

山东省应急管理厅

关于印发《常压液体化学品自动充装系统安全技术改造指南（试行）》等3项指南的通知

各市应急管理局：

为认真落实国务院安委会安全生产十五条硬措施和省委、省政府安全生产“八抓20条”创新措施，加快推进危险化学品安全生产“机械化换人、自动化减人、智能化无人”工作（以下简称“三化”建设），济宁市、烟台市、潍坊市应急管理局采取有效措施，培育先进典型，示范引领其他企业实施安全技术改造，有力推动了危险化学品安全生产“三化”建设工作。

济宁市应急管理局、鱼台县应急管理局和山东鲁泰化学有限公司编制了《常压液体化学品自动充装系统安全技术改造指南（试行）》。烟台市应急管理局、黄渤海新区分局和万华化学集团股份有限公司、海虹老人涂料（烟台）有限公司、烟台金桥优尼科新材料科技有限公司、烟台黄渤海化工安全发展研究院编制了《涂料行业机械化自动化安全技术改造指南（试行）》。潍坊市应急管理局和山东永妥集团有限公司、山东爱沃达工程技术集团有限公司、山东海王化工股份有限公司、山东昌邑灶户盐化有限公司编制了《溴素行业机械化自动化安全技术改造指南（试行）》。3项指南均由汇智工程科技股份有限公司组织审核，并吸收采纳了部分市和企业的修改意见。

现将这3项指南印发给你们，请及时传达并组织辖区内相关的县（市、区）应急管理局和危险化学品企业，认真学习借鉴，参照进行改造，按照全省危险化学品安全生产“机械化换人、自动化减人、智能化无人”一系列现场推进会的部署要求，加快推进危险化学品安全生产“三化”建设工作。

- 附件：1.常压液体化学品自动充装系统安全技术改造指南（试行）
2.涂料行业机械化自动化安全技术改造指南（试行）
3.溴素行业机械化自动化安全技术改造指南（试行）

山东省应急管理厅
2023年4月24日



附件 1

常压液体化学品自动充装系统 安全技术改造指南（试行）

目 录

一、适用范围.....	1
二、引用标准	1
三、改造基本要求	1
（一）控制部分	1
（二）机械部分	3
1. 改造前的机械结构	3
2. 改造后的机械结构	4
（三）逻辑部分	5
（四）敞口式和密闭式顶部装卸臂	6
1. 敞口式顶部装卸臂	6
2. 密闭式顶部装卸臂	7
四、安全技术要求	7

一、适用范围

本指南适用于常压液体化学品上部充装系统的安全技术改造。

二、引用标准

《危险化学品安全管理条例》（国务院令第 591 号）

《危险化学品安全专项整治三年行动实施方案》

《关于印发〈全省危险化学品安全生产“机械化换人、自动化减人”工作方案〉的通知》（鲁应急字〔2021〕135 号）

《工业金属管道工程施工规范》（GB50235-2010）

《工业金属管道工程施工质量验收规范》（GB50184-2011）

《电气装置安装工程爆炸和火灾危险环境电气装置施工及验收规范》（GB50257-2014）

《液体装卸臂工程技术要求》（HG/T 21608-2012）

《仪表供气设计规范》（HG/T20510-2014）

《仪表供电设计规范》（HG/T20509-2014）

《石油化工分散控制系统设计规范》（SH/T3092-2013）

《石油化工静电接地设计规范》（SH/T3097-2017）

三、改造基本要求

（一）控制部分

控制系统采用两级主从分布控制。由一组或多组用于“集中控制管理”的上位机和安装在充装现场的若干套用于“分散式充装控制”的下位机（即定量充装控制器）组成，下位机与上位机之间通过工业以太网或 RS485 通讯网络及相应的标准通讯协

议来达到数据采集、充装管理、安全联锁和流程控制的功能。

控制系统可对充装过程进行程序控制、定量充装控制、防溢联锁控制、防静电接地联锁控制、人体静电释放联锁控制、电控钥匙盒联锁控制、挡车器联锁控制等。

1.定量充装控制功能。根据流量计信号换算成累计量，配合防溢探杆装置达到定量及安全控制。确定充装控制器的工作参数之后，充装控制器按照指定的程序完成自动充装过程，当充装量达到设定值时，自动停止充装。

2.气动切断阀和液碱充装泵的顺序控制功能。充装时按顺控程序依次开启切断阀和液碱充装泵，充装到预设量时再按照顺控时间次序依次关阀停泵，并通过两段式气控切断阀进行精细调节控制，实现自动精准充装作业，同时有效减少水锤效应。

3.远程/就地实时监控功能。定量充装控制器就地操作时，上位管理机与充装控制器同步实时显示充装进程和相关设备的状态。

4.远程/就地急停功能。上位管理机上设有暂停和急停软按钮，现场定量充装控制器设有急停按钮，若充装过程中现场发生紧急情况，可立即停止充装。

5.静电释放保护功能。检查人体静电释放、槽车静电接地、钥匙盒管理器，当检测到系统安全保护失效时，禁止启动或停止充装。

6.防溢保护功能。充装过程中自动检测溢流情况，达到控制液位时自动关阀停泵，停止充装，防止环境污染，消除安全隐患。

7.断电保护功能。 异常断电后仍可完整保留装置的有效数据，并能完成充装过程中断电时现场数据的保存，恢复供电后可继续完成充装任务。

8.操作授权保护功能。 能防止非授权人员操作该系统，具备分级授权密码保护功能。

9.自动定位控制功能。通过雷达 3D 扫描技术，再融入视觉算法计算灌口坐标传给鹤管控制器，实现自动定位寻找灌口控制。

10.挡车器控制功能.防止充装未完成，司机发动车辆造成安全事故，起到指示灯提示及阻挡作用。

11.充装数据采集归档功能。充装全过程数据自动归档，历史数据留存时间不少于 1 年。

12.鹤管自动助吹功能。鹤管充装完毕，充装阀切断后，残液吹扫阀自动打开，将鹤管中残液快速助吹下料，吹扫完成后自动关闭。残液吹扫阀与充装阀互锁，同一时间只能打开一个切断阀。

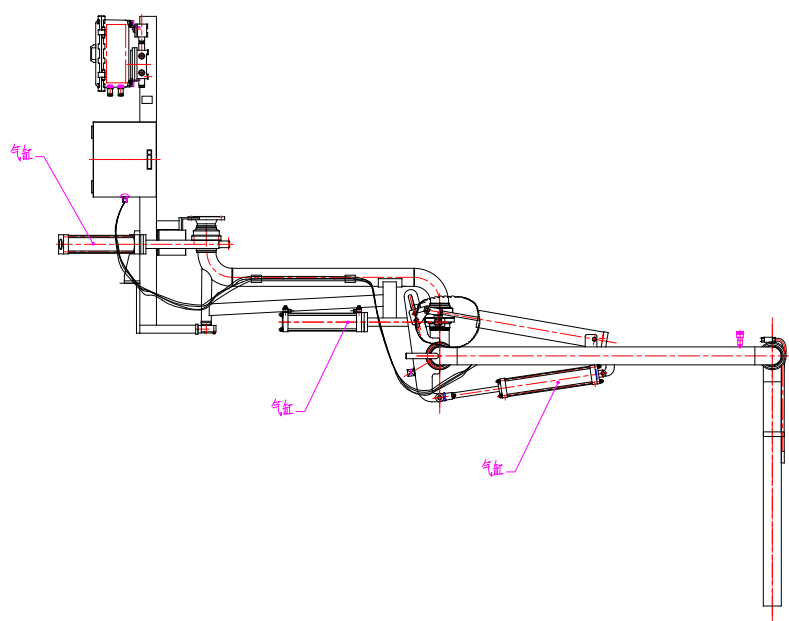
13.系统自检功能。系统自动巡检充装控制器工作状态，控制器发生故障时，上位管理机自动报警。

（二）机械部分

1.改造前的机械结构

原有鹤管机械结构简单，仅由固定、回转、操作、平衡等机构和管道组成，需要人力拉动鹤管臂进行槽车充装，人工成本高，工作效率低，不利于安全生产。在现有纯机械结构的鹤管内臂、外臂、垂臂上增设气缸驱动，3 只伸缩气缸分别驱动鹤管的内臂

