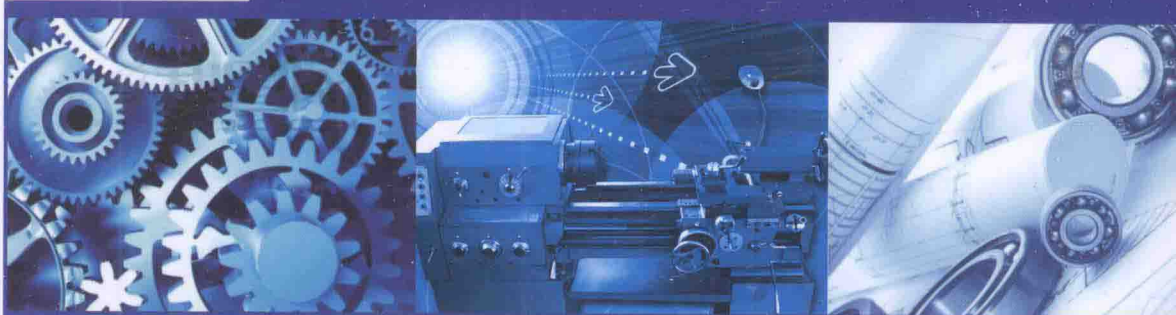


数控机床操作 实训教程



谢竞成◎主编

西北工业大学出版社

数控机床操作实训教程

主 编 谢竞成

副主编 谢 超 郑贤奎

主 审 段剑伟

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书分为6章,分别为数控机床编程基本知识、数控车床实训技能、数控车床技能考核、数控铣床操作与加工、加工中心编程及操作、机床维护与保养。

本书适合高职院校教师和学生数控车床实训教学中使用,也可作为参加国家数控车床职业资格考试人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床操作实训教程/谢竞成主编. —西安:西北工业大学出版社,2015.4

ISBN 978-7-5612-4358-9

I. ①数… II. ①谢… III. ①数控机床—操作—高等职业教育—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第059103号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路127号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:<http://www.nwpup.com>

印刷者:兴平市博闻印务有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:15.625

字 数:379千字

版 次:2015年4月第1版 2015年4月第1次印刷

定 价:38.00元

前 言

随着数控技术的发展和普及,社会需求大批数控机床的编程与操作人员,本书正是为适应这一需要而编写的。

数控机床操作实训是一门实践性、应用性很强的课程。编写本书的目的是帮助学生掌握数控机床操作技术知识与基本操作技能,培养学生综合运用知识的能力,力求创造一个从实践到理解,从理解到应用的实训环境,也为教师更好地组织教学提供切实的帮助。

本书内容丰富,图文并茂,通俗易懂,借鉴了多所学校的教学经验。本书重点在实训教学环节,兼顾理论知识,可作为高等职业技术学院数控机床操作实训教材,也可作为国家数控类职业工种考试参考用书。

本书参考学时为 160~200 学时,各实训课题可独立完成,教师可在实际教学中按专业特点、课程需求和实训条件选用。同时,本书也为今后实训条件的改善,技能水平的提高而增加实训内容留有一定的余地,保证了本书的适用性。

本书共分 6 章,其中第一、三、六章由谢竞成编写,第四、五章由谢超编写,第二章由谢竞成、郑贤奎共同编写。

由于水平的局限性,书中的不足之处在所难免,恳请热心读者能将在使用本书过程中发现问题及时反馈给我们,我们将不胜感谢,并在今后的修订中不断改进和完善。

编 者

2015 年 1 月

目 录

第一章 数控机床编程基本知识	1
第一节 数控车床基础知识	1
第二节 数控车床工艺及编程	14
第二章 数控车床实训技能	32
实训一 数控车床操作面板(FANUC 0i Mate - TC)	32
实训二 数控车刀安装	40
实训三 数控车床工件加工坐标系原点设置原则及建立	42
实训四 数控车床常用 G,M 码应用介绍	44
实训五 工件加工程序的组成	68
实训六 外圆端面加工	69
实训七 车锥面加工训练	71
实训八 内外沟槽与切断加工训练	75
实训九 车非圆特形面加工训练	79
实训十 车螺纹加工训练	84
实训十一 车内孔加工训练	89
实训十二 组合件加工综合训练	93
第三章 数控车工技能考核	97
实训一 综合考证知识(一)	97
实训二 综合考证知识(二)	105
实训三 综合考证知识(三)	114
实训四 综合考证知识(四)	121
第四章 数控铣床操作与加工	130
第一节 数控铣床简介	130
第二节 数控铣床的操作维护和安全	134
第三节 数控铣床功能指令	136
第四节 数控铣床的操作	139
第五节 铣削加工	171

第五章 加工中心编程及操作	183
第一节 加工中心简介.....	183
第二节 加工中心编程方法和特点.....	187
第三节 数控加工中心的对刀.....	192
第四节 加工中心操作基础.....	197
第六章 机床维护与保养	203
第一节 数控机床的使用和管理.....	203
第二节 数控机床精度的维护和保养.....	205
第三节 数控机床常见故障诊断和排除.....	208
第四节 数控机床维修.....	222
第五节 数控车床常见报警(FANUC 系统)	226
参考文献	243

