

机械工业技师考评培训教材

# 车工 技师培训教材

机械工业技师考评培训教材编审委员会 编



- ★ 机械行业首套技师培训教材
- ★ 按照技师考评要求编写
- ★ 集教材与试题库于一体

 机械工业出版社  
China Machine Press

机械工业技师考评培训教材

# 车工技师培训教材

机械工业技师考评培训教材编审委员会 编



机械工业出版社

本书系机械工业技师考评培训教材之一——《车工技师培训教材》。其内容包括：精密量具和量仪；金属切削原理；机械加工工艺；车床夹具；车复杂、畸形、精密工件；车床；数控车床；四新知识与试题库。试题库部分包括试题及答案、考试试卷样例。书后附有技师论文写作及答辩要点。

本书可供参加考评技师的车工及有关人员参考。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

车工技师培训教材/机械工业技师考评培训教材编审委员会编. —北京：机械工业出版社，2001. 4

机械工业技师考评培训教材

ISBN 7-111-08725-9

I. 车… II. 机… III. 车削—技术培训—教材 IV. TG51

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 03649 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：吴天培 版式设计：冉晓华 责任校对：张 佳

封面设计：李雨桥 责任印制：郭景龙

北京第二外国语学院印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 1 月第 1 版第 2 次印刷

890mm × 1240mm A5·14.875 印张·438 千字

5 001—9 000 册

定价：25.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换  
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

# 机械工业技师考评培训教材

## 编审委员会名单

主任	郝广发	苏泽民			
副主任	施 斌	李超群			
委员	(按姓氏笔画排序)				
	马登云	边 萌	王兆山		
	王听讲	朱 华	朱为国	刘亚琴	江学卫
	何月秋	张乐福	余茂祚	卓 炜	季连海
	荆宏智	姜明龙	徐从顺		
技术顾问	杨溥泉				
本书主编	陆根奎				
本书参编	丁 红	陆 江			
	倪森寿	吴宜平	孙燕华	周桂瑾	朱福祥
本书主审	许志强				
本书参审	汪木兰	郁汉琪	韩希春	陈瑞彬	

# 前 言

技师是技术工人队伍中具有高级技能的人才，是生产第一线的一支重要力量，他们对提高产品质量、提高产品的市场竞争力起着非常重要的作用。积极稳妥地开展技师评聘工作，对于鼓励广大技术工人钻研业务、提高技能水平、推动企业生产技术进步以及稳定技术工人队伍有积极的促进作用。

为适应经济发展和技术进步的客观需要，进一步完善技师评聘制度，以加快高级技能人才的培养，拓宽技能人才成长通道，促进更多的高级技能人才脱颖而出，1999年，劳动和社会保障部发出了《关于开展技师考评社会化管理试点工作的通知》，《通知》中提出了如下指导意见：扩大技师考评的对象及职业范围，完善技师考评的依据及内容，改进技师考评方式方法，实行技师资格认定与聘任分开等，并在全国部分省市开始技师考评社会化管理试点。

为配合技师评聘工作的开展，满足机械行业对工人技师培训和考评的需要，加快技师培训教材建设，我们经过到上海、江苏、四川等地进行广泛的调研，并结合《通知》精神，确立了教材编写的总体思路；组织了一批由工程技术人员、教师、技师、高级技师组成的编写队伍，编写了这套《机械工业技师考评培训教材》。全套教材共22种，包括四种基础课教材和车工、钳工、机修钳工、工具钳工、铣工、磨工、焊工、铸造工、锻造工、热处理工、电工、维修电工、冷作工、涂装工、汽车维修工、摩托车调试修理工、制冷设备维修工、电机修理工等18个专业工种教材。

基础课教材以原机械工业部、劳动部联合颁发的机械工业《工人技术等级标准》和《职业技能鉴定规范》相关工种高级工“知识要求”中的“基本知识”和“相关知识”为主编写；专业工种教材则以本工种高级工“知识要求”中的“专业知识”为主编写，在此基础上，加强了工艺分析方面内容的比重，并增加了新知识、新工艺、新

技术、新方法等方面的内容，以适合新形势的需要。

每本书的内容包括两大部分：第一部分为培训教材，第二部分为试题库，试题库后还附有考核试卷样例。教材部分内容精炼、实用，有针对性和通用性，主要介绍应重点培训和复习的内容，不强求内容的系统性；试题部分出题准确、题意明确，有典型性、代表性、通用性和实用性，试题题型有是非题、选择题、计算题和简答题等，并附有答案。书末还附有技师论文写作与答辩要点。

全套教材汲取了有关教材的优点，略去了低起点的内容，同时采用了最新国家标准和法定计量单位。全套教材既适合考前短期培训用，又可作为考前复习和自测使用，也可供技师考评及职业技能鉴定部门在命题时参考。

由于我们是首次尝试编写技师培训教材，因此教材中难免存在不足和错误，诚恳地希望专家和广大读者批评指正。

机械工业技师考评培训教材编审委员会

# 目 录

## 前 言

<b>第一章 精密量具和量仪</b> .....	1
第一节 杠杆卡规和杠杆千分尺 .....	1
第二节 千分表 .....	3
第三节 杠杆齿轮比较仪和光学扭簧测微仪 .....	7
第四节 量块 .....	9
第五节 正弦规 .....	11
第六节 水平仪 .....	13
<b>第二章 金属切削原理</b> .....	16
第一节 车刀 .....	16
第二节 金属切削过程 .....	29
第三节 提高表面质量和劳动生产率的措施 .....	37
第四节 特种材料的车削 .....	47
<b>第三章 机械加工工艺</b> .....	54
第一节 机械加工工艺规程的制定 .....	54
第二节 工艺尺寸链 .....	71
第三节 机械加工精度 .....	77
第四节 提高劳动生产率的方法 .....	81
第五节 成组技术 .....	89
<b>第四章 车床夹具</b> .....	98
第一节 夹具的分类、功用和组成 .....	98
第二节 定位装置 .....	99
第三节 夹紧装置 .....	111
第四节 车床夹具设计 .....	116

第五节	其它车床夹具 .....	123
<b>第五章</b>	<b>车复杂、畸形、精密工件 .....</b>	<b>129</b>
第一节	车圆锥 .....	129
第二节	车长丝杠 .....	138
第三节	车多头蜗杆 .....	151
第四节	车偏心工件 .....	161
第五节	车曲轴 .....	166
第六节	车薄壁工件 .....	176
第七节	深孔加工 .....	180
第八节	车畸形工件 .....	185
第九节	车床的扩大使用 .....	191
第十节	车组合件 .....	197
<b>第六章</b>	<b>车床 .....</b>	<b>209</b>
第一节	机床型号 .....	209
第二节	CA6140 型卧式车床 .....	215
第三节	卧式车床精度对加工质量的影响 .....	233
第四节	其它车床 .....	247
<b>第七章</b>	<b>数控车床 .....</b>	<b>250</b>
第一节	数控车床的特点及组成 .....	250
第二节	数控车床的基本工作原理 .....	255
第三节	数控车床的编程及操作 .....	258
<b>第八章</b>	<b>四新知识 .....</b>	<b>284</b>
第一节	机电一体化概论 .....	284
第二节	可编程序控制器的应用 .....	301
第三节	计算机辅助设计基础 .....	317
第四节	企业管理新知识 .....	329
<b>试题库</b>	<b>.....</b>	<b>340</b>
一、是非题	试题 (340)      答案 (415)	
二、选择题	试题 (361)      答案 (418)	



三、计算题      试题 (389)      答案 (420)

四、简答题      试题 (393)      答案 (429)

<b>考核试卷样例</b> .....	400
<b>第一套试卷</b> .....	400
<b>第二套试卷</b> .....	405
<b>第三套试卷</b> .....	410
<b>附录 技师论文写作与答辩要点</b> .....	461

# 第一章 精密量具和量仪

**培训要点** 精密量具和量仪的结构和原理及其使用注意事项。

在机械制造中用来测量工件尺寸的器具有量具和量仪。量具是能直接表示出长度单位和界限的计量用具，如游标卡尺、千分尺、量块等。量仪是利用机械、光学、气动、电动等原理将长度放大或细分的测量器具，如杠杆卡规、千分表、测微仪、水平仪等。

## 第一节 杠杆卡规和杠杆千分尺

### 一、杠杆卡规

杠杆卡规是利用杠杆齿轮传动放大原理制成的量具，其刻度值有 $0.002\text{mm}$ 和 $0.005\text{mm}$ 两种。它与量块配合可对工件进行相对测量，也可测量工件的形状误差。

杠杆卡规的工作原理，如图 1-1 所示。当活动测砧 1 移动时，通过杠杆 2、扇形齿轮 3，带动小齿轮 5 和装在同轴上的指针 7 转动，在刻度盘 8 上指示出活动测砧 1 的移动量。游丝 6 消除传动链中的间隙，测量力由弹簧 10 产生。退让按钮 9 减少测量面磨损和测量方便。

测量前，先旋松套管 12，把量块放入活动测砧 1 和可调测砧 4 之间，然后转动滚花螺母 14，使指针 7 对准刻度盘零位，最后旋紧套管 12，固定可调测砧 4。碟形弹簧 15 消除螺母与可调测砧上梯形螺纹的间隙，螺钉 13 防止可调测砧转动。取下盖子 16，可用专用扳手调整公差指示器。

若杠杆 2 的长度为  $r$ ，指针 7 的长度为  $R$ ，扇形齿轮 3 的齿数为  $z_1$ ，小齿轮 5 的齿数为  $z_2$ ，当活动测砧 1 移动距离  $a$  时，指针 7 转过的距离  $b$  为

$$b \approx \frac{a}{2\pi r} \times \frac{z_1}{z_2} \times 2\pi R = a \times \frac{R}{r} \times \frac{z_1}{z_2}$$

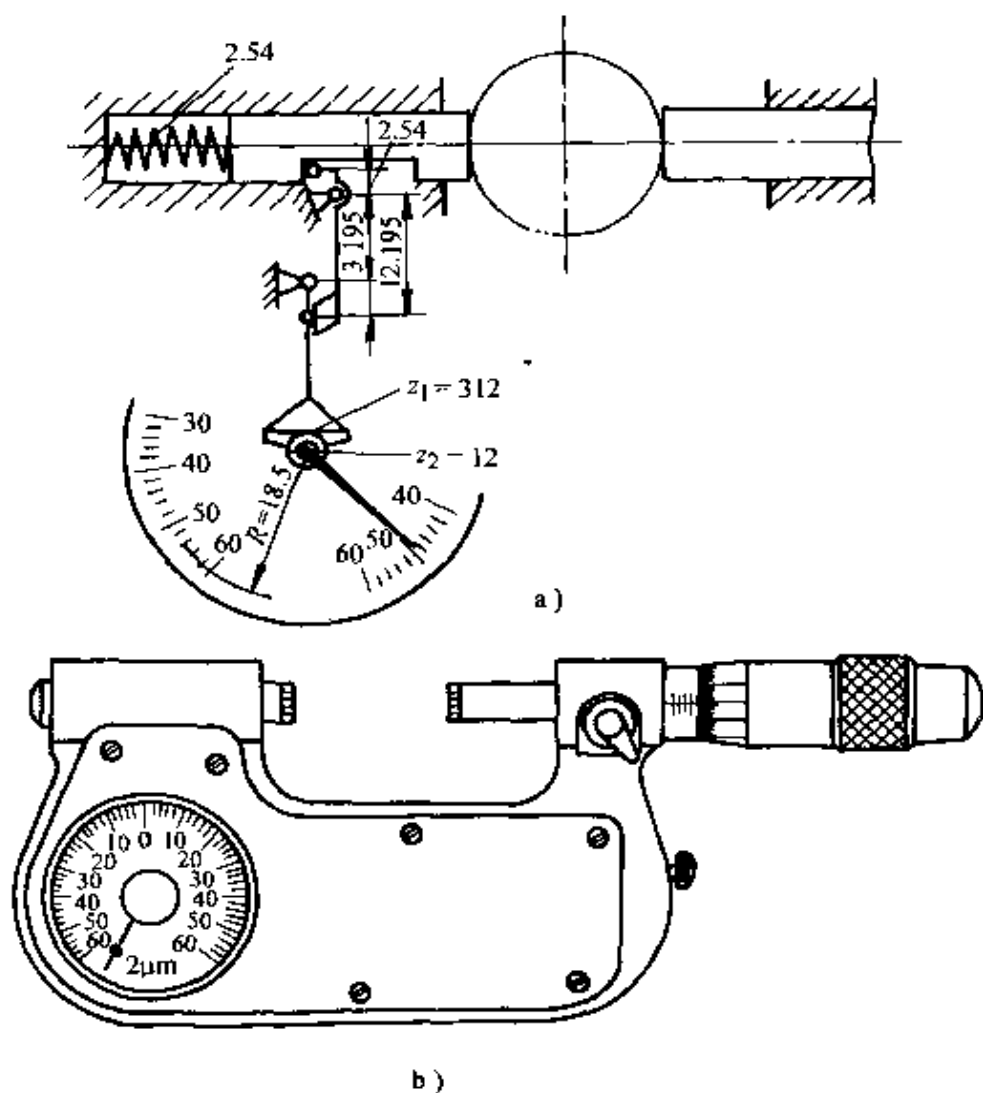


图 1-2 杠杆千分尺  
a) 原理图 b) 外形图

### 三、使用注意事项

- 1) 用杠杆卡规或杠杆千分尺作相对测量前，应按被测工件尺寸，用量块调整零位。
- 2) 测量时，按动退让按钮，让工件与测量杆砧面轻轻接触，不能硬卡。
- 3) 测量工件直径时，应以指针的转折点读数为正确测量值。

## 第二节 千分表

千分表是一种指示式量具，可用来测量工件的形状误差和位置误差，也可用相对法测量工件的尺寸。有钟面式千分表和杠杆千分表两

簧产生。

## 二、杠杆千分表

刻度值为  $0.002\text{mm}$  的杠杆千分表，如图 1-4 所示。当球面测杆 7 向左摆动时，拨杆 6 推动扇形齿轮 5 上的圆柱销 C 使扇形齿轮 5 绕轴 B 逆时针转动，此时圆柱销 D 与拨杆 6 脱开。当球面测杆 7 向右摆动时，拨杆 6 推动扇形齿轮 5 上的圆柱销 D 也使扇形齿轮 5 绕轴 B 逆时针转动，此时圆柱销 C 与拨杆 6 脱开。这样，无论球面测杆 7 向左或向右摆动，扇形齿轮 5 总是绕逆时针方向转动。扇形齿轮 5 再带动小齿轮 1 以及同轴的端面齿轮 2，经小齿轮 4 由指针 3 在刻度盘上指示出数值。

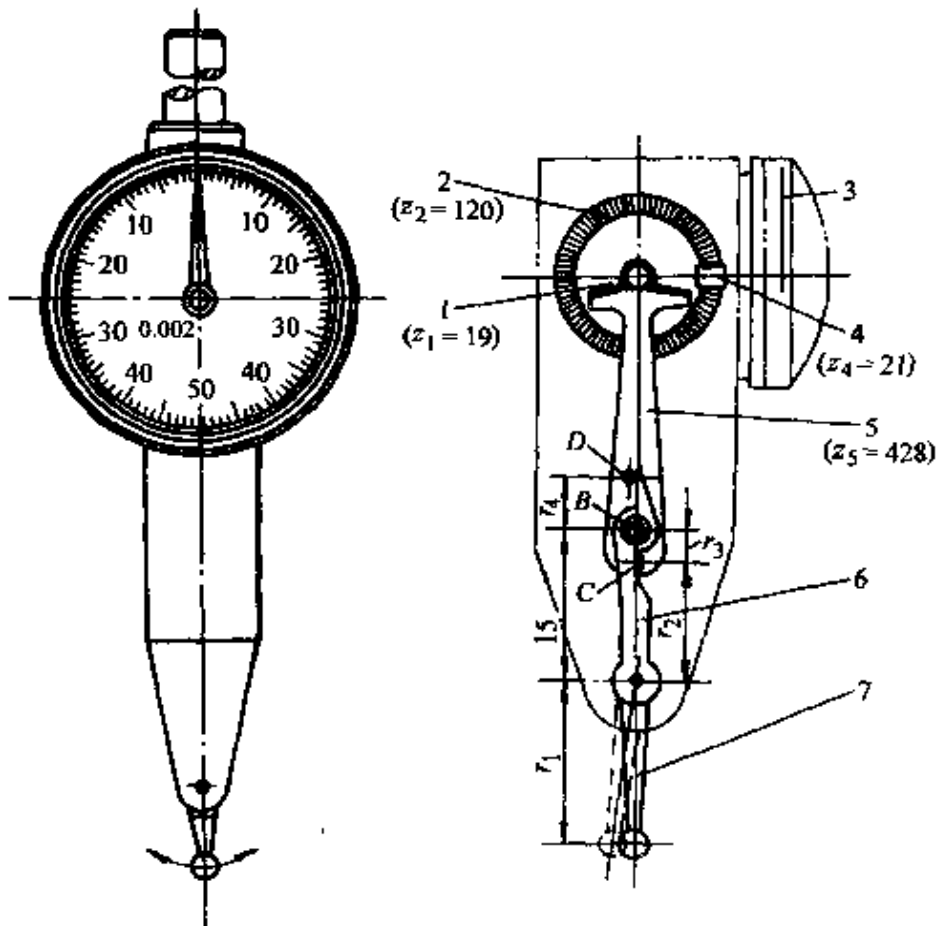


图 1-4 杠杆千分表

1、4—小齿轮 2—端面齿轮 3—指针 5—扇形齿轮  
6—拨杆 7—球面测杆

已知  $r_1 = 16.39\text{mm}$ ,  $r_2 = 12\text{mm}$ ,  $r_3 = 3\text{mm}$ ,  $r_4 = 5\text{mm}$ ,  $z_5 = 428$ ,  $z_1 = 19$ ,  $z_2 = 120$ ,  $z_4 = 21$ 。当球面测杆向左移动  $0.2\text{mm}$  时，指针 7 的

转数  $n$  为

$$n \approx \frac{0.2\text{mm}}{16.39\text{mm}} \times \frac{12\text{mm}}{2\pi \times 3\text{mm}} \times \frac{428}{19} \times \frac{120}{21} \approx 1\text{r}$$

当球面测杆向右移动 0.2mm 时, 指针 7 的转数  $n$  为

$$n \approx \frac{0.2\text{mm}}{16.39\text{mm}} \times \frac{20\text{mm}}{2\pi \times 5\text{mm}} \times \frac{428}{19} \times \frac{120}{21} \approx 1\text{r}$$

刻度盘一周分成 100 格, 每一格所表示的测量值  $b$  为

$$b \approx \frac{0.2\text{mm}}{100} = 0.002\text{mm}$$

### 三、使用注意事项

- 1) 千分表使用前固定在表架上, 并校正零位。
- 2) 钟表式千分表测杆与被测工件表面垂直, 否则会产生测量误差。

- 3) 杠杆千分表的测杆轴线与被测工件表面平行, 夹角越小, 测量误差越小。当夹角  $\alpha > 15^\circ$  时, 会产生较大的测量误差, 如图 1-5 所示, 需进行修正, 测量值修正公式为

$$a = b \cos \alpha$$

- 式中  $a$ ——正确测量结果 (mm);  
 $b$ ——测杆轴线与工件表面夹角  $\alpha$  时的测量值 (mm);  
 $\alpha$ ——测杆轴线与工件表面夹角 ( $^\circ$ )。

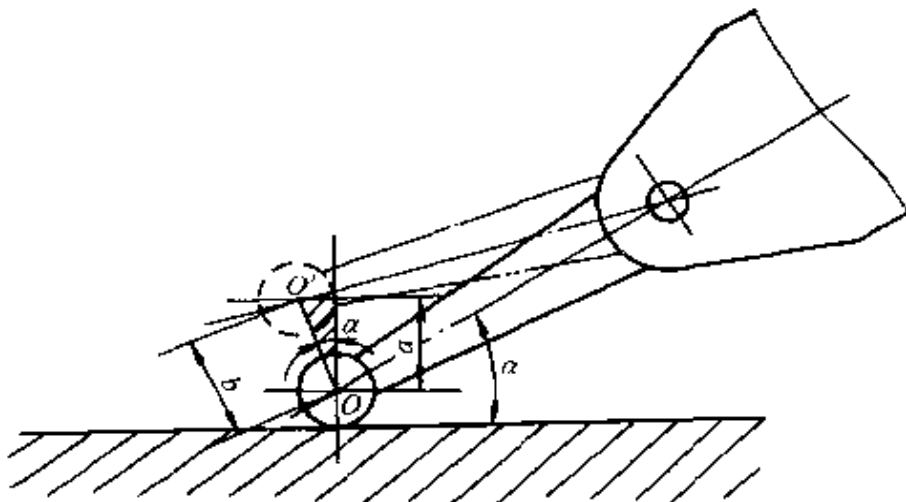


图 1-5 杠杆千分表测杆轴线位置引起的测量误差

例 用杠杆千分表测量工件时，测杆轴线与工件表面夹角  $\alpha$  为  $30^\circ$ ，测量读数为  $0.048\text{mm}$ ，求正确测量值。

$$a = b \cos \alpha = 0.048\text{mm} \times \cos 30^\circ = 0.0416\text{mm}$$

- 4) 测杆上不要加油。
- 5) 测量时，不准用工件撞击测头。

### 第三节 杠杆齿轮比较仪和光学扭簧测微仪

杠杆齿轮比较仪和光学扭簧测微仪，刻度值为  $0.001 \sim 0.002\text{mm}$ ，其量程比千分表小，精度比千分表高。测微仪通常装在专用支架上，如图 1-6 所示。以量块作标准，用相对比较法测量精密工件尺寸，也可测量形状误差和位置误差。

#### 一、杠杆齿轮比较仪

杠杆齿轮比较仪如图 1-7 所示。当测杆 7 移动时，通过杠杆 6 使扇形齿轮 5 转动，小齿轮 4 也跟着转动，与小齿轮 4 同轴的扇形齿轮 3 将运动传给小齿轮 2，指针 1 在刻度盘上指示出相应读数。

若杠杆 6 的臂长为  $r$ ，指针 1 的长度为  $R$ ，齿轮 2、3、4、5 的齿数分别为  $z_2$ 、 $z_3$ 、 $z_4$ 、 $z_5$ 。当测杆 7 移动  $a$  时，指针 1 转过的距离  $b$  为

$$b \approx \frac{a}{2\pi r} \times \frac{z_5}{z_4} \times \frac{z_3}{z_2} \times 2\pi R = \frac{aR}{r} \times \frac{z_5}{z_4} \times \frac{z_3}{z_2}$$

$$\frac{b}{a} \approx \frac{R}{r} \times \frac{z_5}{z_4} \times \frac{z_3}{z_2}$$

式中  $b/a$  称为放大比，并令其等于  $k$ ，则

$$k \approx \frac{R}{r} \times \frac{z_5}{z_4} \times \frac{z_3}{z_2}$$

已知  $r = 4.52\text{mm}$ ， $R = 24.5\text{mm}$ ， $z_5 = 400$ ， $z_4 = 28$ ， $z_3 = 180$ ，

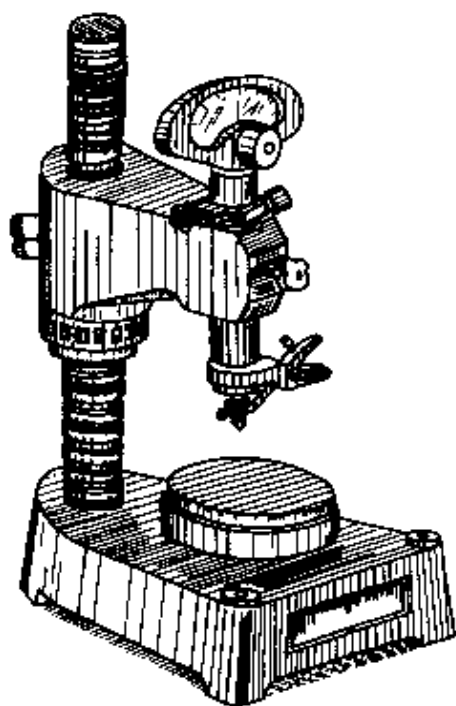


图 1-6 测量支架

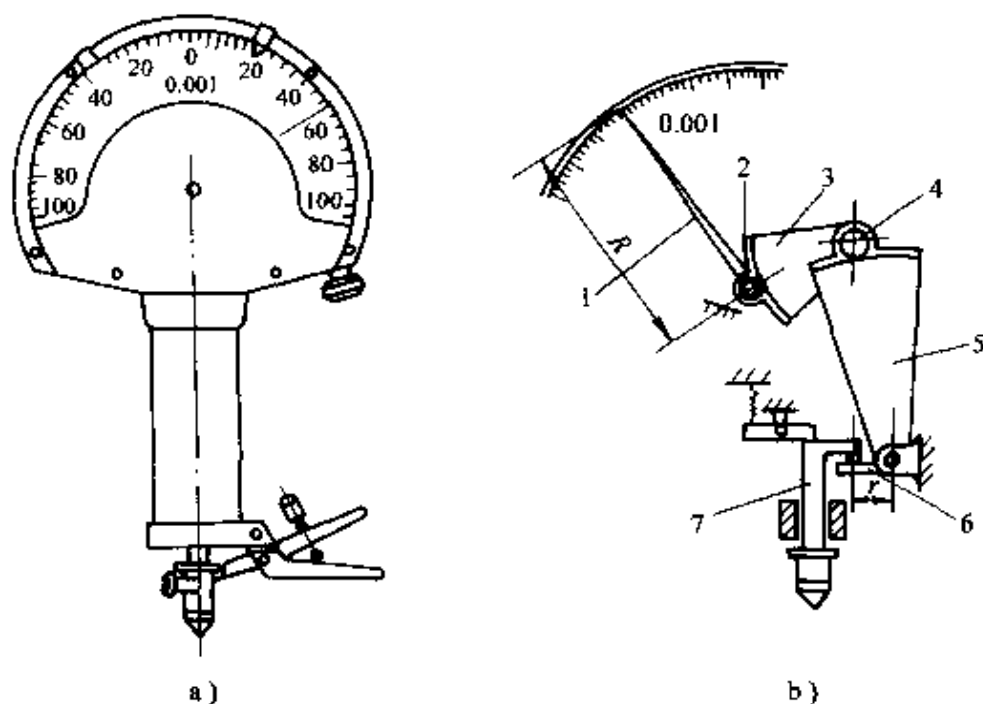


图 1-7 杠杆齿轮比较仪

a) 外形图 b) 原理图

1—指针 2、4—小齿轮 3、5—扇形齿轮 6—杠杆 7—测杆

$z_2 = 18$ 。放大比  $k$  为

$$k \approx \frac{R}{r} \times \frac{z_5}{z_4} \times \frac{z_3}{z_2} = \frac{24.5\text{mm}}{4.52\text{mm}} \times \frac{400}{28} \times \frac{180}{18} = 774$$

当测杆移动  $a = 0.001\text{mm}$  时，指针转过 1 格的距离  $b$  为

$$b = ak = 0.001\text{mm} \times 774 = 0.774\text{mm}$$

## 二、光学扭簧测微仪

光学扭簧测微仪用扭簧作为尺寸的转换和放大机构，如图 1-8 所示。扭簧片 3 是截面为长方形（ $0.005\text{mm} \times 0.1\text{mm} \times 40\text{mm}$ ）的铍青铜金属带，一端固定在弓架 1 上，另一端固定在弹簧桥 4 上，在扭簧中央装一指针 2，金属带由中间起一半向右扭曲，另一半向左扭曲，当测杆 5 向上有微小位移时，弹簧桥 4 的上端向右移，使扭簧片 3 拉长，用玻璃丝制成位于扭簧带中央处的指针 2 偏转一个角度，指示出测杆 5 的位移量。扭簧测微仪，结构简单，放大倍数大，放大机构中没有摩擦和间隙，灵敏度高。

## 三、使用注意事项

1) 杠杆齿轮比较仪和光学扭簧测微仪应安装在固定支架上。测

当一量块的工作表面沿另一量块的工作表面滑动时，用手稍加压力，两块量块便能粘合在一起，因此，可用多个量块组成量块组。用量块组合成一定的尺寸时，应用最少的量块组合成所需尺寸的量块组，一般不超过4~5块。选用量块时，应根据所需组合的尺寸，从最后一位数字开始选取，每选一块应使尺寸的位数减少一位，依此类推。

例1 要组成38.935mm的尺寸，采用83块一套的量块，选取方法如下：

	38.935	mm	
- )	1.005	mm	第一块
	37.93	mm	
- )	1.43	mm	第二块
	36.5	mm	
- )	6.5	mm	第三块
	30	mm	
- )	30	mm	第四块
	0		

### 三、注意事项

- 1) 量块只允许用于检定计量器具，精密测量，精密机床调整。
- 2) 量块使用前应对量块和工件作外观检查。
- 3) 研合量块前，用航空汽油清洗，研合方法有平行研合法和交叉研合法两种。组合尺寸时，最好在尺寸两端使用护块，未刻字面与量块研合。
- 4) 量块使用后，及时拆开量块组，用航空汽油清洗，涂防锈油，放入专用盒内固定位置。
- 5) 定期检定量块，并将检定合格证附在盒内。

## 第五节 正 弦 规

正弦规是利用正弦函数原理，用间接法测量角度的量具。正弦规可精密测量内、外锥体的锥度，样板的角度，孔中心线与平面的夹角等。



## 一、正弦规的结构

正弦规由一个矩形长方体和两个直径相同的精密圆柱组成，两个精密圆柱的中心距要求很精确，中心距尺寸有 100mm 和 200mm 两种，中心线连线与长方体工作面平行。结构型式有宽型和窄型两种，如图 1-10 所示。

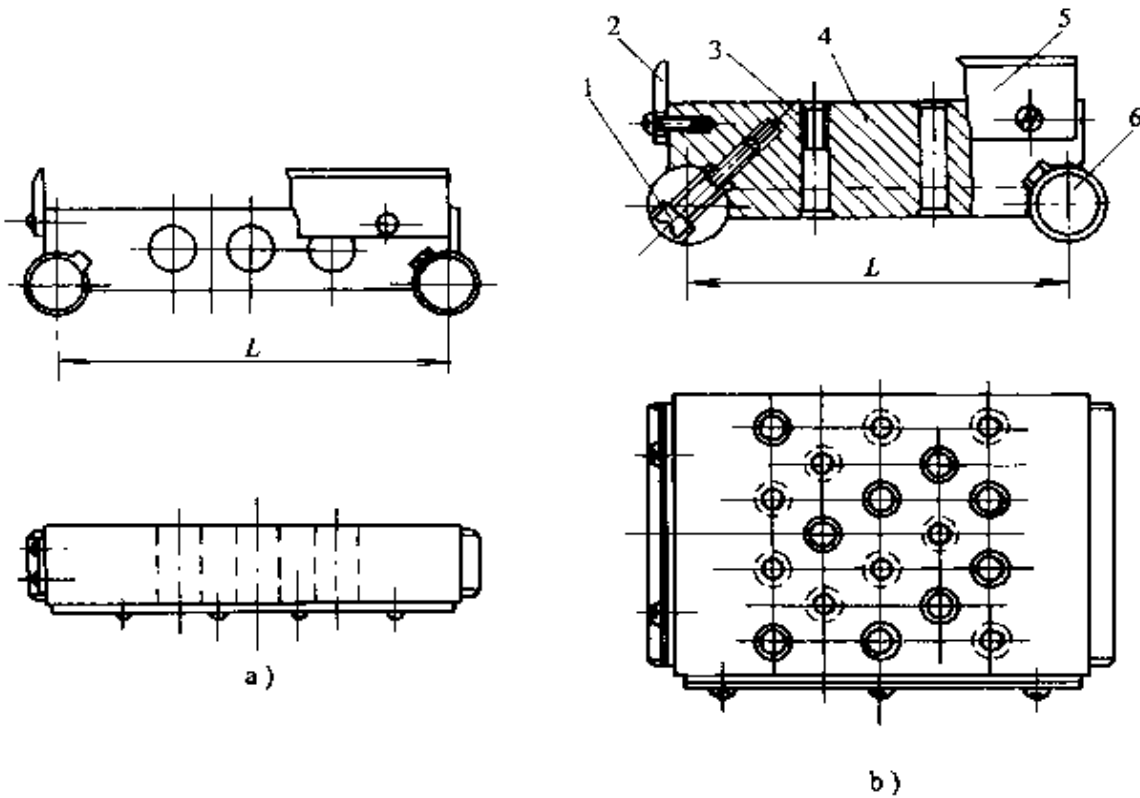


图 1-10 正弦规

a) 窄型正弦规 b) 宽型正弦规

1—螺钉 2—侧挡板 3—工作面 4—主体 5—前挡板 6—精密圆柱

## 二、正弦规的测量原理

在正弦规工作面上放置圆锥角为  $\alpha$  的被测圆锥工件，使被测圆锥轴线与正弦规两圆柱的轴线垂直。正弦规的一个圆柱与平板接触，另一个圆柱用量块组垫高，调整量块组尺寸  $H$ ，使圆锥上素线与平板平行，如图 1-11 所示，量块

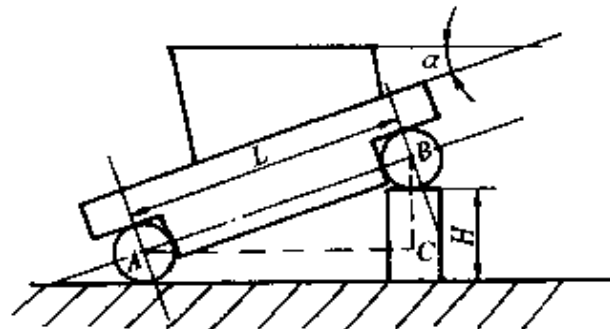


图 1-11 正弦规测量原理

组高度为

$$H = L \sin \alpha$$

式中  $H$ ——量块组高度 (mm);  
 $L$ ——正弦规中心距 (mm);  
 $\alpha$ ——被测工件圆锥角 ( $^{\circ}$ )。

正弦规的测量精度与被测工件圆锥角和正弦规中心距有关, 即被测工件圆锥角越小, 正弦规中心距越大, 测量精度越高。

### 三、使用注意事项

- 1) 正弦规移动或垫量块组时, 要轻拿轻放, 不要在平板上来回拖动, 不准磕碰。
- 2) 在正弦规上安装被测工件时, 要利用前挡板和侧挡板定位。
- 3) 正弦规使用后, 要清洗、涂防锈油, 放入盒内保管。

## 第六节 水 平 仪

水平仪是测量工件表面相对水平位置倾斜微小角度的一种常用量具, 主要用于测量直线度和垂直度, 可在调整安装设备水平或垂直位置时使用。

### 一、框式水平仪

框式水平仪如图 1-12 所示。框架的测量面上有平面和 V 形槽, V 形槽便于放在圆柱面上测量。水准器是一个有一定曲率半径的密封玻璃管, 表面有刻线, 内装乙醚, 并留有一个水准泡, 水准泡总是停留在玻璃管内的最高处。若水平仪倾斜一个角度, 水准泡就向左或向右移动, 根据移动的距离可计算直线度或垂直度。

水平仪的工作原理如图 1-13 所示。分度值为  $0.02\text{mm}/1000\text{mm}$  的水平仪, 主水准器曲率半径  $R = 103132\text{mm}$ , 当平面在  $1000\text{mm}$  长度中

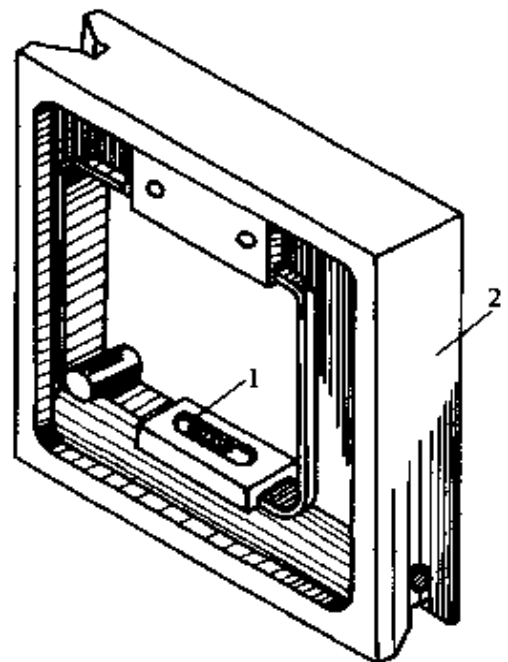


图 1-12 框式水平仪  
1—主水准器 2—主体

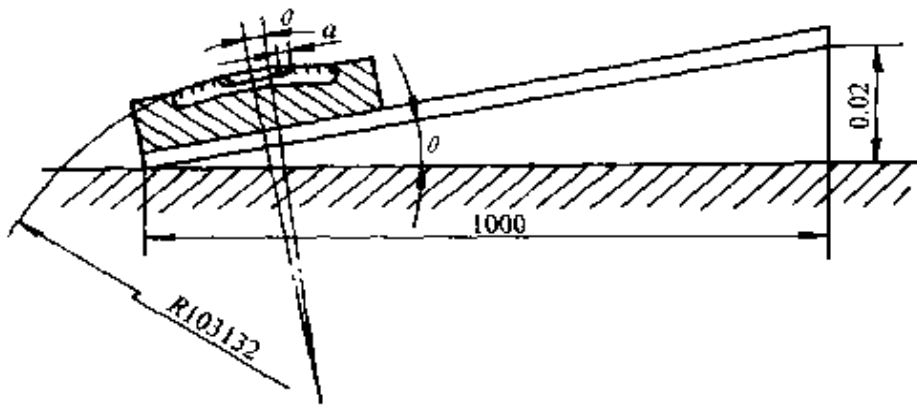


图 1-13 水平仪的工作原理

倾斜  $0.02\text{mm}$ ，倾斜角  $\theta$  为

$$\tan\theta = \frac{0.02\text{mm}}{1000\text{mm}} = 0.00002$$

$$\theta = 4''$$

水准泡转过的角度与平面转过的角度相等，水准泡移动 1 格的距离为

$$\alpha = \frac{2\pi R\theta}{360 \times 60 \times 60} = \frac{2\pi \times 103132\text{mm} \times 4}{360 \times 60 \times 60} = 2\text{mm}$$

即分度值为  $0.02\text{mm}/1000\text{mm}$  的水平仪，玻璃管刻线距离每格为  $2\text{mm}$ 。由此可知，水平仪是利用转动角度相同，曲率半径放大原理制成的量仪。

## 二、合像水平仪

合像水平仪是一种测量精度较高、测量范围较大、携带方便的小角度测量仪器，如图 1-14 所示。水准器 7 的气泡，通过合像棱镜 8 将气泡两端的半边缘同时成像在瞄准放大镜 1 的视场中。

使用时，将水平仪放在被测工件上，当倾斜一角度时，从瞄准放大镜 1 中看到两端半边缘像合在一起有一错位，用手转动微动螺杆 4，通过杠杆 2，使水准器 7 微转，直到气泡两端边缘的影像合成为一光滑的半圆头为止。整数部分的读数由刻度 6 读出，小数部分的读数由刻度盘 3 上读得。例如刻度指示  $1\text{mm}$ ，刻度盘转过 16 格，读数就是  $1.16\text{mm}$ ，即  $1\text{m}$  长度内高度差为  $1.16\text{mm}$ 。

## 三、使用注意事项

1) 使用前仔细清洗水平仪工作面和工件被测表面。

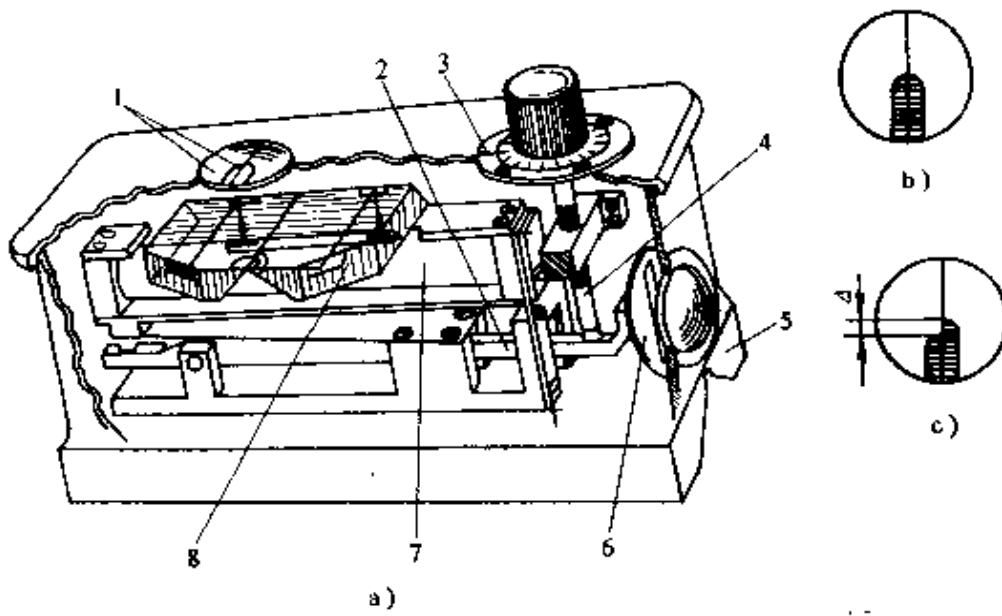


图 1-14 合像水平仪

1—瞄准放大镜 2—杠杆 3—刻度盘 4—微动螺杆 5—底座  
6—刻度 7—水准器 8—合像棱镜

- 2) 测量时，应由气泡的两端读数，再取平均值作为结果。
- 3) 垂直于水准器方向读取水平仪示值。

## 第二章 金属切削原理

**培训要点** 切削过程的基本规律；提高劳动生产率和表面质量的措施；特种材料的车削。

### 第一节 车 刀

#### 一、刀具材料

##### 1. 刀具材料的基本要求

(1) 高的硬度 刀具材料的硬度高于工件材料的硬度，在室温下，硬度高于 60HRC。

(2) 高的耐磨性 耐磨性指车刀材料抵抗磨损的能力。一般刀具材料的硬度越高，耐磨性越好。含耐磨性好的碳化物颗粒越多，晶粒越细，分布越均匀，耐磨性越好。

(3) 足够的强度和韧性 切削时，刀具承受很大的切削力和冲击，刀具要有较高的抗弯强度和冲击韧度，防止刀具崩刃和断裂。

(4) 高的耐热性 耐热性指在高温下刀具材料保持常温硬度的性能。是衡量刀具材料切削性能的主要指标。

(5) 良好的工艺性 为便于刀具制造，刀具材料应具有良好的可加工性能和热处理性能。

刀具材料主要有碳素工具钢，合金工具钢，高速钢，硬质合金，陶瓷和超硬刀具材料。

##### 2. 高速钢

(1) 普通高速钢 普通高速钢工艺性好，能满足通用工程材料切削加工的要求。常用的有钨系高速钢和钼系高速钢。

钨系高速钢牌号有 W18Cr4V，具有较好的综合性能和可磨削性能，可制造各种复杂刀具和精加工刀具，应用普遍。

钼系高速钢牌号有 W6Mo5Cr4V2，具有较好的综合性能，抗弯强度和冲击韧度高于钨系高速钢，热塑性较好，用于制造热轧刀具，但

脱碳敏感性大，淬火温度窄，热处理工艺难掌握。

(2) 高性能高速钢 是在普通高速钢中加入钴、钒、铝等合金元素，进一步提高耐磨性和耐热性的新型高速钢。主要用于高温合金、钛合金、不锈钢等难加工材料的切削加工。

高钒高速钢是将含钒量提高到 3% ~ 5%，提高耐磨性，牌号有 W6Mo5Cr4V3，耐磨性好，用于切削高强度钢，但刃磨性能比普通高速钢差。

钴高速钢是在高速钢中加入钴，提高高温硬度和抗氧化能力，牌号有 W2Mo9Cr4VCo8，有良好的综合性能，用于切削高温合金、不锈钢等难加工材料，但价格较贵。

铝高速钢是在普通高速钢中加入少量的铝，提高钢的耐热性和耐磨性，有良好的综合性能，牌号有 W6Mo5Cr4V2Al，可加工性好，密度小，价格低廉，但可磨削性差，热处理工艺要求严格。

(3) 粉末冶金高速钢 粉末冶金高速钢是将熔炼好的钢液置于保护气罐中，用高压氩气雾化成细小的粉末，然后用高温 (1100℃)、高压 (100MPa) 压制而成。粉末冶金克服了铸锭产生的粗大的共晶偏析，热处理变形小，耐磨性好，可切削各种难加工材料。

高速钢刀具可进行表面处理，形成硬度高、耐磨性好的表面层，减少刀具磨损，提高刀具切削性能。表面处理方法有蒸汽处理、低温气体氮碳共渗、辉光离子渗氮等。

还可采用真空溅射的方法在刀具表面涂覆一层碳化钛或氮化钛，使刀具表面形成一层高硬度的薄膜，提高刀具寿命。

3. 硬质合金 硬质合金是用硬度和熔点很高的碳化物粉末 (如 WC、TiC、TaC、NbC) 和金属粘接剂钴 (Co)，高压压制成型后，再高温烧结而成的粉末冶金制品。

(1) 钨钴类硬质合金 由 WC 和 Co 组成。用于切削铸铁、有色金属及其合金，非金属材料 and 含 Ti 的不锈钢。常用牌号有 YG3、YG6、YG8 等，YG3 用于精加工，YG8 用于粗加工。

YG8C 是粗晶粒牌号，用于承受较大负荷的刀具；YG6X 是细晶粒牌号，用于加工一些特殊的硬铸铁、奥氏体不锈钢、耐热合金、钛合金。

(2) 钨钛钴类硬质合金 由 WC、TiC 和 Co 组成。用于切削钢和其它韧性较大的塑性材料，但不宜切削含 Ti 的不锈钢。常用牌号有 YT5、YT15、YT30 等，YT5 用于粗加工，YT30 用于精加工。

(3) 钨钽钴类硬质合金 由 WC、TaC、(NbC) 和 Co 组成。牌号有 YA6。用于对冷硬铸铁、有色金属及合金半精加工，也用于对高锰钢、淬火钢等半精加工和精加工。

(4) 钨钛钽钴类硬质合金 由 WC、TiC、TaC (NbC) 和 Co 组成。主要用于加工高温合金、高锰钢、不锈钢及可锻铸铁、球墨铸铁、合金铸铁等难加工材料。常用牌号有 YW1、YW2。YW1 用于半精加工和精加工，YW2 用于半精加工和粗加工。

(5) 碳化钛基硬质合金 以 TiC 为基体，Ni、Mo 为粘接剂，适量加入 WC 等成分的硬质合金。用于碳钢、合金钢、工具钢、淬火钢的精加工。牌号有 YN10、YN05。

国际标准化组织将硬质合金分为三大类，用 K、P、M 表示。与我国硬质合金对应牌号见表 2-1。

表 2-1 硬质合金牌号及主要力学性能

类别	牌 号	化 学 成 分 (%)				力 学 性 能			相近的 ISO 牌号
		w <sub>WC</sub>	w <sub>TiC</sub>	w <sub>TaC</sub> (w <sub>NbC</sub> )	w <sub>Co</sub>	硬度 HRA	抗弯强度/ GPa	冲击韧度/ (kJ/m <sup>2</sup> )	
钨钴类 硬质合金	YG3	97			3	91	1.03	87.9	K01
	YG6	94			6	89.5	1.37	79.6	K05
	YG6X	94			6	91	1.32	79.6	K10
	YG8	92			8	89	1.47	75.4	K20
	YG10H	90			10	91.5			K30
钨钛钴类 硬质合金	YT30	66	30		4	92.5	0.88	20.9	P01
	YT15	79	15		6	91	1.13	33.5	P10
	YT14	78	14		8	90.5	1.18	33.5	P20
	YT5	85	5		10	89.5	1.28	62.8	P30
钨钽钴类 硬质合金	YA6	91		3	6	92	1.32		K10
钨钛钽钴类 硬质合金	YW1	84	6	4	6	92	1.2		M10
	YW2	82	6	4	8	91.0	1.35		M20
碳化钛基 硬质合金	YN10	8	71		Ni7 Mo14	93.3	0.95		P01.4
	YN05	15	62		Ni12 Mo10	92	1.1		P01.1

硬质合金表面涂层是用韧性较好的基体 (YG8、YT5), 通过化学气相沉积和真空溅射的方法, 在硬质合金刀片表面喷涂一层厚度为  $5 \sim 12 \mu\text{m}$  的  $\text{TiC}$ 、 $\text{TiN}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  等材料。还可喷涂  $\text{TiN-TiC}$ 、 $\text{TiN-TiC-Al}_2\text{O}_3$  等两层、三层复合涂层。用于各种钢件、铸铁的精加工和半精加工。但不能加工含钛的合金材料、高温合金及奥氏体不锈钢。

#### 4. 其它刀具材料

(1) 陶瓷 以氧化铝为主要成分, 经高压成形, 高温烧结而成的刀具材料。有高纯氧化铝陶瓷, 复合氧化铝陶瓷等。主要用于半精加工和精加工有色金属、铸铁, 各种工具钢和淬硬钢。

(2) 超硬材料 有立方氮化硼、金刚石。

立方氮化硼可对高温合金、淬硬钢、冷硬铸铁进行半精加工和精加工。

金刚石能精密切削有色金属及合金, 切削高硬度的耐磨材料。

## 二、车刀切削部分几何角度

1. 辅助平面 为确定车刀各刀面、切削刃的空间位置, 需假想三个辅助平面作基准, 如图 2-1 所示。

(1) 基面  $p_r$  通过切削刃选定点垂直于主运动方向的平面。

(2) 切削平面  $p_s$  通过切削刃选定点与切削刃相切并垂直于基面的平面。

(3) 正交剖面  $p_o$  通过切削刃选定点并同时垂直于基面和切削平面的平面。

2. 车刀的静止角度 车刀的静止角度如图 2-2 所示。有前角  $\gamma_o$ 、后角  $\alpha_o$ 、副后角  $\alpha'_o$ 、主偏角  $\kappa_r$ 、副偏角  $\kappa'_r$  和刃倾角  $\lambda_s$ 。

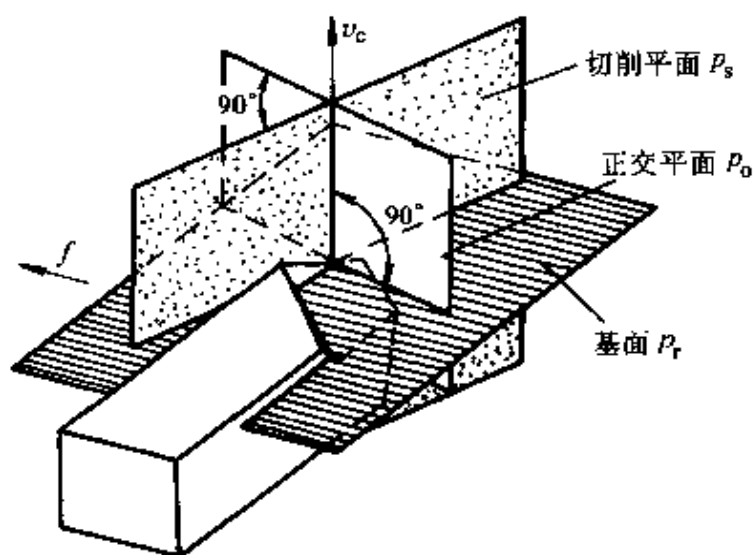


图 2-1 车刀的三个辅助平面



3. 车刀的工作角度 工作角度是车刀在工作状态时的实际角度。刀具安装位置、进给运动等影响工作角度。

(1) 刀具安装位置对角度的影响

1) 车外圆时，切削刃高于中心，车刀的工作前角  $\gamma_{oe}$  增大，工作后角  $\alpha_{oe}$  减小；切削刃低于中心，工作前角  $\gamma_{oe}$  减小，工作后角  $\alpha_{oe}$  增大，如图 2-3 所示。

2) 车刀中心线向右偏斜，工作主偏角  $\kappa_{re}$  增

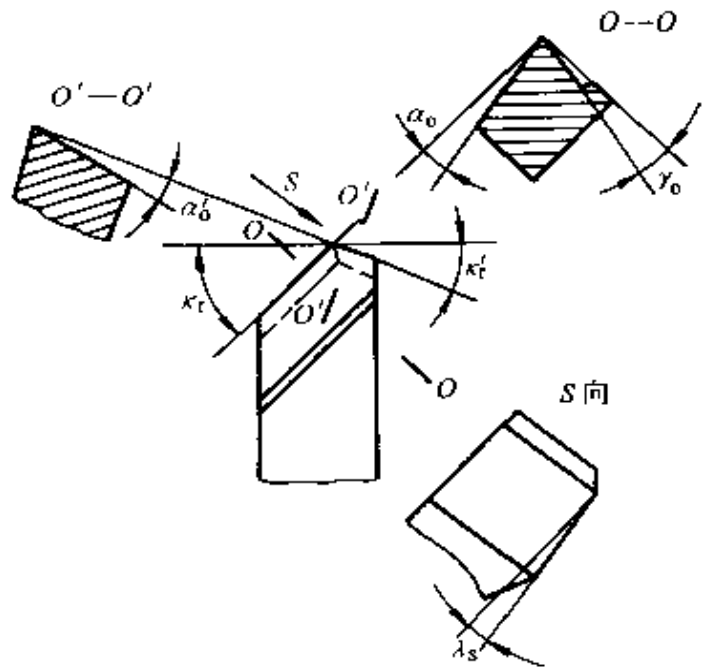


图 2-2 车刀的静止角度

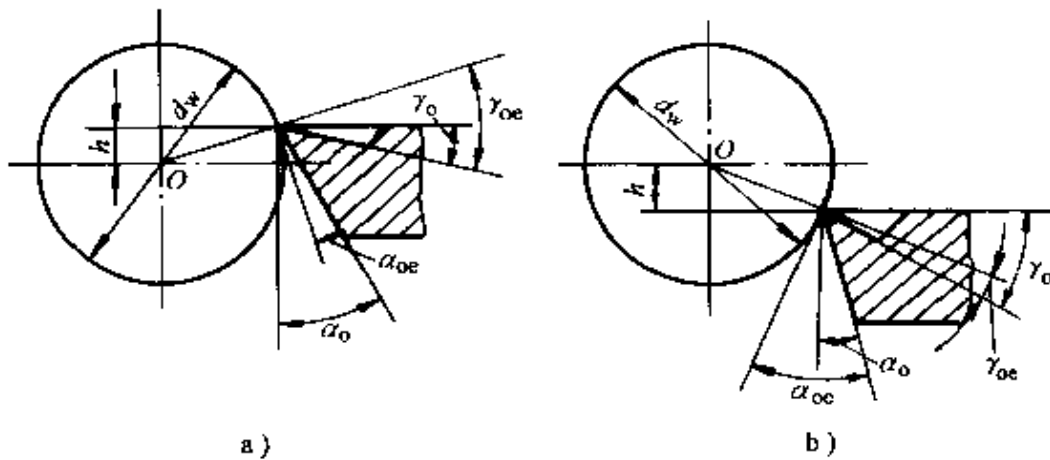


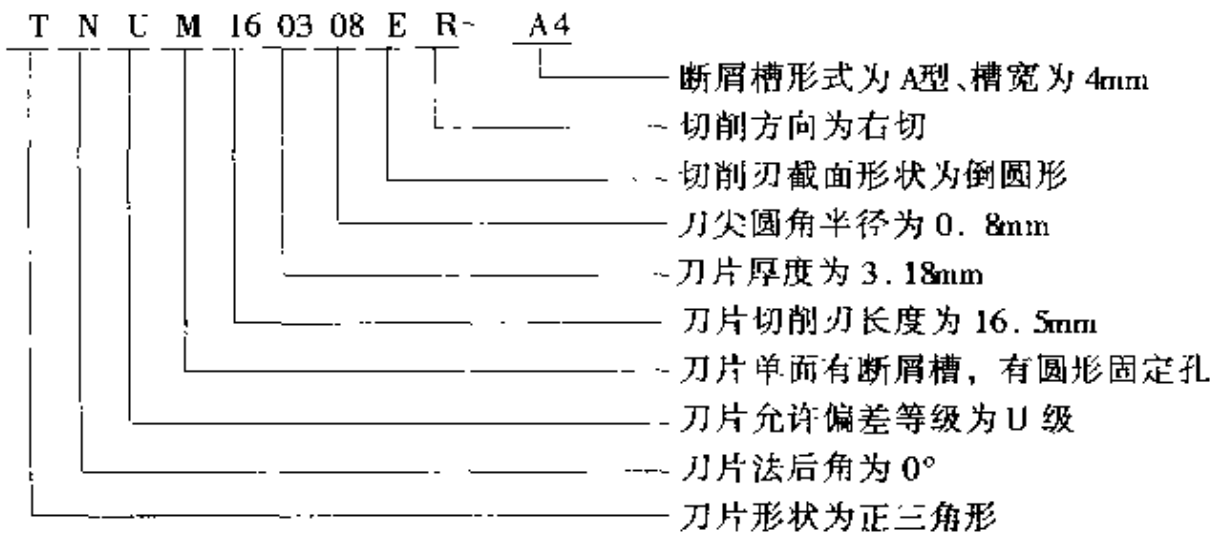
图 2-3 车外圆时，切削刃安装高低对前角、后角的影响

a) 切削刃高于中心 b) 切削刃低于中心

大，工作副偏角  $\kappa'_{re}$  减小，如图 2-4 所示。

(2) 进给量对刀具角度的影响

1) 纵向进给时，车刀的工作前角  $\gamma_{oe}$  增大，工作后角  $\alpha_{oe}$  减小，如图 2-5 所示。因此，车导程较大的右旋外螺纹时，车刀左侧切削刃的后角应磨大些。右侧切削刃的后角可磨小些。



第一号位用一字母表示刀片形状，共有 11 种，见表 2-2。正三角形刀片 (T) 和正方形刀片 (S) 最常用，菱形刀片 (V、D) 用于仿形车床和数控车床，圆形刀片 (R) 用于车成形面。

表 2-2 可转位刀片形状

刀片形状	代号	形状说明	刀尖角	示意图	刀片形状	代号	形状说明	刀尖角	示意图				
等边等角	H	正六边形	120°		等边不等角	C	菱形	80°					
	O	正八边形	125°			D		55°					
	P	正五边形	108°			E		75°					
	S	正方形	90°		不等边不等角	M	86°						
						V	35°						
等角不等边	L	矩形	90°		圆形	R	圆形						
										W	等边不等角六边形	80°	
										A	平行四边形	85°	
B	82°												
					K		55°						

第二号位用一字母表示刀片法后角大小，共有 10 种，见表 2-3。

使用最广的为 N 型 ( $0^\circ$ )，刀片后角靠刀片安装倾斜形成。

表 2-3 可转位刀片法后角

法后角	$3^\circ$	$5^\circ$	$7^\circ$	$15^\circ$	$20^\circ$	$25^\circ$	$30^\circ$	$0^\circ$	$11^\circ$	其余的法后角需专门说明
代号	A	B	C	D	E	F	G	N	P	O

第三号位用一字母表示刀片允许偏差等级。刀片主要尺寸包括刀片的内切圆直径  $d$ 、刀片厚度  $s$ 、刀尖位置尺寸  $m$ 。刀片允许偏差等级共 12 级，代号分别为 A、F、C、H、E、G、J、K、L、M、N、U。

第四号位用一字母表示刀片有无断屑槽和中心固定孔，共有 15 种，见表 2-4。带孔刀片一般利用孔来夹紧，无孔刀片常用上压式夹紧。

表 2-4 可转位刀片固定方式和断屑槽

代号	固定方式	断屑槽	代号	固定方式	断屑槽	代号	固定方式	断屑槽
N	无固定孔	无断屑槽	A	有圆形固定孔	无断屑槽	B	单面有 $70^\circ \sim 90^\circ$ 固定沉孔	无断屑槽
R		单面有断屑槽	M		单面有断屑槽	H	单面有断屑槽	
F		双面有断屑槽	G		双面有断屑槽	C	双面有 $70^\circ \sim 90^\circ$ 固定沉孔	无断屑槽
W	单面有 $40^\circ \sim 60^\circ$ 固定沉孔	无断屑槽	Q	双面有 $40^\circ \sim 60^\circ$ 固定沉孔	无断屑槽	J	双面有断屑槽	双面有断屑槽
T		单面有断屑槽	U		双面有断屑槽	X	其它尺寸和详情，需图形，附加说明	

第五号位用两位阿拉伯数字表示刀片边长，选取舍去小数数值部分的刀片切削刃长度（或刀片理论边长）作为代号。若舍去小数部分后，只剩下一位数字，则必须在数字前加“0”。

第六号位用两位阿拉伯数字表示刀片厚度，选取舍去小数数值部分的刀片厚度作为代号。若舍去小数部分后，只剩下一位数字，则必须在数字前加“0”。当刀片厚度的整数值相同，而小数部分值不同，则将小数部分大的刀片代号用“T”代替“0”，以示区别。

第七号位用两位阿拉伯数字表示刀尖圆角半径，用省去小数点的圆角半径毫米数表示，若刀尖转角为尖角或圆形刀片时，则代号为 00。

(续)

代号	头部形式	代号	头部形式	代号	头部形式	代号	头部形式
C	90°直头端切	H	107.5°偏头侧切	N	63°直头侧切	V	72.5°直头侧切
D	45°直头侧切	J	93°偏头侧切	R	75°偏头侧切	W	60°偏头端切
E	60°直头侧切	K	75°偏头端切	S	45°偏头侧切	Y	85°偏头端切

第六号位用两位数字表示车刀高度，如果高度数值不足两位数时，则在该数前加“0”。

第七号位用两位数字表示刀柄宽度，如果宽度数值不足两位数时，则在该数前加“0”。

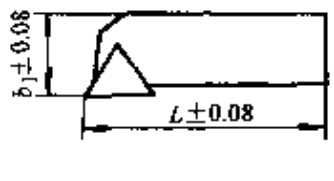
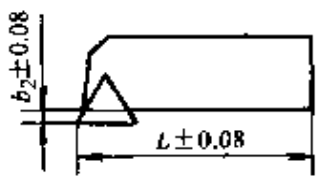
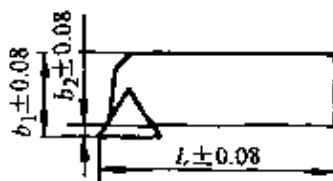
第八号位用符号“-”或一字母表示车刀长度，共23种，见表2-9。

表 2-9 可转位车刀的车刀长度 (单位: mm)

代号	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M
车刀长度	32	40	50	60	70	80	90	100	110	125	140	150
代号	N	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	
车刀长度	160	170	180	200	250	300	350	400	450	特殊尺寸	500	

第十号位用一字母表示精密级车刀刀柄的测量基准，共3种，见表2-10。

表 2-10 精密级车刀的测量基准

代号	Q	F	B
测量基准	外侧面和后端面	内侧面和后端面	内、外侧面和后端面
图示			

3. 可转位车刀夹紧机构 有杠杆式、楔块式、螺纹偏心式、压孔式、上压式、拉垫式等各种夹紧机构。

(1) 杠杆式夹紧机构 杠杆式夹紧机构如图 2-7 所示，拧紧压紧螺钉 5，杠杆 1 摆动，刀片压紧在两个定位面上，将刀片夹紧。刀垫 2 通过弹簧套 8 定位，调节螺钉 7 调整弹簧 6 的弹力。杠杆式夹紧机构定位精度高，夹紧可靠，使用方便，但结构复杂。

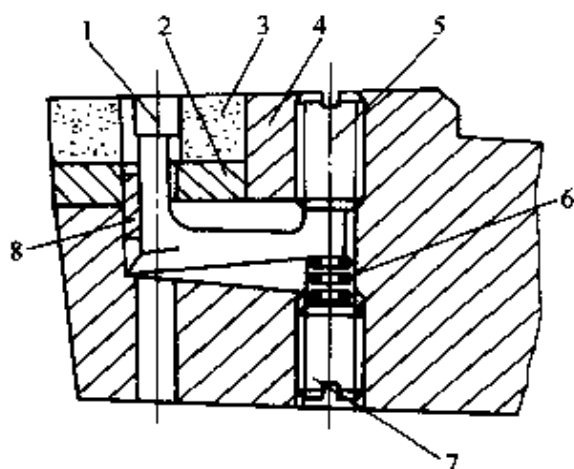


图 2-7 杠杆式夹紧机构

1—杠杆 2—刀垫 3—刀片 4—刀柄  
5—压紧螺钉 6—弹簧  
7—调节螺钉 8—弹簧套

(2) 楔块式夹紧机构 楔块式夹紧机构如图 2-8 所示，拧紧螺钉 4，楔块 5 推动刀片 3 紧靠

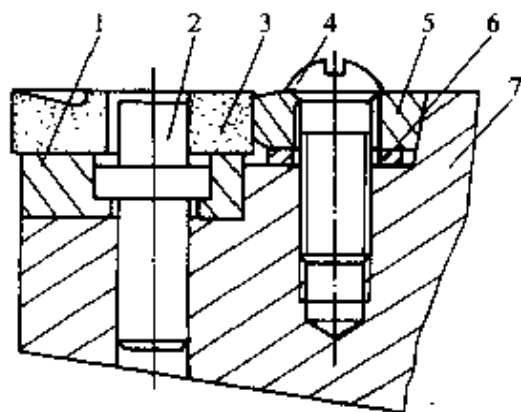


图 2-8 楔块式夹紧机构

1—刀垫 2—圆柱销 3—刀片 4—螺钉  
5—楔块 6—弹簧垫圈 7—刀柄

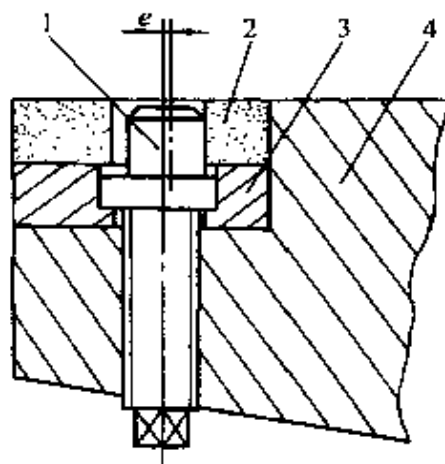


图 2-9 螺纹偏心式夹紧机构

1—偏心销 2—刀片 3—刀垫  
4—刀柄

在圆柱销 2 上，将刀片夹紧。楔块式夹紧机构结构简单，更换刀片方便，但定位精度不高，夹紧力与切削力的方向相反。

(3) 螺纹偏心式夹紧机构 螺纹偏心式夹紧机构如图 2-9 所示，利用螺纹偏心销 1 上部的偏心心轴将刀片夹紧。螺纹偏心式结构简单，更换刀片方便，但定位精度较差，要求刀片精度高。

(4) 压孔式夹紧机构 压孔式夹紧机构如图 2-10 所示。拧紧沉头螺钉 2，利用螺钉斜面将刀片夹紧。压孔式夹紧机构结构简单，刀头部分小，用于小型刀具。

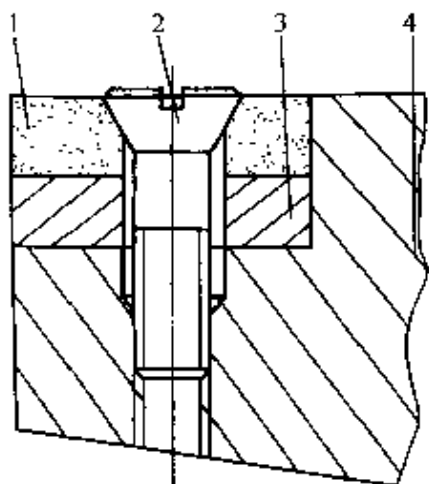


图 2-10 压孔式夹紧机构

1—刀片 2—沉头螺钉  
3—刀垫 4—刀柄

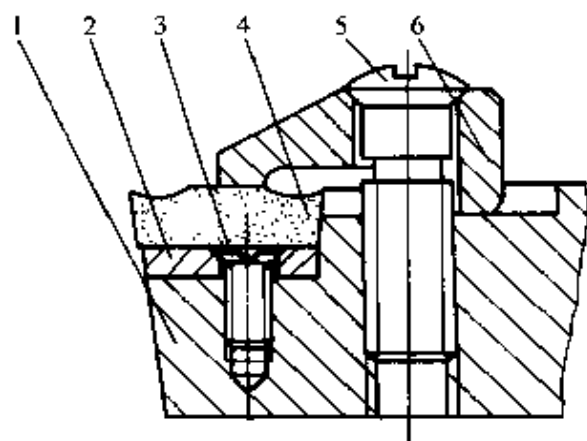


图 2-11 上压式夹紧机构

1—刀柄 2—刀垫 3、5—螺钉  
4—刀片 6—压板

(5) 上压式夹紧机构 上压式夹紧机构如图 2-11 所示。拧紧螺钉 5，压板 6 将刀片夹紧。上压式夹紧机构结构简单，夹紧可靠，但切屑易擦伤夹紧元件。

(6) 拉垫式夹紧机构 拉垫式夹紧机构如图 2-12 所示，拧紧螺钉 3，使拉垫 1 移动，拉垫 1 上的圆销将刀片夹紧。拉垫式夹紧机构结构简单，夹紧可靠，但刀头部分刚性较差。

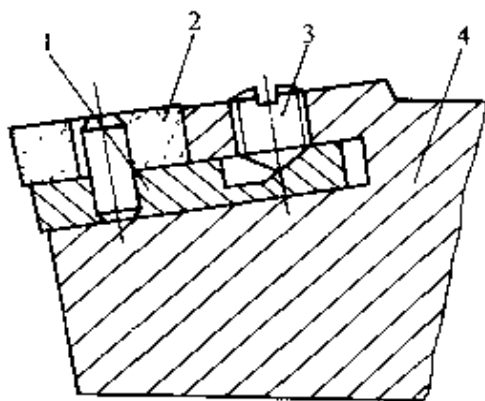


图 2-12 拉垫式夹紧机构

1—拉垫 2—刀片 3—螺钉 4—刀柄

#### 4. 使用注意事项

(1) 合理选择刀片和切削用量。

(2) 使用前检查刀片和刀柄。

(3) 装夹刀片时刀片与刀垫、刀槽接触良好，夹紧力不要过大。

(4) 刀片及时转位或更换。

## 第二节 金属切削过程




### 一、切屑的形状与控制

1. 切屑的形成 工件上多余的金属层，通过切削加工，被刀具切除而形成切屑的过程，称为金属切削过程。切削时，被切削的金属层在刀具切削刃和前刀面的作用下，经过弹性变形、塑性变形、剪切滑移到脱离工件变成切屑。

2. 切屑的种类 由于工件材料、刀具几何参数、切削用量的不同，切削时，被切削层的变形和滑移不同，因此得到不同类型的切屑。

切削铸铁、青铜等脆性材料时，得到崩碎切屑。切削碳素钢等塑性金属时，得到带状切屑、节状切屑、粒状切屑。影响切屑种类的因素见表 2-11。

表 2-11 影响切屑种类的因素

切屑类型	粒状切屑	节状切屑	带状切屑
切屑类型简图			
影响切屑类型的因素及切屑类型的转化	1. 刀具前角 2. 进给量 3. 切削速度	小 ←————→ 大 大 ←————→ 小 低 ←————→ 高	

3. 塑性金属切屑的形状 被切削塑性金属层脱离工件变成切屑后，沿前刀面流出使切屑卷曲。切屑与工件待加工表面相碰折断形成 C 形屑，与工件过渡表面相碰形成圆卷形切屑，与车刀后刀面相碰形成 C 形或 6 形切屑；切屑未与刀具或工件相碰，可能形成长的带状切屑或形成螺旋形切屑靠自身重量甩断，各种切屑的形状如图 2-13 所示。

C 形切屑、6 形切屑、和短螺旋形切屑较理想。在断屑槽内折断的切屑，易产生飞屑，长的带状切屑易缠绕在工件或刀具上，应尽量

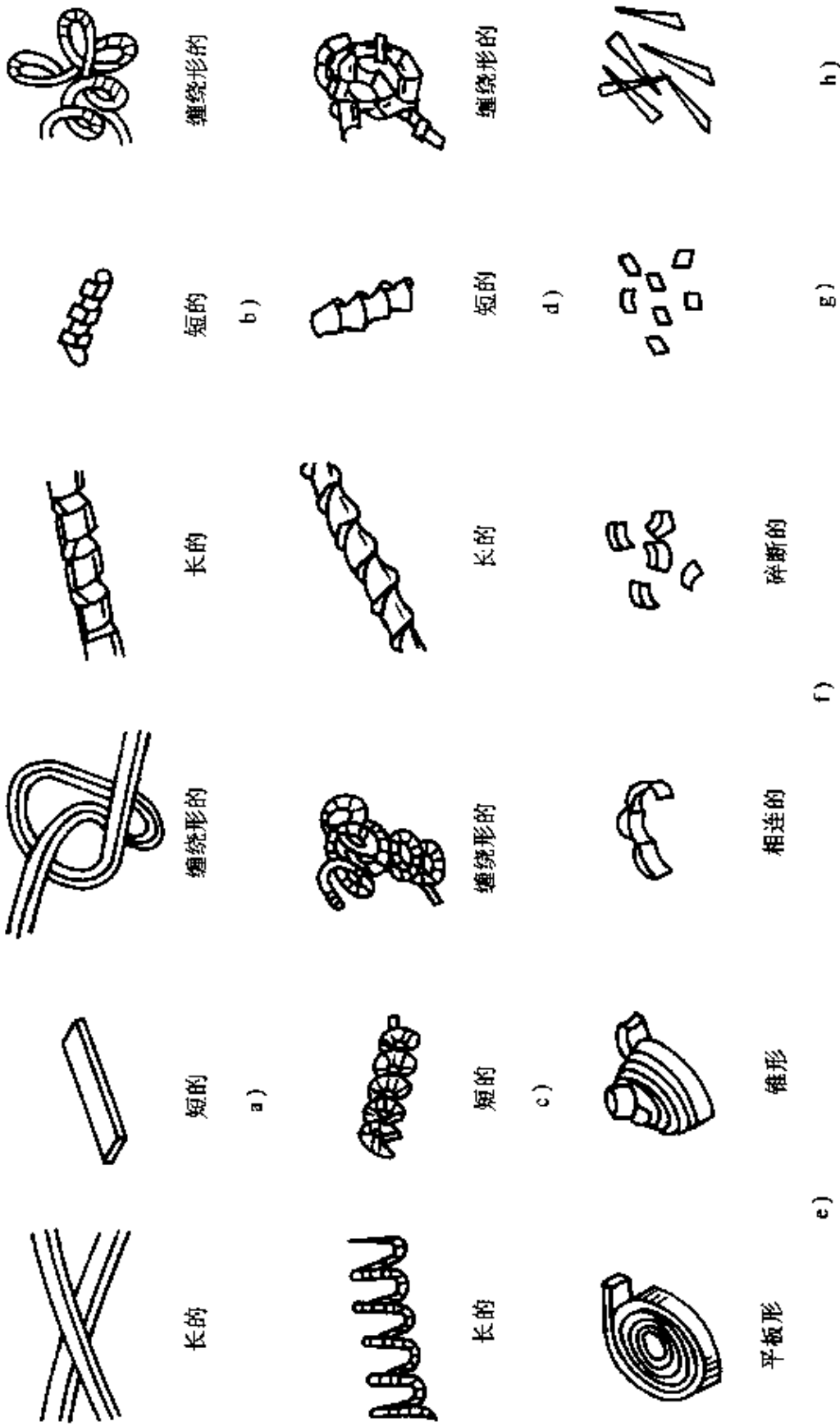


图 2-13 切削塑性金属时切屑的形状  
 a) 带状切屑 b) 节状切屑 c) 垫圈形螺旋切屑 d) 圆锥形螺旋切屑  
 e) 发条状切屑 f) 弧形切屑 g) 粒状切屑 h) 针状切屑



避免。

#### 4. 影响断屑的主要因素

(1) 断屑槽 断屑槽形状、宽度、斜角均影响断屑。

断屑槽形状有直线圆弧型、直线型和圆弧型三种，如图 2-14 所示。切削碳素钢、合金钢、工具钢时，可选用直线圆弧型、直线型断屑槽；切削纯铜、不锈钢等高塑性材料时，选用圆弧型断屑槽。

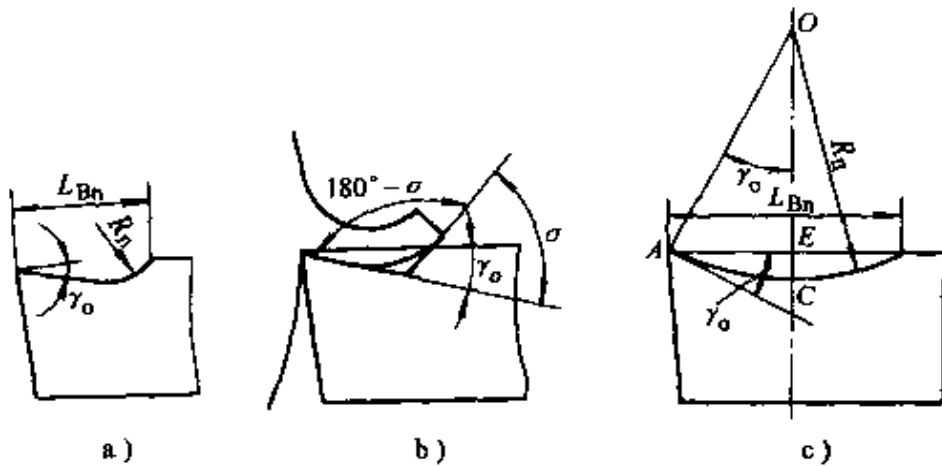


图 2-14 断屑槽形状

a) 直线圆弧型 b) 直线型 c) 圆弧型

断屑槽宽度  $L_{Bn}$  对断屑影响很大。槽宽  $L_{Bn}$  减小，切屑容易折断。断屑槽宽度  $L_{Bn}$  必须与进给量  $f$  和背吃刀量  $a_p$  联系起来考虑，进给量  $f$  小、背吃刀量  $a_p$  小，槽宽  $L_{Bn}$  应适当减小。

断屑槽斜角  $\tau$  是断屑槽侧边与主切削刃之间的夹角。有外斜式、平行式和内斜式三种，如图 2-15 所示。外斜式断屑槽的宽度前宽后窄，深度前深后浅，易形成 C 形或 6 形切屑，断屑范围较宽，断屑稳定可靠。平行式断屑槽的断屑范围和效果与外斜式相近，但进给量应稍大。内斜式断屑槽易形成卷得很紧的螺旋形切屑，主要用于切削用量较小的半精车和精车。

(2) 车刀几何角度 主偏角  $\kappa_r$  和刃倾角  $\lambda_s$  对断屑影响较大。

在背吃刀量  $a_p$  和进给量  $f$  选定以后，主偏角  $\kappa_r$  增大，切屑易折断。生产中，主偏角  $\kappa_r = 75^\circ \sim 93^\circ$  时，断屑效果较好。

刃倾角  $\lambda_s$  控制切屑流向。刃倾角  $\lambda_s$  为负值时，切屑流向已加工

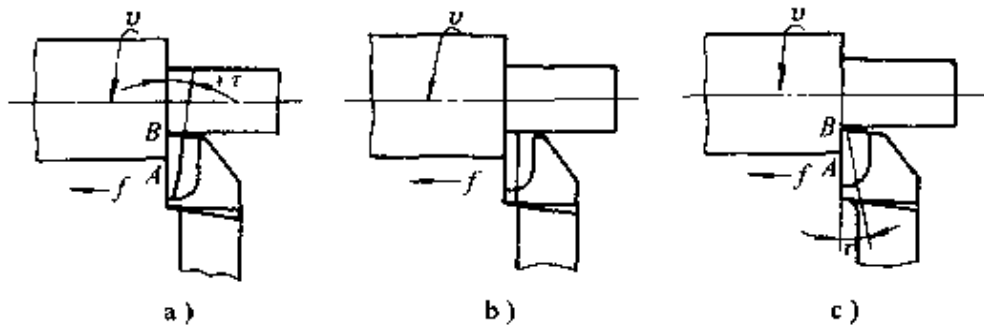


图 2-15 断屑槽斜角

a) 外斜式 b) 平行式 c) 内斜式

表面或过渡表面，易形成 C 形或 6 形切屑。刃倾角  $\lambda$  为正值时，切屑流向待加工表面或与后刀面相碰，形成螺旋形或 C 形切屑。

(3) 切削用量 切削用量中，对断屑影响最大的是进给量  $f$ ，其次是背吃刀量  $a_p$  和切削速度  $v_c$ 。

进给量  $f$  增大，切屑变形增大，切屑易折断。

背吃刀量  $a_p$  影响主切削刃和副切削刃、刀尖参加切削的比例。若增大背吃刀量  $a_p$ ，减小进给量  $f$ ，切屑不易折断。

切削速度  $v_c$  增大，切削温度升高，切屑塑性增大，切屑不易折断。

## 二、切削力和切削功率

切削加工时，工件材料抵抗刀具切削所产生的阻力称为切削力。

### 1. 切削力的来源与分解

(1) 切削力的来源 切削时，切削层和已加工表面的变形抗力 ( $F_m$ 、 $F_{m'}$ ) 垂直作用在刀具前刀面和后刀面上，切屑、工件与刀具之间有摩擦力 ( $F_{fr}$ 、 $F_{fr'}$ ) 作用在刀具前刀面和后刀面上，这些力的合力  $F$  称为切削抗力，简称切削力，如图 2-16 所示。

(2) 切削力的分解 切削力可按主运动方向、切深方向、进给方向分解为三个互相垂直的分力。

主切削力  $F_c$  是主运动切削速度方向的分力。消耗大部分切削功率，是计算机床功率，设计刀具、夹具，选择切削用量的主要依据。

背向力  $F_p$  是切深方向的分力。它不消耗功率，影响工件的形状精度，是引起振动的主要因素。

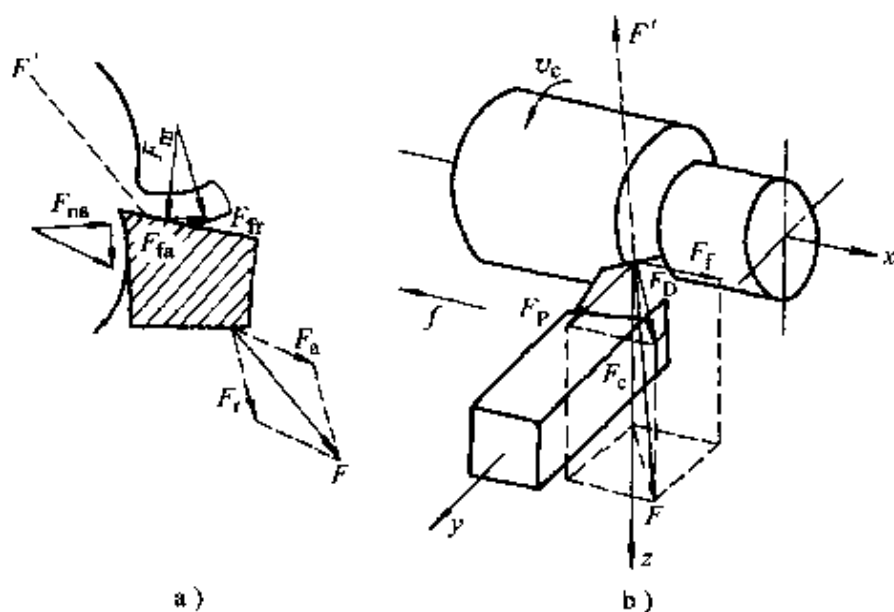


图 2-16 切削力

a) 切削力的来源 b) 切削力的分解

进给力  $F_f$  是纵向进给方向的分力。是验算机床进给系统强度、刚性的依据。

2. 影响切削力的因素 凡是影响变形和摩擦的因素都影响切削力。

(1) 工件材料 工件材料的硬度、强度越高，切削力越大。工件材料的塑性、韧性越好，切削力越大。切削脆性材料，切削力较小。

(2) 切削用量 切削用量中对切削力影响最大的是背吃刀量  $a_p$ ，其次是进给量  $f$ ，切削速度  $v_c$  的影响最小。背吃刀量  $a_p$  增加一倍时，主切削力  $F_c$  也增加一倍。进给量  $f$  增加一倍时，主切削力  $F_c$  增加 0.7~0.8 倍。切削速度  $v_c$  对主切削力  $F_c$  的影响呈波浪形，低速和高速时，切削速度增加，切削力下降；中速时，随切削速度的增加，积屑瘤高度由小变大又变小，切削力由大变小又变大。

(3) 刀具几何参数 前角、主偏角、刃倾角等都影响切削力。

前角  $\gamma_o$  对切削力影响较大，前角  $\gamma_o$  增大，切削力下降。车削塑性较大的材料，前角  $\gamma_o$  影响较大；车削脆性材料，前角  $\gamma_o$  影响较小。

当主偏角为  $\kappa_r = 60^\circ \sim 75^\circ$  时，主切削力  $F_c$  最小。主偏角  $\kappa_r$  改变

度。切削温度的高低是由产生热和传散热两方面综合影响的结果。

### 3. 影响切削温度的主要因素

(1) 工件材料 通过强度、硬度、塑性、热导率影响切削温度。材料强度大、硬度高，切削温度高；材料塑性大，切削温度高；材料热导率小，散热慢，切削温度高。

(2) 切削用量 切削用量增大，切削温度升高，切削速度  $v_c$  的影响最大，进给量  $f$  次之，背吃刀量  $a_p$  影响最小。

(3) 刀具几何参数 前角  $\gamma_o$ 、主偏角  $\kappa_r$ 、刀尖圆弧半径  $r_n$  都影响切削温度。

前角  $\gamma_o$  增大，变形和摩擦减小，切削温度降低。但前角  $\gamma_o$  太大，散热体积减小，切削温度上升。

主偏角  $\kappa_r$  增大，主切削刃参加切削长度缩短，传热面积减少，切削温度上升。

刀尖圆弧半径  $r_n$  增大，平均主偏角  $\kappa_r$  减小，切削温度降低。

(4) 切削液 使用切削液带走大量热量，切削温度降低。

## 四、刀具磨损和刀具寿命

1. 刀具磨损形式 刀具在切削过程中，承受高温、高压，切削刃和刀具表面将逐渐出现磨损。有正常磨损和非正常磨损两种。

(1) 正常磨损 有后刀面磨损，前刀面磨损和前、后刀面同时磨损三种形式，如图 2-17 所示。

后刀面磨损的部位主要发生在后刀面上，形成  $\alpha_o = 0^\circ$  棱面。一般在切削脆性金属或以较低切削速度、较小进给量切削塑性金属时产生。

前刀面磨损的部位主要发生在前刀面上，在近切削刃处出现月牙洼。一般在较高切削速度、较大进给量切削塑性金属时产生。

前、后刀面同时磨损是刀具同时出现前刀面磨损和后刀面磨损。在中等切削速度、中等进给量切削塑性金属时产生。

(2) 非正常磨损 由于冲击、振动、热效应等原因使刀具崩刃、碎裂而损坏。

### 2. 刀具磨损原因

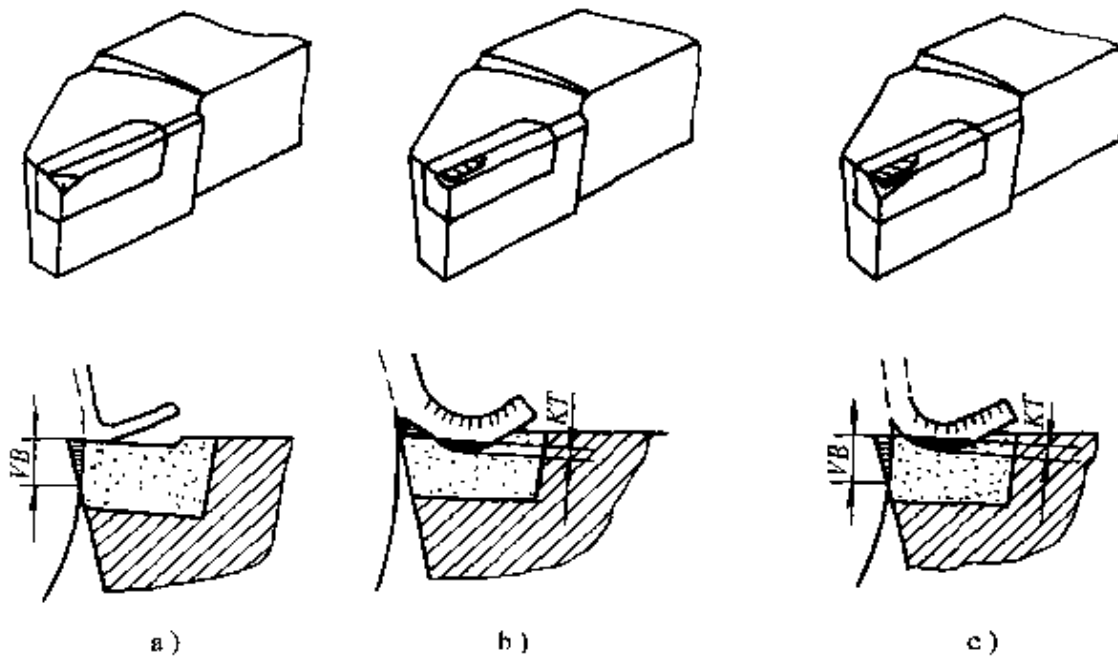


图 2-17 刀具正常磨损的形式

a) 后刀面磨损 b) 前刀面磨损 c) 前、后刀面同时磨损

(1) 机械磨损 工件或切屑上的硬质点在刀具表面上刻划而造成的磨损。

(2) 粘接磨损 工件或切屑表面与刀具表面之间在高温下发生粘接，刀具表面微粒被带走而造成的磨损。

(3) 氧化磨损 高温切削时，硬质合金中的碳化物氧化成硬度、强度低的氧化物，被工件或切屑带走而造成的磨损。

(4) 扩散磨损 高温切削时，刀具与工件材料的合金元素相互扩散，降低物理、力学性能而造成的磨损。

(5) 相变磨损 切削温度超过相变温度时，金相组织发生变化硬度降低，刀具迅速磨损。

高速钢刀具在低温时以机械磨损为主，温度升高时发生粘接磨损，达到相变温度时形成相变磨损，失去切削能力。

硬质合金刀具在低温时以机械磨损为主，温度升高时粘接磨损速度加快，高温时氧化磨损与扩散磨损加剧。

3. 刀具磨损过程 一般刀具磨损过程分为三个阶段，如图 2-18 所示。

(1) 初期磨损阶段 由于刀具刃磨后，表面粗糙度值大，表层组

织上不耐磨，磨损较快。磨损速度取决于刀具刃磨质量。

(2) 正常磨损阶段 磨损量随时间增长缓慢而均匀地增大，是刀具工作的有效期。

(3) 急剧磨损阶段 磨损急剧加速，很快变钝，刀具损坏。应在此阶段前换刀。

对刀具规定一个允许磨损量的最大值，称为刀具的磨钝标准。

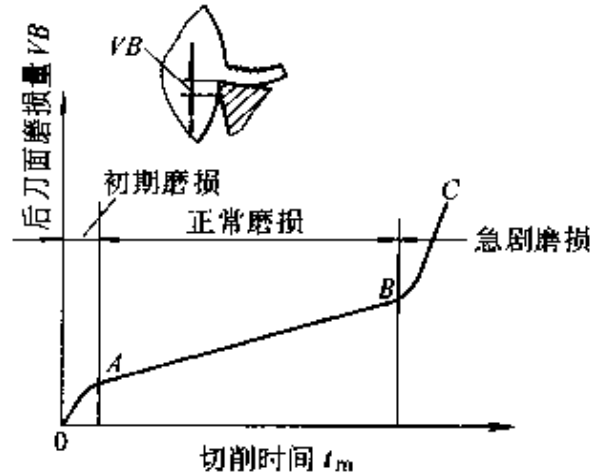


图 2-18 刀具磨损过程

#### 4. 刀具寿命

(1) 刀具寿命 一把新刃磨的刀具，从开始切削至磨损量达到磨钝标准为止所使用的切削时间。

(2) 刀具总寿命 一把新磨好的刀具从开始切削，经反复刃磨、使用，直至报废的实际总切削时间。

#### 5. 影响刀具寿命的因素

(1) 工件材料 工件材料的强度高、硬度高，材料的热导率小，刀具磨损快，刀具寿命降低。

(2) 刀具材料 刀具材料高温硬度高，耐磨性好，刀具寿命长。

(3) 刀具几何参数 前角  $\gamma_0$  增大，切削温度降低，刀具寿命延长；但前角  $\gamma_0$  太大，散热体积减小，刀具寿命下降。

减小主偏角  $\kappa_r$ 、副偏角  $\kappa'_r$ ，增大刀尖圆弧半径  $r_e$ ，散热体积增加，刀具寿命延长。

(4) 切削用量 切削速度  $v_c$  增大，切削温度升高，刀具寿命下降。

### 第三节 提高表面质量和劳动生产率的措施

#### 一、合理选择车刀几何参数

##### 1. 前角的选择

(1) 前角的作用 前角增大能使车刀锋利，减少切削变形，减轻切屑与前刀面的摩擦，降低切削力和减少切削热。影响车刀的强度、

受力性质和散热条件。影响已加工表面质量。

(2) 前角的选择 在刀具强度许可的条件下, 选用较大的前角。可根据工件材料, 刀具材料、加工性质选用。

工件材料软, 前角应大些; 工件材料硬, 前角应小些; 车脆性材料, 前角应小些; 车塑性材料, 前角应大些。

高速钢刀具前角应大些; 硬质合金刀具前角应小些。

粗加工, 前角应小些; 精加工, 前角应大些。

硬质合金车刀前角参考值, 见表 2-12。

表 2-12 硬质合金车刀前角参考值

工件材料	前 角		工件材料	前 角	
	粗 车	精 车		粗 车	精 车
低 碳 钢	20° ~ 25°	25° ~ 30°	灰 铸 铁	10° ~ 15°	5° ~ 10°
中 碳 钢	10° ~ 15°	15° ~ 20°	铜及铜合金	10° ~ 15°	5° ~ 10°
合 金 钢	10° ~ 15°	15° ~ 20°	铝及铝合金	30° ~ 35°	35° ~ 40°
淬 火 钢	- 15° ~ 5°		钛 合 金 $\sigma_b \leq 1.77\text{GPa}$	5° ~ 10°	
不锈钢 (奥氏体)	15° ~ 20°	20° ~ 25°			

硬质合金正前角车刀的倒棱是强化切削刃的有效措施。一般倒棱宽度  $b_{rl} = (0.3 \sim 0.8) f$ , 倒棱角  $\gamma_{rl} = -5^\circ \sim -10^\circ$ 。

前刀面上磨断屑槽, 可得到较大的前角, 并使切屑容易折断。

## 2. 后角的选择

(1) 后角的作用 后角减少后刀面与工件的摩擦, 提高已加工表面质量和延长刀具寿命。配合前角影响车刀锋利程度、强度和散热条件。

(2) 后角的选择 粗加工时, 后角应小些; 精加工时, 后角应大些。工件材料硬, 后角应小些; 工件材料软, 后角应大些。

硬质合金车刀后角参考值, 见表 2-13。

一般车刀的副后角和后角数值相同, 但切断刀副后角取较小值。

## 3. 主偏角、副偏角的选择

(1) 主偏角的作用 影响切削分力的比值, 主偏角增大, 背向力

减小，进给力增大。主偏角减小，使切削厚度减小，切削宽度增大，切削刃的单位负荷减轻，主偏角减小的同时，刀尖角增大，刀具强度高，散热条件好，刀具寿命增加，背吃刀量和进给量一定时，主偏角增大，切屑易折断。

表 2-13 硬质合金车刀后角参考值

工件材料	后 角		工件材料	后 角	
	粗 车	精 车		粗 车	精 车
低 碳 钢	8°~10°	10°~12°	灰 铸 铁	4°~6°	6°~8°
中 碳 钢	5°~7°	6°~8°	铜及铜合金	6°~8°	6°~8°
合 金 钢	5°~7°	6°~8°	铝及铝合金	8°~10°	10°~12°
淬 火 钢	8°~10°		钛 合 金 $\sigma_b \leq 1.77\text{GPa}$	10°~15°	
不锈钢 (奥氏体)	6°~8°	8°~10°			

(2) 副偏角的作用 减少副切削刃与工件已加工表面的摩擦。影响工件表面粗糙度。影响刀尖强度和散热条件。

(3) 主偏角的选择 在工艺系统刚性允许的条件下，选择较小的主偏角；加工强度、硬度较高的材料，选择较小的主偏角；车台阶轴或不通孔时，主偏角  $\kappa_r \geq 90^\circ$ ，中间切入时，主偏角  $\kappa_r = 45^\circ \sim 60^\circ$ 。

(4) 副偏角的选择 根据工件表面粗糙度和刀具寿命来选择。主偏角、副偏角参考值见表 2-14。

表 2-14 主偏角、副偏角参考值

加 工 条 件	主 偏 角 $\kappa_r$	副 偏 角 $\kappa'_r$
工艺系统刚性好，车淬硬钢、冷硬铸铁	10°~30°	10°~5°
工艺系统刚性较好，车外圆、端面、中间切入	45°	45°
工艺系统刚性较差，粗车、强力切削	70°~75°	15°~10°
工艺系统刚性差，车台阶轴、细长轴	80°~93°	10°~6°
切断、车槽	$\geq 90^\circ$	1°~2°

(5) 过渡刃 刀尖与主切削刃间的切削刃称过渡刃。过渡刃可增加刀尖强度，延长刀具寿命。过渡刃有直线型和圆弧型两种。直线型过渡刃，一般可取过渡刃偏角  $\kappa_{te} = \kappa_r/2$ ，过渡刃长度  $b_e = (1/4 \sim 1/$



5)  $a_p$ 。圆弧型过渡刃，一般可取刀尖圆弧半径  $r_\epsilon = 0.5 \sim 3\text{mm}$ 。

(6) 修光刃 在副切削刃近刀尖处的一小段  $\kappa'_r = 0^\circ$  的平直切削刃称修光刃。修光刃可降低表面粗糙度值。一般可取修光刃长度  $b_\epsilon = (1.2 \sim 1.5) f$ 。

#### 4. 刃倾角的选择

(1) 刃倾角的作用 控制切屑的排出方向。当刃倾角为  $0^\circ$  时，切屑垂直于切削刃排出；刃倾角为负值时，切屑向已加工表面排出；刃倾角为正值时，切屑向待加工表面排出。影响刀尖强度。刃倾角为负值，刀尖位于切削刃最低点，切削时，切削刃承受冲击负荷，刀尖强度高。刃倾角为正值，刀尖位于切削刃的最高点，切削时，刀尖首先与工件接触，可能引起崩刃或打刀。影响切削平稳性。刃倾角为  $0^\circ$  时，切削刃同时切入或切出工件，冲击力大。刃倾角不等于  $0^\circ$  时切削刃逐渐切入或切出工件，切削过程平稳。增大刃倾角，可使实际切削前角增大，刃口圆弧半径减小，切削刃锋利。

(2) 刃倾角的选择 刃倾角主要根据排屑方向、刀具强度、加工条件决定。断续切削时， $\lambda_s = -30^\circ \sim -45^\circ$ ；粗车时， $\lambda_s = 0^\circ \sim -5^\circ$ ；精车时， $\lambda_s = 0^\circ \sim +5^\circ$ ；微量切削时， $\lambda_s = 45^\circ \sim 75^\circ$ 。

## 二、合理选择切削用量

1. 切削用量 切削用量是表示主运动及进给运动大小的参数。它包括背吃刀量、进给量和切削速度三要素。

(1) 背吃刀量  $a_p$  工件上已加工表面和待加工表面间的垂直距离，如图 2-19 所示。车外圆时，背吃刀量计算公式如下

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2}$$

式中  $a_p$ ——背吃刀量 (mm)；

$d_w$ ——工件待加工表面直径 (mm)；

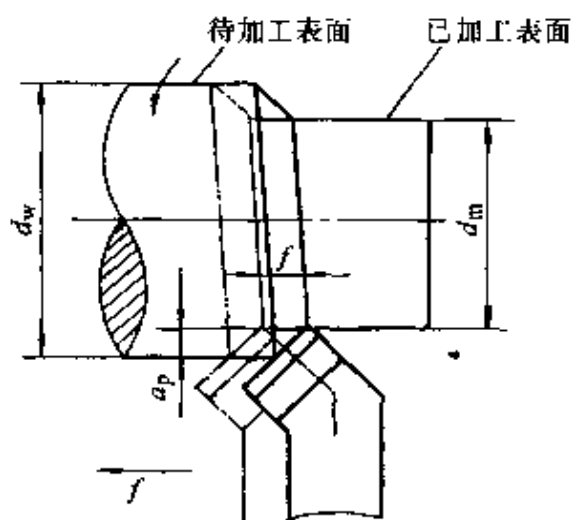


图 2-19 背吃刀量和进给量

$d_m$ ——工件已加工表面直径 (mm)。

(2) 进给量  $f$  工件每转一周时, 刀具在进给方向上相对工件的位移量, 如图 2-19 所示。单位是 mm/r。

(3) 切削速度  $v_c$  切削刃选定点相对于工件的主运动的瞬时速度。车外圆时, 切削速度的计算公式如下

$$v_c = \frac{\pi d_w n}{1000}$$

式中  $v_c$ ——切削速度 (m/min);

$d_w$ ——工件待加工表面直径 (mm);

$n$ ——工件转速 (r/min)。

## 2. 粗车时切削用量的合理选择

(1) 粗车时切削用量的选择原则 粗车时, 毛坯余量较大, 工件的加工精度和表面粗糙度等技术要求较低, 应以提高生产率为主, 考虑经济性和加工成本。

(2) 粗车时切削用量的选择步骤 首先选择一个尽量大的背吃刀量, 然后选择一个较大的进给量, 最后根据已选定的背吃刀量和进给量, 在工艺系统刚性, 刀具寿命和机床功率允许的范围内选择一个合理的切削速度。

选择背吃刀量时, 尽量将粗加工余量一次切完。当余量过大或工艺系统刚性差时, 可分两次切除余量, 第一次切除余量的 2/3 ~ 3/4。

选择进给量时, 应不超过刀具的刀片和刀柄强度、不大于机床进给机构强度、在不产生振动的条件下, 选取一个最大的进给量。硬质合金车刀、高速钢车刀粗车外圆和端面时的进给量, 见表 2-15。

背吃刀量和进给量确定后, 按刀具寿命确定切削速度, 计算工件转速, 选择车床相近的较低档的车床转速。外圆车刀的切削速度, 见表 2-16。

粗车时, 背吃刀量、进给量、切削速度确定后, 还需校验车床功率。

**例** 在 CA6140 型卧式车床上, 车削毛坯尺寸为  $\phi 68\text{mm} \times 350\text{mm}$  的调质 45 钢, 要求车削后达到  $\phi 61.5\text{h}11$ ,  $R_a 3.2\mu\text{m}$ , 试选择粗车时的切削用量。

表 2-15 硬质合金车刀、高速钢车刀粗车外圆和端面时的进给量

加工材料	车刀刀柄尺寸 $B \times H$ mm mm	工件直径/mm	背吃刀量 $a_p$ /mm			
			<3	>3~5	>5~8	>8~12
			进给量 $f$ / (mm/r)			
碳素结构钢 和 合金结构钢	16 × 25	20	0.3~0.4			
		40	0.4~0.5	0.3~0.4		
		60	0.5~0.7	0.4~0.6	0.3~0.5	
		100	0.6~0.9	0.5~0.7	0.5~0.6	0.4~0.5
		400	0.8~1.2	0.7~1.0	0.6~0.8	0.5~0.6
	20 × 30	20	0.3~0.4			
		40	0.4~0.5	0.3~0.4		
		60	0.6~0.7	0.5~0.7	0.4~0.6	
		100	0.8~1.0	0.7~0.9	0.5~0.7	0.4~0.7
		400	1.2~1.4	1.0~1.2	0.8~1.0	0.6~0.9
铸铁 和 铜合金	16 × 25	40	0.4~0.5			
		60	0.6~0.8	0.5~0.8	0.4~0.6	
		100	0.8~1.2	0.7~1.0	0.6~0.8	0.5~0.7
		400	1.0~1.4	1.0~1.2	0.8~1.0	0.6~0.8
	20 × 30	40	0.4~0.5			
		60	0.6~0.9	0.5~0.8	0.4~0.7	
		100	0.9~1.3	0.8~1.2	0.7~1.0	0.5~0.8
		400	1.2~1.8	1.2~1.6	1.0~1.3	0.9~1.1

注：1. 加工断续表面及有冲击的加工时，表内的进给量应乘系数  $K=0.75\sim 0.85$ 。

2. 加工耐热钢及其合金时，不采用大于  $1.0\text{mm/r}$  的进给量。

3. 加工淬硬钢，当材料硬度为  $44\sim 56\text{HRC}$  时，表内进给量应乘系数  $K=0.8$ ；当材料硬度为  $57\sim 62\text{HRC}$  时，表内进给量应乘系数  $K=0.5$ 。

表 2-16 外圆车刀的切削速度

工件材料	刀具材料	背吃刀量 $a_p$ /mm			
		0.13~0.38	0.38~2.4	2.4~4.7	4.7~9.5
		进给量 $f$ / (mm/r)			
		0.05~0.13	0.13~0.38	0.38~0.76	0.76~1.3
		切削速度 $v_c$ / (m/min)			
低碳钢	高速钢		70~90	40~60	20~40
	硬质合金	215~365	165~215	120~165	90~120
中碳钢	高速钢		45~60	30~40	15~20
	硬质合金	130~165	100~130	75~100	55~75
不锈钢	高速钢		30~45	25~30	15~20
	硬质合金	115~150	90~115	75~90	55~75

