



陈家芳 顾霞琴·编

典型零件 机械加工 工艺与实例

DIANXING LINGJIAN
JIXIE JIAGONG GONGYI YU SHILI



上海科学技术出版社





世纪出版

易文网

www.ewen.cc

典型零件机械加工

工艺与实例



上海科学技术出版社
www.sstp.cn

上架建议：机械工业

ISBN 978-7-5478-0163-5



9 787547 801635 >

定价：20.00元

责任编辑 楼玲玲 封面设计 房惠平

典型零件机械加工 工艺与实例

陈家芳 顾霞琴 编

上海科学技术出版社



图书在版编目(CIP)数据

典型零件机械加工工艺与实例/陈家芳,顾霞琴编.
上海:上海科学技术出版社,2010.3

ISBN 978-7-5478-0163-5

I.典... II.①陈...②顾... III.机械元件—机
械加工 IV.TH13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 019508 号

上海世纪出版股份有限公司
上海科学技术出版社 出版、发行

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

苏州望电印刷有限公司印刷

开本 889×1194 1/32 印张:6

字数:160 千字

2010 年 3 月第 1 版 2010 年 3 月第 1 次印刷

印数:1—5 100

ISBN 978-7-5478-0163-5/TG·10

定价:20.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向工厂联系调换



内 容 提 要

本书是按如何编制机械零件加工工艺要求来编写的,内容分基础知识和实例两个部分。基础部分有金属材料 and 热处理、工件的变形、工件的定位和定位基准、工件的工艺路线拟订、切削加工通用工艺守则、加工余量、中心孔和零件的结构要素等。实例部分有 31 个零件的加工工艺实例,每一类加工实例后面都有相关的检验方法。

本书可供工厂有关技术工人和工艺人员学习参考,也可供技术学校、工厂培训机构师生学习和命题时参考。



前 言

一台机器是由很多不同形状的零件组成的,这些零件在机器中都有特定的作用,因此它必须用合适的材料,有一定的尺寸和技术要求。制造机器零件的加工工艺也同样重要,一个零件可以有几种不同的加工方法,当然其中必有一种或几种比较合理,生产工厂应根据产品批量、自己的设备条件和工人的技术水平等来确定其加工方法。

本书是为工厂技术工人和初编零件加工工艺人员提供参考而编写的,内容分两大部分:

第一部分是基础知识。包括常用金属材料的种类和牌号以及热处理的作用;零件加工时的定位和基准;加工过程中的振动、工件变形;如何拟订工艺路线、确定加工余量和中心孔;原机械工业部制订的工艺守则等。第二部分是零件的加工工艺实例。书中选编了各种不同形状和不同要求的 31 个零件,这些零件绝大部分是机床零件,而且是经过多次实践加工而又证明在使用中是可行的。内容由浅入深、由简到繁。由于切削加工是关键工艺之一,它对以后加工有直接关系,所以实例中对主要加工步骤附有示意图。

零件加工后是否符合技术要求,都应加以检验,这也是保证零件质量的关键,因此在每一类零件加工实例之后都有各种检验方法,供操作者参考。

作者对机械加工虽有一定见识,但还有一定差距,书中定有不妥之处,敬请读者提出宝贵意见,以便以后改进。

编 者

PDG

目 录

第一部分 基础知识	1
一、常用金属材料的分类和牌号	1
(一) 钢铁材料	2
(二) 非铁材料	5
(三) 铸造合金	7
二、常用热处理的分类、过程和目的	10
三、工件的变形	14
(一) 热变形	14
(二) 内应力引起的变形	15
(三) 由装夹和切削力引起的变形	17
四、工件的定位	18
五、工件的定位基准	24
(一) 粗基准的选择	24
(二) 精基准的选择	25
六、工件的工艺路线	26
(一) 加工方法的选择	26
(二) 工序的集中与分散	28
(三) 加工阶段的划分	29
(四) 加工顺序的安排	29
七、切削加工通用工艺守则	32
八、加工余量	36
九、中心孔	50
十、零件的结构要素	53
(一) 倒圆和倒角	53

(二) 沟槽	55
(三) 砂轮越程槽	55
(四) 滚花	56
第二部分 零件加工工艺实例	58
一、轴类零件的加工工艺	58
(一) 工艺分析	58
(二) 实例	59
实例 1 销轴	59
实例 2 合销	60
实例 3 定位心轴	62
实例 4 长轴	63
实例 5 渗碳主轴	65
实例 6 花键轴	67
实例 7 车床主轴	72
(三) 轴类零件的检验方法	73
二、套类零件的加工工艺	81
(一) 工艺分析	81
(二) 实例	82
实例 8 铜套	82
实例 9 螺塞	84
实例 10 小套	85
实例 11 螺母	86
实例 12 钢套	87
实例 13 尾座套筒	88
实例 14 主轴轴承(轴衬)	90
(三) 套类零件的检验方法	92
三、杂类零件的加工工艺	98
(一) 工艺分析	98
(二) 实例	98

实例 15 锥套	98
实例 16 锥齿轮	99
实例 17 V 带轮	101
实例 18 螺塞之二	102
实例 19 蜗轮	104
实例 20 橄榄手柄	105
实例 21 三球手柄	106
(三) 杂类零件的检验方法	108
四、丝杠(螺纹)类零件的加工工艺	117
(一) 工艺分析	117
(二) 实例	117
实例 22 蜗杆	117
实例 23 丝杠	119
实例 24 车床丝杠	121
实例 25 精密淬硬丝杠	123
(三) 丝杠(螺纹)类零件的检验方法	124
五、齿轮类零件的加工工艺	133
(一) 工艺分析	133
(二) 实例	136
实例 26 齿轮轴	136
实例 27 三联齿轮	137
实例 28 双联齿轮	139
实例 29 高精度齿轮	140
(三) 齿轮类零件的检验方法	141
六、箱体类零件的加工工艺	165
(一) 工艺分析	165
(二) 实例	166
实例 30 车床主轴箱	166
(三) 箱体类零件的检验方法	168
七、机体类零件的加工工艺	173

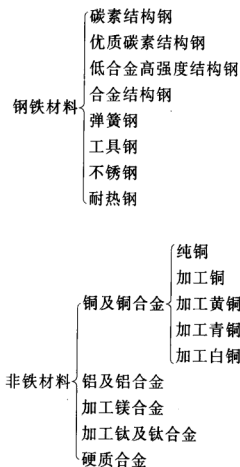
(一) 工艺分析	173
(二) 实例	173
实例 31 车床床身	173
(三) 床身导轨的检验方法	175

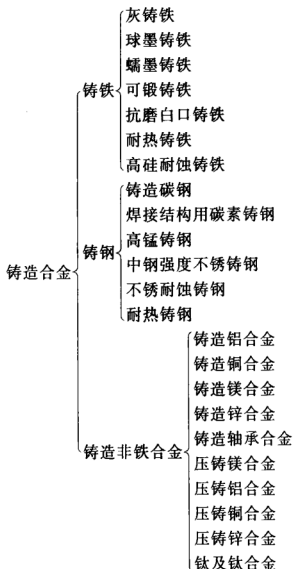


第一部分 基础知识

一、常用金属材料的分类和牌号

目前常用金属材料分三大类,即钢铁材料(黑色金属)、非铁材料(有色金属)和铸造合金。

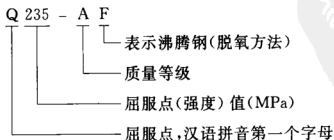




金属材料牌号的表示方法和含义如下：

(一) 钢铁材料

1. 碳素结构钢



2. 优质碳素结构钢

08 F
 ———— 表示沸腾钢, 无 F 为镇静钢
 ———— 以平均万分数表示的碳的质量分数

15 Mn
 ———— $\omega(\text{Mn}) = 0.7\% \sim 1.2\%$
 ———— 以平均万分数表示的碳的质量分数

3. 低合金高强度结构钢

Q 420 D
 ———— 质量等级 D
 ———— 屈服点 420 MPa
 ———— 屈服点, 汉语拼音第一个字母

4. 合金结构钢

20 Mn V
 ———— $\omega(\text{V}) = 0.07\% \sim 0.12\%$
 ———— $\omega(\text{Mn}) = 1.30\% \sim 1.60\%$
 ———— 以平均万分数表示的碳的质量分数

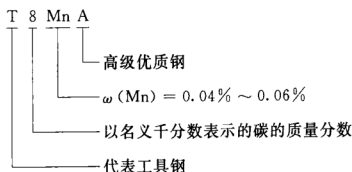
A——高级优质钢

其余——优质钢

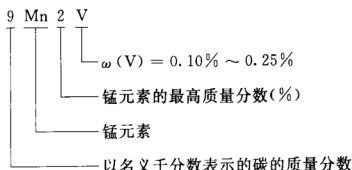
5. 弹簧钢

60 Si 2 Mn
 ———— $\omega(\text{Mn}) = 0.6\% \sim 0.9\%$
 ———— 以名义百分数表示的硅的质量分数
 ———— 硅的元素符号
 ———— 以平均万分数表示的碳的质量分数

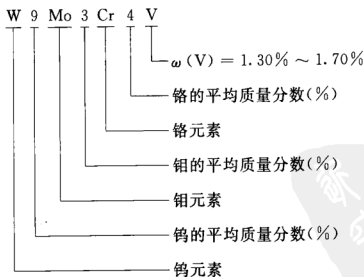
6. 碳素工具钢



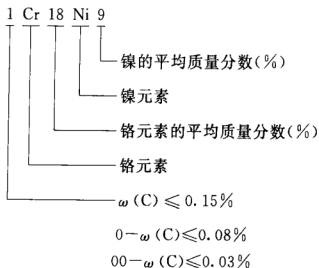
7. 合金工具钢



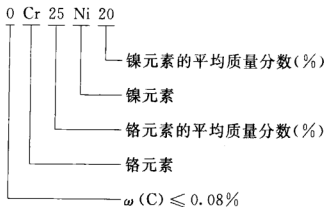
8. 高速工具钢



9. 不锈钢



10. 耐热钢



(二) 非铁材料

1. 纯铜

例如：

一号铜 $\text{Cu}-1$

二号铜 $\text{Cu}-2$

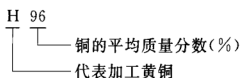
2. 加工铜

例如：

纯 铜	一号铜	T1
	二号铜	T2
	三号铜	T3

无 氧 铜	{ 一号无氧铜	TU1
	{ 二号无氧铜	TU2
磷脱氧铜	{ 一号脱氧铜	TP1
	{ 二号脱氧铜	TP2
银 铜	0.1 银铜	TAg0.1

3. 加工黄铜



二元以上的黄铜用 H 加第二个主加元素符号及除锌以外的成分数字组表示,例如:

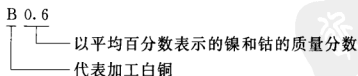
61-1 铅黄铜	HPb61-1
59-1 铅黄铜	HPb59-1
67-2.5 铝黄铜	HA167-2.5
60-1-1 铝黄铜	HA160-1-1

4. 加工青铜

青铜的汉语拼音字母“Q”加第一个主添加元素符号及除基元素铜外的成分数字组表示,例如:

4-3 锡青铜	QSn4-3
4-4-2.5 锡青铜	QSn4-4-2.5
2 铍青铜	QBe2
1.9 铍青铜	QBe1.9

5. 加工白铜



例如:

13-3 铝白铜	BA113-3
6-1.5 铝白铜	BA16-1.5

6. 加工镁合金

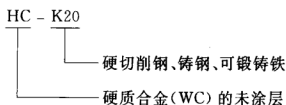
一号镁合金	MB1
二号镁合金	MB2
三号镁合金	MB3
五号镁合金	MB5
六号镁合金	MB6
七号镁合金	MB7
八号镁合金	MB8
十五号镁合金	MB15

7. 加工钛及钛合金

用钛的汉语拼音字母“T”加表示金属或合金组织类型的字母
(A、B、C 分别表示 α 型, β 型和 $\alpha+\beta$ 型钛合金)及顺序号表示,例如:

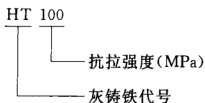
TAD	碘法钛
TA0	工业纯钛
TA1	工业纯钛
...	
TA10	Ti - 0.3Mo - 0.8Ni
TB2	Ti - 5Mo - 5V - 8Cr - 3Al

8. 硬质合金



(三) 铸造合金

1. 铸铁



QT 400 - 18

断后伸长率(%)

抗拉强度(MPa)

球墨铸铁代号

MQT Mn 6

锰的名义质量分数(%)

锰的元素符号

中锰耐磨球墨铸铁代号

RuT 420

抗拉强度(MPa)

蠕铁代号

KTH 300 - 06

断后伸长率(%)

抗拉强度(MPa)

黑心可锻铸铁代号

KTB 350 - 04

断后伸长率(%)

抗拉强度(MPa)

白心可锻铸铁代号

KmTB Mn 5 W 3

钨的名义质量分数

钨的元素符号

锰的名义质量分数

锰的元素符号

抗磨白口铸铁代号

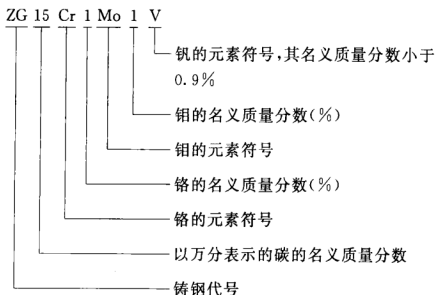
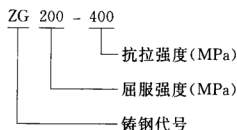
RT —— 耐热铸铁;

Q —— 球墨铸铁;

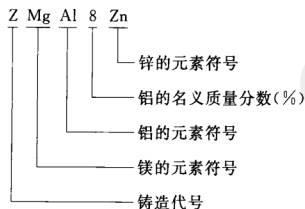
其余字母表示合金元素符号。

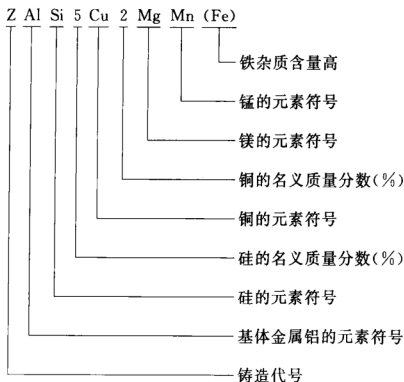
数字表示合金元素的平均质量分数(%),取整数。

2. 铸钢



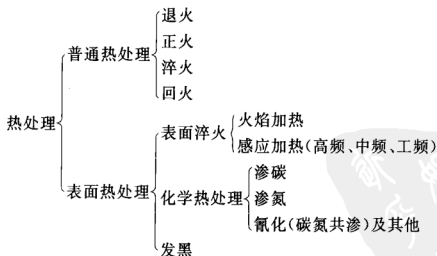
3. 铸造非铁合金





二、常用热处理的分类、过程 and 目的

热处理的分类如下：



热处理的过程和目的见表 1-1。

表 1-1 常用热处理的过程和目的

名 称	热 处 理 过 程	目 的
退 火	将钢件加热到一定温度,保温一定时间,然后缓慢冷却到室温	(1) 降低钢的硬度,提高塑性,以利于切削加工及冷变形加工; (2) 细化晶粒,均匀钢的组织,改善钢的性能及为以后的热处理作准备; (3) 消除钢中的内应力,防止零件加工后变形及开裂
退 火	将钢件加热到临界温度(不同钢材临界温度也不同),一般是 710~750℃,个别合金钢可加热到临界温度(800~900℃)以上 30~50℃,保温一定时间,然后随炉缓慢冷却(或埋在沙中冷却)	细化晶粒,均匀组织,降低硬度,充分消除内应力。 完全退火适用于含碳量在 0.8% 以下的锻件或铸钢件
火 球 化 退 火	将钢件加热到临界温度以上 20~30℃,经过保温以后,缓慢冷却至 500℃ 以下再出炉空冷	降低钢的硬度,改善切削性能,并为以后淬火作好准备,以减少淬火后变形和开裂。 球化退火适用于含碳量大于 0.8% 的碳素钢和合金工具钢
别 去 应 力 退 火	将钢件加热到 500~650℃,保温一定时间,然后缓慢冷却(一般采用随炉冷却)	消除钢件焊接和冷校直时产生的内应力,消除精密零件切削加工时产生的内应力,以防止以后加工和使用过程中发生变形。 去应力退火适用于各种铸件、锻件、焊接件和冷挤压件等
正 火	将钢件加热到临界温度以上 40~60℃,保温一定时间,然后在空气中冷却	(1) 改善组织结构和切削加工性能; (2) 对力学性能要求不高的零件,常用正火作为最终热处理; (3) 消除内应力
淬 火	将钢件加热到淬火温度,保温一段时间,然后在水、盐水或油(个别材料在空气中)中急速冷却	(1) 使钢件获得较高的硬度和耐磨性; (2) 使钢件在回火以后得到某种特殊性能,如较高的强度、弹性和韧性等

(续表)

名 称	热 处 理 过 程	目 的
淬 火 类 别	将钢件加热到淬火温度,经过保温以后,在一种淬火剂中冷却。 单液淬火只适用于形状比较简单,技术要求不太高的碳素钢及合金钢件。淬火时,对于直径或厚度大于5~8 mm的碳素钢件,选用盐水或水冷却;合金钢件选用油冷却	(1) 使钢件获得较高的硬度和耐磨性; (2) 使钢件在回火以后得到某种特殊性能,如较高的强度、弹性和韧性等
	将钢件加热到淬火温度,经过保温以后,先在水中快速冷却至300~400℃,然后移入油中冷却	
	用乙炔和氧气混合燃烧的火焰喷射到零件表面,使零件迅速加热到淬火温度,然后立即用水向零件表面喷射。 火焰表面淬火适用于单件或小批生产、表面要求硬而耐磨,并能承受冲击载荷的大型中碳钢和中碳合金钢件,如曲轴、齿轮和导轨等	
	将钢件放在感应器中,感应器在一定频率的交流电的作用下产生磁场,钢件在磁场作用下产生感应电流,使钢件表面迅速加热(2~10 min)到淬火温度,这时立即将水喷射到钢件表面。 经表面感应淬火的零件,表面硬而耐磨,而心部保持着较好的强度和韧性。 表面感应淬火适用于中碳钢和中等含碳量的合金钢件	
回 火	将淬火后的钢件加热到临界温度以下,保温一段时间,然后在空气或油中冷却。 回火是紧接着淬火以后进行的,也是热处理的最后一道工序	(1) 获得所需的力学性能。在通常情况下,零件淬火后的强度和硬度有很大提高,但塑性和韧性却有明显降低,而零件的实际工作条件要求有良好的强度和韧性。选择适当的回火温度进行回火后,可以获得所需的力学性能; (2) 稳定组织,稳定尺寸; (3) 消除内应力

二、常用热处理的分类、过程和目的

(续表)

名 称	热 处 理 过 程	目 的
回 火 类 别	将淬硬的钢件加热到 $150 \sim 250^{\circ}\text{C}$，并在这个温度保温一定时间，然后在空气中冷却。 低温回火多用于切削刀具、量具、模具、滚动轴承和渗碳零件等	消除钢件因淬火而产生的内应力
	将淬火的钢件加热到 $350 \sim 450^{\circ}\text{C}$，经保温一段时间冷却下来。 一般用于各类弹簧及热冲模等零件	使钢件获得较高的弹性、一定的韧性和硬度
	将淬火后的钢件加热到 $500 \sim 650^{\circ}\text{C}$，经过保温以后冷却。 主要用于要求高强度、高韧性的主要结构零件，如主轴、曲轴、凸轮、齿轮和连杆等	使钢件获得较好的综合力学性能，即较高的强度和韧性及足够的硬度，消除钢件因淬火而产生的内应力
调 质	将淬火后的钢件进行高温 ($500 \sim 600^{\circ}\text{C}$) 回火。 多用于重要的结构零件，如轴类、齿轮、连杆等。 调质一般是在粗加工之后进行的	细化晶粒，使钢件获得较高韧性和足够的强度，使其具有良好的综合力学性能
时 效 处 理	将经过淬火的钢件加热到 $100 \sim 160^{\circ}\text{C}$，经过长时间的保温，随后冷却	消除内应力，减少零件变形，稳定尺寸，对精度要求较高的零件更为重要
	将铸件放在露天；钢件（如长轴、丝杠等）放在海水中或长期悬吊或轻轻敲打。 要经自然时效处理的零件，最好先进行粗加工	
化 学 热 处 理	将钢件放到含有某些活性原子（如碳、氮、铬等）的化学介质中，通过加热、保温、冷却等方法，使介质中的某些原子渗入到钢件的表层	改变钢件表层的化学成分，使钢件表层具有某种特殊的性能

(续表)

名 称		热 处 理 过 程	目 的
化学 热处 理类 别	钢的 渗碳	将碳原子渗入钢件表层。 常用于耐磨并受冲击的零件,如凸 轮、齿轮、轴、活塞销等	使表面具有高的硬度(60~65HRC) 和耐磨性,而中心仍保持高的韧性
	钢的 渗氮	将氮原子渗入钢件表层。 常用于重要的螺栓、螺母、销钉等零 件	提高钢件表层的硬度、耐磨性、耐蚀 性
	钢的 氰化	将碳和氮原子同时渗入到钢件表 层。 适用于低碳钢、中碳钢或合金钢零 件,也可用于高速钢刀具	提高钢件表层的硬度和耐磨性
发 黑		将金属零件放在很浓的碳和氧化剂 溶液中加热氧化,使金属零件表面生 成一层带有磁性的四氧化三铁薄膜。 常用于低碳钢、低碳合金工具钢。 由于材料和其他因素的影响,发黑 层的薄膜颜色有蓝黑色、黑色、红棕 色、棕褐色等,其厚度为 $0.6\sim 0.8\ \mu\text{m}$	防锈、增加金属表面美观和光泽,消 除淬火过程中的应力

三、工 件 的 变 形

在切削加工过程中,由于切削热、机床零件间的摩擦热、工件的内应力以及夹紧力等原因,会使工件发生变形,以致造成废品。

(一) 热变形

1. 刀具的热变形

由于切削热会使刀刃和刀体变热,使刀头变形、伸长而使工件尺寸变化。

刀头伸长量与刀头伸出长度、截面大小、刀片厚度、刀刃锋利程度有关。刀头伸出长度大,其伸长量愈大;刀杆截面与伸长量成反比;刀片愈厚伸长量愈小。

2. 机床的热变形

由于切削热和机床零件间摩擦所产生的热,会使机床某些部件发热而发生变形,例如车床主轴箱的变形会使主轴中心高度增加、水平方向内位移。即主轴中心会升高、水平方向偏移一定尺寸。

3. 工件的热变形

由于切削热会使工件变热,温度上升。工件变热有均衡变热和不均衡变热两种;均衡变热会使工件尺寸改变,而形状仍保持不变;而不均衡变热时,不仅工件尺寸变化,而且形状也会发生变化。

均衡变热时的温度决定工件的温度、质量和比热容,又与切削用量有关。

随着切削速度的增加,工件的温度逐渐下降;进刀量增大时,传入工件的热量降低;进给量增加时,工件的温度增加。

但必须注意,当其他条件相同时,工件愈重,热变形愈小。加工薄壁且余量又大的工件时,变形愈大。加工实心材料时的温度升高值要比加工长度和直径相同的管子小一半左右。

车削薄片工件时,由于单面受热,使其形状变化就是一例:当工件的一边切除大量金属时,这一边就要变热,因而工件就要变形,如果不等它冷却便去加工另一边,则会使工件变形。

工件受到阳光照射或暖气热量影响,外部变热,内部仍是冷的,也会使工件扭曲。

(二) 内应力引起的变形

当零件在没有任何外界负荷的作用而内部存在着应力时,这种应力称为内应力。内应力是相互平衡的,因此外表面是没有什么变化的。内应力有时几乎达到破坏极限,但在外形上它与没有内应力零件并无区别。

产生内应力的原因如下:

1. 铸件的内应力

金属液体浇入型模以后,在凝固与冷却时其体积要发生收缩。在收缩时会受到铸型阻碍,或者由于铸件各部分在冷却过程中存在温度差异而引起阻碍,使各部分或是拉长或是压缩至产生内应力。

2. 锻件和热处理件的內应力

锻件和热处理件的內应力主要是由于热加工过程中,不均匀冷却所引起的。总的来说,热加工中产生內应力的根源是由材料自塑性状态转变为弹性状态时,各处的温度有着差异的缘故,或者是由于金属内部结构改变的缘故。

3. 冷加工(冷轧、冷拉、冷辗、冷挤、冲孔、滚压等)中的內应力

冷加工时,使工件表面硬化,并在表面层的金属中呈现內应力。应力层切除后应力立即重新分布,它使棒料、薄板、圆盘等产生扭曲等变形。

如果材料没有內应力,那么由于冷校正的缘故也会产生內应力。对于热校正,它是通常的锻造操作,而是在加热状态下进行的,一般地说,它不会发生任何的內应力。

4. 切削加工产生的內应力

切削加工中也会产生內应力,其性质与上面所说的相同;例如粗加工的结果,在工件表面层中要产生应力,促使工件变形。在以后的加工中应力层被切除,因此工件的形状又要改变。在精加工中仍然会产生內应力,不过由于这时的切削量较小,所产生的內应力影响很小。当然对于精密零件还应特别当心。

那么如何消除內应力呢?一般可以采用下面几种方法:

1. 铸件消除內应力的方法

对于铸件,可在机械加工之前(或在粗加工以后)放置室外6~18个月。也可采用人工时效处理,即将凝固后的铸件转入100~200℃的炉中,随后再缓慢升到500~600℃,保温较长时间后,极缓慢地冷却下来。

2. 锻件(包括热轧件)消除內应力的方法

- 1) 人工时效处理 将工件吊挂1~2周,每天敲打10~20 min。
- 2) 高温时效处理 粗加工之后,半精加工之前,将工件加热至550℃,保温6~8 h,然后冷却至300~200℃出炉冷却。
- 3) 低温时效处理 在半精加工之后,精加工之前,将工件放在油中加热至180℃左右,保温24 h后冷却。

3. 切削加工件消除內应力的方法

对于切削加工件,应采用工序分散法原则,即只有把零件所有部分粗加工后再进行各部分精加工。同时采用小切深多走刀方法以消除或减小内应力。

(三) 由装夹和切削力引起的变形

切削加工时,由于工件的装夹方法不同和切削过程中切削力的作用,会引起工件的变形,常见的有下面几种情况:

1. 车削长轴

车削长轴时,一般用两刚性顶尖装夹工件,但这种方法容易使工件弯曲。因为这时如果工件变热就没有伸展余地而形成弯曲。一般可以采取:

① 一端用卡盘夹住,另一端用刚性顶尖顶住。

② 一端用卡盘夹住,另一端用弹性顶尖顶住。

③ 一端用卡盘夹住,另一端用安装在床尾套筒内带有滚动轴承并可以转动的小型三爪自定心卡盘夹住。

2. 车削薄壁套筒

车削薄壁套筒时,如果用三爪自定心卡盘夹住工件,这样容易使工件变形,这时可以采取:

① 用开缝套筒套住工件,并与工件一起用三爪自定心卡盘夹住进行车削。

② 较长的内孔,两端孔口用锥堵(闷头)堵住,两顶尖顶在锥堵上的中心孔。锥堵上钻有小孔,以便加工时工件孔内的热空气排出。

③ 加大卡爪与工件的接触面。一般在三爪自定心卡盘的三个爪上焊上未经淬火的钢料,并按被夹住工件的直径车出圆弧面,然后夹住工件进行加工。当然,在装卸工件时应认定一个卡爪。

④ 外圆与内孔反复车。即用较小的吃刀量依次车一次外圆、车一次内孔,再车外圆、车内孔。

⑤ 外圆与内孔同时车削。

⑥ 采用轴向夹紧工件。

⑦ 如果工件数量较少而又较短,则可以在一次安装中把套筒车成,然后把工件从卡盘切断下来。

3. 车削轴承座类零件

车削这类零件时,一般是以底平面作为基准安装并夹紧在花盘或三角铁上,这时除了应注意上述几点外,其基准平面最好刮研一下。

4. 车削薄片类零件的两端面

车削这类零件时,两端面的平面度要求不容易达到,车削时最好同时用两把刀,以相同的切削速度、背吃刀量和进给量由外圆向中心进行车削,这样有一定效果。

四、工件的定位

把工件按工艺要求安放在夹具中,使工件对机床和刀具有一个相对正确的位置,叫做工件的定位。

在夹具中,用分布适当的与工件接触的6个支承点,来限制工件的6个自由度,叫做6点定位。

任何一个工件在夹具中未定位前,都可以看成为在空间直角坐标系中的自由物体,例如图1-1a所示的方块,它在空间的位置是任意的,可沿三个坐标轴具有移动自由度,分别以 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ 、 $\vec{z}$ 表示(图1-1b)。也可绕三个坐标轴转动,以 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ 、 $\vec{z}$ 表示(图1-1c)。

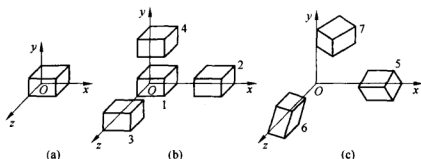
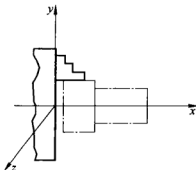
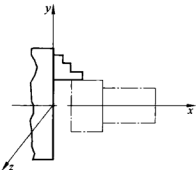
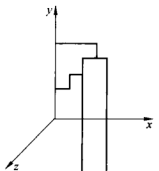
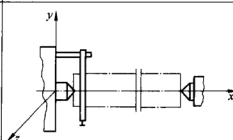


图 1-1 物体在空间的自由度

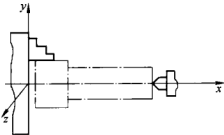
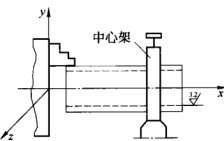
任何工件在直角坐标系中都有上述6个自由度,要使工件在夹具中占据一个正确位置,就必须根据不同情况和要求,去考虑如何消除工件的有关自由度。当然,不一定6个自由度都要消除,有时只要消除4个,有时要消除5个等。此外,其消除点分布也要合理。表1-2是消除自由度的实例。

四、工件的定位

表 1-2 安装工件方法和所消除的自由度

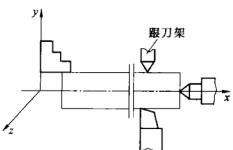
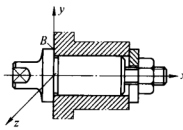
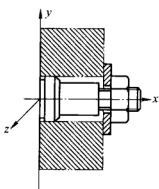
序号	示 图	定位件名称	所消除的自由度			说 明
			移动	转动	总共	
1		卡盘正爪	z, y	z, y	4	被卡爪夹持部分的长度大于直径
2		卡盘正爪	z, y		2	被卡爪夹持部分的长度小于直径 (夹持不稳固)
3		卡盘反爪	z, y, x	z, y	5	夹持较稳固
4		前顶尖	z, y, x		5	两端中心孔要准确, 且在一条直线上
		后顶尖		z, y		

(续表)

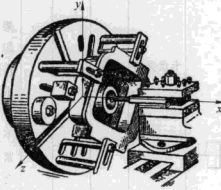
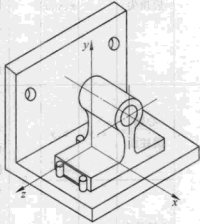
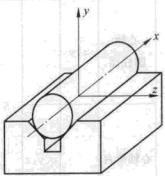
序号	示 图	定位件 名称	所消除的自由度			说 明
			移动	转动	总共	
5		卡盘夹持	z, y		5	被夹持部分长度小于直径, 则消除 5 个自由度。 被夹持部分长度大于直径, 则超过 6 点定位, 即产生过定位, 这样会使工件变形或从卡盘上掉下来
		后顶尖	x	z, y		
6		卡盘夹持	z, y		4	被夹持部分长度较大时, 产生过定位, 工件就会产生晃动而从卡盘上掉下来
		中心架		z, y		

