

码头储运液体化工品至仓储罐区的工艺安全风险管理研究

郑东旭（中化连云港石化码头有限公司，江苏 连云港 222065）

摘要：液体化工品从码头储运至仓储罐区的工艺安全风险管理，不仅可以确保液体化工品转运的安全性，还能有效解决液体化工品在转运过程中可能出现的计量纠纷问题。液体化工品储运过程中存在着一系列的安全风险，包括易燃易爆等危险性。为了保证液体化工品的安全转运，需要进行严格的工艺安全风险管理。因此对其开展研究，总结出有效的管理措施和策略，以提高液体化工品储运过程的安全性。

关键词：液体化工品；码头储运；仓储罐区；工艺安全；风险管理

通过调查可知我国液体化工品码头自建立以来，大大小小发生过多起安全事故，其中液体化学品事故发生概率约占 50% 左右，液化气体发生事故的概率约占 30% 左右，固体化学品事故发生的概率约占 20% 左右，所以液体化工品的安全事故发生概率最大，进而研究液体化工品从码头储运至仓储罐区的工艺安全风险管理，具有重要意义。

1 液体化工品从码头储运至仓储罐区的工艺流程

液体化工品从码头储运至仓储罐区的工艺流程主要分为卸船进罐、装船、船舶直取、吹扫作业四项内容：①卸船进罐：该流程主要通过利用装载液体化工品船只上的卸船泵，通过装卸管道将液体化工品输送至罐区的相应储罐当中，从而储存液体化工品；②装船：装船作业则是通过利用存储罐区内的液体化工品装船泵，将储罐中的液体化工品从罐区通过管道输送至船舱内；③船舶直取：由于船只巷道与码头吨级的差异性，大型船只装载的液体化工品想要运输到小船当中，就需要进行转运操作，或者利用大型船只上的卸船泵，利用船只泊位间的转运管道将液体化工品输送至小船当中，实现转运的目的；④吹扫作业：装卸船完成后，利用压缩空气或惰性气体等介质，将装卸的机械臂或输送管道中的残留液体化工品进行扫线，将残留液体化工品扫向船舶。

2 液体化工品码头储运工艺安全管理

2.1 工艺安全信息管理

①收集和整理液体化工品的工艺安全信息，包括物理参数、反应条件、危险性评估等；②建立工艺安全信息数据库，确保信息的准确性和及时性；③向相关人员提供工艺安全信息，包括操作人员、维护人员和应急救援人员等。

2.2 工艺危害分析

①进行工艺危害分析，识别潜在的危险源和风险

点；②使用工具和方法，如 HAZOP（危险与可操作性研究）、保护层分析（LOPA）、JHA（工作危害分析）等，对工艺进行系统性的分析和评估；③确定危害的可能性和严重程度，制定相应的控制措施和应急预案。

2.3 工艺及设备变更管理

①变更需求识别：识别和确定需要进行工艺、设备变更的原因和目的，可以是为了提高生产效率、降低成本、改善产品质量等；②变更影响评估：对工艺、设备变更进行全面的影响评估，包括安全性、可靠性、操作性、环境影响等方面。评估变更可能引起的风险和危害，确定相应的控制措施和应急预案；③变更方案制定：制定详细的工艺、设备变更方案，包括变更的具体步骤、时间计划、资源需求等，确保变更方案符合安全要求；④变更审批和执行：根据变更管理程序，进行变更的审批和执行。确定变更的责任人和执行时间，确保变更顺利；⑤变更验证：对工艺、设备变更进行验证，确保变更达到预期效果并符合要求，变更后工艺流程、设备的测试和监测，验证变更是否成功实施。

2.4 安全操作规程和标准

①制定详细的安全操作规程和标准，明确操作步骤和安全要求；②根据工艺危害分析的结果，制定相应的操作控制措施，如操作程序等；③定期审查和更新安全操作规程和标准，以适应工艺变化和安全需求的变化。

2.5 DCS 系统和 SIS 系统管理

2.5.1 DCS 系统管理

①确保 DCS 系统的正常运行和可靠性，包括硬件设备、软件程序和通信网络等；②定期进行 DCS 系统的维护和升级，确保其与液体化工品储运过程的紧密配合；③设定合理的报警和监控参数，及时发现异常情况并采取相应的措施；④对 DCS 系统进行备份和恢

复管理，以防止数据丢失和系统故障。

2.5.2 SIS 系统管理

①确保 SIS 系统的可靠性和安全性，包括安全仪表设备、逻辑控制器和执行器等；②定期进行 SIS 系统的检查和测试，确保其符合相关的安全标准和规范；③设定合理的安全仪表参数和逻辑控制策略，确保在发生危险情况时能够及时采取安全措施；④对 SIS 系统进行备份和恢复管理，以确保其可靠性和连续性。

