

大型常压储罐在线检测技术及应用探析

李西涛 吴彦 陈旭旭

(南京市锅炉压力容器检验研究院 江苏省市场监督管理重点实验室(油气管道检验评价及安全保障技术))

摘要: 随着工业化和城市化的加速,大型常压储罐在石油、化工、能源等领域扮演着重要角色。这些储罐用于存储各种液体和气体产品,但其安全运营面临多重挑战。本文探讨了大型常压储罐在线检测技术的重要性,突出其在提高安全性、稳定性和生产效率方面的优势。文章详细阐述了在线监测技术的应用,包括温度、压力检测以及结构健康检测,提出了针对性的检测策略和措施,旨在确保储罐的安全运行。

关键词: 常压储罐; 在线检测; 安全运营; 结构健康

一、大型常压储罐的结构和组成

大型常压储罐是工业生产中不可或缺的组成部分,特别是在石油、化工和能源领域中扮演着核心角色。这类储罐的设计考虑了多种因素,以确保安全、高效的存储能力。典型的常压储罐由几个关键部件构成:罐体、罐基础、锚固螺栓及安全附件。

罐体是储罐的主体,一般根据存储介质的性质,分为固定顶、浮顶及内浮顶。罐体的设计多样化,可根据存储介质的类型和特性来定制。为了提高耐用性和安全性,罐体内表面常进行特殊防腐处理,例如涂层或防腐涂料,这不仅延长了储罐的使用寿命,也减少了维护成本。

储罐基础负责稳固地支撑罐体,根据型式可分为护坡式基础、环墙式基础、外环墙式基础和桩式基础。它的设计直接关系到储罐的整体稳定性和安全性。基础的构造通常能够分散储罐的重量,并防止罐体直接与地面接触,从而避免因地基沉降或腐蚀而导致的结构问题。

锚固装置作为连接储罐和储罐基础的固定件,它是连接储罐和基础的纽带,能够保证储罐在使用过程中的稳定性和安全性。在设计锚固装置时,需要充分考虑储罐风载荷和地震载荷。

安全附件是保持储罐内外压力平衡的关键组成部分,包括呼吸阀、通气孔、安全泄放阀、压力传感器和液位传感器等。这个系统的设计至关重要,因为不恰当的压力管理可能导致储罐结构损坏,甚至发生爆炸或塌陷的风险。



图1 大型常压储罐

二、大型常压储罐常见安全隐患

大型常压储罐在工业生产中发挥着重要作用,但同时也存在多种安全隐患,这些隐患可能会导致严重的安全事故和经济损失。了解和识别这些隐患是保证储罐安全运营的关键。

第一,腐蚀是常压储罐面临的主要问题之一。长期存储化学物质可能导致罐体内外表面发生化学或电化学腐蚀,特别是在未得到适当防护的情况下。腐蚀会导致罐体强度下降、泄漏甚至破裂,从而危及储罐的结构完整性。

第二,温度和压力变化也是重要的安全隐患。在不同气候条件下,或是由于快速进出物料,储罐内的温度和压力可能发生剧烈波动。如果没有适当的监控和控制措施,这些波动可能导致储罐超过设计参数,引发爆炸或结构失效。

第三,机械损伤和操作失误也不容忽视。在储罐的运输、安装和使用过程中,不当的操作或外力撞击可能导致机械损伤,比如凹坑、划痕或变形。这些损伤可能难以及时发现,但会逐渐恶化,最终影响储罐的安全性。

第四,基础设施的老化和疲劳也是一个长期的安全风险。随着时间的推移,储罐及其配套设施可能会因材料老化、长期负荷和环境因素影响而逐渐退化,这可能导致性能下降和潜在的安全问题。

第五,环境因素,如地震、洪水或风暴,也可能对储罐的安全构成威胁。这些自然灾害可能导致结构损坏或倾倒,尤其是在储罐设计和施工没有充分考虑这些极端天气条件的情况下。

三、大型常压储罐在线检测技术的重要性

1. 提高安全监控效率

在线监测技术为大型常压储罐提供了持续且实时的安全监控能力。这种技术的应用极大地提升了监控效率,使得监测过程从传统的周期性检查转变为连续的、无间断的过程。在线监测技术可以不断收集储罐的数据,如温度、压力和腐蚀情况,然后通过先进的数据处理系统实时分析这些信息。这样,任何异常情况都能迅速被检测到,从而大幅降低了因延迟响应导致的风险。比如,在监测到异常压力时,系统可以立即通知操作人员采取措施,避免了潜在的安全事故。

2. 降低运维成本

在线监测技术在节约运维成本方面发挥着显著作用。与传统的离线检测相比,在线监测减少了频繁的人工检查需求,降低了人力资源消耗和相关的运维费用。同时,这种技术通过精确的数据分析,能够及早识别潜在问题,从而减少因延误维修导致的成本增加。例如,通过监测和分析罐体的腐蚀速度,可以预测未来的维护需求,优化维护计划,避免不必要的大规模更换或修复工作。在线监测技术还能提高能源效率,减少能源浪费,比如通过优化储罐的温度控制系统,减少能源消耗,同时保持储存物质的稳定状态。

