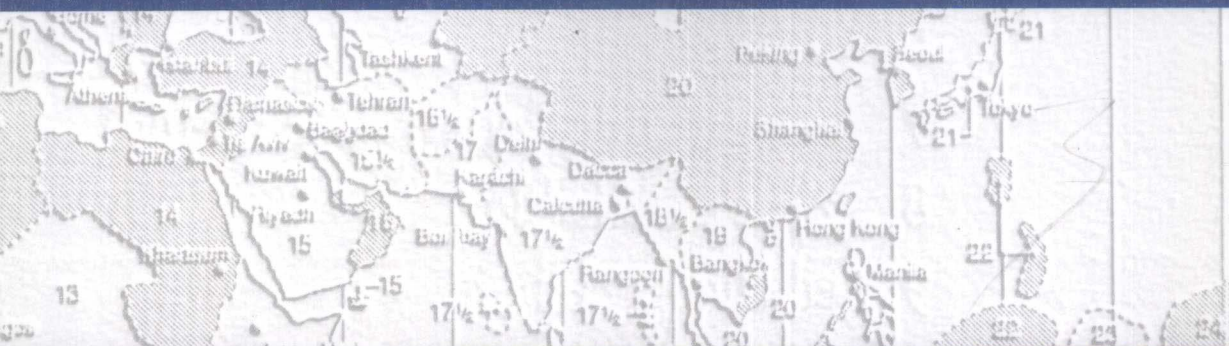




卓越系列·国家示范性高等职业院校特色教材



数控加工自动编程技术 (CAXA)

NC AUTOMATIC PROGRAMMING
TECHNIQUE (CAXA)

主 编 邵东波 李更新



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

卓越系列 · 国家示范性高等职业院校特色教材

数控加工自动编程技术 (CAXA)

NC Automatic Programming Technique(CAXA)

主 编	邵东波	李更新
常 副 主 编	郭 菱 荣	姜 诚 君
藏 书	徐 晓 峰	刘 国 通

 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书以“必需、够用”为原则,依据“工学结合、项目驱动”的高职高专教育教学新理念,精心选择教材内容,合理安排章节结构,系统地介绍了CAXA数控加工自动编程技术的相关知识。本书集数控车和数控铣(含加工中心)造型及自动编程技术于一身,涵盖了CAXA数控车和CAXA制造工程师的主要内容,分“数控车”和“数控铣”两部分共14个学习情境。本书内容丰富,表述简洁,图文并茂,易学易懂。本书可作为高职高专及成人院校的机电类特别是数控加工类专业的教材使用,也可作为工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工自动编程技术:CAXA/邵东波,李更新主编. —天津:天津大学出版社,2010.1
(卓越系列)

21 世纪高职高专精品规划教材

ISBN 978-7-5618-3324-7

I. ①数… II. ①邵…②李… III. ①数控机床—计算机辅助设计—应用软件, CAXA—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 017686 号

出版发行 天津大学出版社

出 版 人 杨欢

地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)

电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742

网 址 www.tjup.com

印 刷 昌黎太阳红彩色印刷有限责任公司

经 销 全国各地新华书店

开 本 169mm×239mm

印 张 10.75

字 数 270 千

版 次 2010 年 1 月第 1 版

印 次 2010 年 1 月第 1 次

印 数 1-3 000

定 价 39.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

计算机的发明和应用是 20 世纪的一个伟大创举,使人们从繁复的劳动中解脱出来,创造出了无法估量的社会价值,显示出了无穷的魅力和强劲的生命力。毫不夸张地说,现代社会的各个领域已经离不开计算机了。正是计算机在机床和机械加工中的成功运用,促使了数控机床和数控加工技术的诞生,彻底改变了人们对传统机械加工技术的认识。21 世纪是一个信息化的新世纪,而制造业信息化又是现代制造业的关键,高职高专院校机电类专业的教学改革与发展方向都紧紧围绕着制造业信息化这一主题进行。CAD/CAM 技术的广泛推广和成熟应用,为数控加工技术带来了前所未有的全新思维模式和解决方案。国内各类加工制造企业对先进制造技术及数控设备的应用日益普及,CAD/CAM 技术应用的水平也正在迅速地提高。这一切都对高职高专院校的教育教学提出了更高的要求。

