

基于环保要求的汽柴油储存技术改进研究

杨 斌

中国石化销售股份有限公司浙江湖州石油分公司 浙江 湖州 313000

摘 要：针对汽柴油储存中的环保问题，本文从新型浮顶密封技术、高精度渗漏监测、环保材料创新、保温技术优化及智能应急响应体系等方面提出改进策略。采用全接液式浮盘与高性能密封组合系统减少蒸发损耗，分布式光纤传感技术实现渗漏高精度监测，低合金钢与玻璃纤维复合防腐技术及模块化搪瓷钢储罐提升储罐耐腐蚀性。同时，优化保温设计降低蒸发损耗，构建数字孪生应急响应平台实现快速处置。这些措施有效降低了汽柴油储存污染，促进能源行业绿色可持续发展。

关键词：汽柴油储存；环保要求；技术改进

引言：汽柴油在能源结构中地位重要，但其储存环保问题备受瞩目。汽油挥发性强，蒸发损耗与泄漏污染显著；柴油蒸发损耗小，但泄漏同样危害环境。随着环保法规趋严及公众环保意识增强，减少汽柴油储存污染成为迫切任务。因此，开展汽柴油储存技术改进研究，针对其特性探索差异化策略，对保障能源稳定供应、维护生态环境健康及推动能源行业绿色可持续发展具有重要意义。

1 汽柴油储存环保要求

汽油与柴油作为现代社会不可或缺的能源以及关键的化工原料，其储存环节的安全性及环保性能意义重大，不仅紧密关联着能源供应的稳定与可靠，更对生态环境的健康状况有着直接影响。在全球环保意识不断觉醒并持续增强的当下，环保法规日益严格且细化，汽柴油储存面临的环保要求也各有侧重。对于汽油储存，环保要求主要集中在两个方面：一是严格控制蒸发损耗，因其挥发产生的挥发性有机物（VOCs）是形成雾霾和光化学烟雾的重要前体物，对空气质量危害极大；二是严防泄漏，避免汽油渗入土壤和地下水造成污染。

对于柴油储存，环保要求重点在于防范泄漏污染，由于柴油蒸发损耗相对较小，对大气的直接影响较弱，但泄漏后同样会污染土壤和水体，且其含有的有害物质会对生态系统造成长期危害。另外，两者均需重视储存过程中产生的二次污染治理。汽柴油储存会产生含油废水，若未经处理直接排放，会破坏水体生态平衡；储存设施运行还可能排放废气，其中含有的有害物质会对大气环境造成污染^[1]。通过采用先进的密封技术、高效的油气回收装置（主要针对汽油）以及完善的废水处理系统等，确保汽柴油储存全过程的环保达标，实现能源供应与生态保护的和谐共生。

2 汽柴油储存过程中的环保问题

2.1 油品泄漏与污染

油品泄漏是汽柴油储存过程中共同存在且危害较大的环保问题，造成油品泄漏的原因多种多样。一方面，部分储存设施由于建设年代久远，储罐罐体出现腐蚀、老化现象，焊缝处容易产生裂缝，导致油品从裂缝中泄漏出来。例如，一些中小型油库的储罐使用年限超过20年，罐体壁厚明显减薄，在压力作用下极易发生泄漏。另一方面，储罐的密封装置失效也是导致泄漏的重要原因，如储罐的阀门、法兰等连接部位的密封垫片老化、损坏，无法起到有效的密封作用，从而造成油品泄漏。汽油泄漏后，其轻质组分渗透性强，会迅速渗入土壤深层，破坏土壤结构和肥力，影响土壤中微生物的生存环境，导致土壤生态系统失衡。同时，还会随着雨水的冲刷和渗透进入地下水系统，污染地下水源。被污染的地下水一旦被人类饮用或用于农业灌溉，将会对人体健康和农作物生长造成极大危害；柴油泄漏后，虽流动性相对较差，但会在土壤中形成油膜，阻隔土壤与大气的物质交换，导致土壤板结，影响植物生长。进入水体后，会在水面形成油膜，阻碍水体溶解氧的补充，造成水生生物缺氧死亡。

2.2 蒸发损耗与大气污染

汽油具有较强的挥发性，在储存过程中会发生显著的蒸发损耗，这不仅造成了能源的浪费，还对大气环境造成严重污染。在储存过程中，由于温度变化、储罐呼吸等原因，汽油中的轻质组分容易蒸发进入大气。温度越高，蒸发损耗越大，夏季高温时段的蒸发损耗量往往是冬季的2-3倍。蒸发到大气中的汽油蒸气主要成分是VOCs，VOCs是形成光化学烟雾的重要前体物，与氮氧化物在阳光照射下发生化学反应，会产生臭氧、过氧

