

机电工程师继续教育丛书

机电工程师继续教育丛书

# 机电一体化系统的 软件技术

齐智平 主编

中  
国

H-39  
25

中国电力出版社

机电工程师继续教育丛书

# 机电一体化系统的 软件技术

齐智平 主编

中国电力出版社

2530 67 4

## 内 容 简 介

本书从实用的角度比较系统地介绍了开发机电一体化系统软件所需的软件基础知识和有关的软件技术,包括程序设计与数据结构、软件工程方法、软件的可靠性及测试技术、控制界面设计、输入/输出信号处理和软件抗干扰技巧。为使读者对书中所介绍的软件知识和技术加深理解,结合基于工业PC的激光切割机数控系统软件设计,给出了综合应用实例。

本书可作为机电一体化领域继续教育的教材,也可作为大专以上计算机专业、工业自动化专业和机电一体化专业的教学参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

机电一体化系统的软件技术/齐智平主编. —北京:  
中国电力出版社, 1998  
(机电工程师继续教育丛书)  
ISBN 7-80125-897-5

I. 机… II. 齐… III. 机电一体化-软件工程  
IV. TH-39

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第29103号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://WWW.cepp.com.cn>)

三河市实验小学印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

1998年10月第一版 1998年10月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 9印张 197千字

印数 0001—4070册 定价 15.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

# 《机电工程师继续教育丛书》

## 编委会名单

名誉主任 丁舜年

主任 赵明生

副主任 刘恕

委员 (按姓名笔画为序)

万遇良 马阳 王赞基 吕森 严陆光

杨竞衡 吴伟文 汪耕 陈伯时 陈忠信

周鹤良 张林昌 赵长德 郝广发 赖坚

梁维燕 蔡宣三

主编 万遇良

副主编 王忱

# 序 言

当今世界科技发展的特点之一是新技术不断兴起,而且这些技术之间以及他们与传统技术之间,又互相渗透、彼此结合,形成多种技术的交叉融合,又进一步推动了科技发展不断出现新高潮。机电一体化技术是机械技术与微电子技术、计算机技术和自动控制技术等结合而发展起来的一种高新技术,是这些技术在产品的设计与制造过程中进行最佳协同集成的技术,是先进制造技术的重要组成部分,是制造业的重要发展方向。因此,对在职科技人员实施继续教育,掌握机电一体化技术的最新发展,对提高我国机电产品的技术水平和市场竞争能力,满足各方面的需求,推动科技进步和经济发展具有重要意义。

中国电工技术学会主办的电气工程师进修学院在电气工程师继续教育方面已经开展了十多年的工作,取得了一定成绩,为了在机电工业和国民经济其他部门推广应用机电一体化技术,满足广大工程人员对新技术的渴求,电气工程师进修学院特邀请有关专家编写了这套《机电工程师继续教育丛书》。这套丛书将跟踪高新技术的发展,陆续编写出版,首批编写6种,它们是:《机电一体化系统的设计与分析》、《机电一体化系统的电磁兼容技术》、《机电一体化系统中的计算机控制技术》、《机电一体化系统的软件技术》、《电源技术》、《电气传动与调速系统》。

本丛书将力求达到以下几点要求:

一、力争先进。本丛书的内容将跟踪国内外机电一体化技术的发展与进步,反映其发展趋势。作者均为有关高等院校、科研机构从事相关专业科研、教学和生产多年的专家。

二、力求实用。本丛书主要适用于具有大专以上专业水平的在职科技人员的继续教育和知识更新,也可用作高等院校学生的教材和相关专业研究生的参考书。丛书内容理论联系实际,能够指导读者在需要时运用到实际工作中去。

三、内容简明。每种书集中阐述一个问题,要求内容简明扼要,不包罗万象。

四、学习方式灵活。本丛书既可用于自学,也可用于面授。每种书除包括基本内容外,还包括思考题、练习题,以及深入学习用的参考书目,有助于读者理解掌握和深入钻研。

编写出版这套丛书是一种新的尝试,不可避免地会存在不少问题和缺点,热切希望广大读者给予支持和理解,更欢迎给予批评指正。

《机电工程师继续教育丛书》编委会

1998年7月

# 前 言

机电一体化技术把机械、电子、计算机和自动控制紧密地结合起来,它从系统工程的观点出发,使产品或系统实现整体优化,在机械、制造、自动控制等领域应用越来越广。因为机电一体化涉及许多跨学科的新技术,对广大在职科技人员来说,必须补充有关知识,才能掌握机电一体化技术的最新发展。计算机是一门新兴学科,它的发展又十分迅速,在职科技人员不断学习有关计算机的新知识是十分必要的。而微型计算机已成为机电一体化系统的核心,软件在机电一体化系统中占有越来越重要的位置,掌握计算机软件知识,跟上计算机软件技术的发展,可为机电一体化领域的在职科技人员奠定良好的科研开发基础,本书就是为此目的而编写的。

