

城镇燃气管道老化评估与安全管理策略研究

陈志坚

银川市供热燃气服务中心 宁夏 银川 750000

摘要：本文全面探讨了城镇燃气管道老化评估与安全管理策略。强调了城镇燃气管道在城市生活中的重要性，分析管道老化的现状，包括定义、表现形式及现有管道的建设与运行情况。构建了老化评估指标体系，涵盖材料性能指标、结构完整性指标和运行环境指标。文章进一步介绍了多种老化评估方法，如无损检测技术、基于监测数据的评估方法和基于风险评价的评估方法。提出了城镇燃气管道的安全管理策略，包括日常巡检与维护、应急管理以及安全管理信息化建设。本文旨在为燃气公司提供一套系统的管道老化评估与安全管理方案，以确保城镇燃气管道的安全运行。

关键词：城镇燃气管道；老化评估；安全管理；风险控制

1 城镇燃气管道在城市生活中的重要性

城镇燃气管道作为现代城市基础设施的重要组成部分，承载着保障居民日常生活、工业生产及公共服务等多方面的燃气供应任务，其重要性不言而喻。燃气作为一种清洁、高效的能源，广泛应用于炊事烹饪、热水供应、家庭采暖以及餐饮、酒店、医院、学校等众多公共服务领域，极大地提升了城市居民的生活质量和便利性。城镇燃气管道如同城市的血脉，将燃气从生产源头安全、稳定地输送到千家万户和各行各业。它不仅满足了居民日常生活的基本需求，还促进了城市经济的繁荣与发展。餐饮业的繁荣、工业的稳步增长、公共服务设施的完善，都离不开燃气管道的稳定供应。另外，燃气作为一种低碳环保的能源，相较于煤炭等传统能源，具有更高的燃烧效率和更低的污染物排放，有助于改善城市空气质量，推动绿色城市建设。随着城市建设的快速发展和燃气管道使用年限的增长，燃气管道的老化、腐蚀、泄漏等问题也日益凸显，对城市居民的生命财产安全构成了潜在威胁^[1]。因此，加强城镇燃气管道的安全管理，定期进行老化评估，及时发现并修复安全隐患，显得尤为重要。

2 城镇燃气管道老化现状分析

2.1 管道老化的定义与表现形式

管道老化是指城镇燃气管道在使用年限增长、外部环境及内部介质腐蚀等多种因素的综合作用下，其物理性能、材料强度及密封性逐渐下降，导致管道整体性能衰退的现象。老化并非一蹴而就，而是一个渐进的过程，其表现形式多样，包括但不限于：管道壁变薄、材料脆化、腐蚀斑点或穿孔、涂层脱落以及焊缝开裂等。这些老化迹象不仅威胁着管道的结构完整性，还可

能引发燃气泄漏、压力下降等安全隐患，严重时甚至可能导致火灾、爆炸等灾难性后果。

2.2 现有燃气管道的建设与运行情况

我国城镇燃气管道建设始于上世纪后半叶，经过数十年的发展，已初步构建起覆盖广泛、布局合理的燃气供应网络。这些管道大多采用钢质材料，部分早期建设的管道由于技术条件限制，可能存在着防腐措施不足、设计标准较低等问题。随着城市化进程的加速和居民用气量的不断增长，现有燃气管道的运行压力日益增大，部分老旧管道因长期承受高负荷运行，加速了其老化进程。另外，城市扩张与建设改造过程中，部分燃气管道被埋设于复杂环境中，如地下水位高、土壤腐蚀性强的区域，进一步加剧了管道的老化速度^[2]。尽管近年来，随着新材料、新工艺的应用以及智能化管理水平的提升，新建燃气管道的质量与安全性得到了显著提升，但如何有效管理、维护与更新老旧管道，仍面临诸多挑战。

3 城镇燃气管道老化评估指标体系

3.1 材料性能指标

材料性能指标是评估城镇燃气管道老化程度的基础。这些指标主要包括管道的材质类型、材料强度、韧性、耐腐蚀性及使用寿命等。不同材质的管道，其抗老化性能存在显著差异。例如，铸铁管道因其韧性较低，易在外部环境变化和内部介质腐蚀下发生破损；而钢质管道则可能因长期受到腐蚀性介质的影响，导致壁厚减薄、材料强度下降。评估时，需通过专业检测手段，如超声波检测、射线检测等，对管道材料进行非破坏性检测，以准确获取其材料性能指标，为老化程度的判断提供依据。

