

油气化工码头原油装卸安全控制分析

王文忠（海南八所港务有限责任公司，海南 东方 572633）

摘要：近年来，随着油气化工行业的发展，油气化工码头的原油装卸量不断攀升，因原油易燃易爆、易挥发，装卸中存在泄漏、火灾、爆炸等安全隐患。本文剖析了化工码头原油装卸作业的安全风险，提出可行防范对策。借助科学的风险识别评估流程与现有安全管理体系，精准预防应对风险，保障人员安全和生态环境。

关键词：油气化工码头；原油装卸；安全控制

1 原油装卸泄漏危害

原油作为典型的甲B类易燃物质，富含大量单体饱和烃，同时包含胶质、沥青质等成分，泄漏的原油挥发产生的油气与空气混合，形成易燃易爆的混合气体，在装卸现场，各种潜在火源众多，哪怕是微小的静电火花，都可能瞬间点燃混合气体，引发剧烈的爆炸和熊熊大火，对现场工作人员的生命安全构成直接且致命的威胁。

另外，泄漏的原油会对土壤、水体和大气造成污染。流入土壤的原油会破坏土壤结构，使土壤失去活力，影响植被生长；进入水体后，会形成大面积油膜，隔绝氧气，导致水生生物大量死亡，破坏生态平衡；挥发到大气中的油气则会加剧空气污染，危害周边居民的身体健康。

2 原油装卸工艺要点

2.1 工艺设备

海南八所港务有限责任公司（以下简称公司）化工码头为液体化工危险品作业区，共有码头3个（包含4个泊位），其中包括5万吨级石油化工品泊位承担原油装卸作业。安全作业的首要任务是确保装卸臂、抽残泵等稳定运行与操作便捷。设备管路人员严格按照设备维护保养计划定期保养，让设备性能良好。装卸系统的船岸连接法兰螺栓按照对角紧固的方式进行紧固到位，确保紧密可靠。操作前清理装卸臂配重块及周边障碍物，在对应的装卸臂下设置指泊旗指引船舶靠泊。公司5万吨级码头安装有登船梯，登船梯装在工作台上，与消防炮塔分置两侧，平台和登船梯边缘间距超1m，悬梯不妨碍船舶靠离泊。装卸臂与登船梯安全距离至8m，为登船梯留足2m距离，方便设备维护和人员通行空间。

2.2 管线设施

在装卸码头的工艺流程规划与实施中，每一个环节都需进行精细化考量。公司首先综合考虑原油危险

品类别为第3.2类，中闪点易燃液体，输送原油凝固点一般不低于28℃，装卸量、输送距离和操作要求规划管线布局。

依据装船和卸船的工艺流程图确定管线走向，经营方与供货方/船方确定储罐/船舱进出口阀门保持全开状态，确保流程顺畅。因公司装卸原油所用主要设备为电液动装卸臂，工作台面管线比较固定，工作人员不用考虑操作变位量。计量采用艾默生过程控制有限公司生产的质量流量计，质量流量计具有高精度测量、稳定性强、反应速度快、适合单批量和多批量装卸测量的优点。码头船舶一般用油罐检尺进行油轮检舱；装船除油罐检尺，还搭配质量流量计。

2.3 装卸工艺

公司在码头装卸工艺如下：

卸船流程：（船舶货舱→船舶货泵）→装卸臂→码头平台阀区→引桥管廊管线→引桥根部切断阀→（设计分界线→陆域管线→库区储罐）。

装船流程：（括号内的内容为非本次评价内容）（储罐→装船泵→陆域管线→设计分界线）→引桥根部切断阀→引桥管廊管线→码头平台阀区、流量计→装卸臂/软管→（船舶货舱）。

扫线流程：外臂：先打开臂顶真空阀，外臂内油品→（船舶货舱）。内臂和阀区：操作扫线泵，内臂和阀区内油品→泵吸入管→泵→泵出口管→相应阀后的装卸主管道。

根据工艺流程，在设计过程中，装卸臂通用船型20000~50000DWT，公称直径300DN，设计压力1.6MPa，工作压力1.0MPa，设计温度-19~+100℃，水平回转角±31°，外臂相对内臂最大展角135°，能满足实际作业需求；船岸对接采用绝缘法兰的性能要求，保障作业过程的安全性。此外，在泊位工作台上安装可升降的登船梯。为工作人员提供便利，确保各项作业有序开展。

