

大型石油储罐消防设计研究

罗文倩（中国石油天然气管道工程有限公司，河北 廊坊 065000）

朱 凯（国家管网集团工程技术创新有限公司，天津 300000）

摘要：随着全球能源需求的增长，大型石油储罐作为石油储存和运输的关键设施，其消防安全问题日益凸显。石油储罐区存储大量易燃易爆物质，一旦发生火灾，不仅可能导致巨大的经济损失，还可能对人员安全、生态环境和社会稳定造成严重影响。因此，深入研究大型石油储罐的消防设计，提高其防火安全性，成为当前石油储运行业亟待解决的重要课题。本文旨在探讨和完善大型石油储罐的消防设计策略，以期降低火灾风险，保障生命财产安全，促进能源行业的可持续发展。

关键词：大型石油；储罐；消防设计

石油作为全球主要的能源资源，其储存设施——大型石油储罐在能源供应链中占据核心地位。近年来，国内外石油储罐火灾事故频发，不仅造成了严重的财产损失，还引发了环境污染，引起了国际社会的高度关注。因此，对大型石油储罐的消防设计进行深入研究至关重要。

1 大型石油储罐消防设计的重要性

1.1 预防火灾事故

预防火灾事故，是大型石油储罐消防设计的核心目标。由于石油储罐存储的易燃液体具有高热值和快速扩散的特点，一旦发生火灾，不仅可能导致巨大的经济损失，还对人员安全和周边环境造成严重威胁。因此，科学合理的消防设计至关重要。预防措施应包括以下几点：①选用耐火材料。储罐及其配套设施应采用耐火材料建造，以降低火势蔓延的风险。②定期检查维护。定期对储罐进行检查，确保其结构完整，无泄漏或其他潜在危险。③安全操作规程。制定严格的操作规程，确保员工了解并遵守，防止因操作不当引发火灾。④防静电设施。安装防静电设施，减少因静电积累引发火花的可能性。⑤避雷装置。设置有效的避雷系统，防止雷击导致火灾。

1.2 减少火灾损失

首先，通过对储罐区域进行合理的布局和防火隔离，可防止火势蔓延，限制火灾范围，从而减少储罐群中其他未受直接影响的油罐损失。例如，采用防火堤或防火间距设计，在火灾发生时为紧急救援提供宝贵的时间，控制火源不扩散。其次，快速响应的消防系统，能在火灾初期阶段及时扑灭火源，避免火势失控。固定式冷却水系统和泡沫灭火系统在抑制油火方

面表现突出，能够在短时间内降低油面温度，阻止油气挥发，减少火灾热量释放。此外，高效的消防设备如泡沫产生器和远程水炮也能迅速控制火情，减少油品消耗。

1.3 符合法规要求

在大型石油储罐的消防设计中，严格遵守相关法规和标准是确保储罐安全的重要环节。各国和地区对于石油储罐的消防设计都有明确的规定，例如美国的API（美国石油学会）标准、中国的GB50151《石油库设计规范》以及欧洲的EN标准等。这些法规不仅规定了储罐的结构、材料选择、防火间距、消防设施的配置，还对消防系统的性能和操作维护提出了具体要求。设计时必须参照这些标准，确保消防设施的设置能够满足法规规定的初期火灾控制和后期灭火的需求。例如，根据中国国家标准，大型油罐应设置固定式泡沫灭火系统，并且其设计流量、压力和覆盖时间需满足扑灭最大储罐火灾的要求。同时，消防水储量需按照法规计算，以确保在无外部水源的情况下，仍能维持一定时间的灭火作业。

2 消防系统设计原则

消防系统设计在大型石油储罐的安全防护中起着至关重要的作用，其设计原则主要包括预防性、有效性、可靠性、及时性和灵活性五个方面：

2.1 预防性

消防设计应以预防火灾发生为主，通过科学的布局和合理的材料选择，降低火灾发生的可能性。例如，采用耐火材料建造储罐，设置有效的隔热层，以及定期进行设备检查和维护，防止因设备老化或故障引发火灾。

2.2 有效性

一旦火灾发生，消防系统必须能够迅速有效地控制火势，要求消防设施如冷却水、泡沫灭火系统等，应具备足够的覆盖范围和灭火能力，能在火灾初期快速响应并有效扑灭火源。

2.3 可靠性

消防系统的可靠性体现在其在紧急情况下的稳定运行。设计时要考虑电力供应备份、设备冗余配置，确保在任何条件下都能正常启动和运行，避免因系统失效导致火势扩大。

2.4 及时性

消防系统必须能够快速探测到火源并立即启动，以减少火灾对人员安全和财产造成的损害。需要高效的火灾探测设备，如温感、烟感传感器，配合快速响应的联动机制。

2.5 灵活性

考虑到大型石油储罐区的复杂性，消防设计应具有一定的灵活性，适应不同火灾场景。例如，设计时应考虑不同类型的灭火剂用于不同类型的火灾，同时，消防策略应具备可调整性，以应对储罐内油品变化或周边环境变更带来的新风险。

