

ICS 27.100

F 24

备案号: 42647-2014

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL / T 1287 — 2013

煤灰比电阻的试验室测定方法

Determination of electrical resistivity of coal ash in laboratory

2013-11-28 发布

2014-04-01 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 术语和定义 1

4 样品准备 1

 4.1 仪器设备 1

 4.2 样品的采取及制备 2

 4.3 试样的准备 2

 4.4 试样的干燥 2

5 煤灰比电阻测定方法（梳齿法） 2

 5.1 测定方法提要 2

 5.2 比电阻测试仪 2

 5.3 测定步骤 3

 5.4 计算 4

 5.5 测定方法精密度 4

6 煤灰比电阻测定方法（圆盘法） 4

 6.1 测定方法提要 4

 6.2 比电阻测试仪 4

 6.3 测定步骤 6

 6.4 计算 6

 6.5 测定方法精密度 6

前 言

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电厂化学标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：西安热工研究院有限公司、湖北省电力试验研究院。

本标准主要起草人：杜晓光、张太平、马筠、张律。

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）。

煤灰比电阻的试验室测定方法

1 范围

本标准规定了梳齿法和圆盘法测定煤灰比电阻的术语、样品准备、测定方法提要、比电阻测试仪、测定步骤、计算和测定方法精密度。

本标准适用于在试验室内对煤灰以及从火电厂锅炉排烟系统中采集的飞灰进行比电阻的测定。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 212 煤的工业分析方法（GB/T 212—2008，ISO 11722：1999，NEQ）

GB 474 煤样的制备方法（GB/T 474—2008，ISO 18283：2006，MOD）

GB 475 商品煤样人工采取方法（GB 475—2008，ISO 18283：2006，MOD）

GB/T 6003.1 试验筛 技术要求和检验 第1部分：金属丝编织网试验筛（GB/T 6003.1—2012，ISO 3310-1：2000）

GB/T 19494（所有部分） 煤炭机械化采样 [GB/T 19494—2004，ISO 13909：2001（所有部分），NEQ]

DL/T 567.3 火力发电厂燃料试验方法——飞灰和炉渣样品的采集

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 煤灰比电阻 electrical resistivity of coal ash

又称煤灰电阻率，是指单位截面积、单位厚度上煤灰的电阻值，单位为 $\Omega \cdot \text{cm}$ 。它是反映煤灰对电流阻碍作用的物理量。煤灰比电阻（ ρ_{CA} ）可用式（1）表示：

$$\rho_{\text{CA}} = R \frac{S}{L} = \frac{U S}{I L} \quad (1)$$

式中：

R ——煤灰的电阻， Ω ；

S ——煤灰截面积， cm^2 ；

L ——煤灰厚度， cm ；

U ——施加于煤灰上的电压， V ；

I ——通过煤灰的电流， A 。

注：本标准规定的煤灰比电阻为煤灰的固有比电阻，又称容积比电阻。它是在试验室规定的不同温度的空气条件下对干燥煤灰样的导电特性的测定结果，只反映煤灰颗粒内部和颗粒表面固态物质的介电性质，与吸附在煤灰颗粒内部或表面的气体或液体物质无关。

4 样品准备

4.1 仪器设备

4.1.1 鼓风干燥箱

鼓风干燥箱可控制温度范围为室温至 300°C ，控温精度为 $\pm 2^\circ\text{C}$ 。

4.1.2 玻璃干燥器

玻璃干燥器内径为 $\phi 300$ ，内盛变色硅胶。

4.1.3 玛瑙研钵

玛瑙研钵内径为 $\phi 60$ 。

4.1.4 试验筛

试验筛应符合 GB/T 6003.1 的规定，内径为 $\phi 200$ ，筛孔孔径 0.1mm。

4.2 样品的采取及制备

应按照 GB 475 和 GB 474 或 GB/T 19494 中规定的方法进行人工或机械采取及制备出一般分析试验煤样，若需要从锅炉烟气中采集飞灰进行测定，则应按照 DL/T 567.3 中规定的方法采集飞灰样品。

煤样制备过程中应避免煤样扬尘损失和外来粉尘的影响。

4.3 试样的准备

4.3.1 一般分析试验煤样的准备

将适量的一般分析试验煤样按照 GB/T 212 中灰分的测定方法（缓慢灰化法）进行灰化。冷却后用玛瑙研钵将灰样研细到全部通过 0.1mm 试验筛，放入磨口玻璃瓶中。

