

物联网技术在油田智能巡检中的应用与实践

杨乾涛 濮玉成 张少江 韩大鹏 林 伟
新疆油田公司准东采油厂 新疆阜康 831511

摘 要：随着科技的不断发展，物联网技术在众多领域得到了广泛应用，油田智能巡检便是其中一个重要的应用场景。物联网技术通过各种传感器、网络传输和智能分析等手段，为油田巡检工作带来了前所未有的变革。在油田生产过程中，巡检工作至关重要。传统的巡检方式依赖人工，存在效率低下、容易出错、数据采集不及时等问题。人工智能辅助诊断也是物联网技术在油田智能巡检中的重要应用。利用图像识别技术可以对油田设备的外观进行检测，及时发现设备表面的损坏、腐蚀等情况。物联网技术在油田智能巡检中的应用具有提高巡检效率、降低巡检成本、提高设备运行安全性和可靠性等诸多优势。随着技术的不断发展，其在油田领域的应用前景将更加广阔，有望进一步推动油田产业的智能化升级。

关键词：物联网技术；油田；智能巡检；应用

引言

在当今全球化和科技飞速发展的时代，能源的需求与日俱增，而油田作为重要的能源来源之一，其运营管理的效率和安全性备受关注。油田巡检是确保油田设施正常运行、预防事故发生以及提高生产效率的关键环节。传统的巡检方式往往依赖人工，这种方式面临着诸多挑战和局限性。

一、物联网技术在油田智能巡检中的具体应用

（一）设备状态监测

在油田的生产运营中，众多设备的稳定运行对于整体产量和安全至关重要。物联网技术通过在设备上安装各类传感器，实现对设备状态的实时监测。例如，在抽油机上安装振动传感器、温度传感器和电流传感器等。根据相关数据显示，通过振动传感器监测到的振动频率和幅度，可以提前发现抽油机的机械故障隐患。当振动频率超出正常范围的10%–15%时，往往意味着抽油机的某个部件可能出现磨损或者松动。温度传感器则可以实时监控设备的运行温度，像电机在正常运行时温度应保持在60–80摄氏度之间，如果温度升高到90摄氏度以上，就可能是散热系统故障或者电机过载。电流传感器能够检测到设备的电流变化，电流突然增大或者减小可能表示电路存在短路或者断路风险。这些传感器将采集到的数据通过物联网网络传输到控制中心，以便及时进行维护和修理，避免设备故障导致的停产。

（二）安全监测

油田环境存在诸多安全风险因素，如油气泄漏、火灾隐患等，物联网技术在安全监测方面发挥着不可替代的作用。在油井周边和输油管道沿线部署气体传感器，可以实时监测油气浓度。一旦油气浓度超过安全阈值，例如天然气在空气中的浓度达到5%–15%时，就处于爆炸极限范围，系统会立即发出警报。在油田的一些关键区域安装火焰传感器和烟雾传感器，用于火灾预警。在一些大型油田的统计数据中表明，自从部署了基于物联网的安全监测系统后，火灾和爆炸事故的发生率降低了约30%。另外，在人员安全方面，通过在员工安全帽、工作服等装备上安装定位传感器，可以实时掌握员工的位置信息，确保在危险区域作业时能够及时进行救援和疏散。

（三）生产流程优化

物联网技术有助于优化油田的生产流程。在原油开采过程中，通过在油井井口安装流量传感器、压力传感器等，可以精确地监测油井的产量和压力变化。根据流量数据，可以合理安排油井的开采计划。如果某口油井的流量持续下降，可能需要对油层进行进一步的分析或者采取增产措施。压力传感器的数据能够反映油层的压力状况，当压力过低时，可以及时调整注水方案以维持油层压力。在原油运输环节，利用物联网技术对输油管道的流量、温度和压力进行实时监控，可以确保原油在管道内的稳定运输。例如，当输油管道的压力突然降低，可能是管道泄漏或者堵塞，系统能够及时发现并采取相应的措施，避免原油泄漏造成的环境污染和经济损失。

（四）资源管理

油田的资源管理包括对油藏资源、水资源和能源等的管理。物联网技术在油藏资源管理方面，可以通过在油井中部署多相流传感器，准确测量油、气、水的比例和产量，从而为油藏的动态分析提供数据支持。这有助于制定更加科学合理的油藏开发方案，提高油藏的采收率。在水资源管理上，在注水系统中安装水质传感器和流量传感器，实时监测注水的水质和水量。如果水质不符合要求，可能会对油层造成损害，及时调整注水水源或者水处理工艺。在能源管理方面，对抽油机等设备的能耗进行监测，通过分析设备的运行功率、运行时间等数据，优化设备的运行参数，降低能耗。例如，某油田通过物联网技术对抽油机进行能耗管理后，整体能耗降低了15%左右。

