

电站锅炉性能试验规程

东北电力试验研究院翻印

一九九四年六月

目 录

1. 主题内容与适用范围	1
2. 引用标准	1
3. 术语、符号、代号	2
4. 导则.....	10
5. 测试方法及测量仪表.....	14
6. 热效率计算.....	28
7. 换算到保证条件下的热效率.....	37
8. 锅炉净效率.....	39
9. 锅炉蒸发量、蒸汽参数及其他运行特性试验.....	39
10. 误差分析	48
11. 试验报告	52
附录 A 常用法定计量单位及其换算 (参考件)	59
附录 B 各种气体浓度的 ppm 与 mg/m ³ 换算 (参考件)	62
附录 C 常用气体及灰的特性 (补充件)	62
附录 D 煤、灰的比热 (补充件)	64
附录 E 锅炉灰渣平衡百分率 (补充件)	65
附录 F 额定负荷下锅炉散热损失 (补充件)	66
附录 G 湿空气线算图 (补充件)	67
附录 H 网格法等截面的划分原则及代表点的确定 (补充件)	68
附录 I 流量测量节流装置中差压传送管路的布设 (补充件)	71
附录 J 弹簧管压力计读数修正及液柱式压力计常用封液和使用 (补充件)	74
附录 K 空气予热器漏风率的测定与计算 (补充件)	75
附录 L 疏失误差的消除方法 (参考件)	76
附录 M 误差计算实例 (参考件)	77
附录 N 温度测量装置 (补充件)	95
附录 O 烟气多点取样混合器 (补充件)	102
附录 P 沉降灰收集器 (补充件)	103
附录 Q 水、汽取样装置 (补充件)	104

中华人民共和国国家标准

电站锅炉性能试验规程

GB 10184-88

Performance test code for utility boiler

1 主题内容与适用范围

本标准规定了电站锅炉性能试验方法,作为锅炉性能鉴定试验和验收试验(以下统称验收试验)的依据。

本标准适用于蒸发量为 35 t/h 或 35 t/h 以上,蒸汽出口压力高于 2.45 MPa 或蒸汽出口温度超过 400 °C 的蒸汽锅炉。其他参数发电锅炉的性能试验亦可参照使用。

本标准也适用于为了其他目的(如工况调整、燃料变动、设备改进等)而进行的锅炉热效率试验。

本标准不适用于核电站蒸汽发生器的性能试验。

2 引用标准

- GB 211 煤中全水分测定方法
- GB 212 煤的工业分析方法
- GB 214 煤中全硫的测定方法
- GB 218 煤中碳酸盐的二氧化碳含量测定法
- GB 219 煤熔融性的测定方法
- GB 260 石油产品水分测定方法
- GB 261 石油产品闪点测定法(闭口杯法)
- GB 265 石油产品运动粘度测定法
- GB 266 石油产品恩氏粘度测定法
- GB 267 石油产品闪点与燃点测定法(开口杯法)
- GB 268 石油产品残碳测定法
- GB 380 石油产品硫含量测定法(燃灯法)
- GB 384 石油产品热值测定法
- GB 388 石油产品硫含量测定法(氧弹法)
- GB 474 煤样缩制方法
- GB 476 煤的元素分析方法
- GB 483 煤质分析方法一般规定
- GB 508 石油产品灰分测定法
- GB 510 石油产品凝点测定法
- GB 1033 波纹管压力计
- GB 1226 一般压力表
- GB 1227 精密压力表
- GB 1598 工业热电偶用铂铑₁₃-铂偶丝

中华人民共和国机械电子工业部 1988-11-08 批准

1989-07-01 实施

- GB 1608 电接点压力表
 GB 1884 石油和液体石油产品密度测定法(密度计法)
 GB 2538 原油试验方法
 GB 2540 石油产品密度测定法
 GB 2565 煤的可磨性试验方法
 GB 2586 热能单位符号与换算
 GB 2587 热平衡通则
 GB 2588 设备热效率计算方法通则
 GB 2614 镍铬-镍硅热电偶丝及分度表
 GB 2624 流量测量节流装置
 GB 2902 铂铑₁₀-铂铑₁₀热电偶丝及分度表
 GB 2903 铜-铜镍(康铜)热电偶丝及分度表
 GB 3101 有关量、单位和符号的一般原则
 GB 3486 评价企业合理用热技术导则
 GB 3772 铂铑₁₀-铂热电偶丝及分度表
 GB 3927 直流电位差计
 GB 3930 测量热电阻用直流电桥
 GB 4270 热工图形符号与文字代号
 GB 4272 设备及管道保温技术通则
 GB 4882 数据的统计处理和解释 正态性试验
 JB 470 膜盒压力表
 JB 913 工业用热电偶技术条件
 JB 1064 实验室玻璃温度计型式、基本参数及尺寸
 JB 1066 实验室玻璃温度计技术条件
 RS-1-1 燃煤采样
 RS-3-1 燃油、飞灰和炉渣试样的制备
 RS-4-2 粒度为 3 mm 以下煤样外在水分的快速测定
 RS-26-1 飞灰和炉渣中可燃物测定
 RS-28-1 燃油采样
 SS-2-1 水、汽样品的采集

