

# 管道无损检测技术在天然气长输管道中的应用

王锦璁 (国家管网集团浙江省天然气管网有限公司, 浙江 杭州 310000)

**摘要:**天然气管道无损检测是最重要的管道运行安全保障措施,可以定量定性分析管道缺陷和损伤。目前,超声波检测和漏磁检测这两项技术已得到了高效使用,本文主要介绍了天然气长输管道常用的一些管道无损检测技术,并展望了管道无损检测技术的未来发展,提出了管道无损检测技术的有效运用策略,以期促进管道无损检测作业的长久发展。

**关键词:**管道无损检测技术;天然气;长输管道;应用

## 0 引言

在天然气长输管道中,管道无损检测在管道安全工程中是保证管道安全的基本方法。管道无损检测技术指的是不影响管道运行情况下,借助有效的设备措施和无损检测技术,通过检测发现天然气管道内在生产制造、敷设安装、管道焊接以及生产运行过程中存在的缺陷。管道无损检测也常用于各个天然气管道工程中:技术人员会根据国家对天然气管道的相关管理要求规定,在投产前进行管道无损检测,检测出天然气管道在生产制造时形成的制管缺陷,在管道敷设安装时造成的管体变形,在管道焊接时产生的如未融合、未焊透等焊接缺陷。多种无损检测技术的结合运用可以有效预知并维修天然气管道,避免频发天然气安全事故,保障了管道本质安全。

## 1 天然气长输管道存在的安全隐患

### 1.1 管道腐蚀缺陷

腐蚀是天然气长输管道缺陷的常见诱因。腐蚀可能会引起管道壁厚减薄,引发管道严重变形或破裂,大幅减少管道寿命。腐蚀也是管道穿孔或管道开裂的直接诱因,会导致漏气事故。若在管道运行期间,防腐绝缘层发生了老化问题,管道就会因为防腐绝缘层的脱落而直接接触空气、微生物、杂散电流等,从而出现外腐蚀问题。此外,地理环境、气源介质还会引起管道内腐蚀,如投产初期清管不彻底或是输送气体清洁度不高,含有水、二氧化碳、氧气等其他各种杂质,管道运行中,随着杂质的积累产生电化学反应造成管道内腐蚀。

### 1.2 管材缺陷

不当的管材制造方法、不合格的管材成分和类别,管材中含超标的非金属杂质等因素,都有可能对导致钢材、钢材强度过低等问题,是裂纹和断裂问题产生的主要诱因,也是最主要的天然气泄漏因素。且管道的直径越小,其埋深和壁厚就越小,就更易在第三方施

工中受到破坏。一些不法分子还会通过不当手段窃取天然气,或是用机械蓄意破坏管道,引发管道运行事故<sup>[1]</sup>。

### 1.3 管道焊接缺陷

管道焊口缺陷是最主要的天然气泄漏诱因,在各类焊缝缺陷中,夹渣、裂纹和气孔等是最频发。管道组对焊过程中未对防腐绝缘涂层进行保护,因焊渣飞溅引起管道补口不善以及管道过度打磨,焊接时受热不均匀导致焊接接头、焊口焊接质量差,焊工施焊过程中电流以及运条时操作不当致管道焊接质量低如未熔合、未焊透、夹杂、气孔、咬边、裂纹等施工质量问题,严重时可能会引发管道腐蚀穿孔。

### 1.4 管道特殊结构导致管道阴极保护失效

当含有水泥套管的管道穿越公路时,两者间的密闭空间内会出现阴极保护死区。用于固定管道和钢筋混凝土的墩柱内,会出现钢筋意外接触,此时,阴极保护电流会在钢筋网中通过,至接触点后重新流向管道,这是固定墩管道保护问题的主要诱因。

## 2 天然气长输管道无损检测技术——管道内检测技术

目前无损检测技术中有关管道内检测技术普遍应用。管道内检测指的是在管道清管器上添加各类无损检测设备,在以往非智能的清扫设备中添加信息采集、存储和处理等功能,将其转变为智能型管道缺陷检测设备,利用管道内清管器的运用,实现对管道缺陷的检测。

### 2.1 几何测径技术

由于天然气长输管道存在内外双重作用力,管道表面会出现局部几何变形,技术人员根据测径技术对管道内直径变化的检测结果,可以找到变形部位,然后结合磁力感应原理,在机械设备的支持下,可以通过检测管道,发现具体的凹凸位置、椭圆度、内径几何变化等<sup>[2]</sup>。

## 2.2 漏磁检测技术

相比其他内检测技术，漏磁检测技术的应用时间最早，较为成熟，在长输管道中主要用于检测腐蚀变形等问题。漏磁检测技术具有较大的适用范围，且适用于普通检测环境、输油管道和输气管道，适用范围较大，且不涉及复杂的检测程序。在实际运用该技术的过程中，应确保管壁磁性饱和彻底，一般来说，管壁厚度会对检测结果造成一定影响，厚度越大，结果越不准确，管壁最佳厚度应不超过 12mm。

