

# 一种煤质数据库的建立方法

赵明<sup>1</sup> 李鹏飞<sup>2</sup> 梁俊宇<sup>3</sup> 赛俊聪<sup>1</sup>

(1. 云南电力试验研究院(集团)有限公司电力研究院, 云南 昆明 650217; 2. 华北电力大学 能源动力与机械工程学院, 河北 保定 071003; 3. 华北电力大学 云南电网公司研究生工作站, 云南 昆明 650217)

**摘要:** 为了保障节能发电调度中煤耗实时在线监测系统的准确性, 减少煤质的复杂性和人为离线输入的不确定性对锅炉效率在线计算造成的偏差, 采用统计分析和聚类计算等方法, 构建了针对特定区域电厂的煤质数据库。结果表明, 所构建的“虚拟煤质”计算发热量和实际煤质的化验发热量误差在 0-600 kJ/kg 以内的占到 92.4%, 总体匹配度较好。实际应用中, 取用的虚拟煤质库中的发热量与电厂当天的化验值保持高度一致, 最大误差控制在 700 kJ/kg 以内。

**关键词:** 煤质数据库; 锅炉效率; 在线监测; 节能发电调度

中图分类号: TB94 文献标识码: A

DOI: 10.16146/j.cnki.rndlgc.2015.02.024

## 引言

锅炉效率在线计算的准确性对煤耗在线计算结果有着重要的影响, 而在锅炉效率计算中, 煤质是最主要的影响因素之一。随着电煤价格矛盾的日益突出, 电厂用煤的来源和成分都复杂多变, 各种煤质互掺燃烧使得入炉煤质很难确定<sup>[1-4]</sup>。而且, 煤质成分的实时测量技术尚不成熟, 常采用的离线取样分析方法存在结果滞后、误差大等问题, 煤质数据的实时性得不到满足。

收集特定地区的历史煤质数据, 通过统计分析和聚类计算等方法建立该地区的煤质数据库, 以收到最低位发热量为索引, 选取数据库中“虚拟煤质”的元素成分进行锅炉效率的在线计算, 可以很好的避免由人为化验、离线输入带来的各种问题, 提高锅炉效率在线计算的准确性。

## 1 理论基础

通过煤的元素分析可知, 煤主要由 C、H、O、N、S

以及水分和灰分构成:

$$C + H + O + N + S + M + A = 100\% \quad (1)$$

式中: C、H、O、N、S、M、A—碳、氢、氧、氮、硫、水分、灰分的质量百分数, %。

根据用途的不同, 煤的元素分析结果表示也不一样, 在煤质特性研究中使用干燥无灰基(daf)表示:

$$C_{daf} + H_{daf} + O_{daf} + N_{daf} + S_{daf} = 100\% \quad (2)$$

式中:  $C_{daf}$ 、 $H_{daf}$ 、 $O_{daf}$ 、 $N_{daf}$ 、 $S_{daf}$ —碳、氢、氧、氮、硫的干燥无灰基质量百分数, %。

研究表明<sup>[5-7]</sup> 随着煤化程度的加深, 煤中的碳含量不断增加, 同时, 氢和氧的含量逐渐减少。 $H_{daf}$  -  $C_{daf}$ 、 $O_{daf}$  -  $C_{daf}$  之间有良好的线性关系:

$$H_{daf} = a_1 C_{daf} + b_1 \quad (3)$$

$$O_{daf} = a_2 C_{daf} + b_2 \quad (4)$$

对于我国大多数煤来说, 煤中的氮与氢含量存在以下关系:

$$N_{daf} = c H_{daf} \quad (5)$$

式中:  $a_1$ 、 $a_2$ 、 $b_1$ 、 $b_2$ 、 $c$ —干燥无灰基组成特性系数, 通过线性回归可以得到系数的经验值。

煤中硫的含量与煤的变质程度关系不明显, 硫含量的高低主要取决于成煤时的沉积环境。

由此可知, 煤质典型的多变性不在于它的干燥无灰基成分, 而在于它所含的水分和灰分。对于同一类型的煤种, 特别是同一或者临近矿点的煤种, 煤质的干燥无灰基成分相对稳定, 变化不大。