自动编程又称计算机辅助编程,即借助 CAD/CAM 软件系统,使其实现零件实体造型、图形模拟加工、机床后置处理和数控代码的自动生成。自动生成的程序可以通过目前广泛采用的 RS-232 串行通信方式或 DNC 网络通信方式进行程序输入;新的数控设备甚至配备了可联入企业局域网的通信网卡,从而实现 CAD/CAM 系统和数控机床的直接集成;如果机床上有 USB 接口,外部程序的输入就更为方便。与手工编程相比,自动编程工作量小、编程时间短、准确性高、经济效益好,特别适合对复杂工件如模具零部件的编程。

目前,市场上有多款可供用户选用的自动编程软件,但我国的机械制造企业和工程技术人员在使用国外的自动编程软件时,发现这些外来软件存在着语言障碍、工程习惯不同、价格昂贵、后续服务不到位等缺点。而 CAXA 系列自动编程软件(包括 CAXA 数控车、CAXA 制造工程师、CAXA 线切割等)是依托北京航空航天大学的技术实力和青岛海尔集团的生产背景开发出来的优秀民族软件,它的开发和推广使用,为我国机械加工企业和工程技术人员很好地解决了这些问题。本书集成了 CAXA 数控车和 CAXA 数控铣(含加工中心)的主要内容,使学习自动编程技术更为简单。

本教材吸收了相关培训教材的基本理论和基础知识,在自编讲义的基础上集成书,坚持以“够用为度、工学结合”为原则,渗透“项目驱动”的高职高专教育新理念,让学生在具体任务的驱动下,提高学习兴趣,易学、易懂。

本教材具备以下特色:

(1) 实用性。以“必需、够用”为原则,注重讲清基本概念、造型和编程的基本方法,强调实用性,让学生易于理解、掌握和实践。

(2) 综合性。把数控车自动编程和数控铣(含加工中心)自动编程技术综合成一册教材。教材内容精挑细选,每个学习情境自成一体,而所有学习情境联合起来又是一个有机的整体。本教材体现了高等职业教育“以职业为基础,以能力为本位”

的培养模式对高等职业教育教材的客观要求。

(3) 可读性。每个学习情境最前面是本单元学习目标、学习重点、学习难点；每个学习情境都是以先项目驱动再逐步解决问题的形式展开阐述；书中内容图文并茂。另外，本书配备教师版教学光盘，内容除有教学课件和电子教案外，还有相关造型和自动编程的过程视频，可增加学生的感官认识，方便教师教学（需要教师可向本书编辑索领，电子邮箱：yuanjd@tju.edu.cn，编辑热线：022-27403599）。

本教材分“数控车”和“数控铣”两部分共 14 个学习情境。其中，“数控车”部分 4 个学习情景由邵东波、刘国通编写；“数控铣”部分 10 个学习情境由李更新、郭爱荣、姜诚君和徐晓峰编写；王守志、马春峰、付振山参与了插图和课件的制作工作；全书由邵东波和李更新统稿定稿。

在教材的编写过程中，得到了威海职业学院机电工程系领导李文、徐桂洪的大力关怀和支持，以及周文斌、闫华明、龙素丽、赵连坤、于春玲、陈安民、林秀娟等老师热情提供的资料和建议。编者在此对所有提供帮助和支持本书编写的人员表示衷心的感谢！

