

The Application of Inverter in the Coal Mine

Dan Hang, Daqing Liao, Man Liu, Mingcong Ma

Air Force Logistics College, Xuzhou
Email: hazel-hang@sohu.com

Received: Aug. 15th, 2013; revised: Aug. 22nd, 2013; accepted: Sep. 6th, 2013

Copyright © 2013 Dan Hang et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract: This paper mainly introduced the inverter in the application of mine main fan and the mine machine. Based on the principles of frequency control of motor speed, the selection of frequency converter is introduced and the frequency converter applied in coal mine is prospected.

Keywords: Coal Mine; Converter; Energy Saving

变频器在煤矿的应用

杭丹, 廖大庆, 刘嫚, 马明琮

空军勤务学院, 徐州
Email: hazel-hang@sohu.com

收稿日期: 2013年8月15日; 修回日期: 2013年8月22日; 录用日期: 2013年9月6日

摘要: 主要介绍了变频器在矿井主扇风机和矿井提升机上的应用, 通过变频调速原理, 介绍了变频器的选用, 并对变频器在煤矿中的应用进行了展望。

关键词: 煤矿; 变频器; 节能

1. 引言

变频器进入实用期已经有 20 多年的历史了。在此期间作为变频器技术基础的电力电子技术和微电子技术都经历了飞跃性的发展。随着新型电力电子器件和高性能微处理器的应用以及控制技术的发展, 变频器的性能价格比越来越高、体积越来越小、运行可靠性越来越高, 变频器大有取代传统调速的趋势。

由于变频调速在风机和泵类负载上的应用具有显著的节能效果, 并且具有无冲击启动和软停机的优良控制特性, 因此变频器首先在冶金、电力、石化、供热和民用风机水泵的控制领域得到广泛的应用^[1,2]。

由于煤矿生产的特殊环境和安全上的特殊要求, 变频器在煤矿的应用起步比较晚。目前还很少有符合煤矿安全要求的隔爆型变频器产品。随着我国市场经

济的深入发展, 煤矿的增产、降耗、提效被提到了重要地位, 设备节能改造势在必行。变频调速在矿井井上固定机械和采煤机上也有了一定的应用并取得了较好的效果^[3]。

2. 变频调速在主扇风机上的应用

煤矿主扇风机选用变频调速, 首先要考虑的是风机在现在的运行工况下, 是否还有节能潜力, 如果现在运行时风门已经接近全部打开, 才能满足矿井需要的风量, 这台风机也就没有安装变频器的必要, 反之, 可以考虑选用变频调速; 风机属于平方转矩类负载, 应选用适合于风机水泵使用的通用型变频器。一般根据主扇风机电机的额定电流选用变频器; 额定输出电流大于主扇风机电机的额定电流^[4]; 变频器的电压等

级应符合电源与电动机的额定电压要求，另外要注意变频运行频率不能太低，防止电动机温升过高。同时，要选用正规厂家、经过运行证明质量可靠、售后服务好的产品。

如某煤矿主扇风机为 4-72-11N016B，配套电动机 JO2-92-6 型 75 kW 380 V；实测总排风 $H_1 = 1931$ Pa。总入风量 $Q_1 = 64,800$ m³/h $n_1 = 710$ r/min 用闸门调节风量；按煤矿生产安全规程要求的配风量 $Q_2 = 50,400$ m³/h $H_2 = 1171$ Pa，根据相似定律求出调速后风机转速 $n_2 = 552$ r/min；风机皮带传动减速比 $I = 0.73$ ，求出调速后电动机转速 $n_3 = 756$ r/min，再求出变频器输出频率为 39 Hz。电动机轴功率 35 kW。

根据风机配电动机功率选用西门子公司产品 6SE70 型变频器一台；变频器驱动一台风机，备用风机仍然由工频拖动。

西门子 6RE70 型变频器具有电动机参数自整定功能；通过对磁通电流和转矩电流的解耦控制及低频转矩提升技术，保证通用电动机在 0.5 Hz 时，产生 180% 的启动转矩；在电网电压 $\pm 20\%$ 波动，保证额定输出能力；可以适用于潮湿和粉尘超标场合(可选项目)；客户化设计，控制功能强大。

