

# The Application PLC Controls and Adjusts of Speed Technology on the Lifting Machine of the Well of the Colliery with Frequency Conversion

SUN Binghai

Henan University of urban construction, Pingdingshan, China

**Abstract:** Exchange to some colliery well lifting machine person who wind the line electrical machinery clusters of resistance transfer speed, continue cable keep in touch the control system, adopt PLC to control and adjust speed technology and carry on technological transformation with frequency conversion. This system is mainly from at location machine (controlling machine), Location going to machine (PLC control system) the next, it transfers that speed is systematic to make up to frequency conversion. The top management system adopts two sets of programmable controllers in independent Mitsubishi FX2N series, adjust the speed and select Siemens 6SE70 frequency converter for use systematically; Two independent programmable controllers, adopt redundant technology, first is made use of it fully and is both as hotly fully, when main PLC breaks down, system switch over spare PLC influence, produce rapidly. Adopt system bus communication way, PLC with at location machine and signal collectors on-the-spot last network control system. PLC top management according to designated pace curve and actual operation operating mode of lifting machine system, Deal with various sensing signal operation, control the frequency converter and offer the power of frequency conversion for promoting the electrical machinery, Enable and promote the electrical machinery and realize the stepless speed regulation, has overcome and had a systematic shortcoming originally, have, bring load to be ability strong responding fast exceeding ng advantaging such as being little of adjusting etc., have improved systematic dependability, detection precision and controlled performance, Have improve production efficiency, has reduced the fault rate and operating cost of the system, is suitable for abominable environments such as the humidity, dust, etc. invite electric energy 35% in festival at the same time, have certain project application and value to popularize.

**Keywords:** shaft hoist; PLC(Programmable Logical Controller); frequency conversion; vector control

## PLC 控制与变频调速技术在煤矿井提升机上的应用

孙炳海

河南城建学院, 平顶山市, 中国, 467004

**摘要:** 针对某煤矿井提升机交流绕线式电机串电阻调速、继电接触控制系统, 采用 PLC 控制<sup>[1]</sup>与变频调速技术进行技术改造。该系统主要由上位机(监控机)、下位机(PLC 控制系统)、变频调速系统等组成。主控系统采用两套独立的三菱 FX2N 系列的可编程控制器, 调速系统选用西门子 6SE70 变频器; 两套独立的可编程控制器, 采用冗余技术, 一备一用互为热备, 当主 PLC 发生故障时, 系统迅速切换备用 PLC 不影响生产。该系统采用总线通信方式, PLC 与上位机及现场信号采集器构成网络控制系统。PLC 主控系统根据给定速度曲线及提升机的实际运行工况, 对各种传感信号运算处理, 控制变频器为提升电机提供变频电源, 使提升电机实现无级调速, 克服了原有系统的缺点, 具有带负载能力强、响应速度快、超调量小等优点, 提高了系统的可靠性、检测精度与控制性能, 提高了生产效率, 降低了故障率及系统运行成本, 更适用于潮湿、粉尘等恶劣环境, 同时节约电能 35%, 具有一定的工程应用和推广价值。

**关键词:** 煤矿提升机; PLC; 变频调速; 矢量控制

### 1 前言

平煤集团某主矿井提升机型号 JK-2.5/20E, 提升高度 260m, 最大提升速度为 3.2 米/秒, 使用交流绕线式电动机拖动, 电动机主要参数为 250KW、380V、

521A、744 转/分, 采用转子绕组串电阻的方式调速, 继电接触控制。这样的调速拖动系统存在可靠性差、能耗大、操作复杂、故障率高、效率低等缺点。经过技术改造后, 克服了原有系统的缺点, 提高了系统的可靠性、检测精度、控制性能及生产效率, 降低了系统的故

