

# 合康高压变频器 HIVERT-Y(T)V 矿井皮带机高压变频器

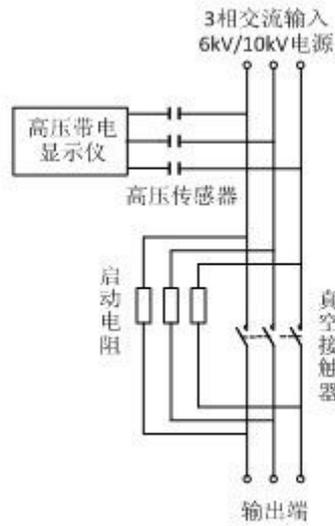
HIVERT-Y(T)V 矿井皮带机高压变频器.....	1
产品构成.....	2
原理.....	5
特性.....	6
技术参数.....	8
规格型号.....	9
应用领域.....	12
案例.....	13

## 产品构成



### 启动柜

对于大功率变频器（6kV 系统适配电机功率 $\geq 2500\text{kW}$  / 10kV 系统适配电机功率 $\geq 4000\text{kW}$ ），系统增配启动柜。启动柜可以有效抑制变压器上电瞬间的激磁涌流，防止引起上级电源柜速断保护装置动作，还可以为单元直流电容预充电。



启动柜主回路

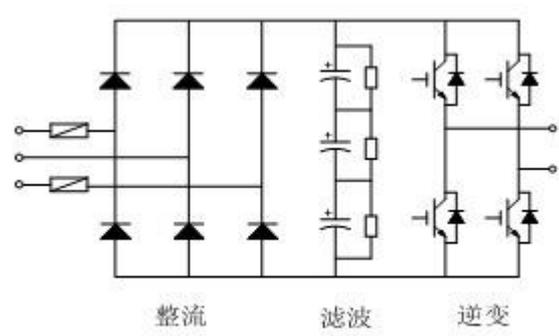
### 变压器

隔离变压器为干式变压器，采用强迫风冷：原边为星形接法，与进线高压直接相连或通过启动柜相连；副边绕组为延边三角形接法，绕组间有固定的相位差，通过电抗器为功率单元提供电源。

变压器配有温控仪，控制系统通过温控仪实时监控变压器绕组温度：当变压器绕组温度较高时，系统发出轻故障报警并开启变压器底部风机；当温度超过报警或跳闸设定值时，系统发出轻故障报警或跳闸信号。

