

# 饲料生产企业风机的节能降耗技术

王洪平

离心风机是饲料生产企业常用的辅助生产设备，主要用于通风与除尘装置中，如饲料加工中旋风除尘器及布袋除尘器等均需要利用离心风机对生产场地进行除尘处理，确保生产环境洁净，保护生产者身心健康（孙武亮，2007）。风机是一种高耗能的设备，消耗的电力资源所占比例较大，随着能源问题的日益紧张及高产、高效工作面的推广应用，节能降耗已成为饲料生产企业普遍关注的问题，许多饲料生产企业把降低风机的电耗作为当前的重要工作。降低风机的电耗除了提高风机本身的效率外，合理地选用风机的调节方式是最重要的。当前，饲料生产企业风机的节能调节方法比较陈旧，一般采用节流调节。当采用节流调节时，风机的流量主要采用调节阀或节流挡板来进行调节，风机的节流量大，低负荷时甚至节流50%以上，由于存在节流损失及偏离高效区运行，能量浪费非常严重。如果调节风机的转速，既可以取消节流损失，又可以保证风机始终运行在高效区，就可以大幅度节约电能。本文介绍了风机的节能几种方法，比较了各种方法的特点，指出了变频调速技术是目前风机的最佳节能途径，对饲料生产企业具有现实意义。

## 1 合理选择风机的工况

风机在管网中的理想工作状态是要保证其输出风量的稳定，同时本身的工作效率又能保持在较高水平。为此，首先当然要选用高效型风机，但是在实际生产运行中，由于操作条件的变化，风机的工作点往往会随之转移，以致输出风量相应地发生变化。我们能否找到一种因生产操作变动对风机输出风量影响较小的选择？图1是风机在管网中的工作情况。 $n$ 为风机在某一转速时的性能曲线， $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 分别为不同生产操作情况下的管网特性曲线。当风机在工作点1运行时，如果管网阻力从  $P_1$ 增加到 $P_2$ ，则风机工作点就将从1移向2，其风量就将从 $Q_1$ 降为 $Q_2$ ；如果风机在工作点2 运行，当管网阻力由 $P_2$  增加到 $P_3$ ，且其增加量与 $P_1$ 增加到 $P_2$ 相同，则风机的工作点将由2移至3，其风量将由 $Q_2$ 降至 $Q_3$ 。显然，从后面图3中可以看到， $Q_2-Q_3 > Q_1-Q_2$ ，亦即风机在工作点1运行时，管网阻力的变动对风机风量的影响要小于工作点 2的情况。究其原因，因为工作点1位于风机性能曲线的陡峭部分，而工作点 2 则位于性能曲线的较平坦部分。所以我们在选择确定代表风机大小的具体机号时，应该从风机工作点在性能曲线上的位置来对比判断。众所周知，同样阻力和风量的管网，可以选用大小不同、转速各异的风机，此时就应根据上述原理，在风机效率相近的情况下选择工作点位于其性能曲线的陡峭部分的风机，以减少在实际生产中风量的过大波动。风量变动过大，必然会影响除尘和风选效果；对气力输送系统来说，就容易引起掉料。通常情况下，选用大风机低转速往往优于选用小风机高转速。

