

化工工艺运用中的承压类特种设备检验

谭江华

江苏省特种设备安全监督检验研究院 江苏 扬州 225000

摘要: 本文聚焦化工工艺中承压类特种设备检验, 阐述其在化工生产中的关键作用, 介绍超声、射线等检验方法及湿硫化氢腐蚀等问题原因, 提出确保设备精度、更新标准规范、采取环境保护等对策, 旨在提升检验水平, 保障设备安全稳定运行, 推动化工产业安全高效发展, 减少事故风险, 为化工企业安全生产筑牢根基, 具有重要理论与实践意义。

关键词: 化工工艺; 承压类特种设备; 检验方法

引言

化工工艺在现代工业中占据重要地位, 承压类特种设备作为化工生产核心, 其安全运行至关重要。这些设备在高温高压且涉及有害物质的环境下工作, 一旦出现问题, 将引发严重后果。从提供化学反应场所到保障生产连续性, 从抵御恶劣工况到防止有害物质泄漏, 其作用无可替代。然而, 设备在运行中面临多种挑战, 如湿硫化氢、硫、氯化物腐蚀及机械疲劳等问题, 严重影响设备寿命与安全。

1 承压类特种设备在化工工艺中的重要性

1.1 化工生产的核心设备

承压类特种设备在化工工艺中常作为核心设备发挥着关键作用。例如压力容器中的反应釜, 它是许多化学反应进行的场所, 像石油裂解、合成氨、聚乙烯等化工生产过程都依赖反应釜来提供适宜的反应条件。通过精确控制反应釜内的压力、温度和物料的混合程度等参数, 使化学反应能够高效、稳定地进行, 从而生产出各种化工产品。而且, 储存压力容器用于储存大量的原料、中间产品和成品, 如储存液化石油气、液氨、各种化工溶剂等, 确保化工生产的连续性, 避免因原料供应不足或产品无法储存而导致生产停滞。

1.2 高温高压环境下的安全保障

化工生产中常常涉及高温高压的工艺过程, 承压类特种设备能够在这样恶劣的环境下安全稳定运行, 为整个化工生产系统提供了可靠的安全保障。锅炉作为产生蒸汽的设备, 为化工生产提供所需的热能, 使许多需要高温条件的化学反应和分离过程得以实现, 如原油的蒸馏、化工物料的加热等。在高温高压环境下, 承压类特种设备的设计、制造和检验都严格遵循相关标准和规范, 采用高强度的材料和先进的制造工艺, 确保设备能够承受极端的压力和温度条件, 防止因设备破裂、爆炸

等事故引发的严重后果, 保护了化工生产现场的人员安全和设备资产安全。

1.3 防止有害物质泄漏

化工生产中许多原料、中间产品和成品都具有易燃、易爆、有毒、有害等特性, 承压类特种设备的良好密封性对于防止有害物质泄漏至关重要。压力管道作为输送各种化工介质的通道, 其密封连接和可靠的管道系统能够避免化工介质在输送过程中泄漏到环境中。压力容器的密封结构和安全附件, 如安全阀、爆破片等, 也能够设备内部压力异常升高时及时泄压, 防止容器破裂导致有害物质泄漏。一旦发生泄漏, 不仅会对环境造成严重污染, 还可能引发火灾、爆炸等重大安全事故, 威胁周边居民的生命财产安全。

2 承压类特种设备检验的方法

2.1 无损检测技术

(1) 超声检测: 原理是超声波在均匀介质中传播速度和方向不变, 遇到缺陷会产生反射、折射或绕射。通过分析反射波幅的大小、方位等, 可判定和测出缺陷^[1]。适用于碳钢、压力容器锻件、大型箱壳体以及管材等, 可识别内外部缺陷、焊接不良以及裂纹等, 对人体无辐射伤害, 检测精度高、指向性好、探测速度快、穿透力强。(2) 射线检测: 通过射线穿透工件, 依据射线的强度变化, 这些变化受材料种类、厚度及密度的影响, 并在胶片上记录下来。经过显影处理, 通过底片上黑度的差异来分析工件内部结构状况。此方法能提供缺陷的直观图像, 定性分析准确, 对长度和宽度尺寸的测量也较为精确。它对体积型缺陷的检测效率高, 但若检测角度不当, 面积型缺陷易被忽略。该技术适用于薄壁工件的检测, 但需特别注意射线防护。(3) 磁粉检测: 对铁磁性材料进行磁化, 材料内部会产生强磁感应, 若存在缺陷, 磁力线会偏移形成漏磁场, 导致磁粉在缺陷处聚

集,从而显现出缺陷。此方法适合于铁磁材料的缺陷检测,不适用于非铁磁材料。它能检测到表面和近表面缺陷,但无法检测内部缺陷。该技术具有高灵敏度、低成本和快速的特点,然而,工件的特殊形状和尺寸可能会影响磁化效果,进而影响探伤。(4)渗透检测:在零件表面涂抹含有荧光或着色染料的渗透液,利用毛细作用使渗透液进入表面开口缺陷中。去除多余渗透液后,施加显像剂,显像剂会将缺陷中的渗透液吸附并显现出缺陷的形态和分布。此技术适用于结构复杂的特种设备检测,成本较低且探伤灵敏度高,但不适于多孔材料,且可能引起环境污染。

