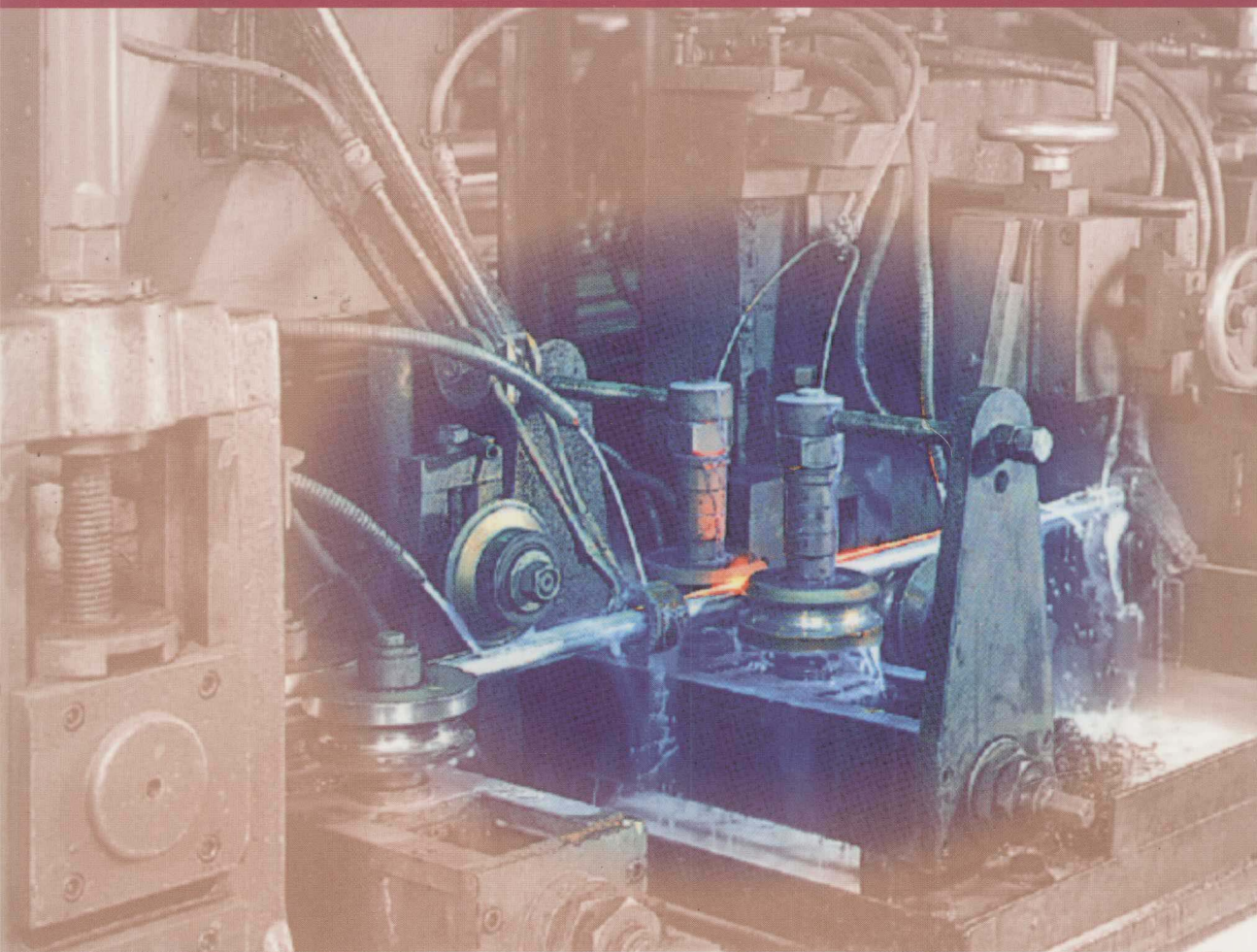


教育部规划教材
中等职业学校机械专业
(含岗位培训 行业中级技术工人等级考核)

机电控制系统实习指导

全国中等职业学校机械专业教材编写组 编
解太林 主编



高等教育出版社

教育部规划教材
中等职业学校机械专业
(含岗位培训 行业中级技术工人等级考核)

机电控制系统实习指导

全国中等职业学校机械专业教材编写组 编
解太林 主编

高等教育出版社

内容简介

本书是全国中等职业学校机械及机电类专业教育部规划系列教材之一，根据江苏省教委制定的中等专业学校和中等职业学校机电一体化专业教学计划及“机电控制系统实习指导”课程教学大纲，并参照劳动部与行业部委颁发的中级技术工人技术等级考核标准编写而成。

本书内容包括传感器与检测技术、自动控制原理及系统、直流伺服系统、交流伺服系统、变频调速系统、步进电动机控制系统和微机数控原理及系统等实验实习课题。

本书可作中等职业学校机电一体化、工业电气自动化、自动控制、数控技术及其他有关专业实验实习用书，也可供相关专业工人和工程技术人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

