

11111111

(第二版)

简明车工手册



上海电气(集团)总公司 主编
《机电工人技术丛书》编委会

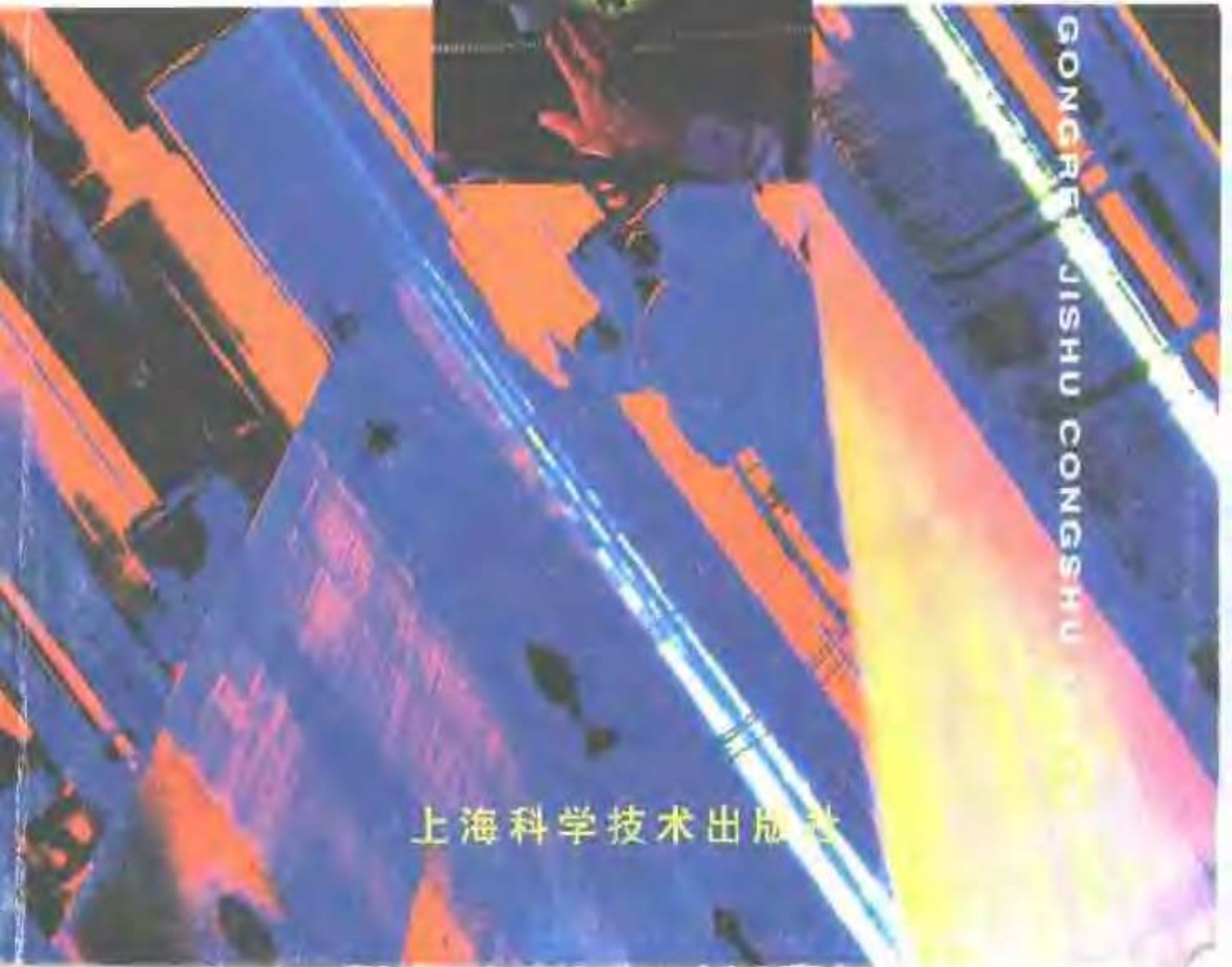
诸全兴 编



机电工人技术丛书 JIDIAN

GONGREN JISHU CONGSHU

上海科学技术出版社



机电工人技术丛书

简明车工手册

(第二版)

上海电气(集团)总公司
《机电工人技术丛书》编委会
诸全兴 编

主编

上海科学技术出版社

机电工人技术丛书

简明车工手册

(第二版)

上海电气(集团)总公司 主编
《机电工人技术丛书》编委会

诸全兴 编

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路450号 邮政编码200020)

新华书店上海发行所经销 常熟市第六印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 15 字数 326 000

1989年2月第1版

1999年8月第2版 2000年5月第6次印刷

印数 57 201—63 200

ISBN 7-5323-4960-8/TG·118

定价: 24.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向本社出版科联系调换

内 容 提 要

本书根据初级以上车工必须掌握的知识进行编写。全书共分三章,第一章车床基础知识包括车床的型号、使用与调整,车工切削基本知识,车工常用量具及车床夹具的基本知识等;第二章车削加工基本知识包括外圆的车削、切断和内外沟槽车削,圆柱孔的加工,圆锥面的车削,特形面的车削,偏心件的车削,表面修饰加工及螺纹加工等;第三章机械加工工艺基本知识包括生产过程与工艺过程、工艺过程的组成、各种形面加工工艺方案比较、机械加工中定位与夹紧符号表示方法及典型零件加工工艺分析等。书末设有附录,包括螺纹牙型尺寸、螺纹基本尺寸及螺纹公差等车工必备参考资料。本书特点是图表多,内容精简、实用。

1051

《机电工人技术丛书》编委会名单

吴志清

顾林凡

杨仁江

陈家芳

第二版前言

《机电工人技术丛书》全套 14 种手册自 1985 年编写出版以来,深受广大机电工人欢迎,使他们增长了知识,提高了技术,在生产实际中解决了很多技术问题,为改革开放、发展生产作出了一定贡献。

随着新工艺、新技术、新材料的不断出现,新的国家标准不断颁布,再就业工程的实施等,提高劳动者素质刻不容缓。为此,我们再次组织长期从事技术工作的工程技术人员和培训工作的专业教师对这套丛书进行修订,增补了大量新内容,删去了不太适应当前技术发展的内容,以满足广大读者,特别是初、中级技术工人的需要。

列入第一批修订的有《简明电工手册》、《简明焊工手册》、《简明钳工手册》、《简明车工手册》四本。修订时力求简明实用,但限于作者水平,还会存在不妥之处,敬请广大读者批评指教,以便今后改正。

《简明车工手册》第一版由诸全兴、陆章荣编写,王庆燮、施孝龙审阅,第二版由诸全兴修订编写。

上海电气(集团)总公司
《机电工人技术丛书》编委会

目 录

第一章 车床基本知识	1
一、车床的型号、使用与调整	1
1. 金属切削机床型号的编制方法	1
2. 车床的组成和性能	8
3. 车床主要精度的检验方法	16
4. 车床精度对加工质量的影响	20
5. 典型车床(C620 - 1)的操纵和传动系统	24
6. C620 - 1 型车床的调整	40
二、车床切削基本知识	47
1. 切削运动和工件的加工表面	47
2. 切削过程的基本规律	48
3. 断屑及其影响因素	67
4. 切削用量的基本概念	75
5. 切削刀具材料及其合理选择	85
6. 刀具几何参数及其合理选择	103
7. 切削液及其应用	111
三、车工常用量具	117
1. 游标卡尺类量具	117
2. 千分尺类量具	123
3. 百分表	130
4. 量具使用时的注意事项	130
四、车床夹具的基本知识	134
1. 车床夹具概述	134
2. 车床夹具的组成、功用和要求	134

3. 车床夹具的种类	136
4. 工件定位的六点定则	138
第二章 车削加工基本方法	145
一、轴套类零件的结构要素和磨削加工余量	145
1. 轴套类零件的结构要素	145
2. 轴套类零件的磨削加工余量	147
二、外圆的车削	149
1. 不同精度外圆的车削加工方法和加工余量	149
2. 常用外圆车刀介绍	149
3. 车削外圆时工件常用的装夹方法	164
4. 中心架与跟刀架的使用	168
5. 车削外圆产生废品的原因及预防措施	172
三、圆柱孔的加工	175
1. 圆柱孔的一般加工方法	175
2. 不同精度及不同毛坯的圆柱孔加工	177
3. 钻孔	179
4. 镗孔	188
5. 车削内沟槽	193
6. 铰孔	194
7. 圆柱孔和内沟槽的测量	201
四、切断和外沟槽车削	208
1. 切断的特点	208
2. 常用切断刀的几何参数	209
3. 常用切断刀的主切削刃形状	210
4. 几种典型的切断刀	212
5. 硬质合金切断刀的切削用量	216
6. 反切刀切断法	216
7. 外沟槽的车削	217
8. 切断时的常见问题	219

五、圆锥面的车削	220
1. 圆锥体各部分的名称和计算	220
2. 常用标准锥度及其应用范围	222
3. 标准圆锥	223
1. 锥度和角度公差	227
5. 自由角度和自由锥度公差	228
6. 一般圆锥面的车削方法	229
7. 长圆锥面的车削方法	233
8. 圆锥的常用检验方法	235
9. 车削圆锥时产生废品的原因及预防措施	239
六、特形面的车削	240
1. 双手操纵法车削特形面	240
2. 用成形车刀车削特形面	243
3. 用靠模车削特形面	244
4. 车削内、外球面的几种刀具和方法	248
5. 旋风切削球面的方法	249
6. 特形面零件的检验方法	250
7. 车削特形面产生废品的原因及预防措施	251
七、偏心工件的车削	252
1. 偏心工件的划线步骤	253
2. 偏心工件常用的车削方法	254
3. 偏心工件的测量方法	258
八、表面修饰加工	259
1. 表面滚花加工	259
2. 表面滚压加工	261
九、螺纹加工	270
1. 螺纹的分类	270
2. 标准螺纹代号	271
3. 螺纹结构要素	272

4. 车削螺纹时挂轮的计算	276
5. 螺纹车削的方法与切削图形	279
6. 螺纹车刀的若干几何参数	281
7. 车削多线螺纹的分线方法	286
8. 车削蜗杆的方法	290
9. 内螺纹的加工方法	293
10. 介绍几种高效螺纹车刀	301
11. 螺纹的常用测量方法	306
12. 车削螺纹时产生废品的原因及预防措施	312
第三章 机械加工工艺基本知识	313
一、生产过程和工艺过程	313
1. 生产过程	313
2. 生产纲领、批量和生产类型	313
3. 工艺过程	315
4. 拟定工艺过程时的注意事项	315
二、工艺过程的组成	318
1. 工序	318
2. 安装	319
3. 工位	319
4. 工步	319
5. 走刀	321
6. 动作	321
三、各种形面加工工艺方案比较	322
1. 外圆加工工艺方案比较	322
2. 圆柱孔加工工艺方案比较	323
3. 平面加工工艺方案比较	325
四、机械加工中的定位与夹紧符号	326
1. 基本符号	326
2. 常用符号	326

3. 实例说明	328
五、典型零件加工工艺分析	328
1. 轴类零件的加工实例分析	329
2. 套类零件的加工实例分析	316
3. 盘轮类零件的加工实例分析	355
4. 螺纹类零件的加工实例分析	361
附录	370
一、普通螺纹基本牙型	370
二、普通螺纹基本尺寸	373
三、普通螺纹公差与配合	388
1. 新国标公差配合简介	388
2. 普通螺纹偏差表的应用	391
四、梯形螺纹牙型	428
五、梯形螺纹基本尺寸	430
六、梯形螺纹公差	438
1. 公差带位置与基本偏差	438
2. 公差带大小及公差等级	441
七、米制锥螺纹基本尺寸及公差	448
八、用螺纹密封的管螺纹牙型、基本尺寸及公差	450
1. 适用范围	450
2. 牙型	450
3. 代号	452
4. 基本尺寸	452
5. 公差	456
6. 标记	456
九、非螺纹密封的管螺纹牙型、基本尺寸及公差	456
1. 适用范围	456
2. 牙型	457

5. 代号	458
1. 基本尺寸及公差	458
5. 标记	459

第一章 车床基本知识

一、车床的型号、使用与调整

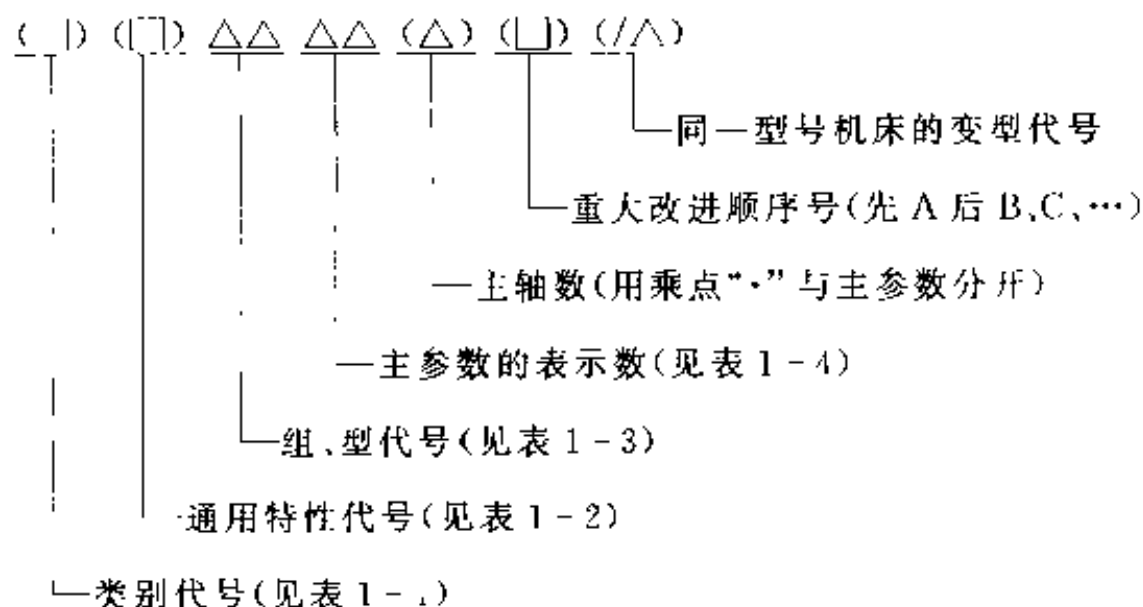
车床是应用得最广泛的金属切削机床之一。车床按用途分,有多个品种和型号,如卧式车床、转塔车床、立式车床、仿形车床、铲齿车床、数控车床等。

对于一名车床操作者,在使用车床过程中,掌握车床性能十分重要,懂得对车床的调整及其维护同样十分重要。例如掌握车床间隙的调整,可提高车床加工精度;掌握车床动力传递机构的调整,可以充分发挥车床的有效功率等。

1. 金属切削机床型号的编制方法

(1) 机床型号的书写形式

金属切削机床简称机床,它们的型号是由汉语拼音字母及阿拉伯数字组成。机床型号的书写形式在 JB 1833-76 中规定如下:



上述书写形式中,带有括号()的代号或数字,在无内容时不表示,若有内容时应不带括号。符号□代表大写汉语拼音字母,△代表阿拉伯数字。

【例】CM6125 意即车床类、精密、卧式车床组、卧式车床型、床身上最大车削直径为 250mm,读作床身上最大回转直径为 250mm 的精密卧式车床。

C6140A 意即车床类、卧式车床组、卧式车床型、床身上最大车削直径为 400mm,读作床身上最大回转直径为 400mm,经过第一次改进的卧式车床。

C2140·4 意即车床类、多轴自动及半自动车床组、卧式多轴自动车床型、车削最大棒料直径为 40mm、四轴,读作车削最大棒料直径为 40mm 的四轴卧式车床。

表 1-1 机床类别代号

类别	车床	钻床	镗床	磨床	齿轮加工机床	螺纹加工机床
代号	C	Z	T	M 2M 3M	Y	S
类别	铣床	刨(插)床	拉床	电加工及超声波加工机床	切断机床	其他机床
代号	X	B	L	D	G	Q

表 1-2 机床通用特性代号

通用特性	高精度	精密	自动	半自动	程序控制	轻型	万能	简式
代号	G	M	Z	B	K	Q	W	J

(2) 新老型号主要区别

对于以前已定型并已经授于型号的机床,按 1959 年规定的型号可以暂不更改,例如现已定型并已经授于型号的普通车床“C620”等。所以必须熟悉新老型号的主要区别:

① 老型号中没有组与型区别,只有一位数字表示组别;

表 1 3 车床类组、型划分表

组		型	
0	仪 表 车 床	0	
		1	
		2	
		3	(仪表)转塔车床
		4	
		5	(仪表)精整车床
		6	(仪表)卧式车床
		7	
		8	
		9	
1	单轴自动车床	0	
		1	单轴纵切自动车床
		2	单轴横切自动车床
		3	单轴转塔自动车床
		4	
		5	
		6	
		7	
		8	
		9	
2	多轴自动及半 自动车床	0	卧式(平行作业)多轴自动车床
		1	卧式多轴自动车床
		2	卧式多轴半自动车床
		3	
		4	卧式(可调)多轴自动车床
		5	卧式(可调)多轴半自动车床
		6	立式多轴半自动车床
		7	立式(连续作业)多轴半自动车床
		8	
		9	

(续表)

组		型	
3	转塔车床	0	回轮式转塔车床
		1	转塔式转塔车床
		2	半自动转塔车床
		3	
		4	
		5	
		6	立式半自动转塔车床
		7	
		8	
		9	
4	曲轴及凸轮轴车床	0	旋风切削曲轴车床
		1	万能曲轴车床
		2	曲轴(主轴颈)车床
		3	曲轴(连杆轴颈)车床
		4	
		5	
		6	万能凸轮轴车床
		7	凸轮轴(中轴颈)车床
		8	凸轮轴(端轴颈)车床
		9	凸轮轴(凸轮)车床
5	立式车床	0	
		1	单柱立式车床
		2	双柱立式车床
		3	单柱移动立式车床
		4	双柱移动立式车床
		5	单柱工作台移动立式车床
		6	
		7	横梁固定单柱立式车床
		8	
		9	

(续表)

	组	型
6	落地及卧式车床	0 落地车床
		1 卧式车床
		2 马鞍车床
		3 无丝杠车床
		1 卡盘车床
		5 球面车床
		6
		7
		8
		9
7	仿形及多刀车床	0
		1 仿形车床
		2 卡盘仿形车床
		3 立式仿形车床
		4
		5 多刀车床
		6 卡盘多刀车床
		7 立式多刀车床
		8
		9

(续表)

组		型	
8	轮、轴、锭、辊及 铲齿车床	0	车轮车床
		1	车轴车床
		2	动轮曲拐销车床
		3	(轮对)轴颈车床
		4	轧辊车床
		5	钢锭车床
		6	
		7	
		8	板牙铲齿车床
		9	铲齿车床
9	其他车床	0	落地车镗床
		1	联合车床
		2	液压半自动车床
		3	立式液压半自动车床
		4	
		5	
		6	
		7	活塞环仿形车床
		8	削锭模车床
		9	

表 1-4 车床主参数的表示数 (mm)

名 称	主 参 数 的 表 示 数
(仪表)转塔车床	最大棒料直径
(仪表)卧式车床	床身上最大工作回转直径的 1/10
单轴自动车床	最大棒料直径
多轴自动车床	最大棒料直径
多轴半自动车床	最大车削直径的 1/10
转 塔 车 床	最大棒料直径
半自动转塔车床	床身上最大车削直径的 1/10
立 式 车 床	最大车削直径的 1/100
卧 式 车 床	床身上最大工件回转直径的 1/10
落 地 车 床	最大工件回转直径的 1/100
仿 形 车 床	横滑板上最大车削直径的 1/10
多 刀 车 床	横滑板上最大车削直径的 1/10

② 老型号中主参数与新型号的主参数含义不同,老型号中普通车床的主要规格用床面至顶尖中心高度的 1/10 来表示;

③ 在机床型号后加短横划“—”和数字,表示改进次数的序号,例如 C620-3 车床为 C620 车床的第三次改进后的型号;

④ 在机床型号后加字母“A”表示机床精度的提高,如 C616A 代表比 C616 车床精度高的车床。

在 1959 年以前生产的车床的型号表示方法与前述的方法有所不同。例如 C618 型号中的 C 表示车床类,6 表示卧式,18 表示车床中心高的 1/10mm(即床身上最大车削直径为 360mm)。

显然,C618 车床的新型号即为 C6136,若是 C620-1,则

新型号为 C6140A。

2. 车床的组成和性能

(1) 车床主要零部件及功用(见表 1-5)

车床组成如图 1-1 所示。图中序号与表 1-5 中序号同义。

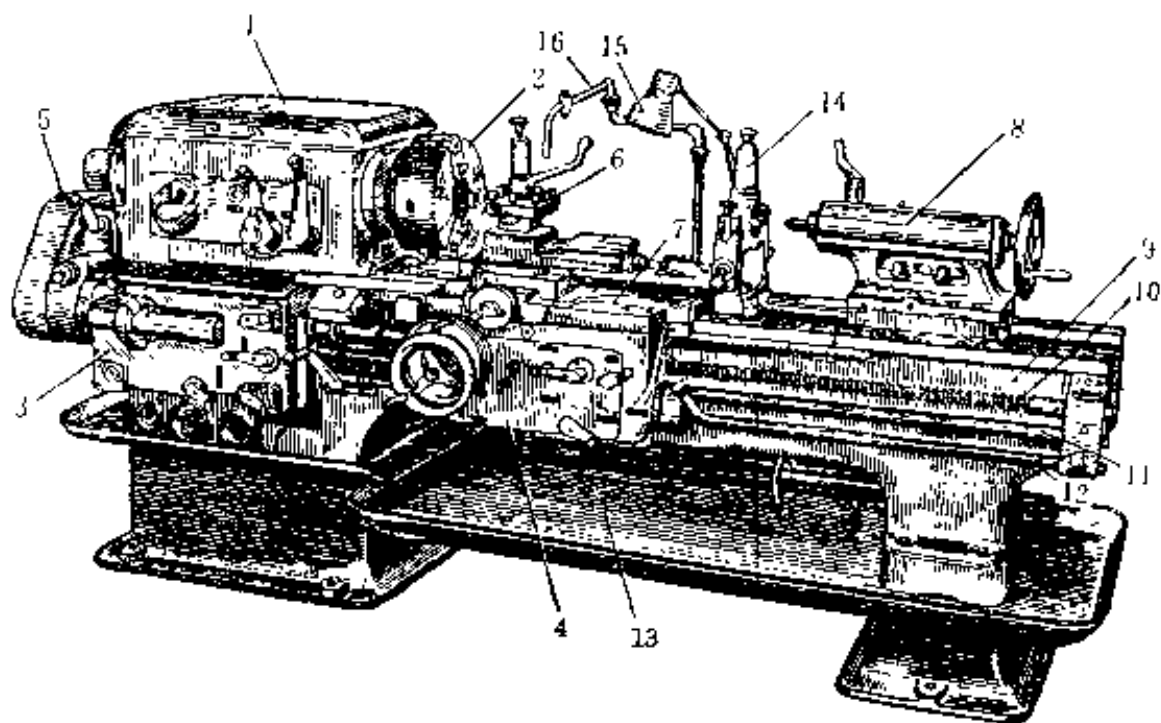


图 1-1 C620-1 车床外形

(2) 常用车床技术性能

1) C620-1 型卧式车床的技术性能(见表 1-6)

C620-1 型车床(图 1-1)是目前机械加工工厂中用得较多的一种中型车床。

2) CA6140 型卧式车床的技术性能(见表 1-7)

CA6140 型卧式车床(图 1-2)与 C620-1 型卧式车床相比,具有性能良好,结构先进,操作轻便,外观整齐等特点,可车削普通、英制、模数和径节等螺纹,所以是一种适应性广的卧式车床。

表 1-5 车床主要零部件及其功用

序号	零 部 件	功 用
1	主轴变速箱	用来带动车床主轴及卡盘转动。变换主轴箱外面的手柄位置,可以使主轴得到各种不同的转速
2	卡 盘	用来夹持工件,带动工件一起转动
3	进给变速箱	利用它内部的齿轮机构,把主轴的旋转运动传给丝杠或光杠,通过箱体外面的手柄,使丝杠或光杠得到各种不同的转速
4	溜 板 箱	把丝杠或光杠的转动给滑板部分,通过箱体外面的手柄变换,经滑板部分使车刀作纵向或横向进给
5	挂 轮 箱	把主轴的转动传给进给变速箱,调换箱内的齿轮并与进给变速箱配合,可以车削各种不同螺距的螺纹
6	刀 架	用来装夹车刀
7	滑 板	它分纵滑板、横滑板和斜滑板三部分,纵滑板是纵向车削较长的工件时使用的,横滑板是横向车削工件使用的,斜滑板是纵向车削较短的工件或锥体工件时使用的

(续表)

序号	零 部 件	功 用
8	尾 座	用来支顶较长的工作,它还可以安装各种切削刀具,如钻头、铰刀等
9	床 身	是用来支承车床的各个部件用的,如主轴变速箱、进给变速箱、滑板和尾座等都安装在它上面,床身上面有两组导轨,纵滑板和尾座可沿着导轨移动
10	丝 杠	用来车削螺纹,使滑板和刀架上面的车刀按要求的速度移动
11	光 杠	把进给变速箱的运动传给滑板箱,使上面的滑板和车刀按一定速度移动
12	离合器操纵杆	通过进给变速箱右侧或滑板箱右侧的手柄可使车床主轴开动或停止
13	盛 液 盘	经过使用的切削液,经盛液盘流回贮液箱
14	中 心 架	车较长工件时,用来支持工件
15	照 明 灯	照明
16	冷却泵油管	输送切削液

注: 序号见图 1-1 车床外形。

表 1-6 C620 1 型车床的技术规格

参 数 性 质	具 体 数 值
机床的主要技术参数	① 床身最大工件回转直径:400mm ② 横滑板上最大工件回转直径:210mm ③ 最大工件长度(4种):700,1000,1400,2000mm ④ 中心高:202mm ⑤ 上轴孔能通过棒料最大直径:37mm ⑥ 主轴孔锥度:莫氏5号 ⑦ 主轴转速级数: 正转(21级):12~1200r/min 倒转(12级):18~1500r/min ⑧ 车削螺纹范围: 普通螺纹(43种):1~192mm 英制螺纹(20种):2~24牙/英寸 模数螺纹(38种):0.5~48mm 径节螺纹(37种):1~96DP ⑨ 进给量: 纵向(35种):0.08~1.59mm/r 横向(35种):0.027~0.52mm/r ⑩ 方刀架行程: 纵滑板最大行程(4种):600,900,1300,1900mm 横滑板最大行程:260mm 斜滑板最大行程:100mm ⑪ 主电动机功率:7kW
机 床 工 作 精 度	① 圆度公差:0.01mm ② 圆锥度公差:0.01/100mm ③ 端面平行度公差:0.015/100mm ④ 表面粗糙度: R_a 1.6~ R_a 0.8 μ m

表 1-7 CA6140 型车床的技术规格

项次	名 称	数 值
1	床身上最大工件回转直径	100mm
2	最大工件长度	750,1000,2000mm
3	横滑板上最大工件回转直径	210mm
4	主轴孔前端锥度	莫氏 6 号
5	主轴孔径(通过的最大棒料)	48mm
6	主轴转速	正转 24 种:10~1400r/min 反转 12 种:14~1580r/min
7	进给量	纵向 64 种:0.028~6.33mm/r 横向 64 种:0.014~3.16mm/r 纵向快速:4m/min 横向快速:2m/min
8	车削螺纹	普通 44 种:1~192mm 英制 20 种:2~24 牙/英寸 模数 39 种:0.25~48mm 径节 37 种:1~96DP
9	方刀架行程	纵滑板最大行程:650,900,1400,1900mm 横滑板最大行程:260mm 斜滑板最大行程:130mm
10	主轴轴线至刀具支承面距离	26mm
11	刀杆截面尺寸	25mm×25mm
12	床尾顶尖套锥孔锥度	莫氏 5 号
13	主电机 滑板快移电动机	7.5kW,1450r/min 250W,1360r/min

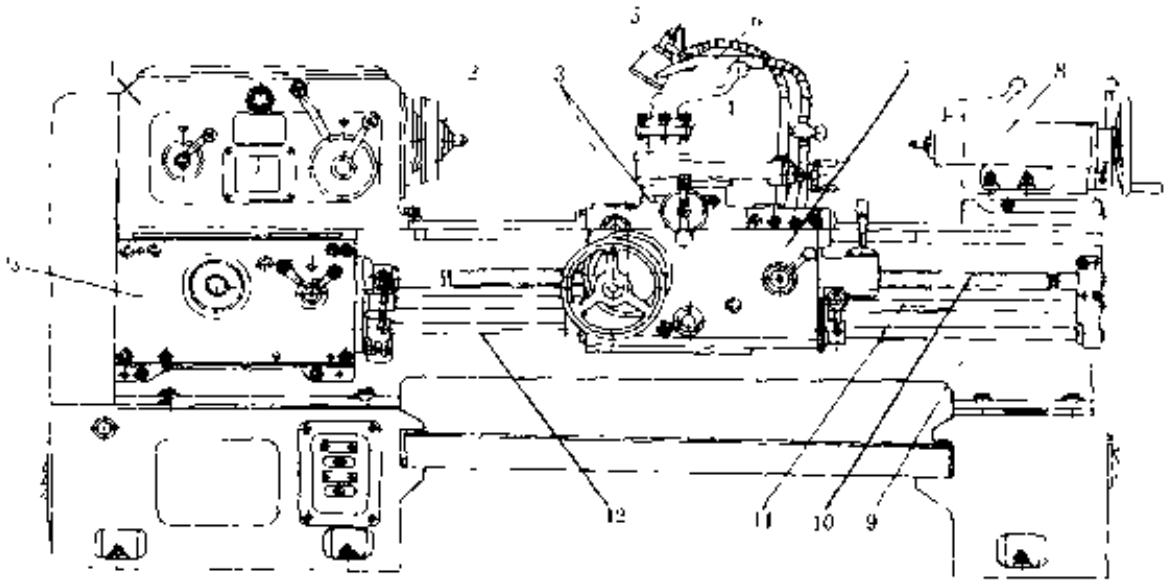


图 1-2 CA6110 型卧式车床

- 1 轴箱；2 主轴；3 滑板(纵滑板,横滑板)；4 刀架；
5 照明灯；6 切削液输出管；7 溜板箱；8 尾座；9 床身；
10 丝杠；11 光杠；12 离合器传动杆；13 进给箱

本机床加工的零件精度可达到 IT7 级,并且加工表面粗糙度较小。

3) 转塔车床的技术性能

转塔车床如图 1-3 所示,是卧式车床的变化形式,转塔

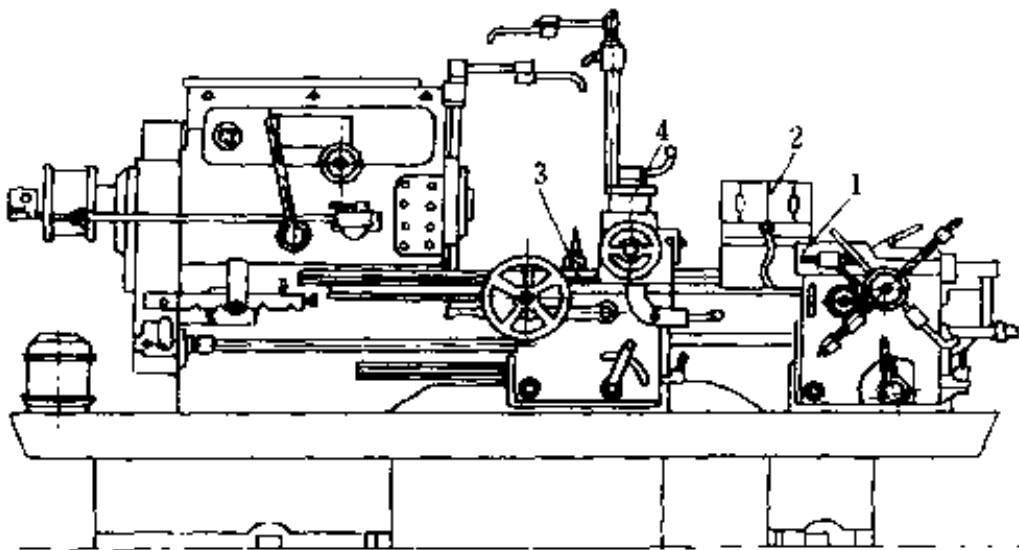


图 1-3 转塔车床

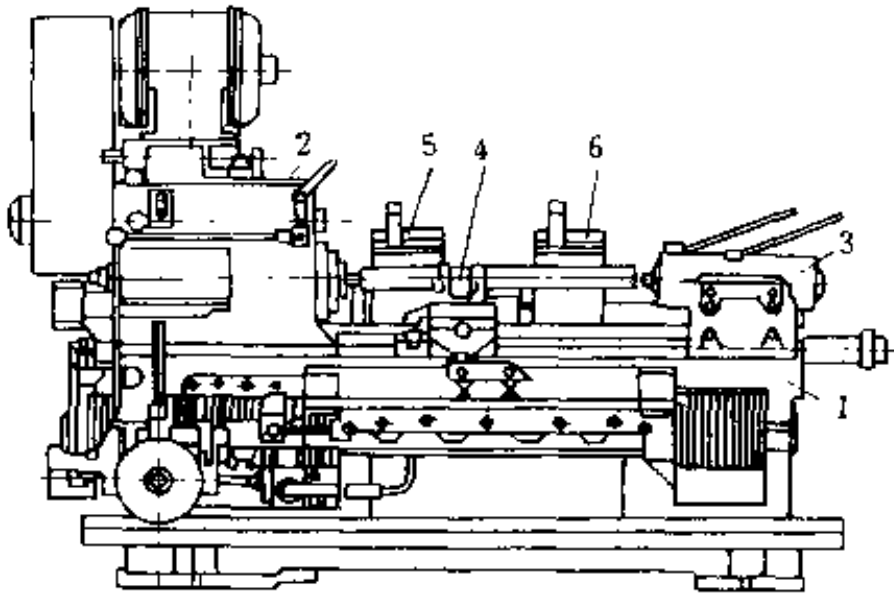


图 1-4 多刀车床

车床有一个可绕水平轴转动的水平刀架 2 及一个装在滑板 3 上的普通刀架 4。图中 1 是垂直刀架。

在转塔车床上可以进行多刀切削,并且在每一工步完毕后,可以迅速地转换刀架位置。

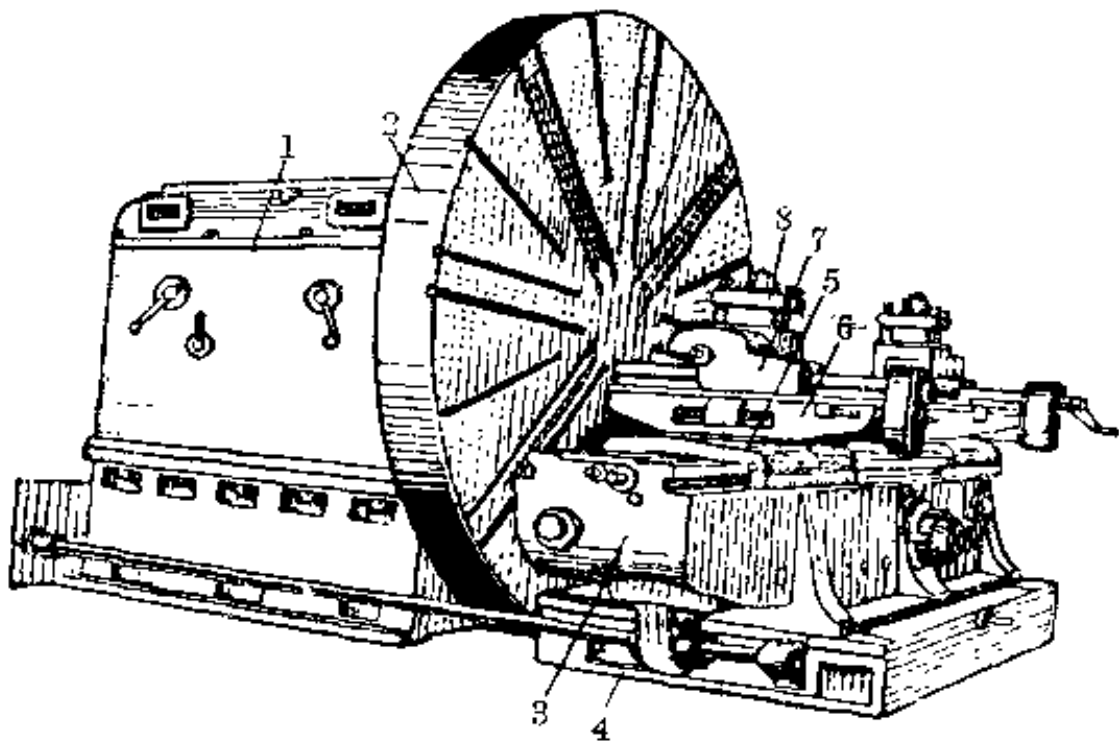


图 1-5 落地车床

4) 多刀车床的工作性能

多刀车床是专门用来加工大批工件的,其结构允许用几把车刀同时加工工件。几把车刀分别装夹在各个刀架上(即前刀架4和后刀架5和6)。图1-4是多刀车床的外形图,1是床身,2是主轴变速箱,3是床尾。

5) 落地车床的工作性能

落地车床是用来加工直径大而长度小的工件的,主轴箱1和刀架8不是安装在同一床身上(图1-5),没有床脚,有一只直径很大花盘2,但转速不高,主轴变速箱传动系统与一般车床相似。图中3是横滑板座,4是底座,5是横滑板,6是斜滑板座,7是斜滑板。

6) 立式车床的工作性能

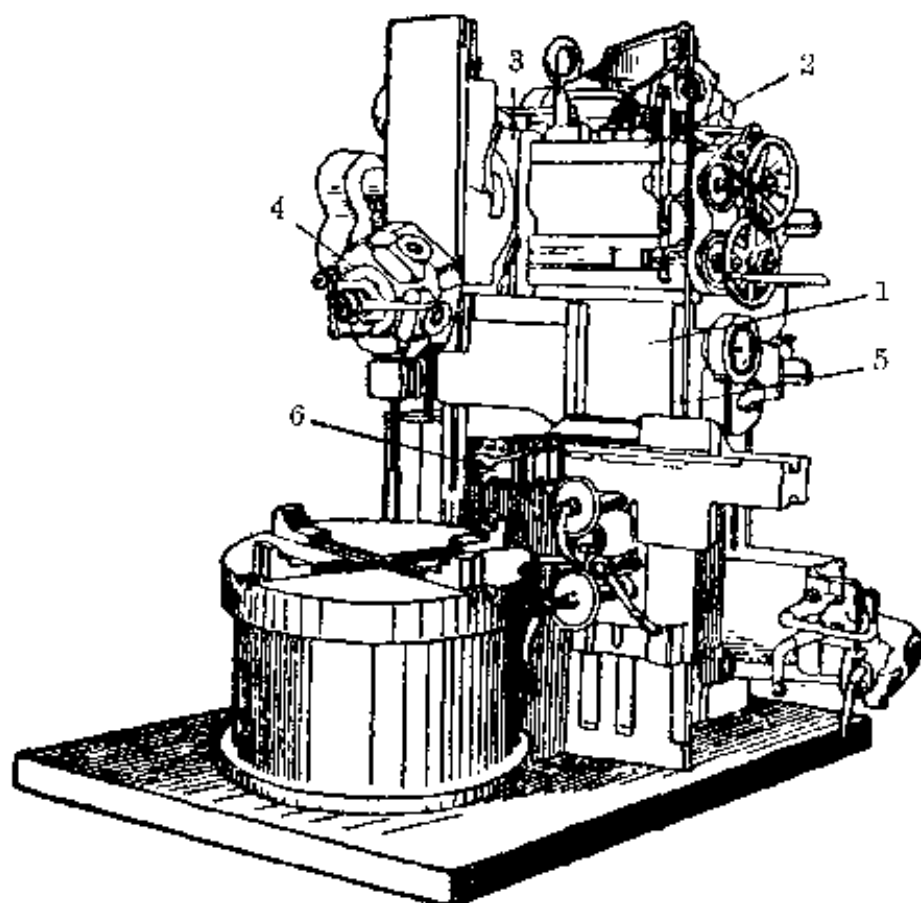


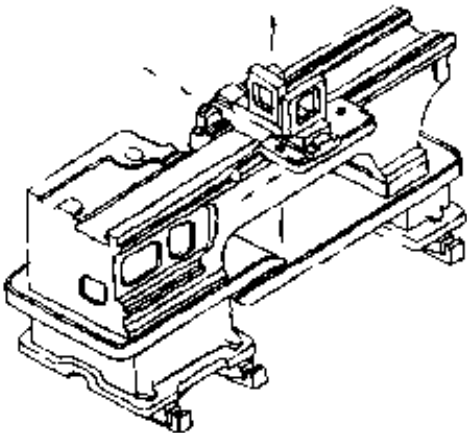
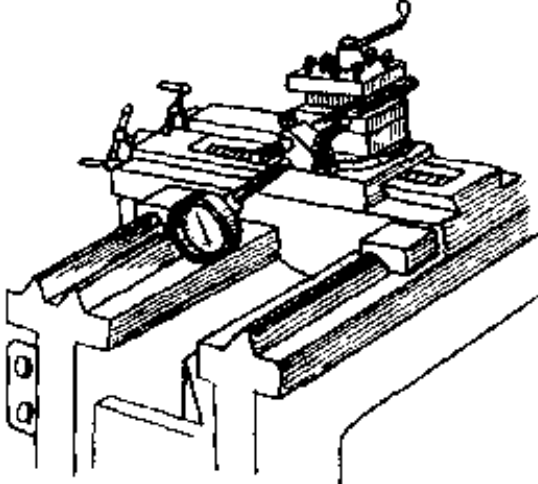
图1-6 单柱立式车床

立式车床如图 1-6 所示,用来加工大型工件。在立柱 1 上装有横梁 2,而横梁上装有可上下移动的垂直刀架 4。滑板 3 可沿横梁移动,而水平刀架 6 可沿着立柱 5 的垂直导轨移动。

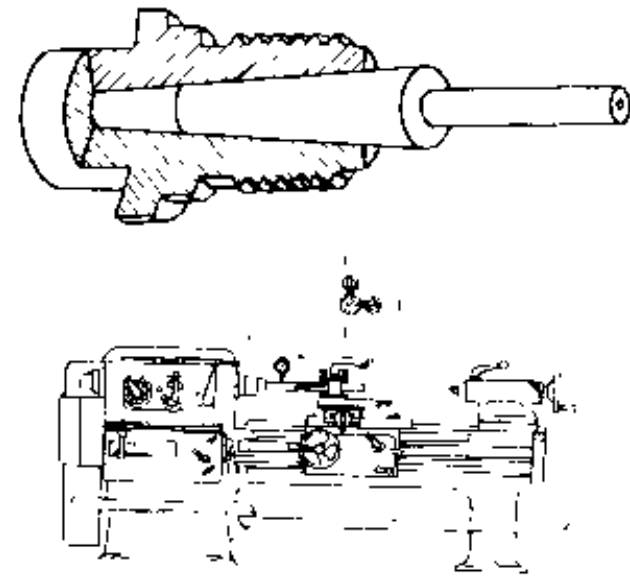
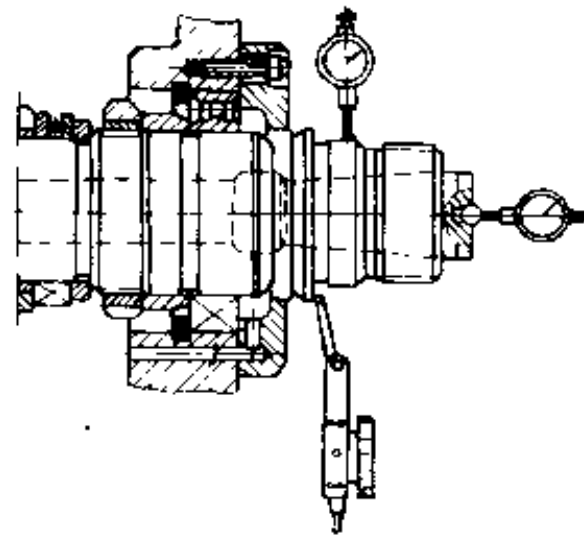
3. 车床主要精度的检验方法

车床精度的好或差直接影响着工件的加工质量。车床精度要求项目较多。表 1-8 只介绍主要几项精度的检验方法。

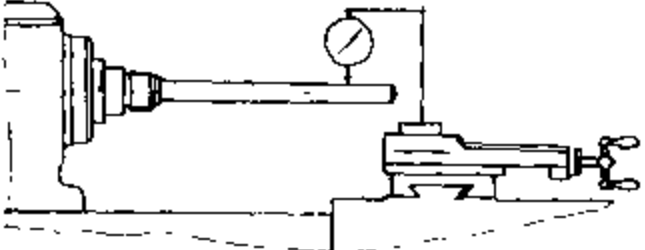
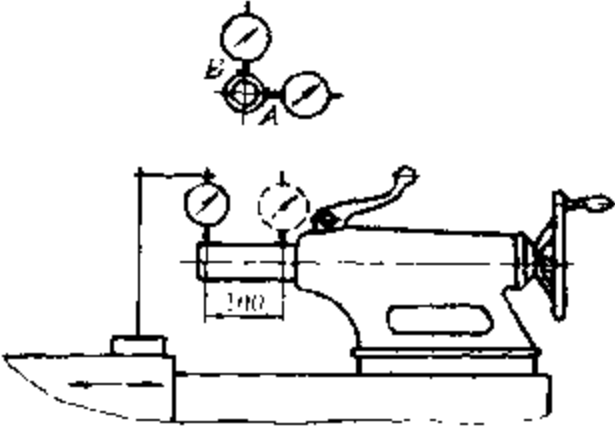
表 1-8 车床精度的检验方法

项目名称	简 图	检 验 方 法
车体导轨的直线度和平面度检查		<p>在车床横滑板上放两个互相垂直的水平仪,然后在床身上进行逐段测量,将每段水平仪数值读出。在全行程上运动曲线和它的两端点连线最大坐标值就是整段的直线度误差(在车床导轨中间部分,使用机会较多而易磨损,为延长使用寿命,因此规定导轨只允许中凸)。同时检查导轨的平面度,于床身导轨垂直安置的水平仪,也进行分段测量,记录每次数值,水平仪在每段行程和全部行程上读数的最大代数差,即为平面度误差。</p>
尾轨滑板导轨平行度检查		<p>把百分表装在刀架上,测头与床尾导轨接触,然后移动纵滑板,百分表的最大与最小读数之差为平行度误差,一般要求应不大于 0.02mm</p>

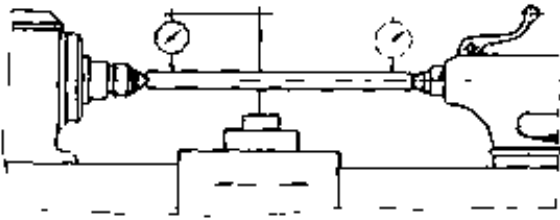
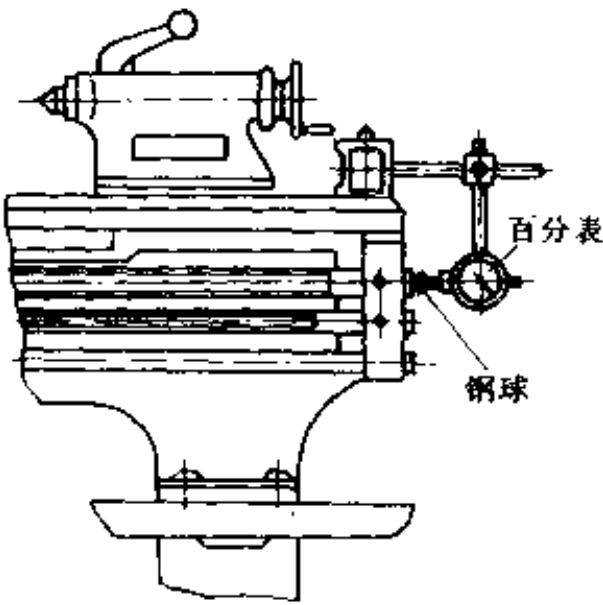
(续表)

项目名称	简图	检验方法
纵滑板移动对上轴中心线的平行度检查		<p>将检验棒插入主轴锥孔中(其圆柱部分长度为300mm),并将百分表固定在刀架上,使百分表测头顶端在检验棒的表面上。移动纵滑板,分别在侧母线A和上母线B上检查,A、B的测量结果分别以百分表读数的最大差值表示,再把主轴旋转180°,同样测量一次,A、B的误差分别计算,两次测量结果的代数差的1/2就是平行度误差值。在测量全长内A项最大值允许为0.03mm,B项最大值允许为0.015mm</p>
主轴回转精度的检查		<p>主轴的回转精度,包括主轴的轴向跳动、径向圆跳动和轴肩端跳动,检查方法分别如下:</p> <p>(1) 轴向跳动的检查,在主轴锥孔中插入带有中心孔的短检验棒,在中心孔中放一粒钢球,然后用固定在机床上的平测头百分表测头接触钢球,转动主轴即可测得轴向跳动误差,其误差最大值允许为0.01mm;</p> <p>(2) 径向圆跳动的检查,百分表固定在车床上,使百分表测头接触主轴轴颈,旋转主轴即可测得圆跳动误差,其误差最大值允许为0.01mm;</p> <p>(3) 轴肩端跳动的检查,把机打百分表固定在机床上,使打杆百分表测头接触在轴肩靠近边缘的位置,旋转主轴,即可测得端跳动的误差,其误差最大值允许为0.02mm</p>

(续表)

项目名称	简图	检验方法
斜滑板移动对主轴轴线的平行度检查		<p>将检验棒插入主轴锥孔中，并将百分表固定在斜滑板上，使百分表测头顶端接触检验棒，然后移动斜滑板。其误差在垂直面上100mm内不大于0.03mm(检查此项目前，首先要使百分表在检验棒的侧母线上校准零位)</p>
床尾套筒与床身导轨的平行度检查		<p>把床尾套筒伸出100mm，百分表固定在纵滑板上，使百分表测头垂直与套筒上母线触及A点，其误差为100mm不大于0.03mm，但伸出的前端允许向上。然后将百分表测头移至套筒的侧母线触及B点，用同样方法检查，其误差为100mm不大于0.04mm，但伸出的前端只许弯向操作者</p>

(续表)

项目名称	简图	检验方法
主轴 锥孔 轴线 与床 尾套 筒锥 孔轴 线对 床身 导轨 平行 度检 查		<p>将床尾套筒退入床尾座孔内, 主轴锥孔和床尾套筒锥孔分别都装上顶尖, 并在两顶尖之间装上一根长度为车床最大顶尖距 $1/2$ 的检验试棒, 把百分表固定在横滑板上, 测头垂直地触及试棒, 然后移动纵滑板, 看百分表在两端的各自读数, 其误差不大于 0.06mm, 并且只许床尾一端高</p>
丝杠 轴向 窜动 的检 查		<p>用清洁润滑脂把粒钢球粘附在丝杠端面中心孔内, 在床面上固定一个百分表, 平测头触及钢球, 把开合螺母闭合, 并倒旋转丝杠, 其误差不大于 0.01mm</p>

注: 表中误差值均以最大车削直径 $\leq 400\text{mm}$ 车床为例。

4. 车床精度对加工质量的影响

在工业生产中,影响加工质量的因素很多,按照现代质量管理观点,可概括为人、原材料、机器设备、工艺、测量、环境,称为“五个M、一个E”的六大影响因素。从车削加工的具体来说,如果出现了质量问题,首先应从工件装卡、工件材质、切削条件、切削操作等方面找原因,当确认上述各种因素不影响加工质量时,再在车床方面查找原因。表1-9所列为车床精度对加工质量的影响。

表1-9 车床精度对工件加工质量的影响

序号	工件出现的质量问题	产生原因	排除方法
1	工件圆柱面出现锥度误差	1. 车床主轴在水平面内相对床面导轨不平行; 2. 机床安装时使床身导轨精度发生变化; 3. 前后顶尖不等高或中心偏移	1. 重新校正主轴变速箱安装位置,使其与导轨平行; 2. 重新校正机床水平; 3. 调整尾座使顶尖对正中心(用垫片补偿尾座底板的磨损,校正前后顶尖至等高)
2	工件圆柱面出现圆度误差	1. 主轴轴承间隙过大; 2. 主轴轴颈磨成椭圆; 3. 主轴轴套的外径或主轴箱体主轴孔呈椭圆或两者配合间隙过大; 4. 卡盘法兰与主轴的配合螺纹太松	1. 调整主轴轴承间隙; 2. 修磨主轴轴颈、重配轴瓦; 3. 更换轴承外套或修正主轴箱轴孔; 4. 重新配法兰盘

(续表)

序号	工件出现的质量问题	产生原因	排除方法
3	精车时外圆表面产生重复出现的波纹	<ol style="list-style-type: none"> 1. 若波纹的间距与车床内条的齿距相同,则是溜板箱小齿轮与齿条啮合不正常所引起的; 2. 波纹有规律地周期变化,一般是由于光杠弯曲过大; 3. 进给变速箱、溜板箱、光杠、丝杠支架的三孔不同轴线; 4. 溜板箱某一传动齿轮损坏或啮合不良; 5. 纵滑板与床身导轨间隙过大 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 重新校正两者之间的啮合间隙,并注意修正各段内条的接缝,紧固内条; 2. 拆下矫直光杠; 3. 检查丝杠、光杠与床身导轨的平行度,校正支架安装位置,调整三孔同轴线; 4. 检查更换损坏齿轮;调整啮合间隙; 5. 调整纵滑板两侧压板,使间隙适当
1	精车时外圆表面产生有规律的波纹	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电动机旋转不平稳,引起车床振动; 2. 皮带轮等高速旋转零件的不同轴线,振摆过大,引起车床振动; 3. 尾座顶尖紧固不牢 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 校正电动机转子平稳性; 2. 校正其旋转中心或用动平衡的方法消除偏心引起的振动; 3. 检查顶尖与轴孔锥度的配合,压紧压板螺钉及调紧顶尖轴、扳紧手柄

(续表)

序号	工件出现的质量问题	产生原因	排除方法
5	精车时外表面产生混乱的波纹	<ol style="list-style-type: none"> 1. 主轴的轴向窜动超差; 2. 主轴滚动轴承滚道磨损太大; 3. 卡盘与主轴配合太松; 4. 方刀架底面与斜滑板表面接触不良; 5. 纵、斜滑板的导轨滑动间隙过大 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整主轴后端推力轴承间隙; 2. 更换滚动轴承; 3. 重配卡盘法兰; 4. 刮研修理使方刀架在夹紧车刀时与斜滑板接触均匀; 5. 调整镶条、使间隙适当
6	工件外圆出现沿轴线方向的振动	主轴滚动轴承某一粒(或几粒)滚球或滚子磨损严重	检查主轴轴承滚动体。若是滚动体磨损,更换滚动轴承
7	用斜滑板进刀精车锥体时出现细腰形或粗糙度过大	<ol style="list-style-type: none"> 1. 斜滑板移动在垂直平面上与主轴不平行; 2. 斜滑板移动导轨不直; 3. 斜滑板滑动面间隙调整不当; 4. 斜滑板丝杠弯曲或与螺母不同轴线 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 修刮转盘的底平面,使斜滑板底平面误差在 $0.03/1000\text{mm}$ 以内; 2. 刮研燕尾导轨; 3. 调整镶条; 4. 拆下矫直丝杠,调整同轴度
8	精车端面时有中凸现象	纵、横滑板上、下导轨的垂直度超差	修刮横滑板上燕尾导轨,并调整横滑板镶条间隙
9	精车端面产生跳动	主轴轴向窜动或间隙过大	调整主轴后端推力轴承

(续表)

序号	工件出现的质量问题	产生原因	排除方法
10	精车端面重复出现环状波纹	1. 横滑板横向丝杠和螺母间隙过大; 2. 横向丝杠弯曲	1. 适当调整间隙或重配螺母; 2. 拆下矫直
11	精车端面出现螺旋形波纹	主轴后端推力球轴承中某一粒过大	检查后轴承,如确因某粒尺寸过大,则应更换
12	车螺纹时螺距不等或乱扣	1. 主轴有轴向窜动; 2. 挂轮处啮合间隙过大; 3. 丝杠产生轴向窜动; 4. 开合螺母闭合不稳; 5. 纵滑板与溜板箱紧固不牢,有松动现象; 6. 进给变速箱传动齿轮有跳动现象	1. 调整主轴轴向间隙; 2. 重新调整挂轮架,使松紧恰当; 3. 调整丝杠轴向间隙在 0.01mm 以内; 4. 调整开合螺母镶条间隙,使开合轻便,闭合稳定; 5. 紧固溜板箱螺钉; 6. 卸下调整位置,加强定位作用
13	精车螺纹时两侧面出现波纹	1. 丝杠有轴向窜动; 2. 序号 4 引起振动原因相同; 3. 工件细长,刚度差,工件弯曲而引起表面波纹	1. 调整消除轴向间隙; 2. 按序号 4 的办法解决; 3. 增加工件装卡刚度,改革刀具几何形状,改变切削用量
14	车螺纹时发现某扣太肥,造成螺纹肥瘦不一致	丝杠弯曲	卸下丝杠矫直

5. 典型车床(C620-1)的操纵和传动系统

(1) C620-1型车床的操纵

图1-7是C620-1型车床操纵手柄的位置和用途。

(2) 主轴变速箱

图1-8、图1-9是C620-1型车床的传动系统,电动机经过直径130mm和260mm的带轮,用V带带动主轴变速箱中的轴I旋转。轴I上装有片式摩擦离合器M,用它来带动或停止主轴旋转和改变方向。如果离合器向左压紧,那么齿轮 $z=51$ 和 $z=56$ 传给轴II,使主轴VI正转。如果离合器压向右边,则齿轮 $z=50$ 通过齿轮 $z=24$, $z=36$ 传给轴II上 $z=36$ 的齿轮,使主轴VI反转。可以沿花键轴II移动的双联齿轮②中的 $z=34$ 和 $z=39$ 能分别地和双联齿轮①中的 $z=56$ 和 $z=51$ 相啮合。这样,可以使轴II得到两种不同的转速。从轴II经过齿轮 $z=28$, $z=20$, $z=36$ 分别带动轴III上滑移的三联齿轮③中的 $z=44$, $z=52$, $z=36$,轴III就有 $2 \times 3 = 6$ 种不同的转速。

轴III中部固定有斜齿圆柱齿轮 $z=50$ 与空套在主轴VI上的斜齿圆柱齿轮 $z=50$ 啮合。该齿轮的右侧带有牙嵌离合器,如果把套在主轴花键上滑移的牙嵌离合器 M_1 向左与斜齿圆柱齿轮 $z=50$ 上的牙嵌离合器啮合,那么轴III经齿轮 $z=50$ 和 $z=50$ 直接带动主轴VI,这时可以得到6种不同的转速。如果离合器 M_1 向右滑移,外圆上的齿轮 $z=50$ 就嵌入空套在主轴VI右面的斜齿圆柱齿轮端面的内齿轮 $z=50$ 之中,那么轴III的旋转运动必须通过固定在轴III右端的齿轮 $z=20$ 和 $z=50$ 传给由两个齿轮 $z=80$, $z=50$ 所组成的而在轴IV上滑移的双联齿轮④,因此轴IV可以有 $2 \times 3 \times 2 = 12$ 种转速。

带有齿轮 $z=20$ 和 $z=50$ 而在轴IV上滑动的双联齿轮

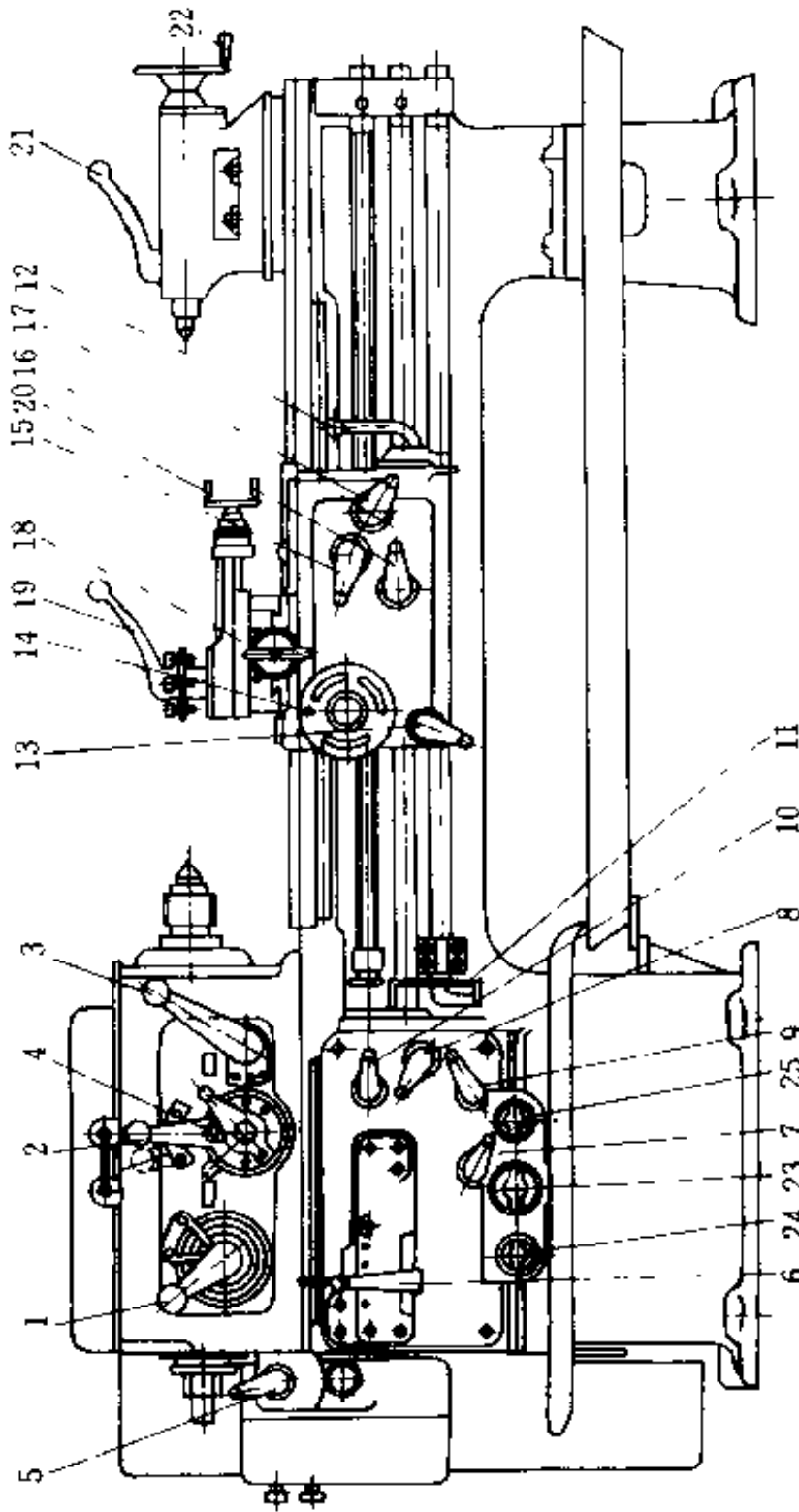


图 1-7 C620-1 型车床的操纵手柄位置

1, 2, 3—主轴变速手柄；4—增大螺距手柄；5—改变所车螺纹方向(左或右)的手柄；6—摆移齿轮变速手柄；7—车普通或英制螺纹调整手柄(照进给变速箱上铭牌来变换)；8—连接丝杠或光杠手柄；9—调整进给量或螺距手柄；10—调整进给量、螺距或直连丝杠手柄；11, 12—控制主轴反转的手柄；13—改变进给方向手柄；14—手动纵滑板的手轮；15—滑板纵横进给手柄；16—脱落蜗杆手柄；17—升台螺母手柄(车螺纹时应用)；18—手动横进给手柄；19—固定和转动刀架手柄；20—斜滑板手柄；21—固定尾座套筒的手柄；22—移动尾座套筒的手轮；23—车床电源总开关；24—车床照明灯电源开关；25—切削液泵的电源开关

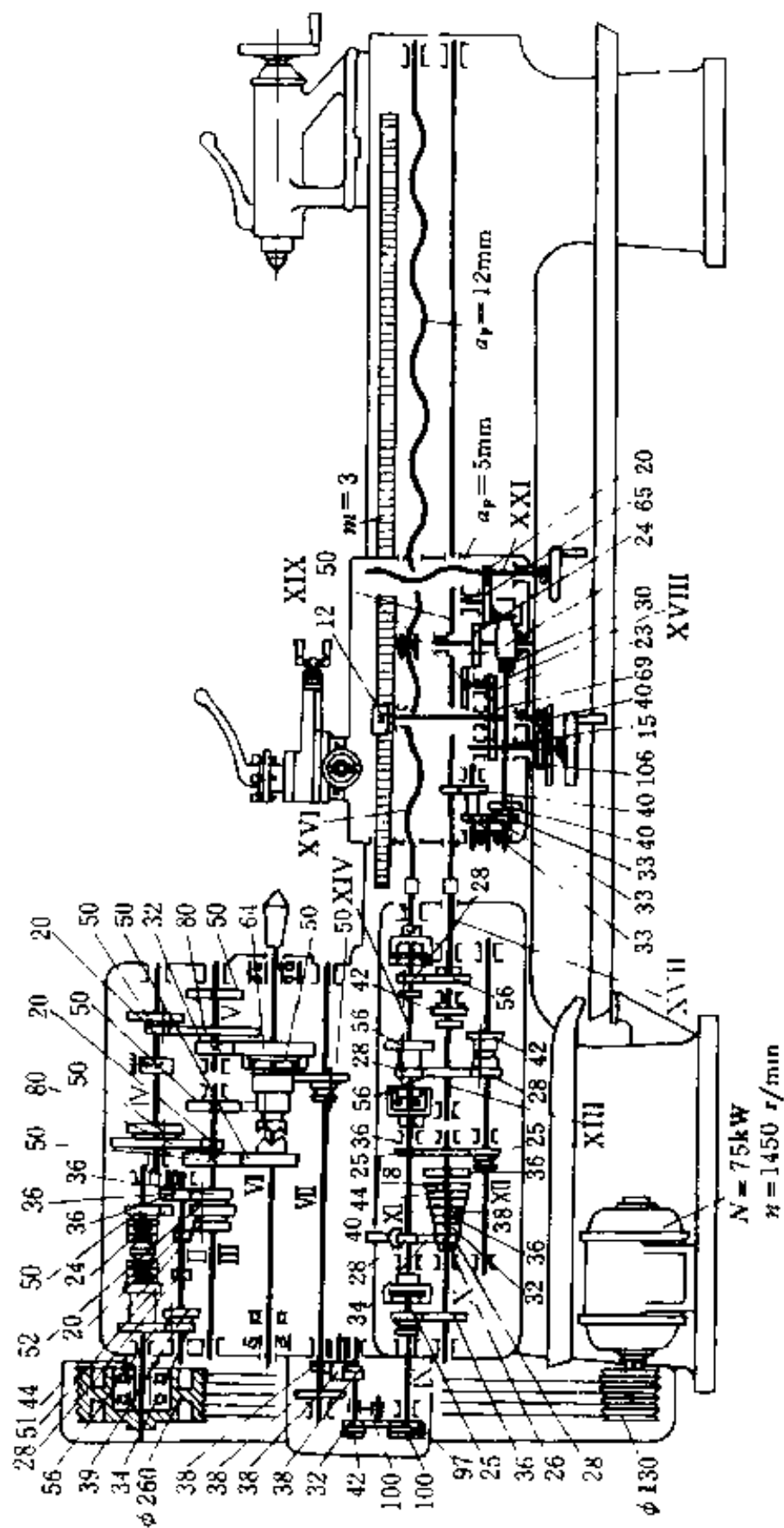


图 1-8 C620-1 型车床传动系统

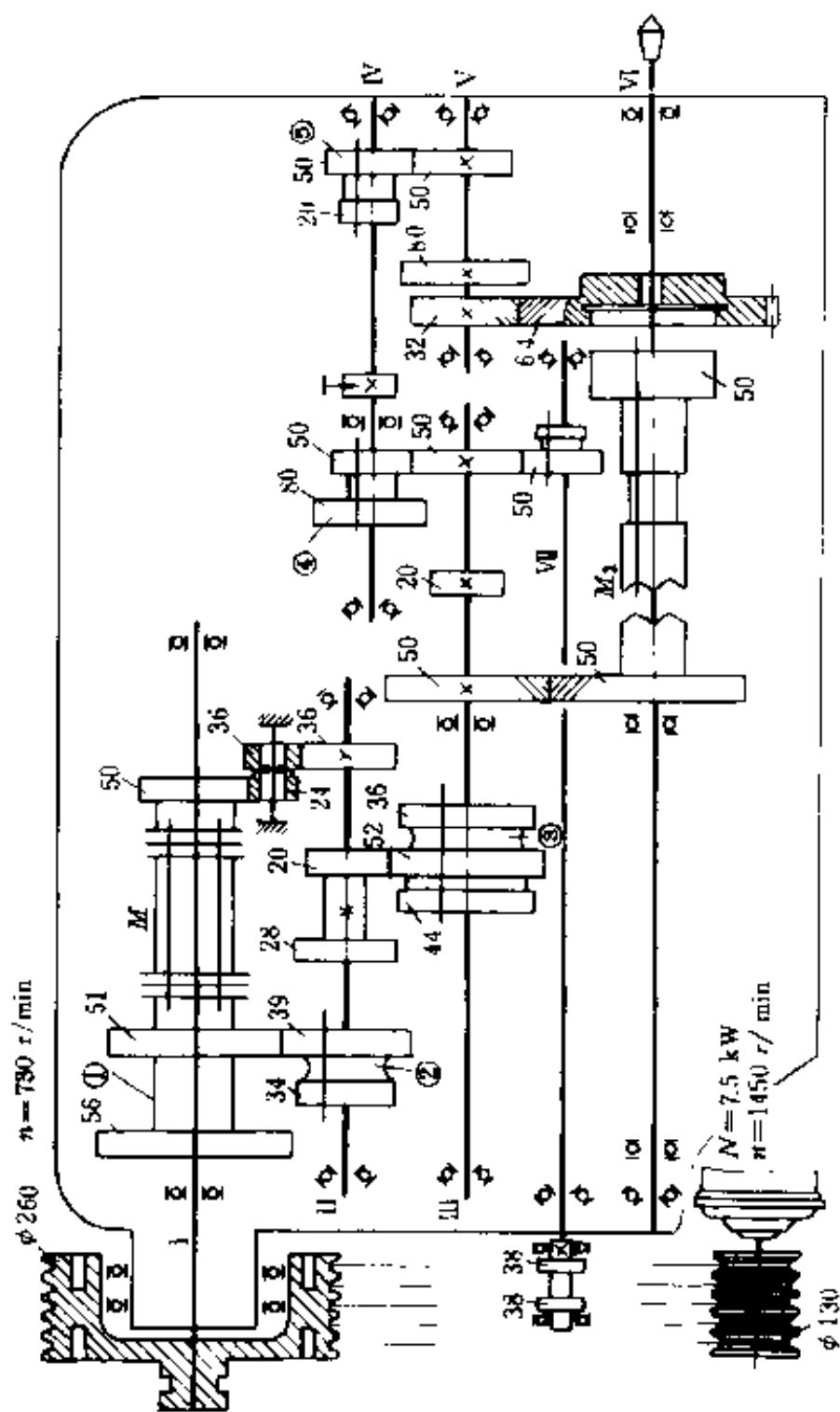


图 1 9 C620-1 型车床主轴变速箱传动系统

5, 把转动传给固定在轴 V 上的齿轮 $z=80$ 和 $z=50$ 。因此轴 V 可以有 $2 \times 3 \times 2 \times 2 = 24$ 种不同转速。从轴 V 经过斜齿圆柱齿轮 $z=32$, 把运动传给装在主轴 VI 上的斜齿圆柱齿轮 $z=64$, 从而带动主轴运转, 按理这条传动路线应使机床主轴 VI 获得 $6 \times 2 \times 2 = 24$ 种转速, 但由于轴 III 跟轴 VI 之间的传动比分别为:

$$i_1 = \frac{20}{80} \times \frac{20}{80} \times \frac{32}{64} = \frac{1}{32}$$

$$i_2 = \frac{50}{50} \times \frac{20}{80} \times \frac{32}{64} = \frac{1}{8}$$

$$i_3 = \frac{20}{80} \times \frac{50}{50} \times \frac{32}{64} = \frac{1}{8}$$

$$i_4 = \frac{50}{50} \times \frac{50}{50} \times \frac{32}{64} = \frac{1}{2}$$

因其中 $i_2 = i_3 = \frac{1}{8}$ (相同), 所以轴 III 到主轴 VI 之间实际上只有 3 种传动比。

在 C620-1 车床变速操纵机构所控制的 i_2 在实际车床上是不存在的, 所以离合器 M_1 向左时, 主轴得到 6 种转速, 离合器 M_1 向右时, 主轴得到 18 种转速。

根据主轴变速箱齿轮传动比, 可以计算出主轴正转各级转速, 其中最高及最低的计算方法如下:

$$n_{最高} = 730 \times \frac{56}{34} \times \frac{36}{36} \times \frac{50}{50} \approx 1200 \text{ r/min}$$

$$n_{最低} = 730 \times \frac{51}{39} \times \frac{20}{52} \times \frac{20}{80} \times \frac{20}{80} \times \frac{32}{64} \approx 12 \text{ r/min}$$

如经逐级计算, 则主轴正转的转速分别为: 12, 15, 19, 24, 30, 38, 46, 58, 76, 96, 120, 150, 185, 230, 305, 370, 380, 460, 480, 600, 610, 765, 955, 1200, 其中有三对转速相似, 即 370 与

380,460 与 480,600 与 610,因而可以认为实际只有 21 级转速。

C620-1 车床主轴的反转是由主轴变速箱中的离合器 M 向右压紧摩擦离合器,经轴 I 上的齿轮 $z=50$ 经中间轴上 $z=24, z=36$, 传给轴 II 上的齿轮 $z=36$, 主轴的旋转方向就相反。

主轴反转共有 12 种转速,反转的转速比正转转速要高。

$$n_{\text{最高(反转)}} = 730 \times \frac{50}{24} \times \frac{36}{36} \times \frac{50}{50} \approx 1520 \text{r/min}$$

$$n_{\text{最低(反转)}} = 730 \times \frac{50}{24} \times \frac{36}{36} \times \frac{20}{80} \times \frac{20}{80} \times \frac{32}{64} \\ \approx 47 \text{r/min}$$

主轴转速用主轴变速箱正面三个手柄甲、乙和丙(图 1-10)来变换。由图 1-9 知,手柄甲转动时可以通过双动作操纵机构,操纵轴 II 和轴 III 上两组滑动齿轮②和③。扳动手柄乙时,可以通过双动作操纵机构操纵轴 IV 上两组滑动齿轮④和⑤。手柄丙用与简单式相类似的操纵离合器 M 。手柄丁是使圆盘上所标出的转速进入方框内,再看这个转速的两边圆点是什么颜色,手柄乙和丙就根据这种颜色来变换。

【例】 要使主轴每分钟 370 转,问怎样变换手柄位置?

【解】 手柄甲的转盘进入方框内,两边圆点黄色。

手柄乙放在黄色位置上。

手柄丙放在黄色位置上。

(3) 主轴和轴承

主轴是车床重要的部分,要求有非常好的刚性,以便承受很大的负荷。工件加工的精度和表面粗糙度,很大程度上决定于主轴的刚性和旋转精度。图 1-11 是 C620-1 型车床的主

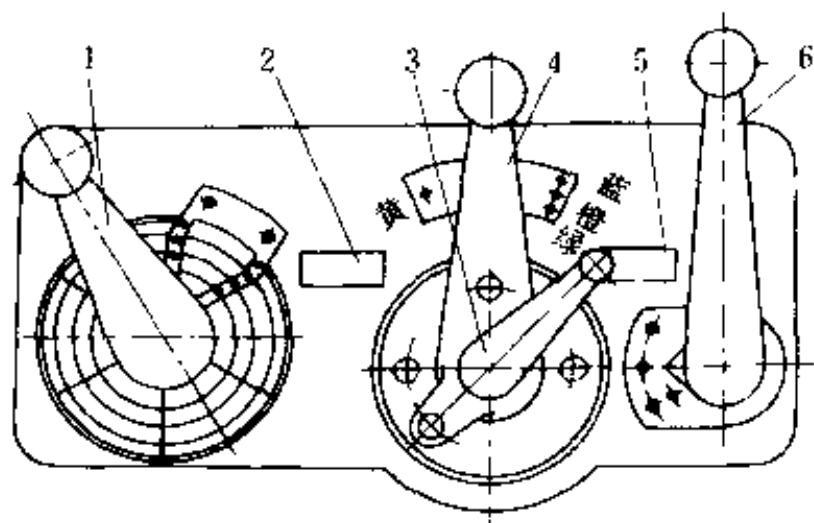


图 1-10 C620-1 型车床上轴变速箱手柄位置
1 手柄甲；2 正常螺距；3—手柄丁；4—手柄丙；
5—增大螺距；6—手柄乙

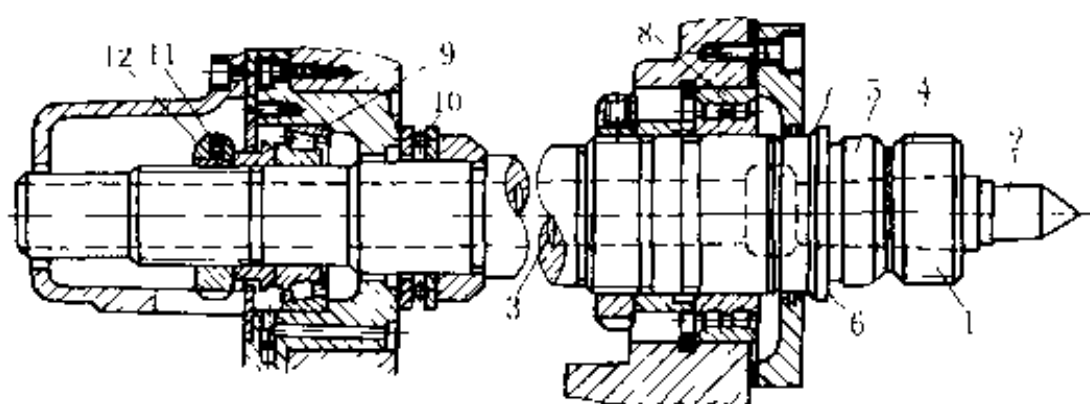


图 1-11 C620-1 型车床主轴和轴承
1 主轴；2—顶尖；3 主轴孔；4 螺纹；5 轴颈；
6 台阶；7 安全块槽；8—前轴承；9—后轴承；
10—推力轴承；11—固定螺钉；12—调整螺母

轴结构。主轴 1 是空心轴，前顶尖 2 插在主轴锥孔中，锥孔轴线应与主轴的中心线重合。否则会使前顶尖摆动。主轴的通孔可使被加工棒料通过，并为装卸卡盘和推出前顶尖提供方便。

主轴前端有一精确的螺纹 4，在螺纹后面还有一个精确的轴颈 5 和台阶 6，用来安装卡盘法兰和花盘等。此外还有一

个装安全槽块用的槽 7, 可防止车床迅速制动或倒转而使卡盘松脱跌落。

主轴 1 依靠前、后两个轴承支承。主轴的前轴承 8 是一个特殊的双列滚子轴承, 轴承的外圈装在主轴变速箱箱体孔中, 内圈锥孔与主轴锥形轴颈配合。前轴承的润滑油由主轴变速箱内专门油泵供给。

主轴的后轴承负荷比前轴承小得多, 它的主要作用是承受作用在主轴上的轴向力, 后轴承用圆锥滚子轴承 9。作用在主轴上的自前端向后端的轴向作用力, 由装在主轴后支承上的推力球轴承 10 来承受。如果轴向作用力自轴的后端向前端, 则轴向力就由圆锥滚子轴承 9 来承受。后轴承的间隙利用螺母 12 和定位螺钉 11 进行调整。

(4) 进给变速箱的传动系统

C620-1 型车床的进给变速箱左面有挂轮架, 进给变速箱的运动由挂轮传来。挂轮架的调整如图 1-12 和图 1-13 所示。车普通和英制螺纹时, 用齿数为 42, 100, 100 (中间 100 是中间轮) 的挂轮。车模数和径节螺纹时, 把双联齿轮⑥和⑦反装, 也就是用齿数为 32, 100, 97 (100 是中间轮) 的挂轮。

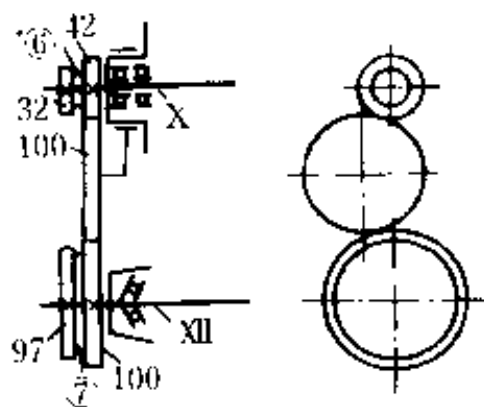


图 1-12 车普通和英制螺纹时的挂轮

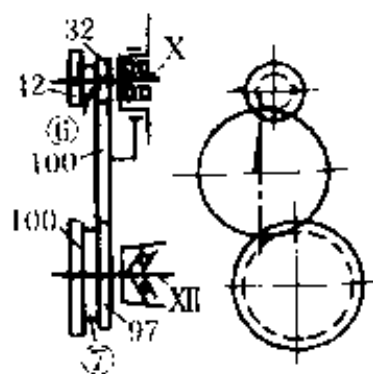


图 1-13 车模数和径节螺纹时的挂轮

进给变速箱的传动系统如图 1-14 所示。进给变速箱的传动方法有三种：

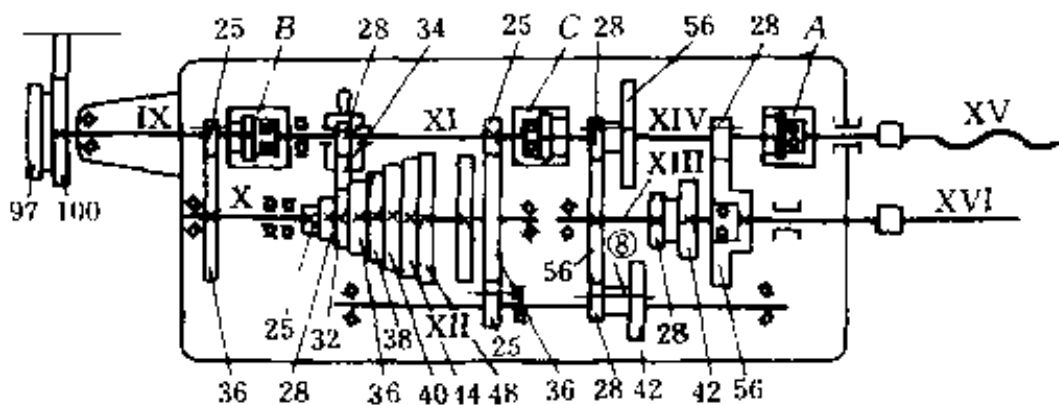


图 1-14 C620-1 型车床进给变速箱的传动系统

第一种方法是车削普通螺纹及模数螺纹时的传动路线。齿轮 $z=25$ 和 $z=36$ 相啮合时，运动由轴 XI 传给轴 XII，再经齿数分别为 25, 28, 32, 36, 38, 40, 44, 48 的塔齿轮传到摆移齿轮 34/28 使轴 XIV 得到 8 种不同的转速。

接着经过固定在轴 XI 右端的齿轮 $z=25$ ，以及空套在轴 X 右端的中间轮 $z=36$ 和轴 XI 上的滑移齿轮 $z=25$ 经过 28/56 或 42/42，把运动传给轴 XIII。

依靠轴 XI 上移动双联齿轮⑧，由进给箱上手柄 B (图 1-15) 操纵。旋转运动从轴 XII 传到轴 XIII。双联齿轮⑧向左移时，经过 $z=28$, $z=56$ 的齿轮传给轴 XIII。双联齿轮⑧向右移时，经过 $z=42$, $z=42$ 的齿轮传给轴 XIII。再由轴 XIII 上 $z=56$ 和 $z=28$ 齿轮或 $z=28$ 和 $z=56$ 齿轮将运动传给轴 XIV (由手柄操纵)，因此轴 XIV 就有 $8 \times 2 \times 2 = 32$ 种转速。

若将轴 XIV 上齿轮 $z=28$ 向右移与内齿离合器 A 啮合，就将运动传给丝杠，如果将 XIV 轴上 $z=28$ 齿轮向左移与轴 XVI 光杠左端 $z=56$ 齿轮啮合时，则将运动传给光杠。

第二种方法是车削英制螺纹及径节螺纹时的传动路线。

把进给变速箱上手柄 A 扳到英制位置由内部的双动作式操纵机构,操纵轴 IX 上的 $z=25$ 齿轮嵌入内齿离合器 B,同时操纵轴 XI 上的 $z=25$ 向左滑移与轴 X 上另一只固定在轴上的 $z=36$ 啮合,轴 IX 直接传给轴 XIII 经摆移齿轮 28/34 及塔齿轮的 8 个齿轮中的任意一个传给轴 X,然后经 36/25 传给轴 XI,以后的传动路线与第一种方法相同。

第三种方法是直接连接丝杠路线,将 $z=25$ 齿轮与内齿离合器 B 啮合,轴 XIV 左面 $z=28$ 的齿轮与左面内齿离合器 C 啮合,轴 XIV 上右面 $z=28$ 的齿轮与内齿离合器 A 啮合;这样把轴 IX, XI, XIV 和丝杠直接连起来。用这种方法连接缩短了传动链,减少了传动误差,可以提高加工螺纹的各项精度。

按传动系统可列成下式(见表 1-10):

表 1-10 传动系统关系式

项 目	计 算 方 法
普通螺纹系统	$\frac{50}{50} \times \frac{38}{38} \times \frac{38}{38} \times \frac{42}{100} \times \frac{25}{36} \times \frac{32}{34} \times \frac{34}{28} \times \frac{25}{36} \times \frac{36}{25}$ $\times \frac{28}{56} \times \frac{28}{56} \times 12 = 1\text{mm}$
英制螺纹系统	$\frac{50}{50} \times \frac{38}{38} \times \frac{38}{38} \times \frac{42}{100} \times \frac{28}{34} \times \frac{34}{32} \times \frac{36}{25} \times \frac{42}{42} \times \frac{36}{28}$ $\times 12 = \frac{25.4}{2}\text{mm}$ <p>(即能车出每英寸 2 牙的螺纹)</p>
模数螺纹系统	$\frac{50}{50} \times \frac{38}{38} \times \frac{38}{38} \times \frac{32}{97} \times \frac{25}{36} \times \frac{32}{34} \times \frac{34}{28} \times \frac{25}{36} \times \frac{36}{25}$ $\times \frac{42}{42} \times \frac{28}{56} \times 12 = 0.5\pi$
径节螺纹系统	$\frac{50}{50} \times \frac{38}{38} \times \frac{38}{38} \times \frac{32}{97} \times \frac{28}{34} \times \frac{34}{32} \times \frac{36}{25} \times \frac{42}{42} \times \frac{36}{28}$ $\times 12 = \frac{25.4\pi}{8}$

增大螺距系统：在车削多头螺纹及大螺距的螺旋槽（如油槽）时就要求工件每转一转时，刀架移动一个较大的距离，这样就必须提高丝杠的转速，在 C620-1 车床上设有增大螺距机构。

使用增大螺距时，把主轴变速箱上手柄丁（图 1-10）扳向右边（增大螺距位置），轴Ⅵ（图 1-9），上的滑移齿轮 $z=50$ ，也就被拨到跟轴Ⅲ上最右端的齿轮 $z=50$ 啮合。在车削正常螺距时，轴Ⅺ是由主轴带动的，而车削增大螺距时，是由轴Ⅲ带动。

当轴Ⅲ的转速比主轴快 32 倍时，（手柄乙、丙在绿色位置），车削的螺距可增大 32 倍。

当轴Ⅲ的转速比主轴快 8 倍时（手柄乙、丙在橙色位置），车削的螺距可增大 8 倍。

增大 2 倍没有实际使用价值，通常不用。

根据上述传动系统，C620-1 型车床有 72 种进给量。但实际上车削时只用 35 种，车普通螺纹时用 10 种。所有这些进给量和跟它们相对应的进给变速箱及主轴变速箱手柄位置（图 1-15 和图 1-10），以及挂轮都由车床铭牌中示

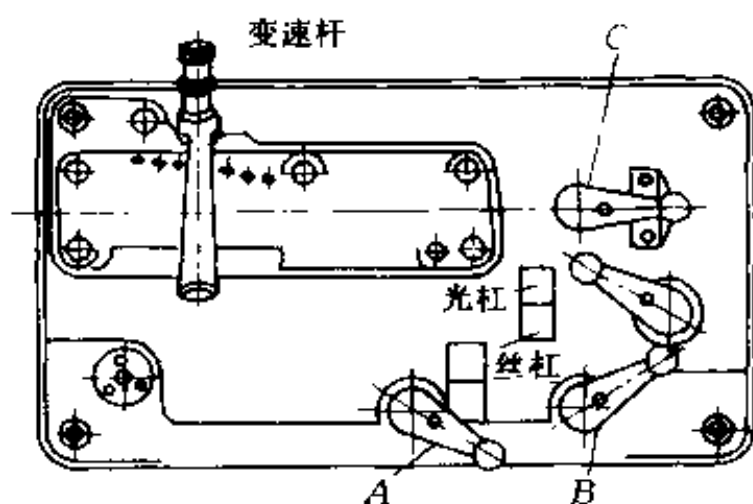


图 1-15 C620-1 型车床进给变速箱手柄位置

出。

(5) 溜板箱的传动系统

溜板箱内装有把丝杠或光杠的旋转运动变为车刀进给运动的机构,以及开关进刀机构的装置。

图 1-16 是溜板箱传动系统。在光杠 XVI 上有一个装有滑动键上跟溜板箱一起移动的齿轮 $z=40$ 。这个键沿着光杠的键槽滑动。这样溜板箱所有往后的传动链都经常和光杠连接着。

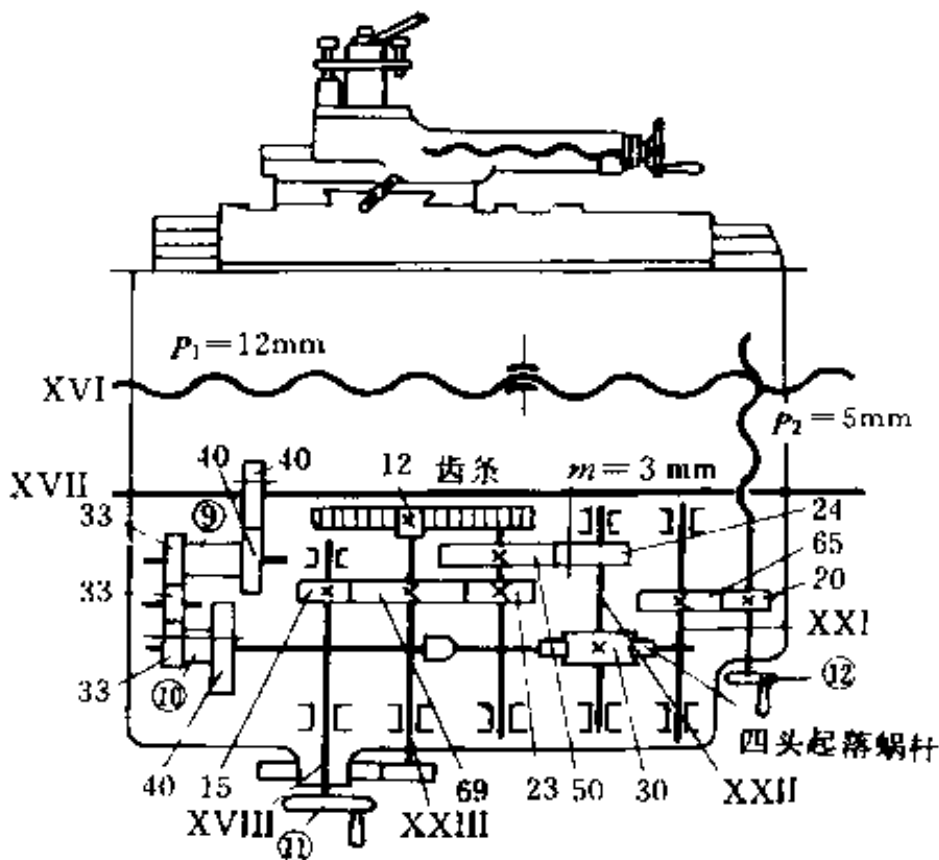


图 1-16 C620-1 型车床溜板箱的传动系统

光杠转动时,带动齿轮 $z=40$ 旋转,从齿轮 $z=40$ 经过双联齿轮⑨的齿轮 $z=40$ 和 $z=33$ 以及中间轮 $z=33$ 和双联齿轮⑩左端的齿轮 $z=33$,经万向联轴器带动四头起落蜗杆旋转。如果⑩移至右面,则 $z=40$ 的齿轮与⑨上的 $z=40$ 齿轮啮

合,四头蜗杆就向反方向旋转。

四头蜗杆带动装在轴 XXI 上的蜗轮 $z=30$ 。这根轴上装有可沿轴 XXII 的花键部分移动的齿轮 $z=24$,使它跟齿轮 $z=50$ 啮合。齿轮 $z=23$ 也旋转,由齿轮 $z=23$ 带动装在轴 XXII 上的齿轮 $z=69$ 和 $z=12$ 。齿轮 $z=12$ 沿着固定在床身上的齿条滚动,这样就使纵滑板作自动纵向进给。也可以用手转动手轮 11,经过 $z=15$ 和 $z=69$,带动 $z=12$ 的齿轮,使纵滑板纵向移动。

如果把 XXII 轴上 $z=24$ 的齿轮与 XXI 轴上 $z=65$ 啮合,那么 $z=20$ 的齿轮和横向丝杠就转动作自动横向进给。

纵向自动进给的进给量可用下面方法计算:

$$\begin{aligned} & \frac{50}{50} \times \frac{38}{38} \times \frac{38}{38} \times \frac{42}{100} \times \frac{25}{36} \times \frac{32}{34} \\ & \times \frac{34}{28} \times \frac{25}{36} \times \frac{36}{25} \times \frac{28}{56} \times \frac{28}{56} \\ & \times \frac{28}{56} \times \frac{40}{40} \times \frac{40}{40} \times \frac{4}{30} \times \frac{24}{50} \\ & \times \frac{23}{69} \times \pi \times 12 \times 3 = 0.1\text{mm/r} \end{aligned}$$

溜板箱外面的手柄 13(见图 1-7)是操纵双联齿轮⑩的(图 1-16)用来改变自动进给的方向,手柄 15(见图 1-7)是操纵轴 XXII 上 $z=24$ 齿轮的用来脱开或接上纵、横向进给的,手柄 16(见图 1-7)是操纵四头蜗杆与蜗轮啮合和脱开的。

纵滑板手轮处有一刻度盘,每一小格代表车刀纵向移动 1mm。车螺纹时手柄 15 应放在空档位置,应用开合螺母手柄 17(见图 1-7),使开合螺母与丝杠啮合或分离。图 1-17 是开

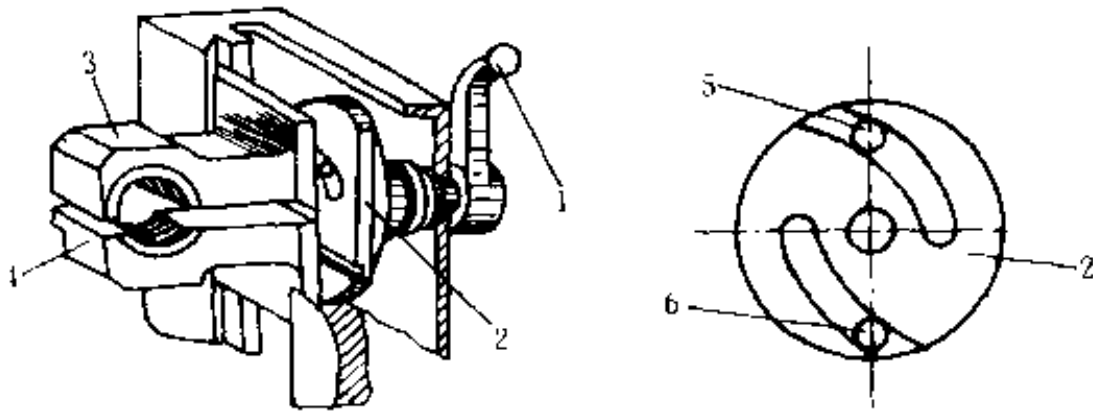


图 1-17 开合螺母

1—手柄；2—偏心槽座；3—上半螺母；
4—下半螺母；5,6—销

合螺母结构。

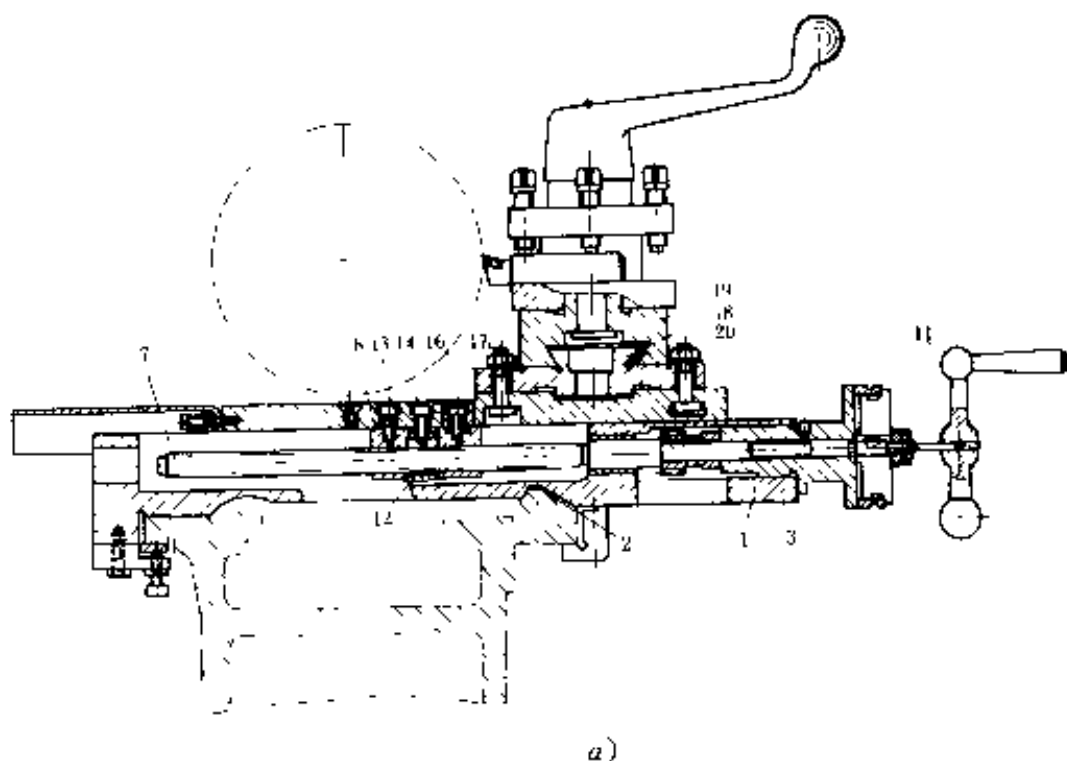
(6) 滑板

图 1-18 是 C620-1 型车床的滑板部分。1 是纵滑板，它安装在床身导轨 2 上，可作纵向移动，溜板箱用螺钉拧紧在滑板的底平面 3 上。

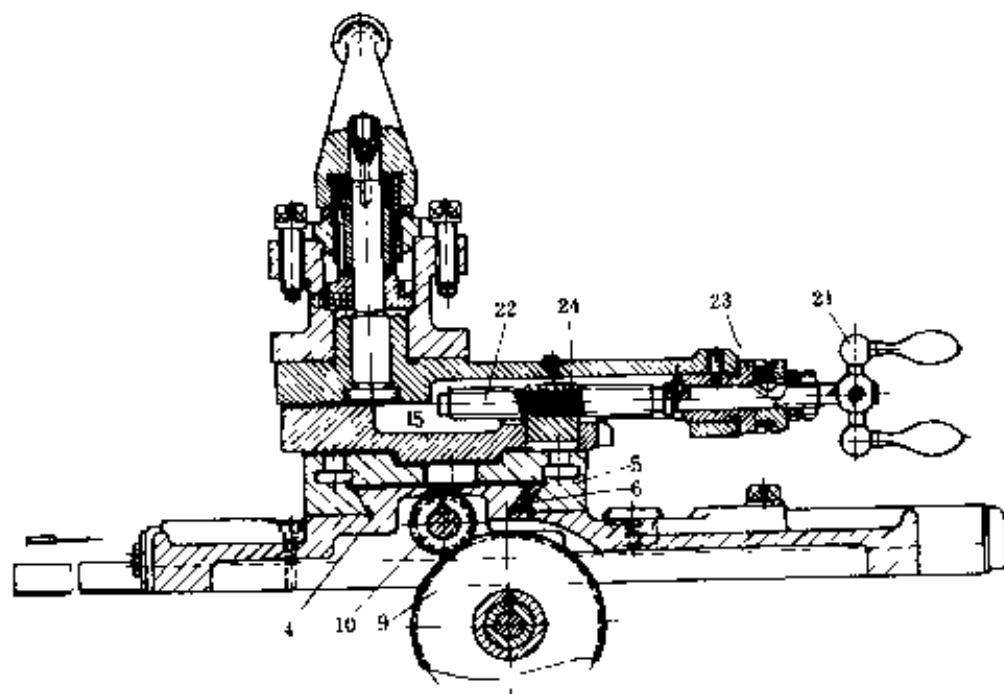
横滑板在纵滑板上的燕尾形导轨 4(见图 1-18b)上作横向移动，它依靠丝杠 7 和螺母 8 来进行，可用手摇动手柄 11 来进行或经过溜板箱中齿数 $z=65$ 的齿轮 9 和 $z=20$ 的齿轮 10 来传动丝杠。

丝杠 7 转动时，螺母 8 的移动带动了横滑板。在滑板中部，横滑板 5 上面车有 T 形沟槽，横滑板中间转动部分 16 的圆柱形凸部 15 就放在沟槽里。16 用两个螺钉 17 紧固着，螺钉的头部嵌在沟槽中。

斜滑板是利用它下面转盘上的凸台 15，安放在横滑板的凹槽中，并用横滑板 T 形槽内的螺钉 17 紧固，斜滑板用作较短距离的纵向进给松开螺钉 17，回转转盘，并紧固在需要的角度位置便可用斜滑板来加工锥体。



a)



b)

图 1-18 C620-1 型车床的滑板部分

- 1—纵滑板； 2—床身导轨； 3—底平面； 4,18—燕尾导轨； 5—横滑板；
 6,20 塞铁； 7—横滑板丝杠； 8,24 螺母； 9—齿轮(65)； 10—齿轮(20)；
 11,21—手柄； 12—螺距调整块； 13,14,17—螺钉； 15,16 转盘；
 19—斜滑板； 22—小螺杆； 23—刻度

(7) 方刀架

方刀架（图 1-19）是装在斜滑板的中心立轴 8 上，凸块 15 与用单向爪形离合器和它相配合的套筒 12 都是装在立轴 8 上，并装有弹簧 7。套筒 12 是用花键和套筒 11 相配合的，并用销子将套筒 11 固定在手柄 10 上。而手柄 10 又和立轴 8 用螺纹配合，可固定在一起。在方刀架内设有两个定位装置，一是定位销子 3 和弹簧 4，另一是滚珠 16 和弹簧 14 及其调整螺钉 13。方刀架上固定有法兰盘 5，其上有垫圈 6，可用其厚度来调整手柄 10 在压紧方刀架时的位置。

当方刀架转位时，可将手柄 10 作逆时针方向旋转，以放

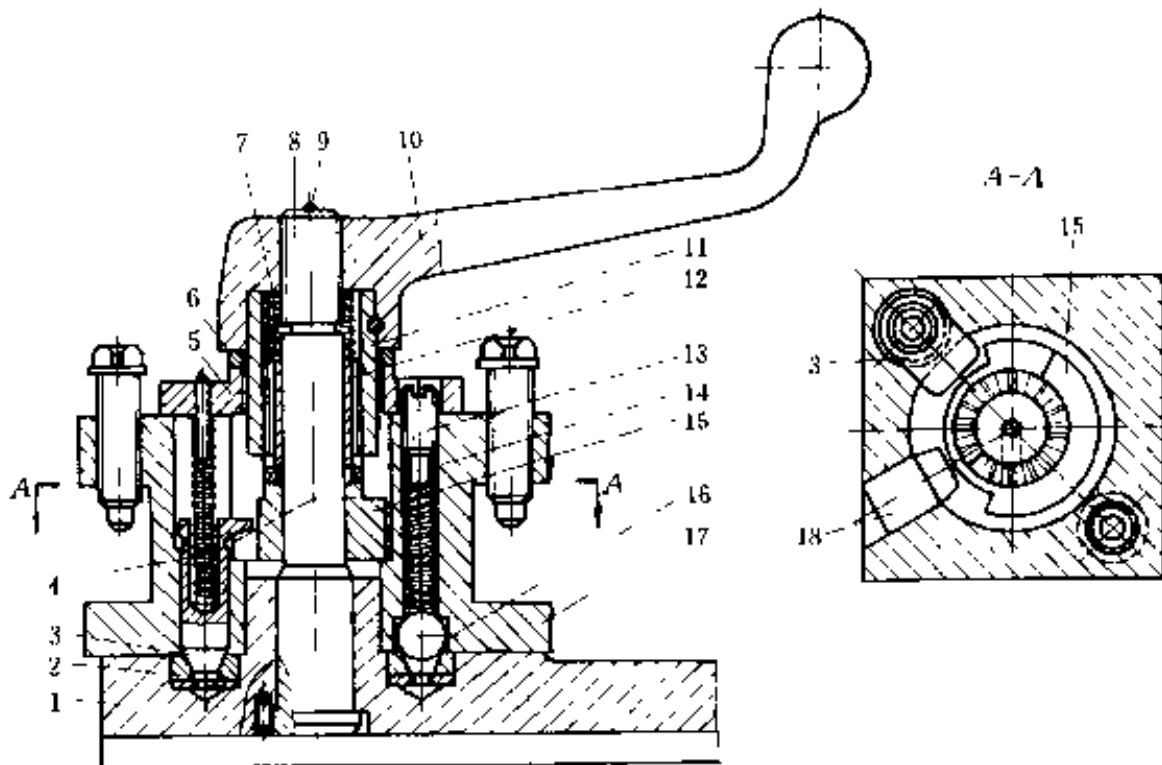


图 1-19 C620-1 型车床的方刀架

- 1-斜滑板； 2-定位孔； 3-定位销； 4,7,14-弹簧； 5-法兰盘；
6 垫圈； 8 立轴； 9-油眼； 10-手柄； 11,12-套筒； 13-螺钉；
15-凸块； 16-滚子； 17-方刀架； 18-销

松方刀架,并通过套筒 11 带动套筒 12,使凸块与销 18 相碰,即可带动方刀架一同转动。当转至所要求的位置后,先由滚子 16 作粗略的定位,并将手柄作顺时针方向旋转,直到凸块 15 上的斜面离开定位销,这时定位销 3 受弹簧 4 的压力作用而进入定位孔中,将方刀架精确地定位于斜滑板上。此时,手柄 10 仍要继续按同一方向旋转,主凸块的另一面与销 18 相碰时,凸块 15 不能随手柄转动,但由于套筒 12 和凸块 15 是用单向爪形离合器连接的,所以套筒 12 仍可随手柄旋转,直至手柄 10 将方刀架压紧为止。

立轴上的油孔 9 作加油润滑方刀架内各零件之用。

(8) 尾座

尾座 4 装在底板 3 上(图 1-20),底板 3 可以用两个螺栓 2 和压板 1 牢牢地固定在床身导轨上。用螺杆 15 可以使尾座主体 4 对底板作横向移动。它们的相对位置可以根据主体 4 和底板 3 右侧加工过的平面上的刻线重合情况来确定。

后顶尖 6 插在后顶尖套筒 8 的锥孔内,用手动手轮 11 经过丝杠 10 和压在顶尖筒套里的螺母 9 可使顶尖套筒移动,丝杠 10 的头部有凸出部分 7,当顶尖完全退入床尾座时,它就把后顶尖 6 顶出。

手柄 12 用来使顶尖套筒固定在工作位置上,拉紧两个夹紧套筒用的螺母 13 和 14,夹紧套筒的圆弧面就能把后顶尖固定。

6. C620-1 型车床的调整

(1) 有关配合的间隙调整

1) 主轴轴承径向和轴向间隙的调整

车削时工件如果因主轴径向间隙过大而产生振动,就必

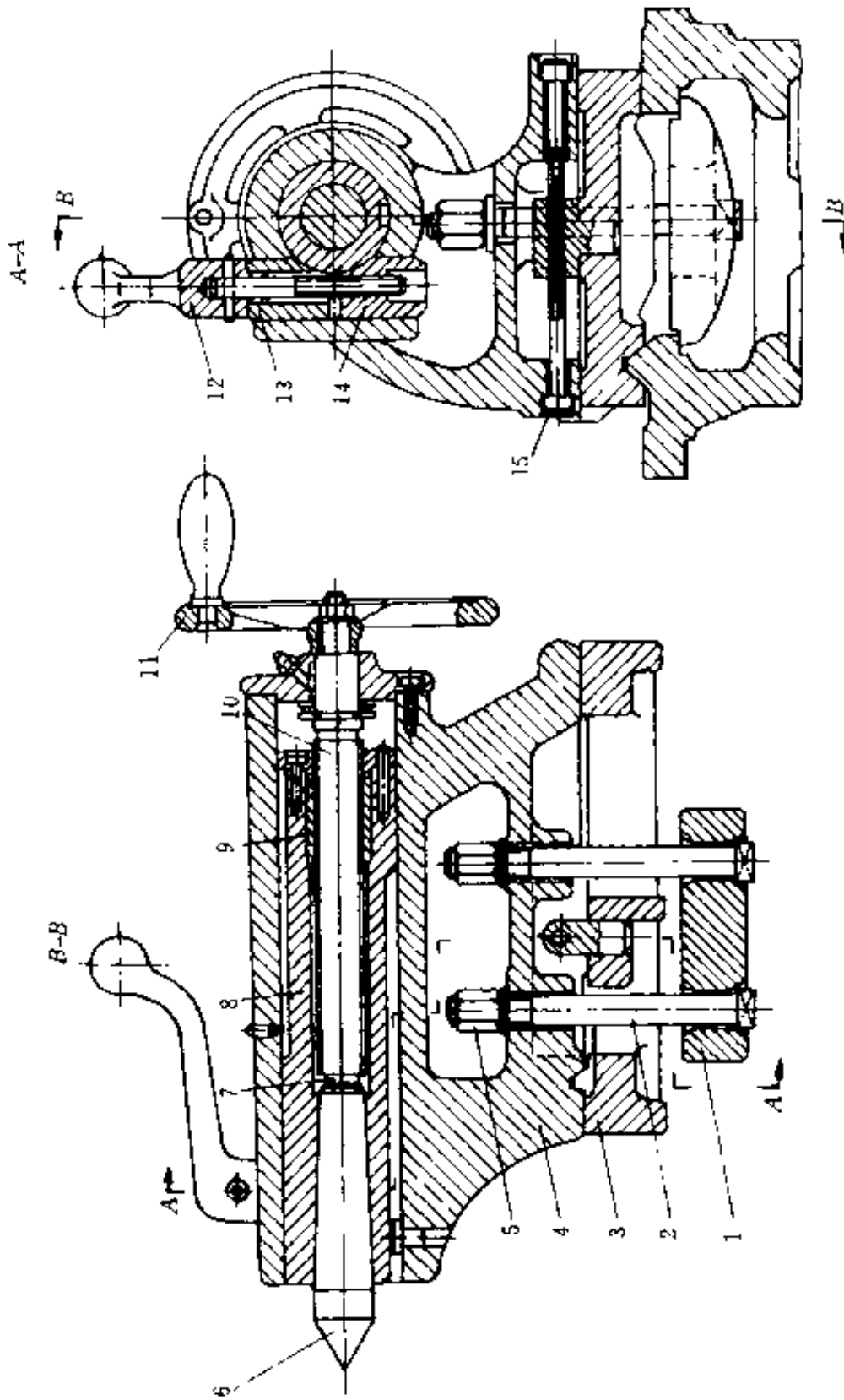


图 1-20 尾座

1—压板；2—螺栓；3—底板；4 尾座主体；5、9—螺母；6—后顶尖；7—丝杠头部；8—套筒；
10 丝杠；11—手轮；12—锁紧手柄；13、14 上下锁紧螺母；15—调整螺钉

须对主轴前轴承进行调整。调整时松开固定螺钉(见图1-11)后,转动调整螺母,使座圈向右移动。这时由于轴颈的锥度,使轴承内圈向右移动而产生弹性变形增大,减小了轴承径向间隙,一般调整至用手转动卡盘无阻滞现象即可,最后应把固定螺钉拧紧,防止调整螺母松动。

如果车削时由于主轴轴向间隙过大而产生端面车削不平等现象时,则必须将主轴的后轴承的轴向间隙进行调整。调整时可以用转动螺母12来进行,方法基本同上。

2) 纵、横、斜滑板塞铁的调整

纵、横、斜滑板塞铁太松,会造成切削时发生振动;太紧,会使操作费力,并使摩擦面过早磨损。

调整纵滑板时,拧松锁紧螺母5(图1-21),适当支紧调节螺钉6,并用手摇动纵滑板,感觉轻便无阻滞现象就可以了。然后拧紧锁紧螺母。

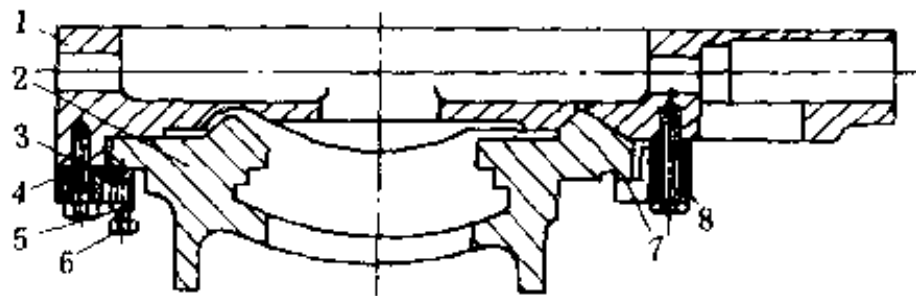


图1-21 纵滑板塞铁的调整

1—纵滑板; 2—床身; 3—塞铁; 4—外侧压板; 5—螺母;
6—螺钉; 7—内侧压板; 8—吊紧螺钉

调整横滑板塞铁时,要先旋松小端螺钉,稍拧紧大端螺钉,以使塞铁6(见图1-18b)推进,减少间隙。

调整斜滑板塞铁与调整横滑板塞铁基本相同。

3) 横滑板丝杠与螺母的间隙调整

横滑板丝杠经过长时期使用以后,由于磨损会产生一定

的间隙,影响工件加工时尺寸精度,并容易引起扎刀现象。

调整时,先将前螺母的螺钉拧松(图 1-22),然后将中间斜铁螺钉拧紧,把斜铁向上拉,直至手柄摇动轻便,间隙又在 $1/20$ 转左右为止,然后拧紧前螺母的螺钉。

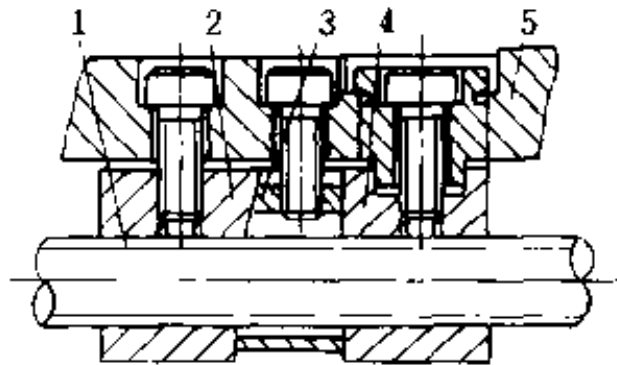


图 1-22 横滑板丝杠螺母之间间隙的调整

1 横滑板丝杠;2 前螺母;3 斜铁;
4—后螺母;5—横滑板

4) 丝杠轴向间隙(窜动)的调整

长丝杠轴向窜动直接影响螺纹的加工精度,如车出的螺纹螺距不等距等现象。

调整时,适当拧紧螺母 4(图 1-23)即可。

5) 开合螺母塞铁的间隙调整

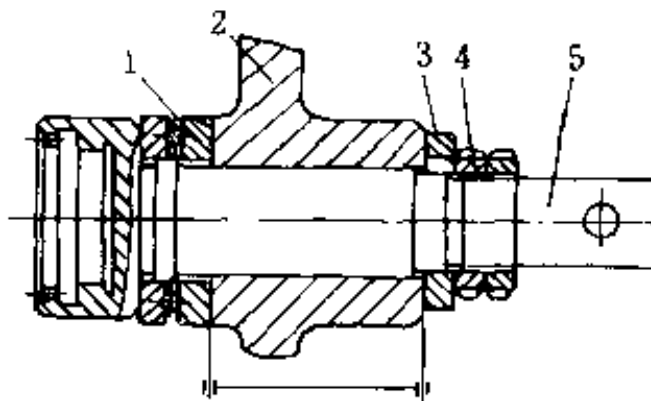


图 1-23 丝杠轴向窜动间隙的调整

1 推力轴承;2 进给箱体;3 垫圈;
4—螺母;5—丝杠连接轴

车削螺纹时,开合螺母塞铁间隙过大时,即燕尾槽配合太松,会影响加工精度。

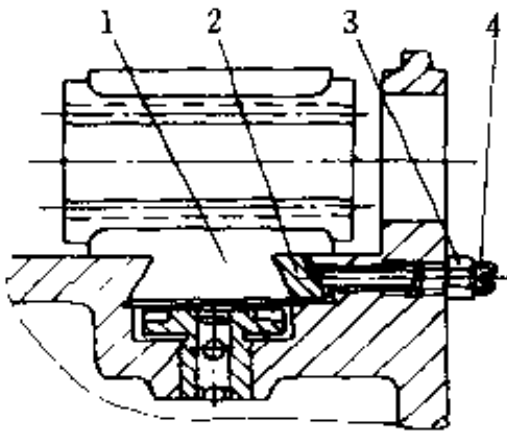


图 1-24 开合螺母的调整

- 1 开合螺母体; 2-塞铁;
- 3 锁紧螺母; 4-调节螺钉

调整时,松开锁紧螺母 3 (图 1-24),调整调节螺钉 4 至适当紧松,使开合螺母在燕尾槽中滑动轻便平稳,无阻滞现象即可,然后拧紧锁紧螺母 3。

(2) 动力传递机构的调整

1) 主电动机 V 带松紧的调整

V 带过松不能有效地传递功率,并且在皮带太松时会打击罩壳,发出难听的声音,当然也不能太紧,调整时,只要旋转调节螺母调整电动机底座的位置,使皮带至适当紧松即可。

2) 主轴变速箱中摩擦离合器的调整

主轴变速箱的离合器的摩擦片之间如有打滑现象,可使车床传递的动力显得不足,开车时起动慢,切削时实际转速低

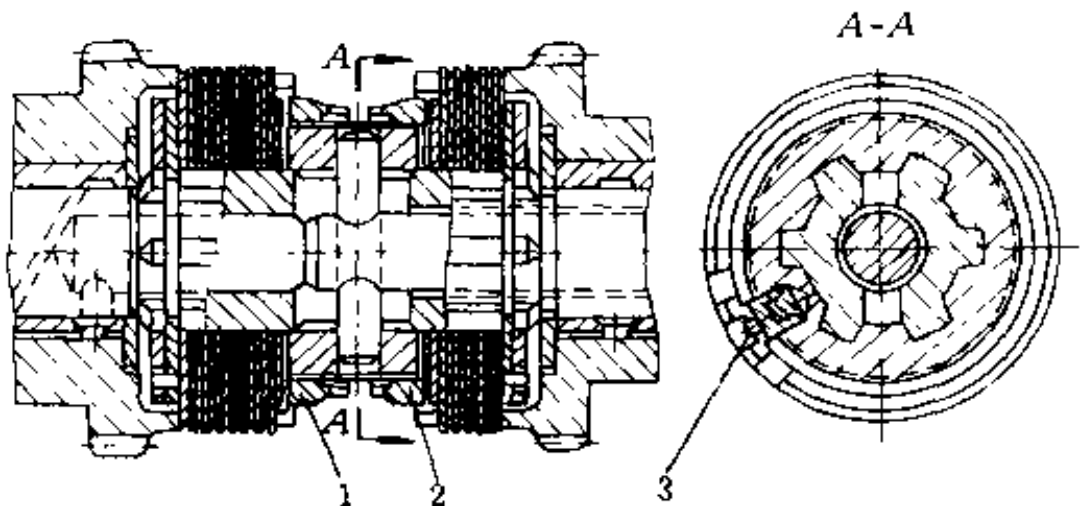


图 1-25 摩擦离合器的调整

- 1,2-锁紧螺母; 3-定位销

于铭牌上规定转速。若切削功率过大,会产生闷车现象。但如果太紧,则上离合器时太费力或根本不能上,甚至会损坏操纵机构中零件。

调整时,若正转离合器太松,可以用锁紧螺母来调节,先将定位销 3 揷入圆孔内(图 1-25)。旋动左边锁紧螺母 1,2,使其向左移动距离。太紧时,可使锁紧螺母 1,2 向右移动距离。

