Research of Materials Science
Volume 5, 2016, PP.10-15

Reconstruction Design of Dust Collector in Power Plant of Huainan Xinji No.2 Mine

Zhonghui Yin[1], Hao Ji[1]

School of Mechanical Engineering, Anhui University of Science and Technology, Anhui Huainan 232001, China

zhhyin.an126@163.com

2775269018@qq.com

Abstract

DBW type electrostatic precipitators with three electric fields were used in the power plant of Huainan Xinji No.2 Mine. As the dedusting effect of the equipment was affected by the gas properties, there resulted in unstable emission and low dust-removing efficiency, which could not meet the requirement of the national new emission standards. Therefore, with the aim of meeting the demand for the Emission Standard of Air Pollutants for Thermal Power Plants (GB 13223-2011), the original infrastructure and equipment resource have been analyzed and calculated in this study; and the final solution was that the first original electric field was retained and the other two electric fields built later were reformed into low pressure pulse bag filters. The results shows that this transformation plan is realistic and feasible as the reformed system runs stably so far.

Keywords: Electrostatic Precipitator; Bag Filter; LMC Electric Change Bag; Emission Concentration; Engineering Application

淮南新集二矿电厂除尘器改造设计

尹中会[1]　嵇浩[1]

1.安徽理工大学机械工程学院，安徽 淮南 232001

摘　要: 淮南新集二矿电厂的电除尘装备为 DBW 系列电除尘器，共有三个电场，除尘效果受烟气性质变化影响，排放不稳定和总体除尘效率低，无法满足国家新排放标准的要求。为此，通过对原有基础设施和设备资源的分析计算，设计保留原来的第一个电厂，将原来的后面两个电场改造成低压脉冲袋式除尘器，满足 GB13223-2011《火电厂大气污染物排放标准》要求。改造后的系统运行状况良好，结果显示此改造方案在实际工程应用中合理有效。

关键词: 电除尘器；袋式除尘器；LMC 电改袋；排放浓度；工程应用

引言

燃煤烟气中含有大量微细颗粒，其中 PM10 的比例占 40%，而 PM10 中超细颗料 PM2.5 占到 40%～70%，PM2.5 主要来源于煤的高温燃烧，是烟气中毒害最大的成份，能吸附多种有毒物质并通过呼吸道直达肺部，甚至进入血液系统，导致心血管病等疾病。目前，一些发达国家将粉尘、烟尘的排放国家标准修定到 10mg/m^3～20mg/m^3。

我国从 2013 年 9 月 1 日起，也开始执行新的烟尘浓度排放标准，要求控制在 30mg/m^3 以内[1]。2017 年 1 月 1 日起烟尘排放浓度要求控制在 20mg/Nm^3 以内。目前我国仍有相当一部分燃煤电厂的电除尘器达不到排放要求。淮南新集二矿电厂在用电除尘装备为 DBW 系列电除尘器，共有三个电场。除尘效果受烟气性质变化影响，排放不稳定和总体除尘效率低，无法满足国家新排放标准的要求。为此，计划将该电场电除尘器改造成袋式除尘器，以满足 GB13223-2011《火电厂大气污染物排放标准》要求。

1 改造原理及方案设计

1.1 改造原理

利用原有电除尘器壳体，对传统的低压长袋脉冲除尘器技术进行有针对性的优化设计，从而实现达标排放、低阻高效运行的目的。该技术的主要内容是：保留原电除尘器壳体、灰斗及排灰装置等主要部件，根据实际情况拆除所有或部分其他部件。依照现有电除尘器壳体尺寸，进行合理的滤袋布置和结构设计，并增加清灰系统和离线装置。用袋式除尘器控制系统置换原控制系统。

1.2 改造方案的选择

改造方案确定的原则是：充分利用原有基础设施和设备资源，以最小的投资，在最短工期内完成项目的升级改造任务。改造方案的选择，首先要从改造的可行性着手，并且从最经济的方案开始分析。

原电除尘器有三个电场，总高约为 18 米，壳体尺寸 7mx11mx10m。共三个灰斗，灰斗高压 5 米，灰斗上口尺寸为 7mx3.5m。电除尘器进口温度 150℃左右，入口粉尘浓度＜50g/m^3。系统引风机型号为 Y4-73NO.18D，功率 250kw，风量为 185000m^3/h，全压 2800Pa。

