

ICS 71.100.01
CCS G 09

团 体 标 准

T/CCASC 1003—2021

氯碱生产氯气安全设施通用技术要求

General technical requirements for chlorine gas safety facilities
in chlor-alkali production

2021-12-15 发布

2022-03-01 实施

中国氯碱工业协会 发 布

前 言

为进一步提高氯碱生产中涉氯安全设施和管理水平,由中国氯碱工业协会组织杭州电化集团有限公司会同有关重点企业共同编制完成本文件。

本文件在编制过程中,标准编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国家标准、地方标准和团体标准及国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上最后经审查定稿。

本文件由中国氯碱工业协会负责管理和具体技术内容解释。执行过程中如有意见和建议,请寄送中国氯碱工业协会(地址:天津市南开区白堤路 186 号天津电子科技中心 1105 室,邮政编码:300192),以供今后修订时参考。

本文件主编单位:杭州电化集团有限公司。

本文件参编单位:陕西北元化工集团股份有限公司、新浦化学(泰兴)有限公司、青岛海湾化学有限公司、新疆天业(集团)有限公司。

本文件主要起草人:胡永强、秦文浩、王伟、严正学、苗春葆、宋晓玲、胡万明、孙熊杰、刘堂、沈爱军、张清亮、沈文良、沈来友、瞿建华、高海洋。

氯碱生产氯气安全设施通用技术要求

1 范围

本文件规定了氯碱生产过程中电解、氯氢处理、液化储存、钢瓶(槽车)充装、液氯气化和管道输送等工序以及应急处置等安全技术要求。

本文件适用于氯碱生产的氯气工艺装置及过程,其他涉氯企业可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容,通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 6479 高压化肥设备用无缝钢管

GB/T 7144 气瓶颜色标志

GB 30077 危险化学品单位应急救援物资配备要求

GB/T 50493 石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计标准

AQ 3051 液氯钢瓶充装自动化控制系统技术要求

TSG R0005 移动式压力容器安全技术监察规程

T/HGJ 10600 烧碱装置安全设计标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

气化氯 **gasified chlorine**

液氯经气化后得到的氯气。

注:简称气氯。

3.2

干氯 **dried chlorine**

含水量不超过相同温度和压力条件下单质氯在水中溶解度的氯。

3.3

湿氯 **wet chlorine**

含水量超过相同温度和压力条件下单质氯在水中溶解度的氯。

注:干氯和湿氯是相对的。

3.4

安全仪表系统 **safety instrumented system; SIS**

实现一个或几个安全仪表功能的仪表系统。

注:安全仪表系统由测量仪表、逻辑控制器、最终元件及相关软件等组成。

3.5

密闭采样 closed sampling

采样时基本不发生样品向周围空间泄漏的采样过程。

3.6

法兰防喷溅防护罩 flange splash guard

防止法兰意外泄漏、喷溅对人员和机械设备造成危害的保护装置。

3.7

液氯全气化工工艺 liquid chlorine total gasification process

液氯连续进入管式气化器加热气化,全部气化为氯气且不积存液氯的气化工工艺,使液氯中三氯化氮与液氯同时气化且被气氯均匀带走。

3.8

公共区域 public area

厂区(包括化工园区、工业园区)以外的区域。

3.9

液氯(氯气)长输管道 liquid chlorine (chlorine) long-distance pipeline

生产、储存液氯(氯气)的企业在厂区外园区内区域布置的液氯(氯气)输送管道及其附属设施。

4 氯气安全设施通用技术要求

4.1 一般规定

4.1.1 工艺安全控制指标:入槽精制盐水中无机铵质量浓度应 ≤ 1 mg/L、总铵质量浓度应 ≤ 4 mg/L;电解总管氯中含氢的体积分数应 $\leq 0.4\%$ 、三氯化氮的体积分数应 $\leq 0.003\%$;氯气液化尾氯氢的体积分数应 $\leq 4.0\%$;液氯中三氯化氮的质量分数应 $\leq 0.003\%$ 。

4.1.2 禁止氯气接触油和油脂物质,包括输送氯气设备禁止使用与氯气发生化学反应的润滑剂。氯气设备管道禁止使用橡胶垫片。干氯严禁使用钛或钛合金材料。

4.1.3 氯气使用碳钢管道设备温度不应高于 121°C 。在用氯气管道或管道内残存氯气时禁止对管道外壁进行电焊等热工作业。在上述氯气管道附近进行电焊、气割等热作业时应保持一定距离,防止热辐射使管壁温度超过 121°C 。

4.1.4 氯碱装置中电解事故氯装置、氯气压缩机含氯密封气吸收装置、液氯贮槽泄漏事故氯吸收装置,与生产次氯酸钠装置的功能不同,不应合并。新、改、扩建项目液氯贮槽泄漏事故氯吸收装置应独立设置。

