

火电机组低负荷锅炉优化 运行技术

锅炉所

2014.9

内 容

- (1) 一次风自适应控制
- (2) 氧量自适应控制
- (3) 磨煤机优化及控制
- (4) 配煤掺烧优化及燃煤采购策略
- (5) 风机的单侧运行

1 一次风自适应控制

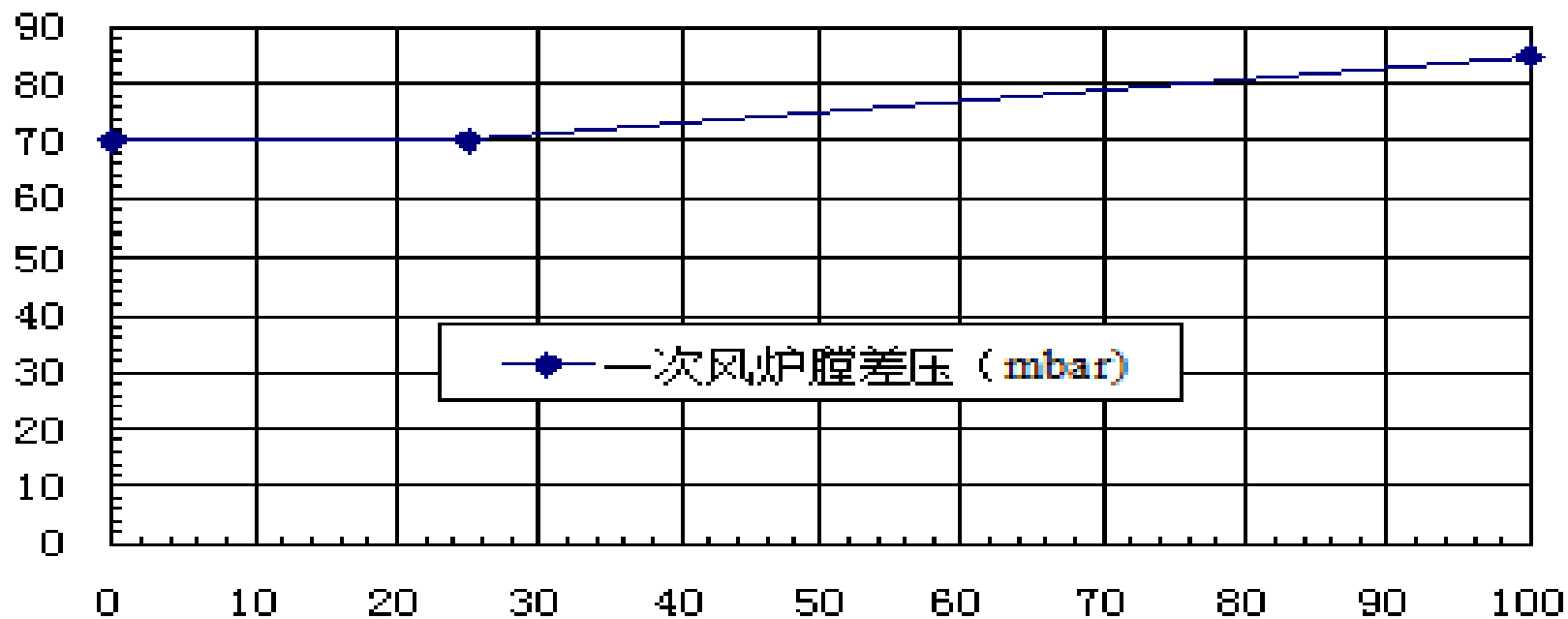
1.1 一次风的作用

- 提供中速磨煤机磨制煤粉所需的风量（通风、干燥）
- 克服磨煤机和煤粉输送的阻力
- 提供合适的燃烧器喷口风速（一次风速）
- 提供挥发分着火需氧

1 一次风自适应控制

1.2 目前的一次风运行现状

- 以一次风压为变量控制一次风机开度，一次风压设定值由函数控制

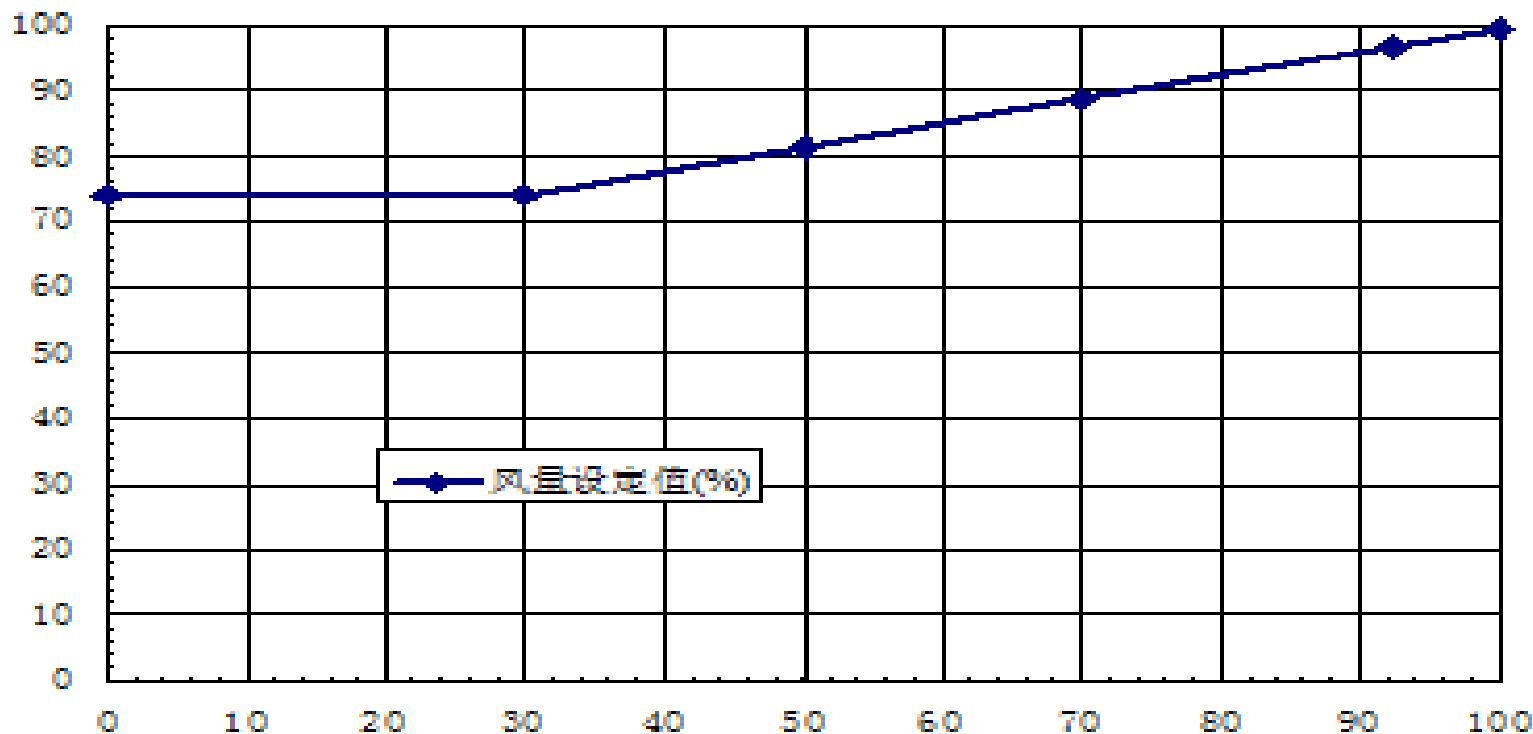


