

成品油库消防系统施工质量保障措施研究

张坤

中国石油工程建设有限公司华北分公司 河北沧州 062550

DOI: 10.32629/ems.v8i4.19699

[摘要] 本文围绕成品油库消防系统施工质量保障展开研究,结合 110hm² 储罐区(含两座 15×10⁴m³ 外浮顶储罐)工程实例,阐述消防系统工艺及设计细节,包括消防水量与泡沫液储量计算、消防水源、冷却水系统、泡沫灭火系统及消防站配套设施设计参数。分析管网施工偏差、设备安装精度不足、系统调试与联动失效等核心质量问题,提出管网施工精准控制、设备安装精度管控、系统调试与联动校验等针对性保障措施,为成品油库消防系统施工质量管控提供技术参考。

[关键词] 成品油库; 消防系统; 施工质量; 保障措施; 系统调试

引言

原油作为易燃、易爆危险物品,着火后易沸溢、流淌蔓延快,石油库火灾爆炸事故将造成灾难性后果及大范围环境破坏,保障能源供应安全需强化消防系统可靠性。我国石油库消防体系虽已形成,但存在“预防为主”落实不到位、设施可靠性差、维护工作量大、投资效益不佳等问题。大型成品油库消防系统设计与施工质量直接影响火灾防控效果,基于消防系统工艺与设计的要求,聚焦施工质量核心问题,构建针对性保障体系,对提升石油库消防安全水平具有重要现实意义。

1. 消防系统工艺

成品油库储罐设置固定式冷却水喷淋系统与固定式低倍数泡沫灭火系统,配套设置室外消火栓、泡沫栓、移动式水-泡沫两用炮及移动式灭火器,其他区域按功能配置消火栓系统与移动式灭火器。消防用水储存于钢制消防水罐,火灾

工况下,消防水分别经消防冷却水泵及泡沫消防泵加压后分两路向消防系统供水。一路经消防冷却水泵加压,直接输送至储罐固定式冷却水喷淋设施及罐区周边室外消火栓;另一路经泡沫消防泵加压后进入泡沫比例混合装置,与泡沫液按设计比例混合形成泡沫混合液,再输送至储罐固定式低倍数泡沫灭火设施及罐区周边泡沫栓。系统采用稳高压制式,由稳压装置维持管网常态工作压力,火灾声光信号经确认后,由消防控制室执行远程联动控制,按火灾起数启动对应数量的消防冷却水泵与泡沫消防泵,电驱泵故障时自动切换至柴驱备用泵,同步开启对应储罐罐前雨淋阀及泡沫混合液电动控制阀^[1]。管网采用环状布置,防火堤内管道采用无缝热镀锌钢管法兰连接,防火堤外管道采用焊接钢管焊接连接,管道按坡度敷设并在最低点设置放空装置,泡沫混合液从泡沫站至着火储罐的输送时间控制在 5min 以内。

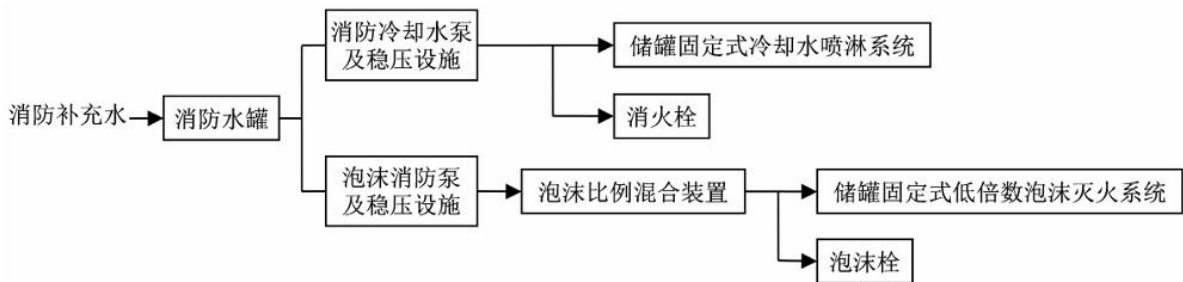


图 1 消防系统流程图

2. 消防系统设计

2.1 消防水量与泡沫液储量设计

依据《消防给水及消火栓系统技术规范》3.1.1.2 条,本工程储罐区占地 110hm²,按 2 起火灾计算消防水量,选取两座 15×10⁴m³ 外浮顶原油储罐作为计算对象;消防冷却水量按单罐罐壁表面积冷却,冷却强度不小于 2.0 L/(min·m

²),单罐固定冷却水量 232 L/s、移动冷却水量 120 L/s,合计 352 L/s,两罐合计 704 L/s,火灾延续 6h,冷却储水量确定为 15210 m³;泡沫混合液按固定供给强度不小于 12.5 L/(min·m²) 计算,单罐固定泡沫混合液流量 112 L/s、连续供给 60min,辅助泡沫枪 3 支、单支 240 L/min,辅助流量 12 L/s、连续供给 30min,单罐总流量 124 L/s,两罐合计

