

新形势下液氯安全卸车及储存设计思路探讨

徐志晓 张静

(河北英科石化工程有限公司江苏分公司 江苏 苏州 215101)

摘要: 当前, 化工行业飞速发展, 涉氯企业数量不断增加, 对液氯的需求量也随之增长, 在安全卸车、存储等方面得到高度关注。对此, 本文结合相关规范及工程实践, 谈谈设计中液氯的安全卸车及储存思路, 重点阐述设计方案与特点两个方面, 要求设计方案能够充分满足国家标准规范与规定, 依靠先进技术提高经济性, 并切实落实安全生产与环境保护、职业卫生相协调的问题, 将对环境的影响降到最低。

关键词: 罐式集装箱厂房; 剧毒; 封闭; 液氯储罐仓库

0 引言

氯, 常温常压下为黄绿色、有刺激性气味的气体。在常温下、加压到 709kPa 以上压力时转变为液体, 液氯外观为金黄色。本品不燃, 但可助燃。一般可燃物大多数都能在氯气中燃烧, 一般易燃气体或蒸气也都能与氯气形成爆炸性混合物。液氯受热后容器或储罐内压增大, 泄漏物质可导致中毒。氯职业接触限值: MAC (最高容许浓度) (mg/m^3): 1。构成重大危险源的临界量为 5t。

1 背景

随着化工行业的蓬勃发展, 涉氯行业的生产, 储存, 使用的企业数量增多。尤其氟化工行业的发展与世界氟化工领域的接轨, 液氯需求量增多, 钢瓶的周转已满足不了生产实际的需求。另外, 现有生产中液氯钢瓶的使用存在众多安全隐患, 如钢瓶需要频繁更换造成人员接触的频次增加, 中毒风险增加。除存在安全风险外, 还需增加很多人员成本。另外, 随着国家对化工安全的重视, 液氯使用的自动化程度提高是必然趋势, 液氯的储存量增加带来新的设计问题。在项目的不断实践中, 液氯安全使用的专用规范与用户需要的不相协调迫使设计工作需要一些大胆的尝新, 当然也要综合参考化工设计相关规范。

2 设计探索

氯为助燃气体, 火灾危险性类别为乙类, 危险特性首先表现为毒性, 其次是助燃性。因此在设计过程中需要针对其毒性及助燃性可能产生的危害做出有针对性的设计方案。首先在结合物质的特性需找相关理论依据如下:

(1) 按照《建筑设计防火规范》GB50016-2014(2018 版) 及《石油化工设计防火标准》GB50160-2008(2018 版) 里罐区的相关要求, 液氯储罐应为露天布置。

(2) 根据《国家安监总局关于公布首批重点监管的危险化学品名录的通知》(安监总管三〔2011〕95 号) 的有关要求严加密闭, 提供充分的局部排风和全面通风。

(3) 参考氯碱行业工业协会发出的“关于下发《关于氯气安全设施和应急技术的指导意见》的通知”要求“液氯贮槽厂房推荐采用密闭结构, 建构筑物设计或改造应防腐蚀; 有条件时把厂房密闭结构扩大至液氯接卸作业区域; 厂房密闭化同时配备事故氯处理装置, 在密闭结构厂房内不仅配置

固定式吸风口且配备可移动式非金属软管吸风罩, 软管半径覆盖密闭结构厂房内的设备和管道范围; 密闭结构厂房内事故氯应输送至吸收装置”。

(4) 根据《化工装置设备布置设计规定》HGT 20546-2009 中剧毒罐区的设计要求, 储罐区四周及卸车区都设置了应急卷帘门, 事故时可以将卷帘门紧急放下来, 使泄漏点位于密闭区域内, 控制泄漏物质的污染范围, 然后风机将泄漏物质送到无害化处理系统, 处理后排放。

通过以上不同部门编制发放的规范、文件可以看出, 针对液氯的特点, 设计时首先要控制可能发生的事故后果, 防止引发局部社会性恐慌, 其次解决作业场所的环境质量防止发生安全生产事故和职业卫生危害。另外近几年来我国发生了多起氯气泄漏事故, 分析其特点, 普遍存在着敞开式布置, 无法有效控制事故泄漏范围的问题。结合以上, 设计时应首先考虑为封闭装置, 其次做到专库专存, 液氯存储场所不再存放其他物质, 再次工作环境应充分通风, 防止发生中毒等安全生产事故和职业伤害。因此笔者在实践中针对液氯存储场所的设计做了一些相应的改造。

