

ICS 23.100

J 71

备案号: 15179-2005

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 909 — 2004

正压气力除灰系统性能验收试验规程

Code of performance test for positive pneumatic ash conveying systems

2004-12-14 发布

2005-06-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 试验组织和试验大纲	1
4 试验条件及要求	1
5 试验项目	2
6 测量仪表和测点布置	2
7 试验方法和计算	3
8 试验报告	7
附录 A (资料性附录) 试验数据综合表	8

前 言

本标准是根据原国家经济贸易委员会《关于下达 2001 年度电力行业标准制、修订计划项目的通知》（电力〔2001〕44 号）要求制定的。

为适应燃煤电厂节水、环保和资源综合利用等的要求，越来越多的火力发电厂开始采用正压气力除灰系统。由于正压气力除灰系统在我国的应用历史较短、型式也比较多样，目前缺乏统一的验收和试验标准。鉴于除灰系统的安全稳定运行对火电机组的安全性有直接影响，为了使电厂用户在对正压气力除灰系统进行性能验收或鉴定时有章可循、有据可依，本标准在广泛调查国内各种类型的正压气力除灰系统的系统组成、设备性能、运行可靠性等的基础上，提出了对我国火电机组正压气力除灰系统的关键性能参数进行验收试验的内容和方法。

本标准的附录 A 是资料性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电站锅炉标准化技术委员会归口并解释。

本标准起草单位：国电电力建设研究所。

本标准主要起草人：李向阳、李新生、陈志高。

正压气力除灰系统性能验收试验规程

1 范围

本标准规定了火力发电厂正压气力除灰系统性能验收试验的原则和方法。

本标准适用于燃煤锅炉所配正压气力除灰系统的性能验收或鉴定试验、运行试验。其他物料的正压气力输送系统可参照执行。

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 2624 流量测量节流装置 用孔板、喷嘴和文丘里管测量充满圆管的流体流量

GB/T 6921 大气飘尘浓度测定方法

GB/T 12349 工业企业厂界噪声测量方法

DL/T 749—2001 除灰系统试验规程

3 试验组织和试验大纲

3.1 试验组织

新建或改造的正压气力除灰系统，应进行性能验收试验。

正压气力除灰系统性能验收试验由设备使用方委托有资质的试验单位实施。

3.2 试验大纲

试验大纲应包括试验目的、试验依据、试验内容、试验方法、仪表配置、试验组织、试验记录等内容。

4 试验条件及要求

4.1 试验条件

试验应具备下列条件：

- 除灰系统正常投运一个月后的半年内完成性能验收试验。
- 试验期间，燃用煤质符合要求。
- 除尘或集尘设备投入正常运行。
- 除灰系统所有主、辅设备运行正常。
- 各测点均已正确安装。

4.2 试验准备

试验准备包括：

- 按有关规定，对测量用仪器、仪表进行校验和标定。
- 对所有试验人员进行培训和考核。
- 准备好试验记录表。

4.3 试验工况

试验工况按合同规定条件进行，一般在机组额定负荷下进行。

4.4 试验次数

试验次数规定如下:

- a) 每种试验工况应至少进行两次试验, 每次试验至少包括三个输送周期。
- b) 当两次试验的结果误差小于 5%, 则取两次试验结果的算术平均值作为试验的最终结果。如果两次试验结果误差大于 5%, 就应重做试验, 直至两次试验结果误差小于 5%。

4.5 试验记录

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。

对各原始记录, 必须进行整理和编号, 并妥善保管以存档备查, 原始记录不应随意涂改。

4.6 数据处理

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。

5 试验项目

正压气力除灰系统性能试验确定的项目主要包括:

- a) 系统出力: 除灰系统在单位时间内输送的飞灰质量, t/h。
- b) 耗气量: 飞灰输送系统运行时消耗的气体流量, m^3/min (标准状态下)。
- c) 灰气比: 飞灰输送系统被输送飞灰的质量流量与空气质量流量之比, $\text{kg}(\text{灰})/\text{kg}(\text{气})$ 。
- d) 输送阻力: 飞灰输送系统稳定运行时输送器前总进气口处到灰库入口之间的压降, MPa。
- e) 输送速度: 飞灰输送系统管道内的气流的初速度、末速度和平均速度, m/s 。
- f) 单位电耗: 飞灰输送系统输送单位质量飞灰所消耗的能量或将单位质量的飞灰输送单位长度所消耗的能量, $\text{kW} \cdot \text{h/t}$ 或 $\text{kW} \cdot \text{h}/(\text{t} \cdot \text{km})$ 。
- g) 粉尘排放浓度: 气力除灰系统运行时排气除尘装置的粉尘排放浓度, mg/m^3 。
- h) 噪声: 整套飞灰系统运行时的噪声级或噪声强度, dB。

