

湿式电除尘器的原理及应用

目录

1 国内外应用现状和技术特点.....	1
1.1 国内湿式电除尘器应用概况.....	1
1.2 国外湿式电除尘器应用概况.....	1
2 湿式电除尘器的原理及特点.....	2
2.1 工作原理.....	2
2.2 结构特点.....	2
2.3 湿式电除尘器的优缺点.....	2
3 新技术发展状况.....	3
4 湿式电除尘器与现有除尘设备比较.....	3
4.1 经济性比较.....	3
4.2 技术性比较.....	4
5 结语.....	4

燃煤电厂一直是国家环境治理的重点，新出台的污染物排放标准更是对近年来陆续跟进的除尘、脱硫以及脱硝系统提出了更高的要求，如何控制 PM2.5 细颗粒排放、石膏雨和烟囱蓝烟等问题已成为当务之急。新的《火电厂大气污染物排放标准》(GB13223-2011)中，粉尘排放限值由 50mg/m³ 提高到 30mg/m³，重点地区提高到 20mg/m³，单纯的干式电除尘器已经很难满足要求，同时新标准也提高了 NO_x 和 SO_x 的排放限值，并增加了 Hg 的控制指标。湿式电除尘器(WESP)在实现超低排放、控制 PM2.5 和重金属等复合污染物方面应用效果良好，国家环保部在《环境空气细颗粒物污染防治技术政策(试行)》(征求意见稿)中明确指出:鼓励火电企业采用湿式电除尘等新技术，防止脱硫脱硝造成的“石膏雨”以及“蓝烟”污染。

1 国内外应用现状和技术特点

1.1 国内湿式电除尘器应用概况

我国在湿式电除尘技术研究方面起步较晚，最早主要是硫酸和冶金工业中应用了一些中小型的湿式电除尘器。从 2009 年开始，逐步开展了针对燃煤电厂应用湿式电除尘器的研究和探索，并取得了多个项目的成功应用。华电淄博热电有限公司湿式电除尘工程，该项目充分考虑了老厂炉后场地有限的特点，采用了双层复式卧式结构，结构紧凑。鞍钢第二发电厂燃气-蒸汽联合循环机组，引进日本三菱湿式电除尘器装置(平板式)，用于除尘净化进入煤气压缩机前高炉、焦炉煤气。

1.2 国外湿式电除尘器应用概况

日本的湿式电除尘技术起步较早，已经有 30 多年的应用史，仅三菱重工就有 33 台套应用于电厂。日本碧南电厂 5 台套湿式电除尘器投产 20 年来，烟尘排放浓度长期保持在 2~5mg/m³ 的水平，并且湿式电除尘器本体和内部构件均未发生严重腐蚀。

美国在湿式电除尘方面研究也较早，与日本不同的是，美国应用较多的是垂直烟气流独立设计与与 WFGD 的整体式设计。典型工程有 AES 深水电厂，采用的是吸收塔后单独布置的垂直烟气流设计。整体式布置方案具有不用另外占用场地，减少了内部连接管道和土建，无单独支架，管道布置简单，投建成本和运行费用低的优点。缺点是:由于布置在 WFGD 的上方，使得烟气的流动阻力增加，同时高空布置也使得基础和钢结构负荷增加。

2 湿式电除尘器的原理及特点

2.1 工作原理

湿式电除尘器的工作原理和干式的类似,都是高压电晕放电使粉尘或水雾荷电,荷电的粒子在电场力的作用下到达集尘板,但在粉尘的清除方式上,干式电除尘器采用的是机械振打,而湿式电除尘器采用冲刷液冲洗电极,将收尘板上捕获的粉尘冲刷到灰斗中随之排出。

2.2 结构特点

(1)本体结构。湿式电除尘器主要由进出口烟道、除尘器壳体、导流板、整流格栅、阳极收尘板阴极线、绝缘箱、冲洗水系统、电源及控制系统组成。结构类型上一般分为板式和管式两类,板式的集尘极为平板状,水膜形成性好,极板间均布电晕线,主体类似于干式电除尘器,能处理水平或垂直流动的烟气;管式的集尘极一般为多根并列的圆形或多边形金属管,中间分布电晕线,只能处理垂直流动的烟气。湿式电除尘器外部构件采用普通碳素钢,内表面加涂层以防腐蝕,安装时要注意控制内表面的破损,特别是焊接点、构件连接处等。外壳的外部不需要保温,因为烟气温度低于饱和温度,因而外壳处的烟气也几乎没有降温。总体来看,管式集尘极要比板式的效率高、便于布置且占用空间少。

(2)清灰方式。干式电除尘器是通过振打的方式,将集尘极上的积灰振落到灰斗,而湿式电除尘器是将冲刷液喷淋至集尘板上形成连续的液膜,随着冲刷液的流动将粉尘冲刷到灰斗中随之排出。若集尘极上的粉尘不能及时冲刷下来,会产生运行电压下降、电晕封闭和局部腐蚀等问题。常见的清灰方式包括自冲刷、喷雾冲刷和液膜冲刷。不管哪类冲刷方式,冲刷液中含有的大量悬浮颗粒物以及酸性物质,直接排放会造成二次污染和水资源的浪费,因此需要解决灰水循环和水耗问题建议对冲洗水采用闭式循环。

