

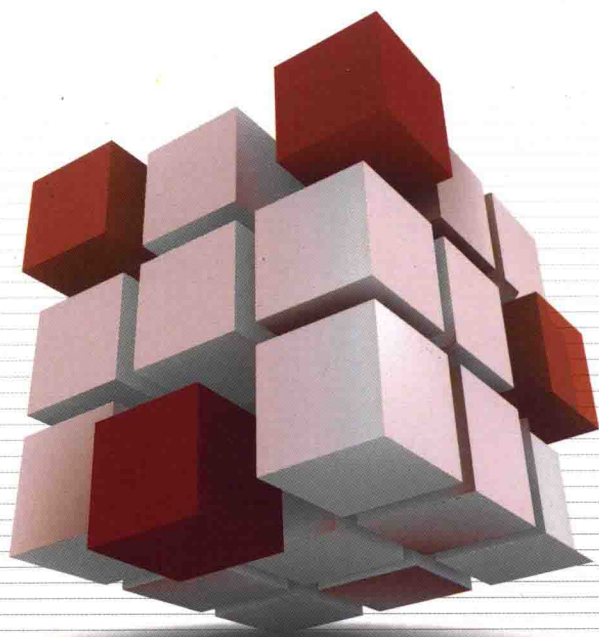


“十二五”江苏省高等院校重点教材

机械制造技术

JIXIE ZHIZAO JISHU

主编 许大华 孙金海



国防工业出版社

National Defense Industry Press

“十二五”江苏省高等院校重点教材(编号 2013-1-086)

机械制造技术

主 编 许大华 孙金海
副主编 程 琴 任海东 徐昆鹏
主 审 李荣兵



国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书为校企合作教材,是根据高职高专教育机械制造类专业人才培养目标的要求,与长期工作在企业生产一线的工程技术人员合作编写的。

本教材以项目引领,适应“教、学、做”合一的教学模式。包括九个项目:简单阶梯轴的机械加工工艺规程的编制、复杂阶梯轴的加工工艺规程的编制、蜗杆轴的加工工艺规程的编制、套的加工工艺规程的编制、齿轮零件的加工工艺规程的编制、箱体零件的加工工艺规程的编制、减速机的装配工艺规程的编制、机械加工质量技术分析和现代制造技术的运用。本书突出工作过程在教材中的主线地位,所选项目均具有可操作性。

本教材可作为高等职业院校、高等专科学校、成人高校、民办高校机械制造类专业的教学用书,也可作为社会相关从业人员和技术人员的参考书及培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术/许大华,孙金海主编. —北京:国防工业出版社,2015.2

“十二五”江苏省高等院校重点教材

ISBN 978-7-118-09828-0

I. ①机… II. ①许… ②孙… III. ①机械制造工艺—高等学校—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 305315 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 13 $\frac{3}{4}$ 字数 339 千字

2015 年 2 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 28.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前言 >>>

本书为“十二五”江苏省高等院校重点教材(编号 2013-1-086)。针对高职高专机械、模具、机电专业人才培养的要求,本校企合作教材以培养职业岗位能力为目标,以岗位需求和职业能力为核心,以工作过程为导向,以技术理论知识为背景,以项目为引领,适应“教、学、做”合一的教学模式改革。

本书根据高职高专人才的培养目标,高等职业教育教学和改革的要求,结合编者多年从事教学、生产实践的经验编写而成。在内容安排上,突出了高等职业教育的特点,并遵循最新国家标准。在项目选择上,根据企业的工作岗位,设计以工作过程为导向、工学结合的课程体系,具有明显的“职业”特色,将工作环境与学习环境有机地结合在一起。每一个项目均首先引入工作任务,然后介绍与工作任务相关的基础知识,最后编制机械加工工艺规程,有利于帮助学生掌握知识,提高解决实际生产问题的能力。为便于学生自学和巩固所学内容,各项目均有相关理论知识的习题和零件机械加工工艺规程的编制。

本书由徐州工业职业技术学院许大华、孙金海任主编,徐州工业职业技术学院程琴、任海东、徐昆鹏任副主编。项目中零件的机械加工工艺由徐州华东机械厂刘运启编制,全书由徐州工业职业技术学院李荣兵主审。

徐州华东机械厂副总工程师花彩华高级工程师,徐州工业职业技术学院王敏副教授、唐昌松副教授、黎少辉博士等同事对本书的编写提出了许多宝贵的意见和建议,国防工业出版社严春阳老师给予了热情的指导和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中如有不足之处敬请读者批评指正,以便修订时改进。如果读者在使用本书的过程中有其他意见或建议,盼望踊跃给编者(E-mail: xdh369@126.com)提出宝贵意见。

