

基于化工工艺条件的承压类特种设备检验

曹利刚

河北省特种设备监督检验研究院 河北 石家庄 050000

摘要: 化工行业作为现代工业的重要支柱,其生产过程复杂且具有较高危险性。本文聚焦化工工艺条件下的承压类特种设备检验这一重要主题。先是概述了承压类特种设备在化工行业的应用情况,接着深入分析化工工艺条件中压力、温度、介质腐蚀性等因素对其产生的影响。详细阐述了包含宏观检查、无损检测技术(如超声、射线等多种检测方式)、理化性能分析及其他检验项目在内的具体检验方法。最后提出提高检验质量的策略,旨在保障此类特种设备在化工生产中的安全可靠运行。

关键词: 基于化工;工艺条件;承压类;特种设备;检验

引言:在化工行业中,承压类特种设备起着关键作用,然而化工工艺往往伴随着复杂的压力、温度以及介质条件,这些因素会给承压类特种设备带来诸多影响,关乎其安全性与稳定性。为确保其正常运行、预防事故发生,对基于化工工艺条件的承压类特种设备开展科学、全面的检验工作就显得尤为重要,故本文就此展开深入探讨。

1 承压类特种设备在化工行业的概述

承压类特种设备在化工行业中占据着极为关键的地位。这类设备主要包括锅炉、压力容器(如反应釜、储罐等)、压力管道等。在化工生产过程中,它们承担着物料的储存、反应、输送等重要任务。例如,压力容器为化学反应提供特定的压力环境,确保反应高效进行;压力管道则像化工生产的“血管”,精准地将各种原料、中间产物及成品在不同工序间传输。然而,由于化工生产常涉及高温、高压、易燃、易爆、有毒有害等复杂工况,承压类特种设备一旦出现故障或失效,可能引发泄漏、爆炸、火灾等严重事故,不仅会造成巨大的经济损失,还会对人员生命安全和环境产生灾难性影响。

2 化工工艺条件对承压类特种设备的影响

2.1 压力影响

化工生产中的压力变化对承压类特种设备影响显著。过高压力可能超出设备设计强度,使容器壁或管道壁产生过度应力,引发塑性变形甚至破裂,导致物料泄漏。而压力波动频繁或压力急剧变化,会加速设备疲劳损伤,降低设备使用寿命,同时也可能影响设备的密封性能,造成微小泄漏逐渐发展成严重的安全隐患,影响化工生产的连续性与安全性^[1]。

2.2 温度影响

化工工艺温度对承压类特种设备作用明显。高温环

境会使设备材料的力学性能下降,如强度降低、韧性变差,增加设备变形和破裂风险。长期处于高温还可能引发材料的蠕变现象,导致设备尺寸改变,影响其结构稳定性。低温则可能使材料变脆,在压力作用下更易发生脆性断裂,并且温度的不均匀分布会产生热应力,与压力应力叠加,进一步危害设备安全运行。

2.3 介质腐蚀性影响

化工介质的腐蚀性对承压类特种设备危害极大。腐蚀性介质会直接侵蚀设备的金属表面,造成壁厚减薄,削弱设备的承载能力。不同的腐蚀性介质与金属发生化学反应,可能产生氢脆、应力腐蚀开裂等现象。氢脆会使金属材料韧性降低,在较低应力下就可能发生脆性断裂;应力腐蚀开裂则在拉伸应力和腐蚀环境共同作用下,使设备出现裂纹并快速扩展,严重威胁设备完整性,可能引发突发的泄漏与事故,影响化工生产正常秩序并危及周边环境与人员安全。

3 基于化工工艺条件的承压类特种设备检验方法

3.1 宏观检查

宏观检查是基于化工工艺条件对承压类特种设备检验的重要基础环节。检验人员首先对设备的外观进行全面审视,查看设备的整体外形是否有明显变形,如鼓包、凹陷等,这可能暗示内部压力异常或结构受损。检查设备的表面涂层,若有剥落、起皮现象,可能预示着局部腐蚀或其他损伤。对于焊缝,仔细观察是否有可见的裂纹、未焊透、夹渣等缺陷,这些缺陷在化工工艺的压力、温度及介质作用下可能迅速扩展。检查连接部位的螺栓、螺母是否松动、缺失或有腐蚀迹象,因为连接部位的松动可能导致泄漏,留意设备的进出口管道、阀门等附件与主体的连接状况,以及设备的支撑结构是否稳固,有无变形、腐蚀或开裂,以确保设备在化工工艺

