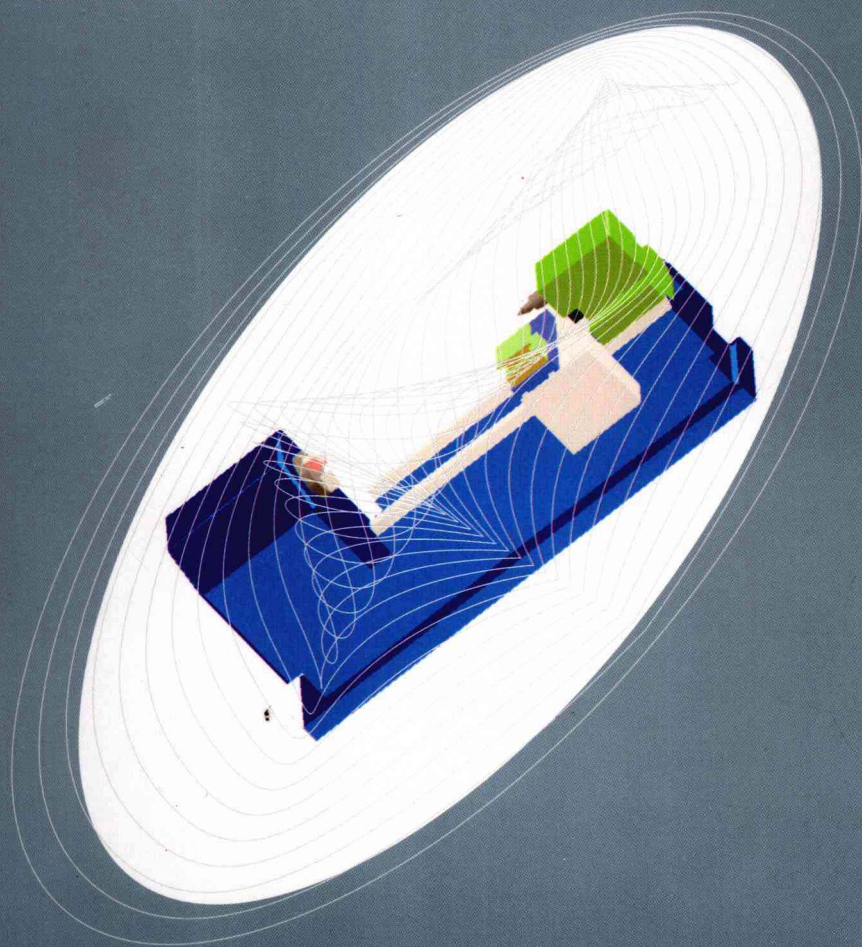


21世纪高等教育规划教材

数控车床仿真实训

张霞 张瑞林 主编



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

21 世纪高等教育规划教材

数控车床仿真实训

主 编 张 霞 张瑞林
副主编 李志刚 刘 娟
参 编 王玉梅 井新文 吴兴辉
相付阳 赵金凤 李俊峰
主 审 王 娟 刘 娟

江苏工业学院图书馆
藏书章

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目(CIP)数据

数控车床仿真实训/张霞,张瑞林主编. —成都:西南交通大学出版社,2008.9

21 世纪高等教育规划教材

ISBN 978-7-5643-0089-0

I. 数… II. ①张…②张… III. 数控机床:车床—仿真—高等学校—教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 141207 号

21 Shiji Gaodeng Jiaoyu Guihua Jiaocai

21 世纪高等教育规划教材

Shukong Chechuang Fangzhen Shixun

数控车床仿真实训

主 编 张 霞 张瑞林

*

责任编辑 张华敏

特邀编辑 高青松 李科亮

封面设计 水木时代

西南交通大学出版社出版发行

(成都市二环路北一段 111 号 邮政编码:610031 发行部电话:028-87600564)

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

北京广达印刷有限公司印刷

*

成品尺寸:170 mm×228 mm 印张:11.5

字数:197 千字

2008 年 9 月第 1 版 2008 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-0089-0

