

内地 LNG 储运企业投产安全管理措施探讨

庞胜彬 魏鹏 闫翔 杨林 吕海鹏

(周口市天然气储运有限公司, 河南 周口 466000)

摘要: 液化天然气 (LNG) 是人们生产生活中不可或缺的化石燃料, 具有清洁无污染、储存效率高、安全性好、抗爆性能强等特点。随着近年来河南、山东等内地 LNG 储运企业逐步由建设期转为投产期, 其投产安全越来越受到大家关注。文章主要介绍了内地 LNG 储运企业投产过程中存在的安全风险及应采取的防范措施, 为推动 LNG 储运企业高效、安全投产提供支持。

关键词: LNG; 储运; 投产; 安全管理

2018年9月, 国务院印发了《关于促进天然气协调稳定发展的若干意见》, 将天然气产、供、储、销体系建设纳入国家重点发展规划, 预示着 LNG 储备上升至国家能源战略储备高度。2021年底, 河南省天然气储运有限公司周口、驻马店、南阳、郑州、焦作、洛阳六个储备中心项目及河北、甘肃等地 LNG 储备中心项目陆续投产。LNG 行业具有的低温、易燃、易爆等特点, 投产涉及到各方面的协调、准备、技术掌握、过程管理等工作, 复杂程度大, 危险性高, 行业内可借鉴的经验匮乏。因此, 如何快速、高效推动内地 LNG 储运企业平稳、安全投产越来越受到各地政府、LNG 经营企业关注。

1 LNG 的理化性质

液化天然气即 LNG, 主要成份是甲烷, 它是天然气在经净化及超低温状态下冷却液化的产物。无色、无味、无毒且无腐蚀性, 沸点为 -162°C , 着火点为 650°C , 液态密度为 $0.420\sim 0.46\text{t}/\text{m}^3$, 气态密度为 $0.68\sim 0.75\text{kg}/\text{m}^3$, 气态热值 $38\text{MJ}/\text{m}^3$, 液态热值 $50\text{MJ}/\text{kg}$, 爆炸极限 $5\%\sim 15\%$, 具有价格低廉、抗爆性能好、储存效率高、安全性能好、运输灵活等特点, 主要作为车用燃料、城市燃气、工业燃料、冷能利用等使用。

2 投产过程中存在的主要安全风险

2.1 工程建设中间交接未完成存在风险

完成工程中间交接是项目投产最基本的要求。一般情况下, LNG 储运项目投产前需通过工程质量初步评审合格验收, 针对项目“三查四定”发现问题需全部销项完毕, 现场施工用临时设施需全部拆除, 设备位号和管道介质名称、流向标志齐全, 现场清洁、无杂物、无障碍, 否则易出现物料泄漏、人员摔倒、机械伤害、高处坠落、操作失误等风险。

2.2 投产方案、安全生产管理制度未落实存在风险

投产前投产方案关键人员人手一册, 岗位操作规程、岗位操作卡已下发至岗位, 工艺卡片已上墙, 开工统筹图、组织网络、盲板表等已落实。由技术人员进行投产方案技术交底、学习、讨论, 每一试车步骤都有书面方案, 从指挥到操作人员需均能熟练掌握。各岗位分工明确, 岗位职责清晰, 各项生产、安全规章制度齐全, 操作规程、岗位操作卡、工艺卡片的编制和审批已完成, 员工能够熟练掌握。尤其是储罐区作为公司重大危险源管理, 需按照重大危险源管理要求, 明确主要负责人、技术负责人、操作负责人三级包保责任人, 建立不超过 2h 一次的巡回检查制度等要求, 各级生产、安全管理人员要监督制度执行情况, 对违规违纪情况根据实际纳入考核, 对与实际不相符的, 及时修改制度。否则易出现生产管理混乱, 工艺指标不清晰、员工误操作等风险。

2.3 各装置单机试车存在的风险

项目建设期各设备厂家聚集, 区域设备调试交叉进行, 存在触电、机械、高处坠落等风险。各装置设备调试又不尽相同, 以气化器区为例, 气化器区设计 28 台空温式气化器, 每台设计流量 $5000\text{Nm}^3/\text{h}$, 设备调试时需进行置换吹扫及气密实验, 且气化器设计压力达到 6.3MPa , 气密试验时人员及各法兰连接接口、设备本体安全就显得尤为重要, 需做好完善气密试验方案、人员培训、安全交底及入场安全告知等准备措施, 保障装置单机试车的安全稳定, 否则易出现机械伤害、人员触电等风险。

