

石景山电厂 1 号炉电除尘器技术改造

Technical renovation of ESP for boiler 1 in ShijingShan power plant

杨 雷

(兰州电力修造厂,甘肃 兰州 730050)

摘要:石景山电厂 1 号炉配套的电除尘器,虽然一直能达到设计时的保证效率值,但不能满足现今的环保要求。在结构、资金等受到限制的条件下,挖掘现有设备潜力,制定了经济、合理的改造方案,取得了预定的效果,收尘效率达到了 99.91% 以上,为同类电除尘器的改造积累了经验。

关键词:电除尘器;比电阻;技术改造

Abstract: Although the designed guarantee efficiency had been attained, the dust removal efficiency of ESP could not reach the present environmental protection request. Under the limitation of structure and fund, the economic and reasonable modification scheme had been proposed and achieved good effects. The dust removal efficiency exceeded 99.91%, which accumulated experience for ESP modification.

Key words: electrostatic precipitator; resistivity; technical renovation

中图分类号:X701.2 文献标识码:B 文章编号:1009-4032(2006)06-047-03

随着工业化、城市化进程的加快,国家实施了可持续发展的战略目标,加大了环境保护的力度,提高了污染物排放标准的要求。静电除尘器作为大气污染治理的主要设备之一,被广泛应用于电力、建材、冶金、化工等行业。目前火电厂仍然是静电除尘器的第一大用户。为满足日益严格的排放标准要求,不仅新企业要加强粉尘净化,老企业也急需设备更新。

石景山电厂 1 号炉电除尘器是 20 世纪 80 年代末的产品,原设计效率(98.5%)已满足不了现今的环保要求。特别是在作为绿色奥运申办城市的北京,电除尘器出口烟尘浓度必须达到排放标准。所以,对石景山电厂 1 号炉电除尘器进行改造已是大势所趋。

经大量的实地调研和充分论证,2001 年,兰州电力修造厂与石景山电厂就 1 号炉电除尘器改造方案达成共识。即根据现场实际情况,选择对电除尘器加高、加长的方案,改造后电除尘器的设计效率达到 99.94%。

1 电除尘器原设计参数

石景山电厂 1 号炉电除尘器原设计参数详见表 1。

表 1 石景山 1 号炉电除尘器原设计参数

项 目	参 数	项 目	参 数
处理烟气量/ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	134×10^4	电场高度/m	12
烟气温度/ $^{\circ}\text{C}$	150	同极距/mm	一电场 300 二、三电场 405
入口烟尘/ $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	15.29	阳极板/mm	480(大 C 型)
电除尘器截面积/ m^2	2×194	阴极线	一电场 RS 线 二、三电场锯齿线
电除尘器漏风率/%	≤ 5	保证除尘效率/%	98.0
电场数/个	3	设计除尘效率/%	98.5
电场长度/m	4		

2 改造前热态运行参数

华北电力科学研究院、北京石景山热电厂环保监测站联合对 1 号炉电除尘器进行了效率测试,改造前运行参数见表 2、表 3。

表 2 西侧电除尘器热态运行参数

电场	I_1/A	V_1/V	I_2/mA	V_2/kV
甲一	139.0	338.5	0.55	41.0
乙一	105.0	249.5	0.50	60.8
甲二	69.5	182.0	0.22	60.3
乙二	100.0	248.5	0.52	57.3
甲三	155.0	345.0	0.67	59.0
乙三	149.5	240.5	0.57	51.5

表 3 东侧电除尘器热态运行参数

电场	I_1/A	V_1/V	I_2/mA	V_2/kV
甲一	61.3	198.0	0.33	41.8
乙一	68.0	127.5	0.18	37.8
甲二	41.0	127.0	0.09	23.0
乙二	100.0	266.5	0.35	47.0
甲三	197.0	194.0	0.33	33.0
乙三	144.5	209.5	0.50	40.0

实测电除尘器本体漏风率为 2.79%，除尘效率为 98.33%。

由实测运行参数可知，1 号机组电除尘器经过十几年运行，除尘效率仍高于考核指标，但除尘器出口烟尘排放质量浓度高达 273 mg/m³ (本文烟气量为标准状态值)，显然不符合现今国家对燃煤电厂烟气含尘量的排放要求，必须进行扩容改造。

