

# 机床数控改造 设计与实例

余英良 著

机械工业出版社

# 机床数控改造设计与实例

余英良 著  
付叔材 审



机械工业出版社

本书通过近 30 个机床改造及复杂零件加工的实例分析,详细介绍以仿形法数控加工及展成法数控加工等典型技术为主的经济型数控技术。内容涉及数控加工原理,编程参数计算、程序编制与工艺走刀路线图等等。

本书共分四篇。内容包括:经济型数控机床简介及编程应用;普通卧式车床篇;普通铣床篇;普通磨床篇。本书突出了机与电的结合,改造与加工的结合,数控技术与加工工艺的结合。理论与实践结合。

本书可用作大学本、专科机电一体化及机械制造类各专业的补充教材和毕业设计参考书,也适合作为从事机电一体化和机床数控改造的工程技术人员参考书或培训教材。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

机床数控改造设计与实例/余英良著. —北京:

机械工业出版社, 1998. 4

ISBN 7-111-06034-2

I. 机… II. 余… III. 数控机床-设计 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 25550 号

出版人: 马九荣 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 邓海平 版式设计: 王 颖 责任校对: 姚培新

封面设计: 姚 毅 责任印制: 王国光

机械工业出版社京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1998 年 5 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub>·24 印张·585 千字

0 001—4 000 册

定价: 36.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

## 前 言

随着科学技术的迅猛发展,数控机床已是衡量一个国家机械制造工业水平的重要标志。采用经济型数控系统对普通机床进行数控改造,尤其适合我国机床拥有量大,生产规模小的具体国情。

《机床数控改造设计与实例》一书,力求从实例出发,详细阐述普通机床数控改造的原理与改造设计的方法,参数转换计算与编程,并给出参数坐标图与数控加工走刀路线图,尽可能全面系统地解析普通机床的数控改造与各类实际零件的数控加工。机床数控改造有普通型,如实例 1、实例 8、实例 25;也有特殊型,如实例 7、实例 17;还有专用型,如实例 5、实例 16、实例 26。数控加工既有仿形法,如实例 2、实例 19、实例 25;也有展成法,如实例 3、实例 14、实例 28。零件数控加工的实例中有常用件的加工,如实例 4、实例 9、实例 25;更主要的是疑难件的加工,如车削加工匀变距螺杆(实例 6)、直线弧面蜗杆(实例 5);铣削加工凸轮(实例 8)、大模数齿轮(实例 14)、链轮(实例 15)、蜗轮(实例 16)、圆柱体大径弧面(实例 24)、变距立铣刀(实例 23)、匀变距丝杠(实例 22);磨削加工球体(实例 26)、发动机阀杆(实例 28)。实例中有同零件不同方法的数控加工,如铣床加工凸轮平面直角坐标系(实例 11),平面极坐标系(实例 13);也有同零件不同指令的数控加工,如铣削加工变距螺杆可用斜线指令(实例 21),也可用圆弧指令(实例 22);又如磨削加工球体可用斜线指令(实例 26),亦可用圆弧指令(实例 27)。实例中还有相互配合零件的数控加工,如模具的合型(实例 4),如直线弧面蜗杆(实例 5)和蜗轮(实例 16);实例中有多机种合一的数控加工(实例 12),也有数控技术与其它技术合一的数控加工(实例 7);实例中有变速运动在经济型数控系统中的实现和应用(实例 21、实例 27),也有实现刀具磨损时的瞬时自动补偿(实例 28);实例中有单套数控系统的三坐标联动控制(实例 16),也有两套串联数控系统并联使用的多坐标控制(实例 5)、还有经济型数控系统实现半闭环控制(实例 25)。

本书共分四篇。第一篇为经济型数控机床简介,介绍其组成和编程指令与使用;第二篇为普通卧式车床篇;第三篇为普通铣床篇;第四篇为普通磨床篇。并将变速运动在经济型数控系统中的实现列为磨床篇的最后章节。

本书在写作过程中,一直得到《机械工艺师》杂志社的热情帮助,并得到北京理工大学王信义教授的亲自赐教,清华大学赵长德教授的指正。上海理工大学孔凡才教授的教诲,在此深表感谢。并向本书所列各参考文献的作者表示诚致的谢意。

本书适合作为大学本、专科机电一体化及机械制造类各专业的补充教材和毕业设计参考书,也适合作为从事机电一体化和机床数控改造的工程技术人员参考书,更适合作为机床数控改造设计的培训教材。

限于作者水平,书中难免错误,敬请读者指正。

邮编: 462000

地址: 漯河大学机电系

河南省漯河市泰山路 1 号

电话: 0395—3134510

0395—3135177

作者

1997.1 于河南

## 序

以机电一体化技术改造传统产业设备，是当前机械工业面临的一个十分重要的课题。经济型数控机床尤其适合我国机床拥有量大，生产规模小的特点。它的迅速普及与应用无疑对机械行业的科技进步有十分重要的意义。在我国通过一系列实例系统地介绍数控技术和机床数控改造的书籍不多，适合从事数控加工和技术改造的广大科技人员阅读的图书更为缺少。此书就是为适应这一社会需要而写作的。

作者多年来一直从事数控加工和机床的数控改造方面的教学和科研工作。《机床数控改造设计与实例》一书汇集了作者多年来累集的实践经验和研究成果，列举了卧式车床、普通铣床及普通磨床数控加工与机床数控改造的实例。

此书内容丰富，取材新颖。书中包含了从零件分析到机床改造；从数控加工原理到编程参数计算；从工艺走刀路线到程序编制；数学模型从直角坐标系到极坐标系；加工方式从仿形法到展成法；实例类型从普通型到特殊专用型等多方面内容；并给出了多种零件加工的单片机和部分单板机数控系统的编程，能适合不同层次数控系统的应用。实例中还巧妙地利用数控系统的直线指令控制旋转运动；用斜线指令的双直线运动控制双旋转运动或直线-旋转运动；用螺纹指令扩展加工蜗轮类零件；用两套数控系统串联来实现多坐标联动；用圆弧指令来实现变速运动。

此书的出版发行，无论是对于数控技术的实际应用，还是对于机电一体化专业的学生的学习，均有启发思路，举一反三的效果，将会对数控技术的研究、开发，推广应用，提高数控加工的精度，保证产品质量，减轻劳动强度，提高经济效益以及人才培养等方面起重要作用。

《机电一体化技术手册》主编

北京理工大学 教授  
博士生导师

1997.3.25.

