

# 化工设备压力容器破坏原因及预防措施分析

周 涛

江苏省特种设备安全监督检验研究院徐州分院 江苏 徐州 221000

**摘 要：**化工设备压力容器的破坏会对生产线和人员造成严重的危害。其主要原因包括设计、制造和使用过程中的问题，如材料缺陷、焊接不良、腐蚀等。为预防这些问题，应加强材料检测、焊接质量控制和腐蚀防护措施，并定期进行设备检验、维护和检修。此外，需要充分培训操作人员，提高其安全意识和技能水平，确保设备得到正确的使用和维护。通过采取这些预防措施，可以有效地避免化工设备压力容器的破坏，保障生产线和人员的安全。

**关键词：**化工设备；压力容器；破坏原因；预防措施

## 引言

化工设备压力容器是化工生产过程中必不可少的装置。如果受到损坏，将会对人们的生命财产造成极大的威胁。为了保障化工设备的安全，必须对压力容器破坏形式有深入的了解。

### 1 化工设备压力容器的事故特点

化工设备压力容器是一种用于储存和运输气体、液体或固体的设备，由于其具有高强度、高压、高温等特点，在使用过程中可能会发生事故。本文将详细介绍化工设备压力容器事故的特点。化工设备压力容器事故往往具有突发性，一旦发生事故，会导致严重的人员伤亡和财产损失。例如，爆炸事故常常发生在没有预兆的情况下，造成极大的冲击和破坏。这与化工设备压力容器所承受的压力和温度有关，一旦超过了最大承载能力，容器就会发生破裂、爆炸等事故。化工设备压力容器事故后果严重，除了人员伤亡外，还可能对环境造成严重污染，破坏周边建筑和道路等设施。例如，化工设备移动罐车爆炸事故可能导致爆炸现场周边的建筑物和车辆被毁坏，人员伤亡、附近村庄人员转移、二次爆炸、同时也会对环境造成污染<sup>[1]</sup>。化工设备压力容器事故往往难以控制，一旦发生事故，容器内的物质会迅速释放出来，形成爆炸、火灾等危险情况。在应急处理过程中，人员需要快速反应并采取有效措施，否则后果不堪设想。在使用过程中，化工设备压力容器可能面临多种风险，例如高温、高压、腐蚀等，这些因素都有可能导致事故的发生。同时，设备的设计、制造和维护等方面也会影响到设备的安全性能，如果存在问题或者未及时发现，则可能引发事故。化工设备压力容器事故的处理十分困难，首先需要保障现场的安全，确保人员不受到伤害。其次需要进行现场清理工作，并采取措施防止事故的扩大。最后，还需要开展事故调查工作，找出

事故原因，并采取措施避免类似事故再次发生。

## 2 压力容器破坏原因

### 2.1 材料失效

材料失效可以分为两种情况：静态失效和动态失效。静态失效是指在长期使用过程中，由于材料自身的缺陷、不均匀性、应力集中等因素，导致材料的强度下降，最终导致容器破坏。例如，金属材料中的裂纹、气孔等缺陷，都是导致静态失效的常见原因。动态失效则是指在容器受到突发的、短时间的载荷作用下，由于材料的疲劳、脆性断裂等原因，导致容器破坏。这种失效通常由于容器内部的超压、爆炸、地震等因素引起<sup>[2]</sup>。

### 2.2 金属疲劳

金属疲劳是一种常见的压力容器破坏原因。它通常是由于材料在反复应力加载和卸载过程中发生的微小细节损伤而引起的。这些微小细节损伤可能包括原子间的位移、晶粒大小分布不均、夹杂物等，当这些细节达到一定量级时，就会导致裂纹形成。金属疲劳破坏是一个逐渐发展的过程，其程度与应力水平和次数有关。当压力容器受到反复应力加载和卸载时，其内部产生的应力往往是不均匀的。这些应力会集中在材料表面或者接头处等局部区域，从而导致局部应力过大。如果这种局部应力持续存在，就会产生微小的裂缝。随着时间的推移，这些裂缝会逐渐扩大，最终导致压力容器失效。

### 2.3 腐蚀

腐蚀是指金属或其他材料与环境中的化学物质反应所导致的损伤。在压力容器中，腐蚀会导致管壁变薄、强度下降，最终可能引发压力容器破裂事故。腐蚀的原因主要有以下几个方面：首先，介质腐蚀。压力容器由于经常承受高温高压气体或液体，容器内部介质的性质对容器材料产生巨大影响。例如，像酸、碱等化学品都会对金属材料造成严重的腐蚀<sup>[3]</sup>。其次，电化学腐蚀。金

金属材料存在着电化学反应,当金属表面存在缺陷时,将形成一种叫做阳极和阴极的电位差异,从而引发电化学腐蚀。最后,应力腐蚀。应力腐蚀是指金属材料在存在应力状态下,由于介质的作用而发生的腐蚀现象。这种腐蚀往往会使得材料出现裂纹,进而导致材料断裂。

