

Studying on Water Spray System of Wet Electrostatic Precipitator

Zhiguo Li, Bing Hu

Sinosteel Tiancheng Environmental Protection Science & Technology Co., Ltd., Wuhan Hubei
Email: 421323993@qq.com

Received: Mar. 10th, 2019; accepted: Mar. 25th, 2019; published: Apr. 1st, 2019

Abstract

This paper briefly describes wet electrostatic precipitator as the ultra-low emission light equipment, which core part is the spray water system and plays a major role on the realization of ultra clean emissions. The study got some key parameters from the wet electric water spray system, and improved the efficiency of the industrial water usage rate. This study provides technical support for the deep purification of dust particles in industrial wet electrostatic precipitator.

Keywords

Wet Electrostatic Precipitator, Water Spray, The Average Coverage, Overlap

湿式电除尘器水喷淋系统试验研究

李治国, 胡冰

中钢集团天澄环保科技股份有限公司, 湖北 武汉
Email: 421323993@qq.com

收稿日期: 2019年3月10日; 录用日期: 2019年3月25日; 发布日期: 2019年4月1日

摘要

简述了湿式电除尘器作为超低排放的把关设备, 其核心部分喷淋水系统对能否实现超净排放影响重大。本次研究获得了湿式电除尘喷淋水系统的一些关键参数, 提高了工业用水效率, 为工业湿式电除尘器烟尘颗粒物深度净化提供技术支撑。

关键词

湿式电除尘器, 水喷淋, 平均覆盖率, 重叠



1. 引言

随着国家环境保护、节能减排要求越来越严格, 各项环保法规政策的实施, 钢铁冶金、电力、石油化工等各行各业对大气污染物的控制提出了更高的要求。以工业烟气粉尘为例, 排放标准日益严峻, 湿式电除尘器已成为超低排放的把关设备, 同干式电除尘器相比, 湿式电除尘器用水喷淋系统替换振打系统来实现极板的清灰, 没有二次扬尘, 去除微细颗粒的效果非常显著。喷淋系统是湿式电除尘器的核心部分, 目前相关试验研究开展较少, 参考资料比较匮乏, 因此开展本次研究意义重大。

2. 目的和意义

通过建立小型模拟试验装置, 探索喷淋系统设计中相关的参数, 进一步优化湿式电除尘器的水系统设计, 选择更为合理准确的喷嘴形式、压力及流量等设计参数[1], 提高工艺设计精准度与效率, 节约用水。

3. 试验内容

搭建一套小型的湿电装置, 通过一系列模拟试验, 进一步优化现有湿式电除尘器的水系统设计, 探索更为合理准确的设计参数, 主要如下:

①优选喷嘴, 包括喷嘴的形式, 喷淋特性, 即压力与流量的喷淋特性曲线。在设计时, 选择最佳的点, 既节约用水, 也节省能源消耗, 减少设备成本与运行费用。

②优选喷嘴的组合形式。用合理高效的喷淋覆盖率[2], 提高极板上有效受水率。有效受水才是湿电中起主要作用的那部分, 对湿电的效率影响较大, 受水率小清灰不彻底, 受水率太大, 浪费水资源, 合理的受水率对设计中成本的控制, 除尘器的效率有明显影响。

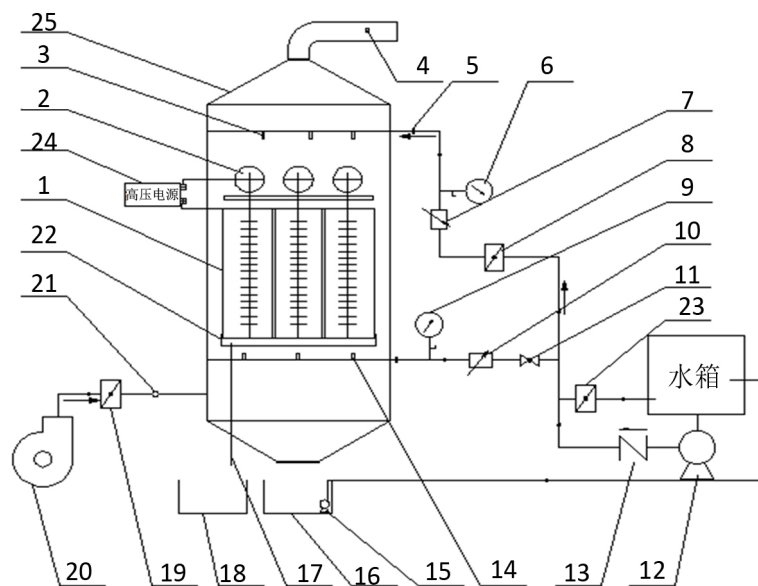
③水膜[2]在极板上的清灰流动特性。水膜在极板上均匀流动, 集尘清灰较为彻底, 除尘器性能才好, 若形成沟流、不流动, 清灰不彻底, 则除尘效率下降。

