



高炉、焦炉混合煤气压力和热值智能复合控制

王 峰 何建平 王顺晃 郭 江

(太原钢铁公司自动化研究所 太原 030003) (北京科技大学信息工程学院 北京 100083)

摘 要 介绍一种新型智能复合控制算法与模糊解耦相结合的方法,解决了冶金工业中高炉、焦炉混合煤气压力和热值不稳定的难题. 实时控制结果表明,该方案明显提高控制精度,减少压力和热值的波动,很好地满足了用户要求.

关键词 单神经元,复合智能控制,解耦控制.

INTELLIGENT MULTIPLE CONTROL OF PRESSURE AND CALORIFIC VALUE OF MIXED BLAST FURNACE AND CHERRY FURNACE GAS

WANG Feng HE Jianping

(Automation Institution of Taiyuan Iron & Steel Company, Taiyuan 030003)

WANG Shunhuang GUO Jiang

(Institute of Information Engineering, Beijing Technology and Science University, Beijing 100083)

Abstract This paper introduced a new intelligent multiple control algorithm which was connected with intelligent decouple. It solved the difficulty that mixed gas pressure and calorific values about blast furnace and charry furnace were not steady in the metallurgical industries. The result of real-time control showed the method obviously enhanced the control accuracy and reduced the undulation of pressure and calorific value and fulfilled the request of customer.

Key words Single neuron, intelligent multiple control, decoupling control.

1 引言

冶金企业中,很多用户取自高炉煤气(热值低)和焦炉煤气(热值高)按一定比例混合后作燃料. 当前这种混合煤气通常采用人工操作或简单PID控制得到,因而混合煤气的

压力和热值波动大、能耗大、污染环境. 本文提出一类新型单神经元自适应 PSD 和仿人规则控制相结合的复合智能控制算法, 并采用模糊解耦控制, 经过近半年的现场运行结果表明, 混合煤气的压力和热值波动小、精度高、抗干扰能力强、降低能耗、改善环境, 取得较好的效益.

2 高炉和焦炉混合煤气生产工艺

高炉和焦炉混合煤气一般采用管网直接混合, 其生产过程如图1所示. 图中输入量为高炉煤气和焦炉煤气, 输出量为混合煤气压力和热值. 煤气蝶阀开度与煤气压力和流量成抛物线关系, 输入煤气的改变既影响混合煤气压力, 又影响混合煤气热值. 因此, 本控制对象是一个非线性强耦合的双输入、双输出多变量系统.