3 大型石油储罐消防设计要点

3.1 储罐安全距离设计

储罐安全距离设计是大型石油储罐消防设计中的关键环节，旨在防止火灾扩散并确保周边设施及人员的安全。根据相关消防法规和标准，储罐之间的间距以及储罐与周围建筑、道路、重要设施的距离应当科学计算并合理设置。通常涉及对火势蔓延速度、热辐射强度以及爆炸风险的深入理解。在设计过程中，应考虑储罐容量、储存物质的火灾危险性、风向、地形等因素。例如，对于易燃液体储罐，应保证足够的间距以防止火源间的相互影响。此外，还要考虑储罐的冷却水供给需求，确保在紧急情况下消防水源能够覆盖，确保在紧急情况下消防水源能覆盖着火罐及计算范围内相邻罐，保护罐体，控制火灾蔓延，减少辐射热影响。

同时，安全距离还应考虑到应急响应时间，确保消防队伍迅速到达现场并展开救援行动。实际工程中，需要通过模拟分析，确定最佳的安全距离，如使用计算机辅助设计软件进行火场模拟，以预测火灾可能的发展情况。此外，储罐安全距离设计还需考虑未来扩建或改造的可能性，预留适当的空间，以适应石油仓储需求的变化。

3.2 储罐防火堤设计

防火堤设计的主要目的是阻止火势蔓延，保护相邻储罐不受影响，以及为灭火救援提供有效隔离。防火堤的设计需遵循以下关键原则：①耐火等级。防火堤应具备足够的耐火极限，以抵抗高温火焰的直接攻击，防止火势穿透墙体。通常，防火堤的耐火等级需达到国家或行业规定的标准，如《石油库设计规范》等相关规定。②结构稳定性。防火堤的结构应足够稳固，能承受火灾高温下的荷载变化，避免因结构失效导致火势扩散。设计时需考虑地震、风荷载以及热膨胀等因素对防火堤稳定性的影响。③密封性。防火堤与储罐、管道以及其他设施的接口处应有良好的密封措施，防止火焰通过缝隙蔓延。④高度设计。防火堤的高度应根据容器高度确定，一般应大于或等于容器高度的一半。同时，还需考虑防火堤内的液体或气体溢出后的膨胀量，确保防火堤的高度足够承载这种压力。在实际设计中，防火堤的实际高度应比计算高度高出0.2m，以增加安全余量。⑤宽度设计。防火堤的宽度应根据周围环境、容器数量和容器的间距确定，一般应大于或等于容器直径的一半。同时，还需考虑防火堤内的液体或气体溢出后的扩散范围，确保防火堤的宽度足够承载这种扩散。⑥维护与检查。防火堤的日常维护和定期检查是确保其功能正常的关键，应定期检查防火堤的结构完整性、密封性能以及耐火材料的老化情况，及时修复任何潜在问题。

3.3 消防设备布局设计

消防设备布局设计，直接影响火灾初期的控制及后期的扑救效果。在设计时，需依据储罐容量、物料性质、火源可能性以及地形条件等因素，确保消防设备能够迅速有效地响应。首先，灭火设备如泡沫产生器、固定式冷却系统和干粉灭火装置，应均匀分布在储罐周边，形成多层次的防护圈。灭火设备的布置应考虑视线无阻，以便操作人员在紧急情况下快速定位并启动。例如，泡沫产生器通常设置在高于储罐顶部的位置，以保证覆盖整个罐体；而固定式冷却系统则用于隔离火源，防止火势蔓延。其次，储罐区域应配备足够的消防水源，如消防水池或消防水塔，以保证在长时间灭火过程中的持续供水。消防水管线应设计为环状，避免单点故障导致整个系统瘫痪。同时，应设置足够数量的消防栓和接口，便于移动消防设备接入。此外，考虑到油品泄漏可能引发的地面流淌火，地面应设有适当的排水设施，以防止火势扩大。消防道路应宽阔且畅通无阻，以便消防车辆快速接近火源。

最后,消防设备的布置还应考虑维护和检修的便利性,避免因设备故障导致的消防能力下降。定期的检查和维修程序应在设计阶段就予以考虑,确保所有设备在紧急情况下能正常工作。

