

自调整比例因子 Fuzzy 控制器 控制工业锅炉燃烧过程

毛宗源 狄 珍

(华南理工大学自动化系, 广州)

摘要

本文提出自调整比例因子 Fuzzy 控制器对工业锅炉燃烧过程控制。Fuzzy 控制器由 SC-841 工业控制机实现。实际运行效果良好。

关键词: 比例因子, Fuzzy 控制器, 燃烧过程。

一、前言

1974 年, 英国 E. H. Mamdani 首先根据 Fuzzy 集构成 Fuzzy 控制, 控制锅炉和蒸汽机^[1], 这标志 Fuzzy 控制的诞生。文献[2]对自调整比例因子 Fuzzy 控制器做了推理和仿真。本文将它应用于工业锅炉燃烧过程的控制。

二、数学描述和结构框图

工业锅炉燃烧过程 Fuzzy 控制规则的自调整, 担负着蒸汽压力、炉膛负压、烟气含氧量、燃油量、鼓风量的调节以及自动消除黑烟等控制, 力求使燃料燃烧产生的热量与蒸汽负荷变化相适应, 以保证锅炉的安全和经济运行。系统结构框图示于图 1^[3]。图中各回路用同一的自调整比例因子 Fuzzy 控制规则, 只不过比例因子不同。现分析其中一个回路(见图 2)。

设被控对象的输入输出关系为

$$y(nT) = f_1[u(nT)]. \quad (1)$$

控制器偏差输入信号的 Fuzzy 集为

$$AE(nT) = \text{int}\{A \cdot q_1[E(nT)] + 0.5\}. \quad (2)$$

控制器偏差变化率输入信号的 Fuzzy 集为

$$(1 - A) \cdot \zeta(nT) = \text{int}\{(1 - A)q_2[E(nT) - E(nT - T)] + 0.5\}. \quad (3)$$

