

# 变频智能控制在煤矿乳化泵站中的应用

李 浩

彬县水帘洞煤炭有限责任公司 陕西 彬州 713500

**摘 要:**针对部分煤矿工作面泵站采用三泵二箱供液模式,进行了分析研究。目前个别矿井采用一拖一矿用隔爆兼本安型变频器一台,不能够满足现场的实际需要,为更好实现集中控制、完善智慧化矿山建设,实现集中控制智能化远程控制,更好地实现无人值守,对泵站变频控制器进行研究与升级改造。升级改造后的方案作为现场引用,不仅提高了泵站的安全性,可靠性,同时有效节约电费,降低泵站材料消耗,极大提高生产效率。

**关键词:**智能泵站控制;变频组合开关;多泵变频控制

## 引言

伴随着科技的发展,主要产煤国的煤矿设备已呈现数字化、自动化、节能化的趋势,但我国大部分煤矿企业的机电设备仍然呈现出一种高投入,低产出状态,这就提高了企业运行成本,降低了企业经济效益。本文以我单位实际情况为背景,浅析乳化液泵站的变频改造。

## 1 乳化液泵站工作现状

采煤工作面的乳化液泵在应用中,流量、压力等参数常随应用的改变而变化,在实际运行过程中长时间存在以下问题:(1)乳化液泵站是根据采煤工作面的最大用液量来配备的,在正常情况下,电动机是持续全速运转的,乳化液泵站提供的乳化液不能完全利用,对于多余供液部分,要通过溢流阀流回储液箱,这个过程就出现了无功作业,造成了电能的浪费;(2)电机长时间全速运转,增大了机械磨损,缩短了机械设备的使用寿命;(3)设备开启时间长,频繁损坏需专职人员对设备进行维护,增加人员投入与工资支出;(4)电机在启动时会产生较大的启动电流,对电网造成了较大的冲击力;(5)乳化液泵站的卸载阀频繁动作,易损坏,增加矿上维修成本;(6)系统管路压力不稳定,容易出现“爆管”现象。(7)造价成本高,资源投入的浪费。传统的变频器配置为1拖1模式,这就决定了几台泵需要配置几台变频,增加了造价成本,实际多台变频同时运行的时候,只能有一台泵真正起到变频的作用,其它几台泵运行状态为50HZ(相当于工频运行状态,多台泵同时变频调节时,会造成过调,造成压力不稳定)。多台变频器并不能起到同时变频的作用,组合变频也是如此。(8)传统的变频器改造技术,缺少容错性,若一台设备出现问题,必须等待检修完毕才能继续运行,缺乏应急情况的处理办法。(9)随着智慧化矿山的建设普及,对煤矿自动化集中控制的要求,也在不断提高,传统的变频控制已经无法满足现有的实际情况,所以,对变频器的要求,不断提高,一台变频器不

仅能实现调速,同时还具备自动化通讯,智能化故障诊断,保护控制等功能。

因此,为了减少煤矿企业的运行成本,减少电力的不必要损耗,提高可靠性,安全性,以及满足智能化矿山的建设需求,对其进行技术性改造势在必行。

## 2 实现目标

1台变频器实现拖载3台乳化液泵站的功能,节约了造价成本。实际运行中,一台变频器最多可同时带3台主电机3台变频电机风机同时运行,且变频回路可根据实际用液量,在3台泵之间相互切换。

小投入大回报,经过升级后的变频器,具备功能多样化,一台变频器兼具了变频调速+多路组合+泵站恒压供液+泵站压力保护+定时自动切换控制功能。

提高自动化水平,变频器扩展多种通讯接口,支持各种通讯协议(MODBUS RTU, MODBUS TCP, CAN通讯等),不仅可实现变频器的远程启停控制功能,同时可通过通讯端口实时监测变频器的运行状况,了解当前泵站的运行信息,如输出电压,输出电流,转速,频率,设备温度,报警信息等。

根据压力信号的反馈,实时调节泵站的转速,非传统通过变频器自身的PID调节功能(此种调速方式,当压力波动大,调速时间短容易产生过压),而是采用新的算法,通过PLC给出16段速的调节信号,来实现变频恒压供液功能,让乳化液泵站管网压力波动更加的平稳,减少管路冲击。

