

高等职业教育数控技术专业规划教材

国家示范性高职院校建设项目成果

国家精品课程配套教材

数控切削加工

叶俊 主编

SHUKONG QIEXIAO JIAGONG



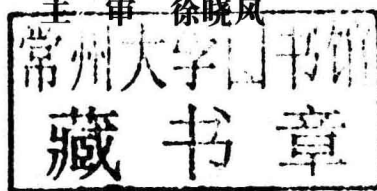
高等职业教育数控技术专业规划教材
国家示范性高职院校建设项目成果
国家精品课程配套教材

数控切削

加工

主 编 叶 俊
副主编 杜红文
参 编 顾其俊 楼建忠 陈小红
高永祥 郭伟强

主 审 徐晓风



机械工业出版社

本书包含数控加工方面的数控刀具选择、数控加工程序编制、数控加工仿真与操作、数控加工工艺及数控加工夹具设计等内容。突出对学生职业能力的训练,理论知识的选取紧紧围绕完成工作任务的需要,充分考虑了高等职业教育对理论知识学习的要求,并融合了数控操作工中、高级国家职业标准对知识、技能和态度的要求。

全书共6章,主要内容包括:零件的数控车削加工,零件的数控铣削加工,数控车削工艺编制,数控铣削工艺编制,数控车削专用夹具设计,数控铣削专用夹具设计。

本书可作为高等职业院校数控技术及相关专业的教材,也可作为中职院校数控技术及相关专业的教材,还可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控切削加工/叶俊主编. —北京:机械工业出版社, 2011.5

高等职业教育数控技术专业规划教材 国家示范性高职院校建设项目成果
国家精品课程配套教材

ISBN 978-7-111-34519-0

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 083820 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:郑丹 王英杰 责任编辑:郑丹 王英杰 薛礼

版式设计:霍永明 责任校对:樊钟英

封面设计:鞠杨 责任印制:乔宇

北京瑞德印刷有限公司印刷(三河市胜利装订厂装订)

2011 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·16.25 印张·398 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-34519-0

定价:30.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

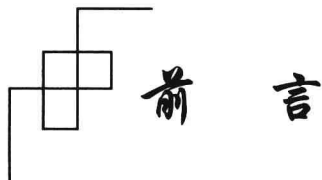
门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版



关于未来职业教育的发展,教育部在2010年工作要点中指出,职业教育应坚持以就业为目标,整合教育资源,改进教学方式,着力培养学生就业创业能力;加强先进制造业、现代农业和服务业技能型人才培养,推动专业与职业岗位、教材与岗位技术标准、继续学习与专业引导的对接。为适应职业教育新的发展要求,浙江机电职业技术学院组织长期从事数控教学的教师,依据“数控技术专业工作任务与职业能力分析表”中的数控机床操作工和数控程序员工作领域设置了“数控切削加工”这门课程。其总体设计思路是,打破以知识传授为主要特征的传统教学模式,转变为以工作任务为中心组织课程内容,让学生在完成具体任务的过程中学会相关理论知识。

课程内容突出对学生职业能力的训练,紧紧围绕工作任务的需要来选取理论知识,充分考虑了高等职业教育对理论知识学习的要求,融合了数控操作工中、高级国家职业标准对知识、技能和态度的要求。

通过对本课程的学习,学生能够编制简单的轴类零件、套类零件、薄壁零件及箱体类零件的加工工艺,并能够根据需要设计夹具,选择刀具与切削用量,编写数控程序。同时,培养学生在学习、工作过程中的分工合作、团队意识;培养学生具备发现问题、分析问题及解决问题的能力。

教材分为3部分共6个任务,分别对应学生毕业后从事数控切削加工岗位的三个阶段,即数控机床操作工阶段、现场技术人员阶段和技术部门技术人员阶段。各校可以根据实际情况安排在两个或三个学期中组织教学,各章学时分配见下表。

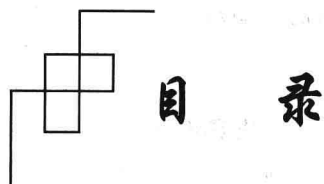
章 节	学 时	备 注
第1章 零件的数控车削加工	45	现场授课
第2章 零件的数控铣削加工	45	现场授课
第3章 数控车削工艺编制	24	
第4章 数控铣削工艺编制	24	
第5章 数控车削专用夹具设计	27	
第6章 数控铣削专用夹具设计	27	

本书由叶俊任主编，杜红文任副主编，徐晓风任主审，顾其俊、楼建忠、陈小红、高永祥、郭伟强参与了教材的编写工作。

在本书的编写过程中，参考了相关的教材和资料，并得到了赖天琴、吴学英等企业专家和许多同仁的支持与帮助，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中不妥或疏漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者



