

SHUKONG JICHUANG BIANCHENG YU JIAGONG SHIXUN JIAOCHENG

高职高专教育“十二五”机械类规划教材

GAOZHI GAOZHUAN JIAOYU SHIERWU JIXIELEI GUIHUA JIAOCAI

数控机床编程与 加工实训教程

- 主 编 \ 唐 庆
- 副主编 \ 罗 彬 吴 维
- 主 审 \ 李华志



西南交通大学出版社
<http://press.swjtu.edu.cn>

高职高专教育“十二五”机械类规划教材

数控机床编程与加工实训教程

主 编 唐 庆

副主编 罗 彬 吴 维

主 审 李华志



西南交通大学出版社

· 成都 ·

内 容 简 介

本书详细介绍了华中数控系统编程及机床操作、加工方法和数控线切割机床编程、加工,结合数控国家职业标准(中级)的要求,从职业技能入手,采用模块化的实训方式,以典型零件的工艺分析和编程为引导,不仅强调了实际加工训练,而且具有很强的数控实训的可操作性。

全书共分为3章,包括数控铣(加工中心)编程、加工实训,数控车编程、加工实训,电加工编程、加工实训。书中的例题、加工数据等均为典型的数控加工实例,并经过实践检验。

本书可作为高职高专数控技术应用、机械制造与自动化、模具设计与制造、机电一体化等专业数控技能实训教材,也可作为各职业技能培训机构的数控参考教材,同时还可作为成人教育、中专、技校、职高等相关专业师生及工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床编程与加工实训教程 / 唐庆主编. — 成都:
西南交通大学出版社, 2012.1
高职高专教育“十二五”机械类规划教材
ISBN 978-7-5643-1486-6

I. ①数… II. ①唐… III. ①数控机床—程序设计—
高等职业教育—教材②数控机床—加工—高等职业教育—
教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 236535 号

高职高专教育“十二五”机械类规划教材
数控机床编程与加工实训教程

主 编 唐 庆

*

责任编辑 李芳芳

特邀编辑 赵雄亮

封面设计 何东琳设计工作室

西南交通大学出版社出版发行

成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川森林印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 8.25

字数: 205 千字

2012 年 1 月第 1 版 2012 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-1486-6

定价: 16.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

现代数控技术集传统的机械制造技术、计算机技术、现代控制技术、传感检测技术、信息处理技术、网络通信技术、液压气动技术等于一体,是制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础,是提高产品质量、提高劳动生产率必不可少的重要手段,已成为衡量一个国家制造业水平的重要标志之一。为了增强企业的竞争能力,制造业已开始广泛使用先进的数控技术,而掌握数控技术的机电复合型人才已成为全社会普遍关注的热点问题。数控人才短缺的问题已引起中央领导、教育部、劳动与社会保障部等政府部门的高度重视。

根据新形势下对人才的需求以及机械制造专业、模具设计与制造专业、数控技术专业以及机电一体化等专业的现状、特点和人才的需求情况,我们对这些专业的实践教育的教学计划、课程体系和使用教材现状进行了充分的研讨,一致认为:编写的教材要遵循理论和实践相结合、突出实践为主的原则,结合数控车、数控铣、加工中心操作工(中级)技能鉴定考核大纲的要求编写实训教材。本书以培养学生的实践动手能力为主,突出操作技能与应用能力的培养,贯彻实践与理论相结合。

本书主要讲述华中数控系统的编程方法、编程实例及机床操作、加工,取材适当、内容丰富、理论联系实际,书中配有大量编程实例及实训零件图,图文并茂、直观易懂,便于学生学习,同时注意吸取本专业应用的最新成果,兼顾了数控加工编程技术的先进性和实用性。全书共3章:第1章为数控铣床(加工中心)编程、加工,主要讲述数控铣床(加工中心)编程概述、常用数控指令及用法、固定循环指令、其他常用编程指令及应用、数控铣床实训等;第2章为数控车床编程、加工,主要讲述车削加工基本准备功能指令,车削复合循环,数控车削加工实训等;第3章为数控线切割、电火花成形机床加工,主要讲述数控线切割加工概述、数控线切割机床的编程方法、电火花成形加工、数控线切割实训、电火花成形机实训等。

本书着重加强针对性和实用性,不仅注重内容和体系的改革,还注重教育方法和手段的改革,满足实习教育和科技发展的需要。本教程可作为高职高专数控技能实训教材,也可作为各职业技能培训机构的数控参考教材,同时还可作为成人教育、中职等相关专业师生及工程技术人员参考书。