3 工程实例一

2016 年承接江苏省一个化工项目, 液氯的年使用量为 7000t。当时液氯仓库设计的主要依据有:《氯气安全规程》GB11984-2008、《液氯使用安全技术规程》AQ3014-2008。显然采用液氯钢瓶仓库的形式已经不能满足用户需求, 液氯罐区又不能满足安全、职业卫生、环境保护的要求。

3.1 设计方案

设计规模: 4 台 20 立方的坦克罐储存 (与坦克罐厂家协议租赁的方式) 以及 1 台 20 立方应急罐。

(1) 坦克罐储存, 减少卸车流程。供氯过程采用汽化加压的方式。

(2) 本装置采用框架结构, 抗震设防等级为重点设防类。二层, 10 米。占地面积 539.07 平方米。火灾危险性类别乙类。耐火等级二级。一个防火分区, 两个安全疏散口。因液氯本身不具有爆炸危险, 不考虑泄压。设置电动卷帘门, 与有毒气体探测器联动。仓库地坪采用不发火环氧地坪。室外设备区地面采用耐酸砖。北侧罐车进出通道的室内外均设置 3% 缓坡, 既便于车辆进出又能控制泄露污染范围。

(3) 设置 1 套日常通风装置和 2 套事故通风装置（一用一备）及尾气吸收装置。均布置在屋面。平时机械通风系统，设置通风换气次数 4 次/h。风机选用防腐防爆型风机，排风机、风管均设置导除静电的接地装置。排风量的 2/3 从仓库下部区域吸入，1/3 从仓库上部区域吸入，气体经风管、风机排至室外，一旦发生事故，气体报警联锁停日常通风，关闭风机入口处电动风阀，通过门窗自然补风。经日常吸收塔处理后达标排放。液氯仓库涉及氯气为剧毒气体相对空气密度比空气重，有可能突然放散大量有毒气体依规范需设计事故通风系统，事故通风换气次数不小于 12 次/h，选用防腐高压离心风机进行排风，风机与报警装置联动当有害物质监测系统报警时，风机自动启动。经吸收处理的风全部循环至房间，直至在线分析满足排放标准，联锁打开排气阀门，高空排放。事故风机的风量： $112 \times 6 \times 12 \times 1.1 + 175 \times 5 \times 12 \times 1.1 + 150 \times 5 \times 12 \times 1.1 = 30450 \text{ m}^3/\text{h}$ ，设计选用事故风机的风量为 $36000 \text{ m}^3/\text{h}$ ，满足要求。

(4) 靠近南侧吸风罩位置设地下集液池。

3.2 方案特点

在规范剧毒罐区的基础上做了以下改动：

(1) 结合液氯钢瓶仓库的设计，将坦克罐做在全封闭式厂房内，液氯为助燃气体，不存在可燃气积聚引起爆炸的危险，厂房密闭并未增加其危险性。相反，更有利于氯气泄漏捕集。

中和池设置在厂房内，事故状态下液氯的应急处理完全控制在厂房内，方便应急处理。

(2) 直接采用坦克罐储存，减少卸车工序。

(3) 将液氯的卸车、储存以及汽化作为一个整体单元考虑。减少重大危险源的数量，降低安全风险。

平面布置方案如图 1

3.3 设计回访

该项目已良好运行 3 年。结合实际生产又有新的问题需

要解决：

(1) 坦克罐的租赁方式带管理上权责不明。例如，坦克罐是否计入厂区内的压力容器监管范畴。另外，需要与坦克罐厂家协议指定的设备，要增加液位计等设施；

(2) 事故应急演练中发现，由于风管系统密封性较差，吸收处理后回到房间循环风量大于排出的风量，导致仓库内形成正压环境，存在安全隐患；

(3) 由于整个仓库为一个大开间，事故风机的风量及处理系统负荷较大；

(4) 尾气吸收系统的运行较滞后，不能及时响应突发事件；

针对以上项目设计回访的问题，院里各专业组织讨论，采取有效应对策略，在之后的设计中也有良好的借鉴作用。

4 工程实例二

2019 年承接内蒙古一个项目，液氯的年使用量为 50000t。结合之前的实践经验以及新出台的地方规范 DB/T3381-2018《液氯汽车罐车、罐式集装箱装卸场地（厂房）安全设计技术规范》，DB32/T3617-2019《液氯使用安全规范》继续对液氯储存方案进行探索。