编者

目录 >>>

项目一 简单阶梯轴的机械加工工艺规程的编制

任务一 切削用量的选择	1
1.1 金属切削加工的基本概念	2
1.2 切削用量的选择	5
任务二 刀具材料的选择	12
2.1 刀具材料应具备的性能	12
2.2 高速钢	13
2.3 硬质合金	15
2.4 涂层刀具和其他刀具材料	16
任务三 刀具几何参数的选择	17
3.1 车刀的组成	17
3.2 刀具角度	18
3.3 刀具几何参数的合理选择	21
任务四 切削液的选择	24
4.1 切削液的作用机理	25
4.2 切削液的添加剂	26
4.3 切削液的分类与使用	27
任务五 机床及工艺装备的选择	31
5.1 机床的选择	32
5.2 工艺装备的选择	34
5.3 工件的安装	34
5.4 车刀的安装	34
任务六 机械加工方法的选择	37
任务七 简单阶梯轴的机械加工工艺规程的编制	39
思考题	41

项目二 复杂阶梯轴的加工工艺规程的编制

任务一 机械加工工艺路线的拟定	44
-----------------	----

1.1 加工阶段的划分	45
1.2 工序的集中与分散	46
1.3 工序顺序的安排	47
任务二 毛坯的选择	48
2.1 毛坯的种类	49
2.2 毛坯的形状与尺寸的确定	49
2.3 选择毛坯时应考虑的因素	51
任务三 定位基准的选择	52
3.1 基准的概念及分类	52
3.2 粗基准的选择	54
3.3 精基准的选择	55
任务四 工序内容的拟定	57
4.1 加工余量的概念	57
4.2 影响加工余量的因素	58
4.3 确定加工余量的方法	60
4.4 工序尺寸与公差确定	60
任务五 复杂阶梯轴的加工工艺规程的编制	61
5.1 分析阶梯轴的结构和技术要求	61
5.2 明确毛坯状况	62
5.3 拟定工艺路线	62
5.4 确定工序尺寸	63
5.5 选择设备工装	63
5.6 填写机械加工工艺过程卡片	63
思考题	66

项目三 蜗杆轴的加工工艺规程的编制

任务一 蜗杆车刀与蜗杆加工方法的选择	70
--------------------	----

1.1 螺纹车刀的几何形状与安装	70	任务三 齿形加工方法的选择	113
1.2 螺纹的加工方法	71	3.1 铣齿	113
任务二 铣削加工方法与铣刀的选择	72	3.2 滚齿	114
2.1 铣床	72	3.3 插齿	115
2.2 铣削加工与铣刀	73	3.4 剃齿	117
任务三 磨削加工方法与砂轮的选择	75	3.5 珩齿	118
3.1 磨床	75	3.6 磨齿	119
3.2 砂轮及其磨削原理	77	3.7 研齿	120
3.3 磨削加工的特点	83	任务四 齿轮加工机床的选择	121
3.4 磨削热和磨削温度	84	任务五 圆柱齿轮的机械加工工艺	
3.5 磨削液	84	过程及工艺分析	123
任务四 蜗杆轴加工工艺规程的编制	85	5.1 圆柱齿轮的机械加工工艺	
思考题	92	过程	124
		5.2 圆柱齿轮的机械加工工艺	
		分析	124
		任务六 齿轮零件的加工工艺的编制	125
		思考题	128
项目四 套的加工工艺规程的编制	94		
任务一 薄壁套类零件加工方法的选择	95	项目六 箱体零件的加工工艺规程的编制	130
1.1 影响薄壁零件加工精度的因素	95	任务一 箱体零件的功用和结构分析	130
1.2 采用数控高速切削技术加工薄壁件	95	1.1 箱体的功用和结构特点	131
1.3 高速切削薄壁结构典型工艺方案	96	1.2 箱体的技术要求	131
任务二 工艺尺寸链的计算	97	1.3 箱体的材料、毛坯和热处理	131
2.1 尺寸链概述	98	任务二 箱体零件机械加工工艺过程及工艺分析	132
2.2 尺寸链的计算方法	99	2.1 箱体零件机械加工工艺过程	132
2.3 工艺尺寸链的应用	102	过程	132
任务三 套类零件加工工艺规程的编制	105	2.2 箱体零件机械加工工艺过程分析	132
思考题	107	任务三 孔系加工方法的选择	134
项目五 齿轮零件的加工工艺规程的编制	109	3.1 箱体孔的分类	134
任务一 圆柱齿轮结构和精度的分析	110	3.2 孔系加工	135
1.1 圆柱齿轮的结构特点	110	3.3 箱体上的平面加工	137
1.2 圆柱齿轮传动的精度要求	110	任务四 箱体加工机床的选择	138
1.3 精度等级与公差组	111	4.1 刨床	138
任务二 圆柱齿轮热处理方法的选择	111	4.2 龙门刨床	139
2.1 材料的选择	112	4.3 镗床	140
2.2 齿轮毛坯	112	任务五 箱体零件的加工工艺的编制	141
2.3 齿轮的热处理	112	思考题	143

