

管道泄漏与油气储运技术探究

胡伟科（中国航空油料有限责任公司华东公司，上海 201103）

薛学云 陈 强（中国航空油料有限责任公司福建分公司，福建 福州 350209）

摘 要：管道泄漏会对油气资源利用造成负面影响，需要对管道泄漏相关内容进行深入研究。本文将油气储运技术作为研究对象，分析管道泄漏常见原因，从表面、内部、防腐层、阴极保护四个角度，详细分析基于管道泄漏预防的油气储运技术，分析互联网技术与油气储运技术的联合应用，旨在为更多油气单位提供思考方向，落实油气储运工作，为地区经济有序发展贡献力量。

关键词：管道泄漏；油气储运；技术研究

0 引言

在用于油气管道发生泄漏时，油气资源会出现大范围的流出，造成资源的严重浪费，对地区土壤、水等环境造成污染。如果管道泄漏较为严重，还需要停止地区油气资源供应，集中抢修问题管道，避免发生大规模安全事故。为合理规避管道泄漏问题，需要对油气储运技术展开深层次研究，为油气安全储运提供保障。

1 油气管道泄漏常见原因

1.1 外界因素

用于储运油气的管道，主要工作环境为户外环境，会受到温度、地质等多种外界因素影响。如果户外环境温度较高，会加快油气对管道的腐蚀速度。而地质包含水位、土壤成分等多种因素，会对埋设在地下的油气管道造成持续性腐蚀。在外界因素的不间断影响下，油气管道更容易发生泄漏危险。

1.2 防腐失效

通常情况下，在油气管道设计中，会有一层防腐层，以此预防外界因素对管道与储运油气造成的负面影响。在油气管道长时间应用过程中，防腐层会逐渐剥离，导致防腐层与油气管道之间存在缝隙。此时管道防腐层将失去保护油气管道的效果，油气管道更容易发生腐蚀现象，进而引起油气资源泄漏风险^[1]。

1.3 措施不良

为避免发生油气管道泄漏现象，许多油气单位着重研究管道防腐处理。受限于技术应用经验，一些油气单位并没有采取正确的防腐措施，不仅无法有效预防油气管道腐蚀，合理规避管道泄漏风险，还会增加油气管道腐蚀速度，扩大腐蚀范围与影响，对油气正常储运造成较大的负面影响。

2 基于管道泄漏预防的油气储运技术

对于油气管道泄漏风险，受到的外界因素具有不可控特点。想要真正实现管道泄漏的有效预防，提升油气储运技术综合水平，就需要将工作重心落在管道防腐处理方面，合理规避防腐失效问题，避免出现防腐措施不良情况。为此，本文将从表面、内部、防腐层、阴极保护等维度，系统性分析基于管道泄漏预防的油气储运技术。

2.1 表面防腐技术

表面防腐技术是在油气管道的表面，涂刷一层和外部环境产生反应速度较慢或是不发生反应的惰性材料，利用材料自身的特点，完成油气管道与外界环境的有效隔离，保持油气管道的密封状态，实现油气管道的有效防腐，减少油气管道的泄漏风险。在油气管道没有发生外界破坏情况下，惰性材料可以保持较长时间的工作状态。伴随油气储运技术的不断发展，用于表面防腐技术的惰性材料也在更新迭代。例如 FBE（Fusion Bonded Epoxy，熔结环氧粉末），是将环氧树脂、固化剂等材料进行组合，形成的一种单组分涂料。在实践应用中，FBE 形成的防腐层可以和油气管道产生较强的附着效果，极大提高油气管道的抗腐蚀效果，降低油气管道泄漏概率^[2]。

2.2 内部防腐技术

油气资源内部存在大量具有腐蚀性的化学物质，例如二氧化碳、硫化氢等。这些化学物质会从内部腐蚀油气管道，这也是许多油气管道泄漏风险的原因之一。如果油气管道内部出现腐蚀现象，会比油气管道外部腐蚀影响更大。受限于油气管道设计，其结构无法有效预防内部腐蚀影响，有较大概率会发生油气管道的爆裂现象。表面防腐技术负责保护油气管道的表

面,内部防腐技术用于保护油气管道的内部,需要做好油气管道的内部防腐处理工作。在实践中,一般会在油气管道安装时,在管道内壁涂抹缓蚀剂或除氧剂。对于一些受到油气资源长期影响的薄弱位置,例如转弯、拐角等位置,则要增加缓蚀剂或除氧剂的用量。对于缓蚀剂,其可以在油气管道的内壁生成一层致密的沉淀膜,与内壁紧密结合,降低油气管道的活性,减缓油气资源对油气管道内部的腐蚀速度;对于除氧剂,其会吸收油气管道内部氧气,破坏油气资源腐蚀性化学物质与氧气产生反应的条件,以此达到减缓油气管道腐蚀速度的效果。

