

港口危险货物集装箱堆场的安全设计要点

陈卓^{*}, 张晋恺, 汪悦平

(中交第一航务工程勘察设计院有限公司, 天津 300222)

摘要: 港口危险货物集装箱堆场是港区内露天堆存危险货物集装箱的专用场所, 是港口运输的重要组成部分。因其具有的危险特性, 安全设施的设计至关重要。本文以天津港某新建危险货物集装箱堆场工程为例, 通过对相关规范的应用及选址、环境影响评价等专项报告提出的措施、要求的总结, 从多方面分析港口危险货物集装箱堆场的安全设计原则和要点, 以期类似工程设计提供借鉴。

关键词: 港口; 危险货物集装箱; 堆场; 安全

中图分类号: U653.7

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2025) 05—0100—04

天津港是我国沿海最早开展国际海上集装箱运输的港口, 其中危险货物集装箱运量一直保持增长的态势, 2014 年吞吐量达 12.2 万 TEU。但是, 受天津瑞海火灾爆炸事故影响, 2015 年天津港暂停了危险货物集装箱作业, 直至 2017 年 9 月才恢复第 8 类、第 9 类危箱的作业。而天津港作为华北地区最大港口, 连接东北亚与中西亚, 又是京津冀的海上门户, 缺少第 2 类至第 6 类危箱的疏运能力, 极大限制了其枢纽港口作用的发挥。因此, 天津港亟需按新标准建设具有第 2 类至第 6 类危箱存储作业功能的危险货物集装箱堆场。

在此背景下, 天津港某新建危险货物集装箱堆场工程应运而生。本文通过此工程设计过程的规范应用及各项专项评估、论证报告的安全设计要求, 从多方面总结港口危险货物集装箱堆场的安全设施设计原则和要点, 以期类似项目的设计提供参考借鉴。

1 工程概述

天津港某新建危险货物集装箱堆场工程(下称“本工程”)占地 9.9 万 m², 设计周转箱量 3.4 万 TEU/年, 堆场共布置箱位数 960 TEU, 接卸危险货物集装箱类别为第 2.1 项、第 2.2 项、第 3 类、第 4.1 项、第 4.2 项、第 4.3 项、第 5.1 项(硝酸铵类除外、不宜太阳直射需遮阳危险货物除外)、第 5.2 项、第 6.1 项、第 8 类、第 9 类(硝酸铵基化肥除外), 共 7 类 11 项。

本工程具备堆存、拆装箱、查检及入库堆存功能, 主要建设危箱堆场区(含冷危箱区)、辅建区、甲类仓库、查检用房、应急处理区、流机停放区、闸口区等设施。辅建区内布置综合楼、消防救援中心、实训楼(供安全培训使用)、变电所、消防泵房等辅助建(构)筑物, 同时还设置了维修场地、车棚等, 平面布置详见图 1。

本工程装卸工艺为: 危箱采用集装箱正面吊进行装卸车及拆码垛作业, 配置低门架防爆叉车进行拆装箱及

量不同, 这可能会导致结构配合失稳。

参考文献:

[1] 王有哲. 耕海谋强逐梦深蓝[N]. 中国水运报, 2024-11-25(002).

[2] 张瑞涛, 薛彬. 水下无人装备发展、应用与展望[J]. 航天电子对抗, 2024, 40(05): 59-64.

[3] 高志康, 李平, 周芳, 等. 海上升压站导管架裙桩套筒结构局部强度分析[J]. 中国水运, 2024, (13): 155-157.

[4] 于芯悦, 王建国, 丛福官, 等. 铝合金挤压技术的研究现状[J]. 轻合金加工技术, 2024, 52(04): 1-9.

[5] 张磊, 熊永亮. 铝合金在船舶工程中的应用实践[J]. 船舶物资与市场, 2023, 31(08): 7-9.

