

油库储运安全性能优化技术研究

沈正旭（国家粮食和物资储备局广东局三五三处，广东 韶关 512227）

摘要：随着石油行业的迅速发展，油库储运的安全问题日益凸显。本研究聚焦于油库储运安全性能优化技术，通过对现有技术的深入分析，结合实际运行中的安全隐患，提出了一系列创新性的优化策略。包括先进的监测系统应用、智能化的风险评估模型构建以及高效的应急响应机制完善等，旨在提升油库储运的整体安全性，为石油行业的稳定发展提供有力保障。

关键词：油库储运；安全性能；优化技术；监测系统；风险评估；应急响应

Abstract: With the rapid development of the petroleum industry, the safety problem of oil depot storage and transportation has become increasingly prominent. This study focuses on the safety performance optimization technology of oil depot storage and transportation, and proposes a series of innovative optimization strategies through in-depth analysis of existing technologies and combined with safety risks in actual operation. Including advanced monitoring system application, intelligent risk assessment model construction, efficient emergency response mechanism improvement, aimed at improving the overall safety of oil depot storage and transportation, to provide a strong guarantee for the stable development of the oil industry.

Key words: oil depot storage and transportation; Safety performance; Optimization technology; Risk assessment

0 引言

石油作为一种重要能源资源在储运环节中的安全性是非常关键的。近年来油库储运事故频发，对生命财产及环境造成极大的威胁。所以对油库储运安全性能优化技术进行深入研究对确保石油行业可持续发展有着十分重要的作用。目前油库储运过程中存在设备老化，管理混乱，技术更新滞后等许多挑战，严重地影响到油库安全运营。为应对上述挑战，必须不断地探索并运用新技术手段来提高油库储运安全可靠性。

1 油库储运安全性能优化技术的应用价值

油库储运安全性能优化技术有着极为重要的应用，在经济方面，优化技术可以明显降低油库的运营成本。通过准确地监控及先进管理系统降低油品损耗及设备维修频次。根据数据显示，在采纳了优化技术之后，油品的损耗率可以减少超过 30%，同时设备的维护费用每年可以减少大约 20%。这样既提高企业经济效益又增强市场竞争力^[1]。

从环境保护的角度来看，它的价值也是不容低估的。该优化技术有利于减少油品泄漏与挥发，减轻土壤、水源及空气等方面的污染。以一个年吞吐量为 100 万吨的油库为例，应用优化技术后，每年可减少约 10t 的油品泄漏，有效保护周边生态环境，规避环境污染带来的大量治理费用及法律风险。

基于人员安全的考虑，优化技术可以显著减少事故的发生。健全的安全防护设施以及智能化预警系统

为工作人员的工作提供更加可靠的保障。根据相关的统计数据，采纳了前沿的安全性能优化方法后，油库的事故率可以减少大约 70%，这显著地降低了人员的伤害和家庭的悲剧。另外，对社会稳定来说，油库安全平稳运行也是非常关键的。优化技术保障油品稳定供给，避免安全事故造成能源短缺及社会恐慌。重大油库事故的发生不仅给地方经济带来沉重的打击，而且也会引起社会的动荡。所以在油库储运中采用安全性能优化技术对保持社会和谐与稳定有着深远的意义。

2 油库储运中安全性能优化技术应用的方法

2.1 融入先进的监测技术

先进监测技术对于优化油库储运过程中的安全性能具有十分重要的意义。通过采用高精度传感器，智能仪表和实时监测系统，使油库在储运过程中能对温度、压力、液位及气体浓度等关键参数有一个完整而准确的把握，这些信息为油库安全管理奠定了坚实基础^[2]。如图 1 所示。

以温度监测为例，油库油气产品储运时，温度控制是关键。温度过高或过低均会造成油气产品性质改变，甚至造成安全事故。所以通过对储罐以及运输管道设置温度传感器能够对油气温变化进行实时监控。通常情况下，温度传感器的测量精度能够达到 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ ，并且它能在 0.1 秒的时间里完成温度的收集和处理工作。管理人员可依据实时监控的温度数

