

# 脉冲电源实际运行效果分析

王志成,赵峰,张柏君,张德本  
(深圳妈湾电力有限公司,广东 深圳 518052)

**摘 要:**为研究脉冲电源的实际运行效果,分析了脉冲电源实际运行的供电参数,除尘器采用脉冲电源供电后出口烟尘排放浓度降低约 50%,脉冲电源对 PM2.5 也有较好的控制效果,脉冲电源运行过程中能够有效地降低电源二次电流同时提高有效的二次总电压,在提高细小粉尘颗粒脱除的同时还具备较好的节能效果,因此脉冲电源可以作为细小粉尘及 PM2.5 脱除的一种有效措施。

**关键词:**脉冲电源;粉尘;PM2.5;节能

**中图分类号:**TN 86      **文献标志码:**B      **文章编号:**1674 - 1951(2018)06 - 0038 - 03

## 0 引言

目前燃煤机组的除尘器主要以静电除尘器为主,现有静电除尘器配备的工频电源正常运行时,其二次电压在 30 ~ 60 kV 左右,无法满足烟尘超低排放的要求。随着除尘器供电电源技术的发展,高频电源和三相电源可以提高峰值电压并增大电流输入,在电除尘器前部电场布置时可以明显提高除尘效率,正常运行时二次电压可以达到 70 kV 以上,但是高频电源和三相电源无法克服末级电场细小高比电阻粉尘形成的反电晕现象,从而较难实现细粉尘和超细粉尘(PM2.5)的高效脱除<sup>[1-3]</sup>。

脉冲电源采取混合供电模式,即在直流(工频或高频高压)供电的基础上叠加脉冲电压。脉冲电源二次电压的幅值高,可提高电场内的平均场强,并产生“微火花”以增加空间电荷。同时脉冲电源采用间歇脉冲供电技术降低电流可以克服高比电阻粉尘引起的反电晕现象,从而加大了粉尘的荷电能力,提高除尘效率,同时大幅度降低除尘器的能耗<sup>[4-6]</sup>。

脉冲电源技术作为除尘器提效的一项措施在实际工程中得以应用,为深入掌握脉冲电源实际运行性能效果,本次系统研究了脉冲电源改造后除尘器性能变化,从而为除尘器电源提效改造提供参考依据。

## 1 项目概况

为深入研究脉冲电源对除尘器运行性能的影响,本次研究依托 300 MW 燃煤机组,对脉冲电源改造前后除尘器实际运行参数进行记录,采用自动烟尘测试仪和 AFP-D 烟尘仪对除尘器实际除尘效果

进行测试,并对除尘器电源电耗通过电表进行分别记录,从而系统研究脉冲电源改造后除尘性能的变化。依托项目配备 2 台双室四电场静电除尘器(分别为 A 侧除尘器和 B 侧除尘器),其中一电场配置了 1.2 A/72 kV 的工频电源,二、三、四电场更换为脉冲电源,除尘器本体具体设计参数见表 1。

表 1 除尘器本体设计参数

| 类型                                          | 数值          | 备注                   |
|---------------------------------------------|-------------|----------------------|
| 烟气量/(m <sup>3</sup> · h <sup>-1</sup> )     | 1 227 986.0 | 实际状态                 |
| 入口烟气温/℃                                     | 129.0       |                      |
| 入口烟尘浓度/(g · m <sup>-3</sup> )               | 28.9        | 干基,6% O <sub>2</sub> |
| 有效通流面积/m <sup>2</sup>                       | 482.0       |                      |
| 电场数量/个                                      | 4           |                      |
| 极板高度/m                                      | 14.0        |                      |
| 极板总长度/m                                     | 14.0        |                      |
| 比集尘面积/[m <sup>2</sup> /(m <sup>3</sup> /s)] | 106.8       | 干基                   |

## 2 性能分析

### 2.1 电源运行参数

通过对改造前后供电电源实际运行参数进行分析(见表 2),本次改造后实际运行中脉冲电源的二次电流 400 ~ 600 mA,二次基准电压 44 ~ 57 kV,二次脉冲电压 23 ~ 62 kV,脉冲宽度为 75 μs,其二次总电压 80 ~ 112 kV,脉冲电源二次电压远大于工频电源二次电压。

由于脉冲电源的变压器内包含 2 套变压系统,一部分是由三相电源整流而成的基础电压,通常在 40 ~ 60 kV,该部分电压仅形成电场,无电流通过,因此不会在高比电阻粉尘层内造成电离放电,从而有效避免了反电晕。另一部分电压为另一个变压系统,产生 10 ~ 80 kV 的脉冲电压,其持续时间非常