3 液体化工品仓储罐区工艺安全管理

3.1 工艺流程设计和优化

①确定液体化工品仓储罐区的工艺流程，包括液体的进出、储存、转运等环节；②设计合理的工艺流程，考虑安全性、环保性、经济性等因素；③优化工艺流程，提高生产效率、降低风险和成本。

3.2 工艺安全信息管理

①收集和整理液体化工品的工艺安全信息，包括物料危害性、工艺设计基础信息、设备设计基础信息等；②建立工艺安全信息数据库，确保信息的准确性和及时性；③向相关人员提供工艺安全信息，包括操作人员、维护人员和应急救援人员等；④建立重大危险源的工艺安全信息，对重大危险源进行专项安全评估，独立建档。

3.3 工艺危害分析

①进行工艺危害分析，识别潜在的危险源和风险点；②使用工具和方法，如 HAZOP（危险与可操作性研究）、保护层分析（LOPA）、JHA（工作危害分析）等，对工艺进行系统性的分析和评估，需要关注设计阶段进行的工艺危害分析结论、建议、措施落实情况；③确定危害的可能性和严重程度，制定相应的控制措施和应急预案；④对重大危险源的储存、输送等过程中可能存在的危险源进行全面的分析和评估，以确定可能导致事故和灾害的工艺危害，并采取相应的控制措施。

3.4 工艺及设备变更管理

①变更需求识别：识别和确定需要进行工艺、设备变更的原因和目的，如为了提高本质安全水平、提高生产效率、降低成本、改善产品质量等。②变更影响评估：对工艺、设备变更进行全面的影响评估，包括安全性、可靠性、操作性、环境影响等方面。评估变更可能引起的风险和危害，确定相应的控制措施和应急预案。③变更方案制定：制定详细的工艺、设备变更方案，包括变更的具体步骤、时间计划、资源需求等。确保变更方案符合安全要求。④变更审批和执行：根据变更管理程序，进行变更的审批和执行。确

定变更的责任人和执行时间，确保变更的顺利进行。

⑤变更验证：对工艺、设备变更进行验证，确保变更达到预期效果并符合要求，变更后工艺流程、设备的测试和监测，验证变更是否成功实施。

3.5 安全操作规程和标准

①制定详细的安全操作规程和标准，明确操作步骤和安全要求；②根据工艺危害分析的结果，制定相应的操作控制措施，如操作程序等；③定期审查和更新安全操作规程和标准，以适应工艺变化和安全需求的变化。

3.6 DCS 系统和 SIS 系统管理

3.6.1 DCS 系统管理

①确保 DCS 系统的正常运行和可靠性，包括硬件设备、软件程序和通信网络等；②定期进行 DCS 系统的维护和升级，确保其与液体化工品储运过程的紧密配合；③设定合理的报警和监控参数，及时发现异常情况并采取相应的措施；④对 DCS 系统进行备份和恢复管理，以防止数据丢失和系统故障。

3.6.2 SIS 系统管理

①确保 SIS 系统的可靠性和安全性，包括安全仪表设备、逻辑控制器和执行器等；②定期进行 SIS 系统的检查和测试，确保其符合相关的安全标准和规范；③设定合理的安全仪表参数和逻辑控制策略，确保在发生危险情况时能够及时采取安全措施；④对 SIS 系统进行备份和恢复管理，以确保其可靠性和连续性。

4 液体化工品从码头储运至仓储罐区的工艺安全风险及管理策略

4.1 工艺安全风险

装卸的危险化学品涉及的危险特性主要有易燃、可燃、爆炸、腐蚀、有毒、易挥发、易积聚静电、聚合、凝固、收缩及膨胀、灼烫、低温等。并且储运的介质大多属于可燃、易燃、有毒、腐蚀性物质。储运工艺流程中有各种管道、管件、设备，如工艺控制、操作失误、设备本身的因素造成物料的大量泄漏和喷溅，会造成人员中毒伤亡，引起火灾、爆炸。

4.1.1 泄漏风险

阀门失效、设备及管道损坏等因素造成危化品大量泄漏，引起人员中毒。在高温、低温条件下设备与管线等会出现金属疲劳，如选材不当，会引起高温蠕变破裂，发生物料泄漏事故。高温、高压设备及法兰密封不好，会造成物料泄漏。操作错误易引起设备、管道超压爆裂、泄漏，引发火灾、爆炸。设备机械完整性管理不到位，设备腐蚀老化或安全保护措施不够

等原因可能造成泄漏。

4.1.2 火灾爆炸风险

①储罐损坏或质量问题发生危化品泄漏，在储罐区遇点火源造成储罐燃烧爆炸、防火堤内池火等火灾爆炸事故。管线泄漏在泄漏处周围形成爆炸性混合物，遇火源引起火灾爆炸事故；②违规在设备设施、管线上实施动火等特殊作业，防护措施不当易引发火灾爆炸事故；③电气设备由于设计、选型不当，不满足防火防爆要求，安装不当或操作不慎，有可能造成过载、短路情况，元器件发生锈蚀、老化等情况，出现高温表面或产生电火花、电弧等，进而引起火灾爆炸事故。