由于编者学识和水平有限，加之时间仓促，书中难免有疏漏和不妥之处，恳请读者批评指正（主编邮箱：dongboshao@sina.com）。

编者

2009 年 12 月

目 录

第一部分 数控车	1
学习情境 1 减速器输出轴的自动编程及加工	3
一、项目导入与任务分析	3
二、学习内容	6
三、加工的具体步骤与方法	14
学习情境 2 减速器轴承套的自动编程及加工	18
一、项目导入与任务分析	18
二、学习内容	19
三、自动编程及加工	20
学习情境 3 法兰盘的自动编程及加工	26
一、项目导入与任务分析	26
二、自动编程及加工	27
学习情境 4 转轴的自动编程及加工	34
一、项目导入与任务分析	34
二、自动编程及加工	35
第二部分 数控铣	41
学习情境 1 泵体端盖底板的自动编程及加工	43
一、项目导入与任务分析	43
二、实体造型	45
三、自动编程及加工	51
四、常见问题及原因	58
学习情境 2 手机壳体侧板的自动编程及加工	59
一、项目导入与任务分析	59
二、新知识讲解	59
三、造型及加工步骤	63
学习情境 3 鼠标的自动编程及加工	68
一、项目导入与任务分析	68
二、实体造型	69
三、自动编程及加工	72
学习情境 4 五角星的自动编程及加工	81

一、项目导入任务与分析	81
二、新知识讲解	82
三、造型及加工步骤	85
学习情境 5 连杆电极的自动编程及加工	91
一、项目导入与任务分析	91
二、新知识讲解	92
三、造型及加工步骤	96
学习情境 6 饮料瓶底凹模的自动编程及加工	104
一、项目导入与任务分析	104
二、实体造型	105
三、自动编程及加工	110
四、常见问题及原因	115
学习情境 7 扳手锻模的自动编程及加工	116
一、项目导入与任务分析	116
二、新知识讲解	118
三、造型及加工步骤	122
学习情境 8 叶轮动模的自动编程及加工	128
一、项目导入与任务分析	128
二、实体造型	129
三、自动编程及加工	138
学习情境 9 减速器箱体的自动编程及加工	143
一、项目导入与任务分析	143
二、实体造型	143
三、自动编程及加工	149
学习情境 10 偏心轴的自动编程及加工	154
一、项目导入与任务分析	154
二、造型及加工步骤	154
参考文献	165

