

中等职业学校

技能型紧缺人才培养培训系列教材

数控技术应用专业



数控车工实习 与考级

主编 孙伟伟



高等教育出版社

内容简介

本书是数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训系列教材之一,是根据中等职业学校数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训指导方案中核心教学与训练项目基本要求和劳动与社会保障部制定的有关国家职业标准及相关的职业技能鉴定规范编写的。全书分上、下两篇。上篇内容包括数控车床编程和操作的基本知识;下篇内容包括数控车削入门、中级工和高级工三部分的实习课题,每个课题又包括:教学目标、加工操作步骤、注意事项、考核时间、工量具准备通知单、零件图、评分表和零件参考程序等内容,其中零件图和评分表列为单独的一章。本书图文并茂,形象直观,叙述文字简明扼要,通俗易懂。

本书可作为数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训教材,也可作为职业院校机械类专业教材及机械工人岗位培训和自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控车工实习与考级/孙伟伟主编. —北京:高等教育出版社,2004.7

ISBN 7-04-015173-1

I. 数... II. 孙... III. 数控机床:车床-车削-专业学校-教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 048716 号

策划编辑 王瑞丽 责任编辑 张春英 封面设计 于涛 责任绘图 朱静
版式设计 张岚 责任校对 杨雪莲 责任印制 孔源

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京市南方印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 15.25
字 数 370 000

版 次 2004 年 7 月第 1 版
印 次 2004 年 7 月第 1 次印刷
定 价 19.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

出 版 说 明

为实现党的十六大提出的全面建设小康社会的奋斗目标,落实《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》精神,促进职业教育更好地适应社会主义现代化建设对生产、服务一线技能型人才的需要,缓解劳动力市场制造业和现代服务业技能型人才紧缺状况,教育部、劳动和社会保障部、国防科工委、信息产业部、交通部、卫生部联合印发了《教育部等六部门关于实施职业院校制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训工程的通知》。根据《通知》的要求,教育部办公厅、国防科工委办公厅、中国机械工业联合会组织制定了《中等职业学校数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训指导方案》(以下简称《指导方案》)。

《指导方案》要求本专业领域技能型紧缺人才的培养培训要以综合素质为基础,以能力为本位,把提高学生的职业能力放在突出的位置,加强实践性教学环节,使学生成为企业生产服务一线迫切需要的高素质劳动者;职业教育要以企业需求为基本依据,办成以就业为导向的教育,既要增强针对性,又要兼顾适应性;课程设置和教学内容要适应企业技术发展,体现本专业领域的新知识、新技术、新工艺和新方法,具有一定的先进性和前瞻性;教学组织要以学生为主体,提供选择和创新的空間,构建开放的课程体系,适应学生个性化发展的需要。

为了配合实施数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训工程,我社组织了由制定《指导方案》的专家组牵头,承担培养培训任务的职业院校及合作企业的一线“双师型”教师与工程技术人员参与的编者队伍,开发编写了数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训系列教材。本系列教材以《指导方案》为依据,以就业为导向,以能力为本位,定位准确,精心打造;借鉴了国内外职业教育先进教学模式,从内容到形式都有所创新;理论基础知识教材,有机地整合了多门传统的专业基础课程,知识点以必需、够用为度,体现了大综合化;理论实践一体化教材,倡导情境教学法,强化了知识性和实践性的统一;操作训练和实训指导教材,成系列按课题展开,考评标准具体明确,实用、可操作性强。本系列教材既注重了内在的相互衔接,又强化了相互支持,并将根据教学需要不断增添新内容。

数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训系列教材适用于中等职业学校教学,亦可供企业进行岗前和在职培训时选用。

查阅本系列教材的相关信息,请登录高等教育出版社“中等职业教育资源网”(网址:<http://sv.hep.com.cn>)。

高等教育出版社

2004年5月

前 言

随着数控机床的发展与普及,社会需求大批数控机床的编程与操作人员,本书就是为了适应这一需要,根据中等职业学校数控技术应用专业领域技能性紧缺人才培养培训指导方案中核心教学与训练项目基本要求和劳动与社会保障部制定的有关国家职业标准及相关的职业技能鉴定规范编写的。

