

全国中等职业技术学校数控机床加工专业教材

数控机床编程与操作

(数控车床分册)

中国劳动社会保障出版社

全国中等职业技术学校数控机床加工专业教材

数控机床编程与操作

(数控车床分册)

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

版权所有

翻印必究

图书在版编目(CIP)数据

数控机床编程与操作. 数控车床分册/杨嘉杰等编写. —北京: 中国劳动社会保障出版社,
2000.5

ISBN 7-5045-2566-9

I. 数…

II. 杨…

III. 数控机床: 车床-基本知识

IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第08620 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街1号 邮政编码: 100029)

出 版 人: 唐云岐

*

北京隆昌印刷厂印刷 新华书店经销

787×1092 毫米 16 开本 13 印张 323 千字

2000 年 5 月第 1 版 2000 年 5 月第 1 次印刷

印数: 1-5 000 册

定价: 14.50 元

简 介

《数控机床编程与操作》(数控车床分册)是培养中等职业技术学校数控机床加工专业学生全面掌握中级数控车床操作技能和编程技巧的教材。

本书将常见数控车床的有关资料分析、整理,编为基础篇和应用篇两大部分。基础篇具体详实地介绍了国产 JWK 系统数控车床, FANUC-0 系统数控车床, SINUMERIK-810-T2-CNC-2 数控车床的编程与操作;应用篇用深入浅出的加工实例全面介绍了操作数控车床必备的技能。

本书既可作为中等职业技术学校教材,也可供工人培训和职工自学使用。

本书由天津汽车工业(集团)有限公司培训中心杨嘉杰、王可强、林岩,天津机电工程技术学校刘克诚编写,杨嘉杰主编;天津职业技术学院机械系方沂审稿。

目 录

绪论.....	(1)
---------	-------

基 础 篇

第一章 国产数控车床的编程与操作.....	(3)
§ 1—1 JWK 数控车床的编程与操作	(3)
§ 1—2 编程指令.....	(4)
§ 1—3 编程及加工实例.....	(16)
§ 1—4 操作面板.....	(23)
§ 1—5 对刀及刀位偏差的补偿.....	(26)
§ 1—6 间隙补偿.....	(28)
思考练习题.....	(28)
第二章 日本 FANUC 系统数控车床的编程与操作.....	(30)
§ 2—1 概述.....	(30)
§ 2—2 编程指令及使用方法.....	(35)
§ 2—3 刀具补偿功能.....	(50)
§ 2—4 编程及加工实例.....	(54)
§ 2—5 操作面板.....	(65)
思考练习题.....	(70)
第三章 德国 SIEMENS 系统数控车床的编程与操作	(72)
§ 3—1 SINUMERIK810 - T2 - CNC - 2 数控车床概述	(72)
§ 3—2 编程指令.....	(74)
§ 3—3 编程及加工实例.....	(82)
§ 3—4 操作面板.....	(94)
§ 3—5 对刀及刀位偏差的补偿.....	(100)
思考练习题.....	(102)

应 用 篇

课题一 数控车床基本操作.....	(104)
-------------------	---------

课题二	数控车床的对刀与找正·····	(135)
课题三	简单形面加工·····	(139)
课题四	切槽与切断·····	(145)
课题五	成形面加工·····	(147)
课题六	螺纹加工·····	(157)
课题七	综合练习·····	(167)
课题八	故障诊断及排除·····	(173)
课题九	复杂零件加工实例·····	(188)
附录 1	车削加工的切削速度 (参考数值) ·····	(197)
附录 2	数控车床安全生产补充规则及日常维护 ·····	(200)
参考文献	·····	(201)

绪 论

现代数控机床是综合应用计算机、自动控制、自动检测以及精密机械等高新技术的产物，是典型的机电一体化产品，是完全新型的自动化机床。

随着科学技术的不断发展，机械产品的性能、结构及形状的不断改进，对零件加工质量和精度的要求越来越高。由于产品变化频繁，目前在一般机械加工中，单件、小批量的产品约占七成以上。为有效地保证产品质量，提高劳动生产率和降低成本，要求机床不仅具有较好的通用性和灵活性，而且要求加工过程实现自动化。在大量的通用机械、汽车、拖拉机等工业生产部门中大都采用自动机床、组合机床和自动生产线，但这种设备的一次投资费用大，生产准备时间长，不适于频繁改型和多种产品的生产，同时也与精度要求高、零件形状复杂的宇航、船舶等其他国防工业的要求不相适应。如果采用仿形机床，首先需要制造靠模，不仅生产周期长，精度也将受到影响。数控机床就是在这种情况下发展起来的一种自动化机床，它适用于高精度，零件形状复杂的单件、小批量的生产。

