

危险废物处置工厂液废储存罐区安全设施设计探索

周 亮（上海丛麟环保科技股份有限公司，上海 201102）

摘 要：结合某危废处置企业液废罐区的设计及运行情况，研究危险液体废物储运设施（罐区）的安全设施设计，探索储运系统的安全措施选择及相关安全连锁控制手段，总结该罐区的安全设施设计及运行经验，为危险废物处置工厂液体罐区的规划设计提供部分可借鉴的经验。

关键词：液废罐区；氮封系统；VOCs 收集；罐区装卸站；安全设施设计

0 引言

危险废物废液主要在基础化学原料制造、煤炭加工、石油精炼、农药制造、医药化工等工业生产过程中产生，危险废物废液一般由多种物质混合，该混合物往往同时具有多种性质，如可燃性、有毒性、混合反应性等危险特性。液体废物储存罐区是危废处置工厂重要的组成部分，罐区储运系统相关设施的安全设计对危废处理厂的安全运行具有重要意义。

1 危险废液罐区储存物料特性

项目地点位于山东滨州某工业园区的危险废物处置中心厂区，该危险废物处置中心年液废处置量 14 万 t，主要处置危废类别包括：HW02 医药废物（固液混合、液态）、HW04 农药废物（固液混合、液态）、HW06 有机溶剂废物（固液混合、液态）、HW08 废矿物油与含矿物油废物（固液混合、液态）、HW11 精（蒸）馏残渣、HW13 有机树脂类废物、HW17 表面处理废物（液态）、HW35 废碱、HW42 废有机溶剂、HW45 含有机卤化物废物（液态）等。根据该工厂的物料的物性数据，以上储存可燃物料的闪点范围为 25~110℃。pH 值范围为 3~11，常温粘度 10~180MPa·s。根据《石油化工企业设计防火标准 GB50160-2008》，按照火灾危险性的区别，该罐区储存的可燃液体介质类别包括甲 B，乙 A，乙 B，丙 A 等类别。

2 罐区罐组的规划设计

根据储存物料的火灾危险性分类，该危险废物处置中心储罐区共设置甲类罐组两座，丙类罐组两座。

甲类储罐组布置情况，每座罐组设置立式平底储罐 18 台，每台储罐（内浮顶，储存温度常温，碳钢衬四氟）储存容积 50m³，单罐组的储存量 900m³，甲类罐组用于低闪点、低粘度物料的储存。

丙类储罐组布置情况，每座丙类罐组设置立

式平底储罐 18 台，单台储罐（固定顶，碳钢衬四氟，设热水加热盘管）储存容积 200m³，储存温度 50℃），每个罐组的储存量 3600m³。

3 储罐储存的工艺安全设计

按照《石化标 GB50160-2008》的要求，当内浮顶罐采用非易熔材料时，小型内浮顶储罐可以不设置氮封，但考虑浮盘密封条间隙，内浮顶罐的拱顶和浮盘间相对密闭，散发到拱顶和浮盘间的气体在空气中容易达到爆炸下限，存在空气会产生一定安全隐患，因此罐区内浮顶储罐也和丙类储罐统一规划了氮封。氮封系统具有一定压力，气相空间增压以减少 VOCs 外溢，最大程度减少环境污染，也可以对气相空间有效隔绝氧气，提高储罐储存的安全。废液处置罐区所属的液废储罐，配置双套液位计，类型为配雷达液位计及浮筒式液位计，配置双金属温度计及温度变送器各一套。

甲类储罐：甲类储罐组的储罐型式为内浮顶储罐，内浮盘材质采用不锈钢材质（06Cr19Ni10），储罐设计正压力 4.0kPa，负压力 -500Pa，设计温度常温。针对甲类储罐的特点，对储罐安全系统进行了强化，具体如下：

