利用变频器和 PLC 改造龙门刨床

威海职业技术学院 （山东 264200） 李传伟

我院实习工厂使用的龙门刨床主要用来加工大型工件的各种平面、斜面和槽。由于使用日久，出现了精度降低，调速性差，生产效率低等问题，故急需对其进行维修及改造。考虑到原有设备与加工要求调速比达到40:1以上，可用手刨、铣削，静差度小于5%，切削力恒定、平稳、冲击小，刀具切入切出时自动减速，功耗低，安全可靠、易于维护等要求。对此我们决定采用变频器结合 PLC 对其进行改造。

1. 大型龙门刨床的基本结构

龙门刨床主要由七部分组成，如图1所示。其中床身为箱体型零件，有 V 形导轨。工作台安放在床身上，工作台下面有斜齿条与传动机构齿轮相啮合，可作往复运动。横梁用于安装垂直刀架，刨削加工时严禁动作，只在工作台停止运动时才能移动，以调整刀架高度。两个垂直刀架可沿横梁导轨在水平方向或沿刀架本身的滑板导轨在垂直方向作快速移动或工作进给。左右侧刀架及进给箱可沿立柱导轨上下快速移动或自动进给。

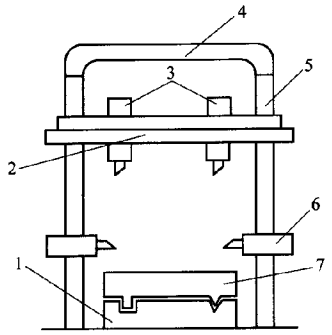


图1 龙门刨床结构图

1. 床身 2. 横梁 3. 垂直刀架
4. 龙门顶 5. 立柱 6. 侧刀架 7. 工作台

2. 原拖动系统工作状况

主拖动系统以直流发电机—电动机（G—M）及晶闸管—电动机系统为主，如图2所示。以 A 系列龙门刨床为例，它采用电磁扩大机作为励磁调节器的直流发电机—电动机系统，通过调节直流电动机电压来调节输出速度，并采用两级齿轮变速箱变速的机电联合调节方法。其主运动为刨台频繁的往复运动，对速度的控制有一定的要求，采用机械速比为2:1和电气调节调速范围为10:1的机电联合调速系统。

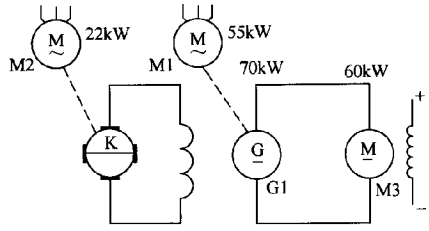


图2 龙门刨床主拖动 G—M 系统图

主拖动系统调速分析如图3所示。其中 F_m 表示最大切削力，v_1 表示切削速度，P_m 表示最大切削功率。v_2 为对应于最大转矩的最高速度，称为计算速度。在 $v_1 \sim v_2$ 范围内要求转矩调速；而在 $v_2 \sim v_3$ 范围内则要求恒定功率调速。

机电联合调速与单纯调压速比较，电动机的设计功率可以缩小一半，但是电动机的功率仍然比负载所需要的功率大接近一倍，因此 A 系列龙门刨床直流电动机的功率并没有得到充分利用。同时因为进刀机构采用进刀继电器控制进刀，而继电器铁心和圆盘齿因频繁运动而磨损，使精度下降。

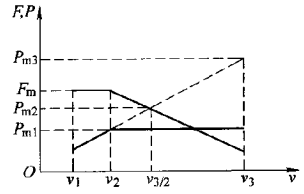


图3 龙门刨床主拖动调速系统的调速特性

3. 龙门刨床变频调速系统的设计及性能

（1）变频调速系统组成 工作台的主运动只需一台59kV·A交—直—交电压型变频器和能量回馈装置作为主拖动控制装置，实现无级变速。工作台换向制动利用

变频器自带的能量反馈装置，使制动速度快，能量又反馈到电网中。对于进刀机构可以采用3台6.5kV·A小变频器分别控制垂直刀架和左右侧刀架3台2.2kW异步电动机，实现无级调速，形成了新的进给系统，使进刀量准确，提高了加工精度。另外增加一个11kW的变频器控制的铣刀头，作为附加组件。

