

# 磁粉检测技术在石油化工装备表面裂纹检测中的创新应用

孟宪宾

山东泰思特检测有限公司 山东 淄博 255400

**摘要:** 磁粉检测技术作为一种非破坏性检测方法,在石油化工装备表面裂纹检测中发挥着重要作用。该技术通过磁化装备表面并施加磁粉,有效揭示裂纹等缺陷。当前,其应用广泛,检测准确且效率高。近年来,荧光磁粉、自动化智能化检测、特殊磁化技术等创新应用不断涌现,进一步优化了检测工艺,提高了检测灵敏度和可靠性,为石油化工装备的安全运行提供了有力保障。

**关键词:** 磁粉检测技术;石油化工装备;表面裂纹检测;创新应用

## 引言

石油化工装备作为工业生产的核心,其表面裂纹的及时检测至关重要。磁粉检测技术凭借其独特的优势,在该领域得到了广泛应用。随着技术的不断发展,传统磁粉检测已难以满足日益增长的检测需求。因此,探索磁粉检测技术的创新应用,如荧光磁粉、自动化检测、特殊磁化等,对于提高检测效率和准确性,确保石油化工装备的安全稳定运行具有重要意义。

### 1 磁粉检测技术概述

磁粉检测技术,简称MT,是一种利用漏磁现象对铁磁性材料表面及近表面缺陷进行检测的无损检测方法。该技术通过在被检测物体表面施加磁场,使物体磁化,当物体内部存在缺陷时,缺陷处的磁力线会发生畸变,形成漏磁场,进而吸附施加在物体表面的磁粉,形成肉眼可见的磁痕,这些磁痕能够直观地显示出缺陷的位置、形状和大小,为检测人员提供直观的检测结果。磁粉检测技术根据磁化时施加的磁粉介质种类,可分为湿法和干法;按照工件上施加磁粉的时间,可分为连续法和剩磁法。湿法利用磁悬液将磁粉均匀分布在工件表面,具有较高的检测灵敏度,特别适用于检测表面微小缺陷;干法则直接将干磁粉施加在磁化的工件上,多用于大型铸、锻件毛坯及大型结构件的局部区域检查。磁粉检测技术以其高灵敏度、直观性强、操作简便、无损检测、成本低等优点,在航空航天、汽车制造、机械制造、石油化工、电力行业、建筑行业、船舶制造、铁路行业以及医疗器械等多个领域得到了广泛应用。它能够有效地检测出铁磁性材料表面及近表面的裂纹、气孔、夹杂等缺陷,确保产品的质量和安全性。随着工业技术的不断进步,磁粉检测技术也在持续创新和发展,以满足日益增长的检测需求。

### 2 磁粉检测技术在石油化工装备表面裂纹检测中的

## 应用现状

### 2.1 应用广泛性

磁粉检测技术在石油化工装备表面裂纹检测领域展现出极为广泛的应用范畴。在各类储存罐方面,无论是常压储罐还是高压球罐,磁粉检测技术都大有用武之地,由于石油化工产品具有易燃易爆等特性,储存罐的安全性至关重要。磁粉检测能够对罐体表面及近表面的裂纹进行精准探测,从罐壁的纵向、横向焊缝,到接管与罐体的连接处,都能实现全面检测,有效保障储存罐在长期服役过程中的安全可靠。在管道系统中,磁粉检测同样不可或缺,石油化工管道运输着各种高温、高压、高腐蚀性的介质,管道表面极易因应力集中、腐蚀等因素产生裂纹。磁粉检测技术可对管道的弯头、三通、阀门等关键部位进行细致检测,不放过任何可能存在裂纹隐患的区域。无论是地上铺设的管道,还是埋地敷设的管道,通过合理选择检测工艺和设备,磁粉检测都能高效完成检测任务,确保管道系统的正常运行。在各类反应釜、塔器等设备的制造与维护过程中,磁粉检测技术也被广泛应用。在设备制造阶段,对焊接接头进行磁粉检测,能够及时发现焊接缺陷,避免不合格产品流入使用环节。在设备运行后的定期维护中,磁粉检测可对设备表面因疲劳、磨损等原因产生的裂纹进行检测,为设备的安全运行提供有力保障,其广泛的适用性,使得磁粉检测成为石油化工装备表面裂纹检测的重要手段之一<sup>[1]</sup>。

### 2.2 检测准确性

磁粉检测技术在石油化工装备表面裂纹检测的准确性方面表现卓越。该技术基于铁磁性材料被磁化后,在表面或近表面存在裂纹等缺陷时,会在缺陷处产生漏磁场,进而吸附施加在表面的磁粉,形成清晰可见的磁痕这一原理工作。通过精心控制磁化电流的大小、方向以