定价:21.00 元

版权所有 盗版必究 举报电话:028-87600562

内 容 提 要

本书是根据“国家职业标准——数控车工”中、高级工的技能要求,并结合宇龙数控仿真软件而编写的。

本书共分 7 章:绪论、数控车床坐标系、数控车床基本操作、广州数控 GSK980TA 面板操作、功能代码、基本编程 G 代码命令、FANUC 0i-mate TC 数控车床操作。

本书可作为数控车床编程和操作的培训参考教材,也可以作为数控、机械制造、机电等专业的数控车床中、高职学习教材,同时还供有关技术人员学习参考。

前言

在数控加工过程中,为检查数控程序的正确性,曾采用试切法和轨迹显示法,但存在较大缺陷,为此,人们一直在研究能逐步替代的仿真方法,并在试切环境的模型化、仿真计算和图形显示等方面取得了重要的进展。

近年来,随着企业数控机床应用率的大幅度提高,数控机床的操作技能培养成为各类职业院校一个亟待解决的问题。数控加工仿真系统可以模拟实际设备加工环境及其工作状态,不仅可以应用于制造企业中数控加工程序进行快速而精确的仿真、验证数控程序的可靠性、防止干涉和碰撞等情况的发生,而且还可以用于数控技术操作技能的教学培训,既可以使受训人员达到实物操作训练的目的,又可以大幅减少昂贵设备的投入,具有很高的应用价值。

本书以宇龙仿真软件为基础,全书共7章,详细介绍了数控机床坐标系、数控车床基本操作、广州数控GSK980TA面板操作、功能代码、基本编程G代码命令、FANUC Oi-mate TC编程与操作仿真、用户宏程序;另外还介绍了各个指令的使用和技巧以及加工工件的工艺,可以使读者在掌握基本操作的基础上,轻松牢固地掌握数控车床的编程加工能力。

本书具有鲜明的思路:首先以数控基本知识入手,然后结合比较典型的GSK980TA系统进行深入,最后再结合应用最广的FANUC系统讲解各个指令,以数控中级、高级工考核为标准展开编写,带有“※”的为高职或者高级工的部分内容,可根据自己情况进行掌握。

本书是一本以实践为主、理论结合实际的实用性教材,书中配有大量的实例来进行讲解,既适合于初学者入门,也适合于有一定基础的读者提高、巩固。

本书虽几经修改,但因水平有限,加之时间仓促,难免有疏漏之处,书中有部分内容为编者的理解和解释,不免有偏颇之处,望广大读者不吝赐教!

编者

2008年8月

目 录

第 1 章 绪 论	(1)
1.1 数控加工仿真技术简介	(1)
1.2 数控仿真软件的应用	(2)
1.3 数控仿真软件的教学应用	(2)
复习思考题	(5)
第 2 章 数控机床坐标系统	(6)
2.1 坐标系及工作台运动方向	(6)
2.2 编程基础	(9)
复习思考题	(11)
第 3 章 数控车床基本操作	(12)
3.1 基本操作	(12)
3.2 机床台面操作	(19)
复习思考题	(25)
第 4 章 广州数控 GSK980TA 面板操作	(27)
4.1 机床准备	(27)
4.2 设置工件坐标系原点(对刀)	(29)
4.3 参数设置	(31)
4.4 手动方式	(34)
4.5 自动方式	(36)
4.6 MDI 方式(录入方式)	(37)
4.7 数控程序处理	(38)
4.8 程序的导出、导入	(40)
4.9 数据显示	(41)
复习思考题	(44)
第 5 章 功能代码	(45)
5.1 准备功能	(45)
5.2 辅助功能	(46)
5.3 刀具功能、主轴功能、进给功能	(49)
复习思考题	(51)

