

# 硝酸氨氧化计算机控制系统<sup>1)</sup>

吴明光 张玉润

(浙江大学工业控制研究所 杭州 310027)

**关键词:** 分散控制系统, 自整定 PID 控制器, 实时数据库, 氨氧化, 控制阀。

## 1 引言

硝酸既是一种基本化工产品, 又是其它许多化工产品的重要原料。围绕提高硝酸生产的技术经济指标, 目前的研究工作在两个方向上展开: 改造现有工艺流程, 用先进的综合加压法取代落后的常压法和综合法; 立足于现有工艺装备, 改造落后的控制手段, 优化操作参数, 实现稳产、高产、低耗。本文仅讨论后一种方法。

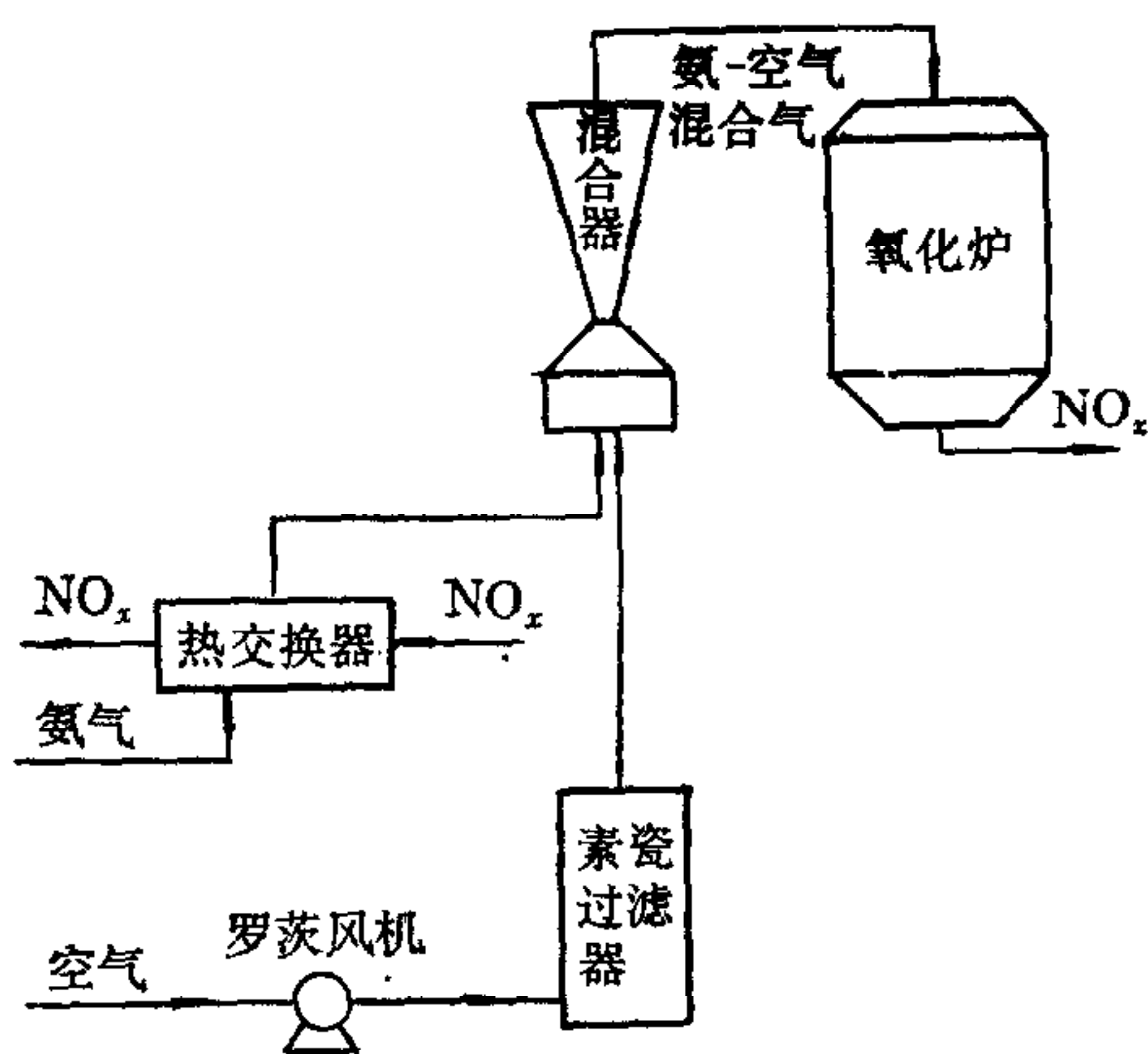
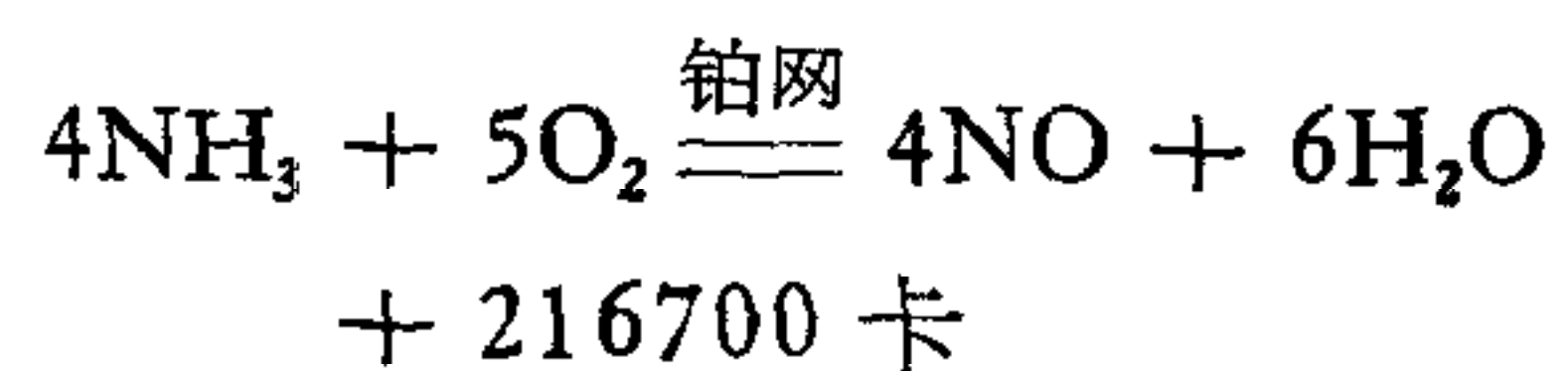