复杂条件下能够安全、稳定地运行。

3.2 无损检测技术

3.2.1 超声检测

利用超声波在承压类特种设备材料中的传播特性。超声波遇到缺陷时会产生反射、折射等变化,通过分析反射波的时间、幅度等参数,能确定缺陷的位置、大小和类型。可检测内部裂纹、夹杂、分层等缺陷,适用于各种金属和部分非金属材料,能对较厚部件进行检测,且检测速度较快,对人体无危害,在化工设备检测中广泛应用于检测压力容器焊缝、管道壁厚减薄等情况。

3.2.2 射线检测

借助 X 射线或 γ 射线穿透设备。不同厚度和密度的材料对射线吸收程度不同,在胶片上形成不同黑度的影像,从而直观呈现内部缺陷形状、大小和分布。能有效检测气孔、夹渣、未焊透等体积型缺陷,对于检测承压设备的焊缝质量效果显著,但设备较昂贵,操作有辐射防护要求,常用于对质量要求较高的化工工艺关键承压部件检测。

3.2.3 磁粉检测

磁粉检测适用于铁磁性材料表面与近表面缺陷检测。对工件进行磁化后,若表面或近表面存在缺陷,磁力线会发生畸变并逸出工件表面,吸附施加的磁粉形成磁痕,从而显示缺陷位置与形状。该方法检测灵敏度高、速度快、操作简便,能直观显示缺陷,在电力钢结构件、轴类零件检测中常用,但只能检测铁磁性材料,且对表面清洁度要求较高。

3.2.4 渗透检测

基于液体的毛细作用。将含有色染料或荧光剂的渗透液涂覆在设备表面,使其渗入缺陷,去除多余渗透液后施加显像剂,缺陷中的渗透液被吸附并显示出来。能检测非多孔性材料表面开口的缺陷,如裂纹、气孔等,不受材料磁性限制,适用于各种金属和非金属材料的承压设备表面检测,在化工设备中常用于检测奥氏体不锈钢等非铁磁性材料制成的容器和管道表面缺陷。

3.3 理化性能分析

3.3.1 化学成分分析

精确测定其中各类元素的含量,如碳、硅、锰、硫、磷等。碳含量影响材料的强度与韧性,含量过高可能导致脆性增加。合金元素如铬、镍等可提升材料的耐腐蚀性、耐高温性等特殊性能。在化工行业,特定介质可能与设备材料发生化学反应,化学成分不合规易引发腐蚀、应力腐蚀开裂等问题,从而降低设备寿命与安全性,所以严格把控化学成分是保障设备质量的关键环节^[2]。

3.3.2 力学性能测试

力学性能测试包含多项内容。拉伸试验可获取材料的屈服强度、抗拉强度和断后伸长率等参数。屈服强度体现材料开始发生塑性变形的应力值,抗拉强度则反映材料能承受的最大拉伸应力,断后伸长率展示材料的塑性变形能力。例如在化工高压容器中,材料需具备足够的屈服强度与抗拉强度以承受内部压力,良好的塑性可防止突然断裂引发严重事故。弯曲试验测定材料的抗弯能力,对于承受弯曲载荷的管道部件等意义重大,能确保其在化工工艺复杂受力条件下正常工作。

3.3.3 硬度测试

通过硬度测试可以间接了解材料的强度、耐磨性和加工硬化程度等特性。在化工生产中,设备可能面临磨损、冲蚀等情况,硬度合适的材料能更好地抵抗这些损耗。例如,硬度较高的材料在输送颗粒状化工物料的管道中,可减少物料对管壁的划伤与磨损,延长管道使用寿命;而对于一些需要进行机械加工或密封连接的部件,硬度也会影响其加工性能和密封效果,确保设备整体运行的可靠性与稳定性。

3.4 其他检验项目

3.4.1 壁厚测定

化工工艺条件常使设备面临腐蚀、磨损与高压等状况,导致壁厚减薄。通过专业仪器如超声波测厚仪精准测量壁厚,能及时发现因介质侵蚀、冲刷造成的壁厚变化。在盛装腐蚀性液体的压力容器或输送腐蚀性气体的管道中,壁厚持续变薄会削弱设备承压能力,引发破裂泄漏。定期壁厚测定可确定设备剩余寿命,为维修、更换决策提供依据,保障化工生产系统安全稳定运行,防止因壁厚不足引发灾难性事故。

3.4.2 金相检验

金相检验对化工承压类特种设备意义重大。它主要观察金属材料的微观组织结构,包括晶粒大小、形态、相组成及分布等。在化工环境中,设备长期受温度、压力与介质影响,其金相组织会发生改变。例如,高温可能使晶粒长大,降低材料强度与韧性;应力作用下可能产生微观裂纹或晶格畸变。通过金相检验可评估设备是否存在组织劣化、过热、过烧等缺陷,预测设备性能变化趋势,为优化工艺参数、制定维护策略及评估设备可靠性提供科学依据,确保设备适应化工复杂工况并安全运行。