## 2.3 泄漏检测技术

目前，主要的管道泄漏检测方法有两种，分别是压差法和声波辐射法。压差法需要借助测压仪器设备，且需要在检测前将一定量液体注入管道内，从而降低泄漏处压力，然后在泄漏处安装泄漏检测设备，用于深入检测。声波辐射法主要是利用声波检测，由于天然气管道在发生泄漏故障时，泄漏处会有 20-40Hz 的声波出现，采用频率特定的声波收集设备，在标记系统的支持下，可以实现对管道泄漏位置的准确定位。

## 2.4 压电超声波检测技术

超声内检测指的是通过压电传感器与液体耦合或电容传感器与管壁接触，实现管道缺陷检测，在原油管道和成品油管道中较为常见。优点是可用于大壁厚和大口径管道、管壁内外金属损失的检测和直接测量，也是最主要的轴向/径向裂纹检测法。缺点是需要管道内部保持较高的清洁度，不适用于大量杂志积液、严重结蜡沉积，高压、大流速管道的检测。超声内检测最大的优势是可以灵敏、精确地检测管道裂纹缺陷，然而需要介质耦合，因此在输气管道中并不常用。输气管道近几年主要在隔离清管器间添加的超声波测试工具，主要位于液体段塞中。

## 2.5 电磁波传感检测技术

为解决存在于超声波检测中的问题，推动了检测技术的深入发展，专业人士通过研究发现，超声波在弹性导电介质中可以被有效激励，超声波只要处于导电环境中，就可以避免液体耦合，电磁波传感检测技术在该科学原理的助力下，快速发展，该技术的基本原理是电磁物理学，在其中应用一种新型传感器，可以解决以往传感器遇到的问题。若长输管道中出现了超声波，那么电磁波传感器就会改变波传播方式，若管道壁完全符合要求，且十分均匀平滑，就会逐渐降低波的传递，但是，如果管道侧壁存在破损、凹凸和漏洞等现象，声阻抗也会在其附近发生骤变，从而出现漫反射现象，显著改变对应的波形。相比超声波检

测技术，该技术更为先进，解决了液体耦合的检测问题，用该技术检测天然气常数管道意义重大。

## 2.6 涡流检测技术

该技术原理如下，在待检测管道内形成一定涡流，而涡流就是相关工作人员的主要检测工具，可以结合涡流具体情况找到存在缺陷的内部区域，同时也可以合理检测管材质量和管道腐蚀问题；且通过对该项技术的有效运用，还可以很好地检查管道的金属表面，判断其表面是否存在问题。在实际运用环节，该项技术与其他几种方式相比，具有更高的自动化程度，且可以满足快速检测、便捷操作等要求。

上述各类内检测技术的优缺点不同，其中漏磁和超声波这两大检测技术更为成熟。但是，在具体检测过程中，超声波检测离不开检测器，会对实际检测造成一定的限制，所以，漏磁检测的应用更广泛。

## 3 天然气长输管道无损检测技术——管道外检测技术

### 3.1 磁粉检测技术

该技术可以使管道发生磁化，一些不连续的管道表面区域也会发生漏磁现象，且存在此类现象的区域可以吸附管道表面磁粉，而磁粉吸附情况可以为相关人员提供管道问题区域的判断依据。所以，相关人员主要会采用该技术检测存在问题的管道焊接区域。然而，在实际检测过程中，需要先从纵横向检测管道的磁化现象，然后再运用该技术，在确保整个管道均被磁化后，再利用该技术全面检测管道，从而获取准确的最终结果。

### 3.2 渗透探测技术

运用该项技术可以有效利用具有渗透性的天然气长输管道特点，通过渗透性探测管道，发现具体的问题区域，在实际运用该项技术时，需要借助染色法或荧光法。染色法指的是在相应管道上涂抹特定量的荧光渗透液，待一定时间后冲洗干净，然后用合适的紫外线对其表面进行照射，根据荧光反应差异判断存在问题的管道区域，从而便于相关人员找到存在问题的管道区域。染色法的实施步骤类似于荧光法，只是需要涂抹不同的物质，该方法需要涂抹染色染料，操作更加便捷；同时也无需过多的资金；并且可以直观地呈现最终探测结果，排除结构和各种因素对检测结果的影响。