一次风机运行的目的是维持一次风压

1 一次风自适应控制

1.2 目前的一次风运行现状

- 磨煤机风量由热风门（冷风门）控制，风量设定值由风煤比函数决定

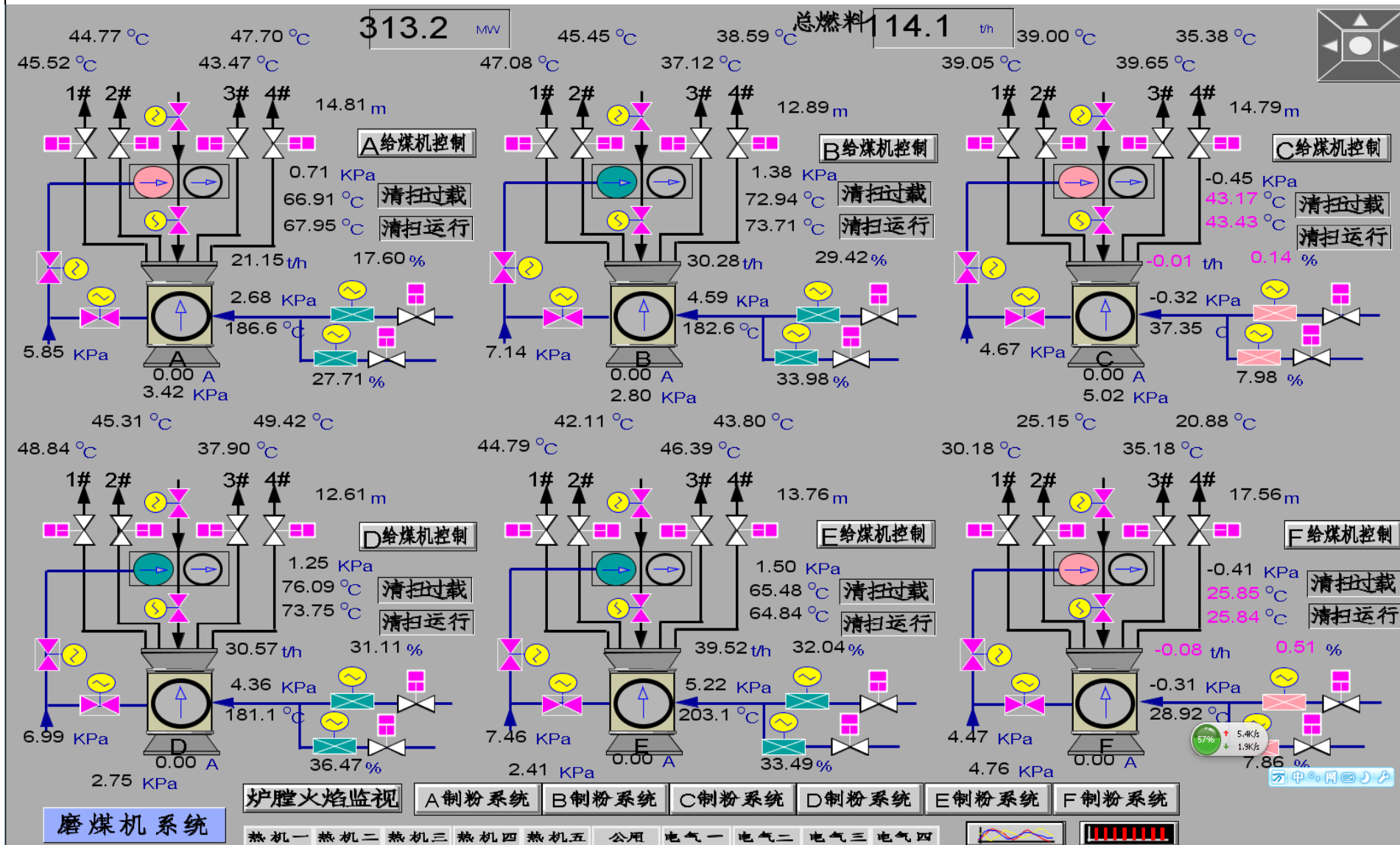


1 一次风自适应控制

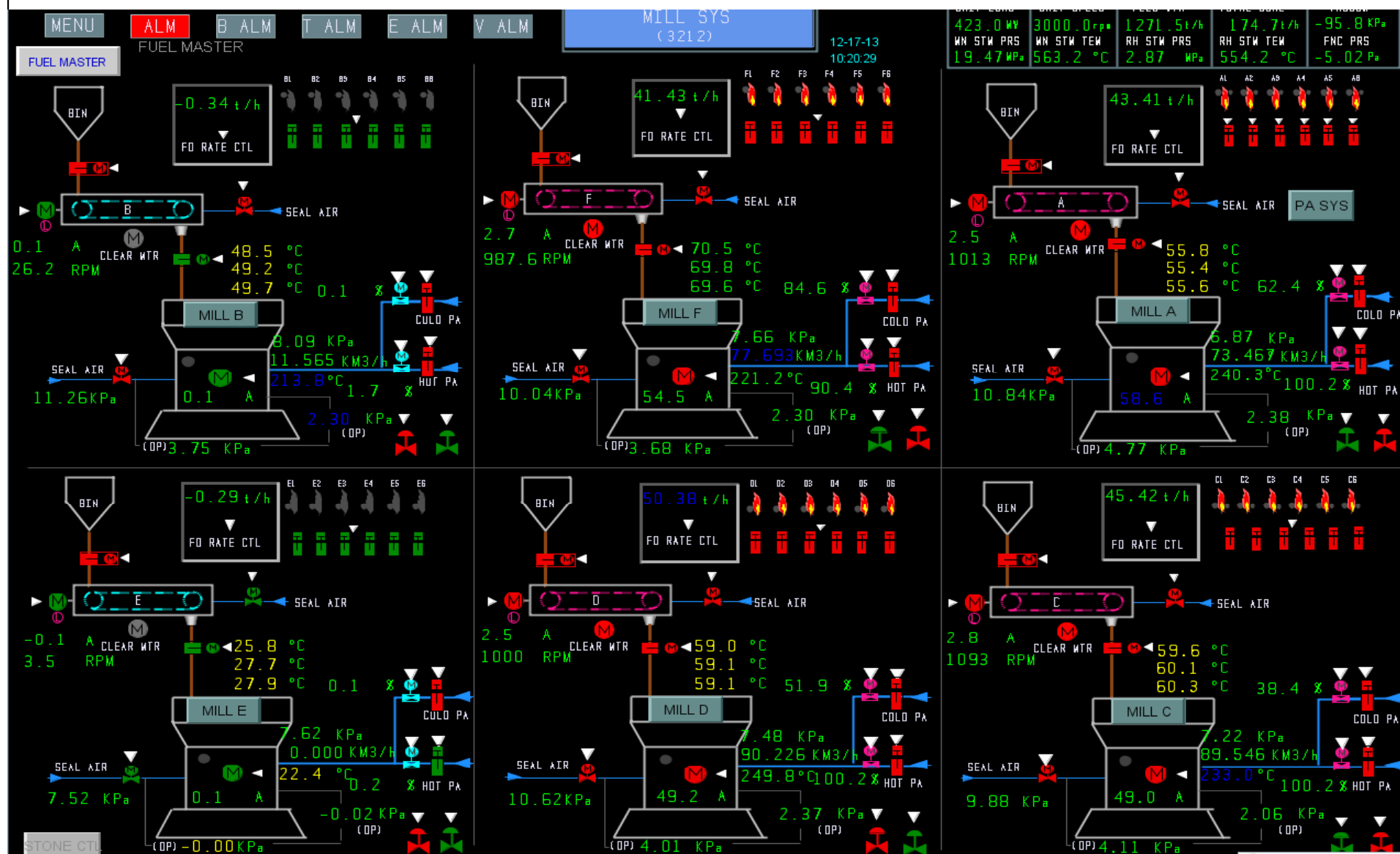
1.2 目前的一次风运行现状

结果：低负荷时冷热风门存在较大的节流损失，一次风机运行不经济。

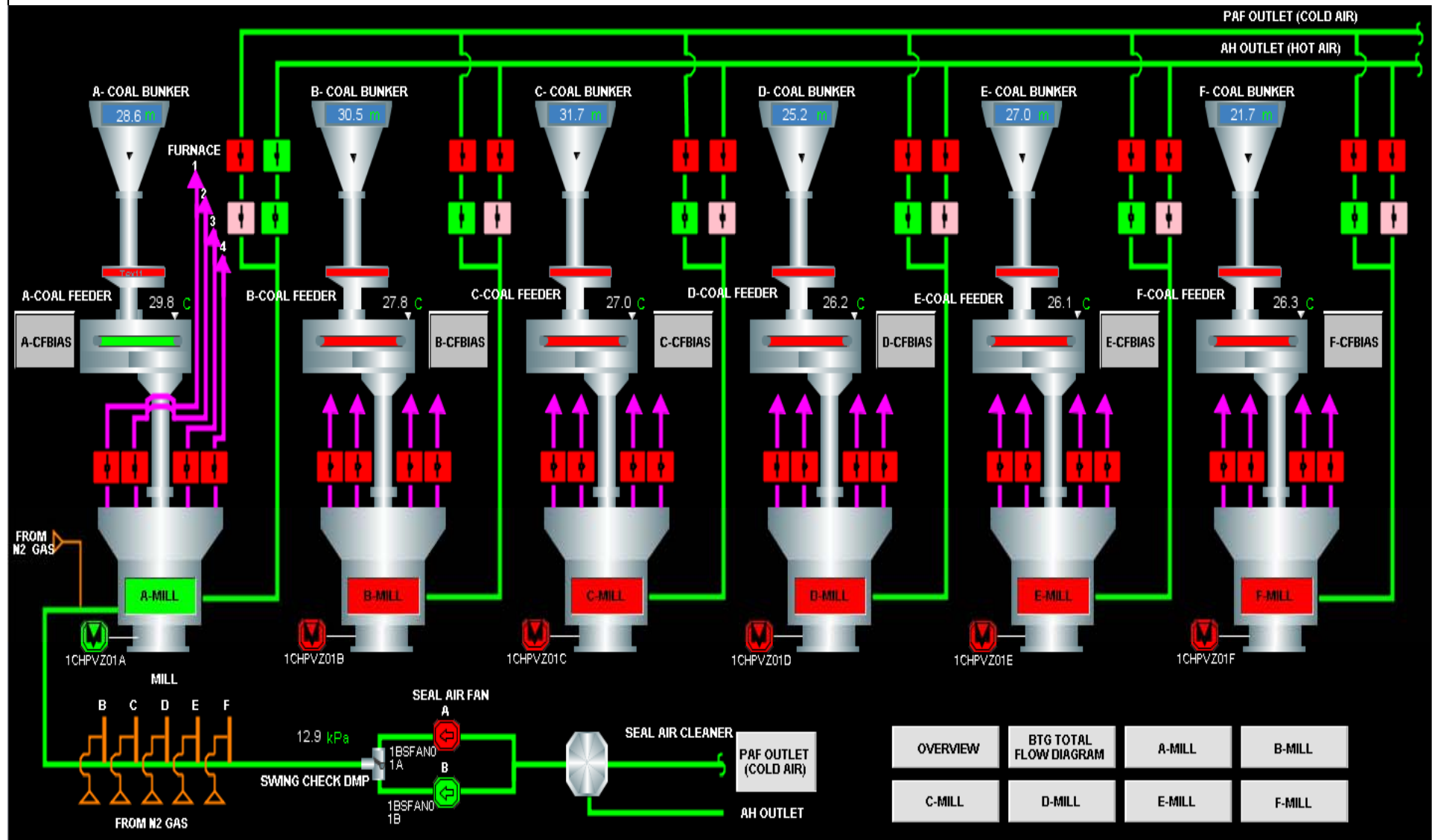
1 一次风自适应控制



1 一次风自适应控制



1 一次风自适应控制



1 一次风自适应控制

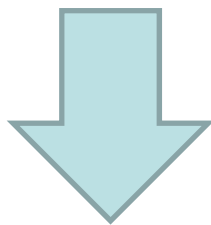