机电控制系统实习指导/解太林主编. -北京：高等教育出版社，1999（2004 重印）

ISBN 7 - 04 - 007151 - 7

I . 机… II . 解… III . 机电设备 - 控制系统 - 实验 IV . TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 17062 号

机电控制系统实习指导
全国中等职业学校机械专业教材编写组 编

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010 - 64054588
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800 - 810 - 0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010 - 58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	新华书店北京发行所		
印 刷	化学工业出版社印刷厂		
开 本	787×1092 1/16	版 次	1999 年 7 月第 1 版
印 张	8	印 次	2004 年 12 月第 4 次印刷
字 数	190 000	定 价	7.50 元

凡购买高等教育出版社图书，如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究
物料号：7151-00

前 言

本书根据江苏省教育委员会 1997 年制定的中等专业学校和中等职业学校机电一体化专业教学计划及“机电控制系统实习指导”课程教学大纲编写。该书已列入中等职业学校机械专业教育部规划教材。

随着科学技术的发展,集机械、电子、控制及计算机等多项技术于一身的机电一体化设备和产品已得到广泛应用,并正产生了巨大的经济效益和社会效益。机电一体化的实体是机械装置和电子器件(尤指计算机技术),而控制系统将二者融为一体,承担着信息传输与处理的任务。本书是配合张涛主编的《机电控制系统》(高等教育出版社 1998 年 7 月出版),结合 XWY—1 型检测实验系统、KZ—1 型自动控制原理模拟实验系统和 NCD—4A 型数控原理实验系统等实验实习装置编写的,内容包括传感器与检测技术、自动控制原理及系统、直流伺服系统、交流伺服系统、变频调速系统、步进电动机控制系统和微机数控原理及系统等实验实习课题。本书通过实验实习这个重要的环节来验证从“机电控制系统”所学到的理论知识,使学生掌握实验实习的基本技能和方法,培养学生严肃认真和实事求是的科学作风。

本书授课共 90 学时,具体学时分配如下:

章 次	内 容	学 时
第一章	概 述	4
第二章	传感器与检测技术	20
第三章	自动控制原理及系统	10
第四章	直流伺服系统	10
第五章	交流伺服系统	6
第六章	变频调速系统	6
第七章	步进电动机控制系统	4
第八章	微机数控原理及系统	24
	机 动	6
	总 计	90

本书所列实验实习内容可根据专业需要和设备条件选作,有些实验可由教师进行演示或供课程设计及毕业设计参考。

本书由江苏省盐城第一职教中心解太林(第一章、第二章、第三章、第八章和附录)、通州职业高级中学于建华(第四章、第五章)、宜兴丁蜀职业高级中学陈荣福(第六章、第七章)等三位同志编写,解太林同志任主编,锡山工业学校强高培同志任主审。在编写过程中,南京机械高等专科学校数控技术研究所、南京数控培训中心和盐城市南华机械厂提供了大量的资料和实验实习装置,在此一并表示衷心感谢。

限于编者的水平和经验,疏漏及错误之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

1998 年 10 月

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 机电控制系统实习须知	(1)
第二节 CJK6136B 经济型数控车床的组成、运行及编程操作	(2)
第二章 传感器与检测技术	(9)
第一节 电阻应变式传感器	(9)
第二节 电感式传感器	(11)
第三节 电容式传感器	(14)
第四节 光电转速传感器	(17)
第五节 霍尔式传感器	(19)
第六节 带型感应同步器	(20)
第七节 莫尔条纹与位移的关系原理	(21)
第八节 采用光栅尺检测位移	(22)
第九节 光栅模拟系统	(23)
第十节 综合实验(微机双温测控系统)	(24)
第三章 自动控制原理及系统	(37)
第一节 典型环节性能的模拟	(37)
第二节 一阶系统和二阶系统性能分析	(40)
第三节 自动控制系统的稳定性和稳态误差分析	(43)
第四节 自动控制系统性能的校正	(46)
第四章 直流伺服系统	(48)
第一节 脉宽调制原理实验	(48)
第二节 PWM—D 系统实验	(51)
第三节 直流伺服系统硬件电路设计实验(选做)	(52)
第五章 交流伺服系统	(54)
第一节 IZH 型交流伺服系统的基本操作和波形测试	(54)
第二节 马鞍波 PWM 方式与正弦波 PWM 方式的对比实验	(56)
第三节 电流调节器参数的整定实验	(57)
第四节 速度调节器参数对系统动态过程影响的实验分析	(58)
第五节 位置控制实验	(59)
第六节 位置增益系数的实验分析(选做)	(61)
第七节 对前馈增益系数 A 的实验分析(选做)	(61)
第六章 变频调速系统	(63)
第七章 步进电动机控制系统	(67)
第八章 微机数控原理及系统	(70)

第一节 数控编程实验 (70)

