提高电除尘器内部水冲洗检修效率实施策略的研究

●夏进文

[摘要]随着社会经济的发展，人们对环境保护的意识也越来越强。电除尘器作为一种高效的空气净化设备具有处理烟气量大、收尘效率高等特点，被广泛应用于电力、冶金、化工等行业，用于去除工业废气中的颗粒物。本文阐述了新型电除尘器的相关技术，分析了影响机组正常运行导致除尘效率低下的原因，探讨了电除尘器内部水冲洗方式的选择及实施方法和相关要求。以期能延长电除尘器的使用寿命，保障其长期稳定地运行，且减轻环境污染。

[关键词]电除尘器；水冲洗；除尘效率；检修

电除尘器通过巧妙地利用静电场的作用，有效地去除工业废气中的颗粒物，为保护环境和保障生产的正常进行发挥着重要作用。

通过对电除尘器进行内部冲洗及预膜处理，以防止阴极线、阳极板生锈和延缓阴极线、阳极板的结垢速度。机组启动后检测烟尘等的排放量明显减少，对周围环境有较明显的改善，收到了预期的效果。

新型电除尘器技术

（一）电袋混合除尘技术

电袋混合除尘技术是一种结合了电除尘和袋式除尘优点的新型高效除尘技术。电除尘利用高压电场使粉尘荷电，然后在电场力的作用下收集带电粉尘。它具有处理风量大、压力损失小等优点，但对于微细粉尘的去除效果相对较差。

袋式除尘则是通过过滤袋对含尘气体进行过滤，能够有效地去除微细粉尘，但存在运行阻力较大、滤袋寿命有限等问题。

电袋混合除尘技术将两者结合，扬长避短。在前段设置电除尘区，使大部分粉尘荷电并被去除，减轻了后续袋式除尘的负担；后段的袋式除尘则进一步收集残余的微细粉尘，确保排放达到环保标准。

（二）声波清灰技术

声波清灰技术的原理基于声波的能量传递和振动效应。通过特定的发声装置，产生高强度、低频率的声波，这些声波在传播过程中与灰尘颗粒相互作用，使灰尘颗粒获得足够的能量而脱离附着表面。

（三）等离子体气体净化技术

等离子体是由大量带电粒子（电子、离子）和中性粒子（原子、分子）组成的、整体上呈电中性的物质状态。在等离子体中，通过放电产生的高能电子与气体分子发生碰撞，使分子激发、解离和电离，从而产生一系列活性粒子。这些活性粒子与污染物发生化学反应，将其转化为无害物质。

电除尘效率影响因子分析

（一）电除尘本体因素

（1）气流均布装置：若导流板磨损严重或气流分布板设计不合理，会使入口气流分布不均匀，局部气流速度高的地方出现冲刷现象，形成二次扬尘，导致除尘效率下降。

（2）板间距：极板间距影响电场强度和粉尘的驱进速度，间距过大或过小都不利于提高除尘效率，需在大、小修时调整极板极线间距，保证电除尘的击穿电压达到额定值。

（3）极板极线老化变形：极板锈蚀、变秃以及极线变形，会导致尖端放电能力变差、起晕电压高，运行电流达不到设计要求，影响除尘效率。

（4）振打装置：振打装置不理想会造成振打加速度不够，极板、极线积灰严重，甚至产生反电晕，降低除尘效率，而采用顶部电磁振打等先进方式可提高振打清灰效果。

（二）供电装置因素

（1）高压供电装置：其性能优劣取决于高压柜、整流变

压等高压系统的控制特性。微机自动电压调整器可自动检测电场工况并调整参数，提高平均电压和电流，稳定除尘效率。此外，合理调节整流变压器的变比，可改善供电质量，提高除尘效率。

(2)低压供电装置：包括振打、排灰、加热等低压系统，其控制特性的好坏直接影响电除尘器运行自动化和管理智能化。排灰控制系统控制性能差可能造成灰斗高料位甚至电场短路；加热控制系统良好运行则可防止绝缘子污染等问题。

(三)运行工况因素

(1)煤种及烟气性质：不同煤种产生的烟气在温度、压力、成分、含尘浓度等方面存在差异，温度过高会影响飞灰比电阻值，压力、成分变化会对电离、起晕电压和电场强度等参数产生不利影响，含尘浓度过高会使电场空间电荷增多、强度减弱，降低除尘效率。

(2)粉尘特性：粉尘的比电阻、粒径分布、密度和粘附性等特性对除尘效率影响显著，比电阻过高会出现反电晕现象，粒径过小的粉尘荷电难、运动轨迹不稳，易逃脱电场捕捉，而粘附性强的粉尘则容易导致电晕线肥大，降低电晕放电效果。

