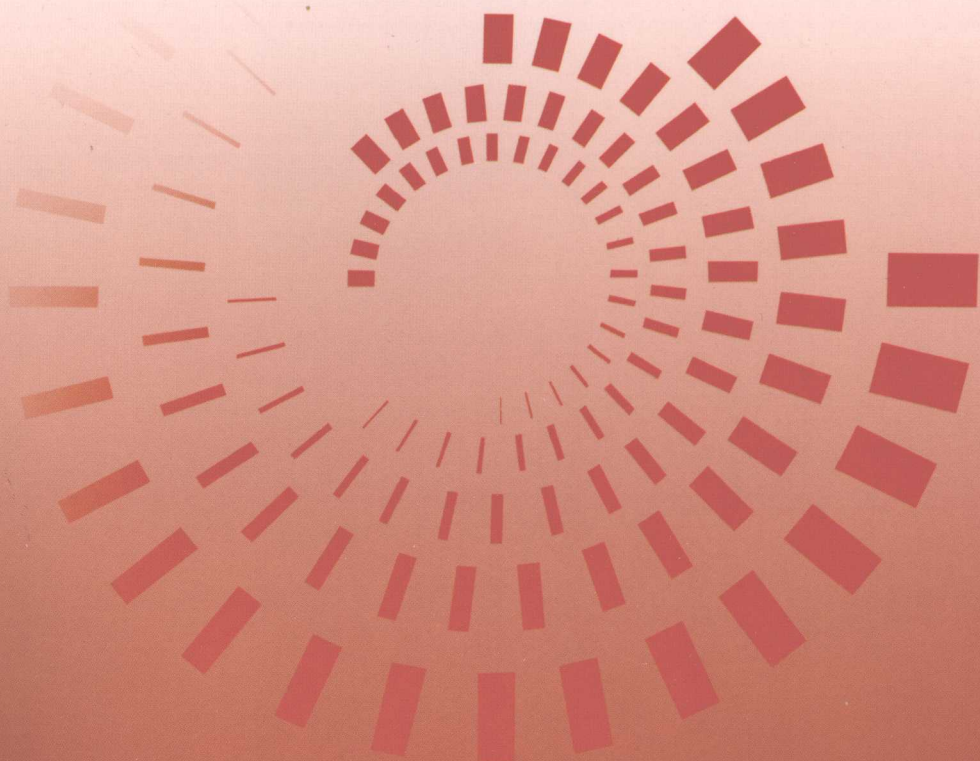


数控技术及应用

习题与学习指导

考试与命题研究组 编



 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

考试与命题研究组 编

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书切合考试大纲编写而成, 共分为知识点+强化训练、综合训练以及自测题三个部分。知识点简明扼要, 层次清晰, 重点掌握部分辅以相关例题加深理解, 更有大量练习帮助考生将所学知识灵活掌握, 理论联系实际以适应考试要求。

本书适用于广大机电一体化数控专业的学生, 既可作为教辅资料使用, 也可作为自考生考前冲刺阶段的参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

数控技术及应用习题与学习指导/考试与命题研究组编. —北京: 北京理工大学出版社, 2009. 3

ISBN 978 - 7 - 5640 - 1517 - 6

I. 数… II. 考… III. 数控机床 - 高等教育 - 自学考试 - 自学参考资料 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 030361 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京国马印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 960 毫米 1/16

印 张 / 13.75

字 数 / 275 千字

版 次 / 2009 年 3 月第 1 版 2009 年 3 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 2500 册

责任校对 / 陈玉梅

定 价 / 28.00 元

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

前 言

机床数控技术是一门交叉科学技术,是现代制造业的核心技术之一,也是柔性制造、计算机集成制造及工厂自动化的重要基础技术之一。而在加工企业中,发达国家的数控机床已经普及,发展中国家数控机床也正得到推广并逐步普及化。由此可见,数控机床已经成为机械工业生产的关键设备。

本书总体分为三部分:

1. 知识回顾+强化训练——将全部考试内容以简明扼要的方式有条理地进行归纳,并将知识分为“了解”、“识记”和“掌握”三个层次,其中★代表需要学生简单了解的内容,★★代表需要学生熟识记忆的内容,★★★则代表学生必须灵活掌握和实践应用的内容。待学生完全掌握各章节的学习内容后,配合强化训练巩固和加强对知识点的理解。

2. 综合训练——以大量的练习为主,目的是使学生在综合性质的训练中更加灵活地将知识融会贯通,并且了解到学习过程中的欠缺和不足。

3. 自测题——将历届全国高自考真题或编者通过多年研究而精心编制的模拟题作为学生临考前进行自我验收的工具,使考生做到“心中有数”。

本书适用于广大机电一体化数控专业的学生,既可作为教辅资料使用,也可作为自考学生考前冲刺阶段的参考书。

编者在编写过程中参阅了大量国内外同行的专著、教材、文献资料等,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免出现疏漏和错误,敬请各位读者批评指正。

编 者

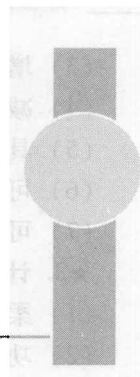
目 录

第一章 绪论	(1)
【知识回顾】	(1)
【强化训练一】	(6)
第二章 数控加工程序的编制	(7)
【知识回顾】	(7)
【强化训练二】	(21)
第三章 计算机数控系统	(24)
【知识回顾】	(24)
【强化训练三】	(39)
第四章 数控机床的机械结构	(41)
【知识回顾】	(41)
【强化训练四】	(49)
第五章 数控机床位置传感器件	(52)
【知识回顾】	(52)
【强化训练五】	(59)
第六章 数控机床的电气驱动	(61)
【知识回顾】	(61)
【强化训练六】	(70)
第七章 数控机床进给伺服系统的控制原理	(73)
【知识回顾】	(73)
【强化训练七】	(79)
第八章 数控机床的精度	(81)
【知识回顾】	(81)

【强化训练八】	(87)
第九章 典型的数控系统及机电一体化系统开发过程	(89)
【知识回顾】	(89)
【强化训练九】	(95)
综合训练	(96)
自测题	(118)
附录一 强化训练答案	(144)
附录二 综合训练答案	(151)
附录三 自测题答案及解析	(171)
参考文献	(211)

第一章

绪论



知识回顾

一、数控技术的产生及应用领域

数控技术即采用数字控制的方法对某一工作过程实现自动控制的技术，能够对机器的运动和动作进行控制。采用数控技术的控制系统称为数控系统，而装备了数控系统的机床称为数控机床。数控技术具有很广泛的应用领域，如图 1-1 所示。

数控技术不仅应用于金属切削机床，还用于机器人、坐标测量机、电火花切割机、编程机和剪裁机等多种机构设备中。

★★1. 数控技术产生的必然性

市场竞争日趋激烈，产品更新换代加快，大批量产品生产越来越少，小批量产品生产的比重越来越大，传统的加工设备已无法制造出精度较高的复杂形状工件。因此，迫切需要一种精度高、柔性好的加工设备，发展一种柔性控制系统，将系统装备在机床上，因而实现加工复杂形状工件的技术孕育而生，数控技术的产生随着工件加工要求而发展起来。虽然不是附属于数控机床，但它是随着数控机床发展起来的。数控技术的产生具有一定的必然性，它是应社会的发展而诞生的。

★★2. 数控设备的优越性

- (1) 提高了精度，保证了加工质量的稳定性。
- (2) 具有较高的生产效率。

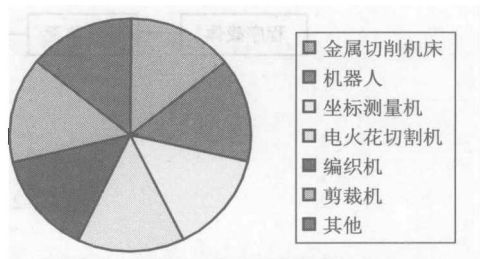


图 1-1 数控技术的应用领域

- (3) 增加了设备的柔性。
- (4) 减轻了操作员的劳动强度。
- (5) 具有较高的经济效益。
- (6) 可加工复杂型面。
- (7) 可向高级的制造系统发展。

