

Practice and Optimization Management of Seawater Firefighting System in Tank Farm

Wei Gao*, Huizhao Shi, Kecheng Huo

China Petroleum Pipeline Engineering Co., Ltd. International, Langfang Hebei
Email: *cpgaowe@cnpc.com.cn

Received: Oct. 12th, 2020; accepted: Nov. 23rd, 2020; published: Dec. 15th, 2020

Abstract

The firefighting system ensures tank farm safe production, so firefighting system construction and optimization management are particularly important. This article elaborated on the composition and characteristics of the seawater firefighting system based on the Namibian oil tank farm project from the perspective of the builder, and indicated disadvantages and difficulties from engineering, procurement, construction and commissioning based on practical experience. According to the above analysis, it put forward the rational suggestion to provide the reference for seawater firefighting system construction and optimization management.

Keywords

Tank Farm, Seawater Firefighting, Optimization

*通信作者。

关于油库海水消防系统的实践与优化管理

高 伟*, 时会召, 霍克成

中国石油管道局工程有限公司国际事业部, 河北 廊坊

Email: *cppgaowei@cnpc.com.cn

收稿日期: 2020年10月12日; 录用日期: 2020年11月23日; 发布日期: 2020年12月15日

摘 要

消防系统作为油库安全生产的最后一道防线, 做好油库消防系统的建设与优化管理尤为重要。本文从建设者角度出发, 以纳米比亚油库项目为依托, 详细阐述了油库海水消防系统的组成及特点, 根据实践经验从设计、采办、施工、调试等各方面总结了消防系统实施过程中存在的不足和困难, 并据此提出了合理化建议, 旨在为油库海水消防系统建设优化管理提供参考依据。

关键词

油库, 海水消防, 优化

Copyright © 2020 by author(s), Yangtze University 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

成品油具有易燃易爆的特性, 使得成品油在储存过程中存在很大的消防安全隐患。消防系统作为油库安全生产的最后一道防线, 做好油库消防系统的建设与优化管理显得尤为重要。杨瑛江[1]对大型油库固定消防系统进行了概述, 针对存在的问题提出了相关解决方案; 路燕涛[2]将储罐区消防安全评价分为消防安全事故评价和消防安全系统评价, 并根据评价结果给出了相应的整改意见和事故预防措施; 董林林[3]从工程设计角度对油库储罐布置形式、消防系统设计、事故排水系统设计进行了研究; 郎需庆[4]基于风险管理的理念, 对成品油油库消防系统可靠性进行了评估研究, 提出消防系统检查与检测应基于油库当前风险等级, 建立消防系统能力与风险等级匹配关系。多数研究者从消防系统设计本身及安全评价角度进行了研究, 可谓角度各异, 成果颇丰, 但对海水消防系统及其建设阶段的优化管理研究甚少, 为此本文从建设者角度出发, 以纳米比亚油库项目为依托, 详细阐述海水消防系统的组成, 根据实践经验指出海水消防系统建设过程中发现的问题不足及可优化的地方, 并据此提出合理化建议, 旨在为油库海水消防系统建设优化管理提供参考依据。

2. 纳米比亚项目消防系统阐述

纳米比亚项目所在城市鲸湾港, 一面濒临大西洋, 三面被世界最古老、最干旱的纳米布沙漠包围, 属于亚热带干旱气候, 全年降雨量不足 25 mm。由于项目现场淡水严重匮乏, 且靠近大海, 为此油库消

防系统设计为海水消防，很大程度上减少了淡水耗用量，有利于缓解当地淡水资源紧张的局面，但同时海水介质也极大提高了消防设备及管线的抗腐蚀能力要求，导致项目建设者为此付出了高昂成本。油库海水消防系统概括为水系统、泡沫系统、冲洗系统三部分，即当发生火灾后，消防水系统将对油罐进行喷淋降温，避免火势蔓延扩散；消防泡沫系统将对火源进行灭火；火灾救援后通过淡水系统进行冲洗处清理。纳米项目消防系统主要包括：

2.1. 消防水罐及消防水泵

消防水罐罐容 6000 m^3 ，在油库正常运营状态下储存介质为淡水，火灾扑救过程中通过消防水需用量判断是否补充海水，当发生严重火灾时，按照 NFPA 标准(美国消防协会标准)要求，海水应在 8 小时内补足消防用水需求量。储罐为满足储存海水的防腐要求，罐内壁无溶剂环氧涂漆干膜厚度 $\geq 500\ \mu$ ，明显厚于淡水冲洗罐的涂漆干膜厚度($\geq 350\ \mu$)。

消防水泵包括三台消防主泵及两台稳压泵，三台消防主泵分别为一台电动泵和两台柴油泵，设计输出功率均为 $730\text{ m}^3/\text{h}$ ，电动泵和柴油泵在设定条件下当管网压力分别低于 970 KPag 和 900 KPag 时顺序启动，并通过自力式调节阀确保管网压力在 1300 KPag 以下，避免压力过大对管网造成破坏；两台稳压泵为一用一备，输出功率为 $10\text{ m}^3/\text{h}$ ，保持管网压力在 $1000\text{ KPag}\sim 1070\text{ KPag}$ 之间。

