NFPA 标准体系下的油气化工码头消防设计

梁军波，蔡世佳
（中交第三航务工程勘察设计院有限公司，上海 200125）

摘要：鉴于装卸物料易燃、易爆、火灾时危害大、扑救困难等原因，油气化工码头较其他码头消防设计要求更高，为此国内外标准均做出了严格要求。针对国内对美标体系下的油气化工码头设计研究较少、NFPA30 和 ISGOTT 标准的码头消防设计要求又较为宽泛等问题，依托非洲某油气化工码头工程，对比分析 JTS158 和美标油气化工码头配置要求异同，通过参照 NFPA 其他相关标准，明确了消防炮、泡沫炮、消火栓、通岸法兰、消防船接口等布置要求和参数取值，借鉴 JTS158 的水幕分隔作用，依据 NFPA13 提出了美标体系下的油气化工码头水幕设计要求，为合理确定消防水泵的流量参数，利用情景分析法获得了码头最大消防设计流量。研究成果可为美标体系下的油气化工码头消防设计提供参考依据和指导价值。

关键词：油气化工码头；消防设计；NFPA 标准；ISGOTT 标准
中图分类号：U652　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1002-4972(2026)07-0083-06

Fire protection design of oil & gas and chemical terminals under NFPA standard system

LIANG Junbo, CAI Shijia
(CCCC Third Harbour Consultants Co., Ltd., Shanghai 200125, China)

Abstract: Due to the flammability and explosiveness of loading and unloading materials, the high risk of fire hazards, and the difficulty in extinguishing fires, the fire protection design requirements for oil & gas and chemical terminals are higher than those for other terminals. Therefore, strict requirements have been made for both domestic and foreign standards. In response to the limited research on the design of oil & gas and chemical terminals under the American standard system in China, as well as the relatively broad design requirements of NFPA30 and ISGOTT standards, this paper relies on a case study of an oil and gas chemical terminal project in Africa. It compares and analyzes the similarities and differences in the configuration requirements of JTS158 and American standards. By referring to other relevant NFPA standards, it clarifies the layout requirements and parameter values for fire monitors, foam monitors, fire hydrants, international shore connection, and pump-in points for fire-fighting boats. Drawing on the water curtain separation function of JTS158, and based on NFPA13, it proposes the design requirements for water curtains in oil & gas and chemical terminals under the American standard system. To reasonably determine the flow parameters of fire pumps, scenario analysis is used to obtain the maximum fire protection design flow rate for the terminal. The research results can provide reference and guidance value for the fire protection design of oil & gas and chemical terminals under the American standard system.

Keywords: oil & gas and chemical terminal; fire protection design; NFPA standard; ISGOTT standard

油气化工码头是指装卸油品、液体化学品、液化天然气、液化烃在内的油气化工品码头的统称，油品是指原油、凝析油、稳定轻烃以及包括汽油、石脑油等在内的石油产品，液体化学品指除油品、液化天然气、液化烃以外的其他可燃和易燃液体。目前针对油气化工码头防火设计的规范，国内以 JTS 158—2019《油气化工码头设计防火规范》[1]（简称 JTS158 ）为基本标准，国外通常

收稿日期：2025-11-28　　**录用日期：**2026-01-09
作者简介：梁军波（1980—），男，正高级工程师，从事给排水、消防、环保和低碳方面相关设计与研究工作。

以 *Flammable and Combustible Liquids Code*[2]（NFPA 30）和 *International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals*[3]（ISGOTT）作为基本标准，相对规范 JTS158 而言，NFPA30 和 ISGOTT 的要求相对宽泛，在执行时易产生理解偏差。文章以非洲某工程为依托，以 NFPA30 和 ISGOTT 为设计基准，参照执行 NFPA 其他相关标准，提供各系统的设计参数和取值依据，并对比分析其与 JTS158 的差异，旨在为国外液体化工码头消防设计提供参考依据和指导价值。

