

# 间歇生产过程的控制系统

胡燕祝<sup>1</sup> 郎琦<sup>2</sup> 张仲义<sup>1</sup>

(1. 北方交通大学交通运输学院自动化所, 北京 100044;

2. 中国石化集团北京化工研究院, 北京 100013)

**摘要:** 论述了间歇生产过程控制的特点、硬件系统的选择原则和软件的开发方法及功能, 并具体介绍了一个间歇精细化工的特殊生产过程控制的实例, 对从事间歇生产过程控制开发、设计工作的人员, 具有实用参考价值。

**关键词:** 间歇过程; 面向对象; 智能控制

中图分类号: TQ018

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2003)08-0042-03

## Control system of batch production process

HU Yan-zhu<sup>1</sup>, LANG Qi<sup>2</sup>, ZHANG Zhong-yi<sup>1</sup>

(1. Automation System Institute, School of Traffic and Transportation, Beijing Jiaotong University,

Beijing 100044, China; 2. Beijing Research Institute of Chemical Industry of SINOPEC, Beijing 100013, China)

**Abstract:** The features of the batch production process control, the select regulation of the hardware system, the developing access and function of the software were introduced. And an example of the special process control was illustrated in detail. It can be a reference for those who were engaged in developing, designing the batch production process control.

**Key words:** batch process; facing objects; intelligent control

随着市场经济的发展, 化工生产的结构已逐渐从少品种、大批量生产, 向多品种、小批量方向发展。由于间歇生产具有流程短、设备简单、投资少、见效快、易于更换品种等优点, 因而, 它作为化工的一种生产方式, 占有越来越重要的地位。但间歇生产过程的控制难度大, 使其在过程控制理论的应用及控制方法等方面, 均不同于连续生产过程, 越来越受到人们的关注。针对不同原料采用不同的进料和调节装置, 根据不同的要求采用不同的控制模式及规律。并随着生产的发展, 控制工具及手段的不断完善, 使控制水平不断提高, 日趋合理<sup>[1-2]</sup>。

我国自“八五”攻关开始就对间歇生产过程进行控制研究, 但最初主要以精细化工生产单元控制为基础, 研究特殊原料(固体、固液)的自动进料装置和过程控制方法, 并在工厂进行试点, “九五”以后逐渐走向系统控制, 技术水平得到不断提高, 在选定硬件的基础上, 开发自己的组态软件和应用控制软件, 逐步走向实用, 并向商品化方向发展。

## 1 硬件的选择

### 1.1 特种原料进料装置的开发

#### 1.1.1 固体进料装置

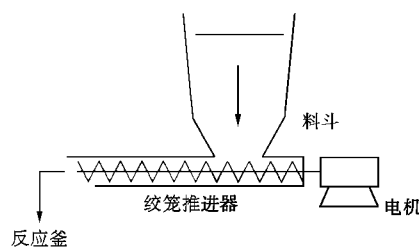


图 1 绞笼推进器

间歇生产过程中常有一些固体原料, 市场上销售的加料开关阀或调节阀等多是针对流体物料而言, 均无法实现固体原料进料的控制和调节, 笔者采用固体储料斗与绞笼推进器相结合的装置来实现固体进料, 固体物料按生产需要量加入料斗中, 靠物料自重下沉至绞笼。进料时, 只要启动电机即可将物

料由绞笼推进器推至反应釜。物料因自重下沉不断向绞笼补充,实现连续自动进料,见图1。

1.1.2 含大颗粒固体杂质的液体进料装置

大颗粒固体物料进料时调节进料量不能采用一般改变阀门的开度大小的调节阀,因阀开度小时容易堵塞。笔者采用自动开关球阀,用控制加料间歇比的方法控制进料量。如加料周期为1 min,可采用加料开阀10 s(或30 s、50 s),停止进料关阀50 s(或30 s、10 s)等来调节进料量,这样不会造成堵阀。

1.2 控制系统硬件的选择

控制系统硬件选择的原理是:①结构简单,造价便宜,运行可靠;②开发应用软件方便,适合多逻辑变量的特点,易掌握;③适合中国国情。

为此,笔者选用 PLC-PC(工业机)组合系统, PLC应用梯形图编程,适于有大量开/关系统的自动控制,且编程方便,而在 PC 机上可为自行开发组态软件提供条件,进而进行二次开发可实现各种优化和高级控制。运行结构见图2。

