

基于 HAZOP 分析方法的油库储罐安全管理研究

陈国锋（中国石化销售股份有限公司华南分公司，广东 茂名 525000）

摘要：本文将围绕 HAZOP 分析方法的原理与应用场景开展分析讨论，阐述基于 HAZOP 分析方法的油库储罐安全管理措施，包括运用引导词实现偏差分析、风险评估以及改造措施制定，并以某成品油库为例，验证研究结果的可行性和可靠性。最终发现，HAZOP 分析方法可有效识别设备老化、人员操作不规范、油品泄漏等风险隐患，在加强油品泄漏防治、高温过热保护、布置监测报警系统后，能够大幅度减少油库安全事故的发生，保证油库的正常使用。

关键词：成品油库；监测系统；HAZOP 分析法；智能化技术；安全管理

中图分类号：TE89 文献标识码：A 文章编号：1674-5167(2025)018-0145-03

Research on Oil Depot Storage Tank Safety Management Based on HAZOP Analysis Method

Chen Guofeng (Sinopec Sales Co., Ltd. South China Branch, Maoming Guangdong 525000, China)

Abstract: This study investigates the principles and application scenarios of the Hazard and Operability Analysis (HAZOP) method, proposing safety management measures for oil depot storage tanks based on HAZOP. Key steps include deviation analysis using guide words, risk assessment, and mitigation plan development. A case study of a refined oil depot validates the feasibility and reliability of the approach. The results demonstrate that HAZOP effectively identifies risks such as equipment aging, improper personnel operations, and product leakage. By enhancing leakage prevention, high-temperature overheating protection, and deploying intelligent monitoring and alarm systems, the occurrence of depot accidents can be significantly reduced, ensuring safe and stable operations.

Keywords: Refined Oil Depot; Monitoring Systems; HAZOP Analysis Method; Intelligent Technologies; Safety Management

对于油库储罐来说，储存的成品油本身具有低闪点、高挥发等特性，一旦管理措施不到位，很容易造成油品泄漏，渗入土壤与水体，并扩散至空气中，在引发环境污染的同时，也会危及人员健康。同时油气与空气混合，遇到明火后也会加大爆炸事故的形成几率。为解决此类问题，急需安全管理人员利用适合的风险排查技术，精准识别潜在安全隐患，为后续的管理方案调整提供参考依据。

1 HAZOP 分析方法解析

HAZOP 分析方法可以理解为，基于系统工程理念所演变而来的安全分析手段。其原理主要体现为：依托设定的引导词，比如无、多、少等，针对成品油库储罐系统中的温度、流量、液位等数据参数，依靠定量分析+定性分析，找出可能存在的偏差。假设以“无”作为引导词，开展流量参数分析时，需要优先探讨是否存在“无流量”的情况。在分析过程中，应充分结合工艺流程图等资料，剖析偏差形成的原因，预测可能发生的后果。梳理系统各环节的潜在变化，将储罐系统拆解成多个单元节点，以此识别出隐藏在日常运行中的安全隐患。该方法的主要优势在于将整个油库储罐系统看作有机整体，从油品的输入、输出，至配

套设施，全方位地进行考量。

2 成品油库储罐安全管理现状

根据实际调查显示，现阶段我国许多成品油库均存在设备老化的问题，部分油库的储罐建成时间甚至超过 20 年，罐壁长时间受可燃性液体腐蚀，已出现大面积老化，部分阀门、仪表的精度也难以满足安全标准。且人员本身的技术能力有待提升，经常出现操作不规范的现象，现有的管理体系也不够完善。少数油库的安全管理机制较为落后，缺少对员工的安全培训，没有定期进行设备的维护与保养，隐患排查措施缺少针对性。至于在应急管理方面，部分油库的应急预案可操作性较低，应急演练也往往流于形式，难以真正意义上应对突发事故。且随着社会经济的快速增长，城市化进程的持续加速，原本位于郊区的油库，正不断被城市包围，周边人口密度显著提升，安全风险进一步提高。