检查作业，水平运输使用集装箱拖挂车。



图1 天津港某工程危险货物集装箱堆场平面布置图

2 项目选址的安全要点

由于危箱堆场涉及危险货物的装卸作业，国家在法律法规、标准规范方面都提出了严格要求。《港口危险货物集装箱堆场设计规范》提出“新建集装箱码头原则上应配套建设危险货物集装箱堆场”^[1]，体现了危货箱可分散布置的原则。国外危险品集装箱堆场大多采用分散堆存方式，便于分散风险，不同种类的集装箱之间多采用低价值集装箱、空箱、存储物品易与危险品产生中和反应的集装箱相隔离^[2]。现阶段上海、宁波等港口的实际运营经验表明，危箱堆场分散布置可在一定程度降低安全风险，且便于危险货物的及时周转；而集中布置有利于制定统一标准规范运营作业、人员操作等，更便于管理^[3,4]。

危箱堆场选址必须遵循国家和地方性法规，如《安全生产法》《港口法》《危险化学品安全管理条例》《港口危险货物安全管理规定》等。同时还必须遵守标准、规范的要求，如《港口危险货物集装箱堆场设计规范》《港口作业安全要求 第3部分：危险货物集装箱》《危险化学品生产装置和储存设施外部安全防护距离确定方法》等。此外，港口总体规划和城市国土空间规划等也是必须遵守的内容。

危箱堆场选址主要遵循的原则为：

(1) 项目不应设置在生活城区范围内，且应远离人员密集场所和重要公共建筑，宜设置在集装箱码头或港区的边缘区域^[1]；

(2) 项目与周围公共建筑物、民用建筑物、交通干线、军事设施、工矿企业等的安全距离必须符合相关标准、规范的要求；

(3) 项目选址应确保自身安全，满足防火、防爆、

防洪、防风暴潮、抗震等要求；

(4) 项目所在地应具备良好的工程地质条件，不得选址在土崩、断层、滑坡、流沙、泥石流等地质灾害的地区和不均匀沉降较大的区域^[1]。

按上述选址原则进行论证后，确定本工程选址于天津港大港港区规划预留发展区内，距离规划码头岸线约400 m。选址周边现状为空地，距离最近的石化企业约3 km，距离最近的生活区约13 km。

3 避免产生环境风险的安全要点

根据《建设项目环境影响报告表编制技术指南（污染影响类）（试行）》，项目危险物质的暂存量超过《建设项目环境风险评价技术导则》规定的临界值时，应编制环境风险评价报告。本工程涉及的多种危险货物存储量超过临界值，发生事故时可能对周边区域产生环境风险。因此应通过识别环境风险事件类型，对环境风险影响进行预测和评价，提出环境风险的防范和应急处理等措施。

本工程设计中采取的降低环境风险措施主要包括：

(1) 在事故时对大气环境影响较大的箱区加大喷淋设施的布置数量。本工程在危箱堆场周围均设置了喷淋设施（禁水箱区除外），满足箱体降温、防火要求。

(2) 为防止事故下事故水的溢散，应设置完善的雨污水收集、导排设施。本工程堆场周围设置排水沟，末端设置事故水池，容量满足收集全部事故废水。

(3) 为确保极端事故状态下，事故水能有效截留在堆场内，应对外围实体围墙进行加固处理，确保围墙有一定的高度、强度和抗渗、抗腐蚀性。本工程堆场外围设置了实体围墙，围墙高度2.8 m，其中下部1 m采用钢筋混凝土结构，满足抗渗、抗腐蚀要求。

4 重大危险源识别及其安全要点

依据《港口危险货物重大危险源监督管理办法》和《危险化学品重大危险源辨识》，涉及危险货物作业的港口应进行重大危险源辨识。其中，《港口危险货物重大危险源监督管理办法》第二条明确“封闭的危险货物堆场以隔离设施为界划分为独立的单元”^[5]。

本工程划分为2个重大危险源辨识单元：甲类仓库构成二级港口危险货物重大危险源，除仓库外的其他堆场及查验用房构成一级港口危险货物重大危险源。

对港口重大危险源应设置安全监测监控体系。本工程采取的措施有：仓库、查验用房设置固定式可燃、有毒气体泄漏检测报警装置，堆场区为工作人员配备便携式可燃、有毒气体报警器，重要参数具备信息远传、连续记录、事故预警、信息存储等功能；安全监测监控系统具备危险货物储存量的在线实时更新和查询功能，可满足应急救援人员第一时间查询需求；仓库、堆场等区域设置了视频监控系统^[6]。