3.2 结构完整性指标

结构完整性指标是衡量燃气管道在老化过程中结构是否保持完整的重要标准。管道的几何形状变化,如弯曲、变形,可能预示着管道内部存在应力集中或材料疲劳;焊缝质量的下降则可能导致泄漏风险增加;涂层脱落或破损会加速管道的腐蚀速率;而管道连接部分的松动或老化,则可能引发燃气泄漏事故。因此,对管道的结构完整性进行全面评估,是及时发现并修复潜在安全隐患的关键。

3.3 运行环境指标

运行环境指标反映了燃气管道所处外部环境的复杂性和对管道老化的影响程度,不同的运行环境对管道老化的影响不同。例如,高地下水位和腐蚀性土壤会加速管道的腐蚀过程;而频繁的地面活动可能导致管道受力状态变化,增加破损风险^[3]。评估时,需综合考虑这些因素,通过现场调查、环境监测等手段,获取准确的运行环境数据,以全面评估管道在特定环境下的老化程度及潜在风险。

4 城镇燃气管道老化评估方法

4.1 基于无损检测的评估方法

4.1.1 漏磁检测技术

漏磁检测技术(Magnetic Flux Leakage, MFL)在燃气管道腐蚀检测领域发挥着关键作用。该技术利用了磁通量的物理特性,即当磁场中的磁通量穿过导体时,如果该导体中存在缺陷或材料性质的变化(如腐蚀造成的壁厚减薄),那么原本闭合的磁路就会被破坏,从而在缺陷周围形成漏磁场。这一磁场的变化可被高度灵敏的磁传感器捕捉到,通过对这些信号的记录与分析,便能判断出管道的腐蚀程度和分布区域。漏磁检测技术的优点在于:它可以高速、大面积地对管道进行检测,提高了工作效率;检测结果直观明了,可通过图像化处理将腐蚀位置、面积等信息直接展现给操作人员;检测数据可记录保存,为后续维护和维修提供宝贵信息。然而,该技术的局限性也不可忽视,如对涂层覆盖管道的腐蚀检测精度会受影响,对于较深、形状不规则的腐蚀缺陷可能存在检测盲区,同时要求被检测管道具有较高的剩磁率。因此,在应用该技术时,应综合考虑管道的材料属性、涂层状态、以及操作环境,合理选择检测设备和参数,以获得最优检测效果。

4.1.2 超声波检测技术

超声波检测技术作为无损检测的重要手段之一,被广泛用于燃气管道内部缺陷的识别和壁厚变化的监测。超声波是指频率高于人耳可听到的声音振动波,能够穿透不同材质的物体,当超声波波束从探头射入管道并遇

到缺陷(如裂纹、夹渣)或厚度变化时,会产生反射、折射等现象,这些变化的声波会被探头接收并转化为电信号进行处理。通过分析处理后的超声波数据,可以得到缺陷的形状、位置、深度及管道的壁厚等信息。超声波检测技术的检测精度高,能够对缺陷进行精确的尺寸测量;适用性广,不仅能检测金属材质,还可应用于非金属管道的缺陷检测;并且能实时记录检测结果,为后续数据分析与决策提供强有力的支持。不过,其检测结果易受到检测环境(如噪声干扰、材料厚度、检测表面状况)的影响,另外,操作人员的经验与技能也是影响检测精度的重要因素。因此,在利用超声波技术进行燃气管道老化评估时,需要操作人员具有丰富的经验和高度的专业技能,同时还要结合实际情况合理选择检测方法及设备,以保证检测结果的准确性^[4]。

4.2 基于监测数据的评估方法

随着物联网技术的不断发展,传感器、数据收集与分析技术已成为监测管道健康状况的关键工具。基于监测数据的评估方法通过长期连续收集管道运行环境的数据(如土壤腐蚀性、应力水平、管道内外温差等),并对其进行整合分析,进而对管道的老化程度和风险进行评估。这一方法的好处在于能够提供实时监测与预警服务,便于及时发现和解决问题,防止问题进一步扩大。然而,如何收集、整理并有效利用海量的监测数据,从中挖掘出有用的信息以辅助决策,是该方法面临的挑战。这要求燃气公司在技术应用的同时,还要加强数据管理和分析能力,同时积极探索与应用智能分析技术,以实现管道老化的高效评估和及时应对。

4.3 基于风险评价的评估方法

基于风险评价的评估方法是通过构建一套包含多种因素在内的评价体系,将燃气管道的运行状况与外部环境纳入考虑范围,以此为依据计算出管道在老化过程中的潜在风险值。这通常包括风险评估矩阵的设立、关键指标的筛选、风险的定量和定性评估等环节;首先需要识别和界定可能导致燃气管道安全事故的风险因素,包括但不限于材料性能下降、外部环境侵蚀、操作与维护水平、社会和经济影响等。接下来,需要构建一个量化风险评估模型,采用风险矩阵法等工具对这些风险因素进行量化和等级划分。综合运用数学模型(如故障树分析(FTA)、事件树分析(ETA)等),对燃气管道系统进行综合分析,以识别和评估潜在的故障路径和事故场景。这些模型能够帮助评估者理解各种风险因素之间的相互作用,以及它们如何影响管道的整体安全性和可靠性。在风险评价过程中,还需考虑管道的老化速度、剩

