

移动式压力容器的事故案例分析与预防措施

王 瑛

河南省锅炉压力容器检验技术科学研究院 河南 郑州 450000

摘 要：移动式压力容器在工业生产、运输及日常生活中扮演着重要角色，但其潜在的安全风险也不容忽视。本文通过分析近年来移动式压力容器发生的典型事故案例，总结事故原因，并提出相应的预防措施，以期为企业和操作人员提供参考。

关键词：移动式压力容器；事故案例；预防措施

引言

移动式压力容器是指用以充装气体并可运输的压力容器，广泛应用于化工、石油、医药等领域。由于其“可移动性”，其安全管理较固定式容器更为复杂。本文旨在通过案例分析，总结移动式压力容器事故的原因，并提出有效的预防措施。

1 移动式压力容器的事故案例概述

据公开发表的数据，在2005至2012年的时间段内，据统计共发生了153起与压力容器相关的事故，其中移动式压力容器事故占据了总数的17%，这一比例凸显了其在安全管理上的特殊挑战。这些事故案例多样且复杂，具体包括但不限于装卸作业中软管因老化、磨损或操作

不当导致的突然破裂，安全阀因维护不善或设计缺陷而未能正常启动，以及法兰连接处的垫片因材料老化或安装不当引发的泄漏。这些事故不仅直接导致了人员伤亡和重大财产损失，还因介质泄漏往往伴随着有害物质的扩散，对周边环境造成了不同程度的污染，加剧了生态破坏和社会影响^[1]。因此，加强移动式压力容器的安全监管、提升设备维护水平及操作人员培训，对于预防此类事故、保障公共安全及环境保护具有重要意义。

2 移动式压力容器的典型事故案例

2.1 河南漯河市“6·10”液氯钢瓶爆炸事故（详见表1）

表1 河南漯河市“6·10”液氯钢瓶爆炸事故

事故时间	2024年6月10日9时5分	
事故地点	河南漯河市舞阳县的河南永银化工实业有限公司	
事故经过	许昌市腾兴生物科技有限公司（液氯使用单位）采用丙烯腈和氯气反应（DMF做催化剂）生产2-氯丙腈。在生产过程中，相关安全设施和措施不完善，导致丙烯腈和催化剂混合物倒流入液氯钢瓶。永银化工（钢瓶充装单位）在充装液氯前未按规定对该钢瓶进行分析检验。充装液氯时，瓶内混合物发生剧烈反应，温度升高，液氯急剧汽化、压力升高。最终，液氯钢瓶无法承受过高压力的而发生爆炸。	
事故后果	事故造成2人死亡、1人受伤。直接经济损失约263.6万元。	
事故原因	直接原因	液氯钢瓶内存在其他化学物质与氯发生化学反应，导致钢瓶内压力急剧升高而爆炸。
	间接原因	液氯使用单位安全设施和措施不完善；钢瓶充装单位未按规定进行充装前分析检验。

2.2 河南义马气化厂C套空分装置爆炸事故（见表2）

表2 河南义马气化厂C套空分装置爆炸事故

事故时间	2019年7月19日17:45左右	
事故地点	河南省义马市，隶属于河南省煤气集团有限责任公司的义马气化厂内	
事故设备	C套空分装置（虽然空分装置本身不是移动式压力容器，但其内部的压力容器和管道系统在此次事故中起到了关键作用）	
事故经过	河南省煤气（集团）有限责任公司义马气化厂的C套空分装置发生爆炸着火事故。爆炸不涉及重大危险源罐区，但生产装置均已停车。	
事故后果	事故造成多人伤亡，具体数字随时间推移有所更新，最终造成15人死亡，15人重伤，256人入院治疗。造成了重大的经济损失和社会影响。	

续表:

事故时间	2019年7月19日17:45左右
直接原因	事故是由于压力容器安全泄放失控导致超压。在空气分离过程中,当温度上升时,液体(如液氧、液氮)变成气体后膨胀,如果压力容器的安全泄放系统失效或无法及时释放过高的压力,就可能导致爆炸。
间接原因	空气分离车间使用深冷分离方法,操作温度极低(-150℃),这对设备的材质、密封性、安全保护系统等都提出了极高的要求。任何微小的缺陷或疏忽都可能在极端条件下引发灾难性后果。