2.2 理化性能检验

(1)化学成分分析:目的在于复核和验证材料的元素含量是否符合材料的技术标准,或在焊接或返修补焊时借此制定焊接工艺,或用于鉴定在用锅炉压力容器壳体材质在运行一段时间后是否发生变化。常用的方法有原子发射光谱分析法和化学分析法等。(2)力学性能测试:包括拉伸试验、冲击试验、硬度测试等,用于检测材料的强度、韧性、硬度等力学性能指标,以评估材料在承压状态下的性能和安全性,确保材料能够承受规定的压力和负荷。

2.3 耐压试验

(1)水压试验:以水为介质对承压类特种设备进行压力试验,通过向设备内充水并施加一定的压力,检验设备的密封性和强度。试验时可观察设备是否有泄漏、变形等现象,是一种常用且有效的检验方法,但对于一些不允许有水残留或对水敏感的设备可能不适用。(2)气压试验:采用气体作为试验介质,通常为压缩空气或氮气等。气压试验的优点是试验后设备内不会残留液体,但由于气体的可压缩性,一旦发生泄漏或破裂,气体瞬间释放可能会带来较大的安全风险,因此在试验时需采取严格的安全措施并谨慎操作。

3 承压类特种设备检验问题的原因

3.1 湿硫化氢腐蚀

(1)化学反应:在湿硫化氢环境中,硫化氢会与设备金属表面发生化学反应,生成硫化物。比如,铁与硫化氢反应生成硫化亚铁,硫化亚铁的结构相对疏松,不能有效阻止硫化氢进一步与金属基体接触,从而使腐蚀持续进行。(2)氢脆现象:硫化氢在水中会发生电离,产生氢离子和硫离子。氢离子会在金属表面获得电子生成氢原子,氢原子可以渗透到金属内部,在金属内部的缺陷处聚集并结合成氢气分子,产生内应力,导致金属材料的韧性和强度下降,从而引发氢脆现象,使设备在

较低的应力水平下就可能发生开裂和破坏。(3)局部腐蚀:湿硫化氢腐蚀通常具有局部性的特点,会在设备的焊缝、应力集中部位、表面缺陷处等优先发生腐蚀^[2]。这是因为这些部位的金属晶体结构存在畸变,能量较高,硫化氢更容易在这些部位吸附并发生反应,从而形成局部腐蚀坑,随着时间的推移,腐蚀坑可能会不断扩展并相互连接,最终导致设备泄漏或失效。

3.2 硫腐蚀

(1)高温氧化:在高温环境下,硫与金属发生氧化反应,生成金属硫化物。比如,在炼油装置的加热炉管和反应容器中,原油中的硫在高温下与铁反应生成硫化铁。硫化铁的稳定性较差,容易在高温气流的冲刷下脱落,新暴露的金属表面又会继续与硫发生反应,导致设备的壁厚逐渐减薄,强度降低。(2)电化学腐蚀:当设备表面存在水膜或电解质溶液时,硫可以与水反应生成亚硫酸、硫酸等酸性物质,这些酸性物质会使金属表面的pH值降低,形成酸性腐蚀环境。在这种环境下,金属作为阳极发生溶解反应,而设备表面的其他部位则作为阴极发生还原反应,从而形成电化学腐蚀电池,加速金属的腐蚀。(3)硫化物应力腐蚀开裂:在含硫介质和拉应力的共同作用下,金属材料容易发生硫化物应力腐蚀开裂。硫化物在金属表面形成的腐蚀产物会产生附加应力,同时金属内部的残余应力以及设备运行过程中的工作应力,会使金属材料处于较高的应力状态。当这些应力超过金属材料的临界应力强度因子时,就会引发裂纹的萌生和扩展,最终导致设备突然断裂。

3.3 氯化物的腐蚀

(1)破坏钝化膜:氯化物具有很强的穿透能力,能够优先吸附在金属表面的钝化膜上,将氧原子排挤掉,然后与钝化膜中的阳离子结合成可溶性氯化物,使钝化膜遭到破坏,从而使金属基体暴露在腐蚀介质中,引发腐蚀。(2)形成腐蚀电池:氯化物在水溶液中会电离出氯离子,氯离子会在金属表面的局部区域富集,形成浓度差电池。在这种电池中,氯离子富集的区域成为阳极,发生金属的溶解反应,而其他区域则成为阴极,发生还原反应,从而加速金属的局部腐蚀,如点蚀、缝隙腐蚀和孔蚀等。(3)促进应力腐蚀开裂:在拉应力和氯化物的共同作用下,金属材料容易发生应力腐蚀开裂。氯化物会破坏金属表面的保护膜,使金属表面的活性增加,同时在应力的作用下,金属内部的微观缺陷会扩展和连接,形成裂纹。当裂纹扩展到一定程度时,设备就会发生泄漏或断裂。

