

# 工程应用中塑料管件材料检测方法研究

滕霖

天祥(天津)质量技术服务有限公司 天津 300384

**【摘要】**：塑料管件凭借质轻、耐腐蚀、成本低等优势，广泛应用于建筑给排水、市政管网、化工输送等多个工程领域，其材料性能直接决定工程结构安全性与使用寿命。本文聚焦工程应用场景，围绕塑料管件材料的核心性能检测需求，系统研究各类检测技术的原理、应用流程及适配场景，重点分析力学性能、理化性能、耐环境性能及微观结构检测的关键技术要点，探讨不同检测方法的适用性与优化方向，梳理检测过程中的技术难点及解决思路，为工程中塑料管件材料检测工作的规范化开展提供理论支撑与技术参考，助力提升塑料管件材料质量管控水平，保障工程应用可靠性。

**【关键词】**：塑料管件；材料检测；力学性能检测；理化检测

DOI:10.12417/2811-0536.26.05.080

## 引言

随着工程建设领域的快速发展，塑料管件的应用范围持续扩大，其材料质量与工程安全密切相关，劣质管件易引发泄漏、断裂等安全隐患，因此建立科学完善的材料检测体系至关重要。当前塑料管件材料种类繁多，性能差异较大，对检测技术的针对性与精准度提出了更高要求。本文聚焦检测技术的实际应用，系统研究工程中塑料管件材料的各类检测方法，明确不同技术的应用逻辑与优势短板，为优化检测流程、提升检测效率提供支撑，推动塑料管件材料检测技术的规范化与精细化发展。

## 1 塑料管件材料检测核心需求与基本原则

工程应用中，塑料管件需承受介质压力、温度变化、环境侵蚀等多种作用，其材料检测需覆盖力学性能、理化性能、耐环境稳定性及微观结构等核心维度，全方位满足工程质量管控需求。其中，力学性能检测需保障管件服役时具备足够强度、韧性与耐压性，规避受力断裂风险；理化性能检测聚焦材料成分、密度等基础指标，排查配方缺陷；耐环境性能检测针对极端工况验证长期稳定性；微观结构检测则分析内部缺陷，预判性能衰减趋势。

塑料管件材料检测需严格遵循针对性、精准性、规范性三大原则。针对性原则要求结合管件材料类型、应用场景及服役工况，选择适配的检测方法与技术参数；精准性原则需优化流程、控制误差，确保检测结果真实反映材料性能；规范性原则则需恪守行业标准，统一操作流程、样品制备及结果评价要求，保障检测工作的科学性与可比性，为后续检测工作开展奠定基

础。

## 2 工程中塑料管件材料主要检测技术及应用

### 2.1 力学性能检测技术

力学性能是塑料管件材料的核心评价指标，直接决定其承载能力与服役安全性，常用检测技术包括拉伸试验、冲击试验、耐压试验及弯曲试验等，各类技术基于不同检测原理，适配不同性能指标的检测需求。

拉伸试验主要用于检测塑料材料的拉伸强度、断裂伸长率及弹性模量，采用万能材料试验机作为核心检测设备，通过匀速施加轴向拉力，记录材料在受力过程中的形变与受力数据，直至材料断裂。检测过程中需严格控制样品制备精度，确保样品尺寸符合规范要求，控制拉伸速度，避免速度过快或过慢导致检测结果偏差——低速拉伸易导致形变数据失真，高速拉伸则可能高估材料强度。

冲击试验用于评价塑料管件材料的韧性与抗冲击能力，分为简支梁冲击试验与悬臂梁冲击试验两种，核心是通过冲击锤对样品施加瞬时冲击力，记录样品断裂时吸收的冲击能量，以此表征材料的抗冲击性能。检测时需根据材料的硬度与韧性选择合适的冲击锤质量与冲击速度，对于韧性较好的PE管件，可采用较大质量的冲击锤，确保样品能够发生明显形变或断裂；对于脆性较强的PVC管件，需控制冲击速度，避免样品破碎过度影响数据采集。

耐压试验聚焦塑料管件的抗压力性能，模拟工程中管件的介质输送工况，通过压力试验机向管件内部注入液体或气体，逐步提升压力至规定值并保持一定

时间,观察管件是否出现泄漏、变形或破裂现象。检测过程中需控制压力升压速度与保压时间,遵循“缓慢升压、稳定保压”的原则,避免瞬时高压导致管件损坏,做好密封处理,防止介质泄漏影响检测结果<sup>[1]</sup>。

## 2.2 理化性能检测技术

塑料管件材料的理化性能直接决定其使用范围与性能稳定性,常用检测技术包括成分分析、密度检测、熔融指数检测及硬度检测等,旨在排查材料配方缺陷、纯度不足等问题,保障材料基础性能达标。