★3. 计算机数控系统的优点

- (1) 柔性好。利用控制软件可以灵活地增加或改变数控系统的功能。
- (2) 功能强。可以利用计算机技术及其不同的外围设备来实现数控系统与数控机床的各种功能。
- (3) 可靠性高。使用软、硬磁盘等移动储存设备将加工程序读入数控系统中, 避免信息出错; 减少了硬件电路, 且具有自诊断功能, 从而大大提高了系统的可靠性。
- (4) 易于实现机电一体化。
- (5) 经济性好。以计算机数控系统代替微机数控系统使系统的性能价格比大大提高。

二、数控机床的分类、组成及各部分的作用

★★1. 数控机床各组成部分的名称

数控机床由程序载体、输入装置、CNC 装置、伺服系统和机床的机械部件构成。如图 1-2 所示。

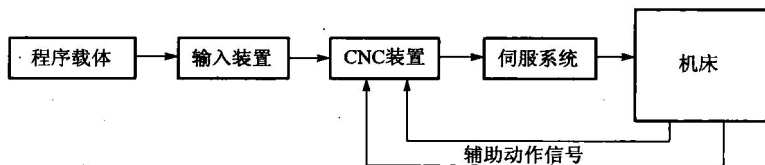


图 1-2 数控机床的结构组成

★★2. 数控机床各组成部分的功用

- (1) 程序载体：存储包括了机床上刀具和工件对运动相对运动轨迹、工艺参数（如走刀量、主轴转数等）和辅助运动等指令的加工程序。
- (2) 输入装置：将程序载体内容有关加工的信息读入 CNC 装置内。
- (3) CNC 装置：对读入的信息进行编译、处理，而后由输出部分发出位置和速度指令给伺服系统和主运动控制部分。
- (4) 伺服系统：根据 CNC 装置传来的速度和位置指令驱动机床的进给运动部件，完成指令规定的运动。
- (5) 位置反馈系统：将机床运动部件的实际位置信息反馈给 CNC 装置。

(6) 机床的机构部件：机床的机械架构。

三、数字控制系统的分类、组成及其工作原理

★★1. 数控系统的组成

数控系统由工件加工程序、输入和输出设备、CNC 装置、可编程控制器 (PLC)、主轴驱动装置和进给驱动装置等组成。

★★2. 数控系统的类型

- (1) 按反馈信息不同, 可以分为开环控制系统、闭环控制系统和半闭环控制系统。
- (2) 按控制运动方式, 可以分为点位控制系统和连续控制系统。
- (3) 按功能的多少, 可以分为多功能数控系统和经济型数控系统。
- (4) 数控系统的发展, 可以分为适应控制系统和直接数控系统。

★★3. 开环和闭环控制系统的框图 (如图 1-3、图 1-4 所示)