第一章 数控机床编程基本知识

社会需求的多样化与科学技术的现代化,使机械制造的产品日趋精密、复杂,而且更新频繁,这不但对机械制造的精度与效率提出了更高的要求,而且对生产的适应性、灵活性也提出了更高的要求。特别是在宇航、造船、模具、军工及计算机工业中,零件精度高、形状复杂、中小批量且频繁改型,使用普通机床加工这些零件则存在生产效率低、劳动强度大、加工精度难以保证、有时甚至难于加工等现象。近年来,由于市场竞争日趋激烈,各生产厂家一方面要不断提高产品质量,另一方面又要满足市场不断变化的需要而进行频繁改型。即使是大批量生产,也面临产品改型变化的要求。这样,使以组合机床及自动化生产线为特征的刚性自动化在大批量生产中日渐暴露其缺点或不足,即使刚性自动化可以有很高的效率和加工精度,但没有生产的灵活性和对单件小批量生产的适应性,尤其是对复杂多变的零件加工没有“柔性”。据统计,单件、中小批量生产的零件品种约占零件总品种的 80%,甚至还要多。为了解决上述问题,一种新型的数字程序控制机床应运而生。数控机床是综合运用了计算机技术、网络通信技术、成组技术、自动控制技术、传感检测技术、液压气动技术、微电子技术以及精密机械等高新技术而发展起来的具有高精度、高自动化、高效率的一种完全新型的自动化机床,是典型的机电一体化产品,它的产生和发展标志着世界机械加工业进入了一个崭新的时代。

第一节 数控车床基础知识

一、数控机床的组成和工作原理

1. 数控机床的组成

数控机床一般由机床本体、数控系统、伺服系统和辅助装置等部分组成,如图 1-1 所示。

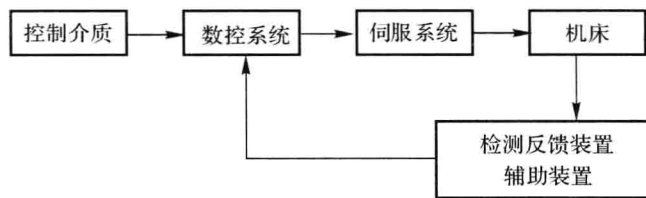


图 1-1 数控机床的组成

(1)机床本体。机床本体(见图 1-2)是指数控机床的机械结构实体,它与传统的普通机床相比较,同样由主动传动机构、进给传动机构、工作台、拖板、床身等部分组成,但数控机床的整体布局、外观造型、传动机构、刀具系统及操作界面等都发生了很大的变化。主要有以下几点:

1)主动传动系统一般分为齿轮有级变速和电气无级调速两种类型。较高档次的数控机床都要求配置调速电机实现主轴的无级变速,以满足各种加工工艺的要求,采用高性能主动传动及主

轴部件,具有传递功率大、刚度高、抗振性好及热变形小等优点。

2)进给传动采用高效传动件,具有传动链短、结构简单、传动精度高等特点。如采用滚珠丝杠副、直线滚动导轨副等。

3)床身机架具有更高的动、静刚度。

4)为了操作安全,一般采用全封闭罩壳等。

(2)数控系统。数控系统是数控机床的控制中心,是整个数控机床的灵魂所在。数控系统主要由操作系统、主控制系统、可编程控制器、输入/输出接口等部分组成。其中操作系统由显示器和键盘组成。主控制系统类似计算机主板,主要由 CPU、存储器、运算器、控制器等部分组成。数控系统可控制位置、速度、角度等机械量,以及温度、压力等物理量,其控制方式可分为数据运算处理控制和时序逻辑控制两大类。其中主控制器内的插补运算模

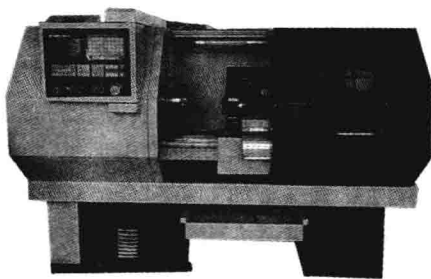


图 1-2 机床本体

块就是根据所读入的零件程序,通过译码、编译等信息处理后,进行相应的刀具轨迹插补运算,并通过与各坐标伺服系统的位置、速度反馈信号相比较,从而控制机床各个坐标轴的位移。而时序逻辑控制通常主要由可编程控制器 PLC 来完成,它根据机床加工过程中的各个动作要求进行协调,按各检测信号进行逻辑判别,从而控制机床各个部件有条不紊地按序工作。

(3)伺服系统。伺服系统是联结数控系统和机床本体的电传动环节,它接受来自数控系统发出的脉冲信号,转换为机床移动部件的运动,加工出符合图纸要求的零件。伺服系统主要由驱动装置、执行机构和位置检测反馈装置等部分组成。目前大多采用交、直流伺服电机作为系统的执行机构,各执行机构由驱动装置驱动。交、直流伺服电机一般适用于全功能型数控机床,而步进电机多用在经济型或简易 NC 机床上,每个脉冲信号所对应的位移量称为脉冲当量,它是数控机床的一个基本参数。数控机床常用当量一般为 $0.01\sim 0.001\text{mm}$ 。数控系统发出的脉冲指令信号与位置检测反馈信号比较后作为位移指令,再经驱动装置功率放大后,驱动电动机运转,进而通过丝杠拖动刀架或工作台运动。

