

物联网技术在成品油库智能巡检与安全预警系统中的应用

王芳

中石油新疆销售有限公司巴州分公司

DOI:10.32629/jsse.v4i1.19090

[摘要] 成品油库作为石油化工行业的核心仓储枢纽,承担着成品油储存、中转与调配的关键职能,其安全稳定运行直接关系到区域能源供应安全、生态环境保护及人员生命财产安全。巴州作为我国西北重要的能源基地,境内成品油库分布广泛,且受极端气候、复杂地形等自然条件影响,传统巡检与安全预警模式已难以满足现代化油库的安全管理需求。本文结合成品油库易燃易爆、存储量大、风险点密集的核心特征,重点阐述物联网技术在巴州成品油库智能巡检与安全预警系统中的具体应用,为提升巴州成品油库安全管理智能化水平、保障区域能源安全提供理论支撑与实践参考。

[关键词] 物联网技术; 成品油库; 智能巡检; 安全预警

中图分类号: V351.19 文献标识码: A

Application of IoT Technology in Intelligent Inspection and Safety Early Warning Systems for Product Oil Depots

Fang Wang

Bazhou Branch, PetroChina Xinjiang Marketing Company

[Abstract] As the core storage hubs in the petrochemical industry, product oil depots undertake the critical functions of storing, transferring, and distributing refined oil products. Their safe and stable operation directly impacts the security of regional energy supply, ecological environment protection, and the safety of personnel and property. Bazhou, as a significant energy base in Northwest China, hosts numerous product oil depots within its territory. Affected by natural conditions such as extreme climates and complex terrain, traditional inspection and safety early warning models are increasingly unable to meet the safety management requirements of modern oil depots. This paper, considering the core characteristics of product oil depots—being flammable and explosive, having large storage capacities, and dense risk points—focuses on elaborating the specific applications of IoT technology in the intelligent inspection and safety early warning systems for product oil depots in Bazhou, Xinjiang. It aims to provide theoretical support and practical references for enhancing the intelligent level of safety management in Bazhou's product oil depots and ensuring regional energy security.

[Key words] Internet of Things technology; refined oil storage facility; intelligent inspection; safety early warning

1 前言

随着我国石油化工行业的高质量发展,成品油库的仓储规模不断扩大,作业流程日趋复杂,安全管理的难度持续提升。传统成品油库的巡检模式以人工巡检为主,依赖巡检人员的经验判断,存在巡检效率低、漏检误检率高、风险响应滞后、数据无法实时共享等弊端,已难以适应现代化油库“全方位、全天候、高精度”的安全管理要求。新疆巴音郭楞蒙古自治州(以下简称“巴州”)地处塔里木盆地东北缘,是我国西北能源战略通道的重要节点,境内油气资源丰富,拥有库尔勒油库、若羌楼兰油库等多个成品油仓储设施,承担着巴州及周边地区的成品油供应任务,是保障新疆能源安全的重要枢纽。根据巴州人民政府公开

信息,巴州正以“智慧园区”建设为平台,推动石油化工等传统产业智能化改造,持续推进“两化”融合试验区建设,为成品油库智能化升级提供了政策支撑。但巴州地区地域辽阔,油库分布分散,部分油库地处偏远戈壁区域,冬季严寒、夏季高温、风沙频繁的极端气候条件,进一步加剧了人工巡检的难度,也对安全预警系统的稳定性和可靠性提出了更高要求。

2 物联网技术的概述

物联网(Internet of Things, IoT)是指通过感知设备、网络传输、数据处理等技术,将物理世界中的“物”(如设备、物品、环境、人)与互联网连接,实现“万物互联、数据互通、智能决策”的技术体系,其核心是打破物理世界与数字世界的边界,

