

天然气站场压力容器及管道作业安全对策研究

吴 瑜（贵州燃气集团股份有限公司，贵州 贵阳 550001）

摘 要：天然气站场中的压力容器与管道的安全问题始终是业界焦点。在天然气站场的运营环境中，压力容器与管道作为关键设施，面临着泄漏、爆炸及有害气体逸散等重大安全挑战。为了确保天然气站场的压力容器与管道运行的安全性，必须对潜在的安全隐患进行识别，并实施精准的安全防控策略。基于此，本文针对性地提出了有效的安全管控策略。不仅深化了对天然气站场设备操作风险的理解，更为实际的输气站场在制定作业规程时提供了宝贵的指导意义，从而对提升站场设备的安全运行效率与可靠性具有重要的参考价值。

关键词：天然气站场；压力容器；管道作业；安全对策

0 引言

在常规的长距离输送天然气站点，为了扩大天然气的储存容量，通常采用低温技术以液态形式保存天然气。液态天然气在接触热量时会转化为气态。在液态状态下，天然气对低温加压装置及输送管道的性能有严格的要求，这往往伴随着较高的安全挑战。长距离输送的天然气输气站拥有众多站点且分布于偏远地区，伴随巨大的运维任务，运行过程中的风险时常出现，这不仅干扰了天然气输气站的常规运作。在执行容器及管道作业时，操作环境通常伴随高风险，包括易燃性、爆炸可能性以及窒息威胁。若安全规程未能充分落实，即使稍有疏

忽、麻痹大意，都可能导致严重的后果，诸如窒息、爆炸与火灾的发生。本文从技术层面着手，重点研究探讨压力容器与管道作业的安全防护策略，旨在有效降低潜在风险，全面消除安全隐患。

1 天然气站场压力容器及管道安全管理

1.1 火源防控

作为易燃易爆的气体，天然气在压力容器与管道的安全防护体系中，火源控制不仅是关键步骤，更是核心要素。在实践中，火源防控主要被细分为机械火源、电气火源和化学火源三个关键类型。针对这些不同类型的火源，可采取以下策略进行有效控制：

首先，机械火源来自于金属间的磨擦或材料磨擦，此类火源应着重于作业环境与操作规程两个维度进行考量。应采用防爆工具，要确保常有撞击与滑动的组件由非金属材料制成，还需妥善处理冷却、润滑及分隔等环节，这三种策略既能单独运用，也可协同作用。

其次，电气火源就是控制因电气造成的火源，其防护主要从作业目标与方式出发，一为人体和工具所释放的静电，二为设备接地良好，且操作气体的介质

流速被控制在 5m/s 以下。

最后，化学火源通常源自于作业过程中生成的可燃或爆炸性气体及物质，其管理需基于具体站场环境条件进行细致考量。针对化学火源，可采取湿式作业与应用化学试剂等策略以有效地消除自燃物质。

1.2 置换吹扫

置换吹扫主要目标是防止天然气与空气的混合，以预防潜在的爆炸性环境的形成，确保系统的安全运行。置换吹扫主要涉及三种技术手段。

①大气压稀释置换。通过在一端引入氮气，系统内的空气及其它气体被置换至另一端，并在大气压力的驱动下，这一过程实现系统的清洁，气体被排至外部大气。然而，该方法存在局限性，无法在所有局部区域实现全面的气体置换。此操作仅需执行一次，或重复若干次，即可有效实现系统内气体与氮气的混合过程。

②压力循环置换法。通过在一端引入氮气，可以驱动系统内部压力达到容器与管道的最大承受限度。在此过程中，原有的空气及其它气体将与氮气混合，并经由系统的另一端排放至大气环境。这一操作借助于氮气压力高于外部大气的条件，实现了循环性的清洗和置换。然而，此方法的局限性在于它要求较高的置换介质用量，伴随着繁复的操作流程，整体显得较为复杂。

③正反向置换。在执行容器和管道的正反置换操作时，确保天然气的浓度始终保持在爆炸下限以下是至关重要的一步，这有助于安全且高效地完成置换工作。

1.3 提升通风系统

在天然气站场内，因存在较高浓度的易燃易爆气体（较之于室外环境），确保通风设备的合理配置与

高效运作显得尤为重要。为此，必须强化阀室的通风系统，以提升其通风效能，有效降低潜在的安全风险。

1.4 站场监控策略

为了确保天然气站场的安全运行，应实施一系列先进的监测策略，包括但不限于安装并利用精密的监测设备，以实现压力容器及管道状态的持续监控。首先，实施固定式可燃气体检测仪的部署，以实现站场区域内可燃气体的即时监测，并配套设置连锁报警系统。其次，便携式单气体探测器设计用于伴随工作人员活动，辅助其监控可燃气体浓度。一旦检测到的气体浓度超过安全阈值，设备将自动激活报警机制，以即时提醒潜在危险。最后，应用可燃气体检测仪器，其核心功能在于能够执行单一检测点的数据收集与远程传输任务。通过这一配置，用户能够即时获取到目标区域内的可燃气体浓度信息，从而实现了高效、实时的气体含量监控。