1.3 解决方案1：增加一次风压手动偏置

- 部分解决低负荷时磨煤机冷热风门的节流损失问题
- 需要运行人员的能动性
- 有一定的安全运行风险

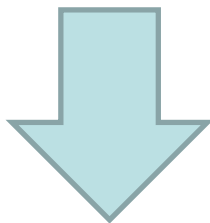
1 一次风自适应控制

1.3 解决方案2：一次风自适应控制

在不同的煤种、出力下，一次风系统阻力变化



一次风自适应控制



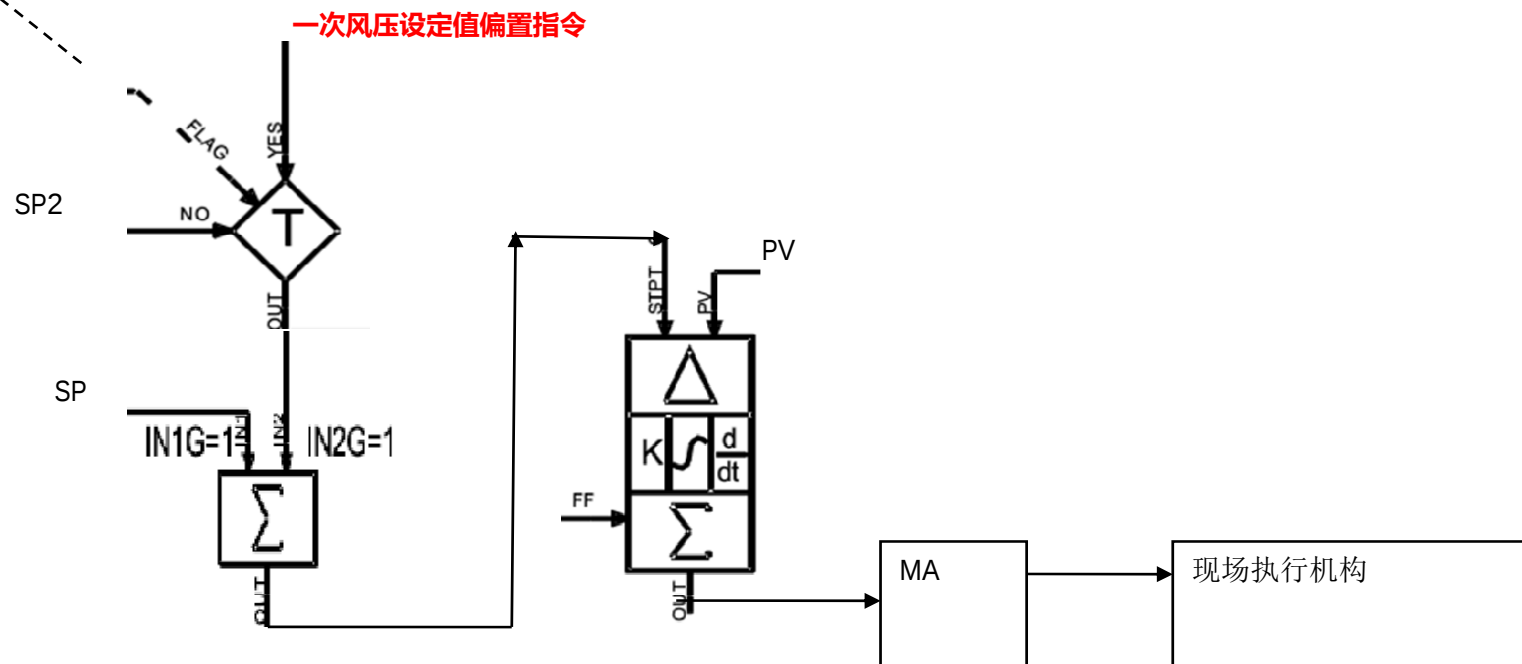
最大限度减少冷热风门节流损失，降低一次风机电耗

1 一次风自适应控制

1.4 一次风自适应控制-实现方法

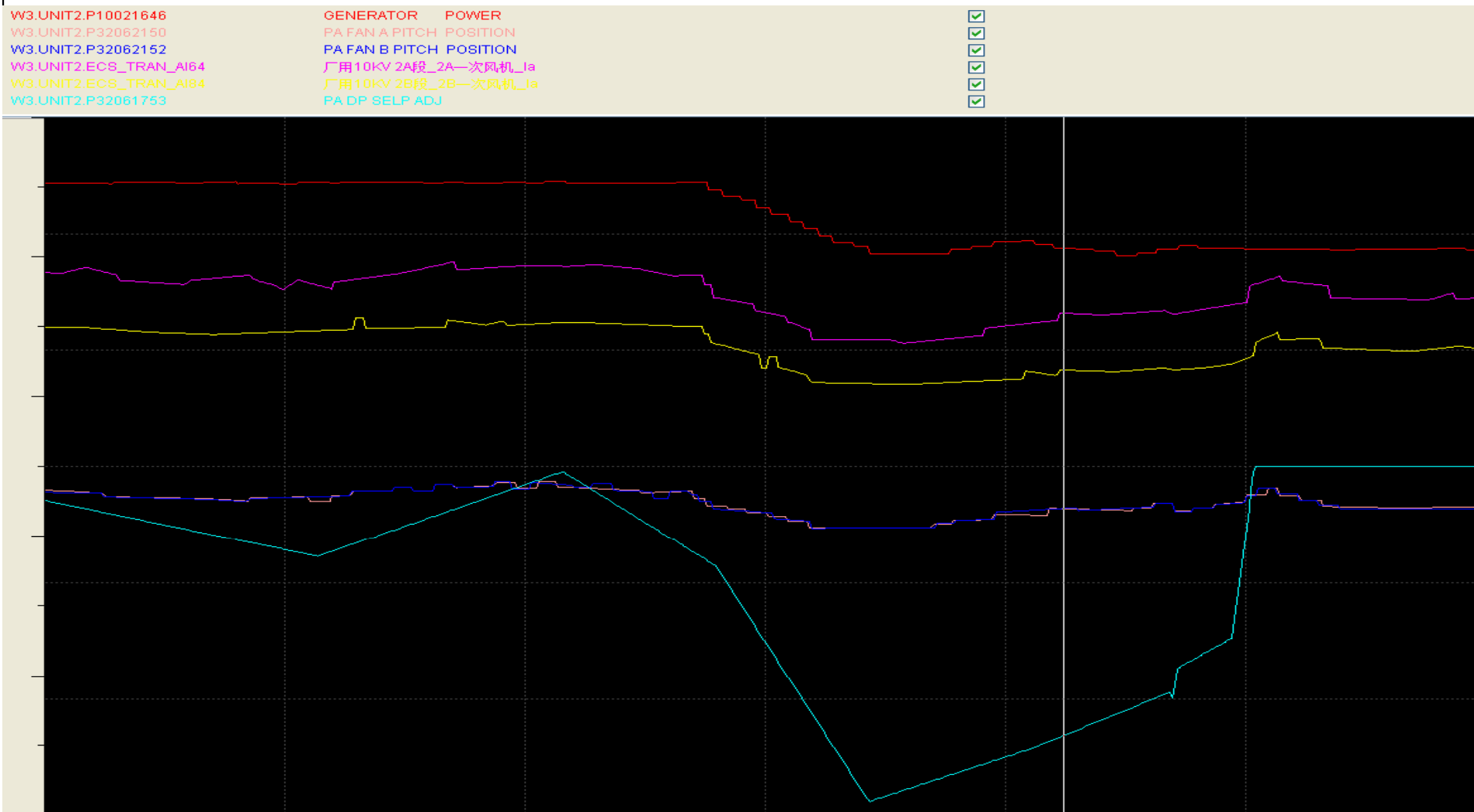
- 采用一次风压自动偏置方式