控制器输出控制量为

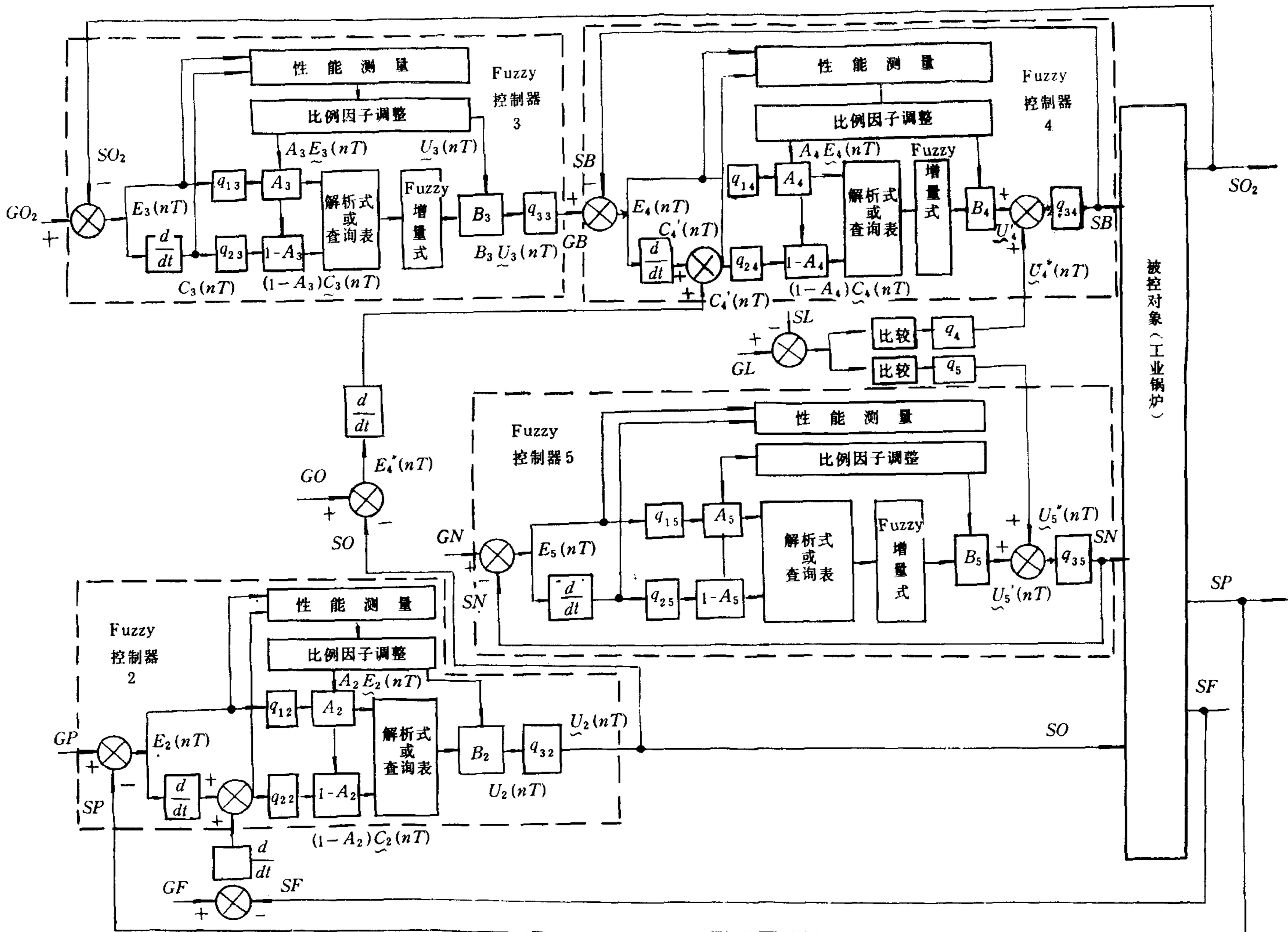


图 1 工业锅炉燃烧过程 Fuzzy 控制器结构框图

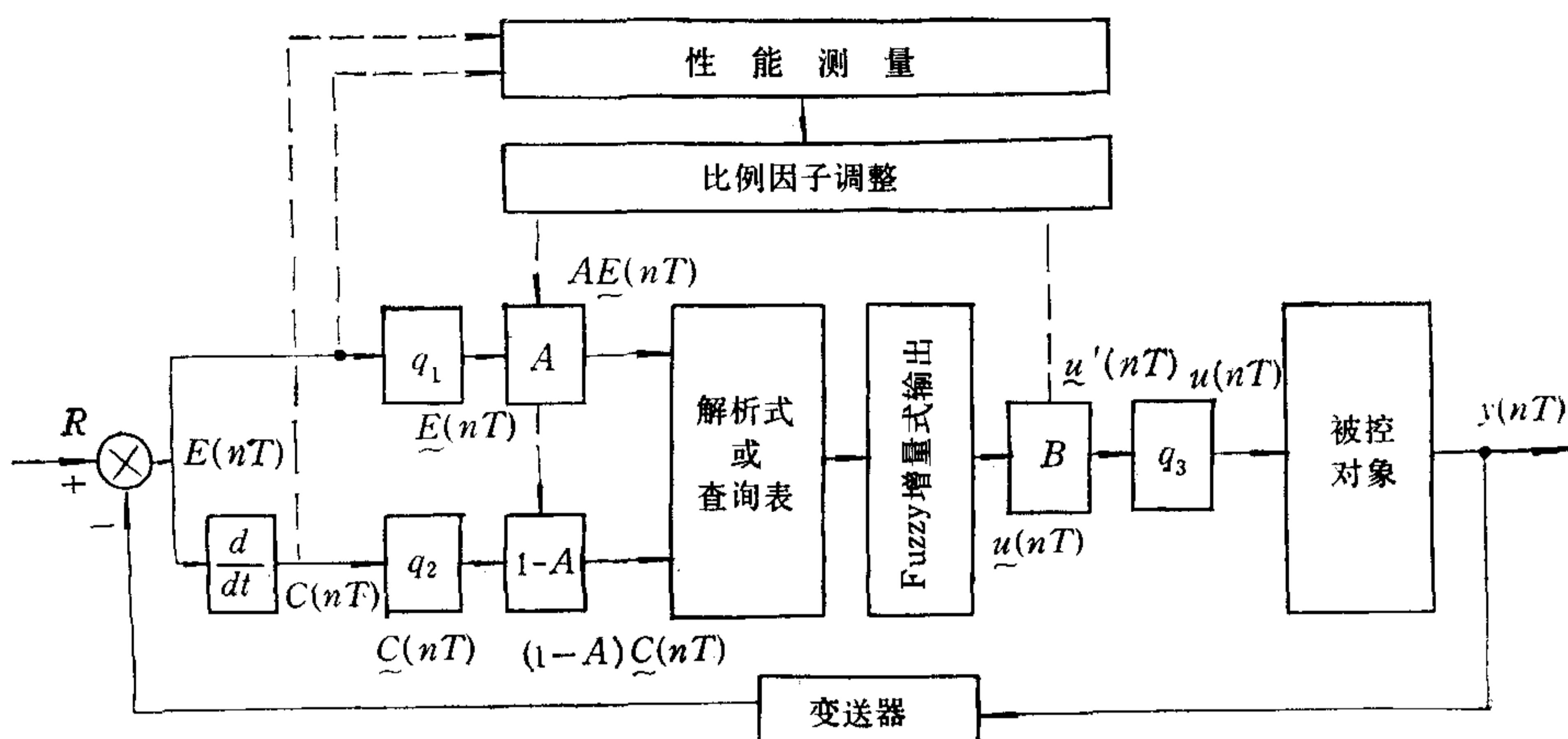


图 2 自调正比例因子 Fuzzy 控制器结构框图

$$u(nT) = q_3 \{ B \cdot \text{int}[Aq_1E(nT) + 0.5] + B \cdot \text{int}[(1-A)q_2(E(nT) - E(nT-T)) + 0.5] \}. \quad (4)$$

将(4)式代入(1)式得

$$Y(nT) = f_1 \{ q_3 \{ B \cdot \text{int}[Aq_1E(nT) + 0.5] + B \cdot \text{int}[(1-A)q_2(E(nT) - E(nT-T)) + 0.5] \} \}. \quad (5)$$

偏差量为

$$E(nT) = R - Y(nT). \quad (6)$$

式中 q_1, q_2, q_3 为偏差信号、偏差变化率信号、输出信号的 Fuzzy 化和量化； A 界于 0—1 之间的实数，其大小意味着对偏差和偏差变化的加权程度，反映了人进行控制活动的思维特点； $E(nT)$ 是偏差的模糊集； $C(nT)$ 是偏差变化率的 Fuzzy 集； B 亦是比例因子。

当 $E(nT)$ “很大”时， $u(nT)$ 以绝对量形式给出；当 $E(nT)$ “不很大”时， $u(nT)$ 以增量形式给出。系统中烟气含氧量、鼓风量、炉膛负压等回路以增量形式给出。其算法为