3 移动式压力容器事故原因深度剖析与总结

经过对多起移动式压力容器事故的深入分析,可以发现事故发生的根源主要涵盖设计与制造、安装与改造、运行管理、人为因素以及自然环境等多个层面。在设计与制造环节,事故往往源于结构设计的不合理性,这可能包括应力分布不均、稳定性差等问题。同时,材料的选择也至关重要,若材质不符合要求,如强度不足或耐腐蚀性差,将直接影响容器的使用寿命和安全性。此外,焊接工艺的质量也是关键因素,焊接缺陷如夹渣、未熔合、裂纹等,都会削弱容器的整体强度,为事故埋下隐患。安装与改造过程中,若未严格按照技术规范进行,可能导致部件安装错位、固定不稳或安全附件与容器不匹配。这些错误不仅影响容器的正常运行,还可能在关键时刻无法准确反映容器状态或及时泄压,从而引发事故。运行管理上的疏忽也是事故频发的重要原因。超压、超负荷、超温运行会严重损害容器的结构和性能,而违规操作和劳动纪律的松弛则进一步加剧了安全风险^[2]。操作人员若未遵守操作规程,如未定期检查、未按规定进行维护保养,将使得容器处于极度危险的状态。人为因素在事故中同样不可忽视。操作人员的操作技能不足和安全意识淡薄是导致事故发生的直接原因。对设备的不熟悉和缺乏警惕性使得操作失误频发,而缺乏有效的安全培训则进一步加剧了这一问题。最后,自然环境的影响也不容小觑。极端天气如寒潮、高温等可能导致容器材料性能的变化,如脆化、老化等,从而引发泄漏或爆炸等事故。同时,地质灾害如地震、洪水等也可能对容器造成直接损害或导致其位移,进而引发严重后果。

4 移动式压力容器的事故预防措施

4.1 设计制造阶段

设计方面,应注重结构的合理性,避免应力集中和几何突变的发生。具体来说,应采用全焊透结构,确保焊缝的强度和密封性。设计师需充分考虑容器的使用环境和工况,通过精确的计算和模拟,优化结构设计,减少应力集中点,避免由于结构不合理而导致的容器失效。同时,几何突变也是设计中的一个重要考虑因素,

应避免突然的形状变化,以减少应力集中和疲劳裂纹的产生。在材料选择上,应严格遵循相关标准和规范,选用塑性、韧性较好的材料。这些材料不仅具有足够的强度来承受容器内部的压力,还能在受到冲击或振动时保持较好的稳定性。此外,强度计算和安全阀排量的计算也是设计过程中不可或缺的一环。设计师需根据容器的实际使用情况,进行精确的强度计算,确保容器在承受最大工作压力时仍能保持安全。同时,安全阀的排量计算也至关重要,它决定了在紧急情况下,安全阀能否及时有效地排放容器内的超压气体,防止容器因超压而爆炸。制造阶段,应严格把控每一个环节,确保容器的制造质量。加强焊接管理是其中的关键,焊接是容器制造中的重要工艺,焊接质量的好坏直接影响容器的强度和密封性^[3]。因此,应建立完善的焊接管理制度,对焊接人员、焊接材料、焊接工艺等进行严格的管理和控制。同时,加强材料管理也是必不可少的,应确保所采用的材料符合相关标准和规范,避免使用有缺陷的材料。在材料采购、验收、存储和使用过程中,都应进行严格的检查和记录,确保材料的可靠性和安全性。

4.2 安装使用阶段

安装环节,必须确保压力容器严格按照相关规定进行正确安装。这包括但不限于容器的定位、固定以及与安全附件的连接等。安全附件,如安全阀、压力表、温度计等,是压力容器安全运行的重要保障,它们的选型应基于容器的实际工作压力、温度等参数,确保选型正确且质量可靠。在安装过程中,还应对这些安全附件进行严格的校验和调试,确保其能够准确反映容器的工作状态,并在必要时及时发挥保护作用。操作过程中,平稳性是关键。操作人员应熟悉压力容器的操作规程,尽量保持容器的操作条件(如工作压力、工作温度)在规定的范围内相对稳定。避免频繁的压力和温度变化,以减少对容器材料和焊缝的疲劳损伤。同时,操作人员还应密切关注容器的运行状态,一旦发现异常,如压力异常升高、温度异常变化等,应立即采取措施进行处理。防止过载是预防压力容器事故的重要一环。这包括防止超压、超温、超负荷运行。容器的工作压力和温度应严