率。

## (2) 半精车、精车时切削用量的选择步骤

**背吃刀量** 半精加工、精加工的背吃刀量较小，原则上一次进给切除全部余量。

**进给量** 半精加工、精加工的进给量主要受表面粗糙度的限制，可在预定切削速度、刀尖圆弧半径的情况下，查有关表格，确定进给量。硬质合金外圆车刀半精车时的进给量，见表 2-17。

表 2-17 硬质合金外圆车刀半精车时的进给量

工件材料	表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	切削速度范 围/ (m/min)	刀尖圆弧半径 $r_c/\text{mm}$		
			0.5	1.0	2.0
进给量 $f/(\text{mm}/r)$					
铸铁、青铜、 铝合金	3.2	不限	0.12 ~ 0.25	0.25 ~ 0.40	0.40 ~ 0.60
	1.6		0.10 ~ 0.15	0.15 ~ 0.20	0.20 ~ 0.35
碳钢、 合金钢	3.2	< 50	0.20 ~ 0.25	0.25 ~ 0.30	0.30 ~ 0.40
		> 50	0.25 ~ 0.30	0.30 ~ 0.35	0.35 ~ 0.50
	1.6	< 50	0.10	0.11 ~ 0.15	0.15 ~ 0.22
		50 ~ 100	0.11 ~ 0.16	0.16 ~ 0.25	0.25 ~ 0.35
		> 100	0.16 ~ 0.20	0.20 ~ 0.25	0.25 ~ 0.35

注：1.  $r_c = 0.5\text{mm}$  用于  $12\text{mm} \times 20\text{mm}$  以下刀柄， $r_c = 1\text{mm}$  用于  $30\text{mm} \times 30\text{mm}$  以下刀柄， $r_c = 2\text{mm}$  用于  $30\text{mm} \times 45\text{mm}$  以下刀柄。

2. 加工耐热钢及其合金、钛合金，切削速度大于  $50\text{m}/\text{min}$  时，表中进给量应乘系数  $0.7 \sim 0.8$ 。

**切削速度** 用硬质合金车刀，选用较高的切削速度， $v_c > 80\text{m}/\text{min}$ ；用高速钢车刀，选用较低的切削速度， $v_c < 5\text{m}/\text{min}$ 。

## 三、合理选择切削液

### 1. 切削液的作用

(1) 冷却作用 切削液能吸收并带走切削区大量的热量，改善散热条件，降低刀具和工件的温度。

(2) 润滑作用 切削液能在切屑与刀具的微小间隙中形成一层很薄的吸附膜，减小摩擦因数，减小刀具、切屑、工件之间的摩擦。

(3) 清洗作用 能清除粘附在工件和刀具上的细碎切屑，防止划伤工件已加工表面，减小刀具磨损。

(4) 防锈作用 在切削液中加入防锈剂后，能在金属表面形成保

护膜，使机床、刀具和工件不受周围介质腐蚀。

## 2. 切削液的种类

(1) 乳化液 乳化液是用乳化油稀释而成，主要起冷却作用。这类切削液比热容大、粘度小、流动性好、可吸收大量的热量。乳化液中常加入极压添加剂和防锈添加剂，提高润滑和防锈性能。

(2) 切削油 切削油的主要成分是矿物油，少数采用动物油和植物油，主要起润滑作用。这类切削液比热容小、粘度较大、流动性差。矿物油中加入极压添加剂和防锈添加剂，提高润滑和防锈性能。动物油和植物油的润滑效果比矿物油好，但易变质，应尽量少用或不用。

3. 切削液的选用 应根据加工性质、工件材料、刀具材料和工艺要求等具体情况合理选用切削液。

(1) 根据加工性质 粗加工时，选用以冷却为主的乳化液。精加工时，选用润滑性能好的极压切削油或高浓度的极压乳化液。

(2) 根据工件材料 钢件粗加工一般用乳化液，精加工用极压切削油。切削铸铁、铜及铝等材料时，一般不用切削液，精加工时，可采用煤油或7%~10%乳化液。切削有色金属和铜合金时，不宜采用含硫的切削液；切削镁合金时，不用切削液。

(3) 根据刀具材料 高速钢刀具粗加工时，用极压乳化液，精加工钢件时用极压乳化液或极压切削油。硬质合金刀具一般不用切削液，在加工硬度高、强度好、导热性差的特种材料和细长工件时，可用冷却为主的切削液。

## 四、减小表面粗糙度值的方法

表面粗糙度是指加工表面上具有的较小间距和微小峰谷所组成的微观几何形状特性。表面粗糙度对工件的耐磨性、耐腐蚀性、疲劳强度和配合性质都有很大的影响。

### 1. 影响表面粗糙度值的因素

(1) 残留面积 工件上的已加工表面是由刀具主、副切削刃切削后形成的，切削刃在已加工表面上留下的痕迹如图2-20所示。这些在已加工表面上未切去部分的面积称为残留面积。残留面积高度越高，表面粗糙度值越大。进给量 $f$ 、主偏角 $\kappa_r$ 、副偏角 $\kappa'_r$ 和刀尖圆

粗糙度值，但后角  $\alpha_0$  过大，易引起振动，表面粗糙度值增大。

刃倾角  $\lambda$  影响切屑排出方向，正值刃倾角使切屑流向工件待加工表面，并采取卷屑、断屑措施，可防止切屑拉毛已加工表面。

车刀刃磨后，进行研磨，减小刀具的表面粗糙度值，有利于减小工件表面粗糙度值。

及时刃磨或更换车刀，使车刀保持锐利状态。

(2) 工件材料 塑性材料的塑性越大，切削变形越大，与刀具的粘接作用增加，表面粗糙度值增大。

工件金相组织的晶粒越细，加工后，表面粗糙度值越小。退火、正火都能细化晶粒，调质能提高材料的力学性能，有利于减小表面粗糙度值。

(3) 加工因素，进给量影响残留面积高度，进给量增大，表面粗糙度值增大。但进给量太小，切削刃不锋利时，切削刃不能切削面形成挤压，工件塑性变形增大，表面粗糙度值增大。

选择较低或较高的切削速度，不出现积屑瘤，有利于减小表面粗糙度值。

背吃刀量对表面粗糙度的影响不明显。但背吃刀量  $a_p < 0.02 \sim 0.03\text{mm}$  时，经常与工件发生挤压和摩擦，表面粗糙度值增大。

切削液减小刀具与工件的摩擦，降低切削温度，切削液的极压添加剂，增加润滑性能，有利于减小表面粗糙度值。切削油比乳化液的效果好，在精密加工中常使用植物油。

工艺系统有很高的精度和刚度，如车床主运动、进给运动精度高，受力变形小，热变形小，刚度高，抗振性好，工件表面粗糙度值小。

## 第四节 特种材料的车削

### 一、车削铜合金

1. 车削特性 铜及铜合金的导电性好，抗磨性高，抗腐蚀性好，强度和硬度较低，切削加工性好；比较容易获得较小的表面粗糙度值。铜及铜合金的强度和硬度较低，在夹紧力和切削力的作用下，易产生变形。铜及铜合金的线膨胀系数大，工件的热变形大。铸造铜合

#### 4. 注意事项

1) 铝合金，夹紧力不宜过大，且夹紧力要均匀分布，切削刃要锋利，防止工件变形。精车时，要采取措施，降低切削温度，防止工件热胀冷缩，影响尺寸精度。防止碰伤工件。

2) 镁合金车削时，要防止工件变形。不能加切削液，只能用压缩空气冷却，并准备好防火器材。加工后的工件要进行局部氧化处理。

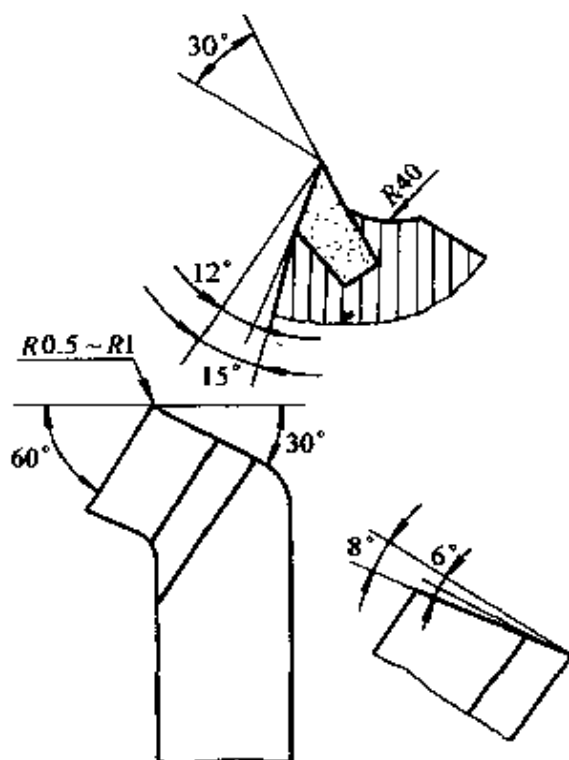


图 2-21 车铝合金弯头车刀

### 三、车削高温合金

高温合金钢又叫耐热钢。钢中加入足够的 Cr、Ni、Mo、Ti、W、Si 等元素，形成硬度很高的化合物。

1. 车削特性 高温合金的塑性好、强度高，变形抗力大，切削力比普通钢材高 2~3 倍，切削热随之增加，导热率低，传热困难，切削区温度可达 1000℃ 左右。

高温合金内有大量的强化相碳化物溶于奥氏体固溶体中，切削时，在高温作用下，强化相碳化物从固溶体中分解出来，呈极细的弥漫相分布，强化能力增加，从而产生加工硬化，表面层硬度比基体硬度高 50%~100%。

切削高温合金时，硬度极高的碳化物，使机械磨损加剧；在高温作用下，粘接磨损、扩散磨损加剧；扩散作用产生的新金相组织的热胀系数大，引起刀片产生显微裂纹切削刃容易崩碎；机械磨损，粘接磨损，相变磨损的综合作用，刀具寿命低。

2. 高温合金车刀 常用的刀具材料有硬质合金和高速钢。YG6X、YW2 多用于粗车，YG3、YW1 多用于精车，W2Mo9Cr4VCo8 用于车螺纹、成形而等。

刀具几何参数：前角  $\gamma_o = 0^\circ \sim 10^\circ$ ，后角  $\alpha_o = 6^\circ \sim 10^\circ$ ，主偏角  $\kappa_r = 45^\circ \sim 75^\circ$ ，刃倾角  $\lambda_s = 0^\circ \sim 3^\circ$ ，前刀面不磨负倒棱，后刀面磨  $0.3 \sim 0.4\text{mm}$  的刃带。车高温合金车刀，如图 2-22 所示。

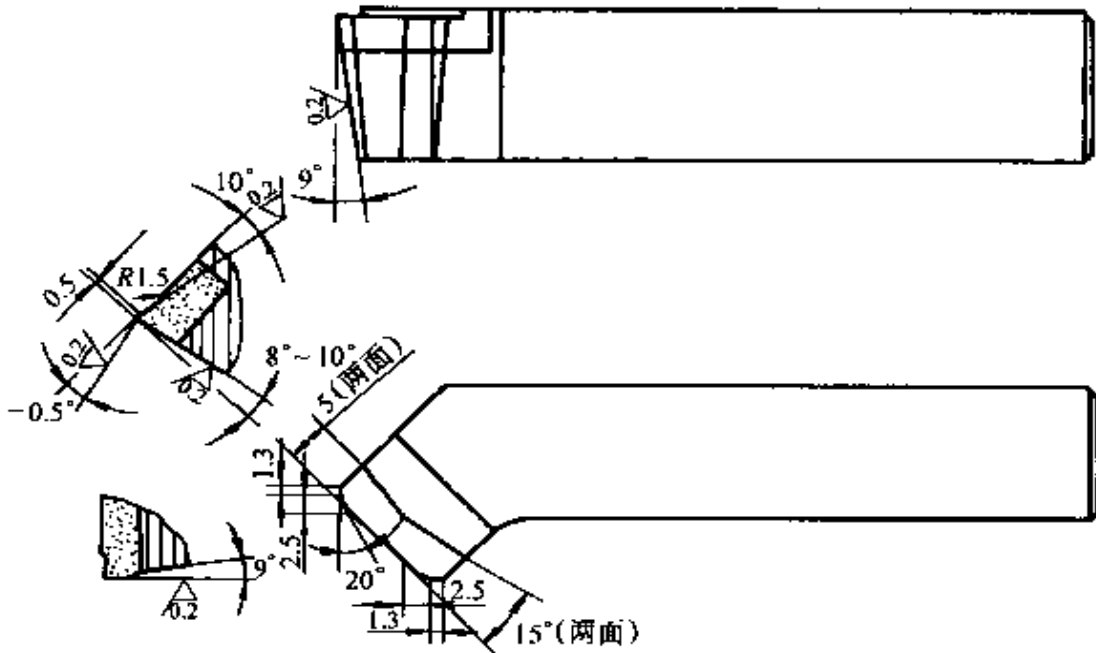


图 2-22 车高温合金车刀

3. 切削用量 由于工件材料导热率低，切削区温度高，刀具急剧磨损变钝，切削用量比车削碳钢、不锈钢低。

切削速度 粗车时， $v_c = 40 \sim 50\text{m/min}$ ，精车时， $v_c = 50 \sim 60\text{m/min}$ 。断续切削时，切削速度应较低。

背吃刀量 粗车时， $a_p = 3 \sim 7\text{mm}$ ，精车时， $a_p = 0.15 \sim 0.4\text{mm}$ 。

进给量 粗车时， $f = 0.2 \sim 0.35\text{mm/r}$ ，精车时， $f = 0.1 \sim 0.16\text{mm/r}$ 。

#### 4. 注意事项

- 1) 刀具的刚性要好，刃磨质量要高，及时刃磨或更换刀具。
- 2) 使用切削液时，应连续、充分。
- 3) 应选用功率大，刚性高的车床。
- 4) 精车时，应防止热胀冷缩使工件尺寸变化。

#### 四、车削不锈钢



不锈钢按化学成分可分为铬不锈钢（1Cr13 等）和铬镍不锈钢（1Cr18Ni9Ti 等）两类。

1. 车削特性 不锈钢的高温强度高、硬度高，塑性高、韧性大，切削力大，切屑不易折断；导热性差，切削区域温度高，刀具磨损快，易产生冷硬现象，加剧刀具磨损；不锈钢的粘附性强，易产生积屑瘤，影响表面粗糙度。

2. 加工不锈钢车刀 常用的刀具材料有硬质合金和高速钢。硬质合金 YG6X、YG8 用于粗车、半精车，YT15、YT15、YG6X 和 YW1、YW2 用于半精车和精车。高速钢 W12Cr4V4Mo、W2Mo9Cr4VCo8 用于车螺纹、成形面。

几何参数：前角  $\gamma_o = 12^\circ \sim 25^\circ$ ；后角  $\alpha_o = 8^\circ \sim 10^\circ$ ；主偏角，一般  $\kappa_r = 75^\circ$ ，精车时  $\kappa_r = 90^\circ$ ；断屑槽圆弧半径  $r_{Bs} = 2 \sim 7\text{mm}$ ，槽宽  $L_{Bs} = 3 \sim 6.5\text{mm}$ ；粗车，倒棱宽度  $b_{fl} = (0.5 \sim 0.8) f$ ，倒棱角  $\gamma_{ol} = -25^\circ$ ，精车时，倒棱宽度  $b_{fl} = (0.3 \sim 0.5) f$ ，倒棱角  $\gamma_{ol} = -5^\circ \sim -10^\circ$ 。车不锈钢  $90^\circ$  车刀，如图 2-23 所示。

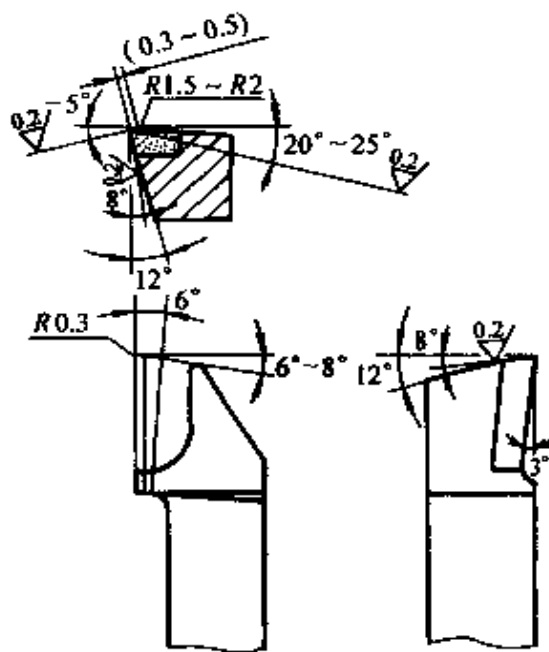


图 2-23 车不锈钢  $90^\circ$  车刀

3. 切削用量 车不锈钢时应适当降低切削用量，减缓刀具磨损。不锈钢因含铬和镍的量不同，切削用量选择不同。如车 1Cr18Ni9Ti

时，粗车选用切削速度  $v_c = 50 \sim 70\text{m/min}$ ，背吃刀量  $a_p = 2 \sim 7\text{mm}$ ，进给量  $f = 0.2 \sim 0.6\text{mm/r}$ ；精车选用切削速度  $v_c = 120 \sim 150\text{m/min}$ ，背吃刀量  $a_p = 0.2 \sim 0.8\text{mm}$ ，进给量  $f = 0.08 \sim 0.3\text{mm/r}$ 。

选用抗粘附和散热性能好的切削液。

## 五、车削橡胶

1. 车削特性 橡胶材料强度低、弹性大，易变形，车刀应保证

#### 4. 注意事项

- 1) 切削刃要锋利，防止工件变形和表面粗糙度值大。
- 2) 背吃刀量、进给量不宜过大。要防止温度过高产生变形和温度过低产生脆裂。

## 第三章 机械加工工艺

**培训要点** 编制工件机械加工工艺规程；提高加工质量的方法；提高劳动生产率的方法。

### 第一节 机械加工工艺规程的制定

#### 一、基本概念

1. 工艺过程的组成 生产过程是将原材料转变为成品的全过程。它包括产品开发、生产和技术准备到毛坯制造、机械加工和装配。

机械加工工艺过程是采用机械加工的方法，直接改变毛坯的形状、尺寸、相对位置和性质等，使之成为成品或半成品的过程。

机械加工工艺过程是由一个或若干个顺序排列的工序组成的，工序又可分为安装、工位、工步和工作行程。

(1) 工序 一个或一组工人，在一个工作地对同一个或同时对几个工件所连续完成的那一部分工艺过程称为工序。工序是组成工艺过程的基本单元。工件加工数量不同，工序划分不同。例如，图 3-1 所示阶梯轴，当加工数量较少时，工序划分见表 3-1；当加工数量较多时，工序划分见表 3-2。

(2) 安装 工件经一次装夹后所完成的那一部分工序称为安装。在一道工序中，工件可能被装夹一次或多次，才能完成加工。

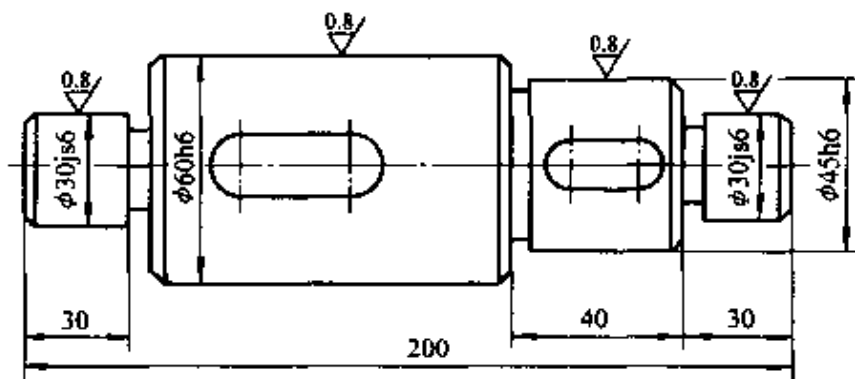


图 3-1 阶梯轴简图

表 3-1 加工数量少时阶梯轴工艺过程

工序号	工序内容	设备
1	车端面, 钻中心孔	车床
2	车外圆, 车槽和倒角	车床
3	铣键槽, 去毛刺	铣床
4	磨外圆	磨床

表 3-2 加工数量多时阶梯轴工艺过程

工序号	工序内容	设备
1	两边同时铣端面, 钻中心孔	铣端面钻中心孔机床
2	车一端外圆, 车槽和倒角	车床
3	车另一端外圆, 车槽和倒角	车床
4	铣键槽	铣床
5	去毛刺	钳工台
6	磨外圆	磨床

(3) 工位 一次装夹工件后工件与夹具或设备的可动部分一起相对刀具或设备的固定部分所占据的每一个位置称为工位。

(4) 工步 在加工表面和加工工具不变的情况下, 所连续完成的那一部分工序称为工步。为简化工艺文件, 对于那些连续进行的若干个相同的工步, 通常都看作一个工步。用几把刀, 同时加工几个表面, 也可看作一个工步, 称为复合工步。

(5) 工作行程 刀具以加工进给速度相对于工件所完成一次进给运动的工步部分。

2. 生产类型 生产类型是指企业(或车间、工段、班组、工作地)生产专业化程度的分类。一般分为大量生产、成批生产和单件生产三种类型。

(1) 单件生产 产品品种很多, 同一产品的产量很少, 各个工作地的加工对象经常改变, 而且很少重复的生产称为单件生产。

(2) 大量生产 产品的产量很大, 大多数工作地按照一定的生产节拍进行某种零件的某道工序的重复加工的生产称为大量生产。

(3) 成批生产 一年中分批轮流地制造几种不同的产品, 每种产品均有一定的数量, 工作地的加工对象周期性地重复的生产称为成批生产。

各种生产类型的工艺特征见表 3-3。

表 3-3 各种生产类型的工艺特征

比较项目	生产类型		
	单件小批	中 批	大批大量
零件的互换性	钳工试配, 互换性差	多数互换, 保留某些试配	全部互换, 高精度偶件配磨或选配
毛坯制造	木模造型或自由锻造, 毛坯精度低, 加工余量大	部分采用金属模造型或模锻。毛坯精度和加工余量中等	采用金属模机器造型、模锻或其它高效方法。毛坯精度高, 加工余量小
机床设备及其布置方式	通用机床, 按机床类别采用机群式布置	部分通用机床和高效机床。按工件类别分工段排列设备	广泛采用高效专用机床及自动机床。按流水线和自动线排列设备
夹具	通用夹具、组合夹具	广泛使用专用夹具, 特种工具	广泛使用高效专用夹具, 特种工具
刀具和量具	通用标准刀具和量具	部分专用刀具和量具	高效专用刀具和量具
对工人技术要求	需技术水平较高的工人	需一定技术水平的工人	对调整工的技术水平要求高, 对操作工的技术水平要求低
工艺文件	有工艺过程卡, 关键工序要工序卡	有工艺过程卡, 关键工序要工序卡	有工艺过程卡和工序卡, 关键工序要调整卡和检验卡
成本	较高	中等	较低

## 二、拟定工艺规程的要求和步骤

1. 工艺规程 规定零件制造工艺过程和操作方法等的工艺文件称为机械加工工艺规程。机械加工工艺规程有机械加工工艺过程卡片, 机械加工工序卡片等各种卡片。

机械加工工艺过程卡片以工序为单位, 按加工顺序列出整个零件加工所经过的工艺路线, 工序内容, 加工设备和工艺装备及时间定额等。在单件小批生产中, 编写机械加工工艺过程卡片。机械加工工艺过程卡片格式, 见表 3-4。



机械加工工序卡片列有详细的该工序加工所必需的资料，工序简图标有本工序完成后工件的形状、尺寸及公差，工件的装夹方式，刀具的形状及位置等。用于大量生产和成批生产中比较重要的零件。机械加工工序卡片格式，见表 3-5。

2. 拟定工艺规程的要求 工艺规程是指导工人操作、用于生产管理、工艺管理工作的主要技术文件，又是新产品投产前进行生产准备和技术准备的依据，是新建、扩建车间或工厂的原始资料。

工艺规程直接影响产品质量、劳动生产率和经济效益。要求工艺规程在保证产品质量的前提下，尽量提高生产率和降低成本。尽可能采用新工艺、新技术、新材料。保证操作工人具有良好、安全的劳动条件。应做到正确、完整、统一、清晰，符合国家标准。

### 3. 拟定工艺规程的原始资料

- 1) 产品的装配图样和零件图样。
- 2) 产品的年产量。
- 3) 现有生产条件。包括毛坯生产水平、加工设备和工艺装备情况、技术工人水平、专用设备和工艺装备制造能力、生产协作关系等。

4) 有关工艺资料、标准、图册。

5) 国内外有关资料、技术发展状况。

### 4. 拟定工艺规程的步骤

(1) 分析零件图 结合产品装配图了解零件在机器中的位置、工作情况和作用，明确其精度和技术要求对装配质量和性能的影响。从工艺的角度，审查零件图样的视图、尺寸、公差和技术要求的完整性与正确性；加工要求的合理性；零件结构的工艺性等。

零件结构工艺性的要求有：零件各要素的形状尽量简单，面积尽量小，规格尽量标准、统一。能采用普通设备和标准刀具进行加工，刀具易进入、退出和顺利通过加工表面。加工面与非加工面之间，加工面与加工面之间均应明显分开。

(2) 确定毛坯 确定毛坯要从机械加工和毛坯制造两方面综合考虑最佳效果；确定毛坯包括确定毛坯的种类和制造方法。毛坯种类有铸件、锻件、焊接件、型材等。





确定毛坯应考虑的因素为：零件的力学性能要求；零件的结构形状和尺寸；生产类型；现场生产条件。

(3) 拟定工艺路线 拟定工艺路线的主要内容有定位基准的选择、表面加工方法的选择、加工顺序的安排、加工设备和工艺装备的选择等内容。

选择机床应考虑：机床的加工尺寸范围与零件的外廓尺寸相适应；机床的工作精度与工序精度相适应；机床生产效率与零件生产类型相适应；与现有加工条件相适应。

选择工艺装备时，应根据生产类型、具体加工条件、工件结构和技术要求综合考虑。

夹具的选择为：单件小批生产采用各种通用夹具和机床附件，组合夹具；大批大量生产采用专用高效夹具；多品种、中小批生产，可采用可调夹具或成组夹具。

刀具的选择为：尽可能采用标准刀具，必要时采用高生产率的复合刀具及其它专用刀具。

量具的选择为：量具精度与加工精度相适应。单件小批生产，广泛采用通用量具；大批大量生产，采用极限量规和高效的检验仪器、检验夹具。

(4) 工序设计 工序设计的主要内容有确定各工序的加工余量、切削用量、工序尺寸及公差、时间定额等。

(5) 填写工艺文件 将制定的工艺过程各项内容，填入一定格式的卡片。

### 三、基准的选择

1. 基准的分类 基准是用来确定生产对象上几何要素间的几何关系所依据的那些点、线、面。基准就是“依据”的意思。

基准可分为设计基准和工艺基准两大类。

(1) 设计基准 设计图样上所采用的基准称为设计基准。图 3-2 所示的轴，各外圆的设计基准为轴线，长度的设计基准为端面 B。

(2) 工艺基准 在工艺过程中所采用的基准称为工艺基准。工艺基准又分为定位基准、测量基准和装配基准等几种。

定位基准是在加工中用作定位的基准。用两顶尖车削图 3-2 所示

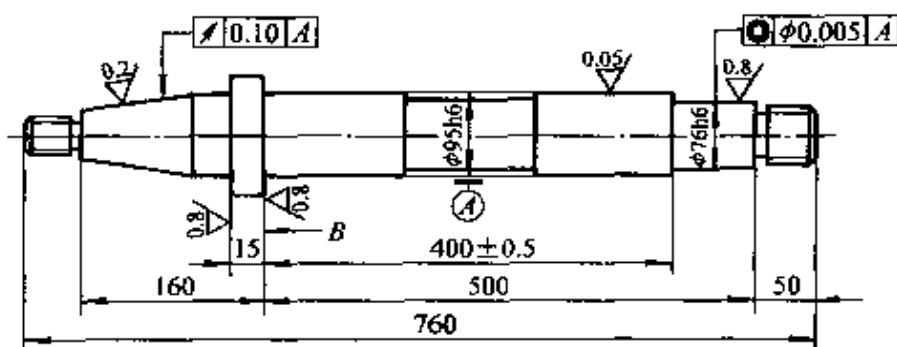


图 3-2 轴

轴时，定位基准为两端中心孔。定位基准有粗基准和精基准两种。在开始加工时，只能用毛坯表面作定位基准（或根据该面找正），这种基准称为粗基准。用已加工过的表面作定位基准，这种基准称为精基准。

测量基准是测量时所采用的基准。检验图 3-2 所示轴的圆锥面径向圆跳动时，把  $\phi 95h6$  外圆放在 V 形架中，并轴向定位，定位基准为  $\phi 95h6$  外圆。

装配基准是装配时用来确定零件或部件在产品中的相对位置所采用的基准。

## 2. 粗基准的选择原则

1) 选择不加工表面作为粗基准。车削图 3-3 所示的手轮，应选择手轮内缘的不加工表面为粗基准，加工后能保证轮缘厚度  $a$  基本相等。

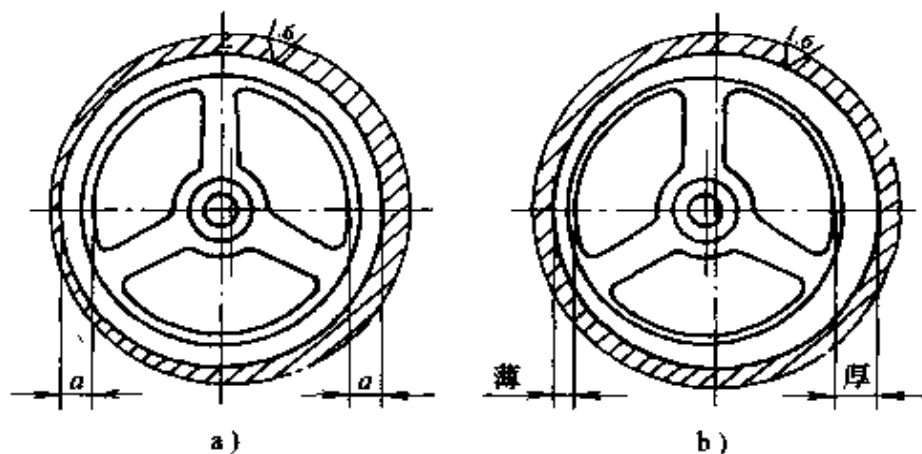


图 3-3 车手轮时粗基准的选择  
a) 以内缘作基准 b) 以外圆作基准

2) 对所有表面都需要加工的零件, 根据加工余量最小的表面找正。车削图 3-4 所示的轴, *A* 段余量最小, *B* 段余量较大, 粗车时应校正 *A* 段, 适当考虑 *B* 段的加工余量, 不会因位置偏移造成余量少的部分加工不出。

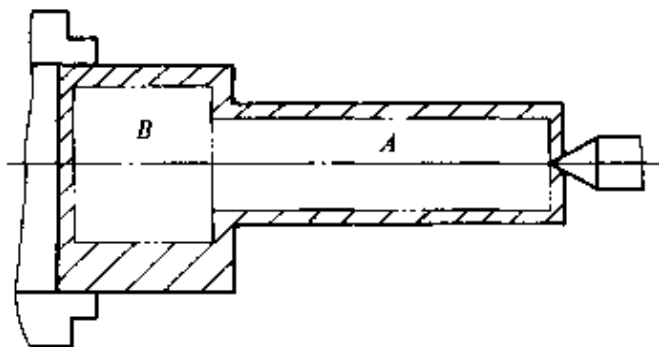


图 3-4 车轴时粗基准的选择

3) 选择比较牢固可靠的表面作为粗基准, 否则会使工件夹坏或走动。

4) 选择平整光滑的表面作粗基准。粗基准不应有浇口、冒口、飞边、毛刺和其它缺陷, 否则会使定位不准确。

5) 粗基准不能重复使用。粗基准精度低, 表面粗糙度值大, 若重复使用毛坯面定位, 会使加工表面产生较大的误差。

### 3. 精基准的选择原则

(1) 尽可能采用设计基准或装配基准作定位基准 一般的套、齿轮和带轮, 精加工时利用心轴以内孔定位加工外圆及其它表面, 定位基准与装配基准重合, 装配时容易达到设计要求的精度。

(2) 尽可能使定位基准和测量基准重合 车削图 3-5a 所示的套, 长度方向的测量基准是 *A* 面, 用图 3-5b 所示的心轴加工时, 定位基准与测量基准重合, 没有基准不重合误差, 容易保证加工精度。

(3) 尽可能使基准统一 基准统一, 可以减少加工误差, 提高加工精度, 使装夹方便。如一般轴类工件, 在车、铣、磨等工序中, 始终用中心孔作为精基准。

原则 (3) 与原则 (2) 相抵触不能保证加工精度时, 应放弃原则 (3)。

(4) 选择面积较大, 精度较高, 装夹稳定可靠的表面作精基准 车削图 3-6 所示的 V 带轮, 若以内孔定位, 车梯形槽, 因内孔较小, 心轴刚度不够, 容易引起振动。

在实际生产中, 应根据具体情况进行分析, 保证主要技术要求, 选用最有利的精基准。

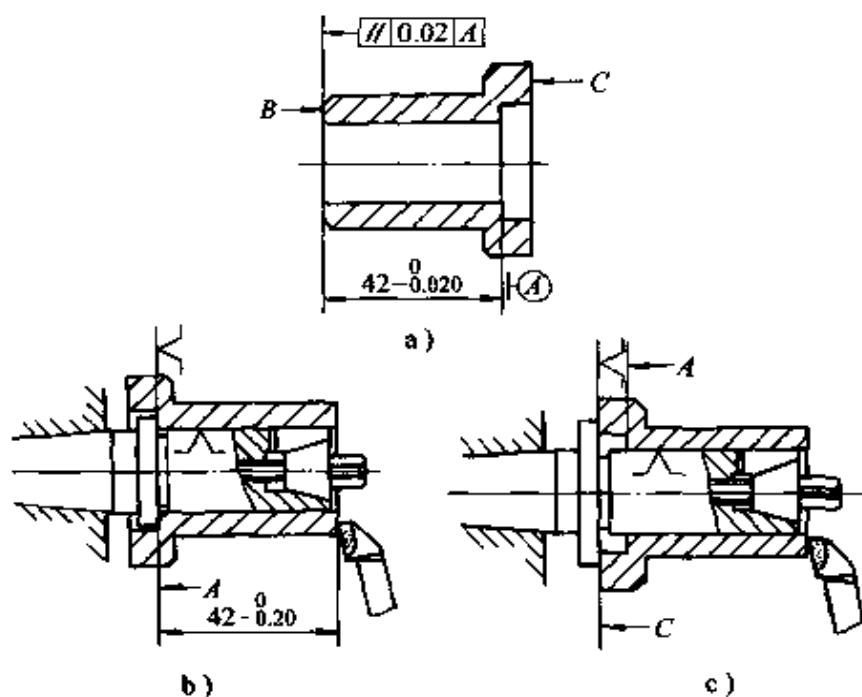


图 3-5 车套时精基准的选择  
a) 工件 b) 直接定位 c) 间接定位

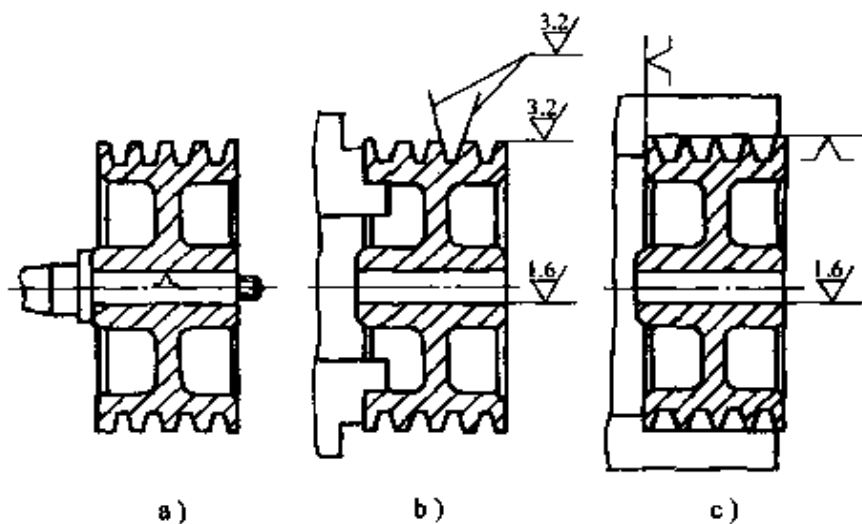


图 3-6 车 V 带轮时精基准的选择  
a) 以内孔定位 b) 以内缘定位 c) 以外圆定位

#### 四、拟定工艺路线

1. 表面加工方法的选择 选择加工方法主要应考虑加工表面的技术要求。还应考虑每种加工方法的加工经济精度范围；材料的性质及可加工性；工件的结构形状和尺寸大小；生产类型；工厂现有设备

条件等。

在正常生产条件下，能较经济地达到的精度范围，称为该加工方法的经济精度。

外圆加工的经济精度与表面粗糙度，见表 3-6。内孔加工的经济精度与表面粗糙度，见表 3-7。平面加工的经济精度，见表 3-8。

表 3-6 外圆加工的经济精度与表面粗糙度

序号	加工方法	经济精度 IT	表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	适用范围
1	粗车	11~13	6.3~25	适用于淬火钢以外的各种金属
2	粗车→半精车	8~10	3.2~6.3	
3	粗车→半精车→精车	7~8	0.8~1.6	
4	粗车→半精车→精车→滚压(或抛光)	6~8	0.025~0.2	
5	粗车→半精车→磨削	7~8	0.4~0.8	主要用于淬火钢，也可用于未淬火钢，但不宜加工有色金属
6	粗车→半精车→粗磨→精磨	6~7	0.1~0.4	
7	粗车→半精车→粗磨→精磨→超精加工	5~6	0.012~0.1	
8	粗车→半精车→粗磨→精磨→研磨	5级以上	0.1	
9	粗车→半精车→粗磨→精磨→镜面磨	5级以上	0.05	
10	粗车→半精车→精车→金刚石车	5~6	0.025~0.2	主要用于要求较高的有色金属

表 3-7 内孔加工的经济精度与表面粗糙度

序号	加工方法	经济精度 IT	表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	适用范围
1	钻	11~13	12.5	加工未淬火钢及铸铁的实心毛坯，也可加工有色金属，孔径 $< 15 \sim 20\text{mm}$
2	钻→铰	3.2	1.6~3.2	
3	钻→粗铰→精铰	7~8	0.8~1.6	
4	钻→扩	10~11	6.3~12.5	加工未淬火钢及铸铁的实心毛坯，也可加工有色金属，孔径 $> 15 \sim 20\text{mm}$
5	钻→扩→铰	8~9	1.6~3.2	
6	钻→扩→粗铰→铰	7~8	0.8~1.6	
7	钻→扩→机铰→手铰	6~7	0.2~0.4	
8	钻→扩→拉	7~9	0.1~1.6	大批量生产，精度由拉刀精度决定
9	粗车(扩)	11~13	6.3~12.5	加工未淬火钢及铸件，毛坯有铸孔或锻孔
10	粗车(粗扩)→半精车(精扩)	9~10	1.6~3.2	
11	粗车(粗扩)→半精车(精扩)→精车(铰)	7~8	0.8~1.6	
12	粗车(粗扩)→半精车(精扩)→精车→浮动车刀块	6~7	0.4~0.8	

## 2. 加工阶段的划分

(1) 各加工阶段的主要任务 加工质量要求比较高的工件，通常划分为粗加工、半精加工、精加工和光整加工四个阶段。

粗加工阶段 切除各加工表面大部分余量，为半精加工提供定位基准和均匀适当的加工余量。

半精加工阶段 为主要表面精加工作好准备，即达到一定的精度、表面粗糙度和加工余量，加工一些次要表面，使达到技术要求。

精加工阶段 加工主要表面，使各主要表面达到规定的技术要求。

光整加工阶段 对于精度很高、表面粗糙度值很小的表面，要安排光整加工，提高加工表面尺寸精度和表面质量。一般位置精度不提高。

若毛坯余量特别大，表面非常粗糙，粗加工前要安排荒加工阶段。

(2) 划分加工阶段的原因 划分加工阶段能保证加工质量，有利于合理使用设备，便于安排热处理工序，便于及时发现毛坯缺陷，保护高精度表面少受磕碰损坏。

划分加工阶段应根据具体情况，灵活运用。如加工精度要求不高，工件刚性好时，可少划分或不划分加工阶段。刚性好的重型工件，在一次安装中完成粗精加工。

划分加工阶段应以工件的主要表面来分析，不应以个别表面和个别工序判断。

## 3. 确定工序的集中与分散的程度

(1) 工序集中 工序集中就是将工件的加工内容，集中在少数几道工序内完成，每道工序的加工内容多。工序集中有机械集中和组织集中。

工序集中（机械集中）的特点：工件装夹次数减少，易保证表面间位置精度。工序数目减少，可简化生产计划和生产组织工作。机床设备数量减少，操作工人和生产面积相应减少。可采用高效专用设备及工艺装备，生产率高。但生产准备工作量大，投资大，设备调整维修复杂，转换新产品生产比较困难。

(2) 工序分散 工序分散就是将工序的加工内容，分散在较多工序内完成，每道工序加工的内容较少。

工序分散的特点：设备及工艺装备比较简单，调整维修方便，操作工人易掌握，易适应产品更换。可采用最合适的切削用量，减少基本时间，提高生产率。但设备数量多，操作工人多，生产面积大，生产管理 workload 大。

(3) 工序集中和工序分散的选用 工序集中和工序分散各有特点，应根据生产类型、现有生产条件、工件情况等进行分析后选用。

单件小批生产采用组织集中。成批生产使用高效设备，采用工序适当集中。大批大量生产使用较复杂的高效设备，采用工序集中；结构简单的工件，可采用工序分散；重型工件采用工序集中；精度高、刚性差的精密工件采用工序分散；目前倾向于工序集中。

#### 4. 加工顺序的安排

(1) 机械加工工序的安排原则 安排原则有基准先行；先粗后精；先主后次；先面后孔。

1) 基准先行 在每次粗、精加工工作表面之前，应先粗、精加工基准表面。

2) 先粗后精 各表面的粗、精加工分开，按加工阶段进行。

3) 先主后次 主要表面先安排加工，一些次要表面因加工面小，和主要表面有相互位置要求，可穿插在主要表面加工工序之间进行，但要安排在主要表面最后精加工之前，以免影响主要表面的加工质量。

4) 先面后孔 箱体、支架等工件应先加工平面，后加工孔。这些工件平面轮廓大而平整，以平面定位比较稳定可靠，易保证平面与孔的位置精度。

(2) 热处理工序的安排 热处理工序的安排是否确当，对保证工件精度、力学性能和加工顺利进行有重要的影响。常见的热处理有退火、正火、淬火、表面处理和时效等。

退火是将钢加热到适当温度，保持一定时间，然后缓慢冷却的热处理工艺。目的是降低钢的硬度，提高塑性，以利于切削加工；细化晶粒，均匀钢的组织及成分，改善钢的性能或为以后的热处理作准

加工外表面 外圆  $2Z_b = d_a - d_b$

平面  $Z_b = a - b$

加工内表面 内孔  $2Z_b = D_b - D_a$

平面  $Z_b = b - a$

## 2. 影响加工余量的因素

1) 上工序的尺寸公差  $T_a$ 。

2) 上工序的位置误差  $\rho_a$  (包括轴心线弯曲、偏移及平行度、垂直度等误差)。

3) 上工序表面粗糙度  $R_a$  和缺陷层  $D_a$ 。

4) 本工序的安装误差  $\varepsilon_b$  (包括定位误差和夹紧误差)。

加工回转表面时:  $2Z_b = T_a + 2(R_a + D_a) + 2|\rho_a + \varepsilon_b|$

加工平面时:  $Z_b = T_a + R_a + D_a + |\rho_a + \varepsilon_b|$

3. 工艺基准和设计基准重合时工序尺寸及公差的确定 为保证工件设计要求, 需规定各工序的工序尺寸及公差。各工序的加工余量可查有关表格, 加工余量确定后, 即可计算工序尺寸。工序公差可根据经济精度确定。工序尺寸按“人体原则”标注极限偏差, 被包容面的工序尺寸取上偏差为零, 包容面的工序尺寸取下偏差为零。毛坯尺寸按双向布置上、下偏差。

工艺基准与设计基准重合, 表面多次加工时, 计算顺序为: 先确定各工序余量的基本尺寸, 然后从工件设计尺寸至毛坯尺寸逐工序计算工序尺寸, 再按经济精度确定各工序公差, 最后按“人体原则”确定上下偏差。

**例 1** 某轴的外圆, 设计要求为  $\phi 80js6$ , 表面粗糙度值  $R_a 0.4\mu m$ , 材料为 45 钢。计算各加工工序尺寸及偏差。

**解** 查表 3-6,  $\phi 80js6$  加工方法为粗车  $\rightarrow$  半精车  $\rightarrow$  粗磨  $\rightarrow$  精磨。各工序加工精度: 精磨 IT6, 粗磨 IT7, 半精车 IT9, 粗车 IT11。

各工序加工余量: 精磨余量 0.15mm, 粗磨余量 0.45mm, 半精车余量 1.4mm, 粗车余量 5mm, 毛坯余量 7mm。

计算各工序尺寸及偏差。计算结果见表 3-9。

工艺基准与设计基准不重合时, 需进行尺寸链计算, 确定工序尺



寸及公差。

表 3-9 工序尺寸及偏差 (单位: mm)

工序名称	工序余量	经济精度 IT	工序基本尺寸	工序尺寸及偏差
精磨	0.15	6	80	$80 \pm 0.009$
粗磨	0.45	7	$80 + 0.15 = 80.15$	$80.15 -_{-0.035}^0$
半精车	1.4	9	$80.15 + 0.45 = 80.6$	$80.6 -_{-0.087}^0$
粗车	5	11	$80.6 + 1.4 = 82$	$82 -_{-0.22}^0$
毛坯	7		$82 + 5 = 87$	$87 -_{-1}^{+2}$

## 第二节 工艺尺寸链

### 一、尺寸链的组成

1. 尺寸链的定义 在机器装配或零件加工过程中, 由相互连接的尺寸形成封闭的尺寸组, 称为尺寸链。

在加工过程中, 同一零件工艺尺寸所形成的尺寸链, 称为工艺尺寸链。图 3-9 所示的套, 在加工时, 车端面控制设计尺寸  $A_1$ , 车孔时控制工艺尺寸  $A_2$ , 间接保证设计尺寸  $A_0$ , 尺寸  $A_1$ 、 $A_2$  和  $A_0$ , 形成工艺尺寸链。

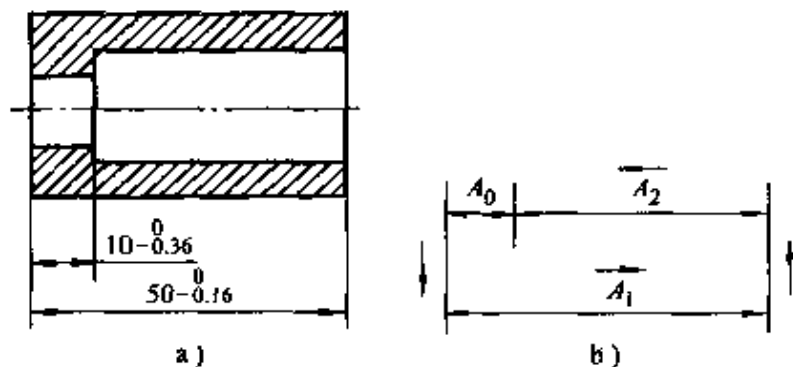


图 3-9 工艺尺寸链

a) 工件简图 b) 尺寸链图

### 2. 尺寸链的组成

(1) 环 尺寸链中的每一尺寸, 称为环。图 3-9 中,  $A_1$ 、 $A_2$  和  $A_0$  都是环。

(2) 封闭环 尺寸链中, 间接保证尺寸的环, 称为封闭环。图 3-9 中,  $A_0$  是封闭环。

(3) 组成环 在尺寸链中, 能人为地控制或直接获得的环, 称为

组成环。图 3-9 中,  $A_1$ 、 $A_2$  是组成环。组成环可分为增环和减环。

(4) 增环 某组成环增大而其它组成环不变, 使封闭环随之增大, 则此组成环为增环。图 3-9 中,  $A_1$  是增环, 记为  $\vec{A}_1$ 。

(5) 减环 某组成环增大而其它组成环不变, 使封闭环随之减小, 则此组成环为减环。图 3-9 中,  $A_2$  是减环, 记为  $\overleftarrow{A}_2$ 。

3. 尺寸链图 将尺寸链中各相应的环, 单独表示出来, 按大致比例画出的尺寸图, 称为尺寸链图。图 3-9b 为尺寸链图。

为迅速判别增环和减环, 在画尺寸链图时, 可假定封闭环是减环, 从封闭环开始, 用首尾相接的单向箭头顺序表示各组成环。与封闭环箭头方向相同的组成环是减环, 与封闭环箭头方向相反的组成环是增环。

## 二、尺寸链的特性

1. 封闭性 尺寸链是由一个封闭环和若干个相互连接的组成环构成的封闭尺寸组, 不封闭就不成为尺寸链。

2. 关联性 尺寸链中的所有组成环只要一个尺寸变动, 均会引起封闭环的尺寸变动。组成环是自变量, 封闭环是因变量。

## 三、尺寸链的计算方法

尺寸链的计算方法分为极值法和统计(概率)法两类。下面介绍用极值法解工艺尺寸链。

计算尺寸链时, 首先要画出尺寸链图, 找出封闭环, 判别增环、减环, 然后计算基本尺寸, 再计算极限尺寸。

封闭环基本尺寸计算公式为

$$A_0 = \sum_{i=1}^m \vec{A}_i - \sum_{i=1}^n \overleftarrow{A}_i$$

式中  $A_0$ ——封闭环的基本尺寸 (mm);

$\vec{A}_i$ ——各增环的基本尺寸 (mm);

$\overleftarrow{A}_i$ ——各减环的基本尺寸 (mm);

$m$ ——增环的环数;

$n$ ——减环的环数。

封闭环极限尺寸计算公式为

$$A_{Omax} = \sum_{i=1}^m \vec{A}_{imax} - \sum_{i=1}^n \overleftarrow{A}_{imin}$$

$$A_{Omin} = \sum_{i=1}^m \vec{A}_{imin} - \sum_{i=1}^n \overleftarrow{A}_{imax}$$

式中  $A_{Omax}$ ——封闭环的最大极限尺寸 (mm);  
 $A_{Omin}$ ——封闭环的最小极限尺寸 (mm);  
 $\vec{A}_{imax}$ ——各增环的最大极限尺寸 (mm);  
 $\vec{A}_{imin}$ ——各增环的最小极限尺寸 (mm);  
 $\overleftarrow{A}_{imin}$ ——各减环的最小极限尺寸 (mm);  
 $\overleftarrow{A}_{imax}$ ——各减环的最大极限尺寸 (mm);  
 $m$ ——增环的环数;  
 $n$ ——减环的环数。

封闭环上、下偏差计算公式为

$$ES_0 = \sum_{i=1}^m \vec{ES}_i - \sum_{i=1}^n \overleftarrow{EI}_i$$

$$EI_0 = \sum_{i=1}^m \vec{EI}_i - \sum_{i=1}^n \overleftarrow{ES}_i$$

式中  $ES_0$ ——封闭环的上偏差 (mm);  
 $EI_0$ ——封闭环的下偏差 (mm);  
 $\vec{ES}_i$ ——各增环的上偏差 (mm);  
 $\vec{EI}_i$ ——各增环的下偏差 (mm);  
 $\overleftarrow{ES}_i$ ——各减环的上偏差 (mm);  
 $\overleftarrow{EI}_i$ ——各减环的下偏差 (mm)。

封闭环公差计算公式为

$$T_0 = \sum_{i=1}^m \vec{T}_i + \sum_{i=1}^n \overleftarrow{T}_i$$

式中  $T_0$ ——封闭环的公差 (mm);  
 $\vec{T}_i$ ——各增环的公差 (mm);  
 $\overleftarrow{T}_i$ ——各减环的公差 (mm);

计算尺寸链时, 有正计算形式、反计算形式和中间计算形式三

种。

正计算形式是已知各组成环的基本尺寸、极限偏差，求封闭环的基本尺寸、极限偏差。产品设计的校验常用此形式。

反计算形式是已知封闭环的基本尺寸、极限偏差，求各组成环的基本尺寸、极限偏差。产品设计常用此形式。

中间计算形式是已知封闭环和部分组成环的基本尺寸、极限偏差，求其余组成环的基本尺寸、极限偏差。工艺尺寸链属于此形式。

#### 四、工艺基准与设计基准不重合时，工艺尺寸链计算

##### 1. 测量基准和设计基准不重合时，工艺尺寸链计算

**例 2** 如图 3-9 所示工件，设计图样标注  $A_1 = 50_{-0.16}^0 \text{mm}$  和  $A_0 = 10_{-0.36}^0 \text{mm}$ ，大孔深度未注。测量时，测量  $A_1$  和  $A_2$ ，间接得到  $A_0$ ，确定  $A_2$  的尺寸及公差。

**解** 尺寸  $A_1$ 、 $A_2$  和  $A_0$  形成工艺尺寸链。尺寸链图如图 3-9b 所示， $A_1 = 50_{-0.16}^0 \text{mm}$  为增环， $A_2$  为减环， $A_0 = 10_{-0.36}^0 \text{mm}$  为封闭环。

$$A_0 = \vec{A}_1 - \vec{A}_2$$

$$\vec{A}_2 = \vec{A}_1 - A_0 = 50\text{mm} - 10\text{mm} = 40\text{mm}$$

可用极限尺寸计算

$$A_{0\text{max}} = \vec{A}_{1\text{max}} - \vec{A}_{2\text{min}}$$

$$\vec{A}_{2\text{min}} = \vec{A}_{1\text{max}} - A_{0\text{max}} = 50\text{mm} - 10\text{mm} = 40\text{mm}$$

$$A_{0\text{min}} = \vec{A}_{1\text{min}} - \vec{A}_{2\text{max}}$$

$$\vec{A}_{2\text{max}} = \vec{A}_{1\text{min}} - A_{0\text{min}} = 49.84\text{mm} - 9.64\text{mm} = 40.20\text{mm}$$

也可用极限偏差计算

$$ES_0 = ES_1 - EI_2$$

$$EI_2 = ES_1 - ES_0 = 0 - 0 = 0\text{mm}$$

$$EI_0 = EI_1 - ES_2$$

$$ES_2 = EI_1 - EI_0 = -0.16\text{mm} - (-0.36\text{mm}) = +0.20\text{mm}$$

$$A_2 = 40_{0}^{+0.20} \text{mm}$$

##### 2. 定位基准和设计基准不重合时，工艺尺寸链计算

**例 3** 如图 3-10 所示的套筒，以端面 A 定位铣缺口时，确定尺寸  $A_3$  及公差。

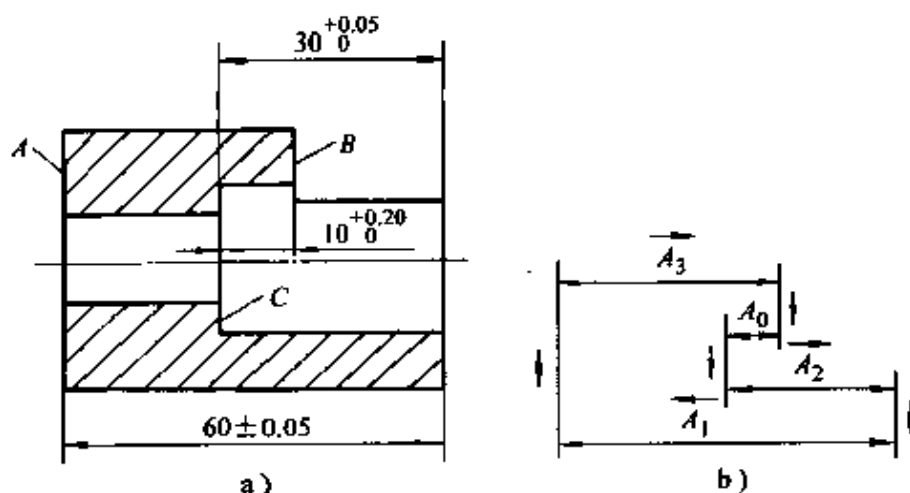


图 3-10 套筒

a) 套筒简图 b) 尺寸链图

解 尺寸  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$  和  $A_0$  形成工艺尺寸链。尺寸链图如图 3-10b 所示。 $A_1 = 60\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$  为减环， $A_2 = 30^{+0.05}_0\text{mm}$ 、 $A_3$  为增环， $A_0 = 10^{+0.20}_0\text{mm}$  为封闭环。

$$A_0 = \vec{A}_2 + \vec{A}_3 - \vec{A}_1$$

$$A_3 = A_0 + \vec{A}_1 - \vec{A}_2 = 10\text{mm} + 60\text{mm} - 30\text{mm} = 40\text{mm}$$

可用极限尺寸计算

$$A_{0\max} = \vec{A}_{2\max} + \vec{A}_{3\max} - \vec{A}_{1\min}$$

$$\begin{aligned} \vec{A}_{3\max} &= A_{0\max} + \vec{A}_{1\min} - \vec{A}_{2\max} = 10.20\text{mm} + 59.95\text{mm} - 30.05\text{mm} \\ &= 40.10\text{mm} \end{aligned}$$

$$A_{0\min} = \vec{A}_{2\min} + \vec{A}_{3\min} - \vec{A}_{1\max}$$

$$\vec{A}_{3\min} = A_{0\min} + \vec{A}_{1\max} - \vec{A}_{2\min} = 10\text{mm} + 60.05\text{mm} - 30\text{mm} = 40.05\text{mm}$$

也可用极限偏差计算

$$ES_0 = ES_2 + ES_3 - EI_1$$

$$\begin{aligned} ES_3 &= ES_0 + EI_1 - ES_2 = +0.20\text{mm} + (-0.05\text{mm}) - (+0.05\text{mm}) \\ &= 0.1\text{mm} \end{aligned}$$

$$EI_0 = EI_2 + EI_3 - ES_1$$

$$EI_3 = EI_0 + ES_1 - EI_2 = 0 + (+0.05\text{mm}) - 0 = 0.05\text{mm}$$

$$A_3 = 40^{+0.10}_{+0.05}\text{mm}$$

## 3. 从尚需继续加工表面标注工序尺寸的计算

**例4** 如图3-11所示的带轮孔局部简图, 孔径为  $\phi 40^{+0.06}_0$  mm, 键槽深度为  $43.3^{+0.2}_0$  mm。加工顺序为车内孔至  $\phi 39.4^{+0.10}_0$  mm → 拉键槽 → 热处理 → 磨孔至  $\phi 40^{+0.06}_0$  mm。计算拉键槽尺寸及偏差。

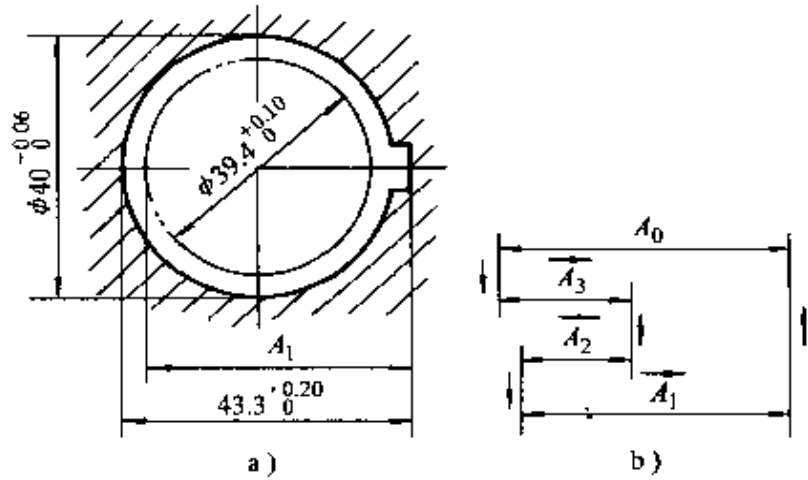


图3-11 带轮孔工艺尺寸链

a) 带轮孔简图 b) 尺寸链图

**解** 建立工艺尺

寸链, 画尺寸链图如图3-11b所示。键槽深度  $A_0 = 43.3^{+0.2}_0$  mm 为封闭环, 拉键槽深度  $A_1$ 、磨孔尺寸  $A_3 = 20^{+0.03}_0$  mm 为增环, 车孔尺寸  $A_2 = 19.7^{+0.06}_0$  mm 为减环。

$$A_0 = \vec{A}_1 + \vec{A}_3 - \vec{A}_2$$

$$A_1 = A_0 + \vec{A}_2 - \vec{A}_3 = 43.3\text{mm} + 19.7\text{mm} - 20\text{mm} = 43\text{mm}$$

可用极限尺寸计算

$$A_{0\max} = \vec{A}_{1\max} + \vec{A}_{3\max} - \vec{A}_{2\min}$$

$$\vec{A}_{1\max} = A_{0\max} + \vec{A}_{2\min} - \vec{A}_{3\max} = 43.5\text{mm} + 19.7\text{mm} - 20.03\text{mm} \\ = 43.17\text{mm}$$

$$A_{0\min} = \vec{A}_{1\min} + \vec{A}_{3\min} - \vec{A}_{2\max}$$

$$\vec{A}_{1\min} = A_{0\min} + \vec{A}_{2\max} - \vec{A}_{3\min} = 43.3\text{mm} + 19.75\text{mm} - 20\text{mm} = 43.05\text{mm}$$

也可用极限偏差计算

$$ES_0 = ES_1 + ES_3 - EI_2$$

$$ES_1 = ES_0 + EI_2 - ES_3 = +0.2\text{mm} + 0 - (+0.03\text{mm}) = +0.17\text{mm}$$

$$EI_0 = EI_1 + EI_3 - ES_2$$

$$EI_1 = EI_0 + ES_2 - EI_3 = 0 + (+0.05\text{mm}) - 0 = +0.05\text{mm}$$

$$A_1 = 43^{+0.17}_{+0.05}\text{mm}$$

3. 获得位置精度的方法 位置精度主要由车床精度和夹具精度来保证。如圆柱类工件轴心线与端面的垂直度主要由车床精度来保证；同轴度、跳动等主要由夹具精度来保证。

### 三、产生加工误差的原因及消除方法

1. 工艺系统的几何误差 工艺系统的几何误差包括加工原理误差、机床几何误差、刀具和夹具误差、测量和调整误差，及工艺系统磨损引起的误差。

(1) 加工原理误差 加工时，采用了近似的加工运动或近似刀具的轮廓产生的误差称为加工原理误差。在实践中采用理论上完全准确的加工原理，有时会使机床或刀具的结构复杂，制造困难，或由于传动环节多，传动误差大，反而加工精度低。如车蜗杆时，蜗杆导程是无理数，化为近似分数计算，形成导程误差。可合理选择交换齿轮齿数，减少导程误差。

(2) 车床的几何误差 车床的制造误差、安装误差、磨损都影响加工精度。

车床主轴回转运动误差 主轴轴颈误差和轴承误差引起主轴轴向窜动、纯径向圆跳动和纯角度摆动。纯径向圆跳动，车回转表面时，产生圆度误差；轴向窜动，车端面时，产生平面度误差；车螺纹时，产生单个螺距误差。纯角度摆动，车回转表面时，产生圆柱度误差。可采用提高主轴轴颈精度、更换滚动轴承、调整轴承间隙等方法减少主轴误差。

车床导轨误差 包括车床导轨在垂直平面内的直线度和在水平面内的平行度。导轨误差在车圆柱类工件时，产生圆柱度误差。可采用调整床身垫铁，修刮磨损的导轨减少导轨误差。

车床传动误差 传动机构的制造误差、装配间隙及磨损，将破坏正常的运动关系。如车螺纹时，工件转一转，刀具不能准确地移动一个导程，产生螺距误差。提高传动机构精度，缩短传动链长度，减小装配间隙，可减小传动机构的加工误差。

(3) 刀具误差 刀具的制造误差、装夹误差及磨损会造成加工误差。

一般刀具的制造误差，对加工精度没有直接的影响。定尺寸刀具

的尺寸误差直接影响工件的尺寸精度，成形刀具的制造误差直接影响加工表面的形状精度。

成形刀具的安装会影响工件的形状精度。定尺寸刀具安装不正确会影响尺寸精度。

刀具磨损会影响工件的尺寸精度。成形刀具磨损还会影响工件的形状精度。

在加工时，应及时刃磨、更换刀具，测量工件，控制工件尺寸在允许的公差范围内。

(4) 夹具误差 夹具各元件的位置误差及夹具磨损，使工件的位置变化，影响加工表面位置误差。一般夹具的制造公差为工件制造公差的  $1/3 \sim 1/5$ ，定期检查夹具的精度及磨损情况，及时修理及更换磨损的夹具。

(5) 测量误差 量具本身的误差及测量方法造成的误差，引起测量误差。在测量时应选用与加工精度相适应的量具，正确选用测量方法并正确读数，减少测量误差。

(6) 调整误差 采用试切法和调整法加工时，刀具位置、定程元件位置及对刀元件的误差都会引起加工误差。提高测量精度、进给机构精度，提高定程元件精度、检查复位精度，提高对刀元件精度可减小调整误差。

2. 工艺系统的受力变形引起的误差 机床、夹具、刀具和工件组成的工艺系统，在切削力、传动力、惯性力、夹紧力以及重力等的作用下，产生变形，破坏了刀具与工件间的正确位置，造成加工误差。变形大小与工艺系统的刚性有关。

可从提高工艺系统刚性和减小产生变形的切削力两方面减小变形。提高工艺系统刚性的措施有：调整车床间隙，提高接触刚性；采用中心架、跟刀架缩小切削力作用点到支承之间距离，提高工件刚性；薄壁工件采用增大装夹接触面、轴向夹紧等措施，提高工件刚性。减小产生变形的切削力的措施有：改变刀具角度，保持刀具锐利；改变加工方法；适当减小加工余量；选用合适的热处理方法。

3. 工艺系统的热变形引起的误差 切削加工时，切削热传给工件、刀具、机床及周围介质，产生变形。车床的电动机、轴承、齿轮



等传动副和导轨副的摩擦使车床产生热变形。环境温度变化和热辐射，影响大型、精密工件的精度。

减少工艺系统热变形的措施有：切削时，浇注充分的切削液，减少刀具和工件的温升；进行空运转或局部加热，保持工艺系统热平衡；精密加工和测量在恒温条件下进行，减少环境温度的影响。

4. 工件残余应力引起的误差 残余应力是在没有外力作用的情况下，存在于工件内部的应力。残余应力处于不稳定的相对平衡状态，具有恢复到无应力状态的倾向，直至应力消失，工件产生变形，破坏原有精度。毛坯制造、切削加工、冷校直都会产生残余应力。

减少残余应力措施有：合理设计工件结构，使壁厚均匀，增大刚性，减少毛坯残余应力；对铸件、锻件和焊接件进行退火或回火，精度要求高的工件进行时效；合理安排工艺过程，粗、精加工分开，用较小的夹紧力精加工。

#### 5. 提高和保证加工精度的工艺措施

(1) 直接减少误差法 在查明产生加工误差的主要因素后，设法对其直接进行消除或减少。如车细长轴采用“反向切削法”可消除轴向切削力引起的弯曲变形，使用弹性顶尖可消除工件伸长的影响。

(2) 误差补偿法 人为地造出一种新的误差，抵消原来工艺系统中固有的原始误差。从而减少加工误差，提高加工精度。如车精密螺纹采用校正装置消除螺距误差，刀架纵向运动时，校正尺与工作表面通过滚子6使杠杆4产生位移并使螺母2产生附加转动，抵消原工艺系统的螺距误差。丝杠螺距误差校正装置如图3-12所示。

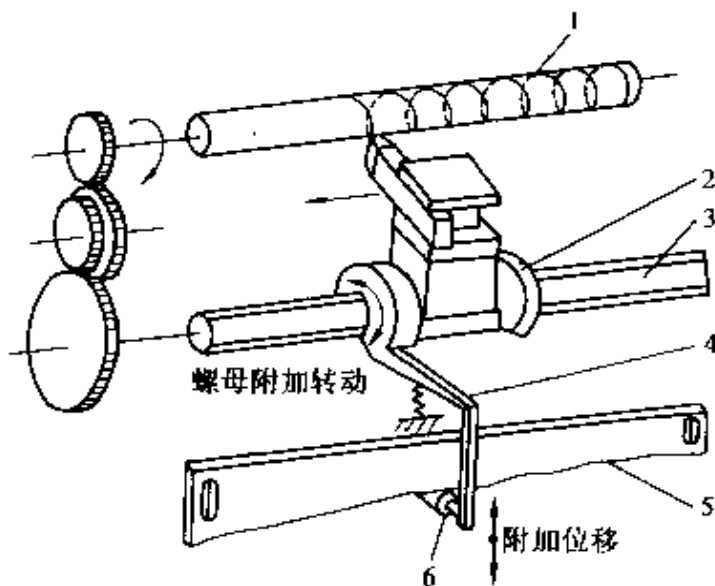


图 3-12 丝杠螺距误差校正装置

1—工件 2—螺母 3—丝杠

4—杠杆 5—校正尺 6—滚子

(3) 误差分组法 上工序的精度低，引起定位误差或复映误差过大，不能保证本工序加工精度，而提高上工序精度是不经济的。可采用误差分组法，将上工序按误差大小分为  $n$  组，每组误差范围就缩小为原来的  $1/n$ ，然后按各组分别调整加工。如加工齿轮时，一般先将孔加工至要求尺寸，然后加工其它部位，若孔为  $\phi 35H6 (+0.016)$ ，将孔分为四组，心轴按分组后尺寸配作，提高心轴与孔的配合精度，该法适用于同轴度要求较高的场合。

(4) 误差转移法 将工艺系统的几何误差、受力变形和热变形等转移到不影响加工精度的方向去。如用镗模镗孔，主轴与镗杆浮动联接，机床的几何误差转移到浮动联接的部位上，镗孔精度不受机床误差的影响，由镗模保证。

(5) 就地加工法 一些被加工表面装配到机床上后，再进行精加工。如转塔车床回转刀架上安装刀具的孔，位置精度要求很高，只能采用机床装配后，在主轴上装镗刀杆，精镗刀具安装孔，保证机床精度。

#### 第四节 提高劳动生产率的方法

劳动生产率是衡量企业经济效益的考核指标，有时间定额和产量定额。时间定额指在一定生产条件下，规定生产一件产品或完成一道工序所消耗的时间。产量定额指在一定生产条件下，每个工人在单位时间里应完成的合格品数量。

##### 一、时间定额的组成

1. 基本时间  $t_j$  直接改变生产对象的尺寸、形状、相对位置、表面状态或材料性质等工艺过程所消耗的时间称为基本时间。对机械加工而言，就是直接切除工序余量所消耗的时间，包括刀具的切入和切出时间。

2. 辅助时间  $t_f$  为实现工艺过程所必须进行的各种辅助动作所消耗的时间称为辅助时间。包括装卸工件、开停车床、引进或退出刀具、改变切削用量、测量工件等所消耗的时间。

基本时间和辅助时间的总和叫操作时间。

3. 布置工作地时间  $t_b$  为使加工正常进行，工人照管工作地所

消耗的时间。包括更换刀具、润滑机床、清理切屑和收拾工具等所消耗的时间。

4. 休息与生理需要时间  $t_x$  工人在工作班内为恢复体力和满足生理需要所消耗的时间。

5. 准备与终结时间  $t_z$  工人为了生产一批产品或零部件, 进行准备和结束工作所消耗的时间。包括加工前领取和熟悉图样、工艺流程, 安装刀具和夹具, 调整机床, 加工结束后拆卸和归还工夹具, 工件交检验等所消耗的时间。

单件时间定额  $T_d$  为

$$T_d = t_j + t_f + t_b + t_x + \frac{t_z}{n}$$

式中  $T_d$ ——单件时间定额 (min);

$t_j$ ——基本时间 (min);

$t_f$ ——辅助时间 (min);

$t_b$ ——布置工作地时间 (min);

$t_x$ ——休息与生理需要时间 (min);

$t_z$ ——准备与终结时间 (min);

$n$ ——每批零件件数。

可以采用缩短基本时间、缩短辅助时间和采用其它方法提高劳动生产率。

## 二、缩短基本时间的方法

车削时基本时间为

$$t_j = \frac{l}{nf} \cdot \frac{Z}{a_p}$$

式中  $t_j$ ——基本时间 (min);

$l$ ——刀具行程长度 (mm);

$n$ ——工件转速 (r/min);

$f$ ——进给量 (mm/r);

$Z$ ——工序余量 (mm);

$a_p$ ——背吃刀量 (mm)。

从上式可看出，缩短基本时间可采用以下几种方法。

1. 减少加工余量 车削时，加工余量太大，有可能增加进给次数，增加基本时间；同时余量大，会增加原材料消耗，增加刀具磨损及功率消耗。批量较大的毛坯应尽量采用精密铸造、精锻、冷挤压、粉末冶金等新工艺。

## 2. 提高切削用量

(1) 提高切削速度 提高切削速度可缩短每次进给所需的时间，在半精车和精车时效果更明显。采用新的刀具材料可有效地提高切削速度。

(2) 增大进给量 增大进给量同样可缩短每次进给所需的时间。当加工条件一定时，增大进给量比提高切削速度对刀具寿命的影响小，车床也不需要改装。

(3) 增大背吃刀量 增大背吃刀量可减少进给次数，缩短基本时间。背吃刀量应根据毛坯余量、工件刚性、机床刚性和功率等合理选择。

## 3. 采用多刀切削和多件加工

(1) 多刀切削 用两把或两把以上刀具同时对工件几个表面进行切削称为多刀切削。图 3-13 为多刀车削齿轮箱盖，六把车刀装在可微调的刀夹中，螺钉 1、7、8 调节车刀径向位置，螺钉 2、3、4、5、6 调节车刀轴向位置，每把车刀都有螺钉压紧。加工时，先轴向进给车削内孔、内台阶孔和内沟槽，然后径向进给车各端面。图 3-14 为多刀车削齿轮坯，前刀架车外圆和倒角，后刀架车端面、倒角和车槽。

多刀切削时，切削力大，每把刀具调整麻烦。在大批量加工有色金属和铸铁时采用多刀切削。

多刀切削也减少转换刀架、更换车刀和调整对刀的辅助时间。

(2) 多件加工 在同一基本时间内加工几个工件称为多件加工。弧形块工件如图 3-15 所示，车削两个  $R80_{-0.4}^{0.2}$  mm 的圆弧。采用车弧形块夹具如图 3-16 所示。工件 2 用锥形心轴 1 和圆柱销 5 定位，螺母 4 和开口垫圈 3 压紧工件，一次可车 6 个工件。圆弧车至  $\phi 160_{-0.8}^{0.4}$  mm 后，工件转 180°装夹，车另一圆弧。

## 三、缩短辅助时间的方法

1. 缩短工件的装夹时间 采用能缩短装夹时间的快速、简易夹

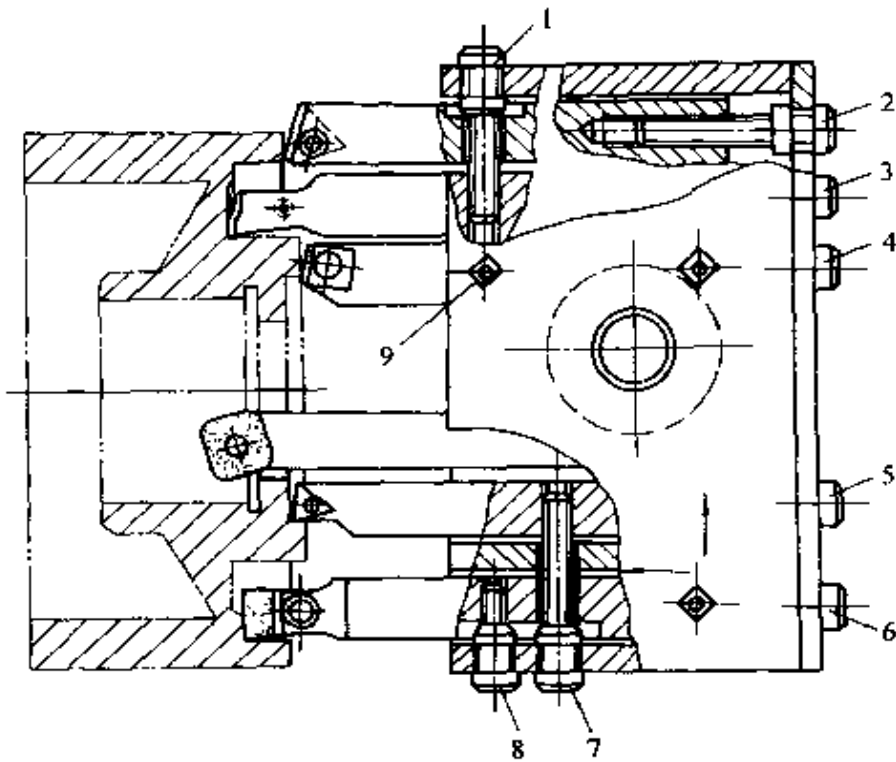


图 3-13 多刀车削齿轮箱盖

1、7、8—径向调节螺钉 2、3、4、5、6—轴向调节螺钉 9—压紧螺钉

具。简易不停车夹头如图 3-17 所示，工件 2 由卡头 1 带动，后顶尖 3 顶住。后顶尖推力越大，卡得越牢固，后顶尖松开，工件掉下。车六角螺钉不停车夹头如图 3-18 所示，工件放在离合器 2 内六角孔中，后顶尖推动工件和离合器 2 左移，与离合器 1 合上，工件转动，后顶尖松开，弹簧 3 使离合器 2 右移，工件停止转动。

## 2. 减少回转刀架及调换车刀的时间

(1) 采用多刃车刀 车刀上两个或两个以上的切削刃可以分别或同时对工件上几个表面加工的车刀称为多刃车刀。车端面倒角车刀如图 3-19a 所示。车孔倒角车刀如图 3-19b 所示。

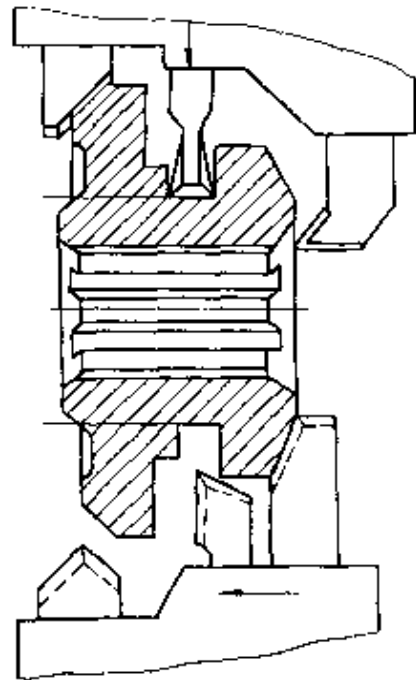


图 3-14 多刀车削齿轮坯

车端面倒角车刀如图 3-19a 所示。车孔倒角车刀如图 3-19b 所示。

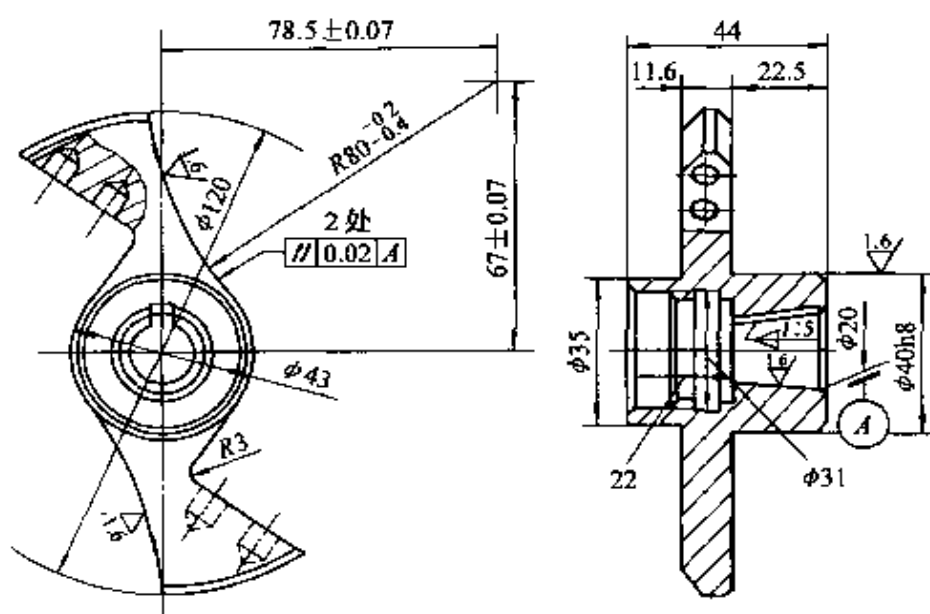


图 3-15 弧形块

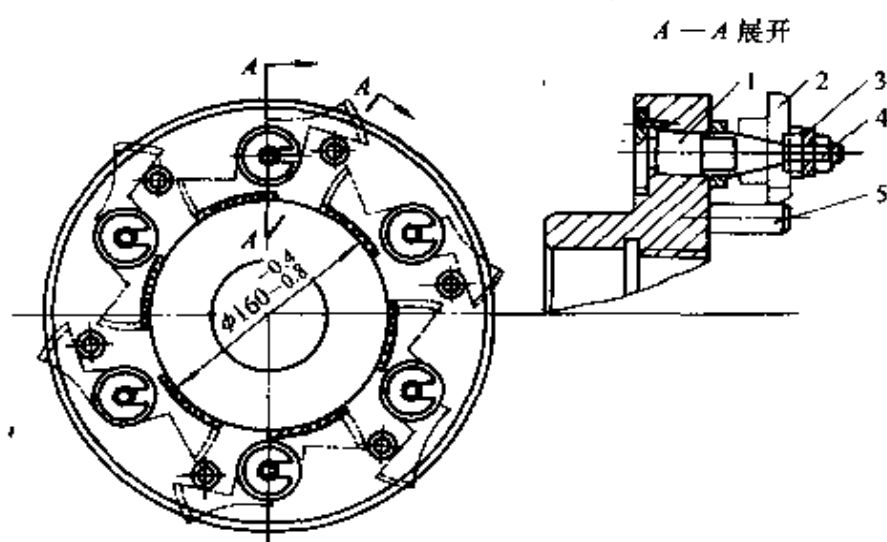


图 3-16 车弧形块夹具

1—锥形心轴 2—工件 3—开口垫圈 4—螺母 5—圆柱销

(2) 采用可转位车刀 可转位车刀刀片的形状和尺寸都比较准确, 刀片转位或更换位置变化小, 缩短辅助时间。

(3) 采用装配式车刀 在重型车床上加工形状复杂的大型工件, 可采用装配式车刀。装配式车刀由刀头、刀柄、压板

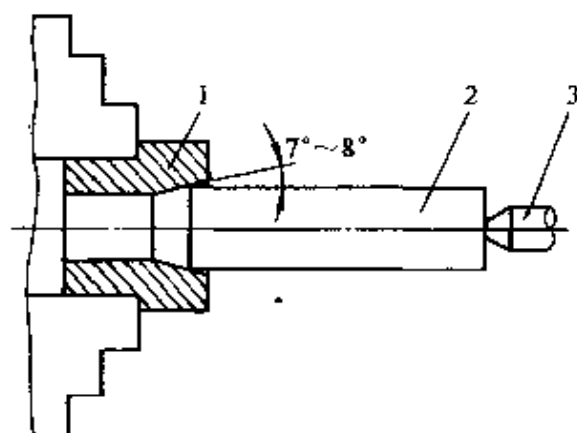


图 3-17 简易不停车夹头  
1—卡头 2—工件 3—后顶尖

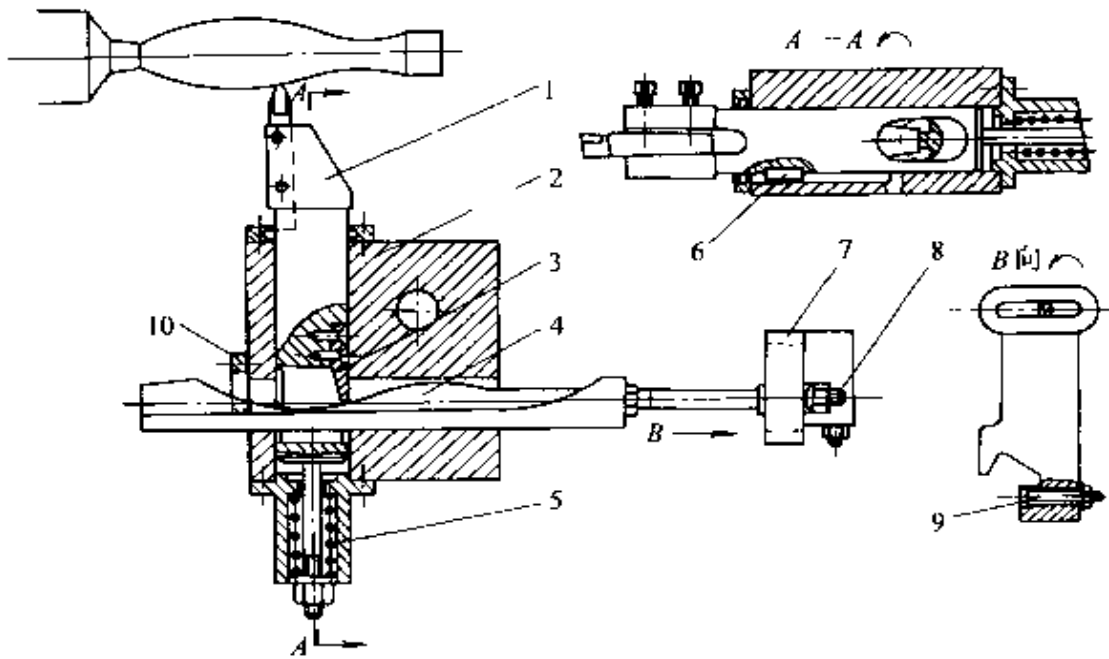


图 3-23 刀架靠模

- 1—车刀 2—靠模体 3—触头 4—靠模杆 5—弹簧  
6—键 7—固定架 8—拉杆 9—螺栓 10—槽块

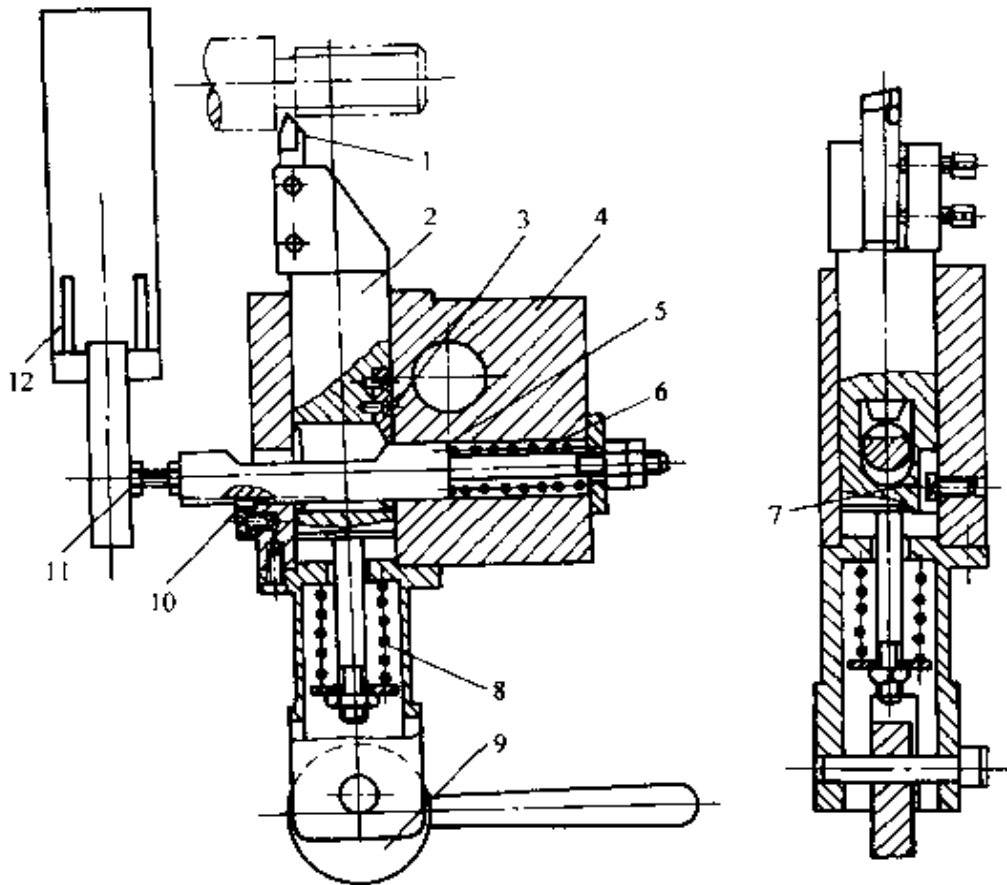


图 3-24 高速车螺纹自动退刀架

- 1—刀尖 2—刀柄 3—触片 4—刀架体 5—挡杆 6、8—弹簧  
7—销钉 9—偏心手柄 10—长方键 11—螺钉 12—挡块

上。高速车螺纹时，螺钉 11 碰挡块 12，挡杆 5 右移，在弹簧 8 的作用下，触片 3 迅速落入挡杆 5 的缺口中，车刀后退，实现自动退刀。扳动偏心手柄 9，刀柄 2 前移，挡杆 5 在弹簧 6 的作用下左移，刀杆复位。

## 第五节 成组技术

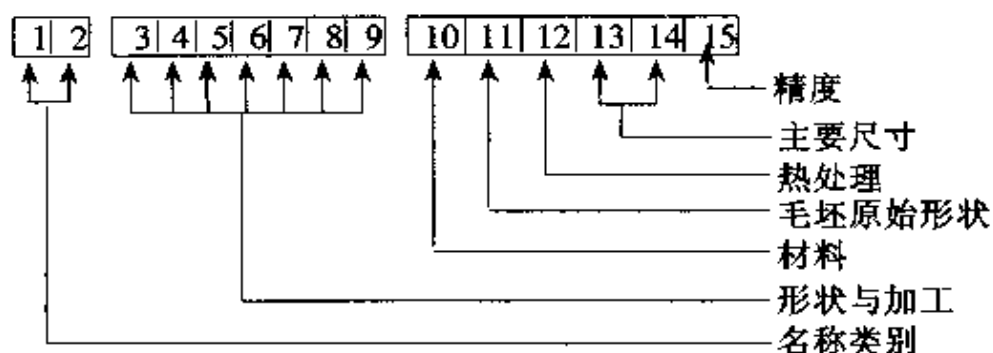
成组技术研究如何识别和发掘生产活动中有关事物的相似性，并充分利用这种相似性为生产服务。成组技术应用在机械加工工艺方面，就是把多品种、中小批量生产转变成较大批量生产所采用的一整套技术措施，使多品种、中小批量生产能在提高生产率、降低成本、保证质量等方面获得大批量生产的经济效益。

### 一、零件的相似性原理

各种机械产品上零件虽然千差万别，但许多零件在形状、尺寸、精度和材料等方面相似，在加工工序、安装定位、机床和工艺路线等方面相似。成组技术就是将企业的多种产品、部件的零件，按一定的相似性原则分类编组，并以这些组为基础，组织生产的各个环节，实现多品种、中小批量生产的产品设计、制造和管理的合理化，获得类似大量生产的生产率和经济效益。

### 二、零件的分类编码

零件的分类编码系统反映零件的名称、功能、结构、形状和工艺特征等信息。我国机械工业部组织制定并批准施行的“机械工业成组技术零件分类编码系统”（JLBM—1 系统）由主码和辅码共 15 个码位组成。



第 1、第 2 码位为零件的名称类别码，采用矩阵表的形式，名



表 3-11 JLBM—1 系统回转类零件分类表

码位	3	4	5	6	7	8	9	
特征 项号	外部形状及加工		内部形状及加工		平面、曲面加工		辅助加工(非同轴线孔、成形、划线)	
	基本形状	功能要素	基本形状	功能要素	外(端)面	内面		
0	光滑	无	无轴线孔	无	无	无	无	
1	单向台阶	环槽	非加工孔	环槽	单一平面不等分平面	单一平面不等分平面	均布孔	轴向
								径向
2	双向台阶	螺纹	光滑 单向台阶	螺纹	平行平面等分平面	平行平面等分平面	非均布孔	轴向
								径向
3	球、曲面	1+2	通孔	双向台阶	1+2	槽、键槽	槽、键槽	轴向
4	正多边形	锥面		单侧	锥面	花键	花键	径向
5	非圆 对称截面	1+4	不通孔	双侧	1+4	齿形	齿形	倾斜孔
6	弓、扇形或 4、5 以外	2+4	球、曲面	2+4	2+5	3+5	各种孔组合	
7	平行轴线	1+2+4	深孔	1+2+4	3+5 或 4+5	4+5	成形	
8	弯曲、 相交轴线	传动螺纹	相交孔 平行孔	传动螺纹	曲面	曲面	机械刻线	
9	其它	其它	其它	其它	其它	其它	其它	

图 3-25 所示心轴的 JLBM—1 系统编码 242450000300544 各数字表示的内容, 见 95 页。

### 三、零件分组方法

根据 JLBM—1 系统对零件编码后, 要按照一定的相似性原则将零件进行分组。如将代码完全相同的零件分为一组, 虽同组零件的相似性很高, 但种数却很少, 达不到采用成组技术增大成组批量的目的, 因此相似性的要求要适度, 使组数和批量适当。

零件分组方法有生产流程分析法、特征码位法和码域法等方法。

**生产流程分析法** 先根据每种零件的工艺路线卡, 列出工艺路线表, 经分析、归纳, 将工艺路线相似的编在同一组。如将在车床、铣床、钻床、外圆磨床(或其中两个、三个)加工的零件编为一组。

表 3-12 JLBM—1 系统非回转类零件分类表

码位	3				4		5		6		7		8		9	
特征	外部形状及加工								主孔、内部形状及加工				辅助加工 (辅助孔、成形)			
项号	总体形状		平面加工		曲面加工		外形要素加工		主孔及要素加工		内部平面加工					
0	轮廓边缘由直线组成		无		无		无		无		无		无			
1	板条	轮廓边缘由直线和曲线组成	一侧平面及台阶面	回转面加工	外部一般直线沟槽	单轴孔	光滑、单向台阶或单向不通孔	单轴孔	单轴向沟槽	圆周排列的孔	单方向					
2		板或条与圆柱体组合	二侧平行平面及台阶面	回转定位槽	直线定位导向槽		双向台阶双向不通孔		多个轴向沟槽			直线排列的孔				
3	有弯曲	轮廓边缘由直线或曲线组成	双向平面	一般曲线沟槽	直线定位导向凸起	多轴孔	平行轴线	主孔内	内花键	两个方向配置孔						
4		板或条与圆柱体组合	斜交面	简单曲面	1+2		垂直或相交轴线		内等分平面	多个方向配置孔						
5	块状		二个二侧平行平面(即四面需加工)	复合曲面	2+3	有螺紋	单一轴线		1+3	单个方向排列的孔						
6	有分离面		2+3或3+5	1+4	1+3或1+2+3		多轴线		2+3	多个方向排列的孔						
7	箱壳座架	无分离面	六个平面需加工	2+4	齿形齿纹	有其它功能要素(功能锥、功能槽、球面、曲面等)	单轴孔	成形	异形孔	无辅助孔						
8		矩形体与圆柱体组合		斜交面	3+4		刻线		多轴孔	内腔平面及窗口平面加工	有辅助孔					
9	其它		其它		其它		其它		其它		其它					

**特征码位法** 在分类编码系统中, 取一些对零件分组有决定性影响的码位作为特征码位, 同组零件特征码位值相同, 其余码位不予考虑。如取零件类别、材料、尺寸及外部形状为特征码位 (JLBM—1 系统中的第 1、2、3、4、10、13、14 位), 将这些特征码位值相同的零

件为一组。

表 3-13 JLBM—1 系统材料、毛坯、热处理分类表

码位	10	11	12
项目	材料	毛坯原始形状	热处理
0	灰铸铁	棒材	无
1	特殊铸铁	冷拉材	发蓝
2	普通碳钢	管材(异形管)	退火、正火及时效
3	优质碳钢	型材	调质
4	合金钢	板材	淬火
5	铜和铜合金	铸件	高、中、工频淬火
6	铝和铝合金	锻件	渗碳+4或5
7	其它有色金属及其合金	钎焊件	渗氮处理
8	非金属	注塑成型件	电镀
9	其它	其它	其它

表 3-14 JLBM—1 系统主要尺寸、精度分类表

码位	13			14			15	
项目	主要尺寸						精度	
	直径或宽度/ D 或 B, mm			长度/L 或 A, mm				
	大型	中型	小型	大型	中型	小型		
0	≤14	≤8	≤3	≤50	≤18	≤10	低精度	
1	>14~20	>8~14	>3~6	>50~120	>18~30	>10~16	中等精度	内、外回转型面加工
2	>20~58	>14~20	>6~10	>120~250	>30~50	>16~25		平面加工
3	>58~90	>20~30	>10~18	>250~500	>50~120	>26~40		1+2
4	>90~160	>30~58	>18~30	>500~800	>120~250	>40~60	高精度	外回转型面加工
5	>160~400	>58~90	>30~45	>800~1250	>250~500	>60~85		内回转型面加工
6	>400~630	>90~160	>45~65	>1250~2000	>500~800	>85~120		1+5
7	>630~1000	>160~440	>65~90	>2000~3150	>800~1250	>120~160	超高精度	平面加工
8	>1000~1600	>440~630	>90~120	>3150~5000	>1250~2000	>160~200		4+5, 或 6+7
9	>1600	>630	>120	>5000	>2000	>200		

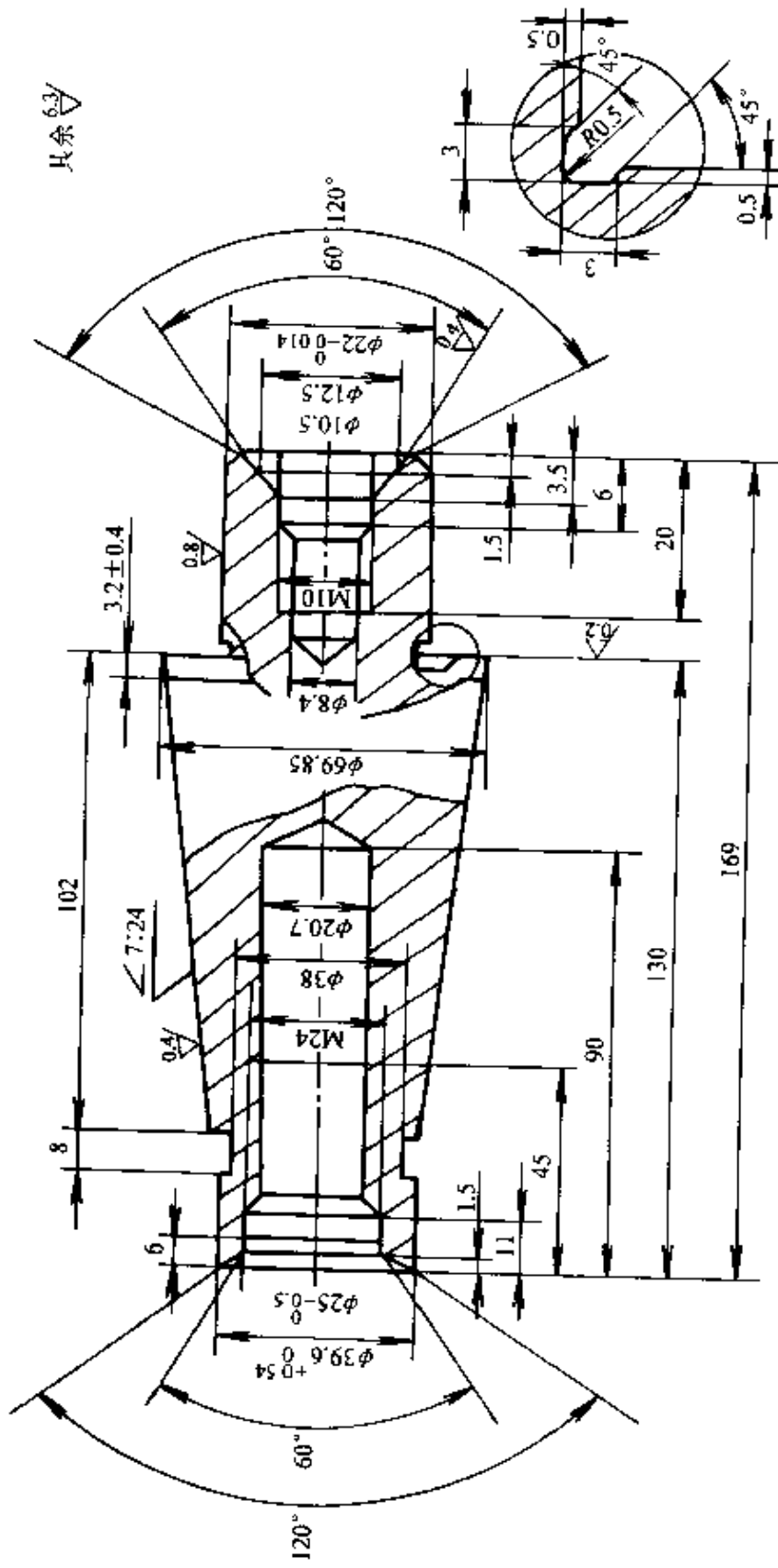
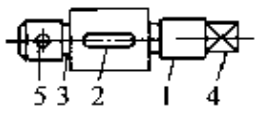
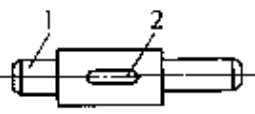
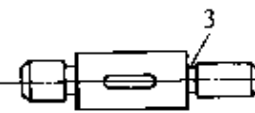
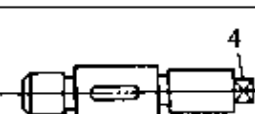
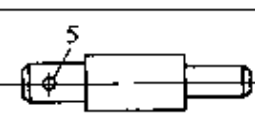


图 3-25 心轴

台机床上完成。一个零件若要经几道工序,对于不同的工序零件可归于不同的组,在不同的单机上加工。当零件的工艺过程是单工序时,成组加工单机可获得良好效果。

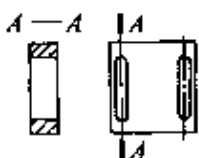
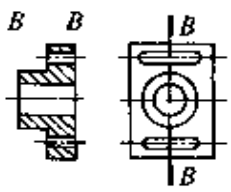
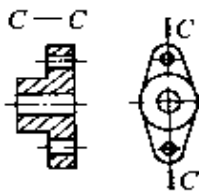
表 3-15 复合零件法制定成组工艺实例

零件图	工艺过程
	C1—C2—XJ—X—Z
	C1—C2—XJ
	C1—C2—XJ
	C1—C2—XJ—X
	C1—C2—Z

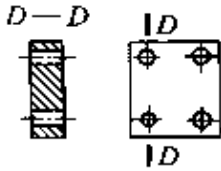
注: 1—外圆柱面 2—键槽 3—越程槽 4—平面 5—辅助孔。

C1—车 C2—调头车 XJ—铣键槽 X—铣刀头 Z—钻铰孔。

表 3-16 复合路线法制定成组工艺实例

本组零件图	工艺路线
	X1—X2—Z—X
	选作代表路线: X1—C—Z—X
	X1—C—Z

(续)

本组零件图	工艺路线
	<p style="text-align: center;">X1—X2—Z</p>
<p style="text-align: center;">本组零件的复合工艺路线</p>	<p style="text-align: center;">X1—X2—C—Z—X</p>

注：X1—铣平面 X2—铣另一面 C—车 Z—钻 X—铣槽。

**成组加工单元** 指一组（或几组）工艺相似的零件，按工艺过程合理布置完成该组零件工艺过程所需的一组设备，构成一个小的封闭生产系统。成组加工单元要考虑每台机床的合理负荷，可采用数控机床。成组加工单元是推行成组技术的最典型最主要的形式。

**成组生产线** 成组生产线严格按零件组的工艺过程组织，线上各工序的节拍一致，工作过程连续而有节奏进行。成组生产线配置较多高效机床。成组生产线有成组流水线和成组自动线两种形式。

## 第四章 车床夹具

**培训要点** 工件的定位原理和定位元件；常用夹紧装置；夹具设计步骤。

### 第一节 夹具的分类、功用和组成

#### 一、夹具的分类

在机床上用以装夹工件的装置，称为机床夹具。

夹具可按通用性、机床种类和动力源分类。

(1) 按夹具的通用性分类 可分为通用夹具、专用夹具、可调夹具和组合夹具。

1) 通用夹具 结构、尺寸已规格化，可加工一定范围内不同工件的夹具，称为通用夹具。如车床的三爪自定心卡盘、四爪单动卡盘都是通用夹具。

2) 专用夹具 专为某一工件的某一工序的加工要求而专门设计、制造的夹具，称为专用夹具。

3) 可调夹具 对不同类型和尺寸的工作，只需调整或更换原来夹具上的个别定位元件和夹紧元件，即可使用的夹具，称为可调夹具。

4) 组合夹具 由可循环使用的标准夹具零部件组装成易于联接和拆卸的夹具，称为组合夹具。

(2) 按夹具使用的机床分类 可分为车床夹具、钻床夹具、铣床夹具、磨床夹具等。

(3) 按夹具的动力源分类 可分为手动夹具、电动夹具、液压夹具、气动夹具等。

#### 二、夹具的功用

1. 保证加工质量 工件上有关表面的相互位置精度由夹具保证，不受工人操作习惯、技术水平等因素的影响，能较容易、较稳定地保

证加工质量。

2. 提高劳动生产率 采用夹具后，可省去划线工序，减少找正时间，缩短辅助时间，采用快速夹紧装置，还可进一步缩短辅助时间，提高劳动生产率。

3. 扩大机床工艺范围 在车床中滑板上装上镗模，可代替镗床进行镗削加工，实现“一机多用”，扩大机床工艺范围。

4. 改善工人劳动条件 用夹具装夹工件方便、省力、安全。采用气动、液压等夹紧装置时，可减轻工人劳动强度。

### 三、夹具的组成

1. 定位装置 定位装置保证工件在夹具中占据正确的位置。

2. 夹紧装置 夹紧装置将工件压紧夹牢，保证工件在加工过程中受到外力作用时不离开已占据的正确位置。

3. 夹具体 夹具体是夹具的基础件，将夹具所有元件连接成一个整体。

4. 其它装置 根据需要设置的一些其它元件或装置，如需要分度时要有分度装置，起平衡作用的平衡块等。

## 第二节 定位装置

### 一、工件的定位原理

1. 工件的定位 为了保证加工精度，必须使工件相对于刀具和机床处于正确的加工位置。确定工件在夹具中占有正确位置的过程，称为工件的定位。定位的任务是使同一工序中的所有工件都能在夹具中占据正确的位置。

