

评价电站制粉系统效率的模糊综合评判方法

王东风¹, 宋之平², 李遵基¹

(1. 华北电力大学 动力系, 河北保定 071003; 2. 华北电力大学 北京研究生部, 北京 100085)

摘要:指出了现有的大多采用以磨制每吨煤所消耗的电量为基准来评判制粉系统耗电率的不足之处, 提出了一种较为客观全面的评价方法——模糊综合评判法, 并给出了模糊综合评判模型。不仅考虑到制粉系统的耗电量, 还要考虑到磨制出的煤粉的“优劣”情况, 如影响着火燃尽特性及不完全燃烧热损失的煤粉细度 R_{90} , 反映干燥出力的磨出口煤粉温度、原煤的种类和性质, 以及制粉系统的金属耗用量, 材料耗用量和其它各种费用。新的评价方法使得制粉系统效率能够进行统一评判。

关键词: 制粉系统; 效率; 模糊评判; 综合评判

中图分类号: TK223 文献标识码: A

1 引言

电站锅炉制粉系统是发电厂耗能大户之一, 众所周知, 对于直吹式制粉系统, 其出力是根据机组负荷决定的, 而中间储仓式制粉系统, 相对来说与机组运行具有一定的独立性, 如何使其达到最佳经济工况运行, 即达到最大出力, 一直是科研和工程技术人员在不断努力解决的问题, 但是在评价其耗电率问题上, 几乎一直是采用以磨制每吨煤所消耗的电量为基准来评价的。本文认为, 这种评价很具有片面性, 一方面煤种的不同, 易磨程度的不同差别很大, 如无烟煤的可磨性系数为 1.0, 而烟煤的可磨性系数达到 1.7 左右, 这样相比不公平; 另一方面, 即使对于同一煤种同一煤质, 由于运行人员(或自动控制系统)调整的方式不同, 使磨制出来的煤粉细度可能差别很大, 磨煤机出口的风粉混合物温度也可能差别很大, 而这两者的差别均会影响炉膛内的燃烧和煤粉的燃尽, 结果是燃烧效率不同, 不完全燃烧热损失不同, 这样仍以磨煤单耗相比又是不公平的。

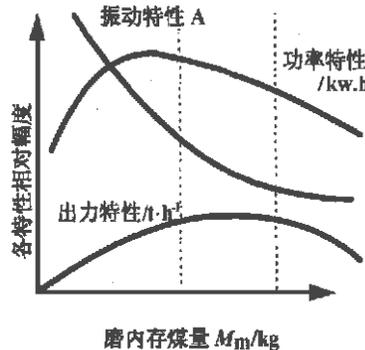
由于直吹式和中储式制粉系统有所不同, 本文主要考虑中间储仓式制粉系统。根据统计, 制粉系统用电量占厂用电量的 15%~25%, 是电厂的耗电大户之一, 同时也是潜在的节能大户之一, 因此, 研

究制粉系统的效率问题, 不仅要考虑其磨煤单位电耗, 还要综合考虑其它各项指标, 以使得制粉系统能够进行统一评比, 本文则要建立可以进行综合评比的新的方法——模糊综合评判方法。

本文的模糊综合评判方法, 不仅考虑制粉系统的耗电量, 还要考虑影响着火燃尽特性及不完全燃烧热损失的 R_{90} , 反映干燥出力的磨出口煤粉温度, 以及原煤的种类和性质, 单位煤粉向锅炉提供的化学能, 还有制粉系统的金属耗用量, 材料耗用量等等。

2 影响评价制粉系统效率的主要因素

2.1 磨制单位质量的煤所消耗的用电量(kW·h/t)



当考虑的是磨制单位重量的煤所消耗的用电量, 亦即考虑制粉单位电耗时, 通常又分为磨煤电耗和输粉电耗, 两者之和则为制粉电耗。在这里暂不讨论给煤电耗, 因为给煤电耗很小而且几乎不随系统的调整而变化, 不过在评价时仍作为一个评价因素考虑。

为使磨煤电耗最小, 存在一个磨筒内最佳存煤量问题, 而最佳存煤量与磨出力又是一个复杂的非线性关系, 至今还没有很好的理论分析方法, 大都是只能从图1的工作特性曲线来定性描述。