3.4 火灾报警系统设计

火灾报警系统能够及时发现并预警潜在的火源,确保早期介入以防止火灾扩大。该系统通常由探测器、控制器和通信网络组成,需要具备高灵敏度和准确性以减少误报和漏报的可能性。首先,热感和烟感探测器应根据储罐区域的火灾特性进行合理布置。对于油气聚集区,需采用红外线或火焰探测器,以快速识别高温和明火。同时,考虑到储罐内部可能发生的油气泄漏,应安装可燃气体探测器,以便在气体浓度达到危险阈值时发出警报。其次,火灾报警控制器是系统的中枢,需具备强大的数据处理能力和故障自检功能,确保在复杂工况下仍能稳定运行。控制器应与消防指挥中心联网,以便实时传输警报信息,并能远程启动消防设备。此外,需保证通信网络的可靠性,确保报警信号能够迅速传递到相关人员,支持多渠道报警,如声光报警、无线通信和手机短信通知,以确保无论何时何地都能及时响应。最后,火灾报警系统设计时应考虑冗余策略,设置备用电源和备用通信路径,以防主系统失效。定期的维护和校准也是保证系统性能的关键环节,以确保在紧急情况下能准确无误地发挥作用。

3.5 储罐泄漏应急处理设计

储罐泄漏应急处理设计,旨在及时发现并控制潜在的泄漏事故,防止其演变为灾难性火灾。设计时需考虑以下几个核心要素:①泄漏检测系统。安装高灵敏度的泄漏监测设备,如压力传感器、液位计和红外线扫描仪,以实时监控储罐的密封性和完整性,一旦发现异常,立即触发报警。②应急响应计划。制定详尽的应急预案,包括快速响应团队的组建、职责分配、疏散路线和紧急联络机制。同时,对员工进行定期培训,确保在紧急情况下能够迅速有效地执行预案。③泄漏收集与拦截设施。设置泄漏收集池或围堤,以防止泄漏油品扩散,同时配备吸油材料和撇油设备,以便快速回收泄漏物。④防污染措施。设计防渗层和地下排水系统,防止泄漏物渗透到土壤和地下水,保护环境不受污染。⑤临时修复手段。储备必要的密封材料和技术工具,以便在泄漏发生时能迅速进行临时修复,降低泄漏速率,为长期维修赢得时间。⑥通信与协调机制。确保与地方消防部门、环保机构以及上级

管理部门的紧密沟通,以便在事故发生时能得到及时的技术指导和支持。

3.6 周边环境风险评估

在大型石油储罐消防设计中,周边环境风险评估,涉及对储罐周边地形、建筑物、人口密度、交通状况以及气候条件等因素的深入分析,以识别潜在的火灾扩散路径和风险源。例如,评估储罐与居民区、重要设施的距离,确保在火灾发生时,火势不至于迅速蔓延至这些区域,减少次生灾害的可能性。同时,考虑风向和风速对火灾传播的影响,以及地形是否可能形成火势的加速通道。此外,还要考虑地下水位和水源分布,以便在紧急情况下能够及时有效地利用水资源进行灭火。例如,评估附近河流、湖泊或消防水池的容量和供水能力,确保在火灾发生时有充足的水源供应。同时,评估土壤渗透性和地下水污染风险,防止灭火过程中产生的化学品对环境造成长期影响。另外,对于相邻的工业设施和储罐群,需评估相互之间的安全间隔,以及存在的相互影响。例如,相邻储罐的热辐射效应可能导致火势扩大,因此需要通过计算和模拟来确定合理的防火间距。综合以上因素,进行定量和定性的风险评估,为消防设计提供科学依据,制定出更为合理有效的防护措施,降低火灾对周边环境和社区的潜在威胁。

4 结束语

综上所述,大型石油储罐的消防设计是一项复杂而重要的任务,关乎生命财产安全、环境保护和行业规范。在消防设计中,需考虑储罐的安全距离、防火堤、消防设备布局、火灾报警系统以及泄漏应急处理等方面,旨在构建全方位的防护体系。未来的研究应持续关注技术进步,优化消防策略,提升预防和控制火灾的能力,以实现更高效、更安全的石油储存环境。

参考文献:

- [1] 张耀星. 大型石油化工储罐区消防安全系统设计研究[J]. 中国化工贸易, 2023,15(16):163-165.
- [2] 邓娜. 液化石油气储罐泄漏的消防安全设计对策探讨[J]. 石油石化物资采购, 2020(1):70.
- [3] 胡宏志. 原油储罐消防设计要点研究[J]. 中国化工贸易, 2023,15(33):166-168.

作者简介:

罗文倩(1992.11-)女,汉族,安徽,本科,中级职称。研究方向:石油化工行业给排水消防设计。

朱凯(1991.02-)男,汉族,江苏睢宁,硕士研究生,工程师,研究方向:能源预测与能源安全,氢能利用。