

高效电源在静电除尘器的研究与应用

薛 祥

中国石化长城能源化工(宁夏)有限公司 宁夏 银川 750004

摘要:某石化公司自备电厂260t/h空分燃煤锅炉配套电除尘器,设计除尘效率99.75%,设计除尘器出口浓度 $\leq 100\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。静电除尘器一电场配套高频电源,二、三、四电场配套两相工频电源。近期出现电除尘运行参数差、除尘效率低和粉尘浓度超标现象,本文主要根据电除尘器改造后的工程实例,对高效电源提效技术与静电除尘器的之间的研究及分析。

关键词:火电厂;静电除尘器;设备改造;优化研究;高效电源

引言:随着《火电厂污染防治可行技术指南》的颁布实施,要求2020年前具备条件的燃煤机组实现超低排放,颗粒物排放不高于 $10\text{mg}/\text{Nm}^3$,为了响应国家号召提高除尘效率、降低烟尘排放的技术战略,实现环保达标排放作为燃煤发电、供热企业在环保产业改造中重点考虑的问题。随着环保政策对电除尘技术的要求越来越高,如何选择合适的提效改造方案,是现有静电除尘器提效改造面临的直接问题。

1 电除尘器对高压供电电源的要求

电除尘器对高压供电电源的要求主要是能提高除尘效率,同时满足节能、稳定运行需求。对于高压供电电源而言,提高除尘效率,主要通过降低电压纹波系数、提高脉冲

供电上升率和闪络控制特性来实现。电除尘器要求的电压波形与粉尘比电阻和浓度等有关:中低比电阻粉尘和高浓度粉尘工况,要求电压波形平直,纹波系数小;高比电阻粉尘工况,为抑制反电晕的发生,则要求电压波形波动大,纹波系数大,可由间歇供电方式或脉冲供电方式来实现。因此,电除尘器电源既要求能输出纹波系数小的平直电压波形,又要求输出纹波系数大的脉冲电压波形,以适合工况的要求。提高闪络响应方面,包括减小闪络发生后器件的关断延时、关断时间、电压恢复时间来实现。

2 除尘高压电源对比分析

2.1 电源对比

电源类型	电源技术特点	适应性	提效方面(依据多依奇公式,驱进速度提高能有效提高收尘效率。)	能耗方面	适用场所
工频电源	工作频率为工频,效率功率因数低,具备间歇供电功能,间歇宽度大于 10ms ,能耗大;平均电压低,细微粉尘不易荷电。	一般,电晕功率低对高浓度粉尘收尘效率较弱,细微粉尘捕捉能力弱,具备间歇供电可以消除部分反电晕现象。	传统的普通工频电源,受限电压等级及电源频率问题,相对收尘效率低。	高(采用间歇供电可调范围小,可降低能耗,但无法保持除尘效率)	2010年前应用的主要除尘电源,现已逐步淘汰。
高频电源	工作频率高,受器件影响,大功率高频电源电压等级最大 90KV ;脉冲供电宽度和占空比任意可调。	高(相对适合高浓度粉尘,高比电阻粉尘采用间歇供电,有时效率可能会受影响)受电压等级影响对末级细微粉尘的捕捉能力一般。	提高粉尘驱进速度能力较强。	较低	适用于所有电场。
变频电源	工作频率 $100\text{--}1000\text{Hz}$,适合于 100kV 以上电压等级运行,间歇供电时脉冲宽度最低为 1ms ,占空比任意可调	高(相对适合高浓度粉尘,高比电阻粉尘采用间歇供电,有时效率可能会受影响)受电压等级影响对末级细微粉尘的捕捉能力一般。	提高粉尘驱进速度能力较强。	较低	适用于所有电场。
脉冲电源(叠加基础直流电源)	电压等级高(基础直流电压 $40\text{KV}\sim 60\text{KV}$,脉冲峰值电压 $60\sim 80\text{kV}$),正常运行可达 110KV 以上;脉冲宽度 $\leq 100\mu\text{s}$,脉冲重复频率 $2\text{--}150$ 任意可调;二次峰值电压和二次电流可单独任意调整。	最高(适合高比电阻粉尘、末级细微粉尘不易荷电的除尘器),运行频率、脉冲宽度均可调。	提高驱进速度能力强	低(基础电源+脉冲电源的功耗),基础电源运行参数可大幅降低,而脉冲电源的功耗最大只有 14KW ,因此能耗极低	适用于所有电场,是目前适用场合最广的高压电源,因成本较高,目前常常使用于除尘器末级四、五电场,对细微粉尘排放把关。

通讯作者:薛祥,男,1985年2月出生,汉族,籍贯:甘肃靖远,学历:本科,单位:中国石化长城能源化工(宁夏)有限公司,研究方向:火电厂环保设施方向,职称:中级工程师,邮编:750004