本书由成都电子机械高等专科学校唐庆担任主编,罗彬、吴维担任副主编。其中,第1章由唐庆、罗彬编写;第2章由吴维、李可编写;第3章由尹红编写。全书由唐庆负责统稿和定稿。

本书由成都电子高专李华志教授主审。

由于编者的水平和经验有限,书中难免存在不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2011年9月

目 录

第 1 章 数控铣床（加工中心）编程、加工	1
1.1 数控铣床（加工中心）编程概述	1
1.2 常用数控指令及用法	10
1.3 固定循环指令	19
1.4 其他常用编程指令及应用	26
1.5 数控铣床实训	30
1.6 DNC 传输加工	64
第 2 章 数控车削编程、加工	68
2.1 车削加工基本准备功能指令	68
2.2 车削复合循环	77
2.3 数控车削加工实训	84
第 3 章 数控线切割、电火花成形机床加工	105
3.1 数控线切割加工概述	105
3.2 数控线切割机床的编程方法	111
3.3 电火花成形加工	115
3.4 数控线切割实训（实训一）	118
3.5 电火花成形机实训（实训二）	122
参考文献	126

第1章 数控铣床（加工中心）编程、加工

1.1 数控铣床（加工中心）编程概述

1.1.1 数控编程的内容与步骤

一般说来，数控机床程序编制的内容包括：分析工件图样、确定加工工艺过程、数值计算、编写零件加工程序单、程序输入数控系统、校对加工程序和首件试加工。

1. 分析工件图样

分析工件的材料、形状、尺寸、精度及毛坯形状和热处理要求等，以便确定该零件是否适合在数控机床上加工，或适合在哪种类型的数控机床上加工。只有那些批量小、形状复杂、精度要求高及生产周期要求短的零件，才最适合数控加工，并且要明确加工内容和要求。

2. 确定加工工艺过程

在对零件图样作了全面分析的前提下，确定零件的加工方法（如采用的工夹具、装夹定位方法等）、加工路线（如对刀点、换刀点、进给路线）及切削用量等工艺参数（如进给速度、主轴转速、切削宽度和切削深度等）。制订数控加工工艺时，除要考虑数控机床使用的合理性及经济性外，还须考虑所用夹具应便于安装，便于协调工件和机床坐标系的尺寸关系，对刀点应选在容易找正、并在加工过程中便于检查的位置，进给路线应尽量短，并使数值计算容易，加工安全可靠等。

3. 数值计算

根据工件图及确定的加工路线和切削用量，计算出数控机床所需的输入数据。数值计算主要包括计算工件轮廓的基点和节点坐标等。

4. 编写零件的加工程序单

根据加工路线，计算出刀具运动轨迹坐标值和已确定的切削用量以及辅助动作，依据数控装置规定使用的指令代码及程序段格式，逐段编写零件加工程序单。

5. 程序输入数控系统

程序单编好之后,需要通过一定的方法将其输入给数控系统。常用的输入方法有:

(1) 手动数据输入。按所编程序单的内容,通过操作数控系统键盘上各数字、字母、符号键进行输入,同时利用 LCD 显示器显示内容进行检查。即将程序单的内容直接通过数控系统的键盘手动键入数控系统。

(2) 用控制介质输入。控制介质多采用磁盘、U 盘、光盘等将程序输入给数控系统,控制数控机床工作。

(3) 通过机床的通信接口输入。将数控加工程序,通过与机床控制的通讯接口连接的电缆直接快速输入到机床的数控装置中。

6. 校对加工程序、首件试加工

通常数控加工程序输入完成后,需要校对其是否有错误。一般是将加工程序上的加工信息输入给数控系统进行空运转检验,也可在计算机上利用数控加工仿真软件进行校验。

对于批量加工零件,为进一步考察程序单的正确性并检查工件是否达到加工精度,还需进行首件试加工。根据试切情况反过来进行程序单的修改以及采取尺寸补偿措施等,直到加工出满足要求的零件为止。

1.1.2 数控编程的方法

程序编制方法有手工编程与计算机辅助自动编程两种。

1. 手工编程

从零件图样分析、工艺处理、数值计算、编写程序单、制作控制介质直至程序校验等各步骤均由人工完成,称为“手工编程”。手工编程适用于点位加工或几何形状不太复杂的零件加工,或程序编制坐标计算较为简单、程序段不多、程序编制易于实现的场合。这时,手工编程(有时手工编程也可用计算机进行数值计算)显得经济而且及时。对于几何形状复杂,尤其是由空间曲面组成的零件,编程时数值计算繁琐,所需时间长,且易出错,程序校验困难,用手工编程难以完成。据有关统计表明,对于这样的零件,编程时间与机床加工时间之比的平均值约为 30:1。所以,为了缩短生产周期,提高数控机床的利用率,有效地解决各种零件的加工问题,必须采用自动编程。

