

基于轨迹交叉理论的 LNG 接收站安全事故预防探析

贾轶斌

(国家管网集团天津液化天然气有限责任公司, 天津 300000)

摘要 LNG 作为易燃易爆的危险性物品, 一旦发生泄露等安全事故, 可能引发爆炸、喷射火等危害, 为现场及周围人事物带来严重安全威胁。基于此, 本文从轨迹交叉理论的角度出发, 简单阐述这一伤亡事故致因理论的作用原理, 然后以此为基础探析 LNG 接收站安全事故预防策略, 根据理论的设备故障和人的失误, 给出相应的有关于物和人的安全事故预防管理措施, 以期为相关工作或人员提供有效参考。

关键词 LNG 接收站; 轨迹交叉理论; 安全事故预防

中图分类号: X93

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2023)10-0010-03

LNG 接收站的储运介质主要是液化天然气, 由于其具有易泄漏、易挥发扩散等特性, 泄漏形成的可燃蒸气云团有可能引发火灾爆炸等严重后果。因此, 相较于事后处理, 事前安全事故预防至关重要。轨迹交叉理论从事件链的角度对事故发生可能性进行分析, 能够正确区分人的不安全行为和物的不安全状态。因此, 为提高 LNG 接收站安全水平, 探析轨迹交叉理论下的安全事故预防措施是必要的。

1 轨迹交叉理论相关概述

作为一种研究伤亡事故致因的理论, 轨迹交叉理论可以简单概括为人失误、物处不安全状态, 比如设备故障等, 通过对两类事件链进行分析, 明确掌握其交叉轨迹, 即可判断事故发生可能性, 并根据其达成条件、后续影响等制定科学有效的预防措施^[1]。

轨迹交叉理论的作用原理以事故发生过程为基础, 一般情况下, 事故发生过程是: 基本原因——间接原因——直接原因——事故和伤害, 若是从事故发展的角度来看, 这一过程是事故致因因素导致事故的运动轨迹, 其中, 通过细化为人和物两方面, 可获得人的因素运动轨迹和物的因素运动轨迹。

(1) 人的因素运动轨迹。在这条运动轨迹中, 其主要包括生理、先天性身心缺陷; 后天心理缺陷; 社会环境及管理缺陷; 感官能量分配差异; 行为失误。此类行为主要基于人的生理、心理、环境等产生。(2) 物的因素运动轨迹。在这条运动轨迹中, 其主要包括用材不当、结构完整性差等设计上的缺陷; 维修保养

方面的缺陷; 作业场所环境缺陷; 制造流程与工艺流程上的缺陷; 使用上的缺陷。此类现象可能出现在生产过程的各个阶段。

当人的因素运动轨迹和物的因素运动轨迹相交时, 其所呈现的时间和地点, 就是安全事故发生“时空”。需要注意的是, 在轨迹交叉理论下, 许多情况下人与物又互为因果。若设法排除机械设备或处理危险物质过程中的隐患或者消除人为失误和不安全行为, 使两事件链连锁中断, 则两系列运动轨迹不能相交, 危险就不会出现, 就可避免事故发生。

2 基于轨迹交叉理论的 LNG 接收站安全事故预防策略

2.1 加强人的不安全行为管理

2.1.1 基于综合素质强化加强技能培养

对于人的因素行为轨迹, 其出现的不安全行为具有被动性、主动性等特点, 大多基于人的专业能力与职业道德素养, 因此, 为有效减少 LNG 接收站中人的不安全行为, 应做好技能培养工作。在此期间, 应规范落实相关技术指标, 比如 ISO 55000 资产管理系列标准、GB/T 33172-2016、GB/T 33174-2016 和 GB/T 33173-2016 等系列国标、以及 DL/T 1868 等规范等。具体培养可通过制定、落实三级培训计划^[2]实现。具体总结如下:

面向站内基层生产人员, 落实“公司级+车间级+班组级”的培训计划。(1) 对于公司级培训, 培训间隔可设计为三个月, 培训内容以 LNG 接收站安全事故

案例和警示教育等内容为核心,深切令基层生产员工明确自身岗位的重要性,以及安全事故的严重后果,不断提高基层生产人员的安全责任意识水平。(2)对于车间级培训,培训间隔可设计为一个月,培训内容以技术操作、安全管理制度等为主,通过每月开展一次车间级的培训教育工作,使基层生产人员明确管理制度内容,学会自我约束,主动学习、掌握技术操作,提高其技术操作熟练水平。(3)对于班组级培训,培训间隔可设计为一周,培训内容以 LNG 接收站内相关设备的实际操作、操作规程等内容为主,通过每周开展一次,不断巩固员工的专业记忆,以此增强其专业技术操作的安全水平。新时期下,技能培训还应与新媒体、移动互联网相结合,在明确的人才技能分类下,利用两微一端、短视频等,根据不同技能人才对技能知识的需求,开展“线上+线下”的混合分组培训,打破技能培养在时间、空间方面的限制,最大程度地提高技能培养覆盖范围,提高现有基层生产员工的技能安全水平^[3]。