### 3.3 声发射检测技术

在实际的检测工作中，该项技术主要是通过合理分析接收到的管道声发射信号，判断存在缺陷的管道

区域。即在检测过程中在管道上运用相应的外力，那么存在问题的管道部位会瞬间发出弹力反弹这些力量，利用相应的传感器接受这些力量，并借助相关设备扩大此类声波形状，可以便于相关人员更好地探测分析管道缺陷，最终找到缺陷的发生部位。该项技术可以检测较细小的管道问题，便于相关人员对各类发掘的管道问题的及时发现，从而避免后期频繁维修管道，不仅可以为管道运行提供安全保障，也可以延长管道寿命。

### 3.4 热像显示检测技术

完整管避免具有一定规律的温度分布，然而，若管道内外壁出现了问题，那么就会打破此类温度分布规律，根据管道内外壁检测结果显示的温度分布和变化情况，就能够发现管道缺陷。该技术不同于上述技术，在识别缺陷的过程中，只需扫描管道即可，检测装置无需与管道直接接触，所以，在使用期间不会影响管道运行，然而，外界环境问题等极易对却是被结果造成影响，因此，检测结果的误差可能较大。

## 4 天然气长输管道无损检测质量优化措施

### 4.1 抓住测试机遇，做好准备工作

想要做到对管道无损检测技术的合理应用，就应当正确控制检测设备。在检测设备投入应用和运行前，需进行一系列的模拟测试，相关人员应当重视测试工作，并广泛结合使用多种无损检测技术。在选择管道的检测时间时，应综合分析检验目的，确保可以检测出管道内外部故障，并选择有效的解决措施。在测试正式开始前，工作人员应当对各个测试点条件进行仔细检查，例如在超声检查过程中，需要确认管道表面及其表面温度是否达到检查要求。在热像显示检测期间，查看是否存在管道缺陷检测干扰因素，检测测试人员是否穿戴齐全防护装备，环境是否达到了测试要求等。

### 4.2 科学选择检测方法

各类无损检测法的优势和应用范围各不相同。所以，必须要科学地选择和分析天然气长输管道的管道无损检测技术。首先，分析需要了解管道的制作材料和制造工艺，管道运行工况。其次需要进行风险辨识，掌握管道可能受到的损坏，在上述条件确定好后，再选择适当的管道无损检测技术。

### 4.3 做好校准工作

想要开展有效、高精度的管道无损检测作业，一般需要对检测灵敏度进行校准。相关人员可以定期对仪器、探头等超声波检测仪的综合性能进行检测，并

在测试前和使用 4h 仪器后，对仪器和探头实施传感灵敏度检测。

### 4.4 优化强制标准，推动管道无损检测技术的发展

想要优化强制性标准、完善管道无损检测技术，就需要向明确管道无损检测中存在的不足，进而为管道无损检测制定完善、科学的指标流程和框架，从而促进管道无损检测的进一步发展。此外，相关检测部门可以汲取发达国家制定的标准，根据我国的实际情况，全方位完善标准，以推动管道无损检测在我国的进一步发展。

### 4.5 提高检测人员专业技术水平

提升管道无损检测人员的专业水平，培养各部门之间的工作默契，首先要为工作人员打造一个良好工作环境，并颁布合理的管道无损检测规范性政策，从而鞭策工作人员端正自身工作意识。通过各种渠道和手段提升自身理论知识和专业技能，也可以促使检测人员按照标准工序规范工作，保证检测结果的精确性。

### 4.6 提升管道无损检测水平

为了使天然气长输管道能够得到良好的监控，就必须要以管道无损检测为基础，建立和完善相关的管理体系，确保监督管理制度的合理性、科学性，以规范管道无损检测作业。在天然气长输管道中，充分利用各类检测技术，通过管道无损检测找到发生故障的管道部位。然后采取有效的故障解决措施。此外，还需要做好天然气长输管道运维工作，采用先进的技术设备，确定天然气长输管道的具体故障位置，并安排工作人员对其进行实时监测，并制定相关解决方案。

综上所述，天然气通过管道输送降低成本，提高了效率，促进经济社会发展。管道长时间使用运行过程中，在外部干扰、管材和腐蚀等影响下，会逐渐失效，从而诱发火灾、中毒和爆炸事故，对社会经济、人员和环境造成严重的损害。管道无损检测技术属于预防性检测技术，具有风险管理的功能，对在役管道的安全运行具有重要意义。合理结合采用多种无损检测技术能够找到管道腐蚀、焊接缺陷、管道变形和管材缺陷等问题，经过针对性的管道开挖和管道修复后，可以重新达到设计承压要求，避免发生管道事故，确保管道的长期、稳定、安全运行。

### 参考文献：

- [1] 杨洪波. 超声导波在天然气长输管道检测中的应用研究 [J]. 工程技术, 2020(10):2.
- [2] 王占君. 无损检测方法在天然气长输管道裂纹检测中的应用 [J]. 化工管理, 2015(36):2.