



高等职业教育机电类“十一五”规划教材

GAODENG ZHIYE JIAOYU JIDIAN LEI SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI

- 主 编 宋书善
- 副主编 蒋建卫 王 磊 单春阳
- 主 审 赖华清



数控加工 工艺

SHUKONG JIAGONG GONGYI



电子科技大学出版社

高等职业教育机电类“十一五”规划教材

数控加工工艺

主 编 宋书善

副主编 蒋建卫 王 磊 单春阳

主 审 赖华清

电子科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

数控加工工艺 / 宋书善主编. —成都: 电子科技大学出版社, 2008.3

ISBN 978-7-81114-490-1

I. 数… II. 宋… III. 数控机床—加工工艺 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 016913 号

高等职业教育机电类“十一五”规划教材

数控加工工艺

主 编 宋书善

副主编 将建卫 王 磊 单春阳

主 审 赖华清

出 版: 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 朱 丹

责任编辑: 汤云辉

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 成都火炬印务有限公司

成品尺寸: 185mm×260mm 印张 22.75 字数 568 千字

版 次: 2008 年 3 月第一版

印 次: 2008 年 3 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-81114-490-1

定 价: 29.80 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 邮购本书请与本社发行部联系。电话: (028) 83202463, 83208003。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。
- ◆ 课件下载在我社主页“下载专区”。

前 言

制造业是我国国民经济的支柱产业，其增加值约占我国国内生产总值的 40% 以上，而先进的制造技术是振兴制造业系统工程的重要组成部分。数控技术又是其核心技术，它的出现及所带来的巨大效益，已引起了世界各国科技与工业界的普遍重视。目前，国内数控机床用量剧增，这就需要一大批面向生产第一线的熟悉数控加工工艺，能够熟练掌握现代数控机床编程、操作和维护的应用型高级技术人才。在数控技术及应用专业人才的培养中，《数控加工工艺》是一门很重要的专业课，但这方面的教材却很少，对数控加工涉及较少。为了适应应用型技术人才培养的需要，我们编写了这本教材。

全书除绪论外共分为 9 章，主要包括金属切削原理与刀具、数控机床夹具、数控加工工艺等方面的内容。第 1 章介绍了数控加工工艺基础方面的知识，让读者了解工艺过程的基本概念和数控加工工艺系统。第 2 章主要论述了金属切削原理与刀具，包括金属的切削过程、基本规律、切削参数的选择以及切削过程基本规律的应用，同时还对刀具材料进行了介绍。第 3 章讲述的是数控机床及其夹具，主要包括数控机床和夹具的基本知识、工件的定位和夹紧以及数控加工中常用的夹具等。第 4 章是普通机械加工和数控加工工艺的设计部分。第 5、6、7 章对轴、套、箱体类及盘盖类零件的数控加工方法及数控加工工艺的制定原则进行论述，通过大量实例，重点突出数控加工工艺的基本思路和关键问题，使读者把握学习要点，基本掌握编制工艺的方法与技巧，以提高解决实际问题的能力。第 8 章是数控电加工内容的介绍，是数控专业学生学习中不可缺少的内容；最后一章是对计算机辅助工艺设计的相关内容阐述，让学生对 CAPP 有一定的了解。本课程建议授课学时为 72 小时。为帮助学生能更好地理解教学内容，每章后附有小结和习题。

本书绪论和第 6、7 章由常州信息职业技术学院宋书善编写，第 1、4 章由常州信息职业技术学院王磊编写，第 2、3、5 章由辽宁信息职业技术学院单春阳编写，第 8、9 章由常州信息职业技术学院蒋建卫编写。全书由宋书善负责统稿和定稿，并担任主编，由常州信息职业技术学院赖划清主审。

