

溴素生产线自动化改造 技术方案

目 录

1. 概述.....	2 -
2. 溴素生产流程简介.....	2 -
2.1 生产工艺流程简介.....	2 -
2.2 安全生产所面临的问题.....	3 -
2.2.1 物料加入量的控制问题.....	3 -
2.2.2 控制系统落后问题.....	4 -
3. 自动化改造技术路线.....	4 -
4. 自动化改造方案实施.....	5 -
4.1 电源系统改造.....	5 -
4.2 新增传感器检测内容及布放位置.....	5 -
4.3. 新增控制器及报警远传设备.....	6 -
4.4. 中控室改造.....	7 -
5. 自动化改造难点及关键点.....	7 -
5.1. 现场设备的选型.....	7 -
5.2. 离子浓度的在线检测.....	8 -

1. 概述

溴素是重要的化工原料，广泛应用于医药、农药、燃料、灭火等领域，随着国民经济的发展和溴系列产品的不断开拓，溴素需求量和产量逐年递增，溴素生产的重要性越来越突出。目前溴素工厂的生产还处于传统人工现场配料阶段，其中生产过程涉及到毒性和强腐蚀性的酸液和气体，远远不能满足化工产业对安全的需求，亟需对溴素生产流程进行自动化安全改造。

本方案是根据盐业公司提供的溴素生产工艺和技术要求，结合公司在溴素安全生产过程中提出的各种需求和技术指标，以及本公司在化工领域的工程实践经验而设计。

2. 溴素生产流程简介

2.1 生产工艺流程简介

该公司生产溴素是经典的空气吹出法，首先用氯气将酸化卤水氧化，卤水中的游离溴离子被氧化成溴单质，通过空气吹出，进入二氧化硫吸收塔再次转化为溴离子，经捕沫塔处理后，氯气二次氧化出溴单质，蒸馏冷凝后得到成品溴。该生产工艺流程示意图如图 1 所示。

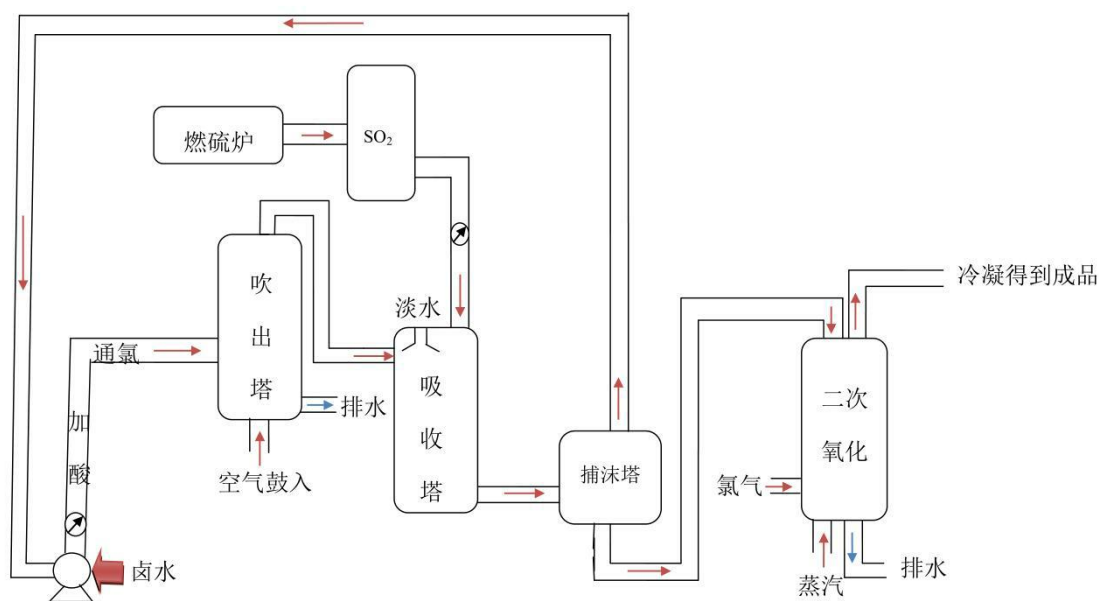


图 1 溴素生产工艺流程图示意图

2.2 安全生产所面临的问题

2.2.1 物料加入量的控制问题

该工艺过程用到两次氯气氧化，两次氧化的配氯率分别为 105-107%，104-105%。这个数据的依据应当是原始卤水中溴离子的含量，然而工厂并没有对原始卤水中的成分进行精确分析，而是根据以往的经验判断一个大概的范围，然而卤水中离子浓度是会随着季节以及降雨量多少而改变的。

