

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1997 — 2019

蜂窝结构湿式电除尘（雾）器

Cellular wet electrostatic precipitator

2019-06-04 发布

2019-10-01 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 产品分类及结构组成 2

5 主要技术参数 2

6 技术要求 3

7 试验验收..... 5

8 产品检验..... 7

9 产品标志..... 7

10 包装、运输及贮存 7

附录 A（资料性附录） 设计选型参数表 8

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

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（DL/TC 08）归口。

本标准起草单位：西安热工研究院有限公司、江苏徐塘发电有限责任公司。

本标准主要起草人：聂孝峰、张超、张凯、李强、吴正文、李东阳、李庆芝、陈建英、郭斌、刘玺璞、刘钰天。

本标准为首次发布。

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）。

蜂窝结构湿式电除尘（雾）器

1 范围

本标准规定了蜂窝结构湿式电除尘（雾）器应用过程中应遵循的技术要求。
本标准适用于燃煤电厂。

2 规范性引用文件

下列文件对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 191 包装储运图示标志
GB/T 3797 电气控制设备
GB 4053（所有部分）固定式钢梯及平台安全要求
GB/T 6388 运输包装收发货标志
GB/T 13306 标牌
GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
GB/T 13931 电除尘器 性能测试方法
GB/T 16157 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法
GB/T 21508 燃煤烟气脱硫设备性能测试方法
GB 50009 建筑结构荷载规范
GB 50017 钢结构设计标准
GB 50054 低压配电设计规范
GB 50217 电力工程电缆设计标准
DL/T 461 燃煤电厂电除尘器运行维护导则
DL/T 514 电除尘器
DL/T 1520 火电厂烟气中细颗粒物（PM_{2.5}）测试技术规范 重量法
DL/T 1844 湿式静电除尘器用导电玻璃钢阳极检验规范
DL/T 5153 火力发电厂厂用电设计技术规程
DL/T 5390 发电厂和变电站照明设计技术规定
JB/T 5908 电除尘器 主要件抽样检验及包装运输贮存规范
JB/T 5913 电除尘器 阴极线
JB/T 11074 电除尘用恒流高压直流电源
HJ/T 48 烟尘采样器技术条件
HJ 836 固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 重量法
HG/T 2640 玻璃鳞片衬里施工技术条件

