

# 新型立式湿法电除器在工程中的应用

作者：唐亮，赵梦雪，郑苏忠，武申堂

**摘要：**随着国家对燃煤电厂全面实施超低排放要求，湿法脱硫后增设湿法电除尘器成为燃煤电厂实现烟尘超低排放的有效措施。文章提出一种新型立式湿法电除尘器技术，通过创新性的设置加湿及清洁系统，减小了用水量，提高了清污效果，对于PM<sub>2.5</sub>、SO<sub>2</sub>、SO<sub>3</sub>气溶胶和固态重金属颗粒物等都具有良好的收集效果，并且与脱硫塔一体式设计具有设备体积小等优点。

结合工程实践案例，展示新型立式湿法电除尘技术的突出优点。国内某100MW燃煤机组项目进行改造后，出口烟尘浓度仅为3.20mg/Nm<sup>3</sup>，效果极为显著，稳定实现出口烟尘的超低排放目标。

随着我国经济的发展，雾霾现象频繁发生，环境污染问题逐渐成为人们的关注焦点，燃煤火电厂及工业锅炉是产生大气环境污染的主要来源。新的火电厂大气污染物排放标准（GB13223-2011）于2012年1月1日正式实施。新排放标准对烟尘、二氧化硫、氮氧化物排放控制要求都有了很大的提高。

我国燃煤电厂对锅炉尾部煤烟气处理时，会产生二次污染问题，如经脱硝处理时，脱硝设备中的催化剂会通过副反应催化二氧化硫，产生具有强酸、腐蚀性的气溶胶SO<sub>3</sub>，此外还会有一部分逃逸NH<sub>3</sub>；进行脱硫处理时，其工作浆液也可通过雾化夹带或产物结晶析出现象，产生细颗粒物，带来石膏雨等环境污染现象。

因此，燃煤火电厂烟囱排放烟气中含有湿法脱硫未能脱除的逃逸烟尘、湿法脱硫自身产生排出的细颗粒物和气溶胶。为了满足新的排放标准以及解决现已投运电厂普遍存在石膏雨等问题，我国采用多种除尘方式。

其中袋式除尘器、电袋除尘器及各式新型干法电除尘器受到烟气湿度限制，不能应用于湿法脱硫后，无法解决石膏雨等问题，因此部分工程要求研发使用湿法电除尘技术。该技术不仅能够实现国家新排放标准，达成大气污染物的“超洁净排放目标”，还能加装在脱硫脱硝之后，有效减少脱硫、脱硝工艺产生的细颗粒物污染，解决石膏雨、蓝烟酸雾等环境问题。

## 1湿法电除尘技术

### 1.1湿法电除尘器概述

湿法电除尘器与干法电除尘器原理相同，都是采用电晕放电，使气体电离，进而在放电极与收尘极间形成稳定电晕，使该区域内粉尘颗粒荷电，并最终在收尘极收尘。但在捕集粉尘清除方式上，湿法电除尘通过水冲刷的方式进行收尘，干法电除尘采用振打清灰方式进行收尘，二者有明显差异。

与其他除尘器相比，湿法电除尘器由于水的电阻较小，当水滴与粉尘结合后，高比电的粉尘会下降比电阻，保证了工作状态的稳定性；通过水流冲洗，还可有效避免二次扬尘及反电晕现象的产生；此外，湿法电除尘器内部无转动部件，提升了设备可靠性，增强了设备寿命，且对重金属、PM<sub>2.5</sub>和SO<sub>3</sub>都具有很高的脱除效率。

湿法电除尘器置于脱硫设施与烟囱之间，用于去除脱硫后湿烟气中的烟尘、气溶胶等细颗粒物。该技术最早于1970年应用于硫酸和冶金工业生产中，可有效控制烟气中的酸雾、颗粒物等污染排放，1986年后开始应用于燃煤电厂中，而后日本等国家电厂已广泛使用。

我国的湿法电除尘技术研发工作起步较晚，八十年代中期武汉安全环保研究院首先在马鞍山钢铁厂炼钢平炉上采用湿法电除尘器。随着现代工业和环保事业的发展，我国钢铁厂如宝钢、包钢等湿法电除尘技术均有所发展，并取得一定业绩。

### 1.2湿法电除尘器分类

#### 1.2.1结构特点

湿法电除尘器从构型角度分为两种，一种是板式湿法电除尘器，另一种是管式湿法电除尘器。前者收尘极呈平板状

，电晕极均布于极板间，烟气流动可任意方向，其结构呈立式或卧式，卧式结构所需占地面积较大，此外，板式湿电的水处理系统中需加入碱液进行清灰，喷淋水经碱液中和后循环使用，这会增加设备的水耗、电耗、碱耗，对喷嘴性能要求更高，增加投入成本；后者的收尘极一般由多根并列的金属管组成，极板间均布电晕线，烟气在垂直方向上流动，占地面积较小，在同等情况下烟气的流动速度更大。