而排粉机的输粉电耗既有排粉机本身的效率问题, 也有系统工况问题。首先要选择合适的排粉机型号和高效率的排粉机, 还要考虑到与整个制粉系统工况相配套。因为目的是降低磨煤电耗和输粉电

图1 球磨机的工作特性曲线

耗之和。

制粉单位电耗可按下式计算:

磨煤机耗电量(kW·h): $P_m = (W_{m1} + W_{m2}) \cdot \Delta t$

排粉机耗电量(kW·h): $P_p = W_p \cdot \Delta t$

总耗电量(kW·h): $P_i = P_m + P_p$

耗电总和(kW·h): $P = \sum P_i$

制粉单耗(kW·h/t): $E = P / B_m$

其中 W_{m1} , W_{m2} 为磨煤机电机功率, W_p 为排粉机功率, 均可直接从现场安装的电度表上读出。 B_m 是磨制的煤粉量, 对于有称重装置的给煤机 B_m 可以从称重装置读取, 如果没有称重装置, 则可按下式计算:

$$B_m = \left[C_1 Q T_{in} + C_m K \frac{\Delta P' Q_0}{Q} \cdot \frac{T'_{in} + T'_{out}}{2} - C_m K \frac{\Delta P Q_0}{Q} \cdot \frac{T_{in} + T_{out}}{2} - C_1 Q T_{out} \right] / [C_m T_{out} - C_2 T_0]$$

式中 T_0 —原煤温度; T_{in} 、 T_{out} —磨煤机进出口温度; C_1 —空气比热; C_2 、 C_m —原煤及煤粉的比热; K 、 Q_0 —常数; ΔP 、 Q 、 T'_{in} 、 T'_{out} —上次参数值。

2.2 细粉分离器出口成粉细度 R_{90} (%)

煤粉细度是一个主要指标, 煤粉过粗, 增加不完全燃烧热损失, 煤粉过细, 增加磨煤机电流。最经济的煤粉细度应通过试验来确定。在试验中确定不完全燃烧热损失 q_4 与磨煤电耗和煤粉细度之间的关系。

由于煤种煤质的不同, R_{90} 应有不同的标准值, 才能达到最佳着火和经济燃烧。而一般磨煤机的设计技术参数^[1] 是基于可磨性系数 $K_{km} = 1$, 水分为 7%, 最大水分为 10%, 煤粉细度 $R_{90} = 7\% \sim 8\%$ 时的数值。电力部门对 R_{90} 的推荐值^[1~3] 为:

无烟煤: $R_{90} = 5\% \sim 6\%$ ($V_{daf} \leq 5\%$ 时)

$$R_{90} = V_{daf} (V_{daf} = 6\% \sim 10\%)$$

贫煤: $R_{90} = 12\% \sim 14\%$

烟煤: $R_{90} = 25\% \sim 35\%$ (优质烟煤)

$$R_{90} = 15\% \sim 20\%$$
 (劣质烟煤)

褐煤: $R_{90} = 40\% \sim 60\%$

其中 V_{daf} 为工业分析的可燃基挥发分。

2.3 磨煤机出口风粉混合物温度 t_{out}

钢球磨煤机出口温度实际上反映了磨煤机出口热风 and 煤粉的混合温度, 出口温度控制的目的具有经济性和安全性两个方面: 一方面, 出口温度高, 水分含量少, 有利于着火和燃烧, 另一方面, 出口温度高, 又容易造成煤粉的自燃和爆炸。所以煤粉的水分

(或磨出口温度) 应根据储存和输送的可靠性以及燃烧和磨粉的经济性综合考虑。我国规定磨煤机出口风粉混合物温度^[2] 如表 1 所示。其中 M_{ar} 为应用基水分。

2.4 原煤的种类和性质

由于煤种和煤质的不同, 煤的可磨性系数差别很大。对无烟煤规定可磨性系数为 1, 而烟煤大约为 1.7, 我们当然会说: “无烟煤比烟煤难磨”。低速钢球磨、中速磨和高速磨各有不同的适应煤种, 因此在具体配置磨煤机时, 就应具体对待。欧美各国配置低速钢球磨主要用于研磨无烟煤, 他们对于其它煤种则广泛采用中速磨并较多采用高速磨^[3], 但我国配置了相当多的低速钢球磨并非主要用于研磨无烟煤, 而是也用来研磨烟煤等其它煤种。因此, 从我国的国情出发, 也需要有一种对制粉系统效率进行统一客观评判的方法。

