

除灰系统试验规程

DL/T 749—2001

www.360dl.com

目 次

前言	229
1 范围	230
2 引用标准	230
3 术语和符号	230
4 试验项目	233
5 试验大纲及试验记录	233
6 试验条件和试验准备	234
7 试验工况及试验次数	234
8 预备性试验	234
9 测量仪表和测量方法	235
10 试验方法	237
11 误差分析	244
12 试验报告	245
附录 A (标准的附录) 试验数据综合表	245
附录 B (提示的附录) 不同类型锅炉的灰、渣分配表及各式除尘器的效率	247

前 言

本标准是根据原电力工业部技综〔1996〕51号《关于下达1996年电力行业标准制定、修订计划项目的通知》(第二批)的要求制定的。

本标准对我国火电机组除灰系统试验的内容和方法作了规定,使得今后进行除灰系统试验时有章可循、规范统一,并为除灰系统的引进、研究、设计、改造、运行等提供科学的试验数据。

本标准的附录A是标准的附录。

本标准的附录B是提示的附录。

本标准由电力行业电站锅炉标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位:国家电力公司苏州热工研究所。

本标准主要起草人:季程煜,许应宏,陆建荣。

本标准由电力行业电站锅炉标准化技术委员会负责解释。

除灰系统试验规程

Code of performance test for ash handling system

1 范围

本标准规定了火力发电厂除灰系统性能试验的原则和方法。

本标准适用于单机容量为 12MW 及以上煤粉锅炉所配除灰系统的验收或鉴定试验、运行试验。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 212—1991 煤的工业分析方法

GB/T 1032—1985 三相异步电机试验方法

GB/T 2624—1993 流量测量节流装置

GB/T 3214—1982 水泵流量的测定方法

GB/T 3216—1989 离心泵、混流泵、轴流泵和旋涡泵的试验方法

GB/T 3853—1983 一般用容积式空气压缩机性能试验方法

GB/T 4882—1985 数据的统计处理和解释 正态性试验

GB/T 10184—1988 电站锅炉性能试验规程

GB/T 13929—1992 水环真空泵和水环压缩机试验方法

DL/T 469—1992 电站锅炉风机现场试验规程

DL/T 567.1—1995 火电厂燃料试验方法 火电厂燃料试验方法一般规定

DL/T 567.2—1995 火电厂燃料试验方法 入炉煤和煤粉样品的采取方法

DL/T 567.4—1995 火电厂燃料试验方法 入炉煤、入炉煤粉、飞灰和炉渣样品的制备

DL/T 567.5—1995 火电厂燃料试验方法 飞灰和炉渣可燃物测定方法

JB/T 5295—1991 离心式渣浆泵技术条件

3 术语和符号

3.1 术语

3.1.1 飞灰 fly ash

煤燃烧后，由烟气的流动而携带离开炉膛的固体燃烧物产物称为飞灰。

本标准中的飞灰特指在锅炉各受热面下的灰斗排出的灰，通常包括除尘器排灰、省煤器排灰和空气预热器排灰。如果省煤器采取湿排灰方式，则这部分灰不包括在飞灰中。

3.1.2 炉底渣 bottom ash

煤燃烧后，从炉膛下部排出的渣块（颗粒）称为炉底渣。

3.1.3 石子煤 pyrites

由磨煤机排出、石子煤斗中收集的煤矸石等杂物称为石子煤。

3.1.4 除灰系统 ash handling system

飞灰、炉底渣、石子煤等的输送系统及其他辅助系统称为除灰系统。

3.1.5 输送周期 conveying cycle

在除灰系统中，各输送系统本次输送开始至下次输送开始之间的时间称该输送系统的输送周期。

3.1.6 飞灰系统输送出力 capacity of fly ash conveying system

飞灰输送时，每小时平均输送的飞灰量。

3.1.7 炉底渣系统输送出力 capacity of bottom ash conveying system

炉底渣输送时，每小时平均输送的炉底渣量。

3.1.8 石子煤系统输送出力 capacity of pyrites conveying system

石子煤输送时，每小时平均输送的石子煤量。

3.1.9 除灰系统出力 capacity of ash handling system

飞灰系统输送出力、炉底渣系统输送出力、石子煤系统输送出力统称为除灰系统出力。

3.1.10 单位电耗 power consumption per ton

输送每吨飞灰、炉底渣、石子煤所消耗的电能，分别称为飞灰输送单位电耗、炉底渣输送单位电耗、石子煤输送单位电耗。

3.2 符号及角标

3.2.1 符号（见表1）

表1 符 号

符 号	说 明	单 位
A_w	燃煤收到基灰分	%
B_{bh}	炉底渣系统输送出力	t/h
B_{fh}	飞灰系统输送出力	t/h
B_w	石子煤系统输送出力	t/h
C_{bh}	炉底渣中可燃物含量	%
C_{fh}	飞灰中可燃物含量	%
G_{bh}	每辆卡车装载炉底渣量	t
G_{fh}	每辆卡车装载飞灰量	t
G_w	一个石子煤输送周期内，每个石子煤斗石子煤量	t
G_{cf}	除尘器每小时排灰量	t/h
G_{gm}	锅炉每小时给煤量	t/h
G_{kh}	空预器每小时排灰量	t/h
G_{sh}	省煤器每小时排灰量	t/h
h_{kh}	灰库中的灰位	m
I	电流	A
K_d	电流互感系数	
K_{dy}	电压互感系数	