248 L/s, 采用3%水成膜泡沫液, 泡沫液储量40 m³ (含管道残余量), 泡沫混合液用水储量900 m³; 额外储备10000 m³ 移动消防用水量, 全面积火灾储备泡沫量110 t, 设置5座泡沫液站, 确保泡沫混合液上罐时间≤5min, 最终消防总储水量确定为26110 m³。

2.2 消防水源设计

设置2座公称容积15000 m³ 钢制消防水罐储存消防用水; 每座水罐均配置独立出水管, 同时安装满足最低有效水位要求的连通管; 消防水罐补水取自库外市政给水管线, 配置DN300补水管, 采用液位自动控制补水模式, 严格控制补水时间在72h以内; 水罐焊缝按规范开展无损检测, 液位计、压力表均经计量校验合格后安装, 确保容积、液位、补水各项参数符合设计标准。

表1 消防冷却水系统设计参数表

序号	项目	技术参数 / 配置说明
1	系统形式	稳高压消防冷却水系统
2	消防冷却水泵配置	4运4备(共8台)
3	水泵类型	特性曲线平缓离心泵
4	驱动方式	电驱工作, 柴驱备用
5	单泵流量	220 L/s
6	单泵扬程	120 m
7	稳压装置	1套(2台稳压泵+1台稳压罐)
8	稳压装置参数	流量15 L/s, 扬程80 m
9	单罐冷却立管	4根 D168.3×5.0
10	喷水环管布置	共5圈
11	第1-4层环管规格	D48.3×4.0
12	第5层环管规格	D114.3×4.5
13	喷头类型	不锈钢水幕式喷头
14	喷头距罐壁	0.60 m
15	喷头间距	1.70 m
16	喷头安装角度	与罐壁夹角30°-60°
17	喷头出水压力	≥0.2 MPa
18	每层喷头数量	180个

2.3 消防冷却水系统设计

采用稳高压系统, 配置4运4备消防冷却水泵(特性曲线平缓离心泵, 电驱工作、柴驱备用, 单泵流量220 L/s、扬程120 m), 1套稳压装置(流量15 L/s、扬程80 m, 含2台稳压泵+1台稳压罐); 单罐设置4根D168.3×5.0冷却立管, 罐壁布置5圈喷水环管, 第1-4层为D48.3×4.0、第5

层为D114.3×4.5, 安装不锈钢水幕式喷头, 喷头距罐壁0.60 m、间距1.70 m, 与罐壁夹角30°-60°, 出水压力≥0.2 MPa, 每层180个喷头; 立管与水平管连接处装DN150金属软管, 立管采用管卡3m间距固定于罐壁; 防火堤内外分别采用无缝热镀锌钢管法兰连接、低压流体输送焊接钢管焊接; 罐区敷设环状冷却水管网, 环管上消火栓间距≤60m; 单起火灾启动2台电驱冷却泵, 双起火灾启动4台, 电驱故障自动切换柴驱, 同步开启对应罐前雨淋阀。

2.4 泡沫灭火系统设计

配置2运2备泡沫消防泵(特性曲线平缓离心泵, 电驱工作、柴驱备用, 单泵流量160 L/s、扬程150 m), 1套泡沫稳压给水装置(流量10 L/s、扬程100 m, 含2台稳压泵+1台稳压罐); 设置5套泵入平衡压力式泡沫混合装置, 工作压力1.65 MPa, 混合液流量40-160 L/s, 每套含2座20 m³ 常压泡沫液贮罐、1电1水轮机泡沫液泵组、比例混合器、平衡阀、过滤器及控制柜; 每座储罐直壁顶部均匀布置14个水平PC8泡沫产生器, 通过7根D114.3×4.5立管供水, 每根立管连接2个产生器; 储罐梯子平台装1个DN65二分水器, 立管与水平管连接处装DN100金属软管, 立管管卡3m间距固定; 防火堤外敷设泡沫混合液环管, 压力1.5 MPa, 泡沫栓间距≤60m, 配套泡沫钩管、泡沫枪; 单罐泡沫总管进防火堤前设电动阀, 单起火灾启动1台电驱泡沫泵, 双起火灾启动2台, 泡沫混合液上罐时间控制≤5min, 管线材质与连接方式同冷却水系统分区标准^[2]。

2.5 消防站及配套灭火器材设计

建设1座消防站, 内设消防综合楼、消防车库、训练塔、训练场; 消防车库配备6辆消防车: 通信指挥车1辆、12t重型泡沫消防车3辆、70m举高喷射消防车(泡沫液储量3t)1辆、泡沫-干粉两用消防车1辆; 额外配置5门移动式水/泡沫两用炮(拖车式)、2台泡沫液罐装泵, 以及规定数量的泡沫钩管、泡沫枪、灭火毯; 严格按照《建筑灭火器配置设计规范》(GB50140), 根据各区域火灾危险性、面积大小, 配置对应类型、规格的移动式灭火器, 确保初期零星火灾可及时处置; 消防车辆、移动式装备均经消防产品认证, 灭火器按批次抽样检测, 合格后方可入库安装。

