

■ 国家示范性高职院校建设规划教材

数控车床

技能鉴定培训教程

SHUKONG CHECHUANG
JINENG JIANDING PEIXUN JIAOCHENG

倪春杰 主 编

徐昆鹏 副主编



化学工业出版社

国家示范性高职院校建设规划教材

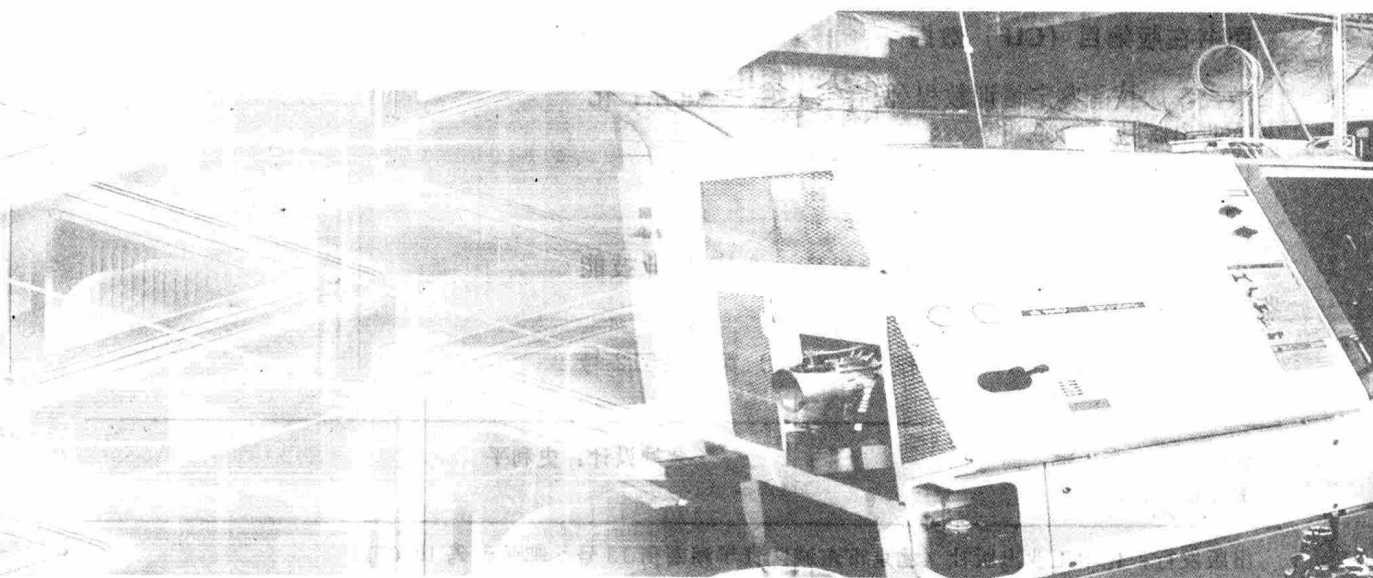
数控车床

技能鉴定培训教程

SHUKONG CHECHUANG
JINENG JIANDING PEIXUN JIAOCHENG

倪春杰 主 编

徐昆鹏 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是根据数控车工国家职业标准中数控车床操作工的基本要求,为职业技能鉴定而编写的培训教材。以数控车工国家职业技能鉴定的应知应会内容为依据,以零件编程、加工的具体实现过程为主线,以培养工艺能力为重点,涵盖 FANUC、SIEMENS、华中三大主流数控系统,主要包括:基础知识模块、数控车床编程模块(含宏程序和 CAXA 数控车软件)、数控车床操作与仿真模块(上海宇龙仿真软件)、典型零件加工实例模块以及数控车工中级、高级和技师的考工模拟试题五部分内容。只要跟着书上的操作步骤做就能轻松入门,轻松掌握。模块后面附有大量的各类训练项目,以便练习和提高。

本书始终以实例为主,穿插实际应用的经验和策略,简明扼要,图文并茂,理论和实践相结合,是一本针对性和实用性较强的教材。

本书可以作为职业技能鉴定的培训教材或技能鉴定考核用书,可以作为高等职业院校数控技术应用的实训教材,也可以作为数控技术培训、进修的教学用书和从事数控车床工作的工程技术人员的实用参考书。

与本书配套的电子课件可在化学工业出版社的官方网站上下载。

图书在版编目(CIP)数据

数控车床技能鉴定培训教程/倪春杰主编. —北京:化学工业出版社, 2009.1

国家示范性高职院校建设规划教材

ISBN 978-7-122-04043-5

I. 数… II. 倪… III. 数控机床: 车床-职业技能鉴定-教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 169512 号

责任编辑: 李娜 高钰
责任校对: 宋夏

装帧设计: 史利平

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印装: 北京市兴顺印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张 17 字数 422 千字 2009 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 29.00 元

版权所有 违者必究

前言

本书是根据数控车工国家职业标准中数控车床操作工的基本要求，为职业技能鉴定培训而编写的。

本书是以数控车工国家职业技能鉴定的应知应会内容为依据，以工作过程为参照系，将陈述性知识与过程性知识整合、理论知识与实践知识整合，以培养工艺能力为重点，能够满足数控车工职业资格取证。