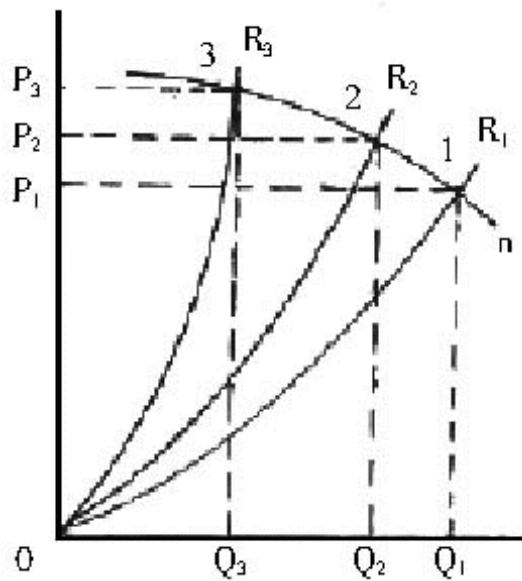


图1 风机工况选择节能原理

## 2 节流调节

所谓节流调节是在不改变风机本身特性的情况下，通过改变节流档板的开度（比如用档板关小风机出口的风门），即改变节流阻力来控制气体的流量，使管网特性发生改变。改变管网特性常用的方法是在管网中装设调节阀，通过阀门的启闭度，使管网阻力变化而改变风机工况，从而调节风机的输出风量。如图2， $n$ 为风机在一定转速下的性能曲线。当其在 $R_1$ 的管网特性曲线下运行时，其工作点为 $a_1$ ，此时的风量和压力分别为 $Q_1$ 和 $P_1$ ；当调节管网中的阀门使管网特性曲线为 $R_2$ 时，则工作点将从 $a_1$ 移至 $a_2$ ，风机的风量则从 $Q_1$ 降为 $Q_2$ ，而压力（即管网阻力）则从 $P_1$ 增至 $P_2$ 。此时，对应于这两种不同工况下风机的功率（轴功率），可用工作点 $a$ 与座标轴之间所包围的面积来表示，因为功率是风量与压力的乘积。因此，风机工作点在 $a_1$ 时的功率为 $OP_1a_1Q_1O$ 所围成的面积，在工作点 $a_2$ 时的功率为 $OP_2a_2Q_2O$ 所围成的面积。从图2中可以看出，后者显然小于前者，即表示通过关小阀门，调小风量，风机能耗得到降低，但降低的幅度要小于风量减少的幅度，亦即另有一部分功率要消耗在阀门的阻力上，如图中阴影部分。这是阀门调节的缺憾。

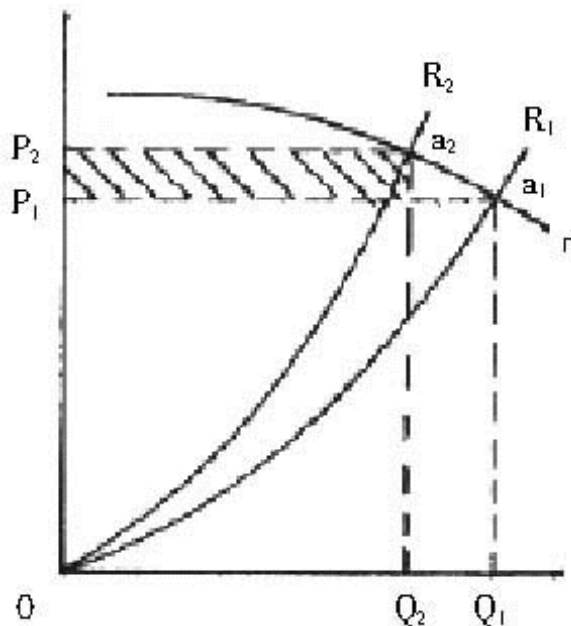


图 2 风机节流节能原理

## 3 导向器调节

导向器的调节主要是在不改变风道特性的情况下，依靠装在风机进口处的导向器来改变气流进入风机叶轮时的方向流，具有预旋作用。它的经济性要比节流调节法高得多。当风机在50%~60%负荷下运行时，采用导向器调节法可节约电耗约30%~35%。而且导向器的结构较简单，所以得到较广泛地应用。

#### 4 速度调节

风机运转所耗能量

$$W=KpQt/1000\eta \quad (1)$$

式中Q-风机所需通风量(流量)，m<sup>3</sup>/s；K-与气体密度有关的系数；p-风机所需风压，Pa；t-通风时间，h；η-风机系统效率，%。

从式(1)看出，降低风机的风压与减少风机的流量可以降低风机的电耗。根据风机的相似理论，对于同一台风机流量Q与转速n成正比，风压p与转速n的平方成正比，轴功率P与转速n的三次方成正比，即

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}; \quad \frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2; \quad \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 \quad (2)$$