一次风自适应投入



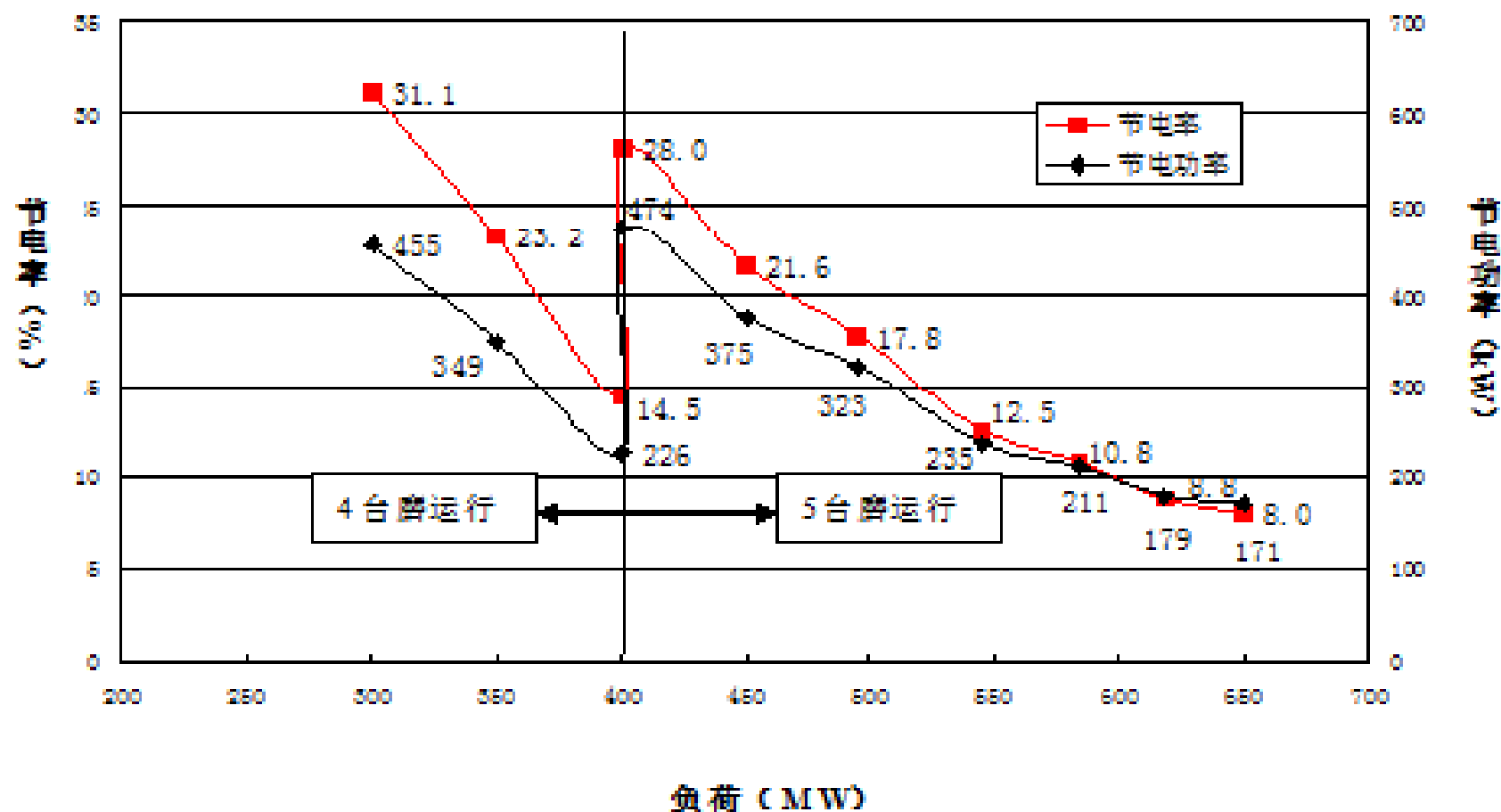
1 一次风自适应控制

1.4 一次风自适应控制-运行画面



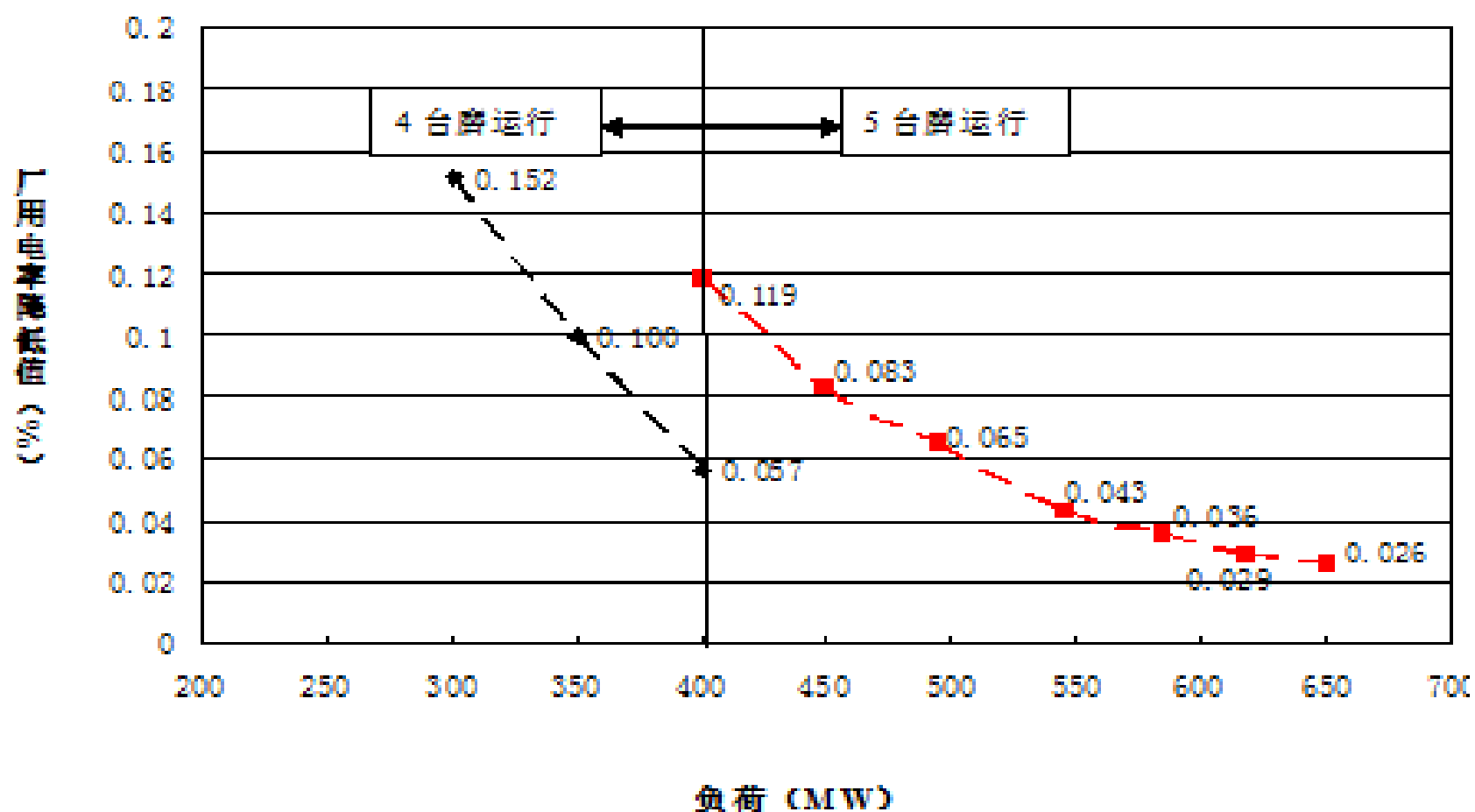
1 一次风自适应控制

1.4 一次风自适应控制-节能效果



1 一次风自适应控制

1.4 一次风自适应控制-节能效果



1 一次风自适应控制

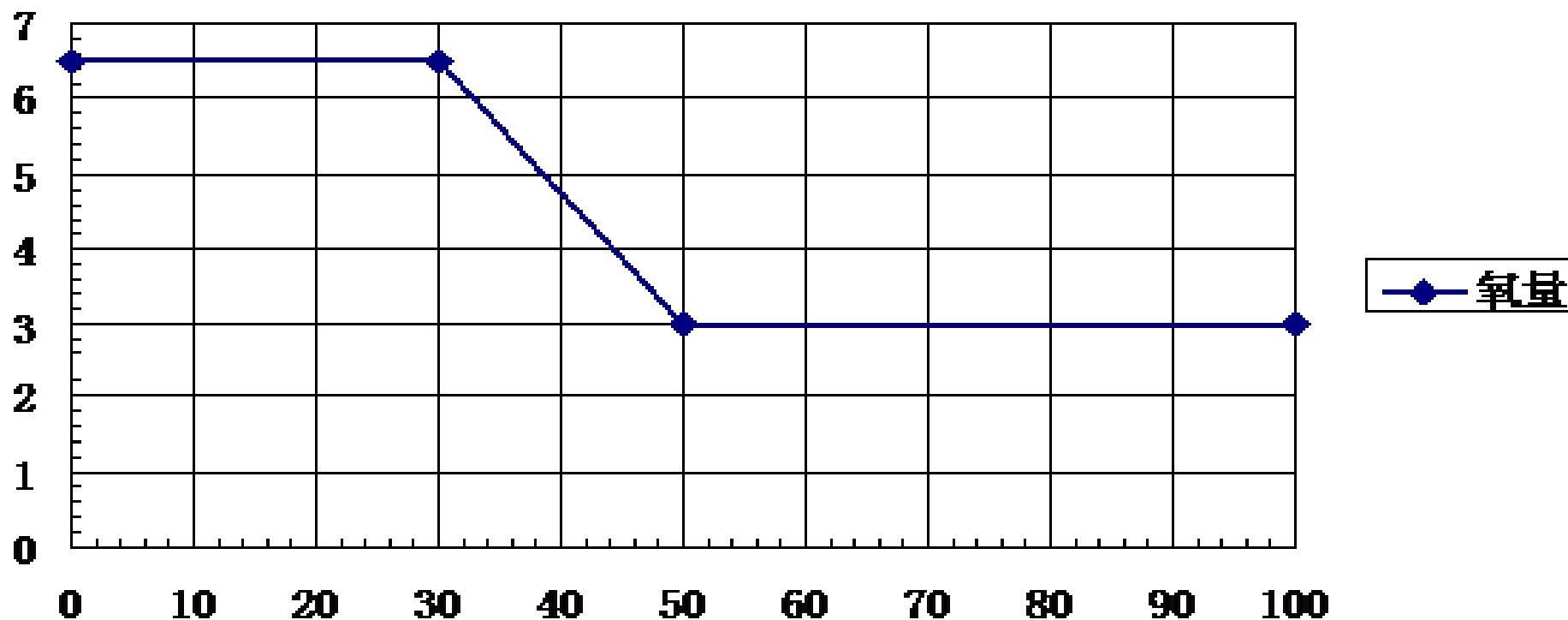
1.4 一次风自适应控制-节能效果

- 出力系数**78.5%**条件下，年利用小时**5000h**，则年节电**173**万度。
- 一次风压降低后，空预器漏风率下降，引风机（增压风机）功率也有所下降。

