

压力管道定期检验技术标准与实施方法探讨

苏东泊

天津市特种设备监督检验技术研究院 天津 300192

摘要：压力管道作为工业生产和城市基础设施中的关键组成部分，其安全运行至关重要。定期检验是保障压力管道安全的重要手段。本文深入探讨了压力管道定期检验的技术标准，包括国内外相关标准的对比分析，以及实施方法，涵盖检验前的准备工作、检验过程中的关键技术与方法、检验后的处理与评估等方面。旨在为提高压力管道定期检验的质量和效果提供理论支持和实践指导。

关键词：压力管道；定期检验；技术标准；实施方法

1 引言

压力管道广泛应用于石油、化工、电力、燃气等行业，承担着输送高温、高压、易燃易爆及有毒有害介质的关键任务。因其运行环境复杂、介质危险，一旦发生事故，将造成严重人员伤亡、财产损失与环境污染。故保障其安全运行对工业生产和城市安全意义重大。定期检验能按一定间隔对管道全面系统检查测试，发现缺陷隐患、评估安全状况，为维修、改造和更新提供依据。科学合理的检验技术标准与有效实施方法是保证检验质量和效率的关键。但目前实际操作中，检验标准、方法不够完善科学，人员素质参差不齐，影响检验效果和管道安全，深入研究相关技术标准与实施方法很有必要。

2 压力管道定期检验技术标准

2.1 国内压力管道定期检验技术标准

我国对压力管道的安全管理高度重视，制定了一系列相关的技术标准和规范。其中，《压力管道定期检验规则——工业管道》（TSG D7005-2018）是我国工业管道定期检验的主要依据。该规则详细规定了工业管道定期检验的基本要求、检验项目、检验方法和要求、安全状况等级评定等内容。在检验项目方面，包括宏观检验、壁厚测定、表面缺陷检测、埋藏缺陷检测、材质分析、安全附件与仪表检验等。宏观检验主要对管道的外观、结构、几何尺寸等进行检查，以发现明显的缺陷和异常情况；壁厚测定用于确定管道的剩余壁厚，评估管道的腐蚀程度；表面缺陷检测，一般采用磁粉检测、渗透检测，铁磁性材料管道的表面缺陷检测应当优先采用磁粉检测，用于检测管道表面开口或近表面缺陷；埋藏缺陷检测，一般采用射线检测或超声检测等方法，用于检测管道裂纹、未熔合、未焊透等缺陷；材质分析则通过金相分析、硬度测试等手段，了解管道材料的性能变化；安全附件与仪表检验确保压力表、安全阀等安全附

件与仪表的准确性和可靠性。安全状况等级评定是定期检验的重要环节，根据检验结果将管道的安全状况分为1级至4级。安全状况等级为1级和2级管道可以继续使用，但需加强监测和维护；安全状况等级为3级管道在使用期间内，应当对管道采取有效的监控措施；安全状况等级为4级管道则需进行缺陷处理，否则不得继续使用。

2.2 国外压力管道定期检验技术标准

国外一些发达国家在压力管道定期检验方面也有较为成熟的技术标准。例如，美国机械工程师协会（ASME）制定的《锅炉及压力容器规范》第V卷《无损检测》和第Ⅷ卷《压力容器建造规则》等，对压力管道的无损检测方法和建造要求进行了详细规定。欧洲标准（EN）系列中也有关于压力管道检验的相关标准，如EN13480《金属工业管道》等，涵盖了压力管道的设计、制造、安装和检验等方面。与国内标准相比，国外标准在某些方面具有更细致的规定和更高的要求^[1]。例如，在无损检测技术的应用上，国外标准可能更注重检测的灵敏度和准确性，对检测人员的资质和培训也有更严格的要求。同时，国外标准在风险评估和基于风险的检验（RBI）方面有更深入的研究和应用，通过综合考虑管道的失效概率、失效后果等因素，制定个性化的检验计划，提高检验的针对性和有效性。

2.3 国内外标准对比分析

国内外压力管道定期检验技术标准在基本原则和检验项目上具有一定的相似性，都强调对管道的安全状况进行全面评估。但在具体的技术要求、检测方法和安全状况等级评定等方面存在一些差异。在技术要求方面，国外标准可能更注重对新材料、新工艺的应用和研究，对管道的制造和安装质量有更严格的规定。在检测方法上，国外在无损检测技术的自动化、智能化方面发展较快，如采用机器人进行管道内部检测，提高了检测效率

和准确性。在安全状况等级评定方面，国外基于风险的检验理念更为成熟，能够更科学地确定管道的检验周期和检验项目。我国应借鉴国外先进标准的经验，不断完善国内压力管道定期检验技术标准，提高我国压力管道安全管理的水平。同时，在借鉴过程中要结合我国的实际情况，考虑国内企业的技术水平和经济承受能力，确保标准的可行性和有效性。

