

化工设备压力容器破坏原因及预防分析

林玉宝¹ 李江平² 田佳兴³ 李晓飞⁴

1. 蓝鲸生物能源(浙江)有限公司 浙江 嘉兴 314201

2. 重庆川维石化工程有限责任公司 重庆 401254

3. 富奥汽车零部件有限公司泵业分公司 吉林 辽源 136200

4. 辽宁忠旺集团有限公司 辽宁 辽阳 111003

摘要: 化工设备压力容器破坏是一个复杂的问题,其原因可能涉及设计、材料、操作和环境等多个方面。通过综合考虑这些因素并采取相应的预防措施,可以有效降低化工设备压力容器破坏的风险,确保化工生产的安全和稳定运行。

关键词: 化工设备; 压力容器; 破坏原因; 预防措施

1 化工设备压力容器在生产中的重要性

化工设备压力容器在化工生产流程中具有至关重要的作用,是保障化工产业安全、稳定和高效运行的关键因素。这类设备主要用于存储、运输和处理各种高压、高温或具有腐蚀性的流体介质,如气体、液体等。其设计、制造和使用都必须严格遵守国家和行业的安全标准,以确保生产过程中的安全。第一,压力容器是化工生产中的核心设备之一,其性能直接影响到产品质量和生产效率。例如,在化学反应过程中,压力容器的温度、压力控制精度直接影响到反应速率和产物纯度。压力容器的密封性能对于防止介质泄漏、保护环境以及保障人员安全至关重要。第二,压力容器在化工生产中的安全性不容忽视。一旦压力容器发生泄漏或爆炸等事故,不仅会造成严重的经济损失,还可能威胁到人们的生命安全。因此,对于容器的设计、制造、安装、使用和维护等各个环节,都需要有严格的安全管理和技术措施,确保设备的稳定性和可靠性^[1]。第三,压力容器还是实现化工生产过程自动化的关键设备。通过自动化控制系统对压力容器进行实时监测和调整,可以实现对生产过程的精确控制,提高生产效率、降低成本、减少人工误差。

2 化工设备压力容器破坏原因

2.1 材料缺陷

化工设备压力容器在运行过程中,其材料质量是决定其能否承受极端工作条件并长期保持性能稳定的关键因素。一旦材料出现缺陷,容器的安全性将受到严重威胁。材料缺陷作为化工设备压力容器破坏的一个重要原因,其表现形式和危害不容忽视。材料缺陷通常源于材料的生产、加工和选择过程中的不当操作或疏忽。

这些缺陷可能包括内部裂纹、夹杂物、空洞、偏析、非均匀性等。内部裂纹是在材料内部形成的微小裂缝,它们可能源于冶炼、铸造或热处理过程中的不当操作。夹杂物则是指材料中混入的其他物质,这些物质可能与基体材料不兼容,导致应力集中和早期失效。空洞是材料中的微小空隙,它们会降低材料的密度和强度。偏析指的是材料在冷却过程中由于成分分布不均而造成的组织结构不均,这会导致材料性能的波动。非均匀性则涉及材料在制备过程中的微观结构不均,使得材料在受力时容易发生应力集中。材料缺陷对化工设备压力容器的影响是多方面的。首先,缺陷可能导致容器的强度降低,使得容器在承受正常工作压力时就可能发生破裂。其次,缺陷可能导致容器在受到外部冲击或温度变化时更易发生形变或疲劳失效。

2.2 设计不当

设计不当可能源于多个方面,如设计理念的偏差、设计计算的错误、对工况条件的误解或忽视以及材料选用的不当。如果设计师在设计过程中没有充分考虑到化工设备的实际运行环境和工作条件,如温度、压力、介质特性等,就可能导致设计出来的压力容器结构不合理,无法满足安全要求。在设计过程中,需要进行一系列的分析和校核,如强度计算、压力计算、应力分析等。如果计算过程中存在错误或遗漏,就可能导致设计结果不准确,从而影响到容器的安全性和稳定性。化工设备的工况条件往往十分复杂,涉及到多种因素的综合作用。如果设计师在设计过程中没有充分了解和综合分析这些条件,就可能导致设计出来的压力容器无法适应实际工作环境,从而发生破坏。在设计过程中,需要根据容器的使用环境和安全要求,选择合适的材料。