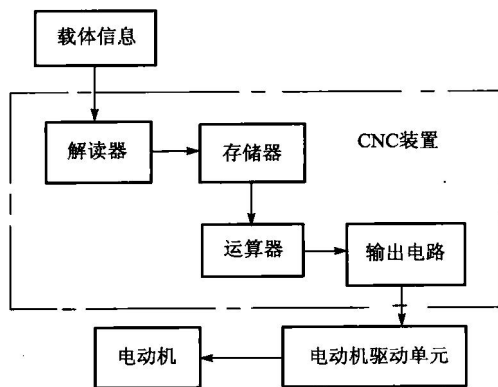


图 1-3 开环控制系统框图

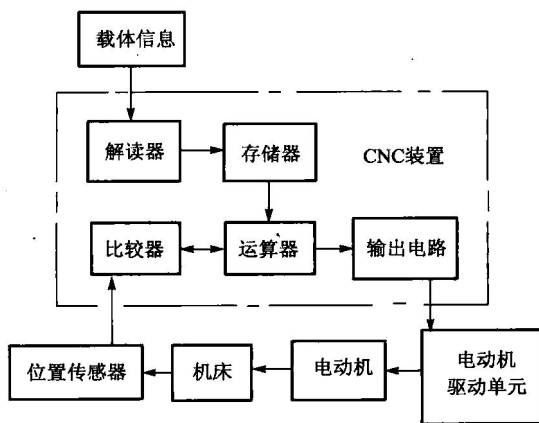


图 1-4 闭环控制系统框图

★★4. 适应控制机床的框图 (如图 1-5 所示)

★★5. 开环和闭环控制系统的工作原理以及两者的区别和应用场合

1) 开环控制系统的工作原理

系统没有反馈装置, 伺服电动机多采用功率步进电动机, 当驱动单元接收到一个脉冲时, 步进电动机就相应地转过一个步距角, 通过机床的传动部件, 使工作台相应地得到一个位移量。

2) 闭环控制系统的工作原理

系统增加了测量工作台实际位移量的位置传感器, 由传感器将实际位置反馈给 CNC 装置的比较器, 如有偏差产生, 计算机发出指令至输出电路, 使电动机转动, 直到偏差消失。

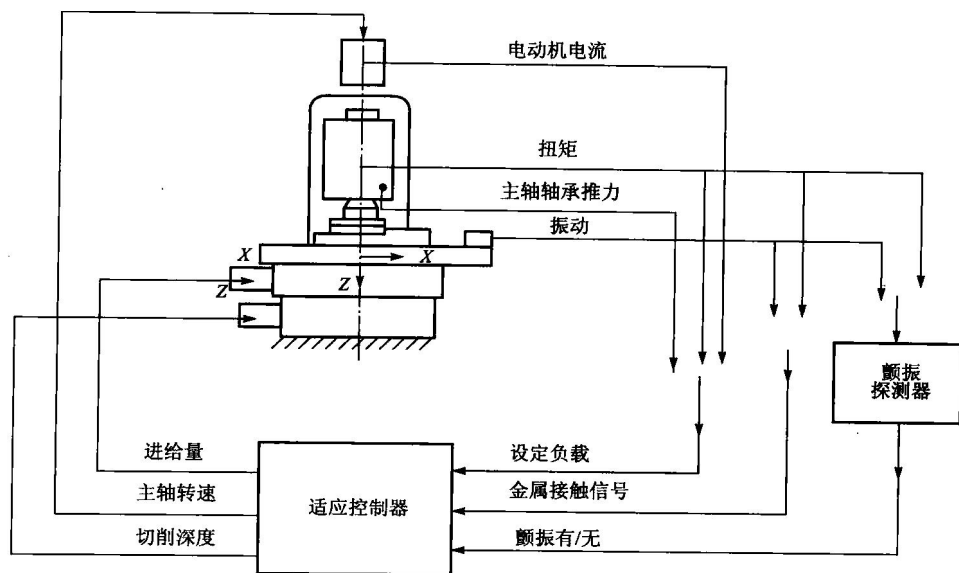


图 1-5 适应控制机床框图

3) 两者的区别

在结构上，闭环具有反馈装置；在原理上，开环是直接根据位移量多少而控制，而闭环则是通过当前位移量与设定值的偏差来控制电动转动。

4) 应用场合

开环系统仅用于运动速度较低和加工精度不很高的机床，闭环系统可以应用于精度较高的机床。

★6. 点位控制系统与连续控制系统的区别

点位控制系统仅控制刀具相对于工件的位置，由一个定位点向下一个定位点移动，在刀具或工件移动过程中不进行任何加工，多用于孔加工的数控机床。连续控制系统则是控制几个进给轴同时协调运动（坐标联动），使工件相对于刀具按程序规定的轨迹和速度运动，在运动过程中进行连续切削加工的数控系统。

