

ICS 27.100

F 23

备案号: 50042-2015

DL

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本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最新版本。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 电站锅炉性能试验规程

GB/T 8117.1—2008 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/T 467 电站磨煤机及制粉系统性能试验

DL/T 964 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。

$$B_{sr} = \sum B_i \quad (1)$$

式中：

B_{sr} ——收入燃料量，t；

B_i ——各种采购方式收入的燃料量，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亏吨。
- 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。

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

式中：

B_{gd} ——燃料含规定水分的到厂重量，t；

B_{gh} ——燃料过衡重量，t；

M_{sr}^{gd} ——到厂实际燃料收到基水分，%；

M_{sr}^{gd} ——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。

$$B_{hy} = B_{fd} + B_{gr} + B_{fs} + B_{th} \quad (3)$$

式中:

B_{hy} —— 燃料耗用量, t;

B_{fd} —— 发电燃料耗用量, t;

B_{gr} —— 供热燃料耗用量, t;

B_{fs} —— 非生产燃料耗用量, t;

B_{th} —— 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。

$$B_{kc} = B_{sr} - B_{hy} - B_{ys} - B_{cs} - B_{tc} + B_{qc} \quad (4)$$

式中:

B_{kc} —— 燃料库存量, t;

B_{ys} —— 燃料运损量, t;

B_{cs} —— 燃料存损量, t;

B_{tc} —— 燃料调出量, t;

B_{qc} —— 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。

$$B_{ji} = B_{gh} + B_{jc} \quad (5)$$

式中:

B_{ji} —— 燃料检斤量, t;

B_{jc} —— 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。

$$L_{ji} = \frac{B_{ji}}{B_{sr}} \times 100 \quad (6)$$

式中:

L_{ji} —— 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。

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

式中:

L_{gh} —— 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。

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

式中:

L_{ys} —— 燃料运损率, %;

B_{hp} ——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。

$$B_{yd} = B_{jj} - B_{hp} \quad (9)$$

式中:

B_{yd} ——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。

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

式中:

L_{yd} ——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。

$$B_{kd} = B_{jj} - B_{hp}(1 - L_{ys}) \quad (11)$$

式中:

B_{kd} ——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。

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

式中:

L_{kd} ——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_{cs} ——煤场存损率, %;

B'_{kc} ——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。

$$B_{yk} = B_{pd} - B_{zkc} \quad (14)$$

式中：

B_{yk} —— 燃料盘点盈亏量，t；

B_{pd} —— 燃料盘点库存量，t；

B_{zkc} —— 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。

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

式中：

L_{jz} —— 燃料检质率，%；

B_{jz} —— 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_{bf} —— 煤炭质级不符率，%；

B_{bf} —— 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_{hg} —— 煤质合格率，%；

B_{hg} —— 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。

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

式中：

L_{pm} —— 入炉煤配煤合格率，%；

B_{pm} —— 配煤合格煤量，t；

B_{rl} —— 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。

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

式中：

L_{ds} —— 燃料亏吨索赔率，%；

B_{ds} —— 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。

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

式中：

L_{ks} —— 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。计算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计算。

$$\delta Q = Q_{ar,net}^{rc} - Q_{ar,net}^{rl} \quad (21)$$

式中：

δQ —— 入厂煤与入炉煤热值差，kJ/kg；

$Q_{ar,net}^{rc}$ —— 入厂煤收到基低位发热量，kJ/kg；

$Q_{ar,net}^{rl}$ —— 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。

$$\delta M = M_{ar}^{rc} - M_{ar}^{rl} \quad (22)$$

式中：

δM —— 入厂煤与入炉煤水分差，%；

M_{ar}^{rc} —— 入厂煤收到基水分，%；

M_{ar}^{rl} —— 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。

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

式中：

b_{sm} —— 输煤(油)单耗，kW·h/t；

W_{sm} —— 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。

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

式中:

w_{sm} ——输煤(油)耗电率, %;

ΣW_f ——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。

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

式中:

L_{jct} ——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。

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

式中:

L_{xy} ——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_{rc} ——入厂标煤单价, 元/吨;

K_{rc} ——燃料到厂总费用, 元;

B_b ——入厂标准煤量, t;

K_m ——燃料费用, 元;

K_y ——燃料运输费用, 元;

K_z ——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。

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

式中:

R_{rl} ——入炉标煤单价, 元/吨;

B_{lb} ——入炉标准煤总量, t;

K_{rl} ——入炉燃料总费用, 元;

K_{lm} ——入炉燃煤费用, 元;

K_{ly} ——入炉燃油费用, 元;

K_{lq} ——入炉燃气费用, 元;

K_{lz} ——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。

$$\delta R = R_{\text{fl}} - R_{\text{lc}} \quad (29)$$

式中:

δR ——入厂煤与入炉煤标煤单价差, 元/吨;

R_{fl} ——入炉标煤单价, 元/吨;

R_{lc} ——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 (t/h)。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 (t/h)。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：

$$O_{2d} = O_2 \frac{V_{gy} + V_{H_2O}}{V_{gy}} \quad (30)$$

式中：

O_{2d} ——干基氧量，%；

O_2 ——湿基氧量，%；

V_{gy} ——烟气中干烟气体积， m^3 ；

V_{H_2O} ——烟气中水蒸气体积， 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_L ——空气预热器漏风率，%；

G' ——空气预热器入口烟气质量流量， t/h ；

G'' ——空气预热器出口烟气质量流量， 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：

α' ——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；

α'' ——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。

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

式中：

η_g ——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)直接计算锅炉的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/T 964 的规定，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：

$$\begin{aligned} \eta_g &= \left(1 - \frac{Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7}{Q_{ar,net}} \right) \times 100 \\ &= 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 + q_7) \end{aligned} \quad (35)$$

式中：

Q_2 ——每千克燃料的排烟损失热量，kJ/kg；

Q_3 ——每千克燃料的可燃气体未完全燃烧损失热量，kJ/kg；

Q_4 ——每千克燃料的固体未完全燃烧损失热量，kJ/kg；

Q_5 ——每千克燃料的锅炉散热损失热量，kJ/kg；

Q_6 ——每千克燃料的灰渣物理显热损失热量，kJ/kg；

Q_7 ——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 ——排烟热损失，%；

q_3 ——可燃气体未完全燃烧热损失，%；

q_4 ——固体未完全燃烧热损失，%；

q_5 ——锅炉散热热损失，%；

q_6 ——灰渣物理显热损失，%；

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。

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

$$Q_2 = Q_2^{gy} + Q_2^{H_2O} \quad (37)$$

$$Q_2^{H_2O} = V_{H_2O} c_{p, H_2O} (\theta_{py} - t_0) \quad (38)$$

$$Q_2^{gy} = V_{gy} c_{p, py} (\theta_{py} - t_0) \quad (39)$$

$$V_{gy} = V_{gy}^0 + (\alpha_{py} - 1) V_{gk}^0 \quad (40)$$

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

式中:

$Q_2^{H_2O}$ ——空气预热器出口烟气所含水蒸气的显热, kJ/kg;

Q_2^{gy} ——空气预热器出口干烟气带走的热量, kJ/kg;

V_{H_2O} ——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^3/kg ;

V_{gy} ——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^3/kg , 可以通过理论空气量和过量空气系数计算;

θ_{py} ——空气预热器出口的排烟温度, $^{\circ}C$;

t_0 ——空气预热器入口空气温度, $^{\circ}C$, 由该处的一、二次风空气温度按流量加权平均计算而得;

c_{p,H_2O} ——水蒸气从 t_0 到 θ_{py} 的平均定压比热容, kJ/(kg·K);

$c_{p,py}$ ——干烟气从 t_0 到 θ_{py} 的平均定压比热容, kJ/(kg·K);

α_{py} ——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_{gk}^0 ——每千克燃料燃烧所需的理论干空气量, m^3/kg ;

V_{gy}^0 ——每千克燃料燃烧产生的理论干烟气体积, m^3/kg 。

式(38)~式(40)中的 V_{gk}^0 、 V_{gy}^0 、 $c_{p,py}$ 和 V_{H_2O} , 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_{gk}^0 用下式计算:

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

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

式中:

A_{ar} ——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。

$\bar{C}$ ——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_{lz} 、 C_{fh} ——炉渣和飞灰中碳的质量百分比, %;

α_{lz} 、 α_{fh} ——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_{daf} (%)	5~10	10~20	20~30	30~40	>37	>37
K	0.265 9	0.260 8	0.262 0	0.257 0	0.259 5	0.262 0

α_{Lz} 、 α_{th} 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， $\alpha_{\text{Lz}}=10$ 、 $\alpha_{\text{th}}=90$ ；对于液态排渣煤粉锅炉， $\alpha_{\text{Lz}}=30\sim 90$ 、 $\alpha_{\text{th}}=100-\alpha_{\text{Lz}}$ 。

2) 理论干烟气量 V_{gy}^0 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_{gy}^0 用下式计算：

