

压力管道监督检验耐压试验研究与分析

寇小平（山西省检验检测中心（山西省标准计量技术研究院），山西 太原 030006）

摘要：压力管道作为工业生产中的重要组成部分，其安全运行直接关系到企业的安全生产和人民群众的生命财产安全。压力管道通过一定的压力输送气、液体等介质，这些介质往往具有高压、强腐蚀、有毒或易燃易爆等特点，一旦发生泄漏或破裂，将可能引发重大灾难。因此，对压力管道的安装、运行和维护进行全面监督检验，特别是进行耐压试验，是确保管道安全运行的必要手段。本文将对压力管道监督检验过程中的耐压试验进行研究分析，旨在为压力管道使用单位、施工单位及检验人员提供借鉴，使得管道系统稳定安全的运行，从而保障人民的生命财产和人身安全。

关键词：压力管道；监督检验；耐压试验；研究分析

0 引言

压力管道的监督检验工作是保障管道安全运行的基石，也是特种设备安全法的明确规定，只有经过监督检验的管道，才能合法、安全的运行。其核心在于确保管道的承压强度和密封性达到规定标准。耐压试验作为这一过程中的关键环节，扮演着至关重要的角色。通过施加高于正常工作压力的试验压力，耐压试验能够全面检测管道系统是否存在潜在缺陷，这一过程不仅是对管道承压能力的直接验证，更是对焊接质量的深度考量。只有经过严格耐压试验的压力管道，才能确保其在实际运行中具备足够的安全裕量，有效预防事故的发生，保障生产安全及人民生命财产安全。

1 压力管道耐压试验的重要性

1.1 验证管道强度

压力管道在运行过程中需承受内部介质的压力，耐压试验能有效验证管道的强度是否满足设计和使用要求。通过向管道内施加高于正常工作压力的试验压力，模拟管道在极端工况下的受力状态，可直观检测管道材料、焊缝及连接部位等是否存在强度不足的问题。若管道强度不达标，在实际运行中可能因无法承受介质压力而发生破裂，导致介质泄漏，引发安全事故，造成人员伤亡和财产损失。因此，耐压试验能提前发现潜在的强度隐患，确保管道在投入使用后具备足够的强度，保障其安全稳定运行。

1.2 检验管道密封性

管道的密封性对于防止介质泄漏至关重要。耐压试验过程中，在一定压力作用下，若管道存在密封不良的部位，如法兰连接处、阀门密封处等，介质就会从这些薄弱点泄漏出来。通过观察是否有泄漏现象，可以准确判断管道的密封性是否符合标准。一旦管道

在运行中发生泄漏，不仅会浪费资源、污染环境，还可能引发火灾、爆炸等严重后果。耐压试验能够及时发现并修复密封问题，保证管道在运行过程中介质传输的安全和高效，避免因泄漏带来的一系列危害。

1.3 确保管道系统整体可靠性

压力管道系统通常是一个复杂的整体，由多个部件和环节组成。耐压试验是对整个管道系统的综合性检验，涵盖了管道本体、管件、阀门、支吊架等各个部分。通过耐压试验，可以全面评估管道系统在压力作用下的协同工作能力和整体性能。只有当整个系统的各个部分都能在规定压力下正常工作，且相互配合良好，才能确保管道系统的可靠运行。耐压试验能够发现系统中可能存在的不协调因素或潜在故障点，为管道系统的安全运行提供有力保障，是保证工业生产和生活供应顺利进行的重要环节。

2 压力管道监督检验中耐压试验的相关标准与规范

2.1 国内现行的相关标准和规范

在国内，压力管道监督检验中的耐压试验有着一系列严格且详细的标准与规范。《压力管道安全技术监察规程——工业管道》（TSG D0001）是重要依据之一，它对耐压试验的适用范围、试验压力的确定方法、试验介质的选用等方面都作出了明确规定。例如，试验压力一般需根据设计压力和相关系数进行计算，以确保试验的安全性和有效性。同时，相关的国家标准如 GB/T 20801《压力管道规范 工业管道》也对耐压试验的具体操作流程和合格判定标准等进行了细化。这些标准规范强调了试验前管道系统的检查、试验过程中的安全防护以及试验后的结果记录与报告等要求，旨在通过严格的程序和标准，保证压力管道在耐

压试验环节的质量，为管道的安全运行提供可靠保障。

2.2 国际上常用的标准和规范

国际上，压力管道耐压试验也有被广泛认可的标准和规范。比如美国机械工程师协会（ASME）制定的 ASME B31 系列标准，其中不同的分册针对不同类型的管道系统，详细规定了耐压试验的各项要求。ASME 标准注重从管道材料特性、设计参数以及实际运行工况等多方面综合考虑试验条件。欧洲的 EN 标准同样在国际上具有重要影响力，其对耐压试验的规定侧重于管道系统的完整性和可靠性评估。这些国际标准规范为全球范围内的压力管道耐压试验提供了统一的参考和指导，促进了不同国家和地区之间在压力管道技术和安全管理方面的交流与合作，有助于提升压力管道行业的整体水平。