所以, 通过统计分析, 获取特定区域电厂燃煤较稳定的干燥无灰基成分, 并与统计处理后的水分和灰分组合, 可以得到该地区电厂燃煤煤质的工程数据库。

收稿日期: 2014-05-15; 修订日期: 2014-07-15

基金项目: 云南电网公司科技项目—节能发电调度中煤耗实时在线监测技术的研究与应用(K-YN2011-083)

作者简介: 赵明(1964-), 男, 大理鹤庆人, 云南电力试验研究院(集团)有限公司电力研究院高级工程师。

## 2 煤质数据库的建立

### 2.1 总体思路和模型

以发热量为索引去煤质数据库中取用煤质时,锅炉实际吸热量近似等于收到基低位发热量:

$$Q_s = Q_{ar,net} \quad (6)$$

式中:  $Q_s$ —锅炉实际吸热量, kJ/kg;  $Q_{ar,net}$ —收到基低位发热量, kJ/kg。

煤质数据库中的发热量通过计算得到,为了提高计算的准确度,选用元素分析结果进行计算。所以统计电厂历史煤质的收到基水分和灰分以及电力试验研究院化验得到的干燥无灰基元素成分,最终通过计算整理,构建出以收到基低位发热量为索引的煤质元素分析结果,如表 1 所示。

表 1 煤质数据库的形式

Tab. 1 Form of the database of coal quality

$Q_{ar,net}/\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$	$M_{ar}/\%$	$A_{ar}/\%$	$C_{daf}/\%$	$H_{daf}/\%$	$O_{daf}/\%$	$N_{daf}/\%$	$S_{daf}/\%$
12 435	34.7	11.45	36.72	1.87	12.95	1.01	1.66
11 950	36.12	14.05	33.15	2.54	11.82	0.52	1.80
...	...	...	...	...	...	...	...

### 2.2 数据分析整理

#### 2.2.1 基于划分方法的聚类算法

聚类算法根据最大化簇内相似性和最小化簇间相似性的原则对数据对象进行自动分类,主要有划分方法、层次方法、基于密度和基于网格的方法,其中划分方法最基本也最常用<sup>[8]</sup>。划分方法主要有  $k$ -均值( $k$ -means)和  $k$ -中心点( $k$ -medoids)两种。

$k$ -均值是一种基于形心的聚类技术,使用分配给该簇对象的均值作为形心,用簇内变差来度量簇的质量,通过不断改变簇内对象并不断计算形心来达到局部的最优聚类。簇内变差定义为簇内所有对象和形心之间的误差的平方和,误差通常选用对象与形心之间的欧氏距离。 $k$ -中心点是一种基于代表对象的聚类技术,与  $k$ -均值不同的是,簇的形心不是簇内对象的均值,而是挑选实际的对象来代表簇。算法基于最小化所有对象与其对应的代表对象之间的相异度之和的原则来进行划分。围绕中心点划分(Partitioning Around Medoids, PAM)算法<sup>[9]</sup>是  $k$ -

中心点聚类的一种流行的实现。 $k$ -中心点算法比  $k$ -均值算法的计算花销大很多,但是其对噪声和离群点的敏感性明显降低。

#### 2.2.2 水分和灰分的处理

统计电厂用煤收到基水分  $M_{ar}$  和灰分  $A_{ar}$ ,通过散点图获取其大致的分布区间,如图 1 所示:

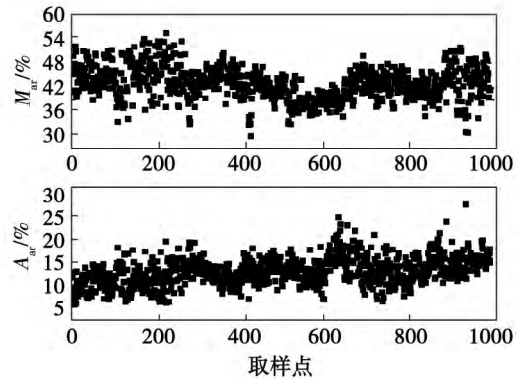


图 1  $M_{ar}$  与  $A_{ar}$  的分布范围

Fig. 1 Range of the distribution of  $M_{ar}$  and  $A_{ar}$

从图 1 可以看出收到基水分  $M_{ar}$  的分布范围是 35% - 55%,收到基灰分  $A_{ar}$  的分布范围是 10% - 17%。

将水分和灰分数据进行顺序排列,剔除明显存在统计错误的离群点,然后将数据导入 MATLAB 软件,调用软件自带的 kmeans 函数,将水分和灰分数据分别聚类成 7 类,调用格式如下:

$$[IDX, C] = kmeans(X, 7) \quad (7)$$

其中  $X$  是水分和灰分的原始数据,  $IDX$  返回各对象的类标号,聚类后各簇的形心在矩阵  $C$  中。簇内各点与形心的距离采用默认的欧几里得距离。

矩阵  $C$  中的值是聚类得到的各个簇内的数据均值,可以作为该簇的代表。使用聚类获取的 7 个均值可以较好的反应原始数据的分布特征。如图 2 所示。

#### 2.2.3 干燥无灰基成分的处理

统计电力试验研究院试验期间化验的煤质数据,将其换算成干燥无灰基元素成分。采用 PAM 算法从统计得到 154 种试验煤质中选取典型煤质作为分析对象。

每个数据对象含有 6 个属性,分别为  $C_{daf}$ 、 $H_{daf}$ 、 $O_{daf}$ 、 $N_{daf}$ 、 $S_{daf}$  以及  $Q_{daf,net}$ ,其中  $Q_{daf,net}$  为煤质的干燥

无灰基低位发热量,用以检验数据库中发热量的计算值的准确性。在 MATLAB 软件中进行 PAM 算法代码开发,算法的流程如下:

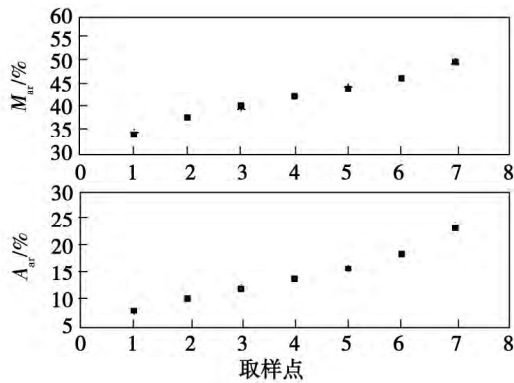


图 2  $M_{ar}$  与  $A_{ar}$  的取样分布

Fig. 2 Distribution of the samples of  $M_{ar}$  and  $A_{ar}$

(1) 输入: 簇的数目  $k$  和包含  $n$  个对象的数据集合  $D$ ; (2) 从  $D$  中随机选择  $k$  个对象作为初始的代表对象或中心点; (3) Repeat; (4) 将每个剩余的对象分配到最近的代表对象所代表的簇; (5) 随机选择一个非代表对象  $O_{random}$ ; (6) 计算用  $O_{random}$  代替代表对象  $O_j$  的总代价  $S$ ; (7) If  $S < 0$ , then  $O_{random}$  替换  $O_j$  形成一个新的  $k$  个中心点的集合; (8) Until 不发生变化; (9) 输出:  $k$  个簇的集合。

计算时导入煤质数据并输入  $k = 40$ , 得到聚类后的 40 种典型煤质成分, 以此作为煤质数据库构建的干燥无灰基成分。部分典型煤质数据如表 2 所示。

表 2 典型煤质的干燥无灰基成分

Tab. 2 Dry-ash-free basis constituents of typical coal quality

$Q_{net,daf}/MJ \cdot kg^{-1}$	$C_{daf}/\%$	$H_{daf}/\%$	$N_{daf}/\%$	$S_{daf}/\%$	$O_{daf}/\%$
24.662	66.38	4.62	1.58	3.58	23.85
24.040	65.08	4.09	1.59	6.49	22.77
28.788	75.29	5.35	1.84	3.89	13.64
26.415	70.00	4.85	1.82	3.95	19.38
24.963	70.59	3.28	1.77	5.17	19.19
25.388	71.19	3.48	1.45	1.66	22.22
25.056	67.20	5.16	1.72	1.06	24.87
24.332	65.87	5.01	1.65	1.90	25.57
22.732	61.76	4.32	1.54	3.55	28.84
23.557	63.97	4.17	1.57	3.28	27.01