### 功率单元

功率单元输入端接变压器二次线圈的三相低压输出，三相二极管全波整流为直流环节电容充电，电容上的电压提供给由 IGBT 组成的单相 H 形桥式逆变电路。

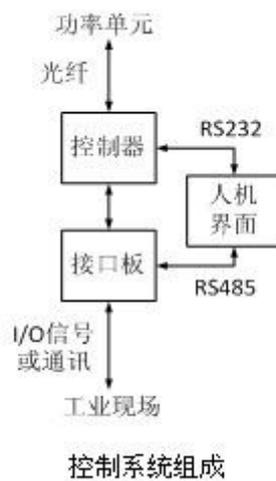


功率单元主回路

功率单元通过光纤接收信号，采用空间矢量正弦波脉宽调制（PWM）方式，控制 IGBT 的导通和关断，输出单相脉宽调制波形。

### 控制系统

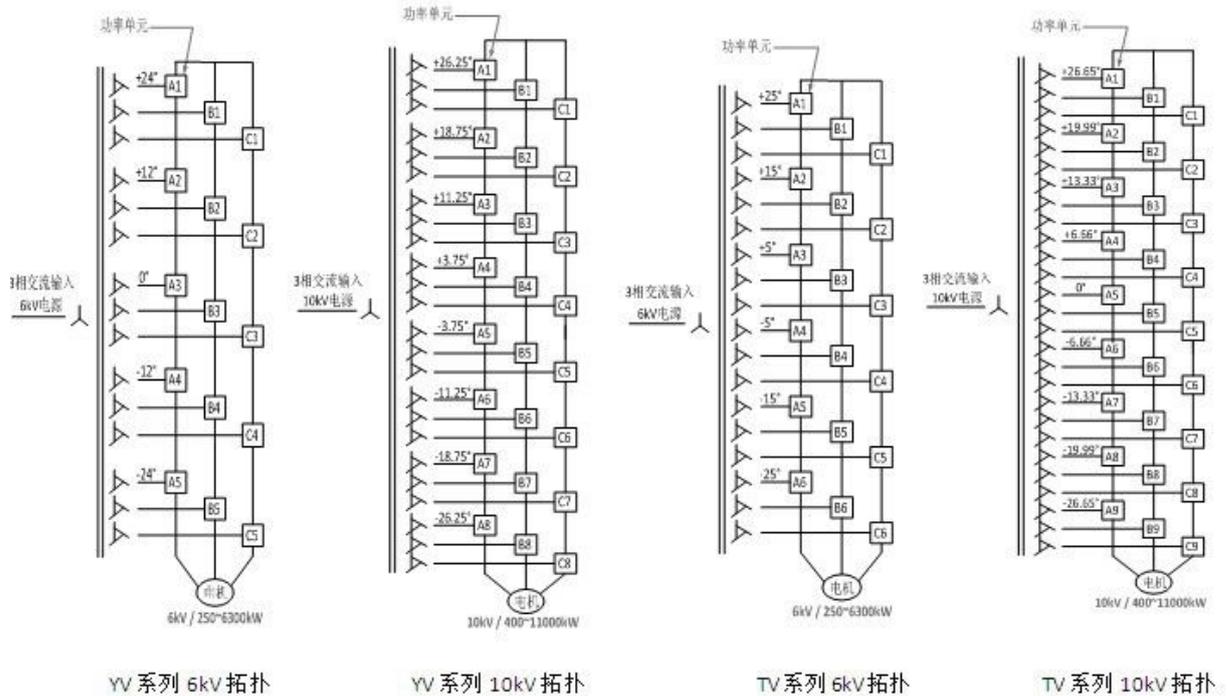
控制系统由控制器、接口板和人机界面（包括柜门按钮等）组成。



# 原理

合康矿井皮带机用高压变频器有 HIVERT-YV 和 HIVERT-TV 两种系列。其中，HIVERT-YV 适配异步电机，HIVERT-TV 适配同步电机。这两种系列变频器均由移相变压器、功率单元和控制系统（包括：控制器、接口板和人机界面）构成。

大功率变频器（6kV 系统适配电机功率 $\geq 2500\text{kW}$  / 10kV 系统适配电机功率 $\geq 4000\text{kW}$ ）增配启动柜。



# 特性

## 1、无 PG 矢量控制方式

HIVERT-Y(T)V 系列变频器根据电机参数对电机实现无 PG 矢量控制方式，在全频率段稳定输出正弦波电流。系统可以对励磁电流和转矩电流分别进行控制，并具有动态响应快、电机加速特性好等优点。

## 2、低频高转矩输出

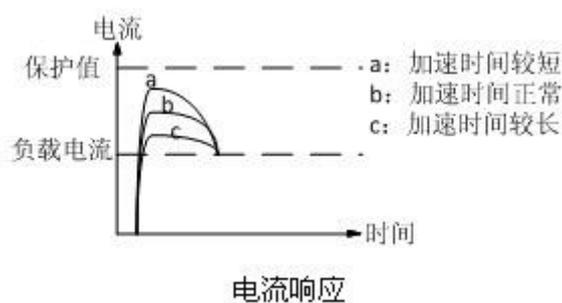
HIVERT-Y(T)V 系列变频器具有对转矩电流单独控制的特点，使电机在低转速下能够输出较大转矩，满足皮带机对启动转矩的要求。

