

化工设备压力容器储罐破坏分析及预防措施

张赛炜（华阳集团（山西）碳基合成材料咨询有限公司，山西 太原 030021）

摘要：本文全面分析了化工设备压力容器储罐的多种破坏形式，包括脆性断裂、塑性破裂、疲劳断裂、锈蚀断裂及蠕变破坏，并详细探讨了这些破坏形式的成因。针对这些潜在的安全风险，系统性地提出了一系列预防措施，旨在确保压力容器储罐在化工生产中的安全与稳定运行。通过科学选材、合理设计、严格制造工艺、实时监控关键参数、有效防腐措施以及定期的维护和检修工作，可以显著降低压力容器储罐的破坏风险。此外，调了人员专业培训和应急预案制定的重要性，以应对可能发生的异常情况，从而最大程度地保障生产安全。

关键词：化工设备；压力容器；破坏分析；预防措施

0 引言

在当今的化工行业中，化工设备压力容器储罐作为关键设备，扮演着存储和运输各种气体、液体的重要角色。随着化工产业的快速发展，这些储罐所面临的工况日益复杂多变，从而对其安全性和稳定性提出了更高的挑战。在此背景下，了解和预防压力容器储罐可能出现的破坏形式，成为了确保化工行业安全生产的重要环节。化工设备压力容器储罐的破坏不仅可能导致严重的安全事故，还可能对环境造成污染，甚至威胁到人员的生命安全。因此，对压力容器储罐的破坏形式和预防措施进行深入的研究，具有极其重要的现实意义。通过对破坏形式的详细分析，可以更准确地识别出储罐在运行过程中可能遇到的风险点，进而制定出更为精准的预防措施。

本文旨在系统探讨压力容器储罐的多种破坏形式及其成因，包括脆性断裂、塑性破裂、疲劳断裂、锈蚀断裂以及蠕变破坏等，并针对这些破坏形式提出相应的预防措施。通过深入分析这些破坏形式的内在机制，能够更加科学地评估压力容器储罐的安全性，为化工行业的安全生产提供有力的技术支撑。同时，本文还将强调人员培训、应急响应以及日常维护和检修工作在预防压力容器储罐破坏中的重要性，以期通过综合施策，确保压力容器储罐的安全与稳定运行，从而保障化工生产的顺利进行。

1 压力容器储罐破坏形式及其成因分析

在化工生产中，压力容器储罐作为关键设备，其安全性和稳定性至关重要。然而，由于多种因素的影响，压力容器储罐可能会发生各种破坏形式。下面将对压力容器储罐常见的破坏形式及其成因进行深入分析。

1.1 脆性断裂

脆性断裂是压力容器储罐所面临的一种严重的破

坏形式。这种破坏通常表现为容器在没有明显塑性变形的情况下突然断裂，因此具有较大的危险性。脆性断裂的主要原因包括材料韧性不足、焊缝处理不当、冷变形不符合安全生产要求以及长期运行产生的残余应力等。

首先，材料韧性不足是导致脆性断裂的重要原因之一。在化工生产中，如果选择了韧性不达标材料来制造压力容器储罐，那么在使用过程中就容易发生脆性断裂。因此，在材料选择上应充分考虑其韧性指标，确保所选材料能够满足使用要求。其次，焊缝处理不当也是导致脆性断裂的一个常见原因。焊缝是压力容器储罐的薄弱环节，如果焊缝处理不当，如焊接质量不良、存在焊接缺陷等，都会降低容器的整体强度，增加脆性断裂的风险。因此，应严格控制焊接工艺，确保焊缝质量符合要求。

此外，冷变形不符合安全生产要求以及长期运行产生的残余应力也可能导致脆性断裂。在制造过程中，如果冷变形处理不当，会使容器产生过大的残余应力，从而降低其承载能力。同时，长期运行过程中产生的残余应力也可能与工作环境中的其他因素相互作用，导致脆性断裂的发生。

1.2 塑性破裂

塑性破裂是压力容器储罐在长时间拉伸力作用下发生的一种破坏形式。与脆性断裂不同，塑性破裂通常伴随着明显的塑性变形。这种破坏形式的主要原因包括容器内气体含量超标、长时间超负荷工作或维修不及时等。在化工生产中，由于生产任务的连续性和高负荷特点，压力容器储罐往往长时间处于高压状态。如果容器内气体含量超标或长时间超负荷工作，就会导致容器壁承受过大的拉伸力，进而发生塑性破裂。此外，如果维修不及时或操作不当，也可能加速塑性

破裂的发生。

1.3 疲劳断裂

疲劳断裂是压力容器储罐在服役过程中由于承受不稳定载荷和剧烈波动而导致的破坏形式。这种破坏形式通常起始于容器表面的驻留滑移带，在内压作用下逐渐扩展，最终导致疲劳断裂。在化工生产中，生产过程的复杂性和多变性使得压力容器储罐经常承受各种不稳定载荷的作用。这些不稳定载荷可能导致容器表面产生驻留滑移带，进而引发疲劳断裂。此外，如果容器在制造或使用过程中存在缺陷或损伤，也可能加速疲劳断裂的发生。