如果倒转时太松或太紧,则可分别使锁紧螺母 1,2 相应地向右或向左移动一些。调整后到松紧合适后,应将定位销弹出至螺母的圆弧形缺口中固定锁紧螺母的位置。

3) 脱落蜗杆的调整

脱落蜗杆太紧,车削过程中遇到障碍时,不会自行脱落。太松时,切削力稍有增加就自行脱落,影响生产的正常进行。

调整时拧紧螺母 11(图 1-26),调节弹簧 10 的压力就可

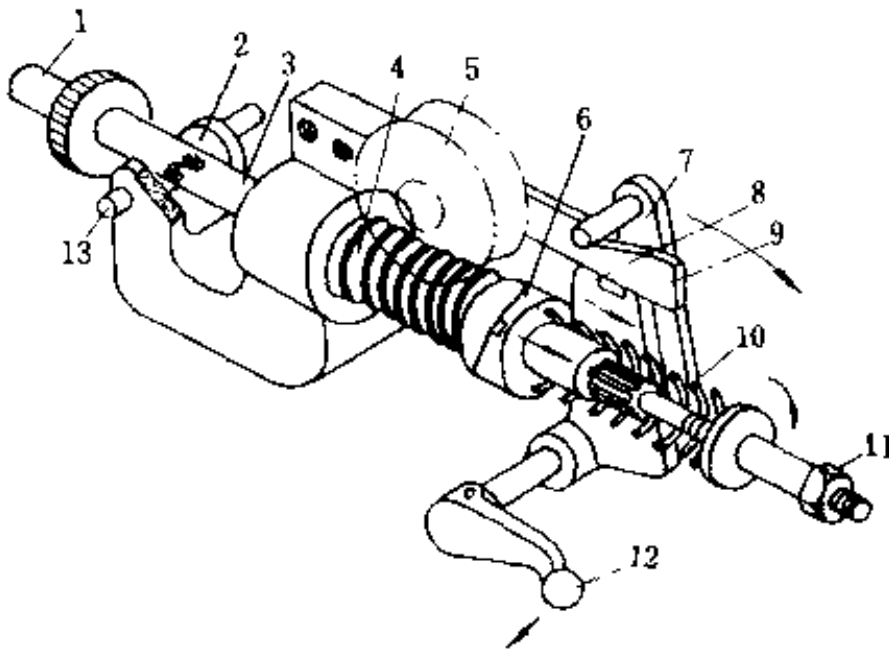


图 1-26 脱落蜗杆的调整

- 1 输入轴; 2- 方向接头; 3- 蜗杆轴; 4- 蜗杆; 5- 蜗轮;
6- 离合器; 7- 压杆; 8 杠杆; 9- 支架; 10- 压缩弹簧;
11- 调节螺母; 12- 手柄; 13- 铰链

以达到要求。

(3) 其他部件的调整

1) 制动器的调整

主轴变速箱中装有钢带式制动器,其作用是当需要停止主轴转动时,制动器能克服主轴的旋转惯性,使主轴停止转动,以利提高生产效率。

制动器太松时,主轴不能很快停止转动。但太紧时,由于摩擦增加会烧坏制动带。调整制动器钢带的松紧程度时,可先将箱体外锁紧螺母 4 松开(图 1-27),旋转螺母 3 调整调节螺杆 5,就可以达到。调整完毕,最后拧紧锁紧螺母 4。

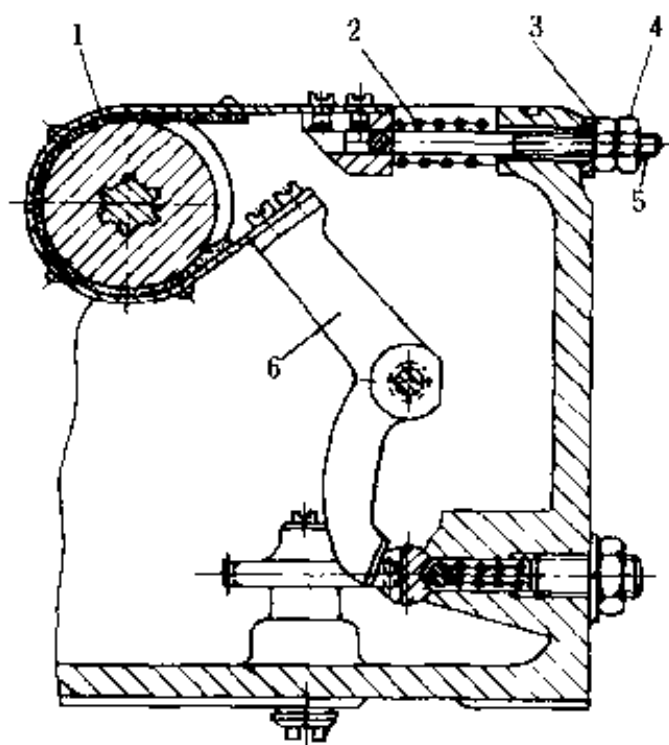


图 1-27 制动器的调整方法

1—制动带; 2—弹簧; 3,4—螺母;
5—调节螺杆; 6—杠杆

2) 横滑板丝杠刻度盘的调整

横滑板丝杠刻度盘太松,当摇动手柄时刻度盘会随即走

动,也就是不完全跟手柄同步转动,这样就难以读准刻度。如果太紧,刻线格数不易调整。

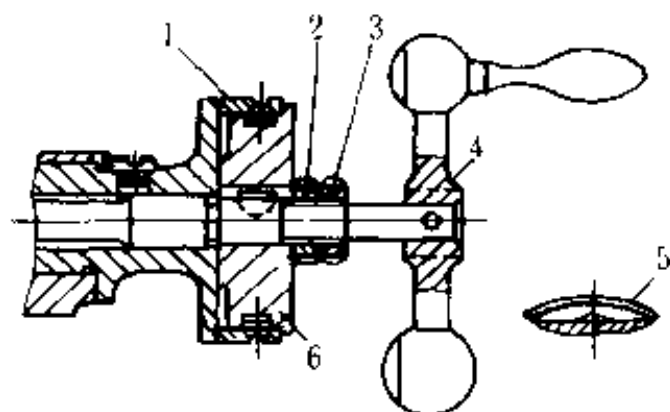


图 1-28 横滑板丝杠刻度盘的调整

1 刻度盘; 2—调节螺母; 3—锁紧螺母;
4—丝杠; 5—弹簧片; 6—圆盘

正确调整方法是,拧松锁紧螺母 3(图 1-28),调整调节螺母 2 在横滑板丝杠上的位置。当刻度盘过松时,可先拧松锁紧螺母 3 和调节螺母 2。拉出圆盘,把弹簧片扭弯些,增加它的弹性力,随后适当拧紧调节螺母 2,再拧紧锁紧螺母 3,减小刻度盘转动间隙。当刻度盘过紧时,则可松开调节螺母 2,使刻度盘转动时间隙相应增大,然后再拧紧锁紧螺母 3。

二、车床切削基本知识

1. 切削运动和工件的加工表面

① 车削加工的切削运动,由两种基本运动组合而成的,如图 1-29 所示。

主运动——将切屑切下来所需要的最基本的运动,如车削时工件的旋转运动。通常主运动消耗切削功率的大部分。

辅助运动(进给运动)——使新的金属投入切削的运动,车削时的车刀直线进给运动,进给运动通常只消耗切削功率

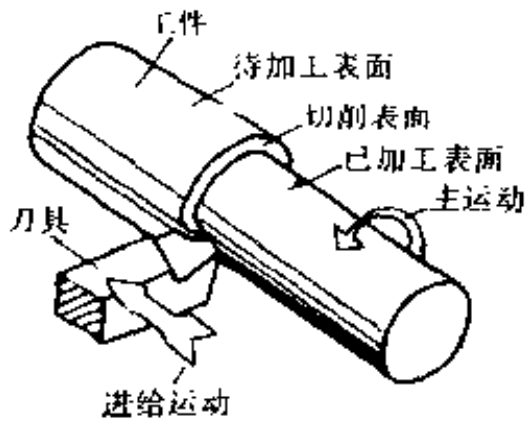


图 1-29 车削运动和加工表面

的小部分。常见切削运动组合基本有八类,见表 1-11。

② 工件上加工表面分类见表 1-12。

在切削运动作用下,工件上的切削层不断地被车刀切去并转变为切屑,从而加工出所需要的新的表面,在这一表面

形成的过程中,工件上有三个不断变化着的表面,如表 1-12。

表 1-11 常见切削加工运动及典型加工实例

类别	运动形式	典型加工实例
第 1 类	一个直线运动	刨削、拉削、插削
第 2 类	二个直线运动	锯削、仿形刨削
第 3 类	一个回转运动	圆盘拉刀拉削
第 4 类	一个回转运动和一个直线运动	车削、铣削、钻削、螺纹车削等等
第 5 类	二个回转运动	铣削圆柱表面
第 6 类	一个直线运动和一个回转运动	铲背车削和平面磨削
第 7 类	二个回转运动和一个直线运动	外、内圆磨削、滚齿轮、铣螺旋槽
第 8 类	三个回转运动	弧齿锥齿轮铣削

表 1-12 工件加工时的三个表面

待加工表面	即将被切去金属层的表面
切削表面	工件上由切削刀正在切削的表面
已加工表面	已经切去切屑而形成的新表面

2. 切削过程的基本规律

(1) 切削过程中被切削金属材料的变形

金属切削过程实质上是被切削金属层在刀具前刀面的推

挤作用下,产生剪切滑移变形的过程,切削过程中金属材料的变形大致发生在如下三个区域内,如图 1-30a 所示:

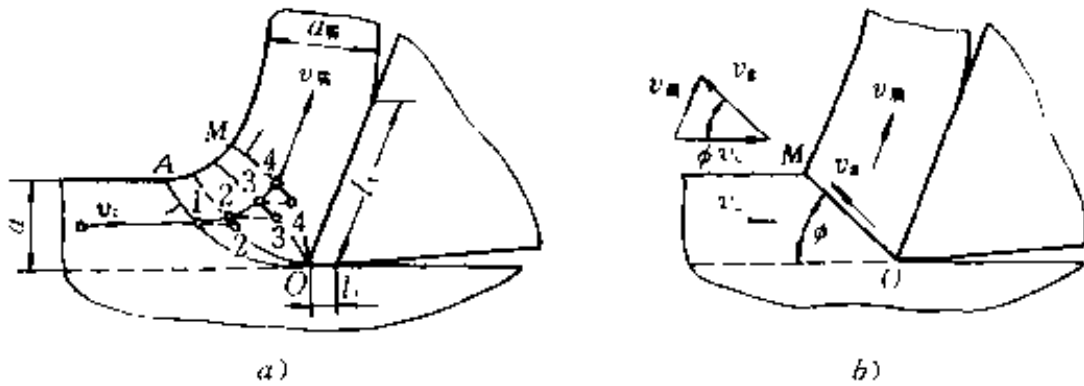


图 1-30 切屑的形成过程

第一变形区——晶粒剪切滑移的区域(OAM);

第二变形区——前刀面与切屑的接触区域(l_1);

第三变形区——后刀面与工件的接触区域(l_c)。

剪切角 ϕ 是由切削速度 v_c 、剪切速度 v_s 、切屑流动速度 v_{ch} 决定的,见图 1-30b。

1) 切屑的形态

见表 1-13。

2) 切屑的收缩

经过滑移变形后形成的切屑,其外形尺寸变得比原来的切削层短而厚(宽度基本不变)。这种现象称为切屑收缩(如图 1-31),所以切屑收缩的程度用变形因数 K 表示:

$$K = \frac{l}{l_c} = \frac{a_c}{a}$$

式中 l, a 分别表示切削层的长度和厚度, l_c, a_c 分别表示切屑的长度和厚度。切屑变形因数与切削力、切削温度和加工表面

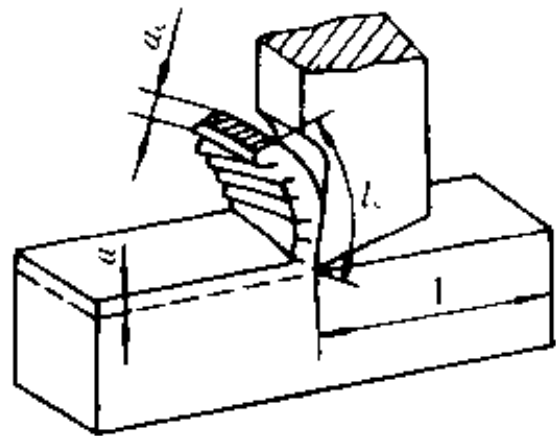





图 1-31 切屑的收缩

表 1-13 切屑形态特点及产生条件

切屑形态	特点	产生原因及条件
带状切屑 	切屑为连绵不断的带状或螺旋状,其与前刀面接触的底面比较光洁,上表面无明显的裂纹,呈毛茸状。 形成带状切屑时,切削过程比较平稳,切削力波动小,加工表面粗糙度较好。但在高速连续切削时需采取断屑措施	在终剪切面上的剪应力未达到工件材料的断裂强度。 工件材料塑性好(如软钢、铝等),切削速度高,切削厚度薄,前角大时最易形成带状切屑
节状切屑 	切屑是连续的,但在切屑的上表面及两侧都有裂缝,仅底层连在一起。 形成节状切屑时,切削力波动比带状切屑大,加工表面粗糙度较差	在终剪切面上靠近切屑上表面处的剪应力达到了工件材料的断裂强度。 因前角较小的刀具,以较低的切削速度、大进给切削塑性较差的材料(如硬钢)时,易形成节状切屑
粒状切屑 	切屑呈分离的颗粒状。 形成粒状切屑时,切削力波动很大,加工表面粗糙度显著增大,切削过程不够顺利	在整个终剪切面上剪应力都达到了工件材料的断裂强度,裂纹贯穿了切屑的横断面。 粒状切屑较少见,用小前角刀具低速切削粗晶粒金属时有可能出现
崩碎切屑 	切屑呈不规则的碎块状。 形成崩碎切屑时,切削力波动很大,并且负荷集中在切削刃附近,对加工表面粗糙度及刀具耐用度很不利	切削脆性金属(如铸铁、青铜等)时,由于工件塑性变形极小,因此当切削刃切入工件时,切削层材料尚在弹性变形状态中或发生不大的塑性变形后,其内应力已达到材料的断裂强度,随即崩碎为切屑

注: 1. 表列只是切屑的大致分类,在实际生产中还有介于这四种切屑之间的过渡形态。

2. 对每一种金属材料来说,塑性不是固有不变的性质,在不同的切削条件下,同一种材料会呈现出不同的塑性。因此,随着切削条件的变化,切屑会由一种形态向另一种形态转变,通常刀具的前角越大,切削速度越高,切削厚度越薄,则切屑就可能由粒状甚至是崩碎状向节状或带状转变。

表 1-14 影响切屑变形的因素

影响因素	说 明
工件材料	材料的强度,硬度越高,塑性越小,则变形越小
刀具前角	前角增大,则变形减小
切削速度	在无积屑瘤生成的较高切削速度范围内,切削速度越高,则变形越小;在有积屑瘤存在的低、中速范围内,切削速度的增大或减小都会影响积屑瘤的高度,积屑瘤高度增大时,切屑变形减小,反之则变形增大
切削厚度	切削厚度增大(相当于进给量或刀具主偏角的增大),则变形减小
切削液	切削液的润滑效果越好,则切屑变形越小

粗糙度有关。在其他条件不变时,切屑变形因数越大,切削力越大,切削温度越高,能达到的表面粗糙度越差。影响切屑变形的因素见表 1-14。

(2) 切削力

在切削过程中,为了克服金属材料的变形抗力及前、后刀面上的摩擦阻力,刀具必然要受到一个作用力,即为切削合力 F 。由于切削合力的方向及大小都要随着切削条件的变化而变化,故实用上必须将其分解成几个具有既定方向的切削分力,以便测量及适应机床、夹具、刀具的设计和使用的需要,平常所说的切削力就是指这些切削分力。

① 切削合力和分力见表 1-15。

② 影响切削力的因素见表 1-16。

表 1-15 各切削力的说明

小 图		
切 削 分 力		说 明
主 切 削 力	F_t	切削合力 F 在主运动方向的分力, 又称切向分力。它与切削速度方向一致, 在切削过程中做功最多, 占总切削功率的 90% 以上。 F_t 是计算机床动力、设备的强度及刚度的基本数据
轴向切削分力	F_f	车外圆时, F_f 作用在机床的进给机构上, 是设计进给机构必需的数据
径向切削分力	F_p	车外圆时, F_p 作用在机床及工件刚性最差的方向, 容易引起切削振动和工件弯曲变形, 影响加工精度及工件表面质量

注: 1. 切削合力 F 与三分力的关系为

$$F = \sqrt{F_t^2 + F_p^2 + F_f^2}$$

2. F_D 为 F_t 与 F_p 的合力, 称为法向力。当 $a_p \gg f$, 并且刀尖圆弧半径 r_n 及刃倾角 λ 又不大时, 切削合力 F 将近似地落在工件回转轴线的正交平面内, 则 F_t 及 F_p 与 F_D 之间有如下的近似关系,

$$F_t \approx F_D \sin \kappa_r$$

$$F_p \approx F_D \cos \kappa_r$$

即比值 F_p/F 将决定于主偏角 κ_r 的大小。

3. 切削合力 F 与主切削力 F_t 之间的夹角 κ_r , 将随切削条件的变化而变化。当切削厚度愈薄或后刀面磨损愈大时, κ_r 角也愈大, 其变化范围一般在 $10^\circ \sim 65^\circ$ 内。

表 1-16 影响切削力因素的说明

影 响 因 素	说 明
1. 件 材 料	材料的强度,硬度愈高或加工硬化倾向越大,则切削力也越大,工件材料中含有易切削元素(如:钢材中的少量硫、磷、铅、钙等)时,可减小切削力
切 削 速 度	切削速度是通过影响切屑变形程度来影响切削力。切屑变形大时,切削力增大
进 给 量 及 背 吃 刀 量	进给量及背吃刀量增大,均使切削面积成正比增大,故切削力也随之增大,但两者的影响程度不同。背吃刀量增大时,切屑变形程度不变,切削力成正比增大,而进给量增大时,切屑的平均变形有所减小,因而切削力并不成正比增大。一般进给量增大一倍,切削力仅增大 68%~86%
前 角	前角越大,切屑变形减小,切削力也越小,并且前角对 F_T 及 F_p 的影响要比对 F_c 的影响大,当切削速度较高时,前角对切削力的影响相对较小
主 偏 角	切削塑性金属时,在 $\kappa_r < 60^\circ \sim 75^\circ$ 范围内,主偏角越大,则主切削力减小,但当 $\kappa_r > 60^\circ \sim 75^\circ$ 后,再继续增大主偏角,则由于刀尖圆弧刃的影响,主切削力将上升。切削脆性金属时,当 $\kappa_r > 45^\circ$ 后,主切削力基本不变,主偏角对 F_T 及 F_p 的影响,由近似关系式 $F_T \approx F_D \sin \kappa_r$, $F_p \approx F_D \cos \kappa_r$ 看出,即 κ_r 增大,则 F_T 增大, F_p 减小
刀 倾 角	当 λ_s 在 $10^\circ \sim 15^\circ$ 范围内变动时,主切削力基本不变,但当 λ_s 减小时, F_p 增大, F_T 减小
刀 尖 圆 弧 半 径	刀尖圆弧半径对主切削力影响不大,但当刀尖圆弧半径增大时,则 F_p 增大, F_T 减小
刀 具 磨 损	刀具磨损越严重,则切削力增大,其中 F_p 增大最显著
切 削 液	切削液润滑性能越好,则切削力越小

(3) 切削热及切削温度

切削时,工件、刀具温度升高,切屑烫手,这说明切削过程有热产生,切削热的来源见图 1-32。

切削过程中所消耗的功的绝大部分将转化成热量,即切

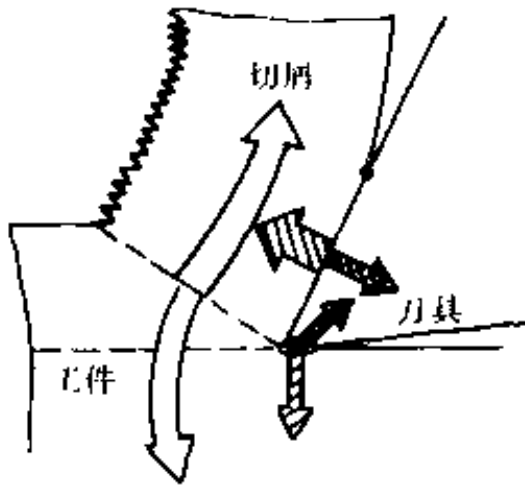


图 1-32 切削热的来源

削热。切削热的产生将使切削区的温度上升,切屑变色。切削温度在切削区的分布是不均匀的,通常所说的切削温度是指平均温度(见表 1-17)。

1) 切削热的来源

① 金属在切削过程中,由于被切层产生变形,形成切屑而需要克服工件材料内部的摩擦(称为内摩擦)。

② 切屑与刀具前面之间的摩擦及刀具后面与工件切削表面之间的摩擦(称为外摩擦)。

切削热是由内摩擦与外摩擦两个因素产生的。切削热的大小取决于切削时的切屑变形程度。切削塑性材料时以内摩擦因素为主,如果被切层变形越大,则内摩擦越剧烈,所产生的切削热相应也就越多。切削脆性材料时,由于被切层变形较小,即内摩擦较小,同时切屑呈崩碎状,它与刀具前面之间的摩擦较小,此时以刀具主后面与工件切削表面之间的外摩擦为主,则产生的切削热比切削塑性材料少得多。

2) 切削热的扩散

切削时产生的切削热通过切屑、工件、刀具和周围介质(如切削液或空气)扩散出去。

从表 1-18 可知,各方面产生与扩散的热量比是不相等

表 1-17 切削碳素钢或低合金钢时切屑颜色
与平均切削温度的关系

切 屑 颜 色			平均切削温度 (°C)
银	白	色	<200
淡	黄	色	220
暗	黄	色	240
绛	红	色	270
暗	蓝	色	290
蓝		色	320
蓝	灰	色	350
灰	白	色	400
紫	黑	色	>500

表 1-18 切削热的扩散比例

加工方法	散 热 比 例			
	切 屑	工 件	刀 具	介 质 (切削液或空气)
车 削	50%~86%	40%~10%	9%~3%	3%~1%
钻 削	30%~28%	20%~14%	55%~52%	3%~0.5%

的,随具体加工条件的不同而不同。

又从表 1-18 中可知,车削时由切屑扩散的热量约占 50%以上。切削厚度越厚,切削速度越高,被切屑带走的热量也就越多。

3) 切削温度对切削加工的影响

切削温度对切削过程的影响有两重性。一方面它会带来下列一些不利的影响:

① 切削温度升高会加速刀具磨损,降低刀具耐用度。

② 刀具和工件在受热后会膨胀变形,影响加工精度,这个问题在加工有色金属或细长工件时更为突出。

3) 工件表面在与刀具后刀面接触的瞬間,温度可上升到好几百度,但在与后刀面脱离接触后温度又急剧下降,这一过程很短暂,只不过万分之几秒,对工件表面可以说是一种“热冲击”,这会使工件表面产生有害的残留张应力。在严重的情况下,很高的切削温度还会使工件表层的金相组织发生变化,造成烧伤、退火现象及网状裂纹等。

另一方面,切削温度对切削加工也有有利的一面。首先,它会使工件材料软化,易于切削。这对加工一些硬度虽很高,但高温强度并不高的材料(如一般的淬硬钢),特别有利;其次,对一些性质较脆而耐热性好的刀具材料(如硬质合金、陶瓷材料等)来说,适当的高温能改善材料的韧性,减少崩刃现象;此外,较高的切削温度也不利于积屑瘤的生成,这对减轻刀具的粘结磨损及减小工件表面粗糙度是有好处的。

实际切削加工中,对每一种刀具材料与工件材料的组合,理论上都有一个近乎恒定的最佳切削温度。在这一温度下,工件材料的强度及硬度下降较多,而刀具材料的硬度则相对地变化较小,韧性反而大大提高,这样刀具相对工件的优势增强,切削能力相对提高,刀具的相对磨损(即经过单位切削路程时刀具的磨损量)比较小。这种情况在加工难切削材料时特别明显,表1-19所列是几种难切削材料的最佳切削温度范围。

表 1-19 加工难切削材料的最佳切削温度

工 件 材 料	刀 具 材 料	
	高 速 钢	硬 质 合 金
	最 佳 切 削 温 度 (°C)	
高 强 度 钢	480~550	750~1000
不 锈 钢	280~180	500~650
高 温 合 金	425~550	750~1000
钛 合 金	480~540	650~750

1) 影响切削温度的因素(见表 1-20)

表 1-20 影响切削温度的说明

影响因素	说 明
工件材料	材料的强度、硬度愈高,导热系数愈低,则切削温度就愈高
切削速度、进给量及背吃刀量	三者中任何一个增大,都会使切削温度增高。其中切削速度对切削温度的影响最大,进给量次之,背吃刀量最小
前 角	在一定的范围内,前角增大,切削温度略有下降;但当前角增大到某一数值后,由于刀具的散热条件变差,切削温度反而会随前角的增大而上升,故前角不宜取得过大
主偏角	减小主偏角虽然会使切削力有所增大,而产生的切削热增多,但由于切削刃的工作长度及刀尖角均增大,改善了散热条件,切削温度会降低
切 削 液	切削液的冷却性能愈好,则切削温度下降愈多

(4) 刀具磨损及耐用度

刀具随着切削过程的进行必然会钝化。刀具钝化后,改变了原有的几何形状和正常的切削性能,这时必须重新刃磨或更换切削刃(可转位刀具)。刀具钝化的主要原因是:

① 磨损。这是指在切削过程中刀具表面某些部位(如前刀面和后刀面)的材料被切屑或工件逐渐带走。





② 卷刃。这是指切削过程中切削刃在高温高压下发生塑性变形。

③ 崩刃或刀片碎裂。这是指切削过程中切削刃或刀片发生脆性碎裂的先期毁损。

因为在切削过程中,工件-刀具-切屑的接触区里发生着强烈摩擦,刀具的磨损是不可避免的,所以磨损也称正常钝化;而后两种情况,特别是崩刃打刀,主要是由于刀具的设计、制造及使用不当而造成的,所以又称非正常钝化。非正常钝化使刀具切削性能过早丧失,必须尽可能地加以避免。

1) 刀具磨损的形式(见表 1-21)

表 1-21 刀具磨损形式的说明

磨损形式	说 明
<p>前刀面磨损</p> 	<p>当以较大的切削厚度($h_D > 0.1\text{mm}$)切削塑性材料时,前刀面上靠近切削刃的部位,在切屑的作用下,会磨损成月牙状凹洼,因此前刀面磨损也称月牙洼磨损。前刀面磨损的程度可用月牙洼的深度$\Delta_{前}$来衡量。在磨损的初期,随月牙洼的加深,刀具实际前角增大,使切削条件有所改善,并有利于切屑的卷曲折断。但当月牙洼进一步扩展时,切削刃强度大大削弱,最终可能与后刀面磨损汇合而造成切削刃的崩碎毁损。</p> <p>切削脆性材料,或以较低的切削速度及较薄的切削厚度切削塑性材料时,一般不会产生月牙洼磨损。</p>
<p>后刀面磨损</p> 	<p>只有用很大的切削厚度($h_D > 0.5\text{mm}$)切削塑性材料时,由于积屑瘤的存在,刀具的后刀面不与工件接触。通常后刀面都会与工件发生接触,在后刀面上形成一道后角为零的磨损带。一般在切削刃工作长度的中部,后刀面磨损比较均匀,因此后刀面的磨损程度,可用该段切削刃的后刀面磨损带宽度$\Delta_{后}$来衡量。</p> <p>磨损带的宽度$\Delta_{后}$的测量比较简便(可用带刻度的10倍放大镜对准后刀面直接测取),因此通常都用$\Delta_{后}$来表示刀具的磨损程度。$\Delta_{后}$愈大,不但会使切削力增大,引起切削振动,而且会影响刀尖圆弧处的磨损,从而影响加工精度及加工表面质量。</p>
<p>刀尖磨损</p> 	<p>系刀尖圆弧下的后刀面及邻近的副后刀面上的磨损,它是刀具主后刀面磨损的延续。由于此处的散热条件差,应力集中,故磨损速度要比后刀面快,有时在副后刀面上还会形成一系列间距等于进给量的小沟,称为沟纹磨损。它们主要是由已加工表面的硬化层及切削纹路造成的。在切削加工硬化倾向大的难切削材料时,最易引起沟纹磨损,刀尖磨损对工件表面粗糙度及加工精度影响最大。</p>
<p>边界磨损</p> 	<p>是在后刀面上相应于工件外圆处形成的磨损深沟。它是由于工件的硬皮或表面的加工硬化层引起的,在切削带硬皮的工件或难切削材料时最易发生。边界磨损不影响加工表面粗糙度,它除了增加刀具重磨工作量外,并不特别有害,但沟纹过深,则会使硬质合金刀大块地崩刃。一般采用较小的主偏角,可减轻边界磨损。</p>

2) 刀具磨损的原因(见表 1-22)

表 1-22 刀具磨损原因的说明

磨损原因	说 明
机械擦伤磨损	<p>这是由于工件材料或切屑底层的硬质点(如工件材料中的金属碳化物、积屑瘤碎片及由刀具上摩擦下来的微粒等)在刀具表面摩擦刻划,逐渐擦掉刀具表面材料而造成的磨损。</p> <p>机械擦伤磨损在各种切削速度下都存在,但在低速切削时,这是刀具磨损的主要原因。工件中的硬质点较多,工件材料硬度与刀具硬度比越高,机械擦伤磨损就越严重。</p>
粘 结 磨 损	<p>在切削温度稍高的情况下,刀具前、后刀面上的一些突出点在相对运动中,会与工件和切屑发生粘结,逐渐地被工件或切屑剪切、撕裂而带走,这就是粘结磨损。</p> <p>刀具材料与工件材料的化学亲和愈大,刀具材料的性质愈脆,材质愈不均匀,粘结磨损就愈严重。通常,硬质合金刀具在产生积屑瘤的切削速度范围内,最易产生这种磨损。</p>
相 变 磨 损	<p>各种工具钢的刀具在一定的切削温度下,刀具表面层的金相组织会由回火马氏体转变成贝氏体、托氏体或索氏体,其硬度大为下降,从而加速了刀具的磨损。通常,高速钢刀具在切削温度超过 550~620℃时,就会发生相变磨损。</p>
扩 散 磨 损	<p>在用硬质合金刀具高速切削时,切削温度可达 800℃以上,此时硬质合金中的 Co、C、W、Ti 等原子会扩散渗透到切屑和工件中去;而工件材料中的铁原子也会扩散到刀具表层来,使刀具材料的金属结构发生变化,硬度、强度下降,促使刀具迅速磨损。</p> <p>切削温度愈高,扩散速度愈快,刀具磨损也愈迅速;Ti 的扩散速度比 C、Co、W 等原子慢,所以 YT 类合金比 YG 类耐磨性好;涂层硬质合金表面沉积有 TiC 和 TiN 等较难扩散的材料,故比一般硬质合金的耐磨性更好。</p>
氧 化 磨 损	<p>当切削温度超过 700℃后,空气中的氧会与硬质合金中的化学元素发生化学反应,在刀具表面形成疏松而脆弱的氧化物(如 WO_3、TiO_2、CoO 及 Co_3O_4 等)。当这些氧化物被机械作用擦去后,刀具将被腐蚀磨损,而在刀具表面留下凹坑。</p> <p>通常,硬质合金刀具在较高的切削速度($v_c = 100 \sim 200$ m/min)下,以较大的背吃刀量及进给量切削钢材时,副后刀面最容易发生氧化磨损。</p>

3) 刀具磨损限度

如前所述,一般的刀具都可以用后刀面磨损带的宽度 $\Delta_{\text{后}}$ 的大小来表示刀具的磨损程度。当 $\Delta_{\text{后}}$ 达到一定的数值,即所谓“磨损限度”后,就必须及时换刀,刃磨或更换新的切削刃,否则刀具将迅速毁损或加工质量下降。

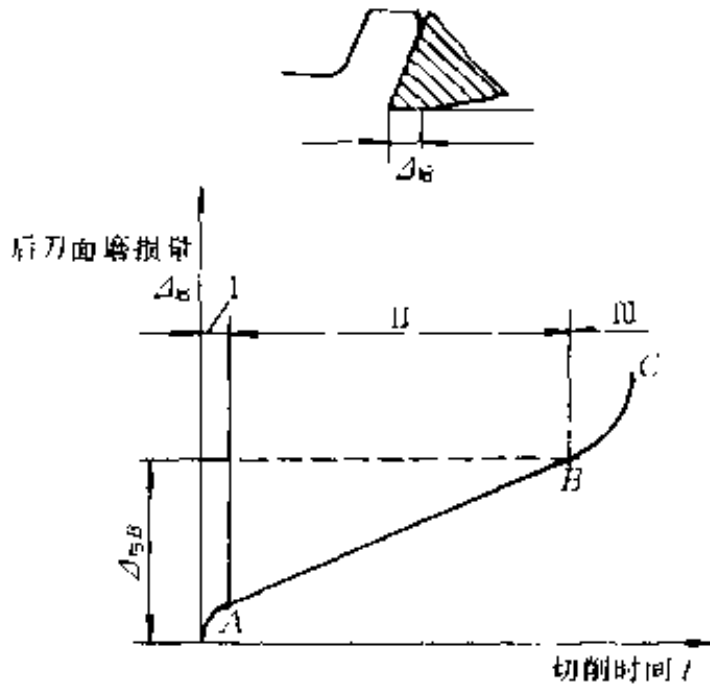


图 1-33 典型的刀具磨损曲线

几种刀具的磨损限度的参考数值。在实际生产中,直接按后刀面的磨损限度来判断刀具是否已钝化是很不方便的,因此一般也可根据切削过程中出现的一些现象来作直观判断。例如:

- ① 工件表面粗糙度开始增大;
- ② 工件的尺寸或形状误差超差;
- ③ 切屑的形状或颜色发生变化,如用硬质合金刀具切钢时,切屑的形状由带状变成节状,颜色由淡黄色或暗蓝色变成紫黑色等;
- ④ 切削时产生不正常的刺耳声音,或工件表面出现由挤压而形成的光亮痕迹;
- ⑤ 切削振动加剧等。

图 1-33 所示是典型的刀具磨损曲线。由图可见,刀具的磨损过程可分 I、II、III,即初期、正常和急剧三个磨损阶段。

表 1-23 所列是

表 1-23 所列是

表 1-23 常用车刀的磨损限度 Δ_g (mm)

刀具名称	工件材料	刀具材料			
		高速钢		硬质合金	
		粗加工	精加工	粗加工	精加工
外圆车刀	钢 材	1.5~2.0	0.3~0.5	0.8~1.0	0.5~0.6
	铸 铁	3.0~4.0	1.5~2.0	1.4~1.7	0.5~0.7
	高温合金	--	--	0.6~0.8	0.2~0.4
切 断 刀	钢 材	0.8~1.0		0.8~1.0	
	铸 铁	1.5~2.0		0.8~1.0	
钻 头	$D \leq 10$	钢 材	0.4~0.7		--
		铸 铁	0.5~0.8		0.3~0.5
	$10 < D \leq 20$	钢 材	0.7~1.0		--
		铸 铁	0.8~1.2		0.5~0.8
	$D > 20$	钢 材	1.0~1.4		--
		铸 铁	1.2~1.6		0.8~1.0
铰 刀	钢 材 及 铸 铁	--	0.3~0.6	$D \leq 18$ 时 0.2~0.3; $D = 18 \sim 25$ 时 0.3~0.6	

注：高速钢刀具切削钢件时加切削液，其余均为干切削。

其中①、②项可作为精加工时判断刀具钝化的标准，而③~⑤项可作为粗加工时的判断标准。但这些现象出现时，刀具可能已进入急剧磨损阶段，所以应经常对切削过程细心地进行观察、比较，以便找出一个最可靠的征兆，作为判断刀具钝化的依据。

4) 刀具耐用度

① 刀具耐用度的概念。刀具耐用度与刀具的寿命是两个

不同的概念。前者是指刀具在新刃磨之后从开始使用到磨损至规定的磨损限度为止的总的实际切削时间,通常用 T 来表示,单位为分钟;而后者是指一把新刀具从开始使用起,经过多次刃磨到报废为止的总的切削时间。

在磨损限度已确定后,刀具耐用度和磨损速度有关,磨损速度愈慢,耐用度愈高。因此凡影响刀具磨损的因素都要影响刀具耐用度。为了提高刀具的耐用度,一般可以从改善工件材料的加工性,合理设计刀具的几何参数;改进刀具材料的切削性能;对刀具进行表面强化处理(如高速钢刀具的表面氮化处理,硬质合金刀片的表面涂层等);采用优良的切削液;合理选择切削用量等多方面来考虑。

② 刀具耐用度与切削用量的关系。在工件材料,刀具材料,刀具几何参数及切削液等已确定的情况下,刀具耐用度与切削用量有关。切削用量愈大,则切削温度愈高,刀具磨损也愈快,刀具耐用度就愈低。但由于切削速度 v_c ,进给量 f 及背吃刀量 a_p 三者对切削温度的影响程度不同,因此对刀具耐用度的影响也不同。例如:用 YT15 硬质合金车刀,以 $f=0.3\sim 0.75\text{mm/r}$ 的进给量车削 $\sigma_b=750\text{N/mm}^2$ 的碳素钢,当切削速度增大一倍时,刀具耐用度下降 97%;进给量增大一倍时,刀具耐用度下降 70%左右;而背吃刀量增大一倍时,耐用度仅下降 40%左右。所以一般在选择切削用量时,首先应尽量选用大的背吃刀量,然后根据加工条件及加工要求选择尽可能大的进给量,最后才根据刀具耐用度来选择切削速度。

③ 确定耐用度的原则。刀具耐用度的高低与切削加工的效率及加工的成本有关。耐用度规定得高,则切削速度必然很低,加工的机动时间长,不利于提高生产率及降低加工成本;但也不能将耐用度规定得很低,因为这样虽然可使切削速度

提得很高,但由于刀具耐用度低,需经常换刀,生产辅助时间又会增加,刀具消耗也大,同样会使生产率下降,加工成本增加。因此,从提高生产率或降低成本角度来考虑,刀具耐用度分别有一个合理的数值(图 1-34)。能保证生产率最高的刀具耐用度 T_1 称为最大生产率耐用度;而能使加工成本最低的刀具耐用度 T_2 称为经济耐用度。一般在生产中都取用经济耐用度 T_2 以使加工成本最低。

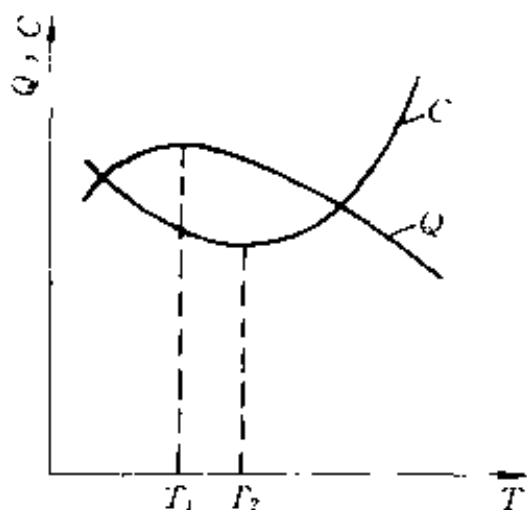


图 1-34 刀具耐用度与生产率或加工成本的关系

Q 生产率; C 成本;
 T 刀具耐用度

在确定刀具耐用度时,应考虑以下几点:

a. 刀具材料的切削性能愈差,则切削速度对刀具耐用度的影响愈大,因此必须将耐用度规定得高一些,以降低切削速度。在同类刀具中,一般高速钢刀具的耐用度要比硬质合金刀具规定得高一些。

b. 对于制造及刃磨都比较复杂,价格昂贵的刀具,例如铣刀、齿轮刀具等,耐用度应规定得比简单而价廉的刀具(如车刀、钻头)高一些,这样可减少刀具的消耗,降低加工成本。一般在通用机床上,硬质合金车刀的耐用度大致为 60~90min;钻头的耐用度大致为 80~120min。

c. 对于装卡、调整比较复杂的刀具,例如多刀车床上的车刀、组合机床上的钻头以及复合刀具等,为了节约换刀所花费的时间,耐用度应规定得高一些。反之,对一些换刀简便的刀具,如可转位刀具,则耐用度可规定得低一些。一般

多刀车床和组合机床的刀具耐用度约为通用机床上同类刀具的 2~4 倍, 而可转位车刀的耐用度约为焊接式车刀的 1/4~1/3。

d. 加工大型工件时, 为了避免在切削行程中换刀, 刀具耐用度应规定得高一些, 一般为中、小件加工时的 2~3 倍, 刀具除磨损损坏外, 也常出现崩刃打刀损坏, 见表 1-24。

表 1-24 解决硬质合金刀具崩刃打刀的措施

崩刃打刀的原因	具体解决措施
刀片牌号、规格选择不当, 如刀片的厚度太薄, 或粗加工时选用了太硬太脆的牌号	增大刀片厚度或将刀片立装, 选用抗弯强度及韧性较高的牌号
刀具几何参数选择不当(如前、后角过大等)	<p>可以从以下几个方面着手重新设计刀具:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 适当减小前、后角; 2. 采用较大的刃倾角; 3. 减小主偏角; 4. 采用较大的负倒棱或加圆弧; 5. 修磨过渡切削刃, 增强刀尖
刀片的焊接工艺不正确, 造成焊接应力过大或焊接裂缝	<ol style="list-style-type: none"> 1. 避免采用三面封闭的刀片槽结构; 2. 正确选用焊料, 一般刀片可用 105[#] 焊料, YT30 或 YG3 刀片可用 107[#] 焊料; 3. 避免采用氧炔焰加热焊接, 并且在焊接后应保温, 以消除内应力; 4. 尽可能改用机械夹固的结构
刃磨方法不当, 造成磨削应力及磨削裂纹, 对硬质合金铣刀刃磨后刀齿的跳动过大, 使个别刀齿负荷过重, 也会造成打刀	<ol style="list-style-type: none"> 1. 采用间断磨削或金刚石砂轮磨削; 2. 选用较软的砂轮, 并经常修整保持砂轮锋利; 3. 注意刃磨质量, 严格控制铣刀刀齿的跳动量

(续表)

崩刃打刀的原因	具体解决措施
<p>切削用量选择不合理,如用量过大,使机床闷车,断续切削时,切削速度过高,进给量过大,工件余量不均匀时,背吃刀量过小,切削高合金钢等加工硬化倾向大的材料时,进给量过小等</p>	<p>重新选择切削用量</p>
<p>机械夹固式刀具的刀槽底面不平整,或刀片伸出过长等结构上的原因</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 修整刀槽底面; 2. 减小刀片的伸出长度; 3. 淬硬刀杆或在刀片下面增加硬质合金垫片
<p>刀具磨损量过大</p> <p>切削液流量不足或加注方法不正确,造成刀片骤冷热而裂损</p>	<p>及时换刀或更换切削刃</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 加大切削液的流量; 2. 合理布置切削液喷嘴的位置; 3. 采用有效的冷却方法如喷雾冷却等提高冷却效果; 4. 采用干切削减小对刀片的热冲击
<p>刀具安装不正确,如:切断车刀安装过高或过低,端面铣刀采用了不对称装夹等</p>	<p>重新安装刀具</p>
<p>工艺系统刚性太差,造成切削振动过大</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 增加工件的辅助支承,提高工件装夹刚性; 2. 减小刀具的悬伸长度; 3. 适当减小刀具的后角; 4. 采用其他的消振措施
<p>操作不慎,如:刀具由工件中间切入时动作过猛,尚未退刀即行停车等</p>	<p>注意操作方法</p>

(5) 积屑瘤(刀瘤)

1) 积屑瘤产生的规律

在切削过程中,发现刀尖附近有一小块金属,这块金属就是积屑瘤(图 1-35a)。它的产生原因是:在切削开始不久,刀-屑冷焊的条件逐渐趋于成熟,切屑底层便和刀具前面发生冷焊。切屑底层金属因与刀具前面冷焊而停留在刀具前面上,可是切屑是连续地流出的,在后继切屑流动推挤下,前面切屑的底层便与上层发生相对的滑移而分离开来,成为积屑瘤的基础,随后新的底层又在此基础上冷焊并脱离切屑。如是逐层脱离切屑,逐层在前一层上积聚,最后长成积屑瘤。构成积屑瘤的材料主要来自切屑,部分来自工件。由于有来自工件的材料,积屑瘤才能伸出切削刃之外。

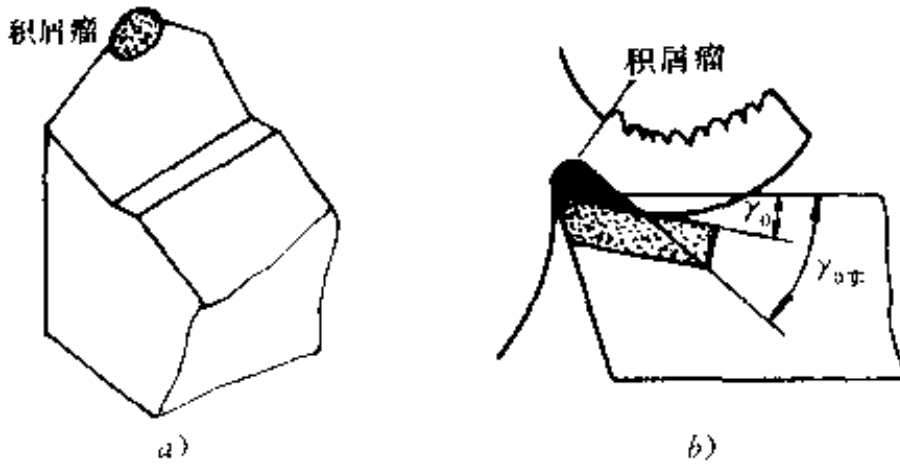


图 1-35 积屑瘤

2) 积屑瘤对切削加工的影响

① 保护刀具。积屑瘤包围着切削刃,有时覆盖着一部分刀具前面(图 1-35b)。积屑瘤一旦形成,它便代替切削刃和前面进行切削。切削刃和前面都得到积屑瘤的保护,减少了刀具的磨损。

② 增大前角。积屑瘤具有 30° 左右的前角,因而减少了切屑的变形,降低了切削力。

③ 增大背吃刀量。积屑瘤的前端伸出切削刃之外,所以有积屑瘤时的背吃刀量增大,因而影响了工件的尺寸。

④ 降低已加工表面粗糙度。由于积屑瘤产生不稳定等因素,所以严重影响表面粗糙度。如某些没有残留面积的切削加工,如成形切削和自由切削等,由切削刃直接切出的加工表面粗糙度可达 $R_a 1.6 \sim R_a 0.4 \mu\text{m}$ 。但是如果有积屑瘤形成,则已加工表面的粗糙度便大大增大,通常将增大二至三级。

因此,一般按照加工的种类和要求来判断积屑瘤的利弊。譬如,粗加工对已加工表面粗糙度要求不高,生成积屑瘤后切削力减小,从而降低了能量消耗,或者可加大切削用量,使切削效率得以提高,积屑瘤还能保护刀具,减少磨损,提高刀具耐用度。据此可以认为积屑瘤对粗加工是有利的。对于精加工则相反,精加工要求较小的粗糙度和较高尺寸精度,积屑瘤会增大已加工表面的粗糙度和降低尺寸精度。所以积屑瘤对精加工是不利的。

3) 抑制积屑瘤的方法

① 用油石研磨车刀前面,减小表面粗糙度,让积屑瘤无立足之地。

② 采用较低($2\text{m}/\text{min}$ 以下)或较高($70\text{m}/\text{min}$ 以上)的切削速度。因为低速时,摩擦力还小于切屑中金属分子间的结合力,不会产生积屑瘤;高速时,切屑的底层金属呈微熔状态,于是就减少了摩擦,并很快被切屑带走,所以也不会产生积屑瘤。

③ 低速时采用较大前角,高速时采用较小前角。

④ 用适合的切削液也可抑制积屑瘤。

⑤ 减小进给量等方法的措施都能避免和抑制积屑瘤。




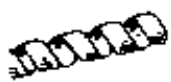


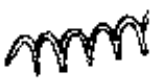









3. 断屑及其影响因素

(1) 常见切屑形状和断屑方法

1) 切屑形状

由于工件材料的不同及刀具几何形状和切削用量的不同,切削时形成的切屑形状也不同,常见切屑形状见表1-25。

表1-25 常见的切屑形状

1. 带条形	长的 	短的 	乱缠的 
2. 圆柱螺旋形	长的 	短的 	乱缠的 
3. 垫圈螺旋形	长的 	短的 	乱缠的 
4. 圆锥螺旋形	长的 	短的 	乱缠的 
5. 发条形	平面形 	宝塔形 	
6. 弧形	相连的 	分散的 	

2) 断屑的常用方法

切屑折断的根本条件是切屑内部的应力要达到切屑材料的断裂强度。为此,必须使切屑在流出过程中受到阻挡,造成附加的弯曲变形,同时切屑也必须具有足够的刚性,以建立起使之折断的内应力。通常的做法是,在刀具前刀面上磨出卷屑槽(或称断屑槽),使切屑在导出过程中先被强制卷

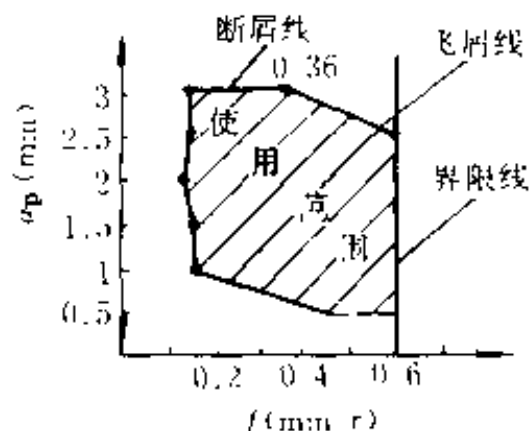



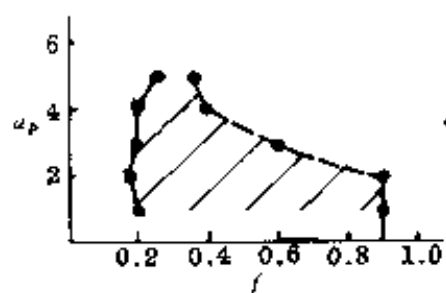

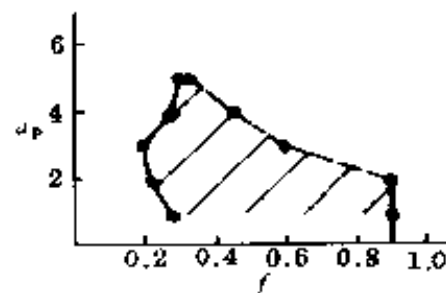
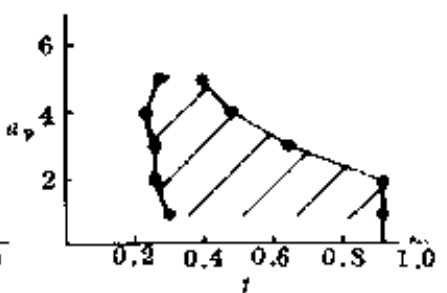
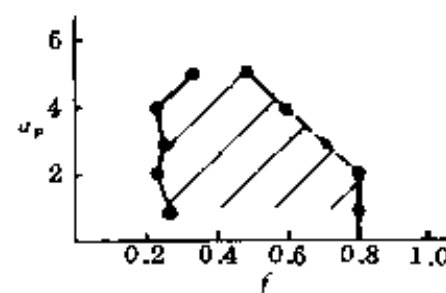
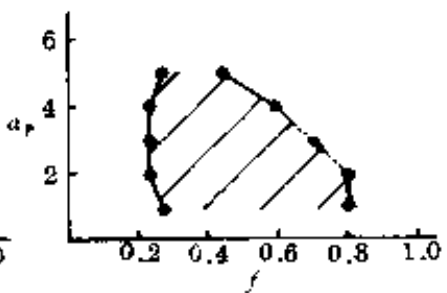
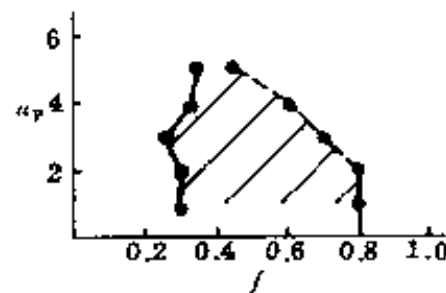
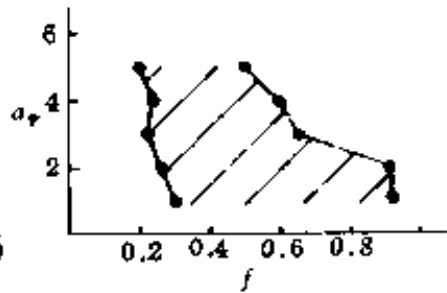
图 1-36 断屑试验曲线

曲成某一曲率半径 R_w , 然后由于切屑的自由端撞击在工作表面或刀具的后刀面上,引起反向弯曲而折断,或者由于切屑的自重及甩动时产生的离心力而折断。由此可知,凡能加大切屑变形及切屑内部应力,或降低切屑断裂强度的因素,都会促使断屑。

3) 断屑特性曲线图的绘制

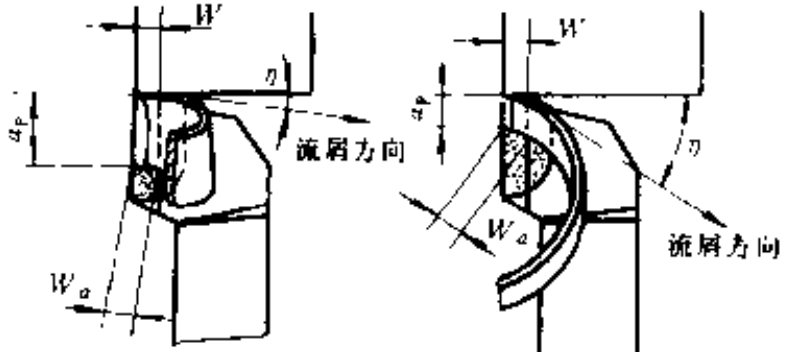
断屑特性曲线图是用来描述断屑现象与切削用量的相互关系的。在切削速度和背吃刀量一定的条件下,改变进给量,找出起始断屑点和起始飞屑点,然后将这些点连成起始断屑线和起始飞屑线,在此两条曲线之间的切削用量就是使用范围。由于机床功率不足,或刀片刀尖强度不足,进给量过大试验就无法进行下去,因此,在试验中,是以各种机床的实用最大进给量作为试验界限的。整个特性曲线图就是由断屑线、飞屑线和试验界限线所组成的图形(图 1-36)。在断屑线左面的区域表示不能断屑,在飞屑线右面的区域使用,切屑就会飞溅,因此有剖面线的区域是理想的使用范围。表 1-26 所列为断屑特性实例。

表 1-26 断屑特性实例

使用机床: C620		刀 片 外 形		
刀片型号: F3K1305Ms				
刀片牌号: YT15				
刀杆代号: 90W25-F3K13				
切削材料	切 削 速 度 v_c			
	110m/min		70m/min	
1b				
45 调质				
40Cr				
40Cr 调质				

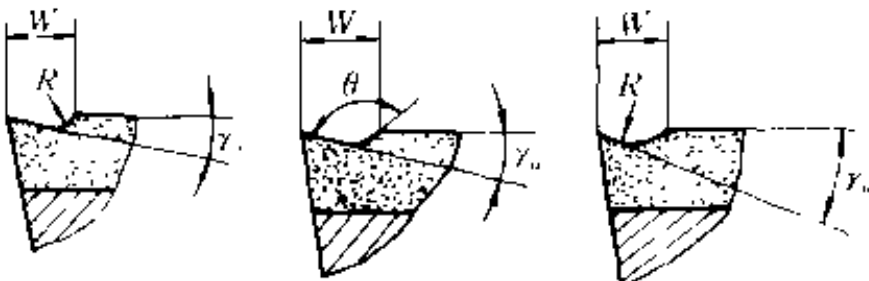
(2) 影响断屑的因素(表 1-27)

表 1 27 切削用量、刀具角度等因素对断屑的影响

<p>工件材料</p>	<p>工件材料的塑性越好,变形能力越大,所形成的切屑相应也较韧,不易断屑,因此,有时为达到断屑目的,可对工件材料进行适当的热处理,使其塑性降低。另外,在工件材料中添加易切削元素后,可使切屑变脆,易于折断</p>	
<p>影响断屑的因素</p>	<p>切屑卷曲半径 R</p>	<p>切屑卷曲半径 R 越小,则切屑在导出过程中受到阻挡后产生反向弯曲时,在其内部造成的附加应力越大,切屑容易折断,因此,当工件材料塑性越好,或切屑越薄,刚性越差时,应减小切屑卷曲半径 R。而 R 要决定于卷屑槽的参数</p>
	<p>f</p>	<p>进给量 f 越大,切屑越厚,则在同样的弯曲变形下,切屑内部产生的应力愈大,容易折断。所以,在生产实践中可用调整进给量的方法来取得满意的断屑效果</p>
	<p>v_c</p>	<p>切削速度 v_c 越高,切屑变形减小,切屑变薄,同时,随着 v_c 的升高,切削温度也越高,切屑变得软而韧,不易折断。所以,从断屑角度来看,采用低速较有利</p>
	<p>切削用量 a_p</p>	<p>背吃刀量 a_p 减小时,由于刀尖圆弧及副切削刃的作用加强,使流屑角 η 增大(见附图),这样相当于卷屑槽的有效宽度由 W 增大至 W_a,切屑卷曲半径变大,不易断屑;但当进给量 f 较小时,若比值 a_p/f 很大,则由于切屑变得既薄又宽,也不易折断</p> 
	<p>刀具几何角度 前角 γ_n</p>	<p>γ_n 减小时,切屑变形加剧,厚度增大,容易折断</p>
	<p>主偏角 κ_r</p>	<p>κ_r 越大,切屑厚度越大,有利于断屑</p>
<p>刃倾角 λ</p>	<p>λ 影响流屑方向和切屑形状。通常刃倾角的绝对值加大时,切屑比较容易折断</p>	
<p>切削液</p>	<p>切削液可降低切屑温度,使切屑变得硬、脆、容易折断。例如在车削不锈钢时,采用冷却效果好的水基切削液,有利于断屑</p>	

(3) 车刀断屑槽选择(表 1-28~1-31)

表 1-28 断屑槽槽形及其参数的选择原则

参 数	选 择 原 则
槽 形	<div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">a) 直线圆弧形 b) 折线形 c) 全圆弧形</p> <p>直线圆弧形及折线形卷屑槽适用于切削碳素钢、合金结构钢、1.1 具钢等，一般前角 γ_0 在 $5^\circ \sim 15^\circ$ 范围内；当切削紫铜、不锈钢等高塑性材料时，前角需增大至 $25^\circ \sim 30^\circ$，此时为了提高切削刃强度和避免因槽形太深而造成的堵屑现象，宜采用全圆弧形卷屑槽。</p>
槽 宽 W	<p>一般说，卷屑槽槽宽 W 狭，则切屑卷曲半径小，断屑容易。槽宽的选择，应考虑到工件材料的性质、进给量 f 等因素。工件材料的塑性、韧性好，进给量小，则 W 应适当取小些。粗略地说，切削中碳钢时，可取 $W \approx 10f$；而切削合金钢时可取 $W \approx 7f$。</p>
槽底半径 R 或槽底角 θ	<p>R 或 θ 对切屑卷曲半径有一定影响。R 或 θ 愈小，切屑卷曲半径也愈小。在中等背吃刀量 ($a_p = 2 \sim 6 \text{ mm}$) 下，对直线圆弧形卷屑槽，可取 $R = (0.4 \sim 0.7)W$；对折线形卷屑槽，可取 $\theta = 110^\circ \sim 120^\circ$；至于全圆弧形卷屑槽，槽底半径 R 与前角 γ_0 及槽宽 W 之间的关系可按下列公式确定：</p> $R = W / 2 \sin \gamma_0$

(续表)

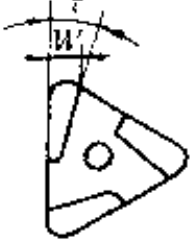
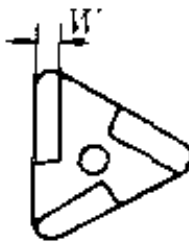
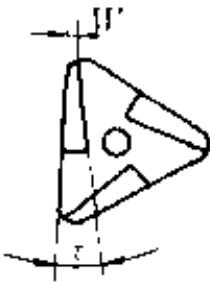
参 数	选 择 原 则
槽形斜角 τ	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">    </div> <p style="text-align: center;">a) 外斜式 b) 平行式 c) 内斜式</p> <p>外斜式卷屑槽,使切屑易于翻转到车刀后刀面而形成弧形切屑,断屑效果较好,但当背吃刀量较大时,容易堵屑及打刀。故外斜式卷屑槽通常适用于中等背吃刀量的车刀,斜角τ可按工件材料来选择:</p> <p style="text-align: center;">中碳钢 $\tau = 8^\circ \sim 10^\circ$; 合金钢 $\tau = 10^\circ \sim 15^\circ$; 不锈钢 $\tau = 6^\circ \sim 8^\circ$</p> <p>平行式卷屑槽,一般适用中等以上的背吃刀量,切削中碳钢或低碳钢,切屑大多是在工件切削表面上折断成弧形切屑。</p> <p>内斜式卷屑槽若与$\lambda_n = 3^\circ \sim 5^\circ$的正值刃倾角配合使用,易形成圆柱螺旋切屑,切削较平稳。但适用的切削用量范围较窄,主要用于背吃刀量变化较大的场合,通常可取$\tau = 8^\circ \sim 10^\circ$。</p>

表 1-29 中等背吃刀量下切削低碳钢或中碳钢的卷屑槽参数

槽 形	曲线圆弧形	折 线 形	
槽底半径 $R(\text{mm})$	$(0.4 \sim 0.7)W$		
槽底角 θ	$110^\circ \sim 120^\circ$		
斜角 τ	平行式 $\tau = 0^\circ$ 或 外斜式 $\tau = 8^\circ \sim 10^\circ$		
背吃刀量 $a_p(\text{mm})$	进给量 $f(\text{mm/r})$	槽 宽 $W(\text{mm})$	
		平 行 式	外 斜 式
1~3	0.2~0.5	3~3.2	3.2~3.5
2~5	0.3~0.5	3.2~3.5	3.5~4
3~6	0.3~0.6	4~4.5	4.5~5

注: 表列参数适用于用硬质合金车刀,以中等背吃刀量及中等进给量($a_p = 1 \sim 6\text{mm}$, $f = 0.2 \sim 0.6\text{mm/r}$)切削低碳钢及中碳钢。

表 1-30 中等背吃刀量下切削合金结构钢或工具钢的卷屑槽参数

卷屑槽类型		直线圆弧外斜式卷屑槽	
槽底半径 $R(\text{mm})$		$(0.3 \sim 0.5)W$	
斜角 τ		$10^\circ \sim 15^\circ$	
背吃刀量 $a_p(\text{mm})$	进给量 $f(\text{mm}/r)$	槽宽 $W(\text{mm})$	
1~3	0.2~0.5	2.8~3	
2~5	0.3~0.6	3~3.2	
3~6	0.3~0.7	3.2~3.5	

注：表列参数适用于用硬质合金车刀，以中等背吃刀量及中等进给量($a_p=1 \sim 6\text{mm}$, $f=0.2 \sim 0.7\text{mm}/r$)切削合金结构钢及工具钢。

表 1-31 小月牙洼卷屑槽参数及断屑范围

卷屑槽参数		计算公式	
槽边距主刀的距离(即倒棱宽度 b_r)		$b_r = f$, f - 进给量	
槽宽 W		$W = (4 \sim 4.5)f$	
槽长 L		$L > a_p$, a_p - 背吃刀量	
槽端距副刀的距离 c		$c \leq a_p / 5$	
槽形圆弧半径 R		$R = (0.7 \sim 1.0)W$	
槽深 h		$h = 0.2 \sim 0.3$	
断屑范围			
$f(\text{mm})$	$W(\text{mm})$	$R(\text{mm})$	形成宝塔状发条形切屑的进给量 $f(\text{mm}/r)$
0.2	0.9~1.0	0.6	0.16~0.24
0.3	1.3~1.4	1.2	0.28~0.33
0.4	1.8	1.8	0.3~0.4

- 注：1. 适用于在自动机上加工 45 钢，可形成宝塔状发条形切屑。
 2. 刀具角度 $\gamma_o = 12^\circ \sim 15^\circ$, $\kappa_r = 90^\circ$, $\lambda = 0^\circ$ 。
 3. 切削用量 $v_c = 100\text{m}/\text{min}$, $a_p = 4 \sim 6\text{mm}$ 。
 4. 小月牙洼可用铸铁研磨盘或金刚石砂轮磨制。

在重型车床上用大背吃刀量($a_p > 10\text{mm}$)和大进给量($f = 0.5 \sim 1.2\text{mm/r}$)切削钢件时,为防止打刀及切屑飞溅,应将卷屑槽槽底圆弧半径加大,卷屑槽的参数选择如图 1-37:

$$W = 10f; R = (1.2 \sim 1.5)W; \tau = 0^\circ \sim 6^\circ,$$

若采用折线形卷屑槽,或利用压板来形成卷屑槽(图 1-38)时,槽底角 θ 应增大至 $\theta = 125^\circ \sim 135^\circ$ 。

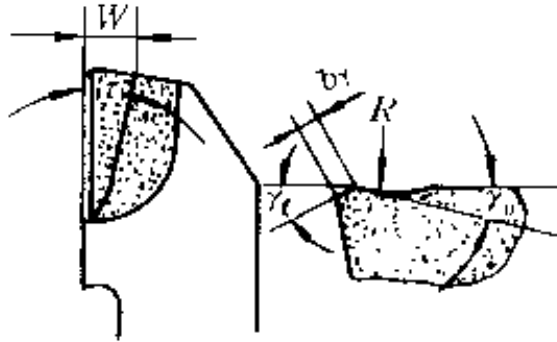


图 1-37 大背吃刀量卷屑槽

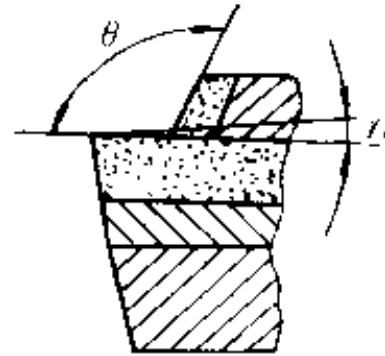


图 1-38 利用压板形成的大背吃刀量卷屑槽

4. 切削用量的基本概念

切削用量是指切削速度、进给量及背吃刀量等三个要素,表示切削过程中切削运动的大小及刀具切入工件的程度。

(1) 切削速度 v_c

切削刃的选定点相对工件的主运动的瞬时速度。通常用 v_c 表示,单位为 m/min 或 m/s (目前工厂中对于 v_c 的单位,磨削速度用 m/s ,其他切削加工的切削速度用 m/min ;但按 ISO 标准规定,均为 m/s)。在计算切削速度时,习惯上都取切削刃工作部分上速度最高的点为切削刃的选定点。

当主运动为回转运动时,

$$v_c = \frac{\pi D n}{1000} \quad (\text{m/min})$$

式中 n —— 工件或刀具的转速(r/min);

D —— 工件或刀具的直径(mm)。

(2) 进给量 f

在工件或刀具的每一转或每一往复行程的时间内, 刀具与工件之间沿进给运动方向的相对位移。通常用 f 表示, 单位为毫米/转 (mm/r)。

$$f = \frac{L_c}{n}$$

式中 f ——进给量 (mm/r);

L_c ——车刀每分钟移动距离 (mm/min);

n ——工件转速 (r/min)。

此外, 对多刃刀具 (如麻花钻、铰刀、铣刀等), 为了衡量每个刀齿的切削负荷, 尚需计算每齿进给量, 即刀具与工件之间在每转过一个齿间角的期间沿进给运动方向的位移。通常用 $f_{\text{齿}}$ 表示, 单位为毫米/齿。

$f_{\text{分}}$ 、 f 及 $f_{\text{齿}}$ 之间的关系如下:

$$f_{\text{分}} = f \cdot n = f_{\text{齿}} \cdot z \cdot n$$

式中 n ——刀具或工件的转速 (r/min);

z ——刀具的齿数。

(3) 背吃刀量 a_p

工件待加工表面与已加工表面之间的垂直距离。通常用 a_p 表示, 单位为毫米。

外圆切削时

$$a_p = \frac{D-d}{2} \quad (\text{mm})$$

式中 D ——工件待加工表面的直径 (mm);

d ——工件已加工表面的直径 (mm)。

切削用量除了上述三个要素外, 对铣削及其他一些进给运动不止一个的切削加工 (如磨削、滚齿等) 尚须包括其他

些参数。

(4) 车削加工的切削用量计算实例及切削用量的选择

1) 车削用量的计算实例(见表 1·32)

表 1 32 车削用量计算公式及实例

名 称	计 算 公 式	实 例
车削速度 v_c	$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (\text{m/min})$ 式中 D —— 工件直径 (mm); n —— 工件转速 (r/min); π —— 常数 3.14。 同理: $D = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot n} \quad (\text{mm})$ $n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi D} \quad (\text{r/min})$	<p>【例】 已知加工工件直径 $D = 120\text{mm}$, 选用车削转速 $n = 300\text{r/min}$, 求车削速度 v_c?</p> <p>【解】 $v_c = \frac{3.14 \cdot 120 \cdot 300}{1000} \approx 113\text{m/min}$</p>
	<p>【例】 已知加工工件直径 $D = 76\text{mm}$, 选用刀具材料的允许切削速度 $v_c = 120\text{m/min}$, 求车床应为多少转速 n?</p> <p>【解】 $n = \frac{120 \cdot 1000}{3.14 \cdot 76} \approx 503\text{r/min}$ (根据机床铭牌进行修整)</p>	
进给量 f	$f = \frac{L}{n} \quad (\text{mm/r})$ 式中 L —— 车刀移动距离 (mm/min); n —— 工件转速 (r/min)。 同理: $L = f \cdot n \quad (\text{mm/min})$ $n = \frac{L}{f} \quad (\text{r/min})$	<p>【例】 已知刀具每分钟移动距离 $L = 25\text{mm/min}$, 工件转速 $n = 100\text{r/min}$, 求进给量 f?</p> <p>【解】 $f = \frac{25}{100} = 0.25\text{mm/r}$</p>
	<p>【例】 已知液压进给机床每分钟移动距离 $L = 30\text{mm/min}$, 根据加工粗糙度要求允许进给量 $f = 0.08\text{mm/r}$, 求工件转速 n?</p> <p>【解】 $n = \frac{L}{f} = \frac{30}{0.08} = 375\text{r/min}$</p>	
背吃刀量 a_p	$a_p = \frac{D - d}{2} \quad (\text{mm})$ 式中 a_p —— 背吃刀量 (mm); D —— 待加工直径 (mm); d —— 已加工直径 (mm)	<p>【例】 已知待加工直径 $D = 105\text{mm}$, 已加工直径 $d = 95\text{mm}$, 求背吃刀量 a_p?</p> <p>【解】 $a_p = \frac{105 - 95}{2} = 5\text{mm}$</p>

2) 切削用量的选择(见表 1-33~1-37)

在工件材料、刀具材料、刀具几何参数及其他切削条件已确定的情况下,切削用量的选择将关系到工件质量,生产效率和加工成本。

表 1-33 切削用量各要素的选择原则

切削用量要素	选 择 原 则
背吃刀量 a_p	<p>背吃刀量是根据工件的加工余量来决定的。选择时应考虑:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 在留下精加工及半精加工的余量后,粗加工应尽可能将剩下的余量一次切除,以减少走刀次数; 2. 如果工件余量过大,或机床动力不足而不能将粗切余量一次切除,则也应将第一次走刀的背吃刀量尽可能取大些; 3. 当冲击负荷较大(如断续切削时),或工艺系统刚性较差时,应适当减小背吃刀量; 4. 一般精切($R_a 1.6 \sim R_a 0.8 \mu\text{m}$)时, $a_p = 0.05 \sim 0.8 \text{mm}$; 半精切($R_a 6.3 \sim R_a 3.2 \mu\text{m}$)时, $a_p = 1.0 \sim 3.0 \text{mm}$
进给量 f	<p>通常,限制进给量的主要因素是切削力及加工表面粗糙度。</p> <p>粗切时,加工表面粗糙度要求低,进给量主要受刀杆、刀片、工件及机床的强度和刚度所能承受的切削力的限制。用硬质合金车刀粗车时,表 1-34 及表 1-35 所列数据可作选择进给量时参考。</p> <p>半精切及精切时,进给量主要受表面粗糙度要求的限制,刀具的副偏角越小,刀尖圆弧半径,越大,切削速度越高,工件材料的强度越大,则进给量可越大。当用硬质合金车刀高速车削时表 1-36 所列数据可供参考</p>
切削速度 v_c	<p>切削速度的选择,主要考虑切削加工的经济性,必须保证刀具的经济耐用度,同时切削负荷不应超过机床的额定功率,通常的原则是:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 刀具材料的耐热性好,切削速度可高些; 2. 工件材料的强度,硬度高,或塑性太大和太小,切削速度均应取低些; 3. 加工带硬皮的工件时,应适当降低切削速度; 4. 加工表面要求表面粗糙度较小时,切削速度应避开积屑瘤的生成速度范围,对硬质合金刀具,可取较高的切削速度,对高速钢刀具,宜采用低速切削; 5. 断续切削时,应取较低的切削速度; 6. 工艺系统刚性较差时,切削速度应适当减小

表 1-34 硬质合金车刀粗车外圆时进给量的参考数值

工件材料	车刀刀杆尺寸 $B \times H$ (mm)	工件直径 D (mm)	背吃刀量 a_p (mm)					
			3	5	8	12	>12	
			进给量 f (mm/r)					
碳素 结构 钢、 合金 结构 钢及 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 25×25	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			
		100	0.8~1.0	0.7~0.9	0.5~0.7	0.4~0.7		
		600	1.2~1.4	1.0~1.2	0.8~1.0	0.6~0.9	0.4~0.6	
25×40	60	0.6~0.9	0.5~0.8	0.4~0.7				
	100	0.8~1.2	0.7~1.1	0.6~0.9	0.5~0.8			
	1000	1.2~1.5	1.1~1.5	0.9~1.2	0.8~1.0	0.7~0.8		
	30×45	500	1.1~1.4	1.1~1.4	1.0~1.2	0.8~1.2	0.7~1.1	
	40×60	2500	1.3~2.0	1.3~1.8	1.2~1.6	1.1~1.5	1.0~1.5	
铸铁 及铜 合金	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 25×25	40	0.4~0.5					
		60	0.6~0.9	0.5~0.8	0.4~0.7			
		100	0.9~1.3	0.8~1.2	0.7~1.0	0.5~0.8		
		600	1.3~1.8	1.2~1.6	1.0~1.3	0.9~1.1	0.7~0.9	

- 注：1. 加工断续表面及有冲击时，表列进给量应乘系数 $K=0.75\sim0.85$ 。
 2. 在无外皮加工时，表列进给量应乘系数 $K=1.1$ 。
 3. 加工耐热钢时，进给量不应大于 1.0mm/r 。
 4. 加工淬火钢时，进给量应减小，当钢的硬度为 HRC41~56 时，乘系数 $K=0.8$ ；当钢的硬度为 HRC57~62 时，乘系数 $K=0.5$ 。

表 1-35 带修光刃($\kappa'_1=0^\circ$)的硬质合金车刀
 车车外圆时进给量的参考数值

工 件 材 料	车刀刀杆 尺 寸 $B \times H$ (mm)	工件直径 D (mm)	主 偏 角				
			$\kappa_1=45^\circ$		$\kappa_1=90^\circ$		
			背 吃 刀 量 a_p (mm)				
			3	5	3	5	
进 给 量 f (mm/r)							
碳素结构钢和合金结构钢	16×25	40	1.0~1.2		1.0~1.2		
		60	1.4~1.5	1.0~1.2	1.2~1.4	1.0~1.2	
		≥100	1.8~2.0	1.3~1.5	1.2~1.6	1.0~1.4	
	20×30 25×25	40	1.0~1.2		1.0~1.2		
		60	1.4~1.5	1.0~1.2	1.2~1.4	1.0~1.2	
		≥100	1.8~2.5	1.4~2.0	1.2~1.8	1.0~1.4	
	25×40 及更大	60	1.4~1.8	1.2~1.6	1.0~1.4	0.8~1.2	
		≥100	2.0~3.0	1.5~2.5	1.2~2.0	1.0~1.5	
	铸 铁	16×25	40	1.0~1.4		1.0~1.2	
			60	1.5~1.8	1.0~1.4	1.2~1.5	1.0~1.2
			≥100	2.0~2.4	1.5~2.0	1.5~2.0	1.0~1.4
		20×30 25×25	40	1.0~1.4		1.0~1.2	
60			1.5~1.8	1.0~1.4	1.2~1.5	1.0~1.2	
≥100			2.0~2.8	1.5~2.5	1.5~2.2	1.2~1.5	
25×40 及更大		60	1.5~2.0	1.2~1.5	1.2~1.6	1.0~1.2	
		≥100	2.0~3.5	1.8~3.0	1.5~2.5	1.2~1.5	

表 1-36 高速切削时按表面粗糙度选择进给量的参考数据

刀 具	表面粗 糙度 (μm)	工件 材料	副偏角 κ'_r ($^\circ$)	切削速度 v_c (m/min)	刀尖圆弧半径 r_n (mm)			
					0.5	1.0	2.0	
					进给量 f (mm/r)			
的 车 刀	$R_{a12.5}$	钢、铸 铁及 青铜	10	不限制	1.0~2.4			
					0.8~0.9			
					0.7~0.8			
	$R_{a6.3}$	钢、铸 铁及 青铜	5 10~15	不限制	0.55~0.6			
					0.5~0.65			
					0.45~0.6			
	$\kappa'_r = 0^\circ$	$R_{a3.2}$	钢	7	不限制	<50		
						0.22~0.30		
						50~100		
						0.23~0.35		
						>100		
						0.25~0.4		
0.35~0.4								
0.4~0.5								
0.5~0.6								
$\kappa'_r = 0^\circ$	$R_{a3.2}$	铸铁及 青铜	5 10~15	不限制	0.3~0.7			
					0.25~0.4			
					0.15~0.25			
					0.11~0.15			
					0.11~0.2			
					0.16~0.25			
					0.2~0.3			
					0.25~0.3			
					0.25~0.3			
$\kappa'_r = 0^\circ$	$R_{a0.8}$	钢	≥ 5	不限制	0.12~0.15			
					0.13~0.18			
					0.17~0.2			
	$R_{a6.3}$ ~ $R_{a3.2}$ $R_{a1.6}$ ~ $R_{a0.8}$	钢	0	不限制	≤ 5 (当 $a_p > 1\text{mm}$)			
					2.0~3.0(当 $a_p = 0.1\sim 0.6\text{mm}$)			
					2.0~4.0(当 $a_p = 0.1\sim 0.6\text{mm}$)			
$R_{a6.3}$ ~ $R_{a3.2}$ $R_{a1.6}$	铸铁	0	不限制	≤ 5 (当 $a_p > 1\text{mm}$)				
				2.0~4.0(当 $a_p = 0.1\sim 0.6\text{mm}$)				
				2.0~4.0(当 $a_p = 0.1\sim 0.6\text{mm}$)				
进给量修正系数(适用于 $\kappa'_r > 0$ 的车刀)								
工件材料强度 σ_b (N/mm^2)				≤ 500	$> 500\sim 700$	$> 700\sim 900$	$> 900\sim 1000$	
修正系数 K				0.7	0.75	1.0	1.25	

表 1 37 硬质合金外圆车刀的切削速度参考数值

工件材料	热处理状态	$a_p = 0.3 \sim 2$	$a_p = 2 \sim 6$	$a_p = 6 \sim 10$
		mm	mm	mm
		$f = 0.08 \sim 0.3 \text{ mm/r}$	$f = 0.3 \sim 0.6 \text{ mm/r}$	$f = 0.6 \sim 1 \text{ mm/r}$
切削速度 v_c (m/min)				
低碳钢、易切削钢	热轧	140~180	100~120	70~90
中碳钢	热轧	130~160	90~110	60~80
	调质	100~130	70~90	50~70
合金结构钢	热轧	100~130	70~90	50~70
	调质	80~110	50~70	40~60
工具钢	退火	90~120	60~80	50~70
不锈钢		70~80	60~70	50~60
灰铸铁	HB<190	90~120	60~80	50~70
	HB=190~225	80~110	50~70	40~60
高锰钢(13%Mn)			10~20	
铜及铜合金		200~250	120~180	90~120
铝及铝合金		300~600	200~400	150~300
铸铝合金(7%~13%Si)		100~180	80~150	60~100

注：表列切削钢材及灰铸铁的切削速度是刀具耐用度约为 60~90min 的数值。

(5) 切削层的参数

切削层是指工件上被刀具切削刃正切削着的一层金属，也就是相邻的两切削面之间所切着的一层金属，见图 1-39。

1) 切削厚度

切削层的厚度，它是相邻两切削表面之间的垂直距离。通常用 h_D 表示，单位为 mm。

切削厚度反映了主切削刃单位长度上的切削负荷，它对切削层的变形、切削力、切削热、刀具磨损及已加工表面质量都有很大的影响。

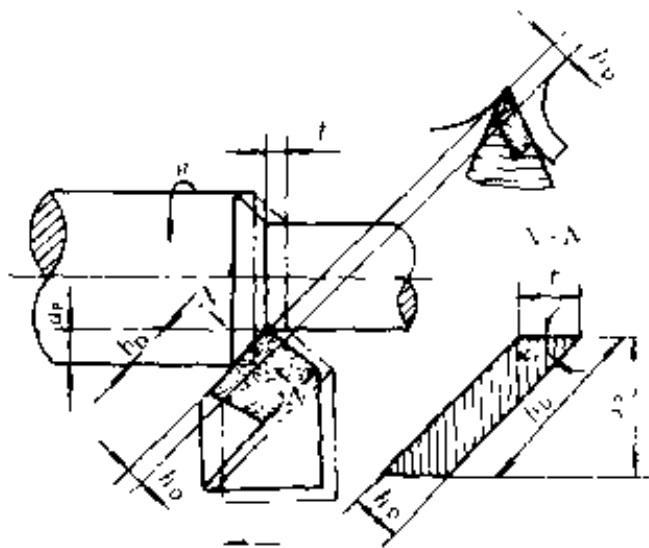


图 1-39 切削运动与切削用量

2) 切削宽度

切削层的宽度，它是沿主切削刃测量的切削层

尺寸。通常用 b_D 表示，单位为毫米。当 $\lambda = 0^\circ$ 时，切削宽度也就是主切削刃的工作长度，它对切削力的影响最大。

在车削与刨削时，若不计刃倾角 λ 的影响，则切削厚度 h_D 和切削宽度 b_D 与进给量 f 和背吃刀量 a_p 的关系(图 1-39 N-N)：

$$h_D = f \cdot \sin \kappa_r$$

$$b_D = a_p / \sin \kappa_r$$

式中 κ_r —— 工作主偏角。

而在铣削加工中，切削厚度 h_D 总是变化的，如在用逆铣的方式周铣平面时，每一刀齿的切削厚度将由零逐渐切离工件，因此切削宽度 b_D 也是变化的。

3) 切削面积

切削面积指切削层的断面面积 $A_{\text{切削}}$ 。

在切削及刨削时，

$$A_{\text{切削}} = h_D \cdot b_D = f \cdot a_p$$

在铣削时，由于 h_D, b_D 都是变化的，故切削过程中每一刀齿的切削面积也随时在变动。而铣刀的总的切削面积将是各同时工作的刀齿的切削面积之总和。

车削、钻削加工方法的切削厚度、切削宽度及切削面积的计算可参见表 1-38。

表 1-38 车削、钻削加工方法的切削层参数及材料切除率

加工方法	切削厚度 (mm)	切削宽度 (mm)	切削面积 (mm ²)	材料切除率 (mm ³ /min)
车削 车外圆 镗孔 车端面 切断	$h_D = f \sin \kappa_r$	$b_D = a_p \cdot \sin \kappa_r$	$A = f a_p$	$Q = \pi n f a_p (D - a_p)$
				$Q = \pi n f a_p D$
钻削	$h_D = \frac{f}{2} \sin \kappa_c$	$b_D = D/2 \cdot \sin \kappa_c$	$A = f \cdot D/2$	$Q = \pi n f D/2$

(6) 材料切除率

材料切除率是指切削过程中在单位时间内所切除的被加工材料的体积，常用 Q 表示，单位为 mm^3/min 。

材料切除率在一定程度上反映了切削加工的效率。在一定的切削厚度下，材料切除率越高，切削过程所消耗的功率也越大。车削、钻削加工的材料切除率的计算可参见表 1-38。

也可用下式计算：

$$Q = 1000 A_{\text{平均}} \cdot v_{\text{切削}} \quad (\text{mm}^3/\text{min})$$

式中 $A_{\text{平均}}$ —— 平均切削面积 (mm^2)；

$v_{\text{平均}}$ ——沿主切削刃的平均切削速度(m/min)

【例】 在C620车床上采用 $\kappa_r = 75^\circ$ 的外圆车刀车削工件, 外径 $D = 80\text{mm}$, 一次进给后 $d = 72\text{mm}$, 选用于轴转速 $n = 304\text{r/min}$, 进给量 $f = 0.4\text{mm/r}$ 。试求切削厚度 h_D , 切削宽度 b_D , 切削面积 A 和材料切除率 Q 各项数值。

【解】 $a_p = \frac{D-d}{2} = \frac{80-72}{2} = 4\text{mm}$

1) 切削厚度:

$$h_D = f \cdot \sin \kappa_r = 0.4 \sin 75^\circ = 0.386\text{mm}$$

2) 切削宽度:

$$b_D = a_p / \sin \kappa_r = 4 / \sin 75^\circ = 4.14\text{mm}$$

3) 切削面积:

$$A = f \cdot \sin \kappa_r \cdot a_p / \sin \kappa_r = 0.4 \sin 75^\circ \times 4 / \sin 75^\circ = 1.6\text{mm}^2$$

1) 材料切除率:

也可用下式计算:

$$Q = \pi \cdot n \cdot f \cdot a_p \cdot (D - a_p) = \pi \times 304 \times 0.4 \times 4 \times (80 - 4) \\ = 116133.37\text{mm}^3/\text{min} \approx 904\text{g/min}$$

5. 切削刀具材料及其合理选择

(1) 车刀切削部分材料应具备的基本性能

车刀在车削时, 除了承受很高的切削温度外, 还要承受很大的切削力, 因此刀具材料的性能必须具备表1-39的基本要求。

刀具材料种类很多, 随着冶金技术的不断发展, 新的刀具材料迅速出现, 刀具切削部分材料有: 碳素工具钢、合金工具钢、高速钢及硬质合金等以及非金属材料, 如陶瓷、氮化硅、立方氮化硼、人造(天然)金刚石等。

(2) 刀具材料主要性能比较

各类刀具材料的性能差别很大,它们的适用范围也各有不同。没有一种刀具材料具备所有的最佳性能,它们各有所长,相互补充。各种刀具材料的基本性能比较见表 1-40。

表 1-39 刀具材料性能的基本要求

序号	性能要求	说 明
1	高的硬度	刀具材料的硬度(亦称为冷硬性)必须具有高于工件材料的硬度,常温硬度要求在 HRC60 以上
2	足够的强度和韧性	刀具切削过程中要承受较大的切削力,还要承受冲击,应具有足够的强度和韧性,才能防止脆性断裂或崩刃
3	良好的耐磨性	刀具必须有良好的抵抗磨损的能力,以保持刀刃的锋利
4	优异的耐热性	由于切削区温度很高,要求刀具在高温下仍能保持高的硬度、强度、韧性和耐磨性能(亦称为红硬性)
5	良好的工艺性	所谓工艺性,就是刀具材料自身的加工工艺性能好坏,如热处理性能、被切削加工性能、焊接性能等

(3) 常用刀具材料牌号、性能及用途

金属切削的刀具材料,目前已很少用碳素工具钢和合金工具钢作为车刀切削部分的材料,常用的有高速钢和硬质合金两类。

1) 高速钢

高速钢又称为锋钢和白钢,是一种含钨(W)、铬(Cr)、钒(V)元素较多的高合金钢。由于它的含碳量又较高,所以它可作为高合金的工具钢,因它允许的切削速度比碳素工具钢高得多而称为高速钢。高速钢的化学成分见表 1-41。

2) 硬质合金

硬质合金是高硬度、难熔解的金属碳化物(WC、TiC)的粉末,用钴(Co)、钼(Mo)、镍(Ni)等粘结剂烧结而成的粉末冶金制品,其常温硬度为HRA89~94(相当于HRC74~84),所以允许的切削温度可以高达800~1000℃,许用的切削速度远远超过高速钢,硬质合金发展很快,现在已成为主要的刀具材料之一,大部分车削刀具已采用硬质合金。

但是硬质合金也有其弱点,它的抗弯强度和冲击韧度较低,刃口不易磨得像高速钢那样锋利,制造复杂刀具时工艺性比高速钢差,因此,高速钢与硬质合金是目前制造刀具的相辅相成的两种常用材料。

常用硬质合金的牌号和性能见表1-42。各种牌号硬质合金的用途见表1-43。

由于被加工材料的不断发展,应用上述硬质合金加工淬硬钢、耐热合金、高强度合金、高硬度高韧性的热喷涂(焊)材料等等,要达到理想切削要求十分困难。为了解决各种困难,已发展了许多品种硬质合金。新牌号硬质合金性能和用途见表1-44。

3) 涂层硬质合金

涂层硬质合金特点是在韧性较好的硬质合金刀片表面涂覆一薄层(5~12 μm 厚)硬度和耐磨性很高的材料(见表1-45),这不但对解决硬质合金的耐磨性与韧性之间的矛盾起了一定作用,而且可以提高刀具的耐用度及降低切削力。但涂层刀片也有一定的局限性:首先,涂层刀片仅适用于可转位刀具;其次,涂层刀片不适宜加工高温合金、钛合金、有色金属及非金属材料,也不适宜粗加工有夹砂硬皮的锻、铸件。

ISO规定的硬质合金分类、代号和适用范围见表1-46。

表 1-40 各类刀具材料主要性能比较

种 类	硬 度	维持切削性能最高温度(°C)	抗弯强度(MPa)	工 艺 性 能	应 用 范 围
碳素工具钢	HRC60~64 (HRA81~83)	~200	2500~2800	可冷热加工成形,工艺性能良好,磨削性能好,热处理	般只用于少数手动工具,如手动丝锥、板牙、铰刀、锯条、锉刀等
合金工具钢	HRC60~65 (HRA81~83.6)	250~300	2500~2800		般只用于手动或低速机动工具,如丝锥、板牙、拉刀等
高速钢	HRC62~70 (HRA82~87)	540~600	2500~4500	可冷热加工成形,工艺性能好,需热处理,磨削性能好,但高钒较片	用于各种刀具,特别是形状复杂的刀具,如钻头、铣刀、拉刀、齿轮刀具、丝锥、板牙、刨刀等
铸造钴基合金 (司太立特合金)	HRC59~65 (HRA81~83.6)	600~650	1400~2800	只能铸造、磨削,需热处理	加工不锈钢、耐热钢等,也可制造其他刀具的刀刃

硬质合金	HR.A89~93.5	800~1000	950~2500	车刀刀头大部分采用硬质合金,其他如钨刀、钻头、滚刀、刨刀等,也可作薄片或整体使用
陶瓷材料	HR.A91~94	>1200	150~850	压制烧结后作为刀片使用,不能热加工成形,无需热处理 多用于车刀,达上述切削前,此刀具均脆
热压氯化硅	HV2000	1300	750~850	压制烧结而成,无需热处理,可用金刚石磨轮或立方氮化硼磨轮磨削
聚晶金刚石 (CBN)	HV3700~4500	1000~1360	-20	用于硬度、强度较高的黑色金属的精加工,在空气中达1500℃时仍保持性能稳定
单晶人造金刚石	HV5000~8500	723	0~	用于有色金属和非金属的高精度、粗糙度要求高的切削,达700~800℃时易氧化

表 1-41 高

类别	钢号	主要化学成分(%)							
		C	W	Mo	Cr	V	Co	其他	
通用 高速 钢	W18Cr4V	0.70	17.5	~	3.80	1.00			
		~	~	0.30	~	~			
	W6Mo5Cr4V2	0.80	19.0	4.50	4.40	1.40			
		~	~	~	~	~			
	W14Cr4VMnXt	0.80	5.50	4.50	3.80	1.75			
		~	~	~	~	~			
		0.90	6.75	5.50	1.40	2.20			
特殊用途 高速 钢	W12Cr4V4Mo	0.85	13.50		3.50	1.40		Mn0.35	
		~	~		~	~		~0.55	
	W6Mo5Cr4V3	0.95	15.00		4.00	1.70		X10.07	
		~	~		~	~		(加入量)	
	W6Mo5Cr4V3	1.20	11.50	0.90	3.80	3.80			
		~	~	~	~	~			
	W9Cr4V5	1.40	13.00	1.20	4.40	4.40			
		~	~	~	~	~			
	含 钴	W6Mo5Cr4V3	1.15	5.00	4.75	3.75	2.75		
			~	~	~	~	~		
	高 碳 高 钒 含 钴	W6Mo5Cr4V3	1.25	6.75	6.50	4.50	3.25		
			~	~	~	~	~		
高 碳 高 钒 含 钴	W12Cr4V5	1.40	9.00		3.80	4.30			
		~	~		~	~			
高 碳 高 钒 含 钴	W6Mo5Cr1V2Co8	1.50	10.50		4.40	5.10			
		~	~		~	~			
高 碳 高 钒 含 钴	W12Cr4V5Co5	0.80	5.50	4.50	3.75	1.75	7.75		
		~	~	~	~	~	~		
高 碳 高 钒 含 钴	W12Cr4V5Co5	0.90	6.50	5.50	4.50	2.25	8.75		
		~	~	~	~	~	~		
高 碳 高 钒 含 钴	W12Cr4V5Co5	1.50	12.00		3.78	4.50	1.75		
		~	~		~	~	~		
高 碳 高 钒 含 钴	W12Cr4V5Co5	1.60	13.00	1.0	5.0	5.25	3.25		
		~	~	~	~	~	~		

速钢的分类

硬度 HRC	抗弯强度 σ_{bl} (MPa)	冲击韧度 a_k (J·cm ⁻²)	600℃ 高温 硬度 HV	磨削性能	主要用途
62~65	~3500	~3.0	~520	可磨性好,可用普通刚玉砂轮磨削	用于制造钻头、铰刀、丝锥、铣刀、齿轮刀具、拉刀等
62~66	4500 ~4700	~5.0	~500	可磨性稍次于W18Cr4V,可用普通刚玉砂轮磨削	用于制造要求热塑性好的刀具(如轧制钻头)和受大冲击负荷的刀具
61~66	~4000		~520		热塑性好,用途与W18Cr4V及W6Mo5Cr4V2相当
63~66	~3200	~2.5	~510	可磨性差,用单晶刚玉砂轮能磨削	用于形状较简单,而对耐磨性有特殊要求的刀具
63~66	~3200	~2.5	~540		
63~66	~3200	~2.5	~540		
63~67	~3000	~3.0	~580	可磨性较好,可用普通刚玉砂轮磨削	用于重切削刀具
63~67	~3000	~2.5	~580	可磨性差,用单晶刚玉砂轮能磨削	用于加工难切削材料的刀具,但不宜制作复杂刀具

类别	钢 号	主要化学成分(%)						
		C	W	Mo	Cr	V	Co	其 他
特殊用途高速钢	高碳钨含钴 W9Cr4V5Co3	1.40	9.00		3.80	4.30	2.80	
		~ 1.50	~ 10.50		~ 4.40	~ 5.10	~ 3.50	
	含钴超硬型 W2Mo9Cr4VCo8	1.05	1.15	9.00	3.50	0.95	7.75	
		~ 1.15	~ 1.85	~ 10.00	~ 4.25	~ 1.35	~ 8.75	
	含钴超硬型 W7Mo4Cr4V2Co5	1.05	6.50	3.95	3.75	1.75	4.75	
		~ 1.15	~ 7.25	~ 4.25	~ 4.50	~ 2.25	~ 5.75	
	含钴超硬型 W9Mo3Cr4V3Co10	1.20	8.5	2.9	3.80	2.80	9.00	
		~ 1.30	~ 10.0	~ 3.5	~ 4.40	~ 3.40	~ 10.00	
	含钴超硬型 W12Cr4V3Mo3Co5Si	1.20	11.50	2.80	3.80	2.80	4.70	Si0.80
		~ 1.35	~ 13.00	~ 3.40	~ 4.40	~ 3.40	~ 5.10	~ 1.20
	无钴超硬型 W6Mo5Cr4V2Al	1.05	5.50	4.50	3.80	1.75		Al0.80
		~ 1.20	~ 6.75	~ 5.50	~ 4.40	~ 2.20	-	~ 1.20
	无钴超硬型 W6Mo5Cr4V5SiNbAl	1.55	5.00	5.00	3.80	4.20		Si1.00
		~ 1.65	~ 6.00	~ 6.00	~ 4.40	~ 5.20		~ 1.40 Nb0.20 ~ 0.50 Al0.30 0.70
无钴超硬型 W10Mo4Cr4V3Al	1.30	9.00	3.50	3.80	2.70		Al0.70	
	~ 1.45	~ 10.5	~ 4.50	~ 4.50	~ 3.20	-	~ 1.20	
无钴超硬型 9W18Cr4V	0.90	17.50		3.80	1.00			
	~ 1.00	~ 19.00	≤ 0.30	~ 4.40	~ 1.40			

(续表)

硬度 HRC	抗弯强度 σ_b (MPa)	冲击韧度 α_{ck} (J/cm ²)	600℃ 高温 硬度 HV	磨削性能	主要用途
65~67	~3000	~2.5	~550	可磨性差,用单晶刚玉砂轮能磨削	用于加工难切削材料的刀具,但不宜制作复杂刀具
65~70	2500 ~3000	~1.0	~610	可磨性良好,可用普通刚玉砂轮磨削	用于制造加工难切削材料的各种刀具,但片脆易崩刃,不宜用来制造切削时冲击载荷大的刀具,也不宜在工艺系统刚性不足的条件上使用
67~68	2500 ~3000	~1.0	~580	可磨性次于W2Mo9Cr4VCo8	
66~69	~2350	~1.0	~600	可磨性不如W2Mo9Cr4VCo8及W7Mo4Cr4V2Co5	
69~70	2400 ~2700	1.10	~608	可磨性较差,但可用单晶刚玉砂轮磨削	
68~69	3500 ~3800	2.0	~602	可磨性与含V2%的高速钢类同	
66~68	~3600	2.7	~526	可磨性很差	用于制造钻头、丝锥、铰刀、铣刀、车刀、刨刀、镗刀等,尤其用于加工铁基高温合金的钻头,效率显著,不宜用于复杂刀具
68~69	~3070	2.0	~583	可磨性较差	加工高强度耐热钢时,耐用度与钴高速钢相近
67~68	~3000	~1.0	~540	可磨性好,可用一般的砂轮磨削	用于要求耐磨性及加工表面粗糙度和切削冲击较小的场合

表 1-12 常用硬质合金的牌号及性能

合金类别	合金 牌号	硬度		抗弯强度 σ_b (MPa)	密度 (g/cm ³)	相似 ISO 牌号
		HRA	HRC			
钨钴合金 WC-Co	YG3	91	78	1100	11.9~12.3	K01
	YG6	89.5	75	1120	11.9~12.0	K20
	YG8	89	74	1170	11.5~11.9	K30
	YG3X	91.5	80	1080	13.0~13.3	K01
	YG6X	91	78	1370	14.6~15.0	K10
加钽或铌的钨钴合金 WC-Co-TaC(NbC)	YA6	92	80	1370	14.1~15.0	K10
钨钛钴合金 WC+TiC+Co	YT30	92.5	81.5	880	9.35~9.7	P01
	YT15	91	78	1175	11.0~11.7	P10
	YT14	90.5	77	1175	11.2~12.0	P20
	YT5	89.5	75	1370	12.5~13.2	P30
加钽或铌的钨钛钴合金 WC+TiC +TaC(NbC)+Co	YW1	91.5	80	1175	12.6~13.5	M10
	YW2	90.5	78	1325	12.1~13.5	M20
镍钼钛合金 TiC基	YN10	92	81	1080	6.3	P01

表中：Y—硬质合金；G—钴，其后数字表示含钴量；X—细晶粒合金；T—碳化钛，其后数字表示 TiC 含量；A—含 TaC(NbC) 的钨钴类合金；W—通用合金；N—以镍、钼作粘结剂的碳化钛基合金。

表 1-13 钨钴硬质合金的使用性能及用途

类别	牌 号	使用性能	用 途
钨 钴 类 合 金	YG3X	是现在生产的钨钴合金中耐磨性较好的一种合金,但冲击韧性较差	适用于铸铁、有色金属及其合金的精加工等。也可用于合金钢、淬火钢的精加工
	YG3	耐磨性仅次于 YG3X。允许使用较高的切削速度,对冲击和振动敏感	适用于铸铁、有色金属及其合金与非金属材料的小断面的连续精车、半精车,以及精车螺纹、扩孔等
	YG6X	属细颗粒碳化钨合金。其耐磨性较 YG6 高,而使用强度近于 YG6 合金	经生产使用证明,该合金加工冷硬合金铸铁与耐热合金钢可获得良好效果,也适用于普通铸铁精加工
	YG6	耐磨性较高,但低于 YG3 合金。对冲击和振动没有 YG3 合金敏感,能使用较 YG8 合金为高的切削速度	适用铸铁、有色金属及其合金与非金属材料连续切削时的粗加工,间断切削时的半精加工、精加工、小断面精加工、螺纹粗加工、螺纹旋风切削,孔的粗扩与精扩
	YA6	属细颗粒碳化钨合金。由于加入少量的稀有元素,合金耐磨性和使用强度均有提高,和原生产的 YG6X 相比,有许多优点	适用冷硬铸铁、有色金属及其合金的半精加工,也适于高锰钢、淬火钢、合金钢的半精加工及精加工
	YG8	使用强度较高,抗冲击、抗振性能较 YG6 合金好,耐磨性和容许的切削速度较低	适用铸铁、有色金属及其合金、非金属材料加工中不平整断面和间断切削时的粗加工,一般孔和深孔的钻孔和扩孔

(续表)

类别	牌 号	使 用 性 能	用 途
钨 钴 钛 类 合 金	YT5	在钨钴钛合金中,强度最高,抗冲击和抗振动性能最好,不易崩刃,但耐磨性较差	适用碳钢与合金钢(调锻件、冲压件及铸件)加工中不平整断面与间断切削的粗加工与钻孔
	YT14	使用强度高,抗冲击和抗振性能好,但较YT5合金稍次,而耐磨性和允许的切削速度较高	适用碳钢与合金钢加工中不平整断面和连续切削时的粗加工、间断切削时的半精加工与精加工,钻孔的扩钻与粗扩
	YT15	耐磨性优于YT5合金,但抗冲击韧性较YT5差	适用碳钢与合金钢加工中连续切削时的粗加工、半精加工及精加工,间断切削时的小断面精加工,旋风车丝,孔的粗扩与精扩
	YT30	耐磨性和允许的切削速度较YT15合金高,但使用强度、抗冲击和抗振动性能较差,对冲击和振动敏感,要求按正确的工艺进行焊接和刃磨	适用于碳钢与合金钢工件的精加工,如小断面的精加工、精镗、精扩等
通 用 合 金	YW1	红硬性较好,能承受一定的冲击负荷,是一种通用性较好的合金	适用于耐热钢、高锰钢、不锈钢等难加工钢材及普通钢和铸铁的加工
	YW2	耐磨性稍次于YW1,但其使用强度较高,能承受较大的冲击负荷	适用于耐热钢、高锰钢、不锈钢及高级合金钢等特殊难加工钢材的粗加工、半精加工,普通钢材和铸铁加工
TiC 基 合 金	YN10	耐磨性和允许的切削速度同YT30,抗弯强度比YT30高	同YT30

表 1-44 部分新牌号硬质合金的使用性能及用途

序号	牌 号	密度 (g/cm ³)	硬度 HRA	抗弯强度 σ_{bh} (MPa)	使用性能	用 途
1	YH1 (YM051)	11.2 ~ 14.5	≥ 92.5	1565	系超细颗粒合金。耐磨性好,红硬性好,韧性较好,通用性强	适于铁基、铁镍基和镍基高温合金、高强度钢、高锰钢的粗、精加工,淬火钢、特殊耐热不锈钢的精加工和半精加工及非金属材料、陶瓷、花岗岩的加工
2	YH2 (YM052)	13.9 ~ 14.2	≥ 93	1560	系超细颗粒合金。通用性好,红硬性高,耐磨性优良	适于特种耐热不锈钢、高锰钢、冷硬铸铁的粗、精加工,高强度钢的精加工,淬火钢、铁基高温合金的精加工及半精加工、玻璃制品的加工
3	YH3 (YM053)	13.9 ~ 14.2	≥ 92.5	1560	系超细颗粒合金。耐磨性优良,红硬性好	适于高镍冷硬铸铁、球墨冷硬铸铁、白口铁的粗、精加工;亦适于一般铸铁的粗、精加工
4	YS2T	14.4 ~ 14.6	91.5	1760	系亚细颗粒合金。耐磨性较好,抗冲击和抗振性能高	适于低速粗车、铣削高温合金及钛合金,作切断刀及丝锥

(续表)

序号	牌 号	密度 (g/cm ³)	硬度 HRA	抗弯强 度 σ_{cb} (MPa)	使用性能	用 途
5	YGRM (YD15)	14.9 ~15.2	91.5	1760	系细颗粒合金,耐磨性优良,抗冲击性能好,抗粘结能力强	适于精车、半精车钛合金、高温合金;各类铸铁及高强度钢加工。
6	YD05	14.3 ~15.0	93.0	1320	红硬性、耐磨性很好	适于加工各种热喷涂(焊)材料
7	YD10	14.6 ~14.9	92.0	1560	耐磨性及允许的切削速度较 YG8 高,抗冲击性能良好	适于加工钛合金,高温合金及耐热不锈钢
8	YW3	12.7 ~13.3	92.0	1250	耐磨性和红硬性很高,抗冲击性能中等,韧性较好	适于耐热合金钢、高强度钢、低合金超高强度钢的精加工和半精加工,亦可在冲击小的情况下粗加工
9	YM10	12.0 ~12.5	92.0	1200	具有极好的耐热性和抗粘结能力,通用性良好	适于碳素钢及除镍基以外的大多数合金钢、调质钢加工。尤适于精加工耐热不锈钢
10	YT05	12.5 ~12.9	92.5	1080	耐磨性和红硬性良好,具有足够的高温硬度和韧性	适于碳素钢、合金钢和高强度钢的精加工和半精加工,亦适于淬火钢及含钴较高的合金加工

(续表)

序号	牌 号	密度 (g/cm ³)	硬度 HRA	抗弯强度 σ_b (MPa)	使用性能	用 途
11	YTM30 (YS30)	12.45	91.0	1760	耐磨性较好,抗冲击性优良,抗月牙洼磨损良好	适于大走刀、高效率铣削各种钢材,尤其是合金钢的铣削
12	798	11.8 ~12.5	≥ 91.0	1470	有较好的红硬性,强度较高,抗热震性好	适于高强度钢、高锰钢、不锈钢及一般低碳合金钢的断续车削、铣削,特别适于作铣刀及喷射钻
13	712	11.5 ~12.0	≥ 91.5	1275	综合性能好,红硬性及耐磨性优于798	适于高强度合金钢、高速钢、高锰钢以及硅钢片组合件、中硬度合金钢的粗车、半精车
14	715	11.0 ~12.0	≥ 91.5	1180	红硬性、耐磨性好,容许切削速度高	适于高强度合金钢的半精加工、精加工及螺纹加工
15	758	13.0 ~13.5	≥ 91.5	1450	红硬性及抗氧化性能优于YW2	特别适于加工淬火钢,轧辊等
16	813	14.0 ~14.1	≥ 91.0	1570	具有较高的红硬性,高温韧性,通用性好,优于YG6X, XA6及YW2	适于加工镍基、铁基高温合金,钴合金,高锰钢,不锈钢, HRC ≤ 50 的淬火钢及钛合金
17	643	13.6 ~13.8	≥ 93.0	1470	有较高的耐磨性,抗氧化性能,抗粘结能力好	适于高温合金及超高强度钢的精加工及半精加工

(续表)

序号	牌 号	密度 (g/cm ³)	硬度 HRA	抗弯强 度 σ_b (MPa)	使用性能	用 途
18	J ¹¹	11.2 ~11.7	≥ 91.5	≥ 1568	系细颗粒合金, 具有较高耐磨性, 抗震性高于 YG6X	适于高温合金、不锈钢、钛合金、纯钨、纯铁的加工, 宜采用大前角切削
19	F ₃	14.3 ~14.7	≥ 91.5	≥ 1616	系细颗粒合金, 使用性能较好	适于合金铸铁、不锈钢、淬火钢、玻璃管等难加工材料
20	M2	12.5 ~13.0	≥ 90.0	≥ 1568	有较好的红硬性, 耐磨性和冲击韧度, 综合性能好	适于高强度合金钢, 高锰钢的加工, 尤适于铣削加工
21	M3	12.3 ~12.8	≥ 89.5	≥ 1764	有较好的红硬性及耐磨性、冲击韧度优于 M2	适于高强度合金钢, 高锰钢, 反磁钢、硅钢片组合件的车削加工, 抗冲击性优于 M2
22	T20	10.5 ~11.2	≥ 92.0	≥ 1078	耐磨性和 YG30 相近, 但强度高于 YG30, 通用性好	适于碳素钢, 合金钢的精加工, 并可加工 HRC60 左右的淬火钢
23	F ₆	14.6 ~15.0	≥ 92.5	≥ 1372	耐磨性及允许切削速度均高于 T20	适于各种热喷涂(焊)材料切削加工, 也能加工冷硬铸铁、淬火钢等难加工材料

注: 序号 1~11 是株洲硬质合金厂产品; 序号 12~17 是自贡硬质合金厂产品; 序号 18~23 是上海合金材料总厂产品。

表 1-15 目前常用的涂层材料及其性能

涂 层 材 料	性 能
碳化钛 (TiC)	TiC 硬度较高 (HV3200), 耐磨性好, 并且与基体合金粘着能力强。这种刀片的前刀面抗磨损性较好, 但在涂层与基体之间会形成一层脆性的脱碳层, 导致刀片脆性增大, 为控制其脆性, 涂层不能太厚, 一般在 5~7 μ m 之间
氮化钛 (TiN)	TiN 硬度较低 (HV1800~2100), 与基体合金的粘着性较差, 但导热性好, 与铁基材料的化学惰性大, 摩擦因数小, 与基体合金之间不易产生脆性层, 韧性较好, 涂层可较厚 (8~12 μ m), 这种涂层刀片的抗月牙洼磨损性能较好
碳化钛-氮化钛 (TiC-TiN) 复合涂层	在硬质合金基体上先涂覆一层 TiC, 然后再涂一层 TiN, 以使兼有 TiC 与 TiN 两者的优点

表 1-16 国际标准化组织 (ISO) 规定的硬质合金分类、代号及适用范围

类别	颜色标记	合金代号	被加工材料范围	适用的加工方法及加工条件	用途相当的国产牌号
P	蓝色	P01	钢材、铸钢及形成长切屑的可锻铸铁	高精度、粗糙度小高速、小切削截面的超精车及超精镗	YN10 YT30
		P10		高速、小至中等切削截面的车削、仿形车削、螺纹切削及镗孔	YT15
		P20		在中等切削速度下, 中等切削截面的车削、仿形车削、铣削及小切削截面的刨削	YT14

(续表)

类别	颜色 标记	合金 代号	被加工材料范围	适用的加工方法及加工条件	用途相 应的国 产牌号
P	蓝色	P30	钢材、铸钢及 形成长切屑的可 锻铸铁	在不利的切削条件下,以中、 低速及中到大的切削截面车 削、铣削及刨削	YF
		P10		在不利的切削条件下,以低 速、大切削截面及大前角车削、 刨削、铣削及自动机车削	
		P50		在不利的切削条件下,以低 速、大切削截面及大前角车削、 刨削及自动机车削,此时需要 硬质合金具有特别好的韧性	
M	黄色	M10	钢材、铸钢、奥 氏体锰钢、奥氏 体钢、易切削钢、 合金铸铁、可锻 铸铁及球墨铸铁	在中等切削速度下,以小至 中等的切削截面车削	YW1
		M20		在中等切削速度下,以中等 切削截面车削及铣削	YW2
		M30		在中等切削速度下,以中等 至大切削截面的车削、铣削及 刨削	
		M40		特别适宜用于在自动机上车 削、成形车削、切断及切槽	
K	红色	K01	灰铸铁、冷硬 铸铁、形成短切 屑的可锻铸铁、 淬硬钢、有色金 属及非金属材料	车削、精密车削与镗孔、精铣 及铲刮	YG3X YG3
		K10		车削、铣削、镗孔、铰沉孔、铰 削、拉削及铲刮	YG6X YA6
		K20		在比 K10 适应的切削条件 差的情况下,车削、铣削、镗孔、 铰沉孔、铰削、拉削及铲刮	YG6
		K30		在不利的切削条件下,以大 前角车削、铣削及刨削	YG8
		K40		与 K30 同	

注: ISO 规定的合金代号仅用来表示硬质合金的类别及其所适应的加工范围,不是硬质合金的牌号。

6. 刀具几何参数及其合理选择

(1) 刀具切削部分的名称(表 1-17, 图 1-40)

表 1-17 车刀几何参数

名 称 (序号)	说 明
前 面 (1)	切削刀具排出的表面
主 后 面 (9)	与工件加工表面相对的表面
副 后 面 (6)	与工件已加工表面相对的表面
过渡后面 (8)	与工件加工表面相对的表面, 介于主后面和修光后面之间
修光后面 (7)	与工件已加工表面相对并平行的表面, 介于副后面和过渡后面之间
主 切 削 刃 (10)	前面与主后面的交线, 要担负主要切削工作
副 切 削 刃 (1)	前面与副后面的交线, 它配合主切削刃完成切削工作
刀 尖 (3)	主切削刃和副切削刃的交点, 为了增强刀尖, 刀具都在刀尖处磨出过渡刃
过渡切削刃 (2)	过渡后面和前面的交线, 是用以增强刀尖
修光切削刃 (5)	修光后面和前面的交线, 是用以修光已加工表面
负 刀 棱	在刃口附近的前面上磨出一条很窄的负前角棱边, 可增加刀刃的强度, 提高刀具耐用度

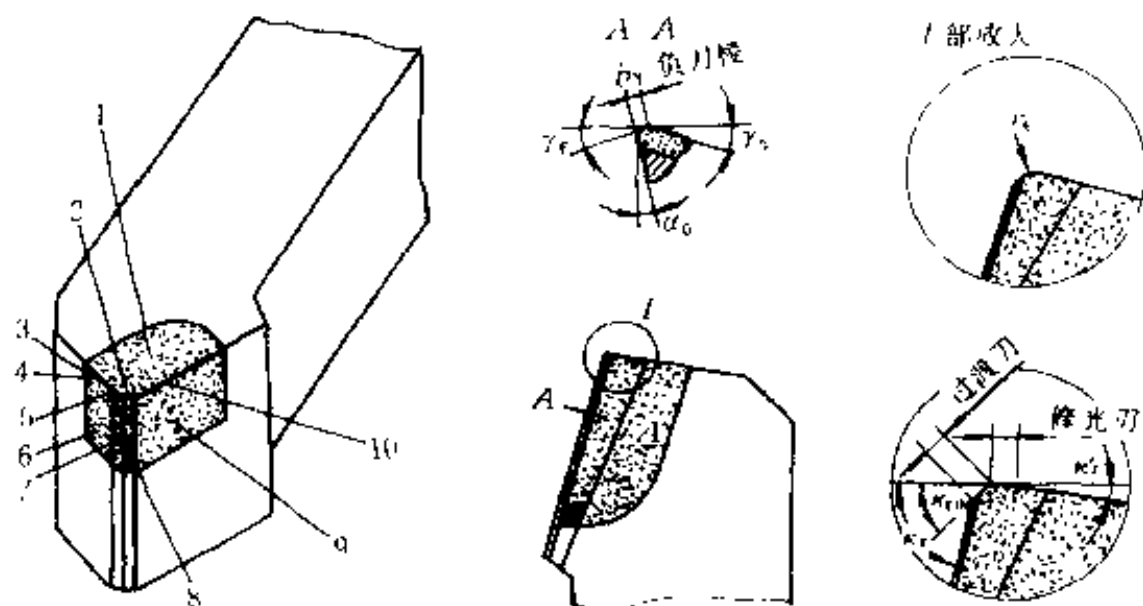


图 1-40 车刀的切削部分

(2) 确定刀具几何角度的辅助平面(表 1-18, 图 1-41)

表 1-18 辅助平面

名称	说明
切削平面	通过主切削刃上任意一点, 并和工件加工表面相切的一个平面
基面	通过主切削刃上任意一点, 并垂直于切削速度方向的一个平面, 它与切削平面是一对空间互相垂直的坐标平面
主截面	垂直于主切削刃在基面上投影的平面
副截面	垂直于副切削刃在基面上投影的平面

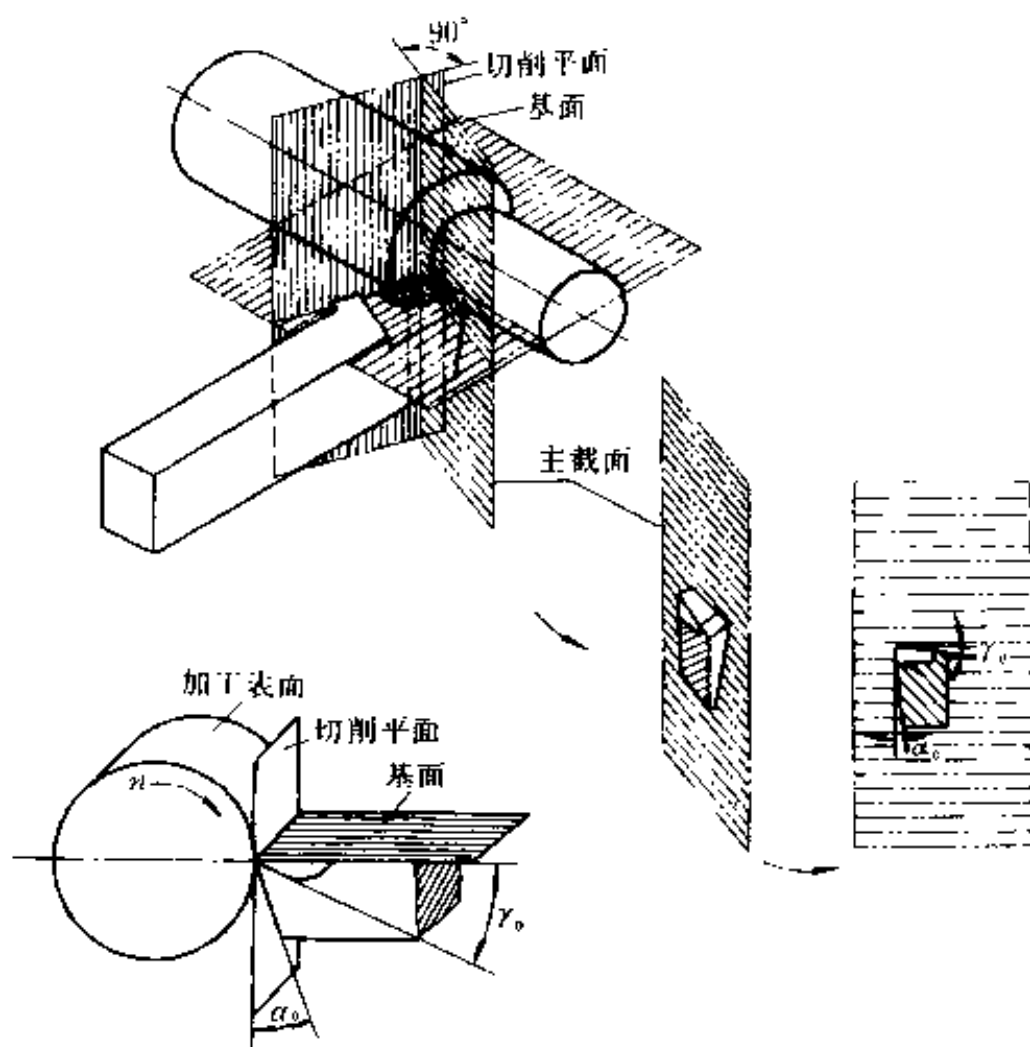


图 1-41 辅助平面

(3) 刀具切削部分几何角度的位置与作用(表 1-49, 图 1-42, 1-43)

表 1-49 刀具几何角度的位置与作用

名称	位置	作用
前角 γ_0	在主截面中, 前面与基面之间的夹角	减少切屑变形, 减少切屑与刀具前面的摩擦, 使刀刃锋利, 切削轻快, 但过大会减弱刀头及切削刃刃口的强度
后角 α_0	在主截面中, 主后面与切削平面之间的夹角	减少主后面与工件加工表面的摩擦, 使刀刃锋利, 但过大会减弱刀头及切削刃刃口的强度
刃倾角 λ	在切削平面中, 主切削刃与基面之间的夹角	改变切屑流出方向, 影响刀头强度及工作前角, 并能使切削平稳
主偏角 κ_r	主切削刃与进给方向在基面上投影之间的夹角	改变切削厚度与切削宽度的人小, 改变吃刀抗力与走刀抗力的比例, 影响刀具散热情况
副偏角 κ'_r	副切削刃与进给方向在基面上投影之间的夹角	减少副切削刃与已加工表面的摩擦, 还影响已加工表面粗糙度和刀具散热情况
副后角 α'_0	在副截面中, 副后面与通过副切削刃垂直于基面的平面之间的夹角	减少副后面与已加工表面的摩擦
副前角 γ'_0	在副截面中, 前面与基面之间的夹角	$\text{tg} \gamma'_0 = \text{tg} \gamma_0 \cos(\kappa_r + \kappa'_r) \cdot \text{tg} \lambda \sin(\kappa_r + \kappa'_r)$
楔角 β_0	在主截面中, 前面与主后面之间的夹角	$\beta_0 = 90^\circ - (\alpha_0 + \gamma_0)$
切削角 δ	在主截面中, 前面与切削平面之间的夹角	$\delta = 90^\circ - \gamma_0$
刀尖角 ϵ_r	主切削刃与副切削刃在基面上投影的夹角	$\epsilon_r = 180^\circ - (\kappa_r + \kappa'_r)$