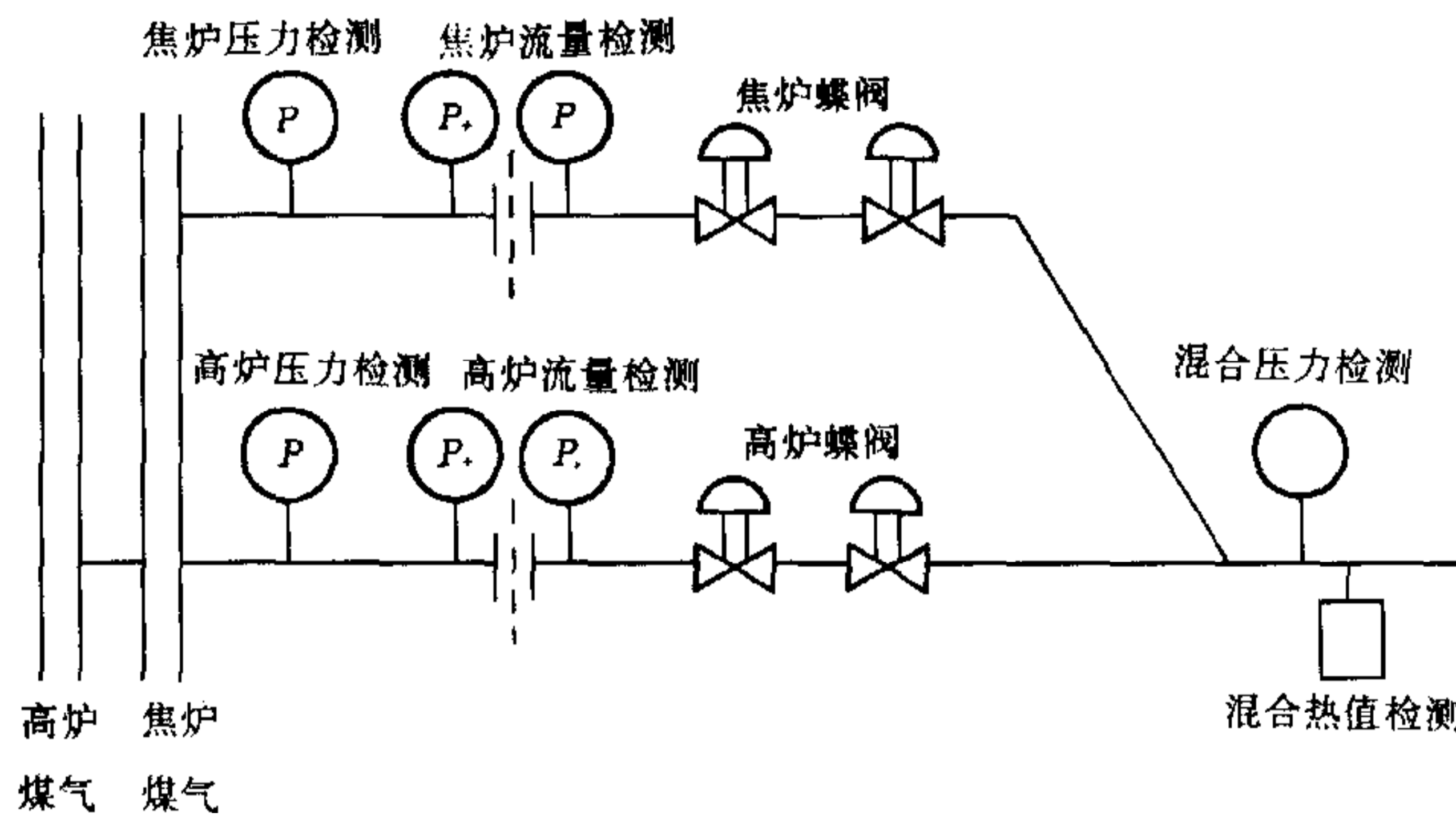


图1 高炉焦炉煤气混合工艺简图

3 高炉与焦炉混合煤气的压力和热值控制系统结构

针对被控对象复杂的特性, 本文引入智能复合控制以简化问题, 提高系统的性能, 其系统框图如图2所示. 图中把系统分为混合煤气压力和混合煤气热值两个独立的子系统, 通过相应的控制器分别计算出相应的控制量 u_1 和 u_2 , 然后通过模糊解耦环节得到相应 v_1 和 v_2 作为被控对象的输入, 实现混合煤气压力和热值的解耦. y_{r1} 为混合煤气压力设定值, y_{r2} 为混合煤气热值设定值, y_1 为混合煤气压力实测值, y_2 为混合煤气热值实测值.

