

ICS 27.100  
F 23  
备案号: 50042-2015



# 中华人民共和国电力行业标准

DL/T 904—2015  
代替DL/T 904—2004

---

## 火力发电厂技术经济指标计算方法

Calculating method of economical and technical index  
for thermal power plant

2015-04-02发布

2015-09-01实施

国家能源局 发布

## 目 次

前 言.....	II
1 范 围.....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 燃料技术经济指标 .....	1
4 锅炉技术经济指标 .....	7
5 锅炉辅助设备技术经济指标 .....	14
6 汽轮机技术经济指标.....	17
7 汽轮机辅助设备技术经济指标 .....	22
8 燃气—蒸汽联合循环技术经济指标 .....	26
9 综合技术经济指标 .....	31
10 其他技术经济指标 .....	35

## 前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准是发布后替代DL/T 904—2004。本标准与DL/T 904—2004相比有以下变化：

- 对规范性引用文件进行了更新和增补；
- 对部分名词术语进行了更新和重新定义；
- 修改了锅炉效率的计算方法；
- 完善了供热机组相关指标计算方法；
- 增加了部分发电厂技术经济指标。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业节能标准化技术委员会归口并解释。

本标准起草单位：大唐国际发电股份有限公司、中国大唐集团公司、华北电力科学研究院有限责任公司、国网河北省电力公司电力科学研究院、中国电力企业联合会、中国国际工程咨询公司、国网北京城区供电公司。

本标准主要起草人：祝宪、杜作敏、赵振宁、常澍平、张会娟、王刚、杨海生、项建伟、裴杰、论立勇、邹炜。

本标准于2004年1月首次发布，本次为第一次修订。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心(北京市白广路二条一号，100761)。

# 火力发电厂技术经济指标计算方法

## 1 范围

本标准规定了火力发电厂技术经济指标的计算方法  
本标准适用于火力发电厂技术经济指标的统计计算和评价

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过对标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 2589-2008 综合能耗计算通则

GB/T 10184 近锅炉性能试验规程

GB/T 8117.1+260s 汽轮机热力性能验收试验规程 第1部分：方法A 大型凝汽式汽轮机高准确度试验

DL/T467 煤机及制粉系统性能试验

DL/T964 循环流化床锅炉性能试验规程

## 3 燃料技术经济指标

### 3.1 收入燃料量

收入燃料量是指火力发电厂在统计期内实际收到供方所供应的燃料(燃煤、燃油、燃气等)数量。  
(1)

$$B=2B$$

式中：

B ——收入燃料

B ——各种采购式收入的燃料量，t。

统计计算方法如下：

- 货票统计法。用货票数量相加所得；统计时按规定计算运损和盈方吨。
- 实际计量法。用轨道衡、皮带秤等计量设备实际计量的燃料，按计量的结果进账。使用计量法时应按式(2)折算成含规定水分的到厂燃料重量。

$$B_{st} = B_{gh} \times \frac{100 - M_{st}}{100 - M_{st}} \quad (2)$$

式中：

B<sub>st</sub> —— 燃料含规定水分的到厂重量，t；

B —— 燃料过衡重量，t

M —— 到厂实际燃料收到基水分，%；

M —— 规定燃料收到基水分上限，%。

### 3.2 燃料耗用量

燃料耗用量是指火力发电厂在统计期内生产和非生产实际消耗的燃料(燃煤、燃油、燃气等)量。

$$B_y = B_a + B + B_s + B \quad (3)$$

式中:

$B_y$ ——燃料耗用量, t;

$B_a$ ——发电燃料耗用量, t;

$B$ ——供热燃料耗用量, t;

$B_s$ ——非生产燃料耗用量, t;

$B_m$ ——其他燃料耗用量, t。

### 3.3 燃料库存量

燃料库存量指火力发电厂在统计期初或期末实际结存的燃料(燃煤、燃油、燃气等)数量。

$$B = B_0 - B_y - B_m - B_s - B + B_c \quad (4)$$

式中:

$B$ ——燃料库存量, t;

$B_0$ ——燃料运损量, t;

$B_m$ ——燃料存损量, t;

$B_s$ ——燃料调出量, t;

$B_c$ ——期初存煤量, t。

### 3.4 燃料检斤量、检斤率、过衡率

燃料检斤量是指对收入燃料量进行过衡和检尺验收的数量。

$$B = B_m + B_e \quad (5)$$

式中:

$B_m$ ——燃料检斤量, t;

$B_e$ ——燃料检尺量, t。

燃料检斤率是指燃料检斤量与收入燃料量的百分比。

$$L_j = \frac{B_j}{B_r} \times 100 \quad (6)$$

式中:

$L_j$ ——燃料检斤率, %。

燃料过衡率是指燃料过衡量与收入燃料量的百分比。

$$L_{gh} = \frac{B_{gh}}{B_r} \times 100 \quad (7)$$

式中:

$L$ ——燃料过衡率, %。

### 3.5 燃料运损率

燃料运损率是指燃料在运输过程中实际损失数量与燃料货票量的百分比。

$$L_{ys} = \frac{B_{ys}}{B_{tp}} \times 100 \quad (8)$$

式中:

$L_{ys}$ ——燃料运损率, %;

B——燃料货票量, t。

一般情况下运损按如下定额值选取:

铁路运输为1.2%;

水路运输为1.5%;

公路运输为1%;