变频器采用10寸彩色液晶显示屏作为人机界面端口,全中文显示,人机对话更加的友好,操作性强。可清楚显示泵站运行状态,变频器运行电流、电压、频率、温度等参数,报警故障信息,可通过屏幕完成各种设置与操作。

减少现场人员的工作强度,提高安全性和工作效率。变频器具有开机自检功能,可以方便的诊断出当前状态是否正常,并能在显示屏上显示相应故障信息;且变频在泵站运行中具有自诊断功能,能够明确指示故障信息,简单的应急办法。维修人员可第一时间知道出现故障的位置,以及如何处理相应故障。同时变频可独立设置某台泵站处于检修模式,

**作者简介:**李浩,1988年11月13日,男,汉族,山东省泰安市,助理工程师,本科,研究方向:煤矿自动化控制与机电、运输管理。

此时泵站无法启动,保障泵站机修人员的安全。

乳化液泵站是根据采煤工作面的最大用液量来配备的,在正常情况下,电动机是持续全速运转的,乳化液泵站提供的乳化液不能完全利用,对于多余供液部分,要通过溢流阀流回储液箱,这个过程就出现了无功作业,造成了电能的浪费;因为变频器会根据工作面用液量来自动调速,不仅实现节能的作用,同时,减小设备磨损,降低材料损耗。

### 3 变频智能控制的优点

变频智能控制系统实施后,设备的转速普遍下降,减少了轴承的磨损和发热,延长泵和电动机的机械使用寿命。降低了设备的维修费用。同时,变频器具有手动/自动转换功能,可根据实际情况进行转速的变化,由于变频器启动和调速平稳,减少了对电网的冲击。因实现自动控制,不需要操作人员频繁操作,克服了设备长时间使用所造成的故障对生产带来的影响,降低了员工的劳动强度。同时减少了设备运行时的噪音,消除了因设备而产生的噪音,改善了员工的工作环境。同时,变频智能控制精度高,能保证生产工艺稳定,提高了设备运行的周期性。由于变频调速器具有十分灵敏的故障检测、诊断、数字显示功能,提高了设备运行的可靠性。

## 4 泵站变频系统介绍

### 4.1 系统组成

工作面配备3台250KW乳化液泵和2套并联乳化液箱。1台BPJ-400/1140变频器(1拖3配置)。

### 4.2 控制功能

1台变频器带载3台乳化液泵站,可切换变频启动任意一台泵。若#1泵切换为变频器控制的时候,该泵启动,系统检测外部压力,会根据压力自动调速,若长时间压力过低,会启动#2泵,此时#2泵作为工频泵正常开启,#1泵自动调速。此时若压力还不够,会启动#3泵,此时#3泵作为工频泵正常开启。若压力足够,可依次关停#3泵,#2泵,直到保留一台变频泵工作为止。所有控制皆为变频内置PLC来实现。配合变频器的调速功能,达到恒压供液目的。

另外,若压力足够,且一台泵长时间运行,为了避免单一泵站磨损过快,达到均衡使用的目的。变频控制系统可设定一个自动切换的时间,达到切换时间后,会自动停止该泵,开启另外一台泵站,按照时间来实现3台泵的自动轮循运行;同时,也控制了乳化液泵的运行周期,将乳化液合理分配,实行自动控制,避免人员的参与控制。

### 4.3 保护措施

变频设定了下限频率,即变频不能低于最低转速运行,该设置的目的,是因为目前大部分泵站为飞溅润滑,速度过低的情况下,会导致泵站的润滑不充分而损坏。除了变频器自身具有的过流、过压、欠压、短路、过载、缺相、电机过热、系统过热等保护功能以外,所有工频回路,都有电机综合保护装置,并且和内部PLC作连锁控制,一旦电机出现问

