

国家职业技能鉴定培训教材

数控车床操作工

(中、高级)

张璐青 主编



SHUKONG CHECHUANG CAOZUOGONG



化学工业出版社

国家职业技能鉴定培训教材

数控车床操作工

(中、高级)

张璐青 主编

SHU KONG CHE CHUANG CAO ZUO GONG



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

数控车床操作工: 中、高级/张璐青主编. —北京: 化学工业出版社, 2008. 11

国家职业技能鉴定培训教材

ISBN 978-7-122-03581-3

I. 数… II. 张… III. 数控机床: 车床-操作-职业技能鉴定-教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 130438 号

责任编辑: 王 烨
责任校对: 陈 静

文字编辑: 吴开亮
装帧设计: 关 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 北京市兴顺印刷厂
850mm × 1168mm 1/32 印张 10 字数 275 千字
2009 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 25.00 元

版权所有 违者必究

前 言

数控加工是机械制造业中的先进加工技术，在企业生产中，数控机床的使用已经非常普遍。在现代机械制造业中，正广泛采用数控技术以提高工件的加工精度和生产效率。随着数控机床的大量使用，社会需要大批熟练掌握现代数控机床编程、操作、维修的技能型人才。本书就是为了适应我国目前缺乏数控操作技术工人的现状，以及职业教育发展的需要而编写的。

本书根据《国家职业标准》中高级数控车床操作工的基本要求，紧紧围绕职业技能鉴定，以数控车床操作工的编程和操作技能为主线，在技能操作中讲解相关的理论知识，而在讲解某个理论知识点时，又针对该知识点配备了相关技能实例。因此本书将理论知识和操作技能有机结合在一起，内容精练实用，既有利于教师讲解，又有利于学生自学。具体来说有以下几个特点：

一、全书分为数控车床编程与操作篇、模拟试题篇。这种内容结构不但有利于考生复习，也兼顾了广大读者日常工作中操作机床的基本要求。

二、在数控车床编程与操作篇，以考点为序进行内容编排，内容涉及编程、操作、综合实例分析、自动编程与加工、加工仿真软件的应用等，考点后还配有单元测试题和详细的解答。

三、模拟试题篇收录了全国数控大赛数控车理论知识竞赛样题及答案、中、高级数控车床操作工理论模拟试卷及答案（各四套）和中、高级数控车床操作工操作技能模拟试卷（各四套），为读者备考提供了充足的演练资料。

本书可以作为数控车床操作工职业技能培训与鉴定考核用书，也可以作为中职中专、高职高专相关课程的教材，也是从事数控车床操作与编程的工程技术人员实用参考书。

本书由张璐青主编，王定勇和张导成参加了编写。全书由张璐青统稿。

由于编写时间仓促，编者水平和经验有限，数控技术发展迅速，书中难免存在不足之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 篇 数控车床编程与操作	1
考点一 数控车床编程	1
1.1 数控机床编程基本概念	1
1.1.1 数控加工程序编制	1
1.1.2 数控程序编制方法	1
1.1.3 编程的内容和步骤	2
1.1.4 数控加工程序	3
1.2 准备功能指令及辅助功能指令详解	4
1.2.1 G 准备功能指令	4
1.2.2 M 辅助功能指令	23
1.2.3 子程序	23
1.2.4 宏程序	27
单元测试题一	33
单元测试题一参考答案	38
考点二 数控车床的操作	45
2.1 FANUC 系统数控车床控制面板	45
2.1.1 CRT、MDI 操作面板及各功能键的作用	45
2.1.2 机床操作面板及各功能键的作用	47
2.2 FANUC 系统数控车床的基本操作	50
2.2.1 数控加工的准备	50
2.2.2 数控车床的对刀与刀具补偿方法	50
2.2.3 工件的装夹	54
2.2.4 刀具安装	56
单元测试题二	58
单元测试题二参考答案	60
考点三 综合实例分析	62
3.1 在数控车床上加工零件时应注意的问题	62