2. 自动编程

自动编程也称为计算机(或编程机)辅助编程,即程序编制工作的大部分或全部由计算机完成,如完成坐标值计算、编写零件加工程序单等,有时甚至能帮助进行工艺处理。自动编程编出的程序还可通过计算机或自动绘图仪进行刀具运动轨迹的图形检查,编程人员可以及时检查程序是否正确,并及时修改。自动编程大大减轻了编程人员的劳动强度,效率提高

几十倍乃至上百倍,同时解决了手工编程无法解决的许多复杂零件的编程难题。工作表面形状愈复杂,工艺过程越繁琐,自动编程的优势越明显。

1.1.3 程序编制中的坐标系

1. 机床坐标系

为了保证数控机床的运动、操作及程序编制的一致性,数控标准统一规定了机床坐标系和运动方向,编程时采用统一的标准坐标系。

(1) 坐标系建立的基本原则。

① 坐标系采用笛卡儿直角坐标系,右手法则,如图 1.1 所示,基本坐标轴为 X 、 Y 、 Z 直角坐标,相应于各坐标轴的旋转坐标分别记为 A 、 B 、 C 。

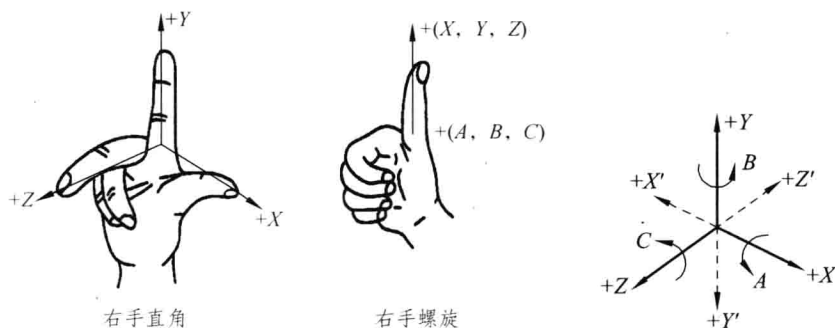


图 1.1 右手直角坐标系

② 采用假设工件固定不动,刀具相对工件移动的原则。由于机床的结构不同,有的是刀具运动,工件固定不动;有的是工件运动,刀具固定不动。为编程方便,一律规定工件固定,刀具运动。

③ 采用使刀具与工件之间距离增大的方向为该坐标轴的正方向,反之则为负方向,即取刀具远离工件的方向为正方向。旋转坐标轴 A 、 B 、 C 的正方向确定方法如图 1.1 所示,即按右手螺旋法则确定。

(2) 各坐标轴的确定。

确定机床坐标轴时,一般先确定 Z 轴,然后确定 X 轴和 Y 轴。

Z 轴: 规定与机床主轴轴线平行的标准坐标轴即为 Z 轴。 Z 轴的正方向是刀具与工件之间距离增大的方向。

X 轴: 为水平的、平行于工件装夹平面的轴。对于刀具旋转的机床,若 Z 轴为水平时,由刀具主轴的后端向工件看, X 轴正方向指向右方;若 Z 轴为垂直时,由主轴向立柱看, X 轴正方向指向右方。对无主轴的机床(如刨床), X 轴正方向平行于切削方向。