#### 2.4 裂纹

压力容器由于承受的压力较大,所以其破坏可能会带来严重的后果。其中裂纹是导致压力容器破坏的一种常见原因。裂纹的形成有多种原因,例如材料的缺陷、焊接不良、应力集中等。在使用过程中,压力容器经受着持续的压力、温度变化和震动等外部应力,这些应力有可能超过材料的强度极限,进而导致裂纹的形成。裂纹的存在会弱化材料强度和刚度,造成材料局部失效,如果不及时处理,就会发展成致命性的破坏。

#### 2.5 错误操作

压力容器是一种储存或加工高压气体、液体或蒸汽的设备。然而,如果不妥善使用和维护,它们有可能会发生破坏和爆炸,从而对人员和设施造成严重危害。错误操作可能包括超载、频繁地启停操作、操作不当等。例如,在加热压力容器时,如果温度升高过快,容器内的压力将会迅速上升,这可能会导致容器爆炸。此外,如果操作人员没有按照规定的程序进行操作,容器也有可能遭受损坏。比如,在加装介质时没有完全排空空气,就可能导致氧化和腐蚀,从而影响容器的结构强度和耐蚀性<sup>[4]</sup>。

#### 2.6 设计问题

压力容器的破坏原因可以归结为设计问题、制造问题和使用问题等方面。在设计阶段出现问题可能是由于加工技术、材料选择、应力分布等方面不够精确,或者设计本身存在缺陷。例如,在设计时没有考虑到应力集中、热膨胀、疲劳等因素,或者材料的强度和韧性不符合实际要求。制造问题包括材料质量问题、焊接问题、加工问题等。例如,原材料质量不稳定、加工工艺不规范,都可能影响压力容器的安全性能。焊接问题也是常见的制造问题之一,焊接过程中可能会产生焊接裂纹、气孔等缺陷,这些缺陷会削弱容器的承载能力和耐久性。使用问题包括操作问题、维护问题等。例如,超压、超温、超负荷等操作失误,或者未及时检查、修理、更换部件等维护不当,都可能导致压力容器的破坏。此外,还有外界环境因素的影响,如腐蚀、振动、冲击等也会对容器的安全性能产生影响。

### 3 压力容器预防措施

#### 3.1 材料选择

压力容器是用于储存和输送气体、液体、蒸汽等压力介质的设备,在化工、石油、医药等众多领域广泛应用。首先,材料的选择应根据压力容器的工作环境、工作温度和压力等级来确定。例如在高温高压的条件下,需要选用高强度、高温合金材料,如铬钼钢、铬镍钼钢等;而在低温低压的条件下,则可以采用低温合金材料,如铝合金、不锈钢等。在环境中存在腐蚀性物质存在的情况下,需要选用耐腐蚀的材料,如玻璃钢、塑料等。此外,还需要考虑到材料的强度、腐蚀抵抗性和耐疲劳性等方面的因素。其次,需要严格按照相关标准进行选材和检测。例如在中国,压力容器的材料选择和制造必须符合《压力容器安全技术监察规程》和国家标准,同时还要进行材料证明和压力容器的检测认证。在选用材料时,还需要考虑到其可获得性、成本等因素,以达到性价比最优的效果。最后,还需要定期检查和维护。例如对于底部或者顶部疲劳问题,可以通过补强加固、改善工艺等方式进行处理;对于内部腐蚀问题,可以采取防腐措施或者更换材料等方式进行处理。此外,在使用过程中还应注意操作规程,严格遵守使用条件,及时排除故障,避免不必要的事故发生。

#### 3.2 预防维护

压力容器是一种用于存储或运输高压气体或液体的设备,工作时需要承受极高的压力和温度。为了确保其安全性和正常运行,首先对于新购买的压力容器,应进行严格的入库检验以确保其符合相关标准和规定。随后,定期进行检查和维护非常重要。这些检查可以包括以下方面:每天检查外观,特别是焊缝、接头等处是否有渗漏、开裂、变形等问题,并及时处理。根据生产厂家提供的压力测试方法,定期进行压力测试,确保压力容器能够承受额定压力。对于焊接部位,定期进行检查,防止出现开裂、疲劳等问题,确保其稳定性和安全性。根据使用情况,定期更换附件,如压力表、安全阀等。对于机械部件,定期进行清洁和润滑,减少磨损和故障的发生<sup>[1]</sup>。对于每次检查和维护,必须准确记录,以便日后查询和分析原因。在进行预防性维护时,还需要注意以下问题:操作员必须熟悉并遵守压力容器的操作规程,严格执行相关操作流程。对于操作人员,应进行专业培训,提高其安全意识和操作技能。建立健全的管理制度,包括资料管理、维护管理等,确保预防性维护工作落实到位。