4.3.2 从锅炉烟气系统采集飞灰样的准备

将适量的飞灰样按照 GB/T 212 中灰分的测定方法（缓慢灰化法）进行灰化，除去可燃物。冷却后用玛瑙研钵将灰样研细到全部通过 0.1mm 试验筛，放入磨口玻璃瓶中。

4.3.3 一般分析试验煤样或飞灰样用量

梳齿法测定煤灰比电阻时，一般分析试验煤样或飞灰样用量以得到的灰样量不少于 40g 为准；圆盘法测定煤灰比电阻时，一般分析试验煤样或飞灰样用量以得到的灰样量不少于 50g 为准。

4.4 试样的干燥

在测定前试样应放入已预先升温至 105℃~110℃的鼓风干燥箱中干燥，直至达到完全干燥（以连续干燥 1h 质量变化不超过 0.1% 为准），在空气中冷却 1min~2min 后，放置在玻璃干燥器中至室温后备用。

5 煤灰比电阻测定方法（梳齿法）

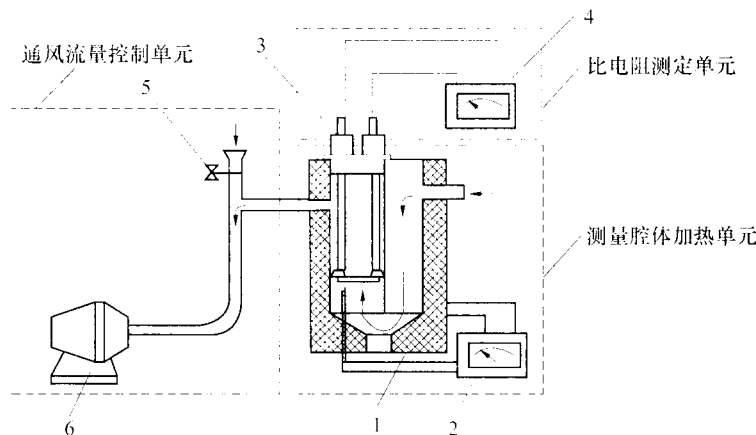
5.1 测定方法提要

将试样装入两个梳齿状电极的连接处，置于测量腔体内加热升温，在不同的温度下，使用高阻计测量两极间的电阻值，结合已知的电极与试样的接触面积、电极间距，计算出试样的煤灰比电阻值。

5.2 比电阻测试仪

5.2.1 主要组成单元

主要由通风流量控制单元、测量腔体加热单元和比电阻测定单元组成，示意见图 1。



1—测量腔体；2—测量腔体温控仪；3—测量电极；4—高阻计；5—可调截止阀；6—引风机

图 1 比电阻测试仪组成示意

5.2.2 通风流量控制单元

引风机的最大通风量应不小于 300L/h，仪器安装调试时通过调节截止阀开口确保加热单元内空气线速度为 1.0m/s~1.5m/s。

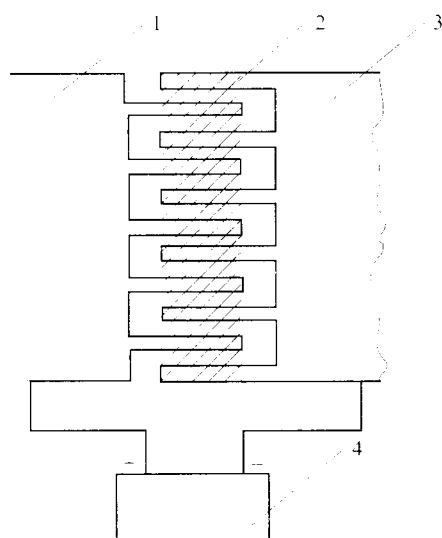
5.2.3 测量腔体加热单元

可加热温度为室温至 400℃，控温精度应为±5℃。

5.2.4 比电阻测定单元

比电阻测定单元应符合下列要求：

a) 测量电极。终端为梳齿状，见图 2。



1、3—梳状电极；2—试样覆盖层；4—高阻计

图 2 测量电极

b) 高阻计。数字式或模拟式指示的高绝缘电阻测定仪。可测量电阻为 $1.0 \times 10^5 \Omega \sim 1.0 \times 10^{13} \Omega$ ，测量时可通过改变测量电压以改变电阻值量程（通常测量电压挡位有 10、50、100、500、1000V 等）。测量电压准确度等级应优于 5.0 级；不同量程的测量电阻准确度等级应优于 20.0 级。