水陆联合运输为1.5%;

中转换装一次增加1%。

火力发电厂也可根据燃料品种、运输距离、运输方式、中转情况以及季节的不同,实际测定各种燃料的运损率。

### 3.6 燃料盈吨量、盈吨率

燃料盈吨量是指燃料检斤量大于货票记载数量的部分,即为盈吨。

$$B=B_1-B_2 \quad (9)$$

式中:

Ba——燃料盈吨量, t。

燃料盈吨率是指燃料盈吨量与实际燃料检斤量的百分比。

$$L_{yd} = \frac{B_{yd}}{B_{jl}} \times 100 \quad (10)$$

式中:

L——燃料盈吨率, %。

### 3.7 燃料亏吨量、亏吨率

燃料亏吨量是指燃料检斤量小于货票记载的数量,且超过运损量的部分。

$$B=B_1-B_2(1-L) \quad (11)$$

式中:

Bd——燃料亏吨量, t。

燃料亏吨率是指燃料亏吨量与实际燃料检斤量的百分比。

$$L_{kd} = \frac{B_{kd}}{B_{jl}} \times 100 \quad (12)$$

式中:

L——燃料亏吨率, %。

### 3.8 煤场存损率

煤场存损率指统计期内燃煤储存损失的数量与实际日平均库存燃煤量的百分比。

$$L_{cs} = \frac{B_{cs}}{B'_{kc}} \times 100 \quad (13)$$

式中:

L——煤场存损率, %;

B——实际日平均库存燃煤量, t。

存损率不大于每月的日平均存煤量的0.5%,火力发电厂也可根据具体情况实际测定煤场存损率。

### 3.9 燃料盘点库存量

燃料盘点库存量是指对燃料库存进行实际测量盘点的量,可通过人工盘点或通过仪器检测得出。盘点包括测量体积、测定堆积密度、计算收入量、计算库存量、调整水分差等工作。

## 3.10 燃料盘点盈亏量

燃料盘点盈亏量是指燃料实际盘点库存量与账面库存量之差。当燃料实际盘点库存量大于账面燃料库存量时为盈；当燃料实际盘点库存量小于账面燃料库存量时为亏。

$$B_k = B - B_c \quad (14)$$

式中：

$B_k$ ——燃料盘点盈亏量，t；

$B$ ——燃料盘点库存量，t；

$B_c$ ——盘点账面燃料库存量，t。

## 3.11 燃料检质率

燃料检质率是指对收到的燃料进行质量检验的数量与收入燃料量的百分比。

$$L_{jz} = \frac{B_{jz}}{B_{sr}} \times 100 \quad (15)$$

式中：

$L$ ——燃料检质率，%；

$B$ ——燃料检质量，t。

燃料的质量检验按现行有效的国家、行业标准执行。

## 3.12 煤炭质级不符率

煤炭质级不符率是指到厂煤检质级不符部分的煤量与燃料检质量的百分比。

$$L_{bf} = \frac{B_{bf}}{B_{jz}} \times 100 \quad (16)$$

式中：

$L_r$ ——煤炭质级不符率，%；

$B$ ——质级不符部分的煤量，t。

## 3.13 煤质合格率

煤质合格率是指到厂煤检质煤质合格部分的煤量与燃料检质量的百分比。

$$L_{hg} = \frac{B_{hg}}{B_{jz}} \times 100 \quad (17)$$

式中：

$L_g$ ——煤质合格率，%；

$B_g$ ——煤质合格煤量，t。

## 3.14 入炉煤配煤合格率

入炉煤配煤合格率是指通过配煤使入炉煤质达到要求的煤量与入炉煤总量的百分比。

$$L_{pm} = \frac{B_{pm}}{\sum B_{ri}} \times 100 \quad (18)$$

式中：

$m$ ——入炉煤配煤合格率，%；

$B$ ——配煤合格煤量，t；

$B_4$ ——入炉煤量，t。

## 3.15 燃料亏吨索赔率

燃料亏吨索赔率是指火力发电厂向供方实际索回的亏吨数量与燃料亏吨量的百分比。

$$L_{\text{ts}} = \frac{B_{\text{ts}}}{B_{\text{kd}}} \times 100 \quad (19)$$

式中：

$L_{\text{ts}}$ ——燃料亏吨索赔率，%；

$B$ ——燃料亏吨索赔煤量，t。

## 3.16 燃料亏卡索赔率

燃料亏卡索赔率是指火力发电厂向供货方实际索回的质价不符金额与应索回的质价不符金额的百分比。

$$L = (\text{实际索回的质价不符金额} / \text{应索回的质价不符金额}) \times 100 \quad (20)$$

式中：

$L$ ——燃料亏卡索赔率，%。

## 3.17 入厂煤与入炉煤热值差

入厂煤与入炉煤热值差是指入厂煤收到基低位发热量(加权平均值)与入炉煤收到基低位发热量(加权平均值)之差。入厂煤与入炉煤热值差应考虑燃料收到基水分变化的影响，并修正到同一收到基水分的状态下进行主