就数控车削技术的教学和培训而言,本书具有典型意义,它结合数控机床实践教学的需要,重点介绍 SINUMERIK 802S 数控系统的程序编制方法和数控机床的操作。通过本书的学习,使读者能掌握编制程序和学会数控机床操作;通过掌握本书讲述的数控车床编程及操作方法,为进一步掌握其它类型的数控机床打下良好基础。

本书内容丰富,图文并茂,通俗易懂,并借鉴了国内外的先进资料和经验,注重实践教学环节,同时兼顾理论知识,旨在培养既能编制程序又能操作数控机床,同时又掌握一定的理论知识的实用性人才。本书根据国家数控车床操作工职业技能标准,联系数控车削操作实际情况,制定了相关的课题,共计 31 题。并对每个课题进行了工艺分析,对部分课题编制了加工程序。

本书可作为数控技术应用专业领域技能性紧缺人才培养培训教材,也可作为职业院校机械类专业教材及机械工人岗位培训和自学用书。

本书由孙伟伟主编,参加编写的还有黄战平老师。

由于编写经验不足,书中不妥之处,恳请使用本教材的读者提出批评和改进意见,以便修订。

编 者

2004 年 2 月

目 录

上篇 数控车床基本知识

第一章 数控机床介绍	3	第五章 SINUMERIK 802S 数控	
第二章 数控机床编程基本知识	4	车床的控制面板	24
第三章 SINUMERIK 802S 数控		第六章 SINUMERIK 802S 数控	
车床的程序编制	7	车床操作	30
第四章 SINUMERIK 802S 数控		第七章 SINUMERIK 802S 数控	
车床的标准循环	19	车床软件功能	41

下篇 数控车削实习与考级

第八章 数控车削入门加工技术	49	数控车削技术(中级) 课题 7	104
数控车削技术(入门) 课题 1	49	数控车削技术(中级) 课题 8	108
数控车削技术(入门) 课题 2	52	数控车削技术(中级) 课题 9	113
数控车削技术(入门) 课题 3	55	数控车削技术(中级) 课题 10	118
数控车削技术(入门) 课题 4	58	数控车削技术(中级) 课题 11	122
数控车削技术(入门) 课题 5	61	数控车削技术(中级) 课题 12	124
数控车削技术(入门) 课题 6	64	数控车削技术(中级) 课题 13	126
数控车削技术(入门) 课题 7	67	数控车削技术(中级) 课题 14	128
数控车削技术(入门) 课题 8	70	数控车削技术(中级) 课题 15	131
数控车削技术(入门) 课题 9	73	第十章 数控车削高级加工技术 ...	134
数控车削技术(入门) 课题 10	76	数控车削技术(高级) 课题 1	134
第九章 数控车削中级加工技术	80	数控车削技术(高级) 课题 2	136
数控车削技术(中级) 课题 1	80	数控车削技术(高级) 课题 3	138
数控车削技术(中级) 课题 2	84	数控车削技术(高级) 课题 4	140
数控车削技术(中级) 课题 3	88	数控车削技术(高级) 课题 5	143
数控车削技术(中级) 课题 4	92	数控车削技术(高级) 课题 6	146
数控车削技术(中级) 课题 5	96	第十一章 各课题的零件图和	
数控车削技术(中级) 课题 6	100	评分表	149
附录一 数控机床安全操作规程	224		

II ■ 目 录

附录二	数控车床操作主要步骤	225
附录三	数控机床操作加工注意事项	226
附表一	SINUMERIK 802S 数控车床指令表	228
附表二	SINUMERIK 802S 准备功能 G 代码表	232
附表三	辅助功能 M 代码表	234
参考文献		235

上篇

数控车床基本知识

第一章

数控机床介绍

数控机床是将事先编好的程序输入机床专用的计算机中,由计算机指挥机床各坐标轴的伺服电动机去控制机床各运动部件的先后动作、速度和移动量,并与选定的主轴转速相配合,从而加工出各种不同工件的设备。