# 目 录

序  
前言

## 第一篇 经济型数控系统简介

<b>第一章 经济型数控机床</b> .....	1	<b>第二章 JWK-15T/JBK-30M 单片机 数控系统</b> .....	9
第一节 经济型数控机床的原理与 组成 .....	1	第一节 数控系统的原理与组成 .....	9
第二节 经济型数控机床改装的典型部 件结构 .....	3	第二节 编程与操作 .....	9
		第三节 JBK-30M 型数控系统 .....	25

## 第二篇 普通卧式车床的数控改造与加工

<b>第一章 经济型数控车床机械传动系 统的改造</b> .....	31	第一节 车床数控改造加工弧面蜗杆 .....	64
第一节 主传动系统 .....	32	第二节 实例 5——直线弧面蜗杆 .....	68
第二节 主轴脉冲发生器的安装 .....	32	第三节 实例 6——匀变距丝杠 .....	77
第三节 电动刀架的安装 .....	33	第四节 车磨抛合一的数控加工及磨削 循环程序的使用 .....	86
第四节 进给传动系统 .....	33	第五节 实例 7——自动定心轴 .....	92
第五节 脉冲当量的选择与改造中的传 动结构 .....	36	<b>第四章 数控车床应用综述</b> .....	100
<b>第二章 普通类型车床的改造实例</b> .....	39	第一节 提高车削几何精度的数控修 正加工 .....	100
第一节 实例 1——立轴 I .....	39	第二节 程序编制中辅助指令的使用 技巧 .....	104
第二节 实例 2——调节盘 .....	46	第三节 刀具几何参数对数控车床加工精 度的影响及应采取的措施 .....	110
第三节 实例 3——立轴 II .....	50	第四节 数控机床常见故障及排除方法 .....	117
第四节 实例 4——胎模 .....	57		
<b>第三章 特殊专用类型车床</b> .....	64		

## 第三篇 普通铣床的数控改造与加工

<b>第一章 普通铣床的数控改造</b> .....	121	第五节 特大圆弧插铣磨削的数控 加工 .....	153
第一节 用 JWK-15T 微机系统改造 X52K 铣床 .....	121	第六节 实例 12——结晶器 .....	156
<b>第二章 普通类型铣床——平面型</b> .....	125	<b>第三章 特殊类型铣床——平面与圆盘         工作台型</b> .....	171
第一节 实例 8——平面凸轮 .....	125	第一节 凸轮铣削的数控改造 .....	171
第二节 实例 9——平板凸轮 .....	129	第二节 实例 13——成型凸轮 .....	174
第三节 实例 10——压轨 .....	137	第三节 大模数齿轮的数控铣削加工 .....	181
第四节 实例 11——成型凸轮 .....	143		

第四节	应用 14——传动链齿轮 .....	185	第六节	变节距螺杆的数控铣削加工 .....	246
第五节	实例 15——链轮 .....	196	第七节	实例 21——变节距螺杆 .....	250
第六节	蜗轮的数控加工 .....	208	第八节	数控改造铣床加工匀变距推进 螺杆 .....	257
第七节	实例 16——蜗轮 .....	212	第九节	实例 22——匀变距推进螺杆 .....	261
<b>第四章</b>	<b>特殊类型铣床——平面与分度 头型 .....</b>	<b>219</b>	第十节	变距锥形立铣刀的数控加工 .....	267
第一节	用经济型数控铣床加工双 人字槽 .....	219	第十一节	实例 23——变距锥形立 铣刀 .....	271
第二节	实例 17、18——主动轴与主 动冲击块 .....	222	第十二节	数控铣削加工圆柱体大径 弧面 .....	278
第三节	数控加工螺旋凸轮的铣床 改造 .....	228	第十三节	实例 24——三角轴 .....	282
第四节	实例 19——螺旋凸轮 .....	232	<b>第五章</b>	<b>数控铣床的编程设计 .....</b>	<b>295</b>
第五节	实例 20——圆筒凸轮 .....	240	第一节	加工程序编制中的工艺处理 .....	295
			第二节	加工程序编制中的数学处理 .....	297
<b>第四篇 普通磨床的数控改造与加工</b>					
<b>第一章</b>	<b>普通类型磨床 .....</b>	<b>318</b>	第四节	实例 27——球体 .....	344
第一节	用经济型数控磨床实现半闭 环控制的磨削加工 .....	318	第五节	阀杆的数控抛磨及砂轮磨损的 自动补偿 .....	348
第二节	实例 25——辊轴 .....	322	第六节	实例 28——阀杆 .....	354
<b>第二章</b>	<b>专用类型磨床 .....</b>	<b>329</b>	<b>第三章</b>	<b>变速运动在数控系统单条指令 中的实现 .....</b>	<b>365</b>
第一节	球面磨削的数控加工 .....	329	后记 .....	373	
第二节	实例 26——球体 .....	334	参考文献 .....	375	
第三节	用圆弧指令进行球体的数控磨 削加工 .....	339			