2. 六点定位原理 未定位的工件在空间直角坐标系中有六个自由度，即沿坐标轴方向移动的自由度  $\bar{x}$ 、 $\bar{y}$ 、 $\bar{z}$ ，和绕坐标轴方向转动的自由度  $\hat{x}$ 、 $\hat{y}$ 、 $\hat{z}$ ，如图 4-1 所示。六个自由度是工件在空间位

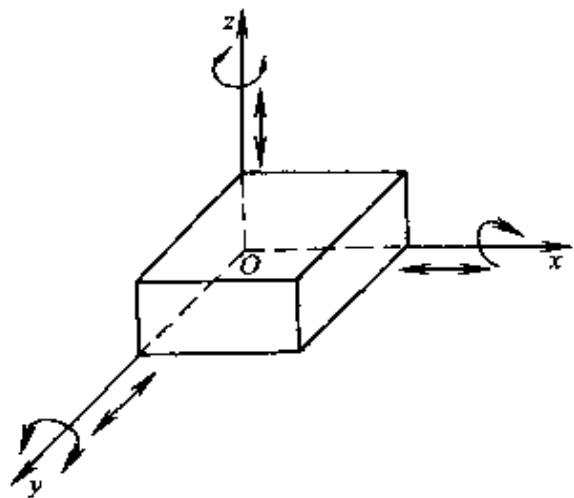


图 4-1 工件的六个自由度



置不确定的最高程度。定位的任务，就是要限制工件的自由度。

在夹具中，用分布适当的与工件接触的六个支承点来限制六个自由度的原理，称为六点定位原理。

应用六点定位原理分析定位情况有完全定位、不完全定位、过定位和欠定位四种情况。

(1) 完全定位 工件的六个自由度全部被限制，它在夹具中只有唯一的位置，称为完全定位。

工件以  $A$ 、 $B$ 、 $C$  三个平面定位，如图 4-2 所示， $A$  面最大成三角形布置的三个定位支承点限制  $\bar{z}$ 、 $\bar{x}$ 、 $\bar{y}$  三个自由度， $B$  面狭长两个定位支承点限制  $\bar{x}$ 、 $\bar{z}$  两个自由度， $C$  面最小一个支承点限制  $\bar{y}$  一个自由度。

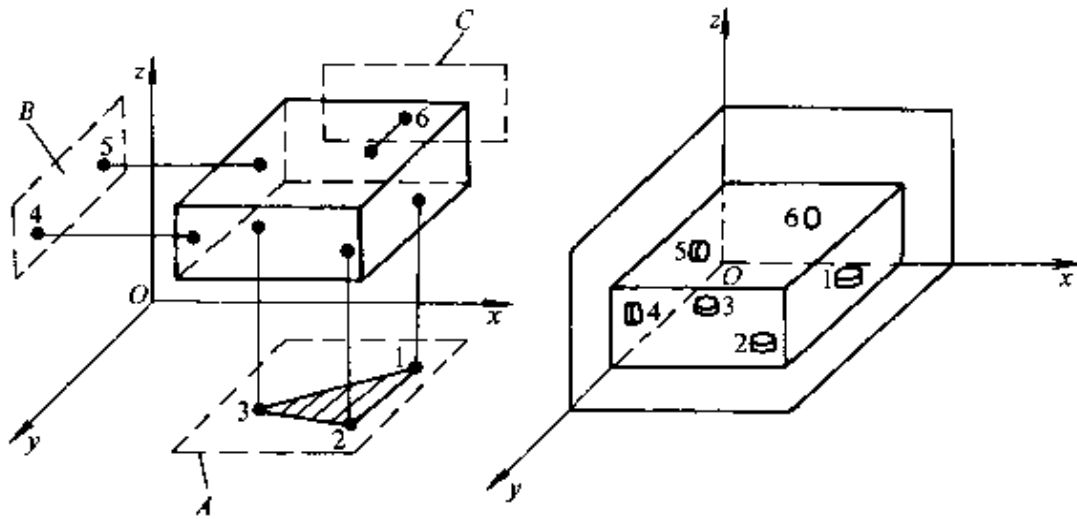


图 4-2 工件的完全定位

(2) 不完全定位 在满足加工要求的前提下，少于六个支承点的定位，称为不完全定位。

如图 4-3 所示的工件，加工通槽，工件沿  $y$  轴方向移动不影响通槽加工精度，为简化定位装置， $y$  轴方向不设定位点。大平面限制三个自由度  $\bar{z}$ 、 $\bar{x}$ 、 $\bar{y}$ ，侧平面限制两个

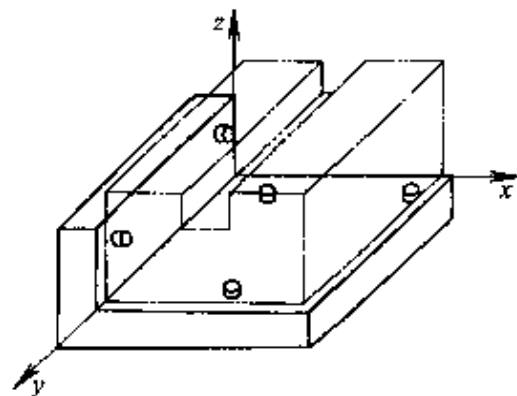


图 4-3 工件的不完全定位

自由度  $\hat{x}$ 、 $\hat{z}$ 。

(3) 过定位 两个或两个以上支承点重复限制同一个自由度，称为过定位。

用一夹一顶装夹工件，如图 4-4 所示。当卡盘夹持部分较长时，卡盘限制四个自由度  $\hat{z}$ 、 $\hat{x}$ 、 $\hat{y}$ 、 $\hat{y}$ ，后顶尖限制两个自由度  $\hat{z}$ 、 $\hat{y}$ ，重复限制两个自由度  $\hat{z}$ 、 $\hat{y}$ ，卡爪夹紧后，后顶尖顶不到中心处，若强制顶住，工件易变形。为消除过定位，卡盘夹持部分应较短，限制两个自由度  $\hat{z}$ 、 $\hat{y}$ ，后顶尖限制两个自由度  $\hat{z}$ 、 $\hat{y}$ ，是不完全定位。

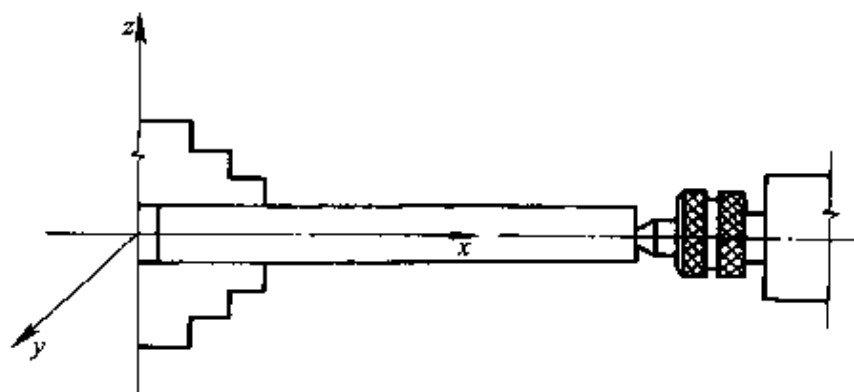


图 4-4 工件的过定位

过定位对工件的定位精度有影响，一般要消除过定位。消除过定位的措施有：减小接触面积，修改定位元件形状，缩短圆柱面接触长度，使定位元件在干涉方向上浮动的，拆除过定位元件。只有工件的定位基准、夹具的定位元件精度很高时，过定位可提高工件刚性和稳定性。

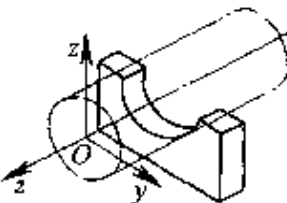
(4) 欠定位 工件定位时，定位元件所限制的自由度，少于需要限制的自由度，称为欠定位。欠定位不能保证加工要求，会产生大量的废品，是绝对不允许的。

3. 常用定位元件限制的工件自由度 夹具上限制工件自由度的定位元件是具有一定形状的表面，常用定位元件限制的工件自由度见表 4-1。

## 二、工件的定位方法和定位元件

### 1. 工件以平面定位

(续)

工件定位基准	定位元件	定位方式简图	定位元件特点	限制的自由度
外圆柱面	半圆孔		短半圆孔	$\bar{y}$ 、 $\bar{z}$
			长半圆孔	$\bar{y}$ 、 $\bar{z}$ $\bar{x}$ 、 $\bar{z}$

(1) 支承钉 支承钉有 A 型、B 型和 C 型三种。如图 4-5 所示。A 型为平头支承钉，用于已加工平面的定位，使用几个支承钉时，装配后需磨平工作表面。B 型为球面支承钉，用于未加工平面的定位。C 型为网纹支承钉，常用于未加工侧平面定位。

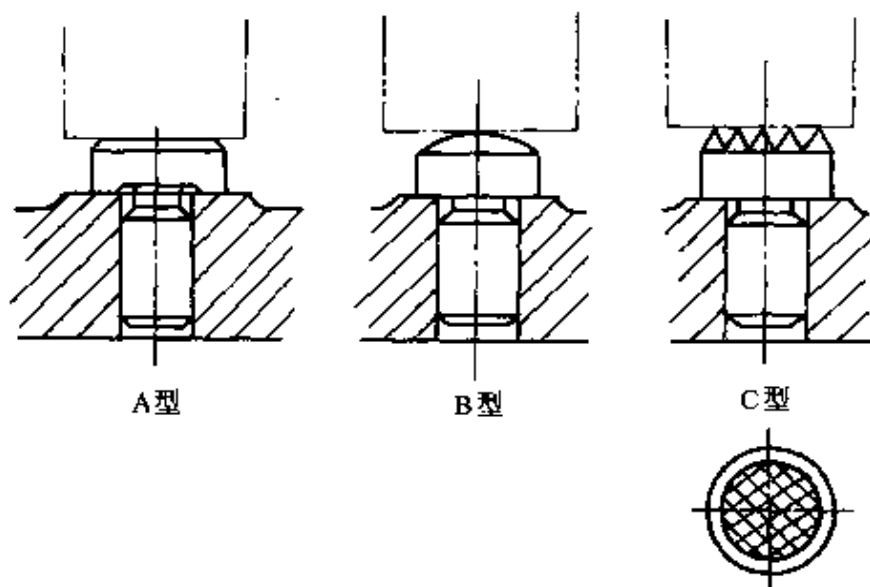


图 4-5 支承钉

(2) 支承板 支承板用于精加工过平面的定位，有 A 型和 B 型两种，如图 4-6 所示。A 型支承板用于侧平面定位，B 型支承板用于底平面定位。使用两个支承板时，装配后需磨平工作面。

(3) 可调支承 可调支承如图 4-7 所示。顶端位置可调整，一般用于形状和尺寸变化较大的毛坯面的定位。

(4) 自位支承 自位支承随工件定位面位置变化而自动调整，限制一个自由度，如图 4-8 所示。用于毛坯表面或刚性不足の場合。

(5) 辅助支承 辅助支承用于提高工件的装夹刚性和稳定性，在工件定位后，才与工件适当接触，不限制自由度。辅助支承的一种形

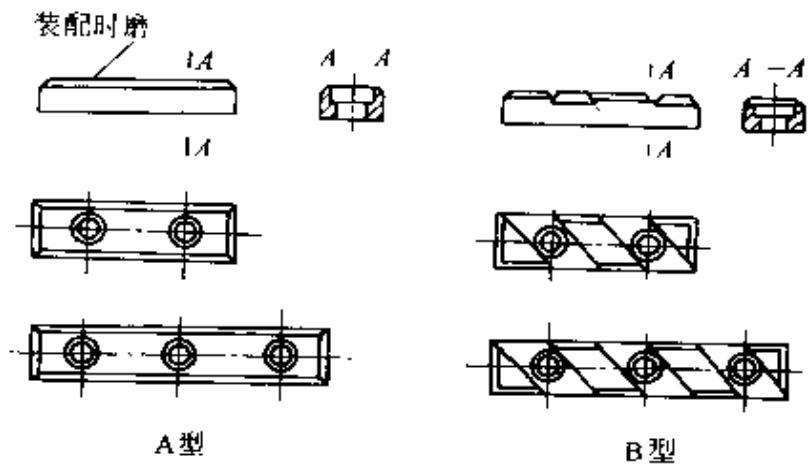


图 4-6 支承板

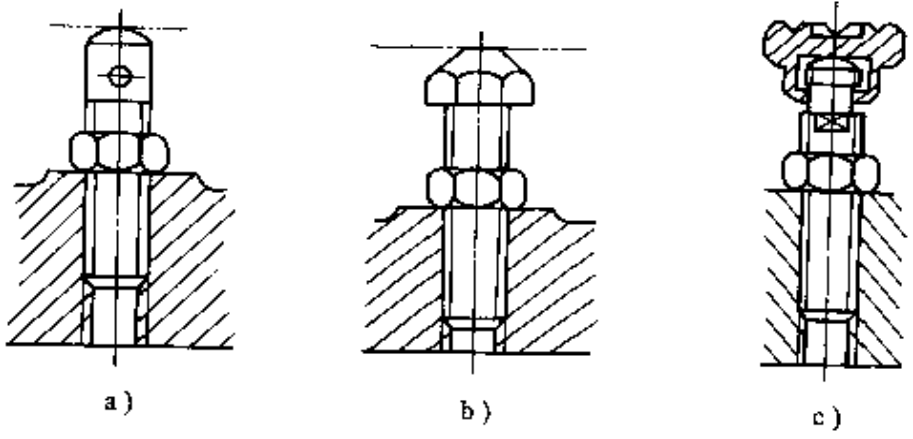


图 4-7 可调支承

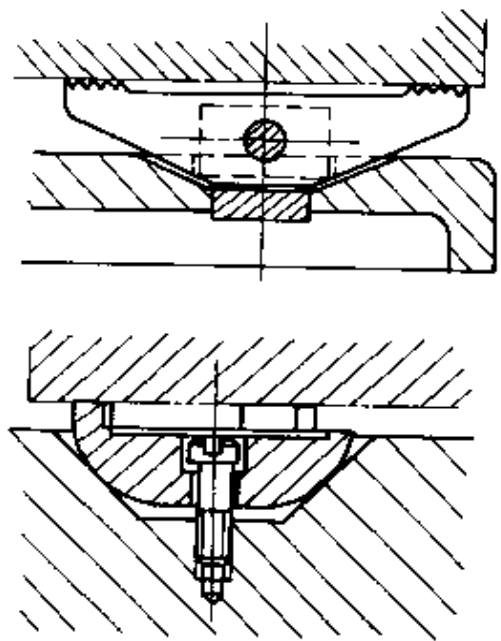


图 4-8 自位支承

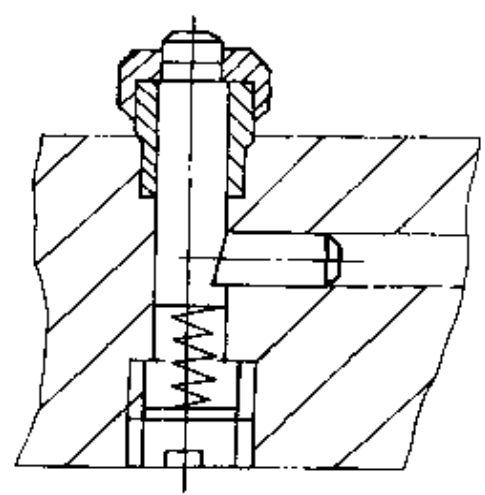


图 4-9 辅助支承

式如图 4-9 所示。

## 2. 工件以外圆定位

(1) V形块 V形块如图4-10所示, 两斜面夹角有 $60^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $120^\circ$ , 一般为 $90^\circ$ 。V形块的两半角相等, 对中性好, 工件的定位轴线在V形块两斜面的对称平面上, 但定位外圆直径变化时, 高度方向有定位误差。V形块可用于精基准定位, 也可用于粗基准定位。

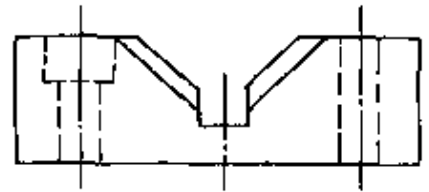


图4-10 V形块

(2) 半圆套 半圆套如图4-11所示。下半圆套定位, 上半圆套夹紧, 稳固性比V形块好, 主要用于大型轴类工件。

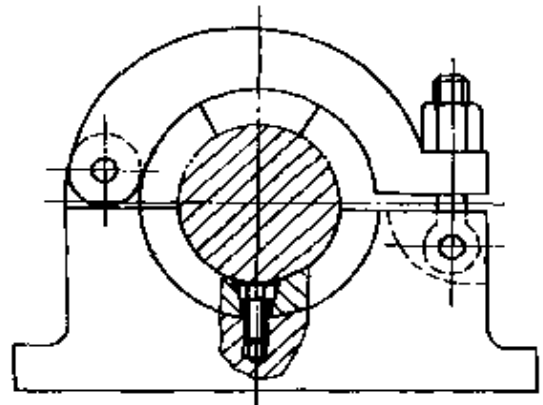


图4-11 半圆套

(3) 定位套 定位套为圆柱面与端面组合定位, 如图4-12所示。定位套应用较少, 用于小型形状简单的轴类工件定位。

## 3. 工件以圆柱孔定位

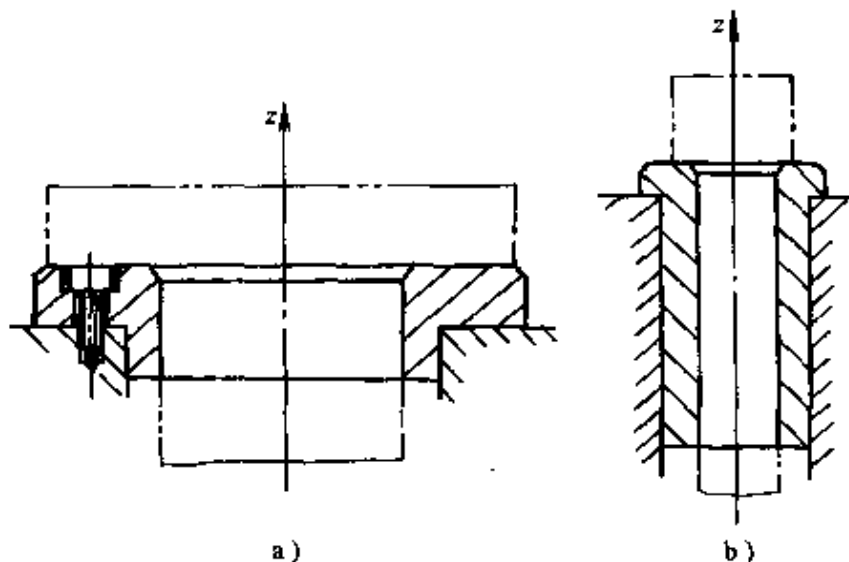


图4-12 定位套

a) 短定位套 b) 长定位套

(1) 定位销 定位销如图4-13所示, 是组合定位中常用的元件

之一。圆柱销限制工件的两个自由度，菱形销限制工件的一个自由度。

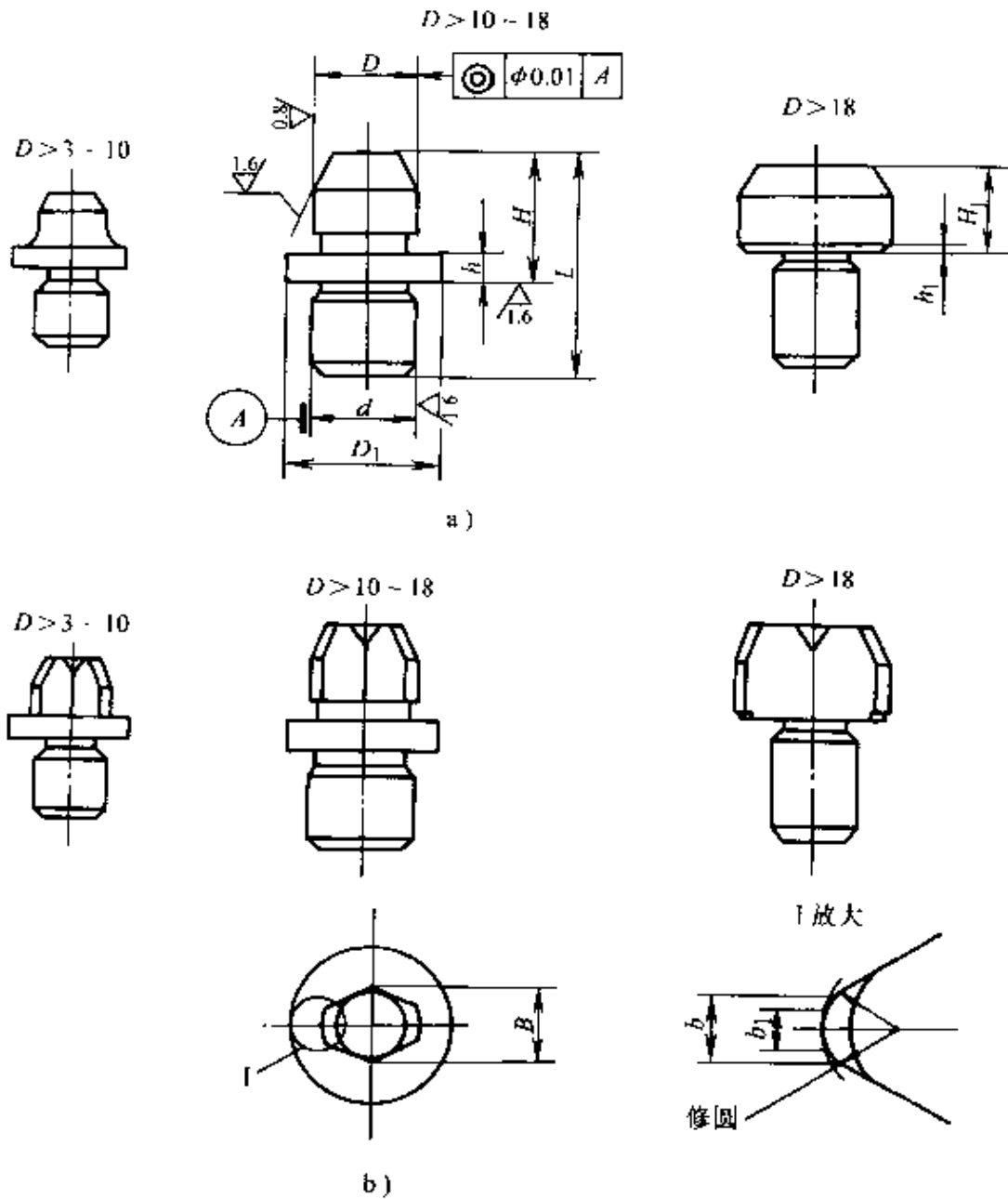


图 4-13 定位销  
 a) 圆柱销 b) 菱形销

(2) 圆柱心轴 圆柱心轴如图 4-14 所示。心轴和孔一般采用 H7/h6、H7/g6 的间隙配合，装卸工件方便，但定心精度不高。

(3) 小锥度心轴 小锥度心轴如图 4-15 所示。常用的锥度为  $C =$

1/1000 ~ 1/8000，定心精度高，但轴向位移较大，靠心轴与工件表面弹性变形夹紧工件，传递转矩较小。

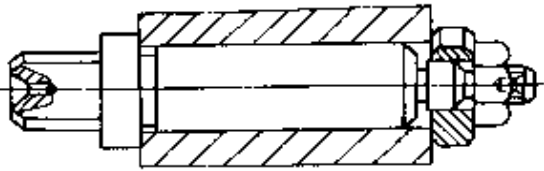


图 4-14 圆柱心轴

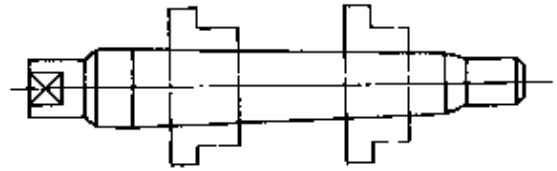


图 4-15 小锥度心轴

#### 4. 工件以特殊表面定位

(1) 以中心孔定位 轴类工件常用两顶尖装夹，前顶尖限制三个自由度，后顶尖限制两个自由度。

(2) 以齿形表面定位 齿形表面定位如图 4-16 所示。为保证淬火齿轮齿侧余量均匀，应以分度圆定位磨内孔，再以内孔定位磨齿面。定心盘 1 通过三个定位滚柱 3 对齿轮 4 中心定位，齿面与滚柱的最佳接触点 *A*、*B* 应在分度圆上。

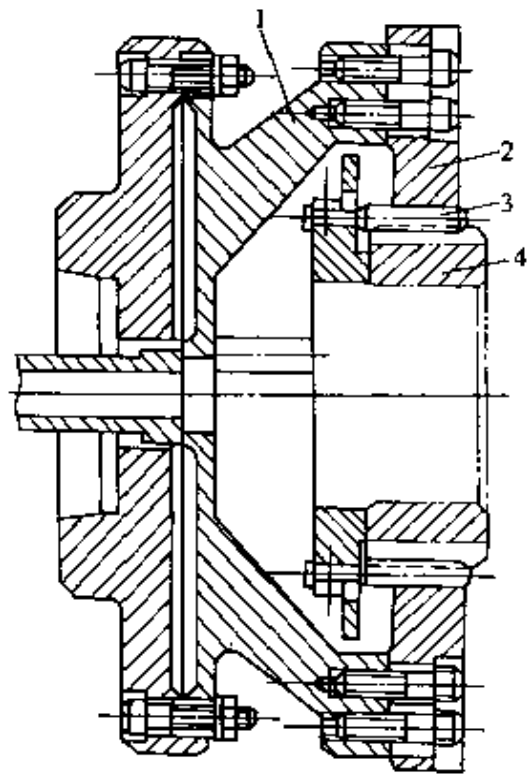


图 4-16 齿形表面定位

1—定心盘 2—卡爪  
3—定位滚柱 4—齿轮

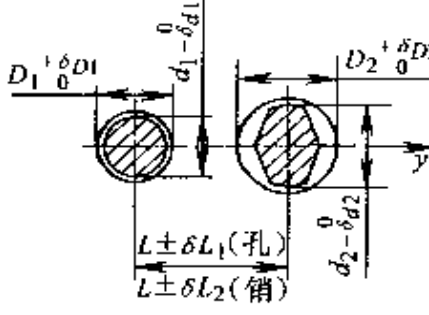
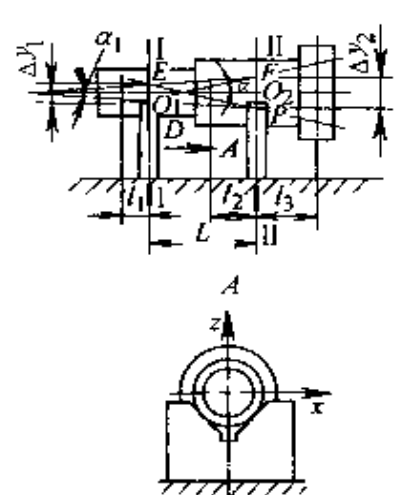
5. 工件以组合表面定位 组合表面定位常用的是两孔一面定位，如图 4-17 所示。平面限制三个自由度，圆柱销限制两个自由度，菱形销限制一个自由度。安装菱形销时，菱形销的横截面长轴垂直于两销的连心线。

### 三、定位误差

工件在定位时，产生的误差，称为定位误差，用符号  $\Delta D$  表示。

#### 1. 定位误差的组成

(续)

工件定位基准	夹具定位元件	定位简图	定位误差
平面与两圆柱孔	平面圆柱销菱形销		$\Delta Y = \delta D1 + \delta d1 + \Delta_{1\min} = \Delta_{1\min}$ $\Delta a = \arctan[(\Delta_{1\max} + \Delta_{2\max})/2]$
两圆柱面	两V形块		<p>当加工尺寸在 I-I 左侧, 且距 I-I 为 <math>l_1</math> 时:</p> $\Delta D = \Delta n + 2l_1 \cdot \tan \alpha$ <p>当加工尺寸在 I-I 与 II-II 之间, 且距 II-II 为 <math>l_2</math> 时:</p> $\Delta D = \Delta Y2 - 2l_2 \cdot \tan \alpha_1$ <p>当加工尺寸在 II-II 右侧, 且距 II-II 为 <math>l_3</math> 时:</p> $\Delta D = \Delta Y2 + 2l_3 \cdot \tan \alpha$ $\tan \alpha = (\Delta Y2 + \Delta Y1)/(2L)$ $\tan \alpha_1 = (\Delta Y2 - \Delta Y1)/(2L)$

工件在夹具中加工时, 夹具制造安装误差和加工误差也影响位置精度。

夹具制造和安装在车床上产生的误差, 称为夹具制造安装误差, 用符号  $\Delta A$  表示。

工件在加工时, 由于车床精度、刀具磨损和工艺系统弹性变形等产生的误差, 称为加工误差, 用符号  $\Delta G$  表示。

为保证加工要求, 定位误差、夹具安装误差和加工误差合成后, 应小于工件公差  $\delta_K$ , 即

$$\Delta D + \Delta A + \Delta G < \delta_K$$

上述不等式称为夹具误差计算的不等式, 也是保证加工精度的条件。



### 第三节 夹紧装置

#### 一、对夹紧装置的基本要求

工件定位后将其固定，在加工过程中保持位置不变的装置，称为夹紧装置。对夹紧装置的基本要求有：

(1) 不破坏定位 夹紧时，夹紧装置不改变工件定位后占据的正确位置。

(2) 夹紧力适当 夹紧装置既保证工件在加工时位置不变，又使工件夹紧变形小。

(3) 工艺性好 夹紧装置与生产类型相适应，结构简单，便于制造和维修。

(4) 使用性好 夹紧装置操作方便，安全省力，夹紧迅速。

#### 二、夹紧力确定的基本原则

夹紧力的确定包括夹紧力的方向、作用点和大小三个要素。

##### 1. 夹紧力的方向

(1) 有利于定位稳定 图 4-19b 所示夹紧力的方向朝向定位基面，有利于工件的正确定位。

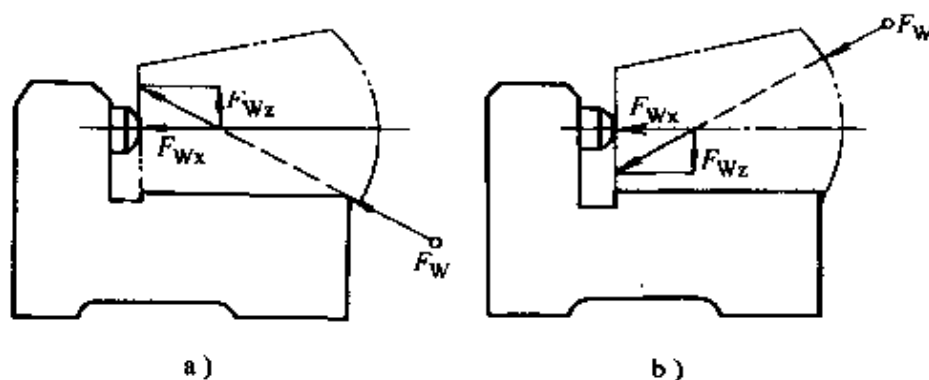


图 4-19 夹紧力方向应有利于定位

a) 错误 b) 正确

(2) 有利于减小夹紧力 图 4-20a 所示切削力、工件重力和夹紧力同向，所需夹紧力最小。

##### 2. 夹紧力的作用点

(1) 应落在定位元件的支承范围内 图 4-21b 所示，夹紧时工件

定位被破坏。

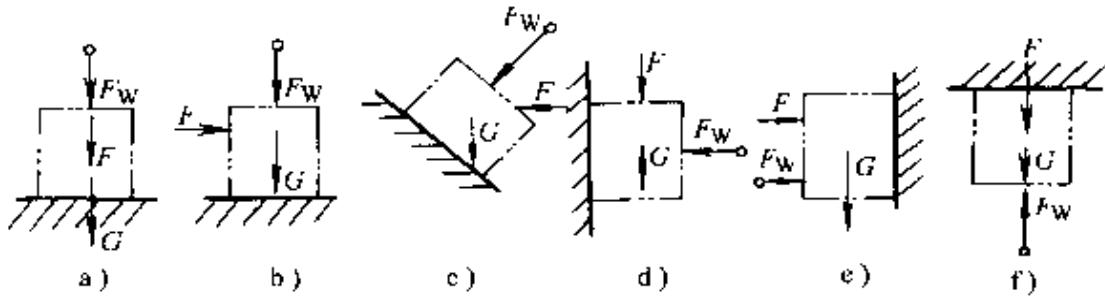


图 4-20 夹紧力方向与夹紧力大小的关系

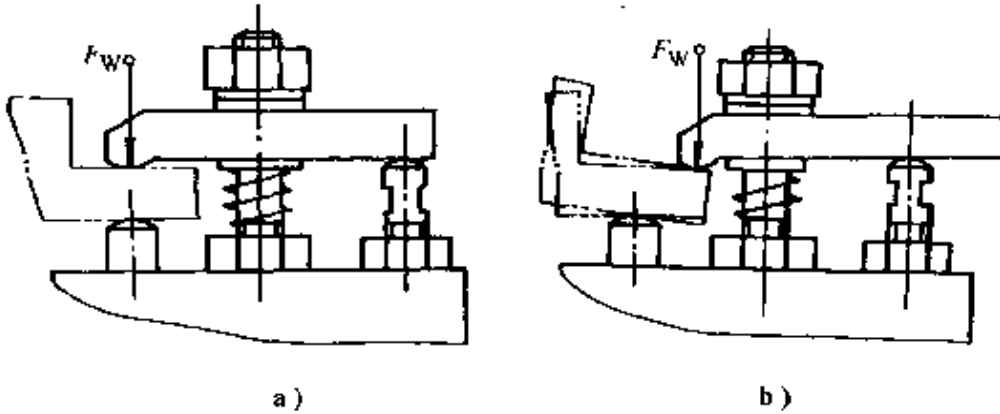


图 4-21 作用点与定位支承的位置

a) 正确 b) 错误

(2) 应落在工件刚性较好的部位 图 4-22a 所示工件将产生较大的夹紧变形。

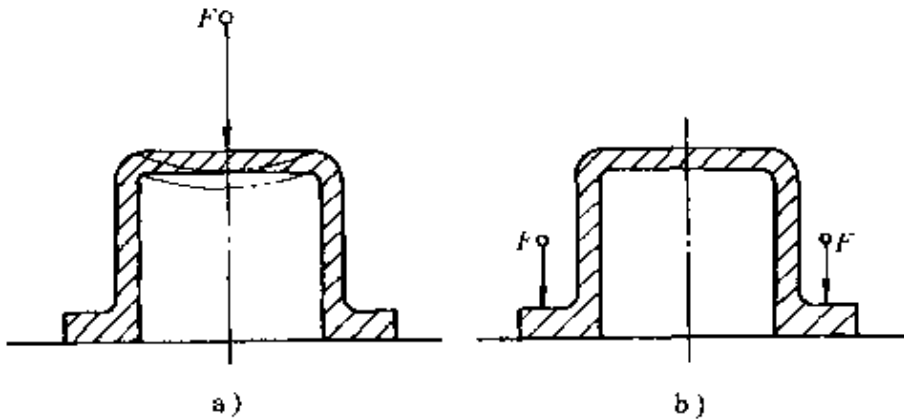


图 4-22 作用点与夹紧变形

a) 错误 b) 正确

(3) 应尽量靠近加工表面 图 4-23a 可减小切削力对该点的力矩和减少振动。

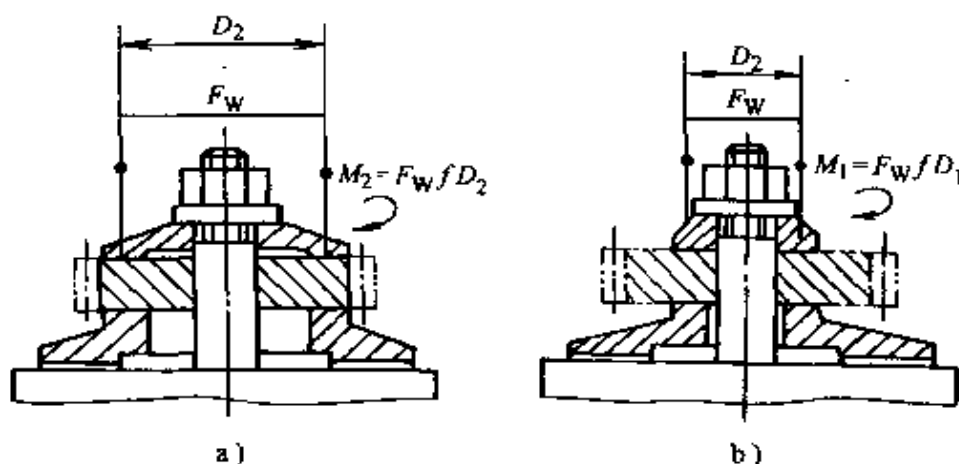


图 4-23 作用点靠近加工表面

a) 正确 b) 错误

3. 夹紧力的大小 夹紧力必须大于夹紧工件所需的最小夹紧力，小于工件在允许范围内产生夹紧变形误差时的最大夹紧力。

### 三、车床夹具常用的夹紧装置

车床常用的夹紧装置有螺旋夹紧装置和定心夹紧装置。

1. 螺旋夹紧装置 螺旋夹紧装置结构简单、夹紧行程大、增力大、自锁性能好，许多元件已标准化，应用极为普遍。螺旋夹紧装置有单个螺旋夹紧装置和螺旋压板夹紧装置两种形式。

(1) 单个螺旋夹紧装置 有螺钉式夹紧装置和螺母式夹紧装置。

1) 螺钉式夹紧装置 螺钉式夹紧装置是用螺钉头部直接压紧工件，如图 4-24 所示。为保护夹具体不致过快磨损，在夹具体中装一钢质螺母。为防止螺钉转动时损伤工件表面或带动工件旋转，在螺钉头部装摆动压块，如图 4-25 所示。

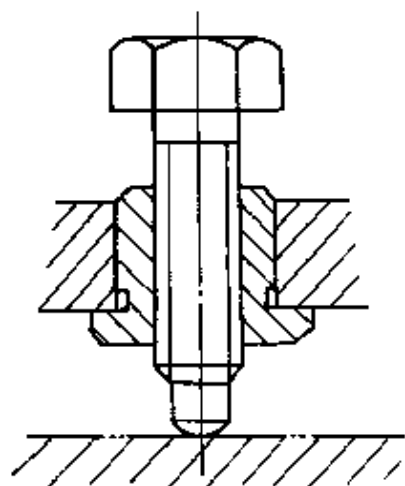


图 4-24 螺钉式夹紧装置

2) 螺母式夹紧装置 工件以内孔定位时，可用螺母式夹紧装置。

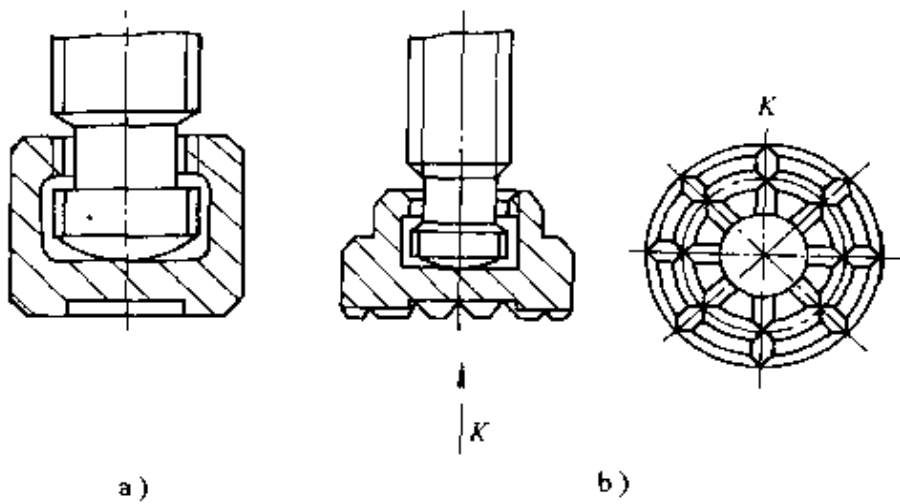


图 4-25 摆动压块

a) 光面压块 b) 槽面压块

为装夹迅速。可采用开口垫圈，将螺母外径做得小于定位孔径，如图 4-26 所示。

(2) 螺旋压板夹紧装置 螺旋压板夹紧装置常用的三种典型结构如图 4-27 所示。夹紧力计算公式为

$$F_w = F_Q \frac{L_1}{L_2}$$

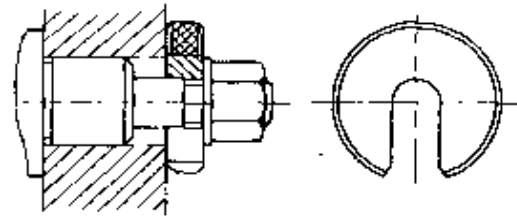


图 4-26 螺母式夹紧装置

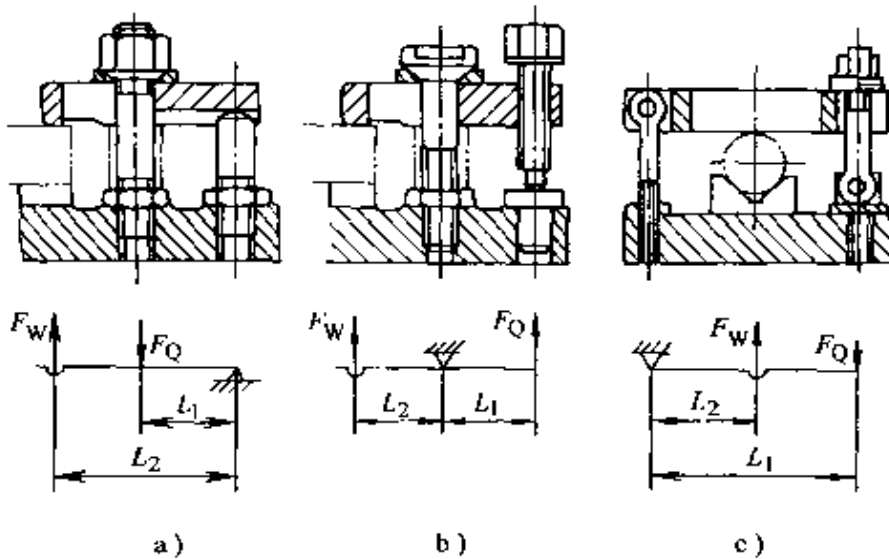


图 4-27 螺旋压板夹紧装置

a) 中间夹紧式 b) 旁边夹紧式 c) 铰链压板夹紧式

式中  $F_w$ ——作用在工件上的夹紧力 (N)；

## 第四节 车床夹具设计

### 一、车床夹具设计要求

车床夹具多数安装在车床主轴上，由车床主轴带动其高速旋转。设计车床夹具应达到以下要求：

1) 保证工件加工精度。对精加工工件，适当提高夹具精度，保证工序要求。

2) 定位装置的结构和布置必须保证工件被加工表面轴线与车床主轴轴线重合。

3) 夹紧装置应产生足够的夹紧力，车床夹具旋转时产生的离心力，不会使夹紧元件松脱。

4) 车床夹具的回转轴线与车床主轴轴线要有尽可能高的同轴度。心轴类夹具和径向尺寸较小的夹具，采用锥柄与车床主轴锥孔配合联接，并用螺杆拉紧。径向尺寸较大的夹具，采用过渡盘与车床主轴联接，夹具以定位止口装在过渡盘的凸缘上，用螺钉紧固，夹具体上设计找正圆。

5) 夹具应设置平衡块，保证基本平衡。

6) 夹具结构应紧凑、轻便，悬伸长度短。悬伸长度  $L$  和轮廓直径  $D$  之比，可参照以下数值选取； $D \leq 150\text{mm}$  时， $L/D \leq 1.25$ ； $150\text{mm} < D \leq 300\text{mm}$  时， $L/D \leq 0.9$ ； $D > 300\text{mm}$  时， $L/D \leq 0.6$ 。

7) 夹具上各元件的布置不大于夹具体的直径。

### 二、夹具设计步骤

1. 明确设计任务，收集设计资料 分析零件图和装配图，工件的机械加工工艺流程等技术文件，对工件进行工艺分析。了解工件的作用、形状、结构特点、材料和技术要求；本工序加工前工件的状况；本工序的加工表面、加工要求、加工余量、定位基准和夹紧表面，本工序所使用的机床、刀具和量具等。

收集资料包括收集有关的国家标准、部颁标准和企业标准；夹具图册和夹具设计手册，同类夹具设计图样；本企业的制造水平。

2. 拟定夹具结构方案，绘制夹具草图 确定工件的定位方案，设计定位装置，分析计算定位误差；确定工件的夹紧方案，设计夹紧

装置；确定其它装置或元件的结构形式；合理布置各装置或元件，确定夹具体的结构形式，夹具与机床的联接方式。绘制夹具草图。

有几种夹具方案时，应进行分析比较，选用最佳方案。

3. 审查方案、改进设计 征求有关人员意见，送有关部门审查，根据他们的意见对夹具方案进行修改。

4. 绘制夹具装配图 装配图应按国家标准绘制。装配图的比例应尽量采用1:1，必要时也可采用其它比例。主视图应选面对操作者的方向。在清楚表达夹具的工作原理、结构及相互关系的前提下，选用视图数量尽可能少。

装配图绘制顺序为：首先用双点划线绘制工件外形轮廓、定位基面、夹紧表面及加工表面，然后依次绘出定位装置、夹紧装置、其它装置和夹具体，再合理标注尺寸、公差和技术要求，最后顺序标注夹具零件号、编制夹具明细表和填写标题栏。

车床夹具的主要技术要求，一般包括以下几方面：

- 1) 与工件定位基面相配合的定位表面，对回转轴线的同轴度。
- 2) 定位表面与轴向定位台肩的垂直度。
- 3) 定位表面对夹具安装基面的平行度或垂直度。
- 4) 定位表面的直线度和平面度。
- 5) 各定位表面间的垂直度或平行度。
- 6) 有关制造、使用或平衡的要求。

5. 绘制夹具零件图 夹具中的非标准零件均要绘制零件图，并按装配图的要求，确定零件的尺寸、公差和技术要求。

### 三、车床夹具设计实例

图4-30所示的支承座，属支架类零件。基准平面B在车削前进行精加工、刮研。在卧式车床上加工 $\phi 60\text{J7}$ 、 $\phi 32\text{H7}$ 孔及 $\text{M}39 \times 1.5-7\text{H}$ 内螺纹。要求 $\phi 60\text{J7}$ 孔与 $\phi 32\text{H}$ 孔轴线相交度允差 $0.10\text{mm}$ ， $\phi 60\text{J7}$ 孔轴线对平面B的垂直度允差 $0.02\text{mm}$ ， $\phi 32\text{H7}$ 孔轴线对 $\phi 60\text{J7}$ 孔轴线的垂直度允差 $0.03\text{mm}$ 。

有些人用两套夹具分别加工 $\phi 60\text{J7}$ 孔和 $\phi 32\text{H7}$ 孔、 $\text{M}39 \times 1.5-7\text{H}$ 内螺纹。加工 $\phi 60\text{J7}$ 孔夹具，工件以基准平面B定位，限制3个自由度，划线找正孔中心线，限制2个自由度，是不完全定位。用螺旋压

板夹紧机构夹紧工件，夹紧力垂直主要定位面  $B$ ，如图 4-31 所示。

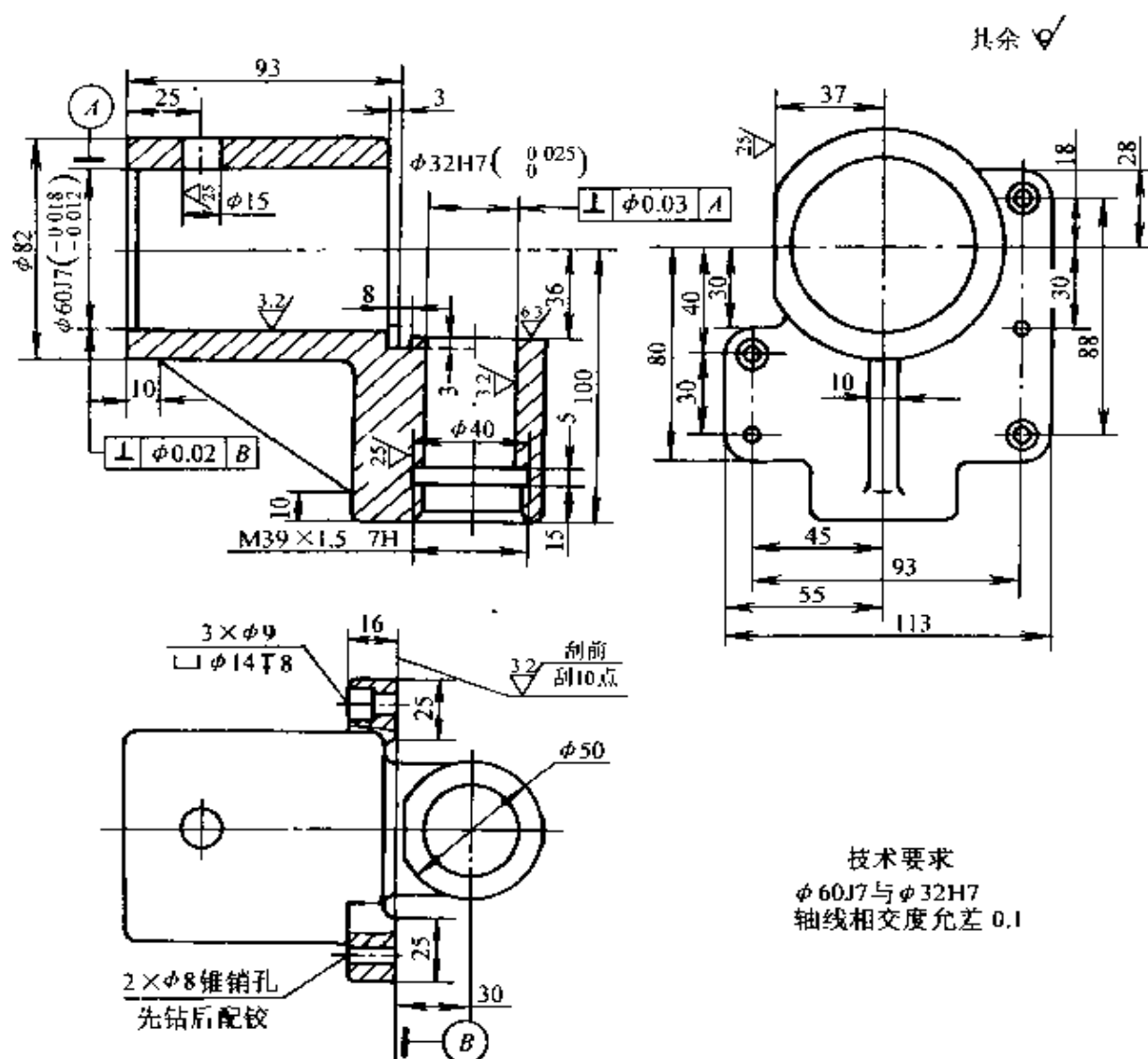
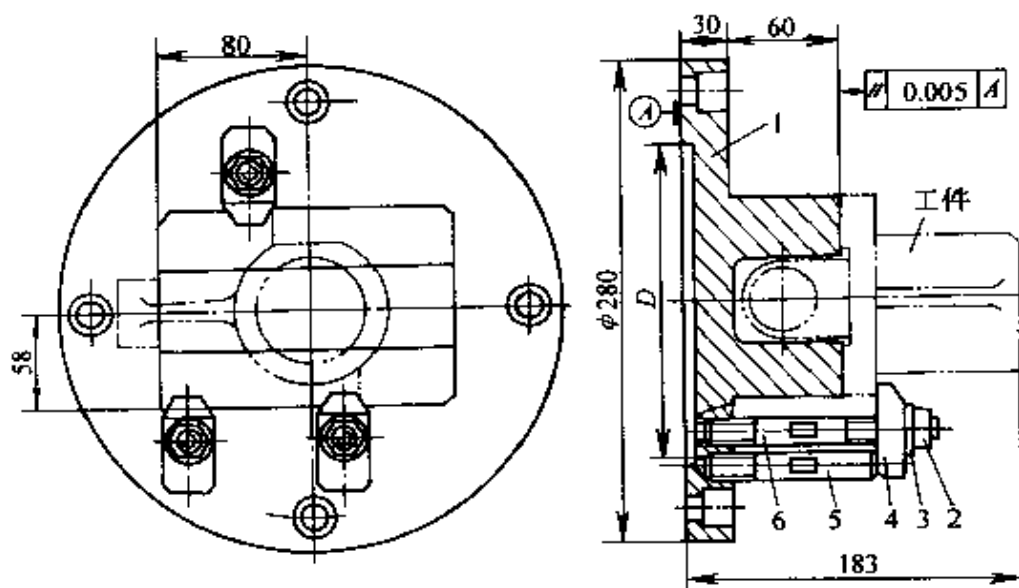


图 4-30 支承座

该夹具定位面与安装面的平行度为  $0.005\text{mm}$ ，夹具在车床法兰盘上的安装误差为  $0.006\text{mm}$ ，工件的定位基准  $B$  是精加工过的刮研面， $\Delta D = 0$ ，孔轴线对平面的垂直度允许加工误差为

$$\Delta G \leq \delta_k - \Delta D - \Delta_4 = 0.02\text{mm} - 0 - (0.005\text{mm} + 0.006\text{mm}) = 0.009\text{mm}$$

加工  $\phi 32\text{H}7$  孔及  $\text{M}39 \times 1.5-7\text{H}$  内螺纹夹具，工件以平面  $B$  定位，限制 3 个自由度，短圆柱心轴定位，限制 2 个自由度，是不完全定位。用螺旋压板夹紧工件，如图 4-32 所示。

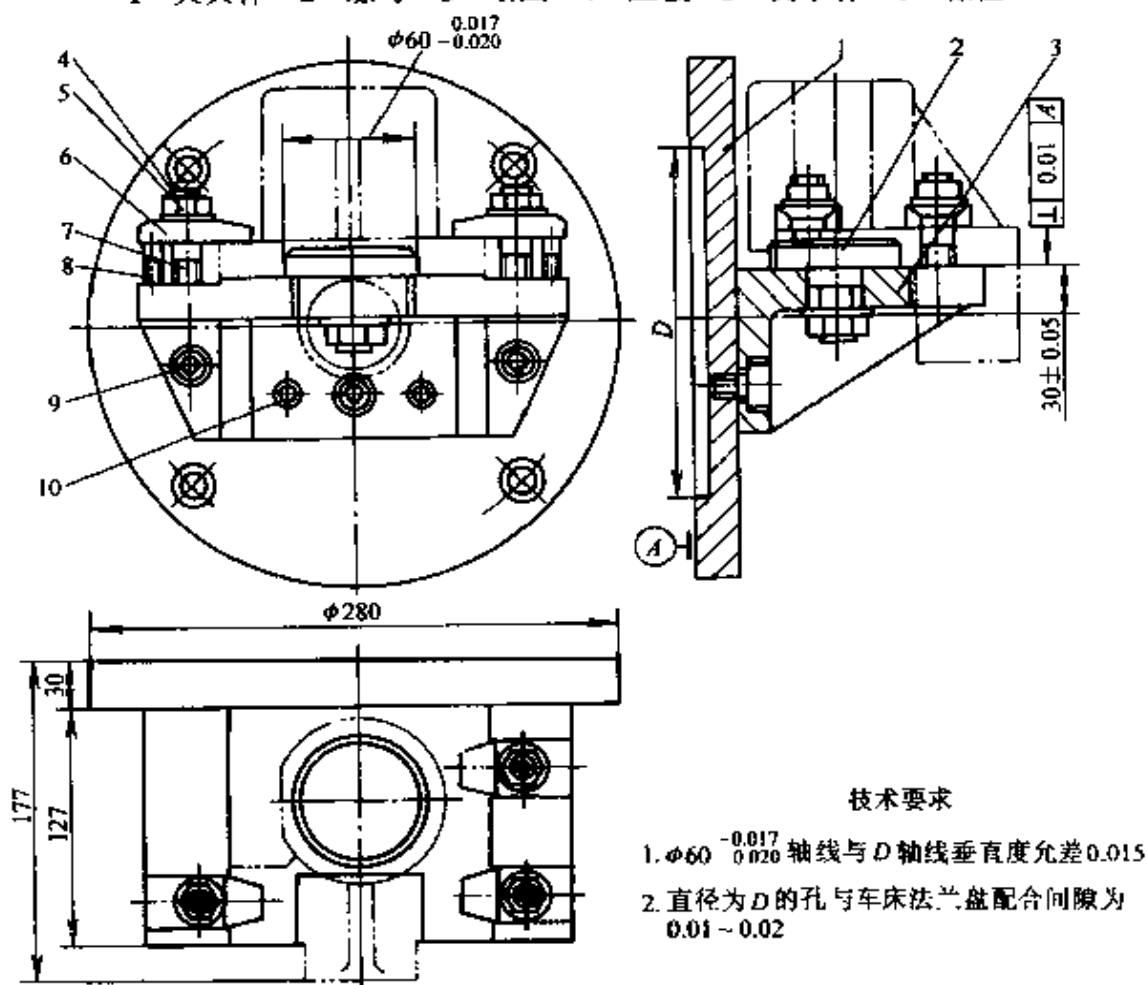


技术要求

 $D$ 与机床法兰盘配合间隙 $0.01 \sim 0.02$ 

图 4-31 花盘式夹具

1—夹具体 2—螺母 3—垫圈 4—压板 5—支承杆 6—螺柱



技术要求

- $\phi 60 \begin{smallmatrix} -0.017 \\ 0.020 \end{smallmatrix}$  轴线与  $D$  轴线垂直度允差  $0.015$
- 直径为  $D$  的孔与车床法兰盘配合间隙为  $0.01 \sim 0.02$

图 4-32 角铁式夹具

1—夹具体 2—定心轴 3—角铁 4—螺母 5—垫圈 6—压板 7—螺柱  
8—支承杆 9—螺钉 10—圆锥销



该夹具心轴尺寸为  $\phi 60_{-0.020}^{+0.017}$ ，与底平面垂直度为  $0.01\text{mm}$ ， $\phi 60\text{mm}$  轴线与夹具体  $D$  孔轴线垂直度  $0.015\text{mm}$ ，取车床法兰盘上夹具安装定位面的外圆径向跳动  $0.002\text{mm}$ ，端面跳动为  $0.006\text{mm}$ 。工件要求  $\phi 60\text{J7}$  孔与  $\phi 32\text{H7}$  孔轴线垂直度允差  $0.10\text{mm}$ ， $\phi 60\text{J7}$  孔轴线对平面  $B$  的垂直度  $0.02\text{mm}$ 。

两孔轴线相交度的允许加工误差为

$$\Delta G \leq \delta_k - \Delta D - \Delta A = 0.1\text{mm} - (60.018\text{mm} - 59.98\text{mm}) - (0.02\text{mm} + 0.01\text{mm} + 0.015\text{mm}) = 0.017\text{mm}$$

两孔轴线垂直度的允许加工误差为

$$\begin{aligned} \Delta G &\leq \delta_k - \Delta D - \Delta A = 0.03\text{mm} - 0.02\text{mm} - (0.01\text{mm} + 0.006\text{mm}) \\ &= -0.006\text{mm} \end{aligned}$$

即该夹具的定位误差与夹具的制造安装误差大于工件公差，加工时会产生大量的废品。

可将两套夹具合并为一套夹具，工件的定位基准、夹紧方法不变，如图 4-33 所示。先用  $C$  面定位加工  $\phi 60\text{J7}$  孔，再用  $B$  面和  $\phi 60\text{mm}$  心轴定位加工  $\phi 32\text{H7}$  孔及  $\text{M}39 \times 1.5-7\text{H}$  内螺纹。

该夹具取车床法兰盘上夹具安装定位面的外圆径向圆跳动  $0.002\text{mm}$ ，端面圆跳动为  $0.006\text{mm}$ ， $\phi 60\text{mm}$  轴线与  $B$  面垂直度为  $0.01\text{mm}$ ， $\phi 60\text{mm}$  轴线与夹具体  $D$  孔轴线相交度  $0.015\text{mm}$ ， $C$  面对  $A$  面平行度为  $0.005\text{mm}$ ， $B$  面对  $A$  面  $C$  面的垂直度为  $0.01\text{mm}$ 。由于形成双基准，可避免  $B$  面对  $A$  面和  $C$  面对  $A$  面在误差最大时，累积于两孔垂直度上，如图 4-34 所示。

孔轴线对平面的垂直度允许加工误差为

$$\Delta G \leq \delta_k - \Delta D - \Delta A = 0.02\text{mm} - 0 - (0.005\text{mm} + 0.006\text{mm}) = 0.009\text{mm}$$

两孔轴线相交度的允许加工误差为

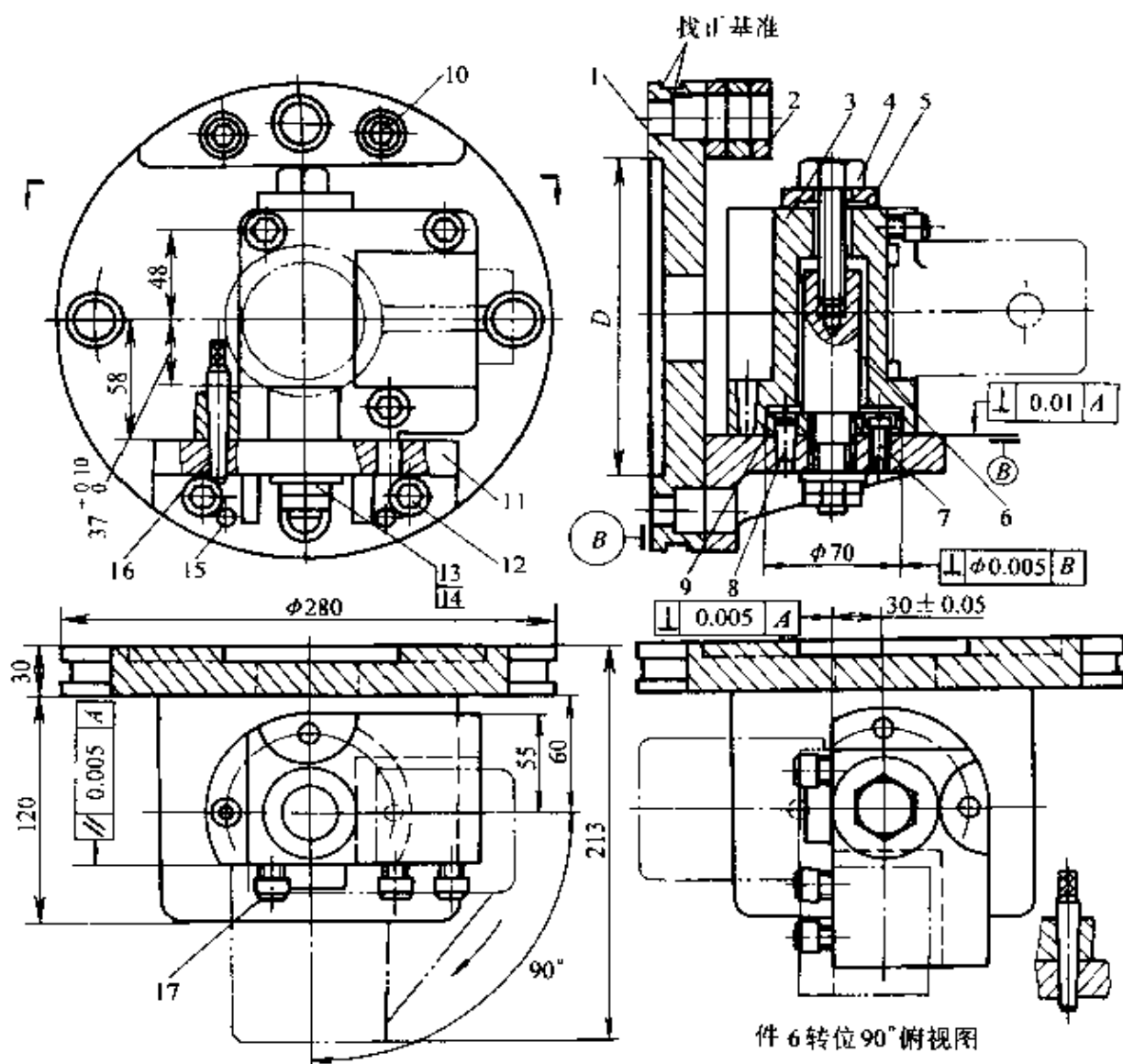
$$\begin{aligned} \Delta G &\leq \delta_k - \Delta D - \Delta A = 0.1\text{mm} - 0 - (0.02\text{mm} + 0.01\text{mm} + 0.015\text{mm}) \\ &= 0.055\text{mm} \end{aligned}$$

两孔轴线垂直度的允许加工误差为

$$\Delta G \leq \delta_k - \Delta D - \Delta A = 0.03\text{mm} - (0.02\text{mm} - 0.006\text{mm}) - 0.01\text{mm} = 0.006\text{mm}$$

若支承座在车床加工前，基准平面  $B$ 、 $37$  平面和 3 个  $\phi 9\text{mm}$  孔已

加工, 工件以平面  $B$  定位限制 3 个自由度,  $37$  平面限制 2 个自由度,  $\phi 9\text{mm}$  孔限制 1 个自由度, 用内六角螺钉夹紧。一个孔加工后, 将定位体转动  $90^\circ$ , 加工另一孔, 如图 4-35 所示。



#### 技术要求

1. 件 3 与件 9 的  $\phi 70$  配合间隙  $\leq 0.005$
2.  $\phi 70$  与  $D$  孔两轴线不相交允差  $0.015$
3.  $D$  孔与机床法兰盘配合间隙  $0.01 \sim 0.02$

图 4-35 转位式夹具

1—夹具体 2—平衡块 3—定位体 4—螺栓 5、14—垫圈 6—轴 7—螺钉  
8、15—圆锥销 9—定位板 10、12、17—内六角螺钉 11—角铁 13—螺母 16—插销

孔轴线对平面垂直度的允许加工误差为

$$\Delta G \leq \delta_k - \Delta D - \Delta A = 0.02\text{mm} - 0 - (0.005\text{mm} + 0.006\text{mm}) = 0.009\text{mm}$$

两孔轴线垂直度的允许加工误差为

$$\Delta G \leq \delta_k - \Delta D - \Delta A = 0.03\text{mm} - (0.02\text{mm} - 0.006\text{mm}) - 0.005\text{mm} = 0.011\text{mm}$$

两孔轴线相交度的允许加工误差为

$$\begin{aligned} \Delta G \leq \delta_k - \Delta D - \Delta A &= 0.1\text{mm} - (0.02\text{mm} - 0.005\text{mm} - 0.006\text{mm}) - 0 \\ &= 0.091\text{mm} \end{aligned}$$

采用不同夹具，允许加工误差见表 4-3。角铁式夹具不能保证两孔轴线垂直度的要求，不能使用。双面定位式夹具，刚性较好，但精度较差。转位式夹具精度较高，但刚性较差。

表 4-3 夹具允许加工误差 (单位: mm)

夹 具	允许加工误差		
	孔轴线对平面垂直度	两孔轴线垂直度	两孔轴线相交度
花盘式夹具	0.009		
角铁式夹具		0.006	0.017
双面定位式夹具	0.009	0.006	0.055
转位式夹具	0.009	0.011	0.091

## 第五节 其它车床夹具

### 一、组合夹具

组合夹具是由可循环使用的标准夹具零部件组装成易于联接和拆卸的夹具。

1. 组合夹具的特点 组合夹具加工工件的形状和复杂程度不受限制，万能性好，适用范围广。组合夹具可缩短生产准备周期 90% 左右；减少制造专用夹具的成本，降低生产成本；减少专用夹具存放面积，便于管理。但组合夹具的体积较大，刚性较差；建站时，一次投资较多。

组合夹具特别适用于新产品试制和多品种小批量生产。

根据组合夹具组装联接基面的形状有槽系组合夹具和孔系组合夹具。槽系组合夹具的联接基面为 T 形槽，用键和螺栓联接。孔系组合夹具的联接基面为圆柱孔和螺孔组成的坐标孔系。

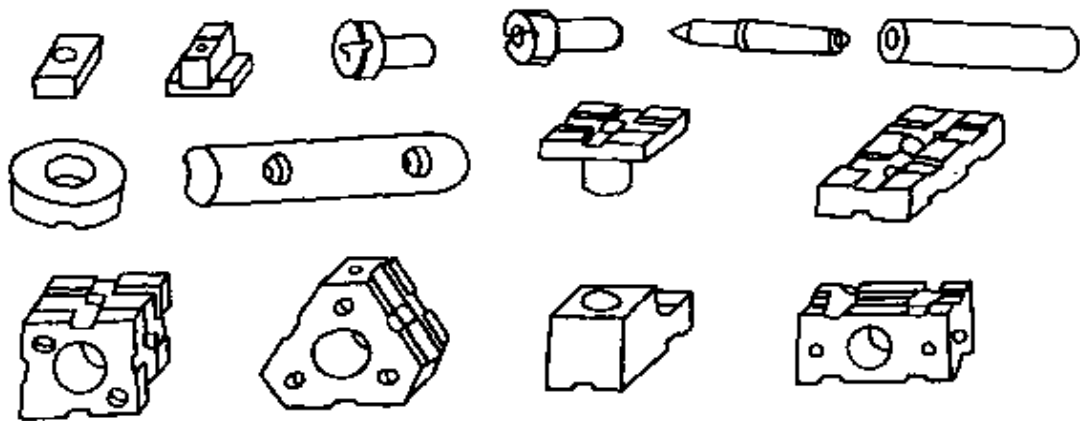


图 4-38 定位件

(4) 导向件 导向件如图 4-39 所示, 有固定钻套、快换钻套、钻模板和导向支承等。主要用于确定刀具与组合夹具的相对位置, 并引导刀具。

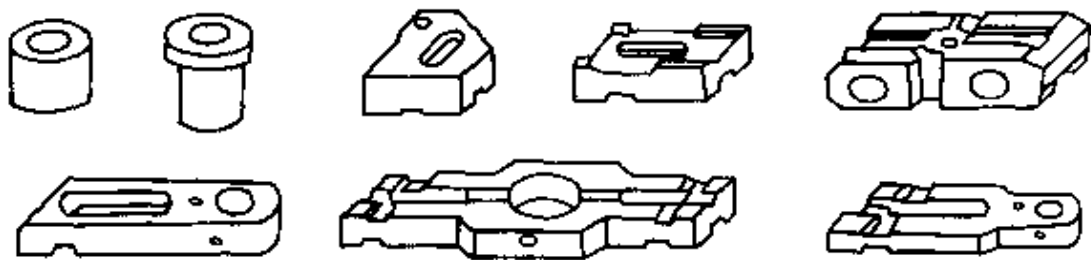


图 4-39 导向件

(5) 压紧件 压紧件如图 4-40 所示, 有平压板、U形压板、叉形压板、弯压板、摇板和关节压板等。主要用于压紧工件。

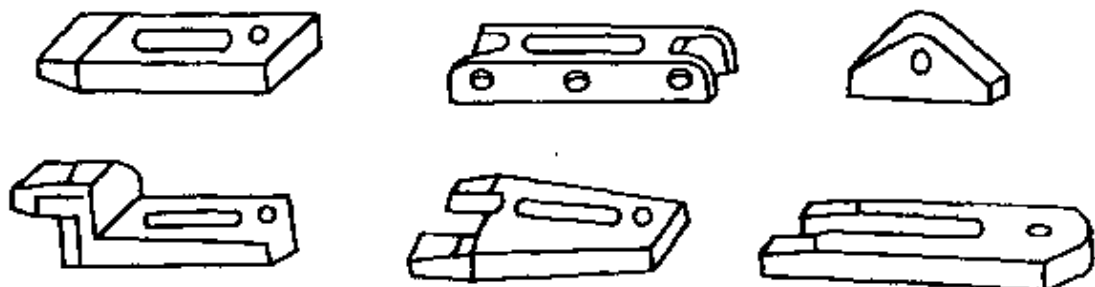


图 4-40 压紧件

(6) 紧固件 紧固件如图 4-41 所示, 有各种螺栓、螺钉、螺母和垫圈等。主要用于紧固组合夹具中各元件及压紧被加工工件。

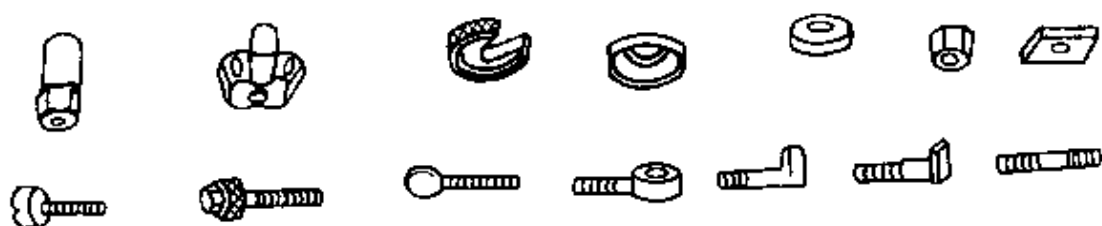


图 4-41 紧固件

(7) 其它件 其它件是指除上述六大类之外的各种辅助元件，如图 4-42 所示，有连接板、手柄、弹簧和平衡块等。其中有些有较明显的用途，有些则无固定用途。

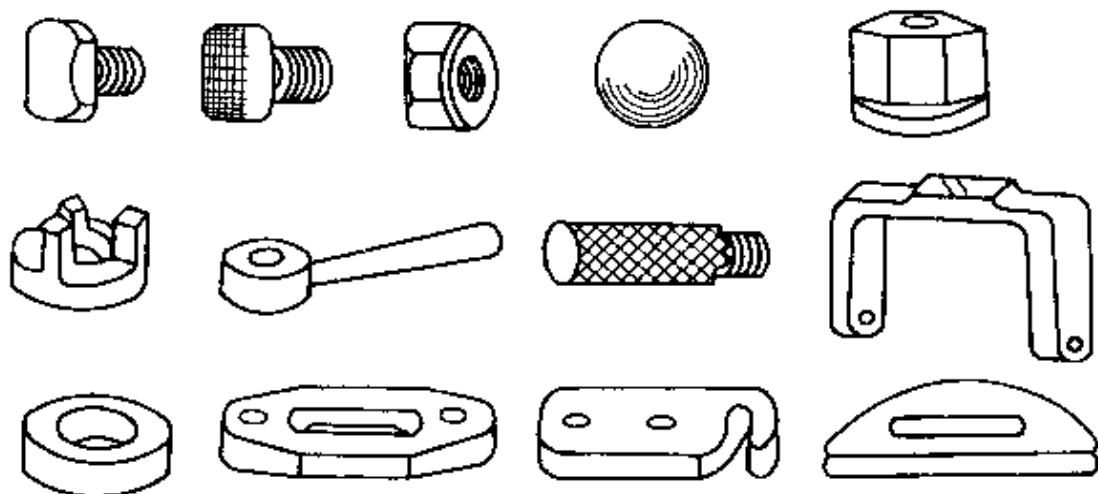


图 4-42 其它件

(8) 合件 合件是指由若干零件组成，在组装中不拆开的独立部件，如图 4-43 所示，按用途有支承合件、定位合件、导向合件、夹紧合件和分度合件等。

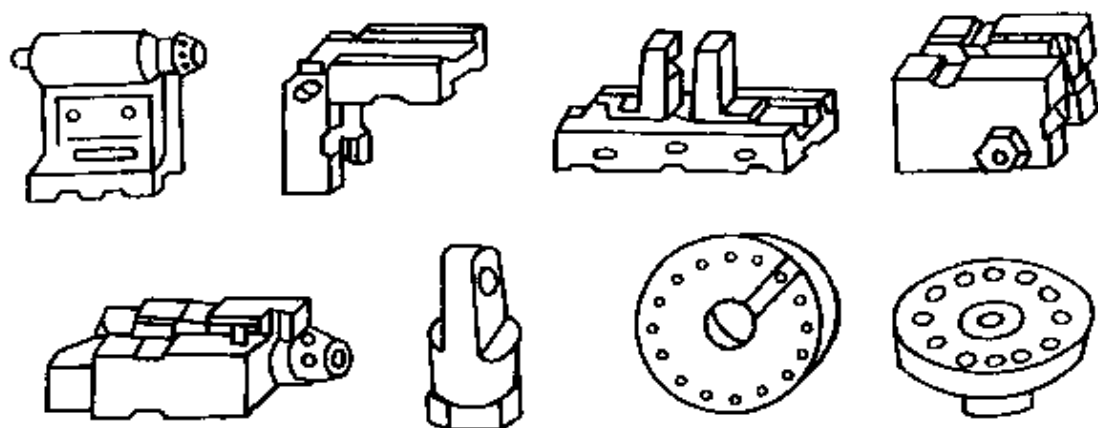


图 4-43 合件

## 二、成组夹具

成组工艺中为一组工件的某一工序设计的夹具，称为成组夹具。

1. 成组夹具的结构 车阀片外圆成组夹具如图 4-44 所示。阀片以内孔和端面在定位套 4 上定位，由气压传动经滑柱 5、快换垫圈 7、压圈 6 压紧工件。更换定位套 4，可加工不同规格阀片。

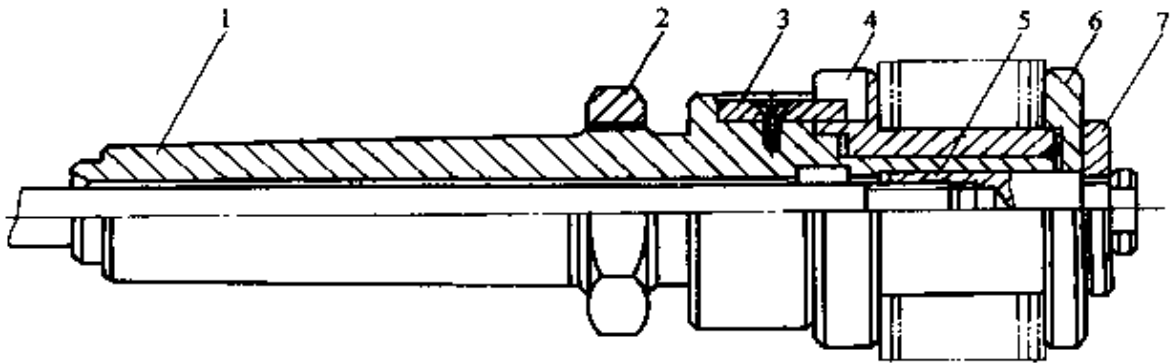


图 4-44 车阀片外圆成组夹具

1—心轴体 2—螺母 3—键 4—定位套 5—滑柱 6—压圈 7—快换垫圈

成组夹具由基础部分和可调部分组成。

(1) 基础部分 包括夹具体、动力装置和控制装置等，是一组工件共同使用的部分。图 4-44 的心轴体 1、螺母 2 和滑柱 5 等，均为基础部分。

(2) 可调部分 包括可调整的定位装置、夹紧装置、导向装置和分度装置等，是成组夹具的专用部分。图 4-44 的键 3、定位套 4 和压圈 6 均为可调部分。

### 2. 成组夹具的特点

1) 成组夹具用于一组工件的某一工序，可降低夹具成本，降低工件成本。

2) 更换工件，调整夹具的部分元件，总的调整时间减少。

3) 新投产的工件，添制较少的调整元件，缩短生产准备周期，减少夹具库存量。

## 三、通用可调夹具

通用可调夹具是在通用夹具的基础上发展的一种可调夹具。通用可调三爪自定心卡盘如图 4-45 所示。螺杆 1 与气动装置联接，螺母 2

## 第五章 车复杂、畸形、精密工件

**培训要点** 复杂、畸形、精密工件的装夹、加工、测量及保证加工精度的方法；复杂畸形、精密工件的有关计算；典型工件的工艺分析。

### 第一节 车圆锥

#### 一、圆锥基本术语

1. 圆锥直径 圆锥在垂直轴线截面上的直径，如图 5-1 所示。常用的圆锥直径有：最大圆锥直径  $D$ 、最小圆锥直径  $d$  和给定截面圆锥直径  $d_x$ 。

2. 圆锥长度  $L$  最大圆锥直径与最小圆锥直径之间的距离，如图 5-1 所示。

3. 圆锥角  $\alpha$  在通过圆锥轴线的截面内，两条素线间的夹角，如图 5-1 所示。车削时常用圆锥半角  $\alpha/2$ 。

4. 锥度  $C$  最大圆锥直径  $D$  与最小圆锥直径  $d$  之差对圆锥长度  $L$  之比

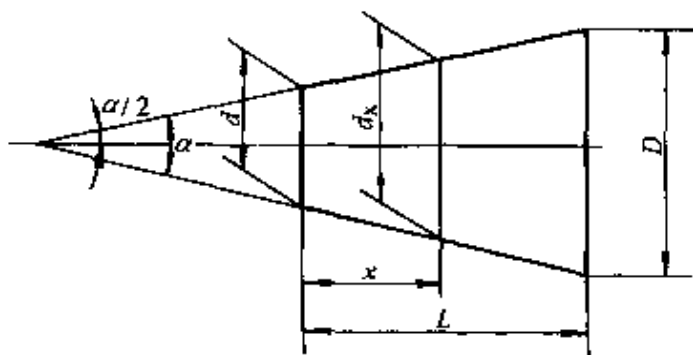


图 5-1 圆锥基本术语

$$C = \frac{D - d}{L}$$

圆锥半角  $\alpha/2$  与锥度  $C$  的关系为

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{C}{2} = \frac{D - d}{2L}$$

当圆锥半角  $< 20^\circ$  时，也可用近似公式计算

$$\alpha/2 \approx K \times C$$

式中  $D$ ——最大圆锥直径 (mm);  
 $d$ ——最小圆锥直径 (mm);  
 $L$ ——圆锥长度 (mm);  
 $C$ ——锥度;  
 $\alpha/2$ ——圆锥半角 ( $^\circ$ );  
 $K$ ——系数, 可查表 5-1。

表 5-1 计算圆锥半角的  $K$  值

$C$	$\approx 0.199$	$> 0.199$	$> 0.289$	$> 0.357$	$> 0.414$	$> 0.464$	$> 0.51$	$> 0.552$	$> 0.593$	$> 0.631$	$> 0.667$	$> 0.702$
		$\sim 0.289$	$\sim 0.357$	$\sim 0.414$	$\sim 0.464$	$\sim 0.51$	$\sim 0.552$	$\sim 0.593$	$\sim 0.631$	$\sim 0.667$	$\sim 0.702$	$\sim 0.736$
$K$	28.6	28.5	28.4	28.3	28.2	28.1	28.0	27.9	27.8	27.7	27.6	27.5

## 二、车圆锥的方法

1. 常用的车削方法 根据工件的精度要求和批量的不同, 可分别采用转动小滑板法、偏移尾座法、靠模法、宽刃刀切削法和铰内圆锥。

采用转动小滑板法、偏移尾座法、靠模法车圆锥时, 车刀运动轨迹与所要车削的圆锥素线平行。当不能直接按图样上标注的角度调整时, 必须把图样上标注的角度换算为圆锥素线与车床主轴轴线的夹角  $\alpha/2_c$ 。

可用试切法逐步校正小滑板或靠模转动的角度; 如有样件时, 可用百分表校正小滑板或靠模转动的角度。

采用偏移尾座法时, 尾座偏移量为

$$s = \frac{D-d}{2L} L_0 \quad \text{或} \quad s = \frac{C}{2} L_0$$

式中  $s$ ——尾座偏移量 (mm);  
 $D$ ——最大圆锥直径 (mm);  
 $d$ ——最小圆锥直径 (mm);  
 $L$ ——圆锥长度 (mm);  
 $L_0$ ——工件全长 (mm);  
 $C$ ——锥度。



2. 车配套圆锥的方法 单件生产配套的内、外圆锥时，若两次转动小滑板，生产率低，锥面精度较低。可采用图 5-2 所示的方法车削。先车削外圆锥，将圆锥半角和圆锥直径车正确；车削内圆锥时，不变动小滑板角度，将主轴反转，切削刃向上（或主轴正转，切削刃向下），刀尖严格对准工件中心，转动中滑板手柄，车刀移向对面车削。由于小滑板的角度没有改变，因此可获得接触面较好的圆锥配合表面。

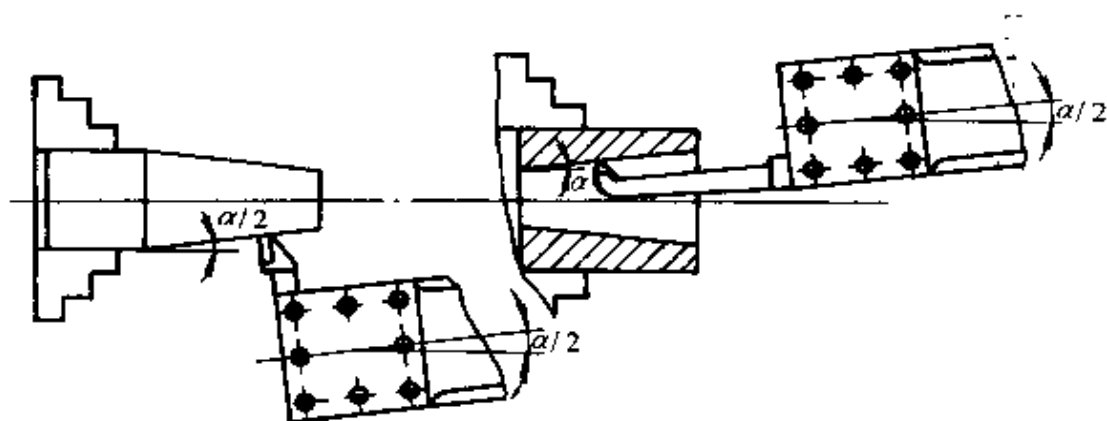


图 5-2 配套圆锥的车削方法

3. 车对称圆锥的方法 车对称圆锥时，若将工件两次装夹，由于卡盘定位面跳动，使两内圆锥同轴度较差，影响工作性能。可采用图 5-3 所示的方法车削。先车外端的内锥孔，将圆锥半角车正确，圆锥长度为工件长度的一半；然后不变动小滑板角度，将车刀反装，刀尖严格对准工件中心，主轴正转，转动中滑板手柄，车刀移向对面，车里面一个内锥孔，圆锥长度为工件长度的一半（留 0.1 ~ 0.2mm 的棱边不车）。由于在一次装夹中，未改变小滑板角度，不但使两圆锥孔锥度相等，而且两圆锥孔同轴度较高。

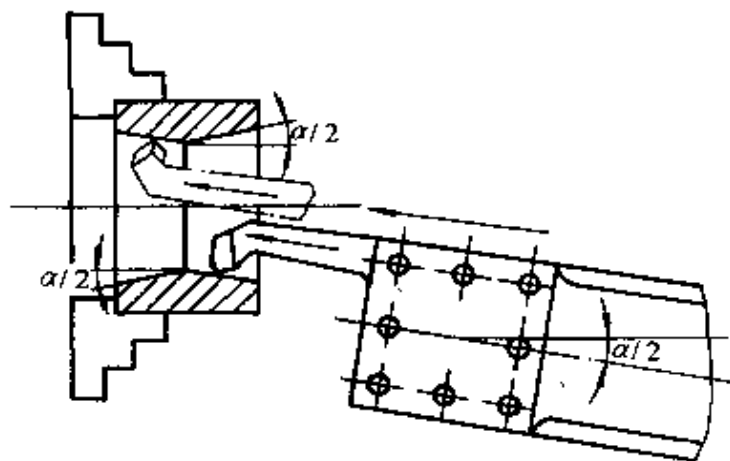


图 5-3 对称圆锥的车削方法

### 三、圆锥的测量

1. 角度和锥度的测量 可用游标万能角度尺、角度样板、圆锥量规和正弦规测量角度和锥度。

用圆锥塞规测量内圆锥时，先在圆锥塞规表面沿素线方向用显示剂涂三条间隔  $120^\circ$  薄而匀的线，然后把圆锥塞规放入内圆锥中转动半周，取出观察圆锥塞规表面显示剂擦去情况。如果显示剂擦去均匀，说明圆锥接触良好，锥度正确。如果小端擦着，大端未擦去，说明圆锥角大了。反之，就说明圆锥角小了。

若用圆锥塞规测量内圆锥时，中间显示剂擦去，两端没有擦去；用圆锥套规测量外圆锥时，两端显示剂擦去，中间未擦去，是车刀刀尖没有严格对准工件中心而形成双曲线误差。必需重新调整垫刀片厚度，使车刀刀尖严格对准工件中心。车实心锥体时，可把车刀刀尖对正端面中心；车圆锥孔时，可采用端面划线的方法。

用正弦规测量时，如图 5-4 所示。首先根据被测工件的基本圆锥角计算量块组高度  $H$ ，然后将量块组放在平板上与正弦规圆柱之一相接触，放上被测工件，使锥体轴心线垂直于正弦规两圆柱轴线，再用百分表分别测量被测圆锥上  $a$ 、 $b$  两点，即可计算锥度误差和锥角误差

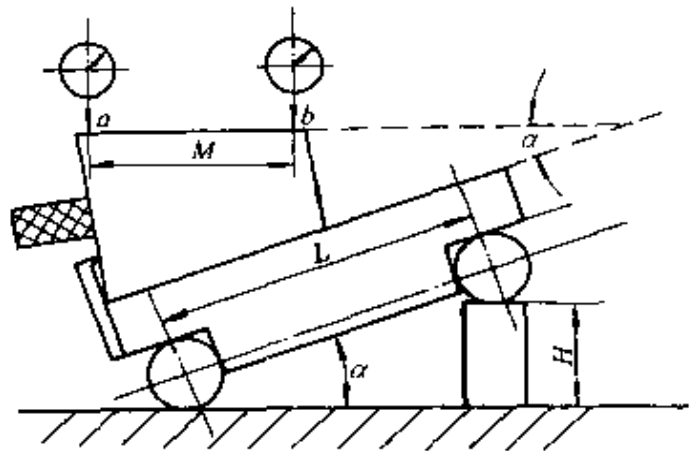


图 5-4 正弦规测量外锥体

$$\Delta C = n/l$$

$$\Delta\alpha = 2 \times 10^5 \Delta C$$

式中  $\Delta C$ ——锥度误差；

$\Delta\alpha$ ——锥角误差 ( $''$ )；

$n$ —— $a$ 、 $b$  两点百分表的读数差 (mm)；

$l$ —— $a$ 、 $b$  两点间距离 (mm)。

例 1 用正弦规测量一米制圆锥，正弦规中心距为 200mm，计算

量块组高度。若  $a$ 、 $b$  两点间距离为 100mm，百分表读数差为 0.02mm，确定锥角误差。

解 米制圆锥的锥度为 1:20，圆锥角为  $2^{\circ}51'51''$ 。

$$H = L \sin \alpha = 200 \text{mm} \times \sin 2^{\circ}51'51'' = 9.0995 \text{mm}$$

$$\Delta C = \frac{n}{l} = \frac{0.02 \text{mm}}{100 \text{mm}} = \frac{1}{5000}$$

$$\Delta \alpha = 2 \times 10^5 \Delta C = 2 \times 10^5 \times \frac{1}{5000} = 40''$$

2. 圆锥直径的测量 最大圆锥直径和最小圆锥直径可用圆锥界限量规测量，当工件端面位于圆锥量规台阶（或刻线）中间时，圆锥直径合格。若圆锥直径还未达到要求时，必须再进刀车削。背吃刀量的控制方法有计算法和移动床鞍法。

计算法控制背吃刀量如图 5-5 所示。背吃刀量可用下式计算

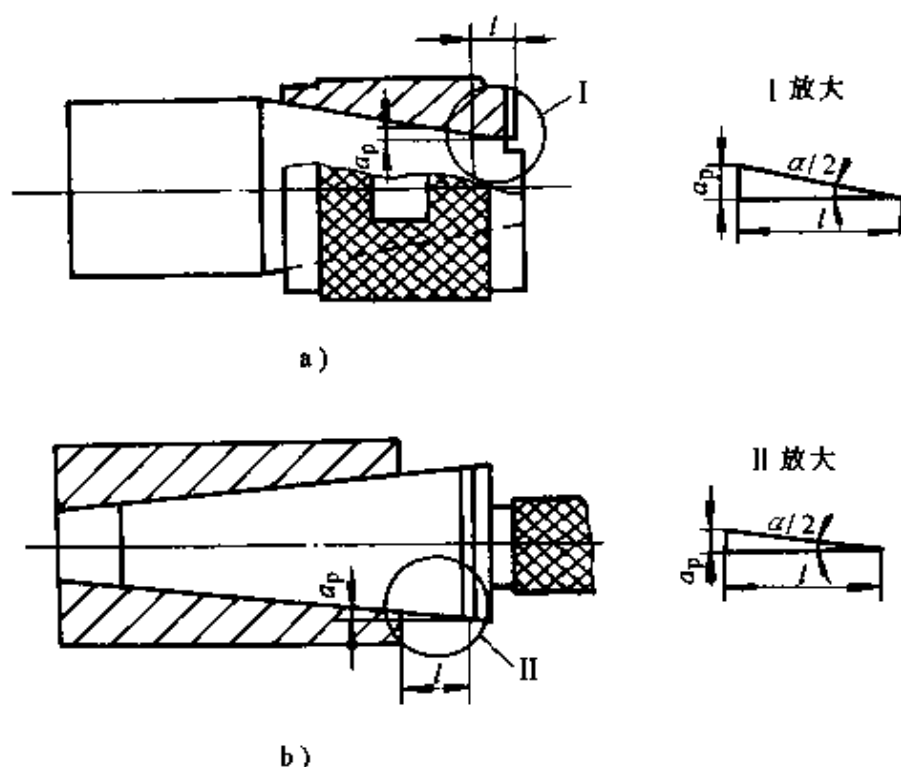


图 5-5 计算背吃刀量控制圆锥直径

a) 外圆锥 b) 内圆锥

$$\alpha_p = l \tan \frac{\alpha}{2} \quad \text{或} \quad \alpha_p = l \times \frac{C}{2}$$

式中  $a_p$ ——背吃刀量 (mm);  
 $l$ ——工件端面与界限量规的距离 (mm);  
 $\frac{\alpha}{2}$ ——圆锥半角 ( $^\circ$ );  
 $C$ ——锥度。

移动床鞍控制圆锥直径如图 5-6 所示。先测量工件端面与界限量规的距离  $l$ ，使车刀刀尖轻轻接触工件端面，然后移动小滑板，刀尖离开工件端面  $l$ ，床鞍向前移动  $l$ ，车刀即切入需要的背吃刀量。

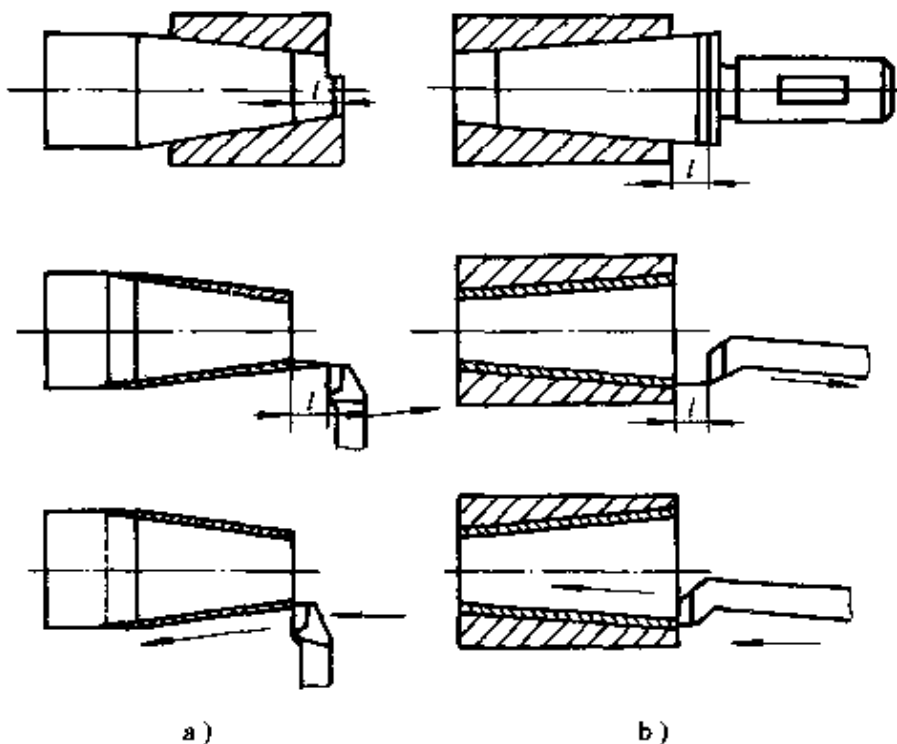


图 5-6 移动床鞍控制圆锥直径  
 a) 外圆锥 b) 内圆锥

3. 圆锥长度的测量 圆锥长度根据精度要求可用钢直尺、深度游标尺、深度千分尺等量具测量。

#### 4. 圆锥角度和圆锥直径的间接测量

(1) 外锥体的测量计算 用圆柱量棒、量块和千分尺可测量圆锥半角和最小圆锥直径，如图 5-7 所示。圆锥半角和最小圆锥直径可用下式计算

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{M_1 - M_2}{2H}$$

$$d = M_2 - d_0 - d_0 \cot\left(45^\circ - \frac{\alpha}{4}\right)$$

式中  $\alpha/2$ ——圆锥半角 ( $^\circ$ );

$d$ ——最小圆锥直径 (mm);

$M_1$ 、 $M_2$ ——千分尺测量尺寸 (mm);

$H$ ——量块高度 (mm);

$d_0$ ——圆柱量棒直径 (mm)。

例 2 已知:  $d_0 = 10\text{mm}$ ,  $M_1 = 110.51\text{mm}$ ,  $M_2 = 100.51\text{mm}$ ,  $H = 100\text{mm}$ 。求圆锥斜角  $\alpha/2$  和最小圆锥直径  $d$ 。

$$\begin{aligned} \text{解 } \tan \frac{\alpha}{2} &= \frac{M_1 - M_2}{2H} \\ &= \frac{110.51\text{mm} - 100.51\text{mm}}{2 \times 100\text{mm}} \\ &= 0.05 \end{aligned}$$

$$\alpha = 2.86^\circ = 2^\circ 52'$$

$$\begin{aligned} d &= M_2 - d_0 - d_0 \cot\left(45^\circ - \frac{\alpha}{4}\right) \\ &= 100.51\text{mm} - 10\text{mm} - 10\text{mm} \times \\ &\quad \cot\left(45^\circ - \frac{2.86^\circ}{2}\right) = 80\text{mm} \end{aligned}$$

(2) 小圆锥孔的测量计算 用钢球、深度千分尺可测量圆锥半角和最大圆锥直径, 如图 5-8 所示。圆锥半角和最大圆锥直径可用下式计算

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{D_0 - d_0}{2(H - h) - (D_0 - d_0)}$$

$$D = \frac{D_0}{\cos \alpha/2} + (D_0 + 2h) \tan \alpha/2$$

式中  $\alpha/2$ ——圆锥半角 ( $^\circ$ );

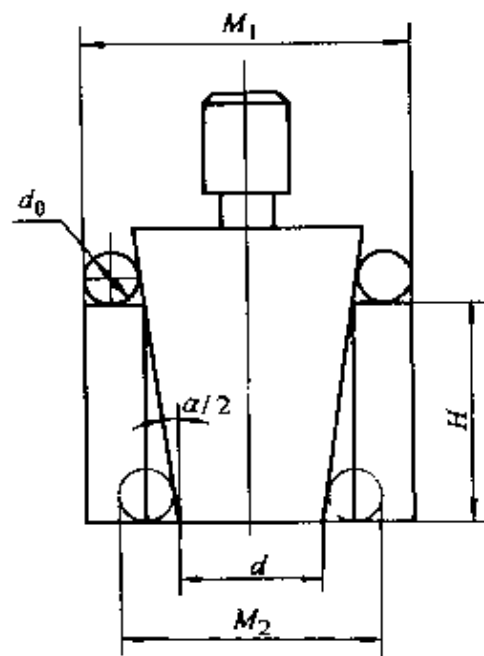


图 5-7 外锥体的测量计算

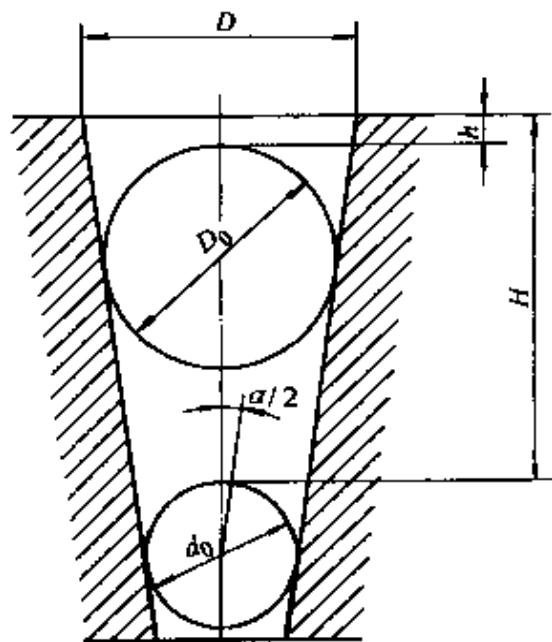


图 5-8 小圆锥孔的测量计算

## 2. 工艺分析

(1) 外径尺寸相差较大，中间孔径  $\phi 60\text{mm}$ ，为节约材料，采用 45 钢锻造毛坯。

(2) 圆锥半角  $6^\circ \pm 1'$ ，精度要求高，可采用转动小滑板法车圆锥，用百分表校正小滑板转动的角度，小滑板移动  $60\text{mm}$  时，百分表读数差  $a = 60\text{mm} \times \sin 6^\circ = 6.27\text{mm}$ 。允许变动量  $\pm 0.02\text{mm}$ 。

(3) 最小圆锥直径公差为  $0.02\text{mm}$ ，可用图 5-10 所示的方法测量。若圆柱量棒直径  $d_0 = 10\text{mm}$ ，测量尺寸  $M = d + d_0 + d_0 \cot(45^\circ - \alpha/4) = 100\text{mm} + 10\text{mm} + 10\text{mm} \times \cot(45^\circ - 3^\circ) = 121.11\text{mm}$ 。

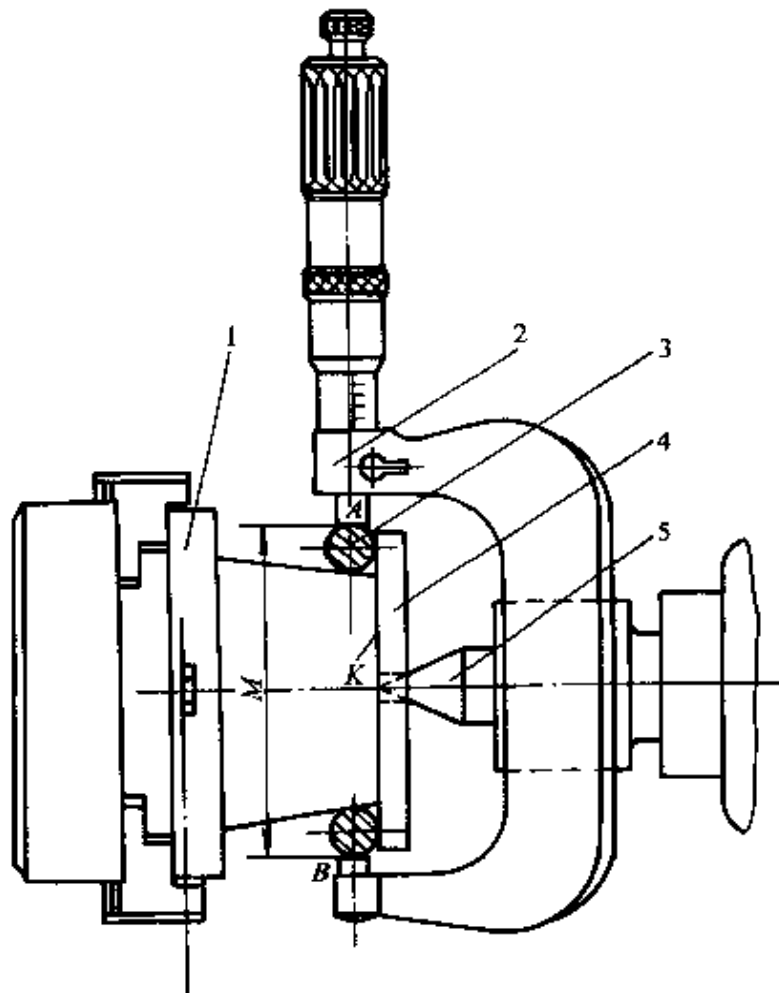


图 5-10 测量精密圆锥体最小圆锥直径

1—工件 2—千分尺 3—圆柱量棒 4—平铁 5—后顶尖

## 3. 机械加工工艺过程

小批生产精密圆锥体的机械加工工艺过程见表 5-2。

表 5-2 精密圆锥体机械加工工艺流程 (单位: mm)