3 耐压试验过程中应注意的问题分析

3.1 耐压试验方法的确定

一般的工业管道压力试验采用液压试验，或者按照设计文件的规定进行气压试验。如果不能进行液压试验，经过设计单位同意可采用气压试验或者液压-气压试验代替。当业主或设计者认为液压和气压试验都不切实际时，则可以采用标准规定的免除（或替代）办法。一般冬季气温较低，采用液压试验时应优先考虑气温，或者采取相应的保护措施。当现场确实出现问题时，应积极与设计单位沟通，从而重新确定压力试验方法。当现场确实无法进行压力试验，应该满足相应标准的条款，进而免除压力试验，设计单位应进行书面的确认。

3.2 耐压试验压力值的确定及压力表的选定

工业管道液压试验压力一般不得低于 1.5 倍设计压力，设计温度高于试验温度时，应该考虑温度系数，对应的管子许用应力查询 GB/T20801。管道与容器作为一个系统时，液压试验应符合相关标准规定。承受内压的金属管道，气压试验压力不低于 1.15 倍设计压力。试验用压力表应经过校验，精度不得低于 1.6 级，量程应为最大试验压力的 1.5 倍至 2 倍。使用的压力表不得少于 2 块，其中 1 块压力表安装于液位最高点，且以安装于液位最高点的压力表读数为准。

燃气管道的压力试验值应该根据管道材质，设计压力，试验介质的不同才确定试验压力的数值。压力试验环境温度不宜低于 5℃，低于这个读数时，应采取防冻措施。

GB/T38942-2020 表 31 对不同管道类型，不同设计压力，不同试验介质，试验压力是不同系数的设计

压力，且要满足最小试验压力。当 $P > 0.8\text{MPa}$ 时，现场条件不满足水压试验时，经建设单位与设计单位书面同意，也可用气压试验代替水压试验，但应具备 GB50251-2015 中表 10.2.3 中的各项条件。

燃气管道的严密性试验是必须要做的，但是不同标准对泄露试验压力值有不同的规定，例如 GB/T38942-2020 条款 7.3.2.7 小于 2.5MPa，试验压力为设计压力的 1.15 倍，大于等于其数值的为设计压力。而 GB/T51455-2023 这个施工验收规范，中压及以上管道严密性试验压力为设计压力，这两个数值不一样，设计单位给出压力实验参数时，应明确严密性试验压力具体数值。

3.3 泄露试验的选定

输送极度危害、高度危害流体以及可燃流体的工业管道应当按照相关标准的规定进行泄露试验。设计文件应该明确规定管道是否应该进行泄露试验。泄露试验应该在耐压试验合格后进行，试验介质宜采用空气，也可以按照设计文件或者相关标准的规定，采用卤素、氦气、氨气或者其他敏感气体进行较低试验压力的敏感性泄露试验。试验压力应不小于 105kPa 或 25% 设计压力（取较小值）。

3.4 免除压力试验的确定

由于现场安装环境的变化，许多管道与设备相连，中间还无法隔断，使得管道的压力试验无法正常进行，这种情况下建设单位需与设计单位和检验人员沟通，看是否可以免除压力试验。相关标准对压力试验的免除有规定，条件也比较苛刻。例如 GB/T20801-2020 条款 9.1.7 列出了免除压力试验的三个条件，所有的对接焊缝应进行 100% 射线检测或 100% 超声波检测；未进行上述检测的焊接接头，应进行 100% 的磁粉或渗透检测。管道还应进行柔性分析，这个工作设计单位应该给出明确说明。还应按条款 9.2.1a 进行敏感性泄露试验，只有把相关标准的要求全部达到，管道系统才可以免除压力试验。作为检验人员。压力试验作为监督检验唯一的 A 类项目，应尽可能的对压力试验进行现场监督检验。一旦设计明确要求免除压力试验，检验人员应仔细审查免除压力的条件，看是否满足相关条款。

对于公用管道，GB/T38942-2020 中的热力管道，条款 7.4.2.3c，强调不具备强度试验条件的管道焊缝，应进行 100% 无损检测。热力管道本身的特殊性，使得管道的强度试验无法进行，这种情况应进行 100% 无损检测，方可不进行压力试验。不同的管道免除压力试验条件不同，要根据现场实际情况确定免除条件。