2.3 操作失误

操作失误通常源于人为因素，如操作人员的疏忽、技能不足、违规操作或误操作等。这些失误可能导致压力容器的运行参数超出设计范围，从而引发安全事故。在化工生产过程中，操作人员需要密切监控压力容器的运行状态，并根据实际情况调整操作参数。由于疏忽大意或疲劳等原因，操作人员可能未能及时发现和处理异常情况，导致压力容器受到损害。化工设备压力容器的操作需要具备一定的专业知识和技能，包括了解设备的结构、性能、安全要求等。如果操作人员缺乏必要的培训和实践经验，就难以正确、安全地操作压力容器，从而增加破坏的风险。在化工生产过程中，操作人员需要严格遵守操作规程和安全标准，确保设备的正常运行^[2]。

2.4 环境因素

环境因素主要包括腐蚀、磨损、疲劳以及外部冲击等，它们长期作用在压力容器上，逐渐削弱其结构完整性，最终导致破坏。腐蚀是一种常见的环境因素，它可以分为化学腐蚀和电化学腐蚀。在化工生产过程中，压力容器经常接触到各种腐蚀性介质，如酸、碱、盐等。这些介质会与压力容器的金属材料发生化学反应，导致金属材料的逐渐破坏。电化学腐蚀也是一个重要的问题，尤其是在潮湿的环境中，金属材料的电化学反应会加速，从而导致更严重的腐蚀。磨损是另一个重要的环境因素。在化工生产过程中，压力容器内部往往会有固体颗粒或流体的冲刷作用，这会导致压力容器内壁的磨损。长期的磨损会逐渐削弱容器的壁厚，降低其承压能力，增加破坏的风险。疲劳是由于压力容器在长期的交变载荷作用下，材料发生疲劳损伤。例如，压力容器在启动、停车或周期性操作过程中，会受到交变压力的作用，这会导致材料内部的应力逐渐累积，最终引发疲劳破坏。外部冲击也是一种常见的环境因素。化工设备压力容器可能会受到地震、爆炸、外来物体撞击等外部因素的影响，这些因素会导致压力容器产生瞬时的巨大应力，从而引发破坏。

3 化工设备压力容器破坏预防措施

3.1 材料管理

有效的材料管理不仅确保了压力容器制造过程中使用到的原材料、零部件和辅助材料的质量，还通过规范存储和使用流程来预防容器破坏。采购时，应选择信誉良好、质量有保证的供应商，同时要求对材料进行全面的质量检测，包括化学成分分析、机械性能测试、无损检测等，确保所采购的材料满足或超过设计标准和使用要求。对于不同类型的材料，应根据其化学和物理特

性进行分类存储，避免相互之间的污染或损伤。采用标识清晰、记录完整的存储管理制度，确保材料在存储过程中的质量可追溯性。在使用前，应对材料进行再次检查，确保其状态良好，没有损伤或缺陷。在加工过程中，应严格按照操作规程和工艺要求进行，避免因错误的加工方法导致材料性能下降。对于使用过程中产生的废弃物或剩余材料，应进行分类回收和处理，对于可再利用的材料，应进行有效管理和再利用，减少资源浪费和环境污染。通过引入先进的材料管理系统和信息化工具，实现材料信息的实时更新和监控，提高材料管理的效率和准确性^[3]。

3.2 优化设计

通过全面考虑设备的工作环境、工作条件、材料特性及安全要求等因素，可以确保压力容器的设计更为合理、安全。在设计初始阶段，应全面收集和分析工作环境的相关信息，包括温度、压力、介质特性等，确保设计参数与实际工况相匹配。这有助于避免因设计过于保守或过于冒进而导致的设备破坏。对材料的选择和匹配进行优化。应根据设备的工作环境和使用要求，选用合适的材料，并考虑材料的耐腐蚀性、耐高温性、机械性能等因素。对于复合材料和多层结构等新型材料的应用进行研究，以提高压力容器的综合性能。通过合理的结构布局和应力分布，减少局部应力集中和疲劳损伤的风险。例如，可以采用圆角过渡、优化焊缝布局、增加加强筋等措施，提高结构的整体强度和稳定性。在优化设计过程中，还应引入先进的计算和分析方法，如有限元分析、疲劳分析、断裂力学等，对压力容器的安全性进行全面评估。这有助于发现设计中潜在的缺陷和不足，并及时进行改进和优化。与时俱进地了解国内外相关标准和规范的变化，及时将新的科研成果和技术进步应用到设计中，不断提高设计的水平和质量。

3.3 操作规范

首先，应建立明确的操作规程和安全操作标准。这些规程和标准应详细规定压力容器的启动、运行、停车和紧急情况下的操作步骤和方法，以及操作过程中的安全注意事项。同时，规程和标准应根据设备的实际工况和使用要求进行定期评估和更新，确保其与实际操作需求保持一致。其次，加强操作人员的培训和考核。操作人员应具备一定的化工知识和操作技能，熟悉压力容器的结构、性能和安全要求。通过定期的培训和考核，提高操作人员的安全意识和操作技能，使其能够正确理解和执行操作规程，避免误操作或违章行为的发生。建立严格的操作监督机制。通过视频监控、操作记录等手

