

# 煤矿主通风机变频调速节能改造效果分析

李 兵

徐矿集团哈密能源有限公司 新疆维吾尔自治区 哈密市 839000

**【摘 要】**：中央并列式矿井主通风机长期承担全矿阻力调节任务，工频挡板节流会把富余风压转化为无效损耗，变频改造必须兼顾风量安全和电耗下降。本文分析中央并列式、机械抽出式通风系统边界，梳理 FBCDZ-No.33/2×355 主要通风机的风量风压、能耗权重、节电量计算和效果分级，结合中央风井两套主通风机及 YBF710S-12 电机运行条件测算调速参数。测算表明，在既定总风量边界下，按用风负荷调速可把节能判断落实到风量偏差、运行功率和年电耗差值上，改造效果具备可核算的工程基础。

**【关键词】**：煤矿主通风机；变频调速；节能改造；效果分析

DOI:10.12417/2811-0528.26.19.090

## 引言

煤矿主通风机是矿井通风系统的连续运行负荷，风机出口压力受巷道阻力、采掘接续、调风设施、季节用风量和检修切换影响。中央并列式、机械抽出式矿井在进风井和回风井空间上相对集中，主通风机若长期维持工频运行，常以风门或蝶阀节流消化多余风量，电机输入功率与实际用风量之间会形成持续偏差。变频调速改造的效果不能只看频率下降，还要核对总进风量、总回风量、风机工况点、备用切换和瓦斯稀释安全余量。

## 1 主通风机节能改造评价模型

### 1.1 中央并列式矿井通风系统边界确定

中央并列式通风系统的评价边界从进风路径、回风路径和主通风机服务范围确定。矿井由主斜井、缓坡副斜井和中部进风立井承担进风，中部回风立井回风，通风方法为机械抽出式，中央风井主通风机形成全矿负压源<sup>[1]</sup>。节能改造评价不能把单台风机孤立为电气设备，而应把进风量 11306m<sup>3</sup>/min、回风量 11409m<sup>3</sup>/min、井巷漏风差、调风设施开度和备用风机切换纳入同一边界。采区用风量、回风立井阻力和主扇负压保持安全余量时，降低风机转速才属于有效节能；降频后若依靠局部风门补偿，电耗下降会被通风网络阻力重新抵消。

### 1.2 FBCDZ 主通风机风量风压指标选取

FBCDZ-No.33/2×355 型主要通风机的指标选取覆盖风量、风压、频率、电流、功率和稳定裕量。风量指标以总进风量 11306m<sup>3</sup>/min 和总回风量 11409m<sup>3</sup>/min 作为基准，二者差值 103m<sup>3</sup>/min 可用于观察漏风、测点误差和短时刻风扰动；风压指标对应中部回风立井、中央风井扩散器和井下阻力变化<sup>[2]</sup>。电机型号 YBF710S-12、单套功率 2×355kW 说明设备具有大惯量和双电机驱动特征，变频器选型、旁路柜、同步启停和保护定值均要服从主通风机连续运行要求。评价指标还要检查风量

达标、负压波动、轴承温升和电机电流。

### 1.3 机械抽出式运行能耗权重赋值

机械抽出式通风把井下回风侧维持在负压状态，主通风机能耗权重高于普通辅助通风设备。权重赋值可按安全约束、节电贡献和运行稳定三类展开：安全约束包含总风量、回风流稳定和备用切换，节电贡献包含工频功率、变频功率和年运行小时，运行稳定包含频率调节幅度、电流波动和温升变化<sup>[3]</sup>。中央风井两套主通风机通常按一用一备组织，节能评价不能简单乘以两套装机功率，应以实际投入运行的风机、对应电机组和运行时段计算。

### 1.4 变频调速节电量评分计算方法

变频调速节电量评分计算把工频基准功率、变频运行功率和各工况持续时间分开处理。主通风机负载与转速存在非线性关系，频率下降后功率会降低，但矿井阻力曲线、风门开度和用风量下限会限制降频幅度。正常生产工况可按 50Hz 工频等效功率 610kW 与 43Hz 变频运行功率 405kW 比较，低负荷检修可按 560kW 与 292kW 比较；若正常生产年运行 4200h、低负荷检修年运行 780h，两类工况分别形成 861000kWh 和 209040kWh 电耗差。评分时将风量保持、功率差值和运行小时共同纳入，避免把短时低频读数外推为全年节能结果。

### 1.5 主通风机改造效果等级划分

主通风机改造效果等级同时看安全保持、节电幅度和运行可维护性。安全保持达到要求时，总进风量和总回风量保持在矿井核定风量之上，回风立井负压不频繁越限；节电幅度达到要求时，变频运行功率在正常生产和低负荷时段低于工频等效功率，节电量可由分段运行小时复算；可维护性达到要求时，变频柜、旁路回路、电机保护和风机监测信号能够支持主备切换。等级判定还应保留反风、停电恢复和主备切换的最低风量校核，避免节电评分压过通风安全。

## 2 主通风机变频调速改造效果分析

### 2.1 中央风井主要通风机实证对象选择

中央风井主要通风机作为实证对象,原因在于设备参数、运行边界和节电测算变量较完整。中央风井配置两套 FBCDZ-No.33/2×355 型主要通风机,配套 YBF710S-12 电机,单套装机功率为 710kW;正常运行可按一用一备组织,也可在检修和切换时核对两套风机的工况一致性<sup>[4]</sup>。主斜井、缓坡副斜井和中部进风立井共同进风,中部回风立井集中回风,使主通风机转速变化能够较快反映在总回风量和回风立井负压上。实证对象选择的重点不是追求单台设备节电读数最大,而是在既有通风网络中确认变频调速后风量仍能覆盖全矿用风。

