

天然气管道运输的智能化运维新模式

王子鹏（中国石油天然气股份有限公司天然气销售新疆分公司，新疆 乌鲁木齐 830000）

摘要：天然气作为一种清洁、高效的能源，为社会生产和生活提供了重要支持，而管道运输则是连接气源和用户的重要纽带。但是，复杂管道网络交错分布，面临腐蚀老化、地质灾害、人为误操作等多重挑战，使得传统运维模式逐渐显现出疲态。在这种情况下，智能化运维新模式应运而生，它利用先进的技术，赋予了管道“智慧大脑”，可实时感知管道运行状态，对隐患进行精确预警，保障天然气管道安全稳定的运输，并开创新的能源运输新篇章。

关键词：天然气；管道运输；智能化运维；新模式

0 引言

随着时代的进步，世界能源需求不断增加，天然气行业蓬勃发展，管道运输的规模也在不断扩大。然而，以往依靠人工运维和经验判断的运维模式，已很难达到高效率、高精度和安全性的要求。与此同时，新技术如大数据，物联网，人工智能等也随之涌现。在此背景下，天然气管道运输的智能化运维新模式应运而生，它突破了传统运维管理的时间和空间限制，以海量数据作为决策依据，全方位提高了管道运输效率，保证天然气能源源源不断地流向各个角落，从而推进能源供给体系向智能化方向迈进。

1 天然气管道运输的传统运维模式及其局限性

1.1 传统运维模式概述

传统运维模式主要依靠人工运维，运维人员需要按照既定的线路和周期，逐个检查设备设施，如在电力系统运维过程中，工作人员会拿着检测工具，对变压器、配电柜等设备进行定期检查，并根据声音、温度和仪表数据来判断有没有故障。设备日常运维以预防为主，根据设备使用寿命和过去的经验，定期更换易损件，加润滑油等，保证设备的正常运转^[1]。在故障发生时，主要是靠维修人员在现场诊断，依靠专业知识和实践经验，对故障原因进行分析，然后分配资源进行维修。故障诊断流程多采用人工上报和层层传递的方式，耗时长，且各环节信息流通容易受阻，整体运维效率低下，因此，难以对复杂多变的运维需求进行及时响应。

1.2 存在的局限性

1.2.1 人工运维的风险与挑战

天然气管道往往长达数百公里甚至上千公里，地形复杂，给人工运维带来了极大的困难。在山区，运维人员需要徒步攀登陡峭的山坡，有跌倒受伤和被野

生动物攻击的危险。恶劣天气更是加剧了这一状况，暴雨、狂风和严寒让运维工作举步维艰，甚至有中断的可能，使得隐患难以及时发现。另外，人工运维容易受到人的主观影响，当工作人员疲劳和经验不足时，一些小故障征兆就会被忽略掉，如管道的小裂缝、防腐涂层的轻微脱落等，如果不能及时发现，日积月累就会导致重大的泄漏事故，威胁到管道的安全运行。

1.2.2 运维效率低下

在发现问题之后，传统运维过程烦琐而又拖沓。运维人员上报，上级审核，组织维修队伍，调配物资，中间有很多环节，信息传递缓慢，大量时间都花在了沟通协调上。在维修中，由于缺少精确的故障点，往往需要大范围检查和试验，如果管道泄漏，工作人员就得一条一条的检查，费时费力。另外，各部门之间的协作程度不高，管道维修、技术支持、物资供应等部门之间的联动不畅，经常发生维修人员等待物资和技术指导不到位的现象，严重影响了天然气的及时运输，增加了运营成本^[2]。

2 天然气管道运输的智能化运维新模式的重要性

随着天然气需求量的不断增长和管网结构的日趋复杂，智能化运维新模式日益凸显其重要性。在安全保障方面，通过物联网、大数据、人工智能等先进技术，实现对管道压力、温度、流量等关键参数的实时精确监测，并通过智能算法对隐患进行快速识别和预警，大大降低了管道泄漏、爆炸等重大安全事故的概率，切实保护了沿线居民的生命财产和生态环境。另外，从运维效率角度来看，无人机运维、智能诊断和维修平台大大缩短了故障发现和维修的时间，降低了停产造成的损失。

