

高等学校教材

机械制造基础 学习指导

王宏宇 姜银方 主编



化学工业出版社
教材出版中心

高等学校教材

机械制造基础学习指导

王宏宇 姜银方 主编



化学工业出版社
教材出版中心

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

机械制造基础学习指导/王宏宇, 姜银方主编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 11

高等学校教材

ISBN 7-5025-7935-4

I. 机… II. ①王…②姜… III. 机械制造-高等学校-教学参考资料 IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 140055 号

高等学校教材

机械制造基础学习指导

王宏宇 姜银方 主编

责任编辑: 程树珍 陈 丽

文字编辑: 宋 薇

责任校对: 陈 静

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社
教材出版中心 出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 8½ 字数 181 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7935-4

定 价: 15.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

机械制造技术基础课程学习指导
系列教材编写委员会

主任委员：张永康

副主任委员：任乃飞 鲁屏宇 姜银方

委员：(按汉语拼音排序)

陈靖芯	崇 凯	戴国红	戴亚春	范 真	樊曙天
冯爱新	戈晓岚	华希俊	姜银方	李新城	刘新佳
柳秉毅	骆志高	毛卫平	乔 斌	王宏宇	王建锋
王维新	王 霄	吴 勃	吴 晶	伍建国	徐红兵
许晓静	袁国定	张 洁	章志荣	张 铮	朱 莉

总 主 编：姜银方 刘新佳 王 霄 许晓静

前 言

本书是根据高等学校“机械制造基础”课程教学大纲和教学要求编写的一本学习指导书,可作为傅水根教授主编的《机械制造工艺基础》(清华大学出版社)、邓文英教授主编的《金属工艺学》下册(高等教育出版社)、王贵成教授主编的《机械制造学》(机械工业出版社)等教材的配套用书。

本书内容包括“机械制造基础”课程各章内容的学习指导、课程实验指导和模拟试题三部分。学习指导部分阐明了各章的学习内容与学习要求,指出了各章学习的重点和难点,对重点、难点内容进行了较为详细地分析,运用了“图表归纳法”、“特征分析法”、“口诀助记法”、“条件筛选法”等四种方法进行学习指导,精选了一定数量的典型例题和复习思考题,每章后都提供了自测题,并附录了相应的参考答案。课程实验指导部分精编了四个实验,每个实验均有侧重点,实验与实验之间又紧密联系,形成了一个有机整体,兼顾了传统内容和先进技术,突出和强化了工程实践知识,着重于培养学生的动手能力、分析问题的能力和创新精神。模拟试题部分提供了六套模拟试题,包括是非题、选择题、填空题、简答题和综合题等形式,从不同的角度提出问题,以达到消化、巩固和加深所学知识的目的。

本书是笔者结合了多年来教授这门课程的众多教师的集体智慧和丰富的教学经验,为适应新的教学体系和完全学分制的要求编写完成的。本书由王宏宇、姜银方主编。参加编写的人员有江苏大学的王宏宇、姜银方、袁晓明,江南大学的王海彦、陶荣伟。全书由王宏宇统稿,由江苏大学樊曙天老师主审。

本书在编写过程中得到了江苏大学机械工程学院、江南大学机械工程学院领导的大力支持,戈晓岚、李新城、许晓静、张洁、刘新佳、吴勃等老师对本书提出了许多宝贵意见,在此一并致谢。本书在编写时,还参考了众多和本课程相关的教材、习题集、实验指导书等书籍和资料,所用参考文献均已列于书后,在此对有关出版社和作者表示衷心感谢。

由于编者水平和经验所限,书中难免有错误和不妥之处,敬请同行和读者批评指正。

编 者

2005年9月

内 容 提 要

本书是根据高等学校机械制造基础课程教学大纲和教学要求编写的课程辅导教材。全书分为三部分，第一部分对机械制造基础课程各章的内容进行了归纳整理，对重点、难点内容运用了图表归纳法、特征分析法、口诀助记法、条件筛选法进行学习指导；第二部分精选了四个课程实验，以此作为课堂教学的补充，强化了本课程实践性强的特点；第三部分提供了六套模拟试题，以是非题、选择题、填空题、简答题和综合题的形式，从不同的角度提出问题，以达到消化、巩固和加深所学知识的目的。