4.1.5 在有可能出现氯气泄漏的生产装置区域,应安装与吸收装置相连的移动式负压软管。

4.1.6 对氯气、氢气等易燃易爆、有毒有害介质进行间接冷却的冷媒系统,应安装氧化还原电位计(ORP计)或pH计和可燃有毒气体探测报警器,以便及时发现泄漏。

4.1.7 涉氯场所应设置氯气泄漏检测报警系统,应按T/HGJ 10600的规定,量程应为 $0\sim 10\times 10^{-6}$,一级报警值宜为 1×10^{-6} ,二级报警值宜为 3×10^{-6} 。氯气探测报警器至少每月进行专项检查和维护保养,至少每季度人工测试一次有效性。

4.1.8 涉氯的传动设备轴封应采用零泄漏结构。

4.1.9 氯碱装置产生的半成品、成品,如氯气、液氯、烧碱、硫酸、盐酸、次氯酸钠等危险化学品,采样时应采用密闭采样;液体危险化学品管道法兰应采用法兰防喷溅防护罩。

4.1.10 涉及电解、液氯贮存、充装(包括槽车和钢瓶)的操作人员应按国家应急管理部门和市场监督管理部门相关规定持证上岗。

4.1.11 进入液氯场所的岗位巡检人员应携带便携式氯气探测报警器。

4.1.12 应建立氯中含氢、三氯化氮、氯气(液氯)泄漏检测与管理等氯碱专用管理制度。

4.2 电解

4.2.1 电解工艺属于重点监管的危险化工工艺,应通过危险与可操作性(HAZOP)分析和保护层(LOPA)分析,确定安全完整性等级(SIL),采用安全仪表系统(SIS),并进行验证评估。

4.2.2 电解装置应配套事故氯处理系统,其氯气管道与事故氯装置应实现自动切换,确保非正常状态时自动将氯气切入事故氯系统进行吸收。

4.2.3 事故氯系统吸收时间应在保证对应的电解装置满负荷运行的情况下,出现异常情况或紧急停车时,吸收时间不低于 15 min~30 min。事故氯装置碱液浓度应采用在线监控,其放空口附近应配置氯气探测报警器和视频监控。

4.2.4 电解、整流、氢压机、氯压机之间应设置相互联锁,确保电解装置的安全运行。

4.2.5 严格控制电解槽阴阳极气相压差,避免压差过大造成离子膜破损,导致氢气串入氯气侧,增加氯中含氢爆炸风险。单槽或总管氢氯气压差应设联锁。

4.2.6 严格控制氯气总管压力,采用水封控制的应避免压力波动造成氯气冲破水封外溢或空气吸入氯气系统。正负水封应设置液位检测和报警,并具有自动补水功能,负压水封的吸入口处应设置氯气探测报警器。

4.2.7 定期对离子膜电解槽进行膜试漏或安装泄漏检测报警装置并及时更换泄漏量超标的离子膜,以免泄漏过大造成氯氢气混合引发爆炸。离子膜电解槽宜设置智能监控系统,以便及时发现膜泄漏。

4.2.8 电解槽电压宜设置监测和分组电压(数片单元槽组成)超限联锁保护系统。

4.2.9 电解槽应设置防止触电和防断电、断盐水、断纯水、紧急停车等安全技术措施。

4.3 氯氢处理

4.3.1 氯气干燥工序中的钛材质设备及工艺管路应能辨识气温及负荷变化时氯气中水分的变化,防止湿氯转为干氯,引起与钛材的剧烈化学反应。采用钛风机进行湿氯增压输送时,应按 T/HGJ 10600 的要求在风机入口管道上设置增湿措施。

4.3.2 氯气压缩机密封气应采用氮气或干燥空气,应设置防止氯气倒灌到氮气或干燥空气的安全防范措施。

4.3.3 氯气压缩机宜采用透平式压缩机,应按使用要求设置检测保护系统。具体如下:

- 对压缩机本身防喘振、防振动、防位移、油温、油压等的检测和联锁保护。
- 中间冷却器冷却水侧应做防腐处理,冷却水出口应汇流至无压回水池,并配 pH 计或游离氯在线检测仪。
- 压缩机进、出口应设置压力调节或泄放系统。
- 压缩机进、出口应设置氯气含水在线分析仪。在进口负压无法设置氯气含水在线分析仪的情况下,可以将其设置在出口。压缩机出口设置氯气含水在线分析仪应可报警或联锁停透平机,且水分联锁指标应保证在短时间内不至于损坏透平机的保证值(透平压缩机不大于 100×10^{-6})。

4.3.4 水合氯($\text{Cl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$)在常压下温度低于 9.6 °C 时会结晶,压力增大结晶温度也提高,生产操作时应采取防止水合氯积聚堵塞管道的措施。

4.3.5 压缩机出口后的氯气管道,在环境温度下导致氯气冷凝的应采用伴热措施。

4.4 氯气液化和贮存

4.4.1 氯气液化及贮存装置构成重大危险源的应通过危险与可操作性(HAZOP)分析和保护层(LOPA)分析,确定安全完整性等级(SIL),采用安全仪表系统(SIS),并进行验证评估。