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

蜂窝结构湿式电除尘（雾）器 **cellular wet electrostatic precipitator**

收尘极为蜂窝结构立式布置，应用于湿法脱硫后饱和湿烟气工况，采用水力清灰方式的电除尘

(雾)器。

3.2

收尘极 dust collecting pole

收集烟气中荷电粉尘和液滴等物质的系统单元，也称为阳极。

3.3

放电极 discharge electrode

烟气中粉尘和液滴等荷电的系统单元，也称为阴极。

3.4

清洗系统 spray rinse system

用于对收尘极和放电极进行冲洗清灰的单元，包括清洗水泵、管路、阀门、过滤器、喷嘴等设备。

3.5

排污系统 sewer system

用于将设备收集的灰水混合物汇集排除的单元，包括集污斗、管路、阀门等设备。

4 产品分类及结构组成

4.1 产品分类

4.1.1 按布置方式可分为一体式和分体式。

4.1.2 一体式是指设备布置于脱硫吸收塔除雾器上部，与吸收塔成为一体的布置方式。

4.1.3 分体式是指设备布置于脱硫吸收塔外，形成独立装置的布置方式。

4.2 结构组成

4.2.1 湿式电除尘（雾）器由机械设备和电控系统组成。

4.2.2 机械设备包括壳体、收尘极、放电极、清洗系统、排污系统、热风加热系统及流场均布装置等。

4.2.3 电控系统包括电气系统、控制系统及测量仪表等。

5 主要技术参数

蜂窝结构湿式电除尘（雾）器主要技术参数如下：

——烟气量 (m^3/h)。

——烟气温度 ($^{\circ}\text{C}$)。

——烟气压力 (Pa)。

——入口、出口烟尘浓度 (mg/m^3)。

——入口、出口雾滴浓度 (mg/m^3)。

——烟气流速 (m/s)。

——比集尘面积 [$\text{m}^2/(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$]。

——除尘效率 (%)。

——雾滴去除效率 (%)。

——本体阻力 (Pa)。

——漏风率 (%)。

——设备可用率 (%)。

——整机寿命 (年)。

6 技术要求

6.1 总体要求

- 6.1.1 布置方式应依据场地条件确定，设计选型参数参见附录 A。
- 6.1.2 供电区应分区独立运行。300MW 机组宜分为 4 个供电区，600MW 机组宜分为 4 个～6 个供电区，1000MW 机组宜分为 6 个～8 个供电区。
- 6.1.3 收尘极为蜂窝结构立式布置，放电极应采用整体悬吊结构。
- 6.1.4 设备应设有清洗系统、排污系统和加热系统。
- 6.1.5 收尘极、放电极及附件应根据烟气条件选用耐腐蚀的材质。
- 6.1.6 设备人孔、阀门、仪表等经常有人操作的部位均应设置检修平台，平台扶梯的设计应满足 GB 4053 的要求。
- 6.1.7 壳体顶部应设置起吊装置。
- 6.1.8 人孔门应设置安全联锁装置。
- 6.1.9 设备应配套安全可靠的供电和控制系统。

6.2 主要技术要求

6.2.1 壳体

- 6.2.1.1 设计应符合 GB 50009 和 GB 50017 的有关规定。
- 6.2.1.2 结构件应采用金属结构，材质要求不低于 Q235。
- 6.2.1.3 收尘极悬挂梁宜采用矩形钢，支撑节点应尽量简化以方便防腐。
- 6.2.1.4 制造质量应满足 DL/T 514 的相关要求。
- 6.2.1.5 内壁与收尘极间宜设有检修空间。
- 6.2.1.6 内壁宜采用玻璃鳞片防腐，防腐应满足 HG/T 2640 的要求，外壁可根据环境温度设置保温。

6.2.2 收尘极

- 6.2.2.1 宜采用耐酸、耐氯离子腐蚀的非金属导电材料或其他耐腐蚀的合金材料。
- 6.2.2.2 非金属导电收尘极可采用拉挤成型或手糊成型的制造工艺，产品理化特性应满足 DL/T 1844 的相关要求。
- 6.2.2.3 截面宜为内切圆（直径为 300mm～400mm）多边形，内切圆极限偏差为 $\pm 3\text{mm}$ ，非金属收尘极管单侧厚度大于等于 3mm。
- 6.2.2.4 有效长度宜为 4500mm～6000mm，长度极限偏差为 $\pm 10\text{mm}$ 。
- 6.2.2.5 应采用整体结构、无拼接。内表面平整、光洁、无损伤性划痕，内表面平面度公差为 1mm，表面粗糙度 $Ra < 12.5$ 。
- 6.2.2.6 应模块化设计，各模块规格宜统一。
- 6.2.2.7 应有防止烟气短路措施，宜在上、下法兰处与壳体密封。
- 6.2.2.8 模块与壳体间应设计安全可靠的接地系统，每个供电区上、下宜各设置一个接地点。

6.2.3 放电极

- 6.2.3.1 结构设计宜采用分室整体悬吊结构，应设有防止摆动的固定装置，摆幅不超过 $\pm 5\text{mm}$ 。
- 6.2.3.2 应采用导电性能优良，耐酸、耐氯离子腐蚀的钛合金或相同性能的材质。
- 6.2.3.3 应采用起晕电压低、放电均匀、不易积灰的形式。

6.2.3.4 应为整体结构，阴极线制造质量满足 JB/T 5913 的相关要求。

6.2.3.5 悬吊杆、悬吊梁宜采用 Q235 包玻璃钢防腐或 2205 双相不锈钢或同等性能的材料。

6.2.3.6 顶部高压绝缘箱、下部固定器须设有防结露、防结垢措施，宜采用热风加热密封方式。

6.2.3.7 所有的连接螺栓须采用 2205 双相不锈钢及同等耐腐蚀性能的金属材料，不得采用非金属材料。

6.2.4 清洗系统

6.2.4.1 清洗水源可采用厂区中性水，水质宜与脱硫工艺水一致（pH 值范围为 6~8、悬浮物浓度小于等于 150mg/L），清洗水压宜为 0.3MPa~0.5MPa。