3 术语、符号、代号

3.1 术语、定义

3.1.1 电站锅炉

利用燃料燃烧释放的热能加热给水,以获得规定参数(温度、压力)和品质的蒸汽,并主要用于发电的锅炉机组。通常由锅炉本体、燃料及烟风系统、测量控制系统和其他辅助设备组成。

3.1.2 输入热量

随每千克或每标准立方米燃料输入锅炉能量平衡系统的总热量,包括燃料的应用基低位发热量、物理显热、用外来热源加热燃料或空气时所带入的热量以及雾化燃油所用蒸汽带入的热量。

3.1.3 输出热量

相对每千克或每标准立方米燃料,工质在锅炉能量平衡系统中所吸收的总热量,以及排污水和其他外用蒸汽所消耗的热量等。

3.1.4 额定蒸发量

锅炉在额定蒸汽(包括再热器进口蒸汽)参数、额定给水温度、使用设计燃料并保证效率时所规定的蒸发量。

3.1.5 最大连续蒸发量

锅炉在额定蒸汽参数、额定给水温度,并使用设计燃料,安全连续运行时能达到的最大蒸发量。

3.1.6 最低稳定燃烧负荷及液态排渣临界负荷

锅炉在低负荷运行时,能够长期稳定燃烧所能维持的最低蒸发量,对于燃煤锅炉,为不必辅油(或气体燃料)助燃的最低稳定燃烧时的蒸发量。液态排渣炉稳定流渣的最低负荷称之为液态排渣临界负荷。

3.1.7 漏风系数及漏风率

a. 漏风系数:烟气通道出、进口处烟气的过量空气系数之差,或空气通道进、出口处空气量差值与理论空气量之比。

b. 漏风率:漏入某段烟道烟气侧的空气量占该段烟道烟气质量的百分率。

3.1.8 锅炉热效率

锅炉热效率为输出热量占输入热量的百分率。

3.2 符号、代号

本规程采用汉语拼音字母作为主要角标。用大写字母表示锅炉机组设备,用小写字母表示燃料、工质等。

表1为非汉语拼音(不包括数字)的角标、上标及前缀;表2为本规程采用的符号一览表。

本标准中所采用的立方米(m^3),除有特殊说明外,均指标准状态下的立方米。

表 1

角码	说明	位置	角码	说明	位置
o	理论的	上角标	v	真空	下角标
b	保证的	上角标	p	定压	下角标
i	进口	上角标	c	定容	下角标
e	出口	上角标	o	基准状态,相对的	下角标
e	额定的	上角标	I、I	受热面级数	下角标
max	最大的	上角标或 下角标	n	标准状态	下角标
min	最小的	上角标或下角标	Δ	差值	前缀
-	平均的	上标	Σ	总的	前缀

表 2

符 号	说 明	单 位
一、热平衡		
Q_1	相应于每千克(或每标准立方米)燃料的锅炉输出热量	kJ/kg, kJ/m^3
Q_2	相应于每千克(或每标准立方米)燃料的锅炉输入热量	kJ/kg, kJ/m^3
η	锅炉热效率(毛效率)	%
η_b	锅炉净效率	%
b	电厂标准煤耗	$\text{kg}/(\text{kW} \cdot \text{h})$
ΣP	锅炉设备辅机、电动机功率之和	kW
Q_{sr}	锅炉自用热量	kJ/kg, kJ/m^3
Q_{5w}	燃料应用基低位发热量	kJ/kg, kJ/m^3
Q_{1s}	燃料物理显热	kJ/kg, kJ/m^3
Q_{w1}	外来热源加热空气所带入的热量	kJ/kg, kJ/m^3
Q_{w2}	雾化蒸汽带入的热量	kJ/kg, kJ/m^3
Q_2	每千克(或每标准立方米)燃料排烟损失热量	kJ/kg, kJ/m^3
Q_3	每千克(或每标准立方米)燃料可燃气体未完全燃烧损失热量	kJ/kg, kJ/m^3
Q_4	每千克(或每标准立方米)燃料固体未完全燃烧损失热量	kJ/kg, kJ/m^3
Q_5	每千克(或每标准立方米)燃料锅炉散热损失热量	kJ/kg, kJ/m^3
Q_6	每千克(或每标准立方米)燃料灰渣物理显热损失热量	kJ/kg, kJ/m^3
q_2	排烟热损失百分率	
q_3	可燃气体未完全燃烧热损失百分率	
q_4	固体未完全燃烧热损失百分率	
q_5	锅炉散热损失百分率	
q_5'	额定蒸发量时的散热损失百分率	
q_6	灰渣物理热损失百分率	
t_0	基准温度	$^{\circ}\text{C, K}$
二、水和蒸汽		
D	锅炉蒸发量	t/h
D'	锅炉额定蒸发量	t/h
D_{ms}	过热蒸汽流量(主蒸汽流量)	t/h
D_{pw}	排污水流量	t/h
D_{m1}	再热器入口蒸汽流量	t/h
D_{m2}	饱和蒸汽抽出量	t/h
D_{m3}	再热蒸汽减温喷水流量	t/h
h_{sp}	给水焓	kJ/kg
h_w	饱和水焓	kJ/kg