前言

第1章 零件的数控车削加工..... 1

1.1 认识数控切削加工 3

1.1.1 数控切削加工过程 3

1.1.2 程序编制的方法 4

1.2 轮廓的数控车削 4

1.2.1 车刀的选择 5

1.2.2 轮廓车削程序编制 27

1.3 槽的数控车削 43

1.3.1 切槽加工的类型 44

1.3.2 切槽刀具及选用 46

1.3.3 切槽加工程序编制 47

1.4 螺纹的数控车削 49

1.4.1 螺纹的类型 49

1.4.2 螺纹车刀的选择 50

1.4.3 螺纹车削的程序编制 53

1.5 数控车削的仿真加工 58

1.6 数控车削的操作和质量控制 65

1.6.1 数控车床的控制面板 65

1.6.2 数控车削的基本操作 67

1.6.3 数控车削的质量控制 70

习题 70

第2章 零件的数控铣削加工 72

2.1 孔的数控加工 73

2.1.1 孔加工刀具的选择 74

2.1.2 孔加工的程序编制 91

2.2 轮廓的铣削 101

2.2.1 轮廓铣削的刀具选择 102

2.2.2 轮廓铣削的程序编制 108

2.3 型腔的铣削 114

2.3.1 型腔铣削的下刀方式 114

2.3.2 型腔铣削的程序编制 115

2.4 数控铣削的仿真加工 118

2.5 数控铣削的操作 133

2.5.1 数控铣床（加工中心）面板

介绍 133

2.5.2 数控铣床（加工中心）基本

操作 136

习题 138

第3章 数控车削工艺编制 140

3.1 数控加工工艺内容 142

3.1.1 工艺规程的概念 142

3.1.2 工艺规程的作用 142

3.1.3 制订数控加工工艺规程的原则和

步骤 142

3.2 数控车削的工艺分析 143

3.2.1 零件图样分析 143

3.2.2 结构工艺性分析 144

3.2.3 毛坯的确定 144

3.2.4 零件的工艺分析 145

3.3 数控车削的工艺路线设计 146

3.3.1 零件定位基准的确定 146

3.3.2 零件加工方法的选择 147

3.3.3 零件加工顺序的确定 150

3.3.4 零件加工条件的选择 152

3.3.5 加工余量的确定 153

3.3.6 测量尺寸的计算 156

3.4 填写工艺文件 158

3.4.1 数控加工编程任务书 158

3.4.2 数控加工工序卡 159

3.4.3 数控刀具卡片 160

3.4.4 数控加工程序单 160

3.4.5 填写工艺卡片 160

习题 162

第4章 数控铣削工艺编制 165

4.1 数控铣削的工艺分析 167

4.1.1 零件图样分析	167	5.2 数控车削夹具设计	206
4.1.2 零件的结构工艺性分析	168	5.2.1 车床夹具基础	206
4.1.3 毛坯的工艺性分析	171	5.2.2 壳体零件的夹具设计	207
4.1.4 零件的工艺分析	171	5.2.3 壳体零件夹具的绘制	217
4.2 数控铣削的工艺路线设计	179	习题	226
4.2.1 加工工艺安排	179	第6章 数控铣削专用夹具设计	228
4.2.2 制订加工工艺文件	179	6.1 数控铣削夹具基础	230
4.3 零件的加工质量分析	185	6.2 铣削夹具设计	234
4.3.1 加工精度	185	6.2.1 任务分析	234
4.3.2 表面质量	187	6.2.2 定位方案设计	235
习题	189	6.2.3 夹紧方案设计	241
第5章 数控车削专用夹具设计	192	6.2.4 夹具体的设计	246
5.1 夹具设计基础	194	6.2.5 夹具装配简图	249
5.1.1 认识机床夹具	194	习题	249
5.1.2 工件的定位	197	参考文献	251
5.1.3 工件的夹紧	202		
5.1.4 专用夹具设计的基本方法	203		

