

# 基于可编程控制器技术的新型 数控电解加工机床

合肥工业大学特种加工研究所 (合肥 230009) 丁苏赤 陈远龙 万胜美

## 1. 引言

通常,要求电解加工机床的控制系统能在潮湿和有腐蚀性气体的工作环境中长时间正常工作,这对于采用由分离元件和小规模集成电路组成控制系统的普通电解加工机床来说,其实现相当困难。这种采用“硬接线”方式组成的控制系统其制造和调试周期长,系统的维护较困难,系统的功能难以扩展。

随着可编程控制器(简称 PLC)在工业中的广泛应用,它的工作稳定性和功能的可扩展性得到了肯定。据此,我们研制出采用 OMRON CQM1H 可编程序控制器的 DK3150 型数控电解加工机床,它具有适应电解加工工艺的诸多先进性能。

## 2. 控制系统的硬件结构

机床控制系统的硬件结构如图 1 所示,可将其分为以下几个部分

(1) 控制器 由 CQM1H-CPU51 及开关量输入单元、开关量输出单元、模拟量输入单元、模拟量输出单元和脉冲 I/O 单元组成。

(2) 参数设定与显示 使用触摸屏与 CQM1H 连接,实现对设备状态的显示和对系统加工参数的修改和对加工的控制。

(3) 位置控制 使脉冲 I/O 单元与步进电机驱动器和旋转编码器连接,实现对阴极的位置控制。

(4) 带有温度自动补偿的电源控制 由 DA-021 单元输出控制电压,控制我们自行研制的 KXS-5000 脉冲直流两用电源。同时保留原有的手动调压功能,两种状态可由操作者自由选择。

(5) 其他 由开关量输入单元与指令元件和检测元件连接,实现操作者对机床运动控制和对机床

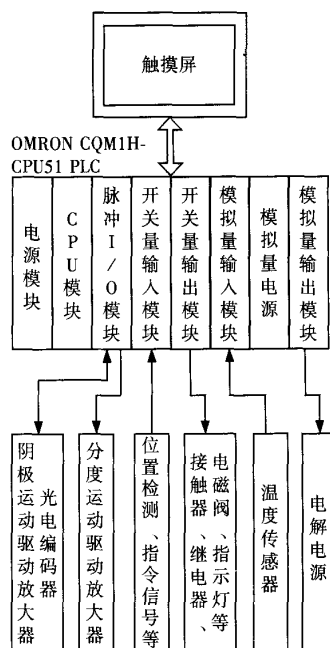


图 1 控制系统的硬件结构

状态的检测,用开关量输出单元和开关量控制的执行件(电磁阀、接触器、继电器)连接,实现要求的控制动作。

## 3. 控制系统的软件结构

控制系统的主控流程如图 2 所示。为提高程序的运行速度和便于今后的维护和扩展,软件按模块化方法进行设计,这样,软件所实现的控制功能可根据用户的要求进行取舍。根据电解加工机床的工作特点,将机床的控制过程分为两大部分:

(1) 加工准备 在该过程中,机床的辅助设备(电解液泵、阀、风机等)不需工作。这一过程包括:

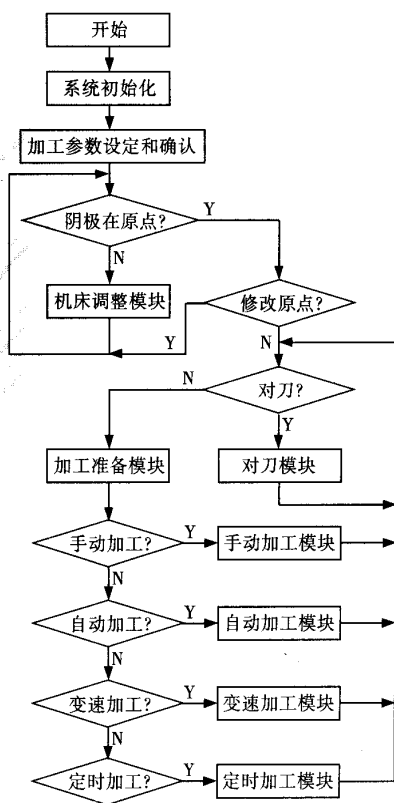


图2 电解加工机床的主控流程图

**系统初始化和参数设置模块** 实现定时器中断设置和加工参数的修改和确认等操作。

**调整模块** 确定机床原点。当系统启动后，主轴不在机床原点或要对机床原点进行调整时，系统将自动执行该模块。

**对刀模块** 确定加工零点并根据由触摸屏输入的加工初始间隙，计算出加工原点位置和主轴快进中缓冲减速点的位置。

(2) 加工操作 在该过程中，机床应根据选择的工作方式，进行电解加工。这一过程包括：

**准备模块** 当机床加工前，利用触摸屏的触摸键实现对电解液泵、阀、风机等辅助设备的启动。

**手动加工模块** 使操作者可方便地对阴极运动进行控制，并允许在加工过程中对阴极运动参数进行修改。

**自动加工模块** 在自动加工时对阴极的运动进行精确控制。包括根据触摸屏上的加工深度、加工速度和加工电压等设定值确定加工参数的计算程序和阴极位置控制程序等。

**变速加工模块** 根据用户要求设计的特殊功能模块。包括根据触摸屏上加工深度、加工步长和加工电压等设定值确定加工参数的计算程序和阴极位置控制程序，可以实现阴极在设定步长下的变速进给。

**定时加工模块** 根据用户要求设计的特殊功能模块，可以实现阴极在某一预定位置停留指定时间，然后自动返回机床原点，停留的时间可由触摸屏设定。

此外，为了保证电解加工安全可靠进行，在控制软件中还设计了以下模块：

**自动保护模块** 为防止在加工时阴极被损坏，在控制系统中利用了 CQM1H 的输入中断功能实现阴极的过流自动保护。

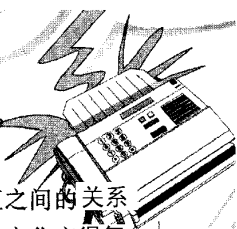
**温度测量和控制电压自动补偿模块** 为了防止电解液温度发生变化时，由于其电导率的变化而影响加工精度，设计和使用了温度测量和控制电压自动补偿模块。

#### 4. 电解加工机床控制系统的特殊要求及其关键技术

电解加工对机床运动、加工参数等的控制都有一些特殊的要求，为了满足这些要求，我们在控制中采用了以下对策：

(1) 采用两路控制脉冲控制同一步进电机运转 电解加工机床阴极运动的调速范围较宽，为  $0.01 \sim 300 \text{ mm/min}$ ，由 CQM1H 的脉冲输入/输出内装板、步进电机、减速器和光电编码器构成的位置控制系统并不具有如此宽的调速范围。针对电解加工的这一特殊要求，我们采用的控制对策是采用两路控制脉冲控制同一步进电机运转。

这一解决方法的实现是：控制系统在硬件上使用脉冲输入/输出板 (CQM1H-PLB21) 的 CW1 端子和晶体管输出单元 (CQM1-OD212) 的输出端子都可以向步进电机驱动器脉冲输入端发送脉冲信号，其中脉冲输入/输出板的 CW1 信号的频率  $\geq 10 \text{ Hz}$ ，晶体管输出单元输出端子发送信号的频率是  $< 10 \text{ Hz}$  的；在系统中还设计了高低速切换线路，利用晶体管输出单元输出端子控制高低速切换继电器的通断状态，实现对这两路脉冲线路与步进电机驱动器脉冲输入端连接的切换。在软件设计中对进给速度进行分类：将  $\geq 10 \text{ Hz}$  脉冲控制的进给运动定义为非低速进给，将  $< 10 \text{ Hz}$  脉冲控制的进给运动



定义为低速进给。在控制软件中对操作者用触摸屏输入的进给速度参数进行处理,当设定的进给速度为非低速进给时,计算出设定的进给速度对应的脉冲频率值,控制脉冲输入/输出板 CW1 信号的频率;当设定的进给速度为低速进给时,则通过间接寻址的查表方法获得设定进给速度对应的脉冲周期,用作定时器的设定值,控制晶体管输出单元输出端子发送的脉冲频率,并确定高/低速切换继电器的通断状态。