2.2. 消防管网

消防管网设计从管线的耐蚀性、耐火性、耐久性自身强度等方面考虑，对防火堤内外、地面以上或以下不同位置设计了不同管线，油库日常运营状态下，防火堤以外地面以上消防管线长期充满介质，外部暴露在空气中，为此该部分管线选用内部抗腐蚀性强、外部耐久性好、自身强度大的内衬塑管线，接口形式为法兰螺栓连接；防火堤以外地面以下管线同样长期充满介质，且外部处于地下水浸泡状态，为此该部分管线选用 FRP 玻璃钢管线，接口采用管箍胶结；防火堤以内消防管线全部置于地面以上，日常生产状态下不储存水源，为此该部分管线选用镀锌钢管，同时为避免焊接破坏镀锌层，接口采用沟槽卡箍连接。

2.3. 消防栓、消防水炮及大罐环管喷淋

消防栓沿库区道路布设，两个消防栓间距控制在 50 m 以内，距离被保护设备至少 15 m ，每个消防栓可以连接消防软管以扩大消防覆盖范围；消防水炮围绕罐区设置，依据喷射角度不同喷射距离在 30 m 至 60 m 之间，距离被保护设备 15 m 至 30 m 之间，每套被保护设备至少设置两台消防炮，考虑在外界不利环境下至少有一台消防炮可以投入使用，消防栓和消防炮均为手工操作。每个大罐设置三层环管固定喷淋，环管喷淋控制阀设置在防火堤以外，可以实现就地和远程控制。

2.4. 泡沫消防系统

泡沫消防系统由两台泡沫罐、一台泡沫比例混合器、泡沫发生器(Foam Chamber)、泡沫喷射器(Foam Pourer)、泡沫炮及控制阀门组成。假设最大油罐($20,000\text{ m}^3$ 柴油罐)发生火灾状态下，根据油罐及其对应的防火堤所需泡沫量和发泡系数可计算每台泡沫罐罐容为 $12,000\text{ L}$ ；泡沫发生器安装于大罐上，用于油罐内部灭火，要求相邻泡沫发生器最大间距为 18 m ；泡沫喷射器安装于防火堤上，用于防火堤内灭火；泡沫炮与消防水炮设置及操作方式一致。

2.5. 淡水冲洗系统

冲洗系统作为消防系统的辅助设施，用于储罐、设备、管线灭火后的冲洗清理，主要包括 300 m^3 淡

水罐，冲洗泵及对应的冲洗管线系统。

3. 消防系统存在的问题

纳米比亚项目消防系统在满足相关国际标准的基础上进行了设计，但在实施过程中发现仍存在较多困难和不足及可优化的地方，为后续采办、施工及运营工作带来了诸多不便。

3.1. 消防设备未置于封闭空间

纳米项目所在城市鲸湾港，一面濒临大西洋，三面被世界最古老、最干旱沙漠之一的纳米布沙漠包围，属于亚热带干旱气候，湿度主要来自夜间所形成的露水以及夜间吹入海岸的雾霭，由于特殊的地理位置，鲸湾港气候主要特点为多盐雾和多风沙天气，腐蚀环境异常恶劣(腐蚀等级为 C5-M)，为此，消防设备长期置于开放空间中，面临着腐蚀损坏的威胁。

3.2. 稳压泵频繁启停

按照设计文件要求，稳压泵启停由泵前管线的电接点压力表控制，当管网压力低于 1000 KPag 时启动，高于 1070 KPag 时停止，但在停泵过程中泵前管线存在水锤现象导致电接点压力表指针摆幅过大，进而导致稳压泵频繁启停，长期使用将缩短设备使用寿命。

3.3. 管网采购施工难度大

内衬管线(内衬塑管线)、玻璃钢管线、沟槽管线具有各自不同的特点，为项目采购、施工带来了较大困难。

1) 内衬管线为国内工厂预制，现场安装过程中不允许切割和焊接，内衬管线各组成部分属于一个系统工程，具有各自固定的安装位置，且生产工艺复杂，采购周期长。

2) 按照标准要求，管网试压压力为工作压力的 1.5 倍，由于玻璃钢管道接口采用管箍胶结，管网试压过程中极易导致接口脱开。

3) 镀锌管沟槽连接虽然具有操作简单、利于施工、维修方便的优点，但是火灾发生时防火堤内是重灾区，在大火中沟槽连接所使用的橡胶密封垫会迅速融化，导致沟槽连接密封失效，进而导致消防系统处于瘫痪状态。