及磁粉的粒度、颜色等参数,能够显著提高检测的准确性。在实际检测过程中,对于微小裂纹的检测,磁粉检测有着出色的表现,例如,对于宽度仅为微米级别的表面裂纹,只要其深度达到一定程度,磁粉就能在漏磁场的作用下清晰地显示出裂纹的走向和轮廓。通过对磁痕的形状、大小、密集程度等特征进行分析,检测人员能够准确判断裂纹的性质,是疲劳裂纹、应力腐蚀裂纹还是其他类型的裂纹。磁粉检测对裂纹深度的测量也具有较高的准确性,通过采用不同的磁化方法和对比试块,结合相关的经验公式和数据分析,能够较为精确地估算出裂纹在近表面的深度范围,为后续的维修和处理提供关键依据。在对复杂形状的石油化工装备进行检测时,如带有不规则焊缝的部件,磁粉检测能够通过灵活调整磁化方向,使缺陷处的漏磁场充分暴露,确保检测结果的准确性,有效避免漏检和误判情况的发生。

### 2.3 检测效率

在石油化工装备表面裂纹检测中,磁粉检测技术具备较高的检测效率。在检测准备阶段,其操作相对简便,无需复杂的设备调试和样品预处理,只需将被检测装备表面清理干净,去除油污、铁锈等杂质,即可进行磁化操作。对于大型的石油化工装备,如大型储罐和长距离管道,可采用自动化或半自动化的检测设备,大大提高检测速度。在检测过程中,磁粉检测能够快速地对大面积的表面进行扫描,以储罐检测为例,使用专用的磁轭设备,可在短时间内完成对储罐壁焊缝的检测。磁粉检测的结果能够即时显现,检测人员可以当场观察到磁痕,无需等待长时间的数据分析或处理,对于发现的可疑磁痕,能够迅速进行复核和确认,节省检测时间。在检测完成后,清理磁粉也较为便捷,不会对装备表面造成过多的污染和损伤,对于批量检测任务,磁粉检测的高效率优势更加明显。通过合理安排检测流程和人员分工,能够在较短的时间内完成大量石油化工装备的表面裂纹检测工作,满足石油化工企业对设备定期检测和维修的时间要求,有效保障生产的连续性,降低因检测时间过长而带来的经济损失<sup>[2]</sup>。

## 3 磁粉检测技术在石油化工装备表面裂纹检测中的创新应用

### 3.1 荧光磁粉检测技术的应用

(1) 荧光磁粉检测技术基于磁粉在漏磁场中聚集的原理,通过在暗场环境下观察荧光磁粉的发光现象,实现对石油化工装备表面裂纹的高灵敏度检测。相较于传统磁粉检测,其借助荧光材料的特性,显著提高了裂纹显示的对比度和清晰度。在实际操作中,将荧光磁粉施

加于装备表面,裂纹处会产生漏磁场使磁粉聚集,紫外线照射下发出荧光,使微小裂纹清晰可见。(2) 在石油化工领域,众多装备长期处于复杂恶劣的工作环境,如高温、高压、强腐蚀等,表面极易产生微小裂纹。荧光磁粉检测技术能够有效检测出这些潜在缺陷,为设备的安全运行提供可靠保障。例如在对大型储罐的检测中,其大面积的表面检测需求对检测技术的灵敏度和准确性要求极高。荧光磁粉检测技术凭借其优势,可快速、精准地发现储罐表面的细微裂纹,及时为维护决策提供依据,避免因裂纹扩展导致的泄漏等严重事故。(3) 该技术在检测效率方面也具有明显优势。由于荧光显示更为醒目,检测人员能够更快地识别和标记裂纹位置,大大缩短了检测时间。其对检测环境的适应性较强,无论是室内还是室外环境,只要能满足暗场和紫外线照射条件,均可进行高效检测,这为石油化工装备在不同场地的检测工作提供了极大便利,进一步推动了其在行业内的广泛应用。

### 3.2 自动化和智能化检测技术的发展

(1) 随着科技的不断进步,自动化和智能化检测技术在石油化工装备表面裂纹磁粉检测中逐渐崭露头角。自动化检测系统通过机械装置实现磁粉的自动施加、扫查以及裂纹信号的采集,减少了人工操作的不确定性和误差。智能化技术则利用先进的算法和数据分析模型,对采集到的信号进行深度分析,能够自动识别裂纹的类型、尺寸和位置等关键信息。(2) 在实际应用中,自动化检测设备可根据装备的形状和尺寸进行灵活调整,实现全方位、无死角的检测。例如在对管道的检测中,自动化爬行装置可携带磁粉检测装置沿着管道内壁或外壁自动爬行,同时完成磁粉施加和扫查工作,极大地提高了检测效率。智能化分析系统能够对检测数据进行实时处理,快速给出检测报告,为设备维护人员提供准确的决策支持。如通过对大量历史检测数据的学习,智能化系统能够更精准地预测裂纹的发展趋势,提前制定维护计划。(3) 自动化和智能化检测技术的发展,不仅提高了检测的准确性和效率,还降低了检测人员的劳动强度和工作风险。在石油化工这种高危行业,减少人员在危险环境中的暴露时间至关重要。该技术的应用还便于对检测数据进行长期存储和管理,为设备全生命周期的健康监测提供了有力支撑,有助于实现设备管理的数字化和智能化转型,提升整个行业的安全生产水平<sup>[3]</sup>。