2 氧量自适应控制

2.1 目前的氧量运行现状

- 锅炉主控和氧量曲线共同控制送风机和总风量

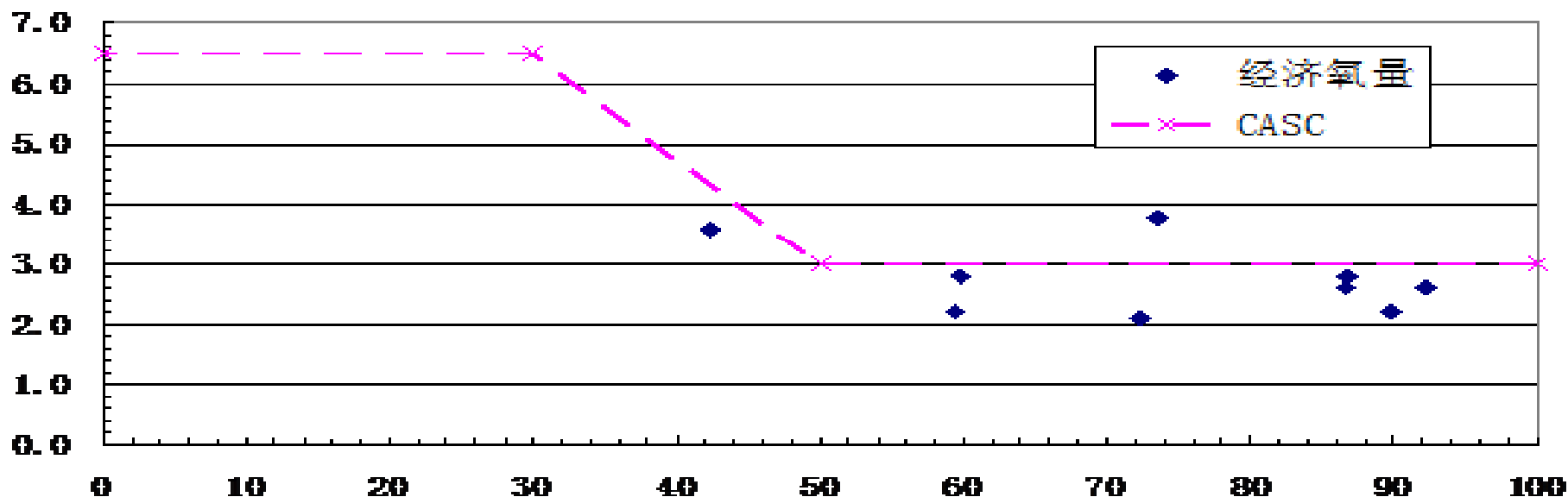


2 氧量自适应控制

2.1 目前的氧量运行现状

存在问题：

- 参与控制的氧量不完全准确
- 单一氧量曲线无法适应多煤种



2 氧量自适应控制

2.2 解决方案：氧量自适应控制

(1) 根据煤种燃烧特性预测输出氧量设定值

——> 需要解决入炉煤的辨识问题

(2) 根据燃烧效果反馈调整氧量设定值

——> 需要解决燃烧产物的在线测量问题，如飞灰可燃物

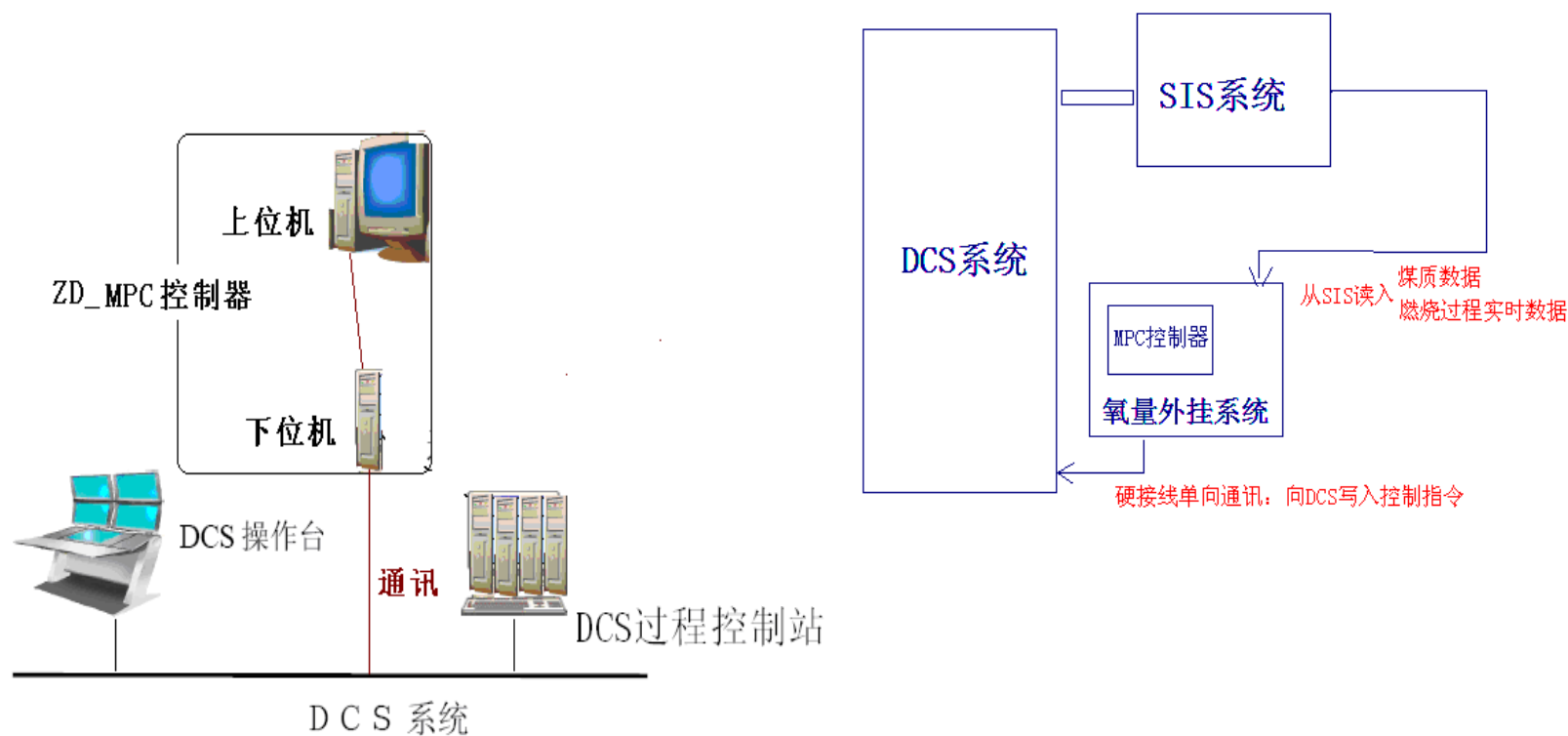
(3) 根据目标函数自寻优氧量设定值

——> 需要构建合适的目标函数

2 氧量自适应控制

2.3 氧量自适应控制实现方法

(1) 采用外挂控制器

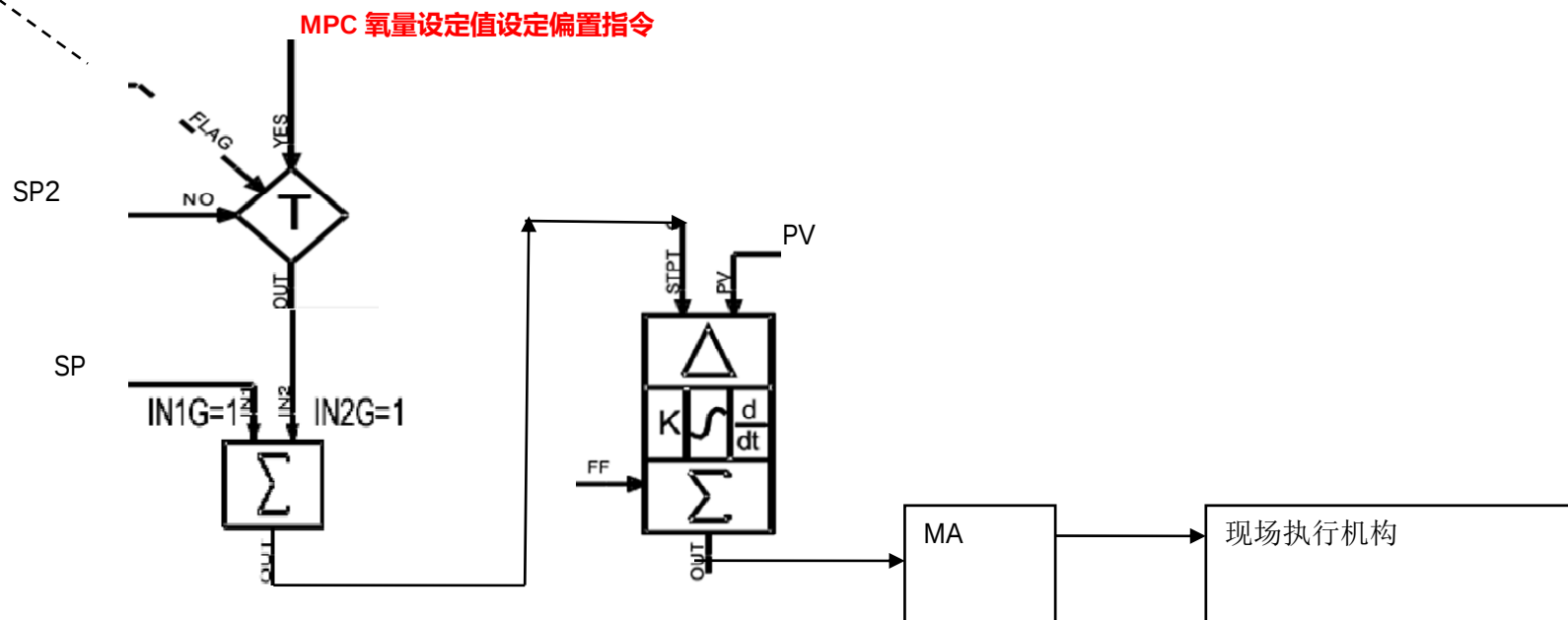


2 氧量自适应控制

2.3 氧量自适应控制实现方法

(2) 采用氧量偏置方式

氧量自适应MPC投入



2 氧量自适应控制

2.3 氧量自适应控制实现方法

(3) 选取合适的目标函数

如供电煤耗、成本、或者煤耗和**NOx**排放进行综合等。

$$O_{2,opt} = \max\{\min[\frac{db_g}{d[O_2]} = 0, NO(O_2) < NO_{\max}, Val(O_2) < Val_{\max}, \dots], C_{ucr}(O_2) < C_{ucr, \max}, \dots\}$$