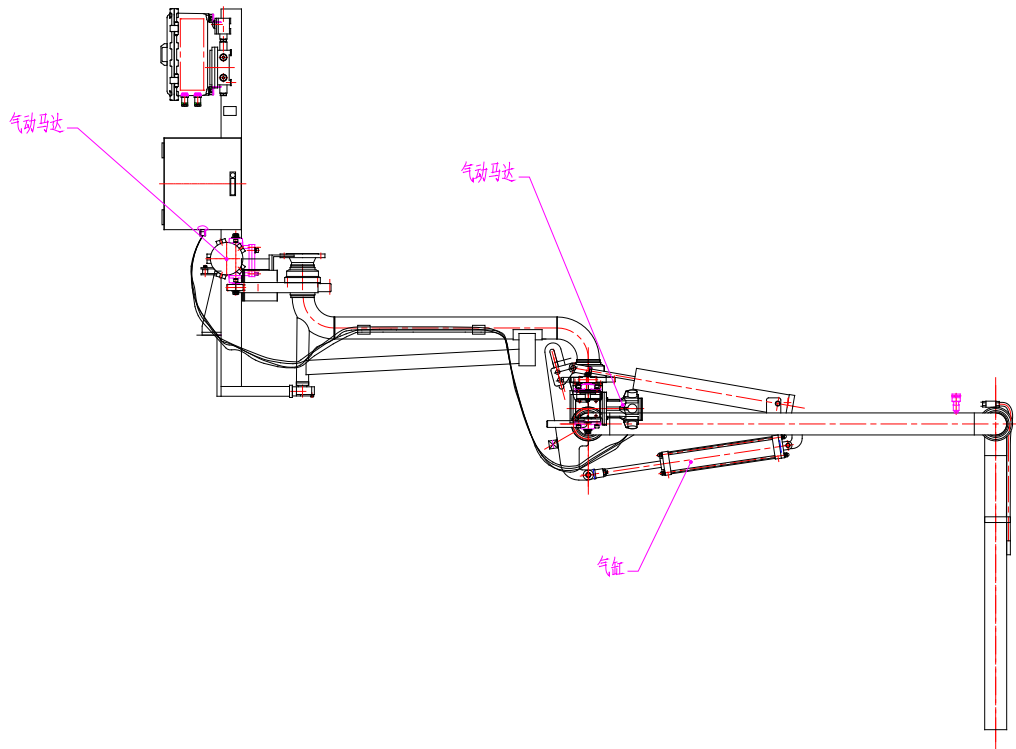
水平回转，外臂水平回转及垂臂上仰与下俯；气动控制箱设置在鹤管旁侧；气缸气动方式的优点：结构简洁，维护简单，配件容易采购。缺点：气缸自身特点使气缸突破阻尼后容易出现惯性行程，精准定位误差太大（1cm左右），且无紧锁装置，使三个臂的摆动幅度较大。



气缸驱动式（如图）

2.改造后的机械结构

鹤管采用气动气缸式的执行机构。气动气缸式的执行机构是以气源作为动力，气缸作为执行机构的一种架构，结构简单，操作方便，后期的保养和维修成本较低。



气动马达驱动式 (如图)

(三) 逻辑部分

鹤管自动定位引导充装流程设计如图 1 所示。

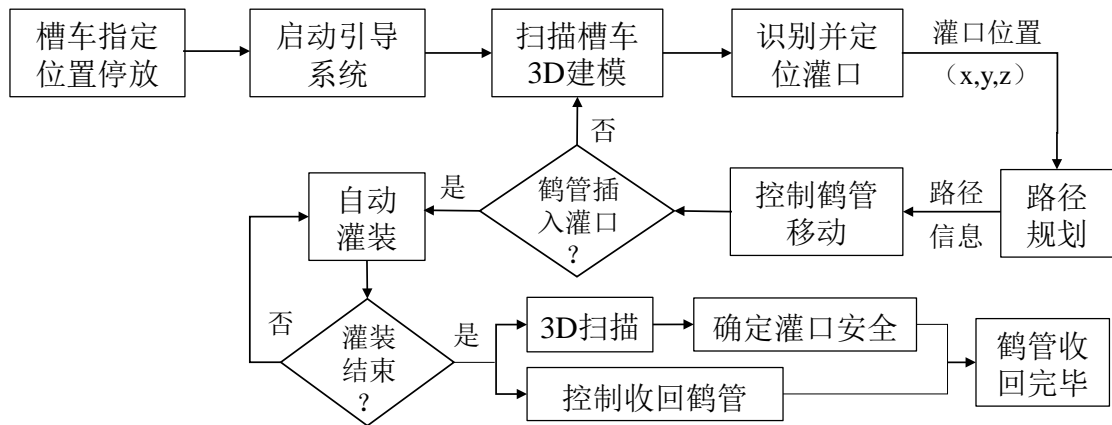


图 1 鹤管自动定位引导充装流程

槽车按指定位置停放，数字化装车信息平台给鹤管自动定位引导系统发送“鹤管插入”信号，按照工作流程完成以下任务：

系统利用视觉模块对槽车进行扫描建模，自动定位识别灌口的 3D 坐标位置，坐标发送给装车臂控制模块；

基于 3D 坐标路径规划，自动控制装车臂以最佳路径和最安全姿态将鹤管插入灌口；

鹤管插入后，视觉系统再次启动 3D 扫描建模，确认鹤管已经准确插入到位；

引导系统给平台发送“鹤管准备完毕”信号，开始充装；

槽车充装完毕后，平台给引导系统发送“收回鹤管”信号；

引导系统控制自动装车臂以安全的姿态和路径收回到位；

视觉模块进行 3D 扫描，确认灌口安全；

装车臂收回到位后，给平台发送“鹤管收回完毕”信号。

（四）敞口式和密闭式顶部装卸臂

1.敞口式顶部装卸臂

敞口式顶部装卸臂由转动灵活，密封性好的旋转接头与刚性弯头及管道连接起来，用于装卸栈桥储运管线与槽车之间液态产品传输的专用设备。

关键部件旋转接头采用合金钢及不锈钢材质，内藏双滚道支承结构，能够承受苛刻的轴向、径向及力矩负荷，转动灵活、可靠、无泄漏。内部密封圈结构独特，采用耐磨、耐腐蚀的增强聚四氟乙烯 PTFE，内嵌不锈钢骨架，密封面经抛光处理，耐磨性能极佳，密封性能优越、可靠。组件弹簧缸平衡机构设计合理，

能使装卸臂在操作范围内随遇平衡，避免装卸臂因不平衡而出现碰撞现象，使操作灵活、安全。

敞口式顶部装卸臂适用于非挥发性液态化学品顶部装车。

2. 密闭式顶部装卸臂

密闭式顶部装卸臂由 5 个旋转接组成回转机构，液相 4 个，气相 1 个。气相在转接处使用金属软管连接，保证鹤管的旋转灵活性。垂管上有一个锥形密封帽，装车时垂管插到槽车的顶部灌口，密封帽压实在灌口处，达到充分密闭的作用。密封帽密闭后，槽车内气相介质通过鹤管上的气相管道抽入回收系统。

密闭式顶部装卸臂适用于挥发性液态化学品顶部装车。

四、安全技术要求

在安全方面，为了保障人员的安全以及系统的平稳运行，制定了系统联锁逻辑，包括以下几个方面：

1. 当鹤管臂进行移动时，如超出移动范围，会触发限位反馈，鹤管将无法继续动作，直至进行反方向归位。

2. 当装车过程中发生液碱溢出，溢出的液碱就会触碰到于鹤管底部的防溢探头，防溢探头发信号后，会立即截停充装阀门，直至操作人员进行复位操作。

3. 当充装结束后，未将鹤管拔出以及进行静电接地夹归位操作时，道闸不会抬起，防止货车司机操作失误、损坏设备。

另外，系统充分考虑充装鹤管中残液的收集处置，通过在气动切断阀下端设置电磁阀控制气源自动开关用于吹扫充装后残留管道内液体下料的自动控制装置，可以在气动切断阀充装结束

完全关闭后自动开启自吹，气压强度 0.4-0.6MPa，能实现快速吹清残留液体，把残留液体流出时间从 2-5 分钟提升到 8 秒内，有效提升残液排出速度，提高充装工作效率。

