



中东某港危险货物集装箱堆场的 污废水收集设计

梁军波, 刘 纯

(中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032)

摘要: 危险货物集装箱堆场因货物特殊性, 其污废水收集倍受各方关注。以中东某港危险货物集装箱堆场为背景, 给出了危险货物集装箱堆场不同标准体系下的初期雨水量、消防事故污水量和污水池有效容积的确定标准, 并对比了国内外设计思路。该污水池采用溢流堰的截留模式, 设置了 pH 计、温度计、VOC 和 HAL 浓度检测仪, 实现了自动报警截留模式。同时对项目不足之处也提出了改进建议。

关键词: 危险货物; 初期雨水; 消防事故污水; 在线监测

中图分类号: U 653

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2022)04-0071-05

Wastewater collection design of dangerous goods container yard at a port in the Middle East

LIANG Jun-bo, LIU Chun

(CCCC Third Harbour Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

Abstract: Due to the particularity of the goods, the collection of wastewater in the container yards of dangerous goods has attracted much attention from all parties. Taking the dangerous goods container yard of a port in the Middle East as the background, we determine standards for the initial rainwater volume, the fire accident sewage volume, and the effective volume of the wastewater tank under different standard systems for the dangerous goods container yard. The design ideas in China and abroad are compared. The wastewater tank adopts the intercepting mode of overflow weir and is equipped with pH meter, thermometer, as well as VOC and HAL concentration detector. It realizes the intercepting mode with an automatic alarm. At the same time, suggestions for improvement are also put forward for the deficiencies of the project.

Keywords: dangerous goods; initial rainwater; fire accident sewage; on-line monitoring

根据《国际海运危险货物规则》^[1], 危险品是指具有易燃、易爆、毒害、感染、腐蚀、放射性等危险性质, 在运输、储存、生产、使用和处置中容易造成人身死亡、财产损失或环境污染而需要特别防护的物品。危险货物集装箱运输具有安全、高效、快捷和节省运输成本的优势, 逐渐成为世界化学品运输的主流方式, 当前 76.2% 的化学危险品通过海上集装箱进行运输, 可运输的危险化学品种类达 2 000 余种^[2]。由于危险货物的多

样性, 前期设计时对港口中转的品种很难精确预测, 为此环保设计应有较强的适应性和通用性。本文以中东某港集装箱码头的危险货物堆场为背景, 对污、废水收集中遇到的重难点进行了分析, 并对国内外规范的不同之处进行对比阐述。

为便于运营管理危险货物集装箱, 采用集中布置方式, 布置于 2 个条形堆场内, 并统一布置雨污水收集排放设施。危险品货物集装箱堆取中严格遵守《国际海运危险货物规则》, 只进行第 2、

收稿日期: 2021-07-02

作者简介: 梁军波 (1980—), 男, 硕士, 高级工程师, 注册公用设备工程师 (给排水), 注册环保工程师, 注册咨询工程师 (投资), 注册环评工程师, 从事给排水、消防、环保方面相关设计与研究工作。

3、4、5、6.1、8 和 9 类危险货物的存储，并遵照同类物品堆放在一起、化学性质可反应的危险货

物分开放置的原则，严格执行其间距要求，堆场布置见图 1。

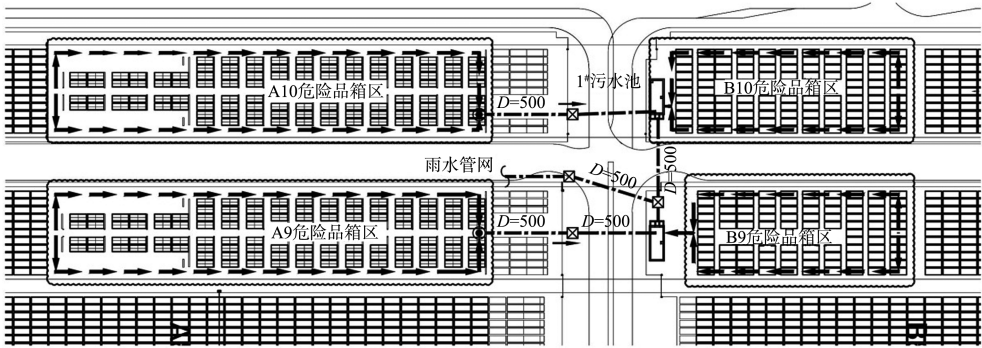


图 1 危险货物集装箱堆场排水平面布置（单位：mm）

1 危险货物集装箱堆场雨污水的收集

危险货物集装箱堆场四周布置钢筋混凝土结构排水明沟，采用耐酸碱的球墨铸铁盖板，发生泄露后，原地套箱处理，将危险货物集装箱运至专用的应急泄露场地处理，箱区的冲洗废水或者