4.4.2 氯气液化装置属原料氯、液氯和液化尾氯共存系统,液氯系统应采用不留存死角的设计。液化后的液氯和液化尾氯的气液分离器,宜采用底部出液氯的方式。企业也可根据原料和生产工艺对三氯化氮爆炸的风险进行评估来确定是否需设置带液氯三氯化氮排污设施。如需设置,该排污设施不宜配备会造成三氯化氮富集的液氯蒸发回收系统。

4.4.3 液氯系统应采用动、静密封点尽量少的设计,减少泄漏风险。

4.4.4 每台液氯贮罐应符合下列要求:

- a) 进出口管线应设置手动双阀。
- b) 进出口管线应设置紧急切断遥控阀。
- c) 应设置安全阀,安全阀前应设置爆破片,爆破片和安全阀之间应设置压力检测。安全阀放空管线应引至吸收装置。
- d) 应设置就地和远传压力检测。
- e) 液位应设置就地和远传两种检测,且采用不同测量原理的液位检测仪表,远传液位计应采用不与介质接触的防泄漏型。
- f) 贮槽装料系数应小于或等于 1.2 t/m^3 。

4.4.5 至少应有一台最大的液氯贮槽保持空槽作为事故状态下液氯应急备用接收槽。该接收槽平时应处于真空状态且与其他贮槽定期切换。

4.4.6 液氯贮槽发生泄漏时的倒槽操作,应在无人员进入贮槽厂房内的情况下在操作室中完成。

4.4.7 液氯贮槽厂房的设置应符合下列要求:

- a) 采用封闭结构,厂房各门口处设置门槛,使液氯贮槽厂房形成围堰。
- b) 门槛高度应满足容积大于单台最大液氯贮槽的公称容积的要求,且至少应高于室内地坪 300 mm 以上。或在液氯贮槽周围设置围堰,围堰容积不应小于单台液氯贮槽的容积,且围堰高度不低于 300 mm。
- c) 在厂房内应设置固定式事故氯捕集系统(吸风口),也可以设置移动式负压软管吸风罩。
- d) 厂房内严禁配备水(或碱液)喷淋系统,可在厂房外窗、门等不密闭区域配备水(或碱液)喷淋系统。
- e) 厂房的门窗设计应符合发生液氯泄漏时能够迅速关闭形成密闭状态的要求,可采用手动或自动方式。如采用卷帘门、自动开关门窗等对厂房实行密闭操作时,应选择外置式,其门体、机械部分和电气部件应选用具有耐腐蚀、防潮、防水功能的,且应采用防止卷帘门和自控装置因各种原因失效的措施。
- f) 厂房地坪应设置一定的坡度(0.3%~0.6%),在地面低洼处设置液氯收集池或碱液中和池(也可以隔墙设置)。

4.4.8 液氯贮槽泄漏事故氯装置应符合下列要求:

- a) 新、改、扩建项目应独立设置(液氯充装产生的废气可以并入),不应与电解事故氯、透平机密封气吸收装置及次氯酸钠生产装置共用;
- b) 具备 24 h 连续运行能力,碱液循环槽应“一用一备”;
- c) 吸收装置设手动和自动启动,自动启动与氯气泄漏探测报警器联锁,其启动联锁报警器数量和参数可根据实际情况设置;
- d) 碱液浓度应在线监控,以满足任何状态下的要求(新配制碱液的质量分数宜在 15% 左右,换碱的质量分数不应低于 5%);
- e) 电气设备如循环泵、事故氯风机等应达到一级负荷中特别重要的负荷要求;
- f) 宜使用双塔串联吸收工艺。

4.4.9 液氯管道不应在充满液氯时密闭,应确认无物料后或者存在至少 20% 以上气体空间时,方可关闭阀门,防止剩余液氯膨胀超压。工艺操作需要密闭管道时应设安全泄放装置。

4.5 液氯槽车充装

4.5.1 无论是槽车充装还是钢瓶充装,均应采用机械泵充装工艺。机械泵应采用变频技术,防止因充装量突然变化而导致的充装压力急剧升高的风险。

4.5.2 采用液氯本身作为冷却剂的输送泵,应设置泵空转时的联锁停泵及报警装置,防止机械摩擦产生高温引发氯与铁的化学反应(俗称“氯-铁火”)。

4.5.3 与充装机械泵相配套的中间槽(附属槽)的设计,应采用无死角结构,防止三氯化氮积聚,中间槽(附属槽)的排污只是检修或新开车杂质多时的排放。如属于三氯化氮积聚需要的定期排污,应按4.4.2的规定。