维保要求：马达、减速机、齿轮机构、蜗轮蜗杆机构、旋转接头需加注润滑油脂，每半年检查一次；旋转接头密封圈、密封帽胶圈等密封件两年更换一次。

附件 2

涂料行业机械化自动化安全技术改造指南（试行）

目 录

1 范围	1
2 规范性引用文件.....	1
3 罐区原料卸车.....	1
3.1 操作单元描述.....	1
3.2 控制参数和联锁逻辑.....	1
3.3 功能和效率.....	2
3.4 专用设备选型.....	2
3.5 辅助设施的选用.....	2
4 投料	2
4.1 液体物料输送.....	2
4.1.1 操作单元描述.....	2
4.1.2 控制参数和联锁逻辑.....	2
4.1.3 功能和效率.....	3
4.1.4 专用设备选型.....	3
4.1.5 辅助设施的选用.....	3
4.2 固体物料输送.....	3
4.2.1 操作单元描述.....	3
4.2.2 控制参数和联锁逻辑.....	4
4.2.3 功能和效率.....	4
4.2.4 专用设备选型.....	4
4.2.5 辅助设施的选用.....	4
5 混合、反应.....	5
5.1 操作单元描述.....	5
5.2 控制参数和联锁逻辑.....	5
5.3 功能和效率.....	5
5.4 辅助设施的选用.....	5
5.4.1 投加料扫码防错系统.....	5
5.4.2 自动清洗系统.....	5
6 自动灌装.....	5
6.1 操作单元描述.....	5
6.2 控制参数和联锁逻辑.....	5
6.3 功能和效率.....	6
6.4 专用设备选型.....	6
6.5 辅助设施的选用.....	6
7 自动码垛.....	6
7.1 操作单元描述.....	6

7.2 控制参数和联锁逻辑.....	6
7.3 功能和效率.....	6
7.4 专用设备选型.....	6
8 其他	7
8.1 特殊物料.....	7
8.2 自控系统.....	7

1 范围

本指南适用于全省涂料、油漆、油墨等企业“机械化换人、自动化减人”安全技术改造。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 51283 精细化工企业工程设计防火标准

GB 50235 工业金属管道工程施工规范

GB 50184 工业金属管道工程施工质量验收规范

GB 50257 电气装置安装工程爆炸和火灾危险环境电气装置施工及验收规范

SH 3092 石油化工分散控制系统设计规范

SH 3097 石油化工静电接地设计规范

HG 20510 仪表供气设计规范

HG 20509 仪表供电设计规范

HG 21608 液体装卸臂工程技术要求

《危险化学品安全管理条例》

《危险化学品安全专项整治三年行动实施方案》

《全省危险化学品安全生产“机械化换人、自动化减人”工作方案》（鲁应急字〔2021〕135号）

3 罐区原料卸车

3.1 操作单元描述

罐区原料一键卸车指通过机械化、自动化设备将用于涂料生产的大宗液体物料卸入罐区。该系统旨在由工程设备完成安全联锁核查，并在卸车过程中监控各项安全参数，保证卸车安全。同时，罐区原料一键卸车系统在保证安全的前提下，通过优化操作步骤提高卸车效率。

3.2 控制参数和联锁逻辑

表 3.2 参考的控制参数和联锁逻辑

序号	联锁名称	控制参数	备注
1	液位低低联锁、压力低低联锁、进口阀打开、压力开关打开、熔断阀关闭联锁	液位：联锁范围（500-7000mm） 压力：联锁范围（15-115mbar）	示例：雷达液位计低于 500mm，压力变送器低于-15mbar 时，关闭泵的进口阀并停止输送泵
2	液位高高联锁、压力高高联锁、液位开关打开、压力开关打开	液位：联锁范围（500-7000mm） 压力：联锁范围（15-115mbar）	示例：雷达液位计高于 6960mm，压力变送器高于 110mbar 时关闭进口阀并停止卸料泵

3	储罐液位联锁	向储罐卸料时，如果 30S 内未发现液位升高，发出警报，停止卸料泵，关闭进口阀	/
4	进口阀联锁	当进口阀打开时，则禁止出料。	/
5	确认操作联锁	当卸料人员未在操作界面上确认平衡管连接，提示这将禁止槽车卸料操作	/
6	急停联锁	当 ESD 急停系统启用时，原料卸车作业终止	/

3.3 功能和效率

该系统应能实现槽罐车静电接地、气相平衡管连接、液位检测、罐内压力等安全核查。可实现效率为 10t/h 树脂类液体原料或 20t/h 溶剂类液体原料输送。

3.4 专用设备选型

表 3.4 参考的专用设备选型

序号	设备名称	型号及功能描述	备注
1	齿轮泵	可用于树脂类原料泵送	根据输送介质进行设备选型
2	离心泵	可用于溶剂类原料泵送	根据输送介质进行设备选型
3	气相平衡管	连接槽罐车顶部，实现卸料过程中储罐和槽车的气压平衡	根据输送介质进行设备选型
4	静电接地装置(夹)	与卸车系统进行联锁	/
5	氮气保护系统	氮气充装于罐内顶部。	根据输送介质进行设计

3.5 辅助设施的选用

a) 氮气保护系统：罐区储罐如采用氮气保护，应设有压力联锁，罐区原料在氮气保护环境中储存，可有效避免爆炸性危险气体积聚。

b) 保温系统：树脂类物料在低温时易产生固化、结块等情况，对此类物料的储罐和管道现场设有保温系统。保温材料可选用自限温材料，避免温度失控带来的风险。

4 投料

4.1 液体物料输送

4.1.1 操作单元描述

DCS 一键式液体投料生产又可称作配方式生产，即指由自动化、机械化设备根据预先设定的配方完成所有操作，此过程仅需操作人员给予生产配方指令即可实现稀释剂、固化剂、树脂等产品的自动进料。

4.1.2 控制参数和联锁逻辑

表 4.1.2 参考的控制参数和联锁逻辑

序号	联锁名称	控制参数	备注
1	分散设备高高液位联锁	设备高高液位报警时，停止原料泵并关闭所有进口阀，以防止过量填充	/
2	重量联锁	在自动添加原料时，如果 30S 未发现重量增加，发出警报，人员响应	/
3	液位开关联锁	高位槽出口实现无液报警	/
4	故障信号联锁	相关阀门及相应进料阀及泵出现故障信号时，将停止原料泵，关闭所有进口阀	/
5	人孔、小袋投料口联锁	接近开关检测到入孔/小袋投料口打开，设备自动打开除尘阀	废气、粉尘处理系统
6	急停联锁	当 ESD 急停系统启用时，投料作业停止	/

4.1.3 功能和效率

该系统可有效降低进料、投料过程中的人员误操作风险，如品种错误、重量错误、次序错误等；可依据产品结构不同幅度减少现场作业人员。

4.1.4 专用设备选型

表 4.1.4 参考的专用设备选型

序号	设备名称	功能描述	备注
1	分散控制系统	用于给与生产指令并监控生产运行参数	DCS 或 PLC

4.1.5 辅助设施的选用

生产釜自清洁系统，可在完成单批次产品后自动清洗生产釜。

4.2 固体物料输送

4.2.1 操作单元描述

固体物料输送指将粉体物料从投料仓输送到目标设备的过程。粉体物料的输送方式主要有两种：一种是机械输送，利用机械运动来输送物料；另一种是气力输送（粉体流态化），借助风力输送物料。

a) 机械输送

粉体物料机械输送常用的设备有皮带输送机、管链输送、螺旋输送机、刮板输送机、链斗输送机、斗式提升机。

b) 气力输送

气力输送系统可分为正压输送和负压输送。可根据物料危险性选择空气或氮气作为气源。

表 4.2.1 机械输送和气力输送适应范围

输送方式	适应范围	
机械输送	可连续输送各种粉体、颗粒状等散装物料	
气力输送	正压气力输送	负压气力输送
	适用较长的输送管线距离及精细的、颗粒状的、磨蚀性和非磨蚀性的及其	即点对点的输送，如车间除尘、原材料存储输送等

	它难于输送的物料，如白沙、彩砂、碳酸钙等	
--	----------------------	--

4.2.2 控制参数和联锁逻辑

表 4.2.2 参考的控制参数和联锁逻辑

序号	联锁名称	控制参数	备注
1	上料压力联锁	气源压力低时，设备不能启动	/
2	上料数量联锁	接受设备的可接受量低于料仓量时，设备不能启动	/

4.2.3 功能和效率

a) 大批量粉料气力输送

大袋固体粉料经叉车运送到粉体投料站，先将粉料加入到料仓，启动气体输送装置，将粉料输送到计量罐，输送时间不超过 1 分钟。

b) 小批量粉料螺旋输送

小批量粉料通过升降平台运送到密闭投料仓，通过机械螺旋或移动投料小车投送到对应分散釜。可避免人工直接投粉料的操作，最大限度的实现全封闭投料，保护釜内的氮封环境不被破坏，减少釜内有有毒有害气体外溢的风险，使投粉料环节更加安全。