4. 试验装置

试验流程图如图 1 所示。以 6 根六边形管阳极管为设计基础, 2.5 m/s 电场风速为基准风速, 设计并搭建湿式电除尘器, 其结构主要包括壳体、阳极管、阴极线、风机、水泵、收集水箱等。试验装置通过离心风机送风模拟烟气, 调节风量来改变电场风速, 利用设计的气流分布板使气流均匀分布。水通过水泵供给的动力从喷嘴中喷出, 部分喷淋水沿阳极管壁面流下被收集起来称重, 其余穿过阳极管经灰斗流走。

5. 喷嘴选型与布置

根据工程实际应用, 选择实心锥和空心锥两种喷嘴, 设计了三种试验型喷嘴排布方式和相应的连接管道。第一种仅使用一个喷嘴, 喷嘴喷淋的无重叠覆盖[3], 此时平均覆盖率为 100%, 如图 2 所示; 第二种设置了两个喷嘴, 包含了无重叠覆盖的部分和一次重叠覆盖的部分, 平均覆盖率为 175%, 如图 3 所示; 第三种使用了三个喷嘴, 既有无重叠覆盖的, 又有一次重叠覆盖[3]的, 还有二次重叠覆盖[2]的, 平均覆盖率为 195%, 如图 4 所示。



1.阳极管(板)2.阴极3.喷淋喷嘴4.测试孔5.法兰6.喷淋管压力表7.喷淋流量计
8.喷淋蝶阀9.喷雾管压力表10.喷雾流量计11.喷雾管球阀12.离心水泵
13.止回阀14.喷雾喷嘴15.潜水泵16.水桶17.集水管18.水桶19.风机蝶阀
20.风机21.风机风量测试孔22.集水槽23.回流蝶阀24.高压电源25.除尘器壳体

Figure 1. Diagram of water spray test equipment
图 1. 水喷淋试验装置图

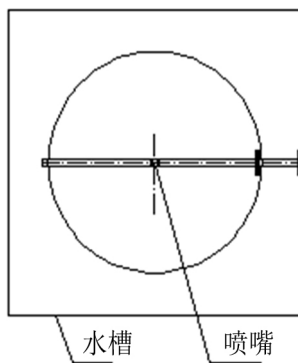


Figure 2. Nozzle layout type 1
图 2. 喷嘴布置型式 1

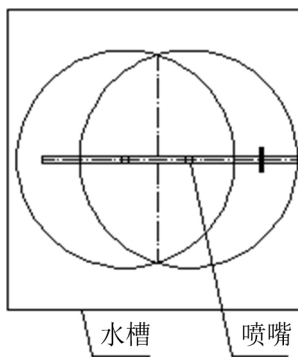


Figure 3. Nozzle layout type 2
图 3. 喷嘴布置型式 2

此处所谓一次重叠覆盖, 即相邻两个喷嘴喷出液的锥底圆相交的部分; 二次重叠覆盖为三个相邻喷嘴喷出液的锥底圆相交的部分; 所谓喷淋覆盖率[3]是指电场上部设置的喷淋喷嘴在运行时, 喷淋覆盖的面积总和与电场俯视投影面积的比率。