## 3、自动识别参数功能

对于无 PG 矢量控制方式下所需的电机相关数据，HIVERT-YV 系列变频器可通过“空载启动”模式进行参数自动辨识。

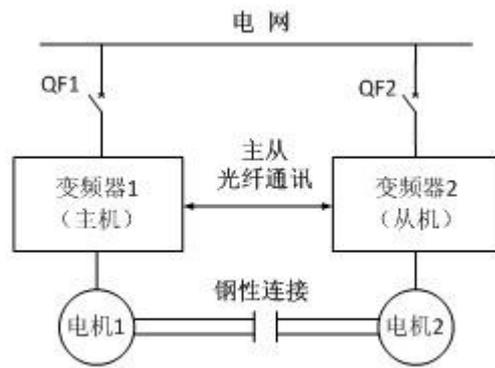
## 4、电流闭环控制

在电机运行过程中，电流通过霍尔传感器构成闭环控制。HIVERT-Y(T)V 系列变频器电流调节器会自动调节变频器输出电流，以达到最快的电流响应、最小的电流波动。



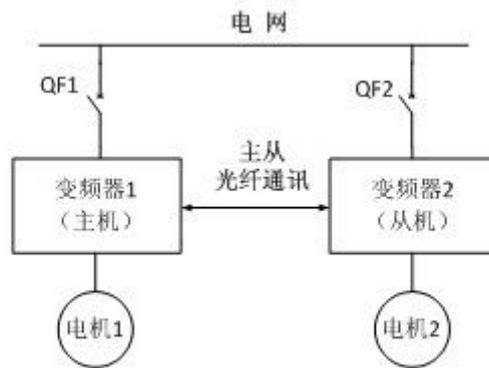
## 5、双（多）机联动控制功能

HIVERT-Y(T)V 系列变频器具有双（多）机联动控制功能。当主机接收到外部启动信号后，主机启动，同时将主机数据（包括：启停信号、运行频率和转矩电流）通过光纤实时通讯至从机；从机准确跟踪主机转速、转矩，与主机保持同步。



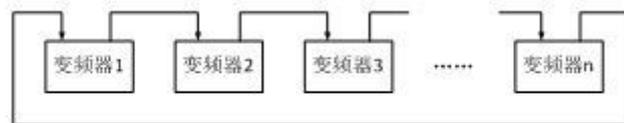
刚性连接双机联动框架

对于软性连接的联动系统，从机具备转速微调功能，可严格跟随主机转矩，以保证从机与主机功率平衡。



软性连接双机联动框架

HIVERT-Y(T)V 系列变频器配置接收和发送两个光纤通讯接口实现主从控制，因此，多机联动系统内所有变频器均具有发送主机数据的功能，用户可根据现场情况灵活设置一台变频器为主机、其余变频器为从机。



多机联动通讯框架

# 技术参数

## 矿井皮带机用高压变频器——HIVERT-Y(T)V 系列

变频器额定容量	250-12500kW/315-16000kVA※
额定电压	6kV/10kV (-20%~+15%) ※
额定频率	50Hz/60Hz (-10%~10%) ※
调制技术	矢量控制加空间矢量控制技术
控制电源	380VAC, 1-20kVA (依功率等级而定)
输入功率因数	>0.96
效率	>0.96 变频部分>98%
输出频率范围	0Hz~120Hz※
频率分辨率	0.01Hz(0.00Hz-80.00Hz), 或 0.002Hz
瞬时过流保护	200% 立即保护 (可根据用户要求定制)
过载能力	120% 2 分钟; 150% 3 秒;
限流保护	10%-150%设定
模拟量输入	两路 4~20mA
模拟量输出	四路 4~20mA
上位通讯	隔离 RS485 接口, ModBus RTU; Profibus DP; 工业以太网规约 (可选)
加减速时间	5 秒~1600 秒 (与负载相关)
开关量输入输出	12 入/13 出 (输出可扩展)
运行环境温度	-5~+45℃※
贮存/运输温度	-40~+70℃※
冷却方式	强迫风冷
环境湿度	<95%, 不结露※
安装海拔高度	<1000 米, 高于海拔 1000 米, 每增加 100 米降额 1%运行
粉尘	不导电、无腐蚀性, <6.5mg/d m <sup>3</sup> ※
防护等级	IP30※
柜体颜色	PANTONE Cool Gray 1U & 2915U (或根据用户提供色标定制)