(4)辅助装置。辅助装置主要包括 APC 工件自动交换机构、ATC 刀具自动交换机构、工件夹紧放松机构、回转工作台、液压控制系统、润滑冷却装置、排屑照明装置、过载与限位保护装置以及对刀仪等部分。机床的功能与类型不同,其包含辅助装置的内容也有所不同。

(5)刀架。数控车床的刀架是机床的重要组成部分,其结构直接影响机床的切削性能和工作效率,在一定程度上刀架结构和性能体现了机床的设计与制造技术水平。

数控车床的刀架分为排式刀架和转塔式刀架两大类。转塔式刀架是普遍采用的刀架形式,它用转塔头各刀座来安装或支持各种不同用途的刀具,通过转塔头的旋转、分度、定位来实现机床的自动换刀工作。转塔式刀架分度准确,定位可靠,重复定位精度高,转位速度快,夹紧刚性好,可以保证数控车床的高精度和高效率,一般分为卧式和立式两种,分别如图 1-3 和图 1-4 所示。立式转塔刀架的回转轴与机床主轴成垂直布置,刀位数有 4 位与 6 位两种,结构比较简单,经济型数控车床多采用这种刀架。

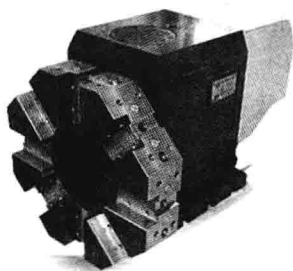


图 1-3 卧式转塔刀架

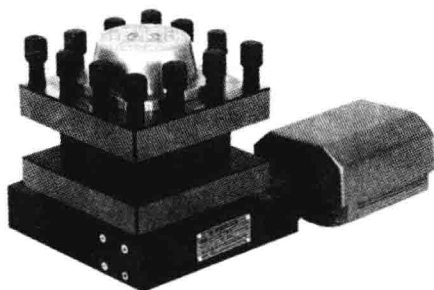


图 1-4 立式转塔刀架

卧式转塔刀架的回转轴与机床主轴平行,可以在其径向与轴向安装刀具。径向刀具多用作外圆柱面及端面加工,轴向刀具多用作内孔加工。转塔刀架的工位数可达 20 个,但最常用的有 8,10,12,14 工位 4 种。刀架回转及松开夹紧的动力有电动的、液压的、电动回转松开碟形弹簧夹紧的、电动回转液压松开夹紧的等。刀位计数通过多个行程开关(或接近开关)来实现,常用的以光电编码器为多。转塔刀架机械结构复杂,使用中故障率相对较高,因此在选用及使用维护中要给予足够重视。

2. 数控机床的工作原理

利用数控机床加工零件,就是首先根据所设计的零件图,经过加工工艺分析、设计,将加工过程中所需的各种操作,如机床启停、主轴变速、刀具选择、切削用量、走刀路线、切削液供给,以及刀具与工件相对位移量等,都要编入程序中,然后通过键盘或其他输入设备将信息传送到数控系统,由数控系统中的计算机对接受的程序指令进行处理和计算,向伺服系统和其他各辅助控制线路发出指令,使它们按程序规定的动作顺序、刀具运动轨迹和切削工艺参数来进行自动加工,零件加工结束时,机床自动停止运行。

当数控机床通过程序输入、调试和首件试切合格,进入正常批量加工时,操作者一般只要进行工件上下料装卸,再按一下程序自动循环按钮,机床就能自动完成整个加工过程。

二、数控机床加工特点和应用范围

1. 数控机床的加工特点

数控机床与普通机床相比较,主要有以下特点:

- (1) 自动化程度高。
- (2) 加工精度高且质量稳定。
- (3) 能加工形状复杂的零件。
- (4) 对加工对象的适应性强。
- (5) 生产效率高。
- (6) 良好的经济效益。
- (7) 易于构建计算机通信网络。
- (8) 便于生产管理的现代化。

2. 数控机床的应用范围

数控机床是一种高效、高精度、高自动化的机床,有许多普通机床不可比拟的优点。现在

数控机床的应用范围不断扩大,但由于数控机床技术含量高、价格昂贵、维修困难、对操作人员素质要求高等,从最经济的角度出发,数控机床适合于加工具有以下特点的零件:

(1)形状复杂、精度要求较高的零件。

(2)多品种、小批量或需要频繁改型的零件,一般采用数控机床加工的合理生产批量数在10~100件之间。

(3)要求精密复制的零件。

(4)价格昂贵,不允许报废的关键零件。

(5)需要最短生产周期的急需零件。

(6)需要铣、镗、铰、钻、攻螺纹等多道工序连续加工的零件。

(7)要求100%检验的零件。

三、数控机床常用术语

(1)数字控制(Numerical Control):是用数字化信息对机床的运动及其加工过程进行控制的一种方法,简称为数控(NC)。

(2)数控系统(NC System):是上述定义中所指的那种程序控制系统,它能自动阅读输入载体上事先给定的程序并将其译码,从而使机床运动和加工零件。早期的数控系统主要由数控装置、主轴驱动及进给驱动装置等部分组成,数控系统的所有功能都由硬件实现,故又称为硬件数控。

