

江苏省国电环境保护研究院湿式静电除尘技术

一、适用范围

湿式静电除尘器作为燃煤电厂大气复合污染物控制系统的最终处理装备，主要用于去除湿法脱硫（WFGD）无法收集的酸雾，控制 PM2.5 微细颗粒物排放及解决石膏雨和烟气排放浊度问题。

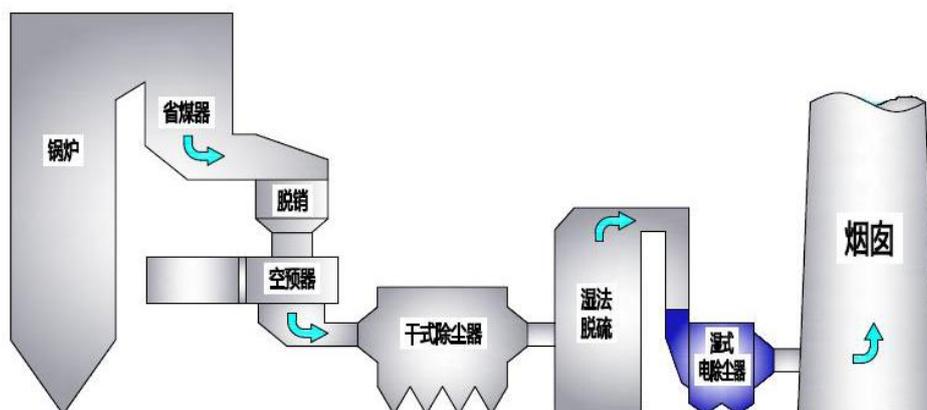


图 1 燃煤电厂湿式静电除尘器工艺布置示意图

湿式静电除尘器对不同种类的污染物治理适应性较强。作为燃煤电厂污染物控制的精处理技术设备，湿式静电除尘器不受煤种条件限制，适应性强：

- 1、对机组容量和烟气工况条件适应性强，可满足 300MW、600MW、1000MW 等不同机组烟气深度治理需求；
- 2、对场地条件适应性强，可满足改造条件要求；
- 3、设备工艺流程简单，可靠性高；
- 4、可实现火电厂污染物排放特别限值或更低要求（如 $\leq 5\text{mg}/\text{Nm}^3$ ），且对 PM2.5、SO₃ 酸雾、气溶胶等污染物去除率较高；

二、技术原理及特点

湿式静电除尘器的技术原理是：金属放电线在直流高电压的作用下，将其周围气体电离，使粉尘或雾滴粒子表面荷电，荷电粒子在电场力的作用下向收尘极运动，并沉积在收尘极上，水流从集尘板顶端流下，在集尘板上形成一层均匀稳定的水膜，将板上的颗粒带走。

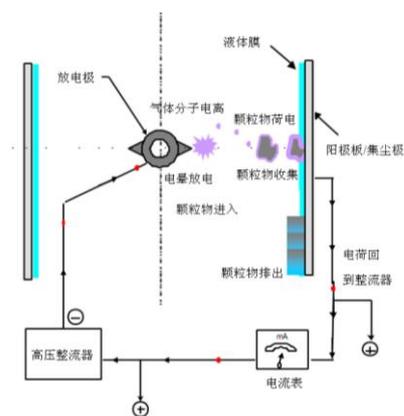


图 2 湿式静电除尘器工作原理示意图

1、湿式电除尘器的布置形式

根据工程特点，设备本体可根据现场具体情况选择塔内整体布置、竖直净烟道顺流布置、水平净烟道错流布置三种结构形式，如图 3 所示。



图 3 设备布置形式示意图（左：整体式；中：顺流式；右：错流式）

2、湿式电除尘器的阳极形式

湿式静电除尘器主要采用导电玻璃钢阳极技术和柔性织物阳极技术，两种阳极技术的实物图如图 4 所示。



(a)、玻璃钢阳极模块

(b)、柔性阳极模块

图 4 湿式静电除尘器阳极模块

导电玻璃钢作为阳极可实现蜂窝状形式以及板式形式，因此无论立式布置方案或卧式布置方案都可采用导电玻璃钢阳极技术，其主要技术特点如下：

- 1) 导电玻璃钢防腐性能可靠，无需再进行防腐处理；
- 2) 可实现整体模块化，有利于保证安装精度，安装简便；
- 3) 重量较轻，运行成本较低，维护工作量小。

