

# 330MW 机组脱硫增压风机电机变频节能改造及其效果分析

张德继

(淮阴发电有限公司, 江苏 淮安 223002)

**摘 要:** 随着国家对环保的要求越来越严, 烟气脱硫越来越普遍, 如何做到既环保又节能, 本厂通过对脱硫系统的增压风机进行的变频节能改造, 不仅节约了厂用电率 0.08%~0.145%, 同时, 运行自动化程度也得到了提高, 维护量也相应减少, 稳定性得到了一定提升, 具有一定的借鉴意义。

**关键词:** 节能; 增压风机; 变频器; 厂用电率; 稳定性

## 0 引言

由于煤价高位运行, 发电厂对节能工作要求越来越严; 同时, 由于国家对烟气排放指标的考核和监督要求也越来越严格, 发电厂脱硫系统的经济性、稳定性要求也越来越高。增压风机是 330MW 机组锅炉脱硫烟气排放系统的重要而且单一的设备, 对增压风机进行变频改造可以减少导叶调节和机械磨损, 提高增压风机的运行稳定性, 同时还能取得良好的节能效果, 但改造是否能取得预期效果, 仍有许多方面值得研究和探讨。

## 1 本厂增压风机运行简介

### 1.1 淮厂#3 炉及其增压风机概况

淮阴发电厂#3 锅炉型号为 HG-1036/17.5-YM36 锅炉, 一次中间再热、亚临界、单炉膛、平衡通风、自然循环汽包炉。在本台炉的引风机出口和烟囱之间装有脱硫系统, 在脱硫系统进口烟气侧(高温烟气侧)配置了一台增压风机, 用于克服挡板、吸收塔及内部部件引起的烟气压降, 脱硫烟气压力控制系统根据烟气挡板前的压力, 通过控制增压风机的叶片角度, 来控制送入脱硫系统的烟气速度, 保证烟气挡板前的压力稳定在设定值, 以适应锅炉负荷的变化。

增压风机为静叶可调轴流风机, 其根据烟气系统正常运行和异常情况可能发生的最大流量、最高温度和最大压损进行设计选型。风机风量和压头选取的原则为: 基本风量为锅炉最大蒸发量下锅炉燃烧设计煤时烟气量, 风量裕度不低于 10%, 工作点对于失速线的偏离值为风机在该叶片角度下失速流量的 10% 以上, 另加不低于 10℃ 的温度裕度; 风压

裕度不低于 20%, 并能保证脱硫系统负荷变化时提供满意的运行调节。增压风机在设计流量情况下的效率不小于 85%。并能在可能发生的最大流量, 最高温度和最大压力损失的情况下正常运行, 并没有过量的振动、失速或波动。但从增压风机实际运行情况来看, 存在以下问题

### 1.2 增压风机实际运行存在的问题

#### (1) 增压风机低负荷失速问题

从脱硫系统投运后情况看, 在机组半负荷或低负荷运行的情况下, 增压风机运行工况容易落在失速曲线区域附近, 造成风机风压调整困难, 给机组安全运行带来安全隐患, 持续运行也将造成增压风机的损坏。究其原因分析主要是机组半负荷或低负荷运行时烟道阻力与机组满负荷时的阻力相比, 烟气流量与系统阻力并不成比例关系。从增压风机原烟气入口到净烟气出口整个烟气系统阻力中, 各烟气管道段的阻力系数已知, 烟气流量与管道阻力成正比关系; 但在烟冷器、吸收塔喷淋层、吸收塔除雾层中, 存在一个相对固定的阻力, 尤其喷淋层的阻力只与投入的层数相关, 与烟气流量关系不大, 所以在整个气体流程中烟气流量与其阻力并不成正比关系。运行工况点接近失速区。

#### (2) 增压风机的调节问题

增压风机出力调整采用通过改变风机的叶片的角度来调节。通过改变风机静叶的角度来调节风量尽管比一般采用控制入口挡板开度来实现风量的调节有一定的节能效果, 但是节流损失仍然很大, 特别是低负荷时节流损失更大, 另由于节流调节, 存在风机运行中振动、噪音等问题。同时异步电动机在启动时启动电流达到电机额定电流的 6~8 倍, 对

厂用电形成冲击,同时强大的冲击转矩对电机和风机的使用寿命也存在很大的不利影响。

由于增压风机通过静叶调节风量方式既不节能,又不能很好的满足锅炉低负荷稳定性运行需要,所以考虑对增压风机进行调节性能和节能改造,来满足机组整体调节性能需要。

## 2 前期调查

### 2.1 #3 炉脱硫增压风机电机参数

电机型号: YKK900-12W;

额定转速: 497 r/min;

配套电机: 2300 kW /6kV;

额定电流: 280A;

### 2.2 机组带负荷情况

#3 机组 2009 年机组带负荷情况,进行统计分析如下(粗略统计):

带 100% (300MW, ±4%以内) 负荷时占总运行时间的 5%;

带 90% (270MW, ±4%以内) 负荷时占总运行时间的 90%;