第 1 章

零件的数控车削加工

工作任务

- 根据零件图（见图1-1、图1-2）完成零件的数控车削加工

能力要求

- 了解数控加工的基本过程
- 能正确选择刀具及切削用量
- 能正确编写数控车削加工程序
- 能完成数控车床加工的验证
- 能根据图样完成零件的车削加工

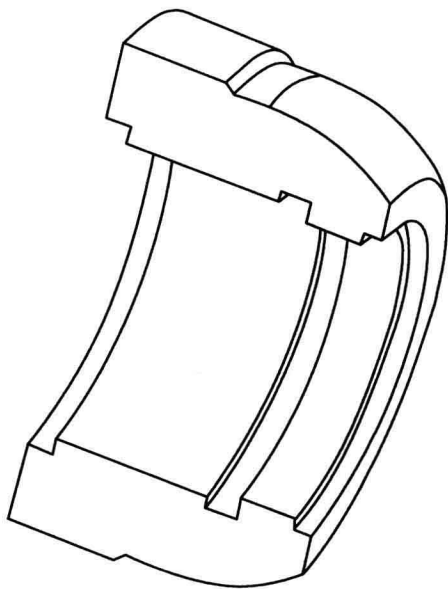
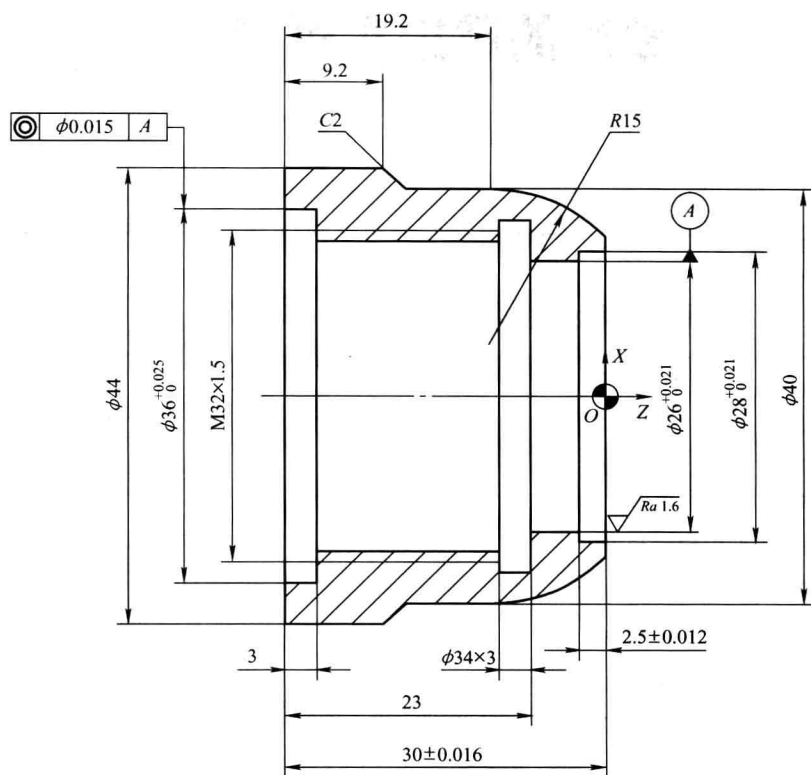
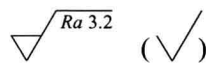


图 1-1 端盖



技术要求

1. 未注倒角均为 C0.2。
2. 未注圆角 R0.5。
3. 表面喷塑处理，颜色根据实际需要。



借(通)用
件登记

旧底图总号

底图总号

签字

标记 处数 更改文件号 签字 日期

日期

设计

档案员 日期

日期

端盖

2A12

图样标记

重量

比例

共张

第张

ZOP-5033455

图 1-2 端盖零件图

1.1 认识数控切削加工

【工作任务】

- 了解数控机床切削加工的过程
- 熟悉数控切削加工的编程方法

【能力要求】

- 能阐述数控切削加工的过程
- 能根据零件的特征选择合适的编程方法

1.1.1 数控切削加工过程

一般说来,数控切削加工的过程为:分析零件图样,确定加工工艺,数值计算,编写零件加工程序,程序输入数控系统,校对加工程序,首件试加工。

(1) 分析零件图样 分析零件的材料、形状、尺寸、精度、毛坯形状和热处理等要求,以便确定该零件是否适合在数控机床上加工,或适合在哪种类型的数控机床上加工。同时要明确加工内容和要求。批量小、形状复杂、精度要求高及生产周期短的零件,最适合数控加工。

(2) 确定加工工艺 在对零件图样作了全面分析的前提下,确定零件的加工方法(如采用的工装夹具、装夹定位方法等)、加工路线(如对刀点、换刀点、进给路线)及切削用量等工艺参数(如进给速度、主轴转速、切削层公称宽度和背吃刀量等)。制订数控加工工艺时,除考虑数控机床使用的合理性及经济性外,还要注意所用夹具应便于安装,便于协调工件和机床坐标系的尺寸关系,对刀点应选在容易找正并在加工过程中便于检查的位置,进给路线应尽量短,并易于进行数值计算,加工应安全可靠等。

(3) 数值计算 根据零件图及确定的加工路线和切削用量,计算出数控机床所需的输入数据。数值计算主要包括计算工件轮廓的基点和节点坐标等。

(4) 编写零件加工程序 根据加工路线,计算出刀具运动轨迹坐标值,并针对已确定的切削用量以及辅助动作,依据数控装置规定使用的指令代码及程序段格式,逐段编写零件加工程序。编程人员只有对所用数控机床的性能、编程指令和代码非常熟悉,才能正确编写出加工程序。

(5) 程序的输入 程序编好之后,需要通过一定的方法将其输入到数控系统中。常用的输入方法有:

- 1) 手动输入。将程序内容,通过数控系统键盘上各数字、字母、符号键手动输入至数控系统,同时对 CRT 显示内容进行检查。
- 2) 用控制介质输入。控制介质多采用磁带、磁盘等。
- 3) 通过机床的通信接口输入。通过与机床通信接口连接的电缆将数控加工程序直接快速输入到数控系统中。

(6) 校对程序 通常,数控加工程序输入完成后,需要校对其是否有错误。一般是对加工程序进行空运行检验,也可以用笔代替刀具、以坐标纸代替工件在数控机床上进行画图模拟加工,以检验机床动作和运动轨迹的正确性。