2.3 湿式电除尘器的优缺点

湿式电除尘器的优点:对粉尘的适应能力强,能达到很高的除尘效率,同时也适用于处理高温、高湿的烟气;没有二次扬尘;没有锤击设备等易损部件,可靠性高;能有效去除亚微米级颗粒、SO₃气溶胶和石膏微液滴,对控制PM_{2.5}、蓝烟和石膏雨效果良好;由于在电除尘器内电场气流速度较高,灰斗的倾斜角减小,设备的布置紧凑;降低烟气中总的携带水量,减小石膏雨形成的几率存在的问题:排烟温度需低于冲刷液的绝热饱和温度;在高粉尘浓度和高SO₂浓度时难以采用湿式电除尘器;必须有良好的防腐措施;湿式电除尘器冲洗水虽采用闭式循环,但要与脱硫水系统保

持平衡;多处部件需要用耐腐蚀材料,且未大规模生产,单个产品投入成本较高;新机组需单独占用炉后场地,对老机组改造将会有场地布置问题。

3 新技术发展状况

(1)湿式膜电除尘技术。该技术最早在 1979 年,由美国俄亥俄大学 Pasic 提出并研究成功[11]。湿式膜电除尘器采用碳纤维或硅纤维编织膜作为集尘极,代替传统电除尘器中的

金属集尘极,利用毛细作用,使水均匀的分布在膜表面,消除了传统湿式电除尘器集尘板上容易出现的局部干燥区,避免反电晕的产生,也保证了电场的稳定,提高了除尘效率。

(2)干湿复合电除尘技术。集合了干式和湿式电除尘技术的优点,采用前级电场干式电除尘+末极电场湿式电除尘的配套方案,最早由美国电研所于 20 世纪 90 年代开始研究。

4 湿式电除尘器与现有除尘设备比较

以 100MW 机组为例,达到国家排放标准,对采用 5 电场干式电除尘器、袋式除尘器、电袋复合式除尘器(包含 2 电场)、4 干式+1 湿式电除尘器,进行技术性、经济性比较。

4.1 经济性比较

(1)设备费用。袋式除尘器<5 电场干式除尘器<电袋复合式除尘器<4 干式+1 湿式电除尘器;

(2)土建及施工费用。袋式除尘器<电袋复合式除尘器<5 电场干式除尘器<4 干式+1 湿式电除尘器;

(3)年运行、维护费用。5 电场干式除尘器<电袋复合式除尘器<4 干式+1 湿式电除尘器<袋式除尘器;

(4)总费用。5 电场干式除尘器<袋式除尘器<电袋式复合除尘器<4 干式+1 湿式电除尘器。由此可见,湿式电除器的总费用最高,但其所带来的社会效益和环境效益是无法估量的。

4.2 技术性比较

现在广泛采用的干式电除尘、袋式除尘、电袋复合式除尘技术，仅能控制脱硫塔前的粉尘排放浓度，对于 SCR 以及 WFGD 后所产生的 SO₃ 气溶胶和石膏微液滴没有去除效果，对于 PM_{2.5} 细微颗粒物和重金属污染物的去除效果也很有限。干式电除尘器除尘性能受煤质、飞灰成分、物相组成影响；袋式除尘器不受煤质、飞灰特性影响，但对烟气温度、湿度、成分敏；感电袋复合式除尘器不受煤质、飞灰特性影响，同样对烟气温度、湿度等敏感，但要好于袋式除尘器；湿式电除尘器不受煤质、烟气工况影响，适用范围较广。湿式电除尘器作为大气复合污染物的终端控制设备，在控制上述污染物满足新标准烟尘排放要求上都有出色的表现。表 1 列出了上述几种除尘技术比较。

表 1 各类除尘器的技术性比较

项目	干式除尘器	袋式除尘器	电式除尘器	湿式除尘器
除尘效率	较高	高	高	高
占地面积	大	小	一体式小 分体式大	较小（WFCD 整体布置）
PM _{2.5} 去除效果	较差	一般	一般	较大（单独一般）
重金属去除效果	较差	较好	一般	较好
气溶胶、液胶	较差	一般	一般	较好

5 结语

湿式电除尘器在满足新标准的同时，还能对 PM_{2.5} 细微颗粒、SO₃ 气溶胶微液滴、有机污染物、重金属污染物等起到有效的控制作用，其社会效益巨大。SCR+ESP/FF+WFGD+WESP 的大气污染物控制模式，也是目前世界上燃煤电厂最先进的、控制污染物效果最好的方式。目前，国内已有数台套的湿式电除尘器成功应用，并且运行状况良好。国内外的湿式电除尘器投运经验表明，在燃煤电厂应用湿式电除尘器是完全可行的，而且对于复合污染物有着很好的控制效果，能够解决众多环境问题相信随着国家环保要求的不断提高，湿式电除尘器也将日益受到重视，并在实现粉尘超低排放，控制 PM_{2.5} 和大气复合污染物方面发挥重要作用。

（作者：尹连庆唐志鹏刘佳 学校：华北电力大学环境科学与工程学院）