4.5.4 槽车充装应设置充装平台,平台应设有两处以上不同方向的逃生通道,平台应设有安全围栏,并符合高处作业安全要求,禁止无平台佩戴安全带进行装卸作业。

4.5.5 槽车充装厂房宜采用封闭结构,现有未封闭厂房改造成封闭结构厂房时,其防火间距不再依据相关防火设计标准进行判定。

4.5.6 液氯槽车充装设施应符合下列要求:

- a) 应采用液体装卸臂(又称“万向管道”,俗称“鹤管”)系统或硬管等安全可靠的连接方式,不应采用软管连接。
- b) 在充装管道上宜采用质量流量计作为充装计量之用,实现定量充装功能。
- c) 应设置紧急切断阀,该阀与现场氯气泄漏探测报警器进行联锁。其启动联锁报警器的数量和参数可根据实际情况设置。
- d) 应设置氮气、压缩空气等置换管线及废气排放管线。

4.5.7 液氯槽车充装作业应符合下列要求:

- a) 槽车停放在指定充装位置,至少在车辆一个轴上的两侧轮胎上放置防滑块或防滑车(半挂车应放置在挂车车轮上),连接好静电接地线,车辆熄火并把钥匙交给充装人员保管。
- b) 检查槽车驾驶员、押运员各类资料是否合法有效,包括《特种设备使用登记证》《剧毒化学品公路运输通行证》《驾驶员、押运员从业资格证》等,并填写在检查记录表上。
- c) 槽车(罐车)液氯充装系数应小于或等于 1.20 t/m^3 。
- d) 充装系统最高压力应小于或等于 1.1 MPa ,管道内流速应控制在小于或等于 2 m/s ,避免管道保护膜损坏。

4.5.8 槽车充装结束后进行商业结算过磅,其过磅的充装量应反馈给充装人员,与充装时的质量流量计充装量进行核对,确认无超装后才能放行出厂。发现超装应立即安全卸载超装量。

4.5.9 充装液体装卸臂按照 TSG R0005 的相关规定进行管理,其材料应满足低温性能要求。公称压力不小于充装压力的 2 倍,每年进行一次耐压试验或联系市场监督管理部门检测检验。在用液氯装卸臂不宜用水进行耐压试验,应用氮气或干燥压缩空气进行气压试验,试验压力为公称压力的 1.15 倍。装卸用管应标记开始使用日期。

4.5.10 槽车充装完毕后需在厂区临时停放时,应安排人员按重大危险源要求的频次进行巡检,发现异常时及时处理。

4.5.11 若槽车阀门需更换保养且需要液氯充装企业协助时,应符合下列要求:

- a) 物流公司提出书面申请,充装人员抽尽槽车中剩余氯气(-0.05 MPa 持续 30 min 以上抽空)。
- b) 物流公司在上述负压状况下调换阀门。
- c) 检修结束后用压缩空气或氮气进行规定的试压,双方确认试压结论。
- d) 槽车按充装要求进行接管,通过负压废氯排放管缓慢泄压并抽真空到 -0.01 MPa 以下即可重新充装。

4.6 液氯钢瓶充装及储存

4.6.1 液氯钢瓶的充装

4.6.1.1 液氯钢瓶充装应采用自动充装系统,并符合 AQ 3051 自动化技术要求,配备超装报警和自动切断装置。

4.6.1.2 液氯钢瓶充装前应对钢瓶进行全面检查,有以下情况之一时,不应充装:

- a) 颜色标识不符合 GB/T 7144 规定或不能识别瓶内介质;
- b) 钢瓶标识不全或不能识别;
- c) 新瓶无合格证书;
- d) 超过检验期限;
- e) 瓶体存在明显损伤或缺陷,安全附件不全、损坏;
- f) 瓶体温度超过 40℃;
- g) 真空气瓶。

4.6.1.3 在检查完 4.6.1.2 内容后,按以下步骤对钢瓶进行充装前的整修:

- a) 用氨水喷雾检验余氯,有疑问时可分析余氯纯度是否 $\geq 90\%$ 。
- b) 对每只钢瓶进行抽真空处理,同时检查瓶阀和阀芯,如发现不完好,应更换瓶阀。
- c) 钢瓶整修完成后,挂上整瓶合格证送充装岗位。

4.6.1.4 液氯钢瓶的充装及复称应符合下列要求:

- a) 钢瓶充装系数应小于或等于 1.25 t/m^3 。
- b) 充装后应复验充装量,复称时应换人换秤(充装和复称应采用两种不同测量原理的衡器),衡器的最大称量值应为常用称量的 1.5 倍~3.0 倍。
- c) 充装用的衡器和压力表均应三个月检验一次。
- d) 钢瓶充装区域识别为 GB/T 50493 中的“经常拆卸的法兰和经常操作的阀门组”,应按规定布置有毒气体探测报警器检测点。

4.6.2 液氯钢瓶的储存

液氯钢瓶充装工艺中的空瓶卸车接收、整瓶、充装、复称以及重瓶储存区和装车区实行一体化全过程吊装运行流水线,无法分隔为独立单元,不应作区域密闭化要求。但应设置钢瓶泄漏的应急处理设施,如移动式负压软管、移动式负压罩、钢瓶负压处置房及相对应的氯气吸收装置和配置适用的堵漏器等两种或两种以上安全设施,并应符合以下要求:

- a) 应急用移动式负压软管的长度能够延伸到所有可能发生泄漏的部位。
- b) 不应使用碱池中和处置法。
- c) 液氯钢瓶储存泄漏的最大风险在于瓶阀,应有针对性地配备瓶阀泄漏处置工具。
- d) 至少配备三套以上重型防化服,供救援人员快速进行堵漏等。堵漏作业至少两人作业,一人监护。空气呼吸器宜配备对讲功能。

4.7 液氯气化

4.7.1 液氯气瓶气化

液氯气瓶直接气化输出氯气,应符合以下基本要求:

- a) 允许液氯 $\leq 1\,000 \text{ kg}$ 的气瓶以气相方式输出氯气(瓶内气化)。
- b) 气瓶加热宜采用热水喷淋或热风风淋方式,应控制温度 $\leq 40^\circ\text{C}$ 。不应采用水浴、电加热带、电热毯,不应使用蒸汽、明火加热气瓶。

- c) 气瓶气化过程应计量,空瓶应保留一定量的余氯余压,不应抽负压。

4.7.2 液氯气化器气化

液氯气化器气化输出氯气,应符合以下基本要求:

- a) 液氯气化宜采用管式气化器,不应采用釜式气化器。
- b) 气化器加热介质宜采用热水或蒸汽,不得采用其他有机介质的热载体。
- c) 气化器内液氯气化控制温度范围应不小于 71 °C,且不大于 121 °C。

4.7.3 液氯气化安全技术要求

液氯气化过程控制和气化器设计,应符合以下基本要求:

- a) 多个气瓶液氯输出时,各气瓶温度应保持均衡,冬季气瓶环境温度应不小于 15 °C。
- b) 禁止液氯容器、汽车槽罐、罐式集装箱、铁路槽罐以及船舶槽罐以气相方式卸载氯气。
- c) 管壳式(浮头结构、立式)气化器设计和使用应满足液氯全气化,壳程液氯容积不宜过大,不应有液氯死角和潜在三氯化氮富集的部位。
- d) 管式气化器管程、管壳式气化器壳层钢材材质应耐低温-40 °C 以及满足加热介质最高温度的要求,管壳式外套管材质宜选用蒙乃尔合金或 16Mn(见 GB/T 6479)。

4.7.4 液氯气化工安全设施要求

液氯气化工安全设施,应符合以下基本要求:

- a) 液氯气瓶气化或液氯气化器气化,气化器氯气出口管路应设缓冲罐。新、改、扩建项目中涉氯缓冲罐容积按生产装置工艺系统风险评估及安全设计相关规范要求设计。气瓶气化缓冲罐不应小于 1.2 m³,多气瓶缓冲罐不应小于 1.6 m³。在役装置应专项评估确定。
- b) 气化氯气在环境温度下导致冷凝的,应采用伴热措施。
- c) 管式气化器本体宜设气化温度和液氯流量(液位)控制。缓冲罐设温度计、压力表,安全阀和爆破片串联使用,爆破片首先接触氯。
- d) 缓冲罐与生产装置首个设备之间的氯气管路应设置手动截止阀、止逆阀、自动调节阀和紧急切断阀等安全设施。
- e) 液氯气化装置(包括液氯气瓶、液氯储槽、罐式集装箱等)评估为重大危险源的,应通过危险与可操作性(HAZOP)分析和保护层(LOPA)分析,确定安全完整性等级(SIL),采用安全仪表系统(SIS),并进行验证评估。

4.8 液氯管道输送

4.8.1 液氯长输管道布置,应符合以下基本要求:

- a) 液氯长输管道不应穿(跨)越厂区(包括化工园区、工业园区)以外的公共区域。
- b) 化工园区内厂与厂间的液氯长输管道不应埋地或走地下管沟。
- c) 厂区内液氯管道不应埋地安装,不宜安装在地下管沟。需走地下管沟时,进入管沟的管道应采用双层套管(外套管)。
- d) 液氯输送管道的布置应设计在相对安全的区域,不应穿越易燃易爆场所,应布置在防火防爆区域范围以外,以防止火灾爆炸事故对液氯输送管道产生重大影响。
- e) 为了防止过往车辆、船只等对液氯输送管道造成影响,液氯输送管道在跨越园区公共道路、河流处时应保证跨路、跨河处的管架净空高度,公共道路管架净空高度不应低于 6 m,厂内跨路处、跨河处管架净空高度不应低于 5 m。
- f) 跨过道路的管架应设防撞装置,如防撞墩、限高栏杆。限高栏杆应有限高标识并与管架保持一