柔性织物阳极技术通常采用立式布置形式，其主要技术特点如下：

- 1) 柔性织物耐酸碱腐蚀性优良；
- 2) 阳极部件有利于后期维护和更换；
- 3) 柔性绝缘疏水纤维滤料表面可形成稳定水膜，清灰效果好。

导电玻璃钢和柔性织物阳极技术的共同特点：

- 1) 液滴去除效率高，降低烟气含湿量，极大解决“大白烟”和“石膏雨”现象；
- 2) 借助除雾下来的自流液体清灰，避免二次飞扬；
- 3) 无需连续喷淋，仅需间断保护性喷洗，运行水耗低。

3、湿式电除尘器的阴极形式

湿式静电除尘器阴极系统采用悬挂形式，阴极绝缘箱和阴极线为完全自主研发，根据电场布置条件不同选用柔性或刚性阴极线，根据电场放电要求不同选用不同放电齿形式。

4、湿式电除尘器的流场设计

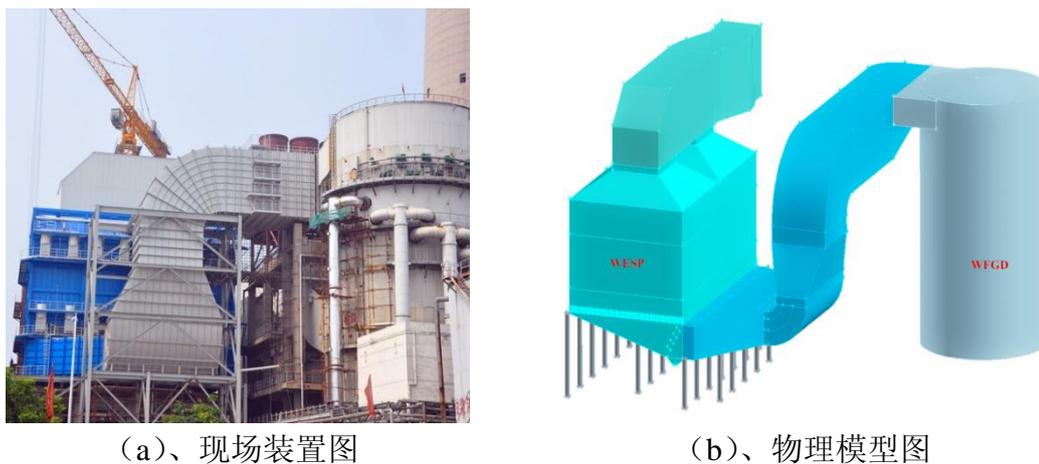
根据各项目场地条件和布置形式不同，湿式静电除尘器的流场设计须结合数值模拟和物理模拟确定导流和整流方案，达到烟气进电场前气流均匀性（ σ 值）小于 0.2。

三、实施方案及案例

1、技术方案

国电民权发电有限公司#2（2×600MW）湿式静电除尘器采用塔外式布置，即将湿烟气深度净化装置作为一个独立装置布置于吸收塔出口净烟道处。改造时需将原脱硫吸收塔出口至 GGH 处净烟道拆除，在脱硫吸收塔南侧空地处加设湿烟气深度净化装置后，再用烟道将吸收塔出口与装置进口、装置出口与原水平主烟道相连接。结合现场脱硫塔与净烟道的实际布置情况，确定湿式静电除尘器装