续表

符 号	说 明	单 位
$N_{\text{底}}$	炉底渣输送单位电耗	kWh/t
$N_{\text{灰}}$	飞灰输送单位电耗	kWh/t
$N_{\text{石}}$	石子煤输送单位电耗	kWh/t
$P_{\text{底}}$	炉底渣输送时, 运行设备的平均电功率	kW
$P_{\text{灰}}$	飞灰输送时, 运行设备的平均电功率	kW
$P_{\text{平}}$	平均电功率	kW
$P_{\text{实}}$	实际电功率	kW
$P_{\text{石}}$	石子煤输送时, 运行设备的平均电功率	kW
$q'_{\text{灰}}$	气力输灰系统入口的空气重量流量	kg/s
$q''_{\text{灰}}$	气力输灰系统出口的空气重量流量	kg/s
$Q_{\text{灰}}$	冲灰系统运行时, 耗水量	m ³ /h
$Q_{\text{石}}$	石子煤输送时, 耗水量	m ³ /h
$Q_{\text{底}}$	炉底渣输送时, 耗水量	m ³ /h
$S_{\text{灰}}$	灰库截面积	m ²
$t_{\text{底}}$	一个炉底渣输送周期内, 炉底渣实际输送时间	h
$t_{\text{灰}}$	一个飞灰输送周期内, 飞灰实际输送时间	h
$t_{\text{石}}$	一个输送周期内, 设备的实际运行时间	h
$t_{\text{石}}$	一个石子煤输送周期内, 石子煤实际输送时间	h
$T_{\text{底}}$	炉底渣输送周期	h
$T_{\text{灰}}$	飞灰输送周期	h
U	电压	V
$\cos\varphi$	功率因数	
η_c	除尘器效率	%
$\eta_{\text{底}}$	脱水仓出来的炉底渣含水率	%
$\varphi_{\text{底}}$	除尘器排灰在总的灰流量中所占的百分比	%
$\varphi_{\text{底}}$	炉底渣在总的灰流量中所占的百分比	%
$\varphi_{\text{灰}}$	空预器排灰在总的灰流量中所占的百分比	%
$\varphi_{\text{石}}$	气力输灰系统漏风率	%
$\varphi_{\text{石}}$	省煤器排灰在总的灰流量中所占的百分比	%
$\rho_{\text{灰}}$	气力输灰时的灰气比	kg/kg
$\rho_{\text{灰}}$	灰库中的灰堆积密度	t/m ³
$\Delta q_{\text{灰}}$	气力输灰时漏入或漏出系统的空气重量流量	kg/s

3.2.2 角标 (见表2)

表2 角 标

角 标	说 明	位 置	角 标	说 明	位 置
bs	补充用水	下角标	kh	空气预热器排灰	下角标
c	除尘器	下角标	kez	重量空气	下角标
ch	除尘器排灰	下角标	L	漏风	下角标
dl	电流	下角标	pj	平均	下角标
dy	电压	下角标	sh	省煤器排灰	下角标
dz	炉底渣	下角标	sj	实际	下角标
dzs	炉底渣含水	下角标	ss	石子煤输送用水	下角标
fh	飞灰	下角标	sz	石子煤	下角标
fs	水封用水	下角标	xs	冲洗用水	下角标
gl	功率	下角标	xt	系统	下角标
gm	给煤	下角标	zs	冲渣用水	下角标
gs	高压水	下角标	Δ	差值	前缀
hk	灰库	下角标	Σ	总计	前缀
hs	冲灰用水	下角标		进口	上角标
js	搅拌用水	下角标		出口	上角标
k	空气	下角标			

4 试验项目

4.1 总则

除灰系统试验项目以本标准所列的6项为主(对冲灰、渣水的pH值,设备噪声等指标的测定,按业主要求,根据国家有关规定进行),经有关方面协商后,可适当进行增减。

4.2 除灰系统出力试验

4.2.1 除灰系统出力试验是为了测试除灰系统中各输送系统的输送出力,以此考核该系统的设计、设备、制造和安装质量。

4.2.2 除灰系统出力试验包括飞灰系统输送出力试验、炉底渣系统输送出力试验、石子煤系统输送出力试验。

4.3 除灰系统水平衡试验

4.3.1 除灰系统水平衡试验是为了测试除灰系统各分系统运行时用水量的分配关系,以此考核系统的经济性和合理性。

4.3.2 除灰系统水平衡试验包括炉底渣输送系统、石子煤输送系统和冲灰系统运行时高、低压水泵出口流量与各分系统高、低压用水量总量之间的平衡试验。

4.4 气力输灰系统漏风率试验

4.4.1 气力输灰系统漏风率试验是为了测试气力输灰系统运行时的漏风情况,以此考核系统设备的严密性及设备的制造和安装质量。

4.4.2 气力输灰系统漏风率试验通常在纯空气状态下进行。

4.5 除灰系统单位电耗试验

4.5.1 除灰系统单位电耗试验是为了测试除灰系统输送单位质量飞灰、炉底渣、石子煤所消耗的电量,以此考核系统的经济性。

4.5.2 除灰系统单位电耗试验包括飞灰输送单位电耗试验、炉底渣输送单位电耗试验和石子煤输送单位电耗试验。

4.6 除灰系统主要设备性能试验

4.6.1 除灰系统主要设备性能试验是为了考核除灰系统中各主要设备的设计、选型和运行状况是否达到预期的设计要求。

4.6.2 除灰系统中的主要设备有高、低压水泵,渣(灰)浆泵,输送风机,真空泵(负压风机),空气压缩机等。

4.7 煤、灰理化性能试验

4.7.1 煤、灰理化性能试验是为了测得煤、灰的有关理化性能参数,为除灰系统试验提供计算数据。

4.7.2 需测试的煤、灰理化性能参数有:燃煤灰分含量,飞灰、炉底渣和石子煤中可燃物含量,飞灰堆积密度等。

5 试验大纲及试验记录

5.1 试验大纲

试验大纲由试验负责人编写,并经试验委托方认可,内容如下:

- a) 概述;
- b) 试验项目;

- c) 试验条件及要求;
- d) 试验工况;
- e) 主要测点布置及测量方法;
- f) 试验数据处理原则;
- g) 允许误差;
- h) 试验组织及分工;
- i) 试验人员;
- j) 其他。

5.2 试验记录

- 5.2.1 试验之前, 应准备好每个测量点的数据记录表。
- 5.2.2 试验记录由测量人员填写并经校核人员及试验组长审核、签名。
- 5.2.3 对各原始记录, 必须进行整理和编号, 并妥善保管, 待进一步汇总。