余寿命以及未来可能的维修和更换成本。通过对这些数据的综合分析,可以计算出管道在不同时间段内的风险水平,从而制定出相应的风险管理策略。

5 城镇燃气管道安全管理策略

5.1 日常巡检与维护策略

日常巡检与维护是保障城镇燃气管道安全运行的基础,这一策略强调对管道进行定期、全面的检查,及时发现并处理潜在的安全隐患。首先,应制定详细的巡检计划,明确巡检周期、巡检内容和巡检人员责任。巡检内容应涵盖管道本体、阀门、接头、防腐层等关键部位,以及管道周边的地质环境、施工活动等情况。巡检过程中,巡检人员需携带必要的检测工具,如超声波测厚仪、可燃气体检测仪等,以便对管道的壁厚、腐蚀程度、气体泄漏等进行实时监测。在维护方面,应根据巡检结果和管道的运行状态,及时制定并执行维护计划。对于发现的轻微腐蚀、涂层脱落等问题,及时进行修复;对于严重腐蚀、结构破损等安全隐患,则需采取更换管道、加固等措施。另外,定期对管道的附属设施(如阀门、压力表等)进行校验和维护,确保其正常运行。日常巡检与维护策略的有效实施,不仅依赖于科学的巡检和维护计划,还离不开专业的巡检队伍和高效的管理机制。燃气公司应加强对巡检人员的培训和教育,提高他们的专业素质和责任心;同时,应建立完善的巡检和维护记录制度,确保巡检和维护工作的可追溯性和可评估性。

5.2 应急管理策略

应急管理策略是应对城镇燃气管道突发事件的关键,这一策略要求燃气公司建立健全的应急预案体系,明确应急响应流程、应急资源和应急责任。应急预案应包括不同级别的应急响应程序,如预警、报警、疏散、抢险等,以及针对不同类型突发事件的应对措施。在应急资源方面,燃气公司应储备必要的应急物资和设备,如抢修工具、防护装备、检测仪器等,并确保这些物资和设备的可用性和完好性。同时,建立专业的应急抢险队伍,并定期进行应急演练和培训,提高应急抢险的效率和技能水平。在应急响应过程中,燃气公司还需加强与相关部门和机构的协作与沟通,如消防、环保、医疗

等,共同应对突发事件;还应建立高效的应急信息传递机制,确保应急信息的及时传递和共享,为应急决策提供有力支持。

5.3 安全管理信息化建设策略

安全管理信息化建设的核心在于构建一个全面、集成、实时的信息管理系统。该系统应能够收集、整合和分析来自日常巡检、维护、监测以及应急管理等各个环节的数据信息,为管理者提供准确、及时的决策支持。建立和完善管道数据库,将管道的设计、施工、运行、维护等全生命周期信息纳入其中,实现数据的统一管理和高效利用。制定统一的数据标准和规范,确保数据的准确性和一致性;通过安装传感器、智能仪表等设备,实时监测管道的运行状态和周围环境的变化,并将这些数据实时传输至信息管理系统中。这样不仅可以及时发现潜在的安全隐患,还可以为后续的维护和管理提供数据支持;对历史数据的挖掘和分析,可以发现管道老化和故障的规律,为预测和预防事故的发生提供依据。利用人工智能技术可以对管道的运行状态进行智能诊断和预警,提高应急响应的速度和准确性。在推进安全管理信息化建设的过程中,还需注重信息安全和数据保护,定期对系统进行维护和更新,确保系统的稳定性和可靠性。

结束语

综上所述,城镇燃气管道的安全管理是一项复杂而重要的任务,需要综合考虑管道老化评估、日常巡检与维护、应急管理以及安全管理信息化建设等多方面因素。未来,随着科技的进步和管理的创新,相信城镇燃气管道的安全管理水平将得到进一步提升,为城市居民提供更加安全、可靠的燃气供应服务。

参考文献

- [1]单武迪.城镇燃气管道防腐技术与维护管理[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(05):173-175.
- [2]李向盈,孙亮.城镇燃气管道施工技术要点及相关问题阐述[J].当代化工研究,2024(05):191-193.
- [3]齐振江.城镇燃气管道隐患分析与治理措施[J].石化技术,2024,31(02):250-252+235.
- [4]徐鹏,潘丹丹,袁勋,等.燃气管道泄漏扩散研究进展[J].油气储运,2022,41(01):21-28.