3.1.1	正确确定程序原点	62
3.1.2	设置坐标系	63
3.1.3	正确应用绝对/增量坐标系编程	64
3.1.4	正确拟定加工过程	64
3.1.5	加工中注意事项	65
3.1.6	正确使用操作面板	65
3.2	加工实例分析	68
3.2.1	轴类零件的加工	68
3.2.2	盘类零件的加工	72
3.2.3	复杂零件的加工	78
3.2.4	组合件的加工	89
考点四	数控车自动编程与加工	95
4.1	数控车 CAD/CAM 软件介绍	95
4.2	Mastercam 数控车图形绘制	95
4.2.1	图形分析	96
4.2.2	操作步骤	96
4.3	Mastercam 数控车自动编程实例	98
4.3.1	分析零件图	99
4.3.2	工作设定	99
4.3.3	端面加工	101
4.3.4	外圆粗加工	104
4.3.5	外圆精加工	107
4.3.6	切槽加工	108
4.3.7	螺纹加工	112
4.3.8	操作管理	113
4.3.9	程序后处理	114
考点五	数控加工仿真软件的应用	117
5.1	FANUC 数控仿真系统的界面	117
5.1.1	进入数控加工仿真系统	117
5.1.2	仿真系统操作界面	119
5.2	数控车床仿真软件的操作	126
5.2.1	进入系统	126
5.2.2	加工过程	126
5.3	数控仿真软车床模拟加工零件全过程	137

5.3.1	系统和机床类型选择	137
5.3.2	工件毛坯与刀具选择	137
5.3.3	工件坐标系的参数设定及对刀	138
5.3.4	模拟仿真加工	138
5.3.5	用仿真测量功能检测零件	138
5.4	FANUC 数控车床仿真软件的其他常用功能	139
5.4.1	导出零件模型	139
5.4.2	导入零件模型	139
5.4.3	调整零件位置	139
5.4.4	选择刀具	140
5.4.5	激活机床	141
5.4.6	设置多把刀具偏置值	141
5.4.7	车床刀具补偿参数	142
5.4.8	手动加工零件	144
5.4.9	数控程序管理	144
5.4.10	保存程序	145
5.4.11	自动加工方式	145
5.4.12	中断运行	147
5.4.13	MDI 模式	147
考点六	数控车床安全文明生产及机床维护	149
6.1	数控车床的文明生产和安全操作规程	149
6.2	数控车床日常维护	152
6.3	数控机床故障的诊断与排除 (高级)	155
6.3.1	数控机床故障诊断与排除的基本常识	155
6.3.2	数控机床故障排除的一般要求与诊断维修的阶段划分	159
6.3.3	故障维修的一般原则	160
6.3.4	数控机床维修的基本内容	162
6.3.5	数控车床故障的诊断与排除方法	164
6.4	各类故障提示内容及其解除方法 (高级)	167
	单元测试题	173
	单元测试题答案	175
第 2 篇	模拟试题篇	178
	中级数控车床操作工理论模拟试卷及答案	178
	高级数控车床操作工理论模拟试卷及参考答案	215

数控车床操作工（中级）操作技能模拟试卷	250
数控车床操作工（高级）操作技能模拟试卷	252
国家职业技能鉴定统一试卷（样卷）	254
全国数控大赛数控车理论知识竞赛样题（学生组/职工组）	259
全国数控大赛数控车理论知识竞赛样题参考答案	266
 附录 1 不同数控系统编程方法与操作	 270
1.1 SIEMENS 802D 系统数控车床编程与操作	270
1.1.1 SIEMENS 802D 系统数控车床编程方法	270
1.1.2 SIEMENS 802D 系统数控车床的操作	277
1.2 华中系统数控车床编程与操作	288
1.2.1 程序的编写格式	288
1.2.2 常用编程指令	289
1.2.3 华中系统数控车床操作	290
附录 2 数控车床操作工职业技能鉴定标准	300
2.1 职业概况	300
2.2 基本要求	303
2.3 工作要求	304
参考文献	310

