

# UW500 集散控制系统在医药中间体 $\alpha$ -吡咯烷酮生产中的应用

## 一、概述

$\alpha$ -吡咯烷酮，又名 2-吡咯烷酮是重要的化工原料，主要用途是作聚乙烯基吡咯烷酮（PVP）单体 N-乙基吡咯烷酮（NVP）的原料，也是一种高档溶剂，在医药品、树脂、乙炔回收地板蜡、专用油墨等生产中都用它 NVP 可由  $\alpha$ -吡咯烷酮与乙炔反应制取，再经聚合得到 PVP，PVP 具有优良的溶解性、低毒性、成膜性、络合性表面活性和化学稳定性，广泛用于医药、食品、日用化学品、涂料、高分子聚合等领域，在纺织、印染、造纸感光材料、农畜牧业等方面也有许多用途。

山东九恒医药科技有限公司是一家集药用新辅料研发、生产、销售于一体的现代新兴企业。公司承建的年产 1.4 万吨 PVP 药用新辅料项目，以 1,4-丁二醇为原料，使用自主研发的高效合成反应器和先进的聚合工艺降低了反应压力和反应温度，缩短了反应时间，这也对生产的控制提出了精度更高、控制更稳定的要求。本项目采用杭州优稳的 UW500 系统对整个生产流程进行控制，UW500 集散控制系统在自动化领域已有广泛应用，利用 UW500 集散控制系统对整个生产过程进行监控能有效提高产品收率，增强产品的稳定性。

## 二、工艺简介

我国  $\alpha$ -吡咯烷酮的生产工艺主要有三种方法：1) 雷珀法：原料乙炔和甲醛先反应生成 1,4-丁炔二醇，加氢为 1,4-丁二醇，转化为  $\gamma$ -丁内酯，再与氨反应制得  $\alpha$ -吡咯烷酮。2) 丁烷氧化制顺酐法。3) 氢氰酸法：氢氰酸与丙烯腈加成反应得到 1,4-丁二腈，经部分加氢还原为氨基丁腈，再水解环合为  $\alpha$ -吡咯烷酮。本项目使用的是第一种方法，它有以下优点：(1) 工艺简单，原料易得。(2) 工艺过程产生的副产物可简单处理成为副产物，环保污染少。(3) 产品含量高。采用 1,4-丁二醇脱氢生产  $\gamma$ -丁内酯产品。采用气相催化脱氢工艺，即原料 1,4-丁二醇经气化后，借助脱氢催化剂进行脱氢反应，绝大部分原料转化为  $\gamma$ -丁内酯，少数转变为四氢呋喃、丁醇轻组分等，另有少部分未转化，各化学反应如下：该反应后经过脱轻塔和成品塔得到提纯过后的  $\gamma$ -丁内酯，通过管道混合器和无水液氨混合后，进入  $\alpha$ -P 反应器在高温高压的条件下反应制备  $\alpha$ -吡咯烷酮，反应后经过脱氨、脱重组分、脱水等多道工序得到提纯后的  $\alpha$ -吡咯烷酮。

## 三、控制方案

雷珀法合成  $\alpha$ -吡咯烷酮的工艺中主要的两个环节就是加氢工序和加氨反应工序。

1) 加氢过程的好坏直接影响到  $\gamma$ -丁内酯的收率和质量，从而影响到  $\alpha$ -吡咯烷酮的收率，是  $\alpha$ -吡咯烷酮生产过程中相当重要的一个环节，它主要包括 3 个反应阶段：汽化、合成、分离。合成反应在同一合成釜中进行，反应物料分阶段加入。首先将物料 1,4-丁二醇、辅料同时投入合成釜当中，开始解聚反应，反应结束后，分步加入氢气，加成反应开始，经过一段时间当反应温度到达规定值后，再加入高浓度氢气。这是一个强放热反应，随着反应的不进行，釜内温度不断升高，形成一个正反馈，若不能及时移走相应的反应热，则会出现“飞温”现象，导致副反应激增，大大地减少  $\gamma$ -丁内酯的回收率。随着反应的逐渐完成，反应速度减缓，放热大幅度减少，这时如果过多地移走反应热，又会导致反应不完全，所以工艺上要求缩合反应温度严格控制。