3.4 机械疲劳问题

承压类特种设备检验中机械疲劳问题的原因主要有以下几方面：一是循环载荷作用，设备运行时，常因压力、温度变化及启停等承受循环载荷，如化工压力容器内的压力和温度周期性升降，使材料受拉伸和压缩应力交替作用，引发微观结构变化，累积损伤致疲劳裂纹萌生扩展。二是应力集中，设备的结构设计、制造工艺及使用中的磨损、腐蚀等会导致应力集中，像压力容器的焊缝、接管处等部位应力高于平均应力，在循环载荷下易出现疲劳裂纹，材料内部缺陷也会引起局部应力集中成为裂纹起始点。三是材料特性，材料的成分、组织结构和力学性能影响抗疲劳性能，高强度钢韧性低，在循环载荷下易脆性断裂，合金元素添加不当或热处理工艺不合理会致材料内部出现偏析、晶粒粗大等缺陷，降低抗疲劳性能。四是高温影响，高温使材料屈服强度和弹性模量降低，蠕变加剧，且加速内部微观结构变化，进一步降低材料抗疲劳性能，高温承压设备的过热器、再热器等部件机械疲劳问题更突出。

4 解决承压类特种设备检验问题的对策

4.1 确保检验设备的精度和可靠性

(1) 建立完善的检验设备管理制度，定期对检验设备进行维护、保养和校准，制定详细的设备维护计划和校准周期，确保设备始终处于良好的运行状态。(2) 配备先进的检验设备，及时更新和淘汰老化、落后的设备，提高检验工作的效率和质量。在采购检验设备时，选择具有良好口碑和可靠质量的牌产品，并要求供应商提供设备的校准证书和技术资料。(3) 建立检验设备档案，记录设备的采购、验收、使用、维护、校准等信息，便于对设备的管理和追溯。对于出现故障的设备，及时进行维修，并分析故障原因，采取相应的预防措施，防止类似故障的再次发生。

4.2 及时更新检验标准和规范

第一，检验机构应设立专门的标准管理部门或岗位，负责跟踪和收集国内外承压类特种设备检验标准和规范的最新动态，及时获取并整理相关的标准更新信息。第二，定期组织检验人员对新发布的标准和规范进行学习和培训，确保检验人员熟悉并掌握最新的检验要求和方法。在检验工作中，严格按照最新的标准和规范进行操作，对于标准中不明确或存在争议的问题，及时与标准制定部门或行业专家进行沟通和咨询，确保检验

工作的准确性和合规性^[3]。第三，根据新的标准和规范，对检验机构的质量管理体系文件进行修订和完善，确保检验工作的各个环节都符合最新的要求，保证检验结果的可靠性和有效性。

4.3 采取有效的环境保护措施

(1) 废气处理：对于特种设备运行过程中产生的废气，如燃烧产生的烟尘、挥发性有机物等，应设置废气收集装置，确保废气能够完全收集并送至处理设备。采用高效、低能耗的废气处理设备，如活性炭吸附、催化燃烧等，确保废气达标排放。(2) 废水处理：设备清洗、冷却等过程中产生的废水，应根据废水性质进行分类收集，避免不同性质废水相互混合。建设完善的废水处理设施，包括调节池、沉淀池、生化处理池等，确保废水得到有效处理。对于经过处理的废水，符合回用标准的可用于设备清洗、绿化等用途，实现废水资源化利用。(3) 噪声控制：在特种设备检验过程中，优先选用低噪声设备，减少噪声源。对于无法避免的噪声设备，应采取隔声、减振等措施，如安装隔音罩、减震垫等，降低噪声对周边环境的影响。(4) 化学试剂管理：严格管理检验过程中使用的酸、碱、有机溶剂等化学试剂，确保其使用和存储符合安全和环保要求。设立专门的试剂储存区域，配备相应的安全防护设施和应急处理设备，防止试剂泄露和污染环境。

结束语

本文通过确保检验设备精度可靠、及时更新标准规范以及采取有效的环境保护措施等对策，能够有效应对检验过程中出现的各类问题。这不仅有助于提高承压类特种设备的安全性和稳定性，降低事故发生的风险，还能为化工企业的可持续发展提供有力支撑。在未来的化工生产中，应持续关注技术发展动态，不断优化检验方法和管理措施，进一步提升承压类特种设备的检验水平，确保人员生命财产安全和生态环境安全。

参考文献

- [1] 桑尚杰.浅析承压类特种设备检验中的化工工艺运用[J].科学与信息化,2024(13):7-9.
- [2] 郝国清.化工工艺运用中承压类特种设备的检验[J].中国科技期刊数据库工业A,2021(7):178-178+197.
- [3] 李斌.基于化工工艺条件的承压类特种设备检验研究[J].石油石化物资采购,2023(24):40-42.