储罐设氮封系统，氮封系统采用两级减压，级间设安全阀，保证二级减压进口不超压。氮封系统的设计压力为 1.0kPa，压力调节精度 ±8%，氮气通过罐顶法兰口进入浮盘与罐顶气相空间之间。当储罐气相空间压力低于 1.0kPa，储罐专用氮封阀开启，向储罐补充氮气，达到压力需求，自力式减压阀自动关闭。

罐顶设阻火呼吸阀 1 台（DN80，开启负压为 -0.29kPa、开启正压为 +1.40kPa）。当环境温度变化或储罐收料工况，储罐压力上升，当气相空间压力大于 +1.40kPa 时，储罐呼吸阀启动，呼出混合气体。

罐顶设液压式安全阀 1 台（DN150，开启压力负

压为 -0.49kPa 、正压为 $+1.90\text{kPa}$)。安全阀前设阻火器 1 台, 当环境温度急剧变化或呼吸阀、减压阀出现故障时, 系统处于事故工况, 液压式安全阀开启, 维持储罐不超压。

丙类储罐: 丙类储罐组的储罐型式为拱顶储罐, 设计正压力 4.0kPa , 负压力 -500Pa , 设计温度常温。针对储罐的特点, 对储罐安全系统进行了强化, 具体如下:

储罐设氮封系统, 氮封系统设计同甲类储罐。

罐顶设阻火呼吸阀 1 台 (DN80, 开启负压为 -0.29kPa 、开启正压为 $+1.40\text{kPa}$)。当环境温度变化或储罐收料工况, 储罐压力上升, 当气相空间压力大于 $+1.40\text{kPa}$ 时, 储罐呼吸阀启动, 呼吸阀呼出口呼出混合气体。

罐顶设紧急泄压人孔 (带阻火层) 1 台 (DN450, 开启压力负压为 -0.49kPa 、正压为 $+1.90\text{kPa}$)。当环境温度急剧变化或呼吸阀、减压阀出现故障时, 系统处于事故工况, 紧急泄压人孔开启, 维持储罐不超压。

储罐附属安全设施的设定压力区间根据储存介质的物性选择, 在每台储罐的罐顶和氮封气源阀组端设压力变送器, 氮封系统故障、罐体超压等异常情况及时报警。

4 罐区装卸站的系统安全设计

4.1 液废罐区装卸站总体规划设计

装卸站设顶棚, 棚底部净空高度 6.0m (以装卸站地坪为基准), 顶棚覆盖整个装卸站; 地面采用现浇混凝土地面, 地面载荷不小于 3t/m^2 ; 可燃液体的装卸采用液下装卸鹤管, 对甲、乙类废液或丙类废液中含高挥发组分 (常压沸点低于 70°C 的组分) 的, 需要采用全密闭装卸车系统, 配置气相回路, 保证装卸车过程中易挥发性组分回收于体系内不泄露, 并配置快速接头与槽车相连。

卸车站入口地面向卸车站出口方向, 设置泛水坡, 坡度按照 0.005 设计, 在垂直于装卸岛和平行于装卸岛的方向都设置排水沟和集水坑, 排水沟沟宽 0.20m , 起始端深 0.10m , 末端设置集水坑, 排水按照 0.005 的坡度坡向集水坑, 集水坑内设防爆液下泵和液位传感器, 自动及时排除站内雨水至厂区雨水管网, 事故状态下排到事故存液池 (自流)。

可燃液体的采用鹤管方式卸车, 装、卸车鹤管采用陆用底装鹤管, 管径与卸车管口相匹配, 与槽车接口带干式快速接头。对甲乙类介质, 在鹤管接口前端设拉断阀。拉断阀相当于两个止回阀互相连

接而成, 当车辆意外启动或发生溜车事故, 阀体被一定的外力拉引, 拉断阀的断开装置会自动切断, 阀盖自锁, 同时自动封闭切断管道两端的介质流。

4.2 罐区装卸站安全连锁系统设计

危废处置工厂的废液装卸站与其他可燃液体装卸存在很大不同, 存在更多的危险因素, 在设计中应该全面考虑, 从硬件配置到的液体的装卸, 考虑整个, 安全联锁卸车

防溢联锁: 防溢控制器是一种防止装车过量而冒罐的安全保护装置, 与定量装车控制仪联锁。在装车开始时, 防满溢检测装置就位, 定量装车系统检测到满溢信号后, 立即发出停装车泵或关闭装车阀门指令。

