

管道泄漏与油气储运技术分析

缪绍峰（宁波大榭开发区信海油品仓储有限公司，浙江 宁波 315812）

摘要：为了提升油气储运的安全性，文章采用理论结合文献研究的方法，本文首先分析了管道检测技术概述及发展趋势，以及石油化工管道常见储运技术，并分析了石油化工管道泄漏的原因及影响因素，总结了常用的管道泄漏修复方法，提出了具体可行的预防措施，旨在保证石油化工管道的安全运行，降低其对环境造成的危害，促进我国经济社会的可持续发展。

关键词：管道泄漏；石油仓储；密封

0 引言

油品储存是保障生产和运输的重要环节，但由于各种因素影响，油品泄漏成为一种常见现象，严重威胁着人们的生命财产安全和环境健康^[1]。石油化工管道运输是一项重要的物质流动形式，在生产中发挥着重要作用。管道运输具有占地面积小、运输量大、运输成本低等优点，能够为工业企业提供大量的石油产品。但是，管道运输也存在一定的安全隐患，尤其是管道泄漏问题，严重威胁了企业的生产安全和环境保护，因此需要加强对管道的管理和维护工作。然而，管道运输在给人们带来便利的同时，也带来了一些负面影响。例如，一旦发生泄漏，如果不及时处理，就会对环境造成严重污染。而且，管道运输本身存在着很高的安全风险，极易引发爆炸事故或火灾事故，导致人员伤亡和财产损失^[2]。此外，管道运输的成本较高，远高于公路运输和铁路运输。因此，如何降低管道泄漏的可能性，提高管道，成为石油化工行业亟待解决的问题。目前，对石油存储管道泄漏的研究主要集中在两个方面：①预防和控制泄漏；②分析泄漏原因并制定相应措施。预防和控制泄漏已有较成熟的技术手段，而对于泄漏原因分析与治理方面的研究相对不足。

1 管道检测技术概述及发展趋势

石油、化工管道在运行过程中由于受到各种因素的影响，导致管道出现各种问题，严重威胁着人们的安全和生产生活。因此，对管道进行检测，发现问题并及时修复，是非常必要的。管道检测技术包括压力测试、防腐层检测、泄漏检测等方法。

近年来，我国对石油输送管道的检测技术进行了大量研究，取得了显著成果。尤其是管道防腐层检测技术，不仅能够有效提高管道防腐层完整性评价与分析技术水平，还能促进管道防腐技术的发展。目前，常见的管道防腐层检测方法主要有：漏磁探伤法、超

声波检测法、涡流探伤法、X射线检测法等，这些方法各具特点，但也存在一定的局限性^[3]。例如：漏磁法和涡流法只能检测出局部缺陷，且无法判断缺陷的大小及位置；超声波检测法检测灵敏度较低，一般用于对管壁粗糙度要求不高的管道检测；X射线检测法需现场获取检测数据，操作难度大，耗时长，且对现场环境的要求很高。随着科技的发展，一些新的检测技术被逐渐开发出来。例如，磁粉检测法可以直接探测金属表面上的非磁性材料，如氧化物、氢氧化物、碳化物等，具有很高的灵敏度，可以用于对管道内部缺陷的检测。然而这种方法只能探测到极少量的缺陷，对于大型管道来说，检测结果会受到一定程度的影响。可见，尽管这些新技术存在一定的局限性，但是如果能够合理运用，仍然可以大幅提升检测效率。未来，随着科学技术的进步，各种先进的检测技术将得到更广泛地应用，以满足石油化工领域对管道检测的需求。

2 石油化工管道常见储运技术

管道作为石油化工产品的传输介质，其安全性能直接关系到石油化工企业的正常运营。目前我国石油化工管道主要有以下几种运输方式：

2.1 地下埋设和架空敷设

这两种方式通常用于运输规模较大、价值昂贵或不便于转运的液体和气体原料。根据不同的介质特性和输送距离，应选择合适的管道形式。地下埋设具有良好的抗震动和防腐蚀能力，但管线需要深埋于土壤中，施工难度较大，因此工程造价较高^[4]；架空敷设可减少占地面积，便于维护管理，但在环境保护方面存在缺陷，会对周围生态造成一定影响。

