

---

深圳市技成培训学员专用参考资料

## 引风机变频控制改造的节能评估



# 技成培训

深圳市技成科技有限公司

(仅供学员本人参考)

[www.jcpeixun.com](http://www.jcpeixun.com)

深圳技成科技是一家致力于工控行业应用技术网上培训的互联网企业，其宗旨是利用互联网资源的跨地域性和可重复利用,为广大工控行业技术人员提供最便利、便捷的工控行业应用技术培训及相关服务，迅速提高我国的工控行业技术人员的技术培训覆盖程度，使得他们的技术水平迅速和全面的得到提高。

作为广东省自动化学会以及中华工控网（[www.gkong.com](http://www.gkong.com)）在网上培训方面的唯一合作伙伴，技成科技有着十分丰富的教学资源和客户资源，可以根据社会需要迅速推出相应的培训课程，并可以在最短的时间内提供给客户，在课程的设计、制作和销售方面具有相当的优势。

我公司热诚欢迎可以提供优质培训服务的培训机构和个人跟我们合作为学员提供网上培训服务，我公司将秉承“以学员为中心，与客户共成长”的理念，提供最完善的培训和技术服务方案，与合作伙伴一起为广大工控行业技术人员打造一所近在身边的技术学堂，不断为广大客户、为合作伙伴、为社会创造新的价值。。

详情请登入：[www.jcpeixun.com](http://www.jcpeixun.com)

客服热线：0755-86227567 或 0755-86227467

## 引风机变频控制改造的节能评估

**摘要：** 本文从风机和变频器的运行原理上对火电厂锅炉引风机节能情况进行了估算。为正在实施改造或即将要改造的电气人员提供一个参考评估实例。

**关键字：** 引风机风量 风压 变频调速 综合厂用电率

### 引言：

引风机是火电厂重要的辅助设备之一，它将锅炉燃烧产生的高温烟气经除尘装置后排向烟道，用来调整锅炉炉膛负压的稳定。我国现行的火电设计规程SDJ-79规定，燃煤锅炉的引风机的风量裕度5%~10%，风压裕度为10%~15%。根据《泵与风机》中的理论，在理想的状况下：风量 $\propto$ 转数；动力 $P \propto$ （转数）<sup>3</sup>。从节能的观点来看，采用变频技术控制风机转速来控制实时变化的风量在节约厂用电方面有潜可挖。随着发电负荷的大范围内调整，引风机风量也因锅炉负荷变化而经常处于一种低效率状态，大量的能量浪费在风道挡板上。锅炉送引风机是目前火电厂中应用高压变频调速技术进行节能改造的首选和主要对象。尤以引风机为多，其拖动功率一般为315~2500kW，电压等级为6kV、10kV。其原因主要是风机的节能潜力大，调速范围宽，使用高压变频改造时其技术性能和经济性能都较好。

### 一、我厂的现状：

我厂的三台发电机额定功率3×200MW，单机组额定负荷时锅炉蒸发量610T/H(最大连续蒸发量670T/H)，双引风机并列运行，锅炉进出风量调节均由挡板控制，引风机电机单机功率1600kW（YFKK630—6W，6kV，995r/min），总功率6×1600kW，占机组容量的1.6%。我厂采用了高效离心风机，但实际运行效率并不高，其主要原因之一是风机的调速性能差，二是运行点偏离风机的最高效率点。因此，提高引风机的运行效率对降低我厂用电率具有重要的作用。下表是我厂6台引风机电机的用电情况统计：

（发电和用电量单位：kWh）

表一	总厂用电	引风机总用电	总发电量	引风机占厂用电率
5月8日	913295	148104	11318349	16.2 %
5月9日	948496	150696	11668096	15.9 %
5月11日	919202	148176	11513040	16.1 %
5月12日	898553	149040	11252630	16.6 %
5月15日	944858	152352	12010592	16.1 %
5月16日	948969	155304	12117882	16.4 %
5月17日	880645	141228	11186243	16.0 %
<b>平均值</b>	<b>922003</b>	<b>149271</b>	<b>11580976</b>	<b>16.2 %</b>
<b>平均综合厂用电率：7.96 %</b>				

表 二	1号炉 A引	1号炉 B引	2号炉 A引	2号炉 B引	3号炉 A引	3号炉 B引
总耗电 (kWh)	188424	154872	184752	169128	206352	134712
平均值 (kW)	1122	922	1100	1007	1228	802
有效平均值 (kW)	<b>1200</b>	<b>1156</b>	<b>1184</b>	<b>1191</b>	<b>1228</b>	<b>1142</b>
正常运行时间 (h)	157	134	156	142	168	118
总平均功率	<b>1187 k W</b> (额定负荷下单机功率 <b>1500</b> 左右)					
平均停运时间	<b>3.2</b> 小 时					
每天正常运行时间	<b>&gt; 20.8</b> 小 时					
按照运行时间：	<b>&gt;300</b> 天/年，每年运行 <b>6200</b> 计算。					

(用电量单位：kWh)

引风机节电率	引风机用电量	厂用电量	厂用电率 %	厂用电下降率 %	表 三
10%	14927	907076	7.83	0.13	
20%	29854	892149	7.70	0.26	
30%	44781	877222	7.57	0.39	
40%	59708	862295	7.45	0.51	
50%	74636	847368	7.32	0.64	

表三中的第一列“引风机节电率”为引风机使用变频调速和挡板控制风量时的平均功率下降百分比。即： $(P_{\text{挡板}} - P_{\text{变频器}}) / P_{\text{挡板}} \times 100\%$ ，在这里的  $P_{\text{挡板}}$  为：**1187kW**。

## 二、引风机流量估算：

目前我厂的引风机风量由挡板调节，其风压  $H$  与风量  $Q$  的理想特性曲线可以用二次抛物线来拟合。如图 1：

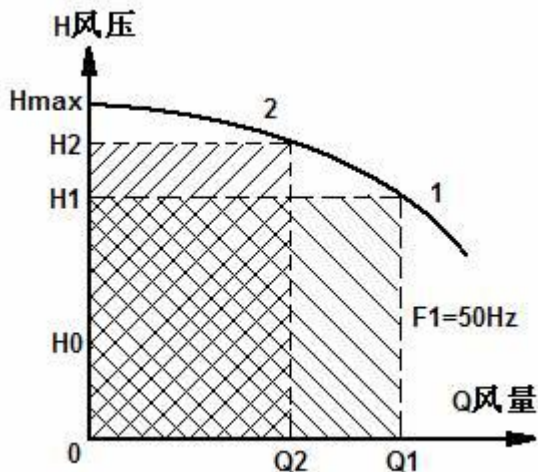


图 1 单机运行时的 H—Q 图

我厂为双机并列运行，单机额定流量设计为锅炉额定负荷时所需风量的 75%（一般在锅炉风机容量设计时，单侧风机运行时具备带 75% 负荷运行的能力，这主要是从机组运行的安全性出发的；当失去一侧送引风机时，机组还能带 75% 的负荷运行。所以当双侧风机运行，机组带满负荷时，送引风机的设计余量在 20~30% 左右，风门开度一般为 50~60%，这也是从风门调节的灵敏度来考虑），即上图中的 Q1 点，锅炉额定负荷下双机并列运行时的单机风量比 Q1 点小。现在以图 1 中 1 点的风量和风压为参考量，其它点的风量和风压用标么值表示，一般  $H_{max}=1.3-1.5$  左右，在这里选取  $H_{max}=1.4$  计算，假设图 1 中 2 点的风量标么值为  $a$ ；其中  $a \in (0, 1]$ 。H—Q 曲线可以表示为：

$$H = 1.4 - 0.4Q^2;$$

根据电机轴功率与风压、风量之间的关系：

$$P \propto H \times Q$$

将上式转化为：
$$P = K \times H \times Q ; \quad (K \text{ 为常数}) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$P_1 = K \times 1 \times 1 = K;$$

$$P_2 = K \times H \times Q = K \times (1.4a - 0.4 a^3)$$

根据上述公式可得用挡板调节风量时，减小风量节约的电能比为：

$$\Delta P / P_1 = 1 - 1.4a + 0.4a^3 \quad a \in (0, 1] \quad \dots\dots\dots (2)$$

引用表三的数据：平均功率  $P_0 = 1187 \text{ kW}$ ，即实际运行时的功率  $P_{20}$ ；额定功率  $P_{10} = 1500 \text{ kW}$ ；电机效率按照 98% 计算，平均功率  $P = 1163 \text{ kW}$ ，额定功率  $P_1 = 1470 \text{ kW}$ ；

$$\Delta P/P1 = 0.209 \dots\dots\dots (3)$$

将 (3) 式中的结果带入 (2) 式中可得：  $a = 0.64$

三、节能估算：

当引风机电机采用变速调节控制时：H—R—Q 之间的关系如下图：

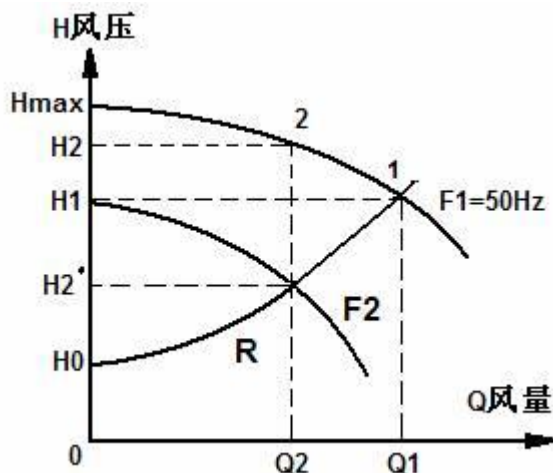


图 2 变速控制时风量为 Q2 的 H—Q 曲线

其中理想的风道阻力曲线 R 是一条与风量有关的抛物线；H0 为净风压；标幺值一般为：0.2 — 0.4；在这里取 H0 = 0.3 进行估算。当风量为 Q2 时，R 曲线可以用函数：

$$R = 0.3 + (1 - 0.3) \times Q^2 = 0.3 + 0.7 Q^2 \dots\dots\dots (4)$$

则：

$$P 2' = K \times (0.3 Q + 0.7 Q^3) / \eta \dots\dots\dots (5)$$

其中  $\eta$  为所使用变频器的效率，在此取  $\eta = 0.95$  ，可以得到表达式：

$$P 2' / P 2 = (0.3 a + 0.7 a^3 / \eta) (1.4a - 0.4 a^3) \dots\dots\dots (6)$$

将我厂  $a = 0.64$  的数据带入上式得到：

$$P 2' / P 2 = 0.5 \dots\dots\dots (7)$$

$$P 2_0' = (1163/2) / 0.98 = 593 \text{ k W} \text{ (电机效率 0.98)}$$

$$\text{节电百分比：} (1187 - 593) \times 100 / 1187 = 50\% \dots\dots\dots (8)$$

由（8）可知：从理论上讲，风机采用变频器变速调节以后，引风机用电量（包括变频器电能损耗）将会比以前少一半。通过表三中的数据内进行插值可以得出：变频改造后综合厂用电百分比下降 **0.64**。每年带来的经济效益：

$$1187 \times 0.5 \times 6200 \times 6 / 10000 = 2208 \text{ 万度} \dots\dots\dots (9)$$

**四、数据有效性分析：**

（1）当我厂引风机的风压  $H_{max}=1.3$  或  $1.5$  时， $\Delta P / P_1 = 0.209$ ，流量为：

$a_{1.3} = 0.68$  ；  $a_{1.5} = 0.60$ 。a 值随 H 增大而呈现递减趋势。其各种情况如下表：

Hmax	H0	P2' / P2。	变频调速后用电	省电百分比	厂用电百分数下降	经济效益（万度）	表 四
1.3	0.2	0.517	613	0.484	0.63	2135	
	0.3	0.565	671	0.435	0.57	1920	
1.4	0.2	0.449	533	0.551	0.72	2432	
	0.3	0.500	593	0.500	0.65	2210	
	0.4	0.550	653	0.450	0.59	1988	
1.5	0.3	0.440	522	0.560	0.73	2472	
	0.4	0.491	583	0.509	0.66	2247	

（2）引风机以其平均功率  $P = 1187 \text{ kW}$  运行是一种便于计算的理想模型。在实际运行中，其功率大小与锅炉的实时负荷相关。在经过长时间的数据统计，引风机电机功率的有效上限为  $1440 \text{ kW}$ ；有效下限为： $1080 \text{ kW}$ 。超过 69% 时间的负荷分布在： $1080 - 1296 \text{ kW}$  之间。下表模拟了几种运行方式下采用变频调速控制的省电情况。

表 五	P	P*η	ΔP/P	a 值	P2'/P2	P2'	省电百分比
参考值	<b>1187</b>	<b>1163</b>	<b>0.209</b>	<b>0.640</b>	<b>0.499</b>	<b>593</b>	<b>50.0%</b>
方案一	937	918	0.375	0.477	0.369	346	36.7
	1437	1408	0.042	0.875	0.805	1156	
方案二	987	967	0.342	0.507	0.390	385	42.3
	1387	1359	0.075	0.815	0.710	984	
方案三	1037	1016	0.309	0.538	0.412	427	46.0
	1337	1310	0.109	0.764	0.639	855	
方案四	1087	1065	0.275	0.571	0.438	476	48.3
	1287	1261	0.142	0.719	0.584	751	
方案五	1137	1114	0.242	0.604	0.466	530	49.7
	1237	1212	0.175	0.677	0.537	665	

根据表五中数据可以看出,第五种方式与引风机多数时间的电机功率统计类似,但是考虑到有少数时间锅炉负荷大幅度调整,第四种方式与实际的省电结果更靠近。通过表三中的数据进行内插值计算,我们可以得到引风机的变频调速控制改造将使综合厂用电百分比将会下降**0.63**。每年带来的经济效益:

$$1187 \times 0.483 \times 6200 \times 6 / 10000 = 2130 \text{ 万度}$$

#### 小结:

在火电厂实际设计过程中,由于事先很难准确地计算出管网的阻力,并且要考虑到长期运行过程中可能发生的各种问题,所以通常是把系统的最大风量和风压富裕量作为选择风机型号的设计值。但风机的型号和系列是有限的,往往在选用不到合适的风机型号时,只好往大机号上靠。这样锅炉送引风机的风量和风压富裕度达20%~30%是比较常见的。本文通过对我厂引风机的实际耗电数据进行数学统计,相关的结论参数也是根据相应的规程标准计算得出,并对可能出现的不同的参数组做了归纳、计算、列表。在数据的计算过程中,所用的数据模型都是理想化的,与引风机在变频改造后的实际运行曲线有一定出入。因而本文得到的数据与改造后的实际数据肯定有一定误差,误差的正负都有可能。但是引风机电机的变速调节控制改造后的效益是很明显的。调查表明:我国50MW以上机组锅炉引风机运行效率低于70%的占一半以上,低于50%的占20%左右。由于目前普遍的机组负荷率偏低,引风机的效率就更低,有的甚至不到30%,结果是大量浪费了电能,已经到了必改的地步。



## 远程教学系列课程：

- ★西门子 S7-200 PLC 编程与应用从入门到提高
- ★西门子触摸屏应用技术
- ★西门子 S7-300 PLC 编程与应用初级
- ★西门子 S7-200 PLC 快速入门
- ★欧姆龙 PLC 应用中级
- ★三菱 PLC 通信基础及应用
- ★三菱 FX 系列 PLC 高级应用-模拟量及 PID 应用
- ★变频器功能应用从入门到精通
- ★变频器维护与故障处理从入门到提高
- ★三菱 FX PLC 编程与应用入门

**深圳技成培训 ([www.jcpeixun.com](http://www.jcpeixun.com))**

**报名热线：0755-86227567 或 0755-86227467**