2.3 防腐层技术

防腐层技术和表面防腐技术拥有相似的工作原理,防腐层技术是在油气管道的内壁喷涂一层具有惰性特点的涂料,让涂料附着在油气管道的内壁上,构成高强度、强稳定性的内衬,保护油气管道,减少腐蚀概率,降低油气管道泄漏风险。相比于传统的惰性金属涂料,非金属材料应用更为广泛。例如我国的西气东输工程,就是使用3PE防腐层进行防腐处理。对于3PE防腐层,就是一种具有三层结构的聚乙烯防腐层,其采用环氧粉末涂料底层+胶粘剂中层+聚乙烯涂层外层,将环氧粉末的防腐能力与聚乙烯抗机械损伤能力进行组合,极大提升表面防腐技术应用效果。而且,3PE防腐层拥有较高的绝缘电阻值,具有耐植物根茎穿透效果,适用于绝大多数的施工环境,极大提升油气管道泄漏预防效果,提高油气储运技术安全性。如果是一些距离相对较短、弯曲变化情况较大的油气管道,可以考虑通过缠绕聚乙烯胶带的方式,进行油气管道泄漏预防处理。在应用油气管道防腐层技术时,要关注以下两项内容:第一,在进行油气管道内壁喷涂作业时,需要检查内壁是否保持洁净状态。建议使用干毛巾,对内壁的油污、锈渍进行擦除,确保内壁的干燥,以此提升管道防腐层和油气管道内壁的贴合效果,强化油气管道抗腐蚀水平;第二,做喷涂管道防腐层时,需要保持质地均匀、涂层光滑,减少油气资源与油气管道内壁的接触面,降低油气资源运输的摩擦力,进一步提升油气储运安全性,科学预防油气管道泄漏风险^[3]。

2.4 阴极保护技术

在油气储运技术中,许多油气管道是埋设在地下,仅依靠表面、内部、防腐层等技术,难以达到预防油气管道泄漏目标。阴极保护技术是利用电化学反应,在电解质环境中,对需要保护油气管道与储罐的金属结构做极化处理,让金属结构的点位向负向移动,让

金属结构处于阴极,以此规避金属结构腐蚀影响,保护油气管道与储罐。如图1的牺牲阳极保护法,就是阴极保护技术在预防油气管道腐蚀中的典型应用。利用一些采购价格相对廉价的金属,例如Zn、Mg等,与油气管道、储罐进行连接。在电解质环境中,连接金属会持续失去电子,油气管道与储罐的金属结构会持续获得电子,以此达到保护作为阴极的油气管道与储罐效果。在外界环境中,创造电解质环境相对简单,油气管道与储罐周边的土壤就是简易的电解质,可以顺利完成阳极金属与阴极油气管道、储罐的连通,在实际应用中注意定期更换阳极金属即可^[4]。

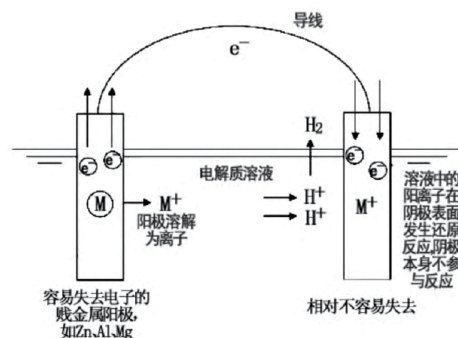


图1 牺牲阳极保护法原理图

3 结合互联网技术的油气智能储运技术

在传统油气储运技术中,虽然可以通过减缓油气管道腐蚀速度,合理预防油气管道泄漏风险,但是却需要工作人员频繁检修,在一定程度上增加人力资源投入成本。想要科学提升油气资源储运效果,合理控制油气管道泄漏问题,可以考虑引入互联网技术,构建油气资源的智能储运系统,实现油气储运与管道泄漏的智能化管理。本文参考Exxon Mobil Corporation(埃克森美孚公司),整理结合互联网技术的油气智能储运技术,如图2所示。

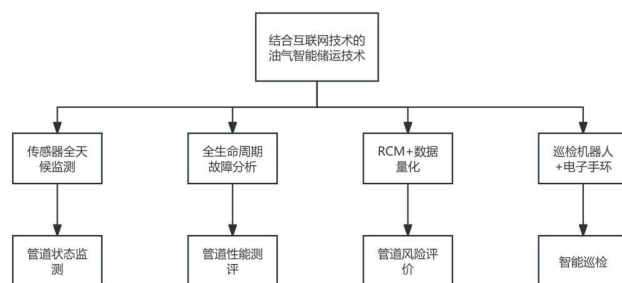


图2 结合互联网技术的油气智能储运技术流程图

3.1 管道状态监测

在油气管道设置若干传感器,实时监测油气管道工作状态,收集油气管道与储罐周边环境情况。通过数据可视化技术,确认油气管道当前工作状态是否达到预期标准,为油气管道设计全生命周期故障分析系