题,无论是变频还是工频运行,系统都会第一时间停机,并在人机界面上显示相应报警信息。

## 4.4 变频设备介绍

### A技术参数

额定输入电压:AC 1140 V 电压波动 -15%~10%;额定输入频率:50Hz ± 5%;额定功率范围:400 KW;适配电机:250KW防爆变频异步电机;额定输出频率:0~50Hz 长期高效运行,S1工作制;速度控制精度:± 0.5%最高速度(SVC);自动电压调整功能,保持输出电压恒定;运行方式:键盘指令、端子指令、通讯指令;模拟输入输出:0~5V、0~10V、0~20 mA、4~20mA等标准信号外接端子;通讯端口:RS 485,RJ-45。

### B变频特点

(1)变频器采用三电平拓扑结构,性能更稳定,有效减少谐波带来的干扰。(2)功能多样化:兼具系统调速+多路组合开关+泵站保护控制器的功能特点。(3)控制方式多样化:可实现远程,本地,集控(通讯控制),操作灵活,满足控制需要。(4)通讯功能多样化:支持MODBUS RTU,MODBUS TCP通讯。

### C变频器通讯系统

变频器通讯系统示意图见图1。

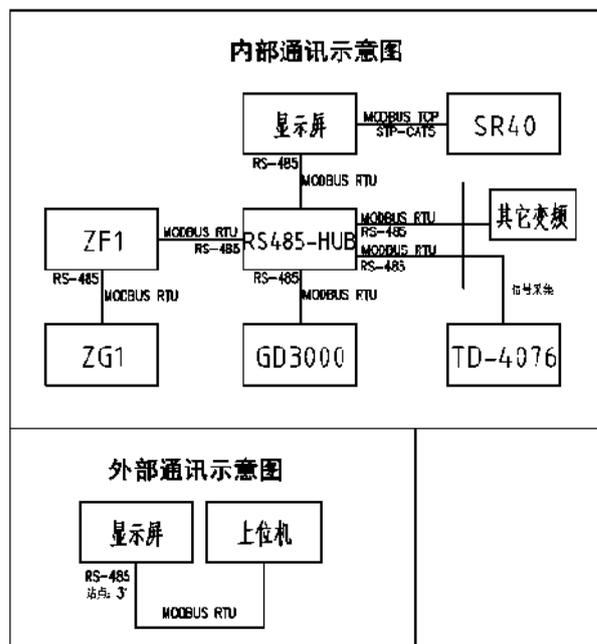


图1 变频器通讯系统示意图

## 5 具体改造方法及结果

在工作面上安装一台徐州丹佛尼电气科技有限公司生产的BPJ-400/1140型隔爆型防爆变频器(1拖3配置),分别接入3台乳化液泵站,作为主控装备,采用压力传感变送器在线检测管网的压力,然后把压力传感器的测量值传递给变频器,变频器内置PLC依据采集到的压力信号,通过内部算法,输出多段速信号调节变频器的给定频率,以此来调节乳

化液泵站的电机转速，调节给液量。在乳化液泵站运行过程中，当管路压力升高，超过给定值时，变频器即降低电机转速，使乳化液泵的流量减小，从而使管路压力降低；反之，则加快电动机转速，使管路压力保持为恒定值，从而实现恒压变量供液。

具体做法如下：在主供液管（蓄能器）旁并联一个压力传感器，根据压力信号进行电气自动控制和智能决策；将3台乳化液泵站的电机接到变频器输出端子上，由变频器来

控制3台泵站电机的运行。通过变频前端的旋钮，来控制切换哪一台泵处于变频控制模式。启动设备，根据压力传感器检测的信号，由电气控制器决策，实现乳化液泵的各种运行工况，保证可靠供液；长时间不注液时，根据电气控制器的决策，可以停止电动机的运行，实现节能和延长装备使用寿命；通过对系统参数的调整，可以实现系统的快速响应，缩短支护时间，提高支护安全性。