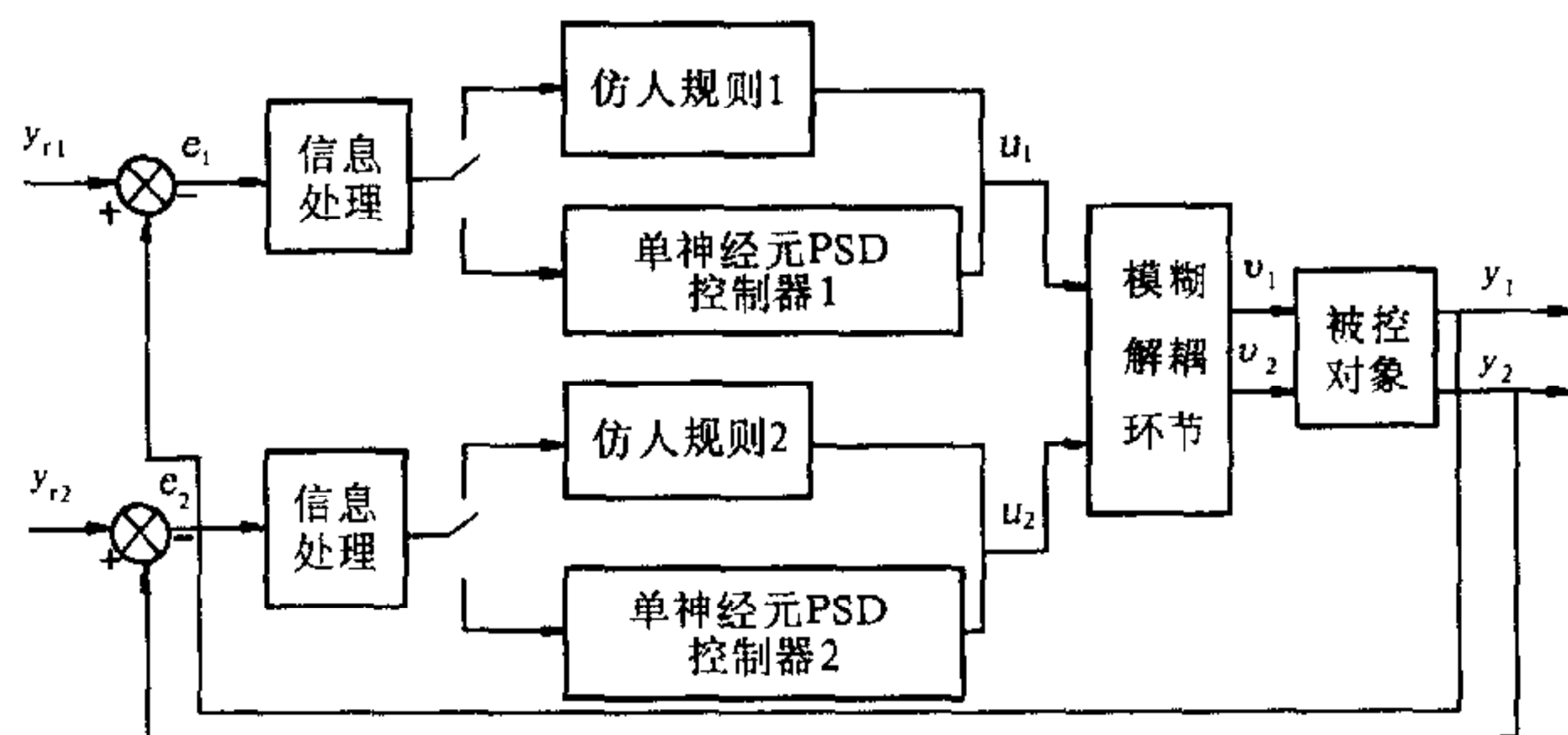


图2 系统控制框图

3.1 复合智能控制算法

在系统运行中, 当系统误差绝对值 $|e|$ 小于阈值电压 E_m , 采用单神经元自适应 PSD

控制,否则采用仿人控制规则控制.

单神经元自适应 PSD 控制算法采用自适应 PSD 与单神经元相结合的原则,在线调整 PSD 参数及增益 k 值,具有较强的自学习和自组织能力^[1].

当误差绝对值 $|e|$ 大于阈值电压 E_m ,或出现压力过高或过低、休风等事故的特殊情况时采用仿人智能控制算法.仿人智能控制算法控制规则如下:

- 1) IF 混合压力 y_1 大于混合压力上限值 $y_{1\max}$,
THEN $u_1(k) = -u_{1m1}, u_2(k) = 0$;
- 2) IF 混合压力 y_1 小于混合压力下限值 $y_{1\min}$,
THEN $u_1(k) = u_{1m2}, u_2(k) = u_{2m1}$;
- 3) IF $|e_i(K)| < A$ 且 $(e_i(K) - e_i(K-1)) > 0$,
THEN $u_i(K) = u_i(K-1) + K_{i1}[e_i(K) - e_i(K-1)]$;
- 4) IF $|e_i(K)| < A$ 且 $(e_i(K) - e_i(K-1)) \leq 0$,
THEN $u_i(K) = u_i(K-1) + K_{i2}[e_i(K) - e_i(K-1)]$;
- ($i=1,2$)

