

非线性系统的预报控制及其在 pH 值控制中的应用

邹志云 顾钟文 周春晖
(浙江大学)

摘 要

本文结合非线性脉冲响应模型和模型算法控制,提出了一种新的非线性系统预报控制方法。该方法具有良好的稳定性和鲁棒性,用它对具有强非线性的酸碱中和过程 pH 值进行控制,取得了比非线性 PID 调节器更好的控制效果。

关键词——非线性系统,脉冲响应,预报控制。

一、引 言

实际系统都具有一定程度的非线性,而目前有效、实用的非线性控制方法却很少,现在工程上多应用 Shinskey 提出的非线性 PID 调节器^[1] (Nonlinear PID Controller, 简记 NL-PID),但它不能对系统实现最优控制,且参数在线整定复杂。本文利用非线性脉冲响应模型将模型算法控制^[2]推广,提出了一种非线性系统的预报控制 (Nonlinear System Predictive Control, 记为 NL-PC) 方法。

二、NL-PC 算式及特性

NL-PC 的基本原理见图 1。它用系统的非线性脉冲响应模型对输出进行预报,然后进行控制作用计算,使输出预报值尽可能接近参考轨迹,平滑快速地达到设定值。

(1) 系统的非线性脉冲响应模型为

$$x(k) = \sum_{i=1}^l r_i u^i(k), \quad (1)$$

$$y(k) = \sum_{i=1}^N h_i x(k-i). \quad (2)$$

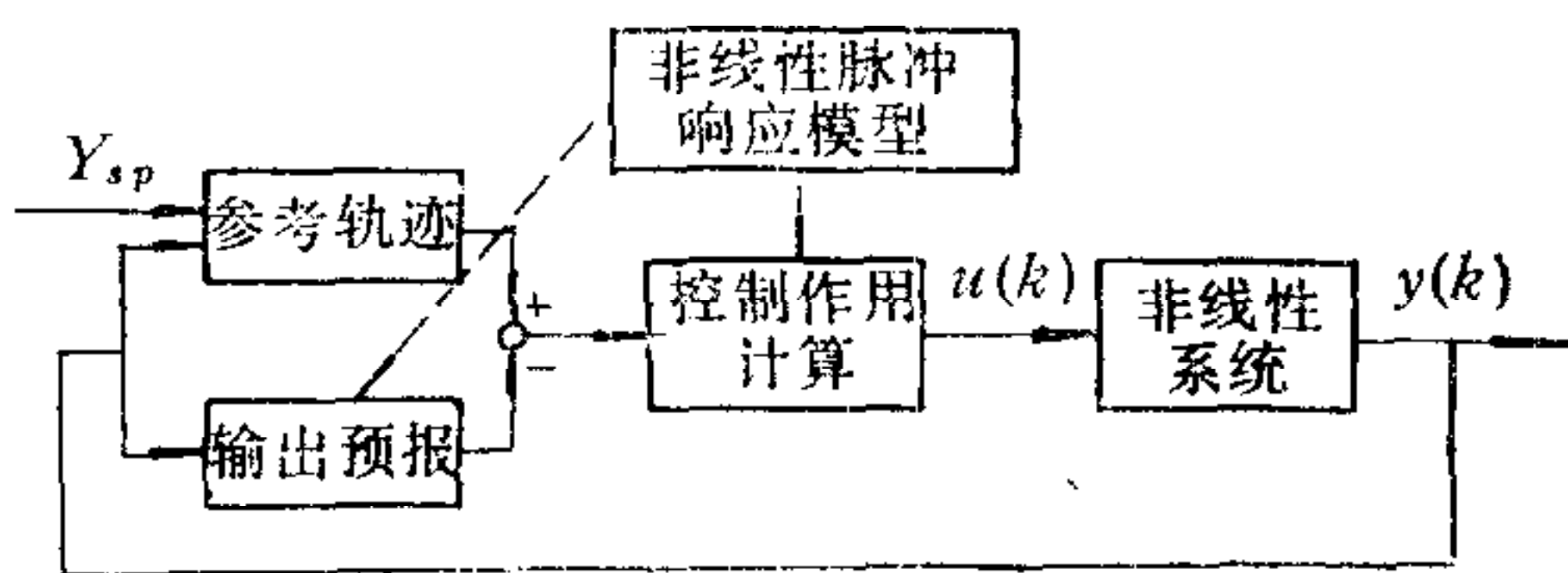


图 1 非线性预报控制原理框图

其中 $x(k)$ 为中间变量; $r_i (i = 1, \dots, l)$ 为参数; $\{h_i\} (i = 1, \dots, N)$ 为单位脉冲响

环。而且为消除稳态余差,可在 $u^*(k)$ 上加一积分项,即 $u(k) = u^*(k) + K_I \sum_{i=0}^k [y_{sp} - y(i)]$, K_I 为积分系数。