另外，吸收塔内通入的二氧化硫的量对于整个反应来讲至关重要，加入量少会导致溴吸收不完全，加入量过多会加大对设备的腐蚀而且会造成资源浪费。生产过程中需要保持二氧化硫稍稍过量，以维持反应液的还原性。然而，工厂目前无法准确判断二氧化硫量的多少，仅凭经验观察排出液的颜色来判断二氧化硫是否过量。

因此需要增加传感器监测原始卤水中的离子浓度，以及两处排水处的离子浓度。具体的探测对象将在第 4 部分详细讲述。

2.2.2 控制系统落后问题

溴素生产线建于上世纪九十年代，采用了传统现场仪表对相关数据进行显示，所有仪表均无数据传输功能；溴素生产的控制主要依靠技术人员凭经验进行操作。虽然设置有化学分析室，但提取反应样本进行化学分析往往按照固定的时间段进行，存在一定的滞后性，难以做到迅速精确的反应和控制，容易造成一定程度的反应不足或原料浪费。现场安装有各种有害气体检测报警装置，但一旦生产过程中发生泄漏，需要操作人员到现场确认报警内容，进行相应的关停处理等操作，给安全生产带来了较大的隐患，已经远远不能满足当前日益严格的化工安全生产对监管的要求。

另外，溴素生产用电负荷大，并且整个生产厂区无单独供电线路，给供电带来了一定的挑战，并且在供电现场未设置相应的稳压设备，电压波动较大，给自动化改造带来了一定的难度。

3. 自动化改造技术路线

改造方案从安全性和可靠性方面考虑，按照由易到难，由点到面的顺序依次展开工作，按照两步走的方针，第一步实现远程化控制的目标，第二步实现自动化的目标。

针对第一步目标，为了实现远程控制，将各类现场传感器和仪表进行原位替换，加装对化工反应流程监控的一类新型传感器，并将信

号引入中控室并显示；同时将原手工控制的阀体改为电动调节阀实现远程人工控制。针对卤水输入的控制，通过加装电机调速器进行远程控制。在现场加装气体浓度报警装置，将报警装置与现场环境监测传感器连接，并将报警信号送入中控室。

在第一步目标实现的基础上，通过一段时间系统的运行，对相关反应配比参数进行理论值与实际值的比对分析，寻找最佳配比参数，对配比参数反复进行试验，在试验的基础上将配比参数写入工艺进行固化。结合国内外较为成熟的工业 DCS 系统安装，将电动调节阀的阀门开度由远程手动控制改为程序自动控制，由程序自动调节原料配比，使整个化工生产过程实现生产的全部自动化和智能化。同时安装远程监控系统，使系统重要参数通过有线网络或无线网络实现上传，并开发相应的管理控制软件实现安全管理部门与管理企业的无缝对接。

4. 自动化改造方案实施

4.1 电源系统改造

增加直流低压转换装置和配电柜，用于给现场仪表和传感器进行供电，同时配置 UPS 不间断电源，保证数据采集系统以及现场仪表在电力缺失的情况下供电至少 30 分钟，

4.2 新增传感器检测内容及布放位置

为了提高生产效率、保证生产安全，需要将传统的现场控制升级

为远程控制，将传统的经验控制升级为精确的数值控制，将定时取样检测升级为实时在线监测。因此需要将生产过程中的各部位加入的物料量通过传感器探测转化为电压信号传递到中控室进行显示。由于溴素泄露危害巨大，因此整个反应都是在密闭的反应塔中逐级进行，探测气体浓度不可行，而通入的原始卤水以及两次排水的成分则可以很方便的进行检测。因此我们可以通过实时在线监测原始卤水以及两次排水口处溶液的成分来推算所需的物料量。所需传感器及布放位置列于表 1 中。