规格型号

矿用皮带机异步

电压 kV	适配电机 功率	输出容量 kVA	型号	重量 (kg)	柜体尺寸 (W×H×D)	柜型
6	250	315	HIVERT-YV 06/031	2645	2100×2300×1400△	GA1.5
	315	400	HIVERT-YV 06/040	2745		
	400	500	HIVERT-YV 06/048	2845		
	500	630	HIVERT-YV 06/061	3095		
	630	800	HIVERT-YV 06/077	3860	3800×2100×1210	GA2.3
	800	1000	HIVERT-YV 06/096	4100		
	1000	1250	HIVERT-YV 06/130	4520		
	630	800	HIVERT-YV 06/077	3720	2100×2400×1600△	GA2.4
	800	1000	HIVERT-YV 06/096	3920		
	1000	1250	HIVERT-YV 06/130	4150		
	1250	1600	HIVERT-YV 06/154	4850	3900×2100×1210	GA3.3
	1600	2000	HIVERT-YV 06/192	5290		
	2000	2500	HIVERT-YV 06/243	5860		
	2500	3150	HIVERT-YV 06/304	8877	5555×2400×1410※	GA4.4
	3200	4000	HIVERT-YV 06/400	10417		
	4000	5000	HIVERT-YV 06/500	13300	7150×2400×1400※	GA5.4
	5000	6300	HIVERT-YV 06/600	14500	7650×2400×1600※	GA5.4.1
	5600	7000	HIVERT-YV 06/660	16700	10000×2400×1400※	GA6.4
6300	8000	HIVERT-YV 06/800	18790			
10	400	500	HIVERT-YV 10/031	3820	4000×2100×1410	GL1.4
	500	630	HIVERT-YV 10/040	4020		
	630	800	HIVERT-YV 10/048	4285		
	800	1000	HIVERT-YV 10/061	5520		
	400	500	HIVERT-YV 10/031	3240	2150*2400*1600△	GL1.5
	500	630	HIVERT-YV 10/040	3440		
	630	800	HIVERT-YV 10/048	3640		
	800	1000	HIVERT-YV 10/061	3900		
	1000	1250	HIVERT-YV 10/077	4992	4250×2100×1585	GL2.4
	1250	1600	HIVERT-YV 10/096	5542		
	1600	2000	HIVERT-YV 10/115	6116		
	1800	2250	HIVERT-YV 10/130	6436		
	2000	2500	HIVERT-YV 10/154	7225	4500×2200×1585	GL3.3
	2500	3150	HIVERT-YV 10/192	8375		
	3200	4000	HIVERT-YV 10/243	9606		
	4000	5000	HIVERT-YV 10/304	12987	7375×2400×1410※	GB4.3
	5000	6250	HIVERT-YV 10/364	12677	7675×2400×1585※	GE4.3
	5600	7000	HIVERT-YV 10/400	13600		
	6300	8000	HIVERT-YV 10/500	24350	11600×2400×1400※	GL5.4
	8000	10000	HIVERT-YV 10/600	28900	11800×2400×1400※	GL5.4.1
11000	13500	HIVERT-YV 10/800	33600	12800×2400×1600※	GL6.4	