第 1 篇 数控车床编程与操作

考点一 数控车床编程

1.1 数控机床编程基本概念

1.1.1 数控加工程序编制

编制数控加工程序是指从零件图纸到数控加工指令的有序排列（制成控制介质）的全过程。也就是将零件加工的工艺分析、加工顺序、零件轮廓轨迹尺寸、工艺参数（ F 、 s 、 t ）及辅助动作（变速、换刀、冷却液启停、工件夹紧松开等）等，用规定的文字、数字、符号组成的代码按一定的格式编写加工程序单，并将程序单的信息变成控制介质的全过程。

1.1.2 数控程序编制方法

数控编程分为手工编程和自动编程。

（1）手工编程

整个编程过程由人工完成。对编程人员的要求高（熟悉数控代码功能、编程规则，具备机械加工工艺知识和数值计算能力）。

适用：① 几何形状不太复杂的零件；

② 三坐标联动以下加工程序。

（2）自动编程

编程人员根据零件图纸的要求，按照某个自动编程系统的规定，将零件的加工信息用较简便的方式送入计算机，编程系统将根据数控系统的类型输出数控加工程序。

适用：① 形状复杂的零件；

② 虽不复杂但编程工作量很大的零件（如有数十个孔的零件）；

③ 虽不复杂但计算工作量大的零件（如非圆曲线轮廓的计算）。

（3）比较

用手工编程时，一个零件的编程时间与机床实际加工时间之比，平均约为 30 : 1。数控机床不能开动的原因中，有 20%~30% 是由于加工程序不能及时编制出造成的，编程自动化是当今的趋势，但手工编程是学习自动编程的基础。

1.1.3 编程的内容和步骤

（1）分析零件图样和制定工艺过程及工艺路线

该步骤主要包括的内容有：对零件图样要求的形状、尺寸、精度、材料及反向毛坯形状和热处理方法进行分析，明确加工内容和要求，确定加工方案，选择合适的数控机床；确定工件的定位基准；选用刀具及夹具；确定合理的走刀路线及选择合理的切削用量；同时还要考虑所用数控机床的指令功能，充分发挥机床的效能；加工路线要短；正确选择对刀点、换刀点，减少换刀次数。

（2）计算运动轨迹

根据图纸尺寸及工艺线路的要求，选定工件坐标系，计算零件轮廓和刀具运动轨迹的坐标值以及几何元素的起点、终点、圆弧的圆心、两几何元素的交点或切点的坐标值，对于形状比较复杂的由非圆曲线或曲面所组成的零件，应用直线或圆弧得到刀位数据，将坐标值按 NC 机床规定编程单位（脉冲当量）换算为相应的编程尺寸。

（3）编制程序及初步校验

根据制定的加工路线、切削用量、选用的刀具、辅助动作，按照数控系统规定指令代码及程序格式，编写零件加工程序，并进行校核、检查上述两个步骤的错误。

（4）制备控制介质

将程序单上的内容，经转换记录在控制介质上（如存储在磁盘上），作为数控系统的输入信息，若程序较简单，也可直接通过键盘输入。

（5）程序的校验和试切

所制备的控制介质，必须经过进一步的校验和试切削，证明是

正确无误，才能用于正式加工。如有错误，应分析错误产生的原因，进行相应的修改。

常用的校验和试切方法如下。

阅读法 通过阅读程序校对程序正确与否。

模拟法 检查程序的正确性，对于平面轮廓：用笔代刀具、坐标纸代工件，空运转绘图；对于空间曲面，用蜡块、塑料、木料或价格低的材料作工件进行试切；也可用静态（机床不动）或动态显示（空运行）的方法进行模拟。

试切法 用以检查运动轨迹正确性和加工精度。上述方法只能检查运动轨迹的正确性，不能判别加工误差。首件试切（在允许的条件下）方法不仅可查出程序单和控制介质是否有错，还可知道加工精度是否符合要求，当发现错误时，应分析错误的性质，或修改程序单，或调整刀具补偿尺寸，直到符合图纸规定的精度要求为止。

1.1.4 数控加工程序

（1）数控加工程序的定义

用数控语言规定的格式描述零件的几何形状和加工工艺的一套指令。

（2）程序段结构

一个完整的零件程序由若干个程序段组成，每个程序段由若干个指令字组成，一个指令字表示一个信息单元，每个指令字又由字母数字及符号组成。

（3）程序段格式

它是指在同一程序段中的指令字、字符和数字的排列顺序的规则。一般每个程序段完成一个动作。由于不同的数控机床的程序格式往往不同，所以编程时必须按数控系统要求的格式编写程序段，以免出错。