1 工程实例

依托工程位于“一带一路”沿线的非洲某地，码头采用离岸式的高桩码头，蝶形布置，平台尺寸 50 m×21.8 m，通过引桥和引堤与陆域连接，码头为 8 万吨级油品码头，设计船型 245 m×36 m（长×宽），吃水深度 14 m，用于装卸汽油和柴油。消防水源由海域自建消防泵房提供消防水量，平时采用淡水水箱和淡水稳压泵稳压，发生火灾时启动长轴消防泵，抽取海水灭火，火灾后利用淡水进行管网冲洗和置换。

2 规范对比分析

2.1 火灾危险性对比

依据 JTS158 闪点 45 ℃以下液体定义为易燃液体，火灾危险性分为甲 A 类和甲 B 类，闪点 45℃及其以上定义为可燃液体，又分为乙类和丙类；而 NFPA30 则划分较为简单，将闪点 37.8 ℃以下可燃液体定义为易燃液体，其余定义为可燃液体；依据 NPA30 汽油闪点-18 ℃为易燃液体，柴油闪点 65 ℃为可燃液体，因此码头火灾危险性体定义为易燃液体。

2.2 码头消防设计整体要求对比

依据 JTS158 工程为一级甲 B 码头，应设置固定式水冷却和泡沫灭火系统，消防设计流量应根据消防设施配置情况经计算确定，NFPA30 和 ISGOTT 则根据码头等级直接确定了码头消防设计流量；针对消防设施 JTS158 配置要求较为清晰，NFPA30 和 ISGOTT 配置相对较模糊宽泛，对设计能力要求更高，具体要求对比见表 1。

表 1 不同标准体系下的消防设计要求

Tab. 1 Fire protection design requirements under different standard systems

标准	码头消防等级（8 万吨级）	消防设计流量	火灾延续时间	泡沫供给时间	消防设施配置
JTS158	一级甲 B 码头	413 L/s	6 h	60 min	1）配置固定式消防水炮和泡沫炮； 2）配置消火栓和泡沫栓； 3）配置消防水幕； 4）配置国际通岸法兰
NFPA30	Ⅳ类码头（7 万吨级及以上）	2 000 GPM	无	无，但泡沫原液供给不小于 2 000 gal	1）配置固定式消防炮或消火栓，满足双水柱覆盖； 2）配置 2 个国际通岸法兰和 2 个消防船供水接口； 3）配置 4 个 DN32 软管卷盘，其中 1 个作为泡沫软管卷盘
ISGOTT	Ⅲ类码头（5 万吨级及以上）	700 m^3/h	无	30 min	1）配置固定式消防炮、泡沫炮、消火栓和泡沫栓； 2）配置消火栓和泡沫栓； 3）码头配置 1 个国际通岸法兰和 4 个消防船供水接口

3 码头消防设计

3.1 消防泡和泡沫炮

NFPA30 要求“码头需配置固定式消防炮两门，设计流量合计不小于 63.3 L/s（1 000 GPM），满足对码头装卸区的两股水柱覆盖即可，炮塔高度需高于码头装卸区管道”，对于泡沫炮则未做出具体要求；ISGOTT 要求“消防水炮应满足覆盖码头面和船舶-码头接触面的要求，同时需带直流和雾化转换功能；泡沫炮应高于空载高潮位时甲板区高度，需满足对码头装卸区和船舶甲板管汇区

的覆盖要求，流量不小于 31.94 L/s(115 m^3/h)”，但对消防水泡的设计流量又未做相关要求。设计时为同时满足两者对消防炮的设置要求，参考 JTS158 采用了独立的消防水炮和消防泡沫炮系统，码头设置 9 m 的炮塔两座，上层配置 Q=40 L/s 电动泡沫炮，射程≥73 m，下层配置 Q=70 L/s 电动消防水炮，射程≥73 m，经复核消防炮射程满足两者覆盖要求。消防炮可以通过无线遥控手柄或者控制台进行上下或左右调整，以满足喷水方向的精准定位，发生火灾时，根据灭火情景不同，开启消防水炮或者泡沫炮，但消防炮的同时工作数量不多于 2 门[4]。