本书采用单元模块式编写，以使用 FANUC、SIEMENS 或华中数控系统的具体操作为基础，阐述零件从制订数控加工方案、刀具选择、程序编制、对刀、程序录入、校验修改、自动加工的全过程，穿插实际应用的经验和策略，强调实例的可参考型号和可操作性。强化对实际操作的现场意识，培养岗位适应性较强的高技能人员和较丰富加工工艺知识的工艺人员。为方便应考，零件加工实例都配有评分表。模块后面还附有大量的各类训练项目，以便练习和提高。

本书可以作为职业技能鉴定的培训教材或技能鉴定考核用书，可以作为高等职业院校数控技术应用的实训教材，也可以作为数控技术培训、进修的教学用书和从事数控车床工作的工程技术人员实用参考书。

参加本书编写的有倪春杰（单元 1、9、14、16、各训练项目）、李明山（单元 2、3、7、11）、杨红鑫（单元 4、8）、吴应昌（单元 5）、胡宗政（单元 6、10、12）、徐昆鹏（单元 13）、马延斌（单元 15）。兰州石化职业技术学院倪春杰为主编，徐州工业职业技术学院徐昆鹏为副主编。

本书在编写过程中得到了兰州石化职业技术学院领导的大力支持以及胡相斌、王金明、李润的帮助，借鉴了国内同行的最新资料，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，谬误欠妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

2008 年 10 月

目 录

第一篇 基础知识模块

单元 1 数控车削加工基础知识	1
1.1 读图与绘图知识	1
1.2 常用金属材料知识	4
1.3 数控车削刀具	7
1.4 数控车削加工工艺基础	11
1.5 数控车削工具、夹具、量具	18
1.6 零件的定位与装夹	22
1.7 数控车床的组成、加工特点	24
1.8 数控车床操作规程	25
1.9 数控车床的维护保养与故障诊断	26

第二篇 数控车床编程模块

单元 2 数控车床编程基础	28
2.1 数控车床编程的坐标系统	28
2.2 辅助功能 M 代码	30
2.3 进给功能 F、主轴功能 S 和刀具功能 T	30
2.4 常用准备功能 G 代码	31
2.5 数控加工路线及数控程序结构框架	33
单元 3 FANUC0i 系统数控车床的常用编程代码	35
3.1 FANUC0i 系统数控程序结构	35
3.2 FANUC0i 系统准备功能 G 代码	35
3.3 刀尖圆弧半径补偿	39
3.4 数控车床循环指令应用	40
3.5 子程序功能	51
3.6 FANUC 系统宏程序编程	51
单元 4 SINUMERIK 802D 系统数控车床常用编程代码	53
4.1 SINUMERIK 802D 数控系统的程序结构	53

4.2	SINUMERIK 802D 系统准备功能 G 代码	53
4.3	SINUMERIK 802D 系统的倒角、倒圆和子程序功能	55
4.4	SINUMERIK 802D 数控系统的部分车削循环功能	56
4.5	计算参数 R 编程 (宏程序编程)	60
4.6	SINUMERIK 802D 编程实例	61
单元 5 HNC-21T 系统数控车床编程代码		66
5.1	HNC-21T 数控系统的程序结构	66
5.2	HNC-21T 系统准备功能 G 代码	66
5.3	HNC-21T 系统复合循环功能	69
5.4	子程序功能	74
5.5	宏程序编程	75
单元 6 自动编程 (CAXA 数控车 XP)		77
6.1	典型零件及其图样分析	77
6.2	零件造型及加工轨迹生成方法	77
6.3	参数修改	87
6.4	后置设置	89
6.5	代码生成	90
编程训练项目		92

第三篇 数控车床操作与仿真模块

单元 7 FANUC0i-TB 系统数控车床基本操作		98
7.1	FANUC0i 系统数控车床面板	98
7.2	机床准备	100
7.3	试切对刀	100
7.4	程序录入与编辑	102
7.5	设定刀尖圆弧半径和刀尖方位编码	103
7.6	程序校验	103
7.7	零件加工	104
7.8	零件加工实例	104
单元 8 SINUMERIK 802D 系统数控车床基本操作		107
8.1	SINUMERIK 802D 系统数控车床面板	107
8.2	机床准备	107
8.3	测量刀具法对刀	108
8.4	测量工件法对刀	111
8.5	程序录入及修改	112
8.6	零件加工	114

单元 9 HNC-21T 系统数控车床基本操作	116
9.1 华中世纪星 HNC-21T 系统数控车床面板	116
9.2 机床准备	117
9.3 试切对刀操作	118
9.4 MDI 操作	120
9.5 程序输入	122
9.6 自动加工	123
9.7 其他操作	124
单元 10 数控加工仿真操作 (宇龙仿真系统)	126
10.1 零件图及其工艺分析	126
10.2 选择机床及机床回零	127
10.3 工件的定义与安装	127
10.4 刀具的选择与安装	128
10.5 手动试切对刀	129
10.6 输入数控加工程序	130
数控车床操作训练项目	134

第四篇 典型零件加工实例模块

单元 11 中级工零件加工实例	140
11.1 中级工的编程与加工实例 1	140
11.2 中级工的编程与加工实例 2	143
单元 12 高级工零件加工实例	148
12.1 薄壁零件的编程与加工实例	148
12.2 偏心零件的编程与加工实例	154
12.3 深孔零件的编程与加工实例	164
12.4 配合件的编程与加工实例	169
单元 13 技师零件加工实例	178
13.1 技师零件加工实例 1	178
13.2 技师零件加工实例 2	183
零件加工训练项目	188