四、工件的定位

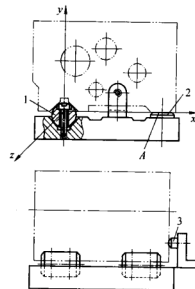
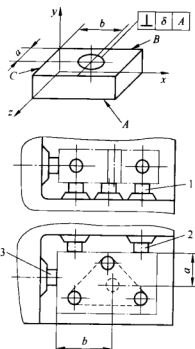
(续表)

序号	示 图	定位件名称	所消除的自由度			说 明
			移动	转动	总共	
7		卡盘夹持	z, y		5	跟刀架只是起支承作用,卡爪与工件接触不能太紧,否则会破坏定位而使车出来工件呈竹节形
		后顶尖		z, y, x		
8		心轴圆柱面	z, y	z, y	5	主要是圆柱面定位,因此阶台面与工件接触面B要小
		心轴阶台	x			
9		心轴圆柱面	z, y		5	主要是端面定位,因此心轴的圆柱面要短些
		心轴阶台		z, y, x		

(续表)

序号	示 图	定位件名称	所消除的自由度			说 明
			移动	转动	总共	
10		花盘端面	x	z, y	5	工件的底平面是平的, 因此消除三个自由度
		侧面两个挡块	z, y			
11		角铁底平面	y	z, x	5	安装工件的角铁平面应与车床主轴平行。工件与角铁不能相对移动和转动
		侧面挡销		x, y		
12		长 V 形铁	z, y	z, y	4	V 形铁的定位表面的精度要高些。V 形槽的夹角有 60°、90° 和 120° 三种
		短 V 形铁	z, y		2	

(续表)

序号	示 图	定位件名称	所消除的自由度			说 明
			移动	转动	总共	
13	 1—短圆销；2—支承板；3—止推支承	短圆柱销 1	x, y	z, y, z		主轴箱底面 A 和 V 形槽已精加工
		止推支承 3	z			
14	 1, 2, 3—支承销					加工矩形工件上的孔时,其夹具上的支承点的合理分布

五、工件的定位基准

用零件上的一些面、线或点来确定该零件的其他面、线或点的位置,这些面、线或点称为基准。在制订工艺规程时,必须正确地选择定位基准,它是直接影响工件表面间相互位置精度的因素之一。

作为基准的面、线或点在工件上不一定具体存在,零件的孔、轴中心线,基准中心平面等,常由某些具体的表面来体现。例如车床卡盘夹持的短轴,其实际定位表面是外圆柱面,但它所体现的则是轴心线。因此说,选择定位基准的问题就是恰当地选择定位基准问题。

基准可以是没有面积的点和线及很小的面,因为代表这种基准的点和线,在工件上选定的具体表面总是有一定面积的,如 V 形铁定位,理论上是两条线,但实际上由于零件的弹性变形总还有一定的接触面。

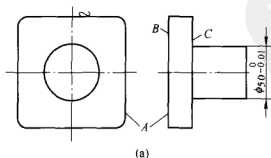
作为表面位置精度(平行度、垂直度等)的关系,同尺寸基准问题一样,如箱体上的平面与底面,孔轴心线对底面都具有基准关系。

选择定位基准应遵循下面几点:

(一) 粗基准的选择

加工零件时,第一道工序所用的毛坯表面称为粗基准。

① 当工件上有不需加工的表面时,应选择这个表面作为粗基准。如图 1-2 所示的零件,应选择这个不需加工的表面作为粗基准。



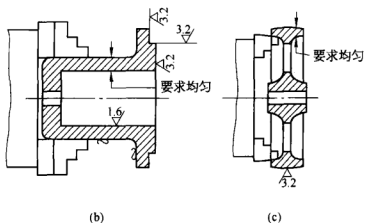


图 1-2 不需加工的表面作为粗基准

② 当零件上所有表面都要加工时,应选择加工余量最小的表面作为粗基准。

③ 作为粗基准的表面应平整,不留有毛刺、飞边、浇口、冒口或其他缺陷,以保证定位正确可靠。

④ 作为粗基准的表面,应有足够的刚性,使之不易变形。

⑤ 在一般情况下,粗基准只能用一次。

(二) 精基准的选择

用已加工过的表面作为基准,这个表面称为精基准。

① 尽量选择设计时所用的基准作为精基准。例如加工齿轮时,用已加工过的孔(或花键孔)作为精基准。

② 精度较高的零件,尽可能在一次安装中加工完毕,这样可以保证零件的相互位置精度。

③ 选用统一基准来加工大多数表面。这对多工序、多工种加工的工件尤为重要。例如车、铣、磨等工种加工,都以中心孔为精基准;在齿轮加工中,车、滚、磨等都以内孔作为精基准。

④ 作为精基准的表面,应选择精度较高、尺寸轮廓较大的表面,使其定位误差小,而且稳定可靠。

⑤ 作为精基准的表面,其夹具的结构应简单,制造和使用应方便。

六、工件的工艺路线

(一) 加工方法的选择

要保证加工表面的加工精度和表面粗糙度,必须要选用合理、经济的加工方法,选用时可参考表 1-3~表 1-5。

表 1-3 外圆柱面的加工方案

序号	加工方案	经济精度 公差等级 (IT)	表面粗糙度 $Ra(\mu m)$	适用范围
1	粗车	11 以下	50~12.5	适用于淬火钢以外的 各种金属
2	粗车—半精车	8~10	6.3~3.2	
3	粗车—半精车—精车	7~8	1.6~0.8	
4	粗车—半精车—精车—滚压 (或抛光)	7~8	0.2~0.025	
5	粗车—半精车—磨削	7~8	0.8~0.4	主要用于淬火钢, 也可用于未淬火钢, 但不宜用于加工有色 金属
6	粗车—半精车—粗磨—精磨	6~7	0.4~0.1	
7	粗车—半精车—粗磨—精磨— 超精加工	5	0.1~0.02 (或 $Rz 0.1$)	
8	粗车—半精车—精车—金刚石 车	6~7	0.4~0.025	主要用于要求较高的 有色金属
9	粗车—半精车—粗磨—精磨— 超精磨或镜面磨削	5 以上	0.025~0.01 (或 $Rz 0.05$)	极高精度的外圆加 工
10	粗车—半精车—粗磨—精磨— 研磨	5 以上	0.1~0.01 (或 $Rz 0.05$)	

表 1-4 孔的加工方案

序号	加工方案	经济精度 公差等级 (IT)	表面粗糙度 $Ra(\mu m)$	适用范围
1	钻	11~12	12.5	加工未淬火钢及铸 铁的实心毛坯;也有 用于加工有色金属
2	钻—铰	9	6.3~1.6	
3	钻—铰—精铰	7~8	3.2~0.8	
4	钻—扩	10~11	2.5~6.3	加工未淬火钢及铸 铁实心毛坯;也有用 于加工有色金属
5	钻—扩—铰	8~9	6.3~1.6	
6	钻—扩—粗铰—精铰	7	3.2~0.8	
7	钻—扩—机铰—手铰	6~7	1.6~0.2	
8	钻—扩—拉	7~9	3.2~0.2	大批量生产(精度 由拉刀的精度而定)
9	粗车(或扩孔)	11~13	2.5~6.3	除淬火钢外的各种 材料,毛坯有铸出的 孔或锻出的孔
10	粗车(粗扩)—半精车(精扩)	8~9	6.3~1.6	
11	粗车(扩)—半精车(精扩)—精 车(铰)	7~8	3.2~0.8	
12	粗车(扩)—半精车(精扩)—精 车—浮动铰刀精铰	6~7	1.6~0.4	
13	粗车(扩)—半精车—磨孔	7~8	1.6~0.2	主要用于淬火钢, 也可用于未淬火钢, 但不宜用于有色金属
14	粗车(扩)—半精车—粗磨—精 磨	6~7	0.4~0.1	
15	粗车—半精车—精车—金刚车	6~7	0.8~0.05	主要用于精度要求 高的有色金属
16	钻—扩—粗铰—精铰—珩磨 钻—扩—拉—珩磨 粗车—半精车—精车—珩磨	6~7	0.4~0.025	用于精度要求很高 的孔
17	以研磨代替上述方案中的珩磨	6级以上	0.2~0.012	

表 1-5 平面加工方案

序号	加工方案	经济精度 公差等级 (IT)	表面粗糙度 $Ra(\mu m)$	适用范围
1	粗车—半精车	8~9	12.5~3.2	端面
2	粗车—半精车—精车	6~7	3.2~0.8	
3	粗车—半精车—磨削	7~9	1.6~0.2	
4	粗铣(或粗刨)—精铣(或精刨)	7~9	12.5~1.6	一般不淬硬平面 (端面的表面粗糙度可较小)
5	粗铣(或粗刨)—精铣(或精刨)—刮研	5~6	1.6~0.1	精度要求较高的不淬硬平面
6	粗铣(或粗刨)—精铣(或精刨)—宽刃精刨	6	1.6~0.4	批量较大的宜采用宽刃精刨方案
7	粗铣(或粗刨)—精铣(或精刨)—磨削	6	1.6~0.2	精度要求较高的淬硬平面或不淬硬平面
8	粗铣(或粗刨)—精铣(或精刨)—粗磨—精磨	5~6	0.8~0.025	
9	粗铣—拉	6~9	1.6~0.2	大量生产较小的平面(精度视拉刀的精度而定)
10	粗铣—精铣—磨削—研磨	5	0.2~0.012	高精度平面

(二) 工序的集中与分散

1. 工序集中

工序集中是把零件上较多的加工内容集中在一道工序中进行, 它的特点是:

- (1) 可以采用高效率的专用机床和工艺装备, 大大提高了生产率。
- (2) 减少了设备数量, 相应减少了操作人员和生产面积。
- (3) 减少了工序数目, 缩短了工艺路线, 简化了生产计划工作。

(4) 减少了加工时间和运输路线,缩短了加工周期。

(5) 减少了工件安装次数,不仅能提高生产率,而且由于在一次安装中加工许多表面,易于保证它们之间的相互位置精度。

(6) 专用机床和工艺装备成本高,其调整、维修费时费力,生产准备工作量大。

2. 工序分散

工序分散是将零件各个表面加工分得很细,在每道工序中加工内容很少,它的特点是:

(1) 由于每台机床只完成少量工步,故生产中可采用结构简单的高效机床和工艺装备,设备容易调整,也易于平衡工序时间,组织流水生产。

(2) 生产准备的工作量小,容易适应产品更换。

(3) 对操作者技术要求不高。

(4) 设备数量多,操作者人数增多,生产面积大。

(5) 生产周期长。

在一般情况下,单件小批量生产只能是工序集中,这时多采用通用机床。大批量生产可以采用工序集中,也可以采用工序分散。但从生产技术发展来看,趋向采用工序集中。

(三) 加工阶段的划分

1) 粗加工阶段 主要任务是切除大部分加工余量,以获得高的生产率。

2) 半精加工阶段 主要是消除粗加工留下来的误差,达到一定的精度及精加工余量,为精加工作好准备,并完成一些其他表面如钻孔、铣键槽等的加工。

3) 精加工阶段 主要是使各加工表面达到图纸要求。

4) 光整加工阶段 对于精度在 IT6 级以上,表面粗糙度 Ra 0.4 μm 以下的零件,采用光整加工。

(四) 加工顺序的安排

1. 切削加工顺序的安排

1) 先粗后精 各表面的加工从粗到精的加工交叉进行。

2) 先主后次 首先着重考虑主要表面的加工顺序,次要表面加

工可适当穿插在主要表面加工工序之间。

3) 基面先行 零件加工一般多由精基准的加工开始,然后加工其他主要表面和次要表面。

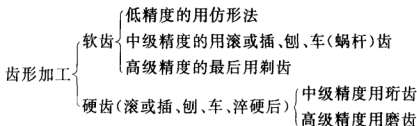
4) 先面后孔 一般机器零件,平面占轮廓尺寸较大,用平面定位比较稳固可靠,因此加工过程总是先加工平面再加工孔。

至于各个不同工种的安排顺序,可参考以下几点:

(1) 车削工序一般安排在毛坯加工成形以后,刨、铣、插、钻、磨之前。

(2) 铣削工序一般安排在车削之后,磨削之前。

(3) 齿形加工工序一般是在齿坯成形后进行的。低精度齿轮用仿形法加工;中、高级精度用展成法加工,即



(4) 磨削工序一般是安排在其他加工工序之后。有时为了加工需要,也有先磨后车(如车长丝杠)。

2. 热处理工序的安排

机械零件常用的热处理工艺有:退火、正火、调质、时效处理、淬火、回火、渗碳及氮化等。按热处理目的,上述热处理工艺大致可分为预备热处理和最终热处理两大类。

1) 预备热处理 这类热处理包括退火、正火、时效处理和调质等,目的是改善加工性能,消除内应力和为最终热处理作组织准备。此工序多安排在粗加工前后。

(1) 退火和正火:目的是为改善切削加工性能和消除毛坯内应力。含碳量大于 0.7% 的碳钢和合金钢,为降低硬度便于切削常采用退火;含碳低于 0.3% 的低碳钢和低合金钢,为避免硬度过低切削时粘刀而采用正火以提高其硬度。退火和正火还能细化晶粒,均匀组织,为以后的热处理作好组织准备。退火和正火常安排在毛坯制造之后粗加工之前。

(2) 调质:调质能获得均匀细致的索氏体组织,为以后表面淬火和氮化时减少变形作好组织准备,因此调质可作为预备热处理工序。但由于调质后零件的综合力学性能较好,对某些硬度和耐磨性要求不高的零件,也可作为最终的热处理工序。调质处理常安排在粗加工之后和半精加工之前。

(3) 时效处理:时效处理主要用于消除毛坯制造和机械加工中产生内应力。对铸件的形状复杂者一般在粗加工后安排一次时效处理,高精度复杂铸件有时在半精加工后再增加一次时效处理。一般简单铸件不安排时效处理。对一些刚性差的精密丝杠之类零件,为消除加工中产生的内应力,稳定零件的加工精度,在粗加工、半精加工之间甚至安排多次时效处理。

2) 最终热处理 这种热处理包括淬火、回火、渗碳和氮化处理等。目的是提高零件材料的硬度和耐磨性,常安排在精加工前后。

(1) 淬火:淬火分整体淬火和表面淬火两种,其中表面淬火因变形、氧化及脱碳较小而应用较多。为提高表面淬火零件的心部性能和获得马氏体的表层淬火组织,常需预先进行调质及正火处理。淬火一般安排在半精加工后精加工之前。

(2) 渗碳淬火:对低碳钢或低合金钢零件的表层含碳量增加需进行渗碳,经淬火后使表层获得很高的硬度和耐磨性,而心部仍保持一定的强度和较高的韧性和塑性。渗碳处理按渗碳部位分整体渗碳和局部渗碳两种。整体渗碳一般安排在半精加工及精加工之间。局部渗碳是在渗碳淬火前,对局部不需渗碳部位要增加一道切除渗碳层的工序,然后再淬火和精加工。

(3) 氮化处理:氮化温度低,变形小且氮化层较薄。氮化工序应尽量最后安排。为了减少氮化时变形,氮化前要加一除应力工序。

3. 辅助工序的安排

辅助工序包括工件的检验、去毛刺、清洗和除锈油等。其中检验工序是主要的辅助工序,它对保证产品质量有极重要的作用。检验工序应安排在:

(1) 粗加工全部结束后,精加工之前;

(2) 零件从一个车间转向另一个车间前后;

- (3) 重要工序加工前后;
- (4) 零件全部加工结束之后。

七、切削加工通用工艺守则

为合理、正确和方便制订零件的加工工艺,原机械工业部制订了一套《切削加工通用工艺守则》,现将其中总则和车削(表 1-6~表 1-7)附在下面,供大家学习参考。

表 1-6 切削加工通用工艺守则 总则

(JB/T 9168.1—1998)

1. 范围

本标准规定了各种切削加工应共同遵守的基本规则,适用于各企业的切削加工。

2. 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

ZB J 38001—1987 切削加工 通用技术条件

3. 加工前的准备

① 操作者接到加工任务后,首先要检查加工所需的产品图样、工艺规程和有关技术资料是否齐全。

② 要看懂、看清工艺规程,产品图样及其技术要求,有疑问之处应找有关技术人员问清后再进行加工。

③ 按产品图样或(和)工艺规程复核工件毛坯或半成品是否符合要求,发现问题应及时向有关人员反映,待问题解决后才能进行加工。

④ 按工艺规程要求准备好加工所需的全部工艺装备,发现问题及时处理。对新夹具、模具等,要先熟悉其使用要求和操作方法。

⑤ 加工所使用的工艺装备应放在规定的位置,不得乱放,更不能放在机床导轨上。

⑥ 工艺装备不得随意拆卸和更改。

⑦ 检查加工所用的机床设备,准备好所需的各种附件,加工前机床要按规定进行润滑和空运转。

4. 刀具与工件的装夹

1) 刀具的装夹

① 在装夹各种刀具前,一定要把刀柄、刀杆、导套等擦拭干净。

② 刀具装夹后,应用对刀装置或试切等检查其正确性。

(续表)

2) 工件的装夹

(1) 在机床工作台上安装夹具时,首先要擦净其定位基面,并要找正其与刀具的相对位置。

(2) 工件装夹前应将其定位面、夹紧面、垫铁和夹具的定位、夹紧面擦拭干净,并不得有毛刺。

(3) 按工艺规程中规定的定位基准装夹,若工艺规程中未规定装夹方式,操作者可自行选择定位基准和装夹方法。选择定位基准应按以下原则:

① 尽可能使定位基准与设计基准重合。

② 尽可能使各加工面采用同一定位基准。

③ 粗加工定位基准应尽量选择加工余量比较小的平整表面,而且只能使用一次。

④ 精加工工序定位基准应是已加工表面。

⑤ 选择的定位基准必须使工件定位夹紧方便,加工时稳定可靠。

(4) 对无专用夹具的工件,装夹时应按以下原则进行找正:

① 对划线工件应按划线进行找正。

② 对不划线工件,在本工序后尚需继续加工的表面,找正精度应保证下工序有足够的加工余量。

③ 对在本工序加工到成品尺寸的表面,其找正精度应小于尺寸公差和位置公差的三分之一。

④ 对在本工序加工到成品尺寸的未注尺寸公差和位置公差的表面,其找正精度应保证 ZB J 38001 中对未注尺寸公差和位置公差的要求。

(5) 装夹组合件时应注意检查结合面的定位情况。

(6) 夹紧工件时,夹紧力的作用点应通过支承点或支承面。对刚性较差的(或加工时有悬空部分的)工件,应在适当的位置增加辅助支承,以增强其刚性。

(7) 夹持精加工面和软材质工件时,应垫以软垫,如紫铜皮等。

(8) 用压板压紧工件时,压板支承点应略高于被压工件表面,并且压紧螺栓应尽量靠近工件,以保证压紧力。

5. 加工要求

① 为了保证加工质量和提高生产率,应根据工件材料、精度要求和机床、刀具、夹具等情况,合理选择切削用量。加工铸件时,为了避免表面夹砂、硬化层等损坏刀具,在许可的条件下,切削深度应大于夹砂或硬化层深度。

② 对有公差要求的尺寸,在加工时应尽量按其中间公差加工。

③ 工艺规程中未规定表面粗糙度要求的粗加工工序,加工后的表面粗糙度 R_a 值应不大于 $25\mu\text{m}$ 。

④ 铰孔前的表面粗糙度 R_a 值应不大于 $12.5\mu\text{m}$ 。

(续表)

- ⑤ 精磨前的表面粗糙度 Ra 值应不大于 $6.3 \mu\text{m}$ 。
 - ⑥ 粗加工时的倒角、倒圆、槽深等都应按精加工余量加大或加深,以保证精加工后达到设计要求。
 - ⑦ 图样和工艺规程中未规定的倒角、倒圆尺寸和公差要求应按 ZB J 38001 的规定。
 - ⑧ 凡下工序需进行表面淬火、超声波探伤或滚压加工的工作表面,在本工序加工的表面粗糙度 Ra 值不得大于 $6.3 \mu\text{m}$ 。
 - ⑨ 在本工序后无去毛刺工序时,本工序加工产生的毛刺应在本工序去除。
 - ⑩ 在大件的加工过程中应经常检查工件是否松动,以防因松动而影响加工质量或发生意外事故。
 - ⑪ 当粗、精加工在同一台机床上进行时,粗加工后一般应松开工件,待其冷却后重新装夹。
 - ⑫ 在切削过程中,若机床—刀具—工件系统发出不正常的声音或加工表面粗糙度突然变坏,应立即退刀停车检查。
 - ⑬ 在批量生产中必须进行首件检查,合格后方可继续加工。
 - ⑭ 在加工过程中,操作者必须对工件进行自检。
 - ⑮ 检查时应正确使用测量器具。使用量规、千分尺等必须轻轻用力推入或旋入,不得用力过猛;使用卡尺、千分尺、百分表、千分表等时事先应调好零位。
6. 加工后的处理
- ① 工件在各工序加工后应做到无屑、无水、无脏物,并在规定的工位器具上摆放整齐,以免磕、碰、划伤等。
 - ② 暂不进行下道工序加工的或精加工后的表面应进行防锈处理。
 - ③ 用磁力夹具吸住进行加工的工件,加工后应进行退磁。
 - ④ 凡相关零件成组配套加工的,加工后需做标记(或编号)。
 - ⑤ 各工序加工完的工件,经专取检查员检查合格后方可转往下道工序。
7. 其他要求
- ① 工艺装备用完后要擦拭干净(涂好防锈油),放到规定的位置或交还工具库。
 - ② 产品图样、工艺规程和所使用的其他技术文件,要注意保持整洁,严禁涂改

表 1-7 切削加工通用工艺守则 车削

(JB/T 9168.2—1998)

1. 范围

本标准规定了车削加工应遵守的基本规则,适用于各企业的车削加工。

车削加工还应遵守 JB/T 9168.1 的规定。

2. 引用标准

(续表)

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

JB/T 9168.1—1998 切削加工通用工艺守则 总则

3. 车刀的装夹

(1) 车刀刀杆伸出刀架不宜太长,一般长度不应超过刀杆高度的 1.5 倍(车孔、槽等除外)。

(2) 车刀刀杆中心线应与走刀方向垂直或平行。

(3) 刀尖高度的调整:

① 在下列情况下,刀尖一般应与工件中心线等高:

- a. 车端面;
- b. 车圆锥面;
- c. 车螺纹;
- d. 成形车削;
- e. 切断实心工件。

② 在下列情况下,刀尖一般应比工件中心线稍高或等高:

- a. 粗车一般外圆;
- b. 精车孔。

③ 在下列情况下,刀尖一般应比工件中心线稍低:

- a. 粗车孔;
- b. 切断空心工件。

(4) 螺纹车刀刀尖角的平分线应与工件中心线垂直。

(5) 装夹车刀时,刀杆下面的垫片要少而平,压紧车刀的螺钉要拧紧。

4. 工件的装夹

① 用三爪自定心卡盘装夹工件进行粗车或精车时,若工件直径小于或等于 30 mm,其悬伸长度应不大于直径 5 倍;若工件直径大于 30 mm,其悬伸长度应不大于直径 3 倍。

② 用四爪单动卡盘、花盘、角铁(弯板)等装夹不规则偏重工作时,必须加配重。

③ 在顶尖间加工轴类工件时,车削前要调整尾座顶尖中心与车床主轴中心线重合。

④ 在两顶尖间加工细长轴时,应使用跟刀架或中心架。在加工过程中要注意调整顶尖的顶紧力,死顶尖和中心架应注意润滑。

⑤ 使用尾座时,套筒尽量伸出短些,以减小振动。

⑥ 在立车上装夹支承面小、高度高的工件时,应使用加高的卡爪,并在适当的部位加拉杆或压板压紧工件。

⑦ 车削轮类、套类铸锻件时,应按不加工的表面找正,以保证加工后工件壁厚均匀。

5. 车削加工

(续表)

- ① 车削台阶轴时,为了保证车削时的刚性,一般应先车直径较大的部分,后车直径较小的部分。
- ② 在轴类工件上切槽时,应在精车之前进行,以防止工件变形。
- ③ 精车带螺纹的轴时,一般应在螺纹加工之后再精车无螺纹部分。
- ④ 钻孔前应将工件端面车平,必要时应先打中心孔。
- ⑤ 钻深孔时,一般先钻导向孔。
- ⑥ 车削 $\phi 10 \sim \phi 20$ mm 的孔时,刀杆的直径应为被加工孔径的 0.6~0.7 倍;加工直径大于 $\phi 20$ mm 的孔时,一般应采用装夹刀头的刀杆。
- ⑦ 车削多头螺纹或多头蜗杆时,调整好挂轮后要试切。
- ⑧ 使用自动车床时,要按机床调整卡片进行刀具与工件相对位置的调整,调好后要进行试车削,首件合格后方可加工;加工过程中要随时注意刀具的磨损及工件尺寸与表面粗糙度。
- ⑨ 在立车上车削时,当刀架调整后不得随意移动横梁。
- ⑩ 当工件的有关表面有位置公差要求时,尽量在一次装夹中完成车削。
- ⑪ 车削圆柱齿轮坯时,孔与基准端面必须在一次装夹中加工。必要时应在该端面的齿轮分度圆附近车出标记线。

八、加工余量

1. 轴类毛坯的加工余量

(1) 热轧钢轴类外圆的加工余量见表 1-8;自动机用热轧钢轴类外圆的加工余量见表 1-9。

表 1-8 热轧钢轴类外圆的加工余量 (mm)

零件的 公称尺寸	零件的长度与公称直径之比			
	≤ 4	4~8	8~12	12~20
	毛 坯 的 直 径			
5	7	7	8	8
6	8	8	8	8
8	10	10	10	11
10	12	12	13	13
11	14	14	14	14
12	14	14	15	15

八、加工余量

(续表)

零件的 公称尺寸	零件的长度与公称直径之比			
	≤ 4	4~8	8~12	12~20
	毛坯的直径			
14	16	16	17	18
16	18	18	18	19
17	19	19	20	21
18	20	20	21	22
19	21	21	22	23
20	22	22	23	24
21	24	24	24	25
22	25	25	26	26
25	28	28	28	30
27	30	30	32	32
28	32	32	32	32
30	33	33	34	34
32	35	35	36	36
33	36	38	38	38
35	38	38	39	39
36	39	40	40	40
37	40	42	42	42
38	42	42	42	43
40	43	45	45	45
42	45	48	48	48
44	48	48	50	50
45	48	48	50	50
46	50	52	52	52
50	54	54	55	55
55	58	60	60	60
60	65	65	65	70
65	70	70	70	75
70	75	75	75	80
75	80	80	85	85
80	85	85	90	90
85	90	90	95	95
90	95	95	100	100
95	100	105	105	105
100	105	110	110	110

(续表)

零件的 公称尺寸	零件的长度与公称直径之比			
	≤ 4	4~8	8~12	12~20
	毛坯的直径			
110	115	120	120	120
120	125	125	130	130
130	140	140	140	140
140	150	150	150	150

- 注：1. 带台阶的轴，如最大直径接近于中间部分，应按最大直径选择毛坯的直径；如最大直径接近于端部，毛坯直径可以小些。
2. 确定毛坯的直径时，应先考虑本厂中常用轧制材料的种类（尺寸）。
3. 毛坯长度上的余量可选 2~6 mm。

表 1-9 自动机用热轧钢轴类外圆的

加工余量（车后不磨）

(mm)

零件基本 尺寸 d	车削的长度与公称直径之比				
	≤ 4	>4~8	>8~12	>12~16	>16~20
	毛坯的直径				
4	5	5	5	5	5
5	6	6	6	6	6
6	7	7	7	7	7.5
7	8	8	8	8	8.5
8	9	9	9	9	9.5
9	10	10	11	11	11
10	11	11	12	12	12
11	12	12	12.5	12.5	12.5
12	13	13	14	14	14
13	14	14	15	15	15
14	15	15	16	16	16
15	16	16	17	17	17
16	17	17	18	18	18
17	18	19	19	19	19
18	19	20	20	20	20
19	21	21	21	21	21

(续表)

零件基本 尺寸 d	车削的长度与公称直径之比				
	≤ 4	$>4\sim 8$	$>8\sim 12$	$>12\sim 16$	$>16\sim 20$
	毛坯的直径				
20	22	22	22	22	22
22	24	24	24	24	24
23	25	25	25	25	25
24	26	26	26	26	26
25	27	27	27	27	27
28	30	30	30	30	30
30	32	32	32	32	32
32	34	34	34	34	34
35	38	38	38	38	38
38	40	40	40	40	40
40	42	42	42	42	42
42	44	44	44	44	44
45	47	47	47	47	47
48	50	50	50	50	50
50	52	52	52	52	52
52	55	55	55	55	55
55	58	58	58	58	58
58	60	60	60	60	60
60	64	64	64	64	64
65	68	68	68	68	68
70	75	75	75	75	75
80	85	85	85	85	85

2. 粗车外圆后为精车应留的加工余量

粗车后为精车应留的加工余量可从表 1-10 中查得。

表 1-10 轴在粗车后为精车应留的加工余量 (mm)



(续表)

轴的直径 d	零 件 长 度 L						粗车外圆 的余量 公差(—)
	≤ 100	100~ 250	250~ 500	500~ 800	800~ 1 200	1 200~ 2 000	
	直 径 余 量 a						
≤ 10	0.8	0.9	1.0				
$>10\sim 18$	0.9	0.9	1.0	1.1			0.24
$>18\sim 30$	0.9	1.0	1.1	1.3	1.4		0.28
$>30\sim 50$	1.0	1.0	1.1	1.3	1.5	1.7	0.34
$>50\sim 80$	1.1	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	0.4
$>80\sim 120$	1.1	1.2	1.2	1.4	1.6	1.9	0.46
$>120\sim 180$	1.2	1.2	1.3	1.5	1.7	2.0	0.53
$>180\sim 260$	1.3	1.3	1.4	1.6	1.8	2.0	0.6
$>260\sim 360$	1.3	1.4	1.5	1.7	1.9	2.1	0.68
$>360\sim 500$	1.4	1.5	1.5	1.7	1.9	2.2	0.76

注：在单件或小批量生产时，本表数值需乘上系数 1.3，并简化成一位小数。如 $1.1 \times 1.3 = 1.43$ ，采用 1.4（四舍五入）。

【例】 有一根直径 32 mm、长度 400 mm 的轴，求精车前的工件直径。

解：从表 1-10 中查得余量为 1.1 mm，这时工件直径应为

$$32 + 1.1 = 33.1 \text{ mm}$$

即粗车后的直径应为 33.1 mm。但也不必十分准确，因它也规定有公差。从表 1-10 中可以查得：

公差 = -0.34 mm ，即它的

最大极限尺寸 = 33.1 mm

最小极限尺寸 = $33.1 - 0.34 = 32.76 \text{ mm}$

3. 半精车外圆后为磨削应留的加工余量

如果零件外圆表面在车削后还需磨削的话，那么半精车后必须为磨削留下加工余量。这个余量的大小可从表 1-11 中查得。

【例】 有一直径 30 mm、长 200 mm 的轴，淬火后需经磨削，求半精车后工件的直径。

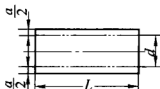
解：从表 1-11 中查得的余量应是 0.4 mm，磨前直径加工偏差

为 -0.14 mm , 则它的直径

最大极限尺寸 $= 30 + 0.4 = 30.4 \text{ mm}$

最小极限尺寸 $= 30 + 0.4 - 0.14 = 30.26 \text{ mm}$

表 1-11 半精车后磨削外圆的加工余量 (mm)