定的安全距离。

4.8.2 液氯长输管道应符合以下基本要求：

- a) 液氯长输管道设计和安全防护应符合压力管道相关规定。
- b) 液氯长输管道宜水平布置,管道膨胀节、管架支座应耐受因物料气液相变(气锤)和温度交变产生的机械冲击。
- c) 液氯长输管道应设置氯气泄漏在线监测报警系统。
- d) 液氯长输管道应设置切断阀和联锁,所有切断阀能够实现远程控制并与压力、流量等信号建立联锁关系。
- e) 液氯管道上压力检测应采用法兰式变送器,不应用螺纹连接的导压管安装方式的变送器。
- f) 液氯切断阀应设为慢关型式,防止关闭过快产生“液锤”。
- g) 液氯输送管道两端流量宜设输送点与接收点流量差联锁。
- h) 液氯长输管道应设置应急收集槽、超压时安全泄压系统及氯气吸收处理系统。
- i) 液氯管道上不应有放空、排尽等与大气相通的阀门或接口。
- j) 液氯输送外管 π 形补偿器的弯头宜采用 $3D\sim 4D$ (D 为公称直径)的大弯。
- k) 液氯管道或管道附近应设警示标识。标识的内容应包括:介质、流向、毒性及应急救援电话。

4.8.3 液氯管道正常输送操作,应符合以下基本要求:

- a) 压力控制:输送过程中应确保压力稳定,波动不应过大,尽可能控制在20 kPa以内,最高波动不应超过50 kPa。
- b) 流量控制:输送过程升降负荷时应缓慢,波动不应过大,尽可能控制在1 m/s以内,最大不允许超过2 m/s。
- c) 工艺参数:及时查看液氯管线上流量、压力、温度及其趋势,有异常时需及时沟通,共同查找确认。

4.8.4 液氯管道输送应急处理,应符合以下基本要求:

- a) 液氯管道停止输送期间,管道压力宜控制在0~0.5 MPa,不应超过0.5 MPa。如果压力超过0.5 MPa,应进行处理。
- b) 当停止输送时间超过16 h,或管道内氯气温度超过30℃,应对管道进行抽空处理。若管道断裂发生大量泄漏,应紧急抽空管道。
- c) 正常抽空:如果管道上有轻微渗漏,经采取一定措施后泄漏得到了控制,根据具体情况可以先按正常抽空步骤进行抽空,然后根据检修需要由一方将管道中氯气抽尽。
- d) 紧急抽空:当管道或其他部件发生泄漏后,无法采取措施或采取措施后泄漏无法得到控制(如管道断裂,阀门破裂)时,应立即联系供需双方共同进行紧急抽空处理。
- e) 如果用氯单位液氯瞬时流量下降(或不变),液氯管道压力下降,供方液氯瞬时流量上升,则可判断为管道发生泄漏,应立即进行紧急抽空,并通知相关部门巡检处置。

4.9 氯中三氯化氮

4.9.1 氯碱企业应建立三氯化氮安全监控体系,即工业盐(包括卤水)、入槽精制盐水中的无机氨和总铵、化盐用水中的无机铵、气氯和液氯中三氯化氮含量的监控体系。日常监测频次根据三氯化氮产生的风险和企业实际自行决定,异常情况下增加监测频次,及时查找原因。

4.9.2 在电解过程中生成的三氯化氮具有不稳定、能热分解、气化分离系数高等特性,采用下列工艺可有效抑制:

- a) 采用离子膜电解工艺,从源头上减少三氯化氮的生成量。
- b) 氯氢处理工序采用水洗工艺,洗涤液中的次氯酸和盐酸能与三氯化氮反应。
- c) 采用透平压缩机使生成的三氯化氮进行热分解,三氯化氮在50℃以上即可开始分解。

- d) 淘汰氨冷冻液化工艺。
- e) 用机械泵充装液氯,消除气化压料的釜式气化器内三氯化氮浓缩的隐患。
- f) 液氯系统采用无死角设计,以降低在特殊情况下液氯蒸发造成三氯化氮浓缩的风险。
- g) 淘汰釜式气化器,采用液氯全气化工艺为下游提供原料。

5 氯气泄漏应急处置

5.1 氯气泄漏应急处置基本条件

5.1.1 对氯碱生产整个过程进行风险评估,包括重点监管危险化学品、重点监管危险化工工艺和危险化学品重大危险源(统称“两重点一重大”),特别是液氯系统的储存、充装、生产设备等,其中氯气泄漏特别是液氯泄漏已成为氯碱企业最大的风险。

5.1.2 企业应根据装置设施、周边环境及风险评估结果,编制完善液氯重大危险源专项应急预案和液氯泄漏现场处置方案。

5.1.3 企业应建立气防站和救护站,建立液氯应急救援专业队伍,按规定配置应急救援器材、氯气防护器材和人员中毒现场救治药品。

5.1.4 企业应开展经常性的培训、演练,使现场操作人员和救援人员熟悉设备的位置、环境,熟悉液氯泄漏时的各种工艺处置操作及现场处置作业。每年至少组织一次全面的实操演练,做好演练总结评估,分析存在问题,及时修正完善,留存书面演练记录和影像资料。