续表 2

符 号	说 明	单 位
h_{2s}	饱和蒸汽焓	kJ/kg
h_{2r}	再热蒸汽减温水焓	kJ/kg
h_{2t}	过热蒸汽焓(主蒸汽焓)	kJ/kg
h'_{2s}	再热器进口蒸汽焓	kJ/kg
h'_{2r}	再热器出口蒸汽焓	kJ/kg
h_{2s}	雾化蒸汽焓	kJ/kg
$(h_{2s})_0$	基准温度时的饱和汽焓	kJ/kg
T_{2t}	过热蒸汽温度(主蒸汽温度)	℃, K
T_{2s}	饱和蒸汽温度	℃, K
T_{2w}	饱和水温度	℃, K
T'_{2s}	给水温度(设计值或保证值)	℃, K
T_{2s}	实测给水温度	℃, K
p_{2t}	过热蒸汽压力(主蒸汽压力)	MPa
p_{2r}	给水压力	MPa
p_{2s}	饱和蒸汽压力	MPa
p_{2s}, p'_{2s}	再热蒸汽进口和出口压力	MPa
三、燃料和灰渣		
C^f, C^a	分别为燃料分析基和应用基碳质量含量百分率	
H^f, H^a	分别为燃料分析基和应用基氢质量含量百分率	
S^f, S^a	分别为燃料分析基和应用基硫质量含量百分率	
O^f, O^a	分别为燃料分析基和应用基氧质量含量百分率	
N^f, N^a	分别为燃料分析基和应用基氮质量含量百分率	
A^f, A^a	分别为燃料分析基和应用基灰分质量含量百分率	
W^f, W^a	分别为燃料分析基和应用基水分质量含量百分率	
V^f	燃料可燃基挥发分	
A^f	燃料干燥基灰分	
C^a	燃料应用基实际燃烧掉的碳质量含量百分率	
A^a	燃料折算灰分	
Q_{2w}^f, Q_{2w}^a	分别为燃料分析基和应用基低位发热量	kJ/kg, kJ/m ³
Q_{2w}^a	石子煤低位发热量	kJ/kg
Q_{2w}^f, Q_{2w}^a	分别为燃料分析基和应用基高位发热量	kJ/kg, kJ/m ³
Q_d	燃料解冻热量	kJ/kg
CO	气体燃料中 CO 体积含量百分率	
H ₂	气体燃料中 H ₂ 体积含量百分率	

续表 2

符 号	说 明	单 位
O_2	气体燃料中 O_2 体积含量百分率	
N_2	气体燃料中 N_2 体积含量百分率	
CH_4	气体燃料中 CH_4 体积含量百分率	
CO_2	气体燃料中 CO_2 体积含量百分率	
H_2S	气体燃料中 H_2S 体积含量百分率	
H_2O	气体燃料中 H_2O 体积含量百分率	
C_nH_n	气体燃料中 C_nH_n 体积含量百分率	
B	锅炉每小时燃料消耗量	$kg/h, m^3 \cdot h$
B_{st}	石子煤量	kg/h
β	燃料特性系数	—
t_s	固体燃料温度	$^{\circ}C, K$
$t_{r, 70}$	燃油温度	$^{\circ}C, K$
$t_{r, g}$	气体燃料温度	$^{\circ}C, K$
ρ_{20}	标准状态下的气体燃料密度	kg/m^3
μ_0	气体燃料中含灰浓度	g/m^3
d_s	气体燃料的湿度	g/m^3
C_s	固体燃料比热	$kJ/(kg \cdot K)$
C_s^d	固体燃料干基比热	$kJ/(kg \cdot K)$
$C_{r, 70}$	燃油比热	$kJ/(kg \cdot K)$
$C_{r, g}$	气体燃料比热	$kJ/(m^3 \cdot K)$
R_{45}	45 μm 孔径标准筛子上的煤粉剩余量占试样质量的百分率	
R_{90}	90 μm 孔径标准筛子上的煤粉剩余量占试样质量的百分率	
R_{200}	200 μm 孔径标准筛子上的煤粉剩余量占试样质量的百分率	
R_{1000}	1000 μm 孔径标准筛子上的煤粉剩余量占试样质量的百分率	
n	煤粉颗粒特性均匀系数	—
T_1, t_1	煤灰开始变形温度	$K, ^{\circ}C$
T_2, t_2	煤灰开始软化温度	$K, ^{\circ}C$
T_3, t_3	煤灰开始熔融温度	$K, ^{\circ}C$
a_u	炉渣中灰量占总灰量的质量百分率	
a_n	飞灰中灰量占总灰量的质量百分率	
a_{sp}	沉降灰中灰量占总灰量的质量百分率	
a_m	漏煤中灰量占总灰量的质量百分率	
C_L	炉渣中可燃物质量百分率	