# 第一篇 经济型数控系统简介

## 第一章 经济型数控机床

### 第一节 经济型数控机床的原理与组成

经济型数控机床就是指价格低廉、操作使用方便，比较适合我国国情的，在普通机床上加装数控系统的高级自动化机床。

#### 一、数控机床的工作原理

用数控机床加工工件时，首先应编制零件加工程序。这是数控机床的工作指令。将加工程序输入数控装置，再由数控装置控制机床主运动的变速、启动、停止、进给运动的方向、速度和位移量，以及刀具选择交换，工件装夹和冷却润滑的开关等动作，使刀具与被加工零件以及其它辅助装置严格按照加工程序规定的顺序、运行轨迹和运行参数进行工作，从而达到加工出符合要求零件的目的。

#### 二、数控机床的组成

根据数控机床的工作原理，数控机床主要由控制介质、数控装置、伺服系统、机床本体和测量装置等五部分组成。其组成框图如图 1.1-1 所示。

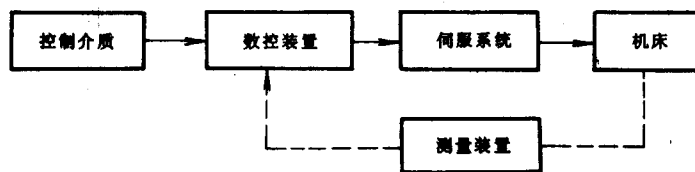


图 1.1-1 数控机床的组成

#### 1. 控制介质

它是用于记载各种加工信息的载体，以控制机床的运动，实现零件的加工。

在普通机床上加工零件时，都由工人按图样和工艺要求手工操作完成。在数控机床上加工时，则把加工零件所需的全部动作、相关数据及刀具相对于零件的位置等参数，用数控装置所能接受的数字和文字代码来表示，并将这些代码存储在控制介质上。

控制介质可以是穿孔纸带、穿孔卡、磁带、软磁盘或其他可以存储信息的载体。对于经济型数控系统，一般直接用存储器作为载体，用操作面板上的按键和键盘将加工程序直接键入，并且可在数码显示器或 CRT 显示器上显示出来。



## 2. 数控装置

数控装置是数控机床的核心。它由输入装置、存储器、控制器、运算器和输出装置组成。它的功能是接受输入装置输入的加工信息，经过数控装置的系统软件对代码进行处理后，输出相应的指令脉冲，驱动伺服系统，来控制机床的各个运动部件按规定的要求实现各个动作。

## 3. 伺服系统

伺服系统由伺服驱动电动机和伺服驱动装置组成，它是数控系统的执行部分。其作用是来自数控装置的各种指令，转换成机床移动部件的运动速度、运动方向和位移量。机床中每个运动的执行部件，都有各自的伺服系统。

数控机床的伺服系统中，常用的伺服驱动系统有开环系统、闭环系统和半闭环系统之分。其驱动元件主要有功率步进电动机，电液脉冲马达和大惯量直流电动机等。

## 4. 机床本体

与普通机床相比，数控机床应具有更好的刚性和抗振性，尤其是相对运动表面的摩擦系数要小、传动件之间的间隙要小外，还要求具有自动变速、自动换刀和自动诊断故障的功能，以便于实现自动加工的需要。

## 5. 测量装置

测量装置的作用是将机床的实际位置、速度等参数，转换成电信号，反馈回数控装置，以校核执行部件实际运动的速度、方向和位移量，并使之与加工指令相一致。

开环数控系统无测量装置。

## 三、经济型数控机床的特点

1) 价格便宜。仅数控系统与国外同类型系统相比，前者只需1~2万元，而国外系统则需十几至几十万元。因此，它特别适合对国内企业现有普通机床进行改造。

2) 解决复杂零件的加工精度控制，提高生产率。对经济型数控车床，一般可提高工效3~7倍，对经济型数控铣床，可提高3倍~几十倍。对复杂零件而言，难度越高，提高的工效则越多。

3) 适合于多品种、中小批量产品的自动化加工，对产品的适应性强。对于不同零件的加工，可以通过变换不同的加工程序和更换不同的刀具来实现。

4) 提高产品质量，降低废品率。尤其是加工的产品尺寸一致性好，合格率高。

5) 节约工装费用，降低成本。经济型数控机床可以不用工装或少用工装，尤其对于复杂零件、不用靠模或成形刀具。不仅节约了费用，而且还可缩短生产准备周期。

6) 减轻工人的劳动强度。

7) 提高工人素质，促进技术进步和科技成果的普及应用。为由“体力型”向“智能型”转变创造条件。

## 四、经济型数控机床的主要功能

1) 能控制刀具的位移方向、位移长度及走刀速度。加工程序中的位移长度以十进制数输入。

2) 单板机数控系统有16种走刀速度供用户选用，其范围为0~2.8m/min，单片机数控系统走刀速度由用户任意选用，其范围为0~6m/min，可根据具体情况进行调整。

3) 可控制车削端面、内外圆柱面、任意锥面、球面及用圆弧逼近的任意曲面。

- 4) 可控制加工右旋或左旋的各种内、外圆柱、圆锥螺纹及多头螺纹。
- 5) 程序中可给出一定延时。在加工中执行到延时程序时, 刀具在相应时间内停止运动。
- 6) 有程序暂停功能。当程序执行到暂停时, 刀具停止运动, 再按下启动键, 可继续执行程序。
- 7) 接口可发出和接收多种信号, 作为机械手动动作, 刀架转位、主轴变速等装置的控制信号, 它与程序的自动循环功能相结合, 可实现加工的全自动化。
- 8) 为方便调试和校对原点, 设有点动功能。
- 9) 具有自诊断功能。当加工程序编制或操作有误时, 程序停止运行, 并显示相应的出错信息, 以便修改。
- 10) 加工过程中, 为应付特殊情况, 设有开关暂停、键急停和键回零功能。
- 11) 具有自动循环加工功能, 并可进行计数。
- 12) 为简化加工程序, 设有局部循环功能。
- 13) 为提高加工精度, 设有间隙补偿功能。