项目七 减速机的装配工艺规程的

编制..... 144

任务一 产品结构装配工艺性的分析 ... 144

1.1 减速器的类型与特点及应用 145

1.2 典型减速器的结构 146

1.3 产品结构的装配工艺性..... 148

1.4 装配的基本要求 149

1.5 装配的基本内容 149

任务二 装配精度的分析 152

任务三 装配尺寸链的建立..... 152

3.1 装配尺寸链的组成和查找 152

3.2 装配尺寸链的建立方法..... 153

3.3 装配尺寸链的组成原则..... 154

任务四 装配方法的选择 154

4.1 互换装配法 154

4.2 分组装配法 157

4.3 修配装配法 158

4.4 调整装配法 161

任务五 减速机的装配工艺的编制 163

5.1 制订装配工艺规程的基本原则及原始资料 163

5.2 制订装配工艺规程的步骤、方法及内容 164

5.3 减速机的装配工艺过程..... 169

思考题 171

项目八 机械加工质量技术分析..... 172

任务一 影响机械加工精度原因的分析 172

1.1 概述 172

1.2 工艺系统的几何误差 173

1.3 工艺系统受力变形引起的误差 178

1.4 工艺系统热变形引起的误差 178

1.5 工件残余应力引起的加工误差 182

任务二 影响机械加工表面质量原因的分析 184

2.1 基本概念..... 184

2.2 加工表面几何特性的形成及其影响因素 187

2.3 加工表面物理力学性能的变化及其影响因素 188

2.4 机械加工中的振动 191

思考题 194

项目九 现代制造技术的运用..... 195

任务一 电火花的加工方法的选择 195

1.1 电火花加工的基本原理..... 196

1.2 电火花加工的机理 198

1.3 电火花加工特点 199

1.4 电火花加工机床简介 200

1.5 电火花穿孔加工 205

任务二 落料凹模的机械加工工艺的编制 207

思考题 211

参考文献..... 212

1

项目一 简单阶梯轴的机械加工工艺规程的编制

项目描述

编制简单阶梯轴的加工工艺。

技能目标

能根据零件图的要求,编制简单阶梯轴的加工工艺。

知识目标

掌握切削用量的选择,刀具材料的选择,刀具几何参数的选择,切削液的选择,机床及工艺装备的选择,机械加工方法的选择。

任务一 切削用量的选择

任务描述

车削加工简单阶梯轴的外圆,选择切削用量。

根据图 1-1 轴零件图的要求,加工 $\phi 40$ 的外圆,请选择切削用量。

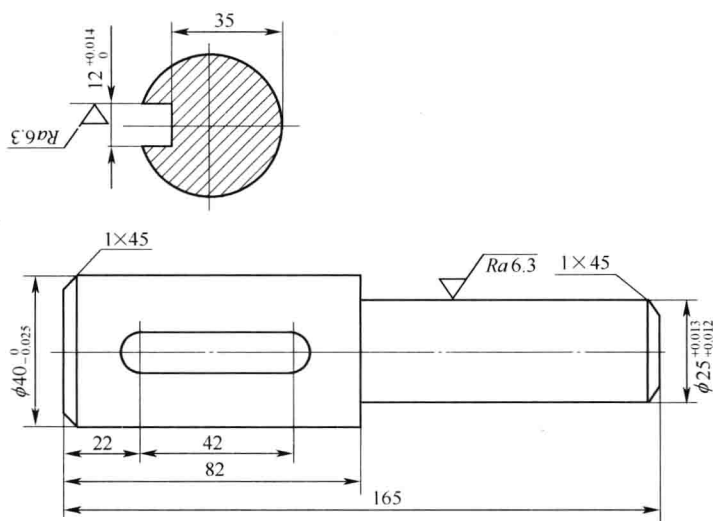


图 1-1 轴零件图

■ 任务分析

根据外圆的加工要求,选择切削速度、进给量和背吃刀量。

加工 $\phi 40$ 的外圆,首先要选择切削速度、进给量、背吃刀量,即工件的转速、刀具移动速度和切削工件材料的厚度。

■ 相关知识

轴类零件是机械结构中用于传递运动和动力的重要零件之一,其加工质量直接影响到机械的使用性能和运动精度。轴类零件的主要表面是外圆,车削是外圆加工的主要方法。

1.1 金属切削加工的基本概念

1.1.1 工件的加工表面与切削运动

1. 工件的加工表面及其形成方法

1) 工件的加工表面

(1) 待加工表面。工件上即将被切去金属层的表面。

(2) 过渡表面。工件上由刀具切削刃正在切削的表面,即由待加工表面向已加工表面过渡的表面。

(3) 已加工表面。工件上经刀具切削一部分金属后而形成的新表面。

2) 切削层参数

切削层是指工件上正在被切削刃切削的一层材料,即两个相邻加工表面之间的那层材料。外圆车削时的切削层,就是工件转一转,主切削刃移动一个进给量 f 所切除的一层金属层(见图 1-2 中的 $ABCE$)。通常采用通过切削刃上的选定点并垂直于该点切削速度的平面内的切削层参数来表示它的形状和尺寸。