依据 JTS158 中“消防水炮应能保证流量和射程满足设计船型的全船范围”和“消防泡沫炮应能保证流量和射程满足设计船型的液货舱范围”的要求，消防炮的功能主要用于油船的冷却和灭火，并明确规定了冷却水供给强度为 2.5 L/(min·m^2)和泡沫灭火供给强度为 8.0 L/(min·m^2)，同时对于炮塔高度也规定“炮塔的高度应能满足消防炮炮口高于设计高水位时设计船型卸空状态下甲板面以上 3 m”，依据 JTS158 工程需配置 18 m 炮塔 2 座，每座炮塔上层配置 Q = 100 L/s 泡沫炮，下层配置 Q = 150 L/s 消防水炮。对比分析可知，JTS158 对于消防炮保护功能、设计流量和炮塔要求均要求明显高于 NFPA30 和 ISGOTT。

3.2　消火栓和泡沫栓

依据 NFPA30 码头消防水炮和消火栓共同达到两股水柱对码头装卸区的覆盖即可，鉴于码头消防水炮已满足相关覆盖要求，消火栓可不做相关配置，但依据 NFPA307[5]码头则应设置 CLass Ⅰ消火栓，间距不大于 90 m，此外 ISGOTT 也要求码头和装卸区消火栓设置间距不大于 45 m，引桥不大于 90 m，为此该工程配置了 CLass Ⅰ消火栓，码头消火栓间距 45 m，引桥消火栓间距 90 m 。依据 NFPA14[6] 单个 CLass Ⅰ消火栓设计流量为 15.83 L/s(250 GPM)，栓口压力不小于 0.69 MPa，不大于 1.21 MPa 的要求进行设置，鉴于消防给水系统设计压力 1.2 MPa，因此栓前不考虑减压。

依据 NFPA30 码头区应配备至少 1 个泡沫栓，泡沫栓采用 DN40 的 CLass Ⅱ消火栓，并配备消防水带；同时依据 ISGOTT“码头配置了泡沫栓且设置间距不大于 50 m”的要求，该工程码头区域按照 45 m 配置了 CLass Ⅱ泡沫栓，与 CLass Ⅰ消火栓(水栓)间距相同，成组布置，同时利用 CLass Ⅱ泡沫栓以满足 NFPA307 关于“码头应配备 DN40 消火栓”的要求。依据 NFPA14 CLass Ⅱ消火栓系统设计流量 6.33 L/s(100 GPM)，栓口压力应不小于 0.45 MPa，不大于 0.69 MPa，鉴于泡沫混合液供给系统设计压力 1.2 MPa，因此栓前设置了减压阀。

针对消火栓和泡沫栓，JTS158 也做出相关要求：DN65 室内消火栓设计流量不小于 5 L/s，DN65 泡沫栓设计流量不小于 8 L/s，按 2 支水枪和 1 支泡沫枪同时工作考虑，栓口压力不应大于 0.5 MPa，可见国内栓口压力要求较低，且单栓的设计流量也远小于 NFPA14 的相关要求，主要因为国内消火栓使用对象的操作能力要求较低，经培训的员工即可使用，NFPA14 则要求 CLass Ⅰ消火栓仅限于专业的消防队员使用。此外依据 GB 50974—2014《消防给水及消火栓系统技术规范》[7]码头应配置室外消火栓，室外消火栓设计流量按 45 L/s 计，而 NFPA30 和 ISGOTT 则均未要求配置室外消火栓。

3.3　国际通岸法兰

依据 NFPA30 码头应设置通岸法兰 2 个，沿装卸区两侧布置，用于紧急情况下向油船供给消防用水，国际通岸法兰采用内径 64 mm、外径 178 mm 的消防通岸法兰，单个供给能力依据 ISGOTT 应大于 57 m^3/h(15.83 L/s)。JTS158 也规定应设置国际通岸法兰且不少于 2 个，但对于过水能力未做相关要求。