针对本项目，原电除尘器有 3 个电场，电场截面总尺寸 7mx15m。首先考改成电-袋复合除尘器：即保留一个电场，将后面的二个电场改成袋式除尘器，确定后二个电场的截面尺寸，能否布置足够过滤面积的滤袋。

1.3 主要结构和参数的改造设计

1.3.1 总体设计

进行总体设计的目的是，确定电改袋式除尘器的规格大小，并以此为基础进一步确定除尘器其它各部分的结构尺寸。根据总的滤袋数量，和滤袋的规格，以及滤袋间距的最小值，再结合原电除尘器箱体截面尺寸，就可以大概确定电改袋式除尘器的规格。

1)确定袋式除尘器的过滤风速

本项目是针对淮南新集二矿电厂锅炉烟气净化系统除尘器改造，排放的废气主要是煤粉燃烧产生的烟气。其主要成分是颗粒状的粉煤灰。粒径一般为 0.3μm -200μm，其中四分之一为小于 5μm 的微细粉尘；含尘烟气的入口浓度≤50g/m^3；烟气温度在 130℃-150℃左右。所以取过滤风速为 0.9m/min。

2)滤袋的选择

用于燃煤电厂的除尘滤袋最常用的是直径 130mm 和直径 160mm 的滤袋；根据本项目中除尘器的箱体截面尺寸，结合长径比适中的原则，可以确定滤袋的直径 130mm，再根据除尘器总的过滤面积可以推算出滤袋的长度为 7m。这样滤袋的规格可以确定为 φ130x7m[2]。由已知条件计算得知单条滤袋的过滤面积为 2.8574m^2，总过滤面积为 3425.92 m^2，总滤袋数量为 1198.9 条。

按前述原则选用滤料为 PPS+PTFE3，将烟气气流速度控制在一个合理的范围，可以有效减小设备运行的阻力，避免灰尘的“二次扬尘”。一般气流上升速度的控制范围是 68～75m/min[3]，本项目初步选择气流上升速度为 70m/min。

1.3.2 离线清灰装置设计

设计离线清灰的目的是为了清灰更彻底，系统阻力更小。特别是在设备使用一段时间以后，滤袋的透气性能降低，滤袋表面的积灰不能彻底清除；再加上在线清灰时不可避免的“二次扬尘”，使得系统的阻力会加大。而电改袋式除尘器以后，系统的阻力会增加，这就使得风机的负荷明显提高。所以，本项目必须设计离线清灰装置。在设备初期投运中，可以采用在线清灰；等到设备运行一段时间以后，适当投入离线清灰功能。

1)离线装置的设计

离线装置设计的顺序是：首先计算离线阀门孔径的大小；然后确定离线需要的最低行程；最后根据离线阀板的受力和离线的行程，选择合适的气缸。

(1) 离线孔径的计算：

根据公式(1)

$$S = \frac{Q_1}{V} \tag{1}$$

带入数据计算得到 D≥0.966m。

式中：

S－离线孔的截面积，m^2；

Q1－通过离线孔的气体流量，m3/s，这里的气体流量指的是离线后，气体通过单个阀门孔的流量，本项目中 Q_1=26429m^3/h；

V－通过离线孔的气流速度，一般控制在 6-12m/s 左右。在这里选择 10m/s。

D－离线孔的直径，m。

(2) 离线行程的计算：

由公式(2)

$$H = \frac{Q_1}{\pi D v} \tag{2}$$

带入数据计算得出 H≥0.241m。

式中：

H－离线行程，m；

Q_1－通过离线阀的风量，m^3/s；

D－离线孔径，mm；

V－气流通过离线孔的风速，m/s。

(3)气缸的选择

选择气缸主要是根据气缸的受力和气缸的行程。气缸工作时应克服升降阀阀板的自重 W 和气体负压 P 所产生的压力(P*S)，S 是阀板孔截面积，即由公式(3)：

$$P > W + p \times s \tag{3}$$

带入数据计算得到 P＞4896N。

在这里初定阀门自重 200 公斤；箱体承受最大负压-4000Pa。再根据气缸选型手册，假定气源供气压力大于 0.4MPa，可选择 φ160 的气缸。最后由气缸的行程，再考虑阀门口的气流速度因素，确定气缸型号为 φ160mm，行程 400mm。