(7) 首件试加工 加工程序校对后, 还不能确定因编程计算不准确或刀具调整不当造成加工误差的大小, 必须经过首件试切加工进行实际检查, 进一步检验程序是否正确, 并检查工件是否达到加工精度要求。最后, 根据首件试加工情况对程序进行修改, 以及采取相应的补偿措施等, 直到加工出满足要求的零件为止。

1.1.2 程序编制的方法

- 程序编制的方法有手工编程和自动编程两种。
- (1) 手工编程 零件图样分析、工艺处理、数值计算、编写程序、程序校验等各步骤均由人工完成的, 称为手工编程。手工编程适用于点位加工或几何形状不太复杂的零件加工, 或程序编制坐标计算较为简单、程序段不多、程序编制易于实现的场合。这时, 手工编程(有时手工编程也可用计算机进行数值计算)显得经济而且便捷。对于几何形状复杂, 尤其是由空间曲面组成的零件, 编程时数值计算繁琐, 耗时长, 且易出错, 程序校验也比较困难, 用手工编程难以完成。
- (2) 自动编程 自动编程也称为计算机(或编程机)辅助编程, 大部分或全部的程序编制工作是由计算机完成的, 如完成坐标值计算、编写零件加工程序等, 有时甚至能进行工艺处理。自动编制的程序还可通过计算机或自动绘图仪进行刀具运动轨迹的图形检查, 便于及时检查程序, 并修改。自动编程大大减轻了编程人员的劳动强度, 提高了工作效率, 同时解决了手工编程无法解决的许多复杂零件的编程难题。零件表面形状愈复杂, 工艺过程愈烦琐, 自动编程的优势就愈明显。

1.2 轮廓的数控车削

【工作任务】

- 根据表 1-1 端盖加工工序表完成零件轮廓加工的刀具选择和程序编制

【能力要求】

- 能根据零件的材料与加工要求正确选择刀具材料
- 能合理选择刀具的几何角度
- 能选择合适的切削用量
- 会编写零件的加工程序

表 1-1 端盖加工工序表

工序号	工 序 内 容	设备
1	下料, 尺寸为 $\phi 45\text{mm}/\phi 24\text{mm} \times 32\text{mm}$	
2	粗、精车右端面, $R15\text{mm}$ 、 $\phi 40\text{mm}$ 外轮廓, 倒角及 $\phi 28\text{mm}$ 内孔	数控车床
3	车左端面保证总长, 粗、精车内外轮廓	数控车床
4	车内槽	数控车床
5	车螺纹	数控车床
6	喷塑	

1.2.1 车刀的选择

1.2.1.1 刀具材料的选择

1. 刀具材料应具备的性能

在切削过程中,刀具和工件直接接触的切削部分要承受极大的切削力,尤其是切削刃及紧邻的前、后面,长期在高温环境中工作。并且切削时的各种不稳定因素,还将对刀具切削部分造成不同程度的冲击和振动。例如,切削钢材时,切屑对前面的挤压应力很高;高速切削钢材时,切屑与前面接触区的温度常保持在 $800 \sim 900^{\circ}\text{C}$,中心区甚至超过 1000°C 。为了适应如此繁重的切削负荷和恶劣的工作条件,刀具材料应具备以下几方面性能:

(1) 足够的硬度和耐磨性 硬度是刀具材料应具备的基本性能。刀具材料硬度应高于工件材料的硬度,常温硬度一般在60HRC以上。耐磨性是指材料抵抗磨损的能力,它与材料硬度、强度和组织结构有关。材料硬度越高,耐磨性越好;组织中碳化物和氮化物等硬质点的硬度越高、颗粒越小、数量越多且分布越均匀,材料的耐磨性越高。

(2) 足够的强度与韧性 切削时刀具要承受较大的切削力、冲击和振动,为避免崩刀和折断,刀具材料应具有足够的强度和韧性。材料的强度通常用抗弯强度表示,韧性通常用冲击韧度表示。

(3) 较好的耐热性和传热性 耐热性是指刀具材料在高温下保持足够的硬度、耐磨性、强度和韧性、抗氧化性、抗粘结性和抗扩散性的能力。通常把材料在高温下保持高硬度的能力称为热硬性,它是刀具材料保持切削性能的必备条件。刀具材料的热硬性越高,耐热性越好,允许的切削速度越高。刀具材料的传热系数大,有利于将切削区的热量传出,降低切削温度。

(4) 较好的工艺性和经济性 为了便于刀具的加工制造,刀具材料要有良好的工艺性能,如热轧、锻造、焊接、热处理和机械加工等性能。选用刀具材料时应尽量从本国资源出发,综合考虑材料的经济性。

