

利用高频电源提高除尘器除尘效果研究

杨克强¹ 许 晔²

(1. 中国石油化工股份有限公司天津分公司; 2. 中国石油安全环保技术研究院)

摘 要 针对锅炉静电除尘器烟尘排放浓度达不到天津市环保要求的问题,为了提高除尘器的除尘效果,通过采用将除尘器常规工频电源改为高频电源的方案,确保锅炉烟尘排放浓度最终达到 30 mg/Nm³ 的环保要求。文章分析了除尘器出口烟尘含量高的原因,阐述了高频电源的优点及在除尘器中的应用,并提出了改造技术方案。

关键词 除尘器; 烟尘; 高频电源; 改造

中图分类号: X701.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3158(2012)01-0010-03

0 引 言

中国石油化工股份有限公司天津分公司热电部的 6[#]、7[#] 锅炉出力为 410 t/h, 锅炉尾部分别配备两台单室五电场静电除尘器(编号分别为 6[#]、7[#])和两套石灰石—石膏湿法烟气脱硫装置, 每台机组总计配备型号为 72 kV/800 mA 的工频电源 10 台。原设计掺烧神华煤和瓦斯气, 烟气经过除尘器后烟尘排放浓度小于 100 mg/Nm³, 再经过脱硫塔洗涤除尘后, 使烟尘排放达到天津市标准 DB 12/151—2003《锅炉大气污染物排放标准》中的限值 30 mg/Nm³。

但是, 由于实际燃烧煤种的煤质与设计燃烧煤种的煤质差别比较大, 造成除尘器的烟尘排放浓度达不到设计标准、脱硫塔洗涤除尘后的烟尘排放浓度不能达到天津市 DB 12/151—2003《锅炉大气污染物排放标准》。

1 存在问题及原因分析

目前 6[#]、7[#] 静电除尘器出口烟气中烟尘含量很高, 在线监测数据显示: 6[#] 静电除尘器出口烟气中烟尘含量低于 150 mg/Nm³, 但在燃烧某种特定燃料的时候, 烟尘排放最高达到 1 300 mg/Nm³; 7[#] 静电除尘器出口烟气中, 烟尘排放基本上低于 200 mg/Nm³。经过脱硫塔洗涤除尘后, 烟尘排放达不到天津市标准 30 mg/Nm³。造成不达标的原因主要如下:

◆ 燃煤含灰量超过设计煤种。目前锅炉燃料的灰分为 33.36%, 灰分值最高时可达 45%, 除尘器进口烟气粉尘浓度为 53 g/Nm³, 而 6[#]、7[#] 锅炉原设计煤种为神华煤与新保安原煤的混配煤, 含灰量为 14.21%, 现燃烧煤种灰分远远大于原设计煤种灰分, 这是导致除尘器出口烟尘超标的根本原因。

原设计煤种煤质分析见表 1。

表 1 神华原煤+新保安原煤的组分分析

名称		平均
收到基低位发热量 $Q_{\text{net, ar}} / (\text{kJ/kg})$		22974
工 业 分 析	全水分 $M_t / \%$	12.0
	空气干燥基水分 $M_{\text{ad}} / \%$	2.03
	干燥无灰基挥发分 $V_{\text{daf}} / \%$	34.74
	收到基灰分 $A_{\text{ar}} / \%$	14.21
	收到基碳 $C_{\text{ar}} / \%$	60.33
	收到基氢 $H_{\text{ar}} / \%$	4.0
	收到基氧 $O_{\text{ar}} / \%$	7.93
	收到基氮 $N_{\text{ar}} / \%$	0.75
	收到基硫 $S_{\text{ar}} / \%$	0.78
	可磨性系数 K/HGI	66

现燃烧煤种煤质分析见表 2。

表 2 现燃烧煤种煤质分析(平均值)

名称		平均
收到基低位发热量 $Q_{\text{net, ar}} / (\text{kJ/kg})$		19310
工 业 分 析	收到基碳 $C_{\text{ar}} / \%$	50.4
	收到基氢 $H_{\text{ar}} / \%$	2.19
	收到基氧 $O_{\text{ar}} / \%$	5.19
	收到基氮 $N_{\text{ar}} / \%$	0.81
	收到基硫 $S_{\text{ar}} / \%$	1.14
	收到基灰分 $A_{\text{ar}} / \%$	33.36
	收到基水分 $W_{\text{ar}} / \%$	6.19
	可燃基挥发分 $V_{\text{daf}} / \%$	22.14

注: 灰分值最高时可达 45%

◆ 电除尘器的直流高压控制柜控制器仅运行一种原始的控制方式,容易断电停机,特别是在电场存在问题的情况下,容易死机。当烟气或环境发生变化时其控制方式不易调整,也影响了电除尘器性能的发挥。