表 1 磨煤机出口风粉混合物温度 t_{out} / °C

燃 料	储 仓 式		直 吹 式	
	$M_{ar} < 25\%$	$M_{ar} > 25\%$	非竖井式	竖井式
油页岩	70	80	80	80
褐 煤	70	80	80	100
烟 煤	70	80	80	130
贫 煤	130	130	130	
无烟煤	不限制	不限制	不限制	

虽然无烟煤的可磨性系数低, 但另一方面, 它的发热量较高, 正因为如此, 文献[4] 的作者采用以制粉系统向锅炉提供单位化学能(热量) 为基准来计算耗电量, 并进行评比, 这一思想是好的, 只是从本文以上几小节所述可见, 这种评价仍具有很大的局限性, 最简单一种情况就是, 如果将发热量很高的无烟煤随便磨一下(R_{90} 很大) 就吹进炉膛, 磨制煤粉时当然省电, 但是不完全燃烧热损失可就大了。因此, 本文将 K_{km} 和煤的低位发热量也作为模糊综合评判中的一个重要因素来加以考虑。

2.5 制粉系统的其它因素

除了以上与燃烧和电能消耗有关的一些经济指标之外, 制粉系统在工作过程中, 还有一些金属消耗和材料消耗等其它费用, 如钢球的磨损、衬板的磨损就是明显的消耗。另外, 磨制出的煤粉的均匀度逾好, 燃烧效果也逾好; 进入磨煤机的煤粒直径小而且均匀, 磨制效果当然要好, 而这是由碎煤机的投入与否及投入效果决定的。因此, 煤粉均匀度和磨入口煤粒细度也就成为影响评价制粉系统效率当中的两个

因素。

3 制粉系统效率的模糊加权综合评判模型

3.1 评判模型的结构

我们将影响制粉系统效率的因素统分为两类：耗电率和非耗电率。耗电率部分包括给煤电耗、磨煤电耗和输粉电耗，这一部分可以称之为常规分析集或者习惯分析集，也可以称之为直接耗电率。非耗电率部分由三项构成：第一项是由 R_{90} 、煤粉均匀度和磨出口温度组成的可控指标；第二项是由 K_{km} 、低位发热量和磨入口煤粒度组成的不可控指标，之所以将磨入口煤粒度划分为不可控指标，是由于这里不将碎煤机设备考虑到制粉系统之中；而第三项是由金属（钢球和衬板等）消耗和材料消耗等其它费用组成的其它消耗。整个非耗电率部分可称之为特殊分析集，也可称之为间接耗电率。因此这一评判模型是由若干因素集组成如图 2 的一种层次结构，图中， A_{\times} ， $A_{\times\times}$ ， $A_{\times\times\times}$ 为综合评判模型中的权重集，它们满足 $\sum_{i=1}^2 A_i = 1$ ， $\sum_{j=1}^3 A_{ij} = 1 (i = 1, 2)$ ， $\sum_{k=1}^3 A_{ijk} = 1 (i = 1, 2; j = 1, 2, 3)$ 。这些权重集即可以由有关部门来确定的统一的固定的加权系数，也可以是根据评判者感兴趣的或侧重的指标来确定的权重。下文将给出一种较为合理的权重集。

