



风光变频器

中国名牌

国家火炬计划

国家重点新产品

国际质量体系认证

FGI 新风光
XIN FENG GUANG

行业应用案例



山东**新风光**电子科技有限公司
SHANDONG WINDSUN ELECTRONICS SCIENCE & TECHNOLOGY CO.,LTD.

节约能源 服务社会

目 录

CONTENTS

01	03	05	09	11					
公司简介	发展大事记	荣誉与资质	实验检测	行业经典案例	13	33	45	55	69
					在冶金行业的应用	在水泥行业的应用	在矿山行业的应用	在石化行业的应用	在热电行业的应用
									79
									在其它行业的应用

WWW.FENGGUANG.COM

© 高压变频器



公司简介

经营目标

创一流企业，建百年新风光

经营宗旨

节约能源，服务社会

发展战略

把新风光建设成为中国一流的节能产品生产制造基地

新风光精神

艰苦创业 勤奋好学 脚踏实地 持续创新

山东新风光电子科技发展有限公司是从事电力电子技术相关的产品研发、生产、销售和服务于一体的国家高新技术企业。

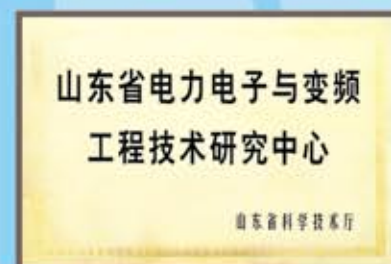
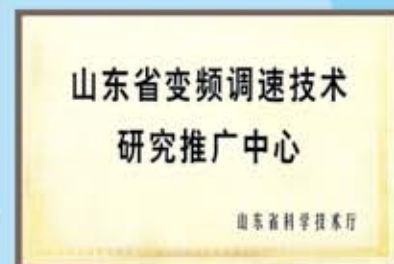
公司是国内生产变频器和特种电源的专业制造商，开发制造变频器的技术水平处于国内领先地位，国内唯一全程参加高、中、低压变频器国家标准制定的厂商，可为用户量身定做各种型号的变频器。2005年以来，公司先后荣获中国电器工业协会变频器分会副理事长单位、中国专利山东明星企业，山东省变频调速技术研究推广中心，山东省电力电子与变频工程技术研究中心，山东省企业技术中心的荣誉称号，07年风光牌系列产品被国家质检总局认定为中国名牌产品。同年又先后通过ISO14000环境管理体系认证和OHSAS18000职业健康安全管理体系认证。09年通过ISO9001:2008版的国际质量管理体系认证的升级改版。2008年，被变频器协会评为2007年度高压变频器七大行业品牌之一；2009年3月，公司被授予“中国电器工业最具影响力品牌”称号；2009年6月，公司再获“中国变频器用户满意十大品牌”。目前，公司的产品已覆盖全国各地，并已走向国门，外销部分亚太国家和地区。

发展大事记

- ◎ 1993 年 8 月，第一台以 GTR 为主功率器件的变频调速器成功运行，在国内较早步入了异步电机的变频节能事业；
- ◎ 1999 年 7 月，率先在国内成功研制三电平中压变频器并在胜利油田运行，随后开始了在油田大范围推广，水平遥遥领先；
- ◎ 2000 年 3 月，国内首创的第一台低压提升机专用变频器在山东华宁集团宝安煤矿成功运行；
- ◎ 2000 年 10 月，第一台 6KV 高压变频器在辽河油田成功运行，开创高压产品应用先例；
- ◎ 2001 年 9 月，与大港油田钻采设计院合作，成功开发国内第一台直线电机变频器；
- ◎ 2002 年 1 月，与上海交通大学、安徽工业大学联合研制电网无功补偿方法及补偿装置；应邀参加低压变频器国家起草审定，初显技术实力；
- ◎ 2002 年 7 月，提升机变频器被科技部列为国家重点新产品；
- ◎ 2002 年 12 月，第一台 10KV 高压变频器成功运行，电压等级再创新高；
- ◎ 2003 年 4 月，高压变频器被科技部列为国家重点新产品；
- ◎ 2003 年 5 月，与山东大学合作开发 6—10KV 多电平（5 电平或 7 电平）中高压大容量变频器；
- ◎ 2003 年 11 月，在上海成为中国电源协会变频电源与电力传动专业委员会发起人单位；
- ◎ 2003 年 12 月，应邀参加中、高压变频器国标起草审定；与山东大学合作开发推出国内新型变频加热电源；
- ◎ 2004 年 1 月，参与国家十五“863”能源领域重点高科技攻关项目——10 兆瓦高温气冷堆氦气直接透平循环发电系统（HTR—10GT）的电磁轴承系统的研制；
- ◎ 2004 年 8 月，新风光电子科技有限公司注册成立
- ◎ 2004 年 10 月，国内首台 6KV 提升机高压变频器交付用户使用；
- ◎ 2004 年 12 月，山东省科技厅批准以我公司为依托成立山东省变频调速技术研究推广中心；
- ◎ 2005 年 6 月，高压提升机变频调速器被列为国家火炬计划项目；变频加热电源被科技部列为国家重点新产品；
- ◎ 2005 年 12 月，新产品石油钻机专用变频器和提升机高压变频器通过专家鉴定，达到国内领先水平；

- ◎ 2006 年 4 月，为中科院等离子体物理研究所承担的国家“863”项目“国家重大科学研究项目——EAST 核聚变试验装置”提供配套设备；等离子体垂直位移快速控制电源。
- ◎ 2006 年 7 月，独立设计制造、国内首创的“可再生能源回馈装置”在地铁投入使用。
- ◎ 2006 年 8 月，钻机专用变频器被科技部列为国家重点新产品；
- ◎ 2006 年 11 月，为中国科学院电工研究所 500KW 超导储能系统提供“逆变器及其与电网切换系统”；
- ◎ 2007 年 3 月，中国电器工业协会成立变频器分会，公司当选为副理事长单位；
- ◎ 2007 年 4 月，公司产品上榜山东省“十一五”100 项重大节能装备首批项目；
- ◎ 2007 年 8 月，荣获山东省重大节能成果奖；
- ◎ 2007 年 8 月，被科技部列为国家火炬计划重点高新技术企业；
- ◎ 2007 年 11 月，被山东省经贸委批准成立山东省企业技术中心；
- ◎ 2008 年 8 月，公司喜迁新厂区，占地面积 4 万平方米；
- ◎ 2008 年 11 月，风力发电并网变流器被科技部列为国家重点新产品；
- ◎ 2009 年 1 月，新风光变频器技改项目获中央新增 1000 亿投资项目支持；
- ◎ 2009 年 3 月，被中国电器工业协会评为“中国电器工业最具影响力品牌”，变频器行业仅有两家获此殊荣；
- ◎ 2009 年 3 月，公司通过科技部、财政部和国家税务总局组织的新版国家高新技术企业的认定，并被认定为“国家高新技术企业”；
- ◎ 2009 年 5 月，成立山东省电力电子技术及能源装备院士工作站。
- ◎ 2009 年 11 月，公司产品风力发电可再生能源并网变流器获科技型中小企业技术创新基金；
- ◎ 2010 年 12 月，科技部授予国家火炬计划重点高新技术企业荣誉称号；
- ◎ 2010 年 12 月，公司产品列入山东省首批重点节能技术、产品和服务名单；
- ◎ 2010 年 12 月，公司产品“GDW—10/6—2000 高压动态无功补偿装置”通过省级技术鉴定；

荣誉与资质





荣誉与资质



■ 实验检测



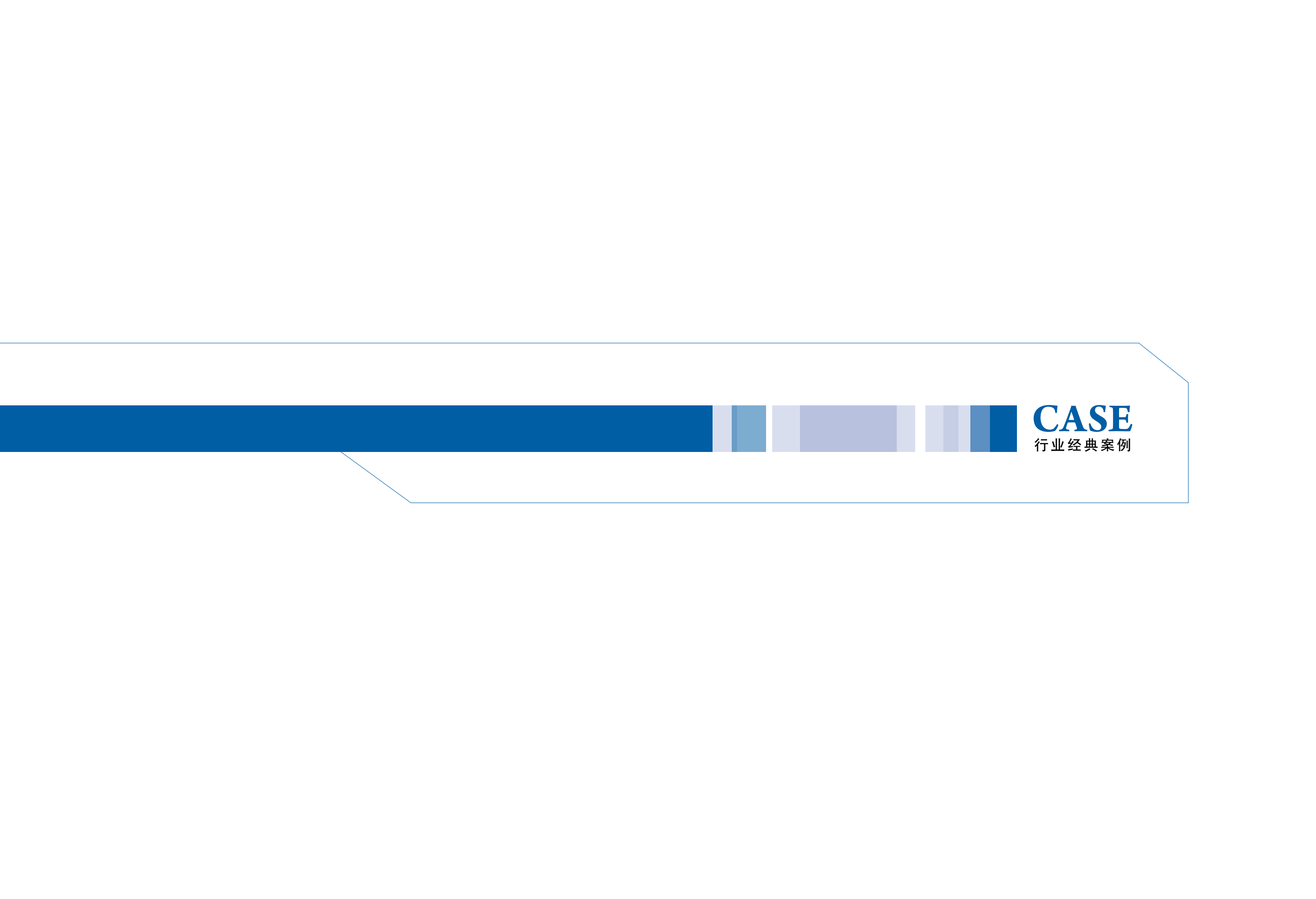
实验检测

山东新风光电子科技发展有限公司高压大容量能量循环试验系统始建于 2008 年 3 月，由国家配变电实验中心——天津电气传动研究所设计，我公司与山东圣慧电气安装公司承建，历时半年建设完成。目前是国
内同行业设计最先进、功能最完善、实验能力最强大的电力电子产品试验平台。该实验系统能够满足电压等
级 0.38KV—10KV，功率等级 2.2KW—5000KW 范围内变频器的出厂要求，并能够为无功功率补偿装置，风力
并网装置，再生能源回馈装置等相关电力电子节能产品的试验提供强大的硬件保障。

该系统的设计充分体现了高效、安全、节能、环保的设计理念，运用了自动控制、自动检测、实时监测
等先进技术，使整个系统处于高可靠运行状态。该试验系统可实现工位自由切换，电机自由切换，系统合并
运行，提高了工作效率；增加了工位就绪锁，工位运行灯光指示，工位开门断电保护等功能，提高了操作人
员的安全性；增加了能量回馈装置，将发电机产生的电量高效率回馈电网，提高了能源的利用率，同时设计
了电阻消耗作为能量回馈的备用方式，进一步提高了系统的可靠性；对于试验系统中产生噪音和热污染的电
机电阻器件，采用封闭空间放置，隔音隔热处理等手段，将影响降低到最低限度。

该试验系统由高压试验系统和中低压试验系统两部分组成。其中，高压试验系统细分为单元调试，单元
带载老化，单元高低温循环试验和高压整机实验四个子系统。单元实验调试系统可以完成单元的温度保护，
过电压保护，过电流保护功能，它采用微机操作，人机界面实时监控，接线采用插口设计，极大的提高了工
作效率。经过调试合格后的单元进入单元高低温循环老化室做循环试验，室内温度从 -40℃ 到 +60℃ 交替变
化，使出厂变频器能够适应各种复杂环境温度的要求，通过 48 小时循环试验后的单元进入高压单元带载老
化系统，把负载加到额定电流的 150%，做各种超标准的试验，通过各种试验后的高压单元进入整机试验。
高压整机系统设计容量是 5000KVA，分为控制室，操作室，检控室，接线区。控制室包括控制系统，负载系统，
能量回馈再生系统和备用能量电阻消耗系统，能量回馈再生系统设计容量 8000KVA，回馈量 6000KW，是国
内最大的回馈系统。操作室由微机操作，检控室由一台大功率液晶显示器对系统实时显示和监控，接线区是
高压系统与变频器对接口。中低压实验室系统设计容量 2000KVA。

公司拟再建一套国家级高标准的试验系统，精度等级 0.2 级，容量 1600KVA，电压等级 0.38—10KV，能
够检测国内外厂家的产品各项指标，最终建成国家级试验检测基地。





CASE

行业经典案例

◎ 国产超大功率高压变频器在炼铁高炉鼓风机中的应用

山东新风光电子科技发展有限公司 陆思党

山西永恒工贸有限公司 赵中川

摘 要：本文结合 6500kW/10kV 高压变频器实际运行工况，介绍了国产超大功率高压变频器在高炉鼓风机上的应用。通过改造，实现了高炉的工艺优化，也体现了国产基于单元级联式多电平高压变频器的制造能力。

关键词：高压变频器 高炉鼓风机 单元级联式多电平

1. 引言

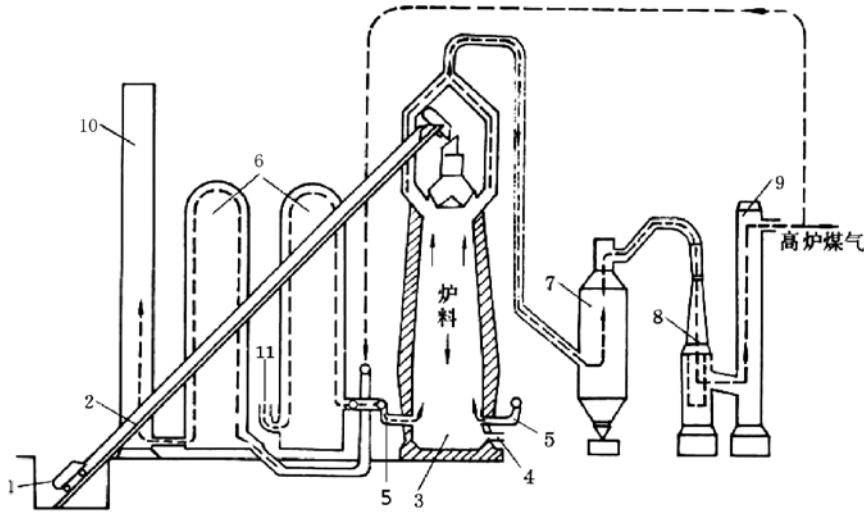
山西永恒工贸有限公司始建于 1998 年，是由原“稷山县地方国营炼铁厂”改建而成，属于私营股份制企业。现在有 450m³ 炼铁高炉一座，220m³ 炼铁高炉两座，烧结机两台，JN4340 型焦炉一座，水泥生产线一条。年生产生铁 90 万吨。近年来，公司积极响应国家产业政策，加快技术进步的同时，积极进行节能减排，实现废气（物）循环再利用，形成了煤—焦—化和煤—焦—铁—电（水泥）两条循环生产线。

永恒工贸 450m³ 炼铁高炉风机采用 6500kW/10kV 三相异步电动机，定子串水电阻方式启动，启动时冲击电流大，持续时间长。而且受电网容量的限制，在每次启动时均需将厂内其它所有用电设备停掉，在此台高炉风机起动后才能起动其他设备，操作比较麻烦，因此有些时候在即使设备检修不出铁的时候也是尽量不停高炉风机，且风量调节采用风门调节，这样就造成了电能的浪费。由于变频器具有软启动、软停止功能，启动电流小，可解决高炉风机启动时的大问题，再就是变频器可以节约电能，因此山西永恒工贸有限公司厂领导决定实行变频改造。

2. 高炉鼓风机工艺

高炉因具有炼铁技术经济指标良好，工艺简单，生产量大，劳动生产效率高，能耗低等优点，这种方法生产的铁占世界铁总产量的绝大部分。高炉为炼铁环节中最主要的设备，它为横断面为圆形的炼铁竖炉，生产时从炉顶装入铁矿石、焦炭、造渣用熔剂（石灰石），从位于炉子下部的风口吹入经预热的空气。在高温下焦炭中的碳同鼓入空气中的氧燃烧生成的一氧化碳和氢气，在炉内上升过程中除去铁矿石中的氧，从而还原得到铁。铁水从铁口放出，生成的炉渣，从渣口排出。煤气从炉顶排出，作为热风炉、加热炉、焦炉、锅炉等燃料。

高炉鼓风机是高炉最重要的动力设备。高炉冶炼流程如下图 1 所示，它首先通过空气过滤器在大气中收集干净的空气，由高炉鼓风机加压后经热风炉进风口送入热风炉，由热风炉对空气进行加热后经高炉下部风口吹入，以保证高炉中燃烧的焦炭和喷吹的燃料所需的氧气，另外还要有一定的风压克服整个系统和料柱的阻损，并使高炉保持一定的炉顶压力。现代大、中型高炉所用的鼓风机，大多用三相异步电机驱动的离心式鼓风机和轴流式鼓风机。鼓风机耗电虽多，但启动方便，易于维修，投资较少。十分受用户的青睐。高炉冶炼要求鼓风机能供给一定量的空气，以保证燃烧一定的碳；其所需风量的大小不仅与炉容成正比，而且与高炉强化程度有关。一般按单位炉容 2.1 ～ 2.5m³/min 的风量配备。但实际上不少的高炉考虑到生产的发展，配备的风机能力都大于这一比例。



1、料车 2、上料斜桥 3、高炉 4、铁、渣口 5、高炉鼓风机进风口 6、热风炉 7、重力除尘
8、文氏管 9、洗涤塔 10、烟囱 11、热风炉进风口

图 1 高炉冶炼流程示意图

3. 高炉鼓风机改造方案

高炉鼓风机是高炉生产系统的动力中枢，一旦风机不能正常运行，不但影响生产，而且造成重大损失；另外，调速系统工作的环境比较恶劣，所以，和高炉风机配套的高压调速系统方案应周密细致，经过双方技术人员的合作，制定了高炉鼓风机的技术改造方案。

3.1 450m³ 炼铁高炉风机及配套电机参数

表 1 高炉风机基本参数			
电机参数			
负载名称	高炉鼓风机	所带负载类型	离心风机
型号	YKS800—4	额定电压 (V)	10000
额定电流 (A)	425	额定功率 (kW)	6500
额定频率 (Hz)	50	功率因数	0.909
额定转速 (rpm)	1494	绝缘等级	F
风机参数			
型号	1850—3.5/0.96	额定风压 (kPa)	343(绝)
额定风量 (m ³ /h)	111000	介质密度 (Kg/m ³)	1.14
额定转速 (rpm)	5728	额定功率 (kW)	6500

■ 在冶金行业的应用

行业经典案例 CLASSICAL CASE

3.2 高炉变频改造技术方案

图 2 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，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。

故障分闸：将变频器“高压分断”信号与旁路柜“变频投入”信号串联后，并联于高压开关分闸回路。在变频投入状态下，当变频器出现故障时，分断变频器高压输入；旁路投入状态下，变频器故障分闸无效。

保护：保持原有对电机的保护及其整定值不变。

高压变频器设备现场运行照片如图 3 所示。

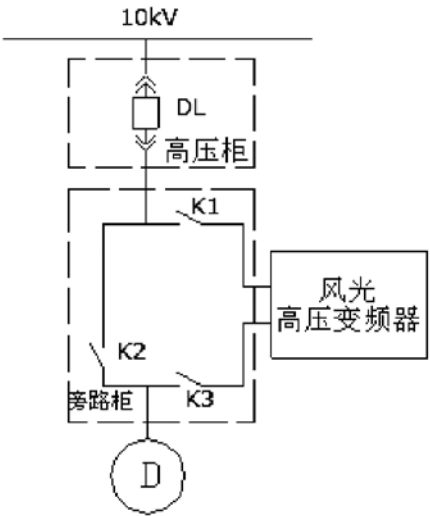


图 2 手动旁路柜一次回路图



图 3 高压变频器现场运行照片

4. 高压变频器的制造

4.1 单元级联式多电平变频器

6500kW/10kV 高压变频器采用单元级联式多电平方式。因为此种变频器采用多个功率单元串联的方法来实现高压输出，所以具有以下优点：

- (1) 其输出通常采用多电平移相式 PWM，可以实现较低的输出电压谐波，较小的 du/dt 和共模电压。
- (2) 输入通常采用移相隔离变压器实现多重化整流，以达到抑制输入谐波的目的。

4.2 双移相变压器结构

高压变频器的输入变压器采用干式移相变压器，考虑到如果只做一个变压器，容量会比较大，体积也会很大，受变频器的搬运、安装以及受变频器安装空间所限；且由于变压器为干式的，散热处理比较困难，高压变频器采用双变压器结构。每台变压器的容量为 4000kVA，各自承担功率单元 50% 的供电。

4.3 功率单元结构

在普通 10kV 高压变频器的设计一般采用 24 功率单元结构，每相 8 个功率单元，每个单元输出的功率为整机功率的 1/24，由于 6500kW/10kV 高压变频器运行时输出功率太大，如果采用 24 功率单元结构，那么单个功率单元内要求的滤波电容就会很多，功率单元的体积就会很大，综合考虑 6500kW 变频器采用 30 功率单元结构，单元输入电压为 525V。这样不仅会使变频器的高压输出更接近于正弦波使输入谐波更低。而且单个单元承受的电压更低，更易于控制。

4.4 功率单元的冗余设计及“星点漂移”

(1) 30 个功率单元结构上完全一致，可以互换，其电路结构如图 4 所示，为基本的交—直—交单相逆变电路，整流侧为二极管实现三相全波整流，通过对 IGBT 逆变桥进行正弦 PWM 控制。每个功率单元完全一样，可以互换，这不但调试、维修方便，而且备份也十分经济。假如一个功率单元发生故障，该单元的输出端能自动旁路而整机可以正常运行。

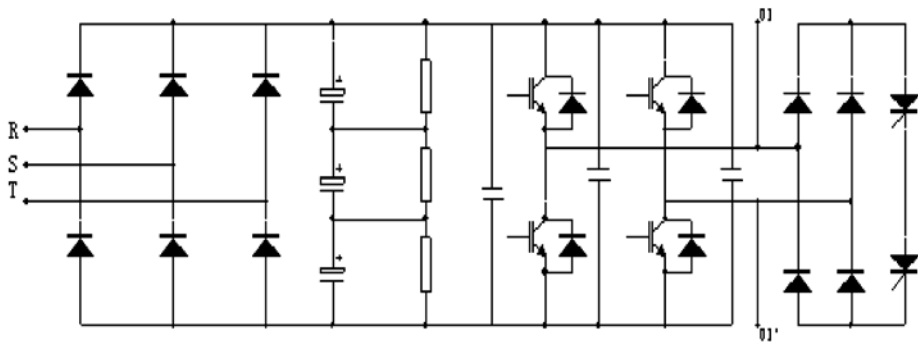


图 4 功率单元原理图

■ 在冶金行业的应用

行业经典案例 CLASSICAL CASE

(2) 星点漂移

30 个功率单元分为 3 组，每 10 个单元为一相。在正常情况下，三相输出 A、B、C 平衡，中性点即星点在 O 点。如图 5 所示，当 A 相有一个单元故障时，把星点由 O 点转移到 O1 点，而 B 相和 C 相经过运算，对 O1 的输出要与 A 相一致。使整机的三相输出依然平衡。此功能称为“星点漂移”。

当出现 2 个或 3 个单元故障时，同样要经过复杂的运算使三相平衡。现最多可做到 3 个单元故障的星点转移功能。这种单元的冗余设计大大的提高了变频器的稳定性。

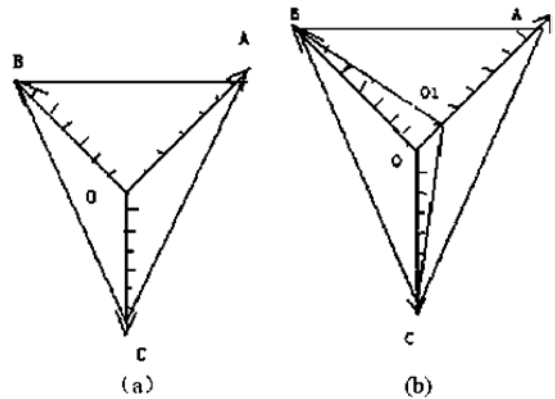


图 5 星点漂移示意图

4.5 JD—BP38 高压变频调速系统的可靠性设计

为保证 JD—BP38 高压变频调速系统的高可靠性，在提高系统各组单元的内在可靠性和系统抵抗外部故障因素的能力方面，主要采用以下设计措施：

(1) 上位操作计算机采用与主控计算机基本相同的软硬件配置，当主控计算机发生故障时，可以在不停机的状态下，迅速替换，保证系统的可靠性运行。

(2) 控制系统由主控单元、PLC(西门子 S7—200)、主控计算机组成，在主控计算机发生故障时，系统不停机，确保生产的进行。

(3) 为了提高系统的抗干扰能力，所有的功率模块与主控单元之间通过光纤通讯，低压和高压部分完全可靠隔离，所有 I/O 板全部采用了隔离措施，将通道上窜入的干扰源拒绝在系统之外。

(4) 控制器结构上采用箱体结构，各控制单元板采用 FPGA、CPLD 等大规模集成电路和表面焊接技术，系统具有极高的可靠性。

(5) 尽量采用低功耗的 CMOS 元器件提高系统的温度适应能力，降低功耗。

(6) 电源系统完全采用开关电源技术，各部分功能单元采用独立的供电措施，保证在某一部分发生故障时，其他部分仍能可靠运行。

(7) 选用各种电阻、电容器及集成电路、隔离器件时，对其耐压能力留有较大的余量，对集成电路的拉电流、灌电流能力使用，也留有足够的余量。

(8) 输入干式变压器免维护，可靠性高。

(9) 多级模块串联，器件工作在低压状态，便于采用成熟技术，不易发生故障。

软件可靠性措施：整个软件开发过程按正向设计进行，底层实时控制系统为自行设计和编写，确保整个系统中没有不清楚的部分，资源分配留出很大裕度。整个系统的组成软件经过严格测试，穷尽各种故障可能，确保系统不死机，不出故障。对所有接口关系严格定义，且均设立非法进入和退出处理措施。

5. 变频器的安装

高炉鼓风机作为钢铁厂最为关键的设备，它的停机轻则会导致铁厂的停产，重则会导致事故发生，所以必须要保证高炉鼓风机的稳定运行。

5.1 变频器的现场散热处理

大功率变频器作为一个比较大的发热源，它运行时的散热就显的尤为重要。高炉鼓风机位于高炉附近，周围的粉尘量比较大，特别是导电性粉尘，所以在选择变频器的冷却方式上只有以下两种：(1) 风冷和空调配合使用；(2) 为液体冷却（一般为水冷）。

由于高压变频器中需要冷却的元器件均为导体，因此在设计液体冷却系统时必须采用间接液体冷却，这使得冷却系统的设计极为复杂，且成本高；有因为液体冷却系统一处出问题有可能导致整个冷却系统的瘫痪，所以稳定性也低。

相反，风冷具有：(1) 设计简单；(2) 可以采用冗余设计；(3) 与空调冷却配合使用，可以使变频器的运行环境相对封闭，保证变频器的卫生。

综合考虑，我们在 6500kW/10kV 变频器的冷却方式上选择了风冷，并配合空调冷却使用。

一台完整的高压变频器分为四部分：旁路柜、变压器柜、功率单元柜和控制柜。变压器柜和功率单元柜几乎占了整机全部的发热量。变压器柜相对于功率单元柜所要求的运行环境要低的多，而且这么大的变频器变压器的发热量也不小，为了节省空调使用数量，在变频器结构设计上采用变压器柜和功率单元柜分开放置的方法。