二、应用案例分析

（一）案例背景介绍

在某大型油田中，其占地面积广阔，油井分布极为分散，传统的巡检方式面临着巨大的挑战。该油田拥有数千口油井，绵延数百平方公里。以往依靠人工巡检，巡检人员每天需要长途跋涉于各个油井之间，不仅劳动强度大，而且效率低下。由于人为因素的影响，巡检数据的准确性和及时性也难以保证。例如，在极端天气条件下，如高温、严寒或者暴雨天气，巡检人员的工作状态会受到很大影响，可能会出现漏检或者误检的情况。对于一些隐藏性的设备故障，仅靠人工的目视检查很难发现，这就为油田的安全生产埋下了隐患。

随着油田开采年限的增加，设备老化问题逐渐凸显。据统计，该油田近30%的设备运行时间超过了10年，设备故障率呈现逐年上升的趋势。这就要求巡检工作能够更加精准、高效地发现潜在问题，以便及时进行维护和修复，减少因设备故障导致的生产中断和经济损失。在这样的背景下，物联网技术被引入到该油田的智能巡检工作中，旨在解决传统巡检方式存在的诸多问题。

（二）技术实现路径

在传感器网络部署方面，针对油井的关键设备和区域，采用了分层式的网络拓扑结构。在油井井口、抽油机、输油管道等关键部位安装了多种类型的传感器。例如，温度传感器、压力传感器、振动传感器等。这些传感器能够实时采集设备的运行参数，如井口温度、管道压力、抽油机振动频率等。传感器采集到的数据通过ZigBee无线通信技术进行初步汇聚，然后再通过4G/5G网络传输到数据中心。

在数据处理环节，数据中心采用了大数据分析平台。该平台能够对海量的巡检数据进行实时处理和分析。对于采集到的温度数据，如果发现某个油井井口的温度持续异常升高，超出正常范围（正常范围根据历史数据设定为20-40摄氏度，当温度超过45摄氏度时视为异常），大数据平台会触发预警机制。

在人工智能辅助诊断方面，利用图像识别技术对油井周边的环境进行监测。例如，通过安装在油井附近的高清摄像头，对油井周围的土壤是否有油泄漏迹象进行图像分析。采用深度学习算法，经过大量的图像样本训练，模型能够准确识别出土壤颜色、纹理等特征的微小变化，当发现疑似油泄漏时（如土壤颜色变黑且有油润感等特征），及时发出警报。

（三）应用效果评估

从生产效率方面来看，物联网技术应用后，巡检效率得到了显著提升。以往人工巡检需要花费一整天的时间才能完成对100口油井的巡检工作，而现在通过智能巡检系统，同样的巡检任务仅需几个小时即可完成。这大大缩短了巡检周期，使得油田管理人员能够更及时地掌握设备的运行状况。

在故障检测准确性方面，与传统巡检方式相比有了质的飞跃。根据统计数据，在应用智能巡检系统之前，设备故障的漏检率约为15%，误检率约为10%。而在应用之后，漏检率降低至2%以下，误检率降低至3%以下。例如，在一次抽油机故障检测中，振动传感器准确捕捉到了抽油机振动频率的异常变化，大数据分析平台结合历史数据和故障模型，迅速判断出是抽油机的某个关键部件磨损，从而及时安排维修，避免了因故障扩大导致的长时间停产。

从经济效益角度分析，由于减少了设备故障导致的生产中断，油田的产量得到了稳定的保障。以该油田每年的原油产量价值约为10亿元计算，如果因为设备故障导致产量减少1%，就会造成1000万元的经济损失。而通过智能巡检系统有效降低设备故障率，每年可避免因设备故障导致的产量损失约5%，相当于挽回了5000万元的经济损失。减少了人工巡检的人力成本，以往需要100名巡检人员，现在仅需20名巡检人员负责系统的日常维护和异常情况的二次确认，人力成本大大降低。

