

影响蜂窝式湿式电除尘器除尘效率的探讨

吴伟良（浙江德创环保科技股份有限公司，浙江 绍兴 312000）

摘要：湿式电除尘器作为炉后烟气净化系统的补充，在烟气治理过程中发挥着重要作用。很多因素影响着蜂窝式湿式电除尘器除尘效率，探讨了极配形式、电极形态、烟气性质、喷淋冲洗系统、电场电压、安装施工精度、气流均布、运行方式等影响因素，其中烟气性质包括烟温、湿度、烟气流速和粉尘浓度，阳极模块吊装、阳极接地、阳极密封决定着安装施工精度，气流均布是蜂窝式湿式电除尘器中的关键技术，并提出了一些应对措施及注意事项。

关键词：除尘效率；影响因素；湿式电除尘器

Abstract: As a supplement to the flue gas purification system behind the boiler, WESP plays an important role in the process of flue gas treatment. Many factors affect the collection efficiency of honeycomb WESP, and the influence factors such as pole distribution form, electrode form, flue gas property, spray washing system, electric field voltage, installation and construction precision, airflow distribution, operation mode and so on are discussed, and some countermeasures and precautions are put forward. The flue gas property include flue gas temperature, humidity, flue gas velocity and dust concentration. The installation and construction precision is determined by anode module hoisting, anode grounding and anode sealing. The airflow distribution is the key technology in the honeycomb wet electrostatic precipitator.

Key word: Collection efficiency; Influence factor; WESP

随着《火电厂大气污染物排放标准》(GB13223-2011)的发布，特别在浙江、江苏、山东等地，湿式电除尘器如雨后春笋一般遍洒各处。目前，全国各地新上蜂窝式湿式电除尘器至少有上百台，但随之而来的探讨也不断地在深入，比如蜂窝式湿式电除尘器除尘效率一直是业界讨论的话题。

1 极配形式、电极形态的影响

阴极系统与阳极系统是蜂窝式湿式电除尘器中最主要的两大部件，甚至直接决定着蜂窝式湿式电除尘器最终的成败。经试验发现阴极线采用刚性针刺线、阳极管采用导电玻璃钢蜂窝管是极为可靠的一种极配形式。

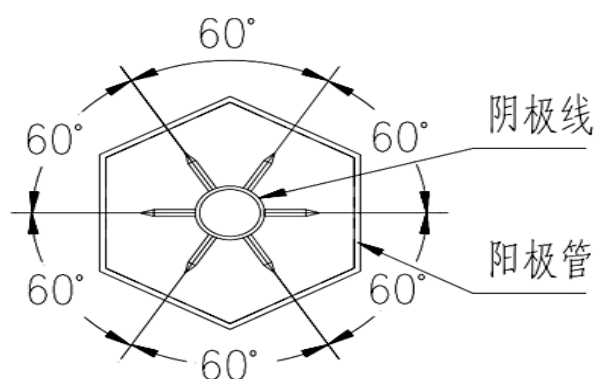


图1 阴阳极布置方式

阴极系统由阴极线、阴极框架、悬挂装置等组成。通常，阴极系统选用2205材质，有时烟气性质比较恶劣，推荐使用钛合金材质，钛合金不仅抗腐蚀能力更优，而且其密度小、重量轻，但阴极框架、悬挂装置需考虑结构强度。在湿电被大量推广期间，有部分电厂采用柔性线，如铅锡合金阴极线，但由于铅锡合金阴极线下方悬挂重锤，天长日久，铅锡合金阴极线极易被拉长、

断线，导致电场短路，所以铅锡合金阴极线已逐渐被淘汰。阴极线若发生变形，会使阴极线与阳极管发生异极距改变导致尖端放电而使除尘效率降低。理想中的阴极线具备不易断线、清灰容易、造价便宜、加工制作简单等特点，所以优先采用刚性针刺线。阴极线的针刺以呈60°螺旋线布置，阴阳极布置方式详见图1。

阳极系统主要由阳极模块、接地装置等组成。阳极模块由正六边形蜂窝管堆垒而成，阳极管采用导电玻璃钢(C-FRP)，管束间用树脂连接，共用管壁，不易变形，同极距得以保证，且不会产生旁路烟气，阳极管在制作加工过程中要求垂直度，其轴线相对于铅垂线基准的偏差不大于3.5mm。理想中的阳极管具备结构强度高、不易腐蚀、不易结垢、加工制作简单等特点，所以优先考虑导电玻璃钢型阳极管。市面上阳极管还有用不锈钢材质的，但其在组管时不可避免得会产生多道直通焊缝，这会成为后续蜂窝式湿式电除尘器运行中的隐患点。

2 烟气性质的影响

烟气性质包括烟温、湿度、烟气流速和粉尘浓度，它们对蜂窝式湿式电除尘器的效率均会产生影响。

蜂窝式湿式电除尘器但性能不受比电阻影响，但与烟温直接相关。烟气温度能够影响气体的黏滞性，气体黏滞性随温度的上升而增大，导致其驱进速度下降；如果可能，在较低温度条件下运行比较好。对于蜂窝式湿式电除尘器而言，必须满足饱和湿烟气这一先决条件，所以这也成为了制约蜂窝式湿式电除尘器在更多行业、更多领域得以应用的又一原因。一般湿式电除尘器布置在湿法脱硫之后，温度和湿度得以保证。但严禁在锅炉

未投运或脱硫设备未正常运行的情况下投运蜂窝式湿式电除尘器。如果在高温干燥的情况下或者未通烟气的情况下升压,当电场内部发生异常闪络拉弧时,电弧产生的高温可能会造成阳极管的局部损坏。