## (2) 采用高速计数器方式控制阴极的运动过程

为保证被加工零件的尺寸精度,要求阴极运动具有较高的重复定位精度。为满足这一要求,在控制系统的硬件中选用了 CQM1H-PLB21 脉冲输入/输出内装板,控制阴极的非低速进给运动。在减速器输入轴的一端安装有测量该轴转角位置的光电编码器,通过选择合适的减速器传动比和光电编码器的线数,我们使光电编码器的一个脉冲当量为  $0.5\mu\text{m}$ 。在软件中,我们使用高速计数器方式控制阴极的运动过程:在自动加工和变速加工过程中,控制软件利用在对刀时获得的加工参数和触摸屏上的设定参数,计算出一次加工循环所需的运动参数,并将这些参数送到所用比较表的指定数据单元;通过在加工过程中启动不同的比较表,利用 CQM1H-CPU51 提供的高速计数器中断功能,实现对加工循环的控制。

(3) 用间接寻址方法简化计算 在电解加工机床控制过程中有许多数据需要处理;为满足不同的电解加工工艺要求,需要机床具有多种加工方式;为使机床能长时间可靠运行和减轻工人的劳动强度,机床应具有多种自动保护功能。上述特殊性使得对一般用户足够大的 CQM1H-CPU51 (7.2k) 程序存储器,对作为电解加工机床控制用程序存储器来说,显得非常紧张。为了在满足机床的使用要求条件下减少 PLC 处理数据程序长度和运算时间,我们在控制软件中利用了 PLC 的数据存储器资源,使用了间接寻址的查表方法,解决了这一问题。

下面通过温度自动补偿的实现来说明这一方法的使用:如果使用计算的方法获得由温度变化对控制电压的修正,在控制程序中就应该有根据当前温度与系统给定温度的运算程序,以获得温度偏差值,并由补偿电压计算公式和温度偏差值计算出当

前补偿电压。而补偿电压与温度偏差值之间的关系可能会由于加工参数、材料和电解液的变化变得复杂,这会使补偿电压的计算程序很长。我们在系统中使用的是基于间接寻址的查表方法,该方法使用了 CQM1H-CPU51 的一块指定的数据存储区顺次地存放补偿电压表首址和补偿电压值,在温度补偿模块运行时,可根据温度偏差值计算出偏移量,并将它存放在指定的数据存储单元中,在进给加工中通过读取补偿电压表首址和偏移量,获得补偿电压。

(4) 带有温度自动补偿的控制电压 为减少电解液温度变化对加工的影响,我们在系统中采用了温度自动补偿方法,对输出到 KXS-5000 脉冲直流两用电源的控制电压自动修正,这样可以保证在电解温度变化时,仍可以获得较高的加工精度。

这一解决方法的实现是:控制系统的硬件中采用了 CQM1-AD041 模拟量输入单元和 CQM1-DA021 模拟量输出单元,其中模拟量输入单元用于读取温度传感器的温度信号,模拟量输出单元用于将补偿后的电压信号控制 KXS-5000 脉冲直流两用电源的输出电流。控制系统的软件利用 CQM1H-51CPU 的秒脉冲发生器和计数器功能,实现了定时触发温度处理模块,当机床处于加工状态,就可以根据温度处理模块中计算的补偿电压表偏移量,对 CQM1-DA021 模拟量输出单元的输输出电压自动补偿。

我们在系统中采用的这些方法,在机床运动控制的实践中,获得了令人满意的效果。

## 5. 小结

DK3150 机床是目前最新一代数控电解加工机床产品,采用 PLC 技术,其控制性能明显优于普通电解加工机床,具有自动对刀、自动加工、故障自动处理、定时加工、变速加工和适应控制功能,同时也显著提高了电解加工机床的可靠性和稳定性,因而有力地促进了电解加工工艺水平的提高和应用领域的扩大。

但是,由于 PLC 系统硬件的价格较高,且系统的设计、制造及编程均有一定难度,导致机床的成本有较大增加。这是其相对普通电解机床的不足之处。冷

(收稿日期:20031118)