3 HAZOP 分析在成品油库储罐安全管理中的实践路径

为切实解决上述问题，急需管理人员积极参考国内外成功的成品油库储罐安全管理案例，总结经验、吸取教训，掌握 HAZOP 分析法的应用要点，保证相

关措施的适用性以及合理性，具体实践路径可分为以下几点。

3.1 组建专业团队

化工企业需要优先打造一支专业的 HAZOP 分析团队，要求团队成员具备丰富的理论知识以及实践经验，且涉及多个专业领域，比如：工艺工程师，其主要职责在于解读储罐的工艺流程，梳理油品在储罐内的流动路径，确定油品的储存条件以及与上下游装置间的连接关系。同时，还要准确判断工艺参数的合理性，确定安全阈值区间；设备工程师，其主要职责在于，掌握储罐本体及附属设备的结构组成、性能、运行状况，依靠个人专业知识，挖掘设备可能存在的故障点；安全专家，要求熟悉各类安全法规以及现行标准，能够站在全局层面宏观把控安全风险，并为分析工作的落实与执行提供安全视角；仪表工程师，主要负责储罐的自动化控制系统管理，能够自主分析仪表故障的主要特征，明确其对储罐安全运行产生的影响；电气工程师，其主要作用在于评估电气设备的安全性，确保电气方面不存在安全危害。除此之外，团队成员间需密切协作，注重数据信息的交互与共享，依靠沟通会议、联合现场勘查等一系列活动，阐明各自专业领域的见解。以某油库的 HAZOP 分析为例，其中工艺工程师提出关于油品输送流程中压力波动的风险点，操作人员则结合实操经验，补充在特定工况下，该压力波动可能引发的具体问题。之后由设备工程师，探究设备对压力波动的承受极限，经多方讨论后，确定风险的严重程度以及适合的应对措施。

3.2 确定分析节点

分析团队要充分依据储罐的工艺流程，掌握设备设施的具体布局，将系统分割成多个分析节点。比如：将油品的卸车环节设置成单元节点，并涵盖卸车鹤管阀门以及与储罐的接口，而储罐本体同样可作为一个关键节点，主要由罐壁、罐顶、温度计等设备设施组成。至于油品的输出环节，则要由泵、管道、流量计组成新的节点。且每个节点都保持独立，存在明确的边界，以便针对性分析。之后要确定关键参数，工作人员需要认识到，过高的温度很可能加速油品的挥发，甚至达到闪点，最终引发火灾爆炸。而压力参数的异常升高，则会造成储罐破裂泄漏，同样需要作为重点关注对象。至于液位参数，则主要用于反映储罐的储存容量大小，当液位过高，可能导致溢罐事故。最后，要确定流量参数，一旦出现流量异常，很可能影响工艺流程的顺利推进。以某 30000m^3 的成品油储罐作为研究对象，在系统正常运行时，温度大约在 $15^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$ 之间，而压力则恒定在 0.2MPa ，至于液位高度应控制

在储罐高度的 90% 以内，油品输送流量则需依照工艺要求进行针对性设置。

3.3 运用引导词实施偏差分析

对于成品油库储罐安全管理中的 HAZOP 分析，常用的引导词表现为无、多、高、低、晚等，各个引导词与确定的关键参数有机结合，利用逐一分析可能产生的偏差情况，识别储罐安全风险（具体情况如表 1 所示^[1]）。比如：当以“无”作为引导词，开展流量参数的分析时，应优先考虑是否存在“无流量”的现象，若有，可能是泵故障或是管道堵塞。此时，储罐进料中断，后续生产流程无法顺利进行，甚至可能因空罐运行，产生安全事故。若以“高”作为引导词，在进行温度参数分析时，需判断是否存在“高温”现象，若有，则可能是因储罐长时间遭受阳光暴晒，亦或是油品自身出现化学反应，释放大量热能。总体来看，高温现象，会在一定程度上加速油品的蒸气压升高，增加火灾爆炸的风险，并且也可能对储罐的材质性能产生消极影响，缩短设备使用寿命。除此之外，在分析环节，还要考虑人员失误、工艺设计缺陷等因素。比如：操作人员误操作阀门，造成油品流向失准，引发安全问题；工艺设计中管道直径过小，流量受限，影响生产效率。或是油品流速过高，产生静电积聚。为避免此类因素的干扰，需要借助全面的偏差分析，尽可能多地识别出潜在风险^[2]。

表 1 偏差分析

引导词	偏差				
	参数	偏大	偏小	无	异常
温度	高	低	-	-	-
流量	大	小	无	-	逆流
液位	高	低	无	-	-
压力	高	低	-	-	真空

3.4 风险评估

在完成上述偏差分析后，还要采用风险矩阵，对识别出的偏差风险开展评估。其中风险矩阵可以理解为对风险发生概率以及风险水平进行量化与分类，在矩阵中实施交叉定位，用以可视化呈现风险等级。在分析过程中，需要将风险发生的可能性设定为极低、低、中等、高、极高共计五个等级，至于后果严重程度则划分为轻微、小、中等、严重、灾难等五个级别。以储罐液位过高导致溢罐这一偏差作为研究对象，若结合历史数据统计结果以及专家判断，均认定其发生可能性为“中等”，则溢罐可能引发的火灾爆炸等后果严重程度应对应“严重”，此时该风险在风险矩阵中应划分为较高风险。