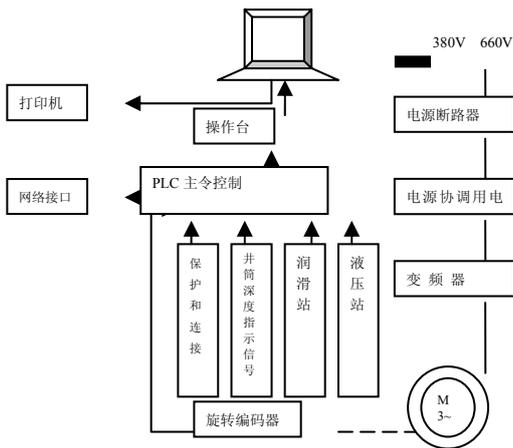


Figure 1 Block diagram of system based on hoister control  
图 1. 提升机控制系统框图

障率及系统运行成本,节约了电能<sup>[2]</sup>。本文就 PLC 控制与变频调速技术在矿井提升机上的应用进行了论述和总结。

## 2 控制系统组成及其原理

技改后的提升机控制系统如图 1 所示。

该系统主要由 PLC 主控系统、变频调速系统、上位机监视系统、信号控制、安全保护等五部分组成,主要控制设备是操作台、变频柜、电源柜、动力柜及 PLC 柜。系统设置两套独立的可编程序控制器,采用总线通信方式,与上位机及现场信号采集器构成网络控制系统。PLC 主控系统根据给定速度曲线及提升机的实际运行工况,对各种传感信号运算处理,并向变频器的发出控制指令,使其为提升电机提供变频电源,实现提升电机无级调速,可靠运行。

### 2.1 PLC 主控系统

主控系统采用三菱 FX2N 系列的可编程控制器<sup>[3,5]</sup>。采用冗余技术,一备一用互为热备,当主 PLC 发生故障时可以迅速切换备用 PLC,不影响生产。使用 PLC 集成高速计数输入口以及特殊高速计数模块,对分别安装于电机轴、辊筒主轴、天轮、深指器上的四个编码器数据进行信号采集,同时监视速度、深度以及判断松绳;A/D 模块采集液压站及润滑站的油压、油温等信号;在井筒及深指器各阶段安装行程开关,用以确定罐笼位置,并相互校验,达到停车位的精确控制。PLC 控制程序满足提升机自动、半自动、手动、验绳、调绳等工作方式,并可方便的转换;满足提升阶段(如加速、减速、等速、爬行等)稳定运行的要求。

### 2.2 变频调速系统

变频调速系统选用西门子 6SE70 变频器,采用矢量控制技术<sup>[4]</sup>。在控制单元给出对变频器的控制命令(正转、反转、多段速等)后,即可使提升机按照设定的速度曲线运行,满足提升阶段稳定运行的要求。变频调速装置本身具有过压、欠压、过流、过负荷、缺相、超温等保护,同时配合来自现场的各种信号传感器的监视及相应处理,可实现绞车过卷、过速、减速、限速等重要保护的双线制保护功能,满足煤矿安全规程要求。

在变频器系统中输出闸控信号到 PLC,要求只有在变频的输出转矩达到一定值时才可松闸,避免竖井提升机启动时发生溜车现象。

为减小高次谐波分量,同时抑制输入电流峰值,减小对电网的谐波污染,变频器接入输入电抗器。

### 2.3 上位机监视系统

整个系统由上位计算机监视系统和主控系统的 PLC 两级微机来组成,采用 RS485 通讯模块实现下位机与上位机的通讯<sup>[6]</sup>。上位机完成智能化的后台管理和实时显示运行信息等监视功能;下位机承担现场信号、现场数据的采集及实时控制任务。为使系统安全可靠,上位机采用了工业控制计算机,配有 CRT 显示器和打印机,可对系统运行信息及故障进行信息实时显示并可实时打印或历史打印。可编程控制器和工业控制计算机均有 RS232C 标准和 RS422 标准的串行口,可轻松实现通讯,达到监视、控制同时进行。

### 2.4 信号控制系统

提升机的信号来自提升系统工作现场的不同环节,比如天轮、井筒、深指器、液压站、润滑站等,信号包括运行状态、运行参数、操作信号和保护信号,这些信号均引入到主控系统中,将这些参数和信号与操作控制相关内容进行逻辑运算和闭锁,最后产生控制指令;各种故障信号将送给安全回路以及 PLC 输入,根据故障信号的轻重度分开轻重等级,与故障操作保护系统进行逻辑运算和判断,最后执行为不同的故障处理动作,如立即施闸、提升终了施闸、电气制动,然后通过机械机构来实施,同时这些信号将在上位机中显示故障类型并控制声光报警。

### 2.5 安全保护系统

本系统设有一条硬件安全电路和两条软件安全电路,这三条安全电路相互冗余与闭锁,一条断开时,另两条也同时断开。硬安全回路通过硬件回路实现,

Table 1. Scheme of PC organ selected about shaft hoist system  
表 1. 提升机系统 PC 元件选型方案