4.1 设计方案

4.1.1 设计规模

6 台 50 立方的液氯储罐及 1 台 50 立方的应急罐、两台汽化装置及尾气处理系统。供氯量，每条线 55t/d，三条线 165t/d，即平均 6.875t/h，考虑参数波动，最大流量按 8.25t/h 计。两台坦克罐卸车位置，卸车速度，每车卸车量 25t，按 2 小时卸一车料计，其中准备时间为 0.5 小时，实际卸车时间为 1.5 小时，则卸车流量为 16.7t/h，两车同卸时，流量为 33.4t/h。

4.1.2 工艺流程

液氯槽车进入指定停车位，连接鹤管。槽车内液氯物料靠自身压力进入液氯储罐，液氯储罐的物料进入液氯缓冲罐，缓冲罐的物料经加压泵，加压汽化器升压再经鹤管的气相管道。将槽车的物料全部转移到液氯储罐。完成卸车。如图 2：

优化后工艺特点 (1) 除人工接鹤管外，其余所有过程均为 DCS 自动控制或远程控制，减少了正常操作时人员在现场的时间；(2) 卸车、供氯过程均通过气化加压实现，不设置任何转动设备，极大降低了检修频次，提高安全和职业卫生水平；(3) 采用储罐储存，提高了液氯仓库储量，减少坦克罐车量（相对于坦克罐储存方式），降低运行成本。