### 2.2 变频运行数据采集与节电量计算

变频运行数据采集围绕频率、功率、风量、负压和持续时间同步展开。正常生产工况下,主通风机可由 50Hz 工频等效功率 610kW 降至 43Hz、运行功率 405kW;低负荷检修工况可降至 36Hz、运行功率 292kW;最大用风工况仍保持 48Hz、运行功率 548kW,以减少风量不足风险<sup>[5]</sup>。按年运行 7200h 测算,正常生产、最大用风、低负荷检修、夜间低负荷、反风准备和备用切换六类工况共同构成节电量计算行轴,其中总进风量 11306m<sup>3</sup>/min 和总回风量 11409m<sup>3</sup>/min 作为通风安全校核基准。图 1 展示通风路径、设备对象和数据采集关系。

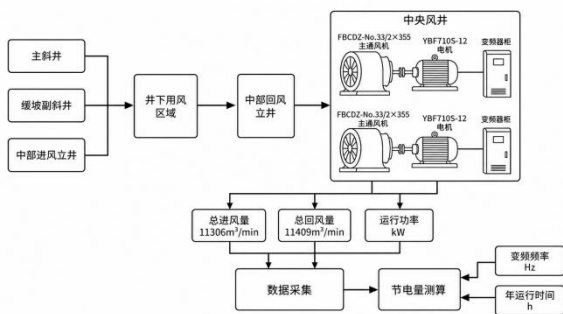


图 1 主通风机变频调速节能测算关系

图 1 中,主斜井、缓坡副斜井和中部进风立井先汇入井下用风区域,再经中部回风立井进入中央风井,两套 FBCDZ-No.33/2×355 主通风机分别连接 YBF710S-12 电机和变频器柜。下方总进风量、总回风量和运行功率进入数据采集节点,变频频率 Hz 和年运行时间 h 进入节电测算节点,说明节能效果需要同时由通风路径、设备功率和运行时长支撑。

### 2.3 主通风机调速节能评价结果分析

主通风机调速节能评价结果显示,改造后的主要收益来自正常生产和低负荷时段的功率差,而不是最大用风时段的强制降频。按六类工况累加,年节电量为 1458960kWh,正常生产

节电量 861000kWh 高于夜间低负荷 246720kWh 和低负荷检修 209040kWh;若电价按 0.62 元/kWh 测算,年电费差额为 904555.20 元。最大用风工况总回风量 697200m<sup>3</sup>/h 高于备用切换工况 651000m<sup>3</sup>/h,正常生产工况 684540m<sup>3</sup>/h 处在二者之间,未突破矿井通风安全边界。FBCDZ-No.33/2×355 主通风机变频改造效果应界定为按负荷供风下的持续节电;井下用风量上升、反风准备或主备切换发生时,控制策略仍应优先恢复风量和负压。表 1 列出变频运行节电量测算参数。

表 1 主通风机变频运行节电量测算参数

| 运行<br>工况      | 工频等<br>效功率<br>(kW) | 变频运<br>行功率<br>(kW) | 变频<br>频率<br>(Hz) | 运行<br>时间<br>(h) | 总回风<br>量(m <sup>3</sup> /h) | 工况节电<br>量(kW) |
|---------------|--------------------|--------------------|------------------|-----------------|-----------------------------|---------------|
| 正常<br>生产      | 610                | 405                | 43               | 4200            | 684540                      | 861000        |
| 最大<br>需风      | 650                | 548                | 48               | 900             | 697200                      | 91800         |
| 低负<br>荷检<br>修 | 560                | 292                | 36               | 780             | 588000                      | 209040        |
| 夜间<br>低负<br>荷 | 575                | 318                | 38               | 960             | 609000                      | 246720        |
| 反风<br>准备      | 620                | 520                | 47               | 120             | 676800                      | 12000         |
| 备用<br>切换      | 590                | 430                | 42               | 240             | 651000                      | 38400         |

表 1 中,正常生产工况的工频等效功率为 610kW、变频运行功率为 405kW、运行时间为 4200h,对应工况节电量 861000kWh;低负荷检修和夜间低负荷的变频频率分别为 36Hz、38Hz,总回风量仍保持在 588000m<sup>3</sup>/h 和 609000m<sup>3</sup>/h,说明低用风时段是节电量形成的主要区间。

## 3 结语

煤矿主通风机变频调速节能改造效果取决于通风安全边界、风机工况点和分段运行功率差。中央并列式、机械抽出式通风系统中,FBCDZ-No.33/2×355 主要通风机配套 YBF710S-12 电机,具备按负荷调整转速的设备基础,既定总进风量和总回风量为节能测算提供安全校核基准。风量风压指

标、能耗权重和节电量分段计算能够共同判断运行功率下降、        工况仍要保持足够风量和负压余量。  
总回风量保持和年电耗差值。最大用风、反风准备和备用切换

### 参考文献:

- [1] 王鹏飞.基于矿井主通风机上变频调速节能技术要点分析[J].当代化工研究,2022,(5):90-92.
- [2] 仝瑞灵,李明晔,蒋兴凯.蒋庄煤矿-430 水平排水系统改造方案设计与应用[J].煤矿现代化,2026,35(5):131-134+141.
- [3] 李永存.煤矿机电系统智能化改造中的能耗优化策略[J].能源与节能,2026,(S1):94-96.
- [4] 高新乐.节能技术在煤矿机电设备改造中的应用[J].凿岩机械气动工具,2026,52(7):219-222.
- [5] 张伟平.龙潭煤矿供电系统升压改造探索[J].能源与环境,2026,(3):59-62.