扇风机变频改造后运行稳定。经运行测试表明，通风系统各项指标符合安全规程要求；月节约电量 10,800 kWh，年节约电量 129,600 kWh；按电价 0.64 元/kWh 计算，年节约电费 8.2944 万元；投资回收期 1.2 年。

实例说明主扇风机变频调速改造后，风机以低于额定转速运行，噪声降低磨损减轻，减少了维护费用，经济效益良好。

3. 变频调速在提升机上的应用

在煤矿斜井提升系统中，多使用单绳单钩提升方式；在这种提升过程中，下放串车减速时，由于负载的倾斜分力的作用，电动机可能进入发电状态；电动机发出的交流电，经过逆变装置中续流二极管整流叠加到变频器的直流母线上，使母线电压产生“泵升”电压；母线电压的升高，将对蓄能电容器和电气元件造成损坏；为保证变频器的安全，通用型变频器是将这部分电能通过“制动电阻”转变成热能消耗掉，提升机专用型变频器是将这部分电能通过专用逆变电路反馈给电网。

煤矿提升机选用变频控制要达到的主要目的是：

- (1) 实现无级平稳加减速，提高提升系统的安全水平；
- (2) 节约电能；
- (3) 用变频器内置的编程软件替代继电器实现提升速度控制，减少设备维修工作量。

提升机变频调速节约电能主要从两方面考虑，一是取消了“调速电阻”，节约了调速运行时电阻的热损耗；其二是矿车下放减速时，电动机短时间发电运行，反馈给电网的电能。在变频器选型时，应该首选具有电能回馈功能的提升机专用变频器。提升机专用变频器的售价要比通用型变频器高一些^[5,6]。

为了降低工程造价，也可以选用通用变频器+制动单元的配置方案。具体选用哪种方案，要经过技术、经济比较后确定。

变频器的额定容量、额定电压的选择，要按系统的额定电压和电动机额定电流值选用；提升机应选用重载型变频器。斜井提升系统有时因车内装载煤量超重或车皮掉道等原因造成提升机超载；因此，变频器选型时要放大一级。

如：提升绞车为 2JT-1.6/824 型，配用 YR280M-8 型电动机，380 V $P_n = 75$ kW $I_n = 154$ A $R_n = 726$ r/min，双滚筒，滚筒直径 $D = 1600$ ，绳速 $V_{max} = 2.6$ m/s；选用西门子 6ES70 型变频器，额定输出电流 176 A；配带制动单元和制动电阻器。

变频器的控制回路如图 1 所示，设计变频器控制回路时，既要满足提升速度图的要求，又要满足提升机安全制动的联锁条件，还要考虑司机的操作习惯。利用变频器的多段速度编程功能，实现提升机按速度图运行是很方便的，图中，仅给出了变频器实现提升速度图的多功能端子接线部分；主令开关 LK 安装在斜面操作台上。当主令手柄拉到提升位置 1 档时，COM 与 FWD 接通，给定频率 5Hz，提升机以 0.25 m/s 速度拉紧钢丝绳；手柄拉到 2 档位置时，COM 与 X1 接通，提升机在设定时间内加速到速度 $V_1 = 1.5$ m/s (30 Hz) 运行；手柄拉到 3 档位置时，COM 与 X2 接通，提升机在设定时间内加速到 $V = 2.6$ m/s，以额定速度运行。当重车接近井口时，将手柄推向 2 档，提升机减速运行进入车场；接近停车位置时，将手柄推向 1 档，矿车徐徐运行到位后，将手柄推向 0 位置并刹闸停车。反向运行时，操作顺序与正向提升操作顺序相