由于编者水平有限，编写时间紧迫，书中难免存在不妥之处，恳请各兄弟学校的专家和同行批评指正。

编 者
2007 年 12 月

目 录

绪 论	1
第1章 金属切削基础知识	4
1.1 金属切削加工的基本概念	4
1.1.1 切削运动	4
1.1.2 切削过程中的工件表面	5
1.1.3 切削用量三要素	5
1.1.4 切削层横截面三要素	6
1.1.5 切削时间与材料切除率	7
1.2 刀具切削部分的几何参数	7
1.2.1 刀具切削部分的组成	7
1.2.2 刀具切削部分的几何角度	9
1.2.3 刀具工作角度	11
1.3 金属切削过程的基础理论及规律	15
1.3.1 金属切削过程	15
1.3.2 积屑瘤	18
1.3.3 切削力及其影响因素	20
1.3.4 切削热与切削温度	25
1.3.5 刀具的磨损与寿命	27
1.4 刀具几何参数的合理选择	32
1.4.1 前角的合理选择	32
1.4.2 后角的合理选择	34
1.4.3 主副偏角及过渡刃合理选择	35
1.4.4 刃倾角的合理选择	37
1.4.5 切削刃区的剖面形式	38
1.5 工件材料的切削加工性	38
1.5.1 材料切削加工性的评定	38
1.5.2 影响材料切削加工性的主要因素	40
1.5.3 改善工件材料切削加工性的途径	41
1.6 切削用量的选择	41
1.6.1 切削用量的选择原则	41
1.6.2 切削用量的合理选择	42
1.6.3 切削用量的优化设计	44
1.7 切削液的选择	44
1.7.1 切削液的作用	44

1.7.2	切削液的种类	45
1.7.3	切削液的选择	45
1.8	金属切削机床基础知识	46
1.8.1	金属切削机床的类型和型号	46
1.8.2	金属切削机床的运动	48
1.8.3	金属切削机床的传动	51
第2章	金属切削刀具	55
2.1	刀具材料及其选用	55
2.1.1	刀具材料应具备的基本性能	55
2.1.2	刀具材料的种类及其选用	56
2.2	车削刀具及刀片	61
2.2.1	硬质合金焊接式车刀	61
2.2.2	机夹可转位式车刀	63
2.3	孔加工刀具	71
2.3.1	孔加工刀具的种类	71
2.3.2	孔加工刀具的选择	71
2.4	铣削刀具	79
2.4.1	铣刀的种类	79
2.4.2	铣刀的选择	83
2.5	数控工具系统及其特点	84
2.5.1	数控工具系统	84
2.5.2	数控车床转塔式刀架的工具系统	92
2.5.3	刀具管理系统	93
2.5.4	数控机床附件	94
2.6	数控刀具的选择	95
2.6.1	数控车刀的选择	95
2.6.2	数控铣削刀具的选择	96
2.6.3	加工中心刀具的选择	96
2.6.4	刀具寿命的选择	97
第3章	数控机床及夹具	99
3.1	数控机床概述	99
3.1.1	数控机床的产生及发展	99
3.1.2	数控机床的组成	100
3.1.3	数控机床加工原理	101
3.1.4	数控机床的加工特点及应用范围	101
3.2	数控机床的分类	102
3.2.1	按照工艺用途分类	102
3.2.2	按照控制运动的方式分类	102