续表 2

符 号	说 明	单 位
C_{f}^{\cdot}	飞灰中可燃物质量百分率	
$C_{\text{f}^{\cdot}}$	沉降灰中可燃物质量百分率	
$C_{\text{f}^{\cdot}}$	漏灰中可燃物质量百分率	
C	灰渣中平均碳量与燃煤灰量之比率	%
t_{f}	炉渣温度	℃, K
$t_{\text{f}^{\cdot}}$	飞灰温度	℃, K
$t_{\text{f}^{\cdot}}$	沉降灰温度	℃, K
$t_{\text{f}^{\cdot}}$	漏灰温度	℃, K
C_{f}	灰的比热	kJ/(kg·K)
C^{\cdot}	可燃物质比热	kJ/(kg·K)
四、烟气和空气		
Q_{f}^{\cdot}	干烟气带走的热量	kJ/kg, kJ/m ³
$Q_{\text{f}^{\cdot}}^{\cdot}$	烟气所含水蒸汽的显热	kJ/kg, kJ/m ³
$V_{\text{f}^{\cdot}}$	每千克(或每标准立方米)燃料燃烧生成的干烟气体积	m ³ /kg, m ³ /m ³
$\theta_{\text{f}^{\cdot}}$	锅炉排烟温度	℃, K
$\theta_{\text{f}^{\cdot}}^{\cdot}$	锅炉保证或设计排烟温度	℃, K
$\theta_{\text{f}^{\cdot}}, \theta_{\text{f}^{\cdot}}$	省煤器进口和出口(沿烟气流向)烟气温度	℃, K
$\theta_{\text{f}^{\cdot}}$	空气预热器进口烟气温度	℃, K
μ	排烟中碳浓度	g/m ³
α	烟气的过量空气系数	
$\alpha_{\text{f}^{\cdot}}$	实测排烟过量空气系数	
$C_{p, \text{f}^{\cdot}}$	干烟气的平均定压比热	kJ/(m ³ ·K)
C_{p, CO_2}	二氧化碳气体的平均定压比热	kJ/(m ³ ·K)
C_{p, O_2}	氧气的平均定压比热	kJ/(m ³ ·K)
C_{p, N_2}	氮气的平均定压比热	kJ/(m ³ ·K)
$C_{p, \text{CO}}$	一氧化碳气体的平均定压比热	kJ/(m ³ ·K)
RO_2	烟气中三原子气体(即 CO ₂ +SO ₂)的体积含量百分率	
O_2	烟气中氧的体积含量百分率	
N_2	烟气中氮的体积含量百分率	
CO	烟气中一氧化碳的体积含量百分率	
CH_4	烟气中甲烷的体积含量百分率	
H_2	烟气中氢的体积含量百分率	
C_mH_n	烟气中碳氢化合物的体积含量百分率	

续表 2

符 号	说 明	单 位
V_{H_2O}	烟气中所含水蒸气容积	m^3/m^3
ϕ	空气相对湿度	
d_s	空气绝对湿度	kg/kg (干空气)
d_g	气体燃料的湿度	kg/kg (干气体)
p_{atm}	就地实测的大气压	Pa
$(p_s)_s$	基准温度下水蒸气的饱和压力	Pa
C_{p,H_2O}	水蒸气的平均定压比热	$kJ/(m^3 \cdot K)$
V_{AF}	进入空气预热器的空气量	m^3/h
t_k	空气预热器进口空气温度	$^{\circ}C, K$
$C'_{p,k}$	空气预热器进口空气温度下的空气定压比热	$kJ/(m^3 \cdot K)$
$(C_{p,s})_s$	基准温度下空气的定压比热	
β_k	空气预热器进口空气量与理论空气量之比	$kJ/(m^3 \cdot K)$
$(h_s)_s$	基准温度下空气的焓	kJ/m^3
$(h_k)'$	空气预热器进口空气温度下的理论空气焓	kJ/m^3
h_{QR}	暖风器(前置预热器)进口工质的焓	kJ/m^3
h'_{QR}	暖风器(前置预热器)出口工质的焓	kJ/m^3
$V_{g,s}^0$	按燃料应用基成分计算的理论干空气量	$m^3/kg, m^3/m^3$
$V_{g,p}^0$	按燃料应用基成分计算的理论干烟气量	$m^3/kg, m^3/m^3$
$(V_{g,s}^0)'$	按燃料应用基成分,由实际燃烧掉的碳计算的理论干空气量	m^3/kg
$(V_{g,p}^0)'$	按燃料应用基成分,由实际燃烧掉的碳计算的理论干烟气量	m^3/kg

3.3 锅炉热效率的求取法

3.3.1 输入-输出热量法热效率,即直接测量锅炉输入和输出热量求得热效率。此法又称正平衡法。

$$\text{锅炉热效率} = \frac{\text{输出热量}}{\text{输入热量}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

3.3.2 热损失法热效率,即由确定各项热量损失求得热效率。此法又称反平衡法。

$$\text{锅炉热效率} = \left(1 - \frac{\text{各项损失热量之和}}{\text{输入热量}} \right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

