

# 渗透检测在工业管道定期检验中应用

何 刚

中国电子系统工程第二建设有限公司 安徽合肥 230093

**摘 要:** 渗透检测作为一种非破坏性检测方法,在工业管道的定期检验中具有重要应用。本文探讨了渗透检测的优缺点及其在实际操作中的具体应用。渗透检测能够有效发现管道表面的细微裂纹和缺陷,具有灵敏度高、操作简单、成本低廉等优点,但也存在对检测表面要求较高和环境污染等缺点。技术实施方面,首先需选取合适的渗透检测材料,接着进行表面预处理,施加渗透剂,去除多余渗透剂,干燥处理,施加显像剂并进行显像处理。通过这些步骤,可以准确评估管道的表面质量,从而保障工业生产的安全与效率。

**关键词:** 渗透检测;工业管道;定期检验

随着工业化进程的不断推进,工业管道在石油、化工、电力等行业中扮演着关键角色,其运行的安全性和可靠性直接关系到生产效率和环境保护。因此,定期对工业管道进行检测显得尤为重要。传统的检测方法如超声波检测和射线检测虽能发现内部缺陷,但对表面微小裂纹和缺陷的检测效果不理想。渗透检测作为一种非破坏性检测方法,因其灵敏度高、操作简便、成本低等特点,逐渐成为工业管道表面缺陷检测的重要手段。通过渗透检测,可以及时发现并处理潜在的管道问题,预防事故发生,保障生产安全。本文旨在探讨渗透检测在工业管道定期检验中的应用,为相关领域提供技术参考<sup>[1]</sup>。

## 1. 渗透检测的优缺点

承压类特种设备的定期检验中,虽然磁粉检测方法广泛应用且效果显著,但在实际操作中存在一些局限性。例如,尽管现在有充电类的磁粉探伤仪,但在野外作业或者需要长时间登高作业的情况下,由于缺乏电源和水源的配合,磁粉检测的实施有时难以进行。此时,溶剂去除型着色渗透检测法(即 IIC-d 法)便成为一种理想的替代方案。IIC-d 法由于无需水、电、气等辅助设备,使得其在资源匮乏的环境中仍能正常工作。该方法操作简便,缺陷显示直观,能够有效降低检测成本,具有很高的灵敏度。更为重要的是,渗透检测适用的材料和缺陷范围广,特别是对形状复杂的工件,能够高效地进行检测,这一点弥补了磁粉检测的不足。例如,在检测复杂形状的管道和容器时,渗透检测可以更为全面地揭示表面细微裂纹和缺陷,从而提高检验的准确性和

可靠性。然而,渗透检测也存在一些局限性和不足。首先,它无法检测非开口缺陷,或者虽然存在开口但开口被堵塞的缺陷,这使得某些内部缺陷难以发现。其次,渗透检测不适用于多孔性材料,因为渗透剂可能渗入材料孔隙中,导致检测结果不准确。此外,渗透剂的易挥发、易燃易爆和毒性特性,也带来了操作中的安全隐患和环境污染风险。在检测过程中,渗透剂可能会对工件表面造成一定的腐蚀,增加了后续处理的复杂性和成本。尽管渗透检测方法具有操作简便、成本低廉、适用范围广等诸多优点,但其局限性也不容忽视。在实际应用中,需要根据具体情况选择合适的检测方法,并采取相应的安全措施和环保对策,才能充分发挥渗透检测的优势,保障承压类特种设备的安全运行。

## 2. 渗透检测实施技术应用

### 2.1 渗透检测材料选取

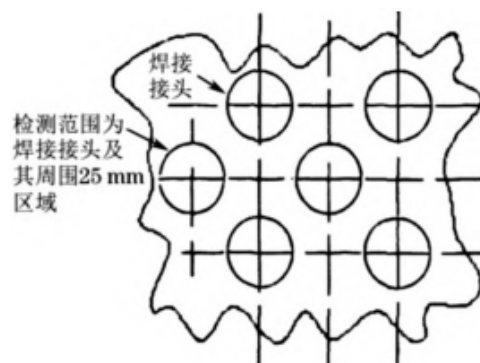


图 1 密封焊检测范围示意图

在实施渗透检测时，选择适当的材料至关重要。以工业用钛合金冷却管道的检测为例，检测人员选用直径为 19.5 毫米、壁厚为 0.5 毫米的钛合金管道进行检测。这种规格的管道在工业中广泛应用，其材质和尺寸适中，便于进行详细的检测。采用溶剂去除型着色渗透检测法（IIC-d 法）对焊接接头及其周围 25 毫米区域进行检测。这一方法通过使用特定的渗透剂、清洗剂和显像剂，能够显现出管道表面和焊接部位的微小裂纹和缺陷。钛合金作为一种高强度、耐腐蚀的材料，常用于需要承受高压和高温的工业环境中。然而，由于其特殊的物理和化学性质，检测人员在选择渗透检测材料时，必须考虑到渗透剂与钛合金的兼容性，以确保检测结果的准确性和可靠性。如图 1 所示，检测过程主要集中在焊接接头及其周围 25 毫米的区域。该区域通常是应力集中和缺陷易发部位，因此需要特别注意。在操作过程中，检测人员将渗透剂均匀涂布在检测区域，经过适当的渗透时间后，使用清洗剂去除多余的渗透剂，随后施加显像剂。显像剂的作用是使渗透进缺陷中的渗透剂重新浮现出来，从而在表面形成可视的缺陷显示<sup>[2]</sup>。