1.5 完善安全管理制度

安全管理制度不仅需要全面覆盖并严格遵循适用的法律法规、行业标准与规范，还应明确制定出压力容器与管道操作的具体安全准则及其详细的执行流程，以确保操作过程中的安全性和合规性。此外，安全管理制度还应严格规定作业人员的资质标准，包括要求具备特定的专业技术资格和接受必要的培训与认证。这一举措旨在确保每位参与任务的人员不仅掌握必需的技术技能，更能树立强烈的安全意识，从而在实际操作中有效预防和应对潜在风险，保障整个项目的顺利进行和人员的安全。

此外，安全管理制度应明确规定每位作业人员的具体角色、职责及权限，细化各职位的职能分配，以确保所有作业人员皆能遵循既定的流程与标准执行任务。此外，安全管理制度应涵盖安全教育培训环节，明确设定作业人员的安全培训方案及其具体内容。这应包括但不限于安全操作指引、紧急情况应对策略等培训项目，以确保所有参与作业的人员掌握必需的安全知识与技巧。

1.6 规范作业人员资质审核

为了确保作业的高效与安全执行，作业人员需拥有相应的专业背景知识及技术能力，并且必须通过严谨的培训与评估过程。首先，执行人员需掌握必要的专业素养与技术能力，这涵盖对压力容器与管线的构造、特性以及安全操作规范的详尽认知。为了确保全面的理解与应用，他们应深入掌握不同类型压力容器

及管道的独特属性，并熟悉在实际操作过程中可能遭遇的各类情形及其相应的解决策略。其次，作业人员必须接受严格的培训与评估过程。在招聘及培训阶段，企业需进行全面的考核与评价，以确信员工掌握所需的专业知识与技能。完成培训后，作业人员需经相关考核并获取相应的资质证书，方具备上岗资格。

1.7 加强安全培训与教育

为了增强作业人员对于安全风险的认知与应对策略，他们应深入掌握压力容器及管道的结构特性、运作机制以及安全操作规范。采用模拟真实工作环境的操作技能培训方法，显著提升了作业人员处理紧急状况的能力，同时强化了他们的安全意识与自我防护技能。通过培训可以有效增强作业人员的心理韧性，使其在复杂多变的工作环境中保持冷静，做出更加明智和有效的决策。实施全面的安全培训与教育计划，能显著提升作业人员的安全意识与操作能力，从而有效减少天然气站场中压力容器及管道作业所面临的安全隐患，确保作业人员的生命安全以及设备的稳定运行。

1.8 优化事故处理与应急预案

事故应对与应急策略的制定是至关重要的环节。首先，对于压力容器操作过程中潜在的事故，必须构建一套全面且高效的应急处置及预案体系。此方面涉及对各种潜在事故的解析与预估，确立相应的应急策略及应对举措。此外，必须构建一套完善的事故汇报与档案系统，确保能即时记载并通报各类事故信息。此举旨在为事故原因的深入剖析及明确责任归属提供有力支持。

其次，在管道作业的安全管理中，构建有效的事故应对机制与应急计划至关重要。在管道作业过程中，潜在的事故主要包括泄漏与爆炸，鉴于此风险，应构建一套完善的事故应对机制及应急预案。应强化管道的安全监控与定期检查机制，以高效识别并应对潜在的安全问题，从而显著降低事故发生的风险。在事故处理及应急预案的构建过程中，至关重要的一环是明晰各级人员的职责与责任，并且建立一套完善的应急指挥体系。针对各类事故，应制定专门的应对流程与紧急对策，以确保一旦发生事故，能实现快速、高效的处理及救援行动。

最终，应规划并执行定期的事故应急预案演练，以显著提升作业人员在紧急情况下的应对处置能力和适应性。借助于构建及演练模拟的真实事故情境，我们旨在全面评估与优化应急预案的实用性和效能。此