3 除尘器设备情况

3.1 改造前设备情况

某公司空分2号锅炉电除尘器设施于2012建设, 采用兰州电力修造厂设计安装的单列单室四电场静电除尘器, 一电场高压电源使用大连有昕高频电源, 二、三、四电场高压电源使用大连电子研究所工频电源; 低压程控采用AB PLC编程

原电除尘设计参数:

序号	项目	单位	数值
一	静电除尘器		
1	性能保证(正常运行)	%	设计煤: $\leq 50\text{mg}/\text{Nm}^3$ 效率: 99.75% 校核煤1: $\leq 75\text{mg}/\text{Nm}^3$ 效率: 99.75% 校核煤2: $\leq 95\text{mg}/\text{Nm}^3$ 效率: 99.75%
2	本体阻力	Pa	≤ 245 Pa
3	本体漏风率	%	$< 3\%$
4	噪声	dB	≤ 85 dB
5	外形尺寸(长 \times 宽 \times 高)	m \times m \times m	详见外形图
6	除尘器总图(平、断面图)		详见外形图
7	有效断面积	m ²	170 m ²
8	长、高比		1.29
9	室数/电场数		单室4电场
10	比集尘面积	m ² /m ³ sec	106.7 m ² /m ³ sec
11	驱进速度/停一个供电区时的逐进速度	Cm/sec	5.6 Cm/sec
12	烟气流速	M/sec	0.87 M/sec

设计煤种:

项目名称	符号	单位	设计煤种	校核煤种1	校核煤种2
收到基碳分	Car	%	55.32	52.41	46.44
收到基氢分	Har	%	3.05	3.34	2.70
收到基氧分	Oar	%	10.48	9.55	8.60
收到基氮分	Nar	%	0.54	0.65	0.54
收到基硫分	St, ar	%	0.37	0.54	0.84
收到基灰分	Aar	%	12.64	22.41	28.38
收到基水分	Mt	%	17.6	11.1	12.5
空气干燥基水分	Mad	%	12.81	7.32	8.70
干燥无灰基挥发分	Vdaf	%	33.41	37.05	37.36
收到基低位发热量	Qnet, ar	MJ/kg	20.06	19.67	17.11

3.2 改造前, 空分#2号炉电除尘器高压电源运行参数如下:



3.3 电除尘器存在问题:

1) 一电场高频电源二次电压38.7kV, 运行电流256mA, 运行参数偏低, 二次电压提升参数后容易出现闪络放电, 二次电流仅能维持较低的运行参数, 首级电场收尘效果较差, 未充分发挥高频电源的高效除尘优势。2) 二、

控制低压加热、振打运行, 电除尘设备信号通过光纤通讯模式至脱硫控制室。改造前宁夏电科院对空分2号炉电除尘器摸底测试: 蒸汽流量251t/h时, 空分2号锅炉电除尘器出口粉尘浓度为62mg/Nm³, 除尘器出口粉尘浓度偏高, 影响脱硫系统安全稳定运行, 脱硫浆液受粉尘影响大, 脱硫出口净烟气粉尘浓度难以满足超低排放标准要求。

三、四电场使用的两相工频电源属于早期设备, 现场设备陈旧, 设备转换效率低, 故障率高、电源纹波系数大, 除尘效果差, 实际运行过程中二、三、四电场的工频电源二次电压在40kV左右便开始闪络放电, 除尘效果差, 无法满足当前严格的环保排放标准要求。3) 电除尘上位机监控系统功能比较单一, 仅能对设备进行简单启/停操作, 自动化控制水平不高, 需要运行人员人工调整相关参数, 上位机监控系统无法根据锅炉工况自动化调整运行参数, 电除尘运行能耗偏高。4) 电除尘本体缺陷较多, 存在振打偏心、极距偏移、除尘器漏风严重、阴极线磨损严重、极板腐蚀等。

4 提效可行性分析

4.1 闪络特性

电除尘器不可避免的存在闪络情况,我们希望电除尘器电源能有快速的闪络响应与闪络后尽快的电压恢复特性,高频电源无论采用调幅方式还是调频方式,如果谐振频率一致,两者闪络响应也可以做到一致,但在闪络后电压恢复特性有显著差别。高频电源调频方式闪络控制一般是20-50 μ S先快速响应火花,并降低逆变电路的开关频率,降低高频电源输出二次电压,然后在电场绝缘恢复最快时间内迅速提高逆变电路的开关频率,尽快恢复电场电压同时控制不出现连续闪络。而高频电源采用调幅方式,闪络控制一般也是在20-50 μ S先快速响应火花,迅速降低开关频率,之后迅速恢复逆变电路的开关频率,同时控制可控硅调压降低母线电压,然而高频电源调幅方式由于直流母线电压采用可控硅整流控制及母线存在储能电容的影响,闪络后电场二次电压恢复慢,闪络特性明显差于高频电源调频方式。