(1) 切削层公称厚度 h_D 。垂直于过渡表面测量的切削层尺寸,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。车外圆时,若车刀主切削刃为直线,则

$$h_D = f \sin \kappa_r \quad (\text{mm}) \quad (1-1)$$

式中 κ_r ——车刀主偏角。

f ——进给量。

(2) 切削层公称宽度 b_D 。沿过渡表面测量的切削层尺寸。它反映了切削刃参加切削的工作长度。当车刀主切削刃为直线时,外圆切削的切削层公称宽度

$$b_D = a_p / \sin \kappa_r \quad (\text{mm}) \quad (1-2)$$

式中 a_p ——背吃刀量。

(3) 切削层公称横截面积 A_D 。切削层在切削层尺寸平面内的实际横截面积。由定义知

$$A_D = h_D b_D \quad (\text{mm}^2) \quad (1-3)$$

3) 工件表面形成方法

(1) 轨迹法。通过母线沿导线的运动,形成被加工表面,见图 1-3(a)。

(2) 成型法。切削刀具的切削刃与所需形成的母线形状完全吻合,见图 1-3(b)。

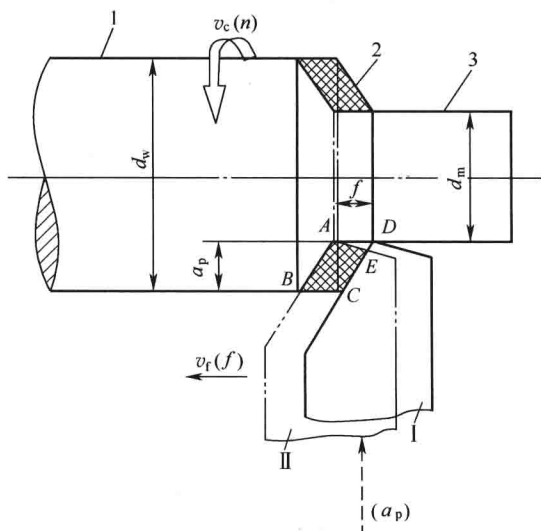


图 1-2 车削运动、切削层及形成表面

1—待加工表面;2—过渡表面;3—已加工表面。

(3) 相切法。刀具边旋转边作轨迹运动来对工件进行加工,见图 1-3(c)。

(4) 范成法。切削刃是一条与需要形成的发生线共轭的切削线,见图 1-3(d)。

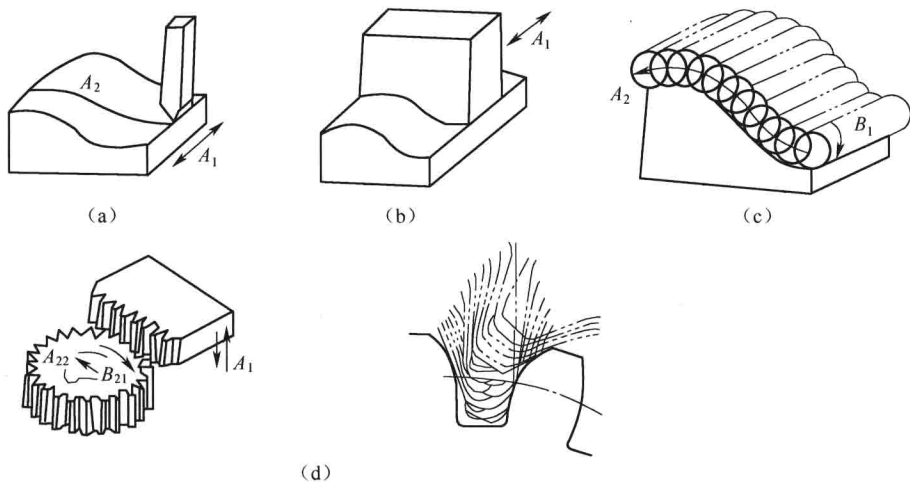


图 1-3 工件表面形成方法

2. 切削运动

1) 切削运动的定义

切削运动是指切削过程中刀具相对于工件的运动。

金属切削加工是利用刀具从工件毛坯上切去一层多余的金属,从而使工件达到规定的几何形状、尺寸精度和表面质量的机械加工方法。在金属切削过程中,为了切除多余的金属,使加工工件表面成为符合技术要求的形状,加工时刀具和工件之间必须有一定的相对运动,即切削运动。切削运动包括主运动和进给运动。

(1) 主运动。使工件与刀具产生相对运动以进行切削的最基本的运动,称为主运动。主运动是切削运动中速度最高、消耗功率最大的运动。在切削运动中,主运动只有一个。它可以

由工件完成,也可以由刀具完成,可以是旋转运动,也可以是直线运动。例如图 1-4(a) 中外圆车削时工件的旋转运动和图 1-4(c) 中平面刨削时刀具的直线往复运动都是主运动。