表 1 传感器布放位置及探测内容

序号	传感器名称	布放位置	检测内容
1	多参数化学传感器	卤水注入口	Br^- , Cl^- , SO_4^{2-} 浓度以及 pH 值
2	流量传感器	卤水注入端	卤水流量
3	pH 计	酸化后	pH 值
4	多参数化学传感器	吹出塔废液输出端	Cl^- , Br^- , SO_3^{2-} , SO_4^{2-} 浓度以及 pH, Eh 值
5	多参数化学传感器	蒸馏塔废液输出端	Cl^- , Br^- , SO_3^{2-} , SO_4^{2-} 浓度以及 pH 值
6	温度传感器	二次氧化反应釜	温度

4.3. 新增控制器及报警远传设备

为了控制卤水的流量，安装电机转速控制器，通过控制汲取卤水的电机转速实现对流量的控制。此外，为了保证安全，在生产现场安

装有气体浓度传感器，为了将气体浓度传感器的数据及时传回中控室，用有数据输出功能的气体传感器对原传感器进行原位替换，并加装报警器与气体传感器通过数据连接，在气体浓度超范围时能及时给出报警信号。

4.4. 中控室改造

对中控室进行自动化改造，使控制计算机能够通过显示屏即时显示采集的各项参数，具有图形实时动态显示、动画仿真功能，可在显示器上直观地显示设备工作状态和参数值及溴素的生产反应进程。

控制计算机具有自动打印功能：自动打印日报，能打印系统的综合参数、实际运行工况与特性曲线对比、历次报警记录、监测趋势图等。

中控室加入旋钮式可调开关装置，能够通过可调开关的位置对原料的输入量进行人工调节，同时控制程序预留有自动接口，方便下一步对溴素生产过程的全自动化改造。

5. 自动化改造难点及关键点

5.1. 现场设备的选型

由于溴素生产过程中大量使用氯气和 SO_2 ，并且作为最终工业成品的溴素具有较强的腐蚀性，因此现场安装设备必须能够具有耐酸、耐腐蚀的特性；同时，设备更换过程中需要系统停产，会给溴素的生产带来很大的被动，因此安装使用的设备必须具有较高的可靠性。

5.2. 离子浓度的在线检测

对于溶液中的离子浓度，传统的检测方法有分光光度法、离子色谱法、气相色谱法、原子吸收分光光度法、紫外检测法以及重量法、容量法、滴定法等。这些方法都需要对待测样品进行预处理，操作复杂，耗费时间较长，成本较高，会产生毒性废液，测定结果的准确度差，灵敏度低。最重要的是不能实现长期原位监测。而离子选择性电极具有响应时间短，灵敏度高，探测范围广等优点，最重要的是能够实现原位检测而不对样品造成任何影响。因此离子选择性电极表现出了绝对的优势。

我们选用了浙江大学海洋学院叶瑛教授团队研制的一款多参数电化学传感器。除温度传感器外，还可以集成最多 7 支电极，可以同时测量多种离子含量。该传感器可以直接布放在待测位置用于原位实时监测，该传感器测量到的是电压信号，可以通过上位机软件转化为物料浓度信息传递到中控室，方便操作人员及时采取相应的措施。

然而电极的选型是该工作的难点。首先，卤水中氯离子的含量很高，会对溴离子的探测造成干扰；其次，加酸处理后卤水的 pH 值为 3.5 左右，因此对电极的要求是在强酸性环境中能够正常工作，且要求电极能够耐酸腐蚀；第三，吸收塔中需要二氧化硫稍过量，因此排水呈还原性，可能会对电极的离子敏感膜产生影响；第四，我们需要实现化学参数的在线监测，因此对电极的灵敏度要求较高，需要电极再极短的时间内能够准确测出目标参数。因此需要经过大量比对和预实验才能选出合适的电极。