一、数控机床的特点

数控机床是以数字化的信息控制机床的机电一体化产品,它把刀具和工件之间的相对位置,机床电动机的起动、停止,主轴变速,工件的松开、夹紧,刀具的选择,冷却泵的起停等各种操作和顺序动作等信息用代码化的数字记录在控制介质上,然后将数字信息送入数控装置,经过译码、运算,发出各种指令控制机床伺服系统或其它执行元件,使机床加工出所需工件。

数控机床的主要特点有:

- (1) 加工精度高,质量稳定。
- (2) 加工适应性强,能完成复杂形面的加工。
- (3) 生产率高。
- (4) 减少了操作者的劳动强度。
- (5) 有利于现代化的生产管理。

二、数控机床的工作过程

现代数控机床,可以通过操作面板上的键盘,用手动方式直接输入加工程序。还可以利用CAD/CAM 软件在计算机上进行自动编程,然后通过机床与计算机直接通信的方式将程序传送到数控装置,具体工作过程如图 1-1 所示。

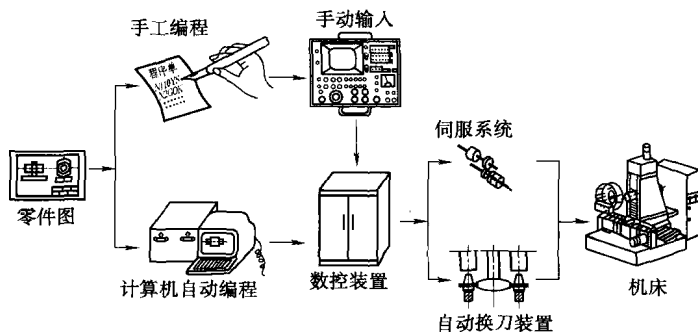


图 1-1 数控机床工作过程

第二章

数控机床编程基本知识

一、数控机床编程的种类

数控机床程序的编制过程如图 2-1 所示。

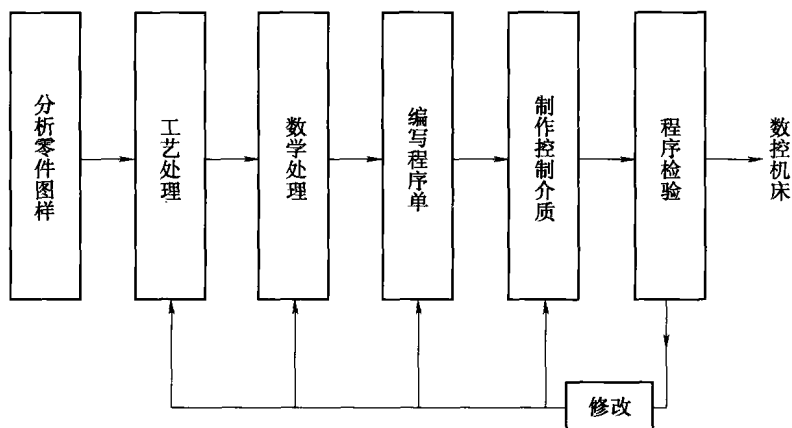


图 2-1 数控机床程序的编制过程

程序编制可分为手工编程和自动编程两种。

1. 手工编程

由人工来完成数控机床程序的编制。它主要应用在工件形状不十分复杂的场合。

2. 自动编程

在加工形状复杂的工件时,采用计算机自动编制加工程序,这种编程方式称为自动编程。自动编程主要应用在复杂的模具和轮廓曲线的加工。

二、数控机床的坐标系

1. 坐标系建立的原则

(1) 刀具相对于静止的工件而运动的原则。

(2) 坐标系为右手笛卡儿直角坐标系,如图 2-2 所示。运动的正方向规定为:增大工件与刀具之间距离的方向,如图 2-3 所示。

2. 机床坐标系(MCS)