（4）程序段格式的种类

字地址可变程序段格式；固定顺序程序段格式；带分隔符可变程序段格式。目前国内外常用字地址可变程序段格式。

字地址可变程序段格式：每一个指令均以字母、数字和符号表示，字首是一个英文字母，称为地址。

(5) 程序段格式的一般表达式

N4 G02 X±53 Y±53 Z±53; F22 S4 T4 M02

其中 N4——程序段序号，用 4 位数表示；

G02——准备功能字，用 2 位整数表示；

X±53, Y±53, Z±53——分别为坐标指令字，可带正负号，数值长度为 8 位，小数点前最多用 5 位，小数点后用 3 位；

F22——进给速度功能字，小数点前用 4 位数表示，小数点后用 3 位数表示，mm/min、mm/r；

S4——主轴功能字，以地址符后带四位数或两位数表示，当用四位数表示时，其四位整数表示给定转速为 r/min，当用两位数表示时，则为有级转速的编组号，由具体的数控系统决定；

T4——刀具功能字，用 1~6 位数表示，一般用四位数表示；

M02——辅助功能字，用两位数表示。

程序名 程序名是一个程序必需的标识符，由地址符后带若干位数字组成。地址符常见的有：“%”、“O”、“P”等，视具体数控系统而定。

一个程序由若干个程序段组成。如 O005 为程序名（号），程序结束可用 M30，放在程序的结尾。

1.2 准备功能指令及辅助功能指令详解

[车床样例：SK500 (FANUC-0TD 系统) 宝鸡机床厂]

1.2.1 G 准备功能指令

由字母 G 和其后的两位数字组成，从 G00~G99。该指令的作用主要是指定数控机床加工方式，为数控装置的辅助运算、刀补运算、固定循环等做好准备。

代码组及其含义如下。

“模态代码”和“一般代码”介绍如下。

“模态代码”的功能在它被执行后会继续维持有效，而“一般代码”仅仅在收到该命令时起作用。定义移动的代码通常是“模态代码”，像直线、圆弧和循环代码。反之，像原点返回代码就叫“一般

代码”。每一个代码都归属其各自的代码组。在“模态代码”里，当前的代码会被加载的同组代码替换。准备功能代码见表 1. 1。

表 1. 1 G 准备功能代码一览表

G 代码	组别	解 释
G00	01	定位(快速移动)
G01		直线切削
G02		顺时针切圆弧(CW,顺时针)
G03		逆时针切圆弧(CCW,逆时针)
G04	00	暂停(Dwell)
G09		停于精确的位置
G20	06	英制输入
G21		公制输入
G22	04	内部行程限位有效
G23		内部行程限位无效
G27	00	检查参考点返回
G28		参考点返回
G29		从参考点返回
G30		回到第二参考点
G32	01	切螺纹
G40	07	取消刀尖半径偏置
G41		刀尖半径偏置(左侧)
G42		刀尖半径偏置(右侧)
G50	00	修改工件坐标;设置主轴最大的转速(r/min)
G52		设置局部坐标系
G53		选择机床坐标系
G70		精加工循环
G71		内外径粗切循环
G72		台阶粗切循环
G73		成形重复循环

续表

G 代码	组别	解 释
G74	00	Z 向步进钻削
G75		X 向切槽
G76		切螺纹循环
G90	01	(内外直径)切削循环
G92		切螺纹循环
G94		(台阶)切削循环
G96	12	恒线速度控制
G97		恒线速度控制取消
G98	05	每分钟进给速度
G99		每转进给速度

1.2.1.1 G00 (快速点定位)

(1) 格式

G00 X__Z__;