(3)振打周期：振打周期过短或积灰层太薄，振打时易形成细粉末重新被烟气带走；振打周期太长或积灰太厚，会降低电晕电流和除尘效率。因此，选择合理的振打周期并进行轮流均衡的振打，可提高除尘效率。

(4)电场闪络频率：负荷高、煤质差、灰分大时，一电场易产生频繁闪络现象，此时应适当降低供电参数；后电场保持较高供电参数，以保证整体的除尘效率。

Q 交流分量对粒子电流密度和粒子直径的影响

(一)交流分量对离子电流密度的影响

(1)离子电流密度是指单位面积上通过的离子电流大小。交流分量是相对于直流分量而言的，在一个包含交流信号的电流中交流分量是会随着时间做周期性变化。

(2)影响方式。

改变离子迁移的驱动力：交流电场作为交流分量可能会叠加在直流电场上。当有交流电场存在时，离子受到的电场力会有周期性变化。例如，在电解质溶液中，离子在交流电场作用下，其运动方向和速度大小会不断改变。这使得离子电流密度的大小和方向也会相应地周期性变化。

影响电极-溶液界面的双电层电容：交流分量的频率会对双电层电容产生影响。在高频交流信号下，双电层电容的充放电过程变得很重要。离子在双电层中的分布和运动受到交流信号的干扰，从而改变了离子电流密度。比如，高频交流信号可能会导致双电层电容频繁地充放电，使得离子在电极表面的吸附-脱附过程加快，进而影响离子电流密度。

引起离子浓度分布的变化：交流分量产生的交变电场会导致离子在介质中的分布不均匀。由于离子的扩散过程与浓度梯度有关，交流信号引起的离子浓度变化会使得离子扩散速度发生改变，最终影响离子电流密度。以离子交换膜为例，交流电场可能会使膜两侧的离子浓度波动，改变离子通过膜的通量，从而对离子电流密度产生影响。

(二)交流分量对粒子直径的影响

在电场作用下，离子会受到电场力。当存在交流分量时，离子会发生周期性的振动。从某种程度上，这种振动可能会使离子的有效直径在动态过程中发生改变。例如，在电解质溶液中，离子周围存在着溶剂化层。交流电场的作用可能会导致溶剂化层结构发生周期性变化，使得离子的表观直径(考虑溶剂化层)发生改变。

如果交流分量的频率很高，离子可能来不及完全响应电场变化，离子云(离子周围聚集的相反电荷离子群)的弛豫过程也会受到影响。这可能会改变离子与周围环境相互作用的范围，进而影响离子直径的有效测量值。比如，高频交流电场可能会使离子云被压缩或扩张，从而影响离子整体的尺寸表现。

Q 电除尘器内部水冲洗工艺的设计

(一)冲洗方式选择

(1)固定式喷淋：在除尘器内部安装固定的喷淋管，管上分布喷头，水从喷头喷出冲洗电极板等部件。优点是结构简单、成本低；缺点是有冲洗死角，效果受喷头布局和水流特性影响。

(2)移动式冲洗：通过移动机构带动冲洗喷头在除尘器内部移动冲洗，如利用往复丝杆带动喷头上下移动。能对电极板全面冲洗，提高效果，但设备较复杂、成本高。

(二)冲洗系统组成

(1)供水系统：包括水箱、水泵、阀门、管道等。水箱储存冲洗水，水泵提供冲洗动力，阀门控制水流，管道输送水。要根据除尘器大小和冲洗要求，合理选择水泵流量、扬程等参数。

(2)喷头及管路：喷头要能产生均匀稳定的水流，且需要耐腐蚀、不易堵塞。管路布置要合理，减少弯头和阻力，确保水流畅通，可采用不锈钢管等耐腐蚀材料。

(3)过滤系统：在冲洗水回收或循环使用时，需过滤装置去除水中杂质和颗粒物，防止喷头堵塞和对设备二次污染，可采用多级过滤，如滤网、砂滤、活性炭过滤等。

(4)排污系统：及时排出冲洗后的污水和沉积物，避免在除尘器内积聚，可在底部设置排污口、排污管和阀门，连

接至污水收集处理装置。

（三）冲洗参数确定

（1）冲洗压力：压力过低无法有效清除积尘，过高会损坏设备。一般在0.5～2MPa间，需根据除尘器类型和积尘情况调整。

（2）冲洗水量：依据除尘器内部容积、积尘程度和冲洗方式确定，要保证足够水量湿润和冲洗电极板等部件，又避免水资源浪费，可通过计算和试验确定最佳水量。

（3）冲洗时间和频率：冲洗时间根据积尘厚度和性质确定，每次冲洗5～15分钟不等；频率取决于生产工况和粉尘产生速度，一般1～3个月冲洗一次，粉尘多的场合可适当增加。

