。为应对这些问题,可采用具备防水、防尘、防腐蚀功能工业级监控设备,并结合温控技术确保设备在极端温度条件下稳定运行。同时,

通过优化图像处理算法,增强其在低质量图像中的特征提取能力,以适应复杂的现场环境。此外,定期维护和校准设备也是保障其长期稳定运行的重要措施。

5.2 系统可靠性保障

AI 智能监控系统稳定运行是现场安全管理关键环节,因此必须从硬件设备、软件系统及故障应对策略三方面进行全面保障。在硬件设备方面,应选择高性能、高可靠性工业级产品,并通过冗余设计提高系统的抗风险能力。在软件系统方面,需建立完善的测试机制,及时发现并修复潜在漏洞,引入自适应算法优化技术,使系统能根据实际情况动态调整参数,提升整体稳定性。针对可能出现故障,应制定详尽应急预案,包括快速定位问题源、自动切换备用模块以及实时报警机制等。此外,通过远程监控和诊断技术,可实现对系统运行状态的实时跟踪,提前预警并快速响应突发状况,最大限度地减少系统停机时间。

5.3 隐私保护与数据安全

作业现场涉及大量敏感信息,包括作业人员操作行为、设备运行状态以及环境数据等,一旦发生数据泄露或篡改,将对企业和个人的利益造成严重影响。为此,在技术层面,可通过加密技术对传输和存储的数据进行保护,确保数据在各个环节安全性。例如,采用 AES-256 对称加密算法对视频流进行加密,同时使用 SSL/TLS 协议保障数据传输过程完整性。此外,还可通过访问控制机制限制用户权限,避免未经授权的数据访问。在管理层面,应建立健全数据安全管理制度,明确数据采集、使用和共享的规范,对相关人员进行隐私保护意识培训,强化责任意识。通过以上措施,可在保障系统功能的同时,有效平衡隐私保护与数据安全的需求。

6.结论与认识

(1)AI 智能监控技术在修井作业现场的应用,显著提升了违章行为识别的准确性和远程监督的效率。通过视频分析、图像识别和深度学习等先进技术结合,不仅能够实现全天候实时监控,还能有效降低人为因素导致的监控疏漏。

(2)实际应用案例表明,AI 智能监控技术在减少安全事故发生率、提高管理效率方面具有显著成效,得到现场作业人员和管理人员广泛认可。

(3)仍面临环境适应性、系统可靠性和数据安全等挑战,还需进一步优化算法模型和完善技术支持体系。未来,随着人工智能技术不断发展,AI 智能监控技术有望实现更广泛智能化应用,为油田安全生产和管理决策提供更有有力支持。

[参考文献]

- [1]黄微;张雨平;陶俊亦.基于修井作业数字化现场视频监控系统的應用[J].信息系統工程,2024,(4):20-23.
- [2]刘建忠;马德忠;张一凡;陈宇.油田视频监控智能预警系统设计分析[J].信息系統工程,2023,(7):28-31.
- [3]王刚;彭远春;金雪梅;廖浩.石油企业生产安全智能预警系統研究[J].石化技术,2022,29(10):72-74.
- [4]任宏伟;徐鴻;苟青清.远程监控系统在渤海某油田的應用[J].科学与信息,2021,(31):85-88.
- [5]万想;马楠;郭小虎.油田生产智能化管理研究——以长庆油田为例[J].中国管理信息化,2023,26(10):91-93.