(3)计算机数控系统(Computer Numerical Control System):是一种数控系统,由装有数控程序的专用计算机、输入/输出设备、可编程控制器(PLC)、存储器、主轴驱动及进给驱动装置等部分组成,习惯上又称CNC系统。

(4)开放式CNC系统(Open CNC System):一个开放式系统应保证使开发的应用软件能在不同厂商提供的不同的软硬件平台上运行,且能与其他应用软件系统协调工作。现大多数数控系统制造商都声称他们提供的CNC系统是开放式CNC系统。

(5)数控机床(NC Machine):采用了数控技术的机床,或者说是装备了数控系统的机床。

(6)CNC机床(计算机数控机床):采用了或装备了CNC系统(计算机数控系统)的机床,简称CNC机床。

(7)数控加工(NC Machining):根据零件图样及工艺要求等原始条件编制零件数控加工程序(简称为数控程序),输入数控系统,控制数控机床中刀具与工件的相对运动,从而完成零件的加工。

(8)数控程序(NC Program):输入NC或CNC机床,执行一个确定的加工任务的一系列指令,称为数控程序或零件程序。

(9)数控编程(NC Programming):生成用数控机床进行零件加工的数控程序的过程,称为数控编程。

(10)插补(Interpolation):所谓插补,即根据程序信息计算出运动轨迹上许多中间点的坐标,这些中间点坐标,以前一中间点到后一中间点的位移量形式输出,经接口电路向各坐标轴执行元件送出操作信号,控制机床按规定的速度和方向移动,以完成零件的成形加工。

(11)轴(Axis):机床的部件可以沿着其作直线移动或回转运动的基准方向。

(12)机床坐标系(Machine Coordinate System):固定于机床上,以机床零点为基准的笛卡儿坐标系。

(13)机床坐标原点(Machine Coordinate Origin):机床坐标系的原点。

(14)工件坐标系(Work - piece Coordinate System):固定于工件上的笛卡儿坐标系。

(15)工件坐标原点(Work - piece Coordinate Origin):工件坐标系的原点。

(16)参考位置(Reference Position):机床启动用的沿着坐标轴上的一个固定点,它可以机床坐标原点为参考基准。

(17)绝对尺寸(Absolute Dimension)/绝对坐标值(Absolute Coordinates):距一坐标系原点的直线距离或角度。

(18)增量尺寸(Incremental Dimension)/增量坐标值(Incremental Coordinates):在一系列点的增量中,各点距前一点的距离或角度值。

(19)刀具轨迹(Tool Path):切削刀具上规定点所走过的轨迹。

(20)零点偏置(Zero Offset):数控系统的一种特征。它允许数控测量系统的原点在指定范围内相对于机床零点的移动,但其永久零点则存在于数控系统中。

(21)刀具偏置(Tool Offset):在一个加工程序的全部或指定部分,施加于机床坐标轴上的相对位移。该轴的位移方向由偏置值的正负来确定。

(22)刀具长度偏置(Tool Radius Offset):在刀具长度方向上的偏置。

(23)刀具半径偏置(Tool Radius Offset):刀具在两个坐标方向上的偏置。

(24)刀具半径补偿(Cutter Compensation):垂直于刀具轨迹的位移,用来修正实际的刀具半径与编程的刀具半径的差异。

(25)固定循环(Fixed Cycle):预先设定的一些操作命令,根据这些操作命令使机床坐标轴运动,主轴工作,从而形成固定的加工动作,如钻孔、镗削、攻螺纹以及这些加工的复合动作。

(26)倍率(Override):使操作者在加工期间能够修改速度的编程值(例如:进给量、主轴转速等)的手工控制功能。

(27)误差(Error):计算值、观察值或实际值与真值、给定值或理论值之差。

(28)分辨率(Resolution):两个相邻的离散量之间可以分辨的最小间隔。

四、数控机床刀具

1. 数控车床常用刀具

数控车床常用刀具一般分为尖形车刀、圆弧形车刀以及成形车刀3类。

(1)尖形车刀。尖形车刀是以直线形切削刃为特征的车刀。车刀的刀尖由直线形的主、副切削刃构成,如 90° 内外圆车刀、左右端面车刀、车槽(切断)车刀及刀尖倒棱很小的各种外圆和内孔车刀。

(2)圆弧形车刀。圆弧形车刀是以圆弧形切削刃为特征的车刀。其刀位点不在圆弧上,而在该圆弧的圆心上。圆弧形车刀可以用于车削内外表面,特别适合于车削各种光滑连接(凹形)的成形面。选择车刀圆弧半径时应考虑两点:一是车刀切削刃的圆弧半径应小于或等于零件凹形轮廓上的最小曲率半径,以免发生干涉;二是该半径不宜选得太小,以免刀具强度不足或散热能力差导致车刀损坏。