注: 刀具图纸上只需注出前角 γ_0 、后角 α_0 、刃倾角 λ 、主偏角 κ_r 、副偏角 κ'_r 及副后角 α'_0 , 其他角度系派生的, 不需注出。

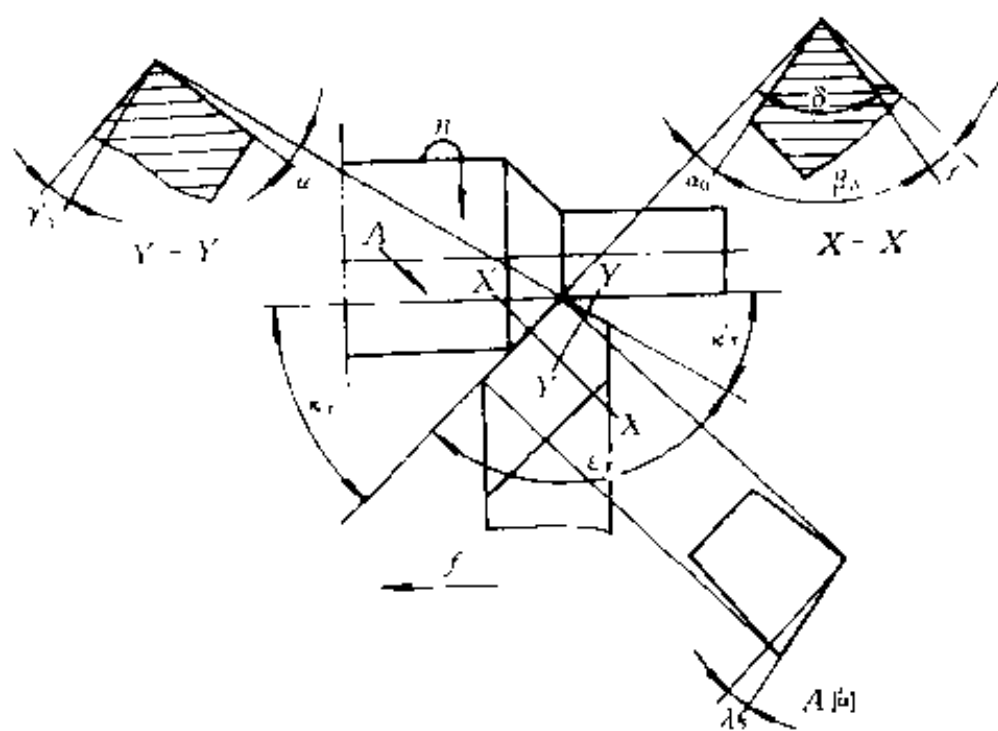


图 1-42 车刀几何角度

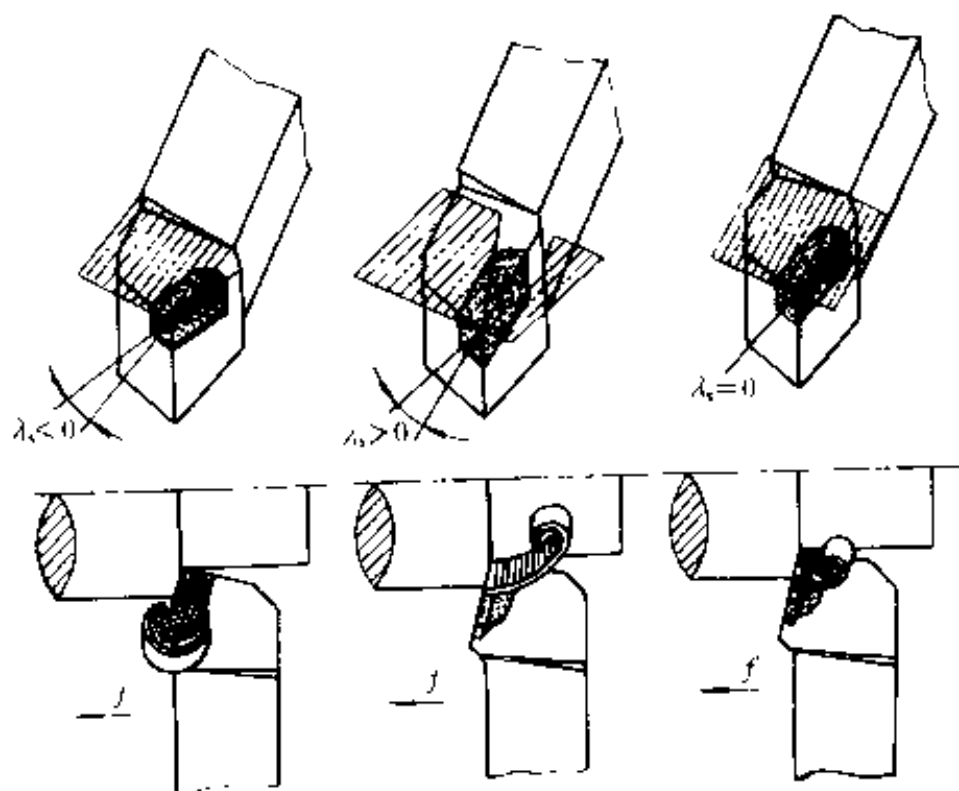


图 1-43 刃倾角与切屑流出方向

(4) 刀具主要几何角度的选择原则(表 1-50)

表 1-50 刀具主要几何角度选择表

角度名称	选 择 原 则
前角 γ_0	<ol style="list-style-type: none"> 1. 工件材料的强度、硬度越低,塑性越好,应取较大的前角;加工脆性材料(如铸铁)或切削接触长度短的材料(如钛合金)时应取较小前角,加工特硬材料(如淬硬钢,冷硬铸铁等)甚至可取负的前角; 2. 刀具材料的抗弯强度及韧性越高,可取较大的前角; 3. 断续切削或粗加工有硬皮的锻、铸件时,应适当减小前角;但如果此时有较大的负刃倾角配合,仍可取较大的前角,以减小径向切削力; 4. 高速切削时,前角对切削变形及切削力的影响较小,可取较小前角; 5. 成形刀具或展成刀具的前角,应根据具体加工要求来选择
后角 α_0 , 副后角 α'_0	<ol style="list-style-type: none"> 1. 精加工时,切削厚度薄,磨损主要发生在后刀面,宜取较大后角,粗加工时,切削厚度大,负荷重,前、后刀面均要发生磨损,宜取较小后角; 2. 多刃刀具切削厚度较薄,应取较大后角; 3. 被加工工件刚性差(如细长轴或薄壁工件)时,应取较小后角,以增大后面与工件的接触面积,减少或消除振动; 4. 工件材料较软、粘,加工硬化倾向大,弹性模量小时,后面摩擦严重,则取较大后角,工件材料硬度、强度高,为保证刃口强度,宜取较小后角,但对加工硬材料的负前角刀具,后角应稍大些,以便刀刃易于切入工件,加工脆性材料,负荷集中在刃口处,宜取较小后角; 5. 尺寸精密的刀具(如内孔拉刀、铰刀等)应取较小后角,以免重磨后刀具尺寸变化太大; 6. 进给运动速度较大的刀具(如螺纹车刀铲齿车刀等)后角的选择应充分考虑到工作后角与标注后角之间的差异; 7. 铲齿刀具(如成形铣刀、滚刀等)的后角要受到铲背量的限制,不能太大,但要保证侧刃后角不小于2°

(续表)

角度名称	选择原则
刃 倾 角 λ	<ol style="list-style-type: none"> 1. 冲击负荷较大的断续切削, 应取较大负值的刃倾角, 以保护刀尖, 提高切削平衡性, 此时可配合采用较大的前角, 以免径向切削力过大; 2. 精加工时应取正值的刃倾角, 使切屑流向待加工表面, 以免切屑划伤已加工表面; 3. 加工高硬度材料时, 可取负值刃倾角, 以提高刀具强度; 4. 微细切削的精加工刀具可取特别大的刃倾角 ($\lambda = 15^\circ$); 5. 孔加工刀具 (如镗刀、铰刀) 的刃倾角方向, 应根据孔的性质决定。加工通孔时, 应取正值刃倾角, 使切屑由孔的前方推出, 以免划伤孔壁; 加工盲孔时, 应取负值刃倾角, 使切屑向后排出, 以免堆积在孔底。
主 偏 角 κ	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在工艺系统 (机床-工件-夹具-刀具) 刚性允许的条件下, 应尽可能采用较小的主偏角, 以提高刀具的耐用度; 2. 工件材料强度、硬度高时, 宜取较小的主偏角; 3. 在切削过程中, 刀具需作中间切入时, 应取较大的主偏角; 4. 主偏角的大小还应与工件的形状相适应 (如车阶梯轴、铣直角台阶等); 5. 采用小主偏角时应考虑到切削刃有效长度是否足够。
副 偏 角 κ_r	<ol style="list-style-type: none"> 1. 工件或刀具刚性较差时, 应取较大的副偏角; 2. 精加工刀具应取较小的或零度副偏角, 以加强副切削刃对工件已加工表面的修光作用; 3. 在切削过程中需作中间切入或双向进给的刀具, 应取较大的副偏角; 4. 切断、切槽及孔加工刀具的副偏角取较小值, 以保证重磨后刀具尺寸变化量较小。
刀尖圆弧半径 r_n	<p>主要根据工件已加工表面粗糙度的要求及工艺系统刚度选择。</p> <p>当工件已加工表面粗糙度要求较高时, 应取较大值, 但过大会使径向切削力增大, 引起振动, 对粗糙度反而不利。一般硬质合金车刀 $r_n = 0.5 \sim 2\text{mm}$, 粗车时取小值, 精车时取大值。</p>

(5) 车刀几何角度的参考数值(表 1-51)

表 1-51 车刀几何角度的参考数值表

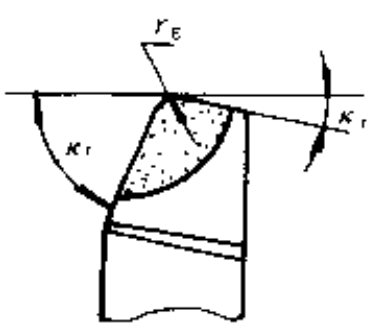
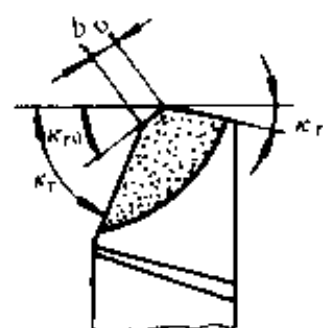
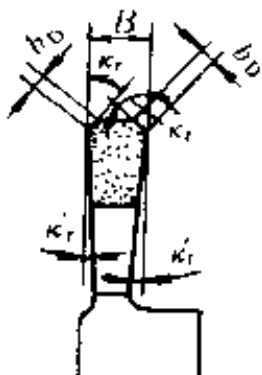
工件材料	刀具材料	前角 γ_0	后角 α_0	主偏角 κ_r	刃倾角 λ	副偏角 κ_r'	副后角 α_1	刀尖半径 $r_s(\text{mm})$
低碳钢(Q235)	YT5, YT15	20°~30°	8°~10°	45°~90°	0°~-5°	6°~10°	0°~8°	0.2~1
中碳钢(45 正火)	YT5, YT15	15°~20°	5°~8°	45°~90°	-5°~+5°	6°~10°	1°~6°	0.2~1
中碳钢(45 调质)	YT15, YT30	10°~18°	5°~8°	45°~90°	5°~+5°	6°~10°	4°~6°	0.2~1
合金钢 (40Cr 正火)	YT5, YT15	13°~20°	5°~8°	45°~90°	0°~-5°	6°~10°	5°~6°	0.2~1
合金钢 (10Cr 调质)	YT15, YT30	10°~18°	5°~8°	45°~90°	0°~+5°	6°~10°	4°~6°	0.2~1
钢锻件 15, 40Cr	YT5, YT15	10°~15°	5°~7°	45°~90°	0°~-5°	6°~10°	1°~6°	1~1.5
不锈钢 1Cr18Ni9Ti	YG8, YA6	15°~20°	6°~8°	45°~90°	0°~+5°	6°~10°	5°~7°	0.2~1
淬火钢 45, HRC40~50	YT30, YA6	-5°~+15°	8°~12°	45°~75°	+5°~+12°	6°~8°	5°~8°	1~?
高锰钢 30Mn18Cr1	YT15, YW1	3°~-3°	8°~13°	25°~45°	0°~-5°	6°~8°	6°~8°	1~2

(续表)

工件材料	刀具材料	前角 γ	后角 α_0	主偏角 κ_r	刃倾角 λ	副偏角 κ'_r	副后角 α'_0	刀尖半径 r_x (mm)
冷硬铸铁	YA6, YW2	$0^\circ \sim -3^\circ$	$1^\circ \sim 6^\circ$	$15^\circ \sim 30^\circ$	0	$8^\circ \sim 10^\circ$	$6^\circ \sim 10^\circ$	$1 \sim 1.5$
纯铁	W18Cr4V, YG8	$25^\circ \sim 35^\circ$	$8^\circ \sim 10^\circ$	$75^\circ \sim 90^\circ$	0	$5^\circ \sim 15^\circ$	$6^\circ \sim 8^\circ$	$0.2 \sim 1$
纯铜	YG6X, 726	$5^\circ \sim 15^\circ$	$6^\circ \sim 8^\circ$	$45^\circ \sim 60^\circ$	$+16^\circ \sim -13^\circ$	$10^\circ \sim 15^\circ$	$6^\circ \sim 8^\circ$	$0.5 \sim 1$
高温合金 GH22, K14	YA6, YG6X	$5^\circ \sim 10^\circ$	$8^\circ \sim 15^\circ$	$45^\circ \sim 75^\circ$	$0^\circ \sim -3^\circ$	$8^\circ \sim 10^\circ$	$6^\circ \sim 8^\circ$	$0.5 \sim 1$
灰铸铁 HT20-40	YG6, YG3	$5^\circ \sim 15^\circ$	$4^\circ \sim 8^\circ$	$45^\circ \sim 90^\circ$	$0^\circ \sim -5^\circ$	$6^\circ \sim 10^\circ$	$6^\circ \sim 8^\circ$	$0.5 \sim 1$
青铜 ZQSn10-1	YG8, YG6	$10^\circ \sim 15^\circ$	$6^\circ \sim 8^\circ$	$45^\circ \sim 90^\circ$	0	$6^\circ \sim 10^\circ$	$1^\circ \sim 6^\circ$	$0.5 \sim 1$
脆黄铜 HPb59-1	YG8, YG6	$8^\circ \sim 12^\circ$	$6^\circ \sim 8^\circ$	$45^\circ \sim 90^\circ$	$0^\circ \sim -5^\circ$	$6^\circ \sim 10^\circ$	$1^\circ \sim 6^\circ$	$0.5 \sim 1$
铝合金 LY12	YG8, YG6	$30^\circ \sim 40^\circ$	$8^\circ \sim 12^\circ$	$15^\circ \sim 90^\circ$	$0^\circ \sim -10^\circ$	$6^\circ \sim 10^\circ$	$6^\circ \sim 10^\circ$	$0.5 \sim 1$
有机玻璃	W18Cr4V YG8	$20^\circ \sim 30^\circ$	$10^\circ \sim 12^\circ$	$75^\circ \sim 90^\circ$	0°	$10^\circ \sim 12^\circ$	$8^\circ \sim 10^\circ$	$1.5 \sim 1$
尼龙 1010	W18Cr4V YG8	$15^\circ \sim 20^\circ$	$10^\circ \sim 12^\circ$	$75^\circ \sim 90^\circ$	0°	$10^\circ \sim 12^\circ$	$8^\circ \sim 10^\circ$	$0.5 \sim 1$

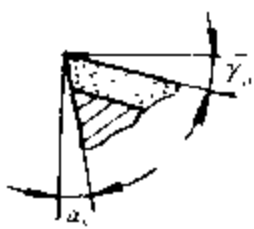
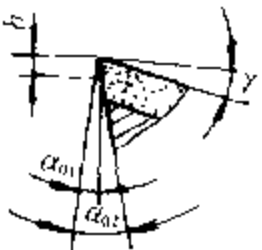
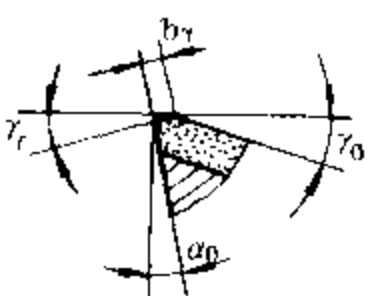
(6) 刀尖形状及其参数的选择(表 1-52)

表 1-52 刀尖形状选择表

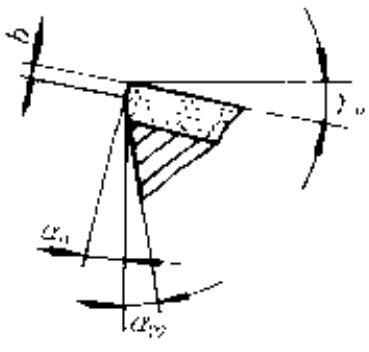
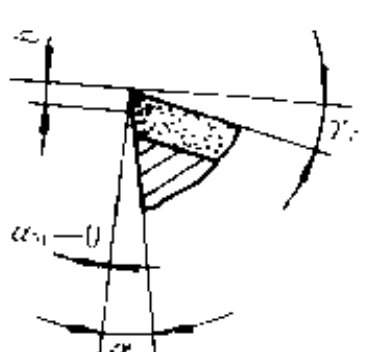
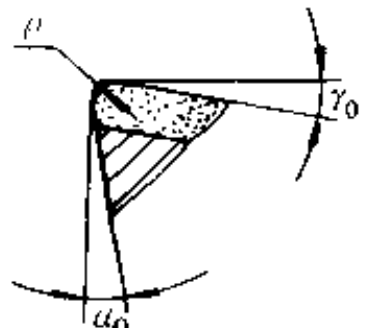
刀尖形式及其简图	特点及适用场合	有关参数的参考值
 <p style="text-align: center;">圆弧形刀尖</p>	<p>选用合理的刀尖圆弧半径 r_E 可提高刀具耐用度, 对工件表面有较好的修光作用, 但刃磨较困难; r_E 过大时, 会使径向切削力增大, 易引起切削振动。</p> <p>一般在单刃刀具上使用较多, 在钻头、铰刀上也有使用</p>	<p>1. 高速钢车刀 $r_E = 0.5 \sim 5\text{mm}$</p> <p>2. 硬质合金车刀 $r_E = 0.5 \sim 2\text{mm}$</p> <p>$r_E$ 的数值, 精车取大值, 粗车取小值</p>
  <p style="text-align: center;">倒角形刀尖</p>	<p>可提高刀具耐用度和改善工件表面质量, 偏角 κ_{r0} 愈小, 对工件表面的修光作用愈好。</p> <p>直线过渡刃刃磨方便, 适用于各类刀具</p>	<p>1. 粗加工及强力切削车刀 $\kappa_{r0} \approx \frac{1}{2} \kappa_r$ $b_D = 0.5 \sim 2\text{mm}$ (约为背吃刀量 a_p 的 $1/3 \sim 1/4$)</p> <p>2. 精加工车刀 $\kappa_{r0} = 1^\circ \sim 2^\circ$ $b_D = 0.5 \sim 1\text{mm}$</p> <p>3. 切断车刀 $\kappa_{r0} = 15^\circ$ $b_D = 0.5 \sim 1.0\text{mm}$ (约为车刀宽度的 $1/5$)</p>

(7) 切削刃形式及其参数的选择(表 1-53)

表 1-53 切削刃形式选择表

刃口形式及其简图	特点及适用场合	有关参数的参考值
  <p style="text-align: center;">锐 刃</p>	<p>这是在刃磨前、后刀面时自然形成的切削刃,其特点是刃磨方便,刃口锋利,但较易钝化。</p> <p>锐刃主要适用于成形刀具,齿轮刀具及各种精加工的单刃刀具。</p> <p>为了便于研磨刃口,可将后刀面刃磨成如左下图所示的双重后角形式。</p>	<p>当采用双平后刀面时:</p> $b = 0.5 \sim 2 \text{mm}$ $\alpha_0' = \alpha_0 + (\gamma_n' - \gamma_n)$ <p>其中 α_{00} 按表 1-54 所列的数值 α 及 α' 选择</p>
 <p style="text-align: center;">倒 棱 刃</p>	<p>这是在刃口附近的前刀面上磨出的一条很窄的负前角棱边,可增加刀刃的强度,提高刀具耐用度,但当棱边宽度 b_r 增大时,切削力(特别是进给抗力 F_f)将增大。</p> <p>倒棱刃主要适用于粗加工或半精加工的硬质合金车刀、刨刀及端面铣刀。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 加工低碳钢、不锈钢及灰铸铁时: $b_r = 0.5f$ $\gamma_r = -5^\circ \sim -10^\circ$ 加工中碳钢,合金结构钢时: $b_r = (0.3 \sim 0.8)f$ $\gamma_r = -10^\circ \sim -15^\circ$ 切削冲击载荷较大时: $b_r = (1.3 \sim 2.0)f$ <p>或采用由刀尖向后逐渐增宽的不等宽负倒棱</p>

(续表)

刃口形式及其简图	特点及适用场合	有关参数的参考值
 <p style="text-align: center;">消振棱刃</p>	<p>在刃口附近的后刀面上磨出一条很窄的负后角棱边,以提高切削刃的强度,增大刀具与工件的接触面积,有助于消除切削过程中的低频振动,稳定切削过程。</p> <p>消振棱刃主要用在工艺系统刚性不足条件下切削的单刃刀具(如车刀、刨刀、螺纹车刀等)。</p>	<p>一般可取:</p> <p>$b = 0.1 \sim 0.3\text{mm}$</p> <p>$\alpha_{01} = \alpha_{02} = 10^\circ$</p>
 <p style="text-align: center;">白刃</p>	<p>在刀具的上后刀面或副后刀面上靠近刃口处留有一条后角为零度的窄棱边,即白刃。主要用于多刃刀具,其作用是:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 便于在刃磨时控制刀具的尺寸(直径或宽度等)及刀齿的径向、轴向振摆; 2. 使刀具在重磨前刀面后,保持尺寸不变,增加重磨次数,延长刀具寿命; 3. 对已加工表面起挤压、光整作用,也有助于消除切削振动; 4. 加工脆性黄铜的车刀,采取白刃可防止轧刀现象。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 铣刀: $b = 0.15\text{mm}$ 2. 拉刀: 切削齿 $b = 0.1 \sim 0.3\text{mm}$ 校准齿 $b = 0.1 \sim 0.5\text{mm}$ 3. 铰刀、浮动铰刀(副切削刃): $b = 0.05 \sim 0.3\text{mm}$ 4. 加工脆性黄铜的刀: $b = 0.1 \sim 0.2\text{mm}$
 <p style="text-align: center;">倒圆刃</p>	<p>在切削刃上特意研磨出一定的刃口圆角,以提高切削刃的粗糙度和强度,延长刀具的耐用度,并起一定的消振及挤光作用。倒圆刃主要适用于各种粗加工或半精加工的硬质合金刀具及硬质合金可转位刀片。</p>	<p>在一般情况下应使</p> <p>$\rho = f/3$</p> <p>轻型倒圆 $\rho = 0.02 \sim 0.03\text{mm}$</p> <p>半轻型倒圆 $\rho = 0.05 \sim 0.10\text{mm}$</p> <p>重型倒圆 $\rho = 0.15\text{mm}$</p>

注:上述几种刃口形式可组合使用,如:在刃口上磨出负倒棱,又磨出消振棱等。

7. 切削液及其应用

车削时会产生很大的热量,这些热量往往使刀具受热磨损,工件尺寸变化,也影响已加工表面质量。合理选用切削液,可以改善上述情况。

(1) 切削液的作用(表 1-54)

表 1-54 切削液的作用要求说明

作 用	说 明
冷 却 作 用	切削液的冷却作用,能降低工件和刀具的温度,从而可以提高刀具耐用度和加工质量。在刀具材料的耐热性较差,工件材料的热膨胀系数较大以及两者的导热性较差的情况下,切削液的冷却作用显得更为重要
润 滑 作 用	切削时由于切屑、刀具、工件间压力很大,相互间的摩擦很严重,所以减少摩擦是切削时使用切削液的主要目的之一,由于切削液会渗入刀具、工件及切屑间的微小间隙中形成一层薄薄的吸附膜,一般切削载荷下可以减少摩擦起润滑作用
清洗排屑作用	将切削过程中产生的细小切屑或磨削中的砂粒碎片、磨屑等冲走并清除,以免挤在刀具与工件间或砂轮与工件间划伤已加工表面
防 锈 作 用	切削液使用后应使机床、刀具、夹具和工件不发生锈蚀,并能防锈,为此,除保持切削液清洁和定期更换外,尚需在切削液中加入各种防锈添加剂

(2) 切削液的种类和应用

金属切削加工中常用的切削液可分为三大类:水溶液、乳化液和切削油,每大类中根据不同配方又可分为若干小类。

根据工件材料、刀具材料、加工方法和加工要求等具体情况,选用不同的切削液(参考表 1-55),选用必须得当,否则得不到应有的效果。

表 1-35 车削时常用切削液的选择

加工方式	工件材料		
	碳素钢	合 金 钢	不锈钢及耐热钢
车外圆及镗孔	粗车 3%~5% 乳化液	品 (1) 5%~15%乳化液; (2) 5%石墨化或硫化 乳化液; (3) 5%氧化石蜡油制 的乳化液	种 (1) 10%~30%乳化液; (2) 10%硫化乳化液
	精车	(1) 石墨化或硫化乳化液; (2) 10%~15%乳化液(低速时), 5%乳化液(高速时)	(1) 氧化煤油; (2) 煤油 75%, 油酸或植 物油 25%; (3) 煤油 60%, 松节油 20%, 油酸 20%
切断及切槽		(1) 15%~20%乳化液; (2) 硫化乳化液; (3) 硫化油; (4) 活性了的矿物油	(1) 氧化煤油; (2) 煤油 75%, 油酸或植 物油 25%; (3) 硫化油 85%~87%, 油酸或植物油 13%~15%
钻孔及镗孔		(1) 7%硫化乳化液; (2) 硫化切削油	(1) 3%肥皂加 2%亚麻 油水溶液(用于不锈钢钻 孔); (2) 硫化切削油(不锈钢 镗孔)
铰 孔		(1) 硫化乳化液; (2) 10%~15%的乳化液; (3) 硫化油与煤油混合液(中速 时)	10%乳化液或硫化油
车 螺 纹		(1) 硫化乳化液; (2) 氧化煤油; (3) 煤油 75%, 油酸或植物油 25%; (4) 硫化切削油; (5) 变压器油 70%, 氧化石蜡 30%	(1) 氧化煤油; (2) 硫化切削油; (3) 煤油 60%, 松节油 20%, 油酸 20%; (4) 硫化油 60%, 煤油 25%, 油酸 15%

(续表)

加工方式		工件材料		
		铸铁及黄铜	青 铜	铝
		品 种		
车外圆及镗孔	粗车	(1) 一般不用; (2) 3%~5%的 乳化液	一般不用	(1) 一般不用; (2) 中性或含有游离酸的弱酸性乳化液
	精车			(1) 煤油; (2) 松节油; (3) 煤油与矿物油的混合油
割断及切槽		(1) 7%~10%乳化液; (2) 硫化乳化液		
钻孔及镗孔			(1) 7%~10%乳化液; (2) 硫化乳化液	(1) 一般不用; (2) 煤油; (3) 煤油与菜油的混合油
铰 孔		(1) 一般不用; (2) 煤油(用于铸铁)或菜油(用于黄铜)	(1) 2号锭子油 (2) 2号锭子油与蓖麻油的混合油; (3) 煤油与菜油的混合油	
车 螺 纹			(1) 一般不用; (2) 菜油	(1) 硫化油 30%, 煤油 15%, 2号或3号锭子油 55%; (2) 硫化油 30%, 煤油 15%, 油酸 30%, 2号或3号锭子油 25%

三、车工常用量具

车削加工的常用量具,种类较多,一般可分为游标卡尺和千分尺两大类。

1. 游标卡尺类量具

(1) 三用游标卡尺

三用游标卡尺均能测量零件的内径、外径和深度尺寸。其结构见图 1-44 所示。

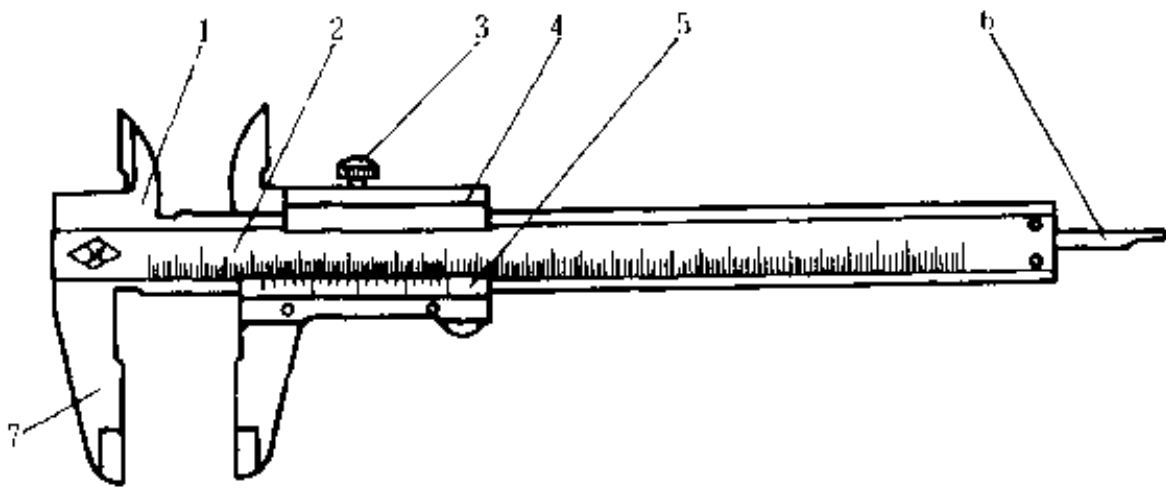


图 1-44 三用游标卡尺

- 1—上量爪；2—尺身；3—紧固螺钉；4—尺框；
5—游标；6—深度测标；7—下量爪

0.05mm(1/20)精度游标卡尺,尺身每格为 1mm,游标刻线为 19mm,等分成 20 格,每格为 $19/20=0.95\text{mm}$,尺身刻线与游标刻线相对一格之差为 $1-0.95=0.05\text{mm}$,读数精度为 0.05mm。根据这个原理,如果游标第 9 根刻线与尺身刻线对准,见图 1-45 所示,则读数为 0.45mm。

同理 0.02mm 精度游标卡尺,尺身每小格为 1mm,游标刻线为 49mm 等分 50 格,每格 $49/50=0.98\text{mm}$ 。游标与尺身相对一格差为 $1-0.98=0.02\text{mm}$,它的读数精度即为 0.02mm。

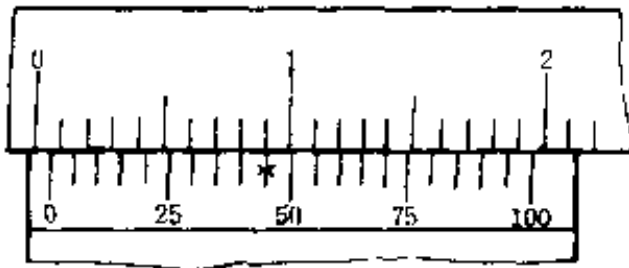


图 1-45 0.05mm 读数方法

根据这个原理。如果游标第 11 根线与尺身对准,则读数为 0.22mm。

(2) 二用游标卡尺

二用游标卡尺和三用游标卡尺相似,主要区别是它没有深度测量装置,所以只能测量工件的内径和外径尺寸,它的规格有 0~200mm 和 0~300mm 两种,见图 1-46 所示。

(3) 双面游标卡尺

双面游标卡尺是指上下量爪均能用于测量工件的外径尺寸,下量爪还能测量工件的内径尺寸。图 1-47 所示,使用下量爪测量工件内径尺寸时,卡尺的读数值应加上其下量爪的宽度 b ,然后才能得出工件的被测实际尺寸,它的规格有 0~300mm 等。

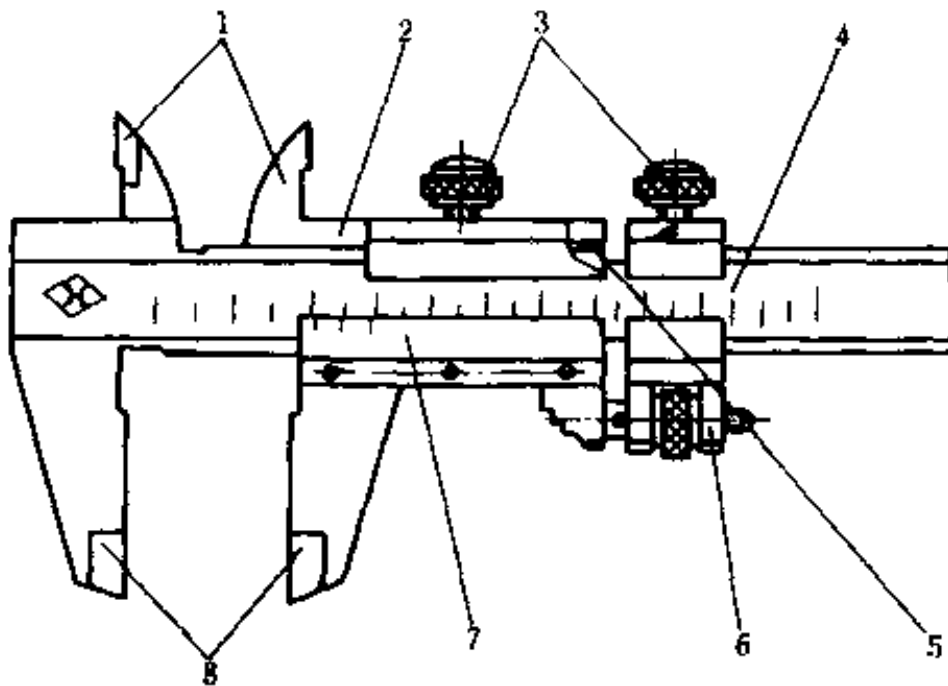


图 1-46 二用游标卡尺

- 1—上量爪; 2—尺框; 3—紧固螺钉; 4—尺身;
- 5—塞铁; 6—微动装置; 7—游标; 8—下量爪

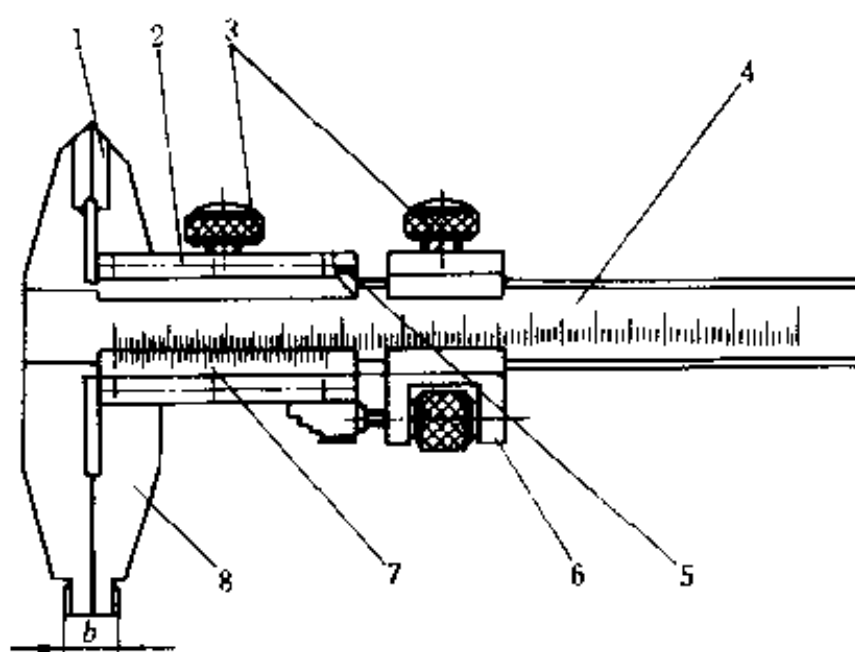


图 1-47 双面游标卡尺

1—上量爪；2—尺框；3—紧固螺钉；4—尺身；
5—塞铁；6—微动装置；7—游标；8—下量爪

(4) 单面游标卡尺

单面游标卡尺的内外量爪均在卡尺的一侧，量爪不仅能测量零件的外径尺寸，且能测量零件的内径尺寸，这种卡尺的测量范围一般有 0~300mm 和 0~500mm 等规格，见图 1-48 所示。

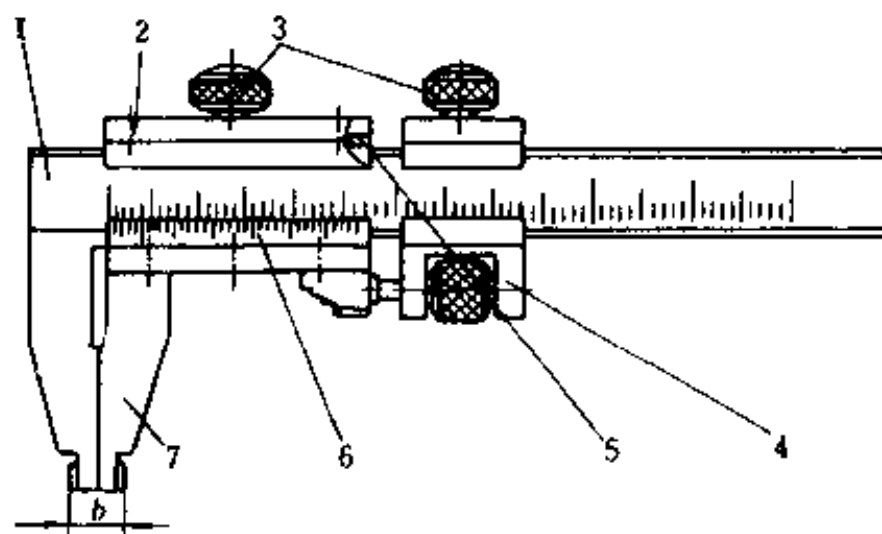


图 1-48 单面游标卡尺

1—尺身；2—尺框；3—紧固螺钉；4—微动装置；
5—塞铁；6—游标；7—量爪

为了在测量内径尺寸时读数的方便,有的单面卡尺在其尺身的上侧表面同样刻有间距每格为 1mm 的刻线与游标组成内径尺寸装置,见图 1-49 所示。测量工件内径尺寸时,能直接从上游标刻线上读得数值,不必加量爪的尺寸。

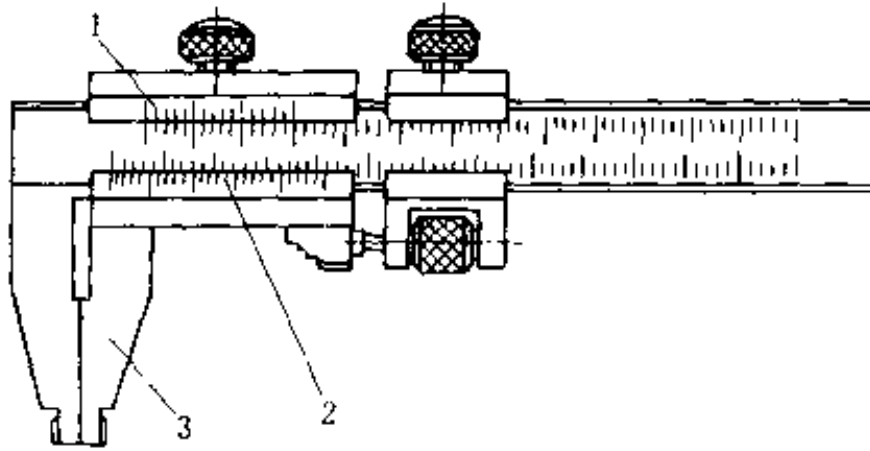


图 1-49 双游标读数尺寸

1 - 上游标; 2 - 下游标; 3 - 量爪

(5) 带表四用游标卡尺

带表游标卡尺除了测量工件的内外直径和深度以外,还能测量台阶的高度。它的测量范围一般有 0~150mm 等规格,分度值为 0.02mm。其特点读数直观,使用方便,它的结构见图 1-50 所示。

(6) 游标高度尺

简称高度尺,主要用于测量工件的高度尺寸相对位置和划线等。其结构见图 1-51。

(7) 游标深度尺

简称深度尺,常用于测量工件的深度尺寸,工件阶台的长度、槽深及盲孔的深度等。

结构如图 1-52 所示,测杆的顶端面一般制成斜楔形状,使其减少被测工件的接触面,以利提高测量时的准确度。

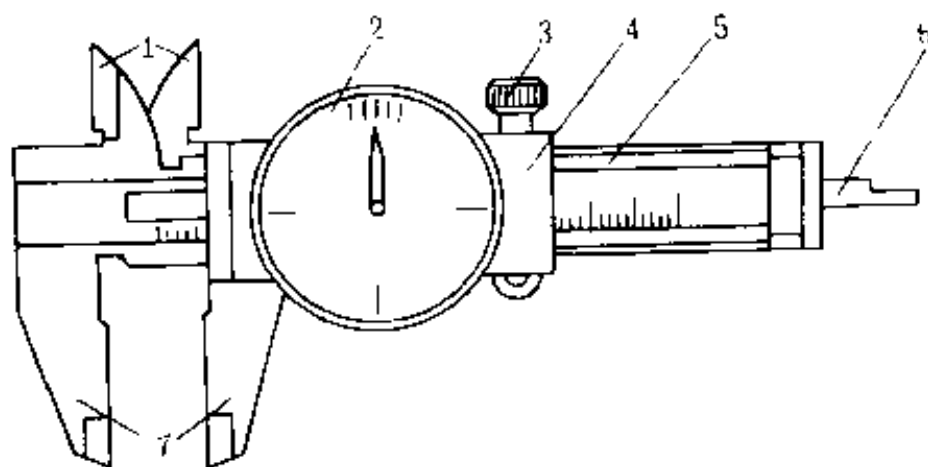


图 1-50 带表四用游标卡尺

- 1—上量爪；2—表面；3—紧固螺钉；4—尺框；
5—尺身；6—深度测杆；7—下量爪

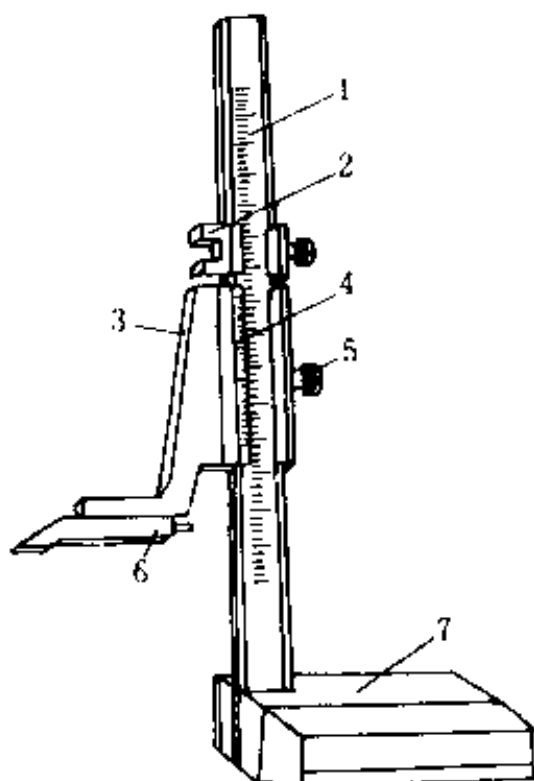


图 1-51 游标高度尺

- 1—尺身；2—微动框；3—尺框；
4—游标；5—紧固螺钉；6—划
线爪；7—底座

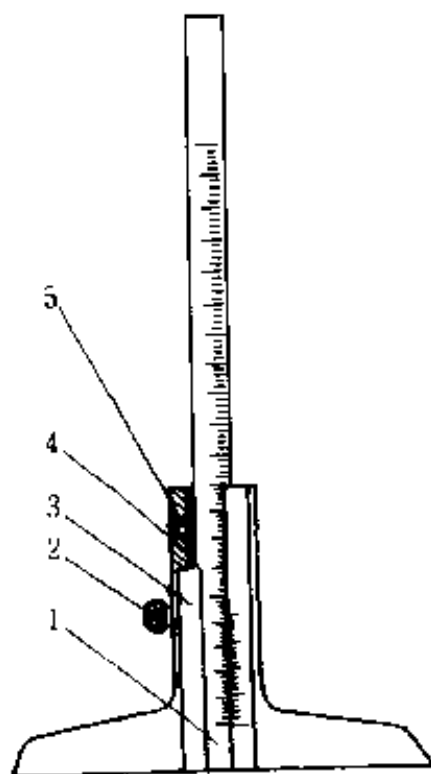


图 1-52 游标深度尺

- 1—尺身；2—紧固螺钉；
3—尺框；4—塞铁；
5—调节螺钉

(8) 游标齿厚尺(简称齿厚尺)

齿厚尺主要用于测量直齿和斜齿圆柱齿轮的固定弦齿厚和分度圆弦齿厚,结构如图 1-53 所示,对于车工来说可用于测量梯形丝杠的牙宽和蜗杆的齿厚。游标齿厚尺在游标值 0.02mm 时,按测量范围(模数)划分有 $m=1\sim 16$, $m=2\sim 16$, $m=1\sim 18$, $m=1\sim 26$, $m=2\sim 26$, $m=5\sim 36$ 等规格。其特点是垂直主尺用于齿高定位,水平主尺用于测量齿厚。

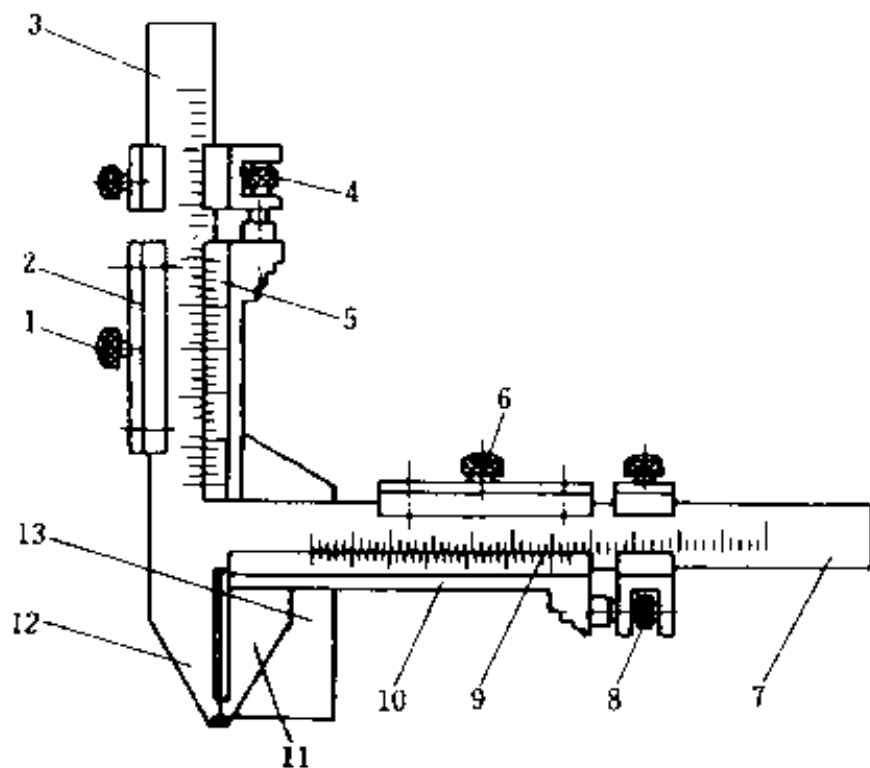


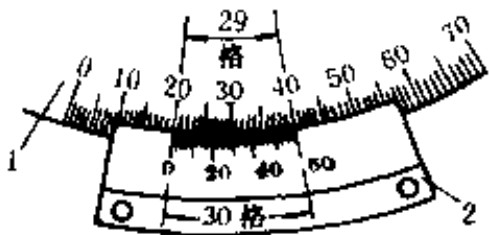
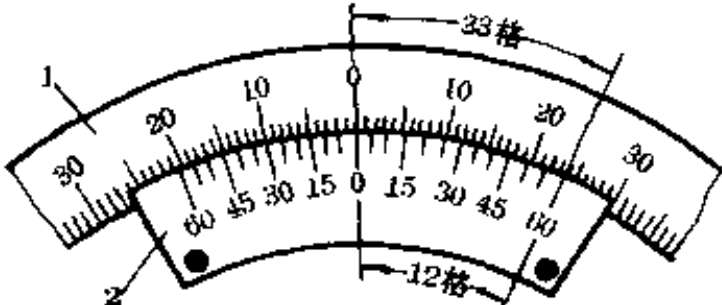
图 1-53 游标齿厚尺

1,6—紧固螺钉; 2—垂直尺框; 3—垂直主尺; 4,8 调节螺钉; 5,9—游标; 7—水平主尺; 10—水平尺框; 11, 12—量爪; 13—齿高标尺

(9) 万能角度尺

万能角度尺除了能测量角度外,还能作较高精度的划线。万能角度尺的读数原理即是一般游标原理,区别在于它是以角度为单位的游标原理,见表 1-56 所示。

表 1-56 万能角度尺的读数原理

图 例	读数原理
	<p>分度值为 $2'$，1 是主尺，2 是游标，主尺分度每格为 1°，游标分度是把主尺 29° (格) 的一段弧长等分成为 30 格，则游标每格 $= \frac{29}{30} = \frac{60 \times 29}{30} = 58'$。可见，主尺的一格和游标的一格之间的差值为 $1^\circ - \frac{29^\circ}{30} = 60' - 58' = 2'$</p>
	<p>分度值为 $5'$ 是主尺 1 分度每格为 1°，2 游标的分度是把主尺 23° (格) 的一段弧长等分成 12 格，则游标每格 $= \frac{23^\circ}{12} = \frac{60' \times 23}{12} = 115'$</p> <p>可见主尺的 2 格和游标的一格之间差值</p> $2^\circ - \frac{23^\circ}{12}$ $= 60' \times 2 - \frac{60' \times 23'}{12}$ $= 120' - 115' = 5'$

万能角度尺的外形结构一般有两种，见表 1-57 所示。

2. 千分尺类量具

(1) 千分尺

由于千分尺的测量原理合理，所以测量误差较小。其精度有：0 级、1 级两种，读数值为 0.01mm ，测量范围有 $0 \sim$

25mm, 25~50mm 直至 300mm, 甚至更大。0~25mm 千分尺的外形与结构见表 1-58。

表 1-57 万能角度尺外形及结构

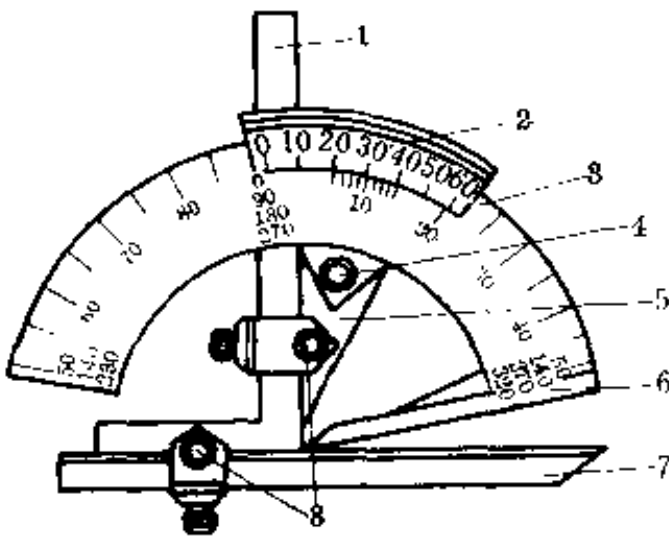
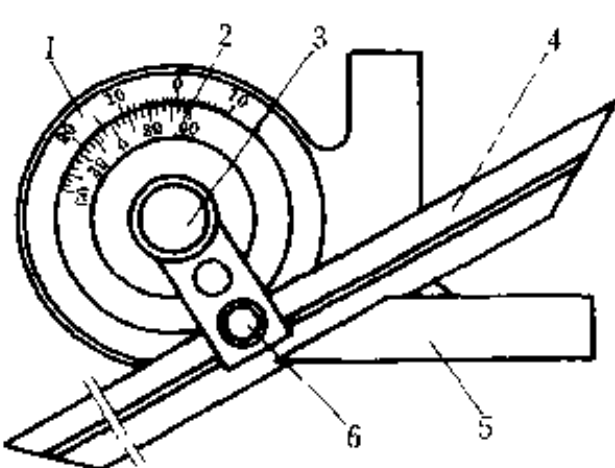
	简 图	结构原理
I 型 万 能 角 度 尺		<p>主尺 3 刻有 9 个分度和 30 个辅助分度, 扇形板 5 表面有游标 2, 用卡块 8 可以把角尺 1 和直角固定在扇形板上, 主尺能沿扇形板的圆弧面移动, 用制动器 4 可以把主尺紧固在所需要的位置上, 卡块作上、下移动, 直尺 7 作左、右移动, 其中 6 为基尺</p>
II 型 万 能 角 度 尺		<p>圆盘主尺 1 表面对称, 刻有四段 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 的分度, 并且附带基尺 5。小圆盘上刻有游标分度 2, 直尺 4 两端有两个纵槽, 用于连接臂凸块的插入。当转动卡块 6 时, 直尺被凸块牢固地压在小圆盘面上, 而和游标一起转动, 随即可对零件的角度进行测量, 图中 3 为制动器</p>

表 1-58 千分尺外形及结构特点

图	结构特点
	<p>尺架 1 左端压固定测砧 2, 另一端压螺母轴套 4。测微螺杆 3 中间是外螺纹与螺母轴套右端的(锥形并有 3 条等分槽)调节螺母 6 配合, 能调节螺杆的间隙, 测微螺杆 3 顶端与测砧 2 焊有硬质合金组成两平面的测量面。固定套管 10 配合在螺母轴套外面, 可作相对转动进行微调。锁紧装置 11 是偏心机构, 工作时能锁紧螺杆在任意位置。测力装置 8 内有塑料棘轮, 可控制测量时受力。图中 5 为微分筒, 7 为锥度接头, 9 为垫片, 12 为绝热板</p>

(2) 内径千分尺

它用于测量孔径尺寸, 测量范围一般为 50~175mm, 50~250mm, 50~575mm。测量 75mm 以上尺寸时, 就需要用接长杆组合使用。

根据不同使用要求, 内径千分尺备有几种规格的接长杆。它没有测力装置, 读数示值为 0.01mm。其结构见表 1-59 所示。

(3) 内测千分尺

内测千分尺, 可以测量工件的浅孔、沟槽宽度、孔距等。示值读数为 0.01mm, 测量范围通常是 5~30mm, 25~50mm, 50~75mm 三种。其结构见表 1-60。

表 1-59 内径千分尺结构特点

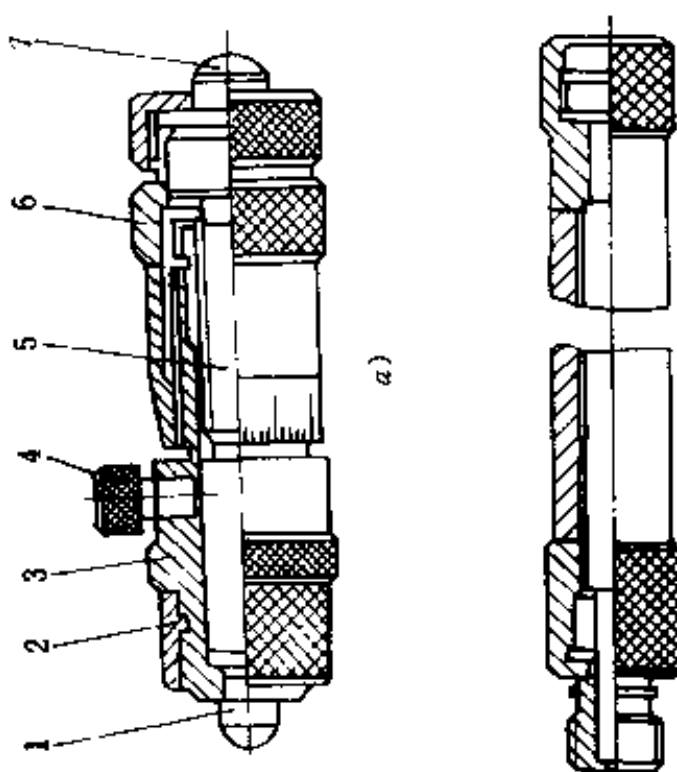
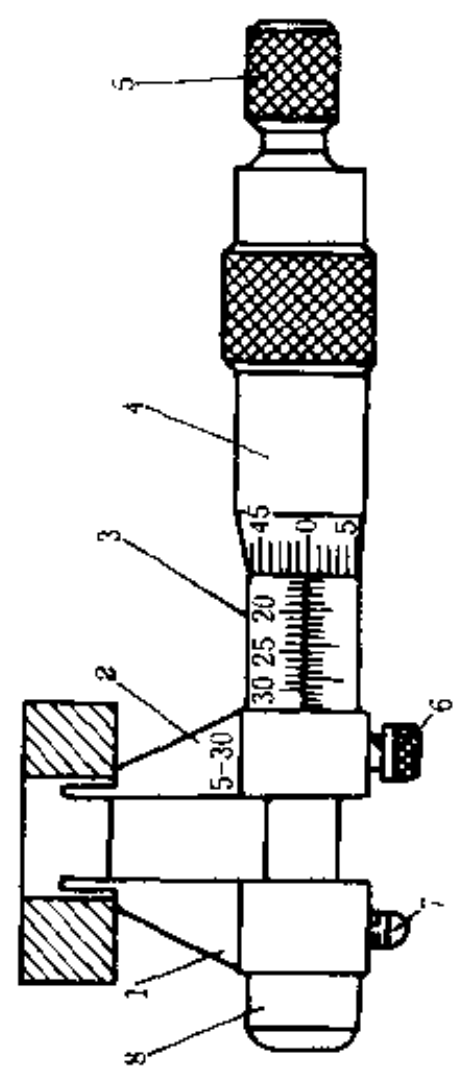
简 图	结 构 特 点
 <p>The diagram illustrates the internal structure of a vernier caliper. Part (a) is a detailed cross-sectional view showing the internal components: 1. Fixed sleeve, 2. Protection nut, 3. Fixed sleeve, 4. Protection nut, 5. Measuring rod, 6. Locking nut, and 7. Measuring head. Part (b) is a simplified side view of the same assembly.</p>	<p>螺 杆 5 右 端 为 球 面 测 量 头 7, 读 数 套 筒 6 借 助 螺 母 与 螺 杆, 连 在 一 起。固 定 套 筒 3 左 端 为 固 定 的 测 量 头 1, 测 大 孔 径 时 可 更 换 接 长 杆 见 图 b。使 用 时, 将 内 径 千 分 尺 在 工 件 孔 径 中 摆 动, 使 测 头 与 孔 表 面 轻 微 接 触 在 径 向 找 出 被 测 量 最 大 尺 寸, 可 获 得 较 高 的 测 量 精 度, 图 中 2 为 保 护 螺 母, 4 为 制 动 螺 钉, 5 为 测 微 螺 杆</p>

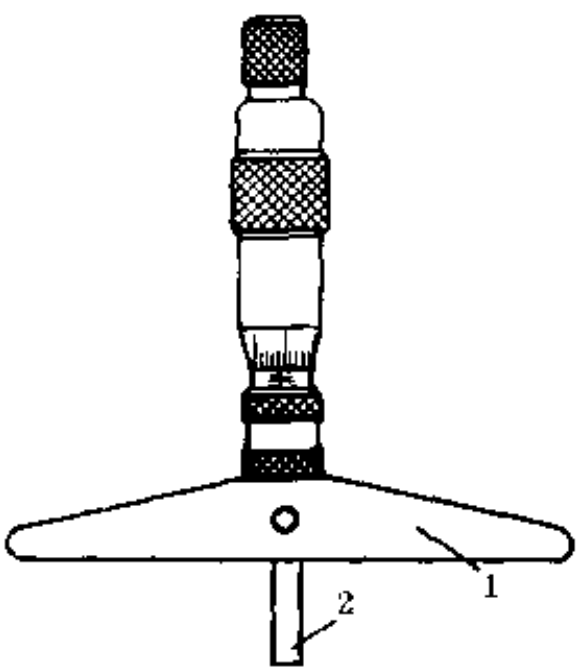
表 1-60 内测千分尺结构特点

简 图	结 构 特 点
	<p>内测千分尺由活动量爪 1, 固定量爪 2 和测微螺杆 8 组成一主体, 测头的基本结构与千分尺相似。其测微螺杆的前段与活动量爪 1 内孔作配合, 并用固定螺钉 7 锁紧, 无轴向移动。当微分套筒 4 旋转时, 活动量爪 1 作移动即可进行测量, 图中 3 为固定套筒, 5 为测力装置, 6 为制动螺钉</p>

(4) 深度千分尺(又称测深千分尺)

深度千分尺用于盲孔、阶台孔长度和键槽深度的测量,亦用于阶台平面高度差的测量,它的示值读数为 0.01mm ,其测量范围有 $0\sim 100\text{mm}$, $0\sim 150\text{mm}$ 。其结构见表1-61所示。

表1-61 深度千分尺的结构特点

简 图	结 构 特 点
	<p>测微部分结构与千分尺相似,而所不同的是下半部分有底座1,为深度测量基准,并与测杆2轴线垂直,为了扩大测试范围一般附有几根测杆,每根递增尺寸25mm,测杆的测量面有球面和平面两种,根据用途能任意更换</p>

(5) 螺纹千分尺

主要用于测量螺纹的中径,为了能适应测量不同螺纹中径,一般螺纹千分尺备有几组测头,使用时选取与被测螺纹螺距的相应的一组测头即可,锥形测头装夹在测杆顶端V形测头安装在尺架另一端,调整零位即可测量。它的示值读数为 0.01mm ,测量范围有 $0\sim 25\text{mm}$, $25\sim 50\text{mm}$, $50\sim 75\text{mm}$, $75\sim 100\text{mm}$ 等。其结构见表1-62。

表 1-62 螺纹千分尺的结构特点

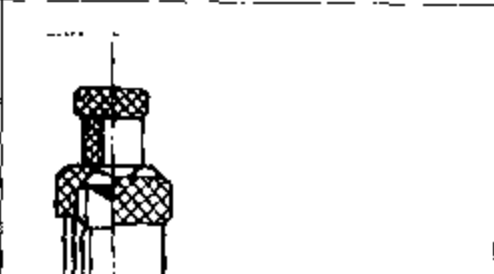
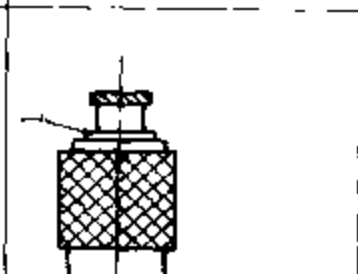
图	结构特点
	<p>它的外形与千分尺相似,不同之处是测杆 5 前端有一盲孔,安装锥形测头 4,尺架 1 装有固定螺母 2 调零装置、V 形测头 3,在使用前首先利用调零装置校正零位,然后进行测量</p>

表 1-63 公法线千分尺的结构特点

图	结构特点
	<p>公法线千分尺结构大致与千分尺相似,其区别是螺杆前端有一螺孔,供固定测盘。此测盘与螺杆保持同轴,其测量面与测杆轴线垂直,两测盘测量面平行。使用时旋紧测力装置 1,2 为锁紧装置,然后有观被测数值即可</p>

(6) 公法线千分尺

它主要用于测量模数 0.5mm 以上的外啮合圆柱齿轮和圆柱斜齿轮的公法线长度。

它亦用于测量零件的特殊尺寸,如环槽之间宽度等。它的示值读数为 0.01mm,测量范围分:0~25mm,25~50mm,50~75mm,75~100mm,100~125mm 等。其结构见表 1-63 所示。

3. 百分表

(1) 普通百分表主要用于机械零件的形状和位置偏差的测量,见图 1-54 所示。百分表的分度值为 0.01mm,测量范围有 0~3mm,0~5mm,0~10mm 等。

(2) 内径百分表

内径百分表附有连接杆、可调测头及活动测头,见图 1-55。

使用前必须先进行组合和校正零位。组合时将百分表安装在连接杆内,使表面小指针指在 0~1 的位置,然后紧固。

校对零位时,按工件的公称尺寸,选择相应的环规试测时若长指针不在零位,此时可转动表盘使指针指向零位。使用时,连接杆轴线应与工件轴线平行,不得歪斜,同时在圆周互成 90°的两个位置上找出最大和最小实际尺寸。

4. 量具使用时的注意事项

(1) 使用千分尺的注意事项

① 使用前检查测力装置微分套筒的旋转是否灵活,要求在全行程内固定套筒无卡住和摩擦现象。

② 检查零位线是否对齐,要求在零位线调整正确后才能使用。

③ 千分尺的两量砧的测量面与被测表面接触时,旋转微

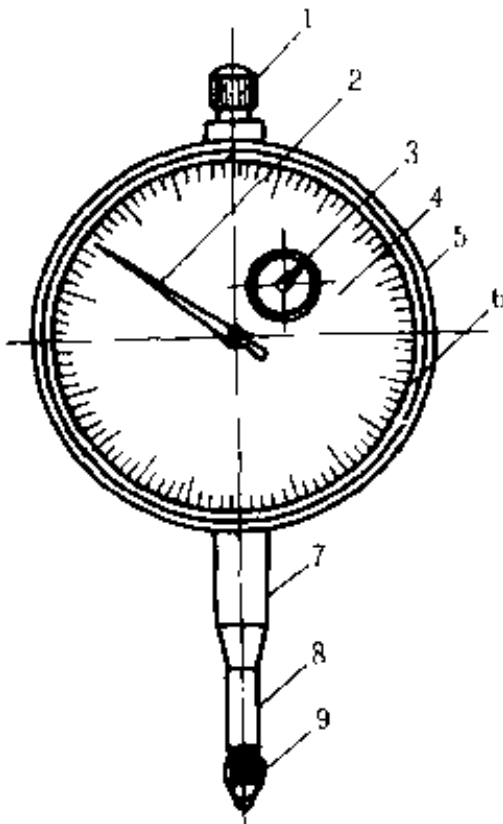


图 1-54 百分表

- 1—测帽；2 指针；3—转数指针；
4—刻度盘；5—表体；6—表壳；
7—装夹套；8—测杆；9—测头

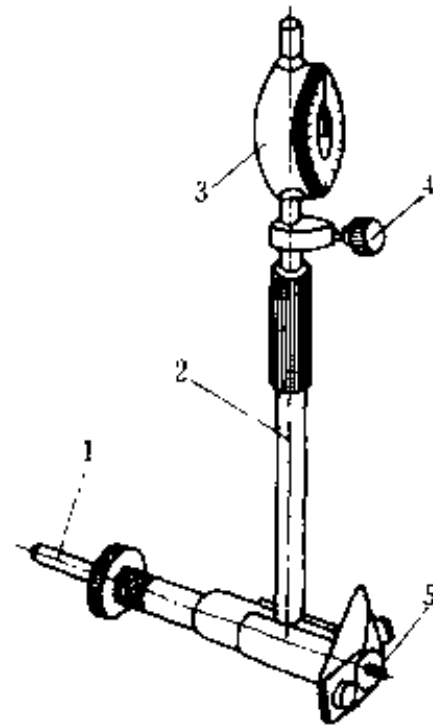


图 1-55 内径百分表

- 1—可调测头；2—连接杆；
3—百分表；4—固定螺钉；
5—活动测头

分套筒应即停止，随后旋转测力装置，观察被测数值。

④ 测量时，不要用测杆的局部端面测量工件，见图 1-56b，但允许轻微移动千分尺或被测工件，使测杆垂直于工件轴线。

⑤ 为了消除测量误差，可在原有被测位置多测几次，取读数的平均值。

⑥ 被测的工件要求表面粗糙度不低于 $R_a 3.2 \mu\text{m}$ 。

⑦ 为防止千分尺测杆弯曲变形及测量面相互撞击，不许晃、转、戏玩、乱放千分尺。

⑧ 不许用千分尺测量温度较高或正在运转着的工件。

⑨ 千分尺用完以后，须清除量砧表面脏污，并加油保护，

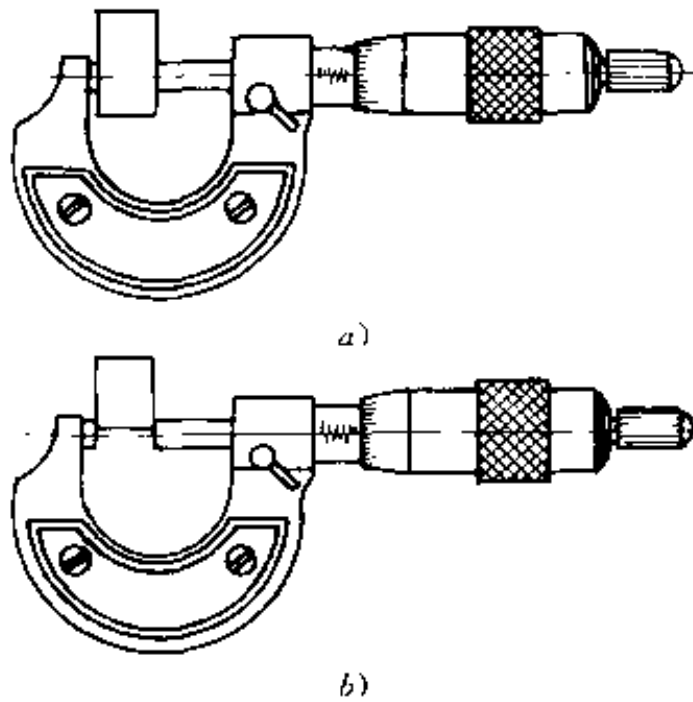


图 1-56 千分尺的使用

a) 正确; b) 错误

然后平整地放入盒内。

(2) 使用游标卡尺的注意事项

① 使用前用纱头清除测爪油脂和灰尘, 然后合拢量爪检查主副尺上零线是否对齐, 检查尺框游标在滑动时是否紧松均匀。

② 测量时, 被测工件表面要求无毛刺等缺陷。

③ 测量外径时, 两量爪跨距应稍大于工件直径, 然后移动尺框游标, 轻微接触工件表面, 测量时轻微摆动量爪, 以便找出最小尺寸数值。

④ 量爪与工件在接触的情况下, 拉或推动量爪的力要适当, 见图 1-57 和 1-58 所示。否则会引起量爪变形, 磨损并产生测量误差。

⑤ 测量时, 量爪不能歪斜, 见图 1-59 所示。

⑥ 刀口量爪一般用于测量弯曲工件、槽或较小直径工件, 不作大尺寸工件测量。

⑦ 不许用卡尺测量还在运转的工件。

⑧ 不许把量爪端尖当作划线工具。

⑨ 不许把卡尺放置于温度较高、有振动、有磁性的场合。

⑩ 卡尺用完以后擦去油污和脏物, 然后上油平整放入盒内。

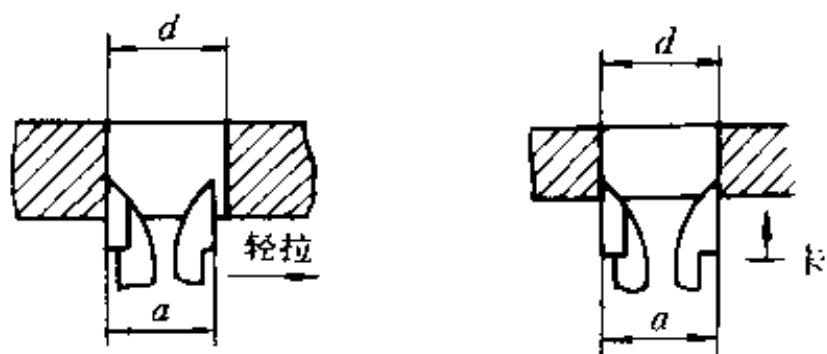


图 1-57 游标卡尺测量孔径时正确使用

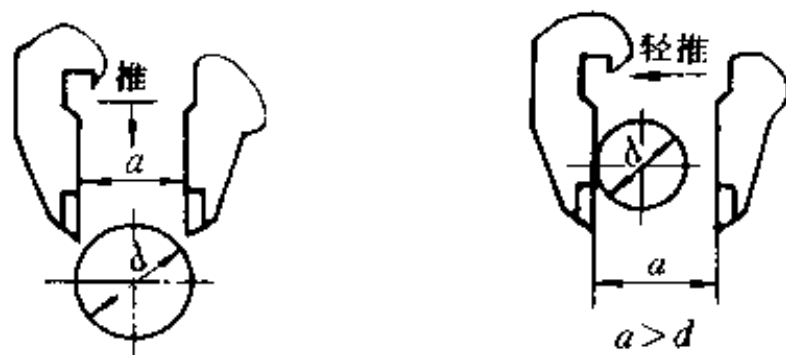


图 1-58 游标卡尺测量外径时正确使用

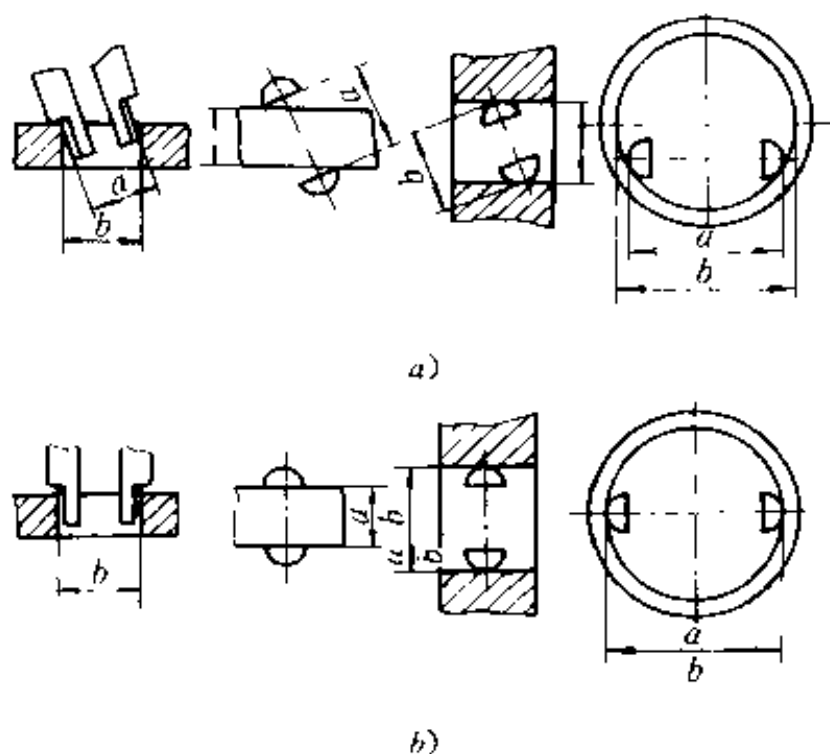


图 1-59 游标卡尺测量方法

a) 错误; b) 正确

(3) 使用百分表的注意事项

① 使用前必须检查百分表的灵敏度和稳定性。

② 使用时要轻拿轻放,并将测杆和被测工件表面擦净,百分表安装在表架上要牢固锁紧。

③ 测量时,工件不能强迫接触测头,如接触压力太大,易损坏表的机件。正确使用方法应用手捏住测杆上部手柄,轻轻提起测杆,使测头离开工件侧面,待测头到工件最高点时放下测杆使测头与工件表面接触。

④ 严禁用百分表测量粗糙表面,要求被测工件粗糙度不低於 $R_{\text{a}}3.2\mu\text{m}$ 。

⑤ 百分表用毕去污后安放盒内。

四、车床夹具的基本知识

1. 车床夹具概述

在机械制造的工艺过程中,用来保证产品质量,提高劳动生产率,简化操作过程,减轻劳动强度,以及降低成本的装置,都称为工艺装备。工艺装备包括刀具、量具、模具、夹具和辅助工具。

在工艺过程中装夹工件和刀具用的工艺装备称为夹具。

按车削加工工艺规程的要求,用来正确装夹工件和车刀的车床附加装置,称为车床夹具。

本节仅简单介绍确定工件位置用的车床夹具,不介绍对于确定刀具位置用的车床夹具和检验工件时用的检验夹具。

2. 车床夹具的组成、功用和要求

(1) 车床夹具的组成元件

元件是指起一定作用的一个零件或一个简单的部件。车床夹具的组成元件可分为以下几类:

- ① 定位元件。用来决定工件在夹具上的安装位置的元件。
- ② 夹紧元件。用来阻止工件因受外力而移动或振动的元件。
- ③ 引导元件。用来正确而方便地确定刀具与工件相对位置的元件,如导向套、对刀块等。
- ④ 安装元件。用来确定夹具在车床上安装位置的元件。
- ⑤ 夹具体。用来连接夹具上各元件的基体。
- ⑥ 分度元件。用来改变夹具上安装工件的部分与夹具体间相对角向位置的装置。
- ⑦ 传动装置。代替人力产生夹紧力和传递夹紧动作的装置,如气动、电动装置等。
- ⑧ 连接元件。将各元件连接在夹具体上的元件,如螺钉、销子等。
- ⑨ 其他元件。指便于操作及其他用途的辅助零件,如安全罩、手柄、搬运用的把手、耳环等。

对于某一个具体的车床夹具,不一定完全具有以上九类元件。

(2) 车床夹具的功用

车床夹具的功用一般有以下几方面:

- ① 保证产品质量。所谓保证产品质量,主要是指依靠夹具保证达到工序图表上所规定的加工尺寸精度以及各表面相互位置的技术要求。
- ② 提高生产率。有些工件,即使可以用通用卡盘找正装夹,但费时过多,光是划线就可能费时不少。因此为了提高劳动生产率,可采用缩短操作辅助时间、采用多工位同时加工、夹具和依靠夹具取消找正与划线,缩短工序准备时间的办法。
- ③ 改变车床用途与扩大车床工艺范围。例如车床滑板处装上镗夹具可代替镗床镗孔,装有靠模夹具,就可以用普通车

床代替专用仿形车床等。

(3) 对车床夹具的要求

按夹具所起的作用,对车床夹具有以下要求:

① 必须保证产品质量,为此,对夹具各元件的结构形式、夹具的刚度、装配精度等有一系列的具体要求;

② 能提高劳动生产率;

③ 修理维护、使用和制造都方便;

④ 夹具的设计、制造与生产规模(纲领)相适应。

3. 车床夹具的种类

车床夹具按通用化程度可分为如下三种:

(1) 通用夹具

这类夹具通常由专业工具工厂或机床附件厂制造,例如三爪自定心卡盘、四爪单动卡盘(图 1-60)、各种顶尖(图 1-61)、花盘、角铁、V形架、压板(图 1-62)等。特点是精度低、效率低,但对于一般产品加工适用性较强。

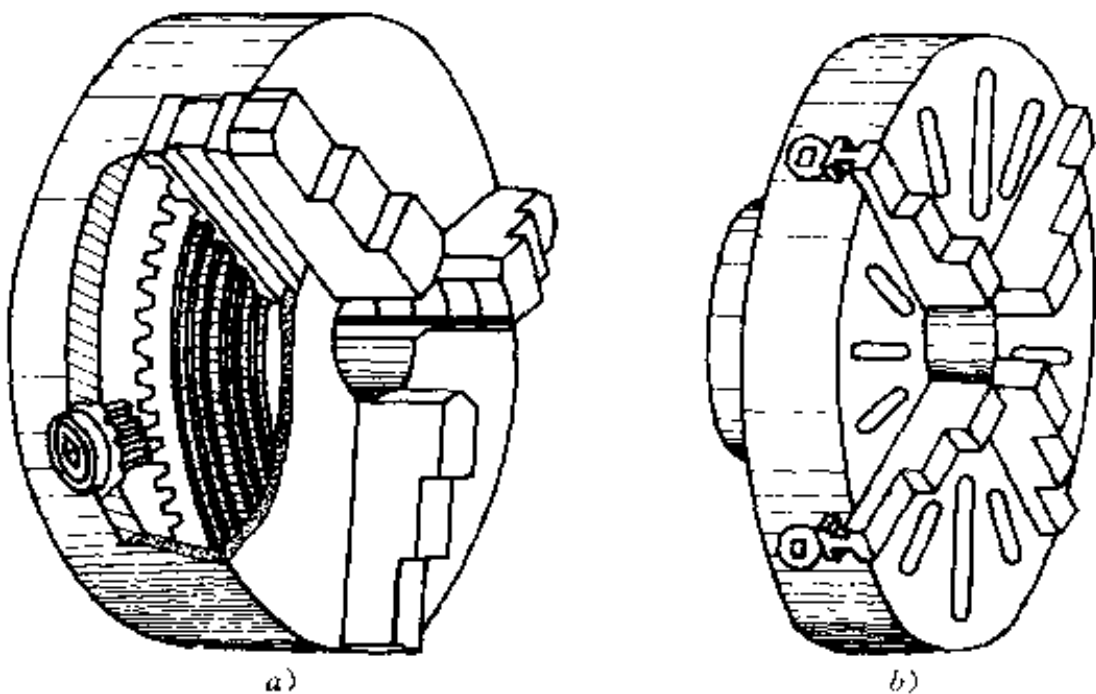


图 1-60 卡盘

a) 三爪自定心卡盘; b) 四爪单动卡盘

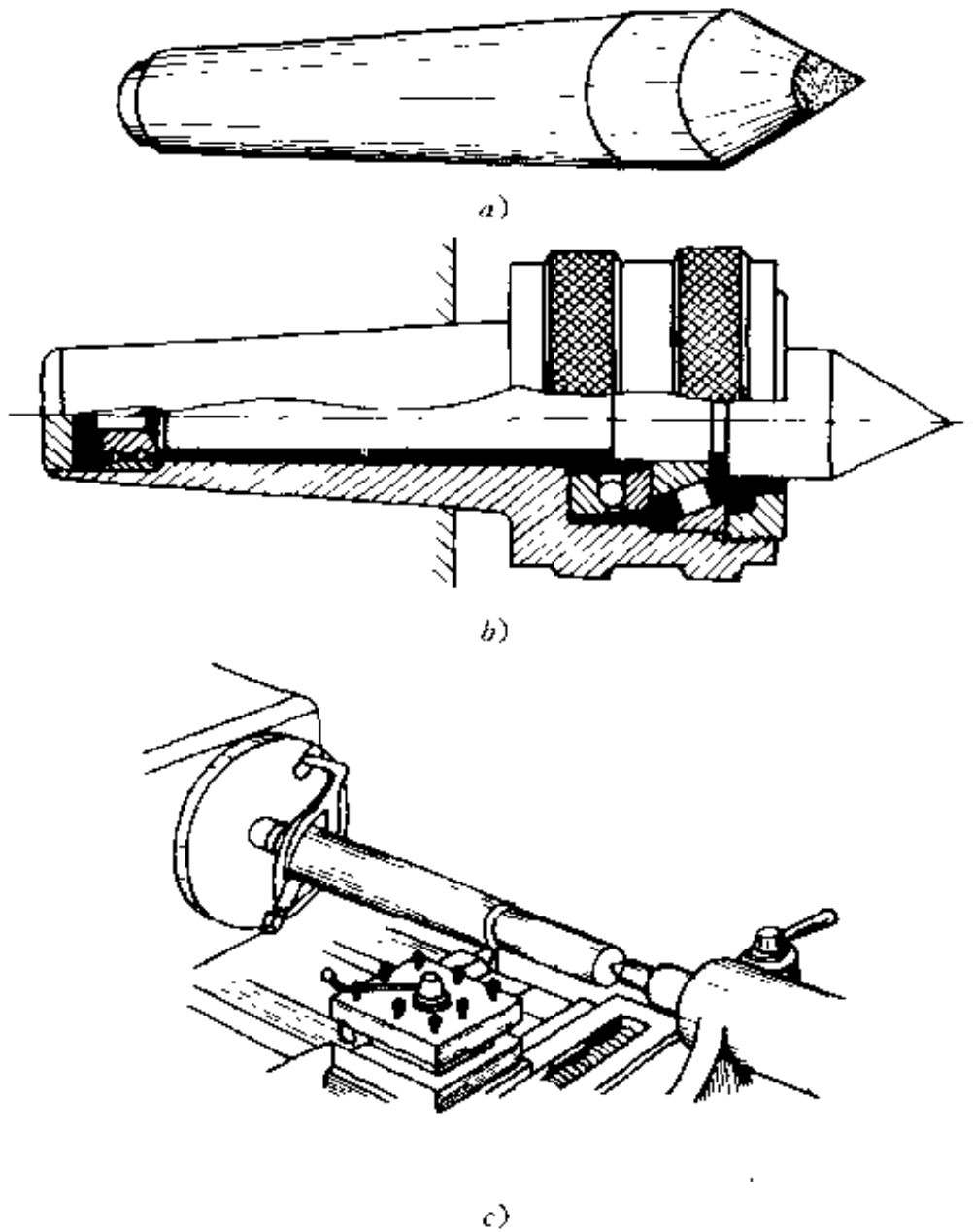


图 1-61 车外圆时夹具

a) 死顶尖; b) 活顶尖; c) 拨盘与鸡心夹头

(2) 专用夹具

这是为某一工件的某一工序而设计的夹具,由专业产品生产厂工夹具车间自行制造。

这类夹具的特点是精度高、效率高,但应用范围有局限性,且随着生产对象的变换而废弃不用。

(3) 可调整的与可多次利用的夹具

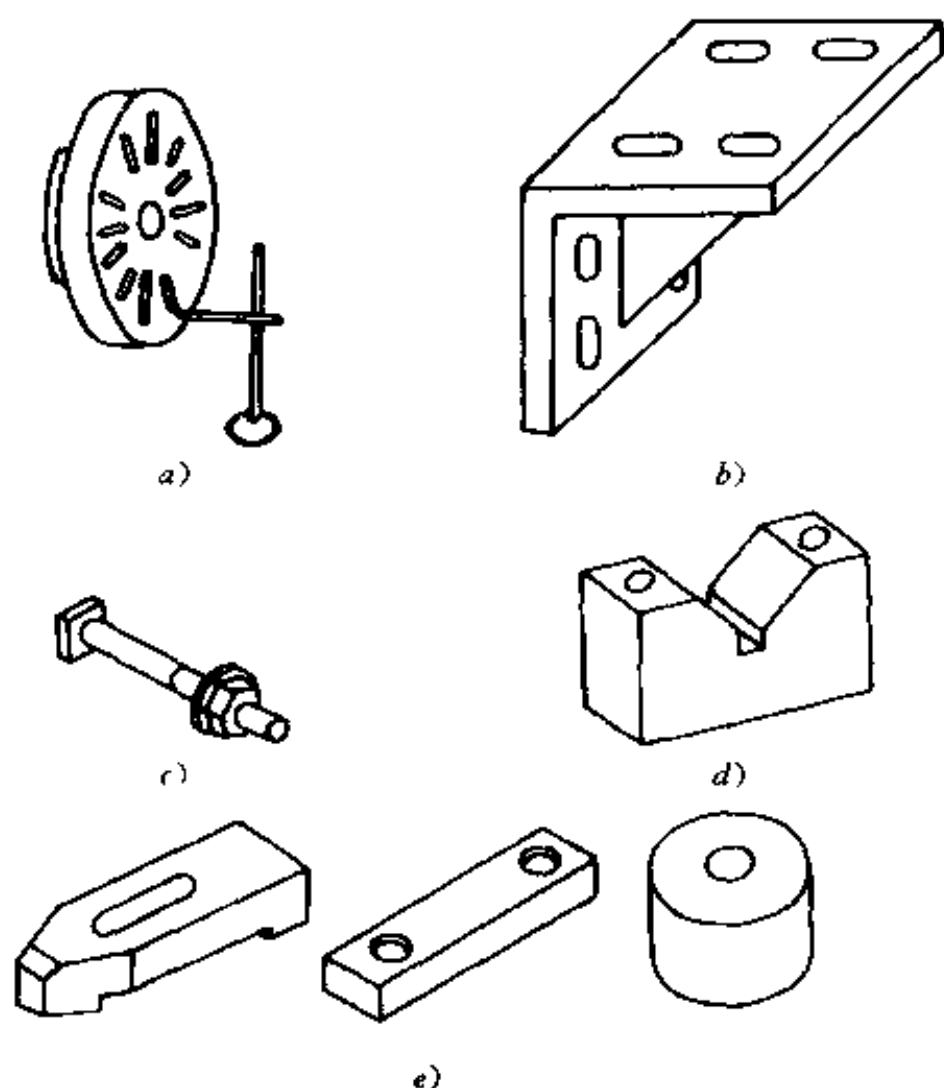


图 1-62 车床上钻镗时的夹具

a) 花盘; b) 角铁; c) 螺栓; d) V形架; e) 压板

这类夹具的特点是当生产对象变换时,可以稍加调整,重新利用,或拆卸以后,与早已预制好的标准件拼装成新的专用夹具。所以,它有一定的通用性。由于组成元件结构是针对某一范围的产品而设计的(它对这类产品是通用的),故精度高。因而,这种夹具兼有通用夹具与专用夹具的优点。

4. 工件定位的六点定则

(1) 六点定则的基本概念

工件定位的目的,是使工件在夹具上夹紧之前对机床占有某一正确的位置。此时,工件按原始尺寸方向的要求与夹具

上相应的定位表面相接触。

由理论力学可知,任何一个自由刚体在空间均有六个自由度,即沿空间坐标轴 x 、 y 、 z 三个方向的移动和绕此三轴的转动。要使工件定位,就必须运用适当的定位元件来约束住工件的每一个自由度。如图 1-63 中所示工件,铣槽时要保证 x 、 y 与 z 三个尺寸。从工件的原始尺寸要求中可以看出,工件沿 x 、 y 、 z 三个坐标方向的移动 \vec{x} 、 \vec{y} 、 \vec{z} 或转动 \vec{x} 、 \vec{z} 、 \vec{y} ,都将对工件的加工精度有所影响。因此,图示工件定位时,必须将六个自由度全部约束住。怎样约束这六个自由度呢?

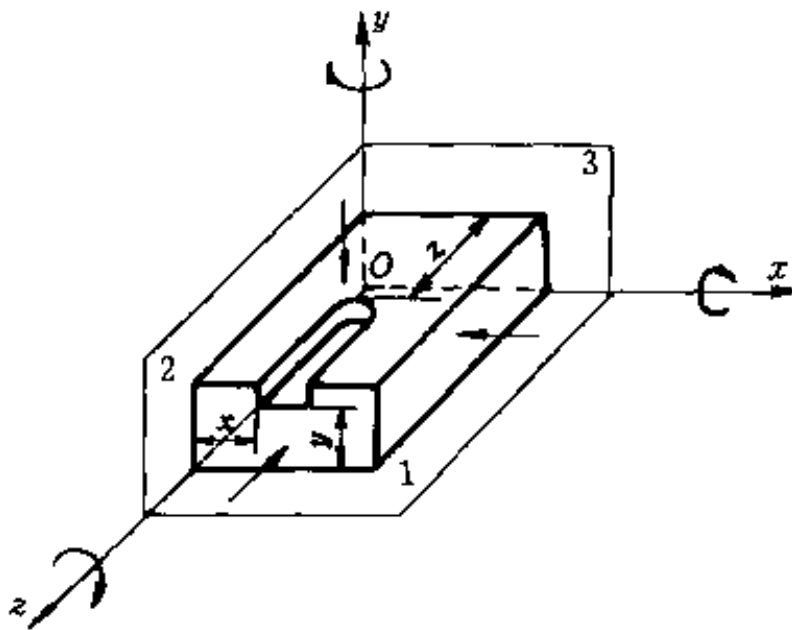


图 1-63 工件定位图

首先,把工件平放在 xOz 平面上(参看图 1-64),为了保证工件始终与 xOz 面接触(即定位),工件就不应沿 y 轴移动并且不应绕 x 轴和 z 轴转动。否则,工件上的平面就会因转动或移动而离开 2、3 点或 1 点。故工件在 xOz 平面上被三个点约束住三个自由度。

其次,当工件靠紧 yOz 平面上的两点 4 与 5 时,工件便不应沿 z 轴移动和绕 y 轴转动,亦即又约束了两个自由度。

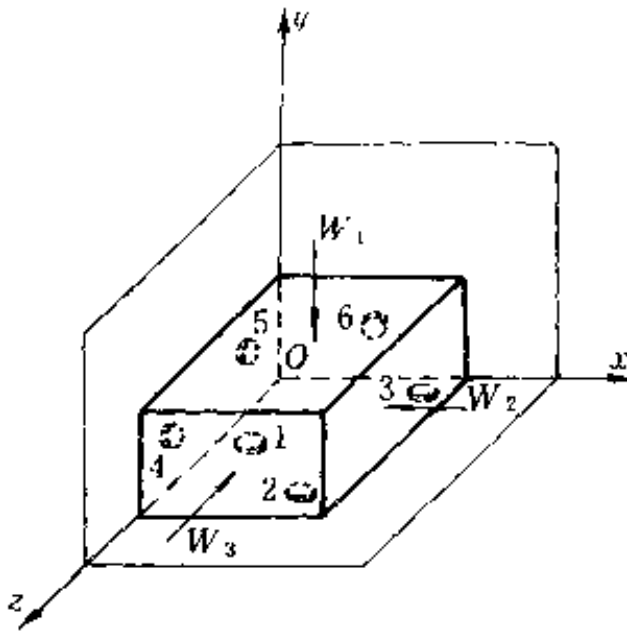


图 1-64 工件的六个自由度

最后,当工件靠向 xOy 平面上的点 6 时,工件便不应沿 z 轴移动。至此,工件的六个自由度已完全被约束,从而能在夹具上准确地定位。

这就是工件定位的“六点定则”。

(2) 定位面的概述

图 1-64 中约束工件三个自由度的表面 xOz 称为定位面。从力学可知,工件受外力时,若此面中的三点相距愈远,则工件稳定性愈好。因此也愈能保持其相互位置的精度。所以常把面积最大的面选作定位面。

约束工件两个自由度的表面 yOz ,称为导向面,因为此二点能确定工件的方向。我们知道,一平面对于另一平面或一直线对于另一平面的方向误差,通常由其夹角的大小来确定并用此角的正切表示,即 $\text{tg}\alpha = a/b$, a 为偏斜误差值, b 为两点之间的距离。由此可知当 a 值一定时,若 b 愈大, $\text{tg}\alpha$ 的值就愈小。故为提高定位的方向精度,必须选用大的 b 值。

约束工件一个自由度的表面 xOy 称为支承面(又名承挡面)。因为此面内只需一个点约束自由度,故常以尺寸较小的面作为支承面。

(3) 正常定位与过定位的基本概念

上面所讲的六点定则在实际应用时,并非固定不变的。应用时必须根据工件的具体加工要求与定位基准的具体情况来加以灵活运用。如图 1-64 中工件如铣通槽时(即尺寸 z 无要

求时),由于工件沿 z 轴移动的自由度对加工精度并无影响,故工件定位时沿 z 轴移动的自由度可不必约束。未用定位元件约束的自由度,靠用夹紧装置来消除其自由运动的可能。如图1-65中工件放在磁性工作台上进行磨削平面,除要求厚度尺寸准确外,没有其他精度要求。磁性工作台的平面已约束了工件的三个自由度(沿 z 轴的移动与绕 x, y 轴的转动),而其余三个自由度对加工精度(尺寸、形状及位置)无影响,没有约束的必要。此时,工件仅由三点定位,但完全满足了加工要求。由此可见,只要能满足加工要求,工件可以用三点、四点或五点定位,不一定要六点。但是超过了六点,或一个平面上超过了三点,工件定位就会不稳定。例如,用四个点来支承一个平面时,由于四个支承不可能制造得绝对在一个平面内,工件只能同时与其中的三个点接触,另一点悬空。但是究竟哪三点是与工件接触的,哪一点是悬空的,事先又很难估计。因此多余的定位点反而会给正常的定位带来不利。如图1-66a中的工件若用长销定位,由于孔与端面不够垂直,则端面往往不能与定位平面接触,而保持一侧悬空状态。用短销定位时,如图1-66b由于定位点的数目与所需约束的自由度的数目相适当,就不会产生类似情况。

但是,在实际工作中,有时还会遇到定位点的数目多于原始尺寸所需限制的自由度的数目的定位情况。这种定位情况,称之为“过定位”(或“超定位”)。允许过定位现象存在的原因

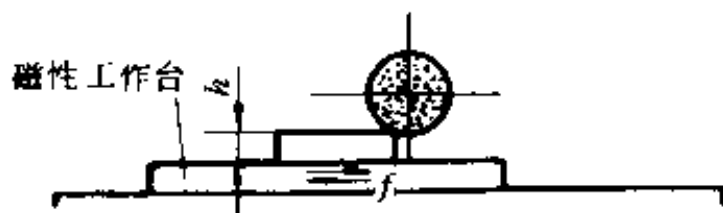
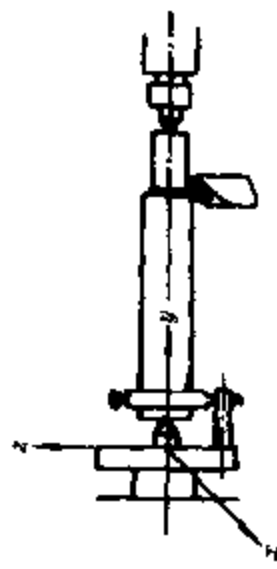
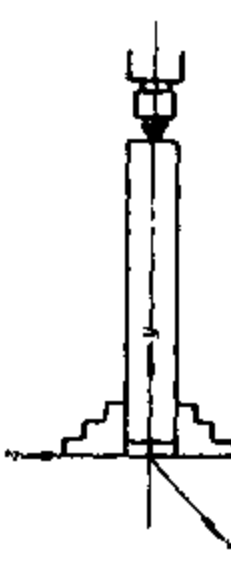
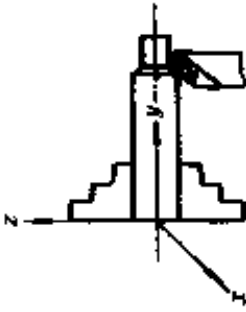
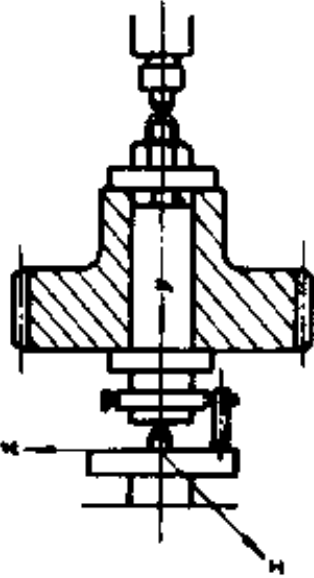
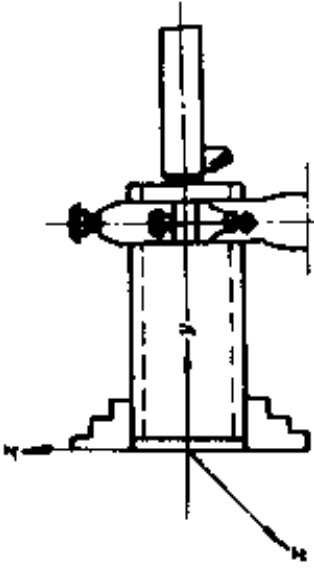


图 1-65 三点定位

表 1-64 车床常用装夹方式及所限制的自由度

序号	工件安装示例	装夹方式	定位件	所限制的自由度	
				移动	转动
1		两顶尖	床头顶尖 与 床尾顶尖	x, y, z	x, z
2		一顶一夹	卡盘与 床尾顶尖	x, z, y	x, z (过定位)

(续表)

序号	工件安装示例	装夹方式	定位件	所限制的自由度	
				移动	转动
3		三爪	卡盘	x, z	x, z
4		阶台心轴	心轴圆柱面与 心轴阶台端面	x, z, y	x, z
5		中心架与卡盘	卡盘与中心架	x, z	x, z (过定位)

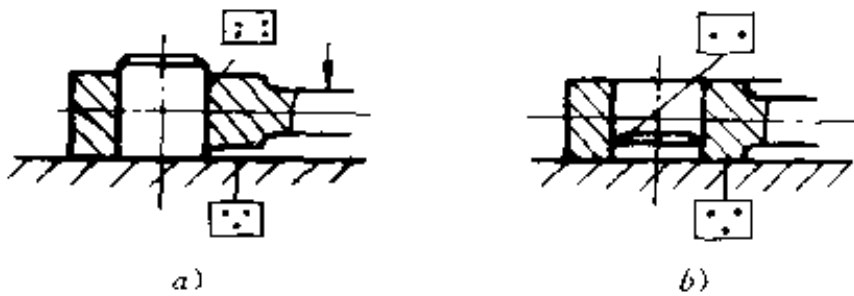


图 1-66 正常定位与过定位

是为了简化夹具的结构或是为了提高工件的定位刚度,从而能更好地降低产品成本与保证工件的加工精度。但是在考虑过定位的问题时,必须要仔细分析过定位对工件加工准确度的影响,在确信过定位对工件加工精度无显著影响时(即基准精度较高时),方可决定采用。

综上所述,根据不同的加工条件与加工要求,工件的定位情况可以采用六点定位、少于六点的定位或过定位。在分析工件的定位情况是否合理时,必须按照加工要求(原始尺寸、形状及相互位置等方面)分析工件六个自由度被约束的情况,并判明每点所限制的自由度是否重复或冲突。一般常用的定位件能约束自由度数目:

大平面——3;小平面——1;狭长平面——2;长圆柱面——4;短圆柱面——2;长圆锥面——5;短圆锥面——3;长V形架——4;短V形架——2。

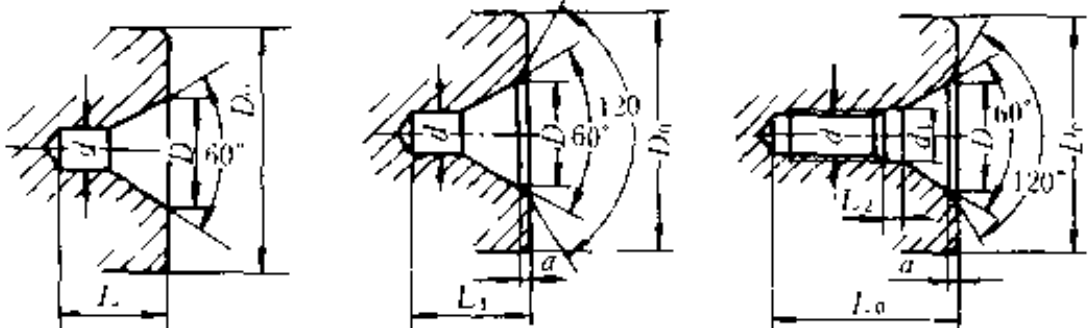
车床常用装夹方式见表 1-64。

第二章 车削加工基本方法

一、轴套类零件的结构要素和磨削加工余量

1. 轴套类零件的结构要素

表 2-1 中心孔 (mm)



不带护锥中心孔 A 型		带护锥中心孔 B 型				带螺纹的中心孔 C 型				
A 及 B 型孔	C 型孔	D 最大	L	L_1	a	d_1	L_2 最小	选择中心孔的参考数据		
								A、B、C 型孔		C 型孔
0.5	-	1	1	1.2	0.2	-	-	2	≥ 2	-
0.7	-	2	2	2.3	0.3	-	-	3.5	≥ 3.5	-
1	-	2.5	2.5	2.9	0.4	-	-	4	≥ 4	-
1.5	-	4	4	4.6	0.6	-	-	6.5	≥ 7	15
2	-	5	5	5.8	0.8	-	-	8	≥ 10	120
2.5	-	6	6	6.8	0.8	-	-	10	≥ 18	200
3	M3	7.5	7.5	8.5	1	3.2	0.8	12	≥ 30	500
4	M4	10	10	11.2	1.2	4.3	1	15	≥ 50	800
5	M5	12.5	12.5	14	1.5	5.3	1.2	20	≥ 80	1000
6	M6	15	15	16.8	1.8	6.4	1.5	25	≥ 120	1500
8	M8	20	20	22	2	8.4	2	30	≥ 180	2000
12	M12	30	30	32.5	2.5	13	3	42	≥ 220	3000
16	M16	38	38	40.5	2.5	17	4	50	≥ 260	5000
20	M20	45	45	48	3	21	5	60	≥ 300	7000
24	M24	58	58	62	4	25	5	70	≥ 360	10000

注：1. L_0 根据固定螺钉的尺寸决定，但不应小于 L_1 。

2. 中心孔表面粗糙度，按用途自行规定。

3. 不要求保留中心孔的零件采用 A 型；要求保留中心孔的零件采用 B 型；为了将零件固定在轴上的中心孔采用 C 型。

表 2-2 轴与套的倒角、倒圆半径 (mm)

直径 D	倒角与倒圆角 半径配合尺寸		轴与套的倒角	轴与套的 倒圆角半径	
	R 及 C 最大	R_1 及 C_1 最小	C	$D-d$	R
3~6	0.4	0.5	0.4	3	0.4
>6~10	0.5	1	0.6	4	0.6
>10~18	1	1.5	1	8	1
>18~30	1.5	2	1.5	12	1.5
>30~50	2	2.5	2	20	2
>50~80	2.5	3	2.5	30	2.5
>80~100	3	4	3	40	3

注：轴与套的倒角一般用 45° ，也允许用 30° 、 60° 。

示 图

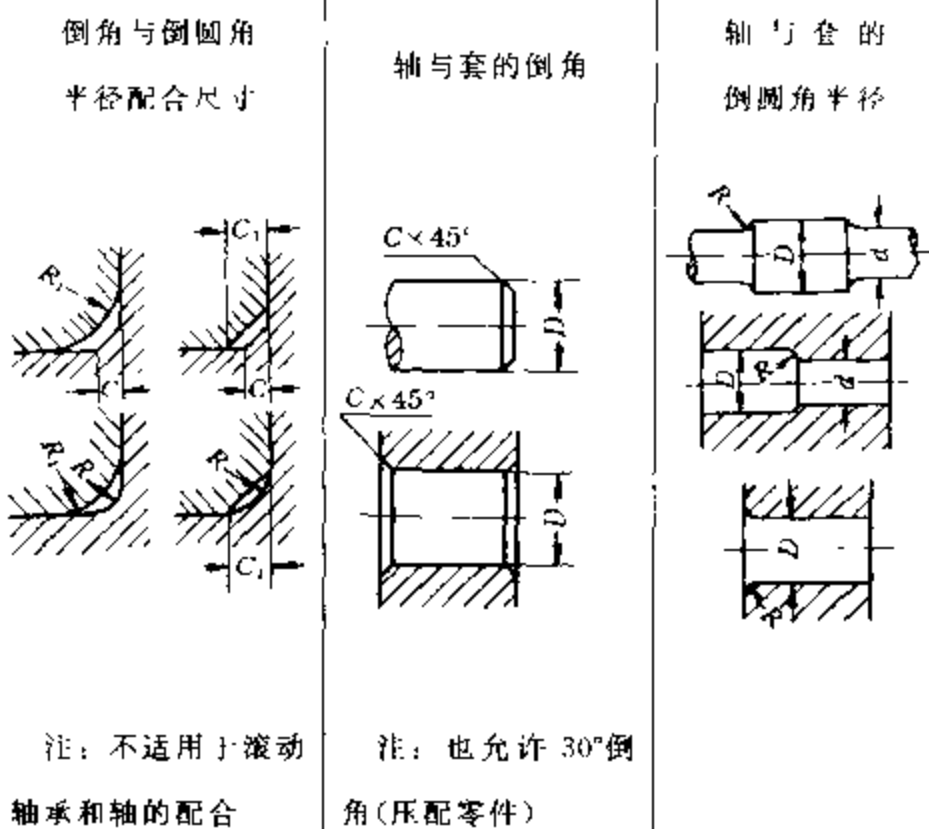


表 2-3 磨端面及内、外圆的砂轮越程槽 (mm)

尺寸参数	d	b	a
	≤ 30	2	0.5
	$>30 \sim 50$	3	1.0
	>50	4	1.0

2. 轴套类零件的磨削加工余量

表 2-4 轴类零件外圆的磨削加工余量 (mm)

轴的直径	性质	轴的 长 度					磨削前的加工偏差
		100 以下	100~250	250~500	500~800	800~1200	
		直 径 余 量					
10 以下	不淬火	0.25	0.30	0.35	0.45	0.50	-0.10
	淬 火	0.35	0.35	0.45	0.55	0.55	
10~18	不淬火	0.35	0.35	0.45	0.45	0.55	-0.12
	淬 火	0.35	0.45	0.55	0.55	0.65	
18~30	不淬火	0.35	0.35	0.45	0.55	0.65	0.14
	淬 火	0.40	0.45	0.55	0.65	0.75	
30~50	不淬火	0.45	0.45	0.55	0.55	0.65	-0.17
	淬 火	0.50	0.60	0.60	0.70	0.80	
50~80	不淬火	0.45	0.45	0.55	0.55	0.65	-0.20
	淬 火	0.50	0.60	0.70	0.75	0.80	
80~120	不淬火	0.45	0.45	0.55	0.55	0.65	-0.23
	淬 火	0.65	0.75	0.80	0.85	0.85	
120~180	不淬火	0.45	0.55	0.55	0.55	0.65	-0.23
	淬 火	0.65	0.75	0.85	0.85	0.85	
180~200	不淬火	0.45	0.55	0.55	0.55	0.65	-0.25
	淬 火	0.80	0.85	0.90	0.90	0.90	

注：1. 选用时还应根据热处理变形程度不同，适当增减表中数值。

2. 留磨表面粗糙度 R_a 不低于 $3.2\mu\text{m}$ 。

表 2-5 套类零件圆柱孔的磨削加工余量 (mm)

孔的直径	性质	孔 的 长 度						磨削前的加工偏差
		30 以下	30~50	50~100	100~200	200~300	300~400	
		孔 径 余 量						
5~12	不淬火	0.10	0.10	0.10	-	-	-	按 H8、H9
	淬 火	0.10	0.10	0.10	-	-	-	
12~18	不淬火	0.20	0.20	0.20	0.20	-	-	+0.10
	淬 火	0.30	0.30	0.30	0.30	-	-	
18~30	不淬火	0.30	0.30	0.30	0.30	-	-	+0.12
	淬 火	0.40	0.40	0.50	0.50	-	-	
30~50	不淬火	0.30	0.40	0.40	0.40	-	-	+0.14
	淬 火	0.50	0.50	0.50	0.50	-	-	
50~80	不淬火	0.40	0.40	0.40	0.50	0.50	-	+0.17
	淬 火	0.50	0.50	0.60	0.60	0.60	-	
80~120	不淬火	0.40	0.40	0.40	0.50	0.50	0.60	+0.20
	淬 火	0.60	0.70	0.70	0.70	0.80	0.80	
120~180	不淬火	0.50	0.50	0.50	0.60	0.60	0.60	+0.23
	淬 火	0.70	0.70	0.80	0.80	0.80	0.90	
180~260	不淬火	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	+0.26
	淬 火	0.80	0.80	0.80	0.85	0.90	0.90	
260~360	不淬火	0.60	0.60	0.60	0.65	0.70	0.70	+0.30
	淬 火	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	

注：1. 选用时还应根据热处理变形程度不同，适当增减表中数值。

2. 留磨表面粗糙度不低于 $R_a 3.2 \mu\text{m}$ 。

二、外圆的车削

1. 不同精度外圆的车削加工方法和加工余量

表 2-6 不同精度外圆的车削加工方法

轴的公差带	加工方法
h12、h13	一次车光
h11	长零件粗车及精车、短零件一次车光
h8、h9、f9、h10	粗车以后精车
h6、g5、f7、e8、d8、c8	粗车及精车
h5、g5、f5、f6 [有色金属]	最后工序用金刚石车刀细车

表 2-7 轴类零件半精车、精车外圆的加工余量 (mm)

轴的直径	工件加工部分的长度			
	500 以下	500~1000	1000~2000	>2000
≤18	1	1.2	1.5	
18~50	1.5	1.5	2.0	2.0
50~120	1.5	1.5	2.0	2.0
120~260	2.0	2.0	3.0	3.0
260~500	3.0	3.0	3.0	3.0

2. 常用外圆车刀介绍

(1) 选用外圆车刀的基本要求

在特定条件下,选用一把较好的刀具来进行切削加工,可以达到优质高产低消耗的目的。在对一些高效率车刀的特点和使用效果进行具体分析后,大致可归纳出以下五条选用车刀的基本原则:

① 切削效率高。能在最短的机动时间内完成零件的加工。

② 加工质量好,能保证或提高零件的精度和减小粗糙度。

③ 辅助时间少,具有合理的刀具耐用度,刃磨方便,换刀(或更换切削刃)快。

④ 断屑性能好。断屑良好,排屑顺利。

⑤ 经济效果大,刀具制造方便,成本低,充分利用刀具切削部分的材料。

(2) 刀具几何角度的选择方法

① 在保证刀刃强度的基础上选用较大的前角,可减小切削阻力,减轻机床负荷和减少切削热。但过大的前角将减小散热体积,降低刀具耐用度。

② 粗车时,在增大前角的同时,采用负刃倾角(见旧规定的正刃倾角)可提高刀刃强度;精车时宜取正的刃倾角,以使切屑流向待加工表面。

③ 根据工件形状要求,工艺系统的刚性和工件材料的性质,主偏角可分别选用 90° , 75° , 60° , 45° 等;粗车刀可磨有过渡切削刃,过渡切削刃偏角 $\kappa_{r0} \approx \kappa_r/2$,过渡刃长度

$$b_0 = (1/4 \sim 1/5)a_p$$

④ 为了加强切削刃的强度,刀具应具有负倒棱(宽度要小于进给量)。

⑤ 为了减小加工表面粗糙度,车刀上可以磨出 $\kappa_r = 0^\circ$ 的修光刃(修光刃长度略大于进给量)。

⑥ 加工非金属材料的刀具几何参数,主要考虑如何充分散热。

车刀几何参数(角度、刀尖、刃口)的作用及选择原则可参见第一章。

(3) 几种典型的外圆车刀(见表 2-8)

表 2-8 几种典型的外圆车刀特点及切削用量

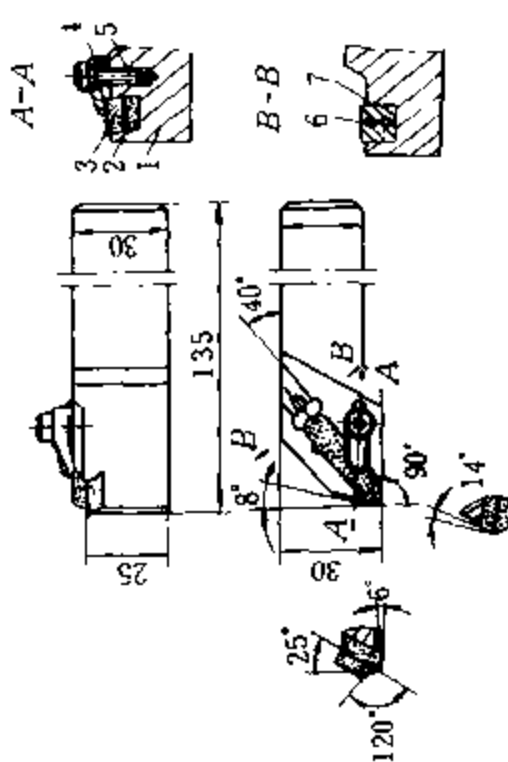
名称	刀具图形	刀具特点	使用说明
75 机夹重型车刀	<p>1 - 刀体; 2 楔块; 3 螺钉; 4 - 刀片; 5 偏心螺钉; 6 垫块; 7 紧固螺钉 刀片 YT15; 刀体 45 钢</p>	<p>刀片采用机械夹固、装卸比较方便,刀杆强度刚性好</p>	<p>1. 切削用量: $v_c = 10 \sim 60 \text{ m} \cdot \text{min};$ $f = 0.8 \sim 1.6 \text{ mm} \cdot \text{r};$ $a_p = 20 \sim 40 \text{ mm};$ 2. 适用于在 C6110 车床上粗加工碳钢件</p>

(续表)

名称	刀具图形	刀具特点	使用说明
75° 机夹双台阶车刀		<p>刀片采用机械夹固，装卸比较方便，刀杆强度刚性好</p>	<p>1. 切削用量： $v_c = 30 \sim 40 \text{ m/min}$; $f = 1 \sim 1.25 \text{ mm/r}$; $a_p = 60 \sim 80 \text{ mm}$</p> <p>2. 适用于在大型车床上加工大型轴类零件</p>

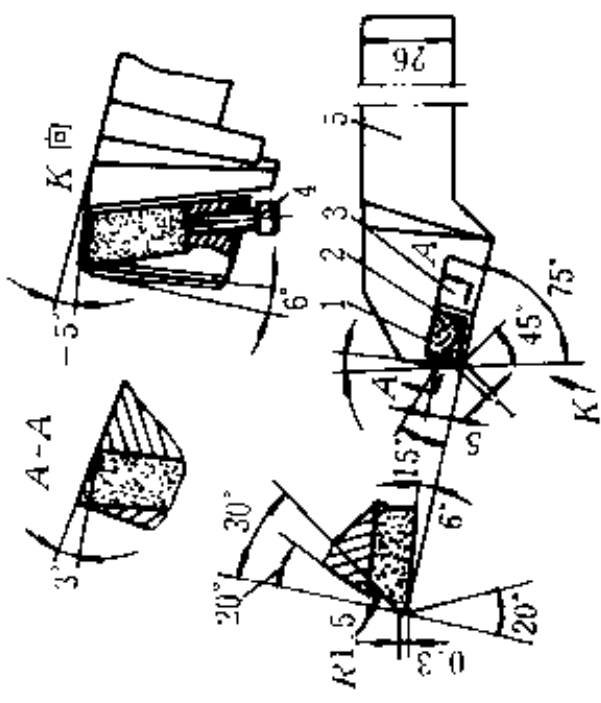
1, 5 内六角螺钉; 2 偏心螺钉; 3 刀片; 4 刀体; 5, 6, 7 刀片压块; 8 刀片 Y1 类; 刀体 CrNi3MoV

(续表)

名称	刀具形式	刀具特点	使用说明
<p>90° 机夹定前角车刀</p>	 <p>1—刀杆；2—刀片；3—断屑块；4—压板； 5—压紧螺钉；6—调整螺钉；7—顶块 刀片 YT15, F209；断屑块 YG6, F209； 刀杆 45 钢, 调质 HB240</p>	<p>前角由刀片在刀体上 安装形成, 刃磨简便, 断 屑块位置可根据切削用 量而调整</p>	<p>1. 切削用量: $v_c = 150 \sim 170 \text{ m/min}$; $f = 0.05 \sim 0.30 \text{ mm/r}$; $a_f = 0.1 \sim 4 \text{ mm}$ 2. 由于前角较大, 粗 车时仅适宜加工余量较 均匀的工件</p>

名称	刀具图形	刀具特点	使用说明
<p>90° 机夹不锈钢定前角车刀</p>	<p>1—刀杆；2—内六角螺钉；3—压板；4—断屑块；5—刀片；6,7—紧固螺钉 刀片 YW1、YG6、A119；断屑块 YG8、A115； 刀杆 15 钢，调质 HB240</p>	<p>采用定前角结构，并装有断屑块，不需要断屑槽，能充分利用刀片</p>	<p>1. 切削用量： $v_c = 50 \sim 80 \text{ m/min}$ $f = 0.10 \sim 0.7 \text{ mm/r}$ $a_p = 1 \sim 5 \text{ mm}$</p> <p>2. 适用于对 Cr18Ni9Ti 经调质后 HB135~190 的轴类零件加工</p>

(续表)

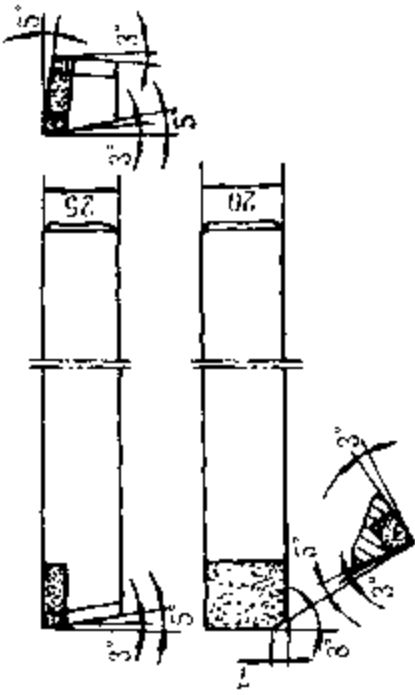
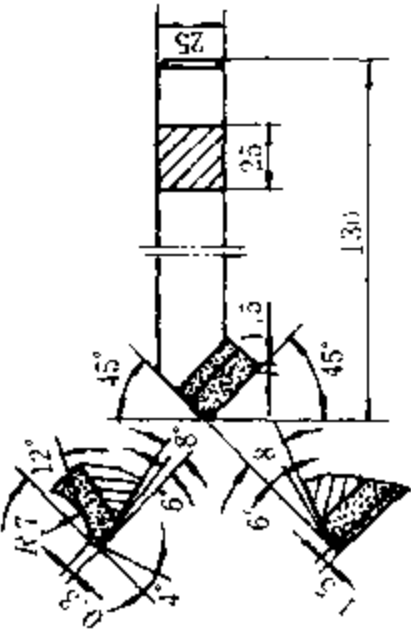
名称	刀具图形	刀具特点	使用说明
<p>75° 机夹银白屑车刀</p>		<p>立装刀片耐冲击, 强度高; 前角大, 切削轻快; 切削刃磨有 0.3mm 宽的负倒棱, 增强了切削刃; 切削屑呈银白色</p>	<p>1. 切削用量: $v_c = 50 \sim 80 \text{ m/min}$ $f = 0.2 \sim 0.4 \text{ mm/r}$ $a = 3 \sim 3 \text{ mm}$</p> <p>2. 使用时的切削速度在 80m/min 以内, 刀尖要高于工件中心 0.5~1mm (工件直径大, 取大值)</p>

1 刀片; 2 铜垫片; 3 楔块;
4 螺钉; 5 刀杆

(续表)

名称	刀具图形	刀具特点	使用说明
90° 机夹集屑车刀	<p>1—内六角螺钉；2—刀片；3—压板； 4—刀体；5—定位销 刀片 YG8, F211；刀杆 45 钢，调质 HB240</p>	<p>切削脆性材料时切屑可从 φ12mm 集屑孔中排出，避免了切屑飞溅</p>	<p>1. 切削用量： $v_c = 150 \sim 180 \text{ m/min}$； $f = 0.06 \sim 0.30 \text{ mm/r}$； $a_p = 0.2 \sim 5 \text{ mm}$</p> <p>2. 适用于加工铸造黄铜、铸铁等脆性材料的工件</p>

(续表)

名称	刀具图形	刀具特点	使用说明
冷硬铸铁精车刀	 <p style="text-align: center;">刀片 YW1; 刀杆 45 钢</p>	<p>1. 主偏角 $\kappa_r = 8^\circ$, 主切削刃的有效长度增大, 刀尖角增大, 散热好, 提高了刀具耐用度;</p> <p>2. 采用很宽的修光刃, 可增大进给量, 提高加工表面质量</p>	<p>1. 切削用量: $v_c = 4.8 \text{ m} \cdot \text{min};$ $f = 1.3 \text{ mm} \cdot \text{r};$ $a_p = 0.5 \text{ mm}$</p> <p>2. 如 1. 件表面产生微振现象, 采用反切削可减少振动;</p> <p>3. 修光刃必须研磨平直</p>
大前角铸铁车刀	 <p style="text-align: center;">刀片 YG6; 刀杆 45 钢</p>	<p>1. 可增大背吃刀量, 进给量, 圆弧前面排屑良好, 切削力小;</p> <p>2. 有负倒棱, 增加切削刃强度, 能承受冲击</p>	<p>切削用量: $v_c = 80 \sim 100 \text{ m} \cdot \text{min};$ $f = 0.5 \sim 1 \text{ mm} \cdot \text{r};$ $a_p = 5 \sim 6 \text{ mm}$</p>

(续表)