实现对各类物体的实时感知、精准管控与智能分析。与传统互联网相比,物联网具有泛在连接、全面感知、智能分析、实时响应的核心特征,其本质是“物物相连、数据驱动”,通过采集各类物理数据,经过分析处理转化为决策信息,为行业应用提供智能化支撑。物联网技术的核心价值在于实现“被动应对”向“主动预防”的转变,通过对各类数据的实时采集与分析,提前发现潜在风险,及时发出预警信息,为风险处置争取时间,降低事故发生的概率。在石油化工领域,物联网技术的应用的核心目标是实现对成品油库各类风险的全方位监测、精准化预警与高效化处置,破解传统安全管理模式的短板,提升油库安全管理的智能化水平。

3 巴州地区成品油库安全管理特征

成品油库作为油气储存与中转的核心设施,具有风险等级高、监测要求严的显著特征。油品易燃易爆、易挥发的特性,决定了储罐区、输油管线等重点部位一旦发生故障,易引发蔓延迅速的安全事故,因此需对液位、压力、温度及可燃气体浓度等关键参数进行全方位实时监控。同时,依据相关规范,“两重点一重大”油库的巡检频次要求极高,且作业具有全天候连续性,传统人工模式在效率与准确性上已难以满足实际需求。上述共性特征,在巴州独特的地域环境下进一步加剧了安全管理的复杂性。冬季严寒可达 -20°C 以下,易致管线冻堵;夏季高温超 40°C ,加剧油品挥发,加之风沙频繁,不仅影响设备稳定性与传感器灵敏度,也大幅增加了人工巡检难度。此外,油库高度分散于巴州47万余平方公里的辽阔地域,如若羌楼兰油库地处戈壁、库容达2.6万方,巡检半径大、耗时久、成本高。作为南疆重要能源基地,这些油库承担着工程建设与民生用能保障重任。尽管巴州正在推进石化产业“两化”融合,但部分油库仍沿用传统管理模式,亟需借助物联网技术构建智能巡检与安全预警系统,以应对极端环境下的精细化管理挑战。

4 物联网技术在巴州成品油库智能巡检系统中的应用

智能巡检是成品油库安全管理的核心环节,其核心目标是实现对油库内各类风险点的全面、及时、准确巡检,及时发现设备故障、安全隐患,为风险处置提供依据。物联网技术通过感知设备、巡检机器人、无线传输设备等的协同应用,打破了传统人工巡检的局限,构建了“无人巡检+人工复核”的智能巡检模式,结合巴州成品油库的地域特殊性,具体应用如下:

4.1 感知层设备的精准部署

结合巴州成品油库的气候特点与风险点分布情况,在油库各关键区域部署适配极端环境的感知设备,实现对各类参数的实时采集。

在储罐区,部署液位传感器、压力传感器、温度传感器及可燃气体传感器,实时监测储罐的液位、压力、温度及周边可燃气体浓度,重点监测储罐的密封性能,防止成品油渗漏;针对巴州冬季低温的特点,传感器采用耐低温设计,避免低温导致设备失效,同时在传感器外部加装保温防护装置,防止风沙侵蚀。

在输油管线区域,部署流量传感器、压力传感器及泄漏传感

器,实时监测管线的流量、压力变化,及时发现管线泄漏、堵塞等故障;在装卸作业区,部署高清摄像头、可燃气体传感器、人员定位传感器,实时监测装卸作业过程中的人员行为、设备运行状态及可燃气体浓度,防止违规作业引发安全事故。在偏远油库区域,部署低功耗的NB-IoT传感器,利用其广覆盖、抗干扰的优势,实现对偏远区域风险点的实时监测,解决戈壁区域网络覆盖不足的问题。

4.2 智能巡检机器人的场景化应用

针对巴州地区极端气候、油库分布分散的特点,在库尔勒油库、若羌楼兰油库等核心油库部署智能巡检机器人,替代人工完成高强度、高风险的巡检任务,提升巡检效率和精度。智能巡检机器人具备自主导航、红外测温、气体检测、图像识别等功能,能够适应巴州冬季严寒、夏季高温、风沙频繁的气候条件,在恶劣天气下仍能正常开展巡检工作。