全书共分七章,第一章介绍机电一体化的基本概念及微型计算机在机电一体化系统中的地位。第二章介绍程序设计方法、程序设计技巧和几种典型的数据结构,如链表、队列、堆栈和树等,最后给出了几种数据结构的综合应用实例。第三章介绍软件工程的观念、方法和工具,并给出了综合应用实例。第四章介绍软件可靠性的概念、软件测试方法和测试工具。第五章介绍控制界面设计技术,包括菜单设计、汉字支撑环境、键盘接口设计与编程和显示接口设计与编程。第六章介绍数字信号和模拟信号的输入/输出接口设计及其编程技术。第七章介绍机电一体化系统中的干扰问题和几种软件抗干扰措施。

本书第一章由中国科学院电工研究所齐智平研究员编写;第三章和第四章由北京联合大学信息学院李京平副教授编写;第二章和第七章由华北电力大学齐林海讲师编写;第六章由北方交通大学博士研究生刘渭滨编写;第五章由刘渭滨、齐林海和中国科学院电工研究所王平高级工程师编写。

中国科学院电工研究所沈国镠研究员为本书审稿,并提出了许多宝贵意见;中国科学院电工研究所万遇良研究员为本书提供了数据结构和机电一体化参考资料,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,错误及不当之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

1998年6月15日

# 目 录

序 言

前 言

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| <b>第一章 绪论</b> .....          | 1   |
| 第一节 微型计算机在机电一体化系统中的作用.....   | 1   |
| 第二节 典型的机电一体化系统——数控机床.....    | 3   |
| <b>第二章 程序设计与数据结构</b> .....   | 7   |
| 第一节 程序设计.....                | 7   |
| 第二节 典型数据结构 .....             | 16  |
| 第三节 应用实例 .....               | 29  |
| 习 题 .....                    | 33  |
| <b>第三章 软件工程方法</b> .....      | 34  |
| 第一节 软件生存周期 .....             | 35  |
| 第二节 软件需求分析 .....             | 36  |
| 第三节 软件设计 .....               | 44  |
| 第四节 实例 .....                 | 57  |
| 第五节 编码 .....                 | 63  |
| 第六节 面向对象的设计方法 .....          | 64  |
| 习 题 .....                    | 67  |
| <b>第四章 软件的可靠性及测试技术</b> ..... | 68  |
| 第一节 软件可靠性 .....              | 68  |
| 第二节 软件测试技术 .....             | 70  |
| 第三节 纠错技术 .....               | 75  |
| 习 题 .....                    | 76  |
| <b>第五章 控制界面设计</b> .....      | 78  |
| 第一节 控制界面的基本概念 .....          | 78  |
| 第二节 键盘的设计与编程 .....           | 80  |
| 第三节 LED 显示器的设计与编程 .....      | 89  |
| 第四节 键盘、LED 显示器接口及软件设计 .....  | 94  |
| 第五节 菜单设计.....                | 106 |
| 第六节 汉字支撑环境.....              | 109 |
| 习 题.....                     | 113 |
| <b>第六章 输入/输出信号处理</b> .....   | 115 |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 第一节 机电一体化系统中的输入/输出信号处理 ..... | 115        |
| 第二节 数字量信号的输入/输出控制 .....      | 119        |
| 第三节 模拟量输入/输出控制 .....         | 126        |
| 习 题 .....                    | 129        |
| <b>第七章 软件抗干扰技巧</b> .....     | <b>131</b> |
| 第一节 机电一体化系统中的抗干扰问题 .....     | 131        |
| 第二节 机电一体化系统中常用的软件抗干扰措施 ..... | 132        |
| 习 题 .....                    | 135        |