★7. 连续控制系统的工作原理

原理：系统通过插补器来实现插补功能，插补器根据输入的插补指令进行数学计算，对各个坐标轴进行脉冲分配，然后发指令给伺服电动机驱动单元，使机床工作台沿各坐标轴完成规定的运动，刀具就能加工出工件廓形来。

★8. 经济型数控系统的特点及其应用场合

(1) 经济型控制系统的特点：数控系统功能较为简单，采用控制较简单、成本较低的功率步进电动机伺服系统，CPU 一般采用 8051 系统的单片机。

(2) 应用场合: 一般为工厂, 且一般由使用工厂自行开发, 在工厂的技术改造中发挥很大作用。

★9. 适应控制系统的优点及其工作过程

(1) 优点: 能在加工条件下改变机床的切削用量, 可适应一瞬间实际发生的加工情况, 提高了切削效率和加工精度。

(2) 工作过程: 系统工作时, 通过安装在机床上各个部位的传感器, 将检测到的加工参数(如切削负载、刀具磨损量等)变化信息送到适应控制器, 与预先存储的有关信息进行比较, 然后发出指令给机床, 自动调整机床的相关参数。

★10. 直接控制系统的优点和应用场合

(1) 优点: 可实现非实时分配数控数据, 便于实现车间的监控和管理; 采用 LAN 技术进行通信, 是一种开放式系统; 可实现在线检测数据, 对加工质量和机床状态进行实时控制; 可独立使用。

(2) 应用场合: 多用于加工工件种类多、更换频繁的中、小批量生产的工厂。

四、数控技术的发展趋势及其与现代制造系统的关系

★★1. 数控技术在电加工机床、工业机器人、三坐标测量机中如何应用

(1) 数控技术在电加工机床中, 主要应用于对工作台进行精密位置控制, 对电极丝位置进行自动校正、自动对位以及对脉动冲电源的电参数、电极线的张力进行适应控制。

(2) 数控技术在工业机器人中, 在控制方法、执行元件和检测元件等多方面与数控机床类似, 不过在机械结构、运动方式和用途方面有所不同。

(3) 数控技术应用在三坐标测量机中, 主要用来测量加工工件的位置、尺寸和形状精度。

★★2. 比较数控技术在以上三者与在金属切削机床中应用的异同之处

数控技术应用在金属切削机床中, 主要是通过数控系统来控制机床加工切削金属, 而后加工出复杂的工件。而数控技术应用在以上三个方面, 则主要是起着检测工件的作用。

★★3. 柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)和计算机集成制造系统(CIMS)的概念以及它们与数控技术的关系

(1) 柔性制造单元具有独立的自动加工功能, 又部分地具有自动传送和监控管理功能, 具有一定的柔性, 能够较容易适应多品种、小批量的生产功能。

(2) 柔性制造系统由加工系统、物料输送系统和信息系统组成, 是一个由中央计算机控制的自动化制造系统, 通过编程和稍加调整就可在生产线上同时加工几种不同的工件。

(3) 计算机集成制造系统是用计算机通过信息集成, 实现现代化的生产制造, 由管理信息系统、产品设计与制造工程设计自动化系统、制造自动化系统、质量保证系统、数据库系统以及计算机网络系统等组成。

(4) 它们是数控技术向更高层次发展的产物。

★4. 数控机床的高速高精度化对数控系统提出的要求

提高计算机的运算速度、采用多种补偿功能。

★5. 开放式数控系统的特点及其出现的重要性

以往的系统由生产厂商独自开发,自成一体,通用性很差,系统的功能由生产厂商决定,用户只能编写程序。这就促使了开放式数控系统的出现。在开放式数控系统中,用户可以将自行开发的自由曲线、自由曲面以及多轴控制的插补函数软件包组合进数控系统内,用户还可修改实时控制信息,自由选择伺服电动机的生产厂商、规格型号和参数。开放式数控系统的出现大大地增强了其通用性、可操作性和可修改性,为用户提供了很大的方便。