第一部分 数控车

学习情境 1 减速器输出轴的自动编程及加工

学习目标

1. 学习和掌握曲线绘制、曲线编辑和变换的使用方法。
2. 掌握粗车轮廓、精车轮廓、切槽等加工方法，生成加工轨迹和 G 代码并进行仿真加工。

学习重点

曲线绘制命令的使用和轮廓粗车、精车、切槽的加工方法。

学习难点

粗车轮廓、精车轮廓、切槽 3 种加工方法参数的确定。

一、项目导入与任务分析

1. 项目导入

图 1.1.1 为减速器输出轴零件图，用 $\phi 40$ 的热轧圆钢作坯料加工如图所示的零

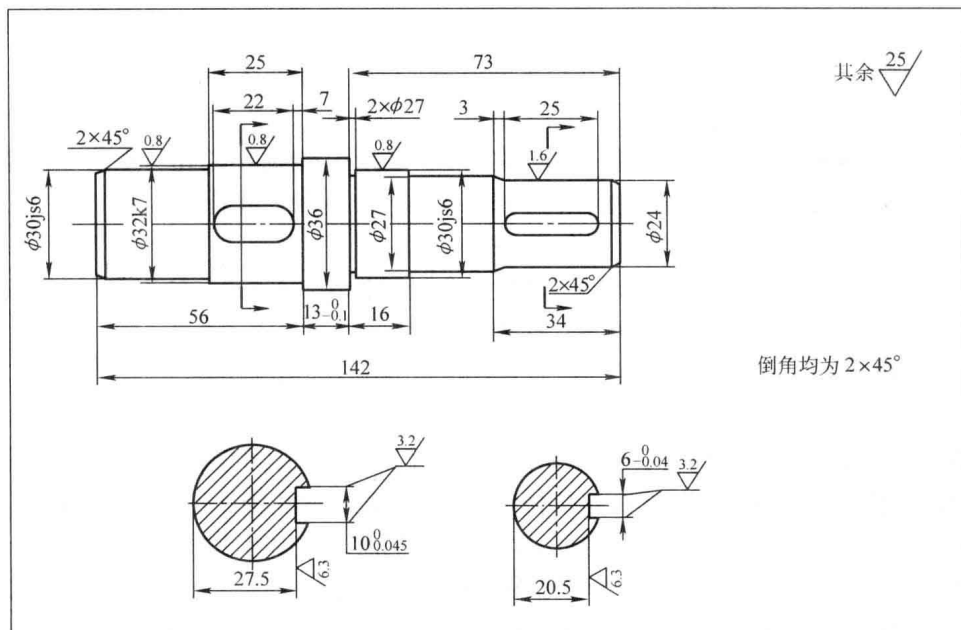


图 1.1.1 减速器输出轴零件图

件, 零件材料为 45 钢, 完成零件的造型、工艺分析和加工, 并生成加工代码。

2. 任务分析

1) 零件图样分析

该减速器输出轴的作用是在机器中支承齿轮、带轮等传动零件, 以传递转矩。它属于台阶轴类零件, 由圆柱面、轴肩、砂轮越程槽和键槽等组成。轴肩一般用来确定安装在轴上零件的轴向位置; 各环槽的作用是使零件装配时有一个正确的位置, 并使加工中磨削外圆退刀方便; 键槽用于安装键, 以传递转矩。

据工作性能与条件, 该输出轴图样规定了主要外圆 $\phi 30js6$ 、 $\phi 32k7$ 有较高的尺寸精度、位置精度要求和较小的表面粗糙度值, 并有热处理要求。这些技术要求必须在加工中给予保证。因此, 该输出轴的关键工序是外圆 $\phi 30js6$ 、 $\phi 32k7$ 的加工。

2) 确定毛坯

该输出轴材料为 45 钢, 因其属于一般输出轴, 故选 45 钢可满足其要求。

3) 确定定位基准

为保证同轴, 应选择以两端中心孔为基准, 采用双顶尖装夹方法, 以保证零件的技术要求。

粗基准采用热轧圆钢的毛坯外圆。中心孔加工采用三爪自定心卡盘装夹热轧圆钢的毛坯外圆, 车端面、钻中心孔。但必须注意, 一般不能用毛坯外圆装夹两次钻两端中心孔, 而应该以毛坯外圆作粗基准, 先加工一个端面, 钻中心孔, 车出一端外圆; 然后以已车过的外圆作基准, 用三爪自定心卡盘装夹 (有时在上工步已车外圆处搭中心架), 车另一端面, 钻中心孔。如此加工中心孔, 才能保证两中心孔同轴。

4) 热处理工序安排

该轴要求调质处理, 并安排在粗车各外圆之后, 半精车各外圆之前。

5) 输出轴的工艺路线

下料→车两端面、钻中心孔→粗车各外圆→调质→修研中心孔→半精车各外圆、车槽、倒角→划键槽加工线→铣键槽→修研中心孔→磨削→检验。

6) 加工尺寸和切削用量

输出轴磨削余量可取 0.5 mm, 半精车余量可选用 1.5 mm。加工尺寸可由此而定, 见该轴加工工艺卡的工序内容, 如表 1.1.1 所示。

7) 拟定工艺过程

定位精基准面中心孔应在粗加工之前加工, 在调质之后和磨削之前各需安排一次修研中心孔的工序。调质之后修研中心孔是为了消除中心孔的热处理变形和氧化皮, 磨削之前修研中心孔是为了提高定位精基准面的精度和减小锥面的表面粗糙度值。拟定输出轴的工艺过程时, 在考虑主要表面加工的同时, 还要考虑次要表面的加工。在半精加工 $\phi 36$ 、 $\phi 24$ 外圆时, 应车到图样规定的尺寸, 同时加工出各退刀槽、倒角; 两个键槽应在半精车后以及磨削之前铣削加工出来, 这样可保证铣键槽时有较精确的定位基准, 又可避免在精磨后铣键槽时破坏已精加工的外圆表面。