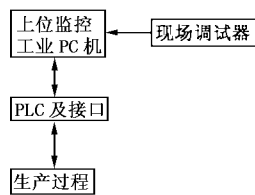


图2 运行结构图

硬件系统具体设计时应注意:①选择工业控制用 PC 机,较一般 PC 机更能适合工业生产长年连续稳定运行的要求;②PLC 根据控制规模大系统采用 modicon 产品,小系统采用三菱和三星产品。应该特别提出的是在间歇生产过程系统设计时,必须十分注意对生产中突然停电采取有利的保护措施,否则将产生不良或可怕的后果。

2 软件的开发

该软件最初开发的目的是作为“化工间歇生产过程典型生产单元控制软件”的支持系统,并为二次开发提供良好的工作平台。

当时国内引进了不少国外优秀的通用控制软件,有美国 WONDERWARE 公司的 INTOUCH 软件;美国 INTEC 公司的 Paragon 500 软件;美国 LABTECH 公司推出的 LABTECH/Control 工业控制软件包,以及 FIX 和 ONSPEC 等软件,它们各具特色,反映了国际控制领域通用控制软件的水平。

通过调研笔者发现许多进口软件价格太贵,对

于我国间歇生产的企业(多为中小型)很难接受。国内为此也有许多厂家,如北京康拓工业公司等为自己的硬件系列产品配备相应控制软件,试图以硬软件综合服务方式占领国内市场,但成效均有限。为了开发自主知识产权产品,在吸收了已有系统的特点基础上,笔者开发了适于间歇生产过程(由硬件 PLC-PC 支持)的控制软件 IBPCS,并在多年的实际应用中不断地充实完善。

该软件的主要性能是:①面向工艺——控制工程师的系统设计工具。它是工艺工程师和控制工程师均可接受的图形界面,其核心是带控制点工艺流程的编写器。②面向操作员的操作员接口辅助设计工具自动生成可修改的操作员画面。③I/O 接口辅助设计工具。根据控制点图自动生成与 PLC 的接口文件、PLC 的配置文件。④可提供控制系统不同设计阶段的仿真调试手段。⑤控制系统现场调试。帮助控制工程师进行现场调试。⑥系统是安全开放式的,并有培训功能。

软件的开发采用面向对象的系统分析、数据设计及程序设计技术,建立了控制软件的信息模型、过程数据结构、工程图数据结构,以及代码编制,保证软件结构的自然性、模块性、共享性,开发性、重用性及安全性。