(3)成形车刀。成形车刀是指加工零件的轮廓形状完全由车刀刀刃的形状和尺寸决定的车刀。主要有小半径圆弧车刀、非矩形车槽刀和螺纹刀等。加工中一般应尽量少用或不用。

数控机床上应尽量使用系列化、标准化刀具。刀具使用前应进行严格的测量以获得精确资料,并由操作者将这些数据输入数控系统,经程序调用而完成加工过程。刀片的选择要根据零件材质、硬度、毛坯余量、工件的尺寸精度和表面粗糙度、机床的自动化程度等来选择刀片的几何结构、进给量、切削速度和刀片牌号。另外,粗车时为了满足大吃刀量、大进给量的要求,要选择高强度、高耐用度的刀具;精车时要选择精度高、耐用度好的刀具,以保证加工精度的要求。

目前数控机床用刀具的主流是可转位刀片的机夹刀具。下面对可转位刀具作简要的介绍。

(1)数控车床可转位刀具特点。数控车床所采用的可转位车刀,其几何参数是通过刀片结构形状和刀体上刀片槽座的方位安装组合形成的,与通用车床相比一般无本质的区别,其基本结构、功能特点是相同的。但数控车床的加工工序是自动完成的,因此对可转位车刀的要求又有别于通用车床所使用的刀具。

(2)可转位车刀的种类。可转位车刀按其用途可分为外圆车刀、仿形车刀、端面车刀、内圆车刀、切槽车刀、切断车刀和螺纹车刀等。

2. 数控机床切削刀具

数控机床切削刀具按使用场合分类为三大类:车削类、铣削类、钻削类。数控刀具通常由刀杆和刀片、刀垫、刀片夹紧装置组成,连接方式有杠杆、螺钉和杠杆、螺钉复合压紧3种。常用车削类刀具及其使用场合、名称如下:

(1)外圆、端面车刀,如图1-5~图1-17所示。

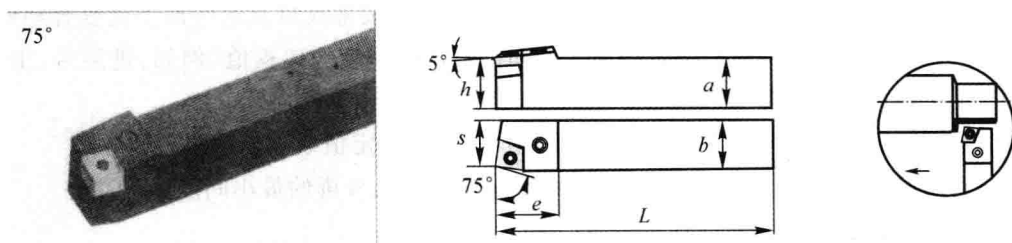


图 1-5

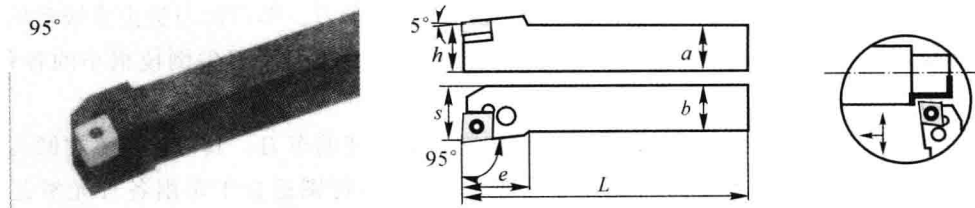


图 1-6

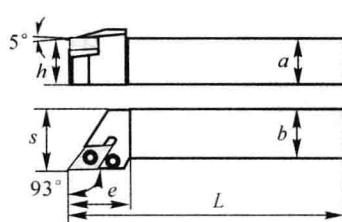
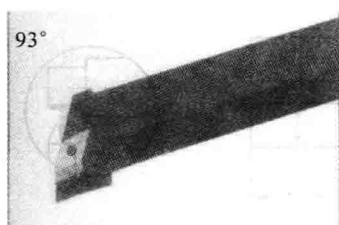


图 1-7

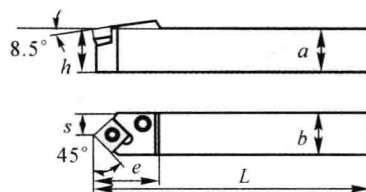
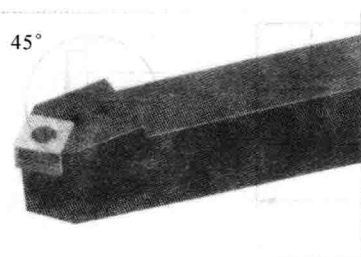


图 1-8

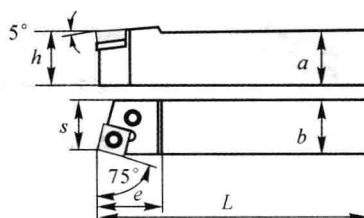
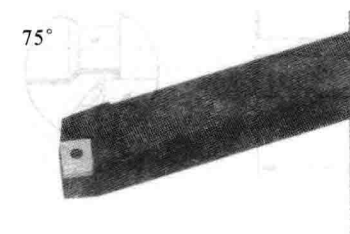


图 1-9

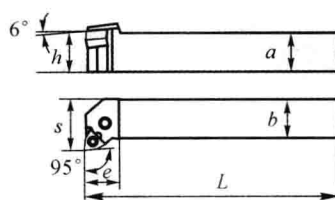
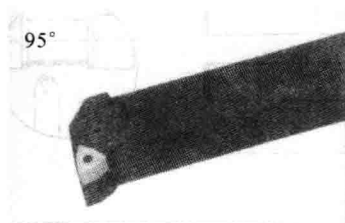


