

浅谈油库储油区的设计

葛菲娜

洛阳智达石化工程有限公司 河南 洛阳 471003

【摘要】：油库储油区设计的核心在于以安全为基础，通过科学布局和严格控制风险，提高储存与作业效率。储罐分区方式、罐间距控制、消防系统配置以及防渗透与排油措施构成设计的重点内容。合理的工艺流程与管线组织能够减少运行风险，并提高设备使用寿命；通过采用自动化监测与紧急切断手段，可进一步提升油库整体的安全管理水平。基于对储油区风险特征与运行需求的综合分析，可形成兼具安全性、经济性与可操作性的设计方案，从而为油库稳定运行提供工程基础。

【关键词】：油库设计；储油区布局；安全防护；消防系统；防渗措施

DOI:10.12417/2705-0998.26.01.029

引言

油库储油区作为能源储运体系中的关键节点，其设计质量直接影响运行稳定性与安全水平。在规划阶段，储罐的排列方式、分区策略以及与周边设施的关系都会对后续管理与应急处置能力产生深远影响。随着储运规模扩大与安全标准提高，储油区设计已从传统的经验式布置逐步转向以风险控制为中心的工程化模式。现代技术手段的引入，使得储油区在防火分隔、监测报警及工艺组织方面具备更高的可靠性。通过对影响因素的系统梳理，可为探索更加合理的设计路径奠定基础，并为油库整体功能的实现提供必要的支撑。

1 储油区设计面临的核心安全挑战

油库储油区在规划与建设过程中始终处于多重风险叠加的环境之中，火灾、爆炸、泄漏、静电积聚与外部干扰等因素使设计阶段承受极高的安全压力。储罐区内大量挥发性液体的存在，使可燃蒸汽在温度变化与操作扰动下更易形成爆炸性混合气体；而罐体老化、焊接缺陷、管线法兰渗漏等结构性隐患，则会进一步放大潜在风险^[1]。伴随储量扩张与作业频度上升，人员操作不稳定性、车辆与设备进出频繁以及高温环境对油品蒸汽压的影响，也使设计不得不考虑更严格的防火间距与分区策略。若设计环节未能建立系统化的风险识别机制，储罐间可能出现火灾蔓延路径过短、蒸汽扩散区域重叠等问题，从而使储油区的安全控制难度成倍增加。

在储油区运行特征不断变化的背景下，传统以经验为主的布置方式已难以满足现代油库对安全性的要求。大量案例显示，事故往往源自防护等级不足、设备冗余度偏低或报警系统响应滞后。蒸汽云扩散模型、热辐射计算模型及泄爆评估方法已逐步成为设计阶段的重要技术依据，用以推导罐区内可能出现的危险场景，并校验防护距离是否具备足够的缓冲能力。静电积聚与雷电感应引发的点火问题也在设计中占据显著位置。油品装卸速度、流速控制、接地装置电阻值、防雷接地网布局等参数需要严格限定，否则将为储油区引入难以预见的放电风险。再加上环境温度变化、风向条件与地形因素影响蒸汽扩散

趋势，使设计必须采用动态化分析方法，以确保储罐区在不同运行状态下均能保持相对稳定的风险水平。

随着自动化程度提升，储油区的安全挑战呈现新的结构特征。监测系统、消防设备与紧急切断设施跨设备协同，对设计的系统兼容性与可靠性提出更高要求。若信息采集延迟或系统联锁逻辑设置不完善，火情或泄漏信号可能无法在关键时间内触发有效控制措施，使事故风险在极短时间内扩大。除此之外，日益严格的环保标准促使防渗体系必须具有更高的完整性，储罐基础结构、防渗层材料性能与排油沟渠的组织方式都需在设计阶段明确技术参数，避免因雨水夹带油类物质外溢而触发次生风险。种种因素叠加，使储油区设计不仅要满足基本的安全需求，还要具备足够的抗风险韧性，从源头减少系统性隐患的生成。

2 储罐布局与分区的合理化设计路径

储罐布局与分区在油库设计体系中占据关键位置，空间组织方式直接决定罐区的热辐射扩散路径、火灾蔓延方向以及应急处置通道的有效性。在布置过程中，储罐容量等级、介质类别、操作频度以及罐体结构形式会对总体布局产生显著影响。大容量浮顶罐通常被安排在具备更大安全缓冲距离的位置，以减轻因蒸汽挥发量较高而可能带来的风险；卧式罐、小型立式罐则依据介质特性与运行需求进行分区集中^[2]。在规划储罐之间的间距时，需依据热辐射计算和爆炸荷载分析，确保罐壁在极端事故状态下仍具有可承受能力，同时满足消防车道布设和泡沫枪位的覆盖要求。为减少储罐之间形成连续风险链条，布局中经常采用间隔分布、独立设置防火堤和分区围堰等结构，使单点事故难以向整个罐区扩散。