4.2.4 专用设备选型

主要由动量输送设备（风机、管链输送机、皮带输送机等）、解包机、给料器、管道及管件、料仓、物料分离器、除尘器、以及料位计或称重模块、压力表、控制阀门等设备及集散控制系统（DCS）或可编程逻辑控制器（PLC）组成。

气动隔膜泵、螺旋输送机、管链输送机等采用远程和现场自动启停、调节，破碎机采用远程和现场自动启停，给料器/上料机采用远程和现场自动启停。

表 4.2.4 参考的专用设备选型

序号	设备名称	型号及功能描述	备注
1	动量输送设备	可采用压缩机、真空泵、气动隔膜泵等产生气流；或采用螺旋输送机、管链输送机等机械输送设备	/
2	给料器/上料机	可根据物料性质采用皮带、螺杆、链条、刮板等传动方式	/
3	输送管	内衬搪瓷，具有耐磨性	/
4	料仓/计量槽	加装称重模块或料位等计量设备	/
5	除尘器	除去粉尘，防止污染空气和风机受到磨损	/

4.2.5 辅助设施的选用

系统应设置稳定气源，分两路供气，一路是为切断阀、仪表等提供气源，另一路主要是作为气力输送的动力气源，两路气源从缓冲罐（总气源）接出时应设置防倒流措施，避免相互影响。

5 混合、反应

5.1 操作单元描述

主要是对混合分散、聚合、调色操作单元的机械化、自动化控制。

5.2 控制参数和联锁逻辑

a) 远程监控温度、压力、PH 值、搅拌电机电流等参数。

b) 通过自动调节冷（热）媒量、原料进料量等远程控制反应釜温度或压力。当需调节 PH 值时设 PH 在线检测仪表，通过自动调节原料进料量控制 PH 值。达到设定值时，联锁切断进料。

c) 反应器冷（热）媒系统采用远程自动控制。

d) 设有搅拌时，搅拌电机电流控制室集中显示报警，远程控制。

e) 反应器根据需要设置远传液位计或液位开关等检测报警仪表，达到设定值时联锁切断进料。

f) 批量控制系统：批量生产过程在现代工业生产过程中已占有重要的地位，利用批量控制软件实现水性涂料大规模生产的 DCS 批量控制系统设计。

5.3 功能和效率

批量控制技术提高了整个生产线的自动化程度，大大减少人员的手动操作，从而保证了工艺系统高效、稳定、连续的运行。在实际频繁的配方程序切换过程中，无需进行复杂的程序编译和修改，提高了生产线的生产效率，达到了机械化换人、自动化减人的目标。

5.4 辅助设施的选用

5.4.1 投加料扫码防错系统

间歇操作的特征是一种或几种原料一次性定量加入反应器，其他原料连续（如滴加）或分批加入，然后进行化学反应，反应结束后采出全部物料，原料种类多，加错料风险较高。利用无线扫码系统投料，物料个体身份信息数码化，实现投加料防错，降低操作风险。

5.4.2 自动清洗系统

用于生产批次转换过程中的生产釜清洗，通过自动清洗系统替代传统的人工清洗作业，避免因人工洗缸产生的气体外溢至生产车间。选用高压清洗设备时，应考虑氮气保护，以免因静电产生火灾或爆炸事故。

6 自动灌装

6.1 操作单元描述

对成品进行灌装，可实现自动上桶、自动贴标、连续灌装、自动加盖、自动传输等功能。

6.2 控制参数和联锁逻辑

表 6.2 参考的控制参数和联锁逻辑

序号	操作报警	控制参数	备注
1	急停按钮	按下后设备无法启动	/
2	异常报警	设备停止运行并声光报警	加盖、灌装、传输等

			工序出现故障时
--	--	--	---------

6.3 功能和效率

以 20L 产品为例，可实现每分钟 4 桶的灌装效率；以 5L 产品为例，可实现每分钟 15 桶的灌装效率。系统可有效减少人工灌装所需人员，例如每条生产线可减少 1-3 名人工灌装员工。

6.4 专用设备选型

表 6.4 专用设备选型

序号	设备名称	型号及功能描述	备注
1	自动灌装线	实现自动进空桶、自动贴标、自动灌装、自动封盖、自动传输等功能	/

6.5 辅助设施的选用

a) 压缩空气系统。系统应设置稳定气源，气源从缓冲罐接出时应设置防倒流措施，避免相互影响。

b) 溶剂回收系统。选配自动灌装线自清洁设备，回收处理废旧溶剂。

7 自动码垛

7.1 操作单元描述

用于将灌装完毕的桶装产品经机器人手臂自动码垛在托盘上，并在线缠膜机，完成产品下线工作。

7.2 控制参数和联锁逻辑

表 7.2 参考的控制参数和联锁逻辑

序号	联锁名称	型号及功能描述	备注
1	人员勿入联锁	人员误入码垛区，设备自动停机	/
2	急停按钮	按下后设备无法启动	/
3	错误抓取	抓取数量错误，设备停止运行并声光报警	/
4	传送错误	传送故障时，设备停止运行并声光报警	/

7.3 功能和效率

以 20L 产品为例，可实现每分钟 8 桶的码垛效率；以 5L 产品为例，可实现每分钟 30 桶的码垛效率。系统不需要人员操作，可实现自动化操作以及在线缠膜功能。

7.4 专用设备选型

表 7.4 参考的专用设备选型

序号	设备名称	型号及功能描述	备注
1	码垛机器人	实现自动抓取产品/卡板并按要求排列	/
2	在线缠膜机	用于自动缠膜打包	/
3	安全栅栏	实现运行期间对进入码垛范围内人员的保护	人员进入设备停止运行

8 其他

8.1 特殊物料

针对易燃、易爆、毒性、腐蚀性、忌水、忌空气等特殊介质，粉碎、筛分单元操作存在诸多安全风险，应在基础设计阶段开展本质安全审查、危险和可操作性分析(HAZOP)，并采用预危险分析(PHA)、事故树分析(FTA)等定性定量风险评价方法，对整个粉碎或筛分单元操作过程的危险性进行分析，根据分析结果采用相应的机械化、自动化设计方案。在运行阶段，应借助风险检查表(RC-Set)、定量风险评估(QRA)等风险评估技术进行详细的风险量化与定级，确定安全风险清单。

8.2 自控系统

8.2.1 基于工艺危害分析(PHA)和安全完整性等级(SIL)定级、验证，确需配置安全仪表系统(SIS)的装置，SIS系统的测量仪表、逻辑控制器及最终元件应独立设置。

8.2.2 控制室应设置紧急停车按钮，现场应设置就地紧急停车按钮；控制系统紧急停车按钮和重要的复位、报警等功能按钮应在辅操台上设置硬按钮，就地紧急停车按钮宜分区域集中设置在操作人员易于接近的地点。

附件 3

溴素行业机械化自动化安全技术改造指南（试行）

目 录

1 概述	1
1.1 适用范围	1
1.2 溴素生产工艺	1
1.2.1 溴素生产工艺简介	1
1.2.2 反应方程式	1
2 危险性分析	1
2.1 固有危险性	1
2.2 工艺过程的危险性	2
2.2.1 危险和可操作性分析	2
2.2.2 生产过程的危险性	2
3 重点监控的工艺参数和控制要求	2
3.1 溴素生产工艺的关键设备	2
3.2 溴素生产工艺的主要控制参数	2
4 溴素生产单元自动化设计方案	3
4.1 液氯储存工序	3
4.1.1 液氯钢瓶	3
4.1.2 液氯储罐	4
4.1.3 液氯卸车气化器	4
4.1.4 卸车氯气缓冲罐	4
4.2 硫磺焚烧工序	4
4.3 气化工序	4
4.3.1 热水槽	4
4.3.2 气化器	4
4.3.3 氯气缓冲罐	4
4.4 吹吸工序	5
4.4.1 混酸进料	5
4.4.2 氯气进料	5
4.4.3 二氧化硫进料	5
4.5 蒸馏工序	5
4.5.1 完成液进料	5
4.5.2 氯气进料	5
4.5.3 温度	5
4.5.4 蒸汽进料压力	5
4.6 溴素罐区	5
4.7 酸罐罐区	5
4.8 事故氯吸收	5

5 通用设计要求	6
5.1 基本监控要求	6
5.2 仪表系统选用原则	6
5.2.1 基本过程控制系统（BPCS）选用原则	6
5.2.2 安全仪表系统选用原则	6
5.2.3 气体检测报警系统（GDS）选用原则	7
5.3 其他安全设施	7
6 附件	8
附表 1 某企业溴素生产工艺控制、报警、联锁一览表	8
表 1.1 某溴素企业 DCS 控制、报警、联锁一览表	8
表 1.2 溴素工艺 SIS 系统报警、联锁一览表	9
附图 1 工艺管道与仪表流程图	10