3 改造方案的确定

3.1 1 号炉粉尘特性

1 号炉电除尘器粉尘比电阻为 $1.45 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ ，真密度为 2.28 g/cm³，粉尘堆积密度为 0.68 g/cm³，粉尘中 Al₂O₃ 为 37.91%，SO₃ 为 0.46%。

从上述粉尘特性可以看出，粉尘比电阻超过了临界值 (10¹¹ Ω·cm)，当粉尘到达阳极形成层时，所带电荷不易释放，这样就在间隙电场中形成了残余的负离子层，且粉尘较细、较轻，故粉尘粒子不易荷电，易发生反电晕现象；另外，粉尘细、轻、粘附力大，清除电极上的粉尘层须增大振打强度，这将导致较严重的二次扬尘。由此可见，此次电除尘器改造的重点在于提高荷电率、降低二次扬尘及反电晕的发生率。

3.2 电除尘器改造的设计参数

根据电除尘器改造前实测除尘效率，可得出该除尘器电场内驱进速度为 6.067 cm/s。若改造后除尘效率设计值为 99.94%，则比积尘面积必须达到 122.28 m²/m³/s。根据现场实际情况，在电场宽度上受场地限制无法变更，为获得高比积尘面积，只能增加电场长度和电场高度。然而，因场地原因也只能将电场长度从 12 m 增至 18.5 m，而且从易于振打力传递方面考虑，电场高度不宜过高，故实际改造中将电场高度从 12 m 增至 15 m，此时比积尘面积将达到 119.30 m²/s。即 1 号炉电除尘器改造工程因受场地限制，设计参数未达到要求值，详见表 4。

表 4 1 号炉电除尘器改造的设计参数

项 目	参 数	项 目	参 数
电除尘器截面/m ²	2 × 243	烟气流速/m·s ⁻¹	0.766
电场高度/m	15	处理烟气时间/s	24.15
电场数/个	5	保证除尘效率/%	99.91
电场长度/m	4(一、二电场)	设计除尘效率/%	99.94
	3.5(三、四、五电场)		
同极间距/mm	405	出口烟尘 /mg·m ⁻³	≤ 50
比积尘面积/m ² ·s ⁻¹	119.30		

阳极板采用 480 mm 大 C 型，阴极板一、二、三、四电场为新型 RS 线，五电场为鱼骨针加辅助电极。

4 改造设计的主要内容

改造总体设计时，首先将电除尘器截面积增加了 25%，有效电场长度增加了 50%，一方面大大提高了集尘面积，同时也降低了电场风速，延长了烟气在电场内的停留时间，为达到除尘效率提供了必要条件。其次，为保证除尘效率，针对该除尘器粉尘特性采取了如下措施：

(1) 为避免发生反电晕现象，采用宽间距。这样就增大了异极距，提高了两极间工作电压，有效电场强度增大，电场均匀性得到改善，驱进速度提高，以科学合理的极配方式，解决了高比电阻粉尘的收尘难问题。电除尘器 5 个电场均采用宽间距。

(2) 为提高荷电率，我们在前 4 个电场均采用了兰州电力修造厂近年来开发研制的新型整体 RS 线。这种线放电性能好，起晕电压低，电晕电流大，对烟气流速、粉尘浓度、比电阻适应性强，放电时电风强烈，放电点不易粘灰，而且强度好，刚度大。该产品已在多个工程中使用，效果良好，能更好地适应该电厂的烟气特性。

(3) 末电场选用鱼骨针加辅助电极为电晕极，其电晕强烈而稳定，有利于细微粉尘迅速充分荷电，以避免电晕极肥大，能有效地防止高比电阻粉尘在阳极产生反电晕，得到利于收尘的均匀的电场强度。