第五篇 数控车工考工模拟试题

单元 14 数控车工中级工技能鉴定模拟试题	193
14.1 数控车工中级工技能鉴定理论模拟试题 1 及答案	193
14.2 数控车工中级工技能鉴定理论模拟试题 2 及答案	198

14.3 数控车工中级工技能鉴定实操考试模拟试题及答案.....	201
单元 15 数控车工高级工技能鉴定模拟试题	208
15.1 数控车工高级工技能鉴定理论模拟试题 1 及答案.....	208
15.2 数控车工高级工技能鉴定理论模拟试题 2 及答案.....	214
15.3 数控车工高级工技能鉴定实操考试模拟试题及答案.....	222
15.4 自动编程及仿真考试模拟试题及答案.....	227
单元 16 数控车工技师技能鉴定模拟试题	232
16.1 数控车工技师技能鉴定理论模拟试题及答案.....	232
16.2 数控车工技师技能鉴定实操考试模拟试题及答案.....	240
附录 数控车工国家职业标准	254
参考文献	263

第一篇

基础知识模块

单元1 数控车削加工基础知识

1.1 读图与绘图知识

1.1.1 三视图、局部视图和剖视图

视图是根据有关标准和规定，用正投影法绘制出机件的图形，主要是用来表达机件外部结构和形状。一般只画出可见部分。视图通常有基本视图、向视图、局部视图和斜视图四种。

三视图是指主视图（向正面投影）、俯视图（向水平面投影）和左视图（向侧面投影），主视图在上方，俯视图在主视图的正下方，左视图在主视图的正右方。

将物体的某一部分向基本投影面投影所得的视图，称为局部视图。局部视图可按基本视图的配置形式配置，也可按向视图的配置形式配置并标注。当局部视图按照投影关系配置，中间又没有其他视图隔开时，可省略标注。局部视图的断裂边界应以波浪线表示。当它们所表示的局部结构是完整的，且外轮廓线又成封闭时，波浪线可省略不画。

假想的用剖切面剖开物体，将处在观察者和剖切平面之间的部分移去，而将其余部分向投影面投影所得到的图形称为剖视图。剖视图可分为全剖视图、半剖视图和局部剖视图。

1.1.2 零件的特点

（1）轴套类零件的特点

结构特点：通常由几段不同直径的同轴回转体组成，常有键槽、退刀槽、越程槽、中心孔、销孔，以及轴肩、螺纹等结构。

视图表达：主视图按加工位置——轴线水平放置，表达其主体结构；用剖视、剖面、局部视图和局部放大图等辅助视图加以补充表达，实心轴无须剖开。

尺寸标注：以回转轴线作为径向尺寸基准，轴向的主要尺寸基准是重要端面。主要尺寸直接注出，其余尺寸按加工顺序标注。

技术要求：有配合要求的表面，其表面粗糙度参数值较小。有配合要求的轴颈、主要端面一般有形位公差要求。

（2）盘类零件的特点

结构特点：主体部分常由回转体组成，也可能是方体或组合体。零件通常有键槽、轮

辐、均布孔等结构，并且常有一段与零件中的其他零件配合。

视图表达：一般采用两个基本视图再配以其他辅助视图表达：主视图按加工位置——轴线水平放置，采用全剖视图表达内部结构；另一视图表达外形轮廓和其他结构，如孔、肋、轮辐的相对位置。

尺寸标注：以回转轴线作为径向尺寸基准，轴向的主要尺寸基准是重要端面。

技术要求：重要的轴、孔和端面尺寸精度较高，且一般有形位公差要求，如同轴度、垂直度、平行度和端面跳动度要求，材料多为铸件，有时效处理和表面处理等要求。

1.1.3 零件图的读图知识

识读零件图就是要弄清零件图中所表达的各种内容，以便于制造或检验。识读零件图一般按以下步骤进行。

① 概括了解。看标题栏了解零件的名称、材料、比例及编号等。

② 分析视图。分析零件各视图的配置及视图之间的关系，了解每个视图的作用及所采用的表达方法。

③ 分析尺寸和技术要求。分析零件径向和轴向的尺寸基准，分析尺寸的加工精度要求及其作用，理解标注的尺寸公差、形位公差和表面粗糙度等技术要求。

④ 综合归纳。综合考虑视图、尺寸和技术要求等内容，对所读零件图形成完整的认识。

1.1.4 装配图的读图知识

识读装配图一般按以下三步进行。

(1) 概括了解

先从标题栏入手，了解装配体的名称、性能和绘图比例，从明细栏了解零件的名称和数量，并在视图中找出相应零件所在的位置。再浏览所有视图、尺寸和技术要求，对整体有一个初步了解。

(2) 详细分析

① 分析工作原理、装配关系。弄清工作原理，了解各零件之间的连接和装配关系。

② 分析零件。对照视图，将零件逐一从复杂的装配关系中分离出来，想出其结构形状。在分离零件时，利用剖视图中剖面线的方向或间隔的不同及零件间互相遮挡时的可见性规律来区分零件是十分有效的。对照投影关系时，借助三角板、分规等工具，往往能大大提高看图的速度和准确性。轴套类、盘类和其他简单零件一般通过一个或两个视图就能看懂。