表 1.1.1 减速器输出轴机械加工工艺卡

威海职业学院机电系			机械加工工艺卡		产品名称	减速器	图 号	第 1 页		
					零件名称	输出轴	共 1 页			
毛坯种类			圆钢	材料牌号	45 钢		毛坯尺寸	φ 50 mm × 150 mm		
序号	工种	工步	工 序 内 容			设备	工具			
							工具	夹具	刃具	
1	下料		φ 50 mm × 150 mm							
2	车		三爪自定心卡盘夹持工件毛坯外圆			车床				
		1	车端面见平			C6140				
		2	钻中心孔							
			用尾座顶尖顶住中心孔					中心钻		
								φ 2 mm		
		3 粗	车 φ 30 mm 外圆至 φ 32 mm							
		4	粗车 φ 27 mm 外圆至 φ 29 mm							
		5	粗车 φ 24 mm 外圆至 φ 26 mm							
			调头，三爪自定心卡盘夹持 φ 30 mm 处							
		6	车另一端面，保证总长 142 mm							
		7	钻中心孔							
			用尾座顶尖顶住中心孔							
		8	粗车 φ 36 mm 外圆至 φ 38 mm							
		9	粗车 φ 32 mm 外圆至 φ 34 mm							
		10	粗车 φ 30 mm 外圆至 φ 32 mm							
		11	检验							
3	热		调质处理 220 ~ 240HBS							
4	钳		修研两端中心孔			车床				
5	车		双顶尖装夹			车床				
		1	半精车 φ 30 mm 外圆至 φ 30.5 mm							
		2	半精车 φ 27 mm 外圆至 φ 27.5 mm							
		3	半精车 φ 24 mm 外圆至 φ 24 mm							
		4	倒外角 2 mm × 45°							
		5	切槽 2 mm × φ 27 mm 环槽							
			调头，双顶尖装夹							
		6	半精车 φ 36 mm 外圆至 φ 36 mm							

续表

序号	工种	工步	工序内容	设备	工具		
					工具	夹具	刀具
		7	半精车 $\phi 32$ mm 外圆至 $\phi 32.5$ mm 长 38 mm				
		8	半精车 $\phi 24$ mm 外圆至 $\phi 24$ mm				
		9	倒外角 $2\text{ mm} \times 45^\circ$				
		10	检验				
6	车		双顶尖装夹				
		1	调头, 双顶尖装夹				
7	钳		划两个键槽加工线				
8	铣		用 V 形虎钳装夹, 按线找正				
		1	铣键槽	立铣			
		2	铣键槽				
		3	检验				
9	钳		修研两端中心孔	车床			
10	磨	1	磨外圆 $\phi 30\text{js6}$ 至尺寸	外圆磨床			
		2	磨外圆 $\phi 32\text{k7}$ 至尺寸				
			调头, 双顶尖装夹				
		3	检验				