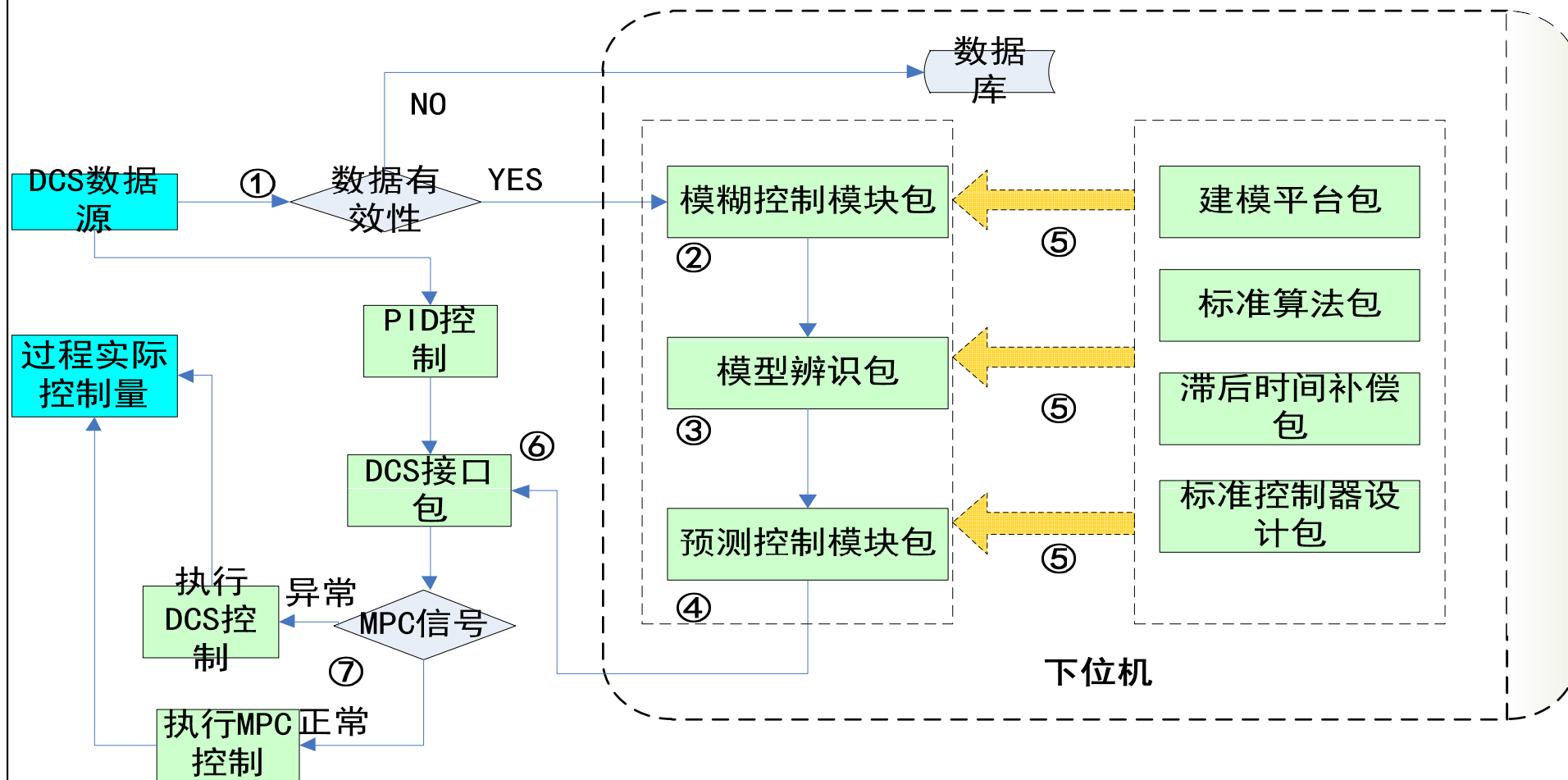
$$b_g = f[\eta(O_2, C_{ucr}, t_G), \xi(O_2), H_{rt}(T_{gq}, T_{zq}, D_{gq}, D_{zq})]$$

$$\begin{aligned} \frac{db_g}{d[O_2]} = & \frac{\partial f}{\partial \eta} \frac{\partial \eta}{\partial [O_2]} + \frac{\partial f}{\partial \eta} \frac{\partial \eta}{\partial C_{ucr}} \frac{\partial C_{ucr}}{\partial [O_2]} + \frac{\partial f}{\partial \eta} \frac{\partial \eta}{\partial t_G} \frac{\partial t_G}{\partial [O_2]} + \frac{\partial f}{\partial \xi} \frac{\partial \xi}{\partial W_{sy}} \frac{\partial W_{sy}}{\partial [O_2]} \\ & + \frac{\partial f}{\partial H_{rt}} \frac{\partial H_{rt}}{\partial T_{gq}} \frac{\partial T_{gq}}{\partial [O_2]} + \frac{\partial f}{\partial H_{rt}} \frac{\partial H_{rt}}{\partial T_{zq}} \frac{\partial T_{zq}}{\partial [O_2]} + \frac{\partial f}{\partial H_{rt}} \frac{\partial H_{rt}}{\partial D_{gq}} \frac{\partial D_{gq}}{\partial [O_2]} + \frac{\partial f}{\partial H_{rt}} \frac{\partial H_{rt}}{\partial D_{zq}} \frac{\partial D_{zq}}{\partial [O_2]} \end{aligned}$$