第二节 键盘扫描与显示程序 (80)

第三节 步进电动机控制软件设计 (85)

第四节 逐点比较法的直线插补软件设计 (90)

第五节 逐点比较法的圆弧插补软件设计 (93)

附录一 XWY—1 型检测实验系统装置 (98)

附录二 KZ—1 型自动控制原理模拟实验系统 (101)

附录三 NCD—4A 型数控原理实验系统 (102)

附录四 几种常用的实验仪器 (111)

参考文献 (121)

第一章 概 述

第一节 机电控制系统实习须知

一、机电控制系统实习教学要求

1. 了解机电控制系统实习课的任务。
2. 了解机电控制系统实习课的规定。
3. 了解机电一体化设备制造厂的生产概况。

二、机电控制系统实习课的任务

机电控制系统实习课的主要任务是培养学生全面牢固地掌握机电控制系统的传感与检测技术、自动控制技术以及伺服系统、变频调速、步进电动机控制和微机数控原理与系统；熟悉实验实习设备，掌握机电控制系统的基本技术；培养认真细致、一丝不苟的工作作风；养成良好的职业道德。

三、机电控制系统实习课的特点

1. 实习课所牵涉的知识面较广，要掌握好理论知识才能正确地指导实践。在实习中应理论联系实际，运用学过的理论知识去分析、处理实习中出现的问题。

2. 通过实验结果来验证理论上的分析，从而巩固所学到的理论知识。在对实验结果的分析与处理中发现问题和解决问题，进一步深化所学到的理论知识，提高分析问题与解决问题的能力。

3. 在实习中应认真预习、研究有关的理论知识，应严格按照有关要求进行实习，要有实事求是、严谨的科学作风。

4. 实习中所使用的测试仪器较复杂、贵重，实习前应了解仪器的基本工作原理，掌握仪器的使用方法。

5. 在实习中出现故障是常见的情况，应能够检查和排除一般性故障，但须避免发生恶性事故。

6. 实习中采用的设备、仪器、仪表以及实验电路都与工程技术实际相接近，实验中所采用的实验方法和手段也往往与工程技术实际相吻合，所以实习中要有工程技术观念，注意与生产实践相结合。通过实习进行工程技术人员的基本技能训练，提高学生实践技能（包括解决问题能力、动手能力、实际工作能力和编写技术文件能力）和分析问题的能力。

四、机电控制系统实习课的规定

1. 认真阅读本实习指导书中有关内容,明确实习的目的、原理和步骤等。
2. 在教师指导下,经过示范、观察、模仿、反复练习,获得基本操作技能。
3. 在实习过程中除本次实习所用的设备、仪器和工具外,其他东西不能乱动。如设备、仪器出现故障,应立即停止操作并报告指导教师处理。
4. 实习中要注意安全,不熟悉设备、仪器和工具的性能时,不要盲目操作。
5. 听从实习指导教师的指导,仔细观察、测量和记录,认真写好实习报告。
6. 实习结束后,立即将设备、工具等擦拭干净,恢复原位。

五、现场参观

参观机电一体化设备制造厂。

六、讨论

1. 对机电控制系统实习课的认识和想法。
2. 遵守实习工厂规章制度的重要意义。
3. 注意遵守安全操作规程的重要意义。

第二节 CJK6136B 经济型数控车床的组成、运行及编程操作

一、实习目的

1. 了解 CJK6136B 经济型数控车床的组成。
2. 了解 CJK6136B 经济型数控车床的编程操作。

二、实习设备

CJK6136B 经济型数控车床。

三、CJK6136B 经济型数控车床的组成

CJK6136B 经济型数控车床是在 C6136 型卧式车床的基础上自行设计、开发并经过多次改进设计、制造的一种经济型数控车床。其突出优点是它保留了原卧式车床的优点,提高了机床效率和自动化程度,可机动、手动操作;从卧式车床操作向数控车床操作的过渡易于为工人所接受,操作简单,使用方便,价格低廉,适应于机械制造、汽车、矿山等行业对轴类、盘类、回转体零件和精密复杂零件的中小批量加工。

CJK6136B 型数控车床由床身、主轴箱、刀架、进给系统、液压系统、冷却、润滑等部件和 HF—CNC—2TE 数控系统组成。

1. 数控系统的组成。该数控系统由 CNC 系统、进给驱动单元和主轴驱动系统等组成。

(1) CNC 系统。HF—CNC—2TE 数控系统是通过 CRT 实现的纯中文方式的用户界面，使人机对话方式显得十分简单且通俗易懂；它采用最方便用户的自动格式化的全屏幕编程方式，便于加工程序的图形模拟、加工程序的打印，具有高可靠性的用户程序固化卡等。