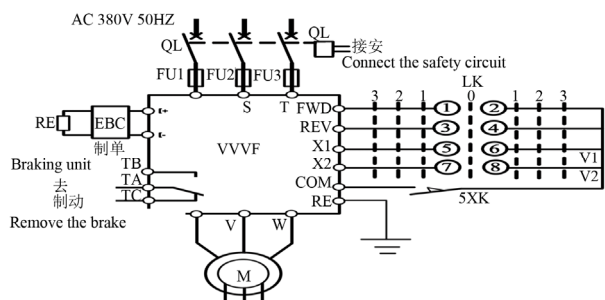


Figure 1. Electrical schematic diagram of frequency conversion control of elevator
图 1. 提升机变频控制电气原理图

同，只需将操作手柄反向推动到各段速度的位置，提升机就会按设定速度运行。

从已经进行变频改造的矿井提升机的运行情况看，提升机变频控制比磁力站控制的优点是：司机操作简单方便；提升机加减速稳定无冲击，设备故障率低，维修量减少，维修费用降低；在经济方面，节能效果显著，节能率在 15%~30% 左右。

在小型竖井箕斗提升系统中，利用变频器的简易 PLC 编程功能，实现提升机自动运行控制是很方便的。

4. 变频器在煤矿井下的应用与展望

煤矿井下开采作业的环境特点是：作业空间狭小、潮湿、空气中含有沼气、粉尘等易燃易爆成分；按照《煤矿安全规程》的要求，在煤矿井下采掘工作面使用的电气设备和控制设备，必须是隔爆型或本质安全型设备。因此，通用型的变频器是严禁在井下应用的。

近年来，随着变频器普及率和可靠性的提高，有些变频器生产厂商也开始研制和生产符合煤矿井下环境应用的隔爆型变频器。煤矿井下大量应用的局部扇风机、皮带运输机等设备也都需要变频调速运行；尤其是局部扇风机更需要调速运行；轴流式局部扇风机的额定功率有 5.5、11、15、28 kW 等几种规格。局部扇风机使用时，经常采用进风口挡板调节风量。这种调节方式造成了大量的电能浪费。煤矿隔爆型电气

设备，按隔爆壳内气体压力分类，有正压和常压之分；现在井下使用的多数是常压型，应用间隙隔爆技术制造的设备。生产隔爆型变频装置的关键是将变频器装进隔爆壳内；并通过专业试验部门的检验。井下隔爆变频装置需要解决电气爬电、功率器件散热、安全控制等技术问题；解决隔爆变频装置冷却问题的有效途径是：

(1) 将小功率变频器的散热片安装在隔爆壳外部，因为井下空气温度比较低，靠自然冷却；

(2) 将功率器件的散热片安装在隔爆壳外部，另外安装风扇吹风冷却；如局部扇风机的变频装置，可以将变频装置与风机一体化，利用风机的风量自行冷却；

(3) 变频器隔爆壳外附水冷却器，接井下消尘水管进行水冷。如井下采区提升绞车变频控制装置，可以外设水冷却装置。解决变频器操作装置防爆问题，可以利用安全隔离栅技术制成本质安全型控制器。

5. 结束语

我国是世界上的产煤大国，又是能源贫乏的国家之一，而且也是吨煤电耗比较高的国家。我们要创造出一条以低能耗实现现代化的新路，节能降耗实为明智之举。如果煤矿井下需要调速的设备，多数能使用变频调速装置，节约能源的效果将是非常可观的。

参考文献 (References)

- [1] 吴忠智, 吴加林 (2007) 变频器应用指南. 中国电力出版社, 北京.
- [2] 屈建喜 (2010) 变频器应用讲座(第 8 讲)变频器在工程应用中需注意的几个问题. *电世界*, 12, 44-46.
- [3] 王远鹏 (2007) 变频器使用中需要注意的几个问题. *山西建筑*, 18, 3-5.
- [4] 吴启红 (2010) 变频器简单工作原理. 机械工业出版社, 北京, 8.
- [5] 徐晓宇 (2008) 变频器在煤矿提升机中的应用及研究. 山东大学, 济南.
- [6] 杨玲 (2007) 浅谈优化变频器工作条件及延长其使用寿命的方法会议论文. 全国电技术节能第 9 届学术年会, 41-52.