3 压力管道定期检验实施方法

3.1 检验前的准备工作

3.1.1 资料收集与审查

在开展定期检验前，检验人员应收集管道的设计资料、安装资料、运行记录、维修改造记录等相关资料。通过对这些资料的审查，了解管道的基本情况，包括管道的设计参数、材质、走向、支吊架设置、运行工况等，为制定检验方案提供依据。例如，通过查看运行记录可以了解管道在不同工况下的运行参数，判断管道是否存在超温、超压等异常情况；维修改造记录则可以帮助检验人员了解管道的历史缺陷处理情况，确定重点检验部位。

3.1.2 检验方案制定

根据资料审查结果和管道的实际情况，制定详细的检验方案。检验方案应明确检验项目、检验方法、检验比例、检验人员分工、检验进度安排等内容。对于一些特殊的管道，如高温高压管道、腐蚀性介质管道等，应制定针对性的检验措施^[2]。以高温高压管道为例，规则指出其运行中材质性能易变，有安全隐患，需增加壁厚测定与无损检测比例。壁厚测定用高精度超声波测厚仪，按规则测点分布多点测量；无损检测选用相控阵超声检测（PAUT）或衍射时差法超声检测（TOFD）等先进技术，精准检测内部缺陷。

3.1.3 检验设备与工具准备

根据检验方案的要求，准备相应的检验设备和工具。检验设备应经过检定或校准，确保其准确性和可靠性。常见的检验设备包括超声波测厚仪、射线探伤机、超声波探伤仪、磁粉探伤仪等。同时，要准备好必要的辅助工具，如打磨机、清洁工具等，以便在检验过程中对管道表面进行处理，提高检测效果。

3.2 检验过程中的关键技术与方法

3.2.1 宏观检验

宏观检验是定期检验的基础工作，通过对管道的外观、结构、几何尺寸等进行全面检验，可以发现明显的缺陷和异常情况。检验内容包括管道的表面腐蚀、磨损、变形、裂纹等情况，管道的保温层是否完好，支吊架是否松动、变形、损坏等。在检验过程中，检验人员

主要采用目视方法，必要时可使用放大镜、内窥镜等工具进行辅助检验。对于发现的缺陷和异常情况，应详细记录其位置、尺寸、形状等信息，并进行拍照留存。

3.2.2 壁厚测定

壁厚测定是评估管道腐蚀程度的重要方法，一般采用超声测厚方法。超声波测厚方法具有操作简便、测量速度快、精度较高等优点，是目前应用最广泛的壁厚测定方法。在进行壁厚测定时，应根据管道的材质、壁厚、曲率等因素选择合适的探头和测量参数。测量点的布置应具有代表性，一般应覆盖管道的各个部位，特别是易腐蚀部位和受力较大部位。对于测量结果异常的点，应进行复测，并分析原因。

3.2.3 无损检测

无损检测技术是发现管道内部缺陷的重要手段。常见的无损检测方法包括射线检测、超声检测、磁粉检测、渗透检测等。射线检测（RT）：利用射线穿透管道材料，在底片上形成影像，通过观察影像来判断管道内部是否存在缺陷，如裂纹、气孔、夹渣等。适用于检测对接焊缝等部位的内部缺陷，能较直观地显示缺陷的形状和大小。超声检测（UT）：通过超声波在管道材料中的传播特性，如反射、折射等，来检测管道内部缺陷。可检测对接焊缝、角焊缝以及管道母材的内部缺陷，对裂纹等面状缺陷较为敏感，检测厚度范围较大。磁粉检测（MT）：基于磁粉在磁场中被缺陷处漏磁场吸附的原理，检测管道表面和近表面的裂纹、折叠等缺陷。适用于铁磁性材料管道的表面检测，操作简便、成本较低。渗透检测（PT）：利用渗透液对管道表面开口缺陷的渗透作用，再通过显像剂将渗透到缺陷中的渗透液显示出来，从而检测出表面裂纹、气孔等缺陷。适用于非多孔性金属材料和非金属材料管道的表面检测。

3.2.4 材质分析

材质分析通过对管道材料的化学成分分析、金相组织分析、硬度测试等手段，了解管道材料的性能变化情况。化学成分分析可以确定管道材料是否符合设计要求，金相组织分析可以判断材料是否存在过热、过烧、晶粒粗大等缺陷，硬度测试则可以反映材料的强度和韧性变化。材质分析一般需要在管道上取样进行，取样位置应具有代表性，且不会对管道的安全运行造成影响。

3.2.5 安全附件与仪表检验

安全附件与仪表是保障压力管道安全运行的重要装置，包括压力表、安全阀、爆破片装置、紧急切断阀等。在定期检验中，应对安全附件与仪表进行检验。检验内容包括安全附件与仪表的外观是否完好、安装是否