带 70% (210MW, ±4%以内) 负荷时占总运行时间的 5%。

从以上调查可以看出,脱硫增压风机并不总是运行在满负荷,具有 10%左右的调节空间,节能改造很有必要。

### 2.3 变频调速的节能原理

当脱硫增压风机风量需要调节时,正常的方法是:通过调节入口挡板门来实现,损耗很大,也增加设备的维修工作量,同时也降低了风机的总效率,产生很大的电能损失。

当采用变频调速时,可以按需要升降电机转速,改变风机的性能曲线,使风机的额定参数满足工艺要求,根据风机空气动力学理论,变速前后风量、压力、功率与转速之间关系遵循下列公式变化:

$$Q_1/Q_2 = n_1/n_2$$

$$H_1/H_2 = (n_1/n_2)^2$$

$$P_1/P_2 = (n_1/n_2)^3$$

式中:

$Q_1$ 、 $H_1$ 、 $P_1$ —风机在  $n_1$  转速时的风量、压力、功率;

$Q_2$ 、 $H_2$ 、 $P_2$ —风机在  $n_2$  转速时相似工况条件下的风量、压力、功率。

假如转速降低一半,即:  $n_2/n_1=1/2$ , 则  $P_2/P_1=1/8$ ,可见降低转速能大大降低轴功率达到节能的目的。变频运行是当转速降低时,额定工作参数相应降低,风机能在同样甚至更高的效率下工作。降低了转速,风量就不需要用关小挡板门来控制,挡板门始终处于全开或接近全开状态,避免了由于关小挡板门引起的风量损失,也就避免了总效率的下降,确保了能源的充分利用。

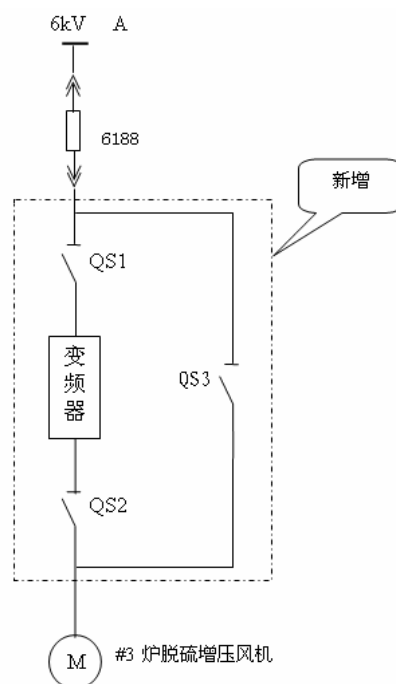
工频电机直接启动,对厂用电和电机机械部分冲击都很大,电机工频启动一次的损耗也很大,而变频软启动损耗很小,只有工频损耗的八到十分之一左右,可见,每年的启动节能也是很可观的。

当采用变频调速时,50Hz 满载时功率因数为接近 1,工作电流比电机额定电流值要低许多。

变频调速节能理论上非常可行。

## 3 方案实施

脱硫增压风机节能改造方案为由工频运行改为高压变频,变频器配置方案采用一拖一带旁路形式。其一次原理图见图 1。



注: 1、系统由高压变频器和旁路柜两部分组成,图中所示 QS1、QS2、QS3 均包含在旁路柜中。  
2、系统具有手工/变频切换功能。QS2、QS3 不能同时闭合,在机械上实现互锁。变频运行时, QS1、QS2 闭合, QS3 断开;工频运行时, QS3 闭合, QS1 和 QS2 断开。

图 1 一次原理图

改造后的脱硫增压风机运行控制方式变化不大,具体如下:

(1) 无论选择工频还是变频运行方式, 首先在就地 将刀闸切到工频或变频位置, 再送上 6188 开关, 到 DCS 画面合上一级开关 6188 (6188 与 QS1、QS2、QS3 有闭锁), 6188 的保护联锁逻辑同原增压风机。

(2) 选择工频时, 在就地合上 QS3 刀闸 (与 QS1、QS2 逻辑闭锁), 送上 6188 开关, 运行根据正常开增压风机程序合上开关即可。

(3) 选择变频时, 变频器就地合上 QS1、QS2 刀闸, 送上开关, 检查变频器启动条件, 待启动条件满足后, 合上开关, 启动变频器; 变频器投入运行; 运行人员手动调整变频器输出至稳定工况后, 投变频自动。

(4) 变频器重故障时, 自动跳开上一级 6188 开关。

(5) QS2、QS3 除 DCS 闭锁外, 有硬接线闭锁;

(6) DCS 判断风机运行状态, 在变频时由变频器反馈与 6188、QS1、QS2 状态串接共同判断; 在工频时由 6188、QS3 状态串接共同判断;

正常运行时: 电机运行于变频状态, 此时 QS1、QS2 处于合闸状态, QS3 处于分闸状态。电机除具备变频运行功能外, 同时也具有工频旁路运行方式, 以防止变频器发生故障退出后, 还可以保证整个系统运行的可靠性。

