

# 化工压力容器设计及不安全因素分析

李 昭

湖南汉华京电清洁能源科技有限公司, 湖南 湘潭 411228

**[摘要]** 化工压力容器在工业生产中扮演着至关重要的角色, 然而, 由于容器设计的不安全因素可能带来严重的后果。因此, 进行合理的设计是确保容器安全运行的关键。文章将探讨化工压力容器设计的要求, 包括安全性、可靠性和可维护性, 并分析导致不安全因素的原因。通过深入理解这些要求和挑战, 我们能够提出创新的解决方案, 以确保化工压力容器在各种工况下保持高水平的安全性和可靠性, 从而保护人员的生命安全和环境的可持续发展。

**[关键词]** 化工压力容器; 设计; 不安全因素

DOI: 10.33142/sca.v6i5.9197

中图分类号: TH4

文献标识码: A

## Design of Chemical Pressure Vessels and Analysis of Unsafe Factors

LI Zhao

Hunan HIVA Science & Technology Clean Energy Technology Co., Ltd., Xiangtan, Hunan, 411228, China

**Abstract:** Chemical pressure vessels play a crucial role in industrial production, however, unsafe factors in vessel design may lead to serious consequences. Therefore, reasonable design is the key to ensuring the safe operation of the container. The article will explore the requirements for the design of chemical pressure vessels, including safety, reliability, and maintainability, and analyze the reasons for unsafe factors. By deeply understanding these requirements and challenges, we can propose innovative solutions to ensure that chemical pressure vessels maintain a high level of safety and reliability under various operating conditions, which protecting the safety of personnel and the sustainable development of the environment.

**Keywords:** chemical pressure vessels; design; unsafe factors

文章探讨了化工压力容器设计的要求和不安全因素分析。在设计过程中, 强调了安全性、可靠性和可维护性的重要性。针对安全性, 要确保强度充足、材料选择恰当。在可靠性方面, 需要优化结构设计和进行强度计算。而对于可维护性, 要考虑清洁和检查的便捷性。此外, 也阐述了不安全因素如强度不足、材料选择不当和连接、密封失效的影响。通过合理设计和措施, 可以提高化工压力容器的安全性, 保护人员和环境安全。

### 1 化工压力容器设计的要求

#### 1.1 安全性

安全性是化工压力容器设计的首要要求。在化工工业中, 压力容器承受着巨大的压力和温度, 同时还要抵御来自化学物质的腐蚀和侵蚀, 因此其设计必须具备高度的安全性。选择合适的材料至关重要。化工压力容器通常使用高强度、耐腐蚀的材料, 如不锈钢、镍合金和钛合金等。这些材料具备良好的耐压性和耐腐蚀性, 能够承受高压和有害化学物质的侵蚀, 从而保证容器的稳定性和安全性。其次, 容器必须具备足够的强度和刚度。通过工程计算和结构分析, 容器的结构应该能够承受预期的内部压力, 并能够抵抗外部因素和意外情况的影响, 如地震和爆炸。这包括适当的壁厚设计、合理的支撑结构以及增强件的应用, 以确保容器在任何工况下都能够保持完整和稳定。最后,

容器的连接和密封部分需要特别关注。连接点是容器的薄弱环节, 容易出现泄漏和破裂。因此, 设计中必须考虑合适的连接方式, 如焊接、螺纹连接或法兰连接, 并进行充分的检测和验证。同时, 密封件的选择和设计也至关重要, 以确保容器能够有效地防止有害物质的泄漏, 减少安全隐患<sup>[1]</sup>。