水运工程

3.4　消防船和消防船接口

关于码头消防船的配备，NFPA30 和 ISGOTT 均未做硬性规定，但若业主自发配置了消防船，ISGOTT 则要求消防船应在 15~20 min 可以到达火灾现场。针对消防船舶供水接口及其数量，NFPA30 和 ISGOTT 均做出明确要求，应急情况下可通过消防船接口，利用消防船向码头管网系统供水。依托工程在码头侧面拖轮靠泊位置，设置了 DN65 的消防船舶供水接口 4 个，栓口同样采用 DN65 的国际通岸法兰，单个供水能力 57 m^3/h，每个法兰岸段设置阀门和止回阀，设计时需注意止回阀的安装方向。

关于消防船的配备，JTS158 则根据泊位等级和火灾危险性确定划分为不需要配备、配备值守和配备监护三挡不同要求，工程为一级甲 B 码头，依据 JTS158 则需要消防船实施值守，值守要求为码头装卸作业时，消防船应处于待命状态，接到报警后应 30 min 内达到现场进行救援，但对于消防船接口则未做要求。

3.5　消防通道和水泵接合器

NFPA30 和 ISGOTT 对于码头是否设置消防车道均未作相关要求，但 NFPA30 规定了码头引桥根部应设置水泵接合器，用于应急情况下消防车向码头消防给水系统补水，ISGOTT 规定了接近引桥的陆域考虑消防车的停车需要，为此两者要求基本一致，码头区域可不考虑消防车停靠，但引桥根部应设置水泵接合器，可应急情况下向码头供水。JTS158 同样对于消防车道是否设置未做相关要求，对于水泵接合器的设置，则仅要求消防用水量较小的河港码头，适当位置宜设置消防补水接口，对于海港码头鉴于泊位等级较大，消防用水量大，对水泵接合器未作相关要求。工程依据 NFPA30 和 ISGOTT 相关要求，引桥根部设置了水泵接合器，并设置于陆海域交接点检修阀的海侧。

3.6　水幕

为避免船舶发生火灾时对码头装卸设备产生影响，JTS158 要求码头装卸设备和登船梯前沿设置水幕系统，同时为了保护消防炮，炮塔前也要求设置水幕系统[8]，NFPA30 和 ISGOTT 则没有相关要求，考虑到水幕的分隔防护效果较好，设计时在码头前沿设置了分隔保护水幕，水幕喷头采用 ZSTMZ25 型组合水幕喷头，水幕宽 6.5 m、高 11 m，额定流量 300 L/min，设置间距 6 m，设计强度 50 L/(min·m)，满足 NFPA13[9] 关于分隔水幕 37 L/(min·m) 的强度要求。

3.7　码头建筑物消防设计

码头区域设置泡沫罐间和长轴消防泵房间 1 座，依据 NFPA307 码头建筑物应设置自动喷水灭火系统，鉴于泡沫罐间设备不燃、消防泵为柴油泵的特点，仅对长轴消防泵房间进行喷淋保护，依据 NFPA15[10] 泵房自动喷水灭火系统采用了水喷雾系统(开式喷头)，喷水强度采用 12.2 L/(min·m^2)，设计流量 87.8 L/s；为了防止尾火复燃设置了 DN40 的 CLass Ⅱ 消火栓 1 组，CLass Ⅱ 消火栓依据 NFPA13 取值 3.2 L/s(50 GPM)，延续时间 30 min；室外消防则依靠 CLass Ⅰ 消火栓，按照 2 只同时工作，设计流量 31.66 L/s，为此消防泵房消防设计流量 123 L/s，非该工程火灾最不利情景。

4　码头消防用水量

4.1　消防用水量和泡沫用液量

对于码头消防用水量，JTS158 则是消防水炮、泡沫炮、消火栓、泡沫栓以及水幕各消防水量的进行叠加，但国外工程多采用情景分析模式进行用水量叠加[11]，且要求不应小于 NFPA30 和 ISGOTT 规定的消防水量，具体消防设计流量见表 2。