5.3 测定步骤

5.3.1 打开测量腔体加热单元温控仪开关，设定初始温度为室温（加热单元不工作）。

5.3.2 打开高阻计开关，将其预热 10min。

5.3.3 先将高阻计上的测量电压挡设置在最高挡位（通常取 1000V），然后将高阻计切换至测量状态，根据测定结果判断两个测量电极之间的绝缘状态：若电阻测定值为无穷大则表明绝缘良好；否则应检查测量电极间短路原因并消除。

5.3.4 将测量电极从测量腔体中取出，放置在专用支架上。

5.3.5 用取样匙移取适量混匀后的试样，放置于梳状电极之间、玻璃托板之上，以覆盖至将各个咬合的梳齿连成一体为准，参见图 2。

5.3.6 将测量电极小心装入测量腔体，应避免梳齿电极上试样的洒落。

5.3.7 将测量电极与高阻计连接。

5.3.8 打开引风机开关。

5.3.9 将高阻计切换至测量状态，读取并记录室温条件下的测量电压、测量电极间试样的电阻值。若测定结果超出该测量电压挡的电阻值量程，应改变测量电压至电阻值测量结果落在量程范围内。

5.3.10 调节测量腔体加热单元温控仪至下一个目标温度。目标温度应至少涵盖 80、100、120、150℃

和 180℃。待升温至目标温度，立即读取并记录测量电极间试样的电阻值、测量电压及温度值。

5.3.11 重复 5.3.10 步骤，测定所有目标温度下的电阻值。

5.3.12 调节目标温度至低于室温，待加热腔体内温度降低至室温后，关闭引风机。

5.3.13 将测量电极从测量腔体中取出，放置在专用支架上，用毛刷清扫干净梳齿电极间及玻璃托板上的试样（可将玻璃托板从梳齿电极下方的卡槽内取出以便清理）。

5.3.14 按照 5.3.5～5.3.13 进行重复性试验。取两次测定结果平均值作为最终测定结果。

5.3.15 每批测定试验结束后，关闭测量腔体温控仪及高阻计，清洁梳齿电极和掉落在测量腔体底部的试样，将测量电极装入测量腔体备用。

5.4 计算

煤灰比电阻应按公式（2）进行计算：

$$\rho_{CA} = kR \tag{2}$$

$$k = (n-1) \frac{S}{l} \tag{3}$$

式中：

- ρ_{CA} ——煤灰比电阻， $\Omega \cdot \text{cm}$ ；
- k ——梳状电极常数，通常取 10cm；
- R ——由高阻计测得的不同温度下的试样的电阻， Ω ；
- n ——梳齿个数；
- S ——梳齿间试样的截面积， cm^2 ；
- l ——梳齿间试样的厚度，cm。

5.5 测定方法精密度

精密度应符合表 1 的要求。

表 1 煤灰比电阻测定精密度

煤灰比电阻测定范围 $\Omega \cdot \text{cm}$	重复性限 ($\lg r$) %
$1.00 \times 10^9 \sim 1.00 \times 10^{12}$	$1.34 + 0.86 \lg X$
注：X 为测量结果平均值。	

