

# 压力容器安全附件及压力容器事故预防

罗 玮

中石化石油工程设计有限公司 山东 东营 257000

**摘 要：**压力容器安全附件作为保障其安全运行的关键组件，承担着监测、控制和防护的重要职责。本文深入探讨压力容器安全附件的种类、功能及其在事故预防中的作用，同时分析压力容器事故的常见原因及预防措施。通过加强安全附件的维护与管理，完善事故应急响应机制，可以有效提升压力容器的安全性能，降低事故风险，确保工业生产的安全稳定。

**关键词：**压力容器；安全附件；事故预防；设计缺陷

引言：压力容器作为工业生产中的重要设备，其安全性直接关系到生产过程的顺利进行和人员的生命财产安全。安全附件作为压力容器的重要组成部分，对于预防和控制事故具有至关重要的作用。本文旨在探讨压力容器安全附件的功能与重要性，并分析压力容器事故的预防策略，以期为工业安全生产提供参考和借鉴。

## 1 压力容器与其安全附件的概念

### 1.1 压力容器的定义和分类

压力容器是指盛装气体或者液体，承载一定压力的密闭设备。其范围规定为最高工作压力大于或等于0.1MPa（表压）的气体、液化气体和最高工作温度高于或等于标准沸点的液体，且容积大于或等于30L，内直径（非圆形截面指截面内边界最大几何尺寸）大于或等于150mm的固定式容器和移动式容器。此外，盛装公称工作压力大于或等于0.2MPa（表压），且压力与容积的乘积大于或等于1.0MPa·L的气体、液化气体和标准沸点等于或低于60℃液体的气瓶，以及氧舱等也属于压力容器的范畴。分类：（1）按承受压力的等级分类：低压容器：0.1MPa ≤ P < 1.6MPa，中压容器：1.6MPa ≤ P < 10MPa，高压容器：10MPa ≤ P < 100MPa，超高压容器：P ≥ 100MPa。（2）按盛装介质分类：非易燃、无毒介质、易燃或有毒介质、剧毒介质（3）按工艺过程中的作用分类：反应容器：用于完成介质的物理、化学反应，如反应器、反应釜等。换热容器：用于完成介质的热量交换，如热交换器、冷却器等。分离容器：用于完成介质的质量交换、气体净化、固、液、气分离，如分离器、过滤器等。贮运容器：用于盛装液体或气体物料、贮运介质或对压力起平衡缓冲作用，如各种型式的储罐。（4）按使用特性分类：固定式压力容器：使用环境固定，不能移动，如球形储罐、卧式储罐等。移动式压力容器：在移动中使用，作为某种介质的包装搭载在

运输工具上，如汽车与铁路罐车的罐体。气瓶类压力容器：如氢、氧、氮气瓶，以及民用液化石油气钢瓶等。

### 1.2 压力容器工作原理和结构

压力容器的工作原理是利用容器内部施加的压力来储存或运输液体或气体。当液体或气体进入容器内部时，容器内部的压力会随之增加。当容器内部的压力超过一定数值时，容器会开始发生变形，这时候容器的强度和刚度将成为限制因素，压力容器的设计和制造必须符合相关的标准和规范，以保证其在工作过程中的安全可靠<sup>[1]</sup>。结构：压力容器通常由容器本体、端盖、法兰、密封件、支承、连接管路、附件等部件组成。容器本体，是容器的主体部分，一般由钢板焊接而成。端盖；用于封闭容器的两端。法兰；用于连接管路和其他设备。密封件；用于保证容器的密封性能。支承；用于支撑容器的重量。连接管路；用于与其他设备连接。附件；包括安全阀、压力表、温度计等安全保护装置。

### 1.3 压力容器安全附件的作用

安全附件是为了使压力容器安全运行而安装在设备上的一种安全装置。它们的主要作用是监测、控制和保护压力容器的安全运行，防止因超压、超温等不安全因素导致的事故。主要安全附件及其作用：安全阀；当压力容器内部压力超过规定值时，能自动迅速排泄容器内介质，使容器内的压力保持在最高允许范围之内。安全阀可分为弹簧式、杠杆式、脉冲式等。爆破片；又称防爆膜，是一种断裂型安全装置，具有密封性能好、泄压反应快等特点。一般用在高压、无毒的气瓶上。易熔塞；利用装置内的低熔点合金在较高的温度下熔化，打开通道使气体排出，泄放压力。一般用于气体压力不大，完全由温度的高低来确定的容器。计量装置：压力表；用于测量介质压力的仪表，其量程应与设备工作压力相适应。弹簧式压力表适用于一般性介质的压力容

