

大型石油储备库消防系统设计

张恒涛

中国石油天然气管道工程有限公司, 河北 廊坊
Email: xajdzt520@163.com

收稿日期: 2021年6月9日; 录用日期: 2021年9月6日; 发布日期: 2021年9月23日

摘 要

随着我国经济的快速发展石油资源日益紧缺, 为了解决石油供应短缺, 我国目前已经建成一些石油库。通过分析某大型石油库原油储罐的消防系统设计, 总结了大型原油储罐消防系统设计的要点和可行措施, 对类似大型石油库消防设计有一定的借鉴作用。

关键词

石油库, 油品储罐, 消防, 消防冷却水系统, 泡沫灭火系统

Design of Fire Protection System for One Large Scale of Petroleum Repository

Hengtao Zhang

China Petroleum Pipeline Engineering Co., Ltd., Langfang Hebei
Email: xajdzht520@163.com

Received: Jun. 9th, 2021; accepted: Sep. 6th, 2021; published: Sep. 23rd, 2021

Abstract

With the rapid development of China's economy, petroleum resources are increasingly scarce. In order to solve the shortage of oil supply, China has built some oil depots. By analyzing the fire control system design of one large petroleum storage tank, the key points and feasible measures of fire control system design of large petroleum storage tank are summarized, which can be used for reference for fire control design of similar large petroleum storage tank.

Keywords

Oil Depot, Oil Storage Tank, Fire Protection, Fire Cooling Water System, Foam Extinguishing System

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

石油是全球任何一个国家生存和发展的命脉。截止到 2020 年,我国已建成一些石油库,这些石油库的建成对保障国家能源供应安全具有十分重大的意义。原油属于易燃、易爆危险物品,着火后易发生沸溢,且流淌蔓延快,一旦发生火灾和爆炸事故将造成灾难性后果,还将造成大范围的环境事故。因此,大型石油库储罐的消防系统设计尤为重要[1][2]。

我国石油库消防系统从无到有,已发展成一个具有较完整的以预防为主消防体系。消防装备从初期的天然水和沙子,后来从前苏联引进的化学泡沫、烟雾灭火以及拥有现代化消防通信和全自动监测控制的消防灭火体系,这些设施为保障石油库的安全作业、预防意外事故的发生起到了一定作用,但也存在着一些问题,如没有把“预防为主”落到实处,消防设施的可靠性差,维护保养工作量大,消防投资大效益差等问题。

某大型石油库占地 110 公顷,由多座 $15 \times 10^4 \text{ m}^3$ 钢制双盘外浮顶油罐组成,储存油品为原油,火灾危险性类别属甲_B类。

2. 消防系统工艺流程

本工程含油储罐设置固定式冷却水喷淋系统和固定式低倍数泡沫灭火系统[3],同时辅助室外消火栓、泡沫栓、移动式水-泡沫两用炮和移动式灭火器等进行灭火;其它区域设置消火栓系统和移动式灭火器。消防用水储存于消防水罐内,发生火灾时,消防水分别经消防冷却水泵及泡沫消防泵加压后分2路向消防系统供水:一路水经消防冷却水泵加压后,向储罐固定式冷却水喷淋设施及罐区周围的消火栓供水;另一路水经泡沫消防泵加压后经泡沫比例混合装置,向储罐固定式低倍数泡沫灭火设施及罐区周围的泡沫栓提供泡沫混合液。罐区消防系统流程如图1所示。

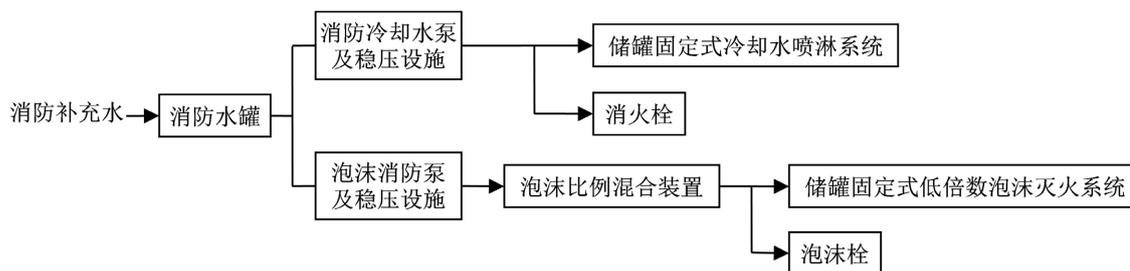


Figure 1. Fire fighting process flow

图1. 消防系统流程

3. 消防系统设计

3.1. 消防水量计算

根据《消规》3.1.1.2条规定,当储罐区占地面积大于 100 hm^2 ,同一时间内的火灾起数应按2起确定[4],本工程储罐区占地面积约为 110 hm^2 ,消防用水量按最大的两座储罐着火各计1次计算,本工程消防用水量最大的两处为两座 $15 \times 10^4\text{ m}^3$ 外浮顶原油储罐,消防用水量计算如下:

1) 消防冷却水量计算

根据《石油储备库设计规范》,油罐应设置固定式消防冷却水系统,消防冷却水量应满足冷却一个最大着火油罐用水量和为该油罐配置的移动消防用水量之和的要求。着火油罐应按罐壁表面积冷却,冷却水供给强度不应小于 $2.0\text{ L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$,经计算最大一座着火油罐固定冷却水量 232 L/s ,移动冷却水量 120 L/s ,一处消防冷却水量为 352 L/s ,两处消防冷却水量为 704 L/s ,火灾延续时间取 6 h [5],计算消防冷却储水量约 $15,210\text{ m}^3$ 。

2) 泡沫灭火用水量计算

根据《石油储备库设计规范》,油罐应设置固定式低倍数泡沫灭火系统,泡沫混合液量应满足扑救油罐区内最大单罐火灾所需泡沫混合液用量和为该油罐配置的辅助泡沫枪所需混合液用量之和的要求。着火油罐的固定泡沫混合液供给强度不应小于 $12.5\text{ L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$,经计算最大一座着火油罐泡沫混合液流量为 112 L/s ,连续供给时间为 60 min ;同时用于扑救该罐液体流散火灾的辅助泡沫枪数不应小于3支,每支泡沫枪的流量按 240 L/min 设计,最大一座着火油罐辅助泡沫混合液流量为 12 L/s ,连续供给时间为 30 min 。经计算最大一座着火罐所需泡沫混合液总流量为 124 L/s ,最大两座着火罐所需泡沫混合液总流量为 248 L/s ,选用3%的水成膜泡沫液,泡沫液储量为 40 m^3 (含泡沫混合液管道残余量),泡沫混合液用水储量约为 900 m^3 。为了满足泡沫混合液上罐时间,根据罐区布置设置5座泡沫液站,同时考虑全面积火灾储备泡沫量 110 t [6]。

综上所述,最大两座储罐消防用水量约为 $16,110\text{ m}^3$,同时根据相关要求需另外考虑 $10,000\text{ m}^3$ 移动

消防用水量[6]，本工程消防总储水量为 26,110 m³。

3.2. 消防水源

大型储罐消防所需消防水量大，灭火时间短，难以快速补充，故将所需消防用水量储存于钢制消防水罐内。本工程设置 2 座公称容积 15,000 m³ 消防水罐，两座消防水罐均设置独立的出水管，并设置满足最低有效水位的连通管。消防水罐补水来自库外市政给水管线，消防水罐根据液位自动补水，补水管管径 DN300，补水时间控制在 72 h 内。

3.3. 消防冷却水系统

消防冷却水系统采用稳高压系统，由消防冷却水泵、消防冷却水稳压装置、储罐固定式冷却水喷淋设施、控制阀门和消防冷却水管网等组成。

1) 消防冷却水泵

消防冷却水泵采用特性曲线平缓的离心泵，工作泵采用电机驱动，备用泵采用柴油机驱动，4 运 4 备，单泵流量 220 L/s，扬程 120 m。当储罐发生火灾时，消防控制室值班人员接到火灾的声、光报警信号后，确认发生火灾时一键按钮启动主用电驱消防冷却水泵 P-1001~1004（当发生 1 起火灾时程序启动 P-1001 及 P-1002，当发生 2 起火灾时程序启动全部 4 台），打开对应罐前雨淋阀，对着火罐进行冷却，当电驱消防冷却水泵发生故障时，自动切换至备用柴驱消防冷却水泵。

2) 消防冷却水稳压装置

设置 1 套消防冷却水稳压装置，流量 15 L/s，扬程 80 m。稳压装置由 2 台消防稳压泵、1 台稳压罐及检测控制仪表等组成，可通过压力检测系统，自动控制消防稳压泵的启停。平时由稳压装置维持管网压力，当管网压力低于 0.7 Mpa 时自动启动 1 台稳压泵，故障时自动切换至另 1 台稳压泵，当管网压力达到 0.8 Mpa 时自动停泵，当着火启动消防泵的同时自动停止稳压泵。

3) 储罐固定式冷却水喷淋设施

每座储罐采用 4 根独立的消防冷却水立管供水，单根管径为 D168.3 × 5.0。根据抗风圈或加强圈的布置，其下部设冷却喷水环管，每座储罐外壁设置 5 圈冷却水环管，每环均分为 6 段，自上而下第 1~4 层环管为 D48.3 × 4.0，第 5 层环管为 D114.3 × 4.5。采用水幕式喷头[7]，不锈钢材质，喷头与储罐外壁的距离 0.60 m，喷头布置间距 1.70 m，每层 180 个喷头，喷头最小出水压力为 0.2 MPa。同时为了减小水流对罐壁的冲击力减少反弹水量，喷头喷水方向与罐壁保持 30°~60° 夹角，以便有效冷却罐壁。每根消防立管和水平管道连接处设置 1 根 DN150 的金属软管，以消除储罐沉降引起的应力；立管采用管卡固定在罐壁上，其间距为 3 m，管线采用无缝镀锌钢管。

