

高压变频技术在风机节能改造中应用

曹清华

瓮福紫金化工股份有限公司

[摘要] 根据装置生产情况与专业工作实际对装置高压风机阀门控制与高压变频器在装置的应用做数据计算对比分析。本文主要从控制方式的优缺点，能耗的节约进行论述。

[关键词] 高压风机；阀门；高压变频器；能耗计算

DOI:10.32629/jpm.v7i8.9010

Application of High-Voltage Variable Frequency Drive Technology in Fan Energy-Saving Upgrades

Cao Qinghua

Wengfu Zijin Chemical Co., Ltd.

[Abstract] Based on the production conditions of the facility and the practical operational requirements, this paper performs data-based calculation and comparative analysis of the valve control systems for high-voltage fans within the facility and the application of high-voltage variable frequency drives (VFDs) therein. This article primarily discusses the advantages and disadvantages of various control methods as well as the potential energy savings achievable through their implementation.

[Key words] High-pressure blower; valve; high-voltage inverter; energy consumption calculation

引言

该装置为颗粒肥料生产装置，生产过程中需对物料进行烘干，系统收粉尘，物料冷却，这些都需要大功率抽风系统。近年来国家对化肥企业节能减排，减肥增效要求更高。肥料行业普遍降低产能提高环保要求，装置烘干、收尘、冷却系统需达到生产所需的除尘、烘干、冷却的效果还是根据设计参数运行。收尘风机正常生产需求阀门开度在 50%左右，需求风量为 10 万立方，电机运行电流为 37A 左右。干燥抽风系统正常生产需求阀门开度为 80%左右，需求风量为 13 万立方，电机运行电流为 40A 左右。

因管道与风门导叶的磨损严重需要经常进行停机检修，不利于生产工作的顺利实施，影响电机的有效运行，维护周期变短。易结垢每月抽风系统清理至少 2 次每次 2~3 小时（清理时需低压低风量运行），全年需在线清理 20 次以上。故障

率在 20%左右，装置能耗高，影响经济效益。

一、高压变频器节能原理分析

10KV 高压变频器采用的是多台单相三电平逆变器串联连接，输出可变频变压的高压交流电，是一种叠加性高的高压变频器。根据机械设计为保证动力驱动的可靠稳定一般配备动力设备时都会有所富余，但使用时达不到有功功率全部利用，浪费了部分有功功率。当电机实际应用驱动力偏高时，可以调低电机的实际运行速度。根据电机学的基本原理，电机的同步转速正比于电机的运行频率，一般情况下电机的实际转速与电机的同步转速相近。当电机的供电频率改变，电机的实际转速就能改变。

根据流体力学的原理风机电机轴功率 P 、风量 Q 及风压 H 的关系为： $P \propto Q \times H$ 。

当电动机的同步转速由 n_1 变化到 n_2 时， Q 、 H 、 P 与转

速的关系如下：

$$Q_2 = Q_1 \times \frac{n_2}{n_1} \quad \text{公式 1}$$

$$H_2 = H_1 \times \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \quad \text{公式 2}$$

$$P_2 = P_1 \times \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3 \quad \text{公式 3}$$

由公式 1 可知风量 Q 和电机的转速 n 成正比，由公式 3 可知电机轴功率 P 与转速 n 的立方成正比，风压与转速平方成正比。所以有公式 1 和公式 3 可知，当需要 80% 的额定风量时，通过调节电机的转速至额定转速的 80%，即调节频率到 40Hz 即可，这时所需功率将仅为原来的 51.2%。

二、高压变频在我厂的应用

该装置造粒收尘风机为美国罗宾逊风机，设备参数为风量为 17 万方/小时，静压差为 8.5kpa，所配电机功率 P=630Kw，额定电压 V=10Kv，额定电流 I=44.3A，电机功率因数 COSΦ=0.881，电机额定转速为 987r/min。在正常生产过程中，造粒风机风门开度在 50% 左右，运行电流在 37A 左右，造粒收尘风机生产需求风量是由风门开度调节，存在着较大能量损耗，生产中还经常需要停车清理（停车率 20%-30%），但此时风机以小风量继续运行，难以控制，无法达到需求风量，而且小风量运行势必会造成电力的巨大浪费