③ 分析尺寸、技术要求。找出主要尺寸基准，了解技术要求的标注情况并弄清它们的表达含义。

(3) 归纳总结

针对部件的结构、工作原理和装配关系，进行系统的总结，以求对部件有更全面、完整的认识。

1.1.5 尺寸公差与形位公差

(1) 尺寸公差

尺寸精确程度用公差等级衡量，标准公差分为 20 级，即 IT01, IT0, IT1, …, IT18，等级值越小，其精度越高。基本偏差是指在标准的极限与配合中，确定公差带相对零线位置的上偏差或下偏差，一般指靠近零线的那个偏差。孔的基本偏差 A~H 和轴的基本偏差 k~zc 为下偏差；孔的基本偏差 K~ZC 和轴的基本偏差 a~h 为上偏差，JS 和 js 的公差带对称分

布于零线两边，孔和轴的上、下偏差分别都是 $+IT/2$ 、 $-IT/2$ 。根据使用要求的不同，孔和轴之间的配合有松有紧，因而国标规定配合种类有 3 种（如图 1-1 所示）：间隙配合（孔的公差带在轴的公差带之上）；过渡配合（孔的公差带与轴的公差带互相交叠）；过盈配合（孔的公差带在轴的公差带之下）。

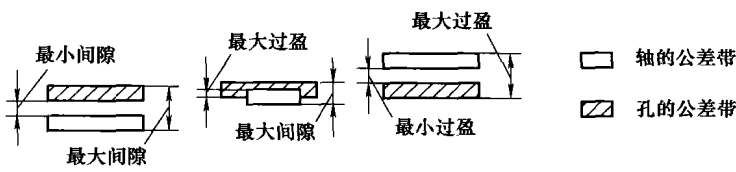


图 1-1 配合种类图

（2）形状和位置公差

国家标准 GB 1182~1184《形状和位置公差》包括：形状公差——直线度、平面度、圆度、圆柱度、线轮廓度、面轮廓度；定向位置公差——平行度、垂直度、倾斜度；定位位置公差——同轴度、对称度、位置度；跳动——径向、斜向、端面圆跳动，径向、端面全跳动，参见表 1-1。一般情况下，形状误差应限制在位置公差之内，而位置误差又应限制在尺寸公差之内。

标注形状和位置公差时应注意以下几点。

① 形位公差内容用框格表示，框格内容自左向右第一格总是形位公差项目符号，第二格为公差数值，第三格以后为基准，即使指引线从框格右端引出也是这样（如图 1-2 所示）。

表 1-1 形状和位置公差表

分类	特征项目	符号	分类	特征项目	符号
形状公差	直线度	—	定向公差	平行度	//
	平面度	▱		垂直度	⊥
	圆度	○		倾斜度	∠
	圆柱度	⊘	定位公差	同轴度	◎
	线轮廓度	⌒		对称度	≡
	面轮廓度	⤿		位置度	⊕
			跳动	圆跳动	↗
				全跳动	↘

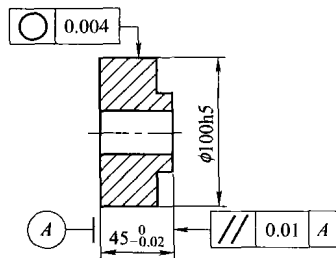


图 1-2 形位公差标注示例

② 被测要素为中心要素时，箭头必须和有关的尺寸线对齐。只有当被测要素为单段的轴线或各要素的公共轴线、公共中心平面时，箭头可直接指在轴线、中心线或中心平面，这样标注很简便，但一定要注意该公共轴线中没有包含非被测要素的轴段在内。

③ 被测要素为轮廓要素时，箭头指向一般均垂直于该要素。但对圆度公差，箭头方向必须垂直于轴线。

④ 当公差带为圆或圆柱体时，在公差数值前需加注符号“ ϕ ”，其公差值为圆或圆柱体的直径。这种情况在被测要素为轴线时才有。同轴度的公差带总是一圆柱体，所以公差值前总是加上符号“ ϕ ”；轴线对平面的垂直度、轴线的位置度一般也是采用圆柱体公差带，需在公差值前也加上符号“ ϕ ”。

⑤ 对一些附加要求，常在公差数值后加注相应的符号，如（+）符号说明被测要素只许呈腰鼓形外凸，（-）说明被测要素只许呈鞍形内凹，（>）说明误差只许按符号的小端方向逐渐减小。

1.2 常用金属材料知识

1.2.1 金属材料的加工性能

(1) 切屑

在金属切削过程中，刀具与工件之间必须有相对运动，称为切削运动。主运动的运动速度最高，消耗功率最大，一般只有一个；进给运动的运动速度低，消耗功率小，进给运动可以有几个，连续或间歇运动。

切屑的形成实质上可以看成偏挤压，切屑会缩短。切屑分成带状切屑、节状（挤裂）切屑、粒状切屑、崩碎切屑四种，见图 1-3。前三种属于加工塑性材料所产生的切屑，第四种为加工脆性材料的切屑。切屑不同的原因是工件塑性和切削参数。带状切屑适合精加工，工件质量好。加工塑性材料时，一般得到带状切屑，如果前角较小，速度较低，切削厚度较大时将产生挤裂切屑；如果前角进一步减小，降低切削速度，或加大切削厚度，则得到单元切屑。掌握这些规律，可以控制切屑形状和尺寸，达到断屑和卷屑目的。