1.4 锈蚀断裂

锈蚀断裂主要是由于化工生产环境中的高温、高压和腐蚀性介质导致的。在高温高压环境下，压力容器储罐内的碳氢化合物会释放大量气体，如二氧化碳、一氧化碳等。这些气体在高温环境下容易渗入容器内造成渗碳腐蚀。同时，含水压力容器在腐蚀性介质的作用下会加速腐蚀速度导致锈蚀断裂的发生。为了预防锈蚀断裂的发生，需要选择耐腐蚀性好的材料来制造压力容器储罐，并采取相应的防腐措施。例如，在容器表面涂覆防腐涂层、使用阴极保护等。此外，还需要定期检查和维修容器，及时发现和处理锈蚀问题。

1.5 蠕变破坏

蠕变破坏是压力容器储罐在长期高温高压环境下发生的一种破坏形式。由于化工生产任务的长期性和苛刻性特点，压力容器储罐的材料性能会逐渐退化导致容器壁变形并逐渐发生膨胀。当膨胀超过其变形极限时就会发生蠕变破坏。这种破坏形式通常表现为容器壁的逐渐变薄和膨胀最终导致破裂或泄漏等安全事故的发生。为了预防蠕变破坏的发生，需要选择高温性能好的材料来制造压力容器储罐，并严格控制操作温度和压力等参数。同时，还需要定期检查和维修容器，及时发现和处理蠕变问题。此外，对于长期服役的容器，还需要进行定期的安全评估和寿命预测，确保其安全可靠地运行。

2 防止压力容器储罐破坏的预防措施

针对压力容器储罐可能遭遇的多种破坏形式及其背后的成因，本文系统性地提出以下具体的预防措施，以期确保这类设备的安全与稳定运行。

2.1 防止脆性断裂的策略

在化工产业中，压力容器储罐的安全运行至关重要，而脆性断裂是其中最为危险的失效模式之一。为了有效预防此类事故的发生，必须从材料选择、制造

工艺到日常操作管理等多个方面进行综合施策。

首先，材料选择是防止脆性断裂的基石。鉴于脆性断裂的严重危害性，选择韧性较高的金属材料显得尤为重要。材料的韧性是决定其抵抗脆性断裂能力的关键因素。因此，在选购材料时，应依据化工生产的具体特点和要求，对市场上各种金属材料的韧性进行详尽的比较和分析。只有那些经过严格测试和评估，确认具有高韧性的金属材料，才能被选用于制造压力容器储罐。

其次，制造工艺的精细控制也是预防脆性断裂的重要环节。特别是在焊接过程中，焊接质量的好坏直接影响到压力容器的整体性能。因此，必须实施严格的质量控制措施，确保焊缝的强度和韧性达到设计要求。同时，为了消除焊接过程中产生的残余应力，应采取有效的热处理措施。这些细致入微的工艺控制，对于提高压力容器的安全性和可靠性具有至关重要的作用。

此外，日常操作管理同样不容忽视。操作人员必须严格遵守既定的操作规程，确保每一步操作都准确无误。同时，为了实时监测压力容器的工作状态，应对其关键参数进行实时监控。温度和压力是两个最为重要的监测指标，它们的变化直接关系到压力容器的安全性能。因此，必须建立完善的监测系统，确保能够及时发现并处理任何异常情况。一旦监测到参数超出安全范围，操作人员应立即采取相应的调整措施，确保压力容器始终在安全区间内运行。

2.2 抵御塑性破裂的方法

压力容器储罐的结构设计同样关键。科学合理的设计能有效分散应力，进而提升容器的整体承载能力。设计时应综合考虑容器的使用场景、预期载荷以及材料的特性。此外，容器的形状也不容忽视，应避免出现过于复杂的结构，以减少应力集中的风险。

在操作过程中，除了严格遵守操作规程外，还应安装高效且可靠的卸压装置。这些装置能够在内部压力异常升高时迅速响应，有效降低内部压力，从而避免塑性破裂的发生。特别是当压力达到危险阈值时，减压阀的自动启动功能至关重要，它能迅速泄压，保障容器的安全。

2.3 预防腐蚀开裂的措施

在化工环境中，腐蚀是压力容器储罐面临的另一大挑战。为了有效应对，需要对容器在服役过程中的受力情况进行深入的研究和分析。在此基础上，选择能够抵御应力腐蚀的材料至关重要。同时，可以通过添加特定的化学抑制剂来减缓腐蚀过程。