图 1 氨氧化工艺流程

## 2 工艺流程及系统对控制的要求

氨氧化工艺流程如图 1。

氧化炉内主要的化学反应是



氨氧化炉的控制必须满足:

- 氨氧化率  $\geq 96\%$ ;
- 炉温超过  $820^\circ\text{C}$ , 控制系统在 1.0 秒内必须作出应急反应;
- 工作炉温  $800^\circ\text{C} \pm \Delta T$ ,  $\Delta T \leq 5^\circ\text{C}$ ;
- 铂消耗  $\leq 0.14$  克/吨硝酸。

## 3 硬件设计

采用浙江大学工业控制研究所自行开发的“ZD92-A”廉价简易型 DCS 系统, 系统

1) 本课题得到国家自然科学基金的资助。  
本文于 1994 年 1 月 3 日收到

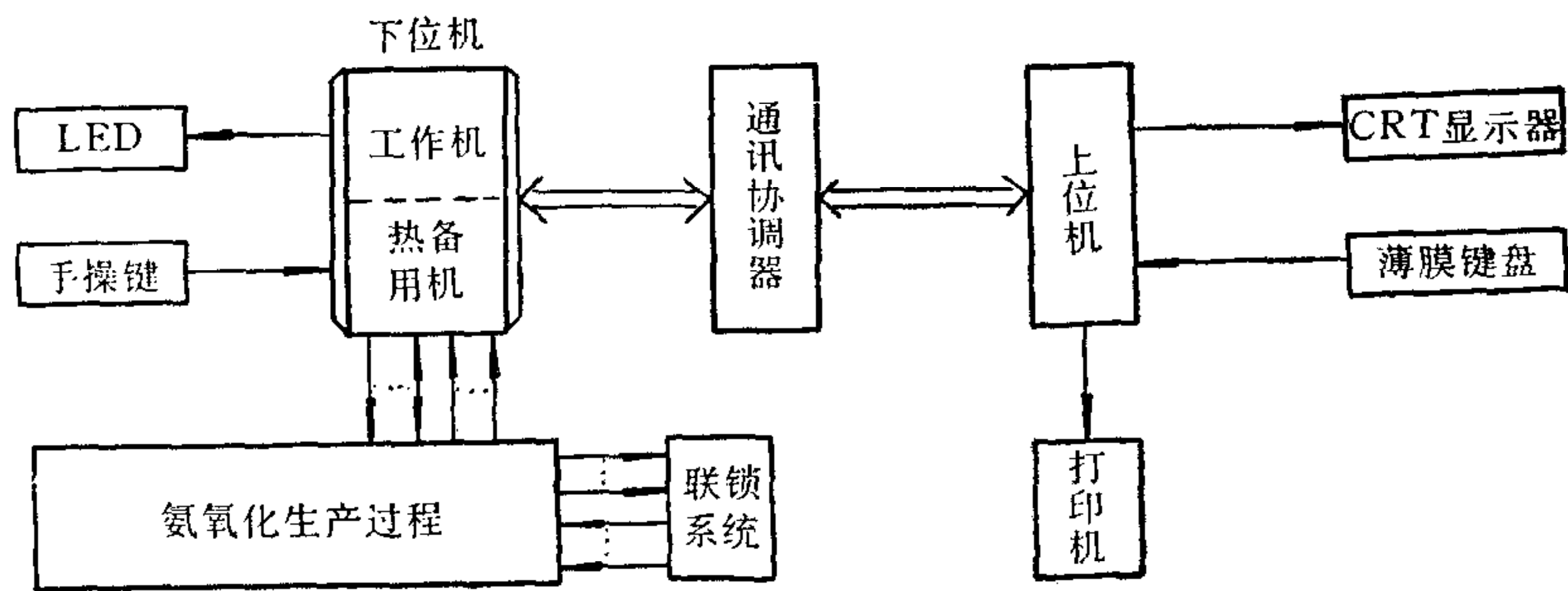


图2 ZD92-A 硬件配置图

的配置见图2。

技术指标(略)。

关键技术: 下位机 1:1 热备用, 备用机与工作机实现无扰动切换。

## 4 软件设计

软件的总体结构见图3。

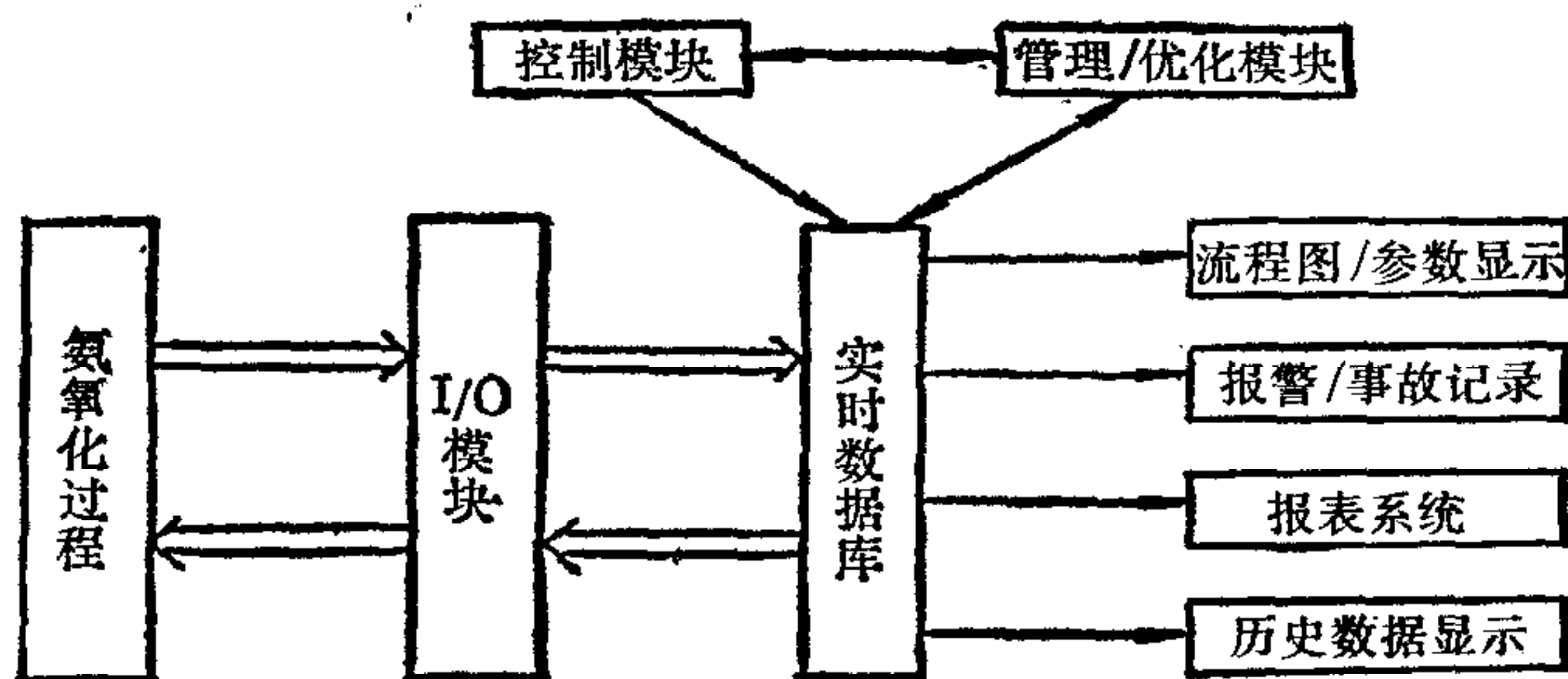


图3 软件结构图

技术指标(略)。

关键技术: 组态软件的开发, 数据库的实时性<sup>[1-4]</sup>。氨氧化反应是一个放热反应, 反应时间只有 0.2 秒。实时性是软件设计的首要任务。