Y 轴: 垂直于 X 及 Z 轴,按右手法则确定其正方向。

图 1.2 所示为数控车床加工中心的坐标系。

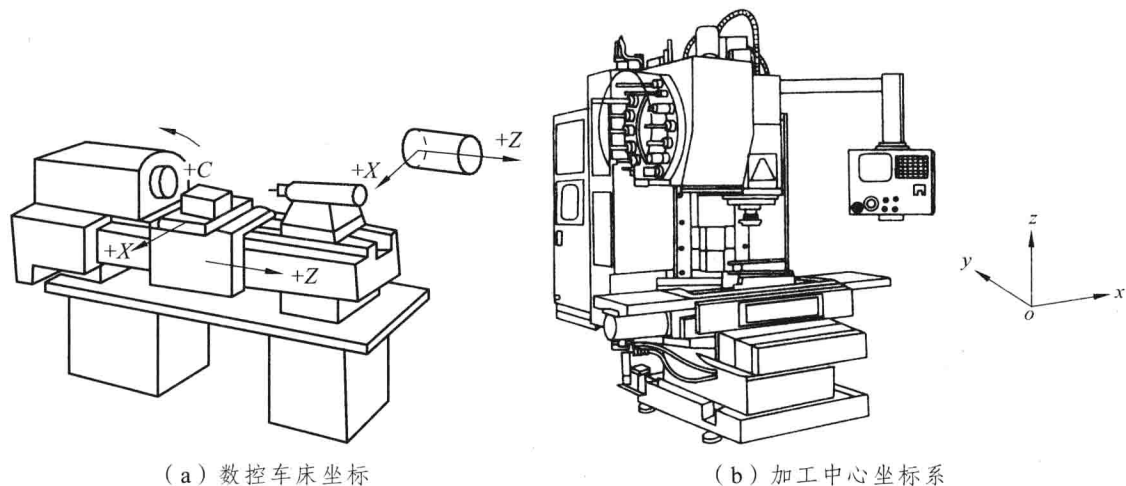


图 1.2 数控机床坐标系

(3) 机床坐标系的原点。

机床坐标系的原点也称机械原点、参考点或零点,这个原点是机床上固有的点,机床一经设计和制造出来,机械原点就已经被确定下来。机床启动时,通常要进行机动或手动回零,就是回到机械原点。数控机床的机械原点一般在直线坐标或旋转坐标回到正向的极限位置。

2. 工件坐标系 (亦称编程坐标系)

当零件在机床工作台上装夹好以后,如果使用机床坐标系来编制数控加工程序,则会感到很麻烦。因为零件的形状及尺寸均以有关基准来标注,而并未在零件图样上反映出它在数控机床加工空间中的位置,即使经过对刀或在线检测等手段获知了其位置数据,如要编制数控加工程序时,尚需换算成零件各基点在机床坐标系中的数据。基于以上原因,就需要在与工件有确切位置关系且易于编程的空间点处建立工件坐标系。

工件坐标系是人为设定的,用于确定工件几何图形上各几何要素的位置,为编程提供数据基础,所以又叫做编程坐标系,该坐标系的原点叫做工件原点。该坐标系与机床坐标系是不重合的。理论上工件原点设置是任意的,但实际上,它是编程人员根据零件特点为了方便编程、保证加工精度以及尺寸的直观性而设定的。

工件坐标系原点的选择原则是:

- (1) 坐标值的计算方便,编程简单;
- (2) 引起的加工误差最小;
- (3) 加工时容易对刀、尺寸测量。

工件坐标系原点一般按以下几点进行选择:

- (1) 工件坐标系原点应选在零件的设计基准上,这样便于坐标值的计算,并减少误差;
- (2) 工件坐标系原点尽量选在精度较高的工件表面,以提高被加工零件的对刀精度;
- (3) 对于对称零件,工件坐标系原点应设在对称中心上;
- (4) 回转类零件,工件坐标系原点设在回转中心上;
- (5) 对于一般零件,工件坐标系原点设在工件轮廓某一角上;

(6) Z轴方向上坐标系原点一般设在工件表面。

1.1.4 数控加工程序的结构、格式

1. 程序结构

一个完整的加工程序由程序号、程序内容和程序结束符号等组成。

在加工程序的开头要有程序号，以便进行程序检索。程序号就是给零件数控加工程序一个编号，并说明该零件加工程序开始。程序号一般以字母“O”或“%”打头，后面跟4位阿拉伯数字，如O3515、%3412。程序内容则表示全部的加工程序。程序结束可用指令M02或M30作为整个程序结束的符号来结束程序，程序结束应位于最后一个程序段。