★6. 数控系统智能化的优点

数控系统智能化可以给操作员以更大的帮助,系统可以自行决定工件的加工部位、加工工序,操作人员只要将加工工件和毛坯形状输进 CNC 系统。

★7. Internet 的出现对数控系统的影响

Internet 的出现,为数控系统的远程控制提供了可能,为数据通信也带来了很大的便利。

强化训练一

1. 能够自动改变机床切削用量,以便实时地适应机床加工状态的控制系统称为_____。

2. 带有自动换刀系统,并能在一次装夹工作后,自动连续完成铣、钻、镗、攻螺纹等加工的数控机床称为_____。

3. 数控机床的组成部分包括()。

- A 输入装置、光电阅读机、PLC 装置、伺服系统、多级齿轮变速系统、刀库
- B 输入装置、CNC 装置、伺服系统、位置反馈系统、机械部件
- C 输入装置、PLC 装置、伺服系统、开环控制系统、机械部件
- D 输入装置、CNC 装置、多级齿轮变速系统、位置反馈系统、刀库

4. 计算机数控系统的优点不包括()。

- A 利用软件灵活改变数控系统功能,柔性高
- B 充分利用计算机技术及其外围设备增强数控系统功能
- C 数控系统功能靠硬件实现,可靠性高
- D 系统性能价格比高,经济性好

5. CAM 是指()。

- A 计算机辅助设计
- B 计算机辅助制造
- C 计算机辅助工艺规划
- D 计算机集成制造

第二章

数控加工程序的编制

知识回顾

一、数控机床程序编制的目的、步骤和方法

★★1. 程序编制的目的和方法

(1) 程序编制的目的是将加工工件的工艺过程、运动轨迹、工艺参数和辅助操作等信息按一定的文字和格式记录在程序载体上,而后通过输入装置将控制信息输入到数控系统中,使数控机床进行自动加工。

(2) 程序编制的方法主要有手工编程和自动编程两类。

★2. 手工编程与自动编程的运用场合

(1) 手工编程适合于点位加工或几何形状简单的工件,不需要经过复杂的计算,程序段不多,数控带不长的程序编写。

(2) 自动编程运用于形状复杂、工序较长的工件,需要进行烦琐的计算,程序段很多,出错也难以校核的程序编写。

★3. 手工编程与自动编程的比较;编程步骤和每个步骤中进行的工作

(1) 手工编程全部由人工完成,自动编程则是程序员根据工件图纸和加工要求,使用规定的数控语言编写一个简短的工件源程序,输入计算机,计算机即自动地计算刀具运动轨迹,编写工件程序单,制作数控带等。

(2) 编程步骤如下。

① 分析工件图纸:对工件的材料、形状、尺寸和精度、表面质量、毛坯情况和热处理要求等进行分析。确定该工件是否适合于在数控机床上加工。

② 确定工艺过程:确定工件的加工工艺和加工路线,并确定加工余量、切削用量。

③ 数值计算：根据工件图纸和走刀路线，计算刀具中心运动轨迹。

④ 编写程序单：程序员根据工艺过程、数值计算结果以及辅助操作要求，按照数控系统规定的程序指令及格式填写程序单。

⑤ 制作和校验程序单：对完成的数据带，仔细校对，防止差错。

⑥ 首件试切：切削首件，检验首件是否符合工件质量。

二、工件加工程序的格式和代码

★★1. 数控机床工件加工程序载体的种类

数控机床工件加工程序载体的种类可分为穿孔带、磁带和软磁盘。

★★2. 数控带的代码以及它与 CNC 系统之间信息传递的方法

(1) 数控带的代码目前最常用的有 ISO、ASCII 和 EIA 三种。

(2) 数控带上每排孔的数量和位置就代表控制信息代码。而后通过光电阅读机将信息传递给 CNC 系统。

★★3. 程序段格式的表示方法、地址符；A、B、C、F、G、M、N、S、T、X、Y、Z 的意义以及尺寸字表示的方法

(1) 程序段格式中，每一坐标轴和各种功能都以字母和数字合成的字来表示。一个数控加工程序是由若干个程序段组成的。程序段格式是指程序段中的字、字符和数据的安排形式。程序段格式举例：