现在风量控制方式为控制高压风机进出口风门上的阀门开关，从而改变管路进风量的大小。当风门开度调小时风叶的局部阻力加大进风量减少。当阀门开大调大时风叶阻力减小，进风量增加。风机阀门由电动执行机构控制，根据 4~20MA 控制信号来实现控制功能。调整现场控制器定位使 4mA 对应 0% 阀门全关状态，20mA 对应 100% 阀门全开状态。控制室通过给定阀门开度值（0%~100%）实现流量调节。

现场阀门调节过程中会存在如下问题：

- 1、因风机采用工频运行，利用阀门控制风量大小风量损失比较大、系统管网损失严重、系统利用率低，当阀门调小时，风叶阻力加大，能量消耗增多，造成能源的浪费。
- 2、根本无法随时准确进行风量调节以满足最佳工艺的要求；
- 3、电机及风管使用寿命短、维护周期短且量大、维护成本高、生产效率低造成能力的浪费；
- 4、当风机全压运行时管网压力过高会造成系统设备密封性能降低，长期会导致阀门泄漏，关不严等问题；
- 5、工频启动时大电流对电网的冲击影响电网安全性能。

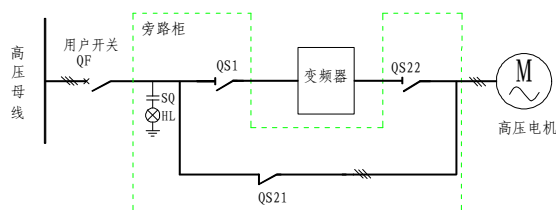
启动后电机满负荷运行设备故障率高，风门极容易结垢难以清理。

因此风机采用阀门控制，能耗高、设备故障率高、维护成本增加，不利于设备的长周期运行，是一种比较落后的控制方式。

三、变频调节及控制方式

现在各种变频技术不断的升级和在实际应用中得到效益提高，采用变频器节能改造是降低企业能耗的有效方式。

1. 装置 10KV 高压变频系统改造主回路原理图：



变频器改造是将高压电动机与变频器系统通过开关进行连接，实现电动机转矩与速度的变频控制。比较常见的高压变频器由变频控制柜、功率单元、旁路切换柜等组成。

装置变频节能改造系统由 10KV 高压线路供电，变频系统包括 10KV 电源进线断路器 QF、隔离开关 SQ、变频器进线刀闸 QS1、高压变频器、变频器出线刀闸 QS22、旁路刀闸 QS21 及高压电机 M 组成。其中旁路作用为当变频器故障时可以切换工频运行，分开变频器进线刀闸 QS1 和变频器出线刀闸 QS22，合上 QS21 旁路刀闸。变频器出线刀闸 QS22 和旁路刀闸 QS21 必须保证可靠互锁。

2. 运行方式：

①变频运行时，风门系统开度在全开位置，断开 QS21 变频器旁路刀闸，合上 QS1 变频器进线刀闸及 QS22 变频器出线刀闸。

②工频运行时，启动时通过原有阀门控制系统调节风门开度在全关位置，同时分开 QS1 变频器进线刀闸和 QS22 变频器出线刀闸，合上 QS21 旁路刀闸。

3. 调速方式：

①远程控制方式：通过硬接线或通讯方式与 DCS 连接，采用现场与 DCS 系统平台进行变频器起停启动、停止、调整电机转速。

②就地控制方式：通过现场操作柱和变频器控制面板启动、停止、调整电机转速。

4. 变频调节的优点：

1、变频调节可以实现电机的软起软停，启动电流小，降低了对电网安全的冲击。

2、降低了电机和负载的转速，抽风系统效率提高，既可以达到生产抽风需要，又可以达到节能的效果。

3、电机变频调速改造后，设备运行工况更好，避免了风机全压启动时对设备的冲击，降低了电机故障率，保证了设备的长周期运行。

4、电网功率因数可以提高到 0.95 以上，降低了上游电网供电的损耗。

风机在变频调速后可以实现低频低压持续运转。可以实现电机缓慢启动，启动压力低有效地保护了系统的整体密封性。同时不用阀门来调节风量有利于延长抽风管道的使用寿命，减少了设备故障率。