材料牌号			45 钢		毛坯种类		产品名称		图号			
							机械加工工艺流程卡片		零件名称		精密圆锥体	
工序			工 种		工 步		工 序 内 容		设 备		工 艺 装 备	
1			锻				锻造毛坯					
2			热				正火					
3			车		1		四爪单动卡盘夹毛坯外圆, 找正 车右端面 车外圆 $\phi 160$ 至 $\phi 162$ , 外锥至 $\phi 118$ 长 68 车孔至 $\phi 58$ 倒角		CA6140			
					2		四爪单动卡盘夹 $\phi 118$ 外圆, 找正 车左端面至 92 倒角					
4			热				调质					
5			车		1		四爪单动卡盘夹 $\phi 118$ 外圆, 找正 车左端面至 91.5 车外圆 $\phi 160$ 至尺寸 倒角		CA6140			
					2		四爪单动卡盘夹 $\phi 160$ 外圆, 找正 车右端面至 $90.1_{-0}^0$ , 车外锥面, 圆锥半角 $6^{\circ} \pm 1'$ , 圆锥长度 $70^{+0.05}$ , 小端直径 $\phi 100_{-0.02}^0$ 至要求 车孔 $\phi 60^{+0.03}$ 至尺寸 倒角					
6			磨				磨左端面至尺寸 90		M7130			
7			检				检验					

## 第二节 车长丝杠

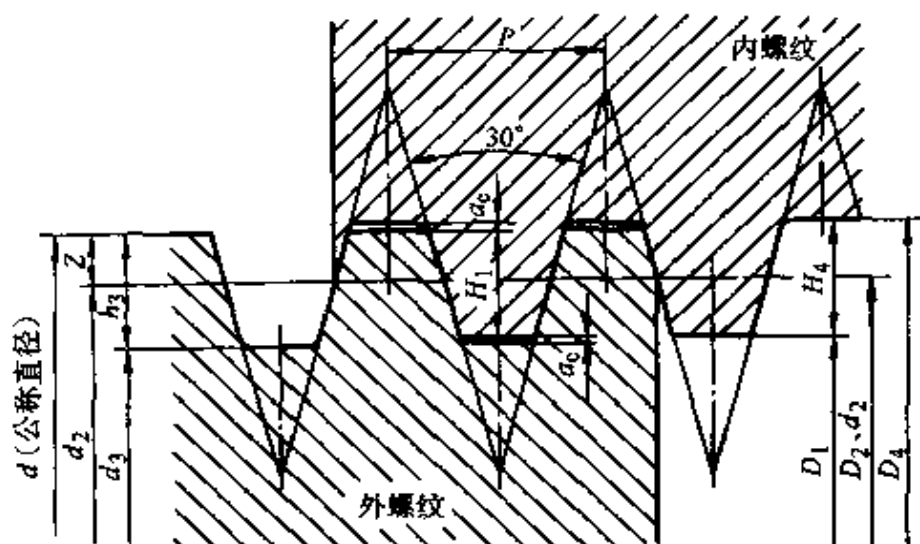
丝杠是将旋转运动转变为直线运动的传动零件之一, 不仅能传递一定的动力, 准确地传递运动, 而且可作精密的直线分度元件。长丝杠是一种  $l/d$  较大的细长轴, 属于加工难度大、精度要求高的细长工件。

## 一、梯形螺纹计算

梯形螺纹各部分名称、代号及计算公式见表 5-3。

表 5-3 梯形螺纹各部分名称、代号及计算公式

(单位: mm)



名称		代号	计算公式			
牙型角		$\alpha$	$\alpha = 30^\circ$			
螺距		$P$	由螺纹标准确定			
牙顶间隙		$a_c$	$P$	1.5~5	6~12	14~44
			$a_c$	0.25	0.5	1
外螺纹	大径	$d$	公称直径			
	中径	$d_2$	$d_2 = d - 0.5P$			
	小径	$d_3$	$d_3 = d - 2h_3$			
	牙高	$h_3$	$h_3 = 0.5P + a_c$			
内螺纹	大径	$D_4$	$D_4 = d + 2a_c$			
	中径	$D_2$	$D_2 = d_2$			
	小径	$D_1$	$D_1 = d - P$			
	牙高	$H_4$	$H_4 = h_3$			
牙顶宽		$f, f'$	$f = f' = 0.366P$			
牙槽底宽		$W, W'$	$W = W' = 0.366P - 0.536a_c$			



## 二、细长轴装夹方法

1. 两顶尖间安装细长轴 此方法没有安装误差，易保证工件同轴度。但刚性差，易产生振动。用于长度与直径比不是很大，余量较少，需多次安装的工件。

2. 一夹一顶装夹细长轴 为避免重复定位，卡爪夹持部分应较短，或在卡爪与轴之间垫入  $\phi 4\text{mm} \times 20\text{mm}$  的钢丝。一夹一顶比两顶尖刚性好，应用较广泛。

在车削长度与直径比较大的细长轴时，可采用反向进给切削法，车刀从卡盘方向往尾座方向进给，如图 5-11 所示。使工件受轴向拉力，能消除振动，提高加工质量。

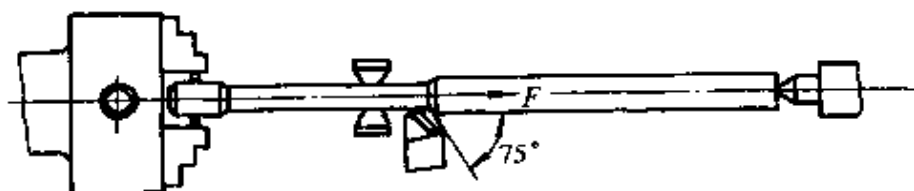


图 5-11 反向进给切削法

为增加工艺系统刚性，可使用中心架或跟刀架。

### 3. 使用中心架支承细长轴

(1) 中心架直接支承在工件中间 当工件可以分段车削时，在毛坯中部车出一段支承中心架支承爪的沟槽，其表面粗糙度值小，同轴度公差小，保持与车床旋转中心同轴。

(2) 用过渡套筒支承细长轴 中心架支承爪与过渡套筒的外圆接触，过渡套筒的两端各装有四个螺钉，用螺钉夹住毛坯工件，并调整过渡套筒外圆轴线与车床旋转轴线重合。

### 4. 使用跟刀架支承细长轴

(1) 两爪跟刀架 跟刀架跟随车刀移动，车刀给工件的切削抗力，使工件贴在跟刀架的两个支承爪上，减少变形。

(2) 三爪跟刀架 三爪跟刀架如图 5-12 所示，下面一个支承爪承受工件重力，可克服两爪跟刀架的不足，使车削时稳定，不易产生振动。

(3) 套圈式跟刀架 套圈安装在专用的跟刀架里，车刀在两套圈

间进行车削。套圈式跟刀架如图 5-13 所示。

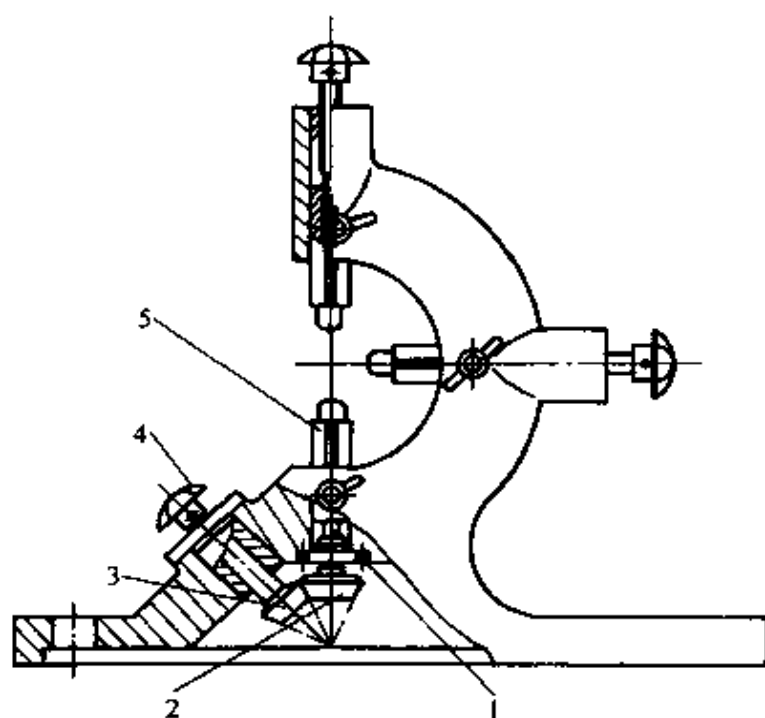


图 5-12 三爪跟刀架

1—丝杠 2、3—锥齿轮 4—把手 5—支承爪

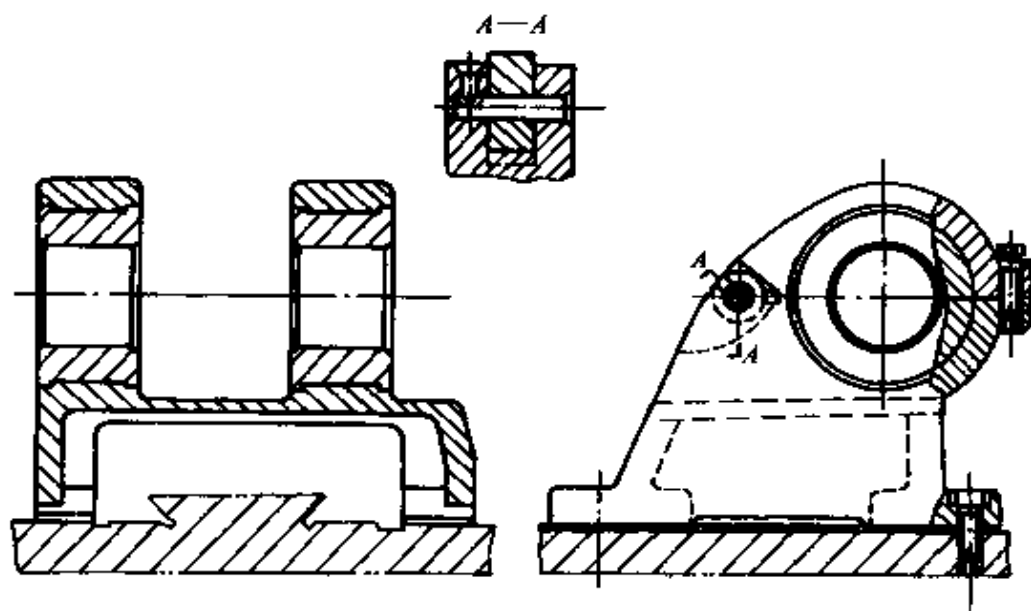


图 5-13 套圈式跟刀架

跟刀架的支承爪与工件的接触压力要适中，不宜过大或过小，接触压力过大，出现竹节形，接触压力过小，跟刀架不起作用，出现多

棱形。

### 三、减少细长轴热变形伸长

车细长轴时，要考虑热变形的影响。工件热变形伸长量可用下式计算

$$\Delta L = \alpha_l L \Delta t$$

式中  $\Delta L$ ——工件热变形伸长量 (mm)；

$\alpha_l$ ——材料线膨胀系数 (1/°C)；

$L$ ——工件总长 (mm)；

$\Delta t$ ——工件升高的温度 (°C)。

常用材料的线膨胀系数见表 5-4。

表 5-4 常用材料的线膨胀系数

材料名称	温度范围/°C	$\alpha_l \times 10^{-6} / (1/°C)$	材料名称	温度范围/°C	$\alpha_l \times 10^{-6} / (1/°C)$
灰铸铁	0 ~ 100	10.4	纯铜	20 ~ 100	17.2
球墨铸铁	0 ~ 100	10.4	黄铜	20 ~ 100	17.8
45 钢	20 ~ 100	11.59	铝青铜	20 ~ 100	17.6
T10A	20 ~ 100	11.0	锡青铜	20 ~ 100	18.0
20Cr	20 ~ 100	11.3	铝	0 ~ 100	23.8
40Cr	25 ~ 100	11.0	有机玻璃	20 ~ 100	120 ~ 130
65Mn	25 ~ 100	11.1	夹布胶木		30 ~ 40
2Cr13	20 ~ 100	10.5	聚氯乙烯	10 ~ 60	50 ~ 80
60Si2Mn	20 ~ 100	11.5 ~ 12.4	尼龙	0 ~ 100	110 ~ 150
1Cr18Ni9Ti	20 ~ 100	16.6	硬橡胶	17 ~ 25	77
GCr15	100	14.0			
38CrMoAlA	20 ~ 100	12.3			

例 4 车削材料为 45 钢，长度为 1200mm 的细长轴，工件温度由 21°C 上升到 61°C。求热变形伸长量。

解 45 钢的线膨胀系数  $\alpha_l = 11.59 \times 10^{-6} 1/°C$ 。

$$\begin{aligned} \Delta L &= \alpha_l L \Delta t = 11.59 \times 10^{-6} 1/°C \times 1200 \text{mm} \times (61°C - 21°C) \\ &= 0.566 \text{mm} \end{aligned}$$

减少工件热变形伸长可采取以下措施：

1. 使用弹性回转顶尖 使用弹性回转顶尖，可有效地补偿工件

5-16 所示，硬质合金梯形螺纹精车刀如图 5-17 所示。

安装螺纹车刀时，刀尖应与中心等高，刀尖角的对称中心线垂直于工件轴线。

### 五、丝杠车削方法

1) 螺距小于 8mm、切削性能好的丝杠，采用径向进给，如图 5-18a 所示。

2) 加工精密长丝杠，采用车槽刀粗车螺纹槽，再用螺纹车刀两侧刃切削，如图 5-18b 所示。

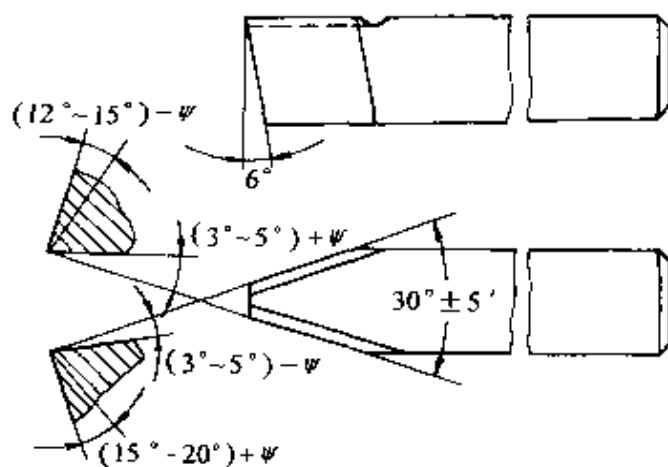


图 5-16 高速钢梯形螺纹精车刀

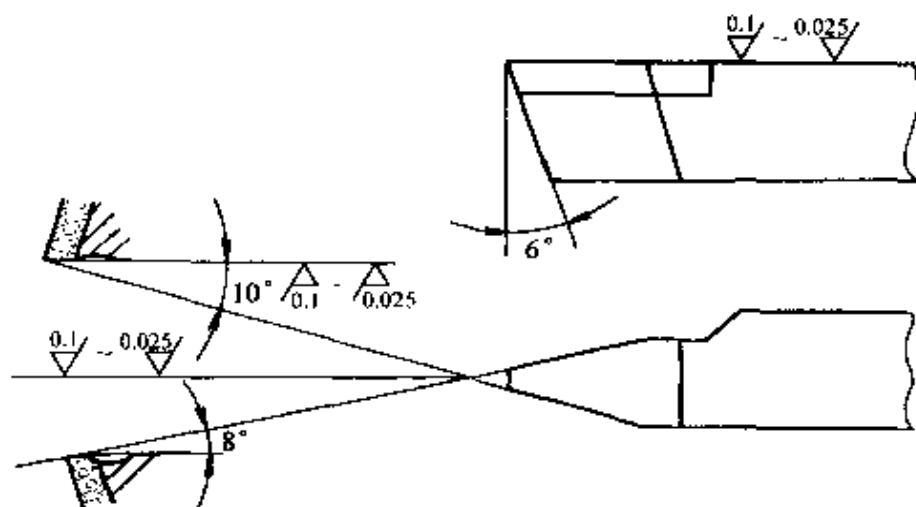


图 5-17 硬质合金梯形螺纹精车刀

3) 加工螺距大于 12mm、牙槽大而深的丝杠，采用分层切削，如图 5-18c 所示。

### 六、丝杠的测量

#### 1. 中径测量

(1) 用三针测量 三针测量是测量外螺纹中径的一种比较精密的方法。测量时，将三根直径相等的量针放在螺纹相对应的螺旋槽中，用千分尺量出两边量针顶点之间的距离  $M$ ，如图 5-19 所示。三针测

量梯形螺纹时的简化计算公式为

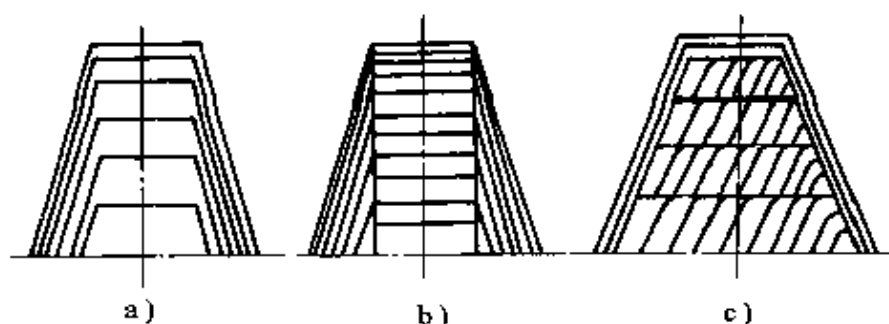


图 5-18 丝杠车削方法

a) 径向进给法 b) 车直槽法 c) 分层切削法

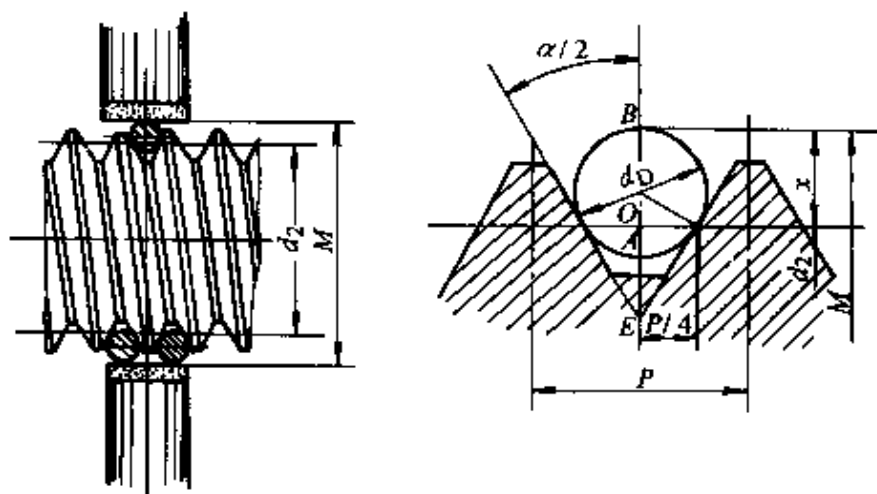


图 5-19 三针测量螺纹中径

$$M = d_2 + 4.864d_D - 1.866P$$

式中  $M$ ——三针测量梯形螺纹时千分尺测量的尺寸 (mm);

$d_2$ ——梯形螺纹中径 (mm);

$d_D$ ——量针直径 (mm);

$P$ ——梯形螺纹螺距 (mm)。

三针测量用量针直径的选择, 如图 5-20 所示。最小量针直径, 不能沉没在齿谷中; 最大量针直径不能搁在齿顶上, 与测量面脱离; 最佳量针直径应使量针跟螺纹中径处相切, 三针测量梯形螺纹中径的最佳量针直径  $d_D = 0.518P$ 。

A 值范围为  $36.41 \begin{smallmatrix} -0.059 \\ 0.226 \end{smallmatrix} \text{mm}$

2. 螺距测量 7~8 级精度丝杠螺距误差用丝杠螺距测量仪测量, 5~6 级精度丝杠螺距误差用 JCO30 丝杠检查仪测量。

(1) 丝杠螺距测量仪 丝杠螺距测量仪如图 5-22 所示。丝杠螺距测量仪测量前, 先用标准丝杠调整, 校正测微仪零位。测量时, V 形架 2、3 置于丝杠上, 使测量头 1、5 与丝杠牙侧接触, 转动丝杠, 活动测量头 5 受螺距误差影响发生偏移, 百分表 4 指针摆动, 直接读出螺距累积误差。

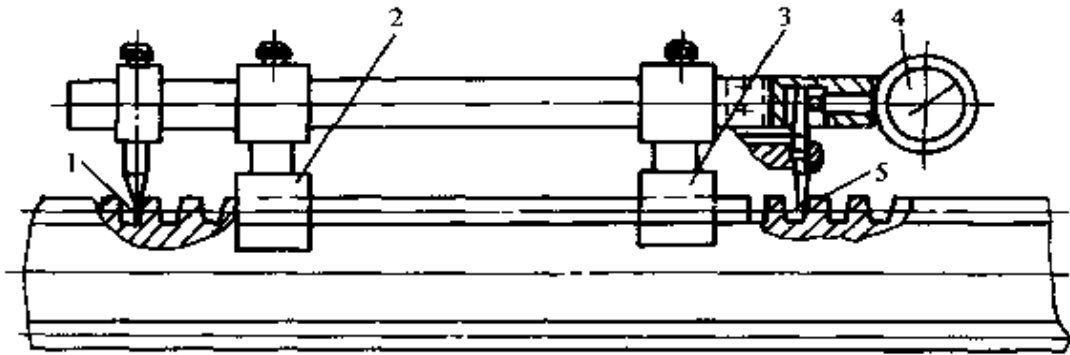


图 5-22 丝杠螺距误差测量仪

1—固定测量头 2、3—V 形架 4—百分表 5—活动测量头

(2) JCO30 丝杠检查仪 JCO30 丝杠检查仪原理示意图如图 5-23 所示。检查仪由读数显微镜 2、精密刻线尺 3 和测量头等组成。被测丝杠 7 装在顶尖 4 间, 精密刻线尺 3 与被测丝杠串联, 并随工作台一起在高精度导轨 1 上移动。测量头 5 固定在床身的测量架上, 并与被测丝杠牙侧单面接触。测量时, 先将读数显微镜 2 对准精密刻线尺 3 的零位, 测微仪 6 调至零位。然后, 测量头 5 退出被测丝杠牙侧, 移动工作台, 使精密刻线尺 3 对准相应的螺距读数, 测量头 5 进入所需牙侧, 测微仪 6 指示相应的螺距累积误差。

除静态测量外, 还可采用电感式丝杠螺距动态测量仪, 光栅自动记录丝杠动态检查仪和丝杠激光检查仪, 使丝杠在转动的条件下, 对螺旋线进行连续测量。

## 七、车长丝杠

长丝杠如图 5-24 所示。



表 5-5 长丝杠机械加工工艺过程 (单位: mm)

机械加工工艺过程卡片			产品名称	图号	
			零件名称	长丝杠	
			共1页	第1页	
材料牌号	45 钢	毛坯种类	热轧圆钢	毛坯尺寸	$\phi 35 \times 1405$
工序	工种	工步	工序内容	设备	工艺装备
1	锯		下料		
2	热		正火, 校直		
3	车	1	三爪自定心卡盘夹毛坯 $\phi 35$ 外圆, 找正车端面, 钻中心孔 B2	CA6140	中心钻 B2
		2	三爪自定心卡盘夹毛坯 $\phi 35$ 外圆, 一夹一顶, 找正		
		3	粗车外圆至 $\phi 32$ , 倒角 三爪自定心卡盘夹 $\phi 32$ 外圆, 找正车端面至总长 $1403 \pm 1.2$ , 钻中心孔 B2 车外圆至 $\phi 32$ , 倒角		
4	钳		校直		
5	热		高温回火		
6	车		修中心孔	CA6140	
7	车	1	两顶尖装夹, 使用跟刀架 车外圆至 $\phi 30_{+0.05}^{0}$	CA6140	量针 $\phi 3.177$
		2	三爪自定心卡盘夹 $\phi 30_{+0.05}^{0}$ 外圆, 一夹一顶 车外圆 $\phi 20 \pm 0.07$ 至 $\phi 20_{+0.05}^{0}$ 车各槽至尺寸, 倒角		
		3	调头, 三爪自定心卡盘夹 $\phi 20_{+0.05}^{0}$ 外圆, 一夹一顶 车外圆 $\phi 20_{+0.002}^{0.017}$ 至 $\phi 20_{+0.05}^{0}$ 车各槽至尺寸, 倒角		
		4	三爪自定心卡盘夹 $\phi 20_{+0.05}^{0}$ 外圆, 一夹一顶, 找正 粗车螺纹, 用 $\phi 3.177$ 量针, 千分尺测量值 $M = 33_{+0}^{+1}$		
8	钳		校直		
9	热		人工时效		
10	车		研中心孔	CA6140	
11	磨		两顶尖装夹, 使用跟刀架 磨螺纹大径至 $\phi 30_{+0.15}^{0}$ 磨外圆 $\phi 20 \pm 0.07$ 和 $\phi 20_{+0.002}^{0.017}$ 至 $\phi 20_{+0.15}^{0}$	M1432	



(续)

			机械加工工艺过程卡片	产品名称	图号	
				零件名称	共1页 第1页	
材料牌号			45	毛坯种类	热轧圆钢	
				毛坯尺寸	$\phi 35 \times 1405$	
工序	工种	工步	工序内容		设备	工艺装备
12	车		两顶尖装夹, 使用跟刀架 半精车螺纹, 用 $\phi 3.177$ 量针, 千分尺测量值 $M = 31.8^{+0.5}$		CA6140	量针 $\phi 3.177$
13	钳		修锉不完整牙 校直			
14	热		人工时效			
15	车		研中心孔		CA6140	
16	磨		两顶尖装夹, 使用跟刀架 磨螺纹大径至 $\phi 30_{-0.02}^0$ 磨外圆 $\phi 20 \pm 0.07$ 和 $\phi 20_{\pm 0.002}^{+0.012}$ 至尺寸		M1432	
17	车		两顶尖装夹, 使用跟刀架 精车螺纹, 用 $\phi 3.177$ 量针, 千分尺测量值 $M = 31.256_{-0.002}^{+0.006}$		SM8625	量针 $\phi 3.177$
18	检		检验			

### 第三节 车多头蜗杆

#### 一、蜗杆的分类

米制蜗杆的齿形角为  $20^\circ$ , 有轴向直廓蜗杆和法向直廓蜗杆两种。

轴向直廓蜗杆的齿形在轴平面内为直线, 在法平面内为曲线, 在端平面内为阿基米德螺旋线, 又称为 ZA 蜗杆或阿基米德蜗杆, 如图 5-25a 所示。

法向直廓蜗杆的齿形在法平面内为直线, 在轴平面内为曲线, 又称为 ZN 蜗杆, 如图 5-25b 所示。

米制蜗杆各部分名称、代号及计算公式见表 5-6。

#### 二、多头蜗杆的分头方法

沿两条或两条以上, 在轴向等距分布的螺旋线所形成的蜗杆叫多头蜗杆。

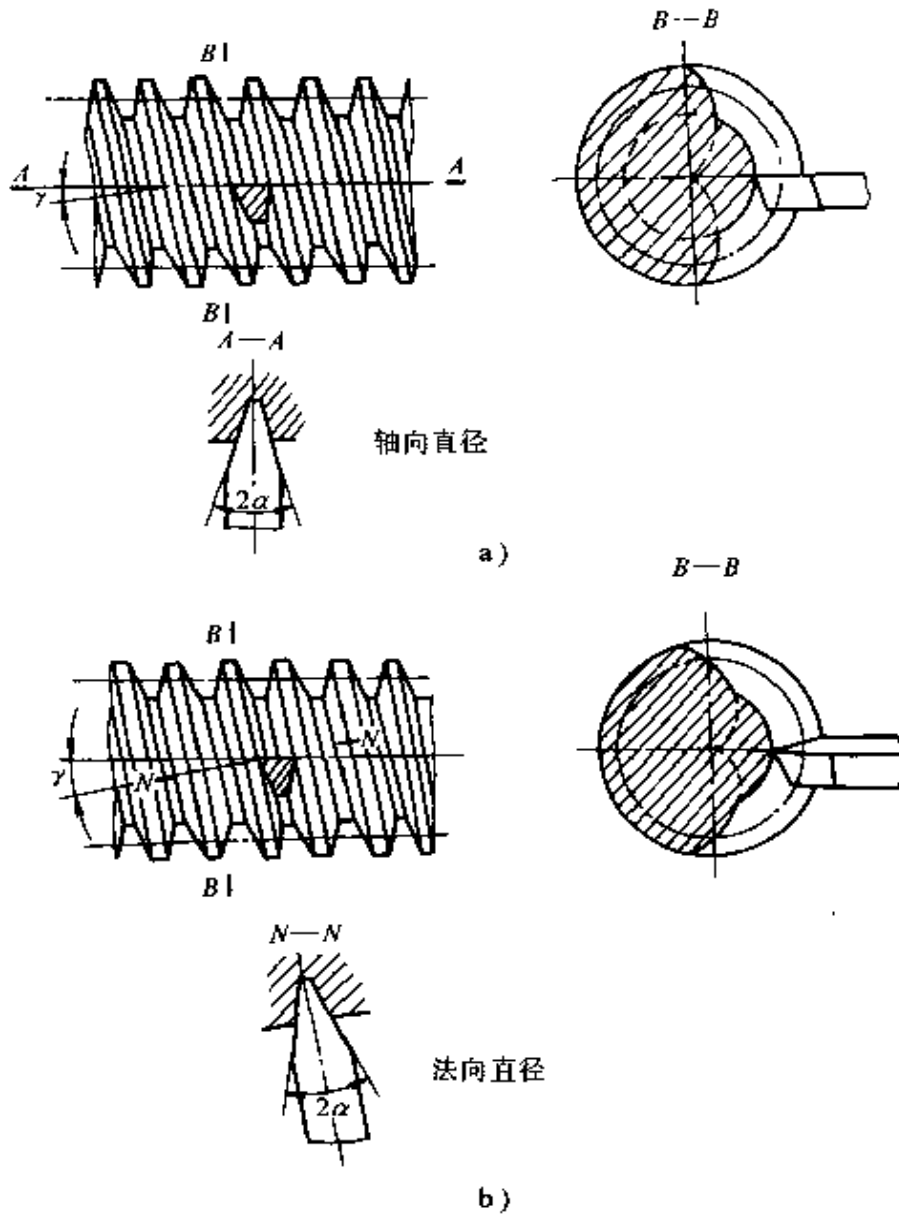


图 5-25 蜗杆齿形

a) 轴向直廓蜗杆 b) 法向直廓蜗杆

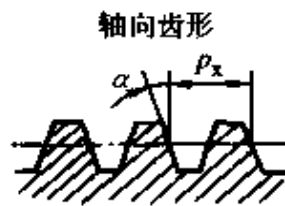
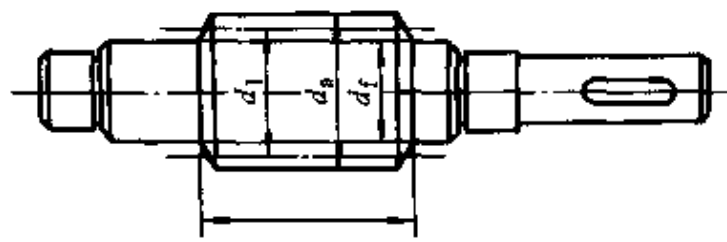
车多头蜗杆，主要是解决分头方法。根据多头蜗杆形成原理，分头方法有轴向分头法和圆周分头法两类。

1. 轴向分头法 第一条螺旋槽车好后，把车刀沿工件轴线方向移动一个齿距，再车第二条螺旋槽。

(1) 小滑板刻度分头法 第一条螺旋槽车好后，利用小滑板刻度，使车刀移动一个齿距。小滑板刻度盘转过格数可用下式计算

$$K = p/a$$

表 5-6 米制蜗杆各部分名称、代号及尺寸计算



法向齿形



名 称		代 号	计 算 公 式
轴 向 模 数		$m_x$	由国家标准和设计要求确定
头 数		$z_1$	由设计要求确定
直 径 系 数		$q$	通常 $q = 8 \sim 18$
齿 形 角		$\alpha$	$\alpha = 20^\circ$
齿 距		$p$	$p = \pi m_x$
导 程		$p_z$	$p_z = z_1 p = z_1 \pi m_x$
全 齿 高		$h$	$h = 2.2 m_x$
齿 顶 高		$h_a$	$h_a = m_x$
齿 根 高		$h_f$	$h_f = 1.2 m_x$
分度圆直径		$d_1$	$d_1 = q m_x$
齿顶圆直径		$d_{a1}$	$d_{a1} = d_1 + 2 m_x$
齿根圆直径		$d_{f1}$	$d_{f1} = d_1 - 2.4 m_x$
导 程 角		$\gamma$	$\tan \gamma = P_z / \pi d_1$
齿 顶 宽	轴 向	$s_a$	$s_a = 0.843 m_x$
	法 向	$s_m$	$s_m = 0.843 m_x \cos \gamma$
齿根槽宽	轴 向	$e_f$	$e_f = 0.697 m_x$
	法 向	$e_{fn}$	$e_{fn} = 0.697 m_x \cos \gamma$
齿 厚	轴 向	$s_x$	$\frac{\pi m_x}{2}$
	法 向	$s_n$	$\frac{\pi m_x}{2} \cos \gamma$

(1) 交换齿轮分头法 当交换齿轮  $z_1$  的齿数是螺旋线数  $n$  的整数倍时, 第一条螺旋槽车好后, 停机, 在交换齿轮  $z_1$  上作等分记号, 将齿轮  $z_1$ 、 $z_2$  脱开, 用手转动卡盘, 使齿轮  $z_1$  另一记号与齿轮  $z_2$  的记号啮合, 分头方法如图 5-28 所示。

(2) 卡盘卡爪分头法 当卡盘的卡爪是螺旋线数的整数倍时, 第一条螺旋槽车好后, 将后顶尖松开, 把工件连同鸡心夹头转动一个角度, 由卡盘另一卡爪拨动, 再顶好后顶尖。

(3) 分度盘分头法 当分度盘固定主轴上时, 第一条螺旋槽车好后, 拔出定位销 1, 松开螺母 3, 转动分度盘 4 至所需角度, 再把定位销 1 插入另一定位孔 2, 紧固螺母 3, 分度盘如图 5-29 所示。

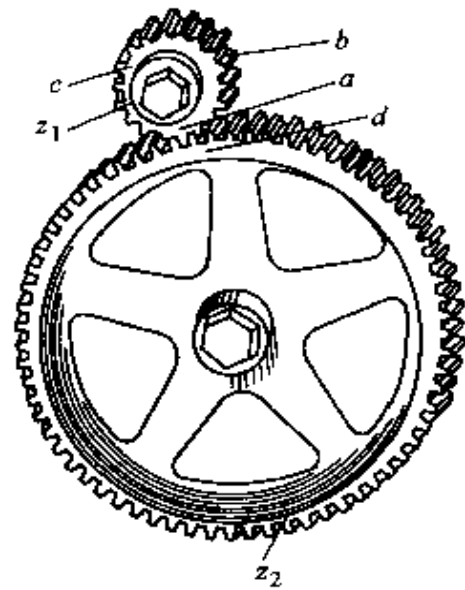


图 5-28 交换齿轮分头法  
 $z_1$ —主动轮齿数  $z_2$ —从动轮齿数  
 $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ —记号

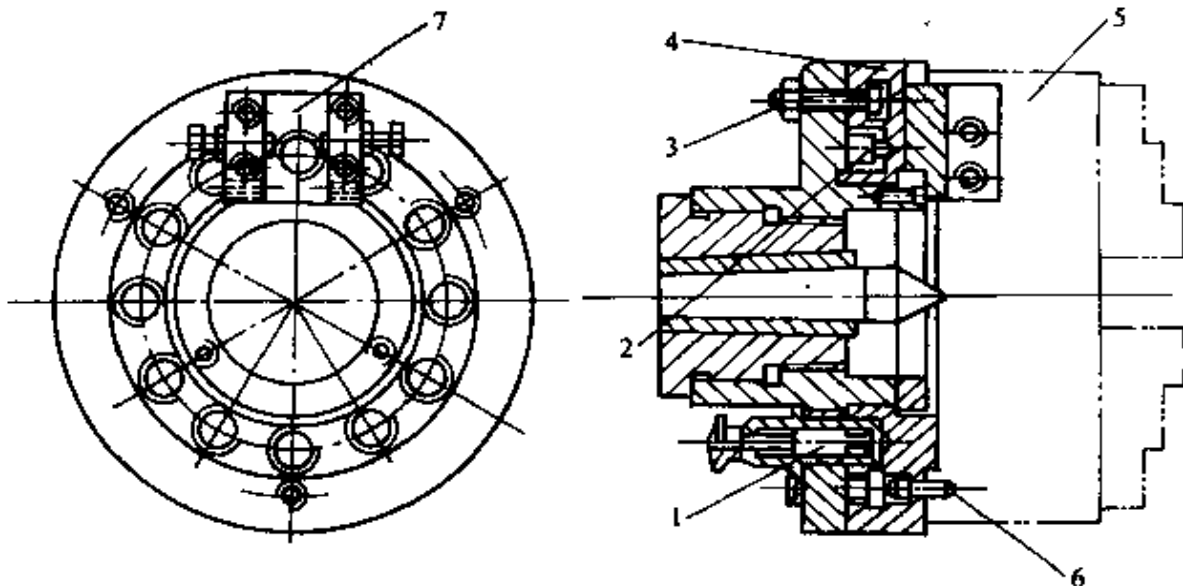


图 5-29 分度盘

1—定位销 2—定位孔 3—螺母 4—分度盘 5—卡盘 6—螺钉 7—拨块

### 三、蜗杆车刀

(1) 高速钢蜗杆粗车刀 粗车刀要求左右切削刃之间的夹角小于

两倍齿形角，刀头宽度小于齿根槽宽，磨  $20^\circ$  左右纵向前角，刀尖适当倒圆，如图 5-30 所示。

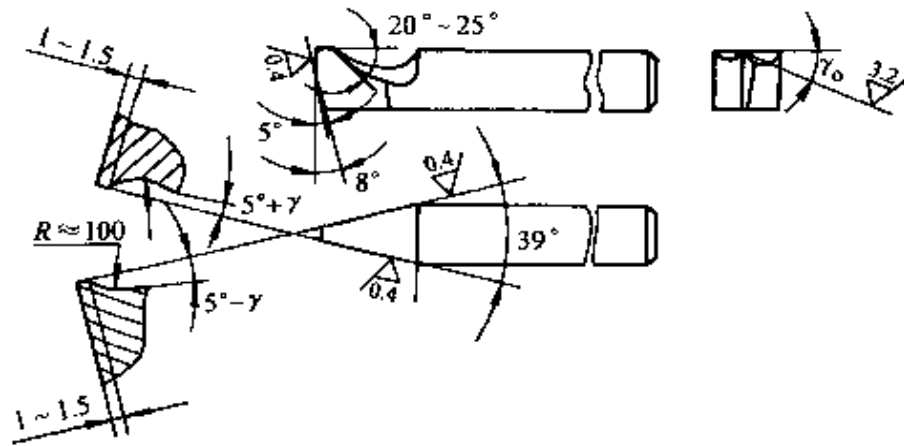


图 5-30 高速钢蜗杆粗车刀

(2) 高速钢蜗杆精车刀 精车刀要求左右切削刃之间的夹角等于两倍齿形角，切削刃直线度好，表面粗糙度值小，磨有较大前角的卷屑槽，如图 5-31 所示。

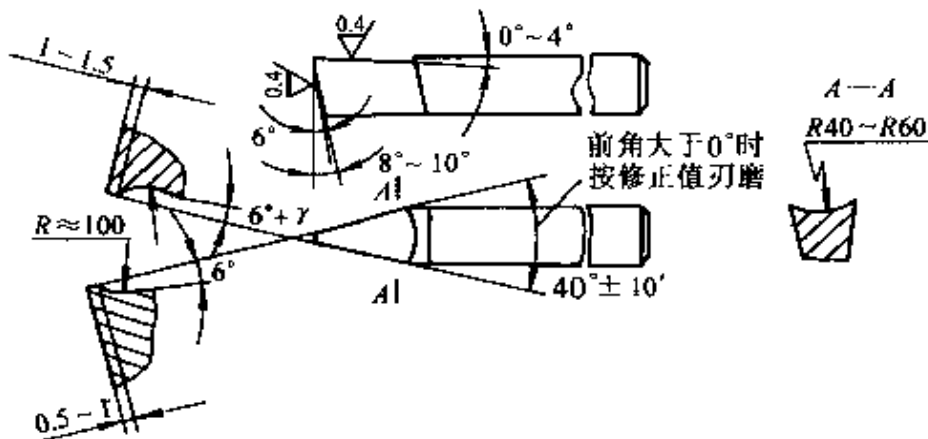


图 5-31 高速钢蜗杆精车刀

蜗杆车刀安装如图 5-25 所示。精车轴向直廓蜗杆时，车刀左右切削刃组成的平面应与工件轴心线重合；精车法向直廓蜗杆时，车刀左右切削刃组成的平面应垂直于齿面。

#### 四、蜗杆车削方法

一般采用低速车蜗杆，分粗车和精车两个阶段。

1. 粗车 当模数小于 3mm 时，可采用左右切削法；当模数大于 3mm 时，可采用切槽法或分层切削法；当模数大于 8mm 时，尽可能

采用分层切削法，每一层的切削与左右切削法相同。

2. 精车 用精车刀车削成形。

车多头蜗杆时，应先粗车每一条螺旋槽，然后精车。车每一条螺旋槽时，车刀的切入深度应相等。精车时，尽可能采用直进法。

### 五、蜗杆齿厚测量

1. 用齿厚游标卡尺测量蜗杆法向齿厚 测量精度要求较低的蜗杆时，可采用齿厚游标卡尺测量。测量时，把齿高卡尺读数调整到齿顶高尺寸，法向卡入齿廓，齿厚卡尺的读数为蜗杆分度圆直径的法向齿厚，如图 5-32 所示。

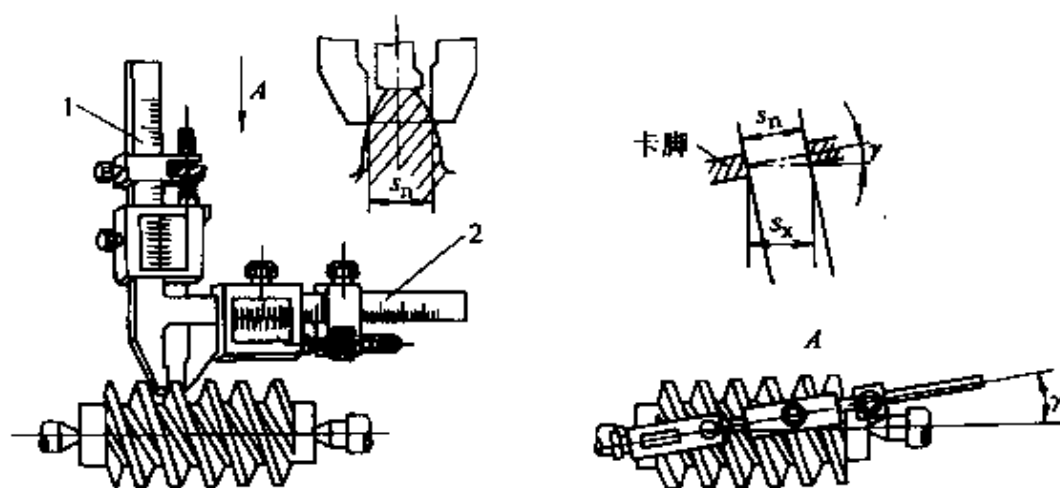


图 5-32 用齿厚游标卡尺测量蜗杆法向齿厚

1—齿高卡尺 2—齿厚卡尺

2. 用三针测量齿厚 测量精度要求较高的蜗杆，图样上标注的是齿厚公差时，为提高测量精度，可将齿厚偏差换算成量针测量距偏差，用三针测量。齿厚偏差的换算如图 5-33 所示。当齿形角  $\alpha = 20^\circ$  时，计算公式为

$$\text{轴向直廓蜗杆} \quad M = d_1 + 3.924d_D - 4.316m_x + 1.2909d_D \tan^2 \gamma$$

$$\text{法向直廓蜗杆} \quad M = d_1 + 3.924d_D - 4.316m_x \cos \gamma$$

$$d_D = 1.672m_x$$

$$\Delta M = 2.7475\Delta s$$

式中  $M$ ——三针测量时千分尺测量的尺寸 (mm)；

$d_1$ ——蜗杆分度圆直径 (mm)；

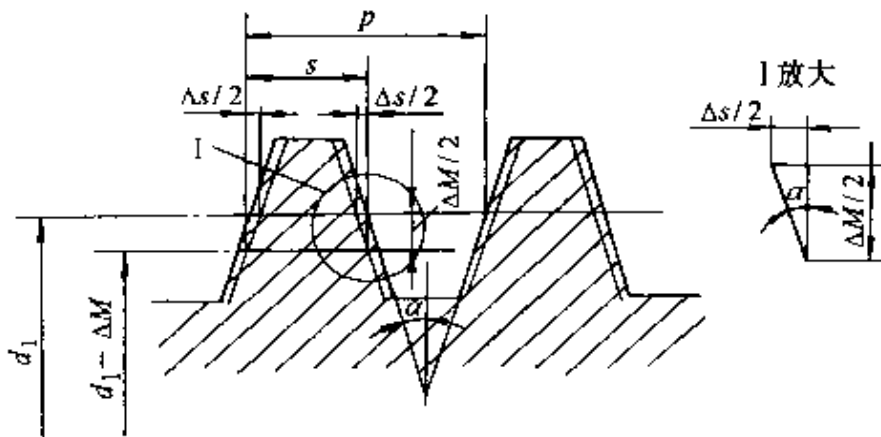


图 5-33 齿厚偏差的换算

- $\gamma$ ——蜗杆导程角 ( $^\circ$ );  
 $d_D$ ——量针直径 (mm);  
 $m_x$ ——蜗杆轴向模数 (mm);  
 $\Delta M$ ——三针测量时, 量针测量距偏差 (mm);  
 $\Delta s$ ——齿厚偏差 (mm)。

例 7 用三针测量齿形角  $\alpha = 20^\circ$ ,  $m_x = 4\text{mm}$ , 分度圆直径  $d_1 = 40\text{mm}$ , 齿厚  $s_x = 6.28_{-0.23}^{0.12}\text{mm}$ ,  $z_1 = 2$  的轴向直廓蜗杆, 试确定三针测量值  $M$  的范围。

$$\text{解 } \tan \gamma = \frac{p_z}{\pi d_1} = \frac{z \pi m_x}{\pi d_1} = \frac{2 \times 3.1416 \times 4\text{mm}}{3.1416 \times 40\text{mm}} = 0.2$$

$$\gamma = 11^\circ 18' 36''$$

$$d_D = 1.672 m_x = 1.672 \times 4\text{mm} = 6.688\text{mm}$$

$$\begin{aligned} M &= d_1 + 3.924 d_D - 4.316 m_x + 1.2909 d_D \tan^2 \gamma \\ &= 40\text{mm} + 3.924 \times 6.688\text{mm} - 4.316 \times 4\text{mm} + 1.2909 \times 4\text{mm} \\ &\quad \times (\tan 11^\circ 18' 36'')^2 \\ &= 49.187\text{mm} \end{aligned}$$

$$\Delta M_{\pm} = 2.7475 \Delta s_{\pm} = 2.7475 \times (-0.12\text{mm}) = -0.330\text{mm}$$

$$\Delta M_{\mp} = 2.7475 \Delta s_{\mp} = 2.7475 \times (-0.23\text{mm}) = -0.632\text{mm}$$

$$M \text{ 值范围为 } 49.187_{-0.632}^{-0.330}\text{mm}$$

## 六、车双头蜗杆

双头蜗杆如图 5-34 所示。

蜗杆型式	阿基米德
轴向模数	4
头数	2
齿形角	20°
螺旋方向	右
精度等级	8DC

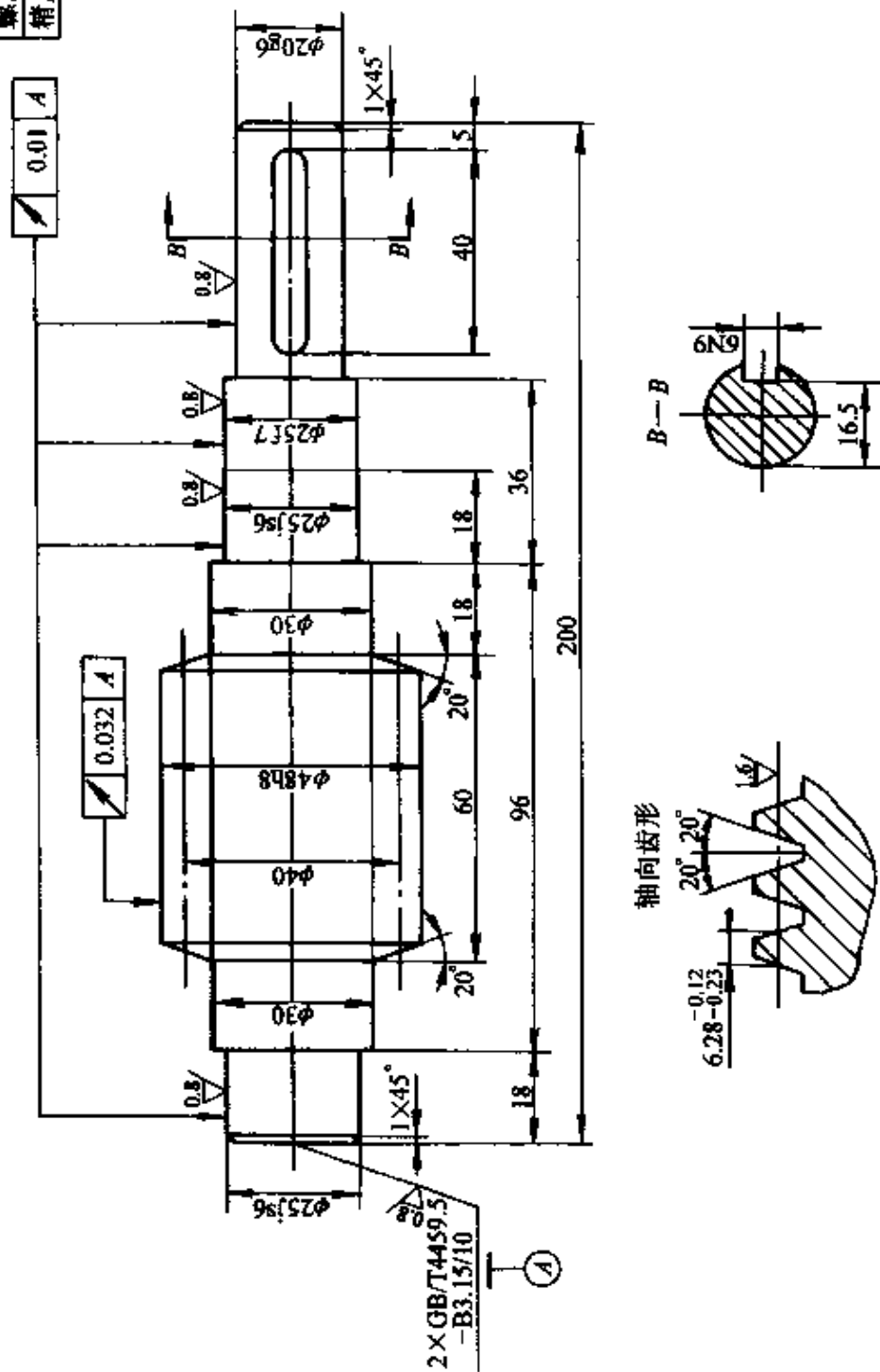


图 5-34 双头蜗杆



(续)

			机械加工工艺过程卡片		产品名称	图号		
					零件名称	共1页 第1页		
材料牌号		45	毛坯种类		热轧圆钢	毛坯尺寸		$\phi 53 \times 205$
工序	工种	工步	工序内容			设备	工艺装备	
3	车	1	三爪自定心卡盘夹毛坯外圆 车左端面, 钻中心孔 B3.15			CA6140	中心钻 B3.15	
		2	三爪自定心卡盘夹毛坯外圆, 一夹一顶 车 $\phi 48h8$ 至 $\phi 48.4_{-0.1}^0$ , $\phi 30$ 至尺寸, 长 36; $\phi 25js6$ 至 $\phi 25.4_{-0.1}^0$ , 长 18 倒角					
		3	三爪自定心卡盘夹 $\phi 25.4$ 外圆 车右端面至总长 200, 钻中心孔 B3.15					
		4	三爪自定心卡盘夹 $\phi 25.4$ 外圆, 一夹一顶 车 $\phi 30$ 至尺寸 粗车蜗杆齿形, 控制齿厚 $6.7_{-0.1}^0$ 车 $\phi 25js6$ 和 $\phi 25f7$ 至 $\phi 25.4_{-0.1}^0$ , 控制长度 96; 车 $\phi 20g6$ 至 $\phi 20.4_{-0.1}^0$ 倒角					
4	铣	铣键槽 6N9 至尺寸			X52K	方塞规 6N9		
5	钳	修去蜗杆两端不完整牙, 去毛刺						
6	磨	两顶尖装夹 磨 $\phi 48h8$ 、 $\phi 25js6$ 、 $\phi 25f7$ 、 $\phi 20g6$ 至要求			M1432			
7	车	两顶尖装夹 精车蜗杆齿形至要求, 用 $\phi 6.688$ 量针千分尺测量 值 $M = 49.187_{-0.002}^0$			CA6140	量针 $\phi 6.688$		
8	检	检验						

#### 第四节 车偏心工件

外圆和外圆或内孔和外圆的轴线平行而不重合的零件, 叫偏心工件。

##### 一、偏心工件的车削方法

车偏心工件主要是在装夹方面采取措施, 把需要加工偏心部分的轴线找正到与车床主轴轴线相重合。在开始车偏心时, 车刀应远离工

件后启动主轴，车刀刀尖从偏心的最外一点逐步切入工件。

1. 在四爪单动卡盘上车偏心工件 当工件数量较少，长度较短，不便于在两顶尖上装夹时，可用四爪单动卡盘装夹车偏心。

2. 在三爪自定心卡盘上车偏心工件  
长度较短或数量较多的偏心工件，可在三爪自定心卡盘的一个卡爪上垫上垫片，使工件产生偏心来车削，如图 5-35 所示。垫片厚度可用近似公式计算

$$x = 1.5e + k$$

$$k \approx 1.5\Delta e$$

式中  $x$ ——垫片厚度 (mm)；

$e$ ——工件偏心距，正负值按实测结果确定 (mm)；

$k$ ——偏心距修正值 (mm)；

$\Delta e$ ——试切后，实测偏心距误差 (mm)。

3. 在两顶尖间车偏心工件 在偏心轴两端面钻中心孔和偏心中心孔，在两顶尖间车偏心工件。

4. 在双重卡盘上车偏心工件 成批加工偏心距不大，长度较短的偏心工件，可将三爪自定心卡盘夹在四爪单动卡盘上，并移动一个偏心距车偏心。

5. 在偏心卡盘上车偏心工件 偏心卡盘调整方便，通用性强，精度较高，是一种较理想的车偏心工具。偏心卡盘的结构如图 5-36 所示。

6. 在专用夹具上车偏心工件 偏心精度要求较高，数量较多的偏心工件，可在专用夹具上车削。

## 二、偏心距的测量

1. 在两顶尖间测量偏心距 两端有中心孔、偏心距较小的偏心轴，可在两顶尖间测量偏心距。测量方法如图 5-37 所示。测量时，把工件装夹在两顶尖之间，百分表触头与偏心外圆接触，用手将偏心轴转动一周，百分表上指示出的最大值与最小值之差的一半就等于偏心距。

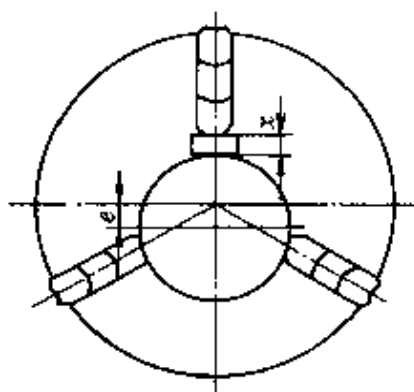


图 5-35 在三爪自定心卡盘上车偏心工件

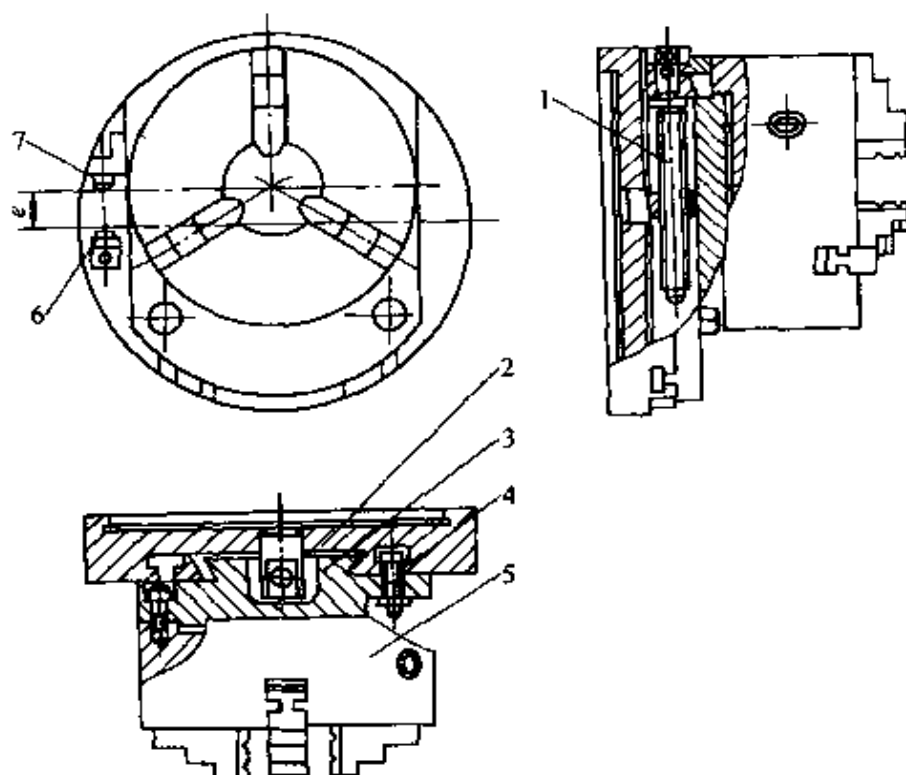


图 5-36 偏心卡盘

1—丝杠 2—花盘 3—偏心体 4—螺钉  
5—三爪自定心卡盘 6、7—测量头

偏心距较小的偏心套，  
可将偏心套装在心轴上，  
再在两顶尖间测量。

2. 在 V 形架上测量  
偏心距 偏心距较大或无  
中心孔的工件，可在 V 形  
架上间接测量偏心距。测  
量方法如图 5-38 所示。测  
量时，把 V 形架放在平板  
上，工件放在 V 形架中，

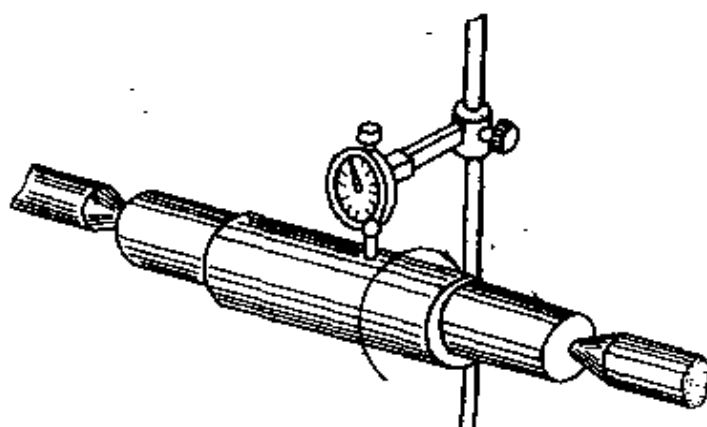


图 5-37 在两顶尖间测量偏心距

转动工件，找出偏心外圆的最高点并固定工件，然后移动百分表，测量偏心外圆到基准外圆的距离。偏心距可用下式计算

$$e = \frac{D}{2} - \frac{d}{2} - a$$

式中  $e$ ——偏心距 (mm);  
 $D$ ——基准外圆直径 (mm);  
 $d$ ——偏心外圆直径 (mm);  
 $a$ ——基准外圆到偏心外圆之间的最小距离 (mm)。

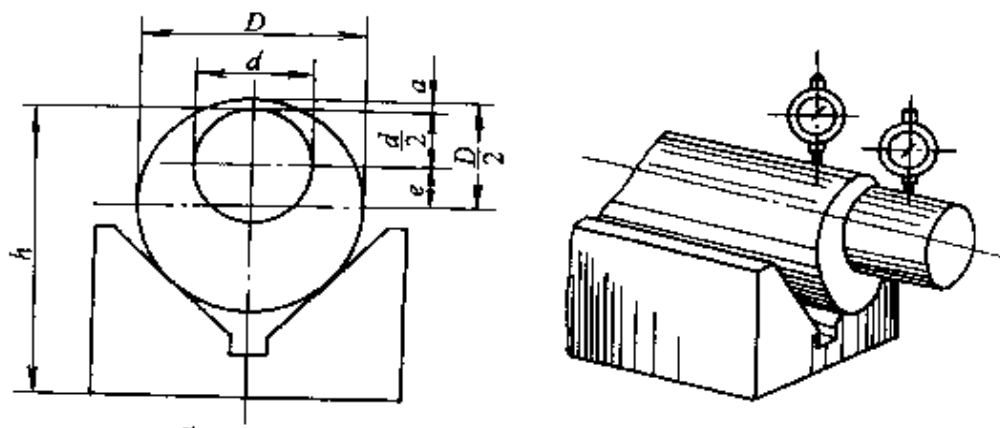


图 5-38 在 V 形架上测量偏心距

### 三、车精密偏心套

精密偏心套如图 5-39 所示。

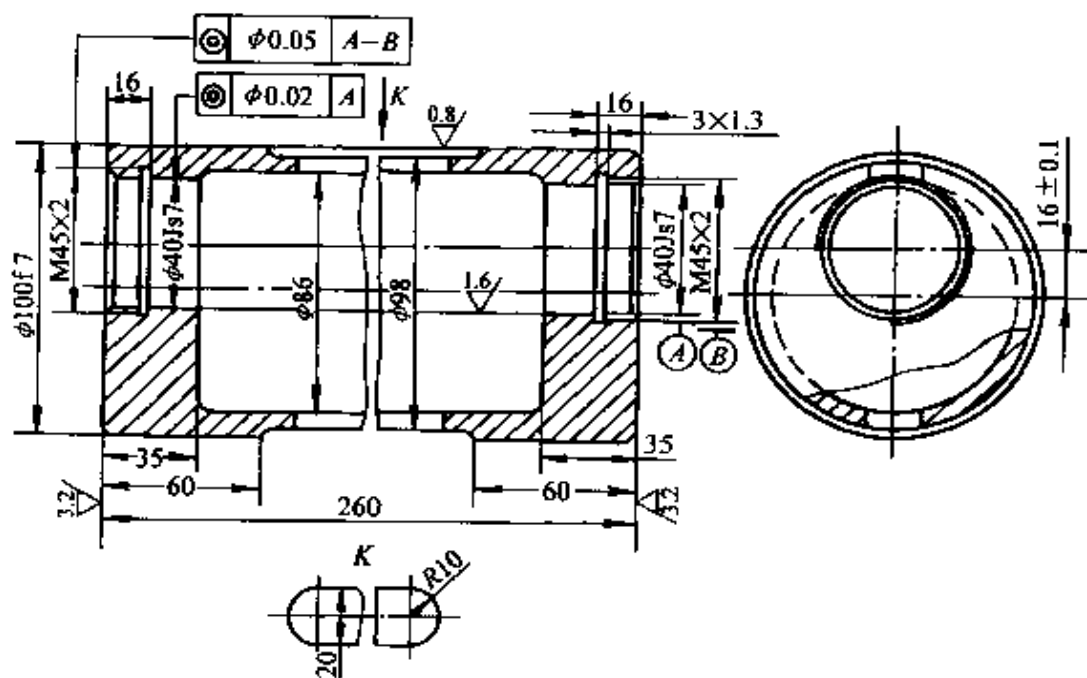


图 5-39 精密偏心套

#### 1. 主要技术要求

表 5-8 精密偏心套机械加工工艺流程 (单位: mm)

机械加工工艺流程卡片			产品名称	图号			
			零件名称	精密偏心套	共 1 页	第 1 页	
材料牌号			HT200	毛坯种类	铸件	毛坯尺寸	
工序	工种	工步	工序内容		设备	工艺装备	
1	铸		铸造毛坯				
2	热		退火				
3	钳		划外圆中心十字线和端面线				
4	车	1	四爪单动卡盘夹毛坯外圆, 找正 车光端面, 钻中心孔 A4		CA6140	中心钻 A4	
		2	四爪单动卡盘, 一夹一顶, 找正 车外圆 $\phi 100_{f7}$ 至 $\phi 100.5_{-0.1}^0$ 倒角				
		3	四爪单动卡盘夹 $\phi 100.5_{-0.1}^0$ 外圆, 搭中心架, 找正 车总长至 260, 钻中心孔 A4 倒角				
5	磨		两顶尖装夹 磨外圆 $\phi 100_{f7}$ 至 $\phi 100_{-0.021}^{0.021}$		M1432		
6	车	1	工件外圆装在夹具 F1 中, 夹紧 钻孔, 车孔、铰孔 $\phi 40_{js7}$ 至 $\phi 40 \pm 0.012$		CA6140	夹具 F1 铰刀 $\phi 40_{js7}$ , 塞规 $\phi 40_{js7}$ 螺纹塞规 M45 $\times 2$	
		2	车孔, 车槽, 车内螺纹 M45 $\times 2$ 至尺寸 上夹具转过 180°, 锁紧				
		3	车孔, 车槽, 车内螺纹 M45 $\times 2$ 至尺寸				
7	检		检验				

## 第五节 车 曲 轴

曲轴有两拐、四拐、六拐、八拐等, 曲柄颈之间的角度分别互成 90°、120°、180°等角度。车曲轴主要是车主轴颈和曲柄颈, 车削时要增加曲轴的刚性和解决曲柄颈的装夹问题。

### 一、多拐曲轴的装夹方法

1. 用偏心夹板装夹曲轴 两端无法钻中心孔的曲轴, 可在曲轴两端装上圆形偏心夹板, 偏心夹板上有分度精确的中心孔, 如图 5-41

所示。为使偏心夹板安装位置正确，可在偏心夹板下面设计辅助基准面，如图 5-42 所示。

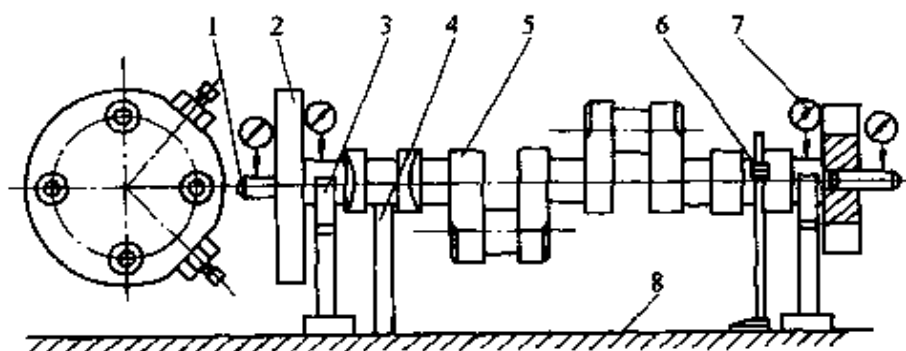


图 5-41 用圆形偏心夹板装夹曲轴

1—检验棒 2—圆形偏心夹板 3—V形架 4—量块  
5—工件 6—高度游标尺 7—百分表 8—平板

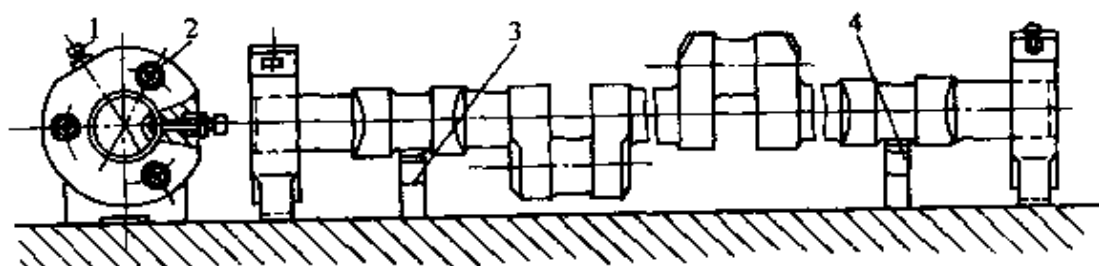


图 5-42 用有辅助基准的偏心夹板装夹曲轴

1—锁紧螺钉 2—偏心中心孔 3、4—量块组

安装偏心夹板后必须进行找正。对于圆形夹板，先将工件放在平板上的 V 形架中，两端套上偏心夹板，用高度游标尺根据偏心夹板上的偏心中心找正各曲柄颈中心，紧固偏心夹板。对于有辅助基准的偏心夹板，可在曲柄颈下垫千斤顶，用高度游标尺根据偏心夹板上的偏心中心找正各曲柄颈中心；粗加工过的曲轴，也可用计算好的量块组垫在曲柄颈下面，找正曲柄颈中心。

2. 用偏心卡盘装夹曲轴 用偏心卡盘装夹曲轴的方法如图 5-43 所示。花盘 1 用螺钉固定在车床主轴的连接盘上，偏心卡盘体 4 与花盘 1 的燕尾槽相配合。曲轴装夹用偏心卡盘的半圆弧定位元件定位，用盖板 3 夹紧。偏心距用丝杠 2 调整，可在测量头 7、8 之间测量，偏心距调好后用 T 形螺栓 5 紧固。一组曲柄颈车好后，用分度板 9 进

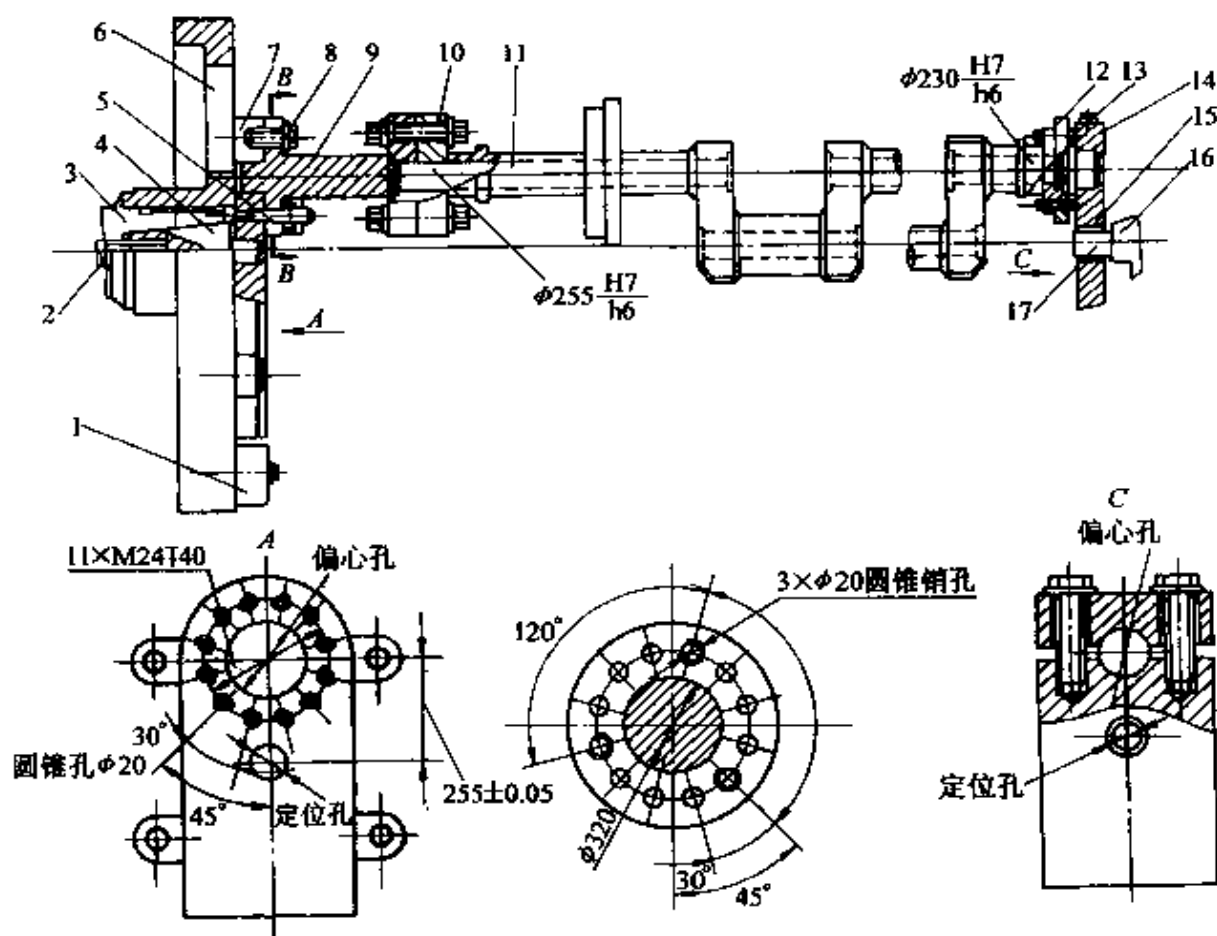


图 5-44 用专用夹具装夹曲轴

- 1—平衡块 2—拉杆 3—主轴 4—心轴 5—圆锥销 6—花盘  
 7—偏心体 8、10、13—螺栓 9—分度盘 11—曲轴 12—连接体  
 14—对分式轴座 15—铜套 16—尾座 17—尾座轴颈

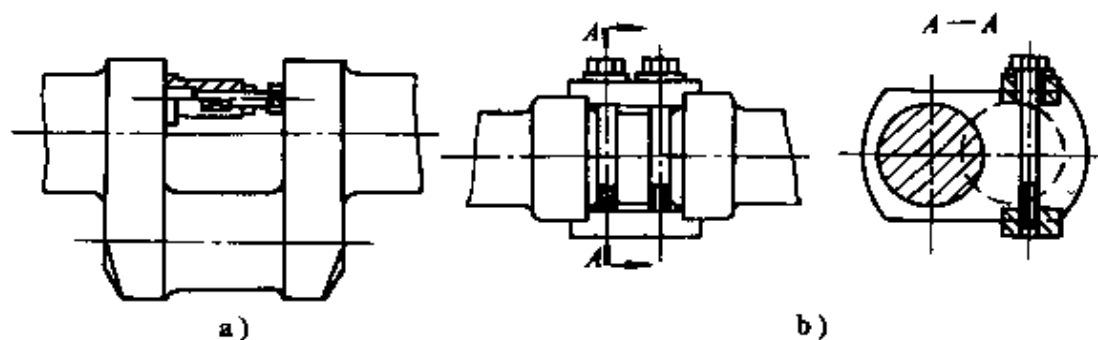


图 5-45 支撑螺钉和凸缘压板

- a) 支撑螺钉 b) 凸缘压板

2. 使用中心架 车削主轴颈时, 在不加工的主轴颈上可搭中心

架，增加曲轴刚性。但要防止轴颈表面被拉毛、划伤。

### 3. 使用中心架偏心套

在车削曲柄颈及扇板开档时，可使用中心架偏心套。中心架偏心套装在主轴颈上，并用盖板 1、螺栓 2 夹紧，外缘用大型中心架 3 支承，如图 5-46 所示。

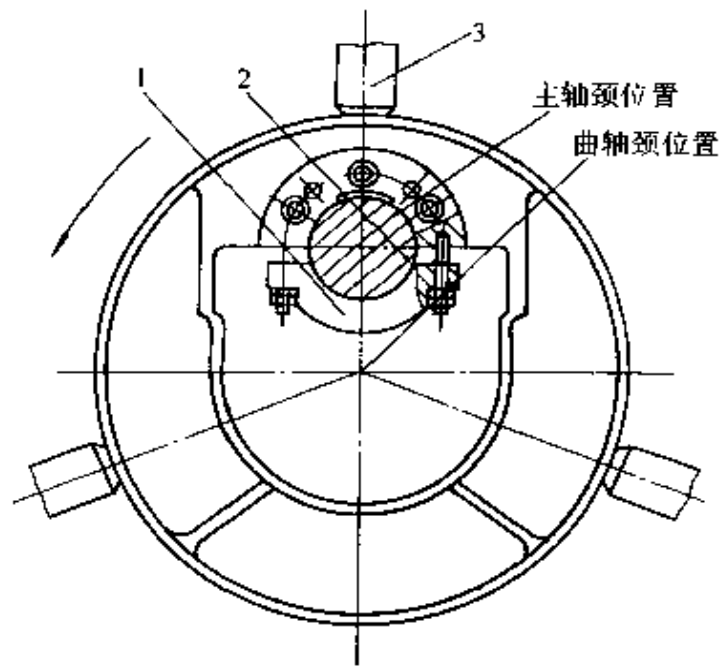


图 5-46 中心架偏心套

1—盖板 2—螺栓 3—中心架

## 三、曲轴的测量

曲轴的尺寸精度，轴颈间的同轴度、平行度的测量方法与一般轴类零件相似。曲柄颈夹角的测量有用分度头测量和用垫块测量两种方法。

1. 用分度头测量 用分度头测量曲柄颈夹角如图 5-47 所示。曲轴的一端用分度头的三爪自定心卡盘夹住，另一端用可调 V 形架支承，分度头、V 形架放在平板上，先校正主轴颈轴线与平板平行；将第一个曲柄颈转到水平位置，用百分表测量曲柄颈顶点高度；再将分度头旋转曲柄颈夹角，用百分表测量曲柄颈顶点高度。曲柄颈的夹角误差可用下式计算

$$\sin\Delta\theta = \frac{\Delta L}{e}$$

$$L_1 = H_1 - \frac{d_1}{2}$$

$$L_2 = H_2 - \frac{d_2}{2}$$

$$\Delta L = (H_2 - H_1) - \frac{d_2 - d_1}{2}$$

式中  $\Delta\theta$ ——两曲柄颈间夹角误差 ( $^\circ$ )；

$\Delta L$ ——两曲柄颈中心高度差 (mm)；



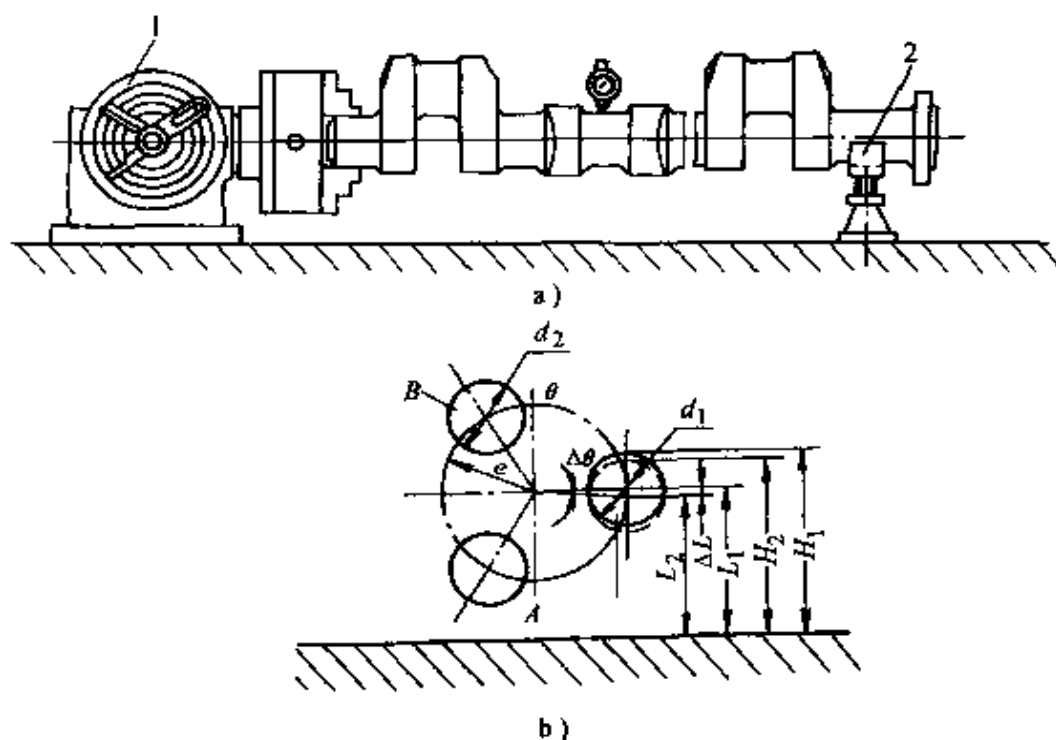


图 5-47 用分度头测量曲柄颈角度误差

1—分度头 2—可调 V 形架

 $e$ ——曲柄颈偏心距 (mm); $L_1$ 、 $L_2$ ——两曲柄颈中心高度 (mm); $H_1$ 、 $H_2$ ——两曲柄颈顶点高度 (mm); $d_1$ 、 $d_2$ ——两曲柄颈直径 (mm)。

普通分度头转角误差较大, 测量精度要求高时, 可用光学分度头或精密分度板代替普通分度头。

2. 用垫块测量 测量方法如图 5-48 所示。曲轴支承在 V 形架上, 校正主轴颈轴线与平板平行, 在曲柄颈下垫入垫块, 垫块高度可用下式计算

$$h = M - \frac{D + d}{2} - e \sin \theta$$

式中  $h$ ——垫块高度 (mm);

$M$ ——主轴颈外圆顶点高度 (mm);

$D$ ——主轴颈实际直径尺寸 (mm);

$d$ ——曲轴颈实际直径尺寸 (mm);

$e$ ——曲柄颈偏心距 (mm);

$\theta$ ——曲柄颈与主轴颈中心平面的夹角 ( $^{\circ}$ )。

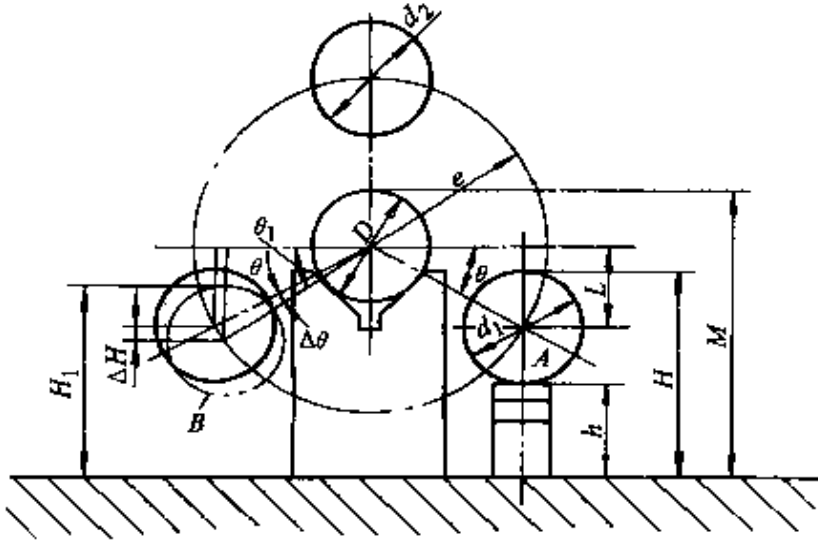


图 5-48 用垫块测量曲柄颈角度误差

测量时,用百分表测量两曲柄颈顶点的高度差后,用下式计算曲柄颈角度误差

$$\Delta\theta = \theta_1 - \theta$$

$$H = e \sin\theta + \frac{d_1}{2}$$

$$H_1 = e \sin\theta_1 + \frac{d_2}{2}$$

$$\Delta H = H_1 - H = e (\sin\theta_1 - \sin\theta) + \frac{d_2 - d_1}{2}$$

$$\sin\theta_1 = \frac{e \sin\theta \pm \Delta H}{e}$$

式中  $\Delta\theta$ ——两曲柄颈间夹角误差 ( $^{\circ}$ );

$\theta_1$ ——无垫块曲柄颈与主轴中心平面的夹角 ( $^{\circ}$ );

$\theta$ ——有垫块曲柄颈与主轴中心平面的夹角 ( $^{\circ}$ );

$e$ ——曲柄颈偏心距 (mm);

$\Delta H$ ——两曲柄颈中心高度差 (mm);

$H$ 、 $H_1$ ——两曲柄颈顶点高度 (mm);

$d_1$ 、 $d_2$ ——两曲柄颈的直径 (mm)。

**例 8** 有一根  $120^\circ$  等分六拐曲轴，主轴颈直径  $D = 225\text{mm}$ ，曲柄颈直径  $d = 225\text{mm}$ ，偏心距  $e = 225\text{mm}$ ，在 V 形架上主轴颈顶点高度  $M = 460\text{mm}$ ，求垫块高度。若两曲柄颈高度差  $\Delta H = 0.4\text{mm}$ ，求曲柄颈的角度误差。

$$\begin{aligned} \text{解 } h &= M - \frac{D+d}{2} - e\sin\theta \\ &= 460\text{mm} - \frac{225\text{mm} + 225\text{mm}}{2} - 225\text{mm} \times \sin 30^\circ = 112.5\text{mm} \end{aligned}$$

$$\sin\theta_1 = \frac{e\sin\theta - \Delta H}{e} = \frac{225\text{mm} \times \sin 30^\circ - 0.4\text{mm}}{225\text{mm}} = 0.4982$$

$$\theta_1 = 29^\circ 53'$$

$$\Delta\theta = \theta_1 - \theta = 29^\circ 53' - 30^\circ = -7'$$

#### 四、车六拐曲轴

六拐曲轴如图 5-49 所示。

##### 1. 主要技术要求

- 1) 主轴颈  $\phi 225_{-0.03}^0\text{mm}$ ，曲柄颈  $\phi 225_{-0.03}^0\text{mm}$ 。
- 2) 曲柄颈与主轴颈距离  $225\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ ，曲柄颈夹角  $120^\circ \pm 15'$ 。
- 3) 各曲柄颈中心距离  $480\text{mm} \pm 0.15\text{mm}$ ，左端面距右端曲柄颈中心  $370\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ 、距左端曲柄颈中心  $2770\text{mm} \pm 0.15\text{mm}$ 。

##### 2. 工艺分析

1) 材料为 45 钢，自由锻造毛坯，使曲轴内部金属纵向纤维按最有利的方向排列，提高曲轴强度，锻造后进行正火处理。

2) 扇板开档自由锻造一般不锻出，需钳工划线钻孔，去除过多的毛坯余量。

3) 车曲柄颈时，采用偏心夹板保证曲柄颈与主轴颈间距离，曲柄颈夹角。用偏心中心架支承，车曲柄颈和扇板开档，增加曲轴刚性。

4) 车削前，应进行平衡，保证各轴颈圆度。

5) 曲柄颈和主轴颈精车后挤压，降低表面粗糙度值和提高硬度，也可用曲轴磨床加工。

6) 曲轴精加工后应进行超声波探伤和动平衡试验。

3. 机械加工工艺过程 小批生产六拐曲轴机械加工工艺过程见表 5-9。

表 5-9 六拐曲轴机械加工工艺过程 (单位: mm)

材料牌号			45			毛坯种类			机械加工工艺过程卡片					
									产品名称	图号	零件名称	六拐曲轴	共1页	第1页
材料牌号			45			毛坯种类			锻件			毛坯尺寸		
工序	工种	步骤	工 序 内 容						设 备		工 艺 装 备			
1	锻		锻造毛坯											
2	热		正火											
3	钻		划右端主轴颈中心线, 钻中心孔 A5						Z3025		中心钻 A5			
4	车	1	四爪单动卡盘, 找正, 一夹一顶 粗车主轴颈轴线上各档外圆, 留加工余量 22, 各扇板面留加工余量 5						C630					
		2	搭中心架, 车总长, 留余量 70											
5	钳		在曲拐块上划曲柄颈和扇板开档线, 留加工余量 14, 去除各档曲柄颈处的多余坯料						Z3025					
6	热		调质											
7	车	1	搭中心架, 车端面, 钻中心孔 A5						C630		中心钻 A5			
		2	调头, 车总长至尺寸 $3600 \pm 0.5$ , 钻中心孔 A5											
		3	四爪单动卡盘, 找正, 一夹一顶											
		4	车 R345 外圆至尺寸											
		5	半精车各档主轴颈, 留加工余量 6, 扇板各面留加工余量 1~1.5											
			半精车两端处外圆, 留加工余量 6, 台阶面留加工余量 1~1.5											
8	钻		根据曲柄颈位置, 装钻模板 钻两端连接盘端面各孔, 留加工余量 2, 其中每端两孔钻、铰至 $\phi 26H7$						Z6025		钻模板 F1 铰刀 $\phi 26H7$ 塞规 $\phi 26H7$			
9	车	1	两端装偏心夹板, 找正曲柄颈轴线, 两顶尖装夹 粗车各曲柄颈, 留加工余量 6, 扇板各面留加工余量 2						C630		偏心夹板 F2			
		2	车扇板底面圆弧 R345 至尺寸											
10	镗		钻、车主轴颈和曲柄颈孔 $\phi 90$ 和 $\phi 102$ 至尺寸						T68					

(续)

			机械加工工艺过程卡片		产品名称	图号	
					零件名称	共1页 第1页	
材料牌号			45	毛坯种类	锻件	毛坯尺寸	
工序	工种	工步	工序内容			设备	工艺装备
11	车	1 2 3	四爪单动卡盘, 找正, 一夹一顶 车扇板两侧面圆弧 $R330$ 至尺寸 车各档主轴颈外圆至 $\phi 229 \pm 0.01$ 修整 $\phi 230$ 和 $\phi 255$ 外圆的台阶面			C630	
12	车		两端装偏心夹板, 找正曲柄颈轴线, 两顶尖装夹			C630	偏心夹板 F3
		1	精车各曲柄颈, 留挤压余量, 扇板开档 $148 \pm 0.1$ , 各曲柄颈中心距离 $480 \pm 0.15$ , 左端面距右端曲柄颈中心 $370 \pm 0.1$ 至尺寸				
		2	挤压各曲柄颈外圆 $\phi 225_{-0.03}^0$ 至尺寸				
13	车	1	主轴颈孔内装闷头, 钻中心孔, 两顶尖间装夹 精车主轴颈各外圆, 留挤压余量, 扇板两侧面和 两端外圆及各台阶面至尺寸 挤压各主轴颈外圆 $\phi 225_{-0.03}^0$ 至尺寸			C630	中心钻 A5
14	钻	1 2	扩、铰两端连接盘端面各孔至尺寸 倒角			Z3025	铰刀 $\phi 26H7$ 、 $\phi 35H7$ 塞规 $\phi 26H7$ 、 $\phi 35H7$
15	检		检验				

## 第六节 车薄壁工件

薄壁工件在夹紧力、切削力的作用下, 易产生变形、振动, 影响工件精度, 易引起热变形, 工件尺寸不易掌握。

### 一、薄壁工件的装夹方法

1. 用一次装夹车削薄壁工件 车长度较短、直径较小的薄壁工件时, 毛坯预留卡盘装夹长度, 粗精车外圆、内孔、端面至要求后割下。

2. 用卡盘、心轴车削薄壁工件 薄壁工件粗车后, 先用卡盘装夹精车内孔、端面至要求, 然后用胀力心轴装夹工件精车外圆、端面至要求。

3. 用花盘车削薄壁工件 直径大、要求高的盘类薄壁工件在粗车后, 磨两端面至尺寸, 然后将工件装夹在花盘上精车内孔、外圆至要求, 装夹方法如图 5-50 所示。

4. 用专用夹具车削薄壁工件 在专用夹具上车削薄壁工件如图

5-51 所示。

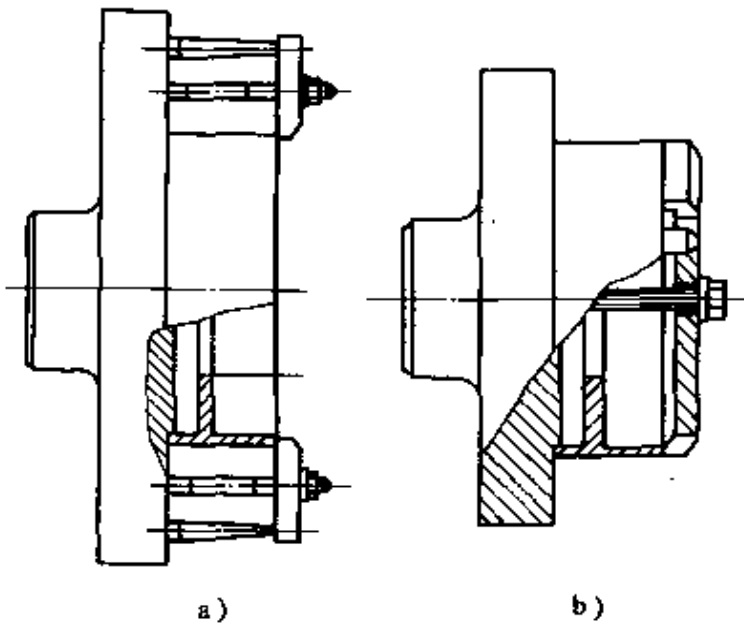


图 5-50 用花盘车削薄壁工件  
a) 精车内孔及端面 b) 精车外圆

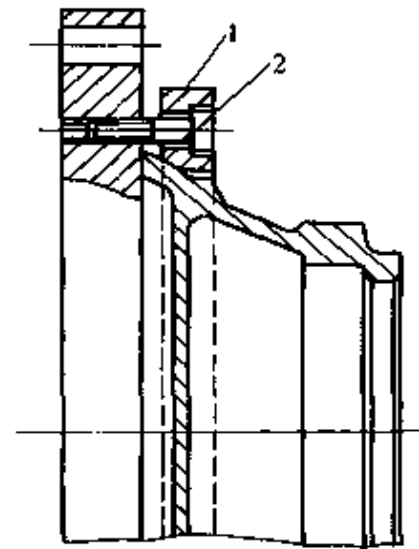


图 5-51 用专用夹具  
车削薄壁工件  
1—压紧圈 2—螺钉

## 二、防止和减少薄壁工件变形的办法

1. 工件分粗、精车 精车时，夹紧力小，减少夹紧力引起的变形。粗车后，进行时效处理，消除内应力引起的变形。

2. 增大装夹接触面 采用开缝套筒、扇形软爪、液性塑料定心夹具等，如图 5-52 所示。可增大装夹接触面积，使夹紧力均匀分布在工件上，工件不易产生变形。

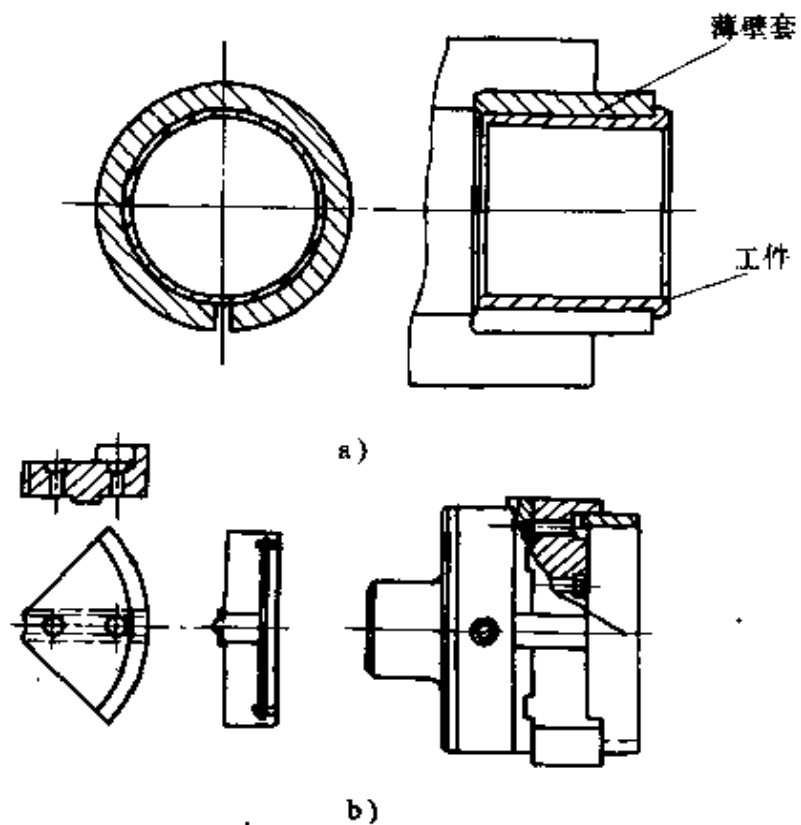


图 5-52 增大装夹接触面减少工件变形  
a) 开缝套筒 b) 扇形软爪

3. 增加工艺肋 在工件的夹紧部位特制工艺肋, 如图 5-53 所示。夹紧力作用在工艺肋上, 减少夹紧力引起的变形。

4. 采用轴向夹紧夹具 车薄壁工件, 一般不能使用径向夹紧的方法, 应采用轴向夹紧的方法, 使夹紧力沿刚性较好的轴线方向分布, 防止夹紧变形。

5. 选用刀具合理几何参数 适当增大前角、主偏角、刃倾角, 减小刀尖圆弧半径, 降低切削力, 并使刀具保持锐利状态, 减小工件变形。

在车削时, 还应加注切削液, 防止工件热变形。

### 三、车薄壁套环

薄壁套环如图 5-54 所示。

#### 1. 主要技术要求

- 1) 内孔  $\phi 64^{+0.03}_0$  mm、 $\phi 50^{+0.062}_0$  mm。
- 2) 外圆  $\phi 70^0_{-0.03}$  mm、 $\phi 90^0_{-0.074}$  mm。
- 3)  $\phi 70^0_{-0.03}$  mm 外圆对  $\phi 64^{+0.03}_0$  mm 内孔轴线的径向圆跳动允差 0.04mm。
- 4)  $\phi 90^0_{-0.074}$  mm 右端面对  $\phi 64^{+0.03}_0$  mm 内孔轴线垂直度允差 0.01mm。
- 5)  $\phi 90^0_{-0.074}$  mm 右端面对  $\phi 70^0_{-0.03}$  mm 左端面平行度允差 0.03mm。

#### 2. 工艺分析

- 1) 薄壁套环为薄壁台阶零件, 采用锻造毛坯, 材料为 45 钢, 在

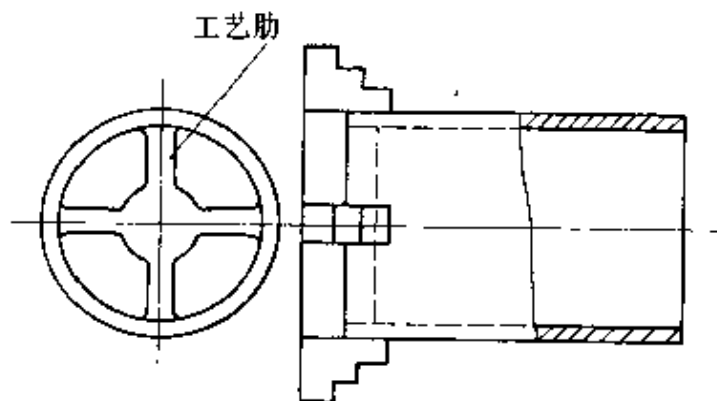


图 5-53 增加工艺肋减少工件变形

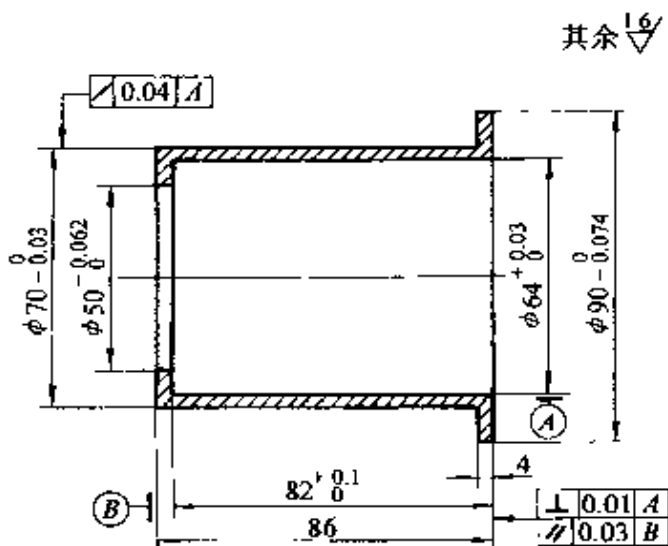


图 5-54 薄壁套环

粗加工前应进行正火处理。

2) 自由锻造余量多, 采取粗、精车分阶段进行, 粗车后进行时效处理。

3) 工件壁厚为 3mm, 在装夹时要采取措施防止工件变形。

4) 内孔  $\phi 64^{+0.03}_0$  mm 为基准孔, 精车时应先车孔和端面。

5) 外圆  $\phi 70_{-0.03}^0$  mm 对内孔  $\phi 64^{+0.03}_0$  mm 轴线有径向圆跳动要求, 精车外圆  $\phi 70_{-0.03}^0$  mm 时, 应以内孔  $\phi 64^{+0.03}_0$  mm 和右端面定位。

3. 机械加工工艺过程 小批生产薄壁套环机械加工工艺过程见表 5-10。

表 5-10 薄壁套环机械加工工艺过程 (单位: mm)

			机械加工工艺过程卡片			产品名称	图号
						零件名称	薄壁套环
材料牌号			45	毛坯种类	锻件	毛坯尺寸	
工序	工种	工步	工序内容			设备	工艺装备
1	锻		锻造毛坯				
2	热		正火				
3	车	1	三爪自定心卡盘夹 $\phi 90_{-0.074}^0$ 外圆, 找正 车光 $\phi 70_{-0.03}^0$ 左端面 车外圆 $\phi 70_{-0.03}^0$ 至 $\phi 71_{-0.1}^0$ 长 81 车孔 $\phi 50^{+0.062}_0$ 至 $\phi 49^{+0.1}_0$ 倒角			CA6140	
		2	三爪自定心卡盘夹 $\phi 70_{-0.03}^0$ 外圆, 找正 车总长至 87 车外圆 $\phi 90_{-0.074}^0$ 至 $\phi 91_{-0.1}^0$ 车孔 $\phi 64^{+0.03}_0$ 至 $\phi 63^{+0.1}_0$ , 深 81 倒角				
4	热		时效				
5	车		用扇形软爪夹 $\phi 70_{-0.03}^0$ 外圆 车 $\phi 90_{-0.074}^0$ 右端面至 4.5 车外圆 $\phi 90_{-0.074}^0$ 至尺寸 车孔 $\phi 50^{+0.062}_0$ 至尺寸 车孔 $\phi 64^{+0.03}_0$ , 深 $82^{+0.1}_0$ 至尺寸 倒角			CA6140	塞规 $\phi 50H9$ 、 $\phi 64H7$
6	车		用弹性胀力心轴 F1, 以孔 $\phi 64^{+0.03}_0$ 和右端面定位, 夹紧 车总长至尺寸 车外圆 $\phi 70_{-0.03}^0$ 至尺寸 倒角			CA6140	弹性胀力心轴 F1
7	检		检验				



## 第七节 深孔加工

加工深孔时, 由于刀具细长, 刚性差; 冷却困难, 切屑不易排出; 刀具磨损和损坏无法观察, 因此, 加工深孔是一种难度较大的加工工艺。深孔加工需使用特殊刀具和特殊附件, 对切削液的流量和压力有一定要求。

### 一、枪孔钻

加工  $\phi 3 \sim \phi 20\text{mm}$  的深孔时, 一般采用枪孔钻, 如图 5-55 所示。枪孔钻用高速钢或硬质合金刀头和无缝钢管焊接而成。高压切削液经刀杆的腰形孔进入切削区, 切屑从刀柄上 V 形槽排出。主切削刃和副切削刃与垂直于轴线的平面分别相交  $30^\circ$ 、 $20^\circ$ , 刀尖偏于  $D/4$  处。

钻削加工时, 钻头圆柱部分的两条刃带支承在孔壁上, 起引导

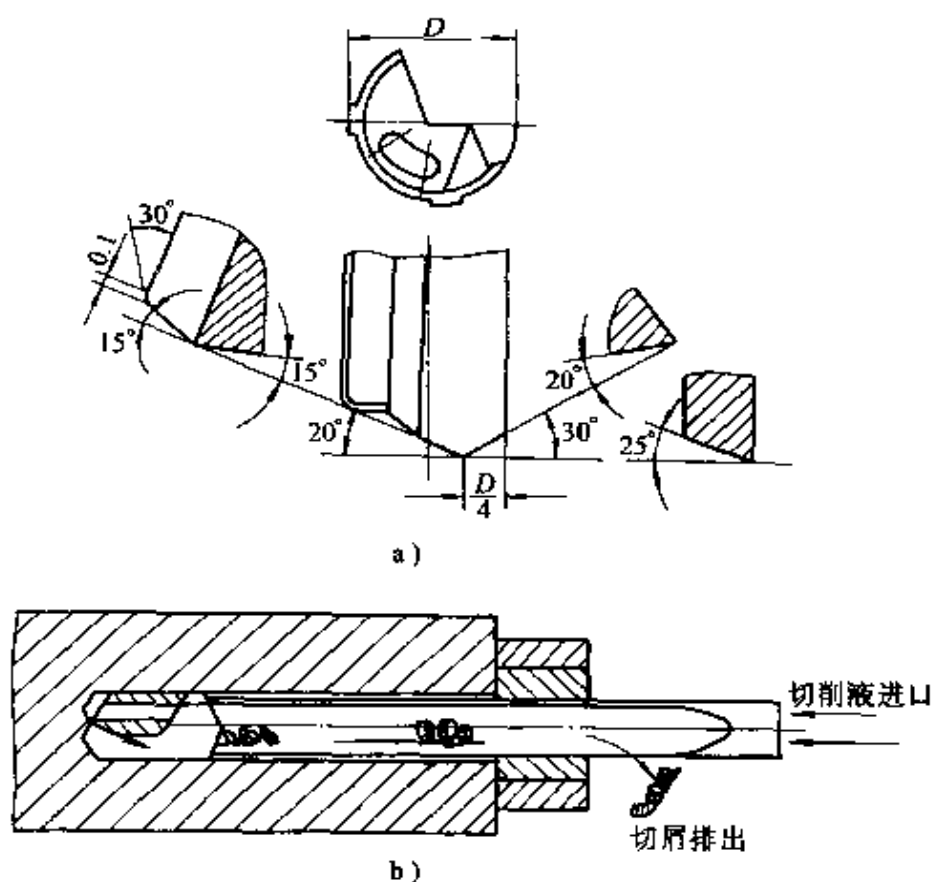


图 5-55 枪孔钻及排屑方式

a) 枪孔钻几何形状 b) 枪孔钻排屑方式

作用，孔能保持良好的直线性。并且没有横刃，后角较大，中心切削情况有所改善，加工过程稳定。但刀头刚进入工件时，刀柄会产生扭动，必须使用导向套。

## 二、喷吸钻

加工  $\phi 20 \sim \phi 65\text{mm}$  的深孔时，可采用喷吸钻，如图 5-56 所示。喷吸钻的刀片在刀具中心两侧交错排列，起分屑作用，也可使两侧受力比较平衡，前刀面磨有断屑槽，使切屑形成小块 C 形切屑，容易向外排出。切屑从两个喇叭形孔通入空心刀杆向外排出。刀片和导向部分都采用硬质合金，近钻心处选用韧性较好的硬质合金刀片，外圆处采用耐磨性较好的硬质合金刀片。