## 第二节 经济型数控机床改装的典型部件结构

机床数控改造时, 除数控系统外, 还应选择其他部件。

### 一、步进电动机

步进电动机是一种将电脉冲信号转换成相应的角位移的机电执行元件。由于所用电源是脉冲电源, 因此也叫脉冲电动机。

当对步进电动机施加一个脉冲信号时, 步进电动机就回转一个固定的角度, 叫做一步。每一步所转过的角度叫做步距角。电动机的总回转角与输入的脉冲个数成正比。相应的电动机的转速则取决于输入脉冲的频率, 因此也可以说, 步进电动机的转速与脉冲频率等同。

步进电动机在多数情况下用作伺服电动机用。由于它的回转角完全取决于输入脉冲的数目, 而且停止精度很高, 所以伺服电动机应用于控制系统时, 往往可以使系统简化, 工作可靠, 并获得较高的控制精度。它是数控机床中唯一能使用于开环系统的电动机。

步进电动机的优点, 一是在工作状态下对各种干扰因素不敏感。电压的波动、电流的数值、波形、温度的变化等干扰因素在其大小未引起步进电动机出现“失步”现象前, 不影响其工作状况; 二是误差不会长期积累。步进电动机的步距角是有误差的, 当转子转过一定步数以后也会出现积累误差, 但转过  $360^\circ$  以后, 积累误差则为“零”。

步进电动机的驱动电源由变频信号源、脉冲分配器和功率放大器等部分组成。

变频信号源是一个频率从几 Hz 到几万 Hz 的频率连续可变的脉冲发生器, 它根据步进电动机转速变化的需要把不同频率的脉冲送到脉冲分配器。

脉冲分配器也称环形分配器, 它按一定的顺序导通和截止功率放大器, 使相应的绕组通电或断电。它可以由门电路、双稳态触发器等基本逻辑功能元件组成。也有专门的分配器功能组件。也可用计算机软件来实现环形分配器的功能。

功率放大器。由于环形分配器输出的电流只有几毫安, 而一般步进电机的励磁电流需要几安到几十安, 所以需要功率放大器进行功率放大和电流放大。功率放大器有单一电压型和高、低压切换型。经济型数控系统所用步进电动机一般均用高、低压切换型。

步进电动机的外形与安装尺寸如图 1.1-2 所示。

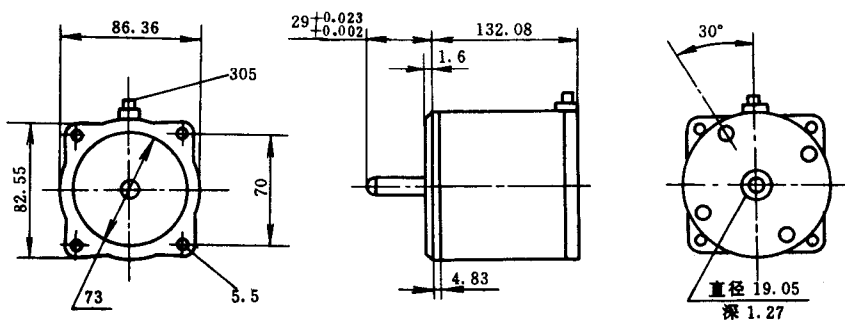


图 1.1-2 步进电机外形及安装尺寸

有的厂家为方便用户，在步进电动机上加装了减速器，作为减速步进电动机供给用户加装减速器的步进电动机，其减速比是按机床丝杠螺距来配置的。其安装联接尺寸如图 1.1-3 所示。

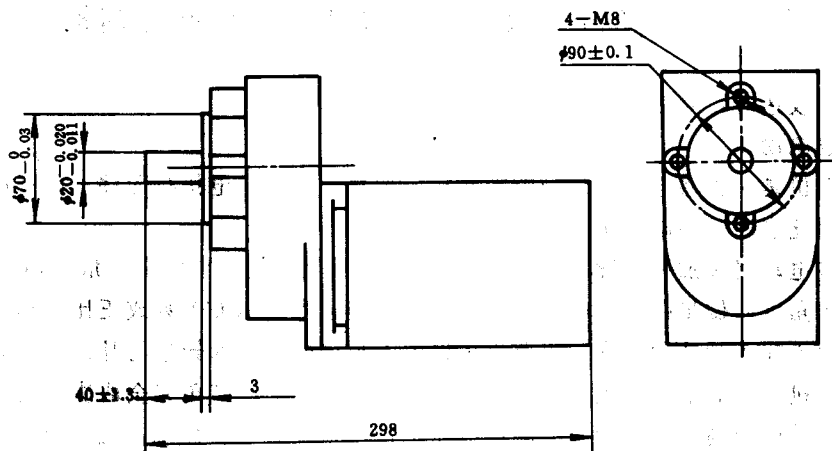


图 1.1-3 加装减速器型步进电机外形及安装尺寸

## 二、自动回转刀架

快速准确地换刀是每一台数控机床所必须具备的功能。图 1.1-4 是利用电动机驱动端定位的刀架结构图。

图示位置为夹紧状态。其工作过程为：当电动机接到转位信号后，带动蜗轮 1 作逆向回转，蜗轮带动芯轴 9 转动，其上的螺母 7 将四方刀架体 6 抬起。端齿脱开后，在回转轴套 10（其上开有单向槽）和销 8 的作用下开始回转，其转过的方位数由手动或计算机控制。刀架每转过 90°，即由装在刀架座 2 上的微动开关发出一次到位和反转夹紧信号。当计算机收到信号后，即由微动开关控制，使电动机反转，芯轴 9 亦反向转动，刀架体 6 在预定销 5 的作用下下降，夹紧时由端齿盘 3 和 4 进行精密定位。当达到预定的夹紧力时切断电源（夹紧力可调），刀架转位过程结束。该刀架的定位精度小于 0.005mm，完成 90°转位时间小于 3.5s，且结构性较普通刀架为好。