车辆静电联锁: 车辆静电释放器与大地连接, 将槽车上的静电倒入大地。当接地设备与槽车接触不良时其触点信号进入装车控制仪, 装车控制仪将输出控制信号自动停止装车, 须与定量装车控制仪联锁。车辆到位后必须牢固连接静电释放仪, 牢固连接静电释放仪后, 定量装车系统检测到静电释放仪的安全信号后允许装卸车, 否则, 定量装车系统不能启动。

可燃、有毒气体报警联锁: 可燃气体检测报警器。根据不同生产介质, 选择不同类型可燃、有毒气体监测设备, 须与定量装车控制仪联锁。

鹤管归位联锁: 设备是鹤管归位器。装车完毕后, 鹤管正确归位, 否则产生报警信号。防止鹤管不归位, 车辆驶离, 碰撞到鹤位, 引起事故。

联锁控制方案要求:

装卸车前, 打开钥匙箱门, 把电子钥匙插入, 关闭钥匙箱门, 输出开关信号给综合控制仪, 否则系统无法启动。装卸车结束后, 静电夹、鹤管、插头等全部归位后, 电子钥匙才能拔出, 车辆方可启动; 装卸车过程中, 拔出钥匙, 装卸车动作停止。

5 储罐挥发性有机物气体 (VOCs) 收集的系统安全设计

5.1 废气收集系统总体规划设计

危废处置企业液废罐区储罐散发出来的挥发性有机、无机气体与炼油厂和煤化工工厂罐区储罐有很大不同, 炼油厂和煤化工工厂罐区的挥发物的品种相对固定, 气相含量基本温度。液废罐区因其处置物料来源于医药, 石化、化工, 轻工等很多不同行业, 储罐正常生产过程中的挥发性物质成分更复杂, 含量也不稳定, 在尾气收集系统设计中需要额外注意, 其已经检测出的物质包括苯、

甲苯、二甲苯、苯乙烯、甲醇、乙醇、二氯甲烷、二氯乙烷、硫化氢、氯化氢、环烷烃、烷烃、芳烃、其他脂肪烃等。根据储罐运行经验,总烃含量 $1500\sim 4800\text{mg}/\text{m}^3$,折算成甲烷的体积百分比为 $0.17\sim 0.56\%$ 之间。

在罐组废气每条支管设氧浓度传感器及可燃气体浓度报警,实时检测废气收集系统的运行情况。

罐区内共设置丙类储罐 36 台,甲类储罐 2 台。丙类储罐容积 200m^3 ,配套卸车泵的 $45\text{m}^3/\text{h}$ 。甲类储罐容积 50m^3 ,配套卸车泵的 $30\text{m}^3/\text{h}$ 。卸车站共配置卸车位 6 组,车间产品至罐区产品罐的输送管线共计 4 条,配套产品泵 $25\text{m}^3/\text{h}$ 两台,配套产品泵 $30\text{m}^3/\text{h}$ 两台,以上产品泵技术上可同时向罐区泵送物料。

综上,可以得出罐区的罐组及装卸站可以产生的最大废气量约为 $4034\text{m}^3/\text{h}$,可燃物的估算最大体积浓度 0.56% ,甲烷的爆炸极限下限 4.9% ,硫化氢的爆炸下限 4.4% ,要保证安全输送,需要把可燃物气体浓度降到爆炸下限 (LEL%) 的 10% 以下,本估算按照爆炸下限 (LEL%) 的 8% 设计总风量以增加安全裕量。计算总安全收集风量 $6417\text{m}^3/\text{h}$,本项目选用的废气输送风机为 $6500\text{m}^3/\text{h}$,补充至系统的空气量 $2000\sim 4000\text{m}^3/\text{h}$,将罐区含 VOC 废气送至焚烧装置或应急废气处理系统处置。

