

## 化工管道法兰连接处的泄漏检测方法对比

陈宝军

宁夏宝利新能源有限公司 宁夏银川

**【摘要】**随着化工管道法兰连接处泄漏问题日益严重，泄漏检测技术的研究愈加重要。本文对比分析了多种常用的泄漏检测方法，包括超声波检测、红外热成像、气体检测与声波检测等，评估其在不同工况下的应用效果与局限性。通过对比各方法的灵敏度、检测精度与适用范围，揭示了不同方法在化工管道法兰连接处泄漏检测中的优缺点及适用场景，为工程实践提供参考。研究表明，选择合适的检测方法能够有效提高泄漏发现的效率和准确性，减少安全隐患。

**【关键词】**化工管道；法兰连接；泄漏检测；超声波检测；红外热成像

**【收稿日期】**2025 年 5 月 16 日

**【出刊日期】**2025 年 6 月 21 日

**【DOI】**10.12208/j.jccr.20250033

### Comparison of leakage detection methods at flange connection of chemical pipeline

Baojun Chen

Ningxia Baoli New Energy Co., Ltd, Yinchuan, Ningxia

**【Abstract】** With the increasing severity of leakage issues at chemical pipeline flange connections, research on leakage detection technologies has become increasingly crucial. This paper compares and analyzes various commonly used detection methods, including ultrasonic testing, infrared thermal imaging, gas detection, and acoustic detection, evaluating their application effectiveness and limitations under different operating conditions. By comparing the sensitivity, detection accuracy, and applicability of each method, this study reveals the advantages and disadvantages of different approaches in chemical pipeline flange leakage detection, as well as their suitable scenarios, providing practical references for engineering applications. The research demonstrates that selecting appropriate detection methods can effectively enhance the efficiency and accuracy of leakage identification, thereby reducing safety hazards.

**【Keywords】** Chemical pipeline; Flange connection; Leakage detection; Ultrasonic detection; Infrared thermal imaging

#### 引言

在化工行业中，管道法兰连接处常常是泄漏的薄弱环节。由于泄漏可能引发严重的环境污染或安全事故，对其检测技术的需求日益迫切。传统的泄漏检测方法往往受到检测精度、灵敏度等因素的制约，无法在复杂的工业环境中提供高效可靠的监测。为了确保生产的安全性与稳定性，近年来，越来越多的新型检测技术逐渐被应用到化工管道法兰连接处的泄漏监测中。不同检测方法各具优势与局限，选择合适的检测技术成为亟待解决的关键问题。

#### 1 化工管道法兰连接处泄漏问题的现状与挑战

化工管道法兰连接处泄漏问题在工业生产中一直是一个不容忽视的安全隐患。由于法兰连接处承受着

高压、高温以及腐蚀性介质的作用，长期运行中，这些区域极易发生泄漏<sup>[1]</sup>。化工管道系统在运行过程中不可避免地会面临温度变化、压力波动以及介质腐蚀等因素，导致法兰连接部位发生松动、变形、密封失效等问题，这些因素直接增加了管道泄漏的风险，进而影响了生产安全。特别是在化工、石油、天然气等行业，法兰连接处一旦发生泄漏，不仅会对环境造成严重污染，还可能引发火灾、爆炸等安全事故，造成重大的财产损失与人员伤亡。

泄漏检测的难度也随着生产环境的复杂性和管道系统的多样化而增加。化工管道中的许多法兰连接处位置隐蔽且难以接触，加之环境中高温、高压和强腐蚀性气体等因素的干扰，传统的人工检测方法无法提供

准确、及时的泄漏信息,造成泄漏无法早期发现并得到有效处理。泄漏检测方法的精度、灵敏度、适用范围等方面存在较大的差异。部分方法在高温、高压的环境下难以发挥其最佳检测效果,而另一些方法则在较小泄漏的检测上存在局限性。如何选择合适的检测技术,并确保其在不同工况下的有效性,成为解决泄漏问题的关键。

化工管道法兰连接处的泄漏检测面临着多方面的挑战。除了技术难题,管道运行环境的不稳定性也是一个重要因素。泄漏的发生往往是突然且不可预测的,这使得管道系统的监控与维护变得尤为复杂<sup>[2]</sup>。随着行业对安全生产要求的不断提升,如何在复杂的工况下实现高效、精确的泄漏检测,成为了各大化工企业关注的焦点。尽管已经有多种检测方法逐渐被提出并应用,但它们在具体应用中仍面临着各种问题,包括设备成本高、操作复杂、反应速度慢等。急需研发出更为先进、经济且高效的检测技术,以保障化工管道的安全性并减少潜在的安全隐患。

