

# 高压离心风机降振节能改造实践

肖 杰<sup>1</sup>, 王玉龙<sup>2</sup>, 张剑茹<sup>2</sup>

(1.江苏方天电力技术有限公司, 江苏 南京 211102; 2.太仓港协鑫发电有限公司, 江苏 太仓 215433)

**摘 要:** 太仓港协鑫发电有限公司脱硫石灰石制粉系统高压离心风机存在振动大、噪声大、风机效率低缺陷, 经振动测试、分析论证, 确认原因为风机出力裕量大, 风门节流大导致风机全压大、振动大、噪声大、节流损耗大。通过风机改造, 增大了调整门开度, 降低了风机进口负压, 消除了风机振动与噪声过大的缺陷; 提高了风机效率, 风机耗电率降低了22.8%。

**关键词:** 离心风机; 振动; 前弯式; 后弯式; 耗电率

## 0 引言

太仓港协鑫发电有限公司脱硫石灰石制粉系统排粉机为高压离心风机, 由江苏金通灵流体机械科技股份有限公司生产, 型号为9-26-11№14D。该风机设计采用前弯式叶片, 风机效率低, 同时系统布置不合理挡板风道阻力大。在脱硫石灰石制粉系统经过整治, 设备及运行方式优化后, 实际系统通风量较设计值小, 风机出力裕量过大, 正常运行中风机入口风门开度通常在30-35%, 挡板节流使得风机进口负压低、节流产生涡流引起风机机壳振动过大, 风机噪声很大, 机壳振动引起基础振动并使得建筑物梁柱及墙面产生裂缝, 严重威胁建筑物安全, 不治理高压风机振动就无法保证机房安全。同时挡板节流损失较大, 使得风机电耗较高。因此对脱硫石灰石制粉系统高压离心风机进行改造降低振动、提高效率, 对提高运行安全性、经济性都有重要意义。

## 1 风机振动分析

电厂装有A/B二套脱硫石灰石制粉系统, 其中B制粉运行时排粉高压风机振动过大, 一般不运行, B制粉运行时风机振动测量值如表1所示, 最大振动在377 $\mu\text{m}$ , 风机噪声在100dB。对运行中的振动相对较小的A高压排粉风机进行了不同部位的振动值测试, 如表2所示, 此时袋式除尘器出口负压-7.8kPa, 风机进口调整门开度28.5%。

从B制高压风机振动数据分析, 风机振动严重超标, 机壳振动值明显大于转子轴承座的。

表1 B高压风机振动测试数据 ( $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}/\mu\text{m}$ )

参数	设备	轴向	水平垂直轴	垂直方向
振动速率	轴承座	6.8	19.5	7.8
$/(\text{mm} \cdot \text{s}^{-1})$	风机外壳	16.8	24.5	12.5
振幅	轴承座	152	377	170
$/\mu\text{m}$	风机外壳	266	462	252

表2 A高压风机振动测试数据

设备	位置	振动幅度/ $\mu\text{m}$		
		轴向	水平垂直轴	垂直方向
轴承座	风机侧	33	49	45
基座箱	--	--	46	54
基础框架	电机侧	32	86	40
基础框架	机壳左侧	--	115	141
基础框架	机壳右侧	--	--	136
风机外壳	出口风道侧	93	135	--
风机外壳	出口风道对侧	94	115	92

备注: 机壳左侧为出口风道侧; 机壳右侧为出口风道对侧。

从A制高压风机振动数据分析, 风机转子与安装风机的基座箱振动正常, 风机外壳及弹性基础框架的振动较大。机壳振动大的原因是进口挡板开度过小, 风机进口负压过低; 同时挡板开度过小在挡板后形成涡流, 导致风机进口空气出现空气激振或旋涡振动, 引起风机外壳较大的振动<sup>(2)</sup>。

## 2 改造方案的选择

根据高压离心风机振动主要是机壳振动, 因为进口挡板开度过小, 提出了如下风机改造方案。

### 2.1 叶轮直径切削

风机离心式风机出力裕量过大, 常采用叶轮直径切削的方式。对于该高压离心风机采用的是前弯式叶轮, 叶轮直径太短, 不易进行切割, 而且切削后的叶轮会改变介质离开叶轮时的方向, 增加风机蜗壳损失及增大涡壳振动, 降低风机效率。

2.2 风机换型

现场整个系统的风量及系统阻力进行重新测定，选择适合系统实际通风量的风机，前弯式离心风机运行效率低，改造为效率较高的后弯式离心风机；对风道进行重新布置，取消翻板式调节挡板，改为进口导叶调节，降低挡板阻力。

2.3 电机功率匹配

风机进行降功率改造后，同步降低电机功率，更换电机。

经综合考虑确定，仅更换风机及风机调节挡板，对风道进行重新布置。对振动特别严重的 B 制高压风机进行改造，改造前进行系统测试。

3 系统测试

表 3 改造测试数据表一

序号	测试项目	符号	单位	备注	测量工况
1	大气压	压力	$P_{amb}$	Pa	100890
2		温度	$t_{amb}$	℃	25
3	风机	静压	$P_{sf1}$	Pa	-7500
4	进口	温度	$t_1$	℃	35
5	风机	静压	$P_{sf2}$	Pa	-1130
6	出口	温度	$t_2$	℃	47
7	流量测量面	动压	$P_{d3}$	Pa	228.3
8		静压	$P_{s3}$	Pa	-44
9		温度	$t_3$	℃	45
10	转速	$n$	r/min		1480
11	电动机	电流	$I$	A	33
12	电动机	电压	$U$	kV	6
13	功率	$P_E$	kW	$\cos\varphi: 76, \eta: 0.94$	245.0

表 4 改造测试数据表二

序号	项目名称	符号	单位	计算公式	计算结果
1	流量测量面密度	$\rho_3$	kg/m <sup>3</sup>		1.103
2	流量测量面动压	$P_{d3}$	Pa	测量均值	228.25
3	流量测量面风速	$V_3$	m/s		14.546
4	流量测量面面积	$A_3$	m <sup>2</sup>	设计值	1.13
5	流量测量面流量	$Q_{V3}$	m <sup>3</sup> /s		16.437
6	流量质量流量	$q_m$	kg/s		18.130
7	风机进口静压	$P_{s1}$	Pa	测量平均值	-7500.0
8	风机进口温度	$t_1$	℃		35.0
9	进口介质密度	$\rho_1$	kg/m <sup>3</sup>		1.055
10	风机进口面积	$A_1$	m <sup>2</sup>	设计值	0.51
11	风机进口动压	$P_{d1}$	Pa		599
12	风机进口全压	$P_{t1}$	Pa		-6901
13	风机出口静压	$P_{s2}$	Pa	测量平均值	-1130
14	风机出口温度	$t_2$	℃		47.0
15	出口介质密度	$\rho_2$	kg/m <sup>3</sup>		1.084
16	风机出口面积	$A_2$	m <sup>2</sup>	设计值	0.32
17	风机出口动压	$P_{d2}$	Pa		1462
18	风机出口全压	$P_{t2}$	Pa		332
19	风机全压	$P_{TF}$	Pa		7233
20	风机进口流量	$Q_v$	m <sup>3</sup> /s		17.191
			m <sup>3</sup> /h	3600 $Q_v$	61888
21	风机有效功率	$P_e$	kW		122.13
22	风机轴功率	$P_E$	kW	传动效率取 0.98	240.10
23	风机效率	$\eta$	%		50.9

改造委托原风机厂家对系统进行测试，测试采用DL/T469-2004<sup>[1]</sup>推荐的切贝切夫网格测试风机的风量、风压。同时测试风机温度、阻力、功率，系统设备压差，系统管道阻力。数据见表 3、表 4。

通过测试发现风机实际效率仅 50.9%，可提升空间较大，具有较大的节能改造潜力。

4 改造方案设计

根据测试情况确定改造后风机的参数见表 5。

表 5 改造后风机的参数

序号	单 位	TB
1	流 量 / (m <sup>3</sup> /h)	68000
2	全压/Pa	8200
3	温 度/℃	35

脱硫石灰石制粉系统高压离心风机改造后型号为 RJ35-SW1550D，由金通灵公司与西安热工院联合研制出的高效弧板形后向风机，具有效率高、效率变化平坦、结构强度好、运转平稳等优点。

为了保证风机进出口气流更加流畅，减少系统阻力。去除入口管道中的调节挡板，增加风机入口导叶，考虑到风机的进出口尺寸与以前不同，进出口变径管需到现场制作。

改后的风机性能曲线如图 1 所示。

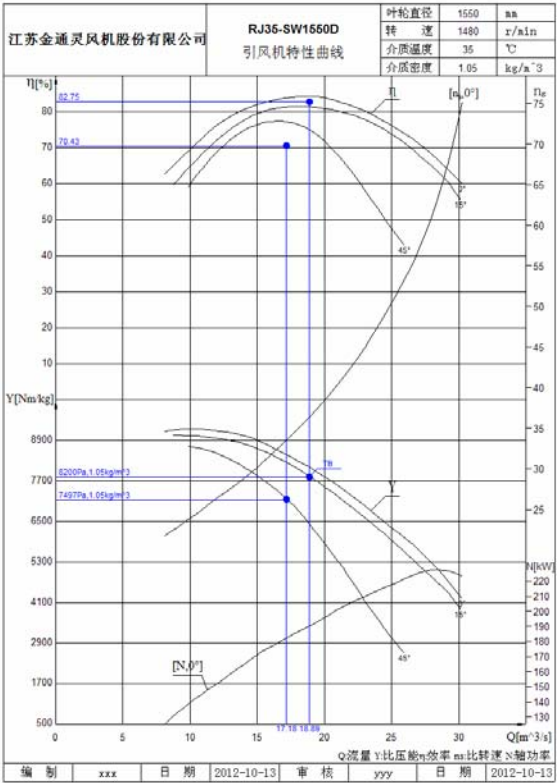


图 1 改造后风机性能曲线图

## 5 改造后节能效果分析

### 5.1 消除振动

改造后对风机各部位进行测试, 包括风机转子轴承座与外壳, 振动测试值如表 5 所示, 最大振动值 88 $\mu$ m。改造风机壳体振动显著地降低, 振动值降低到标准之内, 消除了脱硫制粉系统高压风机振动过大的状况。随着机壳振动减少, 风机产生的噪声显著降低, 风机噪声降低至 85dB 以下。

表 5 改造后风机振动测试值 ( $\mu$ m)

设备	轴向	水平垂直轴	垂直方向
轴承座	34	38	25
电机侧风机外壳	16	88	48
风机侧风机外壳	28	47	41

### 5.2 降低风机耗电

由性能曲线可以看出, 改造后的风机在设计点 ( $Q=68000\text{m}^3/\text{h}$ ,  $H=8200\text{Pa}$ ) 的效率为 82.75%, 工况点 ( $Q=61846\text{m}^3/\text{h}$ ,  $H=7497\text{Pa}$ ) 的运行效率为 70.43%。由性能曲线推算电机电流为 26.3A, 与实际运行电流 26.6A 基本一致。

推算过程如下, 风机轴功率:

$$P_{\text{轴}} = \frac{Q \times P}{3600 \times 1000 \times 0.98 \times \eta_{\text{风机}}}$$

$$= 186.6\text{kW}。$$

根据性能曲线推算的电机电流: 改造后, 电机的功率因素降到 0.76, 效率降到 0.9。

由  $P = \sqrt{3}UI \cos \varphi \eta$ , 则:

$$I = 186.6 / (1.732 \times 6 \times 0.76 \times 0.9) = 26.3\text{A}$$

表 6 高压离心风机改造前后工况对比表

参数	单位	改造前	改造后	差值
电流	A	32.64	26.62	6.02
电机功率	kW	245.0	189.2	55.8
挡板开度	%	39.64	64.7	-25.06
石子给料量	t/h	30.37	35.76	-5.39

B 高压离心风机改造前后工况对比见表 6。通过风机改造, 在制粉出力增加时, 电机电流降低 6A, 电机功率下降 55.8kW, 高压排粉风机耗电降低了 22.8%。按照风机全年运行 4000h 计算, 可以减少耗电 22.3 万 kW·h, 每度电按 0.45 元/kW·h 可以减少成本 10.04 万元/年。

## 6 结论

(1) 通过改造使得高压离心风机振动值由最大 462 $\mu$ m 下降至 88 $\mu$ m, 消除了风机振动过大的缺陷; 因高压离心风机振动大引起的石灰石制粉楼楼板、墙体开裂情况得到了有效控制, 确保了石灰石制粉系统设备、厂房安全。

(2) 在石灰石制粉出力提高的情况下, 挡板开度增加 25%, 降低电流 6A, 降低电机功率 55.8kW, 降低风机耗电率 22.8%。

(3) 在进行石灰石排粉风机改造选型时, 风机出力裕量选择仍然偏大, 运行中进口导叶开度仅 65%, 仍存在一定的节能潜力。

### 参考文献:

- [1] DL/T 469-2004, 电站锅炉风机现场性能试验[S].
- [2] 江苏方天电力技术有限公司. 协鑫太仓港发电有限公司 #2 锅炉水平烟道晃动和脱硫制粉高压排气风机振动现场分析报告[R].2010.

### 作者简介:

肖 杰(1966-), 男, 湖南汉寿人, 高级工程师, 从事锅炉改造, 调试、试验以及技术监督工作, 手机 15905166913;  
王玉龙(1980-), 男, 四川泸州人, 工程师, 从事锅炉运行(含脱硫、脱硝)专业的技术管理;  
张剑茹(1981-), 女, 山西临汾人, 工程师, 从事锅炉运行(含脱硫、脱硝)专业的技术管理。