

电除尘节能技术^{*}

张冬青

(金陵石油化工公司建安公司, 南京, 210033)

[摘要] 分析了电除尘器的工作原理, 探讨了电除尘器的除尘效率与电流、电压及电晕功率的关系, 指出了有效电晕功率是决定除尘效率的关键, 据此提出了相应的节能措施.

[关键词] 电除尘; 电晕功率; 有效电晕电流; 除尘效率; 电压调整器

[中图分类号] TK284.5; [文献标识码] B; [文章编号] 1008-1925(2001)04-0051-04

能源是国民经济的基础资源, 制约我国国民经济建设的重要因素. 因此, 节能降耗, 节约用电, 提高企业的经济效益, 具有十分重要的意义. 电除尘器作为工业锅炉的除尘设备, 应用广泛, 但耗电较多. 如何使其既有效除尘, 又节约电能, 以获得良好的社会效益, 是一项值得深入研究的课题. 本文结合金陵石化热电厂电除尘的运行状况, 研究了电除尘的节能技术.

1 电除尘器的工作原理

当含尘废气从工业锅炉中被吸引到电除尘器内部, 在电除尘器阳极板和阴极线之间施加数万伏的直流高压, 由于高压静电场的作用, 使进入电除尘器空间的空气充分电离而使得其空间充满带正、负电荷的离子. 随气流进入电除尘器内的粉尘粒子与这些正、负离子相碰撞而被荷电. 带电尘粒由于受到高压静电场库仑力的作用, 分别向除尘器的阴、阳极运动, 荷电尘粒到达两极后, 分别将自己所带的电荷释放掉, 尘粒本身则由于其固有的粘性而附着在极板、极线上, 通过振打使其落入灰斗而被收集下来.

2 电除尘器高压供电装置的组成

电除尘器的高压供电装置通常由主回路和自动反馈控制电路两部分组成. 主回路包括控制单元、调压单元、升压变压器和高压整流器四部分. 控制单元由自动空气开关、交流接触器和一些中间继电器组成, 用于正常情况下高压供电装置的启动、停机和事故状态下的跳闸、报警. 调压单元通常由一对反并联大功率的可控硅组成, 按照自动反馈控制单元的调压指令来进行移相调压, 使电场电压始终保持在最佳值. 升压变压器是用来将低压交流电提高到电除尘器的工作电压, 由高压硅堆组成的桥式整流器又将高压交流电变为电除尘所需要的高压直流电. 自动反馈控制电路是电除尘器高压供电装置的“心脏”, 通常由复杂的检测和逻辑电路来实现, 现在主要用微型计算机电路来实现, 用于完成对主电路各种信号的跟踪监视和检测, 并将所取得的信号通过微机处理, 发出调压、报警和跳闸指令, 达到自动控制的目的.

* 收稿日期: 2001-03-20

作者简介: 张冬青, 1964-, 金陵石油化工公司建安公司工程师, 主要从事电气技术设备管理的工作与研究.

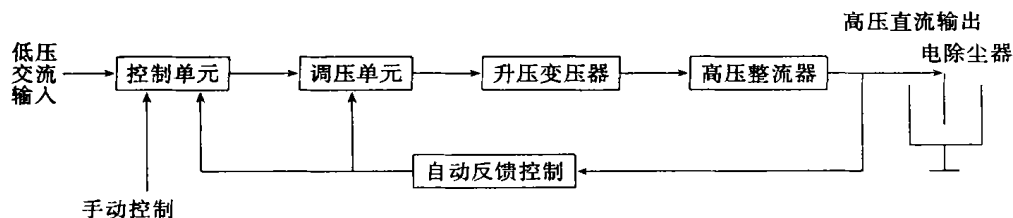


图1 电除尘高压供电装置方框图

3 电除尘除尘效率分析

电除尘器是利用电场来进行收尘的,除尘效率的高低主要与电场中的电场强度有关.理论和实践证明,电除尘器的除尘效率与施加于电除尘器的高压静电场 E^2 近似成正比.从多依奇(Deutsch)除尘效率公式:

$$\eta = 1 - e^{-A \omega Q} \quad (1)$$

式中: $\omega = 2\epsilon D E_a E_p / 3\mu$; Q —粉尘气体流量; ω —尘粒驱进速度, E_a —粉尘荷电场强; E_p —收尘电场强; μ —介质的粘度.