4.1.3 布置方案

土建：考虑的液氯泄露可

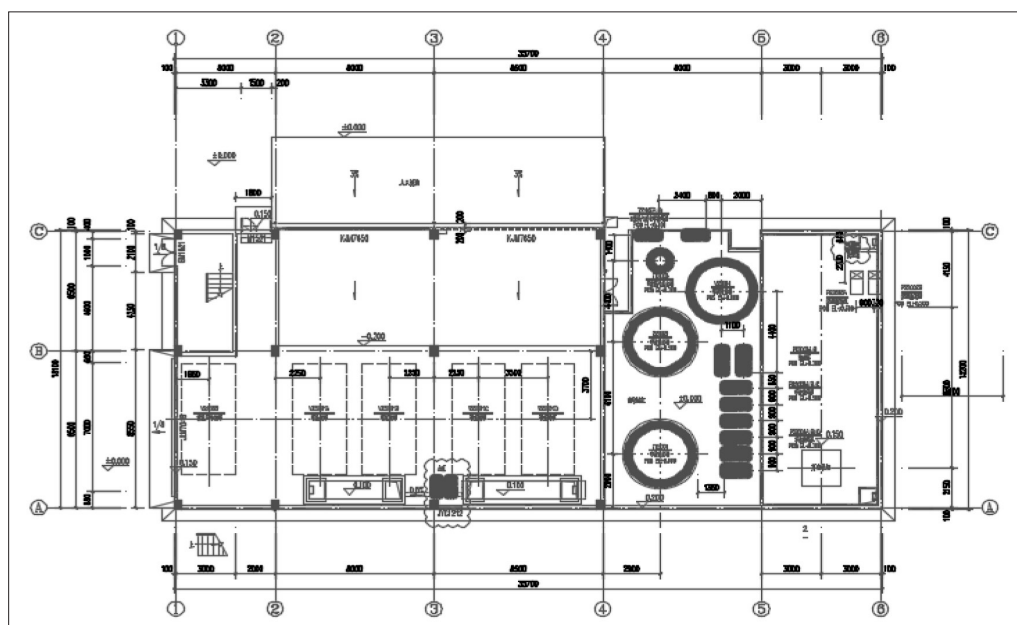


图 1 封闭式液氯坦克罐布置方案

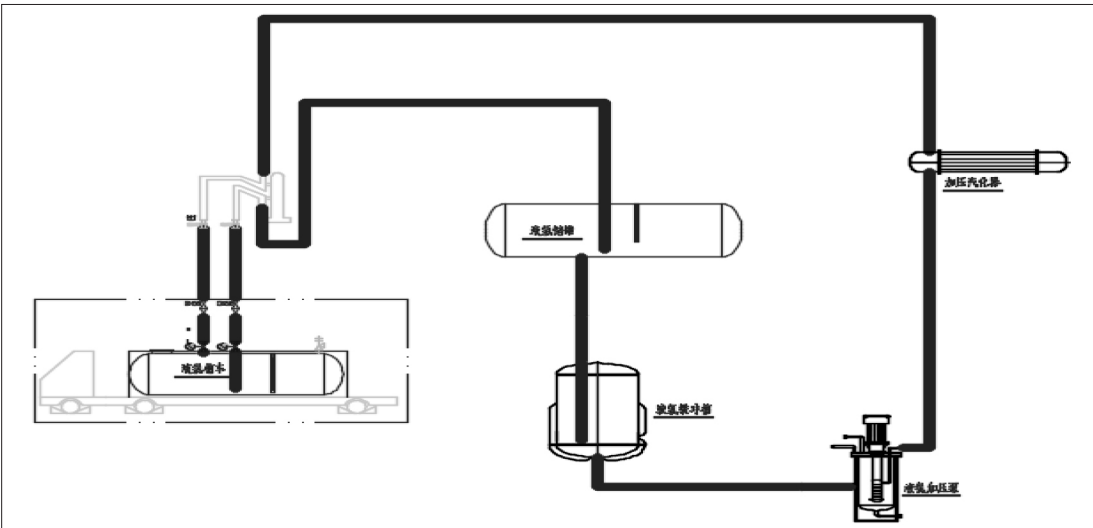


图 2 液氯卸车工艺流程

能的酸性腐蚀，本项目依然采用框架结构。占地面积 1040 平方米，2 层。建筑总高度 10.2 米。火灾危险性类别乙类。耐火等级二级。三个防火分区，每个防火分区的面积 < 500m²。采用不发火水泥地坪。给排水：根据《消防给水及消火栓系统技术规范》GB 50974-2014 本装置室外消火栓系统 25L/s，室内消火栓系统 10L/s，火灾延续时间 3 小时。本单体消防用水量为 (25 + 10) × 3 = 378m³。自控：现场设氯气探头并与日常通风，事故通风及事故吸收塔联动。电气：本工程按第二类防雷建筑物设计，采取防直接雷、防闪电感应和防闪电电涌侵入措施，屋面设接闪带作接闪器，每隔不大于 18m 采用引下线接地一次，且引下线不少于 10 处，冲击接地电阻 ≤ 10Ω。暖通：平时机械通风至日常尾气吸收塔（两级）处

理后达标排放。事故状态下，气体报警连锁切换至事故通风状态并经事故尾气塔吸收（两级）后再回送到液氯仓库，多次循环直至达标排放。

4.2 布置方案特点
较工程实例一做了如下改进：

(1) 坦克罐车位、储罐、气化设施等均分别布置于室内的不同隔间，并设置应急槽以及应急吸收装置。各个房间独立不仅有

效控制泄露事故的污染面积，减少对生产的影响。还大大降低了事故风机的风量及应急吸收的运行负荷。事故风机风量按照最大隔间和液氯应急罐间的事故风量之和确定： $L=128 \times 6.0 \times 12 \times 1.1 + 78 \times 6.0 \times 15 \times 1.1 = 17862\text{m}^3/\text{h}$ ，实际选取风机风量 $L=10000 \times 2 = 20000\text{m}^3/\text{h} > 18995\text{m}^3/\text{h}$ ，满足要求。

(2) 液氯仓库设置平时机械通风系统，设置通风换气次数 8 次/h。风机选用防腐型风机，排风机设置导除静电的接地装置。事故时平时排风机自动关闭，且连锁关闭风机入口处电动风阀，通过门窗自然补风。增加日常通风换气次数。设专用日常尾气吸收塔（二级碱洗）。

