

长输天然气管道的安全运行监测技术与应用

高海涛（四川港华合纵能源有限公司，四川 内江 642450）

摘要：在天然气运输过程中管道对于天然气运行稳定性和可靠性会产生至关重要的影响，但是长输天然气管道常常会因为各种因素影响进而导致泄漏、弯曲等相应问题较为常见，影响了天然气运输的稳定性和可靠性，科学应用安全运行监测技术可以更好地了解长输天然气管道的运行状态，及时地发现问题并有效地解决问题。本篇文章也将目光集中于此，主要讨论了长输天然气管道安全运行问题的构成原因，分析了在长输天然气管道安全运行管理中可供借鉴和选用的安全运行监测技术，并阐述了安全运行监测技术的应用要点。希望通过本篇文章的探讨和分析可以为相关工作人员提供更多的参考与借鉴，科学应用天然气管道安全运行监测技术获得更加完整全面的信息数据。

关键词：长输天然气管道；监测技术；天然气供给；适用范围

今日社会的迅速发展以及人们消费能力的不断提升让现阶段社会对于天然气的需求变得越来越高，天然气管线也在不断地完善和优化，这也为人们的生产生活提供了更多的便捷。但是在天然气运行期间管道安全问题是较为常见的问题，这很容易会影响天然气供给的稳定性和可靠性，因此需要合理应用监测技术获得更加完整全面的信息数据，更好地了解天然气管道的运行状态，在此基础之上及时落实维修工作，而在分析长输天然气管道安全运行监测技术之前首先需要了解长输天然气管道安全运行问题的构成原因。

1 长输天然气管道安全运行问题的构成原因

长输天然气管道在运行的过程中极其容易受到破坏，一般情况下可以根据破坏原因将长输天然气管道的破坏问题和破坏特点划分为管道自身自然损坏和外力损坏两大类别。

首先，从管道自身自然损坏的角度来分析在长输天然气管道运行的过程中，其客观环境是相对而言较为复杂的，在这样的背景下则必须结合不同地区的气候特点、地势地形甚至土质土壤、水文特点来科学选择并有效优化长输天然气管道建设过程中的相应材料，否则则很容易会因为材料选择不当进而出现管道腐蚀、老化、破裂等相应问题。此外，个别施工单位为了谋取更多利润在材料购买的过程中选择以次充好也很容易会出现管道破坏，引发腐蚀、老化、破裂的相应问题。

其次，为外力破坏，因为长输天然气管道运行线路较长，因此在长输天然气管道运行期间不可避免地会穿过灾害多发区。例如地震较为频繁的地段或降雨量相对较高、很容易引发山洪、泥石流、山体滑坡等

地区，这些自然灾害在出现以后，也很容易会对天然气管道造成较大的破坏和影响。此外，天然气管道的材质选择不科学则会导致在天然气运行期间常年受风雨积雪侵蚀，出现腐蚀等相应问题。另一方面为建筑施工对于天然气管道所产生的影响，人们的生产生活需求是多维度、多角度的，在这样的背景下地下铺设的管线也较为复杂，如果没有及时做好信息摸排对于地下管道的构成有较为全面的了解，则很容易会因为管道交叉等多重因素的影响埋下安全隐患。

由此可见，引发天然气管道破损、老化、泄漏等相应问题的构成原因是相对而言较为复杂的。在这样的背景下则需要通过管道监测技术获得更加完整全面的数据信息，进而让相关工作人员可以及时地发现管道存在的问题并做出整改和修补，保障天然气供给稳定性和可靠性的同时有效避免天然气泄漏所带来的损失和影响。

2 长输天然气管道安全运行监测技术

2.1 可视化监测技术

可视化监测技术顾名思义是通过监测技术的科学应用来获得更加直观的管道内部图片，进而让相关工作人员更加精准地确定长输天然气管道存在的问题，分析其构成原因及解决对策，而较为常见的可视化监测技术主要包含管道闭路电视监测技术、管道内窥镜两种监测技术。

从管道闭路电视监测技术的角度来分析，该项技术的发展时间是相对较长的，早在 20 世纪 50 年代就已经出现，随着时间的推移管道闭路电视监测技术其技术体系已经逐渐成熟，工作人员可以通过管道闭路电视监测技术更好地明确管道内壁是否存在缺陷、腐