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

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：

$$V_{\text{gy}}^0 = 0.98V_{\text{gk}}^0 - 0.7 \frac{S_{\text{tar}}}{100} \left(\frac{0.98K_{\text{glb}} - \eta_{\text{tl}}}{100} \right) \quad (45)$$

$$K_{\text{glb}} = \frac{\text{CaCO}_3}{100} \frac{32B_{\text{shs}}}{S_{\text{tar}}B_{\text{L}}} \quad (46)$$

式中：

S_{tar} ——煤收到基全硫分，采用煤质化验数据；

η_{tl} ——为炉内脱硫的效率，参见 4.23；

K_{glb} ——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_{shs} ——给石灰石量，t/h；

CaCO_3 ——石灰石中碳酸钙的含量，%；

B_{L} ——机组入炉煤量，t/h。

3) 烟气定压比热容 $c_{p,\text{py}}$ 的计算方法。

在过量空气系数 α_{py} 不超过 3 的情况下，干烟气的定压比热容 $c_{p,\text{py}}$ 可以按式 (47) 由 CO_2 、 O_2 和 N_2 三种气体的定压比热容加权平均计算：

$$c_{p,\text{py}} = 0.154c_{p,\text{CO}_2} + 0.035c_{p,\text{O}_2} + 0.811c_{p,\text{N}_2} \quad (47)$$

以上三种单一气体从 0°C 到 θ_{py} 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。

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

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

$$c_{p,\text{CO}_2} = 1.59981 + 1.07732 \times 10^{-3}\theta - 1.70675 \times 10^{-7}\theta^2 + 3.43519 \times 10^{-10}\theta^3 \quad (50)$$

水蒸气从 0°C 到 θ_{py} 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/($\text{m}^3 \cdot \text{K}$)

θ ($^\circ\text{C}$)	c_{p,CO_2}	c_{p,N_2}	c_{p,O_2}	$c_{p,\text{H}_2\text{O}}$
0	1.599 8	1.294 6	1.305 9	1.494 3
100	1.700 3	1.295 8	1.317 6	1.505 2
200	1.787 3	1.299 6	3.335 2	1.522 3

4) 烟气中水蒸气体积 $V_{\text{H}_2\text{O}}$ 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：

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

式中:

H_{ar} ——燃料收到基氢含量, %;

M_{ar} ——燃料收到基水分含量, %;

d_k ——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 V_{daf} 来估算干燥无灰基氢元素 H_{daf} , 或选取近期的煤质元素分析数值中的 H_{daf} , 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_{ar} , 计算公式为:

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

$$H_{daf} = 2.1236 V_{daf}^{0.2319} \quad (53)$$

式中:

H_{daf} ——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_2 、 CH_4 等气体的浓度相关。

由于烟气中 H_2 、 CH_4 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:

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

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。

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

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

式中:

q_4^{sz} ——中速磨煤机排出石子煤的热量损失率;

$Q_{ar,net}^{sz}$ ——中速磨煤机排出石子煤的收到基低位发热量, kJ/kg;

B_L ——锅炉燃料消耗量, t;

B_{sz} ——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。

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

式中:

q_5 —— 散热损失, %;

q_5^e —— 额定蒸发量下的散热损失, %;

D^e —— 锅炉的额定蒸发量, t/h;

D —— 锅炉实际蒸发量, t/h。

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。

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

式中:

t_{lz} —— 炉膛排出的炉渣温度, °C;

c_{lz} —— 炉渣的比热, kJ/(kg·K);

c_{fh} —— 飞灰的比热, kJ/(kg·K);

A_{shs} —— 炉内脱硫时由于加入石灰石而带入的灰分, %。

当含硫量超过 2% 时, A_{shs} 不可以忽略, 用式 (59) 计算:

$$A_{shs} = \frac{72 S_{tar} \eta_{tl}}{3200} + 64 \frac{B_{shs}}{B_L} \gamma_{shs} + 100 \frac{B_{shs}}{B_L} (1 - \gamma_{shs}) \quad (59)$$

式中:

B_{shs} —— 炉内脱硫时加入的石灰石流量, t/h;

γ_{shs} —— 石灰石分解率, 根据锅炉实际情况选取, 一般可取 0.95。

100°C~200°C 之间飞灰比热变化不大, 可以取 0.82 kJ/(kg·K)。

固态排渣煤粉锅炉, 炉渣温度可以取 800°C, 炉渣的比热可以取 0.96 kJ/(kg·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 1.10 kJ/(kg·K)。

4.22 石灰石脱硫热损失

石灰石脱硫热损失 q_7 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:

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

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_2 占输入 SO_2 的百分比。

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

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

式中:

SO_2'' —— 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氧空气系数为 1.4;

$V_{gy,1.4}$ —— 由式 (44) 计算的 V_{gy}^0 与过量空气系数之和;

SO_2' —— 锅炉空气预热器出口二氧化硫气体浓度, 折算到过氧空气系数为 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_{pf} ——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_{mf} ——密封风机单耗, kW · h/t;

W_{mf} ——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_{mf} ——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_{mm} ——磨煤机单耗, kW · h/t;

W_{mm} ——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_{mm} ——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_{gm} ——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_{gm} ——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。

$$b_{zf} = b_{mm} + b_{pf} + b_{mf} + b_{gm} \quad (75)$$

式中:

b_{zf} ——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。

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

式中:

w_{zf} ——制粉系统耗电率, %;

W_{zf} ——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_{lx} ——炉水循环泵单耗, kW · h/t;

W_{lx} ——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_{lx} ——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_{ch} ——除灰、除尘系统单耗, kW · h/t;

W_{ch} ——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_{ch} ——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。

$$w_d = \frac{W_d}{W_f} \times 100 \quad (81)$$

式中:

w_d ——脱硫耗电率, %;

W_d ——统计期内脱硫设备总耗电量, kW · h。

5.11 高压流化风机的耗电率

高压流化风机耗电率是指高压流化风机耗电量与相关机组总发电量的百分比。

$$w_{gl} = \frac{W_{gl}}{W_f} \times 100 \quad (82)$$

式中:

w_{gl} —— 高压流化风机耗电率, %;

W_{gl} —— 统计期内高压流化风机耗电量, kW · h。

5.12 脱硫系统浆液循环泵耗电率

浆液循环泵耗电率是指浆液循环泵耗电量与相关机组总发电量的百分比。

$$w_{jy} = \frac{W_{jy}}{W_f} \times 100 \quad (83)$$

式中:

w_{jy} —— 浆液循环泵耗电率, %;

W_{jy} —— 统计期内浆液循环泵耗电量, kW · h。

5.13 脱硫系统湿磨耗电率

湿磨耗电率是指湿磨耗电量与相关机组发电量的百分比。

$$w_{sm} = \frac{W_{sm}}{W_f} \times 100 \quad (84)$$

式中:

w_{sm} —— 湿磨耗电率, %;

W_{sm} —— 统计期内湿磨耗电量, kW · h。

5.14 循环流化床压

循环流化床床压代表炉膛内床料总量的压力测点示数, 其大小直接关系到循环流化床锅炉一次风机、送风机的功耗。一般由布风板以上位置最低的压力测点所测得的值来代替。

5.15 循环流化床床温

循环流化床锅炉密相区不同高度温度的平均值。

5.16 脱硝系统耗电率

脱硝系统耗电率是指脱硝设备总耗电量与相关机组总发电量的百分比。

$$w_{SCR} = \frac{W_{SCR}}{W_f} \times 100 \quad (85)$$

式中:

w_{SCR} —— 脱硝系统耗电率, %;

W_{SCR} —— 统计期内脱硝设备总耗电量, kW · h。

6 汽轮机技术经济指标

6.1 汽轮机主蒸汽流量

汽轮机主蒸汽流量是指汽轮机自动主汽门前的蒸汽流量值 (t/h)。如果有多路主蒸汽管道, 取多路流量之和。

6.2 汽轮机主蒸汽压力

汽轮机主蒸汽压力是指汽轮机自动主汽门前的蒸汽压力值 (MPa)。如果有多路主蒸汽管道, 取算术平均值。

6.3 汽轮机主蒸汽温度

汽轮机主蒸汽温度是指汽轮机自动主汽门前的蒸汽温度值 (°C)。如果有多路主蒸汽管道, 取算术平均值。

6.4 汽轮机再热蒸汽压力

汽轮机再热蒸汽压力是指汽轮机再热主汽门前的蒸汽压力值 (MPa)。如果有多路再热蒸汽管道, 取算术平均值。

6.5 汽轮机再热蒸汽温度

汽轮机再热蒸汽温度是指汽轮机再热主汽门前的蒸汽温度值 (°C)。如果有多路再热蒸汽管道, 取算术平均值。

6.6 再热蒸汽压损率

再热蒸汽压损率是指高压缸排汽压力和汽轮机再热蒸汽压力之差与高压缸排汽压力的百分比。

$$L_{zys} = \frac{p_{lx} - p_{zx}}{p_{lx}} \times 100 \quad (86)$$

式中:

L_{zys} ——再热蒸汽压损率, %;

p_{lx} ——高压缸排汽压力, MPa;

p_{zx} ——汽轮机再热蒸汽压力, MPa。

6.7 最终给水温度

最终给水温度是指汽轮机高压给水加热系统大旁路后的给水温度值 (°C)。

6.8 最终给水流量

最终给水流量是指汽轮机高压给水加热系统大旁路后主给水管道内的流量 (t/h)。如果有多路给水管道, 取多路流量之和。

6.9 凝汽器真空

凝汽器真空是指汽轮机低压缸排汽端真空 (kPa)。

$$p_{zk} = p_{dq} - p_{by} \quad (87)$$

式中:

p_{zk} ——凝汽器真空, kPa;

p_{by} ——汽轮机背压 (绝对压力), kPa;

p_{dq} ——当地大气压, kPa。

6.10 凝汽器真空度

凝汽器真空度是指汽轮机低压缸排汽端真空占当地大气压的百分比。

$$\eta_{zk} = \left(1 - \frac{p_{by}}{p_{dq}} \right) \times 100 \quad (88)$$

式中:

η_{zk} ——凝汽器真空度, %;

p_{by} ——汽轮机背压 (绝对压力), kPa;

p_{dq} ——当地大气压, kPa。

6.11 排汽温度

排汽温度是指通过低压缸排汽端的蒸汽温度值 (°C), 条件允许时取多点平均值。

6.12 真空系统严密性

真空系统严密性是指机组真空系统的严密程度, 以凝汽器真空下降速度表示。

凝汽器真空下降速度=试验时间内的真空下降值 (Pa)/试验时间 (min) (89)

湿冷机组试验时, 负荷宜稳定在额定负荷的 80% 以上, 停真空泵或关闭连接抽气设备的空气阀, 30s 后开始每 0.5min 记录一次机组的真空值, 共记录 8min, 取其中后 5min 的真空下降值。空冷机组的真空严密性试验参照相关电力行业标准进行。

6.13 机组的汽耗率、热耗率、热效率

6.13.1 机组平均负荷

机组平均负荷是指统计期间汽轮发电机组的发电量与运行小时的比值 (kW)。

$$P_{pj} = \frac{W_f}{t} \quad (90)$$

式中:

P_{pj} —— 机组平均负荷, kW;

W_f —— 统计期内机组发电量, kW·h;

t —— 统计期内机组运行小时, h。

6.13.2 汽耗率

汽耗率指汽轮机组输出单位发电量的主蒸汽消耗量。统计期内汽耗率计算时, 取主蒸汽流量累计值与机组发电量的比值。

$$d = \frac{D_L}{W_f} \times 1000 \quad (91)$$

式中:

d —— 汽耗率, kg/(kW·h);

D_L —— 统计期内主蒸汽流量累计值, t。

6.13.3 汽轮机组热耗量

汽轮机组热耗量是指单位时间内汽轮机组从外部热源所取得的热量, 根据 GB/T 8117.1—2008 按再热机组和非再热机组分别进行计算。

a) 再热机组热耗量可由式 (92) 计算:

$$Q_{sr} = (D_{zq} \times h_{zq} - D_{gs} \times h_{gs} + D_{zx} \times h_{zx} - D_{lzx} \times h_{lzx} - D_{gl} \times h_{gl} - D_{zj} \times h_{zj} + \sum_{i=1}^m D_{go_i} \times h_{go_i}) \times 1000 \quad (92)$$

或由其等价形式计算:

$$Q_{sr} = \{(D_{zq} - D_{gl}) \times (h_{zq} - h_{gs}) + D_{gl} \times (h_{zq} - h_{gl}) + (D_{zx} - D_{zj}) \times (h_{zx} - h_{lzx}) + D_{zj} \times (h_{zx} - h_{zj}) + \sum_{i=1}^m [D_{go_i} \times (h_{go_i} - h_{gs})]\} \times 1000 \quad (93)$$

式中:

Q_{sr} —— 汽轮机热耗量, kJ/h;

D_{zq} —— 汽轮机主蒸汽流量, t/h;

h_{zq} —— 汽轮机主蒸汽焓值, kJ/kg;

D_{gs} —— 最终给水流量, t/h;

h_{gs} —— 最终给水焓值, kJ/kg;

D_{zx} —— 汽轮机再热蒸汽流量, t/h;

h_{zx} —— 汽轮机再热蒸汽焓值, kJ/kg;

D_{lzx} —— 冷再热蒸汽流量, t/h;

h_{lzx} —— 冷再热蒸汽焓值, kJ/kg;

D_{gj} ——过热器减温水流量, t/h;

h_{gj} ——过热器减温水焓值, kJ/kg;

D_{zj} ——再热器减温水流量, t/h;

h_{zj} ——再热器减温水焓值, kJ/kg;

D_{go_i} ——锅炉侧排出(或漏出)的第 i 股蒸汽(或水)的流量, 如锅炉排污、吹灰或其他泄漏, t/h;

h_{go_i} ——锅炉侧排出(或漏出)的第 i 股蒸汽(或水)的焓值, 如锅炉排污、吹灰或其他泄漏, kJ/kg。

汽轮机主蒸汽流量可由式(94)确定:

$$D_{zq} = D_{gs} + D_{gj} - \sum_{i=1}^m D_{go_i} \quad (94)$$

冷再热蒸汽流量(D_{lzx})由式(95)确定:

$$D_{lzx} = D_{zq} - D_{gl} - D_{gn} - D_{he} - D_x - D_{zqi} \quad (95)$$

式中:

D_{gl} ——高压门杆漏汽量, t/h;

D_{gn} ——高压缸前后轴封漏汽量, t/h;

D_{he} ——高压缸抽汽至高压加热器汽量, t/h;

D_x ——高压缸漏至中压缸漏汽量(本项适用于高中压合缸结构的再热机组), t/h;

D_{zqi} ——冷段再热蒸汽供厂用抽汽等其他用汽量, t/h。

再热蒸汽流量(D_{zx})由式(96)确定:

$$D_{zx} = D_{lzx} + D_{zj} \quad (96)$$

b) 非再热机组热耗量可由式(97)计算:

$$Q_{sr} = [(D_{zq} - D_{gl}) \times (h_{zq} - h_{gs}) + D_{gj} \times (h_{zq} - h_{gj}) + \sum_{i=1}^m D_{go_i} \times (h_{go_i} - h_{gs})] \times 1000 \quad (97)$$

或由其等价形式计算:

$$Q_{sr} = (D_{zq} \times h_{zq} - D_{gs} \times h_{gs} - D_{gl} \times h_{gl} + \sum_{i=1}^m D_{go_i} \times h_{go_i}) \times 1000 \quad (98)$$

热耗量计算中, 汽轮机主蒸汽流量可由式(99)确定:

$$D_{zq} = D_{gs} + D_{gj} - \sum_{i=1}^m D_{go_i} \quad (99)$$

6.13.4 汽轮机组热耗率

汽轮机组热耗率是指汽轮机组每生产 $1\text{kW} \cdot \text{h}$ 电能所消耗的热量。

$$q = \frac{Q_{sr} - Q_{gr}}{P_{qj}} \quad (100)$$

式中:

q ——热耗率, kJ/(kW·h);

Q_{gr} ——机组供热量, kJ/h;

P_{qj} ——发电机出线端电功率, kW。

机组供热量的计算如式(101):

$$Q_{gr} = Q_{zg} + Q_{jg} \quad (101)$$

式中:

Q_{zg} ——直接供热量, kJ/h;

Q_{jg} ——间接供热量, kJ/h。

- 1) 直接供热指由汽轮机直接或经减温减压后向热用户提供热量的供热方式。直接供热量由式(102)计算:

$$Q_{zg} = (D_i h_i - D_j h_j - D_k h_k) \times 1000 \quad (102)$$

式中:

D_i ——机组的直接供汽流量, t/h;

h_i ——机组直接供汽的供汽焓值, kJ/kg;

D_j ——机组直接供汽的凝结水回水量, t/h;

h_j ——机组直接供汽的凝结水回水焓值, kJ/kg;

D_k ——机组用于直接供热的补充水量, t/h;

h_k ——机组用于直接供热的补充水的焓值, kJ/kg。

- 2) 间接供热指通过热网加热器等设备加热供热介质后间接向用户提供热量的供热方式。间接供热量采用下述方法计算:

- a) 当机组具有蒸汽流量计量装置时, 采用式(103)计算:

$$Q_{jg} = D_{qs} (h_q - h_{qs}) \times 1000 \quad (103)$$

式中:

D_{qs} ——间接供热时蒸汽的疏水流量, t/h;

h_q ——间接供热时采用蒸汽的供汽焓值, kJ/kg;

h_{qs} ——间接供热时蒸汽的疏水焓值, kJ/kg。

- b) 当机组无蒸汽流量计量装置时, 采用式(104)计算:

$$Q_{jg} = \frac{D_{rgs} h_{rgs} - D_{rhs} h_{rhs} - D_k h_k}{\eta_{rw}} \times 1000 \quad (104)$$