喷吸钻工作原理，如图 5-57 所示。喷吸钻头部用矩形螺纹联接在外套管 3 上，外套管 3 用弹簧夹头 4 装在刀柄 5 上，内套管 2 的尾部开有几个向后倾斜  $30^\circ$  的月牙形喷嘴 6，切削液从进口 A 进入后，大部分切削液由喷吸钻头部小孔 7 进入切削区，少部分切削液通过月牙形喷嘴 6 向后高速喷射，内套管前后形成很大的压力差，使切屑顺利地由内套管排出。

## 三、套料刀

加工直径较大的深孔时，可采用套料刀，如图 5-58 所示。刀片采用燕尾结构嵌入刀体，为保证逐步切入，分屑良好，相邻刀片顶部距离  $0.3\text{mm}$ 。套料时，要在工件后端装密封装置，防止切削液外溢。

## 四、深孔车刀

深孔车刀头如图 5-59 所示，用矩形螺纹连接在刀柄上。导向条 4 用螺钉 5 固定在刀体上，硬质合金导向垫 3 焊在导向条 4 上。车孔刀 7 用螺钉 2 固定在刀体上，可用两把车孔刀同时车削，前面一把为粗车，后面一把为精车，刀尖位置可用对刀规 1 调整。高压切削液通过切削液孔 6 冲在车孔刀 7 上。

## 五、深孔浮动铰刀

深孔浮动铰刀如图 5-60 所示。浮动铰刀块 1 装在长方形孔中保持 H7/h6 间隙配合铰刀尺寸用调节螺钉 2 调节，紧固螺钉 3 紧固。硬质合金导向条前端一段导向尺寸  $a$  比铰孔后的尺寸小  $0.08 \sim 0.1\text{mm}$ ，

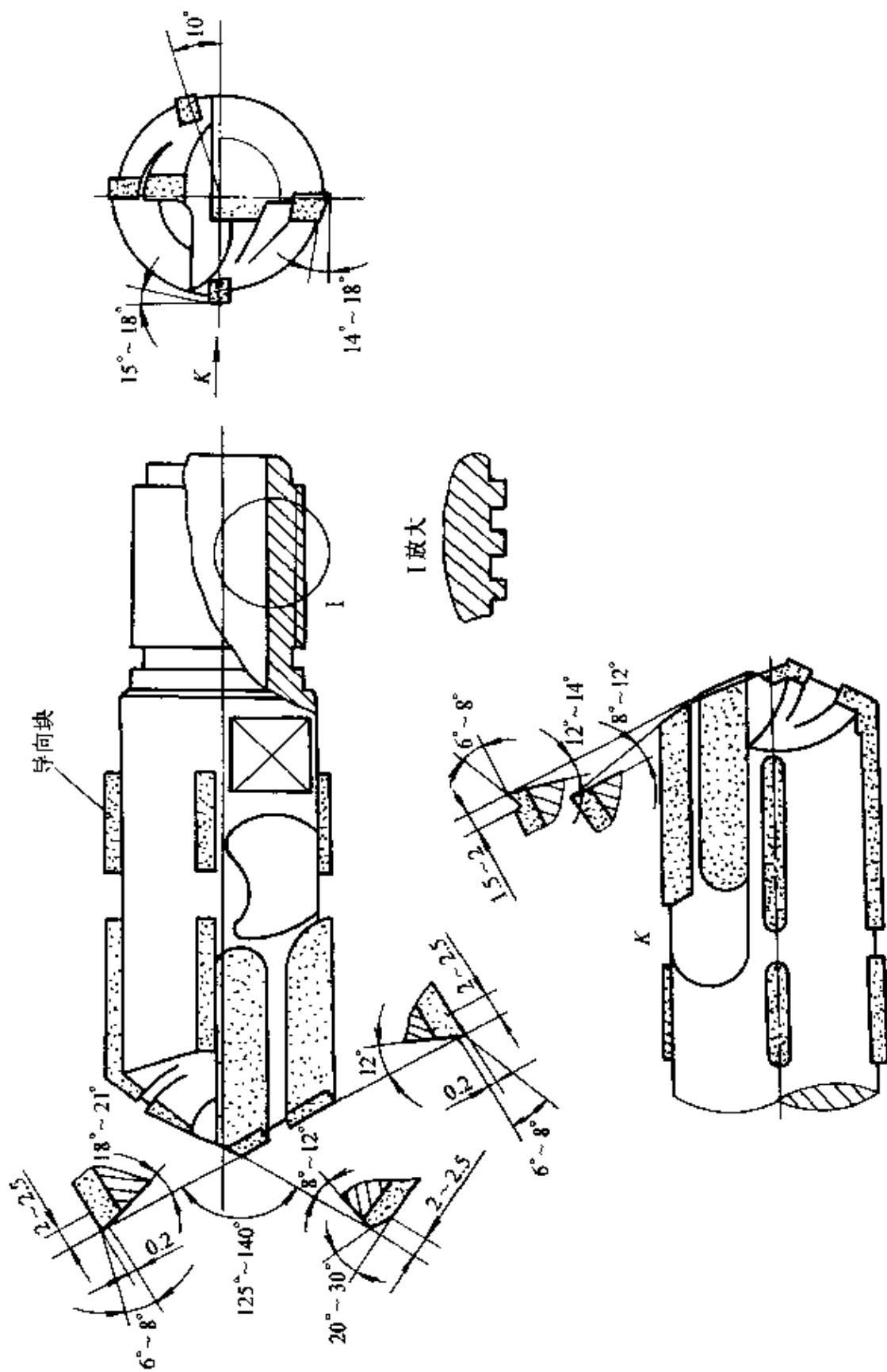


图 5-56 喷射钻

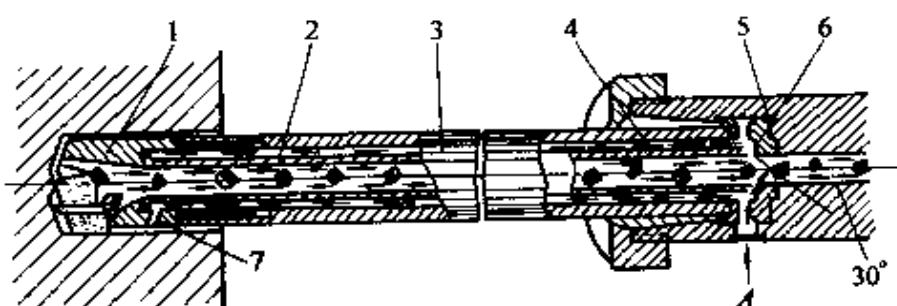


图 5-57 喷吸钻工作原理

1—喷吸钻头部 2—内套管 3—外套管 4—弹簧夹头  
5—刀柄 6—月牙形喷嘴 7—喷吸钻头部小孔

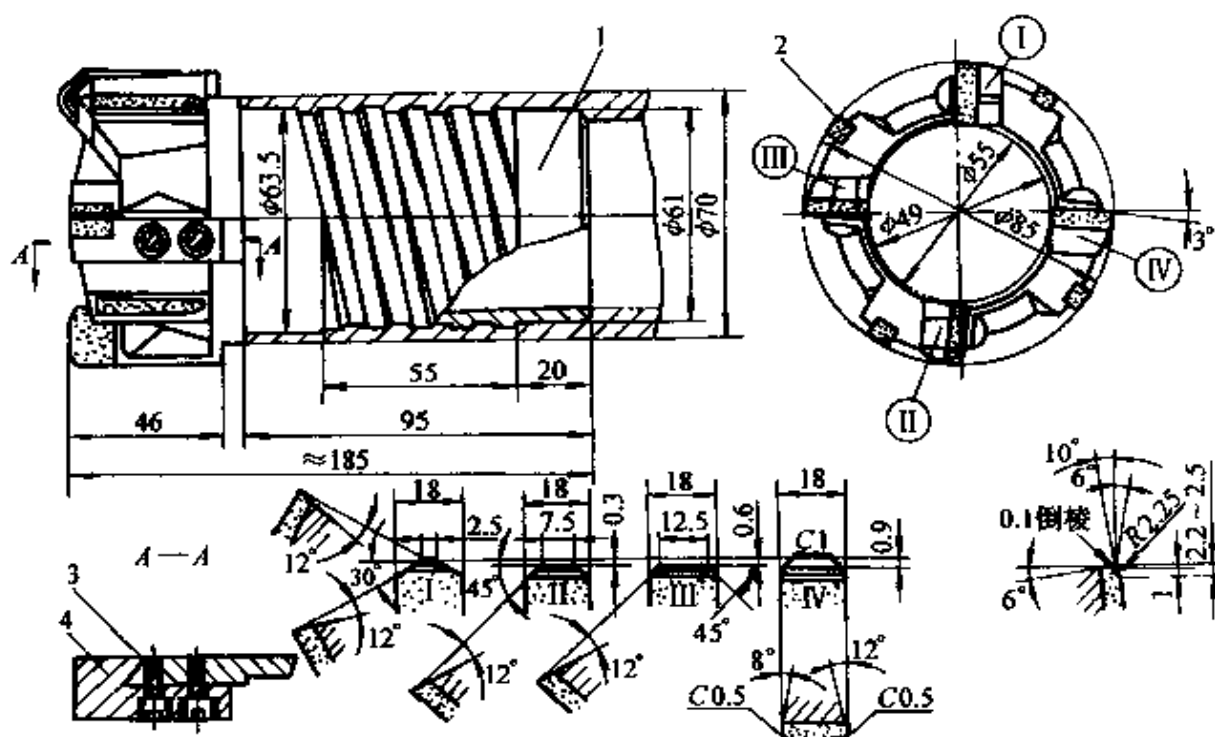


图 5-58 套料刀

1—刀体 2—支承块 3—螺钉 4—刀头

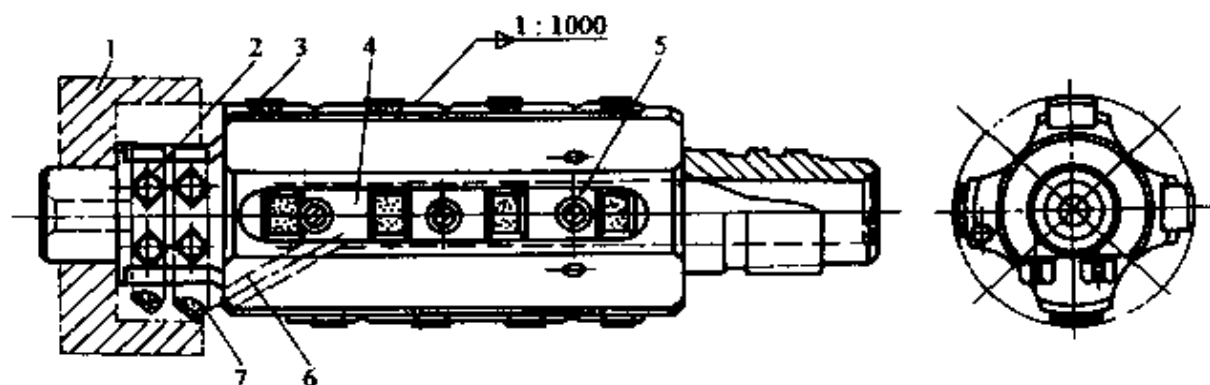


图 5-59 深孔车刀头

1—对刀规 2、5—螺钉 3—导向垫 4—导向条 6—切削液孔 7—车孔刀

外径减小，不会碰伤已滚过的表面。

转动调节螺母 9，可微量调节滚压头尺寸，适应不同滚压量的需要。

## 第八节 车畸形工件

复杂畸形工件一般不能用卡盘装夹，可装夹在花盘、角铁上加工。

### 一、在花盘上装夹工件

被加工表面回转轴线与基准面互相垂直，外形复杂的工件，可装夹在花盘上车削。如图 5-62 所示的支座，可在花盘上装夹，加工  $\phi 190H7$  孔。此类工件外形不规则，一般先划线，平面粗、精加工后，可选择不同的方法装夹在车床的花盘上加工。

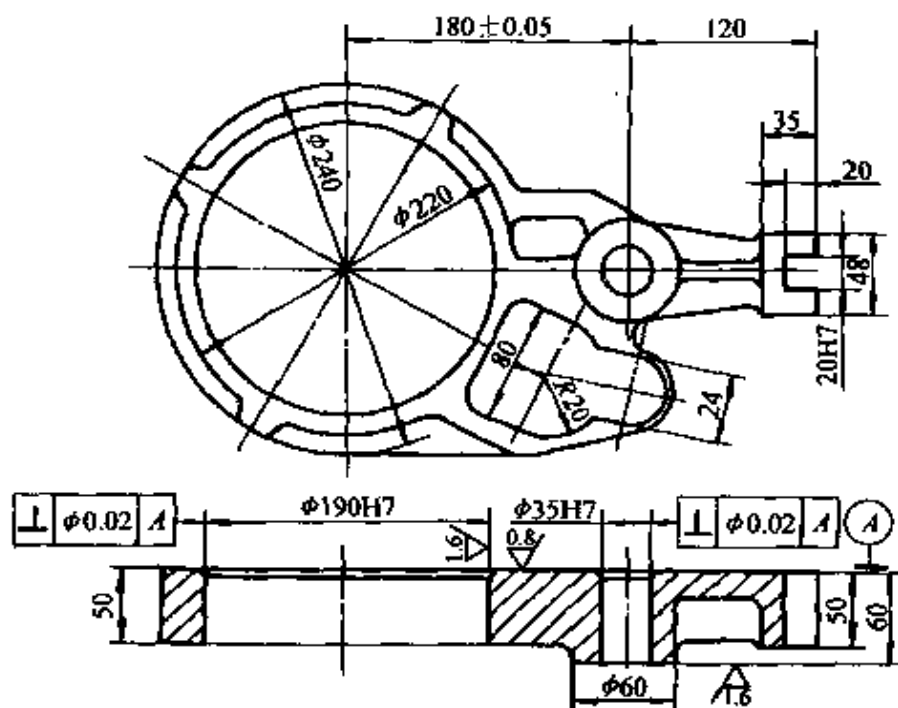


图 5-62 支座

工件数量不同，应采用不同的加工方法。工件数量较少时，先轻压压板 1、3，然后用划线盘找正，调节螺钉 4、6 调整孔中心十字线，压紧压板 1、2、3，如图 5-63 所示。工件数量较多、且毛坯外形较正确时，用成  $90^\circ$  角的两块定位块 4、5 定心，定位销 1 定向，用压板 2、

3、6 压紧工件，如图 5-64 所示。

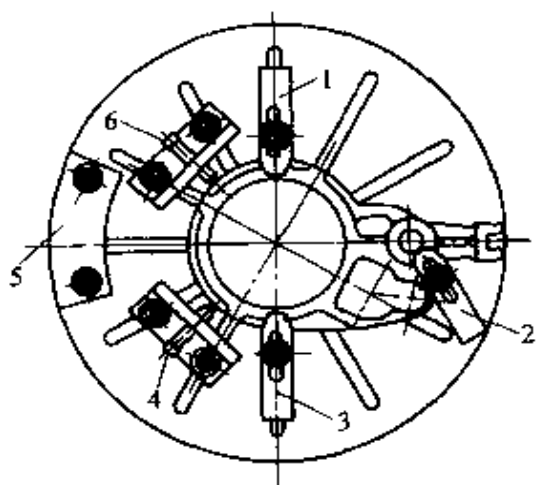


图 5-63 支座用划线找正

1、2、3—压板 4、6—调节螺钉  
5—平衡块

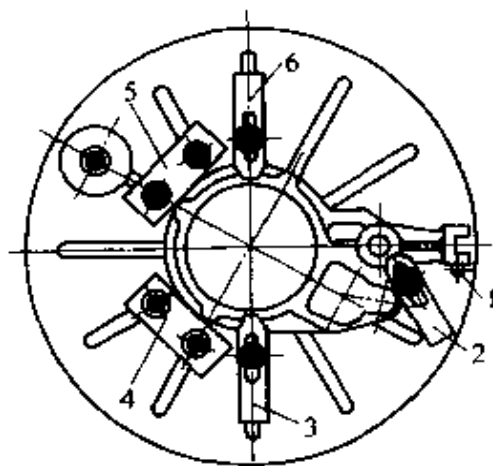


图 5-64 支座用定位块、  
定位销定位

1—定位销 2、3、6—压板  
4、5—定位块

## 二、在花盘的角铁上装夹工件

被加工表面的回转轴线与基准面相互平行（或相交），外形复杂的工件，可以安装在花盘的角铁（或不成 $90^\circ$ 的角铁）上加工。如图 5-65 所示的轴承座可在花盘的角铁上装夹，加工  $\phi 32H9$  孔。

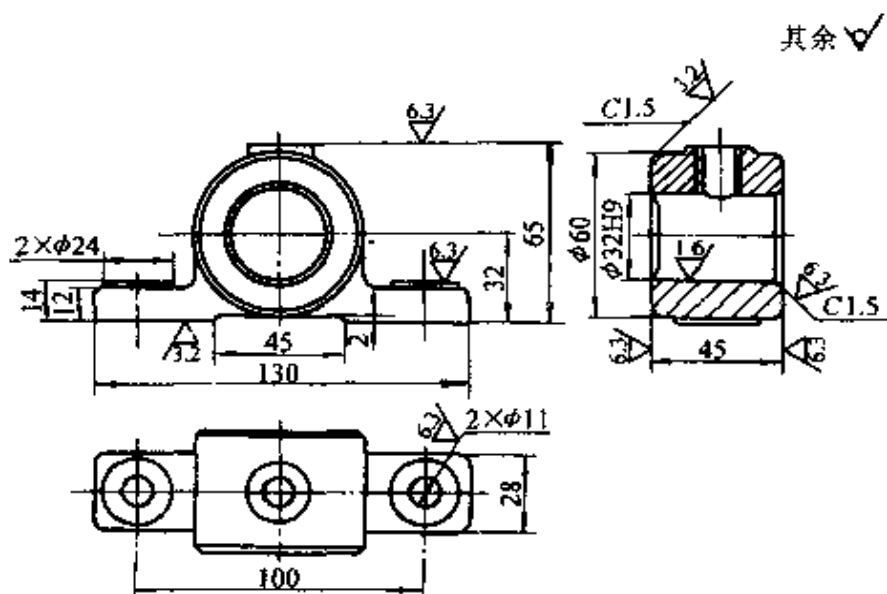


图 5-65 轴承座

- 1) 两孔的尺寸精度分别为  $\phi 55H7$  和  $\phi 52J7$ 。
- 2)  $\phi 52J7$  孔轴线与  $\phi 82$  端面的距离为  $80\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ 。
- 3)  $\phi 82\text{mm}$  端面对  $\phi 55H7$  孔轴线的垂直度允差  $0.05\text{mm}$ 。 $\phi 130\text{mm}$  端面对  $\phi 82\text{mm}$  端面的平行度允差  $0.05\text{mm}$ 。
- 4)  $\phi 52J7$  孔轴线与  $\phi 55H7$  孔轴线距离为  $60\text{mm} \pm 0.08\text{mm}$ ， $\phi 52J7$  孔轴线对  $\phi 55H7$  孔轴线的垂直度允差  $0.05\text{mm}$ 。

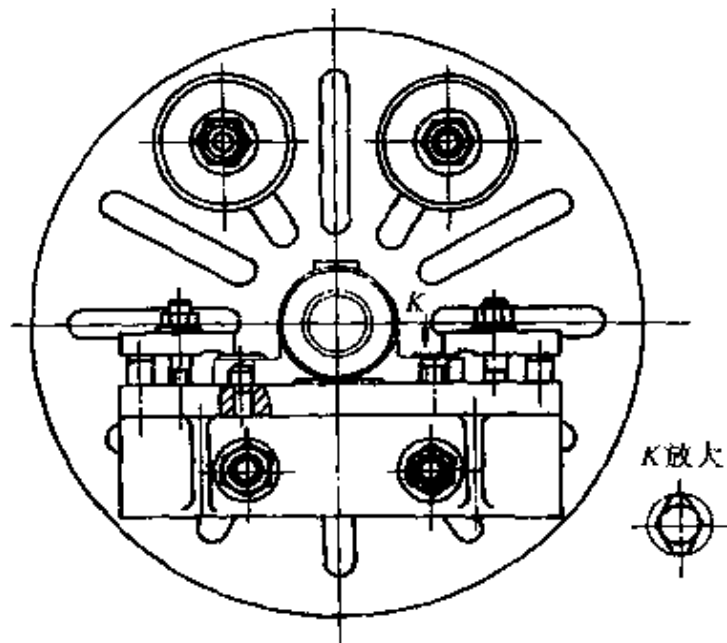


图 5-67 轴承座以两孔一面定位

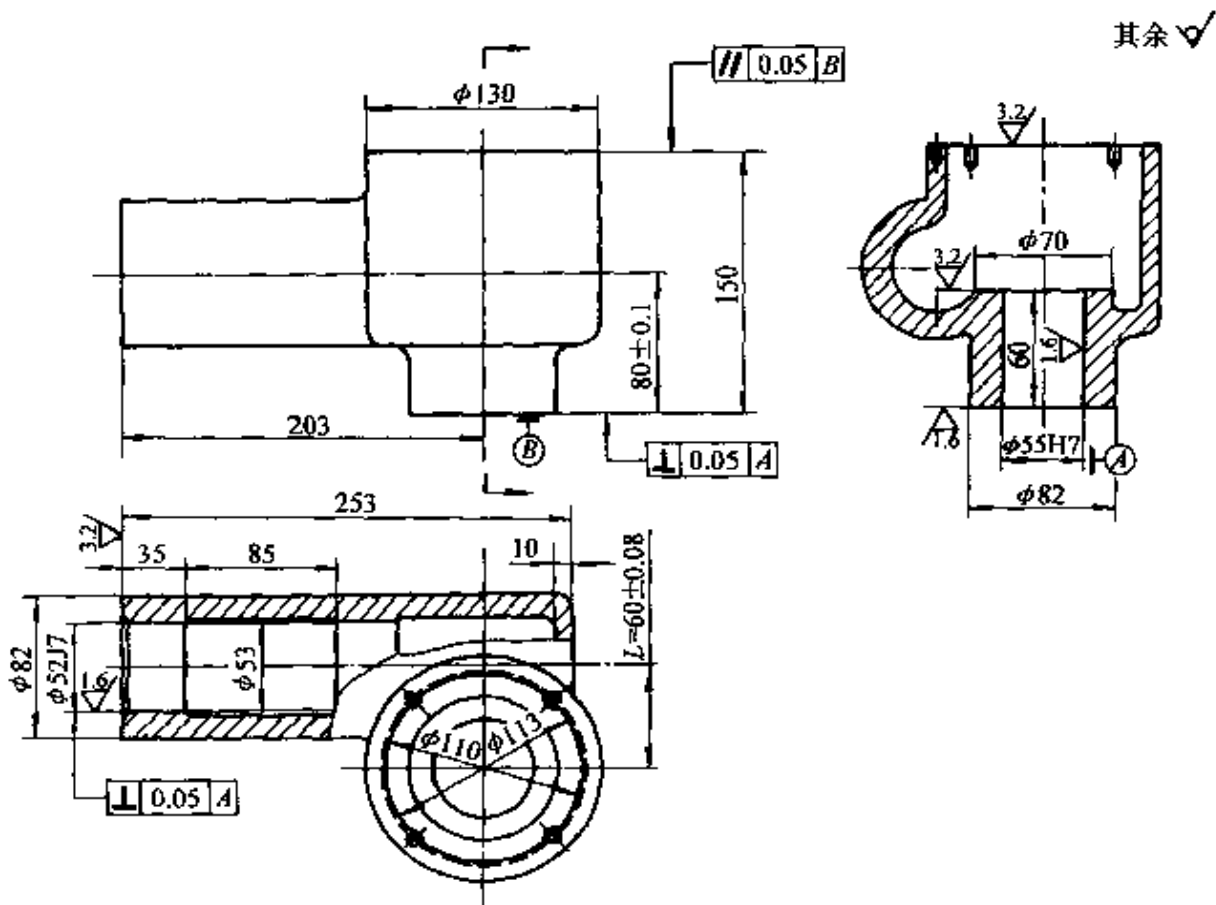


图 5-68 蜗轮壳体

## 2. 工艺分析

1) 蜗轮壳体形状复杂, 采用铸造毛坯, 材料为 HT200, 为消除铸件内应力, 在粗加工前应进行退火处理。

2) 用砂型铸造的铸件精度较低, 在机械加工前应安排划线工序, 保证内孔有一定的加工余量和尺寸均匀。

3) 机械加工工序应先加工基准面, 即首先用四爪单动卡盘夹  $\phi 130\text{mm}$  外圆, 按划线找正侧母线和孔中心线, 在一次装夹中车削  $\phi 55\text{H7}$  孔、 $\phi 82\text{mm}$  端面及  $\phi 70\text{mm}$  端面。车床精度保证  $\phi 82\text{mm}$  端面对  $\phi 55\text{H7}$  孔轴线的垂直度  $0.05\text{mm}$ 。

4) 以  $\phi 55\text{H7}$  孔和  $\phi 82\text{mm}$  端面定位, 在  $\phi 55\text{g6}$  心轴上装夹, 车  $\phi 130\text{mm}$  端面。

5) 在花盘角铁上, 以  $\phi 55\text{mm}$  孔和  $82\text{mm}$  端面定位, 用可调辅助支承按划线找正  $\phi 52\text{mm}$  孔中心线, 如图 5-69 所示。车削  $\phi 55\text{J7}$  孔及  $\phi 82\text{mm}$  端面。保证  $\phi 55\text{J7}$  孔轴线与  $\phi 55\text{H7}$  孔轴线距离  $60\text{mm} \pm 0.08\text{mm}$ ,  $\phi 55\text{J7}$  孔轴线与  $\phi 82\text{mm}$  端面  $80\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ 。

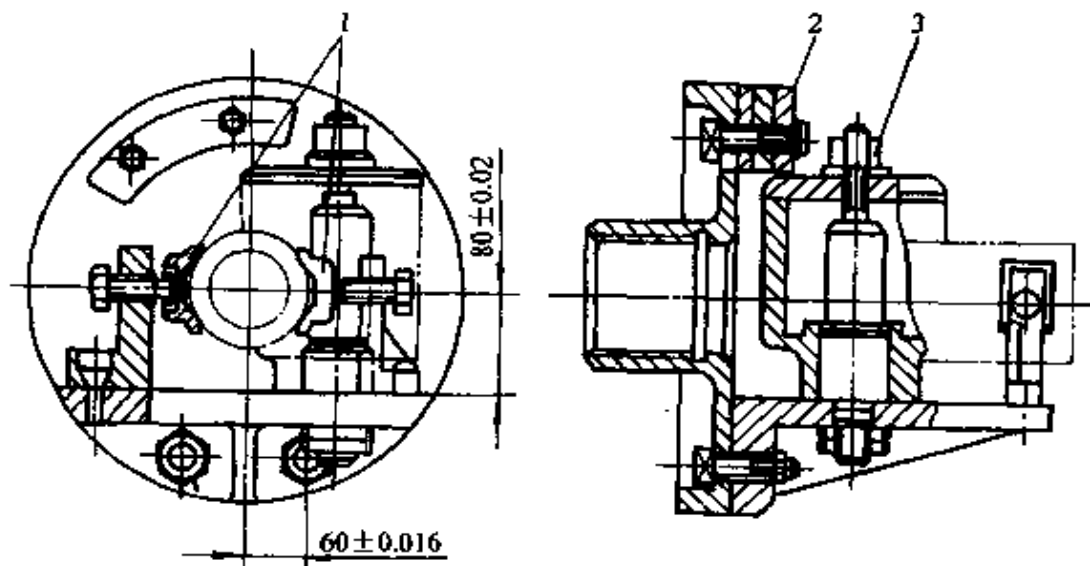


图 5-69 在花盘角铁上加工蜗轮壳体

1—可调浮动支承 2—平衡块 3—螺母

在花盘上装角铁和定位心轴时, 测量方法如图 5-70 所示。中心高可用量块测量, 中心距可用千分尺测量, 测量值可按下式计算



(续)

			机械加工工艺流程卡片		产品名称	图号	
材料牌号			HT200	毛坯种类	零件名称	蜗轮壳体	
					铸件	毛坯尺寸	
工序	工种	工步	工 序 内 容			设备	工艺装备
4	车	1 2 3 4	四爪单动卡盘夹 $\phi 130$ 外圆, 按划线找正 车 $\phi 82$ 端面至尺寸 车 $\phi 55H7$ 孔至尺寸 车 $\phi 70$ 端面长度至 60 倒角			CA6140	塞规 $\phi 55H7$
5	车	1 2	在 $\phi 55g6$ 心轴上装夹, 以 $\phi 55H7$ 孔和 $\phi 82$ 端面定位 车 $\phi 130$ 端面至长度 150 倒角			CA6140	
6	车	1 2 3	在花盘角铁上装夹, 以 $\phi 55$ 孔和 $\phi 82$ 端面定位, 找正 $\phi 52$ 孔中心线 车 $\phi 82$ 端面至长度 203 车 $\phi 52J7$ 孔至尺寸 倒角			CA6140	花盘、角铁  塞规 $\phi 52J7$
7	检		检验				

## 第九节 车床的扩大使用

### 一、车椭圆孔

车椭圆孔除使用靠模装置外, 还可改变刀具和工件的相对位置, 车削方法如图 5-71 所示。工件 3 装在中滑板上, 两端用支架 2、6 支承的长刀杆 5 上装内孔车刀 4, 长刀杆 5 轴线与工件 3 轴线成一夹角  $\alpha$ , 联轴器 1 联接长刀杆与车床主轴, 内孔车刀 4 旋转, 工件 3 纵向进给即可车出椭圆孔。

车椭圆时刀尖旋转直径等于椭圆孔的长轴尺寸, 长刀杆轴线与工件轴线夹角  $\alpha$  可用下式计算

$$\cos \alpha = a/b$$

式中  $\alpha$ ——长刀杆轴线与工件轴线夹角 ( $^{\circ}$ );

$a$ ——椭圆孔短轴尺寸 (mm);

$b$ ——椭圆孔长轴尺寸 (mm)。

### 二、车多边形

车多边形装置由刀盘和变速装置组成, 如图 5-72 所示。主轴带动刀盘 1、主动齿轮 5 转动, 主动齿轮 5 经中间齿轮 3、7, 从动齿轮

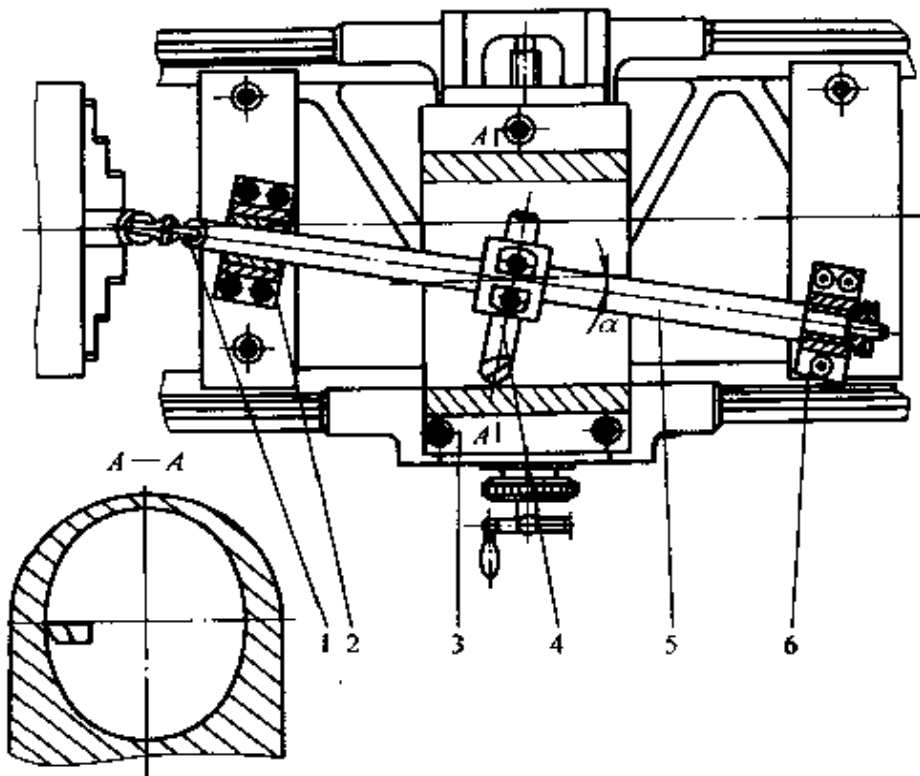


图 5-71 车椭圆孔装置

1—联轴器 2、6—支架 3—工件 4—内孔车刀 5—长刀杆

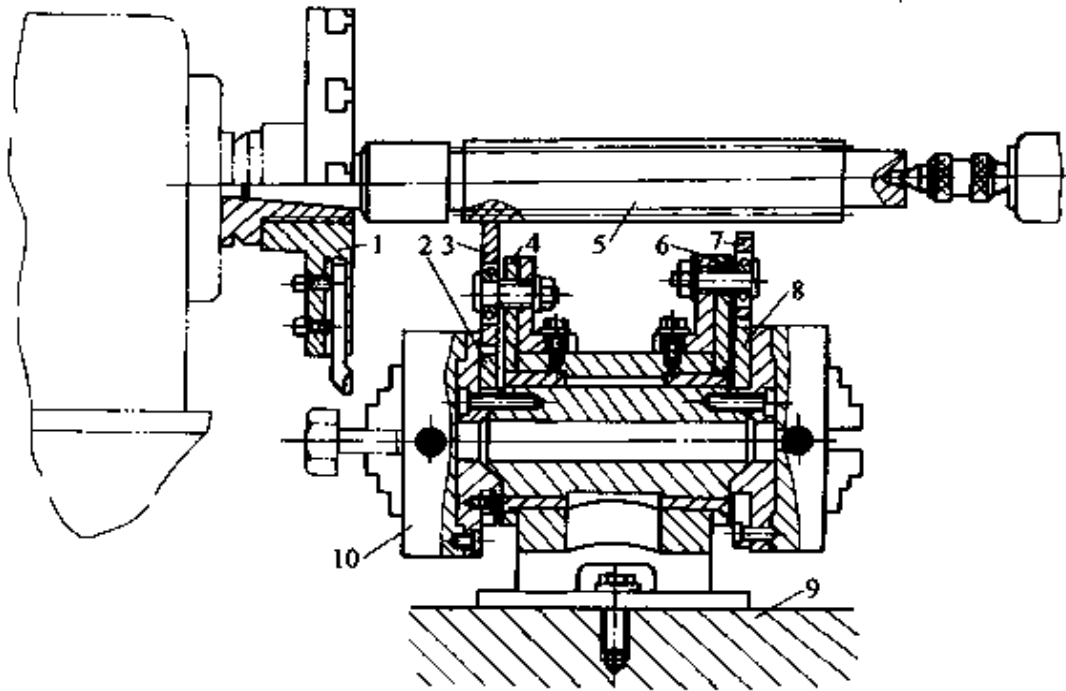
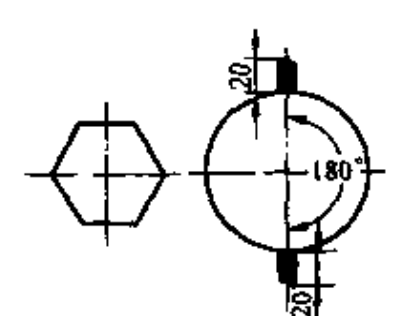
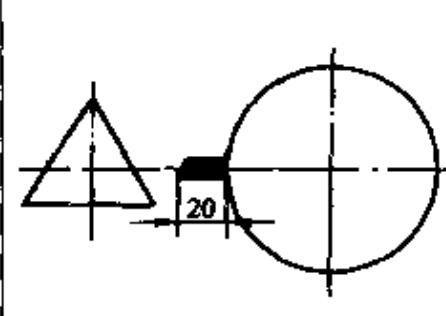
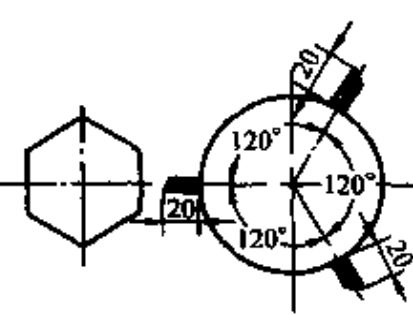
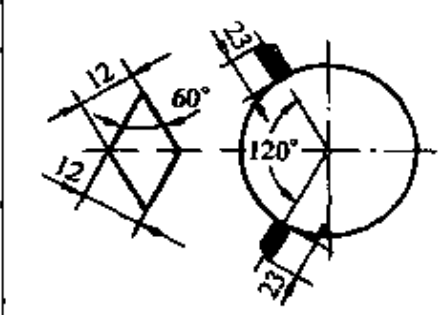
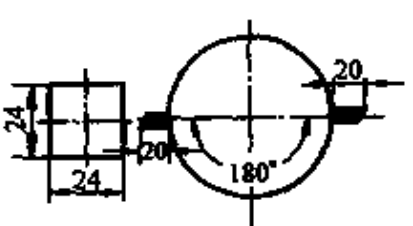
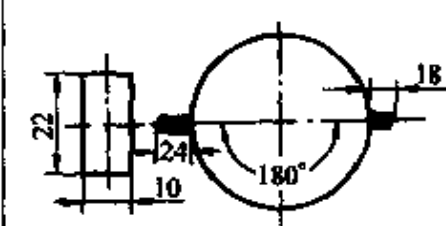
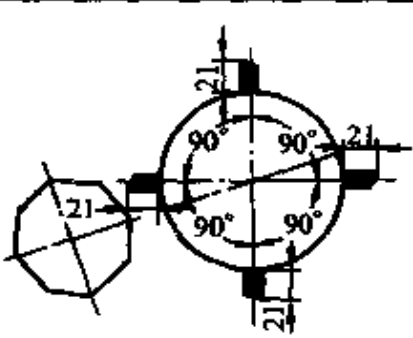
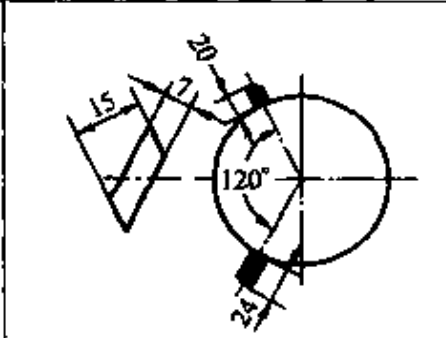


图 5-72 车多边形装置

1—刀盘 2、8—从动齿轮 3、7—中间齿轮 4、6—扇形板  
5—主动齿轮 9—中滑板 10—三爪自定心卡盘

2、8，使三爪自定心卡盘 10 夹持的工件转动。运动由主动齿轮 5 经中间齿轮 3 至从动动齿轮 2 时，刀盘与工件的传动比为 2:1；运动由主动齿轮 5 经中间齿轮 7 至从动齿轮 8 时，刀盘与工件的传动比为 3:1。改变刀盘与工件的传动比，刀具安装位置即可改变多边形的形状，多边形的形状与传动比、刀具位置见表 5-12。

表 5-12 多边形形状与传动比、刀具位置关系

多边形 形状	传动 比	简 图	多边形 形状	传动 比	简 图
正六 边形	3:1		正三 角形	3:1	
正六 边形	2:1		菱 形	2:1	
正 方 形	2:1		长 方 形	2:1	
正八 边形	2:1		平 行 四 边 形	2:1	

在刀盘上安装刀具的数量可用下式计算

$$Z = n/i$$

式中  $Z$ ——刀具数量；  
 $n$ ——多边形边数；  
 $i$ ——传动比。

刀具间夹角为可用下式计算

$$\phi = i\theta = i(180 - \alpha)$$

式中  $\phi$ ——刀具间夹角 ( $^{\circ}$ )；  
 $i$ ——传动比；  
 $\theta$ ——多边形相邻两边夹角 ( $^{\circ}$ )；  
 $\alpha$ ——多边形内角 ( $^{\circ}$ )。

加工正多边形工件，每把刀具伸出刀盘外长度相等。加工非正多边形工件，相邻两把刀具伸出刀盘外长度的差值可用下式计算

$$X = (h_1 - h_2) / 2$$

式中  $X$ ——相邻两把刀具伸出刀盘外长度的差值 (mm)；  
 $h_1$ ——多边形一组对边的距离 (mm)；  
 $h_2$ ——多边形另一组对边的距离 (mm)。

### 三、旋风切削螺纹

旋风切削装置如图 5-73 所示。电动机 3、带轮 5、7 经 V 带使刀盘 4、刀具 6 高速旋转，形成主运动。工件 2 夹在卡盘 1 中作反向低速旋转，形成圆周进给运动。工件每转一转，刀盘移动一个导程。旋风切削螺纹一次工作行程切削成形，生产率高，可加工三角螺纹、梯形螺纹、蜗杆。

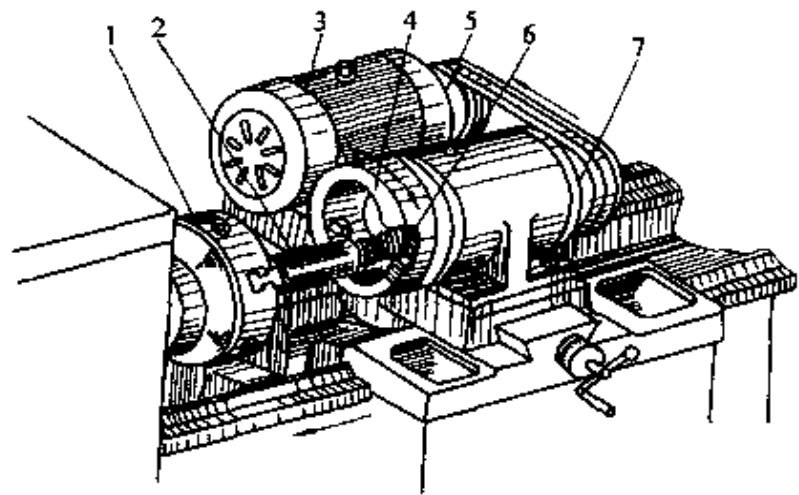


图 5-73 旋风切削装置

1—卡盘 2—工件 3—电动机  
 4—刀盘 5、7—带轮 6—刀具

刀盘转速可用下式计算

$$n_0 = \frac{1000 v_c}{\pi D_0}$$

$$D_0 = (1.4 \sim 1.6) d_w$$

式中  $n_0$ ——刀盘转速 (r/min);  
 $v_c$ ——切削速度 (m/min);  
 $D_0$ ——刀尖旋转轨迹直径 (mm);  
 $d_w$ ——工件直径 (mm)。

工件转速可用下式计算

$$n_w = \frac{f_0 n_0 z}{\pi d_w}$$

式中  $n_w$ ——工件转速 (r/min);  
 $f_0$ ——圆周进给量 (mm/r);  
 $n_0$ ——刀盘转速 (r/min);  
 $z$ ——刀具数;  
 $d_w$ ——工件直径 (mm)。

#### 四、车不等距螺纹

不等距螺纹如图 5-74 所示, 由一段等距螺纹和一段不等距螺纹光滑连接, 可采用图 5-75 所示的不等距螺纹车削装置。通过车螺纹传动链, 主轴每转一转车刀移动一个螺距, 同时通过不等距螺纹车削装置的盘形凸轮 6 使车刀附加移动, 形成不等距螺纹。

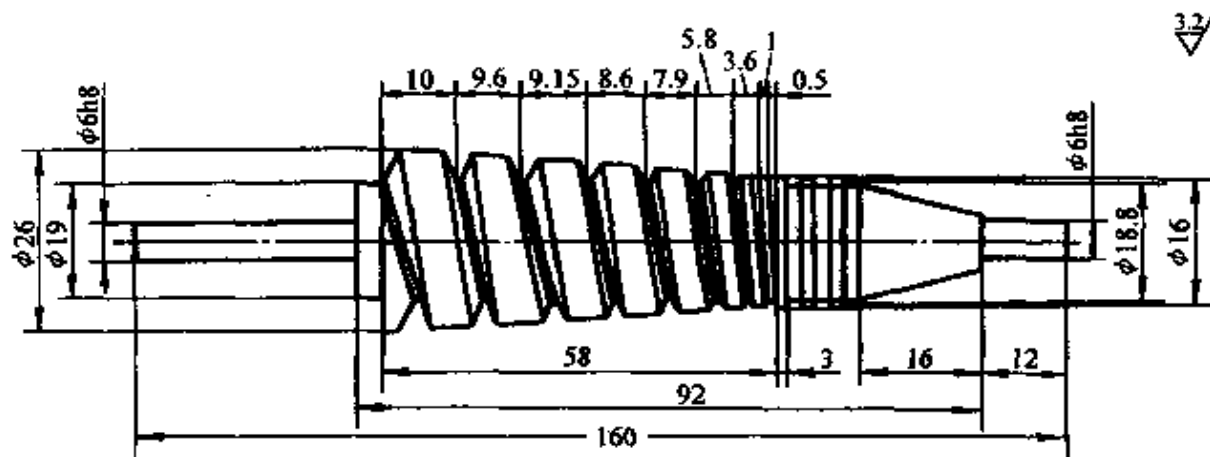


图 5-74 不等距螺纹

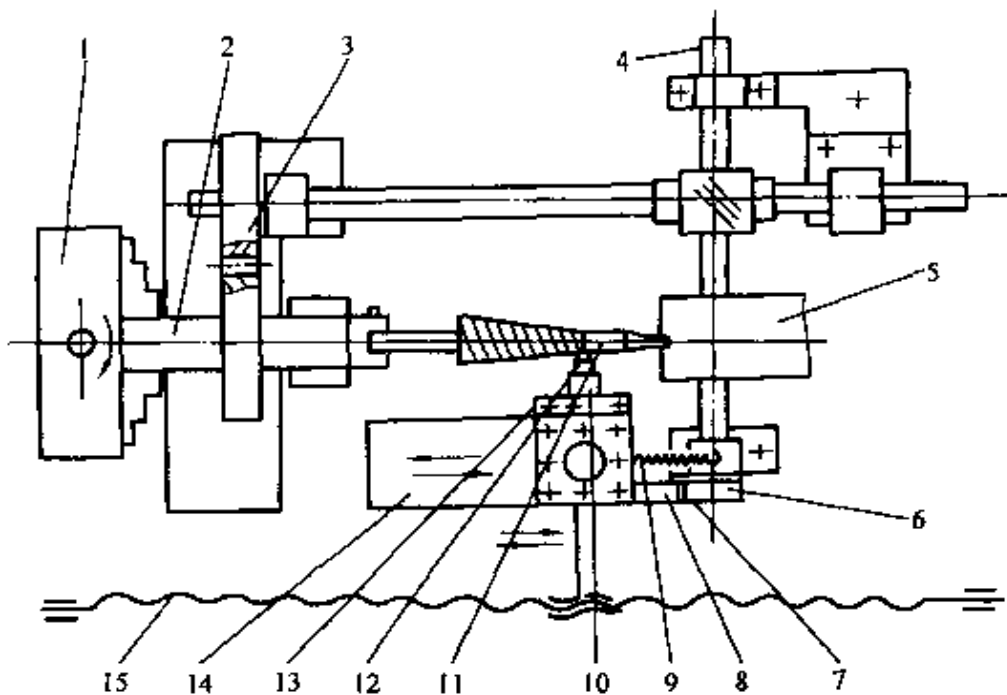


图 5-75 车不等距螺纹装置

- 1—三爪自定心卡盘 2—心轴 3—交换齿轮 4—凸轮轴 5—尾座  
6—盘形凸轮 7—滚珠 8—从动杆 9—拉簧 10—弹性刀杆  
11—工件 12—车刀 13—对刀架 14—小滑板 15—车床丝杠

盘形凸轮 6 的形状如图 5-76 所示。在  $0^\circ \sim 260^\circ$  为等径圆弧，小滑板 14 无轴向进给；在  $260^\circ \sim 340^\circ$  凸轮推动小滑板 14 沿轴向附加进给，车出不等距螺纹；在  $340^\circ \sim 360^\circ$  为等径圆弧，车刀退出，主轴反转，床鞍退回，拉簧 9 使小滑板 14 退回起始点。

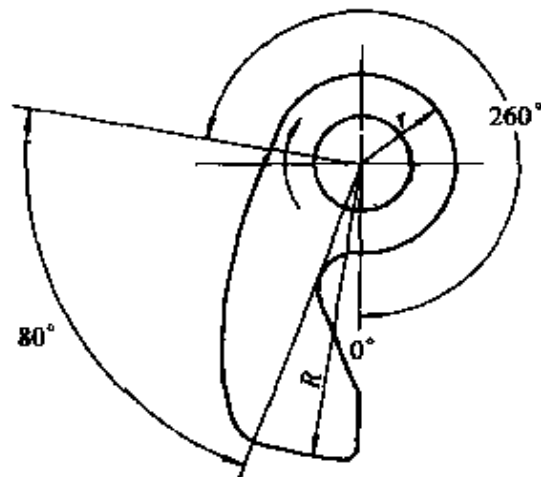
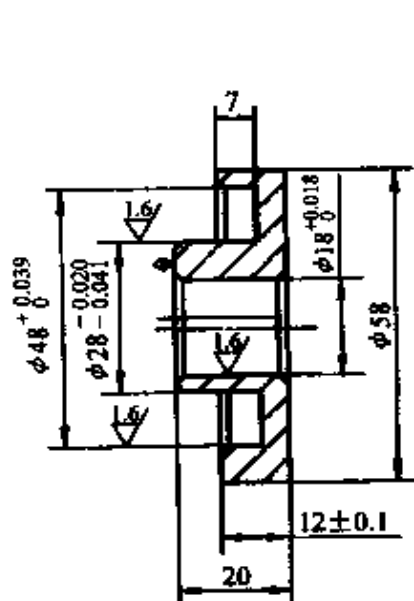


图 5-76 盘形凸轮

### 五、车渐厚蜗杆

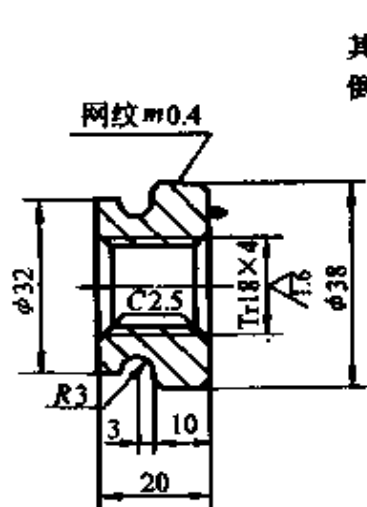
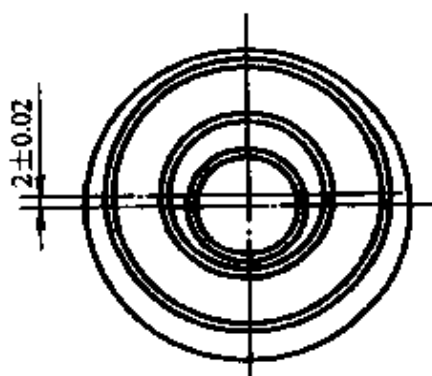
渐厚蜗杆是普通蜗杆的一种变形，左、右两部分导程不等，使蜗杆齿厚逐渐变小或变大，常用于调整精密蜗杆副的间隙，提高传动精度，阿基米德渐厚蜗杆如图 5-77 所示。





d)

其余  $\sqrt[32]$   
倒角 C1



内螺纹与件1配车, 轴向窜动  $< 0.12$

e)

其余  $\sqrt[32]$   
倒角 C1

件1、件5合用  $\phi 40 \times 140$  棒料

件2、件3、件4合用  $\phi 60 \times 125$  棒料

#### 技术要求

1. 加工时不准使用偏心夹具, 不准使用定径刀具, 不准使用砂布、油石等辅助打光表面。
2. 未注公差尺寸按 IT14 加工、检验。
3. 按图装配后不得车削加工。
4. 零件去毛刺、擦净、涂油、组装后, 交监考验收。
5. 径向跳动取三个方向测量。
6. 各件在  $\blacktriangledown$  处编号。

5	螺母	45	1	
4	偏心套	45	1	
3	本体	45	1	
2	锥套	45	1	
1	轴	45	1	
序号	名称	材料	数量	备注
锥度偏心组合件				

图 5-78 锥度偏心组合件



71mm ± 0.05mm, 件3槽底  $\phi 40_{-0.039}^0$ mm 对件1两顶尖孔 A、B 的径向跳动误差不大于 0.03mm, 槽宽  $18^{+0.043}_0$ mm 中心线对 C 面对称度误差不大于 0.04mm。

## 2. 工艺分析

1) 件1、件5合用热轧圆钢, 件2、件3、件4合用热轧圆钢, 加工顺序为: 件1、件5、件2、件3、件4。

2) 件1外圆  $\phi 18_{-0.017}^{-0.006}$ mm 对中心孔  $2 \times A2.5/5.3$  的圆跳动虽未提要求, 但为保证装配后件3槽底  $\phi 40_{-0.039}^0$ mm 对件1两顶尖孔 A、B 的径向圆跳动误差不大于 0.03mm, 应在两顶尖间车外圆  $\phi 18_{-0.017}^{-0.006}$ mm 至尺寸。

3) 件2、件3、件4外圆对内孔的径向圆跳动虽未提要求, 但为保证装配要求, 应尽可能在一次装夹中车外圆、内孔, 或用开缝套筒以外圆  $\phi 58$ mm 为基准加工其它表面。

4) 车偏心不准使用偏心夹具, 在三爪自定心卡盘的一个卡爪上垫上垫片车偏心, 工件应有精度较高的外圆和端面, 用百分表找正偏心。为使装配顺利, 件4、件5的偏心要求一次装夹、找正。

5) 车件3偏心孔时, 要保证长度尺寸 15.5mm 和  $20_{-0.1}^0$ mm, 车削前应测量锥孔长度和总长尺寸, 偏心孔实际车削长度可用下式计算

$$B = L - A - 20_{-0.1}^0$$

式中  $B$ ——偏心孔实际车削长度 (mm);

$L$ ——测量的总长尺寸 (mm);

$A$ ——测量的锥孔长度尺寸 (mm)。

6) 粗车件4外圆  $\phi 28_{-0.041}^0$ mm 时, 长度尺寸进行尺寸链计算为  $(20\text{mm} \pm 0.26\text{mm}) - (12\text{mm} \pm 0.1\text{mm}) = 8\text{mm} \pm 0.16\text{mm}$ 。

7) 件2、件3、件4预装配后, 确定件2左端面, 件4右端面尺寸。

8) 车件3车槽宽  $18^{+0.043}_0$ mm 前, 应将件2、件3、件4装配, 确定槽的位置, 保证槽宽  $18^{+0.043}_0$ mm 中心线对 C 面对称度误差不大于 0.04mm。

## 3. 参考加工过程

1) 件1车削过程见表 5-13。

表 5-13 件 1 车削过程

工序	车 削 过 程
1	夹 $\phi 40\text{mm}$ 毛坯外圆。车端面，钻中心孔 $A2.5\text{mm}$ 一夹一顶。车滚花外圆至 $\phi 38 \pm 0.3\text{mm}$ ，滚花网纹 $m = 0.4\text{mm}$ 车外圆 $\phi 32\text{mm}$ 至尺寸，长 $100\text{mm}$ ；车外圆 $\phi 18 \pm 0.006\text{mm}$ 至 $\phi 20\text{mm}$ ，长 $90\text{mm}$ ； 车梯形螺纹 $\text{Tr}18 \times 4$ 大径至 $\phi 18 \pm 0.3\text{mm}$ 长 $23\text{mm}$ 车 $R$ 槽 $R3$ 和退刀槽 $5\text{mm} \times 2.5\text{mm}$ 倒角 车梯形螺纹 $\text{Tr}18 \times 4 - 7e$ 至要求 切断长 $110.5\text{mm}$
2	夹 $\phi 20\text{mm}$ 外圆，找正 车左端面至总长 $110\text{mm}$ ，倒角；钻中心孔 $A2.5\text{mm}$
3	两顶尖装夹，车外圆 $\phi 18 \pm 0.006\text{mm}$ 至要求

2) 件 5 车削过程见表 5-14。

表 5-14 件 5 车削过程

工序	车 削 过 程
1	夹 $\phi 40\text{mm}$ 毛坯外圆 车端面 钻孔 $\phi 12\text{mm}$ 车滚花外圆至 $\phi 38 \pm 0.3\text{mm}$ ，滚花网纹 $m = 0.4\text{mm}$ 倒角 切断长 $20.5\text{mm}$
2	夹滚花外圆 车左端面至总长 $20\text{mm}$ 车外圆 $\phi 32\text{mm}$ 至尺寸 车 $R$ 槽 $R3$ 车 $\text{Tr}18 \times 4$ 螺纹底孔至 $\phi 14 \pm 0.375\text{mm}$ 倒角 车梯形螺纹 $\text{Tr}18 \times 4$ ，与件 1 配车，轴向窜动 $< 0.12\text{mm}$

3) 件 2 车削过程见表 5-15。

4) 件 3 车削过程见表 5-16。

5) 件 4 车削过程见表 5-17。

二、四爪单动卡盘车两种装配方法的组合件

两种装配方法的组合件如图 5-80 所示。

## 1. 图样分析

1) 该组合件由 5 个零件组成。件 1、件 5 将件 2、件 3 和件 4 紧固。按 A 图装配时, 件 2、件 3 偏心配合, 件 3、件 4 锥度和内外圆配合, 件 1 与件 2、件 3、件 4 内外圆配合, 件 1 与件 5 螺纹配合。按 B 图装配时, 件 1、件 2、件 3、件 4 均为内外圆配合, 件 1 与件 5 螺纹配合。

2) 按 A 图装配时, 长度尺寸  $68\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$  和  $120\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$ 。按 B 图装配时, 长度尺寸  $69\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$  和  $120\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$ 。

## 2. 工艺分析

1) 毛坯为热轧圆钢, 车削顺序为件 1、件 4、件 2、件 3、件 5。

2) 为使偏心装配顺利, 在找正件 2、件 3 的偏心距时, 百分表的读数尽可能一致。

3) 为保证件 3 偏心孔中心在两平面的对称中心, 偏心孔应在平面车削后加工。

4) 保证按图 A 装配后尺寸  $68\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$ , 车件 3 偏心孔时, 孔深 8mm 与件 2 配车。

5) 为保证按图 B 装配后尺寸  $69\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$ , 件 3 和件 4 的孔  $\phi 20^{+0.021}_0$  mm 应装配后加工, 并在件 3 的  $\phi 40^{+0.025}_0$  mm 孔底平面处加一调整垫片, 如图 5-79 所示, 调整垫片的尺寸可用下式计算

$$B = 69\text{mm} \pm 0.05\text{mm} - A - C$$

式中  $B$ ——调整垫片的尺寸 (mm);

$A$ ——件 4 总长实测尺寸 (mm);

$C$ ——件 3 测量尺寸 (mm)。

6) 按图 B 装配时为使件 1 能顺利插入件 3、件 4, 在件 3、件 4 装配后用四爪单动卡盘夹两端面及件 3 圆

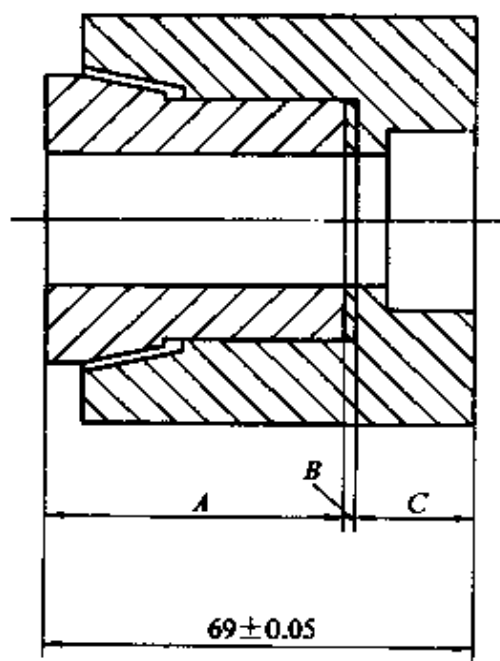
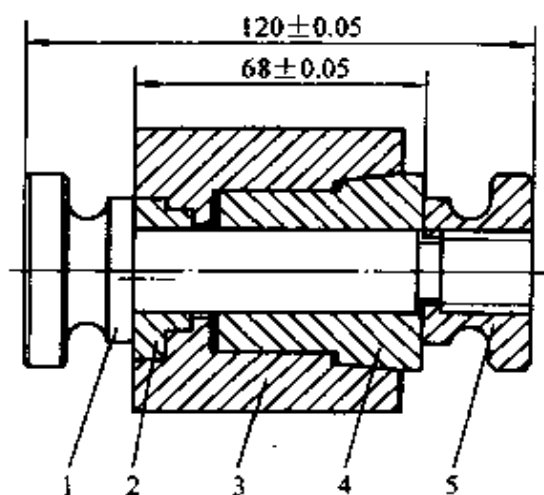
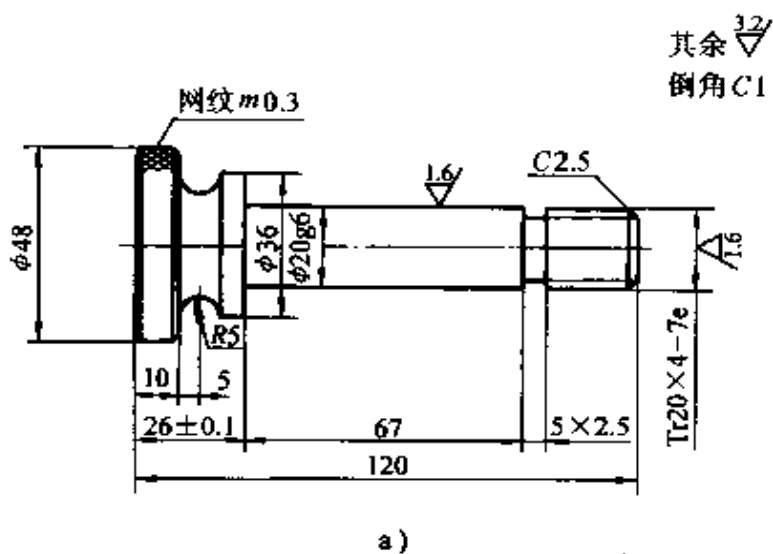
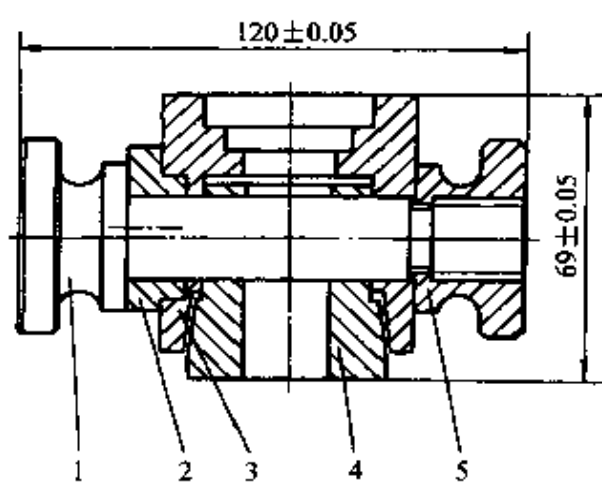


图 5-79 调整垫片尺寸

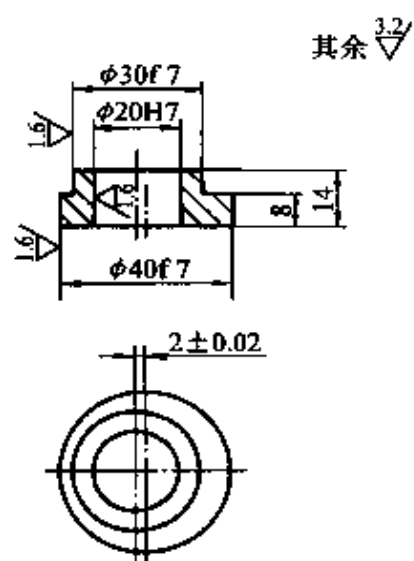
装配图 A



装配图 B



a)



b)

## 技术要求

1. 按装配图 A 组装后交检。
2. 装配时允许用锉刀去毛刺。

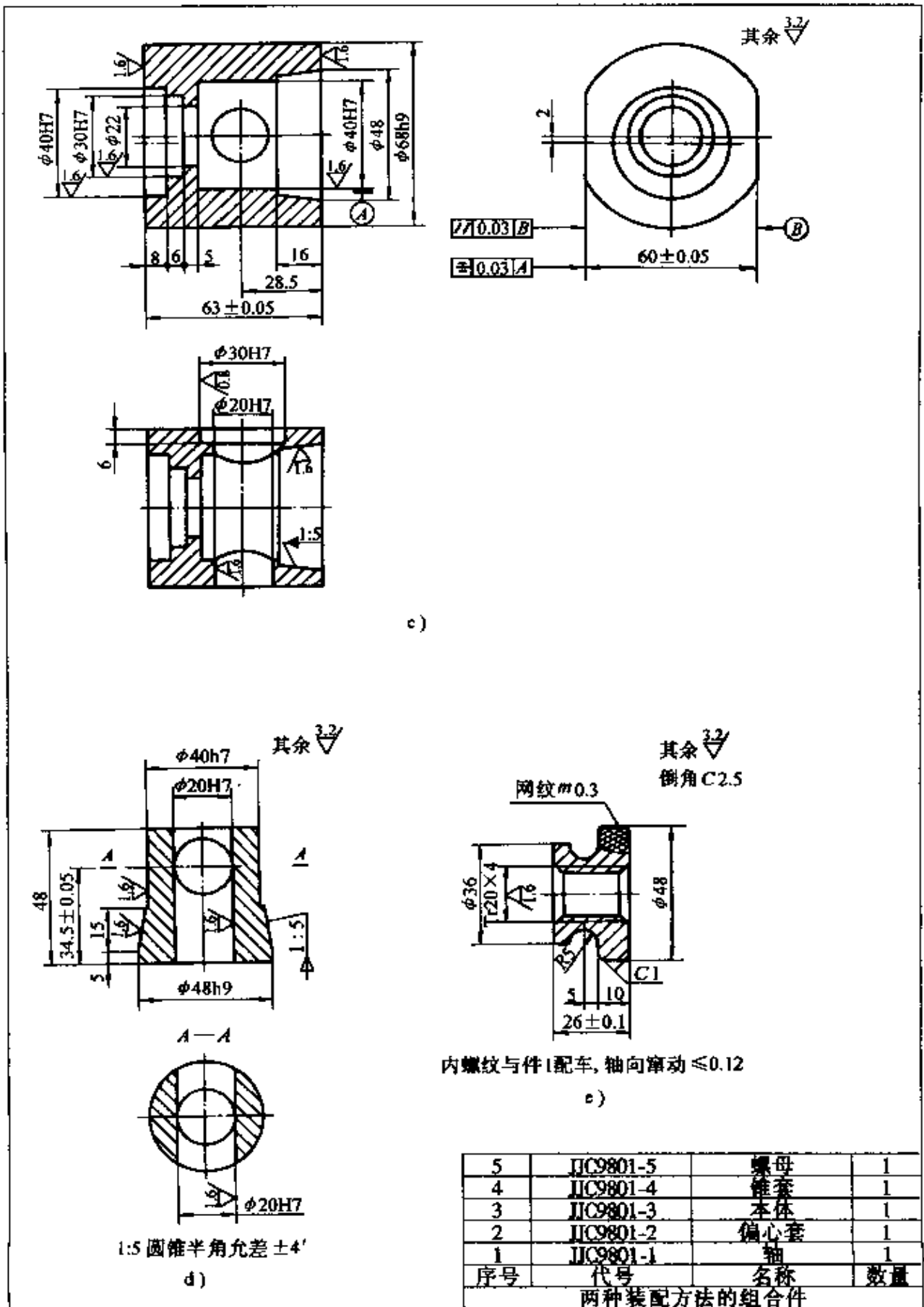


图 5-80 两种装配方法的组合件

柱面，用百分表找正两端面对称、轴线对称及轴线垂直。

7) 为保证两平面尺寸  $60\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$ ，平面对  $\phi 40^{+0.025}_0 \text{mm}$  孔轴线的对称度  $0.03\text{mm}$ ，车平面前应测量外圆  $\phi 68_{-0.074}^0 \text{mm}$  的实际尺寸，调头车另一平面时，应用百分表找正已加工平面。

8) 为保证装配后总长尺寸  $120\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$ ，车件 1 左端面前，应预装配，确定车削余量。

### 3. 参考加工过程

1) 件 1 车削过程见表 5-18。

2) 件 4 车削过程见表 5-19。

表 5-18 件 1 车削过程

工序	车 削 过 程
1	夹 $\phi 50\text{mm}$ 毛坯，找正 车右端面 钻中心孔 $A2.5\text{mm}$ 。用顶尖顶住 车滚花外圆至 $\phi 48_{-0.3}^0 \text{mm}$ ，长 $130\text{mm}$ ；车外圆 $\phi 36\text{mm}$ 至尺寸，长 $11\text{mm}$ ；滚花网纹 $m0.4$ 车槽 $R5\text{mm}$ 车 $\phi 20_{-0.007}^0 \text{mm}$ 至尺寸，长 $94\text{mm}$ ；车螺纹大径至 $\phi 20_{-0.3}^0 \text{mm}$ 车槽，倒角 车梯形螺纹 $\text{Tr}20 \times 4-7e$ 至尺寸 切断，长 $120.5\text{mm}$
2	垫铜皮，夹 $\phi 20_{-0.007}^0 \text{mm}$ 外圆，找正 车左端面至要求 倒角

表 5-19 件 4 车削过程

工序	车 削 过 程
1	夹 $\phi 50\text{mm}$ 毛坯，找正 车上端面 钻孔至 $\phi 18\text{mm}$ 车外圆 $\phi 48_{-0.002}^0 \text{mm}$ 至尺寸，长 $49\text{mm}$ ；车外圆 $\phi 40_{-0.025}^0 \text{mm}$ 至尺寸，长 $28\text{mm}$ 车外锥 $1:5$ 至尺寸，锥面长 $15\text{mm}$ 车孔 $\phi 20^{+0.021} \text{mm}$ 至尺寸 倒角 切断，长 $48.5\text{mm}$
2	垫铜皮，夹 $\phi 40_{-0.025}^0 \text{mm}$ 外圆，找正 车下端面至要求 倒角

5) 件 5 车削过程见表 5-22。

表 5-22 件 5 车削过程

工序	车 削 过 程
1	夹 $\phi 50\text{mm}$ 毛坯, 找正 车右端面 钻孔至 $\phi 14\text{mm}$ 车滚花外圆至 $\phi 48 \pm_{0.4}^{0.3}\text{mm}$ , 滚花网纹 $m = 0.4$ 倒角 切断, 并车一段工艺平面 (在未断开前), 长 $26.5\text{mm}$
2	夹滚花外圆, 找正 车左端面至总长 $26\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$ 车外圆 $\phi 36\text{mm}$ 至尺寸, 长 $16\text{mm}$ 车槽 $R5\text{mm}$ 车螺纹底孔至 $\phi 16 \pm_{0}^{0.375}\text{mm}$ 倒角 车梯形螺纹 $\text{Tr}20 \times 4$ , 与件 1 配车, 轴向窜动小于 $0.12\text{mm}$

“△”符号者，为阿拉伯数字；有“⊕”符号者，为大写汉语拼音字母或阿拉伯数字或两者兼而有之。

1. 机床类代号 按其相对应的汉字字意读音，用大写的汉语拼音字母表示。例如车床类代号“C”读作“车”。必要时每类可分为若干分类。分类代号在类代号之前，作为型号的首位，并用阿拉伯数字表示。第一分类代号的“1”省略不写。机床的类和分类代号见表6-1。

表 6-1 机床类及分类代号

类别	车床	钻床	镗床	磨床			齿轮加工机床	螺纹加工机床	铣床	刨插床	拉床	锯床	其它机床
代号	C	Z	T	M	2M	3M	Y	S	X	B	L	G	Q
读音	车	钻	镗	磨	二磨	三磨	牙	丝	铣	刨	拉	割	其

2. 机床通用特性代号、结构特性代号 这两种代号，用大写的汉语拼音字母表示，位于类代号之后。

(1) 通用特性代号 通用特性代号有统一的固定含义，它在各类机床的型号中，表示的意义相同。

当某类型机床，除有普通型外，还有下表所列某种通用特性时，在类代号之后加通用特性代号以示区分。如果某类机床仅有某种通用特性，而无普通型式者，则通用特性不需表示。

当在一个型号中要同时使用二、三个通用特性代号时，一般按重要程度排列顺序。通用特性代号，按其相应的汉字字意读音标注。机床的通用特性代号见表6-2。

表 6-2 机床通用特性代号

通用特性	高精度	精密	自动	半自动	数控	加工中心 (自动换刀)	仿形	轻型	加重型	筒式或经济型	柔性加工单元	数显	高速
代号	G	M	Z	B	K	H	F	Q	C	J	R	X	S
读音	高	密	自	半	控	换	仿	轻	重	筒	柔	显	速

(2) 结构特性代号 对主参数值相同而结构、性能不同的机床，在型号中加结构特性代号予以区别。但结构特性代号与通用特性代号



不同，它在型号中没有统一的含义，只在同类机床中起区分机床结构、性能不同的作用。如果在型号中有通用特性代号时，结构特性代号应排在通用特性代号之后。结构特性代号用汉语拼音字母表示，通用特性代号已用的字母和“1”、“0”两个字母都不能用作结构特性代号。当单个字母不够用时，可将两个字母组合起来使用，如AD、AE……等，或DA、EA……等。

### 3. 机床组、系的划分原则及其代号

(1) 机床组、系的划分原则 将每类机床划分为十个组，每个组又划分为十个系（系列）。组、系划分的原则为：在同一类机床中，主要布局或使用范围基本相同的机床，即为同一组。在同一组机床中，其主参数相同，主要结构及布局型式相同的机床即为同一系。

(2) 机床组、系代号 机床的组和系各用一个阿拉伯数字表示，组代号位于类代号或通用特性代号、结构特性代号之后，系代号则位于组代号之后。

4. 主参数的表示方法 机床型号中主参数用折算值表示，位于系代号之后。若折算值大于1时，则取整数，前面不加“0”；若折算值小于1时，则取小数点后第一位数，并在前面加“0”。

车床类组、系及主参数见表6-3。

表 6-3 车床类组、系及主参数

组		系		主 参 数	
代号	名称	代号	名 称	折算系数	名 称
0	仪表 车 床	0	仪表台式精整车床	1/10	床身上最大回转直径
		3	仪表转塔车床	1	最大棒料直径
		4	仪表卡盘车床	1/10	床身上最大回转直径
		5	仪表精整车床	1/10	床身上最大回转直径
		6	仪表卧式车床	1/10	床身上最大回转直径
		7	仪表棒料车床	1	最大棒料直径
		8	仪表轴车床	1/10	床身上最大回转直径
		9	仪表卡盘精整车床	1/10	床身上最大回转直径
		1	单轴 自 动 车 床	0	主轴箱固定型自动车床
1	单轴纵切自动车床			1	最大棒料直径
2	单轴横切自动车床			1	最大棒料直径
3	单轴转塔自动车床			1	最大棒料直径
4	单轴卡盘自动车床			1/10	床身上最大车削直径
6	正面操作自动车床			1	最大车削直径

(续)

组		系		主 参 数	
代号	名称	代号	名 称	折算系数	名 称
2	多轴自动、半自动车床	0	多轴平行作业棒料自动车床	1	最大棒料直径
		1	多轴棒料自动车床	1	最大棒料直径
		2	多轴卡盘自动车床	1/10	卡盘直径
		4	多轴可调棒料自动车床	1	最大棒料直径
		5	多轴可调卡盘自动车床	1/10	卡盘直径
		6	立式多轴半自动车床	1/10	最大车削直径
		7	立式多轴平行作业半自动车床	1/10	最大车削直径
3	回轮、转塔车床	0	回轮车床	1	最大棒料直径
		1	滑鞍转塔车床	1/10	卡盘直径
		2	棒料滑枕转塔车床	1	最大棒料直径
		3	滑枕转塔车床	1/10	卡盘直径
		4	组合式转塔车床	1/10	最大车削直径
		5	横移转塔车床	1/10	最大车削直径
		6	立式双轴转塔车床	1/10	最大车削直径
		7	立式转塔车床	1/10	最大车削直径
8	立式卡盘车床	1/10	卡盘直径		
4	曲轴及凸轮轴车床	0	旋风切削曲轴车床	1/100	转盘内孔直径
		1	曲轴车床	1/10	最大工件回转直径
		2	曲轴主轴颈车床	1/10	最大工件回转直径
		3	曲轴连杆轴颈车床	1/10	最大工件回转直径
		5	多刀凸轮轴车床	1/10	最大工件回转直径
		6	凸轮轴车床	1/10	最大工件回转直径
		7	凸轮轴中轴颈车床	1/10	最大工件回转直径
		8	凸轮轴端轴颈车床	1/10	最大工件回转直径
		9	凸轮轴凸轮车床	1/10	最大工件回转直径
5	立式车床	1	单柱立式车床	1/100	最大车削直径
		2	双柱立式车床	1/100	最大车削直径
		3	单柱移动立式车床	1/100	最大车削直径
		4	双柱移动立式车床	1/100	最大车削直径
		5	工作台移动单柱立式车床	1/100	最大车削直径
		7	定梁单柱立式车床	1/100	最大车削直径
		8	定梁双柱立式车床	1/100	最大车削直径
		6	落地及卧式车床	0	落地车床
1	卧式车床			1/10	床身上最大回转直径
2	马鞍车床			1/10	床身上最大回转直径
3	轴车床			1/10	床身上最大回转直径
4	卡盘车床			1/10	床身上最大回转直径
5	球面车床			1/10	刀架上最大回转直径

(续)

组		系		主 参 数	
代号	名称	代号	名 称	折算系数	名 称
7	仿形及多刀车床	0	转塔仿形车床	1/10	刀架上最大车削直径
		1	仿形车床	1/10	刀架上最大车削直径
		2	卡盘仿形车床	1/10	刀架上最大车削直径
		3	立式仿形车床	1/10	最大车削直径
		4	转塔卡盘多刀车床	1/10	刀架上最大车削直径
		5	多刀车床	1/10	刀架上最大车削直径
		6	卡盘多刀车床	1/10	刀架上最大车削直径
		7	立式多刀车床	1/10	刀架上最大车削直径
		8	异形仿形车床	1/10	刀架上最大车削直径
8	轮、轴、辊、锭及铲齿车床	0	车轮车床	1/100	最大工件直径
		1	车轴车床	1/10	最大工件直径
		2	动轮曲拐销车床	1/100	最大工件直径
		3	轴颈车床	1/100	最大工件直径
		4	轧辊车床	1/10	最大工件直径
		5	钢锭车床	1/10	最大工件直径
		7	立式车轮车床	1/100	最大工件直径
		9	铲齿车床	1/10	最大工件直径
9	其它车床	0	落地镗车床	1/10	最大工件回转直径
		2	单能半自动车床	1/10	刀架上最大车削直径
		3	气缸套镗车床	1/10	床身上最大回转直径
		5	活塞车床	1/10	最大车削直径
		6	轴承车床	1/10	最大车削直径
		7	活塞环车床	1/10	最大车削直径
		8	钢锭模车床	1/10	最大车削直径

5. 通用机床的设计顺序号 某些通用机床, 当无法用一个主参数表示时, 则在型号中用设计顺序号表示。设计顺序号由 1 起始, 当设计顺序号小于 10 时, 由 01 开始编号。

#### 6. 主轴数和第二主参数的表示方法

(1) 主轴数的表示方法 对于多轴车床, 其主轴数应以实际数值列入型号, 置于主参数之后, 用“×”分开, 读作“乘”。单轴可省略, 不予表示。

(2) 第二主参数的表示方法 第二主参数, 一般不予表示, 如需在型号中表示, 应按一定手续审批。在型号中表示的第二主参数,

般以折算成两位数为宜，最多不超过三位数。

7. 机床的重大改进顺序号 当机床的结构、性能有更高的要求，并需按新产品重新设计、试制和鉴定时，可按改进的先后顺序选用 A、B、C……（I、O 除外）等汉语拼音字母，加在型号基本部分的尾部，用来区别原机床型号。凡局部改进，增减某些附件、测量装置及改变工件装夹方法等，均不属重大改进。

### 8. 通用机床型号示例

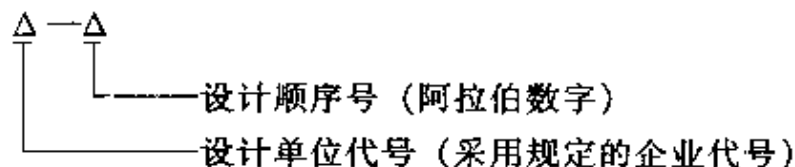
例 1 最大车削直径为 1250mm，经过第一次重大改进的数显单柱立式车床，其型号为 CX5112A

例 2 最大棒料直径为 50mm，六轴棒料自动车床，其型号为 C2150×6。

例 3 床身上最大回转直径为 360mm，经过第一次重大改进的卧式车床，其型号为 C6136A。

### 二、专用机床型号

专用机床的型号一般由设计单位代号和设计顺序号组成，型号构成如下：

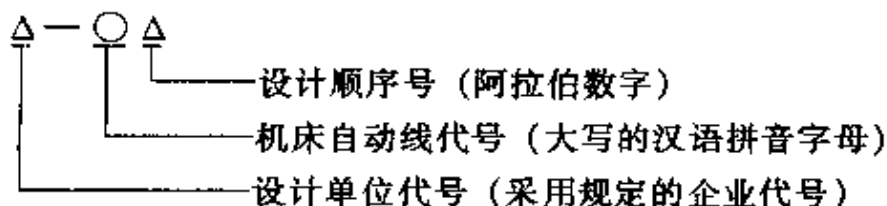


设计单位代号包括机床生产厂和机床研究单位代号，位于型号之首。

设计顺序号是按该单位的设计顺序编排，由阿拉伯数字 001 起始，位于设计单位代号之后，并用“—”隔开，读作“至”。

### 三、机床自动线型号

机床自动线的型号由设计单位代号、机床自动线代号和设计顺序号组成，型号构成如下：



由通用机床或专用机床组成的机床自动线，其代号为“ZX”（读作“自线”）。位于设计单位代号之后，并用“—”分开读作“至”。机床自动线设计顺序号位于机床自动线代号之后。

## 第二节 CA6140 型卧式车床

### 一、主要技术参数

床身上最大工件回转直径		400mm
最大工件长度		750、1000、1500、2000mm
刀架上最大工件回转直径		210mm
主轴内孔直径		48mm
主轴孔前端锥孔规格		莫氏 6 号
主轴转速 正转 (24 级)		10 ~ 1400r/min
反转 (12 级)		14 ~ 1580r/min
车削螺纹、蜗杆范围	米制螺纹 (44 种)	$P = 1 \sim 192\text{mm}$
	英制螺纹 (20 种)	2 ~ 24 牙/in
	米制蜗杆 (39 种)	$m_x = 0.25 \sim 48\text{mm}$
	英制蜗杆 (37 种)	$DP = 1 \sim 96$
进给量	纵向标准进给量	0.08 ~ 1.59mm/r
	横向标准进给量	0.04 ~ 0.795mm/r
	纵向加大进给量	1.71 ~ 6.33mm/r
	横向加大进给量	0.86 ~ 3.16mm/r
	纵向缩小进给量	0.028 ~ 0.054mm/r
	横向缩小进给量	0.014 ~ 0.027mm/r
	纵向快移速度	4m/min
	横向快移速度	2m/min
刀架行程	最大纵向行程	650、900、1400、1900mm
	最大横向行程	260、295mm
	小滑板最大行程	139、165mm
主电动机功率		7.5kW

### 二、传动系统

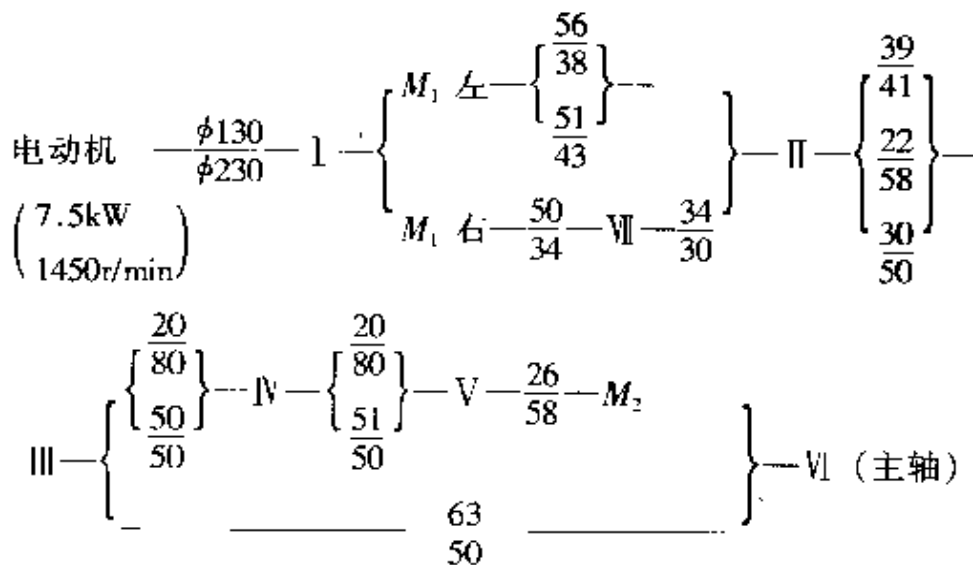
1. 传动系统图 为了便于详细了解和分析机床的运动情况，通

常应用机床的传动系统图来表示机床全部运动传动关系。此图画在一个能反映机床外形和各主要部件相互位置的投影面上，并尽可能绘制在机床外形的轮廓线内，在图中用简单的规定符号代表各种传动件，以展开图的形式，将各传动件按运动传递的先后顺序画出来，传动系统图只能表示传动关系，而不能表示各元件的实际尺寸和真实的空间位置，一般在图中还应标明齿轮及蜗轮的齿数（有时也注明其编号或模数）、带轮直径、丝杠的导程和线数、电动机的转速与功率、传动轴的编号等。传动轴的编号通常从动力源（如电动机等）开始，按运动传递顺序，用罗马数字 I、II、III……依次表示。CA6140 型卧式车床传动系统图如图 6-1 所示。

在读传动系统图时，第一步找出传动链的两端件，即首先找出输入动力的主动轴，再找出输出动力或运动的从动轴。第二步研究各运动轴之间的传动方式及传动比、传动齿轮、传动轴之间的连接关系。第三步分析整个运动的传动关系，列出传动链结构式和传动链方程式。这种方式称为“抓两端，连中间”。

2. 主运动传动链 主运动传动链的功用是把动力源（电动机）的运动及能量传给主轴，使主轴带动工件旋转。卧式车床的主轴应能变速和换向。

CA6140 型卧式车床主运动传动链结构式为



从传动系统图可以看出，利用各滑移齿轮轴向位置的各种不同组合，主轴正转时共可得  $2 \times 3 \times (1 + 2 \times 2) = 30$  种传动路线，但由于

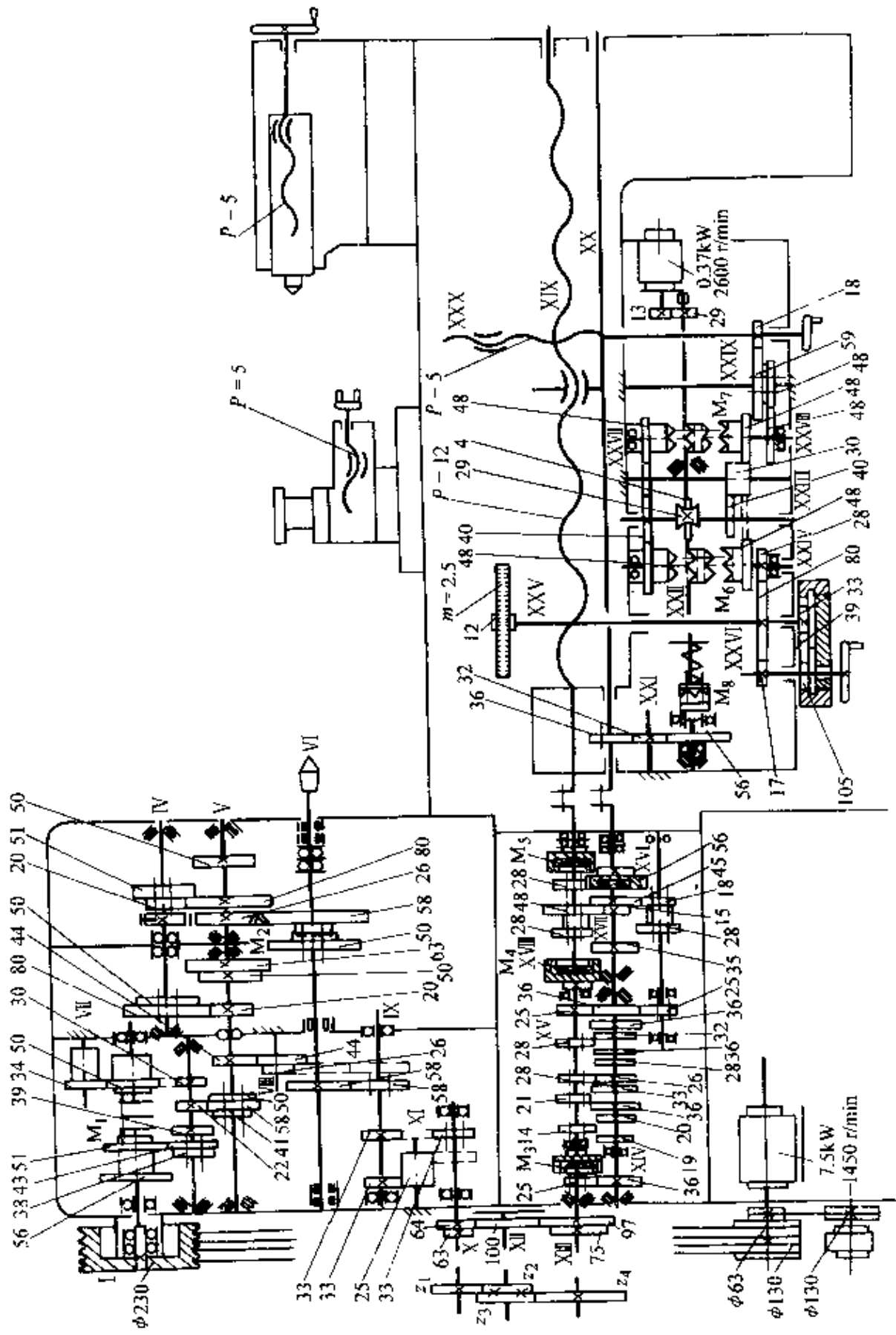


图 6-1 CA6140 型卧式车床传动系统图





螺纹时，两端件主轴—刀架之间必须要保持严格的运动关系，即：主轴每转一转，刀具应均匀地移动一个被加工螺纹的导程  $P_h$ 。车螺纹时的传动链方程式

$$P_h = 1_{\text{主轴}} \times i \times P_{\text{丝}}$$

式中  $P_h$ ——被加工螺纹导程 (mm)；

$i$ ——从主轴到丝杠间的全部传动副的总传动比；

$P_{\text{丝}}$ ——车床丝杠的螺距 (mm)。

如要加工出各种不同类型的和导程的螺纹，进给运动传动链的  $i$  值就应相应地改变。

1) 车削米制螺纹 米制螺纹是应用最广泛的一种螺纹，车削米制螺纹时的传动链方程式为

$$P_h = 1_{\text{主轴}} \times \frac{58}{58} \times \frac{33}{33} \times \frac{63}{100} \times \frac{100}{75} \times \frac{25}{36} \times i_{\text{基}} \times \frac{25}{36} \times \frac{36}{25} \times i_{\text{倍}} \times 12$$

将上式简化后可得

$$P_h = 7i_{\text{基}}i_{\text{倍}}$$

式中  $P_h$ ——被加工螺纹导程 (mm)；

$i_{\text{基}}$ ——基本变速组传动比；

$i_{\text{倍}}$ ——增倍变速组传动比。

基本变速组有 8 种不同的传动比

$$i_{\text{基}1} = \frac{26}{28} = \frac{6.5}{7}, \quad i_{\text{基}2} = \frac{28}{28} = \frac{7}{7}, \quad i_{\text{基}3} = \frac{32}{28} = \frac{8}{7}, \quad i_{\text{基}4} = \frac{36}{28} = \frac{9}{7},$$

$$i_{\text{基}5} = \frac{19}{14} = \frac{9.5}{7}, \quad i_{\text{基}6} = \frac{20}{14} = \frac{10}{7}, \quad i_{\text{基}7} = \frac{33}{21} = \frac{11}{7}, \quad i_{\text{基}8} = \frac{36}{21} = \frac{12}{7}$$

这 8 个传动比近似按等差数列排列，变换  $i_{\text{基}}$  就能车出导程按等差数列排列的螺纹。

增倍变速组有 4 种不同的传动比

$$i_{\text{倍}1} = \frac{18}{45} \times \frac{15}{48} = \frac{1}{8}, \quad i_{\text{倍}2} = \frac{28}{35} \times \frac{15}{48} = \frac{1}{4}$$

$$i_{\text{倍}3} = \frac{18}{45} \times \frac{35}{28} = \frac{1}{2}, \quad i_{\text{倍}4} = \frac{28}{35} \times \frac{35}{28} = 1$$

这种传动比按倍数关系排列，变换  $i_{\text{倍}}$  就可车出导程按倍数关系变化

等差数列规律排列，需将基本组的主动轴与从动轴对调。车英制螺纹的传动链方程式为

$$P_h = i_{\pm\text{轴}} \times \frac{58}{58} \times \frac{33}{33} \times \frac{63}{100} \times \frac{100}{75} \times \frac{1}{i_{\text{基}}} \times \frac{36}{25} \times i_{\text{倍}} \times 12 \approx \frac{4}{7} \times 25.4 \times \frac{i_{\text{倍}}}{i_{\text{基}}}$$

$$P_h = \frac{25.4}{a}$$

$$a = \frac{7}{4} \times \frac{i_{\text{倍}}}{i_{\text{基}}}$$

CA6140 型卧式车床可加工的英制螺纹导程见表 6-5。

表 6-5 CA6140 型卧式车床车英制螺纹表

	$\frac{18}{45} \times \frac{15}{48} = \frac{1}{8}$	$\frac{28}{35} \times \frac{15}{48} = \frac{1}{4}$	$\frac{18}{45} \times \frac{35}{28} = \frac{1}{2}$	$\frac{28}{35} \times \frac{35}{28} = \frac{1}{1}$
26/28			3 1/4	
28/28	14	7	3 1/2	
32/28	16	8	4	2
36/28	18	9	4 1/2	
19/14	19			
20/14	20	10	5	
33/21		11		
36/21	24	12	6	3

3) 车削米制蜗杆 米制蜗杆的导程  $p_z = \pi m_x z_1$ ，含有  $\pi$  因子。

CA6140 型卧式车床车米制蜗杆时，将交换齿轮由  $\frac{63}{100} \times \frac{100}{75}$  换成  $\frac{64}{100} \times \frac{100}{97}$ ，其余传动路线与车米制螺纹相同。车削米制蜗杆传动路线的总传动比为车米制螺纹传动路线的总传动比的  $\pi/4$  倍。

车削米制蜗杆时的传动链方程式为

$$\begin{aligned} P_z &= i_{\pm\text{轴}} \times \frac{58}{58} \times \frac{33}{33} \times \frac{64}{100} \times \frac{100}{97} \times \frac{25}{36} \times i_{\text{基}} \times \frac{25}{36} \times \frac{36}{25} \times i_{\text{倍}} \times 12 \\ &= \frac{7\pi}{4} \times i_{\text{基}} \times i_{\text{倍}} \end{aligned}$$

$$P_z = \pi m_x z_1$$

$$m_x = \frac{7}{4z_1} \times i_{\text{基}} \times i_{\text{倍}}$$

CA6140 型卧式车床可加工的单头米制蜗杆见表 6-6。

表 6-6 CA6140 型卧式车床车单头米制蜗杆表

	$\frac{18}{45} \times \frac{15}{48} = \frac{1}{8}$	$\frac{28}{35} \times \frac{15}{48} = \frac{1}{4}$	$\frac{18}{45} \times \frac{35}{28} = \frac{1}{2}$	$\frac{28}{35} \times \frac{35}{28} = \frac{1}{1}$
26/28				
28/28				1.75
32/28	0.25	0.5	1	2
36/28				2.25
19/14				
20/14			1.25	2.5
33/21				2.75
36/21			1.5	3

4) 车英制蜗杆 英制蜗杆的径节  $DP$  代表蜗轮折算到每一英寸分度圆直径上的齿数，导程  $P_h = 25.4/DP$ ，含有 25.4 和  $DP$  的因子。CA6140 型卧式车床车英制蜗杆时，交换齿轮为  $\frac{64}{100} \times \frac{100}{97}$ ，进给箱中采用与车英制螺纹相同的传动路线。车英制蜗杆的传动链方程式为：

$$P_z = 1_{\text{主轴}} \times \frac{58}{58} \times \frac{33}{33} \times \frac{64}{100} \times \frac{100}{97} \times \frac{1}{i_{\text{基}}} \times \frac{36}{25} \times i_{\text{倍}} \times 12$$

$$= \frac{25.4\pi}{7} \times \frac{i_{\text{倍}}}{i_{\text{基}}}$$

$$P_z = \frac{25.4\pi}{DP}$$

$$DP = 7 \times \frac{i_{\text{基}}}{i_{\text{倍}}}$$

CA6140 型卧式车床可加工的单头英制蜗杆见表 6-7。

CA6140 型卧式车床车螺纹、蜗杆的工作调整见表 6-8。

表 6-7 CA6140 型卧式车床车英制蜗杆表

	$\frac{18}{45} \times \frac{15}{48} = \frac{1}{8}$	$\frac{28}{35} \times \frac{15}{48} = \frac{1}{4}$	$\frac{18}{45} \times \frac{35}{28} = \frac{1}{2}$	$\frac{28}{35} \times \frac{35}{28} = \frac{1}{1}$
26/28				
28/28	56	28	14	7
32/28	64	32	16	8
36/28	72	36	18	9
19/14				
20/14	80	40	20	10
33/21	88	44	22	11
36/21	96	48	24	12

表 6-8 CA6140 型卧式车床车螺纹、蜗杆的工作调整

	螺距 (齿距) 参数	导程	交换齿轮	离合器	移换机构	基本组
米制螺纹	螺距 $P/\text{mm}$	$P_h = 7 i_{\text{基}} i_{\text{倍}}$	$\frac{63}{100} \times \frac{100}{75}$	$M_5$ 结合 $M_3$ 、 $M_4$ 脱开	轴 XV Z25 轴 XVI Z25	轴 XIV → 轴 XV
米制蜗杆	模数 $m_x/\text{mm}$	$P_x = \frac{7}{4} i_{\text{基}} i_{\text{倍}}$	$\frac{64}{100} \times \frac{100}{97}$			
英制螺纹	每英寸牙数 $a/(\text{牙}/\text{in})$	$P_h = \frac{4}{7} \times 25.4 \frac{i_{\text{倍}}}{i_{\text{基}}}$	$\frac{63}{100} \times \frac{100}{75}$	$M_3$ 、 $M_5$ 结合 $M_4$ 脱开	轴 XIV Z36 轴 XVI Z25	轴 XV → 轴 XIV
英制蜗杆	径节 $DP/(\text{牙}/\text{in})$	$P_x = \frac{25.4\pi}{7} \times \frac{i_{\text{倍}}}{i_{\text{基}}}$	$\frac{64}{100} \times \frac{100}{97}$			

5) 车非标准螺纹和精密螺纹 将齿式离合器  $M_3$ 、 $M_4$ 、 $M_5$  全部接合, 进给箱中的传动路线由轴 XII 经轴 XV 及轴 XVII 直接传动丝杠 XIX, 被加工螺纹导程靠调整交换齿轮传动比来实现。

车削非标准螺纹和精密螺纹时的传动链方程式为

$$P_h = 1_{\text{主轴}} \times \frac{58}{58} \times \frac{33}{33} \times \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} \times 12$$

交换齿轮置换公式为

$$\frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{P_h}{12}$$

恰当地选择交换齿轮  $z_1$ 、 $z_2$ 、 $z_3$ 、 $z_4$  的齿数，利用上面的置换公式，就可车出所需要导程的螺纹。

(2) 机动进给 机动进给运动由光杠经溜板箱传动。机动进给分机动纵向进给和机动横向进给两种。

机动纵向进给、机动横向进给及车螺纹三条传动路线，用操纵机构及互锁机构来保证不能同时接通。

1) 机动纵向进给 CA6140 型卧式车床的 64 种机动纵向进给量是由 4 种类型的传动路线来传动的。

标准进给量 运动经由正常螺距的米制螺纹的传动路线传动时，可得 0.08 ~ 1.22mm/r 的 32 种进给量，见表 6-9。

表 6-9 CA6140 型卧式车床纵向标准进给量表 (单位: mm/r)

	I	II	III	IV	基本组
1	0.08	0.16	0.33	0.66	26/28
2	0.09	0.18	0.36	0.71	28/28
3	0.10	0.20	0.41	0.81	32/28
4	0.11	0.22	0.46	0.91	36/28
5	0.12	0.24	0.48	0.96	19/14
6	0.13	0.26	0.51	1.02	20/14
7	0.14	0.28	0.56	1.12	33/21
8	0.15	0.30	0.61	1.22	36/21
增倍组	1/8	1/4	1/2	1	

注：表中 I、II、III、IV 为进给箱增倍手柄位置

纵向标准进给传动链方程式为

$$f_{\text{纵}} = 1_{\text{主轴}} \times \frac{58}{58} \times \frac{33}{33} \times \frac{63}{100} \times \frac{100}{75} \times \frac{25}{36} \times i_{\text{并}} \times \frac{25}{36} \times \frac{36}{25} \times i_{\text{倍}} \times \frac{28}{56} \times \frac{36}{32} \times \frac{32}{56} \times \frac{4}{29} \times \frac{40}{30} \times \frac{30}{48} \times \frac{28}{80} \times \pi \times 2.5 \times 12 = 0.71 i_{\text{基}} \cdot i_{\text{倍}}$$

较大进给量 运动由主轴经正常螺距及英制螺纹的传动路线传动时，传动链方程式为

$$f_{\text{纵}} = 1_{\text{主轴}} \times \frac{58}{58} \times \frac{33}{33} \times \frac{63}{100} \times \frac{100}{75} \times \frac{1}{i_{\text{英}}} \times \frac{36}{25} \times i_{\text{倍}} \times \frac{28}{56} \times$$

$$\frac{36}{32} \times \frac{32}{56} \times \frac{4}{29} \times \frac{30}{48} \times \frac{28}{80} \times \pi \times 2.5 \times 12 = 1.474 \frac{i_{\text{倍}}}{i_{\text{基}}}$$

若  $i_{\text{基}} = 1$ ，可获得  $0.86 \sim 1.59 \text{mm/r}$  较大进给量 8 种，见表 6-10。

表 6-10 CA6140 型卧式车床纵向较大进给量表 (单位: mm/r)

	1	2	3	4	5	6	7	8	增倍组
IV	1.59	1.47	1.29	1.16	1.09	1.03	0.92	0.86	1
基本组	26/28	28/28	32/28	36/28	19/14	20/14	33/21	36/21	

加大进给量 运动由主轴经扩大螺距机构及英制螺纹传动路线传动，主轴以较低的 12 级转速 ( $10 \sim 125 \text{r/min}$ ) 转动时，可把进给量扩大 4 倍或者 16 倍，获得  $1.71 \sim 6.33 \text{mm/r}$  加大进给量 16 种，见表 6-11，从而满足低速大进给量强力切削和精车的需要。

表 6-11 CA6140 型卧式车床纵向加大进给量表 (单位: mm/r)

	1	2	3	4	5	6	7	8	增倍组
I	3.16	2.93	2.57	2.28	2.16	2.05	1.88	1.71	1/8
II	6.33	5.87	5.14	4.56	4.32	4.11	3.74	3.42	1/4
基本组	26/28	28/28	32/28	36/28	19/14	20/14	33/21	36/21	

细进给量 运动由主轴经扩大螺距机构及米制螺纹传动路线传动，且主轴以高速 ( $450 \sim 1400 \text{r/min}$ ) 转动时，能把进给量变得更加细小，传动链方程式为

$$f_{\text{纵}} = i_{\text{主}} \times \frac{50}{63} \times \frac{44}{44} \times \frac{26}{58} \times \frac{33}{33} \times \frac{63}{100} \times \frac{100}{75} \times \frac{25}{36} \times i_{\text{基}} \times \frac{25}{36} \times \frac{36}{25} \times$$

$$i_{\text{倍}} \times \frac{28}{56} \times \frac{36}{32} \times \frac{32}{56} \times \frac{4}{29} \times \frac{40}{30} \times \frac{30}{48} \times \frac{28}{80} \times \pi \times 25 \times 12 = 0.252 i_{\text{基}} i_{\text{倍}}$$