上述几项性能之间可能相互矛盾(如硬度高的刀具材料,其强度和韧性较低),没有一种刀具材料能具备所有性能的最佳指标,所以,应合理选用。

2. 刀具材料的分类

刀具材料可分为工具钢(包括碳素工具钢、合金工具钢)、高速钢、硬质合金、陶瓷和超硬材料(包括金刚石、立方氮化硼等)五大类。

(1) 碳素工具钢 碳素工具钢是碳的质量分数为 $0.65\% \sim 1.3\%$ 的优质碳素钢,常用的有T7A、T8A、T10A、T12A等。这类钢工艺性能良好,经适当热处理,硬度可达 $60 \sim 64\text{HRC}$,有较高的耐磨性,价格低廉;最大缺点是热硬性差,在 $200 \sim 300^{\circ}\text{C}$ 时硬度开始降低,故允许的切削速度较低($5 \sim 10\text{m/min}$),只能用于制造手用刀具、低速及小进给量的机用刀具。

(2) 合金工具钢 合金工具钢是在碳素工具钢中加入适当的合金元素铬(Cr)、硅(Si)、钨(W)、锰(Mn)、钒(V)等炼制而成的(合金元素的质量分数总和不超过 $3\% \sim 5\%$),提高了刀具材料的韧性、耐磨性和耐热性。其耐热温度可达 $325 \sim 400^{\circ}\text{C}$,所以合金工具钢的切削速度($10 \sim 15\text{m/min}$)比碳素工具钢的切削速度提高了。合金工具钢可用于制造细长的或截面积大、刃形复杂的刀具,如铰刀、丝锥和板牙等。

(3) 高速钢 高速钢是富含 W、Cr、Mo (钼)、V 等合金元素的高合金工具钢, 俗称白钢或锋钢。与碳素工具钢、合金工具钢相比, 高速钢突出的性能特点是热硬性很高, 在切削温度高达 $500 \sim 650^{\circ}\text{C}$ 时, 仍能保持 60HRC 的高硬度, 因此允许切削速度可达 $25 \sim 30\text{m/min}$ 。同时, 高速钢还具有较高的耐磨性、强度和韧性。与硬质合金相比, 高速钢的可加工性好, 并具有良好的综合力学性能。高速钢的退火硬度为 $207 \sim 255\text{HBW}$, 与优质中、高碳钢的退火硬度相近, 能够用一般材料刀具顺利切削加工出各种复杂形状; 在加热状态下 ($900 \sim 1100^{\circ}\text{C}$) 能反复锻打制成所需的毛坯; 高速钢的抗弯强度是硬质合金的 $3 \sim 5$ 倍, 冲击韧度是硬质合金的 $6 \sim 10$ 倍; 经过仔细研磨, 高速钢刀具钝圆半径可小于 $15\mu\text{m}$, 比硬质合金刀具更锋利。

综上所述, 高速钢的切削性能比工具钢好得多, 而可加工性能又比硬质合金好得多, 因此到目前为止, 高速钢仍是世界各国制造复杂、精密和成形刀具的基本材料, 是应用最广泛的刀具材料之一。

高速钢可分为普通高速钢、高性能高速钢和粉末冶金高速钢。

1) 普通高速钢。普通高速钢的工艺性能好, 具有较高的硬度、强度、耐磨性和韧性, 可用于制造各种刃形复杂的刀具。切削普通钢料时, 切削速度通常不高于 $40 \sim 60\text{m/min}$ 。

普通高速钢又分为钨系高速钢和钨钼系高速钢两类。

① 钨系高速钢的典型牌号为 W18Cr4V (简称 W18), 碳的质量分数为 $0.7\% \sim 0.8\%$, 钨、铬、钒的质量分数分别为 18% 、 4% 和 1% 。此类高速钢综合性能较好, 可制造各种复杂刃形刀具。

② 钨钼系高速钢是以钼代替部分钨发展起来的一种高速钢, 典型牌号是 W6Mo5Cr4V2 (简称 M2), 碳的质量分数为 $0.8\% \sim 0.9\%$, 钨、钼、铬、钒的质量分数分别为 6% 、 5% 、 4% 和 2% 。与 W18Cr4V 相比, 这种高速钢的碳化物含量相应减少, 且颗粒细小、分布均匀, 因此抗弯强度、塑性、韧性和耐磨性都略有提高, 适于制造尺寸较大、承受冲击力较大的刀具 (如滚刀、插刀)。又因钼的存在, 材料热塑性非常好, 特别适于轧制或扭制钻头 etc 热成形刀具。其主要缺点是可磨削性略低于 W18Cr4V。

2) 高性能高速钢。高性能高速钢是在普通高速钢中再添加一些 C、V、Co (钴)、Al (铝) 等合金元素, 进一步提高材料的耐热性和耐磨性。这类高速钢刀具的寿命为普通高速钢刀具的 $1.5 \sim 3$ 倍, 适用于加工不锈钢、耐热钢、钛合金及高强度钢等难加工材料。高性能高速钢的种类很多, 下面主要介绍两种。

① 钴高速钢 (W2Mo9Cr4VCo8, 简称 M42)。这是一种超硬高速钢, 常温硬度达 $67 \sim 69\text{HRC}$, 具有良好的综合性能。钴能提高材料的热硬性, 相应地提高了切削速度。因钒的含量不高, 材料可磨削性良好。钴高速钢在国外应用较多, 我国由于钴储量少, 故使用不多。