5.2 氯气泄漏应急处置基本要求

5.2.1 企业应急预案编制除应符合有关法律、法规、标准、规范的要求外,还应符合以下基本要求:

- a) 应及时处置本单位存在的可能引发社会安全事件的氯气泄漏事故风险,防止矛盾激化和事态扩大。
- b) 应根据周边环境排查,对人员密集场所的经营单位或者管理单位建立相应的联动应急机制。
- c) 氯气关键装置和重点部位应配备报警装置和必要的应急救援设备、设施,并显著标明安全撤离的通道、路线,保证安全通道、出口的畅通。

5.2.2 按照企业制定的专项应急预案和现场处置方案,并充分应用事故氯吸收装置或参照 HG/T 4684 展开现场处置。

5.2.3 企业应建立气防站和救护站,按 GB 30077 的规定配置应急救援器材、氯气防护器材和人员中毒现场急救药品。

5.3 不同紧急情况的预案

5.3.1 建立全面应急响应预案,宜考虑可能造成氯气泄漏的以下原因,并制定相关的应急响应计划:

- a) 设备失效和人员失误;
- b) 公用工程系统故障,如:动力、蒸汽、水、仪表空气、氮气等;
- c) 自然灾害,如:台风、龙卷风、洪水、地震等;
- d) 槽船、铁路罐车、汽车罐车(罐式集装箱)等移动式压力容器事故;
- e) 工厂内的管线事故;
- f) 其他事件。

5.3.2 应预知紧急情况的可能范围,并建立控制程序。控制过程应符合以下要求:

- a) 在涉氯装置内,可由装置人员控制。
- b) 在所有装置内,可由全装置人员控制。
- c) 在所有装置内,寻求外界帮助。

- d) 在所有装置外,寻求外界帮助。

5.4 危险区域划分和应急响应

5.4.1 氯气泄漏按控制程序现场处置,并进行环境监测、危险区域划分和应急响应。

5.4.2 危险区域以环境检测氯气的体积分数按 1×10^{-6} 、 3×10^{-6} 、 10×10^{-6} 划分为应急告知区、疏散区和隔离区:

- a) 告知区人员应根据风向(标)指示,往泄漏源两侧(上风方向两侧)或指定集结点撤离。
- b) 疏散区人员应尽可能佩戴逃生呼吸器,按应急人员引导或在其帮助下撤离现场到达安全区域或指定集结点,并给予医学检查或医疗救治。
- c) 隔离区人员只出不进,容许应急人员实施搜救,帮助伤员迅速脱离危险撤离到达安全区域或指定集结点,给予中毒患者急救或转送医院治疗。

5.4.3 在氯气浓度 10×10^{-6} 以上或达到可立即威胁生命和健康(IDLH)的浓度、缺氧环境、大量液氯飞溅浸润等极端危险环境条件下,任何未穿戴气密性防化服的人员不应入内。

5.4.4 对于伴随火灾的氯气泄漏事故,普通气防设施不耐高温,火场内应由消防人员救援,其他应急人员组织伤员转运,避免盲目施救。

5.5 应急响应专业队伍

5.5.1 针对液氯生产的专业应急救援队伍的要求如下:

- a) 应明确应对的事故类型或建立事故模型,预先计划抢险与救援的分工或必要时协作。
- b) 应明确应急响应成员的分工(例如:氯泄漏量评估、氯泄漏控制、通讯联络、氯中毒急救、针对应急人员的监护等)。
- c) 应明确队伍的执勤人员,分班、节假日以及缺勤的替代,建立值班机制。
- d) 应明确在岗人员的协同(如操作人员、管理人员),以及考虑其他岗位人员的紧急增援。

5.5.2 为每个应急人员提供一份应急响应指南,并包括以下内容:

- a) 应急响应预案可执行内容,指挥系统,应急内容安全检查表,图表(目标设备、规格和数量、结构,清楚表明液氯容量、设备位置、救援通道等)和详细地图。
- b) 应急器材和安全装备及配装地点,应急使用说明。
- c) 万一发生紧急情况时,每次应向谁报告或求救的通讯联络信息。

5.5.3 定期开展现场演练,演练应包括以下内容:

- a) 个人防护器材的配置和安全检查、维护保养,以及呼吸器的正确使用(包括呼吸器适配测试)。
- b) 工艺设备紧急停车程序或个人应急配合,泄漏源的检查和泄漏量评估。
- c) 现场处置方案的确认,堵漏器材的使用和应急效果测试。
- d) 人员营救,中毒患者的救护知识。

5.6 应急预案的审查和演练

5.6.1 应通过应急预案的审查和演练来验证预案的适用性,具体如下:

- a) 定期审查应急队伍或成员的应急响应知识水平,包括应急响应职责、需要的通讯联络、应急装备的使用以及装备实际使用效果。
- b) 演练测试实施应急预案时参加者的反应和效率,同时也测试预案的实际机能。