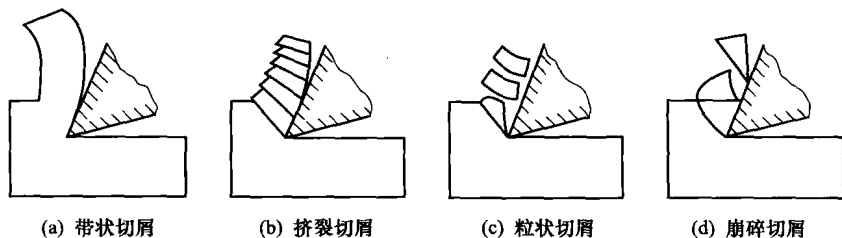


图 1-3 切屑的种类

(2) 切削力和切削热

切削力和切削热产生的原因是摩擦和变形。摩擦包括前刀面与切屑的摩擦、主后刀面与切削表面的摩擦及副后刀面与已加工表面的摩擦。变形主要是前刀面导致的切屑变形。

主切削力近似公式：铸铁， $F_z \approx 1000a_p F$ (N)；钢料， $F_z \approx 2000a_p F$ (N)。

切削热主要由切屑、刀具、工件和周围介质（空气或切削液）传出，如不考虑切削液，车削加工中由切屑传出的热量最多；钻削加工中由工件传出的热量最多。

影响切削力和切削热的因素有工件强度硬度、刀具角度、切削用量和切削条件等。刀具前后角越大，切削力和切削热越小；工件强度硬度越大，切削力和切削热越大。切削速度对切削热的影响最大，但是对切削力没什么影响。主偏角影响径向切削力和轴向切削力的大小分配， 90° 偏刀的径向力几乎没有，适合于车削细长轴。刀具材料影响到它与被加工材料摩擦力的变化，因此也影响切削力的变化。同样的切削条件，陶瓷刀切削力最小，硬质合金次之，高速钢刀具切削力最大。切削液的正确应用，可以降低摩擦力，减小切削力。

(3) 积屑瘤

在一定的切削速度和保持连续切削的情况下，加工塑性材料时，在刀具前刀面常常黏结一块剖面呈三角状的硬块，这块金属被称为积屑瘤。切削速度、切削温度与压力对产生积屑瘤有较大的影响，中速切削塑性工件容易产生积屑瘤。精加工用高速或者低速、增大前角、更换切削液、适当降低进给量或者提高工件硬度降低塑性等方法都可以有效避免积屑瘤的产生。

(4) 刀具的磨损和刀具磨钝标准

刀具从切削零件开始到刀具不能进行切削为止，称为刀具磨损。刀具的磨损形式如图

1-4 所示, 有前刀面磨损、后刀面磨损、前后刀面同时磨损等。

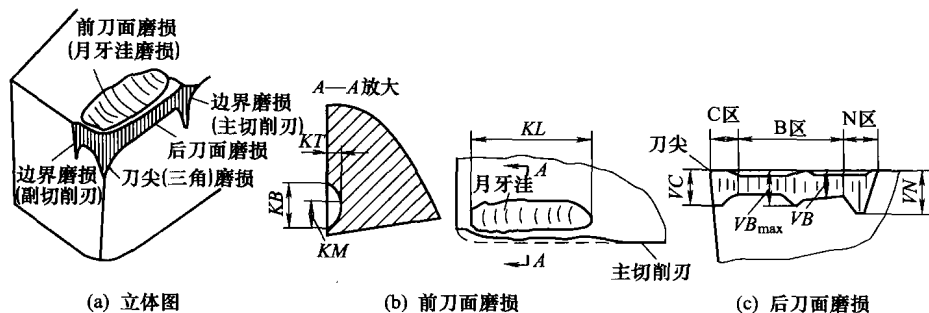


图 1-4 刀具的磨损形式

刀具磨损过程可分为初磨损阶段、正常磨损阶段和急剧磨损阶段。刀具在产生急剧磨损前必须重磨或更换新刀片, 这时刀具的磨损量称为磨钝标准。由于后刀面的磨损最常见, 而且易于控制和测量, 因此, 规定以主后刀面中间部分的平均磨损量 VB 作为刀具的磨钝标准, 如图 1-4 所示。

(5) 切削用量对耐用度、切削力和断屑的影响

- ① 对耐用度影响最大的是切削速度, 其次是走刀量和切削深度。
- ② 对切削力影响最大的是切削深度, 其次是走刀量和切削速度。
- ③ 对断屑影响最大的是走刀量, 其次是切削深度和切削速度。

1.2.2 钢的分类及其牌号

钢可分为碳素钢和合金钢两大类: 碳素钢是指含碳量为 $0.05\% \sim 2\%$ 的铁碳合金; 为了提高钢的力学性能、工艺性能或某些特殊性能, 冶炼中有目的的加入一些合金元素 (如 Mn 锰, Ni 镍, Co 钴, Cr 铬, V 钒, Mo 钼, W 钨, Ti 钛等), 这种钢称为合金钢。

(1) 碳素钢的分类及其牌号

① 碳素钢按其用途可分为碳素结构钢和碳素工具钢。按含碳量不同又可分为低碳钢、中碳钢和高碳钢。低碳钢含碳量 $\leq 0.25\%$; 中碳钢含碳量为 $0.25\% \sim 0.6\%$; 高碳钢含碳量 $\geq 0.6\%$, 含碳量越高钢材的硬度越高。