应用类似线性情况的分析方法^[3]分析,可知 NL-PC 具有很好的稳定性和鲁棒性。

三、pH 值控制实验及结果

将 NL-PC 在具有强非线性特性的酸碱中和过程的 pH 值控制(图 2)中进行了应用

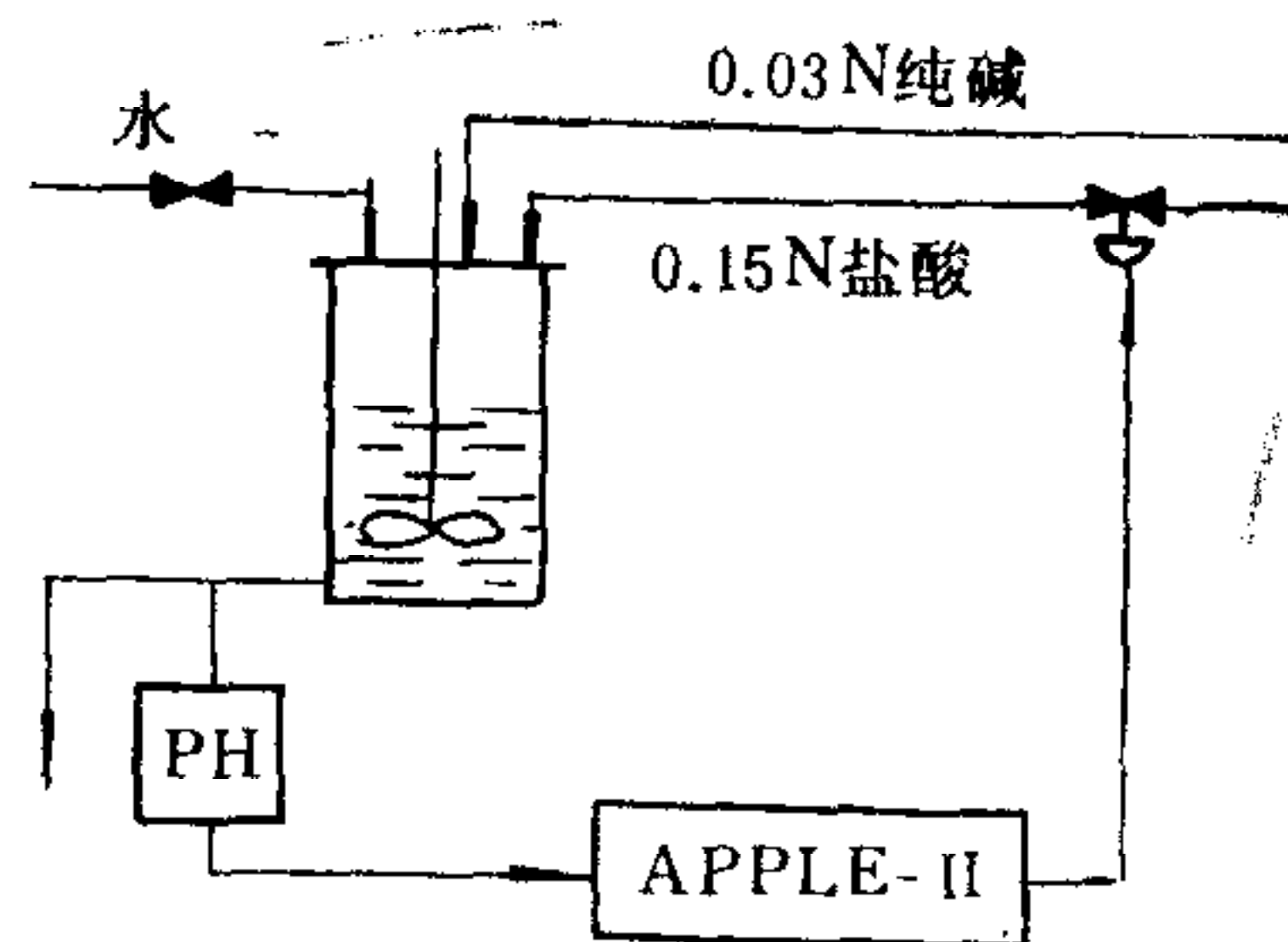


图 2 pH 实验装置简图

实验。同时也用 NL-PID^[1] 对 pH 值进行了控制。

设定值跟踪及抗干扰的情况分别示于图 3、图 4。由图可见, NL-PC 比 NL-PID 超调量小,跟踪时间短; NL-PC 动态响应好, NL-PID 大幅度振荡。

