

液体化工码头消防系统设计探讨

叶保林

(武汉长江航运规划设计院有限公司, 湖北 武汉 430000)

摘要: 以我国北方沿海某 50000 吨级液体化工品码头消防设计为例, 就消防介质的选择、消防水量的计算、消防泵房及泡沫站的设置等方面进行探讨, 给出了主要设计参数。并对工程设计中遇到的海水管道材质、总储油量大于 1m^3 时储油间的设置、消防设施防腐和冬季防冻等关键问题, 给出了自己的建议, 为同类型码头消防系统设计提供参考。

关键词: 液体化工品码头; 消防设计; 消防水源; 消防泵房

中图分类号: U656.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2021) 11—0077—03

1 工程概况

某 50000 吨级液体化工品码头位于烟台港, 地处莱州湾, 北临渤海湾, 外海水域开阔, 港区水深条件较好。拟建 2 个 5 万吨级化学品泊位, 码头结构型式为高桩梁板结构, 等级为一级码头, 设计年吞吐量为 512.89 万吨/年, 码头平台尺寸为 $510 \times 28\text{m}$, 通过 2 条引桥 (6#、7# 引桥) 与后方围堤连接, 尺寸分别为 $76.638 \times 16\text{m}$ 、 $76.502 \times 16\text{m}$, 引桥接围堤处分别设置 1 座跨堤钢引桥跨过围堤与后方陆域连接, 6# 引桥东侧布置泵房平台一座, 尺度为 $42 \times 32\text{m}$, 总平面布置见图 1, 码头主要装卸物料消防特性分析见下表 1。

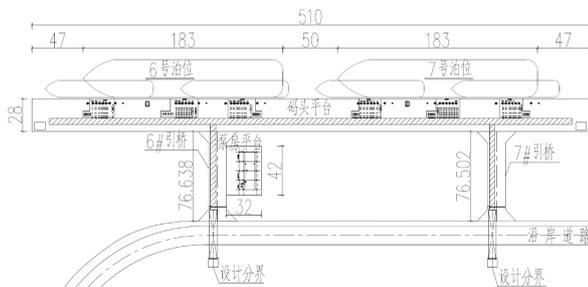


图 1 码头总平面布置

表 1 主要装卸物料特性一览表

序号	名称	火灾危险类别	货种消防属性
1	丙酮	甲 B	可溶
2	己烯-1	甲 B	不可溶
3	甲醇	甲 B	可溶
4	醋酸乙烯	甲 B	不可溶
5	MMA	甲 B	可溶
6	碱液	不燃烧	可溶
7	液氨	乙 A	可溶
8	对二甲苯	甲 B	不可溶
9	邻二甲苯	乙 A	不可溶
10	苯	甲 B	不可溶
11	苯乙烯	乙 A	不可溶
12	乙二醇	丙 A	可溶
13	二乙二醇	丙 B	可溶
14	甲基叔丁基醚 (MTBE)	甲 B	可溶

2 消防系统设计

2.1 消防水源及灭火介质的选择

《消防给水及消火栓系统技术规范》GB50974—2014 (以下简称《消水规》) 对消防水源做了明确规定, 市政自来水、天然水源等都可作为消防水源, 但推荐采用市政自来水。本码头与罐区相隔较远且未同步建设, 结合液体化工品码头火灾危险性高、消防用水量大等特点, 依托码头引桥的消防取水平台设置独立消防泵房, 对于液体化工品码头消防更可靠。

海水消防泵取水的可靠性。码头面高程 5.00m, 极端低水位为 -1.68m (保证率 98%), 海水消防泵第一级叶轮标高 -3.73m , 位于极端低水位以下约 2m, 可以满足《消水规》4.4.3 条“天然消防水源保证率宜为 90% ~ 97%”及《油气化工码头设计防火规范》JTS 158—2019 (以下简称《油气规》) 7.2.3 条“天然水源应确保枯水期最低水位取水的可靠性”要求。