在储罐区,巡检机器人按照预设路线自主巡检,通过红外测温技术实时监测储罐壁温、阀门温度,通过气体传感器检测周边可燃气体浓度,通过高清摄像头识别储罐的外观缺陷(如腐蚀、变形),一旦发现异常,实时上传数据并发出报警信息;在输油管线区域,巡检机器人沿管线自主移动,检测管线的泄漏情况及表面腐蚀程度,及时发现管线故障。根据巡检规范要求,配置巡检机器人后,基层单位操作人员岗位巡查间隔可调整到不大于4小时,大幅降低了人工巡检的工作量。

对于偏远戈壁油库,部署履带式巡检机器人,具备较强的地形适应性,能够在戈壁地形中稳定行驶,完成巡检任务,减少巡检人员的往返奔波,降低巡检成本。巡检机器人的巡检数据实时传输至物联网平台,管理人员通过可视化界面实时查看巡检情况,实现巡检工作的远程监控与管理。同时,巡检机器人具备数据存储功能,能够记录巡检过程中的各类数据,为设备运维、隐患排查提供历史数据支撑。

4.3 巡检数据的智能化分析与管理

物联网平台层对感知层采集的巡检数据进行智能化分析与处理,结合巴州成品油库的运营特点,构建针对性的数据分析模型,实现对巡检数据的精准研判。

通过大数据分析算法,对储罐液位、压力、温度、可燃气体浓度等数据进行趋势分析,识别数据异常波动,判断潜在的安全隐患,例如,通过分析储罐压力的变化趋势,提前预判储罐密封失效的风险;通过分析可燃气体浓度的变化,及时发现成品油渗漏隐患。

同时,平台层会对巡检数据进行分类管理,建立巡检数据档案,记录各风险点的巡检结果、异常情况及时处置情况,实现巡检工作的闭环管理。针对巴州油库分布分散的特点,平台采用“云端+边缘端”的部署模式,边缘端负责处理本地巡检数据,及时发出本地预警,降低数据传输延迟;云端负责汇总全巴州成品油库的巡检数据,实现对各油库巡检工作的统筹管理,管理人员通过云端平台可实时查看各油库的巡检情况,对比分析不同油库的风险状况,制定针对性的安全管理措施。

此外,平台具备巡检计划制定、巡检任务分配、巡检结果考核等功能,管理人员可根据巴州油库的实际情况,制定个性化的巡检计划,明确巡检路线、巡检频次、巡检内容,将巡检任务分配至具体的巡检人员或巡检机器人,同时对巡检结果进行考核,提升巡检工作的规范性和有效性。

5 物联网技术在巴州成品油库安全预警系统中的应用

安全预警是成品油库安全管理的关键环节,其核心目标是提前发现潜在安全风险,及时发出预警信息,为风险处置争取时间,防止事故发生。物联网技术通过对各类监测数据的实时采集、分析与研判,构建全方位、多层次的安全预警系统,结合巴州成品油库的地域特殊性,实现对各类安全风险的精准预警与高效处置,具体应用如下:

5.1 多维度安全预警指标体系构建

结合巴州成品油库的风险特征与地域特点,构建多维度的安全预警指标体系,涵盖环境参数、设备运行状态、人员作业行为三大类指标,确保预警的全面性和针对性。环境参数类指标包括可燃气体浓度、温度、湿度、风速、粉尘浓度等,重点关注巴州夏季高温、冬季低温及风沙天气对油库安全的影响,例如,夏季高温时,将可燃气体浓度的预警阈值适当降低,防范成品油挥发引发的风险;冬季低温时,增加管线冻堵预警指标,实时监测管线温度变化。

设备运行状态类指标包括储罐液位、压力、阀门开关状态、管线流量、设备振动幅度等,重点监测储罐、输油管线、泵房等关键设备的运行状态,及时发现设备故障引发的安全隐患;人员作业行为类指标包括巡检人员到岗情况、巡检轨迹、作业规范度等,防止违规作业引发安全事故。针对巴州偏远油库的特点,增加设备低功耗预警指标,实时监测感知设备的电量状态,防止设备因电量不足导致数据采集中断。