不足: 变频故障后需切换至工频或工频方式需切换至变频时, 均需要停电进行, 由于增压风机停电则机组均需停运, 运行切换不方便; 同时, 变频改造后增加了一级电源串联, 增压风机停运则必然引起本台机组的停运, 相应增加了故障几率。

## 4 脱硫增压风机变频调速节能分析

### 4.1 改造后运行情况

改造后, 变频器调节平稳, 但最初 1 个月发热比较严重, 立即对变频器小室安装两台空调后, 运行状态改善, 后经厂家建议, 将变频功率柜出风引到室外, 进风从门上开删栏并加滤网, 变频器只开一台空调即能正常运行。脱硫增压风机进口挡板全开时, 虽然在 36~39Hz 之间电机振动比以前略有上升, 但并未超标, 通过调节变频器, 电机电流原来相同负荷下平均在 129~145A, 现在 100A 左右, 相比较节电效果是非常明显的。

### 4.2 脱硫增压风机节能分析

以 2009 年 7 月作为改造前对比数据, 以 2010 年 6 月 20 日以后 10 天作为改造后对比数据, 因为这 10 天运行稳定, 负荷平均值与 2009 年 7 月负荷平均值一致, 具有很强的可比性。

2009 年 7 月全月和 2010 年 6 月 10 天统计数据, 列表见表 1。

表 1 改造前后用电量数据比较 1

时间	脱硫增压 风机总电 量/kWh	脱硫增压风机 每天平均用电量 /kWh	总发电量 /kWh	每天每小 时平均负 荷/MW
2009 年 7 月	1016001	32774.23	178478400	239.9
2010 年 6 月 20 日 -29 日	275192	27519.2	57429400	239.3
2010 年 6 月变频改 造后增加的空调 前后电量差/kWh		20×24=480	32774.23-27519.2-480=4775	

上述统计表中, 由于 2009 年 7 月全月平均负荷为 239.9 (MW), 2010 年 6 月 20 日~29 日平均负荷为 239.3 (MW), 可以看作负荷相等。在负荷相等的情况下, 对前后脱硫增压风机的耗电量进行对比分析看出: 2009 年 7 月每日平均耗电量为 32774.23kWh, 改造后 2010 年 6 月 20 日至 29 日共 10 天的每日平均耗电量为 27519.2 kWh, 加上室内新加的两台空调每日耗电 480 kWh, 改造后每日平均耗电量为 27999.2 kWh, 脱硫增压风机变频改造前后节省的电量=32774.23-27999.2=4775.03 kWh。可见, 脱硫增压风机变频改造后, 每天节能 4775 kWh, 折成发电厂用电率为  $4775/24/1000/239 \times 100 = 0.08\%$ , 厂用电率因此下降 0.08%。

再以 2011 年 6 月变频正常投运与 2009 年工频运行为例对比计算, 见表 2。因负荷运行比较平稳, 负荷比较接近。

表 2 改造前后用电量数据比较 2

时间	脱硫增压风机 总电量/kWh	脱硫增压风机每天平均用电量 /kWh
2009 年 7 月	1016001	32774.23
2011 年 6 月	734528	24484
两月平均每天差值/kWh		8290.23
节电%		25. 9
降低厂用电率/%		8290.23/24/1000/239*100=0.145

相比较厂用电率降低 0.145%。

由脱硫增压风机变频改造后与改造前的两次统计对比分析。可见: 通过脱硫增压风机变频节能改

造，能降低发电厂用电率 0.08%~0.145%。

5 改造后运行稳定性分析

5.1 运行稳定

2010 年 6 月节能改造后，到 2012 年至今，共发生过三次增压风机运行中跳闸，列表 3。

表 3 运行故障统计

次	原因	影响
第 1 次	运行中 6 号模块故障烧坏	脱硫旁路挡板门自动打开，无影响
第 2 次	检修人员拆洗滤网，在回装时误碰急停按钮	脱硫旁路挡板门自动打开，无影响
第 3 次	脱硫 DCS 数据下装时，发生数据全到 0	刚点火即 MFT

从上表可见：2010 年 6 月改造至今，因变频器自身原因跳闸只有一次，总体上，运行还是很稳定的。

5.2 维护量少

采用变频调速后，由于启动缓慢及转速的降低，相应地延长了许多零部件，特别是密封、轴承的寿命，同时脱硫增压风机导叶开度调节变频改造后，正常放在 95%~100%，正常不需调节导叶，避免了

导叶频繁调节造成机械故障。

5.3 降低了运行工作强度

运行中自动跟踪原烟气与净烟气的压差，设定在 ±50Pa 以内，实现自动调节运行，变频器及增压风机故障均经相应的故障报警或保护动作跳闸，操作监视由手动转变为自动监控，极大地降低了运行人员的劳动强度。

6 结论

通过对比分析可见：300MW 锅炉脱硫增压风机电机由工频改为变频运行，不仅节电效果明显，而且运行稳定性也很好，值得借鉴。

参考文献：

[1] 蔡军林. 300MW 火电机组集控运行[M].北京:中国电力出版社,2008.

作者简介：

张德继（1968—），男，汉，高级技师，发电部副主任。