刀架的重复定位精度和刚性主要取决于定位端齿盘，一对齿盘结合后的重复定位精度可达 3"~5"。

### 三、主轴脉冲发生器

主轴脉冲发生器也叫光电编码器。其作用是当数控机床加工螺纹时，用主轴脉冲发生器作为车床主轴位置信号的反馈元件，它应与车床主轴同步转动，并发出主轴转角位置变化信号，输送给计算机。计算机按所需加工的螺距进行处理，控制机床纵向或横向步进电动机运转，实现加工螺纹的目的。其加工螺距为6、5、3.5、3、2.5、2、1.75、1.5、1.25、1、0.75、0.7、0.6、0.5、0.4、0.35、0.3、0.25共18种。

在使用主轴脉冲发生器时，受到步进电动机频率的限制。如采用1000Hz工作频率，加工3mm螺距的螺纹时，步进电动机频率为300Hz，而主轴脉冲发生器频率为 $1000 \times 60 \text{Hz} = 60000 \text{Hz}$ ，所以车床主轴转速 $n = 1000 \times 60 / 300 \text{r/min} = 200 \text{r/min}$ ，即车床主轴转速不得超过200r/min转，如果主轴脉冲发生器的频率提高到2000Hz转速也仅达到400r/min。由此可知，当螺距越大时，允许的车床主轴转速也就越低。

主轴脉冲发生器的安装，通常采用二种方式：一是同轴安装，二是采用异轴安装。参见图1.1-5。

同轴安装的结构简单，联接方便。但缺点是安装后不能加工穿出车床主轴孔的零件。而异轴安装则没有这个缺陷。目前经济型数控系统改造卧式车床，多采用同轴方式。

主轴脉冲发生器从传动联接方面分为刚性联接和柔性联接。所谓刚性联接就是指常用的轴套方式联接，这种联接对联接件的制造精度和安装精度要求较高。因为同轴度的误差，会引起主轴脉冲发生器轴的偏扭，造成信号不准，甚至损坏内部光栅盘。另一种联接方式为柔性联接，即车床主轴与主轴脉冲发生器之间用弹性元件联接，常用的元件为波纹管 and 橡胶管。联接方式如图1.1-6所示。这是较为适用的联接方式。