电除尘器内部水冲洗方案及技术要求

（一）水冲洗方案

（1）停炉后继续保持电除尘振打系统及输灰系统投运。（2）电除尘人孔门打开后作业人员进入先对内部走道、立柱凹槽等平坦处大量积灰清理至灰斗。（3）输灰系统确保将电除尘器内部所有灰斗积灰输送完毕。（4）拆卸仓泵落料软连接、防止仓泵进水防护设施布置，进行隔离时拆卸连接管并做好记号放置指定地点，管口多层塑料布包裹及胶带封堵。（5）电除尘零米灰水沉淀围堰的布置、冲洗水管道敷设。（6）用高压水冲洗电场内部，冲洗时循环自上而下，先冲洗顶盖，然后是阴极框架、阴极线、阳极板、振打装置、气流分布板、挡风板、灰斗等。（7）水冲洗电场后自然通风干燥8小时以上，有条件时可利用通风干燥。（8）对电场内部极线、极板间距进行调整，对变形的极板进行校正，以防冲洗过程中造成极间距发生变化，影响电场正常运行。（9）冲洗结束后仓泵软连接恢复。（10）冲洗完的泥浆及排污水需转运至指定位置。（11）电除尘器本体内各极线、极板、表面冲洗干净，灰斗四壁无明显积灰。（12）清理现场、工作结束。①现场打扫干净；②检查人孔门全部封闭；③押票试用，进行升压实验；④办理工作票终结手续。

（二）水冲洗技术要求

1.水质要求

冲洗水一般要求避免水中含有杂质、油污等污染物，防止喷头堵塞和对设备造成腐蚀。可根据具体情况对水质进行软化、除盐等处理，以满足设备长期稳定运行的要求。

2.压力与流量要求

冲洗水的压力和流量要根据电除尘器的型号、尺寸以及积尘情况等因素进行合理确定。压力过低无法有效冲洗积尘，压力过高则可能对设备造成损坏；流量要保证能够充分湿润和冲刷集尘极表面，确保冲洗效果。

3.冲洗频率与时间

根据电除尘器的运行环境、粉尘性质和浓度等因素，确定合理的冲洗频率和时间。一般来说，粉尘浓度高、粘性大的场合，冲洗频率要相应增加；每次冲洗的时间要足够长，以确保将积尘彻底清除，但也不宜过长，以免影响设备的正常运行。

4.安全要求

冲洗前需确保设备已停止运行并切断电源，设置警示标志，防止人员误操作。操作人员需穿戴好防护装备，如手套、安全镜等，避免冲洗水对人体造成伤害。

小结

电除尘器内部水冲洗方案在实施过程中存在的利弊分析如下。

优点：能有效清除阴极线、阳极板等部位的积灰、积垢，提高除尘效率，减少烟尘排放量，改善环境质量；可避免阴极线等部件因积灰产生锈蚀，延长其使用寿命；冲洗后的设备内部环境更清洁，为检修人员提供了良好的工作条件，有利于提高检修效率和质量。

缺点：若冲洗工艺设计不合理，会导致部分位置清灰效果不佳；冲洗过程中可能会使水渗入仓泵、插板门等设备，造成设备损坏或故障；冲洗后若水分不能及时干燥，会使阴极线和阳极板发生锈蚀，影响设备性能，甚至产生反电晕现象，导致高压控制柜无法正常运行；此外，还需对冲洗产生的污水进行处理，增加了污水处理成本和工作量，若处理不当，还可能造成环境污染问题。

总结：为了彻底消除极板极线严重积灰影响除尘效果问题，使电除尘投运后除尘效果达到最佳，需要对静电除尘器内部进行水冲洗。停炉后用水冲洗虽然为一种解决途径，但又带来许多困难和问题，所以大小修时对电除尘器内部用水冲洗的检修方法，必须采取谨慎的态度。选择比较适合自己公司的解决方法显得更为重要。

参考文献

[1]陈旺生，向晓东，幸福堂.交变电场中偶极荷电粒子电凝并的理论研究[J].工业安全与防尘，2001(02)：3-5.

[2]陈琬玥，白莉，贺梓健.一种新型静电除尘装置设计[J].建筑热能通风空调，2019，38(11)：91-94.

[3]樊兴超，姜学东，王娜.电除尘器电源交流分量对PM2.5等细微颗粒物除尘效率的影响[J].环境工程学报，2014，8(03)：1145-1149.

作者简介：

夏进文(1986－)，男，汉族，甘肃兰州人，本科，工程师，兰州电力修造有限公司，研究方向：电力工程技术。