表 2 供电电源运行参数

| 电场编号 | 二次电流/mA | 二次基准电压/kV | 脉冲电压/kV | 脉冲宽度/ $\mu$ s | 基准 + 脉冲/kV |
|------|---------|-----------|---------|---------------|------------|
| A11  | 600     | 62        | —       | —             |            |
| A12  | 440     | 55        | 28      | 75            | 83         |
| A13  | 440     | 50        | 41      | 75            | 91         |
| A14  | 500     | 44        | 62      | 75            | 106        |
| A21  | 600     | 66        | —       | —             |            |
| A22  | 460     | 57        | 29      | 75            | 86         |
| A23  | 460     | 55        | 35      | 75            | 90         |
| A24  | 540     | 50        | 53      | 75            | 103        |
| B11  | 600     | 66        | —       | —             |            |
| B12  | 440     | 57        | 23      | 75            | 80         |
| B13  | 420     | 51        | 38      | 75            | 89         |
| B14  | 440     | 48        | 54      | 75            | 102        |
| B21  | 600     | 65        | —       | —             |            |
| B22  | 470     | 56        | 35      | 75            | 91         |
| B23  | 500     | 50        | 57      | 75            | 107        |
| B24  | 590     | 50        | 62      | 75            | 112        |

短,比产生火花所需要的时间少很多,来不及产生火花脉冲就结束,因此可以在高峰值电压的状态下避免产生火花。

2.2 烟尘脱除效果

本次改造保留原有一电场工频电源,将二、三、四电场更换为脉冲电源,同时对电极系统和振打系统进行了改造。通过改造前后的除尘器本体性能测试报告可以看出,经过改造后,除尘器的性能得到了很大的提高,改造前(纯工频电源供电)和脉冲电源改造后除尘器进出口粉尘含量的对比见表 3。脉冲供电时,A 侧除尘器出口粉尘含量比纯工频电源供电时下降约 52%,B 侧除尘器出口粉尘含量比纯工频电源供电时下降约 47%,除尘效率也由纯工频电源供电时的 99.84% 提高到脉冲电源供电时的 99.92%,可以看出脉冲电源供电可以有效地提高除尘器本体的收尘效率。

表 3 烟尘排放质量浓度 mg/m<sup>3</sup>

| 项目     | 进口烟尘浓度 | 出口烟尘浓度 | 电源类型                      |
|--------|--------|--------|---------------------------|
| A 侧除尘器 | 24 439 | 36.29  | 纯工频电源                     |
| B 侧除尘器 |        | 40.70  | 纯工频电源                     |
| A 侧除尘器 | 25 513 | 17.36  | 一电场工频,<br>二、三、四电<br>场脉冲电源 |
| B 侧除尘器 |        | 21.48  | 一电场工频,<br>二、三、四电<br>场脉冲电源 |

由于静电除尘器的除尘效率与平均电压和峰值电压成正比,较高的峰值电压可以大幅加强细粉尘

和超细粉尘以及高比电阻粉尘的荷电能力,提高粉尘颗粒的驱进速度,从而提高粉尘的脱除效率。脉冲供电电压是在很短的时间内在电极上施加快速上升的脉冲,提高了电场击穿电压,所以施加在电场上的峰值电压远高于常规电源的二次电压,且脉冲供电时,阴极具有非常均匀的电晕分布和很强的电晕放电能力,从而提高了粉尘的荷电概率,进而提高除尘器效率。

2.3 PM2.5 排放分析

传统静电除尘器对亚微米级颗粒脱除效果较差,为提高脱除效率,而采用较低能耗的高压窄脉冲放电对颗粒物预荷电,可以大大提高亚微米级颗粒的荷电量,脉冲电源对静电除尘器进行提效后可以大幅提高对亚微米级颗粒的脱除效率。由于脉冲电源的供电方式抑制了大量无用的电子流吸附于阳极板的高比电阻粉尘之上,从而有效地防止了电场中反电晕的产生,可以大幅度提高峰值电压,并克服了反电晕现象,脉冲电源除尘器对小于 1  $\mu$ m 的颗粒脱除效率可以达到 90% 以上,从而有效地提高静电除尘器对 PM2.5 的脱除,降低除尘器出口 PM2.5 的排放浓度。脉冲电源改造后 PM2.5 测试结果见表 4,与直流供电模式相比脉冲电源供电可以将出口 PM2.5 的排放浓度降低 63% ~ 70%,静电除尘器脉冲电源供电方式可以有效地降低出口 PM2.5 的排放浓度。

2.4 除尘电耗分析

在脉冲峰值电压基本不变的条件下,通过改变

表 4 PM2.5 排放浓度

| 类型                                | 工况 1  | 工况 2  | 工况 3  | 工况 4  |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 采样深度/m                            | 1.0   | 0.3   | 1.0   | 0.3   |
| 供电方式                              | 纯直流   | 纯直流   | 脉冲供电  | 脉冲供电  |
| 采样体积流量/<br>(L·min <sup>-1</sup> ) | 19.24 | 19.24 | 19.24 | 19.24 |
| 采样体积/m <sup>3</sup>               | 2.12  | 2.02  | 2.52  | 2.21  |
| PM2.5 质量/mg                       | 2.20  | 4.50  | 0.80  | 1.70  |
| 粉尘质量浓度/<br>(mg·m <sup>-3</sup> )  | 1.00  | 2.20  | 0.30  | 0.80  |

