

# 高压油气管道现场焊接接头无损检测技术的选用原则 与缺陷分析

王 斌 鞠海波

四川经准特种设备检验有限公司 四川 广安 638000

**【摘要】**：研究旨在分析高压油气管道现场焊接接头无损检测技术的选用原则和优势缺陷。综合已有文献研究成果，从现场焊接接头无损检测实践出发分析可知，应重点依循适配性原则、兼容性原则以及规范性原则等原则的科学指导，同时针对射线检测技术、磁粉检测技术、超声波检测技术、电磁超声波检测技术以及超声波衍射时差检测技术等技术分析其优势缺陷。由此可得出研究结论，应正视无损检测技术选用的重要性，选用更具针对性的技术检测焊接质量。

**【关键词】**：油气管道；高压管道；焊接接头；无损检测；技术选用

DOI:10.12417/2811-0528.26.13.094

## 引言

对于国内油气运输而言，高压油气管道工程属于关键基础设施，实际扮演的角色不言而喻，主要由管子和管件等元件构成。实践中，管道元件可以通过多种方式实现连接及装配，诸如焊接、粘接、螺栓以及螺纹等。现阶段，焊接方式在高压油气管道元件连接方面的应用最为广泛，可以有效连接金属管道元件，施工简便且效果良好。而现场焊接接头容易出现质量问题，应全面分析有效的无损检测技术，依循科学原则把控技术选用，增强检测效率及效果。

## 1 高压油气管道现场焊接接头无损检测技术的选用原则

针对高压油气管道现场焊接接头选用无损检测技术时，主要应遵循适配性原则、兼容性原则以及规范性原则等原则，确保技术选用对应的成果可以更加符合预期。

### 1.1 适配性原则

为确保油气管道可靠服役，及时准确检测及评估管道状况，须全面系统地梳理无损检测技术选用原则，确保检测结论的有效性<sup>[1]</sup>。对于高压油气管道的现场焊接接头无损检测技术选用而言，适配性原则堪称关键选用原则之一，强调技术选用与现场焊接接头互相适配。在该原则的指导下，既需要考察现场焊接接头的材质特性与几何结构，也应将潜在缺陷和现场环境纳入选用考量，从而在接头无损检测中兼顾有效性和经济性。如针对主流金属材质管道实施焊接接头无损检测，磁粉检测技术更适配铁磁性材质管道，而液体渗透检测更适配非铁磁性材质管道。

### 1.2 兼容性原则

在实际把控高压油气管道现场焊接接头的无损检测技术选用时，还应从严遵循兼容性原则，重点确保受检工件、检测技术、技术流程等之间均具备良好的兼容性，避免不兼容问题影响无损检测技术应用实效。如确保检测技术之间的兼容性，可以支持多种检测技术互补并用落地，例如并用射线及超声波两种无损检测技术，可以有效确认焊接接头在管道内部一侧是否存在缺陷。再如确保检测技术与受检工件的兼容性，以渗透检测技术为例，检测所用渗透液应同时兼容管道材质和防腐涂层，以防不兼容反而致使检测不再无损，甚至对接头造成破坏。

### 1.3 规范性原则

规范性原则同样应如实遵循，以提升高压油气管道现场焊接接头无损检测技术选用的科学性与有效性。在无损检测技术选用考量中，遵循规范性原则主要是指确保技术选用全过程均符合相应的规范标准要求，诸如行业政策法规、强制性标准以及专业技术规范等，从而在根本上确保技术应用的最终质效。如技术方法规范执行，以射线检测技术为例，应按照《承压设备无损检测》或《石油天然气钢质管道无损检测》等规范的相关要求把控选用全过程。再如技术人员具备专业无损检测能力，同时持证上岗，以确保技术规范应用。

## 2 高压油气管道现场焊接接头无损检测技术的优势缺陷分析

现阶段，射线检测技术、磁粉检测技术、超声波检测技术、电磁超声波检测技术以及超声波衍射时差检测技术等均是常见无损检测技术，应更加深入地分别分析不同技术在高压油气管道现场焊接接头无损检测中的优势与缺陷所在。