二、学习内容

1. 造型命令介绍

1) 直线

单击曲线生成工具图标或菜单条, 激活直线功能。通过切换立即菜单, 可得到以下几种类型的直线。

(1) 两点线。

可以得到任意两点连接的直线, 直线可连续也可不连续。

(2) 平行线。

做已知直线的平行线, 有两种方式。

过点: 过一点做已知直线的平行线。

距离: 给定直线与已知直线的距离。

(3) 角度线。

做与已知直线或 X 轴或 Y 轴成一定角度的直线, 角度可为正负值。

(4) 曲线切线 / 法线。

做已知直线的切线或法线，可设定直线长度。

(5) 角等分线。

做已知角度的任意等分线，通过设定份数和长度来完成。

(6) 水平 / 铅垂线。

绘制水平、垂直十字线，对于画中心线或绝对水平或垂直的线非常方便，且可设定直线长度。

2) 圆弧

(1) 三点圆弧。

最普通的圆弧生成方式，作通过任意三点的圆弧。

(2) 圆心 + 起点 + 圆心角。

通过给定圆心、起点坐标和圆心角生成一个圆弧。

(3) 圆心 + 半径 + 起终角。

在立即菜单中输入起始角、终止角的角度，然后确定圆心和半径画圆弧。

(4) 两点 + 半径。

确定两点后，输入一个半径或通过给定圆上一点定义圆弧。

(5) 起点 + 终点 + 圆心角。

首先在立即菜单中输入圆心角，然后确定起点和终点。

(6) 起点 + 半径 + 起终角。

在立即菜单中输入半径、起始角、终止角，然后确定圆弧的起点。

3) 公式曲线

单击图标或菜单命令，弹出“公式曲线”对话框，对具体参数进行设定，生成要求的公式曲线，如图 1.1.2 所示。

4) 等距线

等距线的生成方式有“等距”和“变等距”两种。



图 1.1.2 “公式曲线”对话框



操作技巧及注意事项：

(1) 对于整圆或圆弧，“距离”为增（或减）到半径值上的值，即所做的整圆或圆弧比原来的半径大或小了所输入的“距离”值。

(2) 要了解等距线与平移拷贝的区别。等距线只有在平面内才能完成。

5) 曲线裁剪

系统提供了以下 4 种曲线裁剪方式。

快速裁剪：快速对鼠标所单击曲线进行裁剪，这是最常用的一种方式。

线裁剪：以一条曲线作为剪刀对其他曲线进行裁剪。

点裁剪：利用点作为剪刀对曲线进行裁剪。

修剪：拾取一条曲线或多条曲线作为剪刀线，对一系列被裁剪曲线进行修剪。

6) 曲线过渡

曲线过渡指对指定的两条曲线进行圆弧过渡、尖角过渡或对两条直线倒角。

7) 平移

系统提供了两种平移方式。

两点方式：给定平移元素的基点和目标点，来实现曲线或曲面的平移或拷贝。

偏移量方式：给出在 X 、 Y 、 Z 三轴上的偏移量，来实现曲线或曲面的平移或拷贝。

8) 平面镜像和镜像

平面镜像：对拾取到的曲线或曲面以某一条直线为对称轴，进行同一平面上的对称镜像或对称拷贝。

镜像：对拾取到的曲线或曲面以某一条直线为对称轴，进行空间上的对称镜像或对称拷贝。



操作技巧及注意事项：

(1) 在绘图过程中，注意利用空格键来捕捉特殊点，以提高作图准确性和作图速度。

(2) 绘制一定长度的直线段时，注意直线方式下两种绘制方法的使用技巧。

水平/铅垂线：绘制已知直线长度并两边对称的线段。

两点线：在正交、长度方式下，绘制已知单边长度的直线段。

(3) 注意“平移”命令和“平行线”命令的区别。

(4) 已知坐标值可直接利用“回车键”输入。回车条中的逗号必须是在英文状态下输入的。

2. 加工指令

1) 几个基本概念

(1) 机床的速度参数：包含主轴转速、接近速度、进给速度和退刀速度。

(2) 加工余量：前一工序为后续工序所留的一定的余量。

(3) 加工误差：刀具轨迹和实际概念模型的偏差。



操作技巧及注意事项：

对于直线和圆弧的加工不存在误差，加工误差指对样条线进行加工时所用折线逼近样条时的误差。

2) 机床设置

机床设置就是针对不同的机床、不同的数控系统, 设置特定的数控代码、数控程序格式及参数, 并生成配置文件。

(1) 机床参数设置。机床配置参数中的“说明”“换刀”和“程序尾”必须按照使用数控系统的编程规则执行, 利用宏指令格式书写, 否则, 生成的数控加工程序可能无法使用。