矿用皮带机同步

电压 kV	适配电机 功率	输出容量 kVA	型号	重量 (kg)	柜体尺寸 (W×H×D)	柜型
6kV	250	315	HIVERTV-TV 06/031	2705	2100×2300×1400△	GC1.5
	315	400	HIVERTV-TV 06/040	2805		
	400	500	HIVERTV-TV 06/048	2905		
	500	630	HIVERTV-TV 06/061	3155		
	630	800	HIVERTV-TV 06/077	4350		
	800	1000	HIVERTV-TV 06/096	4636	4100×2100×1210	GC2.3
	1000	1250	HIVERTV-TV 06/130	4935		
	630	800	HIVERTV-TV 06/077	3810		
	800	1000	HIVERTV-TV 06/096	4010	2100×2400×1600△	GC2.4
	1000	1250	HIVERTV-TV 06/130	4250		
	1250	1600	HIVERTV-TV 06/154	5115		
	1600	2000	HIVERTV-TV 06/192	5455	4200×2100×1210	GC3.3
	2000	2500	HIVERTV-TV 06/243	6179		
	2500	3150	HIVERTV-TV 06/304	9007		
	3200	4000	HIVERTV-TV 06/400	10547	5900×2400×1410※	GC4.4
	4000	5000	HIVERTV-TV 06/500	13800	7250×2400×1400※	GA5.3
	5000	6000	HIVERTV-TV 06/600	15950	8250×2400×1600※	GC5.4
	5600	7000	HIVERTV-TV 06/660	19150	10650×2400×1400※	GC6.4
	6300	8000	HIVERTV-TV 06/800	23190		
8000	10000	HIVERTV-TV 06/1000	35400			
10kV	400	500	HIVERTV-TV 10/031	4530	4000×2100×1410	GB1.4
	500	630	HIVERTV-TV 10/040	4730		
	630	800	HIVERTV-TV 10/048	4980		
	800	1000	HIVERTV-TV 10/061	5230		
	1000	1250	HIVERTV-TV 10/077	5080		
	1250	1600	HIVERTV-TV 10/096	5632	4250×2100×1585	GB2.4
	1600	2000	HIVERTV-TV 10/115	6212		
	1800	2250	HIVERTV-TV 10/130	6532		
	2000	2500	HIVERTV-TV 10/154	7354		
	2500	3150	HIVERTV-TV 10/192	8504	4500×2200×1585	GB3.3
	3200	4000	HIVERTV-TV 10/243	9735		
	4000	5000	HIVERTV-TV 10/304	12987		
	5000	6300	HIVERTV-TV 10/364	13075	7375×2400×1410※	GB4.3
	5600	7000	HIVERTV-TV 10/400	13677	7675×2400×1585※	GE4.3
	6300	7920	HIVERTV-TV 10/500	24900	11500×2400×1400※	GB5.3
	8000	9900	HIVERTV-TV 10/600	28700	13000×2400×1600※	GB5.3.1
	11000	13500	HIVERTV-TV 10/800	34000	13450×2400×1600※	GB6.4
	12500	15650	HIVERTV-TV 10/1000	35800	15500×2400×1600※	GB7.4