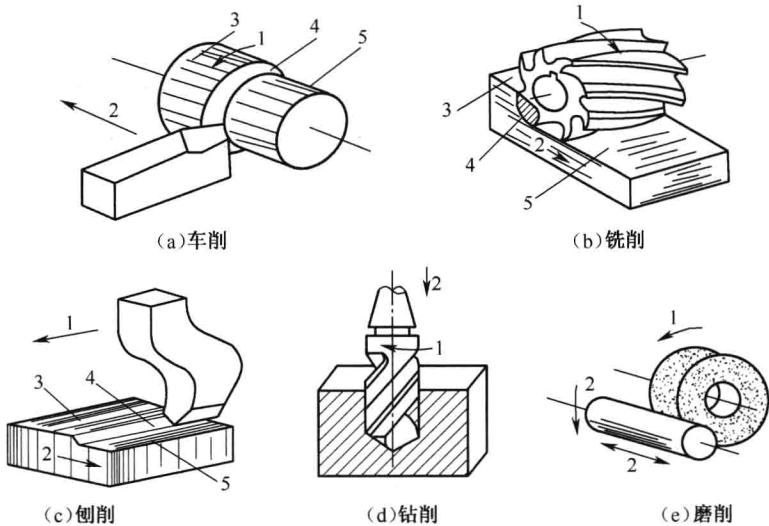


图 1-4 主运动和进给运动

1—主运动;2—进给运动;3—待加工表面;4—过渡表面;5—已加工表面。

主运动速度即切削速度,外圆车削或用旋转刀具进行切削加工时的切削速度的计算公式为

$$v_c = \frac{\pi d n}{1000} \text{ (m/min)} \tag{1-4}$$

式中 d ——工件或刀具直径(mm);
 n ——工件或刀具转速(r/min)。

(2) 进给运动。使新的切削层不断投入切削,以便切完工件表面上全部余量的运动,称为进给运动。进给运动一般速度较低,消耗的功率较小,可由一个或多个运动组成。它可以是连续的,也可以是间断的。车削外圆时的进给运动是车刀沿平行于工件轴线方向的连续直线运动。平面刨削时的进给运动是工件沿刨削平面且垂直于主运动方向的间歇直线运动。进给运动的速度称为进给速度,以 v_f 表示,单位为 mm/s 或 mm/min。进给速度还可以每转或每行程进给量 f (mm/r 或 mm/st)、每齿进给量 f_z (mm/齿) 表示。

2) 典型加工方法的加工表面与切削运动

在各种加工方法中,主运动消耗的功率最大、速度较高,而进给运动速度较低、消耗功率小。车削加工的主运动为工件的回转运动,钻削、铣削、磨削时刀具或砂轮的旋转运动为主运动,刨削或插削时刀具的反复直线运动为主运动。

进给运动的种类很多,有纵向进给、横向进给、垂向进给、径向进给、切向进给、轴向进给、单向进给、双向进给、复合进给,有连续进给、断续进给、分度进给、圆周进给、周期进给、摆动进给,有手动进给、机动进给、自动进给、点动进给,有微量进给、伺服进给、脉冲进给、附加进给、定压进给等。

3) 辅助运动

机床上除工作运动外,还需要辅助运动。辅助运动是机床在加工过程中,加工工具与工件

除工作运动外的其他运动。常见的机床辅助运动有上料、下料、趋近、切入、退刀、返回、转位、超越、让刀(抬刀)、分度、补偿等。上述所列举的辅助运动不是每台机床上都必须具备的,而是根据实际加工需要而定。

1.1.2 切削用量

切削速度、进给量和背吃刀量统称为切削用量。“切削用量”与机床的“工作运动”和“辅助运动”有密切的对应关系。切削速度 v_c 是度量主运动速度的量值;进给量 f 或进给速度 v_f 是度量进给运动速度的量值;背吃刀量 a_p 反映背吃刀运动(切入运动)后的运动距离。

1. 切削速度

切削速度是指刀具切削刃上选定点相对于工件的主运动的瞬时速度,用 v_c 表示,单位为 m/s 。

2. 进给量

进给量是工件或刀具每转一转时两者沿进给运动方向的相对位移,用符号 f 表示,单位为 mm/r , 见图 1-2。

进给速度是指切削刃上选定点相对于工件的进给运动的瞬时速度,用 v_f 表示。

对于铣刀、拉刀等多齿刀具,还应规定每齿进给量,即刀具每转过或移动一个齿时相对工件在进给运动方向上的位移,符号为,单位为 $mm/齿$ 。

3. 背吃刀量

背吃刀量是工件已加工表面和待加工表面的垂直距离,符号为 a_p ,单位为 mm ,见图 1-2。

1.2 切削用量的选择

目前许多工厂是通过《切削用量手册》,实践总结或工艺实验来选择切削用量。制订切削用量时应考虑加工余量、刀具耐用度、机床功率、表面粗糙度、刀具刀片的刚度和强度等因素。

1. 粗车切削用量的选择

对于粗加工,在保证刀具具有一定耐用度的前提下,要尽可能提高在单位时间内的金属切除量,提高切削用量都能提高金属切削量,但是考虑到切削用量对刀具耐用度的影响程度,所以,在选择粗加工切削用量时,应优先选用大的背吃刀量,其次选用较大的进给量,最后根据刀具耐用度选定一个合理的切削速度,这样选择可减少切削时间,提高生产率。背吃刀量应根据加工余量和加工系统的刚性确定。

2. 精加工切削用量的选择

选择精加工或半精工切削用量的原则是在保证加工质量的前提下,兼顾必要的生产率。进给量根据工件表面粗糙度的要求来确定。精加工时切削速度的切削速度应避开积屑瘤区,一般硬质合金车刀采用高速切削。