乙酰硝酸酯等二次污染物,这些污染物会对大气质量造成严重影响,导致空气质量下降,能见度降低。同时,VOCs本身也具有一定的毒性和刺激性,会对人体呼吸系统和神经系统造成损害;柴油的蒸发损耗相对较小,在储存过程中若密封不严,会有少量轻组分挥发,但其挥发物对大气污染的影响远小于汽油,主要表现为长期低浓度排放对局部空气质量的轻微影响。

2.3 含油废水排放问题

在汽柴油储存过程中,都会产生一定量的含油废水,如储罐清洗废水、地面冲洗废水等。这些含油废水中含有大量的石油类物质、悬浮物、挥发酚等污染物,如果未经处理直接排放,将会对水体环境造成严重污染;含油废水进入水体后,会在水面形成一层油膜,阻止水体与大气之间的氧气交换,导致水体缺氧,影响水生生物的生存。同时,水中的石油类物质会对水生生物的生长和繁殖造成危害,导致水生生物死亡、种群数量减少^[2]。目前,部分中小型油库和加油站对含油废水的处理不够重视,处理设施简陋,处理效率低下,导致大量含油废水未经达标处理就直接排放,对水环境造成较大的污染。

3 基于环保要求的汽柴油储存技术改进策略

3.1 新型浮顶密封技术升级

对于汽油浮顶储罐,采用新型高效的浮顶密封技术是减少蒸发损耗的关键。可推广应用全接液式浮盘与高性能密封组合系统,这种密封系统采用多层弹性材料复合结构,通过预压缩设计实现与罐壁的紧密贴合,静态蒸发损耗可控制在 $0.05\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 以下。某大型油库对 5万m^3 汽油浮顶储罐进行密封升级后,年减少汽油蒸发损耗达120吨。对于柴油浮顶储罐,浮顶密封技术的重点在于防泄漏。可采用同样的全接液式浮盘与高性能密封组合系统,其良好的密封性能有效防止柴油泄漏。同时,开发浮盘边缘智能润滑系统,通过传感器实时监测密封件与罐壁的摩擦系数,自动调节润滑剂量,既保证密封效果又减少磨损。该系统在试点应用中使密封件使用寿命延长3倍,间接降低了维护过程中的挥发损耗,对汽油和柴油储存均适用。

3.2 高精度渗漏监测系统应用

针对汽油和柴油储罐,均可采用分布式光纤传感技术构建储罐渗漏监测网络,将传感光纤预埋储罐基础防渗层内,形成三维监测网格,可实现 0.1mm 微量渗漏的定位,响应时间小于30秒。与传统点式传感器相比,监测覆盖率提升至100%,某油库应用该系统后成功预警3起早期渗漏,避免土壤污染扩散。对于汽油储罐,结合人

工嗅觉模拟技术的电子鼻监测系统,可在储罐区周边布设监测点,通过识别汽油特征组分浓度变化,实现对无组织排放泄漏的早期预警。该系统在加油站试点中,泄漏检测灵敏度达到 0.5ppm ,误报率低于1%;对于柴油储罐,可通过调整电子鼻监测系统的识别特征组分,使其能够精准识别柴油泄漏产生的特征物质,实现对柴油泄漏的早期预警。

3.3 大型储罐环保材料创新

针对大型汽油储罐,研发低合金钢与玻璃纤维复合防腐技术,在罐内壁采用爆炸复合工艺形成 3mm 厚玻璃钢衬里,既保留钢材的结构强度,又利用玻璃钢的耐腐蚀性和耐汽油渗透性,使用寿命可达30年以上,较传统防腐涂层寿命提升2倍。某油库 10万m^3 汽油储罐应用该技术后,年腐蚀速率控制在 0.01mm 以内。

针对大型柴油储罐,开发模块化搪瓷钢储罐,采用双面搪瓷工艺,瓷层厚度达 0.3mm ,耐柴油渗透性能优异,焊接部位采用专用搪瓷焊条,形成整体无渗漏结构。这种储罐在沿海地区油库应用中,抗盐雾腐蚀能力显著优于传统钢制储罐,能有效防止柴油腐蚀泄漏。

3.4 针对性保温技术优化

对于汽油储罐,采用分层保温设计,罐顶采用聚氨酯硬泡喷涂(厚度 80mm)+铝箔反射层,罐壁采用离心玻璃棉(厚度 100mm)+彩钢板防护,可使夏季罐内温度控制在 30°C 以下,较传统保温方案温差降低 $5\sim 7^\circ\text{C}$,蒸发损耗减少30%。某油库应用该技术后,夏季每月减少汽油损耗约8吨。在储罐区安装智能通风系统,结合温度传感器与变频风机,当罐内温度超过设定值时自动启动强制通风,利用外界冷空气置换罐顶热气,降低蒸发驱动力^[3]。该系统在南方地区应用可使高温时段汽油蒸发损耗再降15%。对于柴油储罐,合理的保温设计可减少温度波动对油品质量的影响,同时也有助于降低因温度变化导致的储罐应力变化,减少泄漏风险。可采用与汽油储罐类似的保温材料,根据柴油储存的特性调整保温层厚度,确保储罐安全稳定运行。