1 概述

1.1 适用范围

本指南适用以卤水为原料提取溴素的生产装置机械化、自动化改造。

各有关单位在执行本指南时，应结合企业实际深入分析各自装置的运行状况和存在的问题，按照“安全、可靠、经济、实用”的原则进行设计、施工和生产操作。

1.2 溴素生产工艺

1.2.1 溴素生产工艺简介

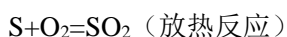
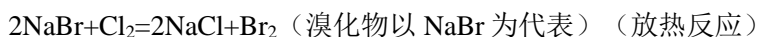
目前，溴素生产多采用空气吹出法来制备溴素，其制备工艺主要包括以下几个环节：

1) 将卤水泵将卤水抽至输送管道，向管道内加入废酸（当酸度达不到 PH 值要求时加入稀释后的硫酸），在酸性环境下通入氯气，在管道内发生氧化反应，卤水输送至吹出塔后，用鼓风机向吹出塔鼓空气，游离溴从卤水中分离并进入吸收塔、捕沫塔，塔底的脱溴卤水排向盐田；

2) 二氧化硫（硫磺经密闭燃烧氧化生成）在吸收塔瞬间负压状态下吸入，同时加水，含溴空气与二氧化硫进行还原反应，用水吸收溴化氢气体成为氢溴酸母液，母液池收集一定量的氢溴酸母液后进入蒸馏工段；

3) 用泵将母液池内的氢溴酸母液送入蒸馏塔（常压蒸馏），同时向塔内通氯气，把溴重新置换出来，经蒸馏、冷凝制得溴素成品，蒸出的废酸进入酸池，循环使用。

1.2.2 反应方程式



2 危险性分析

溴素生产工艺涉及的原辅材料、中间产物、产品有氯、硫磺、硫酸、卤水、二氧化硫烟气、母液（含氢溴酸）、酸性水（含有硫酸、盐酸、水等）、溴素；事故氯吸收装置涉及液碱。

2.1 固有危险性

固有危险性是指溴素生产过程中的原料、产品、中间产品等本身具有的固有有害特性。

硫磺与卤素、金属粉末等接触剧烈反应。硫磺为不良导体，在上料过程中易产生静电荷，可导致硫磺起火。液氯储罐、液氯钢瓶及氯气缓冲罐作为压力容器，均易发生物理爆炸等。液氯使用过

程中氯气缓冲罐会残留少量三氯化氮，三氯化氮受热、震动、撞击、摩擦，相当敏感，极易分解发生爆炸。氯气为剧毒物质，溴素具有强刺激性，二氧化硫有毒，具强刺激性。盐酸毒物危害程度分级为Ⅱ级，硫酸毒物危害程度分级为Ⅰ级。溴素生产过程涉及到的氯、溴素、盐酸、硫酸、氢溴酸、液碱等均为腐蚀性物质。

2.2 工艺过程的危险性

2.2.1 危险和可操作性分析

溴素生产企业应在基础设计阶段开展危险和可操作性分析（HAZOP），及预先危险分析（PHA）或事故树分析（ETA）等定性、定量风险评价方法，对整个溴素生产过程及储存单元的危险性进行分析。

2.2.2 生产过程的危险性

液氯气化过程、蒸馏过程及硫磺燃烧过程需要严格控制温度，液氯气化过程温度过低极易造成三氯化氮积聚；蒸馏过程及硫磺燃烧过程温度过高，容易造成泄漏，有毒物质扩散。严格控制液氯气化温度、吹洗工序的配氯率、蒸馏塔氯气进料流量、蒸馏塔顶温度等参数均有利于生产过程的平稳运行。液态或气态氯、盐酸、硫酸及溴素等具有毒性、强腐蚀性；氯需在一定压力下储存，溴素储罐采用特殊材质，一旦泄漏，将会造成重大安全和环境事故。

3 重点监控的工艺参数和控制要求

3.1 溴素生产工艺的关键设备

溴素生产工艺的关键生产设备有液氯气化器、氯气缓冲罐、蒸馏塔、硫磺炉、吹出塔、吸收塔等；关键储存设备主要有液氯储罐或液氯钢瓶、溴素储罐、液碱储罐、硫酸储罐及盐酸储罐。

3.2 溴素生产工艺的主要控制参数

溴素生产流程主要包括液氯储运工序、硫磺焚烧工序、液氯气化工序、吹吸工序、蒸馏工序、储罐区（盐酸、硫酸及溴素）及事故氯吸收等工序。

溴素生产工艺重点监控的工艺参数和控制要求详见表 3.1。

表 3.1 溴素生产装置重点监控工艺参数及控制要求

工序		工艺参数	控制要求	备注
液氯储运工序	液氯钢瓶	重量	应保留 5Kg 以上的余氯	500kg 及 1000kg 的气瓶
		温度	冬季钢瓶水浴温度不超过 40℃	
	液氯储罐	液位	储存量不得超过全容积的 80%。	
		压力	压力不宜超过 1.0MPa	
	液氯卸车气化器	温度	液氯气化温度不得超过 40℃，	

	卸车氯气缓冲罐	压力	气化压力不应超过 1MPa	
硫磺焚烧工序	硫磺炉	温度	集中显示、控制	
	罗茨风机	电流	集中显示、控制	
	硫磺提升机（机械手）等自动化设施	电流	集中显示、控制	
	螺旋进料机料仓	高低液位	集中显示、控制	
	螺旋进料机	电流	联动吹废指标在指定范围	
气化工序	热水槽	温度	建议热水控制温度 75~85℃	
	气化器	温度	液氯气化出口温度不得低于 71℃	
	氯气缓冲罐	压力	缓冲罐压力不超过 0.75MPa	
吹吸工序	酸	PH	控制酸进料量	
	氯气	配氯率	控制氯进料量	
	吹废	二氧化硫含量	控制硫磺进料量	
蒸馏工序	完成液（母液）	流量	控制完成液进料量	
	氯气	流量	控制氯气进料量	
	蒸馏塔	温度	塔顶温度不宜超过 85℃（蒸汽加热）、电加热不宜超过 92℃	
	进塔蒸汽	压力	控制进塔蒸汽压力恒定	
	分离瓶（视镜）	色谱	控制色谱在指定范围内	
储罐区	溴素储罐	液位	溴素储罐贮存上限为 90%。	
	溴素应急罐	液位	集中显示	
	酸罐	液位	控制酸罐液位	
事故氯吸收	风机	电流	集中显示/启停	
	吸收塔循环泵	电流	集中显示/启停	
	冷却器冷却用循环水泵或冷却水泵	电流	集中显示/启停	
	吸收碱液罐	液位	集中显示	

4 溴素生产单元自动化设计方案

4.1 液氯储存工序

4.1.1 液氯钢瓶

（1）重量

液氯钢瓶应设置称重变送器及液氯出料开关阀，低限报警，低低报警联锁切断液氯出料开关阀。

（2）温度

液氯钢瓶升温用的水浴热水槽应设置水浴温度变送器，与水浴热水槽的蒸汽调节阀形成控制回路，控制水浴热水槽内热水温度不宜超过 40℃。水浴温度变送器高限报警，温度高高限联锁关闭水

浴热水槽的蒸汽调节阀。

4.1.2 液氯储罐

(1) 液位

液氯储罐应设置液位检测仪表及进出料开关阀，当液位达到规定的液位上限时，高限报警，高高限连锁切断储罐进料开关阀及进料设施。液位低限报警，低低限切断储罐出料开关阀。储罐的储存量不得超过全容积的 80%。

(2) 压力

液氯储罐应安装就地压力表、远传压力检测仪表，设置压力高限报警、高高限连锁切断进料开关阀、打开紧急泄压自动控制阀，开启事故氯吸收装置（启动风机、吸收塔循环泵、冷却器冷却用循环水泵或冷却水泵）。