1.2.1 选择切削用量的原则

选择切削用量是切削加工中十分重要的环节,选择合理的切削用量必须联系合理的刀具寿命。

切削用量的选择是在已经选择好刀具材料和几何角度的基础上,合理地确定背吃刀量 a_p 、进给量 f 和切削速度 v_c 。所谓合理的切削用量是指充分利用刀具的切削性能和机床性能,在保证加工质量的前提下,获得高的生产率和低的加工成本的切削用量。

外圆纵车时,按切削工时 t_m 计算的生产率 P 为

$$P = \frac{1}{t_m} \tag{1-5}$$

而

$$t_m = \frac{L_w \Delta}{n_w a_p f} = \frac{\pi d_w L_w \Delta}{10 v_c a_p f} \tag{1-6}$$

式中 d_w ——车削前的毛坯直径(mm);

L_w ——工件切削部分长度(mm);

Δ ——加工余量(mm);

n_w ——工件转速(r/min)。

由于 d_w 、 L_w 、 Δ 均为常数,令 $10/(\pi d_w L_w \Delta) = A_0$,则

$$P = A_0 v_c a_p f \tag{1-7}$$

由式(1-7)可知,切削用量三要素同生产率均保持线性关系,即提高切削速度、增大进给量和背吃刀量,都能提高劳动生产率。

利用式(1-6)可知,选用一定的切削条件进行计算,可以得到如下的结果:

(1) f 保持不变, a_p 增至 $3a_p$, 如仍保持刀具合理的寿命,则 v_c 必须降低 15%, 此时生产率 $P_{3a_p} \approx 2.6P$, 即生产率提高至 2.6 倍。

(2) a_p 保持不变, f 增至 $3f$, 如仍保持刀具合理的寿命,则 v_c 必须降 32%, 此时生产率 $P_{3f} \approx 2P$, 即生产率提高至 2 倍。由此可见,增大 a_p 比增大 f 更有利于提高生产率。

(3) 切削速度高过一定的临界值时,生产率反而会降低。 a_p 增大至某一数值时,因受加工余量的限制而成为常值时,进给量 f 不变,把切削速度 v_c 增至 $3v_c$ 时, $P_{3v_c} \approx 0.13P$, 生产率大为降低。

由上述分析可见,选择切削用量是要选择切削用量的最佳组合,在保持刀具合理寿命的前提下,使 a_p 、 f 、 v_c 三者的乘积值最大,以获得最高的生产率。因此选择切削用量的基本原则是:首先选取尽可能大的背吃刀量;其次根据机床动力和刚性限制条件或已加工表面粗糙度的要求,选取尽可能大的进给量;最后利用《切削用量手册》选取或者用公式计算确定切削速度。

不同的加工性质,对切削加工的要求是不一样的。因此,在选择切削用量时,考虑的侧重点也应有所区别。粗加工时,应尽量保证较高的金属切除率和必要的刀具寿命,故一般优先选择尽可能大的背吃刀量 a_p , 其次选择较大的进给量 f , 最后根据刀具耐用度要求,确定合适的切削速度。精加工时,首先应保证工件的加工精度和表面质量要求,故一般选用较小的进给量 f 和背吃刀量 a_p , 而尽可能选用较高的切削速度 v_c 。

1. 背吃刀量 a_p 的选择原则

背吃刀量应根据工件的加工余量来确定。粗加工时,除留下精加工余量外,一次走刀应尽可能切除全部余量。当加工余量过大,工艺系统刚度较低,机床功率不足,刀具强度不够或断续切削的冲击振动较大时,可分多次走刀。切削表面层有硬皮的铸锻件时,应尽量使 a_p 大于

硬皮层的厚度,以保护刀尖。半精加工和精加工的加工余量一般较小时,可一次切除,但有时为了保证工件的加工精度和表面质量,也可采用二次走刀。多次走刀时,应尽量将第一次走刀的背吃刀量取大些,一般为总加工余量的 $2/3 \sim 3/4$ 。

在中等功率的机床上,粗加工时的背吃刀量可达 $8 \sim 10\text{mm}$,半精加工(表面粗糙度为 $Ra6.3 \sim 3.2\mu\text{m}$)时,背吃刀量取为 $0.5 \sim 2\text{mm}$,精加工(表面粗糙度为 $Ra1.6 \sim 0.8\mu\text{m}$)时,背吃刀量取为 $0.1 \sim 0.4\text{mm}$ 。

2. 进给量 f 的选择原则

背吃刀量选定后,接着就应尽可能选用较大的进给量 f 。

粗加工时,由于作用在工艺系统上的切削力较大,进给量的选取受到下列因素限制:机床-刀具-工件系统的刚度,机床进给机构的强度,机床有效功率与转矩,以及断续切削时刀片的强度。

半精加工和精加工时,最大进给量主要受工件加工表面粗糙度的限制。

3. 切削速度 v_c 的选择原则

在 a_p 和 f 选定以后,可在保证刀具合理耐用度的条件下,用计算的方法或用查表法确定切削速度 v_c 的值。在具体确定 v_c 值时,一般应遵循下述原则:

(1) 粗车时,背吃刀量和进给量均较大,故选择较低的切削速度;精车时,则选择较高的切削速度。

(2) 工件材料的加工性能较差时,应选较低的切削速度。故加工灰铸铁的切削速度应较加工中碳钢低,而加工铝合金和铜合金的切削速度则较加工钢件高得多。

(3) 刀具材料的切削性能越好时,切削速度也可选得越高。因此,硬质合金刀具的切削速度可选得比高速钢高好几倍,而涂层硬质合金、陶瓷、金刚石和立方氧化硼刀具的切削速度又可选得比硬质合金刀具的高许多。

此外,在确定精加工、半精加工的切削速度时,应注意避开积屑瘤产生的区域;在易发生振动的情况下,切削速度应避开自激振动的临界速度;在加工带硬皮的铸锻件时,加工大件、细长件和薄壁件时,以及断续切削时,应选用较低的切削速度。

总之,切削用量选择的基本原则是:粗加工时在保证合理的刀具寿命的前提下,首先选尽可能大的背吃刀量 a_p ,其次选尽可能大的进给量 f ,最后选取适当的切削速度 v_c ;精加工时,主要考虑加工质量,常选用较小的背吃刀量和进给量,较高的切削速度,只有在受到刀具等工艺条件限制不宜采用高速切削时才选用较低的切削速度。

1.2.2 背吃刀量的选择

背吃刀量的选择根据加工余量确定。切削加工一般分为粗加工、半精加工和精加工多道工序,各工序有不同的选择方法。

(1) 粗加工时(表面粗糙度 $Ra50 \sim 12.5\mu\text{m}$),在允许的条件下,尽量一次切除该工序的全部余量。中等功率机床,背吃刀量可达 $8 \sim 10\text{mm}$ 。但对于加工余量大,一次走刀会造成机床功率或刀具强度不够;或加工余量不均匀,引起振动;或刀具受冲击严重出现打刀这几种情况,需要采用多次走刀。如分两次走刀,则第一次背吃刀量尽量取大,一般为加工余量的 $2/3 \sim 3/4$ 左右。第二次背吃刀量尽量取小些,第二次背吃刀量可取加工余量的 $1/3 \sim 1/4$ 左右。

(2) 半精加工时(表面粗糙度 $Ra6.3 \sim 3.2\mu\text{m}$),背吃刀量一般为 $0.5 \sim 2\text{mm}$ 。

(3) 精加工时(表面粗糙度 $Ra1.6\sim0.8\mu m$),背吃刀量为 $0.1\sim0.4mm$ 。

1.2.3 进给量的选择

粗加工时,进给量主要考虑工艺系统所能承受的最大进给量,如机床进给机构的强度,刀具强度与刚度,工件的装夹刚度等。精加工和半精加工时,最大进给量主要考虑加工精度和表面粗糙度。另外还要考虑工件材料,刀尖圆弧半径、切削速度等。如当刀尖圆弧半径增大,切削速度提高时,可以选择较大的进给量。

在生产实际中,进给量常根据经验选取。粗加工时,根据工件材料、车刀导杆直径、工件直径和背吃刀量按表 1-1 进行选取,表中数据是经验所得,其中包含了刀杆的强度和刚度。

表 1-1 硬质合金车刀粗车外圆及端面的进给量参考值

工件材料	车刀刀杆尺寸/mm	工件直径/mm	背吃刀量 a_p/mm				
			≤ 3	$>3\sim 5$	$>5\sim 8$	$>8\sim 12$	>12
			进给量 $f/(mm/r)$				
碳素结构钢、合金结构钢、耐热钢	16×25	20	0.3~0.4	—	—	—	—
		40	0.4~0.5	0.3~0.4	—	—	—
		60	0.5~0.7	0.4~0.6	0.3~0.5	—	—
		100	0.6~0.9	0.5~0.7	0.5~0.6	0.4~0.5	—
		400	0.8~1.2	0.7~1.0	0.6~0.8	0.5~0.6	—
	20×30	20	0.3~0.4	—	—	—	—
		40	0.4~0.5	0.3~0.4	—	—	—
		60	0.6~0.7	0.5~0.7	0.4~0.6	—	—
	25×25	100	0.8~1.0	0.7~0.9	0.5~0.7	0.4~0.7	—
		400	1.2~1.4	1.0~1.2	0.8~1.0	0.6~0.9	0.4~0.6
铸铁及合金钢	16×25	40	0.4~0.5	—	—	—	—
		60	0.6~0.8	0.5~0.8	0.4~0.6	—	—
		100	0.8~1.2	0.7~1.0	0.6~0.8	0.5~0.7	—
		400	1.0~1.4	1.0~1.2	0.8~1.0	0.6~0.8	—
	20×30	40	0.4~0.5	—	—	—	—
		60	0.6~0.9	0.5~0.8	0.4~0.7	—	—
	25×25	100	0.9~1.3	0.8~1.2	0.7~1.0	0.5~0.78	—
		400	1.2~1.8	1.2~1.6	1.0~1.3	0.9~1.0	0.7~0.9