② 铝高速钢 (W6Mo5Cr4V2Al, 简称 501)。铝高速钢是我国研制的无钴高速钢, 是在 W6Mo5Cr4V2 的基础上增加铝、碳的含量, 以提高钢的耐热性和耐磨性, 并使其强度和韧性不降低。国产 W6Mo5Cr4V2Al 的性能已接近国外的 W2Mo9Cr4VCo8, 因不含钴, 生产成本较低, 已在我国推广使用。

3) 粉末冶金高速钢。粉末冶金高速钢是将熔炼的高速钢液用高压惰性气体雾化成细小粉末, 将粉末在高温高压下制成坯, 或压制成坯后轧制 (或锻造) 成材的一种刀具材料。与熔炼高速钢相比, 由于碳化物细小、分布均匀、热处理变形小, 粉末冶金高速钢不仅

耐磨性好,而且可磨削性也得到显著改善。粉末冶金高速钢适合制造切削难加工材料的刀具,特别适合制造各种精密刀具和形状复杂的刀具。

(4) 硬质合金 硬质合金是将一些难熔、高硬度的合金碳化物微米数量级粉末与金属粘结剂按粉末冶金工艺制成的材料。常用的合金碳化物有 WC、TiC、TaC、NbC 等,常用的粘结剂有 Co、Mo、Ni 等。合金碳化物是硬质合金的主要成分,具有硬度高、熔点高、化学稳定性好等特点。因此,硬质合金的硬度、耐磨性、耐热性均超过高速钢,切削温度达 800~1000℃时仍能进行切削,且切削速度是高速钢的 4~10 倍。其缺点是抗弯强度低,为 W18Cr4V 的 1/4~1/2;冲击韧性差,为 W18Cr4V 的 1/4~1/3;由于硬质合金的常温硬度很高,除磨削外,很难采用切削加工方法制造出复杂的形状结构,故可加工性差。

硬质合金的性能取决于化学成分、碳化物粉末粗细及其烧结工艺。碳化物含量增加,则硬度增高,抗弯强度降低,适于粗加工;粘结剂含量增加,则抗弯强度增高,硬度降低,适于精加工。

按照 ISO 标准,依据硬质合金的硬度、抗弯强度等指标,将切削用硬质合金分为三类:P 类(相当于我国的 YT 类)、K 类(相当于我国的 YG 类)和 M 类(相当于我国的 YW 类),如表 1-2 所示。

在 ISO 标准中,通常又在 K、P、M 三种代号之后附加 01、05、10、20、30、40、50 等数字进一步细分。一般说来,数字越小,硬度越高,韧性降低;数字越大,韧性提高但硬度降低。

表 1-2 硬质合金的用途分类

使用范围分类			用途分类		
合金分类	被加工材料	识别颜色	代号	被加工材料	适应的加工条件
P	长切屑的 钢铁材料	蓝色	P01	钢、铸钢	精车、精镗,高速切削,小切屑截面,尺寸精确和精度高,无振动工序
			P10	钢、铸钢	车削、仿形切削、车螺纹和铣削,高切削速度,连续精加工和半精加工
			P20	钢、铸钢、长切屑的可锻铸铁	车削、仿形切削、铣削,连续半精加工和断续精加工
			P30	钢、铸钢、长切屑的可锻铸铁	车削、铣削、刨削,中或低切削速度,中或大切屑截面,在不利条件下加工
			P40	钢、有夹砂和孔隙的铸钢	车削、刨削、插削,低切削速度,大切屑截面,可以用于不利条件下有大切削角的加工,可在自动机床上使用
			P50	钢、有夹砂和孔隙的中或低抗拉强度的铸钢	适于要求韧性很高的硬质合金的工序;车削、刨削、插削,低切削速度,断续粗加工切削,在自动机床上使用
M	长或短切屑的钢铁材料、非铁金属	黄色	M10	钢、铸钢、锰钢、灰铸铁、合金铸铁	车削,中或高切削速度,小或中切屑截面
			M20	钢、铸钢、奥氏体钢或锰钢、灰铸铁	车削、铣削,半精加工切削

(续)

使用范围分类			用途分类		
合金分类	被加工材料	识别颜色	代号	被加工材料	适应的加工条件
M	长或短切屑的钢铁材料、非铁金属	黄色	M30	钢、铸钢、奥氏体钢、灰铸铁、高温合金	车削、铣削、刨削，粗加工切削
			M40	高速切削软钢、低抗拉强度钢、非铁金属和轻合金	车削、切断，特别用于自动机床
K	短切屑的钢铁材料、非铁金属；非金属材料	红色	K01	特硬的灰铸铁，硬度 85HBW 以上的冷硬铸件、高硅铝合金、淬火钢、高耐磨塑料、硬纸板、陶瓷	车削、镗削、铣削、刮削
			K10	硬度 220HBW 以上的灰铸铁、短切屑的可锻铸铁、淬火钢、硅铝合金、铜合金、塑料玻璃、硬橡胶、硬纸板、瓷器石头	车削、钻孔、镗削、拉削、铣削、刮削
			K20	硬度 < 220HBW 的灰铸铁、非铁金属、纯铜、黄铜、铝	车削、铣削、刨削、镗孔、拉削
			K30	低硬度灰铸铁、低抗拉强度钢、压缩木材	车削、铣削、刨削、插削，断续切削
			K40	软木或硬木、有色金属	车削、铣削、刨削、插削，断续切削