4.2 轻载、重载特性

有些工况变化较大的场合,电除尘器存在轻载或重载情况,轻载时电源表现出来二次电压高、二次电流低,重载时电源表现出来二次电流高、二次电压低,我们在这姑且不论是否电源选型上导致出现轻载或重载情况,即使出现轻载或重载情况作为电除尘配套电源对轻载或重载的控制技术上已经是相当成熟的了,不会存在轻载或重载工作时高频电源不稳定或出现冲击,会出现的话应该是属于高频电源器件选型或控制策略的问题了,实际上稍微成熟的高频电源厂家均能很容易做到轻载或重载设备的稳定性。

5 改造方案

5.1 电源改造方案

高效电源改造(一电场原高频电源采取利旧,二电场由工频电源改造为变频电源,三、四电场由工频电源改造为变频电源+脉冲电源),配套除尘器本体修复性检修,确实提高改造后电除尘运行参数,提高整个静电除尘装置的收尘效率,降低出口粉尘。优化升级振打控制系统,增加高低压联动断电振打功能,系统可自动控制振打周期及断电振打周期,提高振打清灰效率,减少阳极板及阴极线积灰引起的电除尘除尘效率下降的困扰;优化升级加热控制系统,加热控制系统实现自动控制,提高温度控制精度,可大大降低加热系统长时间开启造成的能耗损失;同时将上位机系统升级改造为IPEC节能提效系统,在新上位机IPEC系统中引入锅炉负荷信号和脱硫入口粉尘浓度信号,上位机可根据锅炉负荷信号和脱硫入口粉尘浓度信号实时调节设备运行参数,在满足环保指标的同时最大程度降低电除尘能耗。

5.2 除尘器本体检修方案

(1) 本体内部恢复性检修,将电除尘器机务本体部分检修恢复接近至设计值。阳极系统修复、极间距校正;阳极板下横梁处破损以及存在裂纹严重的位置使用固定夹板进行加固处理并校正;间距和同极距调整,修复变形的阳极板,对变形严重的阳极板进行更换;调整阳极振打锤在阳极板的振打位置,保证振打力;原有破损切除的阳极板恢复为设计

状态。(2) 阴极系统的改造及框架修复校正。校正变形的阴极框架等;调整极间距(同极、异极)包括非电场间距;恢复所有阴极线的数量。(3) 振打系统检修,保证振打力度,提高清灰效率。调整阴、阳极振打同轴度;对阳极振打轴进行解体检修;更换磨损的阴、阳极振打耐磨套、螺栓等;振打锤磨损严重的更换;检查振打力。(4) 气流均布板、壳体检查修复。对电除尘器进检查找出电除尘存在的漏风点并修复;将电除尘内部所有灰尘用高压水冲干净,排查漏风点;检查所有人孔门,降低人孔门造成的漏风;检查进出口气流分布板及阻流板,对已变形的进行校正;并调整烟气的气流均布情况,使气体均匀通过各个通道,以便收尘;烟道、烟箱、壳体、灰斗等漏风漏灰检查并处理。(5) 保温箱内顶板固定,将塌陷的保温层恢复。(6) 其他部分常规检修。

5.3 提效升级改造效果

空分2号炉电除尘提效改造后,深度优化调试,充分发挥高频电源、智能变频电源、变频电源+脉冲电源、低压系统,运行参数明显提升,具体参数如下:

高频 49kV 598mA	变频 59.4kV 350mA	变频 45kV/596mA 脉冲 44kV	变频 48kV/595mA 脉冲 39kV
一电场	二电场	三电场	四电场

电除尘智能监控系统(IPEC),实时跟踪运行工况,统筹调度所有电控设备,充分挖掘电除尘潜力。改造后经宁夏电科院性能测试,空分2号炉电除尘出口浓度27m/Nm³,达到了改造的预期效果。

结束语:综上所述,高效电源完全突出体现了专业性及实用性的特点,其高效的技术性能和可靠性已经得到了充分验证,不仅有着能耗消耗较小的特点,还有着性价比高的优势,针对中国节能减排而言已为我国作出了巨大贡献。与此同时,电源节能效果较为明显,在火电厂用电效率中有着至关重要的作用,简单来说,电除尘节能在改造完成之后,已经达到了预期效果及节能的最终目标,为后续开展工作创造了全新条件,进而充分发挥高效电源在火电厂电除尘中实际应用的价值及意义。因此,国内与国外行业对其技术产生了青睐与喜爱,其技术不仅有着广阔的发展空间,还需要大力推广其技术的应用,引导其技术在各个行业当中广泛应用,在最大程度上将技术优势转换为企业的经济效益与社会效益。

参考文献

- [1]杨栋先,欧阳普. 高频电源在火电厂电除尘上的改造与节能分析[J]. 通信电源技术,2021,38(1):238-240.
- [2]代兴明. 浅谈高频电源在火电厂电除尘上的应用[J]. 数码设计(下),2021,10(1):77-78.
- [3]钟斌. 高频电源在火电厂电除尘上的应用研究[J]. 现代工业经济和信化,2020,10(10):58-59.
- [4]钟斌. 高频电源在火电厂电除尘上的研究与应用[J]. 电力系统装备,2020(9):146-147.