## 2.2 预处理

在进行渗透检测之前，预处理是确保检测表面清洁度和准备工作完整性的关键步骤，这一过程直接影响后续检测的准确性和可靠性。特别是针对焊接接头及其周围 25 毫米区域的表面，预处理的细致和彻底至关重要。预处理的首要目标是去除可能影响检测的异物和残留物，同时确保表面干燥，以便渗透剂能够充分渗透到表面缺陷中。在选择清洁剂和工具时，必须根据具体的工件表面情况来决定，以保证清洁效果和避免引入新的污染物。首先，对于焊接接头及周围区域，常见的预处理方法包括机械清洗、溶剂清洗和碱性清洗等。机械清洗通过使用刷子、研磨轮或喷砂等工具，能够有效去除表面的锈蚀、涂层和其他附着物，为后续的渗透检测提供清晰的表面。溶剂清洗则利用特定的溶剂溶解和清除油脂、润滑剂或有机物，适用于对油污较多或者表面较为复杂的情况。而碱性清洗则常用于去除表面的酸性残留物，例如焊接过程中产生的焊渣和焊剂。清洁完成后，必须保证表面的干燥。湿润的表面会影响渗透剂的渗透性能，因此通风干燥 1 至 2 天是必要的步骤。这段时间内，应尽量避免灰尘、水汽或化学物质的接触，以免再次污染表面。在实际操作中，操作人员需要严格遵循预处理步骤，确保每一步骤的质量和完

整性。预处理的精细和严谨直接影响到后续渗透检测的准确性和可靠性，从而保障工业设备的安全性和长期运行效率。

## 2.3 施加渗透剂

在进行溶剂去除型着色渗透检测法时，施加渗透剂是确保检测准确性和可靠性的重要步骤。针对焊接接头工件的大小、形状以及检测部位的特点，选择适合的 HD-RH-H 渗透剂，并确保均匀涂覆在表面上。这种均匀覆盖的操作能够保证被检部位完全被渗透剂覆盖，从而使渗透剂能够充分渗透到表面的潜在缺陷中。关键的一点是控制渗透时间。渗透时间的长短直接影响着检测的效果。时间过短会导致渗透剂未能充分进入缺陷中，使得微小的缺陷难以检出；而时间过长则会导致渗透剂干涸，难以清洗，从而影响检测的灵敏度和效率。通常情况下，渗透时间应在十分钟以上，具体时间取决于工件表面的情况和渗透剂的特性。此外，控制渗透的温度也至关重要，通常在 10℃ 至 50℃ 的范围内进行。温度过高或过低都可能影响渗透剂的性能，影响检测的准确性。在操作过程中，确保渗透剂在适宜的温度下施加，并在整个渗透过程中保持润湿状态，以确保最佳的渗透效果。对于溶剂去除型着色渗透检测法，正确的渗透剂选择和施加方法、精确的渗透时间控制以及适当的温度管理，都对检测结果的准确性和可靠性至关重要。这些措施不仅确保了表面缺陷的有效检出，也为后续的清洗和显像处理打下了坚实的基础，从而保证了工业设备在使用过程中的安全性和可靠性<sup>[3]</sup>。

## 2.4 去除多余的渗透剂

在溶剂去除型着色渗透检测法中，去除多余的渗透剂是确保后续显像效果准确性的重要步骤。施加渗透剂后，需要等待适当的时间，让渗透剂充分渗入被检测表面及其潜在缺陷中。这段时间的控制非常关键，过短会导致渗透不充分，影响检测结果的准确性；过长则可能使渗透剂干涸，增加后续清洗的难度。一旦渗透剂完成了适当的渗透时间，就需要采取有效的方法去除多余的渗透剂。常见的方法包括擦拭、清洗和吸附等。擦拭是指利用柔软的布或纸巾，轻轻擦拭表面，以去除表面的过量渗透剂。这种方法简便有效，特别适用于小面积的检测区域。清洗则需要使用适当的清洁剂或溶剂，将表面的渗透剂彻底清洗掉。清洗过程中需注意避免过度搅拌或使用不适当的清洁剂，以免影响显像的清晰度。吸附方法则是利用吸附剂如吸尘器或吸油棉，将表面的渗透剂吸附除去，适用于需要快速且干净清理的场合。除了以上方