$$8Q = Q - 0 \quad (21)$$

式中：

$8Q$ ——入厂煤与入炉煤热值差，kJ/kg；

$Q_m$ ——入厂煤收到基低位发热量，kJ/kg；

$Q$ ——入炉煤收到基低位发热量，kJ/kg。

## 3.18 入厂煤与入炉煤水分差

入厂煤与入炉煤水分差是指入厂煤收到基水分(加权平均值)与入炉煤收到基水分(加权平均值)之差。

$$\delta M = M'' - M' \quad (22)$$

式中：

$\delta M$ ——入厂煤与入炉煤水分差，%；

$M''$ ——入厂煤收到基水分，%；

$M'$ ——入炉煤收到基水分，%。

## 3.19 输煤(油)单耗、输煤(油)耗电率

输煤(油)单耗是指输煤(油)系统厂用电量与相应入炉原煤(油)总量之比。

$$b_{\text{sm}} = \frac{W_{\text{sm}}}{B_{\text{t}}} \quad (23)$$

式中：

$b$ ——输煤(油)单耗，kW·h/t；

$W$ ——输煤(油)系统厂用电量，kW·h。

输煤(油)耗电率是指输煤(油)系统厂用电量与全厂发电量的百分比。

$$w_{\text{sm}} = \frac{W_{\text{sm}}}{\Sigma W_{\text{f}}} \times 100 \quad (24)$$



式中:

$w_m$ ——输煤(油)耗电率, %;  
 $2W$ ——全厂发电量, kW·h。

### 3.20 燃煤机械采样装置投入率

燃煤机械采样装置投入率是指在统计期内燃煤机械采样装置投入的时间与含故障时间在内的机械采样装置运行小时的百分比。

$$La = (\text{燃煤机械采样装置投入时间} / \text{含故障时间在内的机械采样装置运行时间}) \times 100 \quad (25)$$

式中:

$La$ ——燃煤机械采样装置投入率, %。

### 3.21 皮带秤校验合格率

皮带秤校验合格率是指皮带秤校验合格次数与皮带秤校验总次数的百分比。

$$Ly = (\text{皮带秤校验合格次数} / \text{皮带秤校验总次数}) \times 100 \quad (26)$$

式中:

$Ly$ ——皮带秤校验合格率, %。

### 3.22 入厂标煤单价

入厂标煤单价是指燃料到厂总费用(煤价、运费及各种运杂费总和)与对应的标准煤量的比值。入厂标煤单价包括含税和不含税两种。

$$R_{rc} = \frac{K_{rc}}{B_b} = \frac{K_m + K_y + K_z}{B_b} \quad (27)$$

式中:

$R$ ——入厂标煤单价, 元/吨;  
 $K$ ——燃料到厂总费用, 元;  
 $B$ ——入厂标准煤量, t;  
 $K$ ——燃料费用, 元;  
 $K_1$ ——燃料运输费用, 元;  
 $K_2$ ——燃料运杂费, 元。

### 3.23 入炉标煤单价

入炉标煤单价是指入炉消耗燃料的总费用与对应的入炉标准煤总量的比值。入炉标煤单价一般指不含税价。

$$R_{rl} = \frac{K_{rl}}{B_{lb}} = \frac{K_{lm} + K_{ly} + K_{lk} + K_{lz}}{B_{lb}} \quad (28)$$

式中:

$R_l$ ——入炉标煤单价, 元/吨;  
 $B_o$ ——入炉标准煤总量, t;  
 $K$ ——入炉燃料总费用, 元;  
 $K_m$ ——入炉燃煤费用, 元;  
 $K_y$ ——入炉燃油费用, 元;  
 $K$ ——入炉燃气费用, 元;  
 $K_z$ ——炉前燃料杂费, 元。

### 3.24 入厂煤与入炉煤标煤单价差

入厂煤与入炉煤标煤单价差是指不含税入厂标煤单价与入炉标煤单价之差。

$$\delta R = R_1 - R \quad (29)$$

式中：

$\delta R$ ——入厂煤与入炉煤标煤单价差，元/吨；

$R_1$ ——入炉标煤单价，元/吨；

$R$ ——入厂标煤单价，元/吨。

## 4 锅炉技术经济指标

### 4.1 锅炉主蒸汽流量

锅炉主蒸汽流量是指锅炉末级过热器出口的蒸汽流量值(t/h)。

### 4.2 锅炉主蒸汽压力

锅炉主蒸汽压力是指锅炉末级过热器出口的蒸汽压力值(MPa)。如锅炉末级过热器出口有多路主蒸汽管，取其平均值。

### 4.3 锅炉主蒸汽温度

锅炉主蒸汽温度是指锅炉末级过热器出口的蒸汽温度值(°C)。如果锅炉末级过热器出口有多路主蒸汽管，取其平均值。

### 4.4 锅炉再热蒸汽压力

锅炉再热蒸汽压力是指锅炉末级再热器出口的再热蒸汽压力值(MPa)。如果锅炉末级再热器出口有多路再热蒸汽管，取其平均值。

### 4.5 锅炉再热蒸汽温度

锅炉再热蒸汽温度是指锅炉末级再热器出口的再热蒸汽温度值(°C)。如果锅炉末级再热器出口有多路再热蒸汽管，取其平均值。

### 4.6 锅炉给水温度

锅炉给水温度是锅炉主省煤器入口的给水温度值(°C)。

### 4.7 过热器减温水流量

过热器减温水流量是指进入过热器系统的减温水流量(th)。对于过热器系统有多级减温器设置的锅炉，过热器减温水流量为各级过热器减温水流量之和。

过热器减温水需要明确是源自汽轮机高压加热器出口的给水平台还是源自高压加热器前的给水泵出口。

### 4.8 再热器减温水流量

再热器减温水流量是指进入再热器系统的减温水流量(th)。对于再热器系统有多级减温器设置的锅炉，再热器减温水流量为各级再热器减温水流量之和。

### 4.9 锅炉入口空气温度

锅炉入口空气温度是指空气预热器入口处的空气温度(°C)。对于有多台空气预热器，锅炉入口空气温度由各台空气预热器入口温度的按流量加权平均计算；对于多分仓空气预热器，每台空气预热器入口空气温度由一次风入口温度和二次风入口温度按流量加权平均计算。