轴的 直径 d	磨削 性质	轴的 性质	轴 的 长 度						磨前 加工 余量 公差
			≤ 100	100~ 250	250~ 500	500~ 800	800~ 1 200	1 200~ 2 000	
			直 径 余 量 a						
≤ 10	中心磨	未淬硬	0.2	0.2	0.3	—	—	—	-0.1
		淬 硬	0.3	0.3	0.4	—	—	—	
	无心磨	未淬硬	0.2	0.2	0.2	—	—	—	
		淬 硬	0.3	0.3	0.4	—	—	—	
10~18	中心磨	未淬硬	0.2	0.3	0.3	0.3	—	—	-0.11
		淬 硬	0.3	0.3	0.4	0.5	—	—	
	无心磨	未淬硬	0.2	0.2	0.2	0.3	—	—	
		淬 硬	0.3	0.3	0.4	0.5	—	—	
18~30	中心磨	未淬硬	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	—	-0.13
		淬 硬	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	—	
	无心磨	未淬硬	0.3	0.3	0.3	0.3	—	—	
		淬 硬	0.3	0.4	0.4	0.5	—	—	
30~50	中心磨	未淬硬	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6	-0.16
		淬 硬	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	
	无心磨	未淬硬	0.3	0.3	0.3	0.4	—	—	
		淬 硬	0.4	0.4	0.5	0.5	—	—	

【例】 有一直径 17 mm 、长 120 mm 不需淬火的轴, 求此轴在磨削前应有的直径。

解：从表 1-11 中查得磨削余量为 0.3 mm，磨前直径加工偏差为 -0.12 mm，因此轴的

最大极限尺寸 = $17 + 0.3 = 17.3 \text{ mm}$

最小极限尺寸 = $17 + 0.3 - 0.12 = 17.18 \text{ mm}$

4. 加工内孔时的钻、扩、镗、铰的尺寸

加工内孔时钻、扩、镗、铰的尺寸见表 1-12~表 1-14。

表 1-12 按基孔制 H7 级精度加工的孔 (mm)

加工孔 的直径	直 径					
	钻		用车刀 镗以后	扩孔钻	粗 铰	精 铰 (H7)
	第一次	第二次				
3	2.9					3
4	3.9					4
5	4.8					5
6	5.8					6
8	7.8				7.96	8
10	9.8				9.96	10
12	11.0			11.85	11.95	12
13	12.0			12.85	12.95	13
14	13.0			13.85	13.95	14
15	14.0			14.85	14.95	15
16	15.0			15.85	15.95	16
18	17.0			17.85	17.94	18
20	18.0		19.8	19.8	19.94	20
22	20.0		21.8	21.8	21.94	22
24	22.0		23.8	23.8	23.94	24
25	23.0		24.8	24.8	24.94	25
26	24.0		25.8	25.8	25.94	26
28	26.0		27.8	27.8	27.94	28
30	15.0	28.0	29.8	29.8	29.93	30
32	15.0	30.0	31.7	31.75	31.93	32
35	20.0	33.0	34.7	34.75	34.93	35
38	20.0	36.0	37.7	37.75	37.93	38
40	25.0	38.0	39.7	39.75	39.93	40
42	25.0	40.0	41.7	41.75	41.93	42
45	25.0	43.0	44.7	44.75	44.93	45
48	25.0	46.0	47.7	47.75	47.93	48

八、加工余量

(续表)

加工孔 的直径	直 径					
	钻		用车刀 镗以后	扩孔钻	粗 铰	精 铰 (H7)
	第一次	第二次				
50	25.0	48.0	49.7	49.75	49.93	50
60	30.0	55.0	59.5	59.5	59.9	60
70	30.0	65.0	69.5	69.5	69.9	70
80	30.0	75.0	79.5	79.5	79.9	80
90	30.0	80.0	89.3	—	89.8	90
100	30.0	80.0	99.3	—	99.8	100
120	30.0	80.0	119.3	—	119.8	120
140	30.0	80.0	139.3	—	139.8	140
160	30.0	80.0	159.3	—	159.8	160
180	30.0	80.0	179.3	—	179.8	180

注：如仅用一次铰孔，则铰孔的加工余量为粗铰和精铰加工余量之总和。

表 1-13 按基孔制 H8、H9 级精度加工的孔 (mm)

加工孔 的直径	直 径				
	钻		用车刀 镗以后	扩孔钻	铰 H8、H9
	第一次	第二次			
3	2.9				3
4	3.9				4
5	4.8				5
6	5.8				6
8	7.8				8
10	9.8				10
12	11.8				12
13	12.8				13
14	13.8				14
15	14.8				15
16	15.0			15.85	16
18	17.0			17.85	18
20	18.0		19.8	19.8	20
22	20.0		21.8	21.8	22
24	22.0		23.8	23.8	24

(续表)

加工孔 的直径	直 径				
	钻		用车刀 镗以后	扩孔钻	铰 H8、H9
	第一次	第二次			
25	23.0		24.8	24.8	25
26	24.0		25.8	25.8	26
28	26.0		27.8	27.8	28
30	15.0	28	29.8	29.8	30
32	15.0	30	31.7	31.75	32
35	20.0	33	34.7	34.75	35
38	20.0	36	37.7	37.75	38
40	25.0	38	39.7	39.75	40
42	25.0	40	41.7	41.75	42
45	25.0	43	44.7	44.75	45
48	25.0	46	47.7	47.75	48
50	25.0	48	49.7	49.75	50
60	30.0	55	59.5	—	60
70	30.0	65	69.5	—	70
80	30.0	75	79.5	—	80
90	30.0	80	89.3	—	90
100	30.0	80	99.3	—	100
120	30.0	80	119.3	—	120
140	30.0	80	139.3	—	140
160	30.0	80	159.3	—	160
180	30.0	80	179.3	—	180

表 1-14 按 H7 或 H8~H9 级精度加工预先

铸出或热冲出的孔

加工孔 的直径	直 径					精 铰 H7、H8
	粗 铰		精 铰		粗 铰	
	第一次	第二次	铰以后的 直径	按照 H6 公差(+)		
30	—	28	29.8	0.14	29.93	30
32	—	30	31.7	0.17	31.93	32
35	—	33	34.7	0.17	34.93	35

(续表)

加工孔 的直径	直 径					精 铰 H7、H8
	粗 铰		精 铰		粗 铰	
	第一次	第二次	铰以后的 直径	按照 H6 公差(+)		
38	—	36	37.7	0.17	37.93	38
40	—	38	39.7	0.17	39.93	40
42	—	40	41.7	0.17	41.93	42
45	—	43	44.7	0.17	44.93	45
48	—	46	47.7	0.17	47.93	48
50	45	48	49.7	0.17	49.93	50
52	47	50	51.5	0.20	51.92	52
55	51	53	54.5	0.20	54.92	55
58	54	56	57.5	0.20	57.92	58
60	56	58	59.5	0.20	59.92	60
62	58	60	61.5	0.20	61.92	62
65	61	63	64.5	0.20	64.92	65
68	64	66	67.5	0.20	67.9	68
70	66	68	69.5	0.20	69.9	70
72	68	70	71.5	0.20	71.9	72
75	71	73	74.5	0.20	74.9	75
78	74	78	77.5	0.20	77.9	78
80	75	78	79.5	0.20	79.9	80
82	77	80	81.3	0.23	81.85	82
85	80	83	84.3	0.23	84.85	85
88	83	86	87.3	0.23	87.85	88
90	85	88	89.3	0.23	89.85	90
92	87	90	91.3	0.23	91.85	92
95	90	93	94.3	0.23	94.85	95
98	93	96	97.3	0.23	97.85	98
100	95	98	99.3	0.23	99.85	100
105	100	103	104.3	0.23	104.8	105
110	105	108	109.3	0.23	109.8	110
115	110	113	114.3	0.23	114.8	115
120	115	118	119.3	0.23	119.8	120
125	120	123	124.3	0.26	124.8	125
130	125	128	129.3	0.26	129.8	130
135	130	133	134.3	0.26	134.8	135

(续表)

加工孔 的直径	直 径					精 铰 H7、H8
	粗 铰		精 铰		粗 铰	
	第一次	第二次	铰以后的 直径	按照 H6 公差(+)		
140	135	138	139.3	0.26	139.8	140
145	140	143	144.3	0.26	144.8	145
150	145	148	149.3	0.26	149.8	150
155	150	153	154.3	0.26	154.8	155
160	155	158	159.3	0.26	159.8	160
165	160	163	164.3	0.26	164.8	165
170	165	168	169.3	0.26	169.8	170
175	170	173	174.3	0.26	174.8	175
180	175	178	179.3	0.26	179.8	180
185	180	183	184.3	0.30	184.8	185
190	185	188	189.3	0.30	189.8	190
195	190	193	194.3	0.30	194.8	195
200	194	197	199.3	0.30	199.8	200
210	204	207	209.3	0.30	209.8	210
220	214	217	219.3	0.30	219.8	220
250	244	247	249.3	0.30	249.8	250
280	274	277	279.3	0.34	279.8	280
300	294	297	299.3	0.34	299.8	300
320	314	317	319.3	0.34	319.8	320
350	342	347	349.3	0.34	349.8	350
380	372	377	379.2	0.38	379.75	380
400	392	397	399.2	0.38	399.75	400
420	412	417	419.2	0.38	419.75	420
450	442	447	449.2	0.38	449.75	450
480	472	477	479.2	0.38	479.75	480
500	492	497	499.2	0.38	499.75	500

注：1. 如铸出的孔有很大的加工余量时，则第一次粗铰可分为两次或多次。

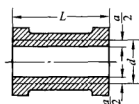
2. 如仅用一次铰孔时，则铰孔的加工余量为本身中粗铰与精铰的加工余量之总和。

5. 半精车内孔后为磨削应留的加工余量

半精车内孔后为磨削应留的余量可以从表 1-15 中查得。

表 1-15 磨削内孔的加工余量

(mm)



孔的直径 d	淬火 情况	孔 的 长 度					磨削加工 余量公差 (+)
		≤ 50	50~ 100	100~ 200	200~ 300	300~ 500	
		直 径 余 量 a					
≤ 10	未淬硬	0.2	—	—	—	—	0.1
	淬 硬	0.2	—	—	—	—	
10~18	未淬硬	0.2	0.3	—	—	—	0.12
	淬 硬	0.3	0.4	—	—	—	
18~30	未淬硬	0.3	0.3	0.4	—	—	0.14
	淬 硬	0.3	0.4	0.4	—	—	
30~50	未淬硬	0.3	0.3	0.4	0.4	—	0.17
	淬 硬	0.4	0.4	0.4	0.5	—	
50~80	未淬硬	0.4	0.4	0.4	0.4	—	0.20
	淬 硬	0.4	0.5	0.5	0.5	—	
80~120	未淬硬	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.23
	淬 硬	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	
120~180	未淬硬	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.26
	淬 硬	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	
180~260	未淬硬	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.3
	淬 硬	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	
260~360	未淬硬	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.34
	淬 硬	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	
360~500	未淬硬	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.38
	淬 硬	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	

【例】有一直径 60 mm、长 40 mm 的内孔,求此孔在磨削前应有的直径。

解:从表 1-15 中查得加工余量为 0.4 mm,磨前直径加工偏差为 +0.2 mm,它的直径

最大极限尺寸 = $60 - 0.4 + 0.2 = 59.8 \text{ mm}$

最小极限尺寸 = $60 - 0.4 = 59.6 \text{ mm}$

6. 半精车内孔后为铰削应留的加工余量

半精车内孔后为铰孔应留的加工余量见表 1-16。

表 1-16 铰 削 余 量

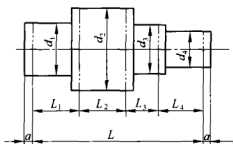
铰 刀 类 型	铰削余量(mm)
高速钢铰刀	0.10~0.30
高速钢阶梯铰刀	0.20~0.50
硬质合金铰刀	0.10~0.40
无刃铰刀	0.01~0.03

7. 端面精车及磨削的加工余量

端面精车及磨削的加工余量见表 1-17。

表 1-17 端面精车及磨削余量 a

(mm)



直 径	零 件 全 长 L											
	≤ 18		$> 18 \sim 50$		$> 50 \sim 120$		$> 120 \sim 260$		$> 260 \sim 500$		> 500	
	精车	磨削	精车	磨削	精车	磨削	精车	磨削	精车	磨削	精车	磨削
≤ 30	0.5	0.2	0.6	0.3	0.7	0.3	0.8	0.4	1.0	0.5	1.2	0.6
$> 30 \sim 50$	0.5	0.3	0.6	0.3	0.7	0.4	0.8	0.4	1.0	0.5	1.2	0.6
$> 50 \sim 120$	0.7	0.3	0.7	0.3	0.8	0.4	1.0	0.5	1.2	0.6	1.2	0.6

(续表)

直 径	零 件 全 长 L											
	≤ 18		$>18\sim 50$		$>50\sim 120$		$>120\sim 260$		$>260\sim 500$		>500	
	精车	磨削	精车	磨削	精车	磨削	精车	磨削	精车	磨削	精车	磨削
$>120\sim 260$	0.8	0.4	0.8	0.4	1.0	0.5	1.0	0.5	1.2	0.6	1.4	0.7
$>260\sim 500$	1.0	0.5	1.0	0.5	1.2	0.5	1.2	0.6	1.4	0.7	1.5	0.7
>500	1.2	0.6	1.2	0.6	1.4	0.6	1.4	0.7	1.5	0.8	1.7	0.8
长度上的 偏差	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-0.2	-0.12	-0.3	-0.17	-0.4	-0.23	-0.5	-0.3	-0.6	-0.4	-0.8	-0.5

注：1. 加工有台阶的轴时，每台阶的工序余量应根据该台阶的直径及全长分别选用。

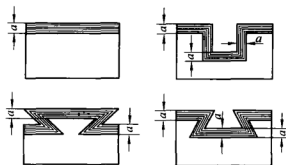
2. 表中的偏差系指尺寸 L 的偏差。

8. 平面的加工余量

平面的加工余量见表 1-18。

表 1-18 平面加工余量 a

(mm)



加工性质	加工面长度	加 工 面 宽 度					
		≤ 100		$100\sim 300$		$300\sim 1\,000$	
		余量 a	公差 (+)	余量 a	公差 (+)	余量 a	公差 (+)
粗加工后精刨 或精铣	≤ 300	1.0	0.3	1.5	0.5	2	0.7
	$300\sim 1\,000$	1.5	0.5	2	0.7	2.5	1
	$1\,000\sim 2\,000$	2	0.7	2.5	1.2	3	1.2
精加工后磨削， 零件在装置时 未经校准	≤ 300	0.8	0.1	0.4	0.12	—	—
	$300\sim 1\,000$	0.4	0.12	0.5	0.15	0.6	0.15
	$1\,000\sim 2\,000$	0.5	0.15	0.6	0.15	0.7	0.15

(续表)

加工性质	加工面长度	加工面宽度					
		≤ 100		100~300		300~1 000	
		余量 a	公差 (+)	余量 a	公差 (+)	余量 a	公差 (+)
精加工后磨削, 零件装置在夹具中或用百分表校准	≤ 300	0.2	0.1	0.25	0.12	—	—
	300~1 000	0.25	0.12	0.3	0.15	0.4	0.15
	1 000~2 000	0.3	0.15	0.4	0.15	0.4	0.15
刮	≤ 300	0.15	0.06	0.15	0.06	0.2	0.1
	300~1 000	0.2	0.1	0.2	0.1	0.25	0.12
	1 000~2 000	0.25	0.12	0.25	0.12	0.3	0.15

注: 1. 表中数值系每一加工面的加工余量。

2. 当几个零件同时加工时, 长度及宽度为装置在一起的各零件长度或宽度及各零件间的间隙总和。
3. 当精刨或精铣时, 最后一次行程前留的余量应 $\geq 0.5 \text{ mm}$ 。
4. 热处理的零件磨前的加工余量应将表中数值乘以 1.2。
5. 磨前及刮的加工余量和公差用于有公差的表面加工, 其他尺寸按未注公差尺寸的公差加工。

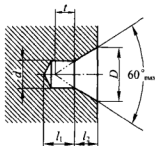
九、中心孔

60°中心孔(GB/T 145—2001)分 A 型、B 型、C 型、R 型四种型式。

1. A 型中心孔(表 1-19)

表 1-19 A 型中心孔型式和尺寸

(mm)



(续表)

工件毛 坯直径	d	D	l_2	t 参考尺寸	工件毛 坯直径	d	D	l_2	t 参考尺寸
4~6	(0.50)	1.06	0.48	0.5	18~30	2.50	5.30	2.42	2.2
	(0.63)	1.32	0.60	0.6	30~50	3.15	6.70	3.07	2.8
	(0.80)	1.70	0.78	0.7	50~80	4.00	8.50	3.90	3.5
	1.00	2.12	0.97	0.9	80~120	(5.00)	10.60	4.85	4.4
6~10	(1.25)	2.65	1.21	1.1	120~180	6.30	13.20	5.98	5.5
	1.60	3.35	1.52	1.4		(8.00)	17.00	7.79	7.0
10~18	2.00	4.25	1.95	1.8	>180	10.00	21.20	9.70	8.7

注：1. 尺寸 l_1 取决于中心钻的长度 l_1 ，即使中心钻重磨后再使用，此值也不应小于 t 值。

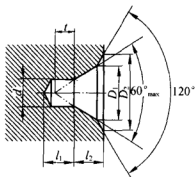
2. 表中同时列出了 D 和 l_2 尺寸，制造厂可任选其中一个尺寸。

3. 括号内的尺寸尽量不采用。

2. B 型中心孔(表 1-20)

表 1-20 B 型中心孔型式和尺寸

(mm)



工件毛 坯直径	d	D_1	D_2	l_2	t 参考 尺寸	工件毛 坯直径	d	D_1	D_2	l_2	t 参考 尺寸
4~6	1.00	2.12	3.15	1.27	0.9	18~30	2.50	6.30	8.00	3.20	2.2
6~10	(1.25)	2.65	4.00	1.60	1.1	30~50	3.15	6.70	10.00	4.03	2.8
	1.60	3.35	5.00	1.99	1.4	50~80	4.00	8.50	12.50	5.05	3.5
10~18	2.00	4.25	6.30	2.54	1.8	80~120	(5.00)	10.60	16.00	6.41	4.4

(续表)

工件毛坯直径	d	D_1	D_2	l_2	t 参考尺寸	工件毛坯直径	d	D_1	D_2	l_2	t 参考尺寸
120~180	6.30	13.20	18.00	7.36	5.5	>180	10.00	21.20	28.00	11.66	8.7
	(8.00)	17.00	22.40	9.36	7.0						

注：1. 尺寸 l_1 取决于中心钻的长度 l_1 ，即使中心钻重磨后再使用，此值也不应小于 t 值。

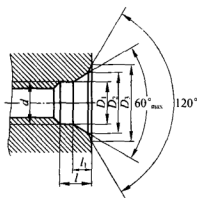
2. 表中同时列出了 D_1 、 D_2 和 l_2 尺寸，制造厂可任选其中一个尺寸。

3. 括号内的尺寸尽量不采用。

3. C 型中心孔(表 1-21)

表 1-21 C 型中心孔型式和尺寸

(mm)

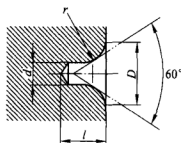


d	D_1	D_2	D_3	l	t 参考尺寸	d	D_1	D_2	D_3	l	t 参考尺寸
M3	3.2	5.3	5.8	2.6	1.8	M10	10.5	14.9	16.3	7.5	3.8
M4	4.3	6.7	7.4	3.2	2.1	M12	13.0	18.1	19.8	9.5	4.4
M5	5.3	8.1	8.8	4.0	2.4	M16	17.0	23.0	25.3	12.0	5.2
M6	6.4	9.6	10.5	5.0	2.8	M20	21.0	28.4	31.5	15.0	6.4
M8	8.4	12.2	13.2	6.0	3.3	M24	26.0	34.2	38.0	18.0	8.0

4. R 型中心孔(表 1-22)

表 1-22 R 型中心孔型式和尺寸

(mm)



工件毛坯直径	d	D	l_{min}	r		工件毛坯直径	d	D	l_{min}	r	
				max	min					max	min
4~6	1.00	2.12	2.3	3.15	2.50	50~80	4.00	8.50	8.9	12.50	10.00
6~10	(1.25)	2.65	2.8	4.00	3.15	80~120	(5.00)	10.60	11.2	16.00	12.50
	1.60	3.35	3.5	5.00	4.00		6.30	13.20	14.0	20.00	16.00
10~18	2.00	4.25	4.4	6.30	5.00	120~180	(8.00)	17.00	17.9	25.00	20.00
18~30	2.50	5.30	5.5	8.00	6.30	>180	10.00	21.20	22.5	31.50	25.00
30~50	3.15	6.70	7.0	10.00	8.00						

注：括号内的尺寸尽量不采用。

十、零件的结构要素

(一) 倒圆和倒角

零件的倒圆和倒角见图 1-3 和表 1-23。

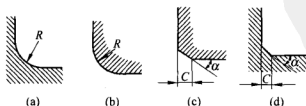


图 1-3 倒圆和倒角型式

表 1-23 倒圆和倒角尺寸

R	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.6	2.0	2.5	3.0
C	4.0	5.0	6.0	8.0	10	12	16	20	25	32	40	50	

注： α 一般采用 45° ，也可采用 30° 或 60° 。倒圆半径、倒角的尺寸标注按国家标准 GB 4458.4—2003《机械制图 尺寸标注》。

内角外角分别为倒圆、倒角（倒角为 45° ）的四种装配方式，如图 1-4 所示。 R_1 、 C_1 的偏差为正； R 、 C 的偏差为负。

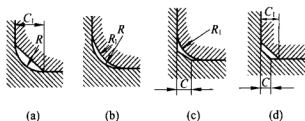


图 1-4 倒圆与倒角的四种装配方式

R 、 R_1 、 C 、 C_1 应按以下要求确定：

- (1) 内角倒圆，外角倒角时， $C_1 > R$ （图 1-4a）。
- (2) 内角倒圆，外角倒圆时， $R_1 > R$ （图 1-4b）。
- (3) 内角倒角，外角倒圆时， $C < 0.58R_1$ （图 1-4c）。
- (4) 内角倒角，外角倒角时， $C_1 > C$ （图 1-4d）。

内角倒角，外角倒圆（图 1-4c）时， C 的最大值 $C_{\max}$ 与 R_1 的关系见表 1-24。

表 1-24 $C_{\max}$ 与 R_1 的关系 (mm)

R_1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.6	2.0
$C_{\max}$	—	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0
R_1	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10	12	16	20	25
$C_{\max}$	1.2	1.6	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10	12

工件直径 ϕ 与倒角 C 、倒圆 R 推荐值见表 1-25。

表 1-25 直径 ϕ 与倒角 C 、倒圆 R 的推荐值 (mm)

ϕ	~ 3	>3 ~ 6	>6 ~ 10	>10 ~ 18	>18 ~ 30	>30 ~ 50	>50 ~ 80	>80 ~ 120	>120 ~ 180
C 或 R	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.6	2.0	2.5	3.0

ϕ	>180 ~ 250	>250 ~ 320	>320 ~ 400	>400 ~ 500	>500 ~ 630	>630 ~ 800	>800 $\sim 1\,000$	$>1\,000$ $\sim 1\,250$	$>1\,250$ $\sim 1\,600$
C 或 R	4.0	5.0	6.0	8.0	10	12	16	20	25

(二) 沟槽

轴上的沟槽又称退刀槽,其尺寸可参考表 1-26。

表 1-26 沟槽尺寸 (mm)

轴的直径	沟槽的宽度和深度
≤ 30	2×0.5
$>30 \sim 50$	3×1
>50	4×1

(三) 砂轮越程槽

一般结构零件磨削面的砂轮越程槽可按 GB 6403.5—2008 规定。回端面及端面砂轮越程槽的型式如图 1-5 所示,其尺寸见表 1-27。

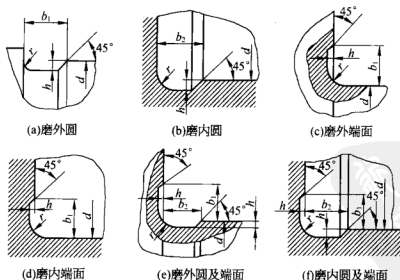


图 1-5 回端面及端面砂轮越程槽

表 1-27 回转面及端面砂轮越程槽的尺寸 (mm)

b_1	0.6	1.0	1.6	2.0	3.0	4.0	5.0	8.0	10
b_2	2.0	3.0		4.0		5.0		8.0	10
h	0.1	0.2		0.3	0.4		0.6	0.8	1.2
r	0.2	0.5		0.8	1.0		1.6	2.0	3.0
d	~10			>10~50		>50~100		>100	

注：1. 越程槽内两直线相交处，不允许产生尖角。

2. 越程槽深度 h 与圆弧半径 r ，要满足 $r \leq 3h$ 。

(四) 滚花

圆柱表面滚花可按 GB 6403.3—2008 规定。

滚花的型式如图 1-6a 所示。

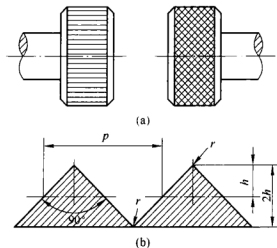


图 1-6 滚花

(a) 花纹的型式；(b) 花纹的垂直截面

滚花花纹的形状是假定工件的直径为无穷大时花纹的垂直截面 (图 1-6b)。

花纹的尺寸见表 1-28。

表 1-28 滚花的尺寸 (mm)

模数 m	h	r	节距 p
0.2	0.132	0.06	0.628

十、零件的结构要素

(续表)

模数 m	h	r	节距 p
0.3	0.198	0.09	0.942
0.4	0.264	0.12	1.257
0.5	0.326	0.16	1.571

注：表中 $h=0.785m-0.414r$ 。



第二部分 零件加工工艺实例

一、轴类零件的加工工艺

(一) 工艺分析

轴类零件的一般加工过程有三个阶段：

1. 粗加工阶段

(1) 毛坯处理 毛坯备料、锻造和正火。

(2) 粗加工 车或铣端面、钻中心孔和粗车外圆等。这个阶段主要目的是用大的进给量切除大部分余量，把毛坯加工至接近工件的最终形状和尺寸，只留下少量的加工余量。同时还可以及时发现毛坯的裂缝等缺陷。

2. 半精加工阶段

(1) 半精加工前热处理 对于 45 钢一般采用正火和调质处理 (220~240HBS)；65Mn 采用退火和调质处理等。

(2) 半精加工 达到一定的精度，留下精加工余量，为精加工作准备，尤其是为精加工作好基准面准备。对一些要求不高的表面，可在这个阶段达到图纸规定的要求。

这个阶段主要是车出工艺基准、半精车外圆、端面和钻孔。

3. 精加工阶段

(1) 精加工前热处理，例如淬火。

(2) 精加工前各种表面加工，如粗磨外圆、铣键槽和花键、车螺纹等。

(3) 精磨外圆(或内、外锥面)，以保证轴的最重要表面的精度。

这个阶段的目的是把各个表面都加工到图纸规定的要求。

(二) 实例

图 2-1~图 2-7 所示的几个轴类零件,其加工过程见表 2-1~表 2-7。

实例 1 销轴

零件图:见图 2-1。

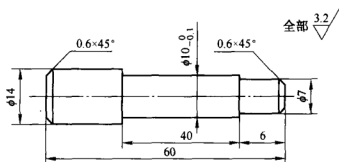


图 2-1 销轴

材料:45 钢。

技术要求:

- (1) $\phi 10$ 有公差要求;
- (2) 表面粗糙度全部为 $\sqrt{3.2}$ 。

数量:20 件。

毛坯:热轧圆钢棒料。

工艺过程:见表 2-1。

表 2-1 销轴的加工工艺过程

序号	名称	加 工 过 程	示 图	定位基准
1	车	1. 用三爪自定心卡盘夹住棒料,伸出长度约 70 2. 粗车和半精车 $\phi 14$ 3. 粗车和半精车 $\phi 10$		棒料外圆
		4. 粗车和半精车 $\phi 7$ 5. 精车 $\phi 10$ 6. 倒角 $0.6 \times 45^\circ$		

(续表)

序号	名称	加 工 过 程	示 图	定位基准
1	车	7. 切断, 长度上留 0.5~1 余量		棒料外圆
2	车	调头夹住 $\phi 10$ 处外圆(表面包一层铜皮或专用开缝套), 车端面 and 倒角 $0.6 \times 45^\circ$		$\phi 10 \pm 0.1$ 外圆

实例 2 合销

零件图: 见图 2-2。

材料: 35 钢。

技术要求:

(1) 各级外圆要在同一轴心线上;

(2) 各个尺寸按“未知公差要求的尺寸公差”确定。

数量: 10 件。

毛坯: 热轧圆钢棒料。

工艺过程: 见表 2-2。

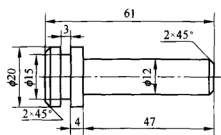
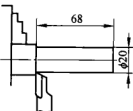
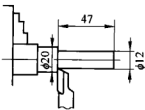
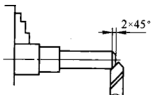
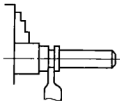
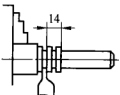


图 2-2 合销

表 2-2 合销的加工工艺过程

序号	名称	加 工 过 程	示 图	定位基准
1	车	1. 车两端面		棒料外圆

(续表)

序号	名称	加 工 过 程	示 图	定位基准
1	车	2. 车 $\phi 20$ 外圆		棒料外圆
		3. 车 $\phi 12$ 外圆		
		4. 倒角 $2 \times 45^\circ$		
		5. 切槽宽 3		
		6. 切断		

(续表)

序号	名称	加工过程	示图	定位基准
2	车	1. 调头夹住 $\phi 12$ 车端面		$\phi 12$ 外圆
		2. 倒角 $2 \times 45^\circ$		

实例 3 定位心轴

零件图: 见图 2-3。

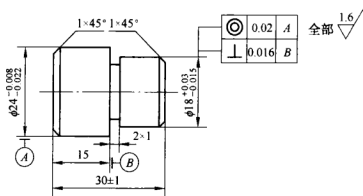


图 2-3 定位心轴

材料: 50 钢。

技术要求:

- (1) $\phi 18$ 外圆与 $\phi 24$ 外圆有同轴度要求;
- (2) $\phi 18$ 外圆与端面 B 有垂直度要求;
- (3) $\phi 18$ 与 $\phi 24$ 外圆公差要求较高;
- (4) 表面粗糙度要求全部 $\sqrt{1.6}$ 。

数量: 30 件。

毛坯:热轧圆钢棒料。

工艺过程:见表 2-3。

表 2-3 定位心轴的加工工艺过程

序号	名称	加 工 过 程	示 图	定位基准
1	车	1. 用三爪自定心卡盘夹住棒料,伸出长度约 40 2. 粗车和半精车端面 and $\phi 24$ 外圆,留余量 0.5~1.5		
		3. 粗车和半精车 $\phi 18$ 外圆,留余量 0.5~1.5		
		4. 切 2x1 外沟槽。注意切槽时深度要大于 1,以防 $\phi 18$ 车准后沟槽深度不够 5. 精车 $\phi 18$ 和 $\phi 24$ 外圆 6. 倒角 1x45° 7. 切断(长度上留余量 0.5~1)	 图中 1、2、3 为加工顺序	
2	车	1. 调头夹住 $\phi 18$ 外圆车 $\phi 24$ 端面 2. 倒角 1x45°		

实例 4 长轴

零件图:见图 2-4。

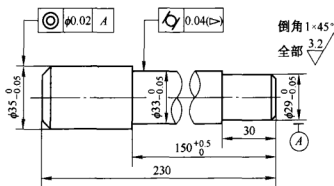


图 2-4 长轴

材料:45 钢。

技术要求:

- (1) 三段直径都有公差要求。
- (2) $\phi 35$ 与 $\phi 29$ 有同轴度要求。
- (3) $\phi 33$ 有圆柱度要求。
- (4) 表面粗糙度全部 ∇ 。

数量:10 件。

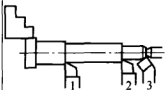
毛坯:棒料。

工艺过程:见表 2-4。

表 2-4 长轴的加工工艺过程

序号	名称	加 工 过 程	示 图	定位基准
1	车	用三爪自定心卡盘夹住棒料 30~50 并校正(另一端的跳动量尽量小些),用 $\phi 3.15$ 中心钻打中心孔		棒料外圆
2	车	用爪自定心卡盘夹住棒料 5~6,另一端用后顶尖顶住,试车一下,并校正锥度(尽量小): 1. 粗车 $\phi 35$ 、 $\phi 33$ 和 $\phi 29$ 外圆,各留余量 1 左右		外圆中心孔

(续表)

序号	名称	加工过程	示图	定位基准
2	车圆	2. 精车上述三个直径外圆 3. 倒角 $1 \times 45^\circ$	 图中 1、2、3 为加工工序	外圆中心孔
3	车	调头夹住 $\phi 35$ 外圆: 1. 车准长度 230 2. 倒角 $1 \times 45^\circ$		外圆

实例 5 渗碳主轴

零件图: 见图 2-5。

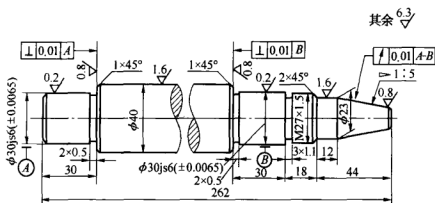


图 2-5 渗碳主轴

材料: 20Cr 钢。

技术要求:

(1) 轴的表面要进行渗碳和淬火, 以达到表面具有高的硬度和耐磨性, 而中心仍保持高的韧性。

(2) 各级外圆的同轴度要求较高, 因此要特别注意中心孔的精度。

(3) 轴的两个阶台的垂直度和圆锥表面的径向跳动要求较高。

(4) 各级外圆表面的粗糙度要求很高,特别是两个 $\phi 30js6$ 外圆和圆锥表面。

数量:5 件。

毛坯:棒料。

工艺过程:见表 2-5。

表 2-5 渗碳主轴的加工工艺

序号	名称	加工过程	定位基准
		Technical drawing of a shaft with the following dimensions and features: - Total length: 268 - Step 1: 33 (from left end) - Step 2: 140 (from left end) - Step 3: 30 (from left end) - Step 4: 21 (from left end) - Step 5: 35 (from left end) - Diameters: $\phi 30_{-0.05}^{+0.05}$, $\phi 40_{-0.02}^{+0.2}$, $\phi 30_{-0.05}^{+0.05}$, $\phi 23_{-0.05}^{+0.05}$ - Surface finish: 12.5 (left end), 6.3 (right end) - Taper: 1:5 (on the right end) - Thread: M27 (on the right end)	
1	车	按上图车至尺寸: 1. 各级需磨削外圆对中心孔径向圆跳动小于 0.1 2. 1:5 锥度用涂色检验, 接触面大于 50%	中心孔
2	热处理	渗碳并校直, 要求各级需磨削外圆对中心孔径向圆跳动小于 0.2	
3	车	一端夹住, 另一端用中心架: 1. 车去端面 3, 修正中心孔 2. 车另一端面取总长 262, 修正中心孔 3. 车 M27$\times$1.5 螺纹外圆至 $\phi 28$ (螺纹不车), 长度控制在 21 4. 在 $\phi 23 \pm 0.05$ 外圆, 长度为 44 5. 切槽 2-2$\times$0.5 至尺寸 6. 倒角 1$\times$45°	外圆中心孔
4	热处理	淬硬至 59HRC	
5	研	研磨两端中心孔	

(续表)

序号	名称	加 工 过 程	定位基准
6	磨	1. 磨 $\phi 40$ 外圆至要求尺寸 2. 粗磨 2- $\phi 30js6$ 外圆至 $\phi 30 \pm 0.03$ 3. 粗磨 $\phi 23$ 外圆至 $\phi 23 \pm 0.06$ 4. 粗磨 1:5 锥度	中心孔
7	热处理	低温时效,消除内应力	
8	车	一顶一夹安装,校正 2- $\phi 30$ 外圆径向圆跳动小于 0.05 1. 切槽 3×1.1 2. 车零件图中标 M27 $\times$ 1.5 的这段外圆至 $\phi 27 \pm 0.24$ 3. 车螺纹	外圆中心孔
9	研	研磨两端中心孔	
10	磨	1. 磨 $\phi 23$ 外圆至要求尺寸 2. 精磨 2- $\phi 30js6$ (± 0.0065) 至要求尺寸 3. 磨端面(注意垂直度) 4. 精磨 1:5 锥度至要求,用锥套检查,接触面 $\geq 70\%$	中心孔
11	钳	清洗涂防锈油	

实例 6 花键轴

零件图:见图 2-6。

材料:45 钢。

技术要求:

(1) $\phi 30$ 、 $\phi 35$ 外圆,花键和键槽都有公差要求。其表面粗糙度要求也较高。

(2) 各级外圆的同轴度误差尽量小些。

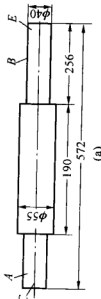
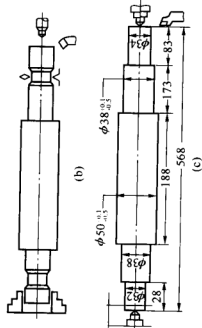
(3) 为使零件有较高韧性和足够的强度,在加工过程中安排调质工序。

数量:5 件。

毛坯:锻件。

工艺过程:见表 2-6。

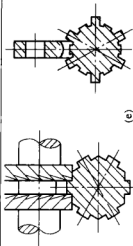
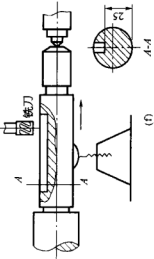
表 2-6 花键轴的加工工艺

序号	名称	加工过程及示意图	定位基准
1	锻	自由锻 	
2	车	1. 在外圆 A 和 B 处车出中心架支承档(车去外皮止) 2. 车两端面和打中心孔, 控制总长 568(图 b) 3. 用两顶尖装夹, 粗车 $\phi 50 \times 188$ 和 $\phi 32 \times 28$ 外圆 4. 调头粗车 $\phi 38$、$\phi 32 \times 28$ 外圆(图 c) 	外圆中心孔
3	热处理	调质 240~270HBS 全长弯曲度小于 1	中心孔

(续表)

序号	名称	加工过程及示意图	定位基准
4	车	1. 清理和修正两端中心孔 2. 车外圆至 $\phi 48^{+0.45}_{-0.35}$, 表面粗糙度为 $6.3 \sqrt{}$ 3. 车外圆至 $\phi 35^{+0.45}_{-0.35} \times 257$, 表面粗糙度为 $6.3 \sqrt{}$ 4. 车外圆至 $\phi 30^{+0.45}_{-0.35} \times 84$, 表面粗糙度为 $6.3 \sqrt{}$ 5. 车外圆至 $\phi 24^{+0.45}_{-0.35} \times 24$, 表面粗糙度为 $12.5 \sqrt{}$ 6. 切槽 3×0.25 (三处) 7. 倒角 $1^{+0.2} \times 45^\circ$、$1^{+0.2} \times 45^\circ$、$0.5^{+0.2} \times 45^\circ$、$1^{+0.2} \times 45^\circ$ 表面粗糙度为 $12.5 \sqrt{}$ (图 d) 8. 调头车外圆至 $\phi 35^{+0.45}_{-0.35}$ (控制 $\phi 48$ 外圆长度为 186) 9. 车外圆至 $\phi 30^{+0.45}_{-0.35} \times 29$, 表面粗糙度为 $6.3 \sqrt{}$ 10. 切槽 3×0.25 (两处), 表面粗糙度为 $12.5 \sqrt{}$ 11. 倒角 $1^{+0.2} \times 45^\circ$ (两处), $0.5 \times 45^\circ$, 表面粗糙度为 $12.5 \sqrt{}$ 中心孔 (d)	

(续表)

序号	名称	加工过程及示意图	定位基准
5	铣	铣花键(图 e)  (e)	
6	铣	铣键槽(图 f)  (f)	中心孔
7	磨	磨各级外圆至要求尺寸, $\phi 48$ 外圆中间一段 50 长度内磨成 $\phi 48 \pm 0.008$	
8	车	1. 车 $\phi 24$ 外圆及倒角 2. 车 $M24 \times 1.5$ 螺纹	
9	检	按要求检查各部分尺寸	

实例 7 车床主轴

零件图:见图 2-7。

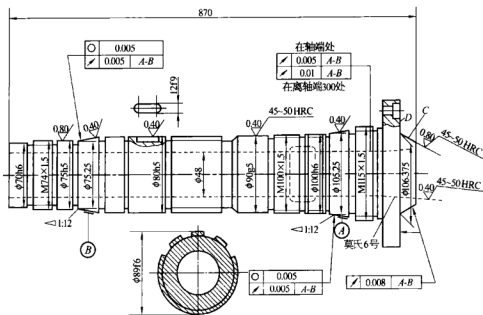


图 2-7 车床主轴

材料:45 钢。

技术要求:

(1) A、B、C、D 表面的精度要求很高,除尺寸精度外,其径向圆跳动和圆度误差在 0.005~0.01 mm 以内。

 (2) 表面粗糙度为 $\sqrt[0.40]{\sim} \sqrt[0.80]{}$ 范围内。

(3) 轴端锥面与锥孔需淬硬。

数量:4 件。

毛坯:锻件。

工艺过程:见表 2-7。

表 2-7 车床主轴的加工工艺

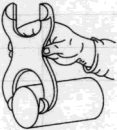
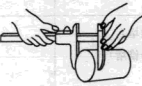
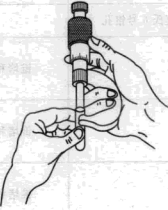
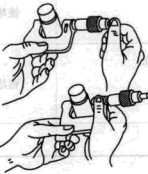
序号	名称	加工过程	定位基准
1	锻		
2	热处理	正火	

(续表)

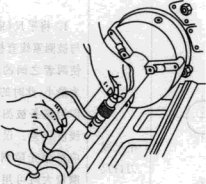
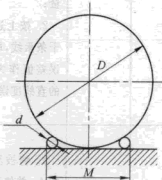
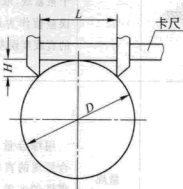
序号	名称	加 工 过 程	定位基准
3	车(铣)	车(或铣)端面打中心孔	外圆
4	车	粗车各级外圆(留精车余量)	中心孔
5	热处理	调质 220~240HBS	
6	车	1. 车大端各部分 2. 车小端各部分	中心孔
7	钻	钻深孔	
8	车	1. 车小端锥孔(配 1:20 锥堵) 2. 车大端锥孔(配莫氏 6 号锥堵) 3. 车短锥及端面	外圆
9	钻	钻大端端面上各个孔	
10	热处理	高频淬火: $\phi 90\text{g}5$ 、短锥、莫氏 6 号锥孔	
11	车	1. 精车各级外圆 2. 切槽	锥堵和中心孔
12	磨	1. 粗磨外圆二段 2. 粗磨莫氏 6 号锥孔	锥堵和中心孔
13	铣	1. 粗、精铣花键 2. 铣键槽	锥堵和中心孔
14	车	1. 车大端内侧面 2. 车三段螺纹(配螺母)	锥堵和中心孔
15	磨	1. 粗、精磨各级外圆及端面 2. 粗、精磨圆锥面 3. 粗磨莫氏 6 号锥孔	锥堵和中心孔
16	检	按图纸要求检验各个表面	

(三) 轴类零件的检验方法(表 2-8)

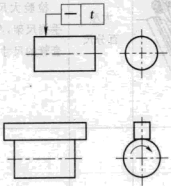
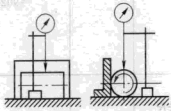
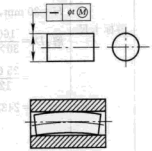
表 2-8 轴类零件的检验

检验项目	示 图	检验工具	检验方法和计算
轴的直径 (一)		量规	先用量规的过端检验,再用另一端的不过端检验。 如果过端能通过,不过端不能通过,则表示该轴径合格
轴的直径 (二)		游标卡尺	右手握住尺身,左手扶住固定卡脚,卡爪自上向下放在被测件上
轴 类 零 件 轴的直径 (三)		0~25 mm 百分尺	右手的两个手指将尺架压在手心中,拇指和食指调整活动套管。 左手捏住被测件(小尺寸),将被测件放入百分尺的两个测量面之间
轴的直径 (四)		25~50 mm 百分尺	检验中等尺寸轴径。 左手握尺架,右手调整活动套管的尺寸

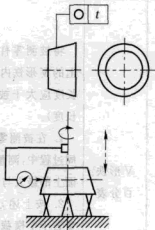
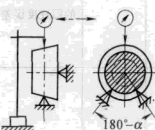
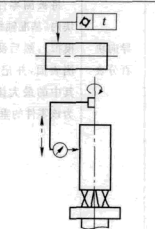
(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检验方法和计算
轴的直径 (五)		大型 百分尺	检验大尺寸轴径。右手握尺架,左手调整活动套管的尺寸
轴类零件 大直径轴类直径 (一)	 D—被测件直径(mm); d—圆棒直径(mm); M—两圆棒外侧距离(mm)	圆棒 百分尺 游标卡尺	$D = \frac{(M-d)^2}{4d}$ 【例】 $d=10\text{ mm}$, $M=200\text{ mm}$, 求 D。 解: $D = \frac{(200-10)^2}{4 \times 10}$ $= 902.5\text{ mm}$
大直径轴类直径 (二)	 D—被测件直径(mm); H—卡尺上卡爪高度(mm); L—卡尺上的尺寸(mm)	游标卡尺	$D = \frac{L^2}{4H} + H$ 【例】 $L=160\text{ mm}$, $H=30\text{ mm}$, 求 D。 解: $D = \frac{160^2}{30 \times 4} + 30$ $= \frac{25\,600}{120} + 30$ $= 243.33\text{ mm}$

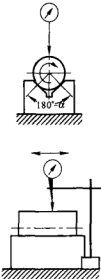
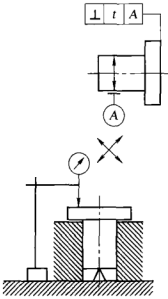
(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检验方法和计算
轴 类 零 件 直 线 度 (一)		平尺或 刀口尺	1. 将平尺(或刀口尺)与被测素线直接接触,并使两者之间的最大间隙为最小,此时的最大间隙即为该条被测素线的直线度误差。误差的大小应根据光隙测定。当光隙较大时可用厚薄规测量; 2. 按上述方法测量若干条素线,取其中最大的误差值作为该被测零件的直线度误差
直 线 度 (二)		百分表	1. 将被测零件放在平板上,并使其紧靠在直角铁上。用百分表在被测素线的全长范围内测量; 2. 按上述方法测量若干条素线,取其中最大的误差值作为该被测零件的直线度误差
直 线 度 (三)		量规	用综合量规检验。综合量规的直径等于被测零件的实效尺寸。综合量规必须通过被测零件

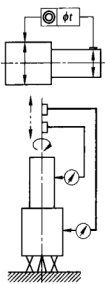
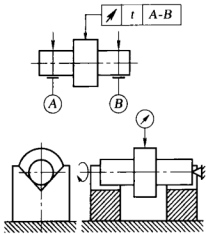
(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检验方法和计算
圆度 (一)		固定支座 活动支座 百分表 圆度专用 量仪	将被测零件放置在量仪上,同时调整被测零件的轴线,使它与量仪的回转轴同轴。 1. 记录被测零件在回转一周过程中测量截面上各点的半径差; 2. 按上述方法测量若干截面,取其中最大的误差值作为该零件的圆度误差
轴 圆度 (二)		V 形铁 百分表	将零件放在 V 形铁上,使其轴线垂直于测量截面,同时固定轴向位置。 1. 在被测零件回转一周过程中,指示器读数的最大差值之半作为单个截面的圆度误差; 2. 按上述方法测量若干截面,取其中最大的误差值作为该零件的圆度误差。 这种方法的可靠性取决于截面形状误差和 V 形铁夹角的综合效果。常以夹角 $\alpha = 90^\circ$ 和 120° 或 72° 和 108° 两块 V 形铁分别测量
圆柱度 (一)		专用 检查仪	将被测零件的轴线调整到与量仪的轴线同轴。 1. 记录被测零件回转一周过程中测量截面上各点的半径差; 2. 在测头没有径向偏移的情况下,可按上述方法测量若干个横截面(测头也可沿螺旋线移动)

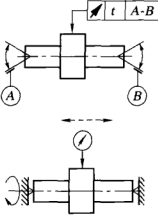
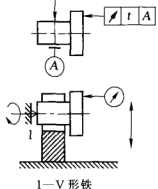
(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检验方法和计算
圆柱度 (二)		V形铁 百分表	将被测零件放在平板上的V形铁内(V形铁的长度应大于被测零件的长度)。 1. 在被测零件回转一周过程中,测量一个横截面上的最大与最小读数; 2. 按上述方法连续测量若干个横截面,然后取各截面内所测得的所有读数中最大与最小读数的差值之半作为该零件的圆柱度误差
垂直度		导向块 百分表	将被测零件放在导向块内(基准轴线由导向块模拟),然后测量整个被测表面,并记录读数,取其中的最大读数差值作为该零件的垂直度误差

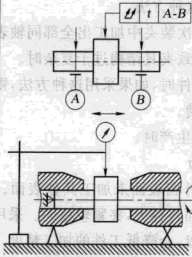
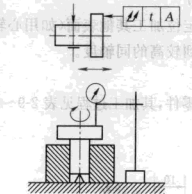
(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检验方法和计算
同轴(同心)度		固定支座 活动支座 百分表 圆度仪(或 专用设备)	调整被测零件,使其基准轴线与仪器主轴的回转轴线同轴。在被测零件的基准要素和被测要素上测量若干截面,得出该零件的同轴度误差
轴 类 零 件 圆 跳 动 (一)		V 形铁 百分表	基准轴线由一对相同的 V 形铁模拟,被测零件支承在 V 形铁上,并在轴向定位。 1. 在被测零件回转一周过程中,指示器最大读数差值即为单个测量平面上的径向跳动; 2. 按上述方法测量若干个截面,取各个截面上测得的跳动量中的最大值作为该零件的径向跳动。 该测量方法受 V 形铁角度和实际基准要素形状误差的综合影响

(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检验方法和计算
圆跳动 (二)		两顶尖座 百分表	将被测零件安装在两顶尖之间: 1. 在被测零件回转一周过程中,指示器最大读数差值即为单个测量平面上的径向跳动; 2. 按上述方法测量若干个截面,取各截面上测得的跳动量中的最大值作为该零件的径向跳动
轴 类 零 件 圆跳动 (三)		V形铁 百分表	将被测零件支承在 V 形铁上,并在轴向上固定。 1. 在被测零件回转一周过程中,指示器最大读数差值即为单个测量圆柱面上的端面跳动; 2. 按上述方法测量若干个圆柱面,取各个测量圆柱面上测得的跳动量中的最大值,作为该零件的端面跳动。 该测量方法受 V 形铁角度和实际基准要素形状误差的综合影响

(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检验方法和计算
轴 类 零 件		导向套 百分表	将被测量零件固定在同轴导向套筒内,同时在轴向上固定并调整该对套筒,使其同轴并与平板平行。 在被测零件连续回转过程中,同时让指示器沿基准轴线的方向作直线运动。 在整个测量过程中,指示器的最大读数差值即为该零件的径向全跳动。 基准轴线也可以用一对V形铁或一对顶尖的简单方法来体现
			将被测零件固定在导向套筒内,并在轴向上固定。导向套筒的轴线应与平板垂直。 在被测零件连续回转过程中,指示器沿其径向作直线移动。 在整个测量过程中,指示器最大读数差值即为该零件的端面全跳动。 基准轴线也可以用V形铁等简单方法来体现

二、套类零件的加工工艺

(一) 工艺分析

加工套类零件时,除了要保证内外圆同轴度和端面垂直度外,特别要注意防止变形。要达到上述要求,一般采用下面三种方法:

1. 在一次装夹中加工

其加工顺序是：车端面—粗车外圆—钻孔—粗车内孔—精车内孔—精车外圆—切断—调头车另一端面和倒角。

但在下列情况下，不能采用这种方法。

(1) 零件的结构不允许在一次装夹中加工出全部同轴表面。

(2) 如果采用这种方法会导致夹具结构过于复杂时。

(3) 当毛坯是单个铸件或锻件时，如果采用这种方法，则必须加长毛坯材料的长度，从而造成浪费。

(4) 按工序分散原则来安排生产时。

2. 以外圆定位加工其他表面

先把外圆精车好，然后夹住外圆表面来加工其他表面。这种方法迅速可靠。同时，由于外圆表面直径大，夹紧较稳固。采用这种方法时，如果用一般三爪自定心卡盘，会降低工件的加工精度。最好采用精度较高的夹具，如弹性薄膜卡盘、液性塑料夹具等。对于一般精度为 IT7~IT8 的工件，可采用未经淬火的卡爪（软卡爪）。

3. 以内孔定位加工其他表面

先精加工内孔，然后以内孔定位加工其他表面（如用心轴或锥堵装夹）。采用这种方法能保证达到较高的同轴度。

(二) 实例

图 2-8~图 2-14 所示的套类零件，其加工过程见表 2-9~表 2-15。

实例 8 铜套

零件图：见图 2-8。

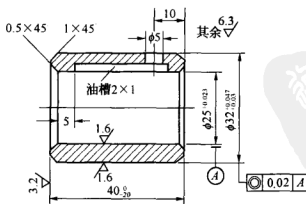


图 2-8 铜套

材料:黄铜。

技术要求:

(1) $\phi 32$ 与 $\phi 25$ 同轴度要求为 0.02。

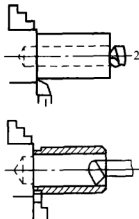
(2) 内外圆表面粗糙度较高。

数量:30 件。

毛坯:棒料。

工艺过程:见表 2-9。

表 2-9 铜套的加工工艺

序号	名称	加 工 过 程	示 图	定位基准
1	木模	木模 $\phi 38 \times 284$ (6 件)		
2	铸	铸造		
3	车	1. 用三爪自定心卡盘夹住棒料,伸出约 50 2. 粗车端面和外圆,留余量 1~1.5 3. 用直径 23 钻头钻孔 4. 车端面和半精车内孔 5. 精车内孔至 $\phi 25 \pm 0.03$, 并冷却一些时间 6. 精车外圆至 $\phi 32 \pm 0.03$ 7. 孔口倒角 $0.5 \times 45^\circ$ 、外圆倒角 $1 \times 45^\circ$ 8. 拉油槽 2×1 两端留边各 5 9. 切断,长度为 40.5	 精车后的内孔尺寸要大于要求的原因是:当铜套压入另一件内孔时,孔径会缩小	外圆
4	车	1. 调头用铸铁开缝套筒夹住外圆,车准长度 40 ± 0.20 2. 孔口倒角		
5	钳	钻 $\phi 5$ 孔		
6	检	按图纸要求检验		

实例 9 螺塞

零件图:见图 2-9。

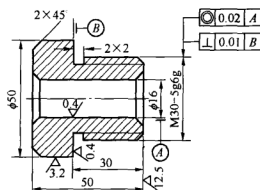


图 2-9 螺塞

材料:45 钢。

技术要求:

(1) 螺纹与内孔的同轴度和台阶的垂直度要求较高。

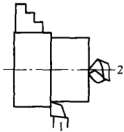
 (2) 内孔和台阶表面粗糙度要求为 $R_{a} 0.4$ 。

数量:15 件。

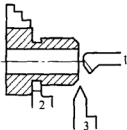
毛坯:棒料。

工艺过程:见表 2-10。

表 2-10 螺塞的加工工艺过程

序号	名称	加工过程及示图	定位基准
1	车	 - 落料 $\phi 54 \times 54$ - 夹住坯料,伸出 25~27,车准 $\phi 50$ 外圆 - 用 $\phi 14$ 钻头钻孔	外圆

(续表)

序号	名称	加工过程及示意图	定位基准
2	车	 1. 调头夹住 $\phi 50$ 外圆, 半精车 $\phi 16$ 内孔 2. 车 M30 螺纹外圆至 $\phi 30=8.48$, 并倒角和切槽(退刀槽) 3. 调整车床进给箱手柄位置和交换齿轮($P=3.5\text{ mm}$) 车 M30 螺纹 4. 精车 $\phi 16$ 内孔, 并倒角 5. 精车 $\phi 50$ 外圆的台阶表面 6. 调头夹住 $\phi 50$ 外圆校正 7. 车端面 8. 倒角 $2 \times 45^\circ$	外圆

实例 10 小套

零件图: 见图 2-10。

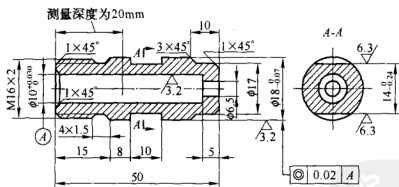


图 2-10 小套

材料: 35 钢。

技术要求:

- (1) $\phi 18$ 外圆与内孔同轴度要求较高。
- (2) $\phi 10$ 内孔, 其中深度为 20 一段为测量段。

数量:20 件。

毛坯:棒料。

工艺过程:见表 2-11。

表 2-11 小套的加工工艺

序号	名称	加 工 过 程	定位基准
1	车	1. 夹住棒料,伸出约 60 车端面 2. 粗车和半精车 $\phi 18$ 外圆 3. 车准 M16 螺纹外圆,其尺寸为 $16-0.41$ 4. 切槽 4×1.5 5. 车 M16 螺纹 6. 钻 $\phi 8 \times 42$ 的孔 7. 镗孔至 9.8,控制深度 45 及平底孔 8. 铰孔至 $\phi 10+0.03$ 9. 倒角 $1 \times 45^\circ$	棒料外圆
2	车	1. 调头上心轴车准外圆 $\phi 17 \times 10$ 2. 钻 $\phi 6.5$ 孔 3. 精车 $\phi 18-0.07$	内孔
3	铣	铣扁棒 $14-0.24$	内孔

实例 11 螺母

零件图:见图 2-11。

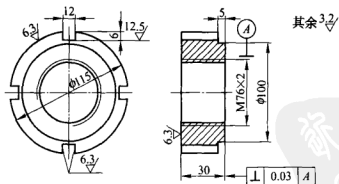


图 2-11 螺母

材料:35 钢。

技术要求:端面与螺母轴线的垂直度误差不大于 0.03。

数量:20 件。

毛坯:锯件(已从棒料上锯下来)。

工艺过程:见表 2-12。

表 2-12 螺母的加工工艺

序号	名称	加 工 过 程	定位基准
1	车	1. 夹住毛坯外圆,伸出 27 左右,粗车和半精车端面 and $\phi 115$ 外圆 2. 钻孔和扩孔至 72	外圆
2	车	1. 调头夹住已车过的 $\phi 115$ 外圆,端面与反卡爪台阶贴平,粗车端面 and $\phi 100$ 外圆 2. 半精镗内孔至 $\phi 73.7+0.2$ 3. 粗车和精车内螺纹 4. 精车端面	
3	铣	铣槽 12×6	端面

实例 12 钢套

零件图:见图 2-12。

材料:45 钢。

技术要求:

(1) 内孔及外圆尺寸变化不超过 0.005。

(2) 内孔与外圆的同轴度误差不超过 0.005。

数量:10 件。

毛坯:锻件。

工艺过程:见表 2-13。

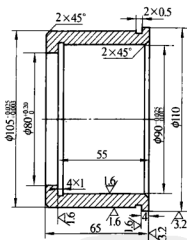


图 2-12 钢套

表 2-13 钢套的加工工艺

序号	名称	加 工 过 程	示 图
1	锻	锻制成 $\phi 117\times 71$ 毛坯,内孔为 $\phi 65$	
2	热处理	退火	

(续表)

序号	名称	加工过程	示 图
3	车	1. 粗车成如图所示形状和尺寸 2. 粗车端面 3. 粗车内孔 $\phi 78-0.0$, $\phi 88-0.0$, 深 $54-0.0$ 4. 调头车端面, 保持总长 $67^{+0.1}$ 5. 粗车外圆 $\phi 107$ 长 $61^{+0.1}$	
4	热处理	正火 170~217HBS	
5	车	1. 反夹校正外圆车端面(撑住内孔)(如图 a) 2. 车外圆 $\phi 110.7^{+0.1}$, $\phi 105.7^{+0.1}$ 3. 倒角 $2 \times 45^\circ$, 车槽 3×0.5 , 保持尺寸 4 4. 调头, 用套夹住外圆车端面, 总长 65(如图 b) 5. 半精车内孔 $\phi 90-0.08$, 深 54.7 6. 车内孔 $\phi 80^{+0.02}$ 7. 车内孔沟槽 8. 倒角: $\phi 90$ 孔口 $1.3 \times 45^\circ$, $\phi 80$ 孔口 $1.3 \times 45^\circ$	
6	磨	粗磨内孔及端面: $\phi 90-0.08$, 深 54.9	
7	磨	粗磨外圆: $\phi 110.15^{+0.1}$, $\phi 105.2^{+0.1}$	
8	热处理	自然时效, 放置 3~4 天	
9	磨	精磨内孔及端面至要求尺寸	
10	磨	精磨外圆至尺寸	

实例 13 尾座套筒

零件图: 见图 2-13。

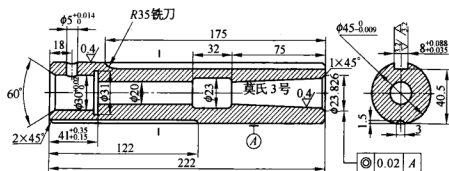


图 2-13 尾座套筒

材料:45 钢。

技术要求:

(1) 锥孔与 $\phi 45$ 外圆同轴度误差不大于 0.02。

(2) 锥孔和 $\phi 45$ 外圆表面粗糙度是 $R_{a} 0.4$ 。

数量:5 件。

毛坯:棒料。

工艺过程:见表 2-14。

表 2-14 尾座套筒的加工工艺

序号	名称	加工过程	定位基准
1	车	1. 车两端面打中心孔 2. 用两顶尖安装粗车和半精车外圆(留磨削余量 0.4) 3. 调头粗车和半精车另一端外圆 4. 用准确的或经过修正三爪自定心卡盘卡爪夹住一端,另一端用中心架支承,并用百分表(或划线盘)校正,车端面定中心 5. 用 $\phi 18$ 麻花钻钻孔至一半以上深度,接着调头用同样方法把孔钻通	外圆
2	车	1. 镗准 $\phi 20$ 的内孔和车 $\phi 23 \times 30$ 的内沟槽 2. 车莫氏 3 号锥孔	
3	车	1. 调头安装并校正,粗车和半精车 $\phi 30$ 的内孔,留余量 0.5 2. 精车 $\phi 30$ 内孔 3. 切 $\phi 31$ 内沟槽 4. 倒角 $2 \times 45^\circ$	

(续表)

序号	名称	加工过程	定位基准
4	铣	1. 铣 8×175 长槽 2. 铣 3×120 弧形长槽	
5	磨	1. 磨 $\phi 45 - 8.009$ 外圆 2. 磨莫氏 3 号锥孔	
6	钻	钻 $\phi 5 + 0.014$ 孔	
7	检	按图纸要求检验	

实例 14 主轴轴承(轴衬)

零件图: 见图 2-14。

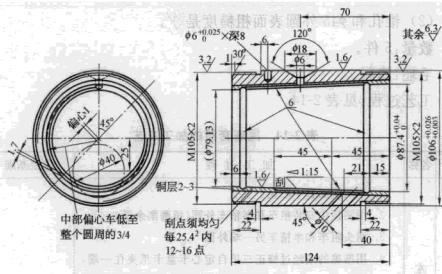


图 2-14 主轴轴承

材料: 青铜。

技术要求:

- (1) 内外圆同轴度误差不大于 0.01 mm 。
- (2) 锥度误差不大于 0.02 mm 。
- (3) 内外圆表面粗糙度不低于 $\nabla 5$ 。

数量: 5 件。

毛坯: 浇铸件。

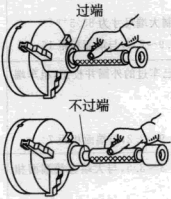
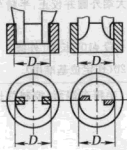
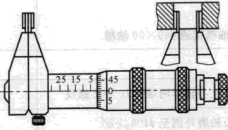
工艺过程: 见表 2-15。

表 2-15 主轴轴承的加工工艺过程

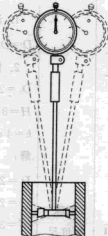
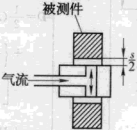
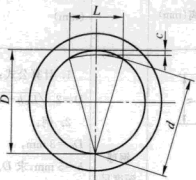
序号	名称	加 工 过 程	定位基准
1	车	1. 用四爪单动卡盘夹住毛坯外圆校正,粗车端面(切去外皮) 2. 粗车外圆至 $\phi 107.5$ 3. 粗车锥孔(1:15),控制大端尺寸为 $85.5^{+0.5}$ 4. 车 6 宽环形油槽,深 1.9~2.2,与端面相距 16	外圆
2	车	1. 用四爪单动卡盘夹住已车过的外圆并校正,粗车端面,控制总长 126 2. 粗车外圆(接刀) 3. 车 6 宽环形油槽,深 1.9~2.2,与端面相距 7	外圆
3	铣	铣 $\phi 40$ 圆弧槽,控制深度 3~3.5,与大端直径端面相距 38	
4	钳	按已铣好的 $\phi 40$ 圆弧槽划出 R6 直油槽的中心线	
5	刨	按划线刨出 R6 深 1.9~2.2 直油槽	
6	车	1. 用四爪单动卡盘夹住锥孔大端外圆并校正,半精车端面,控制总长 125 2. 锥孔小端用大顶尖顶住车一段 $\phi 107$ 长 20 外圆 3. 车 M107 $\times$ 2 螺纹,长度为 20(作定位基准用)	外圆和小端内孔
7	车	1. 应用专用夹具以螺纹定位,半精车端面,控制总长 124 2. 半精车外圆至 $\phi 106 \pm 0.03$ 3. 应用锥度靠模精镗 1:15 锥孔	螺纹
8	钳	划 45° 偏心油槽中线	
9	车	1. 应用专用偏心夹具镗偏心油槽。深约 1.7,使圆弧占整个圆锥 $\frac{3}{4}$ 2. 拉一段深 1.2 直油槽接通 $\phi 40 \times 20$ 油槽	
10	钳	刮内锥孔	
11	车	以内锥孔为定位基准上心轴车两端 M105 $\times$ 2 螺纹	锥孔
12	磨	以锥孔定心上锥形心轴磨外圆至 $\phi 106 \pm 0.03$	锥孔
13	检	按图纸要求检验	

(三) 套类零件的检验方法(表 2-16)

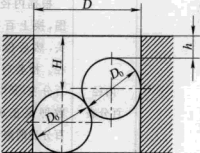
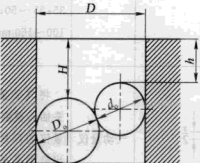
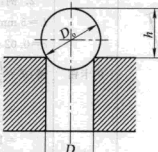
表 2-16 套类零件的检验方法

检验项目	示 图	检验工具	检验方法和计算
套 内 类 孔 零 直 件 径		光滑圆柱塞规	先用过端检验,再用不过端检验。如果过端能通过,不过端不能通过,则该孔为合格
		游标卡尺	用游标卡尺的内孔测量面平正地放在内孔中
		内径百分尺	用内径百分尺的两个卡脚平正地放在内孔中,当内孔直径较大时,可用杆式内径百分尺

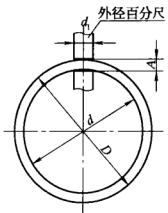
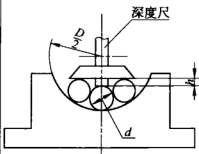
(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检验方法和计算
套 类 零 件 内 孔 直 径		内径百分表	根据内径的尺寸范围,换上百分表的测头,然后检验内孔直径。检验时略微摇摆百分表,其中最大的读数即是正确的尺寸。百分表的测量范围有: 6~10; 10~18; 18~35; 35~50; 50~100; 100~160 mm
	 被测件 气流 $\frac{s}{2}$	气动量仪	将气动量仪的测量头插入被测件孔中,从量仪的浮标中就可看出被测孔的误差是多少
	 D—被测件孔径; d—内卡钳尺寸(轴径)(mm); L—内卡钳摆动距(mm); c—轴与孔之间的配合间隙	内卡钳	1. 计算公式: $d = \frac{L^2}{8c}$ 2. 例: $L=5$ mm, $c=0.02$ mm,求 d。 解: $d = \frac{L^2}{8c}$ $= \frac{5^2}{0.02 \times 8}$ $= 156.25$ mm 没有内径千分尺,只有外径千分尺、钢尺和内卡钳时才采用

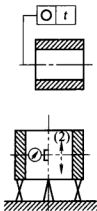
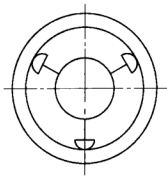
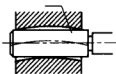
(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检验方法和计算
套 内 类 孔 零 直 件 径	  D—被测孔直径(mm); D_0—钢球直径(mm); H—左面钢球与被测件端面距离(mm); h—右面钢球与被测件端面距离(mm)	钢球 深度尺 平板	1. 计算公式: $D = D_0 + \sqrt{D_0^2 - (H - h)^2}$ 2. 例: $D_0 = 20 \text{ mm}$, $H = 8 \text{ mm}$, $h = 4 \text{ mm}$, 求 D. 解: $D = 20 + \sqrt{20^2 - (8 - 4)^2}$ $= 20 + 19.59$ $= 39.59 \text{ mm}$ 如果两钢球直径不同, 则 $D = \frac{1}{2}(D_0 + d_0) + \left\{ \frac{1}{4}(D_0 + d_0)^2 - \left[\frac{1}{2}(D_0 - d_0) + H - h \right]^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$ 式中 d_0——小钢球直径(mm)
	 D—被测件孔径(mm); D_0—钢球直径(mm); h—钢球露出高度(mm)	钢球 深度尺 平板	1. 计算公式: $D = 2 \sqrt{D_0 h - h^2}$ 2. 例: $D_0 = 8 \text{ mm}$, $h = 5 \text{ mm}$, 求 D. $D = 2 \sqrt{8 \times 5 - 5^2}$ $= 2 \times \sqrt{8 \times 5 - 5^2}$ $= 2 \times 3.873$ $= 7.746 \text{ mm}$ 没有内径量具时才采用

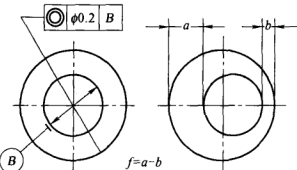
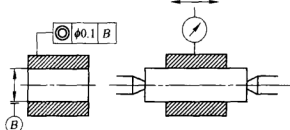
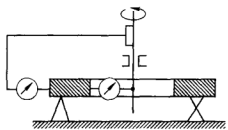
(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检验方法和计算
套 内 类 孔 零 直 件 径	 外径百分尺	外径 百分尺 0~25 mm 175~ 200 mm	1. 计算公式: $d = 2\sqrt{\left(\frac{D}{2} - A\right)^2 + \left(\frac{d_1}{2}\right)^2}$ 2. 例: $D = 193.94 \text{ mm}$, $d_1 = 6.5 \text{ mm}$, $A = 9.53 \text{ mm}$, 求 d。 解: $d = 2\sqrt{\left(\frac{193.94}{2} - 9.53\right)^2 + \left(\frac{6.5}{2}\right)^2}$ $= 2 \times \sqrt{\left(\frac{193.94}{2} - 9.53\right)^2 + \left(\frac{6.5}{2}\right)^2}$ $= 2 \times \sqrt{7656.31} = 175 \text{ mm}$ 现场只有小尺寸千分尺, 没有大尺寸内径千分尺时才采用
	 深度尺	深度尺 圆棒 三根	1. 计算公式: $D = d \left(1 + \frac{d}{h}\right)$ 2. 例: $d = 16 \text{ mm}$, $h = 4 \text{ mm}$, 求 D。 解: $D = d \left(1 + \frac{d}{h}\right)$ $= 16 \times \left(1 + \frac{16}{4}\right)$ $= 80 \text{ mm}$

(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检验方法和计算
圆度 (一)		固定支座 活动支座 百分表 圆度专用 量仪	检验方法与轴类零件 圆度(一)方法相同
套 类 零 件 圆度 (二)		三点接 触式内径 百分尺	用三点接触式内径百 分尺检验内孔圆度,最好 多测几个位置
直线度		量规	检验方法与轴类零件 直线度(三)相同

(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检验方法和计算
同轴度 (一)		刀口游标卡尺 壁厚百分尺	用壁厚百分尺或刀口游标卡尺测出壁厚 a 和 b , 其误差 f 为 $f=a-b$
套类零件 同轴度 (二)		心轴 两顶尖座 百分表	将被测件套在两顶尖间的心轴上, 用百分表检验。也可以采用表 1-7 中回转盘上检验法
同轴度 (三)		专用 圆度仪	将被测件安放在平板上的圆度仪上, 用固定支座和活动支座调节, 使被测件中心与圆度仪回转中心一致, 然后用百分表检验

三、杂类零件的加工工艺

(一) 工艺分析

这里所说的杂类零件是指：一个由几种不同形状表面组成的零件，如锥度、角度、螺纹、曲形表面、球面、偏心和交叉孔等。

加工杂类零件时，主要是考虑零件表面的加工方法、加工顺序和检验方法等。

(二) 实例

图 2-15~图 2-21 所示的杂类零件，其加工过程见表 2-17~表 2-23。

实例 15 锥套

零件图：见图 2-15。

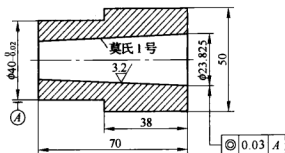


图 2-15 锥套

材料：50 钢。

技术要求：

(1) 锥孔与 $\phi 40_{-0.02}^0$ 同轴度误差不大于 0.03 mm。

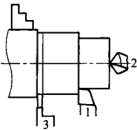
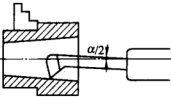
(2) 锥孔表面粗糙度为 $\sqrt{3.2}$ ，用量规检测，其接触面不小于 70%，且均匀。

数量：2 件。

毛坯：棒料。

加工工艺：见表 2-17。

表 2-17 锥套的加工工艺

序号	名称	加工过程	示意图	定位基准
1	车	1. 用三爪自定心卡盘夹住棒料,伸出约 80,粗车 $\phi 40$ 和 $\phi 50$ 外圆 2. 用 $\phi 18$ 麻花钻钻孔 3. 粗镗孔 4. 精车 $\phi 40$ 和 $\phi 50$ 外圆 5. 半精车内孔 6. 切断		外圆
2	车	1. 夹住 $\phi 40-8_{-0.02}$ 外圆校正,精车锥孔(斜滑板向顺时针方向转 $1^{\circ}25'43''$) 2. 精车端面 3. 去锐边		外圆

实例 16 锥齿轮

零件图:见图 2-16。

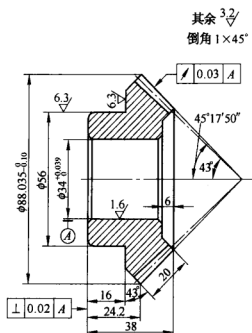


图 2-16 锥齿轮

材料:铸铁。

技术要求:

(1) $\phi 56$ 端面与内孔的垂直度误差不大于 0.02;锥面的径向圆跳动不大于 0.03。

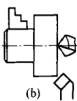
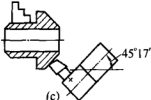
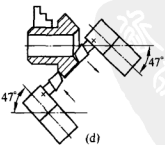
(2) 内孔直径的公差为 0.039,其表面粗糙度为 $\sqrt{1.6}$ 。

数量:5 件。

毛坯:铸件。

加工工艺:见表 2-18。

表 2-18 锥齿轮的加工工艺

序号	名称	加 工 过 程	示 图	定位基准
1	车	1. 夹住 $\phi 88$ 外圆,并校正 2. 粗车和精车 $\phi 56$ 外圆(图 a) 3. 倒角 $1 \times 45^\circ$		外圆
2	车	1. 调头夹住 $\phi 56$ 外圆,并校正(图 b) 2. 粗车 $\phi 88.035$ 外圆 3. 钻孔与扩孔至 $\phi 32$ 4. 孔口倒角(倒角尺寸稍大些,以便内孔车准时倒角尺寸为 $1 \times 45^\circ$) 5. 半精车总长 38 以及 $\phi 88.035$ 外圆	 	
3	车	1. 车准齿面角(将斜滑板向逆时针方向转动 $45^\circ 17' 50''$,控制斜面长 20(图 c)) 2. 将斜滑板复位,再向顺时针方向转动 47° 车齿背角(图 d) 3. 车端面上锥角至深 6 4. 粗车和精车 $\phi 34$ 内孔至要求尺寸 5. 倒角 $1 \times 45^\circ$		
4	铣	铣齿		内孔

实例 17 V 带轮

零件图：见图 2-17。

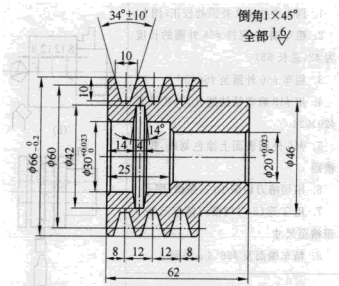


图 2-17 V 带轮

材料：铸铁。

技术要求：

(1) $\phi 30$ 和 $\phi 20$ 内孔公差要求较高。

(2) 轮槽角度为 $34^{\circ} \pm 10'$ 。

数量：5 件。

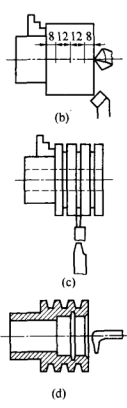
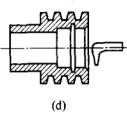
毛坯：铸件。

加工工艺：见表 2-19。

表 2-19 V 带轮的加工工艺

序号	名称	加工过程	示 图	定位基准
1	车	1. 夹住 $\phi 66$ 外圆，伸出长度 30 左右 2. 粗车 $\phi 46$ 外圆及端面(图 a)，车至 $\phi 47 \times 21$	(a)	外圆

(续表)

序号	名称	加 工 过 程	示 图	定位基准
2	车	1. 调头夹住 $\phi 47$ 外圆处校正(图 b) 2. 粗车端面,保持 $\phi 66$ 外圆的长度为 42(总长 63) 3. 粗车 $\phi 66$ 外圆至 $\phi 66^{+0.2}_{-0.2}$ 4. 用 $\phi 18$ 麻花钻钻通孔,并扩孔至 $\phi 29 \times 24$ 5. $\phi 66$ 外圆表面上涂色划线,控制槽距 6. 用切槽刀切深 10 三条槽(图 c) 7. 用 T 形(34°)切槽刀精车三条 V 带槽至尺寸 8. 精车端面及 $\phi 66_{-0.02}^{+0.02}$ 外圆	 (b) (c) (d)	外圆
3	车	1. 精镗 $\phi 20^{+0.023}_{-0.023}$ 及 $\phi 30^{+0.023}_{-0.023} \times 25$ 内孔(图 d) 2. 切内梯形槽并倒角	 (d)	
4	车	1. 调头夹住 $\phi 66$ 外圆精车 $\phi 46$ 外圆,控制长度 40 2. 精车端面至总长 62 3. 内外圆倒角 $1 \times 45^\circ$		

实例 18 螺塞之二

零件图:见图 2-18。

材料:45 钢。

技术要求:

(1) $\phi 20$ 孔的尺寸精度、中心距、位置精度和与轴线的垂直度要求较高,且表面粗糙度要求为 $Ra1.6 \mu m$ 。

(2) $Tr42 \times 18$ 螺纹的螺距、牙型角、中径尺寸和径向圆跳动要求较高。

数量:2 件。

毛坯:棒料。

加工工艺:见表 2-20。

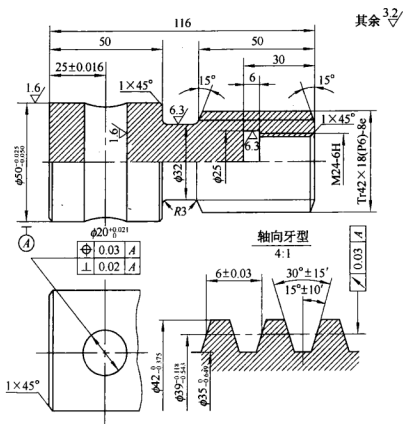


图 2-18 螺塞之二

表 2-20 螺塞之二的加工工艺

序号	名称	加工过程	定位基准
1	车	1. 在棒料中车一 $\phi 51$ 长 117 圆柱, 并车出 $\phi 32$ 退刀槽 2. 用 $\phi 18$ 左右麻花钻钻孔, 深度为 30 左右 3. 按长度 117 切断	外圆
2	划线	在外圆表面上距端面 25.5 左右处划线定出 $\phi 20$ 孔径的中心点位置(注意要与外圆母线对称)	
3	车	1. 将圆柱竖放在四爪单动卡盘上夹住, 用千分表校正, 使圆柱母线与主轴中心线垂直, 中心点处在主轴旋转中心 2. 用 $\phi 18$ 麻花钻钻孔、镗孔或铰孔	两端面
4	车	1. 用四爪单动卡盘夹住 $\phi 50$ 一端, 车准螺纹外圆 2. 车准内螺纹孔径及退刀槽 3. 车梯形螺纹 4. 车 M24 米制螺纹	外圆

(续表)

序号	名称	加 工 过 程	定位基准
5	车	1. 夹住已车梯形螺纹外圆,用 $\phi 20$ 长 100 的心轴插入 $\phi 20$ 孔中,用千分表校正,使心轴与主轴轴线垂直,然后取下心轴 2. 精车 $\phi 50$ 外圆 3. 精车端面,使其孔边距为 25 ± 0.016	螺纹外圆
6	车	夹住 $\phi 50$ 外圆,车准长度 116	外圆

实例 19 蜗轮

零件图:见图 2-19。

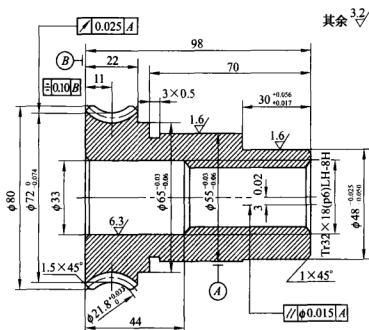


图 2-19 蜗轮

材料:HT200。

技术要求:

- (1) 蜗轮 $\phi 72$ 外圆径向跳动不大于 0.025。
- (2) $\phi 48$ 偏心圆的偏心距 3 ± 0.02 ,并要求与 $\phi 55$ 外圆轴线平行,其误差不大于 $\phi 0.015$ 。
- (3) $\phi 55$ 和 $\phi 48$ 外圆的表面粗糙度为 $Ra 1.6 \mu m$ 。

数量:2件。

毛坯:铸件。

加工工艺:见表 2-21。

表 2-21 蜗轮的加工工艺

序号	名称	加 工 过 程	定位基准
1	车	1. 夹住 $\phi 80$ 处外圆,粗车 $\phi 65$ 和 $\phi 55$ 外圆 2. 用 $\phi 25$ 麻花钻钻孔(螺纹小径孔)。或先用 $\phi 18 \sim \phi 19$ 麻花钻第一次钻孔,再用 $\phi 25$ 麻花钻扩孔	$\phi 80$ 外圆
2	车	1. 调头夹住 $\phi 55$ 外圆,车准 $\phi 80$ 外圆 2. 车准 $\phi 33$ 深 44 内孔,并精车端面	$\phi 55$ 外圆
3	车	1. 调头夹住 $\phi 80$ 外圆,半精车 $\phi 65$ 和 $\phi 55$ 外圆 2. 车准 $\phi 26 \sim \phi 27$ 内螺纹小径 3. 车 $P=6$ 梯形内螺纹 4. 切槽 3×0.5 ,保持长度 70 5. 精车 $\phi 65$ 和 $\phi 55$ 外圆至尺寸	$\phi 80$ 外圆
4	车	用四爪卡盘夹住 $\phi 80$ 外圆,用千分表将工件偏移中心 3. 车准 $\phi 48$ 偏心轴颈,保持长度 98	$\phi 80$ 外圆
5	车	调头夹住 $\phi 55$ 外圆,用千分表校正,车准 $\phi 21.8$ 圆弧,并使喉径尺寸为 72	$\phi 55$ 外圆
6	铣	铣蜗轮	$\phi 55$ 外圆

实例 20 橄榄手柄

零件图:见图 2-20。

材料:35 钢。

技术要求:

(1) $\phi 10$ 有公差要求。

(2) 外形光滑美观。

数量:1 件。

毛坯:棒料。

加工工艺:见表 2-22。

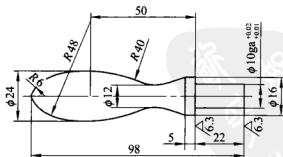
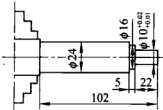
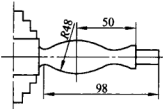
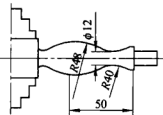
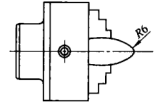


图 2-20 橄榄手柄

表 2-22 橄榄手柄的加工工艺过程

序号	名称	加 工 过 程	示 图	定位基准
1	车	1. 车成阶台轴		外圆
		2. 车成大致形状, 控制尺寸 50 长度 98		
		3. 精车 R48 和 R40 弧形面, 并切断		
2	车	调头用铜皮包夹车 R6		

实例 21 三球手柄

零件图: 见图 2-21。

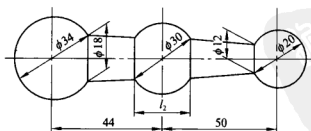


图 2-21 三球手柄

材料:35 钢。

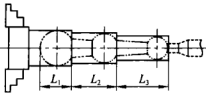
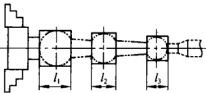
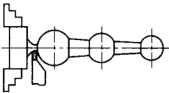
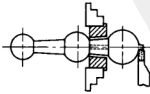
技术要求:三球圆度按图纸要求,外形光滑美观。

数量:1 件。

毛坯:棒料。

加工工艺:见表 2-23。

表 2-23 三球手柄的加工工艺

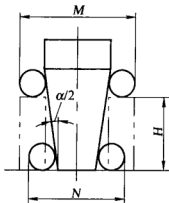
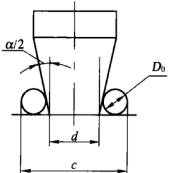
序号	名称	加 工 过 程	示 图	定位基准
1	车	1. 车出阶台轴,直径上留些余量		外圆
		2. 车成三球的毛坯料,长度为 l_1 、 l_2 和 l_3 然后车成球体		
		3. 切断		
2	车	调头用开键锥套夹住将端部凸头车去		

(三) 杂类零件的检验方法(表 2-24)

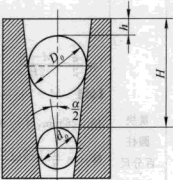
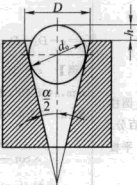
表 2-24 杂类零件的检验方法

检验项目	示 图	检验工具	检验方法计算
圆锥零件的锥度和尺寸	1—量规; 2—被测件; 3、4—量规的界限线	圆锥量规 红丹粉 或蓝油	圆锥零件应检验锥度和尺寸两个方面。 检验锥度时,先在锥体的外表面沿轴线涂上红丹粉或蓝油三条(检测外锥体时涂在被测件上;检测内锥体时涂在量规上),然后把量规与被测件轻轻研合,并相对转动 $1/4 \sim 1/3$ 转后分开,看它们的接触是否良好(一般接触应在 70% 以上)。如果符合要求,再检验被测件的尺寸。
	1—量规; 2—被测件; 3、4—量规的界限线	圆锥量规 红丹粉 或蓝油	检验尺寸时,如果被测件是外锥体,则被测件端面应处在量规端面 3 与 4 之间才算合格。 如果被测件是内锥体,则被测件端面应在量规锥面上的两条刻线 3 和 4 之间才算合格
	α—圆锥体锥角($^\circ$); L—正弦规中心距(mm); H—所垫量块高度(mm)	正弦规 百分表 量块 平板	$\sin \alpha = \frac{H}{L}$ $H = L \sin \alpha$ 【例】 $L = 200 \text{ mm}$, $H = 8 \text{ mm}$, 求 α。 解: $\sin \alpha = \frac{8}{200}$ $= 0.04$ $\alpha = 2^\circ 18'$ $\frac{\alpha}{2} = 1^\circ 09'$

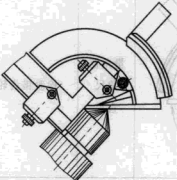
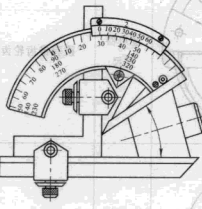
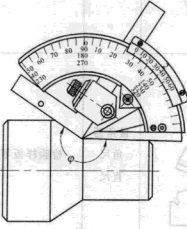
(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检验方法计算
圆锥体斜角	 $\frac{\alpha}{2}$—圆锥体斜角(°); M—上端量得的尺寸(mm); N—下端量得的尺寸(mm); H—量块高度(mm)	量块 圆柱 百分尺 平板	$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{M-N}{2H}$ 【例】 $M = 50.745 \text{ mm}$, $N = 48.126 \text{ mm}$, $H = 50 \text{ mm}$, 求 $\frac{\alpha}{2}$。 解: $\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{50.745 - 48.126}{50 \times 2}$ $= 0.02619$ $\frac{\alpha}{2} = 1^{\circ}30'$ $\alpha = 3^{\circ}$
锥度和角度零件	 α—圆锥体锥角(°); d—圆锥体小端直径(mm); D_0—圆柱直径(mm); c—两圆柱外侧之间的距离(mm)	圆柱 百分尺 平板	$d = c - D_0 - D_0 \cot \frac{90^{\circ} - \frac{\alpha}{2}}{2}$ 【例】 $c = 34.4 \text{ mm}$, $D_0 = 8 \text{ mm}$, $\alpha = 8^{\circ}40'$, 求 d。 解: $d = 34.4 - 8 - 8$ $\times \cot \frac{90^{\circ} - \frac{8^{\circ}40'}{2}}{2}$ $= 34.4 - 8 - 8 \times \cot 42^{\circ}50'$ $= 34.4 - 8 - 8 \times 1.079$ $= 17.768 \text{ mm}$

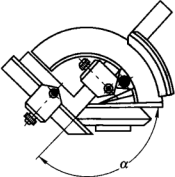
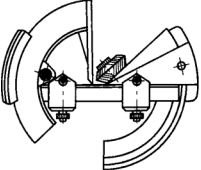
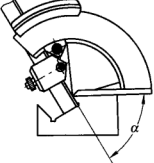
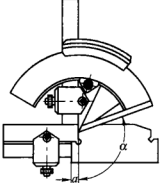
(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检验方法计算
圆锥孔斜角	 α—被测件锥角(°); $\frac{\alpha}{2}$—被测件斜角(°); D_0—大钢球直径(mm); d_0—小钢球直径(mm); H—小钢球离被测件端面距离(mm); h—大钢球离被测件端面距离(mm)	钢球 深度尺 平板	$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{D_0 - d_0}{2(H - h) - (D_0 - d_0)}$ 【例】 $D_0 = 20 \text{ mm}$, $d_0 = 10 \text{ mm}$, $H = 30 \text{ mm}$, $h = 2 \text{ mm}$, 求 $\frac{\alpha}{2}$。 解: $\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{20 - 10}{2 \times (30 - 2) - (20 - 10)} = 0.2174$ $\frac{\alpha}{2} = 12^\circ 34', \alpha = 25^\circ 08'$ 如果大钢球露出被测件端面, 则 $\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{D_0 - d_0}{2(H + h) - (D_0 - d_0)}$
圆锥孔大端直径	 D—被测件大端直径(mm); d_0—钢球直径(mm); h—钢球露出高度(mm); α—被测件圆锥孔锥角(°)	钢球 高度尺 平板	$D = 2 \left(\frac{d_0}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} + \frac{d_0}{2} - h \right) \tan \frac{\alpha}{2}$ 【例】 $d_0 = 31 \text{ mm}$, $\alpha = 2^\circ 58'$, $h = 10.5 \text{ mm}$, 求 D。 解: $D = 2 \times \left(\frac{31}{2 \sin \frac{2^\circ 58'}{2}} + \frac{31}{2} - 10.5 \right) \tan \frac{2^\circ 58'}{2}$ $D = 31.269 \text{ mm}$

(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检验方法计算
顶 尖 角 度		量角器 角尺 直尺	检验顶尖角度
圆 锥 体 锥 角 锥 度 和 角 度 零 件		量角器 角尺 直尺	检验锥度零件
圆 锥 面 与 轴 表 面 夹 角		量角器 角尺	检验锥面与圆柱表面之间的角度

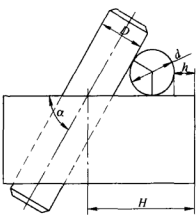
(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检验方法计算
锥 齿 轮 齿 坯 角 度 锥 度 和 角 度 零 件		量角器 角尺 直尺	检验锥齿轮齿坯的角度
		量角器 直尺	检验锥齿轮齿坯的角度
		量角器 直尺	检验样板零件的角度
		量角器 角尺 直尺	检验样板零件的角度

(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检验方法计算
燕尾块角度		量角器	检验燕尾块的角度
燕尾槽角度		量角器 直尺	检验燕尾槽的角度
锥度和角度零件	N—燕尾块槽底尺寸(mm); M—燕尾槽槽底尺寸(mm); l—两圆柱之间尺寸(mm); d—圆柱直径(mm); α—燕尾角($^{\circ}$)	圆柱 外径 百分尺	燕尾块: $N = l - d \left(1 + \cot \frac{\alpha}{2} \right)$ 燕尾槽: $M = l + d \left(1 + \cot \frac{\alpha}{2} \right)$ 【例】 燕尾块: $d = 16$ mm, $\alpha = 55^{\circ}$, $l = 108.736$ mm, 求 N。 解: $N = 108.736 - 16 \times \left(1 + \cot \frac{55^{\circ}}{2} \right)$ $= 108.736 - 16 \times (1 + \cot 27^{\circ}30')$ $= 108.736 - 16 \times 2.921$ $= 108.736 - 46.736$ $= 62 \text{ mm}$

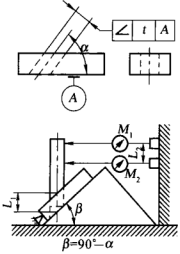
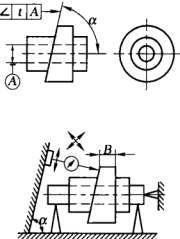
(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检验方法计算																				
燕尾尺寸	K 值 <table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <th>α</th><th>K</th></tr> <tr><td>30°</td><td>4.732</td></tr> <tr><td>35°</td><td>4.172</td></tr> <tr><td>40°</td><td>3.748</td></tr> <tr><td>45°</td><td>3.414</td></tr> <tr><td>50°</td><td>3.145</td></tr> <tr><td>55°</td><td>2.921</td></tr> <tr><td>60°</td><td>2.732</td></tr> <tr><td>70°</td><td>2.428</td></tr> <tr><td>80°</td><td>2.192</td></tr> </table>	α	K	30°	4.732	35°	4.172	40°	3.748	45°	3.414	50°	3.145	55°	2.921	60°	2.732	70°	2.428	80°	2.192		$N = l - Kd$ $M = l + Kd$ 式中 K 可从左面 K 值表查得 【例】 燕尾块: $l = 108.736 \text{ mm}$, $d = 16 \text{ mm}$, $\alpha = 60^\circ$; 燕尾槽: $l = 98.59 \text{ mm}$, $d = 16 \text{ mm}$, $\alpha = 60^\circ$, 求 N 和 M。 解: 从 K 值表中查得 $K = 2.732$, $N = 108.736 - 16 \times 2.732$ $= 65.024 \text{ mm}$ $M = 98.59 + 16 \times 2.732$ $= 142.302 \text{ mm}$
α	K																						
30°	4.732																						
35°	4.172																						
40°	3.748																						
45°	3.414																						
50°	3.145																						
55°	2.921																						
60°	2.732																						
70°	2.428																						
80°	2.192																						
锥度和角度零件	 H—被测件边孔距(mm); h—圆柱 2 与边距离(mm); D—圆柱 1 直径(mm); d—圆柱 2 直径(mm); α—斜孔倾斜角度($^\circ$)	圆柱深度尺	$H = h + \frac{d}{2}$ $\left(1 + \frac{1}{\tan \frac{\alpha}{2}}\right) + \frac{D}{2} \sin \alpha$ 【例】 $D = 20 \text{ mm}$, $d = 20 \text{ mm}$, $h = 50 \text{ mm}$, $\alpha = 60^\circ$, 求 H。 解: $H = 50 + \frac{20}{2} \times \left(1 + \frac{1}{\tan \frac{60^\circ}{2}}\right) + \frac{20}{2} \times \sin 60^\circ$ $= 50 + 10 \times \left(1 + \frac{1}{\tan 30^\circ}\right) + 10 \times \sin 60^\circ$ $= 50 + 10 \times 2.732 + 10 \times 0.866$ $= 88.87 \text{ mm}$																				

(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检验方法计算
斜槽角度	α—斜槽角度($^{\circ}$); R—大钢球半径(mm); r—小钢球半径(mm); H_2—大钢球高度(mm); H_1—小钢球高度(mm)	钢球 深度尺	$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{R-r}{(H_2-R)-(H_1-r)}$ 【例】 $R=13.75 \text{ mm}$, $r=12.5 \text{ mm}$, $H_2=35.56 \text{ mm}$, $H_1=30 \text{ mm}$, 求 α。 解: $\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{13.75-12.5}{(35.56-13.75)-(30-12.5)} = \frac{1.25}{4.31} = 0.29$ $\frac{\alpha}{2} = 16^{\circ}10', \alpha = 32^{\circ}20'$
V形槽角度	2α—被测件 V 形槽的角度($^{\circ}$); R—大圆柱半径(mm); r—小圆柱半径(mm); H_2—大圆柱高度(mm); H_1—小圆柱高度(mm)	圆柱 深度尺	$\sin \alpha = \frac{R-r}{(H_2-R)-(H_1-r)}$ 【例】 $R=7 \text{ mm}$, $r=4 \text{ mm}$, $H_1=26 \text{ mm}$, $H_2=35 \text{ mm}$, 求 α 和 2α。 解: $\sin \alpha = \frac{7-4}{(35-7)-(26-4)} = 0.5$ $\alpha = 30^{\circ}$ $2\alpha = 60^{\circ}$

(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检验方法计算
锥度和角度零件 倾 斜 度		心轴 百分表 定角垫 块(或正 弦规)	被测轴线由心轴模拟。调整被测零件,使指示器示值 M_1 为最大。在测量距离为 L_2 的两个位置上测得数值分别为 M_1 和 M_2,并用下式计算: $f = \frac{L_1}{L_2} M_1 - M_2 $ (f—倾斜度误差) 【例】 $L_1 = 50 \text{ mm}$, $L_2 = 100 \text{ mm}$, $M_1 = 0.05 \text{ mm}$, $M_2 = 0.02 \text{ mm}$,求 f。 解: $f = \frac{50}{100} 0.05 - 0.02$ $= \frac{1}{2} \times 0.03$ $= 0.015 \text{ mm}$ 若 $L_1 = L_2$,则该数差值即为该零件的倾斜度误差。 定角垫块可由正弦规代替
		心轴 百分表 定角座	基准轴线由心轴模拟。转动被测零件使其最小长度 B 的位置处在顶部。测量整个被测表面与定角座之间各点的距离,取指示器最大读数差值作为该零件的倾斜度误差

对曲形表面和球面的检验,一般采用检验样板用透光法检验。

四、丝杠(螺纹)类零件的加工工艺

(一) 工艺分析

加工丝杠时,应注意如何防止弯曲、减少内应力和提高螺距精度。为此必须考虑以下几点:

(1) 不淬硬丝杠一般采用车削加工。外圆表面及螺纹部分进行多次加工,逐渐减少内应力;对于淬硬丝杠,则采用“先车后磨”或“全磨”两种方法。后者是从淬硬后的光杠上先直接用单片或多线砂轮粗磨出螺纹,然后用单片砂轮精磨螺纹。

(2) 在每次粗车外圆表面和粗车螺纹后都需安排时效处理,以进一步消除切削过程中所形成的内应力,避免以后变形。

(3) 在每次时效处理后都要修磨中心孔或新打中心孔,以消除时效处理时所产生的变形,使下一工序得以精确定位。

(4) 对于普通不淬硬丝杠,在加工过程中允许安排冷校直;对于精密丝杠,则采用加大总加工余量和工序间加工余量的办法,逐次切去弯曲部分,以达到所要求的精度。

(5) 在每次加工螺纹之前,都需先加工丝杠外圆表面,然后以两端中心孔和外圆表面作为定位基准加工螺纹。

(二) 实例

图 2-22~图 2-25 所示的丝杠(螺纹),其加工过程见表 2-25~表 2-28。

实例 22 蜗杆

零件图:见图 2-22。

材料:35CrMo 钢。

技术要求:

(1) 两端 $\phi 20$ 外圆,不但公差要求较高,且其同轴度误差不得大于 0.03。

(2) $\phi 16$ 外圆的圆度为其公差的 $\frac{1}{2}$ 。

(3) $\phi 20$ 、 $\phi 16$ 和螺纹牙表面的表面粗糙度为 $\sqrt{1.6}$ 。

(4) 材料要调质 240~260HBS。

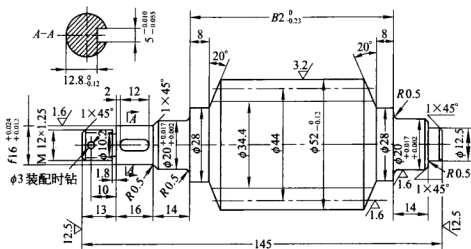


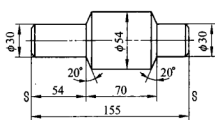
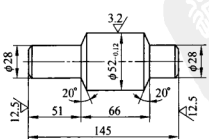
图 2-22 蜗杆

数量:10 件。

毛坯:棒料。

加工工艺:见表 2-25。

表 2-25 蜗杆的加工工艺过程

序号	名称	加工过程及示图	定位基准
1	车	1. 车两端面 打中心孔 2. 按图车对尺寸 	外圆
2	热处理	调质, 硬度 240~260HBS	
3	车	1. 车两端面及修正中心孔 2. 用两顶尖安装, 按图车对尺寸 3. 车蜗杆螺纹 4. 半精车左端各级外圆 	外圆中心孔

(续表)

序号	名称	加工过程及示图	定位基准
4	车	1. 调头半精车和精车 $\phi 20$ 和 $\phi 12.5$ 外圆 2. 精车 $\phi 28$ 阶台面	中心孔
5	车	1. 调头精车 $\phi 20$ 、 $\phi 16$ 螺纹外圆 2. 切槽(退刀槽) 3. 精车 $\phi 28$ 阶台面 4. 车 $M12 \times 1.25$ 螺纹	
6	铣	铣 $\phi 16$ 外圆键槽	
7	钻	钻螺纹外圆上 $\phi 3$ 孔	
8	钳	去毛刺	
9	检	按图纸要求检验	

实例 23 丝杠

零件图: 见图 2-23。

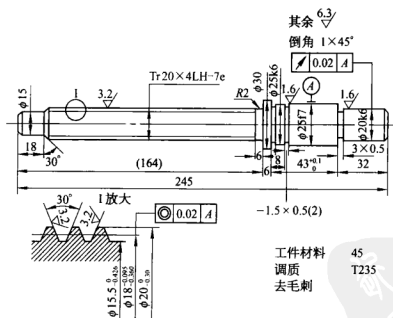


图 2-23 丝杠

材料: 45 钢。

技术要求:

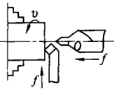
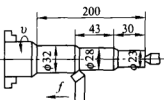
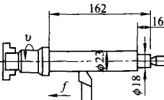
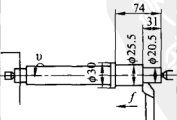
- (1) $\phi 20k6$ 、螺纹中径处与轴颈 $\phi 25f7$ 的同轴度要为 0.02。
 (2) $\phi 25f7$ 与 $\phi 20k6$ 的公差要求较高,表面粗糙度要求也较高。
 (3) 调质要求为 T235。

数量:2 件。

毛坯:棒料。

加工工艺:见表 2-26。

表 2-26 丝杠的加工工艺过程

序号	名称	加工过程	示 图	定位基准
1	锯	下料		
2	锻	锻造和退火		
3	车	1. 用三爪自定心卡盘夹住棒料车端面,打中心孔 2. 调头车端面打中心孔		
4	车	1. 用一夹一顶方法车大外圆至 $\phi 32$ 长 200 2. 粗车 $\phi 25$ 外圆至 $\phi 28 \times 73$ 3. 粗车 $\phi 20$ 外圆至 $\phi 23 \times 30$		
5	车	1. 调头粗车 T20 $\times$ 4 外圆至 $\phi 23 \times 162$ 2. 粗车 $\phi 15$ 外圆至 $\phi 18 \times 16$		
6	热处理	调质 T235		
7	车	1. 用卡盘夹住外圆,精车两端面,修正中心孔 2. 用两顶尖安装工件,车 $\phi 30$ 外圆至尺寸 3. 半精车 $\phi 25f7$ 和 $\phi 25k6$ 外圆至 $\phi 25.5^{+0.02}$ 4. 半精车 $\phi 20k6$ 外圆至 $\phi 20.5^{+0.02}$		

(续表)

序号	名称	加 工 过 程	示 图	定位基准
8	车	1. 调头装夹,半精车 $\text{Tr}20 \times 4$ 外圆至 $\phi 20.5^{+0.2}_{-0.1}$ 2. 车准 $\phi 15 \times 18$ 外圆 3. 倒角 $1 \times 45^\circ$ 4. 切退刀槽,宽 6, R2 5. 粗车 $\text{Tr}20 \times 4 \text{ LH}$ 螺纹,齿侧厚度留余量 0.2		
9	钳	冷校直,其弯曲度不大于 0.1		
10	热处理	低温时效		
11	车	1. 研磨中心孔 2. 调头用两顶尖装夹,精车 $\phi 25k6 \times 8$ 外圆至要求尺寸 3. 精车 $\phi 25f7 \times 35$ 外圆至要求尺寸,保证长度 $43^{+0.1}_{-0.1}$ 4. 精车 $\phi 20k6 \times 32$ 外圆至要求尺寸 5. 切槽 1.5×0.5 (两条槽) 6. 切槽 3×0.5 7. 倒角 $1 \times 45^\circ$		
12	车	1. 调头精车 $\text{Tr}20 \times 4$ 外圆至 $\phi 20_{-0.3}^{+0.1} \times 161$ 2. 精车 $\text{Tr}20 \times 4 \text{ LH}$ $-7e$ 螺纹至要求尺寸,控制中径 $\phi 18 = 8.985$		

实例 24 车床丝杠

零件图:见图 2-24。

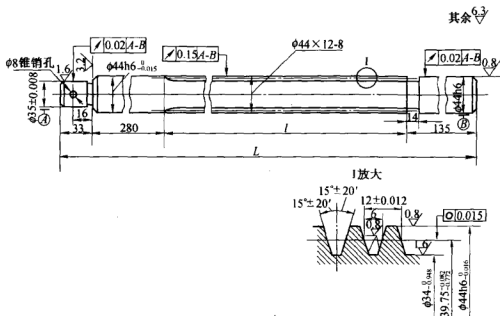


图 2-24 车床丝杠

材料:45 钢。

技术要求:

- (1) $\phi 44h6$ 右端和 $\phi 35$ 外圆的径向圆跳动误差不大于 0.02,其尺寸公差要求也较高。
- (2) 螺纹部分的径向圆跳动(中径)为 0.15,其尺寸公差也有要求。
- (3) 螺纹两侧面及 $\phi 44h6$ 表面粗糙度为 $Ra 0.015$ 。
- (4) 丝杠要进行时效处理。

数量:5 件。

毛坯:棒料。

加工工艺:见表 2-27。

表 2-27 车床丝杠的加工工艺

序号	名称	加 工 过 程	定位基准
1	锯	下料	
2	热处理	正火、校直(径向圆跳动不大于 1.5 mm)	
3	车	1. 车两端面打中心孔 2. 粗车两端面和外圆	外圆中心孔
4	钳	冷校直(径向圆跳动不大于 0.6 mm)	
5	热处理	高温时效处理(径向圆跳动不大于 1 mm)	

(续表)

序号	名称	加 工 过 程	定位基准
6	车	1. 打中心孔 2. 半精车两端面和外圆	外圆中心孔
7	钳	冷校直(径向圆跳动不大于 0.2 mm)	
8	磨	无心磨粗磨外圆	
9	铣	铣螺纹	
10	钳	冷校直,低温时效处理(径向圆跳动不大于 0.1)	
11	磨	无心磨精磨外圆	
12	车	1. 车两端面,修研中心孔 2. 半精车和精车各轴颈 3. 半精车螺纹,车准小径 4. 精车螺纹	中心孔

实例 25 精密淬硬丝杠

零件图:见图 2-25。

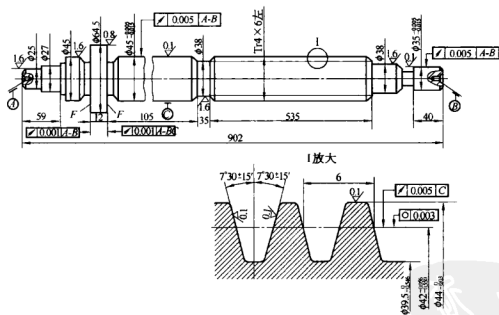


图 2-25 精密淬硬丝杠

材料: 9Mn2V 钢。

技术要求:

- (1) $\phi 45$ 和 $\phi 35$ 外圆的径向圆跳动为 0.005。

- (2) 两个阶台表面 F 圆跳动为 0.001。
 (3) 螺纹中径圆跳动为 0.005, 其圆度误差为 0.003。
 (4) $\phi 35$ 、 $\phi 45$ 外圆和螺纹表面粗糙度为 $R_a 0.4$ 。
 (5) 丝杠需经淬硬处理。

数量: 2 件。

毛坯: 锻件。

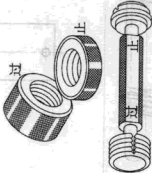
工艺过程: 见表 2-28。

表 2-28 精密淬硬丝杠的加工工艺

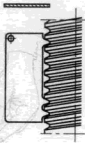
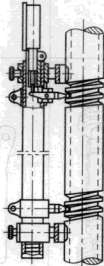
序号	名称	加 工 过 程	定位基准
1	锻	锻造成形	
2	热处理	球化退火	
3	车	1. 车两端面, 打中心孔 2. 粗车外圆	
4	热处理	高温时效处理	
5	车	1. 车两端面, 打中心孔 2. 半精车外圆	
6	磨	粗磨外圆	
7	热处理	淬火, 中温回火	
8	研	研磨两端中心孔	
9	磨	粗磨外圆	
10		粗磨出螺纹的螺旋槽	
11	热处理	低温时效处理	
12	研	研磨两端中心孔	
13	磨	半精磨外圆	
14	磨	半精磨螺纹	
15	热处理	低温时效处理	
16	研	研磨两端中心孔	
17	磨	精磨外圆	
18	磨	精磨螺纹(磨出小径)	
19	研	研磨两端中心孔	
20	磨	终磨螺纹	
21	磨	终磨外圆	
22	研	研磨止推端面 F	

(三) 丝杠(螺纹)类零件的检验方法(表 2-29)

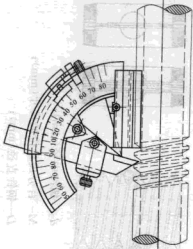
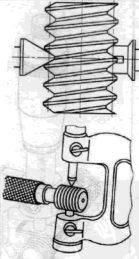
表 2-29 丝杠(螺纹)类零件的检验方法

检验项目	示 图	检验工具	检验方法和计算
综 合 检 测 螺 纹 类 零 件		量 规 (检测外螺纹的称环规,检测内螺纹的称塞规)	用螺纹量规检测是一种综合测量法,它同时检测了螺纹的几个参数,即螺纹的作用中径、螺距和牙形半角。 过端的牙形完整,止端的牙形截短的不完整,工作长度缩短到 2~3.5 牙
分 项 检 测 (螺 距)		1. 卡规	1. 把卡规做成薄片状,每片一种螺距,把几种常用的螺距叠在一起,应用时只要拉出一片去检测螺距。当卡规上的几个螺距与被测件螺纹牙完全重合时才算螺距正确

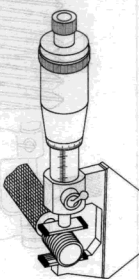
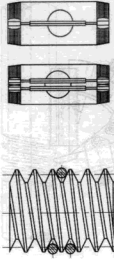
(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检验方法和计算
螺 纹 类 零 件 分项检测(螺距)	 	2. 样板	2. 专用样板,适用于一种螺距检验,多用于检验传动用螺纹的螺距。
牙形角(或半角)		1. 样板	1. 用样板检验(透光)牙形角

(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检验方法和计算
牙型角(或半角)	2. 	2. 量角器	2. 用量角器检验牙形半角。在量角器上安装一个V形块,以丝杠外径定位进行检测
中 径		螺纹百分尺	适用于检验螺距较小的普通螺纹($P=0.4\sim 6$ mm)的中径。螺纹百分尺的两个测量头可以调换

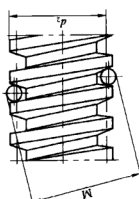
(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检验方法和计算
螺 纹 类 型		1. 三针检测 百分尺 2. 公法线长度 度百分尺和三根 钢针	$d_2 = M - D \left[1 + \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right] + 0.5 P \cot \frac{\alpha}{2}$ 【例】 $P=3 \text{ mm}, \alpha=60^\circ, M=26.649 \text{ mm}$, 求 d_2。 解: $D=3 \times 0.577=1.731 \text{ mm}$ $d_2 = 24.649 - 1.732 \times \left(1 + \frac{1}{\sin \frac{60^\circ}{2}} \right) + 0.5 \times 3 \times \cot \frac{60^\circ}{2}$ $= 24.649 - 1.732 \times \left(1 + \frac{1}{0.5} \right) + 0.5 \times 3 \times 1.732$ $= 24.649 - 5.196 + 2.598$ $= 22.051 \text{ mm}$
中 径	 d_2—螺纹中径(mm); M—百分尺量得的尺寸(mm); D—钢针直径(mm); α—螺纹牙型角($^\circ$); P—螺纹螺距		

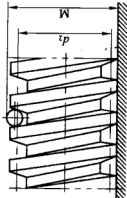
(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检验方法和计算												
螺 纹 类 零 件	钢针直径的计算值														
	<table><tr><th>牙型角</th><th>计 算 式</th></tr><tr><td>60°</td><td>$D=0.577P$</td></tr><tr><td>55°</td><td>$D=0.564P$</td></tr><tr><td>40°</td><td>$D=0.533P$</td></tr><tr><td>30°</td><td>$D=0.518P$</td></tr><tr><td>29°</td><td>$D=0.516P$</td></tr></table>	牙型角	计 算 式	60°	$D=0.577P$	55°	$D=0.564P$	40°	$D=0.533P$	30°	$D=0.518P$	29°	$D=0.516P$		
牙型角	计 算 式														
60°	$D=0.577P$														
55°	$D=0.564P$														
40°	$D=0.533P$														
30°	$D=0.518P$														
29°	$D=0.516P$														
			如果把 α 值代入上面公式,则得下表公式:												
			<table><tr><th>牙型角</th><th>简 化 公 式</th></tr><tr><td>60°</td><td>$d_2=M-3D+0.866P$</td></tr><tr><td>55°</td><td>$d_2=M-3.1657D+0.9605P$</td></tr><tr><td>40°</td><td>$d_2=M-3.924D+1.374P$</td></tr><tr><td>30°</td><td>$d_2=M-4.864D+1.866P$</td></tr><tr><td>29°</td><td>$d_2=M-4.99D+1.933P$</td></tr></table>	牙型角	简 化 公 式	60°	$d_2=M-3D+0.866P$	55°	$d_2=M-3.1657D+0.9605P$	40°	$d_2=M-3.924D+1.374P$	30°	$d_2=M-4.864D+1.866P$	29°	$d_2=M-4.99D+1.933P$
牙型角	简 化 公 式														
60°	$d_2=M-3D+0.866P$														
55°	$d_2=M-3.1657D+0.9605P$														
40°	$d_2=M-3.924D+1.374P$														
30°	$d_2=M-4.864D+1.866P$														
29°	$d_2=M-4.99D+1.933P$														

(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检验方法和计算								
中 螺 纹 类 零 件	 双针检验法	公法线长度百分尺 钢针	双针检验法适用于直径大于 100 mm 或螺纹圈数很少, 不便放三针的情况下。 <table><tr><th>牙型角</th><th>公 式</th></tr><tr><td>60°</td><td>$d_2 = M - \frac{P^2}{8(M-D)} - 3D + 0.866P$</td></tr><tr><td>55°</td><td>$d_2 = M - \frac{P^2}{8(M-D)} - 3.1657D + 0.9605P$</td></tr><tr><td>30°</td><td>$d_2 = M - \frac{P^2}{8(M-D)} - 4.864D + 1.866P$</td></tr></table> 钢针直径 D 的大小仍按三针法中的计算方法。 【例】 梯形螺纹, $P = 16$ mm, $d = 160$ mm, $\alpha = 30^\circ$, $M = 162.35$ mm, 求 d_2。 解: $D = 16 \times 0.518 = 8.2832$ mm $d_2 = 162.35 - \frac{16^2}{8 \times (162.35 - 8.2832)} - 8.2832 \times 4.864 + 16 \times 1.866$ $= 162.35 - 0.2077 - 40.2886 + 29.856$ $= 151.71 \text{ mm}$	牙型角	公 式	60°	$d_2 = M - \frac{P^2}{8(M-D)} - 3D + 0.866P$	55°	$d_2 = M - \frac{P^2}{8(M-D)} - 3.1657D + 0.9605P$	30°	$d_2 = M - \frac{P^2}{8(M-D)} - 4.864D + 1.866P$
牙型角	公 式										
60°	$d_2 = M - \frac{P^2}{8(M-D)} - 3D + 0.866P$										
55°	$d_2 = M - \frac{P^2}{8(M-D)} - 3.1657D + 0.9605P$										
30°	$d_2 = M - \frac{P^2}{8(M-D)} - 4.864D + 1.866P$										

(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检验方法和计算								
螺 纹 类 零 件	 单针检验法	公法线长度百分尺 钢针平板	单针检验法适用于直径较大的螺纹, 检验时以螺线大径作为基准。为消除大径、中径的圆度和螺线的偏心误差对检验结果的影响, 可在 180° 方向各测一次 M 值, 取其算术平均值 <table><tr><th>牙型角</th><th>公 式</th></tr><tr><td>60°</td><td>$d_2 = 2M - d_{\text{外}} - 3D + 0.866P$</td></tr><tr><td>$55^\circ$</td><td>$d_2 = 2M - d_{\text{外}} - 3.1657D + 0.9605P$</td></tr><tr><td>$30^\circ$</td><td>$d_2 = 2M - d_{\text{外}} - 4.864D + 1.866P$</td></tr></table> $d_{\text{外}}$—加工后的螺纹实际大径。 【例】 T80 $\times$ 10 螺 纹 ($\alpha = 30^\circ$), $d_{\text{外}} = 79.76 \text{ mm}$, $M = 80.87 \text{ mm}$, 求 d_2。 解: $D = 10 \times 0.5177 = 5.177 \text{ mm}$ $d_2 = 80.87 \times 2 - 79.76 - 5.177 \times 4.864 + 10 \times 1.866$ $= 161.74 - 79.76 - 25.18 + 18.66$ $= 75.46 \text{ mm}$	牙型角	公 式	60°	$d_2 = 2M - d_{\text{外}} - 3D + 0.866P$	55°	$d_2 = 2M - d_{\text{外}} - 3.1657D + 0.9605P$	30°	$d_2 = 2M - d_{\text{外}} - 4.864D + 1.866P$
牙型角	公 式										
60°	$d_2 = 2M - d_{\text{外}} - 3D + 0.866P$										
55°	$d_2 = 2M - d_{\text{外}} - 3.1657D + 0.9605P$										
30°	$d_2 = 2M - d_{\text{外}} - 4.864D + 1.866P$										

(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检验方法和计算
螺 纹 类 零 件	h_1—牙顶高(mm); S_n—法向牙厚(mm); ϕ—螺纹升角($^{\circ}$); P—螺纹螺距(mm)	齿轮游标卡尺	垂直尺 1 按螺纹牙顶高 h_1 调整, 水平尺 2 按法向牙厚调整, 沿 $n-n$ 方向检验螺纹牙厚。 $h_1 = 0.25P$ $S_n = \frac{P}{2} \cos \phi$ 【例】 $P = 10 \text{ mm}$, $d = 40 \text{ mm}$, 梯形螺纹, 求 h_1 和 S_n。 解: $d_2 = d - 0.5P = 40 - 10 \times 0.5 = 35 \text{ mm}$ $\tan \phi = \frac{P}{\pi d_2} = \frac{10}{35 \times 3.1416} = 0.0909$ $\phi = 5^{\circ}10'$ $h_1 = 10 \times 0.25 = 2.5 \text{ mm}$ $S_n = \frac{10}{2} \times \cos 5^{\circ}10' = 5 \times 0.966 = 4.98 \text{ mm}$

注: 螺纹的几个主要尺寸(参数)也可用万能工具显微镜检测。

五、齿轮类零件的加工工艺

(一) 工艺分析

在齿轮的加工过程中,应考虑以下几个问题:

1. 定位基准的选择

应根据“基准重合”原则,选择齿轮装配基准和测量基准为定位基准,而且尽可能在整个加工过程中保持基准的统一。

对于带孔的齿轮,一般选择内孔和一个端面定位。当批量较小不采用专用心轴以内孔定位时,也可选择外圆作为找正基准,但内外圆的径向圆跳动应有严格要求。

对于直径不大的齿轮轴,一般选择中心孔定位。

2. 加工阶段及加工顺序的安排

1) 齿坯加工

(1) 大量生产的齿坯加工,一般以毛坯外圆及端面定位,先粗车端面和钻、扩孔,然后以端面支承进行拉孔。最后以孔定位精车外圆端面、切槽和倒角等。

(2) 中、小批生产的齿坯加工,一般采用通用设备,大致先粗车各部(外圆、端面和孔),再精加工孔,然后上心轴精车各个表面。

2) 轮齿热处理 齿轮加工中常安排两种热处理。

(1) 齿坯的热处理:在齿坯粗加工前后常安排预先热处理,即正火和调质。经过正火的齿轮,淬火后变形虽然比调质齿轮大些,但加工性能较好,刀具磨损较慢,加工表面粗糙度较细,因此生产中应用较多。齿坯正火一般安排在粗加工之前,调质安排在齿坯粗加工之后,调质后齿坯的切削性能较正火差,但力学性能较正火的好。调质后要经过硬度检验,因此对齿坯粗加工表面粗糙度也不宜太差,以免影响硬度检验的正确性。

(2) 轮齿的热处理:齿轮的齿形切出后,根据材料和技术要求不同,常安排渗碳淬火或表面淬火等热处理。经渗碳淬火后的齿轮,齿面硬度高、耐磨性好、使用寿命长,但齿轮变形较大,对于精密齿轮淬火后应安排磨齿。表面淬火常用高频淬火,对小模数齿轮,齿部可以

淬透,效果较好。对于模数为 3~6 mm 的齿轮,宜采用超音频感应淬火,这样齿轮的轮齿变形较小,但内孔直径一般会缩小 0.01~0.05 mm(薄壁齿轮内孔略有扩大),淬火后应予以修正。

3) 齿形加工 对于 8 级精度及以下的调质齿轮,用滚齿或插齿就能满足要求。对于淬火齿轮可采用滚(或插)齿—齿端加工—热处理—修正内孔的方法。

对于 6~7 级精度的齿轮可以有下面两种方法:

(1) 剃—珩:滚齿(或插齿)—齿端加工—剃齿—表面淬火—修正基准—珩齿。

(2) 磨:滚齿(或插齿)—齿端加工—渗碳淬火—修正基准—磨齿。

剃—珩方法生产效率高,广泛应用于 7 级精度齿轮的成批生产中。磨齿方法生产效率低,一般适用于 6 级精度以上或虽低于 6 级精度但淬火后变形较大的齿轮。

对于 5 级及 5 级以上精度的齿轮,一般采用磨齿方法。

4) 齿端加工 齿轮的齿端有倒圆、倒尖、倒棱和去毛刺等几种。倒圆和倒尖的齿端,在轴上滑移时容易进入啮合。倒棱可除去齿端的锐边,这些锐边经渗碳淬火后很脆,传动时易崩裂,对工作不利。

5) 精基准的修正 齿轮淬火后,基准孔常发生变形,为保证齿形精加工质量,对基准孔必须先加以修正。对外径定心的花键孔齿轮,通常用花键推刀修正。对圆柱孔的修正,常采用推孔或磨孔。磨孔时应以齿轮分度圆定心(图 2-26),这样使磨孔齿圈径向跳动较小,对以后齿形精加工磨齿或珩齿有利。但在齿坯加工时内孔应留磨削余量。

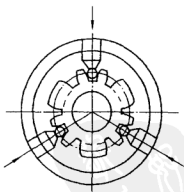


图 2-26 用齿轮分度圆
定位修正内孔

6) 齿轮的检验 齿轮的检验分中间检验和终结检验两种。中间检验主要根据各工序加工要求来确定检验内容,如检查基准孔的尺寸精度和

端面跳动等;滚齿后要检验留剃余量及齿圈径向跳动等。终结检验按图纸要求进行。

3. 几种齿形加工的特点

1) 铣齿 铣齿的加工精度和生产效率比较低,常用来加工精度要求不高(低于9级)的齿轮,或在缺少专用机床,而批量又较小的条件下采用。

2) 滚齿 滚齿是齿形加工中生产效率较高应用最广的一种加工方法,它除了用于加工圆柱齿轮外,还可以加工蜗轮。滚齿加工的精度为4~9级,对于8~9级精度齿轮,滚齿后可以直接获得。对于7级精度以上的齿轮,滚齿是齿形精加工前的粗加工和半精加工工序。为提高加工精度和齿面质量,宜将粗滚滚齿分开。粗滚后应留加工余量0.5~1 mm,精滚时应取较高的切削速度和较小的进给量。

3) 插齿 插齿的应用范围较广,它除了能加工一般外啮合的齿轮外,特别适宜加工齿圈轴向距离较小的多联齿轮、内齿轮、齿条和扇形齿轮等。

4) 剃齿 剃齿是齿轮精加工方法之一,它的精度可达到6~7级,齿面粗糙度可达 $Ra0.8\sim0.2\mu\text{m}$ 。剃齿的效率,因此广泛用于成批大量生产中未经淬火的精度较高的齿轮。

5) 挤齿 挤齿是一种齿轮无切屑光整加工。挤齿时将被挤齿轮置于两个高精度淬硬齿轮之间,齿轮和挤轮作无侧隙自由对滚,挤轮的连续径向进给,给齿轮施加一定的压力,使齿廓表层的金属产生塑性变形,并通过变形来修正剃齿前齿轮的误差和提高表面质量。由于挤轮宽度大于齿轮宽度,挤齿中不需要轴向运动。

挤齿可达到7级甚至更高的精度,表面粗糙度可达 $Ra0.4\sim0.1\mu\text{m}$ 。挤齿效率高,挤一个中等尺寸的齿轮,只要15~20 s,而剃齿却要2~4 min。

6) 珩齿 珩齿是齿轮热处理后的一种光整加工方法,目前生产中应用最多的珩齿方法和剃齿相似。珩轮(刀具)是一种含有磨料的塑料螺旋齿轮。珩齿的运动和剃齿基本相同。

珩齿主要用于去除热处理后齿面上氧化皮和毛刺,使表面粗糙

度 Ra 值从 $1.6\ \mu\text{m}$ 降低到 $Ra0.4\ \mu\text{m}$ 以下,减少齿轮传动的噪声。

7) 磨齿 磨齿是现有齿轮加工方法中加工精度最高的一种方法。磨齿精度可达到 3 级,表面粗糙度达到 $Ra0.8\sim0.2\ \mu\text{m}$ 。磨齿对磨前齿轮误差或热处理变形具有较强的修正能力,故多用于制造硬齿面的高精度齿轮、插齿刀和剃齿刀等时的精加工工序。但磨齿的生产效率低,成本高。

(二) 实例

图 2-27~图 2-30 所示的齿轮,其加工过程见表 2-30~表 2-33。

实例 26 齿轮轴

零件图:见图 2-27。

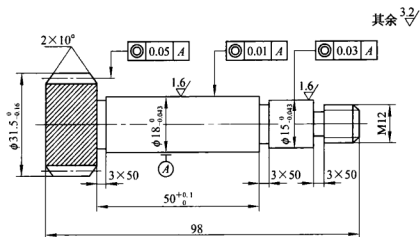


图 2-27 齿轮轴

材料:45 钢。

技术要求:

(1) $\phi 18$ 外圆的径向圆跳动不大于 0.01; $\phi 15$ 外圆、 $\phi 31.5$ 外圆(齿轮分度圆)与 $\phi 18$ 外圆同轴度误差分别不超过 0.03 和 0.05。

(2) $\phi 18$ 和 $\phi 15$ 外圆的尺寸精度要求较高,且其表面粗糙度为 $Ra1.6\ \mu\text{m}$ 。

数量:5 件。

毛坯:锻件。

加工工艺:见表 2-30。

表 2-30 齿轮轴的加工工艺

序号	名称	加 工 过 程	定位基准
1	锻	按工作图尺寸,加放余量	
2	车	粗车各个外圆,留余量 2	
3	热处理	调质 220~240HBS	
4	车	1. 车两端面打中心孔 2. 用两顶尖安装粗车 $\phi 31.5$ 和 $\phi 18$ 外圆,留余量 1.5~2	中心孔
5	车	调头安装,粗车 $\phi 31.5$ 的端面和外圆,接着精车这个外圆	中心孔
6	车	1. 调头安装,半精车 $\phi 18$ 和 $\phi 15$ 外圆,留磨削余量 0.3~0.4 2. 车准 $\phi 12$ 外圆(可以小 0.15~0.25) 3. 切各个外沟槽 4. 精车 $\phi 31.5$ 端面 5. 车 M12 三角螺纹	中心孔
7	铣	铣齿轮	中心孔
8	磨	磨 $\phi 18$ 和 $\phi 15$ 外圆	中心孔
9	检	按图纸要求检验各个尺寸	

实例 27 三联齿轮

零件图:见图 2-28。

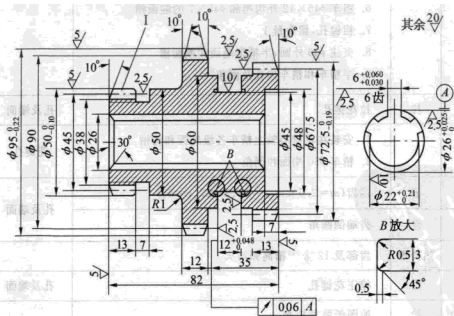


图 2-28 三联齿轮

材料:40Cr 钢。

技术要求:

(1) 齿部及 $12^{+0.043}_0$ 槽高频淬火至 48HRC。

(2) 未注倒角为 $1 \times 45^\circ$ 。

数量:20 件。

毛坯:锻件。

加工工艺:见表 2-31。

表 2-31 三联齿轮的加工工艺过程

序号	名称	加 工 过 程	定位基准
1	锻	模锻	
2	热处理	正火	
3	车	1. 夹住 $\phi 72.5$ 一端毛坯,粗车 $\phi 50$ 的端面 2. 粗车 $\phi 95$ 和 $\phi 50$ 外圆及 $\phi 95$ 的端面,各留余量 $1.5 \sim 2$ 3. 切槽 4. 钻孔(用 $\phi 21$ 麻花钻) 5. 调头夹住 $\phi 50$ 外圆,粗车 $\phi 72.5$ 的端面,留余量 1 6. 粗车 $\phi 45 \times 12$ 外沟槽和 $\phi 45 \times 7$ 的端面槽 7. 粗镗孔,留余量 1 8. 夹住 $\phi 50$ 外圆,半精车端面 and 端面槽 9. 半精车和精车内孔及倒角	外圆及端面
4	拉	拉花键孔	孔及端面
5	车	1. 安装在花键心轴上精车各级外圆和沟槽 2. 精车 $\phi 50$ 端面 and 倒角	花键孔
6	插	插齿($m=2.5 \text{ mm}, z=18, z=27, z=36$)	孔及端面
7	铣	齿端倒圆角	
8	热处理	齿部及 $12^{+0.043}_0$ 槽高频淬火	
9	钳	校正花键孔	孔及端面
10	检	按图纸要求检验	

实例 28 双联齿轮

零件图:见图 2-29。

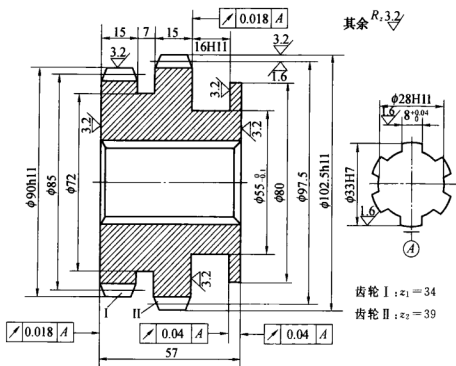


图 2-29 双联齿轮

材料:40Cr 钢。

技术要求:

- (1) 几处端面对花键轴心线的圆跳动要求较高。
- (2) 花键的外圆和键侧面,其表面粗糙度要求是 $\sqrt{4}$ 。
- (3) 齿部需经高频淬火。

数量:5 件。

毛坯:锻件。

工艺过程:见表 2-32。

表 2-32 双联齿轮的加工工艺过程

序号	名称	加 工 过 程	定位基准
1	锻	锻造成形	
2	热处理	退火	

(续表)

序号	名称	加 工 过 程	定位基准
3	车	粗车外圆、端面和内孔(留余量 1~1.5)	外圆
4	热处理	正火	
5	车	精车外圆、端面和内孔($\phi 28H11$)	
6	拉	以 $\phi 28H11$ 和端面为基准拉花键孔	$\phi 28$ 孔和端面
7	滚	以花键孔定位滚齿($z=39$), 留剃齿余量 0.06~0.08	花键孔
8	插	以花键孔定位插齿($z=34$), 留剃齿余量 0.03~0.05	花键孔
9	钳	修毛刺倒角	
10	剃	剃齿($z=39$)	花键孔
11	剃	剃齿($z=34$)	花键孔
12	热处理	齿部高频淬火(G52)	
13	推	推孔	
14	珩	珩齿	
15	检	按图纸要求检验	

实例 29 高精度齿轮

零件图: 见图 2-30。

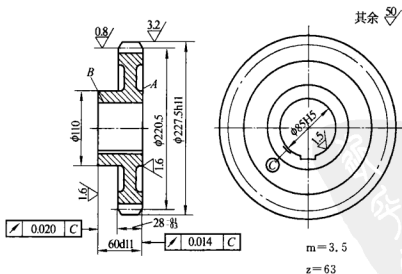


图 2-30 高精度齿轮

材料:40Cr 钢。

技术要求:

(1) 齿轮两端面 A 和 B 对于内孔表面 C 的圆跳动误差不大于 0.02。

(2) 轮齿表面的粗糙度要求 $R_a \leq 1.6$ 。

(3) 齿部高频淬火 G52。

数量:5 件。

毛坯:锻件。

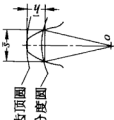
工艺过程:见表 2-33。

表 2-33 高精度齿轮的加工工艺过程

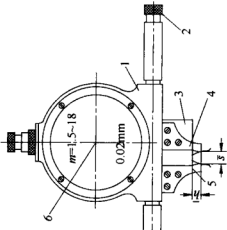
序号	名称	加 工 过 程	定位基准
1	锻	锻造成形	
2	热处理	退火	
3	车	粗车外圆、端面 and 内孔(留余量 2)	外圆及端面
4	热处理	正火	
5	车	1. 精车外圆、端面,总长留余量 0.2,其余车至要求尺寸 2. 车内孔至 $\phi 84.8H7$	外圆及端面
6	滚	以内孔定位滚齿(留磨量 0.25~0.35)	内孔
7	钳	修毛刺、倒角	
8	热处理	齿部高频淬火(G52)	
9	插	插键槽	端面
10	磨	磨大平面 A(以内孔定位)	内孔
11	磨	磨平面 B,总长至尺寸(以 A 定位)	端面 A
12	磨	磨内孔 $\phi 84.8H7$ 至尺寸 $\phi 85H6$	齿圈(分度圆)
13	磨	磨齿	齿圈
14	检	按图纸要求检验	

(三) 齿轮类零件的检验方法(表 2-34)

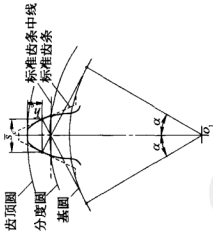
表 2-34 齿轮类零件的检验方法

检验项目	示 图	检验工具	检 验 方 法 和 计 算
齿 轮 类 零 件 齿 厚 (弦 齿 厚)	 齿顶圆 分度圆 s—弦齿厚(mm); h—弦齿高(mm)	齿轮游标卡尺或光学齿厚仪	齿厚是弧长尺寸,无法直接检验,它可以通过弦齿厚计算方法得到。 $\bar{h} = mz \sin \frac{90^\circ}{z}$ $s = m + \frac{mz}{2} \left(1 - \cos \frac{90^\circ}{z} \right)$ [例]标准直齿圆柱齿轮, $m=5 \text{ mm}$, $\alpha=20^\circ$, $z=20$, 求 s 和 h。 解: $\bar{h} = 5 \times 20 \times \sin \frac{90^\circ}{20}$ $= 5 \times 20 \times \sin 4^\circ 30'$ $= 100 \times 0.0785$ $= 7.85 \text{ mm}$ $s = 5 + \frac{5 \times 20}{2} \times \left(1 - \cos \frac{90^\circ}{20} \right)$ $= 5 + 50 \times (1 - \cos 4^\circ 30')$ $= 5.16 \text{ mm}$

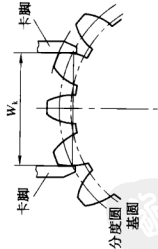
(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检 验 方 法 和 计 算
齿 厚 (弦 齿 厚) 及 齿 厚 偏 差 ΔE_s 齿 轮 类 零 件	 光学齿厚仪 1—主体; 2—手轮; 3—定位板; 4—活动量爪; 5—固定量爪; 6—观察孔	齿轮游标卡尺或光学齿厚仪	即将齿轮卡尺的垂直尺调整到 5.16 mm。水平尺的测量面贴住齿形看看是否是 7.85 mm 左右,是否在公差范围之内。 弦齿厚和弦齿高也可以用简化公式和查表方法得到: $\bar{h} = m\bar{h}'$ $\bar{s} = m\bar{s}'$ 按上例已知条件,从表 2-35 中查得 $\bar{h}' = 1.0308$ $\bar{s}' = 1.5692$ 则 $\bar{h} = 5 \times 1.0308 = 5.154 \text{ mm}$ $\bar{s} = 5 \times 1.5692 = 7.846 \text{ mm}$

(续表)

检验项目	示	图	检验工具	检验方法和计算															
齿厚(固定弦齿厚)			齿轮游标卡尺或光学齿厚仪	用固定弦齿厚和弦齿高检测法与齿数多少无关。															
齿轮类零件				<table><tr><th>压力角 α</th><th>固定弦齿厚 s_c</th><th>固定弦齿高 h_c</th></tr><tr><td>$14\frac{1}{2}^\circ$</td><td>1.472 3m</td><td>0.809 61m</td></tr><tr><td>15°</td><td>1.465 6m</td><td>0.803 65m</td></tr><tr><td>20°</td><td>1.387 05m</td><td>0.747 57m</td></tr><tr><td>$22\frac{1}{2}^\circ$</td><td>1.34m</td><td>0.722 3m</td></tr></table> [例]标准直齿圆柱齿轮, $m=3$ mm, $\alpha=20^\circ$, 求 s_c 和 h_c。 解: $h_c=3\times 0.747\ 57=2.24$ mm $s_c=3\times 1.387\ 05=4.16$ mm	压力角 α	固定弦齿厚 s_c	固定弦齿高 h_c	$14\frac{1}{2}^\circ$	1.472 3m	0.809 61m	15°	1.465 6m	0.803 65m	20°	1.387 05m	0.747 57m	$22\frac{1}{2}^\circ$	1.34m	0.722 3m
压力角 α	固定弦齿厚 s_c	固定弦齿高 h_c																	
$14\frac{1}{2}^\circ$	1.472 3m	0.809 61m																	
15°	1.465 6m	0.803 65m																	
20°	1.387 05m	0.747 57m																	
$22\frac{1}{2}^\circ$	1.34m	0.722 3m																	

(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检 验 方 法 和 计 算
齿厚(固定弦齿厚)		齿轮卡尺	固定弦齿厚和弦齿高也可用查表(表 2-36)方法计算: $(\alpha=20^\circ)$ $\bar{h}_c=0.7476m$ $\bar{s}_c=1.3871m$ [例]按上例。 解: $\bar{h}_c=3 \times 0.7476=2.24\text{ mm}$ $\bar{s}_c=3 \times 1.3871=4.16\text{ mm}$
齿厚公法线长度代替)		公法线长度百分尺或专用检测装置	将公法线长度百分尺的两个测量面插入几个齿(左图是 3 个齿)的齿间,慢慢地转动尺的活动套管,使测量面接触渐开线齿面,无间隙后测得公法线长度 W_k 的实际值

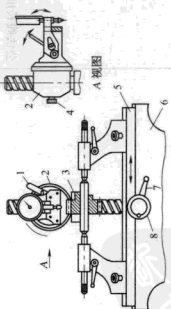
(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检 验 方 法 和 计 算															
齿 轮 类 零 件		公法线长度 百分尺或专 用检验装置	<table><tr><th>压力角 α</th><th>公法线长度计算公式</th><th>跨齿数计算公式</th></tr><tr><td>$14\frac{1}{2}^\circ$</td><td>$W_k = m[3.0415(k-0.5) + 0.00537z]$</td><td>$k = \frac{z}{12} + 0.5$</td></tr><tr><td>$15^\circ$</td><td>$W_k = m[3.0345(k-0.5) + 0.00594z]$</td><td>$k = \frac{z}{11} + 0.5$</td></tr><tr><td>$20^\circ$</td><td>$W_k = m[2.9521(k-0.5) + 0.014z]$</td><td>$k = \frac{z}{9} + 0.5$</td></tr><tr><td>$22\frac{1}{2}^\circ$</td><td>$W_k = m[2.9025(k-0.5) + 0.01988z]$</td><td>$k = \frac{z}{8} + 0.5$</td></tr></table> m—模数; z—被测齿轮齿数; k—跨齿数 [例]标准直齿圆柱齿轮, $m=2\text{ mm}$, $\alpha=20^\circ$, $z=44$, 求 W_k。 解: $k = \frac{44}{9} = 4.88$, 取 $k=5$ (k 值四舍五入, 有时可接近大数) $\begin{aligned} W_k &= 2 \times [2.9521 \times (5-0.5) + 0.014 \times 44] \\ &= 2 \times [13.28 + 0.616] \\ &= 27.8\text{ mm} \end{aligned}$ 公法线长度也可以用查表 2-37 方法计算: $W_k = mW_k'$ 上例 $W_k = 2 \times 13.9008 = 27.8\text{ mm}$ 检验时, 必须在齿轮圆周上均匀分布的四个位置上进行, 取其四次检验的平均值	压力角 α	公法线长度计算公式	跨齿数计算公式	$14\frac{1}{2}^\circ$	$W_k = m[3.0415(k-0.5) + 0.00537z]$	$k = \frac{z}{12} + 0.5$	15°	$W_k = m[3.0345(k-0.5) + 0.00594z]$	$k = \frac{z}{11} + 0.5$	20°	$W_k = m[2.9521(k-0.5) + 0.014z]$	$k = \frac{z}{9} + 0.5$	$22\frac{1}{2}^\circ$	$W_k = m[2.9025(k-0.5) + 0.01988z]$	$k = \frac{z}{8} + 0.5$
压力角 α	公法线长度计算公式	跨齿数计算公式																
$14\frac{1}{2}^\circ$	$W_k = m[3.0415(k-0.5) + 0.00537z]$	$k = \frac{z}{12} + 0.5$																
15°	$W_k = m[3.0345(k-0.5) + 0.00594z]$	$k = \frac{z}{11} + 0.5$																
20°	$W_k = m[2.9521(k-0.5) + 0.014z]$	$k = \frac{z}{9} + 0.5$																
$22\frac{1}{2}^\circ$	$W_k = m[2.9025(k-0.5) + 0.01988z]$	$k = \frac{z}{8} + 0.5$																

(续表)

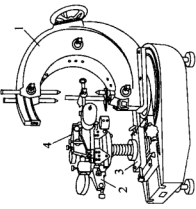
检验项目	示 图	检验工具	检 验 方 法 和 计 算
公 法 线 长 度 变 动 (ΔF_w)		公法线长度百分尺或游标卡尺或专用量仪	公法线长度变动 ΔF_w 是指在同一齿轮上公法线的最大长度与最小长度之差。检验时必须在整个圆周上逐步依次进行才能得出公法线长度的最大和最小值,即 $\Delta F_w = W_{kmax} - W_{kmin}$ [例] $m = 3 \text{ mm}$, $z = 50$, $\alpha = 20^\circ$, 齿轮精度为 7 级, 要求 $\Delta F_w < 0.036 \text{ mm}$。 解: 实测 $W_{kmax} = 50.64 \text{ mm}$, $W_{kmin} = 50.62 \text{ mm}$ $\Delta F_w = 50.64 - 50.62 = 0.02 \text{ mm}$ 合格
斜齿圆柱齿轮公法线长度			斜齿圆柱齿轮的公法线长度是在法面上测量的, 跨齿数 n 应按当量齿数进行计算: $k = \frac{z_v}{9} + 0.5 \quad W_{kn} = m_n (K_1 + zK_2)$ 式中 W_{kn}——斜齿圆柱齿轮的公法线长度(mm); k——跨齿数; z_v——当量齿数; m_n——法面模数(mm); z——齿数; K_1, K_2——查表 2-38、表 2-39

(续表)

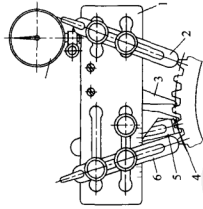
检验项目	示 图	检验工具	检 验 方 法 和 计 算
斜齿圆柱齿轮公法线长度		公法线长度百分尺或游标卡尺或专用量仪	[例]斜齿圆柱齿轮, $\alpha=20^\circ$, $\beta=29^\circ$, $m_n=4$ mm, $z=32$, 求 W_{kn}。 解: 当量齿数 $z_v = \frac{32}{\cos 29^\circ} = 47.8$ 取 $z_v=48$, $K = \frac{48}{9} + 0.5 = 5.83$ 取 $K=6$, 查表 2-38 和表 2-39 得: $K_1=16.2367$ $K_2=0.02048$ $W_{kn} = 4 \times (16.2367 + 32 \times 0.02048) = 67.568$ mm
齿圈径向跳动 ΔF_r	 专用测量仪 1—拨动手柄; 2—千分表架; 3—升降螺母; 4—紧固螺钉; 5—滑动顶尖座; 6—底座; 7—定位手柄; 8—手轮	齿圈径向跳动测量仪 万能测齿仪	齿圈径向跳动可用专用测量仪检验(左图)。使用时先按模数选择测量头($d=1.68$ m), 并将它安装在百分表上。被测齿轮安装在心轴上并放在两顶尖之间, 用手轮 8 可使它轴向移动, 接着使齿精对准百分表上测量头, 并让测量头进入齿槽, 然后一齿一齿地检验。这样经过整圈齿槽检验后, 就可知道齿圈的径向跳动量。

齿 轮 类 零 件

(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检 验 方 法 和 计 算
齿 轮 类 零 件 齿 圈 径 向 跳 动 ΔF_r	 万能测齿仪 1—弓形支架；2—测量工作台； 3—螺旋支承轴；4—测量径向跳动的附件	齿距仪或万能测齿仪	齿圈径向跳动也可以在万能测齿仪上进行。被测件在心轴上垂直安装在两顶尖之间。检测头安装在附件4上,然后一齿一齿地进行检验

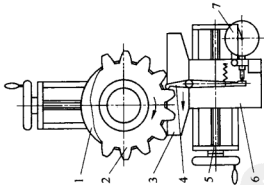
(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检 验 方 法 和 计 算
齿 轮 类 零 件 齿 距 累 积 误 差 ΔF_p	 1—主体；2、5、6—支脚；3—活动量爪； 4—固定量爪；7—指示表	齿距仪或万能测齿仪	测齿仪的固定量爪 4 可以在主体 1 槽内移动,以便它与活动量爪 3 之间大致等于一个齿距。量爪 3 通过杠杆与指示表相联,可从表中读出数值。 当以齿顶圆定位时,仪器利用支脚 2、5、6 靠在齿顶圆上。调整支脚的伸出长度,可使两爪在分度圆附近与被测齿廓接触。当以齿根圆定位时,支脚的小端插入齿槽靠在齿根圆上。 齿距大小也可以在万能测齿仪上进行检验

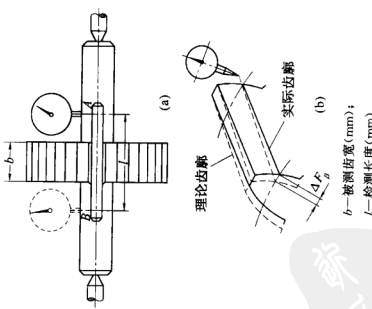
(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检 验 方 法 和 计 算
齿 轮 类 零 件 基 圆 齿 距 偏 差 $\Delta f p_b$	1—主体；2—螺杆；3—固定量爪； 4—辅助支脚；5—活动量爪	基圆齿距仪 或万能测齿 仪	活动量爪 5 通过杠杆和齿轮与指示表相联、旋转微动螺杆 1 可调节固定量爪 3 的位置。利用仪器附件和被测基圆齿距的公称值 p_b 组合的量块组，调节量爪 3 与 5 之间的距离，并使指示表对零。 测量时将量爪 3 和辅助支脚 4 插入相邻齿槽，利用螺杆 2 调节支脚 4 的位置，使它们与齿廓接触。两量爪与两相邻同侧齿廓接触后，指示表的读数即为实际基圆齿距与公称基圆齿距之差。 基圆齿距也可以在万能测齿仪上进行检验

(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检 验 方 法 和 计 算
齿 轮 类 零 件 齿 形 误 差 Δf_r	 1—基圆盘；2—被测齿轮；3—直尺；4—杠杆； 5—丝杠；6—拖板；7—指示表	基圆盘式渐开线检查仪	被测齿轮 2 与基圆盘 1 装在同一心轴上，直径等于被测齿轮基圆直径 d_b 的基圆盘与装在拖板 6 上的直尺 3 相切。当丝杠 5 使拖板 6 移动时，直尺与基圆盘相互作用纯滚动，量头与被测齿廓接触点相对于基圆盘的运动轨迹应是理想渐开线。若被测实际齿廓不是理想渐开线，则杠杆 4 在弹簧作用下产生摆动，由指示表 7 读出其齿形误差

(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检 验 方 法 和 计 算
齿 轮 类 零 件	 (a) (b) 理论齿廓 实际齿廓 ΔF_{β} b—被测齿宽(mm); l—检测长度(mm)	齿圈径向跳动仪或两顶尖座检验工具	将精密圆棒放入齿槽(圆棒直径 $d_p = 1.68m$), 移动指示表架, 测量圆棒两端 A、B 处的高度差 Δh。 $\Delta F_{\beta} = \frac{b}{l} \Delta h$ [例] $b = 20$ mm, $l = 50$ mm, $\Delta h = 0.03$ mm, 求 ΔF_{β}。 解: $\Delta F_{\beta} = \frac{20}{50} \times 0.03$ $= 0.012$ mm 为了避免被测齿轮在顶尖上的安装误差, 可将圆棒放入相隔 180° 的齿槽中再检验一次, 取其平均值为检验结果

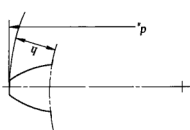
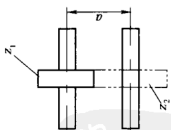
(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检验方法和计算
综 合 检 验 齿 轮 类 零 件		双面啮合检查仪	被测齿轮安装在固定板的心轴上,基准齿轮(其精度比被测齿轮高 2~3 级)安装在浮动板心轴上,在弹簧作用下,与被测齿轮作紧密无侧隙的双面啮合。使被测齿轮回转一周,双啮中心距 a 的变动将综合反映被测齿轮的各项误差。通过指示器读出或记录装置画出曲线误差。它可以检验径向综合误差 $\Delta F_r''$ 和径向相邻齿综合误差 $\Delta f_r''$

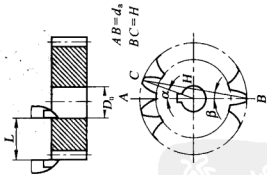
(续表)

检验项目	示	图	检验工具	检验方法和计算
齿面接触斑点	正确		万能齿轮检验仪或专用设备	齿面接触斑点可以在滚动检验机或其他专用设备上进行单面啮合试验。一般是在小齿轮齿面上涂一层极薄的红丹粉(或普鲁士蓝等),经短时间对滚以后,根据啮合面上呈现的亮点的位置和面积判断其接触斑点是否符合要求。 ——一般在齿的高度上,接触面不少于30%~50%;在齿的宽度上,接触面不少于40%~70%。具体要看精度要求。 也有将被测齿轮装上产品后试验再看其啮合情况
中心距太大				
中心距太小				
中心线不平行				
齿轮类零件				

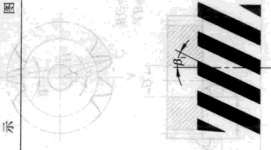
(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检 验 方 法 和 计 算
齿 轮 类		游标卡尺或 外径百分尺 和深度尺	从一个已知的齿轮中测模数。 [例]有一直齿圆柱齿轮,测得: $d_s = 167.4 \text{ mm}$, $h = 8.76 \text{ mm}$, $z = 40$, 求 m。 解: $m = \frac{h}{2.25} = \frac{8.76}{2.25} = 3.89 \text{ mm}$ 又 $m = \frac{d_s}{z+2} = \frac{167.4}{40+2} = 3.98 \text{ mm}$ 在标准模数中只有 3.75 和 4 两种,看来 4 是符合的,即这个齿轮的模数 $m = 4 \text{ mm}$
数 件		游标卡尺或 外径百分尺	有两根轴,一根轴上的齿轮存在,另一根轴上齿轮丢失,要配一个已丢失的齿轮。 现测得两轴中心距为 50 mm,保存的齿轮 $d_s = 43.8 \text{ mm}$, $h = 4.4 \text{ mm}$, $z = 20$,按计算公式: $m = \frac{4.4}{2.25} = 1.95 \text{ mm}$ $m = \frac{43.8}{20+2} = 1.99 \text{ mm}$ $m = 2 \text{ mm}$

(续表)

检验项目	示	图	检验工具	检验方法和计算
模数				$a = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}$ $z_2 = \frac{2a}{m} - z_1 = \frac{2 \times 50}{2} - 20 = 50 - 20 = 30$ 已丢失的齿轮是: $m = 2 \text{ mm}, z = 30$
奇数齿的齿顶圆直径			游标卡尺	(1) 用游标卡尺的刀口测量面测出尺寸 L 和 D_0 , 然后用下面公式: $d_a = 2L + D_0$ (2) 用外径百分尺或游标尺测出 H , 并数出 z , 然后用下面公式: $d_a = \frac{H}{\cos \frac{90^\circ}{z}}$ [例] $H = 53.79 \text{ mm}, z = 25$, 求 d_a . 解: $d_a = \frac{53.79}{\cos \frac{90^\circ}{25}} = \frac{53.79}{\cos 3.6^\circ} = \frac{53.79}{0.998} = 53.79 \text{ mm}$

(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检 验 方 法 和 计 算
斜 齿 圆 柱 齿 轮 分 度 圆 螺 旋 角 β		外径百分尺 游标尺量角器	在已有齿轮上检测螺旋角 β 将齿轮在白纸上滚出几牙印痕,然后用量角器测出角度 β。但 β 是齿顶圆上螺旋角,这时我们可以用公式计算。 $\cot \beta = \frac{2.25d_a}{1.25d_a + d_f}$ [例] $d_a = 111.4 \text{ mm}$, $d_f = 102.14 \text{ mm}$, $\beta = 20^\circ 52'$, 求 β。 解: $\cot \beta = \frac{111.4 \times 2.25}{111.4 \times 1.25 + 102.14} \times \cot 20^\circ 52'$ $= 1.04 \times 2.623 = 2.704$ $\beta = 20^\circ 18'$

注: 齿轮的几个主要尺寸(参数)也可以用万能工具显微镜检验。

表 2-35 分度圆弦齿厚和弦齿高

 $(m=1)$

(mm)

齿数 z	弦齿厚 $\bar{s}'$	弦齿高 $\bar{h}'$	齿数 z	弦齿厚 $\bar{s}'$	弦齿高 $\bar{h}'$
12	1.566 3	1.051 3	44	1.570 5	1.014 0
13	1.566 9	1.047 4	45	1.570 5	1.013 7
14	1.567 5	1.044 0	46	1.570 5	1.013 4
15	1.567 9	1.041 1	47	1.570 5	1.013 1
16	1.568 3	1.038 5	48	1.570 5	1.012 8
17	1.568 6	1.036 3	49	1.570 5	1.012 6
18	1.568 8	1.034 2	50	1.570 5	1.012 4
19	1.569 0	1.032 4	51	1.570 5	1.012 1
20	1.569 2	1.030 8	52	1.570 6	1.011 9
21	1.569 3	1.029 4	53	1.570 6	1.011 6
22	1.569 4	1.028 0	54	1.570 6	1.011 4
23	1.569 5	1.026 8	55	1.570 6	1.011 2
24	1.569 6	1.025 7	56	1.570 6	1.011 0
25	1.569 7	1.024 7	57	1.570 6	1.010 8
26	1.569 8	1.023 7	58	1.570 6	1.010 6
27	1.569 9	1.022 8	59	1.570 6	1.010 4
28	1.569 9	1.022 0	60	1.570 6	1.010 3
29	1.570 0	1.021 2	61	1.570 6	1.010 1
30	1.570 1	1.020 5	62	1.570 6	1.010 0
31	1.570 1	1.019 9	63	1.570 6	1.009 8
32	1.570 2	1.019 3	64	1.570 6	1.009 6
33	1.570 2	1.018 7	65	1.570 6	1.009 5
34	1.570 2	1.018 1	66	1.570 6	1.009 3
35	1.570 3	1.017 6	67	1.570 6	1.009 2
36	1.570 3	1.017 1	68	1.570 6	1.009 1
37	1.570 3	1.016 7	69	1.570 6	1.008 9
38	1.570 3	1.016 2	70	1.570 6	1.008 8
39	1.570 4	1.015 8	71	1.570 7	1.008 7
40	1.570 4	1.015 4	72	1.570 7	1.008 6
41	1.570 4	1.015 0	73	1.570 7	1.008 4
42	1.570 4	1.014 6	74	1.570 7	1.008 3
43	1.570 5	1.014 4	75	1.570 7	1.008 2

(续表)

齿数 z	弦齿厚 $\bar{s}'$	弦齿高 $\bar{h}'$	齿数 z	弦齿厚 $\bar{s}'$	弦齿高 $\bar{h}'$
76	1.570 7	1.008 0	95	1.570 7	1.006 5
77	1.570 7	1.008 0	96	1.570 7	1.006 4
78	1.570 7	1.007 9	97	1.570 7	1.006 4
79	1.570 7	1.007 8	98	1.570 7	1.006 3
80	1.570 7	1.007 7	99	1.570 7	1.006 2
81	1.570 7	1.007 6	100	1.570 7	1.006 2
82	1.570 7	1.007 5	105	1.570 8	1.005 9
83	1.570 7	1.007 4	110	1.570 8	1.005 6
84	1.570 7	1.007 3	115	1.570 8	1.005 4
85	1.570 7	1.007 3	120	1.570 8	1.005 1
86	1.570 7	1.007 2	125	1.570 8	1.004 9
87	1.570 7	1.007 1	127	1.570 8	1.004 8
88	1.570 7	1.007 0	130	1.570 8	1.004 7
89	1.570 7	1.006 9	135	1.570 8	1.004 6
90	1.570 7	1.006 9	140	1.570 8	1.004 4
91	1.570 7	1.006 8	145	1.570 8	1.004 2
92	1.570 7	1.006 7	150	1.570 8	1.004 1
93	1.570 7	1.006 6	齿条	1.570 8	1.000 0
94	1.570 7	1.006 5			

表 2-36 固定弦齿厚和弦齿高

 $(\alpha=20^\circ)$

(mm)

模数 m	固定弦齿厚 $\bar{s}_c$	固定弦齿高 $\bar{h}_c$	模数 m	固定弦齿厚 $\bar{s}_c$	固定弦齿高 $\bar{h}_c$
1	1.387 1	0.747 6	3.5	4.854 7	2.616 5
1.25	1.733 8	0.934 4	3.75	5.201 7	2.803 4
1.5	2.080 6	1.121 4	4	5.548 2	2.990 3
1.75	2.427 3	1.308 2	4.25	5.895 0	3.177 2
2	2.774 1	1.495 1	4.5	6.241 7	3.364 1
2.25	3.120 9	1.682 0	4.75	6.588 5	3.551 0
2.5	3.467 7	1.868 9	5	6.935 3	3.737 9
2.75	3.814 4	2.055 8	5.5	7.628 8	4.111 7
3	4.161 2	2.242 7	6	8.322 3	4.485 4
3.25	4.507 9	2.429 6	6.5	9.015 8	4.859 2

(续表)

模数 m	固定弦齿厚 $\bar{s}_c$	固定弦齿高 $\bar{h}_c$	模数 m	固定弦齿厚 $\bar{s}_c$	固定弦齿高 $\bar{h}_c$
7	9.709 3	5.233 0	14	19.418 7	10.466 1
7.5	10.402 9	5.606 8	15	20.805 7	11.213 7
8	11.096 4	5.980 6	16	22.192 8	11.961 2
9	12.483 4	6.728 2	18	24.966 9	13.456 4
10	13.870 5	7.475 7	20	27.741 0	14.951 6
11	15.257 5	8.223 3	22	30.515 1	16.446 7
12	16.644 6	8.970 9	24	33.289 2	17.941 9
13	18.031 6	9.718 5	25	34.676 2	18.689 5

注：测量斜齿轮时，应按法向模数来查表。测量锥齿轮时，应按大端模数查表。

表 2-37 直齿圆柱齿轮公法线长度

 $(m=1, \alpha=20^\circ)$

(mm)

被测齿轮 总齿数 z	跨测齿数 k	公法线长度值 W_k'	被测齿轮 总齿数 z	跨测齿数 k	公法线长度值 W_k'
10	2	4.568 3	28	4	10.724 6
11		4.582 3	29		10.738 6
12		4.596 3	30		10.752 6
13		4.610 3	31		10.766 6
14		4.624 3	32		10.780 6
15		4.638 3	33		10.794 6
16		4.652 3	34		10.808 6
17		4.666 3	35		10.822 6
18	3	4.680 3	36	5	10.836 7
19		7.646 4	37		13.802 8
20		7.660 4	38		13.816 8
21		7.674 4	39		13.830 8
22		7.688 4	40		13.844 8
23		7.702 5	41		13.858 8
24		7.716 5	42		13.872 8
25		7.730 5	43		13.886 8
26		7.744 5	44		13.900 8
27		7.758 5	45		13.914 8

(续表)

被测齿轮 总齿数 z	跨测齿数 k	公法线长度值 W_k'	被测齿轮 总齿数 z	跨测齿数 k	公法线长度值 W_k'
46	6	16.881 0	82	10	29.193 7
47		16.895 0	83		29.207 7
48		16.909 0	84		29.221 7
49		16.923 0	85		29.235 7
50		16.937 0	86		29.249 7
51		16.951 0	87		29.263 7
52		16.965 0	88		29.277 7
53		16.979 0	89		29.291 7
54		16.993 0	90		29.305 7
55	7	19.959 1	91	11	32.271 9
56		19.973 2	92		32.285 9
57		19.987 2	93		32.299 9
58		20.001 2	94		32.313 9
59		20.015 2	95		32.327 9
60		20.029 2	96		32.341 9
61		20.043 2	97		32.355 9
62		20.057 2	98		32.369 9
63		20.071 2	99		32.383 9
64	8	23.037 3	100	12	35.350 0
65		23.051 3	101		35.364 1
66		23.065 3	102		35.378 1
67		23.079 3	103		35.392 1
68		23.093 3	104		35.406 1
69		23.107 4	105		35.420 1
70		23.121 4	106		35.434 1
71		23.135 4	107		35.448 1
72		23.149 4	108		38.414 2
73	9	26.115 5	109	13	38.428 2
74		26.129 5	110		38.442 2
75		26.143 5	111		38.456 3
76		26.157 5	112		38.470 3
77		26.171 5	113		38.484 3
78		26.185 5	114		38.498 3
79		26.199 5	115		38.512 3
80		26.213 5	116		38.526 3
81		26.227 5	117		38.540 3

(续表)

被测齿轮 总齿数 z	跨测齿数 k	公法线长度值 W_k'	被测齿轮 总齿数 z	跨测齿数 k	公法线长度值 W_k'
118	14	41.506 4	154	18	53.819 2
119		41.520 5	155		53.833 2
120		41.534 4	156		53.847 2
121		41.548 4	157		53.861 2
122		41.562 5	158		53.875 2
123		41.576 5	159		53.889 2
124		41.590 5	160		53.903 2
125		41.604 5	161		53.917 2
126		41.618 5	162		53.931 2
127	15	44.584 6	163	19	56.897 3
128		44.598 6	164		56.911 3
129		44.612 6	165		56.925 4
130		44.626 6	166		56.939 4
131		44.640 6	167		56.953 4
132		44.654 6	168		56.967 4
133		44.668 6	169		56.981 4
134		44.682 6	170		56.995 4
135		44.696 6	171		57.009 4
136	16	47.662 8	172	20	59.975 5
137		47.676 8	173		59.989 5
138		47.690 8	174		60.003 5
139		47.704 8	175		60.017 5
140		47.718 8	176		60.031 5
141		47.732 8	177		60.045 6
142		47.746 8	178		60.059 6
143		47.760 8	179		60.073 6
144		47.774 8	180		60.087 6
145	17	50.741 0	181	21	63.053 7
146		50.755 0	182		63.067 7
147		50.769 0	183		63.081 7
148		50.783 0	184		63.095 7
149		50.797 0	185		63.109 7
150		50.811 0	186		63.123 7
151		50.825 0	187		63.137 7
152		50.839 0	188		63.151 7
153		50.853 0	189		63.165 7

(续表)

被测齿轮 总齿数 z	跨测齿数 k	公法线长度值 W_k'	被测齿轮 总齿数 z	跨测齿数 k	公法线长度值 W_k'
190	22	66.131 9	196	22	66.215 9
191		66.145 9	197		66.229 9
192		66.159 9	198		66.243 9
193		66.173 9	199	23	69.210 1
194		66.187 9			
195		66.201 9	200		69.224 1

 表 2-38 斜齿圆柱齿轮公法线长度计算系数 K_1

K	K_1	K	K_1	K	K_1	K	K_1	K	K_1
1	1.476 1	11	30.997 4	21	60.518 7	31	90.040 0	41	119.561 3
2	4.428 2	12	33.949 5	22	63.470 8	32	92.992 1	42	122.513 5
3	7.380 3	13	36.901 6	23	66.423 0	33	95.944 3	43	125.465 6
4	10.332 5	14	39.853 8	24	69.375 1	34	98.896 4	44	128.417 7
5	13.284 6	15	42.805 9	25	72.327 2	35	101.848 5	45	131.369 8
6	16.236 7	16	45.758 0	26	75.279 4	36	104.800 7	46	134.322 0
7	19.188 9	17	48.710 2	27	78.231 5	37	107.752 8	47	137.274 1
8	22.141 0	18	51.662 3	28	81.183 6	38	110.704 9	48	140.226 2
9	25.093 1	19	54.614 4	29	84.135 7	39	113.657 1	49	143.178 4
10	28.045 2	20	57.566 6	30	87.087 9	40	116.609 2	50	146.130 5

 表 2-39 斜齿圆柱齿轮公法线长度计算系数 K_2

β	K_2	β	K_2	β	K_2
0°0'	0.014 006	5°0'	0.014 159	10°0'	0.014 631
0°30'	0.014 007	5°30'	0.014 191	10°30'	0.014 697
1°0'	0.014 012	6°0'	0.014 227	11°0'	0.014 767
1°30'	0.014 019	6°30'	0.014 266	11°30'	0.014 840
2°0'	0.014 030	7°0'	0.014 308	12°0'	0.014 917
2°30'	0.014 044	7°30'	0.014 353	12°30'	0.014 998
3°0'	0.014 061	8°0'	0.014 402	13°0'	0.015 082
3°30'	0.014 080	8°30'	0.014 454	13°30'	0.015 171
4°0'	0.014 103	9°0'	0.014 510	14°0'	0.015 264
4°30'	0.014 130	9°30'	0.014 569	14°30'	0.015 360

(续表)

β	K_2	β	K_2	β	K_2
15°0'	0.015 461	25°30'	0.018 743	36°0'	0.025 492
15°30'	0.015 566	26°0'	0.018 967	36°30'	0.025 951
16°0'	0.015 676	26°30'	0.019 199	37°0'	0.026 427
16°30'	0.015 790	27°0'	0.019 439	37°30'	0.026 920
17°0'	0.015 908	27°30'	0.019 687	38°0'	0.027 431
17°30'	0.016 031	28°0'	0.019 944	38°30'	0.027 961
18°0'	0.016 159	28°30'	0.020 210	39°0'	0.028 510
18°30'	0.016 292	29°0'	0.020 484	39°30'	0.029 080
19°0'	0.016 429	29°30'	0.020 768	40°0'	0.029 671
19°30'	0.016 572	30°0'	0.021 062	40°30'	0.030 285
20°0'	0.016 720	30°30'	0.021 366	41°0'	0.030 921
20°30'	0.016 874	31°0'	0.021 680	41°30'	0.031 582
21°0'	0.017 033	31°30'	0.022 055	42°0'	0.032 269
21°30'	0.017 198	32°0'	0.022 341	42°30'	0.032 982
22°0'	0.017 368	32°30'	0.022 689	43°0'	0.033 723
22°30'	0.017 545	33°0'	0.023 049	43°30'	0.034 493
23°0'	0.017 728	33°30'	0.023 422	44°0'	0.035 294
23°30'	0.017 917	34°0'	0.023 808	44°30'	0.036 127
24°0'	0.018 113	34°30'	0.024 207	45°0'	0.036 994
24°30'	0.018 316	35°0'	0.024 620		
25°0'	0.018 526	35°30'	0.025 049		

六、箱体类零件的加工工艺

(一) 工艺分析

箱体类零件的加工,主要是加工平面和孔。加工平面一般采用刨、铣、磨削等。加工主要孔常采用镗削(在镗床上或摇臂钻床上),小孔多采用钻削。

由于箱体类零件结构复杂、刚性差和加工后易变形,因此如何保证各表面间的相互位置精度是个重要问题。

1. 定位基准的确定

加工平面型的箱体类零件,确定定位基准有以下两种方法:

(1) 先面后孔。即先加工平面,然后以平面作为定位基准,加工所有其他表面。

(2) 先孔后面。即先加工孔,然后以孔作为定位基准,加工所有其他表面。

由于平面较精确可靠,而且箱体类零件的装配基准和测量基准大多数是平面,所以多以平面作为定位基准,即先面后孔。

为了使孔的加工余量分布均匀,以及箱体内零件与箱体内壁之间保持一定间隙,这时常以毛坯上主要的铸孔和箱体内壁作为粗基准。但在毛坯孔直径较小、位置精度不高时,若仍以该孔作为粗基准,则会产生很大的安装误差,因此,这时应以铸件外部的不加工表面作为粗基准。

作为定位基准的平面,应加工得比较精确,因此在粗加工后还应进行精加工。

对于回转体型的箱体零件,加工时常以毛坯外表面作为粗基准,在一次安装下加工出该主要孔和端面,然后以此作精基准加工其他表面。

2. 粗、精加工阶段的划分

当工件刚性较好、内应力小、毛坯精度较高时,粗加工后变形很小,这时可以不分阶段,即在基准平面粗、精加工后,再进行粗、精加工主要孔。否则只得将平面和孔交替进行加工。

(二) 实例

实例 30 车床主轴箱

零件图:见图 2-31。

材料:铸铁。

技术要求:

(1) 底面及 V 形槽平行度允差 $0.02/100$ 。

(2) 各轴孔中心线平行度允差 $0.01/100$ 。

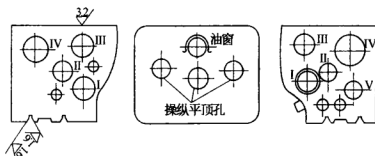


图 2-31 车床主轴箱

(3) IV 轴轴孔中心与底面 V 形槽的平行性:

水平面 0.05(只许向上)

垂直面 0.05(只许向里)

(4) 人工时效处理后硬度为 163~187HBS。

(5) 1、2、3 三轴孔中心线与 II、III 轴平行度允差为 0.1。

数量:5 件。

毛坯:铸件。

加工工艺:见表 2-40。

表 2-40 车床主轴箱加工工艺过程

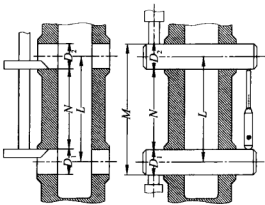
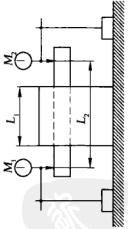
序号	名称	加 工 过 程	定位基准
1	铸	铸造成形	
2	热处理	人工时效处理	
3	漆	清理表面,磨去毛刺、片锋、残砂,磨光不加工表面	
4	喷砂	铸件进行喷砂处理	
5	油漆	铸件内腔涂底漆	
6	划线	(1) 划出全部平面加工线 (2) 划出各孔的位置线 (划线时根据中间筋的位置,确定箱体右端面之距离)	
7	龙刨	(1) 刨箱体顶面,表面粗糙度为 $6.3/\sqrt{\quad}$ (2) 刨底面及三角槽,用样板检查 (三角槽的角度用 0.05 塞尺检查)	

(续表)

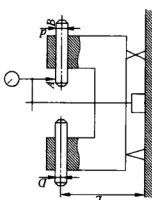
序号	名称	加工过程	定位基准
8	铣	以底面及三角槽为基准 (1) 铣两端面 (2) 铣前后侧面 要求: ① 前侧面与底面垂直度允差不大于 0.1 ② 前侧面与底面三角槽平行度允差不大于 0.1 ③ 表面粗糙度为 $\sqrt{3.2}$	
9	刮	刮底面及三角槽, 接触点 6 点/25 ²	
10	镗	在专用机床上粗镗 I、II、III、IV、V 轴孔, 各留余量 1.5~2	
11	横钻	(1) 用钻模以底面三角筋及后端面定位钻底面与床身安装螺孔 (2) 攻螺孔 (3) 用钻模以外形定位, 钻攻孔主轴箱盖紧固螺孔 (4) 划钻 $\frac{1}{2}$ in 管牙放油孔	
12	精刮	精刮底面及三角筋, 接触点 8 点/25 ² 均匀	
13	精镗	在专用机床上半精镗及精镗 5 个孔 (1) 半精镗时留精镗余量 0.06~0.1 (2) 精镗各个孔至尺寸, 表面粗糙度为 $\sqrt{1.6}$ (粗镗后至精镗工件必须有 48 小时间隔期)	
14	横钻	(1) 用钻模以底面及三角槽定位, 钻操纵杆孔、刹车孔、油穿孔 (2) 钻、攻主轴箱两端面螺孔	
15	检	按图纸要求检验各部分	

(三) 箱体类零件的检验方法(表 2-41)

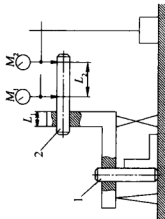
表 2-41 箱体类零件的检验方法

检验项目	示 图	检验工具	检 验 方 法 和 计 算
中 心 距		游标卡尺 百分尺或 内径百分尺 圆棒	1. 用游标卡尺刀口部分测量尺寸 N ; $L = N + \frac{D_1 + D_2}{2}$ 2. 用两根圆棒无间隙地插入两孔内,用外径百分尺测量尺寸 M ; $L = M - \left(\frac{D_1 + D_2}{2} \right)$ 或用内径百分尺测量尺寸 N ; $L = N + \frac{D_1 + D_2}{2}$
平 行 度		百分表 圆棒 游标卡尺 平板	$f = \frac{L_1}{L_2} M_1 - M_2 $ [例] $L_1 = 80 \text{ mm}$, $L_2 = 120 \text{ mm}$, $M_1 = 0.04 \text{ mm}$, $M_2 = 0.01 \text{ mm}$, 求 f 。 解: $f = \frac{80}{120} 0.04 - 0.01 $ $= \frac{2}{3} \times 0.03 = 0.02 \text{ mm}$

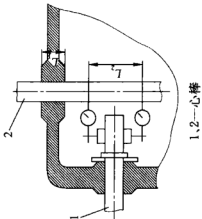
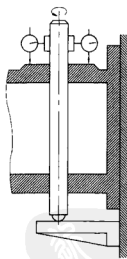
(续表)

检验项目	示 图	检 验 工 具	检 验 方 法 和 计 算
箱体类零件同轴度		百分表 短心棒 固定支座 活动支座 平板	将两根心棒无间隙地插入两个孔中,并调整被测件使其基准轴线与平板平行。 在靠近被测孔端 A、B 两点检测,并求出该两点分别与高度 $(L + \frac{d}{2})$ 的差值 f_{Ax} 和 f_{Bx}。然后把被测件翻转 90°,按上述方法测出 f_{Ay} 和 f_{By},则 A 点处的同轴度误差为: $f_A = 2 \sqrt{(f_{Ax})^2 + (f_{Ay})^2}$ B 点处的同轴度误差为: $f_B = 2 \sqrt{(f_{Bx})^2 + (f_{By})^2}$ 取其中较大值作为该被测件的同轴度误差。 [例]第一次测得:A 点为 0.02 mm,B 点为 0.03 mm。翻转 90°后测得:A 点为 0.02 mm,B 点为 0.01 mm。求同轴度误差。 解: $f_A = 2 \times \sqrt{(0.02)^2 + (0.02)^2}$ $= 2 \times \sqrt{0.0008} = 0.057 \text{ mm}$ $f_B = 2 \times \sqrt{(0.03)^2 + (0.01)^2}$ $= 2 \times \sqrt{0.001} = 0.063 \text{ mm}$ 即同轴度误差为 0.063 mm

(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检 验 方 法 和 计 算
箱 体 类 零 件 垂 直 度 (—)	 1, 2—心棒	百分表 心棒 固定支座 活动支座 平板 (或三坐标 测量机)	基准轴线 1 和被测轴线用心棒 2 模拟。调整基准心棒使其与平板垂直。在检验距离为 L_2 的两个位置上测得数值为 M_1 和 M_2, 并用下面公式计算: $f = \frac{L_1}{L_2} M_1 - M_2 $ [例] $L_1 = 50 \text{ mm}$, $L_2 = 150 \text{ mm}$, $M_1 = 0.01 \text{ mm}$, $M_2 = 0.04 \text{ mm}$, 求 f。 解: $f = \frac{50}{150} 0.04 - 0.01$ $= \frac{1}{3} \times 0.03$ $= 0.01 \text{ mm}$

(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检 验 方 法 和 计 算
垂 直 度 (二) 箱 体 类 零 件	 1、2—心棒	百分表 心棒	
垂 直 度 (三)		百分表 心棒 平板支座	

七、机体类零件的加工工艺

(一) 工艺分析

机体的加工表面有连接面、导轨面和孔。对连接面和导轨面的加工,分别采用刨削、铣削、刮削(或磨削)。大型机体导轨面一般在龙门刨床上刨削。一般机体(如车床、磨床导轨)的导轨的精加工用导轨磨床磨削。

机体上直径较大的孔,可在卧式镗床上加工;机体上各种螺孔、油孔或其他孔,通常在摇臂钻床上根据划线或用盖板式钻模加工。

机体的刚性差,易变形,而且精度又高,所以在加工过程中,为保证加工精度,应分粗加工、半精加工和精加工三个阶段。粗加工后安排时效处理消除内应力。对要求淬硬的导轨,当采用火焰、高频、中频及超高频淬火时,时效处理应安排在磨导轨之前。

在机体加工过程中,应尽量以导轨面作为定位基准,因为它是总装配基准,也是设计基准。为了保证导轨表面获得硬度均匀且耐磨的性能,导轨表面层的切除厚度应尽量小而均匀,所以粗加工时,一般先以导轨面为粗基准加工底面,然后翻转以底面作定位基准,粗、半精加工导轨面。

(二) 实例

实例 31 车床床身

零件图:图 2-32。

材料:HT200。

技术要求:

- (1) 床身导轨的直线度为:在垂直面内允差不得大于 $0.02 \sim 0.03/1000$;在水平面内允差全长不大于 0.03 。
- (2) 导轨表面的相互平行度不大于 0.05 。
- (3) 导轨的平面度为在 25×25 内 $12 \sim 15$ 点。
- (4) 表面粗糙度为 $Ra0.8 \mu m$ 。

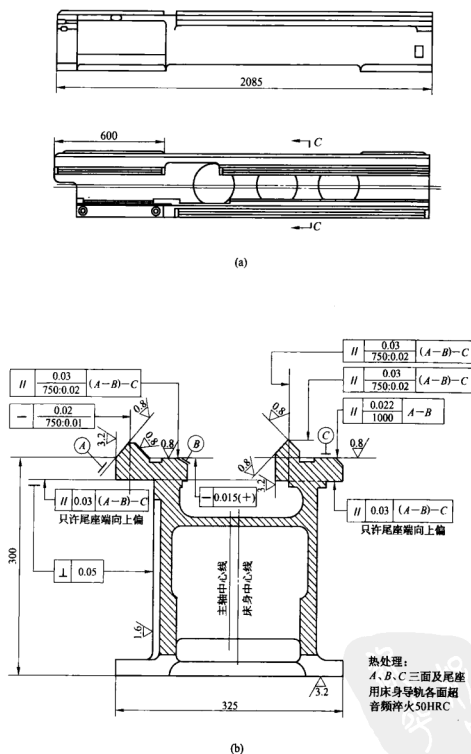


图 2-32 车床床身

数量:2 件。

毛坯:铸件。

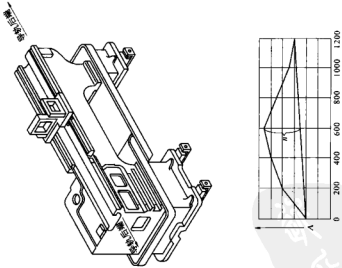
加工工艺:见表 2-42。

表 2-42 车床床身的加工工艺

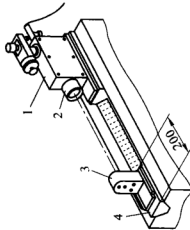
序号	名称	加 工 过 程	定位基准
1	铸	(1) 铸造成形 (2) 出清砂泥、去除浇冒口	
2	划	划上平面、底平面线(照顾毛坯尺寸)	
3	刨	(1) 粗刨底平面,留余量 2.5~3 (2) 粗刨上平面、立面(四处)、三角形导轨斜面、各面 留余量 2.5~3	
4	热处理	(1) 人工时效处理 (2) 清刺、刷锈 (3) 涂底漆	
5	铣	半精铣底平面,留余量 1	
6	刨	半精刨各加工表面	
7		(1) 清刺 (2) 喷漆	
8	铣	一次精铣底平面,留余量 0.3~0.5	
9	刨	精刨各加工表面	
10	钳	钻孔、攻螺纹	
11	热处理	超高频淬火	
12	铣	二次精铣底平面	
13	磨	粗精磨各导轨面	
14	检	按图纸要求检验各部分	

(三) 床身导轨的检验方法(表 2-43)

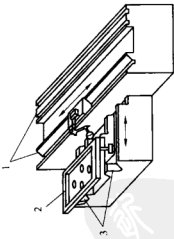
表 2-43 床身导轨的检验方法

检验项目	示 图	检验工具	检 验 方 法 和 计 算
直线度(垂直平面内)(一)		框式水平仪	将水平仪放在导轨上(水平仪放在垫板上)分段依次移动,并将每段上的水平仪移动格数记录在坐标纸上,然后将两端点连起来,即可得出差值(格),接着用公式计算。 $\Delta = n i l$ 式中 n——坐标图上格数; i——水平仪精度; l——水平仪边长(mm) [例]导轨长 1 200 mm,水平仪框架 200 mm×200 mm,精度 $\frac{0.02}{1\,000}$ mm,分六段(每段 200 mm)检测得 +2; +1; +0.5; -1; -1; -0.5。求 Δ。 解:1. 作出坐标曲线图(左面), $n=3$ 格 $\Delta = 3 \times \frac{0.02}{1\,000} \times 200 = 0.012 \text{ mm}$

(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检 验 方 法 和 计 算
直 线 度 (垂 直 平 面 内) (二) 导 轨	 1—本体；2—望远镜； 3—反光镜；4—垫块	光学平直仪 (或双频激光干涉仪)	测量在垂直面内的直线度误差时,调整目镜上的微动手轮,使之与望远镜平行。测量在水平面内的直线度误差时,可将目镜按顺时针方向旋转 90°,使微动手轮与望远镜垂直。 [例]光学平直仪的精度为 $\frac{0.005}{1\ 000}$ mm,垫板长度为 200 mm,被测长度为 2 000 mm,求直线度误差。 解:1. 调整仪器位置。 2. 逐段检查,每隔 200 mm 测量一次,得十个读数如下:(依次)28,31,31,34,36,39,39,41,42。 3. 求平均值。 $\Delta_{\text{平}} = \frac{28+31+31+34+36+39+39+41+42}{10}$ $= 36$ 在原值读数上减去平均值得: -8, -5, -5, -2, 0, 3, 3, 5, 6。再把上述相邻两数加起来得: -8, -13, -18, -20, -20, -17, -14, -11, -6, 0。

(续表)

检验项目	示	图	检验工具	检 验 方 法 和 计 算
直线度(垂直平面内)(一)				4. 求直线度误差。 上述最大累积值为导轨的最大读数误差,现在最大 读数误差为 20 格,则导轨直线度误差为 $\Delta = \text{mil} = 20 \times \frac{0.005}{1000} \times 200$ $= 0.02 \text{ mm}$
直线度(垂直平面内)(二)		 1—纵向导轨; 2—矩形角尺; 3—横导轨	百分表 垫板 矩形角尺	将矩形角尺安装在与导轨平行的位置上,百分表装 在导轨的垫板上,触头触及直尺的测量面上,然后移动 垫板,看百分表的读数就可知道导轨的直线度误差

(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检 验 方 法 和 计 算
直线度(垂直平面内)(四)	1—直尺; 2—量块; 3—导轨	直尺 量块 塞尺	将两个高度相同的量块放在导轨面上,然后将直尺的检验面放在量块上面。为了减少直尺在其本身重量作用下的变形,两个量块之间的距离可取为 $0.554L$ (L 为直尺长度)。然后用量块和塞尺检测直尺与导轨面之间的空隙,判定导轨的直线度误差
直线度(水平面内)	1—钢丝; 2—显微镜	钢丝 显微镜	将直径在 0.1 mm 以内的细钢丝拉紧,把它当作标准直线来检测导轨面的直线性。钢丝的截面应严格地一致,并不允许有弯曲。钢丝沿着 V 形导轨面拉紧后,将显微镜在导轨上一段一段地移动,并且每次都使目镜交点和钢丝重合。然后按照显微镜测微纹上刻度的读数,确定其导轨的直线度(水平面内)误差

(续表)

检验项目	示 图	检验工具	检 验 方 法 和 计 算
平行度、垂直面内和垂直度 导 轨	(a) 检验平面导轨; (b) 检验棱形导轨; (c) 用直角检具检验顶面和侧面的垂直度 1—平板; 2—导轨	平板或 专用检具 红丹粉 将检验用平板(或专用工具)以涂色法按接触斑点进行检验	
平 行 度	1—垫板; 2—水平仪	水平仪垫板	将两块垫板(桥板)横跨在两条导轨上, 在垂直于导轨方向放上水平仪。 垫板沿着导轨移动, 逐段检测, 水平仪读数的最大代数差即为导轨的平行度误差