2 氧量自适应控制

2.3 氧量自适应控制实现方法 → 还处于研究开发过程中

(4) 选取合适的控制策略



3 磨煤机优化及控制

3.1 目前的运行方式

- 风量自动设定
- 出口温度手动设定
- 手动调整出力偏置
- 动态分离器转速输出手动或自动设定

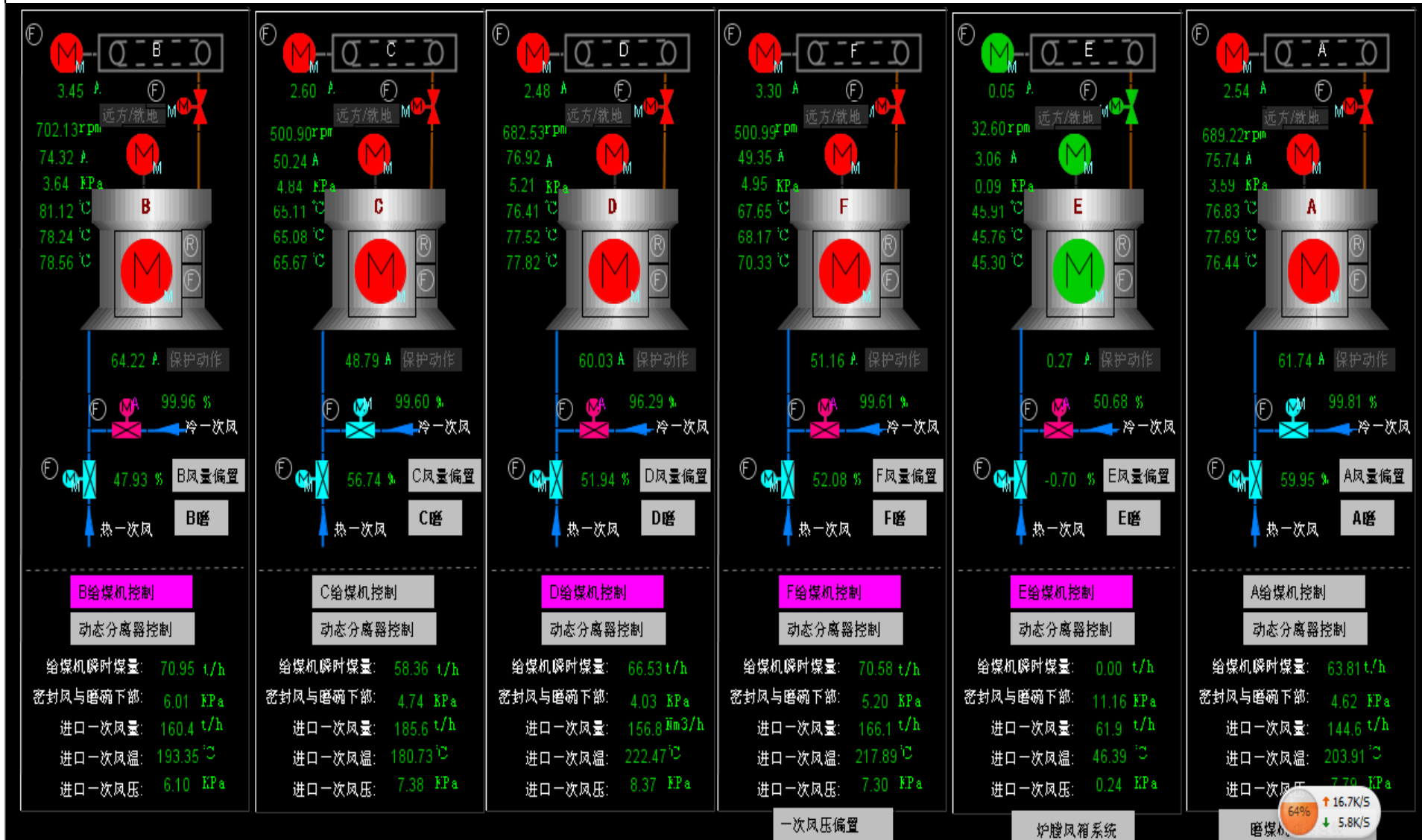
3 磨煤机优化及控制

3.1 目前的运行方式

经常性问题：

- 风量不准
- 出口温度设定值偏低
- 动态分离器输出偏低
- 石子煤排放不正常

3 磨煤机优化及控制



3 磨煤机优化及控制

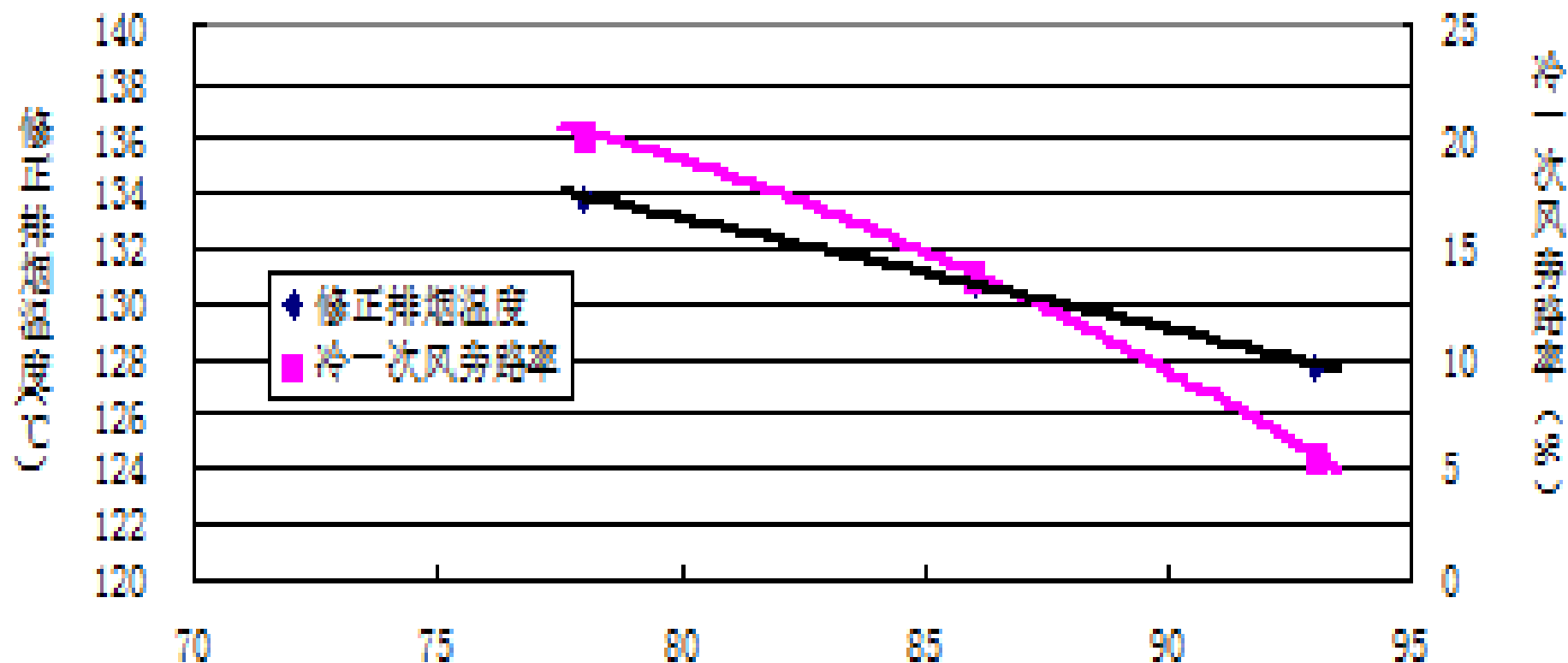


石子煤种有大量煤粉和小颗粒原煤

3 磨煤机优化及控制

3.2 提高磨出口温度-好处

- 降低排烟温度



3 磨煤机优化及控制

3.2 提高磨出口温度-好处

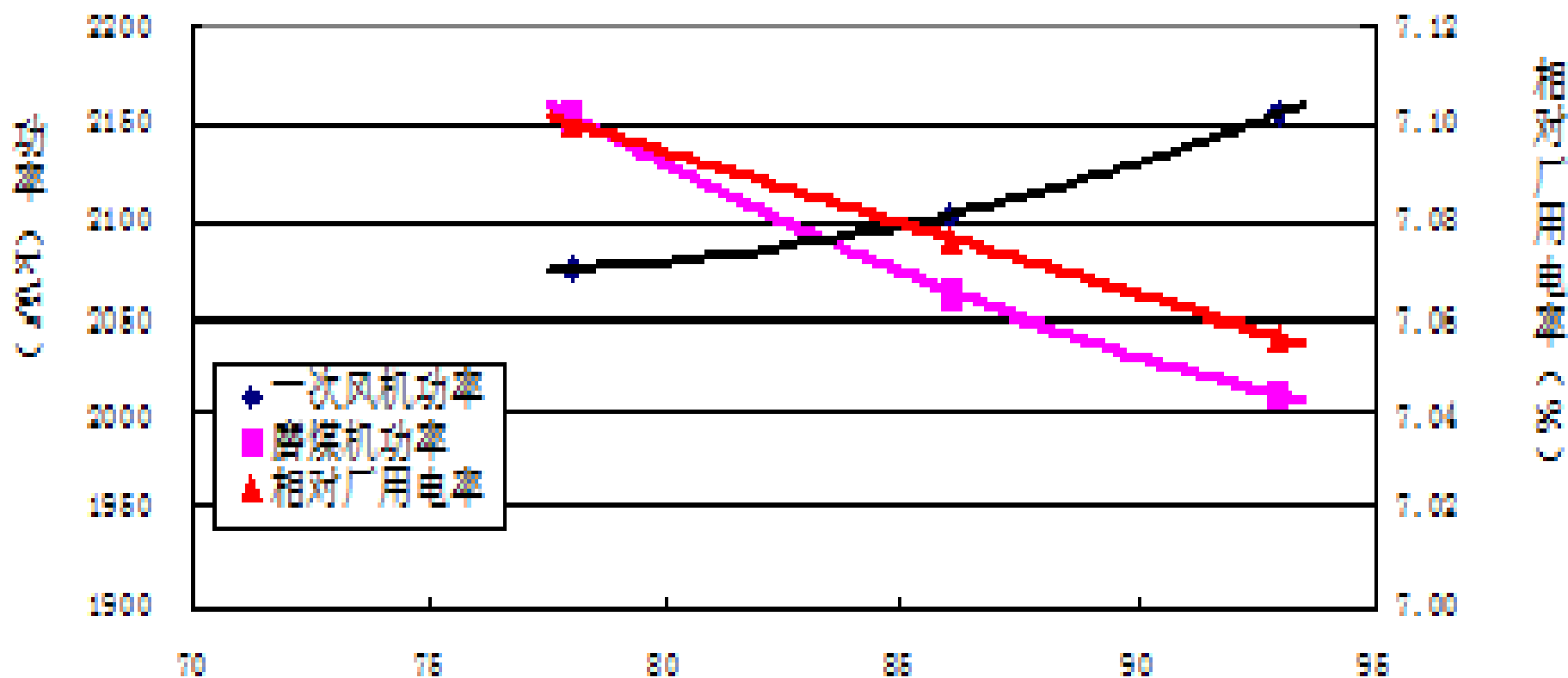
- 降低磨煤机功率



3 磨煤机优化及控制

3.2 提高磨出口温度-坏处

- 一次风机功率增大



3 磨煤机优化及控制

3.2 提高磨出口温度-坏处

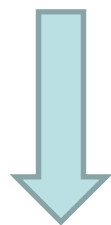
- 安全性风险

磨入口温度	℃	232	263	286	285
磨出口温度	℃	73.5	80	87	98
石子煤火星	/	无	少	无	无
CO	$\times 10^{-6}$	0~1.5	12	11	16~20
CO2	%	0	0	0	0
O2	%	20.93	20.90	20.91	20.90