6 煤灰比电阻测定方法（圆盘法）

6.1 测定方法提要

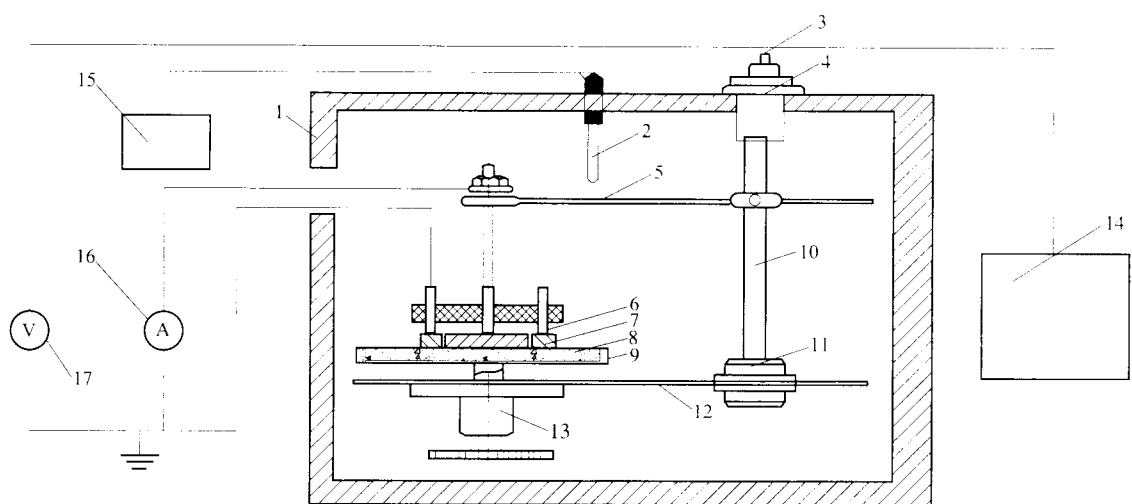
将试样装入载样圆盘，置于高温箱内，上电极（包括主电极和保护环）自然地放在载样圆盘中心，在不同的温度条件下，测量加于试样层的电压和通过主电极的电流，结合已知的试样层的厚度和主电极接触试样层的面积，计算出煤灰样品的比电阻值。

6.2 比电阻测试仪

6.2.1 比电阻测试仪主要由测量电极、高温箱、直流高压发生器、电压表、电流表等组成，如图 3 所示。

6.2.2 测量电极如图 4 所示，主要技术条件应符合下列规定：

- a) 电极导电性良好；
- b) 最高耐温 300℃；
- c) 具有一定的抗腐蚀能力；
- d) 绝缘支架具有良好的耐温和绝缘性能；
- e) 盘内容积高度（试样厚度）为 5mm；



1—高温箱；2—温度传感器；3—高压接线柱；4—高压瓷绝缘子；5—悬臂；6—主电极；
7—保护环接地极；8—灰样；9—灰盘（下电极）；10—空心吊管；11—绝缘子；12—旋转式高压托盘；
13—灰盘升降调节螺栓；14—直流高压发生器；15—控温仪；16—电流表；17—电压表

图3 比电阻测试仪结构示意图

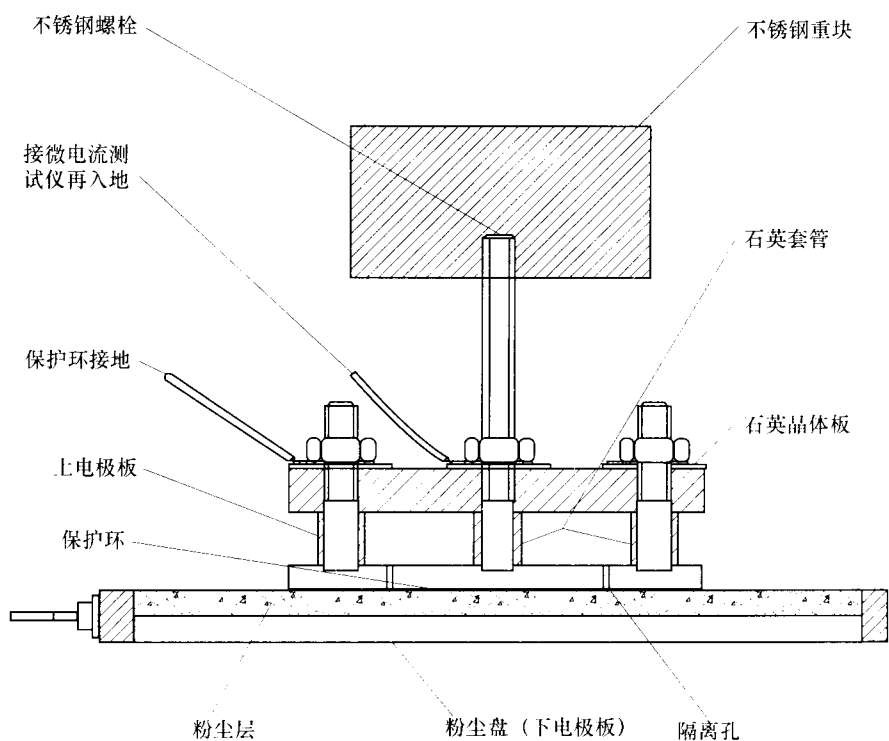


图4 测量电极

- f) 上电极板对样品层的质量负荷为 $10\text{g}/\text{cm}^2$ ；
g) 主电极面积（试样的过流面积）为 5.06cm^2 。

6.2.3 高温箱可控制温度为室温至 400°C ，控温精度应为 $\pm 5^\circ\text{C}$ 。宜安装鼓风装置。

6.2.4 电压表量程为 $0\text{kV}\sim 20\text{kV}$ ，准确度等级为 1.5 级。

6.2.5 电流表量程为 $3\times 10^{-10}\text{A}\sim 1\times 10^{-2}\text{A}$ ，准确度等级为 1.5 级。