蚀等相应问题，该项技术的技术优势和欠缺不足都是较为鲜明的。从技术优势的角度来分析，首先，管道闭路电视监测技术其操作难度相对较低，且在监测的过程中所需要投入的成本和资源相对较少。其次，其适配性相对较强，无论是口径相对较大的管道还是口径相对较小的管道采用管道闭路电视监测技术都可以达到较好的监测效果。再次，通过管道闭路电视监测技术可以形成更加完整的图像，且其监测速度相对较快，所收集到的图像较为清晰，这可以为问题缺陷的辨识分析提供更多的助力。最后，在管道监测的过程中如果采用管道闭路电视监测技术可以较好地避免大范围开挖路面的问题，但是管道闭路电视监测技术也存在着一定的局限性即所形成的监测结果需要由接受过专业培训和教育的人员来进行解释和分析，能否精准识别缺陷问题往往取决于相关工作人员的专业素养高低。一般情况下，管道闭路电视监测技术主要有摄像机、电线、录影设备、摄影监视器、电源控制设备等相应的设施设备组成，工作人员可以根据管道监测实际需求来科学选择不同型号的摄像头，在此基础之上利用电线和主控系统来发布指令，由爬行器爬到指定位置录取图片。在管道闭路电视监测技术应用的过程中需要尤为引起关注和重视的则是科学选择管道监测工具。一般情况下，相关工作人员需要明确管道安全运行监测的监测对象，分析其监测特点，在此基础之上分析在监测工作落实的过程中所需要应用的监测器具，通过评价判断不同监测器具的适用范围和应用效果来确定工具的适应性，然后确定监测工具。

从管道内窥镜的角度来分析，管道内窥镜技术与管道闭路电视监测技术两者有着较强的共通性，都可以通过获取图片的方式让相关工作人员更好地明确管道内部存在的磨损和问题，而管道内窥镜技术则是通过目镜、物镜、光学系统原理配合电荷耦合器件芯片和示波器来记录图片。一般情况下，管道内窥镜主要由探头、高强度外部光源、电缆接口和外部媒体记录装置组成，该项技术的技术优势具体体现在以下几点。首先，相较于其他技术管道内窥镜技术的适配性更强，可以有效应用于其他设备无法有效监测的区域尤其是管径相对较小的管道监测，采用管道内窥镜监测技术可以达到较好的监测效果。其次，作为可视化监测技术的一种，其应用优势必须体现在监测图像上，而管道内窥镜监测技术所获得的图像较为清晰可以更好地保障图像拍摄质量，且其图像拍摄效率也是相对较高的，但是管道内窥镜监测技术

也存在着一定的欠缺和不足，同管道闭路电视监测技术一样，管道内窥镜监测技术在实践应用的过程中监测结果的读取和解释对于工作人员的专业素养要求相对较高，此外，管道内窥镜监测技术更加适用于管径相对较小且监测距离相对较短的情况，否则很容易会影响监测结果的准确性和可靠性。

2.2 管壁金属损失监测

管道金属损失监测也是管道安全运行监测中的重点内容，而就现阶段来看可供借鉴和采用的管道金属损失监测技术主要包含脉冲涡流监测系统、蛇形探测工具、涡流阵列监测技术等等。

首先，为脉冲涡流监测系统，该项监测在实践应用的过程中可以通过监测壁厚的方式来判断管道内外是否出现腐蚀问题，在监测的过程中可以利用发射线圈形成矩形涡流，通过正脉冲和负脉冲配合量化接收器线圈测量涡流强度，分析壁厚数据，而工作人员则可以根据壁厚数据分析管壁金属是否出现损失，判断管道运行的稳定性和可靠性能否得到保障。一般情况下，脉冲涡流监测系统其覆盖直径范围约为 25~150mm，脉冲涡流监测技术的应用优势是较为鲜明的，即该项技术可以通过远程操作的方式获得更加精准的数据，尤其是海底传输管道监测的过程中脉冲涡流监测技术的应用效果更好，但是脉冲涡流监测技术也存在着一定的欠缺和不足，即监测结果的可靠性很容易会受客观环境的温度等多重因素的影响，此外在监测的过程中很容易会受传感探头因素的影响导致监测结果的准确性和可靠性受到较大的冲击。

其次，为蛇形探测工具该项技术也可以通过监测壁厚和管道应力等多种方式来判断管道是否存在腐蚀等相应问题，蛇形探测器在实践应用的过程中主要由激励线圈和监测线圈组成，两线圈的距离往往与管径有着密切联系，为后者的 2~3 倍，在监测的过程中蛇形探测工具可以通过激励线圈发射磁场线，而监测线圈则可以获取信号信息并监测和分析管道外壁是否存在损失和受到破坏，蛇形监测工具在实践应用的过程中可以通过地面控制的方式来完成监测。且随着技术研究的不断深化和发展，现阶段蛇行探测工具在实践应用的过程中可以实现半自动化数据分析，进一步提高了监测的效率和质量，但是该项技术更适用于小口径的管道，大口径管道监测的过程中如果采用该项技术则很容易会影响监测结果。