5 设计的安全要点

5.1 平面布置

(1) 危箱堆场的平面布置要满足《建筑防火通用规范》《港口危险货物集装箱堆场设计规范》等相关规范的防火间距及安全间距要求；

(2) 堆场应远离人员集中场所、变电所等重要设施，可能产生爆炸风险的货类应满足其与人员集中场所的距离在爆炸影响范围外；

(3) 危箱堆场周界、堆场与辅建区间设置实体围墙进行隔离，实体围墙高度不应小于 2.5m；

(4) 危箱堆场设置 2 处出入口 [7]，分别为进出港闸口及应急出入口，出入口宽度均不小于 5m。另在辅建区单独设置行政出入口对外连通；

(5) 危箱堆场入口设置值班室，并满足距离易燃易爆、有毒危险货物箱区的距离不小于 25m；仓库、查验、应急处理区设置应远离场内主通道，并宜靠近应急出入口；

(6) 危箱堆场布置环形消防车道，净宽度不小于 4m。

5.2 面层设计

(1) 按照《港口危险货物集装箱堆场设计规范》要求，危箱堆场面层应采用现浇混凝土面层结构，设置防渗措施并采取防止泄漏液体流散的措施。本工程采取的措施包括：

抗裂：①严格控制场地回填材料，采用分层压实山皮土及铺设土工格室等措施，使结构层以下形成硬壳层，控制场地的不均匀沉降；②水泥混凝土中铺设一层双向钢筋网提高抗裂性能。

防渗：①水泥混凝土采用 P8 防渗混凝土；②在水稳碎石基层内铺设一层复合土工膜；③水泥混凝土板块接缝处及水泥混凝土与明沟、井等构筑物衔接缝隙处，

采用硅酮密封胶等进行密封防渗处理。

(2) 依据《建筑设计防火规范》及《危险化学品经营企业安全技术基本要求》要求，在空气中能形成爆炸性混合物的危险品库房应采用不发火花地面^[8,9]。本工程仓库及查验用房地面采取不发火花处理措施，骨料采用石灰石、白云石等进行打磨。

5.3 供电及防雷设计

(1) 为保证冷危箱内危险货物的安全，冷危箱区应不间断供电。本工程设置 1 套 1800 kW 柴油发电机，为冷危箱提供备用电源。

(2) 危箱堆场按第一类防雷建筑设防。本工程在堆场区周界应设置了 19 座 35 m 高避雷针塔以及架空避雷线，滚球半径为 30 m，可实现对堆场区、仓库、查验、应急处理区全部范围的保护。辅建区内各建筑单体按照规范要求各自设防。

(3) 在生产、加工、处理、转运或贮存过程中可能出现爆炸危险环境的过程应进行爆炸危险区域划分及相应的电力装置设计^[10]。本工程进行了爆炸危险区域划分，并采用了相应级别和组别的防爆电器。

5.4 通信、控制工程设计

本工程设置了无线集群调度通信系统及消防专用通信，满足生产运营及消防应急的通信需要。

控制系统主要包括智能喷洒通风控制系统、有毒和可燃气体探测系统、红外热成像系统、智能闸口系统、智能安全分析管控系统、场区测速系统、张力围栏系统、智能巡更管理系统、计算机信息管理系统、生产安防视频监控系统、室外广播系统、营运管控中心系统等。同时，基于数据采集与处理建设数字孪生系统，实现智慧业务、智慧安防、三维漫游、智能设备、智慧环境等功能集成。

5.5 应急处置设施设计

(1) 危箱堆场在发生事故后应有用于紧急处理的专用场所。本工程在场地东北侧设置应急处理区，包含事故水池、应急处理场地及应急处理坑等。

事故水池容量满足在发生泄漏、火灾事故时，将事故堆场或仓库内的消防废水、可能进入的雨水及最大一个集装箱的泄漏量收集至事故水池。本工程事故水量按下式计算：

$$\begin{aligned} V_{\text{总}} &= V_{\text{堆场}} + V_{\text{仓库}} \\ V_{\text{堆场}} &= V_1 + V_2 + V_3 - V_4 + V_5 \end{aligned}$$