脉冲重复概率,在大范围内选择电晕放电的平均电流,因此,对粉尘性质的变化有良好的适应性,有利于克服电晕现象,可以明显降低运行电流,节能效果显著。由于脉冲供电时的电压电流均大大减小,电耗可较改造前的直流供电降低约 50%。

如图 1 所示,通过对改造前后除尘器各电场运行参数进行统计,本次改造由于保留原有一电场工频电源,将二、三、四电场更换为脉冲电源,一电场电源电耗基本不变,二、三、四电场电源电耗较原有工频电源分别下降了约 39%、42% 和 40%,可以看出,脉冲电源供电可以在提高除尘器性能的同时有效地

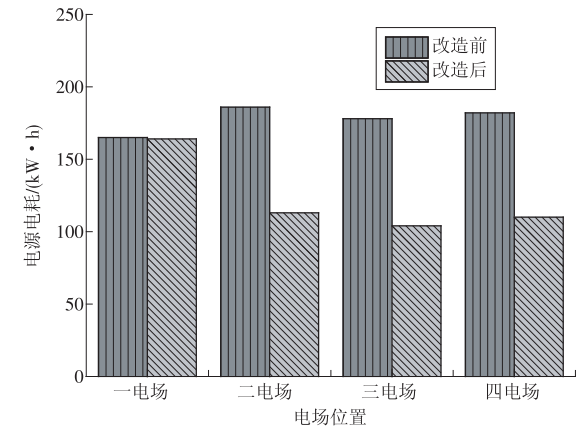


图 1 不同电场供电电耗

(上接第 31 页)1F,2C,2F,2E 计 6 台磨煤机用过神华煤,其中 1C 磨烧神华煤时磨振动较大,不适应,无法继续上,其余磨煤机未见异常,但是初始燃烧时,煤粉细度( $R_{90}$ )较大。

5.2 燃烧及燃尽情况

神华煤与韩城煤混后入仓,由于干燥无灰基挥发分( $V_{daf}$ )偏差较大(20%左右),其热重试验数据表明,其燃烧特性趋于神华煤,着火点低,煤火检充满度较好,但燃尽率趋于韩城煤,表现就是飞灰含碳量、炉渣含碳量倾向于贫煤而偏高。

6 结束语

经过掺烧试验验证,该电厂锅炉掉焦情况可控,

降低其供电电源的电耗。

3 结论

通过对脉冲电源改造前后除尘器的实际运行性能进行分析,可以看出,脉冲电源改造后,可以提升对高比电阻粉尘和细粉尘的收集效率,使电除尘器取得了比工频电源更高的除尘效率,且采用间歇脉冲供电技术可进一步降低二次电流,并克服高比电阻粉尘引起的反电晕,从而具备一定的节能效果,同时脉冲电源也可以有效地降低除尘器出口 PM2.5 的排放浓度。

参考文献:

[1]陈严勇,周许生,寿松鹤. 脉冲电源技术及其在电除尘器中的应用与发展前景[J]. 电子世界,2014(16):103-104.  
[2]王临清,朱法华,赵秀勇. 燃煤电厂超低排放的减排潜力及其 PM(2.5)环境效益[J]. 中国电力,2014,47(11):150-154.  
[3]王仕龙,陈英,韩平,等. 燃煤电厂电除尘 PM10 和 PM2.5 的排放控制Ⅱ:电除尘电源改造与 PM10 和 PM2.5 的排放(以 660MW 机组为例)[J]. 科技导报,2014,32(33):34-38.  
[4]雷盼灵,曾庆军,陈峰. 静电除尘用新型脉冲高压电源研究[J]. 科学技术与工程,2014(31):225-230.  
[5]骆仲泱,江建平,赵磊,等. 不同电场中细颗粒物的荷电特性研究[J]. 中国电机工程学报,2014,34(23):3959-3969.  
[6]韦军新. 浅谈静电除尘技术的研究进展[J]. 广西大学学报(哲学社会科学版),2000,22(12):193-195.

(本文责编:齐琳)

作者简介:

王志成(1971—),男,吉林梅河口人,工程师,从事火电厂电气设备的运维与检修方面的工作(E-mail:446375229@qq.com)。

磨煤机出力可调,后续可加大掺烧力度,掺烧比例可提到 15% 左右。630 MW 贫煤锅炉掺烧神华烟煤,在安全性、环保、长周期、经济等方面均可行。

参考文献:

[1]郭鲁阳,季明斌,王富文. 600 MW 超临界锅炉混煤燃烧试验研究[J]. 华电技术,2011,33(11):12-14.  
[2]段学农,朱光明,焦庆丰. 电厂锅炉混煤掺烧技术研究与实践[J]. 中国电力,2008,41(6):51-54.

(本文责编:白银雷)

作者简介:

李明玉(1977—),女,河南杞县人,工程师,从事电厂锅炉技术管理方面的工作(E-mail:524650332@qq.com)。