(2) 进给驱动单元。进给驱动单元采用 HF 系列驱动器，该驱动器体积小、功率大、功耗低、可靠性高、接线简单，力矩保持性好，为高输出功率型驱动单元。

步进电动机采用混合式步进电动机。混合式步进电动机是同时兼有反应式和永磁式两种步进电动机优点的新型功率型控制电动机。它具有体积小，驱动电流和功耗小，运行频率高，动态特性好的特点，同时具有良好的内部阻尼特性，使之运行平稳，无明显低频振荡，噪音低，可靠性高，使用寿命长。

(3) 主轴驱动系统。主轴驱动采用微机变频控制，用户根据加工需要，可以采用 CNC 程控或人工调节高速挡和低速挡，高低速挡速度变化范围可根据用户要求设定，无级变频调速将使您能根据不同工艺参数，选择不同的速度进行加工。

2. 数控系统的主要技术规格。

控制轴数	二轴联动 (X 轴、Z 轴)
设定单位	Z 轴 0.01 mm, X 轴 0.01 mm
最大编程尺寸	± 9 999.99 mm
零件程序的输入	(1) MDI 方式 (2) 固化程序卡 (3) 屏幕编辑
零件程序存贮量	16 k
内存最多程序个数	10 个
插补功能	直线，多象限圆弧
快速进给速率	6 m/min
参考点返回	手动，自动
工件坐标设定	G92
坐标值	绝对值，增量值
数据格式执行标准	ISO
刀具偏置	(1) 自动测定 (2) 手动设置
急停	
手动进给	点动，连续，快速
图形显示	9"单色 CRT 中英文/图形
螺纹加工	直螺纹、锥螺纹及多头螺纹加工
步进电动机	混合式步进电动机
驱动方式	恒流斩波
主轴驱动	交流变频调速
刀具功能	T* 1 位指令
主轴功能	S* * * * 4 位指令

四、编程及操作说明

(一) 编程方法简介

HF—CNC—2TE 数控系统可通过操作面板按键及固化程序卡进行编程操作。操作者通过按键和 CRT 与系统进行会话，并可按系统在屏幕上自动给出的编程格式进行编程，可进行全屏编辑和修改。

(二) 操作说明

本数控系统对机床的操作控制，全部通过面板上的按键实现（按键在面板上的分布如图 1-1 和图 1-2 所示）。

面板上的所有按键按不同功能大致分为以下三类：编辑键，位于 CRT 右上方的 24 个功能键；软定义键，位于 CRT 正下方的 5 个功能键；控制键，位于 CRT 右下方的 16 个功能键。

以下按此三类分别介绍其具体的功能。

1. 编辑键。在零件加工前，可按零件所需加工的不同形状，根据国际通用的 ISO 代码进行编程。编程中最常用也是主要的有准备功能字 G（设定控制、动作方式的功能）和辅助功能字 M（一般指切削以外的控制功能），这两种功能字在面板上都设有按键。而余下的功能字有：

- (1) 坐标功能字 X、Z（本数控系统用于控制车床两轴联动，因而没有 Y 轴坐标）。
- (2) 进给功能字 F。
- (3) 主轴速度功能字 S。
- (4) 刀具功能字 T。

这些功能字的显示都成为模式化，在屏幕编辑过程中由系统自动显示出来，只需在已给出的 X、Z、F、S、T 后输入相应的参数数字即可。所需的 0~9 十个数字以及“-”号（“+”不需写）和小数点都由键盘输入。程序输入过程如下：

先按下软定义“程序”键，进入程序状态后 CRT 上随即便进入“程序”子菜单，子菜单上自动显示内存中已有程序号，再按下子菜单上对应的软定义“编辑”键进入屏幕编辑状态。系统要求写入待编辑的当前程序号，写入代号后显示当前程序段号“N * * *”，编程者按显示的格式输入程序代码及数据。例如先键入“G90”，使程序进入绝对尺寸编程状态，按键“E”（该“E”键相当于普通计算机的“ENTER”键，将输入的数据或指令确认并存入计算机的存储器中）。然后屏幕上自动给出下条语句序号，再输入“G92”，进行程序原点的设定，屏幕自动给出“N002 G92 X Z”，编程者即可输入程序原点值，以“E”存入，然后再输入 G00 或其他位控制代码。在输入“G00”后屏幕会自动显示出“X Z T”，当按需要填入适当的数据后，按“E”存入。键入“G01”后，屏幕给出“X Z F S T”依次填入数字后均按“E”存入，当再给出 G01 或 G02 等插补指令后，前面写入的“F * * * S * * * T *”继承下来，不需重复给定。当编程者需要另一种进给速度或主轴转速、刀具号时，可按右上方“光标”键“→”、“←”、“↑”、“↓”将光标移至所需修改的数字上进行修改，若无需改动，按“E”键一一存入。