## 应用领域

- 皮带运输机
- 强力皮带机
- 钢丝绳牵引带式输送机
- 大倾角带式输送机
- 双向运输带式输送机
- 气垫带式输送机

# 案例

## HIVERT 系列通用高压变频器在矿山强力皮带机上的应用

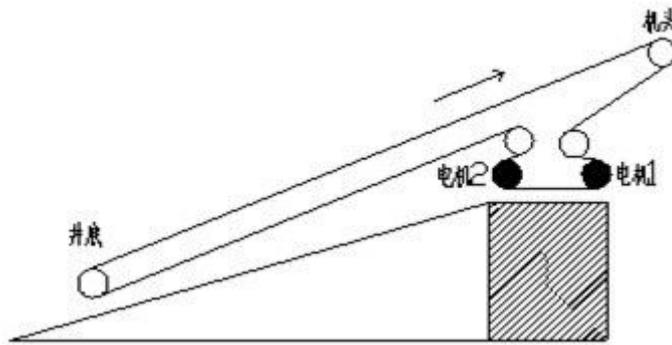
### 引言

带式输送机是利用传动滚筒和输送带之间的摩擦力，驱动输送带运行的连续的运输设备。输送带既是牵引构件又是承载构件。

国内现有大多数煤矿的皮带输送机一般都采用工频拖动，较少使用变频器驱动。由于电机长期工频运行加之液力耦合器效率等问题，造成皮带输送机运行起来非常不经济；同时由于电机无法采用软起软停，在机械上产生剧烈冲击，加速机械的磨损；还有皮带、液力耦合器的磨损和维护等问题都会给企业带来很大数额的费用问题。这对于现在创建节能型社会是不相符合的，对煤矿企业的皮带输送机进行变频改造对节约社会能源、增加煤矿企业的经济效益都具有非常现实的经济意义和社会意义。随着高压变频技术的不断进步和完善，其应用范围越来越广泛。本文主要结合北京合康变频器的 HIVERT 系列通用高压变频器在山西吕梁市临县三交镇泰业煤矿皮带机上的实际应用情况，对高压变频器在皮带传动场合的应用特点和注意事项进行简要介绍。

### 应用现场的基本情况

山西吕梁市临县三交镇泰业煤矿隶属于山西楼俊矿业集团有限公司，如图(1)所示；泰业煤矿矿井结构图，图(2)所示；强力皮带机数据，如表(1)，两台拖动电机数据一致，表(2)所示；



泰业煤矿矿井强力皮带机结构图

皮带宽度	倾斜角度	皮带速度	输送长度	输送能力
1000mm	25°	2.5m/s	665m	600T/H

表(1) 强力皮带机的数据

功率	额定电压	额定电流	功率因数	额定转速
450kW	10000V	32.2A	0.86	1485r/min

表(2) 双台拖动电机数据

## 皮带机的构成

### 煤矿皮带机变频调速系统方案设计

皮带机多机变频调速系统的核心问题是皮带系统中各电机的转速和转矩平衡问题。在实际应用中，根据现场工艺不同，可以选择不同的变频控制方案。

#### 1. “一拖二”方案

此方案是采用一台变频器同时拖动两台电机运行，将各个电机定子绕组直接并联在一台变频器输出侧；

“一拖二”方案中，变频器无法对电机的转矩进行独立的控制，因此各电机的出力由电机的参数和皮带参数决定；其中，影响电机功率平衡的主要因素是电机的参数差异和拖动滚筒及皮带的包络角差异；正常情况下，包络角的大小只存在设计上及加工上的差异，但是当系统正常运行后，由于提升的货物是潮湿的，皮带在卸货物后，上面仍残留一些煤渣，这时候转到拖到滚筒上，就会使拖动滚筒直径变大；误差越大，系统中电机的功率差异就会越大。

采用“一拖二”方案有以下三个弊端：一是变频器不能有效的分配两台电机的功率；二是需要用户经常清理拖动滚筒的煤渣及杂物；三是变频器不能有效的保护每一台电机；

#### 2. “双机联动”方案

此方案采用两台变频器分别拖动两台电机，将各个电机定子绕组直接分别接在两台变频器输出侧；

双机联动同步运行变频系统是由完全独立的两台变频器通过主、从机的同步通讯方式保证双电机的转速、以及功率平衡的。两台电机中任意一台都可作为主机，另一台为从机。

双机拖动方案中，变频器对电机的转矩都能独立控制，主从变频器通讯采用光纤通讯，抗干扰能力强，通讯速率快，用户可不必清理拖动滚筒的煤渣及杂物，变频器主从之间可以自动来调整变频器输出转速及功率一致。

## HIVERT 系列通用高压变频器现场应用情况

### 1.变频器的选择

综合现场工艺要求，由于现场强力皮带机无负力，故采用双台合康 HIVER T 系列通用高压变频器；变频器输出数据，如表(3)