根据确定的滤袋规格、数量，离线阀门孔径，可以最终确定花板在箱体的整体布置尺寸。

2)脉冲清灰装置的设计

脉冲清灰装置的设计主要包括：脉冲阀选择、贮气包的设计、喷吹管的设计三个部分。根据之前确定的花板排布方式，以及分室结构，首先可以确定气包的结构和长度，接下来只要计算出气包的最小容积即可；喷吹管的结构和长度，也是由花板的排布决定的，只需对导流管口径和长度进行验算；喷吹管的管径与脉冲阀的出气管口径相同。

（1） 贮气包最小体积，由公式(4)：

$$V_{\min} = \frac{\Delta nRT}{\Delta P_{\min} K} \tag{4}$$

式中：

Vmin－气包最小体积，L；

Δn－脉冲阀喷吹耗气量摩尔数；$\Delta n = \frac{\pi}{22.4}$

Q－脉冲阀一次耗气量，L/次；

22.4－标准状态下气体分子摩尔体积，L/mol；

R=8.3145，J/(mol.K)；

Δp_{min}－气包内最小工作压力，Pa；

T－气体温度，℃；

K－容积系数＜30%。

本设计中的脉冲阀选用 3in 淹没式，主要依据是：根据花板孔的排列布置，一个脉冲阀要喷吹的滤袋数量是 15 条，每条滤袋的过滤面积是 2.8574m^2，那么 15 条滤袋的总过滤面积是 42.861m^2。根据不同规格脉冲阀能喷吹的过滤面积的选取规格 [4]，滤袋长度为 7m 时，喷吹压力推荐≤0.35Mpa[5]。而低压长袋脉冲喷吹袋式收尘器，一般多选用 3 英寸淹没式脉冲阀。