上述规则中, u_{1m1} 、 u_{1m2} 、 u_{2m1} 和 K_{i1} 、 K_{i2} ... 的初值由系统调试和经验给出,而 K_{i1} 、 K_{i2} ... 的动态调整由学习环节完成.学习环节通过评价函数 $p(K)$ 对系数 K_i 进行在线调整,该评价函数定义为

$$p(k) = e(k)e(k-1), \quad (1)$$

若连续两次以上进行仿人智能控制,且 $p(k) > 0$,则相应增加 K_i ;若连续两次以上进行仿人智能控制,且 $P(K) < 0$,则相应减小 K_i .

3.2 模糊解耦控制算法

如图2所示,本系统是双输入双输出系统,为消除它们之间的耦合作用,减少混合煤气压力和热值波动,引入一种新型模糊解耦算法,其结构如图3所示.

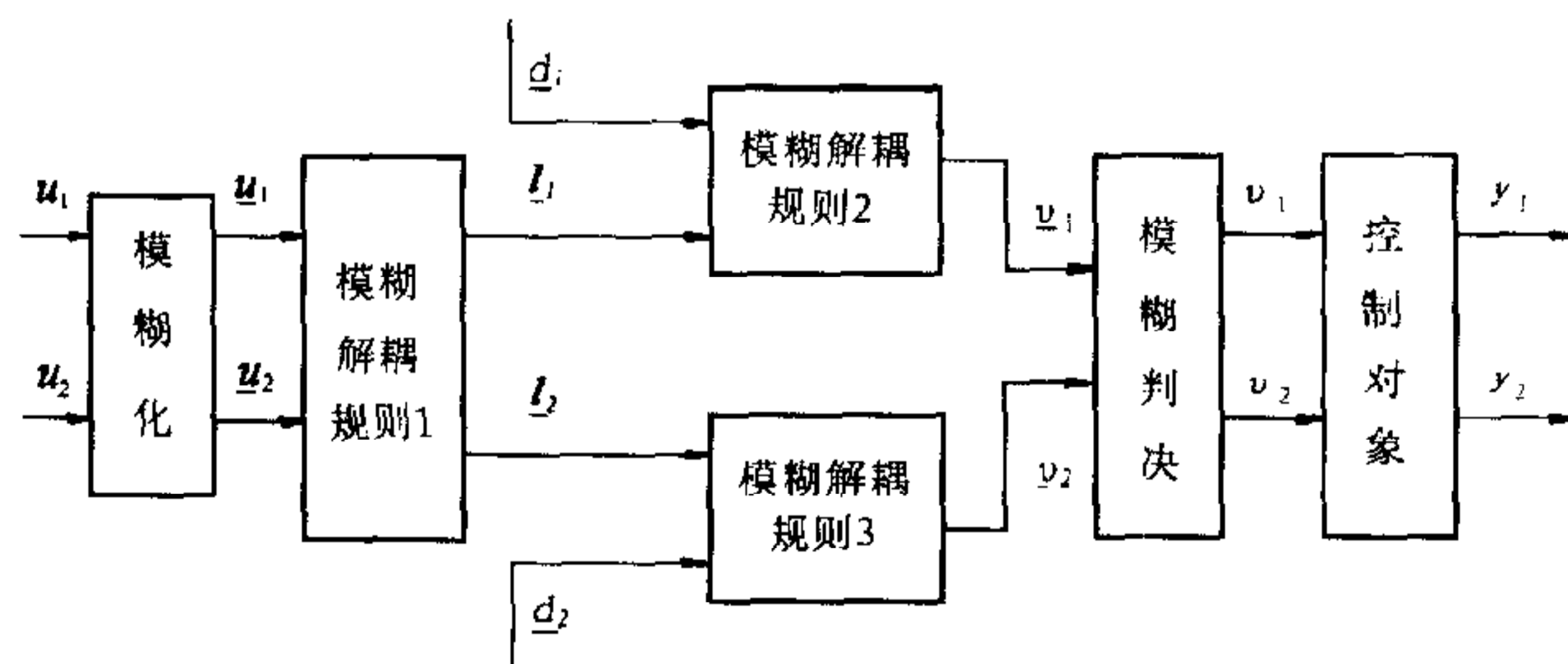


图3 解耦控制框图

图中模糊变量的模糊子集如下:

混合煤气压力控制量 $u_1: \{NB, NM, NS, 0, PS, PM, PB\}$;

混合煤气热值控制量 $u_2: \{NB, NM, NS, 0, PS, PM, PB\}$;

高炉煤气输入控制量 $l_1: \{NB, NM, NS, 0, PS, PM, PB\}$;

焦炉煤气输入控制量 $l_2: \{NB, NM, NS, 0, PS, PM, PB\}$;

高炉蝶阀实际开度 $d_1: \{\text{verysmall}, \text{small}, \text{middle}, \text{large}, \text{verylarge}\}$;

焦炉蝶阀实际开度 $d_2: \{\text{verysmall}, \text{small}, \text{middle}, \text{large}, \text{verylarge}\}$;

高炉蝶阀控制量 $v_1: \{NB, NM, NS, 0, PS, PM, PB\}$;

焦炉蝶阀控制量 $\underline{v}_2: \{NB, NM, NS, 0, PS, PM, PB\}$.

总结模糊规则集如下:

模糊解耦规则1

1) IF $\underline{u}_1 = NB$ AND $\underline{u}_2 = 0$, THEN $\underline{l}_1 = NB, \underline{l}_2 = 0$;

2) IF $\underline{u}_1 = 0$ AND $\underline{u}_2 = NB$, THEN $\underline{l}_1 = 0, \underline{l}_2 = NB$;

.....

27) IF $\underline{u}_1 = PM$ AND $\underline{u}_2 = PS$, THEN $\underline{l}_1 = PS, \underline{l}_2 = PM$;

28) IF $\underline{u}_1 = PM$ AND $\underline{u}_2 = PM$, THEN $\underline{l}_1 = 0, \underline{l}_2 = PM$;

模糊解耦规则2及规则3

1) IF $\underline{d}_i = \text{small}$ AND $\underline{l}_i = NM$, THEN $\underline{v}_i = NS$;

2) IF $\underline{d}_i = \text{small}$ AND $\underline{l}_i = NS$, THEN $\underline{v}_i = NSS$;

3) IF $\underline{d}_i = \text{small}$ AND $\underline{l}_i = 0$, THEN $\underline{v}_i = 0$;

.....

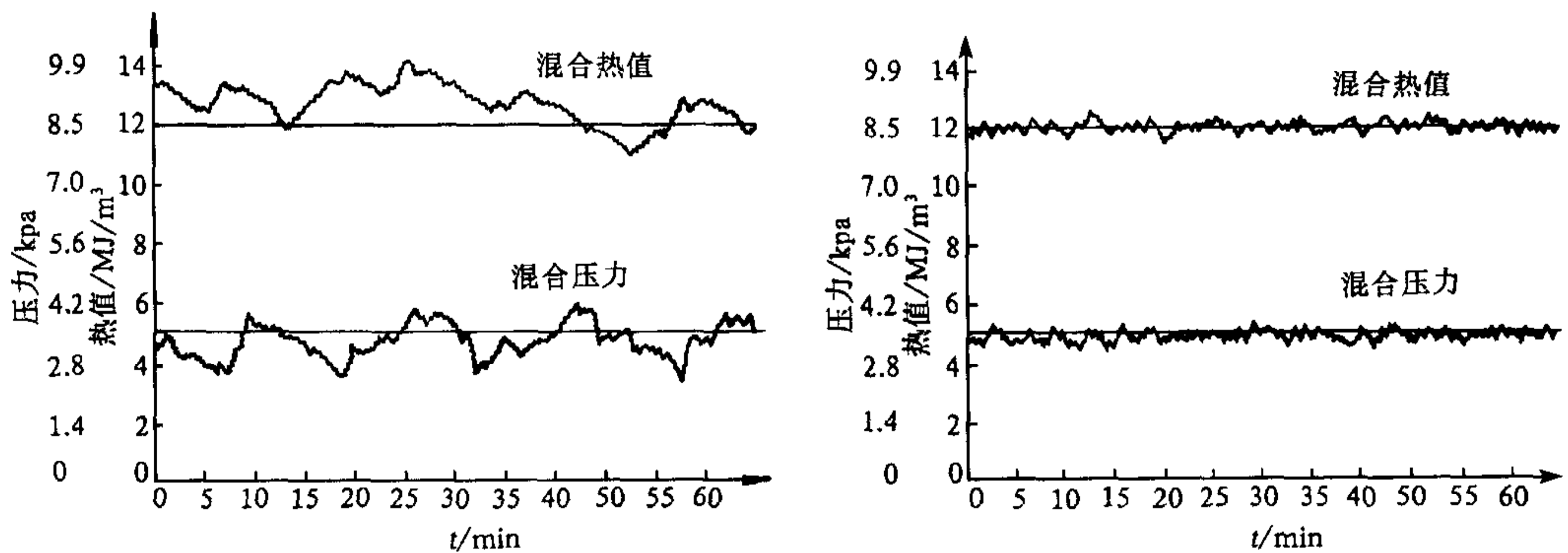
17) IF $\underline{d}_i = \text{large}$ AND $\underline{l}_i = PM$, THEN $\underline{v}_i = PB$ ($i=1,2$).