N30 G01 X88.1 Y30.2 F500 S3000 T02 M08 N40 X90

(本程序段省略了续效字“G01, Y30.2, F500, S3000, T02, M08”，但它们的功能仍然有效)

在程序段中，必须明确组成程序段的各要素：

移动目标：终点坐标值 X、Y、Z；沿怎样的轨迹移动：准备功能字 G；

进给速度：进给功能字 F；切削速度：主轴转速功能字 S；

使用刀具：刀具功能字 T；机床辅助动作：辅助功能字 M。

(2) 地址符的意义：A、B、C 用于确定终点的角度坐标尺寸；进给功能字 F；准备功能字 G；辅助功能字 M；顺序号字 N；主轴转速功能字 S；刀具交换功能字 T；X、Y、Z 用于确定终点的直线坐标尺寸。

(3) 尺寸字的表示方法：顺序依次为坐标轴代码、正负号、数值。如：X-20。

★★★4. 程序段中各字符的意义及其应用场合

1) 程序的结构

一个完整的数控加工程序，由程序号、程序内容、程序结束三部分组成。

例如：

O0001

程序号

N10	G92	X100	Y100	Z0;	} 程序内容
N20	T0101	M03	S800;		
N30	G90	G00	X35	Y-30;	
N40	G01	X20	F200;		
N50	G00	X35;			
N60	G00	X100	Y100	Z0;	
N70	M02;				程序结束

(1) 程序号：程序号是程序的开始部分，一般由规定的英文字母或符号（O、P、%等）开头，后面紧跟若干位数字。不同的数控系统，其程序号命名也不同。如 FANUC 系统采用英文字母 O 开头加 4 位数字组成程序号。为了区别于存储器中的程序，每个程序必须有程序号。程序号的输入还有助于进行程序检索和调用。

(2) 程序内容：程序内容由若干个程序段组成，表示机床要完成的加工内容，它是整个程序的核心。

(3) 程序结束：程序结束可通过程序结束指令 M02 或 M30 实现，它位于整个主程序的最后。

2) 程序段的结构

程序段由程序段号、若干指令字及程序段结束符组成。下面将逐一详述。

(1) 程序段格式：程序段是组成程序的基本单元，它由若干个程序字（或称功能字）组成，用来表示机床执行的某一个动作或一组动作。程序字是由英文字母表示的地址符和若干位数字组成。程序段的格式有两种：一种是固定格式的程序段，用分隔符将每个程序字分开，由于其不直观，容易出错，故一般很少采用；另一种为可变程序段格式，其格式为：

N	G	...	X ±	Y ±	Z ±	...	F	S	T	M	LF
└───┘		└───┘		└───┘			└───┘		└───┘		└───┘
顺序号		准备功能		坐标尺寸			工艺性指令		辅助功能		结束代码

这种程序段格式的特点主要有以下几点。

① 程序段中的程序字前后排列顺序不严格，但为了编辑和修改程序的方便，最好按上面顺序排列。

② 准备功能 G 指令可分为模态指令和非模态指令。模态指令是指一经使用，在同组其他指令出现前一直有效的指令；非模态指令是指只在本程序段中有效的指令，下一个程序段需要时必须重新写出。模态指令在指令出现的后续程序段中可省略。另外，工艺性指令及辅助功能也具有类似模态指令的功能，所以在该指令出现的后续程序段中可省略。

③ 程序段中一些没有必要的程序字可以省去。例如，程序字中数字的前置零可以省去；坐标尺寸字若与前一程序段内容相同，可以省略，其数字前的正号也可省去。因此，可变格

式程序段的长度是可变的,这使得程序书写简单、可读性强、易于检查。

(2) 程序字说明。

① 顺序号字。顺序号字也称程序段号,用来识别不同的程序段。顺序号字位于程序段之首,它由地址符 N 和随后的 2~4 位数字组成,一般以 10 为单位设置间隔(如 N10、N20、N30……),这主要是为了在程序修改时便于插入新的程序段号。