水运工程

表 2　码头消防设计流量

Tab. 2　Firefighting water design flow for terminal

标准体系	消防设施	流量/(L·s^{-1})	同时开启数量/个	码头设计流量/(L·s^{-1})
JTS 158 标准	消防水泡	150.00	1	413
	消防泡沫炮	100.00	1	
	国际通岸法兰	–	–	
	消火栓	55.00	1	
	泡沫栓	8.00	1	
	炮塔水幕	20.00	–	
	装卸区水幕	80.00	–	
NFPA30 和 ISGOTT 标准	码头火灾 消防水泡	70.00	2	237
	码头火灾 消防泡沫炮	–	–	
	码头火灾 国际通岸法兰	–	–	
	码头火灾 消火栓	15.83	2	
	码头火灾 泡沫栓	6.33	4	
	码头火灾 炮塔水幕	–	–	
	码头火灾 装卸区水幕	40.00	–	
	油船火灾 消防水泡	–	–	240
	油船火灾 消防泡沫炮	40.00	2	
	油船火灾 国际通岸法兰	15.83	2	
	油船火灾 消火栓	15.83	2	
	油船火灾 泡沫栓	6.33	4	
	油船火灾 炮塔水幕	–	–	
	油船火灾 装卸区水幕	40.00	–	

依据表 2 将油船火灾作为最不利情景，设计流量 240 L/s(864 m^3/h)，满足 NFPA30 和 ISGOTT 的码头最小消防流量设计要求，对于火灾延续时间按照 NFPA307 要求取值 4 h，码头一次消防用水量 3 413 m^3。码头泡沫系统设计流量 105 L/s，依据 NFPA30 泡沫液采用 3%的水成膜泡沫液，延续时间 30 min，则一次泡沫原液 7.4 m^3。

4.2　消防泵和泡沫比例混合装置

鉴于码头一次消防用水量较大、后方供给能力不足的现状，消防系统采用海水消防和淡水稳压的组合模式，配置柴油驱动长轴消防泵 3 台(2 用 1 备)，额定流量 450 m^3/h，扬程 120 m，双向不锈钢材质，柴油泵的油箱可满足 4 h 水泵连续运行要求，每台水泵配置 1 套电解法防海洋生物装置[12]；为减少海水对消防设施和管材的腐蚀影响，消防给水系统利用淡水进行稳压，配备淡水消防水箱 1 座和电动稳压泵 2 台(1 用 1 备)，额定流量 45 m^3/h，扬程 128 m，以满足 NFPA20[13]关于稳压泵扬程高于主泵 10 psi(7 m)的要求，消防水箱容积按照消防系统管道容积 4 倍的原则设定，以保证每次运行后，利用稳压泵将管道内的海水进行充分置换，平时管网的也依靠稳压泵进行稳压，发生火灾时自动启动消防主泵抽取海水灭火。

泡沫系统设置常压式泡沫储罐一只，泡沫罐采用立式泡沫罐，有效容积 8 m^3。鉴于泡沫系统消防设施额定流量跨度较大，为精准控制泡沫比例混合装置的流量，工程依据 NPFA11[14]采用了机械泵入平衡式泡沫比例混合装置 2 套(1 用 1 备)，混合比为 3%，设计流量 6~100 L/s。发生火灾时，开启泡沫比例混合装置前的雨淋阀[15]，利用消防水为动力源，驱动不泄水的容积式泡沫液泵抽取常压罐内的泡沫液到其主管道，实现与水的精准混合比。

5　结论

1）NFPA30 和 ISGOTT 对油气化工码头消防设计要求较为宽泛，许多参数的取值需借鉴

NFPA 其他标准，如火灾延续时间、消火栓设计流量和配置间距等，同时两者也存在一定要求差距，如 NFPA30 仅要求配备消防水炮，而 ISGOTT 则消防水炮和泡沫炮均要求配置，但 NFPA 标准体系下的消防设计时，建议消防设施配置应同时满足两者要求，消防水量则采用情景分析法确定。

