

特种设备压力容器压力管道检验问题研究

张卫超 董昌峰 刘同涛 孙伟松

淄博市特种设备检验研究院 山东 淄博 255000

摘要：压力容器与压力管道检验对工业生产安全至关重要，关乎设备运行、生产连续性、人员财产安全及全生命周期管理。当前检验存在技术适配性不足、人员专业能力参差不齐、流程规范性缺失等核心问题。可通过提升检验技术适配性与先进性、强化检验人员专业能力培养、规范检验流程与全过程管控等路径优化。同时，构建检验质量管理体系、推进检验信息化建设、加强设备运行状态监测联动，可全方位提升检验质量，保障设备安全稳定运行。

关键词：特种设备；压力容器；压力管道；检验问题；优化方法

引言：在工业生产领域，压力容器与压力管道作为关键设备，其安全稳定运行至关重要。检验工作是保障其安全的核心环节，不仅关乎设备自身能否长期稳定运行，还对生产连续性、人员与财产安全以及设备全生命周期管理产生深远影响。然而，当前检验工作面临诸多挑战，检验技术适配性不足、检验人员专业能力参差不齐、检验流程规范性缺失等问题亟待解决。在此背景下，深入探讨压力容器与压力管道检验的优化路径与保障措施，具有重要的现实意义和紧迫性。

1 压力容器与压力管道检验的重要性

在工业生产的大舞台上，特种设备中的压力容器与压力管道犹如关键的角色，其检验工作则是保障工业生产安全稳定运行的坚实防线，重要性渗透于工业生产的每一个关键层面。（1）从设备运行安全角度深入审视，压力容器与压力管道长期处于复杂且严苛的工作环境之中。介质腐蚀如同无形的杀手，悄无声息地侵蚀着设备材料，使其强度和韧性逐渐降低；交变载荷则像不断敲击的锤子，反复冲击设备结构，导致应力集中，加速疲劳损伤；高温高压环境更是加剧了材料性能的劣化进程。在这些因素的综合作用下，设备结构可能出现变形、裂纹，密封部位也可能出现泄漏等潜在缺陷。而定期或专项检验犹如敏锐的“医生”，运用先进的无损检测技术，如超声波检测能精准探测内部裂纹，射线检测可清晰呈现结构缺陷，再结合理化检验手段，对材料的成分、力学性能等进行全面分析，从而精准识别这些潜在缺陷。在缺陷尚未扩大引发安全事故之前，及时采取修补、更换等有效措施进行处理，为设备长期稳定运行筑牢安全屏障，避免因设备突发故障引发的爆炸、火灾等灾难性后果。（2）在生产连续性方面，压力容器与压力管道是生产流程中的关键枢纽。一旦它们出现故障，就如同交通要道发生堵塞，整个生产流程将被迫中

断。这不仅会造成原材料的浪费、产品的报废等直接经济损失，还会使生产周期延误，影响订单的按时交付，给企业带来严重的信誉损失。而有效的检验工作如同定期的“体检”，能够提前发现并消除隐患，将设备故障发生的概率降至最低，保障生产计划如顺水行舟般顺利推进。（3）从人员与财产安全角度出发，压力容器与压力管道事故具有破坏性强、影响范围广的特点。检验工作就像一道坚固的防线，能够显著降低设备事故发生概率，避免因爆炸、泄漏等事故造成的人员伤亡与财产损失，为生产作业人员营造一个安全可靠的工作环境。

（4）从设备全生命周期管理视角来看，检验过程中积累的设备状态数据，如材料性能变化、结构完整性评估等，是设备管理的宝贵财富，为设备的维护保养、维修改造、报废更新提供了科学依据，有助于优化设备管理策略，提升设备资源利用效率^[1]。

2 压力容器与压力管道检验存在的核心问题

2.1 检验技术适配性不足

检验技术的选择与应用直接决定检验结果的准确性与全面性，当前检验工作中普遍存在检验技术适配性不足的问题。（1）针对不同类型、不同运行工况的压力容器与压力管道，未能精准匹配对应的检验技术。例如，对于高温高压环境下服役的设备，传统的外观检测、超声波检测等技术难以穿透特殊介质或复杂结构，无法精准识别内部深层缺陷；对于具有腐蚀性介质的管道，常规检测技术易受介质干扰，导致缺陷漏检或误判。（2）新型设备与新型材料的应用，对检验技术提出了更高要求，但现有检验技术更新滞后，部分先进检验技术的推广与应用不足，难以满足复杂设备的检验需求。此外，检验设备的精度与稳定性不足，也会影响检验结果的可靠性，无法准确反映设备的实际状态^[2]。