3 油气化工码头原油装卸安全风险识别与评估的主要内容

3.1 泄漏风险分析

3.1.1 泄漏风险的成因分析

在化工码头的原油装卸工作里，导致泄漏风险的因素复杂多样。装卸臂轴承密封圈老化是引发泄漏的重要原因之一。装卸臂长时间使用不可避免地会出现磨损加剧、密封圈老化的问题，而且还可能滋生各类缺陷，最终引发原油泄漏。除了装卸臂问题，作业过程中，员工可能因为注意力不集中、缺乏足够的操作经验，野蛮操作，经常超过装卸臂的极限角度引发强烈震荡也是引发泄漏的关键因素，严重引发泄漏事故。一旦原油发生泄漏，就可能会严重破坏水体生态系统的平衡，还会对水质和土壤质量产生负面影响，长此以往，甚至会给人类健康埋下重大隐患。

3.1.2 泄漏风险的影响评估

公司针对化工码头原油装卸作业存在的泄漏风险，开展全方位的影响评估势在必行。首先考量泄漏引发的经济损失，例如每年在预算中加入清理污染的费用、修复码头受损设施的开支、生产被迫中断导致的损失，以及可能面临的罚款和赔偿等经济层面的损失。同时，还对泄漏在环境方面产生的影响进行评估，并编制环境影响风险评估报告，尤其是由于原油泄漏导致的水体变化情况做好拦挡和回收油污的收集等处理应急措施，为后续生态稳定性恢复提供帮助。

3.2 火灾风险评估

3.2.1 火灾风险的成因分析

公司化工码头装卸作业中极容易发生火灾，与原油的危险特征为其蒸气与空气形成爆炸性混合物，遇明火、高热能引起燃烧爆炸。与氧化剂能发生强烈反应。码头装卸环境空气流动性有限，一旦达到燃烧浓度就会迅速燃烧，并且燃烧速度快，热值高，火势非常容易蔓延扩大。而且装卸臂等长期运转之后的老化和密封不严问题也会导致原油泄漏，从而引发火灾。另外，作业中，设备摩擦、静电积聚产生的火花，设备泄漏、短路等故障，还有有毒可燃报警探测器反应滞后或失灵、高温管道、电火花、人为因素等，都可能引发火灾。

3.2.2 火灾风险的影响评估

化工码头装卸火灾风险的影响广泛且严重，要从人员、经济、生产、环境等多个维度进行评估。首先火灾的高温（600℃ -800℃）和有毒烟雾可能威胁工作人员的生命安全，甚至造成死亡。其次，在为破坏

化工码头的各种设施，修复更换受损设备成本较高，另外货物损失金额也要做好评估。然后火灾产生的一氧化碳、硫化氢及氯化氢等有害气体会导致空气污染，破坏土壤和水源，影响生态平衡。

3.3 爆炸风险分析

3.3.1 爆炸风险的成因分析

爆炸是化工码头原油装卸作业中经常出现的一种灾害，会导致重大安全事故和财产损失。而爆炸的发生主要受到原油挥发性的影响，尤其是在出现原油泄漏时，更容易出现爆炸，这是因为原油泄漏会导致甲烷等可燃气体的大量释放，一旦遇到火源就有引发爆炸的可能性。另外火灾发生时，可能会引发爆炸的连锁反应，造成更大的损失。

3.3.2 爆炸风险的影响评估

一旦发生爆炸问题造成经济损失还会威胁人员的生命安全，所以要全面评估爆炸风险。爆炸瞬间造成的巨大能量不仅会导致周边设施和设备受到破坏，还会导致人员伤亡，公司邀请专家对油气化工码头现状进行符合性评估并向行政主管部门备案安全条件符合性评估报告。另外，生产运营层面，爆炸会使关键设备损坏，生产被迫中断，生产计划被打乱，企业经济效益大幅下滑。生态环境领域，爆炸产生的有害气体和物质将污染空气、土壤和水源，破坏生态平衡，给周边环境带来长期且难以估量的负面影响。

3.4 设备故障风险识别

3.4.1 设备故障风险的成因分析

化工码头装卸作业里，装卸臂等故障风险的成因复杂多样。设备长期不间断运行，是引发故障的关键因素，在持续运转过程中，一些频繁工作的部件，像轴承、密封件这类，会不可避免地出现磨损，设备性能也随之逐步降低，最终可能引发故障。除了磨损，设备老化同样不容忽视，经过长时间的使用，设备的各个部件会逐渐老化，其性能和可靠性都会大打折扣，这大大增加了设备出现故障的概率。此外，设备在制造或安装过程中可能存在的潜在缺陷，也为日后的故障埋下了隐患。

3.4.2 设备故障风险的影响评估

化工码头装卸作业中设备故障可能引发的后果不容小觑，所以开展全方位的影响评估刻不容缓。核心设备输油臂出现问题，往往需要长时间停机检修，装卸作业被迫搁置，由此造成的生产损失难以估量，不仅耽误船期，还可能引发一系列连锁反应，影响园区各公司生产经营等协同运作。同时，设备故障可能威