### 1.2.2收尘极材料

由于湿法电除尘器通常在低于冲刷液的绝热饱和温度下运行，因此需要合理选择各部位结构材料，避免腐蚀。其中收尘极最易受到腐蚀，且一旦收尘极发生故障，不仅除尘性能下降，还会产生电火花，扰乱电场。目前湿法电除尘器收尘极主要有三种形式：柔性极板、导电玻璃钢极板及钢性极板。

柔性极板1990年最早由美国俄亥俄大学开展实验研究，而后国内山东大学一直致力于柔性电极的研究，其采用纤维织物制成，当润湿附有烟尘的柔性极板后，其可导电并形成水膜，依靠重力自流向下完成清灰，该过程可利用从烟气中收集的酸液实现自清灰，降低运行过程中的耗水量，但在运行中极板易发生摆动，导致极间距发生变化，运行电压不稳定，此外，柔性极板不耐高温，烟气的温度不能过高。

导电玻璃钢极板材料是在玻璃钢内置具有导电能力的碳纤维，通过树脂粘合而成，代表技术有宜兴化工成套设备厂。该材料导电能力强、耐腐蚀性强、轻质且材料性能稳定，但检修难度大，运行电压低，不能在高温条件下长期使用，长期运行后导电性能会下降，且由于附灰易形成结垢，导致冲洗能力下降。若其中某部分出现损坏，需要更换整个模块，增加维护费用和难度。

钢性金属极板采用不锈钢金属材料，配合喷淋系统水膜清灰，并配备水循环系统，是目前国外湿法电除尘的主流技术。该极板运行电压高，可持续稳定实现烟气颗粒物低排放，耐高温，运行中极间距不易发生变化，运行稳定，维护费用低。代表有如福建龙净、浙江菲达等技术，该材料目前较多应用于卧式湿法电除尘器中。

### 1.2.3冲刷方法

湿法电除尘器常用的冲刷方式分为三种：

第一种是自冲刷，即利用捕集到的液滴润湿收尘极，或通过烟气冷凝等特殊变化润湿收尘极进行清灰；

第二种是喷雾冲刷，利用雾化喷嘴连续的冲刷收尘极，使其在收尘极表面形成一层冲刷膜；

第三种是液膜冲刷，即采用连续的液膜对收尘极进行冲刷。冲刷液的导电性、液膜物理特性及液膜分布情况是重要考虑因素。

## 1.3湿法电除尘技术的影响因素

烟气驱进速度、放电电压、极板水膜及收尘极总面积都会对湿法电除尘效率产生影响。放电电压增大，可以使细颗粒荷电量增加，提高烟气驱进速度，收尘极总面积增大会使细颗粒的停留时间增长，颗粒向极板迁移时间增长，极板水膜能提高细颗粒荷电及对细颗粒捕集效率，进而提高除尘效率。

通过对湿法电除尘器大量的实验研究及调研，参考国内外相对成熟的燃煤电厂实际应用情况发现，目前多数技术采用卧式湿法电除尘器，由于该技术占地面积大，对场地需求高，我们确定采用立式湿法电除尘器，并结合国际主流材料技术进行除尘。由于常规湿法电除尘器的冲刷方式需投入较高的水耗、电耗，板式湿电还需投入较高的碱耗，我们对其冲刷方式进行了创新。