数控机床的出现以及它所带来的巨大效益，引起世界各国科技界和工业界的普遍重视。几十年来，数控机床在品种、数量、加工范围和加工精度等方面有了惊人的发展，随着电子元件的发展，数控装置经历了使用电子管、分立元件、集成电路的过程。特别是使用了小型计算机和微处理机以来，数控机床的性能价格比日趋合理，可靠性日益提高。工业发达的国家中，数控机床在工业、国防等领域的应用已相当普遍，已由开始阶段的解决单件、小批量复杂形状的零件加工，发展到为减轻劳动强度、提高劳动生产率、保证质量、降低成本等，在中批量生产甚至大批量生产中得到应用。现在认为，即使是对批量在 500~5 000 件之间的不复杂的零件用数控机床加工也是经济的。随着经济发展和科学的进步，我国在数控机床方面的开发、研制、生产等将得到迅速发展。发展数控机床是当前机械制造业技术改造的必由之路，是未来工厂自动化的基础。

数控车床是车削加工功能较全的数控机床。它可以把车削、铣削、螺纹加工、钻削等功能集中在一台设备上，使其具有多种工艺手段。数控车床设有旋转刀架或旋转刀盘，在加工过程中由程序自动选用刀具和更换刀位。采用数控车床进行加工可以大大提高产品质量，保证加工零件的精度，减轻劳动强度，为新产品的研制和改型换代节省大量的时间和费用，提高企业产品的竞争能力。

本书编写的目的在于普及与提高数控加工技术，推广先进加工设备的应用，加强职业技术教育，培养跨世纪中、高级技能人才。

《数控机床编程与操作》（数控车床分册）是集理论与实习为一体的一门专业课程教材。它主要介绍了国内外具有代表性的三种控制系统——国产 JWK 数控系统、日本 FANUC 数控系统，以及德国 SIEMENS 数控系统的编程指令，操作方法和具体应用。针对职业教育的特点，本书还将典型加工实例作为课题，训练和培养学生的学习各种加工操作和数控车床故障诊

断及排除的能力。

数控加工涉及的内容很广，也比较复杂。掌握数控机床编程与操作，不但要结合车、铣、钻、镗等普通加工工艺方面的知识，而且还要了解数控加工工艺的特点。在学习中，只有做到边学理论边训练，勤于思考，不断培养、提高分析和解决问题的能力，才能收到比较满意的效果。

基 础 篇

第一章 国产数控车床的编程与操作

§ 1—1 JWK 数控车床的编程与操作

一、数控车床的布局 (结构特点)

CJK6140A 简式数控卧式车床, 机械部分与 CA6140 车床类似, 采用国产 JWK 数据系统。

主轴箱采用全齿轮集中传动。经过齿轮之间的各种搭配, 得到机床的 24 级转速。主轴系统采用前、中支撑为主要支撑, 后支撑为辅助支撑的三支撑结构。

中滑板上装有 LD4E 型电动刀架。大、中滑板均采用滚珠丝杠传动, 并做到无间隙传动。

尾座套筒孔底部装有工具止动块, 防止装入锥孔中的工具转动。在松开压紧手柄后, 尾座利用四个带有弹性支座的滚动轴承, 使整个部件浮在床身导轨上, 从而减轻了尾座在床身导轨上移动时的推动力。