4) 消防冷却水管网

储罐区防火堤外敷设消防冷却水环管，消防时管网压力为 1.2 MPa，消防环管上设置消火栓，其间距不超过 60 m [8]，每个消火栓均配置相应的消防器材箱，并配置一定数量的移动式灭火器材，消火栓用阀门截断，每段室外消火栓的数量不超过 5 个。储罐固定式冷却水喷淋设施的进水管接自环状消防水管网，通过雨淋阀门向储罐供给消防冷却水。

罐体及防火堤内消防管线采用无缝钢管，内外热镀锌，法兰连接。防火堤外的消防管线采用低压流体输送用焊接钢管，焊接。

3.4. 泡沫灭火系统

泡沫灭火系统[9]由泡沫消防泵、泡沫稳压给水装置、泡沫混合装置、固定式液上喷射泡沫发生装置、

泡沫混合液管网和控制阀门等组成。

1) 泡沫消防泵

泡沫消防泵采用特性曲线平缓的离心泵，工作泵采用电机驱动，备用泵采用柴油机驱动，2 运 2 备，单泵流量 160 L/s，扬程 150 m。当储罐发生火灾时，启动消防冷却水泵的同时，程序启动主用电驱泡沫消防水泵 P-2001~2002（当发生 1 起火灾时启动 P-2001，当发生 2 起火灾时程序启动 2 台），故障时自动切换至备用柴驱泡沫消防水泵，顺序启动泡沫撬、环管相应的电动阀及着火罐罐前泡沫混合液电动控制阀，对着火罐进行泡沫灭火。火灾扑灭后，手动关闭消防冷却水泵、泡沫消防泵、泡沫撬泡沫液泵及进出口电动阀门。着火罐罐前冷却水雨淋控制阀及泡沫灭火电动控制阀。

2) 泡沫稳压给水装置

设置 1 套泡沫稳压给水装置，流量 10 L/s，扬程 100 m。稳压装置由 2 台消防稳压泵、1 台稳压罐及检测控制仪表等组成，可通过压力检测系统，自动控制消防稳压泵的启停。当管网压力低于 0.9 MPa 时自动启动 1 台稳压泵，故障时自动切换至另 1 台稳压泵，当管网压力达到 1.0 MPa 时自动停泵，当着火时启动消防泵的同时自动停止稳压泵。其主要作用在于准工作状态下由消防稳压泵维持泡沫撬前消防管线水压，着火时开启泡沫消防泵可快速向泡沫撬提供消防用水，节省充满消防管线所用时间，从而为泡沫混合液上罐争取要求。

3) 泡沫混合装置

固定式泡沫混合系统有平衡式、机械泵入式、囊式压力比例混合装置或泵直接注入式比例混合流程四种，其中平衡式更适用于大型油罐区的消防。本工程设置 5 套泵入平衡压力式泡沫混合装置，采用 3% 的水成膜泡沫液，工作压力 1.65 MPa，混合液流量范围 40~160 L/s，每套主要由 2 座 20 m³ 常压泡沫液贮罐、泡沫液泵组（1 电及 1 水轮机）、比例混合器、平衡阀、过滤器、控制柜等相关组件及管路组成。

当发生火灾时，自动或人工启动泡沫消防泵，平衡式的比例混合器有压力水流过。由消防控制中心遥控开启或自动化控制柜打开泡沫原液进口阀，同时启动泡沫液泵，储存在常压泡沫罐内的泡沫液由泡沫液泵注入比例混合器，经过平衡阀的自动调节后使得适量的泡沫液进入比例混合器与压力水按比例混合成泡沫混合液。再通过管道供给消防用泡沫发生设备，如泡沫枪、泡沫栓及泡沫产生器等，产生空气泡沫扑救火灾。

4) 泡沫发生装置

每座储罐直壁顶部均匀布置 14 个水平安装的 PC8 泡沫发生装置。采用 7 根独立的泡沫混合液消防立管供泡沫混合液，单根管径为 D114.3 × 4.5，每根泡沫混合液立管连接 2 个泡沫产生器。连接泡沫产生器的泡沫混合液立管应用管卡固定在罐壁上，管卡间距不宜大于 3 m；储罐梯子平台上设置 1 个 DN65 二分水器，用于扑灭局部密封处的初期火灾；每根泡沫混合液立管和水平管道连接处设置 1 根 DN100 的金属软管，以消除储罐沉降引起的应力；立管采用管卡固定在罐壁上，其间距为 3 m，管线采用无缝镀锌钢管。

