矿井提升机电控系统变频改造的研究与应用

Research and application of frequency conversion transformation of electric control system of mine hoist

谭　林（西山煤电集团有限责任公司马兰矿，山西　太原　030053）

Tan Lin（Malan mine of Xishan Coal and Power Group Co., Ltd.，Shanxi　Province　030053）

摘　要：马兰矿针对副井提升机电控系统复杂、功率低、系统发热量大、故障率高等问题，对原电控系统进行优化改造，设计了副井提升机双独立电控系统，采用“双三电平变频器+PLC控制器”为核心的控制系统，并详细介绍两套双三电平变频系统、两套信号系统、两套闸控系统的设计方案，有效提高了提升机电控系统的高效稳定运行.现场实践证明，该方案具有较高的应用与推广价值。

关键词：提升机；双三电平变频系统；安全回路；优化设计

Abstract：Aiming at the problems of complex electric control system, low power, high calorific value and high failure rate of auxiliary shaft hoist in Malan mine, the original electric control system was optimized and reformed, and the double independent electric control system of auxiliary shaft hoist was designed. The control system with “double three-level inverter + PLC controller” as the core was adopted, and two sets of double three-level frequency conversion system, two sets of signal system, two sets of automatic control system and two sets of automatic control system were introduced in detail Two sets of design schemes of gate control system effectively improve the efficient and stable operation of the hoist electric control system. The field practice shows that the scheme has high application and promotion value.

Key words：hoist；Double three level frequency conversion system；Safety circuit；optimal design

0 引言

矿井提升系统主要承担煤矿原煤物资和人员的运送，是矿井的咽喉要道，在煤矿的生产运输中发挥重要的作用。矿井提升机电控系统则是衡量一个矿井现代化的重要标志。为此，矿井提升机控制系统在满足矿井高效生产同时，还有保证系统的安全可靠和自动化控制的要求。传统的矿井提升机电控系统复杂、功率低、系统发热量大、故障率高存在严重的安全隐患；而变频调速控制技术则具有调速范围宽、精度高、功率因数高、操作便捷和节能显著等优点。本文针对矿井提升机电控系统优化改造设计了双独立电控系统，即采用“交流双绕组同步电机、双三电平变频器、数字DSP调节控制、PLC网络控制、上位机诊断和监控”的模式，替代原有的电控系统；实现矿井提升机电控系统的智能化、自动化及信息化[1]。

1 提升机电控系统的优化设计

马兰矿副井提升系统采用SIEMAG4×4型提升机，采用三个两组反向并联变流器形成的定子主电路，三相整流为转子主电路，实现变频调速，但原有电控系统虽能满足正常的生产，单在运行过程之中仍存在不小的问题，主要问题如下：原有的电控系统结构较为复杂，使得出现故障后维修难度加大；变频系统出现发热量过大的情况；系统对电网冲击较大，对周边设备的干扰性较强；系统出现故障后无法精准定位故障发生的位置；设备老化严重，维修成本较大等。对原有电控系统进行优化设计，选定电动机为电励磁同步电机，电机的型号为AMZ 2000FF16 MNBM，电动机额定功率2×1250kW，电机额定转矩435kNm，额定电压2×1500kW，额定电流2×516A。

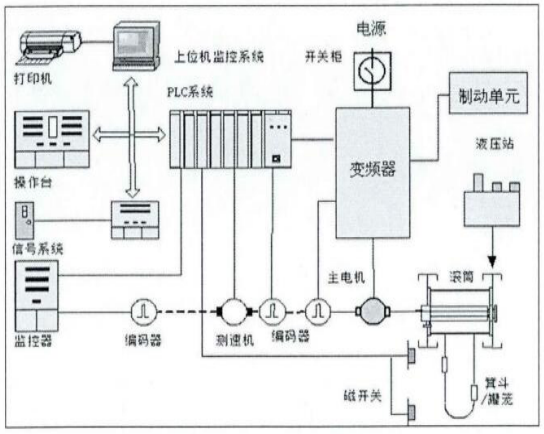


图1　副井提升机系统结构图

将原有电控系统进行撤除，安装2套同步电机三电平调速装置，每台装置中均安装有1台励磁变压器、8台电控箱、7台高压柜、2台变压器、电抗器、切换器

及操作台等，两个装置系统间采用辅助信号及主回路转换柜。在每台同步电机三电平调速系统内设置一套全封闭式 Tube 闸控系统和卸载控制系统。同时为了保障系统的稳定性，在系统中增加辅助变压器和低压电源柜。在系统电机位置增加电机温度传感器，对电机的温度进行检测。在系统中布置润滑油泵机、冷却油泵电机，将信号传感器传输的信号传输至 PLC，数据的显示和报警通过上位机组态界面进行展示，从而实现远程监控与报警 [2]。副井提升机系统结构图如 1 所示。

由图可知，副井提升机电控系统内安装 7 台高压开关，分别为 2 台进线柜，4 台高压馈电柜和 1 台 PT 柜，其中高压柜的开关选用满足安全生产要求的 KYN28A–12 型。KYN28A–12 型开关具有完善的电气闭锁和机械必选，采用 VSP–12 型断路器和综合保护器。变压器的选用节能变压器，定子变压器 1 台，励磁电压器 2 台，辅助变压器 1 台，分别的接法为：D/D–0、D/Y–11 两种，初级与次级的绕组间分别设置电屏层，附加冷却设备，在开关柜设置温度传感器，传感器将温度显示于上机位 [3]。