四、变频器改造的经济效益分析

1. 能耗分析：

①工频能耗

由于一般国产风机不能提供完全的风机的调节特性曲线、效率曲线，因此，一般进行风机变频改造耗能分析时，仍采用以下估算方法：

$$P_1 = U \times I \times 1.732 \times \cos\phi \quad \text{公式 4}$$

其中： U ——工频运行电机电压，kV；

I ——工频运行电机电流，A；

P_1 ——工频运行功率，kW；

$\cos\phi$ ——工频运行功率因数。

造粒收尘风机工频能耗： $P=10 \times 37 \times 1.732 \times 0.85=544.7$ (kW)

设备名称	工频能耗 P1 (kW)
造粒收尘风机	544.7

节电率	工频电耗 P1 (kW)	变频节约电耗 ΔP (kW)	节电率	年节电量 (万度)	年节约电费 (万元)
造粒收尘风机	544.7	127.3	23.4%	91.656	45.828

根据数据计算分析风机变频控制每年可以节约 92 万度电，节约电费约 46 万元。所以在不考虑其他因素情况下，单套投资回收期为 2.2 年。

五、结束语

通过对装置风机阀门控制进行变频改造，使电机启动电流小于额定电流值，电机负载转速下降系统，启动更平顺。改善了风机全压大电流启动对电网和抽风系统的冲击。风机系统运行更稳定安全，设备运行工况得到改善。且取得了节能降耗的效果实现了社会经济效益最大化。响应国家节能减排政策，变频节能改造可以在风机等改造中进行更加深入的应用，其发展

②变频能耗

利用公式：计算 $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{P_1 H_1 \eta_1}{P_2 H_2 \eta_2}$ 出 $\frac{Q_1}{Q_2}$ 的比。

其中： P_1 ——工频运行功率，kW；

P_2 ——额定轴功率，kW；

$\frac{H_1 \eta_1}{H_2 \eta_2}$ ——电机额定工况与电机运行工况的效率、压力比，

大功率电机取 0.9。

根据变频改造后需求风量相同的原则，有 $Q_1 = Q_2$ ，其中 Q_2 为变频改造后的风量。所以 $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{Q_2}{Q_2}$ 。再根据

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{Q_2}{Q_1} \right)^3 / \eta \quad \text{计算出 } P_2, \text{ 即}$$

$$P_2 = P_1 \times \left(\frac{Q_2}{Q_1} \right)^3 / \eta \quad \text{公式 5}$$

其中 P_2 是预计可以达到的运行功率， η 为变频改造后的效率 0.96。

$$\text{计算出 } \frac{Q_2}{Q_{\text{额}}} = \frac{544.7}{630} = 0.86;$$

改造后变频需要功率 $P_2 = P_1 \times 0.86^3 / 0.96 = 417.4 \text{ kW}$

设备名称	变频能耗 P2 (kW)
造粒收尘风机	417.4kW

2. 产生的直接经济效益：

以年运行 300 天，每天 24 小时，合计 7200 小时计算，电价按 0.5 元计算，如下表：

潜力大。技术是不断更新的所以未来还需付出更多的努力。

[参考文献]

- [1]《高压变频技术在电机节能改造中的应用》·学术期刊·《云南电力技术》2007-4 期
 - [2]《流体力学与传热》·华南理工大学出版社-2004-8 期
 - [3]周鹤良.编《电气工程师手册》.中国电力出版社
 - [4]王锡凡.编《电气工程基础》.西安交通大学出版社
- 作者简介：曹清华，1989 年 09 月 23 日，男，福建龙岩，汉族，本科，电气工程师，研究方向：电气工程及其自动化。