序号	名称	规格型号	数量	单位	备注
	基本单元	FX2N—128MR	2	块	基本单元:128 点 I/O、继电器输出
2	输入模块	FX2N—16EX	2	块	扩展模块:16 点输入、由基本单元供电
3	扩展单元	FX2N—48ET	2	块	扩展单元:48 点 I/O、内部电源, 晶体管输出
4	高速模块	FX2N—1HC	6	块	特殊模块:50kHz 2 相调整计数器
5	模拟量输入	FX2N—8AD	2	块	特殊模块:8 通道模拟输入
6	模拟量输入	FX2N—4AD	2	块	特殊模块:4 通道模拟输入
7	模拟量输出	FX2N—4DA	2	块	特殊模块:4 通道模拟输出
8	通讯板	FX2N—485—BD	2	块	特殊功能板:RS485 通讯板
9	显示板	21 寸液晶	1	台	
10	工控机	P4/256M/2.5G/160G	1	台	研华
11	组态王	运行版 1024 点	1	套	亚控

无论 PLC 单元是否正常工作,一旦出现故障信号,硬安全回路马上断开;软安全回路分别在两套 PLC 软件中搭建,与硬安全回路相同并且同时动作。安全电路断开后,系统会立即解除运行控制指令,封锁变频器,制动油泵,断开安全阀和 KT 线圈,进行紧急制动<sup>[7]</sup>。具有过卷、等速超速、定点超速、PLC 编码器断线、错向、传动系统故障及自动限速等保护功能。

### 3 PLC 控制与变频调速系统设计及技术特点

#### 3.1 PLC 器件设备的选型

根据矿井提升机控制系统较高的可靠性及安全性的实际要求,选用两套相同的三菱 FX2N 系列可编程控制器,分别作为主备控制单元。FX2N 系列 PLC 具有灵活的配置、高速运算能力、突出的寄存器容量、丰富的原件资源、较强的网络能力,完全满足提升机控制要求。每一套 PLC 输入输出总点数控制在 256 点以内。扩展单元和特殊模块的耗电量应控制在基本单元及扩展单元的电源容量范围之内。基本单元内部装有电源,扩展模块供给 DC24V、460mA 电源,特殊模块供给 DC5V、690 mA 电源。表 1 为提升机系统 PC 器件的选型方案。表 1 如下表所示。

#### 3.2 变频器的选型

提升机的负载特性属于升降类恒转矩负载特性,存在一定静摩擦力,负载的惯量很大,在启动时要求有足够的启动转矩,而在下降时又需要一定制动转矩,同时会有能量回馈。这就要求变频器有足够的低频转矩提升能力和短时过流能力。因此要求变频器有一定余量,一般取 1.1~1.5 倍异步电动机的容量。选用带低速转矩提升功能的电压型变频器,即西门子 6SE70 变频器。

考虑到电源电压波动因素及需通过 125%超载试验要求等因素,其最大转矩必须有 1.8~2 倍的负载力矩值,以确保其安全使用的要求,为此可通过提高一档的方法选择变频器的容量。

#### 3.3 提升机速度、行程控制方式

提升速度的给定方式有两种:一种是给定速度为时间的函数,  $v=f(t)$ ,一种是给定速度为行程的函数  $v=f(s)$ ;为了提高提升机运行速度控制的精度,在速度给定电路中增加了加速变化率限制环节,即不但要限制加速度,而且还要限制加速度的变化率。为了提升机运行的安全可靠,采用行程给定和时间给定串级连接,在速度图中不出现折线,实现 s 形速度给定曲线。

提升机行程控制方式,通过井筒开关、旋转编码器检测提升行程。井筒开关用来校正行程显示和控制信号,使行程控制和显示误差缩小到允许范围。

#### 3.4 变频器控制方式及提升机制动方式

##### 3.4.1 变频器控制方式

6SE70 系列变频器具有多种控制方式:VVVF 控制、开环矢量控制、闭环矢量控制,选用控制性能最好的闭环矢量控制方式,为此需接入测速装置。

##### 3.4.2 提升机制动方式

控制系统根据提升机运行工况采取机械制动与电气制动协调配合方式。电气上设置了三种制动运行方式:回馈制动,带有能量回馈制动单元,可将制动时产生的再生能量回馈给电网,实现变频器的四象限运行;能耗制动单元,可单独使用,亦可与能量回馈单元配合使用,从而解决位能负载在快速、减速或急停时的再生发电能量处理问题,保证变频器的安全运行;直流