### 4.10 排烟温度

排烟温度是锅炉末级空气预热器出口平面的烟气平均温度(°C)。对于空气预热器出口有两个或两个以上烟道，排烟温度取各烟道烟气温度的平均值。

### 4.11 锅炉氧量

锅炉氧量是指烟气中氧气占烟气总容积的百分比(%)。烟气总容积不包含烟气水蒸气容积时测得的氧量称为干基氧量，烟气总容积包含水蒸气容积时所测得的氧量称为湿基氧量。采用氧化锆就地测量

的氧量为湿基氧量，而通过抽气、冷凝后测得的氧量为干基氧量。

干、湿基氧量的关系为：

$$O_{2d} = O_2 \frac{V_{\text{干}} + V_{\text{H}_2\text{O}}}{V_{\text{干}}} \quad (30)$$

式中：

$O_{2d}$ ——干基氧量，%；

$O_2$ ——湿基氧量，%；

$v$  ——烟气中干烟气体积， $\text{m}^3$ ；

$V_0$  ——烟气中水蒸气体积， $\text{m}^3$ 。

锅炉氧量测点设置在空气预热器入口烟道或空气预热器出口烟道。当锅炉尾部有两个或两个以上烟道，锅炉氧量取各烟道烟气氧量的平均值。

#### 4.12 过量空气系数

过量空气系数表示燃烧时供给的空气量和理论空气量的比值，可由干基氧量按式(31)计算而得。

$$a_A = \frac{21}{21 - O_{2d}} \quad (31)$$

式中：

$a_A$ ——过量空气系数。

燃用无烟煤、贫煤、烟煤时，烟气中水分比例较少可忽略干湿基氧量差别，直接用现场测得的湿基氧量代替式(31)中的 $O_{2d}$ 计算过量空气系数；燃用高水分的褐煤时，烟气中水蒸气较大，不能忽略干基氧量与湿基氧量的区别。如果测量的氧量为湿基氧量，应当按式(30)把湿基氧量转换为干基氧量后，由式(31)计算。

#### 4.13 空气预热器漏风率

空气预热器漏风率是指漏入空气预热器烟气侧的空气质量流量与进入空气预热器的烟气质量流量之比(%)。

$$A_L = \frac{G'' - G'}{G'} \times 100 \quad (32)$$

式中：

$A$ ——空气预热器漏风率，%；

$G'$ ——空气预热器入口烟气质量流量， $\text{t/h}$ ；

$G''$ ——空气预热器出口烟气质量流量， $\text{t/h}$ 。

运行中的空气预热器漏风率可由空气预热器出入口的过量空气系数估算，公式为：

$$A_L = \frac{\alpha'' - \alpha'}{\alpha'} \times 90 \quad (33)$$

式中：

$\alpha'$ ——空气预热器入口烟气的过量空气系数，由空气预热器入口干基氧量按式(31)计算；

$\alpha''$ ——空气预热器出口烟气的过量空气系数，由空气预热器出口干基氧量按式(31)计算。

#### 4.14 灰渣含碳量

灰渣含碳量是指飞灰和大渣中未燃尽碳的质量百分比(%)，由飞灰中未燃尽碳与大渣中未燃尽碳按流量加权平均计算而得到。

对于有飞灰含碳量在线测量装置的系统，飞灰含碳量为在线测量装置分析结果的平均值；对于没有在线表计的系统，应对统计期内的每班飞灰含碳量数值，按各班燃煤消耗量加权计算平均值。大渣含碳量值可采用离线化验值。

常规锅炉飞灰份额为90%，大渣份额为10%。CFB 锅炉飞灰份额和大渣份额应当实测或采用设计飞灰与大渣的份额。

#### 4.15 煤粉细度

不同粒径的煤粉颗粒所占的质量百分比。取样和测定方法按照DL/T 467标准执行。

#### 4.16 锅炉热效率

锅炉热效率指锅炉的有效利用热量占锅炉输入燃料低位发热量的百分比。

$$\eta_v = \frac{Q_1}{Q_{ar,net}} \times 100 \quad (34)$$

式中：

$\eta$ ——锅炉热效率，%

$Q_{ar,net}$ ——每千克燃料的低位发热量，kJ/kg;

$Q_1$ ——每千克燃料低位发热量中有效利用的部分，也可称为输出热量，kJ/kg。

用式(34)直接计算热效率的方法称为输入—输出热量法(也称正平衡方法)。根据GB/T 10184和DL/T964的趵定/为了更准确地计算锅炉热效率，本标准采用热损失法(也称反平衡方法)计算热效率，公式为

$$\eta_e = \left( 1 - \frac{Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7}{Q_{ar,net}} \right) \times 100 \quad (35)$$