式中：

V_1 ——发生事故时事故水量。危箱堆场消防用水量为 40 L/s, 火灾延续时间取 3 h, 计算为 432 m³。

V_2 ——发生事故时可能进入该收集系统的降雨量。按照最大一块堆场雨水分区面积计算, 为 602.9 m³。

V_3 ——最大一次泄漏量。按照一个集装箱容量考虑, 取 50 m³。

V_4 ——发生事故时可以转输到其他储存或处理设施的物料量。取 0 m³。

V_5 ——发生事故时仍应进入该收集系统的工业废水量。取 0 m³。

综上, $V_{\text{堆场}}=432+602.9+50-0+0=1084.9 \text{ m}^3$ 。

同理, 计算 $V_{\text{仓库}}=583.84 \text{ m}^3$ 。

则: $V_{\text{总}}=1084.9+583.84=1668.74 \text{ m}^3$ 。

考虑远期预留, 事故水池尺寸为 33.5 m×32 m×4.5 m, 设计容积约 4800 m³, 满足储存一次事故水量的要求。

应急处理场地与事故水池贴邻设置, 用于在应急状态下, 将事故箱转移至该场地进行处理。场地附近设置应急器材箱, 储存消防器材、应急器材和个体防护器材。场地四周设置收水沟用于收集事故废水。

应急处理坑设于地面以下, 用于处理易燃易爆事故箱, 防止爆炸力对周围设施造成破坏, 应急处理坑周边设置消防沙、消防给水等设施, 可对事故集装箱进行填埋等处理。

(2) 本工程配置了一个应急处理箱。应急处理箱是一种用于处置危箱泄漏事故的专用属具, 箱体采用硬开顶箱结构, 采用正面吊可完成“打开顶盖→吊入泄露箱→锁紧顶盖→重箱起吊转运”操作, 用于在应急状态下, 将泄露箱快速放置于应急处理箱内并进行转移。



图2 应急处理箱

6 结论

危险货物集装箱堆场的安全设计, 需要在满足各相关法规、规范的基础上, 结合选址论证、环境影响评价等专项报告及论证提出的要求, 从平面布置、场地面层、供电防雷、通信控制、应急处置等多方面统筹考虑, 以保证堆场生产效率和运营安全。

参考文献:

- [1] TS 176-2020, 港口危险货物集装箱堆场设计规范 [S].
- [2] 陈武争, 陈大鹏, 陈力, 等. 基于蒙特卡洛法的集装箱堆场危险品爆炸威力计算模型 [J]. 振动与冲击, 2019, 38(16): 234-238, 252.
- [3] 陈武争, 张兵, 张志平, 等. 大型港外危险品集装箱堆场规划与布置 [J]. 中国港湾建设, 2018, 38(07): 10-15+25.
- [4] 颜华锐, 李艳阳. 港口危险品集装箱堆场规划与布置研究 [J]. 港工技术, 2010, 47(03): 19-21.
- [5] 交通运输部关于印发《港口危险货物重大危险源监督管理办法》的通知 (交水规 [2021] 6 号) [J]. 中华人民共和国国务院公报, 2022(3): 76-80.
- [6] 王贵斌, 楼军良. 港口危险货物集装箱堆场安全技术及其发展趋势 [J]. 集装箱化, 2011, 22(07): 7-9.
- [7] 丁少鹏. 集装箱危险品堆场安全设计——以广州港南沙港区一期工程为例 [J]. 水运工程, 2008, (02): 61-65.
- [8] GB 50016-2014 (2018 年版), 建筑设计防火规范 [S].
- [9] GB 18265-2019, 危险化学品经营企业安全技术基本要求 [S].
- [10] GB 50058-2014, 爆炸危险环境电力装置设计规范 [S].