6 测量仪表和测点布置

6.1 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应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。

6.2 温度测量

温度测量采用玻璃温度计、热电偶或电阻式温度计等。温度计的精度应为 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。

6.3 压力测量

6.3.1 大气压力

大气压力采用盒式气压计测定, 气压计的精度应不低于 2 级。

6.3.2 气体压力

根据气体压力可采用 U 型管压力计、单管压力计、单圈弹簧管压力表、电子压力计等进行测量, 精度不低于 0.5 级。

6.3.3 灰气混合物压力

灰气混合物压力采用带隔膜的压力变送器或压力表测量, 精度应不低于 0.5 级。

6.4 流量测量

气体流量测量采用孔板、喷嘴或文丘里管测定, 流量测量仪表应能同时测量瞬时流量和累积流量。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。

6.5 功率测量

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 0.5 级。

对于电动机功率的测量，按照 DL/T 749 的有关方法执行。

对于一些耗电量小、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。

6.6 灰位测量

仓泵或灰库中料位的测量可采用原有设置的料位计测得，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。

灰位测量应在灰库气化风机停运 5min 后进行。

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 1%。

6.7 重量测量

重量采用磅秤测定。

6.8 测点布置

温度、压力测点主要布置在输送机（仓泵）的出口灰管和灰库库顶入口灰管的直管段上。

流量的测点布置在空气管路（进气阀之前）上。

粉尘排放浓度的测点布置在排气除尘装置的出口。

噪声测点布置在气源设备区、输送机（仓泵）区、控制室周围。

7 试验方法和计算

7.1 系统出力

7.1.1 方法选择

测试飞灰输送系统出力的方法有容积法、重量法、仓泵法、灰渣平衡法等。一般情况下，飞灰系统输送出力试验应以容积法和重量法为主，在容积法和重量法不便于实现时，可采用仓泵法来测量。灰渣平衡法作为输送出力的辅助验证手段。

7.1.2 容积法

通过测量灰库的灰位变化，求得每次试验时间内灰库中增加的灰量，则飞灰输送系统出力为

$$B_n = \frac{(V_{hk2} - V_{hk1})\rho_n}{t_n} \quad (1)$$

式中：

B_n ——飞灰输送系统出力，t/h；

V_{hk1} ——每次试验前灰库中灰的容积，m³；

V_{hk2} ——每次试验后灰库中灰的容积，m³；

ρ_n ——灰的堆积密度，t/m³；

t_n ——每次试验的时间，h。

7.1.3 重量法

测试之前，将灰库中的灰放尽，当一次试验时间内的飞灰输送结束后，用车或其他工具将灰库中的灰运完，同时称量每辆车或所用工具实际装灰质量，则飞灰输送系统出力为

$$B_n = \frac{\sum_{i=1}^n g_{n,i}}{t_n} \quad (2)$$

式中：

$g_{n,i}$ ——某辆车或所用工具实际装灰质量，t。

7.1.4 仓泵法

根据飞灰输送单元仓泵的总容积和一次试验周期的时间，则飞灰输送出力为

$$B_{\text{th}} = \frac{\sum_{i=1}^N V_i \varphi_i \rho_{\text{th}}}{t_{\text{th}}} \quad (3)$$

式中:

V_i ——输送单元中仓泵的几何容积, m^3 ;

N ——输送单元中仓泵的个数;

φ_i ——仓泵的充满系数, %。

7.1.5 灰、渣平衡法

除尘器排灰量为

$$G_{\text{ch}} = \frac{G_{\text{gm}} A_{\text{ar}} \eta_c \varphi_{\text{ch}}}{1 - \frac{C_{\text{th}}}{100}} \times 10^{-6} \quad (4)$$

式中:

G_{ch} ——除尘器排灰量, t/h ;

G_{gm} ——试验期间的锅炉燃煤量, t/h ;

A_{ar} ——燃煤收到基灰分, %;

η_c ——锅炉除尘器效率, %;

φ_{ch} ——锅炉除尘器入口飞灰在总的灰渣量中所占的百分比, %;

C_{th} ——锅炉除尘器飞灰中可燃物含量, %。

省煤器排灰量为

$$G_{\text{sh}} = \frac{G_{\text{gm}} A_{\text{ar}} \varphi_{\text{sh}}}{1 - \frac{C_{\text{th,sh}}}{100}} \times 10^{-4} \quad (5)$$

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, %;