在分区策略制定过程中，需充分考虑储罐之间的工艺联系与风险等级差异。轻质油品与高挥发介质不宜与稳定性较高的介质混合布置，避免因泄漏蒸汽扩散造成不同介质之间的复合风险。分区内部的储罐数量一般控制在合理范围，防止区域规模过大而不利于消防定量供给及泡沫系统的覆盖能力。防火堤的设置高度、容积以及排液口的组织方式需根据罐内最大可泄

量进行推算,确保一旦发生罐体破裂或底部泄漏,泄出油品能够被限制在控制区域内,避免跨区流动。与此相配套的还有地形坡度控制,通过人工调整场地高程,使罐区整体具备定向排液能力,既便于事故时的收集,也能减少大面积积油引发二次点火的概率。

储罐的布置还必须与工艺流程、消防系统、监测设备及交通组织保持一致性,使罐区具备完整的运行链条和可达性。工艺管线的走向应采用集中与分隔相结合的方式,在缩短输送距离的同时减少交叉区域,降低法兰接口和焊缝过多导致的泄漏风险。消防水管网、泡沫混合系统以及固定冷却装置需根据储罐位置进行分区布设,使各类设施能够在最短反应时间内投入使用。不仅如此,通道宽度、回车区域以及灭火装备布置点也需满足大型消防车辆的运行需求,否则即便布置参数满足规范要求,也可能因交通组织不当而削弱控制能力。通过使储罐布局、分区方式与防火、防渗、工艺输送形成统一体系,可使罐区结构具备更高的协调性与风险抵御能力,提升整体设计的稳定性与可靠性。

3 消防与防护体系的系统化构建策略

消防与防护体系的构建在储油区设计中承担着关键的安全控制任务,其系统性直接关系到油品特性所带来的火灾负荷是否能够被有效限制。高挥发性介质在泄漏后会迅速形成可燃蒸汽云,使着火源一旦出现便可能引发大面积燃烧。为应对这一风险,固定式泡沫灭火系统、水幕冷却系统与高位消防监测点往往需要按照储罐容量、布置方式及介质类别进行组合配置^[3]。泡沫比例混合器的供给能力、储罐顶部或环形管道的喷射均匀性、冷却水量与水压稳定性等参数都必须在设计阶段明确,并通过流量计算与压力损失分析进行校核。消防水源的冗余配置也属必要措施,包括消防水池、取水口与输水干管的双向供水布置,使系统在极端状态下仍具有持续输出能力。

防护体系的构建还需要关注火灾探测与早期报警能力的强化。储油区的监测手段不再局限于可燃气体探头,还应引入红外火焰识别、热成像监控与压力波动分析等多种技术,以捕捉异常升温、泄漏迹象及火源微弱信号。探测设备的安装高度、覆盖范围及风向影响需通过现场气流模拟加以确定,以避免监测盲区的出现。与报警系统协同运行的还有紧急切断阀、远程投泡装置与冷却水自动启动单元,它们之间的联锁逻辑必须确保在事故初期能够迅速形成封堵、降温与隔离效应。若联锁设置不合理,可能出现设备触发延滞或误动作,从而削弱防护体系整体效能。

在消防与防护体系的系统化构建中,现场操作性与设施可达性也具有重要地位。消防车道宽度、回旋半径、取水位置布设及消防栓间距均需结合大型灭火装备的运行需求进行规划,使灭火力量能够在短时间内抵达重点部位。防火堤顶部、罐间

通道与输油管线区域需保持无障碍状态,以便外部支援力量能够在高温和烟气环境下开展行动。防护体系还必须考虑持续作业条件下的可靠性,包括泡沫原液储量、供水泵组连续运行能力及备用电源切换方式,使系统在长时间应对火情时不会因能源或材料不足而中断。通过将探测、报警、隔离、降温与灭火环节形成紧密衔接的整体链条,储油区在火灾情景下能更快形成控制态势,减少燃烧范围扩大带来的叠加风险。

4 工艺流程与防渗排油措施的优化设计

工艺流程的组织方式决定了储油区在输送、装卸和计量过程中的整体稳定性,因此在设计阶段必须通过工况分析与压力平衡计算对管线布局及阀门设置进行优化。输油管线的走向应减少不必要的弯头与接口,以降低局部阻力和泄漏点数量,同时通过设置自动排气装置和压力监测节点,使流体输送在不同负荷下均能维持稳定状态^[4]。计量区、泵房与储罐区之间的关联流程需按照连续性原则布置,使介质输送路径明确、操作切换顺畅,并通过在线密度计、温度补偿系统及流量计实现工艺参数的实时校正。泵组启停顺序、缓冲罐容积及切换阀组的逻辑关系也需在设计中进行校核,以降低瞬时压力波动导致管道振动或连接件松脱的风险。