6.2.4.2 清洗系统的设置应与供电区相匹配，每个供电区清洗时间和清洗水量控制可调。

6.2.4.3 清洗系统应与高压供电装置连锁，清洗过程中能实现电场自动降压运行，避免电场闪络击穿。

6.2.4.4 设备内部清洗管道应采用耐腐蚀材质，法兰连接螺栓应采用 2205 双相不锈钢或同等性能的材料。

6.2.4.5 供水管路应设置过滤装置。

6.2.4.6 供水管路应根据环境温度设置自动放水阀、保温及伴热装置。

6.2.4.7 供水管路的最末端应设置截止阀。

6.2.4.8 清洗喷嘴宜选用实心雾化喷嘴，具有防锈、防堵塞功能。控制喷淋角度宜为 55°~70°，单个喷嘴流量不小于 50L/min。

6.2.4.9 清洗喷嘴应结合流场合理布置，单个喷嘴覆盖面积不小于 1m²，相邻喷嘴清洗面积覆盖率不小于 150%。

6.2.4.10 清洗喷嘴材质可采用耐腐蚀非金属材料、2205 双相不锈钢或同等性能的金属材料。

6.2.5 排污系统

6.2.5.1 集污斗材质不应低于 Q235，锥度不宜小于 15°。

6.2.5.2 集污斗内壁应采用玻璃鳞片防腐，外壁可根据环境温度设置保温。

6.2.5.3 排污管应从集污斗最低点引出，宜设置截止阀，水平管段应有 2°~3°的坡度。

6.2.5.4 排污管直径不宜小于 100mm，排污管应采用耐腐蚀的材质。

6.2.5.5 在保证脱硫水平衡前提下，排污水可排入湿法脱硫系统，排污管在地坑入口处应设置水封装置。

6.2.5.6 排污水不能直接排入脱硫系统时，应设置积水箱（池），排污水经处理后可循环使用。

6.2.5.7 排污系统管路应根据环境条件设置保温。

6.2.6 加热系统

6.2.6.1 高压绝缘箱、固定器内热风加热温度可根据环境温度及工况变化调整，控制温度范围为 60℃~100℃。

6.2.6.2 密封风机的设计选型应结合运行工况综合考虑，应保证高压绝缘箱、固定器内的压力高于烟气压力 50Pa~100Pa。

6.2.6.3 密封风机配置不宜少于两台，一用一备。

6.2.6.4 高压绝缘箱、固定器的热风管宜分层布置，各层热风管应按供电区独立并联布置，管道阻力偏差不应超过 15%。

6.2.6.5 热风管道上不宜有 90°直角弯头。大小截面过度处应平缓，不宜有突变截面降低系统阻力。

6.2.6.6 热风管道的最低点应设置放水阀，热风管道的最末端应设置闸板阀。

6.2.6.7 换热器应优先采用蒸汽换热器，无蒸汽汽源时可采用电加热器。

6.2.6.8 寒冷地区可同时在高压绝缘箱、固定器内增设电加热器。

6.2.6.9 热风管道应设置保温装置。

6.2.7 流场分布装置

6.2.7.1 流场分布装置包括烟道内的导流装置及入口均流装置，应根据流场模拟结果合理设置。

6.2.7.2 各电场分区烟气流量偏差应小于 10%。

6.2.7.3 电场入口断面气流均布系数相对均方根值应小于等于 0.25。

6.2.7.4 均流、导流装置应选用耐腐蚀的材质。

6.2.7.5 根据情况可设置均流装置清洗系统，清洗控制方式可调。

6.3 电气及控制系统

6.3.1 电气系统

6.3.1.1 高压直流电源宜选用恒流电源或高频恒流电源，恒流电源的设计、制造、检验应符合 JB/T 11074 的规定。

6.3.1.2 同极距为 300mm 时，二次电压等级为 60kV；同极距为 350mm~400mm 时，二次电压等级为 72kV。

6.3.1.3 板电流密度选型范围为 $0.45\text{mA/m}^2 \sim 0.5\text{mA/m}^2$ 。

6.3.1.4 供电系统应符合 DL/T 5153 的规定。

6.3.1.5 低压配电系统的设计应满足 GB 50054 的要求。