具体方法为：变压器柜与功率单元柜中间隔开 700mm 的距离，变频器安装完成后中间采用隔热材料隔开，这样就使得一台变频器放在两间房子里了。变压器柜与旁路柜在一起并采用强迫风冷，然后再在变压器柜顶安装风道，收集变压器的产热直接排到安装环境之外；功率单元柜与控制柜在一起安装在一个相对独立且封闭的房间里，也采用强迫风冷，并在房间内安装空调来降低环境温度，保证功率单元柜及控制柜的运行环境。

安装空调时为了保证变频器的安全运行要求空调有足够的制冷量且有余量。因为没有变压器的热量，所以按照变频器额定功率 3% 的发热量来设计空调：

$$6500 \times 0.03 = 195 (\text{kW})$$

现场实际安装空调数量为 8 台制冷量为 24kW 的空调，单台空调是独立的，这样保证单台空调出现问题是不会影响机器的运行。

实际运行情况为在夏天天气最热的几天里，同时 7 台空调运行，就能把环境温度控制在 27℃ 左右。

5.2 上位机控制

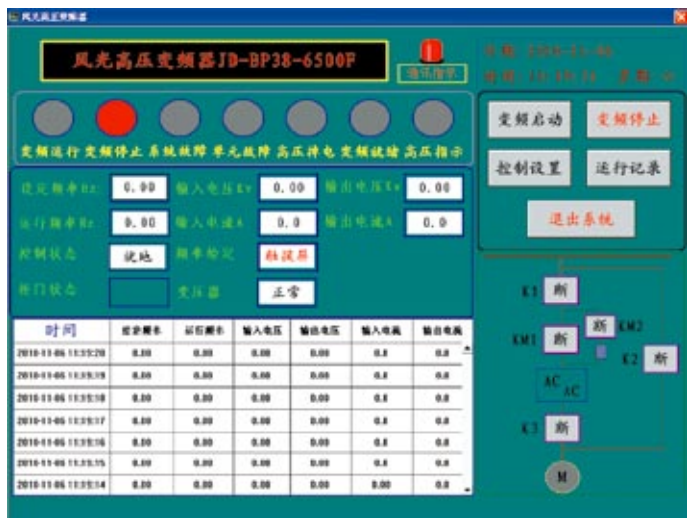


图 6 上位机控制图

因为高炉鼓风机压力操作比较频繁且精度要求比较高，综合考虑后变频器控制方式采用上位机控制。运行界面如图 6 所示，采用 RS—485 网络与变频器通讯。上位机控制方式控制变频器的运行频率比模拟量控制更准确，使高炉压力的调节更加准确，做到高炉压力完全无波动调节，且能实时记录变频器的运行数据并保存以供需要时查询。进一步保证高炉的稳定运行。

■ 在冶金行业的应用

行业经典案例 CLASSICAL CASE

5.3 故障自复位

为了在变频器故障时能最大限度的减少损失，变频器增加了故障自复位功能，在变频器不断高压电的情况下，通过软件或故障复位按钮设置能让变频器故障自复位。这可以使变频器出现故障后以最快的速度再次投入运行。

6. 变频器的使用效果

6500kW/10kV 高压变频器在山西永恒工贸高炉鼓风机正式投产日期为 2010 年 5 月 5 日，至本文完成时已安全无故障运行半年有余。高炉鼓风机变频改造后有以下优点：

6.1 节电效果明显

在变频器没有安装以前高压电机采用定子串水电阻启动，风压通过风门调节。这样电机始终运行在额定状态，变频器安装以后风门全开，风压通过调节变频器频率实现。实现了节电的目的，下面对节电量作定量分析。

表 2 变频器未安装以前电机运行数据

输入电压 :10kV	输入电流 :366A(平均值)
电机功率因数： 0.9	

表 3 变频器安装后

输入电压 :10kV	输入电流 :270A(平均值)
变频器功率因数 :0.95	运行频率 :45Hz 左右

表 4 空调耗电量

输入电压 :380V	单台空调输入电流 :17.5A(平均值)
空调功率因数 :0.85	空调运行台数 :7 台 (天气最热时)

定量计算：电价按 0.45 元计算，一年运行时间按 330 天
电机工频年耗电量： $W_{\text{工}}=1.732 \times 10 \times 366 \times 0.9 \times 24 \times 330=45185247.36$ (度)
变频器耗电量： $W_{\text{变}}=1.732 \times 10 \times 270 \times 0.95 \times 24 \times 330=35185233.6$ (度)
空调最大耗电量： $W_{\text{空}}=1.732 \times 380 \times 17.5 \times 0.85 \div 1000 \times 7 \times 24 \times 330=542764.807$ (度)
年节省费用： $F=(W_{\text{工}}-W_{\text{变}}-W_{\text{空}}) \times 0.45=(45185247.36-35185233.6-542764.807) \times 0.45=9457248.953 \times 0.45=4255762$ (元)
综上所述，变频改造后，节能效果是非常显著的。

6.2 变频器软启动功能解决鼓风机启动问题

永恒工贸一共有三个厂区：铁厂，烧结车间和钢厂。三个厂区公用一个变压器，变压器容量为 25000kVA。而 6500kW/10kV 高炉鼓风机使用定子串水电阻方式启动，启动时冲击电流大，持续时间长，这使得在铁厂高炉鼓风机启动时必须让烧结车间与钢厂停止生产，把所有的大型用电设备停掉，然后才能启动。这样麻烦的启动方式致使在设备检修不出铁时也尽量不让高炉鼓风机停止，这不仅让机器的检修不方便也无形中造成了大量电能的浪费。
用上变频器以后，变频器带动电机从 0.5Hz 软启动，启动电流不超过额定电流，不仅让高炉鼓风机开停机极为方便，也节约了电能；还减小了启动时对电机、风机及整个高炉系统的冲击。

6.3 减小电机振动及噪音

6500kW 电机因功率大，运行时噪音污染特别严重。但是高炉鼓风机作为重要环节必须 24 小时有人监护，这种环境势必要给工人的身心健康造成严重伤害。最大限度的减小电机、风机的振动，不但能改善监护人员的工作环境，还能延长设备寿命，减少设备故障率及维护、维修费用。
下面表 5 是用变频前后高压电机轴振动幅值：

表 5 高压电机轴振动幅值

用变频前轴振动幅值	130um
用变频后轴振动幅值	63um

由以上数据可知，使用变频器可有效减少设备振动，从而降低噪音，减少设备维护费用。

6.4 变频器的其他优点

- (1) 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起动。
- (2) 矢量控制技术和载波移相控制技术：采用高速 DSP 作为中央处理器，运算速度更快，让控制更精准。
- (3) 旋转中再启动功能：运行过程中高压瞬时掉电三十秒钟内恢复，高压变频器不停机，高压恢复后变频自动运行到掉电前的频率。
- (4) 运行过程中外部频率给定信号出现故障（短路或开路），整机维持故障前的运行频率不变，给出报警信号。
- (5) 参数自整定功能：无须手动设置，自识别电机参数，适配于普通异步电机。
- (6) 整机旁路功能：在变频器整机出现故障时，变频器能提供工频旁路，让系统继续运行。

7. 结束语

高炉鼓风机经过变频改造后，不仅达到了良好的节能效果，并且使整套高炉系统的稳定性提高了一个台阶。这是国内为数不多的超大功率高压变频器在高炉风机上的应用，改造是极为成功的，也说明了国产高压变频器已经拥有了生产超大功率高压变频器的技术。
随着国家对节能减排工作的越来越重视，企业通过各种措施降低生产成本，其中变频技术起到了关键作用，取得了明显的经济效益和社会效益，适应了国家建设资源节约型社会的潮流。

◎ 高压变频器在济钢烧结厂除尘风机中的应用

济南钢铁股份有限公司烧结厂 管襄华

摘 要：本文介绍了国产高压变频器在济钢烧结厂除尘风机中的应用情况。变频器现场运行情况表明，冶金行业采用国产高压变频器对配料除尘风机进行调速节能，改造是成功的，节能效果是明显的。

关键词：高压变频器 节能

1. 引言

随着市场经济的不断加剧，节能降耗成为企业提高产品市场占有率、竞争力的有效手段之一。而高压大功率变频调速技术的日益成熟，使得该项技术广泛应用于冶金、石油、化工、电力、水泥、给排水、制药、造纸、污水处理等各个行业。济钢烧结厂正是在这种形势下，对配料除尘系统进行高压变频技术研究改造，经多方考察比较，最终选用山东新风光电子科技发展有限公司生产的高压变频调速系统，对配料除尘风机进行调速节能改造。

2. 设备概况

济钢烧结厂配料除尘风机电机为沈阳电机股份有限公司生产的 200KW 高压异步电机，机组的主要参数如下：

除尘风机参数

型号	风量	风压
Y4-73	145000m³/h	4000Pa

电机参数

电机型号	额定功率	额定电压	额定电流	额定转速
YKK3554-6	200KW	6000V	24A	985rpm

3. 高压变频调速系统

改造采用山东新风光电子科技发展有限公司生产的风光牌 JD-BP37-240F 功率单元串联多电平高压大功率变频器，以下是对风光牌 JD-BP37-240F 高压变频器的一些介绍。

3.1 风光牌 JD-BP37-240F 高压变频器主要性能指标

变频器功率	额定输出电流	输入频率	额定输入电压	允许电压波动	输入功率因数	输出频率范围
240KW	32A	50HZ±5HZ	6KV	±20%	≥ 0.98	0 ~ 50HZ

输出电压范围	频率分辨率	加速时间	减速时间	变频器效率	过载能力	防护等级
0 ~ 6KV	0.01HZ	可由用户生产工艺设定	可由用户生产工艺设定	≥ 96%	100% 连续 160% 连续 1min 220% 允许 1.5S	IP20

3.2 JD-BP37-240F 高压变频调速器主要技术性能

- ☆ 高——高电压源型变频器，直接 6KV 输入，直接 6KV 输出，无须任何输出变压器或滤波器，适配于普通高压电动机，对电机、电缆绝缘无损害。
- ☆ 输入功率因数高，电流谐波小，无须功率因数补偿、谐波抑制装置。
- ☆ 单元电路模块化设计，维护简单，互换性好。
- ☆ 输出阶梯正弦 PWM 波形。
- ☆ 高压主回路与控制器之间为光纤连接，强弱电隔离，安全可靠。
- ☆ 完善的故障检测，精确的故障保护及准确的定位显示和报警。
- ☆ 内置 PLC，易于改变控制逻辑关系，可灵活选择现场控制 / 远程控制，适应现场多变需求。
- ☆ 采用载波移相控制技术，大大抑制了输出电压的谐波成分，保证输出波形是完美正弦波。
- ☆ 控制电源与高压电相互独立，无高压可以检测变频器输出，便于现场调试以及培训操作人员，便于维护。
- ☆ 采用准优化 SPWM 调制技术，电压利用率高。
- ☆ 功率单元经 24 小时高温老化、150% 负载试验，可靠性高。
- ☆ 中文 Windows 操作界面，彩色液晶触摸屏操作。用户操作监控系统界面十分友好和完善，系统包括上位机（商用 PC 机）、下位机（工控机）、单片机。其中单片机给用户提供一个 4 位 LED 数码显示屏和一个 12 键的小键盘操作平台，可对变频器进行全部操作，包括参数设置和各种运行指令。工控机用触摸屏和通用键盘给用户提供操作平台，其功能更齐全，包括参数设定、功能设定、运行操作、运行数据打印、故障查询等等。上位机（商用 PC 机）放在总控室，可对多台变频器进行遥测、遥控。若只有一台变频器，上位机可省，或让客户自定。
- ☆ 可接收和输出多路工业标准信号。
- ☆ 可打印输出运行报表。

3.3 高压变频调速系统

风光牌 JD-BP37-240F 高压变频调速系统采用直接“高-高”变换方式，属电压源型，采用功率单元多电平串联方式，以新型西门子 IGBT 为主控器件，全数字化控制，彩色液晶触摸屏控制，以高可靠性、易操作、高性能为设计目标的优质变频调速器。它对电网谐波污染小，输入电流谐波畸变小于 1%，直接满足 IEEE519-1992 的谐波抑制标准，输入功率因数高，不必采用输入谐波滤波器和功率因数补偿装置；输出波形质量好，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，不必加输出滤波器，就可以使用普通的异步电机。

风光高压变频器，采用若干个低压逆变器功率单元串联的方式实现直接高压输出，所用的 6kv 高压变频器，变压器有 18 组付边绕组，分为 6 个功率单元 / 相，三相共 18 个单元，采用 36 脉冲整流，输入端的谐波成分远低于国标规定，高压变频器系统结构如图 1 所示，单元电路的主电路如图 2 所示，旁路支路采用可控硅模块。

■ 在冶金行业的应用

行业经典案例 CLASSICAL CASE

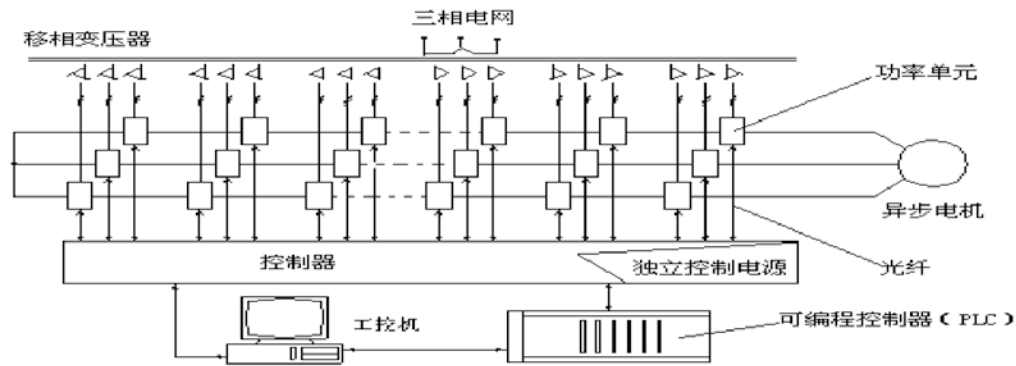


图 1 高压变频器系统结构图

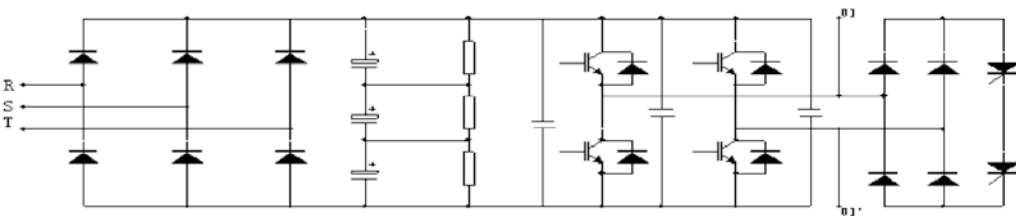


图 2 单元电路主电路

3.4 系统功能

(1) 单元旁路功能

当某个功率模块发生故障时自动旁路运行，变频装置不停机，但需降额使用，即在每个功率单元输出端之间并联旁路电路，当功率单元故障时，封锁对应功率单元 IGBT 的触发信号，然后让旁路 SCR 导通，保证电机电流通过，仍形成通路。为保证三相输出电压对称，在旁路故障功率单元的同时，另外两相对应的两个功率单元也同时旁路。

(2) 保护功能

- 变频装置有过电压、欠电压、过电流、缺相、变频器过载、变频器过热、电机过载等保护功能。
- 1、过流保护。电机电流的 160%，允许 1min，超过则立即保护。
 - 2、过载保护。电机电流的 120%，每 10min 允许 1min（反时限特性），超过则保护。
 - 3、单元过压保护。检测每个单元的直流母线电压，如果超过设定的数值，则变频器进行过压保护。
 - 4、单元欠压保护。检测每个单元的直流母线电压，如果低于设定的数值，则变频器进行欠压保护。
 - 5、变频器过热保护。输入侧整流变压器和功率单元放置温度检测元件，一旦超过温度极限阈值，则变频器进行过热保护。
 - 6、缺相保护。缺相分输入侧缺相和输出侧缺相两种。有相应检测回路，缺相后则进行相应保护。

3.5 常见问题的处理

风光牌 JD-BP37-240F 高压变频器具有高度的智能化水平和完善的故障检测电路，并能对所有故障提供精确的定位，在工控机界面上作出明确的指示。用户可以根据工控机显示的故障信息，分别采取相应的处理措施。

为保证设备的可靠性，使设备最大程度不间断运行。系统发生下列故障时，按照一般故障处理：变压器轻度过热，柜门连锁故障，单元柜风机故障，工控机故障。对于一般故障的发生，系统不作记忆处理。系统运行时如果发生这类故障，变频器并不停机保护，只是发出报警信息。在停机状态下，如果存在这类故障，用户还能进行启动等操作。

系统发生下列故障时，按照重故障处理。单元重故障，变压器严重过热，以上重故障发生后，系统作记忆处理。故障一旦发生，系统报警并自动跳闸停机。只有故障彻底排除后，才能重新开机。

4. 系统改造方案

济钢烧结厂配料除尘风机电机的改造方案主回路如下图 3 所示：

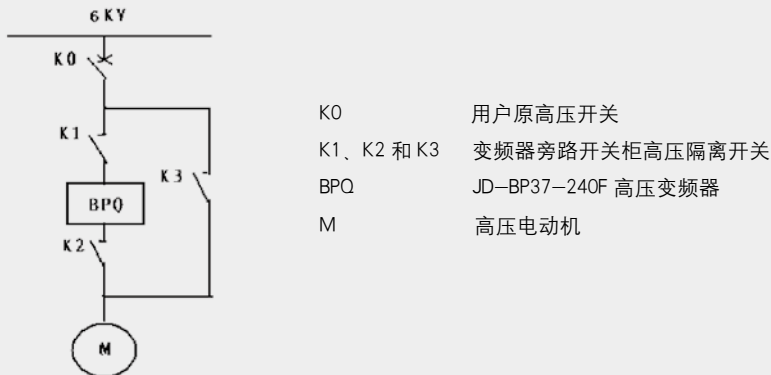


图 3 控制方案接线图

变频器控制配料除尘风机为一拖一控制，旁路开关柜用于工 / 变频切换。K1、K2 和 K3 为三个高压隔离开关，要求 K2 和 K3 不能同时闭合，在机械上实现互锁。K3 断开，K1 和 K2 闭合，风机变频运行；K1 和 K2 断开，K3 闭合，风机工频运行。

5. 项目实施情况

- 2005 年 5 月 6 日，济钢与山东新风光电子科技发展有限公司正式签定变频器的供货合同和技术协议。
- 2005 年 6 月 3 日，变频器运抵烧结厂库房。
- 2005 年 8 月 21 日至 25 日，变频器本体安装。
- 2005 年 8 月 26 日，变频器空载调试。
- 2005 年 8 月 27 日至 28 日，变频器带载运行调试。
- 2005 年 8 月 29 日至 9 月 3 日，变频器试运行。
- 2005 年 9 月 9 日，变频器正式交接，我公司出据验收报告。

6. 现场运行情况

与原系统比较，引进山东新风光电子科技发展有限公司生产的高压变频器有以下优点：

(1) 运行稳定，安全可靠。变频器自正式投运以来，连续无故障运行，只需定期对变频器除尘处理，不用停机，保证了生产的连续性。

(2) 可根据生产现场的实际粉尘浓度，通过变频器调节风机转速，达到除尘又节能的目的。

(3) 减少了维护费用。由于对电机实现真正的软启动，软停止，所以对电机、风机、挡板等各种设备以及电网的启动冲击大大减少，减少了设备的维护，延长了设备的使用寿命，大大降低了维护成本。

(4) 减轻了值班人员的劳动强度。原配料除尘系统有多个可操作阀门，在工频运行时，为了调节风量和满足工艺要求，需经常调节阀门，现场值班人员的操作繁琐；变频改造后，所有阀门始终处于打开位置，需要调节风量时，只需在值班室调节变频器远控箱的运行频率即可，大大减少了现场人员的工作量，提高了工作效率。

(5) 变频器具有多项保护功能，十分完善。与原来旧系统相比较，变频器具有过流、短路、过压、欠压、缺相、温升保护等多项保护功能，更精确地保护了电机。

(6) 节能效果显著，大大降低了除尘电耗。为了对除尘系统变频改造后的效果进行评价，在系统投入正常运行后对设备实际使用和节电情况进行了测定和数据分析。变频改造前后工况相同，随机抽取一个正常工作日，将系统切换工频运行采用阀门调节风量，网侧计量耗电量，然后将系统切换变频运行，计量耗电量，具体数据如下表：

参数 状态	累计时间 (h)	累计电量 (kw·h)
工频	24	4400
变频	24	2024

通过上表可以得出以下结论：除尘系统在变频改造后较改造前，一天除尘电耗降低了 2376 KW·h，节电率高达 46%，节能效果显著。

7. 结束语

总之，山东新风光电子科技发展有限公司生产的 JD-BP37-240F 高压变频器在我公司烧结厂配料除尘风机上的改造是成功的，它不仅满足了配料除尘系统生产工艺的要求，节能效果显著，而且性能稳定，运行可靠。在能源越来越紧张的今天，相信风光高压变频器，在更多的行业，会有更好的表现。

◎ 高压变频器在沙钢集团宏发炼铁厂除尘风机上的应用

山东新风光电子科技发展有限公司 张文勇 徐益龙 郭培彬

沙钢集团宏发炼铁厂 周和平

摘 要：本文介绍了风光牌高压变频器在沙钢集团钢铁厂除尘风机上的应用情况。应用结果表明，采用国产高压变频器对钢厂的除尘风机设备进行调速节能改造，具有较高的经济效益和社会效益。

关键词：高压变频器 除尘风机 应用

1. 引言

沙钢集团是目前国内最大的电炉钢和优特钢生产基地、江苏省重点企业集团、国家特大型工业企业，全国最大的民营钢铁企业。现拥有总资产 1000 多亿元，职工 26700 余名，主要工艺装备均达国际先进水平，形成了年产铁 2230 万吨、钢 2720 万吨、材 2390 万吨，其中不锈钢板 100 万吨的生产能力。



图 1 沙钢集团厂区

为了降低对周边环境的污染，沙钢瞄准国际国内先进水平，大力推进技术创新，先后淘汰了两座 5 吨小电炉和 6 条小轧钢生产线，同时，引进先进环保治理工艺技术和装备，加大环保技改投入。近几年来，共投资两亿多元用于增添和更新改造各类环保设施。在电炉炼钢方面，采用布袋低压脉冲除尘技术、喷雾除尘技术、变频调速控制除尘风机技术。

该炼钢厂原有 15t 氧气顶吹转炉 4 座，转炉吹炼过程中，炉口会排出大量棕红色的烟气，烟气温度高，含有易燃气体和金属颗粒，按照我国 1996 年颁布的《大气污染物综合排放标准》(GB16297 — 1996)，对烟气必须冷却、净化，由引风机将其排至烟囱放散或输送到煤气回收系统中备用。因此，每座转炉需配有一套除尘系统，除尘系统采用二级文氏管烟尘净化方式，风机型号 AI850，电机功率 1800KW/10KV。由于转炉周期性间断吹氧，为

■ 在冶金行业的应用

行业经典案例 CLASSICAL CASE

满足节能和环保要求，要求风机在整个炼钢工作周期内变速运行，吹氧时高速运行，不吹氧时低速运行。2002年，炼钢厂对其中 2# 和 3# 转炉进行扩容改造，将风机移至地面，采用液力偶合器调速，高速 2700r/min(设计 2900r/min)，低速 1200r/min。经过一段时间的运行，发现液力偶合器技术存在着局限性，主要表现在：

- 1) 电动机的效率低，损耗大，尤其低速运行时，效率极低；
- 2) 调节精度低、线性度差，响应慢；
- 3) 启动电流仍比较大，影响电网稳定；
- 4) 液力偶合器故障时，无法切换至工频旁路运行，必须停机检修；
- 5) 漏油严重，对环境污染大，地面被油污蚀严重。

鉴于液力偶合器存在上述众多问题，因此在 2008 年 9 月，炼钢厂对 2# 和 3# 转炉风机进行改造，改用高压变频器为转炉风机进行调速。

2. 高压变频器技术要求及改造方案

除尘风机是除尘净化系统的动力中枢，一旦除尘风机不能正常运行，不但影响生产，造成巨大的经济损失，还有可能威胁到现场生产人员的人身安全；另外，调速系统工作的环境比较恶劣；同时转炉又周期性间断吹氧；所以，和除尘风机配套的高压调速系统，要求具有极高的可靠性。基于以上工作特点，对变频调速系统的主要要求如下：

- 1) 要求变频器要有高可靠性，长期运行无故障。
- 2) 要求变频器有旁路功能，一旦出现故障，可使电机切换到工频运行。
- 3) 调速范围要大，效率要高。
- 4) 有共振点跳转设置，能使电机避开共振点运行，让风机不喘震。

经过多方调研、比较，最后决定采用山东新风光电子科技发展有限公司生产的 JD—BP38—1800F 型高压变频器，通过双方技术人员的合作，共同制定了 2# 和 3# 转炉除尘风机的变频改造方案，改造方案如下：

2.1 设备配置

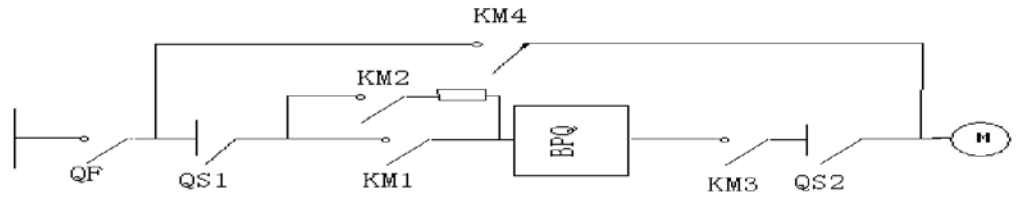


图 2 一次主回路图

- QF：变频器输入侧的高压开关柜
- KM1、KM2、KM3、KM4：高压变频器内置真空接触器
- QS1、QS2：高压变频器内高压隔离开关
- M：1800KW/10KV 三相异步电动机

变频器配备了自动旁路柜，通过 KM3、KM4 的控制，可自动（或手动）在变频状态和工频状态之间切换。变频状态下，KM3 闭合，KM4 断开，变频器控制电机；工频状态下，KM3 断开，KM4 闭合，在切换至工频带动电

机。变频器可以在重故障时自动切换工频运行，这样既保证了变频器正常运行，又避免了直接启动电机大电流对电网的冲击，保证风机连续不间断供风。并要求可以远程和本机控制。山东新风光电子科技发展有限公司生产的高压变频器调速有五种方式：就地旋钮、触摸屏、远程、上位机及多段速调节，方便用户选择。该钢铁厂采用多段速方式调节。远程控制时，自动检测转炉位置，使变频器在倒铁水时高速运行，其他时间低速运行。

2.2 电机、风机参数及变频器技术指标

1) 电机参数

型号	额定功率	额定电压	额定电流	额定功率因数
Y4004—2	1800KW	10KV	128A	0.81

2) 风机参数

型号	进气容积流量	进气温度	主轴转数	额定功率因数
AI850	850m³/min	35℃	2975r/min	0.79

3)JD—BP38 系列变频器技术指标

输入电压：三相交流有效值 10KV±10％
输入频率：50±5Hz
输出电压：三相正弦波电压 0—10KV
输出频率：0—50Hz
频率分辨率：0.01Hz
加速时间：可按工艺要求设定
减速时间：可按工艺要求设定
频率设定方式：高低两级速度，可在 0—50Hz 范围内调整
故障诊断及检测：自动检测，自动定位
网侧功率因素：0.95(高速时)
过载保护：150％(每 10 分钟允许 1 分钟)、180％立即保护
防护等级：IP21
环境湿度：90％，无凝结

3. JD—BP38 系列高压变频器调速系统

3.1 系统结构

JD—BP38 系列高压变频调速系统的结构见图 3 所示，由移相变压器、功率单元和控制器组成。10KV 系列有 30 个功率单元，每 10 个功率单元串联构成一相，图 3 中给出了系统结构示例。