2.4 储罐置换吹扫存在的风险

储罐是储存企业的核心设备, 储罐的安全平稳投产就基本可以代表储运企业投产的顺利完成。但是储

罐投运前除了现场管线安装、阀门调试、仪表正常投用、开展水压试验等，最重要的是储罐的吹扫与置换。储罐的吹扫、置换要制定详细的方案，且要有专人24h负责此项工作。因储罐为常压容器，且储罐置换采用氮气憋压后放空置换的方式，而氮气压力为0.6-0.9MPa，虽然储罐置换时气相空间较大，仍需多加注意规避此项安全风险，避免因置换压力过高造成储罐内部隐性隐患的形成。

2.5 装卸车撬调试存在的风险

装卸车撬是储运企业外液入场的核心设备，直接关系到企业整体储运的关键环节。装卸车撬是投产后人员操作最频繁的设备、法兰连接最多、与槽车低温LNG接触最多的设备，所以装卸车撬的设备调试就极为重要。装卸车撬装气动阀门的动作情况、安全阀的安装与投用情况、旋转接头的密封情况、法兰连接密封与垫片选择情况是否良好均是隐性存在的风险，需逐一确认避免后期泄漏开展繁琐的处置流程。一旦出现异常易造成压力升高、物料泄漏、着火爆炸等风险。

2.6 火炬区投用存在的风险

储运项目建成后首次投产因储罐未储备LNG，也无BOG，故而火炬区长明灯无燃料气，一般需要从外部采购LPG气瓶来代替燃料气保障长明灯的正常投用及事故状态下的放空安全。众所周知LPG的密度大于空气密度，且LPG爆炸极限为2%-10%，爆炸下限较低，危险性更大。LPG气瓶采用软管可拆卸连接，存在一定安全风险。火炬区管线多为碳钢管线，在进行长明灯投用操作时需更加注意，同时在放空管线投用时需保证氮气吹扫合格并保证氮气微正压，防止放空时发生爆燃现象。

2.7 控制室DCS、GDS、SIS系统调试不良存在的安全风险

中控室作为储运企业的大脑核心，是保障企业安全生产的基础。目前国家要求二级以上重大危险源企业强制增加SIS仪表连锁系统，公司作为一级重大危险源企业，中控室设置了DCS集散控制系统、GDS可燃气体报警系统、SIS仪表连锁系统、SCADA数据采集与监视控制系统及火灾控制报警系统，每个系统单独存在又相互关联。各系统的设置与调试关系到后期运行的稳定可靠，其中DCS集散控制系统连锁逻辑的设置与参数的设定需要大量的调试实践，SIS仪表连锁系统需要反复单个测试与联动测试其有效性，包含数据反馈真实性与现场实际动作的对照性，现场SIS

连锁切断阀门的气缸、手动操作、仪表气源稳定都需逐一确认。GDS可燃气体报警系统是企业安全事中预防的主要措施，公司可燃气体报警包含温度、可燃气体、火焰等检测方式，保障良好运行效果，避免因调试不良造成检测失效、连锁无效、阀门不能正常切断等风险。

2.8 消防系统存在的安全风险

消防系统是企业事后安全预防措施，消防系统的稳定可靠关乎企业应急状况的处置成效。在企业投产过程中，消防系统需要联动测试，防止厂区内消防支线管线阀门未开启、管线法兰连接处有渗漏，造成消防稳压系统不能长久处于稳定状态，消防系统不稳定可靠的风险。同时消防系统各消防泵、消防栓、消防炮要组织统一测试，尤其是储罐喷淋系统及雨淋阀阀组的调试更为重要，需专人设置消防系统测试方案并逐一检测，避免消防系统不稳定造成事后处置措施不足的风险。

2.9 公用工程运行异常存在风险

空氮站为全厂各生产装置仪表提供净化空气，一旦出现空压制氮系统运行异常，则会出现低压泵、高压泵失去氮封保护，气动阀无动力源无法启动，高低压放空管线失去氮气保护等风险，液氮储量不足、气化系统故障，均会导致储罐失去负压保护。供配电系统异常，未达到双回路要求，一旦市电电源失电，则会导致BOG压缩机、空压制氮装置、高低压泵等关键设备停机，极易造成储罐压力升高导致放空等后果。供排水系统异常，则易导致生活水无法保障，消防水池液位无法达到安全液位要求，一旦出现事故，无法达到备用状态导致事故扩大。

2.10 后勤保卫存在风险

投产过程中涉及到各方面协调、准备、技术掌握、过程管理等工作，复杂程度大，危险性高。因此，需加强生产区门岗管理，严格控制投产期间入场人员数量，无关人员禁止进入生产区域。入场人员需按要求进行入场前培训，了解现场存在风险及防范措施，熟悉各疏散通道的位置，并进行入场前登记，避免一旦出现重大安全事故，造成群死群伤。

2.11 管理存在风险

LNG储存企业投产安全管理风险主要有手续违规风险、人员未持证上岗风险、特种设备违规使用风险。首先，LNG储存建设项目属于危险化学品建设项目，投产前应严格按照危险化学品建设项目安全监督管理

