

油品储运过程中油气蒸发损耗问题分析与对策探究

马 健 (国家能源集团宁夏煤业公司煤制油分公司, 宁夏 银川 750000)

摘要: 本文对油品储运过程中的油品蒸发与损耗问题展开深入分析, 总结出油品储运过程中的蒸发损耗问题主要出现在油品装载、油品储存这两个关键环节。随后, 详细分析了可能造成油气蒸发损耗的核心原因, 并提出应对蒸发损耗问题的降损措施予以应对, 旨在充分解决油品储运时面临的蒸发损耗难题, 全面提高油品储运的效率与安全性。

关键词: 油品储运; 油气蒸发损耗; 应对策略

中图分类号: TE89

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2025) 030-0088-03

Analysis and Countermeasures of Oil and Gas Evaporation Loss in Oil Storage and Transportation Process

Ma Jian (National Energy Group Ningxia Coal Industry Company Coal to Oil Branch, Yinchuan Ningxia 750000, China)

Abstract: This article conducts an in-depth analysis of the evaporation and loss of oil products during storage and transportation, and summarizes that the evaporation loss problem in oil product storage and transportation mainly occurs in the two key links of oil product loading and storage. Subsequently, a detailed analysis was conducted on the core causes of oil and gas evaporation losses, and measures to reduce evaporation losses were proposed to fully solve the problem of evaporation losses faced during oil storage and transportation, and comprehensively improve the efficiency and safety of oil storage and transportation.

Keywords: oil storage and transportation; Oil and gas evaporation losses; coping strategy

油品储运涉及到油品储存与装载运输, 油品自身的特性使得油品储运环节的危险系数较高, 油气蒸发所造成的损耗是油品储运过程中难以避免的问题, 这不仅会使油品储运面临成本增长、利润空间骤降等问题, 还会使储运工作因油品的蒸发泄漏等问题遭受安全威胁。所以, 分析、探讨油品储运过程中的油气蒸发损耗问题, 并积极研究对策予以解决是极有必要的。

1 油气蒸发损耗的危害

首先, 从石油企业角度来看, 油品储运的过程中, 油气的蒸发损耗会在一定程度上影响油品的最终质量。同时, 油气的蒸发损耗会造成不可避免的经营成本上涨, 经济效益下降, 企业无法获得相应的经营利润, 或会面临运营与财务方面的风险。其次, 油品储运时, 油气的蒸发损耗还伴随着潜在的安全风险, 若不重视或未做及时处理, 极可能演变成重大安全事故。油品中蕴含着大量挥发性碳氢化合物, 储运时, 这些化合物会逐渐挥发至空气中, 造成蒸发现象。而油品蒸发形成的油气中含有大量有毒害性物质, 如苯、醚、甲苯等, 会威胁到附近工作人员的人身安全。严重时, 还可能引发急性或慢性中毒事件, 若挥发出的油气大量聚集于交通过度密集的区域, 还有引发火灾或爆炸事故的潜在风险^[1]。最后, 油气的蒸发损耗可以视作石油储运过程中的油品泄漏、流失, 这会引发严重的环境污染。一定区域范围内的大气中, 油品中的挥发

性物质含量上涨, 必会使其空气质量下跌, 继而引发环境污染, 也可能形成酸雨, 持续影响周边自然环境与生态平衡。

2 油品储运时油气的蒸发损耗情况

油品储运时的油品损耗多集中在以下两个环节。一方面, 是储罐油品装载时造成的蒸发损耗现象。储罐收发油品的过程中, 油液位会随着油的进入升高, 油的进入会占据原本的罐内气体空间, 空间压缩后引发的蒸发与膨胀现象, 将使油气遭到挤压, 从罐中排出。除此以外, 转移油品时, 罐内油液下降后, 仍会留有部分油品附着在储罐内壁, 这部分油品蒸发所造成的损耗也是极其可观的。另一方面, 是储存过程中的蒸发损耗。油品与储罐内静止存放时, 可能受罐内的环境温度、大气压强等外界因素的变化形成热膨胀, 导致油气排出储罐。若为浮顶罐, 那么油气蒸发损耗将与其密封板与浮顶的密封性呈相关性, 密封效果越差, 蒸发损耗量越大, 而且用密封导致的蒸发损耗问题, 若不及时处理, 油品将持续不间断地蒸发, 长期积累下来的损耗量是极大的。