■ 在冶金行业的应用

行业经典案例 CLASSICAL CASE

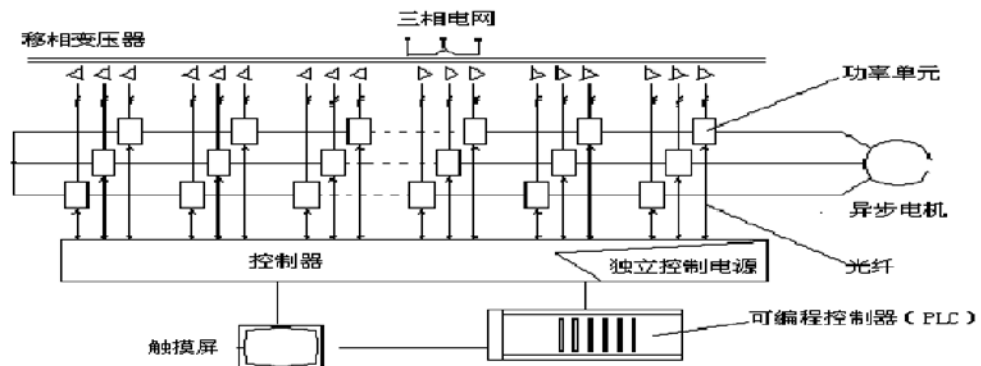


图3 高压变频器系统结构图

3.2 功率单元电路

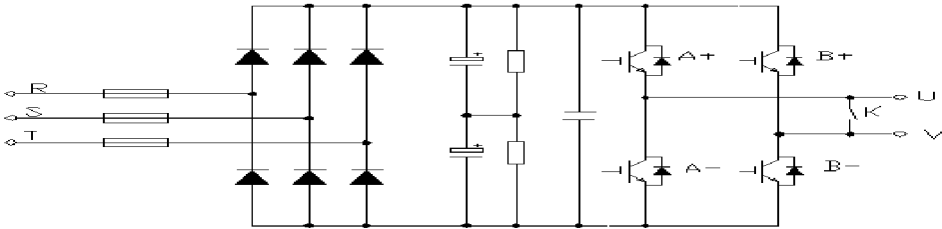


图4 功率单元主电路图

每个功率单元结构上完全一致，可以互换，其主电路结构如图4所示，为基本的交—直—交双向逆变电路，图中通过逆变块 IGBT 反并联的二极管构成三相全桥方式整流，整流后的给滤波电容充电，确定母线电压，通过对 IGBT 逆变桥进行正弦 PWM 控制实现双向逆变。

功率单元输出波形：

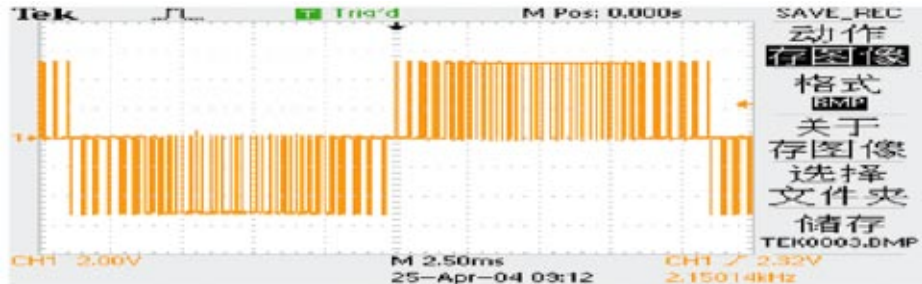


图5 单个功率单元输出波形

3.3 输入侧结构

输入侧由移相变压器给每个单元供电，每个功率单元都承受电机电流、1/10 的相电压、1/30 的输出功率。30 个单元在变压器上都有自己独立的三相输入绕组。功率单元之间及变压器二次绕组之间相互绝缘。二次绕组采用延边三角形接法，目的是实现多重化，降低输入电流的谐波成分。本机中移相变压器的副边绕组分为三组，构成 36 脉冲整流方式；这种多级移相叠加的整流方式可以大大改善网侧的电流波形，使其负载下的网侧功率因数接近 1，输入电流谐波成分低。实测输入电流总谐波成分小于 3%，低于国家标准。

3.4 输出侧结构

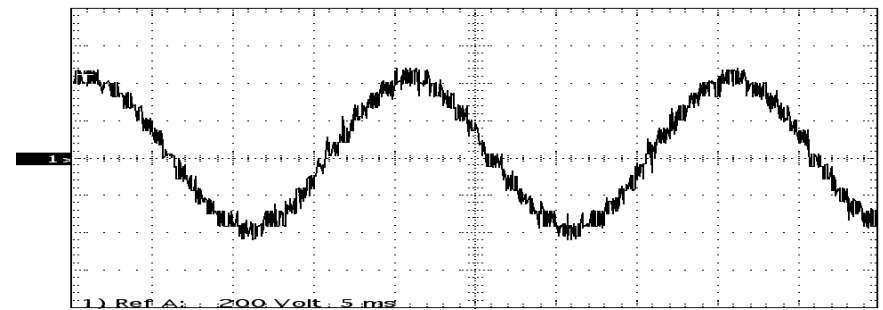


图6 10个单元输出波形叠加图

输出侧由每个单元的 U、V 输出端子相互串接而成星型接法给电机供电，通过对每个单元的 PWM 波形进行重组，可得到如图6所示的阶梯 PWM 波形。这种波形正弦度好，dv/dt 小，可减少对电缆和电机的绝缘损坏，无须输出滤波器就可以使输出电缆长度很长，电机不需要降额使用，可直接用于旧设备的改造；同时，电机的谐波损耗大大减少，消除了由此引起的机械振动，减小了轴承和叶片的机械应力。

3.5 控制器

控制器核心由高速 32 位数字信号处理器 (DSP) 运算来实现，精心设计的算法可以保证电机达到最优的运行性能。人机界面提供友好的全中文 WINDOWS 监控和操作界面，同时可以实现远程监控和网络化控制。内置 PLC 控制器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的协调，可以和用户现场灵活接口，满足用户的特殊需要，增强了系统的灵活性。

数字信号处理器 (DSP) 相对于模拟信号处理有很大的优越性，表现在精度高、灵活性大、可靠性好、易于集成、易于存储等方面。传统的模拟信号处理技术正由全新的数字信号处理技术 (DSP) 所代替。DSP 是面向高速重复性数值运算密集型的实时处理。高性能 DSP 不仅处理速度快，而且可以无间断的完成数据的实时输入与输出。DSP 结构相对单一，普遍采用汇编编程，其处理完成时间的可预测性要比结构和指令复杂、依赖于编译系统的普通微处理器强的多。它可以单周期完成这些乘加并行操作，而普通微处理器需要至少 4 个指令周期，因

■ 在冶金行业的应用

行业经典案例 CLASSICAL CASE

此在相同的指令周期和片内指令缓冲条件下，是普通微处理器运算速度的 4 倍以上。另外，控制器与功率单元之间采用多通道光纤通讯技术，低压部分和高压部分完全可靠隔离，系统具有极高的安全性，同时具有很好的抗电磁干扰性能，并且各个功率单元的控制电源采用一个独立于高压系统的统一控制器，方便调试、维修、现场培训，增强了系统的可靠性。

3.6 控制电源

控制器有一套独立于高压电源的供电体系，在不加高压的情况下，设备各点的波形与加高压情况基本相似，给整机可靠性、调试、培训带来了很大方便。

系统采用三次谐波补偿技术提高了电源电压利用率，利用了调制信号预畸变技术，使电压利用率近似于 1。系统还采用了先进的载波移相技术，它的特点是单元输出的基波相叠加、谐波彼此相抵消。所以串联后的总输出波形失真特别小。

4. 设备运行情况及其他效益

08 年 9 月份，山东新风光电子科技发展有限公司生产的 JD—BP38—1800F 变频器应用于 2# 和 3# 电转炉除尘风机进行了改造。由于我厂的每台高压变频器在出厂前均经过实际风机负载满载的整机出厂检验和调试，在现场的调试又可以在没有高压输入的情况下调试，因此在经过约一周的施工、安装和调试后，上电试验和试运行进行顺利，一次投运成功，高压变频器一直持续稳定运行。高速运行时 45Hz，低速运行时 20Hz。图 7 为变频调速后风机运行曲线图。

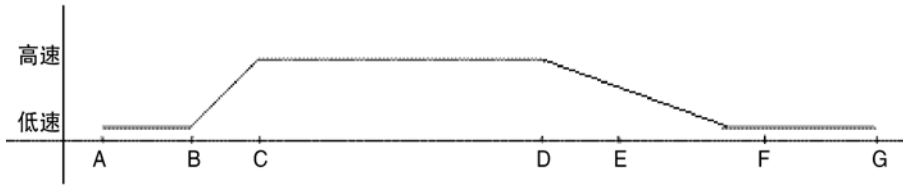


图 7 变频调速后风机运行曲线图

- 运行变频器调速后，主要优越性表现在：
- 1) 运行稳定，安全可靠。原来使用液力偶合器大概 40 天左右就必须更换轴承，每次需停炉半天左右，带来巨大的经济损失。
 - 2) 节能效果显著。
- 下表为生产工况基本相同的条件下，随机抽取一天工频与变频各个方面的数据对比：

工况	入口温度	出口温度	进线电流	进线有功	定子温度	轴平均温	节电率
工频	10—30℃	30—65℃	120A	1347KW	90℃	60℃	37%
变频	10—30℃	30—65℃	75A	849KW	88℃	42℃	

- 与原有的工频驱动方式相比，风机效率稳定在理想的范围内，电动机能耗大大降低，节约电量可达 37%，变频改造后节能效果显著。
- 3) 电动机实现了真正的软启动、软停运，变频器提供给电机的无谐波干扰的正弦波电流，降低了电机的故障次数。同时，变频器设置共振点跳转频率，避免了风机长期在共振点运行，使风机工作平稳，风机轴承磨损减少，延长了电机、风机的使用寿命和维修周期，提高了风机的利用效率。
 - 4) 变频器自身保护功能完善，同原来继电保护比较，保护功能更多，更灵敏，大大加强了对电机的保护。
 - 5) 变频器同现场信号无缝接口，满足生产的需要。变频器内置 PLC，现场信号接入灵活。变频器按照转炉位置自动高速、低速往复运行。
 - 6) 适应电网电压波动能力强。
 - 7) 同液力偶合器比较，在加速期间大大减小了噪声，削弱了噪声污染。由于不用定期拆换轴承，减少了机油对环境的污染，使风机房的现场环境有了极大改善。

5. 结束语

从现场运行情况来看，山东新风光电子科技发展有限公司生产的 JD—BP38—1800F 高压变频器性能优越，运行可靠，有效地降低了生产成本。在国家大力建设资源节约型社会的今天，通过有效的节能改造，具有明显的经济效益和社会效益。

◎ 高压变频器在水泥行业风机中的应用

山东新风光电子科技发展有限公司 陈建行 郭培彬
安徽菲达水泥有限公司 袁勇

摘 要：本文结合水泥行业的生产情况，介绍了山东新风光电子科技发展有限公司生产的高压变频器在安徽菲达水泥有限公司窑头排风机的应用情况。通过改造，实现了排风机的高效运行，达到了节能降耗的目的。

关键词：高压变频器 水泥 窑头排风机

1. 引言

近年来随着煤炭和电力价格的不断上涨，水泥生产的低成本时代已经一去不复返了，而市场竞争却越来越激烈，水泥企业的利润空间也压缩的越来越小，在国家政策《中华人民共和国节约能源法》和强制性标准《GB50443—2007 水泥厂节能设计规范》及时引导下，水泥行业企业节能降耗工作被放到了非常重要的位置。

据有关报道，水泥厂电动机电耗占成本近 30%，而拖动风机用的高压电动机在电机中占有很大的比重，在水泥的生产中，风机大马拉小车现象严重，同时由于工况、产量的变化，系统所需求的风量也随之变化，大部分风机采用传统做法，即调节进、出风口阀门的开来实现，风机效率低，损耗严重。因此，在水泥厂风机采用调速技术，节约大量能源，提高生产效率，为水泥厂带来较大的效益。

风机电动机特别利用调速技术改变设备的运行速度，以调节风量的大小，可以既满足生产要求，又达到节约电能，同时减少管道的磨损及经常停机检修所造成的经济损失。



图 1 用户厂区

2. 工矿简介

安徽菲达水泥有限公司由浙江天基实业有限公司（浙江能源集团子公司）、菲达集团有限公司（国家环保骨干企业、上市公司）、浙江天洁水泥有限公司（浙江省诸暨市大型民营企业）和浙江华阳科技有限公司共同出资组建而成的规范化公司，2007 年底被南方水泥有限公司资产重组。

公司地处安徽省广德县新杭镇，是苏浙皖三省八县（市）交界处，东临杭嘉湖、北倚苏锡常，交通便捷，运输发达。公司拥有二条日产 2500 吨新型干法水泥熟料生产线，总投资超过 4 亿元，两条熟料生产线年生产能力 155 万吨，产品主要销往浙江、江苏、上海等地。

水泥厂 1#、2# 窑头排风机采用异步电动机拖动，原来的电机运行方式为全速运行，风量调节采用挡板控制开度，电能白白消耗在挡板上，风机效率低下，针对这种状况，水泥厂领导下决心对窑头排风机进行调速改造。

3. 窑头排风机调速方案选择

目前，大功率异步电动机调速方式，主要采用以下几种方式：

(1) 液力耦合器方式。即在电机和负载之间串入一个液力耦合装置，通过液面的高低调节电机和负载之间耦合力的大小，实现负载的速度调节，调速范围有限，高速丢转约 5%—10%，低速转差损耗大，精度低、线性度差、响应慢。这种调速方法实质上是转差功率消耗型的做法，其主要缺点是随着转速下降效率越来越低、维护工作量大，属低效调速方式。

(2) 串级调速。串级调速必须采用绕线式异步电动机，将转子绕组的一部分能量通过整流、逆变再送回到电网，而现在工业现场几乎都采用鼠笼式异步电动机，更换电机非常麻烦。这种调速方式的调速范围一般在 70%—95% 左右，调速范围窄。容易造成对电网的谐波污染，功率因数低；串级调速电机受转子滑环的影响，维护工作量大，属于落后技术。

(3) 变频调速技术是 20 世纪年代末兴起的一种新型电力传动调速技术，它以转矩大、精度高、功能强、可靠性高，操作方便，便于通讯等功能优于以往的传统调速方式（如变极调速、调压调速等）。变频调速运行，是根据负载转速的变化要求，改变供电电流的频率，并配合电压的调节，以获得合理的点击运行工况。在不同的转速情况下，均保持较高的运行效率。变频控制技术的应用，不仅降低了电能消耗，同时能改善启动性能，保护电动机及负载设备免受瞬时启动冲击，延长其工作寿命，还提高电动机及负载设备的工作精确度。

通过对以上高压电机调速方式比较，水泥厂领导决定采用高压变频器对 1#、2# 窑头排风机进行改造。

经过多方比较性价比，通过招标方式，选用了中国名牌产品—山东新风光电子科技发展有限公司生产的 JD—BP37—280F 型高压变频器，一拖一控制，共计 2 台高压变频器。改造取得了成功。现对改造作一介绍。

4. 现场窑头排风机及电机参数

4.1 电机参数

负载名称	1# 窑头排风机	所带负载类型	离心风机	
电机	型号	YKK500—10	额定电压 (V)	10000
	额定电流 (A)	23.0	额定功率 (KW)	280
	额定频率 (Hz)	50	功率因数	0.74
	额定转速 (rpm)	594	绝缘等级	F
	生产厂商	南阳防爆集团有限公司		

在水泥行业的应用

行业经典案例 CLASSICAL CASE

4.2 风机参数

1# 排风机	型号	Y4-73N0.260	额定风压 (Pa)	1450
	额定风量 (m³/h)	420000	额定转速 (rpm)	594
	额定功率 (KW)	260	气体温度 (°C)	230
	生产厂商	浙江义乌星耀风机厂		



图 2 用户现场设备图

5. 山东新风光电子 JD-BP37 系列突出特点

- (1) 采用高速 DSP 作为中央处理器，运算速度更快，让控制更精准。
- (2) 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。
- (3) 完整的工频 / 变频自动互切技术：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，时间较长，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。我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。
- (4) 旋转中再启动功能：运行过程中高压瞬时掉电三十秒钟内恢复，高压变频器不停机，高压恢复后变频自动运行到掉电前的频率。
- (5) 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。
- (6) 单元直流电压检测：实时显示检测系统直流电压，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，并保证运行维护人员实现对功率单元运行状况的全面把握。
- (7) 单元内电解电容因采取了公司专利技术，可以将其使用寿命提高一倍。
- (8) 通过控制器可实现对各单元直流滤波电容寿命的检测，实现在年检中对单元电解电容器进行检测，根据出厂时电解电容器的特性的比较与趋势，可得出对电解电容器寿命的猜测，提前预知电解电容器是否可继续运行，避免因电容器运行出现非预期的系统故障，并实现运行维护人员对功率单元设备状况的及时把握。
- (9) 散热结构设计合理，单元串联多重化并联结构，IGBT 承受电压较低，可以有较宽的过压范围（≥1.15Ue），设备可靠性更高。
- (10) 具有双路控制电，一路为干式变压器变压以后的电源，一路为外部控制电源，这样在调试过程中，无需加入高压主电，就可以检测输出波形的正常与否。对于在现场安装调试以及人员培训很方便，大大提高了安全性。
- (11) 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。我公司的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。
- (12) 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。
- (13) 故障自复位功能：当变频器由于负载突变造成单元或是整机过电流保护，自动复位，继续运行。

6. 项目实施改造方案

根据现场的实际情况，旁路柜采用了一拖一手动方案。此结构是手动旁路的典型方案手动旁路柜。如下图 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，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。

故障分闸：将变频器“高压分断”信号与旁路柜“变频投入”信号串联后，并联于高压开关分闸回路。在变频投入状态下，当变频器出现故障时，分断变频器高压输入；旁路投入状态下，变频器故障分闸无效。

保护：保持原有对电机的保护及其整定值不变。

风光高压变频器调试非常方便，在确认现场接线正确无误后，用变频器人机界面设定基本参数后，即可完成设置。人机界面采用全中文界面，方便国人使用习惯。下图为高压变频器在现场使用照片。

改造注意事项：由于现场灰尘太多，而变频器为强迫风冷，为避免灰尘对变频器造成影响，在房间通风设计上，采用大面积专用进风窗，房间不设其他窗户，基本上是密闭设计，通风窗采用专用过滤网，最大限度地减少进入变频器室内的灰尘，过滤网定期除尘，保证变频器长期安全运行。

水泥行业连续生产的性质决定了用于水泥厂用的高压变频器需要有很高的可靠性，保证安全生产。水泥厂一般地处偏远，供电质

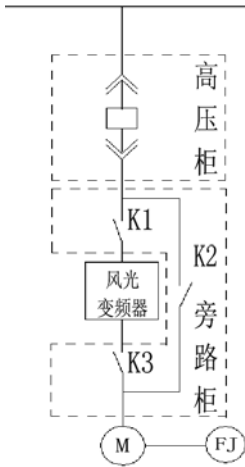


图 3 手动旁路柜一次回路图

在水泥行业的应用

行业经典案例 CLASSICAL CASE

量相对不高，对设备的电网适应性问题突出。相对适应进口品牌高压变频器，风光牌高压变频器拓扑结构采用功率单元串联技术方案，产品具有对电网电压的适应范围宽（ $-65\% \sim 115\%U_n$ ），单元故障自动旁路、工频旁路、瞬时停电再启动功能、相间短路等多项完善的保护功能技术，提高了抗电网波动和负载扰动能力，大大提高应用的可靠性。



图 4 高压变频器现场照片



图 5 人机界面运行时监控界面

改造注意事项：由于现场灰尘太多，而变频器为强迫风冷，为避免灰尘对变频器造成影响，在房间通风设计上，采用大面积专用进风窗，房间不设其他窗户，基本上是密闭设计，通风窗采用专用过滤网，最大限度地减少进入变频器室内的灰尘，过滤网定期除尘，保证变频器长期安全运行。

水泥行业连续生产的性质决定了用于水泥厂用的高压变频器需要有很高的可靠性，保证安全生产。水泥厂一般地处偏远，供电质量相对不高，对设备的电网适应性问题突出。相对适应进口品牌高压变频器，风光牌高压变频器拓扑结构采用功率单元串联技术方案，产品具有对电网电压的适应范围宽（ $-65\% \sim 115\%U_n$ ），单元故障自动旁路、工频旁路、瞬时停电再启动功能、相间短路等多项完善的保护功能技术，提高了抗电网波动和负载扰动能力，大大提高应用的可靠性。

7. 改造效果

(1) 节能效果明显。

改造前，风机挡板开度为 50% 左右，安装高压变频器后，风机挡板开度为 100%，改造前，运行电流一般为 18A 左右，平均每小时耗电 230.7KW·h，变频器改造后，变频器运行频率一般为 34.7Hz，运行电流下降到 6A 左右，平均每小时耗电 93.5KW·h，每小时省电 137.2KW·h，年按 7000 小时计算，年节省电量 960400KW·h。

(2) 安装简单，即将原高压开关柜与电动机之间插入安装变频器，对原有接线改动不大。

(3) 提高了窑头排风机系统运行效率，实现了风机系统的最佳工况运行。

(4) 减少了维护工作量和维护费用，延长了设备的使用寿命。

原窑头排风机在运行过程中，风机和电机始终满负荷运行，维护工作量大，检修费用高。采用变频技术调速后，设备随生产工艺变负荷运行，大大降低了设备负荷率，延长了风机、电机等设备的使用寿命。

(5) 变频器具有多项保护功能，十分完善。

与原来旧系统相比较，变频器具有过流、短路、过压、欠压、缺相、温升保护等多项保护功能，更精确地保护了电机。

(6) 调速范围宽，调速精度高。

与过去挡板调节风量相比较，采用变频拖动风机可以在 2 ~ 50Hz 范围内任意调节，调节精度高，调节频率波动可保持在 0.1 ~ 0.01Hz 范围内，便于实现风机系统自动化控制。

8. 结束语

总之，山东新风光电子科技有限公司生产的 JD-BP37-280F 高压大功率变频器在安徽菲达水泥有限公司窑头排风机上的改造是成功的，它不仅满足了风机系统生产工艺的要求，节能效果显著，而且性能稳定，运行可靠。鉴于风光牌 JD-BP37 型高压大功率变频器的出色表现，同时改造的 2# 窑头排风机系统，该公司也采用我公司生产的高压大功率变频器。

© 5000t/d 生产线窑尾高温风机变频改造

山东新风光电子科技发展有限公司 王磊 张以安 郭培彬
淄博鲁中水泥有限公司 王健

摘要：本文主要介绍了高压变频器在淄博鲁中水泥有限公司窑尾高温风机上应用情况，并对节能效果进行了分析。

关键词：高压变频器 高温风机 效率

1. 引言

在国务院提出加快建设节约型社会的政策环境下，提高水泥行业的节约型制造和应用水平，建立节约型水泥工业体系意义重大。在当前国内外能源供需矛盾突出的情况下，水泥生产企业必须通过各种途径降低能耗，以获得最佳的经济效益和最高的劳动生产率。水泥生产企业是国民经济生产中的能源消耗大户，水泥行业已被列为国家节约资源的重点领域之一。

在水泥的生产中，电动机负载电耗就占成本近 30%，而拖动风机用的高压电动机在电机中占有很大的比重，对于一条水泥生产线其中有 25%~30% 的电能是用于拖动各种类型风机上，因此做好风机电动机的降耗增效工作就显得极为重要。如果利用变频调速技术改变设备的运行速度，以调节风量的大小，可以既满足生产要求，又达到节约电能，同时减少因调节挡板而造成挡板和管道的磨损及经常停机检修所造成的经济损失。

随着电力电子技术及电子技术的发展，变频技术日趋成熟，国际上对于风机的风量、风压调节已普遍摒弃靠调整配套的风门开度的手段，改而采用变速的电气传动调节，变频调速已成为风机、泵类节能降耗的最佳、首选的电气传动方案。高压变频器成为国家水泥节能设计规范标准要求及设备。我国在 2007 年 10 月 25 日颁布、2008 年 5 月 1 日起执行的强制性标准《GB50443—2007 水泥厂节能设计规范》中的第 4.3.5 条规定：“窑尾高温风机应采用变频调速装置”。

2. 现场工艺情况及调速方式选择

淄博鲁中水泥有限公司目前已初步形成集水泥制造、热力发电和氟化盐生产为一体的循环型经济实体，连续三年荣膺“淄博市百强工业企业”，并跨入中国水泥五十强。图 1 为厂区场景。

淄博鲁中水泥有限公司新上 5000t/d 新型干法水泥生产线，旋窑内燃烧产生的余热废气，在窑尾高温风机的作用下，通过预热器对进入窑尾前的生料进行预热均化，降温后的余热废气再通过高温风机抽出进入废气处理（除尘及排出）。均化好的生料预热后在回转窑内煅烧成熟料，回转窑内需要合适的气压及温度，才能使煤粉有一定的悬浮时间进行充分燃烧，生料才能在窑内达到很好的热处理。窑内因物料的堆积变化很大，所以瞬时气压变化频繁。窑尾高温风机一方面用来调整窑内气压，另一方面回转窑内煅烧后的高温熟料出来有废气，废气带灰，通过窑尾高温风机引出由电收尘器将灰尘进行处理，再将废气排掉。由于其工艺上的要求控制窑尾预热器的压力，通过 DCS 的控制来对高温风机的风量进行调节，高温风机的电机以前一般采用液力耦合器、绕线式电机转子串水阻等方式进行调速，水泥厂领导经过慎重考察，比较液力耦合器调速与高压变频调速两种高压电机调速方式，认为：

(1) 高压变频器调速范围为 0—100%，而液力耦合器的调速范围一般为 40—95%，即高速段造成的 5% 的速度损失，液力耦合器最低一般只能到额定速度的 40%。



图 1 厂区场景

(2) 高压变频器在整个调速范围内都具有较高的效率（大于 96%），而液力耦合器在调速越低时效率越低，本身带来不小的损耗，调速的节能效果大打折扣。

(3) 高压变频器对电机及负载机械实现真正的软启动，如果工艺需要，电机可以在短时间内多次重复启动，液力耦合器不能解决电机启动问题，电机仍然为直接启动，需要启动装置，启动冲击也大，并且不能频繁启动。

(4) 高压变频器是高科技产品，可靠性高，基本免维护，万一变频器故障，电机还可以直接挂电网工频运行，不会造成生产损失，而液力耦合器本身包含油路，水路等多套系统，故障率高，液力耦合器一旦故障，负载机械将无法运行，只能停机维修。维修工作量大，造成有效工作时间的缩短。

(5) 高压变频器不会因为电机速度的高低而增加成本，而低速大容量的电机用液力耦合器调速，成本将大大增加，有些时候甚至无法实现。

(6) 用变频调速取代液力耦合器初始投资大一些，投资回收期很短，从经济角度考虑是值得的，从节能减排的角度考虑更具有很大的社会效益。

由于变频调速性能优于其他调速技术，安装现场条件又比较灵活。随着高压变频器的价格逐步下降，高压变频器的性价比优势越来越突出，而且水泥行业变频改造已非常普遍。经过招标方式，选取山东新风光电子科技发展有限公司生产的 JD-BP38—2500F 型（2500KW/10KV）高压变频器对窑尾高温风机进行变频拖动控制，改造取得了成功，本文对风光牌 JD-BP38—2500F 型高压变频器在 5000t/d 窑尾高温风机的应用情况进行简要介绍。

3. 现场窑尾高温风机及电机参数

3.1 电机参数

表 1 电机参数			
型号	YPQ800—6	额定电压 (V)	10000
额定电流 (A)	165.9	额定功率 (KW)	2500
额定频率 (Hz)	50	功率因数	0.9
额定转速 (rpm)	995	绝缘等级	F
生产厂商	兰州电机股份有限公司		

在水泥行业的应用

行业经典案例 CLASSICAL CASE

3.2 窑尾高温风机参数

表 2 窑尾高温风机参数			
负载名称	高温风机	所带负载类型	离心风机
型号	XB—2A0315t	额定功率 (KW)	2500
额定风量 (m³/h)	920000	额定转速 (rpm)	995
生产厂商	江苏金通灵风机股份有限公司		

4. 山东新风光电子 JD—BP38 系列产品的突出特点

- (1) 采用高速 DSP 作为中央处理器，运算速度更快，让控制更精准。
- (2) 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起动。
- (3) 完整的工频 / 变频自动互切技术：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，时间较长，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。我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。
- (4) 旋转中再启动功能：运行过程中高压瞬时掉电三十秒钟内恢复，高压变频器不停机，高压恢复后变频自动运行到掉电前的频率。
- (5) 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。
- (6) 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。我公司的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。

5. 高压变频器在水泥行业应用中的主要问题及应对措施

5.1 高温风机的管道“塌料”问题导致电机过流甚至跳停问题

窑尾高温风机是保证水泥生产线窑内负压的重要负载，即使在以往工频运行、采用液力耦合器调速的高温风机，也常见由于管道“塌料”导致高温风机电机过负荷跳闸，导致生产中断。而对于由于变频器装置的电力电子器件的过负荷能力的限制，以上由于塌料造成的高温风机过负荷导致的变频器保护停机现象如无专业技术是不可避免的，将给水泥生产线造成更多的损害。