3 磨煤机优化及控制

3.3 磨出口温度控制

- 根据煤种的燃烧特性和磨煤机运行情况确定出口温度
- 实现出口温度的智能设定



正在开发过程中

3 磨煤机优化及控制

3.4 低负荷时的磨煤机出力优化分配

- 磨煤机台数

3台磨：磨煤机功率低

4台磨：煤粉细度细

- 磨煤机组合及其出力分配

→ 通过燃烧调整试验确定

3 磨煤机优化及控制

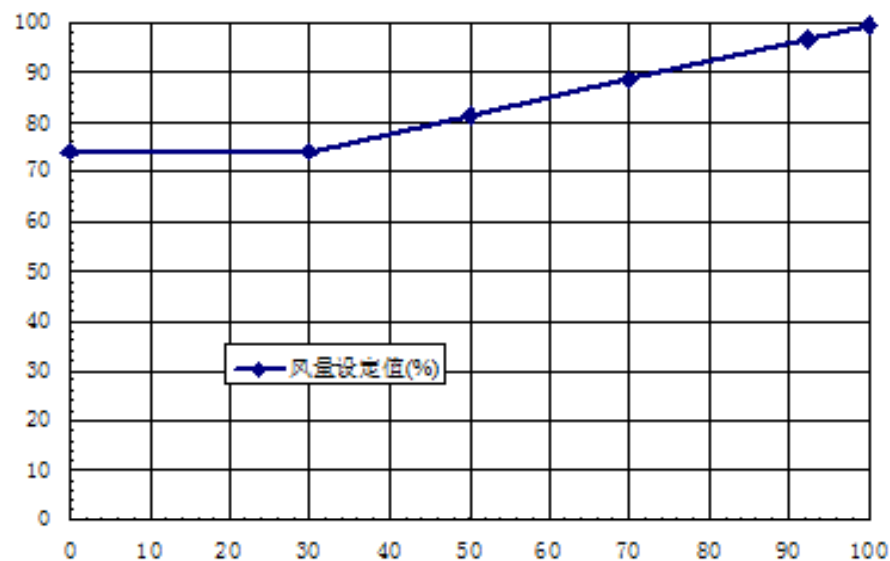
3.5 低负荷时的风煤比控制

- 风量太低

磨煤机石子煤排原煤

- 风量太高

煤粉粗



风煤比曲线



通过磨煤机调整试验确定

4 配煤掺烧优化及燃煤采购策略



4.1 配煤掺烧优化

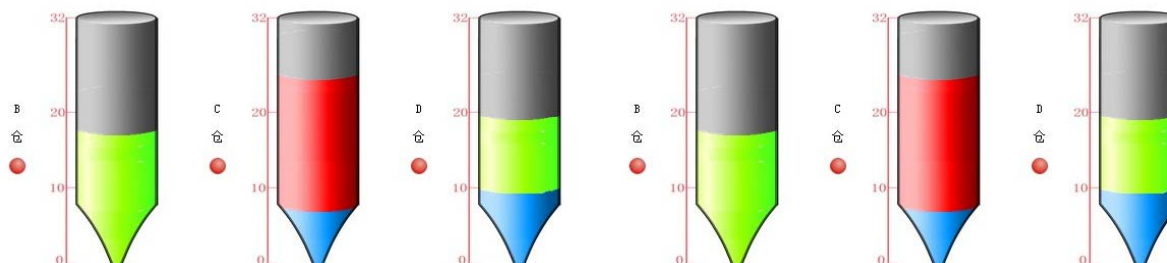
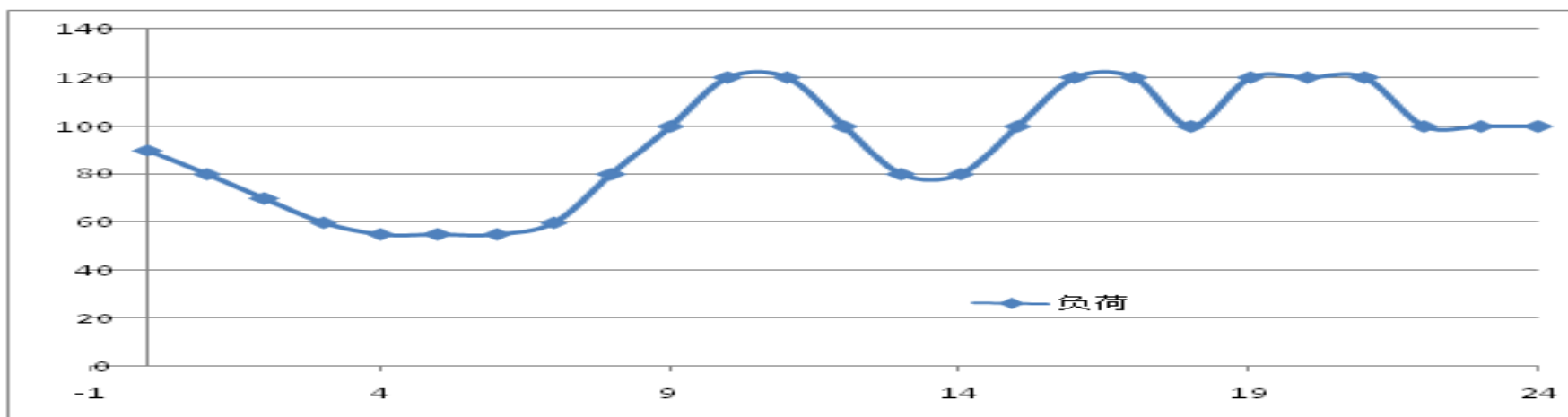
主要指锅炉带负荷问题：

- 上煤策略
- 磨的启停策略

 原则：高负荷时烧高热值、低硫煤
低负荷时烧低热值、高硫煤

4 配煤掺烧优化及燃煤采购策略

4.1 配煤掺烧优化



入炉煤与负荷曲线的匹配

4 配煤掺烧优化及燃煤采购策略



4.1 配煤掺烧优化

磨煤机	上煤	启停
F	高热值、低硫	备用
E	高热值、低硫	运行/停1
D	根据负荷曲线轮流上高热值低硫/低热值高硫	运行
C	根据负荷曲线轮流上高热值低硫/低热值高硫	运行
B	根据负荷曲线轮流上高热值低硫/低热值高硫	运行
A	中等热值	运行/停2

4 配煤掺烧优化及燃煤采购策略



4.1 配煤掺烧优化

需要解决的问题：

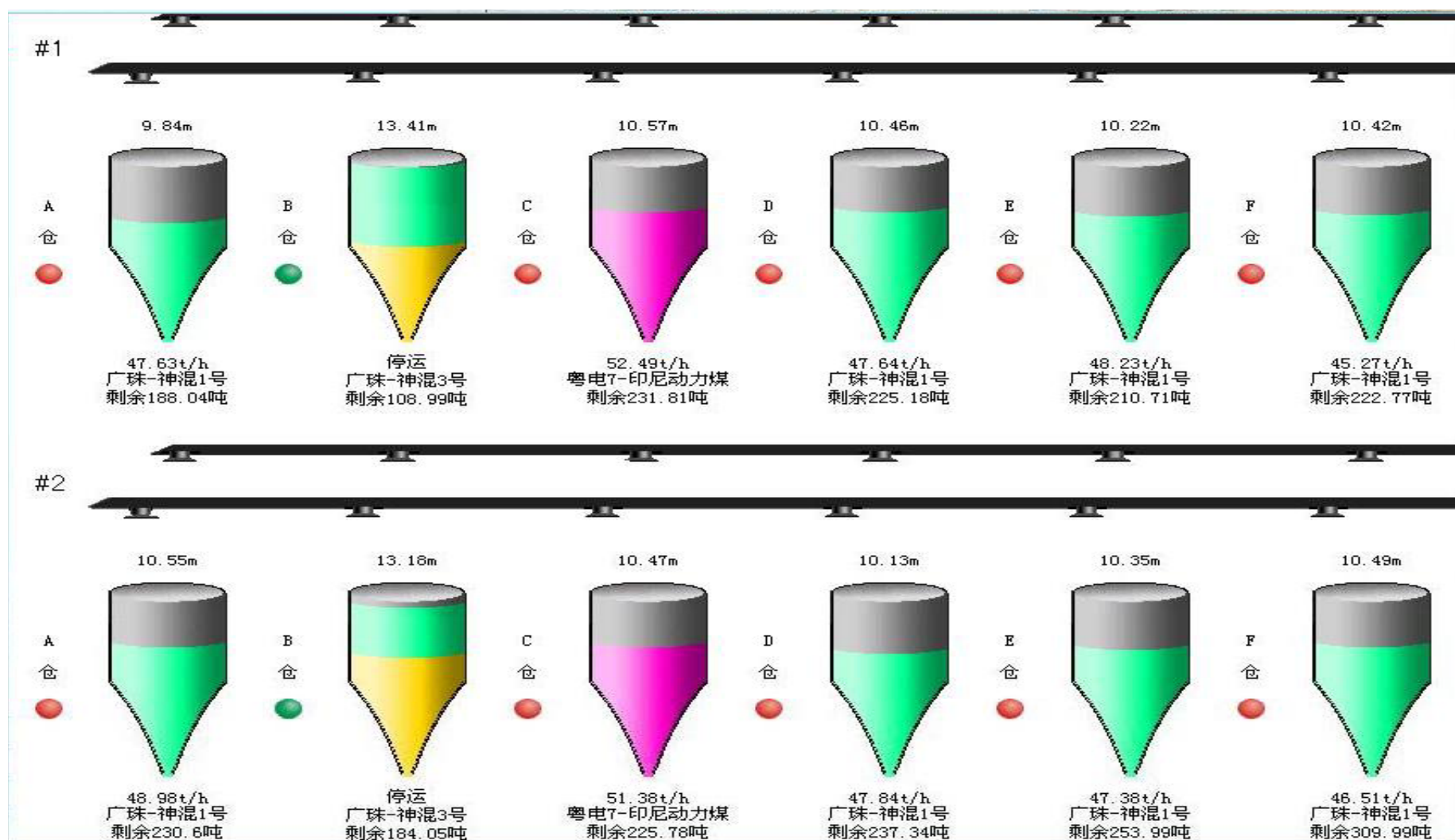
- 每班每个仓上煤的量
- 煤仓的延迟
- 启停磨的规则
- 燃烧问题

解决方案：

在煤仓动态可视化基础上的智能配煤掺烧

4 配煤掺烧优化及燃煤采购策略

4.1 配煤掺烧优化-智能配煤系统



4 配煤掺烧优化及燃煤采购策略



4.1 配煤掺烧优化-智能配煤系统

第一步：

- (1) 负荷预测
- (2) 负荷与入炉煤热值、入炉煤量的关系
- (3) 确定启停磨规则



第二步：煤仓的精确计算



第三步：上煤策略

- 节省燃料成本
- 提高脱硫效率

4 配煤掺烧优化及燃煤采购策略



4.2 燃煤采购策略

条件：

- 年负荷率
- 锅炉及环保设施的煤种适应性
- 各煤种标煤的价格

简单策略：

高低热值煤种采购量与高低负荷的运行小时数对应。

复杂策略：

在保证锅炉机组安全、经济、环保运行条件下，全年的经济效益最佳。

5 风机的单侧运行

5.1 风机单侧运行的条件

- 低于**50%**负荷的可预测连续时间不少于**4h~8h**
(停启一侧送引风机一次, 操作时间约需**40~60**分钟)
- 对风机单侧运行的安全性有充分的信心
- 对空预器运行、锅炉燃烧不造成安全影响

5 风机的单侧运行

5.2 风机单侧运行的经济性

- 炉膛出口两侧烟温偏差不大
- 空预器参数正常
- 两侧排烟温度出现较大偏差（约**33℃**，送风量偏差造成）
- 对锅炉效率影响不大
- 在**300MW**负荷下，单侧送引风机运行与双侧送引风机运行比较：送风单耗降低**0.30 kW/t**蒸汽；引风单耗降低**1.11 kW/t**蒸汽。炉侧**6kV**电机消耗的总电耗占发电量的比例降低**0.48%**。折算到发电煤耗可以节约**1.42 g/kW.h**。

（以某**600MW**机组锅炉为例）

沈跃良： 13926009402

邮箱： SYL1971@163. com

谢 谢！