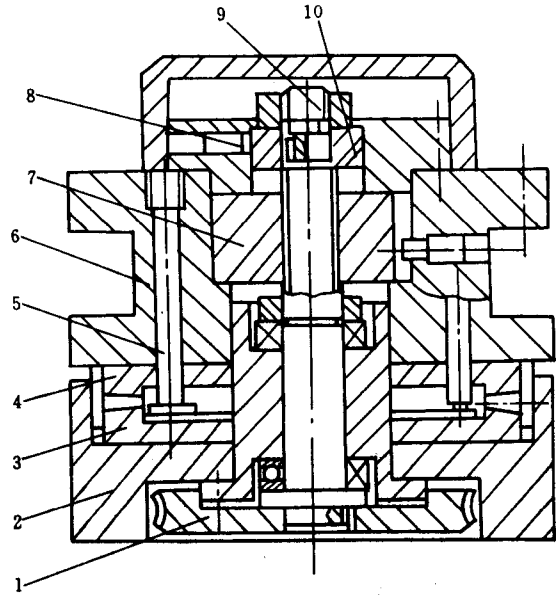


图 1.1-4 电动机驱动端定位的刀架结构图

1—蜗轮 2—刀架座 3、4—端齿盘 5—预定销  
6—刀架体 7—螺母 8—销 9—芯轴 10—轴套

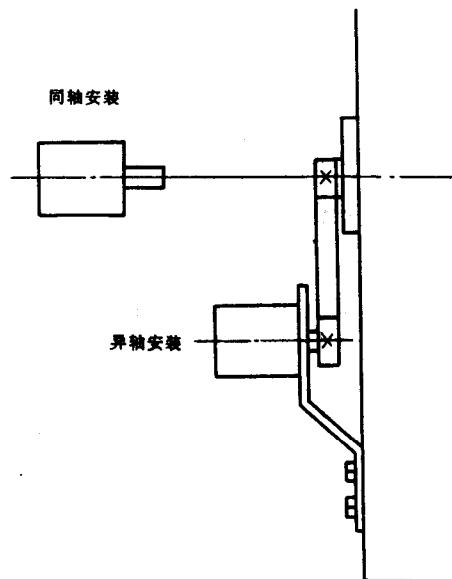


图 1.1-5 主轴脉冲发生器的安装

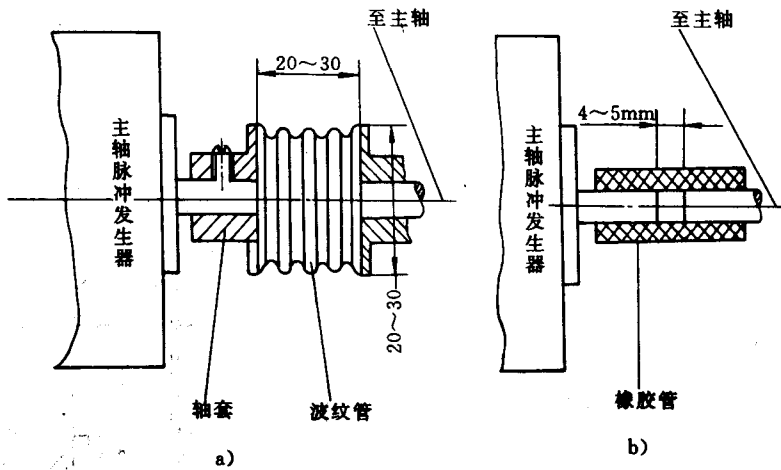


图 1.1-6 主轴脉冲发生器的联接方式

a) 波纹管连接图 b) 橡胶管连接图

须引起注意的是，主轴脉冲发生器属精密光学元件，安装时应格外小心，以免损坏光栅盘。另外，在使用中还应注意最高许用转速，使用时车床主轴不能超过此转速。最好能做到使用时可将其装上，不使用时将其脱开，以延长其使用寿命。

#### 四、可控电动尾座

可控电动尾座结构如图 1.1-7 所示。其工作原理为：电动机接通后，通过齿轮减速器带动丝杠转动，通过装在轴套 2 上的丝杠螺母 3 使轴套前进并压缩蝶形弹簧 4，当顶尖顶紧工件时，螺母 3 及轴套 2 不能前进，因此迫使丝杠后退，压缩蝶形弹簧 4，并使大齿轮后退，大齿轮压下顶杆 5，顶杆 5 压下微动开关 6，切断电动机电源，顶紧过程结束。当电动机功率为 750W

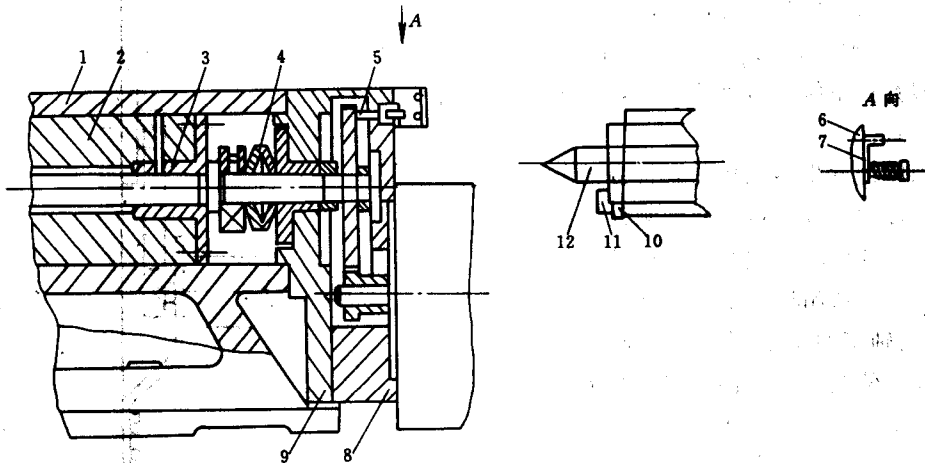


图 1.1-7 可控电动尾座

- 1—尾座体 2—轴套 3—螺母 4—压缩蝶形弹簧 5—顶杆 6—微动开关
- 7—开关 8—联接盘 9—端盖 10—开关 11—档块 12—顶尖

时, 顶尖的顶紧力可达 6.86kN。顶尖后退时利用档块 11 和开关 10 来限位。电动机除有正反向点动按钮外, 还需有微机信号输入开并。一般在微机控制时, 其后退距离可利用计算时延时控制。

可控电动尾座结构简单, 工件可靠, 只有在顶尖顶紧工作并达到预定力时, 顶紧过程才结束, 并有手动和计算机控制二种方式。

### 五、滚珠丝杠螺母副

滚珠丝杠螺母副能保证机床进给动作灵敏、传动效率和传动精度高的要求。

滚珠丝杠螺母副中丝杠及螺母的工作表面为弧形螺旋槽, 装配后形成螺旋滚道, 在螺旋滚道内放入一定数量的滚珠, 使丝杠与螺母在工作时形成滚动摩擦, 如图 1.1-8 所示。当丝杠 1 与螺母 3 相对运动时, 滚珠 4 沿螺旋滚道滚动。螺母 3 的二端设有回珠滚道 2, 使滚珠能在闭合珠槽内作周而复始的循环运动。

滚珠丝杠螺母副的优点是摩擦系数小, 传动效率高, 所需传动转矩小, 灵敏度高, 低速运动平稳性好, 磨损小, 精度保持性好, 使用寿命长, 可通过预紧和间隙消除措施保证其反向传动精度。缺点是加工复杂, 成本高, 垂直安装时不能自锁。

滚珠丝杠螺母副中, 滚珠的循环方式分外循环和内循环二种方式。滚珠在返回过程中与丝杠脱离接触的为外循环方式, 如图 1.1-8 所示。滚珠在循环过程中与丝杠始终接触的为内循环方式, 如图 1.1-9 所示。内循环滚珠丝杠应用较广泛。如图 1.1-9a 所示, 螺母 4 外侧开有孔, 装上接通相邻滚道的反向器 2, 反向器上开有回珠槽 S (见图 1.1-9b), 可迫使滚珠 3 越过丝杠的外径进入相邻的螺纹滚道, 构成单圈循环滚珠链 (见图 1.1-9c)。反向器数量应与滚珠链数相等并沿螺母圆周均匀分布。