(5) 陶瓷材料 陶瓷材料是以氧化铝为主要成分在高温下烧结而成的。刀具常用的陶瓷材料有纯 Al_2O_3 陶瓷和 $TiC-Al_2O_3$ 混合陶瓷两种。

陶瓷材料优点是：有很高的硬度和耐磨性；有很好的耐热性，在 $1200^{\circ}C$ 高温下仍能进行切削；有很好的化学稳定性和较小的摩擦因数，抗扩散和抗粘结能力强。陶瓷刀具的缺点是强度低、韧性差，抗弯强度仅为硬质合金的 $1/3 \sim 1/2$ ，导热系数低，仅为硬质合金的 $1/5 \sim 1/2$ 。

陶瓷刀具适用于钢、铸铁及塑性大的材料（如纯铜）的半精加工和精加工，对于冷硬铸铁、淬硬钢等高硬度材料加工特别有效；但不适于机械冲击和热冲击大的加工场合。

(6) 金刚石 金刚石刀具有三种：天然单晶金刚石刀具、人造聚晶金刚石刀具和金刚石复合刀片。

天然金刚石由于价格昂贵，应用很少。人造聚晶金刚石是在高温高压及其他条件配合下由石墨转化而成的。金刚石复合刀片是在硬质合金基体上烧结一层厚度约 $0.5mm$ 的人造聚晶金刚石，形成了金刚石与硬质合金的复合刀片。

金刚石刀具具有很好的耐磨性，可用于加工硬质合金、陶瓷和铝硅合金等高硬度、高耐磨材料，刀具寿命比硬质合金高几倍甚至几百倍；金刚石刀具具有非常锋利的切削刃，能切下极薄的切屑，加工冷硬现象较少；金刚石抗粘结能力强，不产生积屑瘤，很适合精密加工。但金刚石刀具耐热性差，切削温度不得超过 $700 \sim 800^{\circ}C$ ；强度低、脆性大，对振动很敏感，

只宜微量切削；与铁的亲和力很强，不适于加工钢铁材料。金刚石目前主要用作磨具和磨料，作为刀具多在高速下对非铁金属及非金属材料进行精细切削。

(7) 立方氮化硼 立方氮化硼 (CBN)。是 20 世纪 70 年代出现的新材料，由六方氮化硼在高温高压下加入催化剂转变而成硬度高达 8000 ~ 9000HV，仅次于金刚石，而耐热性却比金刚石好得多，在高于 1300℃ 时仍可切削；立方氮化硼的化学惰性大，与铁系材料在 1200 ~ 1300℃ 高温下也不易发生化学反应。因此，立方氮化硼作为一种新型超硬磨料和刀具材料，多用于加工钢铁材料，特别是加工高温合金、淬火钢和冷硬铸铁等难加工材料，具有非常广阔的发展前途。

3. 应用案例

图 1-2 所示零件的材料为 2A12，是一种高强度硬铝，可进行热处理强化，在退火和刚淬火状态下塑性中等，点焊焊接性良好，用气焊和氩弧焊时有形成晶间裂纹的倾向；合金在淬火和冷作硬化后其可加工性能尚好，退火后可加工性降低；耐蚀性不高，常采用阳极氧化处理与涂漆方法或表面加包铝层以提高其抗腐蚀能力。该材料主要用于各种高负载的零件和构件，如飞机零件、铆钉等。

根据该材料的性能，结合表 1-2，可选刀具材料为 K20。

1.2.1.2 刀具几何参数的选择

1. 切削加工概述

(1) 切削加工的基本条件 为了使切削加工能够顺利进行，必须具备下述基本条件：

1) 刀具和工件间要有形成零件结构要素所需的相对运动。这类相对运动由各种切削机床的传动系统提供。

2) 刀具材料的性能能够满足切削加工的需要。刀具在切除工件上多余材料时，工作部分将受到切削力、切削热、切削摩擦等的共同作用，且切削负荷很重，工作条件恶劣，因此，刀具材料必须具有适应强迫切除多余材料这一特定过程的性能，例如足够的强度和刚度、高温下的耐磨性等。

3) 刀具必须具有一定的空间几何结构。多余材料被刀具从工件上切除的本质是材料受力变形直至断裂破坏，只是完成这个过程的时间很短，材料变形破坏的速度很快。为了确保加工质量，尽量减少动力消耗并延长刀具寿命，刀具切削部分的几何结构和表面状态必须能适应切削过程的综合要求。