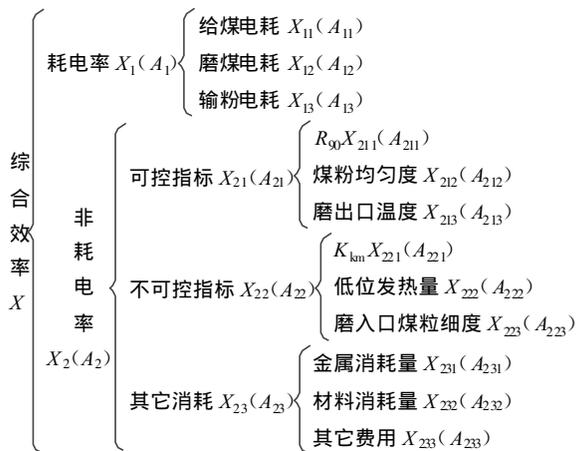


图 2 制粉系统效率模糊综合评判模型的层次结构

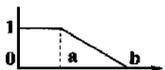
3.2 评判模型中各因素集隶属度函数 $\mu(x)$ 的确定

隶属度函数的确定是模糊综合评判方法的重要环节。对于不同的因素集，应有相应不同的隶属度函数。下面分别给出。

3.2.1 耗电率部分各因素集隶属度函数的确定

由于给煤电耗、磨煤电耗和输粉电耗都是直接

关系电能消耗量的因素，它们的隶属度函数取相同

的形式，即取为 ，即 $\mu(x_{1j}) =$

$$\begin{cases} 1, x_{1j} \leq 0.8x_{1j}^0 \\ \frac{2x_{1j}^0 - x_{1j}}{1.2x_{1j}^0}, 0.8x_{1j}^0 < x_{1j} < 2x_{1j}^0, \\ 0, x_{1j} \geq 2x_{1j}^0 \end{cases}$$

其中 $x_{1j} (j = 1, 2, 3)$ 分别为给煤电耗、磨煤电耗和输粉电耗的实际值， $a = 0.8x_{1j}^0$ ， $b = 2x_{1j}^0$ ， $x_{1j}^0 (j = 1, 2, 3)$ 则取为给煤电耗、磨煤电耗和输粉电耗的全国统计平均值。根据报道，筒型球磨机制粉系统 $x_{11}^0 = 0.13 \text{ kW} \cdot \text{h/t}$ ， $x_{12}^0 = 15 \text{ kW} \cdot \text{h/t}$ ， $x_{13}^0 = 12 \text{ kW} \cdot \text{h/t}$ 。

3.2.2 可控指标部分各因素集隶属度函数的确定

对于 R_{90} 的隶属函数采用

$$\mu(x_{211}) = \begin{cases} 1, x_{211} \leq x_{211}^0 \\ \frac{2x_{211}^0 - x_{211}}{x_{211}^0}, x_{211}^0 < x_{211} < 2x_{211}^0, \\ 0, x_{211} \geq 2x_{211}^0 \end{cases}$$

煤粉均匀度和磨出口温度 t_{out} 的隶属函数采用梯形

分布形式 ，即 $\mu(x_{21k}) =$

$$\begin{cases} 0, x_{21k} \leq 0.6x_{21k}^0 \\ \frac{x_{21k} - 0.6x_{21k}^0}{0.32x_{21k}^0}, 0.6x_{21k}^0 < x_{21k} < 0.95x_{21k}^0 \\ 1, 0.95x_{21k}^0 \leq x_{21k} \leq 1.05x_{21k}^0 \\ \frac{1.4x_{21k}^0 - x_{21k}}{0.35x_{21k}^0}, 1.05x_{21k}^0 < x_{21k} < 1.4x_{21k}^0 \\ 0, x_{21k} \geq 1.4x_{21k}^0 \end{cases}$$

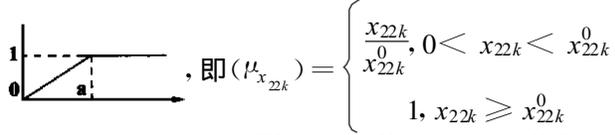
其中 x_{21k} 为 $R_{90} (k = 1)$ 、煤粉均匀度 ($k = 2$) 和磨出口温度 $t_{out} (k = 3)$ 的实测值， x_{21k}^0 为 $R_{90} (k = 1)$ 、煤粉均匀度 ($k = 2$) 和磨出口温度 $t_{out} (k = 2)$ 的规定值(或给定值)， R_{90} 的规定值见 1.2 节，煤粉均匀度的规定值为 1， t_{out} 的给定值既可参考表 1，也可由各电厂的实际情况而定，但都不会与表 1 相差太远。

3.2.3 不可控指标部分各因素集隶属度函数的确定

可磨性系数 K_{km} 的隶属度函数取为 $\mu(x_{221}) =$

$$\begin{cases} 1, x_{221} \leq 1 \\ \frac{3 - x_{221}}{2}, 1 < x_{221} < 3, x_{221} = K_{km} \\ 0, x_{221} \geq 3 \end{cases}$$

而低位发热量和磨入口煤粒细度的隶属度函数取为



($k = 2, 3$), x_{222} 是原煤低位发热量, x_{223} 是煤粒细度, $x_{222}^0 = 27 \text{ kJ/kg}$, $x_{223}^0 = 40 \text{ mm}$ 。