成分分析技术用于确定塑料管件的材料成分及添加剂含量,常用方法包括红外光谱法、气相色谱法及质谱法。红外光谱法基于不同物质对红外光的吸收特性,通过检测材料的红外吸收光谱,与标准光谱库对比,确定材料的主体成分及各类添加剂(如稳定剂、增塑剂、阻燃剂)的种类与含量,可快速识别假冒伪劣材料,排查材料成分与设计不符的问题。气相色谱法主要用于检测材料中的挥发性有机物及微量杂质,适用于对卫生要求较高的塑料管件(如饮用水输送管件),可确保材料无有害成分释放。质谱法则用于精准分析材料的分子结构,辅助判断材料的聚合度与纯度,适用于高端工程中对材料性能要求严苛的场景。

密度检测用于表征塑料材料的致密性,常用方法包括浮力法与比重瓶法。浮力法基于阿基米德原理,通过测量样品在空气中与水中的质量差,计算材料密度,操作简便、效率较高,适用于大批量样品的快速检测;比重瓶法精度更高,通过测量样品与标准介质的体积比计算密度,适用于对密度精度要求较高的检测场景。材料密度异常往往伴随结晶度不足、孔隙率过高等问题,会导致材料强度与耐腐蚀性下降,因此密度检测是塑料管件材料的基础检测项目之一。

熔融指数检测用于评价热塑性塑料的流动性能,反映材料在加工过程中的成型能力,同时也与材料的分子量分布相关。检测时将塑料样品放入熔融指数仪中,在规定的温度、压力下,测量单位时间内通过标准毛细管的样品质量,熔融指数过高说明材料流动性过好,易导致管件成型过程中出现收缩、变形;熔融指数过低则说明材料流动性差,加工难度大,且可能影响材料的力学性能。

## 2.3 耐环境性能检测技术

工程中的塑料管件长期处于复杂环境中,易受温度变化、介质侵蚀、紫外线照射等因素影响,导致性能衰减,因此耐环境性能检测是保障管件长期服役稳定性的关键,常用技术包括高低温试验、耐腐蚀试验

及老化试验。

高低温试验用于验证塑料管件在极端温度环境下的性能稳定性,分为高低温冲击试验与恒温老化试验。高低温冲击试验通过快速切换样品所处的温度环境(如 $-40^{\circ}\text{C}$ ~ $80^{\circ}\text{C}$ ),模拟工程中昼夜温差过大、季节交替等工况,观察样品是否出现开裂、变形、脆化等现象,检测材料的温度适应性;恒温老化试验则将样品置于恒定的高温或低温环境中,持续放置规定时间,检测样品力学性能、理化性能的衰减程度,评估材料的长期温度稳定性。

耐腐蚀试验用于评价塑料管件对各类介质的耐受能力,模拟工程中管件输送的水、化工试剂、土壤介质等工况,常用方法包括浸泡试验、腐蚀气体试验。浸泡试验将样品放入指定介质(如酸、碱、盐溶液、饮用水、化工溶剂)中,在规定温度下浸泡一定时间,取出后检测样品的质量、尺寸、力学性能变化,判断材料的耐腐蚀性能;腐蚀气体试验则将样品置于含有腐蚀性气体(如氯气、二氧化硫)的环境中,模拟工业环境或地下腐蚀工况,观察样品表面是否出现腐蚀、变色、开裂等现象,评估材料的抗气体腐蚀能力。

老化试验主要用于检测塑料管件的抗老化性能,包括光老化、热氧老化两种核心类型。光老化试验采用氙灯老化试验箱,模拟自然紫外线照射,持续照射规定时间后,检测样品的力学性能、外观变化,评估材料的抗紫外线老化能力,适用于户外使用的塑料管件;热氧老化试验将样品置于高温、富氧环境中,加速材料的氧化老化过程,通过检测样品性能衰减情况,预判材料的长期服役寿命。对埋地塑料管件,可开展土壤老化试验,模拟土壤中的微生物、湿度、压力等因素对材料的影响,全面评价材料的耐环境性能<sup>[2]</sup>。

## 2.4 微观结构检测技术

塑料管件材料的微观结构直接影响其宏观性能,微观结构缺陷(如孔隙、裂纹、结晶不均匀)易导致材料力学性能下降、耐腐蚀性变差,常用检测技术包括扫描电子显微镜(SEM)检测、偏光显微镜检测及X射线衍射(XRD)检测。

SEM检测通过电子束扫描样品表面,获取材料的微观形貌图像,可清晰观察样品表面及断面的孔隙、裂纹、结晶形态等微观缺陷,能够分析材料的界面结合状态(如复合塑料管件的层间结合情况)。检测前需对样品进行打磨、喷金处理,确保样品表面导电,避免电子束聚集影响成像质量。该技术可精准定位材料的微观缺陷,分析缺陷产生的原因(如加工工艺不