## 5 控制方案

氨氧化反应的直接指标是氧化率, 用氧化率作控制参数是理想的。但是, 氨分析仪的时间滞后对控制极为不利, 其昂贵的价格也妨碍氨分析仪的应用。生产实践表明, 氧化炉温度与氧化率有着某种对应关系, 选择氧化炉温度作为控制参数是合理的。影响氧化炉温度有诸多因素, 决定性的是氨空比。鉴于上述分析, 采用炉温-氨空变比值串级控制方案。

氨氧化系统的不定性,会导致系统偏离原工作点,为此设计自整定 PID 控制器。

自整定 PID 控制器分为二类<sup>[5]</sup>: 基于模型或基于规则<sup>[6]</sup>,两者各有优劣。前已指出,氨氧化是快速反应系统,基于模型的算法其实时性较基于规则的算法更能符合控制对象的要求,因此,选用基于模型的自整定 PID 算法。

被控过程的数学模型常用二阶惯性加纯滞后环节  $\frac{K_0}{(T_1S+1)(T_2S+1)}e^{-\tau s}$  来近似,离散后得  $G_0(z) = \frac{z^{-d}(b_0 + b_1z^{-1})}{1 + a_1z^{-1} + a_2z^{-2}}$ , 模型参数的获取可通过在线辨识的方法。PID 控制器的离散模型为  $C_{PID}(z) = \frac{k(1 + C_1z^{-1} + C_2z^{-2})}{1 - z^{-1}}$ 。