式中:

D_{rgs} ——机组热网循环水供水流量(当一台机组带多台热网加热器时, 取循环水总供水流量), t/h;

h_{rgs} ——机组热网循环水供水焓值(当一台机组带多台热网加热器时, 取多台热网加热器出口混合后循环水供水焓值), kJ/kg;

D_{rhs} ——机组热网循环水回水流量(当一台机组带多台热网加热器时, 取热网循环水总回水流量), t/h;

h_{rhs} ——机组热网循环水回水焓值, kJ/kg;

D_k ——机组热网循环水的补充水量, kg;

h_k ——机组热网循环水的补充水焓值, kJ/kg;

η_{rw} ——热网加热器效率, %。

- 3) 当机组采用低真空循环水供热、热泵回收热量等特殊间接供热方式时, 此部分间接供热量采用式(105)计算:

$$Q_{jg} = \frac{D_{rgs} (h_{rgs} - h_{rhs})}{\eta_{hr}} \times 1000 \quad (105)$$

式中:

D_{rgs} ——机组热网循环水流量, 当采用低真空循环水供热时, 取进入凝汽器的循环水流量; 当采用

热泵回收热量供热时,取进入热泵的热网循环水总流量, t/h。

h_{tgs} ——机组热网循环水供水焓值,当采用低真空循环水供热时,取凝汽器出口的循环水焓值;当采用热泵回收热量供热时,取热泵出口混合后的热网循环水焓值, kJ/kg。

h_{ths} ——机组热网循环水回水焓值,当采用低真空循环水供热时,取凝汽器进口的循环水焓值;当采用热泵回收热量供热时,取热泵进口的热网循环水焓值, kJ/kg。

η_{hr} ——换热器效率,对于热泵取 100%, %。

6.13.5 汽轮机组发电热效率

汽轮机组发电热效率是指汽轮发电机组每千瓦时发电量相当的热量占汽轮机组热耗率的百分比,也指汽轮发电机组总输出功率的当量热量与汽轮机组热耗量减去供热量后的百分比。

$$\eta_q = \frac{3600}{q} \times 100 \quad (106)$$

式中:

η_q ——汽轮机组发电热效率, %;

3600——电的热当量, kJ/(kW·h)。

7 汽轮机辅助设备技术经济指标

7.1 凝结水泵耗电率

凝结水泵耗电率是指统计期内凝结水泵消耗的电量与机组发电量的百分比。

$$L_{\text{nb}} = \frac{\sum W_{\text{nb}}}{W_{\text{f}}} \times 100 \quad (107)$$

式中:

L_{nb} ——凝结水泵耗电率, %;

W_{nb} ——凝结水泵消耗的电量, kW·h。

7.2 给水泵

7.2.1 给水泵扬程

给水泵扬程是指给水泵出口总水头与入口总水头的代数差。单位为米水柱,简称米。

$$H_{\text{gs}} = \frac{p_2}{\rho_2 g} - \frac{p_1}{\rho_1 g} + (Z_2 - Z_1) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \quad (108)$$

式中:

H_{gs} ——给水泵扬程, m;

p_1 ——给水泵入口压力, Pa;

p_2 ——给水泵出口压力, Pa;

ρ_1 ——给水泵入口给水密度, kg/m³;

ρ_2 ——给水泵出口给水密度, kg/m³;

Z_1 ——给水泵入口水平面的垂直高差,如果所指的水平面在基准面上, Z 取正值,反之为负值, m;

Z_2 ——给水泵出口水平面的垂直高差,如果所指的水平面在基准面上, Z 取正值,反之为负值, m;

g ——重力加速度,通常取值 9.806 65m/s²;

v_1 ——给水泵入口给水速度, m/s;

v_2 ——给水泵出口给水速度, m/s。

7.2.2 给水泵的输出功率

给水泵的输出功率是指给水流经给水泵时传递给给水的机械功率。单位为 kW。

对于有中间抽头的给水泵,其输出功率由两部分组成:

$$P_{sc} = \frac{g \times D_{gs}^q \times H + g \times D_{gs}^c \times H_c}{3600} \times 10^3 \quad (109)$$

式中:

P_{sc} ——给水泵的输出功率, kW;

D_{gs}^q ——给水泵出口的给水质量流量, t/h;

D_{gs}^c ——给水泵中间抽头的给水质量流量, t/h;

H_c ——给水泵中间抽头的扬程 (计算参照给水泵的扬程 H), m。

7.2.3 电动给水泵单耗

电动给水泵单耗是指每吨给水量消耗的电量。电动给水泵单耗计算时, 取统计期内电动给水泵消耗的电量与电动给水泵出口的流量累计值的比值。

$$b_{db} = \frac{W_{db}}{\sum D_{gs}^q} \quad (110)$$

式中:

b_{db} ——电动给水泵单耗, kW · h/t;

W_{db} ——电动给水泵消耗的电量, kW · h;

$\sum D_{gs}^q$ ——统计期内电动给水泵出口的流量累计值, t。

7.2.4 电动给水泵耗电率

电动给水泵耗电率是指统计期内电动给水泵消耗的电量与机组发电量的百分比。

对于单元制机组, 机组发电量为单元机组发电量。

$$L_{db} = \frac{\sum W_{db}}{W_f} \times 100 \quad (111)$$

式中:

L_{db} ——电动给水泵耗电率, %。

对于母管制给水系统的机组, 机组发电量为共用该母管制给水系统的机组总发电量。

$$L_{db} = \frac{\sum W_{db}}{\sum W_f} \times 100 \quad (112)$$

7.2.5 汽动给水泵组效率

汽动给水泵组的效率是指汽动给水泵组中供给给水泵汽轮机的能量被泵组有效利用的程度。

$$\eta_p = \frac{3.6 \times P_{sc}}{D_{qb} \times (h_{qb} - h_{qp})} \times 100 \quad (113)$$

式中:

η_p ——汽动给水泵的效率, %;

h_{qb} ——汽动给水泵汽轮机进汽焓值, kJ/kg;

h_{qp} ——汽动给水泵汽轮机排汽理想焓值, kJ/kg;

D_{qb} ——汽动给水泵汽轮机的进汽流量, t/h。

7.2.6 汽动给水泵组汽耗率

汽动给水泵组汽耗率是指其输出单位功率的汽耗量。

$$d_{qb} = \frac{D_{qb}}{P_{sc}} \quad (114)$$

式中:

d_{qb} ——汽动给水泵组的汽耗率, $\text{kg}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ 。

7.3 循环水泵耗电率

循环水泵耗电率是指统计期内循环水泵耗电量与机组发电量的百分比。

对于母管制循环水系统, 机组发电量为共用该母管制循环水系统的机组总发电量。

$$w_{xhb} = \frac{\sum W_{xhb}}{\sum W_f} \times 100 \quad (115)$$

式中:

w_{xhb} ——循环水泵耗电率, %;

W_{xhb} ——单台循环水泵耗电量, $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。

对于单元制循环水系统, 机组发电量为单元机组发电量。

$$w'_{xhb} = \frac{\sum W_{xhb}}{W_f} \times 100 \quad (116)$$

7.4 冷却塔

7.4.1 空冷塔耗电率

空冷塔耗电率是指统计期内单元机组空冷塔(包括空冷系统水泵、空冷风机等)耗电量与机组发电量的百分比。

$$L_k = \frac{W_{kl}}{W_f} \times 100 \quad (117)$$

式中:

L_k ——空冷塔耗电率, %;

W_{kl} ——空冷塔耗电量, $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。

7.4.2 直接空冷凝汽器风机耗电率

直接空冷凝汽器风机耗电率是指统计期内直接空冷凝汽器风机耗电量与机组发电量的百分比。

$$L_{kld} = \frac{\sum W_{kld}}{\sum W_f} \times 100 \quad (118)$$

式中:

L_{kld} ——直接空冷凝汽器风机耗电率, %;

W_{kld} ——直接空冷凝汽器风机耗电量, $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。

7.4.3 机力塔耗电率

机力塔耗电率是指统计期内全厂的机力塔耗电量与全厂机组发电量的百分比。

$$L_{jl} = \frac{\sum W_{jl}}{\sum W_f} \times 100 \quad (119)$$

式中:

L_{jl} ——机力塔耗电率, %;

W_{jl} ——机力塔耗电量, $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。

7.4.4 冷却塔水温降

冷却塔水温降是指循环冷却水在冷却塔内水温降低的值。

$$\Delta t_t = t_{tj} - t_{tch} \quad (120)$$

式中:

Δt_t ——冷却塔水温降, $^{\circ}\text{C}$;

t_{ij} ——冷却塔入口水温,在塔的进水管或竖井处测取,℃;

t_{tch} ——冷却塔出口水温,在塔的回水沟处测取,℃。

7.4.5 湿冷塔冷却幅高

湿冷塔冷却幅高是指湿冷塔出口水温与大气湿球温度 τ_1 (理论冷却极限)的差值。

$$\Delta t_{fg} = t_{tch} - \tau_1 \quad (121)$$

式中:

Δt_{fg} ——湿冷冷却塔冷却幅高,℃;

τ_1 ——大气湿球温度,℃。

7.5 加热器技术经济指标

7.5.1 加热器上端差

加热器上端差是指加热器(含混合式加热器)进口蒸汽压力对应的饱和温度与水侧出口温度的差值。

$$\Delta t = t_{bh} - t_{cs} \quad (122)$$

式中:

Δt ——加热器上端差,℃;

t_{bh} ——加热器进口蒸汽压力对应的饱和温度,℃;

t_{cs} ——加热器的给水(或凝结水)侧出口温度,℃。

7.5.2 加热器下端差

加热器下端差是指加热器疏水出口温度与水侧进口温度的差值。

$$\Delta t_{xd} = t_{ss} - t_{js} \quad (123)$$

式中:

Δt_{xd} ——加热器下端差,℃;

t_{ss} ——加热器疏水出口温度,℃;

t_{js} ——加热器水给水(或凝结水)侧进口温度,℃。

7.5.3 加热器给水温升

加热器给水温升是指加热器给水出口处温度与进口处温度之差。

$$\Delta t_{ns} = t_{cs} - t_{js} \quad (124)$$

式中:

Δt_{ns} ——加热器给水温升,℃。

7.5.4 高压加热器投入率

高压加热器投入率指统计期内高压加热器投入运行小时数与机组运行小时数的百分比。

$$\text{高压加热器投入率} = \left(1 - \frac{\Sigma \text{单台高压加热器停运小时数}}{\text{高压加热器总台数} \times \text{机组投运小时数}} \right) \times 100 \quad (125)$$

7.6 凝汽器技术经济指标

7.6.1 凝汽器冷却水温升

凝汽器冷却水温升是指凝汽器出口处冷却水温度与入口处冷却水温度之差。

$$\Delta t_{xhs} = t_{xhc} - t_{xhj} \quad (126)$$

式中:

Δt_{xhs} ——凝汽器冷却水温升,℃;

t_{xhc} ——凝汽器出口处冷却水温度,℃;

t_{xhj} ——凝汽器进口处冷却水温度。

7.6.2 凝汽器端差

凝汽器端差是指汽轮机排汽压力对应的饱和温度与凝汽器出口冷却水温度的差值。

$$\Delta t_k = t_{bbh} - t_{xhc} \quad (127)$$

式中:

Δt_k ——凝汽器端差, °C;

t_{bbh} ——汽轮机排汽压力对应的饱和温度, °C。

7.6.3 凝结水过冷却度

凝结水过冷却度是指汽轮机排汽压力对应的饱和温度与凝汽器热井中凝结水温度的差值。

$$\Delta t_{gl} = t_{bbh} - t_{tj} \quad (128)$$

式中:

Δt_{gl} ——凝结水过冷却度, °C;

t_{tj} ——凝汽器热井中凝结水温度, °C。

7.6.4 胶球清洗装置投入率

胶球清洗装置投入率(%)是指统计期内胶球清洗装置正常投入次数, 与该装置应投入次数的百分比。

$$\text{胶球清洗装置投入率} = (\text{正常投入次数} / \text{应投入次数}) \times 100 \quad (129)$$

7.6.5 胶球清洗装置收球率

胶球清洗装置收球率(%)是指统计期内, 每次胶球投入后实际收回胶球数与投入胶球数的百分比。

$$\text{收球率} = (\text{收回胶球数} / \text{投入胶球数}) \times 100 \quad (130)$$

8 燃气—蒸汽联合循环技术经济指标

8.1 燃气轮机运行技术经济指标

8.1.1 压气机进气温度

压气机进气温度是指压气机进口处(压气机进口法兰处或进气喇叭口处)空气的温度(°C)。

8.1.2 压气机进气压力

压气机进气压力是指压气机进口处(压气机进口法兰处或进气喇叭口处)空气的全压(kPa)。

8.1.3 压气机排气温度

压气机排气温度是指压气机出口扩压器的出口平面处工质的温度(°C)。

8.1.4 压气机排气压力

压气机排气压力是指压气机出口扩压器的出口平面处工质的全压(kPa)。

8.1.5 燃气轮机排气温度

燃气轮机排气温度是指燃气轮机出口法兰处平面工质的温度(°C)。为了保证精度, 必须用四个以上的传感器测量, 取算术平均值。

8.1.6 燃气轮机排气压力

燃气轮机排气压力是指燃气轮机出口法兰处平面工质的全压(kPa)。

8.1.7 压气机压缩比

压气机压缩比是指压气机排气压力与进气压力的比值, 代表工质被压缩的程度。

$$\pi = \frac{P_{yp}}{P_{yj}} \quad (131)$$

式中:

π ——压气机压缩比;

p_{yp} —— 压气机排气压力, 绝对压力, kPa;

p_{yj} —— 压气机进气压力, 绝对压力, kPa。

8.1.8 燃料流量

燃料流量是指实际供给燃气轮机的燃料流量。

液体燃料流量的测量可采用喷嘴、孔板、文杜利流量计等液体流量计测量。可参照 GB/T 2624 进行。

气体燃料流量的测量可采用容积式流量计、涡轮式流量计、喷嘴、孔板等气体流量计测量。

8.1.9 燃料温度

燃料温度是指进入燃气轮机的燃料温度 (°C)。

8.1.10 燃气轮机热耗率

燃气轮机热耗率是指燃气轮机发电热耗量与其输出功率的比值。

$$q_{\eta} = \frac{G_f Q_{ar,net}}{P_{\eta}} \quad (132)$$

式中:

q_{η} —— 燃气轮发电机组热耗率, kJ/(kW·h);

G_f —— 每小时加给燃气轮发电机组的燃料量, t/h;

P_{η} —— 燃气轮发电机的输出功率, kW。

8.1.11 燃气轮机发电热效率

燃气轮发电机组热效率是指燃气轮发电机组发电量的当量热量与供给燃料热耗量的百分比。

$$\eta_{\eta} = \frac{3600 P_{\eta}}{G_f Q_{ar,net}} \times 100\% = \frac{3600}{q_{\eta}} \times 100 \quad (133)$$

式中:

η_{η} —— 燃气轮发电机组热效率, %。

8.1.12 燃油处理系统单耗、耗电率

燃油处理系统单耗是指燃气轮机燃油处理系统每处理 1t 燃油所消耗的电量。

$$b_{yc} = \frac{W_{yc}}{G_y} \quad (134)$$

式中:

b_{yc} —— 燃气轮机燃油处理系统单耗, kW·h/t;

W_{yc} —— 燃油处理系统消耗的电量, kW·h;

G_y —— 统计期内燃油处理系统流量累计值, t。

燃油处理系统耗电率是指统计期内燃气轮机燃油处理系统消耗的电量与机组发电量的百分比。

$$w_{yc} = \frac{W_{yc}}{W_f} \times 100 \quad (135)$$

式中:

w_{yc} —— 燃油处理系统耗电率, %;

W_f —— 统计期内机组发电量, kW·h。

8.1.13 气体燃料增压系统单耗、耗电率

气体燃料增压系统单耗是指燃气轮机气体燃料增压系统每处理 1m³ (标况下) 气体燃料所消耗的电量。

$$b_{qz} = \frac{W_{qz}}{V_L} \quad (136)$$

式中:

b_{qz} ——燃气轮机气体燃料增压系统单耗, kW·h/t;

W_{qz} ——气体燃料增压系统消耗的电量, kW·h;

V_L ——统计期内气体燃料流量累计值, m³ (标况下)。

气体燃料增压系统耗电率是指统计期内燃气轮机气体燃料增压系统消耗电量与机组发电量的百分比。

$$w_{qz} = \frac{W_{qz}}{W_f} \times 100 \quad (137)$$

式中:

w_{qz} ——气体燃料增压系统耗电率, %。

8.2 余热锅炉运行技术经济指标

8.2.1 余热锅炉主蒸汽流量

余热锅炉主蒸汽流量是指余热锅炉高压蒸汽流量值 (t/h), 应取余热锅炉末级高压过热器出口的蒸汽流量值。如果没有流量计量装置, 可以根据汽水系统的具体布置方式由进入余热锅炉高压省煤器的给水量、高压过热器减温水流量、余热锅炉排污流量及余热锅炉自用抽汽流量等进行计算确定。