名称	刀具图形	刀具特点	使用说明
铝合金精车刀		<p>1. 前角较大,切削负荷小,排屑顺利;</p> <p>2. 刀尖圆弧有良好的修光作用</p>	<p>1. 切削用量: $v = 125 \text{ m/min}$; $f = 0.13 \sim 0.16 \text{ mm/r}$; $a = 0.64 \sim 0.68 \text{ mm}$</p> <p>2. 刀尖中心需高出工件中心 $0.2 \sim 0.5 \text{ mm}$;</p> <p>3. 适用于精车铝合金工件</p>
耐冲击车刀		<p>1. 前角大,切削轻快;采用大的负刃倾角,抗冲击性能强;</p> <p>2. 切削刃处负倒棱为 -30°,增强了切削刃强度;</p> <p>3. 刀尖磨有过渡切削刃及修光刃,能提高工件表面的质量</p>	<p>1. 切削用量: $v = 15 \sim 100 \text{ m/min}$; $f = 1.3 \sim 0.5 \text{ mm/r}$; $a_p = 3 \sim 7 \text{ mm}$</p> <p>2. 适用于加工余量不均匀及断续表面的粗加工;</p> <p>3. 使用时应经常用油石背磨负倒棱及过渡切削刃;</p> <p>4. 适合加工 15 钢、40Cr、10CrNiMoA 等工件</p>

刀片 YG6, 刀杆 45 钢或用 W18Cr4V

刀片 YT15, YT5, 刀杆 45 钢

(续表)

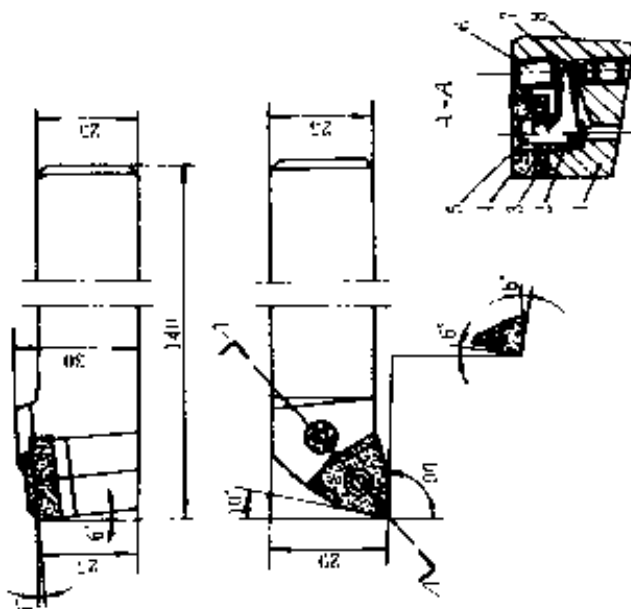
名称	刀具图形	刀具特点	使用说明
有机玻璃车刀		<p>1. 工件表面不经抛光即可达透明的要求, 提高生产效率1~2倍;</p> <p>2. 可用废锉刀改制</p>	<p>切削用量:</p> <p>$v = 15 \sim 20 \text{ m/min}$;</p> <p>$f = 0.15 \sim 0.25 \text{ mm/r}$;</p> <p>$a_p = 0.15 \sim 0.2 \text{ mm}$</p>
石头滚筒车刀		<p>1. 采用负前角, 主偏角和副偏角都很小, 刀具强度高, 不易崩刃和磨损;</p> <p>2. 刀尖角大, 有大的修光刃, 散热好, 耐用度高</p>	<p>1. 切削用量:</p> <p>$v = 50 \sim 60 \text{ m/min}$;</p> <p>$f = 0.25 \sim 0.4 \text{ mm/r}$;</p> <p>$a_p = 0.5 \text{ mm}$</p> <p>2. 切削时用水冷却</p>

刀片 YG6, YG8; 刀杆 45 钢

(续表)

名称	刀具图形	刀具特点	使用说明
400mm 宽刃精车刀		<p>刀具前角大,切削轻快,刀杆刚性和消振作用较好</p>	<p>1. 切削用量: $v_c = 4m/min$ $f =$ 径向手动进给; $a_p = 0.15 \sim 0.20mm$</p> <p>2. 刀片材料采用 W18Cr4V 高速钢,其前后刀面刃磨精度和粗糙度要求较高</p>
	<p>1 刀片; 2—垫圈; 3,4—六角螺钉; 5 刀杆 刀片 W18Cr4V, HRC62~65(热处理), 前、后刀面粗糙度: $R_a \leq 0.025$ 微米; 刀杆 10Cr, 调质 HB262~302</p>		

(续表)

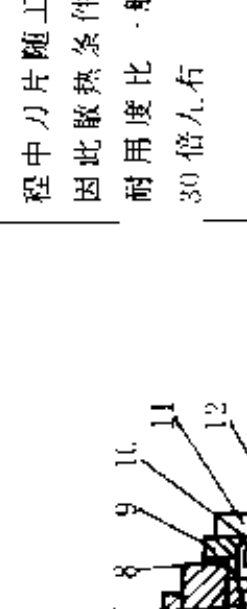
名称	刀具图形	刀具特点	使用说明
<p>90° 可转位外圆车刀</p>	 <p>1—刀杆；2—弹簧套；3—刀垫；4—刀片；5—杠杆； 6—压紧螺钉；7—弹簧；8—调节螺钉</p>	<p>刀片采用弹簧杠杆式压紧，刀片夹固可靠，装卸方便</p>	<p>1. 切削用量： $v_c = 100 \sim 120 \text{m/min}$； $f = 0.25 \sim 0.35 \text{mm/r}$； $a_p = 2.5 \sim 4 \text{mm}$</p> <p>2. 适用于切削一般工件外径</p>

(续表)

名称	刀具图形	刀具特点	使用说明
热喷焊涂材料车刀		1. 切削刃抗冲击性能较好; 2. 刀具寿命较长,解决了刀具消耗量大的关键; 3. 刀片全圆弧形则主偏角 κ_r 随背吃刀量变化而变化	1. 切削用量: $v_c = 5 \sim 19m/min$; $f = 0.3 \sim 1mm/r$; $a_p = 0.3 \sim 2mm$ 2. 适合加工热喷焊(余)材料; 3. 刀片材料需按不同喷焊材料而定,否则会使切削刃能和刀具耐用度降低

1 刀杆; 2 弹簧套; 3 刀垫; 1 刀片;
 4 杠杆; 5 压紧螺钉; 7 弹簧;
 6 弹簧; 8—锁紧螺钉

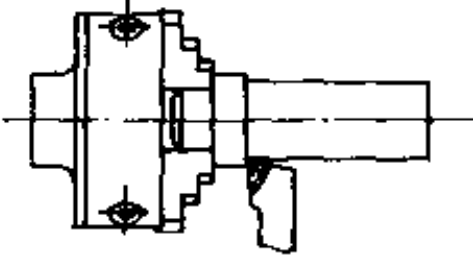
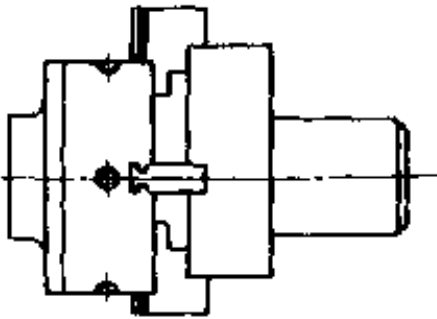
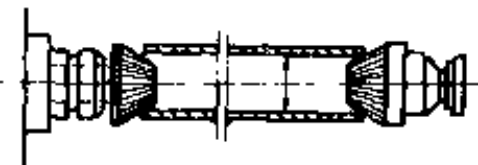
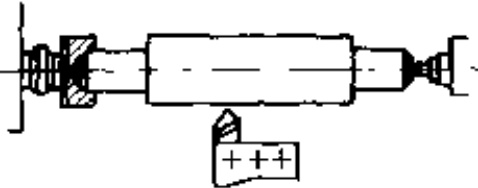
(续表)

名称	刀具图形	刀具特点	使用说明
硬质合金自旋转圆刃车刀		<p>刀具是盘形,切削过程中刀片随工件旋转,因此散热条件好,刀具耐用度比一般车刀高30倍左右</p>	<p>1. 切削用量: $v_c = 150 \sim 250 \text{ m/min}$; $f = 0.4 \sim 1 \text{ mm/r}$; $a_p = 1 \sim 1.5 \text{ mm}$</p> <p>2. 刀具应与工件轴线安装成 $15^\circ \sim 20^\circ$ 倾角;</p> <p>3. 刀尖应低于工件中心 0.5 mm;</p> <p>1. 不能切削有台阶表面</p>

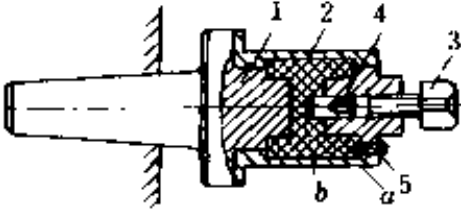
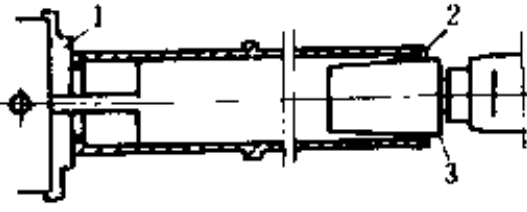
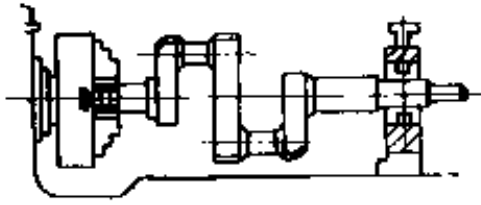
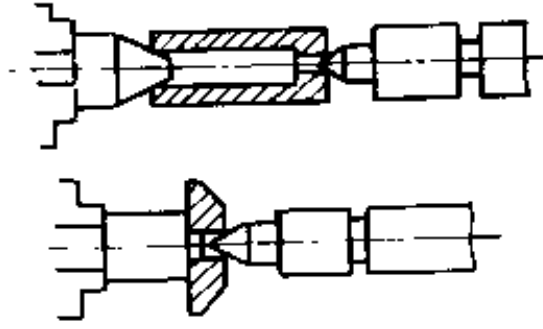
- 1 圆螺母; 2, 10 垫圈; 3—圆垫刀;
 4 刀体; 5—轴; 6 挡圈; 7—轴承;
 8 垫片; 9 盖; 11—罩壳; 12 螺母
 刀片 YT15; 刀体 45 钢

3. 车削外圆时工件常用的装夹方法

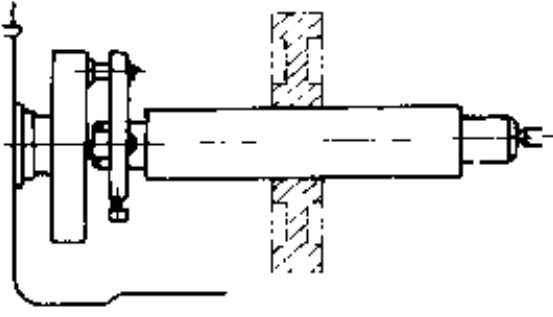
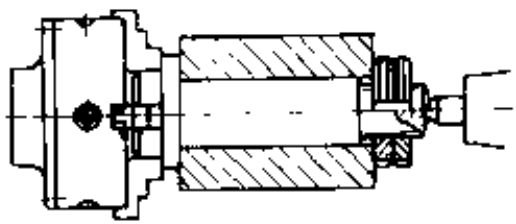
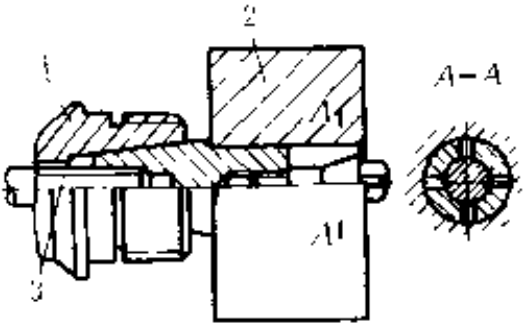
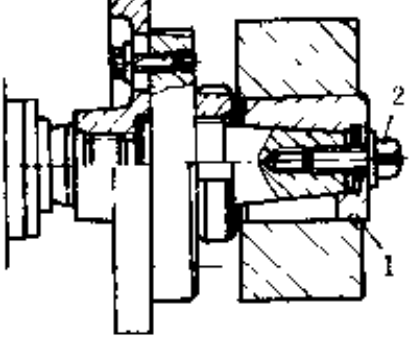
表 2-9 不同装夹方法、特点及适用范围

名称	装 夹 示 图	特 点	适用范围
三爪自定心卡盘装夹		装夹方便, 自动定心好, 但夹紧力较小	适用于中小尺寸、形状规则的工件, 工件长度不宜过长
四爪单动卡盘装夹		装夹不如三爪自定心卡盘方便, 但夹紧力较大, 可装夹形状不规则的工件	适用于装夹大型或形状不规则的工件
外梅花顶尖装夹		顶尖顶紧即可车削; 装夹简便、迅速	适用于带孔零件, 孔径大小应在顶尖允许的范围
内梅花顶尖装夹		顶尖顶紧即可车削, 装夹简便、迅速	适用于不留中心孔的轴类零件; 需要磨削时, 采用无心磨床磨削

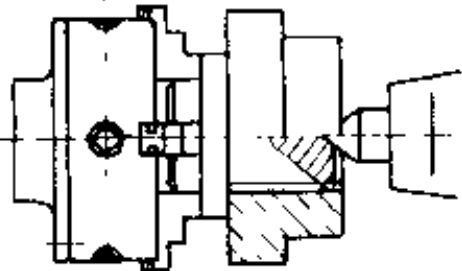
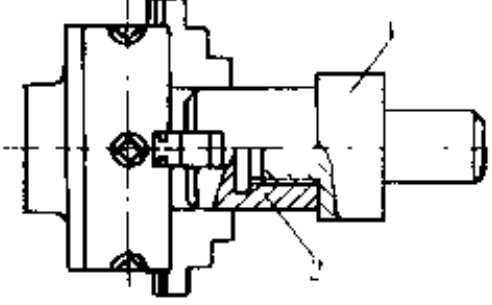
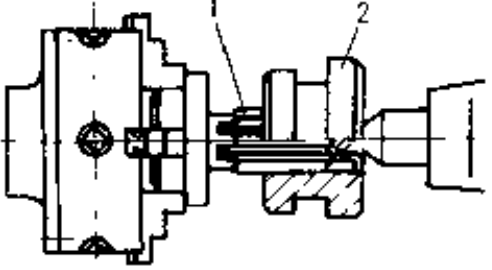
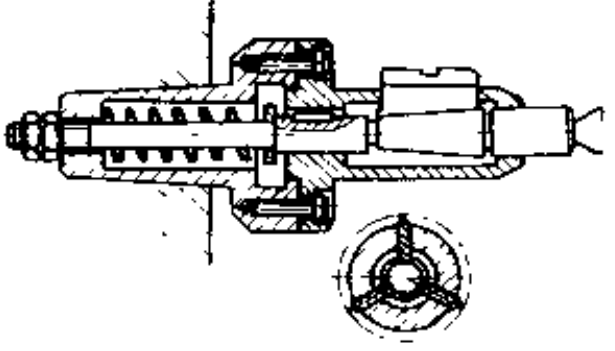
(续表)

名称	装夹示意图	特点	适用范围
液性塑料心轴装夹	 <p>1 夹具体; 2 薄壁套筒; 3, 5--螺钉; 4-滑柱; a 环形槽; b-径向孔</p>	利用液性塑料传递力的方法夹紧零件	适用于薄壁套筒等一些较短的薄壁零件外圆车削
薄形零件装夹	 <p>1-特殊软爪; 2 涨套; 3-特殊活顶尖</p>	采用软三爪在车床上自身加工, 并配合特殊活顶尖和铸铁弹性胀套	适用于较长薄壁零件的外圆车削
中心架装夹		三爪自定心或四爪单动卡盘配合中心架紧固工件, 切削时中心架受力较大	适用于加工曲轴等较长的异形轴类零件
摩擦力装夹		利用顶尖顶紧工件后产生的摩擦力克服切削力	适用于加工余量较小的圆柱面或圆锥面精车

(续表)

名称	装 夹 示 图	特 点	适 用 范 围
锥形心轴装夹		心轴制造简单, 工件的孔径可在心轴锥度允许范围内适当变动	适用于齿轮、拉孔后半精车、精车外圆等
夹顶式整体心轴装夹		工件与心轴动配合, 靠螺母旋紧后的端面摩擦力克服切削力	适用于孔与外圆同轴度要求一般的工件外圆车削
内锥体胀开心轴装夹	 <p data-bbox="405 1430 905 1477">1 主轴; 2—工件; 3 拉紧螺杆</p>	心轴通过圆锥的相对位移产生弹性变形而胀开, 把工件2夹紧, 具有装卸工件方便的特点	适用于孔与外圆同轴度要求较高的工件外圆车削
内锥体胀套装夹	 <p data-bbox="482 1912 843 1959">1 胀套; 2 螺钉</p>	胀套通过圆锥的相对位移产生弹性变形而胀开, 把工件夹紧, 具有装卸工件方便的特点	适用于孔与外圆同轴度要求较高的工件的外圆车削

(续表)

名称	装夹示意图	特点	适用范围
外 螺 纹 心 轴		利用工件本身的内螺纹，旋入心轴后紧固；缺点是装卸工件不方便	适用于有内螺纹和对外圆的同心度要求不高的零件
内 螺 纹 心 轴	 <p data-bbox="454 1105 839 1140">1 工件；2 内螺纹心轴</p>	利用工件本身外螺纹旋入心轴后紧固；缺点是装卸工件不方便	适用于多台阶的、总长较短的零件
带 锥 花 键 心 轴	 <p data-bbox="469 1505 823 1540">1 - 花键心轴；2 工件</p>	花键心轴1 外径带有锥度，工件2 轴向推入即可紧固	适用于具有矩形花键或渐开线花键孔的齿轮和其他零件
胀 开 式 花 键 心 轴		花键心轴的花键部分，可通过锥面相对移动而胀开	适用于带有渐开线花键孔的齿轮和其他零件

4. 中心架与跟刀架的使用

(1) 中心架的使用

中心架的使用方法是装上中心架之前必须在坯料中间处车一条安装中心架支承爪的沟槽(见图 2-1),槽的直径等于工作需要的直径,宽度比支承爪宽一些,或安装一个辅助调整套,然后把中心架安装在车床导轨面适当的位置上并固紧。打开中心架上盖,把工作安装于三爪自定心卡盘与顶尖之间(床尾校正好轴线),用量针或百分表检查槽有无跳动,校正合格后,将上盖固定以后再调整中心架三个支承爪,使支承爪与工件同时轻微接触,转动时能均匀运转。

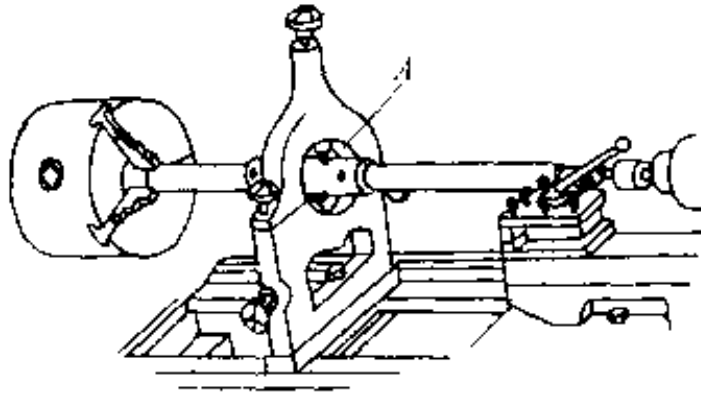


图 2-1 用中心架支承工件
A—支承槽

对于外圆已车好的工件,要求工件表面不致擦伤,这时可应用带有滚动轴承的中心架(图 2-2),或者采用一只辅助套筒,如图 2-3a 所示。使用时,把套筒套在工件外圆上,拧紧四周螺钉,螺钉与工件表面之间垫一层铜皮,用百分表校正套筒外圆见图 2-3b。

如果套筒外圆与工件不同轴线,这时须调节螺钉,直至校到同轴为止。

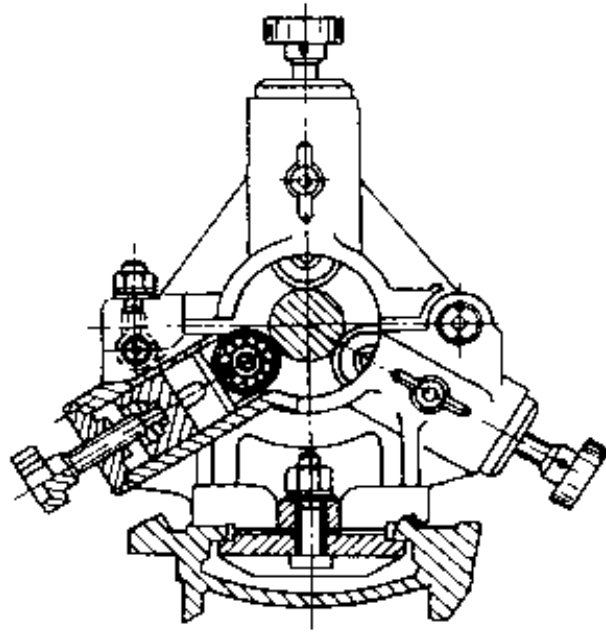


图 2-2 带滚动轴承的中心架

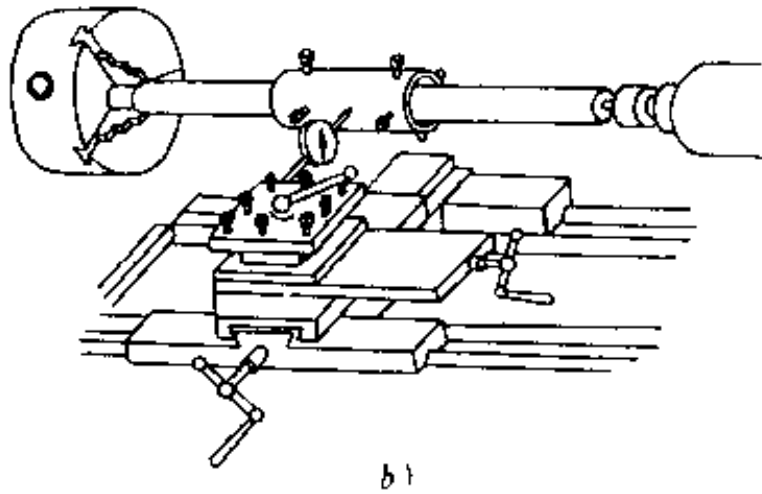
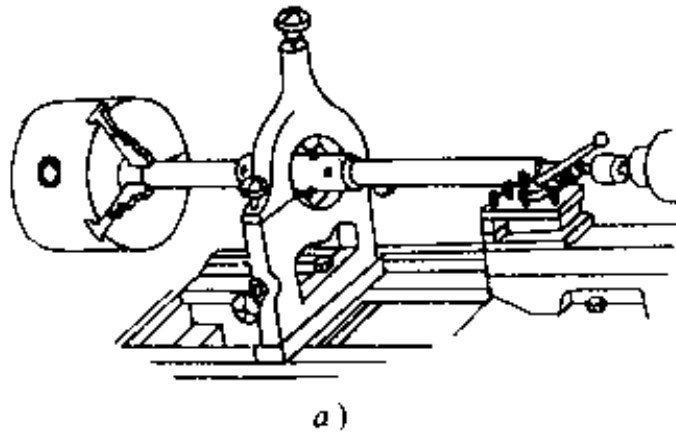


图 2-3 辅助套筒校正

a) 辅助套筒使用; b) 辅助套筒校正

(2) 跟刀架的使用

车削不允许接刀的长轴时,例如光滑轴、丝杠等,先在工件一端部车制长度 $>50\text{mm}$ 稍大于支承爪宽度位置(图2-4)便于安装跟刀架的两个卡爪。在安装时,轻微接触工件,同时用床尾顶尖支承于工件中心孔。在调整支承爪对工件施压时,紧松要适当。如压力过大,工件便压向车刀,使背吃刀量增大,导致车出的工件直径减少。当支承爪移动到已经车小的外圆时,工件表面与跟刀架支承爪脱离,这时,在径向力的作用下工件向外让开,而使背吃刀量减少,工件直径就会增大。以后,当跟刀架再移动到直径较大外圆时,又把工件压向车刀,这样,有规律的变化就会把工件车制成“竹节”形状。所以在调整支承爪压力时,压力不宜过大,也不宜太小,以免产生上述弊病。

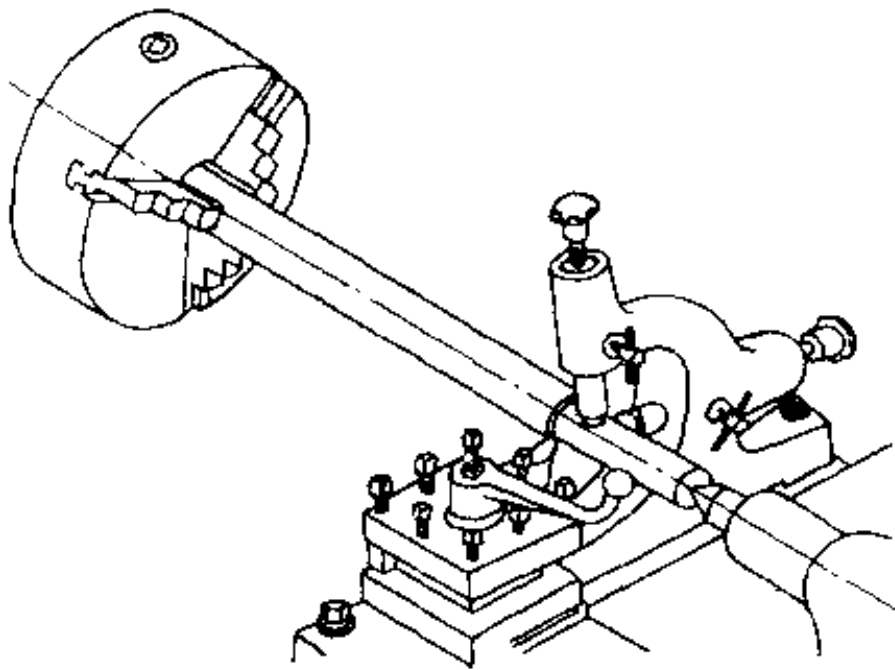


图2-4 跟刀架的使用

(3) 跟刀架的改进

普通跟刀架有两个支承爪,它与工件接触面积小,刚

性差，不能适应高速切削细长轴的要求。为了增加支承刚性，平衡切削时产生的径向力，可对跟刀架作如下几种改进。

① 增加跟刀架的支承爪数目。即把两爪改制成三爪支承，如图 2-5 所示。使工件在切削时，有足够的刚性和稳定性从而能防止加工中的振动和变形。

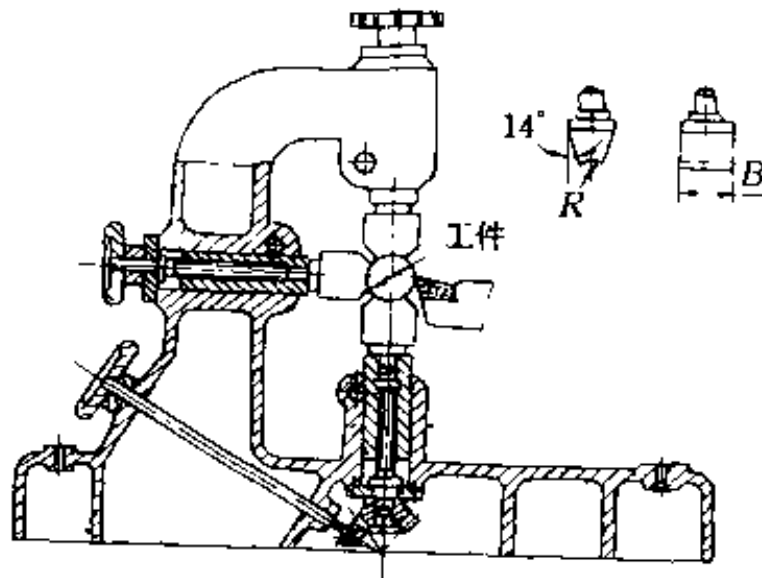


图 2-5 跟刀架的改进

② 加宽并配研支承爪的圆弧面。支承爪的圆弧面 (R 等于工件直径之半)，应经粗车后与工件表面进行配研。宽度 B 应大于工件直径，一般取 $B=(1.2\sim 1.5)D$ 。工件处在刀具和三个支承爪中间，上、下、左、右的移动均受到限制，只能绕轴线旋转，进一步控制了振动及变形。

③ 增加支承块材料的耐磨性。一般支承爪是用球墨铸铁制成的，为了增加它的耐磨性及使用寿命，可应用夹布胶木及尼龙 ABS 等材料，也可以应用硬质合金做支承爪。

5. 车削外圆产生废品的原因及预防措施

表 2-10 废品现象及预防措施

故障和废品现象	产生原因	预防措施
尺寸精度达不到要求	操作者粗心大意	加强思想教育,增强责任感,严格执行规章制度
	测量差错	<ol style="list-style-type: none"> 1. 校正和正确选用量具; 2. 在工件发热(手感较热)时不作加工测量,否则工件冷却后尺寸收缩,精度难以掌握; 3. 正确使用量具,掌握测量方法,提高测量精度和技术
	加工后留有黑皮或局部加工余量不够	<ol style="list-style-type: none"> 1. 加工前按图纸检验毛坯和余量是否符合工艺要求; 2. 将工件校正后再加工
粗糙度达不到要求	刀具刃磨不良或磨损	<ol style="list-style-type: none"> 1. 适当的增大前角(脆性材料除外)合理选取主后角; 2. 适当增大刀尖圆弧半径及修光刃宽度,减小副偏角; 3. 用油石研磨各切削刃,使其粗糙度 R_a 不大于 $0.4\mu\text{m}$; 4. 合理使用切削液
	刀尖位置高度安装不正确	刀尖应装在工件中心处略低于工件中心(若刀尖安装过高,将使后角减小,后刀面与已加工表面摩擦增加;若刀尖安装过低,则前角减小,使切削变形增大)
	切削用量选取不当	<ol style="list-style-type: none"> 1. 进给量不宜太大; 2. 用硬质合金车刀精车时,应提高切削速度 v_c;用高速钢车刀精车,最好 $v_c < 10\text{m}/\text{min}$; 3. 精车余量一般应在 $0.5\sim 1\text{mm}$ 之间
	由于振动形成波纹纹和条痕	<ol style="list-style-type: none"> 1. 增加工件装卡刚性; 2. 调整车床各部分的间隙; 3. 采取适当的消振措施(如车刀上磨出消振棱、使用弹簧刀杆等)

(续表)

故障和废品现象	产生原因	预防措施
产生圆度误差	1. 主轴轴颈圆度误差超标准; 2. 卡盘在法兰盘上定位不紧; 3. 毛坯余量不均匀或材质不均匀	1. 检修机床; 2. 紧固卡盘固定螺钉; 3. 经粗车、半精车后再进行精车,在半精车加工前应进行正火或退火处理
产生圆锥度误差	1. 刀具在一次行程中磨损过快; 2. 用卡盘装卡,总伸刚度不够; 3. 车头偏位; 4. 尾座偏位; 5. 机床导轨在水平方向与主轴轴线不平行	1. 选取较耐磨的刀具材料或降低切削速度; 2. 加用尾座顶尖支顶,采用卡盘顶尖复合装卡法; 3. 校正车头主轴中心,并进行试切或试棒检验; 4. 调整尾座偏位,使之对准主轴中心; 5. 维修调整机床精度
产生鼓形度或弯曲度	后顶尖支顶不当,工件装卡刚性不够	1. 在加工长轴时应尽量减少热变形,并在加工过程中适当地放松后顶尖的支顶,或用弹性后顶尖; 2. 增加工件装卡刚性,由前、后顶尖支顶改为卡盘顶尖装卡,或加用跟刀架等; 3. 尽可能减少工件的内应力,对工件进行时效处理或在车削中增加工件调头次数

(续表)

故障和废品现象	产生原因	预防措施
刀具崩刃或打刀(刀头折断)	刀具材料选取不当或刃磨不良	1. 在粗加工时,采用YT5或YG8刀片,不宜采用YT30、YG3刀片; 2. 减小刀具前角,增加过渡切削刃、负倒棱,选取负的刃倾角
	切断刀几何角度不对称,刀尖高度不在工件中心位置	1. 必须保持 κ_r 和 α_o 在 $1^\circ \sim 2^\circ$ 之间,并相互对称; 2. 刀宽 $b \approx 0.6 \sqrt{D}$,刀头长 $\leq \frac{D}{2} + 2 \sim 3\text{mm}$; D 为工件直径; 3. 用尾座顶尖或工件端面的中心校正刀尖高低,并在装刀时保持 κ_r 及 α_o 对称
	切削用量过大,超过刀刃强度	1. 改变刀具几何参数,增加刀力强度; 2. 减小背吃刀量或进给量
	中途被迫停车或退刀前停车	1. 根据机床功率,合理选取切削用量; 2. 在中途停车之前,必须先停止进给,并退出车刀
	机床有关转动或滑动部位间隙过大	1. 调整主轴与轴承径向间隙和轴向间隙; 2. 调整滑板各镶条之间的间隙

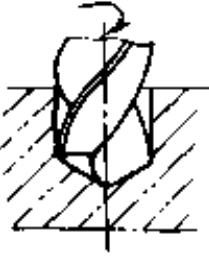
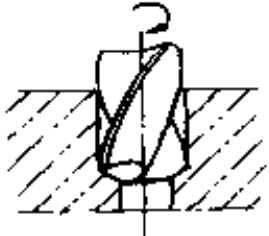
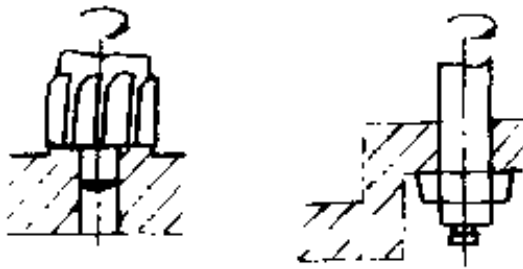
三、圆柱孔的加工

1. 圆柱孔的一般加工方法

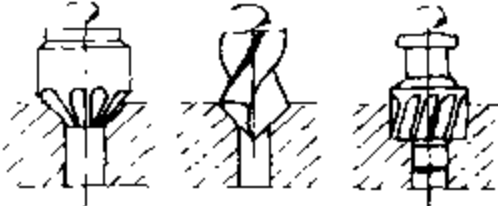

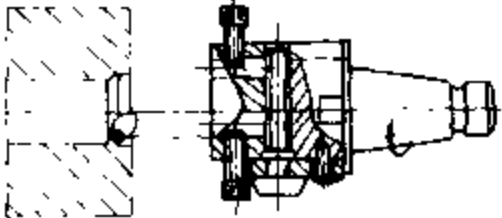
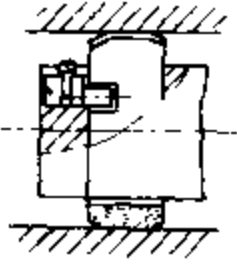
钻削、镗削、铰削、镗削和深孔加工等都是孔加工。孔加工刀具按其用途分两大类，一类是在实心材料上加工出孔的刀具，如麻花钻、扁钻、方孔钻和深孔钻等，另一类是对已有孔进行再加工的刀具如扩孔钻、铰钻、铰刀和镗刀等。

孔加工刀具是在工件内表面构成的半封闭空间内工作的，因而这类刀具在容屑、排屑、强度、刚度、导向和切削液等方面有一定的特殊要求。孔加工的一般方法见表 2-11。

表 2-11 孔加工的一般方法及适用条件

名称	简 图	说 明
钻 削		在实心的金属材料 一次钻成孔
扩 孔		对已有的孔进行扩 大
刮 削		用刮排来加工工件 凸台平面及凹坑平面

(续表)

名称	简图	说明
铰削		<p>用铰钻切除孔边的毛刺及切出螺钉头、螺栓头的埋头坑, 螺孔的凸台平面</p>
绞削		<p>当孔径的精度和粗糙度要求较高时, 可采用绞刀绞孔</p>
镗削		<p>用镗排加工具有定精度及粗糙度的单孔或孔系</p>
		<p>为进一步提高工件孔的精度和减小粗糙度应用浮动镗刀镗孔</p>

2. 不同精度及不同毛坯的圆柱孔加工(表 2-12)

表 2-12 不同精度圆柱孔在车床上的加工方法

孔的公差带	孔的直径 (mm)	实体材料上加工孔 的方法	对铸孔或热冲孔 的扩孔加工方法
H12, H13		一次钻孔	用车刀镗孔或用扩孔钻扩孔
H11, D11, B11, C11, A11	≤ 10	用钻头钻孔	1. 一次或二次扩孔(根据余量定); 2. 用车刀一次或二次镗孔
	$> 10 \sim 30$	用钻头钻孔,用扩孔刀、车刀镗孔或扩孔钻扩孔	
	$> 30 \sim 80$	1. 用钻头钻孔,扩钻和扩孔; 2. 用钻头钻孔,车刀镗孔	
H10, H8, H9, F9, D9, D10	≤ 10	用定心钻头钻孔后铰孔	1. 扩孔及铰孔; 2. 用车刀镗孔及铰孔; 3. 粗镗孔,精镗孔(不铰); 4. 粗镗孔,精镗孔,磨孔; 5. 车刀镗孔及拉孔
	$> 10 \sim 30$	1. 用钻头钻孔、扩孔及铰孔; 2. 用钻头钻孔,用车刀或扩孔刀镗孔后铰孔; 3. 用钻头钻孔、拉孔或用车刀镗孔及磨孔; 4. 用钻头钻孔及拉孔	
	$> 30 \sim 80$	1. 用钻头钻孔,扩钻扩孔及铰孔; 2. 用钻头钻孔,用车刀或扩孔刀镗孔及铰孔; 3. 用钻头钻孔,用车刀镗孔; 4. 用钻头钻孔及拉孔	

(续表)

孔的公差带	孔的直径 (mm)	实体材料上加工孔 的方法	对铸孔或热冲孔 的扩孔加工方法
H8, H7, G7, F8, E8, E9, D8, D9, N7, M7, K7, J7, N8, M8 K8, J8	≤ 10	用钻头钻孔,粗铰(或扩孔刀铰孔),精铰	孔径 ≤ 80 mm: 1. 一次或二次扩孔(根据余量而定),粗铰(或扩孔刀铰孔),精铰;
	$> 10 \sim 30$	1. 钻头钻孔,扩孔(或车刀铰孔),粗铰(或扩孔刀铰孔),精铰; 2. 钻头钻孔,车刀或扩孔钻铰孔,磨孔; 3. 钻头钻孔及拉孔	2. 车刀铰孔,粗铰(或扩孔刀铰孔),精铰; 3. 粗铰,半精铰,精铰; 4. 车刀铰孔,拉孔;
	$> 30 \sim 80$	1. 钻头钻孔,扩孔钻扩孔,粗铰,精铰; 2. 钻头钻孔,车刀铰孔,粗铰(或扩孔刀铰孔),精铰; 3. 钻头钻孔,车刀或扩孔钻铰孔磨孔; 4. 钻头钻孔,拉孔	5. 粗铰,精铰,磨孔。 孔径 > 80 mm: 1. 车刀粗铰,精铰,铰孔; 2. 粗铰,半精铰,精铰; 3. 粗铰,精铰,磨孔
H6, G6, F7, N6, M6, K6, J6, Js6	≤ 80	加工高精度孔最后工序应是金刚石细铰,用精密调整的车刀铰	

注: 当孔径 ≤ 30 mm、直径余量 ≤ 1 mm和孔径 $> 30 \sim 80$ mm、直径余量 ≤ 6 mm时,采用一次扩孔或一次铰孔。

3. 钻孔

(1) 标准麻花钻(见表 2-13, 表 2-14)

表 2-13 标准麻花钻的组成

示	
图	
名称	作 用
切削部分	<p>在麻花钻螺旋槽最前端刃磨出两条主切削刃的那一部分。它在钻削时承担主要的切削任务</p>
导向部分	<p>从主切削刃与副切削刃交点起至螺旋槽根部止,包含两条棱边的那部分。它在钻削时起导向作用,并可作为切削部分磨损后再次刃磨的后备部分,因而麻花钻的寿命较长。其外径磨有倒锥量 $\left(\frac{0.03 \sim 0.12}{100} \right)$,能减少麻花钻的棱边与孔壁的摩擦</p>

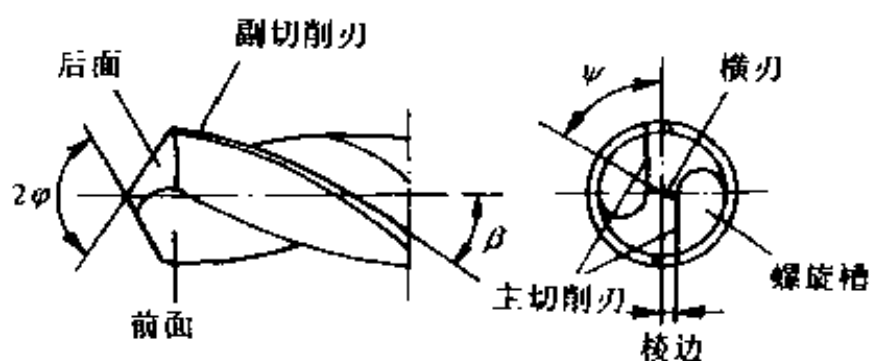
(续表)

名称	作 用						
工作部分	自钻尖起至螺旋槽根部止。它包括切削部分和导向部分。其作用也是这两个部分作用的综合						
	供钻削时夹持用,并用来传递钻削时所得的动力,它的形状根据钻头直径大小,即承受轴向力和扭矩的大小可分为莫氏锥柄和圆柱直柄两种。通常钻头直径在12mm以下采用直柄,12mm以上采用锥柄。锥柄号的大小与钻头直径大小有关(见下表)						
尾 部 (柄 部)	莫氏锥柄号	1	2	3	4	5	6
	锥柄麻花钻 (mm)	3~14	14.3~23	23.5~31.5	31.8~50.5	51~75	78~80
	锥柄长麻花 钻(mm)	6~14	14.3~23	23.5~31.5	31.8~50		
	锥柄加长麻 花钻(mm)	6~14	14.3~23	23.5~30	—	—	—
	粗锥柄麻花 钻(mm)		12~14	19~23	27~31.5	33~50.5	58~75
颈 部	在工作部分与尾部之间。圆柱直柄的小直径钻头没有明显颈部。锥柄钻头有明显的颈部。为了节约优质高速钢材料,柄部常采用45钢制成,因此颈部常为工作部分与柄部对焊连接处。颈部常刻有钻头生产厂商标和直径规格。颈部可供砂轮磨尾部时退刀用						

表 2-14 标准麻花钻切削部分的组成

名 称	作 用
前 刀 面 (前面)	即螺旋槽表面。切屑在其上流过的表面,该面的粗糙度决定着切屑流出难易程度和切削负荷的大小,故要求抛光
后 刀 面 (后面)	在工作部分前端,即钻削时与孔底相对的表面。其形状由刃磨方法决定,可以是螺旋面、锥面或平面。后刀面的状况影响着后角大小
副后刀面	即钻头的棱边(刃带)。主要起导向作用
主切削刃	是前刀面与后刀面的相交的边锋部分。它担负着主要切削工作
副切削刃	前刀面与副后刀面相交的边锋,即棱边的边缘。它最终形成孔的表面并起修光作用
横 刃 (钻 尖)	两个后刀面的相交部分。它位于钻头的最前端,担负着中心部分的切削工作。由于横刃前角是很大的负前角,所以钻削时横刃处发生严重的挤压而造成很大的轴向力,横刃的切削条件很差,因此修磨横刃十分重要

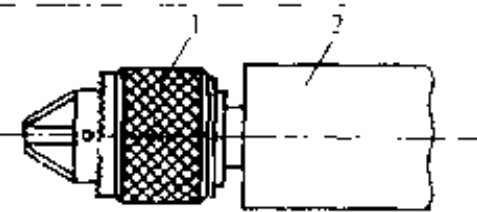
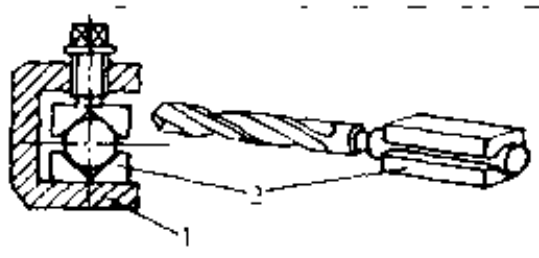
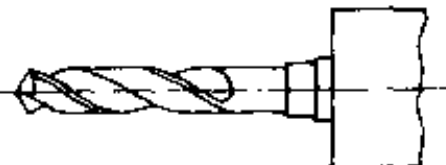
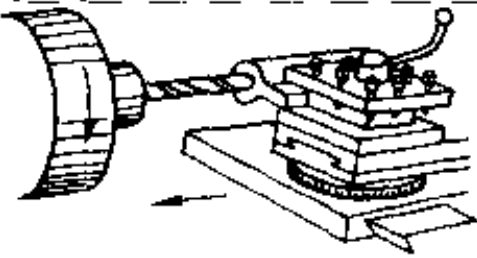
示 图



(2) 在车床上钻孔的方法

1) 麻花钻的夹持方法(见表 2-15)

表 2-15 夹持形式及使用说明

装夹形式	图	说 明
直柄麻花钻 用钻夹头装夹		直径小于 13mm 的直柄麻花钻, 常用钻夹头 1 装夹, 然后将钻夹头锥柄装在尾座套筒 2 锥孔内
直柄麻花钻 用 V 形槽铁装夹		用两只 V 形槽铁 1 夹持钻头(直柄), 安装在车床刀架上, 校正中心钻孔时可纵向进刀
锥柄麻花钻 用莫氏套筒装夹		锥柄麻花钻可直接装在尾座套筒内。锥柄常用莫氏圆锥 2、3、4 号。如果钻头锥柄是莫氏 3 号, 尾座套筒锥孔为莫氏 1 号, 就应在钻柄部分装一只莫氏 4 号套筒, 然后装入尾座套筒锥孔内
锥柄麻花钻 用专用夹具装夹		将专用工具装在刀架上, 锥柄麻花钻可插入专用工具的锥孔内

2) 用麻花钻钻孔的方法

钻孔前, 先车平工作端面, 在中心处不得留有凸头, 否则会影响钻头正确定心。将钻头装在尾座套筒内, 并通过找正使钻头轴线与工件回转中心重合, 再把尾座固定在适当的位置

上,这时开动车床,就可以用手动进给钻削(图 2-6)

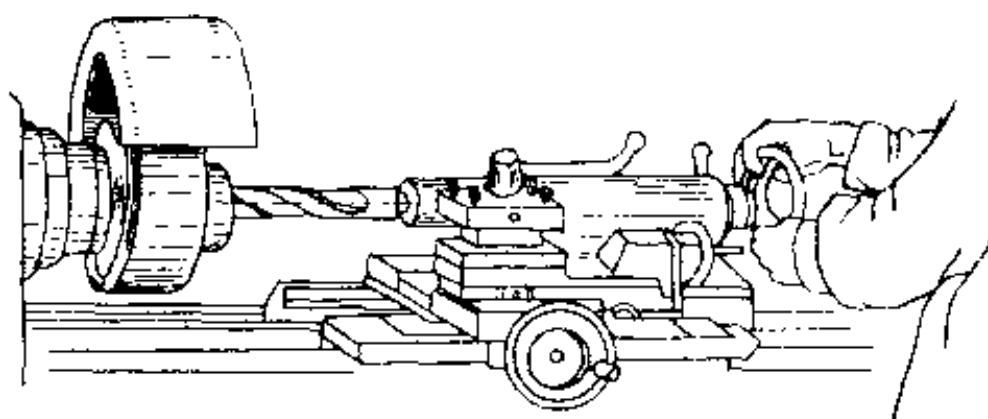


图 2-6 钻孔方法

用较长钻头钻孔时,为了防止钻头跳动,可以在刀架上夹一根铜棒或垫铁(图 2-7)来支承钻头头部(不能用力太大),使钻头对准工件回转中心,然后缓慢摆进钻头。当钻头在工件上已正确定心后即退出铜棒。

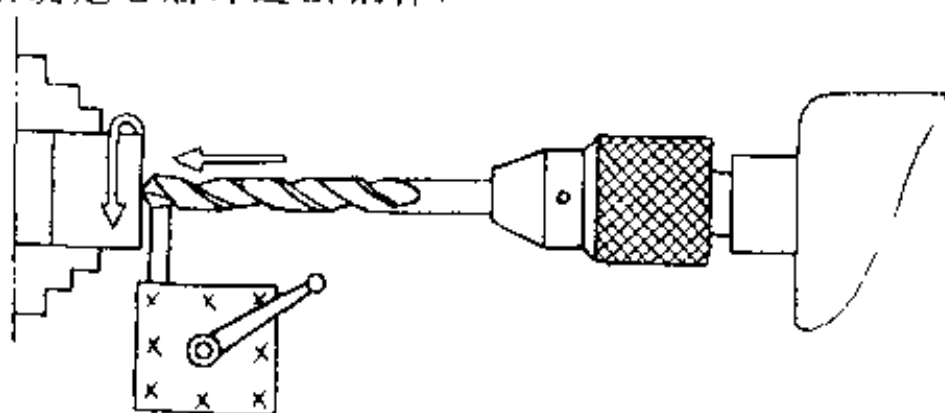


图 2-7 防止钻头跳动的方法

钻削直径较小的孔时,可先用中心钻钻孔,再用麻花钻钻孔,以便能正确定中心。钻削较深的孔时,切屑不易排出,应勤退钻头,清除切屑。

钻削钢料时,应使用充分的切削液。在钻铸铁或铸铜类工件时,一般不用切削液,必要时可用煤油来进行冷却润滑。

钻头将要钻通工件时,应减慢进给速度,否则将会损坏钻头或使钻头的锥柄在尾座锥孔内旋转,把锥柄和锥孔咬坏。

钻削直径较大的孔(大于 30mm)时,不宜用大钻头一次钻出,最好分多次钻削,即先用直径较小的钻头钻孔,再用较大直径钻头扩到所要求的尺寸。钻头直径可根据工件孔径大小选择。

(3) 标准麻花钻的优缺点及其改进措施

1) 优点

(1) 由于两条主切削刃是对称的,故作用在切削刃上的径向切削力(F_p)基本上相抵消。

(2) 麻花钻的通用性较好,能进行钻、扩、铰等工序。

(3) 有较长的导向部分作为切削的预备部分,因此使用寿命较长,且刃磨也比较方便。

(4) 有两条对称的螺旋槽,可增大实际工作前角。又使出屑方便。

2) 缺点

(1) 横刃长,横刃处前角为负值 $\gamma_c = -54^\circ \sim -60^\circ$,所以切削条件差。在切削中,由于横刃引起的轴向力占 45%~55%,扭矩占 15%。由于横刃长,钻削时定心也较差。

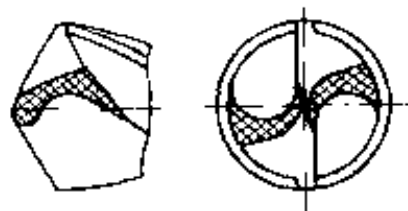
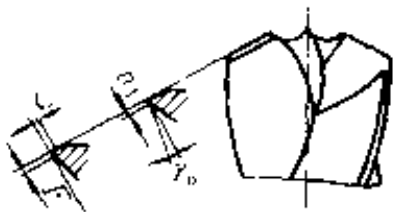
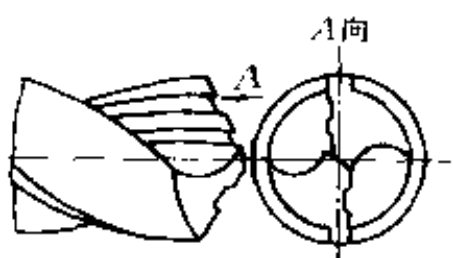
(2) 钻头前角分布不合理,即主切削刃上各点前角变化很大,外缘处大,近中心处为负前角,切削条件很差。

(3) 两主切削刃全部参加切削,使切屑较宽,切屑占空间大,各点切屑流出的速度相差很大,排屑不顺利,切削液不易注入到切削区。

(4) 外刃与棱边转角处,切削速度最大,由棱边后角为零度,该处摩擦所产生的热量大,散热条件差,故磨损较快。

为了克服上述缺点,提高钻削效率,可对标准麻花钻进行修磨。常用修磨方法见表 2-16。但在钻削时,除上述缺点外,由于刃磨方法或钻削方法不当,往往会引起各种缺陷。

表 2-16 标准麻花钻的修磨措施说明

措施	简 图	说 明
修磨横刃		<p>将横刃磨短至原来横刃长的 $1/3 \sim 1/3$ 或等于 $(0.01 \sim 0.06)d$, 同时磨出横刃处新形成的两条内刃的前角 $15' \sim 0'$. 这样可以减少轴向力, 增加定心作用, 提高孔的质量和生产效率</p>
修磨刃口倒棱或断屑槽		<p>在两主切削刃的前刀面处修磨出倒棱 $h = 0.1 \sim 0.2 \text{mm}$ 或磨出浅断屑槽. 这样可以提高刃口强度和改善断屑效果. 在钻削黄铜、紫铜时修磨成倒棱后可防止扎刀现象; 在钻削有机玻璃时修磨刃口前刀面, 可使外刃的前角增大, 减小孔的粗糙度</p>
修磨分屑槽		<p>在两主切削刃后刀面处修磨出深度大于进给量 f 的交错小狭槽, 使切屑变为狭条, 改善分屑、排屑条件, 有利切削液注入, 改善散热条件, 提高钻削效率. 同时再配合修磨横刃其钻孔效率更高</p>

(续表)

措施	图	说明
修磨锋角		<p>在主切削刃与副切削刃相连的转角处修磨出直线过渡刃形成双重锋角,或修磨成三重锋角。常用锋角值 $2\phi = 118^\circ$, $2\phi_0 = 70^\circ \sim 90^\circ$, $2\phi' = 50^\circ \sim 80^\circ$。减小锋角值可减小轴向分力,改善外刃转角处切削刃强度和散热条件,提高钻头耐用度</p>

(4) 修磨分屑槽的麻花钻

由于一般麻花钻头主切削刃长,切削宽度大,排屑不顺利,冷却条件差,加上横刃太长,因此轴向抗力大,定心差。如果采用图 2-8 所示的分屑槽和修磨横刃,将切屑分为几条,则就可使切屑比较顺利地排出,冷却条件改善,从而减少切削力和热。这种钻头适用于加工碳钢、合金结构钢、不锈钢等材料。

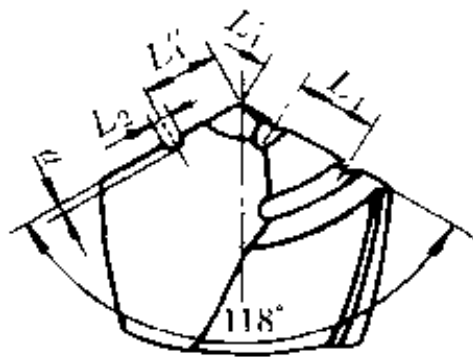


图 2-8 分屑槽麻花钻

横刃长度 b_0 应修磨成 $0.75 \sim 1.5\text{mm}$, 并且要注意对称性。分屑槽深度 a 应大于进给量。

表 2-17 分屑槽钻头的几何参数及尺寸情况 (mm)

钻头直径 d_1	总槽数	L_2	a	L_1	L	L_3
12~18	2	0.85~1.3	0.6~0.9	2.3	4.6	
18~33	3	1.3~2.1	0.9~1.5	3.6	7.2	7.2
35~50	5	2.1~3	1.5~2	5	10	10

表 2-18 钻孔时产生缺陷原因及防止方法

缺陷形式	产生原因	防止方法
孔呈多角形	<ol style="list-style-type: none"> 1. 钻头后角太大; 2. 两主切削刃有长短, 角度不对称 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 减小后角; 2. 正确刃磨
孔径扩大	<ol style="list-style-type: none"> 1. 钻头两主切削刃有长短, 有高低; 2. 钻头摆动; 3. 钻轴跳动 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 正确刃磨; 2. 消除钻头摆动; 3. 调整钻轴, 消除跳动
孔径粗糙	<ol style="list-style-type: none"> 1. 钻头不锋利; 2. 后角太大; 3. 进给量太大; 4. 冷却不足, 切削液性能差 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 把钻头磨锋利; 2. 减小后角; 3. 减少进给量; 4. 选择性能好的切削液
钻孔位置偏斜或歪斜	<ol style="list-style-type: none"> 1. 工件表面倾斜; 2. 钻头横刃太长; 3. 钻床主轴与工作台不垂直; 4. 进给量不均匀; 5. 工件固定不紧 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 正确定位安装; 2. 修磨横刃; 3. 检查钻床主轴的垂直度; 4. 进给量要均匀; 5. 工件要夹得牢固
钻头折断	<ol style="list-style-type: none"> 1. 钻刃已钝还继续工作; 2. 进给量太大; 3. 当孔刚钻通时进刀阻力迅速下降而突然增加进给量; 4. 钻屑塞住钻头的螺旋槽; 5. 工件松动; 6. 钻铸件时碰到缩孔 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 把钻头磨锋利; 2. 减少进给量, 合理提高切削速度; 3. 孔将要钻通时, 改为手动, 并控制进给量; 4. 钻削较深的孔时, 钻头需要退出数次, 使钻屑排出后再钻削; 5. 将工件可靠地加以固定; 6. 对估计有缩孔的铸件要减少进给量
钻头刃口迅速磨损	<ol style="list-style-type: none"> 1. 切削速度过高; 2. 钻头刃磨角度不合理 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 降低切削速度; 2. 根据工件材质, 确定钻头合理的刃磨角度

4. 镗孔

表 2-19 常用镗孔刀的种类

名 称	刀 具 示 图
盲孔镗刀	
通孔镗刀	
可转位镗刀	
阶台镗刀	
双刃镗刀	

(续表)

名称	刀具示意图
不锈钢小孔 精镗刀	<p>1 刀头；2 衬套；3 螺钉；4 刀杆</p>
机夹后尾 出屑镗刀	<p>1 刀头；2 定位压紧料；3 支承压紧料； 4 螺钉；5 刀杆</p>

(1) 在车床上镗孔的方法

1) 镗刀的选择

常用的镗刀,一般分为两种:一种为通孔镗刀(图2-9a),它适用于加工无台阶的通孔零件,常用主偏角小于 90° 的镗刀进行加工。另一种为盲孔镗刀(图2-9b),它适用于加工有台阶或孔底面有一定要求的盲孔零件,常用主偏角大于 90° 的镗刀进行加工。

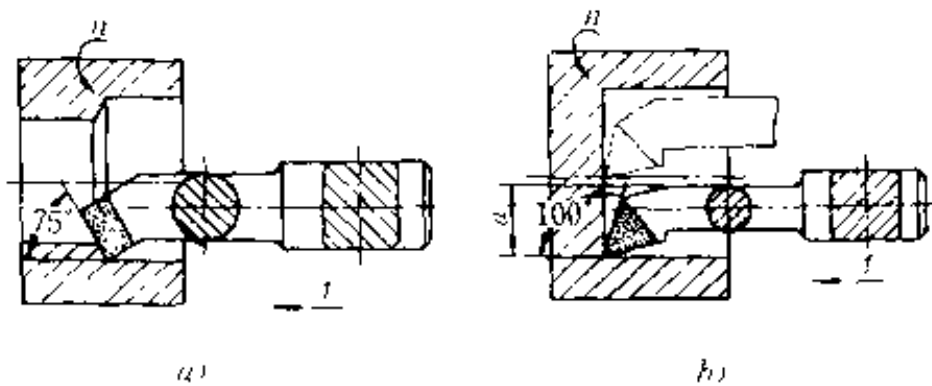


图 2-9

a) 通孔镗刀; b) 盲孔镗刀

2) 车床镗孔微量调节切深方法

在镗削精度较高的圆柱孔时,可采用转动斜滑板的角度,配合利用斜滑板手柄移动斜滑板方法来调节微量背吃刀量(图2-10),这种调节方法既方便又精确。

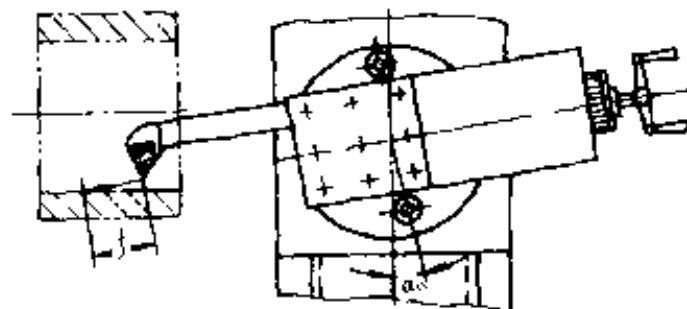


图 2-10 转动斜滑板微量调节背吃刀量

斜滑板移动距离的计算公式如下：

$$f = \frac{a}{\sin \alpha}$$

式中 f - 斜滑板移动的距离(mm)；

a - 背吃刀量微量调节量，相当于横滑板切深量(mm)；

α - 斜滑板转动角度(°)。

为了计算方便，我们将斜滑板移动 0.05mm(将斜滑板刻度盘转过一小格)时的背吃刀量微调节量列于表 2-20。

表 2-20 斜滑板移动 0.05mm 时的背吃刀量的调节量

斜滑板 转动角度 $\alpha(^{\circ})$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11.5	12
背吃刀量 微调节量 $a(\mu\text{m})$	0.9	1.7	2.6	3.5	4.4	5.2	6.1	7	7.8	8.7	9.5	10	10.1

由表 2-20 可知，当斜滑板转过 11.5°时，斜滑板刻度盘每转过一小格(即移动 0.05mm)，背吃刀量增加 10 μm (俗称 1 丝)。这样，我们就可以方便而又精确地调节背吃刀量。

【例】 在精镗 $\phi 80^{+0.015}$ mm 的圆柱孔时，经测量孔径已车至 $\phi 79.95$ mm，求斜滑板转动角度和移动距离。

【解】 假设按孔的公差要求，把孔车至 $\phi 80.03$ mm，则尚留车削余量 $80.03 - 79.95 = 0.08$ mm。背吃刀量为 $0.08/2 = 0.04$ mm(40 μm)，由表 2-20 可知将斜滑板转过 11.5°，并移动 $0.05 \times (40/10) = 0.2$ mm 的距离，斜滑板刻度盘转过 4 小格。

(2) 薄壁工件的装夹

车削薄壁工件内孔时，往往由于装夹时的夹紧力而引起工件变形。车削时，应在精车以前将卡爪放松一下，使工件恢复原状，然后再轻轻夹紧。另外，还可以采用弹性套筒或用软爪装夹，以增大卡爪和工件的接触面积。装夹时，把弹性套筒套在工件外圆上，并一起夹在三爪自定心卡盘内(图 2-11)。

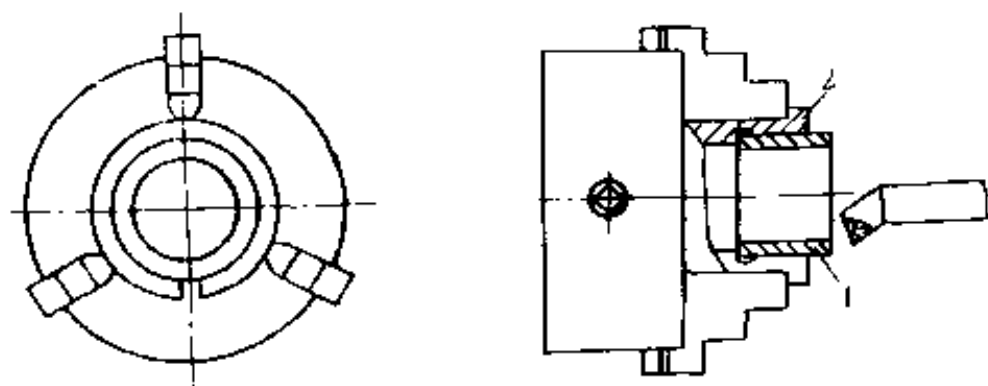


图 2-11 用弹性套筒装夹工件方法

1 工件；2 弹性套筒

(3) 镗孔深度的简易控制方法

镗削盲孔或台阶孔时，一般根据工件长度，用纵滑板手轮处刻度盘，或斜滑板刻度盘来控制镗孔的深度。精度要求不高时，也可以在刀杆上作一个记号(图 2-12a)，或在刀架上夹一块铜片(图 2-12b)来控制孔的深度。

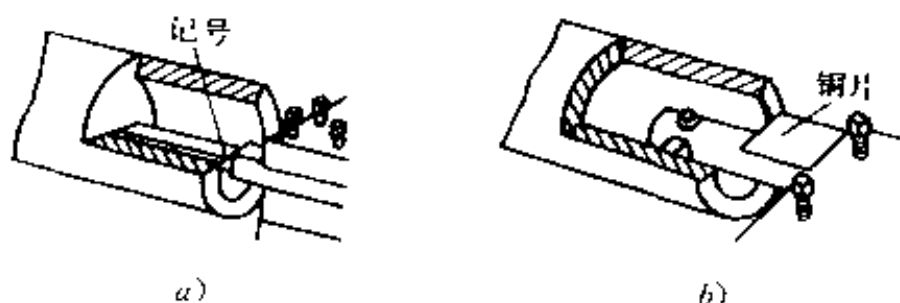


图 2-12 控制镗孔深度的方法

a) 用记号控制深度；b) 夹持铜片控制深度

5. 车削内沟槽

(1) 内沟槽的车削方法及径向尺寸控制

车内沟槽与车外沟槽的方法基本相似。内沟槽分为宽、狭两种,狭的槽用沟槽刀的刀头作横向切削不作轴向移动车出(图 2-13a),宽的沟槽可用一般镗刀先车出凹槽,再用内沟槽刀作轴向移动,把两个内台阶车垂直(图 2-13b)。内沟槽直径可用横滑板的刻度盘来控制。

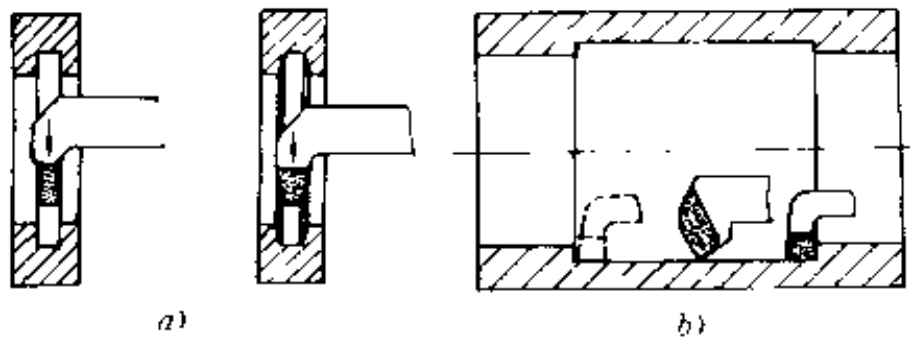


图 2-13 内沟槽的车削方法

a) 径向车削法; b) 轴向车削法

(2) 内沟槽轴向尺寸控制

在车削内沟槽时,轴向尺寸的控制一般可以利用车床纵滑板刻度盘的刻度来控制轴向深度。

但为方便操作也可采用如图 2-14 所示,在车刀刀杆上刻上一根线条,车内沟槽时,只需零件端面对齐刻线即能控制轴向尺寸。

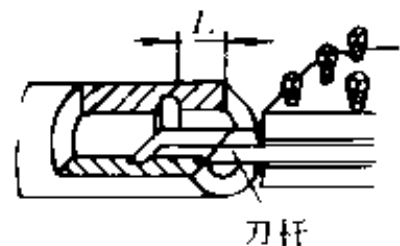


图 2-14 内沟槽轴向
深度控制

(3) 车床上加工小孔内沟槽方法

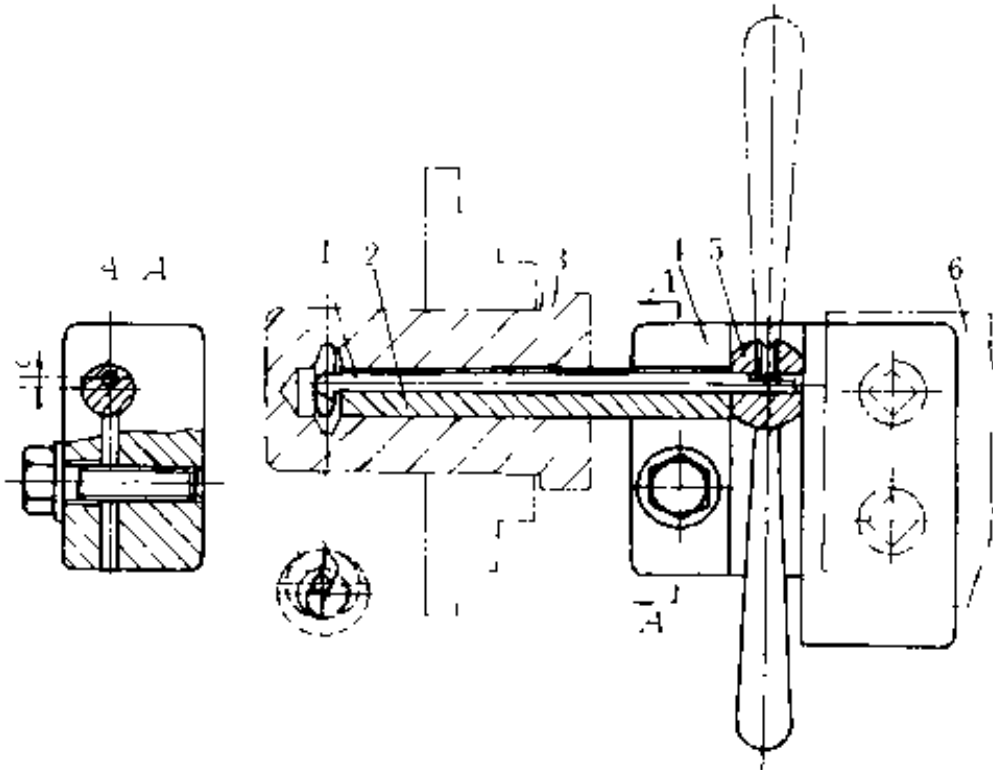
(1) 加工范围: 车削小孔内槽。

(2) 刀具特点: 加工小孔的刀杆刚性较差,容易产生振动和让刀现象,孔径尺寸较难控制。如采用图 2-15 所示的刀具结构形式,车削小孔内槽即能克服上述弊病,而且操作方便,

容易掌握内槽尺寸。

(3) 切削用量： $v_c = 14\text{m/min}$ ，手动进给。

(4) 注意事项：偏心套外径须与工件孔径动配合，偏心距的大小根据工件的内槽深度而定，操作时，缓慢扳动手柄，带动内槽刀在偏心套内旋转 180° ，内槽即加工完成。



刀具材料：W18Cr1V，HRC58~62

偏心套材料：CrWMn，HRC55~58

图 2-15 加工小孔内沟槽刀具

- 1 内槽刀；2 偏心套；3 工件；4 刀座；
5 手柄；6 刀架

6. 铰孔

铰孔在成批、大量生产中已被广泛采用，铰孔（包括无刃铰刀铰孔）的公差等级可达 IT7~IT8，加工表面粗糙度可达 $R_{a} 1.6\mu\text{m}$ ，手铰孔可达 IT6， $R_{a} 0.4\mu\text{m}$ 。

铰孔之前，一般是先经过钻孔或镗孔，留一定余量（粗铰

为 0.15~0.3mm,精铰为 0.04~0.15mm)。余量的大小直接影响到铰孔质量。余量太小,往往不能把前道工序加工的刀痕全部切去;而余量太大,铰孔时发热量大,铰刀受热变形影响直径增大,从而使铰削孔扩大,铰刀也因负荷过大而迅速磨损,甚至刀刃崩碎,刀槽被切屑阻塞,切削液难以进入切削区域,而影响加工表面粗糙度。

手铰比机铰质量高的原因是:切削速度低而切削温度也低,一般不产生积屑瘤,刀具尺寸变形小,但只宜用在铰削通孔或单件生产时使用。

机用铰刀在车床上铰孔时,先把铰刀安装在尾座套筒内,并把尾座移动到适当位置,用手均匀进给铰削。如果条件许可,铰刀应从另一端取出,不要从已加工的孔中退出,否则会在工件表面留有退刀痕迹。

铰钢件时,应加切削液,如乳化液等;铰铸铁时,可以不加切削液或加煤油;铰铜件时加菜籽油等。

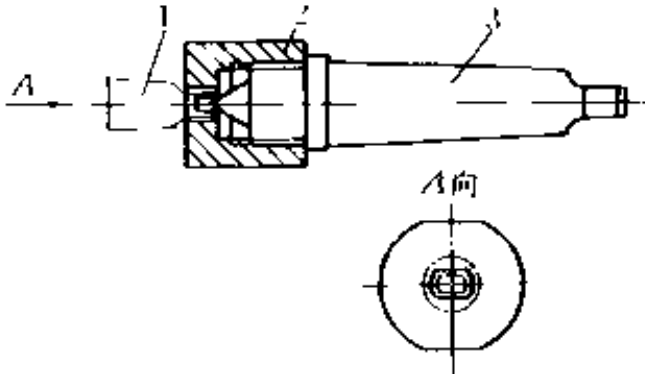
表 2-21 使用不同铰刀时的铰削余量 (mm)

铰 刀 类 型	铰 削 余 量
高 速 钢 铰 刀	0.10~0.30
高 速 钢 阶 梯 铰 刀	0.20~0.50
硬 质 合 金 铰 刀	0.10~0.10
九 刃 铰 刀	0.01~0.03

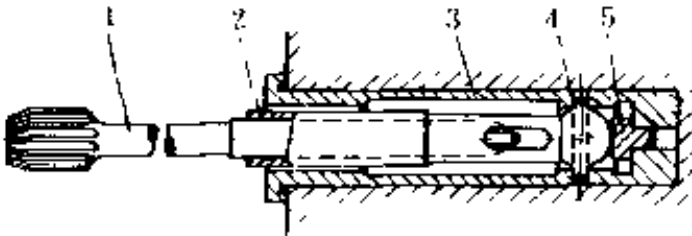
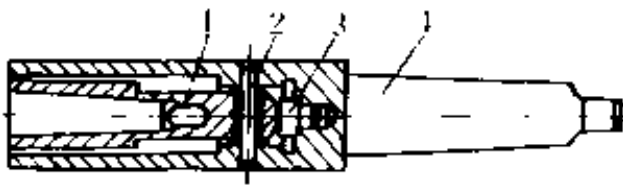
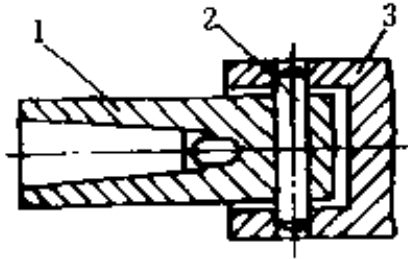
表 2-22 高速钢机用铰刀直径公差 (μm)

铰刀公称直径 D (mm)	被铰孔的 公差带	孔公差 Δ	铰刀制造 公差 T_D	最大扩张量 f_{max}
~10~18	H7	19	8	4
	H9	35	12	9
	H10	70	18	17
18~30	H7	23	9	5
	H9	45	16	11
	H10	84	21	21
>30~50	H7	27	11	5
	H9	50	17	12
	H10	100	25	25
>50~80	H7	30	12	6
	H9	60	21	15
	H10	120	30	30

表 2-23 夹持铰刀的浮动装置

图 形	说 明
 <p>1 铰刀；2 外套；3 莫氏锥柄</p>	<p>铰削小孔时可利用图示装置，顶尖、锥柄与外套以右旋螺纹连接一起，外套中有腰形孔。</p> <p>工作时，机动铰刀柄部的扁尾插在腰形孔内，两者之间具一定的间隙。铰刀的中心孔被顶尖顶住，以确定铰刀中心和传递轴向力。当需要调整铰削中心的偏差时铰刀可以在很小的范围内倾斜。</p>

(续表)

图 形	说 明
 <p data-bbox="346 811 800 905">1 铰刀；2 套筒；3 工件； 4 销轴；5 支承块</p>	<p data-bbox="970 470 1362 964">将铰刀装入能浮动的套筒内，因套筒外圆与工件（或锥柄）的配合间隙较大，同时销轴的配合也有一定的间隙。在铰削时扭矩和轴向力通过销轴和支承块的球形头来传递。铰刀可作微小的偏移和歪斜来调整铰刀与孔径的同轴度。</p>
 <p data-bbox="223 1364 916 1411">1 套筒；2 销轴；3 支承块；4 莫氏锥柄</p>	<p data-bbox="970 1199 1362 1340">与上图所示结构原理相同，但工件不同，均可供参考应用。</p>
 <p data-bbox="354 1881 793 1916">1 套筒；2 销轴；3 工件</p>	<p data-bbox="970 1658 1362 1846">将铰刀装入套筒内，因套筒与工件有间隙，铰削时铰刀绕销轴能作微小的浮动。</p>

(续表)

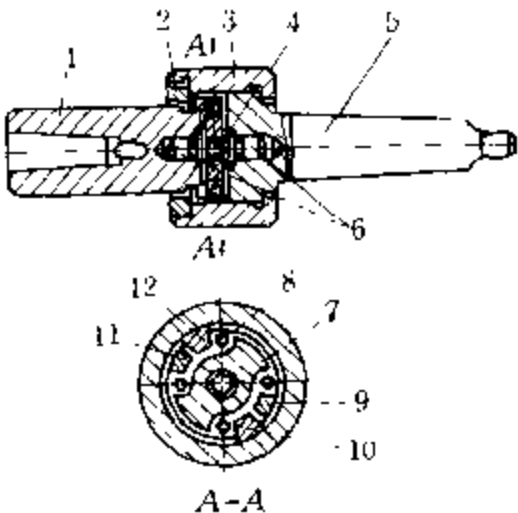
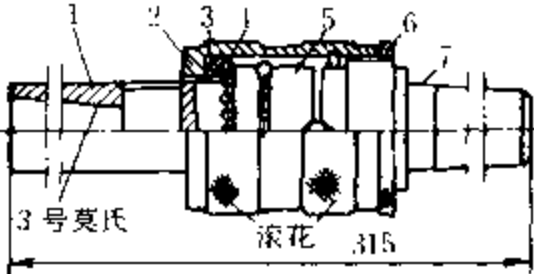
图 形	说 明
 <p>1 套筒；2 挡圈；3 外套；4 钢球； 5 主体；6 支承块；7 隔板；8 钢球； 9, 11 卡爪 b；10, 12—卡爪 a</p>	<p>套筒与主体之间，装有一个大钢球和四个小钢球，钢球位置由隔板控制，夹头内卡爪 a 和卡爪 b 分别装在主体和套筒上，插在隔板和一个小钢球之间，以传递轴向压力。上述诸零件用外套和螺纹挡圈连接组装在一起并保持轴向和径向间隙。铰削时扭矩和轴向力通过卡爪，大、小钢球传给套筒和铰刀。当铰刀与孔径的同轴度不一致时，套筒以大钢球为支点，灵活地向任意方向作微小的偏移和歪斜，以达到调整铰孔中心的目的。</p>
 <p>1 套筒；2 外套；3 垫圈；4 钢球； 5 浮动块；6 锁紧螺母；7 莫氏锥度</p>	<p>套筒的浮动主要靠浮动块的两端面上一条 90°V 形槽内的钢球。套筒可以绕钢球在平面上摆动，以达到调整铰孔中心的目的。</p>

表 2-21 孔的缺陷原因及解决措施

常见缺陷	主要原因	解决措施
孔壁表面有粗糙沟纹,有时因摩擦而产生尖叫声,这样孔的粗糙度达不到要求	铰刀的切削部分与修光刃部分粗糙度差	粗糙度差的部分加以精磨或研磨等
	铰刀刃口不锋利,已磨损	应全面刃磨铰刀刃口
	切削刃有过大的径向跳动	重新磨准切削刃的内背
	齿槽内切屑粘积过多	随时拉出,及时清除
	刃口留有强固的积屑瘤	用油石轻轻除去
	刀齿上有崩裂缺口	将缺口磨去或换新铰刀
	铰刀刃口不等	正确刃磨铰刀刃口
	刃口留有毛刺	用油石磨去
	切削刃与修光刃部分过渡处有尖棱	用油石将棱磨成平滑的过渡切削刃
	铰孔余量过大	改变粗加工尺寸,减少余量
	转速太快	降低转速
铰孔后孔径扩大	夹头制造不当,以致切削不均匀	最好采用浮动夹头
	切削液供应不足或选用不当	采用适当和足够的切削液
	由于材料关系,不适用前角 $\gamma_0 = 0$ 或负前角铰刀	更换前角 $\gamma_0 = 5^\circ \sim 10^\circ$ 的铰刀
	转速太快,铰刀温度上升	降低转速或加足够的切削液
	夹头不灵活或夹得不好	整理夹头或采用浮动夹头
	进给量不当或加工余量太大	适当调整进给量或减少加工余量
	由于没有仔细检查铰刀直径,特别是新铰刀(因为有些新铰刀没有磨过锋口),它的尺寸可能大于要求尺寸	应仔细检查铰刀的直径

(续表)

常见缺陷	主要原因	解决措施
铰孔后孔径扩大	铰刀没有对准工件中心	应仔细对准中心,最好采用浮动刀头
铰孔后孔径缩小	铰刀修光刃部分的刃面径向跳动过大	修磨刃口,减小刃口的径向跳动
	铰刀超过磨损标准还继续使用,引起过大收缩量	应换用新铰刀,对超过磨损标准的铰刀,可磨刃后改小使用
	铰钢料时,由于加工余量太大,当铰刀铰好孔退出后,内孔弹性复原使孔径缩小	铰孔时试验一下,放适当的加工余量
铰刀过早地磨钝	铰刀在刃磨时灼伤	谨慎地把灼伤处磨去
	切削液未能顺利地流入切削处	经常清除出屑槽内的切屑,用足够压力的切削液
	铰刀刃磨后粗糙度不合要求	通过精磨或研磨达到要求
铰孔的端部有喇叭形	刀头制造不当	应用适当的浮动刀头
	刀齿已磨损	修磨刀齿
	切削锥角不适当	适当修磨锥角角度
	转动导套有松动现象	加强机床-刀具-工件系统的刚性,提高刀具制造精度
	铰孔时,修光刃部分未进入孔时已扩大	采用浮动装置的心轴
铰孔后产生椭圆形	切削用量选择不当	采用适当的或降低切削用量
	由于薄壁工件装夹得过紧卸下后工件变形	改用恰当的夹紧方法
	工件装夹过松,有颤动现象	选择可靠的定位面,将工件在夹具中重新夹紧

表 2-24

常见缺陷	主要原因	解决措施
铰刀刀齿 磨损	切削刃径磨损过大,切削 负荷不均匀	每次刃磨后,检查径圆跳动
	切削锥角太小,使切削面太大	修磨增大切削锥角
	铰深孔时,切屑太多,又未及 时清除	注意及时清除切屑,或采用 排屑较好的刃倾角铰刀
	加工余量过大	修改预加工时的孔径尺寸
	工件材料硬度过高	降低材料硬度或改用负前角 铰刀与硬质合金铰刀
铰刀刀柄 折断	铰孔余量过大	减少铰孔余量或增加粗铰工 序
	铰锥孔时应先用粗铰或错齿 铰刀	先用粗铰后再精铰,严格遵 守操作规程
	铰刀的刀齿过密	可将刀齿间隙磨大一些
铰孔后孔 的轴线不直	铰孔前的钻孔不直	增加扩孔或镗孔工序来校正
	切削刃的锥角过大	修磨减小锥角
	倒锥角过大	调换适当的新铰刀

注:铰孔之前,一般先经过镗孔,镗孔后需留一定的余量。通常粗铰为 $0.15\sim 0.3\text{mm}$,精铰为 $0.04\sim 0.15\text{mm}$ 。

7. 圆柱孔和内沟槽的测量

(1) 用内卡钳测量圆柱孔

这种方法适用性较广,是工厂常用的一种方法,测量的方法如图 2-16 所示,测量步骤见表 2-25。

为了应用方便,可将测量间隙定为 0.03mm ,把不同孔径的内卡钳的摆动量 l (图 2-17)按表 2-25 中的公式计算列表(表 2-26)。

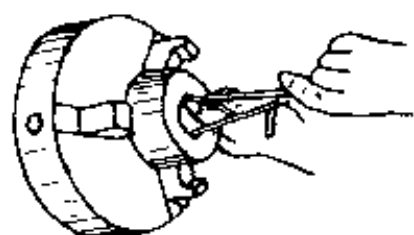


图 2-16 用内卡钳测量孔径

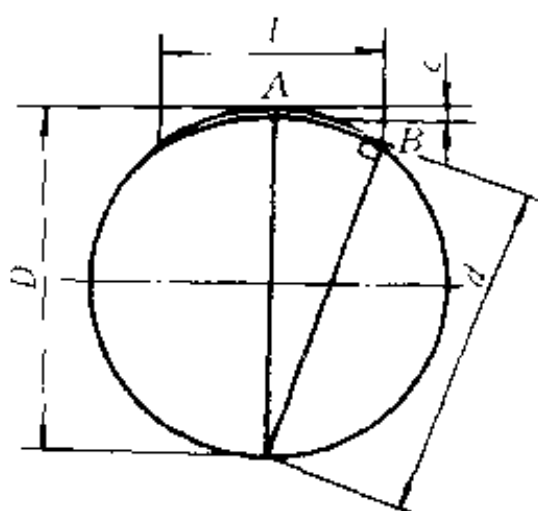


图 2-17 内卡钳的摆动量

表 2-25 用内卡钳测量圆柱孔方法

测 量 步 骤	应 用 举 例
<p>1. 按孔径的最小极限尺寸确定内卡钳开度 w。 w 为孔径平均尺寸 D_0 与自定测量间隙 c 之差；</p> <p>2. 在外径百分尺上取内卡钳开度 w。</p>	<p>孔径 $D=50H8/g7mm$ 时孔径平均尺寸为 $50.02mm$；若自定测量间隙为 $0.03mm$；设内卡钳开度 $w=50mm$。</p>
<p>3. 计算测量时内卡钳一条腿的摆动量。</p> $l = \sqrt{8 \times w \times c}$	$l = \sqrt{8 \times 50 \times 0.03} = \sqrt{12}$ $\approx 3.5mm$
<p>4. 将内卡钳一条腿接触在内孔孔壁，另一条腿摆动，摆动量为 l（见图 2-17），这时测得的数值，即为内孔孔径实际尺寸的平均尺寸。</p>	<p>测量时，内卡钳一条腿的摆动 $3.5mm$，测出的孔径实际尺寸为 $50.02mm$，若摆动 $3 \sim 4mm$，则这时孔径实际尺寸也仍在极限范围之内。</p>

表 2-26 测量内径的内卡摆动量 (mm)

孔径 D	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100
摆动量 f	1.9	2.2	2.5	2.7	2.9	3.1	3.5	3.8	4.1	4.4	4.6	4.9

注意：在将内卡钳开度用外径百分尺校准内卡钳开度时，必须以两条卡钳腿刚好接触到百分尺度量面为原则，绝不能有太紧（即摩擦）的感觉，也不能不接触。在测量内孔时，应在孔的最大直径方向上进行测量。

(2) 用游标卡尺测量圆柱孔

当工件批量较少，孔的精度要求不太高，而且孔又较浅时，可用游标卡尺测量。测量时，应使卡爪作适量摆动，测得的读数最大值是孔径的实际尺寸。同样可应用游标卡尺的深度标杆测量圆柱孔的深度，如图 2-18 所示。

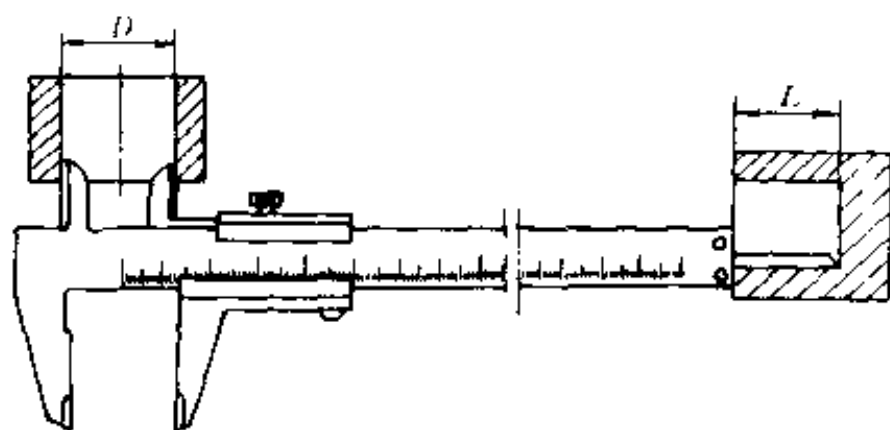


图 2-18 用游标卡尺检验孔径和孔深

(3) 用极限塞规测量圆柱孔

极限塞规由过端（孔的最小极限尺寸）和止端（孔的最大极限尺寸）组成，见图 2-19a。在检验内孔时只要过端能塞入孔中，而止端塞不进孔，则孔的实际尺寸即在孔的极限

尺寸范围之内,证明孔的尺寸精度合格。它用来检验批量比较大的或单件标准尺寸的基孔制的配件,但不能读出孔的实际尺寸。测量较大孔径时可用如图 2-19b 的板式大孔塞规来测量。

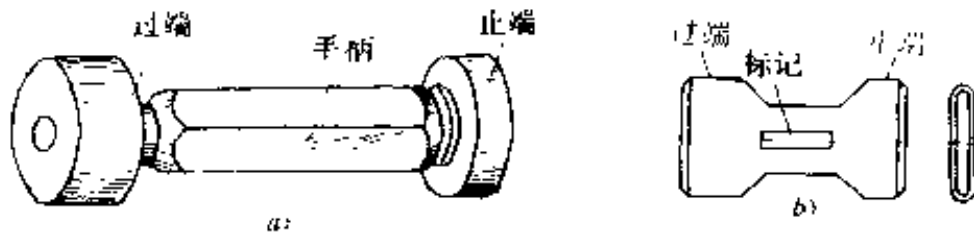


图 2-19 塞规

a) 圆柱塞规; b) 板式大孔塞规

(1) 用自制量棒测量大直径孔

测量大孔时,还可根据工件的装夹情况和尺寸大小做成如图 2-20 所示的各种量棒,使测量更方便。

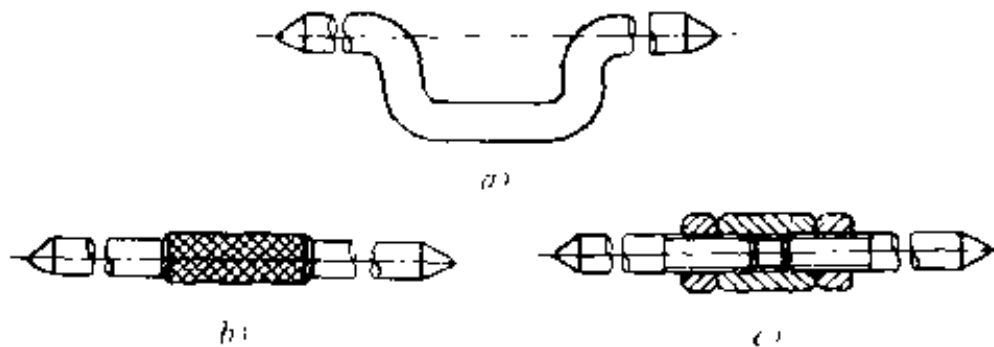


图 2-20 测量大孔的量棒

a) U形量棒; b) 直量棒; c) 可调节量棒

(5) 用内径百分尺测量圆柱孔

当工件批量较小,而孔的尺寸精度较高时,可使用内径百分尺来测量。

① 内径百分尺的结构如图 2-21 所示。它的测微部分的结构原理与千分尺相同,但两个度量面在尺的外侧,测量范围有 5~25mm, 25~50mm 两种,读数方法与千分尺相同。

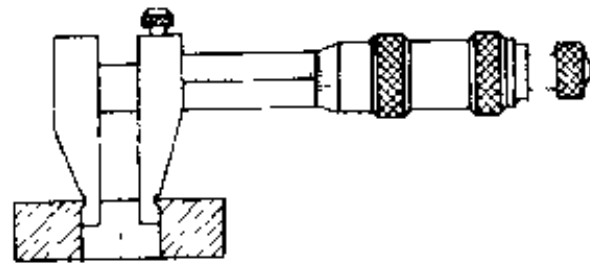


图 2-21 内径百分尺

2) 杆接式内径百分尺的结构如图 2-22 所示, 它用来测量 50mm 以上的孔径, 按孔径大小选取合适的接长杆, 装在测微部分, 并用千分尺校正零位, 然后以两端测量头接触在孔壁的最大直径上, 测量值为刻度标值数加接长杆长度。

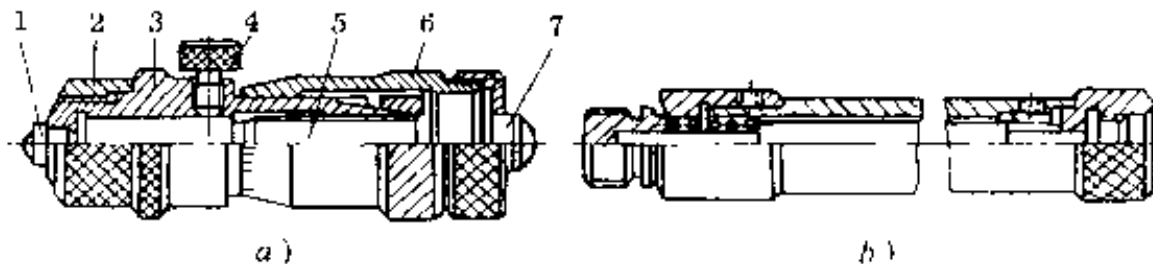


图 2-22 杆接式内径百分尺

a) 杆接式内径百分尺; b) 接长杆

- 1 固定测量头; 2 保护螺母; 3 固定套筒;
4 制动螺钉; 5—测微螺杆; 6 读数套筒;
7 测量头

(6) 用内径百分表测量圆柱孔

图 2-23 为内径百分表, 它由百分表、连杆和可调测量棒、触头等组成。连杆的一端与百分表相连, 另一端由螺纹与不同长度的可调测量棒连接。内径百分表可用来测量一定范围内的孔径尺寸, 同时也可方便而又准确地检查圆柱孔的圆柱度、圆度等。内径百分表在使用前, 必须先用标准环规按工件尺寸标定零位。测量时为了得到准确的尺寸, 必须摆动百分

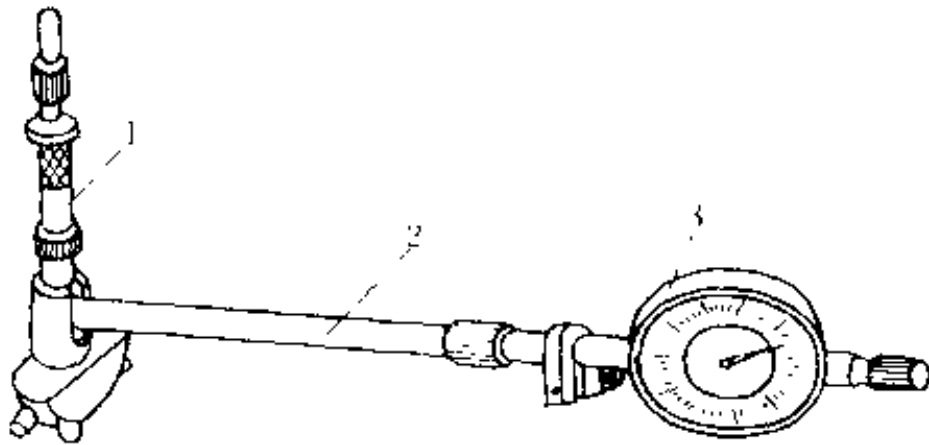


图 2-23 内径百分表

1 可调测量棒；2 连杆；3 百分表

表，所测得的最小数值就是孔径的实际尺寸。深入孔内或调换测量位置，可量得孔径不同位置的直径尺寸。

(7) 用三点内径千分尺测量圆柱孔

用三点内径千分尺检验孔径的测量方法如图 2-24 所示，利用三个测头，可量出内孔不同位置的直径尺寸。

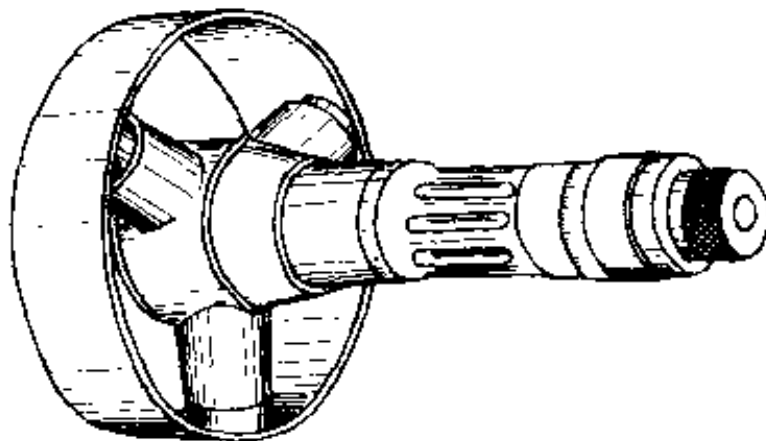


图 2-24 三点内径千分尺测量孔径

(8) 用弹簧内卡钳测量内沟槽直径

弹簧内卡钳先用游标卡尺或千分尺度量卡钳开度，它的数值就是沟槽的直径，再缩小卡脚后伸入沟槽内径中测量（图 2-25）。

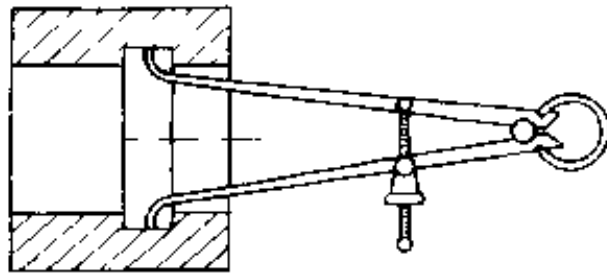


图 2-25 用弹簧内卡钳测量

(9) 用弯脚游标卡尺测量内沟槽直径

孔径较小而很狭的沟槽车削时,直接用拖板刻度盘来控制尺寸,孔径较大的工件也可用带有弯脚的游标卡尺测量(图 2-26)。

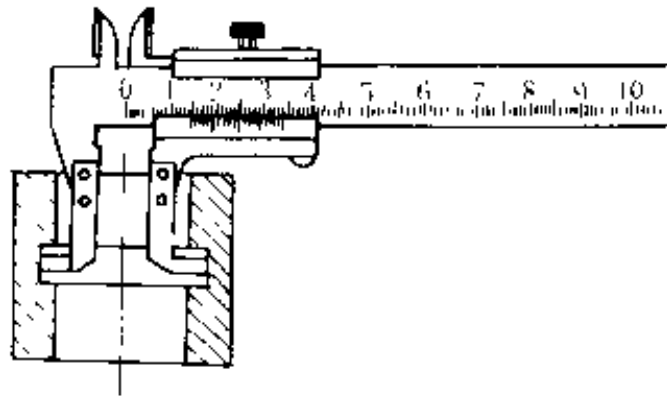
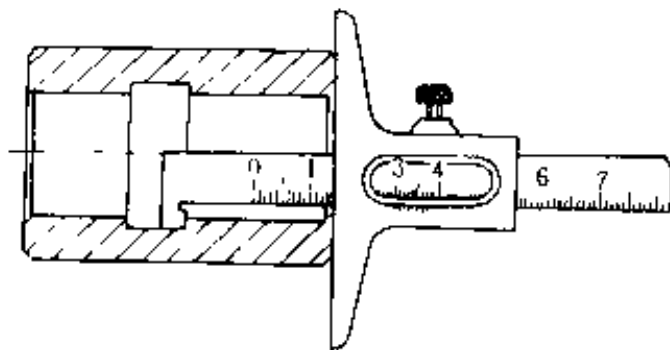


图 2-26 用弯脚游标卡尺测量

(10) 用钩形游标深度尺测量内沟槽轴向尺寸

内沟槽与端面的轴向尺寸,除车床纵滑板刻度盘控制外,可采用如图 2-27 所示的钩形游标深度尺来测量。

图 2-27 用钩形游标深度尺测量
内沟槽轴向尺寸

四、切断和外沟槽车削

1. 切断的特点

在卧式车床上用切断刀切断棒料时,工件作旋转运动,刀具作横向进给运动。切断过程的特点有:

① 切屑变形较大。切断时由于切断刀的一个主切削刃、两个副切削刃和两个刀尖同时进行切削,切屑排出时受到切槽两侧的摩擦和挤压,而且刀刃越切入工件,切断处的直径越小,相对的切削速度也越小(中心处接近于零),挤压现象更为严重,以致切屑变形较大。

② 切削力较大。由于切断过程中切屑与刀具,工件与刀具的摩擦力和切屑变形较大,所以在切削用量相同的条件下,切削力比一般外圆车削力大 20%~25%。

③ 切削热比较集中。切断时,切削刃处于半封闭状态,四周都与工件接触,切削产生的摩擦热和变形热不易传散出去,加上切断刀的散热面积小,切削温度较高,切削热集中在刀具切削刃上,加剧了刀具磨损。

④ 刀具刚度差。通常切断刀主切削刃宽度较窄($b=0.5\sqrt{D}\sim 0.6\sqrt{D}$, D 为工件直径),一般为 2~6mm,刀头长度 $l=\frac{D}{2}+(5\sim 8)\text{mm}$,由于刀头狭长,所以刀具刚性差,容易产生振动。

⑤ 排屑困难。切断的切屑是在狭窄的切槽内排出的,受到切槽两侧面较大的摩擦阻力,断碎的切屑还可能卡塞在切槽内,引起振动和损坏刀具,所以切断时要使切屑按一定的方向卷曲顺利排出。

2. 常用切断刀的几何参数


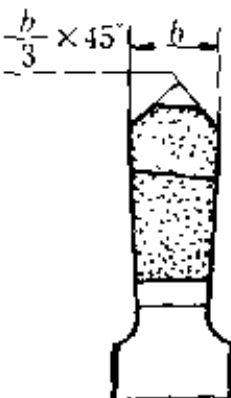
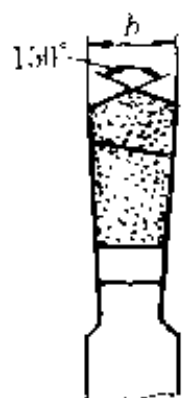
表 2-27 加工材料、刀片牌号及几何参数

加工材料	刀片牌号	前角 γ_0	后角 α_0	切削刃形状	副偏角 κ_r	副后角 α'	负倒棱 b 及 γ_1	刃倾角 λ	卷屑槽斜角 τ	冷却条件
铸铁	YG8	8°	5°	平直刃	2°	2°	0.1 × 5°	-	-	一般干切
碳钢	YT15	8°~15°	4°~6°	平直刃和倒角刃	1°30'	1°30'	0.1~0.2 × 5°~10°	-2°	3°~5°	乳化液冷却
合金钢	YT15	5°~12°	4°~6°	宝剑形刃 $\epsilon_r = 120^\circ \sim 160^\circ$	2°	2°	0.1~0.3 × 5°~10°	-	3°~5°	乳化液冷却
不锈钢	YG6	15°~25°	4°~6°	凸台分屑形刃	2°	2°	0.1~0.15 × 3°~6°	-	4°~5°	乳化液冷却
紫铜	W18Cr4V	15°~25°	6°~8°	平直刃	2°	2°	-	-2°~-1°	全圆弧形	乳化液冷却
脆性	W18Cr4V 或 YG6 前面搪板式	10°~20°	1°~6°	波浪刃	1°30'	1°30'	-	-	-	一般不可

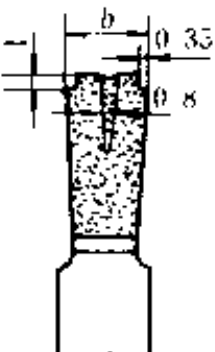



注：紫铜、脆性工件的直径在 100mm 以上都可用反切式。

3. 常用切断刀的主切削刃形状

表 2-28 切断刀刃形特点和适用范围

刃形	平直形	双倒角形	窄剑形
示 图			
特 点	切出的切屑断面为长方形,除长度收缩、厚度变厚以外,宽度亦增大,切屑宽度稍大于槽宽,易卡屑,甚至打刀,在加工韧性和强度较高的材料时更为突出 刀尖角 $\epsilon_r < 90^\circ$	刀刃两侧有对称的倒角,切削刃强度和刀尖散热条件改善,刀具耐用度提高,而且切屑与工件切槽两侧的摩擦力减小,卡屑与打刀也不易发生	刀尖两侧偏角对称,切削刃强度比平直形高,切入工件容易,卡屑现象可避免发生,但切削力较大 刀尖角 $\epsilon_r = 120^\circ \sim 160^\circ$
适 用 范 围	一般用于高速钢,在较低的切削速度下,也可用于低碳钢和有色金属等的切断	适用于切断高碳钢、工具钢,也可用于高速钢的切断	用于切断强度和塑性较高的材料,如高速钢、合金钢等工件的切断

(续表)

刃形	凸台分屑形	圆弧形	屋脊形	单面斜形
示意图				
特点	排屑顺利, 切削轻快, 不易打刀, 可提高刀具耐用度	圆弧槽可起导向作用, 亦可防止切断时产生振动, 但切削阻力较大	切屑断面呈八字形, 可减小切屑对工件切槽两侧的摩擦, 有利于排屑, 但切削阻力较大	工件(尤其是套类零件)在将要切断时, 可使切削力逐渐切出, 因而能避免刃口损坏, 但切削时产生轴向分力, 所以进给量不能过大
适用范围	适用于韧性、塑性特别大的材料, 如不锈钢等工件的切断	适用于两侧直线度要求较高的零件	适用于高速强力切断	适用于套类零件和轴类零件, 不允许留中心凸台的切断

4. 几种典型的切断刀

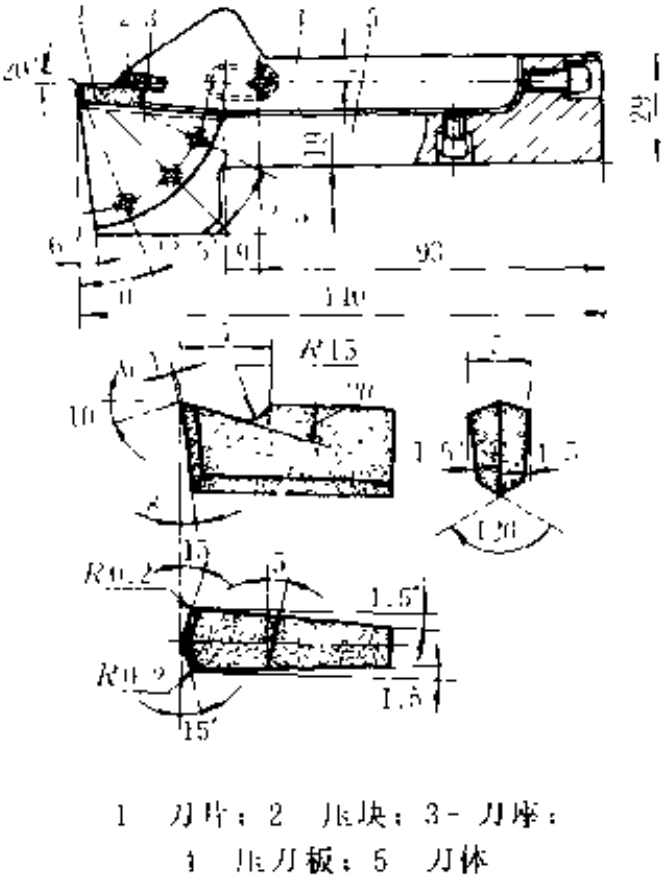
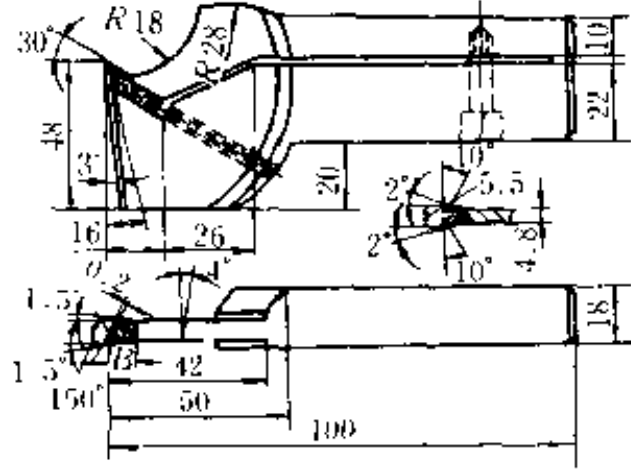
表 2-29 切断刀特点及切削用量

名称	图 形	特点	使用说明
高 速 钢 切 断 刀		<p>1. 刀 具未用 整体高 速钢。 形状简 单；</p> <p>2. 切 断刀由 于切削 刃较 狭长， 所以刀 头强度 较差， 用高速 钢材料 强度不 易前</p>	<p>1. 钢材切 削用量： $v_c = 20 \sim 40$ m/min； $f = 0.15 \sim$ $0.10mm/r$</p> <p>2. 铸铁切 削用量： $v_c = 15 \sim 25$ m/min； $f = 0.15 \sim$ $0.25mm/r$</p> <p>3. 切断时 必需用充分 切削液冷 却；</p> <p>4. 刀具可 采用薄形高 速钢片料装 夹在刀体上 使用；</p> <p>5. 刀片宽 度可根据切 槽宽度b而 合理选用</p>
机 械 可 调 式 切 断 刀	<p>1 硬质合金刀头；2 内六角螺钉； 3 斜形压板</p>	<p>1. 刀 片采用 燕尾槽 机械装 夹，力 矩固， 拆便；</p> <p>2. 刀 头伸出 量可 调节；</p> <p>3. 改 片几何 形状作 车刀</p>	<p>1. 切削用 量： $v_c = 150 \sim$ $180m/min$； $f = 0.22$ mm/r</p> <p>2. 刀尖中 心应低于工 件中心约 $0.2mm$；</p> <p>3. 切断大 直径工件须 用切削液；</p> <p>4. 切削刃 要磨得左右 对称</p>

(续表)

名称	图 形	特点	使用说明
机 夹 木 锈 钢 切 断 刀	<p>1 刀片; 2 刀垫; 3 压板; 4 刀体</p>	<p>1. 木 用定前 角 结 构. 平 磨 方 便、刀 片利用 率 较 高;</p> <p>2. 上 切削刃 由 段 组 成, 切屑形 状 宽 窄, 排屑顺 利</p>	<p>1. 切削用 量: 30~50 mm/min; 1~0.1 mm/r</p> <p>2. 机床必 须 刚 性 好, 功 率 足;</p> <p>3. 切断时 可用 极 压 乳 化 液 冷 却 润 滑</p>

(续表)

名称	图 形	特点	使用说明
圆弧 刀 座 切 断 刀	 <p>1 刀片；2 压块；3- 刀座； 4 压刀板；5 刀体</p>	<p>1. 刀座磨损后可调换刀片使用；</p> <p>2. 刀片磨损或崩刃后，可自由调节或换片；</p> <p>3. 结构简单，制造方便，刀体利用率高。</p>	<p>1. 切削用量： $v_c = 120 \sim 140 \text{ m/min}$； $f = 0.15 \sim 0.20 \text{ mm/r}$；</p> <p>2. 切断时宜用切削液；</p> <p>3. 切断工件的两侧面的粗糙度可稳定地达到： $R_a 2.5 \sim R_a 5 \mu\text{m}$；</p> <p>1. 卷屑可靠，排屑顺利，工作安全。</p>
紧 双 固 强 力 切 断 刀		<p>利用刀架螺钉旋紧，实现双固（刀片刀杆），夹紧可靠，刀片重磨次数可增加。</p>	<p>1. 切削用量： $v_c = 100 \sim 150 \text{ m/min}$； $f = 0.3 \sim 0.5 \text{ mm/r}$；</p> <p>2. 刀片选用 C305。</p>

(续表)

名称	图 形	特点	使用说明
切削方头图式切断刀		<p>利用切削刀</p>	<p>1. 切削用量： 把刀片：— 70—80 压紧在刀体上，压紧可靠 2. 选用YG15或YG5刀片，切前刀须左右对称，避免歪斜</p>
可转位深槽切断刀	<p>1 左右旋螺钉；2 垫块；3 刀体；4 刀片</p>	<p>采用大圆状刀体增强刚性，切削时振动较小，如图所示的几何参数，切削轻快</p>	<p>1. 切削用量： $v_c = 18 \sim 20$ $m \text{ min}$； $f = 0.15 \sim 0.20 \text{ mm} \cdot r$ 2. 使用机床为C6160，C61100等，切削刀应高于工件中心 1 ~ 5mm； 用乳化液冷却；采取反切，以减少振动，并克服排屑不畅</p>

5. 硬质合金切断刀的切削用量

表 2-30 加工材料与 v 、 f 关系

加工材料	切削刃宽度 b (mm)	切削速度 v (m/min)	进给量 f (mm/r)
碳钢	1~6	80~150	0.20~0.30
合金钢	1~6	60~100	0.15~0.25
不锈钢	1~6	50~80	0.10~0.15
钨 钼	1~6	20~30	0.20~0.40
紫 铜	1~6	20~40	0.10~0.25
脆 铜	1~6	50~80	0.10~0.15

注：1. 使用机床为 C6140(C620)或 C6160(C630)。

2. 使用机床为 C61100(C650)以上机床时可采用切削刃宽度较大的切断刀，但一般不选用高速切断方法。

6. 反切刀切断法

切断直径较大的工件时，因刀头很长，刚性差，容易引起振动，可采用反切刀切断法，即用反切刀进行切削，使工件反转，见图 2-28 所示。这样切断时，切削抗力跟工件重力 G 方向一致，不容易引起振动。并且，反切刀切断时，切屑从下面排出，不易阻塞在槽中。在使用反切刀切断时，卡盘与主轴的连接部分必须装有保险装置，否则卡盘会因倒转而从车床主轴上脱开而造成事故。

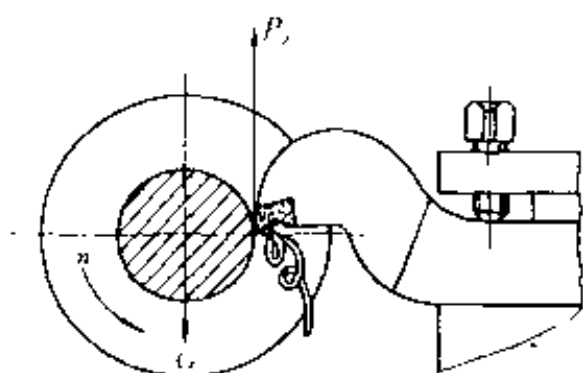


图 2-28 反切断法和反切刀

7. 外沟槽的车削

(1) 直槽的车削方法

车削宽度不大的外沟槽,可用刀头宽等于槽宽的车刀一次直进切出(图 2-29a)。车削较宽的沟槽,可以分几次切削来完成(图 2-29b),但必须在槽的两侧和底部留出余量,最后根据槽的位置、宽度和深度进行精车。

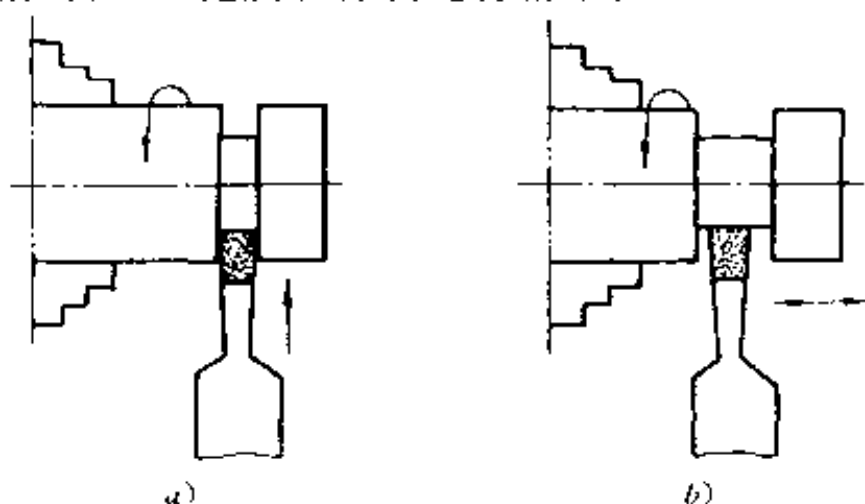


图 2-29 沟槽车削

a) 窄沟槽的车削; b) 较宽槽的车削

(2) 45°外沟槽车刀和车削方法

车 45°外沟槽的车刀(图 2-30a),车削时,可把斜滑板进刀车削成形。圆弧沟槽车削跟 45°沟槽相同,但其刀头应磨成圆弧形(图 2-30b)。车削外圆端面沟槽时,其刀头形状如图 2-30c所示。

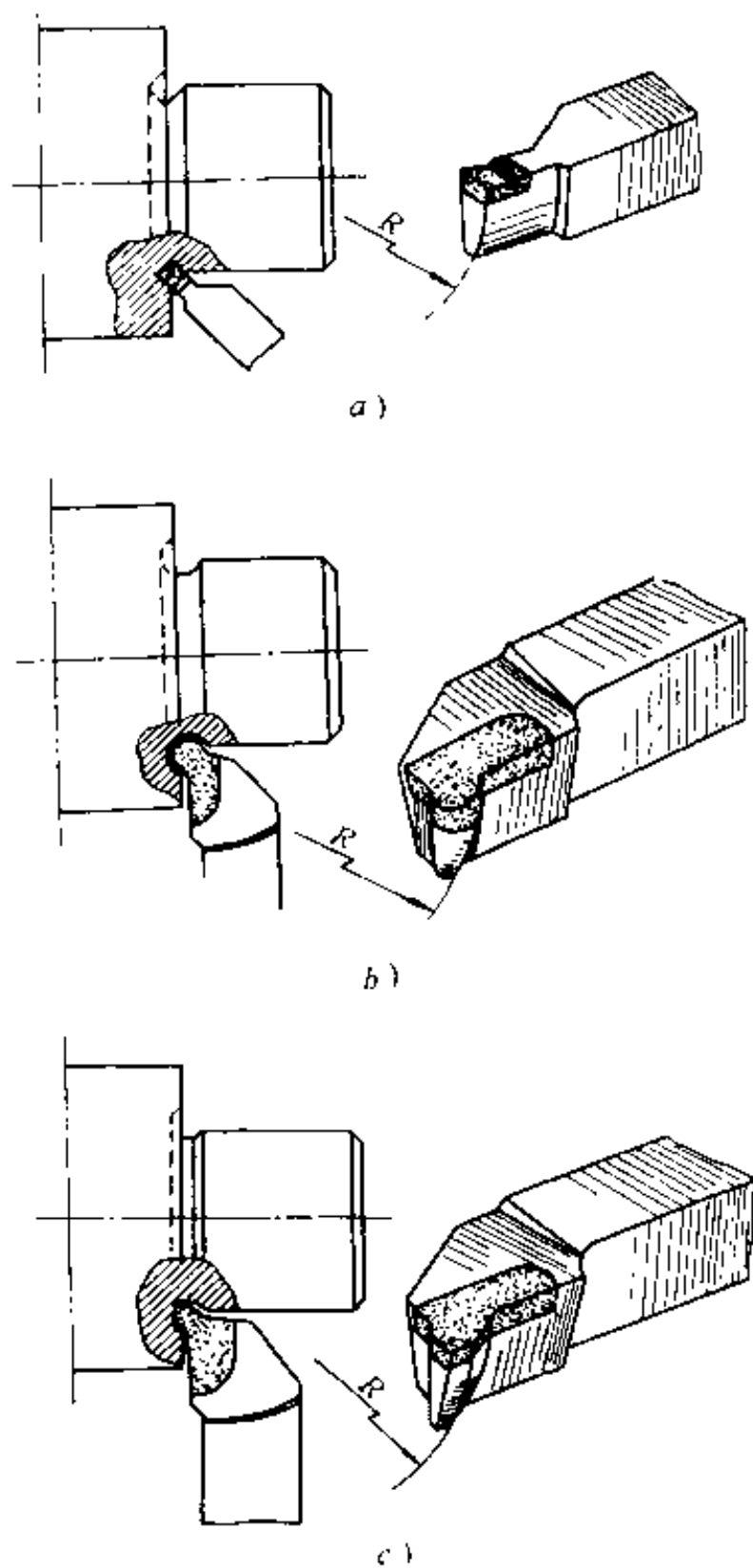


图 2-30 沟槽车刀

a) 15°外沟槽车刀；b) 圆弧沟槽车刀；c) 外圆端面沟槽车刀

8. 切断时的常见问题(见表 2-31)

表 2-31 问题的形成、产生原因及预防措施

问题	产生原因	预防措施
工件切断面凹凸	<ol style="list-style-type: none"> 1. 车床横滑板移动方向与床身回转中心不垂直; 2. 刀具两侧副偏角大小不等; 3. 刀具两侧后角大小不等; 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整机床精度到符合标准精度; 2. 刃磨两侧,使副偏角基本相等; 3. 刃磨两侧,使副后角基本相等(注意不能太小,决不能成为零度或负值);
主切削刃两刀尖磨损情况差异太大;	<ol style="list-style-type: none"> 1. 主切削刃两刀尖磨损情况差异太大; 5. 双倒角或剑式主切削刃两边修磨不均 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 刀尖磨损到一定程度时,要及时重磨; 5. 修磨时要使两边的切削刃相等
切断时振动	<ol style="list-style-type: none"> 1. 车床主轴承松动或轴承孔不圆等; 2. 刀具主后角太大或刀尖安装过分低于工件中心; 3. 由于排屑不畅而产生振动; 4. 刀具伸出过长或刀杆刚性太弱; 5. 刀具几何参数不合理; 6. 工件刚性太差 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整或修复机床的轴承; 2. 选用 3°左右的γ后角,调整刀尖安装高度; 3. 大直径的切断要特别注意排屑,排屑槽要磨有 5°~8°排屑倾斜角,以使排屑顺利; 4. 选用较好刀杆材料,在满足背吃刀量的前提下,尽量缩短刀具的伸出量; 5. 根据工件材料刃磨合理的几何参数; 6. 刚性差的工件要尽量减小切削刃宽度
上切削刃崩刃	<ol style="list-style-type: none"> 1. 振动造成崩刃; 2. 实心工件将要切断时产生崩刃; 3. 排屑不畅,卡屑而造成崩刃 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 改善切削条件,消除振动; 2. 切断实心工件时,刀尖安装一般应低于工件中心 0.2mm 左右; 3. 根据工件材料刃磨合理的刃形和适当的卷屑槽,配合相应进给量,使切屑卷成弹簧状连续排出,避免卡屑
刀具重磨次数少	由于切断刀片尺寸小而窄,加上刃磨卷屑槽后,一般有一次较严重的崩刃就会使刀片报废	在工件材料,切削用量决定以后,尽可能选用定前角结构,以提高刀片重磨次数,增加刀片使用寿命