为保证反向传动精度和机构的轴向刚度, 必须消除丝杠螺母的轴向间隙, 并应适当预紧。通常采用双螺

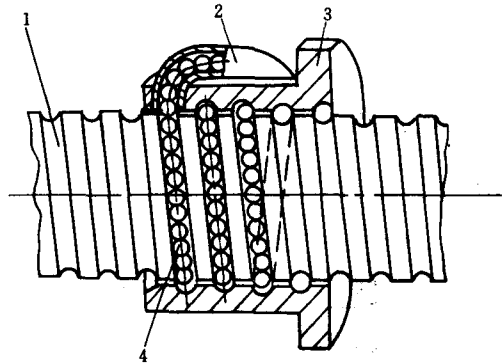


图 1.1-8 滚珠丝杠螺母机构工作原理  
1—丝杠 2—回珠滚道 3—螺母 4—滚珠

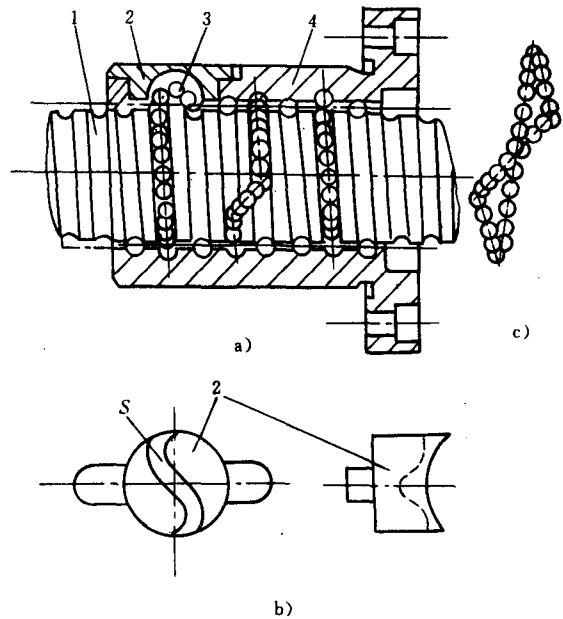


图 1.1-9 滚珠的内循环结构  
1—丝杠 2—反向器 3—滚珠 4—螺母

母结构来解决。图 1.1-10a 所示为垫片式调整机构。修磨垫片 3 的厚度，使螺母 2 相对于螺母 1 产生轴向位移，从而消除轴向间隙并获得适当的预紧。图 1.1-10b 所示为螺纹式调整机构。螺母 1 及 2 由平键限制其转动，调整时，松开锁紧螺母并转动调整螺母 3，使螺母 2 作轴向运动，达到消除间隙及预紧的目的。图 1.1-10c 所示为齿差式调整机构。在螺母 1 和 2 一端的凸缘上各加工出圆柱齿轮并使二齿轮的齿数  $z_1$  和  $z_2$  相差一个齿。它们分别与  $z_3$  和  $z_4$  二个内齿轮相啮合。调整时，先将内齿轮取出，根据间隙量大小将螺母 1 和 2 按相同方向转过相当的齿数，使螺母 1 和 2 间产生轴向位移，从而消除间隙并进行预紧。

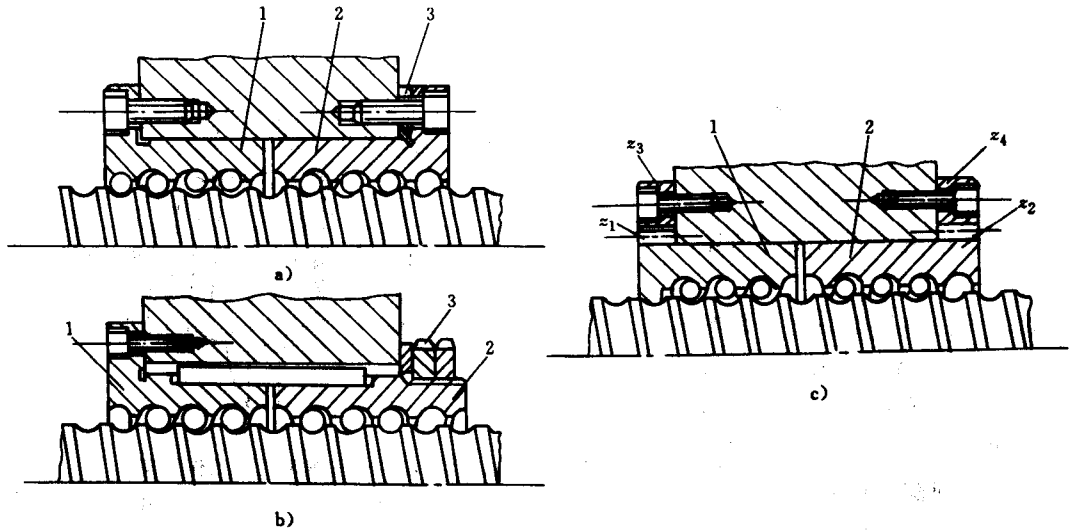


图 1.1-10 滚珠丝杠螺母的预紧调整机构

a) 垫片式 b) 螺纹式 c) 齿差式

1—螺母 2—螺母 3—调整螺母（调整垫片）

## 第二章 JWK-15T/JBK-30M 单片机数控系统

### 第一节 数控系统的原理与组成

JWK-15T 数控系统的核心是 MCS-51 系列的 8031 单片微机。8031 单片机与 8051 单片机的区别仅在于其内部没有 ROM。JWK-15T 用三路驱动电路，分别控制 X 向、Y 向和 Z 向步进电动机，来进行机床位移的运动，并能实现任意二坐标联动和三坐标联动。

8031 单片机是 MCS-51 系列单片微机的典型代表产品，特别是其硬件功能远远高于 TP-801 单板机，尤其适合实时控制、智能仪器仪表、自动机床，是控制类型应用领域中最理想的八位微型计算机，在全世界都得到了广泛应用。