4.1.3 液氯卸车气化器

液氯卸车气化器应设置温度集中显示报警，温度不宜超过 40℃。

4.1.4 卸车氯气缓冲罐

卸车氯气缓冲罐应设置压力变送器，压力变送器与卸车用液氯气化器液氯进料调节阀形成控制回路，高限报警，高高限连锁切断液氯气化器液氯进料调节阀。

4.2 硫磺焚烧工序

硫磺炉应设置温度变送器；硫磺炉温度过高、过低时报警，温度过高时连锁停止螺旋进料器。

螺旋进料机的变频器与吹废在线检测仪形成控制回路，罗茨风机故障连锁停螺旋进料机。

固体硫磺投料环节采用机器人、进料提升机等实现机械化、自动化投料，料仓应设置高、低料位计，并应设置料位低自动投料，料位高自动停止投料。

4.3 气化工序

4.3.1 热水槽

热水槽应设置温度变送器，与热水槽蒸汽调节阀形成控制回路，热水槽温度高限报警，高高限（温度不超过 85℃）连锁切断热水槽蒸汽调节阀。

4.3.2 气化器

液氯气化器应设置温度集中显示报警，液氯气化器出口温度不宜低于 71℃。

4.3.3 氯气缓冲罐

氯气缓冲罐应设置远传压力检测仪表，压力与生产用液氯气化器液氯进料调节阀构成控制回路，设置压力高限报警、高高限连锁切断生产用液氯气化器液氯进料调节阀。

4.4 吹吸工序

4.4.1 混酸进料

混酸进料管线设置远传流量检测仪表、PH 在线检测仪，并与混酸进料调节阀形成控制回路。

4.4.2 氯气进料

氯气进料管线设置远传流量检测仪表、配氯率在线检测仪，并与氯气进料调节阀形成控制回路。

4.4.3 二氧化硫进料

吹出塔设置吹废 SO₂ 在线检测仪，并与硫磺焚烧炉螺旋进料机的变频器形成控制回路。

4.5 蒸馏工序

4.5.1 完成液进料

完成液进料管线设置远传流量检测仪表与完成液进料调节阀形成控制回路。

4.5.2 氯气进料

氯气进料管线设置远传流量检测仪表，分离瓶（塔节视镜）设置色谱在线检测仪与氯气进料调节阀形成控制回路。

4.5.3 温度

塔顶应设置温度变送器与蒸气进料管线调节阀形成控制回路，高限报警，控制塔顶温度不宜超过 85℃。（采用电加热时控制塔顶温度不宜超过 92℃，可采用电加热温控系统）

4.5.4 蒸汽进料压力

蒸汽加热蒸馏塔可采用蒸汽供气系统稳压设置，推荐采用压力变送器与蒸汽调节阀组合方式或自力式调节阀方式控制进塔蒸汽的压力。

4.6 溴素罐区

溴素储罐应设置液位检测仪表及进出料开关阀；当液位达到规定的液位上限时，高限报警，高高限连锁切断储罐进料开关阀，停止向储罐进料；液位低限报警，低低限连锁切断出料开关阀（机泵输送）。储罐的储存量不得超过全容积的 90%。

溴素应急罐应设置液位检测仪表集中显示。

4.7 酸罐罐区

酸储罐应设置液位检测仪表及进出料开关阀，当液位达到规定的液位上限时，高限报警，高高限连锁切断储罐进料开关阀，停止向储罐进料。液位低限报警，低低限连锁停止物料输送措施。

4.8 事故氯吸收

4.8.1 事故氯处理装置能力（如碱吸收、热交换等）应与液氯泄漏量相匹配，泄漏量应当综合考

虑堵漏和倒罐时长、泄漏管径和速率等因素。

4.8.2 各工序开停车、事故、维修等排放的废氯气，应通过氯气总管、事故氯总管、负压总管等回收至事故氯处理系统。事故氯处理系统的吸收能力应满足最大排放工况，处理后的尾气应达标排放。

4.8.3 事故氯处理装置应按照连续工况进行系统设置，至少为两塔吸收的方式。碱液循环泵、吸收尾气引风机、供应废氯气处理工序的循环水或冷冻水等应设置备用泵（风机）。

4.8.4 事故氯处理装置的碱液储存能力应满足最大事故氯用量需要，碱液应定期化验分析和补充、更换，以满足事故状态下吸收氯气的要求。吸收塔循环碱液宜设置在线氧化还原电位检测仪。

4.8.5 液氯气化区和钢瓶区应设置紧急密闭措施或者相应的措施，包括移动式或固定式的密封设施，移动软管应覆盖所有可能发生泄漏的部位。液氯钢瓶区宜设置钢瓶负压处置房及相应的氯气处理装置。

4.8.6 事故氯处理装置、液氯倒罐泵等供电电源应满足一级负荷的要求，宜设置 EPS 装置或配备柴油发电机组。

5 通用设计要求

5.1 基本监控要求

溴素生产工艺的生产装置设置的自动控制系统应达到重点监管危险化工工艺目录中有关安全控制的基本要求，重点监控工艺参数应传送至控制室集中显示，并按照宜采用的控制方式设置相应的联锁。自动控制系统应具备远程调节、信息存储、连续记录、超限报警、联锁切断、紧急停车等功能。记录的电子数据的保存时间不少于 30 天。

5.2 仪表系统选用原则

5.2.1 基本过程控制系统（BPCS）选用原则

- （1）基本过程控制系统（BPCS）宜首选 DCS 系统。
- （2）基本过程控制系统的 CPU、通信、电源等模块宜冗余设置。
- （3）在控制室内加装紧急停车按钮，确保现场出现紧急情况（如氯气泄漏、重要设备损坏等）时，操作人员可在控制室内切断原料进料、启动紧急冷却系统、紧急泄放系统和吸收中和系统等。

BPCS 的报警及联锁的设计应满足《信号报警及联锁系统设计规范》（HG/T20511）的要求。

5.2.2 安全仪表系统选用原则

针对具体的溴素生产工艺及储存设施，依据反应安全风险评估结果、危险和可操作性分析（HAZOP）、LOPA 分析确定相关各安全仪表功能（SIF）的安全完整性等级（SIL）。通过 LOPA 分

析，安全仪表功能（SIF）的安全完整性等级（SIL）>1 时，应配置独立于 DCS 系统之外的安全仪表系统（SIS），≤1 的可以与 DCS 合并设置。根据仪表的安全性和可用性，测量仪表宜三取二。

安全仪表系统的逻辑控制器硬件要求、测量仪表独立性和冗余性、最终元件独立性和冗余性等技术要求，须符合《石油化工安全仪表系统设计规范》（GB/T50770）规范要求。

安全仪表系统在投入运行之前，应进行 SIL 等级的验证，验证合格方能投入运行。

5.2.3 气体检测报警系统（GDS）选用原则

工艺的原料、中间产品及产品大多为有毒、剧毒及可燃物品，装置应按《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计标准》（GB/T50493）设置独立的气体检测报警系统，并保证装置停车或工艺控制监控系统失效后，仍能有效地进行监测、报警。

报警探头位置、数据实时显示在设备平面布置。同时具有高报与高高报不同闪烁报警，报警记录大于 30 天（具有报警进入时间，报警离开时间，报警确认时间）。

5.3 其他安全设施

对于具体的装置，考虑安全设施时不应孤立的看待具体的设备或工序，还应考虑相关的原料准备、产品储存、公用工程等相关设施和工序，任何一个工序出现故障都可能影响到整套装置的安全，在设置监控或联锁、报警时一并考虑进去。