2.2 长输管线运输

这种运输方式常用于输送天然气、原油、成品油等易燃易爆危险物质，可以将生产工厂与用户紧密联系起来，提高运输效率。一般情况下，干线管道需采

取架空敷设，支线管道则多采用地下埋设，以实现长距离输送。同时，为避免泄漏事故发生后的二次污染，需要对储运设施进行科学有效的防护处理，以降低事故风险。

2.3 铁路运输

这种方式主要用于大型石油化工产品的储运，但由于铁路运力有限，无法满足石油化工产品大批量运输的需求。此外，铁路运输还面临着运价高、运营成本大等问题。

2.4 船舶运输

虽然海运受到诸多因素的影响，但在石油化工产品运输中发挥着重要作用。不过，船舶运输需要考虑航线、港口装卸效率等因素，并且由于受天气、海况等自然条件影响较大，因而可靠性较低。

2.5 公路运输

由于公路运输距离短、运费便宜、速度快等特点，所以在石油化工行业中得到了广泛应用。但是，公路运输也存在一些缺点，如交通流量大、道路承载力小、通行车辆繁多等。另外，公路运输还可能导致泄漏事故，对环境造成严重污染。

2.6 航空运输

利用飞机运输石油化工原料，是一种常见的新兴储运技术。它不仅能快速高效地完成物流配送任务，还能大幅度降低运输成本，但飞机运输同样面临着时间限制、空域管制、安全性等问题，特别是对于易燃、易爆等危险品的运输来说，极易引发重大安全事故。

3 石油管道泄漏及预防

3.1 管道的泄漏原因及危害

管道作为储运油品的重要工具，由于其特殊的构造和材质，容易发生腐蚀、磨损等现象，在外力作用下还会发生泄漏。目前国内原油管道泄漏原因主要有：

3.1.1 自然因素导致的泄漏

主要包括地震、洪水、泥石流等自然灾害以及地表沉降、冻融循环等自然变化对管道的破坏

3.1.2 人为因素导致的泄漏

石油管道运输过程中，不可避免地要遇到各种障碍物，如路基、建筑物、道路、铁路、桥梁、沟渠、涵洞、地下水位、动植物等^[5]。如果处理不当，就会造成严重的后果。另外，管道施工时的野蛮操作也是造成管道泄漏的重要原因之一。

3.1.3 设备故障或管道老化引起的泄漏

随着原油输送管线运行时间的增加，管道内壁受

到磨损，出现穿孔、裂缝等现象，进而引发泄漏事故。此外，一些管道因为设计缺陷而导致管道强度不够、使用寿命短，这类问题不能及时发现并加以解决，久而久之便会成为隐患，最终酿成泄漏事故。

3.1.4 人为因素导致的泄漏

泄漏事故可能由人为误操作、人员操作失误等原因造成。例如，阀门关闭不严、管线接头处密封不良、仪表失灵等，这些都是典型的人为原因导致的泄漏。石油运输管道一旦泄漏，就会造成严重的环境污染和财产损失。首先，泄漏原油会直接渗透到土壤和地下水，影响水质，危害农作物生长，破坏生态环境。其次，泄漏原油易被引燃，从而形成火灾，甚至蔓延至城市中心区域，造成巨大的经济损失^[6]。

此外，原油泄漏还会对人们的健康带来严重的危害，如刺激眼睛和呼吸道，引起皮炎、呼吸困难、神经系统受损等。因此，对于泄漏事故，必须及时采取有效措施进行处理。根据《国家危险废物名录》中规定，液态烃属于危险废物（编号 900-046-07），应按照危险废物进行管理，通常采取回收利用的方式减少其对环境的影响。

3.2 常用修复技术分析

①采用高分子材料进行管道修复高分子材料主要有两种，一是热固性树脂，二是热塑性树脂。在国外，许多公司都拥有自己的专用设备，如美国普莱克斯公司的 LMS 堵漏泵、法国威立雅公司的 MMS 堵漏系统和美国贝特利公司的 XTM 粘接技术等。我国也研制出了具有自主知识产权的国产高分子复合材料，这些高分子材料无毒无害，固化速度快，能有效提高管道的密封性，适用于埋地长输管线的修复。

②采用化学手段进行管道修复化学修复剂通过对金属腐蚀产物或其他污染物的化学反应来达到修复管道损伤的目的，其优点是见效快，修复效果好，且成本较低。但如果处理不当会造成环境污染，甚至引发火灾爆炸事故。目前常用的化学修复剂有以下几种：

氯化铁，主要用于锈蚀部位，可直接将管道表面处理成光滑面，也可以用作填充物；

硝酸铜，主要用于焊缝，特别适用于焊接处的腐蚀修复，可抑制焊接缺陷中产生的氧化物并形成保护性氧化膜，从而阻止进一步的腐蚀；

聚四氟乙烯（PTFE），主要用于管道内壁及接口处的腐蚀修复，它具有良好的粘结性和耐腐蚀性，可长期使用。

③采用机械方法进行管道修复。机械法主要包括切割和焊接两种方式，其中切割法一般采用等离子切割机，其优点是切口平整光滑，并且能够完全切除被切割的部分，缺点是需要特殊的工装夹具，而且安装不便。焊接法则比较复杂，不仅要考虑到焊接时的温度控制问题，还要考虑到接头的应力释放和密封性问题，但是这种方法可以得到理想的接头质量。此外，还有一些辅助工具，如高压空气吹扫器、振动锤击法等，这些方法虽然操作简单，但实际应用效果不佳。