# 第一章 绪 论

## 第一节 微型计算机在机电一体化系统中的作用

### 一、机电一体化系统的基本概念

机电一体化技术是机械技术与电子技术深度结合的体现。机电一体化是系统技术、计算机与信息处理技术、自动控制技术、检测传感技术、伺服驱动技术和机械技术等多学科技术领域综合交叉的技术密集型系统工程。机电一体化系统是实现自动化生产、自动化加工等的理想设备。以机械加工为例,在没有引入机电一体化技术时,采用普通机床加工零件,零件的装卸、加工面的更换、金属屑的排放都是由人工完成的;加工零件时,由人工看图纸、手动测量和手动加工或靠模仿形加工来完成;所需的动力只是用来驱动电动机的强电,整个加工过程由人工控制。引入机电一体化技术后,零件加工由机电一体化系统,如数控机床来完成。用数控机床加工零件时,零件的装卸、加工面的更换、金属屑的排放等,可由计算机控制的一套设备来完成,这套设备构成数控机床中的物料流。加工零件时,需通过操作者或编程机向数控机床输入零件加工程序,数控机床根据零件加工程序自动完成零件的加工。加工过程中所用到的零件加工程序和控制机床动作的一系列控制信号以及对机床运行情况的检测信号等构成了数控机床中的信息流。数控机床所需的能源有弱电、强电、液压和气动等,这些能源及其相互转换和控制关系,构成了数控机床中的能量流。因此,机电一体化系统是含有物料流、信息流、能量流等多参量、多输入、多输出的复杂系统。

一个完整的机电一体化系统的基本组成为:控制和信息处理单元,接口、驱动器、执行机构、机械本体、测试传感器和动力。各部分通过接口与控制和信息处理单元相联系。其结构框图如图 1-1 所示。

机电一体化系统中各组成部分的作用如下:

(1) 控制和信息处理单元。它作为机电一体化系统的控制核心主要用于接收人对系统的控制信息和对系统进行控制的数据。根据控制信息和数据产生对执行机构的控制信号,通过测试传感器检测执行机构的运行情况,并根据检测结果调整对执行机构的控制。如发现执行机构运行异常,及

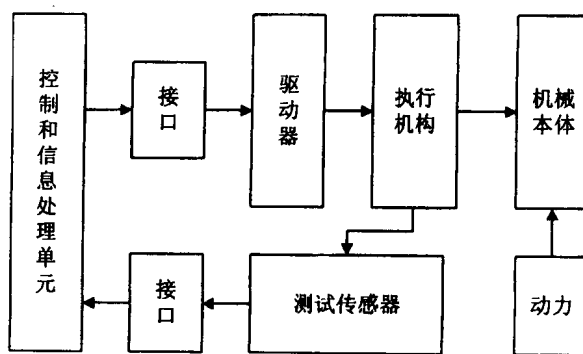


图 1-1 机电一体化系统构成框图

时停止整个系统的动作，并产生报警信号和给出报警信息。在计算机发展的初期，控制和信息处理单元通常由大型计算机和机电一体化系统所需的专用软件及硬件组成。随着计算机技术的发展，大型计算机逐渐由微型计算机所取代，使控制和信息处理单元的体积越来越小，性能却越来越强。

(2) 接口。它主要用于协调控制和信息处理单元与驱动器和测试传感器之间的信息传递。控制信息处理单元与驱动器之间的接口还应能提高输出控制信号的驱动能力，通常由输入/输出接口芯片和继电器组成；控制和信息处理单元与测试传感器之间的接口还应具备隔离测试传感器信号对控制和信息处理单元的干扰的能力，通常由输入/输出接口芯片和光电耦合器组成。

(3) 驱动器。它主要用于对执行机构的驱动和控制。通常驱动器用来驱动和控制带动执行机构动作的伺服电机或步进电机，驱动器由控制接口和驱动模块组成。

(4) 执行机构。它主要用于带动机械本体执行动作，通常由伺服电机、步进电机、齿轮、齿条、丝杆等组成。

(5) 机械本体。它主要用于执行机电一体化系统的动作。以数控机床为例，机械本体执行零件加工的动作，它由机床的床身、刀架、刀具、主轴、卡盘等组成。

(6) 测试传感器。它主要用于测试执行机构的运行情况。如数控机床中伺服电机的位置编码器或旋转变压器就是数控机床中的测试传感器，它能检测出伺服电机的位置。

(7) 动力。它是保证机械本体动作的能源，如数控机床中所需的强电和液压等。

## 二、微型计算机在机电一体化系统中的作用

随着计算机和微电子技术的迅速发展，微型计算机在速度、存储量、位数、接口和系统应用软件等方面性能大大提高。而且，由于大规模集成电路的批量生产和技术进步，使微型计算机的成本大幅度下降。因此，在机电一体化系统中微型计算机已能完成采集、分析和处理信息，发出指令去指挥和控制系统的运行，提供多种人机界面，以便观测系统运行结果，监视系统运行状态，实现人对系统的控制和调整等。微型计算机已成为整个机电一体化系统的核心，机电一体化技术也从早期的机械电子化发展为机械微电子化和机械计算机化。