制动，主令控制器给出“正转”或“反转”命令后，如果没有给出“松闸”信号，变频器会在电机上施加直流制动转矩，确保松开制动闸过程中重车不下滑。

当重车在井筒中间停车时，先施加直流制动使绞车停止转动，当机械制动起作用后去掉直流制动信号，使重车靠机械抱闸停车在中间。

### 3.5 提升机控制系统主要技术特点

该提升机控制系统最大的优点在于采用两套 PLC，一备一用互为热备，其精确的行程控制、全方位的提升机运行保护机制、以及变频调速矢量控制技术应用于提升机实现无级调速。

技改后的控制系统采用 4 个增量式轴编码器测量罐笼行程、速度，编码器脉冲信号通过信号分配器分配，分别进入两套 PLC 模块和控制回路中。系统的 CPU 进行行程、速度计算，并不断对数据进行比较监视，确保了行程、速度计算的精确性。

该控制系统除了对电动机、变频器等进行过流保护、过压保护、超温监控保护外，还对制动闸闸瓦、弹簧等进行监视，因而对罐笼行程和速度的监视更加全面，一旦有异常情况发生则发出紧急停车信号。其相关监察保护功能以下几个方面：

1) 过卷保护：除了设定硬件过卷开关，该控制系统还通过监视行程值，判断罐笼是否过卷。当罐笼超出正常车位置 0.5mS 时，过卷开关动作，使安全回路断开，提升机实现安全制动。

2) 逐点速度保护：在罐笼减速区域选择几个特定的行程点，并监视罐笼经过这些特定点时的速度值，确认罐笼是否有减速趋势。

3) 等速超速保护：用于限制提升机运行的最大速度，该速度限定值的设定因提升机运行模式的不同而不同。

4) 错向保护：监视罐笼实际运行方向与信号指示是否一致。

5) 无指令动车保护：当没有动车指令发出时，提升机由于某种原因，如罐笼在自重作用下出现运动情况，则系统自动判别并作出反映。

## 4 提升机变频调速系统软件设计

### 4.1 PLC 软件结构

由于系统控制核心主要由 PLC 和上位机组成，因此，软件包括 PLC 控制软件和上位机组态软件。PLC 软件的主要功能是对提升机的启动、加速、减速、停车等过程进行控制、信号采集、逻辑处理。PLC 软件设计采用模块化结构，程序编制采用梯形图。上位机软件主

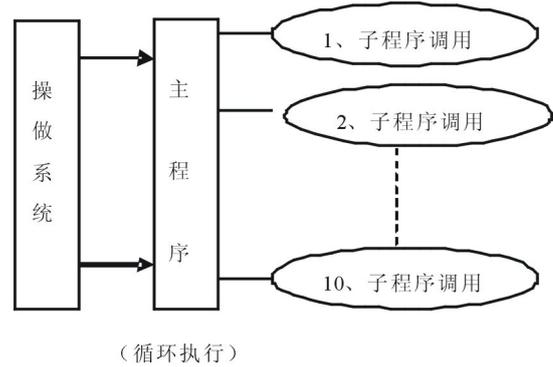
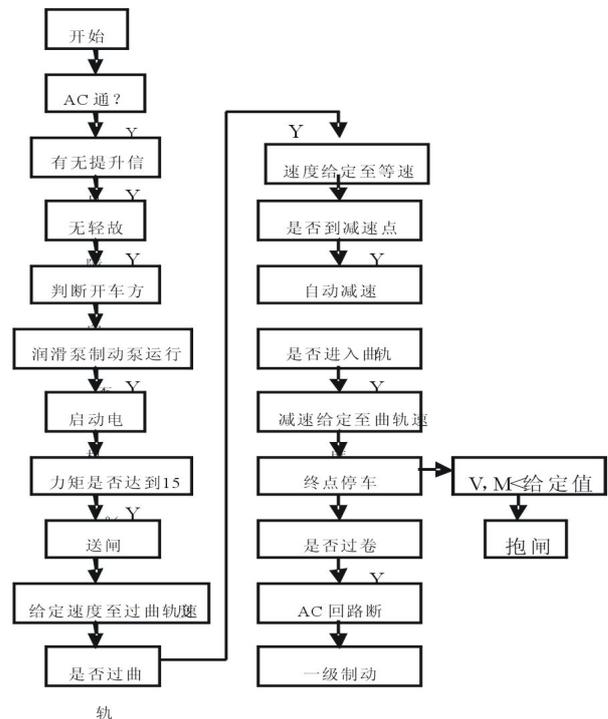