机床主电机放在前床腿中, 冷却泵放在后床腿中, 并配有两扇可移动防护罩, 数控系统安放在右手防护罩上。机床外形如图 1—1 所示。



图 1—1 CJK6140A 数控车床外形图

二、数控车床主要技术参数

床身上最大回转直径 $\phi 400$ mm

刀架上最大回转直径 $\phi 200$ mm

最大工件长度 1 000 mm

主轴孔径 $\phi 52$ mm

主轴转速 24 级, 9~1 600 r/min

主轴最大输出扭矩 1 500 N·m

脉冲当量 X 向 0.005, Z 向 0.01

进给速度 X 向 3~1 500 mm/min, Z 向 6~3 000 mm/min

车削螺纹螺距 0.25~12 mm; 33.5~3 牙/英寸

刀架装刀容量 4

刀架行程 X 向 230 mm, Z 向 1 000 mm

尾座套筒莫氏锥度 N0 5

主电机 Y132M 7.5 kW

Z 向步进电机最大静力矩 12.25 N·m, X 向步进电机最大静力矩 13.03 N·m

机床不具备程控主轴变速

三、数控车床的主要功能

JWK 数控车床系统能自动完成内外圆柱面、任意锥面、圆弧面、端面和公、英制螺纹的车削加工。

§ 1—2 编 程 指 令

数控机床是严格按照从外部输入的程序来自动地对工件进行加工的。加工程序是用专用语言和规定格式表示的一套命令, 简称指令, 它是数控系统的应用软件。

一、坐标系与程序段格式

1. 坐标系 (工件坐标系)

编程采用标准坐标系, 即右手笛卡尔坐标系。详见图 1—2、图 1—3 所示。

(1) 工件坐标系原点 工件右或左端面与工件旋转中心线的交点。

(2) 起始点 是程序启动或刀具的开始位置。

(3) 参考点 刀具在起始点经过刀补后的刀尖开始的位置。

(4) 直径量编程 为了编程方便, X、U 值为直径量 (其中 U 为增量坐标值)。

本系统不设机械原点。

2. 程序段格式

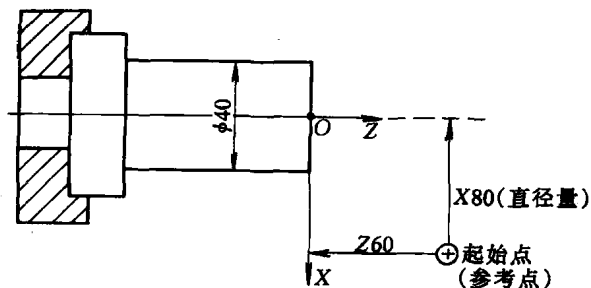


图 1—2 工件坐标系

(1) 程序段 是可作为一个单位来处理的连续的字组，它实际是数控加工程序中的一句。多数程序段是用来指令机床完成（执行）某一动作。程序的主体是由若干个程序段组成的。程序段之间用程序段号和结束符来分开。在书写和打印时，每个程序段一般占一行，在屏幕显示程序时也是如此。

(2) 程序段格式 是指程序段中的字、字符和数据的安排形式。请看如下程序段：

N60	G01	X100	Z50	F100	LF
程序段号	功能字	坐标字		功能字	程序段结束符

本系统各个程序段的长度（即字符个数）和程序字的个数都是可变的。

二、G 功能

G 功能也叫准备功能，它是建立机床或数控系统工作方式的一种命令。G 功能后续数字为两位正整数（包括 00）。下面介绍本系统的 G 功能。

1. 工件坐标系设定指令 G92

程序中如设该指令，则应位于程序的第一段，用于建立工件坐标系，并且通常将坐标系原点设在主轴的轴线上，以方便编程，程序格式如下：

N10 G92 X250 Z350 LF（见图 1—3）

N10 G92 X80 Z60 LF（见图 1—2）

在程序启动时，参考点、坐标原点和起始点重合，如果第一个程序段是 G92 指令，那么执行这一指令后，刀具并不运动，只是坐标原点与参考点分开。

注意：本指令要求坐标 X 值、Z 值齐全，不可缺少，并且不能使用 U、W 值。

2. 快速点定位指令 G00

本指令可将刀具快速移动到所需位置上，一般作为空行程运动，既可是单坐标运动，又可是两坐标运动。程序格式如下：

N20 G00 X20 Z10 LF（绝对值编程）或 G00 U-40 W-40 LF（增量值编程）
表示刀具快速移动到 X20、Z10 位置上，运动轨迹见图 1—4。