4 提高化工工艺条件下承压类特种设备检验质量的策略

4.1 优化检验计划

在制定计划前,应全面梳理化工生产流程,明确各承压设备在工艺流程中的关键作用与风险等级。依据设备的设计参数、运行历史、介质特性等因素,运用风险评估模型精准确定检验周期与重点检验项目。例如,对于处于高腐蚀介质且频繁承受压力波动的管道系统,需缩短检验间隔并着重检测壁厚变化与焊缝完整性,要充分考虑化工企业的生产计划与停产检修窗口,合理安排检验时间,避免因检验造成不必要的生产延误。

4.2 提高检验人员素质

(1) 应加强专业理论知识培训,使检验人员系统掌握材料力学、金属学、化工原理以及特种设备相关法规标准等知识体系,深入理解不同化工工艺条件下设备的受力特点、腐蚀机理与失效模式,能够准确判断各类缺陷的成因与危害程度。例如,熟知在高温高压且含氢环境中设备可能发生的氢脆现象及其检测要点。(2) 注重实践操作技能训练,通过模拟检验场景、实际案例分析以及现场带教等方式,让检验人员熟练运用超声检测、射线检测、磁粉检测等各类检验技术与仪器设备,提高缺陷检出率与定性定量分析的准确性。(3) 强化职业道德与责任意识培养,使检验人员树立严谨、公正、客观的工作态度,严格遵守检验规范与流程,杜绝人为疏忽与违规操作,确保每一次检验结果都真实可靠,为设备的安全运行与维护决策提供坚实的技术支撑。

4.3 采用先进的检验技术和设备

在检验技术领域,如电磁超声检测技术,无需耦合剂即可对设备表面和近表面进行快速检测,尤其适用于高温、高速运转或表面粗糙的承压设备,能有效检测出微小裂纹和缺陷;激光超声检测技术则利用激光激发和检测超声波,具有非接触、高分辨率、可远程操作等优点,可对复杂形状和难以接近的部位进行检测,极大地拓展了检测范围和精度。在设备方面,便携式数字化X射线探伤仪具有体积小、重量轻、成像清晰、检测速度快等优势,可在化工现场快速对焊缝等部位进行检测并实时生成高质量图像;智能机器人检测系统能够在有毒、有害、高危等恶劣环境下代替人工进行设备检测,配备多种传感器可实现对设备全方位、多层次的检测,如利用高清摄像头、超声波传感器和激光雷达等对大型压力容器内部进行全面扫描,准确识别缺陷并生成详细

报告,为设备维护和修复提供精准依据,有效提升检验工作的效率和质量。

4.4 加强数据管理与分析

(1) 构建统一的数据管理平台,整合设备的设计制造数据、安装调试数据、运行维护数据以及历次检验数据等各类信息资源,确保数据的集中存储、规范管理与高效调用。例如,为每台承压设备建立详细的电子档案,记录其全生命周期的数据信息。(2) 运用数据挖掘与分析技术,深入挖掘数据背后的潜在规律和关联关系。通过对大量检验数据的统计分析,可以建立设备缺陷预测模型,根据设备的运行参数、工艺条件变化以及历史检验结果,预测设备未来可能出现的缺陷类型、位置和时间,实现预防性维护。例如,利用机器学习算法分析不同化工介质、温度、压力条件下设备壁厚减薄的速率与规律,提前制定维修或更换计划。(3) 加强数据的共享与交流,促进化工企业、检验机构、科研院校之间的数据互动与合作,通过数据共享平台实现检验经验的共享与传播,共同推动检验技术的发展与创新,提升整个行业的承压类特种设备检验质量水平,保障化工生产的安全稳定运行^[3]。

结束语

在化工行业蓬勃发展的进程中,基于化工工艺条件的承压类特种设备检验工作意义非凡且任重道远。通过对压力、温度、介质腐蚀性等工艺条件影响的深入剖析,运用宏观检查、无损检测等多种检验方法,以及实施优化检验计划等策略,我们不断提升检验质量,为设备安全运行筑牢防线。然而,技术在进步,化工工艺也在持续革新,这要求我们持续关注行业动态,不断完善检验体系,以精准且高效的检验,保障承压类特种设备在化工生产中的可靠性,推动化工产业安全、稳定迈向新高度。

参考文献

- [1] 陆世海.基于化工工艺条件的承压类特种设备检验[J].百科论坛电子杂志,2019(03):279-281
- [2] 彭丹柳.试论化工工艺运用中的承压类特种设备检验[J].建筑工程技术与设计,2019(24):44-72.
- [3] 陈谦.试论化工工艺运用中的承压类特种设备检验[J].化工管理,2019(11):168-169.