智能化调度系统，可以最大限度的优化资源配置，保证维修人员和物资的准确到位。同时，通过数字化

资产管理,实现了管道信息的可视化和精细化管理,为管道长远规划和决策提供了强有力的支持,全面保证了天然气管道的稳定、高效和可持续运行。

3 天然气管道运输的智能化运维新模式研究

3.1 智能监测与预警系统

在天然气管道运输领域,建设智能监测与预警系统,就相当于给管网安装了“智慧大脑”,可实现其安全、高效的运行。随着天然气需求量的不断增长,输气压力不断增大,传统运维模式已经不能满足需求,迫切需要通过实现智能化转型。首先,物联网技术是打开智能化运维之门的一把“钥匙”。各种精密传感器,就像是灵敏的“神经末梢”,分布在各处^[3]。压力传感器可以随时感知管道中气体压力的微小波动,当压力出现异常波动时,就可能出现泄漏或堵塞的风险;温度传感器可以精确捕捉到气体温度的变化,温度过高可能意味着管道摩擦加剧或外部火源干扰;流量传感器对气体流动进行严密的监控,突然的流量可能表示管道断裂。

这些传感器可实时收集到大量数据,通过无线网络,被迅速收集起来。其次,大数据分析技术开始出现,承担起数据“解码人”这一重要任务。通过从海量监测数据中挖掘信息,利用复杂的算法与模型,甄别隐藏在数据中的异常信息。通过对管道历史数据、同类管道运行数据和预设的安全阈值进行比较,可快速锁定异常数据。一旦发现异常,预警系统将立即启动,并以多种形式向运维人员发送预警信息。这样,运维人员就可以在事故发生之前,准确地找到隐患点,并在最短时间内采取相应的对策,有效地防范安全隐患,保证天然气管道运输的顺利和安全。

3.2 无人机运维与远程监控

随着天然气管道运输向智能化方向发展,无人机运维和远程监控技术的应用为天然气管道智能化运维开辟了一条新道路。传统运维模式难以适应复杂多变的地形环境,无人机技术的引入为管道运维带来了“及时雨”。

首先,无人机会定期在天然气管道上飞行,进行高空巡逻,尤其是在人迹罕至、地形复杂的地方,无人机的优势就体现出来了。丛林深处,管道纵横交错,人工运维不仅费时费力,而且道路崎岖,植被茂密,很难及时发现隐患,沼泽和湿地对人类来说是一件很危险的事情,但无人机却能轻而易举地穿过,凭借着灵活的机动性,抵达管道的每一个角落。

其次,高清晰度摄像机、红外热像仪等技术为运维人员提供了“千里眼”。高清晰度摄像机就像是一部精确的动态记录仪,能清晰捕捉到管道本体的细微状态,如防腐涂层有没有脱落,标牌是否清晰完整,周围环境有没有违规施工,有没有植物离管道太近等。而红外热像仪则是一种极具洞察力的技术,它能敏锐捕捉到管道表面温度的细微变化,即便是最细微的漏气位置,也能被它的“法眼”捕捉到,并将其呈现在远程监控人员的面前。一旦发现异常,运维小组就能根据实时画面作出快速判断,并在第一时间将资源调配到远距离,进行快速反应,消除隐患,确保天然气管道的安全稳定运行。

3.3 智能诊断与运维平台

首先,在管道运行过程中,建立人工智能诊断系统,相当于给管道安装了一个“智慧大脑”。利用物联网技术,沿管道上的传感器将压力、温度、流量等大量监测数据源源不断地传输到系统中。人工智能利用深度学习算法,可深入分析数据,发现数据中最细微的异常^[4]。比如,当某一段管道压力突然下降、流量同步下降时,系统会快速将历史数据和故障模型进行关联,精确判断是否是由于外部施工损伤导致的管道破裂漏气,还是由于内部腐蚀导致的穿孔渗漏。同时,结合地理信息定位技术,精确定位故障的具体位置,精度达到米级,不留任何隐患。

其次,智能化调度系统扮演着至关重要的角色。一旦诊断系统确认了故障信息,它会根据运维人员的位置、技能等级和携带的工具等详细信息,制定出最优的抢修路线,并以最快速度安排最适合的人员赶赴现场。运维团队到达现场后,根据诊断系统给出的精确故障类型,快速对故障进行针对性的维修或替换操作,避免了传统运维过程中的盲查和反复摸索。这种紧密的合作方式,极大缩短了停气时间,有效减少了供气中断所带来的经济损失,并对运维成本进行了精确控制,保障了天然气管道运输的持续稳定运行。

3.4 数字化资产管理

在天然气管道运输领域,随着管网规模的扩大和运营复杂性的不断攀升,数字化资产管理成为智能化运维新模式的重要组成部分。首先,利用地理信息系统(GIS)技术,为天然气管道数字化资产管理系统的建设打下了基础。在这种尖端技术的帮助下,每一条管道都像是被数字赋予了生命,精确地呈现在电子地图上。每一段管道的起止点、管径、材料特性、铺