法, 还需特别注意去除多余渗透剂的环境条件和安全措施。例如, 在清洗过程中, 应确保通风良好, 避免渗透剂的挥发对工作环境和人员健康造成影响。此外, 清洗后的表面需要充分干燥, 以保证后续显像剂能够有效地显示表面的缺陷。去除多余的渗透剂不仅是为了保持检测区域的清洁和干净, 更重要的是为了确保后续显像处理能够准确显示出表面的微小缺陷。通过正确选择和操作去除多余渗透剂的方法, 可以有效提高渗透检测的精确性和可靠性, 从而保证工业设备的安全运行和使用寿命。

### 2.5 干燥处理

在溶剂去除型着色渗透检测法中, 干燥处理是确保检测表面清洁和渗透剂有效渗入的关键步骤。干燥处理的目的是彻底去除表面可能存在的溶剂和水分, 以避免其对渗透剂的干扰和污染, 从而保证检测的精确性和可靠性。首先, 干燥处理需要在室温下进行自然干燥。这种方法简便有效, 能够避免过高或过低的温度对工件表面和材料性质的影响。通常情况下, 干燥时间约为 5 至 10 分钟, 具体时间可以根据具体情况稍作调整, 以确保表面完全干燥。干燥处理不仅影响着表面的清洁度, 更重要的是为后续的渗透剂施加打下了基础。只有在干燥的表面上施加渗透剂, 渗透剂才能完全覆盖并渗入到潜在的缺陷中。这样一来, 即使是微小的缺陷也能被有效地检测出来, 保障工件的质量和安全性。另外, 干燥处理也对后续的显像剂喷涂起到了重要的作用。干燥后的表面不仅有利于显像剂的均匀涂布和吸附, 还能够有效减少渗透剂残留和干扰, 进一步提高检测结果的清晰度和准确性。

### 2.6 施加显像剂和显像处理

在焊缝检测面经过干燥处理后, 接下来的关键步骤是施加显像剂并进行显像处理。这一过程是确保检测结果清晰和缺陷可见的重要环节。首先, 施加显像剂需要注意几个关键点。选择合适的喷涂设备和显像剂, 确保喷涂均匀且薄而均匀地覆盖整个检测面。喷涂时应控制喷嘴到检测面的距离、喷涂方向以及喷涂角度, 以避免过量或不足的显像剂施加, 从而影响显像效果的清晰度和准确性。显像剂施加后, 应待其自然干燥或按照显像剂的具体要求进行处理。其次, 显像处理的时间也是需要精确控制的。通常情况下, 显像处理时间应控制在 10 至 60 分钟之间。过短的处理时间可能导

致显像剂未能充分渗入缺陷, 影响检测结果的准确性; 而过长的处理时间则可能增加检测时间和成本, 同时对环境造成一定影响。在观察和记录检测结果时, 应确保被检测面的光照条件符合要求。光照度不足可能导致检测结果的模糊或漏检。为了更准确地观察细微缺陷, 常用的工具包括放大镜等, 这些工具能帮助检测人员记录并分析缺陷的详细信息, 如大小、位置和形状等。正确的显像剂喷涂和显像处理不仅能有效显示表面的微小缺陷, 还为后续的修复和处理提供了重要依据。通过记录详细的检测结果, 可以为设备的维护和安全运行提供有力的支持, 保障工业设备在使用过程中的可靠性和安全性<sup>[4]</sup>。

### 3. 结论

在工业管道定期检验中, 溶剂去除型着色渗透检测法 (IIC-d 法) 展现出了显著的优势和应用潜力。与传统的磁粉检测相比, IIC-d 法不依赖复杂的设备和电源, 操作简便、成本低廉, 并且能够有效检测复杂形状和不易到达的区域的焊接缺陷。然而, 需要注意的是, 渗透剂的挥发性和环境影响问题, 需要在操作过程中加以严格控制和管理。未来的研究和实践应重点关注技术的进一步改进和环保性能的优化, 以提升检测的精确性和可靠性。通过持续的技术创新和工艺改进, 可以有效应对工业管道安全性和可靠性的挑战, 确保设备在使用中的长期稳定运行, 从而保障生产安全和环境保护的双重目标。

### 参考文献:

- [1] 许子豪, 赵建如, 石美真. 渗透检测在工业管道定期检验中应用研究 [J]. 锅炉制造, 2024,(03):62-64.
- [2] 石敬垲. 渗透检测在压力容器、管道无损检测中的应用 [J]. 信息系统工程, 2023,(03):58-60.
- [3] 陈启明. 对管道焊缝无损检测结算问题的分析探讨 [J]. 中国设备工程, 2022,(21):155-156.
- [4] 陈灿春, 洪若云, 刘鹏程, 陈云涛. 渗透检测在压力容器、管道无损检测中的应用 [J]. 化工生产与技术, 2022,28(04):41-42+10.

### 作者简介:

何刚, 1985年6月, 男, 汉, 安徽铜陵, 本科, 工程师, 工业管道