图 1-10

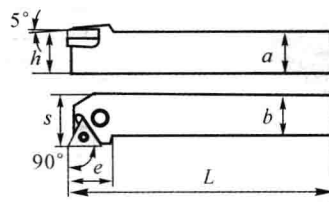
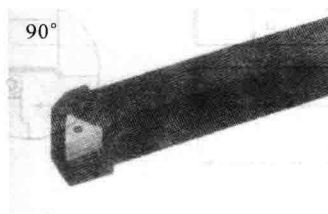


图 1-11

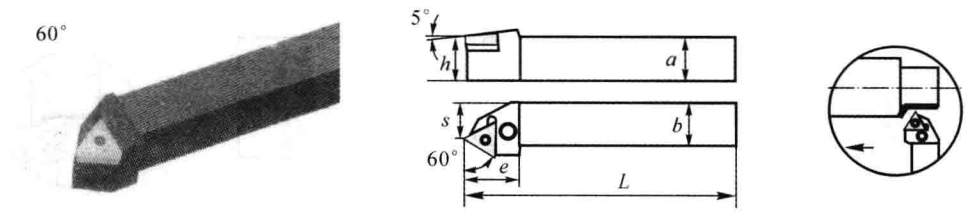


图 1-12

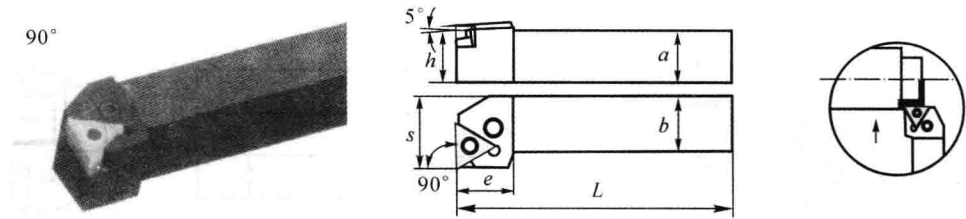


图 1-13

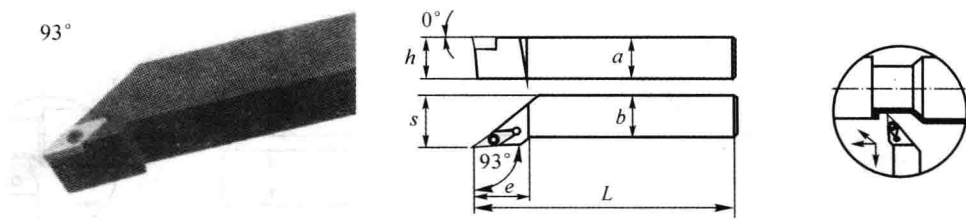


图 1-14

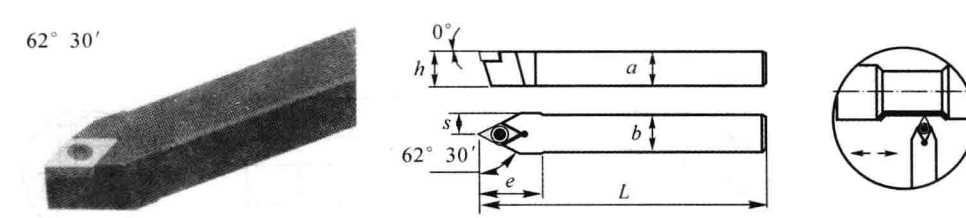


图 1-15

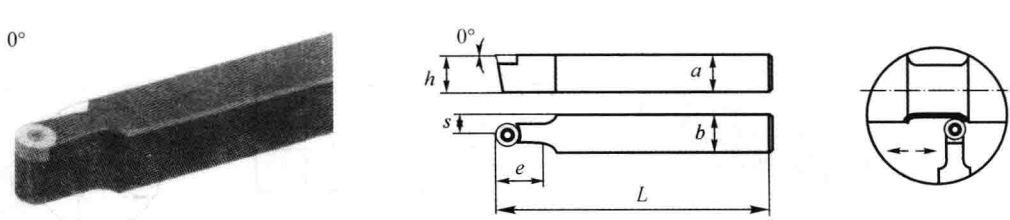


图 1-16

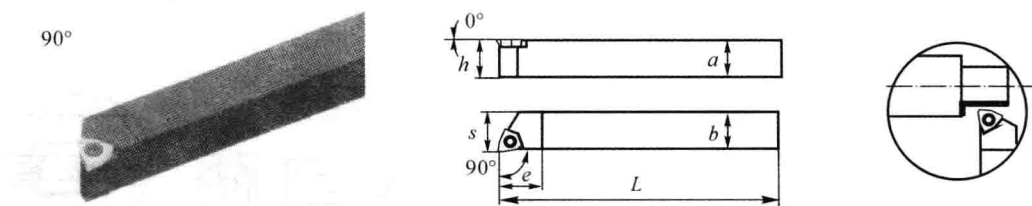


图 1-17

(2) 沟槽与切断刀, 如图 1-18~图 1-21 所示。

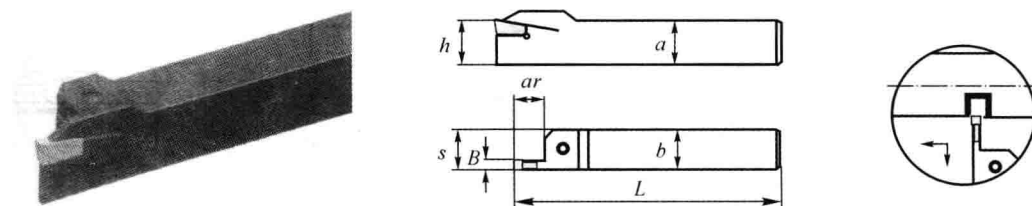