由于驱进速度 ω 与电场强度成正比,要使电除尘的效率最高,就要求 ω 值尽可能大,也即 $E_a E_p$ 的值尽可能大,而 $E_a E_p$ 的增大与电除尘的电流与电压有关,电压和功率输入只要有较小的增加,就可使电除尘器的效率有较大的提高.如一台捕集飞灰电除尘器的效率,在平均工作电压在 45kV 时,当电压仅增加 3kV,其除尘效率就从 92% 提高到 97% 以上.根据怀特推导可得到近似公式:

$$\begin{aligned} \omega &= K_p U_a I_a / A \text{ (cm/s)} \\ &= K_p P_d / A \text{ (cm/s)} \end{aligned} \quad (2)$$

式中: A —收尘电极的表面积; U_a —电场的平均电压值; I_a —电流的总平均值; K_p —视气体、粉尘和电除尘器设计而定的参数; P_d —电晕功率^[4].

试验和实践均表明,任一时间输入电除尘器的平均电晕功率愈高,除尘效果就越好.实践证明,供电系统运行在临界击穿(火花)电压下工作时,有最大的有效平均电晕功率输出.如果进一步增大平均电晕功率,必然使运行电压超过临界击穿电压,而使火花次数增加,或使电除尘器产生高压“闪络”放电,甚至产生“拉弧”形象,则电除尘器的正常电晕被破坏,反而使有效的平均电晕功率降低,同时引起二次飞扬增加,除尘效率将大大降低.因此,电除尘运行电压不是越高越好.

在电除尘器的正常运行范围内,电晕电流和电晕功率都是随着电压的升高而急剧增加.显然,只要电除尘器的电压有小小的变化就足以使电流有比较大的改变,因而电晕功率主要是由电晕电流决定的.

通过检测出口的烟尘排放量数据,得出电晕电流与除尘效率的关系曲线^[1]如图 2 所示.

试验曲线表明,相对排放量的最低点,出现在电极平均电压最大值的时候,其总电晕电流

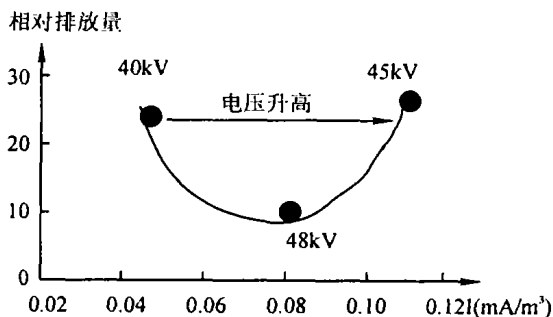


图2 总电晕电流与相对排放量的曲线

也很小.而强行升高电压,造成闪络次数增加,运行的平均电压值反而下降,虽然总电晕电流增加近一倍,相对排放量却增加近一倍.这是频繁闪络引起的粉尘的二次飞扬和有效电晕功率下降的结果,同时说明有效的电晕电流仅是总电流的很小一部分.那么减少总电流,保持有效的电晕电流,也就保持了电除尘的除尘效率,同时也使电除尘消耗的电能大大减少,达到节能的目的,这正是本文所述的关键所在.

4 金陵石化热电厂电除尘状态及采取的节能措施

电厂每台锅炉配套电除尘器是浙江诸暨电除尘厂生产的 GP102D-3 型干式普通型卧式电除尘,采用三个电场.电除尘电气控制高压整流装置一、二电场是 GGAJO2-1.0A/60kV,三电场是 GGAJO2-1.2A/60kV.高压电流输出额定值直流(平均值)为 1.0A 或 1.2A,高压电压输出额定值(平均值)为 60kV.电气控制回路的电压调整器原是南京天南电气有限公司生产的 HK-3 微机控制器.电除尘正常运行电压在 48kV ~ 58kV 之间,最高直流电流在 1.0 ~ 1.2A 之间.