4 压力管道监督检验耐压试验关键点

4.1 试验压力的精确定义

试验压力的确定是压力管道耐压试验的关键要点之一。准确的试验压力能真实反映管道系统的承压能力，保障管道运行安全。试验压力需依据管道的设计压力、材料特性、工作温度等多因素综合计算。一般来说，要考虑设计压力与试验压力的合理比例关系，不同材质和规格的管道，其比例可能有所不同。例如，对于一些高压、高温工况下的管道，需充分考虑温度对材料性能的影响，适当调整试验压力。同时，还应参考相关标准规范，确保计算结果符合要求。若试验压力过高，可能导致管道过度变形甚至损坏；若试验压力过低，则无法有效检验管道的强度和密封性，留下安全隐患。因此，在确定试验压力时，必须严谨细致，充分考虑各种因素，以保证试验结果的准确性和可靠性。

4.2 试验介质的合理选择

选择合适的试验介质对于耐压试验至关重要。常用的试验介质包括水、空气、氮气等，不同介质具有不同的特性和适用范围。水作为试验介质，具有不可压缩性，能更直观地检测出管道的泄漏情况，且对环境相对友好，但对于一些忌水的管道或系统，水可能会造成腐蚀或其他损害。空气和氮气等气体介质具有可压缩性，在试验过程中需特别注意安全风险，防止因压力波动引发意外。选择试验介质时，要综合考虑管道的材质、输送介质、工作环境等因素。例如，对于输送易燃易爆介质的管道，应优先选用氮气等惰性气体作为试验介质，避免使用空气，以防止形成可燃混合气体，引发安全事故。同时，还需确保试验介质的质量符合要求，避免杂质对管道造成损伤。

4.3 安全风险的有效防控

耐压试验过程中存在多种安全风险，如超压、泄漏、爆炸等，必须采取有效的防控措施。在试验前，要对管道系统进行全面检查，确保各连接部位牢固可靠，阀门开闭状态正确。同时，制定详细的安全应急预案，明确应急处置流程和人员职责。试验过程中，严格控制升压速度，避免压力突变对管道造成冲击。设置安全监测装置，实时监测压力、温度等参数，一旦出现异常情况，立即停止试验并采取相应措施。对于可能发生泄漏的部位，要安排专人进行巡查，及时发现并处理泄漏问题。此外，还应在试验现场设置警示标识，限制无关人员进入，确保试验过程的安全。

4.4 试验结果的准确评估

准确评估试验结果是耐压试验的重要环节。试验

结束后，要依据相关标准规范和试验方案，对试验数据和现象进行综合分析。合格判定标准应明确具体，包括管道有无变形、泄漏等情况，压力降是否在允许范围内等。对于出现的不合格情况，要进行深入分析，找出原因并制定整改措施。例如，若发现管道存在泄漏点，需确定泄漏位置和原因，是焊接缺陷、密封不良还是其他问题，然后进行针对性修复。整改后，应重新进行试验，直至试验结果符合要求。同时，要做好试验数据的记录和报告工作，记录内容应详细、准确，为管道的后续使用和维护提供参考依据。

5 结束语

综上所述，压力管道监督检验中的耐压试验是保障管道安全运行的关键环节。压力试验也是监督检验过程中最难把控的点，现场环境的多样性，使得压力试验所选的介质，试验数值都不同，只有根据现场实际情况灵活应用相关标准，才能满足条件。压力试验可以说是检验整个管道系统安全性的最后屏障，检验人员应该引起特别的重视。通过对试验相关标准与规范的遵循、关键要点的把控以及提高试验质量措施的实施，能有效检测管道的强度和密封性，及时发现潜在安全隐患。然而，随着管道技术的发展和应用场景的多样化，耐压试验仍面临新的挑战，需要持续深入研究。未来，应进一步完善试验标准，探索更先进的试验技术和方法，加强人员培训，不断提升耐压试验的科学性和准确性，为压力管道的安全可靠运行提供更坚实的保障，确保工业生产和社会生活的稳定有序。

参考文献：

- [1] 李文波, 张宝安, 冯金奎, 等. 压力管道监督检验耐压试验研究与分析 [J]. 中国特种设备安全, 2024, 40(09):19-22.
- [2] 魏国庆. 压力管道安装的监督检验研究 [J]. 造纸装备及材料, 2023, 52(12):61-63.
- [3] 王克刚, 王靖虎. 锅炉压力容器压力管道检验中的裂纹问题 [J]. 中国设备工程, 2022, (06):164-165.
- [4] 侍毅. 液化气站压力管道定期检验过程中发现的问题及建议 [J]. 焊管, 2022, 45(01):60-64.
- [5] 王靖虎, 王克刚. 压力管道检验中发现的缺陷原因分析及处理 [J]. 化工管理, 2021, (35):126-127.
- [6] 李威. 压力管道安装监督检验的问题探讨 [J]. 中国设备工程, 2021, (10):145-146.
- [7] 吴冬. 压力管道安装监督检验问题与处置方式研究 [J]. 化工管理, 2019, (32):143.