如某成品油库, 有一座5万m³的汽油内浮顶储罐, 根据《石油库节能设计导则》中提出的油气损耗蒸发损耗计算公式, 按 $600 \times 10^3 \text{m}^3$ 的年周转量与年均12次的周转次数来计算, 可得出该油库年度油气蒸发损耗量为29.319t/a。这个数字背后带来的经济损失是巨

大的，还会严重污染周边生态环境，因此，认真研究油品储运过程中造成油气蒸发损耗现象的实际原因，并提出相应的对策予以处理是具有必要的。

3 油品储运时造成油气蒸发损耗的原因

3.1 温度变化

油气的蒸发损耗与运输过程中的外部环境温度及其变化数值有密切联系，过高的外部环境温度会通过储罐上部、储罐壁影响到内部储存的油品，使其温度升高。在热胀冷缩原理的作用下，高温油气的体积膨胀变大，直至溢出储罐，便会造成蒸汽损耗。简而言之，外部温度越高，油气蒸发的可能性就越高。因此，夏季高温天气时，油品储运过程中的蒸发数值较大，若不能合理控制温度，油气的蒸发速率会越来越快，造成的损失也会越来越大^[2]。

3.2 储罐问题

储罐是储运油品的主要载体，质量不佳或不适宜的储罐，也可能加速油气的蒸发损耗。通过分析多种不同储罐，认为储罐的款式、直径、材料均可能影响油气的蒸发速率。研究过往的油气储运案例可以发现，直径较大的储罐损耗量较大，直径较小的储罐燃油消耗量较小。经分析后，发现过大直径的储罐内部气体空间体积和自由表面积也相对较大，形成了一定规模的油-空气的接触面，这会导致损耗加速。此外，使用拱顶形储罐时的油气损耗量远远高于使用内浮储罐和外浮储罐时的油气损耗量，换用浮顶类型的储罐后，油损失约减少89%。研究证明，内浮储罐和外浮储罐的类型、材料对减少储运使用的气体空间与油气损失有积极影响。

3.3 化合物挥发

油品中含有大量具有高挥发性的物质，如轻烃，这些物质将在高温环境下迅速挥发成气体，储存于储罐之内。储罐内的气体不断增加，其压力自然也会持续上涨，到达压力极限值时，油气便会外泄形成损耗。注油时，油液位上涨导致储罐压力上涨，压力超出呼吸阀临界值时，会自动开启呼吸，排气泄压，造成油气损耗。除此以外，当储罐内的机油被卸下后，罐内压力也会变化，内部压力低于大气压过多时，空气会自动涌入罐内，罐内的空气占比越多，油气挥发速度也就越快，这不仅会损失大量油气，还会导致油品品质下跌^[3]。

3.4 大、小呼吸损耗

大呼吸损耗是储罐收发油品时，由于罐内液面上涨、下降等问题，致使上方的油气空间变化，带动了油气蒸汽压力的增减，使得储罐内外气压差上涨，导致油气被加速排出、空气进入等现象，致使油气浓

度下降，加速了油品的蒸发。其中，收油时产生的损耗被称为收油损耗，发油损耗则为结束发油后，因油品蒸发加剧导致停发后，依然未终止排除的油气损耗。发油结束后的油气呼出被定义为回逆呼出，这便是大呼吸损耗。