2) 加氨反应是  $\alpha$ -吡咯烷酮生产过程中另一个十分重要的环节。它主要经历预处理、合成、分离等过程。加氨工序是  $\alpha$ -吡咯烷酮生产过程中的第二环节，由合成工序所得到的合成料液进入到预处理反应器后，因为之前的加氢反应在高温高压中进行，会不可避免的产生多种副产物，所以在加氨反应之前，需把可能会影响这一步反应的杂质都提前去除掉，这是加入有机溶剂作为萃取剂，从合成产物中把  $\gamma$ -丁内酯分离出来。在这之后，进入合成工序，当  $\gamma$ -丁内酯加入氨液后，反应一开始，会产生大量热量，要及时地处理这些反应热，其中

由于热惯性大，要求避免现温度超调现象。加氨过程结束后，就进入下一过程，由于是制药，需要得到 $\alpha$ -吡咯烷酮的纯度非常高，在这之后需要经过好几次蒸馏提纯工序，这些都需要非常精密的控制。从反应过程中可以看到，整个加氨也存在升温、降温和保温的过程，而且加氨过程所需要的时间相当长，加氨过程中对于釜内温度也有较高的要求，所以这一部分的主要任务就是氨水的定量控制、加氨过程中的温度控制以及对于加氨时间的优化问题。