把构造的收到基水分、灰分与选取的干燥无灰基元素成分的样本进行组合, 就得到了  $7 \times 7 \times 40 = 1960$  种“虚拟煤质”。

### 2.2.4 发热量的计算

煤的收到基低位发热量是锅炉热平衡、热效率、出力计算以及运行参数调整的重要依据, 同时也是动力煤计价的主要指标, 有着重要的技术和经济价值。利用元素分析结果计算煤的发热量有许多经验公式, 各公式对不同的煤质成分有不同程度的适应性, 本例中煤质为褐煤, 经过计算和比较, 最终选取发热量的计算公式为:

$$Q_{ar,gr} = 4.19(87C_{ar} + 300H_{ar} + 26S_{ar} - 26O_{ar}) \quad (8)$$

将计算结果全部换算到收到基, 将公式计算得到的高位发热量换算成低位发热量。采用式 [9] 对高、低位发热量进行换算:

$$Q_{ar,net} = Q_{ar,gr} - 206H_{ar} - 26M_{ar} \quad (9)$$

## 3 结果与分析

### 3.1 发热量校验

采用上述方法建立的煤质数据库是否在实用允许误差范围之内, 主要看其发热量是否和化验值相符。使用计算发热量与化验获取发热量的差值  $\Delta Q_{ar,net}$  来进行检验。

$$\Delta Q_{ar,net} = |Q_{ar,net}^j - Q_{ar,net}^s| \quad (10)$$

式中:  $Q_{ar,net}^j$ —收到基低位发热量计算值,  $kJ/kg$ ;  
 $Q_{ar,net}^s$ —收到基低位发热量化验值,  $kJ/kg$ 。

数据库中所有煤种发热量的计算误差如图 3 所示。

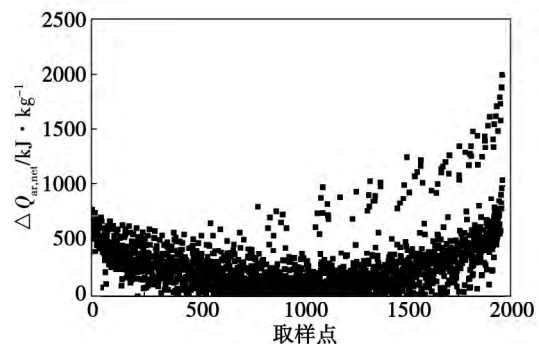


图 3 计算发热量与试验值的误差

Fig. 3 Error between the heating value calculated and test one

由图 3 可知,大部分煤质发热量计算值都比较准确,只有少数的一些点误差较大。结合数据分析得到,总体误差在 0.37 - 2 011.12 kJ/kg 之间,其中误差在 600 kJ/kg 以内的煤种占 92.4%,总体匹配度较好。

由于煤质数据库中的煤种是根据实际煤质的干燥无灰基成分和人为给定的水分、灰分组合而来,是一种“虚拟煤质”,其各元素成分的组成不一定能够满足基于大量实际煤质成分而得到的经验公式,小部分煤质热量的计算误差较大是可能存在的。

按照发热量大小对所有煤种进行排序,发现计算误差较大的煤种发热量并没有集中在某一个热量区域中,而是较均匀的分布于各个热量区间。所以,实际应用中删去这些煤种后不会影响总体的热量分布。本例中删去了误差大于 600 kJ/kg 的 149 种煤质。

### 3.2 数据库精简

针对实际应用过程中,由于煤质数据量太大而导致计算程序运行缓慢的问题,对煤质数据库的数据总量进行了精简。

将发热量升序排列后,计算出前后相邻煤种间的热量差值,以此作为相邻煤种的热量间距  $\Delta Q$ 。当前后两种煤质热量相差很小时,可以删除其中一种,以达到精简数据库的目的。

计算后发现相邻煤种的热量间距值  $\Delta Q$  分布如图 4 所示:

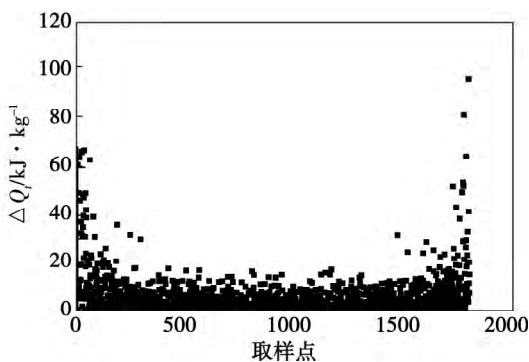


图 4 相邻煤种的热量间距

Fig. 4 Difference in heating value of neighboring coal ranks

由图 4 可知,只有少数煤种的热量间隔较大(有 6 种大于 100 kJ/kg 的煤种没有在图上显示)大

部分热量间距都分布在 10 kJ/kg 以内。删除热量间距在 5 kJ/kg 以下的煤质数据,剩余 580 种煤质。这些煤质同时满足计算误差和热量间距的要求,使得数据库内煤质在保证准确性的同时,大大精简了数据量,提高了在线计算的效率。

### 3.3 实际应用

将构建的煤质数据库运用到煤耗在线监测系统的软件计算包中,根据现场实时采集的参数计算锅炉实际吸收热量值并取用煤质数据库中的“虚拟煤质”进行煤耗的实时在线计算。

一般来说,火电厂一天之内煤质化验的平均值是有代表性的,能较好地反映当天燃用的平均煤质。为了评估煤质数据库中选取的煤质与现场煤质的差异,验证煤质库的可靠性,将 2012 年 12 月 10 日至 12 月 31 日取用的“虚拟煤质”与现场化验煤质的收到基低位发热量进行对比,结果如图 5 所示。

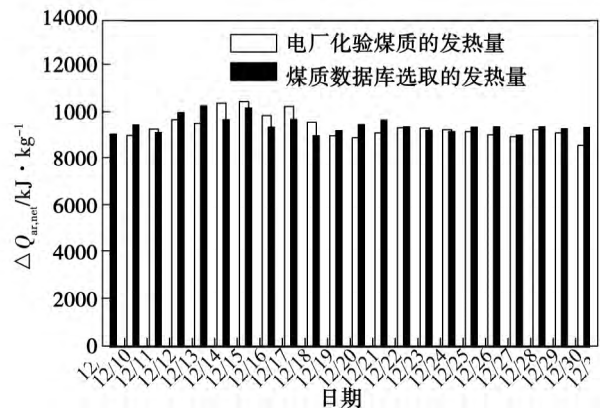


图 5 数据库中煤质发热量与电厂化验值的对比

Fig. 5 Contrast of the heating value of coal quality in database with the test value

从图 5 中可以看出,电厂化验煤质的发热量与煤质数据库选取(计算值)的发热量在趋势上保持了高度的一致性,两者最大的差别约为 700 kJ/kg 左右。如果考虑电厂化验发热量的允许误差为  $\pm 500$  kJ/kg,则煤质数据库的选取结果完全可以满足锅炉效率在线计算的要求,适合于工程实际应用。另外,采用同样的方法建立的煤质数据库的应用有效的统一了特定地区各个火电厂的煤质数据来源,有效保障了煤耗在线监测系统的公平、公开与公正性。

## 4 结 论

(1) 煤质所含的水分和灰分是导致其多变性的主要原因, 可以通过组合实际煤种相对稳定的干燥无灰基成分与人为给定的水分和灰分得到“虚拟煤质”。

(2) 基于划分方法的聚类算法适用于获取水分、灰分的代表值和煤质干燥无灰基成分的典型值, 获取的样本点能够很好的保留母体的分布特征。

(3) 利用构建煤质的元素分析结果计算得到的煤质发热量与试验测取的发热量匹配度较好, 计算误差在 600 kJ/kg 以内的煤种占 92.4%。

(4) 采用构建的虚拟煤质数据库进行锅炉效率的在线计算时, 计算中取用的煤质发热量与电厂当天化验的煤质发热量在趋势上保持了高度的一致性, 两者最大的差别约为 700 kJ/kg 左右。因此, 建立的煤质数据库可以满足工程实际应用, 有效保障了煤耗在线监测系统的公平、公开与公正性。