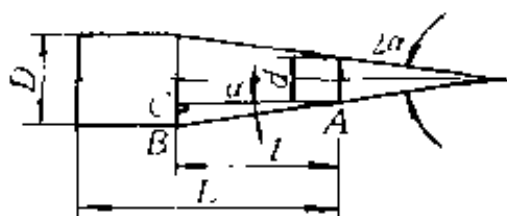
五、圆锥面的车削

1. 圆锥体各部分的名称和计算

表 2-32 名称、计算公式及应用举例

序号	名称	计算公式	应用举例
1	大端直径 D	$D = d + Kl$	【例 1】 已知 $K = 1:16, l = 18\text{mm}, d = 18\text{mm}$, 求 D 。 【解】 $D = 18 + \frac{1}{16} \times 18 = 21\text{mm}$
		$D = d + 2Ml$	
2	小端直径 d	$d = D - Kl$	【例 1】 有圆锥孔, $K = 1:10, l = 30\text{mm}, D = 24\text{mm}$, 求 d 。 【解】 $d = 24 - \frac{1}{10} \times 30 = 21\text{mm}$
		$d = D - 2l \operatorname{tg} \alpha$	

小
图



D 圆锥体的大端直径 (mm);

d 圆锥体的小端直径 (mm);

α 圆锥体的斜角 ($^\circ$);

2α 圆锥体的锥角 ($^\circ$);

L 圆锥体的全长 (mm);

l 圆锥体的锥形部分长度 (mm);

K 圆锥体的锥度;

M 圆锥体的斜度

(续表)

序号	名称	计算公式	应用举例
3	斜角 α	$\operatorname{tg} \alpha = \frac{D-d}{2l}$ $\operatorname{tg} \alpha = \frac{K}{2} = M$ 当 $\alpha < 10^\circ$ 时, $\alpha \approx \frac{D-d}{2l} \text{ (rad)}$	【例 1】 已知 $D=24\text{mm}$, $d=22\text{mm}$, $l=32\text{mm}$, 求 α . 【解】 $\operatorname{tg} \alpha = \frac{24-22}{2 \times 32} = 0.03125$ $\alpha = 1^\circ 18'$
4	锥角 2α	以度表示, $\alpha \approx 28.7' \times \frac{D-d}{l}$ $\alpha \approx 28.7 \times K$ $(1 \text{ rad} = 57.3^\circ)$	【例 2】 已知 $D=24\text{mm}$, $d=22\text{mm}$, $l=32\text{mm}$, 求 α . 【解】 $\alpha = 28.7' \times \frac{24-22}{32} = 1.79''$ 由于角度是 60 进位, $1.79''$ 不足 $1' 79''$, 因此 $0.79 \times 60 \approx 47'$, $\alpha = 1.79'' \approx 1^\circ 47'$
5	锥形部分 长度 l	$l = \frac{D-d}{K}$ $l = \frac{D-d}{2M}$ $l = \frac{D-d}{2\operatorname{tg} \alpha}$	【例】 已知 $D=50\text{mm}$, $d=30\text{mm}$, $\alpha=9^\circ 27' 44''$, 求 l . 【解】 $l = \frac{50-30}{2 \times \operatorname{tg} 9^\circ 27' 44''} = 60\text{mm}$
6	锥度 K	$K = \frac{D-d}{l}$ $K = 2M$ $K = 2\operatorname{tg} \alpha$	【例 1】 已知 $D=19\text{mm}$, $d=18\text{mm}$, $l=20\text{mm}$, 求 K 和 M . 【解】 $K = \frac{19-18}{20} = \frac{1}{20} = 1:20$ $M = \frac{19-18}{2 \times 20} = \frac{1}{40} = 1:40$
7	斜度 M	$M = \frac{D-d}{2l}$ $M = \frac{K}{2}$ $M = \operatorname{tg} \alpha$	【例 2】 已知 $\alpha=9^\circ 27' 44''$, 求 K 和 M . 【解】 $M = \operatorname{tg} 9^\circ 27' 44'' = 0.1667$ $= \frac{1}{6} = 1:6$ $K = 2M = 1:3$

2. 常用标准锥度及其应用范围

表 2-33 锥度的分类、标记及应用举例

分类	锥度 K	锥角 2α	斜角 α	标记	应 用 举 例
标 准 锥 度	1:200	0°17'11"	0°8'36"	1:200	承受陡振及冲击变载荷的需拆开的零件,圆锥螺栓
	1:100	0°31'23"	0°17'11"	1:100	承受陡振及静变载荷的不需拆开的联接机件,楔键
	1:50	1°8'15"	0°31'23"	1:50	圆锥销,定位销,圆锥销孔的铰刀
	1:30	1°51'35"	0°57'17"	1:30	装柄的铰刀及扩孔钻
	1:20	2°31'51"	1°25'56"	1:20	机床主轴锥度,刀具手柄,公制锥度铰刀,圆锥螺栓
	1:15	3°49'6"	1°54'33"	1:15	受轴向力的锥形零件的接合面,活塞与活塞杆的连接
	1:12	4°46'19"	2°23'9"	1:12	固定球及滚子轴承的衬套
	1:10	5°43'29"	2°51'45"	1:10	受轴向力及横向力的锥形零件的接合面,电机及其他机械的锥形轴端
	1:8	7°9'10"	3°31'35"	1:8	联轴器和轴的圆锥面联接
	1:7	8°10'16"	4°5'8"	1:7	重型机床顶尖,旋塞阀
	1:5	11°25'16"	5°42'38"	1:5	易拆机件的锥形联接,锥形摩擦离合器
	1:3	18°55'29"	9°27'14"	1:3	具极限扭矩的摩擦圆锥离合器
	1:1.866	30°	15°	30°	摩擦离合器
	1:1.207	15°	22°30'	15°	根据 GB 866-67 及 GB 865-67,直径 28~38mm 的沉头及半沉头铆钉头,用于轻型螺旋管接口的锥形密合

(续表)

分类	锥度 K	锥角 2α	斜角 α	标记	应用举例
标准 锥度	1 : 0.866	60°	30°	60°	车床顶尖, 中心孔
	1 : 0.652	75°	37°30'	75°	根据 GB 866-67 及 GB 865-67, 直径 10~15mm 的沉头及半沉头铆钉头
	1 : 0.500	90°	45°	90°	沉头螺钉头螺纹倒角, 轴的倒角
	1 : 0.289	120°	60°	120°	螺纹孔的内倒角, 填料盒内填料的锥度
专用 锥度	1 : 16	3°34'47"	1°47'24"	1 : 16	圆锥管螺纹
	7 : 64	6°15'38"	3°7'19"	7 : 64	刨(插)床机工作台的心轴孔
	1 : 4	14°15'	7°7'30"	1 : 4	车床主轴法兰的同心锥面
	7 : 24	16°35'39"	8°17'50"	7 : 24	铣床主轴孔及刀杆的锥度
	1 : 0.711	68°	34°	68°	管接头锥形接合面

注: 标准锥度除“应用举例”项外, 系 GB 157-59 的内容

3. 标准圆锥

(1) 莫氏圆锥

莫氏圆锥是在机器制造中应用得最广泛的一种, 如车床主轴的圆锥孔, 顶尖, 钻头柄, 铰刀柄等都是莫氏圆锥。莫氏圆锥规定七个号, 即 0、1、2、3、4、5 和 6 号, 最小的是 0 号。

表 2-34 莫氏圆锥锥度表

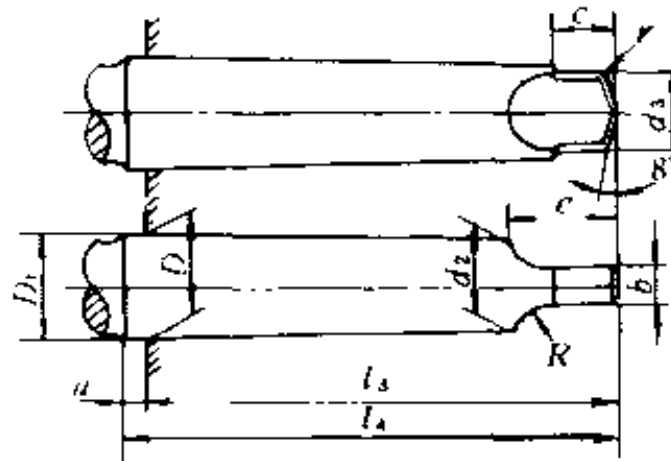
号数	锥度 K	圆锥锥角 2α	圆锥斜角 α	$\tan\alpha$
0	1 : 19.212 = 0.05205	2°58'46"	1°29'23"	0.026
1	1 : 20.018 = 0.04988	2°51'20"	1°25'40"	0.0249
2	1 : 20.020 = 0.04995	2°51'32"	1°25'46"	0.025
3	1 : 19.922 = 0.050196	2°52'25"	1°26'12"	0.0251
4	1 : 19.254 = 0.051938	2°58'24"	1°29'12"	0.026
5	1 : 19.002 = 0.052626	3°0'43"	1°30'22"	0.0263
6	1 : 19.180 = 0.052138	2°59'4"	1°29'32"	0.0261

最大的是 6 号,选用的号数不同,锥度也不同。由于锥度不同,所以斜角 α 也不同(表 2-34)。

(2) 公制圆锥

公制圆锥规定有六个号码,即 80、100、120、140、160 和 200 号。它的号码,就是指大端直径,锥度固定不变,即 $K = 1:20$ 。例如 80 号公制圆锥,它的大端直径是 80mm,锥度 $K = 1:20$ 。公制圆锥各部分尺寸,可以从表 2-35 和表 2-36 中查出。

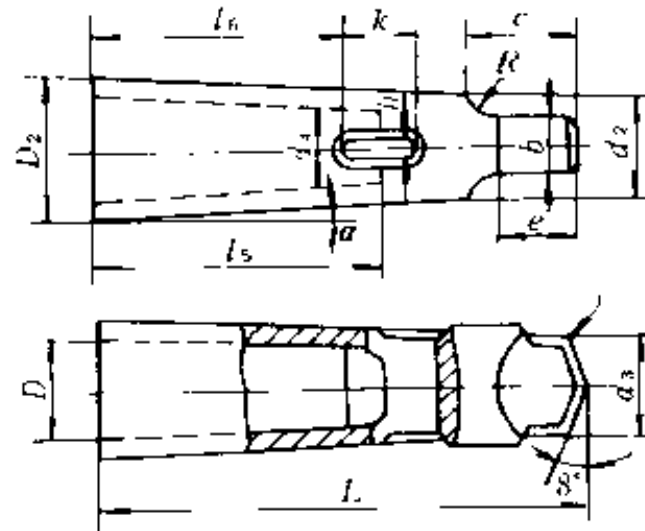
表 2-35 有舌尾的外锥体尺寸 (mm)



圆锥符号	D	D_1	d_1	d_2	l_1	l_2	a	b	e	c	R	α	
莫氏	0	9.015	9.212	6.115	5.9	56.3	59.5	3.2	3.9	10.5	6.5	4	1
	1	12.065	12.240	8.972	8.7	62.0	65.5	3.5	5.2	13.5	8.5	5	1.25
	2	17.780	17.980	11.059	13.6	74.5	78.5	4.0	6.3	16.5	10.5	6	1.5
	3	23.825	24.051	19.131	18.6	93.5	98.0	4.5	7.9	20.0	13.0	7	2
	4	31.267	31.512	25.154	24.6	117.7	123.0	5.3	11.9	24.0	15.0	9	2.5
	5	44.399	44.731	36.574	35.7	149.2	155.5	6.3	15.9	30.5	19.5	11	3
公制	80	80	80.4	69	67	220	228	8	26	47	24	23	5
	100	100	100.5	87	85	260	270	10	32	58	28	30	6
	120	120	120.6	105	103	300	312	12	68	68	32	36	6
	(140)	110	110.7	123	121	340	354	14	44	78	36	42	8
	160	160	160.8	141	139	380	396	16	50	88	40	48	8
	200	200	201.0	177	175	460	480	20	62	108	48	60	10

表 2-36 短圆锥套简尺寸

(mm)

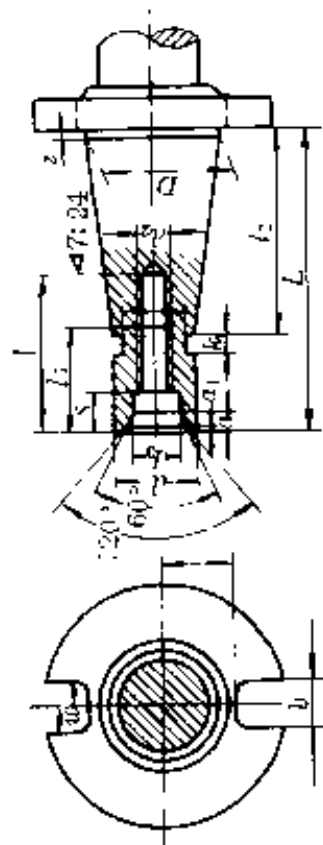


莫氏圆锥号		L	D ₂	d ₂	d ₁	l ₆	k	b
外锥	内锥							
1	0	80	12.963	8.973	8.7	49	11.5	4.1
2	1	95	18.805	14.060	13.6	52	18.5	9.1
3	1	115	21.906	19.133	18.6	52	18.5	5.1
3	2	115	21.906	19.133	18.6	63	22	6.6
4	2	140	32.427	25.156	21.6	63	22	6.6
1	3	140	32.427	25.156	21.6	78	27.5	8.2
5	3	170	45.195	36.519	35.7	78	27.5	8.2
5	4	170	45.195	36.519	35.7	98	32	12.2
6	4	220	63.892	52.422	51.3	98	32	12.2
6	5	220	63.892	52.422	51.3	125	37.5	16.2

莫氏圆锥号		c	b	e	R	r	D	d ₁	l ₁
外锥	内锥								
1	0	14.5	5.2	9.5	5	1.25	9.045	6.7	51.9
2	1	17.1	6.3	11.1	6	1.5	12.065	9.7	55.5
3	1	21.3	7.9	14.3	7	2	12.065	9.7	55.5
3	2	21.3	7.9	11.3	7	2	17.781	14.9	66.9
4	2	24.9	11.9	15.9	9	2.5	17.781	14.9	66.9
4	3	25.9	11.9	15.9	9	2.5	23.826	20.2	83.2
5	3	30	15.9	19	11	3	23.826	20.2	83.2
5	4	30	15.9	19	11	3	31.269	26.5	105.7
6	4	45	19	28.6	17	1	31.269	26.5	105.7
6	5	45.6	19	28.6	17	1	44.401	28.2	131.5

(mm)

表 2-37 铁质三轴用引杆尾部圆锥



号数	D	d	d ₁	d ₂	d ₃	a	a ₁	γ	l ₁	l ₂	l	l ₁	l ₂	ε	k	W	c	b
1	31.75	17.40	16	M12	12.5	2.3	0.5	6	70	50	24	30	16	3 ± 0.030	1.6	15.9		
2	44.45	25.32	21	M16	17	3.7	1	7	95	60	30	45	22	5 ± 0.030	1.6	15.9		
3	60.85	39.60	38	M24	25	4	1.5	13	130	90	45	65	37	8 ± 0.10	5.0	25.4		
4	107.95	60.20	58	M30	31	6	3.5	12	210	110	56	85	40	10 ± 0.010	3.2	25.4		

4. 锥度和角度公差

表 2-38 锥度和角度公差

公称尺寸 (mm)	精 度 等 级									
	1	2	3	1	5	6	7	8	9	10
1~3	50"	1'15"	2'	3'	5'	8'	13'	20'	32'	50"
>3~6	40"	1'	1'30"	2'30"	4'	6'	10'	15'	25'	40'
>6~10	30"	50"	1'15"	2'	3'	5'	8'	13'	20'	32'
>10~18	25"	40"	1'	1'30"	2'30"	4'	6'	10'	15'	25'
>18~30	20"	30"	50"	1'15"	2'	3'	5'	8'	13'	20'
>30~50	15"	25"	40"	1'	1'30"	2'30"	4'	6'	10'	16'
>50~80	12"	20"	30"	50"	1'15"	2'	3'	5'	8'	13'
>80~120	10"	15"	25"	40"	1'	2'	3'30"	5'	8'	13'
>120~180	8"	12"	20"	30"	50"	1'30"	2'	3'	5'	10'
>180~260	6"	10"	15"	25"	40"	1'15"	2'	3'	5'	8'
>260~360	5"	8"	12"	20"	30"	1'	1'30"	2'30"	4'	6'
>360~500	4"	6"	10"	15"	25"	50"	1'15"	2'	3'	5'

注：1. 锥度公差对应的公称尺寸，按锥体母线长度决定；角度公差对应的公称尺寸，按角度短边长度决定。

2. 公差对正零线为对称分布，即公差数值为+。

3. 各级精度适用范围举例如下：

1~3级：锥度量规、角度样板；

4~6级：工具锥度、锥销、传递大扭矩的摩擦锥体、高精度零件；

7~8级：圆锥齿轮、锥套等中等精度零件；

9~10级：低精度零件。

4. 本表适于配合的锥体和角度零件。

5. 不标注精度等级及公差的锥体零件按10级精度制造。

5. 自由角度和自由锥度公差

表 2-35 自由角度和自由锥度公差

基本尺寸 (mm)	精度等级			基本尺寸 (mm)	精度等级		
	1	2	3		1	2	3
自 1~3	1°30'	2°30'	4°	>80~120	20'	30'	1°
>3~6	1°15'	2°	3°	>120~180	15'	25'	1°
>6~10	1°	1°30'	2°30'	>180~250	12'	20'	30'
>10~18	50'	1°15'	2°	>260~360	10'	15'	20'
>18~30	40'	1°	1°30'	>360~500	8'	12'	20'
>30~50	30'	50'	1°15'	>500	6'	10'	15'
>50~80	25'	40'	1°				20'

注：1. 对于锥度公差，公称尺寸按锥体母线长度决定，对于角度公差，公称尺寸则按角度短边长度决定。

2. 公差对于零线为对称分布，即公差数值为±。

3. 本表适用于非配合的锥体和角度零件。

∴ 凡工作图中对锥度不作特殊要求者，均按本表 3 级精度进行制造。

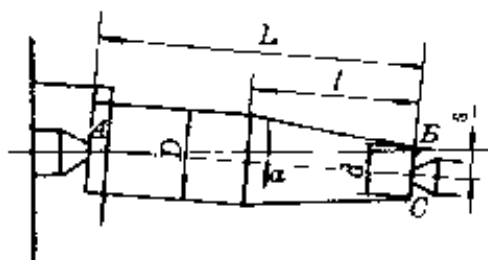
5. 第 1、2 级精度适用于切削、冷冲、压铸、硬模铸造和塑料压制零件，第 3 级精度适用于热冲、锻件以及铸造的零件。

6. 一般圆锥面的车削方法

表 2-40 车削方法、操作说明及应用举例

转动斜滑板车圆锥	
操作说明	<p>适合车削圆锥长度短和斜角 α 较大的内外锥体。</p> <p>车削前,先要按表 2-33 中的公式计算出斜角 α,然后将斜滑板转到与工件轴线成 α 大小的角度。</p> <p>但在转动角度时,必须注意工件上斜角 α 的标注位置,因为这个位置不同,斜滑板转动角度也不同</p>
应用举例	<p>【例 1】已知圆锥孔工件 $K-1:20$,求斜滑板应转过的角度 α。</p> <p>【解】 $\operatorname{tg} \alpha = \frac{K}{2} - \frac{1}{2} = \frac{1}{40} = 0.025$</p> <p>查三角函数表,得 $\alpha = 1^{\circ}26'$。</p> <p>【例 2】要车如图 b 所示的锥齿轮坯时,求斜滑板应转过的度数。</p> <p>【解】车斜面“1”时,斜滑板应与 OB 线平行。OB 线与工件轴线的夹角为 $60^{\circ}/2 = 30^{\circ}$,即斜滑板应转过 30°。</p> <p>车斜面“2”时,斜滑板应与 BC 平行。BC 线与工件轴线的平行线 CG 的夹角为 $90^{\circ} - 30^{\circ} = 60^{\circ}$,即斜滑板应转过 60°。</p> <p>车斜面“3”时,斜滑板应与 AD 线平行。AD 线与中心线的夹角为 $120^{\circ}/2 = 60^{\circ}$,即斜滑板应转过 60°。</p>

(续表)

偏
移
尾
座
车
圆
锥

操

对于圆锥较长和斜角 α 较小的外圆锥表面,可将尾座偏移一个 s 距离。尾座偏移量可用下面公式计算:

$$s = \frac{L}{2} \times \frac{D-d}{l}$$

作

$$s = \frac{L}{2} \times K$$

$$s = L \times M$$

说

当工件全部是圆锥 ($L=l$) 时:

$$s = \frac{D-d}{2}$$

明

$$s = \frac{l}{2} \times K$$

$$s = l \times M$$

应

【例 1】已知一圆锥外表面, $D=80\text{mm}$, $d=75\text{mm}$, $l=100\text{mm}$, $L=120\text{mm}$, 求尾座偏移量 s 。

用

$$\text{【解】 } s = \frac{L}{2} \times \frac{D-d}{l} = \frac{120}{2} \times \frac{80-75}{100}$$

$$= 60 \times \frac{5}{100} = 3\text{mm}$$

举

【例 2】已知 $K=1:200$, $L=400\text{mm}$, 求尾座偏移量 s 。

$$\text{【解】 } s = \frac{400}{2} \times \frac{1}{200} = 1\text{mm}$$

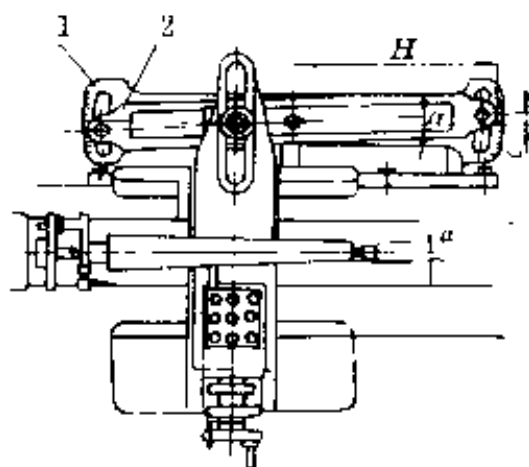
例

【例 3】已知一全部是圆锥的工件, $D=69\text{mm}$, $d=65\text{mm}$, $L=l=240\text{mm}$, 求 s 。

$$\text{【解】 } s = \frac{69-65}{2} = 2\text{mm}$$

(续表)

用固定式靠模法车圆锥



1 - 底座; 2 靠模板

操
作
说
明
应
用
举
例

对于精度要求较高的圆锥(如车工具圆锥、圆锥螺纹等),或进行大量生产时采用。

靠模法就是车刀除了应有的纵进给运动之外,再加上一个附加运动,使车刀在纵向进给同时,还要作横向移动。这个附加运动是通过固定在床身上与工件中心成 α 角的导轨来实现的。这个附加运动的装置,叫做靠模装置。

上图的方法需计算靠模板偏移量:

$$c = H \times \frac{D - d}{2l}$$

$$c = H \times \frac{K}{2}$$

式中 c —— 靠模板偏移量(mm);

H —— 靠模板转动中心到刻度线处的距离,简称配距(mm)

【例1】已知 $D=32\text{mm}$, $d=22\text{mm}$, $l=150\text{mm}$, $H=180\text{mm}$, 求靠模板偏移量 c 。

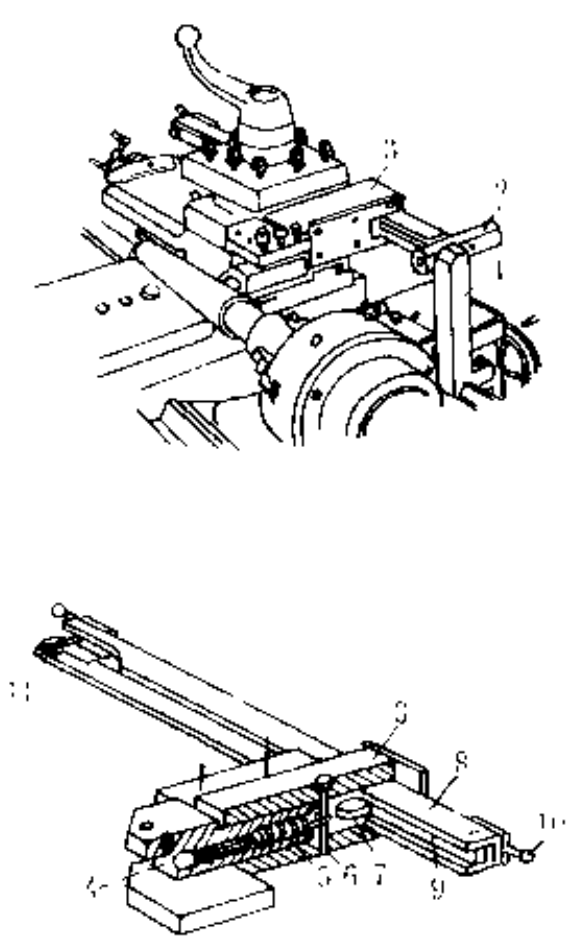
$$\text{【解】 } c = 180 \times \frac{32 - 22}{2 \times 150} = 180 \times \frac{10}{300} = 6\text{mm}$$

即靠模板偏移量 $c=6\text{mm}$ 。

【例2】已知 $K=1:15$, $H=180\text{mm}$, 求靠模板偏移量 c 。

$$\text{【解】 } c = 180 \times \frac{1}{\frac{15}{2}} = 180 \times \frac{1}{30} = 6\text{mm}$$

(续表)

用 活 动 式 靠 模 法 车 圆 锥	 <p>1-托架；2-导轨；3 刀架体；4 刀体； 5 拉簧；6-插销；7 轴承；8 靠模母； 9 靠模；10 球头接柄；11 调节锥度大 小的支头螺钉</p>
操作说明	<p>当纵滑板自动进给时，滑动轴承随刀架移动，而靠模受铁架限制不能移动，因此刀体随靠模板的斜度自动横向进给，形成车刀纵横进给的复合运动，车出外锥体或锥孔</p>
应用举例	<p>用这种靠模车削锥体，质量稳定，效率高，一般车床都能使用。但由于拉簧弹力有限，车锥孔时背吃刀量不能太大。工件的锥角也不宜过大，一般用于车削莫氏圆锥比较合适，也可用来加工锥螺纹</p>

(续表)

利用斜滑板车削圆锥孔	
操作说明	<p>车削前,先用小于锥孔小端直径的钻头钻孔再转动斜滑板,使镗刀的运动轨迹与工件轴线相交成需要的圆锥体斜角α,然后用镗刀车出圆锥孔</p>
应用举例	<p>如果需要车削的工件是配套圆锥,而加工数量又不多时,可采用的车削方法:先车正圆锥体零件(图a),然后不变动斜滑板的角位,将镗孔刀反装,使镗刀的前面向下,刀尖对准工件中心,向对面进刀车削圆锥孔(图b)。由于斜滑板角度不变,因此,可车出较精确的配套圆锥</p>

7. 长圆锥面的车削方法

在普通车床上,利用一个滚筒钢丝绳附设机构,即可车削锥角 20° 以内的各种长圆锥面(图2-31)

(1) 机床附设机构的原理

利用图2-31所示的机构,车削时,刀具在纵向进给的同时,又作横向进给,两个方向进给运动的合成,便加工出圆锥表面。这里的纵向进给 f_z ,即是纵滑板移动,而横向进给 f_x ,则由滚筒经丝杠传动的横滑板移动(在加工较大锥度时,滚筒需通过一对增速齿轮带动丝杠转动;加工小锥度时,则需通过一对减速齿轮带动横滑板的丝杠转动,见图2-32)。滚筒上绕有两根钢丝绳,钢丝绳的两端固定在床身支架上,另一端固定在滚筒上,这样,当纵滑板移动时,滚筒必作相应的转动。为保证传动精度,须避免钢丝绳与滚筒间发生滑动,为此滚筒直径不宜过小;同时为了钢丝绳绕在滚筒表面不致重叠,钢丝绳的圈数要尽可能少。经验表明,滚筒直径宜取钢丝绳直径的25~30倍;锥度的方向由钢丝绳的缠绕方向决定。

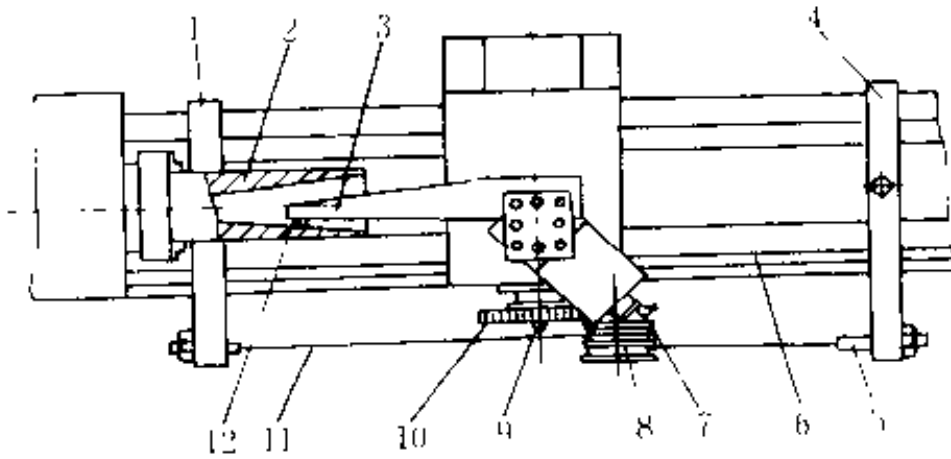


图 2-31 车削长圆锥面机床调整示意图

- 1, 1 固定支架； 2 工件； 3 车刀； 5 拉紧螺栓；
 6 纵滑板走刀丝杠； 7 主动齿轮 z_1 ； 8 滚筒；
 9 横滑板丝杠； 10 从动齿轮 z_2 ； 11 钢丝绳；
 12 刀头

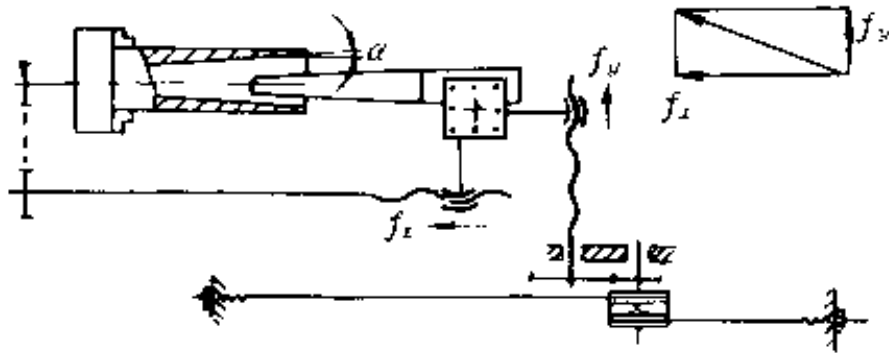


图 2-32 长圆锥车削原理

(2) 滚筒直径计算

滚筒理论直径为 $D_{理}$

$$D_{理} = \frac{P}{\pi \operatorname{tg} \alpha} \cdot \frac{z_1}{z_2} = \frac{2P}{\pi K} \cdot \frac{z_1}{z_2} = \frac{2l_1 P}{(D_1 - d_1) \pi} \cdot \frac{z_1}{z_2}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{K}{2} = \frac{D_1 - d_1}{2l_1}, \quad D_{实} = D_{理} - d_{滚} \quad (\text{图 2-33})$$

式中 $D_{实}$ —— 滚筒实际直径；

$D_{理}$ —— 滚筒理论直径；

- $d_{\text{绳}}$ —— 钢丝绳直径；
- z_1 —— 主动齿轮的齿数；
- z_2 —— 从动齿轮的齿数；
- l —— 工件锥体长度；
- D_1 —— 工件大端直径；
- d_1 —— 工件小端直径；
- K —— 工件锥度；
- α —— 工件锥角的 $1/2$ ；
- P —— 横滑板丝杠螺距。

【例】 已知 $d_{\text{绳}} = 2.5\text{mm}$, $2\alpha = 14^\circ 30'$ ($\alpha = 7^\circ 15'$), $P = 5\text{mm}$, 求滚筒直径。

【解】 假设 $z_1 = z_2$, 则

$$D_{\text{筒}} = P/\pi \cdot \text{tg}\alpha = 5/\pi \text{tg}7^\circ 15'$$

$$= 12.51\text{mm}$$

用“滚筒 钢丝绳”机构作长锥度车削，

由于 $12.51 < (62.5 \sim 75)$, 即 $(25 \sim$

$30)d_{\text{绳}}$, 必须增加一对增速齿轮。今选用 $z_1 = 162, z_2 = 27 (i = 6)$ 。则

$$D_{\text{筒}} = P/\pi \text{tg}\alpha \cdot z_1/z_2 = 75.06\text{mm}$$

$$D_{\text{滚}} = D_{\text{筒}} + d_{\text{绳}} = 75.06 + 2.5 = 77.56\text{mm}$$

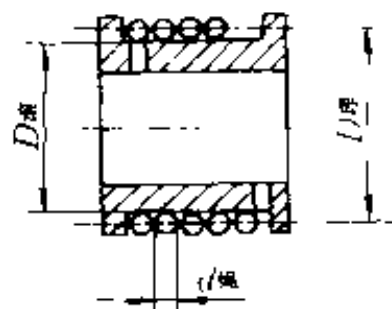


图 2-33 滚筒

8. 圆锥的常用检验方法

圆锥的精度主要是指它的锥(角)度和大、小端直径尺寸。检验圆锥的方法,分单项测量法和综合测量法两种。

(1) 单项测量法

1) 锥(角)度的测量

用万能角度尺检验锥(角)度,万能角度尺是测量大小锥(角)度的精密量具。它的测量精度有 $5'$ 和 $2'$ 两种。

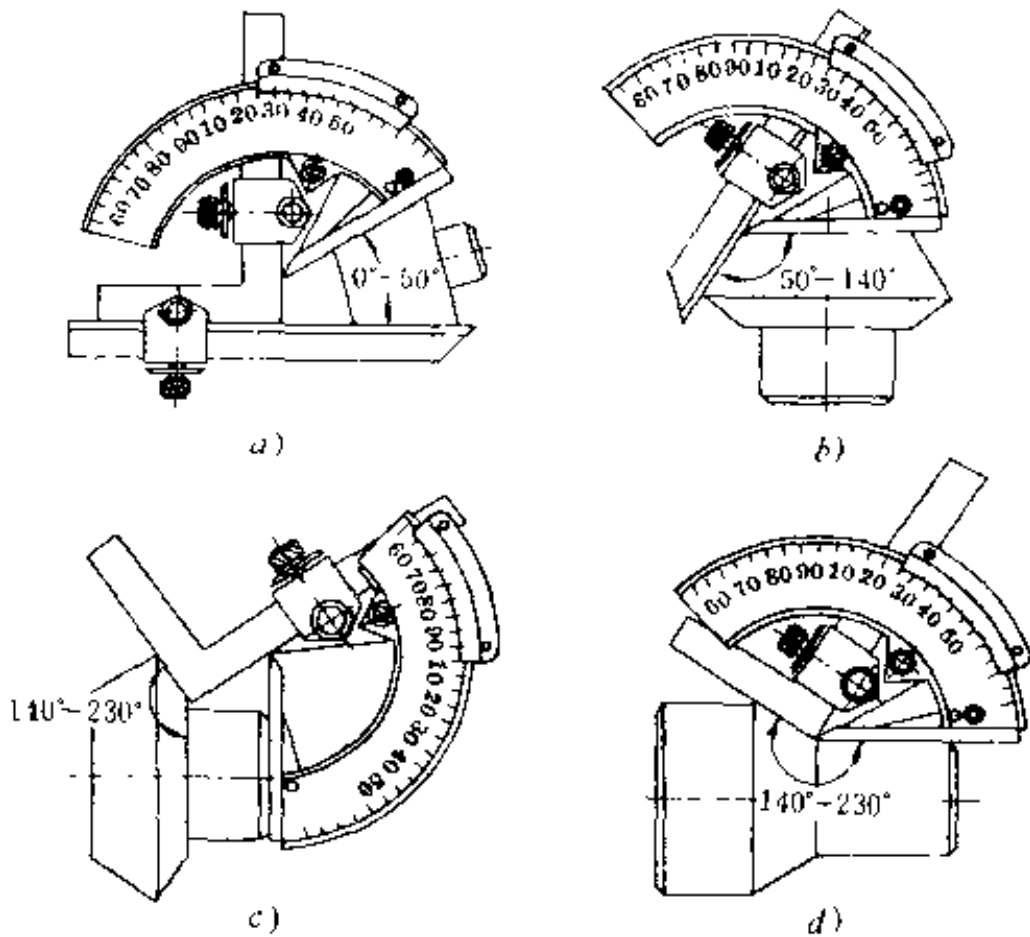


图 2-34 万能角度尺测量工件

使用方法,即根据工件角度的大小,选用不同的测量装置。如需要测量 $0^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 的角度工件,选用(图 2-34a)的测量装置,测量 $50^{\circ}\sim 140^{\circ}$ 之间的角度时,可卸下角尺用直尺代替(图 2-34b)。如卸下直尺装下角尺,可测量 $140^{\circ}\sim 230^{\circ}$ 间的角度(图 2-34c、d),如果将角尺和直尺都卸下,还可以测量 $230^{\circ}\sim 320^{\circ}$ 间的角度零件。

使用注意事项:

- ① 按零件图上指明的角度,调整好万能角度尺的测量范围。
- ② 修去工件上的毛刺,保持工件,量具表面清洁。
- ③ 万能角度尺的角尺面应通过工件中心,使用量具的基

面跟工件测量基准吻合,并用透光法检查。看读数时,应将量具上的固定螺钉拧紧,然后离开工件,以免将测得的角度值移动。

用样板检验锥(角)度采用角度样板(图 2-35)测量锥齿轮时,要注意样板在中心,它适用于大批量生产中应用。

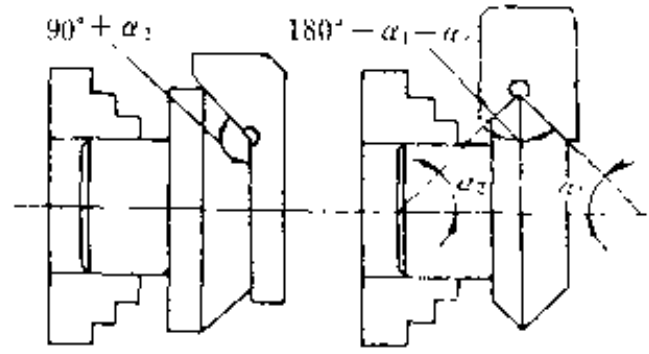


图 2-35 用样板检验锥齿轮

2) 直径的测量

一个合格的圆锥,需要有准确的锥(角)度,同时还要有正确的直径尺

寸。在车削圆锥工件时,有时锥度很准确,但它的大小端直径尺寸不正确,这个零件是不合格的。所以在车削圆锥时,还必须重视大小端直径尺寸的检查。

检验圆锥直径的量具,一般选用内外千分尺,但小端测量是较难掌握的。

(2) 综合测量法

对圆锥的综合测量,可选用标准圆锥塞规和套规进行(图 2-36)。如果需要测量非标准的圆锥体或圆锥孔时,也可自制圆锥套规和塞规。

1) 用塞规测量圆锥孔

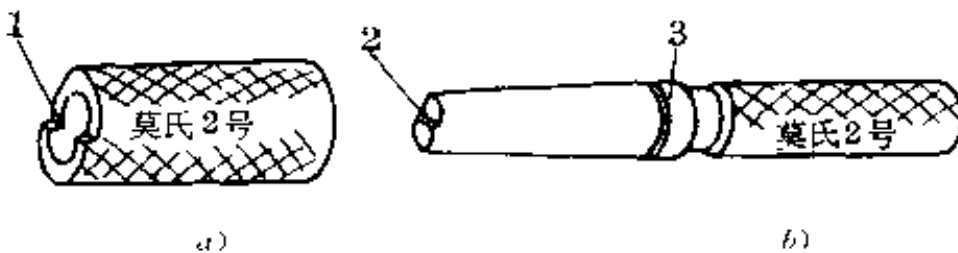


图 2-36 标准圆锥量规

a) 套规; b) 塞规

标准塞规除了有一个精确的圆锥之外,在塞规的一个端面上还有一个阶台和大端锥面上刻有两条线,这一阶台和刻线都是圆锥公差的范围(图 2-36b)。

(1) 检验圆锥孔径的方法。先在塞规的圆锥表面上,均匀地顺着圆锥母线涂上一层显示剂,每条显示剂相隔约 120° 左右,然后将塞规塞进圆锥孔,倒顺旋转 $1/2$ 转左右,再取出塞规,观察塞规锥面上的显示剂与圆锥孔的接触情况。如果显示

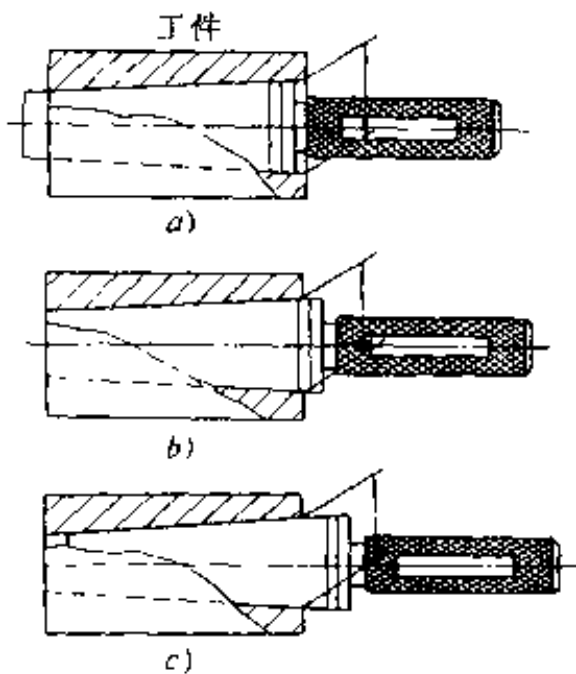


图 2-37 用塞规检验圆锥孔的方法

- a) 锥孔太大; b) 锥孔正确;
c) 锥孔太小

剂被均匀地擦掉,说明圆锥表面的配合良好,锥(角)度正确。假如塞规的大端的显示剂被擦掉,小端的显示剂没有接触,说明圆锥角太小。如果塞规小端的显示剂被擦掉,大端的显示剂没有接触,说明圆锥角太大。

(2) 检验圆锥孔径的方法。在检验圆锥孔径尺寸时,如果两条刻线都进入孔内(图 2-37a),说明圆锥孔径太大。如果两条刻线都未进入孔内(图 2-37c),这说明

圆锥孔径太小。例如,只有一条刻线进入孔内,第二条未进入(图 2-37b),这时圆锥孔径尺寸符合要求。

2) 用套规测量圆锥体

标准套规除了有一个精确的内圆锥之外,在套规的端面上也有一个阶台,这个阶台就是圆锥体的公差范围(图 2-36a)。圆锥体的综合测量方法,与测量圆锥孔相同,但是显示剂不涂

在套规的锥孔里,而是涂在被检验的工件圆锥体的表面上。

9. 车削圆锥时产生废品的原因及预防措施

表 2-11 废品种类、产生原因及预防措施

废品种类	产生原因	预防措施
锥(角)度 不 正 确	1. 用转动斜滑板车削时: (1) 斜滑板转动角度计算错误; (2) 斜滑板移动时松紧不均匀。 2. 用偏移尾座法车削时: (1) 尾座偏移位置不正确; (2) 工件长度不一致。 3. 用靠模法车削时: (1) 靠模角度调整不正确; (2) 滑块跟靠模配合不良。 4. 用宽刃刀车削时: (1) 装刀不正确; (2) 刀刃不直。 5. 铰锥孔时: (1) 铰刀锥度不正确; (2) 铰刀的安装中心跟工件旋转中心不同轴线	1. (1) 仔细计算斜滑板应转的角度和方向,并反复试车校正; (2) 调整塞铁使斜滑板移动均匀。 2. (1) 重新计算和调整尾座偏移量; (2) 如工件数量较多,各件的长度必须一致。 3. (1) 重新调整靠模角度; (2) 调整滑块和靠模之间的间隙。 4. (1) 调整刀刃的角度和 高低对准中心高; (2) 修磨刀刃口的直线度。 5. (1) 修磨铰刀; (2) 用千分表和试棒调整尾座中心
大、小端尺寸 不 正 确	没有经常测量大、小端直径	经常测量大、小端尺寸,并按计算尺寸控制背吃刀量
表 面 粗 糙 度 大	1. 跟车外圆分析原因相同; 2. 用转动斜滑板方法车锥面时,由于手动进刀不均匀或斜滑板塞铁松紧; 3. 用偏移尾座法车锥面时,中心孔接触不良	1. 预防方法跟车外圆相同; 2. 调整斜滑板塞铁松紧并保持手动进刀均匀; 3. 用圆头顶尖
双曲线误差	车刀没有对准中心	车刀必须严格对准中心

六、特形面的车削

在机器上有些零件的母线不是直线,而是各种不同的曲线,例如手柄、球面体等,这些带有曲线的表面叫做特形面。车削特形面比车削一般表面较困难,因为它要有熟练技巧或采用复杂刀具和夹具,甚至还要改装机床等。

1. 双手操纵法车削特形面

(1) 带柄圆球车削方法之一

带柄圆球零件如图 2-38 所示,如果数量较少,可应用两手联合进刀车削法加工。

(1) 车削前须先根据圆球直径 D 和圆球柄直径 d 计算圆球长度 L :

$$L = \frac{1}{2} \times (D + \sqrt{D^2 - d^2})$$

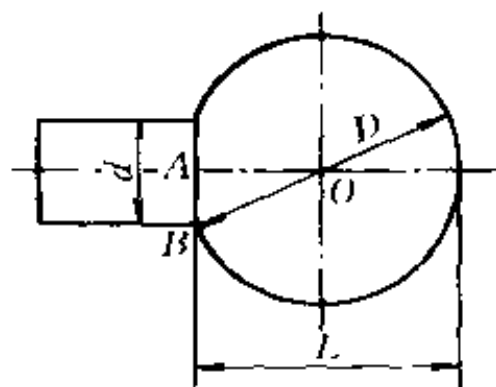


图 2-38 圆球零件

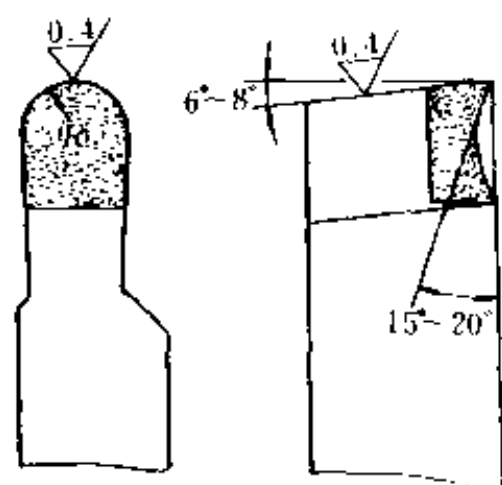


图 2-39 圆弧刃车刀

(2) 确定圆弧刀的几何角度(图 2-39): $\alpha_0 = 6^\circ \sim 8^\circ$, $\gamma_0 = 15^\circ \sim 20^\circ$, $\alpha'_0 = 1^\circ \sim 2^\circ$ 。圆弧刃应修磨锋利圆滑, R 视圆球大小而定。

(3) 按圆球直径 D 和柄直径 d , 粗车外圆, 留精车余量, 并车准长度 L , 最后精车圆球。车削时用右手握斜滑板手柄, 左手握横滑板手柄, 要求两手配合协调。

车削圆球时刀具的运动速度要求如图 2-40 所示。当车削 a 点时, 横滑板进刀速度要慢, 斜滑板退刀速度要快; 车削到 b 点时, 横滑板进刀速度与斜滑板退刀速度相等; 车至 c 点时, 横滑板进刀速度要快, 斜滑板退刀速度要慢, 这样就能车出圆球表面。操作时的关键在于双手柄的熟练程度。

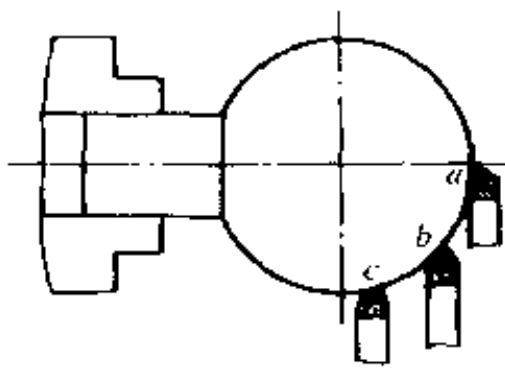


图 2-40 圆球面车削时刀具运动速度分析

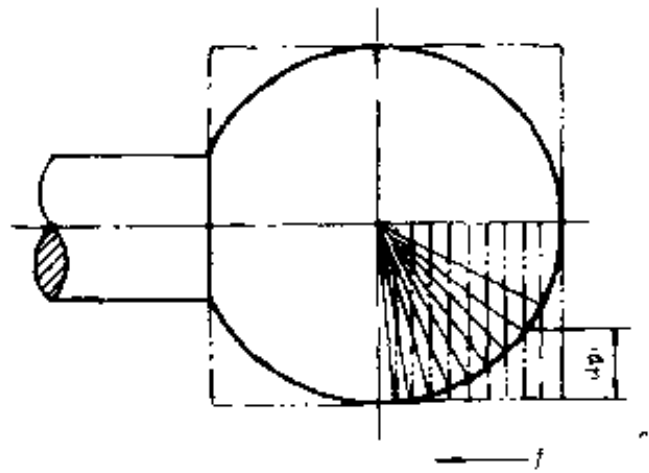


图 2-41 阶梯坐标计算

(2) 带柄圆球车削方法之二

在车削球面之前, 可先将工件毛坯车成阶梯形(图 2-41), 以提高加工速度, 便于保证加工精度。这种车削方法可以在无靠模的批量生产的情况下使用。

阶梯形计算方法:

先做圆的外切正方形, 在水平方向等分半径为 n 段, 确定每次横向进给量 $f = R/n$, 然后求出相应的背吃刀量 a_{pi} :

$$a_{pi} = R - \sqrt{R^2 - [(n-i)f]^2}$$

如 $R=20\text{mm}$, $n=10$, 则 $f=2\text{mm}/\text{次}$,

$$a_{p1} = 20 - \sqrt{20^2 - [(10 - 1) \times 2]^2} \\ = 12.7\text{mm}$$

$$a_{p2} = 20 - \sqrt{20^2 - [(10 - 2) \times 2]^2} \\ = 8\text{mm}$$

a_{p1} 、 a_{p2} 、 a_{p3} 、 \dots 、 a_{pn} 尺寸可用同样方法求出。

使用这样加工圆球法, 等分越多, 精度越高, 自然也就越费时。

(3) 手柄的车削方法

当手柄长度较短时, 可把工件(图 2-42)安装, 在三爪自定心卡盘上车削, 其车削步骤如图 2-43 所示。

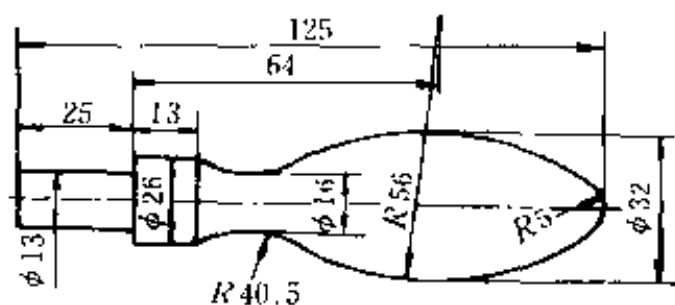


图 2-42 手柄工件

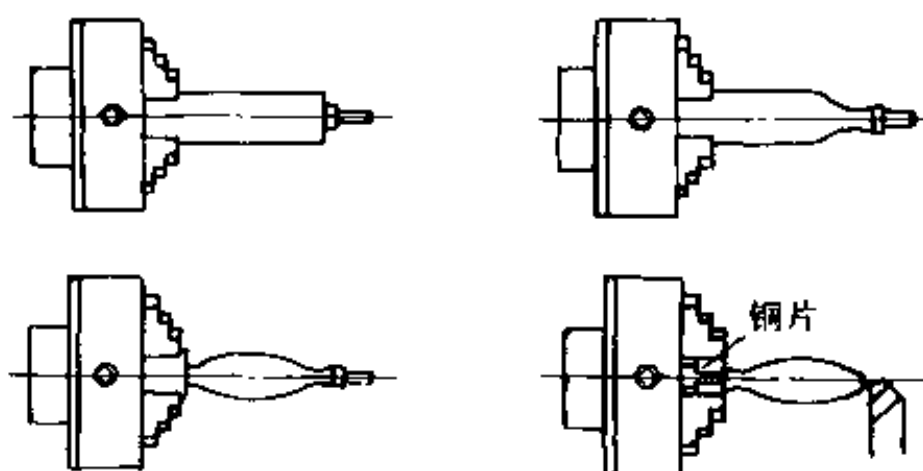
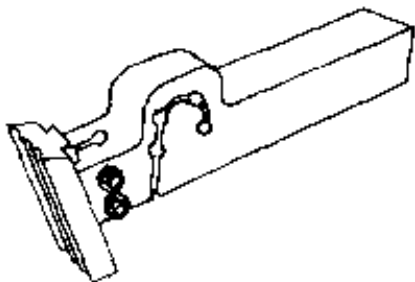
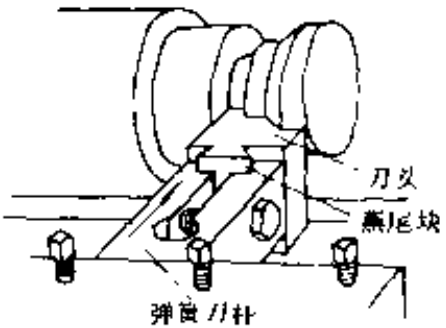
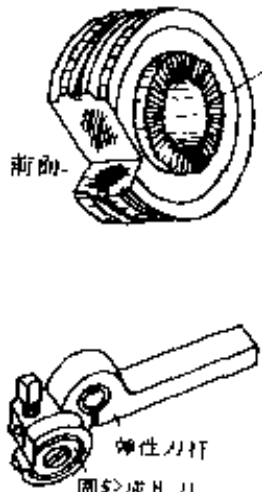
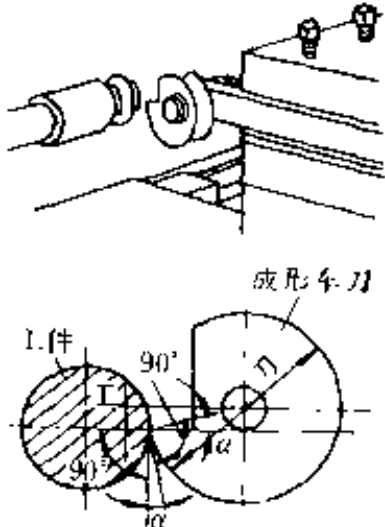


图 2-43 手柄车削步骤

2. 用成形车刀车削特形面

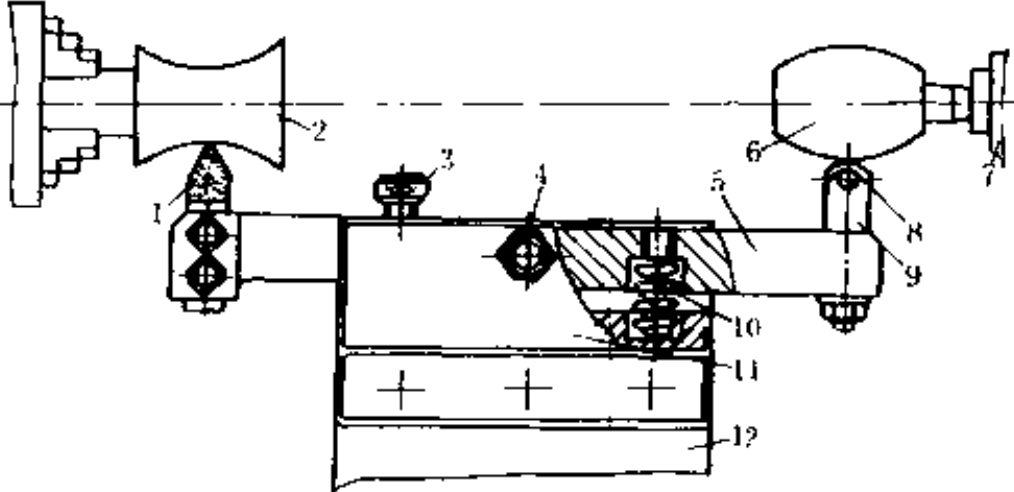
表 2-12 刀具名称和加工说明

刀具名称	示 图 与 说 明	
棱 体 成 形 车 刀		 <p>这种成形车刀由刀头和刀杆两部分组成。刀头的廓形、刃形同工件形状保持严格的计算关系，后部有燕尾块，用来安装在弹簧刀杆的燕尾槽中，并用螺钉紧固。</p> <p>车削时只需磨前刀面，而后角由刀杆倾斜安装获得。这种成形车刀的特点是制造比较复杂。</p>
圆 体 成 形 车 刀		 <p>这种成形车刀是用一个圆轮做成，安装在弹簧刀杆上，为了防止圆轮转动，在刀的侧面做出齿形。</p> <p>圆轮开缺口，以形成前刀面，切削刃和容屑空间，前刀面必须低于圆轮中心，安装后形成后角。</p> <p>刃口低于圆轮中心的距离，可以用下式来计算：</p> $H = \frac{D}{2} \times \sin \alpha$ <p>式中 H —— 刃口低于圆轮中心的距离 (mm)； D —— 圆轮直径 (mm)； α —— 成形刀后角 (一般 $10^\circ \sim 15^\circ$)</p>

注：安装成形车刀时，切削刃上的点应与工件中心相等，采用的切削速度和进给量应较小。

3. 用靠模车削特形面

表 2-43 靠模形式及加工说明

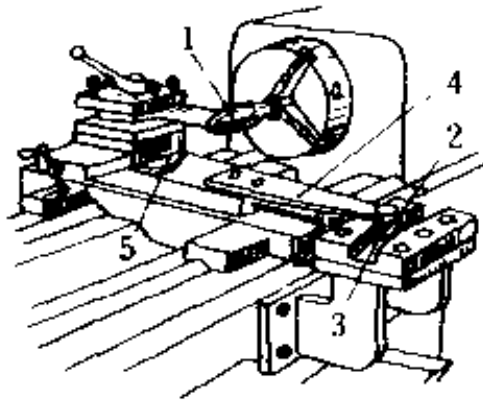
名称	示 图 与 说 明
利用床尾的靠模车削特形面	 <p data-bbox="315 1270 1378 1728">加工时,把一个与工件 2 形状要求相反的靠模 6 顶尖装在尾座 7 锥孔内,使靠模轴线和车床上轴回转轴线一致。车刀 1 固定在摆杆 5 的方孔中。调整螺钉 3,使紧固在摆杆另一端上的小滚轮 8 借弹簧 10 的压力紧贴靠在靠模表面。车削时,纵滑板作纵向走刀,小滚轮 8 沿靠模曲线运动,车刀通过销轴 4 弹簧 10 作相应的摆动,从而车出所要求的工作。但摆杆上装支撑轴 9 的孔与装销轴的孔(即摆动支点)之间的距离,应等于装销轴的孔与装车刀的孔之间的距离;车刀的伸出长度应与小滚轮的伸出长度相等,否则将会造成工件的形状误差。图中 11 为刀架</p>

(续表)

名称

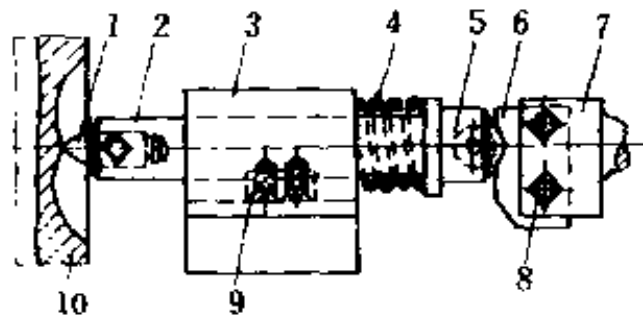
示 图 与 说 明

利用靠模法车削手柄



在床身外端固定一靠模 2, 靠模 1 有一条与工件 1 表面母线相同的沟槽。车削时抽掉横滑板丝杠, 用连杆 4 将横滑板上层滑块与靠模中的滚子 3 相连。当纵滑板纵向移动时刀架 5 就随着靠模曲线的变化, 在工件 1 上车出符合要求的特形面

利用横向靠模车削工件端面上特形面

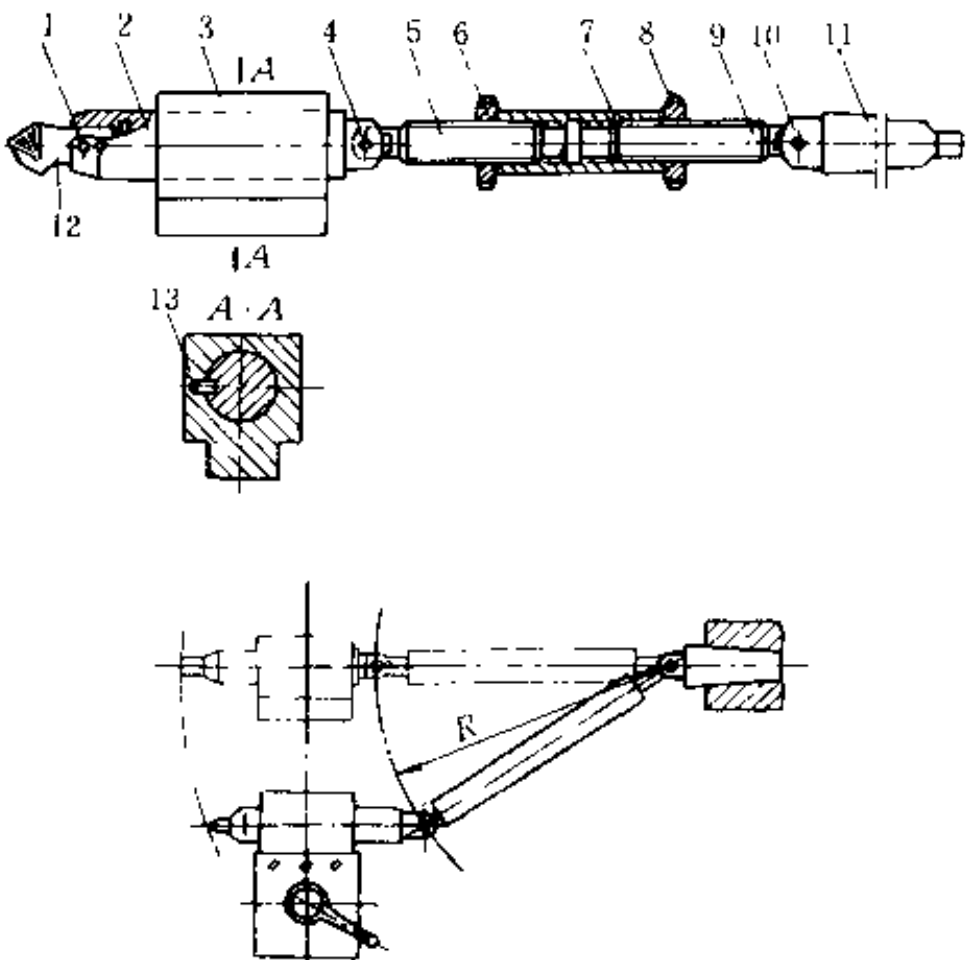


靠模 6 安装在车床尾座的夹板 7 上, 用螺钉 8 紧固。在刀具上夹一凸块 3, 其中装有刀排 2, 左端装有车刀 1, 右端装一滚子 5, 借弹簧 4 的作用力与靠模 6 靠住。为了防止刀排 2 在凸块 3 中转动, 在刀排上安有滑键 9。车削时横滑板自动进给, 滚子 5 与 1、2、3 一起沿着靠模 6 的曲线表面横向移动, 而在工件 10 的端面上车出特形面

(续表)

名称	示 图 与 说 明
车 内 外 圆 弧 专 用 工 具	<p>工具安装前,拆去机床刀架、斜滑板及回转盘,借用横滑板T形槽里的两个螺钉,将齿条1紧固定在横滑板上。车刀与齿轮2间接固联。当横滑板按A向横向进给时,由齿条推动齿轮转动,即形成车刀的弧形进给运动。</p> <p>刀座3平整块4组合面是圆弧面,能调节刀尖的中心高度。按B向摇动活动滑板手柄,刀架立柱在滑动斜滑板槽中移动,从而调节刀尖与齿轮2中心的距离,以控制加工圆球的半径。车内圆弧时,将刀尖位置置于超过工具中心(校刀棒5中心),其超过的距离,即为所车内圆弧的半径。车外圆弧时,将刀尖置于不到工具中心,离开的距离就是圆弧半径。车内外球时,工具中心应与工件中心重合。为使工具拆卸后再次安装使用时找正中心位置方便,底板6与机床纵滑板,底座7与底板6分别同配铰链两定位孔。</p>

(续表)

名称	水 图 与 说 明
连 杆 内 球 面 车 削 工 具	 <p data-bbox="266 1444 1353 1966">圆柱销4的一端是滑杆座3,它紧固在刀架上。滑杆2可在滑杆座内滑动,刀具12通过平键13定位。圆柱销10的一端是莫氏锥柄11,安装在车床尾座中,旋转调整螺母7使刀具有左右螺杆5和9作反方向移动,可在一定范围内改变两圆柱销的中心距R,以适应加工不同半径的内球面。加工方法是将横滑板自动径向进给或手动进给,带动刀架上的滑杆2进行车削。调节背吃刀量时,要同方向,同时等距离地移动螺杆和纵滑板。本车削工具一般在C6160型车床上使用,可加工半径100~1300mm的内球面(如改变螺杆长短可在其他卧式车床上使用),$v_c=150\sim 250\text{m/min}$、$f=0.15\sim 0.40\text{mm/r}$、$a_p=0.5\sim 1\text{mm}$</p>

4. 车削内、外球面的几种刀具和方法

表 2-44 刀具名称及加工说明

名称	小 图 与 说 明	
圆筒形球面精车刀		
	<p>车削时,先用粗车刀在工件表面上车出大致的球形,然后用筒形刀修光圆球表面。圆筒刀内孔(切削刃)直径 $D_{刀}$ 的大小,可用下式计算</p>	
	$D_{刀} = \frac{d_{球}}{2\sin\alpha}$ $\sin\alpha = \frac{d_{球}}{D_{刀}}$	
车外圆弧刀排		
	<p>这种刀排安装在车床四方刀架上,车刀刀尖安装在车头中心高,摇动刀排上的手柄,通过其中的蜗杆、蜗轮,带动弹性刀头绕蜗轮中心旋转。刀尖与蜗轮的中心距,就是加工圆弧的曲率半径。调节它们之间的距离,就可以控制加工圆弧的半径</p>	
车内圆弧刀排		
	<p>这种刀排专门用来车工件上的内圆弧,其构造原理、调整使用方法与上述车外圆弧刀排相同</p>	

5. 旋风切削球面的方法

使用旋风切削的方法加工圆球,比上述几种方法简单,加工质量与生产率也较高。对于精度要求更高的球体还可以利用旋风切削的铣削头换上砂轮进行磨削。圆球切削动力头的结构如图2-44所示,动力由电动机(0.4kW, 1450r/min)直接驱动。工件被顶在两个支承套中间,铣头轴线与工件回转轴线的交点就是球心,而刀头切削刃该点的距离就是球体半径。

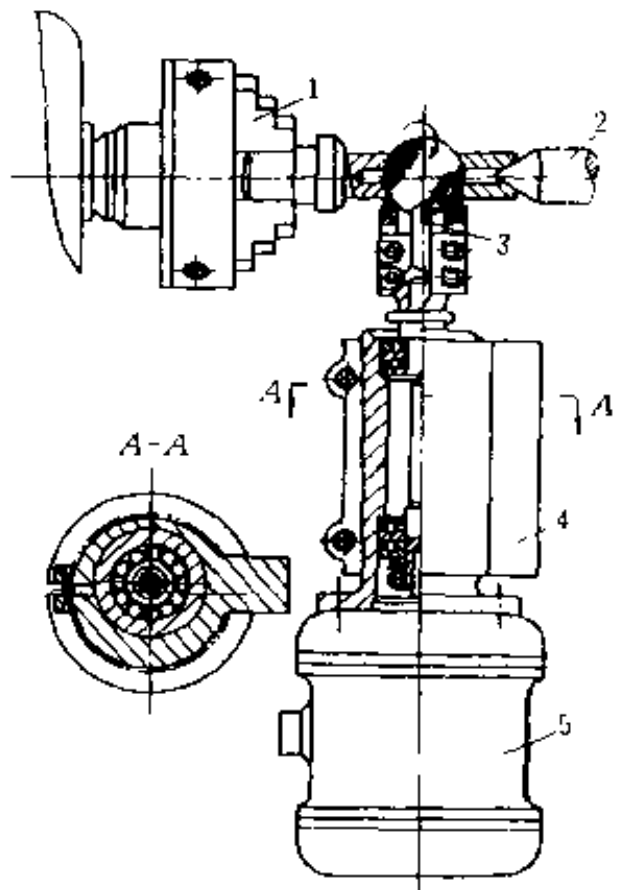


图2-44 旋风切削球面

- 1 三爪自定心卡盘; 2 活顶尖;
3 刀具; 4 铣头; 5 电动机

铣削时按图2-45所示的方法,先铣切一部分(图2-45a),然后将工件转过90°,再铣另一部分(图2-45b),就可以铣削出一个完整的球体。

切削前,要注意把两相对的刀尖距 l 调节在 $L > l > D/2$ 的范围内。如果 $l > L$,就会产生切坏支承套现象。如果 $l < D/2$,即使经过两次铣切也不可能把全部余量切掉。一般应使用刀尖距离 l 的尺寸接近 L , L 的尺寸可以用下式计算:

$$L = \sqrt{D^2 - d^2}$$

式中 D - 圆球直径(mm);

d - 支承套外径(mm)。

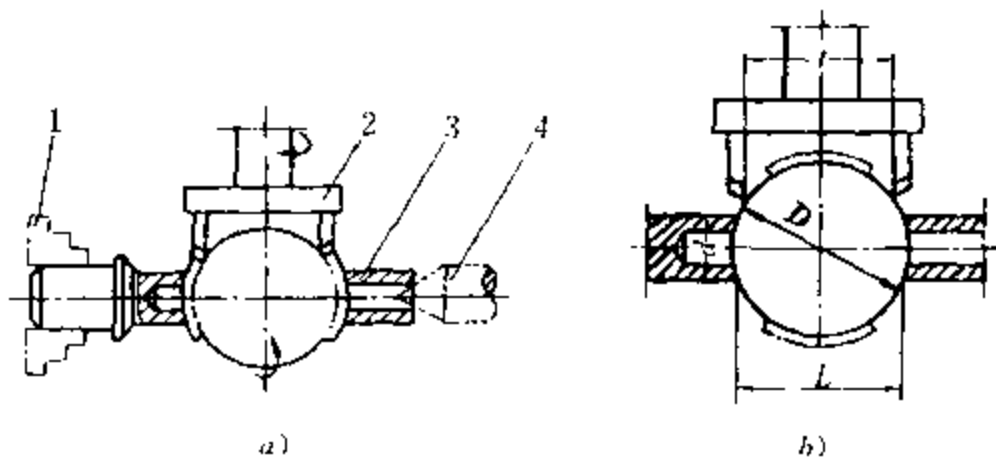


图 2-45 旋风铣球面方法

1 分度头卡盘；2 刀盘；3—支承套；4—活顶尖

如加工一端带柄的球体，可根据圆球直径 D 及柄杆直径 d 把铣削头转过 α 角(图 2-46)。 α 角大小和两刀尖距 l 可按下列公式计算、

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{d}{2L_1}$$

$$L_1 = \frac{D}{2} + \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2} = \frac{D + \sqrt{D^2 - d^2}}{2}$$

$$l = \sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 + L_1^2} \quad \text{或} \quad l = D \cos \alpha$$

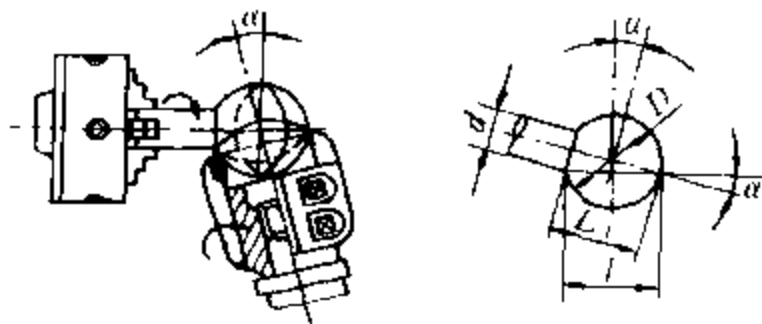


图 2-46 铣头转过角度 α

6. 特形面零件的检验方法

特形面的零件在车削过程中或车好之后，一般常采用样

板对产品进行测量和检验。

图 2-47a 表示用样板检验圆球,图 2-47b 表示用套环检验圆球,图 2-47c 表示用样板检验曲面。

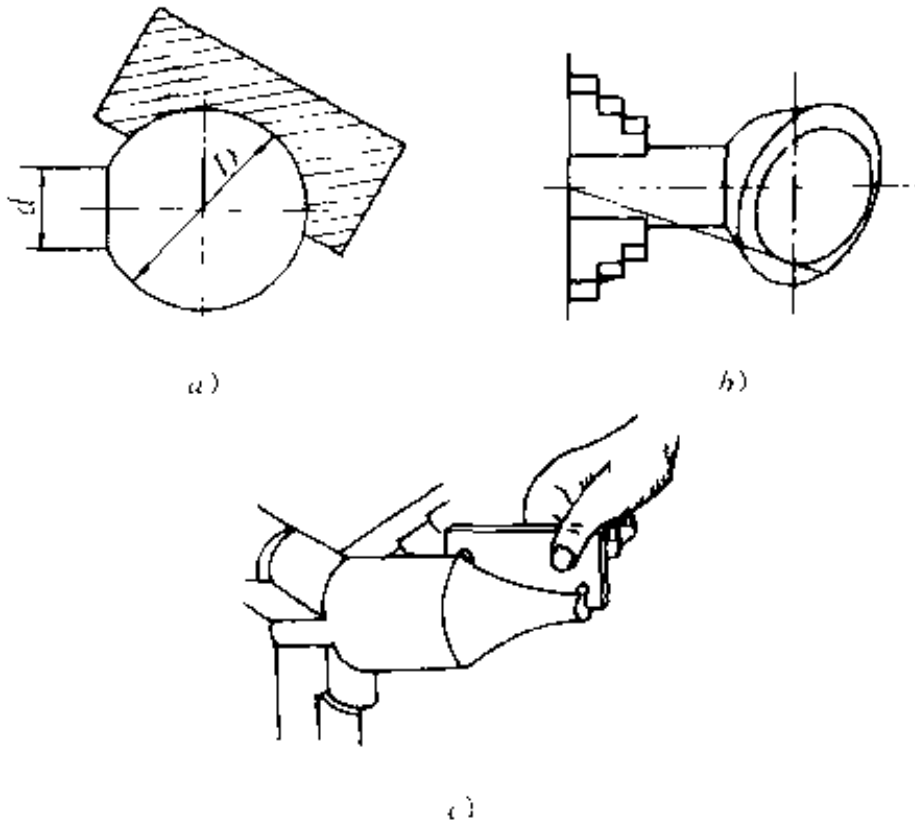


图 2-47 特形面的检验方法

用样板检验特形面时,必须使样板的方向与工件轴线一致。特形面是否正确,可以从样板与工件之间的缝隙大小来判断。

对于精度要求特别高的产品零件,可以采用对研方法进行检验,根据对研后的接触好坏来判断零件是否合格。

7. 车削特形面产生废品的原因及预防措施

(1) 车削后工件轮廓不正确

① 用成形车刀车削时,工件轮廓变样的原因是,车刀形状刃磨得不正确,或没有按机床中心安装车刀,也可能是工件受切削力而产生变形。

② 若用手进刀车削时车刀的纵横进刀不协调造成形状不符。

③ 如果用靠模加工时,靠模的形状不正确或者靠模安装得不正确或靠模到车刀间的传动机构中有松动的间隙存在,以致切削不均匀产生废品。

(2) 特形面工件表面粗糙度不合格

(1) 复杂形状零件由于车刀的修光刃不能太大,而车削时的进给量过大会产生粗糙度变差。

(2) 由于工件刚性较差或刀头伸出刀架过长等原因而产生切削时振动,也会使工件加工粗糙度变差。

③ 刀具的几何角度选择不合理而产生切削中不利因素的综合也会产生粗糙度变差。

① 被加工工件材料的切削加工性较差或材料未经合理的预先热处理,材料太软或太硬等现象都会给切削带来困难,特别切削中产生积屑瘤最会影响表面加工粗糙度。

⑤ 切削液没有根据被加工材料性能而合理选择,影响加工表面的粗糙度。

七、偏心工件的车削

在机械转动中,由回转运动变为往复直线运动或直线运动变为回转运动,一般是由偏心轴或曲轴来完成的。工件的外圆与外圆,外圆与内孔之间的轴线平行而不相重合,这类工件称为偏心工件,两条直线之间距离 e 称为偏心距(图2-48)。

偏心轴、偏心套一般都在车床上加工。两者的加工原理基本相同,主要是装夹方法有所不同,车床上加工偏心零件时必须把需要加工的偏心部分的中心校正到跟车床主轴中心重合。

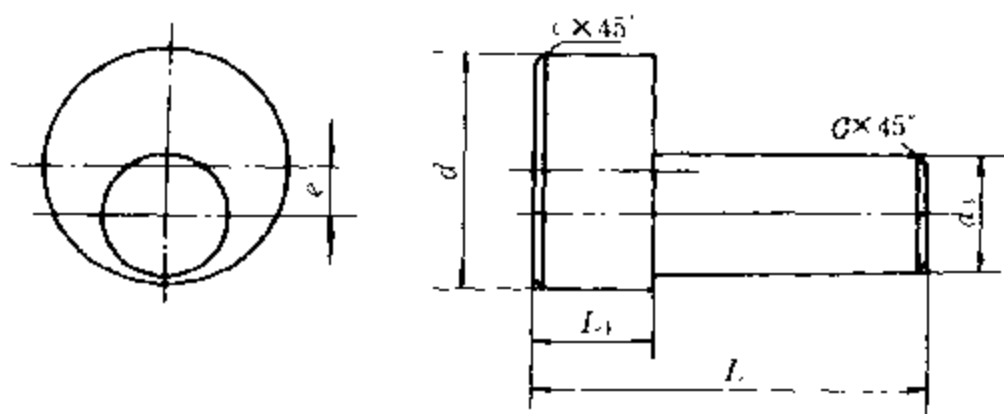


图 2-48 偏心零件

1. 偏心工件的划线步骤

(1) 把工件先车到规定的长度和直径, 在轴的一端端面涂上一层蓝油, 待蓝油干后把工件放在 V 形架中(图 2-49a)。

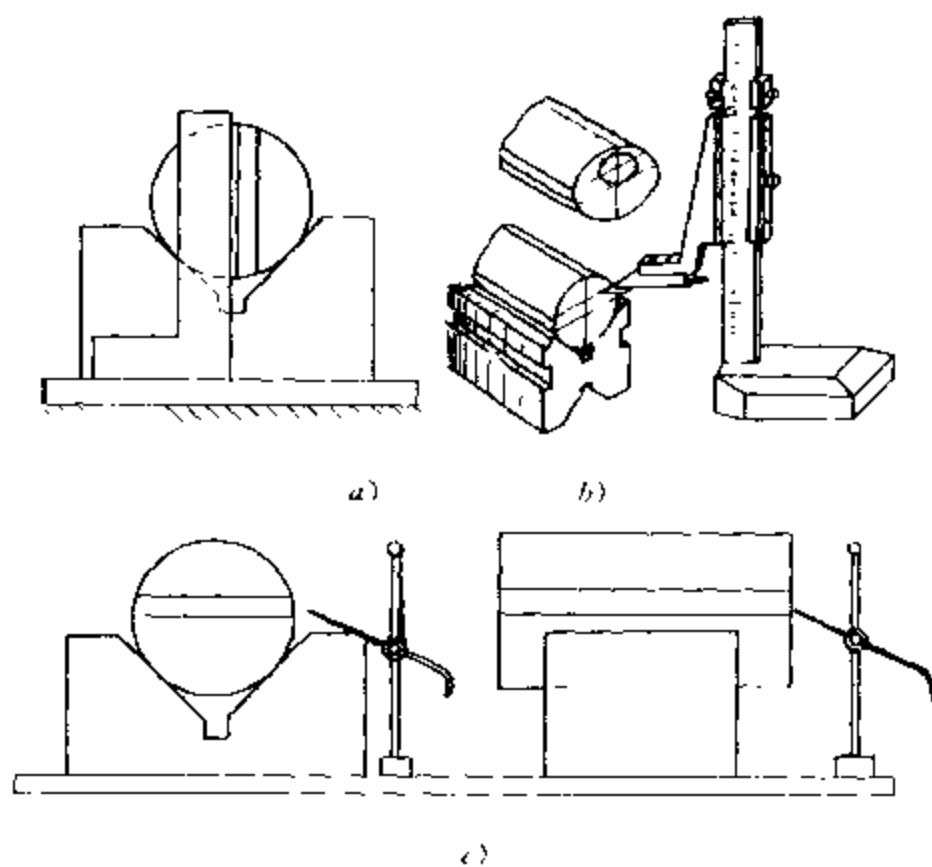


图 2-49 偏心工件的划线

a) 工件安装; b) 高度尺划线; c) 用量针划线

② 用高度游标划线尺对准工件外圆中心位置先量出工件最高点的尺寸,再把划线尺下移工件半径的尺寸在工件的端面和四周划出轴线。划好以后把工件转过 180° ,再在端面上试划一条线(见图 2-49b),检查是否与原来的轴线重合。如不重合,则必须重新调整划线尺高度,另行重划。

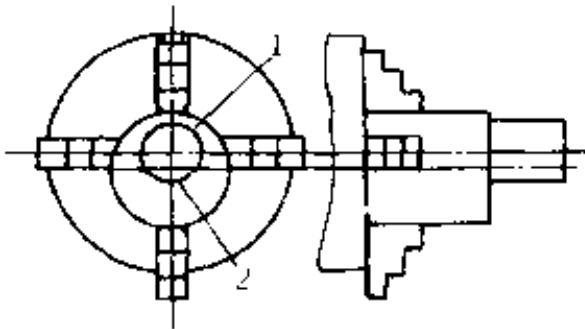
③ 把工件转过 90° ,用直角尺(或用划线尺尺杆侧面)对齐已划好的轴线,再用原来调整好的划线尺,划出十字轴线。

④ 把高度划线尺移上(或移下)一个需要的偏心距,并在两端划出偏心线。

⑤ 在所划的线段上打上几个样冲眼,以防线条擦掉而失去根据,也可以使用图 2-49c 划线方法。

2. 偏心工件常用的车削方法


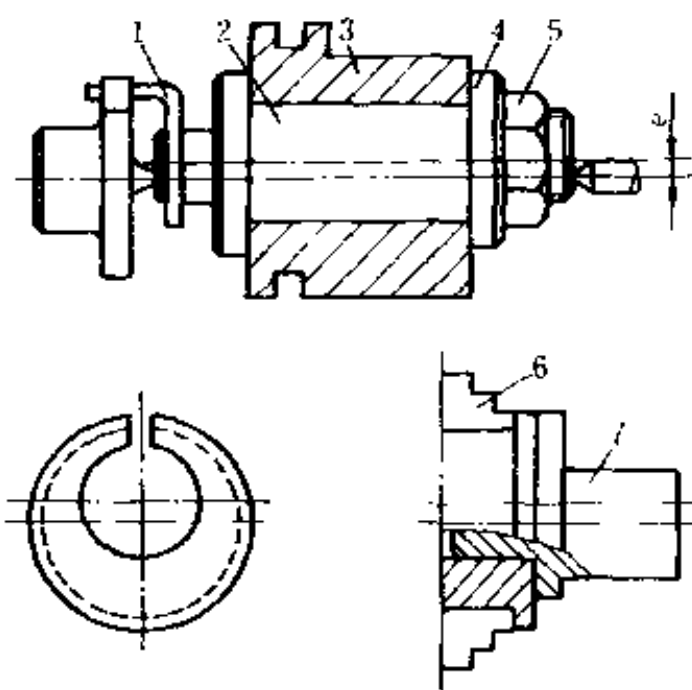
表 2-45 装夹方法及使用说明

装夹方法	示 图 与 说 明
四爪单动卡盘车偏心工件	<div style="text-align: center;">  </div> <p>一般适用于加工精度要求不高,偏心距大小不同,形状较而复杂的偏心工件。加工前先在工件 1 端面上划出以偏心为圆心的圆周线 2,作为校正偏心的辅助基线,同时需校正已加工的外圆与主轴的平行度,然后即可进行车削。车刀必须从最高处开始进刀,否则会打坏刀具</p>

(续表)

装夹方法	小 图 与 说 明
花 盘 车 偏 心 工 件	<div data-bbox="669 399 1054 823" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="369 858 1332 1140">适用于小批量精度要求较高的偏心工件内孔。加工前必须把工件 2 的外圆,两端面车准,然后用一块均布的压板 1 装夹在花盘上,校正预先以偏心为圆心所划的圆周线,即可车削。偏心工件装拆定位,可在花盘 1 靠工件外圆处装两块成 90° 位置分布的定位块 3。</p>
两 顶 尖 间 车 偏 心 工 件	<div data-bbox="523 1293 1178 1622" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="369 1681 1332 1905">适用于车较长的偏心工件(如偏心轴等)加工前,根据偏心距 e 的要求,先在工件两端上分别钻出四个中心孔 A, (其中两个是偏心中心孔),先顶住中间的中心孔精车外圆 D,然后顶住偏心中心孔,分别粗、精车两端偏心轴颈 d,一端车好后,需调头再车另一端。</p>

(续表)

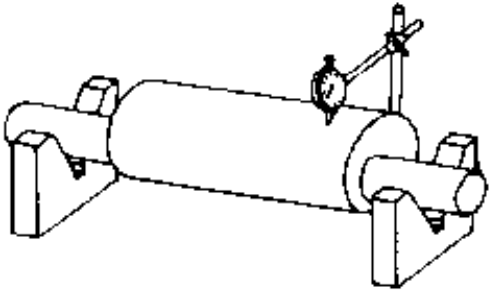
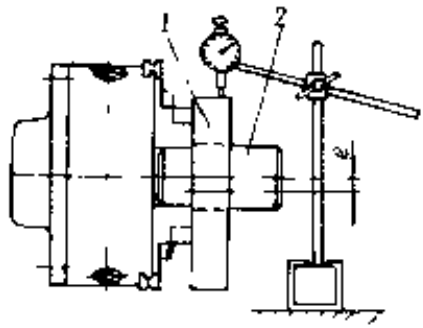
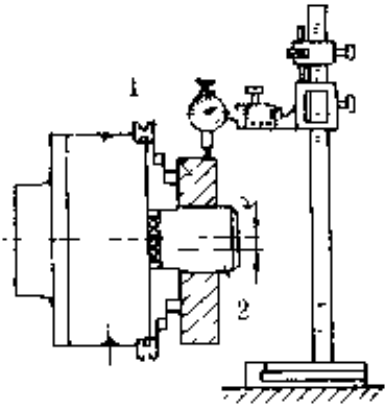
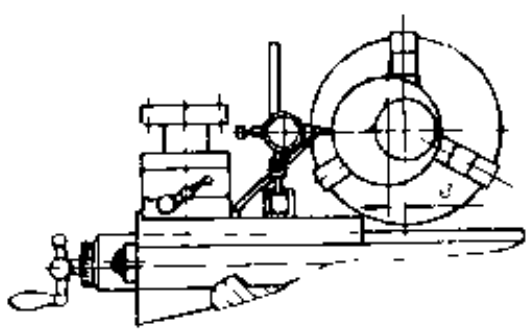
装夹方法	示 图 与 说 明
在 双 重 卡 盘 上 车 偏 心 工 件	 <p>这种加工方法就是把三爪自定心卡盘2夹持在四爪单动卡盘1上,偏移一个偏心距e的距离,然后只要把工件3夹在三爪自定心卡盘上。</p> <p>在偏移三爪自定心卡盘位置时,可将校正试棒夹在三爪自定心卡盘中,用百分表4确定偏心距位置即可车削</p>
在 专 用 夹 具 上 车 偏 心 工 件	 <p>1 偏心夹头;2 心轴;3,7 工件;4 垫圈; 5 螺母;6 三爪自定心卡盘;e 偏心距</p> <p>适用于批量较大的偏心工件,能缩短校正时间,提高生产效率,又能保证加工质量。</p> <p>根据工件所要求的偏心距,预先车制一个偏心轴或偏心套(偏心套需沿轴线方向割条槽,以便夹紧工件)然后将工件安装在偏心套或偏心轴上,再一起装在卡盘上进行车削</p>

(续表)

装夹方法	示 图 与 说 明
用 一 爪 自 定 心 卡 盘 车 偏 心 工 件	<div data-bbox="646 388 1062 882" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="369 917 1339 1058">适用于较短的偏心工件(内孔与外圆偏心的工件),在一爪自定心卡盘中任取一个爪与工件接触面之间,垫上一块厚度预先计算好的垫块即可。垫块厚度可用下面公式计算:</p> $x = 1.5e + k$ <p data-bbox="369 1117 808 1164">式中 x 垫块厚度(mm);</p> <p data-bbox="477 1164 893 1211">k 修正系数,试车后求得</p> $k = 1.5\Delta e$ <p data-bbox="369 1270 1047 1317">式中 Δe 试车后,实测 e 的误差值(mm);</p> <p data-bbox="492 1317 862 1364">e 工件偏心距(mm)。</p> <p data-bbox="369 1375 1339 1470">【例】 已知工件直径 D 为 100mm,偏心孔直径 d 为 30mm,偏心距 e 为 8mm,求垫块厚度 x。</p> <p data-bbox="400 1481 669 1517">【解】 代入公式:</p> $x = 1.5e = 1.5 \times 8 = 12\text{mm}$ <p data-bbox="369 1575 1339 1669">按计算结果,选用厚度为 12mm 的垫块,垫妥后进行试车,测出实际偏心距为 7.9mm,偏心距误差:</p> $\Delta e = 8 - 7.9 = 0.1\text{mm}$ <p data-bbox="400 1728 562 1775">修正系数:</p> $k = 1.5\Delta e = 0.15\text{mm}$ <p data-bbox="400 1834 739 1881">校正后的垫块厚度值:</p> $x = 1.5e + k = 12 + 0.15 = 12.15\text{mm}$

3. 偏心工件的测量方法

表 2-46 测量方法及使用说明

测量方法	示 图	说 明
用百分表测量偏心轴		<p>适用于精度较高而偏心距不大的偏心轴。测量时,可用放在平板上两个等高的 V 形块支承偏心轴颈,将百分表触头指在偏心外圆上,缓慢转动偏心轴,百分表的读数值即为两倍的偏心距。</p>
用百分表测量偏心轮		<p>适用于精度较高的偏心距不大的偏心轮。测量时以孔和测面作基准,用一支在下盘上的塞规 2 支承偏心轮,将偏心轮侧面靠住夹爪,将百分表的触头指在偏心轮的外圆上,缓慢转动三爪自定心卡盘,百分表的读数值即为两倍偏心距。</p>
游标高度尺与百分表合用测量	 <p style="text-align: center;">1 工件; 2 塞规</p>	<p>适用于精度较高而偏心距较大的各类工件。测量时,高度游标卡尺测脚移动的距离,等于两倍偏心距。百分表上测得的距离是两倍偏心距的误差值。这种方法测量方便,范围较大,精度较高。</p>
百分表与横滑板配合测量		<p>适用于偏心距 e 较大,长度较长的工件。测量时首先使百分表与工件偏心外圆最大直径处接触,记下百分表读数及横滑板刻度值,随后将工件转过 180°,再移动横滑板,使百分表与工件偏心外圆最小半径处接触,并保护原读数,这时由刻度盘读出的横滑板移动距离即为两倍偏心距。</p>

八、表面修饰加工

1. 表面滚花加工

有些工具和机器零件的捏手部分,为了增加摩擦力和使零件表面美观,常常在零件表面上滚出不同的花纹,这些花纹一般是在车床上用滚花刀滚压而成的。

(1) 滚花刀

滚花刀可做成单轮、双轮和六轮三种(图2-50)。单轮滚花刀通常是滚直纹用的(图2-50a)。双轮滚花刀(图2-50b)是滚网纹用的,由一个左旋和一个右旋的滚花刀组成一组。六轮滚花刀是把网纹节距(t)不等的三组滚花刀装在同一特制的刀杆上(图2-50c)。使用时可以很方便地根据需要选用粗、中、细不同的节距,滚花刀的直径一

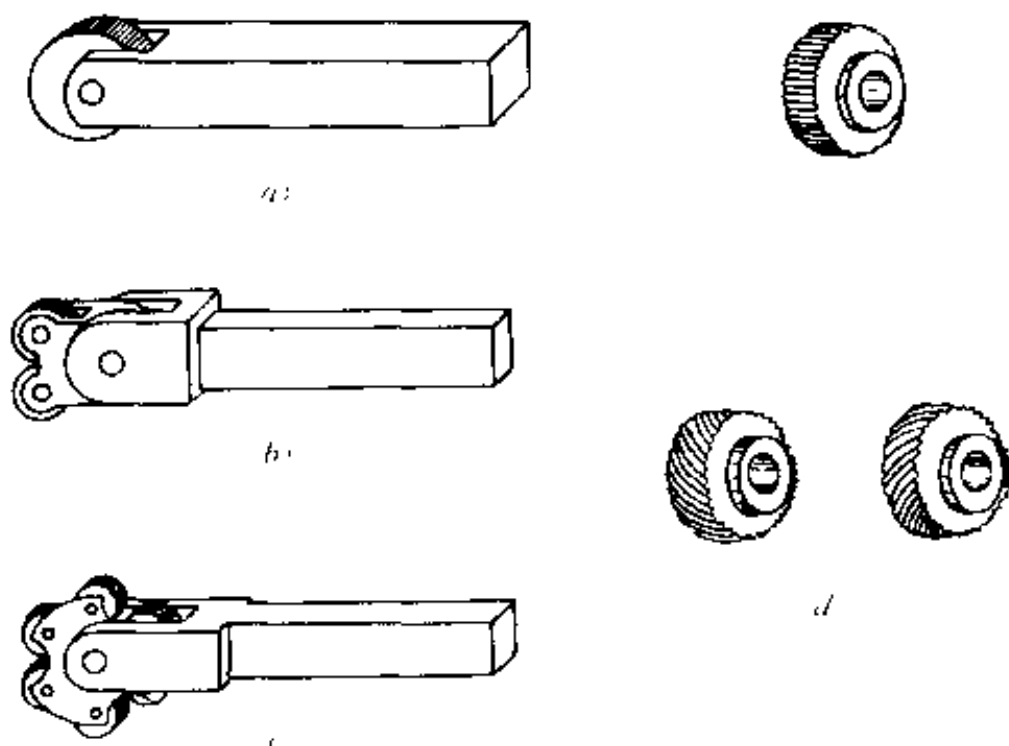


图 2-50 滚花刀的种类

一般为 $20 \sim 25\text{mm}$ 。直纹滚花刀和螺旋纹滚花刀，如图 2-50d 所示。

(2) 滚花方法

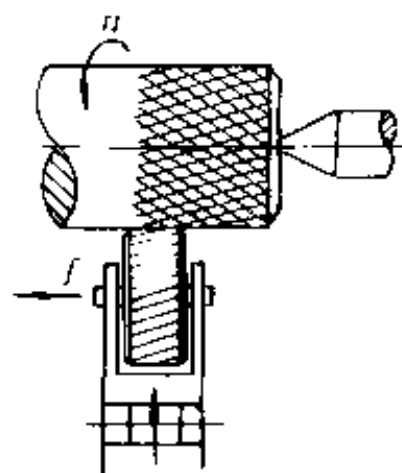


图 2-51 滚花方法

滚花是用滚花刀来挤压工件，使其表面产生塑性变形而形成花纹，所以在滚花时产生的径向挤压力是很大的。滚花前，根据工件材料的性质须把滚花部分的直径加工至小于工件要求的尺寸。根据花纹的粗细，约车深 $(0.25 \sim 0.5)t\text{mm}$ (t 为滚花刀节距)，然后把滚花刀紧固在刀架上(图 2-51)，使滚花刀的表面跟工件平行接触，滚花刀中心和工件中心一致。在滚花刀接触工件时，必须用较大的压力进刀，使工件刻出较深的花纹，否则就容易产生乱纹(俗称破头)。这样来回滚压 $1 \sim 2$ 次，直到花纹凸出为止。为了减少开始时的径向压力，可先把滚花刀表面宽度的一半跟工件表面相接触，或把滚花刀装得略向右偏些，使滚花刀跟工件表面有一很小的夹角(类似车刀的副偏角)，这样比较容易切入。在滚压过程中，还必须经常加润滑油和清除切屑，以免损坏滚花刀和防止滚花刀被切屑堵塞而影响花纹的清晰。

滚花操作方法不当时，很容易产生乱纹，乱纹的原因及预防措施见表 2-47。

(3) 花纹种类的选择和应用

花纹一般有直纹和网纹两种，并有粗细之分。花纹的粗细由节距 t 来决定，滚花的标注方法及节距 t 的选择见表 2-48。

表 2-47 滚花时产生乱纹的原因及预防措施

废品种类	产生原因	预防措施
乱纹	1. 工件外径周长不能被滚花刀节距 t 除尽	1. 可把外圆略车小一点
	2. 滚花开始时,进刀压力太小,或滚花刀跟工件表面接触面太大	2. 开始滚花时就要使用较大的压力,把滚花刀偏一个很小的角度
	3. 滚花刀转动不灵,或滚花刀跟刀杆小轴配合间隙太大	3. 检查原因或调换小轴
	4. 工件转速太高,滚花刀跟工件表面产生滑动	4. 降低转速
	5. 滚花前没有清除滚花刀中的细屑,或滚花刀齿部磨损	5. 清除细屑或更换滚轮

2. 表面滚压加工

(1) 滚压加工原理

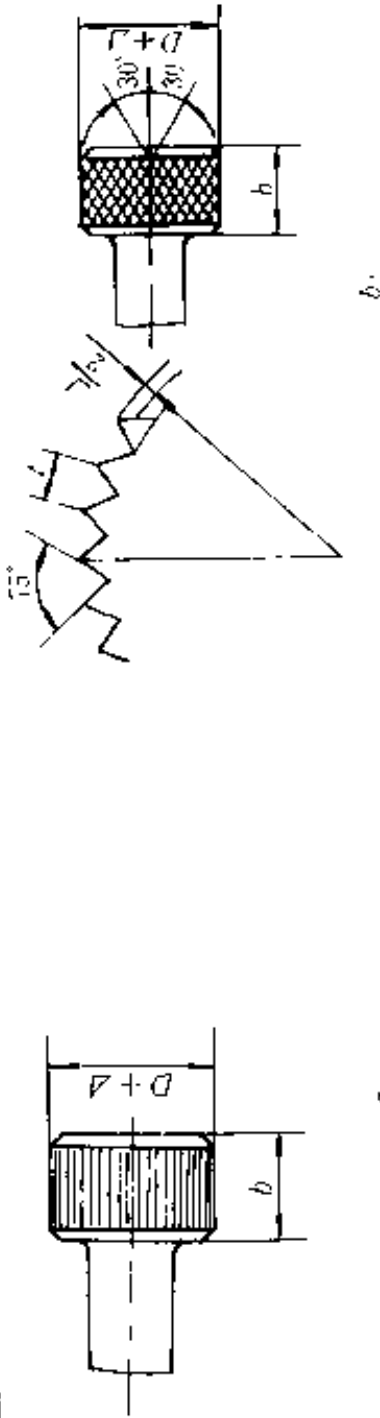
利用特制的滚压工具,对零件表层施加一定压力,使零件表面层的金属发生塑性变形,从而改善粗糙度和硬度,这种方法叫做滚压加工,又称为“无屑加工”。

(2) 滚压加工特点

① 能在一次行程中改善工件表面粗糙度在原有基础上提高 2~4 级,比用其他方法加工的效率提高几倍到几十倍。

② 滚压加工可以大部分代替粗磨、精磨、超精磨和珩磨等工艺,经过滚压粗糙度可以达到 $R_a 0.1 \mu\text{m}$ 左右。

表 2-48 滚花 (mm)



a

标记示例

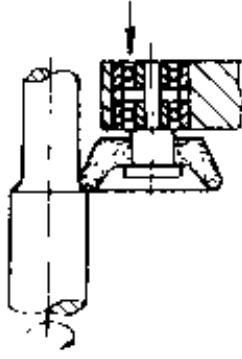
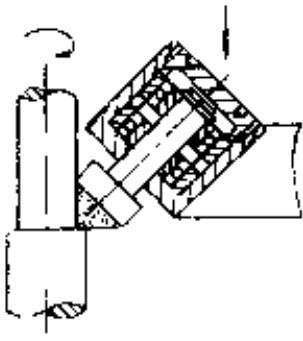
a) 节距 $t=0.8$ 的直纹滚花的标记: 直纹 0.8

b) 节距 $t=0.8$ 的网纹滚花的标记: 网纹 0.8

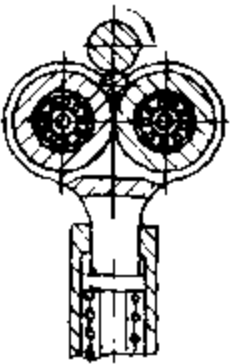
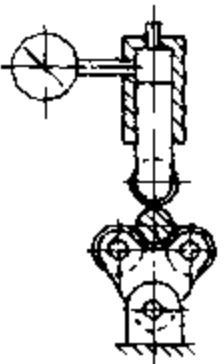
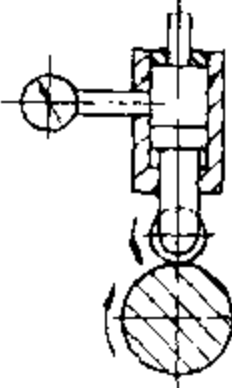
直纹		网纹		用于黄铜、铝、纤维板等		用于钢	
滚花前直径 D	滚花节距 t	滚花前直径 D	滚花节距 t	滚花前直径 D	滚花节距 t	滚花前直径 D	滚花节距 t
≤ 16	0.6	≤ 8	0.6	≤ 6	0.6	≤ 6	0.6
$> 16 \sim 65$	0.6	$> 8 \sim 16$	0.6	$> 6 \sim 30$	0.6	$> 6 \sim 30$	0.6
$> 65 \sim 100$	0.8	$> 16 \sim 65$	0.8	$> 6 \sim 30$	0.8	$> 6 \sim 30$	0.8
	0.8	$> 65 \sim 100$	0.8	> 30	1.2	> 30	1.2
	1.2		1.2		1.6		1.6

注: 滚花以后, 工件直径大于滚花前直径, 其值为 $\Delta \approx (0.25 \sim 0.5)t$, 其中 t 为滚花刀节距。

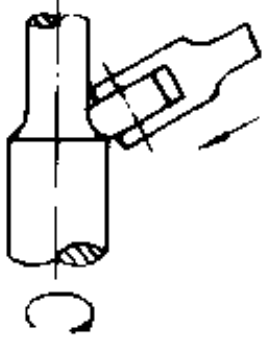
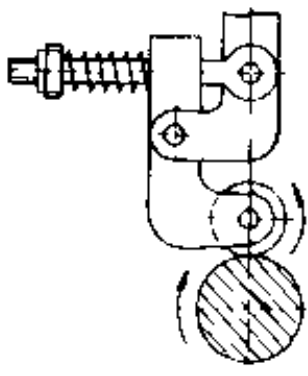
表 2-19 工具名称适用范围及加工效果

工具名称	示意图	加工效果				适用范围	
		硬化层厚度 (mm)	硬度提高 (%)	达到公差等级	粗糙度 R_a (μm)		
					滚压前		滚压后
单滚轮 刚性滚压 1.具		0.2~0.3	5~50	IT5~IT6	6.3~3.2	0.4~0.1	中小型4-床加工 刚性较好的轴类零件
锥形头 滚压工具		0.1~1	5~25	IT6	3.2~1.6	0.8~0.2	小型车床 类零件加工 被轴

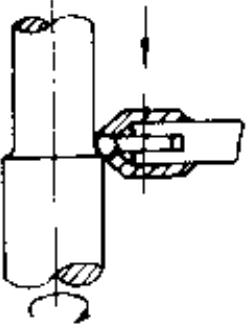
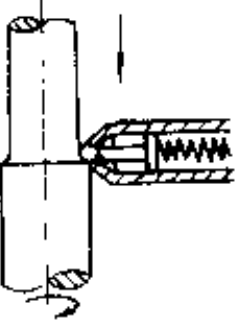
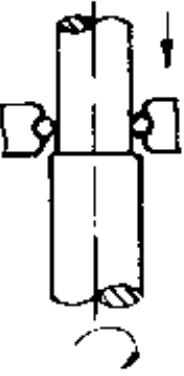
(续表)

工具名称	示意图	加工效果				适用范围
		硬化层厚度 (mm)	硬度提高 (%)	达到公差等级	粗糙度 R_a (μm) 滚压前 滚压后	
单滚柱 弹性滚压 工具		0.1~1.5	5~30	IT5~IT6	3.2~1.6 0.8~0.4	小型车床细长轴 类零件加工
三辊液 压滚压工 具		0.2~3	10~50	IT6	6.3~3.2 0.8~0.1	大中型车床零件 滚压
液压单 滚轮滚压 工具		0.5~3	15~50	IT5~IT6	6.3~3.2 0.4~0.2	中小型车床轴类 零件加工

(续表)

工具名称	示意图	加工效果				适用范围
		硬化层厚度 (mm)	硬度提高 (HRC)	公差等级	粗糙度 R_a (μm)	
单辊圆角滚压工具		0.2~3	10~30	IT6	6.3~3.2	近用较大圆角内零件
单滚轮弹性滚压工具		0.1~1.5	15~30	IT6	6.3~3.2	中小型车床轴类零件加工

(续表)

刀具名称	示意图	加工			工效		效果		适用范围
		硬化层深度 (mm)	硬 度 (HRC)	度 高 (%)	达 公 等 级	粗 糙 度 R_a (μm)	滚压后	滚压后	
单钢珠 刚性滚压 刀具		0.2~2.5	1~20		IT6	6.3~3.2	9.8~0.4		
单钢珠 弹性滚压 刀具		0.2~1	3~30		IT5	6.3~3.2	0.1~0.2		小型车床滚压细长或薄壁零件
多钢珠 刚性滚压 刀具		0.2~2	3~30		IT6	6.3~3.2	0.2~0.1		

③ 滚压后的表面经过挤压而强化,有利于提高零件表面的耐磨性及接触疲劳强度。同时滚压加工能够避免由于磨削发热而产生的表面烧伤等缺陷。

④ 滚压工具结构简单,易于制造,操作使用方便,在一般车床上都可以进行滚压加工,特别是缺乏磨床设备的条件下,对于大型工件的精加工有更大的意义。

(3) 不同滚压加工的效果

见表 2-49。

(4) 滚压加工工具

1) 结构

外圆滚压工具分为刚性与弹性两类。刚性结构如图 2-52 所示,适用于直径大的工件。滚轮是一个整体的盘状硬质合金,它与心轴装成一体,用锁紧螺母吊紧在滚动轴承的内圈上,轴承外圈装入刀体上的孔中,用后盖盖封。

刀杆底面做有 $1^{\circ}30' \sim 2^{\circ}$ 的斜度,工具安装在刀架上,滚轮心轴轴线与工件轴线自然形成一个斜角,以减少滚压带的接触面,保证滚压效果。

滚轮的滚压部分参数从图 2-52 中的放大部分中可以看出:压入偏角 $\kappa_r = 15^{\circ}$,副偏角 $\kappa'_r = 10^{\circ} \sim 12^{\circ}$,滚压修光刃带有

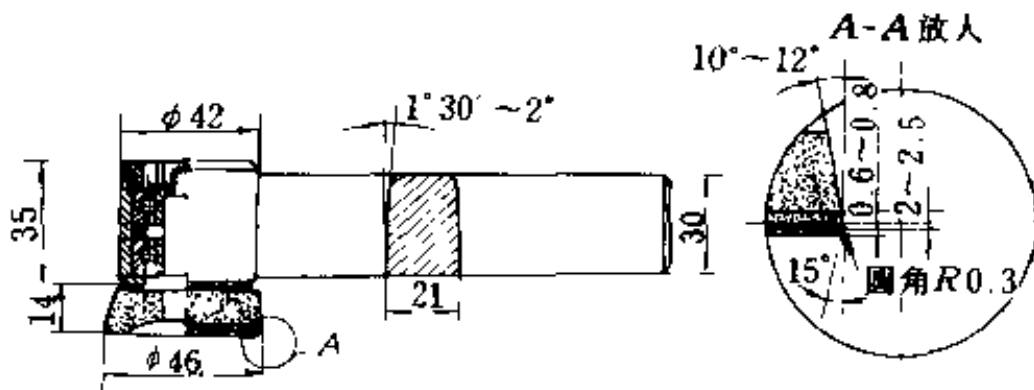


图 2-52 滚轮式外圆滚压工具

2~2.5mm 宽。压入部分磨成 15° 斜角带 $R=0.30\text{mm}$ 圆角,使工件表面逐渐受到挤压变形,并由修光刃带烫平。

弹性滚压工具结构如图 2-53 所示。刀体内装有弹簧使滚轮在滚压时能有一定的弹性伸缩,适用于滚压刚性较差的零件。弹性滚压工具的刀体与衬套,通过弹簧外套装在机床刀架上,因此,滚轮心轴与工件中心的夹角可以自由调节,调节后即由机床刀架上的螺钉压紧。

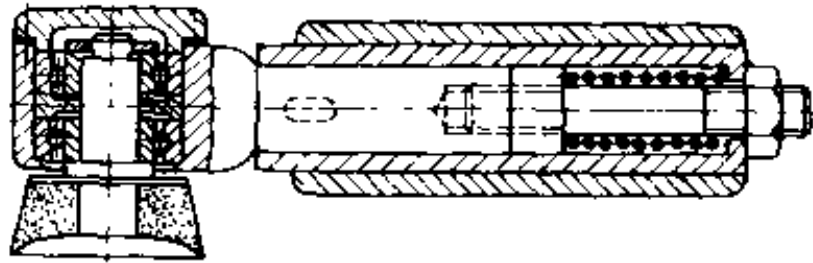


图 2-53 弹性滚压工具

2) 工具制造的工艺要求

① 滚轮与轴端的同轴度好坏,对滚压加工质量影响极大,要求同轴度误差在 $0.005\sim 0.01\text{mm}$ 之内,越小越好。

为了保证这一要求,在装配滚轮之前,应进行粗磨,待装配后再进行刃带的精磨。精磨时可在磨床上采用如图 2-54 所示的夹具进行,将刀杆翻身,以刀杆上面为安装基准,用螺钉、压板压紧。卸除后盖,将带拨杆的专用螺母拧在心轴一端的螺纹上,这样滚轮就可由拨盘通过拨杆带动旋转。磨好刃带型面后,将磨床工作台转动一个斜角,就可以磨型面上 $10^\circ\sim 12^\circ$ 与 15° 等的锥面部分。

② 滚轮工作表面粗糙度 R_a 要求在 $0.1\sim 0.05\mu\text{m}$ 以内,一般用碳化硅砂轮粗磨然后用金刚石磨轮细磨即可达到。

③ 滚轮工作型面几何形状的合理选择,对增加滚压时的

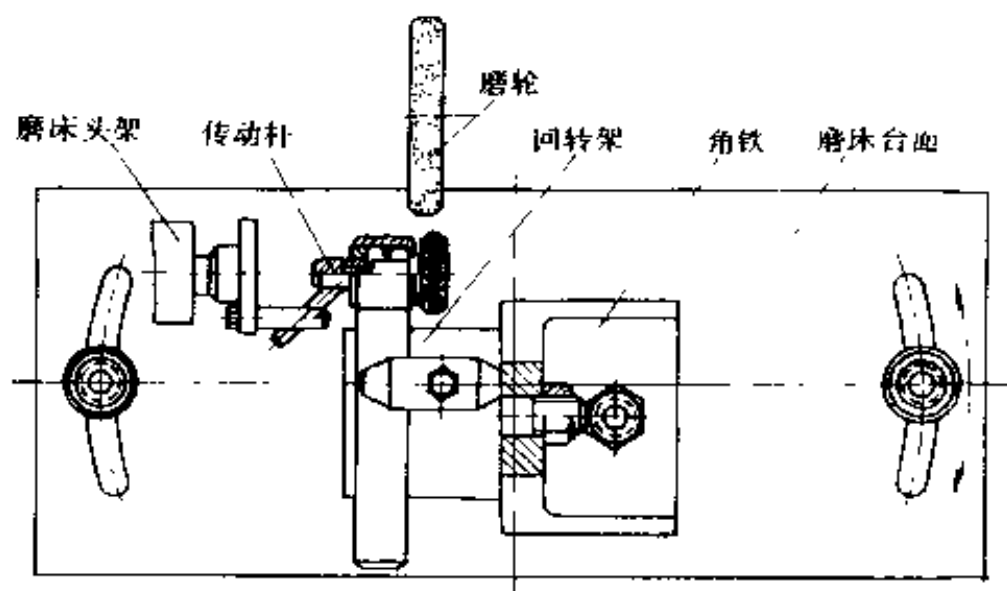


图 2-54 滚轮型面刃磨方法

单位面积压力与压光作用关系很大,严格控制滚轮形状参数效果显著。

3) 滚压参数

① 滚压前,原始表面粗糙度不大于 $R_{a} 6.3\mu\text{m}$,余量应在 $0.01\sim 0.02\text{mm}$ 为宜。

② 滚压用量 $v_c = 100 \sim 200\text{m}/\text{min}$, $f = 0.05 \sim 0.15\text{mm}/\text{r}$ 。

③ 滚压压力可凭操作者经验决定。一般待滚轮与工件接触后,再径向进给(过盈)约 0.3mm ,经滚压后实际压入量约为 $0.01\sim 0.02\text{mm}$ 左右。滚压力不宜过大,否则工件表面会产生脱皮,滚轮刃带型面也易损坏。

④ 滚压次数为 $1\sim 2$ 次。一般一次滚压就能达到要求。

4) 使用时应注意事项

① 要合理安装和对刀,这是保证滚压效果的重要条件。对刀时,通常以滚压带的接触面为全刃带面 $3/5$ 最适合,工件

中心应比滚轮的切线略高 1mm 左右,滚轮心轴轴线与工件轴线应有 $1.5^{\circ}\sim 2^{\circ}$ 夹角。一般将刀杆底面做斜如图 2-53 中的情况,或凭经验加以调整。

② 滚压前滚轮刃带表面及加工工件表面应清洁,不要有油污,工件表面不能有局部缩孔或硬点,否则会影响滚压加工后表面粗糙度。

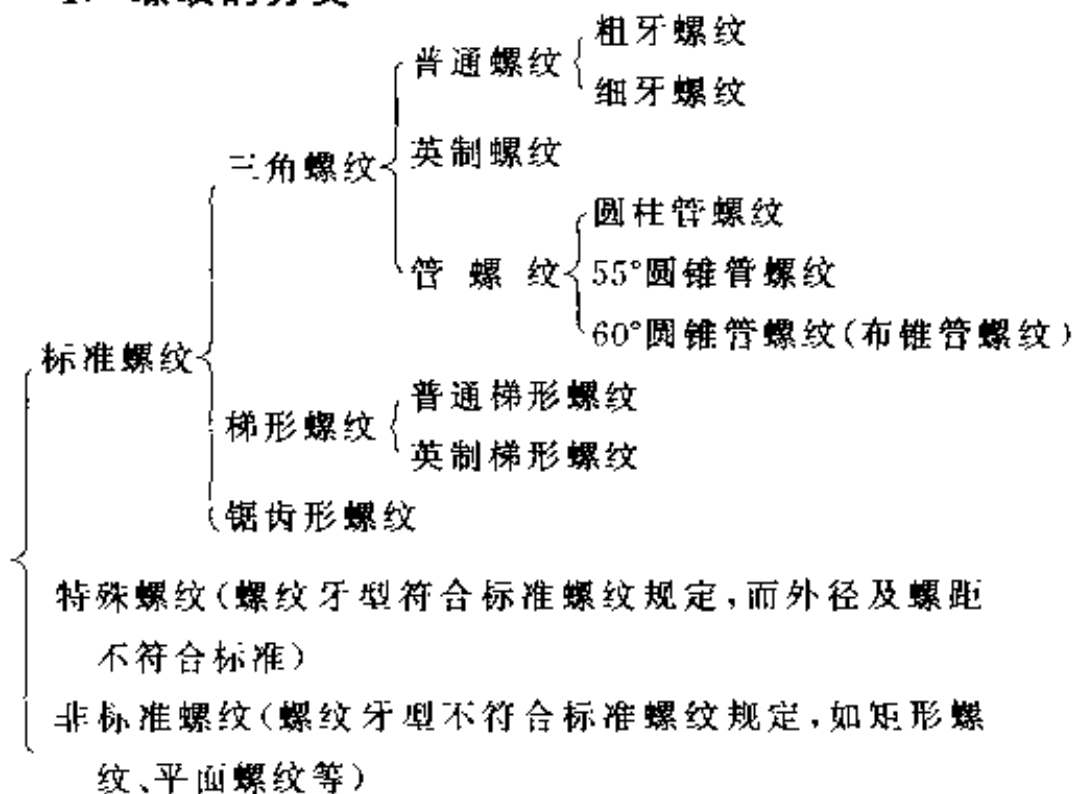
③ 滚压后工件端面会出现压塌凹凸面,因此通常进行滚压后倒轴端 45° 角。

④ 滚压时进刀和退刀要快速,防止刃带与工件发生滑动摩擦而损伤刃带表面。

⑤ 当滚轮型面精度失真时,必须及时修磨。

九、螺 纹 加 工

1. 螺纹的分类



2. 标准螺纹代号

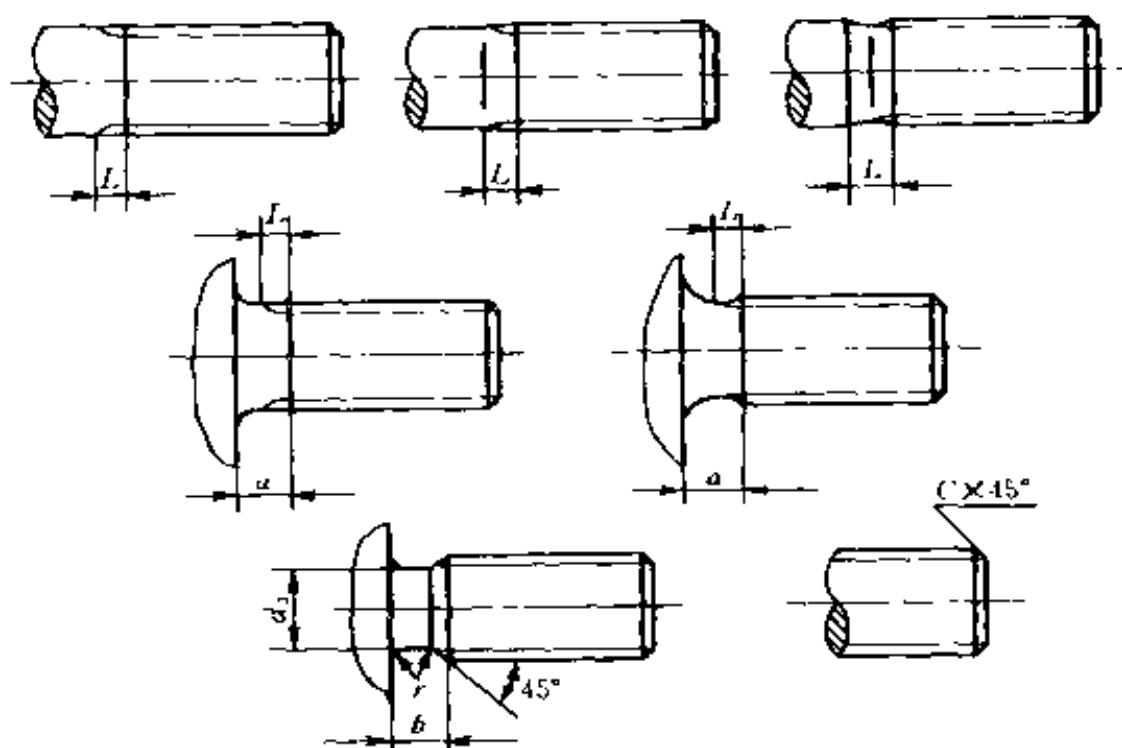
表 2-50 螺纹种类代号和示例说明

螺纹种类	牙型代号	示 例	牙型角	说 明
粗牙普通螺纹	M	M12 5H	60°	直径 12mm, 右旋, 中径公差 5H, 顶径公差 6H
细牙普通螺纹	M	M20×2 左 H6/5g6g	60°	直径 20mm, 螺距 2mm, 左旋, 内螺纹中, 顶径公差 6H, 外螺纹中径公差 5g, 外螺纹顶径公差 6g
梯形螺纹	Tr	Tr40×7	30°	直径 40mm, 螺距 7mm
		Tr40×14(P7)LH	30°	直径 40mm, 导程 14mm, 螺距 7mm(双头), 左旋
米制锥螺纹	ZM	ZM10	60°	直径 10mm, 标准基准距离的米制锥螺纹
		ZM10·5	60°	直径 10mm, 短基准距离的米制锥螺纹
非螺纹密封的管螺纹	G	G1 $\frac{1}{2}$ LH	55°	管子公称直径 1 $\frac{1}{2}$ 英寸, 左旋内螺纹
		G1 $\frac{1}{2}$ A LH	55°	管子公称直径 1 $\frac{1}{2}$ 英寸, 左旋, A 等级公差外螺纹

3. 螺纹结构要素

(1) 普通外螺纹收尾、肩距、退刀槽和倒角尺寸

表 2 51 普通外螺纹收尾、肩距、退刀槽和倒角尺寸 (mm)