3.5 制定改进措施

根据上述风险评估结果，便可为工作人员提供制定改进措施的参考依据。通常来说，对于高风险的偏差，比如常见的储罐压力过高，更适合安装超压保护装置，当储罐压力超过设定阈值，便可自动开启泄压功能。同时，也可适当优化工艺流程，降低导致压力升高的因素，并定期开展压力检测仪表的校准以及性能测试，确保其准确性。至于中等风险的偏差，比如人员操作不规范，则要进行集中培训，组织操作技能考核，提高人员的专业能力，并编制详细的操作规程，结合管理机制，规范操作人员行为。对于低风险偏差，可依靠日常的设备巡检进行防范，包括管道防腐，预防因管道锈蚀导致的泄漏风险。结合风险跟踪机制，对改进措施的实施成果进行持续评估，保证风险得到有效控制^[3]。

4 案例分析

4.1 实例详述

以某大型成品油库作为研究对象，根据调查发现，该油库共拥有 10 座储罐，主要用于承担周边地区的成品油储存与调配任务。当管理部门引入 HAZOP 分析方法后，第一时间成立由工艺、设备、安全、操作等人员组成的专业团队。团队需结合油库的工艺流程以及设备布局，将系统划分为油品卸车、油品输送等多个分析节点。在储罐储存节点，主要确定温度、液位等关键参数大小。比如储罐正常运行温度设定在 20℃~30℃，压力在 0.15MPa~0.25MPa 之间，液位上限为储罐高度的 85%。之后采用引导词完成偏差分析，以温度参数为例，当使用“高”引导词时，发现系统存在因夏季高温天气，阳光直射，致使罐内油温升高，罐内压力增大，加速油品的氧化变质，进一步增加泄漏和爆炸的风险。该高温现象会持续引发油品挥发，增加罐内可燃气体浓度，一旦遇到火源，必然会产生火灾爆炸^[4]。

4.2 实施效果

在未引入 HAZOP 分析前，该油库每年发生安全事故大约在 6 起，其中因储罐问题引发的事故占比达到 40%。而在引入 HAZOP 分析后，能够为油库的安全管理提供参考依据，结合问题形成原因，保证管理方法的可靠性与针对性。比如对管理系统进行升级改造，加装可编程逻辑控制器来实现智能化控制。增加备用装置，更好的应对突发事件。并定期对管路进行清洗维护，避免出现管路堵塞。安装温度监测报警装置，确保当温度接近上限时，及时发出告警提示。同时要做好操作人员的安全教育与专业培训，提高其对管理系统故障的应急处理能力。

最终在经过一年的运行监测后发现，该油库安全事故发生率得到有效控制。全年仅发生 1 起轻微安全事故，且与储罐无直接关联。储罐相关的安全隐患数量也从每年的 20 个降低至 5 个以内。由此可见，HAZOP 分析的应用价值极高，可有效降低事故风险，保障油库的稳定运行。

4.3 未来发展趋势

随着信息化时代的到来，数字化技术的高度普及，HAZOP 分析方法若想更好地满足化工企业的应用需求，势必要进行创新与改进。比如依托人工智能、大数据技术、自控制算法，高效处理海量的工艺数据信息，精准识别潜在风险。依托智能化的风险评估模型，动态评估风险变化，为安全管理决策提供参考对象。或是搭载全息投影技术以及微型机器人，全范围管理油库生产环节，搭配虚拟现实技术，增强人员的培训效果。并尝试将 HAZOP 方法与其他安全管理法有效融合，比如：故障树分析法，能够对识别出的偏差风险进行量化评估，根据偏差风险的权重大小，优先安排相关资源完成整改；失效模式与影响分析，其主要作用在于专注识别系统各组件可能出现的失效模式，并评估此类失效模式对系统功能的影响，结合影响的严重程度、形成几率以及控制措施的有效性，来进一步确定风险优先数。

5 结论

综上所述，通过对基于 HAZOP 分析方法的油库储罐安全管理措施实现路径开展分析讨论，并以某成品油库作为研究对象，验证相关安全管理措施的可靠性与适用性。最终发现，HAZOP 方法能够准确识别油库罐区存在的设备老化、操作不规范、管道渗油等风险隐患，并为后续的油品泄漏防治、管理优化设计等解决方案的编制提供参考依据。

参考文献：

- [1] 顾枫, 郭旭. 基于 HAZOP 分析的常压工程大罐设计探讨 [J]. 辽宁化工, 2021, 50(08):1255-1257.
- [2] 杨丽华, 周艳. 基于 JHA-HAZOP 方法的企业安全操作规程研究与开发 [J]. 价值工程, 2024, 43(09):5-7.
- [3] 吴广强, 张辰新. 储罐区火灾爆炸事故树分析及危险因素辨识方法研究 [J]. 化工安全与环境, 2023, 36(05):15-20.
- [4] 刘小波, 王璐林. 集中风险管理智能监控报警系统在大型油库基地中的应用探讨 [J]. 科技创新与应用, 2023, 13(06):166-169.

作者简介：

陈国锋（1975-）男，汉族，广东省茂名市人，本科，助理工程师，研究方向：油库储罐安全管理。