④管道整体更换对于存在严重裂纹、穿孔或大面积断裂的管道，应该采用整体更换的方式，这不仅可以避免泄漏，还能防止锈蚀。由于原油具有一定的腐蚀性，所以必须对更换下来的旧管道进行防腐处理，才能保证新管道使用的可靠性和安全性。

3.3 预防管道泄漏的措施

3.3.1 定期开展管线隐患排查工作

对管线沿线进行全面检查，并做好相关记录和资料收集工作，以便分析问题产生的原因。在调查过程中，重点关注以下几个方面：

- ①是否有新的施工作业破坏了管线；
- ②是否存在管道防腐层破损现象；
- ③是否有管道周围土壤发生过扰动；
- ④是否有新增穿越河流、公路等位置的管道；
- ⑤是否有管道沿线存在地质灾害或不良地貌。

3.3.2 加强管道安全保护工作

为防止外来外力作用导致管道泄漏，应采取有效措施加以防护。

①加强对管道及附属设施的管理，对于容易发生变形、位移的部件要定期进行校正、维修，保证其完好性；

②尽量避免与地面建筑物以及其他地下管线发生交叉、并排等情况，同时还要注意管线布局是否合理，是否存在潜在的危险源；

③远离学校、村庄、厂矿、易燃易爆物品仓库等场所，不允许在公路上打桩取土、开挖沟渠等；

④长输管道应尽量将管道埋设于地下，减少裸露地面部分，以避免受到自然条件的影响而损坏管道；

⑤定期清理管内积存的杂物，以降低管内压力，防止因局部堵塞造成管线泄漏。

3.3.3 采用先进的检测技术对管道实施动态监控

随着石油储运行业的不断发展，管道检测技术也取得了较大进步。通过建立起完善的管道检测系统，

可以及时发现管道运行中存在的问题，从而实现科学预防和控制。

比如，目前广泛使用的声发射监测技术，主要用于测量管道内壁是否存在裂纹，特别适用于埋地管道的检测；涡流探伤技术可用于检测管道壁厚、防腐层厚度等参数，能够有效指导现场管道修复作业；热成像检测技术则主要用于管道内部状态的检测。此外还有磁粉检测技术、红外线检测技术等，都是非常实用的管道检测手段。

4 总结

石油化工产品具有易燃易爆的特性，这对运输和储存提出了更高的要求。石油化工管道是连接生产和运输的重要环节，由于其在使用过程中容易出现泄漏问题，不仅会造成严重经济损失，还可能对人们生命财产安全构成威胁。因此，必须提高石油化工管道的使用效率和安全性。管道运行期间，应根据管道设计参数进行实时监测，及时发现、处理隐患；通过优化管道运输路线，降低管道运行压力，减少管道泄漏风险；加强管道维修工作，建立完善的管道检测机制，定期对管道进行检查、维修和养护，及时解决各种问题。

此外，还要做好管道储运工作，选择合适的储罐类型，合理布置储罐位置，尽量减少油气挥发损耗，实现经济效益最大化，同时也要做好应急准备工作，防止突发事故的发生。未来的研究工作应该集中在这几个方面，以促进我国石油储运技术的发展。

参考文献：

- [1] 王俊丽, 刘颖, 刘宇丰, 等. 油气田智能仓储管理现状与对策研究 [J]. 信息系统工程, 2024(7):74-77.
- [2] 尹祚嵩, 付琳. 油气储运技术进展及其在石油化工贸易中的应用前景 [J]. 中国石油化工贸易, 2024,16(9):4-6.
- [3] 周建霞, 南文海. 基于环境监测的油气储运系统中石油仓储与长输管道建设最佳实践 [J]. 中国石油化工贸易, 2024,16(3):100-102.
- [4] 王连君, 王志斌, 耿慧晶, 等. 石油储罐火灾状态下临近储罐冷却技术研究 [J]. 石油和石油化工设备, 2023,26(4):122-124.
- [5] 周圣家. 石油仓储区工艺分析 [J]. 中国石油化工贸易, 2023,15(9):193-195.
- [6] 王建兵. 石油管道电伴热带恒温系统的控制及应用 [J]. 中国石油化工贸易, 2023,15(33):163-165.