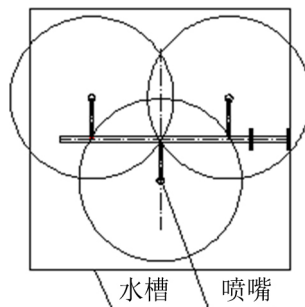


Figure 4. Nozzle layout type 3
图 4. 喷嘴布置型式 3

6. 水喷淋试验

6.1. 试验方法

湿式电除尘器喷淋系统喷淋清灰效果的好坏, 通常用极板上的水膜厚度来表征, 在本次试验中, 立式管式湿式电除尘器阳极管壁面上水膜厚度难以测量。试验将测量水膜厚度转换为测量沿阳极管流动壁面的水量, 并以集水率 η 表示喷淋效果。

$$\eta = \frac{m}{M} \times 100 \quad (4.2)$$

式中: η ——有效集水率, %;

m ——沿阳极管壁面流动的水量, kg;

M ——喷嘴喷淋总水量, kg。

喷淋试验方法如下:

首先, 风机不开启, 测试无风条件下的喷淋效果。

- 1、在喷淋层安装好喷嘴, 密封人孔门, 检查装置的连接;
- 2、启动水泵, 调节好喷淋压力, 关闭水泵, 待此次喷淋水流尽;
- 3、再次开启水泵, 喷嘴喷出液滴时开始记录时间, 同时记录下喷淋喷嘴的工作压力以及流量, 喷淋 3 min 后, 关闭水泵;
- 4、阳极管收集水槽中的水都流入收集水桶中后, 称量水桶中水的质量并记录;
- 5、调节喷嘴的工作压力以及更换不同布置形式(不同覆盖率), 重复上述步骤, 并记录相应的压力、流量以及收集水的质量等数据。

开启风机, 重复上述试验步骤记录数据。

6.2. 试验结果

试验结果如图 5~图 7 (有风)图 8~图 10 (无风)所示, 根据试验数据, 有风时有效集水率的变化趋势与无风条件下一致。随着喷淋压力的升高, 有效集水率逐渐减少, 随着喷淋压力的升高, 液滴惯性力加大, 液滴碰壁和相互碰撞作用增强, 喷溅剧烈, 喷淋到阳极管内从阳极管壁面流下被收集的水量相对减少, 致使最后的收集率变小, 喷淋水的利用率较低。

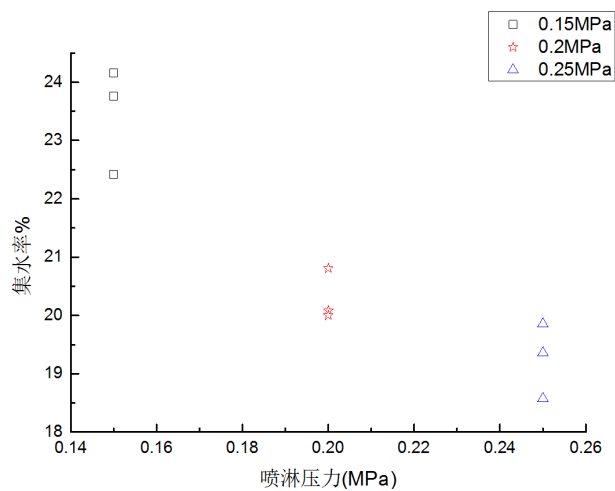


Figure 5. Catchment rate changes with spray pressure (100% coverage)
图 5. 集水率随喷淋压力变化趋势(100%覆盖率)

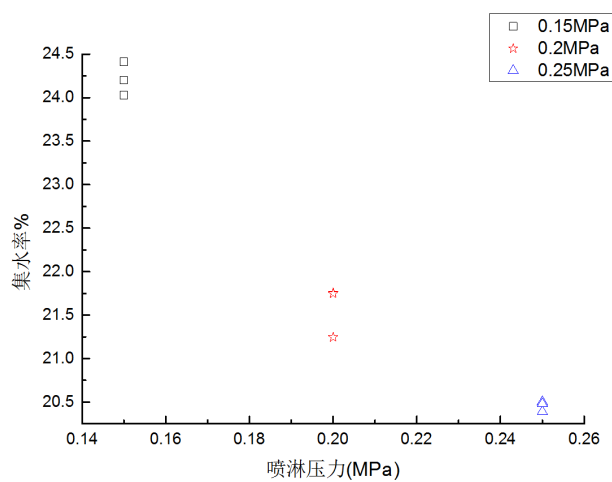


Figure 6. Catchment rate changes with spray pressure (175% coverage)
图 6. 集水率随喷淋压力变化趋势(175%覆盖率)