## 2新型立式湿法电除尘器

### 2.1结构设计

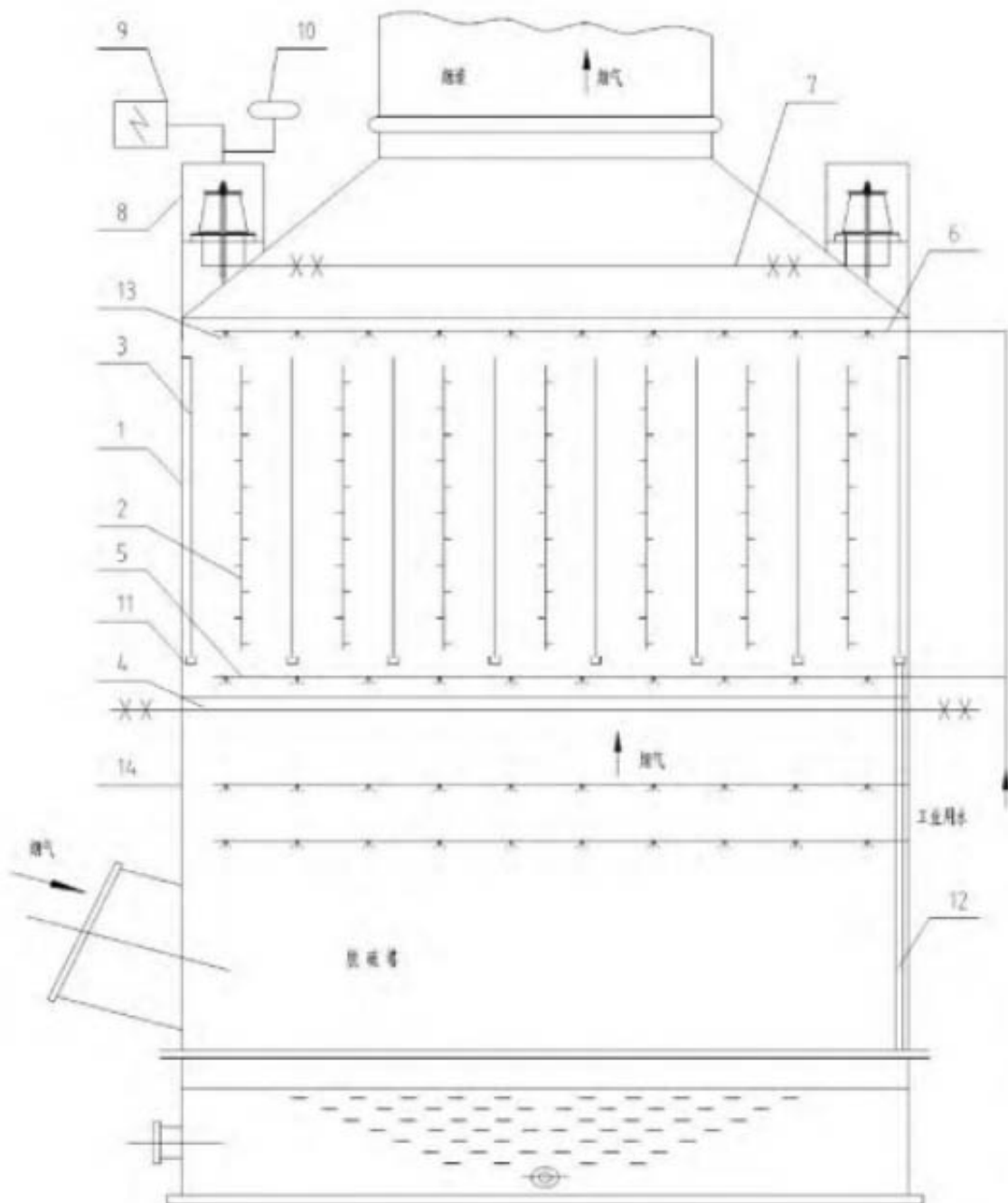
该新型立式湿法电除尘器采用与湿法脱硫塔整体布置的形式，湿法电除尘器壳体与脱硫吸收塔整体设计。烟气由烟气入口进入脱硫塔，经脱硫塔充分洗涤降温后，自下而上进入新型立式湿法电除尘器。新型立式湿法电除尘器入口设有均布装置，将饱和湿烟气均匀导入高压电场，并经高压电场深度净化后，烟气沿湿法电除尘器上部烟箱排入烟窗。

新型立式湿法电除尘器系统见图1。

脱硫塔上部、除尘器本体底部设置由多孔板和导流板组成的入口均布系统，入口均布系统上方设置加湿系统。除尘器本体中高压电场内设有多块阳极板及多条阴极线，阳极板竖向平行悬挂在除尘器本体内的支撑梁上，由不锈钢板采用专用设备轧制而成，相邻阳极板之间竖向设置阴极线，阴极线根据烟气含硫量采用不同等级的不锈钢材料制成，通过阴极框架悬挂在高压绝缘系统上，阳极板底部安装收集槽。

除尘器本体侧壁上设置排污管路。除尘器本体上部设置清洁系统，并在清洁系统上安装喷嘴，清洁系统上方设置出口均布系统。除尘器本体顶部安装高压绝缘系统，并连接高压电源，高压电源连接低压控制系统。

图1新型立式湿法电除尘器结构示意图



(1: 除尘器本体; 2: 阳极板; 3: 阴极线; 4: 入口均布系统; 5: 加湿系统; 6: 清洁系统; 7: 出口均布系统; 8: 高压绝缘系统; 9: 高压电源; 10: 低压控制系统; 11: 收集槽; 12: 排污管路; 13: 喷嘴; 14: 脱硫塔)