## 2 现有泄漏检测方法的应用分析与对比

在化工管道法兰连接处泄漏检测的研究中,多种方法被提出并应用于实际检测中。超声波检测技术作为一种广泛应用的无损检测手段,能够通过探测泄漏气体所产生的声音波形变化来判断泄漏的存在。该方法的优势在于其高精度与灵敏度,特别是在面对微小泄漏时能够提供较为可靠的检测结果<sup>[3]</sup>。超声波检测在高温、高压等恶劣环境下的稳定性存在一定问题,且该技术通常需要专业人员操作,检测结果的准确性容易受到环境噪声和设备故障的影响。此外,超声波探头的局限性使得其在复杂管道系统中存在无法全面覆盖的难题,因此,超声波技术的应用还需要与其他检测手段配合使用,才能在各种工况下确保检测的全面性与准确性。

红外热成像技术则通过检测管道表面的温度分布变化来间接判断泄漏情况。这种方法能够在不接触目标的情况下进行检测,具有较高的实时性和自动化程度,适合大范围、高速的泄漏监测。特别是在液体泄漏和气体泄漏发生时,红外成像可以通过温差变化有效识别泄漏源。红外热成像的检测精度与环境温度的变化密切相关,热噪声和背景温度的干扰可能导致误报或漏报。此外,红外检测对于高温气体泄漏的识别能力较强,但对于低温或低浓度气体的检测则存在较大局限性。因此,在实际应用中,红外热成像常常需要与其他方法结合,以弥补其在特定情况下的不足。

气体检测方法也是化工管道泄漏检测中不可或缺的技术。常见的气体检测方法包括使用气体探测仪器对周围空气中的可燃气体、毒气等进行检测。这类方法通常通过分析气体浓度的变化来发现泄漏,并且具备较好的实时性<sup>[4]</sup>。对于一些易挥发和易燃气体,气体检测技术具有很高的灵敏度和准确度。但在实际应用中,气体检测仪器的安装与维护成本较高,且受限于气体的扩散规律,部分泄漏点可能未被检测到。此外,气体检测设备在复杂环境下的稳定性也是一大挑战,特别是在恶劣气候或高压环境中,气体检测仪器可能出现误报或漏报的现象。为了提高检测的全面性和准确性,气体检测通常也需要结合其他手段进行补充验证,形成多元化的检测体系。

## 3 提高泄漏检测效率的技术创新与优化策略

随着化工管道法兰连接处泄漏检测需求的不断增加,许多技术创新和优化策略被提出以提高检测效率。智能传感器的应用是提升泄漏检测精度与实时性的重要手段。通过将传感器与物联网技术结合,可以实现管道泄漏的实时监控和数据传输。智能传感器不仅能够高效地检测到微小的泄漏,还能自动调整检测参数,提高系统的灵敏度与适应性<sup>[5]</sup>。传感器与云平台的结合能够实现远程监控,及时获取管道泄漏信息,大大提高了现场维护的效率和准确性。这种技术的创新使得泄漏检测可以实现更广泛的应用,尤其适用于一些远程或难以接触的管道区域。

在传统检测方法的基础上,多种检测技术的融合应用也是提高检测效率的有效途径。通过将超声波、红外热成像、气体检测等方法结合使用,能够弥补单一方法在特定工况下的不足。多技术融合可以互为补充,提高检测的准确性和全面性。在气体泄漏检测的基础上,结合红外热成像技术能够有效识别泄漏点的位置,而超声波检测则能够进一步提供泄漏的大小和类型信息。通过这种综合应用,能够最大程度地提高泄漏检测的可靠性与效率,并且为管道维护提供更为全面的数据支持。

随着人工智能技术的快速发展,基于大数据分析和机器学习的泄漏检测方法也在逐步成熟。通过对历史检测数据的分析,机器学习模型可以预测泄漏发生的潜在风险点,从而提前采取预防措施。这种技术不仅提高了泄漏检测的预见性,还能够根据实时数据动态调整检测策略,提高系统的智能化水平<sup>[6]</sup>。随着人工智能在检测领域的逐渐应用,化工管道的泄漏检测效率将得到显著提升,特别是在高频、复杂的生产环境中,