Figure 2 Structure of PLC software  
图 2. PLC 软件结构图



Figures 2. Flow chart of control sub-program  
图 3. 控制子程序流程图

要对系统运行状态、故障状态实时监控，对运行数据、故障数据进行存储和记忆<sup>[8,9]</sup>。

LC 软件结构的设计是根据提升机工艺和控制要求，将控制任务和过程分解为许多子过程和子任务，再对各个子过程和子任务进行模块设计、功能说明，形成一个模块化的程序结构。如图 2 所示。

### 4.2 提升机变频调速系统软件设计

考虑到控制工艺的复杂性，本程序采用主程序、子程序模块化顺序结构进行编程，程序中的内存地址可分成：参数设定、上位机显示、故障存储、运行数据存储、中间量这五部分，系统各种子程序均由主循

环程序调用执行。系统程序由一个主程序和十个子程序组成，即时钟读出校准子程序、控制子程序、上位机设定子程序、数显表子程序、深度、速度检测子程序、模拟量采集子程序、保护设置子程序、故障处理子程序等。为避免提升机重载起步溜车，采用特殊的软件编程，改善低频特性，即使在变频器输出频率为 0Hz 的情况下，也能输出 200% 的驱动力矩，避免重载起步溜车发生。如图 3 所示为控制子程序流程图，

## 5 提升机系统技改后运行状况及效果

原系统经过技改后，系统运行稳定，工作可靠，系统安全性得到较大提高，克服了原有系统的缺点；改造后的提升机系统 1 次提升时间由原来的 95s 缩短为 75s，提升能力由原来的每年 10 万吨提高到 17 万吨，同时节约电能达 35%，具有可观的经济效益。

## References (参考文献)

- [1] Zhong Zhaoxin, Peng Kai's programmable controller principle and application, (2nd). Guangzhou: Institute of technology of South China. 1992:1-7.  
钟肇新, 彭凯 可编程控制器原理及应用, (第 2 版). 广州: 华南理工大学. 1992:1-7.
- [2] Yue ChaoZhu, Wang DeTang, Wang GongHua. The total word of the lifting machine controls reseach and application of the automated system. Shandong: Coal science and technology of Shandong. 2005.3: 4.
- [3] 岳朝柱, 王德堂, 王公华. 提升机全数字化控制自动化系统的研制与应用. 山东: 山东煤炭科技. 2005. 3: 4.
- [3] FX2N series miniature programmable controller service manual. Materials of Siemens Company. 1999.  
FX2N 系列微型可编程控制器使用手册. 西门子公司资料. 1999.
- [4] Wang Shu writes. Frequency conversion adjusts speed systematic design and application. Beijing: The publishing house of the mechanical industry, 2005. 4.  
王树编著. 变频调速系统设计与应用. 北京: 机械工业出版社, 2005. 4.
- [5] Chen Rong, open like. Mitsubishi FX \_ Application in the lifting machine signal system of auxiliary shaft of 2N series PLC. Industrial automation, 2005. 4.  
陈荣, 张开如. 三菱 FX\_2N 系列 PLC 在副井提升机信号系统中的应用. 工业自动化, 2005. 4.
- [6] Ma GuoHua. Control configuration software and application. Beijing: Publishing house of Tsing-Hua University. 2001.8: 1-16, 20-34.  
马国华. 监控组态软件及其应用. 北京: 清华大学出版社. 2001.8: 1-16, 20-34.
- [7] The lifting machine trouble of the mine is dealt with the editorial board with technological transformation . Deal with and technological transformation in lifting machine trouble of the mine. Beijing: The publishing house of the mechanical industry, 2005.  
《矿井提升机故障处理和技术改造》编委会. 矿井提升机故障处理和技术改造. 北京: 机械工业出版社, 2005. Kacy, Klaus. Hoist and haul. ABB Review. 2006: 60-63
- [9] Beus. Michael J. New technology for hoist conveyance monitoring and analysis .CIM Bulletin .vol.95. October. 2002:78-83.