3. 促进预测性维护

在线监测技术的应用促进了预测性维护的实施,这是一种基于数据驱动的维护策略。通过对储罐实时监测数据的分析,可以准确预测设备的维护需求,从而在问题发生前进行干预。这种方法不仅提高了维护的效率,也减少了因设备故障导致的停机时间。例如,通过分析振动数据,可以预测储罐支架的疲劳寿命,从而在发生断裂之前进行维修或更换。这样的预测性维护方法不仅提高了储罐的可靠性,也保护了周围环境和工作人员的安全。相较于传统的反应式维护方法,预测性维护通过预防而不是修复来处理问题,从而显著提高了整个设施的运营效率。

四、大型常压储罐在线检测技术的应用

1. 温度与压力在线监测

大型常压储罐的温度与压力监测是确保其稳定和安全运行的基本要素。在线监测技术在这方面发挥着重要作用。温度监测主要通过安装在储罐关键部位的传感器,如电阻温度计、热电偶或红外温度传感器。这些传感器能够实时监测储罐内外的温度变化,确保其始终处于安全和理想的运行范围内。温度数据的实时采集和分析有助于预防由于温度异常引起的化学反应或压力波动。压力监测则通过在储罐的不同部位安装压力传感器实现。这些传感器可以实时跟踪和记录储罐内的压力变化,有助于及时发现超压或负压的情况,从而防止储罐因压力异常而发生结构损坏。这些监测系统通常配备有高级数据分析工具,能够自动识别数据模式,预测潜在的问题,并提供及时的警报,以便操作人员可以迅速采取措施。

2. 结构健康监测

结构健康监测是大型常压储罐在线检测技术的另一个重要应用领域。这种监测主要通过评估储罐的结构完整性和性能来实现。一种常见的方法是使用振动监测技术,它通过在储罐的关键结构部位安装振动传感器来收集振动数据。分析这些数据可以帮助识别由于材料疲劳、腐蚀或其他结构问题引起的异常振动模式。例如,不寻常的振动频率可能表明结构弱点或潜在的裂缝。另一种方法是声发射监测,该技术通过分析储罐结构在受到应力时产生的声波来评估其健康状况。声发射监测依赖于高灵敏度的传感器,如压电传感器或光纤传感器,这些传感器能够检测到微小的声波,这些声波通常是由裂纹扩展或腐蚀进展等结构变化引起的。通过实时分析这些声波信号,可以及早发现结构问题,避免严重的结构损伤。这些监测

技术的应用不仅增强了对储罐结构完整性的控制,而且提高了维护和修复工作的效率。通过对储罐进行连续的结构健康监测,运维团队可以获得关键的信息,以制定更有效的维护策略,从而延长储罐的使用寿命,并降低因突发故障导致的停机时间。

五、影响储罐检测的因素与对策分析

1. 影响因素

储罐检测的效果受多种因素影响。环境条件如温度、湿度和腐蚀性气体的存在,可能干扰传感器的准确度,导致监测数据失真。另一方面,储罐的物理位置和结构设计也会影响检测的覆盖范围和效率。技术限制,如传感器的灵敏度和数据处理能力,同样会影响检测结果的准确性和实时性。操作人员的专业知识和经验也是关键因素,不足的培训和经验可能导致错误的的数据解读或延迟应对措施。

2. 建议对策

针对上述影响因素,可以采取多种对策来提高储罐检测的有效性。第一,应选择适合特定环境条件的高质量传感器,并定期进行校准和维护,以保证数据的准确性和可靠性。在储罐设计和安装时,考虑易于检测和维护的位置和结构,以便于实施有效的监控。第二,利用先进的数据处理技术和算法,可以提高数据分析的准确性和处理速度。第三,加强操作人员的培训和技能提升是至关重要的。定期举办培训课程和研讨会,不仅可以提升操作人员对监测技术的理解,也有助于提高他们对异常情况的识别和应对能力。第四,建立一个全面的监测策略,包括定期的检查、应急响应计划和长期维护规划,将有助于全面提高储罐的安全性和运行效率。

六、结语

本文综合探讨了大型常压储罐在线检测技术的重要性、应用及其面临的挑战和对策。在线监测技术在提高储罐安全性、降低运维成本以及实现预测性维护方面发挥了显著作用。通过温度与压力监测、结构健康监测等技术的应用确保了储罐的稳定和安全运行。面对环境、技术限制等因素的挑战,通过选择合适的传感器、优化储罐设计、应用高级数据处理技术及加强操作人员培训,能够有效提升检测效率和准确性。综上所述,大型常压储罐在线监测技术对于保障工业安全和效率具有重要意义,值得在相关领域得到更广泛的应用和深入研究。

参考文献:

- [1]王十,田高佳,谢晓东.在役常压储罐在线检测新技术[J].石油化工设备技术,2023,44(05): 24-27+5.
- [2]程红伟,周凤革.大型常压储罐在线检测技术及应用[J].一重技术,2018(05): 61-67+18.
- [3]李鹏,孙杰,李绪丰.大型常压储罐在线全面检验评价的应用[J].无损探伤,2021,45(06): 27-31.

基金项目:南京市市场监督管理局科技项目(Kj202312) 南京市市场监督管理局科技项目(Kj2022034)