5.6.2 演练有三种基本形式:全面演练、车间演练和桌面演练,具体如下:

- a) 全面演练参加人员应包含外部应急响应机构、毗邻企业的人员、预案中有潜在影响的社区联络人;
- b) 车间演练应使用不同的模拟事件或事故模型,并包括尽可能多的各种人员。车间演练通常应

和全面演练相似,只是不包括外部应急响应机构、毗邻企业和社区;

- c) 桌面演练的目的是测试应急响应人员分析事件的能力、与其他应急响应人员的有效交流和对实施问题的反应。这种演练通常由管理人员或应急队伍的主要人员、该应急车间人员和外部机构共同进行。

5.6.3 对演练后的效果进行评价,查明预案和培训的不足、个人知识水平的缺陷,主要包括预案的三个主要方面:人员、程序、装备。

5.6.4 应急预案的审查和演练,应有书面总结,并根据需要修改预案。

5.7 应对风向变化的应急响应计划区

5.7.1 氯气泄漏扩散时受风向、风力因素控制,应对风向变化预设多个下风向应急响应计划区,并考虑以下方面:

- 应在不同方向设置两个不同的应急集结点,并标明方向、疏散路线。
- 制定所有车间人员在紧急情况下的撤离程序,并使撤离人员易于获得护目镜和逃生呼吸器。
- 制定所有车间人员撤离培训的程序,包括泄漏期间的逆风撤离(上风侧),使所有撤离人员都能到达安全区域或指定集结点。
- 制定针对装置人员需要隐蔽的程序,隐蔽方式包括关闭所有的通风口、门窗及在事故持续期间的人员限制。提出增压通风每人 $\geq 50 \text{ m}^3/\text{h}$ 的新风量的要求,并给出紧急情况下逃生方案(路线)和逃生呼吸器准备。
- 制定厂内应急撤离人员、隐蔽人员的统计程序,应包括参观、培训和承包商人员。

5.7.2 应对风向、风力的变化,以及隔离和防护距离作出评估:

- 建立重要泄漏源下风向应急响应计划区(卫星地图 1:50 000,半径 3 000 m,标注风玫瑰图),标识毗邻企业、社区等敏感地区和统计人数(表)等。
- 应急响应计划区划分 8 个~16 个应对风向变化的预案,标识下风向应急告知区、疏散区和隔离区,并演示一个风向的应急响应控制图(雷达图)。
- 应急响应控制图初始隔离距离和下风向防护距离可参考表 1 和表 2。

表 1 液氯泄漏应急响应初始隔离和下风向防护距离

化学品名称	少量泄漏(≤200 L) ^a			大量泄漏(>200 L) ^b		
	初始隔离 距离/m	下风向防护距离/km		初始隔离 距离/m	下风向防护距离/km	
		白天 疏散	夜间 疏散		白天 疏散	夜间 疏散
1017 氯(液化的)	60	0.3	1.1	见表 2		
^a 少量泄漏,即小包装(≤200 L)泄漏或大包装少量泄漏。						
^b 大量泄漏,即大包装(>200 L)泄漏或多个小包装同时泄漏。						

表 2 液氯大量泄漏应急响应初始隔离和下风向防护距离

容 器	初始隔 离距离 /m	下风向防护距离/km					
		白天			夜晚		
		低风 $< 3 \text{ m/s}$	中等风 $3 \text{ m/s} \sim 5.5 \text{ m/s}$	大风 $> 5.5 \text{ m/s}$	低风 $< 3 \text{ m/s}$	中等风 $3 \text{ m/s} \sim 5.5 \text{ m/s}$	大风 $> 5.5 \text{ m/s}$
铁路槽罐车	1 000	9.9	6.4	5.1	> 11	9.0	6.7

表 2 液氯大量泄漏应急响应初始隔离和下风向防护距离 (续)

容 器	初始隔 离距离 /m	下风向防护距离/km					
		白天			夜晚		
		低风 <3 m/s	中等风 3 m/s~5.5 m/s	大风 >5.5 m/s	低风 <3 m/s	中等风 3 m/s~5.5 m/s	大风 >5.5 m/s
汽车罐车或半挂车	600	5.8	3.4	2.9	6.7	5.0	4.1
多个气瓶	300	2.1	1.3	1.0	4.0	2.4	1.3
1 t 气瓶	150	1.5	0.8	0.5	2.9	1.3	0.6

5.8 保证应急响应预案有极大的优先权

保证应急响应预案有极大的优先权。每个工厂都宜考虑：

- 每年重审应急响应预案。
- 无论何时，只要工厂有改造就应重审应急响应预案。
- 无论何时，工厂有应急响应人员/机构变动时要更新应急响应预案。
- 执行由应急响应预案演练或实际紧急情况、事故处置产生的修改意见。
- 定期培训人员。