当取  $i_{\text{倍}} = 1/8$  时，可得  $f_{\text{纵}} = 0.0315 i_{\text{基}}$ 。可获得  $0.028 \sim 0.054 \text{mm/r}$  细进给量 8 种，见表 6-12，来满足高速、小进给量精车的需要。

2) 机动横向进给 机动横向进给量同样可通过上述获得机动纵向进给量的四条传动路线获得。

横向标准进给传动链方程式为

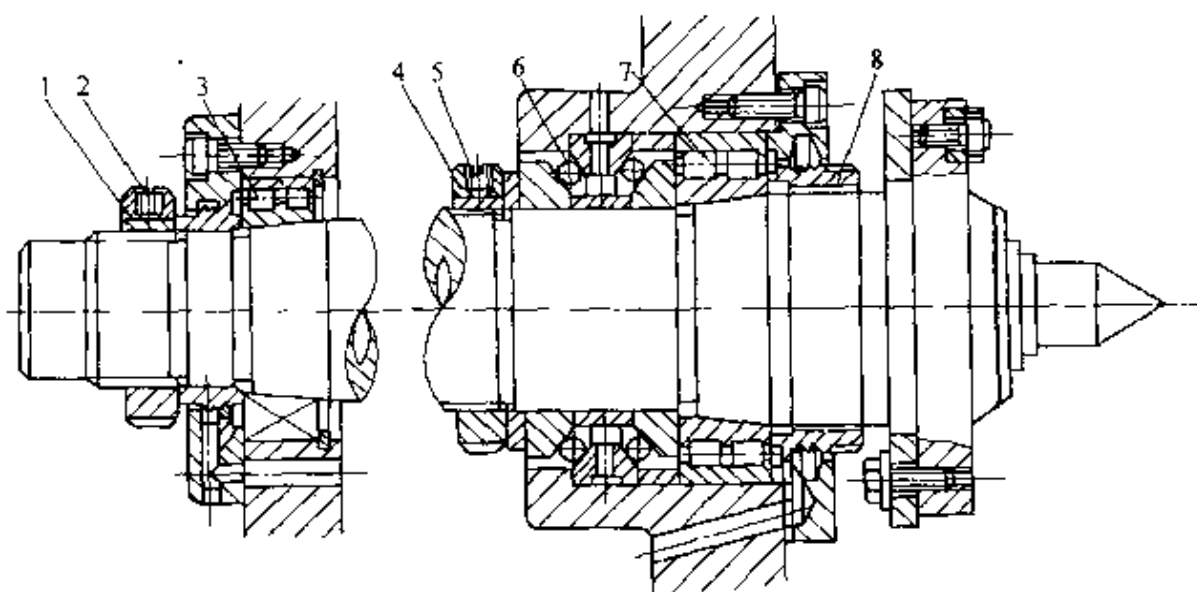


图 6-2 CA6140 型卧式车床上轴轴承间隙的调整

1、4、8—螺母 2、5—紧定螺钉 3、7—双列圆柱滚子轴承 6—双列角接触推力球轴承

发热或损坏。所以主轴轴承需要定期进行调整。调整前轴承时，先拧松轴承右端螺母 8，螺母 4 上的紧定螺钉 5，然后拧紧左端螺母 4 使双列圆柱滚子轴承 7 的内圈相对于主轴锥面作轴向移动，因为轴承内圈很薄，而且内孔与主轴锥面一样，也具有 1:12 的锥度，因此内圈在轴向移动的同时作径向弹性膨胀，实现调整径向间隙或预紧的目的。调整合适后，应将紧定螺钉 5 和螺母 8 拧紧。一般情况下，只需调整前轴承即可，只有当调整前轴承后仍不能达到规定要求的回转精度时，才需调整后轴承，调整方法与前轴承相似。

2. 摩擦离合器的调整 CA6140 型卧式车床主轴箱轴 I 上装有双向多片式摩擦离合器，除了传递动力外，还能起过载保护装置的作用。离合器如图 6-3 所示，具有左、右两组摩擦片，每一组由若干内、外摩擦片交叠而成。带花键孔的内摩擦片 2 与轴上的花键相联接；外摩擦片 3 的内孔是光滑圆孔，空套在轴的花键外圆上，摩擦片外圆上有四个凸齿，卡在空套齿轮 1 右端套筒部分的缺口内。内、外摩擦片相间排列，在未被压紧时，它们互不联系。当操纵装置将滑环 10 向右移动时，摆块 12 绕支点摆动，下端拨动拉杆 9 向左移动，拉杆 9 左端上的固定销 6 带动螺套 5、螺母 4 压紧左离合器的内、外摩擦片，使主轴正转。滑环 10 向左移动时，主轴反转。滑环 10 在中间位置

时，主轴停止转动。

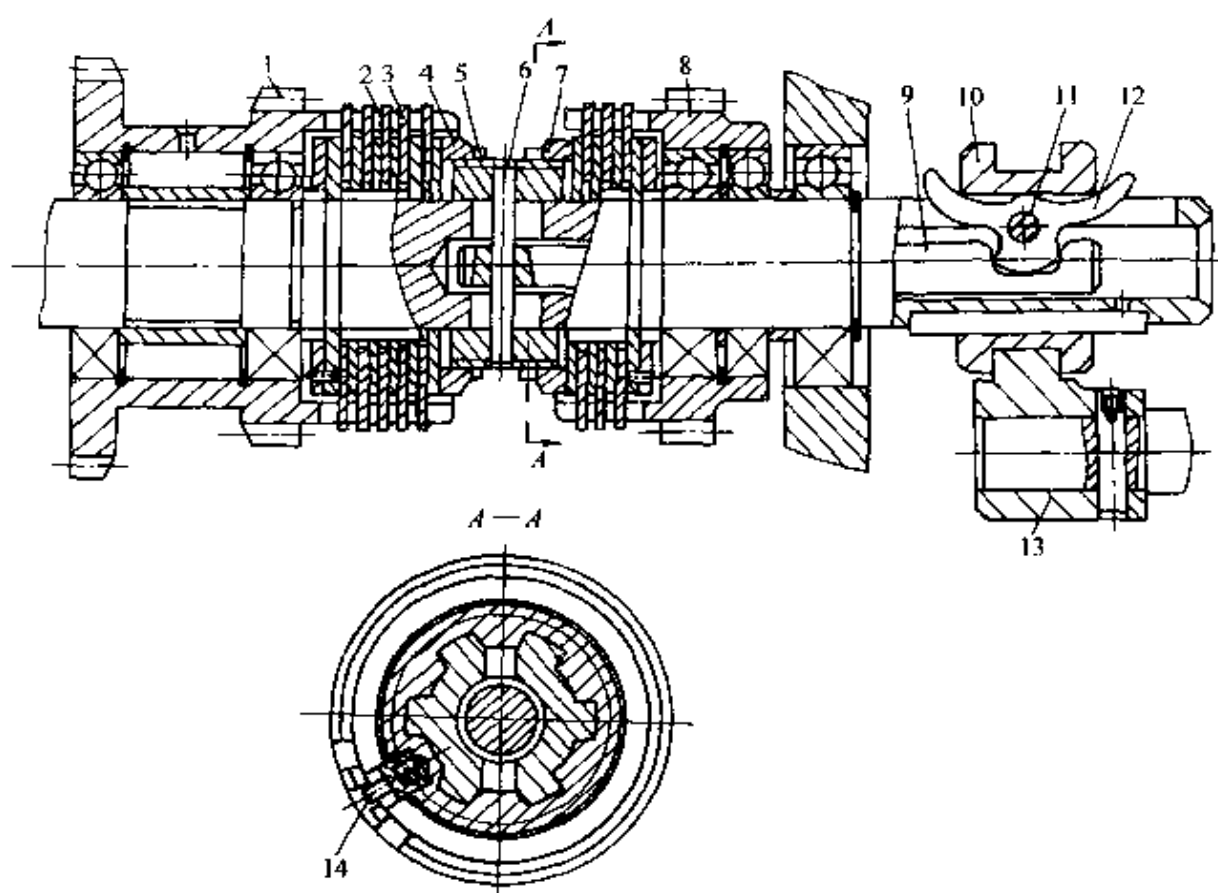


图 6-3 摩擦离合器

- 1、8—空套齿轮 2—内摩擦片 3—外摩擦片 4、7—螺母 5—螺套 6—固定销  
9—拉杆 10—滑环 11—销轴 12—摆块 13—拨叉 14—弹簧销

离合器的内、外摩擦片在松开时间隙要适当。如间隙太大，压紧时摩擦片会相互打滑，不能传递足够的转矩，易产生闷车现象，易使摩擦片磨损；如间隙太小，易损坏操纵装置零件，严重时使摩擦片烧坏。调整时，先把弹簧销从螺母 4 的缺口中压入螺套 5，然后转动紧固螺母 4，相对螺套 5 作小量的轴向位移，即可改变摩擦片的间隙。如正转间隙太大，紧固螺母 4 应向左移动；如正转间隙太小，紧固螺母 4 应向右移动。调整后应使弹簧销从紧固螺母 4 的任一缺口中弹出，防止紧固螺母 4 在旋转时松脱。

3. 制动器的调整 制动器是在车床停机过程中克服主轴箱内各运动件的惯性，使主轴迅速停止转动，以缩短辅助时间。闸带式制动



0.04mm，调整后应将螺钉拧紧。

床鞍装在床身导轨上，下部固定内侧压板、外侧压板，床鞍移动时，压板与导轨下部有一定间隙，如图 6-5 所示。外侧压板间隙过大时，先拧松紧固螺母 2，然后适当调整调节螺钉 1，减小镶条与导轨底面间隙，要求床鞍移动平稳、轻便，间隙小于 0.04mm，调整后应将紧固螺母 2 拧紧。内侧压板间隙过大时，应将溜板箱、内侧压板 7 拆下，磨压板顶面，减小间隙。

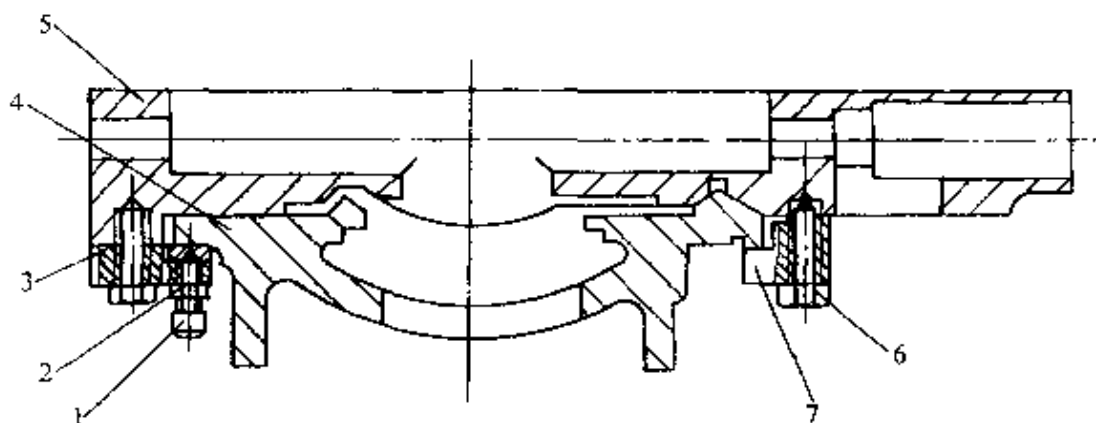


图 6-5 床鞍间隙调整

1—调节螺钉 2—紧固螺母 3—外侧压板 4—床身  
5—床鞍 6—紧固螺钉 7—内侧压板

中滑板丝杠螺母的结构如图 6-6 所示。由后螺母 1 和前螺母 6 组成，分别用螺钉 2、4 紧固在中滑板 5 的底部，中间用楔块 8 隔开。由于磨损或振动使螺钉松动时，先将后螺母 1 上的紧固螺钉 2 拧松，拧紧调节螺钉 3 把楔块 8 向上拉，依靠斜楔的作用，将后螺母 1 向后推移，减小了中滑板丝杠与螺母的间隙，要求中滑板丝杠手柄转动灵活，正反转的空行程在  $1/20r$  以内，调整

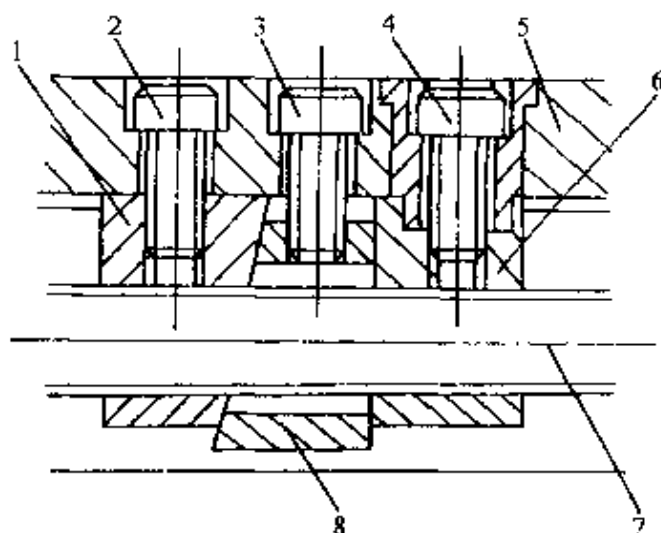


图 6-6 中滑板丝杠螺母间隙调整

1—后螺母 2、4—紧固螺钉 3—调节螺钉  
5—中滑板 6—前螺母  
7—中滑板丝杠 8—楔块

后应将螺钉 2 拧紧。

中滑板刻度盘是横向进刀的标记，如图 6-7 所示。刻度盘 1 太松时，无法得到准确的读数。调整时，先拆下两个调节螺母 2，然后拉出圆盘 3，弯曲弹簧片 4 以增加弹簧压力，最后装上调节螺母 2，要求手柄转动灵活。

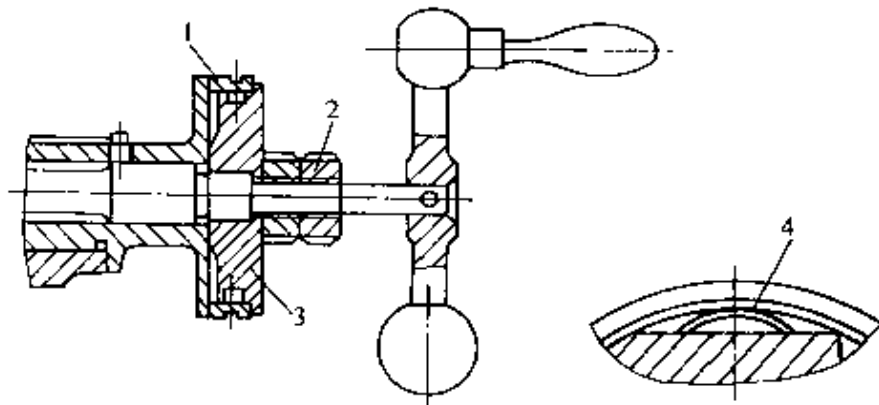


图 6-7 中滑板刻度盘

1—刻度盘 2—调节螺母 3—圆盘 4—弹簧片

5. 开合螺母的调整 开合螺母用来接通或断开从丝杠传来的运动。车螺纹和蜗杆时，将开合螺母合上，丝杠通过开合螺母带动溜板箱及刀架移动。开合螺母结构如图 6-8 所示。上、下两个半螺母 2、1，装在溜板箱后壁的燕尾导轨中，可上下移动。上、下半螺母 2、1 的背面各装有一个圆柱销 3，伸出端分别嵌在槽盘 4 的两条曲线槽

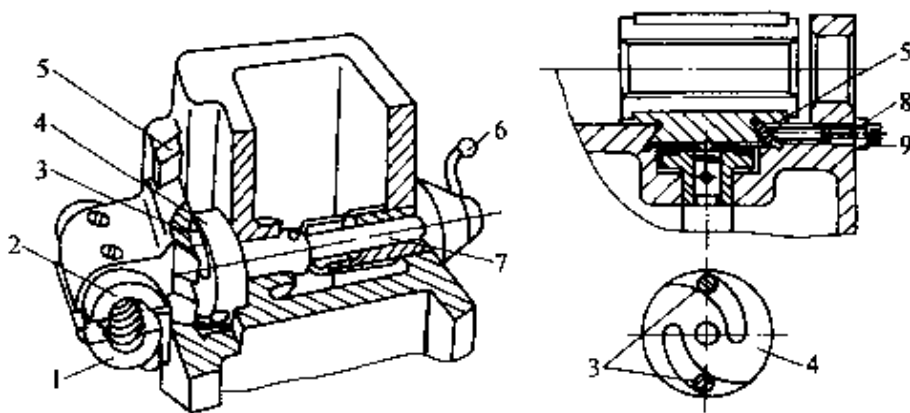


图 6-8 开合螺母

1—下半螺母 2—上半螺母 3—圆柱销 4—槽盘 5—平镶条  
6—手柄 7—轴 8—调节螺钉 9—紧固螺母

状精度、相互位置的几何精度及其相对运动的几何精度。在机床上加工的工件表面形状是取决于刀具和工件之间的相对运动轨迹，而刀具和工件都是由机床的执行件直接带动的，因此机床的几何精度是确保加工精度的最基本条件，每种类型的机床都有它自己的几何精度要求。

2. 传动精度 传动精度指内联系传动链两端件运动之间相互关系的准确性。例如，卧式车床的车螺纹传动链，必须确保主轴每转一转时，刀架能准确地移动被加工螺纹的一个导程，否则，将会造成工件的螺距误差（相邻螺距误差和一定长度内的螺距累积误差）。

3. 定位精度 定位精度指机床运动部件从某一位置运动到预期的另一位置时所要达到的实际位置的精度。实际位置与预期位置之间的误差称为定位误差。

对于刀架等作周期转位运动的部件，其定位误差反映为角位移误差，与此对应，它的定位精度称为转位精度。若机床的运动部件从某一位置到另一位置作多次重复定位时，每次定位到达的实际位置之间的误差最大值，称为该运动部件的重复定位精度。

机床的几何精度、传动精度和定位精度，一般是在没有切削载荷以及机床不运动或运动速度较低的情况下检测的，所以一般称为机床的静态精度。静态精度主要决定于机床上主要零、部件，如主轴及其轴承、丝杠螺母、齿轮、床身、箱体等的制造精度以及它们的装配精度。

4. 机床的工作精度 静态精度只能在一定程度上反映机床的加工精度，因为机床在实际工作状态下，还有一系列因素会影响加工精度。例如零、部件的弹性变形、热变形、机床的振动、机床运动部件以工作状态的速度运动时，其运动精度不同于低速检测时的精度。所有这些，都将引起机床静态精度的变化，影响工件的加工精度。

机床的工作精度指机床在运动状态和切削力作用下的精度，即机床在工作状态下的精度。工作精度通过加工出来的试件精度来评定。

## 二、卧式车床的精度检验项目

卧式车床的精度检验项目共分两类十八个项目。第一类是卧式车床的几何精度。第二类是卧式车床的工作精度。卧式车床的几何精度

检验项目及允差，见表 6-13。卧式车床工作精度检验项目及允差，见表 6-13。

表 6-13 卧式车床的几何精度检验项目及允差

序号	检验项目	允差/mm		
		精密级	普通级	
		$D_n \leq 500$ 和 $DC \leq 1500$	$D_n \leq 800$	$800 \leq D_n \leq 1600$
G1	A—床身导轨调平 a) 纵向：导轨在垂直平面内的直线度	$DC \leq 500$ 0.01 (凸)	$DC \leq 500$	
		$500 < DC \leq 1000$ 0.015 (凸) 局部公差 任意 250 测量长度上 为 0.005	0.01 (凸)	0.015 (凸)
			$500 < DC \leq 1000$	
			0.02 (凸)	0.03 (凸)
		$1000 < DC \leq 1500$ 0.02 (凸) 局部公差 任意 250 测量长度上 为 0.005	局部公差 任意 250 测量长度上为	
			0.0075	0.01
$DC > 1000$ 最大工件长度每增加 1000 允差增加				
0.01	0.01	0.02		
	局部公差 任意 500 测量长度上为			
0.015	0.015	0.02		
	b) 横向：导轨应在同一平面内	b) 水平仪的变化 0.03/1000	b) 水平仪的变化 0.04/1000	
G2	B—溜板 溜板移动在水平面内的 直线度 在两顶尖轴线和刀尖 所确定的平面内检验	$DC \leq 500$ 0.01	$DC \leq 500$	
		$500 < DC \leq 1000$ 0.015	0.015	0.02
			$500 < DC \leq 1000$	
		$1000 < DC \leq 1500$ 0.02	0.02	0.025
$DC > 1000$ 最大工件长度每增加 1000 允差增加 0.005 最大允差				
0.03	0.03	0.05		

(续)

序号	检验项目	允差/mm		
		精密级	普通级	
		$D_a \leq 500$ 和 $DC \leq 1500$	$D_a \leq 800$	$800 \leq D_a \leq 1600$
G3	尾座移动对溜板移动的平行度: a) 在水平平面内 b) 在垂直平面内	a) 0.02 局部公差 任意 500 测量 长度上为 0.02 b) 0.03 局部公差 任意 500 测量 长度上为 0.02	$DC \leq 1500$	
			a) 和 b) 0.03	a) 和 b) 0.04
			局部公差 任意 500 测量长度上为 0.02	
G4	C—主轴 a) 主轴轴向窜动 b) 主轴轴肩支承面的圆跳动	a) 0.005 b) 0.01 包括轴向 窜动	a) 0.01	a) 0.015
			b) 0.02	b) 0.02
G5	主轴定心轴颈的径向圆跳动	0.007	0.01	0.015
G6	主轴轴线的径向跳动: a) 靠近主轴端面 b) 距主轴端面 $D_a/2$ 或不超过 300mm	a) 0.005 b) 在 300 测量长 度上为 0.015 在 200 测量长度上 为 0.01 在 100 测量长度上 为 0.005	a) 0.01	a) 0.015
			b) 在 300 测量 长度上为 0.02	b) 在 500 测量 长度上为 0.05
G7	主轴轴线对溜板纵向 移动的平行度 测量长度 $D_a/2$ 或不 超过 300mm a) 在水平面内 b) 在垂直平面内	a) 在 300 测量长 度上为 0.01 向前 b) 在 300 测量长 度上为 0.02 向上	a) 在 300 测量 长度上为 0.015 向前	a) 在 500 测量 长度上为 0.03 向前
			b) 在 300 测量 长度上为 0.02 向上	b) 在 500 测量 长度上为 0.04 向上
G8	主轴顶尖的径向圆跳动	0.01	0.015	0.02
G9	D—尾座 尾座套筒对溜板移动 的平行度: a) 在水平平面内 b) 在垂直平面内	a) 在 100 测量长 度上为 0.01 向前 b) 在 100 测量长 度上为 0.015 向上	a) 在 100 测量 长度上为 0.015 向前	a) 在 100 测量 长度上为 0.02 向前
			b) 在 100 测量 长度上为 0.02 向上	b) 在 100 测量 长度上为 0.03 向上

(续)

序号	检验项目	允差/mm		
		精密级	普通级	
		$D_a \leq 500$ 和 $DC \leq 1500$	$D_a \leq 800$	$800 \leq D_a \leq 1600$
G10	尾座套筒锥孔轴线对溜板移动的平行度; 测量长度 $D_a/4$ 或不超过 300mm a) 在水平面内 b) 在垂直平面内	a) 在 300 测量长度上为 0.02 向前 b) 在 300 测量长度上为 0.02 向上	a) 在 300 测量长度上为 0.02 向前 b) 在 300 测量长度上为 0.02 向上	a) 在 300 测量长度上为 0.02 向前 b) 在 300 测量长度上为 0.02 向上
G11	E—顶尖 主轴和尾座两顶尖的等高度	0.02 尾座顶尖高于主轴顶尖	0.04 尾座顶尖高于主轴顶尖	0.06 尾座顶尖高于主轴顶尖
G12	F—小刀架 小刀架纵向移动对主轴轴线的平行度	在 150 测量长度上为 0.015	在 300 测量长度上为 0.04	
G13	H—横刀架 横刀架横向移动对主轴轴线的垂直度	0.01/300 偏差方向 $\alpha \geq 90^\circ$	0.02/300 偏差方向 $\alpha \geq 90^\circ$	
G14	H—丝杠 丝杠的轴向窜动	0.01	0.015	0.02
G15	由丝杠所产生的螺距累积误差	a) 任意 300 测量长度上为 0.03 b) 任意 60 测量长度上为 0.01	a) 300 测量长度上为 $DC \leq 2000$ 0.04 $DC > 2000$ 最大工件长度每增加 1000 允差增加 0.005 最大允差 0.05 b) 任意 60 测量长度上为 0.015	

注:  $DC$  为最大工件长度,  $D_a$  为床身上最大回转直径。

### 三、卧式车床几何精度检验方法

#### 1. 导轨在垂直平面内的直线度和导轨应在同一平面内

(1) 导轨在垂直平面内的直线度 常用方框水平仪进行检验, 检验方法如图 6-10 所示。先置水平仪于导轨的中间或两端位置, 初步找正导轨水平。然后自左至右分段测量, 记录每一位置水平仪的读数, 作误差曲线, 计算导轨在垂直平面内全长误差和局部误差。

表 6-14 卧式车床的工作精度检验

序号	检验性质	切削条件	检验项目	允差/mm		
				精密级	普通级	
				$D_s \leq 500$ $DC \leq 1500$	$D_s \leq 800$	$800 < D_s \leq 1600$
P1	车削夹在卡盘中的圆柱试件 $D \geq D_s/8$ $L_1 = 0.5 D_s$ $L_{1max} = 500mm$ $L_{2max} = 20mm$	用单刃刀具在圆柱体上车削三段直径 (如果 $L_1 < 50mm$ , 则车两段直径)	精车外圆 a) 圆度 试件固定端环带处的直径变化, 至少取四个读数 b) 在纵截面内直径的一致性 在同一纵向截面内测得的试件各端环带处加工后直径间的变化, 应当是大直径靠近主轴端	a) 0.007 b) 0.02 $L_1 = 300$	a) 0.01 b) 0.04 $L_1 = 300$	a) 0.02 b) 0.04 $L_1 = 300$
P2	车削夹在卡盘中的圆柱试件 $D \geq 0.5 D_s$ $L_{max} = D_s/8$	车削垂直于主轴的平面 (仅车两段或三段平面, 其中之一为中心平面)	精车端面的平面度只许凹	300 直径上为 0.015	300 直径上为 0.025	
P3	圆柱试件的螺纹加工, $L = 300mm$ 车三角形螺纹	从丝杠某一点开始切削螺纹, 试件的直径和螺距应尽可能接近丝杠的直径和螺距	精车 300mm 长螺纹的螺距累积误差	a) 在 300 测量长度上为 0.03 b) 任意 60 测量长度上为 0.01	a) 在 300 测量长度上为 $DC \leq 2000$ 0.04 $DC > 2000$ 最大工件长度每增加 1000 允差增加 0.005 最大允差 0.05 b) 任意 60 测量长度上为 0.015	

注: 1.  $DC$  为最大工件长度,  $D_s$  为床身上最大回转直径。  
2. 试件用易切钢或铸铁件。

例 4 某卧式车床床身上最大工件回转直径 400mm, 最大车削长度为 1000mm, 溜板每移动 250mm 测量一次, 水平仪分度值为 0.02mm/1000mm。水平仪测量结果依次为 +1.1、+1.5、0、-1.0、-1.1 格, 根据这些读数画出导轨在垂直平面内的直线度误差曲线,

如图 6-11 所示。

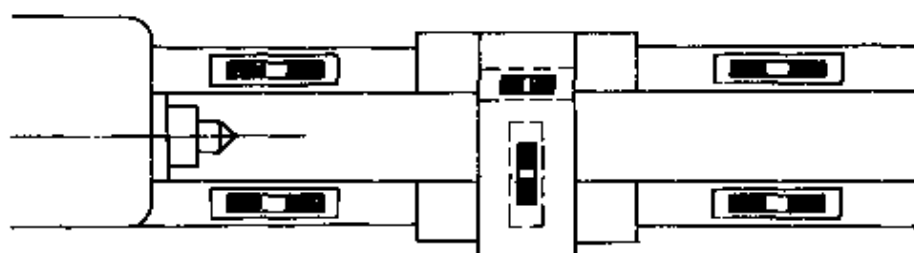


图 6-10 导轨在垂直平面内的直线度

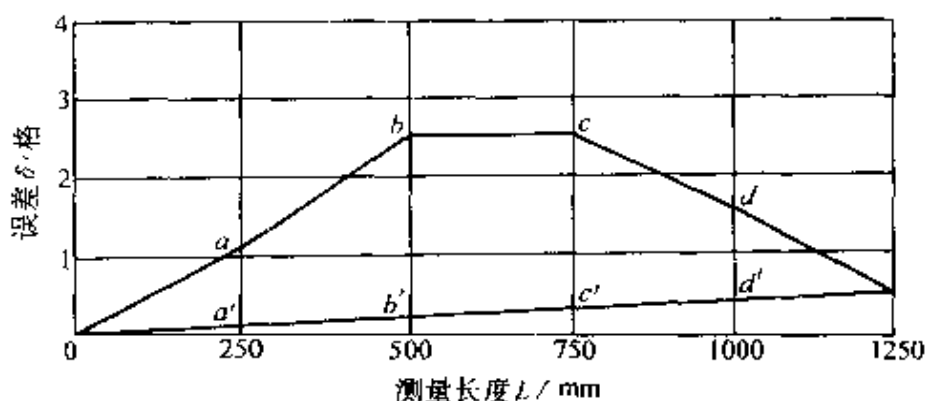


图 6-11 导轨在垂直平面内的直线度误差曲线

导轨在全长上的直线度误差  $\delta_{\text{全}}$  为

$$\begin{aligned}\delta_{\text{全}} &= bb' \times \frac{0.02\text{mm}}{1000\text{mm}} \times 250\text{mm} = (2.6 - 0.2) \times \frac{0.02\text{mm}}{1000\text{mm}} \times 250\text{mm} \\ &= 0.012\text{mm}\end{aligned}$$

导轨直线度局部误差  $\delta_{\text{局}}$  为

$$\begin{aligned}\delta_{\text{局}} &= (bb' - aa') \times \frac{0.02\text{mm}}{1000\text{mm}} \times 250\text{mm} \\ &= (2.4 - 1.0) \times \frac{0.02\text{mm}}{1000\text{mm}} \times 250\text{mm} = 0.007\text{mm}\end{aligned}$$

检验标准中规定，在全长上的直线度允差 0.02mm，只允许中间凸，导轨直线度局部允差 0.075mm。该项目合格。

(2) 导轨应在同一平

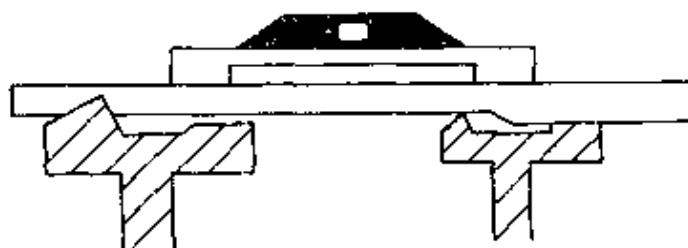


图 6-12 导轨应在同一平面内



读数的最大差值为主轴定心轴颈的径向圆跳动误差。检验圆锥轴颈时，要预先测量主轴的轴向窜动，并根据锥角计算对测量结果产生的影响。

6. 主轴轴线的径向圆跳动 在主轴锥孔中插入检验棒，将指示器固定在溜板上使测头垂直触及检验棒的圆柱面 a 和 b 处，如图 6-17 所示。使主轴缓慢旋转，a 和 b 处分别测取指示器读数。每测一次，需将检验棒相对于主轴孔旋转  $90^\circ$  重新插入，测量四次，四次读数的算术平均值为主轴轴线的径向圆跳动误差。

7. 主轴轴线对溜板移动的平行度 在主轴锥孔中插入检验棒，将指示器固定在溜板上使测头垂直触及检验棒的圆柱面 a 和 b 处，如图 6-18 所示。移动溜板，a 和 b 处分别测取指示器读数，然后主轴旋转  $180^\circ$  再测取一次读数，两次读数的代数和之半为主轴轴线对溜板移动的平行度误差。a 为在水平面内平行度误差，只允许向前偏；b 为在垂直平面内平行度误差，只允许向上偏。

8. 主轴顶尖的径向圆跳动 将专用顶尖插入主轴锥孔，指示器

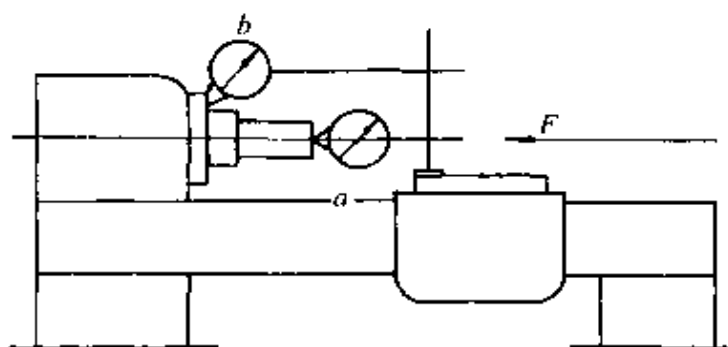


图 6-15 主轴轴向窜动和主轴轴肩支承面的圆跳动

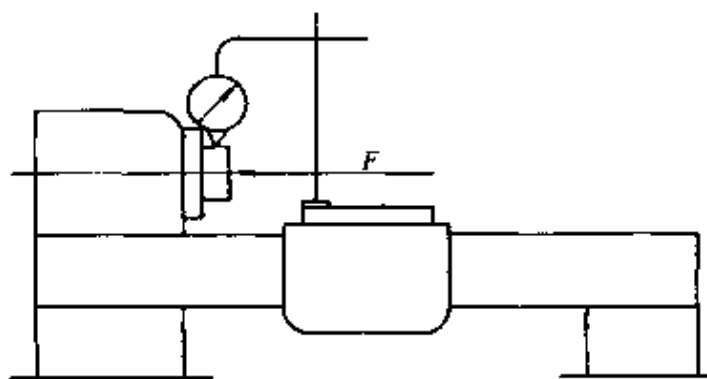


图 6-16 主轴定心轴颈的径向圆跳动

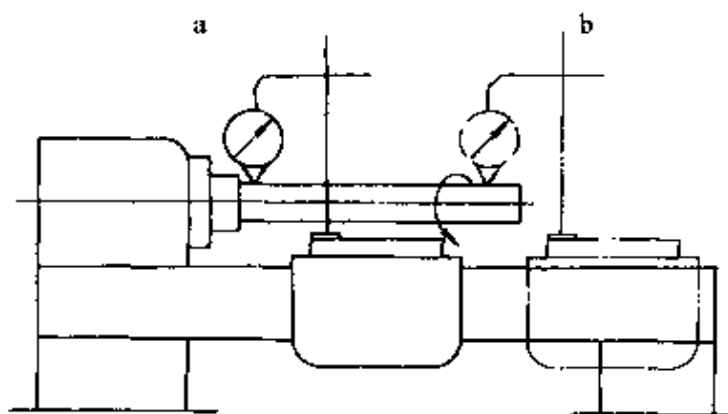


图 6-17 主轴轴线的径向圆跳动

固定在溜板上使测头垂直触及顶尖锥面，如图 6-19 所示。使主轴缓慢旋转，测取指示器读数除以  $\cos\alpha/2$  ( $\alpha/2$  为顶尖圆锥半角) 为主轴顶尖的径向圆跳动误差。

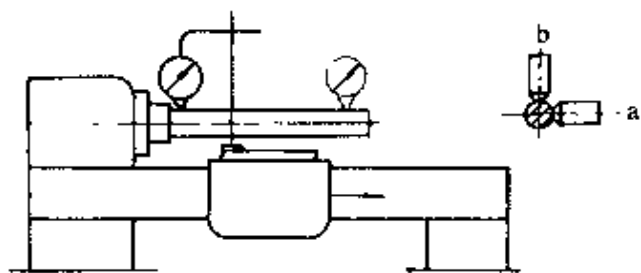


图 6-18 主轴轴线对溜板移动的平行度

9. 尾座套筒轴线对溜板移动的平行度 尾座套筒伸出定长后，按正常工作状态锁紧，将指示器固定在溜板上使测头触及尾座套筒表面 a 和 b 处，如图 6-20 所示。移动溜板，a 和 b 处分别测取指示器读数，指示器读数的最大差值为尾座套筒轴线对溜板移动的平行度误差。a 为在水平面内平行度误差，只允许向前偏；b 为在垂直平面内平行度误差，只允许向上偏。

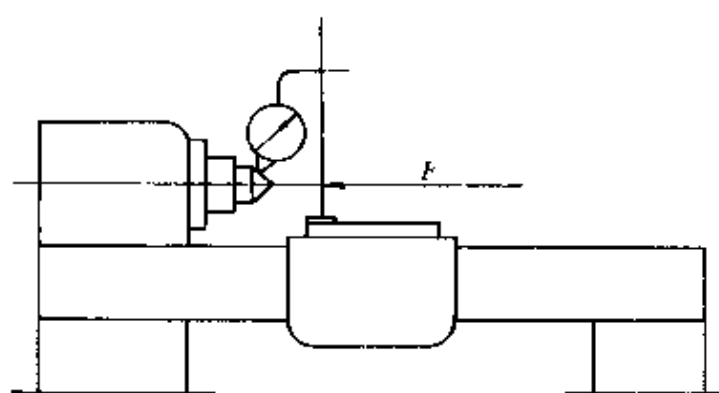


图 6-19 主轴顶尖的径向圆跳动

10. 尾座套筒锥孔轴线对溜板移动的平行度 将检验棒插入尾座套筒内，套筒退入尾座孔内并锁紧，将指示器固定在溜板上使测头触及检验棒表面 a 和 b 处，如图 6-21 所示。移动溜板，a 和 b 处分别测取指示器读数，然后检验棒旋转  $180^\circ$  再测取一次读数，两次读

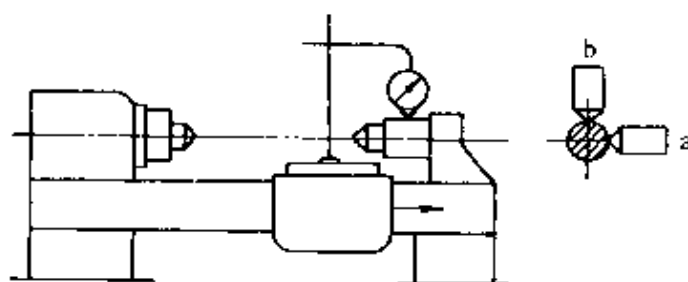


图 6-20 尾座套筒轴线对溜板移动的平行度

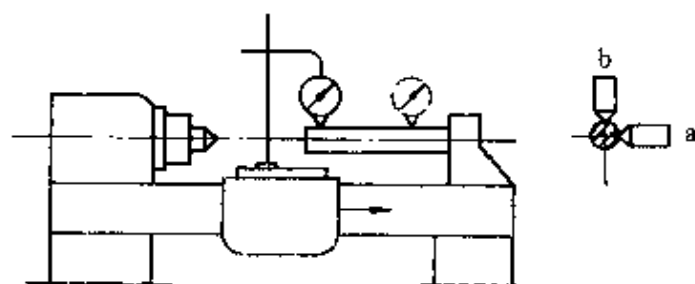


图 6-21 尾座套筒锥孔轴线对溜板移动的平行度

数的代数和之半为尾座套筒锥孔轴线对溜板移动的平行度误差  $a$  为在水平面内平行度误差，只允许向前偏； $b$  为在垂直平面内平行度误差，只允许向上偏。

11. 主轴和尾座两顶尖的等高度 将指示器装在溜板上使测头在垂直平面内触及检验棒表面，如图 6-22 所示。移动溜板，在检验棒两端测取指示器读数，读数的差值为主轴和尾座两顶尖的等高度误差。

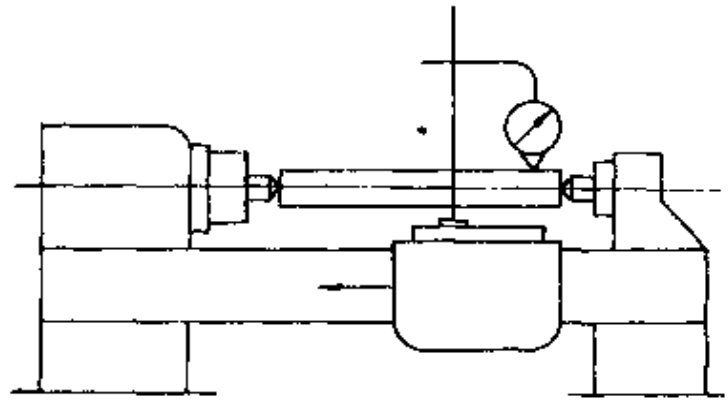


图 6-22 主轴和尾座两顶尖的等高度

12. 小刀架纵向移动对主轴轴线的平行度 在主轴锥孔中插入检验棒，将指示器固定在刀架上，调整好小刀架与主轴轴线在水平面的平行之后，使测头在垂直平面内触及检验棒表面，如图 6-23 所示。移动小刀架，在小刀架的工作位置内测取指示器读数，然后主轴旋转  $180^\circ$  再测取一次读数，两次读数的代数和之半为小刀架纵向移动对主轴轴线的平行度误差。

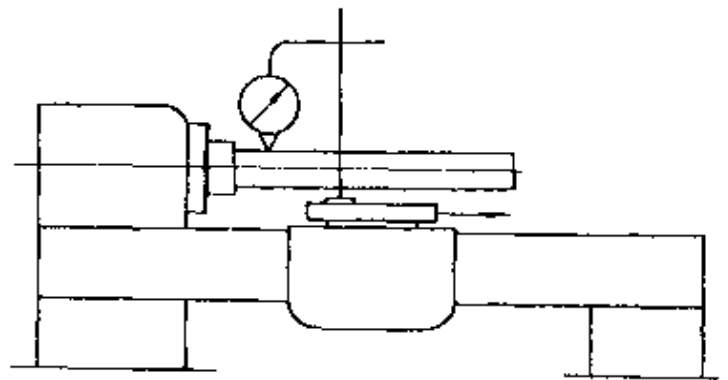
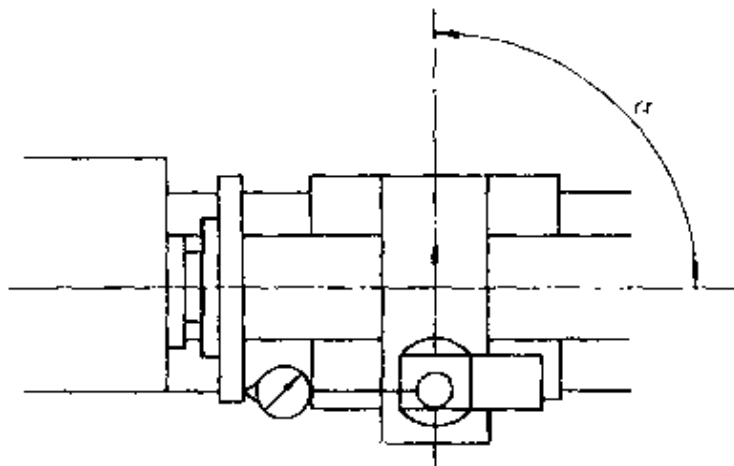


图 6-23 小刀架纵向移动对主轴轴线的平行度



13. 横刀架横向移动对主轴轴线的垂直度 检验平盘固定在主轴上，将指示器固定在中滑板上使测头触及平盘表面，如图 6-24 所示。移动中滑板，测取指示

图 6-24 横刀架横向移动对主轴轴线的垂直度

器读数，然后将主轴旋转  $180^\circ$ ，测取第二次读数，两次读数的平均值为横刀架横向移动对主轴轴线的垂直度误差。

14. 丝杠的轴向窜动 丝杠中心孔内放一钢球，将指示器固定在导轨上，使测头触及钢球，如图 6-25 所示。在丝杠中段处闭合开合螺母，旋转丝杠，测取指示器读数最大差值为丝杠的轴向窜动误差。如进行 P3 工作精度检验，则此项可删除。

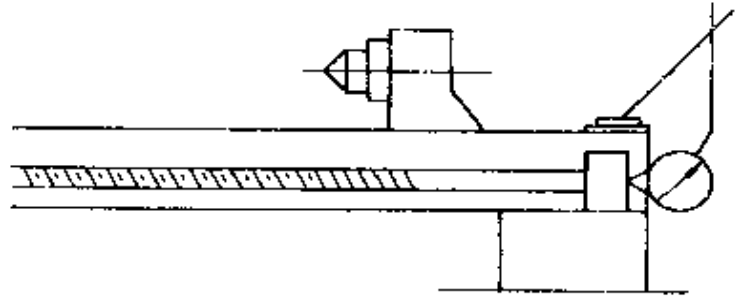


图 6-25 丝杠的轴向窜动

15. 由丝杠所产生的螺距累积误差 用电传感器和两顶尖顶紧一根长度 300mm 的标准丝杠，测头触及螺纹的侧面检验。普通级车床还可用长度规和指示器一起使用，以便比较主轴转过几周后溜板移动的相应长度。

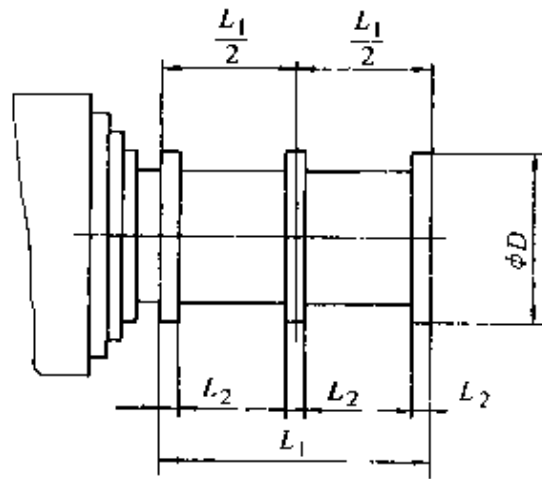


图 6-26 精车外圆的圆度和圆柱度

#### 四、卧式车床工作精度检验方法

1. 精车外圆的圆度和圆柱度 取直径  $\geq$  床身上最大回转直径  $/8$  的易切钢或铸铁试件，用卡盘夹持，在机床达到稳定温度的条件下，用单刃刀具车削三段直径，如图 6-26 所示。用圆度仪或千分尺检验圆度和圆柱度。

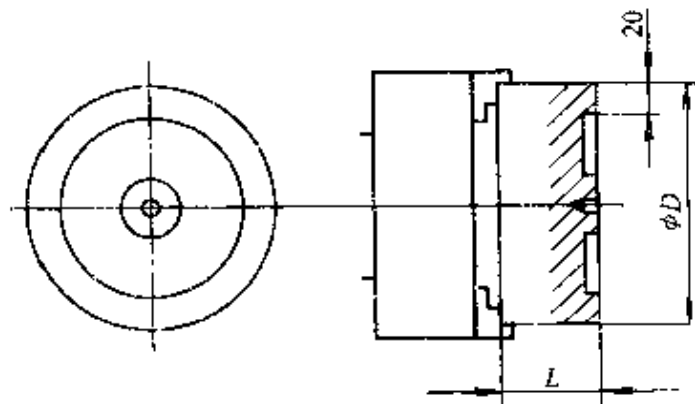


图 6-27 精车端面的平面度

2. 精车端面的平面度 取直径  $\geq$  床身上最大回转直径  $/2$  的易切钢或铸铁试件，用卡盘夹持，在机床达到稳定温度的条件下，精车垂直于主轴的平面，如图 6-27 所示。用平尺和量块或

指示器检验。

3. 精车螺纹的螺距累积误差 取直径尽可能接近丝杠直径的易切钢或铸铁试件, 精车和丝杠螺距相等的普通螺纹, 如图 6-28 所示。要求螺纹洁净, 无注陷或振纹。用专用检验工具检验螺距累积误差。

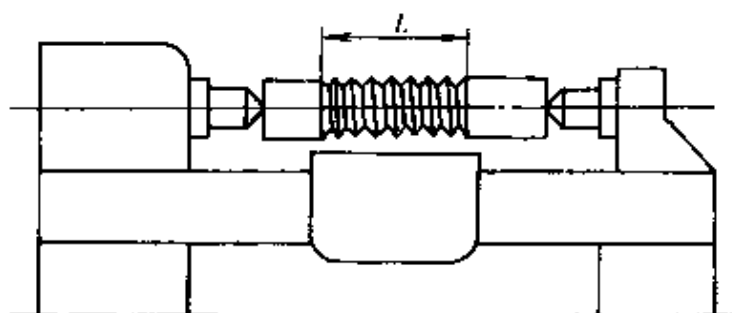


图 6-28 精车螺纹的螺距累积误差

### 五、卧式车床精度对加工质量的影响

卧式车床精度直接影响加工工件的质量和生产效率。卧式车床精度对加工质量的影响见表 6-15。

表 6-15 卧式车床精度对加工质量的影响

序号	工件产生的缺陷	产生原因	消除方法
1	车削工件时圆度超差	主轴前、后轴承游隙过大 主轴轴颈圆度超差 主轴轴承套外径或主轴箱主轴孔圆度超差或配合间隙过大	调整主轴轴承间隙 修磨主轴轴颈 修正主轴箱主轴孔或更换主轴轴承套
2	车圆柱形工件产生锥度	主轴轴线对溜板纵向移动的平行度超差 床身导轨严重磨损 两顶尖装夹工件时在水平面内尾座轴线与主轴轴线不重合 地脚螺栓松动, 机床水平变动	校正主轴轴线对溜板纵向移动的平行度 刮研床身导轨 调整尾座两侧横向螺钉, 校正尾座轴线与主轴轴线重合 调整机床水平, 紧固地脚螺栓
3	精车外圆时工件母线直线度超差	两顶尖装夹工件时主轴和尾座两顶尖的等高度超差 溜板移动在水平面内的直线度超差 小滑板车削时小滑板纵向移动对主轴轴线的平行度超差	修尾座, 校正主轴和尾座两顶尖的等高度 校正溜板移动在水平面内的直线度 修转盘, 校正小滑板纵向移动对主轴轴线的平行度
4	精车外圆时表面上有混乱的波纹	主轴滚动轴承滚道磨损, 间隙过大 主轴轴向窜动超差 床鞍及中、小滑板滑动表面间隙过大 方刀架底面与小滑板上表面接触不良	更换主轴滚动轴承 调整主轴推力轴承 调整导轨副压板和镶条, 使运动平稳轻便, 间隙小于 0.04mm 刮研方刀架底面与小滑板上表面, 使均匀接触

(续)

序号	工件产生的缺陷	产生原因	消除方法
5	精车外圆时圆周表面上有规律的波纹	<p>主上传动齿轮齿形不良, 齿部损坏或啮合不良</p> <p>电动机旋转不平衡</p> <p>带轮等旋转零件振幅过大</p> <p>主轴轴承间隙过大或过小</p>	<p>研磨或更换主轴齿轮</p> <p>电动机转子和带轮 启动平衡</p> <p>校正、修理带轮等旋转零件振幅</p> <p>调整主轴轴承间隙</p>
6	精车外圆时表面轴向上有规律的波纹	<p>溜板箱纵向进给小齿轮与齿条啮合不良</p> <p>光杠弯曲</p> <p>进给箱、溜板箱和托架三孔不同轴</p> <p>溜板箱内某一传动齿轮或蜗轮损坏</p> <p>主轴箱、进给箱中轴弯曲、齿轮损坏</p>	<p>调整或更换小齿轮与齿条</p> <p>校正光杠</p> <p>校正进给箱、溜板箱和托架三孔同轴</p> <p>检查校正溜板箱传动齿轮, 更换损坏齿轮</p> <p>校正传动轴, 更换损坏齿轮</p>
7	钻、扩、铰孔时, 工件孔径扩大或产生喇叭形	<p>尾座套筒轴线对溜板移动的平行度超差</p> <p>尾座套筒锥孔轴线对溜板移动的平行度超差</p> <p>主轴和尾座两顶尖的等高度超差</p>	<p>校正尾座套筒轴线对溜板移动的平行度</p> <p>校正尾座套筒锥孔轴线对溜板移动的平行度</p> <p>校正主轴和尾座两顶尖的等高度</p>
8	精车工件端面平面度超差	<p>中滑板移动对主轴轴线的垂直度超差</p> <p>主轴轴线对溜板移动的平行度超差</p>	<p>刮研中滑板导轨, 校正中滑板移动对主轴轴线的垂直度</p> <p>校正主轴轴线对溜板移动的平行度</p>
9	精车工件端面圆跳动超差	<p>主轴轴向窜动超差</p> <p>中滑板导轨副间隙过大</p> <p>中滑板导轨直线度超差</p>	<p>调整主轴推力轴承</p> <p>调整中滑板镶条</p> <p>刮研中滑板导轨</p>
10	车螺纹时螺距精度超差	<p>丝杠的轴向窜动</p> <p>丝杠弯曲</p> <p>开合螺母磨损</p> <p>从主轴至丝杠间传动误差过大</p>	<p>调整丝杠轴向窜动</p> <p>校正丝杠</p> <p>修配开合螺母, 调整与丝杠配合间隙</p> <p>检查、调整各传动件</p>

## 第四节 其它车床

### 一、回轮、转塔车床

卧式车床的方刀架上最多只能装四把刀具，尾座只能安装一把孔加工刀具，并且没有机动进给，因而在卧式车床上加工一些带有内孔或内、外螺纹等一些形状较为复杂的工件时，就需要频繁换刀、对刀、移动尾座以及试切、测量尺寸等，这样就会延长辅助时间，降低生产率，增大劳动强度。而回轮、转塔车床与卧式车床的主要区别在于：它们没有丝杠和尾座，而在床身尾座部位装有一个可沿床身导轨纵向移动并能转位的多工位刀架。这个刀架可以完成卧式车床上各种工序，只是由于没有丝杠，因而只能用丝锥和板牙加工较短的内、外螺纹。

1. 回轮车床 回轮车床如图 6-29 所示。

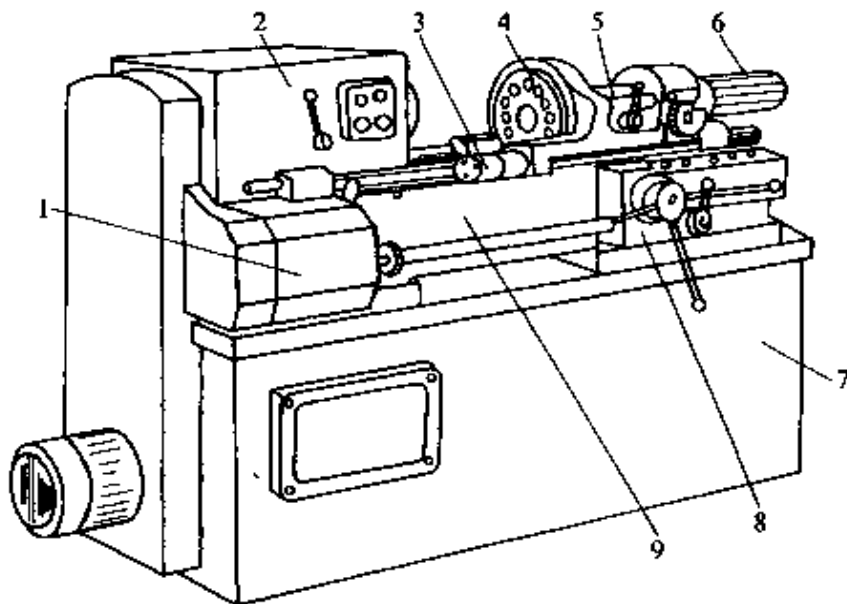


图 6-29 回轮车床

1—进给箱 2—主轴箱 3、6—回轮纵向定程机构 4—回轮刀架  
5—纵向溜板 7—底座 8—溜板箱 9—床身

回轮车床上的回轮刀架 4 绕与主轴轴线平行的自身轴线回转，端面有 12 个或 16 个安装刀具的轴向孔。刀具孔处于最高位置时，其轴线与主轴轴线共线。回轮刀架 4 可随纵向溜板 5 一起，沿床身 9 的导轨作纵向进给运动，车削内、外圆，钻、扩、铰孔，和加工螺纹等工

序。回轮刀架 4 缓慢转动时，可横向进给车削成形面、沟槽、端面和切断等工序。在这种机床上加工工件时，除采用复合刀夹进行多刀切削外，经常利用装在相邻刀孔里的几个车刀刀夹同时进行切削。回轮车床主要使用棒料毛坯加工小直径工件。

2. 转塔车床 转塔车床如图 6-30 所示。

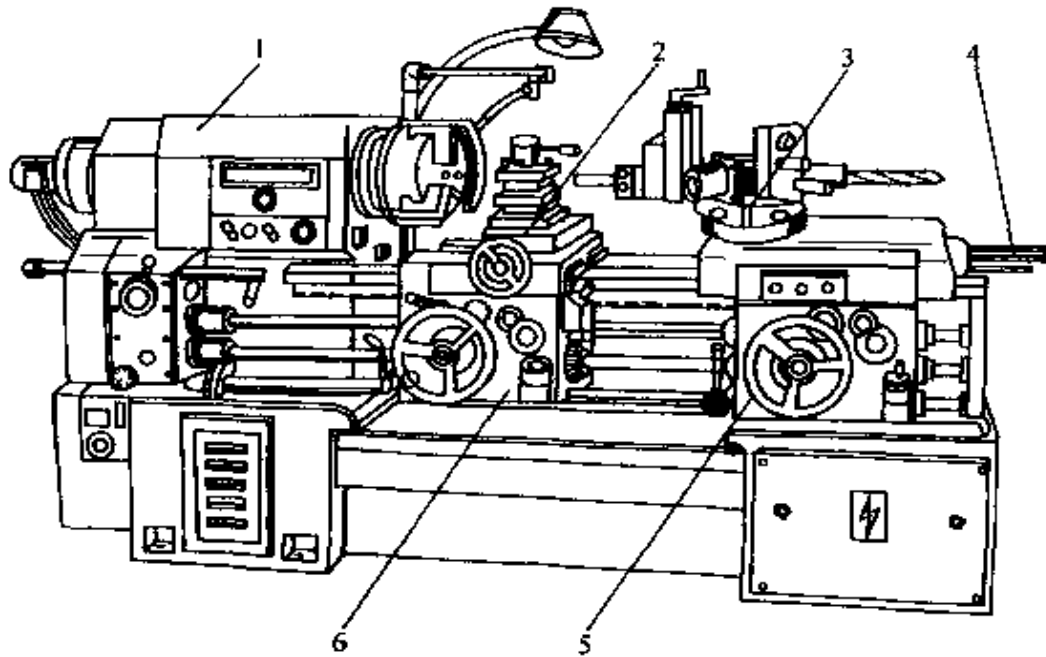


图 6-30 转塔车床

1—主轴箱 2—前刀架 3—转塔刀架

4—定程装置 5—转塔刀架溜板箱 6—前刀架溜板箱

转塔车床除了有一个前刀架 2 外，还有一个可以绕垂直轴线回转的六角形转塔刀架 3，刀架的六个面都可借助各种辅助工具安装一把或一组刀具。转塔刀架 3 一般只能作纵向进给运动，常用于车削内、外圆，钻、扩、铰和镗孔以及内、外螺纹等；与卧式车床刀架类似的前刀架 2 可以作纵、横进给运动，主要用来车削大直径的外圆柱面、成形面、端面及沟槽等。这两个刀架各有一个溜板箱 5、6，分别用于控制它们各自的运动。另外转塔刀架 3 还有定程机构 4，加工工件时，根据工件加工工艺过程，预先将所有刀具安装在刀架上，并依照工件的加工尺寸，调整好刀具的位置，再将纵向和横向的行程挡块位置调定好，加工时，完成一个工步，刀架转位一次，进行下一工步，直至加工结束。在这一过程中，不需拆装刀具、不需对刀、不需测量



尺寸，极大地提高了生产效率，但机床加工前刀具和行程挡块位置的调整较费时间，因此，转塔车床只适用于成批生产。

## 二、立式车床

一些径向尺寸大而轴向尺寸相对较小的大工件，在卧式车床上装夹、找正都很困难，通常就要使用立式车床进行加工。立式车床如图6-31所示。

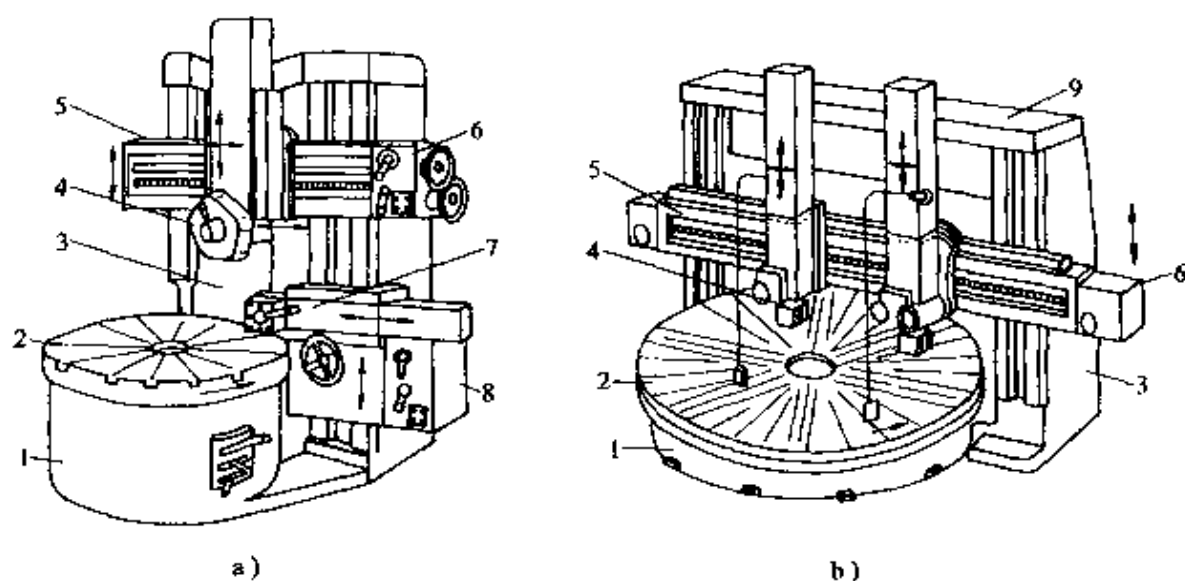


图6-31 立式车床

a) 单柱立式车床 b) 双柱立式车床

1—底座 2—工作台 3—立柱 4—垂直刀架 5—横梁

6—垂直刀架进给箱 7—侧刀架 8—侧刀架进给箱 9—顶梁

立式车床布局的主要特点是主轴垂直布置，安装工件的工件台水平布置，故而笨重工件的装夹、找正比较方便。此外，工件及工作台的重量均布在工作台导轨及推力轴承上，大大减轻了主轴及其轴承的载荷，因此，对减少磨损、保证加工精度十分有利。

立式车床有单柱立式车床和双柱立式车床两种。前者加工直径较小，一般最大加工直径小于1600mm，后者加工直径较大，一般最大加工直径大于2000mm。双柱立式车床的结构及运动特点与单柱立式车床相似，不同之处为双柱立式样车床具有两根立柱，在立柱顶端联接一顶梁、三者构成封闭框架，因此具有较高的刚性。此外，在横梁上装有两个垂直刀架，尺寸不大的机床上，其中一个刀架，往往带有转塔刀架，作孔加工。

## 第七章 数控车床

**培训要点** 数控车床的特点、组成、基本工作原理；数控车床的零件编程及基本操作。

### 第一节 数控车床的特点及组成

自从美国帕森斯公司和麻省理工学院合作，于1952年研制成功三坐标数控铣床以来，随着数控技术的发展，现在几乎各种金属切削机床都已数控化，车床的数控化近几年在国内发展非常迅速。

#### 一、数控车床的特点

1. 柔性高 柔性就是灵活、通用、万能，可以适应加工不同形状的零件。数控车床对零件的加工是按照编制的加工程序来加工的，由于数控车床的几个轴可以联动，所以通过编程可以加工形状复杂的零件，而且要改变加工零件时，只需要改变加工程序即可，而不需要象仿形车床或一般自动车床那样需要重新制造凸轮及靠模等。

2. 精度高 数控车床加工是由计算机控制的，故在加工过程中避免了人为误差。又由于车床的传动系统和结构都具有较高的精度和刚度，因此数控车床的重复精度高，在正常情况下可获得较高的加工精度和稳定的加工质量。

3. 效率高 数控车床由于刚度及功率大，且是自动加工的，所以每个工序都能选择较有利的切削用量，这样有效地节省了机动时间，数控车床具有自动换刀、自动不停机变速和快速空行程等机能，使辅助时间大为减少。在数控车床上加工零件时，一般只作首件检验及过程中检验，故大大减少了停机检验时间。这样单件零件加工时间较短，是普通车床效率的3~4倍甚至几十倍。

4. 劳动强度低 数控车床加工零件是按编制的加工程序自动完成的，工人一般只需操作键盘、装卸零件、零件检验及观察车床运行，所以工人的劳动强度大为减轻。

## 二、数控车床的组成

1. 主机 主机是数控车床的主要机械部件，包括底座床身、主轴箱、进给机构、刀架、尾座等。

2. 数控装置 数控装置是数控车床的控制核心，现在一般由一台专用计算机构成。

3. 驱动装置 驱动装置是数控车床执行机构的驱动部件，包括主轴电动机、进给伺服电动机等。

4. 辅助装置 辅助装置是数控车床的一些配套部件，如自动排屑部件，自动对刀部件等。

## 三、TND360 型数控车床简介

TND360 型数控车床为两坐标轮廓控制的卧式数控车床，回转刀架具有八个工位，能对回转直径为 360mm 以下的内外圆进行车削加工。适用于形状复杂、精度高、工序多、品种多变的单件或中小批量的生产。TND360 型数控车床如图 7-1 所示。

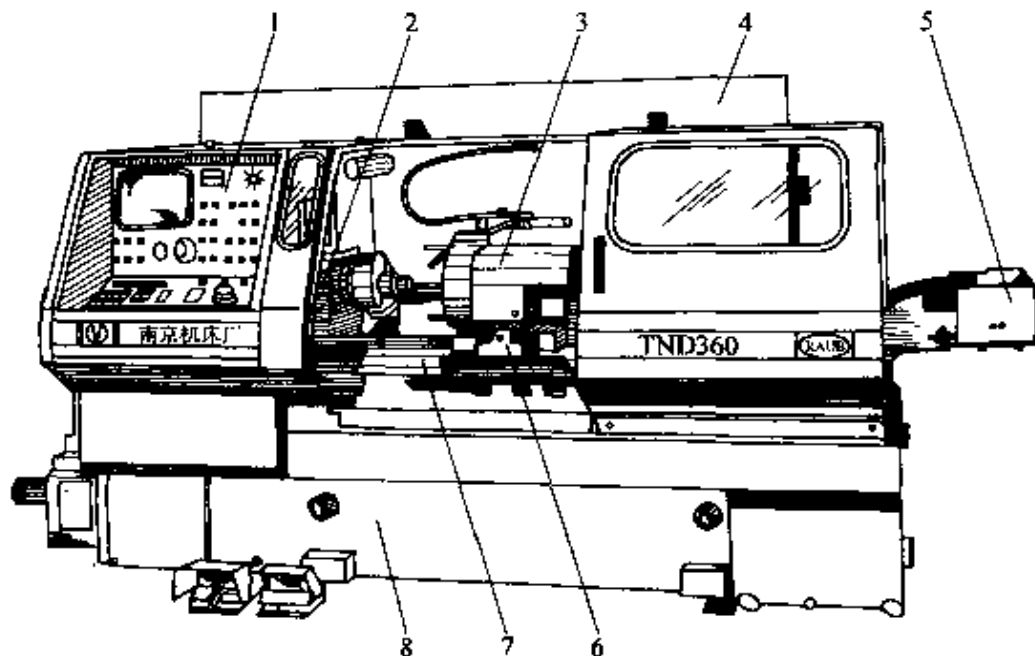


图 7-1 TND360 型数控车床

1—操纵台 2—主轴箱 3—回转刀架 4—电气柜 5—排屑装置  
6—十字溜板 7—床身 8—底座

### 1. 技术参数

床身上最大回转直径

360mm

### 3. 传动系统 TND360 型数控车床的传动系统如图 7-2 所示。

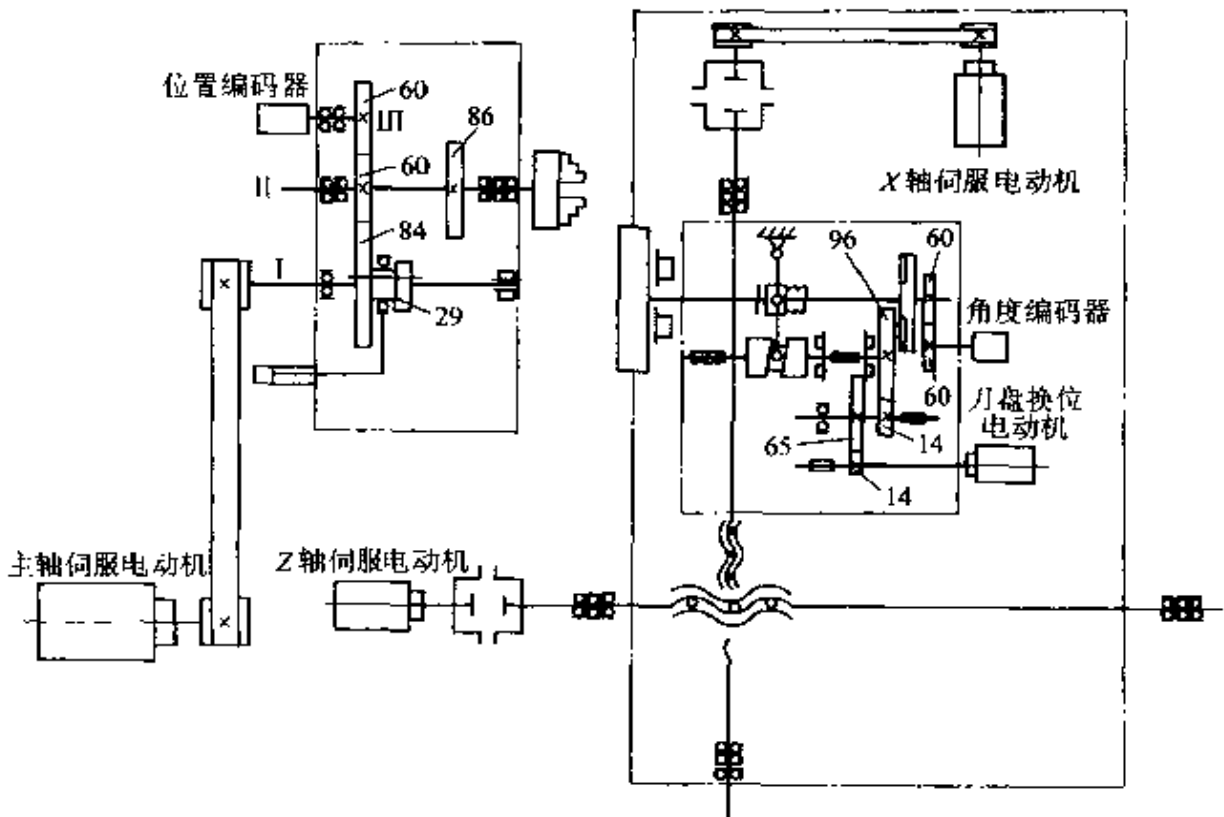


图 7-2 TND360 型数控车床传动系统图

(1) 主运动 电动机经齿形带传至主轴箱中的轴 I，在轴 I 上装有双联滑移齿轮。当轴 I 上的双联齿轮移到左端位置时，轴 I 的运动经齿轮副 84/60 传给主轴（轴 II），使主轴实现高速旋转。当轴 I 上的双联滑移齿轮移到右端位置时，轴 I 的运动经齿轮副 29/86 传给主轴（轴 II），使主轴实现低速旋转。数控系统为了检测主轴的转速，将主轴的运动经齿轮副 60/60 传给轴 III，在轴 III 上装有一圆光栅编码器。

(2) 进给运动 进给运动有纵向进给运动和横向进给运动。

纵向进给运动 由伺服电动机通过安全离合器直接驱动有予加载荷的滚珠丝杠，将旋转运动转变为十字溜板的纵向（Z 向）运动。

横向进给运动，由伺服电动机经齿形带传动通过安全离合器驱动有予加载荷的滚珠丝杠，将旋转运动转变为十字溜板的横向（X 向）运动。

(3) 回转刀架的换刀运动 换刀电动机（带制动器）经齿轮 14/65、14/96 传给凸轮—槽轮轴，由凸轮通过杠杆使刀盘轴产生伸出和退回运动，由槽轮轴通过马氏机构中的槽盘对刀盘进行分度，两者结合动作，刀盘轴伸出后进行分度，分度后刀盘轴退回，刀盘轴退回后依靠一对精密齿盘和碟形弹簧精密定位并锁紧。数控系统为了检测刀盘上的工位，刀盘轴的分度运动经齿轮副 60/60 传给检测轴，在检测轴上装有一角度编码器。

4. 液压系统 液压系统分供油和控制两部分，液压原理图如图 7-3 所示。

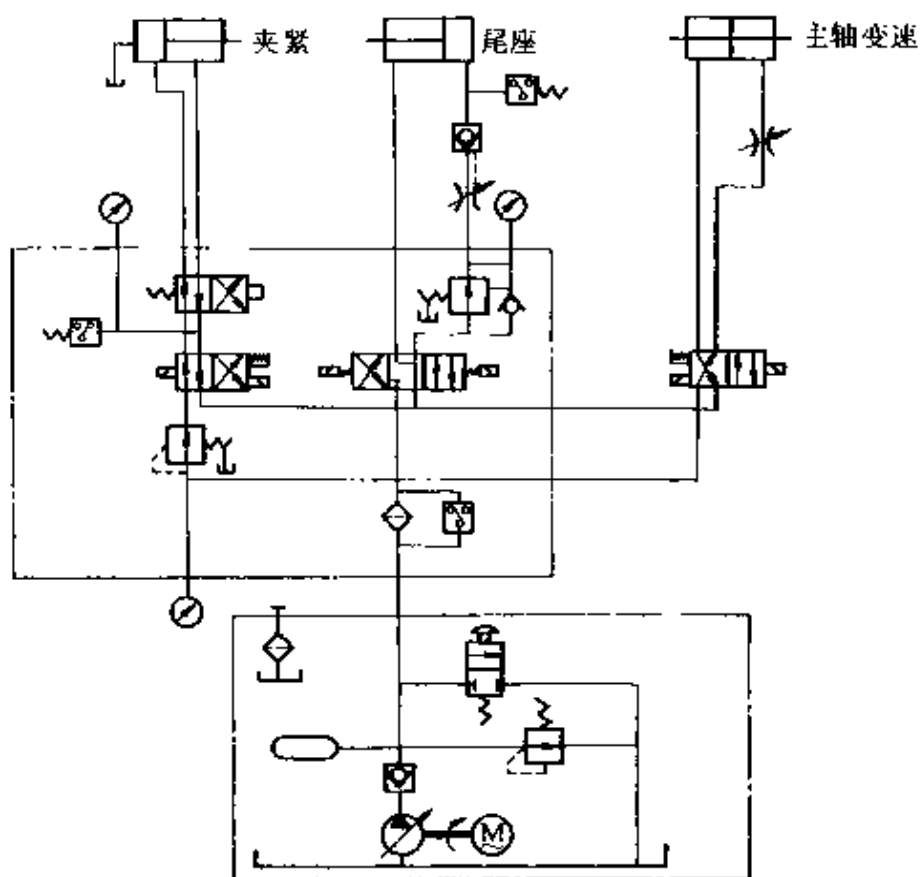


图 7-3 TND360 型数控车床液压原理图

(1) 供油部分 电动机使限压式变量叶片泵产生高压油经单向阀，由蓄能器消去压力波动、溢流阀控制系统的最高压力，经滤油器高压油进入各控制油路。需要卸荷时，高压油经二位二通换向阀直接进入油箱。

(2) 控制部分 控制部分由工件夹紧（松开）油路、主轴变速油

过程的自动化。数控车床基本工作原理框图，如图 7-4 所示。

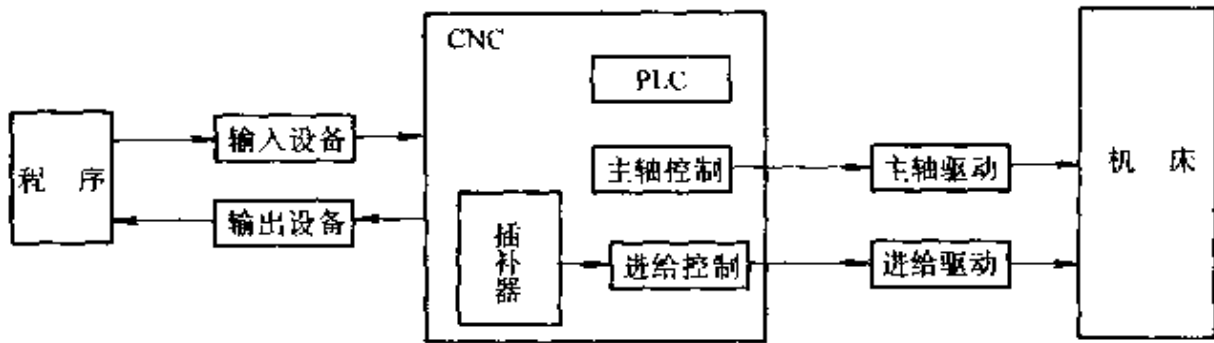


图 7-4 数控车床基本工作原理框图

加工程序可通过输入设备存储于数控装置（CNC 计算机数字控制系统）内的存储器，在需要的时候也可将存储器内的加工程序通过输出设备把加工程序存储在外部存储介质上，以长期保存。

数控装置是数控车床的控制系统，它采集和控制着车床所有的运动状态和运动量。数控装置是由中央处理单元（CPU）、只读存储器（ROM）、随机存储器（RAM）、相应的总线和各种接口电路所构成的专用计算机。

车床数控装置都是轮廓控制系统，就是对刀具相对于工件运动的轨迹进行控制的系统，轨迹可以是任意直线或圆弧，所以可以加工复杂的工件。在轮廓控制系统中，坐标轴运动轨迹是靠插补计算得出的，所谓插补计算就是对加工程序段输入的工件轮廓上的某起始点和终点的坐标数据进行计算，将起始点与终点之间进行“数据密化”，并将密化数据送给各坐标轴位置控制器。插补可分为直线插补和圆弧插补等，其插补示意图如图 7-5 所示。设想工件轮廓（直线或圆弧） $L$  可以细分成很多小线段  $\Delta L_1, \Delta L_2, \dots, \Delta L_n$ 。单位时间内所需进给的细分小线段  $\Delta L_1$  是由横向（ $X$  轴）及纵向（ $Z$  轴）移动分量  $\Delta X_1, \Delta Z_1$  所合成的直线段代替，这样在单位时间内插补计算一次得出细分小线段  $\Delta L$  在  $X$  轴及  $Z$  轴的移动分量  $\Delta X, \Delta Z$ 。所以工件的轮廓是由很多细分的小线段所逼近。

位置控制在闭环系统中也是很重要的，位置控制是把插补计算出的坐标轴位移量与反馈回来的实际位置比较，通过硬件或软件进行位置调整后向驱动装置输出实际需要的进给量。

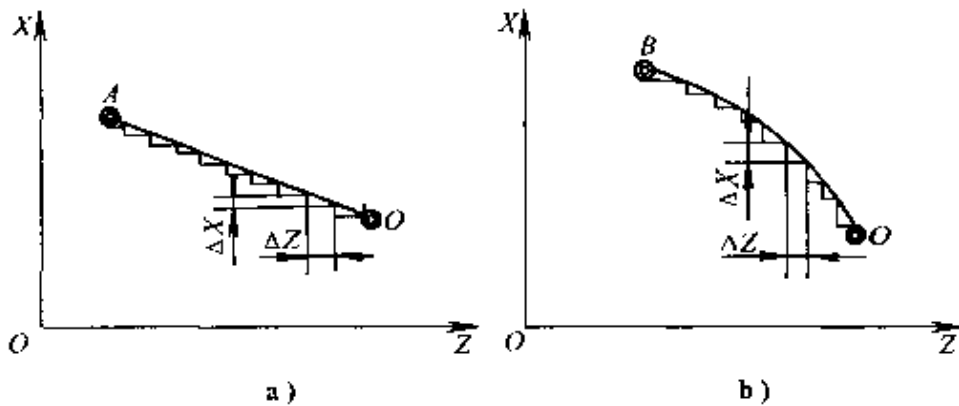


图 7-5 插补示意图

a) 直线插补 b) 圆弧插补

驱动装置接受数控装置输出的进给指令，严格按照指令驱动电动机转动，经滚珠驱动车床的溜板运动，加工出符合图样要求的工件，所以驱动装置的精度和动态响应是影响数控车床的加工精度、表面质量与生产效率的重要因素之一。目前驱动装置的电动机有步进电动机、直流伺服电动机、交流伺服电动机等。

在基本工作原理框图中根据测量装置的有无及位置可将数控系统分为开环系统、半闭环系统、全闭环系统。三种系统的示意图如图 7-6 所示。

开环系统的结构比较简单、容易调试、造价低廉，所以精度不高，一般精度为  $0.01\text{mm}$ 。全闭环系统利用测量元件检测出溜板的实际位移量反馈给数控系统，所以其可得到很高的精度，但其造价较高、安装和调整较复杂、维护费用也较高，测量装置一般为光栅、磁尺等。半闭环系统利用装在电动机上或丝杆上的测量旋转角度的测量元件获得反馈量，其测量元件比直线位移测量元件简单，所以其可得到较高的精度，成本比较适中，安装和调整也不困难，测量装置一般为光电脉冲编码器等。

车床的运动量是数控系统直接控制的，运动状态则是由数控系统内的可编程控制器 PLC 控制，各运动状态由动作的检测开关检测送至数控系统的接口，经 PLC 逻辑处理后输出控制信号，经放大后控制动作执行器件。

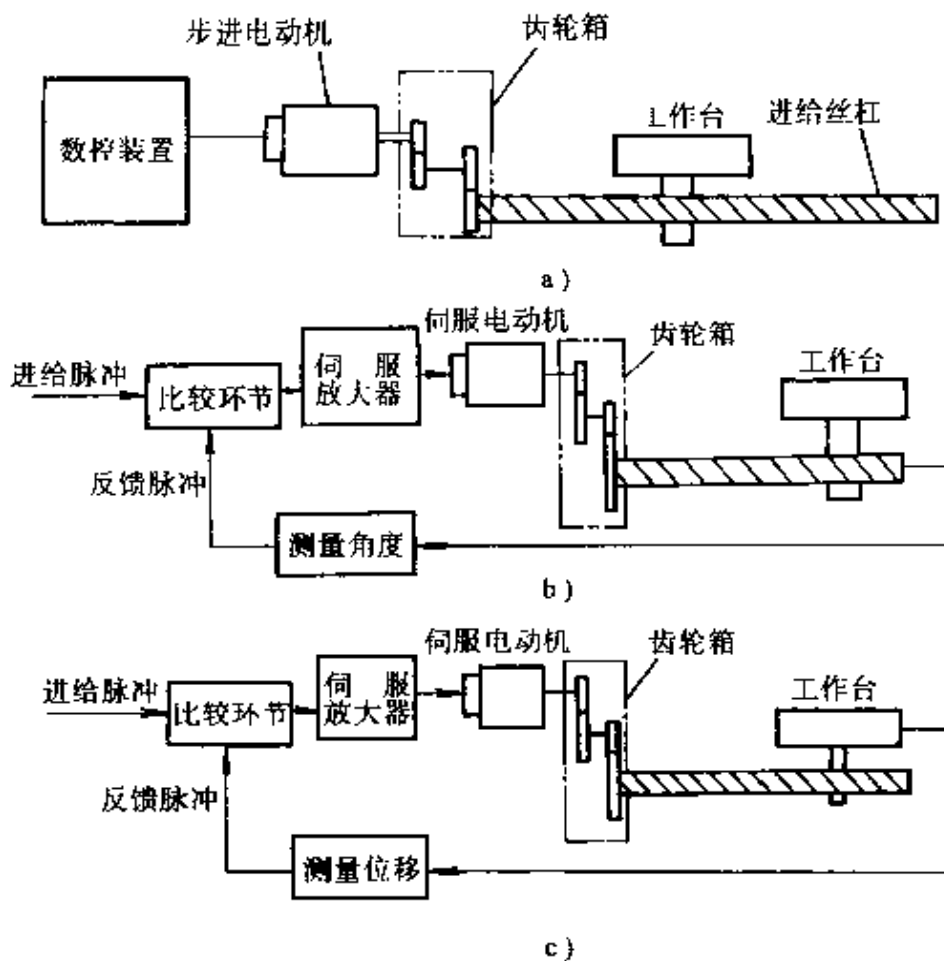


图 7-6 开环系统、半闭环系统、全闭环系统示意图

a) 开环系统 b) 半闭环系统 c) 全闭环系统

### 第三节 数控车床的编程及操作

在本节内所述内容均以 TND360 型数控车床（配 FANUC OT 系统）为基础。

#### 一、数控车床的编程

##### 1. 编程的步骤

(1) 分析零件图样 分析零件的材料、形状、尺寸、精度及毛坯形状和热处理要求等。确定该零件是否适宜在数控车床上加工，加工该零件的哪些表面。

(2) 确定工艺过程 在分析零件图的基础上，确定零件的加工方法（如采用的工夹具、装夹定位方法等），加工路线（如对刀点、进



给路线), 切削用量 (背吃刀量、进给量、切削速度) 等工艺参数。

(3) 数值计算 根据零件图样和确定的工艺过程, 算出编程所需的数据, 如零件形状各几何尺寸的坐标数值等。

(4) 编写程序单 根据以上数据结合数控系统对输入信息的要求, 按照加工过程逐步编写程序。

(5) 校对程序及首件试加工 将编写好的程序输入数控系统, 校对输入无误后, 在有图形模拟功能的系统上可通过图形模拟出刀具运动轨迹来校对编程是否正确, 在刀具运动轨迹正确后, 用单程序段功能运行程序对工件进行首件试加工, 加工符合图样要求后即可进行批量生产。

2. 数控车床的坐标系 在数控车床上需要对刀具运动轨迹的数值进行准确控制, 所以要对数控车床建立坐标系。标准坐标系是右手直角笛卡尔坐标系, 右手直角笛卡尔坐标系如图 7-7 所示, 但车床只用到  $X$ 、 $Z$  两坐标。

$Z$  轴坐标 是由传递切削动力的主轴所确定, 平行于主轴轴线, 一般  $Z$  轴的正方向为远离主轴的方向。

$X$  轴坐标 是沿工件的径向且平行于横向导轨, 一般  $X$  轴的正方向为远离工件旋转中心的方向。

数控车床上一般有二个坐标系零点: 机床坐标系零点、工件坐标系零点。

机床坐标系零点 机床坐标系零点简称机床零点, 机床零点是机床直角坐标系的原点, 一般用符号“M”表示。机床零点由机床制造厂所确定。一般厂家设在主轴端面轴线上。

工件坐标系零点 工件坐标系零点简称工件零点。一般用符号“W”表示, 工件零点由编程者确定, 编程时根据编程方便原则确定, 一般设在工件轴线上。

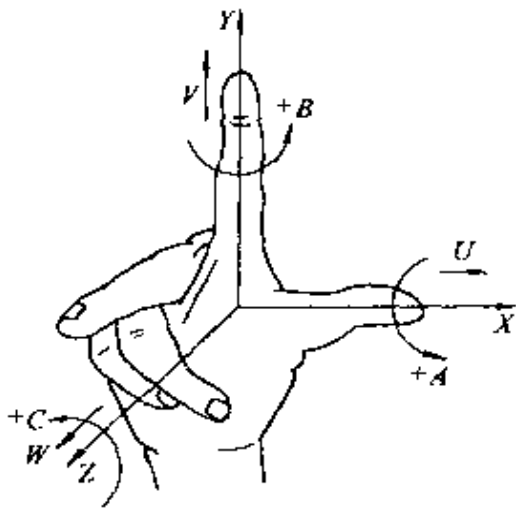


图 7-7 右手直角笛卡尔坐标系

表 7-2 G 功能表

C 功能代码		模态组	功 能 含 义
G00	*	01	快速定位
G01			直线插补
G02			顺时针圆弧插补
G03			逆时针圆弧插补
G04			暂停
G10			刀具补偿值的输入、修改
G20		06	英制输入
G21			米制输入
G27			返回基准点检验
G28			返回基准点
G30			返回第二基准点
G32		01	螺纹切削
G40	*	07	取消刀尖圆弧补偿
G41			左边刀尖圆弧补偿
G42			右边刀尖圆弧补偿
G50			坐标系设定、主轴最高转速设定
G65			宏指令
G70			精加工循环
G71			外圆粗加工循环
G72			端面粗加工循环
G73			轮廓平行粗加工循环
G74			z 轴方向钻削循环
G75			x 轴方向切槽循环
G76			螺纹切削循环
G90		01	内外圆表面切削循环
G92			螺纹切削循环
G94			端面切削循环
G96		02	主轴恒线速控制
G97	*		主轴恒转速控制
G98		05	每分钟进给控制
G99	*		每转进给控制

模态 G 代码指当该 G 代码被编程后，它一直维持有效，直至被同一模态组的其它 G 代码所取代。如表中有模态组号的 G 代码。当电源接通时每一个模态组内带有 \* 号标记的 G 代码有效。

下面介绍一些常用的 G 功能：

(1) G00 快速定位 G00 功能是以车床设定的最大运动速度定位到目标点，目标点由本程序段内的坐标字所确定。其编写格式

G00 X (U) \_\_\_ Z (W) \_\_\_ ;

目标点的坐标值可以用绝对值，也可以用相对值，甚至可以混用。如果起点与目标点有一个坐标值没有变化时，此坐标值可以省略。例如需将刀具从起点 S 快速定位到目标点 P，如图 7-9 所示，其编程方法见表 7-3。

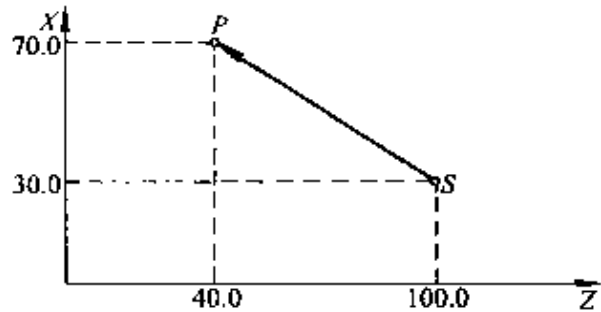


图 7-9 绝对、相对、混合编程实例

目标点编程在后面的编程中使用方法相同。

表 7-3 绝对、相对、混合编程方法表

绝对编程	G00 X70 Z40
相对编程	G00 U40 W-60
混合编程	G00 U40 Z40
	G00 X70 W-60

(2) G01 直线插补 G01 功能是以直线形式运动到目标点，刀具沿直线运动的速度由程序中的 F 值所确定。其编写格式

G01 X (U) \_\_\_ Z (W) \_\_\_ F \_\_\_ ;

F 值也是模态的，在没有新的 F 值被输入前 F 值一直保持不变，若在其后程序段内 F 值没有变化，F 进给功能字可以省略。

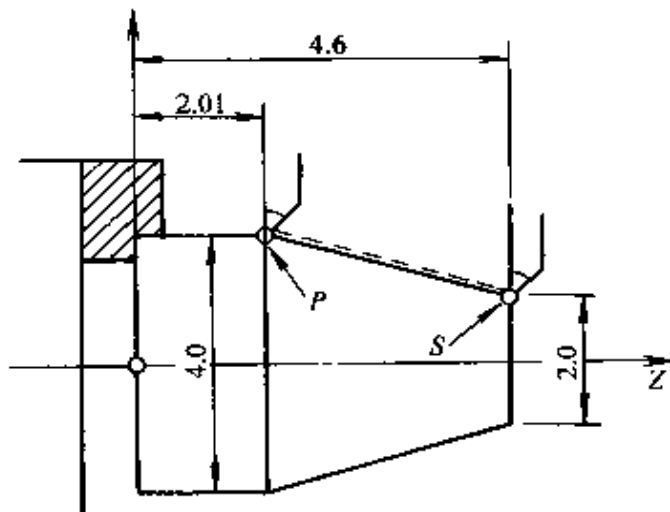


图 7-10 直线切削实例

例如 刀具从起点 S 沿直线切削到目标点 P，如图 7-10 所示，其编程方法如下：

绝对编程: G01 X4.0 Z2.01 F20;

相对编程: G01 U2.0 W-2.59 F20;

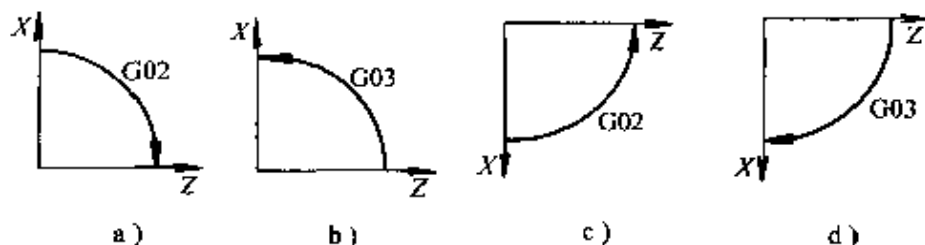


图 7-11 圆弧方向的判别

a) 顺时针 b) 逆时针 c) 顺时针 d) 逆时针

(3) G02 顺时针圆弧插补、G03 逆时针圆弧插补 G02、G03 功能是以圆弧形式运动到目标点，G02 的运动方向为顺时针，G03 的运动方向为逆时针，顺时针、逆时针方向随坐标系的变化而变化，变化规律如图 7-11 所示。

圆弧的确定方法如图 7-12 所示。图 7-12a 表示由圆心坐标 I、K 确定圆弧；图 7-12b 表示由圆弧的半径 R 确定圆弧。

刀具沿圆弧的运动速度（即圆弧的切向速度）由程序中的 F 值所确定，F 值的编程和 G01 直线插补相同。G02 顺时针圆弧插补、G03 逆时针圆弧插补的编写格式

G02 (G03) X (U) \_\_\_ Z  
(W) \_\_\_ I \_\_\_ K \_\_\_ F \_\_\_;

G02 (G03) X (U) \_\_\_ Z  
(W) \_\_\_ R \_\_\_ F \_\_\_;

例如 刀具从起点 S 沿圆弧切削到目标点 P，如图 7-13 所示，其

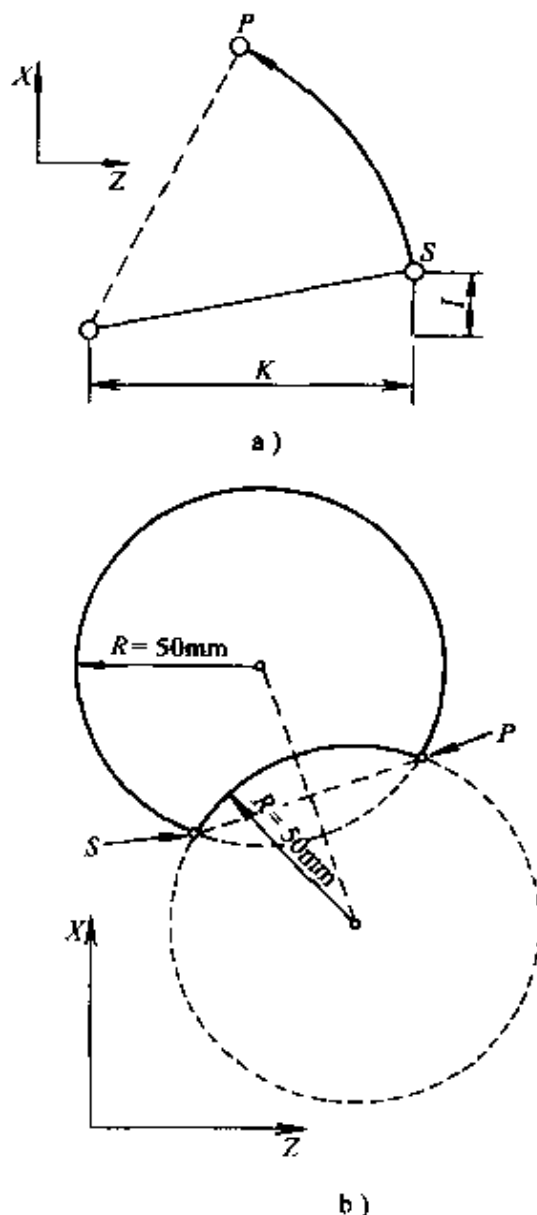


图 7-12 圆弧的确定方法

a) 由圆心确定 b) 由圆弧确定

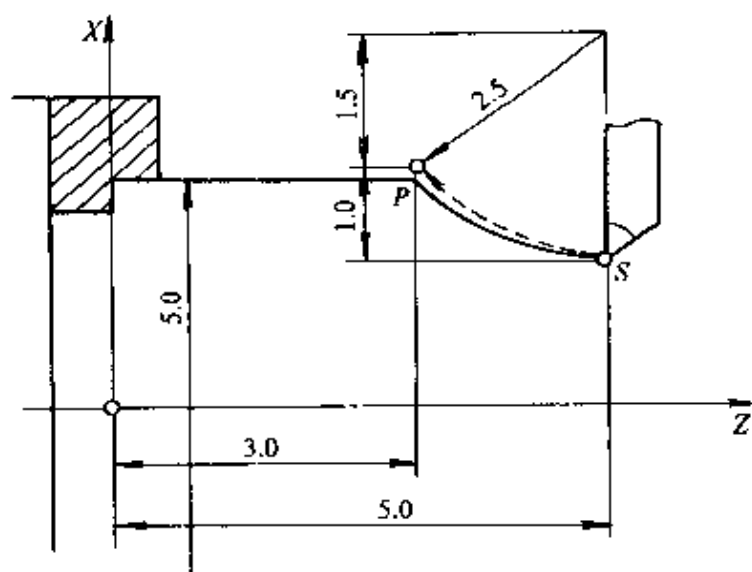


图 7-13 圆弧切削实例

编程方法如下：

用圆心坐标 I、K 确定圆弧的编程：G02 X5.0 Z3.0 I2.5 K0 F20；

用圆弧的半径 R 确定圆弧的编程：G02 X5.0 Z3.0 R2.5 F20；

(4) G32 螺纹切削 G32 功能为螺纹切削加工，可以加工各种直螺纹、锥螺纹和端面螺纹。

1) 当加工直螺纹时，直螺纹的螺距由 F 值所确定。其编写格式：  
G32 Z (W) \_\_\_ F \_\_\_；

例如（如图 7-14 所示）刀具从起点 S 加工直线螺纹，其编程方法如下：

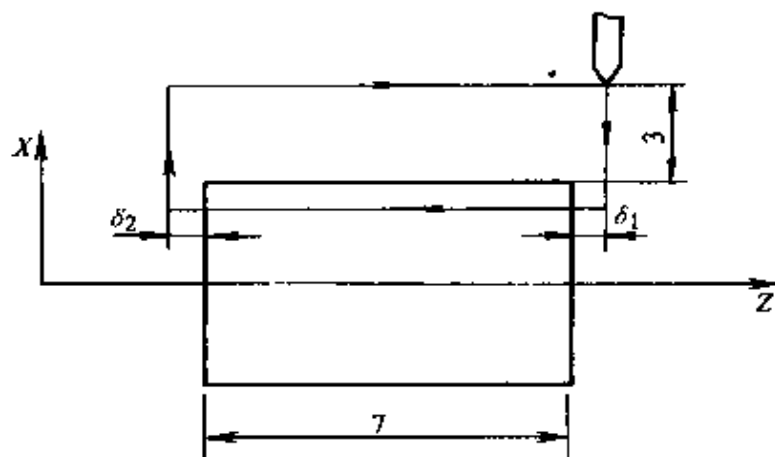


图 7-14 直螺纹切削实例

```

G00 U-6.2;
G32 W-7.45 F1.5;
G00 U6.2;
W7.45;
U-6.4;
G32 W-7.45 F1.5;
G00 U6.4;
W7.45;
.....