3. 消防系统施工质量问题

3.1 管网施工偏差

管道材质与设计要求不符, 无缝钢管内外热镀锌层存在

破损、漏镀、厚度不足现象。法兰连接密封面加工精度不达标,螺栓紧固力矩不均,接口出现渗漏。管道焊接存在夹渣、未焊透、气孔、咬边缺陷,焊缝未按要求进行无损检测。管道安装坡度不符合设计值,管段最低点未设置放空结构,管网存在积水、积液问题。管道支架、管卡安装间距超标,固定强度不足,管线运行时产生位移、振动。

3.2 设备安装精度不足

消防泵组安装同轴度偏差超标,地脚螺栓紧固力矩不符合规范要求,泵组运行振动、噪声超标。泡沫比例混合装置安装定位偏差大,平衡阀调节精度失控,泡沫混合比偏离设计值。冷却水喷头、泡沫产生器安装位置、角度、间距不符合图纸要求,与罐壁距离偏差超限。稳压装置压力设定值不准确,稳压泵启停压力值与设计参数不一致,压力控制逻辑紊乱。泡沫液站至储罐管线布置不合理,泡沫混合液输送时间超出5min限值。

3.3 系统调试与联动失效

消防泵组启动响应时间迟缓,备用泵自动切换功能失效,切换延时超出允许范围。冷却水喷淋系统供水强度不均,局部区域流量、压力不满足设计指标。泡沫混合系统混合比调试不合格,无法稳定输出3%浓度泡沫混合液。火灾联动程序存在逻辑错误,消防泵、雨淋阀、电动阀门、报警系统无法同步动作。管道水压试验、系统试运行参数未按规范执行,试验压力、稳压时间不满足要求。移动式灭火设备、消防车辆配备数量、性能未达到设计配置标准。

4. 消防系统施工质量保障措施

4.1 管网施工精准控制

严格核查进场管材质量证明文件,无缝钢管热镀锌层厚度按规范检测,破损、漏镀管材严禁使用。法兰密封面加工后进行精度校验,采用扭矩扳手按预设力矩分次紧固螺栓,接口安装后进行压力试验。焊接作业实行焊工持证上岗制度,焊缝按设计要求开展射线或超声波检测,不合格焊缝及时返修。管道安装前放线定位,按设计坡度敷管,管段最低点设置放空阀,确保管网无积水。管道支架、管卡按3m间距安装,固定牢固,安装后进行位移、振动检测^[3]。防火堤内采用无缝热镀锌钢管法兰连接,防火堤外采用焊接钢管焊接连接,

接口处做防腐处理。

4.2 设备安装精度管控

消防泵组安装前进行基础找平,采用百分表检测同轴度,偏差控制在0.02mm/m以内,地脚螺栓按设计力矩紧固。泡沫比例混合装置安装后进行混合比校准试验,调节平衡阀使混合比误差 $\leq \pm 3\%$ 。冷却水喷头、泡沫产生器安装前核对位置、角度参数,采用激光定位校准,间距偏差控制在 $\pm 50\text{mm}$ 内,与罐壁距离严格按0.60m设置。稳压装置安装后调试压力设定值,确保稳压泵启停压力符合0.7-0.8MPa(冷却水系统)、0.9-1.0MPa(泡沫系统)要求。优化泡沫液站至储罐管线路径,缩短输送距离,调试后验证混合液上罐时间 $\leq 5\text{min}$ 。

4.3 系统调试与联动校验

单台消防泵组启动后,检测流量、扬程、振动参数,确保符合设计标准。开展管网水力平衡调试,调整阀门开度使各喷淋区域供水强度均匀性偏差 $\leq 10\%$ 。模拟单起、双起火灾场景进行联动调试,记录泵组启动响应时间、备用泵切换时长,确保切换无延迟。泡沫混合系统调试时,持续监测混合液浓度,保证3%水成膜泡沫液配比稳定。校验联动控制程序,确保消防泵、雨淋阀、电动阀门、报警系统同步动作。管道按设计压力1.5倍进行水压试验,稳压30min无渗漏为合格。系统整体试运行6h,监测压力、流量波动情况,移动式灭火设备、消防车辆按配置标准核查数量与性能,确保符合设计要求。

结语:

成品油库消防系统施工质量直接关系到库区安全运行,通过明确工艺流程、规范设计参数、识别施工关键问题,可有效提升系统可靠性。采取管网、设备、调试全过程管控措施,能够保障消防系统稳定投用,满足库区消防安全需求。

[参考文献]

- [1]张友先. 油库建设中消防设计问题研究[J]. 四川水泥, 2020, (02): 89.
- [2]杨瑛江, 王进. 大型油库固定消防系统的优化管理[J]. 石化技术, 2020, 27 (01): 283+291.
- [3]姜韵. 成品油库消防设施存在的问题及改进策略研究[J]. 消防界(电子版), 2024, 10 (05): 28-30.