以上仅为简单的例子。当需要进行圆弧加工 G02、G03 或螺纹加工 G33 时，屏幕均自动给出格式，操作者只需按格式填写。

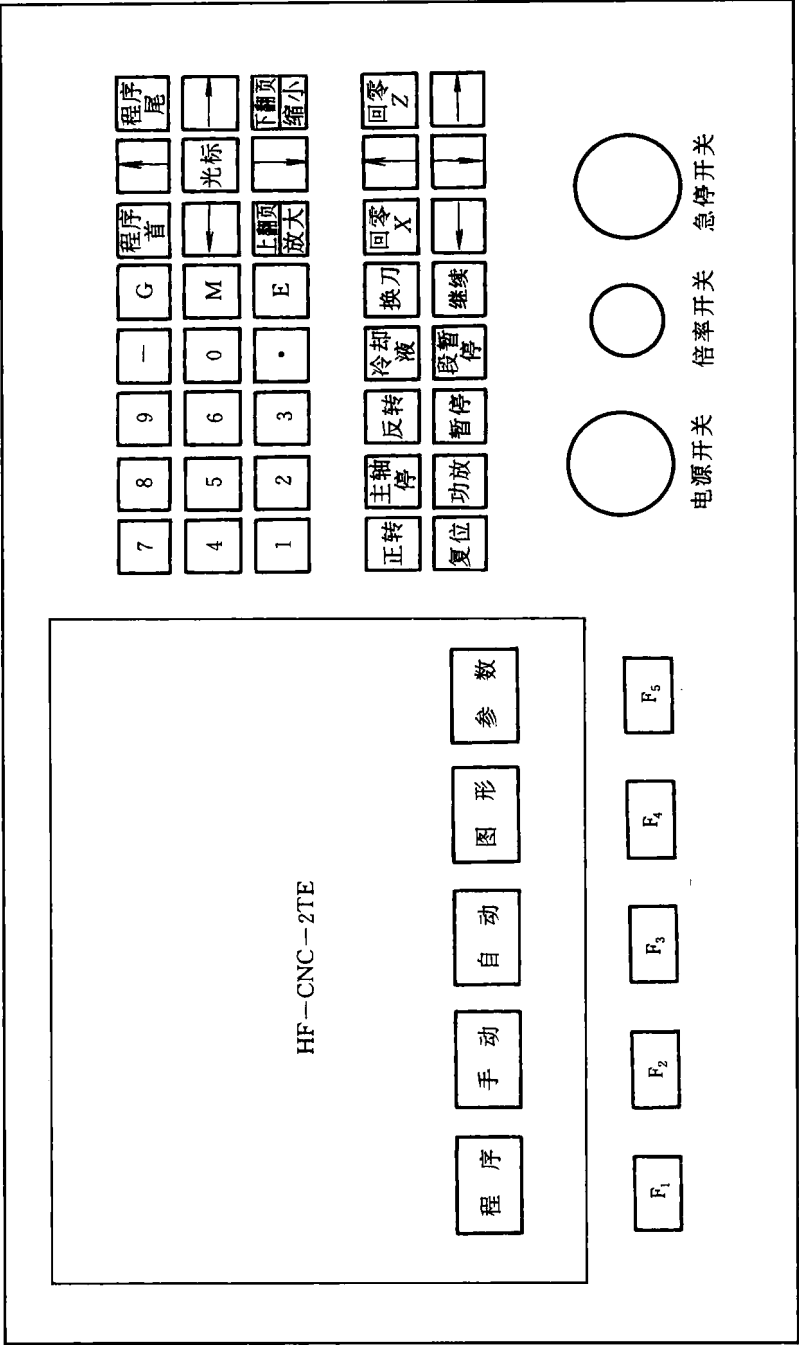


图 1-1 CJK 6136B经济型数控车床数控系统操作面板 (中文版)