6.3.1.6 电缆的设计选型应符合 GB 50217 的规定。

6.3.1.7 照明系统的设计应符合 DL/T 5390 的规定。

6.3.1.8 设备接地不应少于 4 点，接地电阻应小于 1Ω ，并与电厂主网连接。

6.3.2 控制系统

6.3.2.1 应与机组主体工程控制系统相互兼容，控制水平应与机组控制水平协调一致。

6.3.2.2 采用可编程序逻辑控制系统（PLC）或分散式控制系统（DCS）。

6.3.2.3 设备启停不应影响机组正常运行。

6.3.2.4 控制系统应具有完整的设备状态监控、操作启停、报警联锁功能，其参数如下：

- a) 监控显示参数包含高压电源参数（一次电流、一次电压、二次电流、二次电压），温度参数（绝缘箱、固定器、进出口测点），压力/压差参数（绝缘箱、固定器、进出口等测点），风机加热装置参数（温度、电流），清洗水泵装置参数（流量、电流）等。
- b) 操作控制参数包含高压电源控制（启动、停止），风机加热装置控制（启动、停止），喷淋水泵装置控制（启动、停止），喷淋阀门控制（打开、关闭）。
- c) 报警参数包含高压电源故障报警、冲洗水泵故障报警、风机加热装置故障报警、超温报警、阀门故障报警等。

6.3.2.5 电气控制设备的选择应满足 GB/T 3797 的要求。

6.3.2.6 重要热工测量仪表应冗余设置。

7 试验验收

7.1 空载升压试验

7.1.1 绝缘箱和固定器须进行热风加热系统试验，加热性能应符合设计要求。

7.1.2 高压供电电源须进行绝缘试验、短路试验（恒流源）、开路试验（电压源），高压供电电源应符合设计要求。

7.1.3 供电负载区应进行绝缘电阻试验，各供电区绝缘电阻应大于 $200\text{M}\Omega$ 。

7.1.4 高压供电电源进行空载试验输出电压不小于 50kV ，或二次电流达到额定值。

7.1.5 清洗系统应进行手/自动试验，控制符合设计要求。

7.1.6 满足 7.1.1~7.1.5 的要求后，应在完成喷水清洗后进行空载升压试验，电压逐挡升高，并记录表盘指示的一次、二次电压和电流值。

a) 异极距为 150mm 时，二次电压 $U_2 \geq 55\text{kV}$ 。

b) 异极距每增加 10mm ，二次电压增值 $\Delta U_2 \geq 2.5\text{kV}$ 。

7.1.7 海拔高于 1000m 进行空载升压试验时，应进行大气压力修正。海拔每升高 100m ，二次电压值允许降低 1% 。

7.2 流场均布试验

7.2.1 电场入口气流均布系数应按表 1 执行，满足 DL/T 461 的要求。

表 1 气流均布系数表

等级	气流均布系数
优	$\sigma \leq 0.10$
良	$\sigma \leq 0.15$
合格	$\sigma \leq 0.25$

7.2.2 流场均布可采用数值模拟计算或物理模型试验验证。

7.2.3 分体式结构模拟计算范围应包括脱硫吸收塔出口烟道范围；一体式结构模拟计算范围应包括脱硫吸收塔入口烟道范围。

7.2.4 通过流场优化调整以解决进口流量偏差问题，电场各室进口相对流量偏差应小于 10% 。

7.3 性能试验

7.3.1 试验项目

7.3.1.1 烟尘排放浓度。

7.3.1.2 除尘效率。

7.3.1.3 阻力。

7.3.1.4 漏风率。

7.3.1.5 运行电耗。

7.3.1.6 运行水耗。

7.3.1.7 噪声。

7.3.1.8 可根据项目要求测试 $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_{10} 、雾滴、 SO_3 等内容。