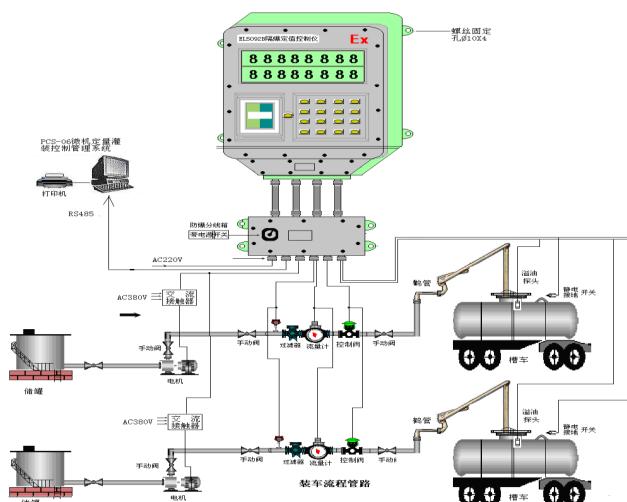


图 1 监测体系

据并对照设定安全阈值，当温度超过安全范围时，监控系统立即发出信号。某大型油库在实践中使用了一套先进温度监测系统。根据数据显示，该系统启用之后，由于温度异常导致的油库安全事故发生率下降了30%。同时本系统也能提供温度变化趋势分析，有助于管理人员对可能出现温度异常区域进行预测并及时采取对应措施，进一步提高油库安全性能。

2.2 风险评估模型

建立风险评估模型，是优化油库储运过程中安全性能的又一核心技术。通过对油库储运各风险因素的定量分析与评价，该模型能准确地预测不同储运环节安全风险等级，并向管理人员提出针对性风险防控意见^[3]。

风险评估模型一般是以统计学与概率论为基础，将油库历史数据与实时数据相结合来量化风险因素。如风险矩阵法可用于油库安全风险评价。该方法以风险因素发生概率与后果严重程度为2个维度构造风险矩阵，并通过打分确定不同风险因素在矩阵中所处的位置得到风险等级。设事件发生的概率为P（用百分比表示，例如0.1表示10%），后果严重程度为S（以数值的形式出现，如5，说明后果是很严重的），则风险等级R可以表示为：

$$R = P \times S$$

例如，如果一个事件的发生概率是10%（即P=0.1），并且如果发生，其后果的严重程度是5（可为任何定义严重性评分），那么风险等级R计算公式如下：

$$R = 0.1 \times 5 = 0.5$$

这一结果R=0.5，可进一步按照机构或项目风险评估标准加以说明，例如可指示为中等风险。不同机构对风险等级的划分可能存在差异。

某油库在实践中运用风险矩阵法建立风险评估模型。通过量化评估油库储运中设备故障、人为操作失误和自然环境影响等风险因素，模型可实时更新风险评估结果并向管理人员提出相关风险防控建议。根据数据显示，该风险评估模型实施后，油库的总体安全风险等级下降了20%，特别是由设备故障导致的安全风险减少了15%，由于人为操作的失误，安全风险减少了25%，而由自然环境因素导致的安全风险也下降了10%。

2.3 应急响应机制

应急响应机制对优化油库储运安全性能至关关键，遇到突发事件，油库需快速响应，对事态的发展进行有效的控制，将损失降到最低。因此，构建完善的应急响应机制对提高油库安全性能至关重要。

油库需定期举办应急演练以提升管理人员应急响应能力与协作水平，通过对真实突发事件情景进行仿真，使管理人员熟悉突发事件应急响应过程与方法，提高突发事件处置能力。根据数据显示，某个油库每年都会组织两轮紧急演练，参与的人员涵盖了油库的管理团队、消防工作人员以及附近社区的相关工作人员。演练实施后油库应急响应能力明显提高。

2.4 视频监控系统

视频监控系统对优化油库储运安全性能起到关键作用。通过对油库各区域活动的实时监控与记录，为确保安全提供有力支撑。现代油库视频监控系统一般都使用高清摄像头进行监控，分辨率可达到1080P乃至4K，能清晰地抓拍到细微之处。比如说，在油罐区域内，每一个面积为50m²的区域都应至少安装一台高清摄像设备，以确保没有任何监控盲区。这批摄像头拥有出色的光学变焦特性，其最远的监视范围可以达到500m，从而能够对远程设备和人员的行为进行高效的监视。视频监控系统如下图2。