对于双压/三压余热锅炉, 还分别对应应有中压、低压蒸汽流量 (t/h), 应取对应余热锅炉末级中 (低) 压过热器出口的蒸汽流量值。

8.2.2 余热锅炉主蒸汽压力

余热锅炉主蒸汽压力是指余热锅炉高压蒸汽压力值 (MPa), 应取余热锅炉末级高压过热器出口的蒸汽压力值。

对于双压/三压余热锅炉, 还分别对应应有中压、低压蒸汽压力 (MPa), 对应取余热锅炉末级中 (低) 压过热器出口的蒸汽压力值。

8.2.3 余热锅炉主蒸汽温度

余热锅炉主蒸汽温度是指余热锅炉高压蒸汽温度值 (°C), 应取余热锅炉末级高压过热器出口的蒸汽温度值。

对于双压/三压余热锅炉, 还分别对应应有中压、低压蒸汽温度 (°C), 对应取余热锅炉末级中 (低) 压过热器出口的蒸汽温度值。

8.2.4 余热锅炉再热蒸汽流量

余热锅炉再热蒸汽流量是指再热式余热锅炉的再热蒸汽流量值 (t/h), 应取余热锅炉末级再热器出口的蒸汽流量值。

8.2.5 余热锅炉再热蒸汽压力

余热锅炉再热蒸汽压力是指余热锅炉再热器出口的再热蒸汽压力值 (MPa), 应取余热锅炉末级再热器出口的蒸汽压力值。

8.2.6 余热锅炉再热蒸汽温度

余热锅炉再热蒸汽温度是指余热锅炉再热器出口的再热蒸汽温度值 (°C), 应取余热锅炉末级再热器出口的蒸汽温度值。

8.2.7 余热锅炉排烟温度

余热锅炉排烟温度是指余热锅炉末级受热面后的烟气温度 (°C)。

8.2.8 余热锅炉烟气侧压损

余热锅炉烟气侧压损是指燃气轮机排气流经余热锅炉时产生的压力降 (kPa)。

8.2.9 余热锅炉热效率

余热锅炉热效率是指余热锅炉的有效输出热量占输入热量的百分数。

$$\eta_{yg} = \frac{c_{p,yg}t_{yg} - c_{p,yc}t_{yc}}{c_{p,yt}t_{yt} - c_{p,a}t_a} \varphi \times 100 \quad (138)$$

近似地可以认为：

$$\eta_{yg} = \frac{t_{yt} - t_{yc}}{t_{yt} - t_a} \times 100 \quad (139)$$

式中：

η_{yg} ——余热锅炉热效率，%；

t_{yc} ——余热锅炉烟气出口温度，℃；

t_a ——环境空气温度，℃；

$c_{p,yt}$ ——余热锅炉烟气入口定压比热，kJ/(kg·K)；

$c_{p,yc}$ ——余热锅炉烟气出口定压比热，kJ/(kg·K)；

$c_{p,a}$ ——环境空气定压比热，kJ/(kg·K)；

φ ——考虑余热锅炉散热损失的保热系数。

8.3 联合循环汽轮机技术经济指标

8.3.1 联合循环汽轮机主蒸汽流量

联合循环汽轮机主蒸汽流量是指主蒸汽进入汽轮机的流量值(t/h)，可以取主蒸汽管道上流量表的读数；如有多路主蒸汽管，则应取各块流量表的读数之和。单元制机组也可根据给水流量表的读数计算出汽轮机主蒸汽流量。

对于双压/三压余热锅炉，还分别对应应有中压、低压蒸汽的流量值(t/h)，对应取中压、低压蒸汽管道上流量表的读数。

8.3.2 联合循环汽轮机主蒸汽压力

汽轮机主蒸汽压力是指汽轮机进口的蒸汽压力值(MPa)，应取电动主汽门后、自动主汽门前的蒸汽压力。如果有两路主蒸汽管道，取算术平均值。对于双压/三压余热锅炉，还分别对应应有中压、低压蒸汽的压力值(MPa)，对应取其自动主汽门前的蒸汽压力。

8.3.3 联合循环汽轮机主蒸汽温度

联合循环汽轮机主蒸汽温度是指汽轮机进口的蒸汽温度值(℃)，应取电动主汽门后、自动主汽门前的蒸汽温度。如果有两路主蒸汽管道，取算术平均值。对于双压/三压余热锅炉，还分别对应应有中压、低压蒸汽的温度值(℃)，对应取其自动主汽门前的蒸汽温度。

8.3.4 联合循环汽轮机再热蒸汽压力

联合循环汽轮机再热蒸汽压力是指汽轮机中压缸进口的蒸汽压力值(MPa)，应取再热主汽门前的蒸汽压力。如有多路再热蒸汽管道，取算术平均值。

8.3.5 联合循环汽轮机再热蒸汽温度

联合循环汽轮机再热蒸汽温度是指汽轮机中压缸进口的蒸汽温度值(℃)，应取再热主汽门前的蒸汽温度。如有多路再热蒸汽管道，取算术平均值。

8.4 联合循环技术经济指标

8.4.1 燃气—蒸汽联合循环功率

燃气—蒸汽联合循环功率是指联合循环中燃气轮机、汽轮机两部分输出功率之和。

$$P_{th} = P_g + P_{st} \quad (140)$$

式中:

P_{lh} ——燃气—蒸汽联合循环功率, MW;

P_{rj} ——联合循环中燃气轮机出线端电功率, MW;

P_{qj} ——联合循环中汽轮发电机出线端电功率, MW。

8.4.2 联合循环蒸燃功比

联合循环蒸燃功比是指联合循环中汽轮机输出功率和燃气轮机输出功率之比。

$$\zeta_{\pi} = \frac{P_{qj}}{P_{rj}} \quad (141)$$

式中:

ζ_{π} ——联合循环蒸燃功比。

8.4.3 联合循环蒸功百分比

联合循环蒸功百分比是指联合循环中汽轮机的输出占联合循环总功率的百分比。

$$\lambda_{zg} = \frac{P_{qj}}{P_{lh}} \times 100 \quad (142)$$

式中:

λ_{zg} ——联合循环蒸功百分比, %。

8.4.4 余热锅炉投入率

余热锅炉投入率指多轴联合循环中当燃气轮机运行时, 余热锅炉累计运行时间与燃气轮机累计运行时间的百分比。

$$\text{联合循环投入率} = \frac{\Sigma \text{余热锅炉运行小时数}}{\Sigma \text{燃气轮机运行小时数}} \times 100\% \quad (143)$$

8.4.5 联合循环热耗率

联合循环热耗率是指联合循环机组发电热耗量与其输出功率的比值。

$$q_{lh} = \frac{3600 G_f Q_{ar,net}}{P_{lh}} \quad (144)$$

式中:

q_{lh} ——联合循环的热耗率, kJ/(kW·h)。

8.4.6 燃气—蒸汽联合循环热效率

燃气—蒸汽联合循环热效率是指联合循环发电机组发电量的当量热量与供给燃料热耗量的百分比。

$$\eta_{lh} = \frac{P_{lh}}{G_f Q_{ar,net}} \quad (145)$$

由于联合循环将燃气轮机循环和汽轮机循环组合在一起, 其效率还可以用式(146)表示:

$$\eta_{lh} = \eta_{rj} + \frac{(100 - \eta_{rj}) \eta_{yg} \eta_q}{10\,000} \quad (146)$$

式中:

η_{lh} ——燃气—蒸汽联合循环的热效率, %。

注: 由于燃气—蒸汽联合循环发电机组和常规燃煤发电机组的部分技术经济指标具有通用性, 故本章未列出的指标可参照燃煤发电机组部分进行计算。

9 综合技术经济指标

9.1 供热指标

9.1.1 供热比

供热比是指统计期内汽轮机组向外供出的热量与汽轮机组热耗量的百分比，不适用于锅炉向外直供蒸汽的情况。

$$\alpha = \frac{\sum Q_{gr}}{\sum Q_{sr}} \times 100 \quad (147)$$

式中：

α —— 供热比，%；

$\sum Q_{gr}$ —— 统计期内汽轮机组向外供出的热量，GJ；

$\sum Q_{sr}$ —— 统计期内汽轮机组总热耗量，GJ。

9.1.2 供热发电比

供热发电比是指统计期内汽轮机组向外供出的热量与发电量的比值。

$$I = \frac{\sum Q_{gr}}{W_f \times 10^{-3}} \quad (148)$$

式中：

I —— 供热发电比，GJ/(MW·h)；

W_f —— 发电量，kW·h。

9.1.3 热电比

热电比是指统计期内电厂向外供出的热量与供电量的当量热量的百分比。

$$R = \frac{\sum Q_{wgr}}{3600 W_g \times 10^{-6}} \times 100 \quad (149)$$

$$W_g = W_f - W_{cy} \quad (150)$$

式中：

R —— 热电比，%；

$\sum Q_{wgr}$ —— 电厂对外供出的热量，GJ；

W_g —— 供电量，kW·h。

9.2 厂用电率

9.2.1 纯凝汽电厂生产厂用电率

纯凝汽电厂生产厂用电率指统计期内纯凝汽电厂厂用电量与发电量的百分比。

$$L_{cy} = \frac{W_{cy}}{W_f} \times 100 = \frac{W_h - W_{kc}}{W_f} \times 100 \quad (151)$$