这个命令把刀具从当前位置移动到命令指定的位置 (在绝对坐标方式下), 或者移动到某个距离处 (在增量坐标方式下) (图 1.1)。

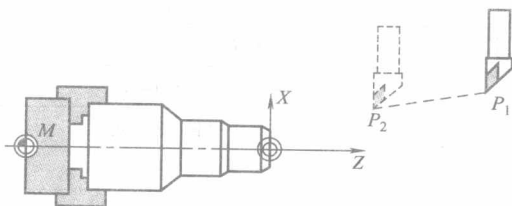


图 1.1 快速点定位

(2) 非直线切削形式的定位

其定义是: 采用独立的快速移动速率来决定每一个轴的位置。刀具路径不是直线, 而是折线, 根据到达的顺序, 机器轴依次停止在命令指定的位置。

(3) 直线定位

刀具路径类似直线切削 (G01) 那样, 以最短的时间 (不超过

每一个轴快速移动速率) 定位于要求的位置。

(4) 举例

N10 G0 X100 Z65; 刀具快移到指定位置 X100 Z65 处。

1.2.1.2 G01 (直线插补)

(1) 格式

G01 X (U) __ Z (W) __ A __ C/R __ F __;

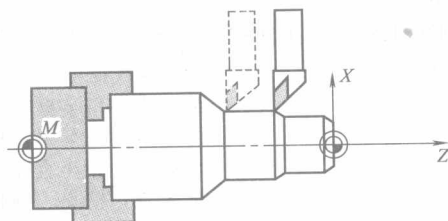


图 1.2 直线插补

直线插补以直线方式和命令给定的移动速率从当前位置移动到命令位置。

其中 X, Z——要求移动到的位置的绝对坐标值;

U, W——要求移动到的位置的增量坐标值;

A——角度值地址, 即当终点坐标少一个数据时可用 A 补之;

C/R——C 为两直线段间倒棱的数据地址, R 则为两直线段间倒圆角的数据地址;

F——进给速度, mm/min 或 mm/r。

(2) 举例

当前刀具位置为 A 点: 路径 A—B—C (图 1.3)。

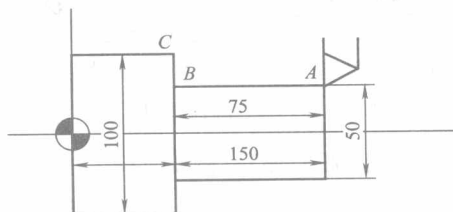


图 1.3 直线插补举例

① 绝对坐标程序

G01 X50. Z75. F0.2 ;

X100. ;

② 增量坐标程序

G01 U0.0 W-75 F0.2 ;

U50.

【例 1.1】 精加工如图 1.4 所示零件，试用 G00 及 G01 按轮廓编程，在刀具调至工件右端面中心 O 点后，程序如下。

N05 G01 X45 C-3 F0.2 ;

N10 Z-25 ;

N15 X25 A210 ;

N20 Z-65 ;

N25 X65 A135 ;

N30 Z-105 ;

刀具直线插补至 A 点精车端面倒角至 B 点，精车直径为 45 的外圆至 C 点，精车 30° 圆锥面至 D 点，精车直径为 25 的外圆至 E 点，精车 45° 圆锥面至 F 点，精车直径为 65 的外圆

全部 $\frac{3.2}{\sqrt{}}$

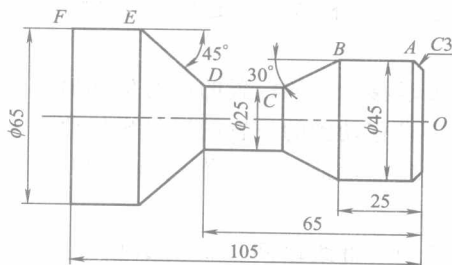


图 1.4 例 1-1 图

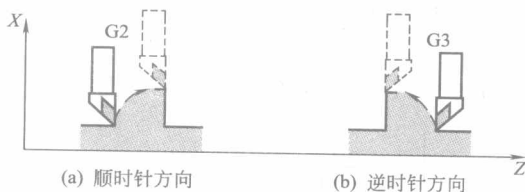


图 1.5 圆弧插补

1.2.1.3 G02/G03 (圆弧插补) (图 1.5)

(1) 格式

G02 (G03) X (U) __ Z(W) __ I __ K __ F __ ;