对于装置中因工艺参数失控而引起的过压、危及设备或管道时，除了设置自控、联锁系统外，还应设置爆破片、安全阀、单向阀及紧急排空阀等其他安全设施。

6 附件

附表 1 某企业溴素生产工艺控制、报警、联锁一览表

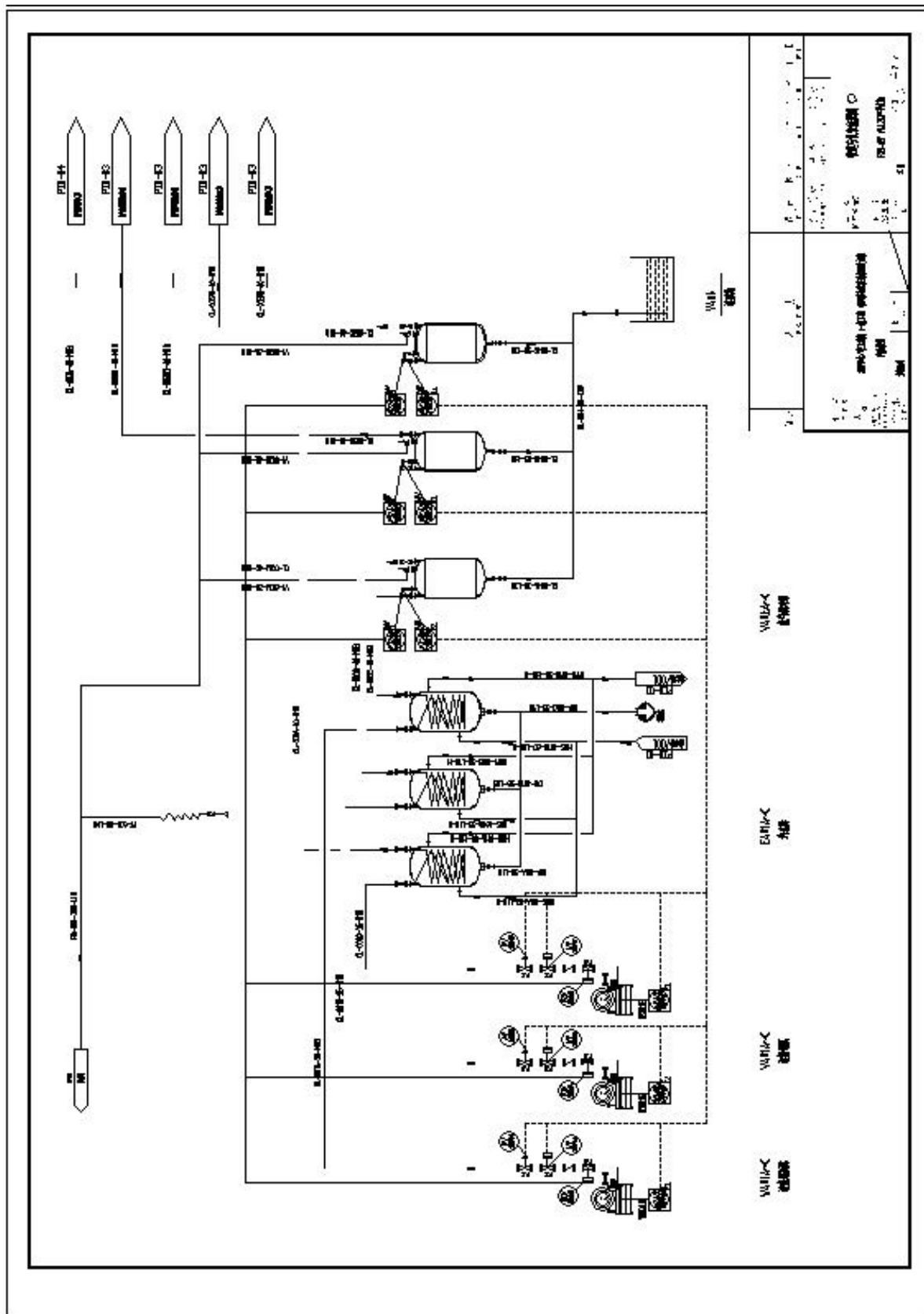
表 1.1 某溴素企业 DCS 控制、报警、联锁一览表

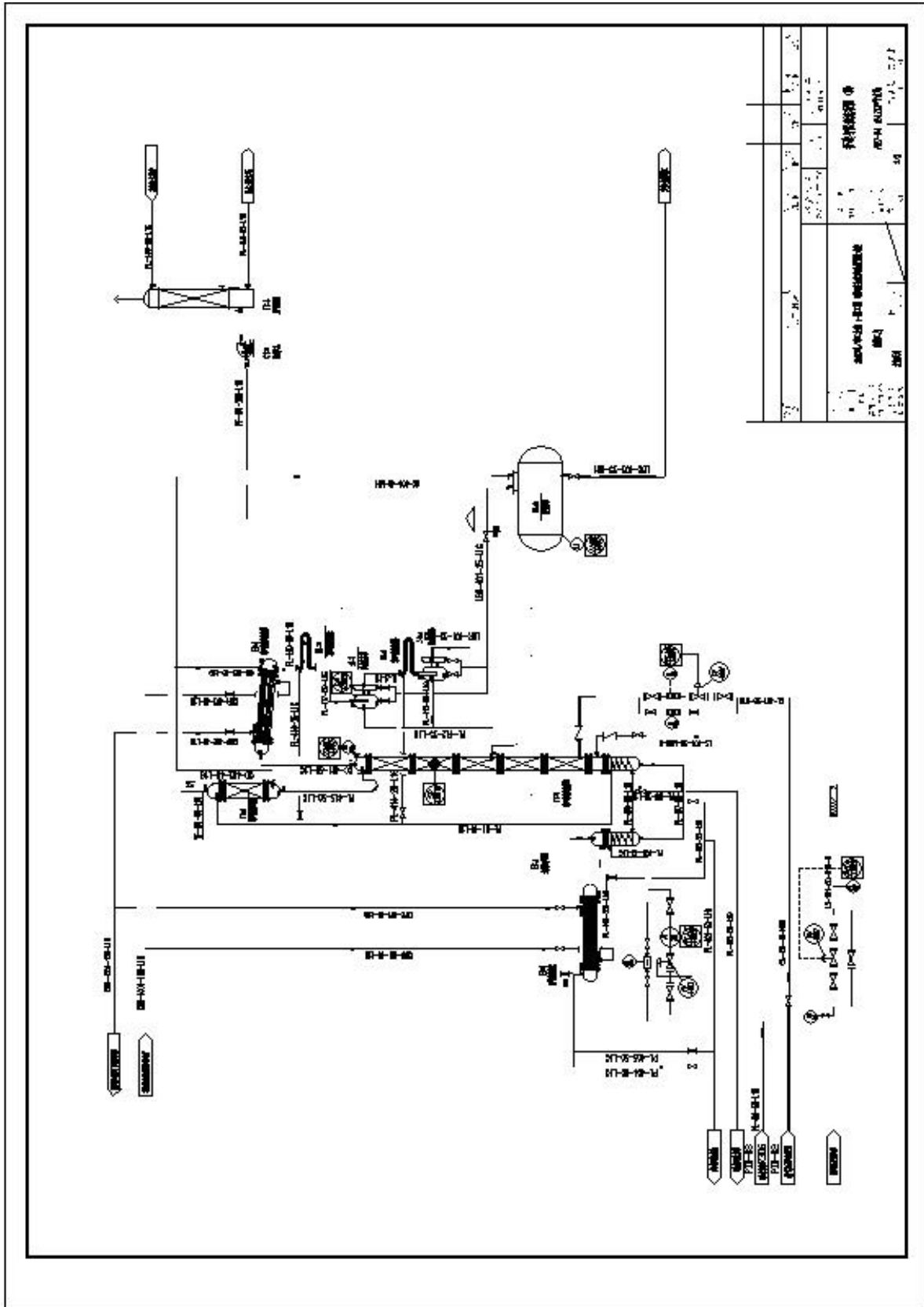
序号	位号	测控变量	联锁参数	功能
一、称重控制、报警、联锁				
1	WIAS2001A	液氯钢瓶重量	低低	显示、控制、报警、记录
二、温度控制、报警、联锁				
1	TICAS2001	热水槽温度	高高、低低	显示、控制、报警、记录
2	TIAS4001	蒸馏塔顶温度	高高、低低	显示、报警、记录
3	TICAS2002	气化器温度	高高、低低	显示、控制、报警、记录
三、压力控制、报警、联锁				
1	PICAS2002A	氯气缓冲罐压力	高高、低低	显示、控制、报警、记录
2	PICA4002	蒸馏塔蒸汽压力	高高、低低	显示、控制、报警、记录
3	PICAS1001A	液氯罐压力	高高	显示、控制、报警、记录
四、流量控制				
1	FICAS3001	机组氯气流量		显示、控制、累计
2	FICAS4001	蒸馏氯气流量		显示、控制、累计
3	FICAS4002	蒸流母液流量		显示、控制、累计
五、液位控制				
1	LIAS4001	溴素中转罐液位	高高	显示、联锁、报警、记录
2	LIAS7001A	1#溴素罐液位	高高、低低	显示、联锁、报警、记录
3	LIAS1001A	液氯罐液位	高高、低低	显示、控制、联锁、记录
4	LIAS8001	硫磺料斗高低料位	高高、低低	显示、控制、联锁
六、在线检测				
1	AICAS3001A	配氯率在线检测		显示、控制、报警、记录
2	AICAS3001A	吹废在线检测		显示、控制、报警、记录