$$\left. \begin{array}{l} \text{if } u(nT) > u(nT-T) \text{ then } u(nT) = u(nT-T) + K \\ \text{if } u(nT) < u(nT-T) \text{ then } u(nT) = u(nT-T) - K \\ \text{if } u(nT) = u(nT-T) \text{ then } u(nT) = u(nT-T) \end{array} \right\} \quad (7)$$

式中 K 是可选常参量，本系统取 $K = 1$ 。

本控制器有下列特点：

- 1) 当被控对象改变时，调整 A, B 使控制规则相应调整，系统始终处在最优或接近最优状态；
- 2) 当被控对象不变时，以性能指标为目标函数，以 A, B 为寻优参数，根据目标函数不断推算出新的 A, B 值，使目标函数逐步减小，从而达到调整控制规则，改善系统品质；
- 3) 当被控对象改变时，建立一个自适应控制系统，确保系统性能指标。本系统为自适应 Fuzzy 控制的参数调节提供灵活方便的手段；
- 4) 论域 $E(nT), C(nT), u(nT)$ 的 Fuzzy 分档。如果控制规则不能用解析式表示，则 Fuzzy 分档受计算机内存容量限制；如果控制规则能够用解析式表示，则 Fuzzy

分档受计算机字长影响。

三、运行分析

图3示出10T/h工业燃油锅炉Fuzzy控制运行曲线。图中每小格代表蒸汽流量0.1 T/h,水位4.4mm水柱,燃油量12kg/h,鼓风量132标米/h,烟气含氧量0.1% 氧含量,蒸汽压力0.016MPa。纸带运行速度120mm/h。