高温风机由于“塌料”导致的过负荷是由于在旋窑水泥生产线生产过程中的预热器管壁上的粉尘粘附到一定厚度时就会坍塌脱落，造成管道内粉尘浓度增大，阻力增加，负压升高，使排风机负荷增加或如果垂直烟道

或预热器内在清结皮或有物料塌料时，同样也会造成气流波动，使排风管内气流紊乱，造成高温风机过负荷停机，该现象的频繁出现对高温风机电动机造成损坏。在实际使用过程中的“塌料”现象，会不定期的导致电机运行电流在极短的时间内超出正常电流的数倍，如使用目前国内一般厂家的通用型高压变频器，可能导致变频器运行过程中频繁跳机，直接影响高温风机与水泥生产线的正常运行。

新风光公司生产的水泥行业专用变频器采用无速度矢量控制技术，技术人员针对水泥厂高温风机塌料引起的电机过载保护现象，采用矢量控制原理，在塌料发生时，变频器能够根据测量到电压、电流信号的变化，以及事先测得的电机参数，根据内建的电机模型，计算出电机的磁通位置、磁通幅值、输出转矩和电机转速。而后根据该转速与给定转速的偏差，对输出转矩进行控制，使得即使塌料发生时变频器照样运行不过载，有效地避免了其他厂家的通用高压变频器载运行中由于“塌料”所导致的反复跳机，保证了生产的连续运行。

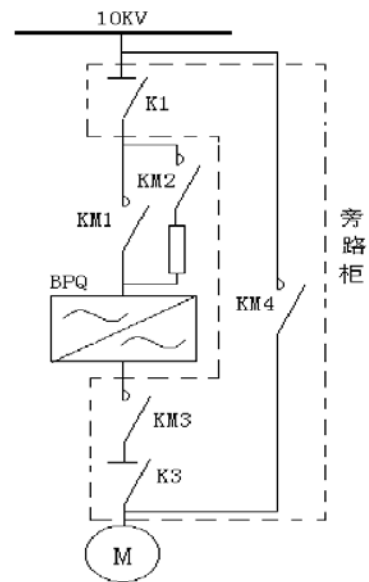
5.2 高温风机变频的电源波动与运行可靠性问题

水泥行业连续生产的性质决定了用于水泥厂用的高压变频器需要有很高的可靠性，保证安全生产。国内的企业往往装备多条生产线，每条生产线均有主要辅机设备组成，每当大容量辅机设备启动时，电源母线电压都有较大的跌落（超过 -15%），会影响到同条母线上的其他设备正常运行，针对这种现象，风光高压变频器在软件上进行了特殊设计，保证了电网电压在 -35%—15% 波动时变频器维持运行，不停机。

5.3 变频器应用的环境与散热问题

由于水泥现场粉尘较大，环境相对恶劣，作为电子与电力电子设备，而且由于产生约 3 ~ 4% 的损耗发热需要散热，而一般采用风冷散热，新风光公司生产的水泥行业专用变频调速系统，系统的器件选型设计裕度大，单元布局独特布局，优化散热器与风道设计，提高单元散热效果，以确保系统运行温升低，环境适应能力强，实践证明可以经受住水泥厂恶劣环境的考验。

6. 项目实施改造方案



根据用户现场的实际情况，旁路柜采用了一拖一工变频自动转换方案。如下图 2 所示。旁路柜中，共有 2 个高压隔离开关和 2 个真空接触器，为了确保不向变频器输出端反送电，KM3 与 KM4 采用电气互锁。当 K1、K3、KM1 和 KM3 闭合，KM4 断开时，电机变频运行；当 KM1、KM3 断开，KM4 闭合时，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。

图 2 自动旁路柜

在水泥行业的应用

行业经典案例 CLASSICAL CASE

旁路柜必须与上级高压断路器 DL 连锁， DL 合闸时，绝对不允许操作变频输出隔离开关，以防止出现拉弧现象，确保操作人员和设备的安全。

用户选配自动旁路柜，并且选择“手动”模式，则具体转换过程如下：

- Step1：执行变频调速系统停机操作。
- Step2：断开交流进线断路器。
- Step3：断开变频调速系统的输入侧刀闸 K1（参阅图 2）。
- Step4：断开变频调速系统的输出侧刀闸 K3。
- Step5：合变频调速系统的旁路开关 KM4。
- Step6：关闭所有的门（控制柜除外）。
- Step7：合交流进线断路器。

用户选择“自动”模式，则变频调速系统根据故障情况自动完成到工频旁路运行的转换。具体转换过程如下：

JD—BP38 系列变频器在变频运行中出现故障后，控制器发出节点信号控制进线真空接触器 KM1 和变频器输出真空接触器 KM3 进行分断，然后控制器向 PLC 发送变频转工频信号，延时一定时间后，旁路开关 KM4 进行合闸。

保护：保持原有对电机的保护及其整定值不变。

风光高压变频器调试非常方便，在确认现场接线正确无误后，用变频器人机界面设定基本参数后，即可完成设置。高压变频器一次安装调试成功，09 年 9 月份投入正常使用，通过近半年的运行观察，改造达到了预期目的。

7. 运行效果

高压变频器控制窑尾高温风机，主要有以下优点：

- (1) 运行稳定，安全可靠。
- 从变频器顺利投运以来，对变频器输入变压器温升、功率单元温升、输出电压、输出电流等各项参数定期巡检，完全正常。变频器运行一直十分稳定，为水泥厂安全可靠生产提供了强有力的保证。对于用户来说，只需定期对变频器除尘，不用停机，保证了水泥生产的连续性。
- (2) 电机及机组运行平稳，各项指标满足工艺要求。
- 在整个运行范围内，电机始终运行平稳，温升正常。风机启动时的噪音和启动电流非常小，无任何异常振动和噪音。
- (3) 变频器的三相输出波形完美，非常接近于标准正弦波。
- 经过现场测试，变频器的三相输出电压波形、电流波形非常标准，说明变频器完全可以控制一般的普通电动机运行，对电机无任何特殊要求。
- (4) 运行工况改善，工人劳动强度降低。
- 随着水泥厂高温风机生产工艺的需要，调节风机的转速，进而调节风机风量，满足生产工艺的需要，工作强度大大降低。独有的飞车启动功能，可以使风机电机在旋转的状态下，自动识别电机转向，跟踪电机转速直接启动，不必使电机停止后再启动，变频启动非常方便。
- (5) 人机界面采用全中文界面，界面显示电压、电流、转速、频率、各种运行状态指示，故障报警指示，操作简便直观，方便国人使用习惯。
- (6) 节能效果明显。
- 为了对窑尾高温风机系统变频改造后的效果进行评价，在系统投入正常运行后对设备实际使用和节电情况

进行了测定和数据分析。工、变频生产工况基本相同，随机抽取一个正常工作日，将系统切换工频运行采用风门调节风量，网侧记录运行数据，然后将系统切换变频运行，记录运行数据，具体数据如下表 3 示：

表 3 工、变频运行数据对比			
工频运行		变频运行	
生产量	310t/h	生产量	312t/h
风门开度	80%	风门开度	100%
平均电网电压	10.1KV	平均电网电压	9.8KV
平均运行电流	159A	平均运行电流	96.8A
转速	995r/min	运行频率	41.1Hz
功率因数	0.90	功率因数	0.99
节电率	35%		

采用工频时所消耗功率：

$P_{\text{工频}}=1.732 \times 10.1 \times 159 \times 0.90=2503.3\text{KW}$

采用变频调速时所消耗功率：

$P_{\text{变频}}=1.732 \times 9.8 \times 96.8 \times 0.99=1627.1\text{KW}$

节电率： $\eta=(P_{\text{工频}}-P_{\text{变频}})/P_{\text{工频}}=(2503.3-1627.1)/2503.3=35\%$ 。

每年按运行 300 天，每天运行 20 小时，每度电按 0.3 元计算，每年可为用户节约电费计算如下： $(2503.3-1627.1) \times 20 \times 300 \times 0.3 \text{ 元}=1577160 \text{ 元}$ 。

8. 结束语

淄博鲁中水泥有限公司通过对窑尾高温风机的变频调速改造，改善了生产工艺，取得了良好的经济效益。在水泥行业应用高压变频器节能降耗，是国家大力提倡节能降耗的技术手段。随着高压变频器技术的进一步成熟，将会有越来越多的水泥厂加入改造之列。

◎ 高压变频器在矿山提升机上的应用

山东新风光电子科技发展有限公司 赵树国 郭培彬

河北邯鄲峰峰矿业集团公司 未士敬

河南焦作华飞公司 刘德胜

摘 要：本文介绍了高压变频器在矿山提升机上的应用情况。对原矿山提升机系统作简要介绍，并对高压提升变频调速系统作了论述，运行效果表明改造是成功的。

关键词：高压变频提升调速系统 矿山提升机 能量回馈

1. 引言

矿山提升机是矿山生产的至关重要的大型设备，对矿井的生产及安全起着非常重要的作用，因此，它的电气传动及控制装置一直是各国传动界的一个重要研究领域。传统大多数矿井提升机采用绕线转子异步电动机转子回路串电阻的交流调速系统，当前投产的大、中型矿井的提升机多数采用磁场换向的晶闸管直流可逆调速系统。而采用全数字变频调速技术的现代交流调速系统代表矿井提升机技术的先进水平。

2. 原矿山提升机调速系统简介

河北邯鄲峰峰矿业集团公司是国家大型企业，全国煤炭百强企业。集团公司新三矿原有一矿井提升机，该提升机绞车采用线绕式异步电动机，用转子串电阻的方法调速。这种系统属于有级调速，低速转矩小，转差功率大，启动电流和换档电流冲击大，中高速运行振动大，制动不安全不可靠，对再生能量处理不力，低速运行到终点时易出现“过卷”现象，故障率高，运行效率低等缺点，矿用生产是 24 小时连续作业，即使短时间的停机维修也会给生产带来很大损失。集团公司领导下决心对该提升机电控系统进行改造，而焦作华飞公司是中国最大的矿用提升机电控生产基地，技术力量雄厚。基于此，选用了华飞公司生产的变频提升机电控系统。我们根据华飞公司和新三矿的要求，研制出了高压提升机专用变频器，填补了国内高压提升机方面的空白。

由于提升类负载对变频器有着不少特殊的要求，所以一般普通变频器不可能直接用到提升机上。提升机对变频器要求有以下主要特点：

- (1) 要求可靠性高
- (2) 要求能实现四象限运行，解决能量回馈
- (3) 要求有完善的数字控制功能
- (4) 技术指标要求高（例如启动转矩 2 倍以上，150% 额定电流以下连续运行，200% 额定电流一分钟保护）
- (5) 要求适应恶劣的使用环境
- (6) 要求标准的数字通信接口
- (7) 运行速度曲线成 S 形，加减速平滑

原矿山提升机绞车电机有关参数：

型号	功率	电流	电压	转速
JR158—8	380KW	47A	6000V	735r/min

3. 新风光电子公司 JD—BP37 型高压提升变频调速器

我们山东新风光电子科技发展有限公司根据与用户的协议，为该提升机绞车配备了我公司生产的 JD—BP37—400T (400KW) 高压提升变频调速器。以下是对 JD—BP37 型高压提升变频调速器的一些介绍。

3.1 JD—BP37 型高压提升变频调速器简介

JD—BP37 型高压提升变频调速器采用最新型 IGBT 为主控器件，全数字化，彩色液晶触摸屏控制，以高可靠性、易操作、高性能为设计目标的优质变频调速器，采用先进的矢量控制变频调速技术完成提升机的四象限运行，用于鼠笼式电机或绕线式转子串电阻电机控制，即可用于新矿井安装，也可用于老矿井改造。

风光高压提升变频器，采用若干个低压逆变器功率单元串联的方式实现直接高压输出，所用的 6kv 高压提升变频器，变压器有 18 组付边绕组，分为 6 个功率单元 / 相，三相共 18 个单元，采用 36 脉冲整流，输入端的谐波成分满足国标规定，高压提升变频器系统结构如图 1 所示。

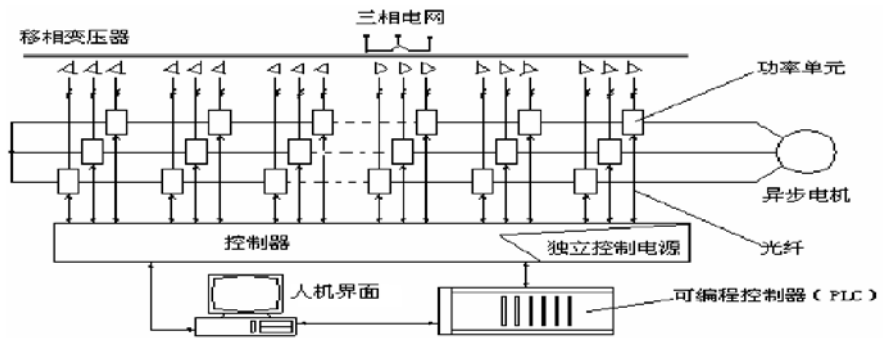


图 1 高压提升变频器系统结构图

JD—BP37 型高压提升变频调速系统由移相变压器、功率单元和控制器组成。

3.2 功率单元电路

每个功率单元结构上完全一致，可以互换，其主电路结构如图 2 示，为基本的交—直—交双向逆变电路，通过整流桥进行三相全桥方式整流，整流后的给滤波电容充电，确定母线电压，通过对逆变块 B 中的 IGBT 逆变桥进行正弦 PWM 控制实现单相逆变。当电机进入发电状态后，逆变块 B 中的二极管完成续流，又起全波整流，使能量能够转移到滤波电容中，结果母线电压升高，达到一定程度后，启动逆变块 A，进行 SPWM 逆变，通过输入电感，返回到移相变压器的次级，通过变压器将能量回馈到电网。

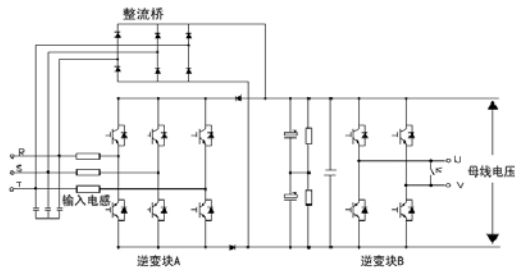


图 2 功率单元电路结构

■ 在矿山行业的应用

行业经典案例 CLASSICAL CASE

3.3 输入侧结构

输入侧由移相变压器给每个单元供电，每个功率单元都承受电机电流、1/6 的相电压、1/18 的输出功率。18 个单元在变压器上都有自己独立的三相输入绕组。功率单元之间及变压器二次绕组之间相互绝缘。二次绕组采用延边三角形接法，目的是实现多重化，降低输入电流的谐波成分。

3.4 输出侧结构

输出侧由每个单元的 U、V 输出端子相互串接而成星型接法给电机供电，通过对每个单元的 PWM 波形进行重组，可得到如图 3 所示的阶梯 PWM 波形。这种波形正弦度好，dv/dt 小，可减少对电缆和电机的绝缘损坏，电机不需要降额使用，可直接用于旧设备的改造；同时，电机的谐波损耗大大减少，消除了由此引起的机械振动，减小了轴承和叶片的机械应力。

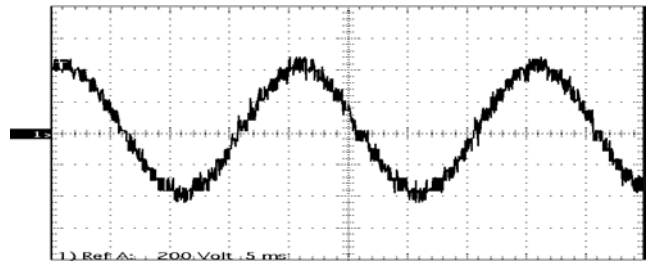


图 3 变频器输出的相电压阶梯 PWM 波形

3.5 控制器

控制器核心由高速 DSP 和工控 PC 机协同运算来实现，精心设计的算法可以保证电机达到最优的运行性能。工控 PC 提供友好的全中文 WINDOWS 监控和操作界面，同时可以实现远程监控和网络化控制。控制器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的协调，增强了系统的灵活性。

4. JD-BP37 型高压提升变频调速器主要技术性能

- 4.1 高——高电压源型变频器，直接 6KV 输入，直接 6KV 输出，无须任何输出变压器或滤波器，适配于普通高压电动机，对电机、电缆绝缘无损害。
- 4.2 输入功率因数高，电流谐波小，无须功率因数补偿、谐波抑制装置。
- 4.3 单元电路模块化设计，维护简单，互换性好。
- 4.4 输出阶梯正弦 PWM 波形。
- 4.5 可提供 2 倍以上的启动转矩。
- 4.6 可提供直流制动、回馈制动等多种制动方式。
- 4.7 可满足电动机的四象限工作要求。
- 4.8 高压主回路与控制器之间为光纤连接，强弱电隔离，安全可靠。
- 4.9 完善的故障检测，精确的故障保护及准确的定位显示和报警。
- 4.10 内置 PLC，易于改变控制逻辑关系，可灵活选择现场控制 / 远程控制，适应现场多变需求。
- 4.11 采用载波移相控制技术，大大抑制了输出电压的谐波成分，保证输出波形是完美正弦波。
- 4.12 控制电源与高压电相互独立，无高压可以检测变频器输出，便于现场调试以及培训操作人员，便于维护。

4.13 采用准优化 SPWM 调制技术，电压利用率高。

4.14 功率单元经 24 小时高温老化、150% 负载试验，可靠性高。

4.15 中文 Windows 操作界面，彩色液晶触摸屏操作。用户操作监控系统界面十分友好和完善，系统包括上位机（商用 PC 机）、下位机（工控机）、单片机。其中单片机给用户提供一个 4 位 LED 数码显示屏和一个 12 键的小键盘操作平台，可对变频器进行全部操作，包括参数设置和各种运行指令。工控机用触摸屏和通用键盘给用户提供操作平台，其功能更齐全，包括参数设定、功能设定、运行操作、运行数据打印、故障查询等等。上位机（商用 PC 机）放在总控室，可对多台变频器进行遥测、遥控。若只有一台变频器，上位机可省，或让客户自定。

4.16 可接收和输出多路工业标准信号。

4.17 可打印输出运行报表。

5. 基本控制要求

5.1 直流制动

本提升机用变频器，直流制动对提升系统的安全运行起到重要作用，当重车在中间停车时，PLC 检测到停机信号后给控制器发出一信号，让提升机由高速平滑地降低到低速，然后由控制器发出直流制动信号，使提升机停止，待 PLC 检测到机械制动起作用的信号后，PLC 发出信号让控制器去掉直流制动信号，使提升机靠机械抱闸一类的装置起作用。启动时，先对提升机施加一直流制动信号，PLC 检测到机械抱闸信号后发出信号给控制器去掉直流制动信号，然后由控制器加上启动电压让提升机开始转动。

5.2 运行速度的控制

为了减少运行过程中的机械冲击，在提升机启动和停止过程中，做到加速度连续，因不同的频率，对应不同的加减速速率，在本装置的控制中，将不同频率时的加减速速率规划成一个表格，运行中用查表的方法确定对应频率时的加减速速率，使提升机平滑运行，减少机械冲击。

5.3 自动限速保护

在运行到终点时，由限速开关给出减速信号，PLC 检测到减速信号后发送给控制器，由控制器启动自动减速程序，使工作频率按设定要求逐步变为低速运行。提升机带有测速发电机，当测速发电机给出超速信号，PLC 检测该信号发送给控制器，进入自动减速运行。

5.4 再生能量处理

再生能量通过功率单元来处理，见图 4 示：

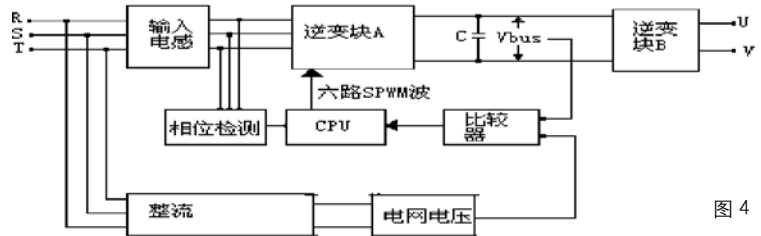


图 4 单元控制框图

■ 在矿山行业的应用

行业经典案例 CLASSICAL CASE

◎ 国产高压变频器在煤矿主扇风机中的应用

神华宁煤集团乌兰矿田生文

山东新风光电子科技发展有限公司马建彬

摘 要：本文主要介绍了国产高压变频器在煤矿主扇风机中的应用情况。通过对高压电机各种调速方式比较，用户选用功率单元串联多电平型高压变频器对主扇风机进行调速改造。应用情况表明，改造是成功的。

关键词：高压变频器 功率单元串联多电平 煤矿主扇风机

1. 引言

我国煤开采仅 2005 年即耗能 5086.81×10^4 t 标准煤，耗电 376.04×10^8 KW · h，分别占全国总耗能量和总耗电量 3.86% 和 3.49%，所以，煤炭工业堪称我国第一能源工业，既是产能大户，又是耗能大户，同时也是节能潜力大户。煤炭工业用的排水泵和通风的耗电量即占生产电耗 44% 左右，约 $40 \times 10^8 \sim 50 \times 10^8$ KW · h，其中排水量占生产电耗的 20% ~ 30%，约 $25 \times 10^8 \sim 30 \times 10^8$ KW · h；通风机耗电量占生产电耗的 15% ~ 25%，约 20×10^8 KW · h 左右。为此，采用变频调速技术可大幅度地降低电耗，节电率平均按 30% 计，年节电潜力至少 $10 \times 10^8 \sim 15 \times 10^8$ KW · h。所以，利用变频技术对现有用电设备进行节能改造，是解决我国煤炭工业高消耗、低效益的根本措施。

2. 工况简介

乌兰矿位于贺兰山中段，井田走向长 5 公里，倾斜宽 8 公里，总面积 16.15 平方公里， 2006 年延深工程和矿井改扩建完成后，乌兰煤矿的原煤产量将达到 240 万吨。煤矿开采遵循以风定产的要求，有多大的风量允许有多大的开采量，风量随煤的产量的增加而增加。在采煤作业中瓦斯随着煤的开采不断地涌出，涌出瓦斯与煤的开采量呈正比，而保障每个煤矿工人正常工作所需的新鲜空气也与煤的开采量呈正比。因此为了煤矿生产安全、完成生产任务，所需风量、风压随着开采和掘进的不断延伸，巷道延长，及开采量的增加而增加，风机需用功率也随之增加。

乌兰矿原来的南翼风机随着掘进的深入，已经不能满足生产需要，故对南翼主扇通风进行了改造，撤除了原南翼主扇，增设南二主扇，大幅度提高了井下的通风能力。

3. 矿用主扇通风机调速方案选择

在煤矿生产中，所需风量风压在不同阶段有不同的要求，为满足生产要求，煤矿通常采用以下几种方法调节：

- (1) 闸门调节；
- (2) 改变通风机速度；
- (3) 改变前导器叶片角度；
- (4) 轴流式通风机改变动叶安装角；
- (5) 离心式通风机调节尾翼摆角；
- (6) 轴流式通风机改变动叶数目；
- (7) 轴流式通风机改变静叶角度。

其中以闸门调节效率最差，它是人为地改变阻力曲线，增加风阻，越调节性能就越恶化；前导器调节和尾翼摆角调节效率比闸门要高；改变动叶安装角和动叶数目，可改变风机的特性曲线，使风机在较大范围内以较高的效率运行，以达到节能降耗的目的。改变通风机速度，使其在最佳工况点运行，使风机在最大的范围内以

电机处于发电状态，功率单元母线电压 Vbus 升高，当母线电压超过电网电压的 1.1 倍时，CPU 根据比较器和相位检测的结果输出六路 SPWM 波形，使逆变块 A 中的 IGBT 工作，通过输入电感，电动机的再生能量最后通过移相变压器回馈到电网。

6. 变频调速系统对原调速系统的改造

为了确保安全可靠，让变频调速系统与原调速系统并存，互为备用，随时可以切换。同时为了让操作者不改变操作习惯，工、变频系统都用原操作机构操作，如图 5 所示：

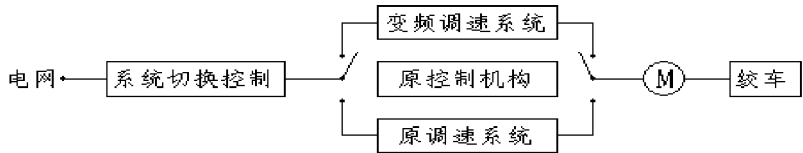


图 5 工、变频系统切换控制

7. 现场应用情况及运行效果

- 设备改造工程于 2005 年 4 月调试成功。使用变频器后有以下优点：
- 7.1 变频系统无需原电控调速用的交流接触器及调速电阻，提高了系统的可靠性，改善了操作人员的工作环境，使噪音及室温降低。
- 7.2 调速连续方便，连续平滑调节。
- 7.3 实现了低频低压的软起动和软停止，使运行更加平稳，机械冲击小，避免了掉道现象。
- 7.4 启动及加速过程冲击电流小，加速过程中最大电流不超过 1.3 倍的额定电流，提升机在重载下从低速平稳无级平滑的升至最高速，没有大电流出现，减小了对电网的冲击。
- 7.5 增加了直流制动功能，使重车停车时更加平稳，有效避免了“溜沟”现象。
- 7.6 采用回馈制动技术，成功解决了位能负载在快速减速或急停时的再生发电能量处理问题，保证了变频器的安全运行。
- 7.7 节能效果显著。据实测，在低速段节能明显，一般可达到 37% 以上。
- 7.8 采用变频控制后，原绕线式电机可改为普通电机，这不但降低了成本，普通电机比绕线式电机可节约投资 1/3，而且电机维护方面，避免了转子炭刷的烧损及维护。

8. 结束语

矿山提升机变频调速系统具有控制性能优良、操作简便、运行效率高、维护工作量小等诸多优点，随着变频调速技术的日益成熟与能源节约要求的必然趋势，它正成为矿山提升机传动的发展方向。

■ 在矿山行业的应用

行业经典案例 CLASSICAL CASE

最高的效率运行，节能效果好。

乌兰矿南二主扇风机为两台对旋式轴流通风机，一用一备。轴流通风机的一般性能曲线如图 1 所示：

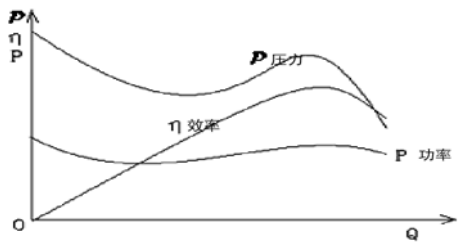


图 1 轴流通风机的性能曲线

其中压力曲线有驼峰，工况点如在驼峰以右区域时，通风机的工作状态是稳定的；工况点如在驼峰以左区域，通风机的工作状态就很难稳定，此时风压、流量发生波动，当工况点移至左下部时，流量、风压有激烈脉动，并引起整个风机装置强烈振动，我们称这种现象叫喘振。喘振可能使风机装置遭到破坏，因此通风机不允许在喘振状态下运行。为了避免风机在小流量时发生喘振现象，对风机进行变频改造是首选，并且当风机速度变化不超过 20%，效率基本无变化，使用变频调速后就可以使风机在小流量段高效运行，不仅不会使风机喘振，还扩大了风机高效运行的工作范围，由于风机在投运的初始阶段所需风量相对风机风量都比较小，甚至小很多，因此在风机投运的初始阶段这点尤为重要。

该矿上原来的主扇风机采用工频运行，在运行中一般采用改变导叶角度和改变档板角度调节通风量，因此通风效率较低，造成能源浪费，增加了生产成本。又由于主扇风机设计上余量特别大，在相当长的时间主扇风机一直处在较轻负载下运行，能源浪费更加突出。

当主扇风机采用电抗启动时，由于电网容量有限，故主扇风机启动时只能先启动一级风机，风机启动正常后再启动另一级风机，启动时间长，启动电流大，对电动机的绝缘有着较大的威胁，严重时甚至烧毁电动机。而高压电动机在启动过程中所产生的单轴转矩现象使风机产生较大的机械振动应力，严重影响到电动机、风机及其它机械的使用寿命。

综合以上几点，为了矿井的安全生产、降低生产成本和减小对风机的冲击，南二主扇风机采用变频器调节电机转速的方法最佳。

通过招标方式，选择了山东新风光电子科技有限公司生产的 4 台 JD-BP37-560F 型高压变频器，一拖一控制，改造取得了成功。

4. 山东新风光电子 JD-BP37-560F 高压变频器

4.1 JD-BP37-560F 高压变频器的主要性能指标：

变频器功率：560KW	减速时间：可按工艺要求设定
输入频率：50Hz	故障诊断及检测：自动检测，自动定位
输入电压：6.0KV±20%	网侧功率因数：0.95(高速时)
输出电压：三相正弦波电压 0-6KV	过载保护：150%1 分钟
输出频率：0-60Hz	防护等级：IP20
频率分辨率：0.01Hz	环境湿度：90%，无凝结
加速时间：可按工艺要求设定	