(3) 鹤管设置上吸式万向排气罩局部排风系统，排出的气体经尾气吸收塔处理达标后由排放筒排至大气。

(4) 设计事故通风换气次数不小于 12 次/h，选用防腐高压离心风机进行排风，风机与报警装置联动当有害物质监测系统报警时，风机自动启动。事故风机在室内及靠近外门的外墙设置手动开关，排风机、风管均设置导除静电的接地装置。因危险气体相对密度比空气重，排风全部由下部排出，下部排风口底距地不大于 300mm，事故时通过外墙上的自垂百叶式余压阀进行补风，余压阀 30Pa

(下转第 32 页)

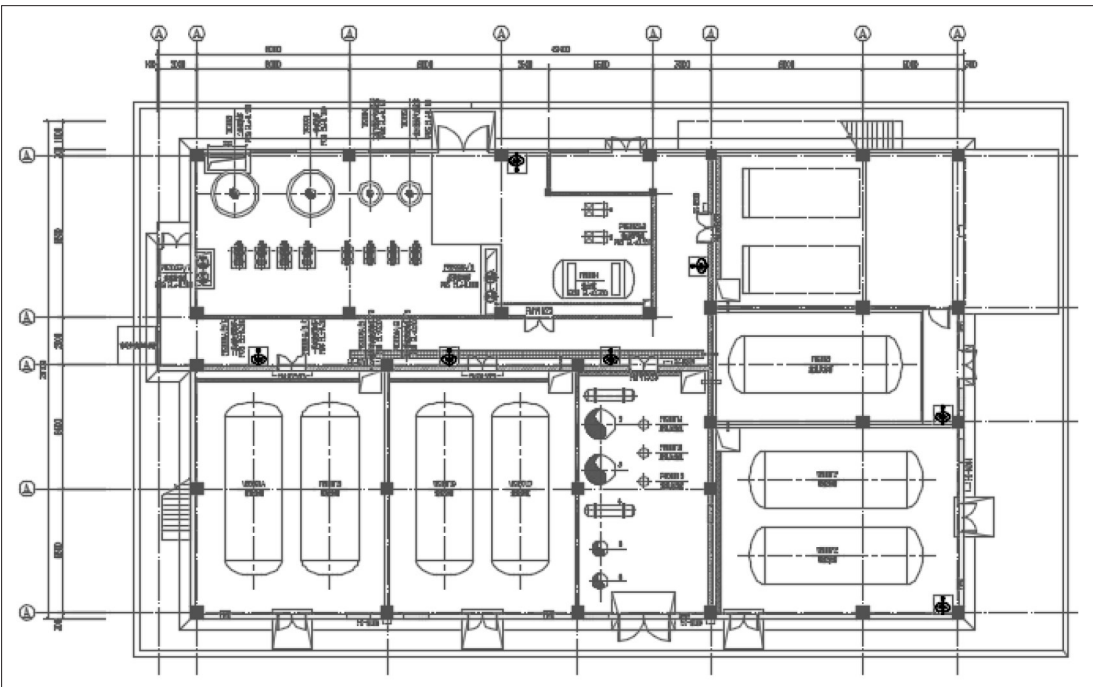


图 3 封闭式液氯储罐布置方案

波纹板交错的刚性支撑可抵消流体压力作用于板的法向压力, 圆型结构使周向拉应力成均匀的环状分布, 轴向最终压力传递至承压性很高的壳体端板。

合理的受力状态使其可承受较高的压力。压力试验测试表明, 对其结构试件施压 10MPa, 不锈钢材料薄板的最大应力值仍远未达到屈服值。

(4) 芯、壳可拆, 方便维护。

同管式换热器管芯可从壳内拆出一样, 板壳式圆型板芯可方便的从壳内无损拆出。除板程外可对板芯壳程通道进行较彻底的人工清理、清洗、维护或更换板芯。也可对个别失效的板组像弃堵管式换热器管子一样, 酌情实施弃堵焊接修复芯件使用。

根据以上主要技术特点分析, 圆型板芯可安全可靠地胜任取代管式换热器管芯。它完全传承了垫片式板式换热器优异的换热特性和紧凑性, 管式换热器壳体耐高温高压的安全可靠性, 是板与壳优势组合一体的真正实在的高温、高压、高效、紧凑而经济的换热设备。