从表中可以看到,在背吃刀量一定时,进给量随着刀杆尺寸和工件尺寸的增大而增大。加工铸铁时,切削力比加工钢件时小,所以铸铁可以选取较大的进给量。精加工与半精加工时,可根据加工表面粗糙度要求按表 1-2 选取,同时考虑切削速度和刀尖圆弧半径因素,同时要对所选进给量参数进行强度校核,最后根据机床说明书确定。

表 1-2 按表面粗糙度选择进给量的参考值

工件材料	表面粗糙度 / μm	切削速度范围 /(m/min)	刀尖圆弧半径 r_e/mm		
			0.5	1.0	2.0
			进给量 $f/(\text{mm}/\text{r})$		
铸铁、青铜、铝合金	$Ra10\sim5$	不限	0.25~0.40	0.40~0.50	0.50~0.60
	$Ra5\sim2.5$		0.15~0.25	0.25~0.40	0.40~0.60
	$Ra2.5\sim1.25$		0.10~0.15	0.15~0.20	0.20~0.35
碳钢及合金钢	$Ra10\sim5$	<50	0.30~0.50	0.45~0.60	0.55~0.70
		>50	0.40~0.55	0.55~0.65	0.65~0.70
	$Ra5\sim2.5$	<50	0.18~0.25	0.25~0.30	0.30~0.40
		>50	0.25~0.30	0.30~0.35	0.35~0.50
	$Ra2.5\sim1.25$	<50	0.10	0.11~0.15	0.15~0.22
		50~100	0.11~0.16	0.16~0.25	0.25~0.35
		>100	0.16~0.20	0.20~0.25	0.25~0.35

1.2.4 切削速度的确定

确定了背吃刀量 a_p , 进给量 f 和刀具耐用度 T , 则可以按下面公式计算或由表确定切削速度 v_c 和机床转速 n 。

$$v_c = \frac{C_v}{60T_m a_p^{xv} f^{yv}} k_v$$

(1-8)

公式中各指数和系数可以由表 1-3 选取, 修正系数 k_v 为一系列修正系数乘积, 各修正系数可以通过表 1-4 选取。此外, 切削速度也可通过表 1-5 得出。

半精加工和精加工时, 切削速度 v_c 主要受刀具耐用度和已加工表面质量限制, 在选取切削速度 v_c 时, 要尽可能避开积屑瘤的速度范围。

表 1-3 车削速度计算式中的系数与指数

工件材料	刀具材料	进给量 $f(\text{mm}/\text{r})$	系数与指数值			
			C_v	xv	yv	m
外圆纵车碳素结构钢	YT15(干切)	$f \leq 0.3$	291	0.15	0.20	0.2
		$f \leq 0.7$	242	0.15	0.35	0.2
		$f > 0.7$	235	0.15	0.45	0.2
	W18Cr4V (加切削液)	$f \leq 0.25$	67.2	0.25	0.33	0.125
		$f > 0.25$	43	0.25	0.66	0.125
外圆纵车灰铸铁	YG6(干切)	$f \leq 0.4$	189.8	0.15	0.20	0.2
		$f > 0.4$	158	0.15	0.40	0.2
	W18Cr4V (干切)	$f \leq 0.25$	24	0.15	0.30	0.1
		$f > 0.25$	22.7	0.15	0.40	0.1

表 1-4 车削速度计算修正系数

工件材料 K_{Mv_c}	加工钢:硬质合金 $K_{Mv_c}=0.637/\sigma_b$; 高速钢: $K_{Mv_c}=C_M(0.637/\sigma_b)$ $C_M=1.0$; $n_v=1.75$; 当 $\sigma_b\leq 0.441\text{GPa}$ 时, $n_v=-1.0$						
	加工灰铸铁:硬质合金 $K_{Mv_c}=(190/\text{HBS})1.25$; 高速钢: $K_{Mv_c}=(190/\text{HBS})1.7$						
毛坯状况 K_{Sv_c}	无外皮	棒料	锻件	铸钢、铸铁		Cu-Al 合金	
				一般	带砂皮		
	1.0	0.9	0.8	0.8~0.85	0.5~0.6	0.9	
刀具材料 K_{Tv_c}	钢	YT5	YT14	YT15	YT30	YG8	
		0.65	0.8	1	1.4	0.4	
	灰铸铁	YG8		YG6		YG3	
		0.83		1.0		1.15	
主偏角 $K_{\kappa_r^{p_c}}$	κ_r	30°	45°	60°	75°	90°	
	钢	1.13	1	0.92	0.86	0.81	
	灰铸铁	1.2	1	0.88	0.83	0.73	
副偏角 $\kappa_r^{'p_c}$	κ_r'	30°	30°	30°	30°	30°	
	$\kappa_{\kappa_r^{p_c}}'$	1	0.97	0.94	0.91	0.87	
刀尖半径 $K_{r_{\varepsilon^{p_c}}}$	r_ε	1mm	2 mm		3 mm	4 mm	
	$K_{r_{\varepsilon^{p_c}}}$	0.94	1.0		1.03	1.13	
刀杆尺寸 K_{Bv_c}	$B\times H$	12×20 16×16	16×25 20×20	20×30 25×25	25×40 30×30	30×45 40×40	40×60
	K_{Bv_c}	0.93	0.97	1	1.04	1.08	1.12