螺距 P	粗牙螺 纹外径 d	螺纹收尾 L (不大于)		肩 距 a (不大于)			退 刀 槽		$r \approx$	d_3	倒 角 C
		一般	短的	一般	长的	短的	一般	窄的			
0.2	-	0.5	0.25	0.6	0.8	0.4					0.2
0.25	1; 1.2	0.6	0.3	0.75	1	0.5	0.75				
0.3	1.4	0.75	0.4	0.9	1.2	0.6	0.9				
0.35	1.6; 1.8	0.9	0.45	1.05	1.4	0.7	1.05		0.5P	$d - 0.6$	0.3
0.4	2	1	0.5	1.2	1.6	0.8	1.2			$d - 0.7$	
0.45	2.2; 2.5	1.1	0.6	1.35	1.8	0.9	1.35			$d - 0.7$	0.4

(续表)

螺距 P	粗牙螺 纹外径 d	螺纹收尾 L (不大于)		肩距 a (不大于)			退刀槽		r \approx	d_1	倒角 (°)
		一般	短的	一般	长的	短的	一般	窄的			
0.5	3	1.25	0.7	1.5	2	1	1.5			$d - 0.8$	0.5
0.6	3.5	1.5	0.75	1.8	2.4	1.2	1.8			$d - 1$	
0.7	4	1.75	0.9	2.1	2.8	1.4	2.1	1		$d - 1.1$	
0.75	4.5	1.9	1	2.25	3	1.5	2.25			$d - 1.2$	0.6
0.8	5	2	1	2.4	3.2	1.6	2.4			$d - 1.3$	0.8
1	6;7	2.5	1.25	3	4	2	3			$d - 1.6$	1
1.25	8	3.2	1.6	4	5	2.5	3.75	1.5		$d - 2$	1.2
1.5	10	3.8	1.9	4.5	6	3	4.5			$d - 2.3$	1.5
1.75	12	4.3	2.2	5.3	7	3.5	5.25	2.5		$d - 2.6$	
2	14;16	5	2.5	6	8	4	6		0.5P	$d - 3$	2
2.5	18;20;22	6.3	3.2	7.5	10	5	7.5	3.5		$d - 3.6$	
3	24;27	7.5	3.8	9	12	6	9			$d - 4.4$	2.5
3.5	30;33	9	4.5	10.5	14	7	10.5	4.5		$d - 5$	
4	36;39	10	5	12	16	8	12	5.5		$d - 5.7$	3
4.5	42;45	11	5.5	13.5	18	9	13.5	6		$d - 6.4$	
5	48;52	12.5	6.3	15	20	10	15	6.5		$d - 7$	4
5.5	56;60	14	7	16.5	22	11	17.5	7.5		$d - 7.7$	
6	64;68	15	7.5	18	24	12	18	8		$d - 8.3$	5

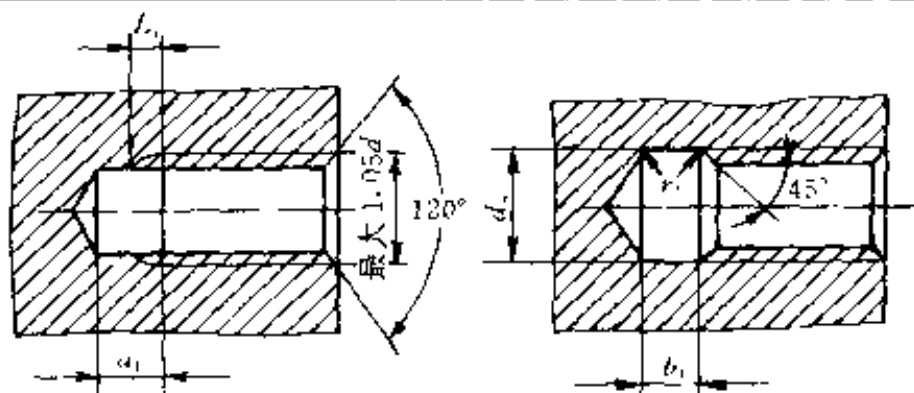
注：1. 外螺纹倒角和退刀槽过渡角一般按 45° ，也可按 60° 或 30° ，当螺纹按 60° 或 30° 倒角时，倒角深度约等于螺纹深度。

2. 肩距 a 是螺纹收尾 L 加螺纹空白的总长，设计时应优先考虑一般肩距尺寸，短的肩距只在结构需要时采用。

3. 细牙螺纹按本表螺距 P 选用。

(2) 普通内螺纹收尾、肩距、退刀槽和倒角尺寸

表 2-52 普通内螺纹收尾、肩距、退刀槽和倒角尺寸 (mm)

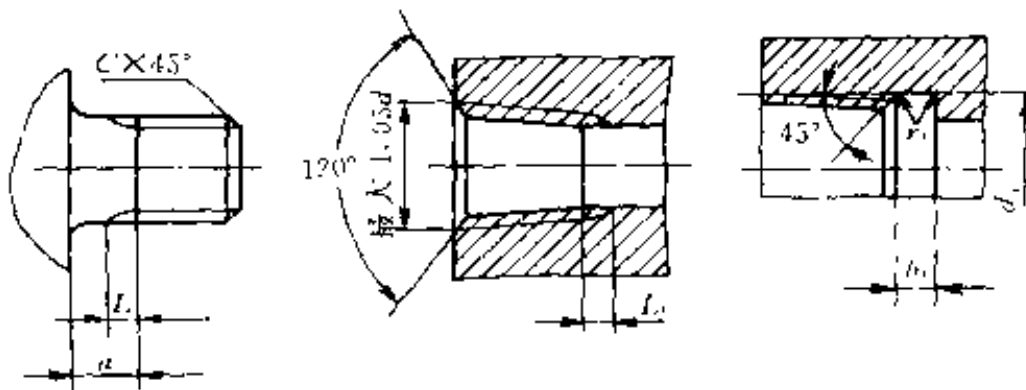


螺距 P	粗牙螺 纹外径 d	螺纹收尾 L_1 (不大于)		肩距 a_1 (不小于)		退 刀 槽		r_1 \approx	d_1
		一般	长的	一般	长的	b_1			
0.2	-	0.1	0.6	1.2	1.6				
0.25	1;1.2	0.5	0.8	1.5	2				
0.3	1.4	0.6	0.9	1.8	2.1				
0.35	1.6;1.8	0.7	1.1	2.2	2.8				
0.4	2	0.8	1.2	2.5	3.2				
0.45	2.2;2.5	0.9	1.4	2.8	3.6				
0.5	3	1	1.5	3	4	2	1.5		
0.6	3.5	1.2	1.8	3.2	4.8				
0.7	4	1.1	2.1	3.5	5.6				$d+0.3$
0.75	4.5	1.5	2.3	3.8	6	3	2		
0.8	5	1.6	2.4	4	6.4				
1	6;7	2	3	5	8	4	2.5	0.5P	
1.25	8	2.5	3.8	6	10	5	3		
1.5	10	3	4.5	7	12	6	4		
1.75	12	3.5	5.2	9	14	7	4		
2	14;16	4	6	10	16	8	5		
2.5	18;20;22	5	7.5	12	18	10	6		
3	24;27	6	9	14	22	12	7		$d+0.5$
3.5	30;33	7	10.5	16	24	14	8		
4	36;39	8	12	18	26	16	9		
4.5	42;45	9	13.5	21	29	18	10		
5	48;52	10	15	23	32	20	11		
5.5	56;60	11	16.5	25	35	22	12		
6	64;68	12	18	28	38	24	14		

注：内螺纹倒角一般是 120° 锥角，也可以是 90° 锥角。

(3) 米制锥螺纹收尾、退刀槽和倒角尺寸

表 2-53 米制锥螺纹收尾、退刀槽和倒角尺寸 (mm)



螺纹代号	螺距 P	外 螺 纹			内 螺 纹			
		螺纹收尾 L	肩距 a	倒角 C	螺纹收尾 L_1	退 刀 槽 b_1	r_1	d
ZM6	1	2	3	I	3	3	0.5	6.5
ZM8								8.5
ZM10								10.5
ZM14								14.5
ZM18	1.5	3	4.5	I	4.5	4.5	1	18.5
ZM22								22.5
ZM27	2	4	6	1.5	6	6	1	27.5
ZM33								33.5
ZM42								42.5
ZM48								48.5
ZM60								60.5
ZM76								76.5
ZM90	3	6	8	I	9	9	1.5	91.5

注：1. 外螺纹倒角和螺纹退刀槽过渡角一般按 45° ，也可按 60° 或 30° ；当按 60° 或 30° 倒角时，倒角深度约等于螺纹深度。

2. 内螺纹倒角一般是 120° 锥角，也可以是 90° 锥角。

3. d 为基面上螺纹外径（对内螺纹即螺孔端面的螺纹外径）。

4. 车削螺纹时挂轮的计算

车削螺纹时,必须根据工件螺距和车床长丝杠螺距,计算挂轮或按照走刀箱铭牌标注,改变手柄位置,使车刀在主轴每转的纵向进给量等于工件的螺距,即可车出所要求的螺纹,如图 2-55 所示。

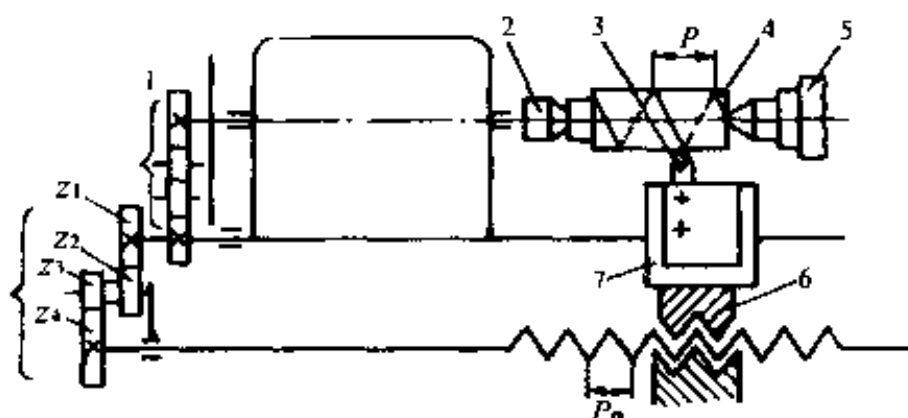


图 2-55 车螺纹时的传动示意图

1-三星齿轮; 2-主轴; 3-车刀; 4-工件; 5-尾座; 6-开合螺母; 7-纵滑板

(1) 挂轮形式和啮合要求(见表 2-54)

表 2-54 挂轮形式和备轮齿数

	单式挂轮传动	复式挂轮传动
挂轮形式		
啮合要求	计算出来的各个挂轮的齿数,必须符合: $z_1 + z_2 > z_3 + 15$; $z_3 + z_4 > z_2 + 15$	
备轮齿数	20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115, 120, 127	

注:单式挂轮为凑合挂轮的中心距,在齿轮 z_1 和 z_2 之间需用中间轮。

(2) 挂轮计算公式及实例(见表 2-55)

表 2-55 挂轮计算公式

名称	计算公式	举例
公制车床车制螺纹	$i = \frac{z_1}{z_2} = \frac{\text{工件螺距}}{\text{丝杠螺距}}$ 或 $i = \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{\text{工件螺距}}{\text{丝杠螺距}}$ 式中 i —— 速比, 下同	<p>【例 1】 车床丝杠螺距 8mm, 车制工件螺距 2.5mm 的螺纹, 求挂轮齿数?</p> <p>【解】 $i = \frac{z_1}{z_2} = \frac{2.5}{8} = \frac{2.5 \times 2}{8 \times 2} = \frac{5}{16} = \frac{25}{80}$</p> <p>【例 2】 车床丝杠螺距 12mm, 车制工件螺距 1.0mm 的螺纹, 求挂轮齿数?</p> <p>【解】 $i = \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{1}{12} = \frac{1}{12} \times \frac{1}{5} = \frac{50}{100} \times \frac{20}{120}$</p>
公制车床车英制螺纹	$i = \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{25.4}{\text{工件每英寸牙数}} \times \frac{\text{丝杠螺距}}{127}$ $= \frac{5 \times \text{丝杠螺距} \times \text{工件每英寸牙数}}{18 \times 24}$ $= \frac{17 \times \text{工件每英寸牙数} \times \text{丝杠螺距}}{40 \times 40}$ $= \frac{9 \times 7 \times \text{工件每英寸牙数} \times \text{丝杠螺距}}{40 \times 40}$	<p>【例 1】 车床丝杠螺距 6mm, 车制工件每英寸 4 牙的螺纹, 求挂轮齿数?</p> <p>【解】 $i = \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{127}{5 \times 4 \times 6} = \frac{127}{120} = \frac{1}{2} \times \frac{127}{60} = \frac{30}{100} \times \frac{127}{60}$</p> <p>【例 2】 车床丝杠螺距 10mm, 车制工件每英寸 8 牙的螺纹, 求挂轮齿数?</p> <p>【解】 $i = \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{127}{5 \times 8 \times 10} = \frac{127}{400} = \frac{1}{4} \times \frac{127}{100} = \frac{30}{120} \times \frac{127}{100}$</p>
公制车床车模数蜗杆	$i = \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{\pi \cdot m}{\text{丝杠螺距}}$ $= \frac{22 \cdot m}{7 \times \text{丝杠螺距}}$ 式中 m —— 模数	<p>【例 1】 车床丝杠螺距 6mm, 车制工件模数为 2 的蜗杆, 求挂轮齿数?</p> <p>【解】 $i = \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{22 \times 2}{7 \times 6} = \frac{44}{42} = \frac{8}{7} \times \frac{5.5}{7} = \frac{80}{50} \times \frac{55}{70}$</p> <p>【例 2】 车床丝杠螺距 12mm, 车制工件模数为 5 的蜗杆, 求挂轮齿数?</p> <p>【解】 $i = \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{22 \times 5}{7 \times 12} = \frac{55}{42} = \frac{5}{6} \times \frac{11}{7} = \frac{50}{60} \times \frac{55}{35}$</p>

(续表)

名称	计算公式	举例
公制车床车径节蜗杆	$i = \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{\pi \times 25.4}{\text{丝杠螺距} \times \text{DP}}$ $= \frac{22 \times 127}{7 \times 5 \times \text{丝杠螺距} \times \text{DP}}$ <p>式中 DP — 径节</p>	<p>【例 1】 车床丝杠螺距 6mm, 车制工件径节为 10 的蜗杆, 求挂轮齿数?</p> <p>【解】 $i = \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{22 \times 127}{7 \times 5 \times 6 \times 10} = \frac{22}{5 \times 7} \times \frac{127}{5 \times 10}$</p> $= \frac{11}{21} \times \frac{127}{50} = \frac{55}{105} \times \frac{127}{50}$ <p>【例 2】 车床丝杠螺距 10mm, 车制工件径节为 8 的蜗杆, 求挂轮齿数?</p> <p>【解】 $i = \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{22 \times 127}{7 \times 5 \times 10 \times 8} = \frac{22}{40} \times \frac{127}{70} = \frac{127}{70} \times \frac{55}{100} \times \frac{127}{70}$</p>

注: 1. 计算挂轮时, 如单式挂轮不能解决, 可采用复式挂轮,

2. 没有 127 牙齿轮, 可用 25.4 近似分数值代入:

$$25.40000 = \frac{127}{5}; 25.41176 \approx \frac{18 \times 24}{17}; 25.39683 \approx \frac{40 \times 40}{7 \times 9}$$

3. 车制蜗杆时, 应先将它的节距换算成螺距:


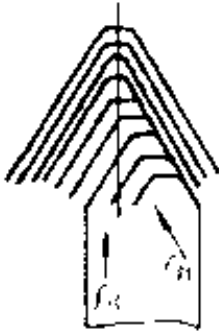


模数换算成公制螺距 = $\pi \times$ 模数

$$\text{径节换算成公制螺距} = \frac{25.4 \times \pi}{\text{径节}}$$




4. π 用 $\frac{22}{7}$ 近似分数值计算。

5. 螺纹车削的方法与切削图形

表 2-56 螺纹牙型、加工方法及效果

螺纹牙型	切削图形	适用对象及加工方法	效 果	说 明
右旋		适用螺距 $P \sim 2.5\text{mm}$ 的工件。采用径向进刀方式	左右两切削刃切削力平衡，保护了刀尖，适用高速切削，可得到较高的牙型精度	切削力较大，排屑较困难
左旋		适用螺距 $P \sim 2.5\text{mm}$ 的工件。粗车采用斜向进刀方式，精车采用径向进刀方式	切削力小，排屑顺畅，粗、精车可分别采取不同方式进行车削	掌握稍难；粗、精车用同一把刀具，加工精度及粗糙度有限制
三角螺纹		适用 H6 精度以上、粗糙度较小的最后几次精车止刀。常用 $v_c = 5 \sim 8 \text{ m/min}$ 的低速切削和采用轴向进刀方式	可达到 H6 精度以上及粗糙度 $R_{a1.6}$ (车床条件较好)	生产效率较低
梯形螺纹		适用螺距小于 8mm、切削性能较好的工件的粗车和精车。采用径向进刀方式	操作简单，辅助时间短，可采用硬质合金车刀，切削效率较高；但切削力较大，排屑不畅	

(续表)

螺纹牙型	切削图形	适用对象及加工方法	效 果	说 明
		适用螺距小于 8mm、材料强度和硬度较高的工件，采用刀尖角由大渐小的几把成形刀，分别进行粗车和切槽	切削刃长度缩短，切削面积和切削力减小，刀具散热条件改善，刀尖得到保护，排屑顺畅	若使用刀尖角较大的刀具，加工时注意槽宽尺寸必须留有精车的加工余量
梯 形 螺 纹		适用螺距大于 8mm 的工件加工。采用切槽刀粗车螺纹槽，成形车刀粗车和精车螺纹	参加切削的切削刃最短，两侧刀的前角较大，切削力小，可选用较大进给量，排屑也容易	切槽时注意留有螺纹底径的精车加工余量
纹		适用螺距大于 12mm 工件的加工。粗车螺纹采用“分层剥离”方式，即以成形车刀斜向进刀至一定深度后，再轴向进刀	每次进给的背吃刀量较小而切削层厚度较大，切除同样的金属的切削力较小，刀尖受力情况得到改善	可采用大进给量作强力切削，适用于蜗杆类牙槽（大而深）加工；注意控制进刀和进刀值，使切削层形窄而厚，降低单位切削力

6. 螺纹车刀的若干几何参数

车削梯形螺纹或蜗杆时,车刀顶刃宽度应等于螺纹槽底的宽度。通常采用螺纹相应几何尺寸制做样板,再依据样板来刃磨刀具的;但为了保证螺纹的粗糙度和槽底尺寸,车刀顶刃宽度尺寸宜略小于样板,以使两侧分别沿全廓切削。

(1) 30°梯形螺纹车刀的顶刃宽度尺寸

表 2-57 30°梯形螺纹车刀顶刃宽度的计算

计 算 公 式	示 例
$W = 0.366P - 0.536Z$ 式中 W 顶刃宽度(mm); P 螺距(mm); Z 间隙(mm)	【例】 车削 30°梯形螺纹,螺距 8mm,已知间隙为 0.5mm,求顶刃宽度尺寸。 【解】 $W = 0.366 \times 8 - 0.536 \times 0.5$ $= 2.66\text{mm}$

注: 间隙 Z 的常用数值: 当 $P = 2 \sim 4$ 时, Z 为 0.25mm; $P = 5 \sim 12$ 时, Z 为 0.50mm; $P = 16 \sim 18$ 时, Z 为 1.00mm。

表 2-58 30°梯形螺纹车刀的顶刃宽度尺寸 (mm)

螺距 P	顶刃宽度 W	螺距 P	顶刃宽度 W	螺距 P	顶刃宽度 W
2	0.598	8	2.660	24	8.248
3	0.964	10	3.392	32	11.176
4	1.330	12	4.124	40	14.104
5	1.562	16	5.320	48	17.032
6	1.928	20	6.781		

(2) 40°模数蜗杆车刀的顶刃宽度尺寸

表 2-59 40°模数蜗杆车刀顶刃宽度的计算 (mm)

计 算 公 式	示 例
$W = 0.843m_n - 0.728Z$ 式中 W 顶刃宽度(mm); m_n 蜗杆模数(mm); Z 间隙(mm)	【例】 车削蜗杆,模数为 6mm,间隙取 0.2 m_n ,求顶刃宽度尺寸。 【解】 $W = 0.843 \times 6 - 0.728 \times (0.2 \times 6)$ $= 5.058 - 0.8736 = 4.1844$ $\approx 4.18\text{mm}$

表 2-60 40°模数蜗杆车刀顶刃宽度尺寸 (mm)

模数 m_s	顶刃宽度 W	模数 m_s	顶刃宽度 W	模数 m_s	顶刃宽度 W
1	0.697	(4.5)	3.137	14	9.763
1.25	0.872	5	3.487	16	11.158
1.5	1.046	6	4.184	18	12.553
2	1.394	(7)	4.881	20	13.948
2.5	1.713	8	5.579	25	17.435
3	2.092	(9)	6.276	(30)	20.922
(3.5)	2.440	10	6.974		
4	2.788	12	8.368		

注：1. 括弧内的模数尽可能不采用。

2. Z 取 $0.2m_s$ 。

(3) 29°径节蜗杆车刀的顶刃宽度尺寸

表 2-61 29°径节蜗杆车刀顶刃宽度的计算 (mm)

计 算 公 式	举 例
$W = \frac{25.4 \times 0.9723}{DP}$ 式中 DP —— 径节； W —— 顶刃宽度	<p>【例】 车制径节为 8 的 29°蜗杆，求顶刃宽度尺寸。</p> <p>【解】 $W = \frac{25.4 \times 0.9723}{8} = 3.087\text{mm}$ 即顶刃宽度 = 3.087mm</p>

表 2-62 29°径节蜗杆车刀的顶刃宽度尺寸 (mm)

径节 DP	顶刃宽度 W	径节 DP	顶刃宽度 W
2	12.348	8	3.087
3	8.232	9	2.741
4	6.174	10	2.469
5	4.939	11	2.245
6	4.116	12	2.058
7	3.528	13	1.900

(1) 螺纹车刀两侧刃后角的计算

车螺纹时,车刀对工件作螺旋运动,车刀两侧刃的实际后角受切削刃各点螺旋线的升角的影响,但在计算时只考虑螺纹在中径圆柱上螺旋线和工件端面之间的夹角,即螺纹升角,图 2-56 所示。螺纹升角数值见表 2-63。

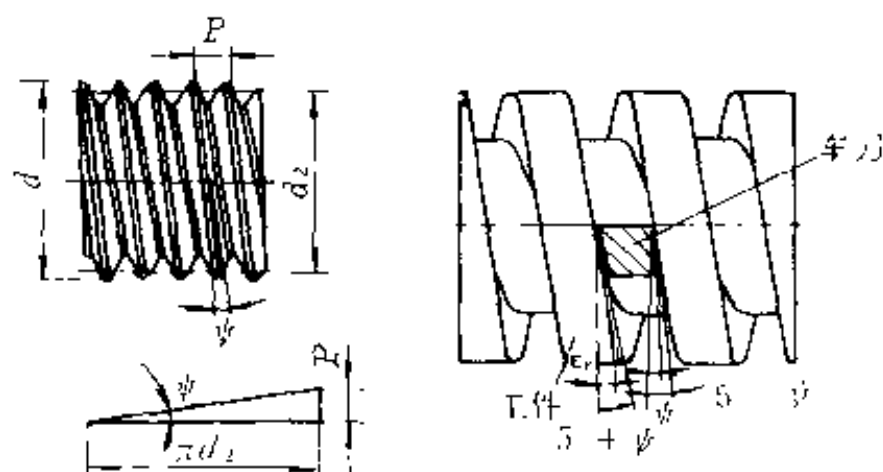


图 2-56 螺纹车削与车刀运动

螺纹升角 ϕ (即图 2-56 中的 ϕ) 的计算公式如下:

$$\operatorname{tg} \phi = \frac{L}{\pi d_2}$$

式中 L — 螺纹导程 (mm);

d_2 — 螺纹中径 (mm)。

当 $\phi < 8^\circ$ 时,可采用近似公式:

$$\phi = 18.24 \frac{L}{d_2} \quad (^\circ)$$

则车刀两侧刃后角应按下列计算结果刃磨:

右旋螺纹

左侧刃后角 $\alpha_{l1} = \text{合理后角} + \phi$

右侧刃后角 $\alpha_{r1} = \text{合理后角} - \phi$

左旋螺纹

左侧刃后角 α_{1f} = 合理后角 ϕ

右侧刃后角 α_{2f} = 合理后角 + ϕ

【例】 车削梯形螺纹 Tr44 × 16 (P8) LH, 中径 $d_2 = 40\text{mm}$, 求螺纹车刀两侧刃后角 α_{1f}, α_{2f} 。

【解】 设合理后角为 8° ,

$$\lg \phi = \frac{L}{\pi d_2} = \frac{16}{3.14 \times 40} = 0.1273$$

查三角函数表, 得

$$\phi = 7^\circ 15'$$

则左侧刃后角,

$$\alpha_{1f} = 8^\circ - 7^\circ 15' = 45'$$

右侧刃后角,

$$\alpha_{2f} = 8^\circ + 7^\circ 15' = 15^\circ 15'$$

(5) 螺纹升角 ϕ (见表 2 - 63)

表 2 - 63 导程(螺距)中径与螺纹升角的关系

螺 纹 中 径 d_2	导 程 (螺 距)									
	1	2	3	4	5	6	8	10	12	16
	螺 纹 升 角 ϕ									
5	3°39'	7°15'	10°49'	14°17'	17°39'	20°54'	26°59'	32°29'	37°22'	45°32'
10	1°49'	3°39'	5°27'	7°15'	9°3'	10°49'	14°17'	17°39'	20°54'	26°59'
15	1°13'	2°26'	3°39'	4°51'	6°4'	7°15'	9°38'	11°59'	14°17'	18°45'
20	0°55'	1°49'	2°44'	3°39'	4°33'	5°27'	7°15'	9°3'	10°49'	14°17'
30	0°36'	1°13'	1°49'	2°26'	3°2'	3°39'	4°51'	6°4'	7°15'	9°33'
40	0°27'	0°55'	1°22'	1°49'	2°17'	2°44'	3°39'	4°33'	5°27'	7°15'
50	0°22'	0°44'	1°6'	1°28'	1°49'	2°11'	2°55'	3°39'	4°22'	5°49'
70	0°16'	0°31'	0°47'	1°2'	1°18'	1°34'	2°5'	2°36'	3°7'	4°10'

注: 单线螺纹用螺距, 多线螺纹用导程(导程 $L =$ 螺距 $P \times$ 线数)。

(6) 螺纹车刀前角对牙型角的影响

车螺纹时,螺纹车刀前角的大小,会影响螺纹的牙型角。在刀尖角 ϵ_r 一定时,前角 γ_0 越大,牙型角 α 及由此而引起的牙型角误差也就越大(图 2-57)。车削精度要求较高的螺纹时,车刀的前角一般都选取 0° 。

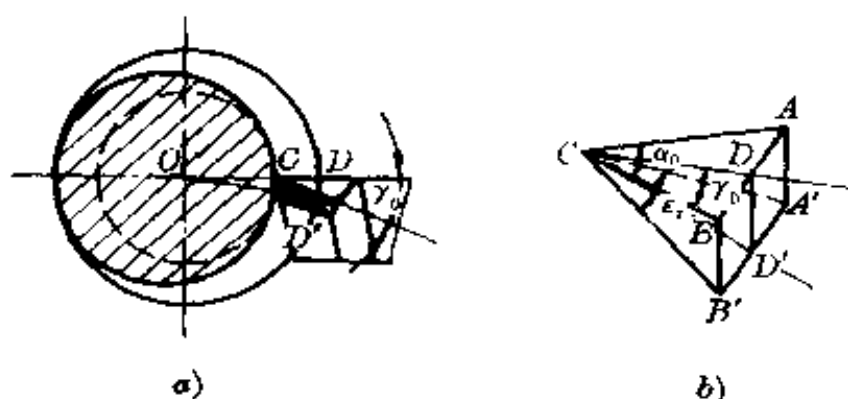


图 2-57 前角对牙型角的影响

如图 2-57 所示为前角 $\gamma_0 > 0^\circ$ 时的切削情况,刀尖 C 的高低位置对准工件中心,刀尖前面为 CD' ,与牙型轴向截面 CD 相交 γ_0 角。在螺纹径向截面内的直角 $\triangle CDD'$ 中,

$$CD < CD'$$

在直角 $\triangle CDA$ 和直角 $\triangle CD'A'$ 中,

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{AD}{CD}, \operatorname{tg} \frac{\epsilon_r}{2} = \frac{A'D'}{CD'}, CD < CD'$$

所以 $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} > \operatorname{tg} \frac{\epsilon_r}{2}, \alpha > \epsilon_r$

即螺纹牙型角小于车刀的刀尖角。

同时,由于前角的影响,牙型截面 CD 上各点不是同时车成的, C 点最先车成,离 C 点越远滞后的夹角越大, D 点比 C 点滞后的一个夹角(图 2-57a 中 $\angle DOD'$)最大,因此牙型截面上各点会向走刀方向偏移一段距离,产生半角误差(即俗称“晒牙”现象)。而且,牙型截面上的各点位置按曲线函数关系

变化,所以,综合前角 $\gamma_0 > 0^\circ$ 时所起的三个影响,显著影响到牙型角,轴向的牙型截面如图 2-58 所示。

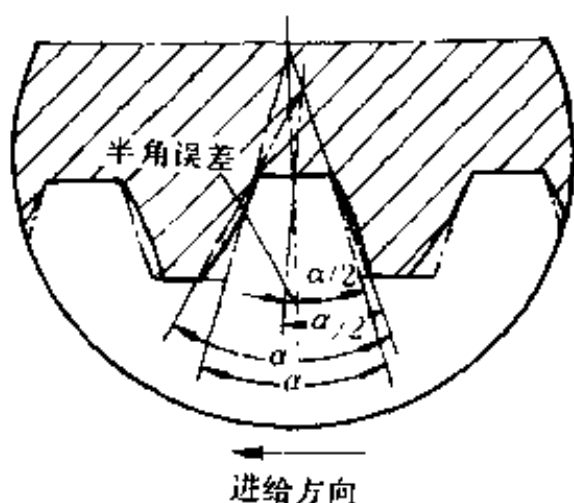


图 2-58 $\gamma_0 > 0^\circ$ 时,轴向牙型

截面放大(右旋)

双点划线为 $\gamma_0 = 0^\circ$ 时的牙型;

实线为 $\gamma_0 > 0^\circ$ 时的牙型

同样,当前角 $\gamma_0 < 0^\circ$ 时,也会发生螺纹牙型角不等于车刀刀尖角。

为了保证螺纹牙型角的正确,刀尖角 ϵ_r 可按下面近似公式计算:

$$\operatorname{tg} \epsilon_r = \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \gamma_0$$

【例】 梯形螺纹车刀前角 $\gamma_0 = 12^\circ$, 要保证螺纹牙型角 $\alpha = 30^\circ$, 求螺纹车刀刀尖角 ϵ_r 。

【解】 查 $\operatorname{tg} 30^\circ = 0.577 \cdot \cos 12^\circ = 0.978$ 。

$$\operatorname{tg} \epsilon_r = \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \gamma_0 = 0.577 \times 0.978 = 0.5643$$

查三角函数表 $\epsilon_r = 29^\circ 26'$ 。

7. 车削多线螺纹的分线方法

车削多线螺纹时的准确分线,是保证加工质量的关键性问题,如果螺纹分线有误差,成品的几条螺纹的螺距便不相等,影响内外螺纹的配合精度,降低使用寿命。螺纹分线方法的选择,应根据精度要求、加工批量的大小和机床情况作综合考虑。

根据多线螺纹的形成原理,分线的方法有轴向分线法和圆周分线两种。

(1) 轴向分线法

轴向分线法,就是在螺纹的导程上进行分线的方法。车削时,当车好一条螺旋槽以后,停止工件旋转,使车刀向前或后

退一个轴向螺距,再开始车削第二条螺旋槽。采用轴向分线法,对车刀移动距离要求很高,一般选用下列几种分线的方法:

① 用斜滑板刻度分线,即利用斜滑板刻度控制车刀向前或后退的移动距离,从而达到分线的目的。当车好一个螺旋槽后,只要转动斜滑板手柄,使车刀移动一个工件螺距,就可以车削相邻的另一条螺旋槽。

在分线之前,必须做好斜滑板的校正工作,使滑板导轨与工件轴线平行,并调整好滑板的间隙。

使用这种分线方法,不需要辅助工具就能进行,但不容易达到很高的精度。

② 用斜滑板、百分表分线,即按百分表读数确定斜滑板移动距离来进行分线(图 2-59)。

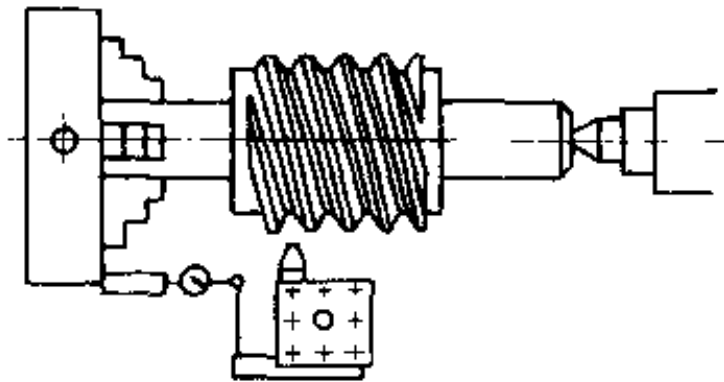


图 2-59 利用百分表和斜滑板分线

采用百分表分线时,必须使斜滑板导轨与工件轴线平行,还要注意百分表的测量杆与导轨基本平行,否则会产生分线误差。

③ 用量块分线。在采用量块进行分线(如图 2-60)时,先要在纵滑板、横滑板上各装一个挡块装置,在车第一条螺旋槽时,斜滑板上的触头应与纵滑板上的触头靠紧,当车第二条

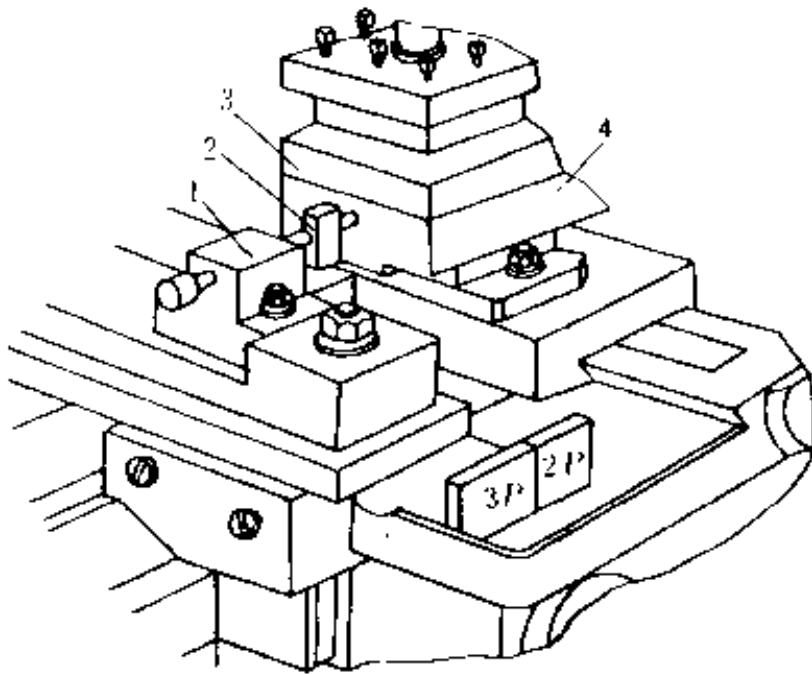


图 2-60 用量块进行分线

1 挡铁；2 量块；3 刀架；4 斜滑板

螺旋槽时,用一块厚度等于螺距 P 的量块垫在两触头之间,转动斜滑板手柄,使触头与量块接触。在车第三条螺旋槽时,用一块厚度等于两个螺距 ($2P$) 的量块垫上,用同样的方法调节,即可车削第三个螺纹线。假如工件的螺纹线数多于三个,则可相应增加螺距 P 的倍数的量块,即可车削更多的螺纹线数。这种方法也可以同用百分表联合使用,加工精度更高。

(2) 圆周分线法

多线螺纹的线数 n 在圆周上是均匀分布的,因此,多线螺纹各个线在端面上相隔的角度为 $\alpha = 360^\circ/n$ 。

圆周分线法就是在车好第一条螺旋槽之后,将主轴与丝杠之间的传动链脱开,并把工件转过一个 α 角度,再合上主轴与丝杠之间的传动链,即可车削另一条螺旋槽,这样依次分线,就能车出多线螺纹。

① 挂轮分线法。在加工螺纹的数量较少时,常采用挂轮

分线法,但挂轮的齿数 z_1 必须是螺纹线数的整数倍。

如在车削三线螺纹时,当车好第一条螺旋槽以后,停车,在 z_1 齿轮(主动轮)上用粉笔作好三等分(1,2,3)的记号(图 2-61a),随后把中间齿轮与主轴挂轮脱开,用手转动主轴挂轮或卡盘,使记号 2 的齿转到记号 1 的位置上(图 2-61b),并与中间轮啮合,就可以车削第二条螺纹槽。车削第三条螺纹槽时,也用同样的方法进行分线。

用这种方法分线的优点是分线精度较高,但是操作较麻烦。分线的线数受主动挂轮齿数 z_1 的限制。在必要时,可以通过计算,用更换主动挂轮改变齿数 z_1 来解决。

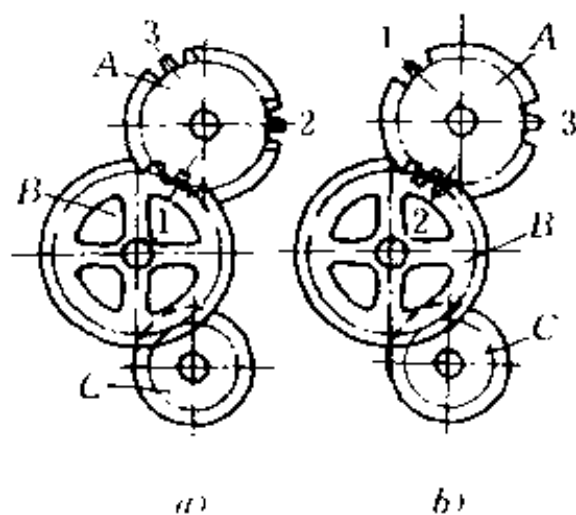


图 2-61 利用挂轮齿数进行分线法

a) 作好记号; b) 转过后啮合情况
A- 主轴挂轮; B- 中间轮; C- 丝杠挂轮

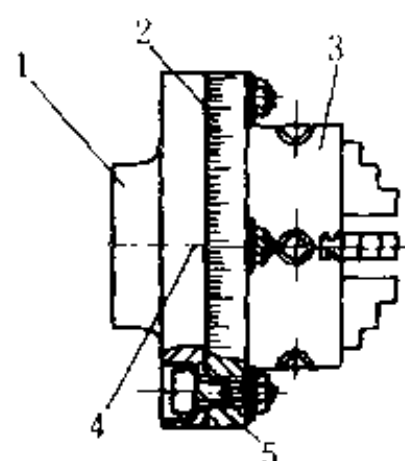


图 2-62 简易分度盘

1- 法兰盘; 2- 分度转盘;
3- 卡盘; 4- 基线; 5- 螺栓

(2) 利用简易分度盘分线。对于中等批量的多线螺纹加工,螺纹的分线可采用如图 2-62 所示的简易分度盘来进行。分度盘转动角度值由螺纹分线数决定。将螺纹的分线数除以 360° , 即是每个线的分度盘转动值。例如,两个分线的多线螺纹,每个分线需分度盘转过 180° ; 三个分线,需分度盘转过 120° ; 四个分线,需分度盘转过 90° , 等等。

8. 车削蜗杆的方法

(1) 车削圆柱形模数蜗杆

车削圆柱形模数蜗杆的方法和梯形螺纹相似，但在加工过程中，因容易发生振动，使工件变形，甚至“扎刀”，所以车削蜗杆一般采用能转动角度的弹性活络刀排（图 2-63）。

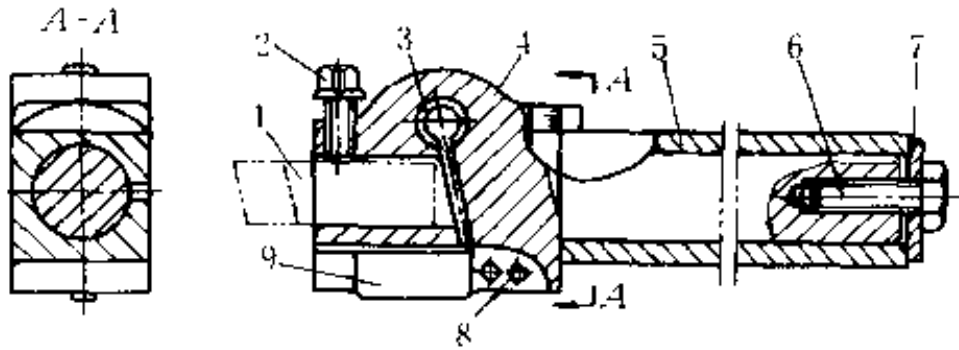


图 2-63 弹性活络刀排

1—刀头；2,6—螺钉；3—弹簧；4—刀体；5—夹紧圈；
7—垫圈；8—铆钉；9—防扭块

粗车时，装上粗车刀头（图 2-64，它的刀尖角应等于蜗杆的齿形角），按蜗杆分度圆上的螺纹升角转动刀体，采用左右切削法。精车时，如工件刚性许可，而且模数较小（ $m \leq 6$ ），可装上图 2-65 所示的蜗杆精车刀头，弹性活络刀排转回到零度刻线，采用小背吃刀量，低速车削，以保证齿形正确。当工件刚性较差或模数较大时，精车选用图 2-66、图 2-67 所示的车刀，先分别精车齿形两侧面，再用刀尖角略小于齿形角，顶刃宽略小于齿根槽宽的车刀（前后角与车矩形螺纹时相似）精车蜗杆根径，把牙型修整清晰。在刃磨上述三种蜗杆车刀顺进给方向一侧刃的后角时，必须注意蜗杆分度圆柱上的螺纹升角 ψ （在《齿轮基本术语》国标中称导程角）（参见表 2-63）的影响。在装夹车刀时，如用一般的角度卡板难以校正位置，

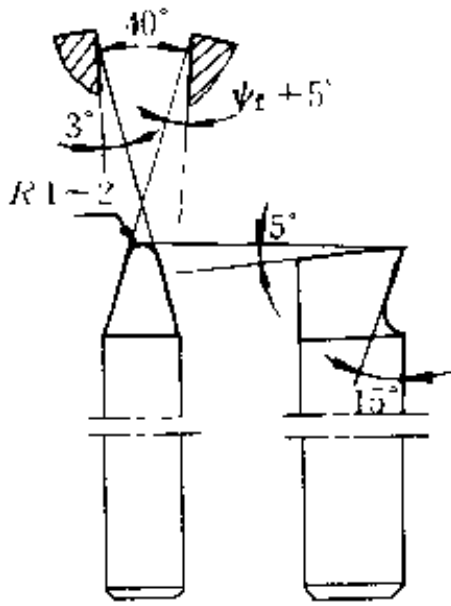


图 2-64 钢类工件蜗杆粗车刀

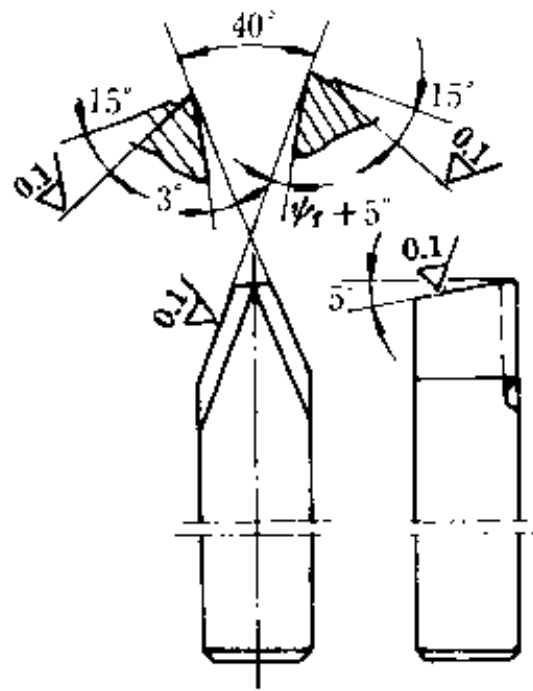


图 2-65 钢类工件两面磨槽
蜗杆精车刀

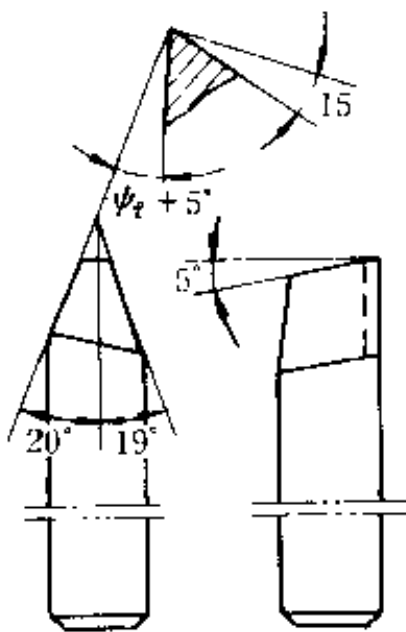


图 2-66 两侧刃分别精车的蜗杆
精车刀(图示为右侧刃刀)

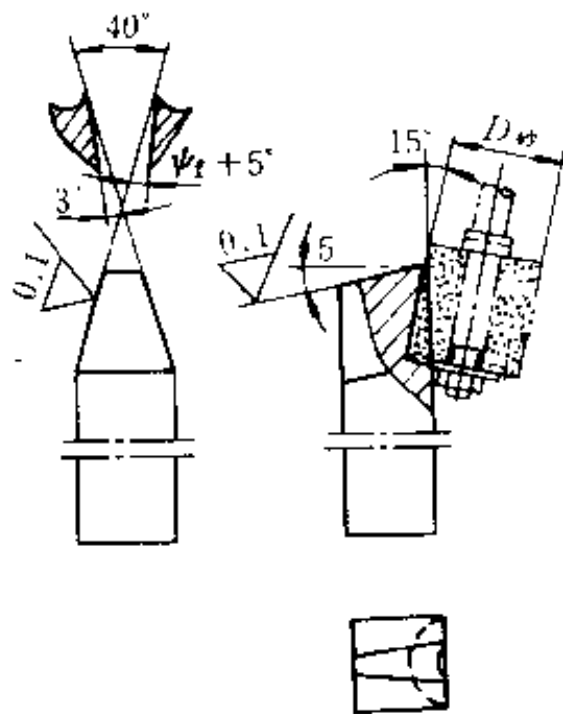
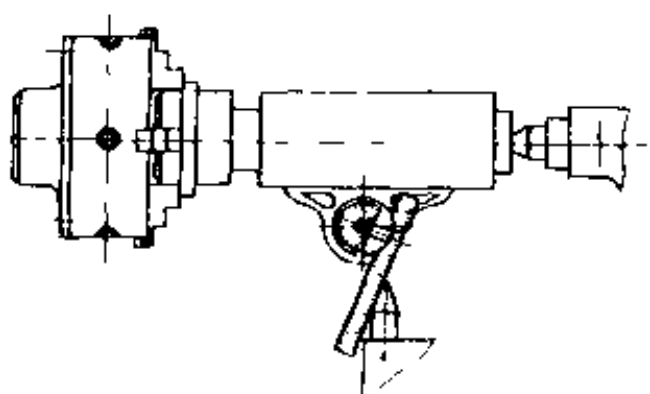


图 2-67 圆弧前刀面精车刀

可用图 2-68 所示的万能量角器校正。其方法是使万能量角器

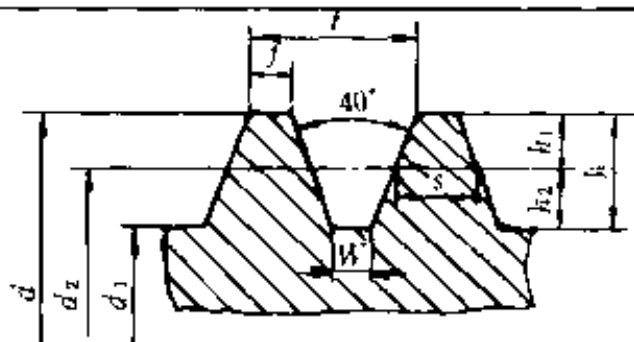


器的一边靠在蜗杆工件外圆柱的母线上,另一边应与车刀切削刃接触后无间隙,如有偏差,则转动刀架或重新装夹车刀来校正车刀的装夹位置。蜗杆除了采用一般车削方法加工外,也可采用旋

图 2-68 用万能量角器校正车刀
 风切削法进行加工,其方法与旋风切削螺纹相同。

(2) 公制蜗杆各部分尺寸计算

表 2-64 公制蜗杆各部分尺寸计算 (mm)



名称	计算公式	名称	计算公式
轴向模数 m_x	(基本参数)	内径 d_1	$d_1 = d_2 - 2.4m_x$ 或 $d_1 = d - 4.4m_x$
齿形角 α	$\alpha = 40^\circ$ (压力角 $= 20^\circ$)	齿顶宽 f	$f = 0.843m_x$
齿距 t	$t = \pi m_x$	齿根槽宽 W	$W = 0.697m_x$
导程 L	$L = nt = n\pi m_x$	轴向齿厚 s	$s = \frac{t}{2}$
齿深 h	$h = 2.2m_x$	螺纹升角 ϕ	$\tan \phi = \frac{L}{\pi d_2}$
齿顶高 h_1	$h_1 = m_x$	法向齿厚 s_n	$s_n = \frac{t}{2} \cos \phi$ (导程角)
齿根高 h_2	$h_2 = 1.2m_x$		
中径 d_2	$d_2 = d - 2m_x$		
外径 d	$d = d_2 + 2m_x$		

【例】 车削外径为 52mm, 牙形角 40° , 轴向模数 $m_n = 4$ 的双头蜗杆, 求各部分尺寸。计算公式参见表 2-68。

- 【解】**
- (1) $t = \pi m_n = 3.1416 \times 4 = 12.566\text{mm}$
 - (2) $L = \pi m_n z = 3.1416 \times 4 \times 2 = 25.133\text{mm}$
 - (3) $h = 2.2 m_n = 2.2 \times 4 = 8.8\text{mm}$
 - (4) $d_2 = d - 2 m_n = 52 - 2 \times 4 = 44\text{mm}$
 - (5) $d_1 = d_2 + 2.4 m_n = 44 + 2.4 \times 4 = 34.4\text{mm}$
 - (6) $f = 0.843 m_n = 0.843 \times 4 = 3.37\text{mm}$
 - (7) $W = 0.697 m_n = 0.697 \times 4 = 2.79\text{mm}$
 - (8) $s = \frac{t}{2} = \frac{12.566}{2} = 6.283\text{mm}$
 - (9) $\text{tg}\phi = \frac{L}{\pi d_2} = \frac{25.133}{3.14 \times 44} = 0.1818$
 $\phi = 10^\circ 18'$
 - (10) $s_n = \frac{t}{2} \cos\phi = \frac{12.566}{2} \cos 10^\circ 18'$
 $= 6.18\text{mm}$

9. 内螺纹的加工方法

(1) 采用一般丝锥

攻螺纹就是用丝锥加工内螺纹。它是应用最广泛的一种内螺纹加工方法, 对于小尺寸的内螺纹, 攻螺纹几乎是唯一加工的方法。近几年来, 随着新型材料的不断出现, 以及为适应不同类型螺孔的要求, 丝锥的种类也相应地日益增多, 它们的结构、几何参数、加工过程及其应用范围都各有特点。

1) 丝锥的形状

丝锥的形状如图 2-69 所示, 上面开有容屑槽, 形成了丝锥的前面和切削刃。前端是切削部分, 担任主要切削工作, 后部为修整部分, 起校正齿形作用。

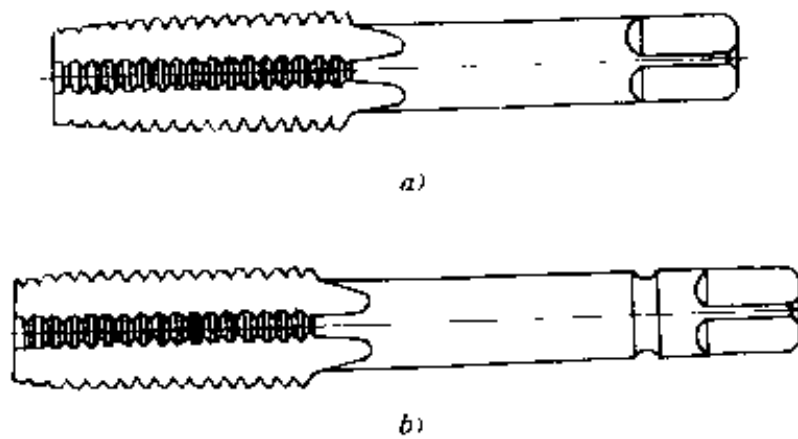


图 2-69 丝锥

a) 手用丝锥; b) 机用丝锥

2) 丝锥的种类

丝锥有很多种类,但主要分成手用丝锥(图 2-69a)和机用丝锥(图 2-69b)两大类:

① 手用丝锥:用于手工操作攻制内螺纹,它由两只或三只组成一套。两只一套的丝锥,分头攻和二攻;三只一套的丝锥,分头攻,二攻和三攻。必须依次使用。

② 机用丝锥:机用丝锥的形状与手用丝锥基本相似,只是在尾部多一条防止丝锥从夹头中脱落的环形槽,机用丝锥不分头攻和二攻,一次成形,效率较高。

3) 底孔钻头直径的选择

① 普通螺纹底孔钻头直径计算方法:

钻底孔钻头直径的计算公式:

当 $P \leq 1$ 时,

$$d_T = d - P$$

当 $P > 1$ 时,

$$d_T \approx d - (1.04 \sim 1.08) \times P$$

式中 P ——螺距(mm);

d ——螺纹公称直径(mm);

d_1 — 攻螺纹前钻头直径(mm)。

表 2-66 的普通螺纹底孔推荐钻头直径即是按上述计算方法算出的,例如 M12×1.25 底孔直径

$$\begin{aligned} d_1 &= d - 1.06 \times P \\ &= 12 - 1.06 \times 1.25 \\ &= 10.70\text{mm} \end{aligned}$$

与表中数值是一致的。

(2) 英制螺纹底孔钻头直径的计算方法:

表 2-65 钻底孔的钻头直径计算公式

螺纹公称直径 d (英寸)	攻螺纹前钻头直径 d_1 (mm)	
	铸铁与青铜	钢与黄铜
$3/16'' \sim 5/8''$	$d_1 = 25 \left(d - \frac{1}{n} \right)$	$d_1 = 25 \left(d - \frac{1}{n} \right) + 0.1$
$3/4'' \sim 1 1/2''$	$d_1 = 25 \left(d - \frac{1}{n} \right)$	$d_1 = 25 \left(d - \frac{1}{n} \right) + 0.2$

注: n — 每英寸牙数,由表 2-67 可查得。

【例】 某--铸铁箱体需攻 5/8"英制螺纹,试计算它们的底孔直径。

【解】 攻 5/8"英制螺纹底孔直径计算:查表 2-65 知铸铁工件的底孔直径计算应按 $d_1 = 25(d - 1/n)$;每英寸牙数 n 查表 2-67,5/8"螺纹的 $n=11$,代入式中,得

$$\begin{aligned} d_1 &= 25 \times \left(\frac{5}{8} - \frac{1}{11} \right) \\ &= 25 \times \frac{47}{88} = 13.35\text{mm} \end{aligned}$$

表 2-66 攻普通螺纹前打底孔钻头直径表 (mm)

螺纹直径 d	螺距 P		螺纹内径		推荐钻头直径 d_1	螺纹直径 d	螺距 P		螺纹内径		推荐钻头直径 d_1
			最大	最小					最大	最小	
M2	粗	0.4	1.677	1.567	1.60	M25	粗	3	24.132	23.752	23.90
	细	0.25	1.809	1.729	1.75		细	2	23.135	21.835	21.90
M3	粗	0.5	2.599	2.459	2.50		细	1.5	25.626	25.376	25.52
	细	0.35	2.721	2.621	2.65		粗	1	26.118	25.918	26.00
M4	粗	0.7	3.422	3.242	3.30	M30	粗	3.5	26.631	26.211	26.30
	细	0.5	3.599	3.459	3.50		细	3	26.90	26.88	26.70
M5	粗	0.8	4.334	4.134	4.20		细	2	28.135	27.835	27.90
	细	0.5	4.599	4.459	4.50		细	1.5	28.626	28.376	28.50
M6	粗	1	5.118	4.918	5.00	M33	粗	1	29.118	28.918	29.00
	细	0.75	5.378	5.118	5.20		粗	3.5	29.631	29.211	29.30
M8	粗	1.25	6.887	6.617	6.70		细	2	31.135	30.835	30.90
	细	1	7.118	6.918	7.00		细	1.5	31.626	31.376	31.50
M10	粗	1.5	8.626	8.376	8.50	M36	粗	4	32.150	31.670	31.80
	细	1.25	8.867	8.647	8.70		细	3	33.132	32.752	32.90
M12	粗	1.75	10.386	10.106	10.20		细	2	34.135	33.835	33.90
	细	1.5	10.626	10.376	10.50		细	1.5	34.626	34.376	34.50
M16	粗	2	14.135	13.835	13.90	M39	粗	4	35.150	34.670	34.80
	细	1.5	14.626	14.376	14.50		细	3	36.132	35.752	35.90
M20	粗	1.0	15.118	14.918	15.00		细	2	37.135	36.835	36.90
	细	1	11.118	10.918	11.00		细	1.5	37.626	37.376	37.50
M24	粗	2.5	17.634	17.294	17.40	M42	粗	4.5	37.679	37.129	37.30
	细	2	18.135	17.835	17.90		细	3	39.132	38.752	38.90
M30	粗	2	18.626	18.376	18.50		细	2	40.135	39.835	39.90
	细	1.5	19.118	18.918	19.00		细	1.5	40.626	40.376	40.50
M36	粗	3	21.132	20.752	20.90	M45	粗	4.5	40.679	40.129	40.30
	细	2	22.135	21.835	21.90		细	3	42.132	41.132	41.90
M42	粗	3	22.626	22.376	22.50		细	2	43.135	42.835	42.90
	细	1	23.118	22.918	23.00		细	1.5	43.626	43.376	43.50
M48	粗	3	24.132	23.752	23.90	M48	粗	5	44.118	42.588	42.70
	细	2	24.626	24.376	24.50		细	3	45.132	44.752	44.80
M54	粗	3	25.132	24.752	24.90		细	2	46.135	45.835	45.90
	细	1	25.626	25.376	25.50		细	1.5	46.626	46.376	46.50

表 2-67 英制螺纹底孔推荐钻头直径表

公称直径 (英寸)	每英寸 牙数 <i>n</i>	钻头直径(mm)		公称直径 (英寸)	每英寸 牙数 <i>n</i>	钻头直径(mm)	
		铸铁、青铜	钢、黄铜			铸铁、青铜	钢、黄铜
3/16	24	3.70	3.75	1	8	21.80	22.00
1/4	20	5.00	5.10	1 ¹ / ₈	7	24.30	24.70
5/16	18	6.10	6.50	1 ¹ / ₄	7	27.70	28.00
3/8	16	7.80	7.90	1 ¹ / ₂	6	33.30	33.50
7/16	14	9.10	9.20	1 ³ / ₈	5	35.60	35.80
1/2	12	10.40	10.50	1 ¹ / ₂	5	38.90	39.00
5/8	11	13.35	13.40	1 ³ / ₈	4 ¹ / ₂	44.30	44.50
3/4	10	16.25	16.40	2	4 ¹ / ₂	44.60	44.70
7/8	9	19.10	19.30				

注：表中所列的钻头直径，系经计算后圆整至钻头标准直径。

表 2-68 圆柱管螺纹底孔推荐钻头直径表

公称直径 (英寸)	每英寸 牙数	钻头直径 (mm)	公称直径 (英寸)	每英寸 牙数	钻头直径 (mm)
1/8	28	8.80	1 ¹ / ₂	11	45.10
1/4	19	11.70	1 ³ / ₈	11	51.00
3/8	19	15.20	2	11	57.00
1/2	14	18.90	2 ¹ / ₄	11	63.00
5/8	14	20.80	2 ¹ / ₂	11	72.50
3/4	14	24.30	2 ³ / ₄	11	78.50
7/8	11	28.10	3	11	85.20
1	11	30.50	3 ¹ / ₂	11	97.60
1 ¹ / ₈	11	35.20	4	11	110.20
1 ¹ / ₄	11	39.20	5	11	135.70
1 ³ / ₈	11	44.60	6	11	161.10

4) 用丝锥攻内螺纹的方法

攻螺纹前,把丝锥装入攻螺纹工具的方孔中(图 2-70),并把攻螺纹工具装入尾座套筒内,开车并转动尾座手轮,促使丝锥切入孔内,这时的攻螺纹工具即自动跟随丝锥前进。为便于控制攻螺纹长度,可在攻螺纹工具或在尾座套筒上做好记号。当丝锥攻到需要的尺寸时,开倒车退出丝锥即可。

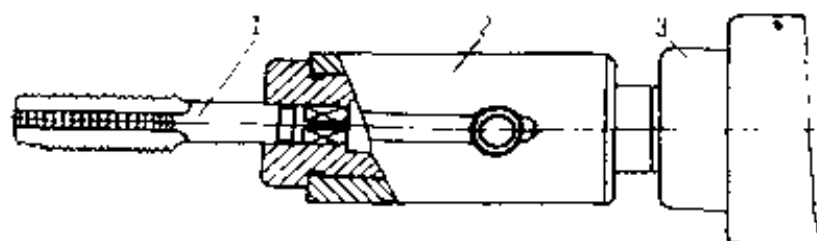


图 2-70 简易攻螺纹工具

1 丝锥; 2 攻螺纹工具; 3 尾座套筒

表 2-69 机用丝锥攻螺纹的切削速度 (m/min)

丝锥直径 (mm)	螺 纹 螺 距 (mm)						
	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	2	3
3~6	6	7	8				
8~10		8	9	9	10		
12~16			10	10	11	11	
18~24			11		13	13	12
≥26			12		14	15	13

注:表中丝锥直径与螺距的交点即为切削速度,查得数值还须根据工件材料乘以下列修正系数:

- ① 30~50 钢, 正火状态取 1.0, 调质状态取 0.85;
- ② 08 钢, 10 钢, 15 钢, 20 钢均取 0.7;
- ③ 普通合金钢, 正火状态取 0.9, 调质状态取 0.7;
- ④ 灰铸铁, 青铜取 0.8;
- ⑤ 可锻铸铁取 1.0;
- ⑥ 黄铜、铝合金取 1.2~1.3。

在车床上攻螺纹时,切削速度可按表 2-69 确定。切削液按表 2-70 选定。在切削钢料时,加入的切削液必须充足,以

保证工件的攻螺纹质量和提高丝锥的耐用度。

表 2-70 攻螺纹切削液的选择

工件材料	普通碳素钢	不锈钢	铸铁	铸造铜类	压铸铜类	铝
切削液	硫化乳化液或 红铅油白铅油	硫化切 削液	煤油 (或不用)	柴油 (或不用)	机械油	煤油或 汽油

注：红铅油为“红铅粉”和机油的拌和物，白铅油为原白漆和机油的拌和物。

5) 攻螺纹与套螺纹时产生废品的原因及预防措施

表 2-71 攻螺纹和套螺纹时产生废品原因及预防措施

废品种类	产 生 原 因	预 防 措 施
牙型高度 不 够	1. 套螺纹前外圆车得太小； 2. 攻螺纹前孔径钻得太大	按计算出的尺寸来加工外圆和 内孔
螺纹中径 尺寸不对	1. 丝锥和板牙安装歪斜； 2. 丝锥和板牙磨损	1. 校正尾座位置； 2. 板牙端面必须装得跟螺纹 轴线垂直； 3. 更换丝锥或板牙
螺 纹 粗 糙 度 差	1. 切削速度太高； 2. 切削液缺少或选用不当； 3. 丝锥与板牙齿部崩裂； 4. 切屑在容屑槽内挤塞	1. 降低切削速度； 2. 合理选择和充分浇注切削 液； 3. 修磨或调换丝锥和板牙； 4. 经常清除容屑槽中切屑

(2) 采用梯形内螺纹拉削丝锥简介

1) 概述

车削梯形和矩形内螺纹，不仅生产效率低，而且质量不稳定。采用拉削丝锥能一次拉削成形，具有生产效率高（比车削高 10 倍左右），质量稳定等特点；粗糙度 R_a 可达 $1.6\mu\text{m}$ 。

2) 拉削丝锥的几何参数

拉削丝锥由前导、切削、修正和后导等几个部分组成，如图 2-71。

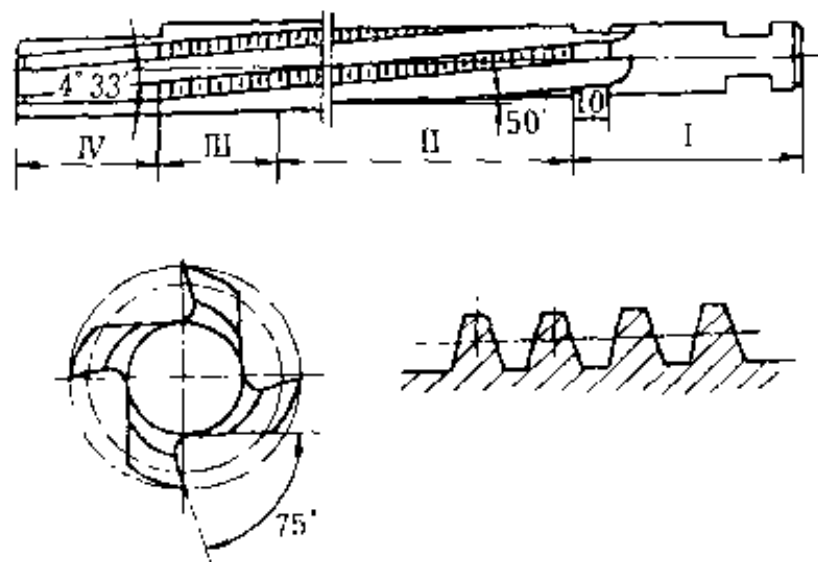


图 2-71 拉削丝锥

3) 操作说明

梯形内螺纹的拉削装置如图 2-72 所示。

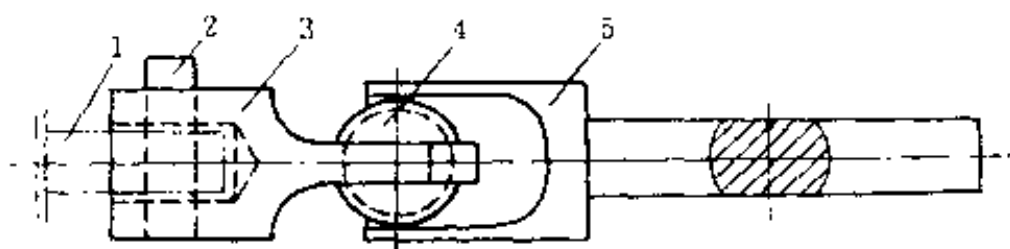


图 2-72 梯形内螺纹拉削装置

1 丝锥；2 插板；3 拉刀接头；4 十字槽球体；5 万向接柄

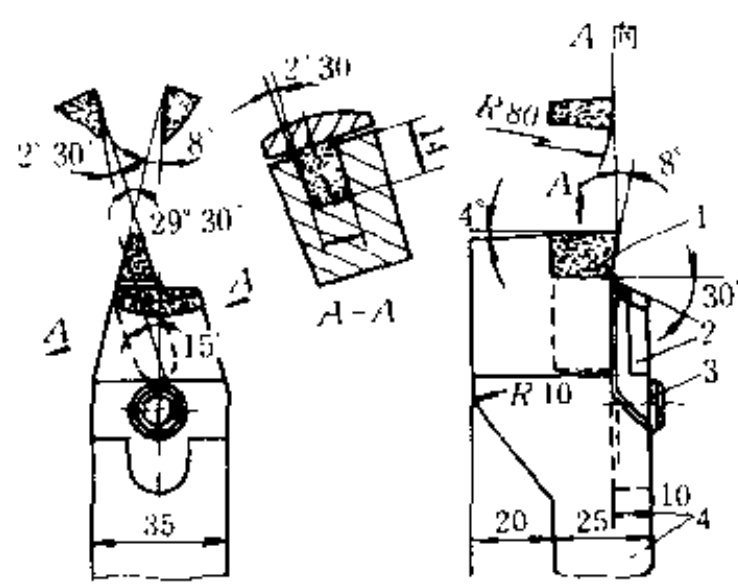
拉削时，把拉削装置的柄部先夹在方刀架中，把工件套入丝锥前导向部分后，夹紧在卡盘内，并注意夹紧牢固，以防止工件打滑。然后把丝锥 1 插入拉削装置的拉刀接头 3 中，并插入插板 2。根据工件螺距调整进给箱手柄的位置。开启车床，合下开合螺母便可拉削。如拉削右螺纹，车床主轴反转；拉削左螺纹时，车床主轴顺转。拉削铸铁件时可用 70% 柴油、30% 机油的混合液；拉削钢件时用硫化油作切削液。工件转速 $n = 50 \sim 60 \text{r/min}$ ，一次便可拉削成形。

10. 介绍几种高效螺纹车刀

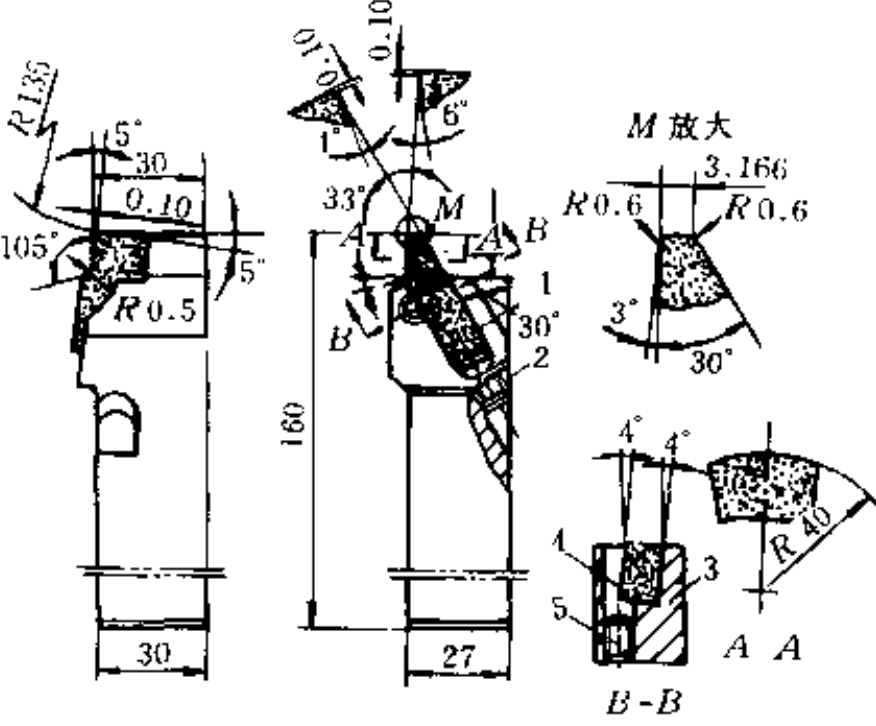
表 2-72 车刀名称、特点及使用说明

机夹不锈钢螺纹车刀	说 明
<p data-bbox="361 1281 847 1375">1 螺母；2 垫圈；3 偏心套； 4 弧边螺钉；5 刀片</p>	<p data-bbox="1085 470 1309 564">1. 切削用 量：</p> <p data-bbox="1108 588 1285 682">$v = 16 \sim 50$ m/min.</p> <p data-bbox="1116 705 1278 811">$f = 0.1 \sim 0.3$ (mm/r).</p> <p data-bbox="1101 834 1293 882">$a_p = 1.5$mm.</p> <p data-bbox="1131 893 1270 929">刀片成形：</p> <p data-bbox="1078 952 1309 1176">2. 为保证夹 持可靠，环形刀 片内外圆弧均 需修磨；</p> <p data-bbox="1078 1187 1309 1352">3. 偏心套需 作热处理，硬度 HRC40~50</p> <p data-bbox="200 1564 284 1611">特点：</p> <p data-bbox="161 1622 1047 1728">1. 采用环形硬质合金刀片，其圆弧与刀杆圆弧精密配合后，以偏心套及弧边螺钉夹紧；</p> <p data-bbox="200 1740 870 1787">2. 刀片圆弧长达 80~100mm，可以多次重磨</p>

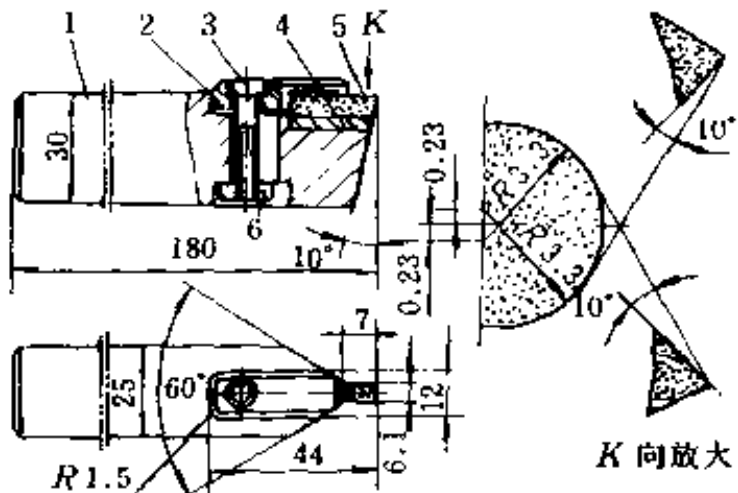
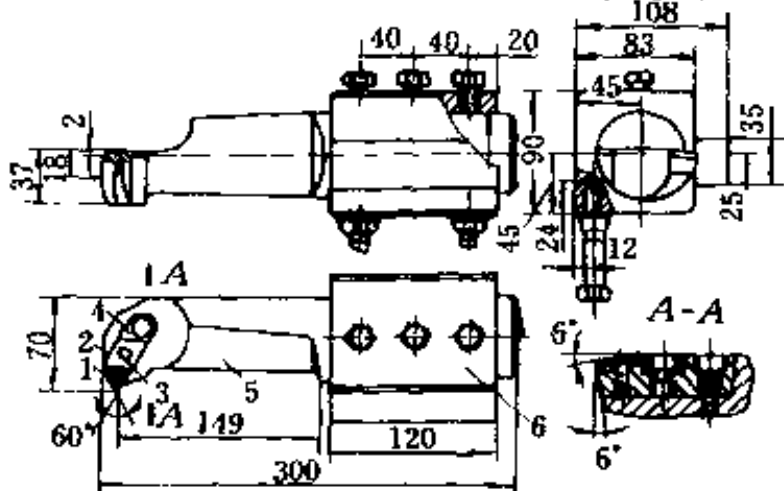
(续表)

机夹大螺距梯形螺纹高速车刀	说明
 <p data-bbox="431 1081 924 1176">1 刀片 YT15、A1317；2—压板； 3—内六角螺钉；4—刀杆</p> <p data-bbox="261 1364 1124 1834"> 特点： 1. 刀片竖式安装，能承受较大的切削力； 2. 结构简单，装拆方便； 3. 刀片槽与刀杆轴线成 15°并向右侧倾斜 2°30'，刀片安装后自然形成右侧刃口，简化了刃磨； 4. 旋松内六角螺钉，即可调整刀头伸出长度； 5. 前刀面磨成 R80 的圆弧，故两个侧刃具有负前角，切削刃强度提高 </p>	<p data-bbox="1155 470 1386 823"> 1. 切削用量： $v_c = 80 \sim 100$ $m, \text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ $f = (P)^{0.25}$ (mm/r) </p> <p data-bbox="1155 823 1386 1128"> 其中 $P = 12 \text{mm}$， $a_p = 6 \text{mm}$，分 12 ~ 11 次切完； </p> <p data-bbox="1155 1128 1386 1246"> 2. 机床必须有足够刚性； </p> <p data-bbox="1155 1246 1386 1411"> 3. 刀尖安装高于中心 0.5 ~ 1mm； </p> <p data-bbox="1155 1411 1386 1646"> 4. 采用固定顶尖，顶尖孔加注二硫化钼润滑； </p> <p data-bbox="1155 1646 1386 1834"> 5. 一般采用反切削、排屑安全 </p>

(续表)

机夹锯齿形螺纹车刀	说 明
 <p data-bbox="254 1211 993 1305">1—刀片(YT15、A131); 2—调节螺钉; 3—刀杆; 4—圆销; 5—拆卸螺钉</p> <p data-bbox="215 1375 300 1411">特点:</p> <ol data-bbox="177 1422 1062 1916" style="list-style-type: none"> 1. 刀片主要利用切削力夹紧,斜面圆销只起辅助作用,结构紧凑、制造简便; 2. 刀片槽铣削时和刀体纵向成50°角,并倾斜4°,自然形成右侧切削刃、刃磨简化; 3. 刀片竖直安装,能承受较大的切削负荷,并省去刀垫; 4. 刀片的前面及刀体的三个后面均以圆弧面构造,刀头的强度较高,改善了刀体支承部分的刚性; 5. 在后刀面上沿切削刃各磨出宽$0.05\sim 0.10\text{mm}$的刃带,以增加切削刃口的强度及消除切削时振动 	<p data-bbox="1101 399 1324 493">1. 切削用量:</p> <p data-bbox="1116 505 1309 599">$v_c = 60 \sim 160$ m/min.</p> <p data-bbox="1131 611 1293 717">$f = \{P\}_{\text{min}}$ (mm/r),</p> <p data-bbox="1101 729 1316 834">$a_p = 0.2 \sim 0.5$ $\text{mm};$</p> <p data-bbox="1093 846 1324 1046">2. 初车应左右两侧及槽底交错进刀,精车可三面切削;</p> <p data-bbox="1093 1070 1324 1211">3. 安装刀片只需轻轻敲进圆销即可夹紧</p>

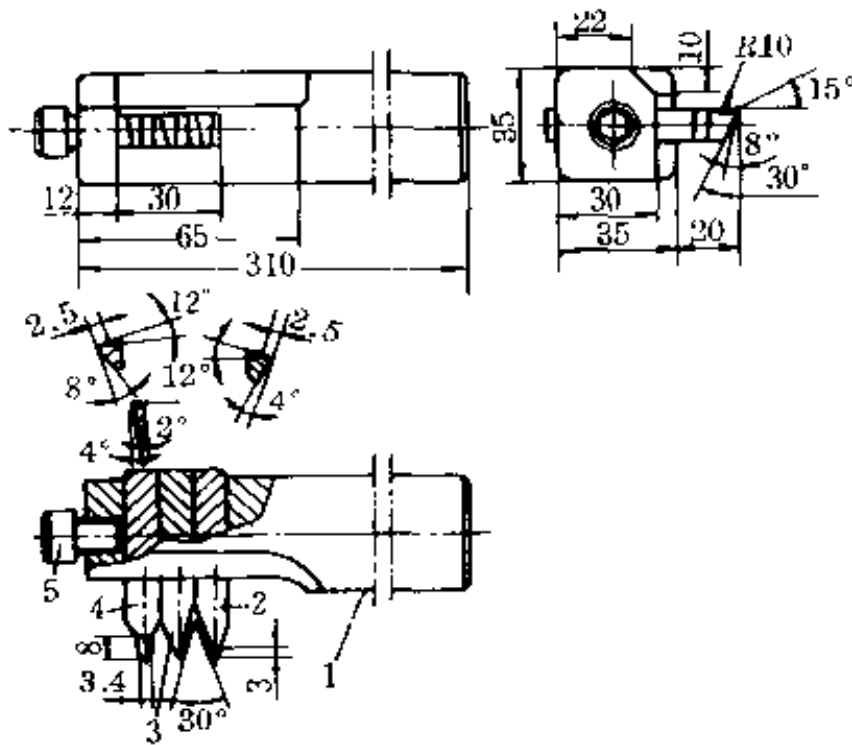
(续表)

机夹滚珠丝杠精车刀	说明
 <p>1-刀体; 2-上压板; 3-内六角螺钉; 4-垫块; 5-刀片; 6-螺母</p> <p>特点: 1. 刀片采用上压式夹紧, 结构简单; 2. 刀具切削刃用专机磨成与工件牙形相吻合; 3. 刀具前角为 0°, 可保证工件的齿形精度</p>	<p>1. 切削用量: $v_c \approx 2 \text{ m/min}$ $f = \{P\}_{\text{mm}}$ (mm/r), 其中 $P = 8 \text{ mm}$, $a_p = 0.02 \sim 0.05$ mm; 2. 使用机床 C630 或丝杠车床; 3. 采用硫化 切削液</p>
60°可转位内螺纹车刀	说明
 <p>1-刀片; 2-模块; 3-内六角倒顺牙螺钉; 4-刀垫; 5-刀杆; 6-刀座</p> <p>特点: 1. 切削刃上磨有 0.1 mm 宽, 前角 -5° 的负倒棱, 因而切削刃强度较高; 2. 机构简单夹持牢靠支承刚性好; 3. 刀片可获 6° 径向安装后角, 刀尖在刀杆中心线位置, 刃磨简化, 抗振性较好</p>	<p>1. 切削用量: $v_c = 70 \sim 110$ m/min, $f = \{P\}_{\text{mm}}$ (mm/r), a_p 分四刃成形; 2. 刀尖安装在机床上轴中心线上; 3. 刀杆伸出长度应尽可能短些以提高其刚性; 4. 刀座下面的六角螺钉头部应紧贴机床横滑板</p>

(续表)

梯形内螺纹组合车刀

说明



- 1 刀杆；2 左成形刀具；3 右成形刀具；
4 开槽刀具；5—夹紧螺钉

特点：

1. 该组合车刀由割槽、成形等三把刀具组成，刀具之间间距为一个螺距，刀头用螺钉夹紧，结构简单，装拆方便；
2. 螺纹两侧两把刀具分别成形，故采用较大的前角，可使切削轻快，加工表面粗糙度较好

1. 切削用量：
 $v_c = 15 \text{ m/min}$
 $f = (P)_{\text{mm}}$
 (mm/r)，
 a_p 分 2 ~ 4
 刀成形；
2. 要求机床具有较高刚性；
3. 刀尖对准工件中心安装；
4. 刀片按样板刃磨

11. 螺纹的常用测量方法

在车削螺纹时,必须认真进行测量。测量螺纹的方法,有单项测量法和综合测量法两类。

(1) 单项测量法

单项测量法是对螺纹顶径、螺距和中径的分项测量。测量的方法和选用的量具也不同。

1) 顶径的测量

顶径一般采用游标卡尺或千分尺测量。

2) 螺距的测量

螺距一般可用钢直尺或螺纹规测量(图 2-73)。

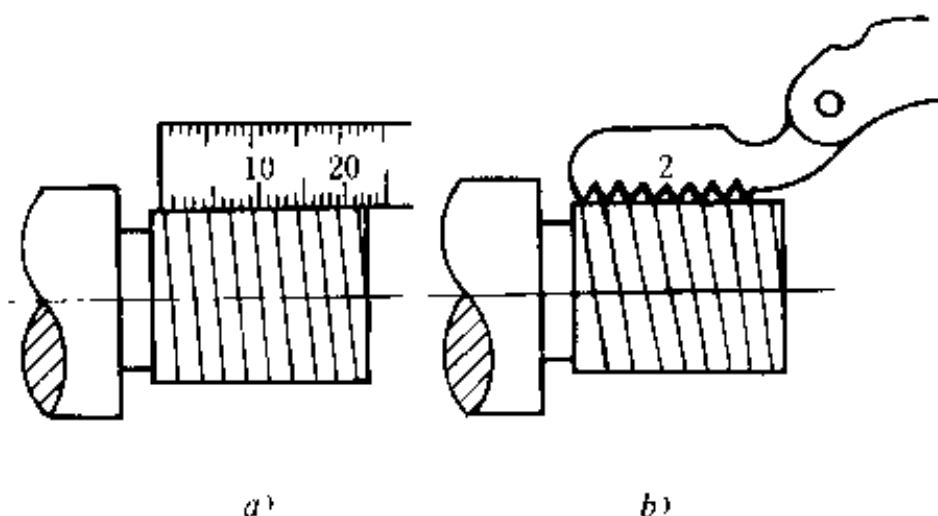


图 2-73 螺距的测量

a) 用钢直尺测量; b) 用螺纹规测量

3) 螺纹牙型的测量

对于直径较大的螺纹工件,可以采用螺纹牙型卡板(图 2-74)进行测量检查。

4) 中径的测量

用螺纹千分尺测量螺纹中径,螺纹千分尺如图 2-75 所示,它的结构和使用方法与千分尺相似,附有 55° 和 60° 两对测量触头。

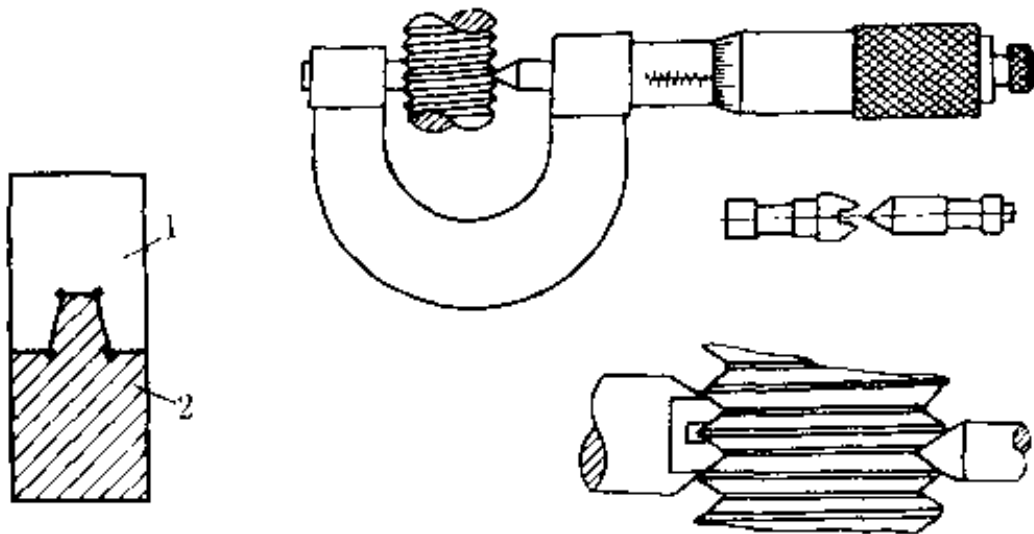


图 2-74 螺纹牙型卡板

- 1 外螺纹卡板；
- 2 内螺纹卡板

图 2-75 用螺纹千分尺测量中径

测量时,根据螺纹牙型角和螺距的不同,可以调换测量触头,将 V 形触头放在螺纹牙型上,把锥形触头放到槽中,这时所量得的尺寸,就是该螺纹中径实际尺寸。

螺纹千分尺在更换测量触头时,必须校正千分尺的零位。

5) 蜗杆齿厚的测量

蜗杆齿厚用游标齿厚尺测量,如图 2-76 所示。

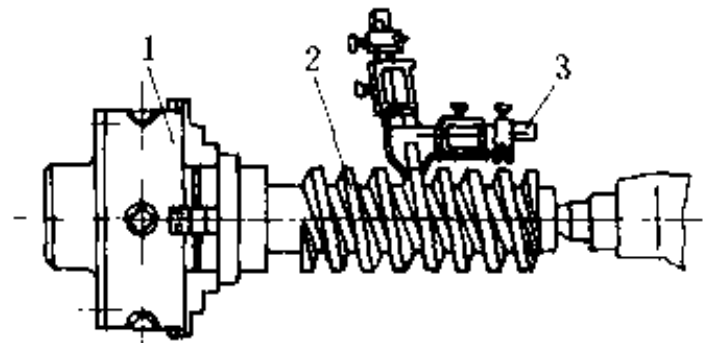


图 2-76 游标齿厚尺及测量方法

- 1 四爪卡盘; 2—工件; 3—齿厚游标卡尺

测量时,将齿高度尺读数调整至弦齿高 \bar{h}_a ,随后使游标齿厚尺和蜗杆轴线大致相交成 ψ 角(蜗杆导程角,相当下螺纹升角),并作少量摆动。这时所测得的最小尺寸即为蜗杆分度圆柱上的法向弦齿厚 s_n 。

蜗杆在法向弦齿厚(分度圆柱上),可预先用下面的公式

计算出来:

$$s_n \approx s_{n1} \cdot \left(1 - \frac{s_n^2 \cdot \sin^2 \psi}{6 \cdot d_{f1}} \right)$$

$$s_n = s_1 \cdot \cos \psi$$

$$s_x = m_x \cdot \left(\frac{\pi}{2} - 0.2 \cdot \operatorname{tg} \alpha \right)$$

测量蜗杆 \bar{s}_n 用的弦齿高 \bar{h}_a 也可用下面的公式计算:

$$\bar{h}_a \approx h_a^* \cdot m_x + \frac{\bar{s}_n \cdot \sin^2 \psi}{4d}$$

式中 s_n ——蜗杆法向齿厚(mm);

s_x ——蜗杆轴向齿厚(mm);

ψ ——蜗杆导程角(螺纹升角)(°);

d ——蜗杆分度圆直径(mm);

α ——蜗杆轴向齿形角(为 20°);

h_a^* ——齿顶高系数(等于 1);

m_x ——蜗杆轴向模数(mm)。

【例】 已知蜗杆模数 $m_x = 4\text{mm}$, 头数 $z_1 = 2$, 齿顶圆直径 $d_{a1} = 60\text{mm}$, 怎样用游标齿厚尺, 测量蜗杆分度圆板上的法向弦齿厚?

【解】 在测量前先计算出:

蜗杆轴向齿距

$$p_x = m_x \cdot \pi = 12.566\text{mm}$$

导程

$$L = p_x \cdot z_1 = 12.566 \times 2 = 25.132\text{mm}$$

分度圆直径

$$d = d_{a1} - 2 \cdot m_x = 60 - 2 \times 4 = 52\text{mm}$$

蜗杆导程角

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{z_1 \cdot m_x}{d} = \frac{2 \times 4}{52} = 0.153846$$

查三角函数表知 $\phi = 8^{\circ}44'16''$ 。则

$$\begin{aligned} s &= 4 \times \left(\frac{\pi}{2} - 0.2 \cdot \lg 20^{\circ} \right) \\ &= 5.99 \text{mm} \\ s_n &= 5.99 \cdot \cos 8^{\circ}44'16'' \\ &= 5.92 \text{mm} \\ \bar{s}_n &= 5.92 \times \left(1 - \frac{35.05 \cdot \sin^2 8^{\circ}44'16''}{6 \times 52'} \right) \\ &\approx 5.92 \text{mm} \\ \bar{h}_n &\approx h_a^* \cdot m_t + \frac{s_n^2 \cdot \sin^2 8^{\circ}44'16''}{4 \cdot d_{f1}} \\ &= 1 \times 4 + \frac{(5.92)^2 \cdot \sin^2 8^{\circ}44'16''}{4 \times 52} \\ &= 4 \text{mm} \end{aligned}$$

由计算可知,游标齿厚尺应在与蜗杆轴线成 $8^{\circ}44'16''$ 的交角位置上进行测量,当齿高度尺读数调整至 4mm 时,测得蜗杆弦齿厚为 5.92mm 时,说明该蜗杆是正确的。

(2) 综合测量的方法

螺纹的综合测量,一般采用螺纹环规(图 2-77)和螺纹

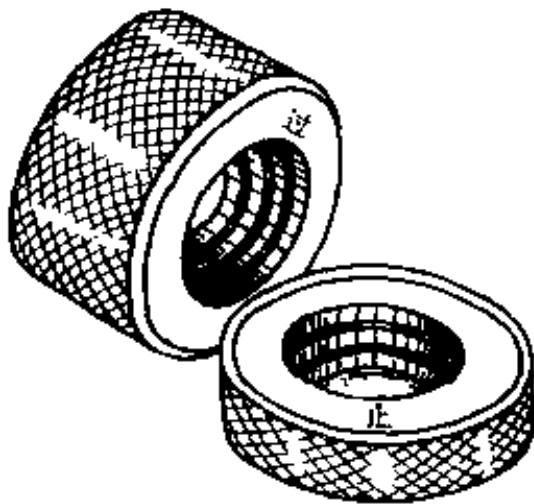


图 2-77 螺纹环规

塞规(图 2-78)两种量具进行测量。环规是外螺纹的综合测量量具,塞规是内螺纹的综合测量量具。



图 2-78 螺纹塞规

在使用环、塞规测量螺纹前,应做好量具和工件的清洁工作,并对外螺纹的外径和内螺纹的孔径进行检查,以防螺纹的内、外径尺寸不对而影响测量。

在测量螺纹时,如果环规的过端正好拧过去,而止端拧不进,说明车削的螺纹符合尺寸要求。同样在车削内螺纹时,可以用螺纹塞规以相同的方法进行测量。在使用环、塞规测量时,用力不能过大,更不能用扳手硬拧,以防扳动工件和损坏环、塞规。

(3) 带镀层的螺纹镀前加工的测量

目前机械产品中不少零件的螺纹,为了提高其耐用度和增强联接可靠性,在加工螺纹以后,表层镀覆铜、铬、锌等金属,由于镀层有一定厚度,所以在镀前加工时,必须考虑镀层

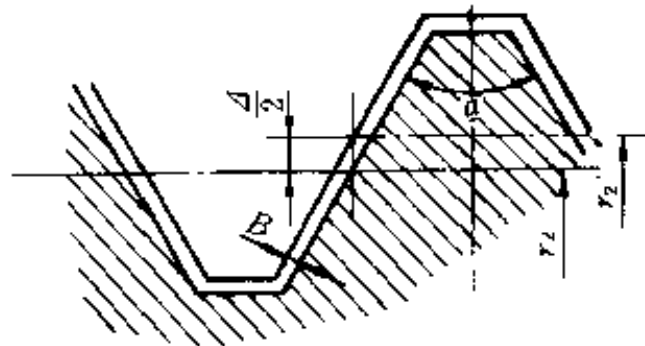


图 2-79 镀层厚度对螺纹中径影响

r_2 —镀覆前中径; r_2 镀覆后中径

厚度对螺纹牙型的各部分尺寸的影响。

图 2-79 是镀锌螺纹在镀覆后牙型和尺寸的变化情况。从图中可以看出,影响螺纹的牙型配合,综合反映于螺纹中径。

在加工外螺纹时,镀覆前的螺纹中径,一定要小于螺纹所规定的中径。具体数值应视镀层厚度而定。

镀层厚度对中径的影响值 Δ 可用下式计算:

$$\Delta = 2 \frac{B}{\sin \frac{\alpha}{2}}$$

式中 B — 镀层厚度;

$\frac{\alpha}{2}$ — 螺纹牙型半角。

【例】 M16-2 的镀锌螺栓,镀层厚度为 $15\mu\text{m}$,其中径应在什么范围之内?

【解】 M16-2 螺栓规定的中径应为 $\phi 14.701_{-0.142}^{+0.060}\text{mm}$,则对中径的影响值:

$$\begin{aligned} \Delta &= 2 \frac{B}{\sin \frac{\alpha}{2}} = 2 \cdot \frac{15}{\sin 30^\circ} = 2 \frac{15}{0.5} \\ &= 60\mu\text{m} = 0.06\text{mm} \end{aligned}$$

镀前加工时中径应控制在 $\phi 14.701_{-0.202}^{+0.060}\text{mm}$,所以 M16-2 的外螺纹镀锌前的实际控制尺寸:

$$d_{2\text{max}} = 14.701 - 0.060 = 14.641\text{mm}$$

$$d_{2\text{min}} = 14.701 + 0.202 = 14.499\text{mm}$$

但考虑到镀锌层厚度的自身偏差及镀锌层在螺纹牙型各处的厚度不同等因素,因此在镀前中径尺寸控制时,尽量控制在最小极限尺寸附近,保证螺栓镀覆后的互换性。

12. 车削螺纹时产生废品的原因及预防措施

表 2-73 车削螺纹时产生废品的原因及预防措施

废品种类	产生原因	预防措施
尺寸不正确	<ol style="list-style-type: none"> 1. 车外螺纹前的直径不对; 2. 车内螺纹前的孔径不对; 3. 车刀刀尖磨损; 4. 螺纹车刀切深过大或过小 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 根据计算尺寸车削外圆与内孔; 2. 经常检查车刀并及时修磨; 3. 车削时严格掌握螺纹切入深度
螺距不正确	<ol style="list-style-type: none"> 1. 挂轮在计算或搭配时错误; 2. 进给箱手柄位置放错; 3. 车床丝杠和主轴窜动; 4. 开合螺母塞铁松动 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 车削螺纹时先车出很浅的螺旋线检查螺距是否正确; 2. 调整好开合螺母塞铁,必要时在手柄上挂上重物; 3. 调整好车床主轴和丝杠的轴向窜动量
牙型不正确	<ol style="list-style-type: none"> 1. 车刀安装不正确,产生半角误差; 2. 车刀刀尖角刃磨不正确; 3. 车刀磨损 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 用样板对刀; 2. 正确刃磨和测量刀尖角; 3. 合理选择切削用量和及时修磨车刀
螺纹表面粗糙	<ol style="list-style-type: none"> 1. 切削用量选择不当; 2. 切屑流出方向不对; 3. 产生积屑瘤拉毛螺纹侧面; 4. 刀杆刚性不够产生振动 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 高速钢车刀车螺纹的切削速度不能太大,切削厚度应小于 0.06mm,并加切削液; 2. 硬质合金车刀高速车螺纹时,最后一刀的切削厚度要大于 0.1mm,切屑要垂直于轴线方向排出; 3. 刀杆不能伸出过长,并选用粗壮刀杆
扎刀和顶弯工件	<ol style="list-style-type: none"> 1. 车刀径向前角太大; 2. 工件刚性差;而切削用量选择太大 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 减小车刀径向前角,调整横滑板丝杠螺母间间隙; 2. 合理选择切削用量;增加工件装夹刚性

第三章 机械加工工艺基本知识

一、生产过程和工艺过程

1. 生产过程

任何一种产品都有各自的生产过程,即由原材料到制成产品的劳动过程。它包括原材料的运输和保存,生产技术的准备,毛坯的制造,零件的加工,部件和产品的装配、检验、试车、油漆与包装等各个相互联系的生产环节。

上述生产过程好比一个系统,各个环节只有进行科学的全面安排,才能获得良好的技术和经济效果。在现代化生产中,某一产品的生产,往往由许多工厂联合完成,这样做有利于零、部件的标准化和组织专业化生产。从而能在保证质量的前提下,提高劳动生产率和降低产品成本。

2. 生产纲领、批量和生产类型

生产纲领通常称为年产量(包括成品和废品)。零件的生产纲领确定后,还得根据生产车间的具体情况,将零件在一年中分批投产。每批投产的数量称为批量。

根据产品的大小、特征、生产纲领和批量,一般可分为三种不同的生产类型,即单件(小批)生产、中批生产和大批大量生产。生产类型不同,在生产组织,生产管理,车间布置,乃至毛坯、设备、工具,加工方法以及工人的熟练程度等方面的要求也就有所不同,所以制订工艺规程时必须考虑不同生产类型的特点和要求(表 3-1),以取得最大的经济效果

表 3-1 不同生产类型的特点和要求

项 目 \ 类 型	单件小批生产	中 批 生 产	大批、大量生产
产品数量	少	中等	大量
加工对象	经常变换	周期性变换	固定不变
机床设备和布置	采用万能设备按机群制布置	采用万能和专用设备,按工艺路线布置成流水线	广泛采用专用设备和自动生产线
夹 具	非必要时不采用专用夹具和特种工具	广泛使用专用夹具和特种工具	广泛使用高效能专用夹具和特种工具
刀具和量具	一般刀具和量具	专用刀具和量具	高效率专用刀具和量具
安装方法	划线找正	部分划线找正	不要划线找正
工作性质	根据测量进行试切加工	用调整法加工,有时还可组织成组加工	使用调整法自动化加工
零件互换性	钳工试配	普遍应用互换性,同时保留某些试配	全部互换,某些精度较高的配合件用配磨、配研,分组选择装配,不需钳工试配
毛坯制造	木模造型和自由锻造	金属模造型和模锻	采用金属模机器造型、模锻、压力铸造等高效率毛坯制造方法
技术要求	高	中等	般
工艺规程的要求	只编制简单的工艺过程卡片	除有较详细的工艺过程卡外,对重要零件的关键工序需有详细说明的工序操作卡	详细编制工艺规程和各种工艺文件
生产率	低	中	高
成 本	高	中	低

3. 工艺过程

在车间生产过程中,不仅包括铸、锻、焊等机械加工、热处理、电镀、油漆和装配等主要过程,还包括运输、保管、磨刀、设备维修等辅助过程。

生产过程中,直接改变工件形状、尺寸、物理性质和由零件组成产品的过程称为工艺过程。本章的内容主要是说明机械加工工艺过程问题。

工件可以采用不同的工艺过程来达到加工要求,但应根据不同条件,诸如零件产量、设备和技术情况等,提出最佳工艺过程。然后车间按此工艺过程,将有关内容写成工艺规程(即工艺文件)。工艺规程制订后,生产过程中各项工作必须严格按工艺规程办事,以达到优质高产、低成本。工艺规程是随着科学技术的发展而需要不断修订的,修订时必须经过充分的工艺试验,并必须经过一定的审批手续。

4. 拟定工艺过程时的注意事项

(1) 工序的集中与分散

在安排具体零件的加工工艺时,常须考虑工序集中与分散的问题。所谓工序集中,就是整个工艺过程中安排的工序数量最少,即在每道工序中所加工的表面数量多。集中到极限时,一道工序就能把工件加工到图纸规定的要求。而工序分散却相反,安排的工序数量增多,每道工序加工的表面数量减少。分散到极限时,一道工序只包含一个简单的工步内容。

工序集中的优点有:

① 可采用生产效率较高的专用机床和专用工艺装备,从而提高生产效率。

② 可减少工件的安装次数,从而可缩减加工辅助时间,提高生产效率,并由于在一次安装中加工好几个表面,这些表

面的相互位置精度容易保证,定位夹具也少。

(3) 可减少机床设备使用数量,并可相应地减少操作工人数量和设备占地面积,同时还可简化生产计划和管理工作。

工序集中的缺点有:

调整机床比较复杂,机床精度要求较高。在普通车床上加工时,要经常调换车刀,改变切削用量,而且不能都采用定位加工,尺寸不易控制。如果工序过于集中,对工人的操作技术要求较高。

工序分散的优点有:

(1) 采用通用的机床设备和工艺装备,调整工作容易,对工人操作技术水平要求较低。

(2) 每道工序可以选择最佳切削用量。

工序分散的缺点有:

生产率较低,尺寸精度不易保证。

从上述比较可见,工序的集中与分散,各有优缺点,它是拟定工艺过程时必须考虑的一个重要问题,必须根据生产规模和机床设备等具体条件,来确定工序集中和分散的程度。

大型零件安装搬运困难,在其加工过程中,较多地采用工序集中原则。而中小型零件一般为成批生产,需要自动装卸工件,自动检测工件,为此一般采用工序分散原则。

(2) 划分加工阶段

当零件加工的质量要求较高时,往往不可能在一个工序中完成所需的加工工作,而要把主要表面的加工过程划分为粗加工、精加工和光整加工等阶段。

工艺过程划分阶段的原因如下:

(1) 粗加工工序放在第一阶段,能在粗加工切去大量金属后,及时发现缺陷进行处理,不致于在进行很多工序后才发

现,造成加工浪费。

② 工件经过粗加工后,其内应力重新分布,工件会产生一定的变形,如工件粗加工后立即进行精加工,其变形尚未完成,精加工后将产生变形。

③ 对同一表面将粗、精加工分开,能合理地使用机床,使精密机床只作精加工,不致因粗加工受力过大而损坏机床的精度。

(3) 合理安排热处理工序

热处理工序对改善金属切削加工性能,减少内应力和提高机械性能起着重要的作用,所以它是工艺过程中不可缺少的一部分。但热处理工序往往会使工件产生变形,有时也会使零件表面产生明显的缺陷层,例如脱碳、氧化等。所以必须合理地安排各种热处理工序。

对于铸造类零件,最常用的热处理是退火和时效。铸件退火有完全退火和低温退火两种方式。完全退火的目的是降低硬度和改善切削加工性能。低温退火和时效是为了消除内应力。退火和时效放在加工以前或粗加工以后进行。

对于钢制零件,热处理方法很多,主要有退火、正火、调质、淬火、渗碳、渗氮等。

① 退火:退火是为了改变材料的机械性能,改善高碳钢的加工性能,降低硬度,减少内应力,使组织均匀,为以后的淬火作好金相组织的准备。退火应在锻造以后进行。

② 正火:正火适用于低碳钢、中碳钢的机械零件,使组织均匀,改变力学性能,减少以后热处理过程中的变形,并能提高硬度,改善低碳钢的加工性能。正火常在加工前进行。

③ 调质(淬火后高温回火):调质主要提高零件力学性能,有时用于改善低碳钢的加工性能。调质常在加工前或粗加

工后进行。

④ 淬火：淬火主要提高零件硬度，但往往会产生较大的变形，所以淬火常在精加工之前进行。

⑤ 渗碳：渗碳是使低碳钢（常用于 15, 20Cr, 20CrMnTi 等钢料）的表层含碳量增加到 0.85%~1.10%，然后再经淬火、回火处理，使零件获得高的表面硬度和耐磨性及疲劳强度等。而心部仍保持原有的塑性及韧性。由于渗碳层的厚度较薄，所以在渗碳之前的工件尺寸应做得比较精确，使渗碳淬火后的精加工仅切去很小的余量，保证渗碳层有一定的深度。在不需淬硬的表面上，应留下较大的余量，待渗碳后淬火前切去。

⑥ 渗氮（氮化）：渗氮主要是提高零件表面硬度和耐磨性及疲劳强度，由于热处理变形小，渗氮层很薄，故应在最终加工后进行。

二、工艺过程的组成

要编制工艺规程，就要了解工艺过程的组成。工艺过程的

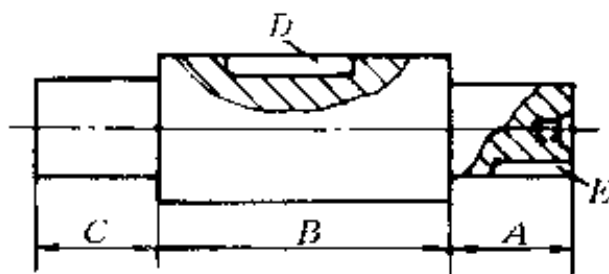


图 3-1 四道工序加工的零件

基本组成部分是工序，而每一个工序又可分为若干个安装、工位、工步、走刀等。

1. 工序

一个（或一组）工人在一台机床（或一个工作地点）上对一个（或同时几个）工件进行加工所连续完成的那一部分工艺过程，称为一个工序。

例如对图 3-1 所示工件，在成批生产时，可划分成下列

四道工序来完成。

工序 1: 两端打中心孔。

工序 2: 粗车 A、B、C 段外圆, 安装 1, 粗车 A、B 段外圆; 安装 2, 粗车 C 段外圆。

工序 3: 精车 A、B、C 段外圆 (要与粗车不在同一台车床上加工或一批工件全部粗车后再进行精车, 才能成为一个独立工序)、安装 1, 精车 A、B 段外圆; 安装 2, 精车 C 段外圆。

工序 4: 铣 D、E 键槽 (工件在一次安装下, 利用分度头转 180° 来加工第二个键槽)。工位 1, 铣键槽 D; 工位 2, 铣键槽 E。

由此可见, 有时在同一个工序中有多次安装或包括几个工位。

2. 安装

在某一工序中, 有时需要对零件进行多次装夹加工, 每装夹一次所完成的那一部分工艺过程称为安装。

3. 工位

在某一工序中有时为了减少由于多次装夹而带来的误差及时间损失, 往往采用转位 (或移位) 工作台或转位 (或移位) 夹具, 工件在机床所占的每一个位置上所完成的那一部分工艺过程称为工位。图 3-2 所示为在多工位机床上加工 H7 级精度孔的例子, 在该工序中工件仅安装一次, 但利用回转工作台使每个工件能在六个工位上顺次地进行装卸工件, 预钻孔, 钻孔, 扩孔, 粗铰, 精铰。由此可见, 采用多工位机床加工零件, 可以减少工件安装次数, 提高生产效率。

4. 工步

一道工序 (一次安装或一个工位) 中, 可能需要加工若干

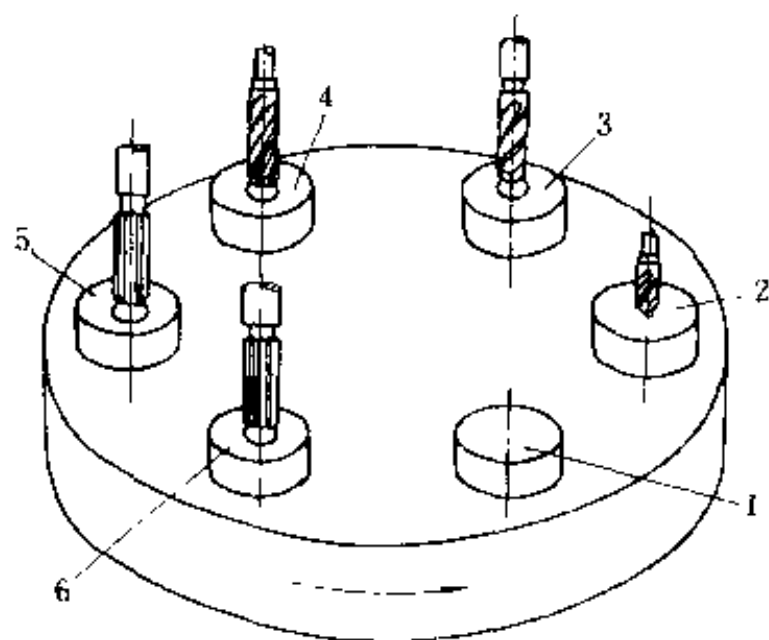


图 3-2 多工位加工

工位 1 装卸工件；工位 2 预钻孔；工位 3 钻孔；
 工位 4 扩孔；工位 5 粗铰；工位 6 精铰

个表面，也可能虽只加工一个表面，但却要用若干把不同刀具，或虽只用一把刀具，但却要用若干种不同切削用量分作若干次加工，在加工表面、切削刀具和切削用量（仅指转速和进给量）都不变的情况下所完成的那一部分工艺过程即称为一个工步。

例如图 3-1 工件加工中上述工序 2 中车削 A、B、C 三段外圆为三个工步。如果 A、B、C 三段粗精加工在同一台车床上连续完成，则工作步骤是：先用粗加工车刀依次车出 A、B 两段，然后转动方刀架改用精车刀依次精车 A、B 两段，再调头，用同样方法粗精车 C 段，这样粗、精车就成为同一工序下的六个工步。该工序的内容如下：

工序：粗精车 A、B、C 三段。安装 1，粗精车 A、B 段；工步 1，粗车 B 段；工步 2，粗车 A 段；工步 3，精车 B 段；工步 4，精车 A 段。安装 2，粗精车 C 段；工步 5，粗车 C 段；工步 6，精车

C段。

有时为了提高生产效率,还经常把几个待加工表面用几把刀具同时进行加工,这也可看作一个工步,称为复合工步。如图3-3所示,为用两把车刀、一只钻头同时加工。

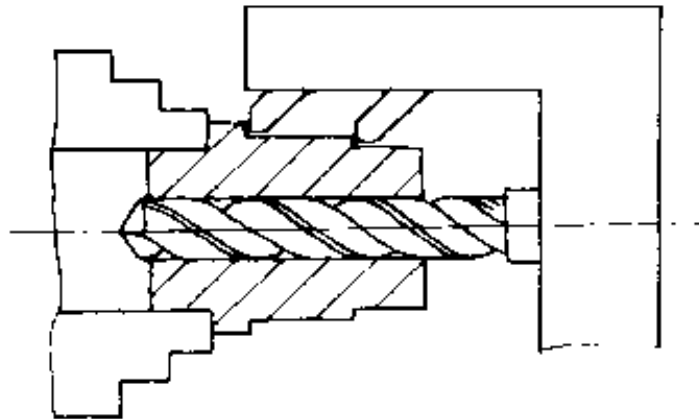


图3-3 复合工步

5. 走刀

有些工步,由于余量较大或其他原因需要同一刀具在同一切削用量(仅指转速及进给量)下对同一表面进行多次切削,这样刀具对工件的每一次切削就称为一次走刀。例如图3-1中当A段直径比B段直径小得多时,工步2粗车A段应分两次走刀完成(多次走刀在外圆磨削时经常应用)。

6. 动作

指操作者或机床的每个单元动作。如一次走刀中有开车、趋近刀具、试切、测量、走刀、停车、退刀等动作。

在编制工艺规程时,应根据生产规模的大小来决定需要把工艺过程分拆到什么程度。例如小批生产时只需制订到工序,而大批量流水线,自动线连续生产时,为了使每一道工序的时间尽量相等,实现有节奏地生产,这时往往要分析每一个动作,严格控制每一工序的时间。

三、各种形面加工工艺方案比较

1. 外圆加工工艺方案比较

外圆的主要加工方法是车削、磨削、研磨、超精磨等，现将根据不同的加工材料、热处理、精度和粗糙度情况下所采用的工艺方案作一比较，如图 3-4 所示。

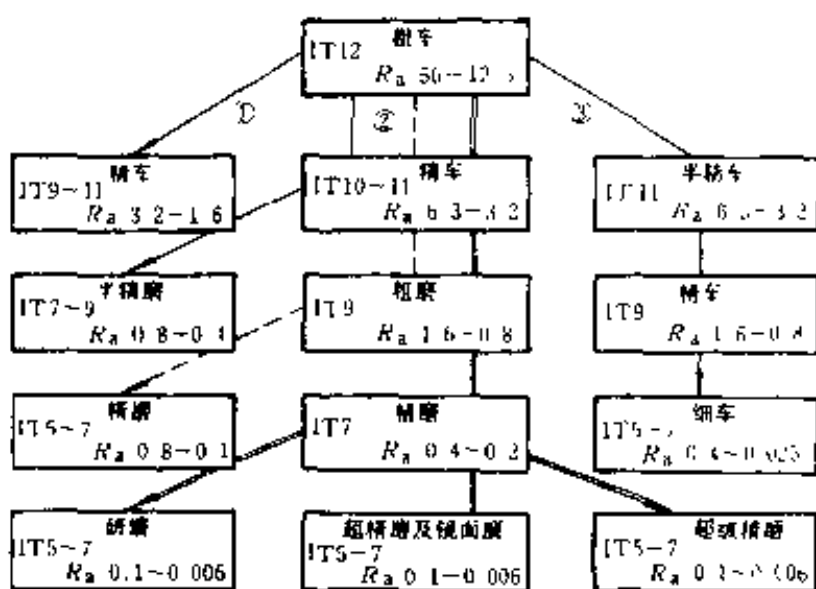


图 3-4 外圆加工工艺方案比较

第①方案：粗车→精车——适用于不需淬火的黑色金属和有色金属加工，而且精度和粗糙度要求较低。

第②方案：粗车→精车→各种磨削——适用于需要淬火的钢件外圆加工，根据不同的精度、粗糙度要求和产量、设备等因素，可选择相适应的加工方法。

第③方案：粗车→半精车→精车→细车——适用于铜、铝等有色金属的加工，根据不同的精度、粗糙度要求，选择必要的工序。

2. 圆柱孔加工工艺方案比较

孔加工方案的选择需要考虑工件材料、结构、孔径大小、长径比大小,以及精度、粗糙度、生产纲领和设备条件等一系列因素。对于技术要求较高的孔,常采用多种方法顺次加工。图3-5所示的为各种方法。图中符号“⊗”表示用基准定位方式,该工序能进一步提高位置精度。符号“⊖”表示以被加工孔本身定位方式,不能提高位置精度。

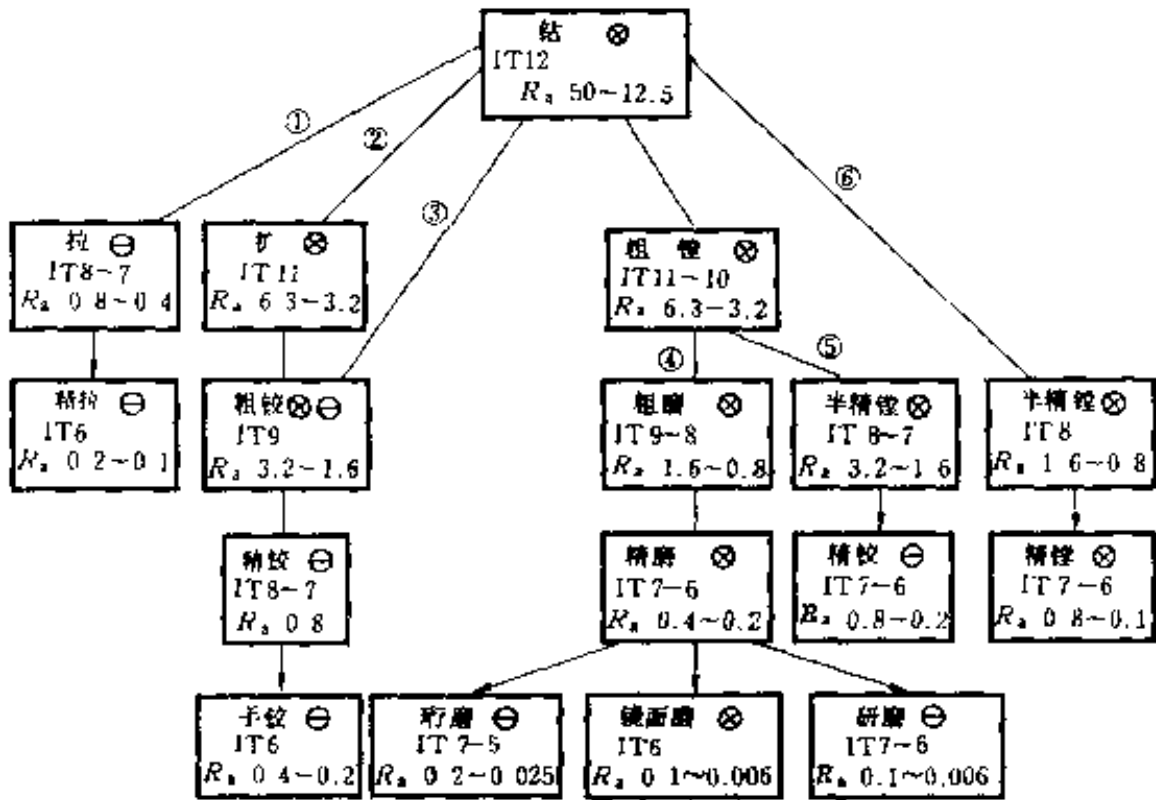


图3-5 孔加工工艺方案比较

第①方案: 钻→拉→精拉——适用于大批量生产,生产率很高,但拉刀费用高,而且是专用刀具。

第②方案: 钻→扩→粗铰→精铰→手铰。

第③方案: 钻→粗铰→精铰→手铰。本方案与第①、②两种方案基本上相同。由于采用定径刀具,故效率较高,由于大直径的定径刀具费用高,故适用于中、小尺寸的孔,在

成批生产中广泛用于有色和黑色金属材料的孔加工。当加工孔径小于 12mm 时,可采用钻孔后直接粗铰方案。

第④方案:钻→粗铰→粗磨→精磨(→珩磨、镜面磨、研磨)——该方案采用磨料加工,故适用于淬火的高精度钢件,并根据具体情况,可分别采用珩磨、镜面磨、研磨等加工方法。

第⑤方案:钻→粗铰→半精铰→精铰与第③方案:钻→半精铰→精铰,适用于壳体零件上的大直径孔加工和单件、小批生产,这时可用通用的单刃铰刀试切加工。亦可在车床上进行加工,如中、小零件的单件、小批试制等。

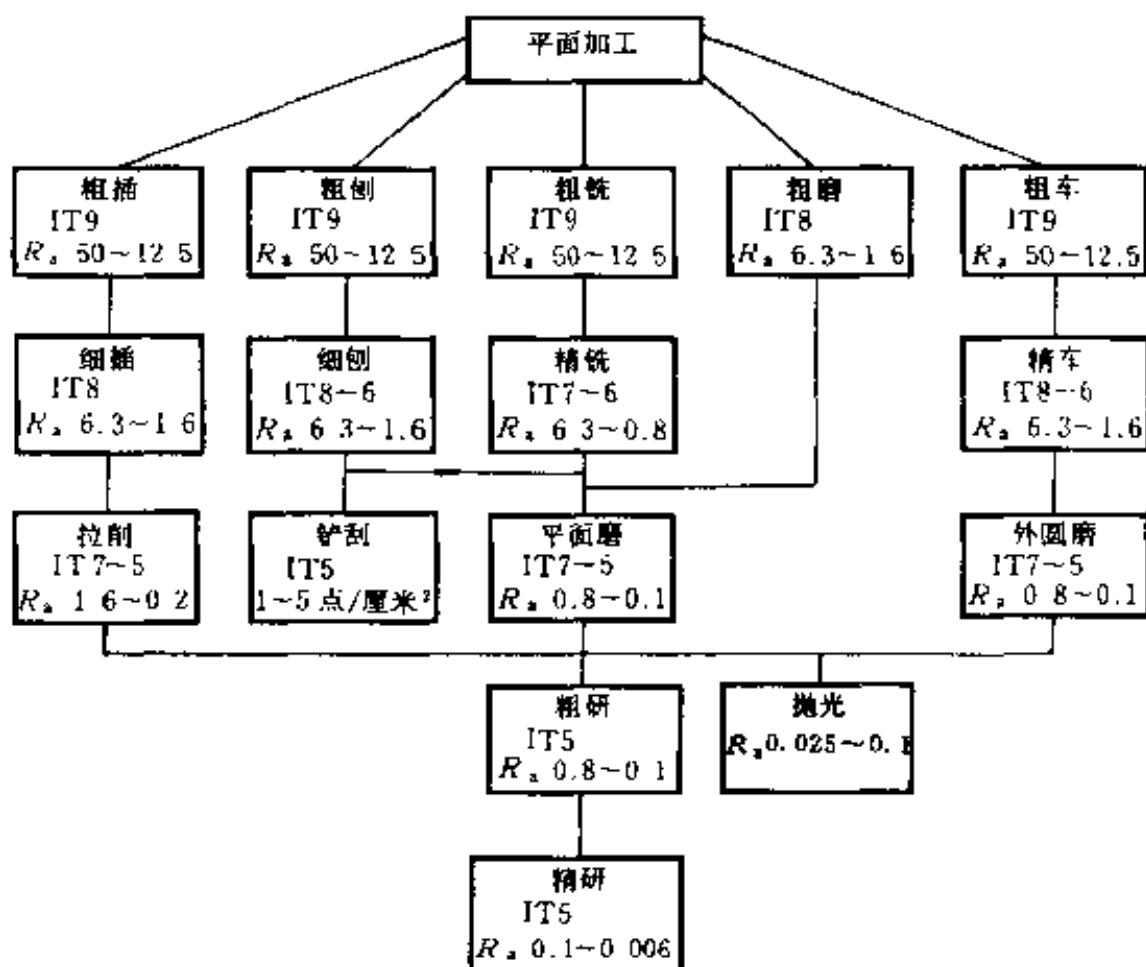


图 3-6 平面加工工艺方案比较

3. 平面加工工艺方案比较

平面加工各种加工工艺方案能达到的经济精度和粗糙度,见图3-6。平面加工按加工方法一般分为粗加工、精加工和光整加工三种。

(1) 粗加工

平面的粗加工根据毛坯的种类、产量、余量和加工面的形状等具体情况,并考虑车间设备条件,采用不同的加工方案。成批、大量生产大多采用粗铣,以提高生产效率。单件、小批或狭长平面(导轨等)常用粗刨,其特点是刀具简单,调整方便。如毛坯精度较高,余量较小(例如冲压件、精铸件、平整的钢板等)则可直接采用粗磨。与圆柱面相垂直的平面,一般都和圆柱面在同一工序内加工,即用车床车出,或外圆磨磨出。