3.2.4 其它消耗部分各因素集隶属度函数的确定
 由于材料消耗量和其它费用难以统计, 本文暂只给出钢球消耗率的隶属度函数

$$\mu(x_{231}) = \begin{cases} 1, & x_{231} \leq x_{231}^0 \\ \frac{3x_{231}^0 - x_{231}}{2x_{231}^0}, & x_{231} < x_{231} < 3x_{231}^0, \\ 0, & x_{231} \geq 3x_{231}^0 \end{cases}$$

为实际钢球消耗率, x_{231}^0 为采用低合金硬质钢 ZG80WGrMnTiRE, 磨制无烟煤时的标准损耗率, $x_{231}^0 = 150 \text{ g/t}$ 。

3.3 模糊综合评判模型

根据图 2 的层次结构和以上对各因素的分析, 最终的模糊综合评判模型为

$$\begin{aligned} X &= A_1 \otimes X_1 \oplus A_2 \otimes X_2 \\ X_1 &= A_{11} \otimes X_{11} \oplus A_{12} \otimes X_{12} \oplus A_{13} \otimes X_{13} \\ X_2 &= A_{21} \otimes X_{21} \oplus A_{22} \otimes X_{22} \oplus A_{23} \otimes X_{23} \\ X_{21} &= A_{211} \otimes X_{211} \oplus A_{212} \otimes X_{212} \oplus A_{213} \otimes X_{213} \\ X_{22} &= A_{221} \otimes X_{221} \oplus A_{222} \otimes X_{222} \oplus A_{223} \otimes X_{223} \\ X_{23} &= A_{231} \otimes X_{231} \oplus A_{232} \otimes X_{232} \oplus A_{233} \otimes X_{233} \end{aligned}$$

其中 \oplus 、 \otimes 分别表示模糊加法和模糊乘法运算。当测量或获得实际值时, 采用 3.2.1 ~ 3.2.4 的隶属度函数求取之后, 则综合评判即为下式:

$$\mu(x) = A_1 \sum_{j=1}^3 A_{1j} x_{1j} + A_2 \sum_{j=1}^3 A_{2j} \sum_{k=1}^3 A_{2jk} x_{2jk}$$

表 2 几种典型的煤种磨制及运行情况和模糊综合评判结果

序号	耗电率 / $\text{kW} \cdot \text{h} \cdot \text{t}^{-1}$			非耗电率 (0.40)									综合评判结果
	(0.60)			可控指标 (0.45)			不可控指标 (0.45)			其它消耗 (0.10)			
	给煤耗电	磨煤耗电	排粉耗电	R_{90} / %	均匀性系数	磨出口温度 / $^{\circ}\text{C}$	可磨性系数 km	低位发热量 / J	煤粒细度 / mm	金属消耗量 / $\text{g} \cdot \text{t}^{-1}$	材料消耗量	其它消耗	
1	0.15	19.84	18.63	7.1	1.012	125	1.0	26 377	18				.674 7
2	0.13	14.41	11.59	10.05	1.038	85	1.9	24 702	25				.868 5
3	0.11	12.11	7.31	13.6	0.931	79	1.9	24 702	25				.947 3
4	0.14	19.94	14.52	7.5	1.069	72	1.3	16 808	20				.719 1
5	0.12	16.64	8.42	12.4	1.191	77	1.3	16 808	28				.847 7

4 制粉系数效率模糊综合评判方法的应用

表 2 列出了三种较为典型的煤种在 4 个电厂的磨制及运行情况, 每一因素后边或下边小括号内的数字为该因素集的模糊综合加权系数。表中其它消耗部分暂缺。其中情形 1 为山西阳泉无烟煤在某厂的运行情况, 情形 2, 3 为河南观音堂烟煤在某厂的运行情况, 情形 4, 5 为安徽淮北洗煤在某两厂的运行情况。

根据表 2 的数据, 运用模糊综合评判得出评判结果如表最后一列所示, 综合评价的结果是 0 到 1 之间的数, 其数值大者表明该制粉系统效率高, 或者说等价耗电率较低。从表 2 我们可以直观地看到第 2 和第 5 种情形, 虽然第 2 种情形制粉单耗 ($26.13 \text{ kW} \cdot \text{h/t}$) 要高于第 5 种情形的制粉单耗 ($25.18 \text{ kW} \cdot \text{h/t}$),