#### 1.2 可靠性

在长期运行过程中, 容器必须保持稳定的性能, 不发生失效或泄漏, 以确保人员和环境的安全。容器设计应经过严格的工程计算和结构分析。这包括确定适当的设计参数、考虑到工作条件和负载要求, 并进行强度和刚度验证。通过使用先进的计算方法和模拟技术, 可以评估容器在各种工况下的应力和变形情况, 以确保其结构稳定、安全可靠。其次, 容器的材料选择和制造工艺对可靠性至关重要。合适的材料选择应考虑其耐压性、耐腐蚀性以及抗疲劳性能。材料应符合相关的标准和规范, 经过严格的检验和测试。制造过程中, 应采用严格的质量控制措施, 确保容器的制造质量, 避免制造缺陷和结构不均匀性。再次, 容器的连接和密封部分需要特别关注, 以防止泄漏和漏出有害物质。连接点必须经过正确的安装和紧固, 同时进行适当的检测和验证。密封件的选择和设计应符合相关标准, 并进行定期检查和更换, 以确保密封性能和可靠性。最后, 定期的维护和检修对于容器的可靠性也至关重要。容器应

制定有效的检修计划,包括定期的检查、清洁和维护,以及必要时修复和更换部件。这将有助于发现潜在的问题和缺陷,并及时采取措施修复,以保持容器的稳定性和可靠性<sup>[2]</sup>。

### 1.3 可维护性

设计合理的可维护性可以确保容器在使用寿命内保持良好的状态,并且便于维修和检修,从而减少停产时间和降低维护成本。容器的内部设计应考虑到易于清洁和检查。容器内部应具备光滑、无死角的结构,以防止化学物质的积聚和腐蚀。同时内部表面的涂层和防腐处理应具备易清洁和耐腐蚀的特性,便于定期清理和维护。其次,容器的结构布局应合理。各个部件的排列应考虑到维修的便捷性,例如在设计时留有足够的操作空间和接触面积,以方便维护人员进行必要的操作和检查。此外,容器应配备易于拆卸和更换的附件,如法兰连接、快速接头等,以便于维修和更换部件。再次,容器的附件选择和设计也应注重可维护性。选用常见的标准件和规格,以便于采购和替换。并且附件的设计应符合工程实践和标准,以确保其可靠性和易于维护。例如,选择易于操作和调整的阀门和控制装置,方便对容器进行调试和维护。最后,定期的维护计划和检修记录对于容器的可维护性至关重要。容器应制定维护计划,明确维护的内容、周期和责任人,确保定期的维护工作得到执行。同时维护人员应进行详细的检修记录,包括维护日期、工作内容、使用的工具和材料等信息,以便于追踪和分析容器的维护历史,提高维护效率和质量。

## 2 化工压力容器设计导致的不安全因素

### 2.1 强度不足

在设计过程中忽略了应力和负载分析,容器的强度可能无法满足工作条件下的压力和温度要求。这可能导致容器的结构发生破裂、变形或塌陷,造成严重的事故和人员伤亡。强度不足问题可能源于多个方面。首先,设计中可能未正确估计容器所承受的内部和外部压力,并未考虑到温度变化、化学物质的腐蚀和侵蚀等因素。这样的设计缺陷会使容器无法承受预期的工况,增加了失效和泄漏的风险。其次,不合理的结构设计和材料选择也会导致强度不足。容器的壁厚、支撑结构、增强件等方面的设计必须符合相应的工程标准和规范,以确保足够的强度和刚度。而选择低强度或不适当的材料也会使容器在工作条件下易于发生变形、破裂或腐蚀,从而降低其承载能力和安全性。

### 2.2 材料选择不当

在设计过程中选择不适合的材料,容器可能面临腐蚀、侵蚀、疲劳和失效等问题,从而降低其耐久性,增加潜在的风险和危害。不当的材料选择可能有几个方面的原因。首先,可能是因为对容器内部介质的性质和特点了解不足,没有充分考虑到介质的化学性质、腐蚀性以及作用于材料上的温度和压力等因素。如果所选材料无法耐受介质的腐蚀或侵蚀,容器可能会发生损坏、泄漏或崩溃。其次,不