第 6 章 基本编程 G 代码命令	(52)
6.1 基本编程指令	(52)
6.2 固定循环指令	(64)
6.3 多重循环指令	(73)
复习思考题	(88)
第 7 章 FANUC 0i-mate TC 数控车床操作	(114)
7.1 操作界面介绍	(114)
7.2 操作面板介绍	(118)
7.3 数控车床基本操作	(120)
7.4 综合编程实例	(132)
7.5 用户宏程序	(150)
复习思考题	(168)
附 录	(171)
附录一 广州数控 GSK980TA 指令格式	(171)
附录二 FANUC 指令格式	(173)
参考文献	(175)

第1章 绪 论

1.1 数控加工仿真技术简介

在数控加工过程中,为检查数控程序的正确性,曾采用试切法和轨迹显示法,但存在较大缺陷,为此,人们一直在研究能逐步替代的仿真方法,并在试切环境的模型化、仿真计算和图形显示等方面取得了重要进展。在这种情况下,数控加工的计算机仿真技术应运而生。

仿真技术是复杂系统研究和设计的一种新型和有效的工具。

所谓数控加工仿真,是采用计算机图形学的手段对加工走刀和零件切削过程进行模拟,具有快速、仿真度高、成本低等优点。

它采用可视化技术,通过仿真和建模软件,模拟实际的加工过程,在计算机屏幕上将车、铣、钻、镗等加工路线描绘出来,并能提供错误信息的反馈,使工程技术人员能预先看到制造过程,及时发现生产过程中的不足,有效预测数控加工过程和切削过程的可靠性及高效性,此外,还可以对一些意外情况进行控制。

仿真系统可由两个模块组成:

(1)仿真环境。由机床、工件夹具、刀具库组成。

(2)仿真过程。包括几何仿真和力学仿真两部分。几何仿真将刀具与零件视为刚体,不考虑切削参数、切削力等其他物理因素的影响,只仿真刀具、工件几何体的运动来验证 NC 程序的正确性;力学仿真属于物理仿真范畴,需要考虑精度分析等影响加工质量的因素,它通过仿真切削过程的动态力学特性来预测刀具破损、刀具振动、控制切削参数,从而达到优化切削过程。

采用软件系统作为仿真系统的图形显示平台,使开发者无须考虑环境光源、材质等影响真实感的因素,大大降低了编程的难度和强度;工件毛坯直接由设计过程调用,具有完全的真实形状,仿真结果直观易懂;仿真图形易于控制,具有旋转、放大、剖切和加工过程记录等特点,在航空航天、汽车制造、模具加工、通用机械等领域得到广泛的应用。

1.2 数控仿真软件的应用

机床数控技术是 20 世纪 70 年代发展起来的一种机床自动控制技术。20 多年来随着计算机、传感与检测、自动控制及机械制造等技术的不断进步,机床数控技术得到了迅速的发展。数控机床作为典型的机电一体化产品,是高新技术的重要组成部分,采用数控机床提高机械工业的数控化率,已成为当前机械制造技术更新的必由之路。近年来,随着企业数控机床应用率的大幅度提高,数控机床的操作技能培养成为各类职业院校一个亟待解决的问题。而数控机床是高技术产品,价格较昂贵,许多院校受场地和资金的限制,无法大量购置数控机床来供学生实训。另一方面,学生直接在数控机床上进行操作练习,容易因为培训中的误操作而导致昂贵设备的损坏。因此,如何根据各院校的具体情况,在满足数控专业教学和实训需要的同时,做到“少花钱,办大事”是各类职业院校面临的迫切问题。

数控加工仿真系统可以模拟实际设备加工环境及其工作状态,不仅可以应用于制造企业中,对数控加工程序进行快速、精确的仿真,验证数控程序的可靠性,防止干涉和碰撞等情况的发生,而且还可以用为数控技术操作技能的教学培训,既可以使受训人员达到实物操作训练的目的,又可以大幅度减少昂贵设备的投入,具有很高的应用价值。

因此,学校可通过数控加工仿真系统的大量运用,使虚拟设备与真实数控设备有机组合,建设高标准、高技术含量的数控网络教学实训系统,按循序渐进、由浅入深的认知规律,对学生进行数控手工编程、零件产品造型和计算机自动编程、数控加工仿真系统操作、生产型数控机床操作训练、数控工艺员培训或数控操作工职业技能等级考证培训,更好地培养适应社会需求的数控专业人才。