这就是风机变速调节的基本原理，通过改变风机的转速能大大降低风机消耗的功率，从而降低风机运转所耗的能量。下面通过调速节能原理图与传统的节流调节方式来进行一下比较，从中不难看出采用调速运行比节流调节有着显著的节能效果。现在用改变转速与调节风阀开度对比的方法来分析它们的节能效果。原理如图3所示。横纵坐标分别为风机的风量和风压，曲线1为风机在恒速下的风压-风量(H-Q)特性曲线；曲线2为恒速下的功率-风量(PS-Q)特性曲线；曲线3为管网风阻特性(风门全开)。假设风机在A点工作时效率最高，此时的风量为全量，显然轴功率PS<sub>1</sub>=Q<sub>1</sub>×H<sub>1</sub>，大小为矩形H<sub>1</sub>AQ<sub>1</sub>O的面积。如果需要将风量减小一半，即风量由Q<sub>1</sub>减小到Q<sub>2</sub>，这里采用两种方法：(1)采用调节风门开度的办法，则风机的阻力曲线3变到4，风机工作点由A移到B，可以看出，风机的风量虽然减少了，但风压却由H<sub>1</sub>增加到了H<sub>2</sub>，其轴功率PS<sub>2</sub>为矩形H<sub>2</sub>BQ<sub>2</sub>O的面积，与H<sub>1</sub>AQ<sub>1</sub>O的面积差距不是太大；(2)采用调节转速来改变风量的办法，风机转速由原来的N<sub>1</sub>降到N<sub>2</sub>，可以画出此时的风机特性曲5，可以看出风压大幅度的降到H<sub>3</sub>，轴功率PS<sub>3</sub>为矩形H<sub>3</sub>CQ<sub>2</sub>O的面积。从图3可以看出第(2)种方法的节能效果非常显著。

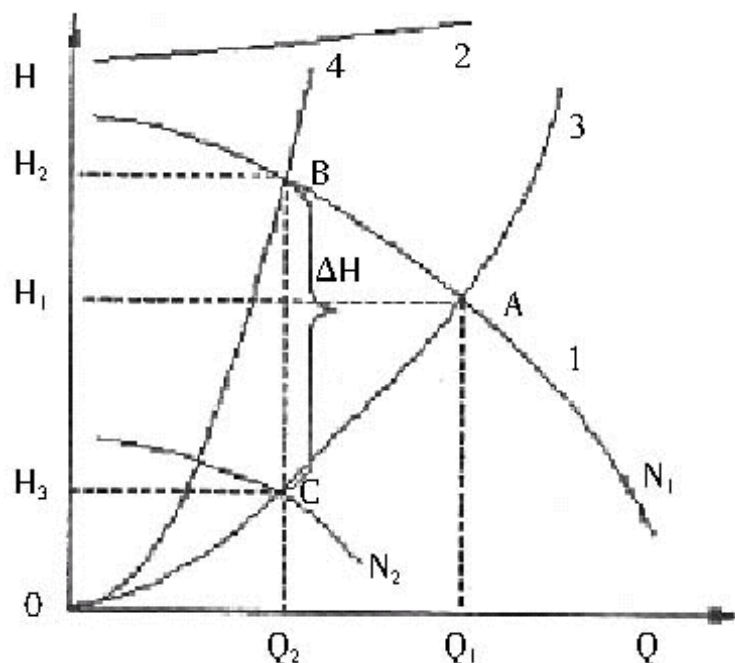


图 3 风机调速节能原理

## 5 风机速度调节方式

如上所述，变速调节方法可以达到节能效果，但是，电动机的调速方式有多种方式，我们应根据实际情况选择一个最佳方式。

从感应式电动机转速公式可知：

$$n=(1-s)60f_1/P \quad (3)$$

式中， $n$ -电动机的转速（转/min）； $f_1$ -电动机端电压的频率（Hz）； $s$ -电动机的转差率； $P$ -电动机定子绕组的极对数。

要改变转速，可以分别考虑以 $f_1$ 、 $s$ 、 $P$ 为变量来讨论。对于鼠笼式异步电动机，常用的交流调速方法有调压调速法、电磁调速法、变极调速变频调速等。

### 5.1 调压调速法

异步电动机的电磁转矩 $M$ 正比于电源电压 $U$ 的平方（ $M \propto U^2$ ），而且额定转矩 $M_N$ 与转速成反比关系（ $M_N \propto 1/n$ ），因此，改变电源电压即改变电磁转矩，便改变电动机的转速。这种方法由于电动机运行于大转差（ $n_s$ ）下，在调速过程中的转差功率以热能形式损耗在转子中，必须采用特殊的笼型电动机，避免在低转速时产生大电流而发热。这种调速方法效率低，其自然机械特性较软。要想得到稳定转速，必须采用反馈法，一般适应30kW以下的电机中。