### 参考文献:

- [1] 王庭飞, 孙 斌, 郭 翔 等. 节能发电调度技术研究及实践与效果分析[J]. 南方电网技术, 2009, (3): 1.  
WANG Ting-fei, SUN Bin, GUO Xiang, et al. Study and practice of the energy-saving power generation dispatching technology and analysis of the effectiveness[J]. Southern Power Grid Technology, 2009, (3): 1.
- [2] 苏保光, 田 亮, 王 琪 等. 一种在线煤质软测量方法[J]. 电力科学与工程, 2011, 27(7): 32.  
SU Bao-guang, TIAN Liang, WANG Qi, et al. Method for soft on-line measuring coal quality[J]. Electric Power Science and Engineering, 2011, 27(7): 32.
- [3] 高小涛. 电站锅炉燃用混煤的煤质特性分析[J]. 江苏电机工程, 2009, 28(1): 63.  
GAO Xiao-tao. Analysis of the characteristics of coal quality when utility boilers burn mixed coal[J]. Jiangsu Electric Machinery Engineering, 2009, 28(1): 63.
- [4] 周桂萍. 电厂燃料[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.  
ZHOU Gui-ping. Power Plant Fuel[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2007.
- [5] 刘福国. 电站锅炉入炉煤元素分析和发热量的软测量实时监测技术[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(6): 140.  
LIU Fu-guo. Real-time monitoring technology for elementary analysis of coal fed into utility boilers and soft measurement of the heating value[J]. Proceedings of China Electric Machinery Engineering, 2005, 25(6): 140.
- [6] 刘福国, 郝卫东, 韩小岗 等. 基于烟气成分分析的电站锅炉入炉煤质监测模型[J]. 燃烧科学与技术, 2002, 8(5): 442-443.  
LIU Fu-guo, HAO Wei-dong, HAN Xiao-gang, et al. Model for monitoring the quality of coal fed into utility boilers based on analysis of composition of flue gases[J]. Journal of Combustion Science and Technology, 2002, 8(5): 442-443.
- [7] 谢克昌. 煤的结构和反应性[M]. 北京: 科学出版社, 2002.  
XIE Ke-chang. Coal structure and reactivity[M]. Science Press, 2002.
- [8] Jiawei Han, Micheline Kamber, Jian Pei. Data Mining: Concepts and Techniques, Third Edition[M]. Elsevier(Singapore) Pte Ltd, 2012.
- [9] 陈志强, 刘钊, 张建辉. 聚类分析中 PAM 算法的分析与实现[J]. 计算机与现代化, 2003, 9: 1-2.  
CHEN Zhi-qiang, LIU Zhao, ZHANG Jian-hui. Analysis and realization of the PAM algorithm in the clustering analysis[J]. Computers and Modernization, 2003, 9: 1-2.
- [10] 陈文敏. 煤的发热量和计算公式[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1989.  
CHEN Wen-min. Calorific value of coal and calculation formula[M]. Beijing: Coal Industry Press, 1989.
- [11] 范从振. 锅炉原理[M]. 北京: 水利电力出版社, 1986.  
FAN Cong-zhen. Principles of Boilers[M]. Beijing: Water Conservation and Electric Power Press, 1986.
- [12] 樊泉桂. 锅炉原理[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.  
FAN Quan-gui. Principles of Boilers[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2004.

( 单丽华 编辑)

Meng ( Changzhou University ,Changzhou ,China ,Post Code: 213000) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2015 ,30( 2) . -262 -266

Through a thermodynamic analysis of wet flue gases ,determined were the formulae for calculating the relative humidity ,moisture content ,dew point temperature and total enthalpy value. In the meantime ,with natural gas serving as an example ,the component pressure of steam ,dew point temperature and moisture content of the wet flue gases were calculated and the sensible and latent heat of the wet flue gases recovered from the condensing heat exchange in the low temperature sections were analyzed and calculated. It has been found that the thermal efficiency of the gas-fired boiler can increase by over 10% to 15% ,obtaining notable energy saving benefits. **Key Words:** wet flue gas ,sensible heat ,latent heat ,thermal efficiency