2. 程序格式

(1) 程序段的构成要素。

数控加工程序由若干个程序段组成。每个程序段包含若干个指令字（简称字），每个字由若干个字符组成。

图1.3所示为某格式的一个程序段及其含义：

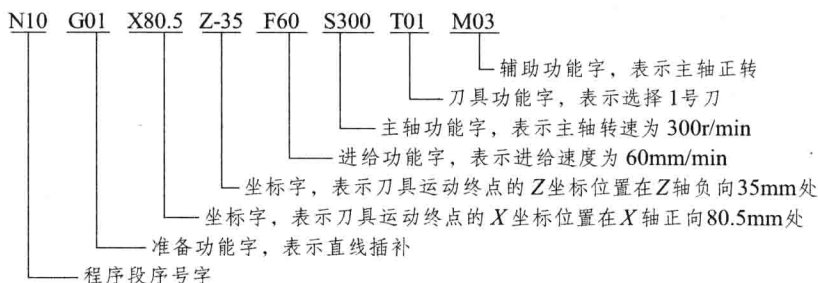


图 1.3 程序段格式

该程序段命令机床用 1 号刀具以 300 r/min 的速度正转，并以 60 mm/min 的进给速度直线插补运动至 X80.5 mm 和 Z-35 mm 处。

(2) 程序段格式。

一个程序段由多个字组成，这些字可分为顺序号字、准备功能字、尺寸字、进给功能字、主轴功能字、刀具功能字、辅助功能字和程序段结束字等。每个字都由称为地址码的英文字母开头，程序段中各类字的意义如下：

① 程序段顺序号字。由地址码 N 及后续 2~4 位数字组成，用于对各程序段编号。编号的顺序也就是各程序段的执行顺序。

② 准备功能字。准备功能字由地址码 G 及其后续 2 位数字组成，从 G00~G99 共 100 种。G 功能的主要作用是指定数控机床的运动方式，为数控系统的插补运算等做好准备。所以它一般都位于程序段中尺寸字的前面而紧跟在程序段序号字之后。表 1.1 是华中数控系统规定的 G 代码功能表（其中一部分代码未规定其含义）。

表 1.1 准备功能 G 代码

G 指 令	组 号	功 能
G00	01	快速定位
G01		直线插补
G02		顺时针圆弧插补/顺时针螺旋线插补
G03		逆时针圆弧插补/逆时针螺旋线插补
G04	00	暂 停
G09		准确停止
G15	17	极坐标编程方式取消
G16		极坐标编程方式打开
G17*	02	选择 XY 插补平面
G18		选择 XZ 插补平面
G19		选择 YZ 插补平面
G20	08	英寸输入
G21*		毫米输入
G22		脉冲当量
G24	03	镜 像
G25		取消镜像
G27	00	返回参考点检测
G28		返回参考点
G29		从参考点返回
G40*	09	刀具半径补偿取消
G41		左侧刀具半径补偿
G42		右侧刀具半径补偿
G43	10	正向刀具长度补偿
G44		负向刀具长度补偿
G49*		刀具长度补偿取消
G50*	04	比例缩放取消
G51		比例缩放
G52	00	局部坐标系设定
G53		直接机床坐标系编程
G54 ~ G59	11	选择工件坐标系 1 ~ 6

续表 1.1

G 指 令	组 号	功 能
G65	00	宏程序调用
G66	12	宏程序模态调用
G67*		宏程序调用取消
G68	05	坐标旋转
G69*		坐标旋转取消
G73	06	深孔高速钻削循环
G74		攻左旋螺纹循环
G76		精镗循环
G80*		固定循环取消/外部操作功能取消
G81		普通钻孔循环/铰镗循环或外部操作功能
G82		铰孔循环
G83		啄式钻孔循环
G84		攻右旋螺纹循环
G85		镗孔循环
G86		镗孔循环
G87		反镗循环
G88		镗孔循环
G89		镗孔循环
G90	13	绝对值编程
G91		增量值编程
G92	00	设定工件坐标系
G94	14	每分进给
G95		每转进给
G98	15	固定循环返回初始点
G99		固定循环返回 R 点

- 注：① 带*号的 G 指令表示接通电源时，即为该 G 指令的状态。
- ② 00 组 G 指令都是非模态 G 指令。
- ③ 不同组的 G 指令在同一个程序段中可以指令多个，但如果在同一个程序段中指令了两个或两个以上同一组的 G 指令时，则只有最后一个 G 指令有效。

G 代码有两种：一种是模态代码，它一经被运用，就一直有效，直到出现同组的其他 G 代码时才被取代；另一种是非模态代码，它只在出现的程序段中有效。不同组的 G 代码在同一程序段中可以指定多个。G 代码功能的具体应用将在后面重点介绍。

③ 尺寸字。尺寸字也称坐标字，用于给定各坐标轴位移的方向和数值。它由各坐标轴

地址码及正、负号和其后的数值组成。尺寸字安排在 G 功能字之后。尺寸字的地址对直线进给运动为 X、Y、Z、U、V、W、P、Q、R，对于绕轴回转运动为 A、B、C、D、E。此外还有插补参数字（地址码）I、J 和 K 等。尺寸字的单位对直线位移多为“毫米”，也有用脉冲当量的；回转运动则用“弧度”或“转”。具体情况视选用的数控系统而定。