牢固、连接部位是否泄漏等。

3.3 检验后的处理与评估

3.3.1 缺陷处理

根据检验结果，对发现的缺陷进行处理。对于一般的缺陷，如轻微的腐蚀、磨损等，可以采用打磨、补焊等方法进行修复；对于严重的缺陷，如裂纹、大面积腐蚀等，应根据具体情况制定详细的修复方案，必要时进行管道的更换。在缺陷处理过程中，应严格按照相关标准和规范的要求进行操作，确保修复质量。修复完成后，应进行相应的检验和试验，验证修复效果。

3.3.2 安全状况等级评定

评定管道安全状况等级要综合缺陷类型、尺寸、位置及运行工况。3级管道有缺陷短期无碍但可能发展，表面微损6-12个月外观看；局部轻蚀且壁厚够，3-6个月测壁厚并分析腐蚀；小未穿裂纹立即处理，1-3个月无损检测且关注参数^[3]。4级管道缺陷威胁大，可修复的大面积腐蚀立即停用，1-3个月修复并严控；难修复或达年限的及时停用报废，停用期1-2个月巡查。评定结果及时准确反馈给使用单位，说明情况与建议，保障安全。

3.3.3 检验报告编制

检验结束后，检验人员应编制详细的检验报告。检验报告应包括管道的基本信息、检验项目、检验方法、检验结果、缺陷处理情况、安全状况等级评定等内容。检验报告应内容完整、数据准确、结论明确，并由检验人员签字和检验机构盖章确认。检验报告是压力管道定期检验的重要成果，也是使用单位进行管道管理和决策的重要依据。

4 压力管道定期检验中存在的问题及解决策略

4.1 存在的问题

压力管道定期检验工作存在多方面问题。一是检验标准执行不到位，部分检验机构和使用单位对技术标准理解和执行有偏差，致使检验项目、方法及安全状况等級评定等出现问题，如无损检测未按标准选方法、定比例，易遗漏缺陷^[4]。二是检验设备和技术落后，部分机构因资金不足，设备陈旧，精度和稳定性差，且无损检测技术自动化、智能化发展缓慢。三是使用单位重视程度不够，重使用轻检验，不配合工作、提供虚假资料，日常维护管理也有漏洞，难以及时发现和处理安全隐患。

4.2 解决策略

4.2.1 加强标准宣贯和培训

相关部门应加强对压力管道定期检验技术标准的宣

贯和培训工作，提高检验机构和使用单位对标准的理解和执行能力。通过举办培训班、研讨会等形式，邀请专家对标准进行详细解读，解答检验人员和使用单位在标准执行过程中遇到的问题。同时，检验机构应加强对内部检验人员的培训，定期组织业务学习和技能考核，提高检验人员的专业素质。

4.2.2 加大检验设备和技术投入

检验机构应加大对检验设备和技术的投入，及时更新陈旧落后的设备，引进先进的检测技术和仪器。例如，采用数字化射线检测技术、相控阵超声检测技术等，提高检测的准确性和效率。同时，加强与科研机构和高校的合作，开展压力管道定期检验技术的研究和创新，推动我国压力管道定期检验技术的发展。

4.2.3 强化使用单位主体责任

加强对使用单位的监管，强化其主体责任意识。相关部门应加大对使用单位的宣传教育力度，使其充分认识到压力管道定期检验的重要性。建立健全使用单位的安全管理制度，加强对管道的日常维护和检查，及时发现和处理安全隐患。对不按规定进行定期检验或阻碍检验工作开展的使用单位，依法进行严肃处理。

结语

压力管道定期检验对保障其安全运行至关重要，科学合理的技术标准与有效实施方法是检验质量的关键。我国在标准制定上有一定成果，但仍需借鉴国外经验完善体系。实施时，要重视检验前准备、检验中关键技术应用及检验后处理评估。当前检验存在标准执行、人员素质、设备技术、使用单位重视度等多方面问题，需采取加强标准宣贯培训、提升人员素质、加大设备技术投入、强化使用单位责任等策略。未来，应随科技与工业发展，不断创新完善检验技术，提升检验水平，保障工业生产与城市安全。

参考文献

- [1] 魏建金.压力管道定期检验中无损检测的标准化质量控制要点[J].中国标准化,2025,(12):184-187.
- [2] 何仁洋,吉建立,刘畅.浅析新版长输管道定期检验规则的修订理念及意义[J].中国特种设备安全,2024,40(05):6-11+18.
- [3] 金世贵,张振宇.基于超期服役压力管道风险评估的定期检验探讨[J].特种设备安全技术,2024,(05):27-29.
- [4] 王玮佳,韩晶.完善我国压力容器压力管道定期检验规范体系的思考研究[J].内蒙古石油化工,2024,50(01):36-38.