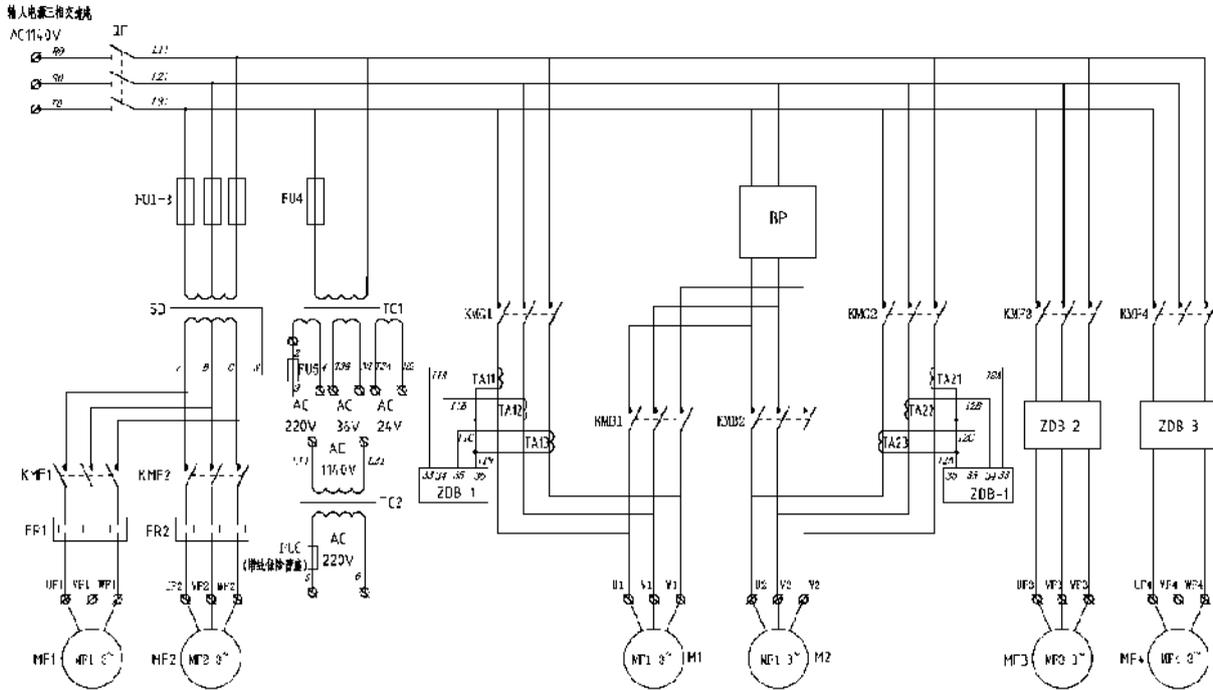


图2 改造前原理图

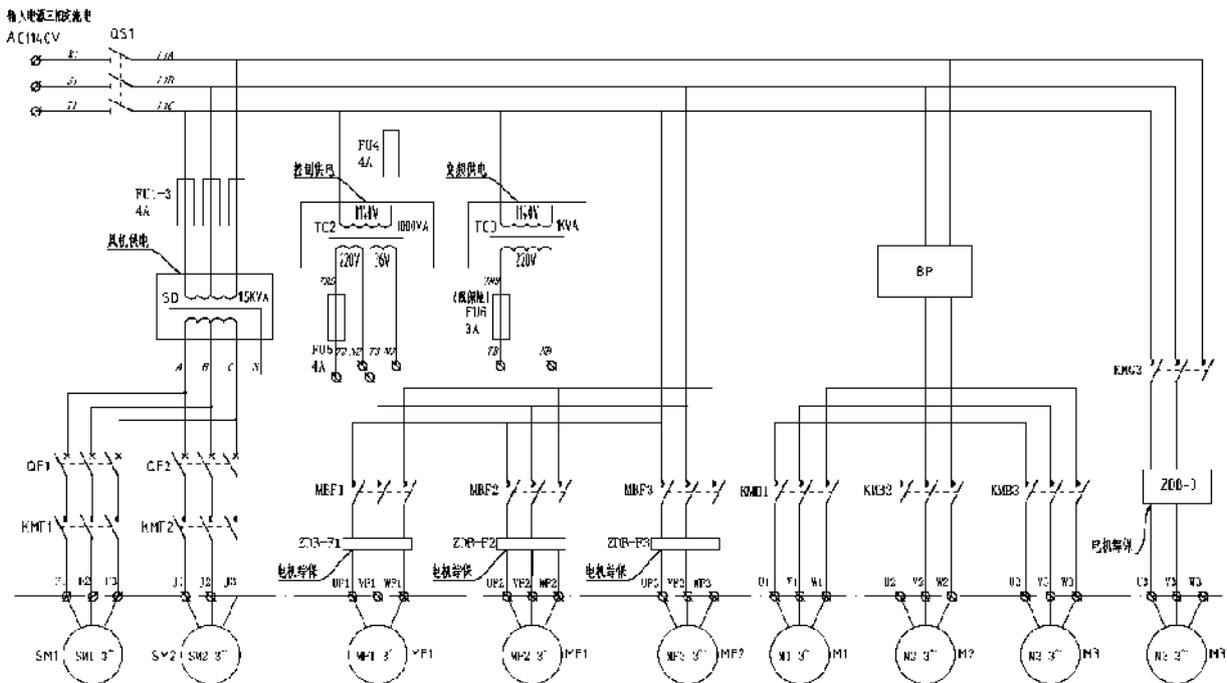


图3 改造后原理图

## 6 经济效益分析

改造后的乳化液泵站不仅能实现以上的技术要求，同时由于变频技术固有的节能特点，还可以为我单位带来很好的经济效益。根据我矿3806工作面采煤工作面乳化液泵站的使用情况和节电效果来评估节能效益。乳化液泵站的使用状况：每天运行时间不少于20个小时，每月运行30天，每年运行12个月，按每度电费0.9元计。

电机参数：额定电压1140V，额定功率250KW。改造前工频运行功率计算公式： $C1 = T \times P1$ ， $C1 = 7300 \text{小时} \times 250 \text{KW} = 1825000 \text{ kWh}$ ，其中： $t$ —全年运行时间， $h$ （365天 $\times$ 20小时=7300小时）； $p1$ —单一负荷下的运行额定功率， $kw$ ； $c1$ —改造前总耗电量， $kw \cdot h$ 。实际使用电能： $1825000 \text{ kWh} \times [0.9 / \text{kWh}]$ （平均电费）= 1642500元

变频改造后运行预计功率计算公式：在没有采用变频时，电机长期工作在50HZ，功率为250kW在采用变频自动控制后，长期工作频率为20~30HZ，电机功率 $P0$ 为130kW。

$$C2 = T \times \sum (P0 \times \delta) \quad C3 = T \times \sum (P1 \times \delta);$$