由 ASCO 公司手册查得，在 0.35Mpa；80μms 脉冲电信号下，3 英寸淹没式脉冲阀一次喷吹气量为 250L。

根据已经确定的花板孔的排布，可以计算出气包的长度可定为 2 米，截面可选择为圆形。这样气包圆截面的直径有(5)计算得出。

$$S = \frac{V}{L} \tag{5}$$

故 $D = \sqrt{\frac{4V}{\pi L}}$，　D=0.406m。

最终确定气包的结构：φ500x2000mm 的圆截面管。

（2）喷吹管的尺寸

由花板的排布，可以确定喷吹管的结构和长度，喷吹管的管径与脉冲阀的出气管口径相同，一般 3 英寸脉冲阀的口径为 90mm。所以只需计算导流管的长度和喷吹孔径。

喷吹管的口径由公式(6)[6]得出：

$$\phi_p = \sqrt{\frac{Cd^2}{n}} \tag{6}$$

式中：

φ_p－喷吹口平均孔径，mm；

C－系数，取 50%-65%；

n－喷吹孔数量；

d－脉冲阀出口口径，mm。

根据数据计算得出 φ_p=18mm。

导流管的口径根据有关实验结果，通常取为喷吹管口径的 2-3 倍比较合适。导流管的长度按以下经验公式(7)[7]得出：

$$l = C_k \frac{\Phi}{K} \tag{7}$$

式中：

l－导流管长度，mm；

C_k－系数，取 0.2-0.25；

Φ－喷吹口孔径，mm；

K－射流紊流系数，柱形射流 K=0.08。

由数据计算得 l=45mm。

喷吹口到滤袋袋口的距离一般按经验公式(8)[8]得出：

$$h=\frac{(\phi-48)}{0.353} \tag{8}$$

式中：

h－喷吹口到花板上钉钉距离，mm；

Φ－滤袋直径，mm。

计算得出 h=317mm。

1.3.3 箱体结构设计

电改袋式除尘器箱体的结构设计主要是：净气室、顶部调平框架和中间风道。

(1)净气室

根据单室花板孔的布置，可以确定净气室的底面尺寸为 3000x2000mm。如前所述，通过净气室截面的风速一般小于 5m/s。

净气室截面积为：

$$S=\frac{Q_1}{V}=\frac{26429}{3600\times5}=1.468m^2$$

净气室的截面高度为

$$h=\frac{S}{b}=\frac{1.468}{2}=0.735mm$$

(2)顶部调平框架的设计

调平框架的结构尺寸，必须与净气室各单元配合好，框架梁不能与花板孔冲突。而且要注意控制型钢侧面与滤袋的间隙，不能过小，以免造成滤袋的摩擦。

(3)中间风道的设计

本次设计，中间风道为内置结构，上下风道之间设置隔板。各单元室之间的风道是隔离开来的，上下风道通过离线阀的开关实现离线清灰功能。

1.3.4 自动控制系统设计

本次改造的输排灰系统，仍采用原电除尘器的系统不变。所以自动控制系统的设计主要是增加脉冲清灰控制系统。

在正常工作时，系统处于在线工作状态。当系统的在线清灰效果不好时，可以将转换开关打到离线清状态进行清灰，其基本工作原理是：就是在各个控制单元之间，增加一个提升阀脉冲信号。通过控制提升阀的动作，实现单室隔离清灰工作。脉冲信号的启动也有定时和定阻两种方式。其工作原理与在线清灰相同。

当进入除尘器的烟气温度达到事先设定的温度上限时，系统自动报警，同时提供一个反馈信号，使冷风阀动作，系统掺入冷风，与进口烟气混合，使其温度降低。当达到设定的温度下限时，冷风阀关闭。自动控制系统工作的逻辑，是由可编程序控制器，通过设计好的程序来实现。

2 现场施工及改造效果分析

本项目施工主要分三个阶段：

第一阶段，任务是拆除原电除尘器的顶盖、大梁和箱体内部的阴极框架、阳极振打装置等。

第二阶段，现场制作箱体上端的调平法兰，中间风道和内部加强支撑等。

第三阶段，安装袋式除尘器的净气室，气包和电控设施、气路系统等。

本次电改袋工程改造完成以后，生产线于 2015 年 9 月 2 日点火，并于当日并网发电。除尘器运行正常，经安装在除尘器出口的国家环保在线监测仪检测，数据显示为：颗料物排放浓度为 18mg/m^3；含氧量 7.5%；设备运行阻力在 500pa～1000pa 之间，达到了预期的设计效果。目前，除尘器经当地环保部门综合测试，其运行阻力（1000pa 左右），排放浓度（标准状况下≤20mg/m^3）均达到了设计要求。

REFERENCES

[1] GB 13271-2013, Emission Standard of Air Pollutants for Boiler[S]. Beijing Departments of Environmental Protection, the Environmental Protection Bureau and the National Quantity Examination Bureau.2013

[2] Cai ming, Liu Lianbo, Chen Junfeng. Retrofit schemes of the electrostatic precipitators in coal-fired power plants [J].China Power 2005,38(7):74-77

[3] Zhang Dianyin,Wang Chun. Dust Engineering Design Manual [M].Beijing: Chemical Industry Press, 2003.

[4] A chariya suriy aw ong J Christopher, J Hogan. et al charged fraction and electrostatic collection of ultra fine and submicrometer particles formed during O_2-CO_2 coal combustion [J]. Fuel, 2008.

[5] ALTMAN R OFFEN G, BUCKLEY W. et alwet electro-static precipitation demon-stration promise for fine particulate control-part I[J].Joumal of Power Engineering, 2001.

[6] Huang SH, Chen CC. Ultra fine aerosol penetration through electrostatic precipitators [J].Environ Sci Technol,2002.

[7] Chang Ram say.COHPAC compacts emission equipment in to smaller. clenser unit[J].power Engineering,1999.

[8] Ye zhuang, stanley Jmiller. A dvance Hybrid Particulate collector final topic report for phase[R].2001.

【作者简介】



[1]尹中会（1970-），女，汉，博士，副教授，机械设计及理论（矿山机械和动力机械），1991-1995,安徽理工大学本科；2001-2004，安徽理工大学硕士研究生；2007-2011，上海理工大学，博士研究生。Email:zhhyin@aust.edu.cn

[2]嵇浩（1972-），男，汉，硕士，工程师，动力机械，2013-2015，安徽理工大学硕士研究生。2775269018@qq.com