废液通过明沟收集后排入污水池，污水池内设置水质检测设备，水质满足排放标准的排入雨水系统、不满足标准的进行截留外运处理，收集方案与国内规范^[3]略有不同，两者对比见表 1。

表 1 中外标准下危险货物堆场污水收集方案对比

| 规范 | 排水系统 | 应急处理场地 | 初期雨水 | 消防事故废水 | 雨污水在线检测 |
|------|-----------------|--------------------------|---|-----------------------------------|---------|
| 国内规范 | 危险货物堆场设置专用的排水系统 | 设有专用的应急处理场地，收集箱区泄露液或冲洗废水 | 初期雨水不需收集，雨水直接排放或者回用于降温喷洒 | 须同时考虑初期雨水、一次消防水和泄露量，事故废水外运处理 | 无相关要求 |
| 当地规范 | | | 对堆场初期雨水进行截流，在线监测合格直接排放，不合格的截流，堆场不考虑降温喷洒 | 消防事故废水，仅考虑消防水量，依据 PIANC(国际航运协会)确定 | 要求在线检测 |

2 危险货物集装箱堆场污水池容积的确定

但两者不进行叠加。

2.1 初期雨水量确定

当地气象部门提供了重现期 2 a 和重现期 5 a 的降雨资料，见表 2。

根据当地规范要求，危险货物集装箱堆场的污水池需考虑初期雨水收集和消防事故污水收集，

表 2 危险货物箱区初期雨水量

| 重现期 | 汇水面积/ m ² | 降雨历时/ min | 单位时间降雨量/(mm·h ⁻¹) | 初期雨水 时间/h | 初期雨水 量/m ³ | 每个箱区初期 雨水量/m ³ |
|--------|-------------------------|--------------|-------------------------------|--------------|--------------------------|------------------------------|
| 2 a 一遇 | 14 415 | 5 | 78.9 | 0.08 | 85 | 43 |
| | | 10 | 62.0 | 0.17 | 134 | 67 |
| | | 20 | 42.7 | 0.33 | 185 | 92 |
| | | 60 | 19.7 | 1.00 | 256 | 128 |
| 5 a 一遇 | 14 415 | 5 | 106.8 | 0.08 | 115 | 58 |
| | | 10 | 78.6 | 0.17 | 170 | 85 |
| | | 20 | 55.6 | 0.33 | 240 | 120 |
| | | 60 | 28.2 | 1.00 | 366 | 183 |

参考《海港总体设计规范》^[4]“集装箱堆场降雨重现期取 1~2 a”的要求，取较经济的 2 a 重现期。初期雨水指降雨初期 5~10 min 的降雨量，本项目

取前 10 min 降雨量作为初期雨水量，为此选择 10 min降雨历时的小时降雨量作为初期雨水计算依据。本项目布置 2 个堆场，根据平面布置每个堆场设

置 1 套独立的排水系统, 其初期雨水量计算见表 2。由表 2 可知, 每个堆场内初期雨水量为 67 m³。

2.2 消防事故污水量

根据 PIANC 规定^[5], 消防事故污水量由消防队配备等级、消防设施和消防报警装置设置情况确定, 见表 3。

| 表 3 消防事故水收集量确定标准 | | |
|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 危险品箱储存面积/m ² | 消防事故水量/m ³ | |
| | K ₁ 、K ₂ | K ₃ 、K ₄ |
| 25 | 6 | 6 |
| 50 | 12 | 12 |
| 100 | 25 | 25 |
| 200 | 70 | 55 |
| 400 | 200 | 125 |
| 800 | 400 | 150 |
| 1 000 及以上 | 500 | 150 |

注: K₁~K₄ 表示消防事故处置能力等级。K₁ 指依靠常规市政消防队、堆场配备常规报警装置; K₂ 配备有专职处理危险品的市政消防队; K₃ 配备港区消防队并配备消防报警装置; K₄ 配备港区消防队、消防报警装置和自动消防灭火系统。