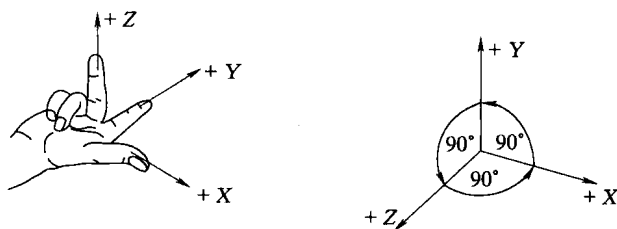


图 2-2 右手笛卡儿直角坐标系

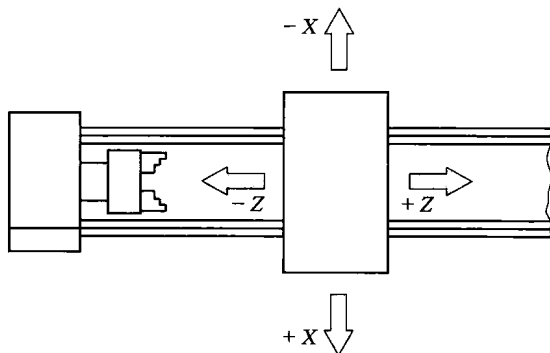


图 2-3 刀具运动方向

机床坐标系是机床上固有的坐标系,是用来确定工件坐标的基本坐标系,不同的机床有不同的坐标规定。机床坐标系的原点定在机床零点(由机床生产厂家确定)。

3. 工件坐标系(WCS)

为了编程方便,可相对机器原点进行坐标平移,得到一编程原点,依规定形成编程(工件)坐标系。工件坐标系的零点(也称为编程原点)由编程人员自由选择,编程原点可重新偏置。

4. 机床参考点

机床参考点是车刀移动的依据,是程序编制的基准。数控车床开机时,刀架必须先返回机床参考点,称“回参考点”或“回零”。

三、数据程序编制

编制程序时,首先要建立一个工件坐标系,一般设在图样的设计基准和工艺基准处,其坐标原点即为工件零点。程序上的坐标值均以此坐标系为依据。

设置工件零点的原则是便于编程,可设设主轴中心线与工件左端面或右端面的交点处,或设在工件轮廓的角上,对称工件可设在工件的对称点上,与工件的设计基准、工艺基准重合,便于尺寸计算。

1. 数控编程的内容

- (1) 分析零件图样,进行工艺数据处理。
- (2) 通过数值计算,得出刀具中心运动轨迹,获得刀位数据。
- (3) 编制零件加工程序单。
- (4) 制备控制介质。

(5) 校核程序及首件试切。

2. 用数控机床加工零件时确定工艺方案、工艺路线的原则

(1) 保证零件的加工精度和表面粗糙度要求。

(2) 尽量缩短加工路线,减少空行程时间和换刀次数,以提高生产率。

(3) 尽量使数值计算方便,程序段少,以减少编程工作量。

3. 程序结构

数控机床自动加工工件时需要执行 NC 程序,NC 程序也称为工件程序或零件程序,它可以在“程序”操作区输入。编制程序时需要使用各种必要的指令,从而满足机床对各种特殊零件的加工要求。