数控仿真系统的运用,将是职业院校进行实验室建设、改革实验教学的一个新的发展方向。

1.3 数控仿真软件的教学应用

数控仿真系统可以模拟实际设备加工环境及其工作状态,数控加工仿真技术为验证数控程序的可靠性、防止干涉和碰撞的发生及预测加工过程提供了强有力的工具。在培训和教学过程中,数控机床的模拟操作通过计算机屏幕上的仿真操作面板进行,而零件切削过程可在机床仿真模型上三维动画演

示,仿真加工和操作几乎与实际机床的真实情况一样。

目前,应用较为广泛的数控仿真系统主要有:中国上海宇龙“数控加工仿真系统”、德国“MTS 数控编程仿真系统”和美国“VERICUT 仿真系统”。这类软件可以用来学习数控机床的编程和操作,具有“以软带硬”来熟悉编程和操作、减少废品和撞机等优点,是一种现代化教学和实训的好方法。随着 CNC 仿真软件的发展,软件的功能越来越强大,不但能仿真切削加工,而且能测量虚拟工件;还可以对工件的加工工艺和加工质量进行分析,并能通过 RS232 等通信接口,直接控制数控机床的加工。

1.3.1 上海宇龙“数控加工仿真系统”

上海宇龙软件工程有限公司开发的“数控加工仿真系统”,可以实现对数控铣、车、加工中心加工全过程的仿真,具有基于互联网或局域网等进行双向互动的远程教育功能,数据传送可以采用卫星、宽带或窄带联网(Modem)等方式进行。该系统支持毛坯定义,夹具、刀具定义与选用,零件基准测量和设置,数控程序输入、编辑和调试,加工仿真及各种错误检测功能。该系统具有较高的可靠性、安全性和数据完整性,具有易学、易用、易操作、易维护等特点。整个系统分成四个模块,每一个模块中包含不同功能,每个模块功能都与相应的功能键连接。状态栏能够显示正在执行的程序代码情况、实时机床状态参数反馈及在线提示等。根据机床加工的特点和实际机床工作流程,系统采用用户界面模块、程序编辑模块、程序处理模块、模拟加工模块等结构。

(1)用户界面模块。用于设立数控加工环境,主要包括三维显示的数控加工环境、数控系统仿真面板。

(2)程序编辑模块。用于数控程序的输入、修改及显示编辑功能。NC 程序的读取如同生产实际一样,采用面板手工输入和程序文件读入两种方式。

(3)程序处理模块。通过对 NC 代码的理解,检查代码语法语意的正确性,经过译码、刀补计算、进给速度处理,得到刀具中心轨迹和其他所需数据,用于模拟加工。

(4)模拟加工模块。具有自动加工和手动加工等功能,系统通过对处理后 NC 程序的离散和插值,直接驱动数控系统显示屏或三维动画仿真。在模拟加工过程中,数控系统显示屏按实际加工状态,可工作在图形模拟或数字状态两种方式下。

1.3.2 德国“MTS 数控仿真系统”

从德国引进的“MTS 数控仿真系统”有 TOP TURN、TOP MILL 和 TOP

CAM 三个模块,可以实现以下几个方面的主要功能:

- (1)交互式编程功能。
- (2)数控系统后置处理功能。
- (3)数据库储存工艺数据功能。
- (4)对刀功能。
- (5)建立工艺档案功能。
- (6)仿真模拟功能。
- (7)加工质量分析功能。

1.3.3 美国“VERICUT 仿真系统”

“VERICUT 仿真系统”是美国 CGTech 公司开发的、面向制造业的数控加工仿真软件。通过模拟整个机床加工过程和校验加工程序的准确性,帮助用户直观地评估工艺计划酌合理性,准确地找出程序中的错误,合理地优化加工程序,避免工件报废、刀具损坏和机床碰撞等不良情况出现,改善切削质量,提高切削效率。