式中：

L_{cy} —— 生产厂用电率，%；

W_{cy} —— 统计期内厂用电量，kW·h；

W_h —— 统计期内总耗用电量，kW·h；

W_{kc} —— 统计期内按规定应扣除的电量，kW·h。

下列用电量不计入厂用电的计算：

- 1) 新设备或大修后设备的烘炉、暖机、空载运行的电量。
- 2) 新设备在未正式移交生产前的带负荷试运行期间耗用的电量。
- 3) 计划大修以及基建、更改工程施工用的电量。
- 4) 发电机作调相机运行时耗用的电量。
- 5) 厂外运输用自备机车、船舶等耗用的电量。
- 6) 输配电用的升、降压变压器(不包括厂用变压器)、变波机、调相机等消耗的电量。
- 7) 非生产用(修配车间、副业、综合利用等)的电量。

9.2.2 供热电厂生产厂用电率

9.2.2.1 供热厂用电率

供热厂用电率是指统计期内供热用的厂用电量与发电量的百分比。

$$L_{\text{rcy}} = \frac{W_{\text{r}}}{W_{\text{f}}} \times 100 \quad (152)$$

$$W_{\text{r}} = \frac{\alpha}{100} (W_{\text{cy}} - W_{\text{cr}}) + W_{\text{cr}} \quad (153)$$

式中:

L_{rcy} ——供热厂用电率, %;

W_{r} ——供热耗用的厂用电量, kW·h;

W_{cr} ——纯热网用的厂用电量, 如热网循环泵等只与供热有关的设备用电量, kW·h。

9.2.2.2 发电厂用电率

发电厂用电率指统计期内发电用的厂用电量与发电量的百分比。

$$L_{\text{fcy}} = \frac{W_{\text{d}}}{W_{\text{f}}} \times 100 \quad (154)$$

$$W_{\text{d}} = W_{\text{cy}} - W_{\text{r}} \quad (155)$$

式中:

L_{fcy} ——发电厂用电率, %;

W_{d} ——发电用的厂用电量, kW·h。

9.2.2.3 供热电厂生产厂用电率

供热电厂生产厂用电率指统计期内供热电厂的发电厂用电率与供热厂用电率之和。

$$L_{\text{cy}} = L_{\text{fcy}} + L_{\text{rcy}} \quad (156)$$

9.2.2.4 供热耗电率

供热耗电率是指统计期内机组每对外供热 1GJ 的热量所消耗的电量。

$$L_{\text{rhd}} = \frac{W_{\text{r}}}{\sum Q_{\text{gr}}} \quad (157)$$

式中:

L_{rhd} ——供热耗电率, kW·h/GJ。

9.2.3 综合厂用电率

综合厂用电率是指统计期内考虑有外购电情况下全厂发电量和上网电量的差值与全厂发电量的百分比。

$$L_{\text{zh}} = \frac{W_{\text{f}} - W_{\text{gk}} + W_{\text{wg}}}{W_{\text{f}}} \times 100 \quad (158)$$

式中:

L_{zh} ——综合厂用电率, %;

W_{gk} ——全厂的关口电量, kW·h;

W_{wg} ——全厂的外购电量, kW·h。

9.3 电厂效率

9.3.1 管道效率

管道效率是指汽轮机从锅炉得到的热量与锅炉输出的热量的百分比。

$$\eta_{gd} = \frac{\sum Q_{st}}{\sum Q_l} \times 100 \quad (159)$$

式中:

η_{gd} ——管道效率, %;

$\sum Q_l$ ——统计期内的锅炉输出总热量, 指主、再热蒸汽等管道锅炉侧出口蒸汽所包含热量, GJ。

9.3.2 综合热效率

综合热效率是指统计期内供热量和供电量的当量热量之和与总标准煤耗量对应热量的百分比。

正平衡计算式为:

$$\eta_0 = \frac{\sum Q_{st} + 3600 W_g \times 10^{-6}}{7000 R_b \times B_b \times 10^{-3}} \times 100 \quad (160)$$

反平衡计算式为:

$$\eta_0 = \frac{\eta_g}{100} \times \frac{\eta_{gd}}{100} \times \left[\frac{\alpha}{100} + \left(1 - \frac{\alpha}{100} \right) \frac{\eta_q}{100} \right] \times 100 \quad (161)$$

式中:

η_0 ——综合热效率, %;

B_b ——统计期内耗用标准煤量, t;

R_b ——热功当量值, 根据 GB/T 2589—2008, 本标准取 4.186 8 kJ/kcal;

7000——标准煤热量, kcal。

9.4 发电、供热煤耗

9.4.1 标准煤量

标准煤量是指统计期内用于生产所耗用的燃料折算至标准煤的燃料量。

a) 正平衡法

$$B_b = B_h - B_{kc} \quad (162)$$

式中:

B_h ——统计期内耗用总标准煤量, t;

B_{kc} ——统计期内应扣除的非生产用标准煤量, t。

下列非生产用标准煤量应扣除:

- 1) 新设备或大修后设备的烘炉、暖机、空载运行的燃料。
- 2) 新设备在未移交生产前的带负荷试运行期间, 耗用的燃料。
- 3) 计划大修以及基建、更改工程施工用的燃料。
- 4) 发电机做调相运行时耗用的燃料。
- 5) 厂外运输用自备机车、船舶等耗用的燃料。
- 6) 非生产用燃料。

b) 反平衡法

$$B_b = \frac{10^5 \times \sum Q_i}{\eta_g \times 7000 \times R_h} \quad (163)$$

9.4.2 发电煤耗

发电煤耗是指统计期内机组（或电站）每发出 $1\text{kW} \cdot \text{h}$ 电能平均耗用的标准煤量。

a) 用标准煤量计算

$$b_f = \frac{B_b \times \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right)}{W_f} \times 10^6 \quad (164)$$

式中：

b_f ——发电煤耗， $\text{g}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ 。

b) 用机组发电热效率计算

$$b_f = \frac{q}{\eta_g \times \eta_{gd} \times 7000 \times R_h} \times 10^7 = \frac{3600}{\eta_g \times \eta_{gd} \times \eta_q \times 7000 \times R_h} \times 10^9 \quad (165)$$

注：上述公式宜适用于机组某一稳定工况的计算。

9.4.3 供热煤耗

供热煤耗是指统计期内机组每对外供热 1GJ 的热量所消耗的标准煤量。

$$b_r = \frac{B_b \times \alpha}{\sum Q_{gr}} \times 10 \quad (166)$$

式中：

b_r ——供热煤耗， kg/GJ 。

9.5 供电煤耗

9.5.1 供电煤耗

供电煤耗是指统计期内汽轮发电机组每供出 $1\text{kW} \cdot \text{h}$ 电能平均耗用的标准煤量。

$$b_g = \frac{b_f}{1 - \frac{L_{fcy}}{100}} \quad (167)$$

式中：

b_g ——供电煤耗， $\text{g}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ 。

9.5.2 综合供电煤耗（上网煤耗）

综合供电煤耗（上网煤耗）是指统计期内电站每向电网提供 $1\text{kW} \cdot \text{h}$ 电能平均耗用的标准煤量。

$$b_{zh} = \frac{b_f}{1 - \frac{L_{zh}}{100}} \quad (168)$$

式中：

b_{zh} ——综合供电煤耗， $\text{g}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ 。

9.6 运行负荷率

运行负荷率是指统计期内机组运行的平均负荷与额定容量的百分比。

$$X = \frac{P_{pj}}{P_e} \times 100 \quad (169)$$

式中:

X ——运行负荷率, %;

P_{pj} ——机组平均负荷, MW;

P_e ——机组额定容量, MW。

10 其他技术经济指标

10.1 补水率

10.1.1 全厂补水率

全厂补水率是指统计期内补入锅炉、汽轮机设备及其热力循环系统的除盐水总量与锅炉实际总蒸发量的百分比。

全厂补水量的项目组成见表 3。

表 3 全厂补水量的项目组成

全厂 补水量	生产补水量	发电补水量 (含主系统供热)	汽水损失量
			锅炉排污量
			空冷塔补水量
			事故放水损失量
			机、炉启停用水损失量
			电厂自用汽(水)量
		供热(汽)补水量	
		非直接发电补水量	凝汽器灌水查漏用除盐水量
			锅炉酸洗后清洗用除盐水量
	发电设备检修用除盐水,且用后直接排掉的水量		
非生产 补水量	非发电生产直接供热量,如生活区供热等		
	厂区外食堂、浴室用汽量		

$$L_{qc} = \frac{D_{qc}}{\Sigma D} \times 100 \quad (170)$$

式中:

L_{qc} ——全厂补水率, %;

D_{qc} ——统计期内全厂补水总量, t;