6 试验条件和试验准备

- 6.1 除灰系统正常投运一个月后, 方可进行试验。试验前, 机组及除灰系统满负荷运行 7d 以上。
- 6.2 试验期间, 锅炉燃烧稳定, 煤质符合设计要求。
- 6.3 除尘器投入正常运行。
- 6.4 除灰系统中所有主、辅设备运行正常。系统各部分不存在堵塞、泄漏等缺陷。
- 6.5 各测点均已正确安装。
- 6.6 按有关规定, 对测量用仪器、仪表进行校验和标定。
- 6.7 对所有试验人员进行培训和考核。
- 6.8 准备好试验记录表。

7 试验工况及试验次数

7.1 试验工况

- 7.1.1 一般情况下, 可选机组额定负荷的 100%、80%、60% 三种试验工况。对进口机组, 可按合同中除灰系统的设计出力选择负荷工况。
- 7.1.2 机组各主、辅设备在各试验工况下稳定运行, 机组负荷变化不大于 5%。
- 7.1.3 在试验过程中或整理试验结果时, 如发现观测到的数据中有严重的异常情况, 则应将该组数据舍弃。如果舍弃的数据较多, 则应重做该工况的试验。

7.2 试验次数

- 7.2.1 每种试验工况应至少进行两个输送周期的试验。
- 7.2.2 如果两个输送周期的试验结果误差不大于 5%, 则取两个输送周期的试验结果的平均值作为试验的最终结果。如果两个输送周期的试验结果误差大于 5%, 就应重复做两个输送周期的试验, 直至有两个输送周期的试验结果误差不大于 5%。

8 预备性试验

- 8.1 正式试验前, 须按正式试验的测试项目及要求进行预备性试验。
- 8.2 预备性试验的条件、方法、手段等必须符合本标准。经试验各方认可后, 预备性试验

可作为正式试验的一部分。

9 测量仪表和测量方法

9.1 测量仪表检定

除灰系统试验前,所有主要的一次元件及仪表必须按规定进行校验和标定,主要参数的监测仪表必须经过与试验规格相适应的法定计量部门的校验,并在检定有效期内。

9.2 温度测量

在除灰系统试验中,需要测定的温度主要有风机出、入口风温。温度测量采用玻璃温度计、热电偶或电阻式温度计。温度计的精确度应为:100℃以内时为 $\pm 0.5^\circ\text{C}$,100℃以上时为 $\pm 2.0^\circ\text{C}$ 。

9.3 压力测量

9.3.1 大气压

大气压采用盒式气压计测定,气压计的精度应在130Pa之内。

9.3.2 气体压力

气体压力测量采用U型管压力计、单管压力计和精度不低于0.5级的单圈弹簧管压力表。

9.3.3 清水压力

清水压力测量采用精度等级不低于0.5级的单圈弹簧管压力表。

9.3.4 渣水混合物压力

渣水混合物压力测量采用精度等级不低于1.0级的单圈弹簧管压力表,使用时要注意取压管不要被堵塞,也可采用带隔膜的压力变送器测量。

9.4 流量测量

9.4.1 流量通常采用孔板、喷嘴、文丘里管测定。孔板、喷嘴、文丘里管的选型、安装和使用方法按GB/T 2624的规定执行。

9.4.2 气体管道直径大于200mm时,可采用速度场法测定气体流量,测量仪器有微型皮托管、靠背管、笛型管等。靠背管、笛型管对测量截面前、后段的推荐值见表3。

表3 靠背管、笛型管对测量截面前、后直管段的推荐值

名 称	靠背式测定管	笛型测定管
测量截面前直管段长度 L_1	$(8 \sim 10) D$	$\geq 6D$
测量截面后直管段长度 L_2	$(1 \sim 3) D$	$\geq 3D$

注: D 为当量直径

9.4.3 清水流量也可采用超声波流量计测定。

9.5 电功率测量

9.5.1 测量仪表

功率测量采用功率表、电流表、电压表、功率因数表及电流、电压互感器,所有测量仪表的精度不得低于1.0级,测量允许偏差为 $\pm 2.0\%$ 。

9.5.2 电动机功率

电动机功率有两种表示方法,即功率表法和电流、电压表法。

9.5.2.1 功率表法。采用两只单相功率表测量,接线见图1。

电动机输入功率采用式(1)计算:

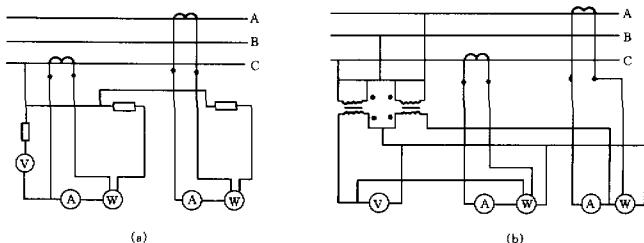


图1 功率表法测量功率接线图

W—功率表；V—电压表；A—电流表

(a) 电压 500V 以下；(b) 电压 500V 以上

$$P = K_{dl} K_{dy} C_{gl} (P_1 \pm P_2) \times 10^{-3} \quad (1)$$

式中：P——电动机输入功率，kW；

K_{dl} ——电流互感系数；

K_{dy} ——电压互感系数；

C_{gl} ——功率表系数；

P_1, P_2 ——两只功率表的读数，W。

9.5.2.2 电流、电压表法。利用电流、电压、功率因数表的测量值，可按式 (2) 计算电动机输入功率：

$$P = \sqrt{3} I U \cos \varphi \times 10^{-3} \quad (2)$$

式中：I——电动机线电流，A；

U——电动机线电压，V；

$\cos \varphi$ ——功率因数。

对于三相电动机，线电流、线电压为三相的算术平均值。

9.5.3 其他耗电设备

其他耗电设备的功率采用电流、电压表法测量。

对于三相耗电设备，按式 (2) 计算。对于单相耗电设备，按式 (3) 计算：

$$P = I U \cos \varphi \times 10^{-3} \quad (3)$$

式中：I——耗电设备电流，A；

U——耗电设备电压，V。

对于一些耗电小、不常用的设备，可直接读取铭牌上的额定功率作为实际运行功率。

9.6 灰位测量

9.6.1 灰库中料位的高度可采用原先装在灰库顶上的电容式料位计、超声波料位计或重锤式料位计测得，也可采用自制的重锤式料位计。采用自制重锤式料位计时，应注意使重锤的测量截面能浮在灰位表面上。