3.2.3	按照伺服系统控制方式分类	103
3.2.4	按照数控装置的功能水平分类	104
3.3	数控机床的技术发展趋势	104
3.3	机床夹具的类型及用途	106
3.3.1	机床夹具概述	106
3.3.2	夹具的分类	108
3.4	机床夹具定位基准选用原则	116
3.4.1	定位基准的选择	116
3.4.2	定位基准及其选择	117
3.5	定位误差与工件夹紧	119
3.5.1	定位误差产生的原因	119
3.5.2	定位误差的计算方法	120
3.5.3	常见定位方式的定位误差	122
3.6	工件的夹紧	125
3.6.1	对夹紧装置的基本要求	125
3.6.2	夹紧力方向和作用点的确定	125
3.6.3	典型夹紧机构	127
第4章	机械加工工艺基础	133
4.1	基本概念	133
4.1.1	机械加工工艺过程	133
4.1.2	机械加工工艺过程的组成	134
4.2	机械加工工艺规程	136
4.2.1	工艺规程的内容和作用	136
4.2.2	工艺规程的格式	137
4.2.3	工艺规程的制订原则和步骤	138
4.3	制定工艺规程的准备工作	139
4.3.1	生产类型与工艺特征	139
4.3.2	零件的工艺分析	140
4.3.3	毛坯的选择	144
4.4	加工工艺路线制定	145
4.4.1	定位基准的选择	145
4.4.2	零件表面加工方法的选择	149
4.4.3	加工阶段的划分	151
4.4.4	工序顺序的确定	152
4.4.5	工序的组合	153
4.5	加工余量的确定	153
4.5.1	加工余量的概念	153
4.5.2	加工余量的影响因素	156

4.5.3	加工余量的确定方法	156
4.6	工序尺寸的确定	157
4.6.1	基准重合时工序尺寸及公差的确定	157
4.6.2	工艺尺寸链	158
4.6.3	基准不重合时工序尺寸及公差的确定	160
4.7	机械加工精度及表面质量	163
4.7.1	机械加工精度	163
4.7.2	机械加工表面质量	171
4.8	数控加工工艺的制定	175
4.8.1	数控机床及数控加工工序实施过程的特点	175
4.8.2	数控工序的实施内容	175
第5章	轴类零件加工的数控工艺	184
5.1	轴类零件工艺特点	184
5.1.1	轴类零件的结构特点和技术要求	184
5.1.2	轴类零件的材料、毛坯和热处理	185
5.1.3	轴类零件的数控加工工艺	185
5.2	轴类零件加工机床与刀具的选择	201
5.2.1	轴类零件加工刀具的选择	201
5.2.2	轴类零件加工机床的选择	203
5.3	典型轴类零件的数控加工工艺分析	208
5.3.1	曲面外圆轴的数控加工工艺分析	208
5.3.2	轴套的数控加工工艺分析	209
5.4	典型轴类零件加工工艺的制定	211
5.4.1	曲面外圆轴的加工工艺	211
5.4.2	轴套的加工工艺	212
第6章	箱体类零件数控加工工艺	215
6.1	箱体零件概述	215
6.1.1	箱体零件的功用与结构特点	215
6.1.2	箱体零件的技术要求	216
6.1.3	箱体零件的材料与毛坯	218
6.2	箱体零件的加工方法	218
6.2.1	箱体上平面的加工方法	218
6.2.2	箱体上孔系的加工方法	219
6.3	箱体零件的加工工艺分析	223
6.3.1	箱体类零件的工艺特点	223
6.3.2	箱体类零件加工机床与刀具	225
6.4	小型箱体零件加工工艺	234
6.4.1	箱体零件的工艺分析	234

6.4.2	箱体的加工机床与刀具的选择	238
6.4.3	切削用量的选择	240
6.4.4	加工工序卡片的编制	248
第7章	盘盖类零件数控加工工艺	268
7.1	盘盖类零件概述	268
7.1.1	盘盖类零件的功用与结构特点	268
7.1.2	盘盖类零件的技术要求及材料与毛坯	269
7.2	盘盖类零件的加工方法与装备	271
7.2.1	盘盖类零件的加工方法	271
7.2.2	盘盖类零件的加工设备	273
7.3	盘盖类零件的加工工艺分析	274
7.3.1	盘盖类零件的工艺特点	274
7.3.2	盘盖类零件的加工刀具	274
7.4	典型盘盖类零件加工工艺	279
7.4.1	盘盖类零件的工艺分析	279
7.4.2	平面盘的加工机床与刀具的选择	283
7.4.3	切削用量的选择	285
7.4.4	加工工序卡片的编制	292
第8章	数控电加工工艺	310
8.1	概述	310
8.1.1	数控电加工的概念	310
8.1.2	数控电加工机床的类型	311
8.2	数控电火花成型加工工艺	311
8.2.1	数控电火花成型加工机床	311
8.2.2	数控电火花加工原理	312
8.2.3	数控电火花加工特点及应用	313
8.2.4	数控电火花成型加工工艺指标	314
8.2.5	数控电火花成型加工工艺过程	320
8.2.6	数控电火花成型加工实例	321
8.3	数控电火花线切割加工工艺	324
8.3.1	数控电火花线切割加工机床	324
8.3.2	电火花线切割加工原理	325
8.3.3	电火花线切割加工特点及应用	325
8.3.4	数控电火花线切割加工工艺指标	327
8.3.5	数控电火花线切割加工工艺过程	332
8.3.6	数控电火花线切割加工实例	333