3.3.3 采用第 3.3.1 条或 3.3.2 条测定锅炉热效率的热平衡系统界限见图 1,热量平衡关系见图 2。

3.3.4 对于电站锅炉验收试验,本标准规定采用热损失法测定热效率。也可辅以输入-输出热量法热效率作为参考。

3.3.5 按本标准第 6.7 章所得的热效率为锅炉毛效率。必要时,根据第 8 章中所述方法求净效率。

3.3.6 简化热效率

简化热效率,是指仅考虑主要热损失且仅将燃料应用基低位发热量当作输入热量的锅炉热效率(见

本标准第 6.4 条)。必要时,对某些参数的测试方法也可作适当的简化。

本条仅适用于在某些场合下经协商同意的验收试验。

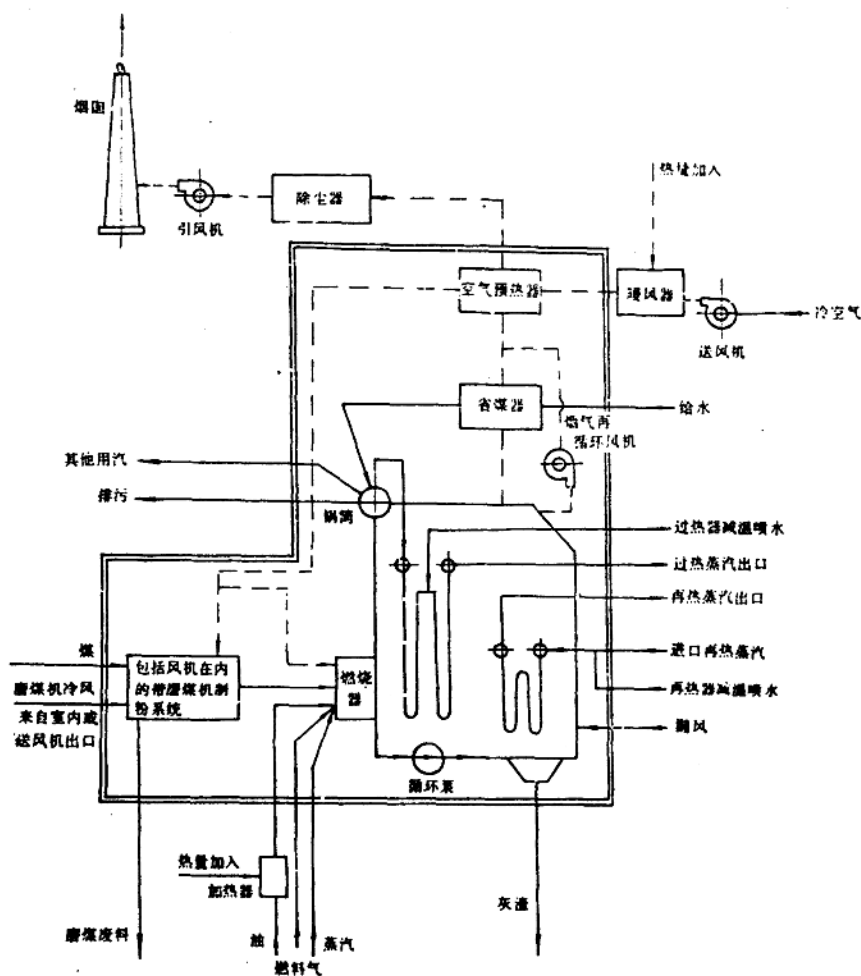


图 1 锅炉机组热平衡系统界限图

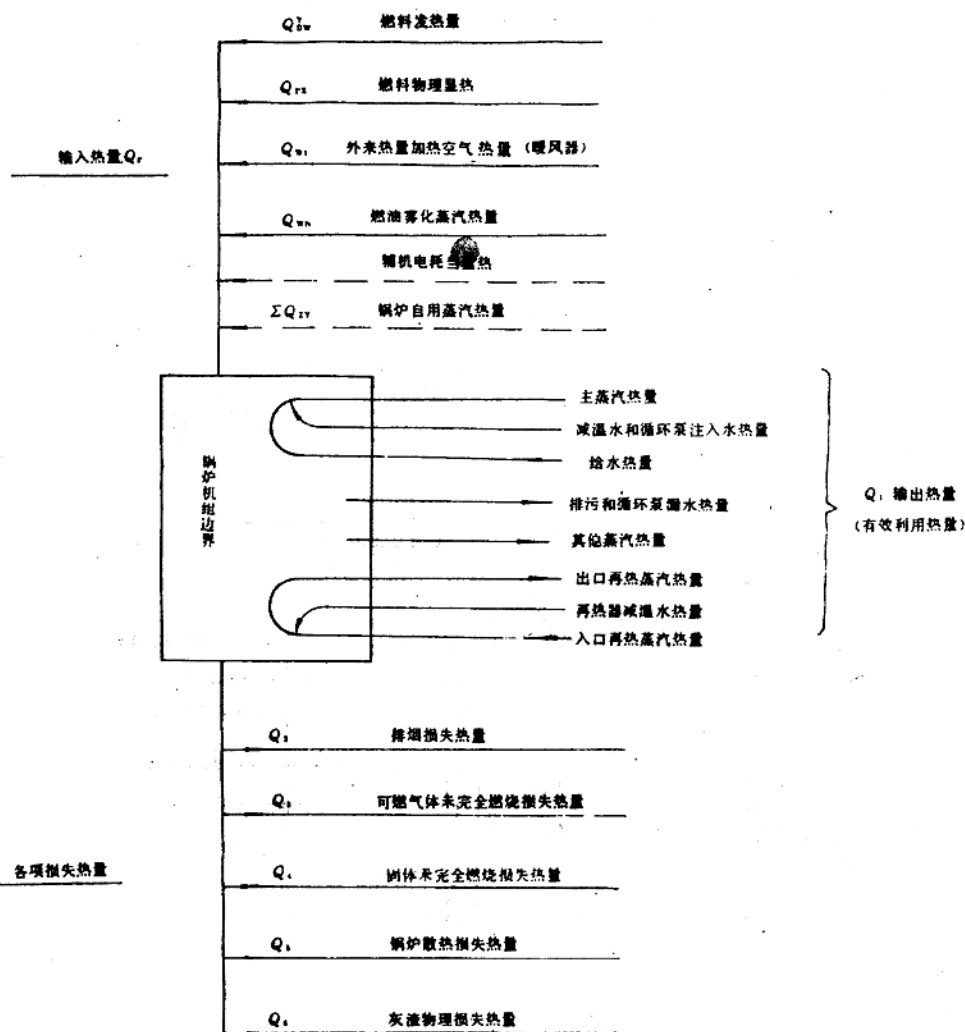


图2 锅炉机组热量平衡

4 导则

4.1 能量平衡系统

4.1.1 本标准规定的锅炉机组系统界限见图1,包括:带循环泵的汽水系统、带磨煤机的制粉系统、燃烧设备、以及烟气再循环风机等。不包括:暖风器、油加热器、送、引风机等设备。

4.1.2 在特殊情况下,经协商也可更改上述系统界限,但必须相应修改有关的测试计算方法。

4.1.3 规定锅炉送风机入口处空气温度为各项输入与输出能量的起算点,即基准温度。

当锅炉设有暖风器和热风再循环装置时,验收试验中应将其解列。*并列后计算*

4.1.4 采用燃料应用基低位发热量。

4.1.5 本标准规定采用《国际单位制的水和水蒸汽性质》(水利电力出版社,1983年首版)中的蒸汽热