(2) 常用的宏指令。

CAXA 软件的程序格式, 以字符串、宏指令 @ 字符串和宏指令的方式进行设置, 其中宏指令为 \$+ 宏指令串, 下面是系统提供的宏指令串。

当前后置文件名: POST_NAME。

当前日期: POST_DATE。

当前时间: POST_TIME。

当前 X 坐标值: COORD_Y。

当前 Z 坐标值: COORD_X。

当前程序号: POST_CODE。

行号指令: LINE_NO_ADD。

行结束符: BLOCK_END。

冷却液开: COOL_ON。

冷却液关: COOL_OFF。

程序停: PRO_STOP。

左补偿: DCMP_LFT。

右补偿: DCMP_RGT。

补偿关闭: DCMP_OFF。

@: 换行标志, 若是字符串则输出 @ 本身。

\$: 输出空格。

3) 后置处理

针对特定的机床, 结合已经设置好的机床配置, 对后置输出的数控程序格式进行设置, 包括程序段行号、程序大小、数据格式、编程格式及圆弧控制方式等。



操作技巧及注意事项:

“圆弧控制设置”中, 采用半径 R 编程时, 当圆弧中心角大于 180° 时, R 取负值; 当圆弧中心角小于等于 180° 时, R 取正值。

4) 刀具参数说明

(1) 如图 1.1.3 所示“刀具库管理”对话框, 刀具参数有以下几个。

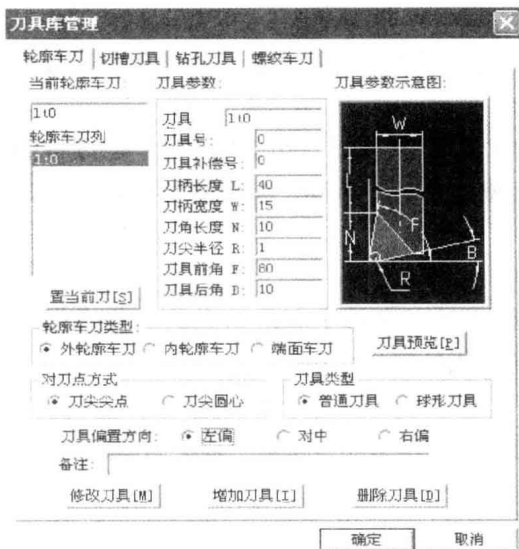


图 1.1.3 “刀具库管理”对话框

刀刃宽度：刀具切削刃的宽度。

刀尖半径：刀具切削刃两端圆弧的半径。

刀具引角：刀具切削段两侧边与垂直于切削方向的夹角。

(4) 钻孔刀具几何参数。

刀尖角度：钻头前段尖部的角度。

刀刃长度：刀具可用于切削部分的长度。

刀杆长度：刀尖到刀柄之间的距离，刀杆长度应大于刀刃有效长度。

(5) 螺纹车刀几何参数。

刀刃长度：刀具切削刃顶部的长度。

刀具角度：刀具切削段两侧边与垂直于切削方向的夹角，该角度决定了车削出螺纹的螺纹角。

刀尖宽度：螺纹齿底宽度。对于三角螺纹车刀，刀尖宽度等于 0。



操作技巧及注意事项：

刀具参数的设定可以在“刀具库管理”对话框中进行总体设定，也可以在具体的加工方法（如“轮廓粗车”对话框）中进行设置。两者是相互关联的，都可以进行刀具的增、删和参数的修改、管理。

5) 加工参数的内容及说明

“轮廓粗车”对话框包括“加工参数”“进退刀方式”“切削用量”“轮廓车刀”4

刀具：刀具的名称，用于刀具标识和列表，刀具名是唯一的。

刀具号：刀具的系列号，用于后置处理的自动换刀命令，也是唯一的。

刀具补偿号：刀具补偿值的序列号，对应于机床的刀具偏置表。

刀柄长度、宽度：刀具可夹持段的长度和宽度。

(2) 轮廓车刀几何参数。

刀角长度：刀具可切削段的长度。

刀尖半径：刀尖部分用于切削的圆弧的半径。

刀具前角：刀具前刃与工件旋转轴的夹角。

(3) 切槽刀具几何参数。