合理的材料选择可能涉及到容器的疲劳寿命。化工压力容器在循环载荷的作用下,会经历多次应力循环,而材料的疲劳性能则决定了容器的寿命。如果选用的材料不具备足够的抗疲劳性能,容器可能会发生疲劳失效,导致突然破裂和事故发生。最后,不适当的材料选择可能导致容器的机械性能不符合要求,如强度、刚度等。容器在工作条件下需要承受内部和外部的压力和载荷,如果材料强度不足或刚度不够,容器可能会发生变形、破裂或失效,带来严重的安全风险<sup>[3]</sup>。

### 2.3 连接和密封失效

如果连接点和密封部分的设计或安装存在问题,容器可能发生泄漏,导致有害物质外泄,危及人员和环境安全。连接点的设计和安装需要得到充分的重视。不恰当的连接方式或不正确的安装过程可能导致连接点强度不足、松动或变形。这样的连接失效可能会导致泄漏点的出现,容器无法有效地承受工作压力,增加了泄漏和破裂的风险。其次,密封部分的选择和设计也至关重要。密封件在化工压力容器起着关键的作用,用于防止有害物质的泄漏。不适当的密封件选择、设计不当或密封面的损坏可能导致密封失效,从而引发泄漏事故。密封件应选择耐腐蚀、耐高温和耐压的材料,并经过充分的测试和验证。另外,连接和密封部分的长期使用也需要考虑其耐久性和维护需求。容器在使用过程中会受到温度、压力和介质的变化,这可能导致连接点的松动、变形或磨损。定期检查和维护连接点和密封部分的紧固度、状态和完整性,及时更换磨损或老化的部件,是确保连接和密封性能的关键。

## 3 化工压力容器安全设计措施

### 3.1 强化材料选择与评估

正确选择和评估材料可以确保容器在工作条件下具备足够的耐压性、耐腐蚀性和耐疲劳性能,提高容器的耐久性和安全性。材料选择必须基于对容器内介质性质和工作条件的全面了解。这包括考虑介质的化学成分、温度、压力、PH值以及可能的腐蚀性和侵蚀性。根据介质特性,选择具有适当抗腐蚀能力的材料,如不锈钢、镍合金、钛合金等,以确保容器能够抵抗化学物质的侵蚀和腐蚀。同时材料的耐压性能也是关键。容器必须能够承受内部和外部压力的作用,因此材料选择必须考虑到预期的工作压力和温度。材料的强度和变形能力应足够满足这些要求,以确保容器在工作条件下不会发生变形、破裂或塌陷。此外,考虑材料的耐疲劳性能也是至关重要的。化工压力容器通常在循环载荷下运行,材料的疲劳性能直接影响容器的使用寿命。因此选择具有良好抗疲劳性能的材料,进行疲劳寿命评估和计算,以确保容器在长期运行中不会发生疲劳失效。最后,对于材料选择,必须进行全面的评估和验证。这包括参考相关标准和规范,对材料进行物理和化学性能测试,评估其力学性能、耐腐蚀性、抗疲劳性能等。材料

供应商的信誉和质量控制也需要考虑,确保所选材料的可靠性和一致性。

### 3.2 优化结构设计 with 强度计算

对容器的结构设计进行优化,并进行强度计算和分析,可以提高容器的稳定性和安全性。优化结构设计是确保容器能够承受预期工作条件下的压力和载荷的关键。结构设计应合理布局,考虑到容器内部和外部的力学要求,如壁厚、支撑结构和增强件的设计。合适的壁厚设计可以确保容器能够承受内部压力,并减少变形和应力集中的风险。支撑结构和增强件的设计可以提供容器所需的刚度和稳定性,抵御外部载荷和意外情况的影响。其次,进行强度计算和分析是验证容器设计的关键步骤。通过使用先进的工程计算和有限元分析等方法,对容器的强度进行评估。这包括确定容器在预期工作条件下的应力、应变和变形情况,以及评估是否满足强度和稳定性要求。强度计算还应考虑不同工况下的载荷和边界条件,如温度变化、地震或爆炸等外部因素,以确保容器的设计足够安全。并且结构设计和强度计算也需要遵循相关的标准和规范,而目前存在多个化工压力容器设计和制造的标准,如 ASME、EN、GB 等,这些标准提供了设计、计算和验收的准则。遵循这些标准可以确保容器设计满足行业要求,提高容器的安全性和可靠性<sup>[4]</sup>。