再次，为涡流阵列监测技术，该项技术是通过涡

流理论配合线圈阻抗相位和幅度的变化来判断天然气管道是否存在腐蚀等相应问题，工作人员则可以通过该项技术获得二维扫描图像，更好地了解管道的实际情况，该项技术的技术优势是操作难度相对较低，且在监测的过程中不需要引入其他设备来协同操作，但是该项技术在实践应用的过程中需要贴合管道外壁，而大多数天然气管道多埋于地下，因此其监测难度相对较高，适配性不足，往往更适用于架空敷设的输气管道。

最后为射线监测技术，该项技术不仅可以应用于管道腐蚀监测，同时也可以应用于阀门监测，是通过放射源穿透材料的方式来判断不同部位对于X射线或Y射线的吸收能力，在此基础之上分析管道是否存在缺陷和问题。射线监测技术的技术优势在于可以更好地适配于不同类别的管道，并不会受管道材料影响监测结果，同时其监测精度也是相对较高的。但是该项技术的缺陷则在于在实践应用的过程中存在着一定的安全隐患，因此对于工作人员的素养要求相对较高。

2.3 管道泄漏检测

在管道泄漏检测的过程中可供借鉴和采用的监测方法也是相对较多的，以下就几种较为常见的监测技术展开论述。首先为机载泄漏检测技术，该项技术是通过机载仪器捕捉目标气体的方式来分析是否存在天然气泄漏问题，天然气的主要成分为甲烷，工作人员可以通过机载泄漏技术来捕捉目标气体，分析其物理特性。一般情况下可以将机载泄漏检测技术划分为机载激光监测、红外监测和嗅探器监测等不同类别，可以快速地完成天然气管道监测工作并更好地定位天然气管道泄漏的具体位置，但是在实践应用的过程中很容易会受风速的影响，且应用成本也是相对较高的。其次，为智能球技术该项技术属于一种声学监测技术，主要是通过声学传感器、加速度计、磁力计等相应的仪器设备应用制作智能球，智能球会在天然气管道中滚动获得更加完整全面的数据信息，判断是否存在管道泄漏问题。该项技术的敏感度相对较高，可以精准识别管道泄漏问题，但是很容易受管壁压力差等多重因素的影响导致监测结果的准确性和可靠性受到较大的冲击，此外环境噪声也会影响监测结果的精准性。

2.4 SCADA 系统

SCADA 是基于计算机技术产生的一种集数据采集、视频监控等相应功能于一体的长输天然气管道安全运行监测技术，该系统在电力、冶金等相关领域

也得到了广泛应用，在长输天然气管道运行期间，SCADA 系统会自动收集、监测管道的运行参数，工作人员可以通过算法调整的方式确定各监测项目的红线范围，一旦监测信息超过安全阈值范围，系统会自动触发警报并将报警信息发送到相关工作人员的手中，由相关工作人员结合资源配置情况分析解决对策和处理方案，为了更好地提高监测能力和分析能力，可以通过历史数据和实时数据整合分析的方式确定数据发展趋势，在此基础上分析各类风险出现的可能性及处理方案，在此基础上还可以通过专家系统和人工智能技术自动识别分析监测信息，提取关键词，确定潜在风险并且对接专家系统向工作人员推送解决方案。

3 长输天然气管道安全运行监测技术的应用要点

在长输天然气管道运行期间科学选择安全运行监测技术、有效落实监测工作是十分必要的，必须引起关注和重视，而在监测工作落实的过程中相关单位还需要注意以下几点问题。

首先，必须加强人才队伍建设，可以通过提高人才准入门槛以及加强人才培训等多种方式，不断提高相关工作人员的专业修养。其次，在天然气管道运行期间保障安全运行管理的规范性是十分必要的，这时相关单位则可以通过完善规章制度的方式更好地规范相关工作人员的工作行为，进而更好地保障各项工作的落实质量，可以紧抓责任机制、奖惩机制、考核机制和监督机制等相应规章制度建设要点，更好地规范相关工作人员的工作行为。

4 结束语

有效应用长输天然气管道安全运行管理监测技术可以更好地明确管道存在的问题，及时地发现管道存在的缺陷并做出修整，在保障天然气供应稳定性和可靠性的同时有效避免天然气泄漏所带来的安全事故，必须引起关注和重视，明确不同监测技术的适用范围、应用优点和局限性，结合实际情况对监测技术做出科学选择。

参考文献：

- [1] 邱春雨, 杨守玉. 天然气管道监测技术研究及管理措施 [J]. 石化技术, 2024, 31(07):176-178.
- [2] 刘海磊. 城市环境下天然气管道泄漏的监测系统 [J]. 物联网技术, 2021, 11(11):16-17+21.
- [3] 卢泓方, 吴晓南, Tom Iseley, 等. 国外天然气管道检测技术现状及启示 [J]. 天然气工业, 2018, 38(02):103-111.