该系统不仅有利于操作员接口设计,也为开发人员的开发、调试提供方便,并确保每个开发阶段系统的安全性,因而受到二次开发人员的欢迎。

IBPCS 系统结构见图3。

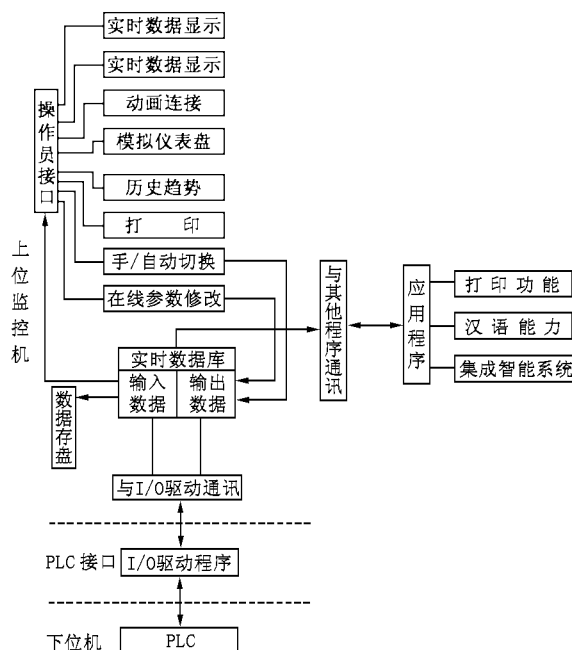


图3 IBPCS 系统结构图

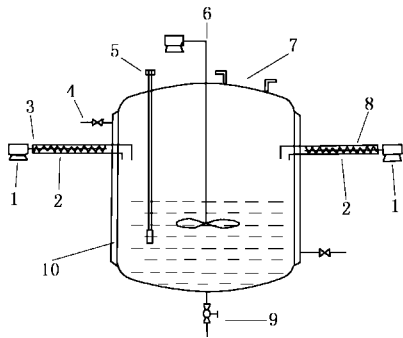
### 3 应用软件的二次开发

#### 3.1 集成智能控制系统

虽然国外、国内有成熟的传统控制方法的软件,但对解决现场的非线性,大滞后乃至粗糙而无法建模的复杂的间歇过程却力不从心。

20 世纪末,人工智能技术在各个领域均取得了突飞猛进的发展,在工业自动化领域更是如此。人工智能技术包括:模糊控制、专家系统、神经网络等。应用于自动化控制领域称为智能控制。它代表着自动化控制的发展方向,是面向 21 世纪的自动化控制技术。国外在智能控制方面的产品很多,如美国 Gensym 公司的  $G_2$  专家系统,Word System 公司的 Nearshell 神经元系统,德国 INFORM 公司的 Fuzzy TECH 模糊开发系统等已广泛应用于工业各领域。对于控制对象复杂,难于用传统的或现代的控制理论进行建模与控制的间歇过程,正是智能控制大显身手的地方。我们开发的应用软件,就是针对间歇过程,将模糊控制、专家系统和神经网络等集成于一体并带有算法调度功能的系统,称集成智能化控制系统<sup>[3]</sup>。

#### 3.2 具体控制的实施



1—电机;2—绞笼;3—氧化剂加料口;4—蒸汽进口;5—温度计;  
6—搅拌电机;7—固体碱进料口;8—2-氨基蒽醌加料口;  
9—放料阀;10—夹套

图 4 工艺流程图

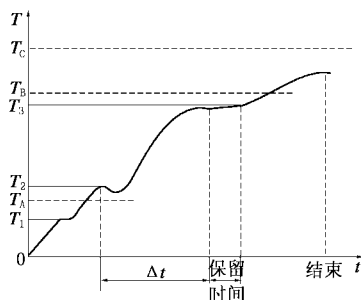


图 5 加料过程温度变化图

以具有代表性的一种还原蓝染料的碱熔生产工序为例,工艺流程见图 4、图 5。

##### 3.2.1 工艺要求

①夹套加热。反应釜温度升至  $T_1$  时,将定量固体碱由上加料口全部一次倾入釜内。

②搅拌。固体碱在熔融状态,温度升至  $T_2$  时,将 2-氨基蒽醌徐徐加入,这时要求在整个加料过程中温度要保持在  $T_A \sim T_B$  之间,且要在工艺规定的时间内将料全部加完。

③2-氨基蒽醌加完后保留一段时间,当温度升至  $T_3$  时,将氧化剂迅速加入,但要保证加料过程温度不超过  $T_c$ ,直至加完反应结束。

④放料、洗釜准备下次生产<sup>[4-5]</sup>。

##### 3.2.2 控制方式

由工艺要求可知,系统控制的关键是 2-氨基蒽醌的加料过程,其特点在于:①固体物料;②放热反应;③反应温度。温度达到  $T_B$  可以保证产品质量与效率;温度低于  $T_A$  物料凝固,非常坚硬,不仅产品作废,而且设备易损坏; $T_A \sim T_B$  之间只有十几度差,在加料过程中无法采取冷却手段。④在上述条件下还必须确保在规定时间内将物料加完。

本来用固体进料来调节放热反应过程,在无冷却手段的条件下就已相当困难,更何况还要受温度、加料时限和加料量的约束,更增加了系统的控制难度。

##### 3.2.3 控制特点

从控制角度分析上述特点:①根据固体加料装置的特点,在调节进料量时,不可能特别细致、连续、准确。因此调节进料量是一种粗糙的控制过程。②上述过程无法实现定值调节(因放热反应无冷却控制手段),为保证该生产过程工艺要求,温度变化规律按多年生产经验的变化规律进行控制。③反应机理不清,原料组分无法准确掌握,因而不能进行机理建模。

我们知道,模糊控制善于应付不确定性的粗糙过程,而专家系统则是将领域专家知识和经验用于复杂问题的处理。因此结合上述特点对固体物进料的控制采用模糊控制与专家系统相结合的控制方法,取得了比人工操作好得多的反应过程温度控制效果。

### 4 结束语

(1)笔者开发的控制系统软件开始是针对精细

(下转第 49 页)

但是难以得到纯净的氧化铜,其中含有少量的氧化铬。若将粗氧化铜用稀硝酸在 60~70℃ 的条件下溶解,可以得到硝酸铜水溶液。

将前面得到的铬酸钠溶液、硝酸铜溶液按一定比例混合,用硝酸调 pH 值为 2~3,加入氨水搅拌,即出现大量红棕色沉淀,分离出的沉淀经传统方法焙烧活化、造粒,即制得新催化剂,该催化剂用于糠醛液相加氢制糠醇的效果很好,完全符合生产要求。