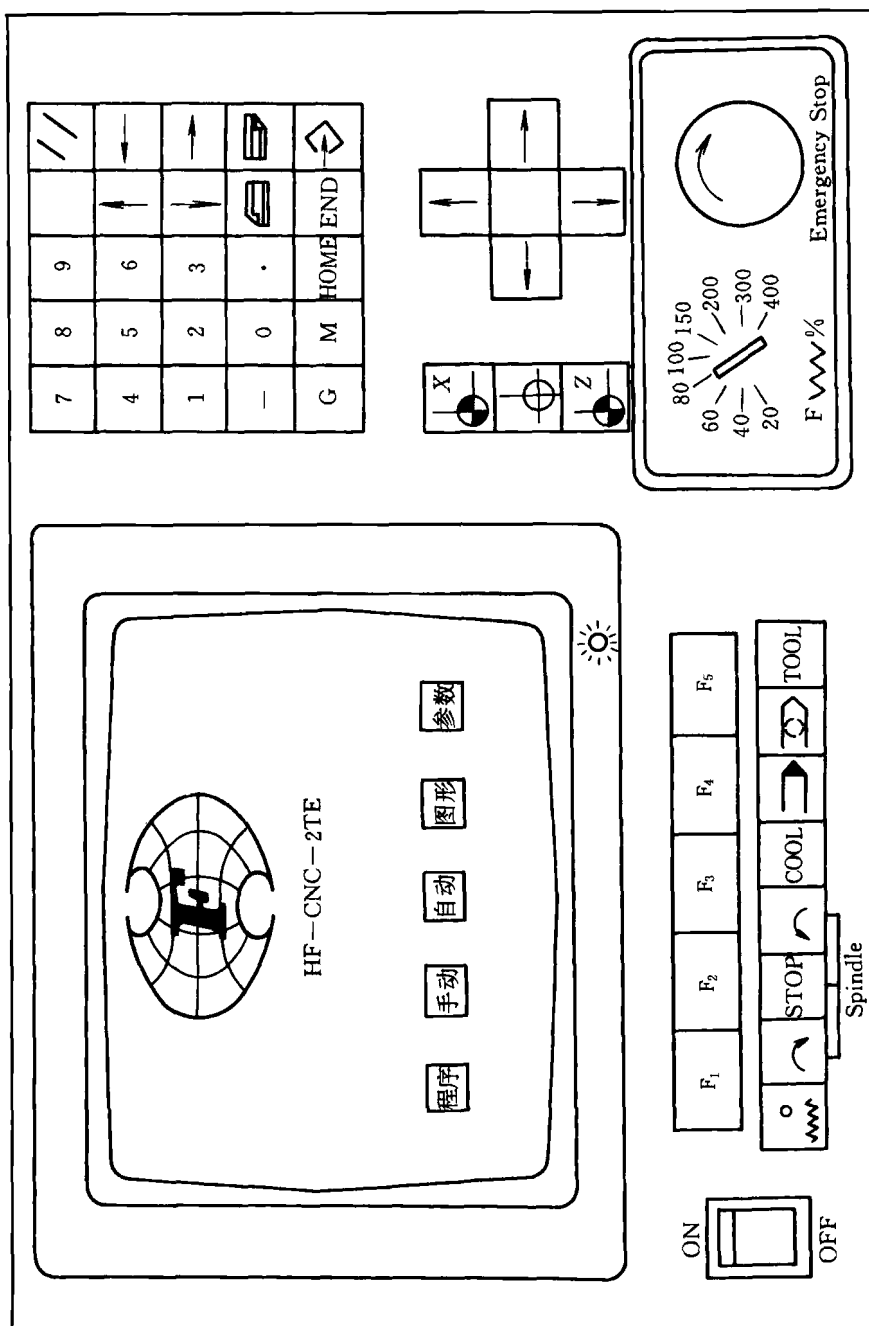


图 1-2 CJK6136B经济型数控车床数控系统操作面板 (英文版)

当编程结束后，为方便编程者检查，另设有“程序首”、“程序尾”、“上翻页/放大”、“下翻页/缩小”四个键。由于全屏幕最多能显示 12 条语句，为加快检阅速度，“上翻页/放大”，“下翻页/缩小”可使屏幕显示当前语句的前十几条或后十几条语句，显示时则分别保留原显示语句中的第一条或最后一条语句。“程序首”、“程序尾”键则使光标移至当前程序的第一段或最后一段。

最后，“上翻页/放大”、“下翻页/缩小”键中的放大和缩小功能主要用于图形模拟时，将图形按比例的放大和缩小与编程无关，在其他状态下不起作用。

2. 控制键。在第二类的 16 个控制键中，前 8 个键上都装有指示灯，当键盘上所示功能正在执行时，该键所对应的指示灯亮。

“正转”、“反转”键用于在手动状态下对主轴的正转、反转进行控制。操作者根据屏幕提示的主菜单（见图 1-1），按“手动”对应的软定义键，使系统进入手动状态（见图 1-3）。提示如下：