$$C2 = 7300 \text{小时} \times (130 \text{ kw} \times 0.8) = 759200 \text{ kWh};$$

$$C3 = 7300 \times (250 \times 0.2) = 365000 \text{ kWh};$$

其中： $t$ —全年运行时间， $h$ ；（365天 $\times$ 20小时=7300小时）； $P0$ —单一负荷下变频运行功率， $kw$ ； $p1$ —单一负荷下运行额定功率， $kw$ ； $\delta$ —这种负荷下调速运行占全年运行时间比例； $C2$  长期调速状态下的平均耗电量； $C3$  非调速状态下的耗电量（50HZ）； $C4 = C2+C3$ ； $759200 \text{ kWh}+365000 \text{ kWh} = 1124200 \text{ kWh}$ ；其中 $c4$ 为改造后总耗电量， $kw \cdot h$ 。实际使用电能： $1124200 \text{ kWh} \times [0.9 / \text{kWh}]$ （平均电费）= 1011780元，平均每年节约电费： $1642500 \text{元}-1011780 \text{元} = 630720 \text{元}$ ， $C1-C4 = 1642500 \text{元}-1011780 \text{元} = 630720 \text{元}$ 。从上面的计算结果我们可以看出，变频乳化液泵站的节电效果十分明显，效益可观。

除此之外，由于变频器的软启和调速作用，电动机长期在30Hz到40Hz运行，减少了机械磨损，机械部件的磨损率相当于正常情况下的60%-70%，进一步降低了材料消耗，提高了经济效益。