4.2 性能特点

- (1) 高压变频调速系统采用直接“高一高”变换形式，为单元串联多电平拓扑结构，主体结构有多组功率模块并联而成。
- (2) 变频装置控制采用 LED 键盘控制和人机界面控制两种控制方式，两种方式互为备用，两种方式从就地界面上可以进行增、减负荷，开停机等操作。装置保留至少一年的故障记录。
- (3) 变频器能提供两种通讯功能：标准的 RS485 和有触摸屏处理器扩展的通讯接口。
- (4) 在 20-100% 的调速范围内，变频系统在不加任何功率因数补偿的情况下，本机输入端功率因数达到 0.95。
- (5) 变频装置对输出电缆的长度无任何要求，变频装置保护电机不受共模电压及 dv/dt 应力的影响。
- (6) 变频装置输出电流谐波不大于 2%，符合 IEEE 519 1992 及中国供电部门要求，高于国标 GB14549-93 对谐波失真的要求。变频装置输出波形不会引起电机的谐振，转矩脉动小于 0.1%。变频器可自动跳过共振点。
- (7) 变频装置对电网反馈的电流谐波不大于 4%，符合 IEEE 519 1992 及中国供电部门要求，高于国标 GB14549-93 对谐波失真的要求。
- (8) 变频装置对电网电压的波动有较强的适应能力，在 -10% ~ +10% 电网电压波动时仍能满载输出，可以承受 30% 的电网电压下降而继续运行。满足煤矿的电压大幅波动的要求。
- (9) 变频装置设以下保护：过电压、过电流、欠电压、缺相保护、短路保护、超频保护、失速保护、变频器过载、电机过载保护、半导体器件的过热保护、瞬时停电保护等，联跳至输入侧 6KV 开关。保护的性能符合国家有关标准的规定。并提供故障、断电、停机等报警。
- (10) 变频装置带故障自诊断功能，对所发生的故障类型及故障位置提供中文指示，在就地显示并远方报警，便于运行人员和检修人员辨别和解决所出现的问题。变频装置有对环境温度的监控，当温度超过变频器允许的环境温度时，变频器提供报警。
- (11) 系统在电子噪声，射频干扰及振动的环境中连续运行。变频装置满足国家标准对电磁兼容的规定。

5. 变频改造主回路接线

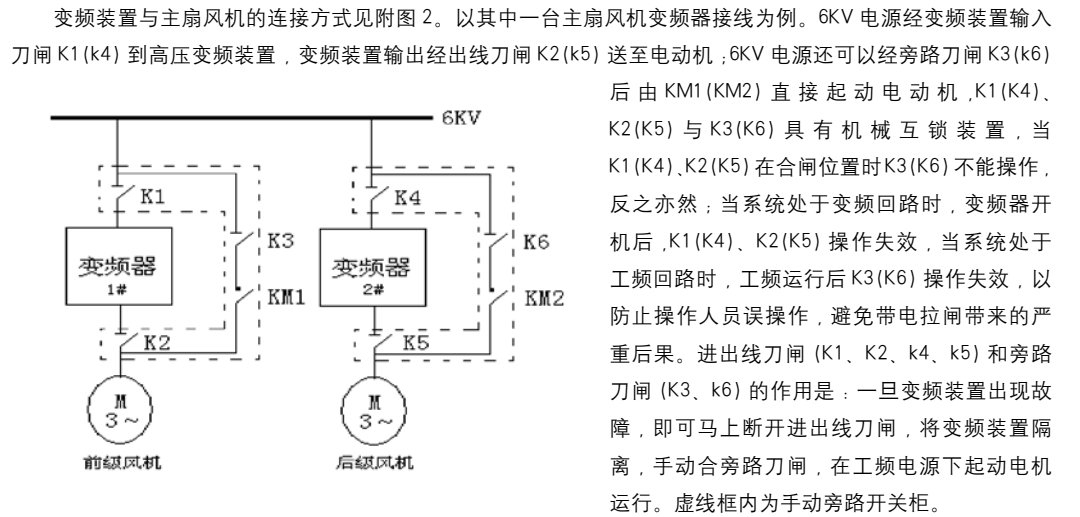


图 2 主扇风机变频主回路图

■ 在矿山行业的应用

行业经典案例 CLASSICAL CASE

6. 高压变频器如何在风机的高效区进行调速

- (1) 根据矿井生产实际情况，用户提出矿井近期（或初期）所需的风量、负压。
- (2) 根据当前风机运行情况，作出目前及后期矿井通风网路阻力曲线，求出较准确的矿井通风网路阻力系统及网阻曲线方程。
- (3) 确定风机直径及转速后，根据厂家提供的产品特性曲线，作出风路阻力曲线，并根据风机所需的风量和负压，找出前后期工况点，必须使工况点运行在高效区，即系统效率在 80％左右。如果工况点出现在低效区，可以调整风机的的动叶角度使其处于高效区。风机叶片安装角度可以通过公式计算和作图，找工况点两者相结合的方法确定。作风路特性曲线找工况点，可以由图查得平均角度。亦可通过计算求得。根据上述方法初算出的角度，对照矿井阻力曲线和风机性能曲线作出的工况点，再确定叶片安装角度。在实际应用中，风机转速大于 50％的情况下，可以满足用户井下对风量及负压的影响，且风机运行在高效区。

7. 变频运行情况

7.1 变频器及其负载

变频器为新风光电子生产的 JD-BP37-560F 风机变频器，主扇风机为 BD-II-10-NO.32 对旋式轴流通风机，参数如下：

电动机额定功率：2×400kW	静压：3800-800Pa
风量：150-255m³/s	反风率：60％
额定转速：539 r/min	额定电压：6000V
额定电流：53.5A	
变频器于 4 月 30 日安装完成，5 月 3 日投入运行。	

7.2 变频运行

变频投入运行以来一直稳定运行，输出频率、电压和电流稳定，风机运行稳定，变频器网侧实测功率因数为 0.976，效率均高于 96％，满载时网侧电流谐波总容量小于 3％，输出电流谐波小于 4％。风机以低于额定转速运行，不仅节约了能源，减少了维护费用，还降低了风机的运行噪声，经济效益良好。

7.3 变频操作

变频器显示采用中文图形界面，触摸屏操作，生动直观，变频器的运行状态一目了然，各种运行数据可在触摸屏上查询，便于操作人员及时了解变频器的运行情况。变频器操作简单，两级风机可以同时起动，可在 3 分钟之内起动至高速，短时间内达到所需风量。由于乌兰矿属于高瓦斯矿井，主扇风机停机 10 分钟就是重大事故，简便的操作和短的起动时间确保了生产安全。并且反风比以前操作简单可靠，完全可满足 10 分钟内实现反风的要求。

7.4 运行数据

变频器运行数据如附表所示：
2006 年 5 月 16 日，功率因数：0.976

附表 变频器运行数据

时间	静压 (Pa)	风量 (m³/s)	运行频率 (Hz)	输入电压 (V)	输入电流 (A)	输入功率 (kW)
8:20	2088	146	40.5	6426	36.0	389
9:20	2103	148	40.5	6255	36.5	386
10:20	2094	148	40.5	6268	36.5	387
11:20	2098	147	40.5	6329	36.6	385
12:20	2116	148	40.5	6148	37.5	389
13:20	2015	146	40.5	6118	37.4	386

7.5 能耗分析

主扇风机为对旋式轴流风机，一台主扇风机有两台旋转方向相反的风机组成，每台功率 400kW，下图 4 为 BD-II-10-NO.32 特性曲线图，R1 为矿井的通风阻力曲线，R2 为调整风门后的阻力曲线，由图 4 可知，当需风量为 Q_A 时，动叶角度为零度时，风机效率小于 70％，这时需将动叶角度调至 -5°（图中的 A 点），以提高风机的运行效率，这时风机的运行效率约为 72％，由矿井的通风阻力曲线 R₁ 和风机的性能曲线图，可知风机在动叶角度为 0° 时，效率较高，这时可通过变频器调节风机转速调至 A 点，以满足风量要求，这时风机运行在最佳状态，此时变频器的运行平均功率为：P_变=386kW，变频运行与风机工频运行相比风压损失功率为：

$$\begin{aligned} P_{\text{风损}} &= \Delta p \times Q_A / 1000 = (p_B - p_A) \times Q_A / 1000 \\ &= (3050 - 2100) \times 147 / 1000 = 139.7 \text{ kW} \end{aligned}$$

在工频运行时，风机工作在工况点 B 点，这时风机通风有用功率：

$$P_{\text{通}} = p_B \times Q_B / 1000 = 3050 \times 147 / 1000 = 448.4 \text{ kW}$$

电机功率：P_电 = P_通 / η = 448.4 / 72％ = 622.8kW

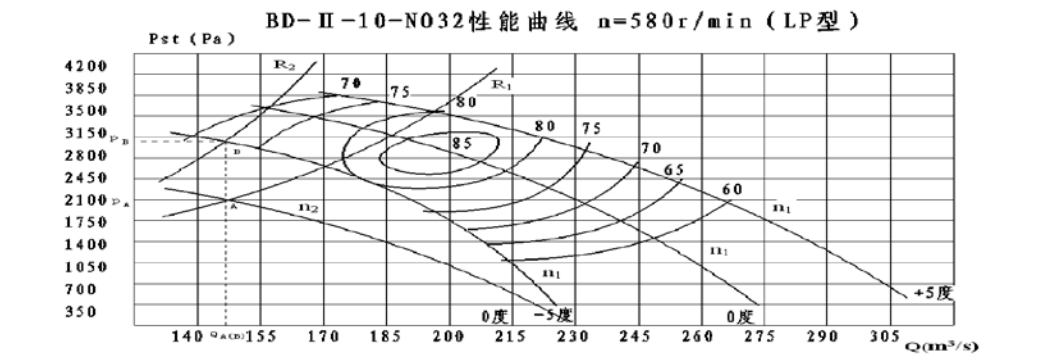


图 4 静压—风量特性曲线

因此，其节电率 = (P_电 - P_变) / P_电 = (622.8 - 386) / 622.8 = 38.02％

风机变频运行时的效率为：η = (p_A × Q_A / 1000) / P_A = (2100 × 147 / 1000) / 386 = 80％

由此可见，变频运行时，风机效率为 80％，其节电率在 30％以上，节能效果十分明显。

8. 结束语

在宁夏煤炭企业，主扇风机成功应用高压变频器这是第一次，在中国煤炭行业，矿用通风机高压变频改造也不多见，其示范意义是不言而喻的。实际应用表明，高压变频器的应用于煤矿主扇风机的系统改造，必将取得良好的运行效果和经济效益。我国是世界上的产煤大国，又是能源相对贫乏的国家之一，而且也是吨煤耗能较高的国家。而推广使用变频器在煤矿行业进行改造，节约能源的效果将是非常可观的，适应了国家建设节约型社会的潮流。

■ 在石化行业的应用

行业经典案例 CLASSICAL CASE

◎ 高压变频器在胜利油田供水公司耿井水厂给水泵中的应用

山东新风光电子科技发展有限公司 尹彭飞 赵树国 刘海鹏 郭培彬

摘 要：本文着重介绍了国产多电平高压变频器在胜利油田供水公司耿井水厂的应用情况，应用结果表明，采用国产高压变频器对水厂的给水泵设备进行调速节能改造，具有较高的技术进步和经济效益。

关键词：高压变频器 给水泵

1. 引言

耿井水厂为胜利油田供水公司下属水厂之一，设计日供水能力 30 万吨，给水泵房配备了十台水泵机组。其中 1#、2#、3#、4#、5#、6# 机组为 550KW/6KV,7#、8#、9#、10# 为 355KW/6KV,改造前全部定速运行，通过调节水泵的出口阀门开度来调节水量，大量电能在阀门上白白浪费。为降低损耗，提高供水能力，水厂决定采用变频器进行调速改造。

胜利油田供水公司经多方调研考察，认为风光牌 JD-BP37 型高压变频器为直接高一高、电压源型变频器，采用功率单元串联方式，谐波少，功率因数高，适用于普通异步电机，有良好的人机界面，各项服务及时周到，有优异的性价比，最终我公司生产的风光牌 JD-BP37 型高压变频器受到供水公司的青睐。

2. 水厂设备概况

胜利油田供水公司耿井水厂决定 3#、4# 机组采用变频调速改造，采用一拖二的形式，即高压变频器拖动 3#、4# 机组任一，当其中一台机组运行到 50Hz 供水不足时，变频器把当前机组切换到网电工频运行，然后拖动另外一台机组变频运行。设备现场情况如图 1 示。3#、4# 机组为同型号机组，其中 3# 机组电机和水泵的主要参数如下：

1) 水泵

型号	RDL500
额定流量	3000m ³ /h
额定扬程	49m
额定轴功率	550KW
额定效率	83%
额定转速	970rpm

2) 电机

型号	JSQ458-6
额定功率	550KW
额定电压	6KV
额定电流	64A
额定功率因数	0.89
额定转速	985rpm



图 1 设备现场情况图

3. 风光牌 JD-BP37-550F 高压变频器的功能介绍

胜利油田供水公司耿井水厂决定选用我公司生产的风光牌 JD-BP37-550F 高压变频器一拖二控制系统对 3#、4# 水泵机组作调速改造。以下是对风光牌 JD-BP37-550F 高压变频器功能的一些介绍。

3.1 JD-BP37-550F 高压变频器的主要性能指标：

变频器功率	550KW	额定输出电流	68A
输入频率	45Hz 到 55Hz	额定输入电压	6KV
允许电压波动	±20%	输入功率因数	≥ 0.98
输出电压范围	0 ~ 6KV	变频器效率	≥ 96%
输出频率范围	0 ~ 50Hz		
过载能力	100% 连续 160% 连续 1min 220% 允许 1.5S		

3.2 JD-BP37-550F 高压变频器主要技术性能

- 3.2.1 高——高电压源型变频器，直接 6KV 输入，直接 6KV 输出，无须任何输出变压器或滤波器，适配于普通高压电动机，对电机、电缆绝缘无损害。
- 3.2.2 输入功率因数高，电流谐波小，无须功率因数补偿、谐波抑制装置。
- 3.2.3 单元电路模块化设计，维护简单，互换性好。
- 3.2.4 输出阶梯正弦 PWM 波形。
- 3.2.5 高压主回路与控制器之间为光纤连接，强弱电隔离，安全可靠。
- 3.2.6 完善的故障检测，精确的故障保护及准确的定位显示和报警。
- 3.2.7 内置 PLC，易于改变控制逻辑关系，可灵活选择现场控制 / 远程控制，适应现场多变需求。
- 3.2.8 采用载波移相控制技术，大大抑制了输出电压的谐波成分，保证输出波形是完美正弦波。
- 3.2.9 控制电源与高压电相互独立，无高压可以检测变频器输出，便于现场调试以及培训操作人员，便于维护。

3.2.10 采用准优化 SPWM 调制技术，电压利用率高。

3.2.11 功率单元经 24 小时高温老化、150% 负载试验，可靠性高。

3.2.12 中文 Windows 操作界面，彩色液晶触摸屏操作。主界面如图 2 示。用户操作监控系统界面十分友好和完善，系统包括上位机（商用 PC 机）、下位机（工控机）、单片机。其中单片机给用户提供一个 4 位 LED 数码显示屏和一个 12 键的小键盘操作平台，可对变频器进行全部操作，包括参数设置和各种运行指令。工控机用触摸屏和通用键盘给用户提供操作平台，其功能更齐全，包括参数设定、功能设定、运行操作、运行数据打印、故障查询等等。上位机（商用 PC 机）放在总控室，可对多台变频器进行遥测、遥控。若只有一台变频器，上位机可省，或让客户自定。



图 2 主界面图

在石化行业的应用

行业经典案例 CLASSICAL CASE

3.2.13 可接收和输出多路工业标准信号。

3.2.14 可打印输出运行报表。

变频器除了以上基本功能以外，还具有如下特殊功能：

1) 阀门真空度检测。

变频器在启动水泵以前，会自动判断真空度的值，如果没有真空度或没有达到要求，变频器会提供报警信号，并拒绝启动水泵。

2) 配置工频旁路。

变频提供手动旁路开关，使水泵机组既可变频运行，又可工频运行。

3) 具有“本地”及“远程”两种工作方式。

根据用户的需要，既可以在变频器旁开停操作及调节参数，也可在远程的控制室通过人机界面对水泵进行控制。

4) 具有阀门联动功能。

在开泵和停泵的过程中，值班人员无需再对阀门进行任何操作，减轻了工人的劳动强度，实现开停泵的全部自动化。

5) “一拖二”控制功能。

该系统一拖二控制具有手动和自动两种运行方式，并设置远程控制还是就地控制，旋转电机选择 3#、4#，指示即为优先拖动目标。

- (1) 手动方式
- 1 如果选择“手动转换”、“远程控制”，则按以下步骤操作。以优先选择 3# 泵为例，检测 3# 泵真空度是否满足要求。如果其真空度满足要求，按“转变频”按钮，相应电机的接触器吸合，变频器在人机界面上确认 3# 泵处于变频待机状态。可根据用户的需要开机运行，同时人机界面上的运行指示灯有灰色变为绿色，3# 泵的电磁阀开关相应打开。
- 2 变频器按给定压力自动调节频率，如果变频器频率升至 50Hz 后管网压力还是低，延时一段时间后，给出压力低转工频报警，操作人员经检查管网压力确实低，并符合转工频的条件，则按“转工频”按钮，变频器将 3# 泵转至工频运行。
- 3 然后操作人员检查确认 4# 泵是否可以启动，若可以启动，则按“转变频”按钮，变频器拖动 4# 泵变频运行。若不需要转工频，则只将“报警消音”按钮按下，消除报警。
- 4 当管网压力高时，变频器频率运行在下限频率 40Hz(可调)，延时一段时间后，给出压力高报警信号。
- 5 操作人员经检查管网压力确实高，关闭 3# 泵，由 4# 泵变频运行维持恒压供水。

(2) 自动方式

在自动运行时，首先优先选择 3#、4# 泵，如果 3# 泵出现故障，则通过人机界面在线修改该水泵的状态，把 3# 泵设为故障状态，则系统启动时，自动不启动 3# 泵。以优先选择 3# 泵为例，如果 3# 泵正常，如果其真空度满足要求，则 3# 泵变频运行。同时，打开 3# 泵的电磁阀，通过压力变送器检测压力的大小，PLC 经过 PID 运算，控制变频器的输出频率，从最低频率开始上升；如果管网压力低，变频器运行频率上升至 50Hz，给出压力低转工频报警；如果管网压力一直低于设定压力，延时一定时间后，将 3# 泵切换到工频运行，再启动 4# 泵，直至满足供水需求。如果用水量减少，管网压力升高，则 PLC 控制变频器的输出频率，降低频率减少出水量，稳定管网压力。如果变频器的运行频率在下限频率 40Hz(可调)，则系统压力高报警，同时 PLC 开始压力高计时，如果管网压力降低，则取消计时，如果管网压力一直高于设定压力，延时一定时间后，根据先投先停的原则，PLC 将先关闭正在运行的投入时间最长的泵的电磁阀，再关闭该泵，直至维持管网压力达到设定值，这样依次类推。系统控制一拖二原理框图如下示：

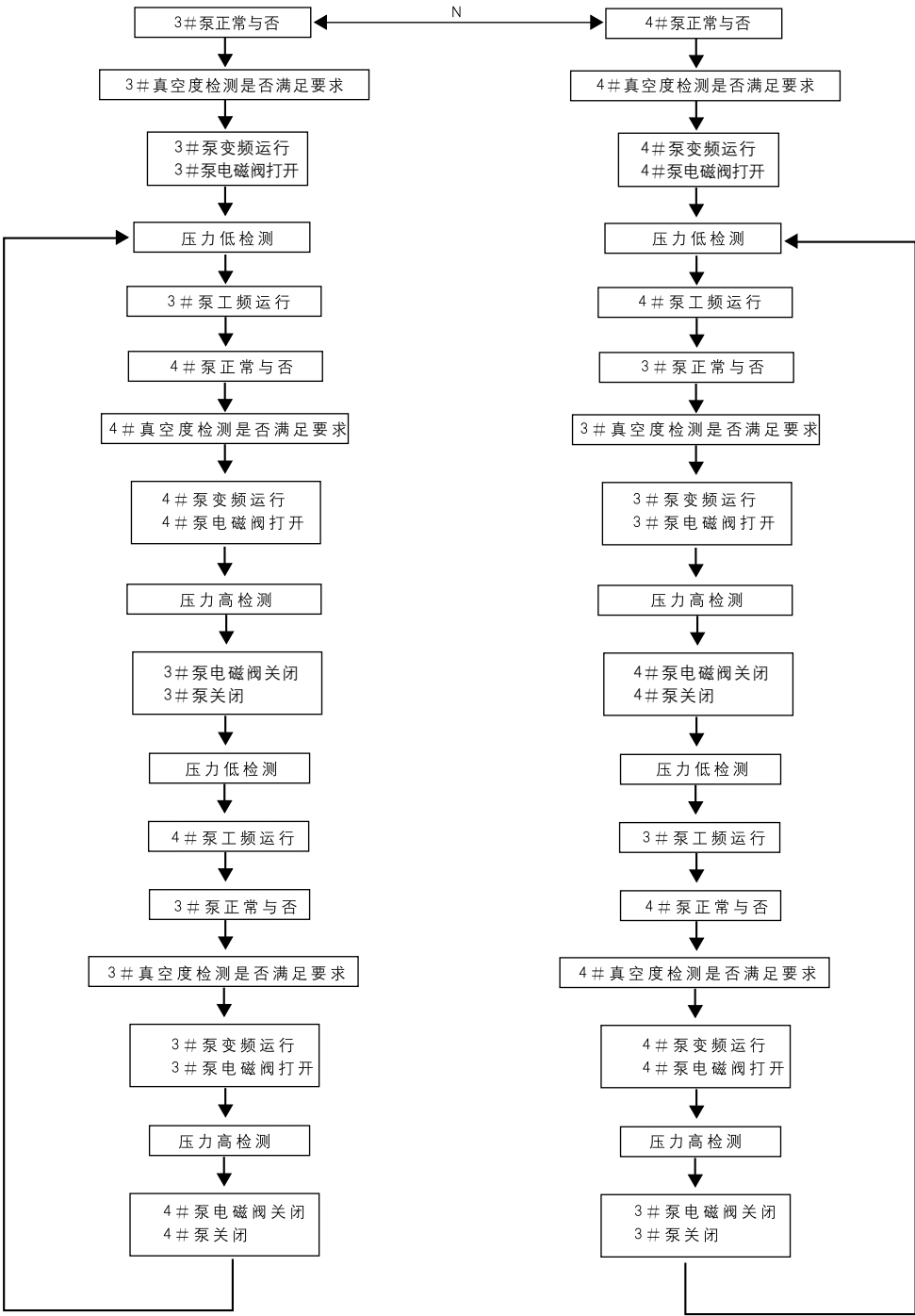


图3 一拖二原理框图

■ 在石化行业的应用

行业经典案例 CLASSICAL CASE

4. 改造方案

胜利油田供水公司耿井水厂给水泵的改造方案主回路如下图所示

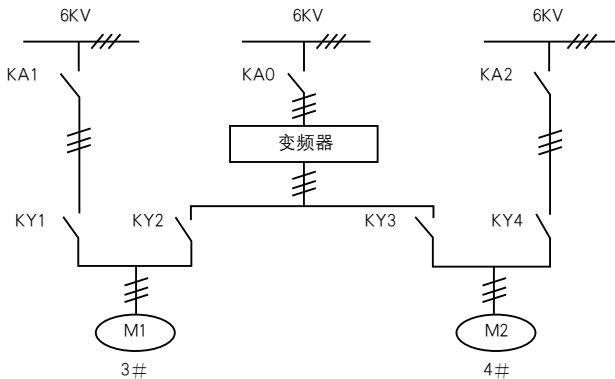


图 4 改造线路图

KA0 变频器高压开关
KA1 、 KA2 原 3# 和 4# 泵高压开关
KY1~KY4 高压真空接触器
M1 3# 水泵电机
M2 4# 水泵电机
KY2 不能和 KY1 或 KY3 同时吸合 ,KY3 不能和 KY4 或 KY2 同时吸合。

5. 项目实施情况

2005 年 6 月 6 日，胜利油田供水公司与山东新风光电子科技有限公司正式签定变频器的供货合同和技术协议。

2005 年 8 月 6 日，变频器运抵用户现场。

2005 年 9 月 1 日至 5 日，变频器本体安装。

2005 年 9 月 6 日，变频器空载调试。

2005 年 9 月 7 至 9 日，变频器带载运行调试。

2005 年 9 月 10 日至 13 日，变频器试运行。

2005 年 9 月 14 日，变频器正式交接、验收。

6. 变频器运行情况

从变频器投入运行的应用效果来看，完全达到了用户进行水泵变频改造的目的，较改造前其优越性体现于：

(1) 操作简便，易于观察。

变频器运行时的所有数据及运行状态在上位机显示屏都可显示，如运行频率，输入电压，输入电流，输出

电压，输出电流，开闭环，压力值等。上位机显示屏操作简单明了，观察方便。

(2) 变频器运行稳定，性能良好。

风光牌 JD-BP37-550F 高压变频器投入运行以来，运行稳定，转速调节平滑可靠，电压和电流正常，没有出现异常现象。

(3) 减轻了值班人员的劳动强度。

由于变频器具有阀门联动功能，随着供水水量的变化，值班人员在值班时通过微机远程监控系统进行操作，不再需要频繁地开停大小泵及阀门，工作量大大减小。

(4) 恒压控制。

采用压力恒压控制，用户只需根据实际供水需要设定所需压力，变频器自动恒压运行，压力设定方便，精确稳定，保证管网稳定运行，提高了供水质量。

(5) 降低了维护费用。

由于变频器对电机实现软启动，启动电流小，对水泵机组没有任何机械冲击，相应地延长了水泵、电机及阀门的使用寿命，大大降低了维护工作量和维护成本。

(6) 节电效果明显。

在胜利油田供水公司耿井水厂，目前采用多台水泵并联供水方式，水厂供水量采用阀门开度大小的方式进行调节，水厂改造前一般采用二到三台水泵工频并网向市区供水。用这种供水方式运行的 2005 年 8 月，千吨水耗电指标为 140.6 度，采用了变频器改造后，2005 年 10 月，千吨水耗电指标为 124.3 度，综合电耗指标下降了 11% 左右。经过测算，不到两年即可收回成本。

7. 结束语

总之，山东新风光电子科技有限公司生产的 JD-BP37-550F 高压大功率变频器在胜利油田供水公司耿井水厂的水泵调速改造中应用是成功的，它不仅满足了供水流量调节的需要，降低了供水成本，提高了供水水平，而且性能稳定，运行可靠，可以在类似的应用场合全面推广应用。

◎ 国产高压变频器在齐鲁石化供排水厂的应用

山东新风光电子科技发展有限公司

马建彬 郭培彬

中国石化齐鲁股份有限公司供排水厂

黄利军

摘 要：本文着重介绍了国产高压变频器在齐鲁石化供排水厂西夏配水站给水泵中的改造方案。应用情况表明，用户完全达到了水泵变频改造的目的，改造是成功的。

关键词：高压变频器 给水泵

1. 引言

目前，全世界正在为能源紧缺而困扰，我国的能源形势尤其严峻。面对这样的现实，国家有一系列的对策，因此颁布了《节能法》，并号召全社会为建设资源节约型社会而努力。节能改造就是其中有效途径之一，节能改造有许多方面，其中通过对拖动风机、水泵的高电压大功率电动机变频调速来实现节能，无疑是潜力最大的节能方式。随着高压大功率变频调速技术的日益成熟，使得该项技术在水厂大功率水泵上应用成为可能。中国石化齐鲁股份有限公司供排水厂正是在这种形势下，对水泵设备进行高压变频技术研究改造的。

2. 设备概况及改造方案

中国石化齐鲁股份有限公司被喻为中国石化的明珠，在山东可谓家喻户晓。齐鲁石化供排水厂担负着全公司的供水任务，西夏配水站是供排水厂的下属单位之一，日设计供水能力 20 万吨，清水泵房配备了五台水泵机组，机组功率均为 550KW/6KV，改造前全部定速运行，水量大小通过改变阀门开度大小的方式进行调节。采用变频器对水泵进行控制的目的：通过变频器实现水压闭环控制，保持管网压力的恒定；在水泵出口阀门开度最大的情况下，通过变频器改变输出频率，进而改变水泵的转速调节供水量，以节约原来通过改变阀门开度调节供水量时浪费在阀门上的能源；减轻水泵启停对管网的冲击。