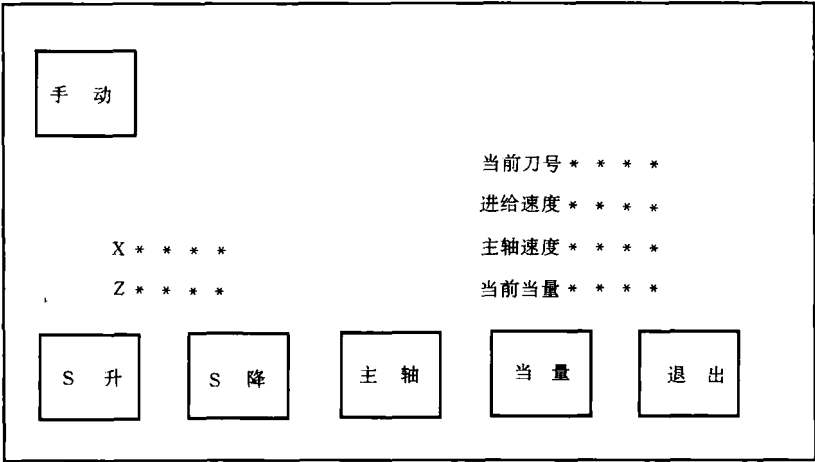


图 1-3 手动时 CRT 上提示的子菜单

按下“S 升”或“S 降”键所对应的软定义键，直至主轴速度显示为所需值，再按“正转”或“反转”键，主轴便进行相应的转动。

手动状态下按“冷却液”按键，则冷却液显示灯亮，冷却液被打开。

按“复位”键可使整个系统回到初始化状态，屏幕显示主菜单，停止当前一切动作。“功放”键用于打开驱动器功放电源，使 X 轴和 Z 轴的步进电动机进入工作状态。当系统处于自动执行状态时，亦可根据程序中开、关功放的指令（M93、M94）打开驱动或关闭驱动器功放电源，不需要再按“功放”键。而当系统进入手动操作状态时，按下“功放”键，功放指示灯亮，按“S 升”或“S 降”键，使显示的进给速度为所需值，放松该键，然后按右下方的手动光标键“→”、“←”、“↑”、“↓”，分别对 X 轴和 Z 轴进行进给和退出的操作。

按“暂停”键可使正在执行的自动加工操作暂停，此时暂停指示灯亮，停止进给运动。若要继续加工，则再按一下“暂停”键，使指示灯熄灭后再按软定义“加工”键，加工操作便可

继续进行。

“段暂停”键的功能是使自动加工过程在当前正在执行的指令完成后停止。即并不是立刻停止当前加工动作，而是暂停执行当前加工动作的下一程序段。要继续加工时，只需要再按下“段暂停”键，即取消段暂停指令（相应的灯灭），加工便可继续执行了。

“换刀”键在“手动”状态用于控制更换不同的刀具，在“自动”状态下用于控制对刀过程中的刀具转换。当按下“手动”软定义键后，再按控制键“换刀”，接着输入所需刀的号码数，最后键入“E”，则刀架自动旋转，换刀至所需刀具。

“回零 X”，“回零 Z”键，这两个键的功能是使刀具快速回到 X 轴和 Z 轴的程序原点，即当前程序中 G92 指令所设置的程序原点坐标值。但要执行这两功能，必须先打开驱动器功能电源，使步进电动机工作。而回零的操作，往往是在程序执行当前刀位不在当前程序所设置的程序原点时进行的。

3. 软定义键。软定义键是指位于 CRT 正下方的五个未标注按键，其中每一个键在系统处于不同状态时都由软件定义成各种不同功能。这五个功能键所代表的功能分别由 CRT 最下一行与其一一对应的显示字符指明。

有关操作面板上的功能介绍完了，使用者在系统通电复位后根据主菜单的提示，可完成各项功能。当数控系统中已输入的所有程序都不再有保留价值时，操作者可在一接通电源后的复位状态下，按“程序”键，再按下数字键盘“0”键，此时屏幕提示：“清除所有程序？”，按“清除”键，则所有当前程序均被清除。

五、实践操作

在实习老师的指导下，通过反复练习，学会操作 HF—CNC—2TE 数控系统面板上的编辑键、软定义键和控制键。

第二章 传感器与检测技术

第一节 电阻应变式传感器

一、实验目的

1. 了解电阻应变式传感器的基本结构。
2. 了解电阻应变片（以下简称应变片）的特性，掌握电阻应变式传感器的工作原理。
3. 掌握电阻应变式传感器的使用方法。

二、实验设备及仪器

1. XWY—1 型检测实验系统 1 台。
2. 数字电压表 1 台。
3. 小位移实验仪 1 台。

三、实验原理

电阻应变式传感器是在悬臂梁的正反面贴上 4 个应变片，利用这 4 个应变片构成一个测量桥路，如图 2-1 所示。

当在悬臂梁的自由端加载时，梁产生弯曲变形。粘贴在其表面上的应变片也随着变形，致使应变片的电阻值偏离初始值。若将应变片构成不同的桥路，电桥的输出电压与所加载荷之间的关系就是应变特性。图 2-2 电阻检测电路单元

上的虚线处，使用者可接上应变片或固定阻值的电阻以构成电桥，此处本身没有接电阻（应变片电阻的初始值为 $120\ \Omega$ ）。

直流电桥输出电压的表达式为：

$$U_o = \frac{R_1 R_3 - R_2 R_4}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} U_i$$