图 1-18

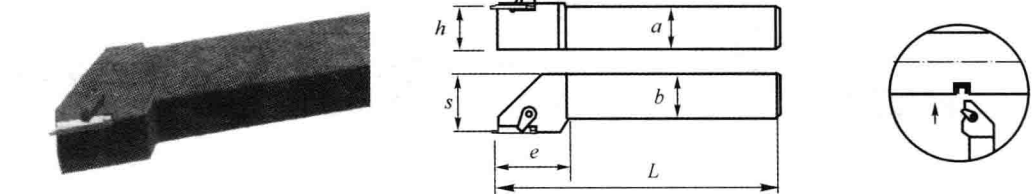


图 1-19

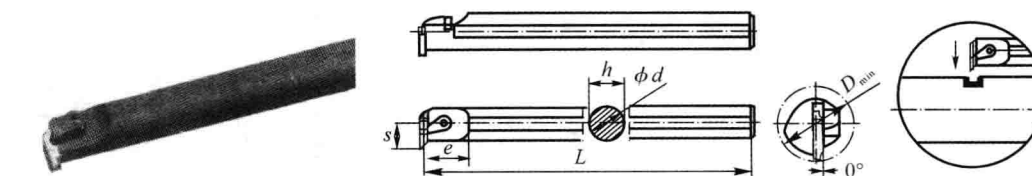


图 1-20

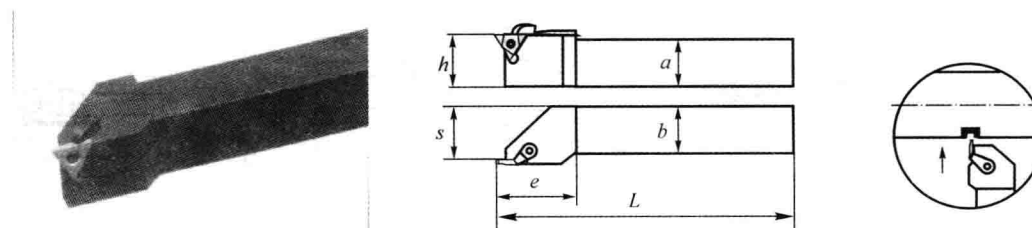


图 1-21

(3)内孔车刀,如图 1-22~图 1-30 所示。

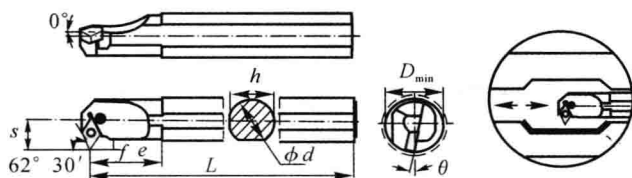
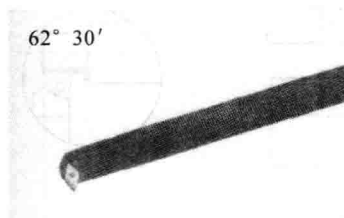


图 1-22

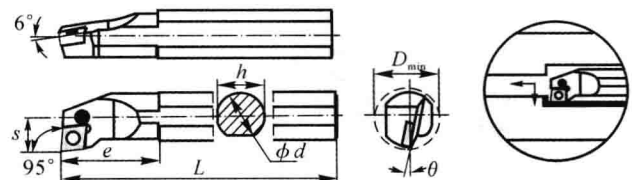
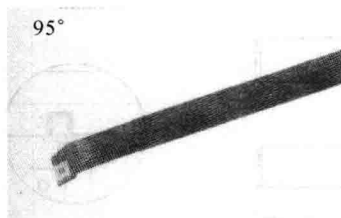


图 1-23

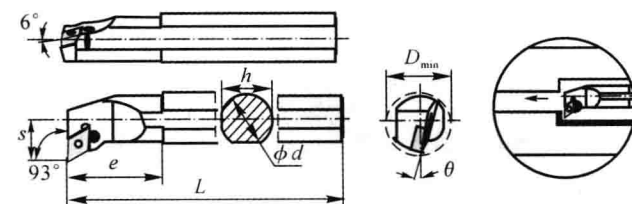
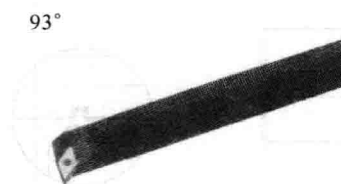