2.2 检验人员专业能力参差不齐

检验工作具有极强的专业性与技术性,对检验人员的专业知识、实践经验与操作技能要求较高,当前检验人员专业能力参差不齐的问题较为突出。(1)部分检验人员缺乏系统的专业培训,对压力容器与压力管道的结构原理、运行特性、缺陷形成机制等知识掌握不扎实,难以精准判断缺陷的类型、严重程度及发展趋势;(2)部分检验人员实践经验不足,面对复杂的设备结构、特殊的运行工况时,无法合理选择检验方法、优化检验流程,导致检验工作效率低下、检验结果不准确。(3)部分检验人员责任意识不强,在检验过程中存在敷衍了事、操作不规范等问题,进一步降低了检验工作的质量,无法充分发挥检验工作的安全保障作用。

2.3 检验流程规范性缺失

规范的检验流程是保障检验质量的重要基础,当前检验工作中存在检验流程不规范、管控不到位的问题。

(1)在检验准备阶段,对设备运行状态调研不充分、检验方案制定不合理,未结合设备的实际情况明确检验范围、检验项目与检验标准,导致检验工作缺乏针对性;

(2)在检验实施阶段,存在操作流程不标准、检验数据记录不完整等问题,部分检验环节存在遗漏,检验数据的真实性与可追溯性不足;(3)在检验后续阶段,检验结果分析不深入、整改建议缺乏针对性,未能及时将检验结果转化为设备维护保养的具体措施,同时检验档案管理混乱,无法为设备后续检验与全生命周期管理提供有效支撑。此外,检验工作的时间安排缺乏科学性,部分设备未按合理周期开展检验,导致缺陷长期积累,增加了设备运行风险。

3 压力容器与压力管道检验问题的优化路径

3.1 提升检验技术适配性与先进性

为解决检验技术适配性欠佳的问题,应构建检验技术精准匹配体系,加速先进检验技术的普及。(1)依据压力容器与压力管道的具体类型、实际运行工况以及介质特性等关键因素,制定全面且细致的检验技术选择指南。该指南需明确不同场景下最适宜的检验技术方案,以此提高检验技术与实际需求的适配程度。例如,针对深层缺陷检测,大力推广相控阵超声波检测、射线检测等高精度技术;对于输送腐蚀性介质的管道检测,选用抗干扰性能卓越的电磁超声检测技术。(2)加大对检验技术研发与更新的资金投入,密切跟踪行业内先进检验技术的发展趋势,及时引入新型检验设备与技术,提升整体检验技术水平。此外,要建立完善的设备维护校准制度,定期对现有检验设备进行全面维护与精准校准,确保设备始终处于良好的运行状态,保障检验结果的准

确性与可靠性。

3.2 强化检验人员专业能力培养

以全面提升检验人员专业素养为关键目标,构建一套系统完备的培训与考核体系。(1)建立常态化的专业培训机制至关重要。定期组织检验人员深入学习压力容器与压力管道的专业知识,涵盖设计标准、制造工艺等方面;及时掌握最新检验技术动态,如新兴的无损检测技术、智能监测技术等;透彻理解设备结构原理,以便精准定位潜在问题。邀请行业权威专家开展专题讲座与技术指导,为检验人员搭建与前沿知识接轨的桥梁,拓宽其知识视野。同时,注重实操技能培训,精心模拟各类复杂检验场景,让检验人员在实践中积累经验,切实提升实际操作能力与应对突发问题的解决能力。(2)建立严格的岗位考核机制,从专业知识储备、实操技能水平、责任意识强弱等多维度对检验人员进行全面综合考核。考核合格方可上岗,且将考核结果与岗位晋升、薪酬待遇紧密挂钩,形成有效的激励约束机制,充分调动检验人员提升自身能力的积极性。此外,搭建行业内技术交流平台,鼓励检验人员分享实践经验、共同探讨技术难题,推动检验人员专业能力整体提升^[1]。

3.3 规范检验流程与全过程管控

构建标准化的检验流程体系,强化对检验全流程的严格管控,以此提升检验工作的规范化程度。(1)检验准备阶段,要全面深入调研设备运行状态、历史缺陷记录等关键信息。依据设备实际状况,精心制定详细且具有针对性的检验方案,清晰界定检验范围、具体项目、严格标准以及科学方法,为后续检验工作筑牢基础,确保检验工作精准高效开展。(2)检验实施阶段,严格遵循操作规范,规范检验数据记录流程。采用统一标准的记录表格,保证检验数据完整、真实且可追溯。同时,加强对检验环节的监督检查力度,通过现场巡查、数据抽查等方式,杜绝出现检验遗漏或操作不规范等问题。(3)检验后续阶段,深入剖析检验结果,结合设备缺陷实际情况,制定切实可行的整改建议,并督促相关方严格落实整改措施。完善检验档案管理,对检验数据、报告、整改记录等资料进行系统整理与妥善保存,为设备全生命周期管理提供有力的数据支持。此外,科学合理制定检验周期,根据设备运行工况、老化速度等因素动态调整检验频率,保障检验工作的及时性与有效性。