设式中 R_1 为应变片，其余桥臂为固定电阻。当 R_1 感受应变而产生电阻增量为 ΔR_1 时，如输出电桥 $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$ ，则：

$$U_o = \frac{U_i \Delta R}{4R} = \frac{U_i}{4} K \epsilon$$

由此可见，应变片的电阻发生变化时，电桥的输出电压也随着变化，且当 $\Delta R \ll R$ 时，电

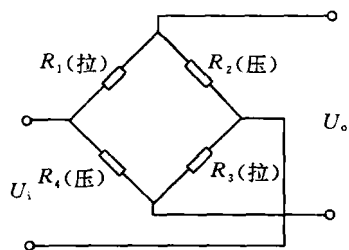


图 2-1 电阻应变式传感器实验原理图

桥的输出电压与应变成线性关系。

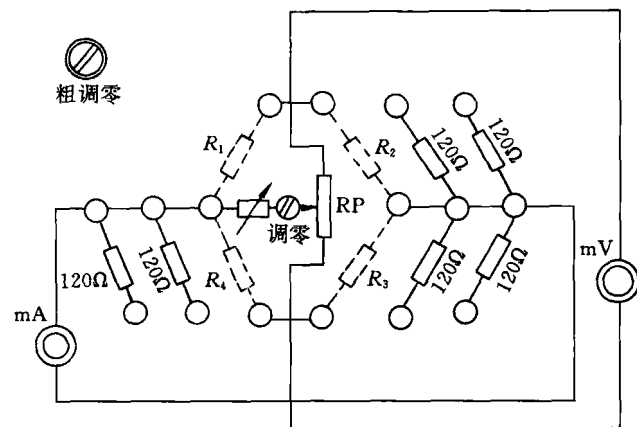


图 2-2 电阻检测电路单元

由于 4 个应变片位置不同，悬臂梁受到外力时有 2 个受拉力、2 个受压力，应变片各自的变化方向不一样，所以在接成电桥时要注意应变片的变化方向，以避免接错。

四、实验内容与步骤

1. 单臂电桥。

(1) 将贴在悬臂梁上的 R_1 接至电阻检测电路单元上的 R_1 处，与电阻检测电路单元上的阻值为 $120\ \Omega$ 的固定电阻接在 R_2 、 R_3 、 R_4 上组成单臂电桥。

(2) 将机箱信号源 I_{mA} 接至电阻检测电路单元 mA 孔，电阻检测电路单元上的 mV 孔接至机箱上的 U_i ，机箱上的 U_o 接至数字电压表输入端并选择合适量程（200 mV 左右）。

(3) 经老师检查后接通电源，调节电阻检测电路单元上粗调电位器和调零电位器使输出为零（此时贴在悬臂梁上只挂上码盘，处于空载状态）。

(4) 在砝码盘上加上 5 个砝码，使输出为 25 mV，否则调节机箱上调满电位器，使输出为 25 mV。

(5) 取下全部砝码，进行加载与减载试验（每次加一块）并将数据填入相应表格。

2. 邻臂电桥。只要将电阻检测电路单元上的固定电阻 R_2 换接成应变片上的应变片电阻 R_2 即可，其余步骤同单臂电桥中 (2)、(3)、(4)、(5)。输出调满为 50 mV。

3. 对臂电桥。只要在单臂电桥的基础上将电阻检测电路单元上的 R_3 换成应变片上的 R_3 ，其余步骤同单臂电桥中 (2)、(3)、(4)、(5)。输出调满为 50 mV。

4. 全臂电桥。将电阻检测电路单元上 $R_1 \sim R_4$ 依次换上应变片的 $R_1 \sim R_4$ ，其余步骤同单臂电桥中 (2)、(3)、(4)、(5)。输出调满为 100 mV。

五、实验报告

1. 整理各项实验数据，并画出各次的输入输出特性曲线。

(1) 单臂电桥输入输出特性数据及曲线。

- (2) 邻臂电桥输入输出特性数据及曲线。
 - (3) 对臂电桥输入输出特性数据及曲线。
 - (4) 全臂电桥输入输出特性数据及曲线。
- 将以上四项数据分别填入表 2-1 中。

表 2-1 输入输出特性数据

电压 (U) 载荷	0	1	2	3	4	5
加载						
减载						

2. 画出基本原理图，字迹、图表要整洁、清晰。

六、思考题

- 1. 分析特性曲线产生误差的原因。
- 2. 电阻应变式传感器的灵敏度与哪些因素有关？为什么？

第二节 电感式传感器

一、实验目的

- 1. 通过电感式传感器测定小位移实验，进一步熟悉和掌握电感式传感器的基本结构、工作原理及特性。
- 2. 观察零点残余电压对传感器输出特性的影响，掌握减少零点残余电压的方法。
- 3. 比较电感式传感器的交流输出特性和直流输出特性。

二、实验仪器及设备

- 1. XWY—1 型检测实验系统 1 台。
- 2. WJ—1 型小位移检测特性试验仪（包括电感振荡源、电感检测电路单元、电感传感器、螺旋测微器以及连接线若干）1 台。
- 3. PZ26 数字电压表 1 台。
- 4. DA16 交流毫伏表 1 台。

三、实验原理

差动式电感传感器检测原理图如图 2-3 所示。可动铁芯处于上下两个线圈的中间位置时两个线圈的电感量相等（阻抗相等），设此时的位移为零。由于两个线圈绕向相反，所以输出电压为零。当铁芯移动时，线圈的电感量发生变化，输出电压发生变化。电压变化反映了铁芯