格控制在设计范围内,不得随意超压或超温运行。同时,还应根据容器的承载能力,合理安排装载量,避免超负荷运行。为确保这一点,操作人员应定期校核容器的实际工作压力和温度,以及装载量,确保它们始终在安全范围内。定期检查和维护保养是保障压力容器安全运行的重要手段。应制定详细的检查计划,定期对容器进行全面检查,包括外观检查、壁厚测量、焊缝检测等。通过检查,可以及时发现容器存在的缺陷,如裂纹、腐蚀、变形等,并采取有效的措施进行修复或更换。同时,还应对容器的安全附件进行定期校验和维护,确保其始终处于良好的工作状态。通过这些措施的实施,可以有效地预防压力容器事故的发生,保障其长期安全运行。

4.3 人员管理

在移动式压力容器的安全管理中,人员因素占据着举足轻重的地位。为了确保容器的安全运行,必须从专业培训、安全意识提升以及岗位责任制落实三个方面入手,全面强化人员管理。首先,专业培训是操作人员掌握安全操作技能的基础。企业应定期组织操作人员参加专业培训课程,内容涵盖压力容器的结构原理、安全操作规程、应急处理措施等。通过系统学习,操作人员能够深入理解容器的运行特性,熟练掌握正确的操作方法,从而在实际工作中减少误操作,降低事故风险。同时,培训还应包括实际操作演练,让操作人员在模拟环境中熟悉操作流程,增强应对突发情况的能力。其次,提高操作人员的安全意识是预防事故的关键。企业应定期开展安全教育活动,通过案例分析、安全讲座等形式,向操作人员灌输安全理念,使他们深刻认识到安全操作的重要性。同时,应鼓励操作人员主动报告安全隐患,对发现的问题及时整改,形成良好的安全文化氛围^[4]。此外,严格遵守劳动纪律和工艺安全操作规程也是提高安全意识的重要体现,操作人员应时刻保持警惕,不违章作业,不冒险蛮干。最后,严格实行岗位责任制是确保压力容器安全管理的有效手段。企业应明确每个岗位的职责和权限,确保每个环节都有专人负责。操作人员应对自己的工作范围负责,对容器的运行状态进行实时监测和记录,一旦发现异常情况,应立即上报并采取相应措施。同时,企业还应建立健全的考核机制,对操作人员的履职情况进行定期评估,对表现优秀的人员给予奖励,对违反规定的人员进行处罚,以此激励操作人员更

加认真地履行自己的职责。

4.4 应急预案

在移动式压力容器的安全管理中,构建一套完善的应急预案体系是预防事故、减少损失的重要举措。企业应针对可能发生的各类事故,如超压、泄漏、火灾等,制定详细且具有可操作性的应急预案。应急预案的制定应充分考虑事故的突发性和复杂性,明确应急响应的流程和各个环节的责任人。预案中应详细列出应急救援的具体措施,包括事故现场的隔离、人员的疏散、危险源的控制、应急物资的调配等。同时,还应建立应急通讯机制,确保在事故发生时能够迅速传递信息,协调各方力量进行救援。为了确保应急预案的有效性,企业应定期组织演练活动。演练可以模拟真实的事故场景,检验应急预案的可行性和应急队伍的响应能力。通过演练,可以发现预案中存在的不足和漏洞,及时进行修订和完善。同时,演练还能提高操作人员的应急处理能力和团队协作能力,使他们在面对真实事故时能够更加冷静、有序地进行应对。除了制定应急预案和组织演练外,企业还应做好应急准备工作。这包括为应急救援人员配备必要的检测仪器和防护装备,如气体检测仪、防护服、呼吸器等。这些装备能够确保救援人员在事故现场能够安全、有效地进行救援工作,减少自身受到伤害的风险。同时,企业还应定期对这些装备进行检查和维护,确保它们处于良好的工作状态,随时准备应对可能发生的事故。

结语

移动式压力容器的事故案例表明,其安全问题不容忽视。通过加强设计制造、安装使用、人员管理及应急预案等方面的措施,可以有效降低事故风险,保障人员和物资安全。相关企业和操作人员应高度重视压力容器的安全管理,确保各项预防措施得到有效落实。

参考文献

- [1]周鹏,常定邦,王颜红.提高移动式压力容器运输危险化学品事故处置分析能力[J].中国储运,2023,(09):65-66.
- [2]付啸宇,肖志华,席伶俐.移动式压力容器安全附件失效问题及其预防对策[J].装备制造技术,2021,(03):106-109.
- [3]王聪,唐萍,金慕达,等.移动式压力容器应急预案标准化现状与对策[J].中国标准化,2021,(08):49-54.
- [4]舒本镛.浅谈移动式压力容器安全附件检验检测及检修对策[J].科技创新导报,2018,15(09):94+97.