1.1.5 辅助功能指令

辅助功能也称 M 功能，由地址码 M 及后续两位数字组成，从 M00~M99 共 100 种。它是控制机床各种开/关功能的指令。注意：在同一个程序段里，不能有 2 个 M 代码。表 1.2 是常用的 M 代码。

表 1.2 常用辅助功能 M 代码

序号	代码	模态	功 能	序号	代码	模态	功 能
1	M00	非模态	程序停止	8	M07	模态	冷却开
2	M01	非模态	选择停止	9	M08	模态	冷却开
3	M02	非模态	程序结束	10	M09	模态	冷却关
4	M03	模态	主轴正转	11	M19	非模态	主轴定向停止
5	M04	模态	主轴反转	12	M30	非模态	程序结束,并返回程序首段
6	M05	模态	主轴停转	13	M98	非模态	调用子程序
7	M06	非模态	自动换刀	14	M99	非模态	子程序结束,返回主程序

辅助功能指令主要是控制机床开/关功能的指令，如主轴的启停、冷却液的开停、运动部件的夹紧与松开等辅助动作。M 功能常因生产厂及机床的结构和规格不同而异，这里介绍常用的 M 代码。

(1) M00：程序停止指令。

在执行完含 M00 的程序段指令后，机床的主轴、进给、冷却液都自动停止。这时可执行某一固定手动操作，如工件调头、手动换刀或变速等。固定操作完成后，须重新按下启动键，才能继续执行后续的程序段。

(2) M01：选择停止指令。

该指令与 M00 类似，所不同的是操作者必须预先按下面板上的“选择停止”按钮，M01 指令才起作用，否则系统对 M01 指令不予理会。该指令在关键尺寸的抽样检查或需临时停车时使用较方便。

(3) M02：程序结束指令。

该指令编在最后一条程序段中，用以表示加工结束。它使机床主轴、进给、冷却都停止，并使数控系统处于复位状态。此时，光标停在程序结束处。

(4) M03、M04、M05：主轴旋转方向指令。

分别命令主轴正转（M03）、反转（M04）和主轴停止转动（M05）。

(5) M06: 换刀指令。

该指令用于加工中心的自动换刀。自动换刀过程分为换刀和选刀两类动作。把刀具从主轴上取下, 换上所需刀具称为换刀; 选刀是选取刀库中的刀具, 以便为换刀作准备。换刀用 M06, 选刀用 T 功能指定。例如, “N035 M06 T13” 表示换上第 13 号刀具。

(6) M07: 2 号冷却液开, 用于雾状冷却液开。

(7) M08: 1 号冷却液开, 用于液状冷却液开。

(8) M09: 冷却液关。

(10) M19: 主轴定向停止。

使主轴准停在预定的角度位置上。用于镗孔时, 镗刀穿过小孔镗大孔、反镗孔和精镗孔退刀时使镗刀不划伤已加工表面。某些数控机床自动换刀时, 也需要主轴定向停止。

(11) M30: 程序结束。

该指令与 M02 类似, 但 M30 可使程序返回到开始状态, 使光标自动返回到程序开头处, 一按启动键就可以再一次运行程序。

1.1.6 其他功能指令

1. 进给功能字

进给功能也称 F 功能, 由地址码 F 及其后续的数值组成, 用于指定刀具的给速度。进给功能字应写在相应轴尺寸字之后, 对于几个轴合成运动的进给功能字, 应写在最后一个尺寸字之后。

F 功能指令用于控制切削进给量, 在程序中有两种使用方法。

(1) 每分钟进给量 G94。

编程格式: G94 F____。 F 后面的数字表示的是每分钟进给量, 单位为 mm/min (系统默认)。例如, G94 F100 表示进给量为 100 mm/min。