(2) 变频调速系统的优越性　采用交流变频调速系统，可以通过灵活的预置恒转矩与恒功率调速的换点，使调速系统的特性更好地满足龙门刨床主拖动负载的调速特性要求，进而降低主拖动电动机的设计功率。调速范围可以达到40:1，静差度小于3%，更换不同的工作组件就可使刨床一机多用。为提高加工精度，工作台的速度不随切削量的变化而变化，自动调速，达到速度曲线的要求，提高了加工质量与效率。如图4所示。

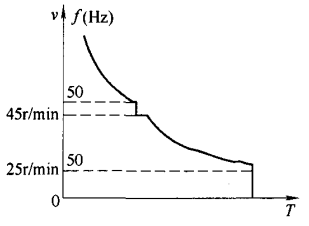


图4　变频调速的机械特性

4.PLC控制电路及软件流程

控制部分采用PLC可编程控制器控制，其功能强、速度快、接点减少、可靠性高，这是有触点的继电器系统无法比拟的。

(1) 控制电路　全部工艺过程及联锁、信号、报警由1台PLC控制，其控制端子功能及接线图如图5所示。

为了操作方便，变频器设置成外部控制状态，实现远控。由A10和A11按编码组合为4种运行速度，A12为点动控制，T17为反转控制，T14为停车控制，GM1～GM4来自光电编码盘的反馈输入信号。PLC的X0～X35为操作和工艺控制的输入信号端，输出端Y0～Y5控制横梁升降、刀架进给及铣、磨头用变频器。

(2) PLC编程软件流程　龙门刨床工作台的工艺流程由PLC控制主变频器驱动交流电动机来实现。刨床工作台自动、手动进（退）、点动、转向、速度变换，垂直刀架和左右刀架的自动进给及人工快速移动的控制，横梁升降和夹紧的控制，以及互相的联锁和显示等功能都由PLC软件来实现。前进和后退速度及加、减速时间可以任意调节。为方便操作，在控制柜面板上装有床身运动速度显示及各种运行指示及报警信号，并且操作箱完全符合原操用习惯，如图6所示。

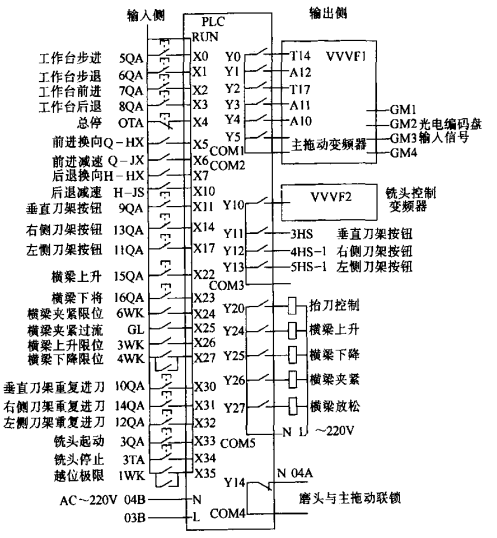


图5　PLC控制端子功能及接线图

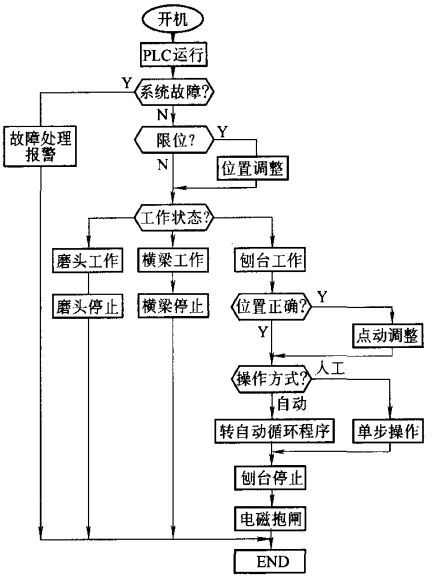


图6　PLC主程序流程图

5. 结束语

在整个机床的改造过程中涉及到了许多测试、调试的问题，在硬件设备安装好后又进行了许多调试工作，PLC程序的编制综合考虑了工艺与加工要求，变频器参数设置也需考虑具体的加工要求。经过如此改造，能大大简化拖动系统，减小维护工作量，提高运行可靠性。

（收稿日期：20050623）