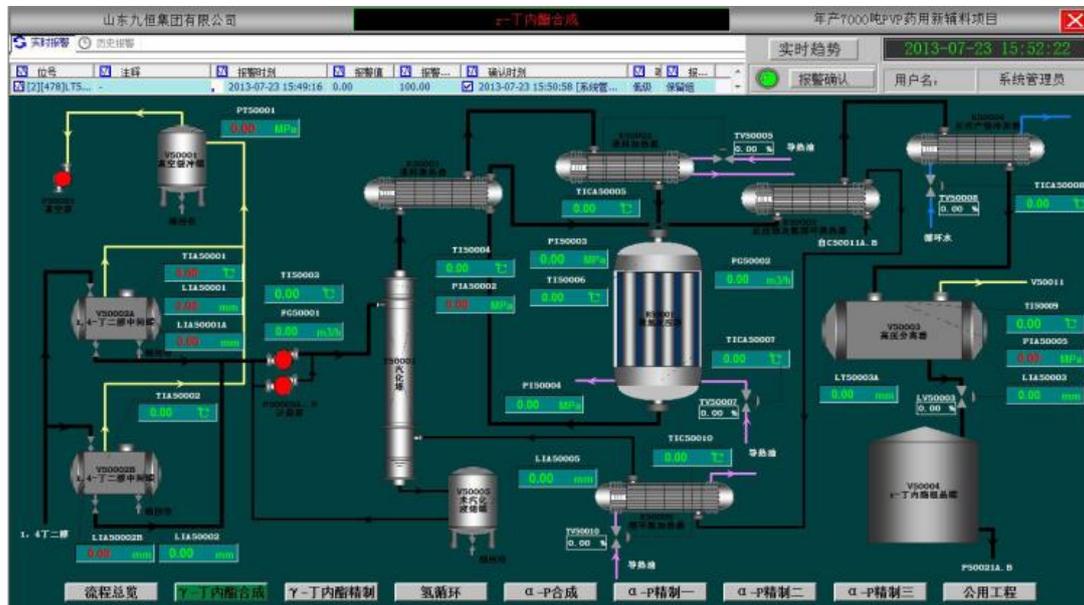


图 加氢反应工段

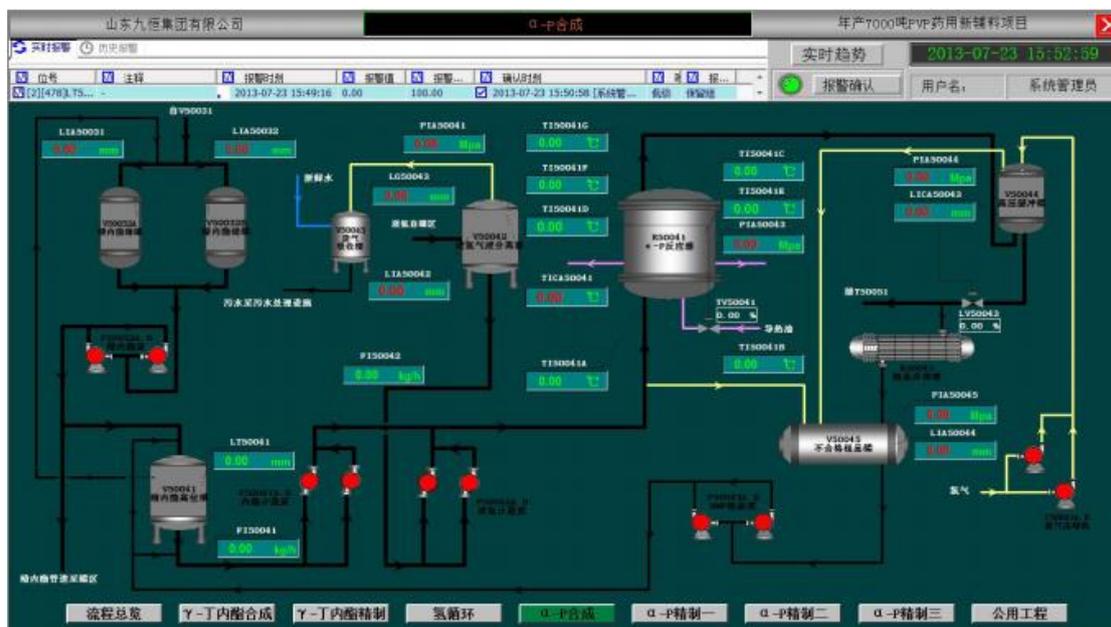


图 合成反应工段

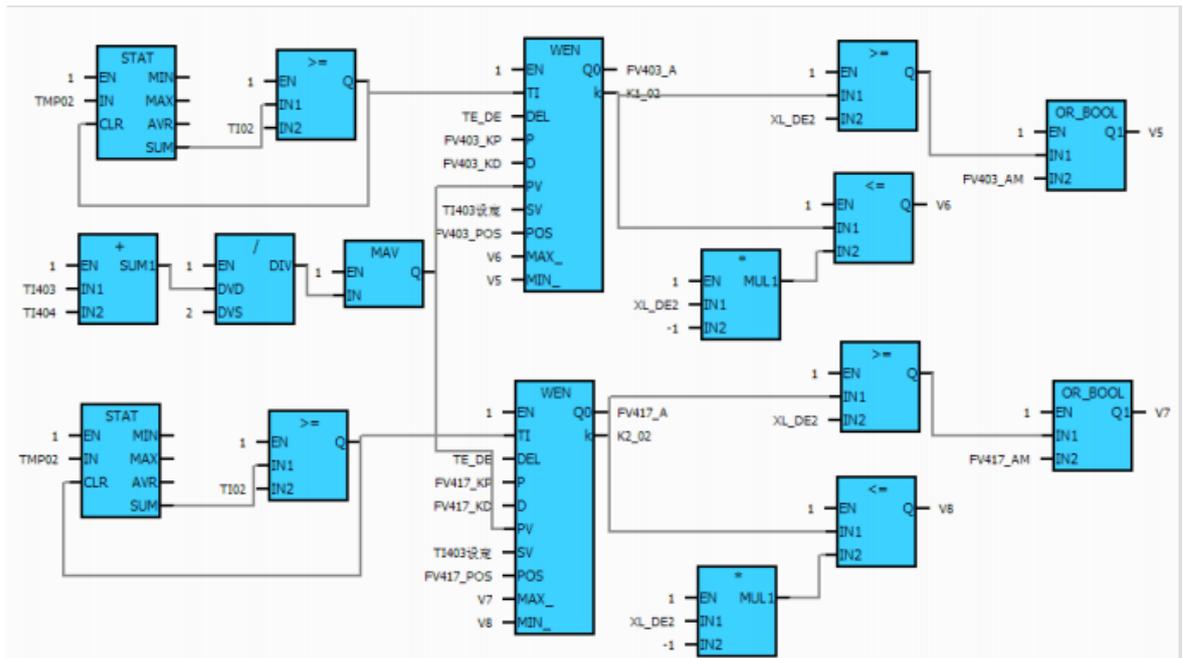
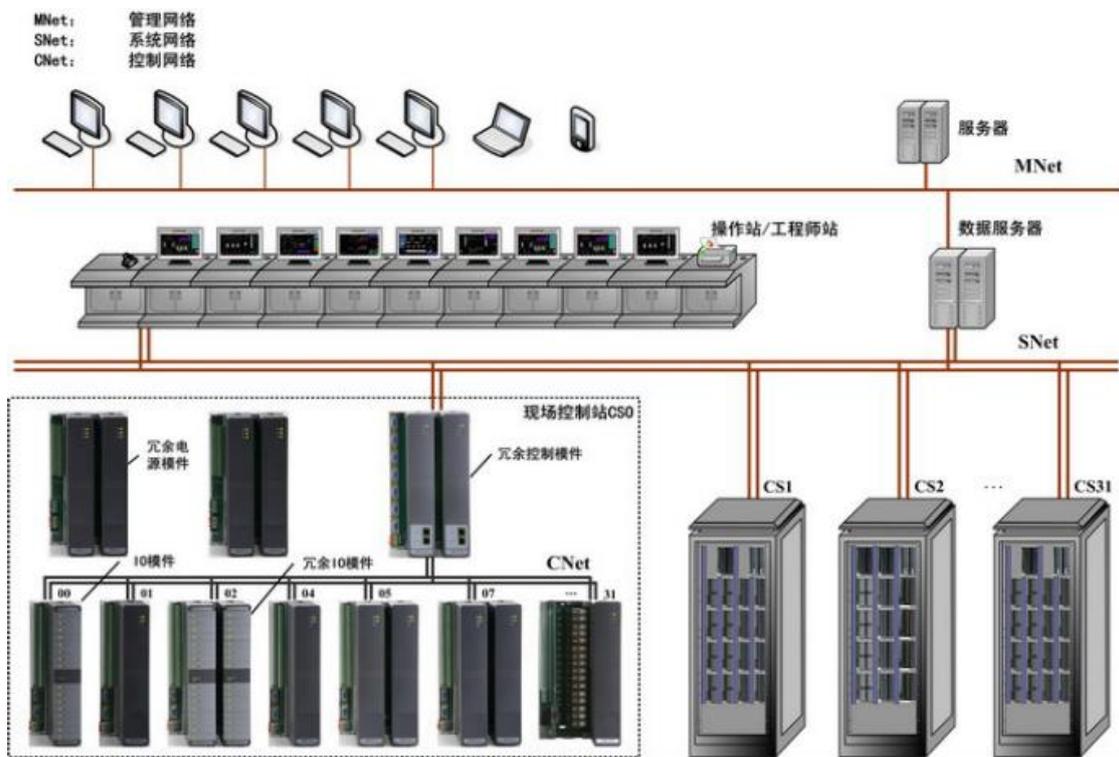


图 部分温度控制算法

#### 四、控制工程

本项目设中央控制室一座，系统主机设备、工程师站、操作站设置在中央控制室，根据生产控制和管理要求设工程师站、操作站和现场控制站，一般分为合成现场控制站、 $\alpha$ -丁内酯现场控制站、 $\alpha$ -p回收现场控制站、公用工程现场控制站。



#### 五、小结

本工程自从用 UW500 集散控制系统投运以来，运行平稳，效果显著，操作平稳率，产品质量等都大大提高；工人劳动强度，原料消耗等都有大幅度降低，同时也确保了装置的平

稳安全运行。直接提高了企业的市场竞争能力，为企业带来了十分明显的经济效益。此项目成功的投产表明 UW500 集散控制系统拥有优质的稳定性、可靠性。