“VERICUT 仿真系统”是当今数控加工仿真技术的领导者,广泛应用于航空航天、汽车、医疗、电力、机械、模具与教育等行业。2005 年,美国国防制造与加工中心将 CGTech 公司选为战略防御计划的策略联盟伙伴,利用“VERICUT 仿真系统”先进的仿真与优化技术,帮助其提高开发能力。

(1)仿真、验证、三轴铣削加工、钻孔、车削、车铣加工、线切割刀路验证。构建并模拟 CNC 机床和机床控制系统,准确检查机床碰撞。

(2)自动修正进给速度,提高切削效率,提高零件表面质量。

(3)通过 IGES 或 STL 格式输出“和实际加工一样”的模型。

(4)仿真并验证四轴、五轴的铣削加工、钻、车、复杂的车铣联动机床操作。

(5)在加工的任何阶段,创建和模拟 CNC 探测程序。通过探头仿真减少潜在错误并且节约探头设备费用。

(6)根据“VERICUT 仿真系统”模拟所产生的过程加工特征、生成过程检测说明及工艺文档,可以节省时间和改进精度。

(7)精确地仿真和验证 EDM 放电加工操作。检查过切、过烧/欠烧情况,材料的去除量,接触面积和电极叠加。支持多电极加工仿真。

(8)通过比较设计模型和“VERICUT 仿真系统”的“切削”模型,能检测出零件过切和残余的材料。可以实施连续的过切检查。

(9)验证多轴磨削加工,为磨削仿真专门定制了一个操作简单的界面。多轴磨削机床的运动仿真,并且检查潜在的碰撞。

(10) 通过从 CAD/CAM 软件系统内部直接读取数据,使验证刀路的操作变得更加容易、方便。

(11) 直接读取各种格式的设计模型文件,可以将这些模型作为毛坯、夹具、刀柄和机床模型。结合模型输出模块,“VERICUT 仿真系统”的切削模型可以分别输出为这些格式的模型文件。

(12) 验证、分析并且优化三轴铣削加工、钻孔和线切割加工。检查零件过切及毛坯、夹具和刀具之间发生的碰撞。

复习思考题

1. 简述仿真技术在数控加工领域的发展现状。
2. 试述数控仿真教学软件的主要功能。

第 2 章 数控机床坐标系统

在编写数控加工程序过程中,为了确定刀具与工件的相对位置,必须通过机床参考点和坐标系描述刀具的运动轨迹。在国际 ISO 标准中,数控机床坐标轴和运动方向的设定均已标准化。统一规定数控机床坐标轴及其运动的方向,可方便编程,并使编出的程序对同类型机床有通用性,同时也给维修和使用带来极大的方便。ISO 和我国都拟定了命名的标准。

2.1 坐标系及工作台运动方向

2.1.1 坐标系的确定原则

刀具相对于静止工件而运动的原则规定了数控机床不论是刀具运动还是工件运动,均以刀具的运动轨迹来编写程序,这样可按零件图的加工轮廓直接确定数控机床的加工过程。

2.1.2 标准坐标系的规定

标准坐标系是一个直角坐标系,按右手直角坐标系规定,右手的拇指、食指和中指分别代表 X 、 Y 、 Z 三个直角坐标轴方向;旋转方向按右手螺旋法则规定,四指顺着轴的旋转方向,拇指与坐标轴同方向为轴的正旋转,反之,为轴的反旋转。标准坐标系的规定如图 2-1 所示。