第9章 计算机辅助工艺设计	338
9.1 CAPP 技术概述	338
9.1.1 CAPP 的基本概念	338
9.1.2 CAPP 的基本功能	339
9.1.3 CAPP 系统的基本构成	340
9.1.4 CAPP 系统的基础技术	341
9.2 CAPP 系统设计类型和发展趋势	342
9.2.1 CAPP 系统的设计类型	342
9.2.2 CAPP 的发展趋势	343
9.3 CAPP 技术应用	343
9.3.1 传统机械制造工艺设计方法	343
9.3.2 国内 CAPP 现状和 CAPP 软件	345
9.3.3 CAPP 实施的一般步骤	346
9.3.4 CAPP 工艺流程编制和管理	347
9.3.5 CAPP 工艺资源管理	350

绪 论

1. 本课程的性质、任务和内容

《数控加工工艺》是高职高专和本科院校机械类、机电类、近机类，特别是数控技术及应用专业的专业课程。它的实践性、综合性、灵活性较强。该课程的任务主要是以机械制造中的工艺基本理论为基础，结合数控加工特点，综合运用多方面的知识解决数控加工中的工艺问题，以使學生能规范、正确地实施典型零件的机械加工工艺，执行数控加工工序的工艺要求，能编制出简单零件的机械加工工艺规程和数控加工工艺规程。

这门课程的内容包括：数控加工工艺基础；金属切削原理与刀具；数控机床夹具上工件的定位和夹紧、常用夹具的介绍；普通机械加工、数控加工工艺规程设计；数控车削、车削中心和数控铣削、铣削中心的加工工艺；数控电脉冲加工方法简介。

这门课程实践性强，其理论源于生产实际，是长期生产实践的总结。学习本课程必须注重理论同生产实践的结合，多深入生产实际，根据不同的现场条件灵活运用理论知识，以获得解决生产实际问题的最佳方案。通过对本课程的学习，应基本掌握数控加工中的基本知识和理论，达到本课程的要求。

2. 数控加工在制造业中的地位、作用和发展状况

随着科学技术的飞速发展，社会对产品多样化的要求日益强烈，产品更新越来越快，多品种、中小批量生产的比重明显增加；同时，随着航空工业、汽车工业和轻工消费品生产的高速增长，复杂形状的零件越来越多，精度要求也越来越高；此外，激烈的市场竞争要求产品研制生产周期越来越短，传统的加工设备和制造方法已难以适应这种多样化、柔性化与复杂形状的高效、高质量加工要求。因此，近几十年来，能有效解决复杂、精密、小批多变零件加工问题的数控（NC）加工技术得到了迅速发展和广泛应用，使制造技术发生了根本性的变化。努力发展数控加工技术，并向更高层次的自动化、柔性化、敏捷化、网络化和数字化制造技术推进，是当前机械制造业发展的方向。

数控技术是机械加工现代化的重要基础和关键技术。应用数控加工可大大提高生产率、稳定加工质量、缩短加工周期、增加生产柔性、实现对各种复杂精密零件的自动化加工，易于在工厂或车间实行计算机管理，还使车间设备总数减少，节省人力，改善劳动条件，有利于加快产品的开发和更新换代，提高企业对市场的适应能力和综合经济效益。数控加工技术的应用，使机械加工的大量前期准备工作与机械加工过程连为一体，使零件的计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助工艺规划（CAPP）和计算机辅助制造（CAM）的一体化成为现实，使机械加工的柔性自动化水平不断提高。

