变频器在矿井提升机控制系统中的应用分析

臧喆
（新汶矿业集团设计研究院有限公司 山东 新泰 271200）

摘要：设计优化的基于 PLC（可编程逻辑控制器）的矿井提升机控制系统，针对改善了传统矿井提升机存在的可靠性不高、操作复杂不简单、频繁出现故障等缺点，提高矿山开采效率，保障矿山开采安全。本控制系统通过提升机运行中转矩的数据要求选定变频器类型，优化改良系统主程序、子程序运行流程，凭借上机位监控系统的实时监测功能，通过矿井提升机的全面监测，及时发现问题进行保护，保证了矿山开采工作的顺利运行。

关键词：矿井提升机；控制系统；变频器；可编程控制器（PLC）

0 引言

矿山开采中的矿井提升机，俗称绞车，是矿井中矿石、矸石以及升降人员、下放材料、工具和设备运输的必备设施，更是矿山提升系统中的重要设备。我国常规的矿井提升机控制系统主要由继电器、接触器组成，将附加电阻串接在转子回路中，提升机得以达到启动、调速的目的，此工作原理导致传统控制系统故障率较高，耗电大、可靠性也较差。随着科技进步发展，国内的专家学者靳继波等通过大量研究，针对性地提出了通过变频器优化矿井提升机控制系统的设计，重新优化设计的系统不仅将提升机的运行从柔性起到提升至无极变频调速，还减少了换档位和紧急制动下的冲击能量，有效改善了提升机的稳定运行。通过变频器优化的 PLC 设计控制系统，改善了矿井提升机从启动到速度提升、到制动的控制，保证了提升机运行安全，为矿山企业提高生产效率提供较大帮助，有较高的经济价值。以下为此控制系统的简单介绍，为企业选择提供参考。

1 变频器

1.1 变频器的选定

矿井提升机的运行从起步、提速、减速、匀速、爬行至停车，一共六个阶段，通过研究和优化提升机控制系统，选择控制电机来控制转速和转矩，达到控制提升机状态。

提升机各转矩之间的关系，可以通过以下公式表达：$T_e=T_c-T_j=\frac{Tn}{375}\varepsilon$，$T_n=4gJ$，其中，$T_d$ 代表系统的总转矩（N·m）；Te 代表电动机的转矩（N · m）；T_j 代表传动系统的固有转矩（N · m）；J 代表转动惯量（kg · m^2）；g 代表重力加速度；ε 代表系统加速度，通过上述公式计算，控制系统各阶段的转矩则可根据需要计算出来。

变频器的选择，往往要依据提升机恒转矩的负载，须根据矿井提升机恒转矩的负载来选择，功率的表达公式为：$P=T_n/9550$，其中，P 代表异步电机的功率（kW）；T 代表异步电机的转矩（N · m）；n 代表异步电机的转速（r/min）。实际操作中，变频器要有一定转矩，当提升机在下降的工作状态时，需要通过制动转矩控制提升机运行速度；而提升机进入上升的工作状态时，负载较多的情况下，提升速度不能过快，也通过改变转矩达到改变速度，进而控制提升机；变频器的另一个必要功能就是识别电流，必须保证电机启动的安全性，避免启动瞬时的过电保护的发生，因此选择的变频器的容量应该是异步电机的 1.2 倍至 1.5 倍，保证变频器转矩输入需求的同时，还要保证瞬时电流小于电流极限值。

1.2 ACC600 变频器

ACC600 变频器是瑞士苏黎世 ABB 集团生产的 ACS600 系列中的提升机专用款，此款设备的结构原理如下图 1 所示。

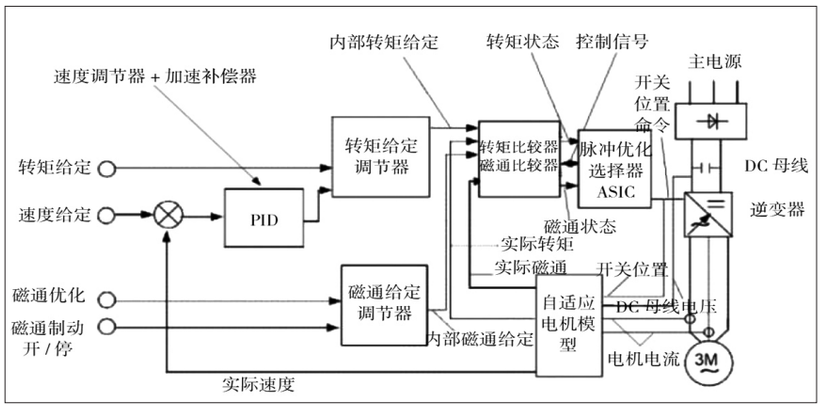

图 1 ACC600 变频器结构原理示意图

首先，ACC600 变频器的电流辨识功能，能在电机启动的同时，通过传输到变频器的运行状态开启辨识程序，保证提升机工作状态的同时反馈最佳控制方案；其次，ACC600 变频器具有断电不停机性能，停电瞬间不影响电机运行，在发生停电时，电机的一部分动能将转化成电能并储存，此能量将满足电机保护功能启动的使用，避免发生电机失控事故；再次，ACC600 变频器还具有其他功能，能在电机的启动瞬间进行保护，保证变频器提供的转矩满足提升机运行的多种需求。