过程不仅能够迅速识别出潜在的缺陷与不足，还提供了宝贵的实践机会，以增强对复杂事故处理的应对能力，显著提升响应的效率与决策的精确度。

2 针对压力容器作业的安全对策

2.1 严控压力容器设计与选型

设计压力容器时，必须遵循国家制定的相关标准与规范，以确保其在所有运行条件下均能实现安全且可靠的性能。压力容器的种类应依据其应用环境、工艺流程、所承载介质的特性以及工作时的压力水平等多方面因素进行精心选择与设计，以确保其在特定场景下的高效安全运行。此外，容器的制造工艺与质量控制是不容忽视的关键因素，因此应优先选择那些享有良好声誉、并能提供可靠质量保证的制造商及其产品。在设计之初，应全面规划并妥善配置容器的安全防护措施，包括安全阀、泄压装置和防爆装置等关键安全设施，以确保系统在异常情况下的有效保护。同时，需精心考虑容器的日常维护需求，包括检修、清洗等操作的便利性，在设计选型阶段全面考量相关要素，是确保压力容器于实际运作中实现安全稳定性能，有效预防事故发生的关键所在。

2.2 实施定期检测与维护

在周期性检验过程中，必须对压力容器实施全面评估，包括外部和外部检查。具体而言，这涉及到容器壁腐蚀状况的审视、焊接接头质量的鉴定、阀门以及安全附件功能运作的有效性核查等多个关键环节。以确保压力容器的安全可靠运行，预防潜在的故障与风险。此外，必须执行压力容器的压力试验，以验证其能够满足设计规范中对承压能力的要求。在检查过程中，若发现任何问题，应立即采取维护与修复措施，以预防潜在的安全风险。确定适当的检测周期。每年应至少执行一次在线检测程序。特别地，应强化对中高风险或中等级别风险管段的监测力度，确保每年对此类管段进行至少一次的全面检查。对于风险评估较低的管段，建议在进行整体系统检查时一并实施检验程序。

3 针对管道作业的安全对策

3.1 管道安全监测与检查

管道的安全运作是确保天然气站场整体安全性不可或缺的关键环节。为了确保管道系统的安全与效能，必须执行全面而系统的检测工作。此过程应涵盖管道的外部与内部状态评估，具体包括腐蚀状况评估、密封性检验以及支架稳定性评估。此外，执行管道的压

力试验是必要的步骤，旨在验证其在承压条件下的稳定性与耐受性。在检测过程中，若识别到管道存在任何问题，应立即实施维护与修复措施，以保障管道的稳定与安全运作。在实施定期的检测与维护时，应严格遵循既定的标准与规程，以保障检测过程的精确度与可信度。此外，应构建一套全面的记录与档案系统，确保检测结果能够即时存档并进行深入分析，以供将来查阅及进一步研究之用。

3.2 管道防腐蚀管理

在材料的选择过程中，应首推具备优良耐腐蚀性的材质，例如不锈钢与镀锌钢，以确保长期稳定性和耐用性。在施工阶段，必须严格遵循相应的行业标准与技术规范，以确保防腐涂层既均匀又稳固地覆盖于管道之上。实施定期的管道表面腐蚀检测措施，以迅速识别并妥善处理腐蚀部位，有效遏制腐蚀现象的蔓延与恶化，进而保护管道免受进一步的损害。此外，应实施定期的防腐涂层维护与修复工作，以确保其持续有效的防护性能。

此外，为了预腐蚀现象，在管道及其周围环境实施一系列防护措施是必要的。针对地下敷设的管线，强化土壤的防护以抵抗腐蚀是必要的策略。这可通过施用防腐涂层或实施包裹防腐技术来实现。针对裸露于大气环境中的管道系统，强化对其周边环境的监控与治理策略显得尤为重要。此举旨在有效预防化学试剂或气象条件对管道结构的侵蚀作用，确保管道防腐蚀管理机制健全且制定有效的应急响应计划，是至关重要的。制定详尽的防腐蚀管理体系，清晰界定责任部门与责任人，以确保防腐蚀措施得以有效执行与持续优化。

4 结语

天然气站场中的压力容器与管道在实际运行过程中，面临着严峻挑战，实施精确的安全控制策略至关重要。这不仅要求持续优化并强化安全管理规程，提升作业人员的安全意识与专业技能，还应加强压力容器与管道的安全监控与管理力度，确保天然气站场的压力容器及管道运行安全，为我国天然气产业的稳健发展奠定更为稳固的基础。

参考文献：

- [1] 谢遂京. 天然气站场压力容器及管道作业安全措施[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(12): 39-41.
- [2] 陈宇, 张柳海. 长输天然气站场压力容器及管道作业安全控制措施[J]. 清洗世界, 2022, 38(02): 193-195.