值得注意的是,除了化学腐蚀外,还需警惕氢脆现象。因此,在选择材料时,应考虑其抗氢脆性能。此外,针对不同类型的腐蚀性介质,应采取相应的防护措施。例如,对于某些强腐蚀性介质,可以涂覆特制的防腐涂料,或者使用阴极保护法来提高容器的耐腐蚀性。

2.4 维护和检修的重要性

无论预防措施做得多么周全,日常的维护和检修工作仍是不可或缺的。这包括对压力容器储罐进行定期的检查、清洗和必要的维修。通过这些措施,可以及时发现并处理潜在的问题和隐患,从而确保容器的长期安全运行。同时,建立完善的档案管理制度对于跟踪容器的使用情况和性能变化具有重要意义。通过对使用记录的分析,可以更早地发现异常情况,以便及时采取相应的处理措施。这不仅有助于延长容器的使用寿命,更能确保生产过程的安全性和稳定性。

2.5 人员培训与应急响应

除了上述技术措施外,加强操作人员的专业培训同样重要。他们不仅需要熟悉操作规程,还应掌握应急处理技能。在压力容器储罐出现异常时,能够迅速而准确地采取措施,防止事故扩大。此外,建立完善的应急预案和响应机制也是必不可少的。这包括定期的应急演练,以确保在真实发生事故时,能够迅速、有效地进行应对,最大程度地减少损失和影响。

防止压力容器储罐破坏需要综合考虑材料选择、结构设计、操作规程、防腐措施以及日常的维护和检修工作。每一个环节都至关重要,不容忽视。只有这样,才能确保压力容器储罐在化工生产中的安全与稳定运行。

3 展望与建议

3.1 未来压力容器储罐面临的挑战

随着化工行业的持续发展,生产环境日益复杂多变,对压力容器储罐的安全性和可靠性提出了更高的要求。在新的工艺和技术不断涌现的背景下,压力容器储罐将面临更多的工作压力和操作挑战。因此,预测并应对这些新兴挑战,是确保化工行业安全、高效运行的关键。

3.2 引入智能化监控与管理系统

随着信息技术的发展,引入智能化监控与管理系统对于提升压力容器储罐的安全性至关重要。通过安装传感器和监控系统,可以实时监测压力容器储罐的工作状态,包括温度、压力、应变等关键参数。这些数据不仅可以用于日常的运行管理,还可以在异常情况发生时提供及时的预警和故障诊断。通过大数据分

析,还可以预测压力容器储罐的性能退化趋势,为预防性维护提供科学依据。

3.3 推动行业规范与标准的更新

随着化工技术的进步和新型材料的出现,现有的行业规范和标准可能需要更新以适应新的安全要求。建议相关机构和专家定期评估现有的规范和标准,确保其仍然适用于当前的技术水平和生产环境。同时,应积极推动新技术和新材料的标准化工作,以便为压力容器储罐的设计、制造和使用提供统一的指导。

3.4 制定针对性预防措施

考虑到不同类型的压力容器储罐和化工生产环境的特点,建议制定更加具体和针对性的预防措施。例如,在高温高压环境下运行的压力容器储罐,除了选择耐高温和耐腐蚀的特种材料外,还可以考虑采用先进的涂层技术来增强其防护性能。对于经常承受不稳定载荷的压力容器储罐,应通过精确的结构设计和载荷优化来降低疲劳断裂的风险。这些针对性的措施将显著提高压力容器储罐的使用寿命和安全性能。

4 结束语

本文通过对压力容器储罐破坏形式的深入分析,提出了一套全面的预防措施,为化工行业的安全生产提供了有力保障。实施这些措施,不仅能够延长压力容器储罐的使用寿命,更能确保生产过程的安全性和稳定性,对于防范化工事故、保护人员生命安全和环境具有重要意义。未来,随着科技的不断进步和化工行业的持续发展,对压力容器储罐的安全性要求将更加严格,因此需要不断探索和创新,进一步完善预防措施,以适应新形势下的安全生产需求。

参考文献:

- [1] 孙兴钊. 浅析化工设备压力容器破坏及预防措施 [J]. 当代化工研究, 2019(02):153-154.
- [2] 葛勤, 芦亚雄, 王小宁. 中压深冷液氧储罐的研制 [J]. 中国化工装备, 2023, 25(06):33-38.
- [3] 廖乐平, 杨玉春, 韩伟信, 等. 推进剂储罐应力强度与疲劳寿命分析 [J]. 化学工程与装备, 2023(10):24-28.
- [4] 钱正武, 白学刚, 刘文, 等. 含平面埋藏缺陷的高压氢气储罐的合于使用评价 [J]. 中国特种设备安全, 2023, 39(07):20-24.
- [5] 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, 34(03):70-72.

作者简介:

张赛炜 (1977-), 男, 河北安平人, 汉族, 工商管理本科, 化工助工, 研究方向: 压力容器无损检测。