4.1.3 中毒风险

储罐需要定期清罐检修，如不遵守检修规程，储罐内物料未彻底置换，可燃液体的挥发或其他有害气体含量过高，清洗或清理罐底杂物过程中易发生中毒窒息事故。储罐大量泄漏，有毒物料在空气中大量挥发，人员在抢修过程中没有正确佩戴防护用品，或佩戴的防护用品失效，导致人员中毒窒息。物料中挥发的烃类气体，可能对人身造成一定程度的影响。人员操作、人工检尺、取样分析或清罐、罐体检修时，都有可能造成毒性伤害。人员在储罐内进行焊接、清淤等作业时，如未进行置换，罐内残留有有机气体，若防护不当可能发生中毒、窒息事故。

4.2 工艺安全风险管理策略

4.2.1 泄漏风险管理策略

①设计安全：在工艺设计阶段考虑泄漏风险，采用密封性能良好、性能稳定的机械设备、管道、管件，配置先进的计算机分散控制系统（DCS）和安全仪表系统（SIS 系统），设置压力、温度、流量报警、联锁，对重要的工艺参数实行超限报警，自动联锁，以确保储运安全，减少泄漏的可能性。②泄漏检测：安装泄漏检测设备，如可燃有毒气体检测报警装置、液体泄漏探测器等及时发现泄漏情况。③泄漏控制：采取措施控制泄漏，安全泄放通过管道密闭排放至火炬、燃烧装置等尾气处理系统，设置紧急切断阀、泄放阀、安全阀等泄漏控制设备设施，减少泄漏的规模和影响范围。④泄漏应急响应：建立泄漏应急预案，对员工开展应急响应和泄漏处理技能培训和演练，使其能够第一时间处理工艺泄漏的紧急情况。

4.2.2 火灾爆炸风险管理策略

①防火设计：在工艺设计阶段考虑火灾爆炸风险，易挥发性、易燃、易爆等液体介质的储罐根据容量大小设计为固定顶或内浮顶储罐，内浮顶可减少易燃易

爆介质的气相挥发，减少罐顶气相混合物中的浓度，储罐设计氮气自动保护系统，储罐设温度、压力、液位检测设施等，并设安全泄压设施（安全阀、呼吸阀等），有利于安全和环境保护。输送易燃、可燃物料的管道设置安全流速，设计可靠的静电接地设施。②灾探测和报警：设置有毒 / 可燃气体检测报警装置，随时检测有液体泄漏可能的区域。安装火灾探测器和报警系统，及时发现火灾情况并采取措施。③灭火设备和系统：配置适当的灭火设备和系统，如灭火器、储罐喷淋冷却系统、消防泡沫系统、消防炮系统等，以便在火灾发生时进行即时灭火。④火灾爆炸应急响应：建立火灾爆炸应急预案，对员工开展应急响应和火灾、爆炸应对处置培训与演练，使其在紧急情况下能够有效应对，有序逃生。

4.2.3 中毒风险管理策略

防毒设计：物料采用密闭储存和输送的工艺系统，有毒有害尾气密闭收集并采取有效的处理措施，达标排放。在危化品作业区周围设计带淋浴的洗眼器。

有毒物质监测：设置可燃有毒气体检测报警装置。可燃有毒气体检测报警系统接入 DCS 系统，有毒物质超标时，现场报警器、中央控室会及时进行报警提示。

个人防护装备：提供适当的个人防护装备，如便携式可燃有毒气体检测仪、防毒面具、防护服、防护眼镜、面罩等，保护员工免受有毒有害气体的伤害。

中毒应急响应：建立中毒应急预案，配备急救员，对员工开展中毒应急处置的培训与演练，提高员工职业危害防护技能。

综上所述，液体化工品码头至仓储罐区的储运工艺安全管理是一个复杂而重要的任务。通过对液体化工品码头、仓储罐区工艺安全的一体化协同管理，采用科学的管理策略和措施，可以有效降低储运过程的工艺安全风险，应不断总结经验，加强风险管理的研究和实践，为工艺安全提供更加可靠的保障。

参考文献：

- [1] 黄毅信 . 液体化工品仓储项目建设地点比选方法研究及应用 [J]. 山东化工 ,2023,52(20):171-174.
- [2] 杨浩楠 . 关于化工企业的仓储物流管理措施优化探索 [J]. 中国化工贸易 ,2022(14):196-198.

作者简介：

郑东旭（1985-），男，辽宁黑山人，本科，毕业于安徽科技学院，应用化学专业，中级化工工程师，研究方向：化工安全。