本书可作为高等学校相关专业机械制造基础课程的学习辅导书，也可供自学者及相关人员参阅。

目 录

第一部分 学习指导	1
第一章 切削加工成形概述	3
一、学习内容与学习要求	3
二、重难点分析及学习指导	3
三、典型习题例解	7
四、复习思考题	8
本章自测题	9
自测题参考答案	11
第二章 机械加工工艺装备	12
一、学习内容与学习要求	12
二、重难点分析及学习指导	12
三、典型习题例解	18
四、复习思考题	22
本章自测题	24
自测题参考答案	27
第三章 切削加工方法综述	29
一、学习内容与学习要求	29
二、重难点分析及学习指导	29
三、典型习题例解	34
四、复习思考题	35
本章自测题	37
自测题参考答案	39
第四章 机械加工工艺规程	41
一、学习内容与学习要求	41
二、重难点分析及学习指导	41
三、典型习题例解	43
四、复习思考题	45
本章自测题	45
自测题参考答案	48
第二部分 课程实验指导	51
实验一 普通车床的结构与传动分析	53

实验报告一	58
实验二 刀具几何角度的刃磨与测量	60
实验报告二	67
实验三 夹具组成与定位分析	69
实验报告三	73
实验四 数控车床编程与加工	75
实验报告四	83
第三部分 模拟试题	85
模拟试题一	87
模拟试题一参考答案	91
模拟试题二	93
模拟试题二参考答案	98
模拟试题三	100
模拟试题三参考答案	104
模拟试题四	106
模拟试题四参考答案	111
模拟试题五	113
模拟试题五参考答案	117
模拟试题六	119
模拟试题六参考答案	123
参考文献	125

第一部分 学习指导

本部分阐明了机械制造基础课程各章的学习内容与学习要求，指出了各章学习的重点和难点，对重点、难点内容进行了较为详细地分析，运用了“图表归纳法”、“特征分析法”、“口诀助记法”、“条件筛选法”等四种方法进行学习指导，精选了一定数量的典型例题和复习思考题，每章后都提供了接近课程考试的自测题，并附录了相应的参考答案。

建议在学习时，要首先了解各章的学习内容与学习要求，然后进行课程学习或自学，之后参阅重、难点内容分析和学习指导进行总结提高，结合典型例题和复习思考题进行强化，最后通过进行自测，找出存在问题进行重点突破。

第一章 切削加工成形概述

一、学习内容与学习要求

1. 学习内容

切削加工的基本概念、分类、特点及发展趋势；切削运动，切削用量，切削表面及切削层参数；金属切削过程及其物理现象；加工精度和表面质量的基本概念；切削加工生产率和材料切削加工性；机械制造工艺过程的基本知识。

2. 学习要求

- ① 建立切削加工的概念，了解切削加工的分类、特点及发展趋势。
- ② 了解获得不同表面所需要的切削运动，能对典型切削加工进行切削运动分析。
- ③ 识记切削用量的基本概念，搞清切削用量的三要素及切削层参数。
- ④ 建立金属切削过程的概念，了解常见的切屑种类，了解金属切削过程中的物理现象，了解切削力、切削热、积屑瘤、表面变形强化和残余应力的含义及影响。
- ⑤ 建立加工质量的概念，理解加工精度和表面质量的基本概念，了解其影响因素。
- ⑥ 了解切削加工生产率、材料切削加工性的基本概念。
- ⑦ 了解机械制造过程的基本概念。

二、重难点分析及学习指导

1. 重难点分析

本章内容基本涵盖了切削加工成形的基础概念、定义和术语，是切削加工成形所强调的重要基础。本章的概念、定义和术语较多，准确把握基本概念、定义和术语是本章学习的主要内容，也直接关系到对后续内容的理解和掌握。

本章的重点有两个：一是切削运动的分析；二是加工精度和表面质量概念的建立。

本章的难点是金属切削过程中物理现象对切削加工质量的影响。

2. 学习指导

本章内容虽说概念性问题居多，但其实践性和应用性很强，尤其是较为准确地理解认识这些基本概念，对学好这门课程具有重要的指导作用。在学习本章内容时，应注重将金工实习所获得的感性知识融入学习过程中，并尽可能将感性认识和理论学习互相融合，达到共同提高的目的。在学习过程中，要避免死记硬背，重在理解，一定要确立本课程是一门技术基础课，既不同于基础课也不同于专业课；不同于基础课，意味着不必深追理论，推导公式；不同于专业课意味着大多数概念只需掌握到能帮助较好地理解后续各章内容的深度上。下面对本章主要内容分别进行解释和学习提示。

