

化工企业丁烷储罐工艺技术

与风险识别在安全评价中的探讨

钱 波（江苏国恒安全评价咨询服务有限公司，江苏 南京 210000）

摘 要：随着双重预防机制的实施，近几年化工企业普遍加强了安全评价工作，旨在建立本质安全管理体系，实施风险控制。当前正值此类企业高质量建设与高水准运营时期，应进一步加强储罐安全评价。文章以此为出发点概述安全评价的基本内容与主要技术，结合某化工企业新建烷烃资源综合利用项目中的丁烷储罐，分别从项目概况、工艺技术、安全评价等方面进行具体分析。

关键词：化工企业；储罐；安全评价；重要性；实践分析

安全评价（safety evaluation）主要用于危险、有害因素辨识分析，旨在为实践主体设置安全措施、建立安全管理体系提供科学依据。我国安全生产法规定其基本方针以预防为主，明确安全评价主体与对象及责任，并对相关安全生产条件做了详细说明。主要操作流程为评价前期准备→危险、有害因素辨识→划分评价单元和选择评价方法→定性、定量评价→提出建议→做出评价结论→编制安全评价报告，常用技术包括安全检查表评价法、预先危险分析法、事故树分析法、作业条件危险性评价法、故障类型和影响分析法等。

1 项目概况

以某化工企业新建烷烃资源综合利用项目为例，配套库区投资 173886 万元，第一阶段建设 1 台 80000m³ 丁烷低温罐，主要包括丁烷低温罐及其辅助系统。公辅工程包括给水加压及消防水站、变电所、一期地面火炬、库区雨水提升池库区、库区消防水泵房、库区控制室等。本次安全评价范围为第一阶段的建设内容，评价对象为厂区南侧储运区的丁烷储罐。该项目接收的丁烷主要来自海外进口，靠远洋槽船运来并储存在本罐区，年运输量丁烷共 30 万 t，年装车量共 5 万 t，装船量 3 万 t。

2 化工企业丁烷储罐工艺技术分析

该项目中丁烷低温罐及其辅助系统主要包括：①卸船与预冷系统；②低温丁烷罐；③丁烷蒸汽（BOG）液化回收系统；④低温液态丁烷输出系统。分述如下：

2.1 卸船与预冷操作

丁烷冷冻船即将靠岸前，卸料管线由丁烷输送泵从丁烷低温储罐抽出低温丁烷对卸料管线进行预冷；

丁烷冷冻船靠岸后使用船载预冷设施进行卸料臂等卸料装置预冷。预冷完成后由船上配备的输送泵进行丁烷卸船操作。每台丁烷低温储罐安装 3 台丁烷输送泵（2 开 1 备）。输送泵为罐内潜液泵，设有最小回流管线。

2.2 丁烷储存

丁烷低温储罐为常压低温储罐，相关储存参数如下：①储存温度：-9~0℃；②日蒸发率：≤ 0.05%；③丁烷低温储罐设计容积：1×80000m³。

2.3 丁烷蒸汽液化回收

正常生产过程中保压或卸船操作期间，丁烷气化蒸汽将送至丁烷回收单元冷凝回收以确保丁烷低温储罐压力保持在操作范围内^[1]。来自丁烷低温储罐的丁烷蒸汽经丁烷冷凝器冷凝，冷凝后的液态丁烷送入丁烷缓冲罐，液态丁烷经凝液泵进入低温丁烷储罐储存。

2.4 丁烷输送

每台丁烷低温储罐装有 3 台罐内潜液泵，包括 3 台丁烷输送泵（2 开 1 备），均设有最小回流管线。储罐及放空管线上设置压力变送器，压力变送器信号送至中控室 DCS，供压力指示、报警和控制联锁使用。具体分为五种情况：①在正常操作条件下，丁烷低温储罐的压力是通过丁烷 BOG 冷凝器冷凝回收储罐内产生的蒸发气来控制的；②当储罐压力超高时，开启去火炬管道的控制阀泄压。如果压力继续上升，安装在罐顶的紧急压力泄放阀会起跳，就地排放至安全位置^[2]；③当储罐压力低时，切换至丁烷 BOG 冷凝器旁路，中止对丁烷 BOG 的冷凝操作；④当储罐压力低时，氮气管线控制阀开启向储罐补充氮气，维持储罐内的压力稳定。

3 化工企业丁烷储罐安全评价分析

3.1 前期准备

第三方机构接受委托后对该项目进行实地调查,并以现场工作为基础设计适配性较高的安全评价方案,具体包括:①进行项目危险、有害因素分析;②项目安全条件论证分析;③收集、统计类似企业的安全事故案例,进行统计和分析;④就评价中遇到的问题与建设单位交流;⑤经过分析汇总提出各项安全对策措施等。