一种煤质数据库的建立方法 = A Method for Establishing the Database of Coal Quality [刊 ,汉] ZHAO Ming , SAI Jun-cong ,QIU Ya-lin ( Electric Power Research Institute ,Yunnan Electric Power Experiment Research Institute ( Group) Co. Ltd. ,Kunming ,China ,Post Code: 650217) ,LI Peng-fei ,WANG Yang ,DING Chang-fu ( College of Energy Power and Mechanical Engineering ,North China University of Electric Power ,Baoding ,China ,Post Code: 071003) ,LI Peng-fei ,LIANG Jun-yu ( Postgraduate Work Station ,Yunnan Power Grid Corporation ,North China University of Electric Power ,Kunming ,China ,Post Code: 650217) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2015 ,30( 2) . -267 -271

To guarantee the accuracy of a coal consumption on-line real-time monitoring system in the process of energy-saving power generation dispatching and lower the deviation of the boiler efficiency arisen from the complexity of coal quality and uncertainty of the artificial off-line input during the on-line calculation of the boiler efficiency ,the statistical and clustering calculation method and others were used to build a database of coal quality for specific zones in a power plant. It has been found that coal having an error within 600 kJ/kg between the heating value calculated by using the “unreal coal quality” thus established and that tested on the basis of the real coal quality occupies 92.4% , thus achieving a relatively good overall matching degree. In the real applications ,the heating value taken from the database established on the basis of the unreal coal quality always keeps high consistency with the heating value tested on the same day with the maximum error being controlled within 700 kJ/kg. To use the database established on the basis of the unreal coal quality to conduct an on-line calculation of the boiler efficiency can guarantee comparatively well the justice and impartiality of an on-line coal consumption monitoring system on various power plants in a region. **Key Words:** database of coal quality ,boiler efficiency ,on-line monitoring ,energy-saving power genera-

tion dispatch

基于数字化软件系统的离心泵叶轮水力设计及性能对比分析 = **Hydraulic Design of the Impeller of a Centrifugal Pump Based on a Digitalization Software System and Performance Contrast and Analysis** [刊 汉]

JIN Yong-xin ,SONG Wen-wu ,XU Yao-gang ( College of Energy Source and Power Engineering ,West China University ,Chengdu ,China ,Post Code: 610039) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2015 30( 2) . -272 -276

To design and develop best quality centrifugal impellers ,proposed was a digitalization system established by using the digitalization software Cfturbo ,Ansys-CFX and UG to conduct a hydraulic design and development of impellers for centrifugal pumps ,thus forming a new method for designing and developing impellers for centrifugal pumps. To verify the performance of the centrifugal impellers thus designed ,the authors conducted a contrast and analysis of the impellers designed by using the new method with that of impellers designed by using the traditional method and fully understood the characteristics of the impellers designed by using both methods ,further judging the feasibility of the new method. **Key Words:** digitalized design ,hydraulic design ,centrifugal impeller ,performance contrast and analysis

微量溶解氧传感器结构的研究 = **Study of the Structure of a Trace Dissolved Oxygen Sensor** [刊 汉] YANG

Wei-guo ( Military Representative Office of the Naval Forces of Chinese PLA Resident in Shanghai Region Responsible for Naval Vessel Design and Research ,Shanghai ,China ,Post Code: 200011) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2015 30( 2) . -277 -281

Molecule-state oxygen in air becomes dissolved oxygen when it is dissolved in water and constitutes one of indexes for monitoring water quality ,representing an important index indicating the self-purification ability of a body of water. The authors mainly described the fabrication process of a dual-electrode dissolved oxygen sensor. The development of a dual-electrode dissolved oxygen sensor mainly includes the study of the structure and performance of working electrodes ,auxiliary electrodes and oxygen penetration membrane. It has been found during the tests that the surface area of the electrode under investigation ,purity and surface area of the auxiliary electrode may influence the performance of the sensor being tested and the thickness of the oxygen penetration membrane may affect the reaction speed on the electrodes. From this ,one can arrive at a conclusion that the diameter of the working electrode should