9.6.2 灰位测量应在灰库气化风机停运 5min 后进行。

9.6.3 灰位测量值应取三次测量值的平均值，三次测量值的变化不得超过 3%。

9.7 转速测量

9.7.1 泵、风机等的转速采用手持机械转速表、转速计数器或频闪测速仪测量。

9.7.2 转速测量值应取三次测量值的平均值，三次测量值的变化不得超过1%。

9.8 重量测量

采用重量法测试除灰系统出力时，飞灰、炉底渣、石子煤的重量采用地磅秤测定。

10 试验方法

10.1 除灰系统出力试验

10.1.1 飞灰系统输送出力

10.1.1.1 容积法。通过测量灰库的灰位变化，求得一个飞灰输送周期内灰库中增加的灰量，则飞灰输送出力可按式(4)计算：

$$B_{fh} = \frac{(h_{hk2} - h_{hk1}) S_{hk} \rho_{fh}}{t_{fh}} \quad (4)$$

式中： B_{fh} ——飞灰系统输送出力，t/h；

h_{hk2} ——输送结束后，灰库中的灰位，按本标准 9.6 测得，m；

h_{hk1} ——输送之前，灰库中的灰位，按本标准 9.6 测得，m；

S_{hk} ——灰库截面积，m²；

ρ_{fh} ——灰库中灰的堆积密度，t/m³；

t_{fh} ——一个飞灰输送周期内，飞灰实际输送时间，h。

10.1.1.2 重量法。测试之前，将灰库中的灰放尽。一个周期的飞灰输送结束后，用卡车将灰库中的灰运完，同时称量每辆卡车实际装灰重量，则飞灰输送出力可按式(5)计算：

$$B_{fh} = \frac{\sum_{i=1}^n g_{fh,i}}{t_{fh}} \quad (5)$$

式中： $g_{fh,i}$ ——某辆卡车实际装灰重量，t。

10.1.1.3 灰、渣平衡法。除尘器排灰量可按式(6)计算：

$$G_{ch} = \frac{G_{gm} A_{ar} \eta_c \varphi_{ch}}{1 - \frac{C_{fh}}{100}} \times 10^{-6} \quad (6)$$

式中： G_{ch} ——除尘器排灰量，t/h；

G_{gm} ——试验期间的锅炉给煤量，t/h；

A_{ar} ——燃煤收到基灰分，%；

η_c ——除尘器效率，%；

φ_{ch} ——除尘器排灰在总的灰渣量中所占的百分比，%；

C_{fh} ——飞灰中可燃物含量，%。

省煤器排灰量可按式(7)计算：

$$G_{sh} = \frac{G_{gm} A_{ar} \varphi_{sh}}{1 - \frac{C_{fh}}{100}} \times 10^{-4} \quad (7)$$

式中: G_{sh} ——省煤器排灰量, t/h;

φ_{sh} ——省煤器排灰在总的灰渣量中所占的百分比, %。

空气预热器排灰量可按式 (8) 计算:

$$G_{kh} = \frac{G_{gm} A_{ar} \varphi_{kh}}{1 - \frac{C_{fh}}{100}} \times 10^{-4} \quad (8)$$

式中: G_{kh} ——空气预热器排灰量, t/h;

φ_{kh} ——空气预热器排灰在总的灰渣量中所占的百分比, %。

飞灰系统输送出力可按式 (9) 计算:

$$B_{fh} = \frac{(G_{ch} + G_{sh} + G_{kh}) T_{fh}}{t_{fh}} \quad (9)$$

式中: T_{fh} ——飞灰输送周期, h。

如果省煤器排灰或空气预热器排灰不包括在飞灰输送系统中, 则式 (9) 中不包括 G_{sh} 和 G_{kh} 。

利用灰渣平衡法计算飞灰量时, 各个试验工况下的锅炉给煤量 (G_{gm})、燃煤收到基灰分 (A_{ar})、飞灰可燃物含量 (C_{fh}) 按本标准 10.6 条规定的方法测算。除尘器、省煤器、空气预热器排灰量在灰渣总量中所占比例, 应采用锅炉制造厂提供的数据, 如无厂家的数据, 则参照附录 B (提示的附录) 中的表 B1 选取。除尘器效率应采用除尘器性能试验的结果或厂家提供的数据, 如无上述数据, 则参照附录 B (提示的附录) 中的表 B2 选取。

10.1.1.4 方法的选择。一般情况下, 飞灰系统输送出力试验应以重量法和容积法为主, 灰渣平衡法作为辅助、验证手段。

10.1.2 炉底渣系统输送出力

10.1.2.1 重量法。具有脱水仓的除渣系统, 可采用重量法测得一个炉底渣输送周期内锅炉排出的渣量, 方法如下:

测试之前, 排空一个脱水仓, 测试期间将炉底渣排入该脱水仓。一个输送周期的炉底渣输送结束, 待脱水仓脱水后, 用卡车将脱水仓的渣全部运走, 同时称量每辆车的实际装渣量, 并取样测试渣的含水率, 则炉底渣输送出力可用式 (10) 计算:

$$B_{dz} = \frac{(1 - \eta_{dss}) \sum_{i=1}^n g_{dz,i}}{t_{dz}} \quad (10)$$

式中: B_{dz} ——炉底渣系统输送出力, t/h;

$g_{dz,i}$ ——某辆卡车实际装渣重量, t;

η_{dss} ——经脱水后的炉底渣含水率, %;

t_{dz} ——一个输送周期内, 炉底渣实际输送时间, h。

如果炉底渣和石子煤混排, 则按式 (11) 计算:

$$B_{dz} = \frac{[(1 - \eta_{dss}) \sum_{i=1}^n g_{dz,i}] - \sum_{i=1}^n g_{sz,i}}{t_{dz}} \quad (11)$$

式中: t_{dz} ——炉底渣输送周期, h;