(1) 切削运动 切削加工是利用切削工具从工件上去除多余材料，以获得所需几何形状、尺寸精度和表面粗糙度的机械零件的一种成形工艺方法。

要进行切削加工，刀具与工件之间必须有一定的相对运动，即切削运动。根据在切削过程中所起的作用来分，切削运动分为主运动和进给运动。在学习过程中，一方面可以复习或回顾金工实习的相关内容，另一方面建议在学习这部分内容时采用“图表归纳法”进行学习，本书列出了常见机床的切削运动，见表 1-1，供学习时参考。此外，在进行切削运动的分析时，也可以利用“特征分析法”进行学习。普通机床的主运动一般只有一个，即具有惟一性，同时主运动与进给运动相比，一般其速度高，消耗机床的功率多。在进行分析时，首先将所有的切削运动（刀具与工件之间的相对运动）一一列出，然后根据各自特征对照主运动的特征判断哪一个运动是主运动，剩余的即为进给运动。如最为熟悉的车外圆，刀具与工件之间的相对运动有三个，即工件的旋转运动，刀具的纵向、横向移动，其中工件的旋转运动是由机床提供的，显然消耗的功率较多，速度较快，为主运动；刀具的纵向、横向移动一般可以通过手动，其与进给运动的特征相符合。

表 1-1 常用机床的切削运动

机床名称	主运动	进给运动	机床名称	主运动	进给运动
车床	工件的旋转运动	车刀纵向、横向、斜向直线移动	龙门刨床	工件的往复移动	刨刀的横向、垂向、斜向间歇移动
钻床	钻头的旋转运动	钻头的轴向移动	外圆磨床	砂轮的旋转运动	工件转动、同时工件往复移动，砂轮横向移动
铣床	铣刀的旋转运动	工件的纵向、横向、垂向直线移动	内圆磨床	砂轮的旋转运动	工件转动、同时工件往复移动，砂轮横向移动
牛头刨床	刨刀的往复移动	工件横向间歇移动或刨刀垂向、斜向间歇移动	平面磨床	砂轮的旋转运动	工件往复移动，砂轮横向、垂向移动

(2) 切削用量、切削表面及切削层参数 关于切削用量三要素，要准确把握其基本概念、单位以及计算方法，尤其对于切削速度要注意区分是旋转运动还是直线运动。如果是旋转运动如车外圆，用式 (1-1) 进行计算，如果是直线运动如牛头刨床刨削平面，用式 (1-2) 进行计算。

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

式中 D ——工件或刀具的直径^①，mm；

n ——工件或刀具的转速，r/s，r/min。

$$v_c = \frac{2Ln}{1000} \quad (1-2)$$

式中 L ——往复行程长度，mm；

n ——主运动每秒或每分钟的往复次数，st^②/s，st/min。

关于切削表面，注意切削表面的三个表面即未加工表面、加工表面和已加工表面是在切削过程中不断变化的；对于切削层参数的理解，要注意区分切削层面积两种计算方

① 切削速度一般指最大速度，因此计算时 D 的选择很重要，如车外圆时应选择未加工表面的直径，车孔时则要选择已加工表面直径。

② st 为习惯用法，代表行程次数。

法 $A_D = b_D h_D$ 和 $A_D = f a_p$ 之间的区别,前者比后者差一个残余面积。

在学习过程中,可以利用图表归纳法对切削用量、切削表面及切削层参数进行总结,鉴于在教学过程中一般都以车削外圆为例对这部分进行介绍,现将车外圆情况下的切削用量、切削表面及切削层参数归纳在一张图上,车外圆的切削要素见图 1-1,清楚了车外圆,其他情况就可以举一反三。

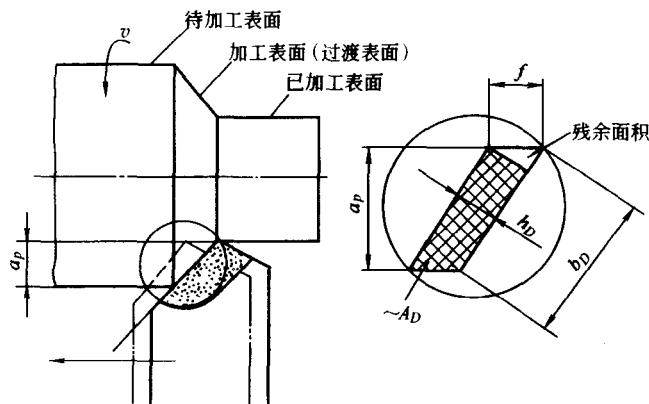


图 1-1 车外圆的切削 (要素)