但是前者的综合效率却要高于后者的综合效率。

5 结束语

综合考虑制粉系统的耗电率, 影响着火燃尽特性及不完全燃烧热损失的 R_{90} 和煤粉均匀性系数, 反映干燥出力的磨出口煤粉温度, 以及原煤的种类和性质 (包括可磨性指数和低位发热量), 还有制粉系统的金属耗用量等因素, 本文提出了一种较为客观全面的评价制粉系统效率的方法, 即模糊综合评判方法, 给出了相应的模糊综合评判模型及各因素隶属度函数的确定方法, 为制粉系统效率进行统一评价奠定了基础, 对于制粉系统及配套产品的设计、选型和运行管理等方面都有重要的参考价值。对于

(下转第 307 页)

从两个过程的模拟结果来看, 此模型的模拟结果与实际物理过程是相吻合的。同时可以看到, 模型中所应用的控制系统, 完全能够满足升降负荷及转速的要求。

为了对模型及控制系统的动态特性作进一步的验证, 对恒速条件下燃气轮机的甩负荷过程进行了模拟, 结果如图 10 ~ 图 13 所示。

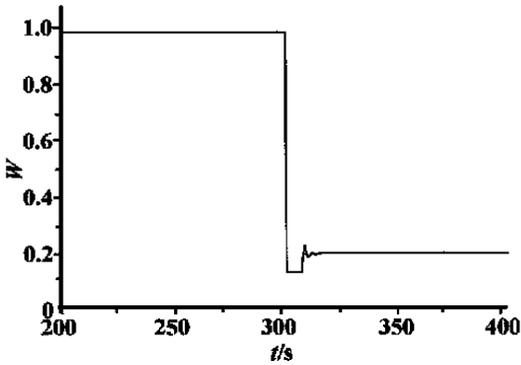


图 12 燃料量 W 变化曲线

图 10 为甩负荷过程中负荷变化曲线, 即设定负荷从其最大值 1 迅速降到最小值 0。由图 11 可以看到, 转速在经过一个波动后, 能够很迅速地稳定到原来的转速值上。而图 12 所示的燃料量也会经过一个微小的波动后, 重新稳定下来。图 13 所示的排气温度的变化过程则较慢, 但它的波动量也是最小的。这一模拟结果说明此控制系统具有很好的稳定性。

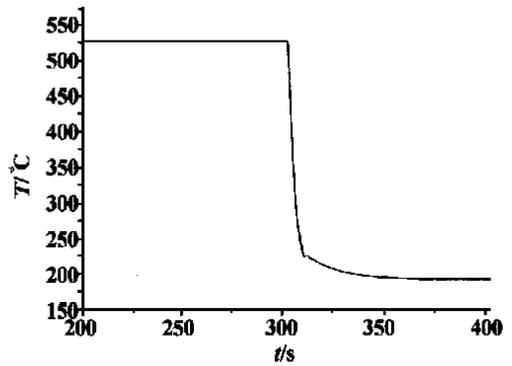


图 13 排气温度 T 变化曲线

本文在对机械驱动用单轴燃气轮机的调节特性进行分析的基础上, 以 GE 公司 5001R 燃气轮机为原型, 建立了机械驱动用单轴燃气轮机及其控制系统的模型, 并在 Matlab/Simulink 环境下对其进行模拟。模拟结果与实际物理过程相吻合, 因此, 此模型可以用于燃气轮机及其控制系统研究。模拟结果同时也表明, 此模型中的控制系统, 能够满足调节负荷和转速的要求, 并具有很好的稳定性。

参考文献:

- [1] 倪维斗. 热动力系统建模与控制的若干问题[M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [2] ROWEN W I. Simplified mathematical representations of heavy duty gas turbines[J]. *Journal of Engineering for Power of ASME*, 1983, 105(4): 865—869.

5 结论

(何静芳 编辑)

(上接第 293 页)

电厂实际运行提高制粉系统效率有重要的现实意义, 采用本文的模型进行分析可以帮助系统调试者找出影响制粉系统效率的因素, 从而真正地提高制粉系统的总体效率。文中以三种煤种在 5 个电厂的实际运行情况证实了该评判模型的客观性和有效性。

参考文献:

- [1] 电力工业部电力机械局, 中国华电电站装备工程(集团)总公司

编. 煤粉制备系统设备[M]. 北京: 中国电力出版社, 1998.