统,实现 7day × 24hour 的全天候有效监测。远程控制系统可以根据油气资源储运需求,确认各个关键节点的油气管道当前工作状态,为后续维修维护提供便利条件。可以将管道状态监测系统与大数据结合,在不同温度、湿度条件下,设置一定的管道状态区间,确认当前管道状态是否处于预设区间,是否超过阈值,根据以往的管道维修方案,逆向确认管道状态不正常的问题,方便技术人员“对症下药”,开展高质量的管道维修与处理工作。

3.2 管道性能测评

利用全生命周期故障分析系统,对于油气管道的可靠性、安全性、可用性等多种性能进行合理测评,分析油气资源储运过程中各类性能指标的变化情况,分析在不同条件下的油气管道使用情况。结合机器学习技术,对于油气管道的性能进行精准化测评,确认影响油气管道安全储运的主要影响因素,方便后续油气管道的更新优化处理。而且,通过油气管道性能测评处理,也可以确认各类设备与油气管道之间的使用情况,以控制设备运行能耗、降低油气管道泄漏风险的方式,为油气资源储运提供安全保障。考虑到油气管道腐蚀泄露情况,可能会对管道性能测评结果产生一定误差,建议将工作人员的每日巡检日志与管道性能测评数据结合,从多角度确认油气管道当前工作状态,分析可能存在的问题,并根据巡检日志内容变化,对管道性能测评体系进行优化,保障测评结果的准确性。

3.3 管道风险评价

油气单位可以建立工业互联网平台,将 RCM(Reliability Centered Maintenance,以可靠性为中心的维护)技术等用于油气管道、储运设备的风险评价系统中,以数据量化的方式,确认油气资源储运过程中可能遇到的安全风险,设计更符合工作逻辑的油气储运技术检测周期,明确具体的检测任务,合理降低油气储运技术的检测资源消耗。结合 RCM 分析结果,对现有的油气管道与设备的定期养护、纠正性维护等进行优化设计,分析仪器仪表的升级方向,提升整个油气储运系统的容错性,降低油气管道泄漏风险,科学提高油气资源储运安全性^[5]。可以根据以往数据,对油气管道风险评价结果进行综合性分析,确认油气管道风险程度,提升维修维护资源的利用效果。可以考虑将一些典型管道风险案例进行数据化处理,为管道风险提供评价数据基础,科学优化管道风险评价体系。

3.4 智能巡检

对于外界因素,可以通过大数据技术构建覆盖油气

资源储运系统的智能巡检系统,通过巡检机器人+视频监控构建第一道智能巡检防线,以电子手环作为第二道智能巡检防线,通过联网形式,完成数据共享,完成油气资源储运的智能安防监控。在智能巡检系统运行过程中,需要设置相对固定的巡检路线,对于油气管道、储运设备等进行自动化巡检,对比前几日的巡检数据,分析外界因素的变化情况,确认是否需要增加巡检频率与扩大巡检范围。可以将智能巡检系统与油气单位的安防系统进行结合,及时发现外界火灾、非工作人员闯入等具有潜在油气管道泄漏风险安全隐患,通知工作人员及时处理问题。同时,利用智能巡检系统,快速识别原油泄漏、烟雾火焰等前期安全风险,在最短时间内启动突发风险处理方案,及时报警,合理控制油气管道泄漏风险发展规模,减少油气资源泄漏造成的经济损失,实现油气单位智能化安全管理目标。

4 结语

油气单位应用油气储运技术时,需要详细整理管道泄漏案例,分析油气储运设备是否存在管道泄漏隐患,结合本文理论内容设计一套更为完善的油气储运方案。在方案执行过程中,需要做好油气储运设备的维护与检修工作,从源头上杜绝管道泄漏风险,提升油气储运质量。希望更多油气单位可以对储运技术与管道泄漏展开多角度分析,为我国油气资源高效率利用贡献力量。

参考文献:

- [1] 骆朋,张宇昂,郭朴,等.油田油气管道储运的安全和防范思考[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(21):67-69.
- [2] 周家尧,杨福,安龙生,等.油气管道泄漏与储运技术研究[J].化工管理,2022(21):80-83.
- [3] 刘晴,赵得强,李京,等.油气储运管道的腐蚀机理与防腐技术研究[J].全面腐蚀控制,2023,37(08):123-124.
- [4] 邓超.油气储运中管道防腐技术[J].山西化工,2023,43(01):94-96.
- [5] 张立韧.管道防腐技术在油气储运中的全程控制与应用策略[J].全面腐蚀控制,2022,36(10):119-120.

作者简介:

胡伟科(1975-),男,汉族,浙江湖州人,大学本科,工程师,研究方向:油气储运。

薛学云(1978-),男,汉族,福建福清人,本科,高级工程师,研究方向:油料储运工程。

陈强(1992-),男,汉族,福建龙岩人,硕士学历,助理工程师,研究方向:航空油品质量管控。