N20 G00 X60 LF 表示刀具快速移动到 X60（沿 X 轴正向），实际位移量为 20，运动轨迹见图 1—5。

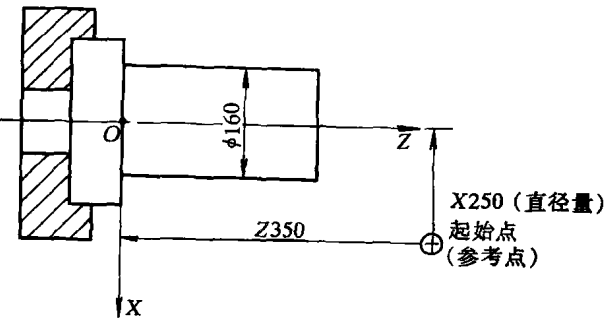


图 1—3 工件坐标系

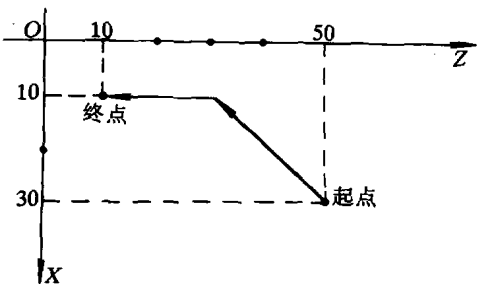


图 1—4 G00 指令两坐标运动

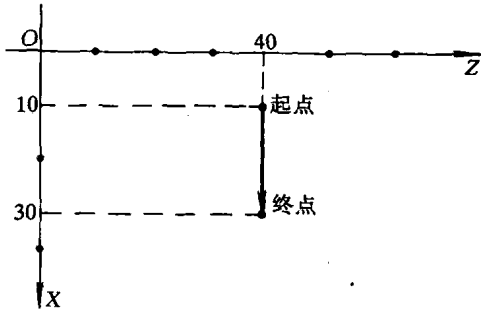


图 1—5 G00 指令单坐标运动

注意：

(1) G00 指令中不需要给定进给速度，G00 运行速度应在 %0 号程序中设定，设定的范围 2 000~6 000 mm/min (Z 轴)，X 轴减半。

(2) 只有一个坐标时，刀具将沿该方向运动 (见图 1—5)；有两个坐标时，刀具将先以 1:1 步数两坐标联动，然后单坐标运动 (见图 1—4)。

3. 直线插补指令 G01

本指令可将刀具按给定进给速度沿直线移动到所需位置，一般作为切削加工运动指令，既可单坐标运动，又可两坐标同时插补运动。程序格式如下：

N60 G01 Z50 F80 LF 表示刀具以 80 mm/min 的速度运动到 Z50 的位置，运动轨迹如图 1—6。

N80 G01 X80 Z20 F70 LF 表示刀具以 70 mm/min 的速度，插补运动到 X80、Z20 的位置，运动轨迹如图 1—7。

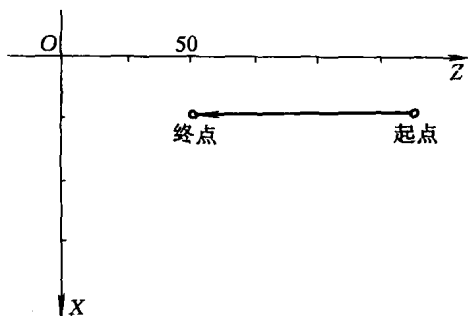


图 1—6 G01 指令单坐标运动

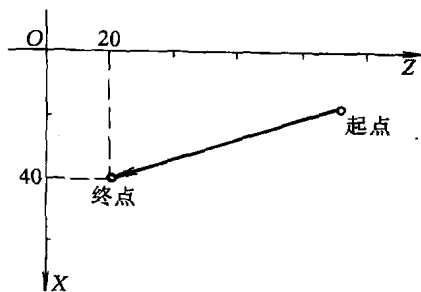


图 1—7 G01 指令二坐标联动

注意：

(1) G01 指令中必须给出速度 F 的值，速度范围为 6~200 mm/min；如果是在空运行状态下，则系统自动设定为 2 000 mm/min。

(2) 只有一个坐标值时，刀具将沿该方向运动 (见图 1—6)，有两个坐标值时，刀具将按所给的终点作直线插补运动 (见图 1—7)。

4. 圆弧插补指令 G02、G03

本指令可使刀具按给定圆弧运动，G02 为顺圆弧，G03 为逆圆弧，顺、逆方向设定见图 1—8。特别注意，这里的方向设定与人们日常顺、逆时针方向相反。本指令可自动过象限。编制程序时，应确定圆弧终点位置和圆心位置，(见图 1—9) 程序格式如下：