5) 泡沫混合液管网

储罐区防火堤外敷设泡沫混合液环管，消防时管网压力为 1.5 MPa，消防环管上设置泡沫栓，其间距不超过 60 m，间隔一定距离集中布置管牙接口，并配备泡沫钩管和泡沫枪等移动式泡沫灭火设备。储罐固定式泡沫发生装置的进液管接自泡沫混合液环管，每个储罐的泡沫混合液总管在进防火堤前设置一个电动阀，着火时打开电动阀，向着火罐泡沫发生装置提供泡沫混合液进行灭火，同时要求泡沫混合液从泡沫站到储罐着火点的时间不超过 5 min。

罐体及防火堤内消防管线采用无缝钢管，内外热镀锌，法兰连接。防火堤外的消防管线采用低压流体输送用焊接钢管，焊接。

3.5. 消防站及其它灭火器材

本工程将设置消防站 1 座。站内设置消防综合楼(主要包括办公、宿舍、食堂等)、消防车库、消防训练塔、消防训练场等。消防车库配备 6 辆消防车, 其中: 通信指挥车 1 辆、12t 重型泡沫消防车 3 辆、3 t (泡沫液储量)举高(70 m)喷射消防车 1 辆、泡沫-干粉两用消防车 1 量。同时, 配备移动式水/泡沫消防两用炮(拖车) 5 门, 泡沫液罐装泵 2 台, 以及一定数量的泡沫钩管、泡沫枪、灭火毯等, 以便扑救零星火灾。

根据《建筑灭火器配置设计规范》(GB50140)要求及消防设施完备情况, 对可能发生火灾的各类场所, 根据其火灾危险性、区域大小等实际情况, 分别设置一定数量不同类型、不同规格的移动式灭火设备, 以便及时扑灭初期零星火灾[10]。

4. 消防设计要点

在罐区消防设计中, 某个细节的缺失或错误可能导致整个灭火系统的失效, 必须引起重视。以下列举一些在设计中常见的问题, 以供探讨学习。

1) 消防水罐的有效容积必须满足两次消防所需的消防水, 同时须储备 10,000 m³ 移动消防用水量; 每座泡沫液站必须储存满足两次消防所需的泡沫液, 同时考虑全面积火灾储备泡沫量 110 t [6]。

2) 消防冷却系统采用固定式消防冷却水喷淋和移动消防设施向储罐联合供水冷却储罐, 消防管网控制阀采用远程程序控制, 保证消防设施的迅速启动。

3) 泡沫混合装置采用平衡式比例混合装置, 泡沫液泵采用 1 台电机及 1 台水轮机驱动泵, 水轮机消耗的水量应计入消防用水量。

4) 合理布置泡沫站及泡沫混合液管网, 确保泡沫混合液从消防泵房到储罐着火点的时间不超过 5 min, 同时还应考虑泡沫混合液和消防冷却水管线的放空。

5. 结语

通过对石油库消防系统的现状及存在的问题入手, 并结合大型储罐消防系统工程实例, 重点研究消防水源、消防冷却水系统、泡沫灭火系统、消防站及其它灭火器材等方面, 得出了其消防设计要点和应注意的问题。储罐区消防安全事关重大, 一旦发生事故, 消防系统能否迅速发挥作用关系到生命及财产安全, 在设计中除了严格执行相关规范、法规外还要因地制宜, 结合工程情况进行设计, 保证消防设计合规、合理、有效、可靠。一旦储罐发生火灾, 确保从源头提高灭火效率, 降低火灾危害。

参考文献

- [1] 张清林. 国内外石油储罐典型火灾案例剖析[M]. 天津: 天津大学出版社, 2014.
- [2] 陆朝荣. 油库安全事故案例剖析[M]. 北京: 中国石化出版社, 2006.
- [3] 中国石油化工集团公司. GB 50737-2011 石油储备库设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2012.
- [4] 中华人民共和国公安部. GB 50974-2014 消防给水及消火栓系统技术规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2014.
- [5] 中国石油化工集团公司. GB 50074-2014 石油库设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2015.
- [6] 中国石油化工集团公司. GB 50160-2008 石油化工企业设计防火规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2009.
- [7] 中华人民共和国公安部. GB 50084-2017 自动喷水灭火系统设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2017.
- [8] 中国石油天然气集团公司. GB 50183-2004 石油天然气工程设计防火规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2005.
- [9] 中华人民共和国公安部. GB 50151-2021 泡沫灭火系统设计标准[S]. 北京: 中国计划出版社, 2021.
- [10] 中华人民共和国公安部. GB 50016-2014 建筑设计防火规范(2018 年版) [S]. 北京: 中国计划出版社, 2018.