力特性表。

4.2 应达成协议的项目

- 4.2.1 试验目的与内容。
- 4.2.2 试验单位、试验人员及职责范围。必要时,应明确发生分歧时的仲裁单位。
- 4.2.3 试验燃料的特性。
- 4.2.4 与试验有关的各项测量。
- 4.2.5 燃料、灰渣、烟气、汽、水等取样方法及进行有关分析的实验室。
- 4.2.6 试验用仪器及其技术特性和校验单位(见第5章)。
- 4.2.7 设备状态及试验期间的运行方式,包括辅助设备的投运方式。
- 4.2.8 效率的计算方法及误差分析原则,试验结果的允许误差及重复性工况试验之间效率的允许偏差。
两次不同试验允许双方协商
- 4.2.9 不进行测量的给定热损失,简化热效率的测试和计算方法。₂₅
- 4.2.10 稳定工况的确认方法。
- 4.2.11 试验期间锅炉主要参量的允许波动幅度(但不得超过表3规定)。
- 4.2.12 特殊工况及异常情况的处理,试验数据的取舍。
- 4.2.13 换算到保证条件下的效率计算方法。
- 4.2.14 各个灰、渣收集点之间灰渣量的分配比例(灰渣平衡百分率)。
- 4.2.15 试验大纲

试验大纲由试验负责人编写,并经试验各方认可。内容包括:

- a. 试验目的;
- b. 试验条件及要求;
- c. 试验工况;
- d. 主要测点布置,测试手段;
- e. 试验数据处理原则;
- f. 试验人员及组织;
- g. 试验日程;
- h. 其他。

- 4.2.16 当设备由不同供货(制造)单位共同提供时,对有关设备性能分担的责任。
- 4.2.17 试验原始记录的保存单位。
- 4.2.18 其他在本标准内的未尽事宜。