经多方调研考察，比较性价比，最终齐鲁石化供排水厂决定选用我山东新风光电子科技发展有限公司生产的风光牌 JD-BP37 型高压变频器对西夏配水站 2#、4# 水泵机组进行调速改造，经过双方技术人员合作，共同制定了水泵机组的变频改造方案。现场设备图如下图 1 示。改造方案采用一带二的形式，即高压变频器拖动配水站 2#、4# 机组任一，当其中一台机组出现故障或检修时，变频器拖动另一台机组变频运行。配水站 2#、4# 机组为同型号机组，其中 2# 机组电机和水泵的主要参数如下：

1) 水泵			
型号	20SHO	额定流量	2016m³/h
额定扬程	59m	额定轴功率	390KW
额定效率	83%	额定转速	970rpm
2) 电机			
型号	JQS158—6	额定功率	550KW
额定电压	6KV	额定电流	64A
额定功率因数	0.89	额定转速	987rpm



图1 现场设备图

3. 风光牌 JD-BP37-630F 高压变频器

齐鲁石化供排水厂决定选用我公司生产的风光牌 JD-BP37-630F 高压变频器一拖二控制系统对 2#、4# 水泵机组作调速改造。以下是对风光牌 JD-BP37-630F 高压变频器的一些介绍。

3.1 JD-BP37-630F 高压变频器的主要性能指标：

变频器额定功率	630KW
额定输出电流	80A
输入频率	45Hz 到 55Hz
额定输入电压	6KV
允许电压波动	± 20%
输入功率因数	≥ 0.96(额定负载时)
输出电压范围	0 ~ 6KV
变频器效率	≥ 96%(额定负载时)
输出频率范围	0 ~ 50Hz
整流方式	36 脉冲二极管全波整流
输出方式	每相 6 单元正弦波脉宽调制输出，直接输出 6KV
频率分辨率	0.01Hz
过载能力	<120% 长期运行 150% 连续 1min>150% 立即保护
操作键盘	中文彩色液晶触摸屏
界面语言	简体中文
控制电源	220VAC 10KVA
冷却方式	强制风冷
防护等级	IP20
模拟量输入	四路 , 0 ~ 10v/4 ~ 20mA，任意设定

■ 在石化行业的应用

行业经典案例 CLASSICAL CASE

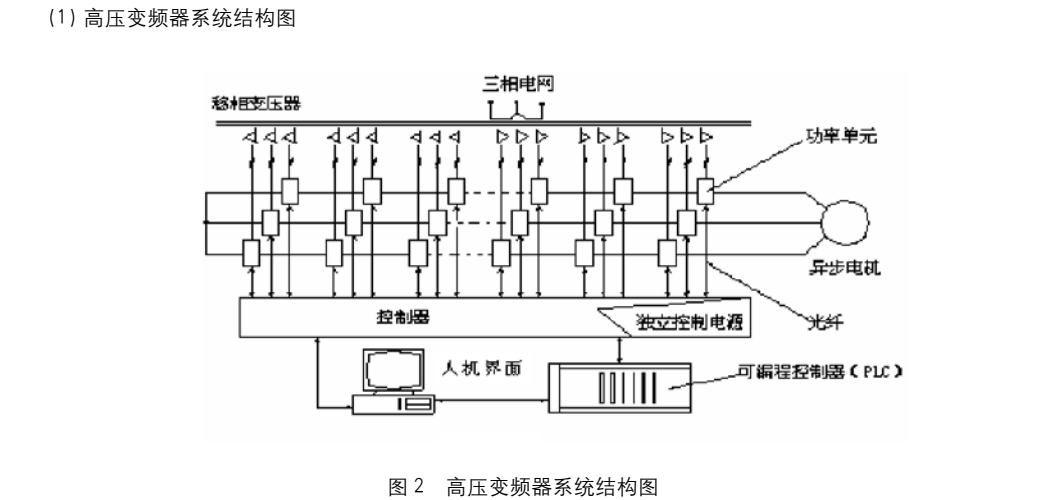
模拟量输出	两路 ,0 ~ 10V/4 ~ 20mA 可选
开关量输入输出	4 入 /16 出 (可按用户要求扩展)
通讯接口	RS232、RS485 接口。
运行参数自动记录和输出、自动故障记录、限流功能、输出电压自动调整功能、单元旁路功能等。可根据用户要求作特殊设计。	

3.2 变频器设计要求

风光牌 JD-BP37-630F 为我公司生产的全数字交流高压变频器控制装置，采用先进的功率单元串联载波移相技术、正弦波 PWM 调制方法，全中文操作界面，具有可靠性高，性能优越，操作简便等特点，具体设计要求如下所述：

- (1) 系统效率高，额定工况下，总效率在 96% 以上，其中变频器部分效率大于 98%。
- (2) 输入侧为 36 脉冲整流，变频器引起的电网谐波电压和谐波电流含量满足 IEEStd519-1992 和 GB/T14549-93《电能质量公用电网谐波》技术要求。
- (3) 变频器额定输入功率因数大于 0.96，无须功率因数补偿装置。
- (4) 变频器输出谐波含量低，可以驱动普通高压电动机，而不会增加电机温升，降低电机容量，电机电缆无任何长度限制；保护电机绝缘不受 dv/dt 应力的损害；不会因为谐波力矩而降低设备使用寿命。
- (5) 具有单元旁路功能，当某个单元出现故障，系统可以自动将其旁路，并降额继续运行，保证系统的可靠性。
- (6) 采用全中文操作平台，10.4 英寸真彩 LCD 显示，触摸屏直接操作，更适合国人使用习惯。
- (7) 功率单元模块化结构，可以互换，维护简单。
- (8) 输入电压范围宽，在 6KV (±20%) 内可连续运行。
- (9) 功率单元采用光纤通讯控制，完全电气隔离，抗干扰性强。
- (10) 内置 PID 调节器，可实现闭环运行。
- (11) 内置 PLC，实现不同应用现场的灵活控制。

3.3 系统的构成



(2) 功率单元结构图

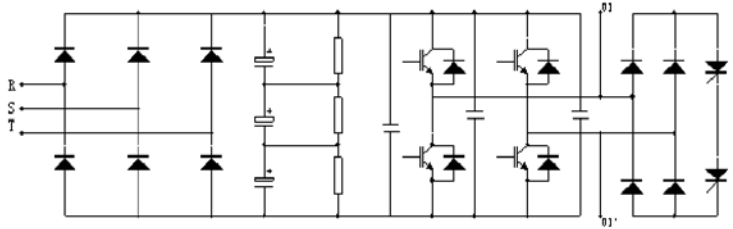


图 3 单元电路结构图

(3) 一次回路及保护

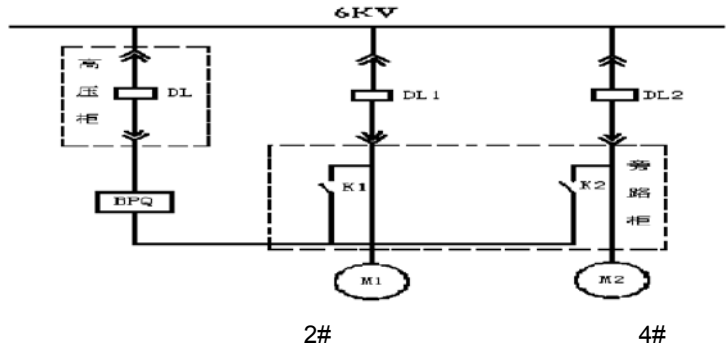


图 4 一次回路示意图

DL、DL1、DL2	用户原有高压开关柜
BPQ	JD-BP37-630F 高压变频器
K1、K2	高压隔离开关
M1、M2	2#、4# 水泵电机

变频器供电电源及其保护由 DL 提供，速断保护整定值按 630KW 重新整定。同时增加一面旁路柜，旁路柜有 2 个高压隔离开关，通过开关组合，两台电机均可变频运行。

2 个隔离开关之间及其断路器之间用电磁锁联锁，K1、K2 只允许一个合闸；DL1 合闸状态，K1 不允许操作；DL2 合闸状态，K2 不允许操作。

当 K1、K2 及 DL 供电电源断开时，变频器处于安全状态，便于检修，维护和调试。变频器与 DL 供电电源高压断路器联锁。

合闸闭锁：将变频器“合闸允许”信号串联于高压开关合闸回路。在变频投入状态下，变频器故障或不就绪时，变频器高压开关合闸不允许。

故障分闸：将变频器“高压分断”信号串联于高压开关分闸回路。当变频器出现故障时，分断变频器高压输入。

工频合闸：变频器运行过程中出现故障时，可以给出工频合闸信号，启动备用机组工频运行。

(4) 二次回路及控制

■ 在石化行业的应用

行业经典案例 CLASSICAL CASE

控制系统由光纤板、信号板、主控板、PLC 和人机界面组成。用户提供控制回路 220VAC 电源。

控制系统与功率单元之间采用光纤通讯，实现了强弱电之间的光电隔离。

PLC 用于变频器内部开关信号以及现场操作信号和状态信号的逻辑处理。PLC 还有处理 4 路模拟量输入和 2 路模拟量输出的能力，模拟量输入用与处理来自现场的流量、压力等模拟信号或模拟设置时的设置信号；模拟输出量可以是运行频率、电流等。

人机界面采用中文操作系统，彩色液晶触摸屏，免费提供软件升级。人机界面图如下示：



图 5 人机界面图

3.4 控制方式

变频器具有以下三种控制方式：

本地控制：从变频器操作界面控制电机的启动和停止，并能完成变频器的所有控制。

远程控制：通过内置 PLC 接受来自现场或控制室的开关量或模拟量控制。

上位控制：通过 RS485 接口，接受上位机的控制，实现通信功能，并有变频器运行 / 停止 / 故障信号显示及转速显示等。

(1) 速度设定方式

变频器具有多种速度设置方式，在闭环运行时，速度设置方式即为被控量的给定方式。

本地设置：通过操作触摸屏设置运行频率。

模拟设置：接收 DCS 系统 0 ~ 10V 或 4 ~ 20mA 模拟信号设置运行频率或被控量给定值。

通信设置：通过通信方式接收来自上位机的运行频率或被控量的给定值。

(2) 运行方式

变频器具有开环和闭环两种运行方式。

开环运行：变频器以设置频率输出。频率的设置方式有本地设置、模拟设置、通信设置。

闭环运行：对一个运行参数（如流量、压力、温度等，此处以压力为例）实现跟踪控制。闭环运行时，实际压力信号来自安装在供水管道上的压力变送器，而压力期望值有 4 种设置方式，分别为本地设置、模拟设置、通信设置。变频器通过调节水泵转速，使实际压力逼近压力设置值，以保证供水管道的压力恒定。

3.5 对外接口

模拟量输入：4 路，4 ~ 20mA 或 0 ~ 10VDC。4 ~ 20mA 时输入阻抗 250Ω，0 ~ 10VDC 电压输入时输入阻抗 ≥ 10MΩ。用于接收速度设置或被控量设置的模拟信号，例如现场的流量、压力、烟气浓度等信号。

模拟量输出：2 路，4 ~ 20mA 或 0 ~ 10VDC 输出。4 ~ 20mA 输出时最大阻抗 500Ω，0 ~ 10VDC 电压输出时最小阻抗 5000Ω。以模拟方式输出变频器的运行速度、输出频率、电流等变量。

数字量输入：24 路，光电隔离，隔离电压 500VAC，接收远程控制信号、速度给定开关信号及各开关状态等。

数字量输出：16 路，中间继电器隔离，隔离电压 750VAC，接点容量 2A，输出变频器状态、控制主电源开断等。

通信接口：RS485，实现与上位系统的通讯。

3.6 特殊功能

变频器除了以上基本功能以外，还具有如下特殊功能：

(1) 阀门真空度检测。

变频器在启动水泵以前，会自动判断真空度的值，如果没有真空度或没有达到要求，变频器会提供报警信号，并拒绝启动水泵。

(2) 配置工频旁路。

变频提供手动旁路开关，使水泵机组既可变频运行，又可工频运行。

(3) 具有阀门联动功能。

在开泵和停泵的过程中，值班人员无需再对阀门进行任何操作，减轻了工人的劳动强度，实现开停泵的全部自动化。

(4) 零流量自动停机功能。

当用户用水量为零时，压力比较高时，这时变频器自动停机。待用户管网压力到启动压力后，变频器自动开机运行。

4. 变频器运行情况

高压变频器一次调试成功，并通过齐鲁石化供排水厂验收。从变频器投入运行的应用效果来看，完全达到了用户进行水泵变频改造的目的，较改造前其优越性体现于：

(1) 操作简便，易于观察。

变频器运行时的所有数据及运行状态在上位机显示屏都可显示，如运行频率，输入电压，输入电流，输出电压，输出电流，开闭环，压力值等。上位机显示屏操作简单明了，观察方便。

(2) 变频器运行稳定，性能良好。

风光牌 JD-BP37-630F 高压变频器投入运行以来，运行稳定，转速调节平滑可靠，电压和电流正常，没有出现异常现象。

(3) 减轻了值班人员的劳动强度。

由于变频器具有阀门联动功能，随着供水水量的变化，值班人员在值班时通过微机远程监控系统进行操作，不再需要频繁地开停大小泵及阀门，工作量大大减小。

(4) 恒压控制。

采用压力闭环恒压控制，用户只需根据实际供水需要设定所需压力，变频器自动恒压运行，压力设定方便，精确稳定，保证管网稳定运行，提高了供水质量。

(5) 降低了维护费用。

■ 在石化行业的应用

行业经典案例 CLASSICAL CASE

由于变频器对电机实现软启动，启动电流小，对水泵机组没有任何机械冲击，通过泵变速调节来减小流量还有利于降低离心泵发生汽蚀的可能性，相应地延长了水泵、电机及阀门的使用寿命，大大降低了维护工作量和维护成本。

(6) 节电效果分析：

这次改造的是齐鲁石化供排水厂的生产用水，在生产用水中，电厂又是一个大户，供水压力以满足电厂需求为主。水厂一般情况下开两台水泵即可满足供水要求。在电厂补水时，需调高供水压力至 0.56MPa，一次补水大约 20—30 分钟，其补水没有一定的规律，不补水时，压力维持在 0.50MPa。变频改造后，采用恒压供水，由图 6 可知变频泵与工频泵并联运行时的特性曲线，工频泵单独运行时的曲线如图中 F1 所示，C 点为单台泵运行时的的工作点，F2 为两台相同的泵工频运行时的特性曲线，A 为工作点，扬程 $H_a=H_f$ ，流量 $Q_a=2Q_f$ 。当流量由 Q_a 变为 Q_b 时，管网阻力曲线变为 R2，上述对应关系仍然成立，此时在保证管网压力不变的情况下，扬程损失为 $\Delta H=2*(H_b-H_a)$ （调节两台泵的阀门时）或 $\Delta H=H_e-H_a$ （调节一台泵的阀门时）。采用一台变频泵和一台工频泵并联运行供水时，F3 为变频泵单独运行的特性曲线，F3 为 F1 下方的一簇曲线，根据并联运行时工作扬程相等，流量相加的原则，可得出两台泵的运行曲线 F4，此时流量 $Q_b=Q_d+Q_f$ 扬程 $H_a=H_d=H_f$ ，由图 6 可知，当流量减小越大时，变速调节的节能效率也越大。

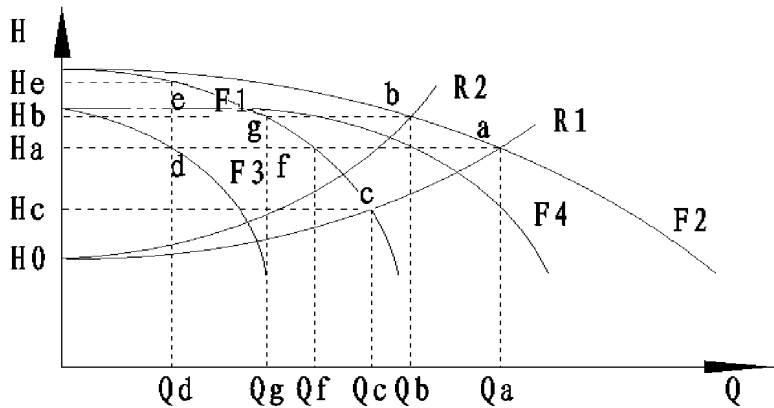


图 6 变频泵和工频泵并联运行时的工作曲线

变频器投入正常运行后，经长时间观察，变频器大部分时间运行 40Hz—47Hz 之间，变频泵的流量保持在 700m³/h—1800m³/h 之间，管道压力保持 0.55MPa。只有少部分时间工作在高频或低频，在用水高峰时，变频器工作在 50Hz 正好能满足需求，可见变频器的调节范围能够满足用户生产的需要。为了对比变频器节能的情况，选取 1# 工频机组和 2# 变频机组作为参照，随机抽取一个工作周，网侧计量耗电量，每天耗电量数据分别记录如下：

1# 机组工频运行日报表

日期	起表码	止表码	电量 (KWH)	水压 (MPa)	电价 (元 /KWH)	日电费 (元)
11.20	13612.1	13615.6	12720	0.55	0.45	5725
11.21	13615.6	13619.1	12530	0.55	0.45	5638
11.22	13619.1	13622.5	12480	0.55	0.45	5616
11.23	13622.5	13626.1	12680	0.55	0.45	5706
11.24	13626.1	13629.5	12390	0.55	0.45	5576
11.25	13629.5	13633.0	12490	0.55	0.45	5620
11.26	13633.0	13636.5	12570	0.55	0.45	5656

注：电度表倍率为 3600。

2# 机组变频运行日报表

日期	起表码	止表码	电量 (KWH)	水压 (MPa)	电价 (元 /KWH)	日电费 (元)
11.20	13613.1	13615.5	8850	0.55	0.45	3982
11.21	13615.5	13617.9	8730	0.55	0.45	3928
11.22	13617.9	13620.4	8690	0.55	0.45	3910
11.23	13620.4	13622.8	8790	0.55	0.45	3955
11.24	13622.8	13625.1	8390	0.55	0.45	3776
11.25	13625.1	13627.6	8860	0.55	0.45	3987
11.26	13627.6	13630.1	8810	0.55	0.45	3964

注：电度表倍率为 3600。

1# 工频机组一周耗电量为：87860 KWh，一周电费为：39537 元。

2# 变频机组一周耗电量为：61120 KWh，一周电费为：27504 元。

节电率 = (87860 KWh - 61120 KWh) / 87860 KWh × 100% = 30%。

平均一天节电费为：(39537 - 27504) 元 / 7d = 1719 元。

一年按 300 天运行计算，一年节省电费：1719 元 × 300 天 = 515700 元。

节电率达 30%，节电效果还是非常可观的。

5. 结束语

总之，山东新风光电子科技有限公司生产的 JD-BP37—630F 高压大功率变频器在齐鲁石化供排水厂西夏配水站给水泵上的成功运行，再次证明其在水行业的水泵调速应用中所无可比拟的优越性。

◎ 高压变频器在国电乌斯太热电厂引风机上的应用

内蒙古国电能源投资有限公司乌斯太热电厂

张宝瑞

山东新风光电子科技有限公司

徐长海 高昌起 郭金星

济宁圣地电力设计院

李利生

摘 要：本文介绍了风光牌高压变频器在乌斯太热电厂锅炉引风变频系统中的应用情况，阐述了变频调速系统的实现机理、功能及特点，对节能效果进行了分析。从全新的角度，诠释了高压变频调速系统与现场DCS系统的高效对接，增强了锅炉引风系统的自动化性能。

关键词：变频调速系统 锅炉引风系统 高压变频器 DCS

1. 引言

内蒙古国电能源投资有限公司乌斯太热电厂位于阿拉善左旗乌斯太经济技术开发区内，在黄河、包兰铁路和110国道西侧，距黄河直线距离约7公里处。该热电厂I期供热工程，总机组发电容量为2×300MW，于2008年10月26日一期两台300兆瓦空冷供热发电工程1号机组一次并网成功。工程采用了空冷、烟气脱硫、等离子点火、中水回收利用、静电高效除尘等先进技术。该工程的建设不仅解决了当地严重的缺电问题，同时还可满足700万平方米用户取暖。



图1 乌斯太热电厂1号机组

2. 变频改造项目工况介绍

该热电厂I期工程1#机组有两台引风机，风量调节为入口挡板调节方式。机组运行中，引风机的入口挡板开度最大不到85%左右。由于这样的调节方法仅仅是改变通道的流通阻力，节流损失相当大，浪费了大量电能。其主要弊端主要表现为：

- (1) 调节挡板前后压差增加，工作安全特性变坏，压力损失严重，造成能耗增加；
- (2) 风机定速运行，挡板调整节流损失大，出口压力高，系统效率低，造成能源的浪费；
- (3) 风道压力过高，威胁系统设备密封性能；
- (4) 长期的40~70%挡板开度，加速挡板自身磨损，导致挡板控制特性变差；

(5) 设备起动冲击电流大，需增加配电设备容量而增加投资。

为了解决上述问题，经过了大量的技术论证，内蒙古国电能源投资有限公司乌斯太热电厂决定用高压变频器替代传统的挡板调节风量、风压的方法。风机的稳定运转对正常生产至关重要，对设备要求特别苛刻，因此在高压变频器的选用上非常谨慎。为了克服单台引风机变频改造造成的“抢风”现象发生，乌斯太热电厂选用山东新风光电子科技有限公司生产的“风光牌”高压变频器对2台引风机同时进行变频改造。2台电机和变频器的技术参数如表1和表2：

表1 三相异步电机技术参数

型号	YKK710-8	额定电压	6000V
额定功率	2000kW	额定频率	50Hz
功率因数	0.85	接法	Y
额定电流	238A	额定转速	745r/min
生产厂家	湘潭电机股份有限公司		

表2 JD-BP37-2000F 高压变频器技术参数

变频器容量 (kW)	2000	模拟量输入	0 ~ 5V/4 ~ 20mA，任意设定
适配电机功率 (kW)	2000	模拟量输出	两路0 ~ 5V/4 ~ 20mA 可选
额定输出电流 (A)	240	加减速时间	1—3200S
输入频率 (Hz)	45 ~ 55	开关量输入输出	可按用户要求扩展
额定输入电压 (V)	6000V (- 20%—+15%)	运行环境温度	0 ~ 40 度
输入功率因数	>0.95 (>20% 负载)	贮存 / 运输温度	-20 ~ 70 度
变频器效率	额定负载下 >0.98	冷却方式	强迫风冷
输出频率范围 (Hz)	0 ~ 120	环境湿度	<90%，无凝结
输出变频分辨率 (Hz)	0.01	安装海拔高度	<1000m，高海拔降额使用
过载能力	105% 连续，120% 每10分钟允许1分钟，150% 允许1分钟。	防护等级	IP20

3. 锅炉引风机高压变频调速系统特点

引风机调速是由电厂操作人员通过DCS系统的显示器上的模拟操作器，参照烟气温度、锅炉蒸汽温度、负压等参数，对DCS的输出值进行调节，此输出值为反馈给变频器的4 ~ 20mA标准信号，对应不同的频率（速度）给定值，变频器通过比较转速输出量与DCS速度给定之间的大小，自动调节电机的转速，实现风机转速控制，从而达到调节的目的。

锅炉引风机变频系统具有如下特点：锅炉引风机变频系统，既可以变频调速运行，也可以直接投工频运行，同时增加可靠的闭锁回路；为变频器提供的交流220V控制电源掉电时，由于变频器的控制电源和主电源没有相位及同步要求，变频器可以使用UPS继续运行，不会停机；在现场DCS速度给定信号掉线时，变频器提供报警的同时，可按原转速继续运行，维持机组的工况不变；变频器配置单元旁路功能，在局部故障时，变频器可将

■ 在热电行业的应用

行业经典案例 CLASSICAL CASE

故障单元旁路，降额继续运行，减少突然停机造成的损失；保留原电机继续使用，不改变原有风机设备任何基础；和电厂的 DCS 系统实现无缝连接。

4. 高压变频器技术要求及改造方案

4.1 对变频调速系统的主要要求

- (1) 要求变频器要有高可靠性，长期运行无故障。
- (2) 要求变频器有旁路功能，一旦出现故障，可使电机切换到工频运行。
- (3) 调速范围要大，效率要高。
- (4) 有共振点跳转设置，能使电机避开共振点运行，让风机不喘振。

4.2 变频改造方案

改造前：原系统 6kV 高压开关柜至电机，电机与风机直接连接，通过风门挡板的开度来调节流量。

改造后：系统 6kV 高压开关柜至风光高压变频器，风光高压变频器与电机相连，通过调节电机的转速来调节流量，如图 2 所示，此时电机与风机间不用做任何改动，且变频调节时风门挡板可全开。

根据现场要求，此次 2 台变频器采用一拖一手动旁路控制方案，其一次电路如图 2 所示。

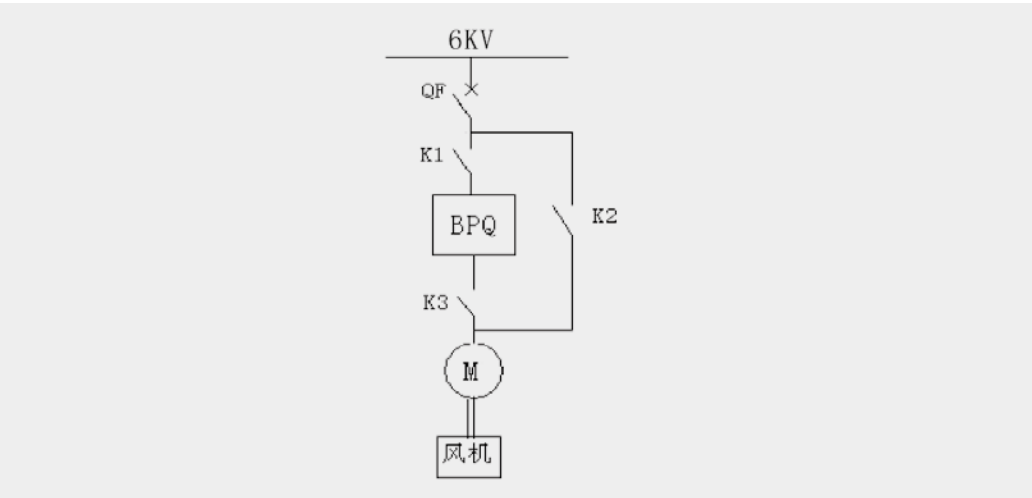


图 2 高压变频改造一次系统接线图

QF 为用户原高压开关；

k1、k2 和 k3 为变频器旁路开关柜高压隔离开关；

BPQ 为风光 JD-BP37 系列高压变频器；

M 为高压电动机。

变频器控制风机为一拖一控制，旁路开关柜用于工 / 变频切换。k1,k2 和 k3 为 3 个高压隔离开关，要求 k2 和 k3 不能同时闭合，在机械上实现互锁的同时实现电磁互锁。k2 断开 ,k1 和 k3 闭合，风机变频运行 ;k1 和 k3 断开 ,k2 闭合，风机工频运行。