(3) 金属的切削过程 关于金属切削过程的研究,属于金属切削基础理论研究的范畴。研究金属切削过程的许多物理现象,如切削力、切削热、积屑瘤、表面变形强化和残余应力等,进而理解切削过程的实质,对于保证质量、降低成本,提高生产率,都有着重要的实际意义。金属切削过程及其现象比较抽象,建议在学习过程中应把握以下两个方面的问题。

① 刀具对金属切削过程的实质上是一种偏挤压过程。对于塑性材料而言,拉伸曲线和压缩曲线基本一致,因此学习时可联系工程材料课程中拉伸曲线来理解,金属切削过程见图 1-2。金属受到外力作用首先经历弹性变形、然后经历塑性变形,当应力达到了金属的强度极限时,金属就会产生断裂;对于切削而言实际上也如此,被切金属层受力经历了弹性变形、塑性变形、断裂,从而形成切屑。

② 切削层金属受刀具的挤压而产生变形是切削过程中的基本问题。金属切削过程中产生的切削力、切削热、积屑瘤、表面变形强化和残余应力等物理现象,都是由切削过程中的变形和摩擦所引起的。切削力和切削热比较好理解,在金工实习中已经有了这样的认识,如锯或锉工件时是很费力的、钻孔时必须将进给手柄用力向下压钻头才能钻下去等,同时在车削中切屑变色、磨削发出火花等,这就为理解切削力和切削热奠定了很好的基础,本章只是作了一些分析,初步介绍了切削力和切削热的来源、散失及影响因素;对于表面变形强化和残余应力在工程材料中作了比较系统的讨论,也不难理解;只剩下积屑瘤的问题,可以对照教材了解积屑瘤的形成条件、形成过程、对切削加工的影响以及控制方法,关键把握一点——积屑瘤的形成、长大和脱落是一个动态过程,只要把握住这点,理解积屑瘤对切削加工的影响应该不存在问题;对于控制方法或措施,可以从形成条件入手,积屑瘤是在以中等切削速度切削塑性材料时形成的,把握“中等

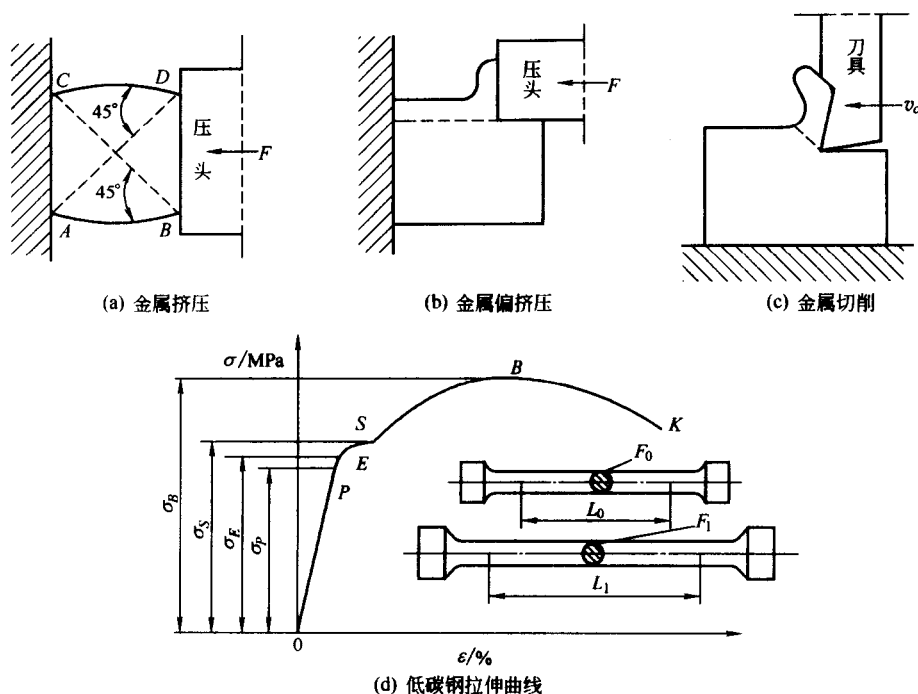


图 1-2 金属的切削过程

切削速度”和“塑性材料”就可以推出其措施，即控制切削速度，通过热处理提高材料的硬度、强度等。

(4) 加工质量 在实际生产中，总是提到能否保证加工质量，可见加工质量是切削加工所追求的基本目标，同时要保证加工质量涉及到切削加工的方方面面，对于如加工方法的选择、机床刀具等工艺装备的选择设计以及工艺规程的制订等都有着重要的指导作用。