小呼吸损耗是油品储运过程中受昼夜温差影响，储罐内外压强差变化形成的规律性的呼气、吸气现象造成的油气蒸发损耗，其本质是储罐内外压强差超出呼吸阀的调节阈值时，混合油气受到压力作用，被挤出罐外或空气受到压力作用被吸入罐内。

3.5 设备损坏

造成油气蒸发损耗的核心原因之一便是油品储运期间有重要设备损坏。例如，储运所用的管道断裂，受腐蚀而破损等，将导致油气大规模泄漏。若储罐损坏或呼吸阀损坏，也会加剧油气的蒸发损耗，管道穿孔更会引起自然通风问题，导致漏油和大规模的油品损失。

3.6 操作不当

油品储运工作流程繁琐、细节众多。从理论上讲，储运期间的每一个工作环节都有着难以避免的油损存在。如果其中有工作人员操作不当，便会加剧油气的蒸发损耗，造成更严重的后果。例如油品储运过程中，因操作失误引发漏油，必会造成一定量的油量损失，此外，手动计量装置准确性不足，读数错误，或使用某设备时存在操作误差等，都会提高油品损耗量。而且，作为一种粘性资源，油品储运过程中，一定会有部分油附着在罐内或管道中，如未展开定期保养或做精细化清洗，也会形成不必要的油品浪费^[4]。

4 应对油气蒸发损耗问题的策略

4.1 对油品储运过程进行优化

优化油品储运过程，使储罐始终保持加满密封的状态可以稳定油品。出油时，优先选用低液位储罐，收发同品类油品时，尽可能使用同一个储罐。储运有强挥发性的油品时，应优选浮顶类型的储罐，将浮盘置于油面上，使其随着油液位的涨幅而升降，覆盖在油面上的浮盘便可以大大降低暴露的油品面积，即可通过降低油品蒸发面积的方式，达到控制油品的蒸发损耗问题的目的。在此基础上，我国也在积极研发各项高新技术用于优化油品储运环节。如新研发的高效密封内浮顶技术，以全浸液式结构和全新的高效密封结构，提高密封环的适应性能，内浮顶的密封性与可靠性，即可在一定程度上降低油品储运时的蒸发损耗量。

4.2 对储罐承压性能进行改进

承压能力更强的储罐受压强差的影响就越小，油

气泄漏引发的损耗也就越少。所以，提高储罐的承压性能，可以有效控制油气蒸发损耗问题。研究发现，当储罐内部压力为 14.7kPa 时，该储罐的小呼吸损耗几乎等同于 0，大呼吸消耗量也大幅度下降，所以结合储罐的原有性能优化及结构设计，使其具备更强承压能力是有必要的。目前，国内使用的大部分储罐均为立式圆筒形常压储罐，其设计压力仅为 2kPa，应通过适当、适度的优化，调整储罐外形，提升其结构强度与承压能力。除此以外，储罐储运时的外部环境温度也是造成油气蒸发的核心原因之一，可以通过优化储罐性能，为其增加温度调节能力，使储罐温度降低的方法，控制油气的蒸发损耗。例如，引入自动化、智能化技术，在储罐顶部安装自动感温的冷却喷淋头，传感器监测到储罐温度过高时，便会自动开启喷淋装置，即可通过遥控喷淋降低储罐表面温度。

4.3 对呼吸阀挡板进行升级

油品收发是油品储运时不可或缺的重要环节，也是导致油气蒸发损耗的主要原因，频繁的油品收发势必会加剧蒸发损耗，为了更好地控制并防范这一现象，可以对呼吸阀挡板进行升级，使其发挥出自身功能，将空气阻挡在罐壁或隔离至罐端，最大限度地防止经呼吸阀流通的空气与油面直接接触，缓解大小呼吸损耗。