- [2] 化工部热工设计技术中心站编. 热能工程设计手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 1998.
- [3] 水利电力部编. 电力生产过程[M]. 北京: 水利电力出版社, 1983.
- [4] 郭长岭, 郭高明. 发电厂制粉系统和磨煤机的等效能量评价方法及应用[J]. *中国电力*, 1995(4): 41—45.

(复 编辑)

turbine plant, wet compression

对单相换热器集总参数模型动态初始负偏移的机理分析 = **An Analysis of the Mechanism Governing the Dynamic and Initial Negative Deviation of a Lumped Parameter Model for a Single-phase Heat Exchanger** [刊, 汉] / LENG Wei, FANG De-shan, XU Zhi-gau (Power Engineering Department, Southeastern University, Nanjing, China, Post Code: 210096), ZHANG Zhi-lun (Harbin Boiler Co. Ltd., Harbin, China, Post Code: 150046) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2001, 16(3). — 287 ~ 289

On the basis of the heat transfer equation and energy balance equation of a single-phase heat exchanger an analysis was conducted of the mechanism concerning the difference of dynamic response of various types of lumped-parameter models, especially the initial negative deviation of outlet temperatures in the dynamic process. It is noted that the use of outlet-inlet weighted mean lumped-parameter model will in a full range of operating conditions very likely lead to a negative deviation in the outlet temperature. By contrast, in the case of using an outlet parameter to serve as the lumped parameter it can be assured that no negative deviation will emerge. However, it is necessary to adopt a rational stage-by-stage model building, enabling the model to obtain an adequate heat-transfer temperature difference. **Key words:** single-phase heat exchanger, lumped parameter, mathematical model

评价电站制粉系统效率的模糊综合评判方法 = **A Fuzzy Comprehensive Method for Evaluating the Efficiency of the Pulverized Coal Preparation System of a Power Plant** [刊, 汉] / WANG Dong-feng, LI Zun-ji (North China Electric Power University, Baoding, Hebei Province, China, Post Code: 071003), SONG Zhi-ping (North China Electric Power University, Beijing, China, Post Code: 100085) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2001, 16(3). — 290 ~ 293, 307

The prevalent conventional method under which the power consumption of a pulverized coal preparation system is calculated based on the electric power consumed in the grinding of each ton of coal has its shortcomings. The authors have come up with a more objective and comprehensive evaluation method, the so-called fuzzy comprehensive evaluation method. Moreover, also given is a fuzzy comprehensive evaluation model. The latter takes into account not only the power consumption of the pulverized coal preparation system but also the quality aspects of pulverized coal being ground and prepared. Such quality aspects include: pulverized coal fineness liable to influence ignition and burn-off characteristics as well as heat loss due to incomplete combustion, ball mill outlet temperature which denotes the capacity to dry pulverized-coal, rank and properties of raw coal received, the metal consumption of the pulverized coal system, quantity of material consumed and amount of other sundry expenses. The new evaluation method allows to make a unified assessment of the efficiency of a pulverized-coal system. **Key words:** pulverized coal system, efficiency, fuzzy evaluation, comprehensive evaluation

基于 DBMS 集成的工业炉参数化 CAD 方法 = **CAD Method of Industrial Furnace Parameterization Based on DBMS (Data Base Management System) Integration** [刊, 汉] / LU Jia-hua, ZHANG Zhi-ying (Shanghai University of Science & Engineering, Shanghai, China, Post Code: 200336) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2001, 16(3). — 294 ~ 297

With Autocad serving as a drawing platform, Autolisp as a graphic development language and Fortran and Foxpro as programming tools for scientific computation, introduced in this paper is a CAD method of industrial furnace parameterization based on DBMS (Data Base Management System) integration. With the help of specific examples of industrial furnace design a detailed explanation is given of the integration procedures and main development philosophy. Engineering practice indicates that the proposed method has incorporated the merits of many kinds of software and languages, contributing to the achievement of an optimized design of industrial furnaces. Furthermore, with the adoption of this method it is possible to shorten design cycle and provide a feasible means for enhancing the competitive edge of industrial furnaces. **Key words:** industrial furnace, parameterization, CAD, data base management system (DBMS), integration

基于仿真模型的对分式凝汽器故障样本知识提取研究 = **A Study on the Extraction of Sample Knowledge Con-**