通过上述规则进行控制,只要参数调整合适,基本上可以消除混合煤气压力和热值两个子系统的耦合,而获得稳定的混合煤气压力和热值.

4 程序运行结果

本系统运行中参数 $c=0.03, l^*=0.08, \eta_I=750, \eta_P=250, \eta_D=2$.

人工操作和传统控制时,混合煤气压力和热值波动如图4(a)所示,本系统运行以来,混合煤气压力和热值波动如图4(b)所示.结果表明,本系统引入智能复合控制,明显减小混合煤气压力和热值的波动,满足生产要求,受到厂方的好评.



(a)控制前运行效果

(b)控制后运行效果

图4

5 结束语

本系统自1997年12月在太原钢铁公司投入运行以来,工作可靠,明显提高系统控制精度,保证混合煤气质量,降低能耗,减少高炉煤气放散率,改善环境污染,具有显著的经济

效益和社会效益,有推广和应用价值.

参 考 文 献

1 王顺晃,舒迪前.智能控制系统及其应用.北京:机械工业出版社,1995

王 峰 1970年出生,工程师,硕士.从事冶金企业计算机过程控制领域的研究工作.

何建平 1960年出生,高级工程师,硕士.从事冶金企业计算机过程控制领域的研究工作.

(上接第769页)

- | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 吴 麒 | 吴立德 | 吴成柯 | 吴沧浦 | 吴铁军 | 吴淮宁 | 吴宏鑫 | 吴智铭 | 吴 雅 |
| 吴 俊 | 吴镇伟 | 吴福朝 | 杨保民 | 杨士元 | 杨成梧 | 杨家本 | 杨绿溪 | 杨富文 |
| 何希勤 | 何新贵 | 何 芸 | 何长安 | 何振亚 | 何英姿 | 何新贵 | 何 军 | 余 焱 |
| 余达太 | 余道衡 | 余 东 | 宋文忠 | 宋 苏 | 沈 理 | 佟绍成 | 应明生 | 初学导 |
| 陈 滨 | 陈荣秋 | 邵 诚 | 张纪峰 | 张承福 | 张明廉 | 张贤达 | 张 铃 | 张 颖 |
| 张立明 | 张国臣 | 张振东 | 张金水 | 张乃尧 | 张元林 | 张化光 | 张天平 | 张天序 |
| 张长水 | 张 钹 | 张良起 | 张永光 | 张洪钺 | 张恭清 | 张鸿宾 | 张嗣瀛 | 张学工 |
| 张宝芬 | 张绪定 | 张炘中 | 张福学 | 张 明 | 张进元 | 卓 晴 | 季 梁 | 岳 东 |
| 岳 红 | 岳德权 | 周东华 | 周旭东 | 周 杰 | 周景振 | 周孝宽 | 周 康 | 周 智 |
| 周 彤 | 林作铨 | 林元烈 | 林学闯 | 宗光华 | 金以慧 | 金 芝 | 金 聪 | 易继锴 |
| 武玉强 | 武际可 | 范颖晖 | 郁文生 | 郑大钟 | 郑丕谔 | 郑应平 | 郑南宁 | 郑 方 |
| 郑君里 | 罗跃虎 | 苗夺谦 | 姚一平 | 姜旭升 | 姜启源 | 姜长生 | 封举富 | 施颂椒 |
| 段广仁 | 郭 雷 | 俞 立 | 俞铁成 | 闻 新 | 钟宜生 | 胥布工 | 洪奕光 | 郝红卫 |
| 胡 岗 | 胡 军 | 胡长勃 | 胡占义 | 胡寿松 | 胡泽新 | 胡剑波 | 胡跃明 | 胡包刚 |
| 胡保生 | 胡恒章 | 胡德文 | 赵 凯 | 赵 耀 | 赵 军 | 赵千川 | 赵沁平 | 赵克友 |
| 战守义 | 费树岷 | 贺国光 | 贺仁睦 | 贺思敏 | 郭树理 | 郭 晨 | 徐金梧 | 徐建闵 |
| 徐德民 | 徐晓飞 | 徐乃平 | 徐玉如 | 徐 波 | 徐搏侯 | 徐光祐 | 徐南荣 | 徐道义 |
| 徐心和 | 徐仁佐 | 徐文立 | 徐宁寿 | 徐立鸿 | 徐立新 | 贾沛璋 | 贾英民 | 贾树民 |
| 贾云得 | 泰世引 | 耿志勇 | 袁 璞 | 袁震东 | 袁著祉 | 袁保宗 | 钱积新 | 钱敏平 |
| 谈大龙 | 高 文 | 高志伟 | 高 龙 | 高东杰 | 高立群 | 高存臣 | 高曙明 | 高 峰 |
| 夏胜平 | 夏善江 | 侯格贤 | 原 魁 | 唐万生 | 唐泽圣 | 唐 明 | 席在荣 | 席裕庚 |
| 柴天佑 | 涂 健 | 涂序彦 | 涂莘生 | 秦化淑 | 耿志勇 | 翁正新 | 桂卫华 | 栾贵兴 |
| 党延忠 | 龚至豪 | 龚光鲁 | 曹光彬 | 曹晋华 | 曹 立 | 曹登庆 | 曹有根 | 梁启宏 |
| 梁学斌 | 梁 斌 | 靳 蕃 | 章 毅 | 章毓晋 | 常文森 | 康立山 | 梅生伟 | 萧德云 |
| 阎平凡 | 程兆林 | 程 侃 | 程 鹏 | 程代展 | 舒迪前 | 蒋 平 | 蒋昌俊 | 蒋慰孙 |
| 蒋静坪 | 蒋智平 | 谢胜利 | 董选明 | 龚 诚 | 黄 一 | 黄 颖 | 黄 勇 | 黄秉宪 |
| 黄泰翼 | 黄海军 | 黄心汉 | 黄正良 | 黄 琳 | 喻文焕 | 喻学刚 | 焦文品 | 焦李成 |
| 彭立中 | 彭思龙 | 曾黄麟 | 琚春华 | 温志渝 | 彭应宁 | 韩战钢 | 韩正之 | 韩京清 |
| 韩崇昭 | 韩曾晋 | 解学军 | 解学书 | 楚天广 | 裘聿皇 | 褚 健 | 熊惠霍 | 熊运鸿 |
| 熊有伦 | 谭跃进 | 谭 民 | 谭铁牛 | 谭建荣 | 管晓宏 | 蔡开元 | 蔡自兴 | 蔡连江 |
| 廖晓昕 | 慕小武 | 慕春棣 | 潘士先 | 潘永泉 | 颜文俊 | 薛兴昌 | 薛安克 | 薛劲松 |
| 薛景瑄 | 霍 伟 | 穆志纯 | 魏 晨 | 瞿寿德 | 戴先中 | 戴冠中 | | |