随着计算机硬件的发展，软件必然与之配套而完成更多的功能。软件在机电一体化系统中也占有越来越重要的位置。在机电一体化系统中软件的作用是：负责协调与控制系统中各部分的工作，使之成为一个有机的整体；按照设计要求实现系统的功能；及时响应外界对系统的控制和干预；对系统运行状况进行监视，出现异常情况时，能及时处理，以保证系统的安全等。通常，机电一体化系统软件应包括以下几个部分：

(1) 多任务管理。它主要负责协调与控制系统中各部分的工作。

(2) 控制界面管理。它主要负责响应外界对系统的控制信号和人工干预信号，对这些信号进行分析和处理；显示系统的运行状态和给操作者的提示信息等；根据系统的功能需求提供系统菜单等。

(3) 输入/输出管理。它主要负责输出对执行机构的驱动控制信号和接收测试传感器信号。

(4) 系统运行状态监视。它主要负责监视系统的各部分是否出现异常情况。如果出现异常情况,则进行及时处理,如停机并给出报警信号,以保证系统的安全。

(5) 信息管理。它主要负责管理系统中各部分产生的数据,包括数据的存贮、交换、输入、输出等。

另外,机电一体化系统还经常配备一些辅助软件,如计算机辅助设计软件、自动编程软件等。

### 三、机电一体化系统中软件的特点

#### 1. 多输入/输出

机电一体化系统主要应用于生产控制和过程控制。通常,机电一体化系统中含有调节控制仪表、显示仪表、传输接口仪表、检测仪表、执行机构和连锁保护子系统等,因此,核心控制计算机必须具备对其中各种检测设备和执行机构进行控制的输入/输出接口及配套的输入/输出控制软件。

#### 2. 实时性

机电一体化系统应具有时间驱动和事件驱动的能力,要能对生产过程运行状况进行实时监视和控制。当过程参数出现偏差或系统出现故障时,应能迅速响应,及时处理。因此,机电一体化系统的软件运行环境通常为实时多任务操作系统。

#### 3. 高可靠性

由于机电一体化系统主要用于工业生产或过程控制,而工业生产或过程控制通常是连续运行的,因此,要求机电一体化系统具有低故障率和较短的故障修复时间。另外,工业环境恶劣,机电一体化系统常工作在高温、高湿、腐蚀、振动冲击和灰尘等环境中,并且电磁干扰严重,供电条件不良。因此,机电一体化系统中必须采取完善的软、硬件抗干扰措施;同时,对系统可能出现的各种异常情况也应能迅速响应,及时处理。

#### 4. 友好的人—机界面

人—机界面是机电一体化系统的重要组成部分,通过人—机界面可实现操作者对机电一体化系统的控制、运行状况和操作信息提示等实时显示。设计友好的人—机界面是机电一体化系统软件设计的重要任务,包括:操作面板接口驱动程序设计、显示驱动程序设计、汉化程序设计、菜单设计和图形显示程序设计等。

## 第二节 典型的机电一体化系统——数控机床

### 一、数控机床的基本功能

数控机床是能够自动完成精密机械加工的高度机电一体化设备。由于采用了以微型计算机为核心的数控装置,数控机床都具备以下功能:

- (1) 能实现多坐标控制。
- (2) 能实现多种函数曲线或曲面的插补。
- (3) 能实现人一机对话、手动数据输入、加工程序输入、加工程序和系统参数的编辑。
- (4) 能实现多种加工循环、重复加工、凸凹模加工和镜像对称加工等。

- (5) 能进行各种补偿, 如刀具半径、刀具长度、传动间隙和螺距误差等补偿。
- (6) 能对加工过程及状态进行实时跟踪, 如坐标、加工方式、加工轨迹等。
- (7) 能对系统错误和运行状态进行及时的人工干预, 如急停、暂停、复位、改变显示方式等。

## 二、数控机床的组成

为实现数控机床的高度自动化加工, 数控机床需具有以下几部分:

- (1) 主机。它是数控机床的主体, 包括机床、主轴、进给机构等机械部件。
- (2) 数控装置。它是数控机床的核心, 由微型计算机或单片机、显示器、键盘(操作面板)和专用板卡等硬件和配套的软件组成。
- (3) 驱动装置。它是数控机床执行机构的驱动部件, 包括主轴驱动单元、进给驱动单元、主轴电机和进给电机等。
- (4) 辅助装置。它是数控机床必需的配套部件, 用以保证数控机床的运行, 如液压和气动装置、排屑装置、交换工作台、数控转台、数控分度头、刀具和监控检测装置等。

(5) 编程机。它是数控机床的辅助设备, 用来计算加工一个零件所需的刀具轨迹, 并自动生成数控装置能够识别的加工指令序列, 通常由一台微型计算机、打印机、穿孔机和与数控装置的通讯接口等组成。

通常, 数控装置加驱动装置称为数控系统。数控系统的构成框图如图 1-2 所示。

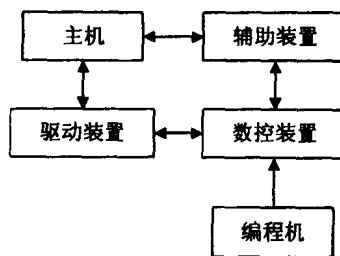


图 1-2 数控系统构成框图

## 三、基于工业 PC 的激光切割机数控系统简介

本书中软件工程方法的应用实例选自中国科学院电工研究所开发的基于工业 PC 的激光切割机数控系统。为使读者更好地理解实例, 掌握有关的概念和软件知识, 本节对激光切割机数控系统的功能和硬件组成作一介绍。

### 1. 激光切割机数控系统的基本功能

激光切割机适用于金属和非金属板材的切割, 其数控系统须有两个联动轴, 以实现在加工平面的轨迹插补。另外, 为了提高切割质量还需要一个切割头高度自动跟踪控制轴, 保证切割头与板材之间的距离是一定的, 使激光束在加工板材的表面聚焦。激光切割机数控系统还应控制激光器、辅助切割气体和机床照明等辅助装置。通常, 把对机床辅助装置的控制称为机床电器控制, 以区别于对两个联动轴和高度自动跟踪轴的控制。

激光切割机数控系统的基本功能如下:

- (1) 自动加工。用激光切割机数控系统进行自动加工时, 首先要根据所切割板材的轮廓线尺寸和形状, 向系统输入描述切割轨迹和机床电器动作的指令, 通常将这一系列指令称为用户程序。输入完用户程序以后, 可以先用程序检查方式执行一遍用户程序, 以便检查用户程序编写得是否正确, 轮廓线尺寸和形状是否正确。用程序检查方式执行用户程序时, 机床的执行机构和激光器及辅助切割气体均不动作, 只在系统的显示屏上模拟显示加工坐标或切割轨迹。做完程序检查, 确认程序编写正确后, 可以再选用空运行方式执行一

遍用户程序，以便检查切割轨迹是否超出了板材范围及切割过程中是否会出现机床限位的情况。用空运行方式执行用户程序时，机床的执行机构动作，但激光器及辅助切割气体均不动作。系统显示屏上也会模拟显示加工坐标或切割轨迹。用程序检查和空运行两种方式分别执行一遍用户程序后，就可以选用切割方式执行用户程序了。用切割方式执行用户程序时，机床的执行机构和激光器及辅助切割气体均动作，系统显示屏上也会实时显示加工坐标或切割轨迹。在切割方式下，可以完成板材的自动切割。在切割过程中，可以通过系统操作面板进行人工干预，如急停、复位和暂停等。

(2) 手动操作。这一功能是为操作者通过系统操作面板手动控制机床动作而设计的。在系统操作面板上提供了对轴和机床电器进行手动操作的按钮和键。系统中还有一个手持操纵器，用来进行手动操作和对系统进行人工干预。例如，通过手动操作移动切割头的位置，只需在系统操作面板或手持操纵器上选择要移动的轴号和轴移动速度，然后，按下移动方向键，轴就开始移动，松开所按的方向键，轴移动立即停止。如果要在板材上割一道缝，可以用手动操作方式进行切割，在这种情况下，先通过系统操作面板或手持操纵器上的按钮开激光器，然后再按手动移动切割头的方式进行操作。当松开轴移动方向键后，激光器自动关断。

(3) 输入和编辑用户程序。这一功能是为自动切割而设计的。用户程序的输入通过一个全屏幕文本编辑器完成，或者采用编程机自动生成用户程序，然后通过磁盘或者编程机与数控系统之间的通讯接口输入到数控系统。对所输入的用户程序还可以进行编辑，如加入或删除一条机床电器控制指令等。