4 检验质量提升的保障措施

4.1 构建检验质量管控体系

构建一套覆盖全流程的检验质量管控机制,清晰界定各环节的质量责任主体,形成“全员主动参与、全程

严格管控”的质量保障坚实格局。

制定全面且细致的检验质量评价标准，从检验技术的科学合理应用、检验数据的精准无误、检验流程的规范合规等多个关键角度，对检验工作质量进行量化评估，使质量评价有章可循、有据可依。定期组织开展质量自查与互查工作，通过内部自查及时发现自身检验过程中的潜在问题，借助互查相互学习、取长补短，共同提升检验质量。引入第三方质量监督机制，委托专业权威的质量监督机构对检验工作进行独立、客观的审核，增强检验质量的客观性与公正性。同时，建立完善的质量问题追溯机制，对检验过程中出现的质量问题进行深入源头追溯，精准确定责任人员，严格落实整改措施，防止同类问题再次发生^[4]。

4.2 推进检验信息化建设

利用信息化技术是提升检验工作效率与质量的有效途径，需搭建一体化检验信息化管理平台。该平台应具备强大的数据整合能力，将设备基础信息、检验计划安排、详细检验数据、缺陷记录详情以及整改落实情况等各类信息全面纳入，实现信息的集中存储与高效共享。如此一来，设备管理人员、检验人员等相关方都能快速便捷地查询和使用所需信息。

引入大数据分析技术，对海量的检验数据进行深度挖掘与分析。通过分析数据规律，预判设备缺陷的发展趋势，提前制定针对性的维护保养策略，为设备的健康运行提供前瞻性指导。推广应用移动检验终端，检验人员可在现场实时采集检验数据并即时上传至平台，有效减少人工记录可能产生的误差，大幅提高检验工作效率。此外，借助信息化平台对检验流程进行可视化管控，实时掌握检验工作进度与质量状况，确保检验工作严格依照计划有序推进，保障检验质量。

4.3 加强设备运行状态监测联动

构建检验工作与设备日常运行状态监测的联动体系，达成“检验预警功能”和“运行监控作用”的深度融合。于设备运行期间，安装高精度的在线监测设备，实时精准

采集设备的压力、温度、振动、泄漏等关键运行参数，对设备运行状态展开全方位动态监控。一旦参数出现异常，迅速触发预警机制，立即安排专项检验工作。

把在线监测数据与检验数据进行深度融合分析，依据运行参数的变化趋势，科学预判设备缺陷的发展走向，据此优化检验计划、明确检验重点，增强检验工作的精准度与实效性。同时，强化检验人员和设备运行管理人员之间的沟通协作，搭建高效的信息共享平台，保证检验结果能及时为设备运行管理工作提供指导，形成“实时监测发现问题、及时预警提示风险、精准检验查明原因、有效整改消除隐患”的闭环管理流程，全方位提升设备运行的安全保障水平^[5]。

结束语

压力容器与压力管道检验工作对工业生产安全意义重大，关乎设备运行、生产连续、人员财产安全及设备全生命周期管理。当前检验存在技术适配性不足、人员能力参差不齐、流程规范性缺失等问题，不过通过提升检验技术适配性与先进性、强化检验人员专业能力培养、规范检验流程与全过程管控等优化路径，以及构建质量管控体系、推进信息化建设、加强设备运行状态监测联动等保障措施，能够切实提升检验质量。未来，需持续完善检验体系，紧跟技术发展，强化人员素养，为工业生产安全稳定运行筑牢坚实防线。

参考文献

- [1]王强.压力容器相控阵超声检测技术应用研究[J].中国特种设备安全,2023,39(8):45-48.
- [2]张宏亮.长输油气管道漏磁内检测技术实践与优化[J].石油工程建设,2022,48(5):78-82.
- [3]赵亮,李娜.复合材料压力容器检验标准与技术探讨[J].纤维复合材料,2023,40(3):89-92.
- [4]黄伟.特种设备定期检验制度执行中的问题与对策[J].安全与环境工程,2021,28(6):156-160.
- [5]张鹤群.大型压力容器的超声波无损检测[J].装备维修技术,2021,(27):0197-0197.