### 3.3 特殊磁化技术的应用

(1) 特殊磁化技术在石油化工装备表面裂纹磁粉检测中发挥着独特作用。对于一些形状复杂、结构特殊的

装备部件,常规磁化方法难以满足检测需求,特殊磁化技术应运而生。例如采用多向磁化技术,可在不同方向上对检测对象施加磁场,使部件各个部位的裂纹都能产生明显的漏磁场,提高裂纹检测的覆盖率。还有脉冲磁化技术,通过瞬间施加高强度的脉冲磁场,能够增强裂纹处的漏磁信号,对于检测深层裂纹或微小裂纹具有显著效果。(2)在石油化工装备中,诸如弯头、三通等异形管件以及带有复杂焊缝的结构件较为常见。特殊磁化技术能够针对这些特殊部件进行定制化的磁化处理,确保检测的有效性。以弯头检测为例,常规磁化方式可能会因弯头的曲率和结构特点导致部分区域检测不到裂纹,而采用合适的特殊磁化技术,如旋转磁场磁化,可使弯头表面各点都能受到合适的磁场作用,从而有效检测出潜在裂纹。(3)特殊磁化技术的应用还能在一定程度上减少检测过程中的干扰因素。在实际检测环境中,往往存在各种电磁干扰,特殊磁化技术通过优化磁场施加方式和参数,能够增强有用的漏磁信号,抑制干扰信号,提高检测结果的可靠性。随着对石油化工装备检测精度要求的不断提高,特殊磁化技术的研发和应用将持续深入,为保障装备的安全稳定运行提供更强大的技术支持。

#### 3.4 检测工艺的优化和改进

(1)检测工艺的优化和改进是提升磁粉检测技术在石油化工装备表面裂纹检测效果的关键环节。从磁粉的选择入手,根据不同的检测对象和要求,选用合适粒度、磁性和荧光特性的磁粉,以确保磁粉在裂纹处的聚集效果最佳。对磁粉的施加方式进行优化,如采用喷雾、涂刷等不同方法,并控制施加的压力和流量,使磁粉均匀、适量地覆盖在装备表面。(2)在检测流程方面,合理安排磁化时间、磁化次数以及磁粉停留时间等参数至关重要。通过大量的实验和实际检测经验积累,确定针对不同类型装备

和裂纹的最佳检测参数组合。例如对于一些表面粗糙度较大的装备,适当延长磁粉停留时间,可使磁粉更好地聚集在裂纹处,提高检测灵敏度。在检测前对装备表面进行预处理,如清洁、除锈等,能够有效减少表面杂质对检测结果的影响,提高检测准确性。(3)检测工艺的优化还体现在对检测后处理环节的改进上。完善对检测数据的记录、整理和分析方法,建立详细的检测档案,便于对设备的历史检测情况进行追溯和对比。对检测过程中发现的裂纹及时进行评估和分类,根据裂纹的严重程度制定相应的修复或更换方案,确保设备的安全运行。持续的检测工艺优化和改进,能够不断提升磁粉检测技术在石油化工装备表面裂纹检测中的应用水平,为行业的安全生产提供坚实保障<sup>[4]</sup>。

#### 结语

综上所述,磁粉检测技术在石油化工装备表面裂纹检测中的创新应用,不仅提升了检测的灵敏度和准确性,还极大地提高了检测效率。荧光磁粉、自动化智能化检测、特殊磁化技术等新技术的应用,为石油化工装备的安全运行提供了更加可靠的保障。未来,随着技术的不断进步,磁粉检测技术将在石油化工领域发挥更加重要的作用,为工业生产的安全和高效贡献力量。

#### 参考文献

- [1]赵志强,于鹏祖,王成,等.磁粉检测在焊缝缺陷检测中的应用[J].质量与安全检验检测,2021,31(1):22-24.
- [2]于海鑫.磁粉检测技术在煤矿机械设备探伤中的应用[J].能源与节能,2024(3):299-301.
- [3]周秉汉,罗孟然,赵帅,等.浅谈石油化工装备制造过程中安全生产隐患的管理[J].清洗世界,2023,39(11):189-192.
- [4]唐飞阳亮,祝加轩,解志刚,等.焊缝表面裂纹场梯度成像检测技术的应用研究[J].新技术新工艺,2022(5):59-65.