(4) 输入和编辑系统参数。这一功能是为把数控系统应用于不同的激光切割机床而设计的。例如，不同的机床台面大小不同，加工范围也不同，因此，它们的机床限位坐标不同。又如，不同的机床采用不同的伺服电机来驱动，伺服电机的驱动参数也不同，机床限位坐标和伺服电机驱动参数等都作为系统参数保存在系统中。把激光切割机数控系统应用于不同的激光切割机床时，应输入相应的系统参数。在激光切割数控机床进行整机调试阶段，需根据整机的运行情况，对系统参数进行适当的调整。

(5) 人工干预。这一功能是为在任何情况下，由人工停止或中断系统的运行或恢复系统的运行而设计的。例如，在自动切割过程中，若发现系统运行出现异常情况，可通过系统操作面板或手持操纵器上的急停按钮，停止系统的运行。

(6) 安全保护。这一功能是为保证系统的安全运行而设计的，当系统发生异常情况时，能自动进行保护。例如，在系统运行过程中，一直监视着是否发生机床限位、伺服故障等错误，一旦发现错误，系统将自动停止运行，发出报警信号，并提示报警信息。

## 2. 激光切割机数控系统的硬件组成

激光切割机数控系统硬件由七个部分组成，其构成框图如图 1-3 所示。

激光切割机数控系统有比较完备的控制界面，包括系统操作面板、手持操纵器和显示器。另外，还有激光切割机数控系统必须具备的轴控制卡、Z 轴控制子系统和内装 PLC。系统的控制核心是工业 PC。激光切割机数控系统中各组成部分在系统中所起的作用如下：

(1) 工业 PC。它是系统的控制核心，负责控制和协调系统中各部分的工作，使各部分

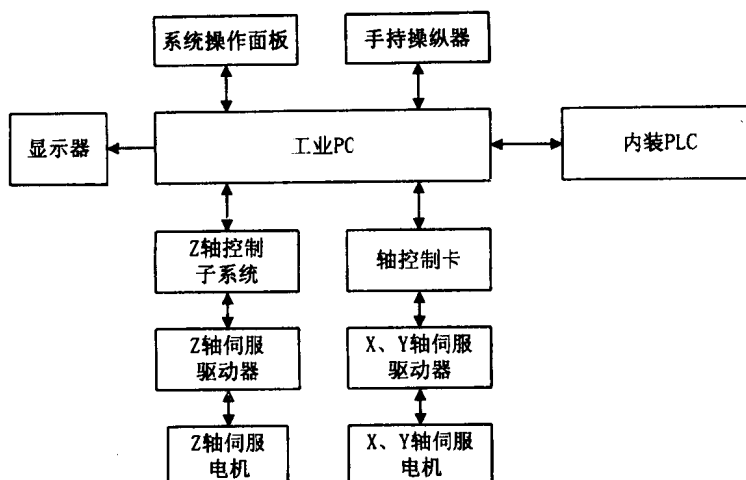


图 1-3 激光切割机数控系统构成框图

有机地联系为一个整体。

(2) 显示器。它负责显示系统菜单、加工坐标、刀具轨迹和系统运行状态等。

(3) 系统操作面板。它是以 MCS51 单片机为核心的子系统，包括键盘、按钮、开关、指示灯等。它负责接收操作者对系统的控制命令和人工干预信号，并用指示灯显示系统对操作者所输入的控制信号的响应情况。

(4) 手持操纵器。它也是以 MCS51 单片机为核心的子系统。它的组成和作用与系统操作面板相似。所不同的是手持操纵器上所包含的键盘、按钮、开关、指示灯等是系统操作面板的子集，并且，为了方便操作，它通过一组信号线从机柜里引出来，操作者可以把它拿在手里进行操作。

(5) 内装 PLC。它负责输出数控系统对机床辅助装置的控制信号和接收机床辅助装置动作完成的反馈信号。

(6) 轴控制卡。它负责对激光切割机的两个联动轴（X、Y 轴）进行轨迹插补控制，并生成对 X、Y 轴伺服驱动器的驱动信号，通过 X、Y 轴伺服驱动器控制 X、Y 轴伺服电机的动作。

(7) Z 轴控制子系统。它负责对切割头高度自动跟踪轴（Z 轴）进行控制，输出 Z 轴伺服驱动器的驱动信号，通过 Z 轴伺服驱动器控制 Z 轴伺服电机的动作，并检测 Z 轴高度传感器信号，根据检测结果动态调整对 Z 轴的控制，使切割头与板材之间的距离保持不变。