当、材料纯度不足），为优化检测方案与加工工艺提供依据。

偏光显微镜检测主要用于观察塑料材料的结晶结构，判断材料的结晶度与结晶均匀性，结晶度过高易导致材料脆性增加，结晶度过低则会影响材料的强度与耐热性。检测时利用偏光显微镜的偏振光特性，观察样品的偏光图像，通过图像对比度分析结晶区域与非结晶区域的分布情况，计算材料的结晶度。该技术适用于结晶型塑料管件（如PE、PPR管件）的微观结构检测，可辅助优化材料配方与加工工艺。

XRD检测基于X射线的衍射特性，分析塑料材料的晶体结构、晶面间距及结晶度，可精准判断材料的晶体类型与结晶完整性。检测过程中，X射线照射样品后发生衍射，形成衍射图谱，通过分析衍射峰的位置、强度与宽度，获取材料的微观结构参数。该技术可用于排查材料因结晶缺陷导致的性能问题，同时能够验证材料的纯度与晶体结构是否符合设计要求，适用于高端工程中塑料管件的精细化检测。

### 3 塑料管件材料检测技术的优化方向

(1) 提升检测精准度与效率：当前部分检测技术存在误差较大、检测效率偏低的问题，需通过技术优化提升检测性能。一方面，优化检测设备的硬件配置，升级传感器、数据采集系统等核心部件，减少设备运行过程中的系统误差；另一方面，改进检测方法，结合智能化技术（如机器视觉、自动化控制），实现样品制备、检测操作、数据处理的自动化，缩短检测周期，降低人为操作误差。在拉伸试验中引入自动化样品夹持装置与实时数据采集系统，可精准控制夹持力度，快速采集受力与形变数据，提升检测精准度与效率。

(2) 研发复合型检测技术：单一检测技术往往只能针对某一项性能指标或某一类缺陷进行检测，难以满足工程中全方位、多维度的检测需求。因此，需研发复合型检测技术，将多种检测原理结合，实现一次检测可获取多项性能指标与微观结构信息。将红外光谱法与质谱法结合，可同时完成材料成分分析与分子结构检测，提升检测的综合性；将SEM检测与XRD

检测结合，可同步观察材料的微观形貌与晶体结构，全面分析缺陷成因。复合型检测技术可有效减少检测流程，降低检测成本，适配工程中大批量、多维度的检测需求。

(3) 推动检测技术的智能化发展：智能化是材料检测技术的发展趋势，可结合大数据、人工智能等技术，构建塑料管件材料检测智能化体系。通过采集大量检测数据，建立性能预测模型，可根据材料的基础指标与检测数据，预判材料的长期服役性能与性能衰减趋势；利用机器视觉技术，实现样品缺陷的自动识别与分类，减少人为判断误差；搭建智能化检测平台，实现检测数据的实时传输、存储与分析，方便工程质量管理人员快速获取检测结果，提升质量管理效率。可研发便携式检测设备，实现现场快速检测，适配工程现场的检测需求，避免样品运输过程中出现性能变化。

(4) 完善检测标准体系：检测标准的完善是保障检测工作规范化、精准化的基础，当前部分新型塑料管件材料（如复合塑料、改性塑料）的检测标准尚未完善，导致检测工作缺乏统一依据。需结合新型材料的性能特点与工程应用需求，制定针对性的检测标准，明确检测方法、技术参数、样品制备要求及结果评价标准；同步更新现有检测标准，融入新型检测技术与优化方案，推动检测标准与检测技术协同发展。需加强行业间的标准衔接，统一不同地区、不同领域的检测规范，提升检测结果的可比性<sup>[3]</sup>。

### 4 结语

塑料管件材料检测是工程质量管理的关键环节，检测技术的科学性与精准度直接影响检测结果可靠性，进而保障工程服役安全。本文系统研究工程应用中塑料管件材料的力学性能、理化性能、耐环境性能及微观结构检测技术，分析各类技术的应用原理与适配场景，探讨检测技术优化方向。需持续推动检测技术智能化、复合型发展，完善检测标准体系，提升检测效率与精准度，为塑料管件材料质量管理提供更有力的技术支撑，推动塑料管件在工程领域安全、高效应用。

### 参考文献：

- [1] 周杰.塑料管材管件的检测和应用探究[J].居业,2024(8):179-181.
- [2] 潘玉超.塑料管材管件试验检测要点思考[J].大众标准化,2024(24):150-152.
- [3] 刘志广,刘东升,马长亮,等.塑料管材和管件不透光性能测试仪器的研究[J].工程塑料应用,2023,51(5):93-97.