变频器功率	额定电压	额定电流	输出频率
630kW	10000V	48A	0~50Hz

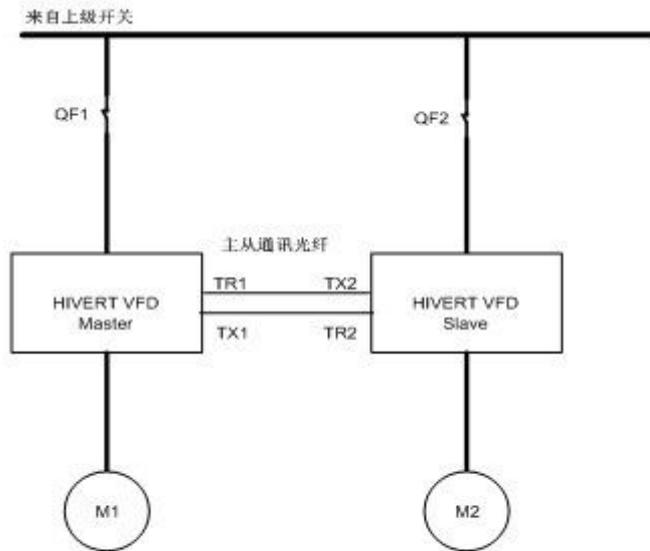
表(3)变频器数据

### 2.合康变频器双机联动控制技术

双机联动（主从控制）同步运行变频系统是由完全独立的两台或者多台变频器通过主、从机的同步通讯方式保证双电机的转速、以及功率平衡的。两台电机中任意一台都可作为主机，另一台为从机，主从机之间的同步控制是由我公司自行研发生产的“内嵌式同步控制器”实现的。同步控制的传输介质为光纤通讯；此种双机通讯方式无需增加额外的繁杂的同步设备，且已经在变频器内置完成，只需要简单的安装操作及设置就可实现双（多）机同步运行。

主、从电机在运行过程中，系统会出现由工况引起的功率不对称分配，某台电机出力严重超过电动机的额定功率，而另一台电机则会过度轻载运行。主、从电机非同步运行很容易造成运行设备的损坏。且长期运行后，超载运行的电机也会出现过热、过载保护、过流现象或停机等事故发生。为避免功率分配的不对称出现，HIVER T 高压变频器通过内置的高速同步通讯，可将非同步状态下输出功率较大电机的超载功率部分及时平衡到轻载电机上，实时保持前后主、从电机功率均衡对称分配，动态自动调整，由此实现主、从变频器的同步运转，达到双电动机同步运行的目的。

### 3. 现场变频器系统框图，如图(7)所示



图（7）现场变频器框架图

#### 4.功率平衡的解决方案

变频器多机运行过程中，电机的功率平衡成为运行中的控制重点；

HIVERT 系列通用高压变频器采用光纤通讯，通讯速率达 500kbps，足以应付现场的通讯需求，并加入 CRC 校验，保证数据传输的准确性。

HIVERT 系列通用高压变频器，当主机接收到正常启动信号后，主机启动变频器，同时将运行信号，运行频率及转矩电流发送给从机，从机按照主机发送过来的数据正常启动、运行、输出转矩的控制，从机本身具备转矩电流的调节，同时将自身的转矩电流与主机发送过来的转矩电流做比较，从机会自动调整自身的运行频率，从而达到两台变频器的功率平衡。主机的运行界面如图(8)所示；从机的运行界面如图(9)所示；



图(8) 主机运行界面

图(9) 从机运行界面

#### 总结

经过变频技术改造后皮带机运行良好，彻底实现了强力皮带输送机的软起、软停运行方式以及转速和功率平衡双闭环的调节，大大提高了系统的功率因数和系统效率。改造后系统可以根据负载变化情况自动

调整输出频率和输出力矩，改变了以前电机工频恒速运行的模式，在很大程度上节约了电力能源；经过改造后的运行，事实证明 **HIVERT** 系列通用高压变频器有着无法比拟的优越的产品性能和无法超越的技术领先优势；在煤炭行业的节能改造中应用能够创造巨大的经济效益和良好的社会效益，对于创建节能环保型的社会发挥着重要的作用。