## 2.2关键技术

经脱硫塔处理过的烟气由具有多孔板和导流板组成的入口均布系统均布后，进入除尘器本体。首先烟气经过电场底部加湿系统进行加湿，保证收集物在阳极板和阴极线上的流动性。而后进入高压电场，流经电场时，烟气中的粉尘、气溶胶和固态重金属颗粒物都被荷电，在电场力的作用下被阳极板吸附。

烟气由电场处理后，经出口均布系统均布，流入烟道再由烟囱排出，出口均布系统由喇叭口形状的外壳和内部的多孔板与导流板组成，能够保证烟气流场的均匀性。

阳极板和阴极线之间形成的电场上部设置有顶部清洁系统，保证其对阴阳极系统清洗效果。清洁系统上安装的喷嘴可产生超细喷雾，并在阳极板上形成均匀的水膜，当对阳极板上的污染物进行清尘时，吸附在阳极板上的污染物在重力作用下随水膜流入收集槽内，收集槽内的污水顺着连接所有收集槽的水槽汇集到排污管路，再由排污管路流入脱硫塔底部。

加湿系统和清洁系统都由水泵、阀门、管路和雾化喷嘴组成，进水都从外部工艺水管并联独立接入，清洁系统的喷雾时间为周期性喷淋，且时间可调，此外，低压控制系统根据高压电源的运行参数来控制高压绝缘系统对内部绝缘件的加热、电场底部加湿系统的增湿和电场顶部清洁系统的喷淋，决定他们的启停和工作时间长短。

## 3新型立式湿法电除尘器的应用

### 3.1工程概况及改造方案

#### 3.1.1工程概况

在作者主持设计的国内某100MW燃煤机组项目中，原烟气配套除尘设备为四电场电除尘，采用石灰石——石膏湿法脱硫工艺，在考虑了场地限制、除尘效率稳定性和投资费等多方面的因素后，最终用户采用了脱硫塔上部加金属阳极板形式的立式湿法电除尘方案进行改造。

#### 3.1.2立式湿电入口烟气参数

新型立式湿电入口烟气参数见表1。

表1新型立式湿电入口烟气参数（脱硫塔出口处）

序号	项目	单位	参数
1	脱硫后烟气量	m <sup>3</sup> /h	702174
2	烟气温度	℃	50
3	含尘浓度（含石膏）	mg/Nm <sup>3</sup>	≤20
4	雾滴浓度	mg/Nm <sup>3</sup>	≤30
5	SO <sub>2</sub> 浓度	mg/Nm <sup>3</sup>	≤35

#### 3.1.3改造技术方案的主要内容

加高脱硫塔筒壁，在其上部设置金属阳极板形式的立式

湿电，设计2个供电分区的电场，提高电场工作电压和保障电区可靠性。

在塔筒内设置有阴极系统、阳极系统、烟气均布系统、电气系统等。

增设除尘器外围辅助系统，主要有电场底部加湿系统、电场顶部的清洁系统和绝缘子箱热风吹扫系统。

### 3.2立式湿电主要技术参数

新型立式湿电主要技术参数见表2。

表2新型立式湿电主要技术参数

序号	名称	单位	数值
1	阳极板型式及材质	/	C型 SUS2205
2	阴极线型式及材质	/	针刺线 SUS2205
3	电场烟气流速	m/s	2.67
4	总集尘面积	m <sup>2</sup>	3200
5	同极间距	mm	300
6	设计除尘效率	%	≥75

### 3.3改造效果

2016年2月实施脱硫塔上部新型立式湿电技术改造，并顺利投入运行，2016年6月，经第三方测试结果表明，在机组平均负荷为100MW时，新型立式湿电出口烟尘浓度仅为3.20mg/Nm<sup>3</sup>，本体压力降为230Pa，除尘效率达到84%，效果极为显著，该项目是脱硫塔上部设置金属阳极板立式湿电技术成功应用的一个典范。

### 4结论

新型立式湿法电除尘器通过创新性的设置加湿及清洁系工程技术统，减小了用水量，提高了清污效果，对于PM2.5、SO<sub>2</sub>、SO<sub>3</sub>气溶胶和固态重金属颗粒物等都具有良好的收集效果，并且与脱硫塔一体式结构设计具有设备体积小等优点。

经脱硫后的烟气在除尘器本体内自下而上作垂直运动，可实现烟气的超低排放，满足国家新标准要求。应用该技术对国内某100MW燃煤机组项目进行改造，发现改造后湿法电除尘器出口烟尘浓度仅为3.20mg/Nm<sup>3</sup>，效果极为显著，为实现燃煤电厂烟尘“超低排放”提供了高效、稳定、可靠的技术支撑。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/109153.html>