$C_{\text{th,sh}}$ ——省煤器排灰中可燃物含量, %。

空气预热器排灰量为

$$G_{\text{kh}} = \frac{G_{\text{gm}} A_{\text{ar}} \varphi_{\text{kh}}}{1 - \frac{C_{\text{th,kh}}}{100}} \times 10^{-4} \quad (6)$$

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, %;

$C_{\text{th,kh}}$ ——空气预热器排灰中可燃物含量, %。

飞灰输送系统出力为

$$B_{\text{th}} = G_{\text{ch}} + G_{\text{sh}} + G_{\text{kh}} \quad (7)$$

如果省煤器排灰和(或)空气预热器排灰不包括在飞灰输送系统中,则式(7)中不包括 G_{sh} 和(或) G_{kh} 。

利用灰渣平衡法计算灰量时,各个试验工况下的锅炉燃煤量、燃料收到基灰分、各部位飞灰可燃物含量必须进行记录。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,则按照 DL/T 749—2001 附录 B 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,则按照 DL/T 749—2001 附录 B 选取。

7.2 耗气量

7.2.1 方法选择

确定气力除灰系统耗气量的方法有测量法、计算法等。一般情况下,飞灰系统耗气量应以测量法为主,在测量法难于实施时,才采用计算法。

7.2.2 测量法

- 根据安装在进气管路上的气体流量测点数据测定飞灰系统耗气量。
- 如果流量测试仪表测得为瞬时流量,则应在一次试验时间内记录瞬时流量曲线,将瞬时流量曲线进行积分并取平均值,计算得到飞灰系统平均耗气量。
- 如果流量测试仪表为累积流量(或质量流量),则根据一次试验时间内的时间和累积流量,计算得到到飞灰系统的平均耗气量。

7.2.3 计算法

飞灰系统的耗气量为

$$Q = Q_0 \frac{\sum t_e}{t_m} + \frac{1}{273} \frac{(p_1 - 1)V_0}{t_m} \frac{T}{p_2} \quad (8)$$

式中:

Q ——飞灰输送系统耗气量, m^3/min (标准状态下);

Q_0 ——飞灰系统气源设备额定出力或提供气量, m^3/min (标准状态下);

$\sum t_e$ ——气源设备在一次试验时间内的有效运行时间, h;

V_0 ——储气罐容积, m^3 ;

p_1 ——每次试验开始时储气罐压力, MPa;

p_2 ——每次试验结束时储气罐压力, MPa;

T ——输送气流温度, K。

7.3 灰气比

正压气力除灰系统飞灰输送的灰气比为

$$\mu_m = 12.89 \frac{B_m}{Q} \quad (9)$$

式中:

μ_m ——气力除灰系统的灰气比, kg (灰) / kg (气)。

7.4 输送阻力

气力除灰系统的输送阻力为

$$\Delta p = p'_1 - p'_2 \quad (10)$$

式中:

Δp ——气力除灰系统的压力损失, MPa;

p'_1 ——除灰系统稳定运行时布置在输送器(仓泵等)前总进气口处的压力(全压), MPa;

p'_2 ——输灰管路的末端(库顶入口)压力(全压), MPa。

7.5 输送速度

输送系统气流的截面平均初速度为

$$v_1 = \frac{Q p_0 T_1}{15 p_1 T_0 \pi D_1^2} \quad (11)$$

式中:

v_1 ——输送系统气流的截面平均初速度, m/s;

T_0 ——标准状态下的温度, $T_0=273\text{K}$;

p_0 ——标准状态下的压力, $p_0=0.1\text{MPa}$;

T_1 ——输灰管路的始端温度, K;

p_s ——输灰管路始端的测点压力, MPa;

D_1 ——输灰管路的起始管径, m。

输送系统的末速度为

$$v_2 = \frac{Qp_0T_2}{15p_eT_0\pi D_2^2} \quad (12)$$

式中:

v_2 ——输灰管路的末端速度, m/s;

T_2 ——输灰管路的末端温度, K;

p_e ——输灰管路末端的测点压力, MPa;

D_2 ——输灰管路的末端管径, m。

7.6 单位电耗

7.6.1 方法选择

确定单位电耗的方法有测量法和计算法两种。一般情况下, 飞灰输送系统单位电耗试验应以测量法为主, 在系统电动设备电功率测试不便于实现时, 才采用计算法。

7.6.2 测量法

- 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 6.5 执行。
- 在每次试验期间, 应记录正压气力除灰系统中运行的电动设备消耗的电量或电功率曲线。
- 飞灰输送系统的单位电耗为

$$\eta_i = \frac{\sum_{i=1}^n E_{\text{th},i}}{M_{\text{th}}} \quad (13)$$

式中:

η_i ——飞灰输送单位电耗, $\text{kW} \cdot \text{h/t}$;

$E_{\text{th},i}$ ——每次试验时间内, 飞灰系统某一运行的电动设备消耗的电量, $\text{kW} \cdot \text{h}$;

M_{th} ——每次试验时间内, 飞灰系统输送的灰量, t。

在正压气力除灰系统测试时间内运行的电动设备所消耗的电量不便于精确测量时, 可采用下述方法来近似计算:

$$\eta_i = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{th},i}}{B_{\text{th}}} \quad (14)$$

式中:

$P_{\text{th},i}$ ——每次试验时间内, 飞灰系统某一运行的电动设备的平均电功率, kW 。

飞灰系统中各电动设备的平均电功率, 可根据试验期间设备电功率的变化情况, 采用时间加权平均法计算求得。

7.6.3 计算法

气力除灰系统的功率消耗为

$$\eta = \frac{10^5 \Delta p Q}{6 B_{\text{th}} L} \quad (15)$$

$$\eta_i = \eta \times L \quad (16)$$

式中:

η ——输灰系统的单位电耗, kW · h/ (t · km);

L ——输灰管路的当量长度, m。

7.7 粉尘排放浓度

系统运行时的粉尘排放浓度测定按照 GB/T 6921 进行。

7.8 噪声

系统运行时的噪声水平测定按照 GB/T 12349 进行。

8 试验报告

试验结束后, 应提交试验报告。性能验收试验报告内容包括:

- a) 概述, 包括系统简介、试验任务和目的。
- b) 试验方法, 包括适用标准、测试项目、测点布置、测试方法、所用仪器等。
- c) 试验数据计算和整理。试验数据综合表参见附录 A。
- d) 试验结果分析和评价。
- e) 结论和建议。应简明地对除灰系统的运行状况做出结论, 评价其各项指标, 指出与原设计相符程度。如有必要, 提出对运行方式的建议、设备改进意见。
- f) 附件, 包括测量技术及仪表的补充说明、误差分析等。

附 录 A
(资料性附录)
试 验 数 据 综 合 表

试验数据综合表见表 A.1。

表 A.1 试验数据综合表

试验名称		试验工况					
试验日期、时间		记录人					
序号	名 称	符号	单位	设计值	试验数据		
					1	2	3
(一) 锅炉运行数据							
1	锅炉额定蒸发量	B	t/h				
2	锅炉燃煤量	G_{gm}	t/h				
3	燃煤收到基灰分	A_{ar}	%				
(二) 除灰系统出力试验							
4	灰库原始灰位	h_{hk1}	m				
5	飞灰输送结束后灰库灰位	h_{hk2}	m				
6	灰库中灰的堆积密度	ρ_{th}	t/m ³				
7	飞灰输送时间	t_{th}	h				
8	飞灰系统输送出力	B_{th}	t/h				
(三) 耗气量							
9	气源设备额定出力	Q_0	m ³ /min (标准状态下)				
10	气源设备在输送周期内的有效运行时间	$\sum t_e$	h				
11	储气罐容积	V_0	m ³				
12	输送周期开始时储气罐压力	p_1	MPa				
13	输送周期结束时储气罐压力	p_2	MPa				
14	输送气温度	T	K				
15	飞灰系统耗气量	Q	m ³ /min (标准状态下)				
(四) 灰气比							
16	灰气比	μ_{th}	kg/kg				
(五) 输送阻力							
17	输送机前总进气口处的压力 (全压)	p_1'	MPa				
18	输灰管路的末端压力 (全压)	p_2'	MPa				

表 A.1 (续)

序号	名 称	符号	单位	设计值	试验数据		
					1	2	3
19	输送阻力	Δp	MPa				
(六) 输送速度							
20	输灰管路的始端压力	p_s	MPa				
21	输灰管路的起始管径	D_1	m				
22	输灰管路的起始速度	v_1	m/s				
23	输灰管路的末端压力	p_e	MPa				
24	输灰管路的末端管径	D_2	m				
25	输灰管路的末端速度	v_2	m/s				
(七) 单位电耗							
26	输灰管路的当量长度	L	m				
27	输灰系统的单位电耗	η	kW · h / (t · km)				
(八) 粉尘排放浓度							
28	库顶除尘区粉尘浓度	ω_2	mg/m ³				
(九) 噪声水平							
29	气源设备区噪声	γ_1	dB				
30	仓泵布置区噪声	γ_2	dB				
31	控制室区噪声	γ_3	dB				