办法要求开展安全条件、安全设施设计审查,并取得当地应急部门“三同时”手续审查、批复,严禁未批先建,违规设计、未验投产。其次,业主单位要结合勘探、设计、施工、监理等多方共同制定投产方案,并通过专家论证,报当地应急管理部门备案。LNG 储存企业存在多种特种作业,均需考取相应资质证件。另外,LNG 储存企业存在多种特种设备,如压力容器、压力管道、锅炉、起重设备、叉车等,除需要办理相应的特种设备使用登记证外,作业人员仍需接受培训,考取相应的操作证件,保障安全操作。

3 防范措施

3.1 加强安全教育培训

大多数项目建设人员来自五湖四海,所学专业背景五花八门,专业技能参差不齐。投产前,操作规程、投料试车方案应培训到位,各工种员工经过系统培训考核合格,取得上岗资格证。各岗位员工开展岗位模拟练兵及事故应急预案演练,达到懂原理、懂结构、懂方案规程、会识图、会操作、会维护、会计算、会联络、会排除故障,“三懂六会”。提高员工思维能力,操作、作业能力,协调组织能力,应急能力,自我保护救护能力,自我约束能力“六种能力”,保证所有员工“百分之百持证上岗,百分之百掌握岗位应知应会操作知识和技能”。

3.2 加强单体、联动试车

项目投产前,需确保所有设备设施需处于完好备用状态。管道设备需要完成吹扫、试压、气密、置换、填料装填、干燥、仪表联校等并确认合格。计算机、仪表的检测、控制、联锁系统调校完毕,保持准确可靠,岗位投产所需工器具、应急物资配备齐全,避免出现个别设备运行故障,仪表、控制连锁显示错误或者失灵等。低温 LNG、NG 系统中管线、设备、管件、阀门较多,低温系统按要求要干燥至水露点 -60°C 以下,大型常压 LNG 储罐干燥和预冷过程要求更高。LNG 储罐的干燥,包括储罐内罐的干燥,还包括内罐与外罐之间的保冷材料的干燥;储罐的设计压力为微正压,就要严格控制干燥介质的吹扫气量及排放气量,以避免储罐超压及其他不利情况发生。

3.3 强化各方配合沟通

企业投产工作千头万绪,除要求所有参与人员熟悉投产方案外,最重要的加强业主方、设计方、施工方、监理方、供应商等的沟通协调。首先是成立由各参与单位组成的投产领导小组,在投产前各单位应不

断召开培训会议、协调会议、总结会议,加大沟通力度,思想统一、行动一致,增强配合度,共同完成投产任务。其次,各单位内部需加强沟通,尤其是建设单位,需流程跟踪槽车入场、称重制卡、卸车入罐、BOG 压缩机增压、计量检测、中压外输,甚至包括高压泵增压、气化器气化、计量检测、高压外输等各个环节。一旦任何一个环节出现问题,投产领导小组需立即作出分析研判,及时问题消缺,避免事态扩大形成事故。

3.4 加强应急管理

企业投产时的应急管理是储运企业偶遇突发状况的护身符,应急管理主要包含应急物资管理及应急演练。首先,应急物资主要包含常用的正压式空气呼吸器、长管式空气呼吸器、安全带、防护面罩、应急救援三角架、防冻服、防冻手套、隔热服、防火服等。应急设备主要包括干粉系统、泡沫系统、各类发电机、消防泵等。还需配备双回路电源、UPS 备用电源,避免因电力系统故障造成场站设备停运、监控不到位发生不可逆事件。除了双回路电源外,企业还应配置柴油发电机来保障双回路市电故障后的紧急处置措施。其次,应加强应急培训及应急预案演练,按照中国安全生产法、危险化学品重大危险源监督管理暂行规定、中国特种设备安全法等法律法规的要求,制定应急预案演练计划,发现应急过程存在问题并及时改进,并开展无脚本应急演练,不提前通知,不做前期任务布置,逐步锻炼各级员工的应急处置能力。

4 结束语

内地 LNG 储运企业如雨后春笋般逐年递增,投产期间的安全风险不容忽视,且储运企业多为重大危险源企业,容不得半点马虎。虽然 LNG 储运企业安全管理水平有大幅提升,但仍不能避免试生产过程中安全管理存在的一些疏漏,进而导致事故、事件的发生造成一定程度的人员伤亡或经济损失。所以试生产过程中除上述风险需要规避外,还需通过提高人员安全意识,提升员工安全技能,加强设备维护保养、强化应急处置能力建设,加强特殊作业管理等手段强化提升企业安全能力。牢记安全是不可逾越的一条红线,坚持生产再忙,安全不忘;人命关天,安全在前的理念,保障企业安全平稳运行。

作者简介:

庞胜彬(1988-),男,硕士研究生,周口市天然气储运有限公司安全环保部副部长,注册安全工程师。