(2) 精加工

粗加工后接下去的精加工往往和粗加工采用同一工种,但要减少切削用量,提高工件加工精度和表面粗糙度要求,以达到“渐精”的目的。

(3) 光整加工






平面光整加工指能提高平面度、减小表面粗糙度以及改善材料加工表面性能的一类加工,如磨、研磨、铲刮、滚压、抛光等。

平面加工中采用什么方法进行终加工,主要根据工件精度要求、材料性质和淬火与否而定,一般淬火后工件用磨削,不淬火的导轨面可用细刨或铲刮,亦可用磨削加工。内平面批量小时用插削,批量大时用拉削(例如游标卡尺,框架上的方孔)。精度要求很高时用研磨,如只有粗糙度要求而没有精度要求,则用抛光加工即可。

四、机械加工中的定位与夹紧符号

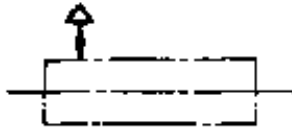
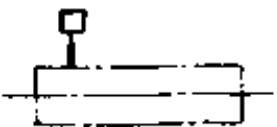
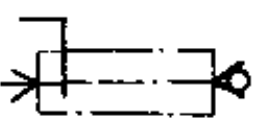
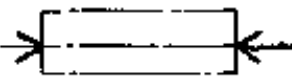
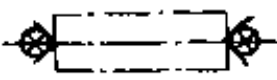
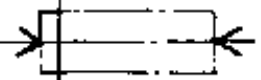
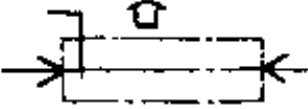
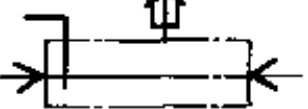
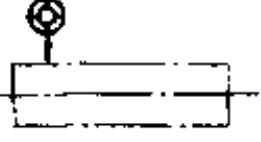
1. 基本符号(见表 3-2)

表 3-2 基本符号

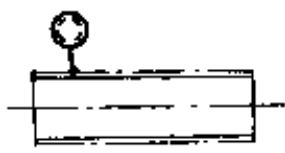
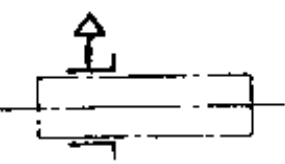
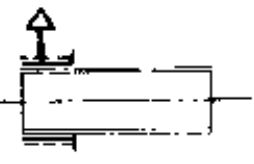
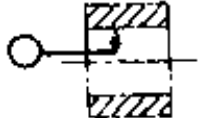
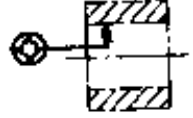
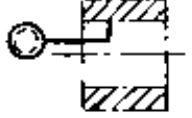
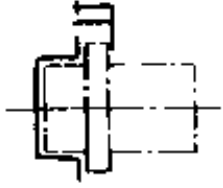
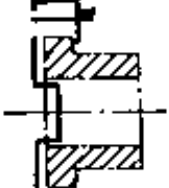

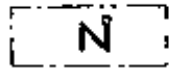
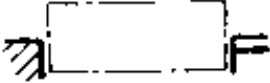
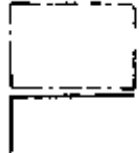
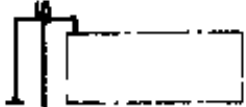
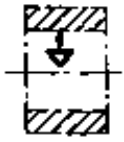
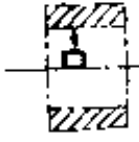
定 位		辅助定位	夹 紧 力	定位兼夹紧
主视图	俯视图			
				

2. 常用符号(见表 3-3)

表 3-3 常用符号

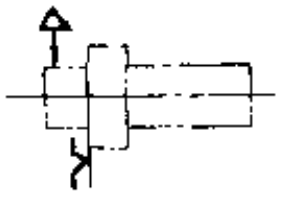
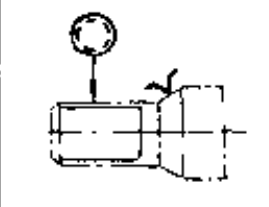
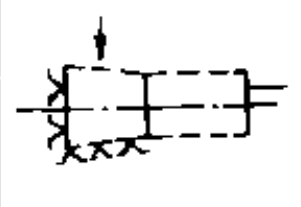
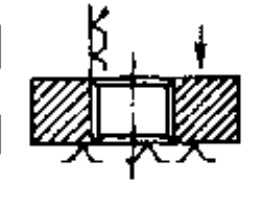
1  三爪自定心卡盘	2  四爪单动卡盘	3  鸡心夹头 左端死顶尖,右端活顶尖
4  左端死顶尖, 右端浮动顶尖	5  两端梅花顶尖	6  哈夫夹头 (双头拨杆夹板文箍) 两端死顶尖
7  鸡心夹头、车刀 架两端死顶尖	8  鸡心夹头,中心 架两端死顶尖	9  弹簧夹头

(续表)

<p>10</p>  <p>外螺纹心座</p>	<p>11</p>  <p>圆柱衬套 (外用三爪自定心卡盘夹紧)</p>	<p>12</p>  <p>螺纹衬套 (外用三爪自定心卡盘夹紧)</p>
<p>13</p>  <p>心轴</p>	<p>14</p>  <p>内胀心轴</p>	<p>15</p>  <p>内螺纹心轴</p>
<p>16</p>  <p>外止口心座 (用螺纹压板压紧)</p>	<p>17</p>  <p>内止口心座 (用螺纹压板夹紧)</p>	<p>18</p>  <p>V形块</p>
<p>19</p>  <p>磁力平台</p>	<p>20</p>  <p>虎钳</p>	<p>21</p>  <p>弯板(角铁)</p>
<p>22</p>  <p>螺钉压板</p>	<p>23</p>  <p>三爪自定心卡盘</p>	<p>24</p>  <p>四爪单动卡盘</p>

3. 实例说明(见表 3-4)

表 3-4 实例说明

常用夹具尚须靠某面		特 殊 夹 具	
三爪自定心 卡盘夹紧 并靠台肩	外螺纹心座 并靠紧锥面	两个平面定位 (五点) 两个方向夹紧	一个平面及螺纹 中径定位 一个方向夹紧
			

五、典型零件加工工艺分析

零件的加工工艺分析,就是对工件从毛坯准备到成品完成的加工工艺路线和过程进行合理的科学分析。一个零件除要进行车削加工外,往往根据不同的要求,还得经过刨、铣、钳、热处理和磨削等多种加工。而车削一个零件时,一般又总是要加工几个工作表面。因此我们在车削加工前,必须结合零件各部分加工工序的相互关系,制订出合理的加工工艺过程。

对于一个车工来说,当拿到零件工作图和准备好的毛坯时,首先要熟悉工作图中各尺寸和公差、形位公差、表面粗糙度、选用材料的牌号等技术要求,还要检查毛坯的备料是否正确。并要对零件的加工工艺路线和加工工艺过程加以熟悉,了解本工序与上下工序的关系和要求,这样才能对零件进行有的放矢的加工。所以说,在机械加工中精心制订工艺和操作者严格执行工艺都是保证产品质量和提高产量的必要条件。本节将对典型零件加工工艺用不同表达形式进行实例分析。

1. 轴类零件的加工实例分析

(1) 车床刀架轴的加工实例分析(图 3-7)

1) 技术条件分析

刀架轴的加工全过程,除车削外并附有钳工和磨工的加工内容。 $\phi 50_{-0.039}^0$ 外圆对端面 A 垂直度公差为 0.02mm, $\phi 120$ 两端面平行度公差为 0.01mm, 工件材料选用 45 钢, 工件表面作发黑处理。

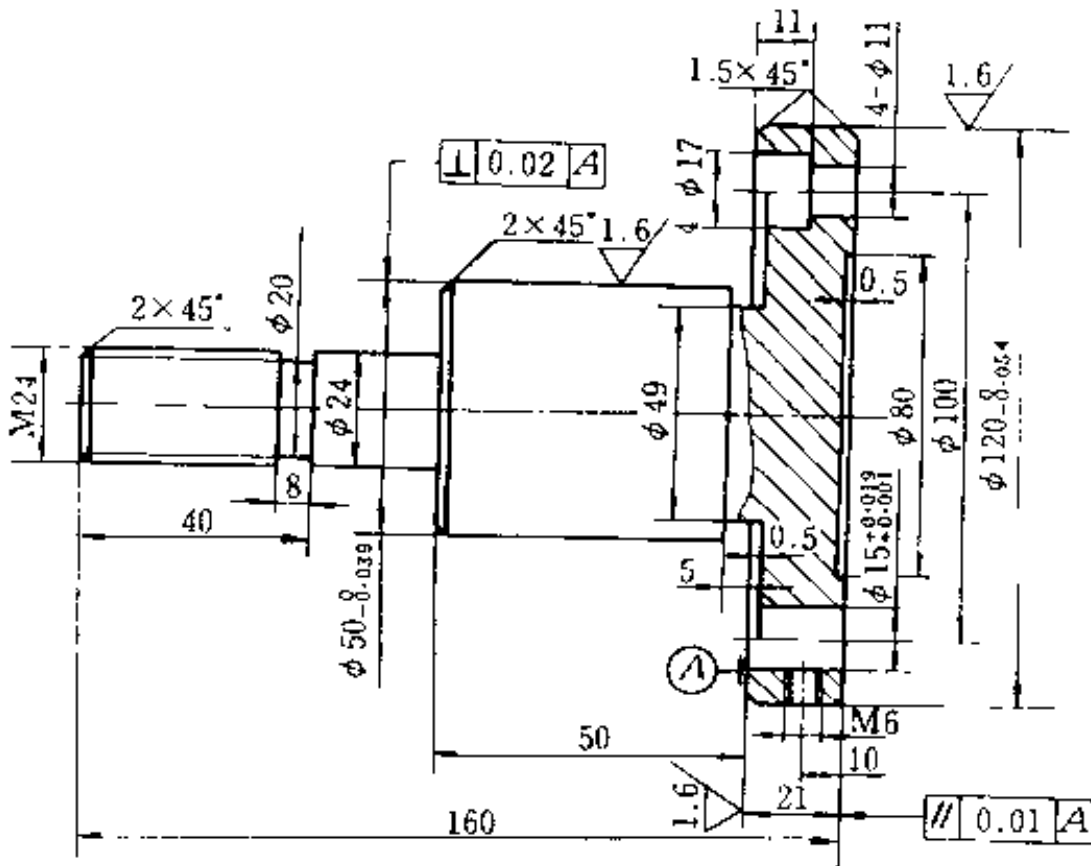


图 3-7 车床刀架轴

2) 工艺路线

零件为批量或单件生产时,其工艺路线是:锻造(单件为棒料)→正火→粗车大端直径和端面→钻中心孔→粗车小端直径和端面→钻中心孔→精车各外圆及端面→切槽→车螺纹→车平面工艺槽→验收→钳钻孔→

验收 → 外圆磨 → 验收 → 发黑 → 入库。

3) 车削步骤的选择

批量生产的车削加工过程如表 3-5 所示。

4) 车削过程程序分析

① 批量生产所用的坯料为模锻件,其优点是锻造精度高。加工余量少,但产生组织不均及表面有硬层。为改善切削性能,所以要进行正火。如果是单件生产,毛坯直接采用棒料(不用正火),只是加工余量较大,会影响生产效率和材料利用率。

② 工序 3 先车端面,然后钻中心孔,再用顶尖支承后车削外圆,有利于安装牢固并能提高切削用量,又能保证一端同轴度。

③ 工序 7 是两顶尖定位由磨削来保证精度和粗糙度要求。

(2) 转向节轴的加工实例分析

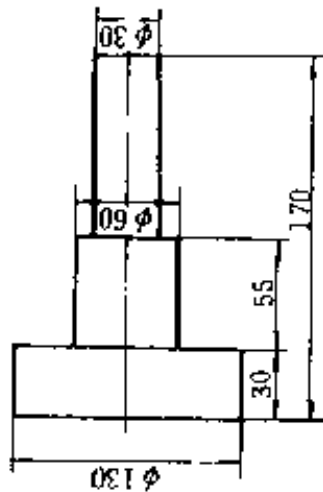
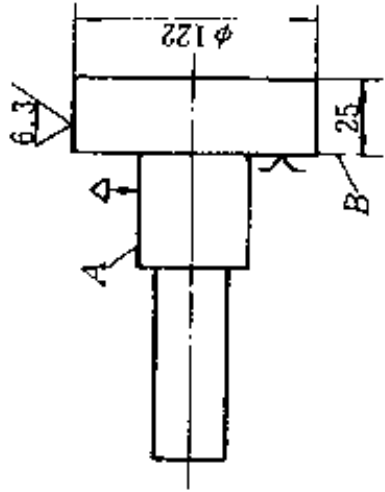
1) 技术条件分析

如图 3-8 所示转向节轴,是一个典型的空间交叉的多孔工件,它的特点是孔与轴的轴线在空间交叉分布, $\phi 32^{+0.018}_{-0.008}$ mm 孔,1:8 的圆锥孔和节轴端的轴线位置分布在空间三个方向上,轴端与 $\phi 32$ mm 孔的垂线成 $1^{\circ}30'$ 交角,而 $\phi 32$ mm 孔和 1:8 圆锥孔轴线在空间垂直交叉。在加工时,应抓住工件的关键要求,通过划线来装夹和校正,或设计专用夹具来达到零件图纸要求。

2) 工艺路线

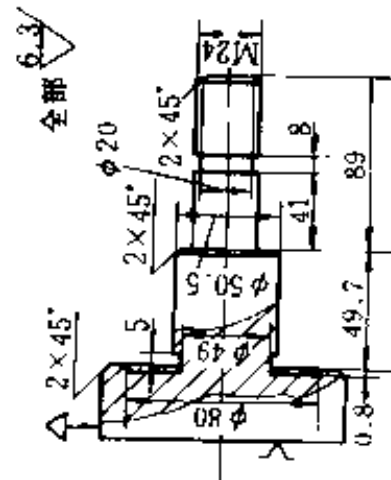
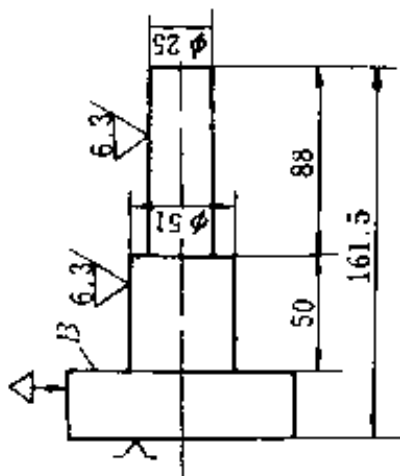
锻造 → 正火 → 划线 → 钻中心孔 → 粗车外圆 → 车螺纹 → 精车外圆 → 验收 → 划线 → 刨开档 → 粗精车孔 → 粗精车圆锥孔 → 插键槽 → 钻孔 → 攻螺纹 → 验收 → 入库。

表 3-5 车 床 刀 架 轴 的 车 削 过 程

工 艺 过 程 卡 片			产 品 名 称		第 页	
车 间	材 料	45	零件名称		共 页	
			刀 架 轴		50 件	
			工 序	工 种	工 步	加 工 内 容 及 技 术 条 件
			1	热	1	采用棒料模锻成形
					2	锻坯进行正火处理
			2	车	1	用三爪夹持 A 面
					2	粗车外圆 $\phi 122\text{mm}$ 至尺寸
					3	粗车端面, 以 B 面为测量基准至 25mm

(续表)

工序	工种	工步	加工内容及技术条件
3	车	1	用反卡爪夹持 $\phi 122\text{mm}$
		2	粗车端面, 保证 161.5mm
		3	钻中心孔 $\phi 2\text{mm}$, 即加顶尖支承
		4	粗车 $\phi 51\text{mm}$ 及 $\phi 25\text{mm}$ 外圆
		5	粗车端面 B
4	车	1	精车 $\phi 50.5\text{mm} \times 49.7\text{mm}$ 至尺寸
		2	精车 $\phi 24\text{mm} \times 89\text{mm}$ 至尺寸
		3	车外沟槽 $\phi 20\text{mm} \times 8\text{mm}$, $\phi 49\text{mm} \times 5\text{mm}$, $\phi 89\text{mm} \times 0.8\text{mm}$
		4	倒角二处 $2\text{mm} \times 45^\circ$ 至尺寸
		5	车 M24 螺纹至尺寸 (车螺纹前需车小外径 0.1mm)



(续表)

工序	工种	1. 步	加工内容及技术条件
5	车	1	工件洞头, 夹持 $\phi 50.5\text{mm}$ 处
		2	车工艺槽 $\phi 80\text{mm} \times 0.8\text{mm}$ 至尺寸
		3	精车 $\phi 120.4\text{mm} \times 21.6\text{mm}$ 至尺寸
		4	倒角 $2\text{mm} \times 45^\circ$, 以 A 面为度量基准
		5	钻中心孔 $\phi 2\text{mm}$
6	钳	1	按工作图钻孔 $4 - \phi 11\text{mm}$ 至尺寸
		2	按工作图扩孔 $4 - \phi 17.11\text{mm}$
7	磨	1	按工作图磨 $\phi 50.03\text{mm}$ 及 B 面
		2	按工作图磨 $\phi 120.8\text{mm}$
		3	按工作图磨端面 A, 并与 B 面平行
8	钳	1	钻孔 $\Delta 1.6$ 底孔 0.6mm
		2	钻铰孔 $\phi 1.5 \pm 0.02\text{mm}$
		3	修毛刺

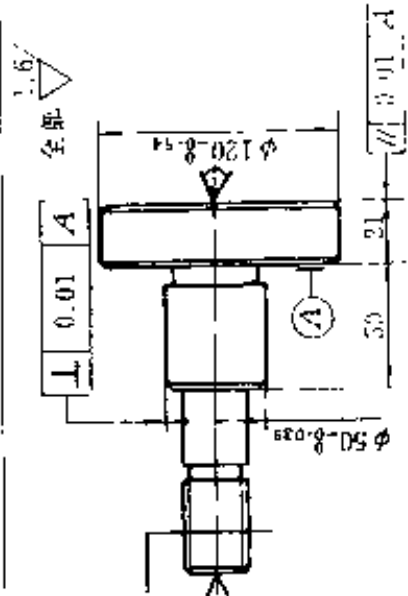
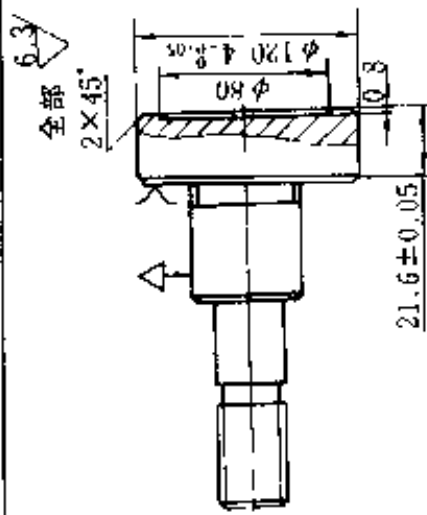


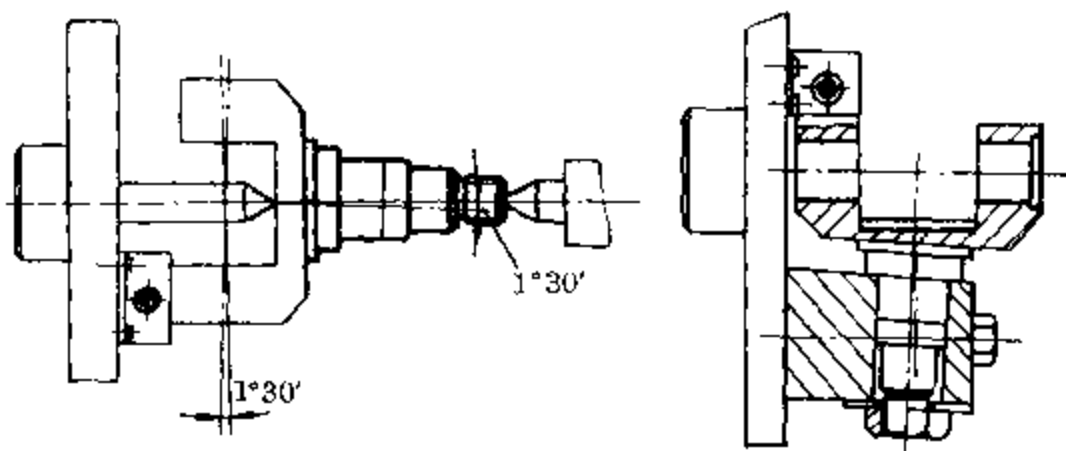
表 3-6 转向节轴的车削工艺过程

工艺过程卡片			产品名称	汽 4	第 页	
			零件名称	转向节轴		
车间		材料	40Cr	投产数量	50 件	共 页
工序	工种	步骤	加工内容及技术条件			
1	钳	1	磨平轴端面			
		2	按图划线			
		3	钻中心孔			
2	车	1	以两顶尖装夹工件			
		2	粗车各档外径及端面			
		3	精车各档外径及端面			
		4	切 $2\text{mm} \times 1.5\text{mm}$ 槽及倒角			
		5	粗、精 $M24\text{mm} \times 1.5\text{mm}$ 螺纹			
3	钳	1	划线定 $\phi 32\text{mm}$ 孔及 62mm 开档位置			
		2	划线定 $1:8$ 圆锥孔位置			
4	刨或铣	1	以轴径为基准利用辅助块装夹工件			
		2	依据划线刨 $62^{+0.02}\text{mm}$ 开档			
5	车	1	以轴径为基准,利用辅助块上花盘装夹工件			
		2	校正划线车 $\phi 32 \pm 0.008\text{mm}$ 孔			
		3	车一端 $\phi 35^{+0.05}\text{mm} \times 5.5\text{mm}$ 阶台,控制 33mm			
		4	车 $R=28\text{mm}$ 的圆弧面			
6	车	1	以 $\phi 32 \pm 0.008\text{mm}$ 孔为基准上心轴			
		2	车另一端 $\phi 35^{+0.05}\text{mm} \times 5.5\text{mm}$ 阶台孔,控制总长 128mm			

(续表)

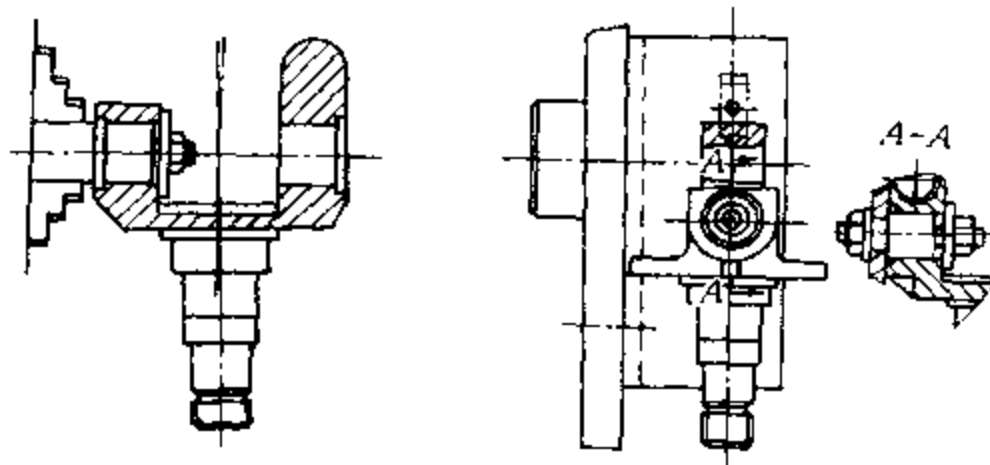
工序	工种	步骤	加工内容及技术条件
7	车	1	上角铁以 $\phi 32$ 孔为基准校正划线位置
		2	粗精车 1:8 圆锥孔
8	插		插 1:8 圆锥孔内键槽
9	钳	1	钻 M8 螺纹底孔
		2	铰 $\phi 16.5 \times 1\text{mm}$ 孔
		3	攻 M8 螺纹

工序简图(部分)



工序 2

工序 3



工序 6

工序 7

3) 车削步骤的选择

批量生产的车削加工过程如表 3-6 所示。

4) 划线方法步骤分析

首先根据各加工部位的毛坯余量,划出轴端两端中心孔的位置,并钻好中心孔,采用两顶尖装夹方法,把轴端各档外圆粗、精车加工好。随后以此轴颈为基准,用如图 3-9 所示的辅助块来划线,确定 $\phi 32\text{mm}$ 孔的位置和 $62^{+0.25}\text{mm}$ 尺寸的位置线以及 1:8 圆锥孔的位置。

(3) 多阶台轴的加工实例分析

1) 技术条件分析

如图 3-10 所示多阶台轴的工作图。多阶台轴的技术要求如下:材料为 40Cr,采用热处理方法,调质为硬度 HRC 23~28。两端 $\phi 16\text{mm}$ 与 $\phi 25\text{mm}$ 外圆径向圆跳动公差为 0.02mm ,加工表面粗糙度 R_a 为 $3.2\sim 1.6\mu\text{m}$ 。

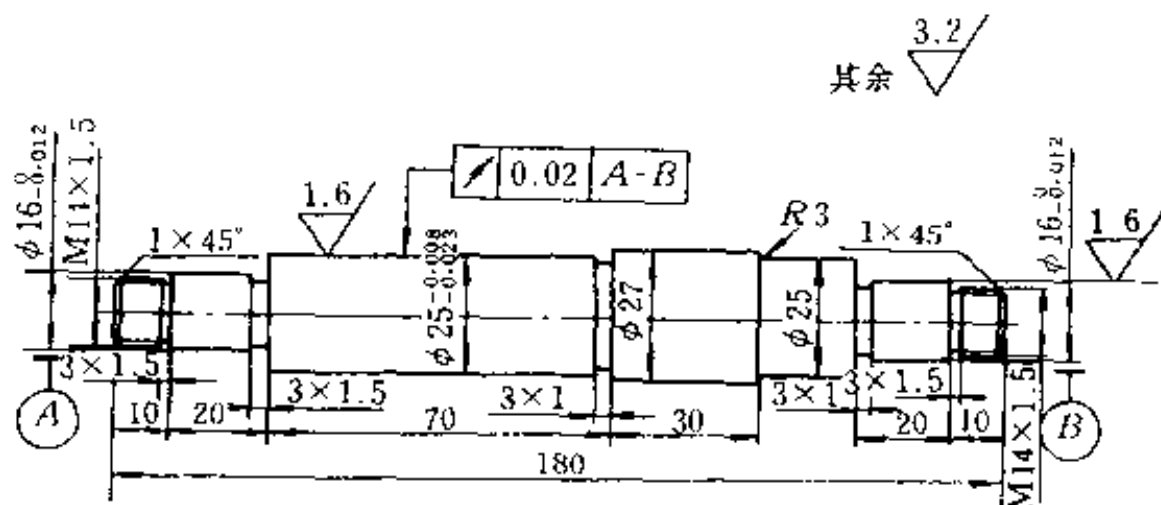


图 3-10 多阶台轴

2) 工艺路线

锯料—→调质—→车端面—→钻中心孔—→粗车各外径—→半精车—→切外沟槽—→车螺纹—→精车各外径—→验

收 → 入库。

3) 车削步骤的选择

若批量生产加工的车削过程见表 3-7。

4) 车削过程程序分析

① 由于工件各阶台之间,直径差较小,所以毛坯采用棒料,因为毛坯切除的余量较少,下料后直接进行调质。如果毛坯余量大,工件精度要求更高时,调质处理应安排在粗车之后,精车之前进行,但精车留量要适当放大。

② 由于两端同轴度有一定要求,用两端中心孔作定位基准。

③ 由于两端同轴度有要求,采用表 3-7 车削过程,注意车削螺纹时切削力不宜过大,也可采用先车削螺纹后,再精车有精度要求的外径。目的为保证同轴度要求。

(4) 差速器十字轴的加工实例分析

1) 技术条件分析

如图 3-11 所示差速器十字轴,为汽车、拖拉机等机械的行星差速装置的常用零件,十字轴四端轴颈在同一个平面内要求较高,十字轴两轴线相互的垂直度要求也较高,所以十字轴加工工艺较为复杂。

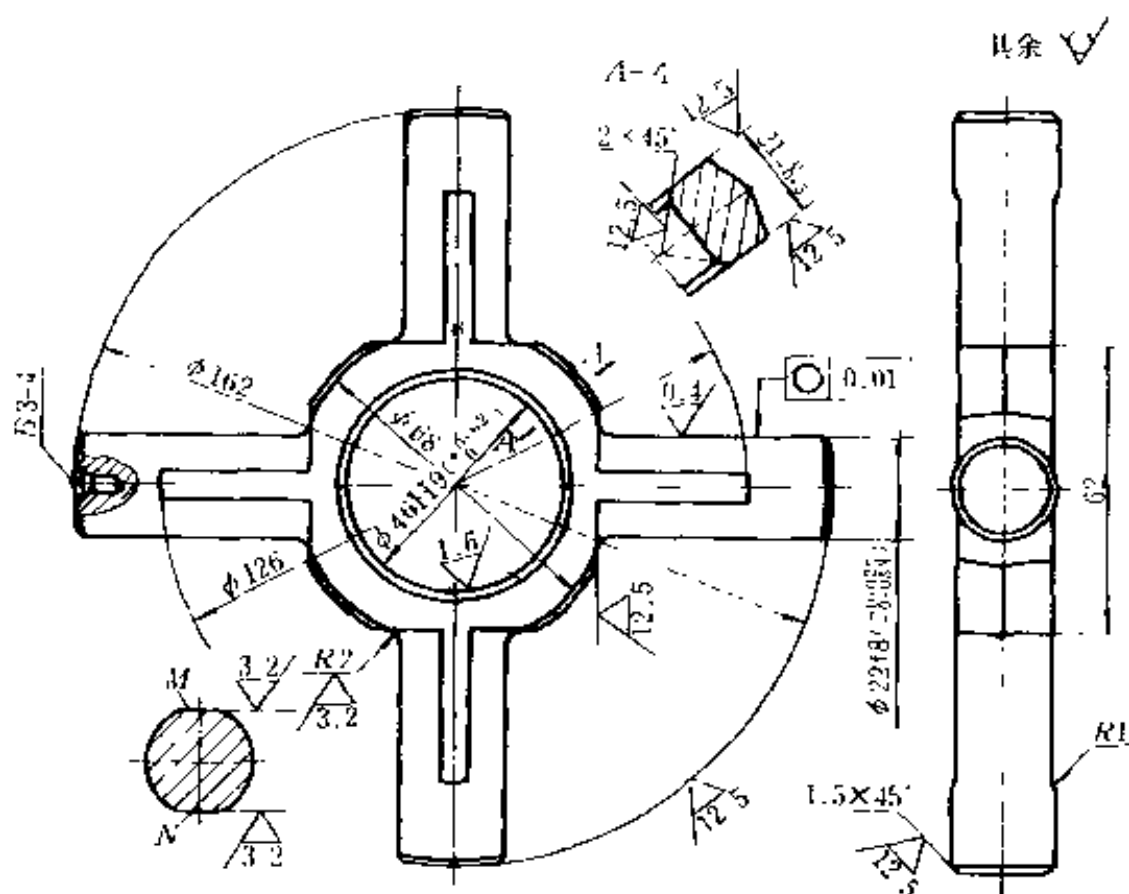
差速器十字轴的材料选择,根据零件要求要有一定的强度和表面高的耐磨性,一般常选用如 20CrMnTi 等低碳合金结构钢(渗碳材料),经渗碳淬火后表面具有高的硬度而轴颈心部保持相当的强度和韧性。

2) 工艺路线

落料 → 模锻 → 正火 → 车基准孔和四轴颈端面 → 打中心孔 → 粗、精车外圆 → 车 M、N 面 → M、N 面去锐棱 → 渗碳 → 中心孔切碳 → 淬火 → 整形或修整中心孔

表 3-7 多阶台轴车削过程

工 艺 过 程 卡 片				产品名称	钻模夹具	第 页
				零件名称	轴	
车间		材料	40Cr	投产数量	50 件	共 页
工序	工种	工步	加 工 内 容 及 技 术 条 件			
1	锯	1	下料 $\phi 30\text{mm} \times 184\text{mm}$			
2	热	1	热处理调质(HRC23~28)			
3	车	1	二爪夹持车端面, 钻中心孔 $\phi 1.5\text{mm}$			
		2	工件调头车另一端面, 控制总长 180mm, 钻中心孔 $\phi 1.5\text{mm}$			
4	车	1	两顶尖安装粗车 $\phi 27\text{mm} \times 30\text{mm}$ 处, 留余量 1mm			
		2	粗车 $\phi 25\text{mm} \times 70\text{mm}$ 处, 留余量 1mm			
		3	粗车 $\phi 16\text{mm} \times 20\text{mm}$ 处, 留余量 1mm			
5	车	1	工件调头粗车 $\phi 25\text{mm}$ 及 $R3\text{mm}$ 处, 留余量 1mm			
		2	粗车 $\phi 16\text{mm} \times 20\text{mm}$ 处, 留余量 1mm			
6	车	1	精车 $\phi 27\text{mm} \times 30\text{mm}$ 至尺寸			
		2	精车 $\phi 25\text{mm}$ 和 $R3$ 全尺寸			
		3	精车 $\phi 16 - h_{0.012}\text{mm} \times 20\text{mm}$ 至尺寸			
		4	车 M14mm 螺纹外圆至外径尺寸和倒角 $1\text{mm} \times 45^\circ$			
		5	车外沟槽 $3\text{mm} \times 1\text{mm}$ 和 $3\text{mm} \times 1.5\text{mm}$			
		6	车 M14mm $\times 1.5\text{mm}$ 螺纹至尺寸			
7	车	1	工件调头精车 $\phi 25 - h_{0.012}\text{mm} \times 70\text{mm}$ 至尺寸, 注意 $\phi 27\text{mm} \times 30\text{mm}$ 长度			
		2	精车 $\phi 16 - h_{0.012}\text{mm} \times 20\text{mm}$ 至尺寸			
		3	车 M14mm 螺纹外圆至外径尺寸及倒角 $1\text{mm} \times 45^\circ$			
		4	车外沟槽 $3\text{mm} \times 1.5\text{mm}$ 两处和 $3\text{mm} \times 1\text{mm}$			
		5	车 M14mm $\times 1.5\text{mm}$ 螺纹至尺寸			



技术要求:

- (1) 十字轴轴颈平面度误差不大于 0.10mm ;
- (2) 十字轴两轴线垂直度误差全长不大于 0.05mm ;
- (3) 材料 20CrMnTi ;
- (4) 表面渗碳淬火 $\text{HRC}58\sim 64$ 。

图 3-11 差速器十字轴

→中心孔研磨 →粗磨轴颈 →半精磨轴颈 →精磨轴颈
 →检验 →入库。

3) 车削步骤的选择

若批量生产加工过程见表 3-8。

4) 车削过程程序分析

(1) 由于零件渗碳淬火一般变形较大,故淬火后除整形校正外,对部分变形大的零件必要时修整中心孔,为使中心孔

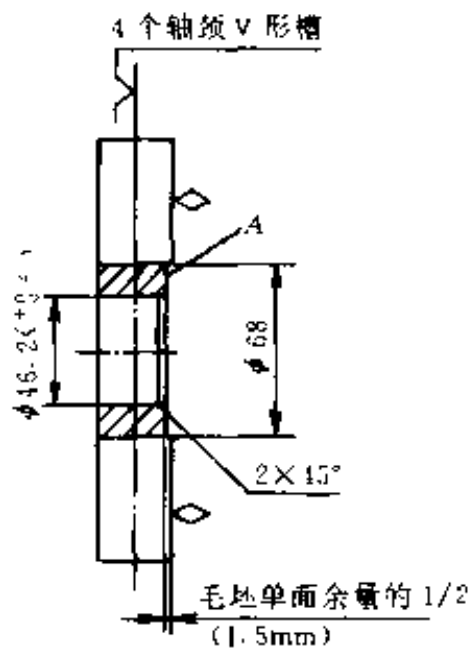
表 3-8 十字轴的车削过程

1. 艺过程卡片			产品名称	拖拉机	第 页 共 页
			零件名称	差速器十字轴	
车间		材料	投产数量	50	
工序	工种	工步	加工内容及技术条件		
1	锯	1	根据下料要求锯料		
2	热	1	模锻基本成形十字轴		
		2	正火		
3	车	1	以毛坯四轴颈为粗基准, 用 V 形槽定位车夹具		
		2	镗孔 $\phi 46.2^{+0.20}\text{mm}$ 工艺基准孔		
		3	车 A 面并倒角 $2\text{mm} \times 45^\circ$		
4	车	1	以 $\phi 46.2^{+0.20}\text{mm}$ 及 A 面作定位上夹具		
		2	车 $\phi 162^{+0.50}\text{mm}$ 四轴颈端面		
5	钻	1	以 $\phi 46.2^{+0.20}\text{mm}$ 及 A 面作定位, 用四等分夹具		
		2	钻四轴端中心孔 B3		
6	车	1	上两顶尖, 装夹工件		
		2	车同一轴线两端 $\phi 22.5_{-0.15}\text{mm} \times 50^{+0.30}\text{mm}$ 外圆		
		3	车另一轴线两端 $\phi 22.5_{-0.15}\text{mm} \times 50^{+0.30}\text{mm}$ 外圆		
7	车	1	以 $\phi 46.2^{+0.20}\text{mm}$ 孔及 $\phi 22.5_{-0.15}\text{mm}$ 为基准		
		2	车削 M 面并倒角 $2\text{mm} \times 45^\circ$		
		3	车削 N 面并倒角 $2\text{mm} \times 45^\circ$		
8	钳	1	M、N 面 $\phi 126\text{mm} \times 0.75\text{mm}$ 两平面修锐棱		
9	粗磨	1	以两顶尖定位装夹工件		
		2	粗磨同一轴线两端 $\phi 22.3\text{mm} \pm 0.02\text{mm}$ 外圆		
		3	粗磨另一轴线两端 $\phi 22.3\text{mm} \pm 0.02\text{mm}$ 外圆		

(续表)

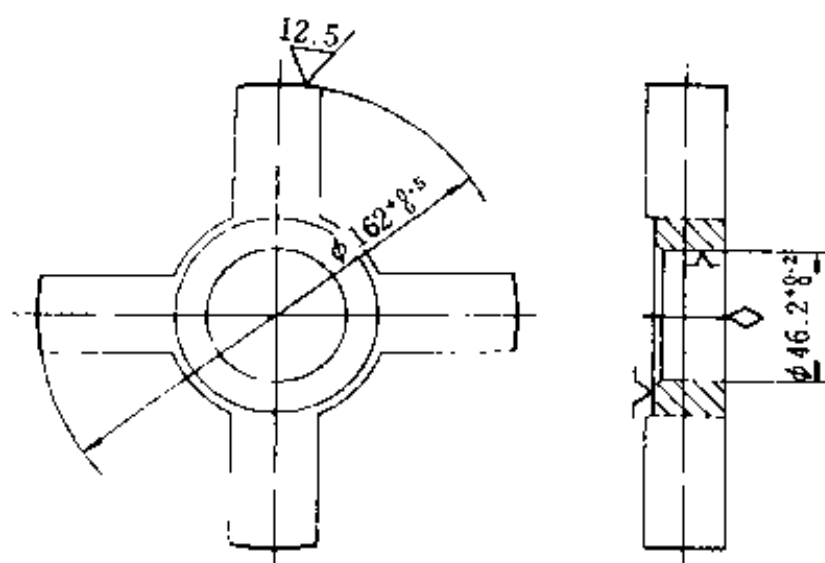
工序	工种	步数	加工内容及技术条件
10	检	1	粗磨后淬火前检查轴颈位置精度
11	热	1	渗碳: 严格控制 1.1~1.6mm 深度
		2	淬火: 严格控制 HRC58~64
12	研磨	1	四轴颈中心孔研磨至表面粗糙度 $R_a 1.6\mu\text{m}$
13	半精磨	1	以两顶尖, 装夹工件
		2	磨同一轴线, 两端 $\phi 22 \pm 0.03\text{mm}$ 外圆
		3	磨另一轴线两端 $\phi 22 \pm 0.03\text{mm}$ 外圆
14	精磨	1	以两顶尖装夹工件
		2	磨同一轴线两端 $\phi 22 \pm 0.003\text{mm}$ 外圆, $R_a 0.1\mu\text{m}$
		3	磨另一轴线两端 $\phi 22 \pm 0.003\text{mm}$ 外圆, $R_a 0.1\mu\text{m}$
15	检查	1	按零件工作图要求, 检查加工精度
16	入库	1	涂上防锈油入库

工序简图(部分)

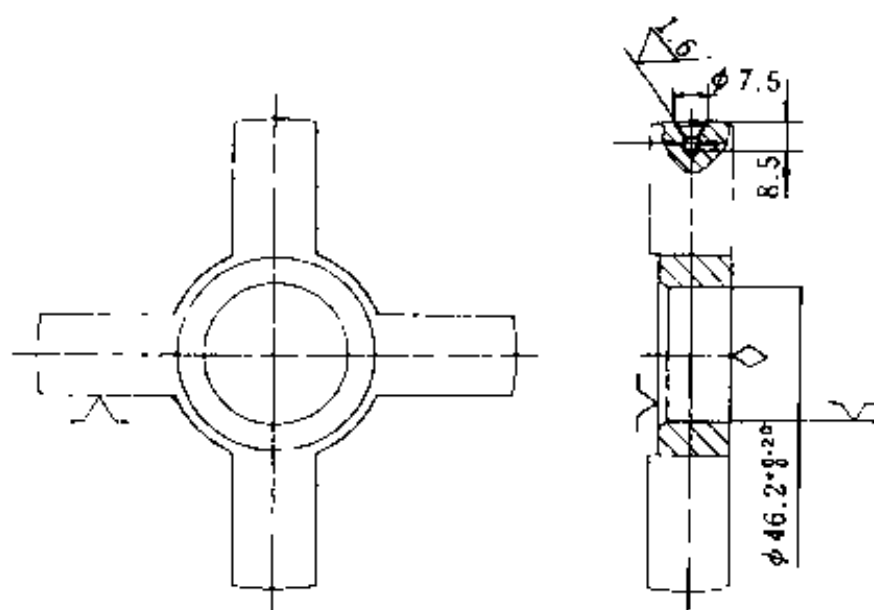


工序 3

(续表)

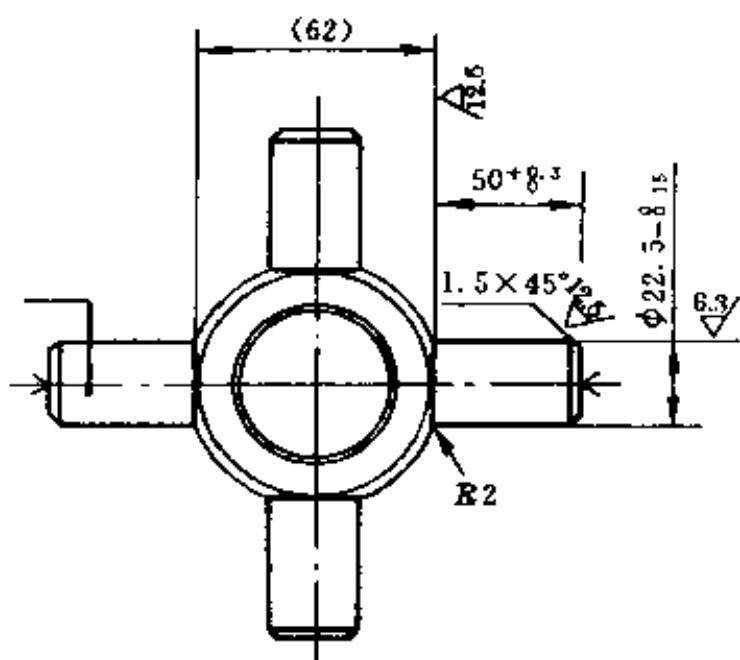


工序 1

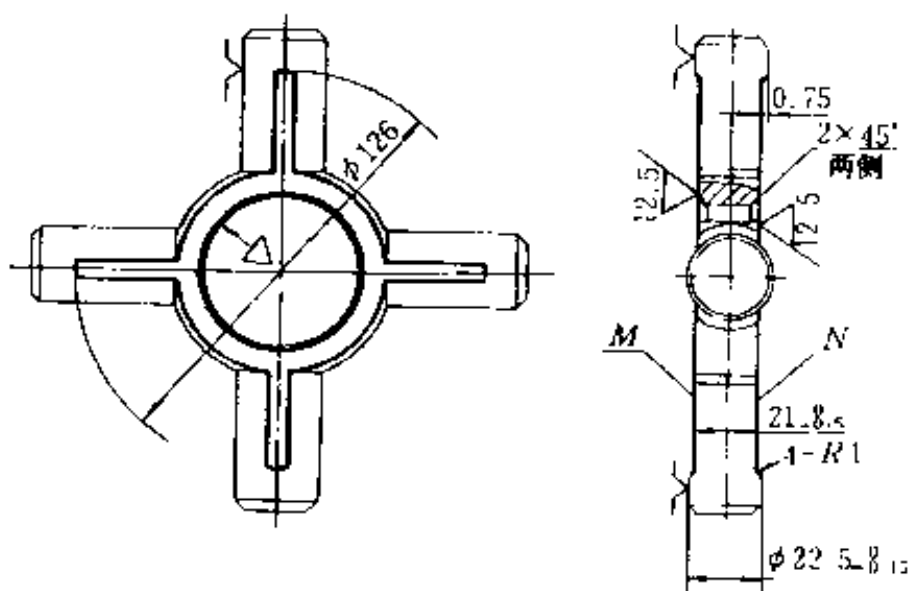


工序 5

(续表)

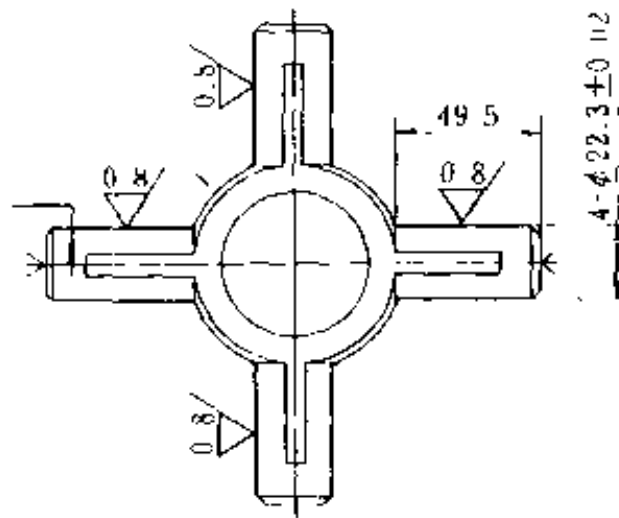


工序 6

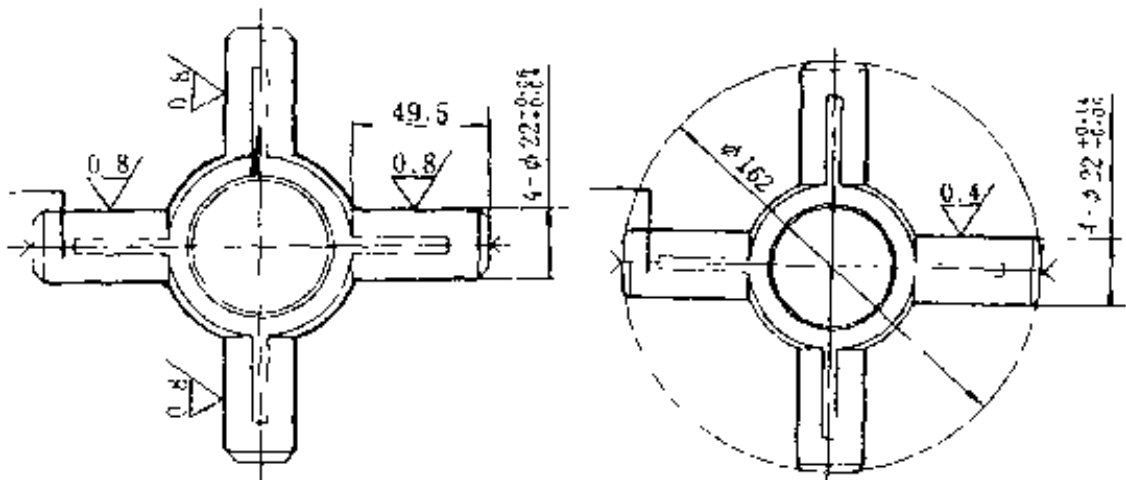


工序 7

(续表)



工序 9



工序 13

工序 14

在淬火后不至于硬度很高,中心孔处渗碳后淬火前应进行切碳加工。

(2) 由于十字轴形状复杂,自身强度较差,为防止车削变形影响精度,则对车削后十字轴进行检查对位置精度超差的进行一次校正加工。

(3) 十字轴四轴颈表面粗糙度要求较高 $R 0.40\mu\text{m}$,加上热处理变形原因,留磨余量比一般零件大。对留磨余量大并对

粗糙度要求高,为了提高生产效率并防止产生磨削裂纹,工件的粗磨、半精磨、精磨分开进行,并且粗磨安排在渗碳淬火前进行,半精磨与精磨也分开,所以可根据生产效率和粗糙度要求选择不同砂轮粒度,精磨选用细粒砂轮。

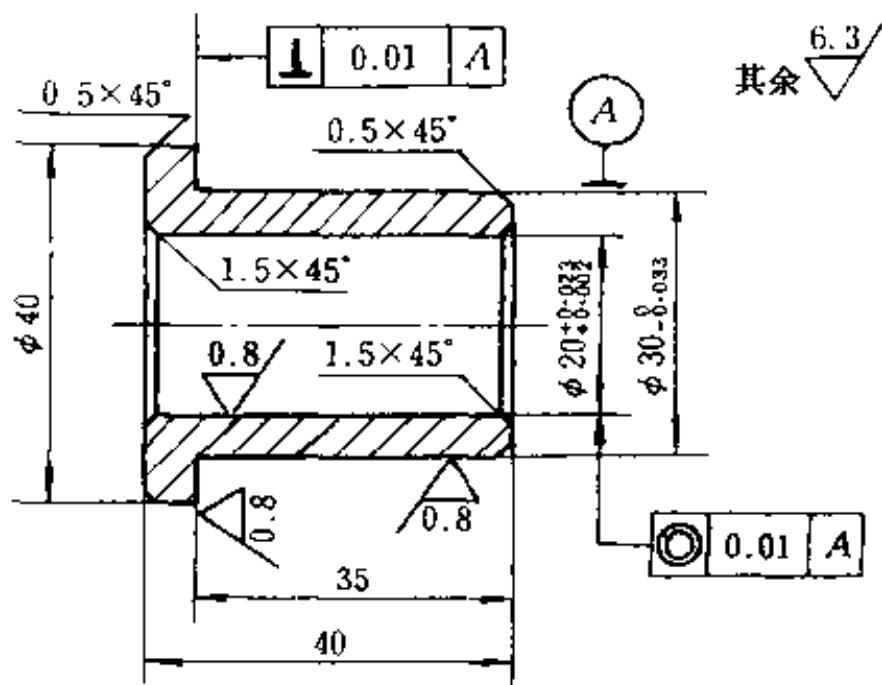
2. 套类零件的加工实例分析

(1) 钻套的加工实例分析

1) 技术条件分析

钻套是每个钻模必须使用的零件之一,常用中碳钢以上材料,并需经淬火处理,其尺寸公差和形位公差,如图 3-12 所示,孔径为 $\phi 20_{-0.002}^{+0.023}$ mm,外径 $\phi 30_{-0.033}^0$ mm。为保证钻模精度,孔径与外径之间同轴度要求为 0.01mm。又为保证钻套导向作用正确,外径与端面垂直度要求为 0.01mm。零件粗糙度配合面 $R_a 0.8 \mu\text{m}$,非配合面为 $R_a 6.3 \mu\text{m}$ 。

2) 工艺路线



材料 45 钢,淬火;HRC48~52

图 3-12 钻套工作图

下料(以 5~10 件下一段料)→粗车外圆→钻孔→粗镗→倒角切断→淬火→磨内、外圆→检验→入库。

3) 车削步骤的选择

批量生产的车削加工过程如表 3-9 所示。

4) 车削过程程序分析

① 工件总长尺寸较小,所以可每五件工件下一次料,计下料长度为 $(40+5) \times 5 = 225\text{mm}$ 。加工至最后两件材料时,先将两件分别同时加工好 $\phi 30$ 外径,然后再统一加工孔径,最后在中间切断即成两件。

② 由于零件要求淬火,所以车削加工时,内、外圆都留有磨削余量。

③ 工序 5 孔径磨好后,工序 6 用 1:5000 圆锥心轴安装工件。注意此心轴的两端中心孔与 1:5000 外锥体的同轴度,因为此项精度直接影响工件加工后精度。

(2) 轴承座的加工实例分析

1) 技术条件分析

图 3-13 所示轴承座的工作图,零件材料为 45 钢。技术要求如下: $\phi 22$ 孔径对端面 C 的垂直度公差为 0.02mm , $\phi 22$ 孔径对 $\phi 40$ 外径的同轴度公差为 0.02mm 。主要加工表面粗糙度 $R_{1.6}\mu\text{m}$,其余为 $3.2\mu\text{m}$,表面需要发黑处理。

2) 工艺路线

下料→粗车大端外圆→钻中心孔→粗车小端外圆→钻孔→镗孔切内沟槽→精车小端外圆→精车大端外圆→初验收→钳床钻孔→发黑→验收→入库。

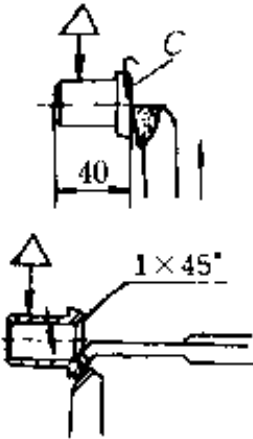
3) 车削步骤的选择

零件为单件加工的车削过程见表 3-10。

表 3-9 钻套的车削过程

工艺过程卡片				产品名称		钻 模		第 页	
				零件名称		钻 套		— —	
车间	材料	45	投产数量		20		共 页		
简 图				工序	工种	工步	加工内容及技术条件		
								1	锯
				2	车	1	以三爪自定心卡盘支持工作毛坯		
						2	车削端面 A, A 面至长度控制尺寸		
						3	粗车外径 $\phi 40\text{mm}$ 至尺寸		
						4	粗车外径 $\phi 30.18 \pm 0.018\text{mm}$, 控制长度 34.5mm		
						5	钻孔 $\phi 19$ 至尺寸, 孔深为 $45 \sim 48\text{mm}$		
						6	粗镗孔 $\phi 19.7\text{mm}$, 倒角 $1.5\text{mm} \times 45^\circ$		
						7	切断控制 40 尺寸放反平面加工余量		

(续表)

简 图	工 序	工 种	工 步	加工内容及技术条件
	1	锯	1	以 5 件为一段下料长度 $(10 \pm 5) \times 5 - 225\text{mm}$
	3	车	1	以三爪自定心卡盘夹持 $\phi 30 \pm 0.03\text{mm}$ 外圆
			2	车端面 C, 控制总长 40mm
			3	$\phi 40\text{mm}$ 外径倒角 $0.5\text{mm} \times 45^\circ$ 、 $\phi 20\text{mm}$ 孔径倒角 $1.5\text{mm} \times 45^\circ$
	4	热	1	淬火硬度为 HRC48~52
	5	磨	1	以三爪自定心卡盘夹持磨孔径 $\phi 20 \pm 0.02\text{mm}$
	6	磨	1	以 1:5000 圆锥心轴, 夹持 1 件
2			磨削 $\phi 30 \pm 0.03\text{mm}$ 外径	
3			磨削外径的同时磨削端面	

4) 车削过程程序分析

① 粗车采用先钻中心孔, 后一顶一夹。这样不仅有利安装夹持牢固, 而且能提高切削用量。

② 精镗孔 $\phi 22\text{mm}$ 之前, 先加工 $2\text{mm} \times 0.5\text{mm}$ 内沟槽, 可避免镗孔刀与内端面接触, 保证装夹精度不变。

③ 如果是批量加工, 可减少下料长度, 粗车外圆, 粗精镗孔径后, 用特制胀力心轴定位, 精车外圆, 也可保证内、外径的同轴度。

④ 如果是批量生产, 毛坯可采用模锻件, 这样可节省

表 3-10 轴承座的车削过程

工 艺 过 程 卡 片				产 品 名 称	圆 度 仪	第 页
				零 件 名 称	轴 承 座	
车 间	材 料	45	投 产 数 量			共 页
工 序	工 种	工 步	加 工 内 容 及 技 术 条 件			
1	锯	1	下料 $\phi 65\text{mm} \times 28\text{mm}$			
2	车	1	用三爪自定心卡盘夹持毛坯外圆			
		2	粗车端面 B 及 $\phi 62\text{mm}$ 外径, 放余量 1~2mm			
3	车	1	工件调头用软爪夹持已加工 $\phi 62\text{mm}$ 表面			
		2	粗车端面, 保证总长度大于 25mm			
		3	钻中心孔 $\phi 2\text{mm}$, 然后用后顶尖支承			
		4	粗车 $\phi 40\text{mm} \times 9\text{mm}$, 留余量 1mm			
		5	粗车 $\phi 30\text{mm}$, 留余量 1mm			
		6	拆除后顶尖钻孔 $\phi 16\text{mm}$ (通孔)			
		7	粗镗孔 $\phi 22\text{mm}$, 留精镗余量 0.5mm			
		8	车内沟槽 $2\text{mm} \times 0.75\text{mm}$, 保证精镗后 $2\text{mm} \times 0.5\text{mm}$			
		9	精镗孔 $\phi 22 \pm 0.03\text{mm}$ 至尺寸			
		10	车内沟槽 $1.1\text{mm} \times 0.5\text{mm}$ 至尺寸			
		11	精车 $\phi 40 - H_{0.033}\text{mm}$ 及 C 面			
		12	精车 $\phi 30\text{mm}$ 及端面至尺寸, 保证长度 11.5mm			
		13	外径倒角			
4	车	1	工件调头用加宽软爪夹持 $\phi 40\text{mm}$ 处 (C 面与爪端面间加平行垫片)			
		2	精车 $\phi 62\text{mm}$ 及端面 B 至尺寸, 保证总长 23.5mm			
		3	镗孔 $\phi 18$ 及 $\phi 34\text{mm} \times 2\text{mm}$ 至尺寸			
		4	外圆倒角			
5	热	1	表面发黑处理			

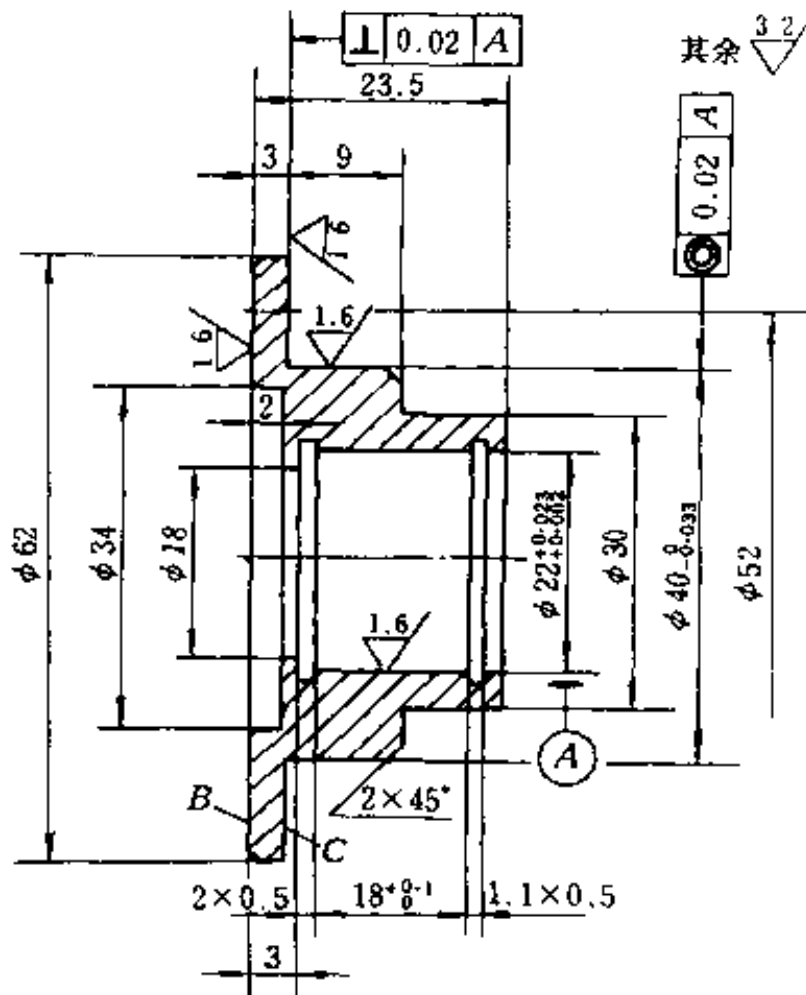


图 3-13 轴承座工作图

材料，二可大大减少切削加工余量。

(3) 尾座套筒的加工实例分析

1) 技术条件分析

尾座套筒是车床尾座的一个主要零件之一(图 3-14)。套筒的锥孔(莫氏),是供安装后顶尖、钻夹头、钻头 etc 工具之用的。套筒材料为 45 钢,热处理淬火硬度为 HRC45~50, $\phi 60_{-0.03}^{0}$ mm 外圆对 $\phi 32_{-0.002}^{+0.027}$ mm 孔的径向圆跳动公差为 0.02mm,对圆锥面(莫氏)的径向圆跳动公差为 0.01mm,车削表面粗糙度 $R_a 3.2\mu\text{m}$,其余表面由铣削和磨削加工完成。

2) 工艺路线

零件为批量生产时其工艺路线如下：

下料 → 粗车外圆 → 热处理调质 → 半精车外圆 → 钻孔 → 粗精镗(锥)孔 → 修顶尖孔 → 精车外圆 → 铣槽 → 初验收 → 热处理淬火 → 研尾顶尖面 → 磨外圆 → 磨内(锥)孔 → 验收 → 入库。

3) 车削步骤的选择

批量生产加工的车削过程见表 3·11。

4) 车削过程程序分析

① 工序 3 采用“顶一夹”，三爪自定心卡盘卡爪端作轴向定位目的是，粗车外圆可以提高切削用量，并能使 $\phi 60\text{mm}$ 外圆不需接刀加工，使下几道工序有一个基准。

② 工序 4 的热处理调质目的，是为工序 9 淬火作金相组织上准备，使材料充分发挥淬火后作用。

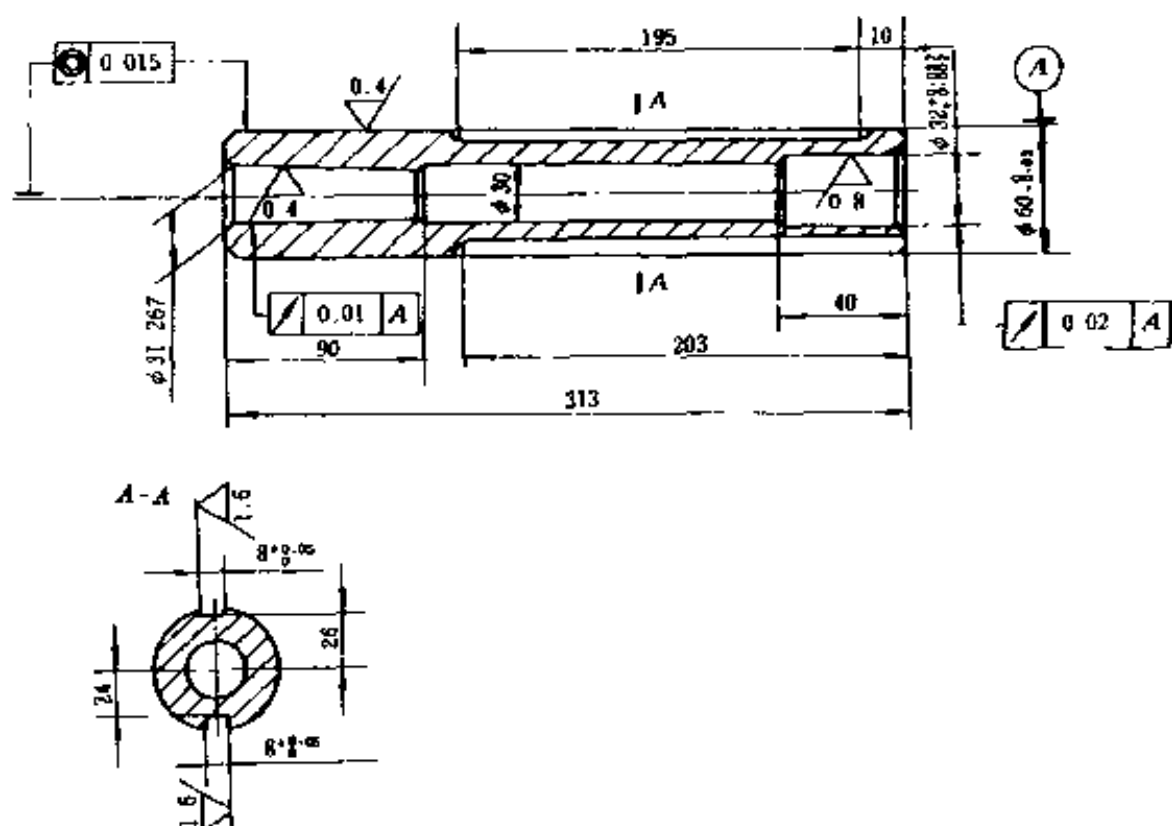


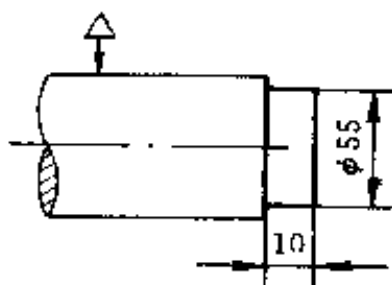
图 3-14 尾座套筒工作图

表 3-11 尾座套筒加工过程

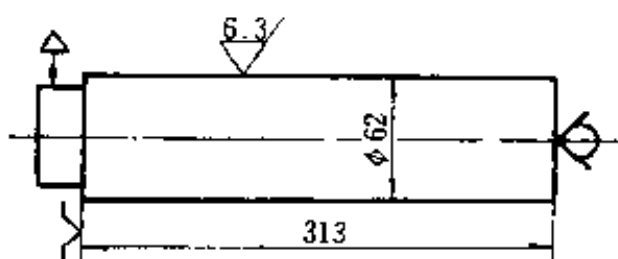
工 艺 过 程 卡 片				产 品 名 称	车 床	第 页
				零 件 名 称	尾 座 套 筒	
车 间		材 料	45	投 产 数 量	50	共 页
工 序	工 种	工 步	加 工 内 容 及 技 术 条 件			
1	锯	1	下料 $\phi 65\text{mm} \times 325\text{mm}$			
2	车	1	三爪自定心卡盘夹持 $\phi 65\text{mm}$ 毛坯外径			
		2	粗车一端 $\phi 55\text{mm} \times 10\text{mm}$ 夹持外径			
		3	车另一端面及钻中心孔 $\phi 3\text{mm}$			
3	车	1	一夹一顶装夹, 后顶尖用活顶尖			
		2	粗车外圆至 $\phi 62\text{mm} \times 313\text{mm}$			
4	热	1	热处理调质 HB220~250			
5	车	1	一夹一顶(同工序 2)半精车 $\phi 61\text{mm}$ 外圆			
		2	一端三爪夹持, 另一端中心架支承			
		3	钻孔 $\phi 28\text{mm}$ (通孔)			
		4	镗孔 $\phi 30\text{mm}$ 至尺寸			
		5	镗孔 $\phi 32\text{mm}$ 至 $\phi 31.6\text{mm}$ 留磨余量			
		6	车 $1.5\text{mm} \times 60^\circ$ 定位锥面			
6	车	1	工件调头, 一端三爪, 另一端中心架支承			
		2	车去 $\phi 55\text{mm} \times 10\text{mm}$ 夹持初基准, 控制总长 313mm			
		3	粗镗莫氏(4号)孔, 留 0.40mm 磨余量			
		4	车 $1.5\text{mm} \times 60^\circ$ 定位锥面			
7	车	1	两顶尖, 鸡心夹头夹持工件			
		2	车削 $\phi 60\text{mm}$ 外圆至 $\phi 60.5\text{mm}$ 留磨余量			
		3	调头同样车削 $\phi 60.5\text{mm}$ (接刀)			
8	铣	1	铣削 $8\text{mm} \times 195\text{mm}$ 和 $8\text{mm} \times 203\text{mm}$ 两槽			

(续表)

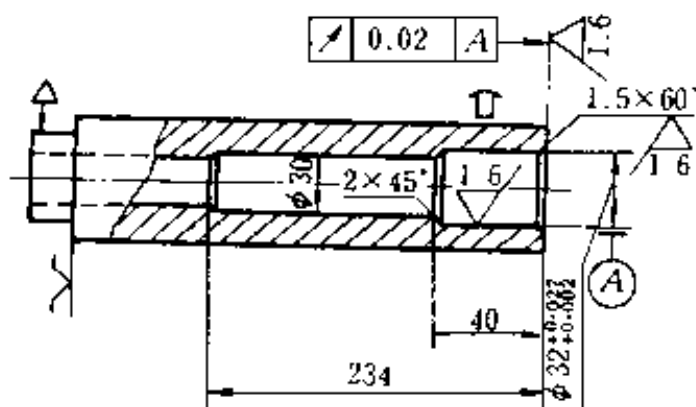
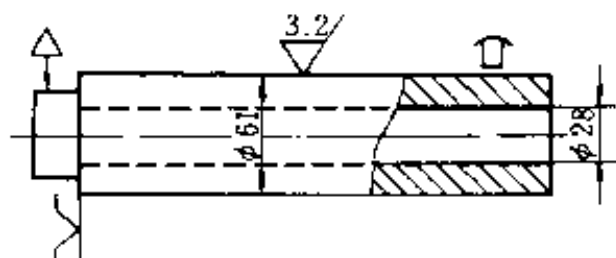
工序	工种	工步	加工内容及技术条件
9	热	1	热处理淬火 HRC45~50
10	磨	1	研磨两端 1.5mm×60°定位锥面
		2	磨削 $\phi 60 \pm 0.03\text{mm}$ 至尺寸 $R_a 0.4\mu\text{m}$
		3	磨削莫氏 4 号圆锥孔全尺寸, $R_a 0.4\mu\text{m}$
		4	磨削 $\phi 32 \pm 0.002\text{mm}$ 全尺寸, $R_a 0.8\mu\text{m}$



工序 2

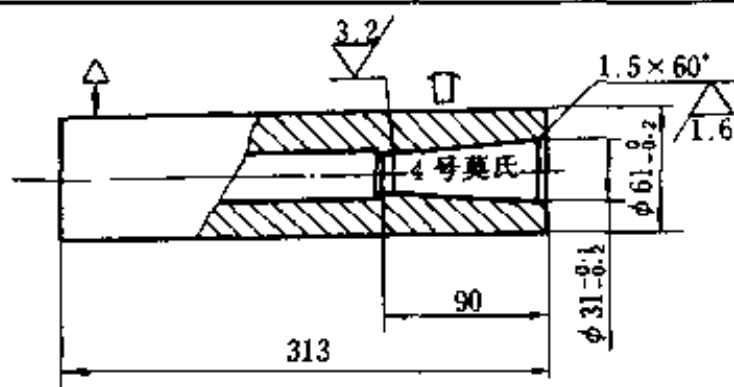


工序 3

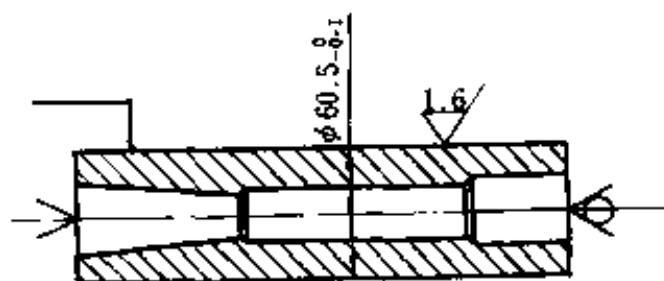


工序 5

(续表)



工序 6



工序 7

③ 工序 5 钻孔 $\phi 28\text{mm} \times 313\text{mm}$ 时为了保证钻出孔的直线度,采用导向作用好的钻头进行钻孔。

④ 工序 10 研磨工件两端 $1.5\text{mm} \times 60^\circ$ 定位锥面,此工步是决定工件最后加工精度的关键所在,必须认真做好。否则等于工件没有精基准而进行精加工。

3. 盘轮类零件的加工实例分析

(1) 法兰盘的加工实例分析

1) 技术条件分析

如图 3-15 法兰盘零件,需要在车床上加工外圆、平面、圆柱孔和内螺纹。孔径 $\phi 100^{+0.035}_0\text{mm}$ 与 $\phi 90^{+0.035}_0\text{mm}$ 孔径同轴度公差 0.02mm ,并与 A 面垂直度为 0.02mm 。该零件尺寸公差和形位公差要求都比较高,另外工件一端壁厚较薄,在加工装夹中极容易发生变形。

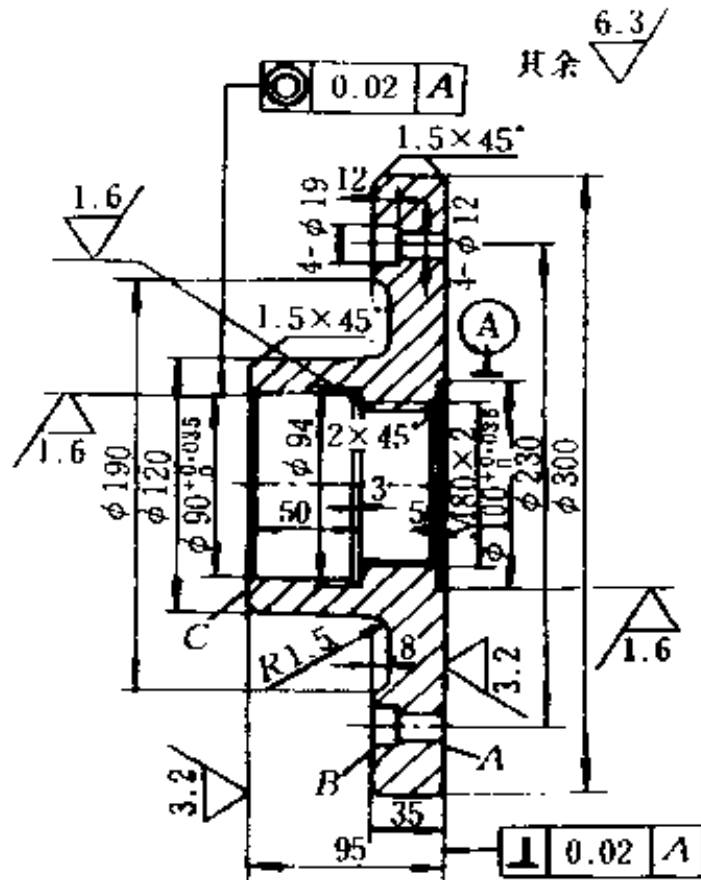


图 3-15 法兰盘工作图

2) 工艺路线

零件批量生产时其工艺路线是：

铸造 → 时效处理 → 车削 → 钻削 → 检验 → 入库。

3) 车削步骤的选择

批量加工的工艺过程见表 3-12。

4) 车削过程程序分析

① 由于零件尺寸精度及形位公差要求较高，所以要求对铸件进行时效处理，以消除铸件内应力，保证尺寸稳定。

② 由于铸件有一定拔模斜度，三爪自定心卡盘夹持困难，所以 $\phi 120\text{mm}$ 外径不能作第一粗基准，而工序 3 实质上解决粗基准夹持可靠。

③ 由于 $\phi 100\text{mm}$ 孔与 $\phi 90\text{mm}$ 孔有同轴度形位公差要求，

表 3-12 法兰盘的车削过程

工艺过程卡片				产品名称	铣 床	第 页 — 共 页
				零件名称	法 兰 盘	
车间		材料	HT200	投产数量	50	
工序	工种	工步	加工内容及技术条件			
1	铸	1	按零件工作图铸造出孔 $\phi 60\text{mm}$ 合格毛坯			
2	热	1	对铸件毛坯进行时效处理			
3	车	1	用三爪卡盘反爪夹持 $\phi 300\text{mm}$ 毛坯外径			
		2	粗车 $\phi 120\text{mm}$ 外径(车去拔模斜度)和 C 面			
		1	用三爪卡盘夹持粗车面 $\phi 120\text{mm}$ 处, 靠平 C 面			
4	车	2	车削 $\phi 300\text{mm}$ 外径至尺寸			
		3	车削 A、B 两平面, 并精车 A 面至尺寸			
		4	粗精车 $\phi 100^{+0.035}\text{mm} \times 5\text{mm}$ 阶台孔至尺寸			
		5	粗精车 M80 \times 2 螺纹内径 $\phi 77.835\text{mm} \times 15\text{mm}$ 至尺寸			
		6	车 2mm \times 45°倒角及 M80mm \times 2mm 螺纹全尺寸			
		7	车 $\phi 300\text{mm}$ 外径处 1.5mm \times 45°两处倒角			
		5	车	1	用花盘以 $\phi 100^{+0.035}\text{mm}$ 为基准, 利用环形心轴, 压平 A 面	
2	相铰 $\phi 90\text{mm}$ 孔, 留 1mm 余量					
3	车 C 面, 控制总长 95mm					
4	切内槽 3mm \times 2.5mm, 控制长度 50mm					
5	精车 $\phi 120\text{mm}$ 至尺寸					
6	精车 $\phi 90^{+0.035}\text{mm}$ 至尺寸					
7	车 1.5mm \times 45°内外倒角					
6	钳	1	工件安装于钻模夹具			
		2	钻 4 - $\phi 12\text{mm}$ 孔			
		3	铰 4 - $\phi 19\text{mm} \times 12\text{mm}$ 沉孔			

因此精基准采用环形心轴,以 $\phi 100^{+0.045}_0$ mm 为径向定位, A 面为轴向定位,保证了精基准的夹持可靠性。

④ 工序 6 钻削 4 - $\phi 12$ mm 孔时,采用钻模夹具,可减少划线时间,并能保证零件的互换性。

(2) 带轮的加工实例分析

1) 技术条件分析

如图 3-16 带轮零件,一般常用灰铸铁材料,根据工作图要求, $\phi 38^{+0.027}_{-0.002}$ mm 孔径对 V 带槽的径向圆跳动公差为 0.05 mm,为保证带轮在高速运转下平稳性,则要求 $\phi 12.5$ mm 的分布圆, $\phi 72$ mm 外圆。都与 $\phi 38^{+0.027}_{-0.002}$ mm 孔保持同轴,带槽 (38°) 两侧表面粗糙度 $R_a 1.6 \mu\text{m}$,要求较高表面粗糙度能提高皮带的使用寿命。

2) 工艺路线

零件为批量加工时其工艺路线如下:

铸造 → 退火 → 粗车 → 精车 → 插键槽 → 钻孔
→ 验收 → 入库。

3) 车削步骤的选择

零件为批量加工的工艺过程见表 3-13。

4) 车削过程程序分析

① 铸件进行退火处理,防止零件壁厚较薄处白口等不利于切削加工的因素,并能消除铸件内应力。

② 由于铸件有拔模斜度,工序 3 粗车 A 端 $\phi 215$ mm 孔径的目的是使夹持可靠,保证 V 槽加工时的大切削力下工件不移位。

③ 工序 4 中工步 7 精车四条 38° V 槽后即加工工步 8 的 $\phi 38^{+0.027}_{-0.002}$ mm 孔径。其目的保证相互圆跳动 0.05 mm,不至使其加工面加工时可能产生的工件移位,导致圆跳动公差超差。

表 3-13 带轮的车削过程

1. 艺过程卡片			产品名称	车 床	第 页 —— 共 页
			零件名称	带 轮	
车间	材料	HT200	投产数量	01	
工序	工 种	工 步	加 工 内 容 及 技 术 条 件		
1	铸	1	按零件工作图铸造出合格带轮毛坯		
2	热	1	铸件毛坯进行回火处理		
3	车	1	用三爪自定心卡盘反爪夹持 B 端 $\phi 270\text{mm}$ 毛坯外圆		
		2	粗车 A 端 $\phi 215\text{mm}$ 孔和 A、C 两面(车去铸件拔模斜度即可)		
1	车	1	用三爪自定心卡盘撑夹 A 端,粗车后 $\phi 215\text{mm}$ 孔径		
		2	粗车 $\phi 270\text{mm}$ 外径及 B 面,各留 2mm 余量		
		3	粗车四条 38°V 槽,各留 1mm 余量		
		4	粗车 B 端 $\phi 215\text{mm}$ 孔及 $\phi 72\text{mm}$ 外径,各留 1mm 余量		
		5	钻孔 $\phi 36\text{mm}$ 并粗铰孔 $\phi 38\text{mm}$,留 1mm 余量		
		6	精车 $\phi 270\text{mm}$ 外径及 B 面至尺寸		
		7	精车四条 38°V 槽,控制 15mm,17mm,21mm 至尺寸		
		8	精铰 $\phi 38\text{mm}$ 及 $\phi 36\text{mm}$ 孔至尺寸		
		9	精车 $\phi 215\text{mm}$ 孔, $\phi 72\text{mm}$ 外径 B 面至尺寸,控制 40.5mm 深度及 R3		
		10	车 B 端全部 $2\text{mm} \times 15^\circ$ 倒角		
2	车	1	1 件调头反三爪夹持 B 端 $\phi 270$ 外径		
		2	精车 A 端面及 C 端面,控制 65mm 及 93mm 至尺寸		
		3	精车 A 端 $\phi 215\text{mm}$ 孔及 $\phi 72\text{mm}$ 外径及 D 面,控制 12mm 及 R3mm		
		4	车 A 端全部 $2\text{mm} \times 45^\circ$ 倒角		
6	钳	1	装上等分钻夹具,钻 1- $\phi 12.5\text{mm}$ 孔		
7	插	1	装上插床用三爪自定心卡盘反爪夹持插 1- $\phi 12.5\text{mm}$ 键槽,控制 11.6mm 至尺寸		

④ 工序 6 中钻削 $4 - \phi 12.5\text{mm}$ 孔时,最好采用等分夹具,以减去钳工划线工序。工序 7 中插键槽时,注意键槽的对称要求。

4. 螺纹类零件的加工实例分析

(1) 车床横滑板丝杠的加工实例分析

1) 技术条件分析

如图 3-17 是横滑板丝杠的工作图。横滑板丝杠螺距误差不大于 0.025mm ,在 25mm 内不大于 0.035mm ,在 100mm 内不大于 0.05mm ,在 300mm 内不大于 0.07mm 。两端保留 $B2.5\text{mm}$ 中心孔,径向圆跳动各档外径公差均为 0.05mm ,螺纹部分为 0.20mm 。加工表面粗糙度从 $R_a 0.8\mu\text{m}$ 至 $R_a 6.3\mu\text{m}$ 要求不等。

2) 工艺路线

零件为批量生产时工艺路线如下:

下料 → 调质 → 钻中心孔 → 粗车外圆 → 半精车外圆 → 车螺纹 → 磨外圆 → 铣键槽 → 钳工修不完整牙 → 钻孔。

3) 车削步骤的选择

若批量加工其加工工艺过程见表 3-14。

4) 车削过程程序分析

① 工序 1 下料尺寸为 $\phi 30\text{mm} \times 660\text{mm}$,因此零件采用毛坯光圆料调质,所以外径余量适当增大选用 $\phi 30\text{mm}$,有利于调质弯曲后矫直等。

② 工序 2 中工件经调质,若调质后有弯曲严重现象,应该进行矫直,但经矫直的毛坯还应再进行消除内应力处理(定性处理),否则会产生车削加工后弯曲变形复原,变形后造成废品。

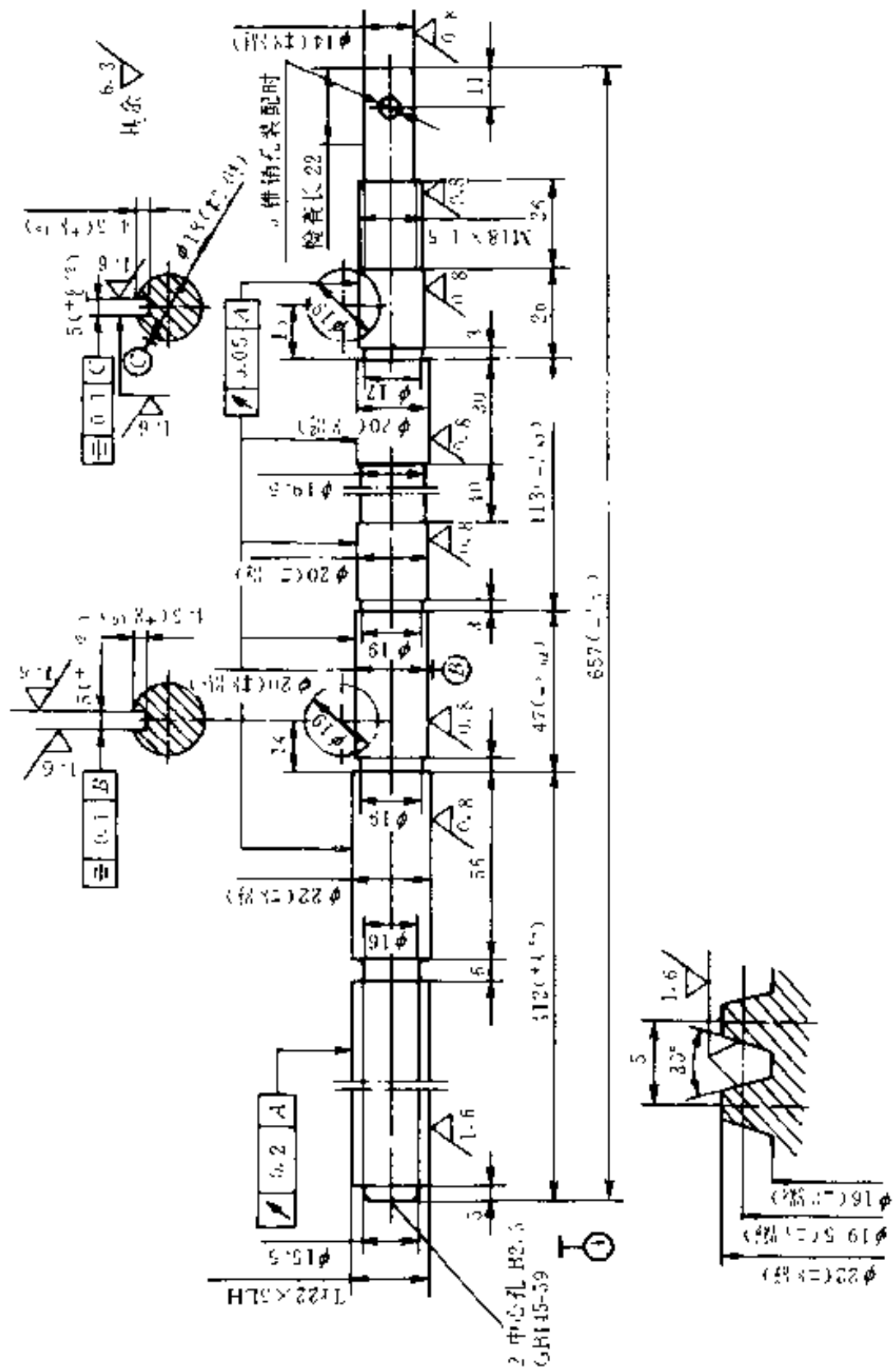


图 3-17 横滑板丝杠工件图

表 3-14 横滑板丝杠的车削过程

工 艺 过 程 卡 片				产 品 名 称	CA6140	第 页
				零 件 名 称	横 滑 板 丝 杠	
车 间		材 料	45	投 产 数 量	50	共 页
工 序	工 种	工 步	加 工 内 容 及 技 术 条 件			
1	锯	1	下料 $\phi 30\text{mm} \times 660\text{mm}$			
2	热	1	调质 HB230~250 并校正			
3	车	1	三爪自定心卡盘夹持毛坯外圆(注意工件后部主轴孔内跳动)			
		2	车端面, 钻中心孔 B2.5mm			
4	车	1	一端用三爪夹持, 另一端顶尖			
		2	粗车 Tr22 \times 51.11(mm)左螺纹外圆, $\phi 22 \pm 0.03\text{mm}$ 外径, 均至 $\phi 22.5\text{mm}$			
		3	粗车 $\phi 20 \pm 0.03\text{mm}$ 外圆, 2- $\phi 20 \pm 0.03\text{mm}$ 外圆, 均至 $\phi 20.5\text{mm}$			
		4	车 $\phi 19.5\text{mm} \times 40\text{mm}$ 至图纸尺寸			
		5	粗车 $\phi 18 \pm 0.03\text{mm}$ 外圆, M18mm \times 1.5mm 螺纹外圆, 均至 $\phi 18.5\text{mm}$			
		6	粗车 $\phi 14 \pm 0.03\text{mm}$ 外圆, 至 $\phi 14.4\text{mm}$			
		7	车沟槽 2- $\phi 19 \times 3\text{mm}$, $\phi 17 \times 3\text{mm}$ 至图纸尺寸			
		8	全部倒角及去锐棱			
5	车	1	工件调头, 一端三爪夹持, 另一端搭中心架并校正			
		2	车端面, 取总长 $657 \pm 0.05\text{mm}$, 控制 $412 \pm 0.05\text{mm}$ 长度			
		3	钻中心孔 B2.5mm			
		4	车 $\phi 15.5\text{mm} \times 5\text{mm}$ 至图纸尺寸, 并倒角			

(续表)

工序	工种	步骤	加工内容及技术条件
6	磨	1	工件装夹在两顶尖之间
		2	粗磨 Tr22×5LH(mm) 螺纹外圆, $\phi 22 \pm 0.03$ mm 外径均至 22.3 ± 0.05 mm
		3	粗磨 $\phi 20 \pm 0.03$ mm 外圆, 2 - $\phi 20 \pm 0.03$ mm 外圆, 均至 $\phi 20.3 \pm 0.05$ mm
		4	粗磨 $\phi 18 \pm 0.03$ mm 外圆, 至 $\phi 18.3 \pm 0.05$ mm
		5	磨 M18mm×1.5mm 螺纹外圆至 $\phi 18 \pm 0.03$ mm
7	铣	1	工件用 V 形虎钳夹持, 并用辅助支承两端支撑
		2	铣半圆键槽 2 - $\phi 19$ mm×5+ 0.025 ×4.5+ 0.16 mm 至尺寸, 注意: 槽深尺寸, 应加上留磨余量的 1.2mm
8	车	1	采用三爪自定心卡盘软卡爪, 一端夹持, 一端顶尖
		2	车 M18mm×1.5mm 螺纹至尺寸
9	车	1	工件调头, 用软卡爪, 一端夹持 $\phi 22 \pm 0.03$ mm 处; 另一端顶尖
		2	车沟槽 $\phi 16$ mm×6mm 至尺寸
		3	车 Tr22×5LH(mm) 螺纹外径的两端倒角
		4	车削左梯形螺纹内径, $\phi 16 \pm 0.065$ mm 至 $\phi 16 \pm 0.05$ mm (刀宽为 1.562)
		5	车削 Tr22×5LH(mm) 左螺纹, 控制中径 $\phi 19.5 \pm 0.03$ mm
10	钳	1	铣修锉 Tr22×5LH(mm) 左螺纹两端不完整牙形
		2	修去各处毛刺
11	磨	1	工件夹持在两顶尖之间
		2	精磨 Tr22×5LH(mm) 左螺纹外圆及 $\phi 22 \pm 0.03$ mm 外圆, 均至尺寸
		3	精磨 $\phi 20 \pm 0.03$ mm, 2 - $\phi 20 \pm 0.03$ mm 外圆至尺寸
		4	精磨 $\phi 18 \pm 0.03$ mm 外圆至尺寸
		5	精磨 $\phi 14 \pm 0.03$ mm 外圆至尺寸

(3) 由于零件细长(长径比为 30 : 1 左右),所以每道工序加工完下车后,即将工件垂直悬挂。防止工件自重弯曲变形。

(4) 由于键槽的对称度要求较高,所以在铣槽之前外径安排粗磨工序。

(5) 在工序 8、工序 9 螺纹车削时,工件安装采用一夹一顶,并用软卡爪的目的是提高装夹刚性,保证切削力较大螺纹车削时受力条件。

(6) Tr22×5LH (mm)(左旋螺纹)加工时选用车床的母丝杠精度高于工件为宜,这对达到工作图的精度要求有利。

(2) 双头蜗杆的加工实例分析

1) 技术条件分析

图 3-18 所示,是双头蜗杆工作图,零件选用 45 钢,热处

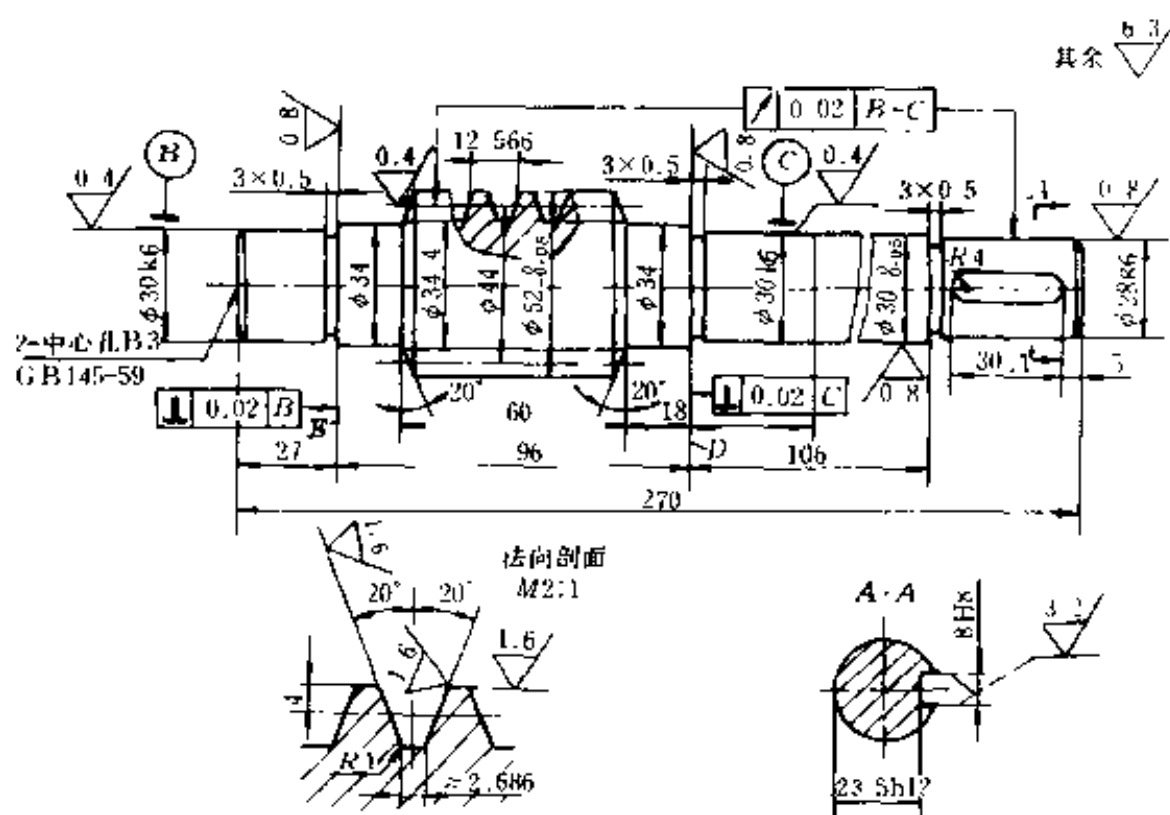


图 3-18 双头蜗杆工作图

理选用调质 HB230~250。毛坯为锻件。工件一端 $\phi 30k6$ 轴承档与蜗杆中径及 $\phi 28g6$ 带轮安装直径之间圆跳动精度为 0.02mm。工件表面粗糙度要求较高, $R_{a} 0.4 \sim 6.3\mu\text{m}$ 不等要求。蜗杆齿形为法向直廓, 轴向模数 $m_x = 4$, 头数 z 为 2, 精度等级为级 8 - DC, 蜗杆特性系数为 11, 法向弦齿厚 \bar{s}_n 为 6.18 mm, 测量齿高, 法向弦齿高 h_n 为 4mm。分度圆柱上螺纹升角为 $10^{\circ}18'17''$ 。

2) 工艺路线

零件为批量生产时工艺路线如下:

下料 → 锻造 → 正火 → 钻中心孔 → 粗车外圆 → 调质 → 研磨中心孔 → 半精车外圆 → 粗车蜗杆螺纹 → 精车外圆 → 精车蜗杆螺纹 → 铣键槽 → 磨外圆。

3) 车削步骤的选择

零件为批量加工时车削过程见表 3-15。

4) 车削过程程序分析

① 蜗杆精度要求较高, 为此工序 2 锻造后需即进行正火处理, 对后工序热处理先作组织上准备, 同时对切削加工也有利。

② 工件毛坯为锻件, 加工余量较大, 不能采用毛坯进行调质, 所以工序 3 和工序 4 为粗车加工。主要使工件的调质处理充分发挥作用。

③ 工序 6 工件经调质后, 中心孔有可能有所变形, 为保证后工序加工精度, 则对中心孔进行研磨加工。

④ 工序 9 是蜗杆螺纹粗车加工, 为了满足有较好装夹刚性, 工件装夹采用一端用三爪自定心卡盘夹持, 另一端用顶尖支承, 比用两顶尖加工刚性好。

⑤ 为了保证满足工件尺寸精度和形位公差, 蜗杆螺纹

表 3-15 双头蜗杆的工艺分析

工艺过程卡片				产品名称	减速器	第 页
				零件名称	蜗 杆	
车间		材料	45	投产数量	50	共 页
工序	工种	工步	加 工 内 容 及 技 术 条 件			
1	锯	1	按锻造比要求下料,适当直径棒料			
2	锻	1	按零件工作图锻造毛坯并正火处理			
3	车	1	用三爪自定心卡盘夹持 $\phi 34\text{mm}$ 毛坯处			
		2	车端面,钻中心孔, $\phi 3\text{mm}$,即装后顶尖			
		3	粗车蜗杆螺纹外圆 $\phi 52\text{mm}$,至 $\phi 54\text{mm}$			
		4	粗车 $\phi 34\text{mm}$ 外圆至 $\phi 36\text{mm}$,控制 60mm 及 18mm 长度尺寸			
		5	粗车 $\phi 30\text{mm}$ 外圆至 $\phi 32\text{mm}$,控制 106mm 长度			
		6	粗车 $\phi 28\text{mm}$ 外圆至 $\phi 30\text{mm}$,控制 41mm 长度			
4	车	1	工件调头,用三爪夹持粗车后 $\phi 36\text{mm}$ 外圆			
		2	车端面,控制 270mm 总长,钻中心孔 $\phi 3\text{mm}$,即装后顶尖			
		3	粗车 $\phi 34\text{mm}$ 外圆至 $\phi 36\text{mm}$,控制蜗杆长度 60mm			
		4	粗车 $\phi 30\text{mm}$ 外圆至 $\phi 32\text{mm}$,控制 18mm 长度			
5	热	1	粗车后工件进行调质处理 HB230~250			
6	研	1	调质后工件进行中心孔研磨			
7	车	1	工件安装在两顶尖之间			
		2	半精车蜗杆外圆 $\phi 52\text{mm}$ 至 $\phi 52.4\text{mm}$ (0.4mm 为精车余量)			

(续表)

工序	工种	工步	加工内容及技术条件
7	车	3	车 $\phi 34\text{mm}$ 外圆至尺寸
		4	半精车 $\phi 30\text{mm}$ 外圆至 $\phi 30.4\text{mm}$ (0.4mm 为留磨余量)
		5	半精车 $\phi 28\text{mm}$ 外圆至 $\phi 28.4\text{mm}$ (0.4mm 为留磨余量)
8	车	1	工件调头安装在两顶尖之间
		2	车 $\phi 34\text{mm} \times 18\text{mm}$ 外圆至尺寸
		3	半精车 $\phi 30\text{mm}$ 外圆至 $\phi 30.4\text{mm}$ (0.4mm 为留磨余量)
9	车	1	一端用三爪(垫铜皮)夹持 $\phi 30.4\text{mm} \times 106\text{mm}$ 处,另一端用顶尖
		2	车蜗杆螺纹外圆两端, 20° 倒角
		3	粗车蜗杆螺纹,控制齿厚 6.18mm 为 6.5mm
10	车	1	工件安装于两顶尖之间
		2	精车蜗杆外圆 $\phi 52_{-0.05}\text{mm}$ 至尺寸
		3	精车蜗杆螺纹至尺寸,控制齿厚尺寸 6.18mm
11	铣	1	工件安装于立式铣床工作台两顶尖之间
		2	铣键槽 $8\text{mm} \times 30\text{mm}$,控制 $23.5h12\text{mm}$ 尺寸及端面 5mm
12	磨	1	工件上磨床两顶尖之间
		2	磨外圆 $\phi 30k6\text{mm}$, $\phi 30_{-0.05}\text{mm}$ 至尺寸及 D 端面
		3	磨外圆 $\phi 28g6\text{mm}$ 至尺寸
13	磨	1	工件调头,两顶尖装夹
		2	磨外圆 $\phi 30k6\text{mm}$ 至尺寸及 E 端面

精车工序 10 的安装基准为两顶尖。同工序 12 和工序 13, 外圆磨削加工, 为同一个精基准。所以能保证 B 、 C 两外径与蜗杆螺纹分度圆及 $\phi 28g8$ 外圆径向圆跳动在 0.02mm 内。

附表 1 普通螺纹基本牙型尺寸 (mm)

P	H	$\frac{5}{8}H$	$\frac{3}{8}H$	$\frac{H}{4}$	$\frac{H}{8}$
0.2	0.173 205	0.108 253	0.064 952	0.043 301	0.021 651
0.25	0.216 506	0.135 316	0.081 190	0.054 127	0.027 063
0.3	0.259 808	0.162 380	0.097 428	0.064 952	0.032 476
0.35	0.303 109	0.189 443	0.113 666	0.075 777	0.037 889
0.4	0.346 410	0.216 506	0.129 904	0.086 603	0.043 301
0.45	0.389 711	0.243 570	0.146 142	0.097 428	0.048 714
0.5	0.433 013	0.270 633	0.162 380	0.108 253	0.054 127
0.6	0.519 615	0.324 760	0.194 856	0.129 904	0.064 952
0.7	0.606 218	0.378 886	0.227 332	0.151 554	0.075 777
0.75	0.649 519	0.405 949	0.243 570	0.162 380	0.081 190
0.8	0.692 820	0.433 013	0.259 808	0.173 205	0.086 603
1	0.866 025	0.541 266	0.324 760	0.216 506	0.108 253
1.25	1.082 532	0.676 582	0.405 949	0.270 633	0.135 316

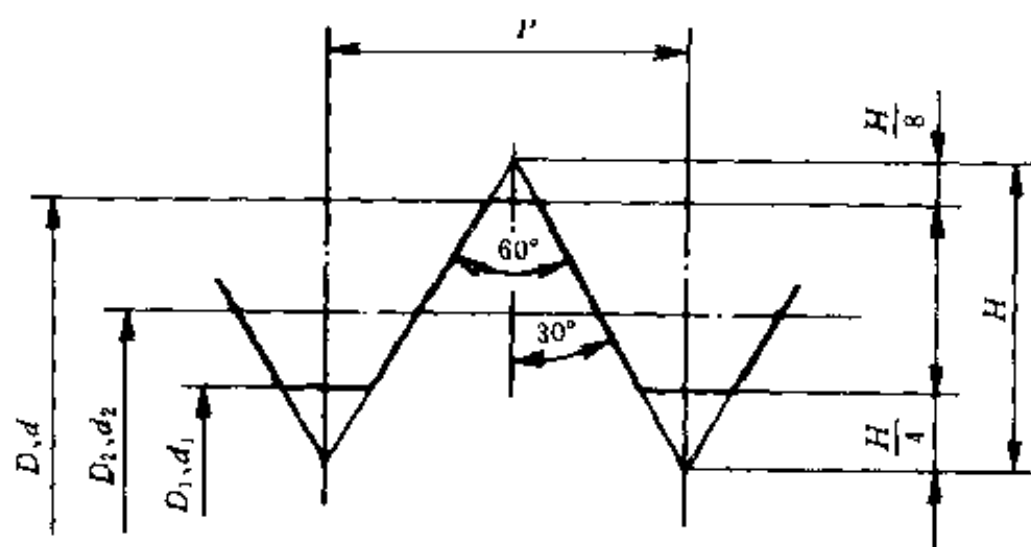
(续表)

P	H	$\frac{5}{8}H$	$\frac{3}{8}H$	$\frac{H}{4}$	$\frac{H}{8}$
1.5	1.299 038	0.811 899	0.487 139	0.324 760	0.162 380
1.75	1.515 544	0.947 215	0.568 329	0.378 886	0.189 443
2	1.732 051	1.082 532	0.649 519	0.433 013	0.216 506
2.5	2.165 064	1.353 165	0.811 899	0.541 266	0.270 633
3	2.598 076	1.623 798	0.974 279	0.649 519	0.324 760
3.5	3.031 089	1.894 431	1.136 658	0.757 772	0.378 886
4	3.464 102	2.165 064	1.299 038	0.866 025	0.433 013
4.5	3.897 114	2.435 696	1.461 418	0.974 279	0.487 139
5	4.330 127	2.706 329	1.623 798	1.082 532	0.541 266
5.5	4.763 140	2.976 962	1.786 177	1.190 785	0.595 392
6	5.196 152	3.247 595	1.948 557	1.299 038	0.649 519
8	6.928 203	4.330 127	2.598 076	1.732 051	0.866 025

$$\frac{1}{4}H = 0.216\ 506\ 351P$$

$$\frac{1}{8}H = 0.108\ 253\ 175P$$

二、普通螺纹基本尺寸(GB 196 - 81)



附图 2 普通螺纹基本尺寸图

基本尺寸按下列公式计算(计算值见附表 2):

$$D_2 = D - 2 \times \frac{3}{8}H$$

$$d_2 = d - 2 \times \frac{3}{8}H$$

$$D_1 = D - 2 \times \frac{5}{8}H$$

$$d_1 = d - 2 \times \frac{5}{8}H$$

$$H = \frac{\sqrt{3}}{2}P = 0.886\ 025\ 404P$$

附表 2 普通螺纹基本尺寸 (mm)

公 称 直 径 D, d			螺 距	中 径	小 径
第 一 系 列	第 二 系 列	第 三 系 列	P	D_2 或 d_2	D_1 或 d_1
1			0.25	0.838	0.729
			0.2	0.870	0.783
1.1	1.1		0.25	0.938	0.829
			0.2	0.970	0.883
1.2			0.25	1.038	0.929
			0.2	1.070	0.983
1.4	1.4		0.3	1.205	1.075
			0.2	1.270	1.183
1.6			0.35	1.373	1.221
			0.2	1.170	1.383
1.8	1.8		0.35	1.573	1.421
			0.2	1.670	1.583
2			0.4	1.740	1.567
			0.25	1.838	1.729
2.2	2.2		0.45	1.908	1.713
			0.25	2.038	1.929
2.5			0.45	2.208	2.013
			0.35	2.273	2.121
3			0.5	2.675	2.459
			0.35	2.773	2.621
3.5	3.5		(0.6)	3.110	2.850
			0.35	3.273	3.121
4			0.7	3.545	3.242
			0.5	3.675	3.459
4.5	4.5		(0.75)	4.013	3.688
			0.5	4.175	3.959
5			0.8	4.480	4.134
			0.5	4.675	4.459
5.5		5.5	0.5	5.175	4.959
			1	5.350	4.917
6			0.75	5.513	5.188

(续表)

公称直径 D, d			螺距	中径	小径
第一系列	第二系列	第三系列	P	D_2 或 d_2	D_1 或 d_1
6		7	(0.5)	5.675	5.459
			1	6.350	5.917
			0.75	6.513	6.188
8			0.5	6.675	6.459
			1.25	7.188	6.647
			1	7.350	6.917
			0.75	7.513	7.188
10			(0.5)	7.675	7.459
			(1.25)	8.188	7.647
			1	8.350	7.917
			0.75	8.513	8.188
			0.5	8.675	8.459
12			1.5	9.026	8.376
			1.25	9.188	8.647
			1	9.350	8.917
			0.75	9.513	9.188
			(0.5)	9.675	9.459
			(1.5)	10.026	9.376
14			1	10.350	9.917
			0.75	10.513	10.188
			0.5	10.675	10.459
			1.75	10.863	10.106
			1.5	11.026	10.376
			1.25	11.188	10.647
			1	11.350	10.917
(0.75)	11.513	11.188			
(0.5)	11.675	11.459			
16	14		2	12.701	11.835
			1.5	13.026	12.376
			(1.25)	13.188	12.647
			1	13.350	12.917

(续表)

公 称 直 径 D, d			螺 距	中 径	小 径
第 一 系 列	第 二 系 列	第 三 系 列	P	D_2 或 d_2	D_1 或 d_1
	14		(0.75)	13.513	13.188
			(0.5)	13.675	13.459
		15	1.5	14.026	13.376
			(1)	14.350	13.917
16			2	14.701	13.835
			1.5	15.026	14.376
			1	15.350	14.917
			(0.75)	15.513	15.188
			(0.5)	15.675	15.459
		17	1.5	16.026	15.376
			(1)	16.350	15.917
	18		2.5	16.376	15.294
			2	16.701	15.835
			1.5	17.026	16.376
			1	17.350	16.917
			(0.75)	17.513	17.188
			(0.5)	17.675	17.459
20			2.5	18.376	17.294
			2	18.701	17.835
			1.5	19.026	18.376
			1	19.350	18.917
			(0.75)	19.513	19.188
			(0.5)	19.675	19.459
	22		2.5	20.376	19.294
			2	20.701	19.835
			1.5	21.026	20.376
			1	21.350	20.917
			(0.75)	21.513	21.188
			(0.5)	21.675	21.459
24			3	22.051	20.752
			2	22.701	21.835

(续表)

公称直径 D, d			螺距 P	中径 D_2 或 d_2	小径 D_1 或 d_1
第一系列	第二系列	第二系列			
24			1.5	23.026	22.376
			1	23.350	22.917
			(0.75)	23.513	23.188
		25	2	23.701	22.835
			1.5	24.026	23.376
			(1)	24.350	23.917
		26	1.5	25.026	24.376
			3	25.051	23.752
			2	25.701	24.835
	27		1.5	26.026	25.376
			1	26.350	25.917
			(0.75)	26.513	26.188
			2	26.701	25.835
			1.5	27.026	26.376
		28	1	27.350	26.917
			3.5	27.727	26.211
			(3)	28.051	26.752
			2	28.701	27.835
			1.5	29.026	28.376
30			1	29.350	28.917
			(0.75)	29.513	29.188
			2	30.701	29.835
			1.5	31.026	30.376
			3.5	30.727	29.211
	33		(3)	31.051	29.752
			2	31.701	30.835
			1.5	32.026	31.376
			(1)	32.350	31.917
			(0.75)	32.513	32.188
		35	1.5	34.026	33.376
			4	33.402	31.670
36					

(续表)

公 称 直 径 D, d			螺 距	中 径	小 径			
第 一 系 列	第 二 系 列	第 三 系 列	P	D_2 或 d_2	D_1 或 d_1			
36			3	34.051	32.752			
			2	34.701	33.835			
			1.5	35.026	34.376			
			(1)	35.350	34.917			
	39	38	1.5	37.026	36.376			
			4	36.402	34.670			
					3	37.051	35.752	
					2	37.701	36.835	
					1.5	38.026	37.376	
					(1)	38.350	37.917	
					(3)	38.051	36.752	
					(2)	38.701	37.835	
					1.5	39.026	38.376	
					4.5	39.077	37.179	
42		40	(1)	39.402	37.670			
			3	40.051	38.752			
			2	40.701	39.835			
			1.5	41.026	40.376			
			(1)	41.350	40.917			
			4.5	42.077	40.179			
			(1)	42.402	40.670			
			3	43.051	41.752			
			2	43.701	42.835			
			1.5	44.026	43.376			
	45		(1)	44.350	43.917			
			5	44.752	42.587			
			(4)	45.402	43.670			
			3	46.051	44.752			
			2	46.701	45.835			
			1.5	47.026	46.376			
			(1)	47.350	46.917			
			18			5	44.752	42.587
						(4)	45.402	43.670
						3	46.051	44.752
2	46.701	45.835						
1.5	47.026	46.376						
(1)	47.350	46.917						

(续表)

公称直径 D, d			螺距 P	中径 D_2 或 d_2	小径 D_1 或 d_1
第一系列	第二系列	第三系列			
		50	(3)	48.051	46.752
			(2)	18.701	17.835
			1.5	19.026	18.376
	52		5	48.752	46.587
			(1)	49.402	47.670
			3	50.051	48.752
			2	50.701	49.835
			1.5	51.026	50.376
			(1)	51.350	50.917
			(4)	52.402	50.670
		55	(3)	53.051	51.752
			2	53.701	52.835
			1.5	54.026	53.376
			5.5	52.428	50.046
56			1	53.402	51.670
			3	54.051	52.752
			2	54.701	53.835
			1.5	55.026	54.376
			(1)	55.350	54.917
			(4)	55.402	53.670
			(3)	56.051	54.752
		58	2	56.701	55.835
			1.5	57.026	56.376
			(5.5)	56.428	54.046
			4	57.402	55.670
	60		3	58.051	56.752
			2	58.701	57.835
			1.5	59.026	58.376
			(1)	59.350	58.917
			(4)	59.402	57.670
			(3)	60.051	58.752
		62	(4)	59.402	57.670
			(3)	60.051	58.752

(续表)

公 称 直 径 D, d			螺 距	中 径	小 径		
第一系列	第二系列	第三系列	P	D_2 或 d_2	D_1 或 d_1		
61		62	0	60.701	59.830		
			1.5	61.026	60.376		
			6	60.103	59.095		
			1	61.102	59.670		
		0	62.001	60.702			
		2	62.701	61.835			
		1.5	63.026	62.376			
		(1)	63.350	62.917			
		(1)	62.102	60.670			
		(3)	63.051	61.732			
		2	63.701	62.835			
		1.5	64.026	63.376			
68		65	6	64.103	61.995		
			1	65.102	63.670		
			3	66.051	64.732		
			2	66.701	65.835		
		1.5	67.026	66.376			
		(1)	67.350	66.917			
		(6)	66.103	63.995			
		(1)	65.102	63.670			
		(3)	68.051	66.732			
		2	68.701	67.835			
		1.5	69.026	68.376			
		72		70	6	68.103	65.995
1	69.102				67.670		
3	70.051				68.732		
2	70.701				69.835		
1.5	71.026			70.376			
(1)	71.350			70.917			
(4)	72.102			70.670			
(3)	73.051			71.732			
75				75	0	74.001	73.130
					1.5	74.326	73.676
					6	73.403	72.395
					1	74.402	73.670

(续表)

公称直径 D, d			螺距 P	中径 D_2 或 d_2	小径 D 或 d_1	
第一系列	第二系列	第三系列				
		75	2	73.601	72.835	
			1.5	74.026	73.376	
			6	72.103	69.505	
			1	73.402	71.670	
			3	71.651	72.752	
			2	74.701	73.835	
		76	1.5	75.026	74.376	
			(1)	75.350	74.917	
			78	2	76.701	75.835
				6	76.103	73.505
				1	77.402	75.670
				3	78.651	76.752
2	78.701	77.835				
1.5	79.026	78.376				
80		78	(1)	79.350	78.917	
			82	2	80.701	79.835
				6	81.103	78.505
				1	82.402	80.670
				3	83.651	81.752
				2	83.701	82.835
		1.5		84.026	83.376	
		85	(1.5)	84.350	83.917	
			82	6	86.103	83.505
				4	87.402	85.670
				3	88.651	86.752
				2	88.701	87.835
(1.5)	89.026			88.376		
90	6	91.103		88.505		
	85	1	92.402	90.670		
		3	93.651	91.752		
		2	93.701	92.835		
		(1.5)	94.026	93.376		
		95	6	91.103	88.505	
1			92.402	90.670		
3	93.651		91.752			
2	93.701		92.835			
(1.5)	94.026		93.376			

(续表)

公 称 直 径 D, d			螺 距 P	中 径 D_2 或 d_2	小 径 D_1 或 d_1
第一系列	第二系列	第三系列			
100			6	96.103	93.505
			1	97.402	95.670
			3	98.051	96.752
			2	98.701	97.835
			(1.5)	99.026	98.376
			6	101.103	98.505
	105		4	102.402	100.670
			3	103.051	101.752
			2	103.701	102.835
			(1.5)	104.026	103.376
			6	106.103	103.505
			4	107.402	105.670
110			3	108.051	106.752
			2	108.701	107.835
			(1.5)	109.026	108.376
			6	111.103	108.505
			4	112.402	110.670
			3	113.051	111.752
	115		2	113.701	112.835
			(1.5)	114.026	113.376
			6	116.103	113.505
			4	117.402	115.670
			3	118.051	116.752
			2	118.701	117.835
	120		(1.5)	119.026	118.376
			6	121.103	118.505
			1	122.402	120.670
			3	123.051	121.752
			2	123.701	122.835
			(1.5)	121.026	123.376
125			6	121.103	118.505
			1	122.402	120.670
			3	123.051	121.752
			2	123.701	122.835
			(1.5)	121.026	123.376
			6	121.103	118.505

(续表)

公称直径 D, d			螺 距 P	中 径 D_2 或 d_2	小 径 D_1 或 d_1
第一系列	第二系列	第三系列			
	130		6	126.103	123.505
			4	127.402	125.670
			3	128.051	126.752
			2	128.701	127.835
			(1.5)	129.026	128.376
		135	6	131.103	128.505
			4	132.402	130.670
			3	133.051	131.752
			2	133.701	132.835
			1.5	134.026	133.376
140			6	136.103	133.505
			4	137.402	135.670
			3	138.051	136.752
			2	138.701	137.835
			(1.5)	139.026	138.376
		145	6	141.103	138.505
			4	142.402	140.670
			3	143.051	141.752
			2	143.701	142.835
			1.5	144.026	143.376
	150		6	146.103	143.505
			4	147.402	145.670
			3	148.051	146.752
			2	148.701	147.835
			(1.5)	149.026	148.376
		155	6	151.103	148.505
			4	152.402	150.670
			3	153.051	151.752
			2	153.701	152.835
			6	156.103	153.505
			4	157.402	155.670

(续表)

公 称 直 径 D, d			螺 距	中 径 小 径	
第 一 系 列	第 二 系 列	第 三 系 列		P	D 或 d
160			5	158.051	156.752
			(2)	158.701	157.835
			6	161.103	158.505
			4	162.402	160.670
			3	163.051	161.752
			2	163.701	162.835
			6	166.103	165.505
			1	167.402	165.670
			3	168.051	166.752
			(2)	168.701	167.835
	170		6	171.103	168.505
			4	172.402	170.670
			3	173.051	171.752
			2	173.701	172.835
			6	176.103	175.505
			4	177.402	175.670
			3	178.051	176.752
			(2)	178.701	177.835
			6	181.103	178.505
			1	182.402	180.670
		185	3	183.051	181.752
			2	183.701	182.835
			6	186.103	183.505
			4	187.402	185.670
			3	188.051	186.752
			(2)	188.701	187.835
			6	191.103	188.505
			1	192.402	190.670
			3	193.051	191.752
			2	193.701	192.835
	190		6	191.103	188.505
			4	192.402	190.670
			3	193.051	191.752
			(2)	193.701	192.835
			6	196.103	195.505
			1	197.402	195.670
			3	198.051	196.752
			2	198.701	197.835
			6	201.103	198.505
			1	202.402	200.670

(续表)

公 称 直 径 D, d		螺 距 P	中 径 D_2 或 d_2	小 径 D_1 或 d_1
第一系列	第二系列			
200		6	196.103	193.505
		1	197.102	195.670
		3	198.051	196.752
		(2)	198.701	197.830
		6	201.103	198.505
		1	202.102	200.670
		3	203.051	201.752
		6	206.103	203.505
	210	1	207.102	205.670
		3	208.051	206.752
		6	211.103	208.505
		1	212.102	210.670
		3	213.051	211.752
		6	216.103	213.505
		1	217.102	215.670
		3	218.051	216.752
220		6	221.103	218.505
		1	222.102	220.670
		3	223.051	221.752
		6	226.103	223.505
		1	227.102	225.670
		3	228.051	226.752
		6	231.103	228.505
		1	232.102	230.670
	225	3	233.051	231.752
		6	236.103	233.505
		1	237.102	235.670
		3	238.051	236.752
		6	241.103	238.505
		1	242.102	240.670
		3	243.051	241.752
		6	246.103	243.505
	230	1	247.102	245.670
		3	248.051	246.752
		6	251.103	248.505
		1	252.102	250.670
		3	253.051	251.752
		6	256.103	253.505
		1	257.102	255.670
		3	258.051	256.752
	235	6	261.103	258.505
		1	262.102	260.670
		3	263.051	261.752
		6	266.103	263.505
	240	1	267.102	265.670
		3	268.051	266.752
		6	271.103	268.505
		1	272.102	270.670
		3	273.051	271.752
		6	276.103	273.505
		1	277.102	275.670
		3	278.051	276.752
	245	6	281.103	278.505
		1	282.102	280.670
		3	283.051	281.752
		6	286.103	283.505

(续表)