◆ 振打时间设置无优化措施,阴阳极振打轴系统的磨损,振打组件因疲劳引起的断裂、脱落、移位等造成振打加速度减小,使极板和极线上清灰不彻底,导致粉尘二次扬尘排放严重。

◆ 除尘器入口粉尘浓度超标严重,第一级电场供电目前采用限制电流电压方式,虽然限制了火花现象,但降低了二次电流,导致电除尘器能量注入不足,更多粉尘失去被荷电机会,除尘器收尘能力受抑制。

◆ 第二、三级电场供电、振打控制方式落后,产生的后果是:极线、极板集灰严重,导致存在反电晕、粉尘二次排放严重现象;振打系统机械磨损严重;系统运行耗电严重,存在70%~90%的节电空间。

2 高频电源优点及在除尘器上的应用

2.1 高频电源技术优点

传统的工频电源装置输入电源部分有一个与线路输入频率有关的重要限制,在发火花时,工频电源装置内的主控晶闸管在其再一次接入电压前,必须“等候”线路输入的下半个周期。在50 Hz工频下关断时间为10 ms,在60 Hz工频下关断时间为8.33 ms。特别在输出电压接近火花电平因而频繁发生火花时,重复出现的关断时间对提高输出平均电平起着限制作用。因此,需要使关断时间尽可能短^[1]。

由于快速调节技术和高频技术的应用,使得高频电源在产生火花后能够快速恢复至全功率水平。高频电源这种比常规工频电源更为迅速增加电流的能力,意味着先前大量无法获得的电流现在可以得到应用。高频电源一般可以在2~5 ms熄灭火花后,5~15 ms时间内返至全功率状态,而常规工频电源恢复全功率状态所需要的典型时间是高频电源的十倍或更多^[2]。

在高频电源中设有专门的内部电路用以限制最小的关断时间。这意味着关断时间可以短得多,又允许高得多的火花率,而不降低平均输出电压。最大限度地提高电流区域与时间的乘积,除尘器将获得最佳的除尘效率^[3]。

高频电源对除尘器供电采用的是一种与以往完全不同的方式,给除尘器提供高压直流电源。“高频电源—脉冲”(这种方式可以与间歇供电相类比,但具有更大的自由度)具有比常规工频电源提高除尘效率

的潜力。进一步提高除尘效率将依赖于对高频电源脉冲序列更加先进的控制能力^[4]。

当高频电源应用脉冲技术工作时,它不再受常规工频电源(50 Hz/60 Hz)半波宽度的限制。在工频电源初级侧,50 Hz和60 Hz的半波宽度分别为10 ms和8.3 ms。采用初级侧可控硅控制的一台常规工频电源在二次侧的充电时间宽度最大只能达到5~6 ms。当常规工频电源工作在全波状态,即高电流输出时,这个时间宽度是固定的^[5]。在高频电源的应用中,最佳充电时间宽度、最佳周期时间和最佳脉冲幅度则是可以独立选择的。

高频电源允许完全自由地选择脉冲宽度、脉冲幅度和周期时间。脉冲幅值一般选择在略低于火花放电电平^[6]。显然,除尘器的设计和总的机械状况、运行和反电晕状况(这点更为重要)将决定高频电源的参数设定,以期获得最佳的除尘效率。“高频电源—脉冲”方式对除尘器提供了精确方波脉冲的自由调节。而与此对应的是,常规工频电源被锁定在工频限制之中,不管是波形、宽度,还是可能的间歇周期时间^[7]。

因此高频电源能大幅度减少粉尘排放;显著减少电耗;提高振打的有效性,避免除尘器内极板上粉尘脱落引起的粉尘二次飞扬,减少振打次数,延长除尘器的机械使用寿命;具有广泛的煤种适应性,针对不同电阻积炭自动优化;可以产生连续平滑的高压直流电压,不像常规工频电源那样受每个半波必有的“电压暂下降”现象所限,因此能够对除尘器投入更大的电流。

2.2 高频电源在除尘器中的应用实例

2001年,美国AEP电力公司对其CONESVILLE发电厂4#机组电除尘器实施改造,以提高其除尘性能。该电除尘器是由一当地研究所设计的三电场结构,改造前每个电除尘器本体配有六个常规70 kV、1500 mA的整流变压器,每电场有四个供电分区,共有三个电场,即共有12个供电分区,每个整流变压器向两个供电分区供电(侧部进烟方式)。经过论证,AEP公司选用部分加装高频电源的方案,即在一电场加装四台额定值为70 kV、800 mA的高频电源,并在三电场加装四台额定值为60 kV、100 mA的高频电源,二电场保持原样不动,更换所有电除尘放电极线,极线直径从原来的2.7 mm增加到4.0 mm。极线的更换是为了适应一电场输入电能增加到70 kV、800 mA的变化,极线加粗可以稍许提高电晕电压,因而减少了电晕功率。改造后烟尘排放降低的结果比较满意,烟囱浊度由改造前的18%降至8%,大大提