对此,为了既节约电能,又提高除尘效率,采取以下几个措施:

(1) 改造高压控制设备电压调整器,采用先进的微机控制技术,对电除尘电场进行“无火花跟踪”或极少火花控制方式.这样,可控制电除尘高压硅整流器输出的电压值总是处在电场击穿电压的临界值之下,避免电场产生闪络放电,从而提高电除尘的除尘效率.高压电源调整器硬件采用是 8098 微型计算机作核心部件,配以数据采样回路、控制回路等外围电路构成一个局部闭环自动控制系统.主要特点有:采用十位高速数据采集器采样二次电压和二次电流;实行双导通角控制,防止可控硅不对称或其它原因造成的偏励磁现象;采用多种预处理措施以及模式识别技术使得火花识别率为 100%;采用自适应火花恢复技术,控制器根据火花发生的位置和强度以及介质恢复等情况控制上升速度和幅度,并决定是否封锁可控硅,大多数情况下在 3 个半波内二次电压上升为火花前的 99%,二次电流上升为火花前的 98%,保证了电压、电流长期处于火花点附近.这样既可节能,又确保电除尘效率始终处于最高状态.

(2) 调整整流变压器的抽头,增加电场二次平均电压的输出.电除尘器有三个电场,前后电场粉尘浓度的变化,使运行电压有较大的不同.一电场粉尘浓度大,电场击穿电压较低,运行电压也较低;二、三电场粉尘浓度小,电场击穿电压较高,运行电压也就高.通常运行电流减小一些,电场的运行电压也稍稍下降,这就使电场电压远离电场击穿电压,不能使输出电压在最佳位置,这时可改变整流变压器的抽头,提高电场的运行电压,使电除尘有很高的除尘效率.当然整流变压器一般有 48kV、54kV、60kV 三档,亦要根据电除尘结构、工作电流的不同确定合适的抽头位置.

(3) 在以上两个措施的基础上,使电除尘电场有尽可能高的直流高压,同时大幅降低电场的运行电流,这时的电场电流基本上是有效的电晕电流,产生有效的电晕功率,除尘效率不但没有下降,反而有所提高.我们的经验数据是电除尘一电场运行电流为 0.5 ~ 0.6A,二电场运行电流为 0.6A 左右,三电场运行电流为 0.8A 左右,经南京市环保局检测,烟尘排放完全达标^[2].

5 电除尘节能效益分析

5.1 直接效益

采取节能措施后,电除尘电场二次电压不变或稍有升高,二次电流大大减小,只保留有效的电晕电流.理论上计算如表 1 所示^[3].

表 1 电除尘节能前后电流和功率的变化

电场	$\cos\varphi$	节能前				节能后	
		一次侧		二次侧		二次电流降低	二次功率减少
		$U_N(\text{V})$	$I_N(\text{A})$	$U_N(\text{kV})$	$I_N(\text{A})$	(A)	(kW)
	0.7	380	226	60	1.0	0.5	30
		380	226	60	1.0	0.4	24
		380	271	60	1.2	0.4	24

一台锅炉电除尘总共减少功率消耗为 $P_1 + P_2 + P_3 = 111.5\text{ kW}$; 每天节电为: $2\,676\text{ kWh}$; 考虑停炉或检修, 每台电除尘器每年按 300 天计算, 全年节电为 $802\,800\text{ kWh}$; 热电厂现有 5 台锅炉, 全厂每年节电为: $4\,014\,000\text{ kWh}$; 工业用电按每度 0.50 元计算, 全厂每年可节省费用: 200.7 万元.

5.2 间接效益

电除尘器电流减小, 可使电除尘运行更稳定, 减少了电除尘设备的维护量, 延长电除尘设备的使用寿命, 有效地提高电除尘的除尘效率, 净化了蓝天, 保护了环境.

[参考文献]

- [1] 王为学, 陈焕琪. 电除尘器自动控制装置[M]. 湖北: 湖北科学技术出版社, 1988
- [2] 水利电力部. 燃煤电厂电除尘器通用技术条件[S]. 1986
- [3] 金哲. 节电技术与节电工程[M]. 北京: 中国电力出版社, 1999
- [4] 胡志光, 高香林. 电除尘供电控制技术[M]. 河北: 华北电力学院出版社, 1991

Energy-saving Technology about Electrostatic Precipitator

Zhang Dongqing

(Architecture and Installation Company of JinLing Petrochemical Corp, Nanjing, 210033, PRC)

Abstract: This paper introduces the working principle of electrostatic precipitators, and discusses the relation between collection efficiency and plate current, plate voltage and power of corona in. It shows that the effective corona power is the key factor to improve dust collection efficiency. Energy-saving measures are suggested based on the above results.

Keywords: electrostatic precipitator (EP), corona power, effective corona current, dust collection efficiency, voltage regulator

[责任编辑: 刘健]