### 3 结论

(1)将废渣在减压状态下加热回收有机物,返回精制车间获得糠醇与糠醛;固体废催化剂与纯碱混合,在反射炉中焙烧,用水浸取制得铬酸钠溶液;粗氧化铜溶于硝酸得到硝酸铜溶液;将铬酸钠和硝酸铜按一定比例与氨水混合搅拌,分离沉淀、焙烧活化、造粒制得该种新催化剂,回用于糠醛液相加氢生产糠醇。糠醇生产过程中产生的废弃物经过如上处理得到的有机物和新催化剂可以返回作糠醇生产的原料和催化剂,而且在整个过程中不产生新的污染,使废弃物彻底资源化,符合循环经济可持续发展的要求。

(2)经济环境效益分析。以回收的糠醇和糠醛

(上接第 44 页)

化工间歇生产过程的共性而进行的,在后来的应用中经过不断充实、完善,发展成为适于所有间歇生产过程的控制软件,但毕竟实际应用的部门有限,今后尚须不断完善。

(2)系统先后在吉林染料厂还原蓝碱熔生产车间和青岛染料厂分散染料生产车间及后处理车间等应用,均取得了良好的经济效益(年直接经济效益均在百万元以上)和社会效益(减轻了工人的劳动强度,减少了有害介质对工人的侵害,降低了对生产工人的工艺技术要求),其投资回收期一般在半年以内,个别的达 5 个月(如吉林染料厂),这 2 个项目分

混合物每吨约 5 000 元计,每处理 1 t 废渣,可获得 2 000 多元的有机混合物,而在以往的工艺中被全部烧掉了。将提取有机物后的废料再制成新的催化剂,每生产 1 t 糠醇,可节省 250 元的成本,经济效益可观。更重要的是,经过循环回收利用,可实现污染物的零排放,这是清洁生产的发展方向。

(3)铜铬氧化物催化剂不仅用于糠醛加氢生产糠醇,而且也广泛地用于催化合成其他脂肪醇。这条废渣资源化思路对其他大量的各种有机物含量高的固体废渣的资源化也具有一定的参考价值。

### 参考文献

- [1] 佚名.糠醇产需与经济分析[J].精细化工经济与技术分析,2002,(2):6-8.
- [2] 张竟.[J].河北化工,2002,(2):1-3.
- [3] Apostolescu M, Ivascan S, Bandrabur F, et al. [J]. Rev Chim (Romanian), 1993, 44(10): 888-893.
- [4] Hassan A, Steffi R. [J]. Chemie-Ingenieur-Technik, 2002, 74(3): 219-227.
- [5] 李增新,张启军,王海增.[J].化学世界,1998,39(5):268-271.
- [6] 杨振祥,赵丹梅.[J].无机盐工业,1998,30(4):15-16.
- [7] 戎品芳,黄维,陆文云,等.[J].化学物理学报,1994,7(3):254.
- [8] 成思危,丁翼,杨春荣.铬盐生产工艺[M].北京:化学工业出版社,1988. ■

别获得化工部科技进步奖。

(3)该系统尽管是间歇生产过程集成控制系统,但对我国一般中小化工企业均有实用价值。只是对个别具体系统使用而言,重点不同,可以根据需要取舍。

### 参考文献

- [1] 李永彪,等.[J].工业仪表与自动化装置,2002,(5):15.
- [2] 周忠,等.[J].石油化工自动化,2001,(4):50
- [3] Van der Rhee F. et al. [J]. IEEE Trans on Automatic Control, 1990, 35(2): 148-155.
- [4] 任鸿威,等.[J].化工自动化及仪表,1996,23(3):23-27. ■

## 中国塑协全力支持 12 月举行的“2003 国际橡塑展”

中国塑料加工工业协会近日对因非典而延至 2003 年 12 月 4~7 日在北京“中国国际展览中心”举行的“第十七届中国国际塑料橡胶工业展览会”表示大力支持,并深信该展会的举行将为中国塑料工业的发展注入新的活力,为进军中国市场的海外企业提供更多的商机。

“国际橡塑展”自 1983 年举办至今,为中外从事塑料制品加工、原材料、助剂、机械、模具等设计、制造、生

产、研究等企业提供了交流的平台,多年来屡创佳绩,并受到海外业界的重视。此次展会期间将同时举办“中国塑料加工工业行业会议”。

截至目前为止,大会预计参展商达 600 家,其中七成以上为海外参展商。今年展会再度有来自德国、意大利、奥地利、加拿大、美国、英国及中国台湾省的展商参展。