本项目港区设置了专用的消防队, 危险货物集装箱堆场设置了自动泡沫炮系统和消防报警装置, 据表 3 可知消防事故污水收集量取 150 m³即可, 堆场设置 2 个独立的污水收集系统, 确定每个堆场消防事故水收集量为 75 m³, 鉴于火灾起数为一次和单一着火点原则, 考虑每个堆场排水系统独立的特点, 每个堆场均应独立收集 150 m³事故污水量更合理。

2.3 污水池容积确定

初期雨水量 (67 m³) 和消防事故水量 (75 m³) 不进行叠加, 取两者大值 75 m³ 作为控制因素开展污水池设计, 见图 2。污水池采用了溢流堰形式, 溢流堰高程 2.0 m, 高程 2.0 m 以下管渠均可作为事故水收纳容积, 管渠收纳污水量 34 m³, 污水池理论有效容积 41 m³, 以此确定污水池有效容积为 59 m³。

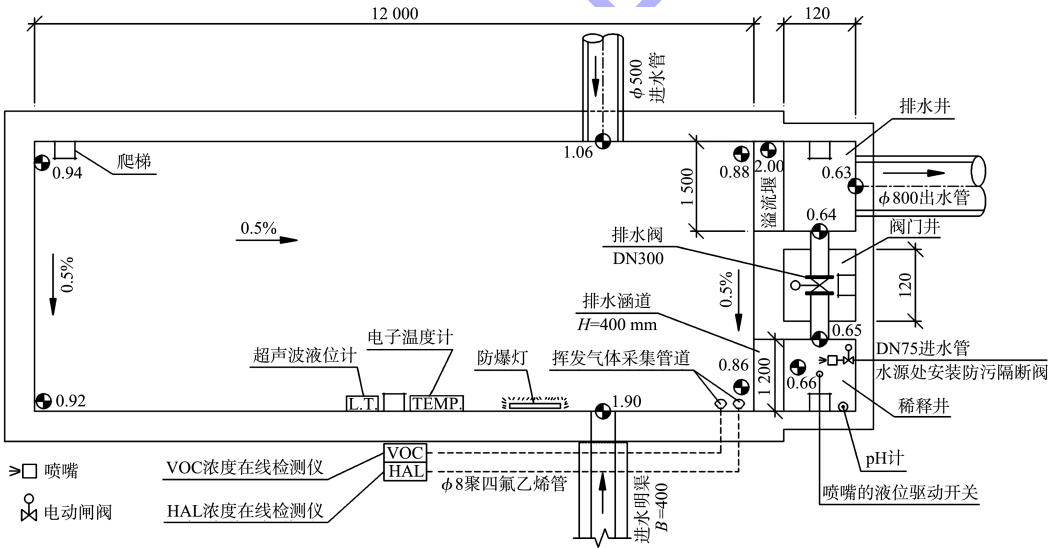


图 2 污水池工艺平面布置 (高程: m; 尺寸: mm)

2.4 国标下污水池有效容积

国内污水收集池容量应根据发生事故的集装箱容量、事故时消防用水量及可能进入收集池的降雨量等因素综合确定, 其污水池容积计算参照《石油化工环境保护设计规范》^[6] 事故污水计算办法, 具体公式如下:

$$V_T = (V_1 + V_2 - V_3) + V_4 + V_5 \tag{1}$$

式中: V_T 为事故存储设施总有效容积 (m³); V_1 为

收集系统范围内发生事故的一个罐组或一套装置的物料量 (m³); V_2 为发生事故的储罐或装置的消防水量 (m³); V_3 为发生事故时可以转输到其他储存或处理设施的物料量 (m³); V_4 为发生事故时仍应进入该收集系统的工业废水量 (m³); V_5 为发生事故时可能进入该收集系统的降雨量 (m³)。

$$V_5 = 10qF \tag{2}$$

式中: F 为应进入事故废水收集系统的雨水汇水

面积(hm^2); q 为降雨强度(mm), 按照平均日降雨量计算:

$$q=\frac{q_a}{n} \tag{3}$$

式中: q_a 为年平均降雨量(mm); n 为年平均降雨天数。

20 ft (1 ft = 0.305 m) 罐式集装箱容积 24 m^3 , 泄露物料量 $V_1=24\text{ m}^3$; 消防设计流量 100 L/s , 持续时间 2 h , 消防水量 $V_2=720\text{ m}^3$; 转输水量 V_3 和工业废水量 V_4 为零; 年平均降雨量 957 mm , 降雨时间 84 d , 面积 1.44 万 m^2 , 降雨量 $V_5=164\text{ m}^3$ 。污水池容积 V_T 为 908 m^3 , 远大于 PIANC 规定的事事故污水池容积, 因此建议国外工程消防事故污水量可执行 PIANC 要求, 从而降低工程投资。