$g_{sz,i}$ ——一个石子煤输送周期内某个石子煤斗的石子煤量, t。

石子煤量按 10.1.3.1 测得。

10.1.2.2 灰、渣平衡法。每台锅炉的炉底渣量可按式 (12) 计算：

$$G_{dz} = \frac{G_{gm} A_{ar} \varphi_{dz}}{1 - \frac{C_{dz}}{100}} \times 10^{-4} \quad (12)$$

式中：\$G_{dz}\$——锅炉炉底渣量，t/h；

\$G_{gm}\$——试验期间的锅炉给煤量，t/h；

\$A_{ar}\$——燃煤收到基灰分，%；

\$\varphi_{dz}\$——锅炉排出的炉底渣在总的灰渣量中所占的百分比，%；

\$C_{dz}\$——炉底渣中可燃物含量，%。

炉底渣输送出力可按式 (13) 计算：

$$B_{dz} = \frac{G_{dz} T_{dz}}{t_{dz}} \quad (13)$$

利用灰渣平衡法计算炉底渣量时，各个试验工况下的锅炉给煤量 (\$G_{gm}\$)、燃煤收到基灰分 (\$A_{ar}\$)、炉底渣可燃物含量 (\$C_{dz}\$) 按本标准 10.6 条规定的方法测得。锅炉排出的炉底渣在灰渣总量中占的比例 (\$\varphi_{dz}\$)，应采用锅炉制造厂提供的数据，如无厂家的数据，则参照附录 B (提示的附录) 中的表 B1 选取。

10.1.2.3 方法的选择。一般情况下，炉底渣系统输送出力试验应以重量法为主，灰渣平衡法作为辅助、验证手段。但如果能够比较精确地测得飞灰量，如采用重量法或容积法，则炉底渣量可用式 (14) 计算：

$$G_{dz} = \frac{\frac{A_{ar}}{100} G_{gm} - G_{fh} (1 - \frac{C_{fh}}{100})}{1 - \frac{C_{dz}}{100}} \quad (14)$$

10.1.3 石子煤系统输送出力

称量一个石子煤输送周期内每个石子煤斗的石子煤量，则每个斗石子煤输送出力可按式 (15) 计算：

$$b_{sz,i} = \frac{G_{sz,i}}{t_{sz,i}} \quad (15)$$

式中：\$b_{sz,i}\$——某个石子煤斗输送出力，t/h；

\$G_{sz,i}\$——一个石子煤输送周期内某个石子煤斗的石子煤量，t；

\$t_{sz,i}\$——一个石子煤输送周期内，某个石子煤斗实际输送时间，h。

石子煤平均输送出力按式 (16) 计算：

$$B_{sz} = \frac{\sum_{i=1}^n G_{sz,i}}{t_{sz}} \quad (16)$$

式中：\$B_{sz}\$——石子煤平均输送出力，t/h；

\$t_{sz}\$——一个石子煤输送周期内，石子煤实际输送时间，h。

如果石子煤采用管道输送至刮板机，然后装车运走的输送方式，则石子煤输送出力可按式 (17) 计算：

$$B_{sz} = \frac{G_{sz}}{t_{sz}} \quad (17)$$

式中：\$G_{sz}\$——一个石子煤输送周期内，从石子煤刮板机中捞出的石子煤量，t。

10.1.4 气力输灰灰气比

正压气力除灰系统飞灰输送时的灰气比可按式 (18) 计算：

$$\mu_{fh} = 0.28 \frac{B_{fh}}{q'_{kz}(1 - \frac{\varphi_L}{100})} \quad (18)$$

式中：\$\mu_{fh}\$——气力输灰时的灰气比，kg/kg；

\$B_{fh}\$——飞灰系统输送出力，由本标准 10.1.1 条计算所得，t/h；

\$q'_{kz}\$——系统入口处（输送风机或空压机出口）空气重量流量，按本标准 9.4 条和 10.5.3.2 条或 10.5.5.2 条测得，kg/s；

\$\varphi_L\$——气力输灰系统漏风率，由式 (26) 计算所得。

负压气力除灰系统飞灰输送时的灰气比可按式 (19) 计算：

$$\mu_{fh} = 0.28 \frac{B_{fh}}{q'_{kz}(1 + \frac{\varphi_L}{100})} \quad (19)$$

式中：\$q'_{kz}\$——系统入口处吸入的空气重量流量，按本标准 9.4 条测得，kg/s；

\$\varphi_L\$——气力输灰系统漏风率，由式 (27) 计算所得。

10.2 水平衡试验

10.2.1 水的流量测定元件（孔板、喷嘴或文丘里管）的设计、制造、标定、安装和使用应遵循 GB/T 2624 中的规定，测量装置中差压传送管路的布设按 GB/T 10184—1998 附录 I 中的有关规定。如果采用超声波流量计，则应按制造厂家的有关规定。

10.2.2 流量测点布置在高、低压水泵出口及各高、低压用水总管的水平直管段上。测量仪器和测量方法按本标准 9.4 条执行。

10.2.3 各分系统运行时，在相关的测点上同时测量用水量，每个输送周期测试三次，每次不少于 5min。

10.2.4 对于用高压水作为冲灰、冲渣、冲洗用水，低压水作为补充、搅拌、水封用水的系统而言，炉底渣系统、石子煤系统、冲灰系统运行时其用水量应达成如下平衡：

a) 炉底渣系统运行时：

$$Q_{zgs} = Q_{zss} + Q_{zss} + Q_{zsq} \quad (20)$$

式中：\$Q_{zgs}\$、\$Q_{zss}\$、\$Q_{zss}\$、\$Q_{zsq}\$——分别为炉底渣输送时，高压水泵出口流量、冲渣用水量、冲洗水总量、其他高压用水总量，m³/h。

$$Q_{zls} = Q_{zbs} + Q_{zjs} + Q_{zls} + Q_{zlsq} \quad (21)$$

式中：\$Q_{zbs}\$、\$Q_{zbs}\$、\$Q_{zjs}\$、\$Q_{zls}\$、\$Q_{zlsq}\$——分别为炉底渣输送时，低压泵出口流量、补充水总量、搅拌用水总量、水封用水总量、其他低压用水总量，m³/h。

b) 石子煤系统运行时：

$$Q_{sgs} = Q_{sgs} + Q_{sgs} + Q_{sgq} \quad (22)$$

式中：\$Q_{sgs}\$、\$Q_{sgs}\$、\$Q_{sgs}\$、\$Q_{sgq}\$——分别为石子煤输送时，高压水泵出口流量、石子煤输送

用水总量、冲洗用水总量、其他高压用水总量, m^3/h 。

$$Q_{\text{sds}} = Q_{\text{sbs}} + Q_{\text{sjs}} + Q_{\text{sfs}} + Q_{\text{sdq}} \quad (23)$$