据上表 1, 本码头火灾危险等级为甲 B 类, 有部分货种为可溶性化学品, 故采用海水为冷却介质, 耐海水型抗溶型水成膜泡沫作为主要灭火介质。

2.2 消防介质用量

根据《油气规》要求, 本码头消防采用固定式水冷却、固定式泡沫灭火方式和水幕防护方式。消防水量为船舶消防冷却水量、船舶泡沫灭火用水量、消防炮塔保护水幕水量、装卸区前沿水幕水量、登船梯保护水幕水量、室外消火栓水量、泡沫枪和水枪用水量、水轮机用水量之和。

2.2.1 消防设计参数

(1) 码头消防冷却水量。化学品船冷却水供给强度: $2.5\text{L}/\text{min}\cdot\text{m}^2$, 连续供给时间 $T=360\text{min}$; 移动水枪用水量 $10\text{L}/\text{s}$, 连续供给时间 $T=360\text{min}$; 50000 吨设计船型冷却范围 2390m^2 , 冷却水流量 $99.6\text{L}/\text{s}$, 结合码头炮

塔布置及射程要求, 选用消防水炮额定流量 120L/s, 实际流量 110L/s。消防冷却水流量及用水量见表 2。

表 2 消防冷却水流量及用水量表

消防水炮流量 (L/s)	水枪用水量 (L/s)	消防冷却总用水量 (L/s)	火灾延续时间 (min)	用水量 (m ³)
110	10	120	360	2376

(2) 对于水溶性液体化工品灭火, 泡沫混合液的供给强度为 12.0L/min·m², 泡沫原液含量为 3%, 连续供给时间 T=60min; 移动泡沫枪用水量 8.0L/s, 连续供给时间均为 T = 60min; 水轮机用水量为泡沫用水量 20%。5 万吨设计船型最大船舱面积 408.48m², 泡沫混合液计算流量 81.7L/S, 结合码头炮塔布置及射程要求, 选用消防水炮额定流量 120L/s, 实际流量 110L/s。低倍数泡沫灭火用水量见表 3。

表 3 低倍数泡沫灭火用水量表

消防泡沫炮流量 (L/s)	泡沫枪流量 (L/s)	水轮机用水量 (L/s)	泡沫设计总用水量 (L/s)	火灾延续时间 (min)	用水量 (m ³)
110	8	23.6	138	360	2376

(3) 码头装卸区前沿水幕、登船梯工作区域水幕供水强度为 2L/s.m, 连续供给时间 1h。每座消防炮塔保护水幕供水强度 10L/s, 连续供给时间 6h。水幕用水量见表 4。

表 4 水幕用水量表

装卸口水幕流量 (L/s)	炮塔水幕 (L/s)	登船梯水幕 (L/s)	水幕设计总用水量 (L/s)	用水量 (m ³)
68	20	10	98	712.8

(4) 室外消火栓用水量 45L/s, 连续供给时间 360min。本工程各项消防设计流量见表 5。

表 5 码头消防设计流量表

消防冷却总用水量 (L/s)	泡沫设计总用水量 (L/s)	水幕设计总用水量 (L/s)	室外消火栓流量 (L/s)	消防设计流量 (L/s)	一次灭火用水量 (m ³)
120	138	98	45	401	4773.6

2.3 消防泵房及泡沫站的设置

2.3.1 消防泵房

2.3.1.1 消防泵房布置方案

上文所述, 消防泵房设置在引桥海水取水平台上, 引桥管廊布置有通向后方罐区的工艺管线, 为了消防安全, 消防泵房应尽量远离工艺管道。《石油库设计规范》GB50074-2014 9.1.4 条, 当地上工艺管道与消防泵房之间的距离小于 15m 时, 朝向工艺管道一侧的外墙采用不燃烧体实体墙, 且此面墙体不能开门窗。合理确定消防泵房与工艺管线间距, 不仅要满足码头设备搬运、后期维修的功能性要求, 同时还要兼顾工程建设的经济性要求。泵房布置有以下两种方案, 见下图 2 和图 3。