(4) 针对粉尘粘性大、质轻粒细的特性，增大了电除尘器阴极、阳极的振打力度，采用由厚钢板通过自动仿形火焰切割制造而成的整体锤头，振打力度适中，运行可靠性高。

(5) 为改善电场气流分布及对二次扬尘进行再收尘，在电场尾部安装了一组垂直于烟气方向的槽

形极板。测试结果表明,加装槽形极板后除尘效率显著提高。按烟尘通过率计算,拆除槽形极板后通过率比加装槽形极板时增加 20%~63%。

(6)通过气流分布模拟试验,设计合理的孔板及导流部件,保证电除尘器电场内的气流均匀分布。

(7)振打系统是电除尘器内仅有的转动部件,采用兰州电力修造厂近年来设计的新型振打传动系统,避免了过去掉锤、窜轴、卡轴现象,大大提高了振打传动的可靠性,降低了故障率,提高了电除尘器的整体性能,为除尘器的安全、经济、高效运行提供了保障。

因该工程的安装工期非常紧(只有 50 d),而改造工程量又大,所以在进行结构设计时,以简化现场安装程序为前提。具体实施如下:原除尘器支柱为水泥柱,为缩短安装工期,新增电场采用钢支柱;为便于新旧部件的连接,在原水泥柱上增加了预埋板;在进行除尘器壳体设计时,除原后窄大梁、后窄立柱、后端底梁做移位处理外,其余均在原地沿用或加高后使用;为保证安装进度,进、出气烟箱设计制造时未按惯例采用旧烟箱板现场拼接,而是由兰州电力修造厂在厂内制造完成;为保证整机性能,阳极板、阴极小框架均为全新制作;作为改造工程,设计中还对原部件进行了结构补强,新、旧部件接合处等一些容易漏风的地方,也特别采取了防漏风措施。为防止壳体漏风,在设计中对所有影响密封性的连接处均采用连续密封焊,且要求对原有焊缝全部进行补焊。在振打轴和壳体侧板连接处采用石棉盘根密封,所有人孔门处的密封材料均采用新型密封材料玻璃纤维胶绳。同时,对各保温箱加热、灰斗下灰口和所有检修门等处进行密封和外部保温,确保烟气始终在露点温度之上,有效地防止了板线和除尘器内部构件的腐蚀和结疤。由于该除尘器是十多年前的产品,因此,在这次改造设计中,我们不仅充分运用现在比较新的设计思路和方法完成了新增部分的设计,而且在对原有部件的改制和修复中也采用了目前的新技术,从根本上保证了电除尘器的整机性能,确保电除尘器长期、可靠、高效运行。

5 改造后的运行效果

石景山 1 号机组电除尘器改造完毕并稳定运行

五个月后,国电环境保护研究院对该电除尘器进行了性能考核试验,以便了解电除尘器大修改造后的主要性能是否达到设计要求,同时也可为今后电除尘器设计、运行、维护提供技术依据。测得运行参数见表 5。

表 5 改造后电除尘器运行参数

区号	电场序号	二次电压/kV	二次电流/mA
甲除尘器 一区	一电场	61	280
	二电场	60	300
	三电场	67	440
	四电场	52	420
	五电场	56	270
甲除尘器 二区	一电场	60	364
	二电场	65	428
	三电场	56	336
	四电场	60	570
	五电场	56	580
乙除尘器 一区	一电场	60	360
	二电场	60	312
	三电场	57	590
	四电场	63	770
	五电场	60	430
乙除尘器 二区	一电场	60	420
	二电场	64	320
	三电场	67	308
	四电场	67	310
	五电场	69	500

实测本体漏风率为 2.78%,除尘效率 99.91%,除尘器出口烟尘排放质量浓度 24.8 mg/m³。

6 结语

本次电除尘器的扩容改造,在结构、资金、工期等受到限制的情况下,无论是方案确定还是实施设计及安装,都不同程度地遇到了许多困难,通过挖掘现有设备潜力,制定了经济、合理的改造方案,取得了预定的效果,收尘效率达到了 99.91% 以上,为同类电除尘器的改造积累了经验。

参考文献:

[1] S 小奥格尔斯比,GB 尼科尔斯. 电除尘器[M]. 北京:水利电力出版社,1983.
[2] 黎在时. 静电除尘器[M]. 北京:冶金工业出版社,1993.

收稿日期:2005-12-31;修回日期:2006-09-14

作者简介:杨雷(1976-),男,甘肃会宁人,工程师,主要从事电除尘器、布袋除尘器等环保设备的设计及研究工作。E-mail: gshnyl@163.com