NC 程序一般由许多个程序段组成,每个程序段由若干个字组成。每一个程序段执行一个加工步骤,最后一个程序段为程序结束符 M02。

第三章

SINUMERIK 802S 数控车床的程序编制

本章以 SINUMERIK 802S 数控系统为例,介绍数控车床的程序编制。
手工编程的过程如图 3-1 所示。

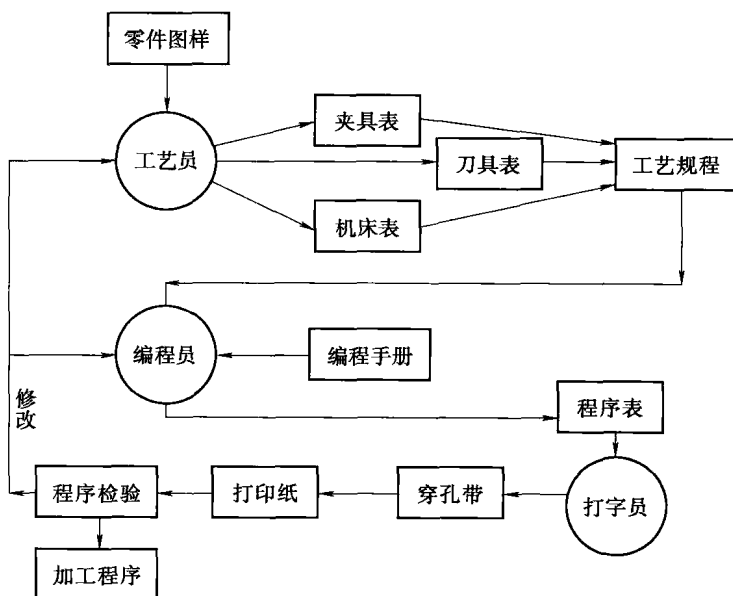


图 3-1 手工编程框图

一、程序名及程序结构

1. 程序名

每个程序均有一个程序名。每个程序名必须满足下述要求：

- (1) 开始的两个符号必须是字母。
- (2) 其后的符号可以是字母、数字或下划线。
- (3) 最多为 8 个字符。
- (4) 不得使用分隔符。

举例：

SZ981001.MPF(主程序名,后缀.MPF可省略)

TESK1.SPF(子程序名,后缀.SPF不可以省略)

2. 字的结构

字由以下几部分组成:

(1) 地址符:一般是一个字母。也可以包含多个字母,这时数值与字母之间用符号“=”隔开,例如 $CR = 8.5$; $RPL = 45$ 。

(2) 数值:是一个数字串,可以带正负号和小数点(正号可以省略不写)。

3. 程序段结构

(1) 程序段中有很多指令时建议按如下顺序:

$N_G_X_Z_T_D_M_S_F_$ (其中“ $_$ ”表示省略)

(2) 可被跳跃的程序段:在不需要执行的程序段的段号之前输入斜线符“/”,这样在执行时该程序段就被跳跃过去。通过操作机床控制面板或者通过接口控制信号可以使跳跃程序段功能生效。

在程序执行过程中,一旦跳跃程序段功能生效,则所有带“/”的程序段都不予执行,程序从下一个没带斜线符的程序段开始执行。

(3) 可用加注释的方法在程序中对程序段进行说明。

说明:① 带“*”的指令,表示该功能在程序启动时生效。② 模态有效:指该功能一直有效,直到被同组的其它指令取代为止。

二、尺寸系统

1. 绝对尺寸和增量尺寸(模态有效)

在程序段中 $G90$ * 表示绝对尺寸, $G91$ 表示增量尺寸。其中 $G90$ 表示坐标系中目标点的坐标尺寸, $G91$ 表示待运行的位移量。 $G90$ 、 $G91$ 适用于所有坐标轴。

$G90$ 绝对尺寸如图 3-2 所示, $G91$ 增量尺寸如图 3-3 所示。

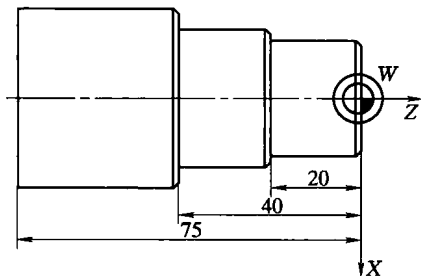


图 3-2 绝对尺寸

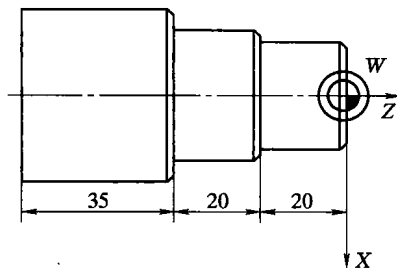


图 3-3 增量尺寸

2. 加工平面的选择(模态有效)

如图 3-4 所示:

(1) $G17$ 表示 X/Y 平面。

(2) $G18$ * 表示 Z/X 平面。

(3) $G19$ 表示 Y/Z 平面。

3. 米制尺寸/英制尺寸(模态有效)

(1) $G71$ * 表示米制尺寸。

(2) $G70$ 表示英制尺寸。

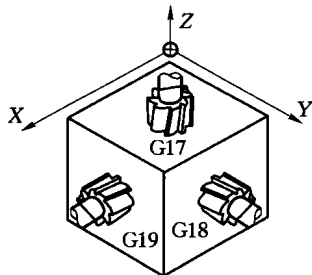


图 3-4 加工平面

4. 半径/直径数据尺寸(模态有效)

- (1) G22 表示半径数据尺寸。
- (2) G23 * 表示直径数据尺寸。

5. 程序指定进给率(模态有效)

- (1) G94 F__ 表示直线进给量, mm/min。
- (2) G95 * F__ 旋转进给量, mm/r(只有主轴旋转才有意义)。

6. 可编程的零点偏置(模态有效)

- (1) G158 X__ Z__ 表示可编程的零点偏置。取消所有以前的可编程零点偏置。
- (2) 取消可编程的零点偏移用 G158 指令。

说明:① G158 要求一个独立的程序段。② G158 中的 X 值始终为半径(不受 G23 的影响)。

7. 工件装夹——可设定的零点偏置(模态有效)

- (1) G54 表示第一可设定零点偏置。
- (2) G55 表示第二可设定零点偏置。
- (3) G56 表示第三可设定零点偏置。
- (4) G57 表示第四可设定零点偏置。
- (5) G500 * 表示取消可设定零点偏置。
- (6) G53 表示取消可设定零点偏置和可编程的零点偏置(程序段方式有效)。

说明:一般仅在 Z 方向给出偏移量。

三、主轴运动

1. 主轴旋转方向和转速 S

- (1) M03 表示主轴正转。
- (2) M04 表示主轴反转。
- (3) M05 表示主轴停。

当机床具有受控主轴时,主轴的转速可以编程在地址 S 下,单位 r/min。

说明:如果在程序段中不仅有 M03 或 M04 指令,而且还有坐标轴运行指令,则只有在主轴启动之后,坐标轴才开始运行。

举例:

```

N10 G01 X52 Z0 F0.1 S800 M03  (在 X、Z 轴运行之前,
...                               主轴以 800 r/min 启动,正转)
N80 S450 ____                  (转速变为 450 r/min)
...
N170 G00 X80 Z100 M05          (主轴停止)
N180 M02                      (程序结束)

```

2. 主轴转速极限

- (1) G25 S__ 表示主轴转速下限。
- (2) G26 S__ 表示主轴转速上限。

G25/G26 指令均要求一独立的程序段,原先编程的转速保持存储状态。

说明:主轴转速的最高极限值在机床数据中设定。

举例:

N10 G25 S100 (主轴转速下限为 100 r/min)

N20 G26 S800 (主轴转速上限为 800 r/min)

3. 主轴定位(SPOS)

SPOS = __ 表示绝对位置:0° ~ 360°。

利用功能 SPOS 可以把主轴定位到一个确定的转角位置。

从主轴旋转状态进行定位时定位运行方向保持不变;从静止状态进行定位时运行按最短位移进行,方向从起始点位置到达终点位置。

4. 恒定切削速度

前提条件:主轴为受控主轴。

(1) G96 S __ LIMS = __ F __ 表示恒定切削速度生效。

(2) G97 * 表示取消恒定切削。

其中:S 为切削速度,m/min;LIMS 为主轴转速上限,只在 G96 中生效;F 为旋转进给量,mm/r。从 G96 程序段开始,地址 S 下的数值为切削速度值。

G96:模态有效,直到被 G94、G95、G97 替代为止。

说明:① 此处进给量始终为旋转进给量,单位为 mm/r。② 编程转速上限值 LIMS 不允许超出 G26 编程的或机床数据中设定的转速上限值。③ 如果 G97 生效,则地址 S 下的数值又恢复为转速值(r/min),如没有重新编写新地址 S,则主轴以原先 G96 功能生效时的转速旋转。④ G96 功能也可以用 G94 或 G95 指令取消。在这种情况下,如果没有写入新的地址 S,则主轴按在此之前最后编程的给定主轴转速 S 旋转。

四、坐标轴运动

1. 快速直线移动 G00(模态有效)

如图 3-5 所示,用 G00 快速移动时,在地址 F 下编程的进给量无效,刀具以机床设定的进给量快速运行。

举例:

...