三、物联网技术在油田智能巡检中的应用实践措施分析

（一）设备选型与部署的优化措施

在油田智能巡检中，物联网设备的选型和部署是关

键环节。在设备选型方面,要根据油田的不同区域和巡检需求进行精准选择。例如,对于油井井口区域,需要选择能够承受高温、高压且具有高精度传感器的设备,像温度传感器要能精确到 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$,压力传感器精度达到0.01MPa,以准确监测井口的温度和压力变化。对于输油管道区域,要选用具备防腐、防爆且能长距离传输数据的设备。在部署上,要遵循全面覆盖且重点突出的原则。在油井密集区,应以较小的设备间距进行部署,确保每口油井的关键数据都能被采集到。而在管道的关键节点,如弯头、阀门处,要增加设备部署密度。

(二) 数据安全保障措施

油田智能巡检中的数据涉及生产安全、企业机密等重要信息,因此数据安全保障至关重要。在数据传输过程中,采用加密技术,如AES(高级加密标准)加密算法,对采集到的油温、油压等数据进行加密传输。AES算法具有密钥长度可变、加密速度快等优点,能够有效防止数据在传输过程中被窃取或篡改。在数据存储方面,建立多重备份机制。例如,采用本地存储与云端存储相结合的方式。本地存储使用具有冗余功能的磁盘阵列,确保即使某个磁盘出现故障,数据也不会丢失。云端存储则选择具有高安全性和高可靠性的云服务提供商,如阿里云,其数据中心具备多重安全防护措施,包括防火墙、入侵检测系统等。并且,对数据的访问进行严格的权限管理。只有经过授权的人员才能访问特定的数据,根据不同的岗位设置不同的访问权限,如巡检人员只能查看和上传数据,而数据分析人员可以对数据进行分析 and 处理。

(三) 人员培训与技术支持措施

为了确保物联网技术在油田智能巡检中的有效应用,对相关人员的培训和技术支持不可或缺。针对巡检人员,要进行物联网设备操作培训。培训内容包括设备的启动、停止、数据读取等基本操作,以及简单的故障排查方法。例如,当传感器显示数据异常时,巡检人员要能够判断是设备本身故障还是实际生产环境的异常情况。培训方式可以采用集中授课和现场实操相结合的方式。对于技术人员,要进行更深入的技术培训,如物联网设备的维护、维修技术,以及数据挖掘和分析技术。

(四) 与现有管理系统的集成措施

物联网技术在油田智能巡检中的应用需要与现有的油田管理系统进行集成。要实现数据的共享与交互。例

如,将物联网采集到的设备运行数据、巡检数据等与企业的ERP(企业资源计划)系统集成,使得生产计划部门能够根据实时的设备运行情况调整生产计划。要进行流程的整合。在智能巡检过程中,当物联网系统检测到设备故障时,要能够自动触发现有管理系统中的设备维修流程。

(五) 持续改进与优化措施

物联网技术在油田智能巡检中的应用是一个不断发展的过程,需要持续改进和优化。在设备方面,要根据技术的发展和油田实际需求,及时更新换代物联网设备。例如,随着传感器技术的不断发展,新型的光纤传感器在检测精度和抗干扰能力方面具有优势,当这种传感器技术成熟且成本可接受时,就可以考虑在油田智能巡检中逐步替换现有的部分传感器。在数据处理方面,要不断优化数据算法。例如,通过改进机器学习算法,提高对巡检数据的分析准确性。某油田企业通过采用改进后的支持向量机算法对油井的生产数据进行分析,预测油井故障的准确率从原来的70%提高到了80%。要根据实际应用效果,对整个物联网智能巡检系统的布局和流程进行调整优化,提高巡检效率和数据的利用价值。

结束语

在当今科技飞速发展的时代,物联网技术在油田智能巡检中的应用已经成为一个不可忽视的趋势。这一技术的应用为油田的生产运营带来了诸多积极的变革,对整个石油行业的发展产生了深远的影响。

参考文献

- [1] 戢慧,冯小刚,贾玉庭,等.油田智能巡检及控制技术的研究及应用[J].石油工程建设,2023,45(3): 151-153.
- [2] 刘政鑫.安森智能:防爆巡检机器人智解油气田作业隐患[J].机器人产业,2023(2): 52-54.
- [3] 杜雷.油气生产物联网在油气输送管道中的应用[J].中国科技期刊数据库 工业A,2023(4): 4.
- [4] 徐海洋,周佳伟,杨灵.基于物联网的智慧油田建设研究[J].电脑知识与技术,2024(36): .
- [5] 高沛圣,赵诗璐.浅谈油气田智能机器人巡检系统的功能与设计[J].中国科技期刊数据库 工业A,2023(4): 4.