器,隔膜式压力表适用于腐蚀性介质的压力容器。温度计;用于监测容器内部的温度变化,以便及时采取措施防止温度过高导致容器损坏。液位计;用于测量容器内液体的液位,确保容器内介质的液位在安全范围内。报警装置:压力报警器;当容器内部压力超过设定值时,能自动发出音响或其他明显报警讯号。温度检测仪;用于监测容器内部的温度变化,当温度超过设定值时发出报警。连锁装置;连锁开关:用于防止操作失误而设的控制机构,确保压力容器的安全运行。连动阀:与连锁开关配合使用,当连锁开关动作时,连动阀也会相应动作,以切断或调整压力容器的运行。其他安全附件: ;减压阀:当压力容器的工作压力低于压力源压力时,在通向压力容器进口的管道上应装设减压阀。紧急切断装置:当管道及其附件发生破裂或误操作时,可紧急关闭阀门迅速切断气源,防止事故蔓延扩大。快开门式压力容器的安全连锁装置:具有连锁控制、连锁联动和报警功能,确保快开门式压力容器的安全运行。

## 2 压力容器常见事故类型及原因

### 2.1 爆炸事故

爆炸事故是压力容器最为严重的事故类型之一,它通常伴随着巨大的能量释放和破坏力,不仅会对压力容器本身造成毁灭性的破坏,还会对周围环境和人员造成严重的伤害和威胁。爆炸事故的发生往往是由于多种因素的综合作用,包括容器本身的不安全因素、人的不安全行为以及管理上的缺陷等。(1)主要原因:压力容器的设计如果不符合相关标准或规范,可能会导致结构强度不足,无法承受预期的压力。在制造过程中,如果焊接质量不合格、材料存在缺陷或处理不当,都可能导致容器强度不足或存在易损部位,从而在后续使用中发生爆炸<sup>[2]</sup>。(2)超压:操作人员在使用压力容器时,如果违反操作规程或操作失误,如未及时关闭阀门、误操作导致超压等,都可能引发爆炸事故。压力容器的仪表控制系统如果出现故障,如压力表失灵、安全阀失效等,也可能导致超压情况的发生。(3)腐蚀与老化:压力容器在长期使用过程中,内部材料可能会受到腐蚀或老化,导致壁厚减薄、强度降低,从而增加爆炸的风险。某些介质对压力容器材料的腐蚀作用尤为强烈,如酸性或碱性介质,会加速容器的腐蚀过程。(4)外部因素:如地震、火灾等自然灾害,可能对压力容器造成直接的破坏或导致其失效,从而引发爆炸事故。

### 2.2 泄漏事故

泄漏事故是压力容器常见的另一种事故类型。当压力容器发生泄漏时,不仅会导致介质的流失和浪费,还

可能对周围环境和人员造成污染和伤害。泄漏事故的发生往往与容器的密封性能、操作人员的行为以及容器的维护状况等因素有关。第一、主要原因:如垫片老化、螺栓松动等,都可能导致密封失效。密封元件在安装过程中如果未按照规范进行,也可能导致泄漏。第二、操作失误:操作人员在操作过程中如果未按照规程进行,如过度加压、频繁开闭阀门等,都可能对容器的密封性能造成损害。第三、腐蚀与磨损:容器内部的腐蚀和磨损会导致壁厚减薄和密封面的损坏,从而增加泄漏的风险。第四、外部因素:如撞击、振动等外部因素也可能对容器的密封性能造成影响,导致泄漏事故的发生。

### 2.3 其他事故

除了爆炸事故和泄漏事故外,压力容器还可能发生其他类型的事故,如失稳失效、强度失效等。这些事故虽然不如爆炸和泄漏事故那样常见和严重,但仍然可能对容器的安全运行和周围环境造成一定的影响。主要原因:容器在压力作用下突然失去其原有的规则几何形状,导致失稳失效。这通常与容器的结构设计、材料选择以及使用过程中的载荷变化等因素有关。容器在压力等荷载的作用下,因材料屈服或断裂而引起的失效。

## 3 压力容器事故预防措施

### 3.1 设计与制造阶段

设计与制造阶段是压力容器生命周期中的关键环节,直接关系到容器的安全性和可靠性。在这一阶段,必须充分考虑容器的使用条件、介质特性、工作环境等因素严格按照相关标准和规范进行设计、选材、制造和检验,以确保容器的质量和安全性能。具体措施:根据容器的使用条件和介质特性,科学合理地确定容器的结构形式、尺寸和材料。充分考虑容器的强度、刚度、稳定性和密封性能,确保其在预期的压力和温度范围内安全运行。对容器的关键部位进行应力分析和强度校核,确保其在各种工况下的安全性<sup>[3]</sup>。严格选材:根据容器的使用条件和介质特性,选择具有相应耐腐蚀、耐高温、耐高压等性能的材料。对材料的化学成分、力学性能、组织结构和缺陷等进行全面检测,确保材料的质量符合相关标准。避免使用有缺陷或不符合要求的材料,以防止因材料问题导致的容器失效。精细制造:在制造过程中,严格按照工艺要求进行加工、焊接、热处理等工序,确保容器的制造质量。对容器的焊缝、接口等关键部位进行无损检测,如X射线检测、超声波检测等,以发现并处理潜在的缺陷。对制造过程中的质量控制点进行监控和记录,确保每一步操作都符合规范。出厂检验:在容器出厂前,进行全面的质量检验,包括水压试验、