(2) 每转进给量 G95。

编程格式: G95 F____。 F 后面的数字表示的是主轴每转进给量, 单位为 mm/r。例如, G95 F0.2 表示进给量为 0.2 mm/r。

2. 主轴转速功能

主轴转速功能也称 S 功能, 由地址码 S 及后续的若干位数字组成, 用于指定机床主轴转速, 单位为 r/min (系统默认)。

编程格式: S____ M____。例如, 用直接指定法时, S1500 M03 表示主轴正转, 转速为 1 500 r/min。

3. 刀具功能字

刀具功能也称 T 功能, 由地址码 T 及后续的若干位数字组成, 用于更换刀具时指定刀具或显示待换刀号。

编程格式：T____。在加工中心上，T 后面跟两位数字，两位数字表示刀具号，如 T02 表示选用 2 号刀具；在数控车床上，T 后面跟四位数字，前两位是刀具号，后两位是刀具长度补偿号，又是刀尖圆弧半径补偿号，如 T0203 指令 02 为刀具号（选择 2 号刀具），03 为刀具补偿值组号（调用第 3 号刀具补偿值）。刀具补偿用于对换刀、刀具磨损、编程等产生的误差进行补偿。

1.2 常用数控指令及用法

1.2.1 基本准备功能指令及用法

G 代码是与插补有关的准备功能指令，在数控编程中极其重要。目前，不同数控系统的 G 代码并非完全一致，因此编程人员必须熟悉所用机床及数控系统的规定。以下介绍华中数控系统常用的 G 代码指令及其编程方法。

(1) G54、G55、G56、G57、G58、G59：工件坐标系设定指令。

一般数控机床可以预先设定 6 个（G54~G59）工件坐标系。G54~G59 是通过设定工件坐标系原点在机床坐标系里的偏置量，从而建立的工件坐标系。在机床操作时，通过对刀操作测定出工件坐标系原点相对于机床坐标系原点分别在 x 、 y 、 z 方向上得坐标值，并把该坐标值通过参数设定的方式输入到机床参数数据库中，如图 1.4 所示。

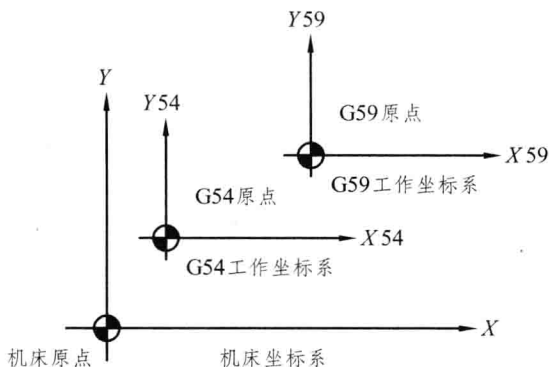


图 1.4 工件坐标系与机床坐标系

数控加工程序一旦指定了 G54~G59 中的一个，则该工件坐标系原点即为当前程序原点，后续程序段中的工件绝对坐标均为相对此程序原点的值，例如，某段程序如下：

```
N01 G54 G00 G90 X30 Y40
```

在执行 N01 句时，系统会选定 G54 坐标系作为当前工件坐标系，然后再执行 G00 移动到该坐标系中的 A 点（见图 1.5）。

使用 G54~G59 建立工件坐标系时，该指令可单独指定，也可与其他程序同段指定（见上面程序段 N01 句），如果该段程序中有位置指令就会产生运动。

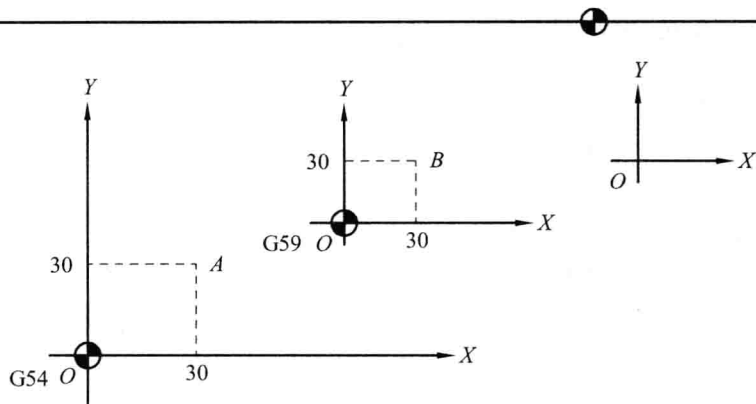


图 1.5 工件坐标系的使用

对于程序员而言，一般只要知道工件上的程序原点就足够了，因为编程与机床原点、机床参考点及装夹原点无关，也与所选用的数控机床型号无关（但与数控机床的类型有关）。但对于机床操作者来说，必须十分清楚所选用的数控机床的上述各原点及其之间的偏移关系，不同的数控系统，程序原点设置和偏移的方法不完全相同，必须参考机床用户手册和编程手册。