JWK 系列数控系统的原理与组成基本上同本书第一章第一节所述，但由于单片机的优越，所以其性能远比单板微机优越，功能更强，操作使用更方便。

### 第二节 编程与操作

#### 一、JWK 型系统简介

JWK 系列数控系统由高性能、高可靠性的 MCS-51 系列单片机和步进电动机伺服驱动所组成，采用 ISO 国际标准数控代码编程，能自动完成车削端面、内外圆、倒角、任意锥面、球面及公英制单、多头圆柱、圆锥螺纹加工，并配有完备的 S、T、M 功能。该系统采用模块化设计，内部设有计算机、电源、接口、驱动等四种模块，更换维修方便快捷。目前已基本取代单板机系列数控系统，得到了极广泛的应用。

#### 二、JWK-15T 型系统的编程

##### 1. 编程的有关规定

##### (1) 坐标系

在 JWK 系列微机控制装置的编程中，首先要确定一个坐标系，控制装置规定采用右手笛卡尔标准坐标系，如图 1.2-1 所示。当工件选定后，要根据工件的装卡方式及加工方向，确定坐标系的原点。由图可见，刀具运动的正方向，是增大工件尺寸的方向；当刀具向负方向运动时，其位移的数值量应为负值。为了编程方便，还规定 X 方向的位移数值应乘以 2，以表示直径量。

##### (2) 起始点、参考点、坐标原点

起始点就是刀具在加工运行前的出发点，如图 1.2-2 中的 A 点。由于车刀在加工过程中受纵、横向传动间隙的影响，不可能准确地回到起始位置 A，而只能回到 B 点。如果对刀具的位移进行间隙补偿，使每一个程序结束时，总使刀具能准确地回到 A 点，那么 A 点又叫做参考点。

考虑到编程的方便，可以把坐标系的原点选在工件的对称轴上，如图 1.1-2 中的 O 点。此时参考点 A 就有了固定的坐标  $(X_0, Z_0)$ 。在数控系统中，有一条编程指令叫做“工件坐



标系设定”，它保持  $X_0$  不变，使  $Z_0$  变化，因此可以使坐标原点在工件轴线上移动。不过，通常习惯上都把坐标原点选在工件的左端或右端，这样设定会使编程计算变得方便些。

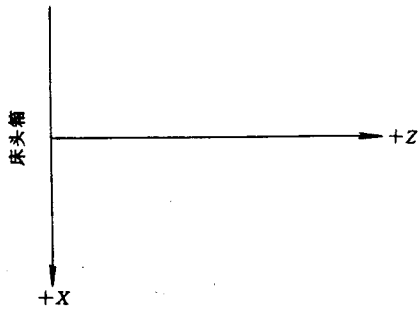


图 1.2-1 笛卡尔坐标系

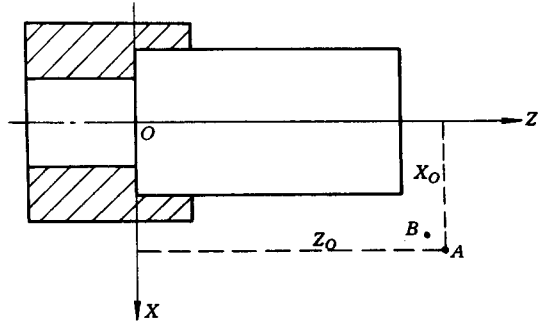


图 1.2-2 起始点、参考点、坐标原点

### (3) 绝对尺寸与增量尺寸

在 JWK 系列系统中，编程时对位移量可采用二种方法表示。一种叫做绝对尺寸编程，使用符号  $X$  和  $Z$ ，用来指定在设定的坐标系中刀具运动终点的坐标值。另一种叫做增量尺寸编程，使用符号  $U$  和  $W$ ，分别代表刀具从起点到终点时在  $X$  轴上的增量和在  $Z$  轴上的增量。其正方向与笛卡尔坐标系中规定的正方向相同。图 1.2-3 中， $A$  点为运动起点， $B$  点为运动终点，数值标注方法如下。

用绝对尺寸编程，写出  $B$  点的坐标就可，即  $X20, Z40$

用增量尺寸编程，要写出从  $A$  点到  $B$  点在二个坐标方向上移动的位移量。由图 1.2-3 可以计算出： $U-40, W-30$

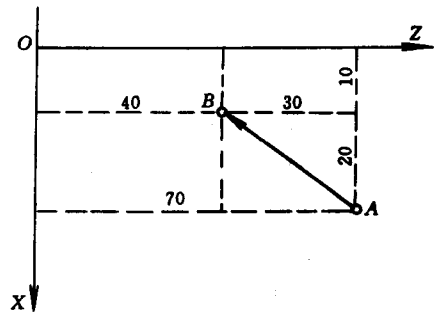


图 1.2-3 绝对尺寸与增量尺寸

应指出的是，在同一程序段内，绝对尺寸和增量尺寸可以混用，但各符号所代表的坐标轴不能忽略，即可用  $(X, Z)$ 、 $(U, W)$ 、 $(X, W)$ 、 $(U, Z)$ ，但不能用  $(X, U)$  或  $(Z, W)$ 。

### (4) 程序的构成

每一个零件的程序都由一个引导程序和一个加工程序组成。

引导程序即 0 号程序，用“%0”表示；加工程序的程序号可用 % 字符和紧跟其后的不超过四位的整数组成。

每个程序都有自己程序号和若干程序段组成；每个程序段又由程序段号和若干指令字组成。在加工程序中，程序段号由小到大顺序排列。段号最小值为  $N0001$ 。一般相邻段号间隔 10 号，便于以后修改程序时插入新的程序段。

### (5) 系统指令使用的符号及其含义

一个指令字由地址和数值二部分组成，简称为字。