7.3.2 测点布置

7.3.2.1 测点布置应满足 GB/T 16157 的相关要求。

7.3.2.2 测试断面流场均布系数应小于 0.25 。

7.3.2.3 测试位置须设有楼梯和平台。

7.3.2.4 采样孔内径不应小于 90mm ，宜选用内径为 $90\text{mm} \sim 120\text{mm}$ 的采样孔。

7.3.3 测试仪器

7.3.3.1 测试仪器应满足 GB/T 16157 和 HJ/T 48 的相关要求，具备气密性检查功能。

7.3.3.2 取样装置应采用耐腐蚀的材质，应具备加热功能，加热温度可调范围为 60℃～120℃。

7.3.3.3 烟尘测试应采用组合式采样头整体称重法。

7.3.3.4 滤膜应选用石英或聚四氟乙烯材质。

7.3.4 测试方法

7.3.4.1 烟尘测试方法应满足 HJ 836、GB/T 16157 和 GB/T 13931 的相关要求。

7.3.4.2 烟尘测试有效采样数量不少于 5 组。

7.3.4.3 雾滴、SO₃ 测试应满足 GB/T 21508 的相关要求。

7.3.4.4 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 测试应满足 DL/T 1520 和 GB/T 16157 的相关要求。

7.3.4.5 烟尘样品分析应满足 HJ 836、GB/T 16157、GB/T 13931 的相关要求。

8 产品检验

8.1 出厂检验

出厂检验按照各设备相关标准要求进行。

8.2 运输检验

运输检验由安装单位和制造单位共同负责，按施工图和发货清单进行检验。

9 产品标志

9.1 铭牌标志

产品铭牌的形式和尺寸应符合 GB/T 13306 的规定，固定在设备醒目位置，主要包括以下内容：

- a) 产品名称。
- b) 性能参数包括处理烟气量、比集尘面积、电场区数量、电源规格、烟尘排放浓度。
- c) 出厂编号。
- d) 制造厂名。
- e) 生产日期。

9.2 包装标志

9.2.1 包装标志应包括收发货标志、包装贮运图示标志，包装标志应符合 GB/T 191 和 GB/T 6388 的规定。

9.2.2 电控设备、收尘极、阴极框架、绝缘子等包装应标明“防火、防潮、防压、小心轻放”字样。

10 包装、运输及贮存

10.1 包装、运输和贮存应符合 GB/T 13384 和 JB/T 5908 的规定。

10.2 包装箱外的文字、标志和图案应符合 GB/T 191 的规定。

10.3 包装应考虑便于吊装搬运、长途运输、气候条件等因素，并适合水路和陆路运输。

10.4 存放产品的场地应平整，要有防积水措施。

10.5 大型零部件的贮存底面按标记位置垫平，顶部不得堆放重物。

10.6 电控设备、机械加工件、阀门、标准件应室内贮存。

附 录 A
(资料性附录)
设计选型参数表

设计选型参数表见表 A.1。

表 A.1 设计选型参数表

入口烟尘浓度 mg/m ³	出口烟尘浓度 mg/m ³	电场流速 m/s	比集尘面积 m ² / (m ³ · s ⁻¹)
≤25	≤5	≤2.8	≥20
≤35	≤5	≤2.5	≥23
≤45	≤5	≤2.0	≥25
≤50	≤10	≤3.0	≥20

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
蜂窝结构湿式电除尘（雾）器
DL/T 1997—2019

*

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>)
北京传奇佳彩印刷有限公司印刷

*

2019年12月第一版 2019年12月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 0.75印张 27千字
印数 001—300册

*

统一书号 155198·1685 定价 15.00元

版 权 专 有 侵 权 必 究
本书如有印装质量问题，我社营销中心负责退换



中国电力出版社官方微信



电力标准信息微信

为您提供 **最及时、最准确、最权威** 的电力标准信息



155198.1685