## 2.1 射线检测技术

油气管道焊接作为管道建设中的一个关键环节,其质量直接关系到管道的安全和使用寿命,应着重关注其接头检测,由此确认其实际质量<sup>[2]</sup>。射线检测技术属于较为常用的无损检测技术,主要依托射线的穿透能力检查焊接接头部分,从而确认受检工件内部结构,检查是否存在缺陷,诸如夹渣、气孔或未焊透等。实践中,该技术的优势在于结果可直观确认,同时可精确测量缺陷,检测体积型缺陷时较为灵敏。缺陷则体现在多个方面,如射线难免对技术人员造成辐射危害,对周边辐射防护提出较高要求。再如面状缺陷检测困难,对于射线束方向及其与缺陷平面夹角均有要求,把控不当时更易引发漏检。

## 2.2 磁粉检测技术

在现场焊接接头无损检测实践中,磁粉检测技术可用于检测表面缺陷或近表面缺陷。针对铁磁性材质管道,应用该技术可使其磁化,检查管道表面或近表面是否出现磁导率数值方面的变化,从而确定是否其中存在不连续缺陷。该技术优势明显,可以精准检测表面缺陷并直观展示其形貌,同时设备轻便易操作,技术应用已较为成熟。该技术的缺陷也较为明显,无法适用于非铁磁性管道检测场景,同时检测深度最深仅达近表面,难以检测更深处或是接头管道内壁侧的缺陷。此外,受检工件几何形状及其受磁化方向对检测质效影响显著,对于技术应用操作的要求偏高。

## 2.3 超声波检测技术

对环焊缝质量管控措施开展系统性总结可知,超声波检测技术也是高压油气管道现场焊接接头无损检测中的常用技术<sup>[3]</sup>。该技术主要利用高频声波在管道焊接接头内的传播特性,确认接头处是否存在内部缺陷,优势在于无毒无害,检测灵敏度较为理想。该技术的缺陷集中体现在检测所得结果难以直观呈现,需要技术人员对超声波回波信号解读较为熟练,难免夹

杂一定的主观色彩。同时,该技术对表面缺陷或近表面缺陷的检测效果相对有限,面对表面光洁度不佳的受检工件时将会面临声波耦合传播受到严重干扰的应用困境。

## 2.4 电磁超声波检测技术

对于现场焊接接头无损检测而言,电磁超声波检测技术采用非接触形式完成检测,技术原理不同于传统的压电超声波检测。该技术的核心优势在于无需接触受检工件,适用于部分工件表面的恶劣状况。缺陷也体现在多个方面,检测灵敏度大多难以达到传统压电超声波检测技术的水平,尤其难以发现尺寸较小的缺陷或是深层缺陷。同时有效的检测深度基本集中在表面以及近表面,难以有效检出焊接接头内侧的缺陷。

## 2.5 超声波衍射时差检测技术

通过针对高压油气管道现场焊接接头有效实施无损检测,可有效确认焊接质量,从而服务于今后石油化工油气管道质量提升<sup>[4]</sup>。超声波衍射时差检测技术在无损检测实践中同样较为常见,基于超声波衍射原理运作,属于尖端技术中的一种。该技术优势在于定量检测精度极为突出,可以更为精准地获得缺陷高度测量数据。缺陷同样不容忽视,如焊接接头上下表面易形成检测盲区,再如难以有效针对缺陷实施定性检测。

## 3 结语

总而言之,伴随着社会经济的高质量发展转型,社会能源需求逐步扩大,带动油气管道运输量随之增多。高压油气管道是连接油气的产地与消费市场的重要基础设施,是国内长距离油气运输的关键所在,事关能源需求满足、国家能源安全和区域经济发展。焊接作业是高压油气管道施工的重要环节,其接头质量可以直接决定管道工程整体的运输稳定性。因而在科学原则指导下选用无损检测技术,通过分析并规避技术缺陷,确保焊接接头质量检测有效性。

## 参考文献:

- [1] 宫清君,张腾,蓝卫,等.油气管道检测技术及数据分析方法研究现状[J].管道保护,2025,2(3):35-42.
- [2] 张三栋,代志光,孙鑫,等.提升油气管道焊接质量安全的关键控制技术研究[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(7):23-25.
- [3] 王鹏宇,闫臣.从油气管道工程建设的发展看焊接技术的进步[J].焊接,2023,(6):44-51.
- [4] 李磊.石油化工油气管道焊接接头断裂韧性评定[J].焊接技术,2023,52(6):103-107.