在防渗体系的构建中,储罐基础结构及罐区地面的材料性能是关键控制点。储罐基础常采用复合防渗结构,由黏土垫层、防渗膜、混凝土基础及泄漏收集沟组成,通过多层屏障降低油品渗入地下的可能性。罐区地面需具有明确的坡度,使泄漏物能够向排油沟定向流动;地表材料应选用耐油性混凝土或高分子防渗材料,以抵抗油品长期浸泡造成的结构损伤。防渗膜的焊缝密封性能、厚度稳定性及与混凝土层的粘结能力需在施工阶段进行严格检测,否则雨水渗透可能携带残油进入地下,形成潜在污染。排油沟的断面尺寸及流速计算需满足在极端泄漏条件下仍具备足够的排放能力,使罐区不产生大面积积油,避免油膜遇火源扩散。

排油措施的优化需与应急处置系统形成协同关系。排油沟汇入的油水混合物需进入专设的集油井,在此通过隔油装置进行初步分离,再根据油品性质采用气浮、过滤或吸附方式进行进一步处理,确保排放液体达到安全指标。集油井的容积、自动液位报警装置与防爆通风系统需能够适应连续性泄漏情景,以避免因超容或蒸汽堆积引发次生灾害。排油设施的布置还需兼顾检修便利性,使维护人员能够迅速清理沉积物和检查设备状态。通过使工艺流程、基础防渗结构与排油系统形成连续闭环,可使储油区在正常运行及事故状态下均保持稳定的边界控制能力,降低油品外溢与污染扩散的风险。

5 储油区设计要点的综合归纳与设计思路提升

储油区设计在多维约束下运行,需要在安全、工艺、环保与管理等要素之间建立协调关系,使整体结构具备良好的适应

性与系统性。储罐布置、分区划分与防火间距的设定构成设计框架的基础，而风险识别与参数校核的精细化处理又使该框架具备动态调整能力^[5]。在容量扩张、介质类型变化或作业模式升级的情形下，设计思路需能够通过数据分析、风险矩阵评估与场景模拟提出新的优化方向，使储油区在不同工况条件下维持稳定的运行状态。各项设计决策的逻辑链条需保持连贯，使结构布置、工艺衔接与防护策略之间不存在矛盾，从而减少潜在的不匹配风险。

在设计要点的统筹过程中，系统布局的整体性尤为关键。储罐之间的相互影响、防火堤容积与排放方向的配合、消防系统的覆盖范围与工艺管线的走向，都需在同一设计平台上进行协同推演。静电防护、防雷接地、通风组织与可燃气体浓度控制等环节也必须纳入同一体系，使设计成果呈现互为支撑的结构特征。通过技术手段对蒸汽扩散、热辐射及泄漏扩散路径进行模拟，可为储罐位置调整、消防设施布设与道路组织提供细化依据。随着智能监测设备逐步引入，数据采集系统与安全控制逻辑需要成为设计内容的一部分，使监测、预警与控制具备连续性，降低人为干预带来的不确定性。

参考文献：

- [1] 陈增良,罗晔,倪钱锋,等.油库油气回收系统的优化模拟设计研究[J].安全、健康和环境,2025,25(09):34-40.
- [2] 杨灏.油库设计的总图优化注意事项及应对策略[J].化工设计通讯,2024,50(09):44-45+49.
- [3] 陆育,惠泉,侯学瑞,等.国内外油库设计标准对比分析[J].中国标准化,2024,(10):125-132.
- [4] 徐敬波,田永强,赵振学,等.油库多源设备数据采集和处理系统设计研究[J].自动化仪表,2024,45(01):80-85.
- [5] 都的箭,肖丽君,陈秋爽.浅谈机场油库给排水及消防设计[J].中国建筑金属结构,2023,22(S2):208-212.

设计思路的提升还需关注可维护性与操作便利度，使储油区在长期运行中具备可持续的管理能力。维护通道宽度、设备检修位置、阀门操作空间与仪表布设方式都需在方案阶段明确，使后期的巡检、维修与工况切换不会受限。工艺节点的冗余配置与关键设备的备份策略有助于确保异常状态下仍具备必要的控制能力。与此同时，环保要求的提升也促使设计更加重视防渗分区、雨污分流与排放控制，使储油区能够在实现安全储运的同时兼顾环境保护。通过在设计层面强化细节控制与系统整合，可使储油区呈现结构清晰、风险可控、运行高效的特点，使整体设计逻辑更加严谨且具有工程适应性。

6 结语

储油区设计始终围绕安全控制、技术匹配与系统协调展开，各环节相互关联、彼此制约。储罐布置、工艺流程、防护体系及防渗排油措施共同构成设计的整体框架，使罐区在复杂工况下保持稳定运行状态。以风险识别为基础、以工程细化为载体的设计思路，能够为储油区构建更高水平的安全屏障并提升运行可靠性，为后续建设与管理提供坚实的技术支撑。