$C_1$ 、 $C_2$  实现零极点对消时不难确定,而

$$k = \frac{1}{b_0} \sqrt{\frac{2(1 - \cos x)}{1 + 2 \frac{b_1}{b_0} \cos x + \left(\frac{b_1}{b_0}\right)^2}},$$

$$x = \frac{1 - 2 \arctg \frac{\frac{b_1}{b_0} \sin x}{1 + \frac{b_1}{b_0} \cos x}}{2d - 1}.$$

## 6 新型执行器的应用

执行器-控制阀是系统的终端环节,其性能关系到系统的成败。分析氨氧化生产过程,氨流量控制阀应有线性工作特性,才能与系统匹配,达到最佳控制。

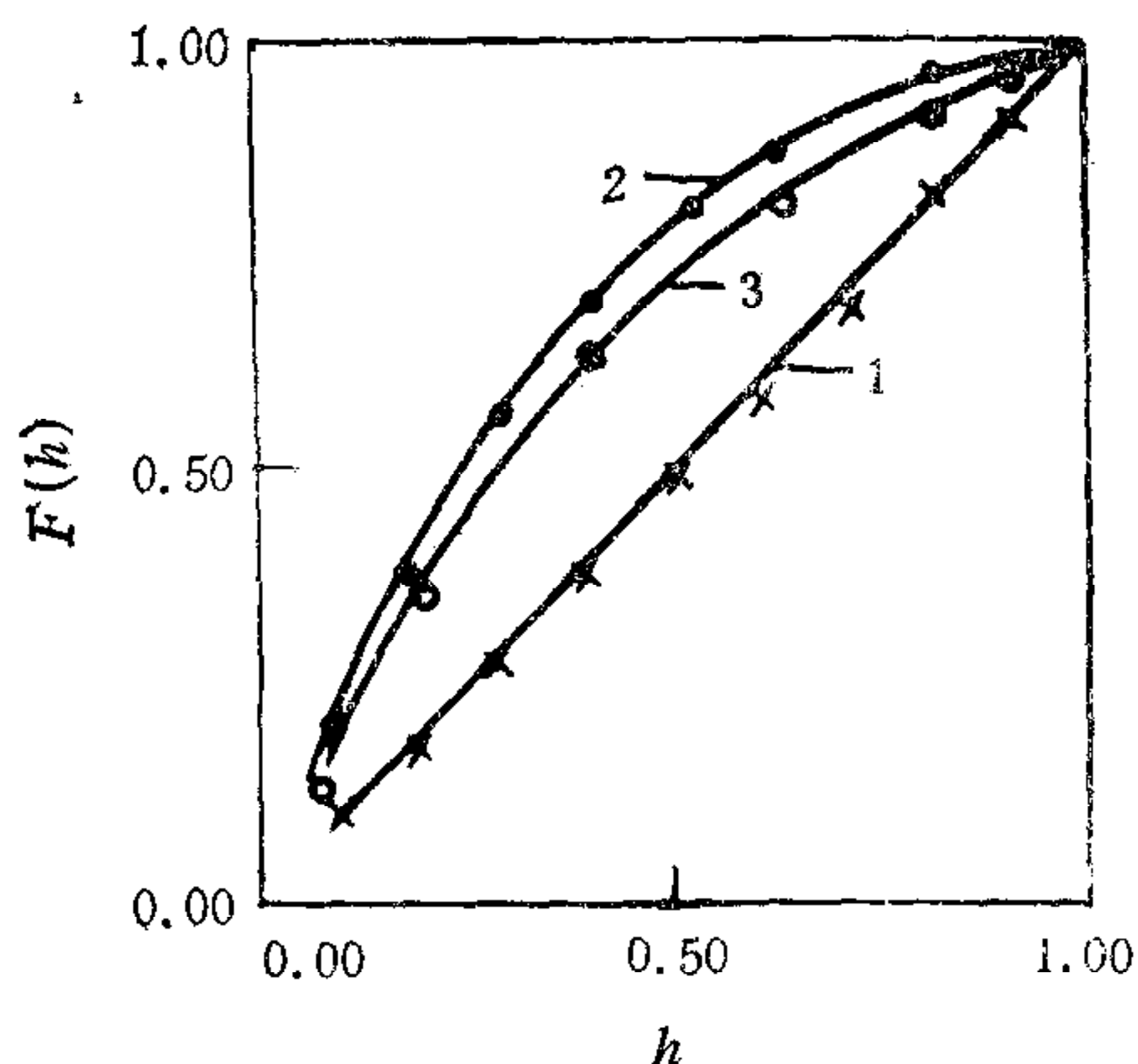


图 4 三种控制阀的工作流量特性比较

按阀的工作原理,其工作特性  $F(h)$  是固有特性  $f(h)$ 、压降比  $\Delta P_R$ 、介质压缩系数  $\varepsilon$  和系统压差  $\Delta P'_v$  的恒定性等因素的函数,即

$$F(h) = g[f(h), \Delta P_R, \varepsilon, \Delta P'_v], \quad (1)$$

式中  $h$  为阀的相对行程。

阀是安装在工艺管路中,  $\Delta P_R$  (0.0—1.0)、 $\varepsilon < 1.0$ 、 $\Delta P'_v$  是变数,传统的  $f(h)$  是按  $\Delta P_R = 1.0$ 、 $\varepsilon = 1.0$ 、 $\Delta P'_v$  为恒定而设计,故原有线性阀的  $F(h)$  不是线性,不能匹配本系统。为此,本系统应用了新型控制阀。

新型控制阀特性设计考虑  $\Delta P_R$ 、 $\varepsilon$ 、 $\Delta P'_v$  的实际情况并取其最佳值。在指定的  $F(h)$  为线性下,设计新阀的流通面积与  $h$  的关系,即

$$f(h) = g'[F(h), \Delta P_R, \varepsilon, \Delta P'_v], \quad (2)$$