3.2 风险因素辨识

工作人员依照《中华人民共和国安全生产法》、《危险化学品安全管理条例》(国务院令 645 号)、《危险化学品建设项目安全监督管理办法》(国家安监总局令第 45 号,79 号令修订版)等法律、法规相关规定,并结合企业本质性安全管理体系、双重预防机制,对其危险、有害因素进行辨识,集中表现在储存与运输工艺过程、储存作业过程、运输过程作业三方面。具体如下:第一,以储存与运输工艺过程为例,丁烷储罐区存储物料具有易挥发、易扩散、易流淌、易燃烧、易爆炸等性质。当储罐内焊缝开裂、局部腐蚀穿孔、储罐各封口不严密、法兰接口不紧密、储罐过量充装因受热膨胀破裂、泵盘根过松、储罐管道受到机械撞击破裂、管道受到车辆重压或地形变化断裂等,泄漏的危险物料遇火源即起火,进而引发火灾、爆炸等事故。第二,以储存作业过程为例,容易发生火灾爆炸、中毒、灼伤人体、高空坠落、液体泄漏、环境污染等^[3]。危险源主要来自储罐介质、储存液体性质、防雷接地、环境温度、维保、储存环境、车辆伤害、操作方式等。第三,以输送过程作业为例,丁烷输送过程中涉及到管线、泵、管接头、阀门等设备,输送系统安全、管线物料流动产生静电、环境温度、输送管线材料、管道阀门及连接、输送泵及工艺设计、设施老化、作业方式等,均可能导致储罐胀裂、泄漏、污染,与火灾、爆炸、中毒、窒息等风险。

3.3 风险程度评价

工作人员根据《国家安监总局关于印发〈危险化学品建设项目安全评价细则(试行)〉的通知》(安监总危化[2007]255 号)要求,以及项目实际情况将该项目划分为产业政策与布局及规划单元、外部安全条件单元、总评面布置单元、生产储存设施单元、典型事故案例及原因分析单元。对应上述评价单元应用安全检查表法、事故模拟评价法、作业条件危险性评价、预先危险性分析方法、典型事故案例及原因分

析法进行专业安全评价。然后,结合“风险识别→风险概率→风险模拟和事故后果→风险程度分析”标准程序实施风险程度评价,该项目中的风险程度均在可接受范围内。

以安全检查表评价法的应用为例:①依托《产业结构调整指导目录(2019 年本)》(国家发改委 2019 年第 29 号令,49 号令修订)、《外商投资产业指导目录(2015 年修订)》对产业政策、布局进行检查,结果显示该项目不属于淘汰类和限制类项目,符合所在省企业投资项目备案要求且已备案。同时,根据《中华人民共和国城乡规划法》、《危险化学品安全管理条例》对用地是否处于规划中工业用地范围,符合当地用地、产业规划检查,结果符合其所在园区相关要求。并对企业应持有营业执照进行检查,符合要求;②应用安全检查表评价法对其项目选址条件,其中检查项目及内容均符合《石油化工企业设计防火标准》与《工业企业总平面设计规范》要求;③对项目周边情况进行分析,结果显示发生火灾、爆炸时,对周边产生的爆炸冲击波、火焰热辐射危害可控制在可接受范围内,以防火间距检查表评价为例,对丁烷储罐区与园区道路间设计距离进行检查,检查结果符合 GB50160-2008(2018 年版)要求;④项目总图布置安全检查表评价结果显示,检查项目与总图布置单元主要建构筑物安全间距均符合标准规范的要求。

以预先危险分析评价法在生产储存设施单元的应用为例:丁烷储罐存储、运输及相关作业过程评价方面,工作人员分别从潜在事故、危险因素、触发事件、原因事故、事故后果、危险等级、防范措施等方面,全面分析火灾与爆炸、中毒和窒息、触电、人员伤亡、机械伤害等情况,并进行风险分级与隐患排查、隐患治理双重预防评价分析,表明其风险程度均在可接受范围内。

3.4 对策建议

3.4.1 低温罐控制方面的对策建议

首先,在低温储罐的温度压力及液位控制方面,丁烷储罐设有液位计及温度测量设施以监控储罐的液位的条件下,工作人员应为其设置自动高低液位保护装置,在液位不正常时报警和联锁停止进料或停止罐内泵运行。储罐应设置平均温度计,通过监测相邻点的温差可以间接判断储罐内的分层倾向。其次,考虑到外界大气压的变化对储罐内的操作影响大,罐的压力控制宜采用绝压为基准,而储罐压力泄放保护设施采用表压为基准。在正常操作条件下,储罐的绝对压