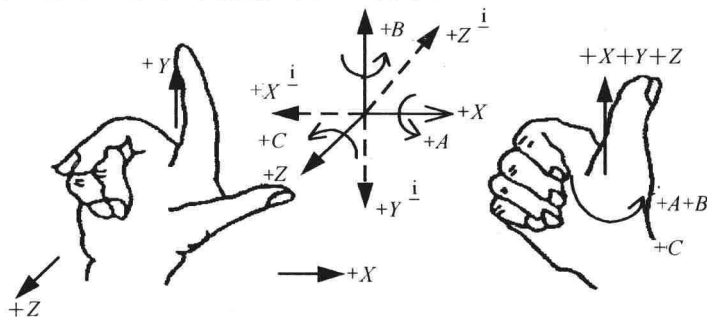


图 2-1 标准坐标系的规定

回转坐标:绕 X、Y、Z 轴转动的圆进给坐标轴分别用 A、B、C 表示,坐标轴相互关系由右手螺旋法则而定。

2.1.3 机床坐标轴的确定方向

1. 机床坐标轴

Z 轴表示传递切削动力的主轴,X 轴平行于工件的装夹平面,一般取水平位置,根据右手直角坐标系的规定,确定了 X、Z 轴的方向,自然能确定 Y 轴的方向。

(1)坐标轴正负的规定。使刀具与工件之间距离增大的方向规定为轴的正方向;反之,为轴的反方向。

(2)坐标轴方向。刀具相对工件运动的方向为坐标轴方向。这样可以使编程人员在不知是刀具移近工件还是工件移近刀具的情况下,都能正确地进行编程。

(3)附加坐标轴。平行于基本坐标系中坐标轴的进给轴为附加坐标轴,用 U、V、W 表示。

2. 机床坐标

(1)Z 坐标标准规定。Z 坐标是平行于主轴轴线的进给轴。

①若没有主轴(牛头刨床)或者有多个主轴,则选择垂直于工件装夹面的方向为 Z 坐标。

②若主轴能摆动,在摆动的范围内只与标准坐标系中的某一坐标平行时,则这个坐标便是 Z 坐标;在摆动的范围内与多个坐标平行,则取垂直于工件装夹面的方向为 Z 坐标。

(2)X 坐标标准规定。X 坐标运动是水平的,并且平行于工件装夹面。在刀具旋转的机床上(铣床、钻床、镗床等)按以下方式判断:

①Z 轴水平(卧式)。从刀具(主轴)向工件看时,X 坐标的正方向指向右边。

②Z 轴垂直(立式)。单立柱机床,从刀具向立柱看时,X 的正方向指向右边;双立柱机床(龙门机床),从刀具向左立柱看时,X 轴的正方向指向右边。

在工件旋转的机床上(车床、磨床等),X 轴的运动方向是工件径向并平行于横向拖板,且刀具离开工件旋转中心的方向是 X 轴的正方向。

(3)Y 坐标标准规定。利用已确定的 X、Z 坐标的正方向,用右手定则或右手螺旋法则,确定 Y 坐标的正方向。

①右手定则。大拇指指向 $+X$ 方向,中指指向 $+Z$,则 $+Y$ 方向为食指指向。

②右手螺旋法则。在 XZ 平面,从 Z 至 X ,拇指所指的方向为 $+Y$ 方向。

2.1.4 机床原点

机床原点是机床坐标系的原点,又称机床零点,这是一个固定的点,通常由机床制造厂确定。它是数控车床进行加工运动的基准参考点。数控车床机床原点的位置大多规定在主轴轴心线与装夹卡盘的法兰盘端面的交点上。数控机床坐标系有机床坐标系和工件坐标系,其中工件坐标系又称为编程坐标系。

2.1.5 机床坐标系

机床坐标系是以机床原点为坐标系原点的坐标系,是机床固有的坐标系,它是由机床生产厂家设定好的,具有唯一性。

机床通电后,必须手动返回参考点建立机床坐标系,机床坐标系一经建立,就一直保持不变直至断电。

注意:机床坐标系是数控机床中所建立的工件坐标系的参考坐标系,一般不作为编程坐标系,仅作为工件坐标系的参考坐标系。

2.1.6 工件原点与工件坐标系

(1)工件原点。为编程方便,在零件、工装夹具上选定的某一点或与之相关的点,该点也可以是对刀点重合。

(2)工件坐标系。以工件原点为零点建立的一个坐标系,编程时,所有的尺寸都基于此坐标系计算。

(3)工件原点偏置。工件随夹具在机床上安装后,工件原点与机床原点间的距离。

现代数控机床均可设置多个工件坐标系,在加工时通过 G 指令进行变换。

2.1.7 绝对坐标和相对坐标

1. 绝对坐标表示法

将刀具运动位置的坐标值表示为相对于坐标原点的距离,这种坐标的表示法称为绝对坐标表示法。大多数的数控系统都以 $G90$ 指令表示使用绝对坐标编程,绝对坐标表示法如图2-2所示。