3.4. 消防炮可操作性差

虽然消防炮与储罐距离在 15 m 以上，满足相关标准规范要求，但消防炮设置在防火堤上，火灾发生时并不是单一的油罐燃烧，常伴随着油罐爆炸、沸溢等多种灾害，为此防火堤以内可能同样是一片火海，熊熊烈火将导致消防员无法靠近并操作消防炮，导致消防炮处于无法使用状态。

3.5. 调试过程减少泡沫的喷射

消防泡沫具有毒性、高腐蚀性和难清理性，面对新建油库，调试过程中应尽量减少泡沫的喷射，鉴于泡沫发生器构造特点，罐内喷射泡沫对于发生器属于破坏性试验，且罐内喷射泡沫更不易清理，可能导致后续油品污染。

4. 优化建议与对策

针对项目实施过程中发现的问题与不足提出相关建议，以期对消防系统进行进一步优化。

1) 消防泵、稳压泵、冲洗泵等重要动设备应置于封闭空间内，以便降低腐蚀环境对设备造成的破坏，

延长设备的使用寿命,同时封闭空间应增设百叶窗、风机等通风设置以满足设备对空气流通的需要。

2) 稳压系统增设稳压罐以消除管线水锤的影响,另外还可以采用的替代方案包括安装水锤消除器或控制稳压泵启停的延时继电器,或者将电接点压力表取压点选在远离稳压泵的管线上,此位置当水锤发生时管线压力将不会发生较大波动。

3) 针对内衬管线特点,采购施工过程中应做到以下几点:一是尽早启动采购流程,督促各方尽快完成采购招投标、技术澄清、采购合同审批签署等工作;二是内衬管道工程量大,为了节省采购周期,可以采取分批发运的方式,这就要求供货商按照管网系统分区域生产,确保管道到场后有序安装;三是生产过程中供货商应严格按照设计图纸生产,严格控制产品质量及尺寸误差;四是安装过程中,应以消防泵等主要设备为中心往外顺序安装,确保将各类误差留置在管网末端;五是安装过程中发现经调整后仍无法满足安装要求的构件,及时根据现场实际测量尺寸后要求供货商重新生产或采用双相不锈钢等材质管道进行现场加工;六是橡胶垫片耐候性差,建议将垫片更换为耐候性好的 HDPE 垫片(聚四氟乙烯垫片),延长管线使用寿命。

4) 玻璃钢管道安装过程中施工人员应严格按照厂家指导文件进行管口打磨、管箍粘结、玻璃丝网缠绕等各项工作,确保安装质量合格;如有必要,建议将管箍胶结改为螺纹+密封脂连接,增加连接强度;建议设计在大尺寸管道直管段及转弯处增加锚固墩,通过施加外力的方式限制管道试压及上部结构施工完成后移位;玻璃钢管道作为地下隐蔽工程,土方回填前应进行全面试压,保证接头无渗漏;上部回填土方时应做到分层回填、分层夯实,且在交通路口等关键部位加设盖板,以避免上部结构施工完成后管道出现破损造成更大损失。

5) 沟槽管连接建议更改为法兰螺栓连接,法兰焊接过程中损坏的镀锌层采用打磨补漆的方式进行修复;建议将防火堤以内消防系统主管线由镀锌钢管改为玻璃钢管线并埋置于地面以下,一方面减少了地面空间占用,一方面提高了消防管网的安全性。

6) 为保障消防炮具备可操作性及更好地保证消防人员安全,建议消防炮操作方式增加远程操作模式,以确保库区发生火灾时,消防系统仍可以正常投入使用。

7) 罐内禁止喷射泡沫,建议前期通过管线试压确保管线畅通及压力符合要求的前提下,泡沫比例混合器出口直接连接软管测试泡沫液的混合比例及发泡情况,以最大程度降低泡沫液的喷射量。另外,在选取泡沫液时,应注意当地环保的相关要求,选取无毒或低毒性的泡沫液,避免对环境造成污染和损害。

5. 结语

消防系统为油工艺系统保驾护航,其复杂性和重要性不亚于库区工艺系统,项目建设者应给予消防系统高度重视。海水消防系统在节约淡水的同时,也为项目建设带了高昂成本,本文详细阐述了纳米比亚项目海水消防系统及其特点,从设计、采办、施工、调试等各方面总结了消防系统实施过程中存在的不足和困难,并根据实践经验,提出了合理化建议,希望为海水消防系统的建设和优化提供借鉴。

参考文献

- [1] 杨璞江,王进.大型油库固定消防系统的优化管理[J].石化技术,2020(1):289-191.
- [2] 路燕涛.陕北某油库储罐区消防安全评价及火灾事故模拟研究[D]:[硕士学位论文].西安:西安科技大学,2016.
- [3] 董林林.大型油库消防系统设计[J].油气储存,2011,30(11):864-866.
- [4] 郎需庆,陶彬,张玉平,等.成品油油库消防系统可靠性检测与评估研究[J].消防技术与产品信息,2014(9):13-15.