4.3 DCS 系统改造方案

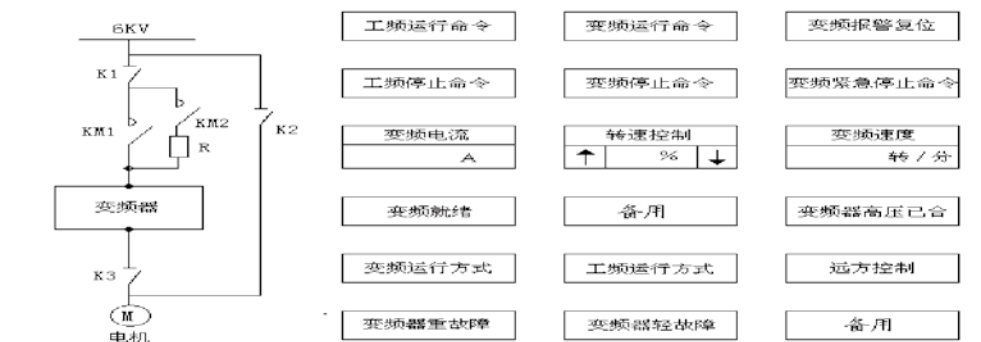


图 3 DCS 画面方案

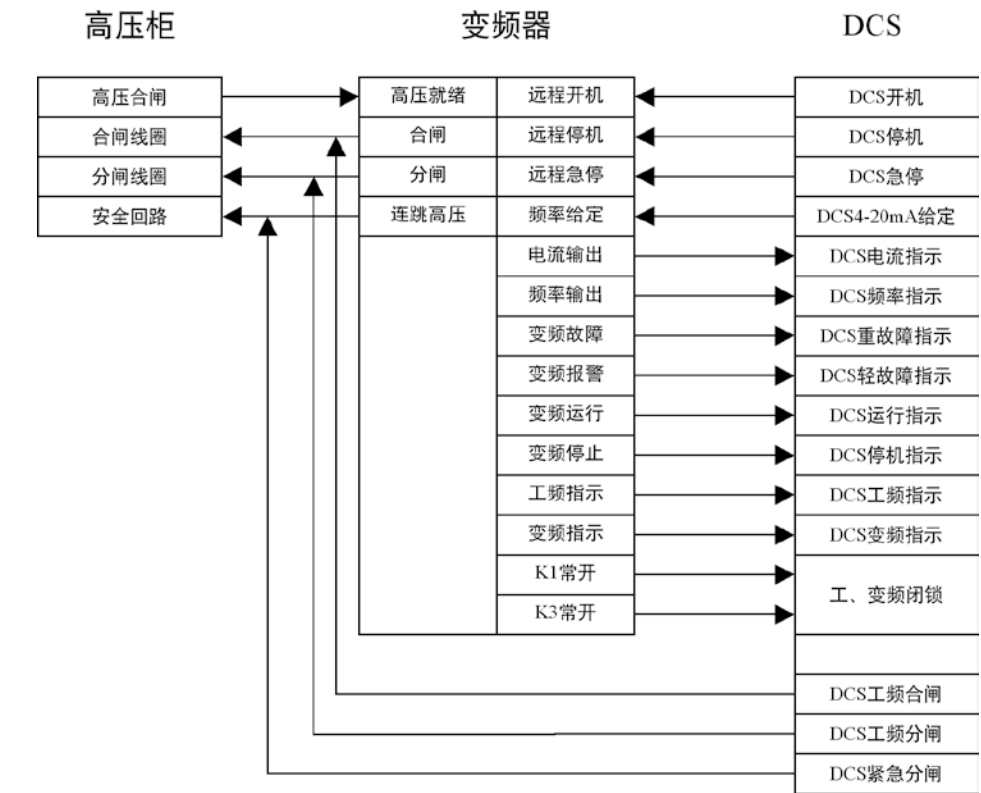


图 4 高压变频器外围控制回路

■ 在热电行业的应用

行业经典案例 CLASSICAL CASE

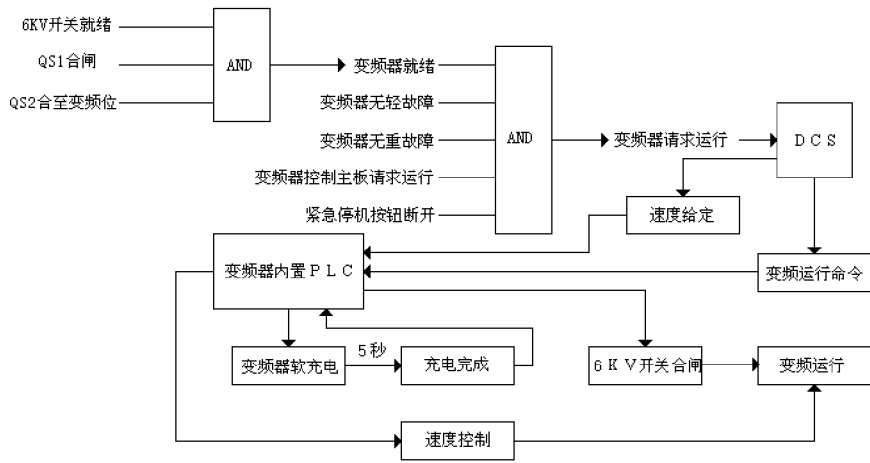


图 5 变频器控制逻辑示意图

如图 3 所示，利用 DCS 控制系统的预留点，设计高压变频改造控制、运行监视系统，系统包括工、变频的运行、停止命令按钮；转速调节按钮；变频器复位按钮、紧急停止按钮；变频器运行电流、电机转速显示；高压柜以及变频合闸显示；变频器故障报警显示。

如图 4 所示，DCS 系统输出 4—20mA 电流信号控制 JD—BP37 高压变频调速系统的运行频率，来控制电机的运行转速。JD—BP37 高压变频调速系统反馈 4—20mA 电流信号指示 JD—BP37 高压变频调速系统的输出频率、输出电流。JD—BP37 高压变频调速系统同时接收 DCS 控制系统的启动、停止、急停、复位控制信号，调整运行状态。

当 JD—BP37 高压变频调速系统故障时，系统输出故障停机 and 报警信息，用于提示用户启动故障处理措施，同时 JD—BP37 高压变频调速系统将信号发送给 DCS，在 DCS 系统上显示故障，以便于及时的排除故障。如果系统出现紧急情况，DCS 监视人员立即点击变频器紧急停止按钮，此时变频器立即封锁输出，并及时跳开现场 6kV 小车开关。

为保证 JD—BP37 高压变频调速系统操作的安全性，需从改造电机的进线开关柜把断路器的状态信号接入 JD—BP37 高压变频调速系统。JD—BP37 高压变频调速系统输出的故障跳闸信号接入断路器的分闸回路，连跳高压信号接入安全回路，当出现严重故障时及时跳开断路器保护 JD—BP37 高压变频调速系统及电机。

如图 5 所示，当所有开机条件都具备后，DCS 发出变频运行命令，变频器内置 PLC 发出“合闸”信号至 6kV 高压柜，现场 6kV 小车开关合闸，变频器进行软充电，5S 后充电完成，变频器处于就绪状态，由 DCS 给出 4—20mA 信号控制变频器频率来改变电机转速。

5. 现场调试

5.1 模拟试机

现场拆除电机与风机之间的连接轴。DCS 给出开机信号，变频器接收到开机信号后，变频器送出合闸信号至高压开关柜，高压断路器合闸，高压开关柜送出高压就绪信号至变频器，变频器就绪 5S 后开始启动，在 DCS 侧调节变频器的频率，得到相应的电机转速，变频调速系统运行正常。

5.2 速断值的整定

变压器应设电流速断保护，它与瓦斯保护配合，可快速切除变压器高压侧及其内部的各种故障，构成变压器主保护。变压器速断保护的動作電流按下列條件整定：

(1) 為了保護選擇性，速斷保護的動作電流，按躲過變壓器二次側母線短路時流過保護裝置的最大短路電流整定：

$$I_{set}=K_{rel}I_{k\max}$$

式中， K_{rel} 為可靠性系數，對於 DL 型繼電器，取 1.3—1.4，對於 GL 型繼電器，取 1.5—1.6； $I_{k\max}$ 為最大運行方式下，變壓器二次側母線發生短路時，折算到一次側的次暫態電流。

(2) 電流速斷保護的動作電流還應躲過變壓器空載投入時的勵磁涌流（通常取 3—5 倍的變壓器額定電流）

$$I_{set}=(3\sim5)I_N$$

(3) 取上述條件中的較大數值作為速斷保護的一次動作電流。

在調試過程中，首先按躲過 5 倍變壓器額定電流整定，在合閘過程中出現 2 次電流速斷跳閘；而按 7 倍變壓器額定電流整定後，多次合閘均未出現合閘時電流速斷跳閘情況。因此，高壓變頻器中移相變壓器的繼電保護速斷值應按下式整定： $I_{set}=7I_N$

5.3 過流值的整定

因移相變壓器二次側只有連接線及功率單元，很難按電力變壓器整定原則中提到的方法整定。當功率單元出現故障時，應由變壓器內部保護進行排除。為防止變壓器低壓側出現故障時，主保護未發生作用，在高壓側設置如下過流保護定值： $I_{set}=5I_N$ ， $t=0.5s$

它可以作為斷路器對變頻器系統保護的後備保護，整定後系統運行正常。

本台變頻器一次性投運成功，引風機變頻改造及時順利完成。

6. 节能效果

6.1 变频启动后的差动保护

本系统主回路设有对电机有差动保护功能，在电机封星点处接入电流互感器检查电机运行过程中的差动电流作为电机保护的一种后备保护。由于变频器在启动时频率给定由 0Hz 到设定的频率，在低频启动时交流磁场建立的初期会产生不平衡电流，将引起差动保护动作，随着频率的上升不平衡电流逐渐减小降低，这样由于差动保护电流采集发生了变化导致差动回路不能正常运行，所以只能选择在变频运行时退出差动保护；所以在对电机要求有差动保护只能投到电机工频运行中。在变频方式工作时，此功能取消，通过对综保的设置来实现，否则在变频器启动时引起差动保护跳闸动作。

6.2 设备改造投运后在不同负荷下，对单台引风机在工频与变频运行工况下进行了对比如下：

工频运行时平均负荷在：

200MW 时，每日用电量大约为 19872kWh，占厂用电率 0.42%。250MW 时，每日用电量大约为 21924kWh，占厂用电率 0.37%。300MW 时，每日用电量大约为 33048kWh，占厂用电率 0.46%。

变频运行时平均负荷在：

200MW 时，每日用电量大约为 9612kWh，占厂用电率 0.2%。250MW 时，每日用电量大约为 18360kWh，占厂用电率 0.31%。300MW 时，每日用电量大约为 30240kWh，占厂用电率 0.42%。

经过上述统计可看出，在相同负荷下，每日可节省电量：

200MW 时，每日节电大约为 10260kWh。每小时节电 427.5kWh。250MW 时，每日节电大约为 3564kWh。每小时节电 148.5kWh。300MW 时，每日节电大约为 2808kWh。每小时节电 117kWh。

经上述分析可看出，在将引风机改为变频运行时，电机耗电量在低负荷情况下最明显，厂用电率约可降低 0.22%，在高负荷下每小时大约也可节约 117kWh。在两台变频设备同时投入运行后，效益更加可观。

7. 结束语

山东新风光电子科技有限公司型号为 JD—BP37—2000F 的高压变频器在乌斯太热电厂运行 4 个月来，其性能稳定、节能效果明显，可以根据锅炉的燃烧情况进行风量调节，大大提高锅炉的稳定性，并且节煤效果很好，提高了运行的经济性。

◎ 高压变频器在热电厂锅炉引风机上的应用

山东新风光电子科技发展有限公司曹公正田利瑞

安徽国祯太平洋电力有限公司张治国

摘 要：本文介绍了风光牌高压变频器在安徽国祯太平洋电力有限公司锅炉引风机上的应用情况，对节能效果进行了分析。

关键字：高压变频器，锅炉引风机，应用

1. 引言

安徽国祯太平洋电力有限公司是一家节能环保、资源综合利用的热电联产企业。装机容量为三台燃煤 65t/h 锅炉配备二台 12MW 汽轮发电机组。公司于 1996 年 6 月建成并向外供热、发电，目前独家担负着阜阳城区的集中供热重任。年均供电量为 19000 万千瓦时、供气 40 万吨。公司现正依托阜阳农业大市的优势，实施燃煤锅炉改造，计划 2009 年底前实现以农作物秸秆为主要原材料的生物质发电供热。在热电厂发电过程中锅炉风机是耗能的主要负载。所以为了实现发电过程中电能的合理节约，希望可以将 1# 锅炉通过变频装置进行节能拖动。

2. 用户引风机设备简介

2.1 电机及引风机的参数

电机参数		
型号 YPT 450—6	额定功率 450KW	额定电压 6KV
额定频率 50Hz	额定电流 55A	额定功率因数 0.82
额定转速 1000rpm		
引风机参数		
型号 QAY—5C—22.51	额定流量 181200m ³ /h	额定转速 960rpm
轴功率 450KW	额定风压 6500Pa	

2.2 引风机工艺要求

引风机是热电厂的锅炉生产工艺中重要的组成部件。引风机输送的介质是烟气，最高温度一般不得超过 250 度。锅炉结构复杂，还有烟气的除尘、脱硫设备，烟气阻力较大，利用引风机排烟才能排除烟气，同时引风机也造成锅炉本体的燃烧室的需要的负压。

所以，一方面生产工艺要求变频器必须安全可靠运行稳定，连续不间断正常运行；操作简单，可以实现远程 DCS 控制；频率可调度 2—50Hz；适应电网电压波动能力强；保护功能完善；要求节能效果明显。另一方面，负载为离心式引风机，要求变频器启动和停止时能适应离心式引风机的较大的转动惯性，减小对电网电压的影响，对电机有必要的保护，有助于延长电机的使用寿命。

公司经过多方调研，决定将 1# 锅炉的引风机用变频器控制，希望达到节能的目的。最终选用国产变频器中国名牌产品——风光牌高压变频器。

3. 高压变频器系统介绍

3.1 风光 JD—BP37 系列高压变频器结构

风光 JD—BP37 系列高压变频调速器输入侧由移相变压器给每个单元供电，每相 5 个单元组成，每个功率单元都承受电机电流、1/5 的相电压、1/15 的输出功率。15 个单元在变压器上都有自己独立的三相输入绕组。功

率单元之间及变压器二次绕组之间相互绝缘。二次绕组采用延边三角形接法，可实现多重化，降低了输入电流的谐波成分。

输入移相变压器的副边绕组分为三组，构成 36 脉冲整流方式；这种多级移相叠加的整流方式可以大大改善网侧的电流波形，使其负载下的网侧功率因数接近 1，输入电流谐波成分低。实测输入电流总谐波成分小于 4%。

控制器核心由高速 32 位 DSP 芯片和嵌入式工控机协同运算来实现，精心设计的算法可以保证电机达到最优的运行性能。嵌入式工控机提供友好的全中文 WINDOWS 监控和操作人机界面，同时可以实现远程监控和网络化控制。可编程控制器 (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的协调，增强了系统的灵活性。其结构如图 1 所示。

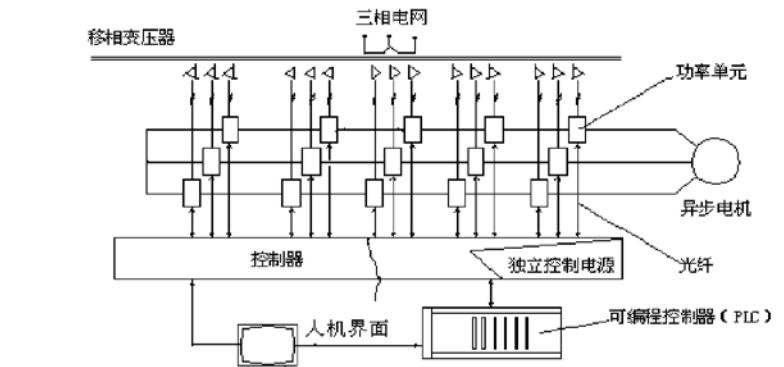


图 1 高压变频器系统结构图

功率单元电路采用交—直—交逆变电路，整流侧为六支二极管实现三相全波整流，逆变侧由四支 IGBT 组成全桥逆变电路，通过 SVPWM 控制方法，控制两路 IGBT 逆变桥实现直流到交流的逆变过程。电路结构如图 2 示。

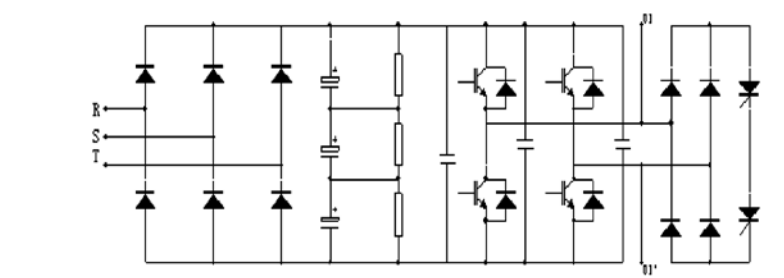


图 2 功率单元主电路结构图

功率单元的结构都如上图所示，完全一样，可以互换。这不但调试、维修方便，而且备份也十分经济。假如一单元发生故障，该单元的输出端能自动通过可控硅旁路而整机可以暂时降额工作，直到缓慢停止运行。

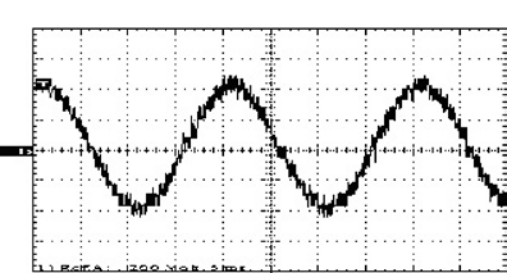


图 3 变频器输出的相电压阶梯 PWM 波形图

每个单元的 U、V 输出端子相互串联而成星型接法给电机供电，通过对每个单元的 PWM 波形进行重组，可得到如图 3 所示的阶梯 PWM 波形。这种波形正弦度好，dv/dt 小，可减少对电缆和电机的绝缘损坏，无须输出滤波器就可以使输出电缆长度很长，电机不需要降额使用，可直接用于旧设备的改造；同时，电机的谐波损耗大大减少，消除了由此引起的机械振动，减小了轴承和叶片的机械应力。

■ 在热电行业的应用

行业经典案例 CLASSICAL CASE

安徽国祯太平洋电力有限公司炼铁厂根据电机和风机的负载额定值和实际负载量最终选定我公司生产的风光牌 JD-BP37-450F 型功率单元多电平串联高压大功率变频器，对电厂的锅炉引风机进行改造。

3.2 风光 JD-BP37-450F 型高压变频器主要性能指标

变频器功率 450KW	额定输出电流 55A	输入频率 50Hz ± 5Hz
额定输入电压 6KV	允许电压波动 ±20%	输入功率因数 ≥ 0.98
输出频率范围 0 ~ 50Hz	输出电压范围 0~6KV	变频器效率 ≥ 96%
过载能力 100% 连续 160% 连续 1min 220% 允许 1.5S		
高一高电压源型变频器，直接 6KV 输入，直接 6KV 输出，无须任何输出变压器或滤波器，适配于普通高压电动机，对电机、电缆绝缘无损害。		
输入功率因数高，电流谐波小，无须功率因数补偿、谐波抑制装置。		
单元电路模块化设计，维护简单，互换性好。		
输出阶梯正弦 PWM 波形。		
高压主回路与控制器之间为光纤连接，强弱电隔离，安全可靠。		
完善的故障检测，精确的故障保护及准确的定位显示和报警。		
内置 PLC，易于改变控制逻辑关系，可灵活选择现场控制 / 远程控制，适应现场多变需求。		
采用载波移相控制技术，大大抑制了输出电压的谐波成分，保证输出波形是完美正弦波。		
控制电源与高压电相互独立，无高压可以检测变频器输出，便于现场调试以及培训操作人员，便于维护。		
采用准优化 SPWM 调制技术，电压利用率高。		
功率单元经 24 小时高温老化、150 % 负载试验，可靠性高。		
中文 Windows 操作界面，彩色液晶触摸屏操作。用户操作监控系统界面十分友好和完善，系统包括上位机（商用 PC 机）、下位机（工控机）、单片机。上位机（商用 PC 机）放在总控室，可对多台变频器进行遥测、遥控。下位机采用触摸屏和通用键盘给用户提供操作平台，下位机功能包括运行操作，参数设定、实时曲线，运行记录、故障记录查询等等。		
可接收和输出多路工业标准信号。		
可实现与用户 DCS 的无缝对接。		

4. 变频控制方案

变频器控制锅炉引风机为一拖一控制，旁路开关柜用于工 / 变频切换。K1、K2 和 K3 为三个高压隔离开关，要求 K2 和 K3 不能同时闭合，在机械上实现互锁。K1 和 K2 闭合，K3 断开，风机变频运行；K3 闭合，K1 和 K2 断开，风机工频运行。控制方案接线如图 4 示。

K1、K2、K3：高压隔离开关

BPQ：JD-BP37-450F 型高压变频器 D：高压电动机

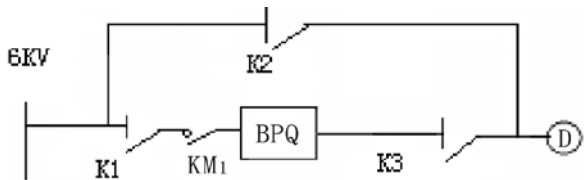


图 4 控制方案接线图

5. 节能效益

通过调节风门的出口挡板调节风量来满足生产工艺要求，大量电能白白浪费在阀门上。采用变频器拖动电机的方式，阀门调到全开的位置，通过改变电机输入电压的频率来调节电机的转速，消除了消耗在阀门上的能量。

电厂用电率是发电厂重要的经济指标之一，降低电厂用电率可以降低发电成本，提高发电厂的经济效益，

引风机电机这类大功率高压电气设备，往往能耗大，效率低，直接影响厂用电率的高低。

根据其生产工艺实际运行情况调节阀门后，工频时电机运行的平均电流在 25A 左右，电机本身的功率因数是 0.82。

工频运行的平均功率计算： $P_{工} = 1.732 \times 6 \times 25 \times 0.82 = 213.036 \text{KW}$ $W_{工} = 213.036 \times 24 = 5112.864 \text{KWh}$

变频方式拖动电机时，将风门全部打开，变频器运行在输出频率 30Hz 已经达到同样的工艺要求。变频器的输入电流平均值为 11A 左右。变频器的功率因数是 0.98。

变频运行的平均功率计算： $P_{变} = 1.732 \times 6 \times 11 \times 0.98 = 112.026 \text{KW}$ $W_{变} = 112.026 \times 24 = 2688.624 \text{KWh}$

节电率计算： $(P_{工} - P_{变}) / P_{工} = 47\%$

节约电费计算，以该矿电价 0.6 元 / KW · h 计：

工频 24 小时耗电费： $5112.864 \times 0.6 = 3067.2 \text{元}$ 。

变频 24 小时耗电费： $2688.624 \times 0.6 = 1613.1744 \text{元}$ 。

变频改造后，日节约电费： $3067.2 - 1613.1744 = 1454.026 \text{元}$ 。

一年以 360 天为标准计算，年节约电费： $1454.026 \times 360 = 523449.36 \text{元}$ 。

6. 变频器带来的其他效益

从变频器顺利投运 4 个月以来的正常运行状况来看，风光 JD-BP37-450F 型高压变频器有以下优良的效果：

(1) 运行稳定，安全可靠。以往使用液力耦合器必须定期更换轴承，每次需停机半天左右，带来的巨大的经济损失。使用变频器则可保证生产的连续性。对变频器输入变压器温升、功率单元温升、输出电压、输出电流等各项参数定期巡检，完全正常。变频器运行一直十分稳定，为发电厂锅炉安全可靠生产提供了强有力的保证。对于用户来说，只需定期对变频器除尘，不用停机，保证了发电生产的连续性。在整个运行范围内，电机始终运行平稳，温升正常。风机启动时的噪音和启动电流非常小，无任何异常振动和噪音。

(2) 电动机实现了真正的软启动、软停运，变频器提供给电机的无谐波干扰的正弦波电流，降低了电机的故障次数。同时，变频器设置共振点跳转频率，避免了风机会处于共振点运行的可能性，使风机工作平稳，风机轴承磨损减少，延长了电机和风机的使用寿命和维修周期。

(3) 变频器自身保护功能完善，同原来继电保护比较，保护功能更多，更灵敏，大大加强了对电机的保护。

(4) 变频器与原 DCS 操作系统接口时，因变频器的各控制信号及故障信号的输出是标准的数字信号（开关量）和标准模拟信号（4 ~ 20mA 或 0 ~ 5V 信号），因此与 DCS 系统可直接连接，接口十分方便，方便了对电机和风机工作状态的监控，减少了劳动强度。

(5) 设备适应电网电压波动能力强，有时电网电压高达 6.9kV，或者电压低至 5.5kV 变频器仍能正常运行，提高了电机适应能力。

(6) 同液力耦合器相比，变频器拖动电机方式，在加速期间大大减小了电机的噪声，削弱了噪声污染。由于不用定期拆换轴承或者对液力耦合器进行维修，避免了机油对环境的污染，使风机房的现场环境有了极大改善，同时减少了维修费用。

(7) 经过现场测试，变频器的三相输出电压波形、电流波形非常标准，说明变频器完全可以控制一般的普通电动机运行，对电机无任何特殊要求。

7. 结束语

从近 4 个月的运行情况来看，山东新风光电子科技有限公司生产的 JD-BP37-450F 高压大功率变频器性能优越，可靠性高，节能效果显著，变频系统满足了连续生产的需要，并展现了其性能具有无可比拟的优越性。

◎ 高压大功率变频器在制药行业的应用

山东新风光电子科技发展有限公司 张丙建

浙江易嘉节能设备有限公司 张向阳

摘 要：本文介绍了国产高压大功率变频器在山东齐发药业的应用情况，变频器现场运行情况表明，采用高压大功率变频器对鼓风机进行工变频转换和调速节能改造，起到了明显的效果。

关键词：高压大功率变频器 工变频转换

1. 引言

山东齐发药业为山东齐鲁制药厂下属企业，设计有压力东站和压力西站相互配合向发酵罐送风。其中压力东站有四台 2800KW/10KV 电机分别拖动四台鼓风机，四台电动机分别是水电阻降压启动，启动电流很大，启动电流是额定电流的 3—5 倍，对电厂高压开关装置 是一个很大的冲击，不能达到安全供电的要求。其中有一台鼓风机通过调节进风口阀门来调节空气压力满足工艺要求，大量电能在阀门上白白浪费。

为了改善系统运行的安全性和节能降耗的目的，山东齐发药业经多方调研考察，认为风光 JD—BP38 型高压大功率变频器为直接高一高，电压源型变频器，采用功率单元串联方式，谐波小，功率因数高，特别在工变频转换过程采用相位调整法控制切换电流，使切换电流所带来的冲击小于额定电流，在双方技术人员的努力配合下，共同制定了西站风机的变频控制方案。

2. 齐发药业西站设备介绍

根据山东齐发药业有限公司的意见，决定将西站 1#、2#、3#、4# 四台机组采用变频调速改造，采用一拖四的方案。即高压变频器拖动四台机组的任何一台，当运行频率达到 50HZ，然后变频器将其切换到网电工频运行；然后再拖动另一台，当运行频率达到 50HZ，变频器再把其切换到网电工频运行；最后变频器拖动第三台变频运行，通过调节频率来调整空气压力满足工艺要求。第四台机组作为备用，当其它三台机组有一台出现故障时，把变频器拖动的机组切换到网电工频运行，变频器拖动第四台大台变频运行。四台机组同型号同功率。其主要参数如下：

(1) 电动机			
型号	: Y710—2	额定电流	: 196A
额定电压	: 10KV	额定转速	: 2987r/min
额定频率	: 50HZ	功率因数	: 0.86
(2) 加速器			
型号	: CYD—350—2800/203	主轴转速	: 2950r/min
速比	: 1:2.035	从动转速	: 6005r/min
(3) 鼓风机			
型号	: DJK800—250/97	入口压力	: 97KP
排气压力	: 250KP	入口流量	: 800m³/min
工作转速	: 6650r/min	电机功率	: 2800KW

3. 风光牌 JD—BP—2800F 高压变频器功能介绍

(1) 主要指标

额定输入电压 : 10KV (—20%—+15%)

额定输出电流 : 202A

输入频率 : 45—55HZ

输入方式 : 36 脉冲二极管全波整流输入

输出方式 : 每相 13 单元 载波移相 正弦波脉宽调制输出

输入功率因数 大于 0.96(额定负载)

效率 (含变压器) 不小于 96%(额定负载)

输出频率 : 0—60HZ 0—100% 连续可调

频率分辨率 : 0.01HZ

过载能力 〈105% 长期运行 120%—150% 一分钟保护 〉150% 立即保护

控制电源 双路供电 220VAC 10KVA

(2) JD—BP38—2800F 高压变频器主要技术性能

1 高一高电压源型变频器，直接 10KV 输入，直接 10KV 输出，无须任何输出变压器或滤波器，适配于高压电动机，对电机、电缆绝缘无损害。

2 输入功率因数高，电流谐波小，无须功率因数补偿、谐波抑制装置。

3 输出阶梯正弦 PWM 波形。

4 高压主回路与控制器之间为光纤连接，强弱电隔离安全可靠。

5 完善的故障检测，精确的故障保护及准确的定位显示和报警。

6 内置 PLC，易于改变控制逻辑关系，可灵活选择现场控制 / 远程控制，适应现场多变要求。

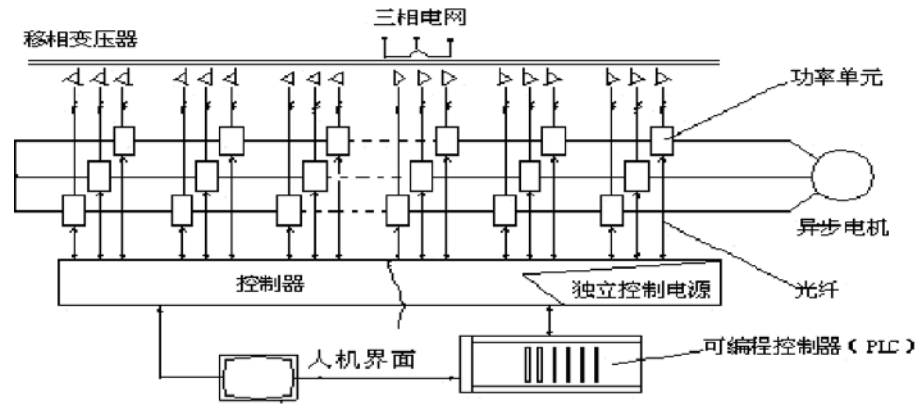
7 采用载波移相控制技术，大大抑制了输出电压的谐波成分，保证输出波形是完美正弦波。