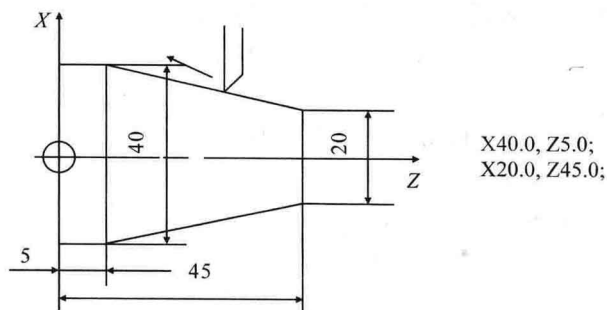


图 2-2 绝对坐标表示法

2. 相对坐标表示法

将刀具运动位置的坐标值表示为相对于前一位置坐标的增量,即为目标点绝对坐标值与当前点绝对坐标值差值,这种坐标的表示法称为相对坐标表示法,又称为增量坐标表示法,相对坐标表示法如图 2-3 所示。

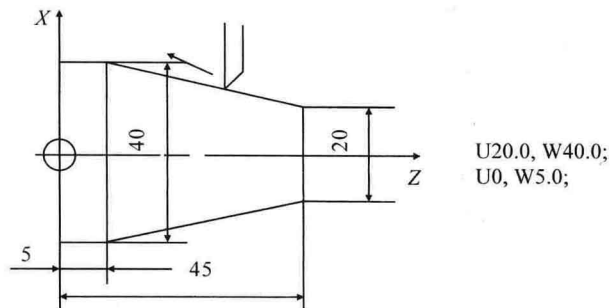


图 2-3 相对坐标表示法

选用哪种表示法主要根据具体机床的坐标系,考虑编程的方便(如图纸尺寸标注方式等)及加工精度的要求,选用坐标的类型。

2.2 编程基础

2.2.1 绝对/相对坐标编程

数控机床一般有两个坐标控制轴,即 X 轴和 Z 轴,对这种两轴系统有两种编程方法:绝对坐标编程方法和相对坐标编程方法。这两种方法可以在一个指令里混合使用。

对于 X 轴和 Z 轴增量编程所用的增量指令分别是 U 和 W。

$$U = X_{\text{终点}} - X_{\text{起点}}$$

$$W = Z_{\text{终点}} - Z_{\text{起点}}$$

如图 2-4 所示,刀具移动的终点坐标为

(1)绝对坐标编程——X40.0,Z5。

(2)增量坐标编程——U20.0,W-40。

(3)混合坐标编程——X40.0,W-40。

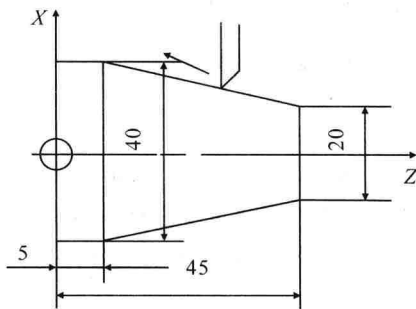


图 2-4 混合坐标表示法

2.2.2 程序的结构

数控程序一般是由程序号、程序段、结束符组成,而程序段又是由程序字组成。

1. 程序段结构

一个程序段由一个或多个程序字组成。程序字由地址符或符号+数字组成。例如:

N001 G00 X100 Z-50

2. 程序区的结构

程序区结构	程序区
程序号	O 0001(1~9999)
程序段 1	N0010 G91 G00 X120 Z80;
程序段 2	N0020 G42 Z-32;
⋮	⋮
程序段 n	Nn Z0;
程序结束	M30;
结束符号	%