#### 3.3 正确操作

压力容器在现代工业中扮演着重要的角色,但如果不正确操作,会带来巨大的风险和危害。操作人员需要

检查容器壁是否有裂痕、腐蚀、变形或其他损伤，并及时进行修复。同时，还需检查管道、阀门、仪表等设备是否正常运转，并保持其清洁和干燥。对于使用多年的压力容器，还需进行内部检查和清洗，以确保没有积累的沉淀物或杂质。操作人员必须了解所有相关规章制度，包括容器的最大允许压力和温度、操作程序以及应急程序等。此外，还需要经过专业的培训和认证，并严格按照操作手册执行操作。任何情况下都不应超过容器的最大允许压力和温度，并确保操作过程中不会产生撞击或振动。安全阀是压力容器最重要的安全装置之一，可以在超压情况下自动释放压力。因此，需要定期检查和维修，并确保其正常运转。同时，压力表也是必不可少的设备，可以用来监测容器内部的压力变化。需要保证其准确性并及时更换损坏或失效的压力表。即使进行了充分的预防措施，仍然存在突发事件的可能性。因此，需要制定应急预案，并进行定期演习。应急预案应包括紧急停机程序、人员疏散路线、报警机制等内容。所有操作人员都应该知道如何执行应急程序，并且能够在紧急情况下迅速行动<sup>[2]</sup>。

#### 3.4 定期检验检测

压力容器是一种承受高压和高温的设备，在工业生产中广泛应用。为了保证容器的安全运行，定期检验检测是必不可少的预防措施之一。无损检测是利用物理或化学手段对材料进行表面和内部缺陷检测的一种方法，常见的无损检测方法包括超声波检测、射线检测、磁粉检测等。在无损检测中，检测人员会使用专业的设备对压力容器外部和内部进行逐一检查，以确定是否存在裂纹、腐蚀等缺陷。如果发现缺陷，应及时进行修复或更换相关零部件。渗透检测是通过涂覆敏感试剂来检测材料表面裂缝的方法。它适用于所有类型的材料，包括金属、塑料和陶瓷等。在渗透检测过程中，首先用清洁剂将材料表面清洗干净，然后涂上渗透剂，等待一定时间后再用清洗剂将表面清洗干净。如果在材料表面发现了被渗透剂染色的区域，则说明该处存在裂缝或缺陷。压力容器耐压试验是通过加压来测试容器是否能够承受正常工作条件下的最大压力。在进行耐压试验前，首先要确保容器内部和外部都没有任何损坏或泄漏。然后将容器加压到正常工作条件下的最大值，并观察是否发生变形、漏气等情况。如果出现问题，则需要重新修

复或更换相应零部件。

#### 3.5 培训和教育

压力容器由于操作不当或设备故障可能会导致严重的事故，因此必须采取预防措施确保其安全性。首先，培训和教育应该涵盖压力容器的工作原理、构造、性能和限制<sup>[3]</sup>。操作人员需要了解容器如何存储和输送物质，并熟悉容器内部结构，包括法兰盘、密封件和阀门等。他们还需要了解容器的最大使用压力、温度和操作要求等。其次，在压力容器发生问题时，操作人员需要快速而准确地采取措施来防止危险发生。这包括紧急关闭阀门、通知其他工作人员和向上级领导报告情况等。此外，培训和教育还应包括相关的法规和标准。操作人员需要了解所有适用的安全要求并遵守它们，以确保工作场所安全。他们还应该知道如何识别和报告可能存在的安全隐患。最后，新员工必须接受初始培训，而现有员工需要进行定期的复习和更新知识。这可以增强操作人员的意识和责任感，并确保他们始终了解压力容器的最新信息和要求。

#### 结语

在化工生产中，压力容器是重要的设备之一，但是在使用过程中，破坏事件时有发生。造成破坏的原因可能包括多方面因素，如材料质量、制造工艺、设计不当、操作不当等。为了避免这些破坏事件的发生，必须采取相应的预防措施，例如选择合适的材料、加强制造过程的质量控制、参考相关标准规范进行设计和操作、定期进行检验检测和维护等。在日常生产中，对于容器的安全运行也非常重要，需要建立完善的管理体系并加强人员培训，以提高员工的安全意识和技能水平，从而确保压力容器的安全可靠运行。

#### 参考文献

- [1]刘嘉成,郭建球,王兆鹏.化工设备压力容器破坏分析及评价方法[J].中国机械工程,2020(19):2333-2336.
- [2]张雨山.2020.压力容器焊接常见缺陷的形成原因及防止措施[J].现代工业经济和信息化,20(1):114-115.
- [3]王瑞琴.2021.基于风险检测的压力容器定期检验分析[J].科技资讯,33(1):144-145.
- [4]刘丽萍.2022.压力容器设计、制造中常见问题及解决策略[J].科技创新与应用,25(1):97-98.