式中: Q_{sds} 、 Q_{sbs} 、 Q_{sjs} 、 Q_{sfs} 、 Q_{sdq} ——分别为石子煤输送时, 低压泵出口流量、补充用水总量、搅拌用水总量、水封用水总量、其他低压用水总量, m^3/h 。

c) 冲灰系统运行时:

$$Q_{\text{hgs}} = Q_{\text{hbs}} + Q_{\text{hss}} + Q_{\text{hgs}} \quad (24)$$

式中: Q_{hgs} 、 Q_{hbs} 、 Q_{hss} 、 Q_{hgs} ——分别为冲灰系统运行时, 高压水泵出口流量、冲灰用耗水量、冲洗用水总量、其他高压用水总量, m^3/h 。

$$Q_{\text{hds}} = Q_{\text{hbs}} + Q_{\text{hjs}} + Q_{\text{hfs}} + Q_{\text{hdq}} \quad (25)$$

式中: Q_{hds} 、 Q_{hbs} 、 Q_{hjs} 、 Q_{hfs} 、 Q_{hdq} ——分别为冲灰系统运行时, 低压泵出口流量、补充用水总量、搅拌用水总量、水封用水总量、其他低压用水总量, m^3/h 。

10.2.5 如果水泵出口水量与对应的各用水量相加的值相差 5% 以上, 则应检查系统中是否存在泄漏。

10.2.6 根据所测得的各部分的用水量, 判断系统实际的水量分配是否与原设计一致, 同时根据系统运行情况, 分析原设计是否合理。

10.3 气力输灰系统漏风率试验

10.3.1 气力输灰系统漏风率试验在系统空载, 即纯空气状况下进行。

10.3.2 气力输灰系统漏风率定义为:

正压气力除灰系统漏风率: 系统中漏出的空气量与进入系统的空气量之比。

负压气力除灰系统漏风率: 系统中漏入的空气量与进入系统的空气量之比。

正压气力除灰系统漏风率按式 (26) 计算:

$$\varphi_{\text{L}} = \frac{\Delta q_{\text{kz}}}{q'_{\text{kz}}} \times 100 = \frac{q'_{\text{kz}} - q''_{\text{kz}}}{q'_{\text{kz}}} \times 100 \quad (26)$$

式中: φ_{L} ——气力输灰系统漏风率, %;

Δq_{kz} ——系统中漏出的空气量, kg/s ;

q'_{kz} ——系统入口处 (输送风机或空压机出口) 空气量, 按本标准 9.4 条和 10.5.3.2 条或 10.5.5.2 条测得, kg/s ;

q''_{kz} ——进入灰库之前的风量, 按本标准 9.4 条测得, kg/s 。

负压气力除灰系统漏风率按式 (27) 计算:

$$\varphi_{\text{L}} = \frac{\Delta q_{\text{kz}}}{q'_{\text{kz}}} \times 100 = \frac{q''_{\text{kz}} - q'_{\text{kz}}}{q'_{\text{kz}}} \times 100 \quad (27)$$

式中: φ_{L} ——气力输灰系统漏风率, %;

Δq_{kz} ——系统中漏入的空气量, kg/s ;

q'_{kz} ——系统始端吸入空气量, 按本标准 9.4 条测得, kg/s ;

q''_{kz} ——负压风机 (真空泵) 入口风量, 按本标准 9.4 条和 10.5.3.2 条或 10.5.4.2 条测得, kg/s 。

10.4 单位电耗试验

10.4.1 除灰系统中各电动设备（不包括电动阀门）的功率测量按本标准 9.5 条执行。

10.4.2 在飞灰输送系统、炉底渣输送系统、石子煤输送系统及其他分系统运行期间，每隔 2min 记录一次各分系统中运行的电动设备的电功率。

10.4.3 各设备的平均电功率采用加权平均法计算求得。

10.4.4 各系统的单位电耗分别按式 (28)、式 (29)、式 (30) 式计算。

a) 炉底渣输送单位电耗：

$$N_{dz} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{dz,i}}{B_{dz}} \quad (28)$$

式中：\$N_{dz}\$——炉底渣输送单位电耗，kWh/t；

\$P_{dz,i}\$——炉底渣输送时，某一运行的电动设备平均电功率，按本标准 9.5 条测得，kW；

\$B_{dz}\$——炉底渣系统输送出力，按本标准 10.1.2 条求得，t/h。

b) 飞灰输送单位电耗：

$$N_{fh} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{fh,i}}{B_{fh}} \quad (29)$$

式中：\$N_{fh}\$——飞灰输送单位电耗，kWh/t；

\$P_{fh,i}\$——飞灰输送时，某一运行的电动设备平均电功率，按本标准 9.5 条测得，kW；

\$B_{fh}\$——飞灰系统输送出力，按本标准 10.1.1 条求得，t/h。

c) 石子煤输送单位电耗：

$$N_{sz} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{sz,i}}{B_{sz}} \quad (30)$$