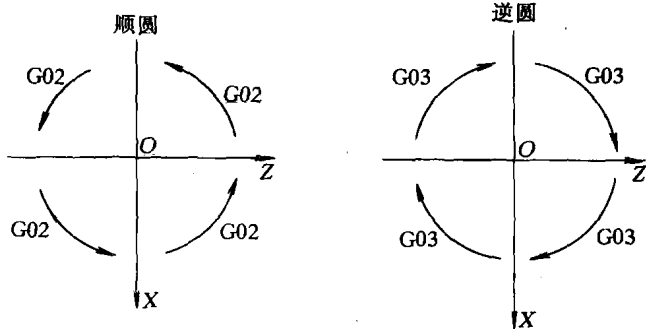


图 1—8 G02、G03 指令运动方向设定

N80	G02	X40 Z19	I20	K-20	F40
	顺圆弧	圆弧终点坐标值	圆心与圆弧起点坐标值之差		进给速度

注意：

(1) 圆弧终点位置及圆心位置中所用 X、U、I 值均用直径量编程。

(2) 圆弧终点坐标计算误差应小于 5 个脉冲当量值。

(3) 进给速度为 6~600 mm/min。

5. 程序延时指令 G04

本指令给定所需延时的时间。当程序执行到本程序段时,系统按所给定的时间延时,不做任何其他动作,延时结束后再执行下一段程序。程序格式如下:

N80 G04 F30 表示本段程序延时 30 s。

注意:本指令中 F 表示时间,单位为 s,范围为 0.00~99.99。

6. 螺纹插补指令 G32、G33

本指令用于加工标准公、英制螺纹、锥螺纹、多头螺纹。G32 为英制螺纹, G33 为公制螺纹。在本指令中,必须采用增量尺寸方式编程,以 F 表示螺纹导程,单位为 mm 或每英寸牙数, F 范围为 0.25~12.00 mm 或 33.2~3 牙/英寸。程序格式如下:

N90 G33 W-20 F1.5

表示刀具沿 Z 轴负方向运行 20 mm,加工导程为 1.5 mm 的右旋公制螺纹(主轴正转)。

例 1—1 按图 1—10 要求编制加工锥体螺纹程序。加工锥螺纹,除了将长度用 W 值表示外还需将锥螺纹终点处距起点的直径差值以 U 值表示。其他与圆柱螺纹程序编制相同。

若以两刀车完螺纹,程序如下:

N30 G00 X21 LF

N40 G32 U2 W-32 F14 LF

N50 G00 Z50 LF

N60 X20 LF

N70 G32 U2 W-32 F14 LF

N80 G00 X40 Z50 LF

注意:

(1) 切削螺纹前,必须安排一道 X 向进刀指令(G00 或 G01),用来确定螺纹切削完毕后的退刀方向,即退刀方向与进刀方向相反,否则程序会出错,如例 1—1 中的 N30、N60 段。

(2) 英制螺纹的螺距以每英寸牙数表示。小数点后的数值表示分数牙数的分母值,如每英寸 $11\frac{1}{2}$ 牙表示为 11.2。

(3) 本系统螺纹加工具有自动退刀功能,退刀的长度以直径量表示为两倍的导程再加 2 mm,如导程为 3 mm 的螺纹,退刀量为 8 mm(实际位移 4 mm),在加工程序中,退刀不需程序写出,对于增量尺寸方式编程,应在下一道加工的进给程序中将退刀量补上,纵向