② 碳素钢牌号的表示方法。

a. 碳素结构钢。碳素结构钢的牌号由屈服点“屈”字汉语拼音第一个字母 Q、屈服点数值、质量等级符号 (A、B、C、D) 及脱氧方法符号 (F、b、Z) 四部分按顺序组成。如 Q235-AF 表示屈服强度为 235MPa 的 A 级沸腾碳素结构钢。

b. 优质碳素结构钢。优质碳素结构钢的牌号用两位数字表示, 平均含碳量以万分之一为单位。如 45 钢表示平均含碳量为 0.45% 的优质碳素结构钢。

c. 碳素工具钢。碳素工具钢的牌号是用碳字汉语拼音字头 T 和数字表示, 平均含碳量以千分之一为单位。若为高级优质, 则在数字后面加“A”。如 T10A 表示平均含碳量为 1% 的高级优质碳素工具钢。

(2) 合金钢的分类及其牌号

① 按合金元素总含量多少分类, 低合金钢合金元素总含量 $< 5\%$; 中合金钢合金元素总含量为 $5\% \sim 10\%$; 高合金钢, 合金元素总含量 $> 10\%$ 。

② 合金钢牌号的表示方法, 合金钢是按钢材的含碳量以及所含合金元素的种类和数量

编号的。

a. 合金结构钢、合金工具钢牌号首部是表示含碳量的数字，方法同碳素钢，后面是合金元素及含量，以百分之一为单位，当合金元素的平均含量小于 1.5% 时，只标明元素符号，不标含量。如 25Mn2V，表示平均含碳量为 0.25%，含锰量约为 2%，含钒量小于 1.5% 的合金结构钢。又如 9SiCr，表示平均含碳量为 0.9%，含硅、铬都少于 1.5% 的合金工具钢；对于含碳量超过 1.0% 的合金工具钢，则在牌号中不表示含碳量。如 CrWMn 钢，表示含碳量大于 1.0% 并含有铬、钨、锰三种合金元素的合金工具钢。

b. 高速钢含碳量小于 1.0% 时，牌号中均不表示含碳量。如 W18Cr4V 钢。

c. 特殊性能钢的含碳量以千分之一为单位，钢号前“00”和“0”分别表示含碳量 $\leq 0.03\%$ 和 $\leq 0.08\%$ 。如 2Cr13，表示平均含碳量为 0.2%，含铬量约为 13% 的不锈钢。

(3) 有色金属材料代号

“T”代表纯铜（紫铜），“H”代表黄铜（铜锌合金），“B”代表白铜（铜镍合金）；“L”代表纯铝，“LY”代表硬铝，“LD”代表锻铝，“LF”代表防锈铝。

1.2.3 金属材料的切削性能

(1) 钢的切削性能

低碳钢易产生粘刀现象，中碳钢的可切削性能最佳，高碳钢的硬度高，不易加工，而且刀具磨损快。

(2) 不锈钢的切削性能

不锈钢可分为铁素体不锈钢，马氏体不锈钢和奥氏体不锈钢。镍是一种添加剂，它可以提高钢的淬硬性和稳定性，当镍的含量达到一定程度时，不锈钢就拥有了奥氏体结构，不再具有磁性，它的加工硬化倾向严重，易产生毛面和积屑瘤，车削螺纹效果不佳，表面涩糙，切屑缠绕。改善方法：刀片选择韧性好抗塑变的材质，选择大切深大进给配低切速，精车余量大于硬化层。

(3) 铸铁的切削性能

灰铸铁中含硅量的增加，将使铸铁强度增加，延展性降低，积屑瘤倾向减小。加工铸铁的刀片要求具有高的热硬性、化学稳定性，陶瓷广泛地与硬质合金一起应用。

灰铸铁的切屑是短屑，加工性能最好，可锻铸铁与球墨铸铁的切屑是长屑，加工性能其次，白口铁的加工性能最差，一般用 CBN 与陶瓷刀片来代替磨削。

(4) 铝合金的切削性能

铝合金的加工性能应该是好的，很低的切削温度允许很高的切削速度，但切屑不易控制。铝合金刀具要求有大的前角，甚至有些刀柄都是为铝合金加工而专门设计的。积屑瘤的产生是加工铝合金最常见也最难解决的现象，多见于通用型刀具加工铝合金，甚至很高的速度下也不能消除。后刀面磨损过快，推荐使用金刚石刀具。高速下相对的低进给会使刀片从切削变成磨削，导致过早失效。

1.2.4 钢的热处理

热处理工艺一般包括加热、保温、冷却三个过程，通过热处理可以改变钢的组织结构，从而改善钢的性能。退火、正火、淬火、回火是整体热处理中的“四把火”。

退火的主要目的是均匀钢的化学成分及组织，细化晶粒，调整硬度，并消除内应力和加工硬化，改善钢的切削加工性能并为随后的淬火做好组织准备。生产上常用的退火操作有完

全退火、等温退火、球化退火、去应力退火等。

正火比退火的加热温度略高，主要目的是消除网状碳化物，细化晶粒，调整硬度，改善切削加工性能，既可作为中间热处理，也可用作最终热处理。

淬火的主要目的是获得马氏体，提高钢的强度和硬度。淬火与回火常常配合使用，缺一不可。

回火的目的是降低淬火钢的脆性，减少或消除内应力，使组织趋于稳定并获得所需要的性能。常用的回火操作有低温回火、中温回火、高温回火。低温回火得到的组织是回火马氏体；中温回火得到的组织为回火屈氏体；高温回火得到的组织为回火索氏体。