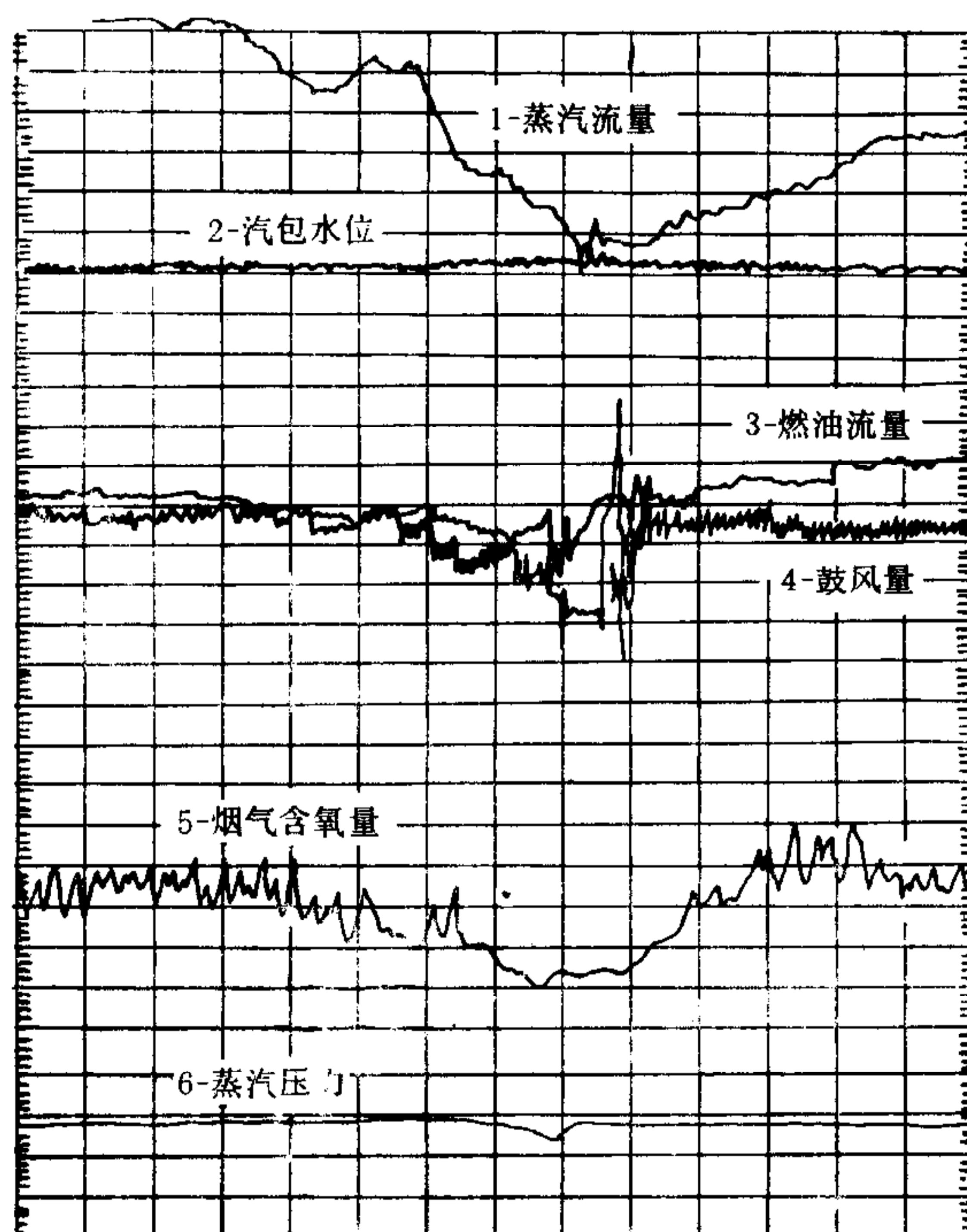


图3 运行曲线

一年多运行结果表明,当蒸汽负荷波动10%时,Fuzzy控制系统可达:1)汽包水位偏差 $\leq 10\text{mm}$ 水柱;2)蒸汽压力偏差 $\leq \pm 5 \times 10^{-2}\text{MPa}$;3)炉膛压力偏差 $\leq \pm 10\text{Pa}$;4)林格曼烟色浓度为0—1级,黑烟消除时间 $\leq 10\text{s}$;5)采用燃烧过程自调整比例因子Fuzzy控制,使锅炉由原来采用常规仪表控制每吨蒸汽平均耗油78.46kg下降到75.24kg,油单耗下降了3.22kg,年节油225.4吨,年直接经济效益9万元;6)不冒黑烟,社会效益显著。

参 考 文 献

- [1] Mamdani, E. H., Application of Fuzzy Algorithms for Control of Simple Dynamic Plant, Proc. IEEE, 121(1974), 12, 1585—1588.
- [2] 龙升照、汪培庄, Fuzzy控制规则的自调整问题,模糊数学,3(1982),105—111.
- [3] 毛宗源、狄 珍,工业锅炉Fuzzy控制的研究,华南理工大学学报,4(1990),66—73.

AN INDUSTRIAL BOILER COMBUSTION CONTROL BY USING A FUZZY CONTROLLER WITH AUTO-TUNED SCALING FACTORS

MAO ZONGYUAN DI ZHENG

(South China University of Technology, Guangzhou)

ABSTRACT

In this paper, a fuzzy controller with auto-tuned scaling factors is presented for industrial boiler combustion process control. The controller is made of SC-841 microcomputer. Practical operations have shown the effectiveness and economic benefits.

Key words: Scaling factor; fuzzy controller; combustion process.