设深度等细节都可以直观地显示出来,操作人员就像拥有“上帝视角”一样,只需轻轻点一下鼠标,就可以对整个管网了如指掌。不管是在繁华的城市,还是在偏远山区,都能一目了然看到它的布局和走向,大大提高了管理的准确性和便利性。其次,采用数字化手段,为管道全过程记录和深度分析开辟了一个新篇章。

每一项运维作业,从日常运维记录,到定期防腐处理,再到运维过程中出现的问题,都可全部记录在系统中,构成一份完整的“成长档案”。同时,对安全隐患的排查结果进行详细记录,并清楚标明隐患的类型、发现地点和危险程度。通过对海量数据的挖掘和分析,运维团队可以准确把握管道的“脾气秉性”,提前预测隐患,科学制订运维方案,为天然气管道长期稳定运行提供了可靠的数据支持,并确保能源运输动脉永远保持旺盛的生命力。

3.5 智能应急响应机制

第一,要有一套与现实紧密结合的应急预案,才能为突发事件提供“作战蓝图”。该预案是针对天然气管道可能遇到的各种风险,如地震、泥石流等自然灾害,以及第三方工程破坏、管道腐蚀泄漏等人因和设备失效等因素制定的。同时,明确各种突发事件的应对策略,并制定协调联动的流程,以确保在紧急情况下不会出现慌乱。

第二,该系统与智能监控、预警系统紧密结合,使应急救援设备上“顺风耳”“千里眼”。当管道上的传感器检测到压力骤降、温度突变等异常数据时,系统会立即报警,精确定位故障位置,并根据故障特征对突发事件进行初步判断。此时,紧急预案迅速启动,紧急程序就像是一台精密的时钟。它根据应急预案中提供的资源配置方案,利用实时掌握的应急队伍位置、专业技能、物资设备存放位置等信息,利用算法快速规划出最优分配路线^[5]。得到命令后,运维人员立即携带专业工具和物资赶赴事故现场,争分夺秒开展抢修工作,确保受损管道尽快修复,恢复正常供气,将事故造成的损失降到最低,从而保证能源供应的稳定和安全。

3.6 人员培训与智能辅助

当前,天然气管道运输向智能化运维方向迈进,人员培训与智能辅助是其中不可缺少的一环。面对智能监控、自动检修等智能化技术在管道运维中的应用,迫切需要对运维人员进行针对性的培训。首先,组织

理论学习,邀请专家对智能运维系统的体系结构和原理进行深入讲解,使运维人员对大数据分析对管道故障隐患的准确定位和优化机理有更深刻的认识。同时,安排实操演练,通过模拟管道运行场景,让人员亲自操作智能检测设备,熟悉自动阀门等设备的远程控制流程,使其能够熟练应用这些新技术,以应对日常运维工作。

其次,智能辅助系统的建立,也为运维工作提供了强有力的支持。通过智能终端,将压力、流量、温度等运行参数实时反馈给现场运维人员,当数据发生异常波动时,系统会及时给出预警,并根据预先设定的模型,给出初步的故障诊断意见,帮助运维人员快速判断故障根源。另外,智能辅助还表现在知识检索功能上,当运维人员遇到难题时,只要输入关键字,就可以快速得到过去同类案例的解决方案、相关技术资料等,大大拓展了他们的知识储备和解决问题的能力,使天然气管道维修人员在专业素养和智能技术的协同帮助下,实现了高效、安全、稳定的运行。

4 结束语

总之,将智能监控、无人机运维、智能诊断平台、数字资产管理、智能应急处置等集成于一体的天然气管道运输智能化运维新模式,有效提高了管道运输的安全与效率。该模式不仅可实现管道运行状态的实时监测与预警,还可优化故障响应与抢修流程,保障供气的连续可靠。因此,随着技术进步与应用不断深化,天然气管道运输的智能化运维将持续推动其向更加高效、智能、绿色的方向发展,并为我国能源安全稳定提供可靠的保障。

参考文献:

- [1] 王海洋.长输管道智能运维探索与实践[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(21):17-19.
- [2] 徐佳,冯德佳,赵恺锋,陈国治.长输天然气海底管道运维管理和创新实践研究[J].石油工程建设,2024,50(05):1-7.
- [3] 代军生,李迎斌.天然气管道后期运维工艺优化设计与地温影响分析[J].粘接,2024,51(04):133-136.
- [4] 马鹏岳.城市天然气管网智慧运维平台关键技术研究与实践[D].杭州:浙江大学,2024.
- [5] 董秀娟,曹海军,徐宝昌,程楠,辛若家,朱明皞,郑新宇.油气管道运维中心智能模拟仿真平台[J].自动化博览,2022,39(09):62-66.