2）相较于 JTS158，NFPA 标准体系下码头消防设计流量和消防用水量较小，其主要原因为两者设计理念不同，NFPA 标准体系更关注于码头本身的消防防护；JTS158 则兼顾码头和船舶的消防防护，且更侧重于油船的消防保护。

3）针对消防水幕，虽然 NFPA30 和 ISGOTT 均未做相关要求，但鉴于发生火灾时较好的防火分隔作用，建议设计时进行相关配置。

4）码头建筑物消防设计虽然不是油气化工码头消防设计重点，但设计中应依据 NFPA307 要求设置自动喷水灭火系统，自喷系统的类型应依据 NFPA13 和 NFPA15 选择。

参考文献：

[1] 油气化工码头设计防火规范: JTS158—2019[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2019.
Code for fire protection design of oil & gas and chemical terminals: JTS158-2019[S]. Beijing: China Communications Press Co., Ltd., 2019.

[2] Flammable and combustible liquids code: NFPA30-2024[S]. Quincy: National Fire Protection Association(NFPA), 2024.

[3] OCIMF, ICS, IAPH. International safety guide for oil tankers and terminals: sixth edition [M]. London: Witherby Publishing Group, 2020.

[4] 方一能, 李瑞娟, 姚建新. 巴基斯坦某浮式液化天然气(LNG)码头控制系统的解决方案[J]. 水运工程, 2021(3): 74-77, 87.
FANG Y N, LI R J, YAO J X. Solution to control system of floating LNG terminal in Pakistan [J]. Port & waterway engineering, 2021(3): 74-77, 87.

[5] Standard for the construction and fire protection of marine terminals, piers, and wharves: NFPA307-2026[S]. Quincy: National Fire Protection Association(NFPA), 2026.

[6] Standard for the installation of standpipe and hose systems: NFPA14-2024 [S]. Quincy: National Fire Protection Association(NFPA), 2024.

[7] 消防给水及消火栓系统技术规范: GB50974—2014[S]. 北京: 中国计划出版社, 2014.
Technical Code for fire protection water supply and hydrant systems: GB50974-2014 [S]. Beijing: China Planning Press, 2014.

[8] 林同强. 液化石油气(LPG)码头消防设计探讨[J]. 水运工程, 2025(10): 64-69, 78.
LIN T Q. Discussion on fire protection design for liquefied petroleumgas (LPG) terminals [J]. Port & waterway engineering, 2025(10): 64-69, 78.

[9] Standard for the installation of sprinkler systems: NFPA13-2025 [S]. Quincy: National Fire Protection Association (NFPA), 2025.

[10] Standard for water spray fixed systems for fire protection: NFPA15-2024 [S]. Quincy: National Fire Protection Association(NFPA), 2024.

[11] 梁军波. 以色列海法港集装箱码头消防设计[J]. 水运工程, 2021(7): 84-88, 93.
LIANG J B. Fire fighting design of Israel Haifa bayport container terminal [J]. Port & waterway engineering, 2021(7): 84-88, 93.

[12] 梁军波. 国外某浮式储存及再气化装置(FSRU)码头消防设计[J]. 水运工程, 2020(1): 52-56.
LIANG J B. Fire fighting design of a foreign FSRU jetty[J]. Port & waterway engineering, 2020(1): 52-56.

[13] Standard for the installation of stationary pumps for fire protection: NPFA20-2024 [S]. Quincy: National Fire Protection Association(NFPA), 2024.

[14] Standard for low-, medium-, and high-expansion foam: NPFA11-2024 [S]. Quincy: National Fire Protection Association(NFPA), 2024.

[15] 肖敏艳, 李彬, 钟良生, 等. 基于 “大炮小用” 的石化码头改造给排水消防设计[J]. 中国给水排水, 2022, 38(4): 88-92.
XIAO M Y, LI B, ZHONG L S, et al. Design of water supply and drainage and fire-fighting systems for upgrading of a petrochemical wharf based on low pressure usage of high pressure water and foam monitors[J]. China water & wastewater, 2022, 38(4): 88-92.

（本文编辑 赵娟）

水运工程