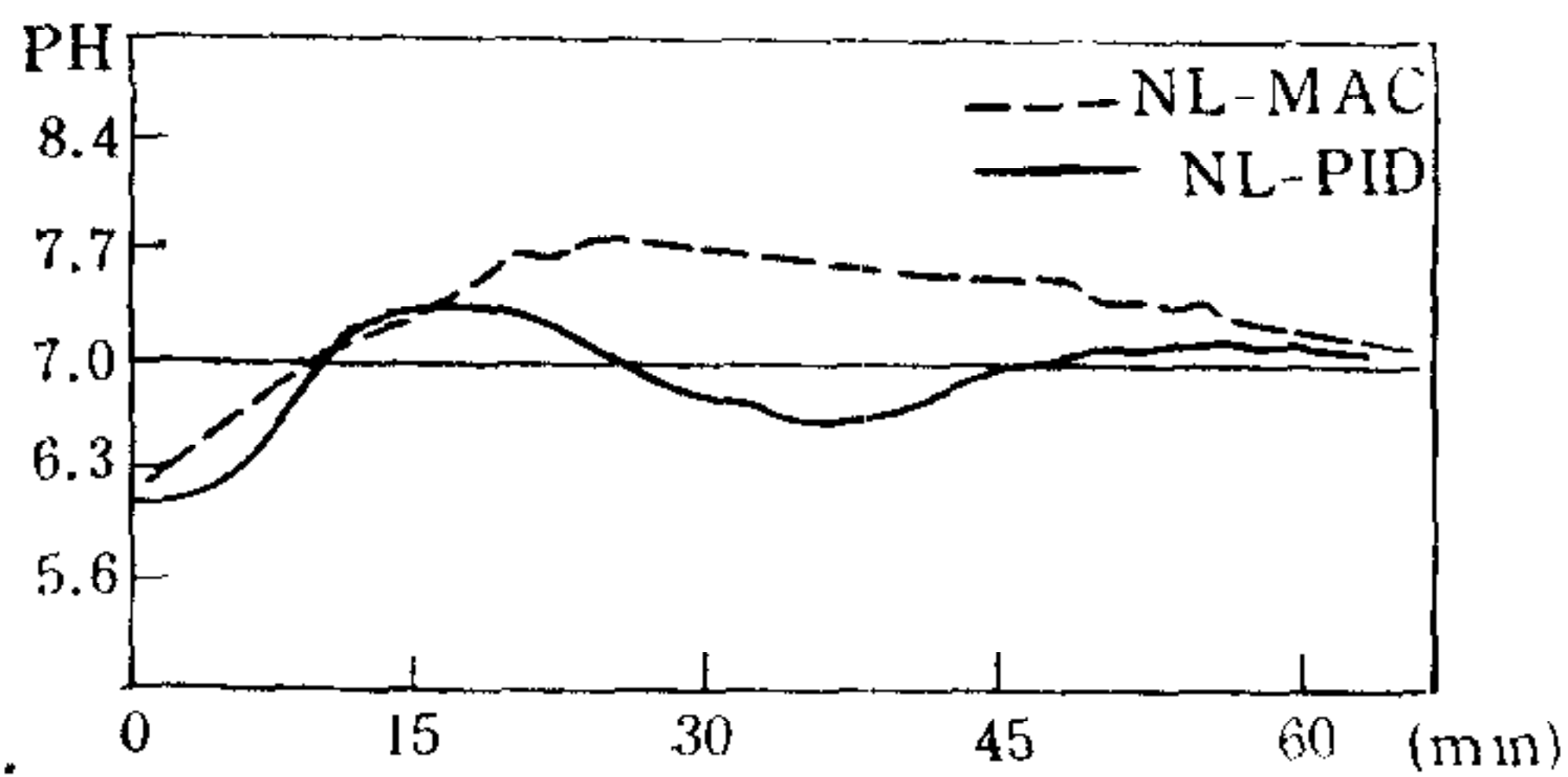


图 3 pH 值设定值跟踪响应

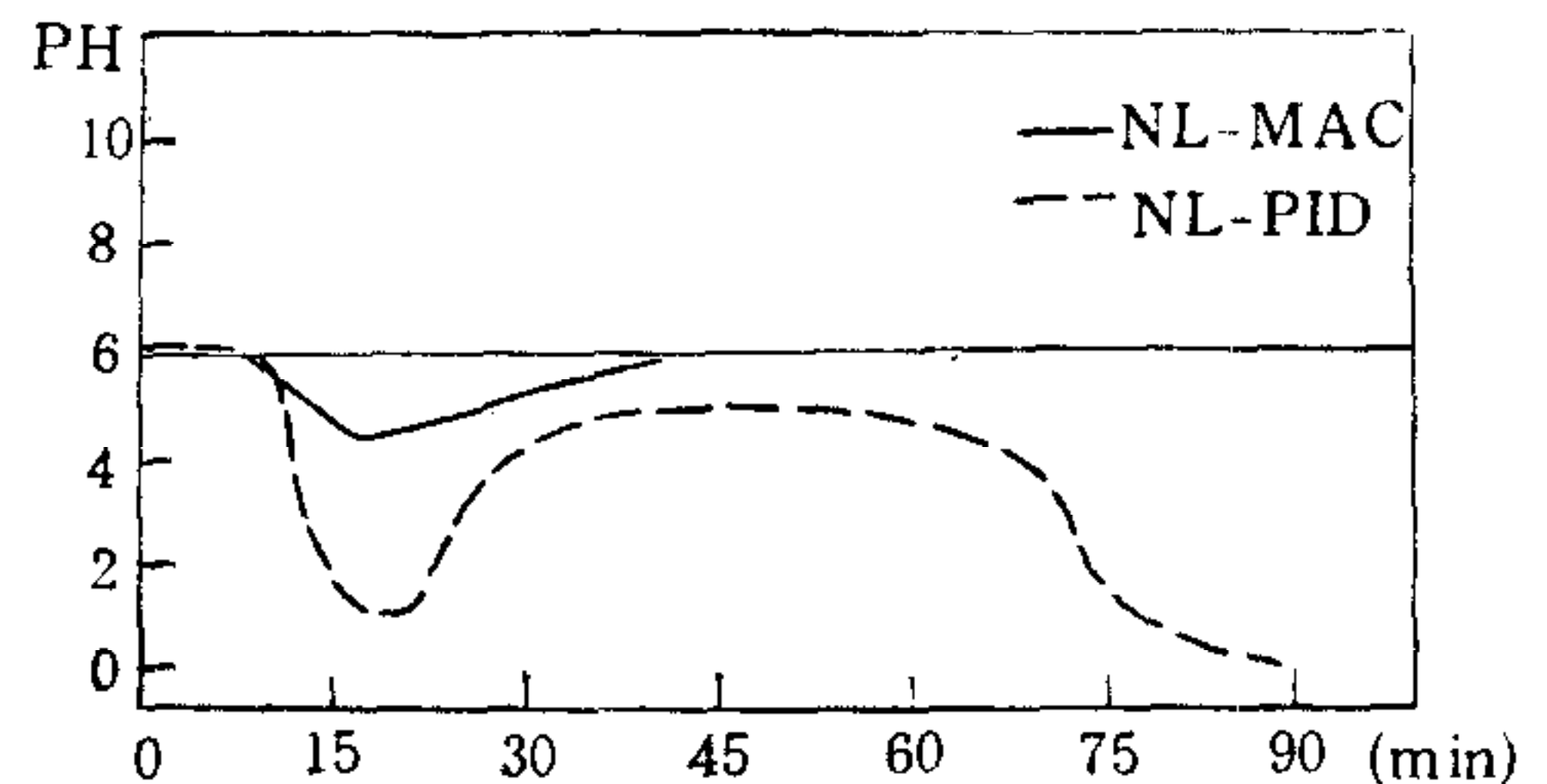


图 4 碱流量阶跃干扰下的 pH 值动态响应

在持续控制实验中, NL-PC 与 NL-PID 相比, pH 均值更接近设定值, 积分误差 IAE 较小, 中和剂(在此为酸)耗量少, 这表明如将 NL-PC 用于生产控制, 将会给工厂带来更多的利润。

四、结 论

NL-PC 是非线性系统的一种非常有效的控制方法。它不仅具有良好的控制响应, 而且稳定性好, 鲁棒性强, 对模型要求不高; 再加上它计算简单, 占用内存少, 用一般微机就可实现, 因此具有很强的实用性。它能用于一大类具有强非线性和大纯滞后系统的控制。

参 考 文 献

- [1] Shinskey, F. G., Process-Control Systems, Second Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, 1979, Chapter 5.
- [2] Mehra, R. K., et al., Model Algorithmic Control (MAC); Review and Recent Developments, Proceedings of the 2nd Chemical Process Control World Congress, 1982, 287—309.
- [3] Rouhani, R. and Mehra, R. K., Model Algorithmic Control (MAC); Basic Theoretical Properties, *Automatica*, **18**(1982), 4, 401—414.

NONLINEAR SYSTEM PREDICTIVE CONTROL AND ITS APPLICATION TO A pH PROCESS

ZOU ZHIYUN GU ZHONGWEN ZHOU CHUNHUI
(Zhejiang University)

Key words—Nonlinear system; impulse response; predictive control.