N20 G00 X40 Z2 (P_1 点)

N25 G01 Z-40 (P_2 点、加工外圆)

N30 G01 X50 (P_3 点)

N35 G00 X60 Z100 (P_4 点)

...

2. 直线插补 G01*(模态有效)

刀具以直线方式从起始点移动到目标位置,按地址 F 下编程的进给量运行。所有的坐标轴可以同时运行。

G01 一直有效,直到被同组中的其它指令(G00、G02、G03、G05、G33)取代为止。

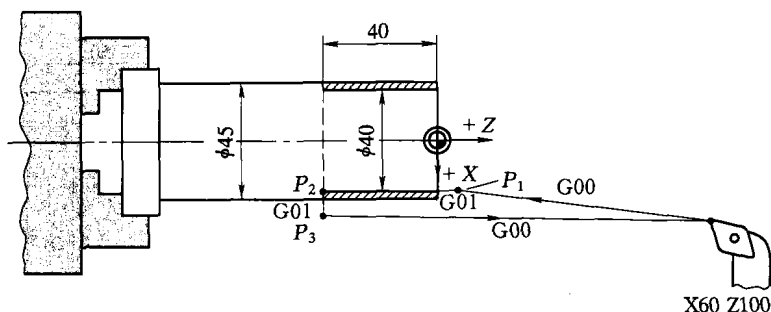


图 3-5 坐标轴运动

举例:

N05 G54 G90 G95 (绝对尺寸编程,进给量单位为 mm/r)
 N10 T1D1 (换刀 T1 刀具 D1 刀沿号)
 N15 G00 X60 Z100 (快速移动)
 N20 G00 X40 Z2 M03 (快速移动,主轴正转)
 N25 G01 X40 Z-40 F0.1(直线插补,进给量 $F=0.1$ mm/r)
 N30 G01 X47 Z-40 (直线插补)
 N35 G00 X60 Z100 M05 (快速移动至换刀点,主轴停止转动)
 N40 M02 (程序结束)

3. 圆弧插补 G02/G03/G05(模态有效)

功能:刀具沿圆弧轨迹从起始点移动到终点,方向由 G 指令确定。

G02 表示顺时针方向,G03 表示逆时针方向。

顺圆、逆圆的判别:观察者应面对第三轴的正方向来判断,如图 3-6 所示。

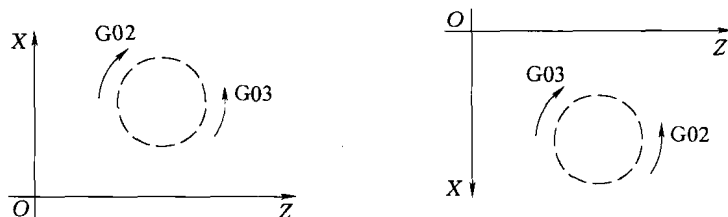


图 3-6 顺圆、逆圆方向图

在地址 F 下编程的进给量决定圆弧的插补速度,圆弧可以按下述不同的方式表示:

- (1) 圆心坐标和终点坐标。
- (2) 半径和终点坐标。
- (3) 圆心和张角。
- (4) 张角和终点坐标。
- (5) 通过中间点。

G02 和 G03 一直有效,直到被同组中的其它指令(G00、G01、G05、G33)取代为止。

下面根据圆弧编程的不同方式介绍圆弧的编程:

- (1) 终点坐标(X,Z)和圆心坐标(I,K)(如图 3-7 所示)