加工质量一般指的是加工精度和表面质量。其中加工精度指的是实际几何要素和理想几何要素相符合的程度，一般包括尺寸精度、形状精度和位置精度；而表面质量指的是零件加工后表面层的状况，不仅包括表面粗糙度，还包括了表面层的金相组织、表面变形强化和残余应力、表面硬度等。

在学习过程中，首先要建立加工精度的概念，这里的“建立”不仅仅指对上述提及的概念能够说出，更重要的是能贯穿于后续章节的学习及生产实际中，在这点上需要同时了解尺寸精度等级（国家标准规定常用尺寸公差等级为 20 级，其中 01 级最高，18 级最低）和形位精度项目（形位公差项目共 14 项，其中形状公差 4 项，位置公差 8 项，另外 2 项轮廓度可能是形状公差也可能是位置公差）等内容，进而在学习第三章时能够建立“经济精度”的概念。其次，要注意表面质量不仅仅指表面粗糙度，只是最常用表面粗糙度来表达表面质量而已，建议在学习时能够联系金工实习中的感性知识，建立表面粗糙度数值和实际表面情况之间的联系，看到数值就能大致想到表面是什么样子，当然真正建立这种联系不是一时就能达到的，但可以从本章学习起就开始注意此事。此外，还需了解影响加工精度的因素。

对于掌握这部分内容仅凭教材上的简单介绍和上课时教师的讲述是不够的, 在本章中提及只是个概念, 需要在后续学习中深入理解, 因此, 建议大家在学习完第三章之后, 能够复习本部分内容, 相信会达到比较好的效果。

三、典型习题例解

【例 1-1】 车削外圆时, 已知工件转速 $n=320\text{r/min}$, 车刀移动速度 $v_f=64\text{mm/min}$, 其他条件如图 1-3 所示, 试求切削速度 v_c 、进给量 f 、切削深度 a_p 。

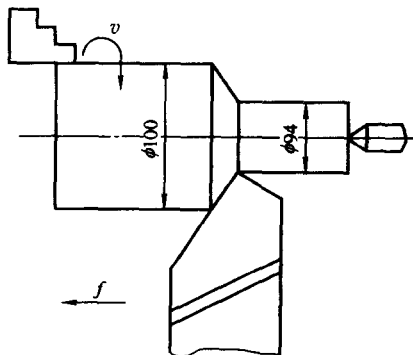


图 1-3 【例 1-1】图示

分析: 这是一道计算切削用量的题目。在做这题时, 只要清楚切削用量的三要素的基本概念, 能够应用其相应计算公式, 带入已知条件即可解题。题目本身并不难, 难度在于准确写出这三个参数的计算公式。建议在学习过程中, 不要死记公式, 而要注重基本概念的理解, 然后根据概念推导公式。

解题/答案要点:

$$\text{切削速度 } v_c = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{\pi \times 100 \times 320}{1000} = 100.5 \text{ m/min};$$

$$\text{进给量 } f = v_f / n = 0.2 \text{ mm/r};$$

$$\text{切削深度 } a_p = \frac{D - d}{2} = \frac{100 - 94}{2} = 3 \text{ mm}。$$

常见错误解析: 在计算切削速度时, 将已加工表面直径代入进行计算。主要原因是对切削速度概念理解不完整, 这里切削速度指的是主运动的最大线速度。

【例 1-2】 在外圆磨削中, 已知砂轮的宽度 $B_0=60\text{mm}$, 背吃刀量 (切削深度) $a_p=0.01\text{mm}$, 纵向进给量 $f=30\text{mm/r}$, 工件速度 $v_{\text{工}}=25\text{m/min}$, 试计算单位砂轮宽度金属切除率。

分析: 金属切除率的含义是单位时间所切除金属层的体积, 也就是工件的速度和切削层面积的乘积。根据上述分析本题考查的实质是切削层面积的计算, 在外圆磨削中切削层面积就是背吃刀量和纵向进给量的乘积, 这和车外圆时情况有所不同。

解题/答案要点:

$$Z = \frac{1000 v_{\text{工}} f a_p}{B_0} = \frac{1000 \times 25 \times 30 \times 0.01}{60} = 125 \text{ mm}^3 / (\text{mm} \cdot \text{min})$$

常见错误解析：对金属切除率的含义不能理解或理解不充分，遇到可能在教材上没有提及的概念“金属切除率”感觉无法着手，或仅以切削层面积来进行计算。原因在于对切削过程中，切削层参数的意义和应用没有进一步思考，仅停留在概念的记忆上。