2.1.2 做好考核衔接,加强多形式人才激励

由于 LNG 接收站内的一些生产作业往往伴随一定危险性,所以,基于轨迹交叉理论的安全事故预防,在人的因素行为轨迹管理方面,还应注重现场作业人员认真工作积极性的调动。

落实“硬性+柔性”考核激励体系,针对经历过技能培养的基层生产员工,实施与技能培养周期相配套的考核机制,推动员工主动消化所学知识,树立较高水平的学习意识。为有效规范接收站内员工的日常作业操作,规避操作失误带来的安全事故,LNG 接收站可结合自身安全生产状态,调整现有的考核机制。比如,以班组为单位,对现有的考核指标予以细化,单位应开展有关考核制度修改反馈活动,充分听取基层员工意见,从中选择合理内容整合融入激励机制中,进而确保考核机制的科学合理性,也更容易被员工所接收。

以某 LNG 接收站为例,为提高现场人员作业的安全水平,经过员工反映与调整,最终落实 54 项考核细则,按照类别来看,共有 7 大项。在详细、严密的评分标准下,有助于相关安全管理人员掌握员工操作违规行为或隐患。同时,对于及时发现隐患并上报、处理的员工,给予工资绩效和福利待遇等方面的正向激励,反之,若因为自身行为失误,或是关键参数超出安全范围,则给予考核评分方面的反向激励,影响年底评优。在该约束条件下,站内员工将更加认真地执行各项生

产操作,确保工作任务执行到位。

2.1.3 加强站内员工人文关怀

受到 24h 生产制度影响,导致 LNG 接收站员工长期处于倒班状态下,致使员工出现作息不规律、压力过大等情况,不仅在一定程度上增大了失误操作概率,还不利于 LNG 接收站员工心理健康,消磨员工工作热情,间接促进安全事故的发生^[4]。因此,为预防 LNG 接收站安全事故,需强化人文关怀,落实对人的不安全行为预防管理。

(1)重视人文关怀。LNG 接收站应认识到人文关怀对预防安全事故的作用,在日常安全管理期间不可一味呵责,需正面宣传引导,为员工提供释放压力、社会交往的平台,确保其能够在工作期间保持优良状态。在此基础上鼓励员工进行自我检讨、自我调节、自我控制、自我完善,继而规避因人的因素引发的安全事故。(2)组织人文活动。LNG 接收站可定期组织业余活动,如羽毛球竞赛、安全知识竞答、安全演讲展示、拓展训练、阅读分享、短视频设计竞赛等,借助多元化趣味活动而放松员工身心,舒缓压力,使员工能够在工作时全身心投入,降低事故发生率。(3)强化沟通谈心。沟通具有情感交流的功能,帮助管理层更好地了解 LNG 接收站一线员工心理状态及诉求,以便接收站协调运行,减少人际矛盾。在沟通交流期间,可组织谈心交心活动,鼓励员工围绕家庭、生活、工作进行讨论,还可采用“一对一帮教”形式在一线员工之间传递安全意识,通过沟通舒缓心理的同时,强化员工安全素养,继而从“人”的角度完成安全事故的有效预防。

2.2 做好物的不安全状态管理

对于 LNG 接收站安全事故预防而言,首先要明确 LNG 接收站生产运行期间蕴含的各类风险。具体包括人员冻伤、火灾爆炸、人员窒息、储罐翻滚等,但是在新时期下,无论是能源结构的挑战还是经济发展需求,由于 LNG 接收站可在短时间内提供大量天然气,因而市场需求旺盛。为保证 LNG 接收站安全生产,避免轨迹交叉导致安全事故事件,可围绕设备落实以下安全事故预防策略。

2.2.1 落实健全且智能的监控管理

由于国内 LNG 接收站整体起步较晚,面对大量的市场需求,虽然相关单位企业引进了大量的国外进口设备,但是在设备状态监测、监控方面力度不够,比如 LNG 储罐、低温泵、BOG 压缩机等,一旦关键参数出