4.3 试验结果的允差

4.3.1 本标准不考虑关于性能保证值总的允差。根据试验观测值按标定结果修正及计算所得,即为试验结果。

4.3.2 若经参加各方协议,明确规定测量和取样中的允许误差或热效率测量误差时,可按本标准第10章进行误差分析和计算。

4.4 试验条件和试验准备

4.4.1 确认锅炉机组各主、辅机能正常运转并满足试验要求。对于验收试验,须经有关各方认可,机组经调试其运行已达满意状态。

4.4.2 整个锅炉机组的严密性检查

- a. 消除烟、风及制粉系统不应有的泄露;
- b. 消除汽、水、燃料的泄露;
- c. 确定试验机组系统已与其他非试验系统隔离。

4.4.3 对于验收试验,应使所有受热面在开始试验前均保持正常运行时的清洁度。

4.4.4 确定已具有足够的、符合试验规定的试验燃料。

4.4.5 对所有参与试验的仪表(器)进行校验和标定。

4.4.6 设备的实际状态、受热面的清洁度及燃料特性等和预先规定条件的任何偏离,均应记录在试验报告中。

4.4.7 测试期间不允许进行可能干扰试验工况的任何操作,如排污、吹灰、打焦等。

4.5 机组稳定时间

验收试验前,锅炉机组应连续正常运行3天以上。正式试验前的12h中,前9h机组运行负荷应不低于试验负荷的75%,后3h应维持预定的试验负荷。

4.6 参数波动范围

验收试验过程中,锅炉蒸发量及蒸汽参数波动的最大允许偏差见表3。

表3

测量项目		观测值偏离规定值的允许偏差
蒸发量 D t/h	>220	$\pm 3\%$
	$65 \sim 220$	$\pm 6\%$
	<65	$\pm 10\%$
蒸汽压力 p MPa	≥ 9.5	$\pm 2\%^{1)}$
	<9.5	$\pm 4\%^{1)}$
蒸汽温度 t °C	540	+5 -10
	450	+5 -15
	400	+10 -20

注:1) 不超过最高允许工作压力。

4.7 预备性试验

正式试验前,须按正式试验的测试项目及要求进行一次预备性试验。

4.7.1 预备性试验的目的

- a. 检验测试装置和仪器;
- b. 培训试验观测人员。

4.7.2 经试验各方认可,对试验结果无异议的情况下,预备性试验也可作为正式试验的一部分。

4.8 验收试验的持续时间

测定锅炉机组热效率时的试验持续时间见表4。

表4

燃烧方式	测定热效率方法	工况稳定时间	试验持续时间	备注
火室炉	固态排渣	≥ 0.5	≥ 4	—
	液态排渣 (包括旋风炉)	≥ 1	> 4	工况延长时由 试验各方商定
火床炉	热损失法	大于一个炉 排行走时间	≥ 4	—
	输入-输出热量法		≥ 6	—

4.9 测量的时间间隔

测量的时间间隔见表5。

表5

测量对象	测量或取样的时间间隔	备注
蒸汽温度、压力、流量、排烟温度、送风温度等主要参数	5~15 min	
其他次要参数	一般30 min	
烟气分析	15~20 min	
积算表	试验起、止时,准确阅读一次;试验中,每小时取读数一次供参考	
煤粉取样	每个试验工况不少于2次	
其他物量取样(如灰渣、燃料等)	按第5.6条和5.8条的规定	或按协议

4.10 试验工况的维持

4.10.1 试验工况开始后直至结束时,锅炉燃烧工况、燃料量(包括粉仓粉位或炉排燃料层厚度)、主蒸汽流量、再热蒸汽流量、给水流量、锅筒水位(对锅筒锅炉)、中间点温度(对直流炉)、过量空气系数、配风情况、制粉系统投运方式以及所有试验需控制的温度、压力等参数,应尽可能保持一致和稳定。

4.10.2 燃用固体燃料的火床锅炉的清炉工作及燃料层的调整,应在试验开始前适当时间内结束。

4.11 试验记录

4.11.1 应按规定将所有观察情况和测量结果全部记录于试验专用表格中。

4.11.2 由于某些原因(如测量系统泄漏等)造成参考试验数据的失效,经试验负责人认可,此类数据可不必记录。

4.11.3 试验数据记录至少应包括下列项目:

- a. 试验名称;
- b. 工况序列;
- c. 试验日期;
- d. 试验开始与结束时间;
- e. 测试时间与数据;
- f. 仪器类型及精度;
- g. 修正系数或修正值;
- h. 与数据处理有关的其他项目;
- i. 记录、计算人及负责人。

4.11.4 对于持续时间较长的某些工况试验,需要更换观测人员时,应保证试验开始和结束时为同一观测人员。

4.12 工况试验的舍弃

4.12.1 在试验过程中或整理试验结果时,发现观测到的数据中有严重的异常情况,则应考虑将此工况试验舍弃;如果受影响的部分是在试验的开头或结尾处,则可部分舍弃;如有必要,应重做该工况试验。

4.12.2 凡出现下列情况之一时,该工况试验应作废:

- a. 试验燃料特性超出事先规定的燃料特性变化范围;
- b. 蒸发量或蒸汽参数波动超出试验规定的范围;
- c. 某主要测量项目的试验数据中有三分之一以上出现异常或矛盾;
- d. 试验结果的误差或允差超出协议规定的数值。

4.13 热效率试验

进行验收试验时,在所要求的负荷下至少应做两次试验。若试验结果超过预先一致同意的平行试验之间的热效率允差,则需要做第三次试验。该负荷下的试验热效率为其中两次落在允差范围内的相近热效率平均值。