8 采用准优化 SPWM 调制技术，电压利用率高。

9 采用数字微处理控制器，具有就地监控方式和远程监控方式，在就地监控方式下，通过触摸屏键盘和其显示，可进行就地启动、停止变频器，可以调整频率，控制部分采用全中文操作界面，彩色液晶触摸屏，各种功能参数设定均采用中文，远方监控方式为在控制室配上位机进行变频器的控制，与现场触摸屏相互冗余。

(3) 变频器系统介绍

系统由移相变压器、功率单元和控制器组成。其结构如图所示：



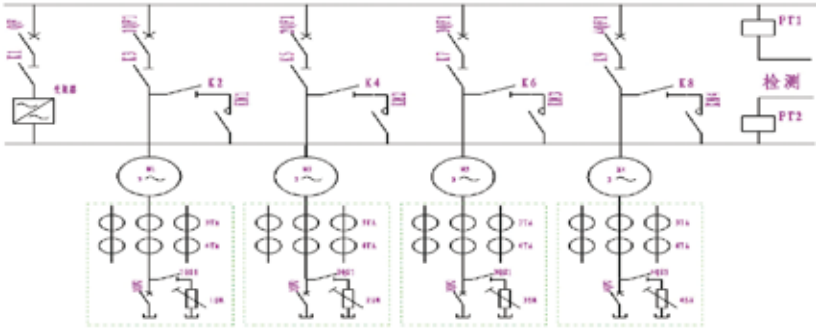
在其他行业的应用

行业经典案例 CLASSICAL CASE

每相采用低压功率单元串接组成，功率单元由一个绕组的隔离移相变压器供电，每相由低压叠加而产生所需要的高压输出，以高速微处理器实现控制和子微处理器进行通信，风光 JD-BP38-2800F 高压变频器，变压器有 39 组副边绕组，分为 13 个功率单元 / 相，三相共 39 个单元，采用 36 脉冲整流，每个功率单元结构上完全一致，可以互换，输入输出谐波均能满足国家标准,GB/T14549-93 对电压和电流失真的要求，对电网污染小，输入电流谐波小于 4%，噪音低，温升低，不会引起电机的转矩脉动，对电机没有特殊要求。

4. 系统控制方案

(1) 一拖四电气系统主回路接线图如下：



KM1、KM2、KM3、KM4：变频器输出真空接触器
1QF2、2QF2、3QF2、4QF2：原水阻起动柜检修断路器
1QS、2QS、3QS、4QS：原水阻起动柜隔离开关
1SR、2SR、3SR、4SR：原水电阻
PT1、PT2：高压互感器
其中 KM1、KM2、KM3、KM4 相互互锁 ,K2、K4、K6、K8 相互互锁 ,KM1 与 1QF1 互锁 ,KM2 与 2QF1 互锁 ,KM3 与 3QF1 互锁 ,KM4 与 4QF1 互锁。

(2) 工变频转换过程，(以转换 M1 电动机为例) 变频器送上控制电源，把 K1K2K3 合上，合上星点 1QF2，从高配室把 QF 闭合，1QF1 储能处在合闸状态，这时 KM1 闭合，变频器处于就绪状态，可以开机运行，根据现场可以选择就地或是上位机开机，变频器开机后按设定上升时间上升到 50HZ，同时给出转工频信号，提示现场工作人员可以切换到工频，如果操作人员根据现场状况判断可以切换，则按“转工频”按钮，系统将自动断开 KM1，合上 1QF1 的合闸线圈，转工频完成，变频器自动停下来。变频器通过 PT1、PT2 来检测变频器的相位和工频相位，通过调整变频器的输出相位，使其输出相位与工频相位一致。

5. 变频器运行情况

2006 年 12 月，山东齐发药业有限公司与山东新风光电子签定了一套一拖四高压变频器，于 2007 年 3 月完成了变频器系统的安装调试工作，于 2007 年 4 月正式投入运行，高压变频器与原系统相比较，主要有以下优点：
(1) 运行稳定、安全可靠。从变频器顺序投入运行半年以来，对变频器功率单元温升、输入变压器温升、输出电压、输出电流等各项参数通过定期巡检，均正常。变频器运行十分稳定，为药业生产提供了强有力的保证。

(2) 电机及机组运行平稳，各项指标满足工艺要求，在整个运行范围内电机运行平稳，温升、振动正常，风机启动时噪音和启动电流在额定电流以内，保护了电厂高压开关，延长了高压开关的使用寿命。

(3) 工变频转换无冲击。变频器拖动一台电机运行到 50HZ 时，转换到工频运行，在切换过程中，切换电流与正常运行电机电流几乎一样，对电网的冲击大大减小，提高了系统的安全性，也提高了电机的使用寿命。

(4) 节能效果显著，大大降低了电耗。为了对系统变频改造后的效果进行评价，在系统投入正常运行后对设备实际使用和节电情况进行了测定和数据分析，变频改造前后工况相同，随机抽取一个正常工作日，将系统切换工频运行，采用阀门调节风量，网侧计量耗电量，然后将系统切换变频运行，计量耗电量，具体数据如下表：

状态 \ 参数	累计时间 H	累计电量 KWH
工频	24	65800
变频	24	59700

通过上表可以看出，系统改种过前后节电量每天 6100KWH，节能交果显著。

6. 结束语

总之，山东新风光电子科技发展公司生产的 JD-BP38-2800F 高压变频器在药业西站风机改造是成功的，减小了原系统的冲击电流，达致函安全供电的要求，并且节能效果显著，使用表明 JD-BP38 系列高压大功率变频器具有巨大的推广使用价值。

◎ 国产高压变频器在发酵罐搅拌机上的应用

山东新风光科技发展有限公司 郭培彬 郑培峰
山东中轩生物有限公司 翟汉章

摘 要：本文结合黄原胶发酵工艺情况，介绍了山东新风光科技发展有限公司生产的高压变频器在山东中轩生物有限公司发酵罐中的应用情况。通过改造，改善了黄原胶发酵效果，达到了节能降耗的目的。

关键词：高压变频器 发酵罐 节能

1. 引言

黄原胶又名汉生胶，是由野油菜黄单胞杆菌以碳水化合物为主要原料（如玉米淀粉），经发酵工程生产的一种作用广泛的微生物胞外多糖。它具有独特的流变性，良好的水溶性，对热及酸碱的稳定性，与多种盐类有很好的相容性，作为增调剂、悬浮剂、乳化剂、稳定剂，可广泛应用于食品、石油、医药等 20 多个行业，是目前世界上生产规模最大且用途极为广泛的微生物多糖。

自 20 世纪 70 年代起，就在美、英、法、意等国家开始发展，受技术专利、生产工艺、昂贵设备等因素限制，国内黄原胶生产一直处于低水平状态。山东中轩生物有限公司（以下简称中轩公司）与中国科学院联合，以自主研发的低成本专利技术与设备，实现了对昂贵进口专利与设备的完全替代。中轩公司迅速抢得黄原胶全球市场份额达 34%。中轩公司的生产能力年产量超过 20,000 吨，可以与美国 CP Kelco、ADM 等行业的国际领先企业匹敌。今天的中轩公司，已成为全球第二大的黄原胶生产商。

2. 国内黄原胶的前期生产工艺现状

发酵行业是现代生物工程重要组成部分，特别是黄原胶等新型发酵行业，近几年来得到迅速的发展，众所周知，发酵工业离不开发酵罐，随着生产工艺的不断改进，发酵的不同阶段，对发酵罐的搅拌速度需要不断调整。而目前在国内黄原胶的生产中，大多数厂家的前期生产工艺，发酵罐采用传统的恒定转速搅拌器来搅拌发酵液。这种搅拌器的转速是根据菌种特性与参照菌种在不同生长代谢阶段的摄氧要求的最高转速设定的，这种定速搅拌方式限制了发酵工艺流程的改进，同时也浪费了大量能源。

3. 发酵罐搅拌器的转速与黄原胶菌种生长代谢的关系

3.1 搅拌器

黄原胶生产发酵工艺是黄原胶菌种在适合的培养基、PH 值、温度、通气和搅拌等条件下进行生长与合成黄原胶的代谢活动。发酵工艺的持续时间与发酵液内氧的传递能力、营养物质的消耗程度、毒性和有抑制性化合物的形成及菌种的物质特性有关。其中通气和搅拌功能是对黄原胶菌种提供生长代谢活动的氧源，而搅拌器的功能则是在发酵液通气的条件下，将空气打碎成小气泡，使其均匀分布在发酵液的各个角落，增加气液接触的有效面积，使发酵液随搅拌叶转动形成涡流并提高其端动程度，减少菌丝因缺氧而产生结团现象，使氧的传递面积增大，延长氧在发酵液中的停留时间，达到增加黄原胶产量的目的。

3.2 搅拌器转速对黄原胶发酵工艺的影响

发酵罐的罐压维持微正状态，虽然可以避免负压时造成的染菌和延长氧在发酵液中的停留时间，但是还应当考虑到，如将罐压从微正状态提高时，既不利于黄原胶菌种代谢时废气的排除与氧在发酵液内的传递，又增加了设备的负载，同时提高了有害气体的溶解度。在这种情况下，如果单一考虑增大空气流量来提高供氧浓度，将会加快发酵液水分蒸发，随之也会带走更多的挥发性有机酸等其他的中间产物，对黄原胶菌种的代谢十分有利。同时，发酵液的黏度也会上升，还会影响液体的湍动程度和氧从气相传递到发酵液中的液膜阻力，使氧的传递阻力增大。此外，发酵液粘度较大时，泡沫将剧增而稳定，且不易破裂，使气液接触的总面积降低。因此，为了消除过多的泡沫就要耗用大量的消沫剂。但是，消沫剂用量过多时，不但不能消除泡沫，反而引起泡沫调节失控，PH 值波动，最终导致异常发酵，造成不可挽回的黄原胶生产损失。由于空气在发酵液中滞留的时间有限，对溶氧浓度的影响也将远小于搅拌器转速的影响。由此可见，在黄原胶发酵工艺中，并不提倡一味地增大空气流量，而应当调整搅拌器的转速，以满足不同黄原胶菌种及其在不同生长代谢阶段对溶氧的需求，同时可以改进黄原胶发酵工艺，达到节约能源的目的。

根据黄原胶的菌种在不同生长代谢阶段，对摄氧量的不同要求及搅拌器转速对溶氧浓度占据的主导地位，对黄原胶发酵罐的传统搅拌器进行调速技术改造非常必要，而变频调速是众多调速方案中的最佳选择。通过发酵罐变频改造工程，使黄原胶发酵工艺中搅拌器转速、通气量、溶氧浓度和罐压等工艺参数有机结合，促使黄原胶菌种的生长代谢条件达到最佳状态。

在黄原胶的生产成本中，电和蒸气成本约占总成本的 40%，为了降低发酵电耗成本，改善工艺流程，中轩公司领导决定对黄原胶发酵罐搅拌机，进行变频调速改造，基于山东新风光科技发展有限公司在发酵行业的良好表现，中轩公司通过招标方式选择了我公司生产的风光牌 JD-BP38 型高压变频器对其进行改造，改造达到了预期的目的。

4. 现场负载工况

负载名称：黄原胶发酵罐搅拌机

电机参数

额定功率 450KW 额定电流 29A 额定电压 10KV

额定频率 50Hz 功率因数 0.89



图 1 现场设备图

■ 在其他行业的应用

行业经典案例 CLASSICAL CASE

5. 山东新风光 JD—BP38—630F(630KW／10KV) 的主要优势特点

风光 JD—BP38 系列高压变频器与国内外同类产品比较，具有以下优势特点：

- 1) 系统控制电源采用 220VAC 和高压主电源降压隔离后双路供电，系统运行更可靠、操作更简便。可在无高压电的情况下检测变频器的输出及各点波形，便于调试、检修及操作人员培训；
- 2) 冷却风机采用高压主电源降压后直接驱动，风机仅在上高压电且变频器开机后运行，避免了冷却风机启、停时对控制系统的影响；
- 3) 功率单元工作电源为外部开关电源，避免了高压瞬时掉电时对单元的控制电源的影响；
- 4) 更适应于国内电网条件，变频器工作电压范围为 UN+15 ~ -20%，如 JD—BP38 系列（10KV）可稳定运行于 11500V 电压条件下；
- 5) 瞬时停电保护功能。当主电源失电后，变频器控制电机处于发电状态运行，为单元电容充电，并为单元控制电源供电，直至主电源恢复，变频器回到原运行状态。瞬时停电时间典型值为 3 秒（具体时间可以根据用户的系统而定），超过 3 秒变频器则保护，检查停电原因，以免变频继续运行而引起事故；
- 6) 中性点漂移技术；
- 7) 主要器件均采用世界一流厂商的成熟产品，产品从元器件至半成品及成品，均实现 100% 的严格测试。各系列产品出厂前均完成 72 小时以上的 100% 负载测试，确保产品的可靠性；
- 8) 在系统运行安全可靠设计方面，我公司拥有独有专利技术：一种使电解电容延长一倍使用寿命的装置。

6. 改造系统原理图

改造系统由一次回路进线柜（旁路柜）、变压器柜、变频单元柜和操作控制柜组成。旁路柜在变频器维护过程中或变频器出现故障，而不能排除故障时，将电机自动投入到工频运行，确保生产不受影响。

变频运行时，变频器为电机提供全面的保护。自动旁路柜接线如下图 2 所示：

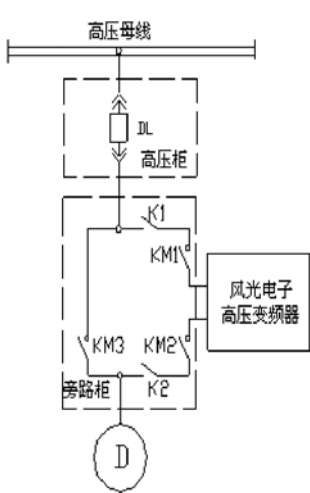


图 2 自动旁路柜

图 2 旁路柜在变频器进、出线端增加了两个隔离刀闸，以便在变频器退出后而电机运行于旁路时，能安全地进行变频器的故障处理或维护工作。

旁路柜主要配置：三个真空接触器（KM1、KM2、KM3）和两个刀闸隔离开关 K1、K2。KM2 与 KM3 实现电气互锁，当 KM1、KM2 闭合，KM3 断开时，电机变频运行；当 KM1、KM2 断开，KM3 闭合时，电机工频运行。另外，KM1 闭合时，K1 操作手柄被锁死，不能操作；KM2 闭合时，K2 操作手柄被锁死，不能操作。

电机工频运行时，若需对变频器进行故障处理或维护，切记在 KM1、KM2 分闸状态下，将隔离刀闸 K1 和 K2 断开。

合闸闭锁：将变频器“合闸允许”信号串联于 KM1、KM2 合闸回路。在变频器故障或不就绪时，真空接触器 KM1、KM2 合闸不允许；在 KM1、KM2 合闸状态下，若变频器出现故障，则“合闸允许”断开，KM1、KM2 跳闸，分断变频器输入电源。

旁路投入：将变频器“旁路投入”信号并联于 KM3 合闸回路。变频运行状态下，若变频器出现故障且自动投入允许，或者需要将电机从变频投入到工频状态运行（按下“工频投切”按钮），系统将首先

分断变频器高压输入、输出开关、真空接触器 KM1 和 KM2，经过一定延时后，“旁路投入”闭合，即工频旁路开关 KM3 合闸，电机投入电网工频运行。

保护：保持原有对电机的保护及其整定值不变。

7. 风光高压变频器控制系统

7.1 控制方式

风光变频器有三种控制方式：

本地控制：通过变频器的人机界面控制电机的启动和停机，并能完成变频器的所有控制；

远程控制：通过内置 PLC 接受来自现场的开关量控制；

上位控制：通过 RS485 接口，采用 PROFIBUS 通讯协议，接收上位 DCS 系统的控制；或与 DCS 硬连接。

7.2 速度设置方式（或闭环运行时的给定方式）

风光变频器有多种速度设置方式，在闭环运行时，速度设置方式即为被控量的给定方式：

本地设置：通过薄膜式液晶屏设置运行频率；

模拟设置：接收 DCS 系统 0 ~ 10V 或 4 ~ 20mA 模拟信号设置运行频率或被控量给定值；

通讯设置：通过通讯方式接收来自 DCS 系统的运行频率或被控量给定值；

多档设置：通过开关量设置多档运行速度或被控量给定值；

闭环调节：由 PID 自动设置运行频率。

7.3 运行方式

风光变频器有开环和闭环两种运行方式。

开环运行：变频器以设置频率输出。频率（或称速度）的设置方式有本地设置、模拟设置、通讯设置和多档设置；

闭环运行：对一个运行参数（如流量、压力、温度等，简称被控量，此处以压力为例）实现跟踪控制。闭环运行时，实际压力信号来自于现场信号，而压力期望值有 3 种设置方式，分别为本地设置、模拟设置、通讯设置。

7.4 对外接口

模拟量输入：2 路，4 ~ 20mA 或 0 ~ 5VDC。4 ~ 20mA 时输入阻抗 250Ω，0 ~ 5VDC 电压输入时输入阻抗 ≥ 10MΩ。用于接收速度设置或被控量设置的模拟信号；

模拟量输出：2 路，4 ~ 20mA 或 0 ~ 5VDC 输出。4 ~ 20mA 输出时最大阻抗 500Ω，0 ~ 5VDC 电压输出时最小阻抗 5000Ω。以模拟方式输出变频器的运行速度、变频器的输出电流等变量；

数字量输入：32 路，光电隔离，隔离电压 500VAC。接收远程控制信号，速度给定开关信号及各开关状态等；

数字量输出：16 路，中间继电器隔离，隔离电压 750VAC，接点容量 5A。输出变频器状态，控制主电源开断等；

通讯接口：RS485、PROFIBUS 通讯规约，实现与上位系统的通讯。

7.5 全中文 Windows 人机界面

在其他行业的应用

行业经典案例 CLASSICAL CASE

7.5.1主界面



图3 主界面

7.5.2参数设置界面

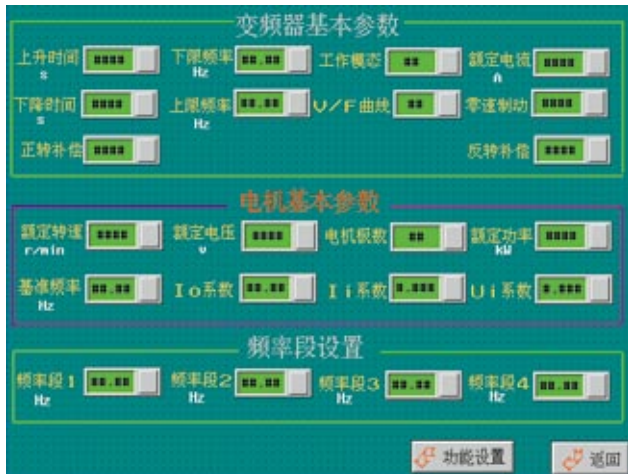


图4 参数设置界面

8. 风光高压变频器的“星点漂移”功能

8.1 功能的提出

在变频器单元出现故障时，普通做法是将故障单元旁路的同时，让其他两相相应的单元也同时旁路，这样让变频器三相输出电压平衡，从而使电机的三相电流平衡，但这样变频器的输出功率降低了，不适宜长期工作。因此，技术人员经过分析，提出了“星点漂移”的做法。

8.2 星点漂移功能的实现

因为高压变频器每相中的单元是串联的，所以将故障单元旁路不影响变频器的输出电流，但输出电压幅值

将下降。通常，所要求的电机电压大致与速度成比例，所以变频器能满足应用要求的最大速度也将下降。因此在一个或多个单元发生故障后使电机有效电压最大是十分重要的。

现在以高压变频器每相 5 个单元来说明星点漂移功能，图 5 到图 10 说明了变频器的有效输出电压，其中，单元用圆圈表示为简单的电压源。图 5 为 15 单元变频器中没有单元被旁路，100% 的单元在使用，提供 100% 的电压。A 相电压指令相对 B 相电压指令有 120° 的位移，对 C 相的位移也为 120°。

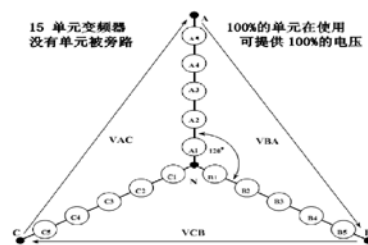


图5 100% 的单元在使用，提供 100% 的电压

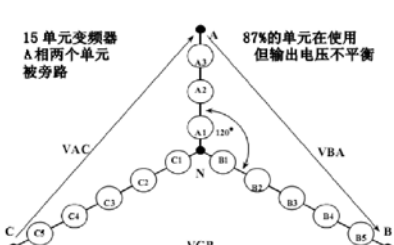


图6 A 相单元被旁路

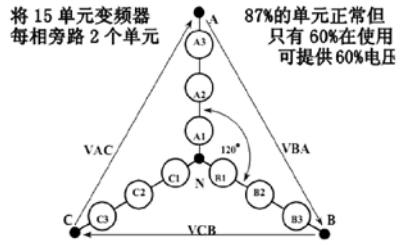


图7 60% 的单元在使用，提供 60% 的电压输出

一种更好的方法如图 8 说明，这种方法利用单元的星形点是浮动的且不连接到电机中性点的事实，所以，星形点可以偏离电机中性点，单元电压的相位角可以被调整，因而尽管单元组电压不平衡，但是可以得到平衡的电机电压。

在图 8 中，余下 87% 的正常单元在使用，可提供 80% 的输出电压。单元电压的相位角被调整，因而，A 相与 B 相以及 C 相的相位差为 132.5°，而不是通常的 120°。

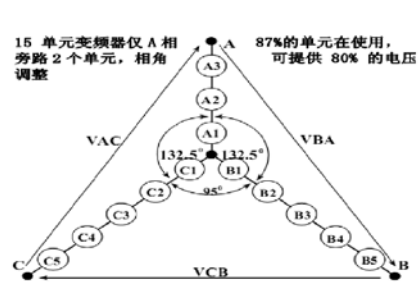


图8 单元电压的相位角被调整，提供 80% 的输出电压

同样的中性点漂移方法可应用于更加极端的情况，如图 9 所示。图 9 所示的变频器原来每相有 5 个单元或总共 15 个单元，A 相 5 个单元全部正常，但 B 相有 1 个，C 相有 2 个单元发生故障。不使用中性点移动时，所有相的单元数要减到与 C 相单元数一致以得到平衡的电机电压，B 相必须旁路掉 1 个正常的单元，A 相必须旁路掉 2 个正常的单元，仅有 60% 的单元被继续使用，提供 60% 的电压。

如果如图 9 所示，使用中性点漂移方法时，只需要将发生故障的单元旁路，单元电压的相位角被调整，所

在其他行业的应用

行业经典案例 CLASSICAL CASE

以 A 相与 B 相的相位差为 96.9° ，而与 C 相的相位差为 113.1° ，而不是通常的 120° ，单元星形点与电机电压的中性点不再一致，但电机电压仍然是平衡的，中性点漂移使得 80% 的单元被继续使用，提供 70% 的电压。图 10 只发生一个单元故障时可提供的电压对比情况。

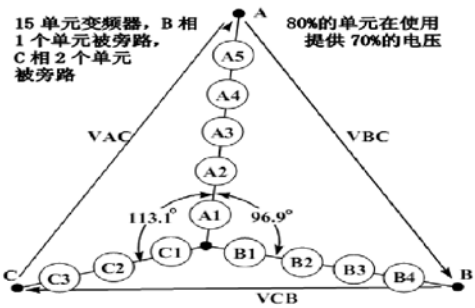


图 9 单元电压的相位角被调整，提供 70% 的输出电压

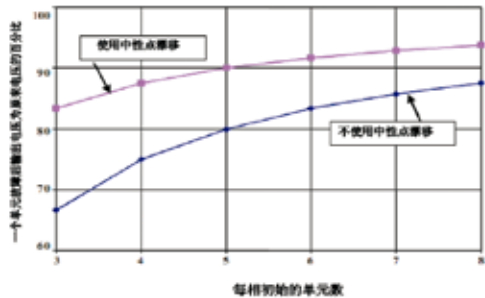


图 10 只发生一个单元故障时可提供的电压对比

星点漂移功能实现了高压变频器在一个或多个单元发生故障后，使其输出有效电压保持最大的幅值，使得高压变频器的可靠性上了一个台阶，最大限度地保证了变频器连续安全运行，该项功能已成为风光高压变频器的一大特色。

9. 搅拌机变频改造使用效果

中轩公司搅拌机变频技改工程选用我公司生产的 JD-BP38-630F (630KW/10KV) 高压变频器，共计 10 台，对搅拌罐进行改造，工程于 2007 年下半年完成。经过近一年地观察，风光高压变频器赢得了用户的高度评价，改造达到了预期的效果。

- 1) 由于发酵罐的搅拌器转速得以有效地控制与调整，实现了最佳工况运行，与工频发酵罐相比较，使黄原胶产出的发酵单位提高了 10% 左右。
 - 2) 在发酵工艺周期内，适当地降低了搅拌器转速，有效地遏制了发酵液泡沫剧烈地生成，减少了染菌事故率。
 - 3) 减少了维护工作量和维护费用，延长了设备的使用寿命。
 - 4) 变频器具有多项保护功能，十分完善。
- 由于变频器采用软启动、软停止工作方式，因此避免了电动机全压启动时，对电网、电气设备及机械设备的冲击，有效地延长了设备的大修期和使用寿命，大大降低了维护工作量和维护成本。
- 5) 变频器具有过流、短路、过压、欠压、缺相、温升保护等多项保护功能，更精确地保护了电机。风光高压变频器的星点漂移功能最大限度保证了设备的连续运行。

黄原胶工作周期约为 69 ~ 72 小时，搅拌额定速度为 120r/min。在每个发酵工作周期，为多级调速，运行频率一般设定为 20 Hz、30Hz、35 Hz、40Hz、45Hz 左右。具体发酵过程共分十个时间段（单位：小时）和十个频率段（单位：Hz），设定界面如下图 11 所示。



图 11 设定界面

变频器运行中根据实际运行时间自动选择应该运行的时间段，然后将运行频率调整至该时间段对应的频率，时间段与频率的对应关系如下表 1 示：

0—t1	t1—t2	t2—t3	t3—t4	t4—t5
f1	f2	f3	f4	f5
t5—t6	t6—t7	t7—t8	t8—t9	t9—t10
f6	f7	f8	f9	f10

如果某时间段内频率设定为 0，则该时间段变频器将处于待机状态，不输出高压电。

例如，将 f1 设定为 0，则变频器在 (0—t1) 时间段内处于待机状态，而在 (t1—t2) 时间段内自动以 f2 (f2 大于 0) 频率运行。将 f8 设为 0，(t6—t7) 时间段内以 f7 (f7 大于 0) 频率运行，(t7—t8) 时间段内待机，(t8—t9) 时间段内以 f9 (f9 大于 0) 频率运行。

如果用不了那么多时间段和频率段，则只需将多余的频率段与用到的最后一个频率段设置成一样即可，假如只用到七个频率段，则将 f8、f9、f10 与 f7 设置成一样即可。

经测试，在同样的工况下，搅拌机变频运行与工频运行相比，用电量减少 25% 左右，节电效果十分明显。

10. 结束语

从中轩公司黄原胶发酵罐变频改造效果来看，山东新风光电子科技发展有限公司生产的 JD-BP38-630F 高压变频器不仅满足了发酵生产工艺的要求，改善了发酵效果，节能效果显著，而且性能可靠，运行稳定。鉴于风光牌变频器在发酵行业的出色表现，中轩公司同期改造的其他发酵罐也采用我公司生产的高压变频器。

新风光主要合作伙伴

中 科 院、首钢集团、济钢集团、莱钢集团、包钢集团、
沙钢集团、鞍钢集团、通钢集团、西钢集团、泰钢集团、
兖矿集团、神华集团、宁煤集团、冀中能源、峰峰集团、
河南煤化、湘煤集团、新矿集团、枣矿集团、肥矿集团、
中国石油、中国石化、大庆油田、胜利油田、辽河油田、
青海油田、齐鲁石化、云 天 化、荣盛化纤、浙江巨化、
大唐集团、华电集团、统一能源、声威水泥、鲁中水泥、
中联水泥、宝山水泥、虎山水泥、齐鲁制药、鲁抗医药、
.....



制造基地

地址：山东·汶上经济开发区 邮编：272500
电话：0537-7237248 7216247 传真：0537-7212091
Email: info@fengguang.com fgdzsk@126.com
<http://www.fengguang.com>