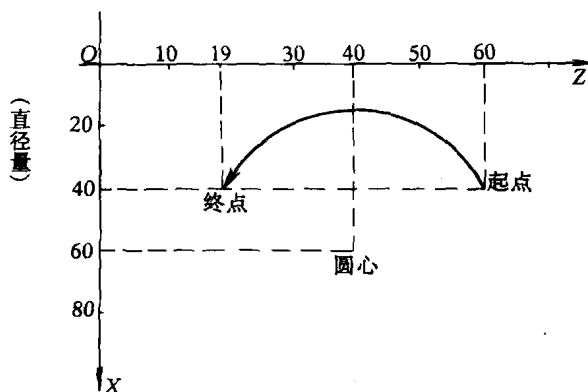


图 1—9 G02 圆弧插补

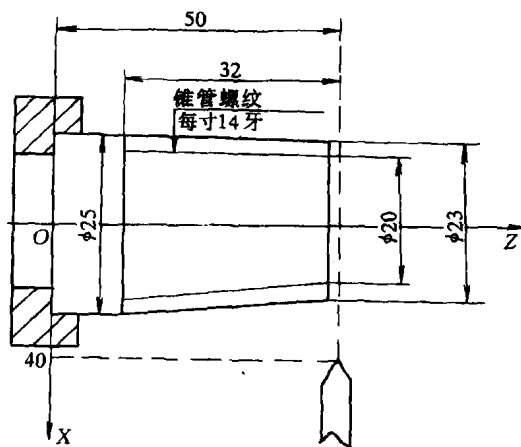


图 1—10 G32 锥螺纹插补

退刀为 1.2 mm, 在螺纹长度内完成。

(4) 螺纹加工需与主轴转速相适应, 主轴转速过高, 会因系统响应跟不上而使螺纹乱扣。本系统推荐主轴转速应满足下式要求:

$$n \leq \frac{1200}{P} - 80$$

式中 n 为主轴转速 (r/min); P 为螺纹导程 (mm), 英制螺纹应将其换算成相应毫米数。

(5) 加工多头螺纹时的编程, 应在加工完一个头后, 将车刀用 G00 或 G01 方式移动一个螺距, 然后再按要求编写车削下一个头的螺纹程序。

(6) 本系统具有检查脉冲编码器脉冲数的功能, 即在编辑状态下, 同时按下 * 键和 3 键, 数码管上便闪烁显示每分钟脉冲数的十六进制数。

7. 返回参考点指令 G26、G27、G29

本指令是将刀具返回参考点。其中 G26 指令用于 X (U)、Z (W) 两坐标均返回至参考点, G27 指令用于 X (U) 轴返回参考点, G29 用于 Z (W) 返回参考点。程序格式如下:

N260 G26 LF

表示 X (U)、Z (W) 方向均返回到参考点。

N280 G27 LF

表示 X (U) 方向返回到参考点。

N300 G29 LF

表示 Z (W) 方向返回到参考点。

注意:

(1) 采用 G26 返回参考点时, 移动方式与 G00 方式相同。

(2) 返回速度与 G00 一致。

8. 程序循环指令 G22、G80

本指令用于加工中局部需反复加工动作的场合, 如需多刀加工某较大的切削量, 或多刀加工螺纹。程序格式如下:

N60 G22 L×××× LF

N70

⋮

N140

N150 G80 LF

} 循环程序内容

注意:

(1) 程序循环指令从 G22 指令下一段程序开始执行, 到 G80 以上一段程序为止结束一次循环, 然后再返回到 G22 以下一段程序执行。

(2) 循环次数以 L 表示, L 后四位正整数 (0~9999) 表示循环次数。如果是 L0000 则程序跳过循环内容, 向下执行。L0007 表示执行 7 次循环内容, 以此类推。

(3) 本指令不可嵌套。

(4) 循环程序内容只能用增量值编写。

例 1—2 按图 1—11 所示轨迹要求编制程序, 程序如下:

N420 G22 L3 LF

N430 G00 U-20 LF

N440 G01 W-40 F100 LF

N450 G00 U15 LF

N460 W35 LF

N470 G80 LF

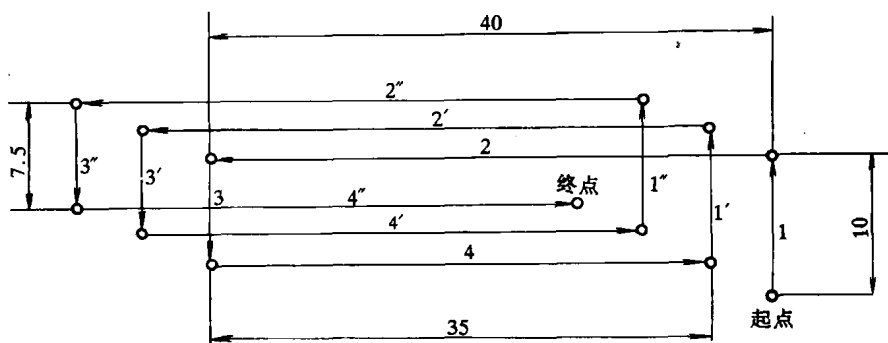


图 1—11 G22 程序循环

9. 矩形循环指令 G23

本指令用于加工相互垂直的两个表面，运动轨迹为一个矩形。在每次进刀量不同时，如在后续段依次给出新的对角点参数，矩形的循环将依次进行。

运动轨迹如图 1—12 所示。程序格式如下：

N60 G23 X30 Z50 F100 LF

矩形循环指令 矩形轨迹起点的对角点 进给速度

N70 X26 LF

例 1—3 加工如图 1—13 所示工件。程序如下：

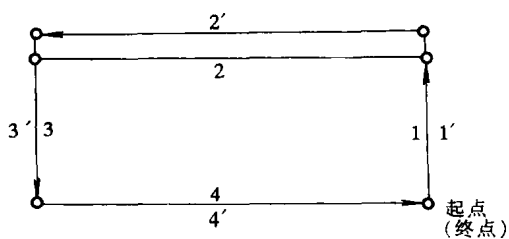


图 1—12 G23 矩形循环

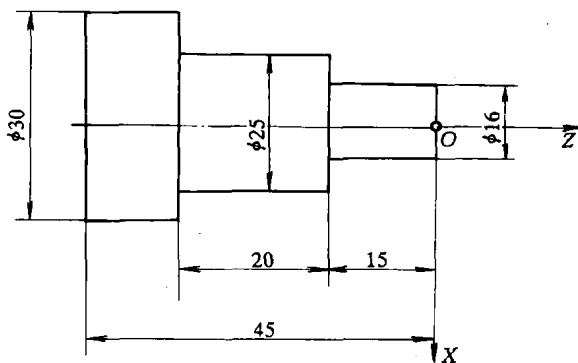


图 1—13 用 G23 指令加工台阶轴

∴

N30 G00 X32 Z4 LF

N40 G23 X30 Z-45 F100 LF

N50 X27 Z-35 LF

N60 X25 LF

N70 X23 Z-15 LF

N80 X21 LF

N90 X19 LF

N100 X17 LF

N110 X16 LF

⋮

注意:

(1) 本指令可采用绝对尺寸 (X、Z) 或增量尺寸 (U、W) 编程。

(2) 执行本指令时, 矩形的第 1、4、1'、4' 边运行速度为 G00 设定的速度, 第 2、3、2'、3' 边按指令中所给定 F 速度运行。

(3) 无论对角点位置处于起点何方, 本系统均先运行 X (U) 方向。

(4) X (U)、Z (W) 所设定的矩形不能有某边长为零的情况出现。

三、固定循环功能

本系统固定循环功能即是 G22、G80 循环功能, 下面列举经常用到固定循环的实例, 介绍几种编程方法, 以供参考。

例 1—4 加工如图 1—14 所示工件。选用 90° 正偏刀, 以固定循环的方式粗加工台阶。

⋮

N30 G00 X81 Z0 LF

N40 G22 L10 LF

N50 G00 U-4 LF

N60 G01 W-25 F60 LF

N70 G00 U2 W25 LF

N80 U-2 LF

N90 G80 LF

⋮

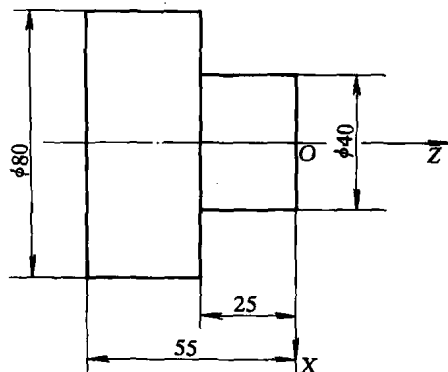


图 1—14 G22 固定循环车台阶

这种循环方式的特点是, 起点在工件右外缘处 (X81、Z0), 终点在 X41、Z0 处, 它的优点是循环体内数据便于计算。

循环体内容设计构想:

余量总和 $\phi 80 - \phi 40 = 40$;

每次切削深度 4 mm (直径量);

循环次数 $\frac{40}{4} = 10$

如将起刀点放在工件外, 循环程序如下:

⋮

N30 G00 X84 Z4 LF

N40 G22 L10 LF

N50 G00 U-7 LF

N60 G01 W-29 F60 LF

N70 G00 U3 W29 LF

N80 G80 LF

⋮

例 1—5 粗加工如图 1—15 所示圆锥体工件, 选用 90° 正偏刀。

⋮

```

N30 G00 X61 Z0 LF
N40 G22 L5 LF
N50 G00 U-4 LF
N60 G01 U20 W-40 F60 LF
N70 G00 W40 LF
N80 U-20 LF
N90 G80 LF

```

∴

循环内容构想：

切削运动轨迹与圆锥母线平行；

余量总和 $\phi 60 - \phi 40 = 20$ ；

每次切削深度 4 mm (直径量)；

循环次数 $\frac{20}{4} = 5$

注意：车圆锥时，起刀点 Z 轴必须设在小端平面处（车内锥时，在大端平面），否则因锥体长度改变，而影响锥角。

若起刀点设在工件外，程序如下：

∴

```

N30 G00 X65 Z0 LF
N40 G22 L5 LF
N50 G00 U-8 LF
N60 G01 U20 W-40 F60 LF
N70 G00 W40 LF
N80 U-16 LF
N90 G80 LF

```

∴

例 1—6 加工如图 1—16 所示工件，粗车循环加工圆弧部分，选用 60° 螺纹刀。

计算：

在 Rt△abc 中， $ac = 26$ ， $ab = 17$ ， $bc =$

$$\sqrt{(ac)^2 - (ab)^2} = \sqrt{26^2 - 17^2} = 19.67$$

$$bd = cd - bc = 26 - 19.67 = 6.33$$

$$\text{圆弧底部直径 } 38 - 2 \times 6.33 = 25.34$$

$$\text{圆弧圆心坐标 } X = 38 + 2 \times 19.67 = 77.34, Z = -30$$

粗车循环加工圆弧时，工件外径为 $\phi 39$ ，程序如下：

∴

```

N30 G00 X51 Z-13 LF
N40 G22 L3 LF

```

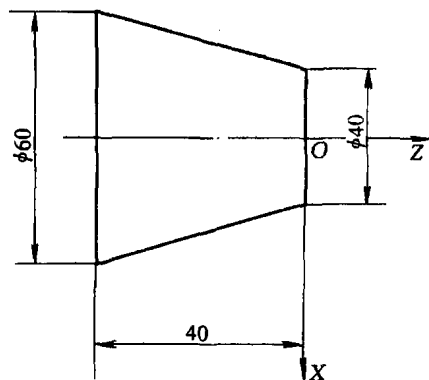


图 1—15 G22 固定循环车圆锥

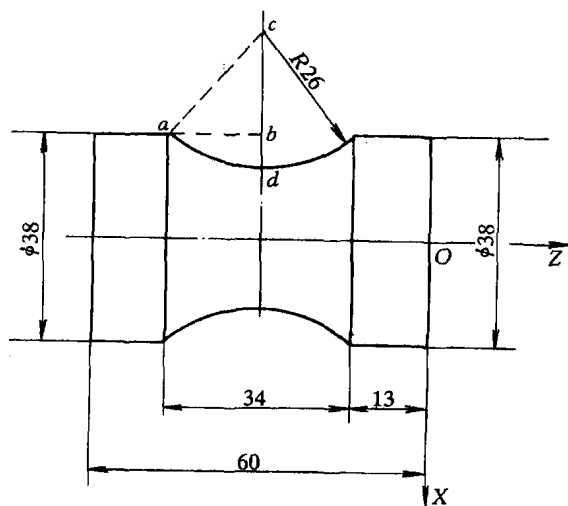


图 1—16 G22 固定循环粗车圆弧