ΣD ——统计期内全厂锅炉实际总蒸发量, t。

10.1.2 生产补水率

生产补水率是指统计期内补入锅炉、汽轮机及其热力循环系统用作发电、供热等的除盐水量占锅炉实际总蒸发量的百分比。

$$L_{sc} = L_{fd} + L_{gr} + L_{fd}^f \quad (171)$$

式中:

L_{sc} ——生产补水率, %;

L_{fd} ——发电补水率, %;

L_{gr} —— 供热补水率, %;

L_{fd}^f —— 非直接发电补水率, %。

10.1.3 发电补水率

发电补水率是指统计期内汽、水损失水量, 锅炉排污量, 空冷塔补水量, 事故放水(汽)损失量, 机、炉启动用水损失量, 电厂自用汽(水)量等总计占锅炉实际总蒸发量的百分比。

$$L_{fd} = \frac{D_{fd}}{\Sigma D} \times 100 \quad (172)$$

式中:

D_{fd} —— 发电补水量, t。

10.1.4 汽水损失率

汽水损失率是指统计期内锅炉、汽轮机及其热力循环系统由于泄漏引起的汽、水损失量占锅炉实际总蒸发量的百分比。

$$L_{qs} = \frac{D_{qs}}{\Sigma D} \times 100 \quad (173)$$

$$D_{qs} = D_{fd} - (D_{wq} + D_{zy} + D_{ws} + D_{ch} + D_{pw}) + D_{hs} \quad (174)$$

式中:

L_{qs} —— 汽水损失率, %;

D_{wq} —— 对外供汽量, t;

D_{zy} —— 热力设备及其系统自用汽(水)量, t;

D_{ws} —— 对外供水量, t;

D_{ch} —— 锅炉吹灰用汽量, t;

D_{pw} —— 锅炉排污水量, t;

D_{hs} —— 外部回到热力系统的水量, t。

10.1.5 锅炉吹灰器投入率

吹灰器投入率是指统计期内吹灰器正常投入台次, 与该装置应投入台次之比值的百分数(%)。

$$\text{吹灰器投入率} = (\text{正常投入台次} / \text{应投入台次}) \times 100 \quad (175)$$

10.1.6 锅炉排污率

锅炉排污率是指锅炉运行中排污量与锅炉实际蒸发量的百分比。

$$L_{pw} = \frac{D_{pw}}{D} \times 100 \quad (176)$$

式中:

D_{pw} —— 锅炉的排污量, t/h;

L_{pw} —— 锅炉排污率, %。

如有锅炉排污计量装置的可以直接测量。

不能直接测量的可以通过化学盐平衡法或补水率法进行计算。

- a) 化学盐平衡是指给水带入的盐分应等于蒸汽带走的盐分与随同排污水排走的盐分之和。由此可以通过对给水、排污水(炉水)及饱和蒸汽中盐分计算排污率。

$$L_{pw} = \frac{S_{gs} - S_b}{S_{pw} - S_{gs}} \times 100 \quad (177)$$

式中:

S_{gs} —— 给水中的盐分含量, mg/kg;

S_b —— 饱和蒸汽中的盐分含量, mg/kg;

S_{pw} —— 排污水中的盐分含量, 一般情况下可以视作等于炉水的盐分含量, mg/kg。

b) 补水率法是指汽轮机维持恒定工况时, 通过对锅炉开关排污时机组补水率的变化来计算锅炉排污率。

$$L_{pw} = \Delta D_{bh} \quad (178)$$

式中:

ΔD_{bh} —— 机组的补水变化率, %。

10.1.7 电厂自用汽(水)量

电厂自用汽(水)量是指统计期内不能回收的锅炉吹灰、燃料雾化、仪表伴热、生产厂房采暖、厂区办公楼采暖、燃料解冻、油区用汽、机组闭式冷却水及发电机定子冷却水的补充水或换水用除盐水等。

10.1.8 供热补水率

供热补水率是指统计期内热电厂向外供热时, 没有回收的水(汽)量占锅炉总蒸发量的百分比。

$$L_{gr} = \frac{D_{gr}}{\Sigma D} \times 100 \quad (179)$$

式中:

L_{gr} —— 供热(汽)补水率, %;

D_{gr} —— 供热时凝结水损失量, t。

10.1.9 非发电补水率

非发电补水率是指统计期内不参加热力循环的用后直接排掉的除盐水量占锅炉实际总蒸发量的百分比。如凝汽器灌水查漏用水、锅炉酸洗后清洗用水、发电设备检修用除盐水、备用期间因水质不合格时放掉的除盐水等。

$$L_{fd}^f = \frac{D_{fd}^f}{\Sigma D} \times 100 \quad (180)$$

式中:

L_{fd}^f —— 非发电用水率, %;

D_{fd}^f —— 非发电用水量, t。

10.1.10 非生产补水率

非生产补水率是指统计期内因厂区外非发电生产直接供热(如电厂生活区供热、厂区外食堂、浴室用汽等), 需要补充的除盐水占锅炉实际总蒸发量的百分比。

$$L_{sc}^f = \frac{D_{sc}^f}{\Sigma D} \times 100 \quad (181)$$

式中:

L_{sc}^f —— 非生产补水率, %;

D_{sc}^f —— 非生产补水量, t。

10.2 发电用水

10.2.1 单位发电量取水量(发电水耗)

单位发电量取水量是指火力发电企业生产每单位发电量需要从各种常规水资源提取的水量。取水量包括取自地表水(以净水厂供水计量)、地下水、城镇供水工程, 以及企业从市场购得的其他水或水的

产品（如蒸汽、热水、地热水等），不包括企业自取的海水、苦咸水以及取水用于生活区和外供水产品（如蒸汽、热水、地热水等）的水量。采用直流冷却系统的企业取水量不包括从江、河、湖等水体取水用于凝汽器及其他换热器开式冷却并排回原水体的水量；企业从直流冷却（不包括海水）系统中取水用于其他用途，则该部分应计入企业取水范围。

$$d_{fd} = \frac{G_{xs}}{W_f} \quad (182)$$

式中：

d_{fd} ——单位发电量取水量（发电水耗），kg/（kW·h）；

G_{xs} ——发电取水量，kg。

10.2.2 水的重复利用率

水的重复利用率是指统计期内，生产过程中使用的重复利用水量占电厂总用水量的百分比。

$$L_{cf} = \frac{D_{cf}}{D_{zs}} \times 100 \quad (183)$$

式中：

L_{cf} ——水的重复利用率，%；

D_{cf} ——水的重复利用量，t；

D_{zs} ——电厂总用水量，等于发电取水量与水的重复利用量之和，t。

10.2.3 水灰比

水灰比是指火力发电厂水力除灰系统中输送每吨灰渣所消耗的水量。可以用实测法或用式（184）计算。

$$A_{zi} = \frac{G_{zls}}{G_{zi}} \quad (184)$$

$$G_{zi} = A_{ar} \times B_{ri} \times (1 + \bar{C}) \quad (185)$$

式中：

A_{zi} ——水与灰、渣的重量比；

G_{zls} ——水力输送灰、渣时的用水量，t；

G_{zi} ——水力输送的灰、渣量，t；

B_{ri} ——入炉煤总量，t；

$\bar{C}$ ——灰渣中平均碳量与燃煤灰量之百分比，%。

$\bar{C}$ 的计算参见式（43）。

10.2.4 化学总自用水率

化学总自用水率是指进入化学预处理的生水量与供给机组及系统的水量之差与生水量的百分比。供给机组及系统的水量包括除盐水和供给公用系统（如消防水系统、工业水系统、除尘水系统等）的清水量。

$$\text{化学总自用水率} = \frac{\text{生水量} - \text{供给机组及系统的水量}}{\text{生水量}} \times 100\% \quad (186)$$

化学总自用水量包括化学预处理自用水量和化学除盐自用水量。

10.3 供热管道补水率

供热管道补水率是指由于对外供热管道损失造成供、回水量不平衡，补充水量占供水量的百分比。

$$L_{rgd} = \frac{D_{rgd}}{\sum D_i} \times 100 \quad (187)$$

式中:

L_{rgd} ——供热管道补水率, %;

D_{rgd} ——供热管道补水量, t。

10.4 发电油耗率

发电油耗率是指统计期内单位发电量消耗的燃油量 (含点火及助燃用油)。

$$L_{\text{yh}} = \frac{B_0}{W_f \times 10^{-8}} \quad (188)$$

式中:

L_{yh} ——发电油耗率, t/(亿 kW·h);

B_0 ——燃油量, t。

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
火力发电厂技术经济指标计算方法

DL/T 904—2015

代替 DL/T 904—2004

*

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京九天众诚印刷有限公司印刷

*

2015年11月第一版 2015年11月北京第一次印刷

880毫米×1230毫米 16开本 2.75印张 78千字

印数 0001—3000册

*

统一书号 155123·2666 定价 23.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



中国电力出版社官方微信



掌上电力书屋



B018HXVKEG 874020

DL/T 904-2015 火力发电厂技术经济指标计算方法

采用可擦除条码标签

155123.2666

上架建议：电力工程/火力发电