## 第二章 程序设计与数据结构

### 第一节 程 序 设 计

#### 一、计算机与程序设计

一个完整的计算机系统由两部分组成：硬件系统和软件系统。硬件系统是指构成计算机系统的物质设备，它包括五大部分：运算器、控制器、存贮器、输入设备和输出设备。其中运算器、控制器和内部存贮器构成主机；输入设备、输出设备和外部存贮器构成外部设备。硬件系统的五大部分是通过系统总线有机地结合起来的。在系统总线上传送着两种信息：控制信息和数据信息。

软件系统是指有效管理计算机硬件系统、利用计算机系统解决实际问题的各种各样的程序。如：操作系统程序、编译系统程序、各种工具软件和应用程序。

目前，计算机已经广泛地应用于科学计算、信息管理和过程控制等各个领域。在社会生活中起着越来越大的作用。然而事实上，计算机硬件系统本身是不能够解决任何问题的，它仅仅是一种工具，必须在人们的控制下才能解决各种各样的问题。也就是说一定要在软件系统的支持下工作进行。庆幸的是计算机不是一个简单的工具，它具有存贮功能，是一种智能工具。人们可以将实际问题的求解过程分成若干步骤，将每个步骤描述成计算机能够识别的指令，存贮在计算机中，让计算机执行。由于问题复杂程度不一，求解步骤不同，因此指令的多少不同。这些解决问题的指令集合在一起就形成了解决问题的程序。如何更好地将指令集合在一起有效地解决实际问题的过程就是程序设计。

程序设计分以下几个步骤：

- (1) 明确问题的要求，提出求解问题的数学模型和计算方法。
- (2) 确定待解问题的数据对象，分解成有序的、正确的解题过程和步骤，即算法分析。
- (3) 使用程序设计语言把确定的数据和算法描述出来，写成一个书面形式的程序，即源程序。
- (4) 把源程序通过编辑程序输入到计算机中，并由编译程序翻译成机器能执行的指令系列，即目标程序。
- (5) 连接目标程序，形成可执行程序并在计算机上执行，得出运行结果。

人们要利用计算机解决各种各样的问题，计算机硬件系统本身又不能解决任何问题，必须借助于人们给予它的指令，因而就产生了人与计算机交流的问题。计算机如何识别人们发送给它的指令呢？

#### 二、计算机语言

在计算机中，所有的数据、指令和信息都是以二进制数形式表示的，或者说计算机只能识别二进制数，即 0 和 1 这两种信息。所以，计算机在出厂时配置的机器指令系统中的

每一条指令，都是一些赋予了专门意义的 0、1 代码序列。

在早期的计算机应用中，人与计算机交流就是利用了二进制数。人们把一条条指令用 0 和 1 的代码序列进行描述，输送给计算机，计算机对二进制代码进行识别，执行相应的指令。这种二进制代码指令与机器指令系统是完全对应的，符合机器指令系统规定的用二进制代码编写的语言叫机器语言。用机器指令代码编写的程序叫机器语言程序。利用机器语言可以实现与计算机的交流。然而，这种交流只局限于少数计算机专家，并且不同型号的计算机，它的机器指令系统也不尽相同，只有非常熟悉某种型号计算机的人，才能掌握它的机器指令系统。同时，用机器语言编写的程序，既不易读又极易出错，并且不易查错和排错，很大程度上限制了计算机的使用。为了解决这些问题，便产生了汇编语言。

由于用二进制代码编写的机器语言程序很难记忆和阅读，因此，人们想到用助记符来代替繁琐的二进制代码，这样就可大大方便记忆和阅读。使机器语言与相应的助记符对应起来并且符合计算机机器语言规定的语言叫汇编语言。如：IBM PC 机中，机器语言指令 1011000000000111，与它对应的汇编语言指令为：MOV AL, 7。它们的作用都是将 7 这个数字送入累加器 A 的低八位中。从中可以看出汇编语言比起机器语言要大大地简化了。然而，计算机毕竟只认识二进制代码，它不可能直接识别出助记符的意义，必须将助记符翻译成计算机能够识别的二进制代码。汇编程序正是完成将汇编语言程序翻译成机器语言程序的工作。也就是说利用汇编语言编写的程序，要通过一种工具（汇编程序）翻译成计算机能够识别的机器语言程序。这样，汇编语言既方便了人们的记忆和阅读，也能够被计算机理解，得到有效的执行。但是，汇编语言和机器语言在指令系统上是——对应的，因此，与机器语言一样，汇编语言也是面向机器的低级语言。不同型号的计算机有着不同的汇编语言指令系统。要想熟练掌握汇编语言，必须充分了解计算机。所以在这种情况下，计算机的程序设计和应用，仍然是少数计算机专家的事。能不能将计算机从少数计算机专家手中解放出来，成为更多的人都能使用的工具。也就是说人们可以不对计算机有深入的了解就可以和计算机进行交流，向计算机发布指令，控制计算机的执行。高级语言应运而生。