置为下进上出的模式。湿式静电除尘器现场工艺布置和物理模型如图 5 所示。



(a)、现场装置图

(b)、物理模型图

图 5 民权#2 机组湿式静电除尘器布置图

湿式静电除尘器入口安装气流均布装置，均流后的装置内部流场数值模拟结果如图 6 所示。

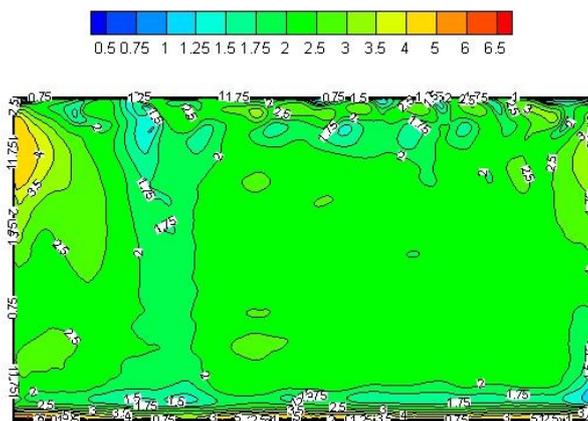


图 6 民权#2 机组湿式静电除尘器内部流场均布结果图

国电民权#2 机组湿式静电除尘器系统如图 7 所示。

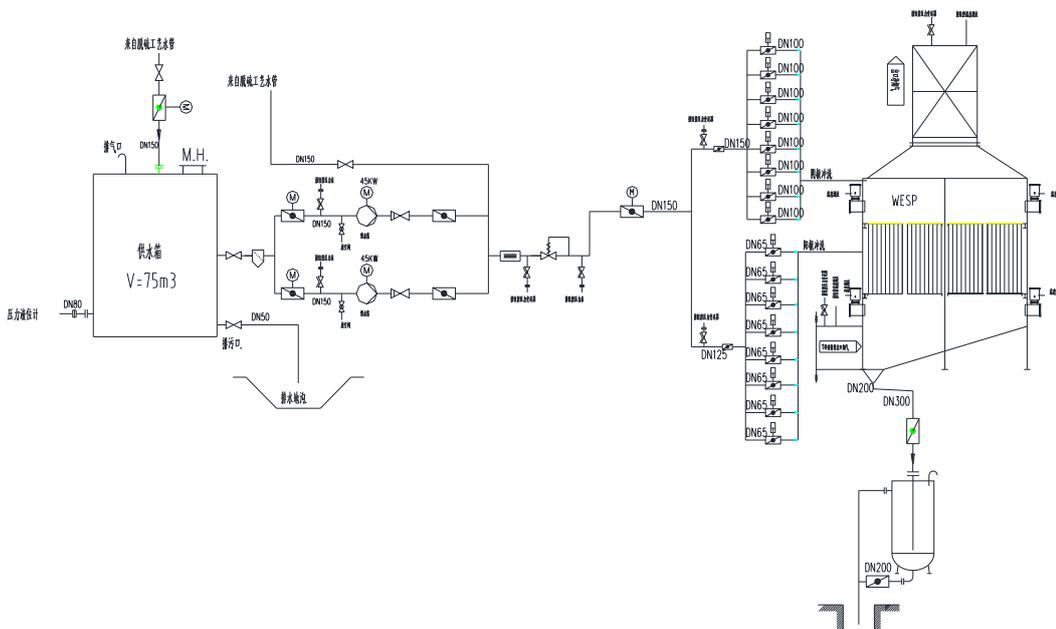


图 7 民权#2 机组湿式静电除尘器系统图

民权#2 机组湿式静电除尘器特点：

- 1) 阳极板采用耐酸碱腐蚀柔性纤维织物；
- 2) 阴极线采用铅锑合金锯齿线，耐腐蚀，广泛适用于饱和湿烟气环境；
- 3) 烟气流速不大于 3m/s,烟气停留时间不小于 2s；
- 4) 供电电源采用高压直流恒流电源；

湿式静电除尘器内设两层冲洗管网：阴极冲洗管网和阳极冲洗管网。

湿式静电除尘器主要技术指标

民权#2 机组湿式静电除尘器主要技术指标如表 1 所示。

表 1 湿烟气深度净化装置主要技术指标

项目	单位	数值	备注
处理烟气量	m ³ /h	2857554	
烟气温度	℃	50~60	
烟气阻力	Pa	<250	仅装置本体
设备规格	m	15.2x26.7x23.1	
烟气流通截面积	m ²	286.8	
设备重量	t	~800t	
工作水耗	m ³ /h	100	仅冲洗时耗水量
设备寿命	年	30	
阳极模块	个	32	
同极间距	mm	400	

项目	单位	数值	备注
阴极线型式		锯齿线	
阴极线材质		合金	
阴极清灰方式		冲洗水清灰	
阳极材质		织物	
阳极清灰方式		冲洗水清灰	
冲洗喷嘴规格数量	/个	~300	
烟气流速	m/s	≧3	
电源型号	kV/A	72KV/1.5A	
设备额定电耗	kWh/h	350	

2、施工周期

2014年2月26日开始施工，6月5日竣工投运。工期100天。

3、投资

民权#2机湿式静电除尘器投资4118万元。

4、实施前后主要技术指标及节能减排效果

图8为湿式静电除尘器投运前后民权#2机组烟囱排放情况对比图，装置投运后烟囱出口尾羽缩小，颜色变浅。



(a)、#1机负荷580MW工况(无湿除) (b)、#2机负荷600MW工况(投湿除)

图8 民权湿式静电除尘器排放效果对比图

表2为湿式静电除尘器投运后民权#2机组主要性能技术指标对比。

表2 湿式静电除尘器实施前后主要技术指标对比

序号	状态	项目	单位	测试结果	保证值
1	投运前	烟囱入口烟尘排放浓度	mg/Nm ³	58	
2	投运后	烟囱入口烟尘排放浓度	mg/Nm ³	16	< 30
4		除尘效率	%	72.4	

序号	状态	项目	单位	测试结果	保证值
1	投运前	烟囱入口烟尘排放浓度	mg/Nm ³	58	
5		本体阻力	Pa	245	< 250
6		全系统阻力	Pa	520	< 550
		电耗	kwh/h	279	