在系统中安装同步变频器，变频器采用性能较好的矢量控制软件，对速度、转矩、电流、功率因素等进行控制调节，系统的功率因素不应低于 0.98。变频器的主要功率元件为 IGBT、防爆型直流滤波电容器等。变频系统的母线选用塑封，数字矢量控制器为 DSP+FPGA 结构，数字矢量控制器能够实现定子变频控制，单位功率因素控制，速度闭环控制，故障报警诊断等功能，系统发现故障后会立即进行诊断，对诊断结果进行分析通过上位机及时定位。系统安装 PLC 柜，PLC 柜内布置行程 PLC 和保护 PLC，两台 PLC 通过 MPI 网进行信息交换，对提升机的超速、过卷、行程等进行监控。安装井筒检测开关，开关共 12 个，每个箕斗位置布置 6 个，每侧开关依次为过卷、卸载、2m/s、提人、减速点、同步开关 [4]。

双绕组变频器主要是由调节柜、励磁柜和交流柜组合而成，其中调节柜的尺寸设计为长宽高 600mm × 2200mm × 1200mm，在调节柜的柜门位置布置急停按键，方便及时控制，在柜内设置机笼、励磁变压器、UPS 电源、触屏等。励磁的尺寸设计为长宽高 800mm × 2200mm × 1200mm，在励磁柜的柜门位置布置电压、电流的显示仪器。交流柜的尺寸设计为长宽高 1200mm × 2200mm × 1200mm，交流柜柜体内部放置电流、电压传感器、支撑电容模组等。

2 电控系统运行分析

对副井提升机的双系统进行分析，在两套系统连接之间安装一套转换柜，转换柜内部的接线刀闸 K1 和 K2 与交流柜直接相连，定子绕组供电需求额定电压、额定电流分别为 1500V 和 1000A，双绕组同步电机有两种运行形式，第一种为双绕组全桥全速全载运行模型，此时的变电柜 1 号和 2 号能够同时运行。第二种运行模式为单桥双绕组全载半速模式，此时仅单独 1 号变流柜投入使用，系统定子绕组切换流程示意图如 2 所示。

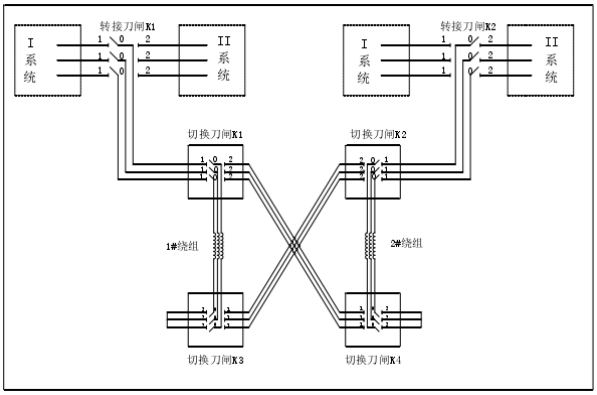


图 2 系统定子绕组切换流程示意图

副井提升机系统的倒换：系统 II 倒换至系统 I，首先停用 II 号系统，将系统的制动手柄和主令手柄全部调制零位，同时按下停车旋钮，系统回路的指示灯灭，回路断开，在操作台分别对 II 号操作系统的交流柜 1 号和 2 号、高压送电指示灯进行关闭，对风机旋钮依次进行调零，将控制方式调制零位。倒换至 I 系统，在完成 II 号系统的停止操作后，将液压站的三通转换装置调制关闭，将 I 号系统的三通转换装置调至开通，将 I 号系统内的 1 号转接柜 K1 和 K2 刀闸进行闭合，此时 JD2 和 JD4 继电器指示灯亮。此时需要 1 号电控室的控制方式调制就地位置，分合闸处于闭合状态。在操作台对系统的风机全部调至启动状态，指示灯亮，油泵开关处于开始状态。此时安全回路的指示灯亮起，回路闭合，I 号系统正常开始运转 [5–6]。

3 结论

马兰矿对原有副井提升机电控系统进行技术改造，针对原系统存在的功率低、系统发热量大、故障率高的缺点，设计了双独立电控主回路控制系统，并给出了双独立电控系统的整体设计方案，同时，给出了两套双三电平变频系统、两套信号系统、两套闸控系统的设计方案，并对副井提升机的双系统倒换操作进行分析，给出了上系统倒换的操作流程，为矿井提升机变频控制系统的优化改造提供参考与借鉴。

参考文献：

[1] 汪浩 . 基于 ABB 控制器的副井提升机系统及应用 [J]. 机电工程 ,2014,31(10):1361-1366.

[2] 王峰 , 刘自学 , 张旭隆 . 车集矿副井提升机双线制电控系统可靠性研究 [J]. 煤矿机械 ,2020,383(01):55-56.

[3] 王鹏 . 阳煤三矿副井提升机电控系统的改造研究 [J]. 机械管理开发 ,2020,v.35;No.201(01):192-193+242.

[4] 储凡雪 , 刘风来 , 朱绍坤 . 矿井提升机双 PC 主机监控的应用 [J]. 煤矿自动化 ,1998,04:55-56.

[5] 郭秀利 , 刘会宝 , 周广华 . 副井提升机电控系统升级换代技术改造 [J]. 煤炭技术 ,2005,24(7):20-20.

[6] 曹锋 , 熊祖强 . 刘河煤矿副井提升机电控改造设计及应用 [J]. 煤炭工程 ,2009,000(009):15-16.