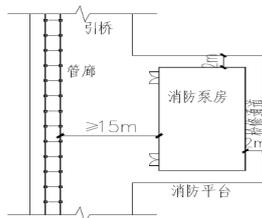


图 2 方案一

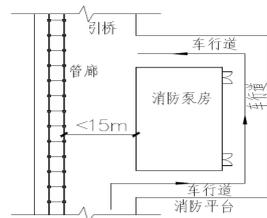


图 3 方案二

由上图两种方案对比得知, 方案一中所需消防平台尺寸更小, 也方便设备搬运、后期的维护。方案一更经济更合理, 因此推荐此方案。

2.3.1.2 消防系统

本工程消防给水系统采用临时高压消防给水系统, 泵房内设置一座消防、冲洗合用淡水水箱, 水箱接生活给水管网补充淡水水源, 平时消防系统通过淡水水箱 + 增压稳压装置稳压, 使系统处于准工作状态。当发生火灾时, 水泵出水管道上的压力开关启动海水消防泵抽取海水灭火, 火灾后人工启动冲洗泵抽取淡水冲洗消防管道, 同时采用淡水充满临时高压消防给水管网, 起到淡水稳压及自动启动消防主泵的作用。

2.3.1.3 消防泵组配置方案

本工程冷却水系统、低倍数泡沫系统共用一套消防取水系统。据上表 5 所知, 消防用水总流量为 401L/s。结合消防规范上泵组设置要求, 《消水规》5.1.6 条, 消防给水同一泵组的消防水泵型号宜一致, 且工作泵不宜超过 3 台。《油气规》7.5.10 条, 消防水主用泵采用电机拖动时, 备用泵应采用柴油机拖动; 消防水主用泵采用柴油机拖动时, 备用泵也应采用柴油机拖动。较之可行的消防泵配置有三种方案: ①三台柴油机 (两用一备), 一台电泵 (1 用), ②四台柴油机 (三用一备), ③两台电泵 (两用), 两台柴油机 (两备)。

方案①: 工作泵为两台柴油机 + 一台电泵。此方案与规范中同一泵组的消防水泵型号宜一致要求相冲突, 且柴油机、电泵同时作为工作泵, 消防控制系统较复杂, 三台泵并联流量损失也更大。

方案②: 工作泵为三台柴油机。此方案在没有市政电或市政电不能满足要求的情况下, 是比较合理的。本工程有可供使用的 10KV 市政电, 全部采用柴油机不经济, 后期维护成本比较高, 方案二在三种方案中造价最高。

方案③: 工作泵为两台电泵。此方案工作泵为同一型号, 两台工作泵同时为电泵或者柴油机, 控制系统简单, 双泵并联较三泵并联流量损失小, 更合理, 因此推

荐采用方案③。

2.3.2 泡沫站

泡沫站设置位置要满足《油气规》7.5.7条规定，泡沫混合液输送到最远灭火点的时间不超过5 min，本工程消防泵站与最远装卸口的距离约350m，可以满足上述要求，因此考虑将泡沫站与消防泵站合建在一起。泡沫比例混合装置主泵采用电泵，备用泵采用向外泄水的水轮机驱动。

3 设计应注意的事项

3.1 海水管道材质

本工程采用海水作为消防水源，海水中氯离子含量很大，大多数金属在海水中阳极极化阻滞很小，腐蚀速率相当高，因此管材的选择会影响到工程安全、使用寿命、工程造价、安装维修等多个方面。

笔者综合上述各种因素，选择双金属涂塑钢管（内涂环氧粉末，外涂聚乙烯防腐）作为海水消防管，焊接或法兰连接。此种涂塑钢管具有塑料及钢管的特性，同时又结合了聚乙烯耐磕碰和环氧的附着力强的优势，使得管道不易变形、还耐腐蚀、不易生锈，非常适合应用在海水消防系统中。