2.3 污水池设计

污水池采用钢筋混凝土地下式结构, 顶部设置检修孔和通气孔, 尺寸 $12\text{ m}\times4.5\text{ m}\times2.1\text{ m}$, 有效水深 1.08 m , 见图 2。内涂环氧底漆 XL100 和聚合物 H99 涂料各 1 道, 厚度满足 1.5 kg/m^2 。鉴于危险货物种类繁多、检测指标很难界定, 为了起到较好的截污作用, 对其老港区危险货物进行调研, 确定了 pH 值、温度、VOC(挥发性有机化合物 volatile organic compounds)和 HAL(halogen, 卤族, 主要指氯气和溴气)浓度 4 个在线检测指标, 同时根据当地排水标准确定各指标排放阈值: 温度 $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$, $6.5\leq\text{pH}\leq 8.5$, VOC 浓度 $\leq 250\times 10^{-6}$, HAL 浓度 $\leq 0.2\times 10^{-6}$ 。

3 不同情景模式下污水池运行控制

污水池内排水电动阀平时处于常关闭状态, 根据池内液位计、pH 计、温度计、VOC 检测仪和 HAL 检测仪自动控制电动阀的启闭, 出现超标情况时就地控制箱提供声光报警, 并远传港区控制中心, 不同情景的具体控制模式如下:

1) 危险货物箱区发生泄露时, 立即将危险货物集装箱置于应急箱内, 移至应急处理场地, 泄露的少量液体危险品或者冲洗废水通过排水系统排入污水池内, 池内任一在线检测仪报警提示后进行截留, 污水外运处理; 若未发生报警信号,

液位达到 1.50 m 时则阀门开启排入雨水系统。

2) 降雨时, 雨水进入污水池, 液位升至 1.50 m 时, 在线检测仪均未发出报警信号, 则自动打开电动阀排空雨水。

3) 降雨时若同时发生泄露现象, 泄露的少量废液与降雨同时进入污水池, 污水池内检测仪发生报警信号, 阀门继续保持关闭, 伴随降雨历时增加池内液位升高, 当液位达到 2.0 m 高程时, 通过溢流堰溢流; 降雨结束后, 如果报警信号未解除, 则外运处理, 如果报警信号解除则电动阀门开启, 池中雨水直接排放。本情景模式泄露量较小, 雨水对污染物不断进行稀释, 从而达到了排放标准。

4) 消防事故时, 消防水进入污水池, 到达中液位 1.50 m 时, 在线检测仪均未发出报警信号则打开电动阀排空消防水, 如果发生报警则阀门继续关闭, 超量消防水通过溢流堰排水。事故结束后, 如果报警信号未解除则外运处理, 如果报警信号解除则电动阀门打开直接排放。

4 污水收集方案不足及建议

危险货物箱发生消防事故和泄露事故均为小概率事件, 因此污水排放方案采用溢流模式即可, 但实际运行中无论初期雨水还是事故污水都存在前期污染物浓度高、后期污染物浓度低的特点, 溢流模式可能造成高浓度污水稀释后排出现象。建议后续工程采用图 3 模式, 取消溢流环节, 以达到对污染物的总量截流。图 3 中无论初期雨水、泄露废液, 还是消防事故污水, 只要在线检测仪发生报警, 均关闭 2#电动阀、开启 1#电动阀, 对一定量的污水得到有效截流; 污水池达到收集液位后, 关闭 1#电动阀, 开启 2#电动阀, 后期废水排入雨水系统; 如果指标正常, 可以打开 2#电动阀、关闭 1#电动阀, 径流水直接排入雨水系统。

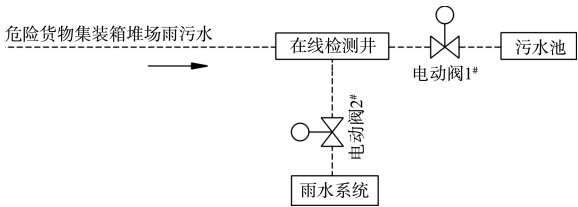


图 3 危险货物集装箱堆场污废水截流

5 结语

1) 危险货物集装箱因其特殊性, 环保和安全要求较高, 建设中多为环保部门关注焦点。采用国际思维模式提出了初期雨水收集检测要求, 同时根据 PIANC 优化了消防事故污水的收集量, 提供了一种污水池容积确定方法。

2) 本工程的污水池中设置了温度、PH、VOC 浓度、HAL 浓度共 4 种在线检测仪和报警装置, 实现了污水的全自动截留、报警功能, 其中在线检测各指标阈值可根据当地环保要求进行调整。

3) 尽管本项目通过了当地环保部门的审批和验收, 但方案中存在稀释达标的不足之处, 为此提出了优化方案, 以达到更好截污效果。

参考文献:

[1] 国际海事组织海上安全委员会.国际海运危险货物规

则[M].39-18 版.大连危险货物运输研究中心, 译.北京: 中华人民共和国海事局, 2019.