4.14 性能曲线

如果需要求取锅炉性能曲线,至少应进行4个不同蒸发量的工况试验。

5 测试方法及测量仪表

5.1 通则

5.1.1 锅炉热效率的主要测量项目见表6。

5.1.2 经协商同意,也可采用未包含在本标准规定范围的其他仪器装置进行测量。

表6

序号	名 称	方 法
一、	输入-输出热量法	
1	燃料量	按第5.5条
2	燃料发热量及工业分析	按第5.6条
3	燃料和空气温度	按第5.2条
4	过热蒸汽、再热蒸汽及其他用途蒸汽的流量、压力和温度	按第5.2条,第5.3条,第5.4条
5	给水和减温水流量、压力、温度	按第5.2条,第5.3条,第5.4条
6	暖风器进、出口风温,风量及外来热源工质流量、温度、压力	按第5.2条,第5.3条,第5.4条
7	泄漏与排污流量	按具体情况协商
8	锅筒内压力	按第5.3条
二、	热损失法	
1	燃料发热量、工业分析及元素分析	按第5.6条
2	烟气分析(CO ₂ 、O ₂ 、CO、H ₂ 、C _m H _n 等)	按第5.7条
3	烟气温度	按第5.2条
4	燃料及空气温度	按第5.2条
5	外界环境干、湿球温度,大气压力	按第5.2条,第5.3条
6	暖风器进、出口空气温度,空气量	按第5.2条,第5.3条,第5.4条
7	外来雾化蒸汽压力、温度、流量及其他外来热源工质流量、温度、压力	按第5.2条,第5.3条,第5.4条
8	各灰渣量分配比例及可燃物含量	按第5.6条,第5.8条,按附录E(补充件)
9	灰渣温度	按第5.2条,第6.3.5条
三、	辅助设备功率消耗	按第8章,用标定过的功率表或电度表测定

5.1.3 仪器要求及校验规定:

5.1.3.1 锅炉验收试验中,各重要测试项目所采用仪表和测量方法的测量误差按表7规定。

表 7

序号	测量项目及仪器		测量误差		备注		
			输入-输出法	热损失法			
1	水	称重箱	$\pm 0.1\%$	—	—		
		容积箱	$\pm 0.25\%$ (测量范围内)	—	—		
		孔板或喷嘴	$\pm (0.35\% \sim 0.6\%)$	—	包括差压计 GB 2624		
		给水温度	$\pm 0.5\%$	—	—		
2	蒸汽	温度	$\pm 0.5\%$	—	—		
		压力表	$\pm (0.4\% \sim 1.0\%)$	—	GB 1227		
		孔板或喷嘴 (主蒸汽流量)	$\pm (0.35\% \sim 0.6\%)$ (测量范围内)	—	包括差压计 GB 2624		
		再热蒸汽流量	$\pm 0.6\%$	—	按热平衡计算		
3	燃料	燃料量	$\pm (0.1\% \sim 0.5\%)$	—	—		
		工业分析	水分	—	$\pm (0.2\% \sim 0.4\%)$	GB 212	
			灰分	—	$\pm (0.2\% \sim 0.5\%)$	GB 212	
		热值	煤	$\pm (0.5\% \sim 1.0\%)$	$\pm (0.5\% \sim 1.0\%)$	GB 213	
			油、气	$\pm (0.35\% \sim 1.0\%)$	$\pm (0.35\% \sim 1.0\%)$	GB 384	
		元素分析	碳	煤	$\pm 0.5\%$	$\pm 0.5\%$	GB 476
				油	$\pm 0.6\%$	$\pm 0.6\%$	RS—32—1
氢	煤		$\pm 0.15\%$	$\pm 0.15\%$	GB 476		
	油	$\pm 0.30\%$	$\pm 0.30\%$	RS—32—1			
4	烟气和 空气	烟气和空气温度	—	$\pm 0.5\%$	—		
		奥氏分析仪、色谱仪	—	$\pm 3\%$	—		

注：除烟气成分分析外，均不包含取样误差。

5.1.3.2 试验前，所有主要的一次元件及仪表(包括控制表盘上的仪表)须按规定进行校验和标定。主要参量的监测仪表应具备法定计量部门出具的校验合格证(或校验印记)。该计量部门应具有与试验规格相适应的水平。

5.1.3.3 经协商或经试验负责人决定，验收试验中主要参量的测量仪器应在试验后进行复校，如发现异常则应舍弃所测数据。

5.2 温度测定

5.2.1 一般说明

5.2.1.1 温度测量所用温度计见表 8。

5.2.1.2 经协商也可采用其他未列入的温度测量仪表，但主要项目，即蒸汽温度、给水温度、空气温度、排烟温度，仍应采用表 8 中所列的仪表。

5.2.1.3 温度计测点应选择在管(烟)道或通道横截面上速度与温度分布均匀的部位。对于大尺寸管(烟)道以及验收试验中的热效率测定，必须采用多点测量。多点测量网格法等截面划分原则及代表点的确定见附录 H(补充件)。