根据蜂窝式湿式电除尘器的工作原理,烟气流速越低,粉尘被荷电的机率越高,故除尘效率越高,但同时,占地面积会增大、工程造价也相应提高。一般情况下,针对不同的除尘效率,有一个对应的最佳烟气流速。不同的入口粉尘浓度,对应除尘器的处理面积不同,如在使用过程中入口浓度超过设计浓度,则会影响到除尘效率。根据目前的工程经验,蜂窝式湿式电除尘器出口粉尘浓度能达到小于 $5\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。

3 喷淋冲洗系统的影响

喷淋管路的布置以及喷嘴的选择对蜂窝式湿式电除尘器的安全运行以及除尘效率有着巨大的影响。在某些已投运的蜂窝管式湿式除尘器停炉检修时,发现由于喷嘴以及管路的不合理造成阳极蜂窝管管壁结垢、沟流,最终影响除尘效率。

4 电场电压的影响

在正常运行过程中,如果发现电场内部参数发生异常变化,比如二次电压与二次电流变化幅度超过 30%、火花率高于 30 次、进出口烟温高于 60°C 、含氧量超过 15% 等异常情况,请及时将该分区的高压电源停运,并立即对该电场内部进行冲洗。

5 安装施工精度的影响

蜂窝式湿式电除尘器的安装质量影响着蜂窝式湿式电除尘器的运行稳定性,安装质量主要由阳极模块吊装、阳极接地装置、阳极密封、极间距等因素决定。

5.1 阳极模块吊装

阳极模块吊装前,应检查阳极支撑梁的安装精度,要求如下:阳极支撑梁间的跨距极限偏差为 $\pm 3\text{mm}$;阳极支撑梁上表面水平度 $\pm 5\text{mm}$ 。

阳极模块法兰筋板上自带吊装孔,施工现场可穿钢丝绳进行吊装,并吊装至壳体阳极支撑梁上,方位需符合施工图要求。用重锤法检查阳极模块安装垂直度,偏差范围需控制在 $\pm 5\text{mm}$,出现超差时,需在阳极模块支撑法兰下加垫玻璃钢薄板,调整模块垂直度。

5.2 阳极接地检查

阳极模块吊装完毕,并找平、找正之后需对阳极接地装置进行性能检验。阳极模块接地电阻应小于等于 5Ω 。具体操作如下:阳极接地连接之后,用万用表和测量导线(导线阻值已知)连接阳极模块上的一个接地件和外界接地网,测试阻值减去导线电阻应小于等于 5Ω 。如果阻值超标,需检查连接端是否松脱。

5.3 阳极密封防腐检查

阳极模块与壳体壁板之间需密封连接,阳极密封现

场采用手糊玻璃钢形式,施工完毕需对密封面进行检查。密封性能检查具体操作如下:

①在密封面的一侧进行灌水操作,静置 30min 以后在密封面的另一侧观察有无漏水;②在阳极系统外侧用高压水枪冲击密封面,从蜂窝式湿式电除尘器内部观察有无渗水;③开启内部喷淋冲洗系统,在蜂窝式湿式电除尘器外侧观察有无漏水;④如果发现有渗漏的地方,需做好标记,分析渗漏的原因,将密封面清理干净并干燥处理,用堵漏王或密封胶泥填堵渗漏处,再用手糊玻璃钢修补包裹渗漏处。

6 气流均布的影响

气流均布是蜂窝式湿式电除尘器中的关键技术。气流分布均匀性会直接影响除尘效率和除尘本体阻力大小。合理的气流设计可明显的减少系统阻力,大大节约能耗,对提高电除尘器的效率有着重要的作用。通常采用气流设计软件对每个项目都进行了 1:1 气流模拟,通过 1:1 实体建模,能更加真实、准确地反映出实际的气流分布情况,同时对分析得出的速度截面进行理论取点,列表后计算理论气流均布系数,使气流分布均匀性系数达到 < 0.2 。

7 运行方式的影响

一般在投运蜂窝式湿式电除尘器前需开启热风加热系统,以确保各绝缘瓷件的干燥,防止因结露爬电而引起的任何损害。在启动蜂窝式湿式电除尘器前,应手动开启喷淋冲洗系统,将每个电场冲洗一遍,时间约为 3~5min,确保电场内部阴、阳极表面得到充分的湿润以及清洁。停机后也需手动开启喷淋冲洗系统,充分冲洗阳极和阴极表面,以防止停机后阴、阳极表面的粉尘局部残留引起结垢。从水路的流量曲线、压力曲线可以判断各个冲洗喷嘴动作情况,从而分析出喷嘴是否堵塞。从电压曲线、电流曲线可以判断电场运行参数是否正常、是否有闪络状况发生、电场内是否冲洗干净等。

8 结论

影响蜂窝式湿式电除尘器除尘效率的因素很多,而保证蜂窝式湿式电除尘器有高效稳定的除尘效率是一个系统性的工程,需要各方配合,不仅需要设计人员科学、严谨的设计、计算,还需安装人员的准确执行,更需后期运行人员的配合、维护。

参考文献:

- [1] 高建兵. 湿式电除尘器的主要影响因素 [J]. 维纶通讯, 2009,06(02):22-25.
- [2] 李静, 邱继锐. 浅析影响电除尘器除尘效率的原因及预防措施 [J]. 科技创新与应用, 2013(29):121.
- [3] 赵明杰, 丁志江, 肖立春. 雾化特性对湿式电除尘器除尘效率的影响 [J]. 环境工程, 2017,35(3):67-71.