4.4 对油气回收技术进行创新

在油品储运的过程中，因蒸发导致的损耗是不可避免的。而科学、有效的油气回收技术能够最大限度地规避此类蒸发损耗造成的负面影响，不仅可以降低油气泄漏引发的危害，还能通过油品的回收再利用，减少油品储运过程中的能源损耗，防止环境污染，提高环保效益。目前，最常用的油气回收技术包括冷凝法、吸附法、膜分离法等。其中，冷凝法可以通过液化储罐内的混合气体，得到高达 99% 的油气回收效率。吸附法将利用性能不同的吸附剂对不同气体成分的吸附效应，实现对混合气体中各类成分的吸附，达到有效回收油气的目的。膜分离法的核心原理是对油气与空气的混合气体进行加压处理，再使其通过膜分离器，达到分离油气与空气的目的^[5]。除此以外，装车时，使用密闭鹤管收集多余油气，再利用针对性的回收工艺，实现油气从气相 - 液相的转变，即可实现更高效的油品回收再利用。该技术需借助 RTO 燃烧系统，以工业热处理设备，处理装车环节采集到的有机废气及其他将对环境造成负面影响的有机化合物，使其充分反应生成二氧化碳与水蒸气，实现污染气体的燃烧净化。使用 RTO 燃烧系统净化处理过的废弃，经过蓄热体降温，再检验其污染物含量达国家标准后准许排放。该操作可实现 95% 以上的热能回收率，能顺利达

成降本增效、节能环保、控制环境污染的目的^[6]。

4.5 对储运管理策略进行调整

通过调整油品储运的管理策略，规避因人为因素引发的油品蒸发损耗问题。首先，制定完善、系统的油品储运管理制度并妥善执行，充分发挥出制度的约束作用。明确油品储运工作流程，确定各道工序、细节的操作方式，完善技术执行规范，实施标准化管理。其次，适当简化、调整原有的操作流程，规避因复杂、繁琐工作路径引发的油品蒸发损耗问题。再次，健全对各岗位工作人员的培训管理策略，切实提高其专业能力和职业素养，使其掌握正确的工作方法与良好的储运管理策略，能认真履行岗位职责，顺利完成油品储运。最后，制定针对各项机械、设备、储运工具的维护保养制度，保证所有设备均保持正常稳定的工作状态。可以第一时间发现设备异常或设备故障问题，并采取有效措施，规避因器械质量问题引起的油品蒸发损耗。

5 结语

一直以来，油品储运中的油气蒸发损耗问题困扰着许多石油企业，过度的油气蒸发损耗将影响企业的经济效益、安全效益与社会环保效益。所以，相关人员要认真研究应对油品储运期间油气蒸发损耗问题的可行方法，深入分析造成油品蒸发损耗现象的实际原因，再通过优化油品储运过程，改进储罐承压性能，升级呼吸阀挡板，创新油气回收技术，调整储运管理策略的方法，解决、防范或控制各类油气蒸发损耗问题，减缓损耗速率，科学控制损耗量，从而提高企业效益，为行业的可持续发展提供支持。

参考文献：

- [1] 刘健. 油品储运蒸发损耗的原因及降耗措施 [J]. 清洗世界, 2022, 38(12):190-192.
- [2] 李宪威. 油品储运过程中油气蒸发损耗分析 [J]. 化学工程与装备, 2022(07):50-52.
- [3] 袁学文. 油品储运过程中油气蒸发损耗问题分析 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2021, 41(03):30-32.
- [4] 赵玉龙. 油品储运过程中蒸发损耗问题分析 [J]. 化工设计通讯, 2020, 46(11):17-18.
- [5] 赵宁, 赵志明. 油品储运蒸发损耗的原因及降耗措施 [J]. 内蒙古石油化工, 2020, 46(03):49-50.
- [6] 陈宏, 董超. 挥发性有机物 (VOCs) 治理技术在我国石化行业的应用进展 [J]. 化工环保, 2023, 43(2):156-162.

作者简介：

马健 (1986-)，男，回族，宁夏吴忠人，本科，中级工程师，研究方向：化工工艺安全。