6.2.6 直流高压发生器输出范围为 $0\text{kV}\sim 20\text{kV}$ ，电流为 $0\text{mA}\sim 10\text{mA}$ ，准确度为 $\pm 5\%$ 。

6.3 测定步骤

6.3.1 试样放置

将试样自然堆满入电极圆盘，用直尺轻轻沿盘沿刮平。

6.3.2 测量电极的安装

打开高温箱，将装有试样的电极圆盘小心地装入高压托盘上，转动托盘，使电极圆盘置于悬挂在悬臂上的主电极的正中心下方，小心调节高压托盘底部螺栓，使灰盘上升，自由托起其上面的主电极和保护环电极，电极组件水平、均匀地放置在灰样上，电极陷入试样的深度不得超过 0.5mm。主电极板与保护环电极之间的隔离孔内不得存在样品。将主电极连接电流表，高压接线柱连接到直流高压发生器，保护环电极接地。关闭测试箱。

6.3.3 击穿电压的测试

根据电除尘器的设计及运行要求，一般设定高温箱温度（常温及 80、100、120、150、180℃），待试样与箱内气流平衡后（约 10min），开启直流高压发生器，观察电压表指示数值，以约 100V/s 的速率均匀升至起始电压 1kV。再以 1kV 为增量逐一递升直流电压，当出现电流表读数突然增大、电压表读数剧烈下降时（电极往往伴随“噼啪”或“滋滋”放电声），表明试样层被击穿。记录该击穿电压值。立即停止供给高压电源。用放电棒对电压表高压端放电。

对不同温度的击穿电压进行测试时，需要重新填装样品。

6.3.4 比电阻测定

6.3.4.1 击穿电压测试完毕后应重新更换电极圆盘中的试样，进行比电阻测试。

6.3.4.2 按测定击穿电压时的温度设定高温箱内温度，待试样与箱内气流平衡后（约 10min），开启直流高压发生器，以约 100V/s 的速率均匀升至测试电压（取击穿电压的 90%），稳定约 30s（不应超过 1min），同时读取电压表、电流表的指示数值。及时停止高压电源。用放电棒对电压表高压端子放电。

6.3.4.3 按 6.4 计算测定结果。使用同一电压重复测定两次，两次测定偏差应满足 6.5 要求。取平均值作为测定结果。

6.3.4.4 根据需要，改变测试箱温度，按上述方法测定不同温度下的电压值和电流值。

6.4 计算

煤灰比电阻应按公式（4）进行计算：

$$\rho_{CA} = \frac{U S}{I H} \tag{4}$$

式中：

ρ_{CA} ——煤灰比电阻， $\Omega \cdot \text{cm}$ ；

U ——电压，V；

I ——电流，A；

S ——主电极接触试样层面积， cm^2 ；

H ——试样层厚度，cm。

6.5 测定方法精密度

精密度应符合表 2 的要求。

表 2 煤灰比电阻测定（圆盘法）精密度

煤灰比电阻测定范围 $\Omega \cdot \text{cm}$	重复性限 %
$1 \times 10^8 \sim 1.0 \times 10^{14}$	50%（相对偏差）
注：适用于 100℃ 以上的测定结果。	

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
煤灰比电阻的试验室测定方法
DL/T 1287—2013

*

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

*

2014年4月第一版 2014年4月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 0.5印张 14千字
印数 0001—3000册

*

统一书号 155123·1822 定价 9.00 元

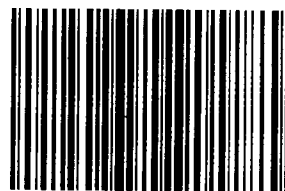
敬告读者

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



关注我，关注更多好书



155123.1822

上架建议：规程规范/电力工程