2 提升机控制系统

矿井提升机的控制系统主要包括：PLC 控制单元；变频

81-96 综合 6月下 第18期.indd 92 2021/12/9 23:01:35

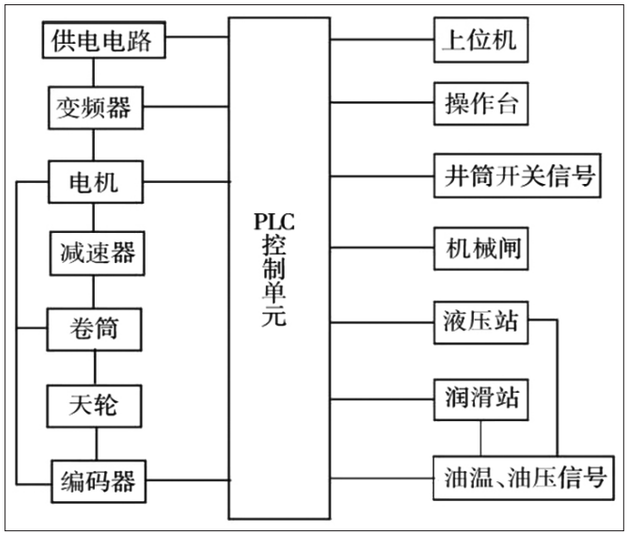

图 2 提升机控制系统结构示意图

器；操作台；上机位监视界面等，具体的结构示意图如下图 2 所示。

2.1 PLC 控制单元

控制系统的控制单元为 PLC，即可编程逻辑控制器，其高速计算能力的应用，保证了电机、卷轮、飞轮的编码器的运行速度和能力，及时反馈提升机的运行状态；同时根据液压站润滑站的油温和油压信号，及时判定和监测提升机故障，操作开关、传感器信号，将控制电机的目标转速和目标转矩传输到上机位，同时显现出实施运行状态，保证监控人员的全面监控，进而能够做到及时发现故障。

2.2 变频器

变频器有一系列的保护功能，例如过流、过压、缺相、超温等，具备紧急制动安全停车的性能。变频器工作时，控制单元转矩转速等数据信息设定并传出到变频器，计算输出电压，控制电机；通过 PLC 指令来确定提升机运行具体情况，当输入转矩大于变频器的设定值时，机械闸开放且提升机正常工作；机械闸开启则提升机进入停车阶段，转矩数据变小直至为零，避免溜车。

2.3 操作台

操作台由具体的操作人员控制，根据要求进行开关键控制和手动、自动模式转化控制。操作手柄能控制提升机运行，操作人员设定参数保证运行的平稳畅通，实现紧急情况下进行紧急制动的能力。

2.4 上位机监视系统

监视系统的存在是为了实时体现设备运行状态，记录具体的监测数据，在提升机出现运行故障后，根据监测数据方便进行人力检验和检修，保障故障排查及改进设计，优化故障监测系统。

上位机上能够显示提升机的速度、位置等数据，当提升机故障时，上位机系统窗口发出声光报警；当提升机参数设定改变时，能够保存各项数据，并且可以查询运行情况及故障记录，建议选用 LabVIEW 软件，通过模块制作满足工作要求，同时系统中应该设定加入抗干扰功能模块，克服提升机恶劣的工况环境，保证系统运行的稳定性。

2.5 PLC 主程序、子程序工作流程

PLC 软件由主程序、故障诊断程序、通讯子程序、控制子程序等组成，通常情况下，主程序运行时执行信号采集、提升控制、通讯程序三者循环程序；一旦提升机发生故障，主程序将停止循环程序不再执行，而是开启、执行故障处理程序。

控制子程序主要决定提升机开车的条件，对提升机运行过程中的偏差进行校正，确定是否存在故障。当收到启动信号时，提升机启动，而后加速运行至匀速运动，保持匀速运行且停止加速；当提升机运行到减速点时，速度下降，进入提升机的缓慢爬行工作状态；当提升机到达停车点时，速度降至零，提升机停车制动，不再运行，等待再次启动信号，往复循环。

3 结语

通过以上论述，基于 PLC 的矿井提升机控制系统通过对变频器的选定，以及研发、优化变频器主程序、子程序等提升机控制系统，使提升机的运行状态更具稳定性，不仅提高矿山开采工作的效率，更增强了开采工作的安全性和可操控性，具有较大的经济和实用价值。

参考文献：

[1] 李利青 . 提升机故障处理专家系统在煤矿的应用 [J]. 煤，2020，29（9）：51-52.

[2] 张雪雯 . 矿井提升机制动系统自动控制研究 [J]. 自动化应用，2020（8）：145-146.

[3] 靳继波 . 变频器控制在矿井提升机上的应用研究 [J]. 机械管理开发，2020，35（5）：243-244.

[4] 苏俊英 . 基于 PLC 的煤矿提升机控制系统设计 [J]. 能源与节能，2020（8）：105-106.

[5] 宋德轩 . 变频器响应的停车方式在提升机安全制动过程中的应用研究 [J]. 矿山机械，2014（5）：149-151.

[6] 罗金盛 .BUS-DP 总线在提升机控制系统中的应用研究 [J]. 金属矿山，2009（11）：108-110.

[7] 赵国飞 .PLC 及变频控制在煤矿立井提升机中的研究应用 [J]. 科技与创新，2018，109（13）：161-162.

[8] 李世涛 .PLC 与变频器在桥式起重机控制系统改造中的应用分析 [J]. 工程技术，2019（4）：271.

[9] 汪显明 . 基于 PLC 控制的变频调速系统在矿井提升机的应用研究 [J]. 水力采煤与管道运输，2019（3）：92-93.

[10] 姬学良 .PLC 及变频控制在煤矿立井提升机中的研究应用 [J]. 工程技术（文摘版），2018（7）：331.

81-96 综合 6月下 第18期.indd 93 2021/12/9 23:01:35