高级程序设计语言也叫算法语言。它是面对问题处理过程的语言。高级语言与计算机本身无关，它是面向自然语言的，它的表达与人们日常生活中的表达十分相似，容易理解，方便阅读和记忆。如：BASIC、C、FORTRAN、PASCAL 等等都是高级语言。高级语言的程序指令也是以字符的形式体现的，所以计算机在执行高级语言程序时一定要将字符转换成二进制代码。转换工作由编译程序和连接程序完成。每种高级语言都有自己的编译程序和连接程序。

计算机语言从机器语言、汇编语言到高级语言，经历了从低级到高级、从面向机器的语言到面向求解过程的语言、从只能计算机专业人员使用的语言到社会广泛利用的语言的发展变化。但是无论怎样发展变化，计算机语言仅仅是人们与计算机交流的工具，是人们控制计算机的一种体现，绝不是程序设计的全部。利用计算机解决实际问题首先应确定相应的计算方法，构造数学模型，确定程序结构，画出控制程序执行的流程图。然后，根据需要选择相应的计算机语言描述解决问题的步骤，将指令传达给计算机。因此，有效地进行程序设计，应当做两方面的工作：一是掌握一门计算机语言，二是掌握解题的方法和步

骤，即掌握算法。

### 三、算法

做任何事情都有一定的步骤。算法就是解决问题的方法和步骤。算法是一个计算过程，它是一个有限规则的有序集合，对特定问题的任何初始输入，能一步步地按照给定的规则进行计算，经过有限步骤后，终止计算，输出结果。确切地讲算法应该具有以下五个特点：

(1) 有限性。解题的步骤必须是有限的，应该在执行完有限的步骤后程序能够停止下来。

(2) 确定性。算法中给出的每一个计算步骤，必须是精确定义的，要有确切的意义。说一是一，说二是二，绝不能模棱两可。

(3) 有效性。算法中的每一个计算步骤在计算机上都可以执行，可以在有限的时间内完成。

(4) 输入。算法都要求有零个或多个输入信息，它们是算法要求的初始数据。

(5) 输出。算法都有一个或多个输出信息，也就是问题的求解结果。

算法并不是只对“计算”问题才有，确切地讲，为解决任何问题而采取的方法和步骤都称为算法。例如：厨师炒菜的菜谱，就是炒菜的算法；一首歌曲的乐谱，就是演唱该歌曲的算法。

对同一个问题可以有不同的求解方法和步骤。也就是说解决同一个问题可以有多种算法。当然，方法有好坏之分，有的方法只需进行很少的步骤，有的方法需要较多的步骤。挑选算法时，主要以实现算法所需要的空间少、执行算法所花费的时间短、算法思想容易理解和实现简单等标准来衡量。

描述一个算法的方法很多，有自然语言、计算机语言、流程图、结构化流程图等等。

### 四、流程图

流程图用一些图框来表示各种类型的操作。用图形表示算法，直观形象，易于理解。这种方法能直观地反映出算法的逻辑结构，指明算法中各步骤的运算顺序。因此，用框图表示一个算法更加形象，一目了然。所以，一般总是先做出框图，然后再用计算机语言描述算法，即编写程序。

常见的流程图图形符号及功能如下：

起止框。它表示程序流程的起始、结束或暂停。该框只有一个入口或只有一个出口，表示起始时只有一个出口而表示结束或暂停时只有一个入口。其图形符号为带圆角的矩形或椭圆。

输入/输出框（简称 I/O 框）。它表示输入输出功能，即提供程序所需的输入数据信息或记录经过运算处理后需要输出的结果信息。它有一个入口、一个出口。其图形符号为平行四边形。

判断框。它表示判断或开关类型的操作，即在可供选择的路径中选择走哪一条路径。它只有一个入口，但有两个或两个以上的出口。其图形符号为菱形，当判别条件的表达式较长时，其图形符号演变为六边形。

处理框。它表示一般的运算或处理的动作，如计算、赋值等。通常它有一个入口，一