得到新阀的固有特性  $f(h)$ <sup>[7,8]</sup>。按(1)式,当新阀在实际的  $\Delta P_R$ 、 $\varepsilon$ 、 $\Delta P'_v$  等参数下运行,线性工作特性就得到。图 4 曲线 1 是本阀的实际工作流量特性。氨氧化生产过程的控制

系统,使用了本阀,系统的控制性能充分发挥,控制效果甚佳。

氨氧化系统自 92 年投运以来,已连续运行三年。94 年 3 月通过了化工部的鉴定。系统的投入产出比为 1:3.75。

### 参 考 文 献

- [1] ONSPEC Using Guide. Heuristics inc, 91.
- [2] 吴仕波,工控软件包. 研华技术通讯, 93, 1.
- [3] 吴明光等,工业控制实时数据库的研究,浙江省自动化学术会议论文, 93, 5.
- [4] 何伟强等,实时微机关系数据库管理系统, RTDB 的设计与实现,计算机工程及应用, 90, 1.
- [5] Åström KJ, et al. Towards Intelligent PID control, *Automatica* 1992, (1):1—9.
- [6] Åström K J, et al. Expert control. *Automatica*, 1986, 277—286.
- [7] 张玉润,祝和云,低压降比调节阀. 仪器仪表学报, 1986, 7(3): 240—250.
- [8] 张玉润等,低压降比调节阀. 中国,发明, 85100559. 1986-35.

## COMPUTER CONTROL SYSTEM OF AMMONIA OXIDIZING PROCESS IN THE MANUFACTURING OF NITRIC ACID

WU MINGGUANG      ZHANG YURUN

(*Institute of Industrial Process Control, Zhejiang University, Hangzhou 310027*)

**Key words:** DCS, controller of the selftuning PID actions, realtime database, ammonia oxidizing, control valve.