5.2 废气收集系统安全连锁系统设计

当废液储罐在进料或环境温度升高时,储罐气相压力升高,罐顶气相达到呼吸阀起跳压力时呼吸阀开启,储罐的含 VOCs 废气经废气主管道汇集后经分液罐后进入引风机,增压后进入废气净化装置或焚烧系统处理。

采取必要安全连锁控制措施,保证废气管道内输送的可燃气体浓度及气相中氧含量在安全范围内,在废气管道起始端设计 1 套低压氮气管路,配备控制阀。在每台储存低闪点物料的储罐设置可燃气体监测和氧含量传感器,在每段废气管路设计废气紧急放散阀门及切断阀门各 1 套,配备 GDS 安全连锁系统,对相关的设施进行相应动作。可燃气体监测数值作为主控参数,氧浓度检测数值作为副控制参数,即当可燃气体检测数据达到高报值,氧浓度连锁程序不启动。

可燃气体连锁:当每段废气出口管路中可燃气体达到爆炸下限 (LEL%) 的 8% ,低报预警,当可燃气体达到爆炸下限 (LEL%) 的 10% ,高报预警,并同时打开废气系统总管 (支管) 的氮气进口阀门,

当可燃气体低于爆炸下限 (LEL%) 的 8% ,持续 20s ,关闭氮气进口阀门;当采取以上措施可燃气体浓度仍然升高到爆炸下限 (LEL%) 的 20% ,废气收集系统进入事故工况,控制系统界面提示高高报警,并连锁关闭相应管段废气汇集至废气管母管的气动阀门,连锁打开相应管段废气紧急放散阀门,避免整个废气收集系统发生爆燃或起火事故;当可燃气体低于爆炸下限 (LEL%) 的 8% ,持续 20s ,连锁打开相应管段废气汇集至废气管母管的气动阀门,连锁关闭相应管段废气紧急放散阀门,关闭氮气进口阀门。

氧含量连锁:系统正常操作时,氧含量的范围在 $5.2\sim 8.0\%$ 之间。当每段废气出口管路中氧浓度 ($\text{O}_2\%$) 达到 9% ,系统预警。当每段废气出口管路中氧浓度 ($\text{O}_2\%$) 达到 12% ,高报警。连锁开启并调节氮气进口调节阀,氧气浓度恢复,则关闭氮气进口阀门。当每段废气出口管路中氧浓度 ($\text{O}_2\%$) 达到 15% ,高高报警。并连锁关闭相应管段废气汇集至废气管母管的气动阀门,连锁打开相应管段废气紧急放散阀门,氧浓度恢复至 8.0% ,持续 20s ,自控设施恢复到报警前状态。

6 结束语

国家各级监管部门、危废处置生产企业等都对危险液废储运设施的安全运行高度重视。危险废物废液储运工程,由于其本身的安全风险高,因此对相应的安全设施设计也提出了更高要求,随着技术的进步,越来越多的检测和控制手段将会被应用到液废储运中。在规划和实际生产运行中适当运用这些手段,针对性的采用安全保护措施,可以在一定程度上降低安全风险。本文仅针对液废储运系统的几个重要部分,总结该储运系统的安全设施设计及运行的经验。对于其他工厂的液废储运系统,需要根据每个储运系统的特点,针对性的全面考虑,同时还需要加强对相关技术的研究,确保所采用的安全措施能够有效降低生产安全风险。

参考文献:

- [1] 李勇,呼延念超,常益民,等.内浮顶凝析油罐氮封系统工艺改造[J].石油与天然气化工,2009,38(5):3.

作者简介:

周亮 (1982-),男,化学工程专业,硕士研究生学历,主要从事化工、环保工程设计及相关的工程技术管理工作,工程师,勘察设计注册化工工程师。