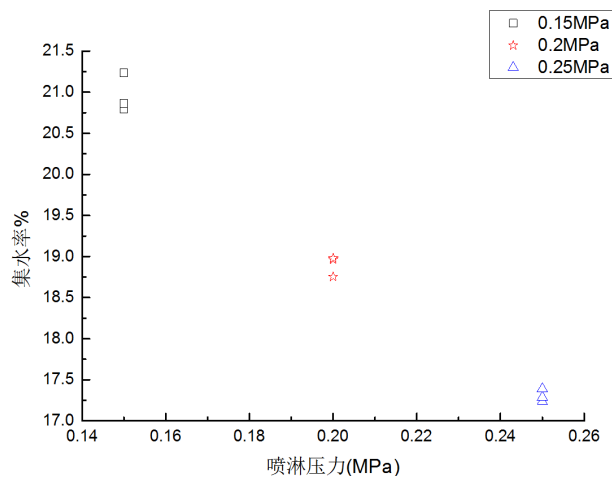


Figure 7. Catchment rate changes with spray pressure (195% coverage)
图 7. 集水率随喷淋压力变化趋势(195%覆盖率)

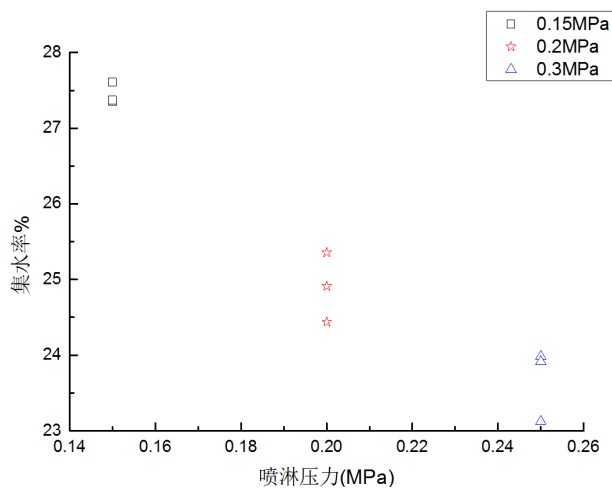


Figure 8. Catchment rate changes with spray pressure (100% coverage)
图 8. 集水率随喷淋压力变化趋势(100%覆盖率)

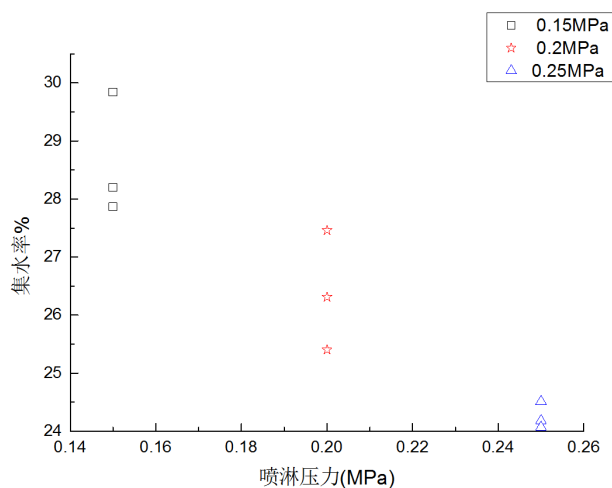


Figure 9. Catchment rate changes with spray pressure (175% coverage)
图 9. 集水率随喷淋压力变化趋势(175%覆盖率)