(2) G90、G91：绝对坐标编程与增量坐标编程指令。

G90：绝对坐标编程指令。刀具运动过程中所有的位置坐标均以固定的坐标原点为基准来给出。例如，在图 1.6 (a) 中， A 点坐标为 $X_A=20$ ， $Y_A=32$ 。 B 点坐标为 $X_B=60$ ， $Y_B=77$ 。

G91：增量坐标编程指令，又叫相对坐标编程指令。刀具运动的位置坐标是以刀具前一点的位置坐标与当前位置坐标之间的增量给出的，终点相对于起点的方向与坐标轴相同取正、相反取负。如图 1.6 (b) 中，加工路线为 AB ，则 B 点相对于 A 点的增量坐标为 $X_B=40$ ， $Y_B=45$ 。

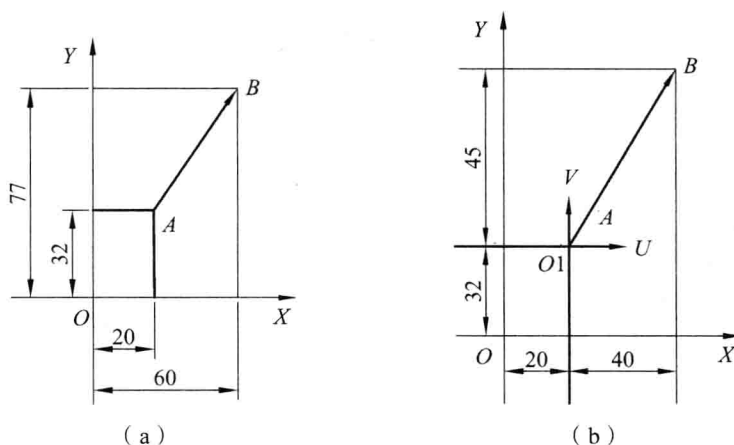


图 1.6 绝对坐标与增量坐标

(3) G00：快速点定位。

命令刀具以点定位控制方式快速移动到指定位置，用于刀具的快进、快退运动。进给速

度 F 对 $G00$ 程序段无效, $G00$ 只是快速到位, 运动轨迹视系统设计而定。

指令格式: $\begin{Bmatrix} G90 \\ G91 \end{Bmatrix} G00 X_Y_Z_。$

式中: X 、 Y 、 Z 分别为 $G00$ 目标点的坐标。

例如, 在图 1.6 中, 刀具从 A 快速运动到 B , 编程方式分别为:

绝对方式: $G90 G00 X60 Y77。$

增量方式: $G91 G00 X40 Y45。$

注意: $G00$ 指令仅精确控制起点、终点的坐标位置, 不能严格控制运行轨迹, 因此 $G00$ 指令不能用于切削加工。

(4) $G01$: 直线插补。

命令机床数个坐标间以联动方式直线插补到规定位置, 这时刀具按指定的 F 进给速度沿起点到终点的连线作直线切削运动。

指令格式: $\begin{Bmatrix} G90 \\ G91 \end{Bmatrix} G01 X_Y_Z_F_。$

式中, F 用于指定进给速度 (数控铣、加工中心默认单位为 mm/min); X 、 Y 、 Z 分别表示 $G01$ 的终点坐标。

例如, 在图 1.7 中, 要求刀具由 O 点快速移至 A 点, 然后加工直线 AB 、 BC 、 CA , 最后由 A 点快速返回起始点。

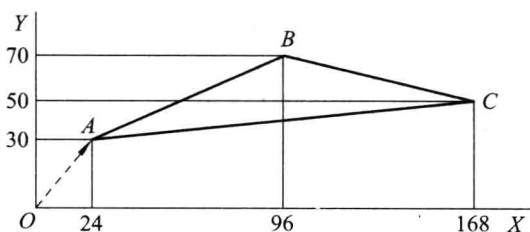


图 1.7 直线插补 $G01$

其程序如下:

O2714

N10 G54 G90 G00 X0 Y0

N20 S800 M03

N30 G00 X24 Y30

N40 G01 X96 Y70 F100

N50 X168 Y50

N60 X24 Y30

N70 G00 X0 Y0

N80 M02;

(5) $G17$ 、 $G18$ 、 $G19$: 插补平面选择。

$G17$ 表示 XY 平面插补, $G18$ 表示 XZ 平面插补, $G19$ 表示 YZ 平面插补。当机床只有一个坐标平面时 (如车床), 平面选择指令可省略。例如, 在 XY 平面加工时, 一般 $G17$ 可省略不写。