数控加工技术也是发展军事工业的重要战略技术。美国与西方各国在高档数控机床与加工技术方面一直对我国进行封锁限制，因为许多先进武器装备的制造，如飞机、导弹、坦克等的关键零件，都离不开高性能的数控机床加工。我国的航空、能源、交通等行业也从西方

引进了一些五坐标机床等高档数控设备，但其使用受到国外的监控和限制，不准用于军事用途的零件加工。这一切均说明数控加工技术在国防现代化方面所起的重要作用。

3. 数控技术的特点

同常规加工相比，数控加工具有如下的特点：

(1) 自动化程度高：在数控机床上加工零件时，除了手工装卸工件外，全部加工过程都由机床自动完成。在柔性制造系统线上，上下料、检测、对刀、传输、调度、管理等也都自动完成，这样减轻了操作者的劳动强度，改善了劳动条件。

(2) 加工精度高，尺寸一致性好：数控加工的尺寸精度通常在 $0.005\sim 0.100\text{mm}$ 之间，目前最高的尺寸精度可达 $\pm 0.0015\text{mm}$ ，不受零件形状复杂程度的影响，加工中消除了操作者的人为误差，提高了同批零件尺寸的一致性，使产品质量保持稳定。

(3) 加工柔性高：数控机床上实现自动加工的控制信息是加工程序。当加工对象改变时，除了相应更换刀具和解决工件装夹方式外，只要重新编写并输入该零件的加工程序，便可自动加工出新的零件，不必对机床作任何复杂的调整。这一特点不仅满足了当前产品更新快的市场竞争需要，而且较好地解决了单件、中小批量和多变产品的加工问题。高柔性是数控加工最突出的优点，也是数控加工得以产生和迅速发展的主要原因。

(4) 生产效率高：数控机床的主轴转速、进给速度和快速定位速度高，可以合理地选择高的切削参数，充分发挥刀具的切削性能，减少切削时间；还可以自动地完成一些辅助动作，精度高而稳定，不需要在加工过程中进行中间测量，能连续完成整个加工过程，减少了辅助动作时间和停机时间。因此，数控加工的生产效率高。

(5) 经济效益明显：虽然数控机床一次性投资以及日常维护、保养费用较普通机床高很多，但是如能充分地发挥数控机床的能力，将会带来很高的经济效益。这些效益不仅表现在生产效率高、加工质量好、废品少上，还有减少工装和量刀具、缩短生产周期、减少在制品数量、缩短新产品试制周期等优势，从而为企业带来明显的经济效益。

(6) 易于建立计算机通信网络：数控机床是使用数字信息，易与计算机辅助设计、制造(CAD/CAM)系统连接，形成计算机辅助设计、制造与数控机床紧密结合的一体化系统。

4. 数控加工工艺的研究内容和任务

数控加工工艺是以数控机床加工中的工艺问题为研究对象的一门综合基础技术课程。它以机械制造中的工艺基本理论为基础，结合数控机床高精度、高效率和高柔性等特点，综合应用多方面的知识，解决数控加工中的工艺问题。

数控加工工艺的内容包括数控加工的基本知识和基本理论、典型数控加工工艺分析等内容。数控加工工艺研究宗旨是如何科学地、最优地设计加工工艺，充分发挥数控机床的特点，实现数控加工中的优质、高产和低耗。

数控加工工艺是数控技术应用专业和机电类专业的主要专业课之一。通过本课程的学习，应基本掌握数控加工工艺的基本知识和基本理论，学会选择机床、刀具、夹具及零件表面的加工方法，掌握数控加工工艺的设计方法。通过有关教学环节的配合，初步具有制定中