顺序号的作用是便于程序的校对、检索和修改,也可用于程序的转移。因此,顺序号只是程序段的名称,与程序的执行顺序无关。在程序段输入数控系统时,一般顺序号不需输入,数控系统会自动顺延产生。

② 准备功能字。准备功能字的地址符是 G,所以又称为 G 功能、G 指令或 G 代码。它是数控机床准备好某种运动方式的指令。一般由地址符 G 加两位数字(00~99)表示,也有些数控系统因功能扩大,原有两位数字不能满足使用要求,应采用 G 加三位数字表示。

不同的数控系统都对 G 指令的功能作了不同规定,我国根据 ISO 1056—1975 国际标准制定了 JB 3208—1983 标准。表 2-1 是 JB 3208—1983 国标与国外几种数控系统的 G 指令含义对照表。

表 2-1 G 指令含义对照表

G 功能字	国标 JB 3208—1983 规定(中国)	FANUC 3MC 系统 (日本)	SIEMENS 810 系统 (德国)	A-B 公司 8400MP 系统(美国)
G00	点定位	快速点定位	点定位	点定位
G01	直线插补	直线插补	直线插补	直线插补
G02	顺时针圆弧插补	顺时针圆弧插补	顺时针圆弧插补	顺时针圆弧插补
G03	逆时针圆弧插补	逆时针圆弧插补	逆时针圆弧插补	逆时针圆弧插补
G04	暂停	暂停	暂停	暂停
G05	不指定	—	—	圆弧相切
G06	抛物线插补	主轴插补	—	—
G07	不指定	—	—	—
G08	加速	—	—	—
G09	减速	准停、减速停	—	—
G10	不指定	设定偏置值	同步	刀具寿命内
G11~G16	不指定	—	—	刀具寿命外等
G17	XY 平面选择	XY 平面选择	—	XY 平面选择
G18	ZX 平面选择	ZX 平面选择	—	ZX 平面选择

续表

G 功能字	国标 JB 3208—1983 规定 (中国)	FANUC 3MC 系统 (日本)	SIEMENS 810 系统 (德国)	A - B 公司 8400MP 系统 (美国)
G19	YZ 平面选择	YZ 平面选择	—	YZ 平面选择
G20	不指定	英制输入	—	直径指定
G21	不指定	米制输入	—	半径指定
G22 ~ G26	不指定	—	—	螺旋线插补等
G27	不指定	参考点返回检验	—	外腔铣削
G28	不指定	自动返回参考点	—	—
G29	不指定	从参考点返回	—	执行最后自动循环
G30 ~ G31	不指定	—	—	镜像设置/注销
G32	不指定	螺纹切削	—	—
G33	等螺距螺纹切削	—	铣等螺距螺纹	单遍螺纹切削
G34	增螺距螺纹切削	—	铣增螺距螺纹	增螺距螺纹切削
G35	减螺距螺纹切削	—	铣减螺距螺纹	减螺距螺纹切削
G36 ~ G39	永不指定	—	—	自动螺纹加工等
G40	刀具补偿偏置注销	刀具半径补偿注销	刀具半径补偿注销	刀具补偿注销
G41	刀具补偿—左	刀具半径补偿—左	刀具半径补偿—左	刀具补偿—左
G42	刀具补偿—右	刀具半径补偿—右	刀具半径补偿—右	刀具补偿—右
G43	刀具偏置—正	正向长度补偿	—	—
G44	刀具偏置—负	负向长度补偿	—	—
G45	刀具偏置 +/+	—	—	夹具偏移
G46	刀具偏置 +/-	—	—	双正轴暂停
G47	刀具偏置 -/-	—	—	动态 Z 轴 DRO 方式
G48	刀具偏置 -/+	—	—	—
G49	刀具偏置 0/+	取消长度补偿	—	—
G50	刀具偏置 0/-	坐标系设定或最大 主轴转速限制	—	M 码定义输入
G51	刀具偏置 +/0	—	—	—