3.5 智能应急响应技术体系

构建以数字孪生为基础的应急响应平台,该平台针对汽油与柴油的独特性质,分别构建泄漏扩散模型。通过融合储罐的三维模型与实时监测数据,平台能够模拟多种泄漏场景下的扩散路径,并精确预测污染范围。平台内嵌的应急物资调度算法能够在事故突发后的5分钟内迅速生成最优处置方案。实际应用中,某油库借助该平台,成功将汽油和柴油泄漏的处置时间分别缩短了40%和35%。另外,开发便携式油品快速回收设备,该设备集真

空抽吸与油水分离功能于一体,抽吸流量高达 $50\text{m}^3/\text{h}$,油水分离效率更是超过95%。在泄漏事故中,该设备能迅速回收汽油和柴油,有效减轻土壤污染。在多次应急演练中,该设备均展现出卓越的实用性,非常适合用于处理汽柴油泄漏事故。建立与消防、环保等部门的数据共享接口,一旦发生事故,能够实时推送污染范围、处置建议等信息,确保各部门能够快速响应。同时,开发了基于虚拟现实(VR)技术的应急演练平台,模拟不同泄漏场景下的处置流程。结合智能评分系统,该平台能够对操作规范性、响应时效性进行量化评估。

4 未来研究方向:汽柴油储存技术的环保与智能化探索

4.1 新型功能材料的工程化应用:提升储存环保性能

针对汽油储存,重点研发高效油气回收材料。金属有机框架材料(MOFs)在油气回收方面的应用展现出巨大潜力,通过选用合适的MOFs材料,可以实现对汽油蒸气的高效吸附和脱附,提高油气回收率;针对柴油储存,侧重研发防腐防漏材料。石墨烯改性防腐涂层通过实验室阶段的配方优化,采用3%石墨烯含量的环氧涂层在加速腐蚀试验中表现出优异的防腐性能,该涂层不仅显著降低了腐蚀速率,还提高了耐柴油渗透能力,未来有望应用于柴油储罐的防腐处理,进一步提升柴油储存的环保性能。另外,温敏型密封材料的研发也为汽柴油储存提供了新的解决方案。该材料能够根据温度变化自动调节压缩量,确保密封效果,避免密封失效导致的油品泄漏。这种密封材料适用于汽柴油浮顶储罐的密封改造,有助于减少油品蒸发损耗和泄漏风险,降低环境污染。

4.2 智能监测与调控系统集成:实现储存状态实时监测与优化控制

对于汽油储存,完善汽油储存数字孪生系统。该系统通过整合储罐结构力学模型、汽油蒸发动力学模型及环境参数数据库,实现了对储存状态的精准预测和优化控制,未来可进一步提升模型的精度和响应速度;对于柴油储存,借鉴汽油数字孪生系统思路,构建柴油储存数字孪生系统。激光光谱原位监测系统作为一种先进的

检测技术,通过针对柴油特征组分研发监测模块,可实现对柴油储存状态的实时监测,为优化储存管理提供数据支持。

4.3 全生命周期环保管理体系构建:推动汽柴油储存低碳管理

建立差异化的碳足迹核算模型,汽油储存碳足迹核算模型已完成开发并在实际应用中取得显著成效,未来需进一步构建柴油储存碳足迹核算模型,推动柴油储存的低碳管理。同时,探索不同的“储存-回收-利用”闭环模式。对于汽油,通过采用固定床催化重整装置等技术手段,将回收的汽油蒸气转化为合成燃料等有价值的产品;对于柴油,进一步探索储存中少量挥发组分或含油废水的回收利用模式,构建汽柴油储存的完整环保闭环体系,推动能源行业的绿色可持续发展;通过不断探索和创新,针对汽柴油的不同特性采取相应的技术措施,可进一步提升汽柴油储存的环保性能,为能源行业的绿色发展做出积极贡献。

结束语

综上所述,基于环保要求的汽柴油储存技术改进研究意义重大且成果初显。通过针对汽油和柴油的不同特性,实施新型浮顶密封技术、高精度渗漏监测系统 etc 差异化改进策略,有效降低了汽柴油储存过程中的环境污染。未来,随着新型功能材料的工程化应用、智能监测与调控系统的集成以及全生命周期环保管理体系的构建,汽柴油储存技术将朝着更环保、高效、智能的方向发展。这不仅有助于保障能源供应的稳定性,更能推动能源行业实现绿色可持续发展,为生态环境保护和人类健康福祉作出积极贡献。

参考文献

- [1]刘培春.浅谈中小型炼厂汽柴油质量升级历程及展望[J].中国化工贸易,2021(16):173-174.
- [2]王效丽.汽油和柴油储存安全技术标准与操作规程[J].石油石化物资采购,2024(2):155-157.
- [3]孙奇.对汽柴油质量检验中存在问题及注意事项的探析[J].中国化工贸易,2020,012(014):239-240.