等复杂程度零件的数控加工工艺的能力，以及分析解决生产中一般工艺问题的能力。

5. 学习本课程的目的和要求

通过本课程的学习，可以使學生掌握数控加工工艺的基本理论和方法，以及先进制造技术的有关知识，从而为将来胜任不同职业和不同岗位上的专业技术工作、掌握先进制造技术手段的应用、具备突出的工程实践能力奠定良好的基础。为实现这一目的，本课程的学习主要有以下几个方面：

(1) 了解加工工艺过程的基本概念和数控加工工艺系统。

(2) 掌握金属的切削过程、基本规律、切削参数的选择以及切削过程基本规律的应用，同时了解数控刀具材料。

(3) 熟悉数控机床夹具上工件的定位和夹紧，了解常用的数控夹具。

(4) 熟练掌握普通机械加工、数控加工工艺规程的设计；基本掌握中等复杂类零件车、铣削、线切割、电脉冲的数控加工工艺编制的方法与技巧。

必须指出，数控加工工艺的知识是通过长期生产实践的理论总结形成的。它源于生产实践，服务于生产实践。因此，本课程的学习必须密切联系生产实践，在实践中加深对课程内容的理解、强化，掌握所学知识。

第 1 章 金属切削基础知识

【学习目标】

- (1) 了解金属切削加工的基本概念、机床基础知识和工件材料的切削加工性。
- (2) 理解刀具切削部分的几何参数、金属切削过程的基础理论及规律。
- (3) 掌握刀具几何参数、切削用量、切削液的合理选择。

1.1 金属切削加工的基本概念

金属切削加工是指在机床上，利用刀具和工件的相对运动，把工件毛坯上多余的金属材料（即余量）切除，从而获得图样所要求的零件。与其他方法相比，金属切削加工可获得较复杂的工件形状、较小的表面粗糙度值、较高的尺寸精度、表面几何形状精度和位置精度。所以，金属切削加工在实际生产中应用特别广泛。

1.1.1 切削运动

这种刀具和工件的相对运动，称为切削运动。切削运动由金属切削机床来完成，有直线运动和回转运动两种基本运动。但按切削运动在切削加工中所起的作用，切削运动分为主运动和进给运动。

1. 主运动

直接切除工件上多余的金属层，使之成为切屑，从而形成工件新表面的运动，称为主运动。主运动的特征是速度最高、消耗功率最大。在切削加工中，主运动只有一个，其形式是直线运动或回转运动。如图 1-1 所示，在车削外圆时，工件的旋转运动是主运动。

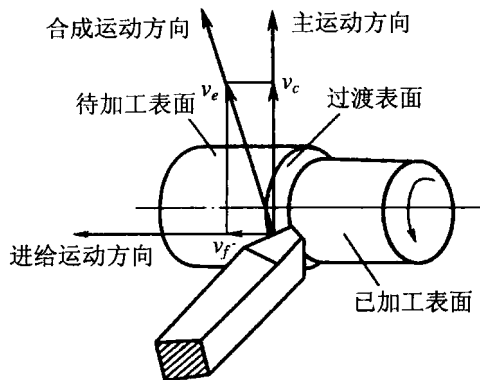


图 1-1 切削运动和加工表面

2. 进给运动

不断地把切削层投入切削，以逐渐切出整个工件表面的运动，称为进给运动。进给运动的速度较低，消耗的功率较少。进给运动可以是连续的或断续的，其形式可以是直线运动、旋转运动或两者的组合。进给运动有一个、几个或者没有。如图 1-1 所示，在车削外圆中，车刀的纵向连续直线运动就是进给运动。