段,对操作过程进行实时监控和记录,确保操作人员严格按照规程和标准进行操作。同时,对于发现的违规行为,应及时进行纠正和处理,并对相关人员进行相应的教育和处罚,以起到警示作用。定期对压力容器的安全附件、阀门、管道等进行检查和维护,确保其处于良好的工作状态。同时,对于发现的异常情况或故障,应及时进行处理和修复,避免其对压力容器的安全运行造成影响。建立健全的沟通机制,及时了解操作人员的反馈和建议,共同解决操作过程中遇到的问题和困难。通过加强团队协作和配合,确保压力容器的安全稳定运行。

3.4 环境监测

通过对压力容器周围环境条件的持续监测,可以及时发现并处理可能影响压力容器安全的潜在风险,从而确保设备的稳定运行。建立全面的环境监测网络;这包括在压力容器周围设置温度、压力、湿度等传感器,实时监测关键参数的变化。同时,对于特定介质或有害气体,还需安装相应的检测装置,确保及时发现泄漏或污染。加强数据分析与预警机制;通过对监测数据的实时分析,可以发现异常变化或趋势,如温度升高、压力波动等。结合历史数据和专家经验,可以建立预警模型,提前预测可能的破坏风险,为及时采取应对措施提供决策支持。定期进行环境评估和审核;这包括对周围环境条件的评估,如腐蚀性气体、振动源等,以及对压力容器本身的状态检查。通过评估,可以确定环境对压力容器的影响程度,及时发现问题并采取相应措施。环境监测还应与其他预防措施相结合;如与操作规范相结合,确保在特定环境条件下采取正确的操作方法;与材料管理相结合,确保使用适应环境条件的优质材料;与优化设计相结合,确保设备在设计阶段就考虑到环境因素的影响。加强环境监测系统的维护和升级;定期对监测设备进行检查和校准,确保其准确性和可靠性。

4 技术创新与发展趋势在化工设备压力容器中的应用

4.1 新型材料在压力容器中的应用

随着材料科学的快速发展,新型材料在化工设备压力容器中的应用日益广泛。这些新型材料不仅具有更高的强度、更好的耐腐蚀性,还具备更轻的重量和更好的加工性能。例如,复合材料、纳米材料和陶瓷材料等,它们的应用不仅可以提高压力容器的安全性能,还可以降低设备的重量和成本^[4]。新型材料的研发和应用也为压

力容器的优化设计提供了更多可能性,推动了化工设备的持续创新和发展。

4.2 物联网技术在压力容器监控中的应用

物联网技术的快速发展为化工设备压力容器的监控提供了新的解决方案。通过物联网技术,可以实现对压力容器的实时监控、远程监控和数据分析,从而提高设备的安全性和运行效率。通过安装在压力容器上的各种传感器和检测设备,可以实时监测其运行状态和周围环境的变化,并将数据传输到云端进行分析和处理。这样,即使在没有人工干预的情况下,也可以及时发现和处理潜在的安全风险,避免事故的发生。

4.3 预测性维护技术在压力容器安全管理中的前景

预测性维护技术是一种基于数据分析的维护方法,它通过对设备的历史数据和实时数据进行深入分析,预测设备的未来运行状态和可能出现的故障,从而提前采取措施进行维护和修复。在化工设备压力容器的安全管理中,预测性维护技术的应用前景广阔。通过该技术,可以及时发现并处理设备的潜在问题,避免设备故障对生产安全造成影响。同时,预测性维护还可以降低设备的维护成本和提高设备的使用寿命,为企业的可持续发展提供支持。

结束语

化工设备压力容器的破坏分析揭示了安全管理的重要性和紧迫性。在实际操作中,必须深入理解破坏原因,并针对性地采取预防措施。不断优化设计、提升材料性能、规范操作行为以及加强环境监测,共同构成了预防压力容器破坏的有效策略。随着科技的发展和经验的积累,进一步提高化工设备的安全水平,为化工生产的持续稳定运行提供坚实保障。

参考文献

- [1]滕雪松.化工设备压力容器破坏原因及预防措施[J].造纸装备及材料,2020,4903:24.
- [2]杨中奇.浅析化工设备压力容器破坏及预防措施[J].天津化工,2020,3403:70-72.
- [3]韩忠美.锅炉压力容器压力管道检验中裂纹问题及预防处理方法[J].中国设备工程,2020(6):124-126.
- [4]韩霄.压力容器压力管道检验中裂纹问题的解决措施[J].化工管理,2021(31):109-110.