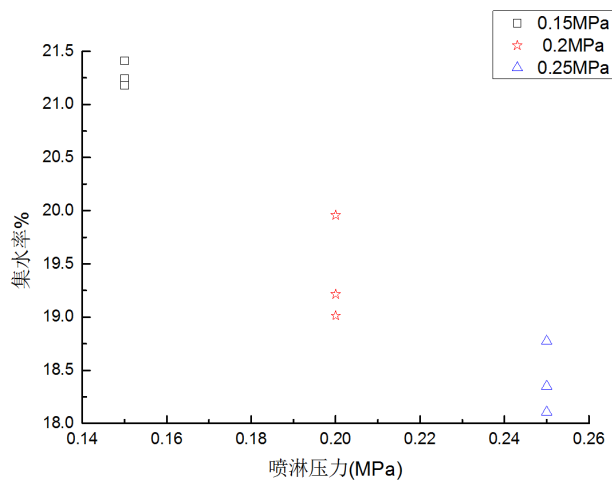


Figure 10. Catchment rate changes with spray pressure (195% coverage)
图 10. 集水率随喷淋压力变化趋势(195%覆盖率)

7. 研究结论

本试验通过对喷嘴布置, 工作压力, 通风与否等试验条件下的喷淋有效集水率等进行了研究, 取得了以下一些结论:

在前述的工作基础上, 试验研究了不同喷淋压力、不同的喷淋覆盖率、是否通风对喷淋集水率的影响。试验结果表明:

1) 通风条件下, 试验用实心喷嘴在两喷嘴布置(覆盖率 175%)、0.15 MPa 工作压力下集水率最大。

2) 通过喷嘴布置试验平台, 对不同布置、不同压力、不同高度的喷淋进行有效集水率的试验。试验结果表明, 在相同的喷淋高度, 相同的喷淋覆盖率下, 喷淋压力越大, 有效集水率越小。在工程应用中, 优先选择中低压力喷淋。

3) 对于不同的覆盖率来说, 一次重叠覆盖占比高时, 有效集水率高, 一次重叠覆盖占比低时, 有效集水率低。在试验条件下, 覆盖率 175%、0.15 MPa 时喷嘴喷淋集水率最大。因为无重叠覆盖与二次重叠覆盖造成喷淋水不能有效利用的占比过大, 使有效利用的比例偏小, 因此, 在工业应用中, 应合理布局喷嘴的排布, 增大一次重叠覆盖部分所占的比例, 增加喷淋水的有效利用, 减少用水量。

4) 无风条件与通风条件的对比试验表明, 由于通风的携带, 部分液滴会随风排出, 减少了阳极管壁面接受的水量, 喷淋水利用率降低。在工程应用中, 应合理选择喷嘴与喷淋粒径, 合理布置喷嘴排布, 使喷淋区域液滴粒径保持大于相应风速下的悬浮粒径, 减少液滴随风排出量, 提高喷淋水的利用率。

5) 喷淋高度越低, 喷淋投影面越小, 阳极管壁面接受到的水量较多, 有效集水率增大。在工程应用中, 结构条件许可时, 应降低喷淋高度, 提高喷淋水的有效利用率。

通过试验研究对实际工程应用具有很好的指导意义, 结合颗粒物悬浮速度的理论分析可知, 在湿式电除尘器设计气流速度为 2.5 m/s 条件下, 喷淋水滴悬浮于电场中的粒径[4]为 400~500 μm , 因而对喷嘴设计选型有重要参考意义。

实心锥喷嘴在湿式电除尘器冲洗积灰中有良好的效果, 喷淋投影面积上均匀无空心遗漏, 更加适合喷淋冲洗。在设计的气流风速条件下, 尽量地降低喷淋工作压力和喷淋高度对生产节水节能有重要意义。

参考文献

- [1] 高继贤, 洪小松, 张小娟, 阎冬. 一种用于垂直流湿式电除尘器的间歇喷淋冲洗系统[P]. 实用新型专利 CN201420541907.4.
- [2] 中华人民共和国机械行业标准. 湿式电除尘器 JB/T 11638-2013 [S].
- [3] 赵增慧, 于力. 提高湿法烟气脱硫喷淋塔脱硫和除尘效率的探讨[J]. 北京石油化工学院学报, 2014(3): 18-21.
- [4] 李秋萍, 程建伟, 邵国兴. 喷淋洗涤塔, 液柱塔及动力波洗涤器[J]. 化工装备技术, 2008, 29(3): 1-5.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5485, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: aep@hanspub.org