1.3 数控车削刀具

1.3.1 车刀的几何角度

(1) 车刀的组成

如图 1-5 所示，刀具切削部分主要由以下几个部分组成。

- ① 前刀面 A_r ：切屑沿其流出的表面。
- ② 主后刀面 A_a ：与过渡表面相对的面。
- ③ 副后刀面 A'_a ：与已加工表面相对的面。
- ④ 主切削刃：前刀面与主后刀面相交形成的刀刃。
- ⑤ 副切削刃：前刀面与副后刀面相交形成的刀刃。
- ⑥ 刀尖：主切削刃与副切削刃的连接处的一小部分切削刃。分为修圆刀尖和倒角刀尖。

(2) 车刀的几何角度

① 辅助平面。车刀的刀面在空间是倾斜相交的，要标注主刀刃上的角度，需三个辅助平面，如图 1-6 所示，这三个平面相互垂直。

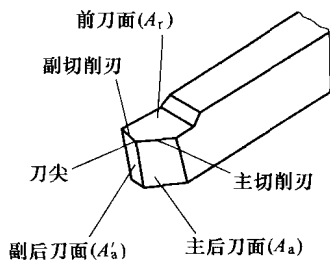


图 1-5 车刀切削部分

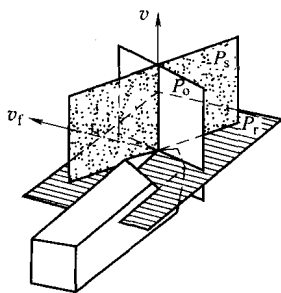


图 1-6 正交平面参考系

a. 基面 P_r ：通过主刀刃上的某一点，并与该点切削速度相垂直的平面。在静态时，以主刀刃点与工件中心线等高来考虑基面，应与车刀底面平行。

b. 切削平面 P_s ：通过主刀刃上某一点，与切削平面相切的平面。切削平面包含直线主刀刃，与基面垂直。静态时，切削平面垂直于车刀底面。

c. 主剖面 P_o ：通过主刀刃上某一点，并与主刀刃在基面上的投影相垂直的平面。

② 刀具的标注角度。

a. 在正交平面中测量的角度有前角 γ_o 、后角 α_o 、楔角 β_o 。

b. 在基面中测量的角度有主偏角 κ_r 、副偏角 κ'_r 和刀尖角 ϵ_r 。

c. 在切削平面中测量的角度有刃倾角 λ_s 。如图 1-7 所示。

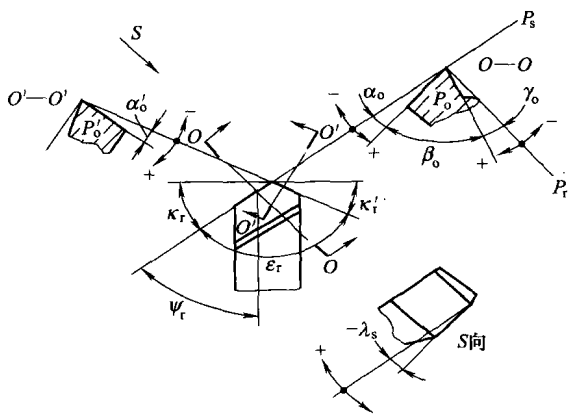


图 1-7 车削刀具的几何角度

以上各角度中，前角与后角分别是确定前刀面与后刀面方位的角度，而主偏角与刃倾角是确定主切削刃方位的角度。

③ 车刀几何角度在切削中的作用及选择。

a. 主偏角：其主要作用是改变刀具的散热情况，产生轴向力及径向力。因此在加工刚性较差和有垂直阶梯的零件时，应选用较大的主偏角（如 90° ）。若零件刚性好且无垂直阶梯或粗加工时，可选择较小的主偏角（如 75° ）。

b. 副偏角：其主要作用是减少副刀刃与工件之间的摩擦，并改善工件表面的粗糙度和刀具的散热性，产生径向力。系统刚性不好，会引起振动。副偏角应根据系统刚性和工件表面的粗糙度要求选择，一般副偏角选择在 $4^\circ \sim 15^\circ$ 之间。

c. 刃倾角：主要作用是改变切屑的流向，增加刀尖的强度。正的主偏角，切屑排向待加工表面；负的主偏角切屑流向已加工表面，容易把已加工表面拉毛。刃倾角应根据零件加工情况而定，一般粗加工时，可选负值，精加工时应选正值。

d. 前角：主要作用是产生切削力，降低功率消耗，减少切削变形，降低切削温度及提高刀具的耐用度。前角的大小与工件材料、刀具材料、加工性质有关，影响最大的是工件材料。切削塑料时，由于切屑沿刀面流过，切屑与刀具面产生摩擦，一般应取较大的前角。切削脆性材料时，由于产生碎屑，切屑变形大，且不从刀面流过而集中在刀刃附近，一般可取较小的前角或负前角。

e. 主后角、副后角：主要作用是减少刀具后刀面与工件之间的摩擦，增加刀具的强度。后角选择的原则是在保证刀具有足够的散热性能和强度的基础上，保持刀具锋利，减少与工件的摩擦。加工塑料时，由于工件表面弹性复原会与刀具后面发生摩擦，为减少摩擦应取大些的后角；加工脆性材料时取小些后角；精加工时选择大些的后角。