力是通过 BOG 压缩机压缩及冷凝器冷凝储罐的蒸发气体来控制。同时,储罐的压力保护应通过表压来控制。如第一级超压保护为放火炬控制阀,第二级超压保护为放火炬安全阀,超压气体排向火炬系统,第三级超压保护为放大气安全阀,超压气体直接排入大气。尤其在低温丁烷储罐方面,在第一级负压保护通过补入氮气恢复正常操作压力,第二级负压保护通过安装在储罐上的真空阀实现。第三,在储罐内罐的底部和罐体上应设置若干测温点,可监测预冷操作和正常操作时罐内的温度。在外罐也应设多个测温点,可监测低温液体的泄漏。为避免出现基础冻胀,储罐基础采用架空型式。在外罐、内罐之间的环隙空间内充满弹性体垫衬和珍珠岩,底部采用泡沫玻璃砖,用以保冷。以同样方法,在储罐内罐的底部和罐体设有若干测温点,监测预冷操作和正常操作时罐内的温度。在外罐也设有多个测温点,可监测低温液体的泄漏。尤其在丁烷储罐设置有平均温度计的条件下,宜通过监测相邻点的温差可以间接判断储罐内的分层倾向。一旦出现相邻点温差较大情况,采用罐内泵对罐内进行循环操作,以防止出现分层和翻滚现象。

3.4.2 DCS 控制方面的对策建议

该项目采用了 DCS 对整个生产过程进行监测、控制和生产管理。通过 DCS 的屏幕,监测生产过程的各种参数的动态值、趋势及过程动态画面,并实现报表打印和报警打印。操作室内设的操作站对全部储存设施操作,工艺系统图上所示的全部控制功能(如检测、控制、报警顺序、动态因素)都由 DCS 控制系统来实现。虽然其中设置安全仪表系统(SIS),DCS、SIS 和主要现场仪表采用不间断电源(UPS),整体上符合安全检查表要求,但是在电源事故期间,应将 UPS 电池能供系统工作时间保障在 30min,从而保证紧急事故状态的报警、连锁、安全停车等正常进行。另外,采用 DCS/SIS 控制系统进行自动化生产和操作,实现远距离控制期间,应加强配套的数据管理工作,包括数据采集、数据存储、数据提取、数据分析、数据挖掘、生成报表、报表管理及应用等。建议在运行期间尽可能选择“DCS+ 大数据”优化方案。此外,罐区进出口处设置紧急切断阀,装卸当遇有紧急情况时可通过设置的紧急停车按钮,停止全部装卸车位的操作,装卸设有防拉断阀及定量灌装系统等,并加强对该区域的常态化安全管理。

3.4.3 其他方面的对策建议

首先,在该项目选址及总图布置方面,应严格按

照建设场址所在地区的总体规划、相关规范及标准进行规划设计,尽可能确保项目与周边相关设施的安全距离。在主要技术、工艺和装置、设备设施方面,应列举输送管线、主要设备、工艺管道装置、罐区等分项工程,并按照专项管理方法,在管理要素清单与技术质量控制指标规范下完成相应的设施设置。其次,针对特种设备运行安全要求,应符合《特种设备安全监察条例》及相关标准规范的相关要求。考虑到该项目建成后构成一级危险化学品重大危险源,此时应依据《危险化学品重大危险源监督管理暂行规定》(安监总局令第 40 号,79 号令修改)相关规定开展工作,包括防爆要求下的设计选型、储罐围堰与接地处理、定期检查等。第三,该化工企业在当前阶段应将专项管理与系统管理方法相结合,建立完善重大危险源安全管理制度和安全操作规程,健全安全监测监控体系,完善控制措施,对丁烷储罐区、装车站台配备温度、压力、液位、流量、组份等信息的不间断采集和监测系统以及气体泄漏检测报警装置,并具备信息远传、连续记录、事故预警、信息存储等功能,具备紧急停车功能等,进而使整个丁烷储罐安全评价范围内实现数字化管理,提高其安全管理效率与质量,从本质上斩断“事件→风险事件→安全事故”的传导链条。

4 结语

安全评价内容丰富、技术较多,在化工企业储罐中应用安全评价具有十分重要的现实意义。建议在同类型项目中,安全评价尽可能遵循思路决定出路的基本原则,加强对丁烷储罐安全评价方案的设计,按照标准实施流程选择适配性较高的安全评价技术按部就班进行实施,确保安全评价的全面性与有效性,为此类企业的储罐设计提供科学依据,辅助其在安全生产条件下产出综合效益。

参考文献:

- [1] 刘瑞倩,丁世玲.化工安全评价对化工安全生产的影响[J].化工设计通讯,2021,47(3):108-109.
- [2] 曹红刚.化工安全评价方法选择与研究[J].中国化工贸易,2020,12(23):65.
- [3] 郭春丽.基于人工神经网络的化工安全评价分析[J].化工管理,2020,15(23):76-77.

作者简介:

钱波(1988-),男,汉族,安徽泗县人,本科,工程师,主要从事安全评价工作。