针对热网疏水冷却器特殊工况对换热器类型的要求,

新型板壳式换热器正好完全满足此工况对换热器需求。

3 结语

新型板壳式热交换器近些年在炼油化工、电力、石油、冶金、化肥、制药等工业领域具有广阔的应用。热电行业中的热网疏水冷却器采用板壳式换热器, 不但提高了疏水冷却装置紧凑集成程度, 并满足了化学精处理对疏水水温要求, 同时还尽可能提高了凝结水温升, 从而减少低压加热器蒸汽抽汽量, 节能环保, 市场推广大有潜力。

参考文献:

- [1] 杨世铭, 陶文铨. 传热学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1998.
- [2] 周强泰. 锅炉原理 2 版 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2009.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部, GB50660-2011, 大中型火力发电厂设计规范 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2011.

作者简介: 李其峰, 男, (1981-), 汉族, 吉林人, 大学, 工程师, 研究方向: 板式换热器开发与研究。

(上接第 29 页)

开启, 补风量为排风量的 80% 以上, 保证室内负压。

(5) 应急罐做到全地下, 保证储罐泄露后可自流至应急槽。减少因加压转料引起的泄露点扩大的问题。如发生储罐大面积泄露也可直接自流到应急地池。将应急槽直接放在地池中节省空间。

(6) 槽罐车区域的室外坡度平缓 1%, 室内坡度较陡 1/30, 室外放缓方便车辆顺利倒入。车尾进入仓库后, 可挂空挡依靠室内坡度直接倒入车位。减少带档倒车的碰撞风险。

(7) 应急吸收系统增加一台小流量循环泵, 保证吸收塔的填料润湿一直处于待用状态, 事故时再连锁切换到大流量循环泵。减少因机械设备运作滞后引起的尾气处理问题。

(8) 尾气吸收系统包括风机, 吸收塔, 稀碱池和废碱池全部放在室内, 即使尾气系统的泄露事故也不会导致氯气扩散到周围空气中。

(9) 操作区及卸车区设置空气呼吸器。卸车操作区域附近设有空气呼吸器

5 结语

以上两个项目是综合相关规范、结合工程实例分析后设计的真实案例。满足国家标准规范、规定和要求, 又能做到经济可行技术先进同时对环境影响最小。液氯储罐仓库目前国内暂无专用规范支撑。但通过对其安全风险的分析, 笔者认为上述方案是可行的。当然仍有不少问题需要进一步完善。设计工作是在不停面对新的问题然后解决问题中一步步探索, 完善和更迭的过程。对规范的灵活运用并保持独立思考, 从

各个细节严控风险。

为尽可能减轻不必要的损失和动荡, 发挥既有装置的最大使用效益, 一些氯气生产厂商除了提高企业管理水平、提高工人素质、提高事故应急救援能力等外, 还尽可能采用先进的安全生产工艺和装置, 提高装置的本质安全水平。

随着综合国力日益增强, 化工行业对经济社会发展起到举足轻重的作用。而涉氯行业在化工行业也有着突出作用。对于涉氯生产、储存、使用的企业, 更是安全监管的重点对象; 国内不少液氯储存、使用装置, 已经不能够满足新形势下的安全、环保、消防、职业卫生等方面的要求, 一旦发生事故, 后果不堪设想。全封闭式液氯罐区仓库, 在增加一部分投资的情况下, 对于减少事故发生、降低泄漏影响, 具有一定作用。一旦泄漏也可以采取有效的措施, 控制影响范围。

参考文献:

- [1] 中国氯碱工业协会. 关于氯气安全设施和应急技术的指导意见 [G]. 2010.
- [2] 罗艾氏. 过程液氯贮槽装置封闭厂房及事故氯吸收塔联用.
- [3] 化工装置设备布置设计规定 [S]. HGT20546-2009.
- [4] 液氯汽车罐车、罐式集装箱装卸场地 (厂房) 安全设计技术规范 [S]. DB/T3381-2018.
- [5] 液氯使用安全规范 [S]. DB32/T3617-2019.

作者简介: 徐志晓 (1979-), 男, 汉族, 江苏苏州人, 高级工程师, 本科, 研究方向: 化工设计; 张静 (1987-), 女, 汉族, 江苏苏州人, 中级工程师, 本科, 研究方向: 化工设计。