图 1-24

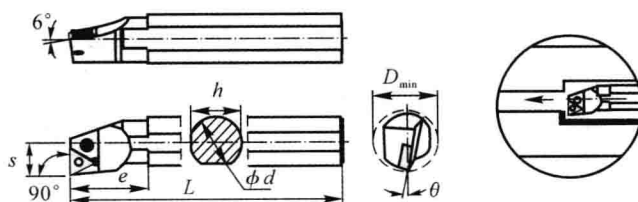
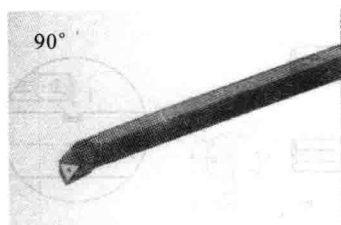


图 1-25

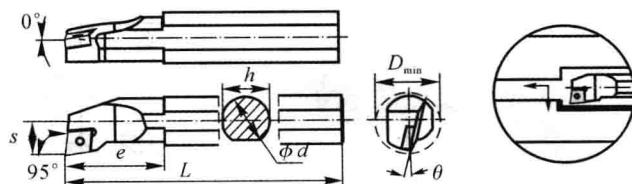
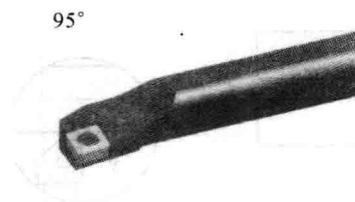


图 1-26

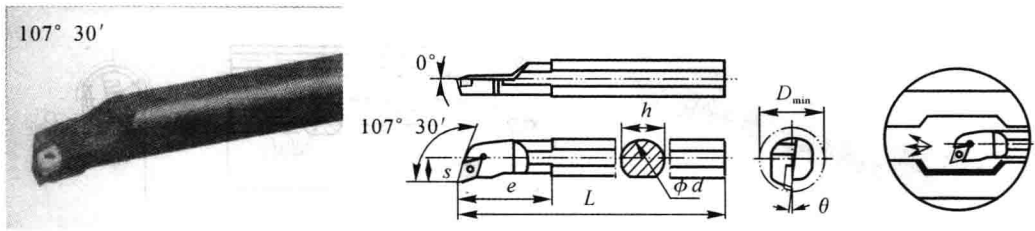


图 1-27

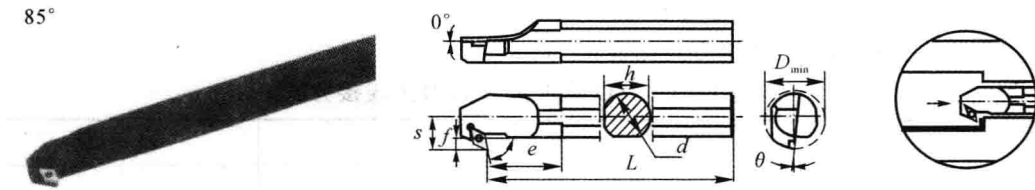


图 1-28

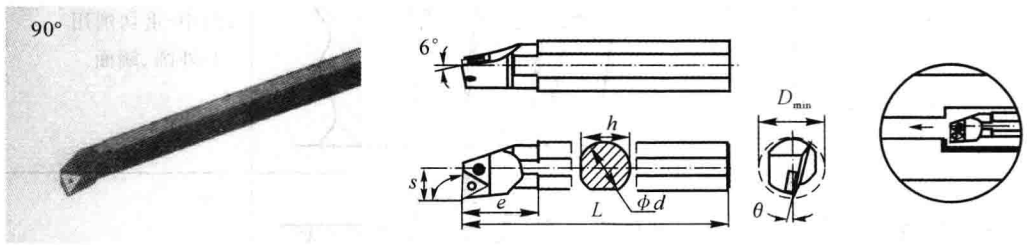


图 1-29

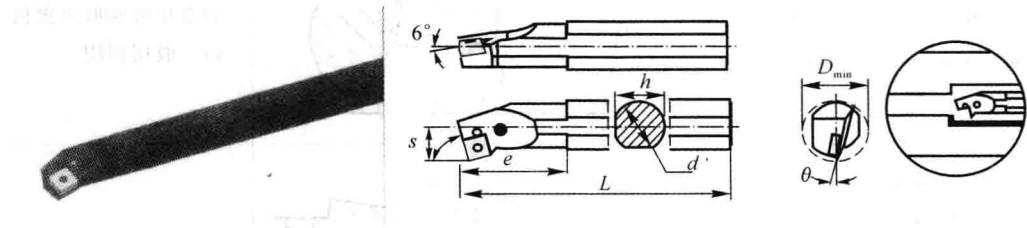


图 1-30

(4) 螺纹车刀, 如图 1-31, 图 1-32 所示。

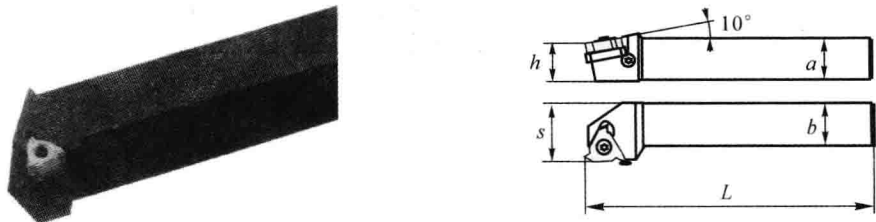


图 1-31