### 3.3 精细连接与密封设计

注重连接点和密封部分的选择、设计和安装,可以有效减少泄漏和外泄的风险,确保容器的安全性和可靠性。连接点的选择和设计至关重要。应根据容器的工作条件和要求选择合适的连接方式,如焊接、螺纹连接或法兰连接。每种连接方式都有其适用的场景和特点。连接点的设计应考虑到连接的强度和可靠性,确保连接处能够承受预期的压力和载荷。此外,连接点的安装过程也需要遵循正确的方法和步骤,以确保连接的紧固和稳固。其次,密封设计在化工压力容器起着关键作用。合适的密封设计能够有效防止化学物质的泄漏,确保容器的密封性能。密封件的选择应考虑介质的特性和工作条件,选择耐腐蚀、耐高温和耐压的密封材料。密封件的设计应充分考虑密封面的接触压力、密封力和松动力等因素,以确保良好的密封效果。同时,在安装密封件时,应确保适当的压力和紧固力,以避免过度压缩或不足压缩导致的泄漏问题。最后,定期检测和维护连接点和密封部分的状态也是确保容器安全的重要环节。定期检查连接点的紧固度和连接的完整性,发现并及时修复松动或损坏的连接。对密封部分进行定期检

查和更换,以确保其良好的密封性能。维护人员应接受培训,了解连接和密封部分的维护要求,并记录维护工作的详细信息。

### 3.4 关注安全性能相关要求

在化工压力容器的设计过程中,有几个与安全密切相关的要求需要特别关注。其中安全阀和压力释放装置是化工压力容器的关键安全设备,用于控制容器内部压力,并在超过安全限制时释放压力。在设计阶段,应根据容器的预期压力和工作条件选择适当的安全阀和压力释放装置,并确保其符合相关标准和规范的要求。安全阀的选型和安装位置应能够及时、可靠地释放过高的压力,以保护容器免受过载的风险。然后是考虑容器的紧急排放和排放路径设计。在某些情况下,容器需要进行紧急排放,以减轻压力和释放有害物质。在设计过程中,应合理设置排放口和排放路径,确保在紧急情况下能够安全地排放有害物质,避免危险事故的发生。同时应考虑环境因素和周围设施,以确保排放不会对人员和环境造成危害。最后是容器的标识和警示设计。容器应具备明确的标识和警示符号,以提醒人员注意容器的特殊性质和安全要求。标识和警示应包括容器的最大工作压力、温度范围、介质性质以及必要的操作和安全要求。这样可以增强人员对容器的认识和意识,确保容器得到正确的操作和维护。

## 4 结语

化工压力容器的安全设计是确保人员和环境安全的重要措施。通过强化材料选择、优化结构设计、精细连接与密封设计,以及考虑与设计相关的要求,我们可以最大程度地降低容器的不安全因素,确保容器在工作过程中具备稳定性和可靠性。只有注重安全设计,才能有效预防事故发生,保护人员和环境的安全。

### [参考文献]

- [1]郑顺城. 化工压力容器设计及不安全因素的研究[J]. 化工管理, 2022(26): 138-140.
  - [2]杨丽霞,王春霞. 化工压力容器设计及不安全因素分析[J]. 化工管理, 2022(24): 134-136.
  - [3]陆维松. 化工压力容器设计及不安全因素的探析[J]. 科技视界, 2021(22): 178-179.
  - [4]郭云峰. 关于化工压力容器设计及不安全因素的思考[J]. 中小企业管理与科技(下旬刊), 2021(8): 152-153.
- 作者简介: 李昭(1994.7—),女,专业方向: 化工机械及设备;单位名称: 湖南汉华京电清洁能源科技有限公司,毕业学校: 陕西科技大学(过程装备及控制工程)。