四、复习思考题

- 1. 切削加工成形和热加工成形（如铸造）、累积材料成形在成形原理上有何不同？
- 2. 切削加工一般分为哪两大类？为什么说机械加工永远不能完全取代钳工？
- 3. 切削加工的特点有哪些？
- 4. 何谓主运动？何谓进给运动？比较主运动和进给运动在切削过程中所起的作用、数目、消耗的切削功率、速度等方面的异同。
- 5. 试分析下列情况的主运动和进给运动，填写下表。

序号	加工内容	机床名称	主运动	进给运动
1	外圆面	卧式车床		
2		立式车床		
3		外圆磨床		
4	孔	卧式车床		
5		立式钻床		
6		内圆磨床		
7	平面	牛头刨床		
8		龙门刨床		
9		卧式铣床		
10		平面磨床		

- 6. 试说明切削用量的三要素（包括名称、定义、代号、计算公式和单位）。
- 7. 切削过程中，工件上存在哪三个切削表面？
- 8. 简述金属的切削过程及其实质。
- 9. 切屑的种类有哪些？各在什么条件下形成？
- 10. 试分析切削力的来源、组成及影响因素。
- 11. 试分析切削热的来源、散出途径及影响因素。
- 12. 何谓积屑瘤，说明其形成过程以及对切削加工的影响。
- 13. 何谓加工精度？影响零件加工精度的因素有哪些？
- 14. 何谓表面质量？影响表面粗糙度的因素有哪些？
- 15. 何谓切削加工生产率？提高切削加工生产率的途径有哪些？
- 16. 何谓材料切削加工性？如何定性地评价材料切削加工性？
- 17. 何谓切削层？常见的切削层参数有哪些？车外圆时，切削层公称横截面积与 $A_D=f a_p$ 计算出的面积有何区别？它们之间的差值对工件已加工表面粗糙度有何影响？哪些因素影响其差值？
- 18. 解释下列名词：生产过程、工艺过程、工序、工步、走刀、工位及生产纲领。

19. 机械制造中生产类型有哪些? 比较各种生产类型的工艺特征。
20. 切削加工为什么要划分加工阶段? 各个加工阶段的主要任务分别是什么?

本章自测题

1. 是非题

- (1) 立式车床车削盘类零件外圆时, 其主运动是工件的旋转运动。()
- (2) 车槽时的切削深度(背吃刀量)等于所切槽的宽度。()
- (3) 切削层公称横截面积是在给定瞬间, 切削层在切削层尺寸平面里的实际横截面积。()
- (4) 切削加工中所使用的刀具材料的硬度必须大于工件材料的硬度。()
- (5) 金属的切削过程的实质是一种偏挤压过程。()
- (6) 切削塑性材料时, 在三个切削变形区中均会产生一定程度的表面变形强化。()
- (7) 加工精度指的是实际几何参数和理想几何参数相符合的程度。()
- (8) 零件表面的残余应力一般都会影响加工精度的稳定性。()
- (9) 工步是组成零件工艺过程的基本单元。()
- (10) 粗加工阶段和精加工阶段对机床配置的要求相同。()

2. 选择题

- (1) 下面()不是切削加工成形的优点。
- A. 加工精度高 B. 适应性较强
- C. 切削效率较高 D. 表面粗糙度范围广
- (2) 在计算车端面时的切削速度, 所选用的计算尺寸应该是()。
- A. 待切直径的 $1/3$ B. 待切直径的 $1/2$
- C. 待切直径的 $2/3$ D. 待切的直径
- (3) 车削加工中切削层的公称宽度是指()。
- A. 待加工表面和已加工表面之间的距离
- B. 作用于主切削刃截形上两个极限点间的距离
- C. 车刀车去的工件表面的轴向尺寸长度
- D. 切削截面上垂直于切削刃法向距离
- (4) 下列情况中, ()的主运动不是刀具的旋转。
- A. 立式钻床上钻孔 B. 卧式铣床上铣平面
- C. 车床上钻孔 D. 牛头刨床刨导轨面
- (5) 车削加工时, 下面传热途径中散热比例最大的是()。
- A. 工件 B. 刀具 C. 切屑 D. 周围介质
- (6) 切削用量中对切削力影响最大的是()。
- A. 切削速度 v_c B. 进给量 f
- C. 切削深度 a_p D. 三者一样
- (7) 表面质量指的是加工后表面层的状态, 其中()不属于表面质量的内容。