(2) 工件上的加工表面 切削加工中，随着切削层（加工余量）不断被刀具切除，工件上有 3 个处于变动中的面，如图 1-3a, d 所示。

1) 待加工表面：工件上即将被切除的表面。

2) 已加工表面：工件上经刀具切削后产生的新表面。

3) 过渡表面：工件上由切削刃正在切削着的表面，位于待加工表面和已加工表面之间，也称作加工表面或切削表面。

需要指出的是，在切削加工过程中，三个表面始终处于不断的变动之中：前一次切削的已加工表面，即为后一次切削的待加工表面；过渡表面则随进给运动的进行不断被刀具切除。

(3) 切削加工中的运动及构成 在切削加工过程中，刀具和工件间的相对运动，按作用的不同分为两类：切削运动和辅助运动。

1) 切削运动, 直接完成切除加工余量任务, 形成所需零件表面的运动。包括主运动和进给运动。

① 主运动, 直接切除工件上的多余材料, 使之转变为切屑, 从而形成工件新表面的运动。主运动通常只有一个, 且速度和功率消耗较大。例如, 车床上工件的旋转运动; 龙门刨床刨削时, 工件的直线往复运动; 牛头刨床上刨刀的直线往复运动; 铣床上的铣刀、钻床上的钻头和磨床上砂轮的旋转等都是切削加工时的主运动。主运动的速度用 v_c 表示, 如图 1-3 所示。

② 进给运动, 将工件上的多余材料不断投入切削区的运动。进给运动一般有一个, 也可多于一个, 且速度和功率消耗较小。例如: 车外圆时车刀纵向连续的直线运动, 在牛头刨床上刨平面时工件横向间歇的直线移动, 纵磨外圆时工件的圆周进给运动和轴向直线进给运动等。进给运动的速度用 v_f 表示, 如图 1-3 所示。无论是主运动还是进给运动, 其基本运动形式均是连续或间歇的直线运动或回转运动, 通过不同形式的组合, 可构成多种符合需要的切削运动。主运动和进给运动可由刀具和工件分别完成 (如车削和刨削), 也可由刀具单独完成 (如钻孔), 但很少由工件单独完成。主运动和进给运动可以同时进行 (如车削、钻削), 也可以交替进行 (如刨平面、插键槽)。在主运动和进给运动同时进行的切削加工 (如

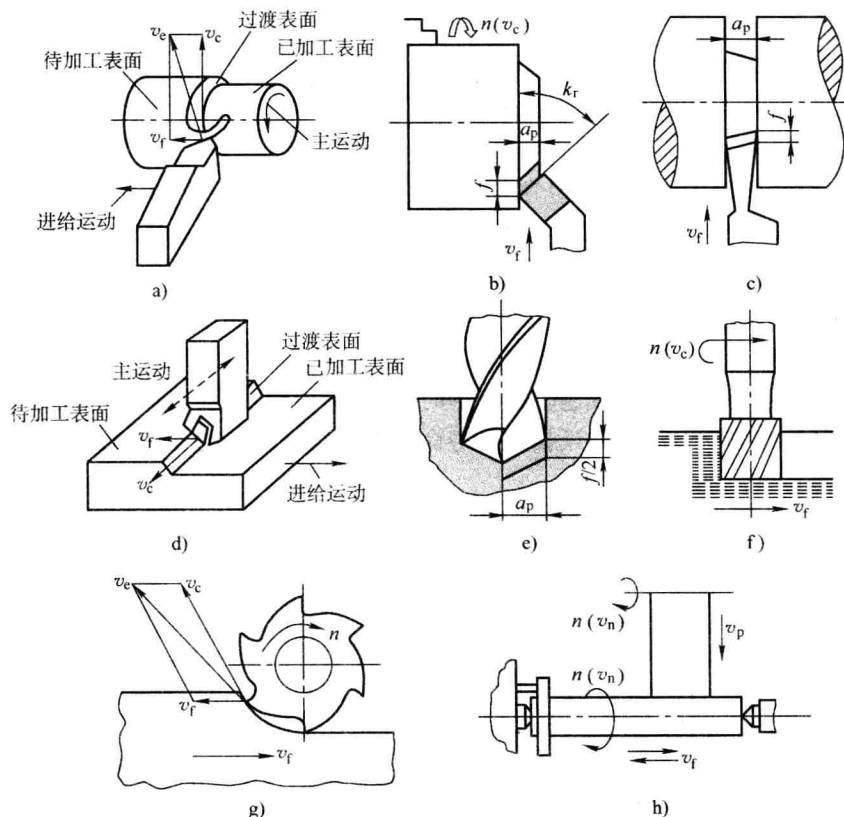


图 1-3 常见加工方法的加工表面、切削运动及切削用量

a) 车外圆 b) 车端面 c) 车槽 d) 刨平面 e) 钻孔 f) 立铣 g) 周铣 h) 磨外圆
 v_c —主运动 v_f —纵向进给运动 v_n —圆周进给运动 v_p —径向进给运动