### 5.2 电磁调速法

电磁调速系统由电磁转差离合器(电枢与电动机同轴，激磁线圈与输出端同轴)、笼型电动机和控制器3部分组成的。这种调速法的电机涡流损耗大，速度损耗也大，转差功率以热能形式损耗，同样存在效率低、机械特性软的缺点。当控制器故障时，负载无法切换至额定转速运行，因此多适应于100kW以下的电动机中。

### 5.3 变极调速法

变极调速是电动机定子绕组的极对数 $P$ ，以改变旋转磁场和转子转速的方法，这种方法虽然具有能调节转速无附加转差损耗的优点，但由于电机的极对数只能整数，因此属于跳跃性的有级变速，须与电磁式调速系统配合才能平滑调速，而且电机外接线多，必须使用专用电动机，很不方便。

### 5.4 变频调速法

变频调速的工作原理是，将三相交流电经大功率整流元件转变成直流，再将直流电利用正弦波脉宽调制技术，逆变为频率可调的三相交流电，供电动机使用。

从式（3）式可知，如果保持电动机的极对数 $P$ 和转差率 $s$ 不变，改变电动机定子的供电频率 $f$ ，也可改变电动机的转速 $n$ 。因为 $U_1 \approx E_1 = 4.44KN_1f_1$ 为了保持在调速时电动机的最大转矩不变，就需要维持电机的磁通不变，即要求 $U_1/f_1 = \text{常数}$ ，也就是电动机的端电压 $U$ 应随 $f_1$ 作相应的变化。现在市面上为风机的变频调速提供了许多专用变频器，如1PM、1GBT或AMB-G7等高性能风机专用数字式变频调速器。采用数字键盘、模拟电位器、触摸面板控制。应用开环、控制方式和闭环PID控制方式实现压力控制、流量控制、温度控制等程序运行，控制方式灵活。同时，应用优化空间矢量PWM控制，输出电流平稳，具有电流限幅、过压失速、回升制动、转速跟踪、平滑再启动性能。变频调速法的调速范围大，精度高，运行中只要改变电源频率 $f_1$ ，就能得到与之相对应的不同风机机械特性，实现无级调速。变频调速技术在节能方面具有世界领先的技术。除上述特点之外，还具有以下优点：

- (1) 功率因素 $\cos\phi=1$ ，从而可以减少无功电流和无功损耗；
- (2) 工作点稳定，用风设备压力变化小。如变频调速中 $\Delta f=1.5\text{Hz}$ ， $\Delta n=0.36\text{r/min}$ ，压力变化仅 $\pm(50\sim 80)\text{Pa}$ ；
- (3) 变频技术可达到无级调速，风压变化平缓，减轻了风道振动和轴承磨损，延长了设备的寿命；
- (4) 应用变频调速后，电机可以软起动，起动电压降减少，对电网的冲击大幅减少。

## 6 结束语

风机的调节方式与节能的关系非常密切，因此，研究并改进它们的调节方式是节能最有效的途径和关键所在。风机的节能问题和技术必须引起饲料生产企业的足够重视。一要

注意风机等设备选用节能型，尽量避免“大马拉小车”现象。二要从设计、安装中注意风道、节流环节的合理性，以减小节流损失。尽量使风机的运行风压和流量接近于额定压力和流量，使运行工作点长时间地保持在高效率区。三是采用经济而可靠的调节方式控制风机的运行更是风机节能的当务之急。而调节风机转速运行的调节方式是提高能源利用效率最佳方法，也是实施可持续发展战略的重要手段，为了实现人类与自然的协调发展应该走节能之路。

饲料企业工业通风除尘风机的耗电量较大，目前还有相当数量的设备是较陈旧，而且仍采用节流调节的传统方法，所以从对其进行技改，其节能潜力很大。对于流量调节幅度大，低负荷下运行时间长的风机调速系统，变频变压调速法的节能效益和提高自动化程度更为突出。因此，伴随高科技的进步，高新技术、新设备不断涌现，风机的调速方面推荐多采用变频调速法。

（参考文献略）