式中：\$N_{sz}\$——石子煤输送单位电耗，kWh/t；

\$P_{sz,i}\$——石子煤输送时，某一运行的电动设备平均电功率，按本标准 9.5 条测得，kW；

\$B_{sz}\$——石子煤系统输送出力，按本标准 10.1.3 条求得，t/h。

10.4.5 长期运行的电动设备，如低压水泵、气化风机、空气压缩机等，应将测试所得的平均电功率换算为各分系统运行时的实际电功率：

$$P_{sj} = P_{pj} \frac{t_{sj}}{t_{xt}} \quad (31)$$

式中：\$P_{sj}\$——各分系统运行时设备的实际电功率，kW；

\$P_{pj}\$——设备对应的分系统运行时，该设备的平均电功率，按本标准 9.5 条测得，kW；

\$t_{sj}\$——一个输送周期内，设备实际运行的时间，h；

\$t_{xt}\$——设备对应的分系统在每个输送周期内的运行时间，h。

10.5 系统中主要设备性能试验

10.5.1 一般规定

除灰系统中的主要设备，如输送风机、负压风机（真空泵）、高压水泵、灰（渣）浆泵

等，应在现场进行有关参数的测试。

10.5.2 水泵

10.5.2.1 一般说明

除灰系统中的水泵以离心式水泵为主，本规程中规定的试验方法仅对离心式水泵而言。

10.5.2.2 流量测量

a) 流量测量通常采用标准孔板、标准喷嘴或标准文丘里喷嘴，其选型、安装和使用方法按 GB/T 2624 执行。

b) 对于安装孔板、喷嘴或文丘里管比较困难的系统，可采用非接触式流量计，如超声波流量计。

c) 流量测量方法按 GB/T 3214 执行。

10.5.2.3 扬程测量

扬程测量按 GB/T 3216 规定进行。

10.5.2.4 转速测量

转速测量按本标准 9.7 条的规定执行。

10.5.2.5 轴功率和效率测算

a) 电动机输入、输出功率和电机效率按 GB/T 1032 规定的方法进行测量和确定。

b) 泵轴功率和效率计算按 GB/T 3216 规定执行。

10.5.3 风机

10.5.3.1 一般说明

除灰系统中所用的输送风机或负压风机，一般为罗茨风机，本规程中规定的试验方法仅对罗茨风机而言。

10.5.3.2 流量测量

a) 流量测量采用速度场法，采用的仪器有皮托管、靠背管和笛形管。

b) 流量的测量和计算方法按 GB/T 3853 的规定进行。

10.5.3.3 静压测量

a) 静压测量采用的仪器有皮托管和笛形管。

b) 静压的测量和计算方法按 GB/T 3853 的规定进行。

10.5.3.4 转速测量

转速测量按本标准 9.7 条的规定执行。

10.5.3.5 轴功率和效率测量

a) 电动机输入、输出功率和电机效率按 GB/T 1032 规定的方法进行测量和确定。

b) 风机轴功率和效率计算按 GB/T 3853 的规定执行。

10.5.4 水环真空泵

10.5.4.1 一般说明

负压气力除灰系统的真空源若采用水环真空泵提供，应在现场对水环真空泵进行有关参数的测量。

10.5.4.2 参数测量

a) 对水环真空泵进行测试的项目有：流量的测量、吸入压力（真空度）的测量、转速测量、轴功率的测量和效率计算、供水量测量。

b) 水环真空泵有关参数的测量方法按 GB/T 13929 的规定进行。

10.5.5 空气压缩机

10.5.5.1 一般说明

正压密相气力除灰系统一般采用空气压缩机提供输送动力，本标准中规定的试验方法仅对容积式空气压缩机而言。

10.5.5.2 参数测量

a) 对空气压缩机进行测试的项目有：排气压力测量、排气量测量、转速测量、轴功率测量和效率计算。

b) 空气压缩机有关参数的测量方法按 GB/T 3853 的规定进行。

10.6 煤、灰理化性能试验

10.6.1 燃煤理化性能试验

10.6.1.1 每个试验工况至少进行两次燃煤采样和两次入炉燃煤量测定，即试验开始后和试验结束前各一次，必要时还要增加采样和测定次数。

10.6.1.2 燃煤采样和样品制备按 DL/T 567.2 和 DL/T 567.4 中的规定执行。

10.6.1.3 燃煤灰分含量按 GB/T 212 中的规定测定。

10.6.2 灰、渣理化性能试验

10.6.2.1 飞灰采样

a) 飞灰采样应在两个部位进行，一是锅炉尾部烟道的垂直烟道气流稳定处，要求采样截面前、后有适当直段，二是灰库内部。

b) 烟道中的飞灰采用网格法进行多点等速采样，灰库中的灰在不同高度的各个截面上多点采取。

c) 对烟道中的飞灰，每个试验工况不少于两次采样；对灰库中的灰，每个试验工况至少在三个不同的高度采样。

d) 烟道中飞灰的采样一般采用飞灰等速取样装置，也可用经标定的旋风子式飞灰采样器，灰库中的灰采用悬吊式容器采取。

e) 飞灰试样的制备按 DL/T 567.4 的规定进行。

10.6.2.2 炉底渣采样

a) 炉底渣的采样可从输渣管出口处接取，也可从脱水仓、渣池中掏取。

b) 炉底渣的采样每个试验工况应不少于三次。

c) 炉底渣每次采样量应不少于 2kg。

d) 炉底渣试样的制备按 DL/T 567.4 的规定进行。

10.6.2.3 灰渣分析

a) 灰灰、炉底渣含湿量测定按 DL/T 567.1 的规定进行。

b) 灰灰、炉底渣可燃物含量按 DL/T 567.5 中的规定测定。

11 误差分析

11.1 误差分类

11.1.1 系统误差：由于仪表缺陷、使用不当或测量时外界条件变化等原因引起的测量误差。

11.1.2 过失误差：由于测量过程中，操作人员不遵守操作规程，进行误操作和读数不正确引起的误差。

11.1.3 随机误差：由于测量过程中某些随机出现的偶然因素引起的误差。

11.2 误差消除

11.2.1 在试验中，严格遵循各项测试方法的有关规定，并通过多次测量掌握误差规律而尽量减少和消除系统误差。

11.2.2 通过测试前人员培训、测试中严格遵循操作规程来尽量减少和消除疏失误差。

11.2.3 通过增加试验次数来减小随机误差。按 GB/T 4882 进行符合正态分布的判别及计算误差。

12 试验报告

试验结束时，应提交试验报告。试验报告建议采取如下格式：

- 概述。包括系统简介、试验任务和目的。
- 试验方法。包括测试项目、测点布置、测试方法、所用仪器等。
- 试验数据整理。试验结果汇总表见附录 A（标准的附录）。
- 试验结果分析和评价。
- 结论和建议。应简明地对除灰系统的运行状况作出结论，评价其各项指标，指出是否与原设计相符，如有必要，提出修改意见。
- 附件。包括测量技术及仪表的补充说明、误差分析等。