式中：

$Q_2$ ——每监炒料的排烟损失热量，kJ/kg

$Q_3$ ——每千算燃料的可燃气体未完全燃烧损失热量，kJ/kg;

$Q_4$ ——每千克燃料的锅炉散热损失热量，kJ/kg;

$Q_5$ ——每千克蛛料的灰渣物理显热损失热量，kJ/kg;

$Q_6$ ——每千克燃料由于石灰石热解反应和脱硫反应而损失的热量，仅炉内脱硫的锅炉存在，kJ/kg;

$q_2$ ——排烟热损人%

$q_3$ ——可燃气体未完全燃烧热损失，%;

$q_4$ ——固体未完全燃死热损失，%;

$q_5$ ——锅炉散热热损失，%

$q_6$ ——灰渣物理显热热损失，%

$q_7$ ——每千克燃料由于石灰石热解反应和脱硫反应而产生的热损失，仅炉内脱硫的锅炉存在，%。

#### 4.17 排烟热损失

排烟热损失是指末级空气预热器后排出烟气带走的物理显热占输入燃料低位发热量的百分比。

$$q_2 = \frac{Q_2}{Q_{ar,net}} \times 100 \quad (36)$$

$$Q = Q^0 + Q_0 \quad (37)$$

$$Q^0 = V_{n_2, o} C_{p, a_2 o} (0y - t_0) \quad (38)$$

$$Q = V c_{p, y} (\theta y - t_0) \quad (39)$$

$$V y = V^0 + (a - 1) v \quad (40)$$

$$\alpha_p = \left( \frac{A_L + 90}{90} \right) \alpha' \quad (41)$$

式中:

Q30——空气预热器出口烟气所含水蒸气的显热, kJ/kg;

Q——空气预热器出口干烟气带走的热量, kJ/kg;

VHo——空气预热器出口每千克燃料燃烧产生的水蒸气及相应空气湿分带入的水蒸气体积, m<sup>3</sup>/kg

Vy——空气预热器出口基于每千克燃料燃烧生成的实际干烟气体积, m<sup>3</sup>/kg, 可以通过理论空气量和过量空气系数计算;

——空气预热器出口的排烟温度, °C;

t<sub>0</sub>——空气预热器入口空气温度, °C, 由该处的一、二次风空气温度按流量加权平均计算而得;

CpHo——水蒸气从z<sub>0</sub>到θ的平均定压比热容, kJ/(kg·K);

Cpy——干烟气从t<sub>0</sub>到θ的平均定压比热容, kJ/(kg·K);

α<sub>y</sub>——空气预热器出口烟气过量空气系数, 由空气预热器出口氧量按式(32)计算; 如果空气预热器出口没有氧量测点, 可以先根据空气预热器入口氧量计算出空气预热器入口的过量空气系数, 然后由空气预热器漏风率近似地计算出空气预热器出口过量空气系数, 计算方法见式(41);

v——每千克燃料燃烧所需的理论干空气量, m<sup>3</sup>/kg;

v<sup>0</sup>——每千克燃料燃烧产生的理论干烟气体积, m<sup>3</sup>/kg。

式(38)~式(40)中的v<sup>0</sup>、v、c<sub>py</sub>和V<sub>0</sub>均与燃料的元素分析成分直接相关。如果电厂安装了在线的燃料元素分析系统, 可以采用在线元素分析结果, 由化学反应的当量关系确定这四个值, 精确地计算出排烟热损失。如无燃料元素分析的结果, 可用燃料工业分析结果由经验公式研究确定这些值, 进而得到近似的排烟损失, 计算方法如下:

1) 理论干空气量V用下式计算:

$$V_{gh}^0 = \frac{K(Q_{ar.net} - 3.3727A_{ar}\bar{C})}{1000} \quad (42)$$

$$\bar{C} = \frac{\alpha_{lz}C_{lz}}{100 - C_{lz}} + \frac{\alpha_{fh}C_{fh}}{100 - C_{fh}} \quad (43)$$

式中:

A——燃料收到基灰分含量, %;

K——可根据燃料的种类及燃料无灰干燥基挥发分的数值在表1中选取。

C——灰渣中平均含碳量与燃煤灰量之百分比, 计算时忽略炉内脱硫的影响, %;

C<sub>2</sub>、C<sub>m</sub>——炉渣和飞灰中碳的质量百分比, %;

α<sub>g</sub>、α<sub>m</sub>——炉渣和飞灰占燃煤总灰量的质量含量百分比, %。

表 1 干空气量计算系数表

燃料种类	无烟煤	贫煤	烟煤	烟煤	长焰煤	褐煤
燃料无灰干燥基挥发分V (%)	5~10	10~20	20~30	30~40	>37	>37
K	0.2659	0.2608	0.2620	0.2570	0.2595	0.2620

$\alpha$ 、 $\alpha_m$ 的数值可根据最近期的灰平衡试验或锅炉性能试验来选取。对于固态排渣煤粉锅炉， $\alpha=10$ 、 $\alpha_m=90$ ；对于液态排渣煤粉锅炉， $\alpha=30\sim 90$ 、 $\alpha_m=100-\alpha$ 。