主运动和进给运动可以由工件或刀具分别完成，也可由刀具单独完成。

3. 合成运动

合成运动是主运动与进给运动的组合。

1.1.2 切削过程中的工件表面

切削工件时，工件上始终有三个不断变化着的表面，如图 1-1 所示。

1. 待加工表面

工件上即将被切除的表面。在切削过程中，待加工表面随着切削的进行逐渐减小，直到全部被切除为止。

2. 已加工表面

工件上经刀具切削后产生的新表面。在切削过程中，已加工表面随着切削的进行逐渐扩大。

3. 过渡表面

工件上由切削刃正在切削着的表面。在切削过程中，过渡表面是不断改变的，且总是处于已加工表面和待加工表面之间。

1.1.3 切削用量三要素

切削用量是衡量主运动和进给运动大小的参数。它包括切削速度 v_c 、进给量 f 和背吃刀量 a_p 三要素。在金属切削加工过程中，需要根据工件材料、刀具材料和其他技术条件选择合适的 v_c 、 f 和 a_p ，它是调整机床、计算切削力、切削功率和工时定额的重要参数。

1. 切削速度 v_c

切削加工时，刀具切削刃上某一选定点相对于工件主运动方向上的瞬时速度。它是衡量主运动大小的参数，单位是 m/s。刀具切削刃上各点的切削速度可能是不同的，计算时通常取最大值。主运动为旋转运动时：

$$v_c = \frac{\pi dn}{1000} \quad (1-1)$$

式中， d ——完成主运动的工件或刀具的最大直径 (mm)；

n ——主运动的转速 (r/s)。

2. 进给量 f

刀具在进给方向相对于工件的移动量，如图 1-2 所示。它是衡量进给运动大小的参数。它可用刀具或工件每转（主运动为旋转运动时）或每行程（主运动为直线运动时）的移动量来表示和测量，单位为 mm/r 或 mm/z 行程。

车削时，进给量为工件每转一转车刀沿进给方向的移动距离 f (mm/r)。

对于铣刀等多齿刀具，每转或每行程中每齿相对于工件在进给方向的移动量称为每齿进给量 f_z ，单位为 mm/z。显然：

$$f_z = \frac{f}{z} \quad (1-2)$$

式中， z ——刀具齿数。

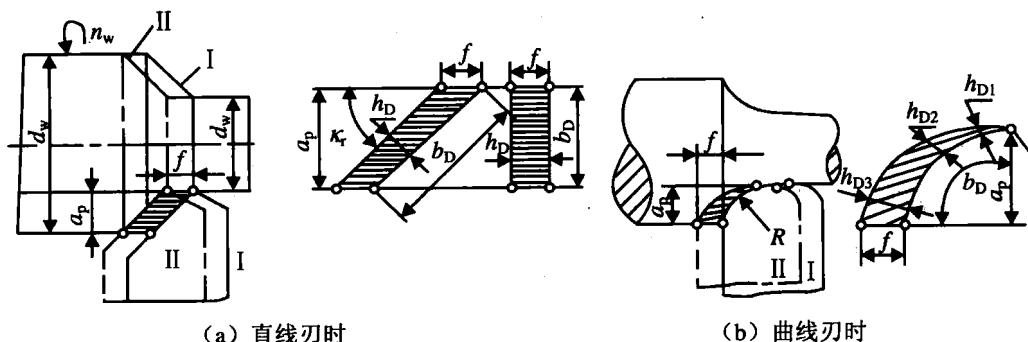


图 1-2 切削用量和切削层参数

切削刃上选定点相对工件的进给运动的瞬时速度称为进给速度 v_f ，单位为 mm/s。进给速度与进给量的关系为：

$$v_f = nf = nf_z z \quad (1-3)$$

3. 背吃刀量 a_p

它是在与主运动和进给方向垂直的方向上测量的已加工表面和待加工表面间的垂直距离，单位是 mm。对于切削外圆，如图 1-2 所示，其背吃刀量可由下式计算：

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2} \quad (1-4)$$

式中， d_w ——工件待加工表面直径，mm；

d_m ——工件已加工表面直径，mm。

1.1.4 切削层横截面三要素

切削层是切削刃在一个单位进给量中所切除的工件材料层。外圆车削时的切削层，就是工件转一转，主切削刃在一个进给量所切除的金属层，如图 1-2 中阴影部分所示。切削层的形状和尺寸，常用切削刃的选定点并和垂直该点切削速度 v_c 的横截平面内的切削层参数来表示。