同时,根据巴州成品油库的风险等级,将预警指标划分为一般预警、较重预警、严重预警三个等级,不同等级的预警对应不同的处置流程,确保预警信息的精准传递与高效处置。例如,可燃气体浓度轻微超标时,发出一级预警,提醒现场人员加强巡检;可燃气体浓度严重超标时,发出二级预警,立即启动应急处置流程,切断相关设备,组织人员撤离。

5.2 智能预警模型的搭建与优化

基于物联网平台的大数据分析能力,搭建智能预警模型,结合巴州成品油库的历史数据、实时监测数据,通过机器学习算法对各类风险进行精准研判,提升预警的准确性和及时性。智能预警模型能够自动识别数据异常,排除干扰因素(如风沙天气对传感器数据的影响),避免误预警、漏预警的情况发生。

针对巴州极端气候的影响,对智能预警模型进行优化,例如,冬季低温天气下,模型自动调整管线冻堵预警的判定标准,结合管线温度、压力的变化趋势,提前预判管线冻堵风险;夏季高温天气下,模型自动分析可燃气体浓度与温度的相关性,精准识别因温度升高导致的可燃气体浓度超标风险。同时,模型具备自学能力,能够根据巴州成品油库的运营数据不断优化预警算法,

提升预警的针对性和准确性。

此外,结合巴州油库分布分散的特点,搭建区域协同预警机制,实现各油库之间的预警信息共享,一旦某一油库发生安全隐患,相关油库及时收到预警信息,做好防范应对措施,形成“全局联动、协同处置”的预警体系。例如,若羌楼兰油库发生成品油渗漏预警时,周边油库及时收到预警信息,加强自身巡检,防范隐患扩散。

5.3 预警信息的传递与应急处置

物联网平台根据智能预警模型的研判结果,及时发出预警信息,通过多种渠道传递给相关管理人员和现场作业人员,确保预警信息的快速传递。针对巴州部分油库地处偏远、网络信号不稳定的特点,采用“云端预警+本地预警+短信预警”的多渠道预警方式,云端平台实时推送预警信息,现场声光报警器发出预警信号,同时向管理人员发送短信预警,确保管理人员及时收到预警信息。

根据预警等级的不同,制定差异化的应急处置流程,实现预警信息与应急处置的无缝衔接。一般预警由现场作业人员及时处置,处置完成后反馈至物联网平台,形成闭环管理;较重预警由油库安全管理部门组织人员处置,启动专项应急预案,同时上报上级主管部门;严重预警立即启动油库应急救援预案,切断相关设备,组织人员撤离,同时联系消防、应急管理等部门,请求支援。

此外,物联网平台与巴州应急管理部的系统实现数据对接,一旦发生严重安全预警,平台自动将预警信息推送至巴州应急管理部,便于应急管理部及时掌握情况,统筹协调应急救援工作。同时,平台记录预警信息的传递过程、处置情况,形成应急处置档案,为后续的安全管理、应急演练提供参考,不断提升巴州成品油库的应急处置能力。

6 结束语

随着物联网技术、人工智能、大数据等技术的不断发展,巴州成品油库智能巡检与安全预警系统的智能化水平将进一步提升。未来,可进一步优化物联网技术的应用方案,引入AI图像识别、数字孪生等先进技术,构建数字孪生油库,实现对油库的全生命周期管理;同时,加强全巴州成品油库物联网系统的协同联动,实现数据共享、资源整合,构建“全域覆盖、智能联动、精准处置”的安全管理体系,为巴州石油石化产业的高质量发展、区域能源安全保障提供更加强有力的支撑。

[参考文献]

- [1]张冬雪,姚彦斌,强剑,等.油库生产物联网技术及其应用[J].化工管理,2022(28):83-86.
- [2]郭拴鹏.物联网技术在油库安全管理中的应用研究[J].中国公共安全,2023(7):181-183.
- [3]詹庆坦.油库安全管理与物联网技术融合探索[J].石油石化物资采购,2025(10):166-168.

作者简介:

王芳(1983—),女,汉族,河北献县人,硕士,工程师,研究方向为油库、加油气站安全环保管理。