气密性试验等,以确保容器的质量和安全性能。

### 3.2 安装与调试阶段

安装与调试阶段是将压力容器从制造厂运送到使用现场,并进行安装、调试和验收的过程。这一阶段的工作质量直接影响到容器的后续使用和安全性能。具体措施:选择具有相应资质和经验的安装单位进行容器的安装工作。在安装过程中,严格按照设计图纸和安装规范进行操作,确保容器的安装位置、方向和高度等符合要求。对安装过程中的质量控制点进行监控和记录,确保每一步操作都符合规范。调试与检验:在容器安装完成后,进行全面的调试工作,包括压力试验、温度试验等,以确保容器的性能和安全性能。对调试过程中发现的问题进行整改,直至容器满足使用要求。对容器的安全附件(如安全阀、压力表等)进行校验和调试,确保其准确性和可靠性。验收与交付:在容器调试完成后,进行全面的验收工作,包括外观检查、功能测试等,以确保容器的质量和安全性能。对验收过程中发现的问题进行整改,直至容器满足相关标准和规范的要求。

### 3.3 使用与维护阶段

使用与维护阶段是压力容器生命周期中的重要环节,直接关系到容器的长期安全运行和可靠性。在这一阶段,必须严格遵守操作规程和安全管理制度,定期对容器进行维护和保养,及时发现并处理潜在的安全隐患。具体措施:操作人员必须经过专业培训并取得相应资格,熟悉容器的操作规程和安全管理制度。在操作过程中,严格遵守操作规程和安全管理制度,不得擅自更改操作程序或参数。对容器的运行状况进行实时监控和记录,及时发现并处理异常情况。定期维护:制定详细的维护计划和方案,定期对容器进行维护和保养。对容器的腐蚀、磨损等情况进行评估和处理,及时更换损坏或失效的部件<sup>[4]</sup>。安全附件管理:对容器的安全附件(如安全阀、压力表等)进行定期校验和调试,确保其准确性和可靠性。对安全附件的维修和更换进行记录和备案,以便追踪其使用情况。应急处理:制定详细的应急预案和处置措施,确保在容器发生事故时能够迅速、有

效地进行应急处理。定期组织应急演练和培训活动,提高操作人员的应急处理能力和安全意识。

### 3.4 安全管理与监督

安全管理与监督是确保压力容器安全运行的重要保障。通过建立健全的安全管理制度和监督机制,可以及时发现并处理潜在的安全隐患,提高容器的安全性和可靠性。具体措施:制定详细的安全管理制度和操作规程,明确各级人员的职责和权限。定期对安全管理制度进行修订和完善,以适应容器使用条件和环境的变化。加强安全培训和教育:定期组织操作人员和管理人员进行安全培训和教育,提高其专业技能和安全意识。引入先进的安全管理理念和技术手段,提高安全管理水平。实施安全监督:建立安全监督机制,对容器的使用、维护和保养等情况进行定期检查和评估。对发现的问题进行整改和处罚,确保各项安全措施得到有效落实。建立事故应急预案:制定详细的事故应急预案和处置措施,明确应急响应程序 and 责任人。定期组织应急演练和培训活动,提高应急处理能力和安全意识。

### 结束语

在深入探讨了压力容器安全附件的种类、功能及其在事故预防中的关键作用后,我们深刻认识到,加强安全附件的维护与管理,是确保压力容器安全运行的重要一环。通过全面分析压力容器事故的常见原因,提出了针对性的预防措施。未来,将继续致力于提升压力容器安全附件的可靠性,完善事故预防体系,为工业安全生产贡献更多力量。

### 参考文献

- [1]田原野.压力容器全寿命周期安全管理研究[J].造纸装备及材料,2024,53(01):51-53.
- [2]姜峰,李海龙.固定式压力容器安全附件的监督与管理研究[J].石化技术,2022,29(07):202-204.
- [3]管星星,冯斐斐.压力容器设计过程中的常见问题及防范对策[J].石化技术,2023,30(07):200-202.
- [4]都松江,张少标.气焊氧气瓶回火爆炸事故原因分析及预防研究[J].工业安全与环保,2019,45(5):51-54.