此外，常规涂塑钢管通常采用卡箍或法兰连接，两种连接方式需要使用橡胶圈或垫片密封，橡胶成品容易老化，需要定期更换，北方地区室外管道都有保温防冻措施，每次维护都会造成管道外保温层的破坏。双金属涂塑钢管采用焊接方式，接口牢固耐久，不易渗漏，接头强度和严密性高，使用后不需要经常维护。

3.2 总储油量大于1m³，储油间设置问题

《建筑设计防火规范》GB50016-2014（2018年版）5.4.13条，机房内设置储油间时，其总储存量不应大于1m³。本工程消防泵采用两电两柴，每台柴油泵配备一个700L的油箱，柴油总储存量大于1m³。设置一个储油间存放油箱，不能满足上述要求。

目前国家规范、标准未对上述问题给出明确解释，所以笔者查阅了其他相关规范的解读或规范的征求意见稿。其中，《<建筑设计防火规范>GB50016-2014（2018年版）实施指南》疑点5.4.13-1：位于民用建筑内的柴油发电机组，当所需油量大于1.0m³时，储油间可以分间设置，但应保证每间储油间的总储油量不大于1.0m³；此外，《建筑防火通用规范》（征求意见稿）4.1.7.5条：单间储油间的储存量不应大于1m³，建筑内的总储油量不应大于5m³。

本工程总储油量1.4m³，满足建筑内的总储油量不应大于5m³的要求，故泵房内设置两间储油间，每间安装一个700L的油箱，来解决泵房储油的问题。

3.3 消防设施防腐措施

本工程消防取水泵长期置于海水中，海水本身是一种强腐蚀性介质。同时，波浪、潮汐和洋流对金属构件产生低频往复应力和冲击，此外，海洋微生物、附着生物及其代谢产物对腐蚀过程都有直接或间接的加速作用。本码头结合经济性和耐腐蚀性综合比较，长轴消防泵套管选用SS316L材质，进水口设置防海洋生物电极，使其不容易被海生物过多吸附，保护取水设备，保证取水安全。阀门同样采用SS316L材质，法兰垫片材料为聚四氟乙烯垫片。

3.4 冬季防冻措施

《消水规》第4.4.4条规定，当消防水源采用天然水源时，应采取技术措施防止冰、漂浮物、悬浮物等物质堵塞消防水泵，并采取措施保证安全取水。码头所在区域气象资料，此处海域冬季会结冰，进水口设有滤网，可有效防止漂浮物、悬浮物等物质堵塞消防水泵。

海水长轴消防水泵扬水管段设置电伴热，当冬季温度过低时，电伴热开启，保证消防取水设备不会因为结冰而影响到使用。泵房内部暖通专业考虑设置空调采暖，使泵房内温度不低于5℃。码头面消防管道采用电伴热，管道外部设置保温绝热材料。

4 结语

随着一体化大炼化项目在全国性多点开花，与之配套的液体化工码头也越来越多，如果设计中消防设施配置不当，火灾时消防设备不能正常工作，无法发挥应有的功能，将造成人员伤亡和财产损失，后果难以想象。本文立足于国家规范、标准，从经济性、合理性以及实际运行等多角度分析，对设计中碰到的一些关键问题给出自己的解决思路。消防安全高于一切，消防设计工作任重道远，设计人员应将规范条文与工程实践紧密结合。

参考文献：

- [1] GB50016-2014（2018年版），建筑设计防火规范。
- [2] GB50974-2014，消防给水及消火栓系统技术规范
- [3] JTS 158—2019，油气化工码头设计防火规范
- [4] 倪照鹏，刘激扬，张鑫，建筑设计防火规范GB50016-2014（2018年版）实施指南
- [5] 《建筑防火通用规范》（征求意见稿）。