高了除尘效果。

安庆石化热电部 3# 炉(220 t/h)配套的除尘器原设计为二电一袋复合型除尘器,一、二电场电源改造前均采用工频电源。2010 年对 3# 炉电除尘器进行了高频电源改造,拆除 3# 炉电除尘器一、二电场高压硅整流变压器和两点式高压隔离开关柜及相应的高压控制柜等,在电除尘器本体安装两台高频电源。改造后,提高了电场收尘率 60%,在 3# 炉负荷相同前提下,一、二电场干灰正压系统输灰量增加了 18 t/d,电袋除尘器本体阻力降低,清灰周期延长,清灰时间减少 43%。

3 方案选择

针对天津分公司热电部燃煤情况和 6#、7# 锅炉除尘器的现状,为达到天津市环保要求,对 6#、7# 锅炉除尘器采用电袋除尘器或者高频电源改造,以提高除尘器的除尘效果。因采用电袋除尘器虽然可以确保烟尘排放绝对达标,但电袋除尘器改造投资比高频电源改造投资略高,电袋除尘器施工周期约需 6 个月,且改造期间锅炉需停止运行,而高频电源改造期间可分段更换电源,施工期间锅炉不需停止运行,且施工周期 15 d 左右。由于 6#、7# 锅炉为 1999 年建成投产,目前为热电部主力机组,承担了大量的蒸汽负荷供应,生产安排上不允许长时间停运,因此基于采用成熟的、先进可靠的工艺技术路线,以期减少改造投资,同时选用能耗低、物耗少的方案,以降低操作费用等,经过慎重比选考虑,建议采用将常规工频电源更换为高频电源的方案。具体改造方案如下:

◆ 第一、二电场改造技术方案

在第一、二电场采用高频电源(70 kV/800 mA)替代现有的 GGAJ02-0.8A/72 kV 工频电源,每一电场对应一台高频电源,使一级电场的除尘能力提高到 90%以上。

◆ 第三、四、五电场改造技术方案

保留第三、四、五电场常规电源,采用电源控制器更换常规电源柜内原控制器。

◆ 将静电除尘器现有五级电场的振打控制信号接入高频电源及控制器,实现高、低压一体化控制。

◆ 现有电场内件的检修

通过分析,现有除尘器除尘效率低的原因除实际燃料灰分大大高于设计燃料灰分,现有高低压控制系统能量输入不够外,设备本体也存在问题,因此需要对现有五电场除尘器内件进行检修和部分更换。

4 结 论

高频高压供电技术是当今国际上电除尘器供电的先进技术,该产品与传统的可控硅控制工频电源相比,性能优异,具有输出纹波小、平均电压电流高、体积小、质量轻、成套设备集成一体化、转换效率与功率因数高、采用三相电源对电网影响小等多项显著优点。特别是可以大幅度地提高除尘效率,所以它是传统可控硅工频电源革命性的更新换代产品,实现了电除尘器供电电源技术质的飞跃。高频电源有效提高了除尘器的除尘效率,减少粉尘排放量 30%以上,用于改造常规电源,成本较低,改造工期短,效果较好。通过对 6#、7# 锅炉除尘器进行高频电源改造,使除尘器出口烟尘含量小于 80 mg/Nm³,再经过脱硫塔的洗涤,最终烟尘排放浓度达到 30 mg/Nm³,满足天津市的环保要求。

参 考 文 献

- [1] 梁天晓. 电除尘器三相/高频高压电源技术与性能分析[J]. 自动化应用, 2010, 7: 23-25.
- [2] 胡立强, 李鹤鸣, 蒋云峰, 等. 基于 TMS320K2812 电除尘器用高频高压逆变电源的研究[J]. 宇航计测技术, 2007, 2: 51-53.
- [3] 卢刚. 高频电源在除尘器前电场的应用[J]. 中国环保产业, 2010, 1: 27-28.
- [4] 刘帅, 肖登明, 王延安, 等. 高频高压静电除尘电源控制系统的设计[J]. 工业控制计算机, 2008, 8: 77-81.
- [5] 黄画剑, 宁松. 高频高压电源在除尘器节能改造中的应用[J]. 湖北电力, 2010, A01: 111-113.
- [6] 陈颖, 郭俊, 毛春华, 等. 电除尘器高频电源的提效节能应用[J]. 中国环保产业, 2010, 12: 28-31.
- [7] 孙广鹏, 张传成, 孙更生. 电除尘节能技术探讨与研究[J]. 通风机械, 2009, 1: 77-79.

(收稿日期 2011-09-06)

(编辑 王 薇)

欢迎投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告