[2] 唐勤华, 吴沙坪, 张晓龙, 等. 自动化集装箱码头危险品堆场布置[J].水运工程, 2016(9): 56-59.

[3] 宁波市港航管理中心, 交通运输部水运科学研究院.港口危险货物集装箱堆场设计规范: JTS 176—2020[S].北京: 人民交通出版社, 2014.

[4] 中交水运规划设计院有限公司, 中交第一航务工程勘察设计院有限公司.海港总体设计规范: JTS 165—2013[S].北京: 人民交通出版社, 2014.

[5] PIANC. MARCOM report of working group 35. Dangerous cargoes in ports[R]. Brussels: PIANC, 2000.

[6] 中国石化工程建设有限公司, 中石化上海工程有限公司.石油化工环境保护设计规范: SH/T 3024—2017[S].北京: 中国石油化工集团公司环保给排水设计技术中心站, 2017.

(本文编辑 武亚庆)

(上接第 24 页)

2) 采用理论研究、物理模型试验和现场监测相结合的手段, 进一步对聚氨酯碎石护坡的特性和作用机理、波浪作用下爬高、结构受力特点和分布情况开展了研究, 得到以下研究结论: ①在 $H_{13\%}=2.0\sim3.0\text{ m}$ 的波浪作用下, 边坡 1:2、厚 20~30 cm 的聚氨酯碎石护坡是稳定的; ②与混凝土板相比, 聚氨酯碎石护坡能有效降低波浪爬高, 工程设计中糙渗系数可取 0.80~0.85; ③聚氨酯碎石护坡水位附近波压强最大, 且不小于 $0.5\rho gH$ 。

致谢: 本文得到了项目组徐元、陈海英、黄东海、杨一琛、王晓峰及南京水利科学研究院项目物理模型试验研究组等的大力支持, 在此表达诚挚的尊敬和衷心的感谢!

参考文献:

[1] BASF Polyurethanes GMBH. Polyurethane bonded aggregate revetments design manual[R]. Amsterdam: BASF Polyurethanes GMBH, 2010.

[2] 巴斯夫聚氨酯(中国)有限公司. Elastocoast 保护海岸免遭侵蚀的新技术[R]. 广州: 巴斯夫聚氨酯(中国)有限公司, 2009.

[3] 邵洪涛, 汪国平. 聚氨酯碎石透水路面的结构设计与配

方调节[J]. 化工新型材料, 2015, 43(6): 247-250.

[4] 王俊鹏, 蒯陈辰, 张建, 等. 单粒径多孔隙聚氨酯碎石混合料路用性能的试验研究[J]. 现代交通技术, 2020, 17(6): 21-24.

[5] 李亚, 陈海峰, 黄明毅, 等. 新型聚氨酯碎石空心块体生态堤结构构建[J]. 水运工程, 2020(11): 132-137.

[6] 汤晨, 张玉兰. 聚氨酯护坡在内河航道工程中的应用[J]. 港口科技, 2020(3): 25-28, 52.

[7] 王元骏. 聚氨酯护坡在长江航道整治工程中的应用[J]. 中国标准化, 2018(22): 128-129.

[8] 南京水利科学研究院. 聚氨酯碎石护坡波浪断面物理模型试验报告[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2017.

[9] 中交第一航务工程勘察设计院有限公司. 港口与航道水文规范: JTS 145—2015[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2015.

[10] BIJLSMA E. The elastocoast system, a study of possible failure mechanisms [D]. Delft: Delft University of Technology, 2008.

[11] BIJLSMA E. Elastocoast pilots in the Netherlands, storm season 2007/2008 [R]. Amsterdam: ELASTOGRAN GMBH, 2008.

[12] SLUIJSMANS R W. Analysis of wave impact on the elastocoast system [D]. Delft: Delft University of Technology, 2009.

(本文编辑 武亚庆)