胁工作人员人身安全,故障可能触发诸如化学品泄漏、重物坠落等意外事故。所以,公司定期开展输油臂故障风险影响评估,通过设备设计操作及检维修等方面产生的风险,制定出切实可行的应对策略,最大程度降低潜在损失与风险,保障装卸作业平稳、安全地推进。

3.5 操作失误风险评估

3.5.1 操作失误风险的成因分析

在化工码头装卸作业里,操作失误风险源于多种因素。一方面,员工培训与技能的缺失是重要诱因。因公司部分员工学历低,对操作流程的理解和把握一知半解,面对电液及智能设备或特殊操作环境时,因未接受全面系统的培训与指导,极易在操作中犯错。另一方面,公司员工年龄偏大,身体和精神状态也会影响操作。疲劳、精神不振等状况会降低员工操作的精准度和注意力。长时间连续作业、值夜班以及高强度的工作压力,会慢慢侵蚀员工的精力,使他们在工作时难以保持稳定的操作状态,大大增加了操作失误的可能性。

3.5.2 操作失误风险的影响评估

进行操作失误风险全面影响评估十分必要。操作失误在化工码头装卸作业中极有可能致使设备受损,生产被迫中断,进而打乱原有的生产计划。在装卸环节,哪怕一个细微的操作失误,都可能让货物遭受损坏,或是引发设备故障,直接导致装卸作业无法正常进行,生产效率大幅下滑,经济效益也随之受损。更关键的是,操作失误对工作人员的生命安全构成巨大威胁,所以,公司每年进行职业健康体检,发现有血液疾病是接触笨作业职业禁忌症的员工进行强制调岗。公司定期对风险台账进行更新并全面评估操作失误风险的影响。通过深入评估,我们能够制定出科学有效的预防和应对策略,最大程度降低潜在损失,化解各类风险。

4 油气化工码头原油装卸安全风险的防范对策

4.1 加强设备维护与检修

在化工码头的原油装卸作业里,装卸臂等能否正常运行直接关乎作业安全。所以,强化设备的维护与检修,是防范安全风险必不可少的重要举措。公司制定小修、中修和大修计划,定期地对设备进行全方位检查,细致做好清洁工作,精准进行润滑处理,并且根据实际情况及时开展必要的维修与部件更换。通过这些举措,能够有效规避因设备磨损、密封圈老化以及潜在缺陷而引发的故障问题,始终让设备维持在理想的工作状态。

4.2 提升人员培训水平

化工码头原油装卸作业风险高,提升人员培训水平是防范安全风险的关键举措之一。作业涉及专业知识与复杂流程,人员若缺乏培训,操作易失误,引发严重事故,要提升培训水平,公司制定员工培训计划,针对工艺、设备、特种工种不同岗位专业设计课程。如对设备操作人员培训操作与维护,对安全管理人员培训法规与应急知识。培训方式要多样,除了传统的课堂PPT讲授,还应结合实际视频操作演示、模拟输油臂装卸演练、火灾等事故案例分析等方法。通过实际操作演示,让员工更直观地了解设备操作细节;模拟演练能让员工在接近真实的场景中锻炼应急处理能力;输油臂等事故案例分析则可以从过往事故中吸取教训,增强员工的安全意识。定期考核测评,巩固培训效果。如此,才能降低作业安全风险,保障安全与生产。

4.3 加强现场监管

强化现场监管,是保障安全的核心。公司除了运用现场摄像头远程监测监控系统。公司增设智能装卸臂运用北斗系统、5G技术、人工智能和视觉识别技术等前沿技术支持外,还构建完备的安全管理体系。这一体系包括全面的人员培训,通过系统性教学,让作业人员深入掌握安全知识与操作规范;同时精心制定应急预案和定期进行演练,确保在突发状况下能够迅速、有序应对。

综上所述,公司油气化工码头原油装卸作业的安全控制是一项系统且复杂的工程。原油装卸过程中存在的泄漏、火灾、爆炸、设备故障以及操作失误等诸多风险,对人员生命安全、财产以及生态环境都构成了严重威胁。通过对各项风险的深入识别与评估,我们清晰地认识到这些风险的成因和影响,在此基础上,提出的加强设备维护与检修、提升人员培训水平以及加强现场监管等一系列防范对策,具有重要的现实意义和实践价值。

参考文献:

- [1] 张阳,马文强,孙伟林,华峰.原油稳定系统安全评价与风险防范技术研究[J].大庆石油学院,2023(11):121-123.
- [2] 孙庆峰,高云宝等.原油码头及储运系统全流程作业与安全管控智能化技术研发及应用[J].中国科技成果,2024,25(22):70-71.

作者简介:

王文忠(1973-),男,汉族,高级工程师,从事石油天然气行业HSE管理20余年。