1. 切削层公称厚度 h_D

切削层公称厚度简称切削厚度，它是垂直于过渡表面测量的切削层参数，即相邻两过渡表面之间的距离。它反映了切削刃单位长度上的切削负荷。车外圆，若车刀主切削刃为直线，如图 1-2 (a) 中阴影部分所示，则：

$$h_D = f \sin K_r \quad (1-5)$$

式中， K_r ——车刀主偏角。若车刀主切削刃为曲线，则 K_r 如图 1-2 (b) 中阴影部分所示。

2. 切削层公称宽度 b_D

切削层公称宽度是沿过渡表面测量的切削层参数。它反映了切削刃参加切削的工作长度。车外圆，当车刀主切削刃为直线时，切削层公称宽度为：

$$b_D = a_p / \sin K_r \quad (1-6)$$

3. 切削层公称横截面积 A_D

切削层公称横截面积简称切削面积，它是切削层在切削层横截面内的实际横截面积。由定义可得：

$$A_D = h_D b_D = f a_p \quad (1-7)$$

1.1.5 切削时间与材料切除率

1. 切削时间（机动时间） t_m

指切削时直接改变工件尺寸、形状等工艺过程所需要的时间，单位为 s。切削时间是反映切削效率高低的一个指标。如图 1-3 所示，车外圆时切削时间的计算公式为

$$t_m = \frac{lA}{v_f a_p} \quad (1-8)$$

式中， l ——刀具行程长度，单位为 mm；

A ——半径方向上的加工余量，单位为 mm。

将式 (1-1)、(1-3) 代入 (1-8) 中可得：

$$t_m = \frac{\pi d l A}{1000 a_p f v_c} \quad (1-9)$$

从式 (1-9) 可知，提高切削用量中的任一要素均可提高生产率。

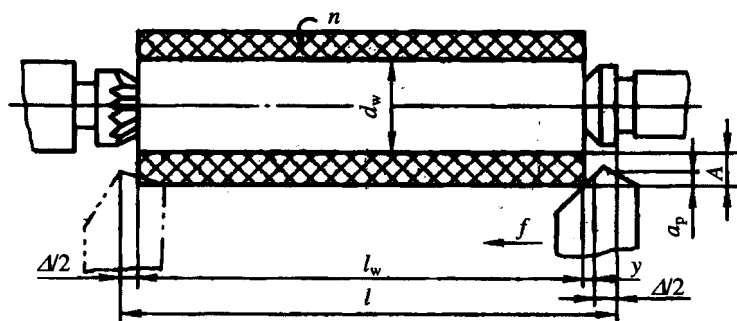


图 1-3 车外圆时切削时间的计算图

2. 材料切除率 Q

指单位时间内切除材料的体积，单位为 mm^3/s ，它是衡量切削效益高低的另一个指标：

$$Q = 1000 a_p f v_c \quad (1-10)$$

1.2 刀具切削部分的几何参数

金属切削刀具的种类繁多，形状各异，但它们参加切削的部分在几何特征上都有相同之处。其中最典型的是车刀，其他各种刀具切削部分的几何形状和参数，都可视为外圆车刀的演变，如图 1-4 所示。通常以车刀为例，来确定刀具几何参数的定义。

1.2.1 刀具切削部分的组成

车刀由夹持部分和切削部分组成，切削部分由以下几部分组成：

- (1) 前刀面 A_r ——切屑流经的刀具表面。
- (2) 主后刀面 A_a ——与工件上过渡表面相对应的刀具表面。
- (3) 副后刀面 A'_a ——与工件上已加工表面相对应的刀具表面。
- (4) 主切削刃 S ——前刀面与主后刀面的交线，在切削过程中担负主要切削任务。