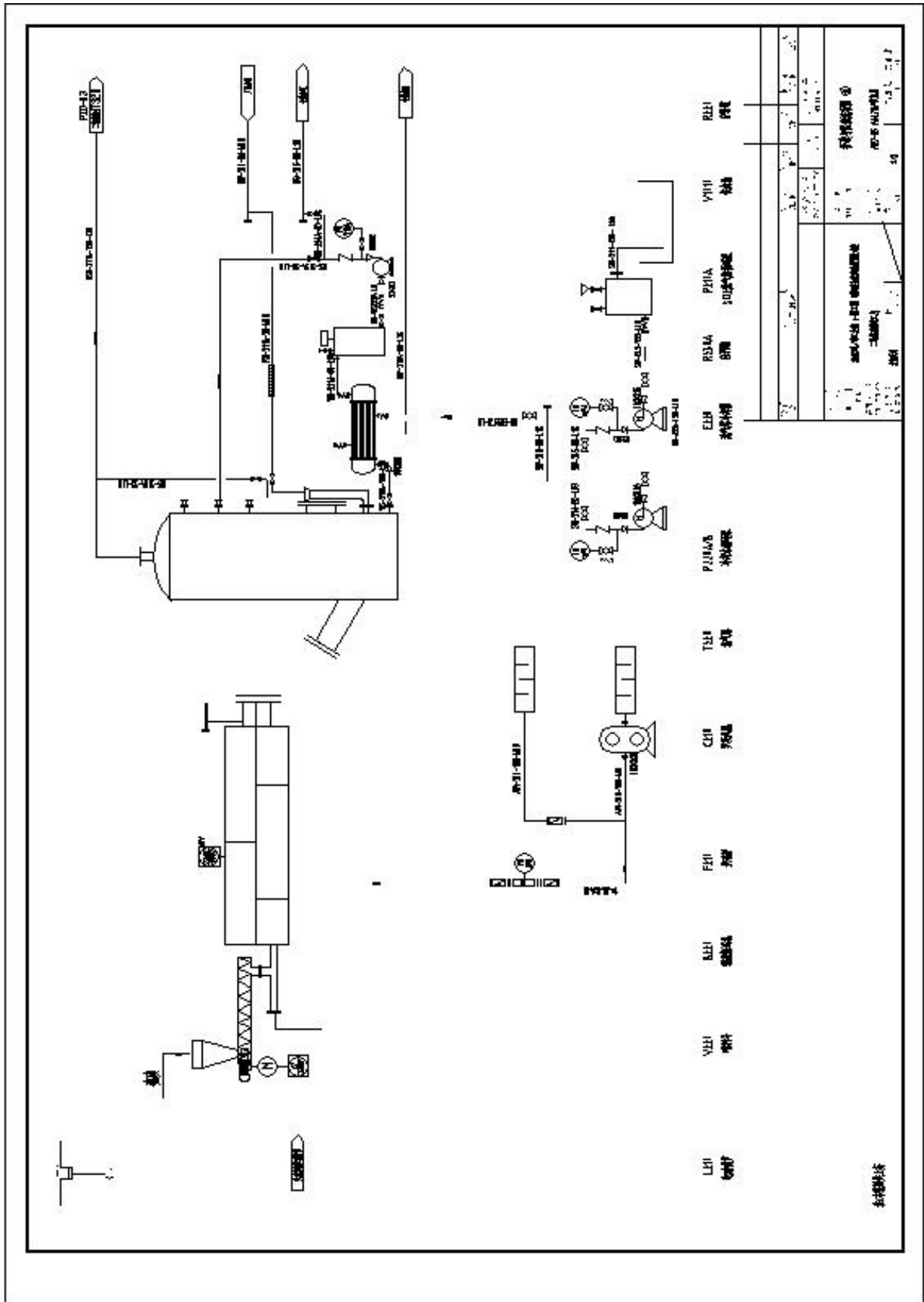
3	PH3001A	PH 在线检测		显示、控制、报警、记录
4	SP3001A	色谱在线检测		显示、控制、报警
六、其它				
1	IR6001	氯气吸收风机/泵电流		启停、显示
2	CI5001	硫磺进料变频器		显示、控制、报警
3	CI5002	硫磺提升机系统（机械臂）		启停、显示、报警

表 1.2 溴素工艺 SIS 系统报警、联锁一览表

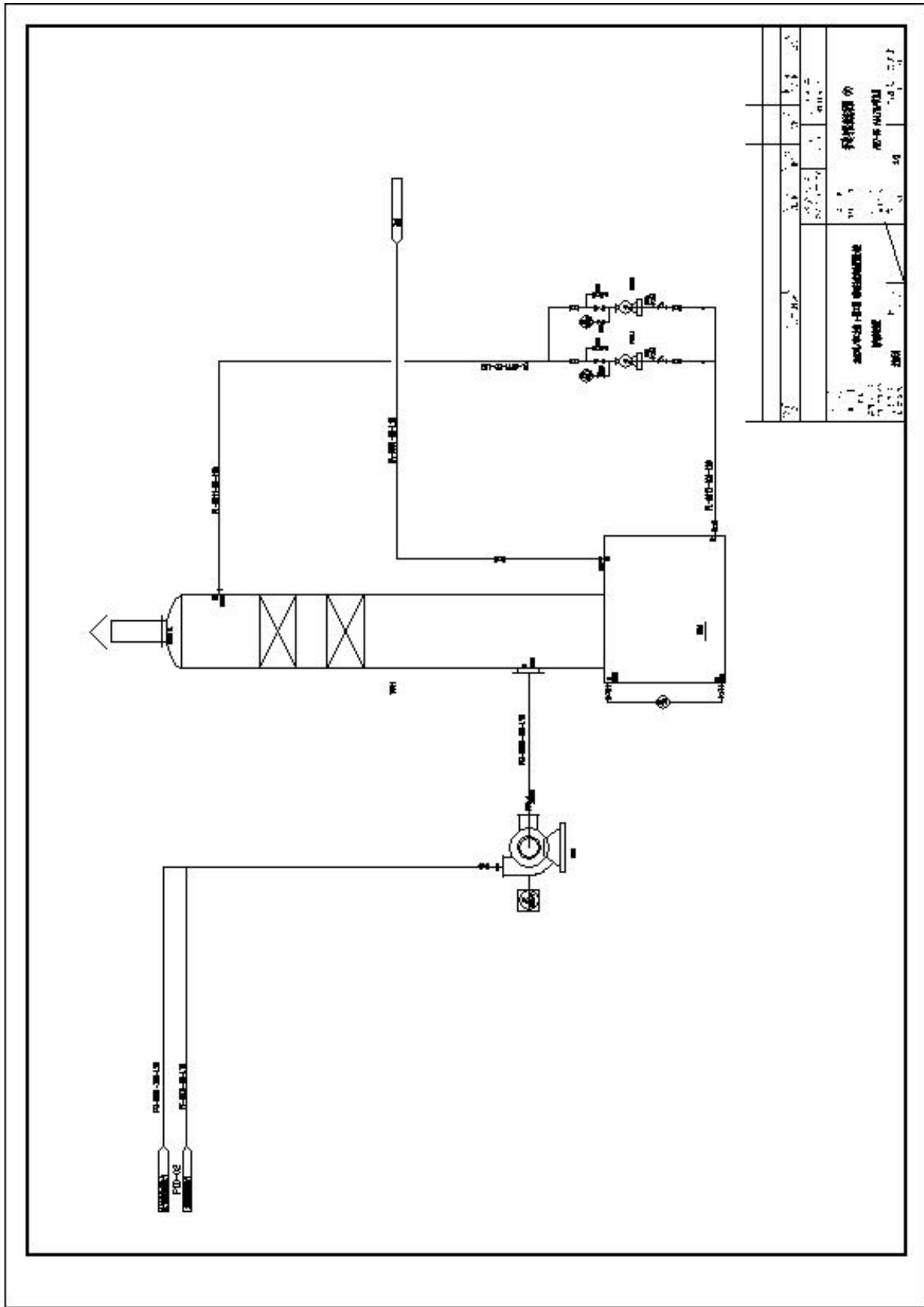
序号	位号	测控变量	联锁参数	功能
一、压力控制、报警、联锁				
1	PZIAS2002A	氯气缓冲罐压力	高高、低低	显示、联锁、报警、记录
2	PZIAS1001A	液氯罐压力	高高	显示、联锁、报警、记录
二、液位控制				
1	LZIAS7001A	1#溴素储罐液位	高高、低低	显示、联锁、报警、记录
2	LZIAS1001A	液氯罐液位	高高、低低	显示、联锁、报警、记录







名称列表



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
設備名稱 設備編號 設備規格 設備廠牌 設備容量 設備材料					設備類別 設備用途 設備位置 設備狀態 設備備註				