附录 A

（标准的附录）

试验数据综合表

A1 试验数据综合表见表 A1。

表 A1 试验数据综合表

试验工况		符号	单位	设计值	试验数据		
试验日期、时间					1	2	3
序号	名称						
锅炉参数							
	锅炉蒸发量	D	t/h				
	主蒸汽温度	t_{m}	℃				
	主蒸汽压力	p_{m}	MPa				
	锅炉给煤量	G_{gm}	t/h				
煤、灰性能参数测试							
	燃煤收到基灰分	A_{ar}	%				
	炉底渣可燃物含量	C_{dr}	%				
	飞灰可燃物含量	C_{fh}	%				
除灰系统出力试验							
	灰库原始灰位	h_{sk1}	m				
	飞灰输送结束后，灰库灰位	h_{sk2}	m				

续表

试验工况		符号	单位	设计值	试验数据		
试验日期、时间					1	2	3
序号	名 称						
	灰库中灰的堆积密度	ρ_{fh}	t/m ³				
	飞灰实际输送时间	t_{fz}	h				
	除尘器效率	η_c	%				
	除尘器排灰在总的灰渣量中所占的百分比	φ_{ch}	%				
	每小时除尘器排灰量	G_{ch}	t/h				
	省煤器排灰在总的灰渣量中所占的百分比	φ_{sh}	%				
	每小时省煤器排灰量	G_{sh}	t/h				
	空预器排灰在总的灰渣量中所占的百分比	φ_{ah}	%				
	每小时空预器排灰量	G_{ah}	t/h				
	飞灰输送周期	T_{fh}	h				
	飞灰系统输送出力（重量法）	B_{fh}	t/h				
	飞灰系统输送出力（容积法）	B_{fh}	t/h				
	飞灰系统输送出力（灰渣平衡法）	B_{fh}	t/h				
	炉底渣实际输送时间	t_{dz}	h				
	脱水仓中的炉底渣重量	G_{dz}	t				
	经脱水后的炉底渣含水率	η_{ds}	%				
	炉底渣在总的灰渣量中所占的百分比	φ_{dz}	%				
	每小时炉底渣量	G_{dz}	t/h				
	炉底渣输送周期	T_{dz}	h				
	炉底渣系统输送出力（重量法）	B_{dz}	t/h				
	炉底渣系统输送出力（灰渣平衡法）	B_{dz}	t/h				
	石子煤实际输送时间	t_{sz}	h				
	石子煤总重量	G_{sz}	t				
	石子煤系统输送出力	B_{sz}	t/h				
	气力输灰灰气比	μ_{fh}	kg/kg				
除灰系统水平衡试验							
	炉底渣系统运行时，高压水泵出口流量	Q_{gpr}	m ³ /h				
	炉底渣系统运行时，低压水泵出口流量	Q_{als}	m ³ /h				
	炉底渣系统运行时，冲渣用水量	Q_{zs}	m ³ /h				
	炉底渣系统运行时，冲洗用水量	Q_{rs}	m ³ /h				
	炉底渣系统运行时，搅拌用水量	Q_{js}	m ³ /h				
	炉底渣系统运行时，水封用水量	Q_{sf}	m ³ /h				
	炉底渣系统运行时，补充用水量	Q_{bs}	m ³ /h				
	炉底渣系统运行时，其他高压用水量	Q_{qpl}	m ³ /h				
	炉底渣系统运行时，其他低压用水量	Q_{qpl}	m ³ /h				

续表

试验工况		符号	单位	设计值	试验数据		
试验日期、时间					1	2	3
序号	名 称						
	冲灰系统运行时, 高压水泵出口流量	Q_{hpc}	m^3/h				
	冲灰系统运行时, 低压水泵出口流量	Q_{hpb}	m^3/h				
	冲灰系统运行时, 冲灰用水量	Q_{shs}	m^3/h				
	冲灰系统运行时, 冲洗用水量	Q_{hsx}	m^3/h				
	冲灰系统运行时, 搅拌用水量	Q_{hps}	m^3/h				
	冲灰系统运行时, 水封用水量	Q_{hfb}	m^3/h				
	冲灰系统运行时, 补充用水量	Q_{hsb}	m^3/h				
	冲灰系统运行时, 其他高压用水量	Q_{hpc}	m^3/h				
	石子煤系统运行时, 补充用水量	Q_{shs}	m^3/h				
	石子煤系统运行时, 其他高压用水量	Q_{shs}	m^3/h				
	石子煤系统运行时, 其他低压用水量	Q_{shs}	m^3/h				
气力输灰系统漏风率试验							
	气力输灰系统入口空气量	q'_{ks}	kg/s				
	气力输灰系统出口空气量	q''_{ks}	kg/s				
	气力输灰系统漏风率	φ_L	%				
除灰系统单位电耗试验							
	炉底渣系统运行时, 电动设备消耗电功率	P_{α}	kW				
	飞灰系统运行时, 电动设备消耗电功率	P_{β}	kW				
	石子煤系统运行时, 电动设备消耗电功率	P_{γ}	kW				
	炉底渣输送单位电耗	N_{ds}	kWh/t				
	飞灰输送单位电耗	N_{fs}	kWh/t				
	石子煤输送单位电耗	N_{ms}	kWh/t				
除灰系统主要设备性能试验							

附 录 B

(提示的附录)

不同类型锅炉的灰、渣分配表及各式除尘器的效率

B1 不同类型锅炉的灰、渣分配见表 B1

表 B1 不同类型锅炉的灰、渣分配表

%

锅炉类型	固态排渣炉	液态排渣炉	旋 风 炉	
			立 式	卧 式
炉底渣	10~20	40	55~60	70~85
飞灰	90~80	60	45~40	30~15
省煤器灰	~5	3~4		
空预器灰	~3	~2		

B2 各式除尘器的效率见表 B2。

表 B2 各式除尘器的效率

%

除尘器型式	多管式	高效旋风式	布袋式	电除尘器
效率	75	85	99	98~99.5