视频监控系统存储能力亦要明显提高，利用大容量硬盘阵列可持续保存高清视频数据至少90天。就某中型油库而言，日生成视频数据量在500GB左右，90天内存储总量达到45TB。这对事故追溯、安全分析等进行跟进，提供了大量信息。与此同时，智能分析功能也成为视频监控系统中的重头戏。通过人工智能与图像识别技术的结合，该系统可以对异常行为进行自动识别，例如未经许可的人进入、明火的产生以及油品泄漏。

根据数据显示，智能分析的精确度可以超过95%，这极大地增强了安全预警的时效性和精确度。



图 2 视频监控系统

在视频数据的网络传输过程中，可以使用高速的以太网和专门设计的光纤链路，以确保数据传输的稳定性，并将延迟控制在 100 毫秒之内。从而使监控中心能实时了解油库现场状况并快速作出决定。除此之外，视频监控系统也成功地与其他的安全系统进行了整合。如与消防报警系统的联动、火灾警报出现时监控画面自动向有关区域转换等；配合门禁系统实现对人员出入的实时监测。通过这几方面的整合，建立全方位、多层次油库安全监测系统。

2.5 故障树分析技术

故障树分析方法作为一种高效的可靠性和安全性评估手段，在油库的储存和运输安全性能优化方面具有不可忽视的实用价值。构造故障树是应用这一技术的关键环节，以某油库储罐发生泄漏事故为例，将顶事件定为“储罐泄漏”。通过深入分析，发现了造成储罐发生泄漏的罐体腐蚀、密封失效和操作失误为中间事件等直接因素。进一步往下分解，发现了引起中间事件的一些基本情况，例如腐蚀介质富集过高、维修不及时以及违规操作。

在进行了细致地调查与分析后，建立了完整故障树。进行定量分析时，必须搜集大量有关资料，以罐体腐蚀为例，通过对多个油库储罐的细致检测和数据统计，我们发现其平均腐蚀速度为每年 0.1mm，并且腐蚀导致的穿孔概率仅为 0.01%。关于密封的失效情况，从过去的数据来看，其出现故障的频率大约是每 1000 小时 0.05 次。顶事件的可能性可由这些特定数据来计算。假设某油库有 10 个储罐，每个储罐的容量为 5000m³，若发生泄漏，造成的经济损失估计可达 1000 万元。由故障树分析计算出储罐泄漏发生几率为 0.005/ 年。

根据这一结果，可有针对性地制定出预防措施。

例如，为了应对罐体的腐蚀问题，要增加定期检查的频次，从原先的每 5 年一次增加到每 3 年一次；针对密封部件，选择更优质的材质，从而将其使用期限从 5 年增加到了 8 年。经过采纳这些建议，重新进行故障树的分析，结果显示储罐泄漏的可能性已经减少到每年 0.002 次，这大大降低了事故的风险和可能的经济损失。

故障树分析技术也可应用于对不同预防措施效果及成本效益的评价。通过对比各方案投入情况及期望风险下降情况，筛选出最佳安全改进策略，以最大限度地提高油库储运安全性能。

3 结束语

总而言之，在油库储运过程中采用安全性能优化技术对提高油库整体安全水平至关重要。通过综合运用先进监测技术、风险评估模型、应急响应机制、视频监控系统及故障树分析技术等，可以使油库在日常经营中对安全风险进行更有效的防控，保障储运过程顺利实施。今后，在科学技术不断进步以及应用方法不断革新的背景下，油库储运过程中安全性能优化技术会起到更大的促进作用，从而为油库长期平稳运行提供更扎实的保证。

参考文献：

- [1] 张传刚. 油库危险化学品储运中自动化技术的应用 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(02):171-173.
- [2] 沈美勤. 中国石油浙江销售储运分公司：抓实体系统检查，严控油库隐患风险 [J]. 现代班组, 2023(10):35.
- [3] 沈美勤. 储运公司开展“送服务”安全培训活动 [J]. 现代班组, 2022(05):35.

作者简介：

沈正旭（1991—），男，汉族，广东省韶关人，本科，注册安全工程师，研究方向：油库安全管理。