```

2) 当加工端面螺纹时，端面螺纹的螺距由 F 值所确定。其编写格式

```
G32 X (U) ____ F ____;
```

3) 当加工锥螺纹时，锥螺纹的螺距在两个轴上的分量分别为  $L_x$ 、 $L_z$ ，F 值为其中比较大的值。其编写格式

```
G32 X (U) ____ Z (W) ____ F ____;
```

(5) G04 暂停 G04 暂停功能为执行完前一个程序段之后，经过设定的暂停时间后，继续执行下一个程序段。其编写格式

```
G04 X ____;
```

```
G04 U ____;
```

```
G04 P ____;
```

X、U、P 地址字指定的暂停时间单位不一样，X、U 地址字指定的时间单位为秒 (s)，P 地址字指定的时间单位为毫秒 (ms)，不能带有小数点。

(6) G40 取消刀尖圆弧补偿、G41 左边刀尖圆弧补偿、G42 右边刀尖圆弧补偿 G40、G41、G42 功能为定义刀尖圆弧补偿类型。

G40、G41、G42 都是模态值。

具体指令介绍见刀具补偿功能。

(7) G50 设定工件坐标系 G50 功能可实现工件坐标系的设定，工件坐标系根据工件坐标系零点确定，一般根据编程方便原则确定。

例如 工件坐标系设定如图 7-15 所示，其工件坐标系确定方法如下：

G50 X \_\_\_ Z \_\_\_;

(8) G90 内外圆表面切削循环 G90 功能为封闭的直线切削和锥形切削循环。

当为直线切削循环时，其循环示意图如图 7-16 所示，共包括 4 个步骤。其编写格式

G90 X (U) \_\_\_ Z  
(W) \_\_\_ F \_\_\_;

当为锥形切削循环时，其循环示意图如图 7-17 所示，共包括 4 个步骤。其编写格式

G90 X (U) \_\_\_ Z  
(W) \_\_\_ R \_\_\_ F \_\_\_;

(9) G92 螺纹切削循环 G92 功能为封闭的螺纹切削循环，可以加工直线螺纹和锥形螺纹。

当为直螺纹切削循环时，其循环示意图如图 7-18 所示，共包括 4 个步骤。其编写格式

G92 X (U) \_\_\_ Z  
(W) \_\_\_ F \_\_\_;

当为锥螺纹切削循环时，其循环示意图如图 7-19 所示，共包括 4 个步骤。其编写格式

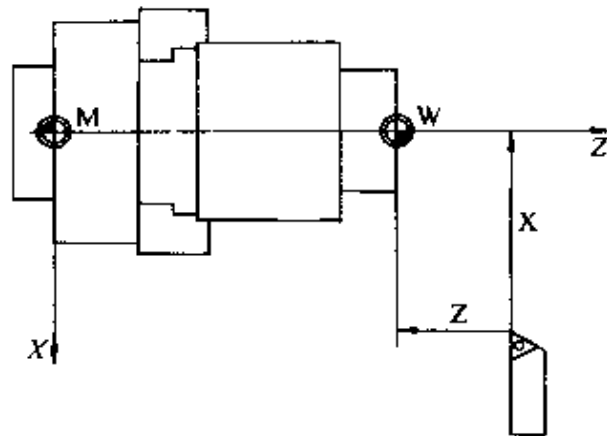


图 7-15 工件坐标系设定实例

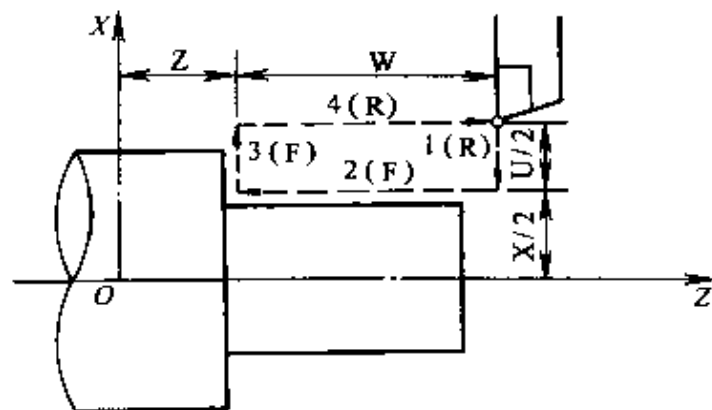


图 7-16 直线切削循环示意图

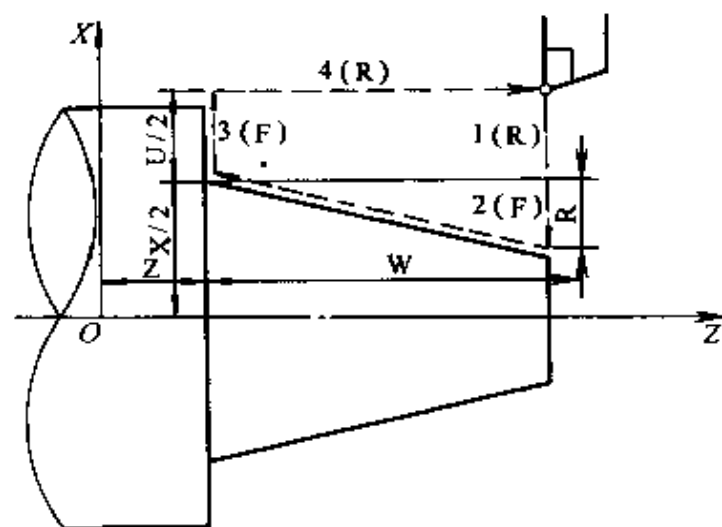


图 7-17 锥形切削循环示意图

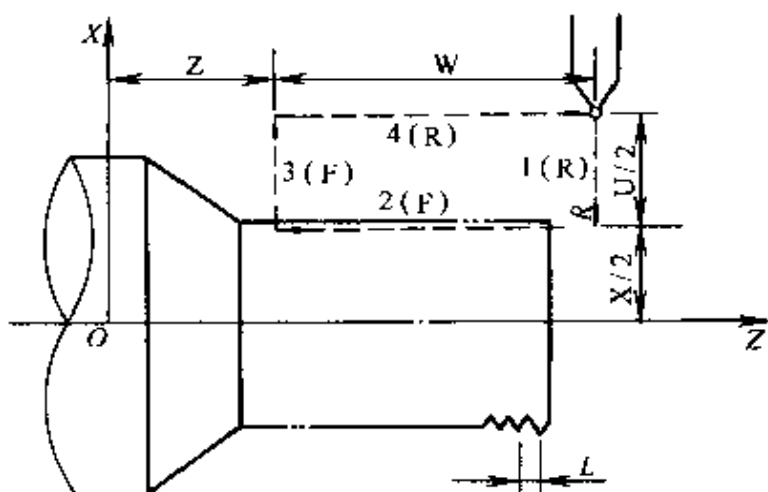


图 7-18 直螺纹切削循环示意图

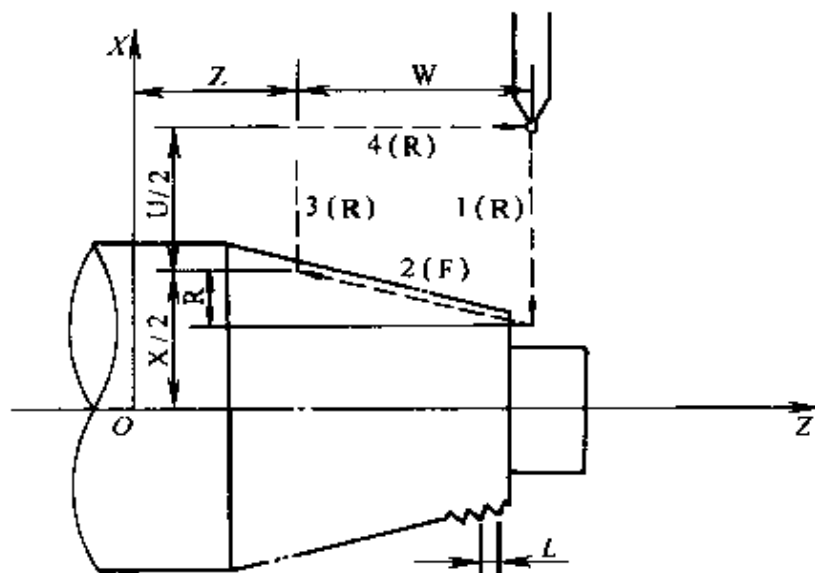


图 7-19 锥螺纹切削循环示意图

G92 X (U) \_\_\_ Z (W) \_\_\_ R \_\_\_ F \_\_\_ ;

(10) G94 端面循环 G94 功能为封闭的端面切削循环，可以加工端面和带锥度的端面。

当为端面切削循环时，其循环示意图如图 7-20 所示，共包括 4 个步骤。其编写格式：

G94 X (U) \_\_\_ Z (W) \_\_\_ F \_\_\_ ;

当为带锥度的端面切削循环时，其循环示意图如图 7-21 所示，共包括 4 个步骤。其编写格式



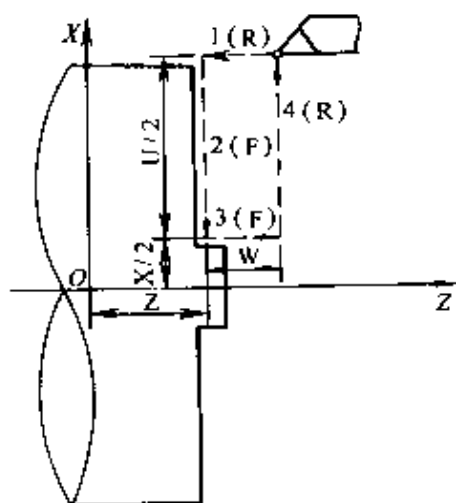


图 7-20 端面切削循环示意图

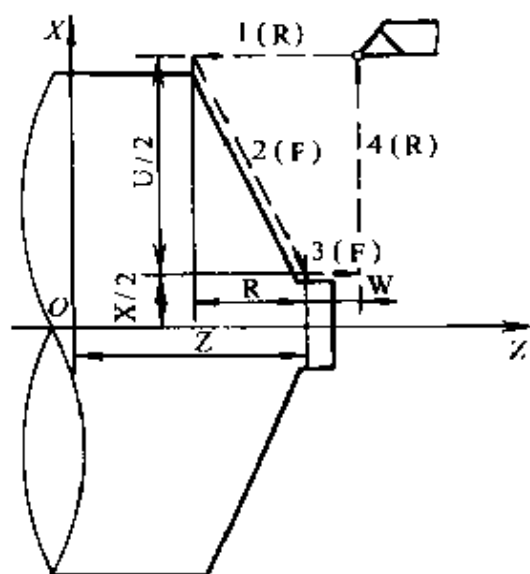


图 7-21 带锥度的端面切削循环示意图

G94 X (U) \_\_\_ Z (W) \_\_\_ R \_\_\_ F \_\_\_ ;

5. 辅助功能指令 辅助功能用字母 M 及后面两位数构成, 辅助功能也称 M 功能。对于不同的机床有可能部分 M 功能代码有所不同, 需参考机床说明书。M 功能代码见表 7-4。

表 7-4 M 功能代码表

M 功能代码	功 能 含 义	M 功能代码	功 能 含 义
M00	无条件程序暂停	M01	有条件程序暂停
M02	程序结束	M03	主轴正转
M04	主轴反转	M05	主轴停止
M07	高压切削液开	M08	低压切削液开
M09	切削液关	M10	卡盘夹紧
M11	卡盘松开	M28	尾座套筒顶进
M29	尾座套筒退回	M30	程序结束并返回程序头
M40	主轴低速档	M41	主轴高速档
M98	子程序调用	M99	子程序结束

其中 M00、M01、M02、M03、M04、M05、M30 等为各种机床通用辅助功能。

下面逐个介绍一下辅助功能指令：

(1) M02 程序结束 M30 程序结束并返回程序头 M02 或 M30 都是表示主程序的结束，程序自动运行至此，程序运行停止，系统自动复位一次。在现代数控车床内，使用 M02 或 M30 指令并无明显区别。

(2) M00 无条件程序暂停、M01 有条件程序暂停 执行程序暂停指令后，自动运行停止，所有运转部件停止运动，但其所有模态信息全部被保存，此时操作者可操作车床，若需继续执行后面的程序，操作者可重新按“循环起动”按钮使后面的程序自动运行，其所有运转部件恢复运转，其它状态恢复到程序暂停之前状态。

M00 程序暂停是无条件的，也就是只要执行到此程序就暂停。

M01 程序暂停是有条件的，只有当车床上“M01 有效”开关接通时程序才会暂停，若开关未接通，程序执行了 M01 指令后就直接运行后面的程序不暂停。

程序暂停多用于工件试切过程中或对工件的关键尺寸进行测量。尺寸合格，则按“循环起动”按钮执行下面程序，若不合格，则应修正程序或修正刀具参数，再进行加工。

(3) M03 主轴正转、M04 主轴反转、M05 主轴停止 在程序段中 M03 或 M04 指令与主轴 S 指令结合使用，主轴将按给定的 S 转速正转或反转。

M05 指令可使主轴停止。

M03、M04、M05 指令可相互修正且为模态。例如执行 M03 指令后主轴一直保持正转，直至有 M04 指令使主轴反转或 M05 指令使主轴停止。

(4) M07 高压切削液开、M08 低压切削液开、M09 切削液关 切削液主要用于刀具切削过程中的冷却，在 TND360 型数控车床上切削液有两种水压，一种为高压力大流量，另一种为低压力小流量。

M07 指令为打开高压切削液，M08 指令为打开低压切削液，M09 指令为关闭切削液。

M07、M08、M09 指令可相互修正且为模态。

(5) M10 卡盘夹紧、M11 卡盘松开 M10 指令可以控制机动卡盘

自动将工件夹紧。M11 指令控制机动卡盘自动松开。

(6) M28 尾座套筒顶进、M29 尾座套筒退回 M28 指令是控制机动尾座套筒自动将工件顶紧。M29 指令控制机动尾座套筒自动退回。

(7) M40 主轴低速档、M41 主轴高速档 TND360 型数控车床的主传动有两档传动速比，故分为低速档和高速档，低速档的主轴转速范围为 10 ~ 760r/min，高速档的主轴转速范围为 42 ~ 3150r/min。

M40 指令可以使主传动自动换为低速档。M41 指令可以使主传动自动换为高速档。

(8) M98 子程序调用、M99 子程序结束 M98 用于子程序的调用，其调用编写格式

M98 P xxxxxxx;

P 地址字后的前三位为重复调用次数，后四位为子程序号。注意子程序号中的零不可省略。

M99 用于子程序中的程序结束，并且能够返回主程序。

详细说明见后面的主程序与子程序的介绍。

6. 进给功能指令 进给功能指令由地址 F 及后面的数值构成，用来指定刀具进给的速度。F 功能指令的数据有两种，一种为每分钟进给，另一种为每转进给。这两种进给则由模态的 G 功能代码 G98（每分钟进给）、G99（每转进给）所确定。执行 G98 指令后，指令后面由 F 指定的进给速度值均为每分钟刀具进给量，直至执行 G99 指令前一直有效。而执行了 G99 指令后，F 指定的进给速度值均为主轴每转刀具进给量，并有效至 G98 指令前。每分钟进给及每转进给的 F 值的数值范围也不同，见表 7-5。

表 7-5 进给数值的范围表

	每分钟进给	每转进给
地址	F	F
G 功能代码	G98	G99
米制输入范围	(1 ~ 100000) mm/min	(0.0001 ~ 500.0000) mm/r
英制输入范围	(0.01 ~ 4000.00) inch/min	(0.000001 ~ 9.999999) inch/r

7. 主轴功能指令 主轴功能指令由地址 S 及后面的数值构成, 用来指定主轴旋转的速度。S 功能指令的数据有两种。一种为恒线速, 也就是刀具的线速度恒定不变, 即主轴的旋转速度随着刀具在 X 轴上移动而改变, 刀具越靠近主轴轴线, 主轴的旋转速度就越高。另一种为恒转速, 也就是主轴的旋转速度恒定保持不变。这两种转速控制则是由模态的 G 功能代码 G96 (主轴恒线速控制) 和 G97 (主轴恒转速控制) 所确定。当执行了 G96 指令后, 指令后面由 S 指定的速度值均为刀具的线速度值, 直至执行 G97 指令前一直有效。而执行了 G97 指令后, S 指令的速度值均为主轴的旋转速度值, 并一直有效至下一个 G96 指令前。

8. 刀具功能指令 刀具功能指令因各车床厂家不同, 指令的格式也有所不同。

刀具功能指令由地址 T 及后面的四位数字构成, 用来指定所需要的刀具及所需要的刀具补偿值。其编写格式

$T \times \times \times \times ;$

T 地址字后前两位为刀具号, 后两位为刀具补偿号。

T 地址后的前两位为刀具号, 数控车床上现在一般都采用可自动换位的多工位刀架, 刀架上可安装多把刀具, 数控系统为了识别刀架上的工位, 对刀架的每个工位进行编号, 这个对每个工位的编号也就是刀具号。T 地址后的后两位为刀具补偿号, 在数控系统中有一个存放刀具补偿值的库, 为了管理和识别, 对库中的刀具补偿值进行编号, 这个编号就是刀具补偿号 (具体见刀具补偿功能)。

在实际应用中 T 地址后面的数字最高位为零时可省略; 如刀具号与刀具补偿号相同时, T 地址后面直接跟两位刀具号, 形如  $T \times \times ;$  若不带刀具补偿值, T 地址后面的后两位为零, 形如  $T \times \times 00$ 。

9. 其它功能指令 在数控系统中还有一些其它功能指令, 如宏指令等。

#### 10. 主程序与子程序

(1) 主程序 零件加工程序可分为主程序和子程序。通常数控系统按主程序的指令运行, 若主程序中有 (调用子程序) 的指令, 调用子程序并运行子程序中的指令, 直到运行至子程序中的 (返回主程

序) 指令, 返回主程序并继续运行 (调用子程序) 指令后面的程序。其调用关系如图 7-22 所示。

(2) 子程序 子程序就是具有固定的顺序和重复模式的程序, 运用子程序可使程序简单化。

子程序可被主程序所调用。被调用的子程序还可以调用其它子程序。程序嵌套就是一个程序调用另外一个程序的过程, 主程序调用子程序称为一重嵌

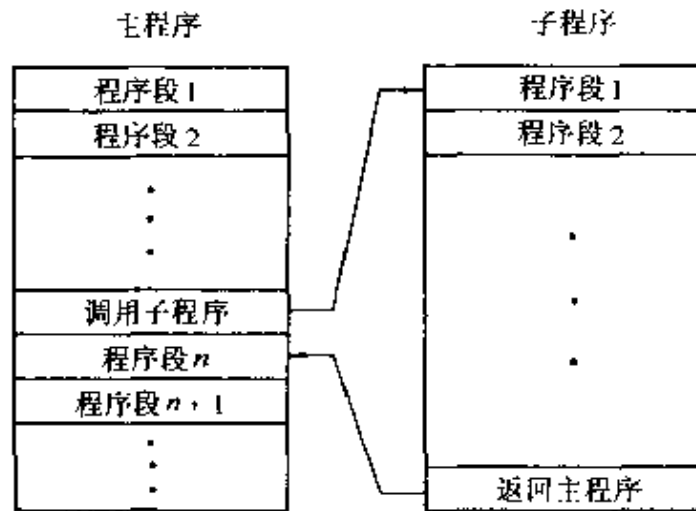


图 7-22 主程序与子程序调用关系

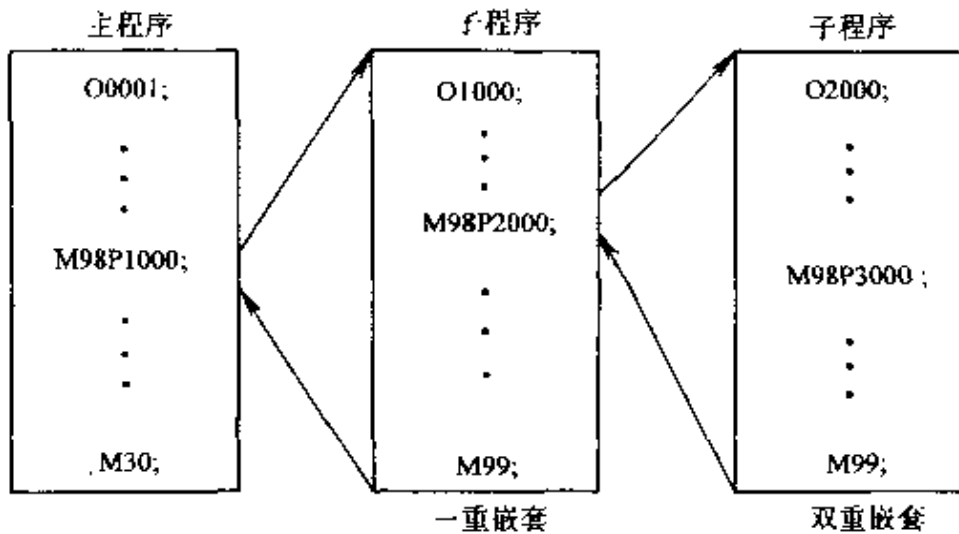


图 7-23 程序嵌套关系

套, 子程序再调用其它子程序称为双重嵌套。其嵌套关系如图 7-23 所示。

1) 子程序的编制 子程序的结构类似于主程序, 由子程序号、程序段、程序结束符 M99 组成。

2) 子程序的执行 子程序是从主程序或上一级的子程序中调出并执行的。子程序的调出形式如下:

-次重复调用子程序的范围为 (1 ~ 999), 一旦省略了次数, 重复调出次数为 1。

例如 M98 P51002; 是将“子程序号为 1002 的子程序连续调用 5 次”的指令。

11. 刀具补偿功能 刀具补偿功能是数控系统所具有的为方便用户精确编程而设置的功能。它分为两大类：刀具位置偏置补偿、刀尖圆弧补偿。

(1) 刀具位置偏置补偿 刀具位置偏置补偿是对编程时假想的刀具（一般为编程点）与实际使用的刀具的差值进行补偿。它可分为刀具形状补偿（几何形状补偿）和刀具磨损补偿（磨损补偿）两种，如图 7-24 所示。

刀具形状补偿是对刀具形状及刀具安装的补偿。刀具磨损补偿是对刀具磨损的补偿。

刀具位置偏置补偿通过用 T 代码指令的后二位确定形状补偿或磨损补偿的偏置号实现。一旦确定了偏置号，相应的偏置量也就确定。当偏置号为 00 时，偏置量为 0。偏置值可预先通过手动或外部设备设定。

(2) 刀尖圆弧补偿 刀尖圆弧补偿是在车锥度和圆弧时，对由于刀尖圆弧半径形成的实际轮廓和理论轮廓的差值进行补偿。根据工件表面相对于刀具的位置，刀尖圆弧补偿可分为左边刀尖圆弧补偿（G41）和右边刀尖圆弧补偿（G42）。

若工件表面在刀具运动方向的左侧，使用左边刀尖圆弧补偿。若工件表面在刀具运动方向的右侧，使用右边刀尖圆弧补偿。具体选择如图 7-25

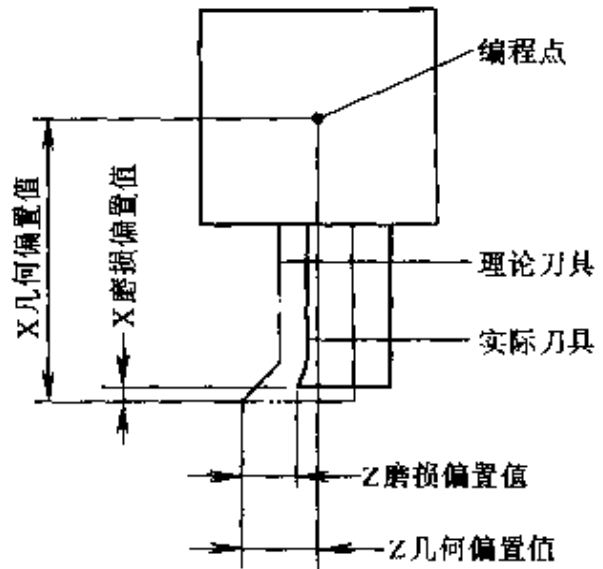


图 7-24 刀具位置偏置示意图

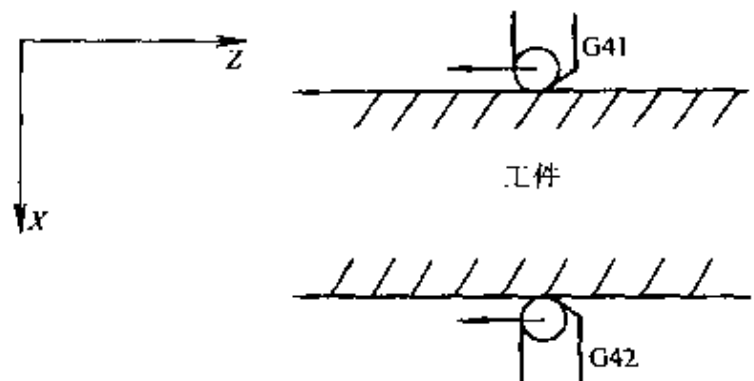


图 7-25 G41、G42 选择示意图

N0025 G99 G00 X53 Z3 M8 ; 设定每分钟进给, 快速引刀, 开切削液

N0030 G94 X0 Z1.5 F0.25 ; 粗车外圆、圆锥和圆弧, 利用刀补留精车余量

N0035 X0 Z0 ;

N0040 G90 X48.4 Z-81 ;

N0045 X44 Z-63.5 ;

N0050 X38 Z-60.5 ;

N0055 X32 Z-48 ;

N0060 X26 Z-25 ;

N0065 G00 X20 Z1 ;

N0070 G01 X24 Z-1 F0.25 ;

N0075 Z-25 ;

N0080 X26 ;

N0085 X32 Z-55 ;

N0090 G02 X48 Z-66 R14 ;

N0095 G01 Z-81 ;

N0100 G00 X53 Z3 M9 ; 退刀, 关切削液

N0105 T0100 ; 退刀补

N0110 X300 Z400 ; 返回换刀点

N0115 T0202 ; 选择 2 号刀具并调用 2 号刀补

N0120 G97 M3 S800 ; 主轴正向旋转, 恒转速为 800r/min

N0125 G00 X53 Z3 M8 ; 快速引刀, 开切削液

N0130 X28 Z-25 ;

N0135 G01 X21.4 F0.08 ; 车槽 3mm × 1.5mm

N0140 G04 X0.1 ;

N0145 G01 X28 F0.5 ;

N0150 G00 X53 Z3 M9 ; 退刀, 关切削液

N0155 T0200 ; 退刀补

N0160 X300 Z400 ; 返回换刀点

N0165 T0303 ; 选择 3 号刀具并调用 3 号刀补

```

N0170 G96 M3 S160 ; 主轴正向旋转, 恒线速为 160m/
min
N0175 G00 X53 Z3 M8 ; 快速引刀, 开切削液
N0180 X-1 Z1 ; 精车外圆、圆锥和圆弧至要求, 倒角
N0185 G01 Z0 F0.1 ;
N0190 X21.9 ;
N0195 X23.9 Z-1 ;
N0200 Z-25 ;
N0205 X25.95 ;
N0210 X31.95 Z55 ;
N0215 G02 X47.99 Z-66 R14 ;
N0220 G01 Z-81 ;
N0225 X51 ;
N0230 G00 X53 Z3 M9 ; 退刀, 关闭切削液
N0235 T0300 ; 退刀补
N0240 G00 X300 Z400 ; 返回换刀点
N0245 T0404 ; 选择 4 号刀具并调用 4 号刀补
N0250 G97 M3 S1000 ; 主轴正向旋转, 恒转速为 1000r/
min
N0255 G00 X53 Z3 M8 ; 快速引刀, 开切削液
N0260 X26 Z2 ;
N0265 G92 X23.2 Z-23.5 F1.5 ; 车螺纹至要求
N0270 X22.7 ;
N0275 X22.45 ;
N0280 X22.35 ;
N0285 G00 X53 Z3 M9 ; 退刀, 关闭切削液
N0290 T0400 ; 退刀补
N0295 X300 Z400 ; 返回换刀点
N0300 M5 ; 主轴停
N0305 M30 ; 程序结束

```

(5) 校对程序及首件试加工 将程序输入数控系统, 然后进行首



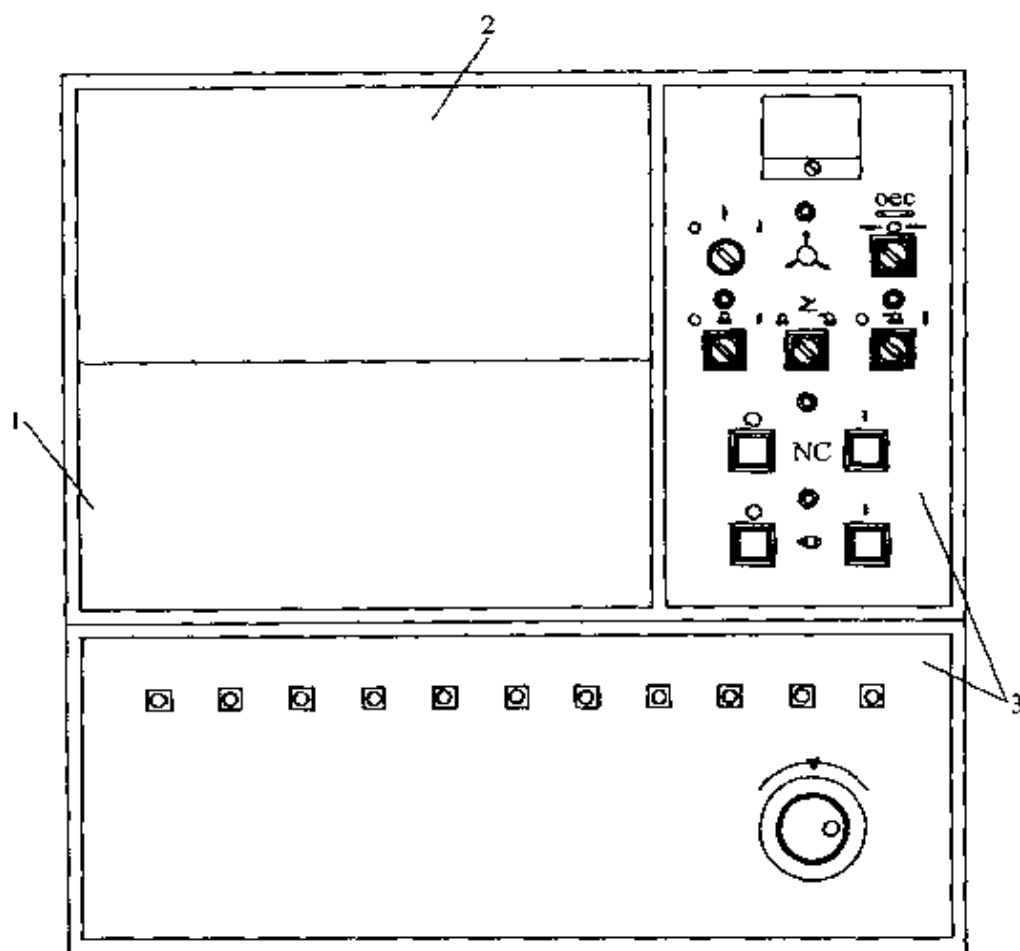


图 7-28 TND360 型数控车床操作面板

1—集成操作面板 2—系统操作面板 3—机床操作面板

表 7-7 集成操作面板和机床操作面板部分按钮功能表

名 称	用 途
电源开关	接通机床电源
CNC 起动按钮	接通数控系统的电源
CNC 断开按钮	断开数控系统的电源
电机接通按钮	接通驱动及液压电机电源
电机断开按钮	断开驱动及液压电机电源
循环起动按钮	自动运行的起动
进给保持按钮	自动运行的暂停
方式选择按钮	工作方式的选择 (REN、JOG、AUTO、MDI、HANDLE、EDIT)
快速进给	轴的快速进给

(续)

名 称	用 途
JOG	手动连续进给
手动脉冲发生器	手动微量进给
单程序段	每按一次循环起动按钮, 执行一个程序段
跳过任选程序段	跳过程序的任选程序段
空运行	不考虑程序指定的进给速度运行
快速进给倍率	选择快速进给倍率
进给速度倍率	选择进给速度倍率
紧停按钮	使机床紧急停止
机床锁住	机床锁住状态下执行程序时, 机床轴不动, 坐标显示值变化
选择手脉轴	选择手动脉冲发生器要移动的轴
选择手脉倍率	选择手动脉冲发生器移动 1 个刻度的进给量

3. 数控系统的工作方式 数控系统的工作方式一般分为六种, 它们分别为回参考点方式 (REN)、自动方式 (AUTO)、手动方式 (JOG)、手动输入方式 (MDI)、手轮方式 (HANDLE)、编辑方式 (EDIT)。下面分别进行介绍。

(1) 回参考点方式 返回参考点, 建立机床坐标系。

参考点是机床上的一个固定位置, 系统在回参考点方式下, 通过执行手动返回参考点的功能来实现机床轴的正确定位。回参考点是数控车床的一个重要功能, 一般作为开机后的第一步骤。手动返回参考点具体方法如下: 当系统处于回参考点方式下时, 向参考点方向移动各轴坐标, 直到返回参考点指示灯亮为止。

(2) 自动方式 自动方式是数控机床完成自动零件加工的工作方式。

(3) 手动方式 手动方式主要用于完成机床加工零件前的辅助工作的方式, 在此方式下可实现坐标轴的连续和快速进给、加工零件的夹紧等功能。

(4) 手动输入方式 手动输入方式主要用于完成数据的输入操作的方式, 在此方式下可实现加工程序、刀具偏置量和系统参数等的输入。

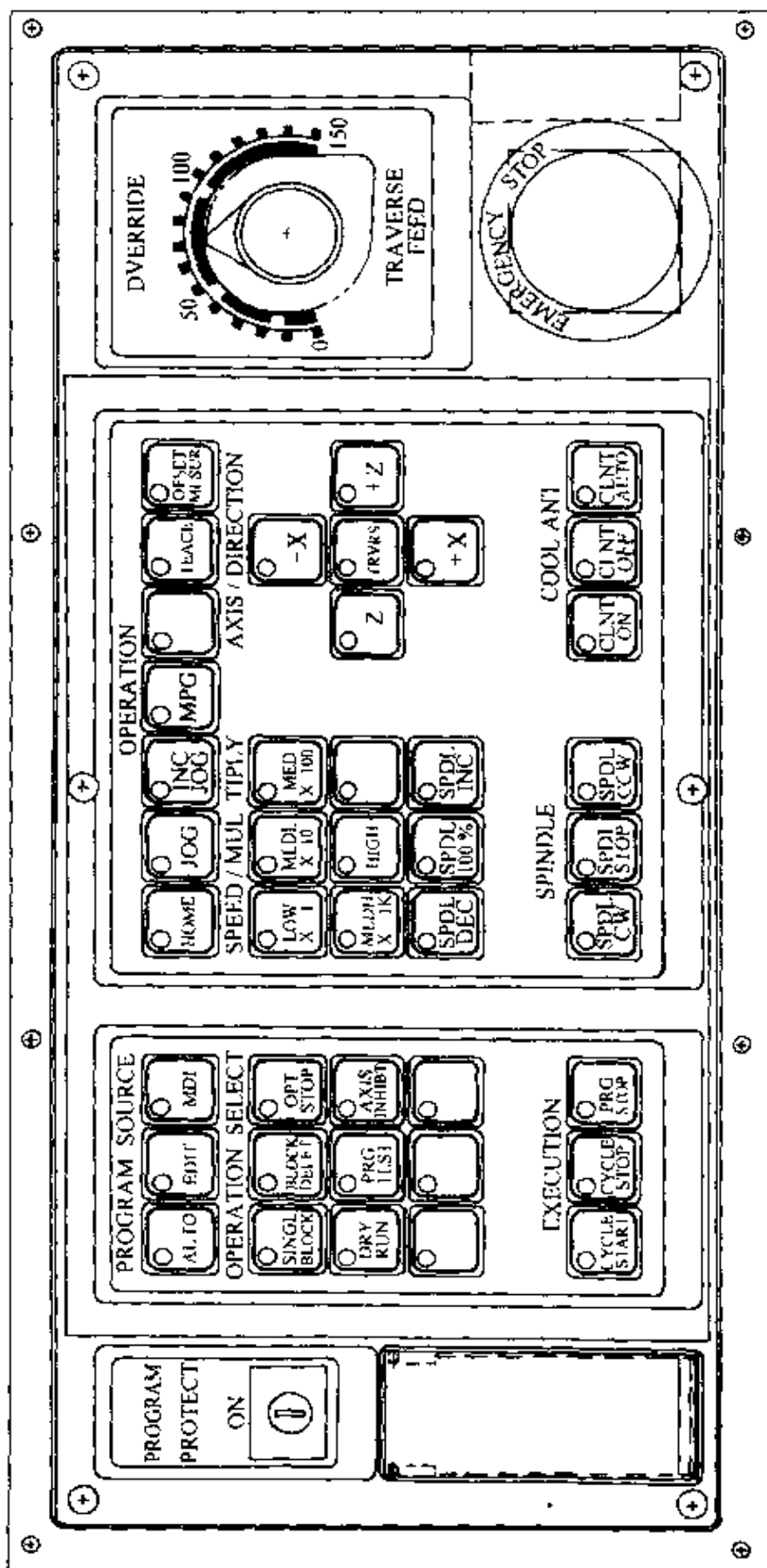


图 7-29 集成操作面板

(5) 手轮方式 在手轮方式下，机床操作面板上的手摇脉冲发生器，用手摇脉冲发生器可实现机床各轴的微量进给。

(6) 编辑方式 在编辑工作模式下，可实现对自动加工零件程序的编辑操作。

4. 加工程序的编辑 一个加工程序的编辑，首先必须使系统处于编辑工作方式。

(1) 程序的输入 程序的输入通过操作面板的键盘实现。具体步骤如下：

- 1) 按 PRGRM 按钮。
- 2) 键入地址符 (O、N、G、X、Y、Z、F、S、T、M 等)。
- 3) 键入数据字和符号 (程序号、程序数据等)。
- 4) 按 INSRT 键。

用上面的操作就可以完成一个加工程序的输入。

(2) 程序号检索 当系统存有多个程序时，可以检索其中一个程序。具体方法如下：

- 1) 选择编辑或自动工作方式。
- 2) 按 PRGRM 按钮。
- 3) 按地址 O。
- 4) 键入要检索的程序号。
- 5) 按 CURSOR 键。

检索结束时，相应的程序就显示在画面上。

(3) 删除程序 删除系统中的一个程序方法如下：

- 1) 选择编辑工作方式。
- 2) 按 PRGRM 按钮。
- 3) 按地址 O。
- 4) 键入要删除的程序号。
- 5) 按 DELET 键。

(4) 程序中字的插入 具体方法如下：

- 1) 检索要插入地方前面的字。
- 2) 键入要插入的地址。
- 3) 键入数据。

4) 按 INSRT 键。

(5) 程序中字的变更 具体方法如下：

1) 检索要变更的字。

2) 键入要插入的地址。

3) 键入数据。

4) 按 ALTER 键。

(6) 程序中字的删除 具体方法如下：

1) 检索要删除的字。

2) 按 DELET 键。

5. 加工程序的运行 一个零件加工程序的运行，必须按以下步骤运行。

1) 开机，机床回参考点，建立机床坐标系。

2) 将加工程序输入存储器中。

3) 对加工程序中所用刀具进行对刀，并输入刀具补偿值。

4) 将零件毛坯装夹到机床上。

5) 确定工件坐标系。

6) 在自动工作方式下运行零件加工程序。

## 第八章 四 新知识

### 第一节 机电一体化概论

#### 一、机电一体化基本概念及主要特性

1. 机电一体化的基本概念 机电一体化是微电子技术向传统机械工业渗透过程中逐渐形成的一个新概念，是机械技术、微电子技术相互融合的产物，如图 8-1 所示。

机电一体化打破了传统的机械工程、电子工程、化学工程、建筑工程、信息工程、控制工程等旧模块的划分，形成了融机械技术、微电子技术、信息技术等多种技术为一体的一门新兴的交叉学科。

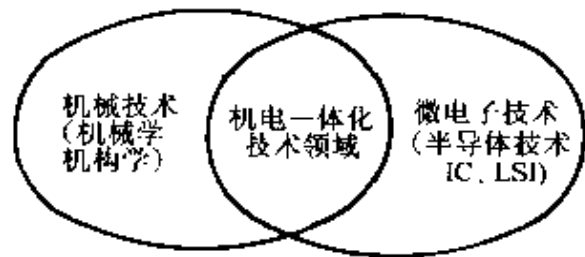


图 8-1 机电一体化技术领域

在 1971 年，日本《机械设计》杂志提出了“MECHATRONICS”这个新英文名词，它是由英文单词“MECHANICS”（机械学）的前半部分和“ELECTRONICS”（电子学）的后半部分组合而成的。用汉字表达即为“机电一体化”。目前对“机电一体化”的涵义有各种各样的认识。即使在最早提出这一概念的日本也有众多说法。例如，“机电一体化是机械工程中采用微电子技术的体现”；“机电一体化就是利用微电子技术，最大限度地发挥机械能力的一种技术”；“机电一体化是考虑事物的一种方法”。总之，由于各自的出发点和着眼点不尽相同，再加上“机电一体化”本身的涵义还在随着生产和科学技术的发展被赋予新的内容。目前较为人们普遍接受的涵义是，“机电一体化乃是机械的主功能、动力功能、信息功能和控制功能上引进微电子技术，并将机械装置与电子设备以及相关软件有机结合而构成系统的总称”。机电一体化技术不是机械技术和电子技术的简单叠加，而是将电子设备的信息处理功能和控制功能“揉和”到机械装置中去，从而

达到扬长避短、互为补充的目的，使机电一体化产品更具有系统性、完整性和科学性。

“机电一体化”具有“技术”与“产品”两方面的内容。“机电一体化技术”主要是指其技术原理和机电一体化系统（或产品）得以实现、使用和发展的技术。而“机电一体化产品”是机电一体化技术的物化结果。机电一体化产品主要是指机械系统和微电子系统有机结合，从而赋予新的功能和性能的新一代产品。

2. 机电一体化产品的主要特征 机电一体化是在信息论、控制论和系统论基础上建立起来的应用技术。机电一体化产品则是一个完整的系统，它有效地改变了传统机械产品的面貌，赋予机械产品以新的活力。同时也促进了电子技术的发展，扩大了电子技术的应用领域。不论机电一体化产品规模的大小，功能的多少，结构的简单或复杂，都应该从系统工程的角度来认识。从而可发现机电一体化产品具有许多有益的特征，其中最主要的是：

(1) 整体结构最佳化 在传统的机械产品中，为了增加一种功能，或实现某一种控制规律，往往靠增加机构的办法来实现。例如，为了达到变速的目的，出现了--系列齿轮组成的变速箱。为了控制机床的进给轨迹而出现了各种形状的靠模。为了控制柴油发动机的喷油规律，出现了凸轮机构等等。但是随着电子技术的发展，人们逐渐发现，过去笨重的齿轮变速箱可以用轻便的电子调速装置来代替。精确的运动规律，可以通过计算机的软件来调节。由此看来，在设计机电一体化产品时，对某一功能的实现，供我们选择的方案大大增加。也就是说，可以从机、电、硬、软四种方案中去选择，设计出整体结构最佳的产品来。

机电一体化的实质是，从系统的观点出发，应用机械技术和电子技术进行有机的组织、渗透和综合，以实现系统整体最佳化。因此，对人材的要求应是既懂机又懂电的复合型人才。

(2) 系统控制智能化 这是机电一体化与传统的工业自动化最主要的区别之一。电子技术的引入，显著地改变了传统机械那种单纯靠操作人员，按照规定的工艺顺序或节拍，频繁、紧张、单调、重复的工作状况。它是靠电子控制系统，按照预定的顺序一步一步地协调各

相关机构的动作及功能关系。有些高级的机电一体化系统，还可以通过被控制的数学模型根据任何时刻外界各种参数的变化情况，随机自寻最佳工作程序，大多数机电一体化产品都有自动控制、自动检测、自动信息处理、自动修正、自动诊断、直至自动记录、自动显示等功能。在正常情况下，整个系统按照人的意图（通过给定的指令）进行自动控制，一旦出现故障，就会自动采取应急措施，实现自动保护。在这种情况下，单靠人的操作是难以应付的，特别在危险、有害、高速、精确的使用条件下，不但是有利的，而且是十分必要的。

(3) 操作性能柔性化 计算机软件技术的引入，不但能使机电一体化装置和系统的各个传动机构的动作，通过预先给定的程序，一步一步地由电子系统来协调。在需要改变传动机构的运动规律时，无须改变其硬件机构，只要调整由一系列指令组成的软件，就可以达到预期的目的。这种软件可由工程人员根据要求的操作规律事先编好，通过穿孔纸带或数据通信方式，装入机电一体化系统的存储器中，进而对系统机构动作实施控制和协调。例如数控机床，人们可以通过改变控制软件，加工出不同形状的零件来，从而使人们在生产中的地位发生根本的变化，由机器的“奴仆”变为机器的“主人”。图 8-2 表示出传统机器和机电一体化系统中，人与机械的关系。

3. 机电一体化的相关技术 机电一体化是系统技术、计算机与信息处理技术、自动控制技术、检测传感技术、伺服传动和机械技术等多学科技术领域综合交叉的技术密集型系统工程。

(1) 机械技术 机械技术是机电一体化的基础，随着高新技术引入机械行业，机械技术面临着挑战和变革。在机电一体化产品中，它不再是单一地完成系统间的连接，在系统结构、重量、体积、刚性与耐用性方面对机电一体化系统有着重要的影响。机械技术的着眼点在于如何与机电一体化的技术相适应，利用其它高新技术来更新概念，实现结构上、材料上、性能上的变更，满足减少重量、缩小体积、提高精度、提高刚度、改善性能的要求。

(2) 计算机与信息处理技术 信息处理技术包括信息的交换、存取、运算、判断和决策，实现信息处理的工具是计算机，因此计算机技术和信息技术是密切相关的。在机电一体化系统中，计算机与信息



器是将被测量（包括各种物理量、化学量和生物量等）变换成系统可识别的，与被测量有确定对应关系的有用信号的一种装置。因此，大力开展传感器的研究对于机电一体化技术的发展具有十分重要的意义。

(6) 伺服传动技术 伺服传动包括电动、气动、液压等各种类型的传动装置，由微型计算机通过接口与这些传动装置相联接，控制它们的运动，带动工作机械作回转、直线以及其它各种复杂的运动。常见的伺服执行元件有电液马达、脉冲油缸、步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机。由于变频技术的突破性进展，为机电一体化系统提供高质量的伺服驱动单元，极大地促进了机电一体化技术的发展。

## 二、机电一体化系统的基本构成

1. 机电一体化系统的构成 机电一体化系统由机械系统（机构）、电子信息处理系统（计算机）、动力系统（动力源）、传感检测系统（传感器）、执行元件系统（如电动机）等五个子系统组成，如图 8-3 所示。通过传感器直接检测目标运动并进行反馈控制的系统为全闭环系统（图 a）。而通过传感器检测某一部位（如伺服电动机等）运动并进行反馈、间接控制目标运动的系统为半闭环系统（图 b）。机电一体化系统的基本特征是给“机械”增添了头脑（计算机信息处理与控制），因此是要求传感器技术、控制用接口元件、机械结构、控制软件水平较高的系统。其运动控制不仅仅是线性控制，还有非线性控制、最优控制、学习控制等各种各样的控制。

2. 机电一体化系统的功能构成 机电一体化系统（或产品）是由若干具有特定功能的机械与微电子要素组成的有机整体，具有满足人们使用要求的功能（目的功能），根据不同的使用目的，要求系统能对输入的物质、能量和信息（即工业三大要素）进行某种处理，输出所需要的物质、能量和信息。因此，系统必须具有以下三大“目的功能”：①变换（加工、处理）功能；②传递（移动、输送）功能；③储存（保持、积蓄、记录）功能。图 8-4 为系统目的功能图。

以物料搬运、加工为主，输入物质（原料、毛坯等）、能量（电能、液能、气能等）和信息（操作及控制指令等），经过加工处理，主

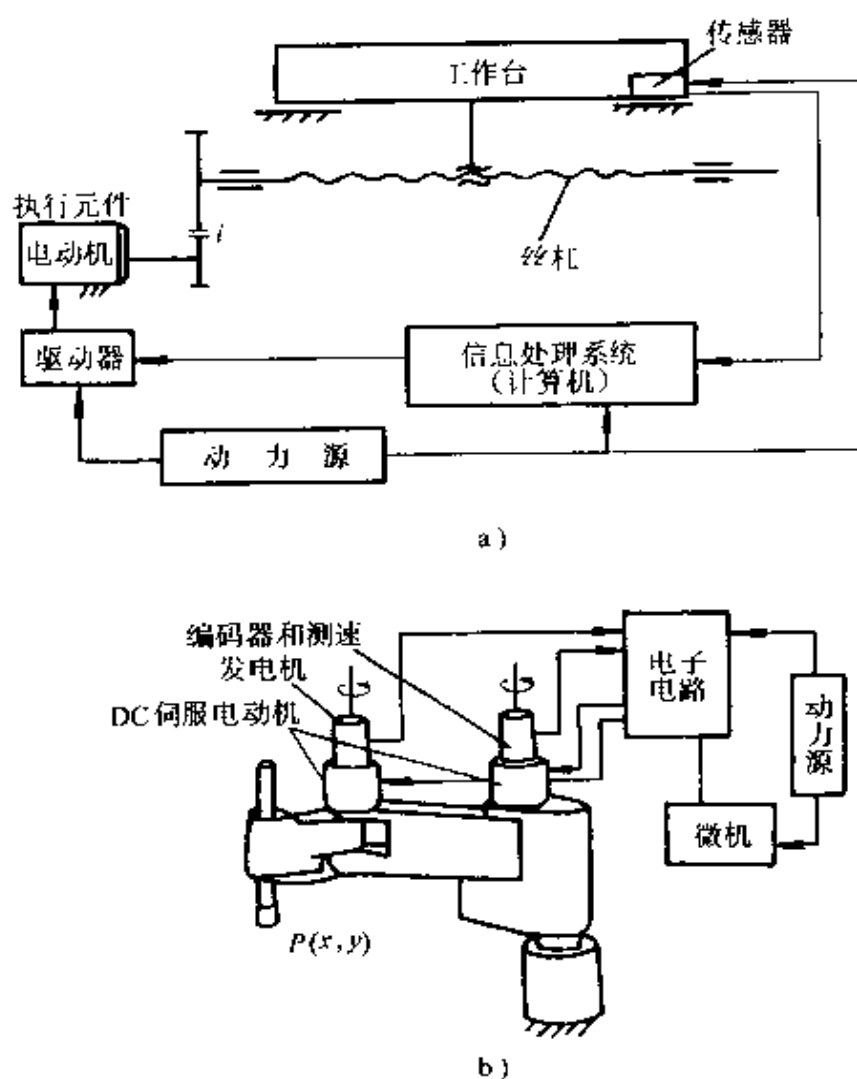


图 8-3 系统基本构成

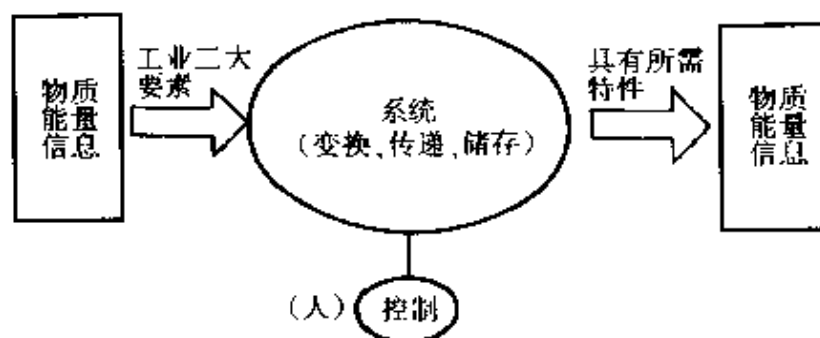


图 8-4 系统目的功能

要输出改变了位置和形态的物质的系统（或产品），称为加工机。例如：各种机床（切削、锻压、铸造、电加工、焊接设备、高频淬火等）、交通运输机械、食品加工机械、起重机械、纺织机械、印刷机

械、轻工机械等。

以能量转换为主，输入能量（或物质）和信息，输出不同形式能量（或物质）的系统（或产品），称为动力机。其中输出机械能的为原动机，例如电动机、水轮机、内燃机等。

以信息处理为主，输入信息和能量，主要输出某种信息（如数据、图像、文字、声音等）的系统（或产品），称为信息机。例如各种仪器、仪表、电子计算机、电报传真机以及各种办公机械等。

不管哪类系统（或产品），系统内部必须具备图 8-5 所示的五种内部功能，即主功能、动力功能、检测功能、控制功能、构造功能。其中“主功能”是实现系统“目的功能”直接必需的功能，主要是对物质能量、信息或其相互结合进行交换、传递和存储。“动力功能”是向系统提供动力、让系统得以运转的功能。“检测功能和控制功能”的作用是根据系统内部信息和外部信息对整个系统进行控制，使系统正常运转，实施“目的功能”。而“构造功能”则是使构成系统的子系统及元、部件维持所定的时间和空间上的相互关系所必需的功能。从系统的输入/输出来看，除有主功能的输入/输出之外，还需要有动力输入和控制信息的输入/输出。此外，还有因外部环境引起的干扰输入以及非目的性输出（如废弃物等）。例如汽车的废气和噪声对外部环境的影响。

综上所述，机电一体化系统的五大要素及其相应的五大功能如图 8-6 所示。

机电一体化系统五大要素实例如图 8-7 所示。

表 8-1 列出了机电一体化系统构成要素与人体构成要素的对应关系。

表 8-1 机电一体化系统要素与人体要素的对应关系

机电一体化系统要素	功能	人体要素
控制器（计算机等）	控制（信息存储 处理 传送）	头脑
检测传感器	计测（信息收集与变换）	感官
执行元件	驱动（操作）	肌肉
动力源	提供动力（能量）	内脏
机构	构造	骨骼

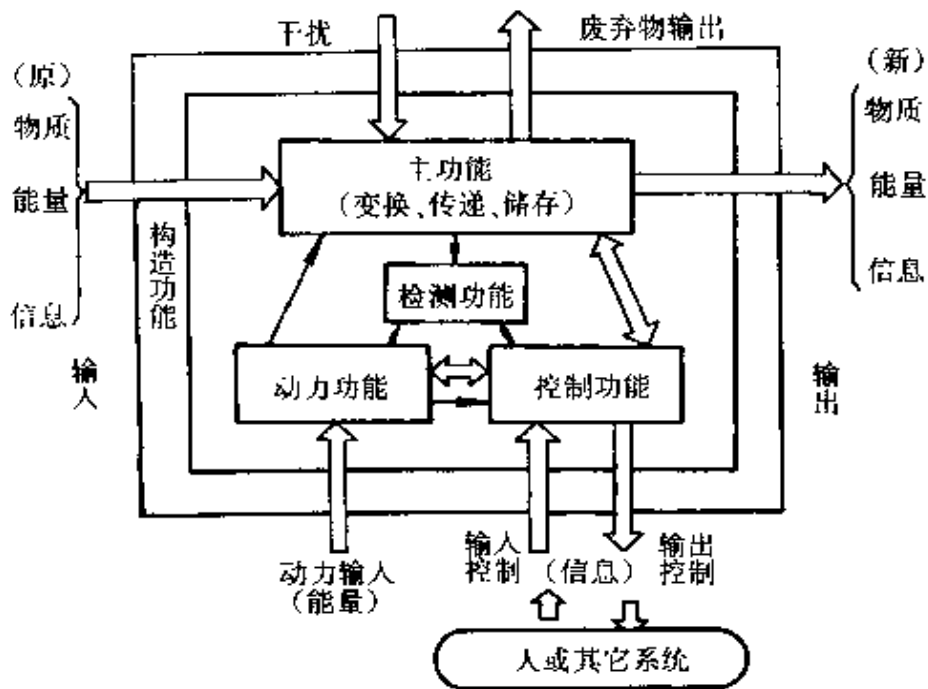


图 8-5 系统内部功能

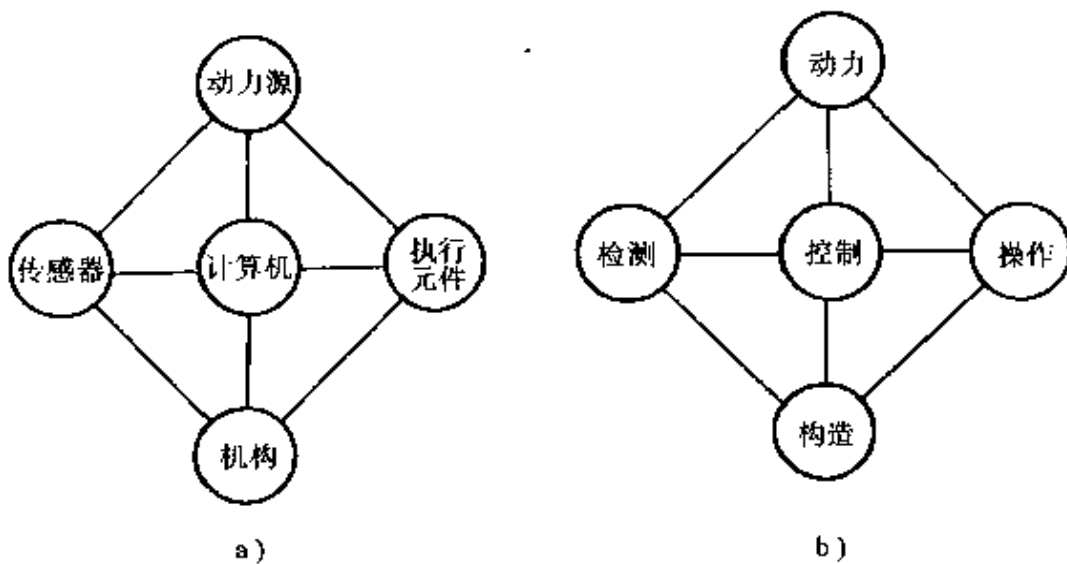


图 8-6 机电一体化系统的五大要素与功能

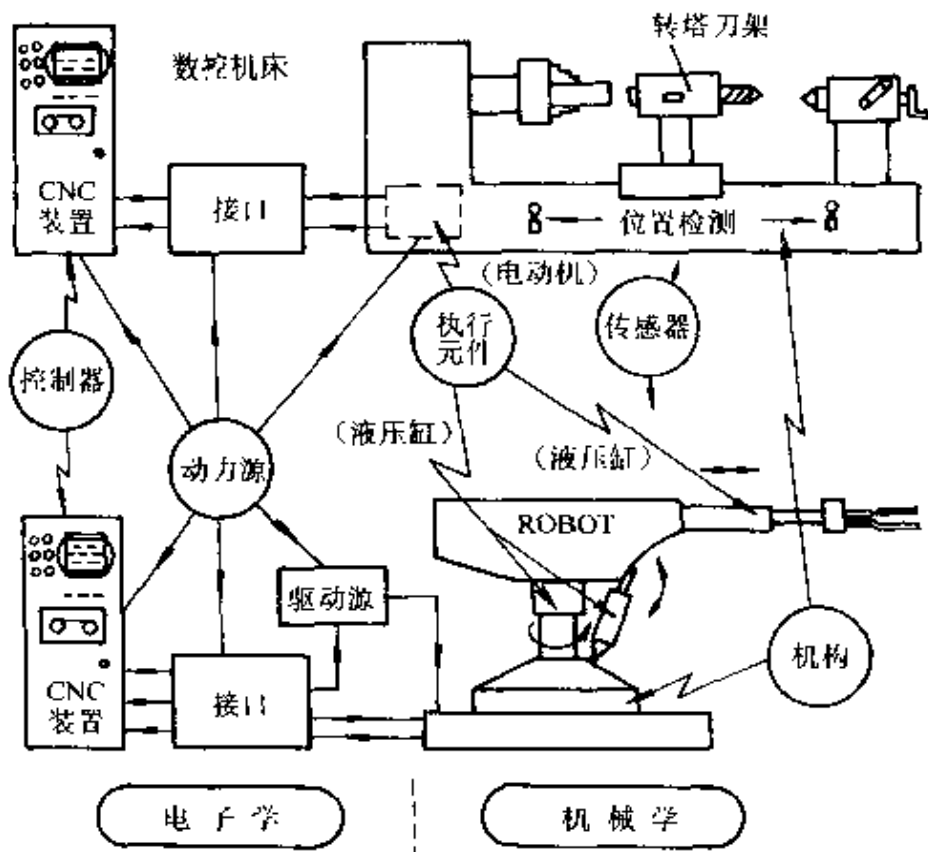


图 8-7 机电一体化系统五大要素实例

### 三、机电一体化技术的具体应用实例

随着生产技术的不断发展，机电一体化技术已渗透到农业、机械、建筑、纺织、医疗卫生、国防建设等行业，产生出巨大的经济效益。下面介绍机电一体化技术的几个应用实例。

#### 1. 机电一体化技术在机电产品中的应用

(1) SCARA 型机器人（即装配机器人） SCARA 是 Selective Compliance Assembly Robot Arm 的缩写，意思是具有选择顺应性的装配机器人手臂。这种机器人在水平方向具有顺应性，而在垂直方向则有很大的刚性，最适合于装配作业使用。它有大臂回转、小臂回转、腕部升降与回转四个自由度，如图 8-8 所示。下面以 ZP-1 型多手臂装配机器人为例作一简单介绍。

该机器人装配系统用于装配 40 火花式电雷管，代替人从事易燃易爆的危险作业。电雷管的组成如图 8-9a 所示，机器人完成的工作是：①将导电帽弹簧组合件装在雷管体上；②将小螺钉拧到雷管体

上，把导电帽、弹簧组合件和雷管体联成一体；③检测雷管体外径、总高度及雷管体与导电帽之间是否短路。装配前雷管体倒立在 10 行 × 10 列的料盘 5 上，弹簧与导电帽的组合件插在另一个 10 行 × 10 列的料盘 6 上，小螺钉散放在振动料斗 8 中，装配好的成品放在 10 行 × 10 列的料盘 7 上，如图 b 所示。机器人在装配点的重复定位精度可达  $\pm 0.05\text{mm}$ ，电雷管重约 100g，一次装配过程约需 20s。

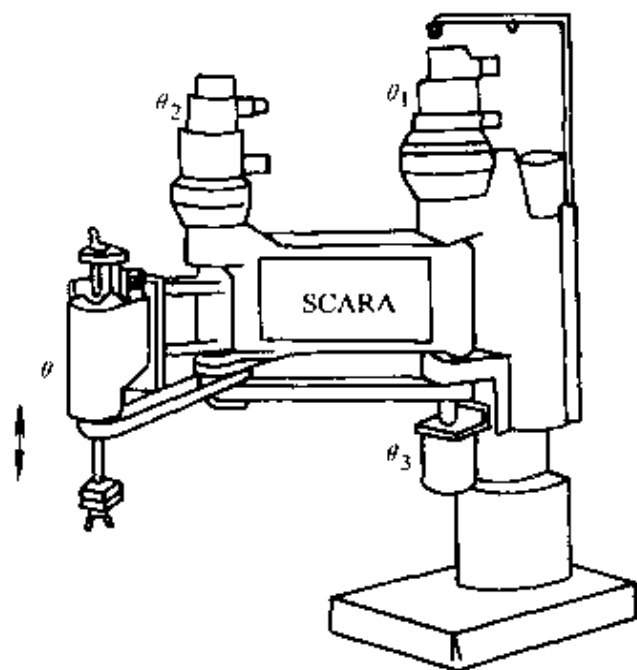


图 8-8 SCARA 型装配机器人的基本构造

该机器人装配系统主要由机器人本体和控制柜组成，其

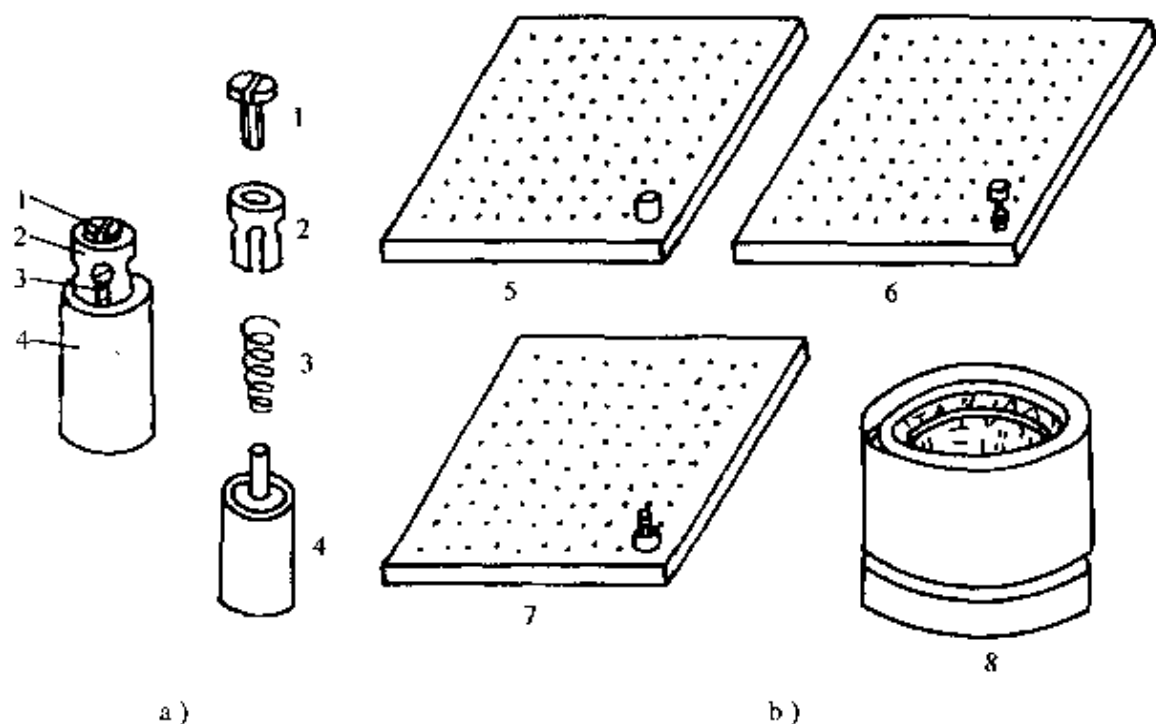


图 8-9 40 火花式电雷管的组成及料盘

1—螺钉 2—导电帽 3—弹簧  
4—雷管体 5、6、7—料盘 8—振动料斗

本体如图 8-10 所示，由左、中、右三只手臂组成，左右手臂的结构基本相同，大臂长 200mm，小臂长（肘关节至手部中心）为 160mm。两立柱间距为 710mm，总高度约 820mm（可适当调整）。左（右）手臂各有大臂 1（1'）、小臂 2（2'）、手腕 3（3'）和手部 4（4'）；驱动大臂的为步进电动机 5（5'）及谐波减速器 6（6'）与位置反馈用光电编码器 7（7'）；驱动小臂的为步进电动机 8（8'）及谐波减速器 9（9'）与位置反馈用光电编码器 10（10'）；另外还有平行四连杆机构 11（11'）；整个手臂安装在支架和立柱 12（12'）上，并由基座 19（19'）支承。手腕的升降、回转和手爪的开闭都是气动的，因此有相应的气缸、输气管路。右臂右侧雷管料盘为 13'、左臂左侧为导电帽与弹簧组合件料盘 13。第三只手臂（中臂）为拧螺钉装置，放在左、右手臂中间的工作台上，装有摆动臂 14 和气动旋具 15，它的左侧装有供螺钉用的振动料斗 16。成品料盘 18 安装在右手臂的右前方。

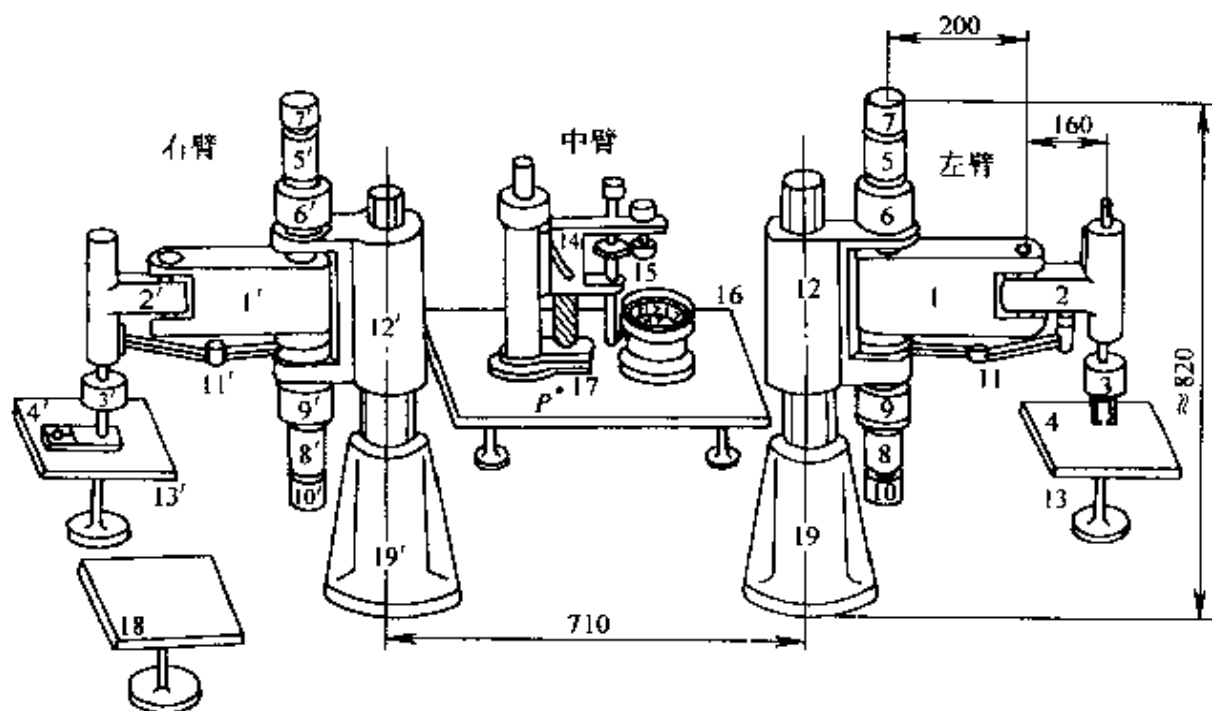


图 8-10 ZP-1 型机器人装配系统本体构成

## (2) 全自动洗衣机的系统组成实例分析

1) 全自动洗衣机的结构 全自动洗衣机是在性能良好的波轮式结构上加上搅拌部分而形成的全新式洗衣机。图 8-11 所示的新式机

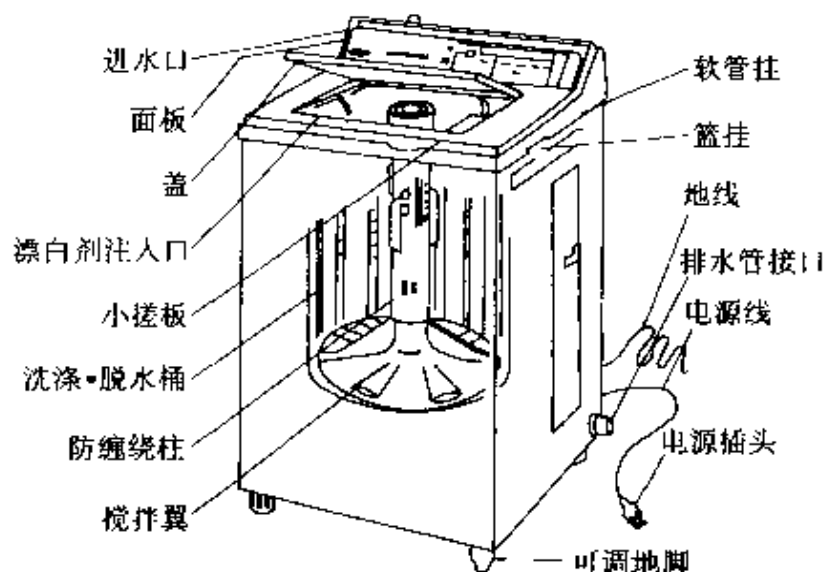


图 8-11 结构形式

采用在加大的旋翼中央，附加有细长柱状搅拌翼的结构进行洗涤。自动洗衣机的截面简图如图 8-12 所示。图 8-13 为其离合器的结构。另外还设有洗涤剂自动加入器和除线头过滤器。

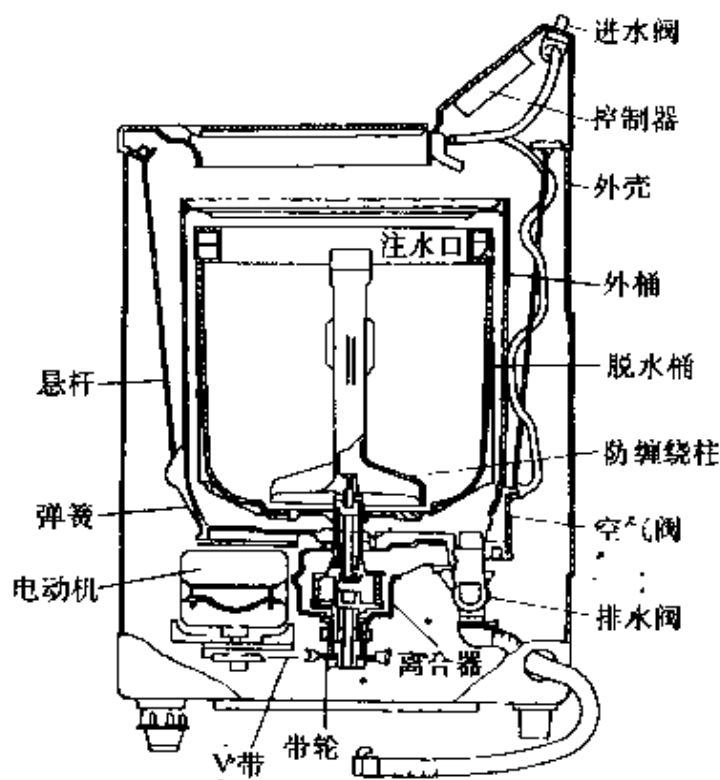


图 8-12 截面简图

2) 洗衣机的微机控制 KW—20LX 是“防缠绕柱”，洗衣机系列中用微机控制的机型。它是只用按钮操作的计算机控制洗衣机。附有用于洗涤特脏衣服的“间歇洗涤”按钮。

全自动循环有两种固定的时限，“标准”和“节约”两个按钮兼起动按钮用。手动循环分别设定洗涤、漂洗、脱水等输入按钮及专用手动起动按钮。

“间歇洗涤”是连续 60min 的洗涤方式，每隔 15min，防缠绕柱旋



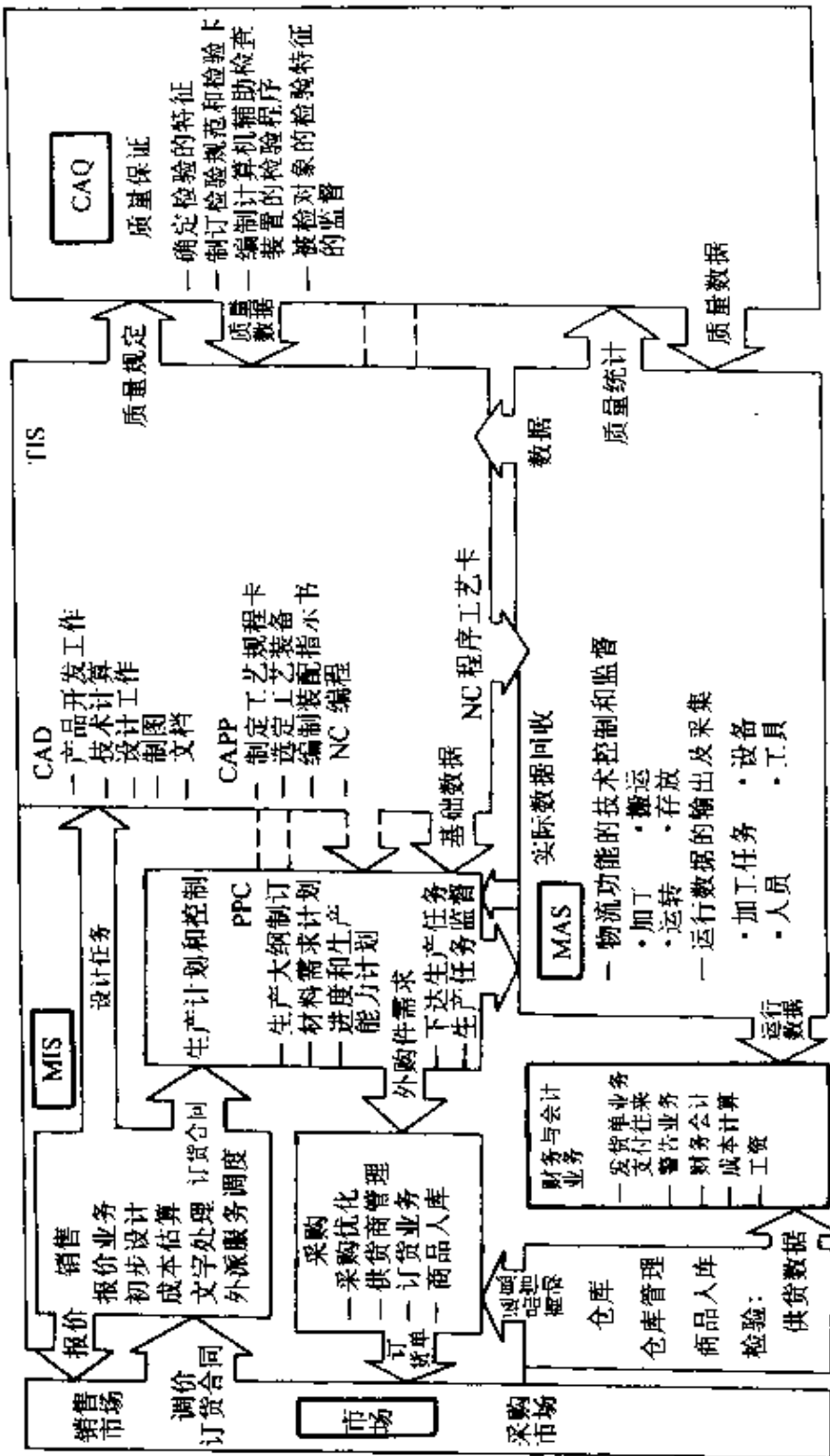


图 8-14 某企业 CIMS 功能框图

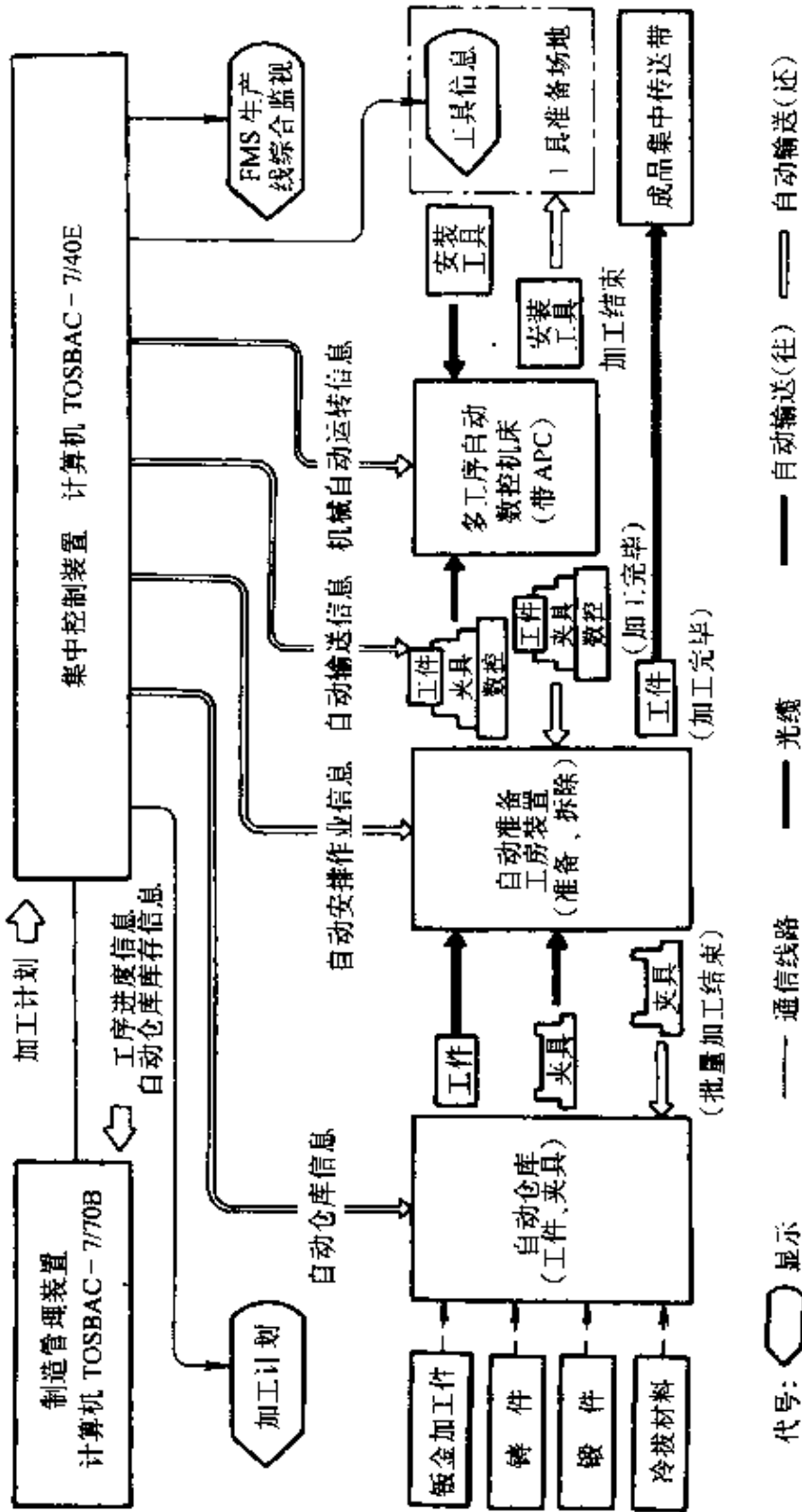


图 8-15 FMS 构成框图

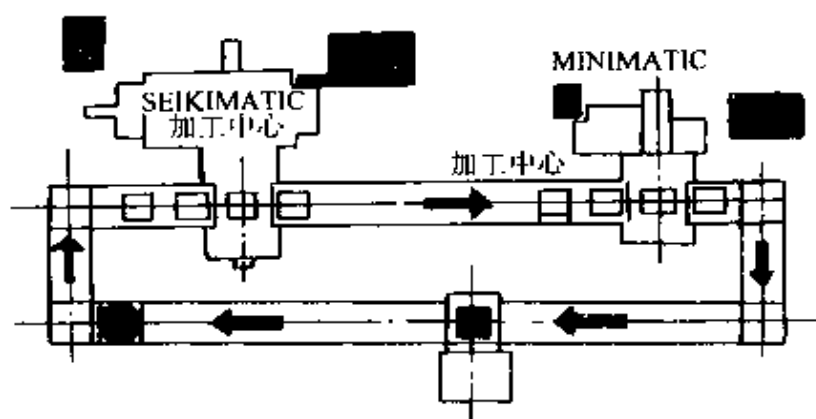


图 8-16 FMS 布局及物流示意图

控制信息并进行过程监视，反馈各种在线检测的数据，以便修正控制信息，保证安全运行。

## 第二节 可编程序控制器的应用

### 一、可编程序控制器概述

可编程序控制器（Programmable Controller）简称 PC 或 PLC，是采用计算机技术的新型工业控制装置。自 1969 年第一台 PLC 机问世以来，30 年来获得了巨大发展。

1. 可编程序控制器的发展 20 世纪 60 年代后期，全世界的工业、科技进入了大发展的繁荣时期。许多发达的工业国家一方面向高科技领域继续迈进，一方面力求将高科技的成果应用到传统的技术中去，可编程序控制器就是这一时代的产物。它是以自动化技术、计算机技术、通信技术和继电器控制技术为一体的新一代工业自动控制设备。传统的继电器——接触器控制技术在工业控制中起着十分重要的作用，但是这种固定接线程序控制方式有三个主要缺点：

- 1) 电器触点寿命短，可靠性差。
- 2) 程序固定接死，难以变换。

3) 复杂的控制系统设计难度大，周期长。随着工业自动化规模的发展，生产过程可变性节奏的加快，这种控制方式所固有的弱点越来越明显。为此各工业国相继研制过各种新的控制装置，这些控制器

在一定程度上改进了工业控制设备的性能，但其固有的缺点并没有从根本上解决。

第一台可编程序控制器诞生在美国，是由美国数字设备（DEC）公司研制的。继美国之后，德国、日本、瑞士、法国、英国等国家相继制成了各种 PLC。20 世纪 70 年代中期出现了微处理器并被应用到可编程序控制器后，使 PLC 的功能日趋完善。特别是它的小型化、高可靠性和低价格，使它在现代工业控制中崭露头角。到 20 世纪 80 年代初，PLC 应用已在工业控制领域中占主导地位。外国专家预言，PLC 技术将在工业自动化的三大支柱（PLC、机器人和 CAD/CAM）中跃居首位。

目前比较著名的生产厂家有：美国的 AB 公司、GE 电气公司、GM 公司、TI 仪器公司、西屋电气公司等；德国的西门子公司、BBC 公司等；日本的立石（OMRON）公司、三菱公司和日立公司。

我国 PLC 研制起步较迟，采取了自行研制和引进消化相结合的方法。国内生产 PLC 较早的厂家有上海起重电器厂、广州南洋电器厂、天津自动化仪表厂、北京椿树电子仪表厂、无锡华光电子有限公司等。这些新型控制器在冶金、化工、轻工、石油、机械、食品等行业中作为单机或多机自动控制系统投入运行以来，产生了良好的技术效果和经济效益。

2. 可编程序控制器的功能及特点 PLC 可用于单台机电设备的控制，也可以用于生产流水线的控制，使用者可以根据生产过程和工艺要求设计控制程序，然后将程序通过编程器送入 PLC。程序投入运行后，PLC 就在现场输入信号（按钮、行程开关、光电开关或其它传感器）的作用下，按照预先送入的程序控制现场的执行机构（接触器、电磁阀等）按一定规律动作。

（1）PLC 的主要功能 近年来，PLC 把自动化技术、计算机技术、通信技术融为一体，它能完成以下功能：1）条件控制（逻辑控制）、2）定时控制、3）计数控制、4）步进控制、5）A/D 和 D/A 转换、6）数据处理、7）通信联网、8）监控等。

（2）PLC 的特点

1) 通用性强 PLC 是通过软件来实现控制的。同一台 PLC 可用

于不同的控制对象，只需改变软件就可以实现不同的控制要求。

2) 可靠性高 PLC 采用了屏蔽、滤波、隔离等抗干扰措施，在恶劣的工作环境下，它的平均无故障时间可达 5~10 万小时甚至更高。PLC 还具有完善的自诊断能力，检查判断故障迅速方便，因而便于维修。

3) 功能强 现代的 PLC 不仅具有逻辑运算、计时、计数、步进等功能，而且还能完成 A/D、D/A 转换、数字运算和数据处理以及通信联网、生产过程监控等。因此，它既可以开关量控制，又可以模拟量控制；既可单机控制，又可一条生产线控制；既可机群控制，又可多条生产线控制；既可现场控制，又可远距离控制；既可控制简单系统，又可控制复杂系统。

4) 接线简单 PLC 接线只需将输入信号的设备（按钮、开关等）与 PLC 的输入端子连接，将接受输出信号执行控制任务的执行元件（接触器、电磁阀等）与 PLC 输出端子连接。接线简单、工作量少。

5) 编程简单、使用方便 PLC 采用面向控制过程、面向问题的“自然语言”编程，容易掌握。程序改变时也容易修改，灵活方便。

6) 体积小、重量轻、功耗低 由于 PLC 采用半导体集成电路，其体积小、重量轻、功耗低。

当然，PLC 也并非十全十美，其缺点是：

- 1) 价格还比较高。
- 2) 工作速度较计算机慢，输出对输入的响应有滞后现象。
- 3) 使用中、高档 PLC，要求使用者有相当的计算机知识。

### 3. 可编程序控制器的应用场合

- (1) 逻辑控制（开关量控制）
- (2) 模拟量控制（D/A、A/D 转换）
- (3) 数字控制（CNC 技术）
- (4) 机器人控制
- (5) 多级控制系统
- (6) 多条生产线控制

## 二、可编程序控制器的基本结构

PLC 一般由中央处理器（CPU）、存储器、输入/输出组件、编程

(5) 编程器 编程器主要是用来使用户输入、检查、修改、调试程序，它也可以监视 PLC 的工作情况。

2. 可编程序控制器的基本工作原理 PLC 可看作一个执行逻辑功能的工业控制装置。其中中央处理器是用来完成逻辑运算功能的，存储器用来保持逻辑功能，因此我们将图 8-17 画成类似于继电器接触器控制的等效电路图，如图 8-18 所示。

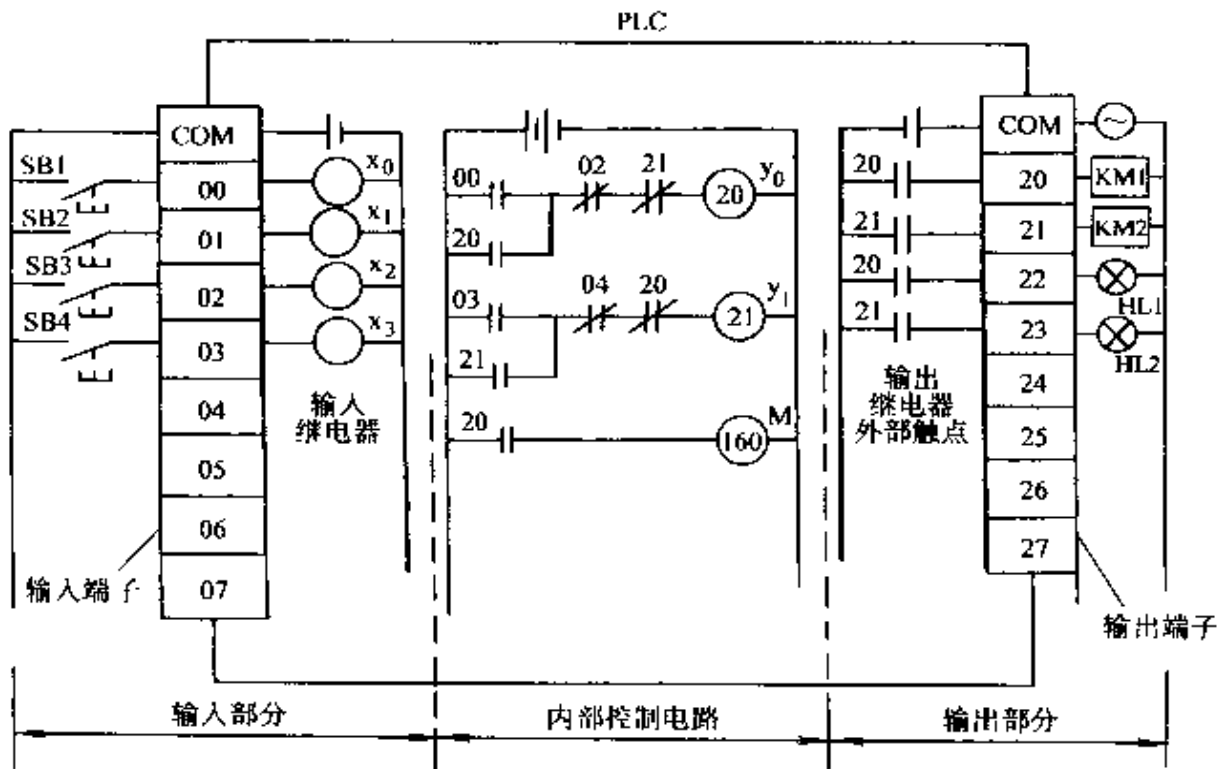


图 8-18 PLC 的等效电路

PLC 的等效电路可分为三部分：

(1) 输入部分 这部分的作用是收集被控设备的信息或操作命令。例如一个 PLC 有 8 点输入，那么它相当于有 8 个微型输入继电器，它在 PLC 内部与输入端子相连，并提供 PLC 编程时使用的许多常开和常闭触点。

(2) 内部控制电路 这部分控制电路由用户根据控制要求编制的程序所组成，其作用是按用户程序的控制要求对输入信息进行运算处理，判断哪些信号需要输出，并将得到的结果输出给负载。

PLC 内部有许多类型的器件, 如定时器、计数器、辅助断电器等均为软继电器。

(3) 输出部分 这部分的作用是驱动外部负载。输出端子是 PLC 向外部负载输出信号的端子。如果一个 PLC 的输出点为 8 点, 则可控制 8 个负载。如图中的 KM1、KM2、HL1、HL2 所示。

现以简单的三相笼型异步电动机正反转起停控制电路为例, 来看 PLC 构成控制系统的基本过程, 以加深对上述等效电路的理解。当按下 SB1 时, 00 ( $x_0$ ) 线圈得电, 00 常开触点闭合, 使 20 ( $y_0$ ) 线圈得电工作, 20 常开触点闭合使 KM1 线圈形成回路得电工作, KM1 主触点闭合, 电动机正向起动工作, 同理 20 另一对常开触点闭合驱动 22, 使 HL1 灯亮, 表示电动机正向工作正常; 20 的另一对辅助触点闭合使 20 线圈自锁; 20 的一对常闭触点断开, 互锁 21 线圈。当按下 SB2 时, 20 线圈失电, 20 常开复位使 KM1 失电, 电动机停转。反向起动工作同理可得。

3. 可编程序控制器的分类 PLC 的产品很多, 一般按以下两种情况进行分类。

(1) 根据 I/O 点数、容量和功能分类 如按 I/O 的点数分类, 一般分为三种类型:

1) 小型机 小型机的 I/O 点数小于 128 点, 存储容量在 2K 字 (1K = 1024 存储单元) 以下, 具有逻辑、计时、计数等功能。

2) 中型机 中型机的 I/O 点数在 128 ~ 512 点之间, 用户程序存储容量在 2 ~ 8K 之间, 它具有逻辑、算术运算、数据传送、数据通信、模拟量输入输出等功能。

3) 大型机 大型机的 I/O 点数大于 512 点, 存储容量在 8K 或 8K 以上, 它除具有中型机具的功能外, 还具有监控、记录、打印、联网通信等功能。

(2) 根据结构形状分类 按结构形状分类, PLC 可分为整体式和模块式两种。

1) 整体式 整体式结构的 PLC 是将中央处理器、电源部件、存储器、输入和输出部件集中配置在一起, 结构紧凑、体积小、重量轻、价格低, 如图 8-19 所示。

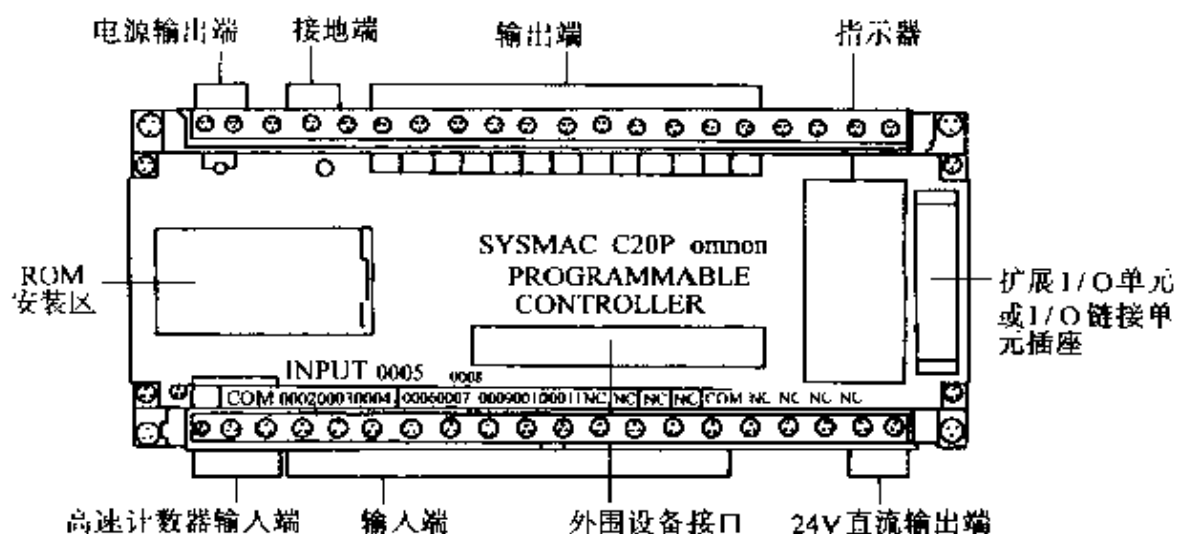


图 8-19 整体式 PLC 结构图

2) 模块式（积木式） 模块式的 PLC 是将中央处理器、电源部件、输入输出部件分成各个模块。使用时可将这些模块分别插入机架底板的插座上，配置灵活、方便，便于扩展，可根据生产实际的控制要求配置各种不同的模块，构成不同的系统，它的最大优点是其中某部分坏了，只要更换一块就可继续工作。模块式 PLC 机的结构如图 8-20 所示。

### 三、可编程序控制器的编程指导

1. 可编程序控制器的语言表达方式 PLC 的语言表达方式一般由四种形式。

(1) 梯形图语言 梯形图语言是一种图形语言，它沿用继电器的触点、线圈、串并联等术语和图形符号，并增加一些继电器控制系统没有的符号，作出的一种图称为梯形图，如图 8-21a 所示为电动机起停控制的梯形图。

(2) 指令表（程序） 指令表就是助记符语言，它用来表示 PLC 的各种功能。通常一条指令由指令助记符和操作数（器件号）两部分组成。它类似于计算机的汇编语言，程序如图 8-21b 所示。

(3) 逻辑功能图 逻辑功能图是采用半导体逻辑门电路组成的功能图，即都是用“与”、“或”、“非”逻辑电路组成，如图 8-22 所示。



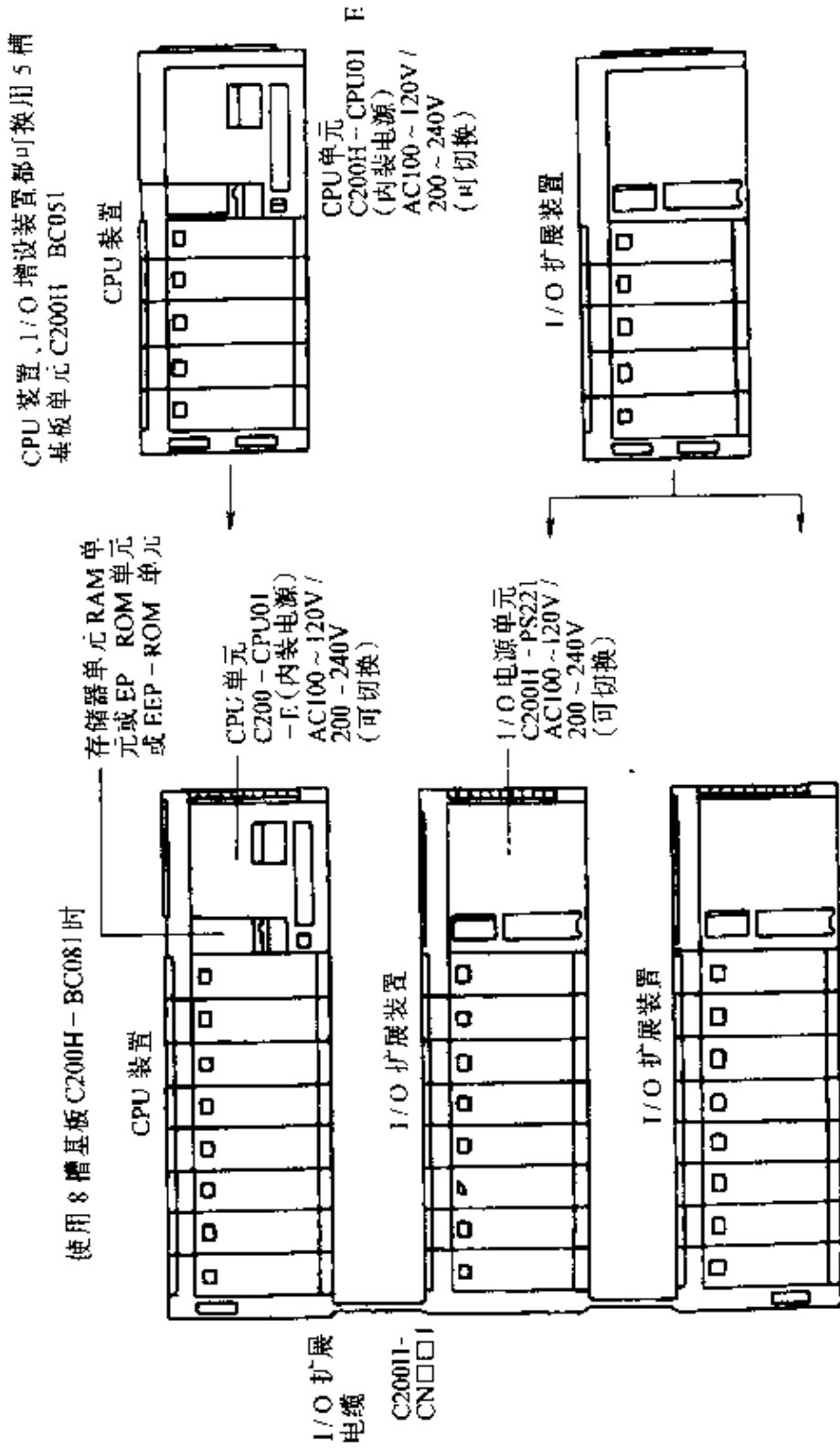


图 8-20 模块式 PLC 结构图

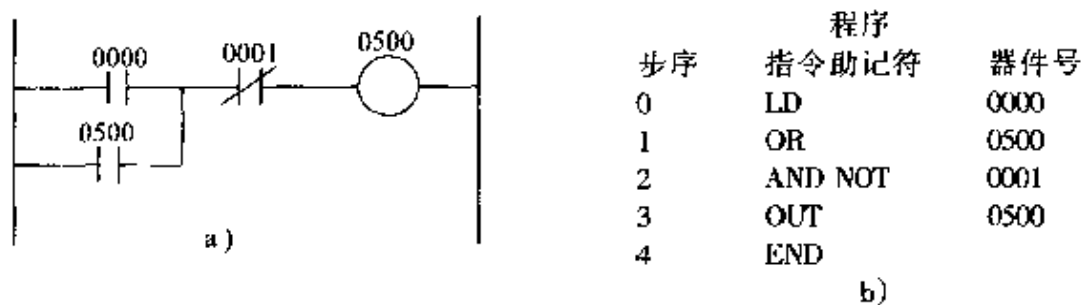


图 8-21 梯形图及程序

a) 梯形图 b) 程序

(4) 高级语言 在大型 PLC 中，为了完成具有数据处理、PID 调节等较为复杂的控制，往往也采用类似于 BASIC、PASCAL 等计算机程序语言，这样就使得 PLC 具有更强的功能。

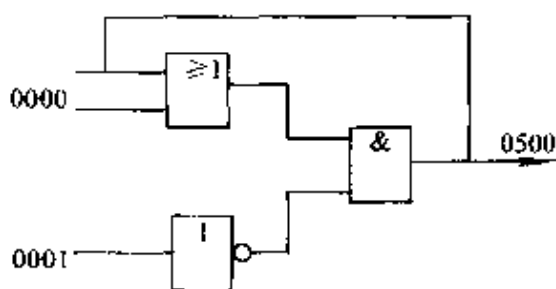


图 8-22 逻辑功能图

目前生产的各种类型 PLC，基本上同时具有两种（前两种）或两种以上的编程语言，虽然厂家、型号不同，其梯形图、指令有差异，使用符号也不完全一样，但它们编程的原理和方法是一致的。

## 2. 可编程序控制器的编程规则

- 1) 各种软继电器的触点可以无限使用。
- 2) 梯形图每一行都是从左边母线开始，线圈接在右边母线（即以线圈结束）。
- 3) 线圈不能直接接在母线上。
- 4) 在一个程序中，同一编号的线圈不允许重复使用。
- 5) 在梯形图中没有实际的电流流动，但梯形图要求符合顺序执行（从左到右、自上到下），如不符合顺序执行的电路不能直接编程，应重新组合后再编制。
- 6) 梯形图中串联和并联触点数，从原理上讲没有限制，但编程器受屏幕尺寸的限制，如 GP—80 图形编程器，每行串、并联触点不得多于 11 个。
- 7) 串联触点多的电路排在梯形图的上面，并联触点多的电路排

在梯形图的左面。

8) 每个程序结束都要写入 END 语句。

### 3. 可编程序控制器的通道分配

PLC 机型种类较多, 在此以 OMRON 公司的 C200H 的 PLC 机型为例, 它的结构见图 8-20。

它的内部器件见表 8-2, 下面作一简单介绍。

表 8-2 C200H 内部器件通道分配

区	通 道
I/O (输入/输出)	000 ~ 027 (对 I/O 没有用的通道中以当工作位通道)
IR (工作位即内部辅助继电器)	030 ~ 250
SR (特殊继电器)	251 ~ 255
TR (暂存继电器)	TR0 ~ TR7 (是位, 没有通道, 只有 8 个位)
HR (保持继电器)	HR00 ~ HR99
AR (辅助继电器)	AR00 ~ AR27
LR (链接继电器)	LR00 ~ LR63
TC (定时器, 计数器)	TM000 ~ TM511
DM (数据存储器)	DM0000 ~ DM0999 (读/写)
	DM1000 ~ DM1999 (只读)

(1) 输入输出继电器 输入输出继电器的通道号为 000 ~ 027, 它们是与 I/O 点对应的, 并可混合使用。它们的编号是机架号、槽号和该槽装的 I/O 单元的单号组合。例如扩展母板为 01 号机架 (CPU 母板为 00 号), 这个机架内为 1 槽 (有 0 ~ 9 槽), 此槽装有 16 点输入单元, 取 00 点, 则该输入继电器为 01100。C200H 机最多可有 480 个 I/O 继电器。

(2) 内部辅助继电器 IR 内部辅助继电器的通道号为 030 ~ 250, 有 230 个通道供使用, 继电器编号为 03000 ~ 25015。内部继电器可作中间继电器用, 也可供特殊单元使用。

(3) 保持继电器 HR 保持继电器通道号为 HR00 ~ HR99, 有 100 个通道, 继电器编号为 HR0000 ~ HR9915。

(续)

符号	助记符	功能	操作数
	TIM    B SV	定时器	N <sub>1</sub> TC SV <sub>1</sub> IR HR AR LR DM * DM #
	CNT    N SV	计数器	

需要说明的是：

1) 所有指令及操作码键入后，均要按 WRITE 键，否则程序不能写入存储器。

2) AND LD 指令用于两个程序块的串联，OR LD 指令用于两程序块的并联，两条指令后面都没有操作数。

3) TIM 指令后需要指定计数器地址，然后按 WRITE 键，再输入设定值，最后按 WRITE 键完成这条指令的输入。

4) CNT 指令同 TIM 一样方法输入。如设定值是常数，一律要使用 # 键。

### 5. 基本指令的编程方法

#### (1) LD、LD NOT、OUT 指令

LD——常开触点与母线连接指令。

LD NOT——常闭触点与母线连接指令。

OUT——线圈驱动指令。

下面给出梯形图，如图 8-23 所示。根据梯形图编制程序，在编

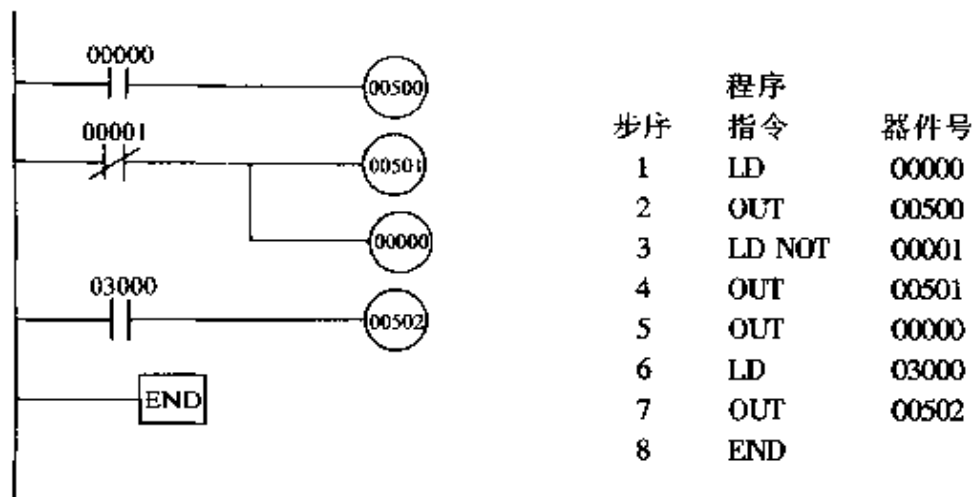


图 8-23 梯形图 (一)

OR LD——电路块并联连接指令。

AND LD——电路块串联连接指令。

图 8-26 给出了电路块的串、并联梯形图，根据梯形图编制程序如下：

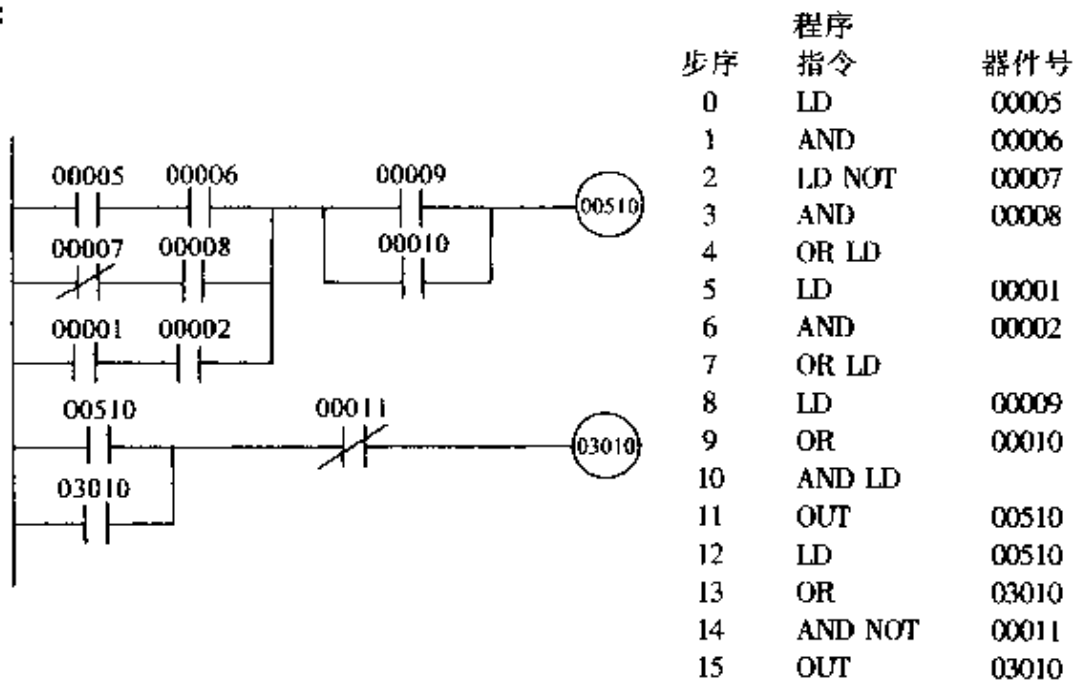


图 8-26 梯形图 (四)