④ 刀具的工作角度。在实际的切削加工中，切削平面、基面和正交平面位置会发生变化。

a. 若刀尖安装得高于工件轴线，当加工外表面时（如图 1-8 所示），工作前角变大，工作后角减小，内孔镗削时情况相反。

b. 若刀尖安装得低于工件轴线，当加工外表面时，工作前角变小，工作后角增大，内孔镗削时情况相反。

(3) 车刀的安装

① 车刀不要伸出太长，一般不超过刀杆厚度的 1.5 倍；

② 刀尖应与工件中心线等高，否则会影响前角和后角的大小；

③ 刀杆中心线应与工件中心线垂直，否则会

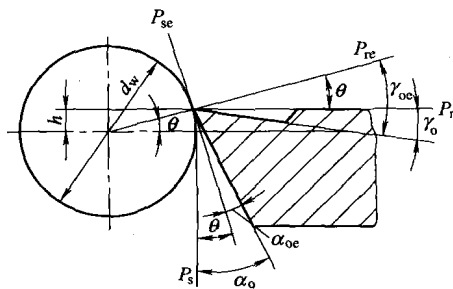


图 1-8 刀刃安装高度的影响

影响主、副偏角的大小；

④ 车刀垫片要平整，宜少不宜多，以防振动。

1.3.2 刀具材料

(1) 刀具材料应具备的性能

在切削过程中，刀具切削部分不仅要承受很大的切削力，而且要承受切屑变形和摩擦产生的高温，要保持刀具的切削能力，刀具应具备如下的切削性能：高的硬度和耐磨性；足够的强度和韧性；良好的耐热性和导热性；良好的工艺性以及良好的经济性。

(2) 常用的数控刀具材料

目前最常用的刀具材料有高速钢和硬质合金两种。

① 高速钢。高速钢是含碳量 0.7%~0.85% 的碳钢中加入 W、Cr、V 及 Co 等合金元素而成，合金元素总量达 10%~25% 左右。它在高速切削产生高热的情况下（约 500℃）仍能保持高的硬度，HRC 能在 60 以上，这就是高速钢最主要的特性——红硬性。高速钢分 W 系（如 W18Cr4V、W9Cr4V2）和 Mo 系（如 W2Mo8Cr4V、Mo8Cr4V2）两大类，W 系高速钢的脆性较大，易于产生崩刃现象。

② 硬质合金。ISO 把切削用硬质合金按工件的材料类别（钢 P，不锈钢 M，铸铁 K，非铁金属 N 如铝合金，难加工材料 S 如镍基耐热钢，高硬度材料 H 如淬硬钢）分为 P、M、K 三类。其中牌号小的耐磨性较高，适合精加工，牌号大的韧性高，适合粗加工，并分别以蓝、黄、红三种颜色来标识。

a. P 类（国标 YT，钨钴类）：适合加工塑性材料如钢件。常用国标 YT 牌号有 YT5、YT14、YT15、YT30 等，其中 T 后的数字表示 TiC 的百分含量，TiC 含量越高，其硬度、耐热性、耐磨性和抗氧化能力越好，而强度和韧性越差。因此，YT30 适于精加工，YT15 适于半精加工，YT5 适于粗加工。

b. M 类（国标 YW，钨钴钛钽铌类）：介于 P 类与 K 类之间，既可加工不锈钢又可加工铸铁及有色金属。常用国标 YW 牌号：YW1、YW2。

c. K 类（国标 YG，钨钴类）：适合加工铸铁件等脆硬材料及有色金属和非金属材料。常用国标 YG 牌号有 YG3、YG6、YG8。数字表示 Co 的百分含量，Co 越多韧性越好，而硬度和耐热性越低。因此，YG8 适于粗加工，YG6 适于半精加工，YG3 适于精加工。

③ 超硬刀具材料。主要有陶瓷、金刚石及立方氮化硼等。

a. 陶瓷：陶瓷特别耐高温，在 2000℃ 条件下仍具有高的硬度，非常耐磨，但是韧性很低，不能承受冲击，适用于精加工和高速切削淬硬钢。

b. 聚晶金刚石（PCD）：即人工合成的金刚石，是在高温、高压下合成的新型刀具材料，硬度极高，但是与铁系材料有很强的亲和力，易使碳元素扩散而磨损，只适用于加工有色金属（2500m/min 加工铝合金）、非金属如陶瓷等极硬的材料。

c. 立方碳化硼（CBN）：硬度与耐磨性仅次于人造金刚石，此刀具适用于加工坚硬、耐磨的铁族合金和镍基合金、钴基合金，是高速切削的首选刀具材料。

d. 涂层刀具：涂层硬质合金刀片的耐用度至少可提高 1~3 倍，而涂层高速钢刀具的耐用度则可提高 2~10 倍。

1.3.3 数控车削刀具的种类与刀片、刀柄代号

(1) 数控车刀的种类

根据刀刃形状的不同，车刀可分为尖形刀、圆弧刀和成形刀；根据与刀体联结固定方式