能够做到更为精确的检测与预警。这些创新技术与优化策略的实施,标志着泄漏检测进入了更为智能、精确的新时代。

#### 4 化工管道法兰连接处泄漏检测方法的综合评价与应用指导

化工管道法兰连接处的泄漏检测方法各有特点,其综合评价需要从多个维度进行分析,包括灵敏度、准确性、适用范围以及经济性等。超声波检测方法虽然具有较高的灵敏度,能够检测微小的泄漏,且适用于各种工况,但其需要良好的接触性,且受环境噪声干扰较大,适用性受限。红外热成像技术在非接触式检测中表现出色,尤其适合在无法接触到的管道区域进行检测<sup>[7]</sup>。它对于温差不明显的微小泄漏无法提供精确定位,并且需要管道表面存在足够的温差才能发挥作用。气体检测技术以其较高的实时性和精准度,在气体泄漏的监测中占据重要地位,但其设备成本较高,且对微小气体泄漏的检测灵敏度较差。

在选择合适的检测方法时,需考虑不同工况下的适用性和检测需求。例如,对于需要长时间在线监测的管道系统,气体检测和智能传感器结合的方法能够提供连续稳定的数据,适用于实时预警系统的建设。对于管道外表面较为暴露、环境温度较大的场景,红外热成像技术可以有效提供泄漏点的定位。然而,在复杂的管道环境中,多种检测方法的融合应用常常能获得最佳效果。例如,将气体检测与红外热成像技术结合,不仅能提供泄漏的实时数据,还能通过温度差异进一步精确定位泄漏位置。这种方法能够在多变的生产环境下保证检测的全面性和准确性。

在实际应用中,选择合适的检测方法应依据管道运行的具体条件进行综合评估。在化工管道系统中,往往面临高温、高压、强腐蚀等复杂工况,这要求泄漏检测技术不仅要具备较强的适应性,还要能够在恶劣环境中保持高效的工作状态。因此,优化检测策略,结合多种方法的优势,将单一检测技术与先进的自动化监控系统相结合,是提升检测效率和准确度的关键<sup>[8]</sup>。对于高风险、复杂工况的管道,采用多重监测手段并建立实时预警系统,能够有效提高泄漏检测的安全性和可靠性,从而为化工企业的安全生产提供有力保障。

#### 5 结语

化工管道法兰连接处泄漏问题在工业生产中具有

重要的安全意义,确保有效的泄漏检测至关重要。现有的泄漏检测方法各具优缺点,超声波检测、红外热成像和气体检测技术都在不同场景下发挥着重要作用。尽管这些方法在精度和灵敏度上有所突破,但仍面临环境干扰、适用范围有限以及高成本等挑战。单一的检测技术难以完全满足复杂工业环境中的需求。未来的泄漏检测技术应朝着多方法集成、智能化方向发展,融合多种手段的优点,提高检测效率与准确性。综合考虑各类方法的优势,选择适合的检测技术,并在实际应用中进行优化与创新,能够更好地保障化工管道系统的安全运行。

#### 参考文献

- [1] 杨永峰,杨安琪.基于优化YOLOv4的光纤法兰连接性能现场检测设备调参方法[J].信息技术,2025,(06):112-118.
- [2] 王鑫,吉程勇.大直径回转支承连接法兰优化设计[J].港口装卸,2025,(03):24-25+41.
- [3] 高飞.石油化工管道焊接工艺改进及质量保证措施[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(11):17-19.
- [4] 王化锦.石油化工装置埋地污水管道防渗膜施工要求及注意事项[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(11):109-111.
- [5] 杨康妮.石油化工中试装置工艺管道施工安全管理问题与对策[J].化工安全与环境,2025,38(06):94-97.
- [6] 史克忠.化工管道防腐蚀技术在安装中的应用探讨[J].石化技术,2025,32(06):342-344.
- [7] 王文,巩沙,康元甲,等.基于有限元模拟的法兰连接系统高温工况下温度场分析[J].新技术新工艺,2025,(03):67-71.
- [8] 吉文博,谈笑,刘治敏,等.鼓刹型轮毂电机专用连接法兰的设计研究[J].工程与试验,2025,65(01):80-82.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS