

包钢集团固阳矿山有限公司 马健凯  
新风光电子科技股份有限公司 王鹏 田利瑞

摘要：为了节能降耗，包钢集团公司固阳矿山有限公司球团分公司球团除尘风机进行变频改造，并对球团除尘风机变频改造的运行数据进行分析计算，球团分公司风机设备采用变频技术具有广阔的应用前景。

文章编号：160109

## 球团厂除尘风机变频改造及效益分析

### Pellet Plant Dust Fan Frequency and Benefit Analysis

#### 1 前言

随着环境保护要求的进一步提高，企业如何在保护环境的前提下，最大程度地节能降耗以降低成本提升竞争力成为一个课题。在冶金行业，除尘风机是能耗较大的设备，传统的风机风量控制都是通过进风挡板调节风门大小来实现的。大部分的能量都被消耗在挡板上，而采用挡板控制，风机风量约为额定风量的一部分，风机远离额定点运行，实际运行效率很低。而通过调节风机转速来改变风量是风机节能的最佳方案，一直以来，人们都在积极地寻求更为科学的调速方案来调节风机，以达到节能降耗的目的。

#### 2 改造设备基本情况

包钢集团公司固阳矿山有限公司球团除尘风机，选用一台Y4-73NO29.5F离心风机，配用电机型号为：YKK710-8（10kv），功率：1250kw，n=745r/min，额定电流：88A。工作性质是连续运行，现采用进风挡板来进行风门的调节以控制风量，根据工况要求，挡板开度一般保持在65%左右，工况变化，风门开度对应调整。挡板调节浪费了很多电能，并对机械设备的性能有很大的损害，有进行改造的必要。

图1所示为除尘风机性能曲线示意图，该风机采用进口导叶调节风量，图中0°为调节门全开位

置，负值为调节门向关闭方向转动的角度；图中虚线为等效率线。离心式风机的最高效率在进口调节门的最大开度处，等效率线和锅炉阻力曲线接近垂直，效率沿阻力线迅速下降。

图2列出了风机采用多种调节方法的功率消耗效果曲线，从中可以看出，风机在变工况运行中，调节深度愈大，节能效果愈显著，电机耗用功率越接近理想曲线，就越节能。在这里只有变频调速曲线最接近理想曲线，其运行能耗最低，节能效果最佳。另外，由于变频调速方式在频率范围、动态响应、低频转速、转差补偿、功率因数、工作效率等方面的优势也是传统的交流调速方式所无法比拟的，因此风机采用变频调速节能是现今调速方式的最佳选择。

#### 3 风机变频调速节能原理

变频调速技术的基本原理是根据电机转速与工作电源输入频率成正比的关系： $n=60f(1-s)/p$ ，（式中n、f、s、p分别表示转速、输入频率、电机转差率、电机磁极对数）；变频器通过改变电动机工作电源频率f达到改变电机转速的目的。

异步电动机变频调速具有调速范围宽、平滑性较高、机械特性较硬的优点，目前变频调速已成为异步电动机最主要的调速方式，在很多领域都获得了广泛的应用。

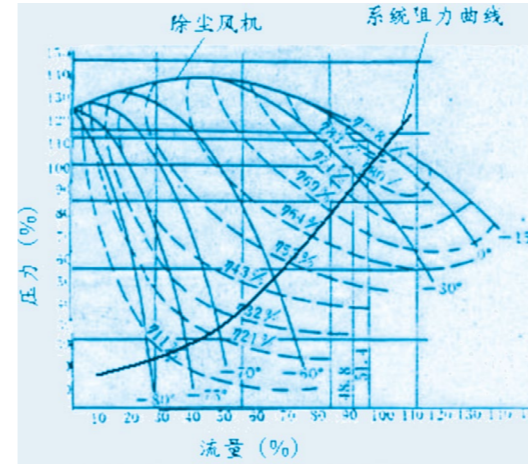


图1 除尘风机性能曲线示意图

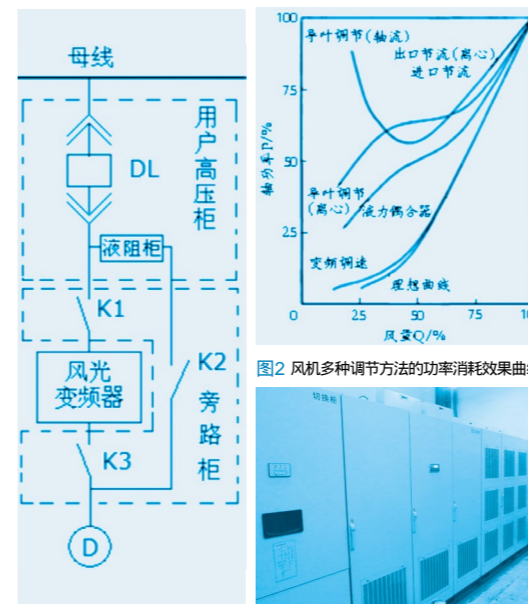


图2 风机多种调节方法的功率消耗效果曲线

图3 手动旁路柜一次回路

图4 除尘风机高压变频器现场运行照片

除尘风机改造前后的对比数据					
	风门开度 (%)	运行频率 (Hz)	运行电流 (A)	功率因数	消耗功率 (kW)
改造前	50	50	65	0.78	878.1
改造后	100	40.0	28.2	0.96	469.1

表1

根据流体力学相似定律： $Q1/Q2 = n1/n2$  输出风量Q与转速n成正比；

$H1/H2 = (n1/n2)^2$  输出压力H与转速n2正比；

$P1/P2 = (n1/n2)^3$  输出轴功率P与转速n3正比。

当风机风量需要改变时，如调节风门的开度，则会使大量电能白白消耗在挡板上。如采用变频调速调节风量，可使轴功率随风量的减小大

幅度下降。可见，通过变频对风机进行控制，不但节能而且大大提高了设备运行性能。以上公式为变频节能提供了充分的理论依据。

高压交流变频调速技术是上世纪九十年代迅速发展起来的交流电动机的调速技术，其技术和性能胜过其它任何一种调速方式。变频调速以其显著的节能效益、高精度的调速精度、宽范围的调速、完善的电力电子保护功能，以及易于实现的自动通信功能，得到了广大用户的认可和市场的认可，在运行的安全可靠、安装使用、维修维护等方面，也给使用者带来了极大的便利和快捷的服务，使之成为企业采用电机节能方式的首选方案。

随着国产高压大功率变频调速技术的日益成熟，使得这一技术广泛应用于各个行业，考虑目前国内的此类产品技术也比较成熟，关键元器件也是选用国外知名产品，且在价格、售后服务与技术支持等方面更具有优越性，经过多方调研、比较，包钢集团固阳矿山有限公司领导最终选择了新风光电子科技股份有限公司生产的JD-BP38-1250F型（1250kw/10kv）高压变频器对烧结除尘风机进行改造。

#### 4 球团除尘风机变频改造控制方案

球团除尘风机目前的控制方式主要根据除尘风量的需求，通过高压变频器实时调整风机电机频率来实现调节风机风量。采用变频器后保持进挡板全开，根据生产需要人工操作调节风机转速。系统可随时随意改变送风量以适应变化，保持风机的高效运行。

通过目前已有的DCS系统调节变频器频率来调节除尘风机风量。利用DCS对变频器进行启动、停机、调速等控制，并可在DCS上显示变频器的运行数据和当前状态，实时监控运行。操作方面，有远程控制和本地控制两种控制的方式，这两种控制方式可提高系统的安全性能。变频器包括一台内置的PLC，用于柜体内开关信号的逻辑处理，以及与现场各种操作信号和状态信号（如RS485）的协调，并且可以根据用户的需要扩展控制开关量，增强了系统的灵活性。利用高压变频器根据实际需要除尘风机进行变频运行，既保证和改善了工艺，又达到节能降耗的目的和效果。

此外,为了保证系统的可靠性,除尘风机现有的控制设备和运行方式仍将保留,控制回路上设计工频/变频运行切换选择,工/变频选择由人工切换操作,实现除尘风机在工频或变频运行。

## 5 风光JD-BP38系列高压变频器技术特点

风光牌JD-BP38系列高压变频器以高速DSP为控制核心,采用无速度矢量控制技术、功率单元串联多电平技术,属高-高电压源型变频器,其谐波指标远小于IEEE519-1992的谐波标准,输入功率因数高,输出波形质量好,不必采用输入谐波滤波器、功率因数补偿装置和输出滤波器;不存在谐波引起的电机附加发热和转矩脉动、噪音、输出dv/dt、共模电压等问题,可以使用普通的异步电机。风光高压变频器被评为中国名牌产品。具体来说,风光高压变频器除具有一般普通变频器的性能外,还具有以下突出特点:

(1)采用高速DSP作为中央处理器,运算速度更快,控制更精准。

(2)矢量控制技术,通过测量和控制交流电动机定子电流矢量,根据磁场定向原理分别对交流电动机的励磁电流和转矩电流进行控制,从而达到控制交流电动机转矩的目的。启动转矩大,转矩动态响应快,调速精度高,带负载能力强。

(3)快速飞车启动功能。能够识别电机的速度并在电机不停转的情况下直接启动。在变频器受到负载冲击保护后可对其自动复位,然后再自动启动,即可避免重要场合(如水泥厂高温风机)变频保护停机造成的损失。快速飞车启动技术可实现变频器在0.1s之内从保护状态复位重新带载运行。

(4)工频/变频无扰切换技术。现在的高压变频调速系统一般设置工频旁路切换柜,变频器发生故障时能使高压电机转至工频运行,旁路切换有手动旁路和自动旁路切换两种型式,手动旁路需人工操作,适应于无备用装置或不重要的运行工况,自动旁路可在变频器发生故障后直接自动转换至工频运行。新风光公司提供的自动旁路切换柜,不仅可实现变频故障情况下自动由变频转换至工频运行状态,还可实现在变频检修完毕后由工频瞬间转换至变频运行的功能,整个转换过程不会对用户设备的运行造成任何影响。

(5)电网瞬时掉电重启技术,电网瞬间掉电可自动重启,可提供最长60s的等待时间。

(6)线电压自动均衡技术(星点漂移技术)。变频器某相有单元故障后,为了使线电压平衡,传统的处理方法是将另外两相的电压也降至与故障相相同的电压,而线电压自动均衡技术通过调整相与相之间的夹角,在相电压输出最大且不相等的前提下保证最大的线电压均衡输出。

(7)振荡抑制技术,电机轻载或者空载的时候会出现局部不稳定现象,这时电流幅值波动很大,电流的振荡有可能会引起系统因为过流或过压而触发保护。新风光公司采用优越的电流算法,有效地抑制电流的振荡,保证系统稳定可靠的工作。

(8)多机主从控制技术,变频器具备主从控制功能,多台变频器之间可通过数据总线组成主从控制网络。将其中的一台设为主机,其他设为从机,主机实时采集各从机的状态信息,同时发送给各从机频率、转矩指令,实现各台变频器的功率平衡和综合控制。该技术适用于皮带机、摩擦式提升机等需要功率平衡控制的场合。

(9)输出电压自动稳压技术,变频器实时检测各单元母线电压,根据母线电压调整输出电压,从而实现自动稳压功能。避免电网波动对输出电压的影响。

(10)故障单元热复位技术,若单元在运行中故障,且变频器对其旁路继续运行,此时可在运行中对故障单元进行复位,不必等变频器停机。

(11)单元直流电压检测:实时显示检测系统的直流电压,从而实现输出电压的优化控制,降低谐波含量,保证输出电压的精度,提升系统控制性能,并可使保证运行维护人员实现对功率单元运行状况的全面把握。

(12)具备突发相间短路保护功能。如果由于设备原因及其他原因造成输出短路,此时如果变频器不具备相间短路保护功能,将会导致重大事故。变频器在发生类似问题时能够立即封锁变频器输出,保护设备不受损害,避免事故的发生。

(13)限流功能:当变频器输出电流超过设定值,变频器将自动限制电流输出,避免变频器在加减速过程中或因负载突然变化而引起的过流保护,最大限度减少停机次数。

(14)多种控制方式,可选择本机控制、远

控盒控制、DCS控制支持MODBUS、PROFIBUS等通讯协议频率设定可以现场给定、通讯给定等支持频率预设、加减速功能。

## 6 除尘风机变频改造主回路

为了最大限度地提高设备的利用率,使变频发生故障时也能保证风机的正常运行,从而保证生产。保留原有工频液阻启动系统,保留电机综合保护装置(工频时投入)。采用一拖一手动工/变频切换方案。在变频器发生故障时,能手动切换到原来的工频液阻启动方式,保证除尘风机继续运行。系统手动旁路柜一次回路如图3所示。

旁路柜中,共有3个高压隔离开关,为了确保不向变频器输出端反送电,K2与K3采用电磁互锁操动机构,实现电磁互锁。当K1、K3闭合,K2断开时,电机变频运行;当K1、K3断开,K2闭合时,利用液阻柜启动电机工频运行,此时变频器从高压中隔离出来,便于检修、维护和调试。

旁路柜必须与上级高压断路器DL连锁,DL合闸时,绝对不允许操作旁路隔离开关与变频器输出隔离开关,以防止出现拉弧现象,确保操作人员和设备的安全。为了实现变频器故障的保护,变频器对用户开关DL进行连锁,一旦变频器故障,变频器联跳DL。工频旁路时,变频器应允许DL合闸,撤消对DL的跳闸信号,使电机能正常通过DL合闸工频启动。

选择变频系统时,不投入液阻柜;只有选择工频状态时液阻柜启动才有效。

## 7 变频改造效果

包钢集团公司固阳矿山有限公司球团除尘风机正常生产时处于长期运行状态,风机入口挡板开度为65%左右,测量风机实际风量3478000m<sup>3</sup>/h,输入电流65A左右,功率因数0.78,每小时消耗功率为878.1kw;变频改造后,运行频率为40.0Hz时可满足相同工况除尘要求,输入电流28.2A,功率因数0.96,每小时消耗功率为469.1kw。除尘风机高压变频器现场运行照片如图4所示。

球团分公司为了考察变频改造的节电效果,将其改造前后的对比数据如表1所示。

由表1看出,电机运行电流大大降低,功率因数显著提高,改造效果是明显的。球团除尘风机每天24h运行,一年运行330天,变频改造后,一

年节省电量计算如下:

$$(878.1\text{kw} - 469.1\text{kw}) \times 24\text{h} \times 330\text{d} = 323.928$$

万kw·h

按0.5元/kw·h计算,每年节省电费为:

$$323.928\text{万kw} \cdot \text{h} \times 0.5\text{元kw} \cdot \text{h} = 161.964\text{万元}。$$

## 8 结束语

包钢集团公司固阳矿山有限公司球团分公司除尘风机变频改造后,不仅减少风机启动时对电网的冲击,降低风机工作的机械强度和磨损,延长风机的使用寿命,设备运行噪声大大降低,而且节能效果显著。随着国家“十三五”对节能减排工作重视程度越来越高,市场竞争的加剧,高压变频调速应用会越来越普及。