公 称 直 径 D, d			螺 距 P	中 径 D_2 或 d_2	小 径 D_1 或 d_1			
第 一 系 列	第 二 系 列	第 三 系 列						
250			6	246.103	243.505			
			4	247.402	245.670			
			3	248.051	246.752			
		255			6	251.103	248.505	
					4	252.402	250.670	
					3	253.051	251.752	
				260		6	256.103	253.505
						4	257.402	255.670
						(3)	258.051	256.752
265			6	261.103	258.505			
			4	262.402	260.670			
			3	263.051	261.752			
		270		6	266.103	263.505		
				4	267.402	265.670		
				3	268.051	266.752		
275			6	271.103	268.505			
			4	272.402	270.670			
			3	273.051	271.752			
		280		6	276.103	273.505		
				4	277.402	275.670		
				(3)	278.051	276.752		
285			6	281.103	278.505			
			4	282.402	280.670			
			3	283.051	281.752			
		290		6	286.103	283.505		
				4	287.402	285.670		
				3	288.051	286.752		
295			6	291.103	288.505			
			4	292.402	290.670			
			3	293.051	291.752			

(续表)

公称直径 D, d			螺距 P	中径、小径	
第一系列	第二系列	第三系列		D_2 或 d_2	D_1 或 d_1
	300		6	296.103	293.505
			4	297.402	295.670
			(3)	298.051	296.752
		310	6	306.103	303.505
			1	307.402	305.670
320			6	316.103	313.505
			4	317.402	315.670
		330	6	326.103	323.505
			1	327.402	325.670
	340		6	336.103	333.505
			4	337.402	335.670
		350	6	346.103	343.505
			4	347.402	345.670
360			6	356.103	353.505
			4	357.402	355.670
		370	6	366.103	363.505
			4	367.402	365.670
	380		6	376.103	373.505
			4	377.402	375.670
		390	6	386.103	383.505
			4	387.402	385.670
400			6	396.103	393.505
			4	397.402	395.670
		410	6	406.103	403.505
	120		6	416.103	413.505
		430	6	426.103	423.505
	440		6	436.103	433.505
450			6	446.103	443.505
	460		6	456.103	453.505
		470	6	466.103	463.505
	480		6	476.103	473.505

(续表)

公 称 直 径 D, d			螺 距 P	中 径 D_2 或 d_2	小 径 D_1 或 d_1
第一系列	第二系列	第三系列			
500		490	6	486.103	483.505
		510	6	496.103	493.505
			6	506.103	503.505
		520	6	516.103	513.505
550		530	6	526.103	523.505
		540	6	536.103	533.505
			6	546.103	543.505
		560	6	556.103	553.505
600		570	6	566.103	563.505
		580	6	576.103	573.505
			590	6	586.103
		6	596.103	593.505	

- 注：1. 直径优先选用第一系列，其次第二系列，第三系列尽可能不用。
 2. 括号内的螺距尽可能不用。
 3. 用黑体字表示的螺距为粗牙。
 4. M14×1.25 仅用于火花塞；M35×1.5 仅用于滚动轴承锁紧螺母。

三、普通螺纹公差与配合

1. 新国标公差配合简介

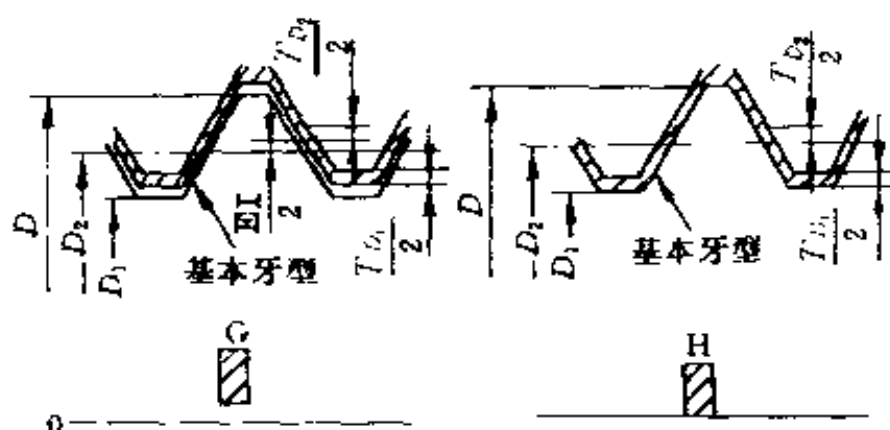
① 螺纹的公差等级：旧国标中，螺纹的中径和顶径（即外螺纹外径和内螺纹内径）是用同一精度等级的。而新国标按公差值（ T ）的大小，分为若干公差等级，内、外螺纹各直径的公差等级规定如下：

螺纹直径	公差等级
内螺纹小径 D_1	4, 5, 6, 7, 8
内螺纹中径 D_2	4, 5, 6, 7, 8
外螺纹大径 d	4, 6, 8
外螺纹中径 d_2	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

螺纹的中径和顶径；有时是相同的公差等级，也有不同的公差等级。

细牙普通螺纹与粗牙普通螺纹相同，不另立公差等级。

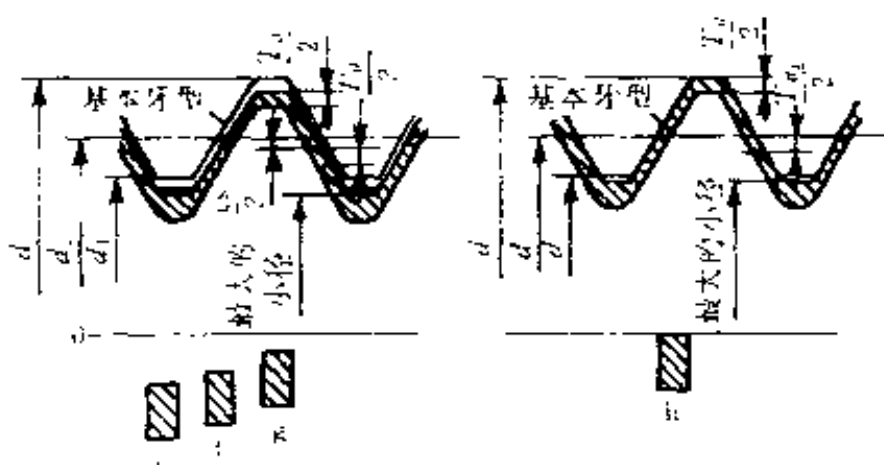
② 螺纹的公差带位置：旧国标中，螺纹公差带位置都是紧靠零线的，即外螺纹的上偏差为零，内螺纹的下偏差为零。而新国标对内螺纹规定了G和H两种位置(附图3)。



附图3 普通螺纹(新国标)内螺纹公差带的位置
(图中： T_{d1} 内螺纹小径公差； T_{d2} 内螺纹中径公差)

从图中可以看出，当公差带在H位置时，下偏差为零，上偏差为正值，当公差带在G位置时，上、下偏差都是正值。

新国标对外螺纹规定了e、f、g和h四种位置(附图4)。



附图4 普通螺纹(新国标)外螺纹公差带的位置
(图中： T_{d1} 外螺纹大径公差； T_{d2} 外螺纹中径公差)

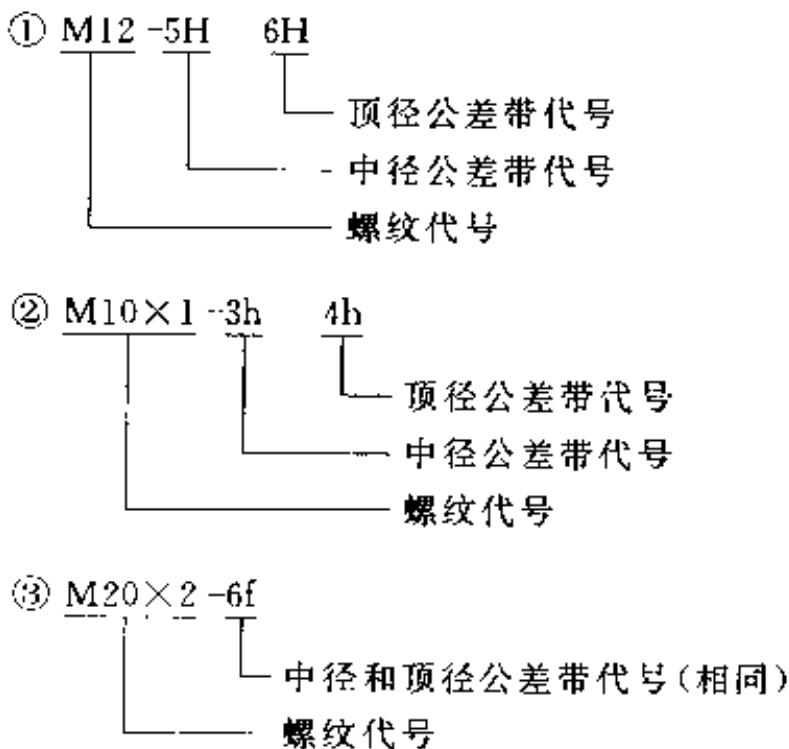
从图中可以看出,当公差带在 h 位置时,上偏差为零,下偏差为负值,当公差带在 e、f、g 位置时,上、下偏差都是负值。

公差带的位置决定了最小间隙的螺纹配合,以及具有保证间隙的螺纹配合。

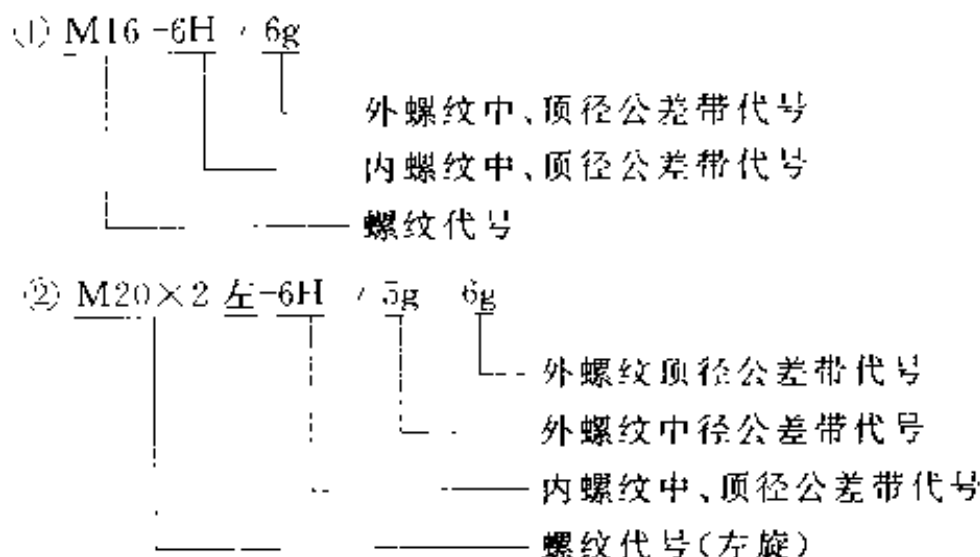
③ 偏差代号: 新国标规定,外螺纹的上偏差用代号 es, 外螺纹的下偏差用代号 ei, 内螺纹的上偏差用代号 ES, 内螺纹的下偏差用代号 EI。

① 螺纹的完整标记: 螺纹的完整标记由螺纹代号和公差带代号组成。螺纹公差带代号包括中径公差带代号与顶径公差带代号。公差带代号是由表示其大小的公差等级数字和表示其位置的字母所组成。例如 6H、5g、6g、4H、5H 等。

螺纹公差带代号标注在螺纹代号之后,中间用“-”分开。如果螺纹的中径公差带与顶径公差带的代号不同(基本偏差相同,公差等级不同)。则在图纸上应分别标出,前者表示中径公差带,后者表示顶径公差带。如果中径公差带与顶径公差带代号相同,则只标注一个代号。例如:



内、外螺纹装配在一起,其公差带代号用斜线分开,左边表示内螺纹公差带代号,右边表示外螺纹公差带代号。例如:



2. 普通螺纹偏差表(GB2516-81)的应用

在加工螺纹时,必须根据零件图上的螺纹标记,在偏差表(附表3)中查出中径和大径的上、下偏差。

【例】 查表确定 M20×2 5g6g 螺纹的大径和中径的上、下偏差。

【解】 M20×2 螺纹顶径(外螺纹大径的基本尺寸 $d=20\text{mm}$),中径的基本尺寸。

$$d_2 = d - 0.6495P = 20 - 0.6495 \times 2 = 18.701\text{mm}。$$

在普通螺纹偏差的直径分段 $>11.2, \leq 22.4\text{mm}$,螺距 P 为 2mm 的外螺纹一栏内,5g6g 一行中查出,外螺纹中径上偏差 es 为 -0.038mm ,下偏差 ei 为 -0.163mm ;大径的上偏差 es 为 -0.038mm ,下偏差 ei 为 -0.318mm 。即:

外螺纹大径为 $\phi 20 \begin{smallmatrix} 0.038 \\ -0.318 \end{smallmatrix} \text{mm}$ 。

外螺纹中径为 $\phi 18.701 \begin{smallmatrix} 0.038 \\ -0.163 \end{smallmatrix} \text{mm}$ 。

【例】 查表确定 M24 -5H6H 内螺纹的中径和小径的上、下偏差。

附表3 普通螺纹偏差表

(μm)

直径分段 D, d (mm)	螺距 P (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹					
		公差带	中 径 D_2	小 径 D_1		公差带	甲 径 d		人 径 d		
$>$	\leq		ES EI	ES EI		es ei	es ei	ei			
0.99	1.1	4H	+40	0	+38	0	3h1h	0	-24	0	-36
		4H5H	+40	0	+48	0	4h	0	-30	0	-36
							5g6g	-17	55	-17	73
							5h6h	0	-38	0	-56
							6g	-17	-65	-17	-73
							6h	0	48	0	-56
0.25	0.25	4H	+45	0	+45	0	3h4h	0	26	0	42
		4H5H	+45	0	-56	0	4h	0	-31	0	42
		5G	+74	+18	+74	+18	5g6g	-18	60	-18	-85
		5H	-56	0	+56	0	3h4h	0	42	0	-42
							3h6h	0	-42	0	-67
							6g	18	-71	18	83
0.3	0.3					6h	0	-53	0	-67	
		4H	+48	0	+53	0	3h4h	0	-28	0	-48
		4H5H	+48	0	+67	0	4h	0	-36	0	-48
		5G	+73	+18	-85	+18	5g6g	-18	-63	-18	93
		5H	-60	0	+67	0	5h4h	0	-45	0	-48

(续表)

直径分段 D, d (mm)		螺距 P (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹				
			公差带		中 径 D_2	小 径 D_1	公差带		中 径 d_2	大 径 d	
$>$	\leq		ES	EI	ES	EI	es	ei	es	ei	
0.99	1.4	0.3						0	-45	0	-73
								-18	-74	-18	-93
								0	56	0	-75
1.4	2.8	0.2	4H	0	+38	0		0	-25	0	-36
			4H5H	0	48	0		0	-32	0	-36
								-17	-57	-17	73
								0	-40	0	-56
								-17	67	-17	-73
								0	-50	0	56
		0.25	4H	0	-45	0		0	-28	0	-42
			4H5H	0	-56	0		0	-36	0	-42
			5G	+18	-74	-18		-18	-63	-18	-85
			5H	0	-56	0		0	-45	0	-67
			5H6H	0	-71	0		-18	-74	-18	85
								0	56	0	-67
		0.35	4H	0	63	0		0	-32	0	53
			4H5H	0	-80	0		0	-40	0	-53

(续表)

直径分段 D, d (mm)	螺距 P (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹					
		中 径 D_2		小 径 D_1		中 径 d_2		大 径 d			
		ES	EI	ES	EI	es	ei	es	ei		
1.4	0.35	公差带					公差带				
		5G	+86	+19	+99	+19	5g6g	19	69	-19	104
		5H	+67	0	+80	0	5h4h	0	50	0	-53
		5H6H	+67	0	+100	0	5h6h	0	-50	0	-85
		6G	+101	-19	+119	+19	6f	-34	-97	-34	-119
		6H	+85	0	+100	0	6g	-19	-82	-19	-104
							6h	0	-63	0	-85
							7g6g	-19	-99	-19	-104
							7h6h	0	-80	0	-85
							3h4h	0	-34	0	-60
0.4	0.4	4H	-56	0	+71	0	3h4h	0	-34	0	-60
		4H5H	+56	0	+90	0	4h	0	-42	0	-60
		5G	+90	+19	+109	+19	5g6g	-19	72	-19	-114
		5H	+71	0	+90	0	5h4h	0	-53	0	60
		5H6H	+71	0	+112	0	5h6h	0	-53	0	-95
		6G	+109	+19	+131	+19	6f	-34	-101	-34	-129
		6H	+90	0	+112	0	6g	-19	86	-19	-111
							6h	0	-67	0	-95
							7g6g	-19	-104	-19	-114

(续表)

直径分段 D, d (mm)	螺距 P (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹										
		中 径 D_2		小 径 D_1		公差带	中 径 d_2		大 径 d							
		ES	EI	ES	EI		es	ei		es	ei					
$>$																
2.8	0.35	6H	+90	0	-100	G	6g	-19	-86	-19	-104	6h	0	-67	0	-85
							7g6g	-19	-104	-19	-104	7h6h	0	-85	0	-85
	0.5	4H	+63	0	+90	0	3h4h	0	-38	0	-67	4h	0	-48	0	-67
		4H5H	+63	0	+112	0	4h	0	-48	0	-67	5g	-20	-80	-20	-126
		5H	+80	0	+112	0	5h4h	0	-60	0	-67	6G	-50	-125	-50	-156
		5H6H	+80	0	+140	0	5h6h	0	-60	0	-106	6H	+100	-111	-36	-142
		6G	+120	+20	+160	+20	6e	-50	-125	-50	-156	7G	+145	-95	-20	-126
		6H	+100	0	-140	0	6f	-36	-111	-36	-142	7H	+125	-75	0	-106
		7G	+145	+20	+200	+20	6g	-20	-95	-20	-126					
		7H	+125	0	+180	0	6h	0	-75	0	-106					
							7g6g	-20	-115	-20	-126	7h6h	0	-95	0	-106
	0.6	4H	+71	0	+100	0	3h4h	0	-42	0	-80	4h	0	-53	0	-80
		4H5H	+71	0	+125	0	4h	0	-53	0	-80					

(续表)

直径分段 D, d (mm)	螺距		内 螺 纹				外 螺 纹				
	P (mm)	公差带	中 径 D_2		小 径 D_1		公差带	中 径 d_2		大 径 d	
			ES	EI	ES	EI		es	ei	es	ei
$>$ 2.8	0.7	7H	+150	0	-240	0	6h	0	-90	0	140
							7g6g	-22	-134	-22	-162
							7h6h	0	-112	0	-140
	0.75	4H	+75	0	+118	0	3h4h	0	-45	0	-90
		4H5H	+75	0	+150	0	4h	0	-56	0	-90
		5G	+117	+22	+172	+22	5g6g	-22	-93	-22	-162
		5H	+95	0	+150	0	5h4h	0	-71	0	-90
		5H6H	+95	0	+190	0	5h6h	0	-71	0	-140
		6G	+140	+22	+212	+22	6e	-56	-146	-56	-196
		6H	+118	0	+190	0	6f	-38	-128	-38	-178
		7G	+172	+22	+258	+22	6g	-22	-112	-22	-162
		7H	+150	0	+236	0	6h	0	-90	0	-140
0.8						7g6g	-22	-131	-22	-162	
						7h6h	0	-112	0	-140	
	4H	-80	0	+125	0	3h4h	0	-48	0	-95	
	4H5H	-80	0	+160	0	4h	0	-60	0	-95	
	5G	+124	-24	+184	-24	5g6g	-24	-99	-24	-174	

(续表)

直径分段 D, d (mm)	螺距 P (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹					
		中 径 D_2		小 径 D_1		中 径 d_2		大 径 d			
		公差带	ES	EI	ES	EI	公差带	es	ei	es	ei
5.6	11.2	7G	+160	+20	+200	-20	6g	-20	-105	-20	-126
			7H	+140	0	+180		0	6h	0	-85
	0.75	4H	+85	0	+118	0	7g6g	-20	-126	-20	-126
			4H5H	+85	0	+150		0	7h6h	0	-106
		5G	+128	+22	+172	+22	5g6g	-22	-102	-22	-162
		5H	+106	0	+150	0		5h4h	0	-80	0
		5H6H	+106	0	+190	0	5h6h	0	-80	0	-140
		6G	+154	-22	+212	+22		6e	-56	-156	-56
		6H	+132	0	+190	0	6f	-38	-138	-38	-178
		7G	+192	+22	+258	+22		6g	-22	-122	-22
		7H	+170	0	+236	0	7g6g	0	-100	0	-140
								7h6h	-22	-147	-22
	1	4H	+95	0	-150	0	3h4h	0	-56	0	-112
			4H5H	+95	0	+190		0	4h	0	-71

(续表)

直径分段 D, d (mm)	螺距 P (mm)	内 螺 纹			外 螺 纹						
		中 径 D_2		小 径 D_1		中 径 d_2		大 径 d			
		公差带	ES	EI	ES	EI	公差带	es	ei	es	ei
> 5.6	1	5G	-144	+26	+216	-26	5g6g	-26	-116	-26	-206
		5H	+118	0	+190	0	5h4h	0	-90	0	-112
		5H6H	-118	0	+236	0	5h6h	0	-90	0	-180
		6G	+176	+26	+262	-26	6e	-60	-172	-60	-240
		6H	+150	0	-236	0	6f	-40	-152	-40	-220
		7G	+216	+26	+326	+26	6g	-26	-138	-26	-206
		7H	-190	0	+300	0	6h	0	-112	0	-180
1.25	1					7g6g	-26	-166	-26	-206	
						7h6h	0	-140	0	-180	
						8g	-26	-206	-26	-306	
						8h	0	-180	0	-280	
		4H	+100	0	-170	0	3h4h	0	-60	0	-132
		4H5H	+100	0	+212	0	4h	0	-75	0	-132
		5G	-153	+28	+240	+28	5g6g	-28	-123	-28	-240
		5H	+125	0	+212	0	5h4h	0	-95	0	-132
		5H6H	-125	0	+265	0	5h6h	0	-95	0	-212
		6G	+188	-28	+293	-28	6e	-63	-181	-63	-275

(续表)

直径分段 D, d (mm)	螺距 P (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹						
		中 径 D_2		小 径 D_1		公差带	中 径 d_2		大 径 d			
		ES	EI	ES	EI		es	ei	es	ei		
> 5.6	1.25	6H	+160	0	+265	0	6f	-42	-160	-42	-254	
		7G	+228	+28	+363	+28	6g	-28	-146	-28	-240	
		7H	+200	0	+335	0	6h	0	-118	0	-212	
	1.5	4H		+112	0	+190	0	3h4h	0	-67	0	-150
			4H5H	+112	0	+236	0	4h	0	-85	0	-150
			5G	+172	+32	-268	+32	5g6g	-32	-138	-32	-268
		5H		+140	0	+236	0	5h4h	0	-106	0	-150
			5H6H	+140	0	+300	0	5h6h	0	-106	0	-236
			6G	+212	+32	+332	+32	6e	-67	-199	-67	-303
		6H		+180	0	+300	0	6f	-45	-177	-45	-281
			7G	+256	+32	+407	+32	6g	-32	-164	-32	-268
			7H	+224	0	+375	0	6h	0	-132	0	-236
						7g6g	-32	-202	-32	-268		

(续表)

直径分段 D, d (mm)	螺距 P (mm)		内 螺 纹			外 螺 纹							
	公差带	中 径 D_2		小 径 D_1		公差带	中 径 d_2		大 径 d				
		ES	EI	FS	EI		es	ei		es	ei		
$>$	5.6	11.2					7h6h	0	-170	0	-236		
								-32	-244	-32	-107		
								0	-212	0	-142		
\leq	11.2	22.4	4H	+75	0	-90	0	3h4h	0	45	0	-67	
				4H5H	+75	0	+112	0	4h	0	-56	0	-67
				5G	+115	+20	+132	+20	5g6g	-20	-91	-20	-126
				5H	+95	0	+112	0	5h4h	0	-71	0	-67
				5H6H	+95	0	+140	0	5h6h	0	-71	0	-106
				6G	+138	+20	-160	-20	6e	-50	-140	-50	-156
				6H	+118	0	+140	0	6f	-36	-126	-36	-142
				7G	+170	+20	+200	+20	6g	-20	-110	-20	-126
				7H	+150	0	+180	0	6h	0	-90	0	-106
		0.75		4H	+90	0	-118	0	3h4h	0	-53	0	-90
			4H5H	+90	0	+150	0	4h	0	67	0	-90	
			5G	+134	+22	+172	+22	5g6g	-22	-107	-22	-162	
			5H	+112	0	+150	0	5h4h	0	-85	0	-90	
			5H6H	+112	0	+190	0	5h6h	0	-85	0	-140	

(续表)

直径分段 D, d (mm)	螺距 P (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹							
		中 径 D_2		小 径 D_1		中 径 d_2		大 径 d					
		ES	EI	ES	EI	es	ei	es	ei				
>	0.75	公差带											
		6G	+162	+22	+212	+22	6e	-56	-162	-56	-196		
		6H	+140	0	+190	0	6f	-38	-144	-38	-178		
		7G	+202	+22	+258	-22	6g	-22	128	-22	-162		
	7H	-180	0	+236	0	6h	0	-106	0	-140			
	1						7g6g	-22	-154	-22	-162		
							7h6h	0	-132	0	-140		
		4H	+100	0	+150	0	3h4h	0	-60	0	-112		
		4H5H	+100	0	+190	0	4h	0	-75	0	-112		
		5G	+151	-26	+216	+26	5g6g	-26	-121	-26	-206		
		5H	+125	0	+190	0	5h4h	0	-95	0	-112		
		5H6H	+125	0	-236	0	5h6h	0	-95	0	-180		
6G		+186	-26	-262	-26	6e	-60	-178	-60	-240			
6H	+160	0	+236	0	6f	-40	-158	-40	-220				
7G	+226	+26	+326	-26	6g	-26	-144	-26	-206				
7H	+200	0	+300	0	6h	0	-118	0	-180				
						7g6g	-26	-176	-26	-206			
						7h6h	0	-150	0	-180			

(续表)

直径分段 D, d (mm)	螺距 P (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹										
		公差带		中 径 D_2		小 径 D_1		公差带		中 径 d_2		大 径 d				
		ES	EI	ES	EI	ES	EI	es	ei	es	ei					
> 11.2	1									8g	-26	-216	-26	-306		
										8h	0	-190	0	-280		
	1.25	4H	-112	0	-170	0	3h4h	0	-67	0	132					
		4H5H	+112	0	-212	0	4h	0	-85	0	-132					
		5G	+168	+28	+240	+28	5g6g	+28	-134	-28	-240					
		5H	+140	0	+212	0	5h4h	0	-106	0	-132					
		5H6H	+140	0	+265	0	5h6h	0	-106	0	-212					
		6G	-208	+28	+293	+28	6e	+28	-195	-63	-275					
		6H	+180	0	+265	0	6f	0	-174	-42	-254					
		7G	+252	+28	-363	-28	6g	-28	-160	-28	-240					
		7H	+224	0	-385	0	6h	0	-132	0	-212					
												7g6g	-28	-198	-28	-240
												7h6h	0	-170	0	-212
												8g	-28	-240	-28	-363
										8h	0	-212	0	-335		
> 11.2	1.5	4H	+118	0	-190	0	3h4h	0	-71	0	-150					
		4H5H	+118	0	-236	0	4h	0	-90	0	-150					

(续表)

直径分段 D, d (mm)	螺距 P (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹						
		中 径 D_2		小 径 D_1		中 径 d_2		大 径 d				
		ES	EI	ES	EI	es	eI	es	eI			
$>$	\leq	公差带	公差带	公差带	公差带	公差带	公差带	公差带	公差带			
11.2	22.4	1.5	5G	+182	+32	+268	+32	5K6g	-32	144	-32	-266
			5H	+150	0	-236	0	5h4h	0	112	0	-150
			5H6H	+150	0	+300	0	5h6h	0	-112	0	-236
			6G	+222	+32	+332	+32	6e	67	-207	-67	-303
			6H	+190	0	+300	0	6f	-45	-185	-15	-281
			7G	+268	+32	+407	+32	6g	-32	172	-32	-268
			7H	+236	0	+375	0	6h	0	-140	0	-236
								7g6g	-32	-212	32	-268
								7h6h	0	-180	0	-236
								8g	-32	-256	-32	-407
								8h	0	-224	0	-375
	1.75		4H	+125	0	+212	0	3h4h	0	-75	0	-170
			4H5H	+125	0	+265	0	4h	0	-95	0	-170
			5G	+194	+34	+299	+34	5g6g	-34	-152	34	-299
			5H	+160	0	+265	0	5h4h	0	118	0	-170
			5H6H	+160	0	+335	0	5h6h	0	-118	0	-265
			6G	+234	+34	+369	+34	6e	-71	-221	71	-336

(续表)

直径分段 D, d (mm)	螺距 P (mm)	内 螺 纹						外 螺 纹					
		公差带		中 径 D_2		小 径 D_1		公差带		中 径 d_2		大 径 d	
		ES	EI	ES	EI	ES	EI	es	ei	es	ei		
>	1.75	6H	0	+335	0	6f	-48	-198	-48	-313			
		7G	+34	+459	+34	6g	-34	-184	-34	-299			
		7H	0	+425	0	6h	0	-150	0	-265			
2	2						7g6g	-34	-224	-34	-299		
							7h6h	0	-190	0	-265		
							8g	-34	-276	-34	-359		
							8h	0	-236	0	-425		
		4H	0	+236	0	3h4h	0	-80	0	-180			
		4H5H	0	+300	0	4h	0	100	0	-180			
		5G	-38	+338	+38	5g6g	-38	-163	-38	-318			
		5H	0	+300	0	5h4h	0	-125	0	-180			
		5H6H	0	+375	0	5h6h	0	-125	0	-280			
		6G	+38	+413	+38	6e	+71	-231	+71	-341			
		6H	0	+375	0	6f	52	-212	52	-500			
		7G	+38	+513	-38	6g	-38	-198	-38	-318			
7H	0	+475	0	6h	0	-150	0	-280					
							7g6g	-38	-238	-38	-318		

(续表)

直径分段 D, d (mm)	螺距 P (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹			
		中 径 D_2		小 径 D_1		中 径 d_2		大 径 d	
		ES	EI	ES	EI	es	ei	es	ei
$>$	$<$	公差带				公差带			
22.4	0.75	4H5H	0	+150	0	4h	0	-71	0
		5G	-22	+172	+22	5g6g	-22	-112	-22
		5H	0	+150	0	5h4h	0	-90	0
		5H6H	0	+190	0	5h6h	0	-90	0
		6G	+22	+212	+22	6e	-56	-168	-56
		6H	0	+190	0	6f	-38	-150	-38
		7G	+22	+258	+22	6g	-22	-134	-22
		7H	0	-236	0	6h	0	-112	0
						7g6g	-22	-162	22
						7h6h	0	-140	0
	1	4H	0	+150	0	3h4h	0	-63	0
		4H5H	0	+190	0	4h	0	-80	0
		5G	+26	-216	-26	5g6g	-26	-126	-26
		5H	0	+190	0	5h4h	0	-100	0
		5H6H	0	+236	0	5h6h	0	-100	0
		6G	+26	+262	+26	6e	-60	-185	-60
		6H	0	+236	0	6f	-40	-165	-40

(续表)

直径分段 D, d (mm)	螺距 P (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹						
		中 径 D_2		小 径 D_1		中 径 d_2		大 径 d				
		ES	EI	ES	EI	es	ei	es	ei			
22.4	45	公差带										
		7G	+238	+26	-326	+26	6g	-26	-151	-26		20k
		7H	+212	0	-300	0	6h	0	125	0	18n	
							7g6g	-26	-186	26		-206
							7h6h	0	-160	0		-18c
							8g	-26	-226	-26		-306
							8h	0	-200	0		28c
	1.5	4H	+125	0	+190	0	3h4h	0	-75	0		15c
		4H5H	+125	0	+236	0	4h	0	-95	0		15c
		5G	+192	+32	-268	+32	5g6g	-32	-150	-32		-268
		5H	+160	0	+236	0	5h4h	0	-118	0		-150
		5H6H	+160	0	+300	0	5h6h	0	-118	0		-236
		6G	+232	-32	+332	+32	6e	67	-217	-67		-303
		6H	+200	0	+300	0	6f	-45	-195	-45		-281
		7G	+282	+32	+407	+32	6g	-32	-182	-32		-268
		7H	-250	0	-375	0	6h	0	-150	0		-236
							7g6g	32	-222	-32		-268
							7h6h	0	-190	0		-236

(续表)

直径分段 D, d (mm)	螺距 P (mm)		内 螺 纹				外 螺 纹					
	公差带	中 径 D_2		小 径 D_1		公差带	中 径 d_2		大 径 d			
		ES	EI	ES	EI		es	ei	es	ei		
>	≤	1.5					8g	-32	-268	-32	-107	
							8h	0	-236	0	-375	
2			4H	+140	0	+236	0	3h4h	0	-85	0	-180
			4H5H	+140	0	+300	0	4h	0	-106	0	-180
			5G	+218	+38	+338	+38	5g6g	-38	-170	-38	-318
			5H	+180	0	+300	0	5h4h	0	-132	0	-180
			5H6H	+180	0	+375	0	5h6h	0	-132	0	-280
			6G	+262	+38	+413	+38	6e	-71	-241	71	-351
			6H	+224	0	+375	0	6f	52	222	-52	332
			7G	+318	+38	+513	+38	6g	-38	-208	-38	-318
			7H	+280	0	+475	0	6h	0	-170	0	-280
								7g6g	-38	-250	-38	-318
3							7h6h	0	-212	0	28	
							8g	38	-303	38	-488	
							8h	0	-265	0	450	
			4H	+170	0	+315	0	3h4h	0	-100	0	-236
			4H5H	+170	0	+400	0	4h	0	-125	0	256

(续表)

直径分段 D, d (mm)		螺距 P (mm)		内 螺 纹				外 螺 纹						
				中 径 D_2		小 径 D_1		中 径 d_2		大 径 d				
				ES	EI	ES	EI	es	ei	es	ei			
>	≤	22.4	45	3	公差带				公差带					
					5G	+260	-48	-118	+48	5g6g	-48	-208	-48	-423
					5H	+212	0	-400	0	5h4h	0	-160	0	-236
					5H6H	+212	0	+500	0	5h6h	0	-160	0	-375
					6G	+313	-48	+548	+48	6e	-85	-285	-85	-460
					6H	+265	0	+500	0	6f	-63	-263	-63	-438
					7G	+383	+48	+678	+48	6g	-48	-248	-48	-423
					7H	+335	0	+630	0	6h	0	-200	0	-375
										7g6g	48	-298	48	-423
										7h6h	0	-250	0	-375
					8g	-48	-363	-48	-648					
					8h	0	-315	0	-600					
				3.5	4H	+180	0	+355	0	3h4h	0	-106	0	-265
					4H5H	+180	0	+450	0	4b	0	-132	0	-265
					5G	+277	-53	+503	+53	5g6g	-53	-223	-53	-478
					5H	+224	0	+450	0	5h4h	0	170	0	-265
					5H6H	+224	0	+560	0	5h6h	0	-170	0	-425
					6G	+333	+53	+613	-53	6e	-90	-302	-90	-515

(续表)

直径分段 D, d (mm)	螺距 P (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹				
		中 径 D_2		小 径 D_1		中 径 d_2		大 径 d		
		ES	EI	ES	EI	es	ei	es	ei	
> 22.1	3.5	公差带		公差带		公差带		公差带		
		6H	0	+560	0	6f	-282	-70	-195	
		7G	+53	-763	+53	6g	-265	-53	-478	
		7H	0	+710	0	6h	0	-212	0	-425
						7g6g	-53	-318	-53	-478
						7h6h	0	-265	0	-425
						8g	-53	-388	-53	-723
						8h	0	-335	0	-670
	4	4H	0	+375	0	3h4h	0	-112	0	-300
4H5H		0	+475	0	4h	0	-140	0	-300	
5G		+60	+535	+60	5g6g	60	-240	-60	-535	
		5H	0	+475	0	5h4h	0	-180	0	-300
		5H6H	0	+600	0	5h6h	0	-180	0	-475
		6G	+60	-660	+60	6e	-95	-319	-95	-570
		6H	0	+600	0	6f	-75	-299	75	550
		7G	+60	+810	+60	6g	-60	-284	-60	-535
		7H	0	-730	0	6h	0	-224	0	-475
						7g6g	-60	-340	-60	-535

(续表)

直径分段 D, d (mm)	螺距 P (mm)	内 螺 纹			外 螺 纹								
		公差带	中 径 D_2	小 径 D_1	公差带	中 径 d_2	大 径 d						
\leq		ES	EI	ES	EI	es	e						
22.4	4												
						7b6h	0	280	0	-175			
						8k			60	415	60	-815	
						8h			0	355	0	755	
			4.5	4H	-200	0	+425	0	3h4h	0	-118	0	-315
				4H5H	-200	0	+530	0	4h	0	-150	0	-315
				5G	+313	+63	+593	-63	5g6g	-63	-253	-63	-563
				5H	+250	0	+530	0	5h4h	0	190	0	-315
				5H6H	+250	0	+670	0	5h6h	0	190	0	500
				6G	+378	+63	+733	+63	6e	-100	-336	-100	600
		6H	+315	0	+670	0	6f	-80	-316	-80	-580		
		7G	+463	+63	+913	+63	6g	-63	-299	-63	-563		
		7H	+400	0	+850	0	6b	0	-236	0	-500		
							7g5g	63	363	63	563		
							7h6h	0	300	0	-500		
							8g	-63	-438	-63	-863		
							8h	0	-370	0	-800		
45	1	4H	+118	0	+150	0	3h4h	0	-71	0	-112		

(续表)

直径分段 D, d (mm)	螺距 P (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹						
		中 径 D_2		小 径 D_1		中 径 d_2		大 径 d				
		公差带	ES	FI	FS	EI	公差带	es	ei	es	ei	
$>$ 4.5	1	4H5H	+118	0	-190	0	4h	0	-90	0	-112	
		5G	+176	+26	+216	+26	5g6g	-26	-138	-26	-226	
		5H	+150	0	+190	0	5h4h	0	-112	0	-112	
		5H6H	+150	0	+236	0	5h6h	0	112	0	-180	
		6G	+206	+26	+262	+26	6e	-60	-200	-60	-240	
		6H	+180	0	+236	0	6f	-40	-180	-40	-220	
		7G	+262	+26	+326	+26	6g	-26	-166	-26	-206	
$<$ 1.5	1.5	7H	+236	0	-300	0	6h	0	-140	0	-180	
		7g6g						-26	-206	-26	-206	
												7h6h
		8g							-26	-250	-26	-306
		4H	+132	0	+190	0	3h4h	0	-80	0	-150	
		4H5H	+132	0	+236	0	4h	0	-100	0	150	
		5G	+202	+32	+268	+32	5g6g	32	-157	-32	-268	
		5H	+170	0	+236	0	5h4h	0	-125	0	-150	
		5H6H	+170	0	+300	0	5h6h	0	-126	0	-236	

(续表)

直径分段 D, d (mm)	螺距 P (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹					
		中 径 D_2		小 径 D_1		中 径 d_2		大 径 d			
		ES	EI	ES	EI	es	ei	es	ei		
$> 45 \sim 90$	1.5	公差带				公差带					
		6G	+244	+32	+332	+32	6e	-67	-227	-303	
		6H	+212	0	+300	0	6f	-45	-205	-281	
		7G	+297	-32	+407	-32	6g	-32	-192	-268	
	7H	-265	0	+375	0	6h	0	-160	-236		
	2	7g6g					7g6g		-32 -232 -32		
							7h6h		0 -200 0 -236		
						8g		-32 -282 -32		-407	
						8h		0 -250 0		-375	
		4H	+150	0	+236	0	3h4h	0	-90	0	-180
		4H5H	+150	0	+300	0	4h	0	-112	0	-180
		5G	+228	-38	+338	-38	5g6g	-38	-178	-38	-318
5H		+190	0	+300	0	5h4h	0	-140	0	-180	
5H6H	+190	0	-375	0	5h6h	0	-140	0	-280		
6G	-274	+38	-413	+38	6e	-71	-251	-71	-351		
6H	-236	0	+375	0	6f	-52	-232	-52	-332		
7G	-338	+38	+513	+38	6g	-38	-218	-38	-318		
7H	+300	0	+475	0	6h	0	-180	0	-280		

(续表)

直径分段 D, d (mm)	螺距 P (mm)		内 螺 纹				外 螺 纹					
	公差带	中 径 D_2	小 径 D		公差带	中 径 d_2		大 径 d				
			ES	EI		ES	EI	es	ei	es	ei	
> 45	≤ 90	2						7g6g	-38	-262	-38	-318
									7h6h	0	-224	0
								8g	38	-318	-38	-488
								8h	0	-280	0	-150
		3						3h4h	0	-106	0	-236
								4h	0	-132	0	-236
								5g6g	-48	218	-48	-423
								5h4h	0	-170	0	-236
								5h6h	0	-170	0	-375
								6c	-85	297	-85	-460
							6f	-63	-275	-63	-138	
							6g	48	-260	-18	-423	
							6h	0	-212	0	-375	
							7g6g	-48	-313	48	-123	
							7h6h	0	-265	0	-375	
							8g	-48	-383	-48	-648	
							8h	0	-335	0	-600	

(续表)

直径分段 D, d (mm)	螺距 P (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹					
		中 径 D_2		小 径 D_1		中 径 d_2		大 径 d			
		公差带	ES	EI	ES	EI	公差带	es	eI		
> 45	4	4H	+200	0	+375	0	3b4h	0	118	0	-300
		4H5H	+200	0	+475	0	4h	0	130	0	-300
		5G	+310	+60	+535	+60	5g6g	-60	-250	60	-535
		5H	+250	0	+475	0	5h4h	0	-190	0	-300
		5H6H	+250	0	+600	0	5h6h	0	-190	0	-475
		6G	+375	+60	+660	-60	6e	-95	-331	-95	-570
		6H	+315	0	+600	0	6f	-75	-311	75	-550
		7G	+460	+60	+810	+60	6g	-60	-296	60	535
		7H	+400	0	+750	0	6h	0	-236	0	475
							7g6g	-60	360	-60	-535
							7h6h	0	300	0	-475
							8g	-60	-435	60	-810
							8h	0	-315	0	750
		> 5	5	4H	+212	0	+450	0	3h1h	0	-125
4H5H	+212			0	+560	0	4h	0	-160	0	335
5G	+336			+71	+631	-71	5g6g	-71	-271	-71	-601
5H	+265			0	+560	0	5h4h	0	-200	0	-335

(续表)

直径分段 D, d (mm)	螺距 P (mm)	内 螺 纹			外 螺 纹							
		公差带	中 径 D_2	小 径 D_1	公差带	中 径 d_2	大 径 d					
$>$	\leq	ES	EI	ES	EI	es	ei	es	ei			
45	5	5H6H	+265	0	-710	0	5h6h	0	200	0	-530	
		6G	+406	+71	-781	+71	6e	-106	356	106	-636	
		6H	+335	0	-710	0	6f	-85	335	85	-615	
		7G	+496	+71	-971	+71	6g	-71	321	-71	-601	
		7H	+425	0	-900	0	6h	0	250	0	-530	
								7g6g	-71	386	-71	-601
								7h6h	0	315	0	-530
5.5	5.5					8g	-71	471	-71	-921		
						8h	0	400	0	-850		
		4H	+224	0	-475	0	3h4h	0	132	0	-355	
		4H5H	+224	0	-600	0	4h	0	170	0	-355	
		5G	+355	+75	-675	+75	5g6g	-75	287	75	-635	
		5H	+280	0	-600	0	5h4h	0	212	0	-355	
		5H6H	+280	0	-750	0	5h6h	0	212	0	-560	
6G	+430	+75	-825	+75	6e	-112	377	-112	-672			
6H	+355	0	-750	0	6f	-90	355	-90	-630			
7G	+525	+75	+1025	+75	6g	-75	340	-75	-635			

(续表)

直径分段 D, d (mm)	螺距 P (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹				
		中 径 D_2		小 径 D_1		中 径 d_2		大 径 d		
		ES	EI	ES	EI	us	ei	es	ei	
$>$	\leq	公差带				公差带				
45	5.5	7H	0	-950	0	6h	0	-265	0	-560
						7k6g	-75	-410	-75	635
						7h6h	0	-335	0	-560
						8g	-75	-500	-75	-975
						8h	0	-425	0	-900
	6	4H	0	+500	0	3h4h	0	-140	0	-375
		4H5H	0	+630	0	4h	0	-180	0	-375
		5G	+80	+710	+80	5g6g	-80	-304	-80	-680
		5H	0	-630	0	5h4h	0	-224	0	-375
		5H6H	0	-800	0	5h6h	0	-224	0	-600
		6G	+80	-880	-80	6e	-118	-398	-118	-718
		6H	0	+800	0	6f	-95	-375	95	-695
		7G	-80	+1080	+80	6g	80	-360	-80	-680
		7H	0	+1000	0	6h	0	-280	0	-600
						7g6g	-80	-435	-80	-680
						7h6h	0	-355	0	-600
						8g	-80	-530	-80	-1030

(续表)

直径分段 D, d (mm)	螺距 P (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹								
		中 径 D_2		小 径 D_1		中 径 d_2		大 径 d						
		公差带	ES	EI	ES	EI	公差带	es	ei	es	ei			
>	≤													
45	90									8h	0	-450	0	-950
90	180	4H	+140	0	+190	0	3h4h	0	-85	0	-150	0	-150	
		4H5H	+140	0	+236	0	4h	0	-106	0	-150	0	-150	
		5G	+212	+32	+268	+32	5g6g	-32	-164	-32	-268	-32	-268	
		5H	+180	0	+236	0	5h4h	0	-132	0	-150	0	-150	
		5H6H	+180	0	+300	0	5h6h	0	-132	0	-236	0	-236	
		6G	+256	+32	+332	+32	6e	-67	-237	-67	-303	-67	-303	
		6H	-224	0	+300	0	6f	-45	-215	-45	-281	-45	-281	
		7G	+312	+32	+407	-32	6g	-32	-202	-32	-268	-32	-268	
		7H	+280	0	+375	0	6h	0	-170	0	-236	0	-236	
							7g6g	-32	-244	-32	-268	-32	-268	
							7h6h	0	-212	0	-236	0	-236	
							8g	-32	-297	-32	-107	-32	-107	
							8h	0	-265	0	-375	0	-375	
	2	4H	-160	0	+236	0	3h4h	0	-95	0	180	0	180	
		4H5H	+160	0	+300	0	4h	0	-118	0	-180	0	-180	
		5G	+238	+38	+338	+38	5g6g	-38	-188	-38	-318	-38	-318	

(续表)

直径分段 D, d (mm)	螺距		内 螺 纹				外 螺 纹				
	P (mm)	公差带	中 径 D_2		小 径 D_1		公差带	中 径 d_2		大 径 d	
			FS	EI	ES	EI		es	ei	es	ei
$>$ 90	2	5H	+200	0	+300	0	5h4h	0	-150	0	-180
		5H6H	+200	0	+375	0	5h6h	0	-150	0	-280
		6G	+288	-38	+413	+38	6c	-71	-261	-71	-351
		6H	+250	0	+375	0	6f	-52	-242	-52	-332
		7G	+353	+38	+513	+38	6g	-38	-228	-38	-318
		7H	+315	0	+475	0	6h	0	-190	0	280
								7g6g	-38	-274	-38
	3					7h6h	0	-236	0	-280	
						8g	-38	-338	38	-488	
						8h	0	-300	0	-450	
		4H	+190	0	+315	0	3h4h	0	-112	0	-236
		4H5H	+190	0	-400	0	4h	0	-140	0	-236
		5G	+284	+48	+448	+48	5g6g	-48	-228	48	123
		5H	+236	0	+400	0	5h4h	0	-180	0	236
		5H6H	+236	0	-500	0	5h6h	0	-180	0	-375
		6G	+348	+48	+548	+48	6e	-85	-309	85	-460
		6H	+300	0	+500	0	6f	-63	-287	-63	-438

(续表)

直径分段 D, d (mm)	螺距 P (mm)		内 螺 纹				外 螺 纹					
	公差带	中 径 D_2	小 径 D_1		公差带	中 径 d_2		大 径 d				
			ES	EI		ES	EI	es	ei	es	ei	
90	180	3	7G	+423	+48	+678	-48	6g	48	272	+8	-423
			7H	+375	0	+630	0	6h	0	224	0	-375
	4	3	7g6g					7g6g	-48	-328	-8	-123
				7h6h	0			7h6h	0	-280	0	-375
			8g				8g	-48	-403	-48	-648	
			8h				8h	0	-355	0	-600	
			4H	+212	0	+375	0	3h4h	0	-125	0	300
			4H5H	+212	0	+475	0	4h	0	-160	0	-300
			5G	+325	+60	+535	-60	5g6g	-60	-260	60	-535
			5H	+265	0	+175	0	5h4h	0	-200	0	300
60	3	5H6H	+265	0	+600	0	5h6h	0	200	0	-475	
		6G	+595	+60	+660	-60	6e	-95	-345	95	-570	
		6H	+335	0	+500	0	6f	-75	-325	-75	550	
		7G	+480	+60	+810	-60	7g	-60	310	60	575	
		7H	+425	0	+750	0	7h	0	-250	0	-75	
		7g6g					7g6g	-60	375	-60	-535	
		7h6h					7h6h	0	-315	0	-575	

(续表)

直径分段 D, d (mm)	螺距 F (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹					
		中 径 D_2		小 径 D_1		公 差 带	中 径 d_2		大 径 d		
		ES	EI	ES	EI		es	ei	es	ei	
90 180	4					8g	-60	-460	-60	-810	
						8h	0	-400	0	-750	
	6	4H	-250	0	+500	0	3b4h	0	-150	0	-375
		4H5H	+250	0	+630	0	4h	0	-190	0	375
		5G	+395	+80	+710	+80	5g6g	-80	-316	-80	-680
		5H	+315	0	+630	0	5h4h	0	-236	0	-375
		5H6H	-315	0	-800	0	5h6h	0	-236	0	-600
		6G	+480	+80	+880	+80	6e	-118	-418	-118	-718
		6H	+400	0	+800	0	6f	-95	-395	-95	-695
		7G	+580	+80	+1080	+80	6g	-80	-380	-80	-680
7H	+500	0	+1000	0	6h	0	-300	0	-600		
180 355	2					7g6g	-80	-455	-80	-680	
						7h6h	0	-375	0	-600	
	2					8g	-80	-555	-80	0	1030
						8h	0	-475	0	0	-950
		4H	+180	0	+236	0	3b4h	0	-106	0	-180
		4H5H	+180	0	+300	0	4h	0	-132	0	-180

(续表)

直径分段 D, d (mm)	螺距 P (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹					
		中 径 D_2		小 径 D_1		中 径 d_2		大 径 d			
		公差带	ES	FJ	ES	EI	公差带	es	ei	es	ei
> 180	2	5G	+262	-38	+338	+38	5g6g	-38	208	-38	-318
		5H	+224	0	+300	0	5h4h	0	170	0	-180
		5H6H	+224	0	+375	0	5h6h	0	-170	0	-280
		6G	+318	+38	+413	+38	6e	-71	-283	-71	-351
		6H	-280	0	+375	0	6f	-52	-264	-52	332
		7G	-393	+38	-513	+38	6g	-38	250	-38	-318
		7H	-355	0	-475	0	6h	0	-212	0	-280
							7g6g	38	-303	-38	318
> 180	3	4H	+212	0	+315	0	3h4h	0	125	0	-236
		4H5H	+212	0	+400	0	3h	0	-160	0	-236
		5G	+313	+38	+428	+38	6g6g	-48	248	-48	423
		5H	+265	0	+400	0	5h4h	0	-200	0	-236
		5H6H	+265	0	+500	0	5h6h	0	200	0	375
		6G	+383	+38	+518	+38	6e	85	-333	-85	-160
							7h6h	0	265	0	-280
							8g	-38	-373	-38	-488
					8h	0	335	0	-450		

(续表)

直径分段 D, d (mm)	螺距 P (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹				
		中 径 D_2		小 径 D_1		中 径 d_2		大 径 d		
		FS	EI	ES	EI	es	eI	es	eI	
> 180	3	6H	0	+500	0	6f	-63	-313	63	-438
		7G	+48	+678	+48	6g	-48	-392	48	-423
		7H	0	+630	0	6h	0	-270	0	-375
> 180	4					7g6g	-43	-363	-43	-423
						7h6h	0	-515	0	-375
						8g	-18	-448	-18	-618
						8h	0	-400	0	-600
		4H	0	+375	0	3h4h	0	-140	0	-300
		4H5H	0	+475	0	4h	0	-180	0	-300
		5G	+50	+535	+60	5g6g	-60	-281	-60	-535
		5H	0	+475	0	5h4h	0	-224	0	-300
		5H6H	0	+600	0	5h6h	0	-224	0	-475
		6G	+60	+660	+60	6e	-95	-377	-95	-475
		6H	0	+600	0	6f	-75	-355	-75	-550
		7G	+60	+810	+60	6g	-60	-340	-60	-535
7H	0	+750	0	6h	0	-280	0	-475		
				7g6g	-60	-415	-60	-530		

(续表)

直径分段 D, d (mm)	螺距 P (mm)	内 螺 纹				外 螺 纹			
		中 径 D_2		小 径 D_1		中 径 d_2		大 径 d	
		ES	EI	ES	EI	es	ei	es	ei
$>$		公差带				公差带			
180	4					7h6h	0	-355	0
						8g	-60	-510	-60
						8h	0	-450	0
	6	4H	+265	0	+500	0	3h4h	0	-160
		4H5H	+265	0	+630	0	4h	0	-200
		5G	+415	+80	+710	-80	5g6g	-80	-330
		5H	+335	0	+630	0	5h4h	0	-250
		5H6H	+335	0	+800	0	5h6h	0	-250
		6G	+505	+80	+880	-80	6e	-118	433
		6H	+425	0	+800	0	6t	-95	-410
		7G	+610	+80	+1080	+80	6g	-80	-395
		7H	+530	0	+1000	0	6h	0	-315
						7g6g	-80	180	0
						7h6h	0	400	0
						8g	80	-580	-80
						8h	0	-500	0

【解】 M24 的螺距为 3mm, 小径(内螺纹小径)的基本尺寸

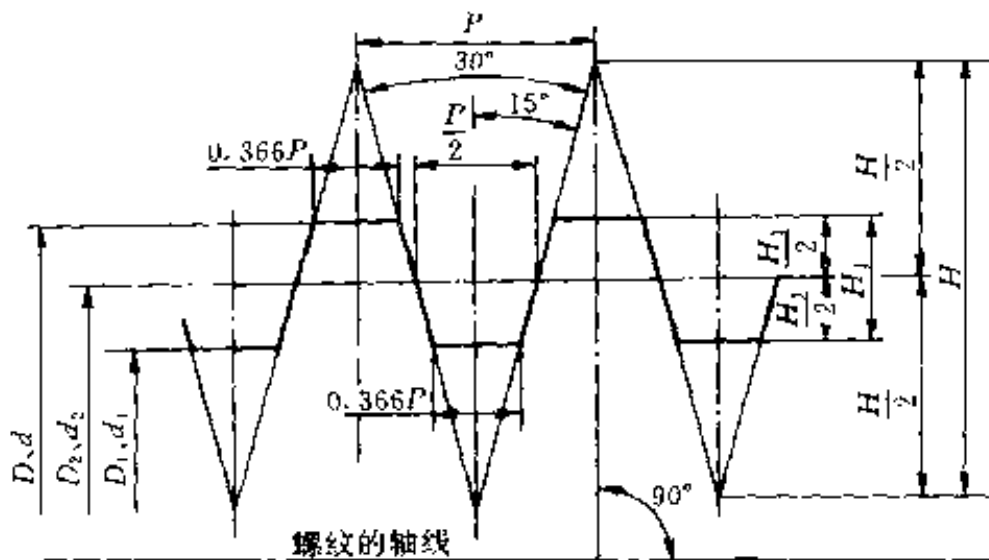
$$D_1 = D - 1.0825P (D=24\text{mm}) \\ = 24 - 1.0825 \times 3 = 20.752\text{mm}$$

中径的基本尺寸

$$D_2 = D - 0.6495P = 24 - 0.6495 \times 3 = 22.051\text{mm}$$

在普通螺纹偏差表的直径分段 $>22.4\text{mm}$, $\leq 45\text{mm}$, 螺距 P 为 3mm 的内螺纹一栏内, 5H6H 一行中查出: 中径上偏差 ES 等于 +0.212mm, 下偏差 EI 等于 0, 小径上偏差 ES 等于 +0.5mm, 下偏差等于 0。即内螺纹中径为 $\phi 22.05^{+0.212}_0$ (mm), 内螺纹小径为 $\phi 20.75^{+0.050}_0$ (mm)。

四、梯形螺纹牙型 (GB 5796.1 - 86)



附图 5 梯形螺纹牙型图

D - 内螺纹大径; d - 外螺纹大径(公称直径); D_2 - 内螺纹中径;
 d_2 - 外螺纹中径; D_1 - 内螺纹小径; d_1 - 外螺纹小径; P - 螺距;
 H - 原始三角形高度; H_1 - 基本牙型高度

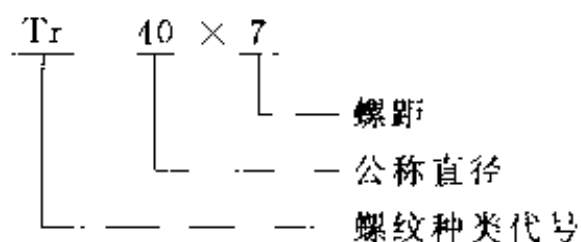
梯形螺纹基本牙型尺寸见附表 4。

附表1 梯形螺纹基本牙型尺寸 (mm)

螺距 P	H ($1.866P$)	$H/2$ ($0.933P$)	H ($0.5P$)	$0.366P$
1.5	2.799	1.400	0.75	0.519
2	3.732	1.866	1	0.732
3	5.598	2.799	1.5	1.098
4	7.464	3.732	2	1.464
5	9.330	4.665	2.5	1.830
6	11.196	5.598	3	2.196
7	13.062	6.531	3.5	2.562
8	14.928	7.464	4	2.928
9	16.794	8.397	4.5	3.294
10	18.660	9.330	5	3.660
12	22.392	11.196	6	4.392
14	26.124	13.062	7	5.124
16	29.856	14.928	8	5.856
18	33.588	16.794	9	6.588
20	37.320	18.660	10	7.320
22	41.052	20.526	11	8.052
24	44.784	22.392	12	8.784
28	52.248	26.124	14	10.248
32	59.712	29.856	16	11.712
36	67.176	33.588	18	13.176
40	74.640	37.320	20	14.640
44	82.104	41.052	22	16.104

梯形螺纹代号：

单线螺纹



(续表)

公称直径 d		螺距 P	中径 $d_2 - D_2$	大径 D_4	小径	
第一系列	第二系列				d	D_3
	14	2	13.000	14.500	11.500	12.000
		3	12.500	14.500	10.500	11.000
16		2	15.000	16.500	13.500	14.000
		4	14.000	16.500	11.500	12.000
	18	2	17.000	18.500	15.500	16.000
		4	16.000	18.500	13.500	14.000
20		2	19.000	20.500	17.500	18.000
		4	18.000	20.500	15.500	16.000
	22	3	20.500	22.500	18.500	19.000
		5	19.500	22.500	16.500	17.000
		8	18.000	23.000	13.000	14.000
24		3	22.500	24.500	20.500	21.000
		5	21.500	24.500	18.500	19.000
		8	20.000	25.000	15.000	16.000
	26	3	24.500	26.500	22.500	23.000
		5	23.500	26.500	20.500	21.000
		8	22.000	27.000	17.000	18.000
28		3	26.500	28.500	24.500	25.000
		5	25.500	28.500	22.500	23.000
		8	24.000	29.000	19.000	20.000
	30	3	28.500	30.500	26.500	27.000
		6	27.000	31.000	23.000	24.000
		10	25.000	31.000	19.000	20.000

(续表)

公称直径 d		螺距 P	中径 $d_2 = D_2$	大径 D_3	小径		
第一系列	第二系列				d_3	D_1	
32		3	30.500	32.500	28.500	29.000	
		6	29.000	33.000	25.000	26.000	
		10	27.000	33.000	21.000	22.000	
34		3	32.500	31.500	30.500	31.000	
		6	31.000	33.000	27.000	28.000	
		10	29.000	35.000	23.000	24.000	
36			3	34.500	36.500	32.500	33.000
			6	33.000	37.000	29.000	30.000
			10	31.000	37.000	25.000	26.000
38	3		36.500	38.500	34.500	35.000	
	7		34.500	39.000	30.000	31.000	
	10		33.000	39.000	27.000	28.000	
40			3	38.500	40.500	36.500	37.000
			7	36.500	41.000	32.000	33.000
			10	35.000	41.000	29.000	30.000
42		3	40.500	42.500	38.500	39.000	
		7	38.500	43.000	34.000	35.000	
		10	37.000	43.000	31.000	32.000	
44			3	42.500	44.500	40.500	41.000
			7	40.500	45.000	36.000	37.000
			12	38.000	45.000	31.000	32.000
46	3		44.500	46.500	42.500	43.000	
	8		42.000	47.000	37.000	38.000	
	12		40.000	47.000	33.000	34.000	

(续表)

公称直径 d		螺 距 P	中 径 $d_2=D_2$	大 径 D_1	小 径	
第 一 系 列	第 二 系 列				d	D_1
48		3	46.500	48.500	44.500	15.000
		8	44.000	49.000	39.000	10.000
		12	42.000	49.000	35.000	36.000
	50	3	48.500	50.500	46.500	17.000
		8	46.000	51.000	41.000	12.000
		12	44.000	51.000	37.000	38.000
52		3	50.500	52.500	48.500	19.000
		8	48.000	53.000	43.000	14.000
		12	46.000	53.000	39.000	40.000
	55	3	53.500	55.500	51.500	52.000
		9	50.500	56.000	45.000	46.000
		14	48.000	57.000	39.000	41.000
60		3	58.500	60.500	56.500	57.000
		9	55.500	61.000	50.000	51.000
		14	53.000	62.000	44.000	46.000
	65	4	63.000	65.500	60.500	61.000
		10	60.000	66.000	54.000	55.000
		16	57.000	67.000	47.000	49.000
70		4	68.000	70.500	65.500	66.000
		10	65.000	71.000	59.000	60.000
		16	62.000	72.000	62.000	54.000
	75	4	73.000	75.500	70.500	71.000
		10	70.000	76.000	64.000	65.000
		16	67.000	77.000	57.000	59.000

(续表)

公称直径 d		螺距 P	中径 $d_2 - D_2$	大径 D_1	小径	
第一系列	第二系列				d_3	D_3
80		1	78.000	80.500	75.500	76.000
		10	75.000	81.000	69.000	70.500
		16	72.000	82.000	62.000	64.000
	85	1	83.000	85.500	80.500	81.000
		12	79.000	86.000	72.000	73.000
		18	76.000	87.000	65.000	67.000
90		1	88.000	90.500	85.500	86.000
		12	84.000	91.000	77.000	78.000
		18	81.000	92.000	70.000	72.000
	95	1	93.000	95.500	90.500	91.000
		12	89.000	96.000	82.000	83.000
		18	86.000	97.000	75.000	77.000
100		1	98.000	100.500	95.500	96.000
		12	94.000	101.000	87.000	88.000
		20	90.000	102.000	78.000	80.000
	110	1	108.000	110.500	105.500	106.000
		12	104.000	111.000	97.000	98.000
		20	100.000	112.000	88.000	90.000
120		6	117.000	121.000	113.000	114.000
		11	113.000	122.000	104.500	106.000
		22	109.000	122.000	96.000	98.000
	130	6	127.000	131.000	123.000	124.000
		11	123.000	132.000	114.000	116.000
		22	119.000	132.000	106.000	108.000

(续表)

公称直径 d		螺距 P	中径 $d_2=D_2$	大径 D_3	小径	
第一系列	第二系列				d_1	D_1
140		6	137.000	141.000	133.000	131.000
		14	133.000	142.000	121.000	126.000
		24	128.000	142.000	114.000	116.000
	150	6	147.000	151.000	143.000	144.000
		16	142.000	152.000	132.000	131.000
		24	138.000	152.000	124.000	126.000
160		6	157.000	161.000	153.000	154.000
		16	152.000	162.000	142.000	144.000
		28	146.000	162.000	130.000	132.000
	170	6	167.000	171.000	163.000	164.000
		16	162.000	172.000	152.000	151.000
		28	156.000	172.000	140.000	142.000
180		8	176.000	181.000	171.000	172.000
		18	171.000	182.000	160.000	162.000
		28	166.000	182.000	150.000	152.000
	190	8	186.000	191.000	181.000	182.000
		18	181.000	192.000	170.000	172.000
		32	174.000	192.000	156.000	158.000
200		8	196.000	201.000	191.000	192.000
		18	191.000	202.000	180.000	182.000
		32	184.000	202.000	166.000	168.000
	210	8	206.000	211.000	201.000	202.000
		20	200.000	212.000	188.000	190.000
		36	192.000	212.000	172.000	174.000

(续表)

公称直径 d		螺距 P	中径 $d_2 = D_2$	大径 D_1	小径	
第一系列	第二系列				d_3	D_3
220		8	216.000	221.000	211.000	212.000
		20	210.000	222.000	198.000	200.000
		36	202.000	222.000	182.000	184.000
	230	8	226.000	231.000	221.000	222.000
		20	220.000	232.000	208.000	210.000
		36	212.000	232.000	192.000	194.000
210		8	236.000	241.000	231.000	232.000
		22	229.000	242.000	216.000	218.000
		36	222.000	242.000	202.000	204.000
	250	12	244.000	251.000	237.000	238.000
		22	239.000	252.000	226.000	228.000
		40	230.000	252.000	208.000	210.000
260		12	254.000	261.000	247.000	248.000
		22	249.000	262.000	236.000	238.000
		40	240.000	262.000	218.000	220.000
	270	12	264.000	271.000	257.000	258.000
		24	258.000	272.000	244.000	246.000
		40	250.000	272.000	228.000	230.000
280		12	274.000	281.000	267.000	268.000
		24	268.000	282.000	254.000	256.000
		40	260.000	282.000	238.000	240.000
	290	12	284.000	291.000	277.000	278.000
		24	278.000	292.000	264.000	266.000
		44	268.000	292.000	244.000	246.000
300		12	294.000	301.000	287.000	288.000
		24	288.000	302.000	274.000	276.000
		11	278.000	302.000	254.000	256.000

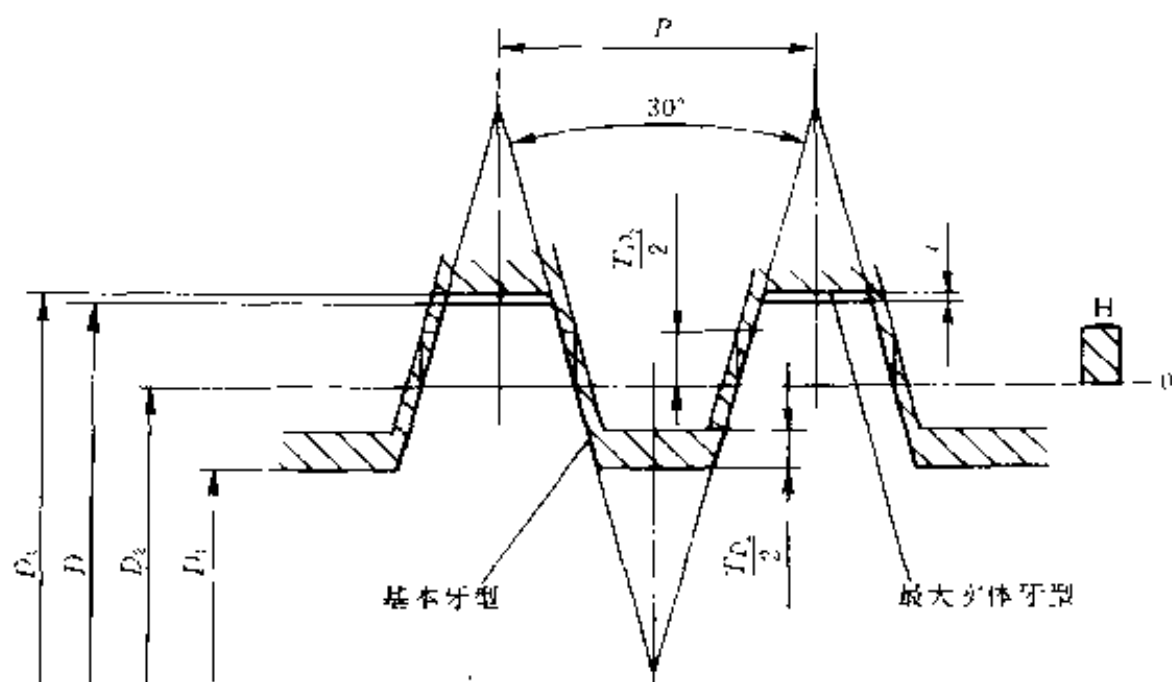
六、梯形螺纹公差

1. 公差带位置与基本偏差

(1) 公差带的位置由基本偏差确定,本标准规定外螺纹的上偏差 es 及内螺纹的下偏差 EI 为基本偏差。

(2) 对内螺纹的大径 D_1 、中径 D_2 及小径 D_3 规定了一种公差带位置 H (见附图 7)。其基本偏差为零。

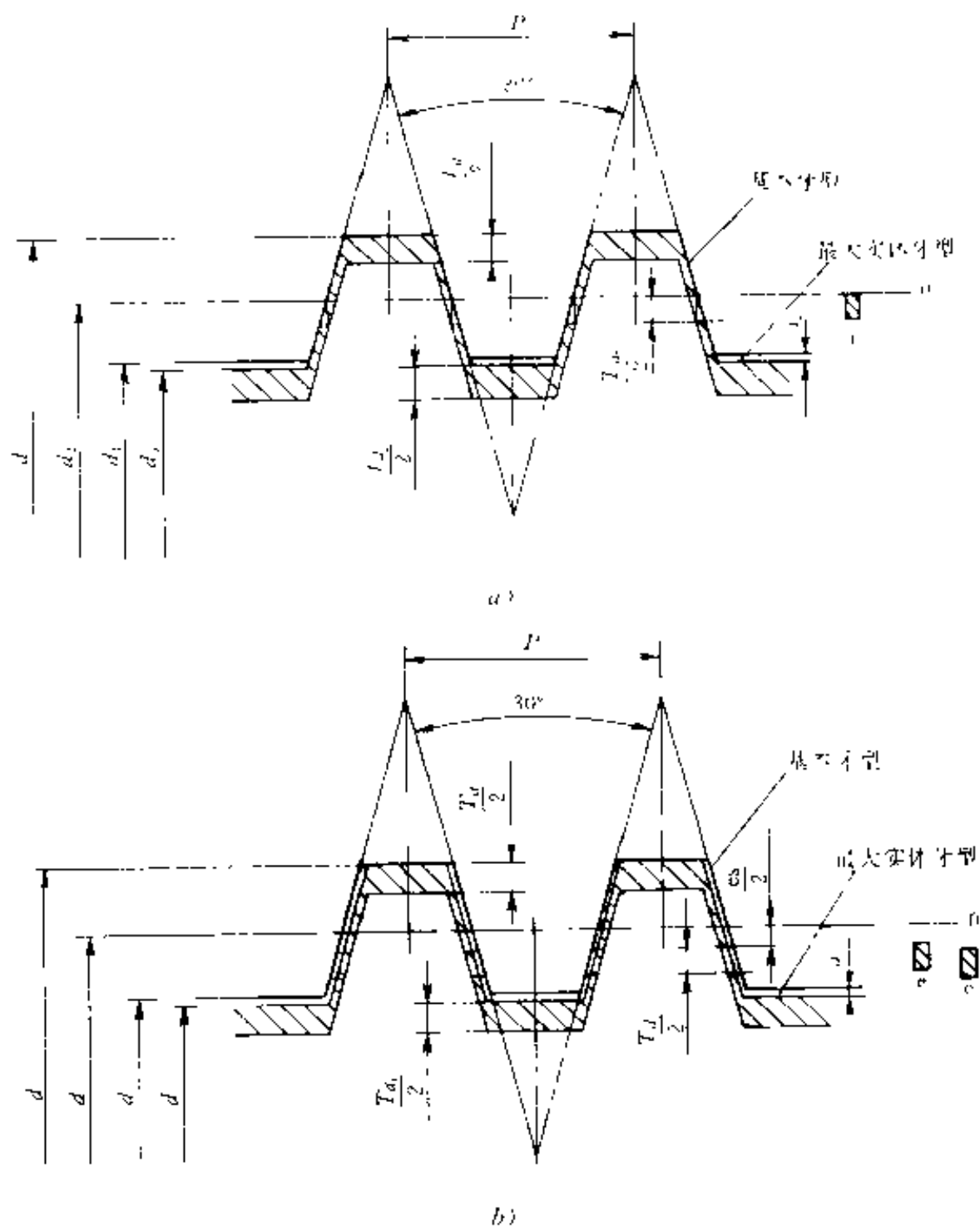
(3) 对外螺纹的中径 d_2 规定了三种公差带位置 h (见附图 8a)、 e 和 c (见附图 8b), 对大径 d 和小径 d_3 , 只规定了一种公差带位置 h , h 的基本偏差为零, e 和 c 的基本偏差为负值。



附图 7 内螺纹公差带

D_1 内螺纹大径; T_{D_1} 内螺纹小径公差; D_2 内螺纹中径;

D_3 内螺纹小径; T_{D_2} 内螺纹中径公差; P 螺距



附图 8 外螺纹公差带

a) 大、中、小径的公差带位置为 h;

b) 大、小径的公差带位置为 h, 中径为 e, c

d 外螺纹大径; d_2 外螺纹中径; d_3 外螺纹小径;

P 螺距; c_s 中径基本偏差; T_d 外螺纹大径公差;

T_{d_2} 外螺纹中径公差; T_{d_3} 外螺纹小径公差

(1) 内、外螺纹中径基本偏差数值见附表 7。

附表 7 内、外螺纹中径基本偏差 (μm)

螺 距 P (mm)	基 本 偏 差			
	内 螺 纹	外 螺 纹		
	D_2	d_2		
	H EI	e es	e es	h es
1.5	0	140	-67	0
2	0	150	-71	0
3	0	170	-85	0
4	0	-190	-95	0
5	0	-212	-106	0
6	0	-236	118	0
7	0	-250	-125	0
8	0	265	-132	0
9	0	-280	-140	0
10	0	300	-150	0
12	0	-335	-160	0
14	0	-355	-180	0
16	0	-375	-190	0
18	0	-400	200	0
20	0	-425	-212	0
22	0	-450	224	0
24	0	-475	-236	0
28	0	-500	250	0
32	0	-530	-265	0
36	0	-560	280	0
40	0	-600	-300	0
44	0	630	-315	0

2. 公差带大小及公差等级

① 本标准对内、外螺纹各直径分别规定了如下各种公差等级：

直 径	公差等级
内螺纹小径 D_1	4
外螺纹大径 d	4
内螺纹中径 D_2	7、8、9
外螺纹中径 d_2	(6) 7、8、9
外螺纹小径 d_3	7、8、9

注：6级公差仅是为了计算7、8、9级公差值而列出的。

② 内螺纹小径的公差数值列于附表8。

③ 外螺纹大径的公差数值列于附表9。

附表8 内螺纹小径公差 T_{D_1} (μm)

螺距 P (mm)	4级公差	螺距 P (mm)	4级公差
1.5	190	16	1000
2	236	18	1120
3	315	20	1180
4	375	22	1250
5	450	24	1320
6	500	28	1500
7	560	32	1600
8	630	36	1800
9	670	40	1900
10	710	44	2000
12	800		
14	900		

附表 9 外螺纹大径公差 T_d (μm)

螺距 P (mm)	1 级公差	螺距 P (mm)	1 级公差
1.5	150	16	710
2	180	18	800
3	236	20	850
4	300	22	900
5	335	24	950
6	375	28	1060
7	425	32	1120
8	450	36	1200
9	500	40	1320
10	530	44	1400
12	600		
14	670		

① 内、外螺纹的中径公差数值分别列于附表 10 和附表 11。其中外螺纹的 6 级公差数值仅是作为计算 7、8、9 级的中径公差数值而列出的。

附表 10 内螺纹中径公差 T_{D_2} (μm)

公称直径 d (mm)		螺距 P (mm)	公差等级		
$>$	\leq		7	8	9
5.6	11.2	1.5	224	280	355
		2	250	315	400
		3	280	355	450
11.2	22.4	2	265	335	425
		3	300	375	475
		4	355	450	560
		5	375	475	600
		8	475	600	750
22.4	45	3	335	425	530
		5	400	500	630
		6	450	560	710
		7	475	600	750
		8	500	630	800
		10	530	670	850
		12	560	710	900

(续表)

公称直径 d (mm)		螺距 P (mm)	公差等级		
$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$		7	8	9
45	90	3	355	450	560
		4	400	500	630
		8	530	670	850
		9	560	710	900
		10	560	710	900
		12	630	800	1000
		14	670	850	1060
		16	710	900	1120
		18	750	950	1180
		90	180	4	425
6	500			630	800
8	560			710	900
12	670			850	1060
14	710			900	1120
16	750			950	1180
18	800			1000	1250
20	800			1000	1250
22	850			1060	1320
24	900			1120	1400
28	950	1180	1500		
180	355	8	600	750	950
		12	710	900	1120
		18	850	1060	1320
		20	900	1120	1400
		22	900	1120	1400
		24	950	1180	1500
		32	1060	1320	1700
		36	1120	1400	1800
		40	1120	1400	1800
		44	1250	1500	1900

附表 11 外螺纹中径公差 T_{d_2} (μm)

公称直径 d (mm)		螺 距 P (mm)	公 差 等 级			
$>$	\leq		6	7	8	9
5.6	11.2	1.5	132	170	212	265
		2	150	190	236	300
		3	170	212	265	335
11.2	22.4	2	160	200	250	315
		3	180	221	280	355
		4	212	265	335	425
		5	224	280	355	450
		8	280	355	450	560
22.4	15	3	200	250	315	400
		5	236	300	375	475
		6	265	335	425	530
		7	280	355	450	560
		8	300	375	475	600
		10	315	400	500	630
		12	335	425	530	670
45	90	3	212	265	335	425
		4	236	300	375	475
		8	315	400	500	630
		9	335	425	530	670
		10	335	425	530	670
		12	375	475	600	750
		14	400	500	630	800
		16	425	530	670	850
		18	450	560	710	900

(续表)

公称直径 d (mm)		螺距 P (mm)	公差等级					
$>$	\leq		6	7	8	9		
90	180	4	250	315	400	500		
		6	300	375	475	600		
		8	335	425	530	670		
		12	400	500	630	800		
		14	425	530	670	850		
		16	450	560	710	900		
		18	475	600	750	950		
		20	475	600	750	950		
		22	500	630	800	1000		
		24	530	670	850	1060		
		28	560	710	900	1120		
		180	355	8	355	450	560	710
				12	425	530	670	850
				18	500	630	800	1000
20	530			670	850	1060		
22	530			670	850	1060		
24	580			710	900	1120		
32	630			800	1000	1250		
36	670			850	1060	1320		
40	670			850	1060	1320		
44	710			900	1120	1400		

⑤ 外螺纹小径的公差数值列于附表 12。

附表 12 外螺纹小径公差 T_{d_3} (μm)

公称直径 d (mm)		螺 距 P (mm)	中径公差带 位置为 c			中径公差带 位置为 c			中径公差带 位置为 h		
			公差等级			公差等级			公差等级		
$>$	\leq		7	8	9	7	8	9	7	8	9
6	11.2	1.5	352	405	471	279	332	398	212	265	331
		2	388	445	525	309	366	446	238	295	375
		3	435	501	589	350	416	504	265	331	419
11.2	22.4	2	400	462	544	321	383	465	250	312	394
		3	450	520	614	365	435	529	280	350	444
		4	521	609	690	426	514	595	331	419	531
		5	562	656	775	456	550	669	350	444	562
		8	709	828	965	576	695	832	444	562	700
22.4	45	3	482	564	670	397	479	585	312	394	500
		5	587	681	806	481	575	700	375	469	594
		6	655	767	899	537	649	781	419	531	662
		7	694	813	950	569	688	825	444	562	700
		8	731	859	1015	601	726	882	469	594	750
		10	800	925	1087	650	775	937	500	625	788
		12	866	998	1223	691	823	1048	531	662	838
45	90	3	501	589	701	416	504	616	331	419	531
		4	565	659	784	470	564	689	375	469	594
		8	765	890	1052	632	757	919	500	625	788
		9	811	943	1118	671	803	978	531	662	838
		10	831	963	1138	681	813	988	531	662	838
		12	929	1085	1273	754	910	1098	594	750	938
		14	970	1142	1355	805	967	1180	625	788	1000
		16	1038	1213	1438	853	1028	1253	662	838	1062
		18	1100	1288	1525	900	1088	1320	700	888	1125

(续表)

公称直径 d (mm)		螺 距 P (mm)	中径公差带 位置为 c			中径公差带 位置为 e			中径公差带 位置为 h				
			公差等级			公差等级			公差等级				
$>$	\leq		7	8	9	7	8	9	7	8	9		
90	180	4	584	690	815	489	595	720	391	500	625		
		6	705	830	986	587	712	868	469	594	750		
		8	796	928	1103	663	795	970	531	662	838		
		12	960	1122	1335	785	947	1160	625	788	1000		
		14	1018	1193	1418	843	1018	1243	662	838	1062		
		16	1075	1263	1500	890	1078	1315	700	888	1125		
		18	1150	1338	1588	950	1138	1388	750	938	1188		
		20	1175	1363	1613	962	1150	1400	750	938	1188		
		22	1232	1450	1700	1011	1224	1474	788	1000	1250		
		24	1313	1538	1800	1074	1299	1561	838	1062	1325		
		28	1388	1625	1900	1138	1375	1650	888	1125	1400		
		180	355	8	828	965	1153	695	832	1020	562	700	888
				12	998	1173	1398	823	998	1223	662	838	1062
				18	1187	1400	1650	987	1200	1450	788	1000	1250
20	1263			1488	1750	1050	1275	1537	838	1062	1325		
22	1288			1513	1775	1062	1287	1549	838	1062	1325		
24	1363			1600	1875	1124	1361	1636	888	1125	1400		
32	1530			1780	2092	1265	1515	1827	1000	1250	1562		
36	1623			1885	2210	1343	1605	1930	1062	1325	1650		
40	1663			1925	2250	1363	1625	1950	1062	1325	1650		
44	1735			2030	2380	1440	1715	2065	1125	1400	1750		

七、米制锥螺纹基本尺寸及公差(GB/T 1415-92)

本标准规定了米制锥螺纹的牙型、尺寸、标记、公差与检验。它包括圆锥内螺纹与圆锥外螺纹、圆柱内螺纹与圆锥外螺纹两种联结型式。

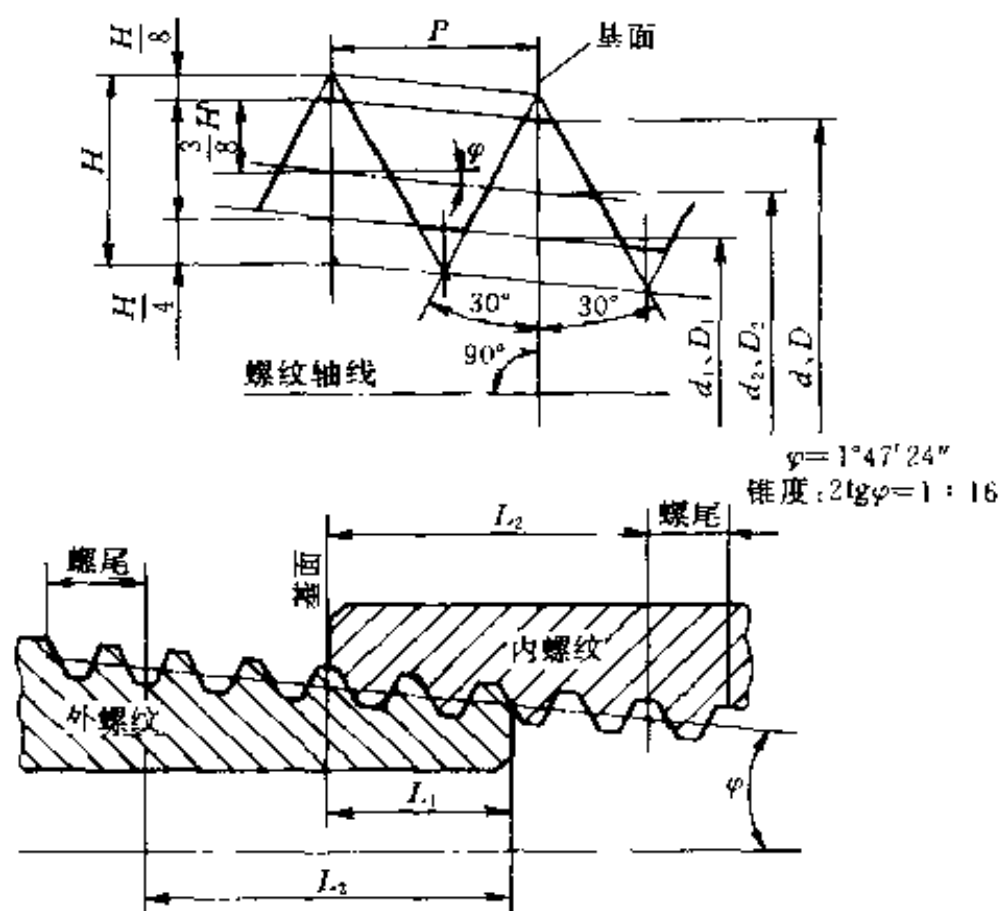
本标准适用于气体或液体管路系统依靠螺纹密封的联结螺纹。

必要时,允许在螺纹配合面间加密封填料提高其密封性。

米制锥螺纹的基本牙型及基本尺寸见附图 9 及附表 13 的规定。

附表 13 米制锥螺纹基本尺寸 (mm)

螺纹公称直径 d, D	螺距 P	基面上螺纹直径			基准距离 L_1		有效螺纹长度 L_2	
		大径 $d-D$	中径 d_2-D_2	小径 d_1-D_1	标准基准距离	短基准距离	标准有效螺纹长度	短有效螺纹长度
6	1	6.000	5.350	4.917	5.5	2.5	8	5
8		8.000	7.350	6.917				
10		10.000	9.350	8.917				
12	1.5	12.000	11.026	10.376	7.5	3.5	11	7
14		14.000	13.026	12.376				
16		16.000	15.026	14.376				
18		18.000	17.026	16.376				
20		20.000	19.026	18.376				
22		22.000	21.026	20.376				
24	24.000	23.026	22.376					
27	2	27.000	25.701	24.835	11	5	16	10
30		30.000	28.701	27.835				
33		33.000	31.701	30.835				
36	2	36.000	34.701	33.835	11	5	16	10
39		39.000	37.701	36.835				
42		42.000	40.701	39.835				
45		45.000	43.701	42.835				
48		48.000	46.701	45.835				
52		52.000	50.701	49.835				
56		56.000	54.701	53.835				
60		60.000	58.701	57.835				



附图 9 米制锥螺纹基本牙型图

注: ① 米制锥螺纹特征代号为“ZM”。

② 米制锥螺纹尺寸代号用公称直径表示。

③ 基准距离代号: 标准基准距离时, 省略基准距离代号; 短基距代号为“S”。

④ 与米制锥螺纹配合的圆柱内螺纹的标记用普通螺纹代号加本标准的代号表示, 中间用“·”分开。

标记示例:

公称直径为 10mm 标准基准距离的米制锥螺纹, 其代号为: ZM10;

公称直径为 10mm 短基准距离的米制锥螺纹, 其代号为: ZM10-S;

与米制锥螺纹配合的公称直径为 10mm、螺距为 1mm 的圆柱内螺纹, 其代号为 M10×1·GB 1415。

⑤ 内、外螺纹装配在一起时, 内、外螺纹的标记用斜线分开, 左边表示内螺纹, 右边表示外螺纹, 其标记示例如下:

圆锥内螺纹与圆锥外螺纹的配合: ZM 10/ZM 10;

圆柱内螺纹与短基准距离的圆锥外螺纹的配合: M10×1·GB 1415·ZM 10 S。

内、外锥螺纹的大径、小径极限偏差见附表 14。

附表 14 内、外锥螺纹大、小径极限偏差 (mm)

螺 纹 公称直径 d, D	P	外螺纹极限偏差		内螺纹极限偏差	
		大 径	小 径	大 径	小 径
6~10	1	0 -0.064	+0.100 -0.030	± 0.060	± 0.060
>10~24	1.5	0 -0.096	+0.130 +0.040	+0.080	+0.080
>24~60	2	0 -0.128	+0.170 +0.060	+0.100	± 0.100

八、用螺纹密封的管螺纹牙型、基本尺寸及公差(GB 7306-87)

1. 适用范围

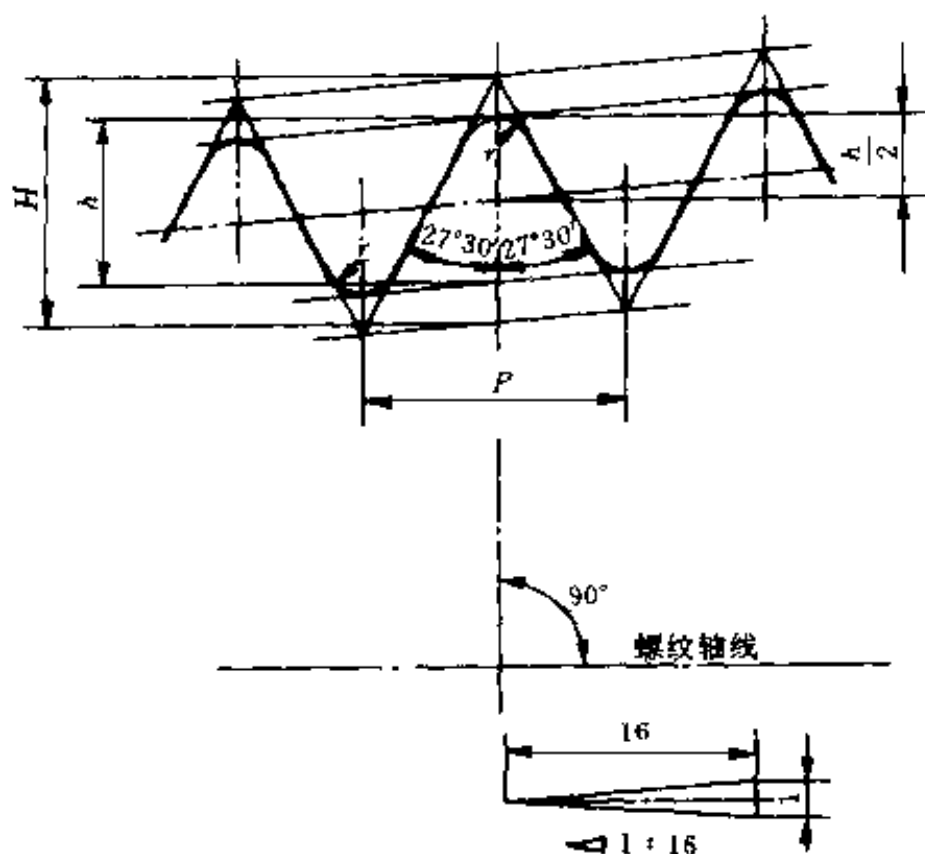
本标准规定了螺纹副本身具有密封性的管螺纹的牙型、尺寸、公差和标记。它包括圆锥内螺纹与圆锥外螺纹和圆柱内螺纹与圆锥外螺纹两种联结形式。适用于管子、管接头、旋塞阀、阀门和其他螺纹联结的附件。

必要时,允许在螺纹副内添加密封物,以保证联结的密封性。

本标准等效采用国际标准 ISO 7/1-1982《用螺纹密封的管螺纹》。

2. 牙型

① 圆锥螺纹的基本牙型应符合附图 10 的规定。其尺寸按下列公式计算:



附图 10 圆锥螺纹基本牙型

$$P = \frac{25.4}{n}$$

$$H = 0.960237P$$

$$h = 0.640327P$$

$$r = 0.137278P$$

② 圆柱内螺纹的基本牙型应符合附图 11 的规定。其尺寸按下列公式计算：

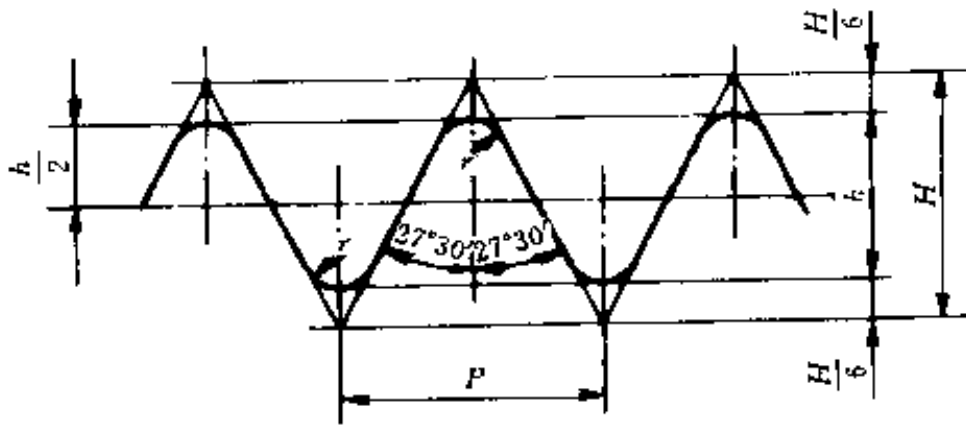
$$P = \frac{25.4}{n}$$

$$H = 0.960491P$$

$$h = 0.640327P$$

$$r = 0.137329P$$

$$\frac{H}{6} = 0.160082P$$



附图 11 圆柱内螺纹基本牙型

3. 代号

D — 内螺纹大径；

d — 外螺纹大径；

D_2 —— 内螺纹中径；

d_2 —— 外螺纹中径；

D_1 —— 内螺纹小径；

d_1 — 外螺纹小径；

P —— 螺距；

H — 原始三角形高度；

h — 牙型高度；

r — 圆弧半径；

n — 每 25.4mm 内的螺纹牙数；

T_1 —— 基准距离公差；

T_2 —— 圆锥内螺纹基准平面轴向位移的公差。

4. 基本尺寸

螺纹中径和小径的数值,按下列公式计算:

$$d_2 = D_2 = d - 0.640327P$$

$$d_1 = D_1 = d - 1.280654P$$

螺纹的基本尺寸应符合附表 15 的规定。

附表 15 螺纹的基本尺寸

尺寸 代号	2 每 25.4mm 内的牙数 n	3 螺距 P (mm)	4 牙高 h (mm)	5 圆弧半径 $r \approx$ (mm)	6 基本直径			7 中径 $d_2 = D_2$ (mm)	8 小径 $d_1 = D_1$ (mm)	9 基 准 离 距 (mm)	10 有效螺 纹长度 (mm)
					大径 (基准直径) $d = D$ (mm)	大径 (基准直径) $d = D$ (mm)	小径 $d_1 = D_1$ (mm)				
1:16	28	0.907	0.581	0.125	7.723	7.723	7.142	6.561	4.0	6.5	
1:8	28	0.907	0.581	0.125	9.728	9.728	9.147	8.566	4.0	6.5	
1:4	19	1.337	0.856	0.184	13.157	13.157	12.301	11.445	6.0	9.7	
3:8	19	1.337	0.856	0.184	16.662	16.662	15.806	14.950	6.4	10.1	
1:2	14	1.814	1.162	0.249	20.955	20.955	19.793	18.631	8.2	13.2	
3:4	14	1.814	1.162	0.249	26.441	26.441	25.279	24.117	9.5	14.5	
1	11	2.309	1.479	0.317	33.249	33.249	31.770	30.291	10.4	16.8	
1 ¹ / ₂	11	2.309	1.479	0.317	41.910	41.910	40.431	38.952	12.7	19.1	
1 ¹ / ₂	11	2.309	1.479	0.317	47.803	47.803	46.324	44.845	12.7	19.1	
2	11	2.309	1.479	0.317	59.614	59.614	58.135	56.656	15.9	23.4	
2 ¹ / ₂	11	2.309	1.479	0.317	75.184	75.184	73.705	72.226	17.5	26.7	
3	11	2.309	1.479	0.317	87.884	87.884	86.405	84.926	20.6	29.8	
3 ¹ / ₂	11	2.309	1.479	0.317	100.330	100.330	98.851	97.372	22.2	31.4	
4	11	2.309	1.479	0.317	113.030	113.030	111.551	110.072	25.4	35.8	
5	11	2.309	1.479	0.317	138.430	138.430	136.951	135.472	28.6	40.1	
5	11	2.309	1.479	0.317	163.830	163.830	162.351	160.872	28.6	40.1	

注：尺寸代号为 3¹/₂ 的螺纹，限于蒸汽机车。

附表 16 管螺纹公差

1	2	3	4		5	6	7		8		9	10	11
			基 准 距 离				圆锥内螺纹基 面轴向位移的 极限偏差 $\pm T_2/2$		装配余量				
尺寸 代号	每 25.4 mm 内 的牙数 n	基本 (mm)	极限偏差 $\pm T_1/2$		最大 (mm)	最小 (mm)	\approx (mm)	圈数	\approx (mm)	圈数	基本 (mm)	最大 (mm)	最小 (mm)
			\approx (mm)	圈数									
1/16	28	4.0	0.9	1	4.9	3.1	1.1	1 ¹ / ₄	2.5	2 ³ / ₄	6.5	7.4	5.6
1/8	28	4.0	0.9	1	4.9	3.1	1.1	1 ¹ / ₄	2.5	2 ³ / ₄	6.5	7.4	5.6
1/4	19	6.0	1.3	1	7.3	4.7	1.7	1 ¹ / ₄	3.7	2 ³ / ₄	9.7	11.0	8.4
3/8	19	6.4	1.3	1	7.7	5.1	1.7	1 ¹ / ₄	3.7	2 ³ / ₄	10.1	11.4	8.8
1/2	14	8.2	1.8	1	10.0	6.4	2.3	1 ¹ / ₄	5.0	2 ³ / ₄	13.2	15.0	11.4
3/4	14	9.5	1.8	1	11.3	7.7	2.3	1 ¹ / ₄	5.0	2 ³ / ₄	14.5	16.3	12.7
1	11	10.4	2.3	1	12.7	8.1	2.9	1 ¹ / ₄	6.4	2 ³ / ₄	16.8	19.1	14.5
1 ¹ / ₄	11	12.7	2.3	1	15.0	10.4	2.9	1 ¹ / ₄	6.4	2 ³ / ₄	19.1	21.4	16.8
1 ¹ / ₂	11	12.7	2.3	1	15.0	10.4	2.9	1 ¹ / ₄	6.4	2 ³ / ₄	19.1	21.4	16.8

(续表)

尺寸 代号	2	3	4			5		6		7		8		9	10	11
			基 准 距 离		基 准 距 离		基 准 距 离		圆 锥 内 螺 纹 基 面 轴 向 位 移 的 极 限 偏 差 $\pm T_{1/2}$		装 配 余 量		有 效 螺 纹 长 度 不 小 于			
每 25.4 mm 内 的 牙 数 n	基本 (mm)	极 限 偏 差 $\pm T_{1/2}$		最 大 (mm)	最 小 (mm)	\approx (mm)	圆 数	\approx (mm)	圆 数	\approx (mm)	圆 数	最 大 (mm)	最 小 (mm)			
		\approx (mm)	圆 数											\approx (mm)	圆 数	
2	15.9	2.3	1	18.2	13.6	2.9	1 ^{1/4}	7.5	3 ^{1/4}	23.4	25.7	21.1				
2 ^{1/2}	17.5	3.5	1 ^{1/2}	21.0	14.0	3.5	1 ^{1/2}	9.2	4	25.7	30.2	23.2				
3	20.6	3.5	1 ^{1/2}	24.1	17.1	3.5	1 ^{1/2}	9.2	4	29.8	33.3	26.3				
3 ^{1/2}	22.2	3.5	1 ^{1/2}	25.7	18.7	3.5	1 ^{1/2}	9.2	4	31.4	34.9	27.9				
4	25.4	3.5	1 ^{1/2}	28.9	21.9	3.5	1 ^{1/2}	10.4	4 ^{1/2}	35.8	39.3	32.3				
5	28.6	3.5	1 ^{1/2}	32.1	25.1	3.5	1 ^{1/2}	11.5	5	40.1	43.6	36.6				
6	28.6	3.5	1 ^{1/2}	32.1	25.1	3.5	1 ^{1/2}	11.5	5	40.1	43.6	36.6				

注：1. 内、外螺纹有效螺纹长度的最小值 = 基准距离 - 装配余量。第 9、10、11 栏内的数值是相对三种基准距离而规定的有效螺纹长度的最小值。为了容纳外螺纹，当内螺纹的有效螺纹长度小于第 10 栏的数值时，内螺纹的有效螺纹长度应不小于外螺纹的有效螺纹长度。

2. 尺寸代号为 3^{1/2} 的螺纹，限于蒸汽机车。

5. 公差

见附表 16。

6. 标记

① 管螺纹的标记由螺纹特征代号和尺寸代号组成。

螺纹特征代号：

字母 R_c 表示圆锥内螺纹

字母 R_p 表示圆柱内螺纹

字母 R 表示圆锥外螺纹。

螺纹的尺寸代号按表 2 第一栏标注在螺纹特征代号之后。

$1\frac{1}{2}$ 螺纹的标记示例如下：

圆锥内螺纹 $R_c 1\frac{1}{2}$

圆柱内螺纹 $R_p 1\frac{1}{2}$

圆锥外螺纹 $R 1\frac{1}{2}$

② 当螺纹为左旋时，在尺寸代号后加注“LH”。例如：

$R 1\frac{1}{2} \cdot LH$

③ 内、外螺纹装配在一起时，内、外螺纹的标记用斜线分开，左边表示内螺纹，右边表示纹。其标记示例如下：

圆锥内螺纹与圆锥外螺纹的配合 $R_c 1\frac{1}{2} / R 1\frac{1}{2}$

圆柱内螺纹与圆锥外螺纹的配合 $R_p 1\frac{1}{2} / R 1\frac{1}{2}$

左旋圆锥内螺纹与圆锥外螺纹的配合 $R_c 1\frac{1}{2} / R 1\frac{1}{2} \cdot LH$

九、非螺纹密封的管螺纹牙型、基本尺寸及公差(GB 7307-87)

1. 适用范围

本标准规定了螺纹副本身不具有密封性的圆柱管螺纹的

牙型、尺寸、公差和标记,适用于管接头、旋塞、阀门及其他附件。

若要求联结后具有密封性,可压紧被连接件螺纹副外的密封面,也可在密封面间添加密封物。

本标准等效采用国际标准 ISO 228/1-1982《非螺纹密封的管螺纹》。

2. 牙型

圆柱管螺纹的基本牙型应符合附图 12。其尺寸按下列公式计算:

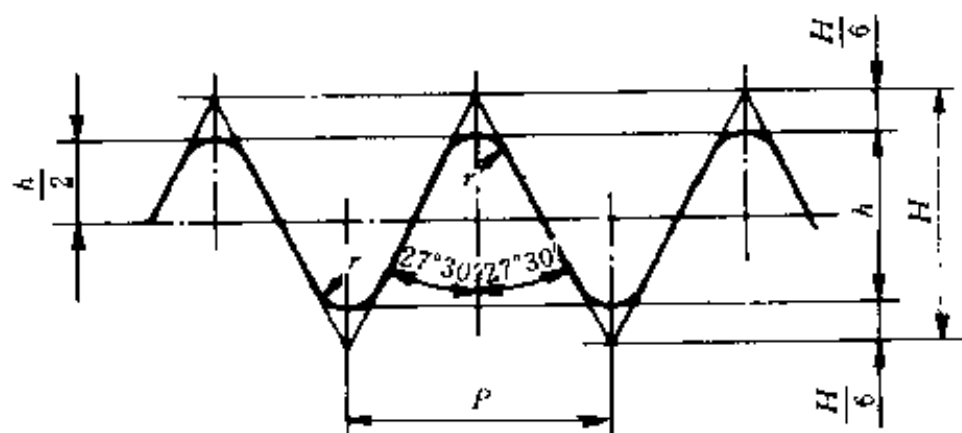
$$P = \frac{25.4}{n}$$

$$H = 0.960491P$$

$$h = 0.640327P$$

$$r = 0.137329P$$

$$\frac{H}{6} = 0.160082P$$



附图 12 圆柱管螺纹基本牙型

3. 代号

D ——内螺纹大径；

d ——外螺纹大径；

D_2 ——内螺纹中径；

d_2 ——外螺纹中径；

D_1 ——内螺纹小径；

d_1 ——外螺纹小径；

P ——螺距；

H ——原始三角形高度；

h ——牙型高度；

r ——圆弧半径；

n ——每 25.4mm 内的螺纹牙数；

T_d ——外螺纹大径公差；

T_{D_2} ——内螺纹中径公差；

T_{d_2} ——外螺纹中径公差；

T_{D_1} ——内螺纹小径公差。

4. 基本尺寸及公差

① 螺纹中径和小径的基本尺寸,按下列公式计算:

$$D_2 = d_2 = d - 0.640327P$$

$$D_1 = d_1 = d - 1.280654P$$

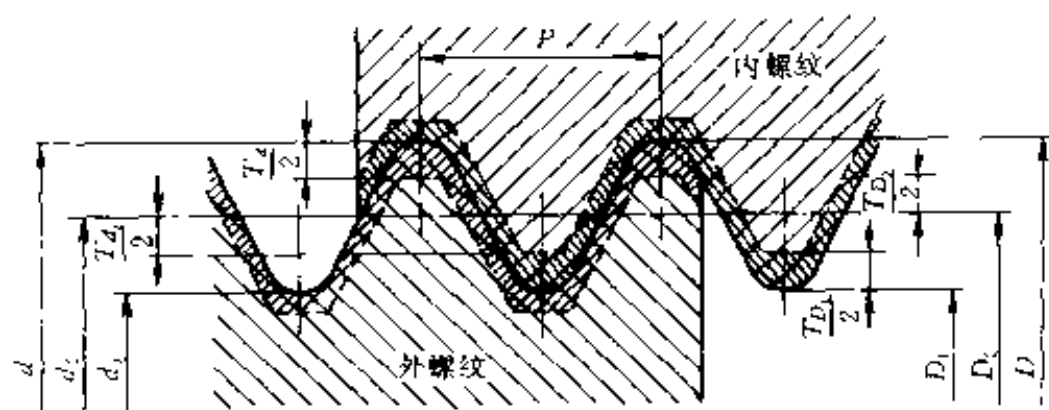
② 对内螺纹中径只规定一种公差带,下偏差为零,上偏差为正。

③ 外螺纹中径公差分为 A 和 B 两个等级,上偏差为零,下偏差为负。

④ 螺纹的牙顶在给出的公差范围内允许削平。

⑤ 圆柱管螺纹的基本尺寸和公差应符合附图 13 和附表 17 的规定。

⑥ 用于低压管路的非螺纹密封的圆柱内螺纹的尺寸和公差见附表 18(供参考)。



附图 13 圆柱管螺纹公差带

5. 标记

① 圆柱管螺纹的标记由螺纹特征代号、尺寸代号和公差等级代号组成。

螺纹特征代号用字母 G 表示。

螺纹尺寸代号按“螺纹的基本尺寸和公差”表中的第一栏标记：

螺纹公差等级代号：对外螺纹分 A、B 两级标记；对内螺纹则不标记。

1¹/₂ 螺纹的标记示例如下：

内螺纹 G1¹/₂

A 级外螺纹 G1¹/₂ A

B 级外螺纹 G1¹/₂ B

② 当螺纹为左旋时，在公差等级代号后加注“LH”。例如：

G1¹/₂ - LH； G1¹/₂ A - LH

③ 内、外螺纹装配在一起时，内、外螺纹的标记用斜线分开，左边表示内螺纹，右边表示外螺纹。例如：

右旋螺纹 G1¹/₂/G1¹/₂ A； G1¹/₂/G1¹/₂ B

左旋螺纹 G1¹/₂/G1¹/₂ A - LH

附表 17 圆柱管螺纹

1 尺寸	2 每 25.4 mm 内 的牙数	3 螺 距 P (mm)	4 牙高 h (mm)	5 圆弧半径 $r \approx$ (mm)	6 基本直径		
					7 大径 $d=D$ (mm)	中径 $d_2=D_2$ (mm)	8 小径 $d_1=D_1$ (mm)
代号	n	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1/16	28	0.907	0.581	0.125	7.723	7.142	6.561
1/8	28	0.907	0.581	0.125	9.728	9.147	8.566
1/4	19	1.337	0.856	0.184	13.157	12.301	11.445
3/8	19	1.337	0.856	0.184	16.662	15.806	14.950
1/2	14	1.814	1.162	0.249	20.955	19.793	18.631
5/8	14	1.814	1.162	0.249	22.911	21.749	20.587
3/4	14	1.814	1.162	0.249	26.441	25.279	24.117
7/8	14	1.814	1.162	0.249	30.201	29.039	27.877
1	11	2.309	1.479	0.317	33.249	31.770	30.291
1 ¹ / ₈	11	2.309	1.479	0.317	37.897	36.418	34.939
1 ¹ / ₄	11	2.309	1.479	0.317	41.910	40.431	38.952
1 ¹ / ₂	11	2.309	1.479	0.317	47.803	46.324	44.845
1 ³ / ₄	11	2.309	1.479	0.317	53.746	52.267	50.788
2	11	2.309	1.479	0.317	59.614	58.135	56.656
2 ¹ / ₄	11	2.309	1.479	0.317	65.710	64.231	62.752
2 ¹ / ₂	11	2.309	1.479	0.317	75.184	73.705	72.226
2 ³ / ₄	11	2.309	1.479	0.317	81.534	80.055	78.576
3	11	2.309	1.479	0.317	87.884	86.405	84.926
3 ¹ / ₂	11	2.309	1.479	0.317	100.330	98.851	97.372
4	11	2.309	1.479	0.317	113.030	111.551	110.072
4 ¹ / ₂	11	2.309	1.479	0.317	125.730	124.251	122.772
5	11	2.309	1.479	0.317	138.430	136.951	135.472
5 ¹ / ₂	11	2.309	1.479	0.317	151.130	149.651	148.172
6	11	2.309	1.479	0.317	163.830	162.351	160.872

注：对薄壁管件，带 * 号的公差适用于平均中径，该中径是测量两个互相垂

的基本尺寸和公差

9		10		11		12		13		14		15		16		17	
外 螺 纹								内 螺 纹									
大径公差 T_d		中径公差 $T_{d_2}^*$				中径公差 $T_{D_2}^*$				小径公差 T_{D_1}							
下偏差	上偏差	下 偏 差		上偏差	下偏差	上偏差	下偏差	上偏差	下偏差	上偏差	下偏差	上偏差	下偏差	上偏差	下偏差	上偏差	
(mm)	(mm)	A 级	B 级	(mm)													
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
-0.214	0	-0.107	0.214	0	0	+0.107	0	+0.282									
-0.214	0	-0.107	-0.214	0	0	+0.107	0	+0.282									
-0.250	0	-0.125	0.250	0	0	+0.125	0	+0.445									
-0.250	0	-0.125	-0.250	0	0	+0.125	0	+0.445									
-0.284	0	-0.142	-0.284	0	0	+0.142	0	+0.541									
-0.284	0	-0.142	-0.284	0	0	+0.142	0	+0.541									
-0.284	0	-0.142	-0.284	0	0	+0.142	0	+0.541									
-0.284	0	-0.142	-0.284	0	0	+0.142	0	+0.541									
-0.360	0	-0.180	-0.360	0	0	+0.180	0	+0.640									
-0.360	0	-0.180	-0.360	0	0	+0.180	0	+0.640									
-0.360	0	-0.180	-0.360	0	0	+0.180	0	+0.640									
-0.360	0	-0.180	-0.360	0	0	+0.180	0	+0.640									
-0.360	0	-0.180	-0.360	0	0	+0.180	0	+0.640									
-0.360	0	-0.180	-0.360	0	0	+0.180	0	+0.640									
-0.360	0	-0.180	-0.360	0	0	+0.180	0	+0.640									
-0.434	0	-0.217	-0.434	0	0	+0.217	0	+0.640									
-0.434	0	-0.217	-0.434	0	0	+0.217	0	+0.640									
-0.434	0	-0.217	-0.434	0	0	+0.217	0	+0.640									
-0.434	0	-0.217	-0.434	0	0	+0.217	0	+0.640									
-0.434	0	-0.217	-0.434	0	0	+0.217	0	+0.640									
-0.434	0	-0.217	-0.434	0	0	+0.217	0	+0.640									
-0.434	0	-0.217	-0.434	0	0	+0.217	0	+0.640									
-0.434	0	-0.217	-0.434	0	0	+0.217	0	+0.640									
-0.434	0	-0.217	-0.434	0	0	+0.217	0	+0.640									
-0.434	0	-0.217	-0.434	0	0	+0.217	0	+0.640									
-0.434	0	-0.217	-0.434	0	0	+0.217	0	+0.640									
-0.434	0	-0.217	-0.434	0	0	+0.217	0	+0.640									
-0.434	0	-0.217	-0.434	0	0	+0.217	0	+0.640									

直直径的算术平均值。

附表 18 低压管带非螺纹密封圆柱内螺纹的基本尺寸和公差

1	2	3	4	5	6	7	8	9			10			11			12
								基本直径			中径公差 T_{D_2}			小径公差 T_{D_1}			
尺寸 代号	每 25.4 mm 内 的牙数 n	螺距 P (mm)	牙高 h (mm)	圆弧半径 $r \approx$ (mm)	大径 D (mm)	中径 D_2 (mm)	小径 D_1 (mm)	下偏差 (mm)	上偏差 (mm)	下偏差 (mm)	上偏差 (mm)	下偏差 (mm)	上偏差 (mm)	下偏差 (mm)	上偏差 (mm)		
																内 螺 纹	
1/16	28	0.907	0.581	0.125	7.723	7.142	5.551	0	-0.142	0	0	0	+0.282				
1/8	28	0.907	0.581	0.125	9.728	9.147	8.566	0	-0.142	0	0	0	+0.282				
1/4	19	1.337	0.856	0.184	13.157	12.301	11.445	0	-0.167	0	0	0	+0.445				
3/8	19	1.337	0.856	0.184	16.662	15.806	14.950	0	-0.167	0	0	0	+0.445				
1/2	14	1.814	1.162	0.249	20.955	19.793	18.631	0	+0.184	0	0	0	-0.541				
5/8	14	1.814	1.162	0.249	22.911	21.749	20.587	0	+0.184	0	0	0	-0.541				
3/4	14	1.814	1.162	0.249	26.441	25.279	24.117	0	+0.184	0	0	0	-0.541				
7/8	14	1.814	1.162	0.249	30.201	29.039	27.877	0	+0.184	0	0	0	-0.541				
1	11	2.309	1.479	0.317	33.219	31.770	30.291	0	+0.234	0	0	0	+0.640				
1 1/8	11	2.309	1.479	0.317	37.897	36.418	34.939	0	+0.234	0	0	0	+0.640				
1 1/4	11	2.309	1.479	0.317	41.910	40.431	38.952	0	+0.234	0	0	0	+0.640				
1 1/2	11	2.309	1.479	0.317	47.803	46.324	44.845	0	+0.234	0	0	0	+0.640				

(续表)

尺寸 代号	2 每 25.4 mm 内 的牙数 n	3 螺距 P (mm)	4 牙高 h (mm)	5 圆弧半径 $r \approx$ (mm)	6 7 8 基本直径			9 10 11 内 螺 纹			12
					大径 D (mm)	中径 D_2 (mm)	小径 D_1 (mm)	中径公差 $T_{D_2}^*$			
								下偏差 (mm)	上偏差 (mm)	下偏差 (mm)	
$1^{3/4}$	11	2.309	1.479	0.317	53.746	52.267	50.788	0	+0.234	0	+0.640
2	11	2.309	1.479	0.317	59.614	58.135	56.656	0	+0.234	0	+0.640
$2^{1/4}$	11	2.309	1.479	0.317	65.710	64.231	62.752	0	+0.270	0	-0.640
$2^{1/2}$	11	2.309	1.479	0.317	75.184	73.705	72.226	0	+0.270	0	-0.640
$2^{3/4}$	11	2.309	1.479	0.317	81.534	80.055	78.576	0	0.270	0	+0.640
3	11	2.309	1.479	0.317	87.884	86.405	84.926	0	0.270	0	+0.640
$3^{1/2}$	11	2.309	1.479	0.317	100.330	98.851	97.372	0	0.270	0	-0.640
4	11	2.309	1.479	0.317	113.630	111.551	110.072	0	0.270	0	-0.640
$4^{1/2}$	11	2.309	1.479	0.317	125.730	124.251	122.772	0	0.270	0	+0.640
5	11	2.309	1.479	0.317	138.430	136.951	135.472	0	0.270	0	+0.640
$5^{1/2}$	11	2.309	1.479	0.317	151.130	149.651	148.172	0	0.270	0	-0.640
6	11	2.309	1.179	0.317	163.830	162.351	160.872	0	0.270	0	-0.640

注：1. 对薄壁件，带*号的公差适用于平均中径，该中径是测量两个互相垂直直径的算术平均值。

2. 表中规定的圆柱内螺纹公差推荐用于水、煤气等非螺纹密封的低压管路，公差等级的代号为D。螺纹标记示例如下：G 1^{1/2}D。

[G e n e r a l I n f o r m a t i o n]

书名 = 简明车工手册第二版

作者 =

页数 = 4 6 3

SS号 = 1 0 4 2 1 7 0 0

出版日期 =

封面页
书名页
版权页
前言页
目录页
第一章

车床基本知识

一、车床的型号、使用与调整

1. 金属切削机床型号的编制方法
2. 车床的组成和性能
3. 车床主要精度的检验方法
4. 车床精度对加工质量的影响
5. 典型车床 (C 6 2 0 - 1) 的操纵和传动系统
6. C 6 2 0 - 1 型车床的调整

二、车床切削基本知识

1. 切削运动和工件的加工表面
2. 切削过程的基本规律
3. 断屑及其影响因素
4. 切削用量的基本概念
5. 切削刀具材料及其合理选择
6. 刀具几何参数及其合理选择
7. 切削液及其应用

三、车工常用量具

1. 游标卡尺类量具
2. 千分尺类量具
3. 百分表
4. 量具使用时的注意事项

四、车床夹具的基本知识

1. 车床夹具概述
2. 车床夹具的组成、功用和要求
3. 车床夹具的种类
4. 工件定位的六点定则

第二章 车削加工基本方法

一、轴套类零件的结构要素和磨削加工余量

1. 轴套类零件的结构要素
2. 轴套类零件的磨削加工余量

二、外圆的车削

1. 不同精度外圆的车削加工方法和加工余量
2. 常用外圆车刀介绍
3. 车削外圆时工件常用的装夹方法
4. 中心架与跟刀架的使用
5. 车削外圆产生废品的原因及预防措施

三、圆柱孔的加工

1. 圆柱孔的一般加工方法

2 . 不同精度及不同毛坯的圆柱孔加工

3 . 钻孔

4 . 镗孔

5 . 车削内沟槽

6 . 铰孔

7 . 圆柱孔和内沟槽的测量

四、切断和外沟槽车削

1 . 切断的特点

2 . 常用切断刀的几何参数

3 . 常用切断刀的主切削刃形状

4 . 几种典型的切断刀

5 . 硬质合金切断刀的切削用量

6 . 反切刀切断法

7 . 外沟槽的车削

8 . 切断时的常见问题

五、圆锥面的车削

1 . 圆锥体各部分的名称和计算

2 . 常用标准锥度及其应用范围

3 . 标准圆锥

4 . 锥度和角度公差

5 . 自由角度和自由锥度公差

6 . 一般圆锥面的车削方法

7 . 长圆锥面的车削方法

8 . 圆锥的常用检验方法

9 . 车削圆锥时产生废品的原因及预防措施

六、特形面的车削

1 . 双手操纵法车削特形面

2 . 用成形车刀车削特形面

3 . 用靠模车削特形面

4 . 车削内、外球面的几种刀具和方法

5 . 旋风切削球面的方法

6 . 特形面零件的检验方法

7 . 车削特形面产生废品的原因及预防措施

七、偏心工件的车削

1 . 偏心工件的划线步骤

2 . 偏心工件常用的车削方法

3 . 偏心工件的测量方法

八、表面修饰加工

1 . 表面滚花加工

2 . 表面滚压加工

九、螺纹加工

1 . 螺纹的分类

2 . 标准螺纹代号

- 3 . 螺纹结构要素
- 4 . 车削螺纹时挂轮的计算
- 5 . 螺纹车削的方法与切削图形
- 6 . 螺纹车刀的若干几何参数
- 7 . 车削多线螺纹的分线方法
- 8 . 车削蜗杆的方法
- 9 . 内螺纹的加工方法
- 10 . 介绍几种高效螺纹车刀
- 11 . 螺纹的常用测量方法
- 12 . 车削螺纹时产生废品的原因及预防措施

第三章 机械加工工艺基本知识

- 一、生产过程和工艺过程
 - 1 . 生产过程
 - 2 . 生产纲领、批量和生产类型
 - 3 . 工艺过程
 - 4 . 拟定工艺过程时的注意事项
- 二、工艺过程的组成
 - 1 . 工序
 - 2 . 安装
 - 3 . 工位
 - 4 . 工步
 - 5 . 走刀
 - 6 . 动作
- 三、各种形面加工工艺方案比较
 - 1 . 外圆加工工艺方案比较
 - 2 . 圆柱孔加工工艺方案比较
 - 3 . 平面加工工艺方案比较
- 四、机械加工中的定位与夹紧符号
 - 1 . 基本符号
 - 2 . 常用符号
 - 3 . 实例说明
- 五、典型零件加工工艺分析
 - 1 . 轴类零件的加工实例分析
 - 2 . 套类零件的加工实例分析
 - 3 . 盘轮类零件的加工实例分析
 - 4 . 螺纹类零件的加工实例分析

附录

- 一、普通螺纹基本牙型
- 二、普通螺纹基本尺寸
- 三、普通螺纹公差与配合
 - 1 . 新国标公差配合简介
 - 2 . 普通螺纹偏差表的应用
- 四、梯形螺纹牙型

- 五、梯形螺纹基本尺寸
- 六、梯形螺纹公差
 - 1 . 公差带位置与基本偏差
 - 2 . 公差带大小及公差等级
- 七、米制锥螺纹基本尺寸及公差
- 八、用螺纹密封的管螺纹牙型、基本尺寸及公差
 - 1 . 适用范围
 - 2 . 牙型
 - 3 . 代号
 - 4 . 基本尺寸
 - 5 . 公差
 - 6 . 标记
- 九、非螺纹密封的管螺纹牙型、基本尺寸及公差
 - 1 . 适用范围
 - 2 . 牙型
 - 3 . 代号
 - 4 . 基本尺寸及公差
 - 5 . 标记

附录页