现异常,极易导致安全事故的发生。因此,为加强物的不安全状态方面的管理,有效预防LNG接收站安全事故,应建立健全站内设备、设施等状态监控管理,其中包括监控制度与信息化技术体系。面向大部分进口设备组成,在制定设备、设施状态监控制度时,应明确此类设备运行期间发生故障的三个过程,分别为调试阶段、运行阶段和故障多发阶段。在设备调试阶段,主要是误操作的发生导致设备故障发生;在设备运行阶段,故障发生率相对较低,主要是因为其经过了前期的调试磨合;而设备的故障多发阶段主要是因为设备运行时间过长,在外部环境和维修保养不到位的情况下,极易出现磨损等故障。因此,可以落实《岗位监控记录》,通过将设备、设施安全管理内容细化并落实给各个安全生产岗位,由岗位人员实时记录设备、设施参数,能够通过对比分析判断设备、设施是否出现异常。一般情况下,记录间隔可设计为四小时,结合每两个小时开展一次的现场巡检,加强站内设备、设施安全状态监管。

在风险评价方面,可落实HAZOP、QRA、FHA等各类安全风险评价工作结果的应用响应。除此之外,在当前时代背景下,人工智能、物联网等技术的应用愈发广泛,在监控LNG接收站设备、设施时,可通过智能数据采集设备、传感设备的部署,依托于BIM、物联网等可视化技术模式,实现对设施、设备的实时状态掌握,及时发现异常参数并定位,提高参数信息可追溯性的同时,及时解决各类问题。尤其是维修问题,通过智能化监控设备,依托于信息平台的方案生产可优化维护保养内容,实现各类异常问题的及时发现与解决,避免其严重化发展^[5]。

2.2.2 落实健全的备品备件库

对于LNG接收站而言,为加强物的不安全状态管理,还可以通过备品备件库的建立健全实现此条轨迹链的管理。从实际出发,立足于备品备件清单分级开展采购计划,对于关键备件应设置绿色通道,合理缩短采购周期。

2.2.3 建立健全自主维修管理

1. 网格化设备管理。由于LNG接收站生产装置占地面积相对较大,外加设备种类多且杂,所以在开展对物的管理时,可落实网格化设备管理。以海南LNG接收站为例,目前其实行“社区+村镇+消防”管理方法,通过结合石化行业先进的设备管理经验,实现生产班组设备与网格化管理工具的有机整合。在轨迹交叉理论下,人和物是管理重点,二者轨迹交叉容易

带来安全事故,而设备的维修管理离不开人工操作,所以,在实际管理过程中,应做好人力资源配置,根据经营管理组织机构设置方案,结合海南LNG项目特点,细化组织结构层级,分别为管理层、专业技术层和技能操作层,组建专业班组。然后根据机构设置,落实科学合理的岗位设置和职位设定。在网格化设备自主维修与管理模式中,对网格单元进行立体式、相互交叉的设备管理,具体包括:精细化划分LNG接收站内设备,将其分配到对应网格中,划分专业班组,落实指定责任人,以此打造三维立体、相互交叉的网格化管理模式,整合班组资源的同时,提高设备完好率。

2. 设备缺陷闭环管理。设备缺陷闭环管理旨在快速解决设备运行参数偏离、运行状态异常等缺陷,其具体方法是利用计算机等平台技术,以缺陷工单的流程为载体,集中记录设备缺陷工单的各项因素,建立起包含故障类型、描述、原因、处理措施4个层次结构的设备缺陷管理模型,从设备本身、维保层面、操作层面等角度分析设备缺陷产生原因并制定、落实相应防护措施,以此实现设备的全面、信息化维修管理。其中,在检测设备运行状态时,可通过嵌入式传感器的应用,结合现有维修数据与经验预测可能出现的故障问题,确保设备维修决策科学、合理。

3 结论

综上所述,LNG接收站作为天然气供给的重要项目单位,在能源结构不断调整的背景下,为满足天然气需求,提高站内运作的水平,应加强人、物的不安全行为与状态的管理,以此加强站内安全事故预防,避免轨迹交叉,提高站内运行安全效率。

参考文献:

- [1] 景美波,李相环.LNG接收站安全生产风险分级管控体系建设研究[J].中国石油和化工标准与质量,2021,41(23):5-6.
- [2] 张晨,王沛,王亚群,等.大型LNG储罐高液位运行安全分析与管理研究[J].山东化工,2020,49(08):185-187.
- [3] 王海清,徐慧敏,田英帅,等.基于ALOHA软件探索LNG接收站仿真实验室的优化设计[J].实验技术与管理,2020,37(03):230-234.
- [4] 王志震,李成兵,周宁.大型LNG接收站泄漏事故灾害效应分析与预测[J].天然气工业,2019,39(05):145-153.
- [5] 林现喜,杨勇,裴存锋,等.LNG接收站全生命周期安全风险管控实践[J].化工管理,2020(10):163-167.