#### 2) 理论干烟气量 $V$ 计算方法。

对于没有炉内石灰石脱硫的常规煤粉锅炉而言，理论干烟气量 $V^0$ 用下式计算：

$$V_{\text{干}}^0 = 0.98V_{\text{干}}^0 \quad (44)$$

对于有炉内石灰石脱硫的锅炉来说，理论烟气量还需要增加石灰石烧解时产生的烟气：

$$V_{\text{干}}^0 = 0.98V_{\text{干}}^0 - 0.7 \frac{S_{\text{Lst}}}{100} \left( \frac{0.98K_{\text{gb}} - \eta_{\text{d}}}{100} \right) \quad (45)$$

$$K_{\text{gb}} = \frac{\text{CaCO}_3}{100} \frac{32B_{\text{Lst}}}{S_{\text{Lst}}B_{\text{t}}} \quad (46)$$

式中：

$S_{\text{u}}$ ——煤收到基全硫分，采用煤质化验数据；

——为炉内脱硫的效率，参见4.23；

$K$ ——石灰石与煤的钙硫比，由石灰石量、给煤量、石灰石纯度及煤中的硫分计算：

$B$ ——给石灰石量，th；

$\text{CaCO}_3$ ——石灰石中碳酸钙的含量，%；

$B$ ——机组入炉煤量，th。

#### 3) 烟气定压比热容 $C_{\text{py}}$ 的计算方法。

在过量空气系数 $\alpha$ 不超过3的情况下，干烟气的定压比热容 $C_{\text{py}}$ 可以按式(47)由 $\text{CO}_2$ 、 $\text{O}_2$ 和 $\text{N}_2$ 三种气体的定压比热容加权平均计算：

$$C_{\text{py}} = 0.154c_{\text{co}_2} + 0.035c_{\text{po}_2} + 0.811c_{\text{c}_2} \quad (47)$$

以上三种单一气体从 $0^\circ\text{C}$ 到 $\theta_y$ 的平均定压比热可以由表2中的值按温度插值计算，也可以按式(48)～式(50)进行拟合计算。

$$C_{\text{pN}_2} = 1.29465 + 7.31852 \times 10^{-6}\theta + 1.79523 \times 10^{-7}\theta^2 - 6.38890 \times 10^{-10}\theta^3 \quad (48)$$

$$C_{\text{po}_2} = 1.30586 + 8.22434 \times 10^{-5}\theta + 4.00158 \times 10^{-7}\theta^2 - 3.92592 \times 10^{-10}\theta^3 \quad (49)$$

$$C_{\text{pcO}_2} = 1.59981 + 1.07732 \times 10^{-3}\theta - 1.70675 \times 10^{-2}\theta^2 + 3.43519 \times 10^{-6}\theta^3 \quad (50)$$

水蒸气从 $0^\circ\text{C}$ 到 $\theta_y$ 的平均定压比热可以由表2中的值按温度插值计算。

表2 烟气各种成分从 $0^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$ 平均比定压热容

单位：kJ/( $\text{m}^3 \cdot \text{K}$ )

$\theta$ ( $^\circ\text{C}$ )	$C_{\text{pCO}_2}$	$C_{\text{pN}}$	$C_{\text{pO}_2}$	$C_{\text{pH}_2\text{O}}$
0	1.5998	1.2946	1.3059	1.4943
100	1.7003	1.2958	1.3176	1.5052
200	1.7873	1.2996	3.3352	1.5223

#### 4) 烟气中水蒸气体积 $V_{\text{n},\text{o}}$ 的计算方法。

石灰石中含水很少，因而本标准只考虑燃料和空气中的水蒸气，烟气中所含水蒸气容积可用式(51)计算：

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 1.24 \left( \frac{9H_{\text{st}} + M_{\text{st}}}{100} + 1.293\alpha_{\text{py}}V_{\text{干}}^0d_{\text{v}} \right) \quad (51)$$

式中:

H——燃料收到基氢含量, %;

M——燃料收到基水分含量, %;

d——环境空气绝对湿度, kg/kg, 一般情况下可以取0.01。

燃料可燃部分中的氢元素相对固定, 大部分都分布在3%~6%之间。可燃部分中的氢元素和挥发分与矿化年代有较好的对应关系, 矿化年代越久, 氢元素和挥发分就越小, 因而可以利用Vd来估算干燥无灰基氢元素H<sub>d</sub>或选取近期的煤质元素分析数值中的H<sub>a</sub>, 然后根据每天化验的收到基灰分和水份可计算出收到基H, 计算公式为:

$$H_{ar} = \frac{100}{100 - M_{ar} - A_{ar}} H_{daf} \quad (52)$$

$$H = 2.1236V02319 \quad (53)$$

式中:

H<sub>d</sub>——干燥无灰基的氢元素, 选取近期值或是由式(53)估算。

计算水分较大的褐煤干基氧量时, 可以先按当地的湿基氧量计算出过量空气系数, 然后用式(51)计算出烟气中的水蒸气体积, 再用式(30)~式(31)计算出干基氧量和过量空气系数。

#### 4.18 气体未完全燃烧热损失

可燃气体未完全燃烧热损失是指排烟中可燃气体成分未完全燃烧而造成的热量损失占输入燃料低位发热量的百分比, 与排烟中的CO、H<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>等气体的浓度相关。

由于烟气中H<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>等可燃气体含量很低, 未燃尽气体主要是CO, 因而本损失计算公式为:

$$q_3 = \frac{126.36CO \times V_{ex}}{Q_{ar,net}} \times 100 \quad (54)$$

式中:

CO——空气预热器出口干烟气中一氧化碳的容积含量百分比, %。

#### 4.19 固体未完全燃烧热损失

固体未完全燃烧热损失是指锅炉灰渣可燃物造成的热量损失和中速磨煤机排出石子煤的热量损失占输入燃料低位发热量的百分比。

$$q_4 = \frac{337.27A_{ar}\bar{C}}{Q_{ar,net}} + q_4^{sz} \quad (55)$$

$$q_4^{sz} = \frac{B_{sz}Q_{ar,net}^{sz}}{B_L Q_{ar,net}} \times 100 \quad (56)$$

式中:

94——中速磨煤机排出石子煤的热量损失率;

Q——中速磨煤机排出石子煤的收到基低位发热量, kJ/kg;

B——锅炉燃料消耗量, t;

B——石子煤排放量, t。

对于燃油及燃气锅炉固体未完全燃烧热损失可以忽略。

#### 4.20 散热损失

锅炉散热损失是指锅炉炉墙、金属结构及锅炉范围内管道(烟风道及汽、水管道联箱等)向四周环境中散失的热量占锅炉低位发热量的百分比。

$$q_5 = q_5^c \frac{D^c}{D} \quad (57)$$



式中:

- 9<sub>s</sub>——散热损失, %;
- q<sub>s</sub>——额定蒸发量下的散热损失, %;
- D°——锅炉的额定蒸发量, t/h;
- D——锅炉实际蒸发量, th。

#### 4.21 灰渣物理热损失

灰渣物理热损失是指炉渣、飞灰排出锅炉设备时所带走的显热占输入燃料低位发热量的百分比, 计算时忽略炉内脱硫的影响。

$$q_6 = \frac{1}{Q_{ar,net}} (A_{ar} + A_{shs}) \left[ \frac{\alpha_{lz} (t_{lz} - t_0) c_{lz}}{100 - \epsilon_{lz}} + \frac{\alpha_{fm} (\theta_{py} - t_0) c_{th}}{100 - \epsilon_{th}} \right] \quad (58)$$

式中:

- t——炉膛排出的炉温度, °C;
- c<sub>g</sub>——炉渣的比热 kJ/(kg·K);
- c<sub>m</sub>——飞灰的比热, kJ/(kg·K);

A——炉内脱硫时由于加入石灰石而带入的灰分, %

当含硫量超过22o时, A<sub>shs</sub>不可以忽略, 用式(59)计算。

$$A_{shs} = \frac{72 S_{lar} \eta_{cl} + 64 \frac{B_{shs}}{B_1} \gamma_{shs} - 100 \frac{B_{shs}}{B_1} (1 - \gamma_{shs})}{3200} \quad (59)$$

式中:

- B——炉内脱硫时加入的石灰石流量, th;
- γ<sub>shs</sub>——石灰石分解率, 根据锅炉实际情况选取, 一般可取0.95。

固态排渣煤粉炉, 炉渣温度可以取800°C, 炉渣的比热可以取0.96kJ/(k·k); 液态排渣煤粉锅炉炉渣温度往往达到或超过1300°C, 比热可以取1.10kJ/(kg·K)。

#### 4.22 石灰石脱硫热损失

石灰石脱硫热损失指锅炉炉内脱硫时, 由于投石灰石脱硫而引起热损失热量占锅炉输入燃料低位发热量的百分比。该项热损失热量由石灰石煅烧反应吸热和脱硫时硫化反应放热构成, 按式(60)计算:

$$q_7 = \frac{S_{lar} (56.04 K_{glb} - 152 \eta_{cl})}{Q_{ar,net}} \quad (60)$$

#### 4.23 炉内脱硫效率

脱硫效率指通过炉内投石灰石脱去的SO<sub>2</sub>占输入SO<sub>2</sub>的百分比

$$\eta_{cl} = \frac{SO_2' - SO_2''}{SO_2} \times 100 \quad (61)$$

$$SO_2' = 2 \frac{S_{lar}}{V_{gy,1.4}} \times 10^4 \quad (62)$$

式中:

SO<sub>2</sub>——随燃料进入锅炉中的硫元素燃料产生的二氧化硫气体浓度, 通过计算而得到并折算到过量空气系数为1.4;

V<sub>14</sub>——由式(44)计算的V与过量空气系数之和;

SO<sub>2</sub>''——锅炉空气预热器出口二氧化硫气体浓度, 折算到过量空气系数为1.4。



## 5 锅炉辅助设备技术经济指标

### 5.1 引风机单耗、耗电率

引风机单耗是指锅炉产生每吨蒸汽引风机消耗的电量。

$$b_{yf} = \frac{W_{yf}}{D_L} \quad (63)$$

式中:

$b_{yf}$ ——引风机单耗, kW·h/t;

$W_{yf}$ ——统计期内引风机消耗的电量, kW·h;

$D_L$ ——统计期内主蒸汽流量累计值, t。

引风机耗电率是指统计期内引风机消耗的电量与机组发电量的百分比。

$$w_{yf} = \frac{W_{yf}}{W_f} \times 100 \quad (64)$$

式中:

$w_{yf}$ ——引风机耗电率, %;

$W_f$ ——统计期内机组发电量, kW·h。

### 5.2 送风机单耗、耗电率

送风机单耗是指锅炉产生每吨蒸汽送风机消耗的电量。

$$b_{sf} = \frac{W_{sf}}{D_L} \quad (65)$$

式中:

$b_{sf}$ ——送风机单耗, kW·h/t;

$W_{sf}$ ——统计期内送风机消耗的电量, kW·h。

送风机耗电率是指统计期内送风机消耗的电量与机组发电量的百分比。

$$w_{sf} = \frac{W_{sf}}{W_f} \times 100 \quad (66)$$

式中:

$w_{sf}$ ——送风机耗电率, %。

### 5.3 一次风机(排粉机)单耗、耗电率

一次风机(排粉机)单耗是指制粉系统每磨制1t煤一次风机(排粉机)消耗的电量。

$$b_{pf} = \frac{W_{pf}}{B_m} \quad (67)$$

式中:

$b_{pf}$ ——一次风机(排粉机)单耗, kW·h/t;

$W_{pf}$ ——统计期内一次风机(排粉机)消耗的电量, kW·h;

$B_m$ ——统计期内煤量, t。

一次风机(排粉机)耗电率是指统计期内一次风机(排粉机)消耗的电量与机组发电量的百分比。

$$w_{pf} = \frac{W_{pf}}{W_f} \times 100 \quad (68)$$

式中:

$w_r$ ——一次风机(排粉机)耗电率, %。

#### 5.4 密封风机单耗、耗电率

密封风机单耗是指制粉系统每磨制1t煤密封风机消耗的电量。

$$b_{mf} = \frac{W_{mf}}{B_m} \quad (69)$$

式中:

$b$ ——密封风机单耗, kW·h/t;

$W$ ——统计期内密封风机消耗的电量, kW·h。

密封风机耗电率是指密封风机消耗的电量与机组发电量的百分比。

$$w_{mf} = \frac{W_{mf}}{W_f} \times 100 \quad (70)$$

式中:

$W_m$ ——密封风机耗电率, %。

#### 5.5 磨煤机单耗、耗电率

磨煤机单耗是指制粉系统每磨制1t煤磨煤机消耗的电量。

$$b_{mm} = \frac{W_{mm}}{B_m} \quad (71)$$

式中:

$b$ ——磨煤机单耗, kW·h/t;

$W$ ——统计期内磨煤机消耗的电量, kW·h。

磨煤机耗电率是指统计期内磨煤机消耗的电量与机组发电量的百分比。

$$w_{mm} = \frac{W_{mm}}{W_f} \times 100 \quad (72)$$

式中:

$w$ ——磨煤机耗电率, %。

#### 5.6 给煤机单耗、耗电率

给煤机单耗是指制粉系统每磨制1t煤给煤机消耗的电量。

$$b_{gm} = \frac{W_{gm}}{B_m} \quad (73)$$

式中:

$b$ ——给煤机单耗, kW·h/t;

$W_{gm}$ ——统计期内给煤机消耗的电量, kW·h。

给煤机耗电率是指统计期内给煤机所耗用的电量与机组发电量的百分比。

$$w_{gm} = \frac{W_{gm}}{W_f} \times 100 \quad (74)$$

式中:

$W_m$ ——给煤机耗电率, %。

#### 5.7 制粉系统单耗、耗电率

制粉系统单耗为制粉系统[包括磨煤机、给煤机、一次风机(排粉机)、密封风机等]每磨制1t煤所消耗的电量。

$$bg = bm + b + bm + bm \quad (75)$$

式中：

b——制粉系统单耗，kW·h/t。

制粉系统耗电率是指统计期内制粉系统消耗的电量与机组发电量的百分比。

$$w_{st} = \frac{W_{st}}{W_f} \times 100 \quad (76)$$

式中：

w——制粉系统耗电率，%；

W<sub>a</sub>——统计期内制粉系统消耗的电量，kW·h。

### 5.8 炉水循环泵单耗、耗电率

炉水循环泵单耗是指锅炉每产生1t蒸汽炉水循环泵消耗的电量。

$$b_{lx} = \frac{W_{lx}}{D_L} \quad (77)$$

式中：

b——炉水循环泵单耗，kW·h/t；

W——统计期内炉水循环泵消耗的电量，kW·h。

炉水循环泵耗电率是指统计期内炉水循环泵所耗用的电量与发电量的百分比。

$$w_{lx} = \frac{W_{lx}}{W_f} \times 100 \quad (78)$$

式中：

w<sub>x</sub>——炉水循环泵耗电率，%。

### 5.9 除灰、除尘系统单耗、耗电率

除灰、除尘系统单耗是指锅炉每燃烧1t原煤，除灰、除尘系统消耗的电量。

$$b_{ch} = \frac{W_{ch}}{B_L} \quad (79)$$

式中：

b——除灰、除尘系统单耗，kW·h/t；

W——统计期内除灰系统消耗的电量，kW·h。

除灰、除尘系统耗电率是指统计期内除灰系统消耗的电量与机组发电量的百分比。

$$w_{ch} = \frac{W_{ch}}{W_f} \times 100 \quad (80)$$

式中：

w——除灰、除尘系统耗电率，%。

### 5.10 脱硫系统耗电率

脱硫系统耗电率是指脱硫设备总耗电量与相关机组总发电量的百分比。

$$w_{dt} = \frac{W_{dt}}{W_f} \times 100 \quad (81)$$

式中：

w<sub>a</sub>——脱硫耗电率，%；

W——统计期内脱硫设备总耗电量，kW·h。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/796215054224010210>