(5) TIM 指令 TIM 指令实现导通延时操作的定时指令，当定时器的输入变为 ON（接通）时，定时器开始定时，时间设定值不断减 1，当经过设定时间后，当前值变成 0000，定时器为 ON。当定时器的输入为 OFF（切断）或电源断电时定时器复位，当前值恢复为初始设定值。

定时器的编号为 000 ~ 511，设定值单位为 0.1s，范围 0 ~ 9999。

根据图 8-27 所示梯形图编制程序如下：

(6) CNT 指令 CNT 指令为预置计数器，完成减计数操作。当计

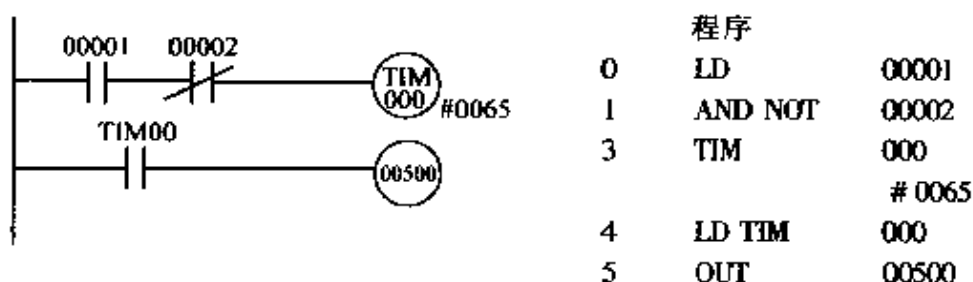


图 8-27 梯形图 (五)

数输入端信号从 OFF 变为 ON 时, 计数值减 1, 当计数当前值减为 0000 时, 计数器为 ON。当计数复位端为 ON 时, 计数器为 OFF, 当前值返回到初始设定值。当电源断电时, 计数器当前值保持不变, 计数器不复位。这与定时器不同, 见图 8-28。

注意: 当计数输入 (CP) 和复位输入 (R) 同时来到时, 复位优先输入 (CP)。

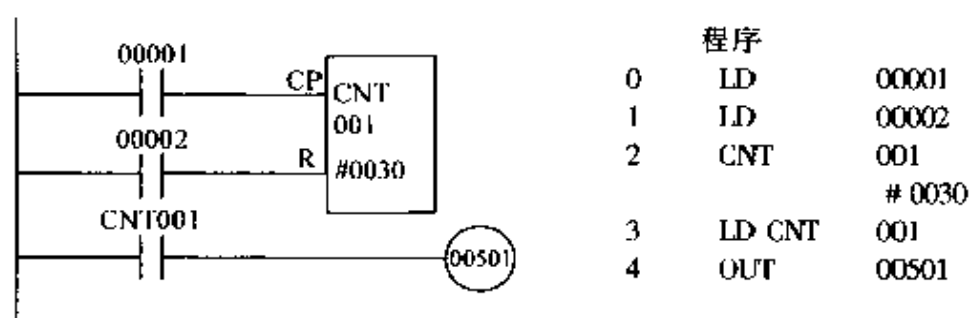


图 8-28 梯形图 (六)

#### 四、可编程序控制器的应用

下面通过三相异步电动机的 Y- $\Delta$  起动控制的简单实例, 来说明可编程序控制器的应用设计。

如图 8-29 所示为一个控制三相交流异步电动机的控制电路。在起动时, 首先使 KM、KMY 线圈工作, 使电动机的定子绕组接成 Y 形。电动机起动 3s 后, 通过 KT 时间继电器切断 KMY, 使 KM $\Delta$  工作, 使电动机的定子绕组接成  $\Delta$  形, 从而实现了 Y- $\Delta$  转换的功能。

(1) I/O 分配表 根据图 8-29 电路, 首先找出电路中的输入与输出信号, 然后分别将 PLC 的对应通道号标出。

输入		输出		中间元件	
J-C	PLC	J-C	PLC	J-C	PLC
SB1	0000	KM	0500	KT	TIM00
SB2	0001	KMY	0501		
FR	0002	KM $\Delta$	0502		

(2) 设计梯形图 根据 J-C 图与 I/O 分配情况作出梯形图, 如图 8-30 所示。

(3) 编制程序 上述梯形图要直接编程较困难, 所以将梯形图重新整理, 得到如下梯形图, 如图 8-31 所示。编制程序如下:

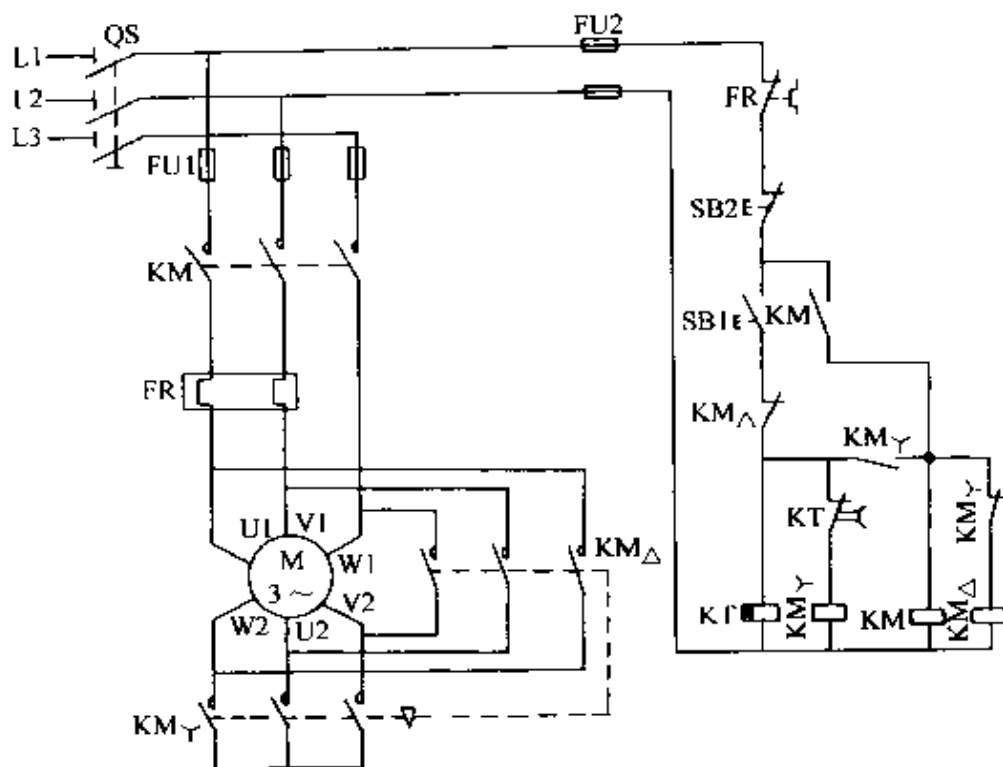


图 8-29 三相异步电动机 Y-Δ 降压起动电路

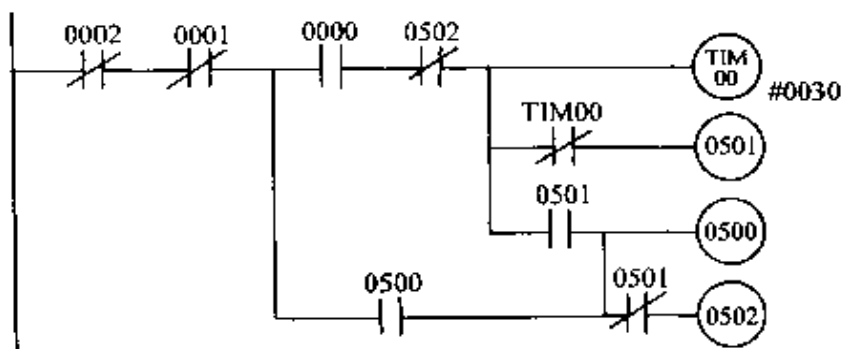


图 8-30 Y-Δ 降压起动电路的梯形图

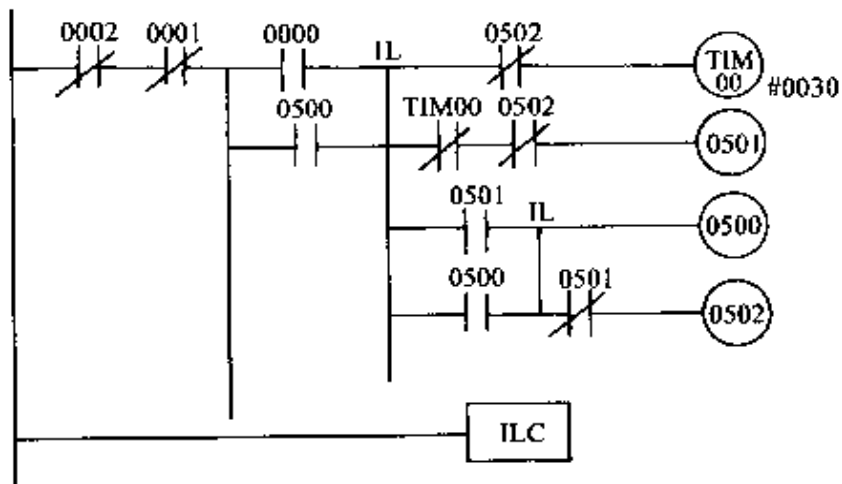


图 8-31 整理 Y-Δ 降压起动电路梯形图

	程序		
LD NOT	0002	LD NOT	0501
AND NOT	0001	OUT	0502
LD	0000	ILC	
OR	0500	ILC	
AND LD			
IL			
LD NOT	0502		
TIM	00		
	# 0030		
LD NO	TIM00		
AND NOT	0502		
OUT	0501		
LD	0501		
OR	0500		
IL			
OUT	0500		

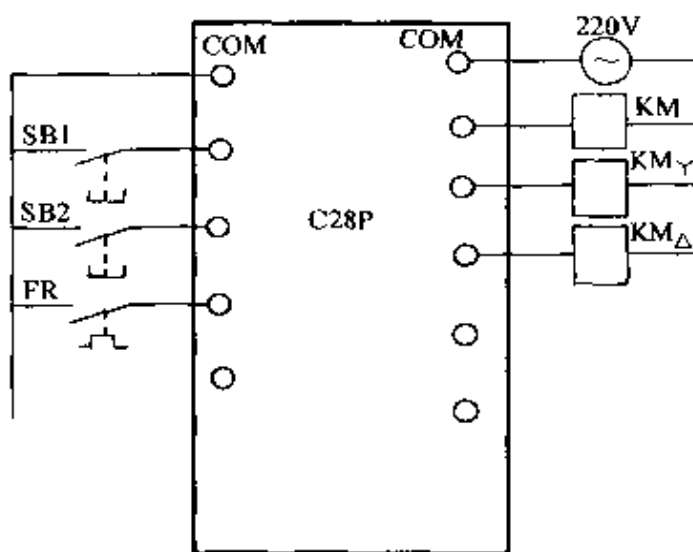


图 8-32 I/O 现场接线图

(4) 现场接线图 根据 I/O 分配表及选用的 PLC 机型作出 I/O 现场接线图, 如图 8-32 所示。

### 第三节 计算机辅助设计基础

#### 一、概论

1. CAD 的含义 CAD 的含义 (Computer Aided Design) 是计算机辅助设计。CAD 是由人和计算机合作, 完成各种设计 (如机械设备设计、集成电路设计、建筑土木工程设计、服装设计、动画影片设计等) 的一种技术。

2. CAD 的优点 CAD 能充分发挥人和计算机各自的优势, 去完成各自最合适的工作。例如, 设计的思路和框架由人来构造, 而存储和组织数据以及繁重的计算、绘图则由计算机来完成, 达到高效率、高质量的目的。

3. CAD 的发展 20 世纪 60 年代初, CAD 技术只在少数几个大



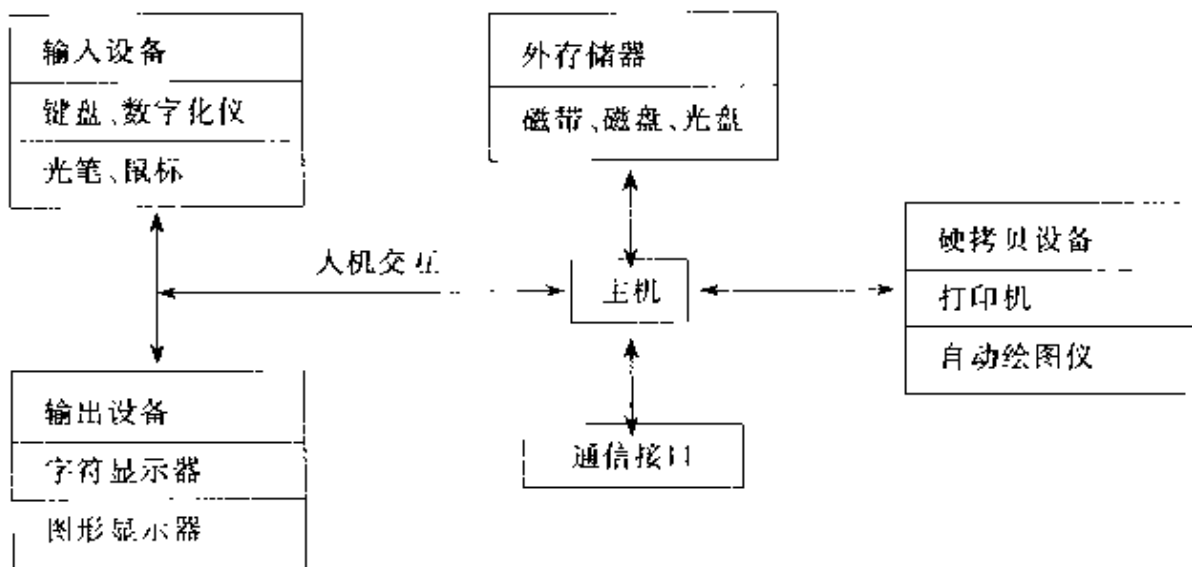


图 8-33 CAD 系统的硬件

术逻辑单元 (ALU) 两部分组成, 控制单元使系统内各部分相互协调工作, 进行人机、机机之间的数据传输和资源调度, 算术逻辑单元主要根据程序指令执行数据的算术和逻辑操作; 输入/输出接口实现计算机与外界之间的通信联系。计算机的档次主要根据计算机速度、字长和内存容量三个指标而定。

2. 输入设备 常见的输入装置有键盘、鼠标 (mouse)、光笔、操纵杆、跟踪球、触摸屏、坐标数字化仪、图形输入板 (TABLET) 等。其作用是将程序命令或数据送入计算机用于人机对话。

3. 输出设备 常见的输出装置有显示器、打印机、绘图仪、硬拷贝机等。

### 三、CAD 系统软件

1. 概述 一般来说, CAD 的支撑环境应包括硬件 (如 CAD 工作站、图形输入/输出设备等), 系统软件 (如操作系统、主语言等), 支撑软件及其有关算法。CAD 的应用软件是在支撑环境下开发的。

CAD 的支撑软件主要包括以下几个方面:

(1) 图形设备驱动程序 国际上普遍采用的是 CGI (Computer Graphics Interface) 程序包。

(2) 窗口管理系统。

(3) 图形文件管理规范 CGM (Computer Graphics Metafile)。

(4) 面向应用的图形程序包 两维的图形核心系统主要有 CK-

SHD、DKS3D 和 PHIGS (Programmer Hierarchical Interactive Graphics System) 程序包。

(5) 工程数据库及其管理系统 对 CAD 工程或产品的数据进行管理。

(6) 不同 CAD 系统之间的接口 国际上普遍采用 IGES (Initial Graphics Exchange Specification) 和 STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data), 作为不同 CAD 系统之间数据转换的接口。

(7) 汉字管理系统 在我国输出工程图样需要有中文说明, 因此必须有汉字处理功能。

2. 系统软件 系统软件是用来管理、控制和维护计算机各种资源, 并使其充分发挥作用、提高功效、方便用户的各种程序集合。系统软件又分为操作系统、语言处理程序和工具软件三类。

(1) 操作系统 操作系统是用来直接控制和管理微机系统的硬件软件资源, 使用户充分而有效地利用这些资源的程序集合。操作系统的任务是: 管理处理器、管理存储器、管理设备、管理文件和管理作业。目前使用最为广泛的 CAD 操作系统有: UNIX 操作系统、Windows 操作系统和 NetWare 网络操作系统。

1) UNIX UNIX 是世界上应用最为广泛的一种多用户多任务操作系统。它既具有多道批处理功能, 又具有分时系统功能, 已成为工作站及 32 位以上高档微机的标准操作系统。常见版本有 BSD UNIX、SYSTEMV、OSF/1、XENIX。

UNIX 的主要特点为:

它是多用户同时操作的交互式分时操作系统, 是开放式系统, 即 UNIX 系统具有统一的用户界面, 使得 UNIX 用户的应用程序可分别不同的终端上进行交互地操作; 具有统一的用户友好界面, 使得 UNIX 用户的应用程序可在不同执行环境下运行; 具有可装卸的树形分层结构文件等等。

2) Windows Windows 3.x 是 Microsoft 公司在 DOS 操作系统的基础上开发的图形化操作系统。1990 年 5 月推出了新一代的 Windows 3.0, 1995 年又推出 Windows 95 和 Windows NT, 1998 年又推出 Windows 98。

Windows 3.x 操作系统是 MS-DOS 的扩展，它可替代 MS-DOS 功能。与 MS-DOS 相比，其主要在存储管理和用户界面两个方面作出了重大的技术改进，同时在支持网络软件和提高工作效率方面也有了较大的改善。它具有可同时运行多个应用程序，并在应用程序之间传递信息的能力。它具有画面丰富、形象直观、操作灵活方便的特点。

Windows 95 是 Windows 3.x 的自然延续，但 Windows 95 在许多方面作出了重大改进，包括：支持 32 位 Windows 可执行程序程序的 32 位应用程序抢先多任务方式；全新的文件系统。另外，在资源管理、内存管理、硬件支持等诸方面作出了重大改进，主要表现在：

① Windows 3.x 都是在 DOS 的支持下运行的，Windows 95 可自行启动操作系统。

② 立体链式视窗。在 Windows 3.x 版本中，相关文件都是被放置在同一组内，同组的窗口是平铺或层叠，是一种平面的构成。Windows 95 采用立体链式结构的界面，当用户启用某一组程序时，就会把相关的组或程序置于四角内，效果似投影图，操作方便。

③ 支持 256 字节的文件名。DOS 的文件名（不包括扩展名）不能超过八个字节，但在 Windows 95 中，包括空格在内，最长可支持 256 字节的文件名。

④ 回收站功能。这是一个专用窗口，可将欲删除的程序抛弃在回收站里，如需要又可回收。

⑤ 网络功能。以 Windows NT 为基础的网络功能，可实现文件及打印机共享。

⑥ 多任务功能。对 CPU 时间进行分段，每一段执行一个程序，若干个时间段连续运行若干个程序。由于 CPU 的运行速度很快，若干个程序好像是在同时进行，大大提高了系统的效率。

Windows 98 是 Windows 95 的升级，它的新特性可按以下主题分组。

① 提高了系统的可靠性和可管理性 改进的新工具可保持操作系统顺利、有效地运行。如系统文件检查程序、磁盘清理程序、磁盘碎片整理程序、磁盘扫描程序、维护向导、系统信息、故障诊断等。

② 支持最新硬件 高级配置和电源接口（ACPI）标准、DVD 驱

动器、USB 和 IEEE1394 端口、AGP 端口。

③更好的性能 Windows 98 启动与关闭时间更快。另外，对 DirectX 的支持使开发者能开发出新型的高性能图形程序和游戏。Windows 98 提供了 FAT32，这是一个更有效地使用大硬盘的新的文件系统，更充分利用了内存空间。

④与 Internet 更好地集成，可将 Windows 98 设置成像在 Internet 上浏览资源一样浏览本地和网络的磁盘资源。而且可使桌面的外观和行为就像 World Wide Web 上的一个页面。桌面快捷方式，其动作 Web 与链接类似，能由一次单击启动。来自于 Internet 站点的现场数据，能以新闻自动接收机、气象地图等形式送到桌面上。开发者也可创建由 HTML 编码的墙纸，将桌面有效地转化为一个 Internet 站点。

3) NetWare NetWare 是 Novell 公司为有复杂联网需求的单位提供高速信息传送和集中管理而设计的一种网络操作系统。它提供的功能主要有以下几项。

①文件管理功能 除了常用的文件管理外，可利用磁盘块再分配来压缩文件，提高磁盘的利用率。

②打印功能 为本地和远程提供相同的支持。

③目录功能 其目录服务是管理网络资源的新型方案，目录通过一次登录访问整个网络，并对各种资源进行透明存取，因而处理能力和有效性、容错性非常强。

④安全性 具有口令加密及数字签名技术，还提供了多级文件、目录服务、管理员和服务器存取控制等来保证安全性。

⑤集成通信功能 所有 NetWare 的用户可使用电子邮件 (E-mail)。

⑥多协议路由功能 提供了内部路由选择服务、IPX、TCP/IP 和 APPLE Talk 协议的选择。

⑦网络管理功能 提供了服务器管理设施和实用程序，可进行远程管理。

操作系统种类繁多，通用性很强，具体应用时要根据硬件环境及用户需求来选择。

(2) 语言处理程序 语言处理程序中用来对各种程序设计语言程

序进行翻译，使之产生计算机可直接执行的目标程序的集合，包括汇编程序、解释程序、编译程序和数据库管理程序。

(3) 工具软件 工具软件是开发和研制各种软件的工具，是软件系统的一个重要组成部分。它包括诊断程序、调试程序、编辑程序和链接程序等多种软件。

3. 程序设计语言 程序设计语言分为机器语言、汇编语言、高级语言、甚高级语言。

(1) 机器语言 一组二进制代码，称为指令。它包括两个基本部分：操作码和地址码。操作码提供操作控制信息，指明计算机应执行什么性质的操作。地址码提供参加操作的数据存放地址，是面向机器的程序设计语言。

(2) 汇编语言 用字母和代码表示的语言。与机器语言一样，也是面向机器的程序设计语言。

(3) 高级语言 是一种完全或基本上独立于机器的程序设计语言。它所用的一套符号更接近人们的习惯。使用高级语言编制的程序，按其执行时的工作方式，可分为解释程序和编译程序。Basic 属于解释程序，Fortran、Cobol、Pascal 和 C 语言等是编译程序。

4) 甚高级语言 通常把数据库系统语言称为甚高级语言，它是比高级语言更贴近用户的语言，如 Foxbase、ORACLE 数据库语言均为甚高级语言。

4. CAD 应用软件 在 CAD 支撑软件环境下开发的 CAD 应用软件，根据行业需要形成工程化系列应用软件，广泛应用于航空航天、造船、建筑、服装设计、机械设计等领域。应用软件根据其作用可分为绘图软件 CAG、工程分析软件 CAE、设计造型软件 CAD、设计制造软件 CAM，而开发的大型软件集 CAD/CAE/CAM 于一体化。

目前，较为流行的 CAD/CAM 应用软件有：

EDS 公司的 UG，PTC 公司的 Pro/E，SDRC 公司的 I-DEAS，CV 公司的 CADDs，SURFWARE 公司的 SURFCAM，AUTODESK 公司的 AutoCAD，北航海尔公司的 CAXA.ME2.0、EB98 等。

#### 四、CAD 应用软件实例

##### 1. AUTOCAD R14.0

(1) 概述 AutoCAD 软件是美国 AUTODESK 公司推出的计算机辅助绘图软件，自 1982 年问世以来，不断更新版本，它的第 14 版运行速度更快、精度更高、更易使用。在以前各版本的基础上增加了更多的绘图及编辑、着色功能，特别提供了自动执行技术的支持，与 Internet 网交互图形的工具。

AutoCAD 软件的基本功能：

- 1) 提供了多种用户接口，可进行人机对话。
- 2) 具有丰富的二维绘图功能及尺寸标注。
- 3) 具有强大的图形编辑功能。
- 4) 具有三维造型功能。
- 5) 具有内嵌 AutoCAD 内部的 LISP 编程语言。
- 6) 具有多种输出格式通信接口。

(2) AutoCAD R14.0 界面 (见图 8-34)。

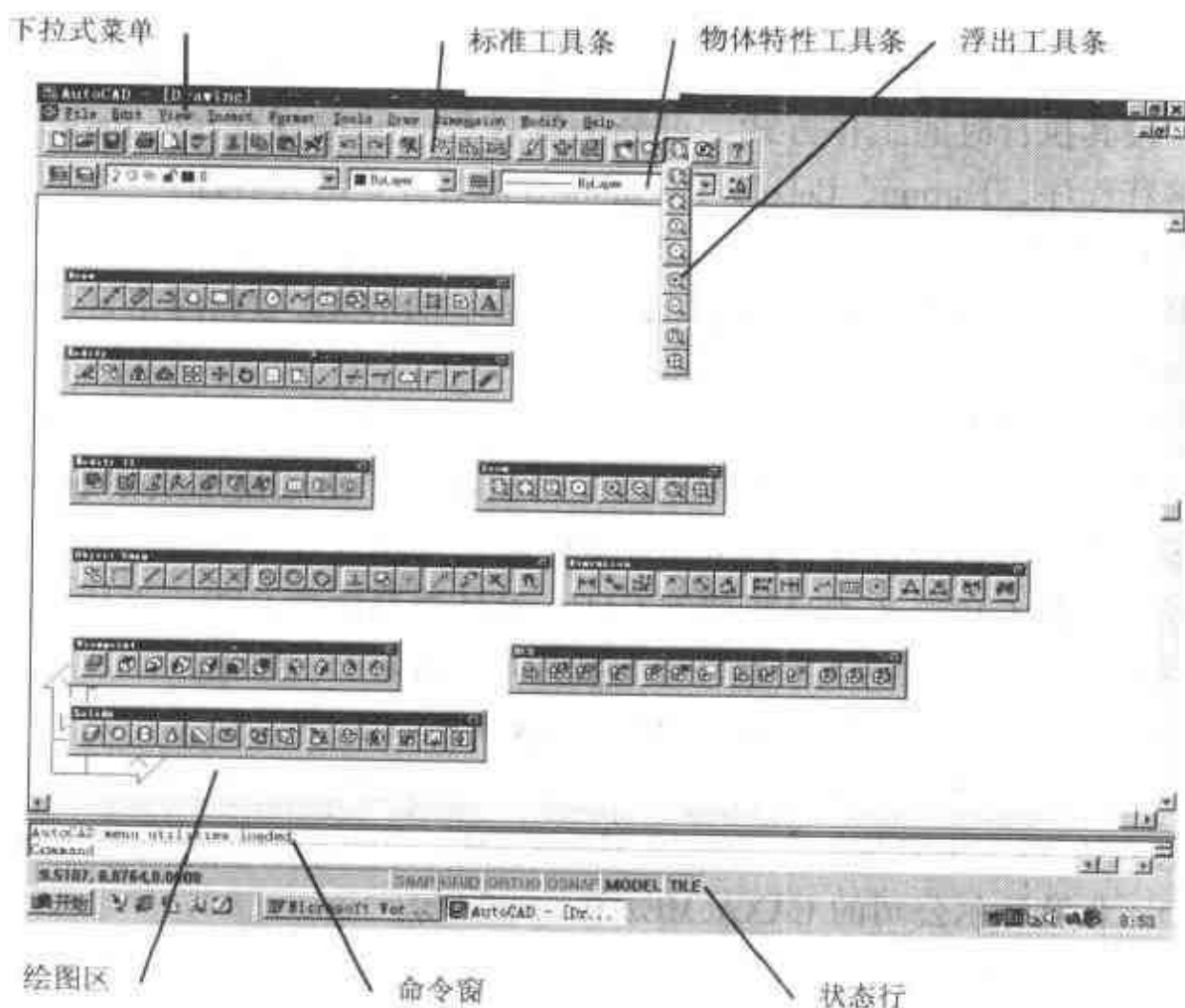


图 8-34 AutoCAD R14 界面

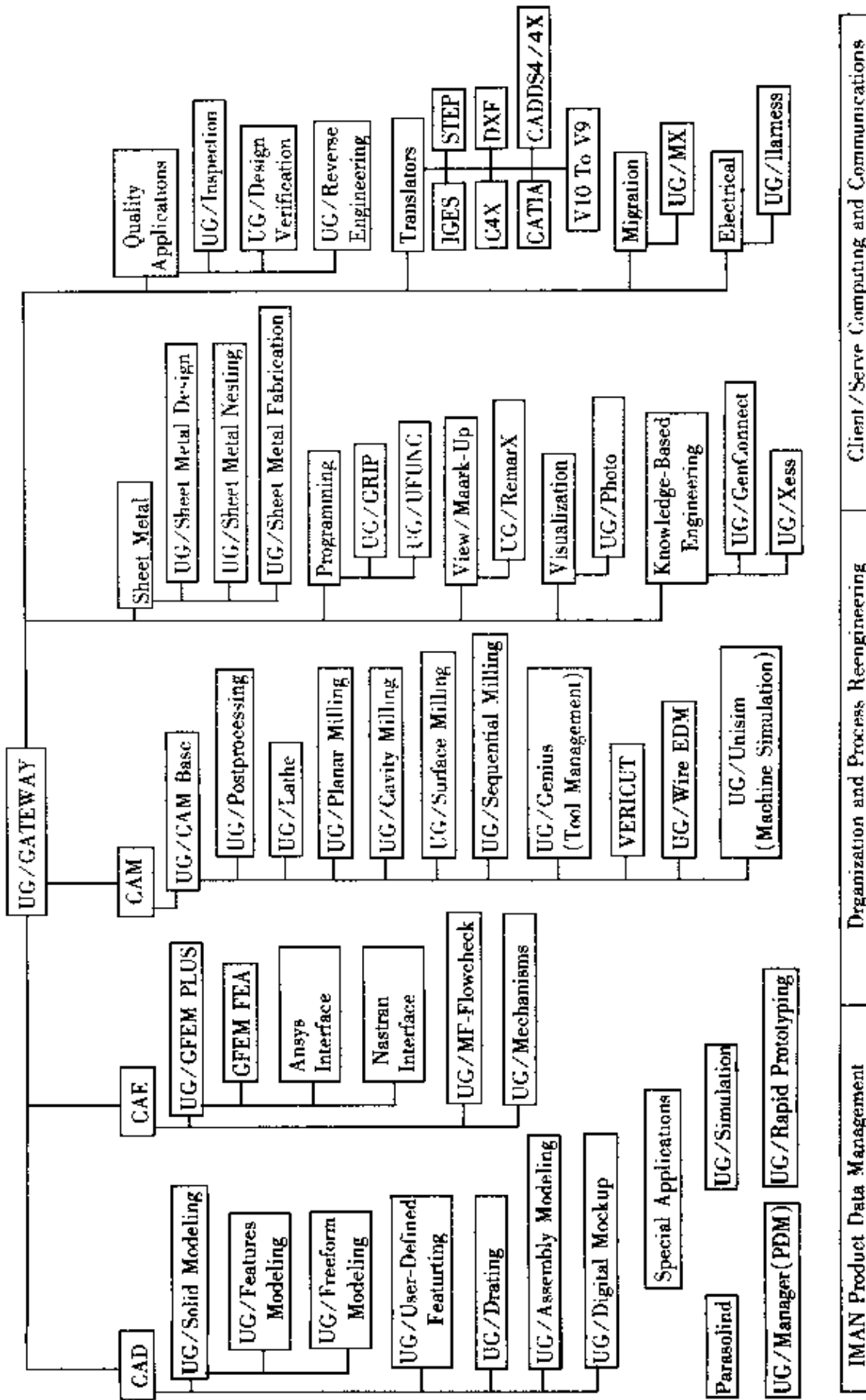


图 8-36 UG 软件模块

体化软件包，起源于美国麦道公司，可以支撑目前市场上销售的不同厂家的所有工作站平台。UG 于 1991 年 11 月并入 EDS 公司。UG 软件集世界一流的设计、工程及制造系统于一体，现广泛应用于航空航天、汽车、通用机械及模具等领域。UG 软件模块如图 8-36 所示。

UG 界面如图 8-37 所示。

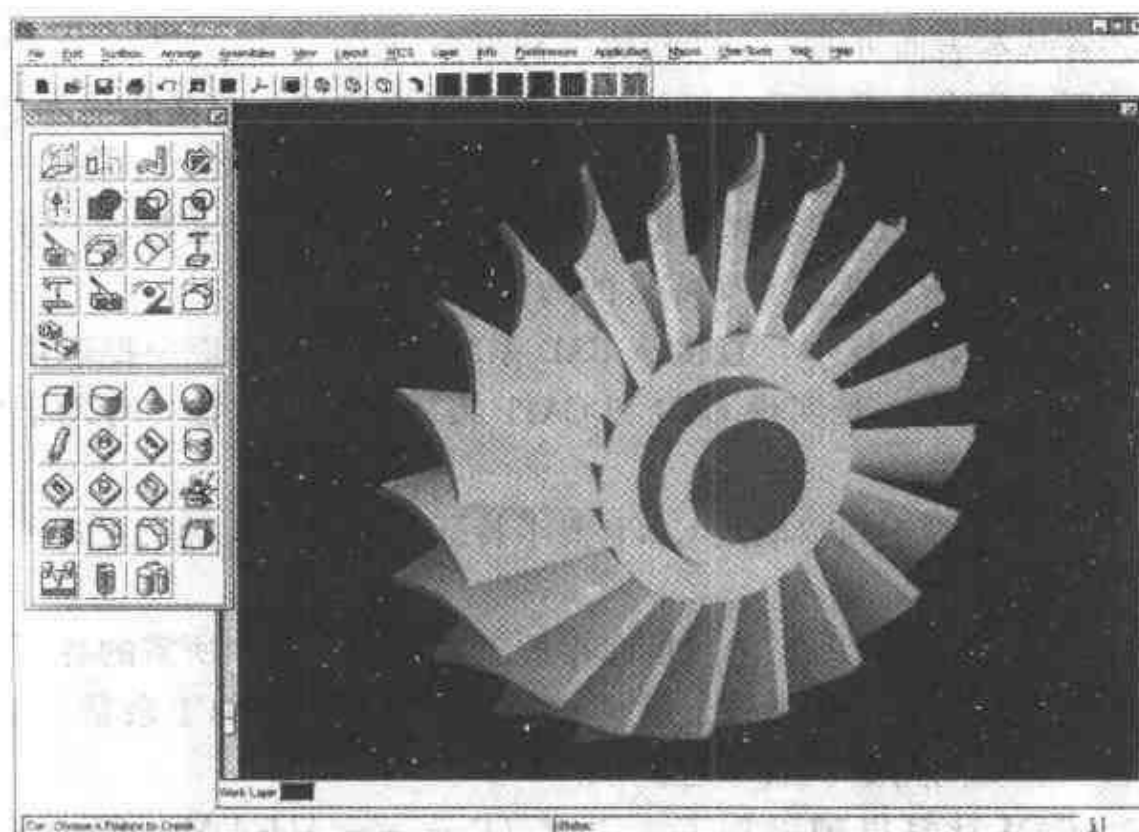


图 8-37 UG 界面

## 五、CAD/CAPP/CAM 集成系统

CAD/CAPP/CAM 系统的集成是指把 CAD、CAE、CAPP、CAM 以至 PPC（生产计划与控制，Production Planning and Control）等各种功能不同的软件系统有机地结合起来，用统一的执行控制程序来组织各种信息的提取、交换、共享和处理，保证系统内信息流的畅通，并协调各个系统有效地运行。

1. CAPP 计算机辅助工艺规程设计 CAPP（Computer Aided Process Planning）有以下几项关键技术。

(1) CAPP 零件信息的输入 目前，最常用的 CAPP 零件信息输入法是成组编码法和表面特征描述。



1) 成组编码法 根据零件拓扑特性, 建立相应的编码, 形成相应的几何形状。但成组编码法对零件的几何参数和工艺参数的定量描述不够。

2) 表面特征描述 详细描述零件信息, 使 CAPP 取得零件全部和精确的定量数据。表面特征描述法的思路是:

①任一零件都是由若干表面组成。

②各基本表面可按一定的规律进行组合。

③每一基本表面可用一组相应的参数详细描述, 包括几何参数、工艺参数以及表面组合参数(如表面的方向和定位坐标)。

④每一基本表面和参数给定后, 其加工方法(一种或数种)也能据此确定, CAPP 可生成整个零件的加工工艺规程。

(2) 特征识别技术 直接从 CAD 系统的图形数据库中提取用于 CAPP 的特征信息, 是实现 CAD 和 CAPP 集成的理想方法, 有助于保证数据的一致性。

从 CAD 图形中提取满足 CAPP 要求特征的方法有人机交互式 and 自动识别式两种方法。

(3) 工艺数据库 工艺数据库存放工艺规程生成中所需的各种信息。如机床参数、刀具参数、量具参数、夹具参数、加工余量参数、标准参数、切削用量、工时定额等。

2. CAM 计算机辅助加工 CAM (Computer Aided Manufacturing) 是计算机和生产设备的结合。狭义的 CAM 仅仅包括计算机辅助编制数控机床加工指令; 广义的 CAM 则是应用计算机进行制造信息处理的全部内容, 包括采用计算机系统生产规划、工序设计、NC 编程、机器人编程等生产准备, 管理和控制产品制造的全过程。

数控编程主要是根据零件的加工特性及机床的控制系统而编制的加工程序, 可分为人工编程及自动编程。

人工数控编程可分以下两个步骤。

(1) 工艺分析 根据零件图对零件进行工艺分析, 确定加工工艺路线、切削方式, 选择刀具, 制定加工切削用量, 确定编程误差以及对刀点等。工艺分析是整个编程工作成败的关键, 必须认真考虑。

(2) 数值计算 根据零件图、加工工艺路线及数控装置的情况,

并考虑允许的程序编制误差，进行数值计算，包括基点、节点、刀具中心轨迹、绝对值及增量值的计算等。

将 CAD/CAM 一体化技术用于数控机床的自动编程，无论是在工作站上，还是在微机上所开发的 CAD/CAM 一体化软件，都应解决以下问题：

- 1) 零件几何信息的描述。
- 2) 加工工艺信息的生成。
- 3) 数控加工信息的生成。
- 4) 加工信息的传输。

## 第四节 企业管理新知识

### 一、精益生产管理

1. 精益生产管理的内涵 精益生产 (Lean Production, 简称 LP) 方式是日本的丰田英二和大野耐一首创的，是适用于现代制造企业的组织管理方法。这种生产方式是以整体优化的观点，科学、合理地组织与配置企业拥有的生产要素，清除生产过程中一切不产生附加价值的劳动和资源，以“人”为中心，以“简化”为手段，以“尽善尽美”为最终目标，使企业适应市场的应变能力增强。

#### 2. 精益生产的基本特征和思维特点

##### (1) 精益生产的基本特征

第一，以市场需求为依据，最大限度地满足市场多元化的需要。

第二，产品开发采用并行工程方法，确保质量、成本和用户要求，缩短产品开发周期。

第三，按销售合同组织多品种小批量生产。

第四，生产过程变上道工序推动下道工序生产为下道工序要求拉动上道工序生产。

第五，以“人”为中心，充分调动人的积极性，普遍推行多机操作、多工序管理，提高劳动生产率。

第六，追求无废品、零库存，降低生产成本。

第七，消除一切影响工作的“松弛点”，以最佳工作环境、条件和最佳工作态度，从事最佳工作，从而全面追求“尽善尽美”。

步编制，每年 10 月份编制次年的年度生产计划；作业计划每月编制，生产指令更改每天进行，通过增加或减少“看板”来实现。月度作业计划提前 6 天确定，但有 20% 的变动量。

在计划实施中，小系主要采用三条措施来保证生产的衔接：1) 将生产装配线全部改成 U 形，每条线 5~6 台设备，由 1~2 个工人操作，如遇产品变更只需在装配线内调换模具，更换也有“看板”指示，多数模具装配在可移动的工位器具上，由班长送到工位，1~2min 便可完成换模；2) 加强与用户联系，派专人密切注视总装厂的市场、产品变化，与丰田同步做好生产技术准备工作；3) 保持少量的储备量，总装车间是 0.5 天，部件车间是 0.5~1 天，外协厂是 2~3 天，以保证丰田汽车总装厂库存为零。

## 二、制造资源计划 MRP II (Manufacturing Resources Planning)

MRP II 的基本思想是，围绕物料转化组织制造资源，实现按需要准时生产。它通过对企业的制造资源进行科学、周密的计划和严格的控制，以保证其得到最充分、有效的利用，达到企业生产经营最佳效益。

1. MRP II 的系统构成框架 实际上 MRP II 是从物料需求计划 MRP 发展而来的，因此它的功能模块中包含着 MRP 的处理模块，仍可解决生产中的零部件及物件需求量问题。经典的 MRP II 是由美国 IBM 公司开发的 COPICS 系统构成的，它包括 12 个功能子系统（见图 8-38），并形成了从市场营销、技术创新开发到生产与库存管理、财务管理、成本控制等一整套企业管理信息系统。

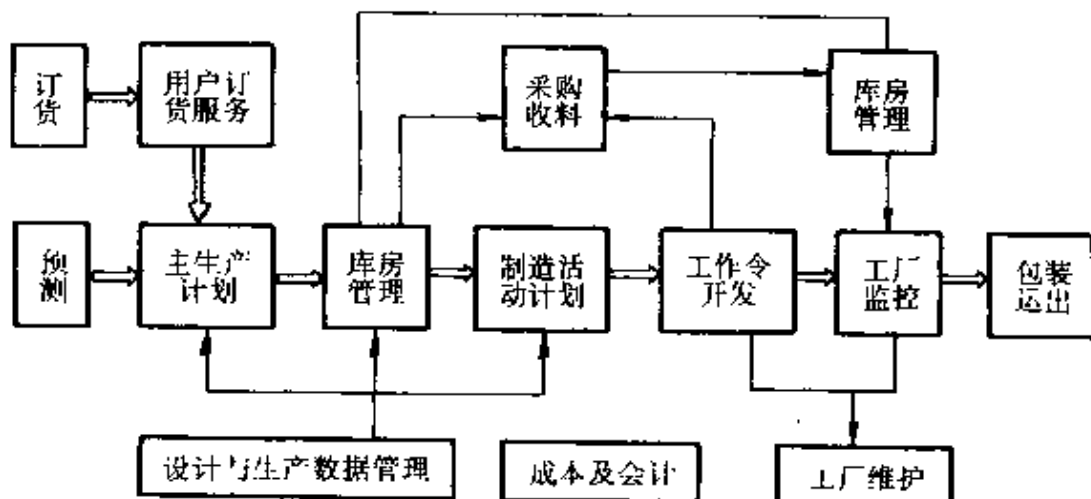


图 8-38 COPICS 功能子系统联系图

从 MRP II 最基本的生产计划决策功能来看, 其决策逻辑可以表示为图 8-39 的形式, 实现这一决策程序主要由下述四个关键部分组成: 主生产计划 (MPS)、物料需求计划 (MRP)、生产进度计划 (OS)、能力需求计划 (CRP)。由这些关键环节构成一个决策反馈回路, 一般称之为闭环 MRP II。

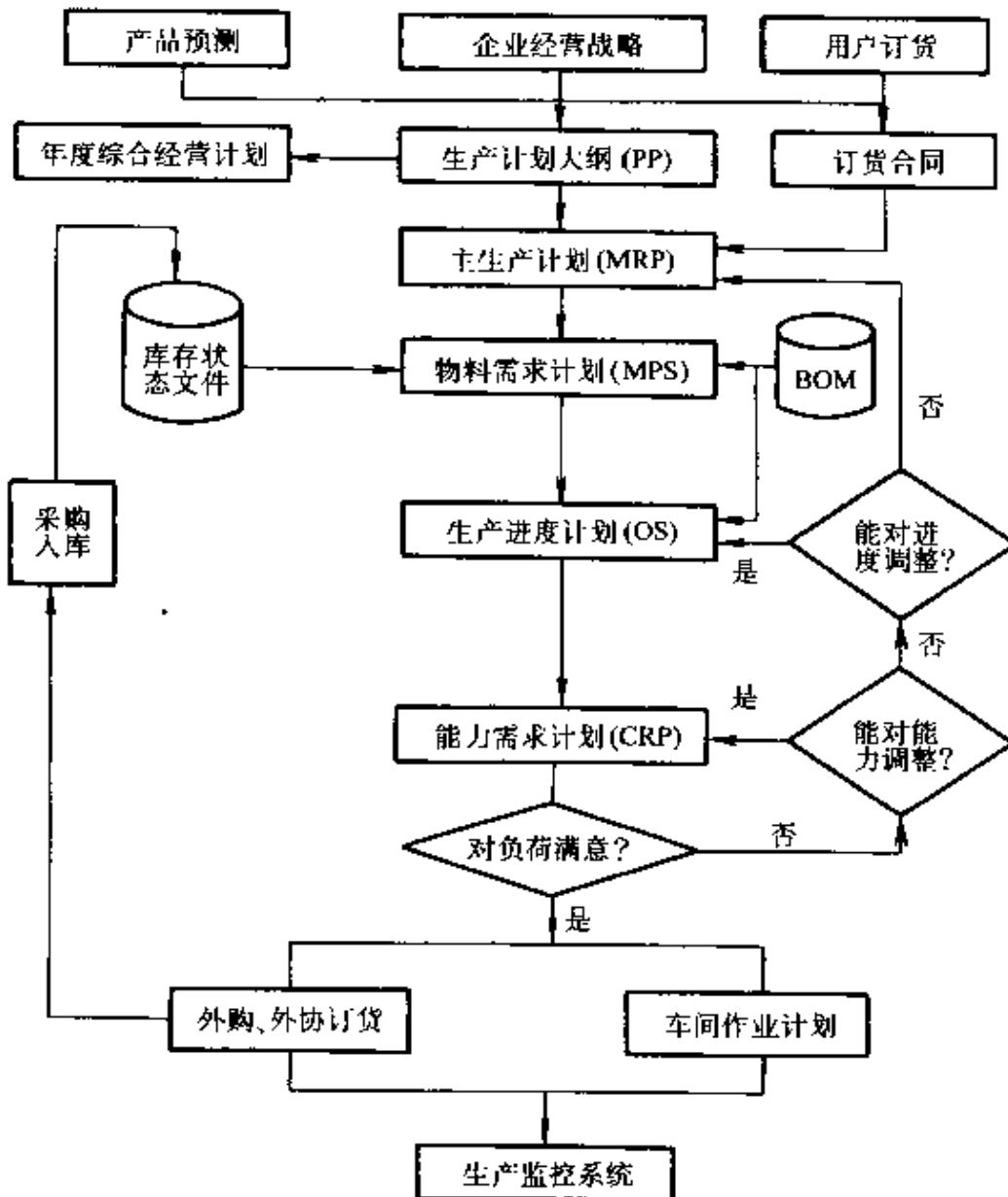


图 8-39 闭环 MRP II 决策逻辑图

## 2. MRP II 系统中主要子系统及内容

(1) 主生产计划 MPS 它是将生产计划大纲规定的产品系列转换为特定产品、部件的计划, 依此来编制物料需求、生产进度与能力需

品设计、加工制造、销售及服务等部门和人、财、物集成起来，以便能够高效率、高质量、高柔性地管理企业，提高企业的竞争力。它着重解决产品设计和经营管理中的系统信息集成，将信息技术、管理技术和制造技术相结合，缩短了产品开发、设计和制造周期，更好地适应了市场需求多样化的时代特征。

1. CIMS 的组成 CIMS 由四个分系统（功能模块）组成（见图 8-41）。

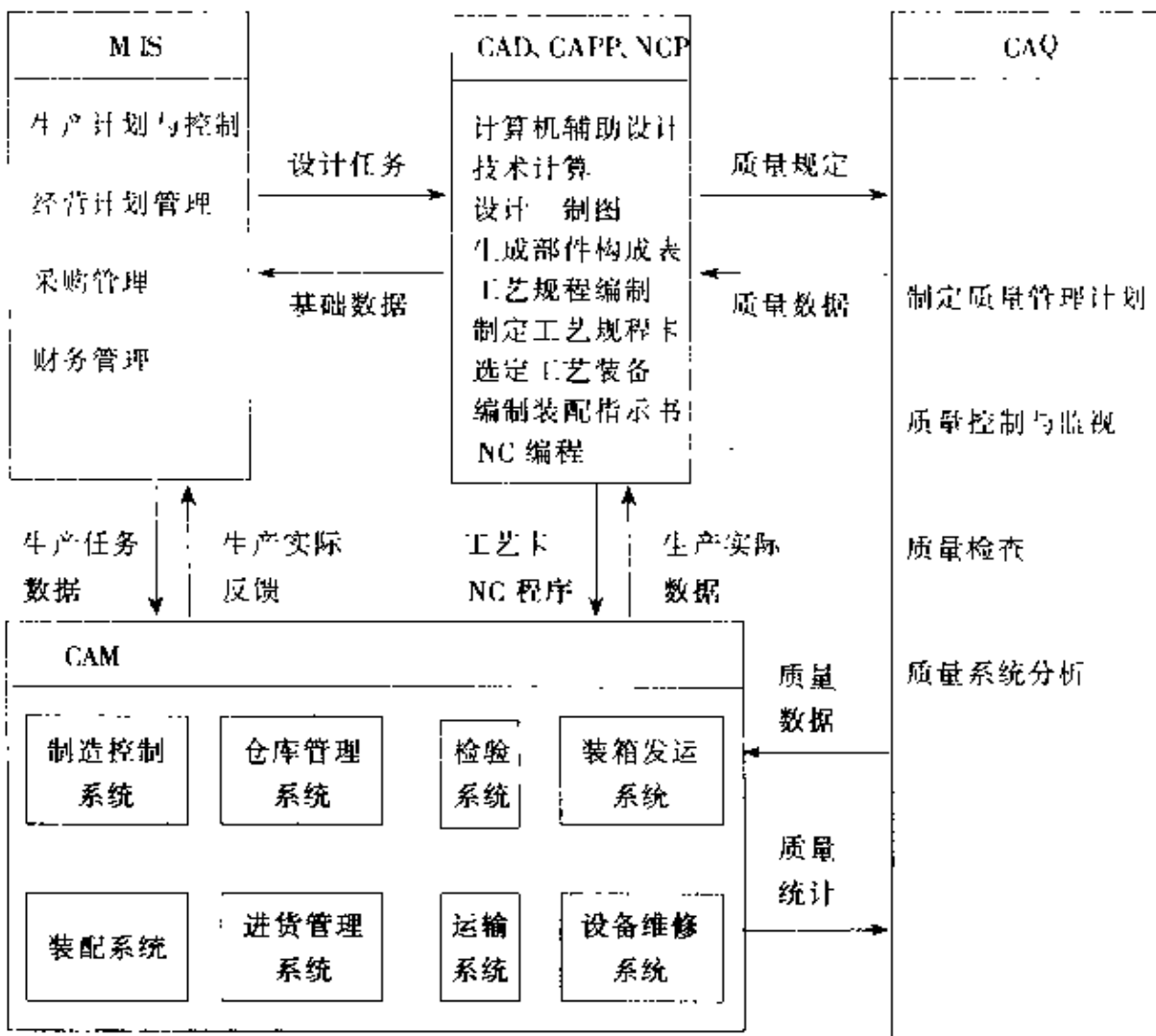


图 8-41 CIMS 组成及功能模块示意图

(1) 管理信息分系统 MIS。

(2) 技术信息分系统。包括计算机辅助设计 CAD、计算机辅助工艺 CAPP、数控程序编制 NCP。

(3) 制造自动化分系统。也可称为计算机辅助制造系统 CAM。

CAM 包含不同自动化程度的制造系统，如：数控（NC）加工、计算机数控（CNC）、计算机群控（DNC）、柔性制造系统（FMS）。

(4) 质量管理分系统 CAQ。

以上各分系统中有关子系统的信息联系见表 8-4。

表 8-4 有关子系统的信息接口关系

	MIS	CAD	CAPP	CAM (FMS)	CAQ
MIS	——	·新产品开发计划 ·用户订货要求 ·用户服务反馈 ·设计问题反馈	·制造过程中工艺问题反馈 ·设备及工业信息	·周作业计划 ·库存状况	·生产计划 ·质量目标（人机物） ·质量缺陷 ·用户质量信息 ·成本价格数据
CAD	·物料清单 ·产品结构信息	——	·产品结构信息 ·产品零部件图	·产品图样 ·零件几何信息 ·NC 输入数据	·图样 ·质量要求 ·通信的部分数据
CAPP	·工艺文件 ·工艺装备信息	·结构工艺性的反馈信息	——	·工艺路线 ·工序几何图形	·工艺计划
CAM (FMS)	·作业日进度 ·毛坯日需求量 ·生产状态 ·工夹具补给计划	·结构工艺性的反馈信息	·工艺及几何参数处理的修改意见 ·NC 代码 ·DNC 信息 ·工艺计划	——	·设备损坏情况 ·统计废品率及分析废品原因 ·检验结果 ·质量数据统计
CAQ	·质量信息汇报 ·人员培训汇报 ·质量评价 ·质量成本数据	·修改设计要求 ·质量要求	·修改工艺要求 ·质量要求	·质量要求 ·检测评价	——

## 2. CIMS 包含的内容

(1) 计算机辅助设计 CAD 它是利用计算机直接对产品的参数、结构进行分析，根据国家标准规范和计算数据，自动绘制图样及修改、审查产品设计工作。

(2) 计算机辅助制造 CAM 它利用计算机把设计的信息转化为产品，进行生产设备的管理、控制和操作。它控制机器的运行、处理产品制造中的数据，控制材料的流动，测试检验产品的性能。

(3) 计算机辅助工艺计划 CAPP 它利用计算机设计产品的工艺流程，能动态地更新设计的工艺、工序、工时，保证质量，节约工时，降低成本。

(4) 计算机辅助管理 它利用计算机对生产经营管理过程中的信息进行加工处理，提供给管理人员有用的信息，辅助各级管理人员决策。

### 3. CIMS 的功能（见图 8-42）。

- 1) 经营管理功能。
- 2) 工程设计自动化。
- 3) 生产制造自动化。
- 4) 质量保证。

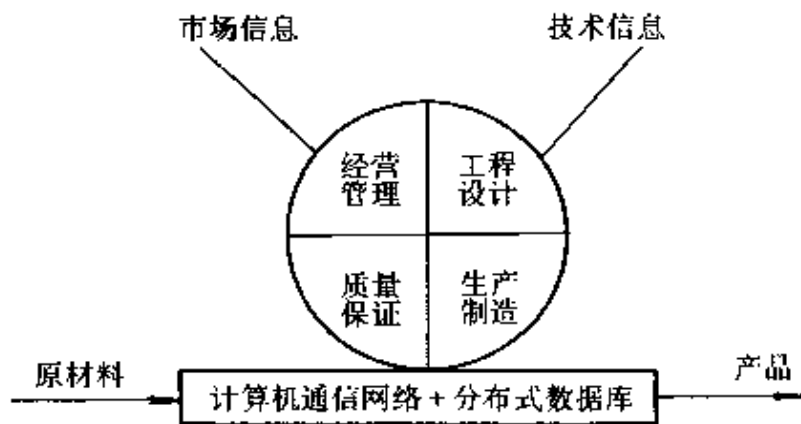


图 8-42 CIMS 的功能示意图

## 四、ISO9000 族标准

1. ISO9000 族标准的产生 为了适应国际贸易往来与国际技术经济合作的需要，国际标准化组织质量管理和技术委员会（ISO/TC176）经多年协调努力，于 1986 年 6 月颁布了 ISO8402《质量——术语》，并于 1987 年 3 月正式公布了 ISO9000 ~ 9004 五个标准，即“ISO9000 系列标准”。其后，国际标准化组织又于 1990 年开始对 ISO9000 系列标准进行修订，于 1994 年 7 月颁发了新的修订版。我国也于 1994 年 12 月正式发布了 GB/T19000 ~ ISO9000《质量管理体系和质量保证》双编号国家标准。该标准按国际惯例等同采用 1994 年 7 月 ISO9000 修订版。它们分别是：

GB/T19000.1 - 1994 质量管理体系和质量保证标准 第 1 部分：选

质量管理指南、质量管理技术；ISO9000 系列标准中，ISO9000 - 1 是一个指导性标准，起牵头作用，它阐述了 ISO9000 族标准的基本概念，规定了选择和使用质量管理、质量保证标准的原则、程序和方法。ISO9001 ~ 9003 是质量保证模式标准，用于外部的质量保证，为供需双方签订含有质量保证要求的合同提供了可供选择的三种不同模式，选定的模式可作为供方质量保证的依据，并可作为需方或经供需双方同意的第三方对供方质量体系进行评价的依据。ISO9004 - 1 是质量管理和质量体系要素指南，它用于指导所有组织的质量管理，为组织建立健全质量体系要素指南；它用于指导所有组织的质量管理，为组织建立健全质量体系提供基本要素，是组织实施质量体系的一个基础性标准。

选择与应用 ISO9000 族标准的步骤和方法：建立一个有效的质量体系必须根据不同情况恰当选择和应用 ISO9000 族标准的方法，按科学的步骤进行。

①研究 ISO9000 族标准，深刻理解其内涵、组成、用途及应用规则。

②组建质量体系。

③确定质量体系的要素。

④建立质量体系。其步骤包括选择质量保证模式（考虑设计过程的复杂性、设计成熟程度、制造的复杂性、产品或服务的特性和安全性、经济性）；合同前的评价；签订合同；对合同草案的评审；供方建立质量体系。

⑤质量体系的正常运行。包括编制质量体系文件；配备资源和人员；质量体系的运行等工作。

⑥质量体系的证实。

4. ISO14000 系列标准的产生 ISO14000 系列标准是国际标准化组织于 1996 年 7 月公布的有关“环境管理”的系列标准，是继 ISO9000 族标准之后的又一个重大的国际标准化活动，美国、加拿大、欧盟等已宣布将在几年后对进口商品均要达到该标准要求。

制定 ISO14000 系列标准的直接原因是环境的日益恶化，引起了全世界的普遍关注。为便于保护人类生存环境、开展国际间的技术经



济交流，国际标准化组织于1993年6月成立了环境专业委员会（ISO/TC207），开始制定和实施一套环境管理的国际标准，并以“ISO14000环境管理”作为这个系列标准的总题目。

ISO14000系列标准同ISO9000族标准有许多相似之处，但ISO14000的制定和颁布将质量管理和质量保证，特别是质量改进提出更严、更高的。不仅要保持和提高产品的基本性能，而且还要提高更加广泛的环境特性。

# 试 题 库

## 试 题 部 分

### 一、是非题（是画√，非画×）

1. 量仪是利用机械、光学、气动、电动等原理将长度放大或细分的测量器具。 ( )
2. 量仪有杠杆卡规，千分表，测微仪和量块等。 ( )
3. 杠杆卡规是利用杠杆齿轮传动放大原理制成的量具，刻度值有 0.002mm 和 0.005mm 两种。 ( )
4. 杠杆卡规既可作相对测量，也可作绝对测量。 ( )
5. 杠杆千分尺既可作相对测量，也可作绝对测量。刻度值有 0.001mm 和 0.005mm 两种。 ( )
6. 使用杠杆卡规时，不需按退让按钮，让工件与测量杆砧面接触。 ( )
7. 杠杆卡规测量工件直径时，应以指针的转折点读数为正确测量值。 ( )
8. 千分表是一种指示式量具，可用来测量工件的形状误差和位置误差，也可用相对法测量工件的尺寸。 ( )
9. 杠杆千分表的球面测杆向左或向右摆动时，扇形齿轮总是绕逆时针方向转动。 ( )
10. 千分表使用前要固定在专用支架上，不需校对零位。 ( )
11. 在使用钟面千分表前，测杆应加油润滑，减少摩擦阻力。 ( )
12. 钟面千分表测杆与被测表面必须平行，否则会产生测量误差。 ( )
13. 杠杆千分表的测杆轴线与被测工件表面的夹角越小，测量误

- 差就越大。 ( )
14. 千分表测量时, 不准用工件撞击测头。 ( )
15. 比较仪的量程比千分表小, 精度比千分表高。 ( )
16. 比较仪既可用作相对测量, 也可用作绝对测量。 ( )
17. 扭簧比较仪结构简单, 放大倍数大, 放大机构中没有摩擦和间隙, 灵敏度高。 ( )
18. 扭簧比较仪结构脆弱, 测量范围小, 应仔细调整测头与工件间的距离。 ( )
19. 量块的上、下测量面精度高且表面粗糙度值小, 每块量块上都标有基本尺寸。 ( )
20. 量块按检定精度分为 0、1、2、3、4、5 六等, 0 等精度最高, 5 等精度最低。 ( )
21. 选用量块时, 应根据所需组合的尺寸, 从最前一位数字开始选取, 每选一块应使尺寸的位数减少一位。 ( )
22. 正弦规是利用正弦函数原理, 用间接法测量角度的量具。 ( )
23. 正弦规只能用于测量外锥体, 不能测量内锥体。 ( )
24. 正弦规的两个精密圆柱的中心距要求很精确, 中心线连线与长方体平面平行。 ( )
25. 正弦规的测量精度与被测工件圆锥角和正弦规中心距有关, 即被测工件圆锥角越大, 正弦规中心距越小, 测量精度越高。 ( )
26. 水平仪是测量工件表面相对水平位置倾斜微小角度的一种常用量具。 ( )
27. 框式水平仪的水准器是一个有一定曲率半径的密封玻璃管, 表面有刻线, 内装乙醚, 并留有一个水准泡, 水准泡总是停留在玻璃管内的最低处。 ( )
28. 合像水平仪水准器的气泡, 通过合像棱镜将气泡两端的半边缘同时成像在瞄准放大镜视场中。 ( )
29. 框式水平仪测量时, 应由气泡的两端读数, 再取平均值作为结果。 ( )
30. 对刀具材料的基本要求有高的硬度、高的耐磨性、足够的强

度和韧性、高的耐热性、良好的工艺性。 ( )

31. 高速钢车刀不仅用于冲击较大的场合, 也常用于高速切削。 ( )

32. 硬质合金中含钴量愈多, 刀片的硬度愈高。 ( )

33. 钴高速钢有良好的综合性能, 用于切削高温合金、不锈钢等难加工材料。 ( )

34. 硬质合金是用硬度和熔点很高的碳化物粉末和金属粘接剂, 高压压制成型后, 再高温烧结而成的粉末冶金制品。 ( )

35. 切削含钛的不锈钢应选用钨钛钴类硬质合金。 ( )

36. 钨钛钽钴类硬质合金 YW1 用于半精加工和粗加工。 ( )

37. 车刀的基本角度有前角、后角、副后角、主偏角、副偏角和刃倾角。 ( )

38. 主偏角是主切削刃在基面上的投影与进给方向之间的夹角。 ( )

39. 车孔时, 车刀装得高于工件中心, 工作前角增大, 工作后角减小。 ( )

40. 横向进给时, 车刀的工作后角增大, 工作前角减小。 ( )

41. 车削螺纹时, 车刀的工作前角和工作后角发生变化是由于螺纹升角使切削平面和基面位置发生了变化。 ( )

42. 可转位刀片形状共有 11 种, 最常用的为正三角形刀片和正方形刀片。 ( )

43. 可转位刀片型号的第三号位表示刀片允许偏差等级, 共 12 级。 ( )

44. 可转位刀片型号的第四号位表示有无断屑槽和中心固定孔, 共 15 种。 ( )

45. 可转位刀片的刀片厚度分别为 3.18mm 和 3.97mm 时, 3.18mm 的代号为 T3。 ( )

46. 可转位刀片型号的第十号位用一字母和一阿拉伯数字表示刀片断屑槽型式。 ( )

47. 楔块式夹紧机构结构简单, 更换刀片方便, 定位精度高。 ( )

48. 拉垫式夹紧机构结构简单, 夹紧可靠, 刀头部分刚性较好。 ( )
49. 切削脆性材料时得到粒状切屑。 ( )
50. 在卧式车床上加工塑性金属时, 较理想的切屑是“C”形屑, “6”形屑和长度较短的螺旋形切屑。 ( )
51. 切削纯铜、不锈钢等高塑性材料时, 应选用直线圆弧型或直线型断屑槽。 ( )
52. 断屑槽斜角有外斜式, 平行式和内斜式三种。 ( )
53. 生产中, 主偏角  $\kappa_r = 45^\circ$  时, 断屑效果较好。 ( )
54. 切削加工时, 工件材料抵抗切削所产生的阻力称为切削力。 ( )
55. 主切削力消耗大部分切削功率, 是计算机床功率, 设计刀具、夹具, 选择切削用量的主要依据。 ( )
56. 工件材料的塑性、韧性越好, 切削力越大。切削脆性材料, 切削力较大。 ( )
57. 车刀刀尖圆弧半径增大, 切削时背向力减小。 ( )
58. 切削热来源于切削层金属弹性变形和塑性变形产生的热量及切屑与前刀面、工件与后刀面摩擦产生的热量。 ( )
59. 切削温度指切削刃的温度。 ( )
60. 工件材料的强度大, 硬度高, 塑性大, 热导率大, 切削温度高。 ( )
61. 使用切削液可带走大量的切削热, 降低切削温度。 ( )
62. 高速钢刀具在低温时以机械磨损为主。 ( )
63. 硬质合金刀具在高温时氧化磨损与扩散磨损加剧。 ( )
64. 前角增大, 切削力也增大。 ( )
65. 当工件材料强度和硬度较高, 韧性较差时, 应选择较大的前角减小切屑变形。 ( )
66. 硬质合金正前角车刀的倒棱是减少切削变形的有效措施。 ( )
67. 精加工时, 选择后角应以保证加工质量为主, 一般取  $\alpha_o = 8^\circ \sim 12^\circ$ 。 ( )

68. 前角和后角根据工件材料的软硬与否, 可取正值, 也可取负值。 ( )
69. 主偏角为  $90^\circ$  的车刀比主偏角为  $45^\circ$  的车刀散热性能好。 ( )
70. 副偏角影响背向力和进给力之比。 ( )
71. 过渡刃在精加工时, 主要起增强刀具强度的作用。 ( )
72. 在刀具强度许可的条件下, 尽量选用较大的前角。 ( )
73. 刃倾角为负值可增加刀尖强度。 ( )
74. 切削用量包括背吃刀量, 进给量和工件转速。 ( )
75. 粗车时的切削用量, 一般是以提高生产率为主, 考虑经济性和加工成本。 ( )
76. 粗车时, 选择切削用量的顺序是: 切削速度, 进给量, 背吃刀量。 ( )
77. 切削液的作用有冷却作用, 润滑作用, 清洗作用和防锈作用。 ( )
78. 乳化液主要起润滑作用。 ( )
79. 切削油主要起冷却作用。 ( )
80. 切削铜合金使用含硫的切削液。 ( )
81. 硬质合金刀具一般不用切削液。 ( )
82. 表面粗糙度是指加工表面上具有较小间距和微小峰谷所组成的微观几何形状特性。 ( )
83. 减小表面粗糙度值采用减小主偏角比减小副偏角的效果更好。 ( )
84. 铜及铜合金的强度和硬度较低, 夹紧力不宜过大, 防止工件夹紧变形。 ( )
85. 铜及铜合金精车时, 切削余量小, 不需采取措施, 防止工件热胀冷缩。 ( )
86. 车镁合金时, 不能加切削液, 只能用压缩空气冷却。 ( )
87. 工艺规程制定是否合理, 直接影响工件的加工质量、劳动生产率和经济效益。 ( )
88. 机械加工工艺过程卡片以工序为单位, 按加工顺序列出整个零件加工所经过的工艺路线, 加工设备和工艺装备及时间定额等。

- ( )
89. 确定毛坯要从机械加工考虑最佳效果, 不需考虑毛坯制造的因素。( )
90. 拟定工艺路线的主要内容有定位基准的选择、表面加工方法的选择、加工顺序的安排、加工设备和工艺装备的选择等内容。( )
91. 基准是用来确定生产对象上几何要素间的几何关系所依据的那些点、线、面。( )
92. 对所有表面需要加工的零件, 应选择加工余量最大的表面作粗基准。( )
93. 粗基准应选择最粗糙的表面。( )
94. 应尽可能选择设计基准或装配基准作为定位基准。( )
95. 选择精基准时, 尽可能使定位基准和测量基准重合。( )
96. 考虑被加工表面技术要求是选择加工方法的唯一依据。( )
97. 精度很高、表面粗糙度值很小的表面, 要安排光整加工, 提高加工表面尺寸精度和表面质量。
98. 划分加工阶段能保证加工质量, 有利于合理使用设备, 便于安排热处理工序, 便于及时发现毛坯缺陷, 保护高精度表面少受磕碰损坏。( )
99. 工序集中就是将工件的加工内容, 集中在少数几道工序内完成, 每道工序的加工内容多。( )
100. 热处理工序的安排对车削工艺影响不大, 因此车工只要一般了解。( )
101. 退火、正火一般安排在粗加工之后, 精加工之前进行。( )
102. 调质的目的是提高材料的硬度、耐磨性及抗蚀能力。( )
103. 时效用于各种精密工件消除切削加工应力, 保持尺寸稳定性。( )
104. 低温时效易引起变形, 因此低温时效不能安排在粗磨后、精磨前进行。( )
105. 需渗碳淬硬的主轴, 上面的螺纹因淬硬后无法车削, 因此要车好螺纹后, 再进行淬火。( )

106. 为了保证中心孔的精度, 工件中心孔一般不淬硬。 ( )
107. 中频淬火的淬硬层深度要比高频淬火的淬硬层深度深。 ( )
108. 渗碳一般适用于 45、40Cr 等中碳钢或中碳合金钢。 ( )
109. 渗碳件的去碳工序一定要在淬火后进行。 ( )
110. 渗碳件的工艺比较复杂, 渗碳前的加工过程, 最好画工艺草图。 ( )
111. 用 20Cr 材料作主轴, 需进行渗碳淬硬, 其上面的螺纹要留去碳层。 ( )
112. 渗碳后的工件不能进行加工。 ( )
113. 渗氮的目的是提高表层的硬度, 增加耐磨性、耐蚀性和疲劳强度。 ( )
114. 渗氮层较厚, 工件渗氮后仍能精车或粗磨。 ( )
115. 影响加工余量的因素有: 上工序的位置误差  $\rho_s$ , 上工序表面粗糙度  $R_s$  和缺陷层  $D_s$ , 本工序的安装误差  $\epsilon_b$ 。 ( )
116. 当工艺基准与设计基准不重合时, 需进行尺寸链计算, 确定工序尺寸及公差。 ( )
117. 尺寸链中, 间接保证尺寸的环, 称为封闭环。 ( )
118. 将尺寸链中各相应的环, 单独表示出来, 按大致比例画出的尺寸图, 称为尺寸链图。 ( )
119. 加工精度是指工件加工后的实际几何参数与理想几何参数的偏离程度。 ( )
120. 加工误差是指工件加工后的实际几何参数与理想几何参数的符合程度。 ( )
121. 加工精度包括尺寸精度和位置精度。 ( )
122. 获得尺寸精度的方法有试切法、定尺寸刀具法和调整法。 ( )
123. 形状精度主要由车床精度或刀具精度来保证。 ( )
124. 加工时, 采用了近似的加工运动一定产生理论误差, 在生产中不可使用。 ( )
125. 提高工艺系统刚度和减小产生变形的切削力可以减小工艺



系统受力变形引起的误差。 ( )

126. 时间定额由辅助时间、布置工作地时间、休息与生理需要时间和准备与终结时间组成。 ( )

127. 直接改变生产对象的尺寸、形状、相对位置、表面状态或材料性质等工艺过程所消耗的时间称为基本时间。 ( )

128. 为实现工艺过程所必须进行的各种辅助动作所消耗的时间称为布置工作地时间。 ( )

129. 零件的分类编码系统反映零件的名称、功能、结构、形状和工艺特征等信息。 ( )

130. 成组技术中零件分组方法有生产流程分析法、特征码位法和码域法等方法。 ( )

131. 制定成组工艺的方法有复合零件法和复合路线法。 ( )

132. 在机床上用以装夹工件的装置,称为机床夹具。 ( )

133. 采用夹具比划线找正省时、省事、效率高、精度高、质量稳定。 ( )

134. 夹具由夹紧装置、夹具体和其它装置组成。 ( )

135. 定位的任务是使同一工序中的所有工件都能在夹具中占据正确的位置。 ( )

136. 未定位的工件在空间直角坐标系中有六个自由度,即沿坐标轴方向移动的自由度  $x$ 、 $y$ 、 $z$ ,和绕坐标轴方向转动的自由度  $\hat{x}$ 、 $\hat{y}$ 、 $\hat{z}$ 。 ( )

137. 在夹具中,用分布适当的与工件接触的六个支承点来限制六个自由度的原理,称为六点定位原理。 ( )

138. 工件在角铁平面上定位,如果没有其它定位元件,则可限制四个自由度。 ( )

139. 欠定位既能简化夹具结构,又能保证加工质量。 ( )

140. 过定位绝不允许在加工中使用。 ( )

141. 所限制的自由度数目不足6个的就是欠定位。 ( )

142. 可调支承顶端位置可调整,一般用于形状和尺寸变化较大的毛坯面的定位。 ( )

143. 自位支承随工件定位面位置变化而自动调整,不限制自由

心夹紧装置。 ( )

162. 螺旋夹紧装置结构简单、夹紧行程大, 增力大、自锁性能好, 许多元件已标准化, 应用极为普遍。 ( )

163. 钩形压板夹紧装置用于安装夹紧装置位置受到限制的场所。 ( )

164. 在实现定心的同时夹紧工件, 称为定心夹紧装置。 ( )

165. 车床定位装置必须保证工件被加工表面轴线与车床主轴轴线重合。 ( )

166. 车床夹具的回转轴线与车床主轴轴线要有尽可能高的同轴度。 ( )

167. 夹具设计步骤为: 明确设计任务, 收集设计资料; 绘制夹具装配图; 绘制夹具零件图。 ( )

168. 设计定位装置时, 要分析计算定位误差。 ( )

169. 有几种夹具结构方案时, 任选其中哪一种方案都可以。 ( )

170. 由可循环使用的标准夹具零部件组装成易于联接和拆卸的夹具叫成组夹具。 ( )

171. 组合夹具的体积小, 刚性好。 ( )

172. 槽系组合夹具的支承件只能作为不同高度的支承和角度支承。 ( )

173. 槽系组合夹具的定位件用于工件的定位, 导向件用于夹具元件与元件的定位。 ( )

174. 槽系组合夹具的紧固件用于紧固组合夹具中各元件, 不压紧被加工工件。 ( )

175. 组合夹具装好后, 应仔细检查夹具的总装精度、尺寸精度和相互位置精度, 合格后方可交付使用。 ( )

176. 成组工艺中为一组工件的某一工序设计的夹具, 称为成组夹具。 ( )

177. 成组夹具由基础部分和可调部分组成。定位装置和夹紧装置是成组夹具的基础部分。 ( )

178. 通用可调夹具是在通用夹具的基础上发展的一种可调夹具。

- 基米德螺旋线，又称为 ZA 蜗杆或阿基米德蜗杆。 ( )
195. 沿两条或两条以上螺旋线所形成的蜗杆叫多头蜗杆。 ( )
196. 根据多头蜗杆形成原理，分头方法有轴向分头法和圆周分头法两类。 ( )
197. 蜗杆一般采用高速车削，分粗车和精车两个阶段。 ( )
198. 车多头蜗杆时，应先粗车、精车一条螺旋槽后，再车另一条螺旋槽。 ( )
199. 用齿厚游标卡尺测量精度要求较低的蜗杆法向齿厚时，把齿高卡尺读数调整到齿顶高尺寸，法向卡入齿廓，齿厚卡尺的读数为蜗杆分度圆直径的法向齿厚。 ( )
200. 测量精度要求较高的蜗杆时，可采用齿厚游标卡尺测量。 ( )
201. 在 CA6140 型卧式车床上车蜗杆时不会产生乱牙。 ( )
202. 偏心工件两轴线之间的距离叫偏心距。 ( )
203. 车偏心工件时，必须把需要加工偏心部分的轴线找正到与车床主轴轴线相重合。 ( )
204. 在开始车偏心时，车刀应接近工件启动主轴，刀尖从偏心的最里一点切入工件。 ( )
205. 车削精度较低的偏心工件时，可用偏心卡盘车削。 ( )
206. 两端有中心孔、偏心距较小的偏心轴，可在两顶尖间测量偏心距。 ( )
207. 多拐曲轴的装夹方法有用偏心夹板，用偏心卡盘和用专用夹具。 ( )
208. 由于曲轴的偏心距较大，不能使用偏心夹板装夹曲轴。 ( )
209. 曲轴安装偏心夹板后不须进行找正。 ( )
210. 曲轴车削前，应进行平衡，保证各轴颈的圆度。 ( )
211. 车削曲轴的主轴颈时，为了提高曲轴刚性，可搭一个中心架。 ( )
212. 曲柄颈夹角精度要求较高时，可用普通分度头测量。 ( )
213. 曲轴精加工后应进行动平衡试验，不需进行超声波探伤。

- 面，防止装夹变形。 ( )
232. 在花盘角铁上加工畸形工件时，转速应较高。 ( )
233. 机床类别代号是用任意规定的小写汉语拼音字母来表示的。 ( )
234. 卧式车床的传动系统可分为主运动传动链和进给运动传动链。 ( )
235. CA6140 型卧式车床主轴反转时，轴 I 至轴 II 之间的传动比，小于正转时的传动比，所以转速要比正转时低。 ( )
236. 在 CA6140 型卧式车床上车削普通螺纹和米制蜗杆时，交换齿轮传动比是 63:75。 ( )
237. 在 CA6140 型卧式车床的进给箱内，车普通螺纹与车米制蜗杆，使用不同传动路线。 ( )
238. 利用扩大螺距传动系统车削螺纹时，主轴转速只能在一定范围内变化。 ( )
239. CA6140 型卧式车床能在任何转速下，采用扩大导程机构，使导程扩大 4~16 倍。 ( )
240. 车较精密螺纹时，应采用缩短主轴到丝杠间的传动路线的办法，通过选用不同的交换齿轮得到不同的螺纹导程。 ( )
241. 在 CA6140 型卧式车床上，进给运动由主轴经扩大螺距机构及米制螺纹传动路线传动，且主轴以高速（450~1400r/min）转动时，进给量变得更加细小。 ( )
242. 在 CA6140 型卧式车床上，当主轴箱及进给箱中的传动路线相同时，所得到的机动横向进给量与机动纵向进给量相等。 ( )
243. 在 CA6140 型卧式车床进给传动系统中，装有多片式摩擦离合器，保证了快速移动与工作进给不会发生运动干涉。 ( )
244. 卧式车床的主轴支承对主轴的回转精度及刚度影响很大。 ( )
245. CA6140 型卧式车床的前、后轴承不但旋转精度高，而且内圈较厚，刚性好。 ( )
246. CA6140 型卧式车床主轴轴承间隙因磨损过大时，可通过紧缩轴承外圈进行调整。 ( )

247. 多片式摩擦离合器由若干内、外摩擦片交叠组成。 ( )
248. 主轴箱内的双向多片式摩擦离合器的作用是, 接通或断开主轴与丝杠之间的传动链。 ( )
249. 若多片式摩擦离合器的内、外摩擦片在松开时的间隙过大, 在压紧时会出现相互打滑, 不能传递足够的扭矩。 ( )
250. 若多片式摩擦离合器的内、外摩擦片在松开时的间隙过小, 在使用中易损坏机件。 ( )
251. 多片式摩擦离合器的摩擦片, 调得越紧越好。 ( )
252. 多片式摩擦离合器调整时, 先把弹簧销从螺母的缺口中压入螺套, 然后转动紧固螺母, 相对螺套作小量的轴向位移, 即可改变摩擦片的间隙。 ( )
253. 制动器的作用是在车床停止过程中, 克服惯性, 使主轴迅速停转。 ( )
254. 制动器的作用是使车削时能及时停止进给运动。 ( )
255. 闸带式制动器由制动轮、杠杆及调整装置等组成。 ( )
256. 闸带式制动器调整后要求: 停车时, 主轴能迅速制动, 开车时, 制动带完全松开。 ( )
257. 卧式车床床鞍调整后, 要求床鞍移动平稳、轻便, 间隙大于  $0.1\text{mm}$ 。 ( )
258. 在 CA6140 型卧式车床上, 只要拧紧中滑板上两螺母之间的螺钉, 就可消除丝杠与螺母的间隙。 ( )
259. 溜板箱内的安全离合器可在车螺纹时起保护作用。 ( )
260. 开合螺母与丝杠间隙过大, 使床鞍产生轴向窜动, 车螺纹时造成螺距不等, 出现大小牙或乱牙现象。 ( )
261. 开合螺母调整后, 要求开合螺母在燕尾槽中能滑动轻便, 间隙小于  $0.03\text{mm}$ 。 ( )
262. 卧式车床长丝杠轴向间隙对螺纹加工精度有很大影响, 轴向间隙过大会出现螺距不等现象, 牙型表面出现波纹。 ( )
263. 卧式车床长丝杠调整后, 要求调整后轴向间隙不超过  $0.04\text{mm}$ , 轴向窜动不超过  $0.01\text{mm}$ 。 ( )
264. 机床的几何精度指的是机床某些基础零件本身的几何形状

孔中插入检验棒，将指示器固定在溜板上使测头垂直触及检验棒的圆柱面。移动溜板，指示器读数差为主轴轴线对溜板移动的平行度误差。（ ）

275. 检验卧式车床尾座套筒轴线对溜板移动的平行度时，尾座套筒伸出定长后，按正常工作状态锁紧，将指示器固定在溜板上使测头触及尾座套筒表面。移动溜板，水平和垂直处分别测取指示器读数，指示器读数的最大差值为尾座套筒轴线对溜板移动的平行度误差。（ ）

276. 检验卧式车床主轴和尾座两顶尖的等高度时，将指示器装在溜板上使测头在垂直平面内触及检验棒的表面。移动溜板，在检验棒两端测取指示器读数，读数的差值为主轴和尾座两顶尖的等高度误差。（ ）

277. 检验卧式车床精车外圆的圆度和圆柱度时，取直径 $\geq D_0/8$ 的易切钢或铸铁试件（ $D_0$ 为床身上最大回转直径），用卡盘夹持，在机床达到稳定温度的条件下，用单刃刀具车削三段直径，检验试件的圆度和圆柱度即为精车外圆的圆度和圆柱度。（ ）

278. 检验卧式车床精车端面的平面度时，取直径 $\geq D_0/2$ 的易切钢或铸铁试件，用卡盘夹持，在机床达到稳定温度的条件下，精车垂直于主轴的平面。检验试件的平面度即为检验精车端面的平面度。（ ）

279. 车外圆时表面上有混乱的波纹（振动），其机床原因是主轴传动齿轮啮合不良。（ ）

280. 钻、扩、铰孔时，孔径扩大或产生喇叭形其机床原因是由于尾座顶尖套筒轴线对溜板移动不平行造成的。（ ）

281. 车床主轴间隙过大或过小都会造成精车外圆的表面有规律的波纹。（ ）

282. 转塔车床没有丝杠就不能加工有螺纹的零件。（ ）

283. 转塔车床是适合成批量生产小型零件的机床。（ ）

284. 立式车床的主轴是直立的。工件的质量和切削力由工作台与底座上的回转导轨承受，所以工件平稳性好，易保证加工精度。（ ）

285. 在立式车床上可以车削各种锥形工件。 ( )
286. 数控车床的零件加工程序可通过输入设备存储于数控装置内的存储器。 ( )
287. 驱动装置是数控车床的控制核心。 ( )
288. 数控装置是数控车床的控制系统, 它采集和控制着车床所有的运动状态和运动量。 ( )
289. 车床数控装置一般都是轮廓控制系统。 ( )
290. 数控车床由主机、数控装置、驱动装置和辅助装置组成。 ( )
291. 数控装置是由中央处理单元、只读存储器、随机存储器、相应的总线和各种接口电路所构成的专用计算机。 ( )
292. 目前驱动装置的电机有步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机等。 ( )
293. 数控车床的运动量是由数控系统内的可编程控制器 PLC 控制。 ( )
294. 数控车床的回转刀架刀位的检测采用角度编码器。 ( )
295. 数控车床传动系统的进给运动有纵向进给运动和横向进给运动。 ( )
296. 半闭环数控系统的测量装置一般为光栅、磁尺等。 ( )
297. 全闭环数控系统的测量装置一般为光电脉冲编码器。 ( )
298. 数控车床的机床坐标系和工件坐标系零点相重合。 ( )
299. 数控装置是数控车床执行机构的驱动部件。 ( )
300. 机床坐标系零点简称机床零点, 机床零点是机床直角坐标系的原点, 一般用符号 W 表示。 ( )
301. 数控程序由程序号、程序段和程序结束符组成。 ( )
302. 数控车床的插补可分为直线插补和圆弧插补。 ( )
303. 数控车床通过返回参考点可建立工件坐标系。 ( )
304. 当编程时, 如果起点与目标点有一个坐标值没有变化时, 此坐标值可以省略。 ( )
305. 数控机床的参考点是机床上一个固定位置。 ( )
306. 当电源接通时, 每一个模态组内的 G 功能维持上一次断电

- 前的状态。 ( )
307. G00 功能是以车床设定的最大运动速度定位到目标点。 ( )
308. G02 功能是逆时针圆弧插补, G03 功能是顺时针圆弧插补。 ( )
309. G32 功能为螺纹切削加工, 只能加工直螺纹。 ( )
310. G90 功能为封闭的直线切削和锥形切削循环。 ( )
311. G92 功能为封闭的螺纹切削循环, 可以加工直线螺纹和锥形螺纹。 ( )
312. G01 功能为直线插补。 ( )
313. G50 功能可实现工件坐标系的设定。 ( )
314. G94 功能为封闭的端面切削循环, 可以加工端面和带锥度的端面。 ( )
315. G98 功能为每转进给, G99 功能为每分钟进给。 ( )
316. G96 功能为主轴恒线速控制, G97 功能为主轴恒转速控制。 ( )
317. 辅助功能 M02 或 M30 都表示主程序的结束, 程序自动运行至此, 程序运行停止, 系统自动复位一次。 ( )
318. TND360 型数控车床辅助功能 M07、M08、M09 可相互修正且为模态。 ( )
319. 程序 M98P51002, 是将“子程序号为 5100 的子程序连续调用两次。 ( )
320. 在程序中, X、Z 表示绝对坐标值地址, U、W 表示相对坐标值地址。 ( )
321. 在程序中, F 只能表示进给速度。 ( )
322. 准备功能 G40、G41、G42 都是模态值。 ( )
323. 刀具位置偏置补偿是对编程时假想的刀具与实际使用的刀具的差值进行补偿。 ( )
324. 刀具位置偏置补偿可分为刀具形状补偿和刀具磨损补偿两种。 ( )
325. 刀具形状补偿是对刀具形状及刀具安装的补偿。 ( )



326. 刀尖圆弧补偿是在车锥度和圆弧时, 对由于刀尖圆弧半径形成的实际轮廓和理论轮廓的差值进行补偿。 ( )

327. 辅助功能 M00 为无条件程序暂停, 执行该程序指令后, 所有运转部件停止运动, 且所有模态信息全部丢失。 ( )

328. 子程序号中的零可以省略。 ( )

329. 进给功能指令中的每分钟进给的数值范围为 (1 ~ 100000) mm/min。 ( )

330. TND360 型数控车床刀具功能指令的前两位为刀具补偿号, 后两位为刀具号。 ( )

331. TND360 型数控车床刀具功能指令形如 TXX00 为错误格式。 ( )

332. 系统操作面板上复位键的功能为解除报警及数控系统的复位。 ( )

333. 机床操作面板上单程序段的功能为每按一次循环起动按钮, 执行一个程序段。 ( )

334. 在编辑工作模式下, 可实现数控零件加工程序的输入。 ( )

335. 在编辑工作模式下, 可实现刀具偏置量的输入。 ( )

336. 计算机输入设备有键盘、显示器、鼠标等。 ( )

337. 计算机是由 CPU、内存和输入/输出接口组成。 ( )

338. Windows 操作系统属于 CAD 应用软件。 ( )

339. CAD 的支撑软件主要包括操作系统、语言处理程序和工具软件。 ( )

340. UNIX 操作系统是 MS—DOS 的扩展, 它可替代 MS—DOS 功能。 ( )

341. 绘图软件 CAG 是 CAD 应用软件。 ( )

342. AutoCAD R14.0 的操作系统是 Windows 系统。 ( )

343. CAPP 的含义是计算机辅助工艺规程设计。 ( )

344. CAD 是计算机辅助设计, 是由人和计算机合作完成各种设计的一种技术。 ( )

345. CAM 的含义是计算机辅助设计和加工。 ( )

346. 机电一体化产品是在传统的机械产品上加上现代电气而成的产品。 ( )
347. 机电一体化与传统的自动化最主要的区别之一是系统控制智能化。 ( )
348. 柔性生产系统能加工各种各样的零件。 ( )
349. 由于现代企业产品生产批量的增加,由此产生了计算机集成制造(CIM)技术。 ( )
350. 机电一体化是机械技术、微电子技术相互融合的产物。 ( )
351. 通过传感器直接检测目标运动并进行反馈控制的系统为半闭环系统。 ( )
352. 在机电一体化系统中,自动控制技术指挥整个系统的运行。 ( )
353. 机电一体化产品中,以能量转换为主,输入能量和信息,输出不同形式能量(或物质)的产品,称为动力机。 ( )
354. 物流系统一般由输送系统、储存系统和操作系统组成。 ( )
355. FMS的加工系统的基本核心是一个分布式数据库管理系统和控制系统。 ( )
356. PLC中的所有元件均为软继电器。 ( )
357. PLC是现代能替代传统的J—C控制的最佳工业控制器。 ( )
358. PLC内部元素的触点和线圈的连接是由程序来实现的。 ( )
359. 可编程序控制器程序的表达方式只有梯形图。 ( )
360. 在梯形图中可以串联两个以上线圈。 ( )
361. 当电源掉电时,计数器保持原计数状态。 ( )
362. 在梯形图中没有电压等级之分。 ( )
363. 输入、输出继电器只起连接与转换功能。 ( )
364. CPU主要是存放用户程序。 ( )
365. 在梯形图中串联和并联触点的个数不受限制。 ( )

366. 对企业经营目标无止境的尽善尽美的追求是精益生产方式优于大量生产方式的精神动力。 ( )

367. 精益生产方式应用通用性强、自动化程度高的机器来适应大批量、少品种生产。 ( )

368. 精益生产方式为自己确定一个有限目标：可以容忍一定的废品率、限额的库存等，认为要求过高会超出现有条件能力和能力范围，要花费更多投入，在经济上划不来。 ( )

369. MRP II 中的制造资源是指生产系统的内部资源要素。 ( )

370. MRP II 最基本的功能是生产计划决策功能。 ( )

371. 能力需求计划功能子系统的核心是寻求能力与任务的平衡方案。 ( )

372. ISO9000 族标准与全面质量管理应该相互兼用，不应搞代替。 ( )

373. 我国新修订的 GB/T19000 系列国家标准完全等同于国际 1994 年版的 ISO9000 族标准。 ( )

374. 质量是设计和制造出来的。 ( )

375. ISO14000 系列标准是发展的趋势，将代替 ISO9000 族标准。 ( )

## 二、选择题 (将正确答案的序号填入空格内)

1. 杠杆卡规是利用\_\_\_\_\_放大原理制成的量具。

a. 杠杆—齿轮传动 b. 齿轮—齿条传动 c. 金属钮带拉伸

2. 杠杆卡规与量块配合，可对工件进行\_\_\_\_\_。

a. 绝对测量 b. 相对测量 c. 综合测量

3. 钟面式千分表是利用\_\_\_\_\_放大原理制成的量具。

a. 杠杆—齿轮传动 b. 齿轮—齿条传动 c. 金属钮带拉伸

4. 杠杆千分表是利用\_\_\_\_\_放大原理制成的量具。

a. 杠杆—齿轮传动 b. 齿轮—齿条传动 c. 金属钮带拉伸

5. 钟面式千分表测杆与被测表面必须\_\_\_\_\_，否则会产生测量误差。

a. 平行 b. 倾斜 c. 垂直

6. 杠杆千分表的测杆轴线与被测工件表面的夹角越大，测量误

差\_\_\_\_。

- a. 越小                      b. 不变                      c. 越大

7. 杠杆齿轮比较仪是利用\_\_\_\_，而使指针旋转的原理制成的。

a. 杠杆—齿轮传动放大    b. 齿轮—齿条传动放大    c. 金属钮带拉伸

8. 扭簧测微仪是利用\_\_\_\_，而使指针旋转的原理制成的。

a. 杠杆—齿轮传动放大    b. 齿轮—齿条传动放大    c. 金属钮带拉伸

9. 使用测微仪测量时，应尽量使用刻度的\_\_\_\_部分。

- a. 左边                      b. 中央                      c. 右边

10. 量块按制造精度分为00、0、1、2（3）和K级，\_\_\_\_精度最低。

- a. 00级                      b. (3)级                      c. K级

11. 量块按级使用时，\_\_\_\_。

a. 取量块基本尺寸    b. 用量块检定后的实际尺寸    c. 取工件极限尺寸

12. 量块按等使用时，\_\_\_\_。

a. 取量块基本尺寸    b. 用量块检定后的实际尺寸    c. 取工件基本尺寸

13. 选取量块时，应根据所需组合的尺寸，从\_\_\_\_数字开始选取。

- a. 最前一位              b. 小数点前一位    c. 最后一位

14. 正弦规是测量\_\_\_\_的量具。

- a. 长度                      b. 角度                      c. 表面粗糙度

15. 被测工件圆锥角越小，正弦规测量精度\_\_\_\_。

- a. 越低                      b. 相等                      c. 越高

16. 框式水平仪是利用水准器转动角度相同，曲率半径\_\_\_\_原理制成的量具。

- a. 缩小                      b. 相等                      c. 放大

17. 刀具材料在室温下的硬度应高于\_\_\_\_。

a. 235HBS            b. 43HRC            c. 60HRC

18. 在高温下刀具材料保持常温硬度的性能称为\_\_\_\_\_。

a. 硬度            b. 强度            c. 耐热性

19. 硬质合金的耐热温度为\_\_\_\_\_℃。

a. 250~300            b. 500~600            c. 800~1000

20. YG8 硬质合金, 其中数字 8 表示\_\_\_\_\_的质量分数。

a. 碳化钨            b. 碳化钛            c. 钴

21. 粗车铸铁应选用\_\_\_\_\_牌号的硬质合金车刀。

a. YG3            b. YG8            c. YT5            d. YT15

22. 精车铸铁应选用\_\_\_\_\_牌号的硬质合金车刀。

a. YG3            b. YG8            c. YT5            d. YT15

23. 粗车 45 钢光轴应选用\_\_\_\_\_牌号的硬质合金车刀。

a. YG3            b. YG8            c. YT5            d. YT15

24. YT5 硬质合金, 其中数字 5 表示\_\_\_\_\_的质量分数。

a. 碳化钨            b. 碳化钛            c. 钴

25. 精车 45 钢光轴应选用\_\_\_\_\_牌号的硬质合金车刀。

a. YG3            b. YG8            c. YT5            d. YT15

26. 通过切削刃上选定点垂直于主运动方向的平面称为\_\_\_\_\_。

a. 基面            b. 切削平面            c. 主剖面

27. 切削平面、基面和主剖面三者的关系总是\_\_\_\_\_的。

a. 相互垂直            b. 相互平行            c. 相互倾斜

28. 车端面时, 车刀装得高于工件中心, 工作前角\_\_\_\_\_刃磨前角。

a. 小于            b. 等于            c. 大于

29. 可转位刀片法后角代号 N 表示法后角为\_\_\_\_\_。

a. 0°            b. 7°            c. 15°

30. 可转位刀片型号的第四号位 M 表示\_\_\_\_\_。

a. 有圆形固定孔, 无断屑槽    b. 有圆形固定孔, 单面有断屑槽  
c. 有圆形固定孔, 双面有断屑槽

31. 可转位刀片型号的第五号位用两位阿拉伯数字表示

\_\_\_\_\_。

- a. 刀片的边长      b. 刀片的厚度      c. 刀尖圆角半径

32. 可转位刀片型号的第六号位用两位阿拉伯数字表示

\_\_\_\_\_。

- a. 刀片的边长      b. 刀片的厚度      c. 刀尖圆角半径

33. 可转位刀片型号的第七号位用两位阿拉伯数字表示

\_\_\_\_\_。

- a. 刀片的边长      b. 刀片的厚度      c. 刀尖圆角半径

34. 可转位刀片型号的第八号位 E 表示切削刃截面形状为

\_\_\_\_\_。

- a. 倒圆切削刃      b. 倒棱切削刃      c. 既倒棱又倒圆切削刃

35. 可转位刀片型号的第九号位 R 表示切削方向为\_\_\_\_\_。

- a. 右切              b. 左切              c. 既可右切又可左切

36. 可转位车刀刀柄第六号位表示\_\_\_\_\_。

- a. 车刀高度          b. 刀柄宽度          c. 车刀长度

37. 可转位车刀刀柄第七号位表示\_\_\_\_\_。

- a. 车刀高度          b. 刀柄宽度          c. 车刀长度

38. 可转位车刀刀柄第八号位表示\_\_\_\_\_。

- a. 车刀高度          b. 刀柄宽度          c. 车刀长度

39. 精密级车刀刀柄的测量基准 B 表示\_\_\_\_\_。

- a. 外侧面和后端面      b. 内侧面和后端面      c. 内、外侧面和后端面

40. 切削塑性金属时, 刀具前角较大, 进给量较小, 切削速度较高, 易得到\_\_\_\_\_。

- a. 粒状切屑          b. 节状切屑          c. 带状切屑

41. 断屑槽宽度对断屑影响很大, 进给量和背吃刀量减小时, 断屑槽宽度应\_\_\_\_\_。

- a. 减小              b. 不变              c. 增大

42. 在进给量和背吃刀量选定以后, \_\_\_\_\_增大, 切屑易折断。

- a. 前角              b. 主偏角              c. 刃倾角

43. 切削用量中, 对断屑影响最大的是\_\_\_\_\_。

a. 背吃刀量      b. 进给量      c. 切削速度

44. 不消耗功率, 但影响工件形状精度的切削力是\_\_\_\_\_。

a. 主切削力      b. 背向力      c. 进给力

45. 切削用量中, 对切削力影响最大的是\_\_\_\_\_。

a. 背吃刀量      b. 进给量      c. 切削速度

46. 车刀角度中影响切削力最大的是\_\_\_\_\_。

a. 前角      b. 主偏角      c. 刃倾角

47. 主偏角影响背向力和进给力的比例, 主偏角增大时, 背向力\_\_\_\_\_。

a. 减小      b. 不变      c. 增大

48. 车外圆时切削热大部分由\_\_\_\_\_传散出去。

a. 刀具      b. 工件      c. 切屑      d. 周围介质

49. 切削用量中, 对刀具磨损影响最大的是\_\_\_\_\_。

a. 背吃刀量      b. 进给量      c. 切削速度

50. 主偏角增大时, 主切削刃参加切削长度缩短, 切削温度\_\_\_\_\_。

a. 下降      b. 不变      c. 上升

51. 切削脆性金属材料时, 刀具磨损形式是\_\_\_\_\_。

a. 后刀面磨损      b. 前刀面磨损      c. 前、后刀面同时磨损

52. 用中等切削速度、中等进给量切削塑性金属材料时, 刀具磨损形式是\_\_\_\_\_。

a. 后刀面磨损      b. 前刀面磨损      c. 前、后刀面同时磨损

53. 生产中为合理使用刀具, 保证加工质量, 应在\_\_\_\_\_换刀。

a. 初期磨损阶段后期      b. 正常磨损阶段中期      c. 急剧磨损阶段前

54. 一把新刃磨的刀具, 从开始切削至磨损量达到磨钝标准为止所使用的切削时间称为\_\_\_\_\_。

a. 刀具磨损限度      b. 刀具寿命      c. 刀具总寿命

55. 精加工时, 应取\_\_\_\_\_的前角。

- a. 较小                      b. 零度                      c. 较大
56. 粗加工时, 选择后角应以确保刀具\_\_\_ \_\_\_为主。
- a. 锋利                      b. 强度                      c. 韧性
57. 加工细长轴时, 为减小背向抗力, 应取\_\_\_\_\_的主偏角。
- a. 较小                      b. 较大                      c. 任意
58. 加工台阶轴时, 主偏角应选 \_\_\_ \_\_\_。
- a.  $45^\circ$                       b.  $60^\circ$                       c.  $90^\circ$
59. 修光刃可降低表面粗糙度值, 修光刃长度为\_\_\_ \_\_\_。
- a.  $(0.5 \sim 0.8) f$     b.  $(1.2 \sim 1.5) f$     c.  $(2 \sim 3) f$
60. 刃倾角为正值时, 切屑向\_\_\_\_\_排出。
- a. 已加工表面    b. 过渡表面                      c. 待加工表面
61. 微量切削的精加工刀具, 刃倾角可取\_\_\_\_\_。
- a.  $-5^\circ \sim 0^\circ$                       b.  $0^\circ \sim 5^\circ$                       c.  $45^\circ \sim 75^\circ$
62. 精车时的切削用量, 一般是以\_\_\_\_\_为主。
- a. 提高生产率    b. 降低切削功率    c. 保证加工质量
63. 粗加工选用\_\_\_\_\_。
- a.  $(3 \sim 5)\%$ 乳化液    b.  $(10 \sim 15)\%$ 乳化液    c. 切削油
64. 铸铁铰孔, 选用\_\_\_\_\_。
- a. 硫化切削油    b. 活性矿物油                      c. 煤油
65. 切削用量中, 对残留面积高度影响显著的是\_\_\_\_\_。
- a. 背吃刀量                      b. 进给量                      c. 切削速度
66. 精加工中, 防止刀具上积屑瘤的形成, 从切削用量的选择上应\_\_\_\_\_。
- a. 加大背吃刀量    b. 加大进给量    c. 尽量使用很低或很高的切削速度
67. 切削塑性金属时, 产生积屑瘤的切削速度大致在\_\_\_\_\_范围内。
- a. 低速                      b. 中速                      c. 高速
68. 将原材料转变为成品的全过程称为\_\_\_\_\_。
- a. 生产过程    b. 机械加工工艺过程    c. 机械加工工艺规程
69. 采用机械加工方法, 直接改变毛坯的形状、尺寸、相对位置



基准,符合\_\_\_\_\_的原则。

- a. 基准重合      b. 基准统一      c. 基准转换

82. 外圆形状简单,内孔形状复杂的工件,应选择\_\_\_\_\_作定位基准。

- a. 外圆      b. 内孔      c. 外圆或内孔都可以

83. 外圆形状复杂,内孔形状简单的工件,应选择\_\_\_\_\_作定位基准。

- a. 外圆      b. 内孔      c. 外圆或内孔都可以

84. 加工外圆表面采用粗车→半精车→精车加工方案,一般能达到的经济精度为\_\_\_\_\_。

- a. IT5 ~ IT6      b. IT7 ~ IT8      c. IT8 ~ IT10

85. \_\_\_\_\_加工一些次要表面达到技术要求,主要表面为精加工作好准备。

- a. 粗加工阶段      b. 半精加工阶段      c. 精加工阶段

86. 使用数控机床一般采用\_\_\_\_\_。

a. 工序分散      b. 工序集中      c. 工序分散和工序集中混合使用

87. 重型工件采用\_\_\_\_\_。

a. 工序分散      b. 工序集中      c. 工序分散和工序集中混合使用

88. 精度高、刚性差的精密工件采用\_\_\_\_\_。

a. 工序分散      b. 工序集中      c. 工序分散和工序集中混合使用

89. 碳的质量分数低于0.3%的低碳钢和低碳合金钢,为避免硬度过低切削时粘刀,要采用\_\_\_\_\_热处理。

- a. 退火      b. 正火      c. 淬火

90. 为了使工件获得较好的强度、塑性和韧性等方面的综合力学性能,要进行\_\_\_\_\_热处理。

- a. 正火      b. 调质      c. 淬火

91. 为提高材料硬度、强度和耐磨性,可进行\_\_\_\_\_热处理。

- a. 正火      b. 调质      c. 淬火

92. 调质一般安排在\_\_\_\_\_进行。

- a. 粗加工之后, 半精加工之前    b. 半精加工之后, 精加工之前  
c. 精加工之后

93. 渗碳层深度一般为\_\_\_\_\_mm。

- a. 0.07~0.5      b. 0.2~2      c. 3~5

94. 渗碳件上不需淬硬的部分, 应留\_\_\_\_\_mm的去碳层。

- a. 0.5~0.8      b. 2.5~3      c. 3~5

95. 在加工过程中, 切去的金属层厚度称为\_\_\_\_\_。

- a. 工序余量      b. 加工余量      c. 加工总余量

96. 相邻两工序的工序尺寸之差, 称为\_\_\_\_\_。

- a. 工序余量      b. 加工余量      c. 加工总余量

97. 尺寸链中, 间接保证尺寸的环, 称为\_\_\_\_\_。

- a. 增环      b. 组成环      c. 封闭环

98. 在尺寸链中, 能人为地控制或直接获得的环, 称为\_\_\_\_\_。

- a. 增环      b. 组成环      c. 封闭环

99. 某组成环增大而其它组成环不变, 使封闭环随之增大, 则此环为\_\_\_\_\_。

- a. 组成环      b. 增环      c. 减环

100. 某组成环增大而其它组成环不变, 使封闭环随之减小, 则此环为\_\_\_\_\_。

- a. 组成环      b. 增环      c. 减环

101. 通过试切—测量—调整的过程获得尺寸精度的方法叫\_\_\_\_\_。

- a. 试切法      b. 定尺寸刀具法      c. 调整法

102. 位置精度主要由\_\_\_\_\_来保证。

- a. 刀具精度      b. 夹具精度      c. 操作者技术水平

103. 加工时, 采用了近似的加工运动或近似刀具的轮廓产生的误差称为\_\_\_\_\_。

- a. 加工原理误差    b. 车床几何误差    c. 刀具误差

104. 一般刀具的\_\_\_\_\_误差, 会影响工件的尺寸精度。

114. 机械工业成组技术零件分类编码系统 (JLBM—1 系统) 中材料码 (第 10 码位) “3” 表示\_\_\_\_\_。

- a. 灰铸铁            b. 优质碳钢            c. 铜和铜合金

115. 机械工业成组技术零件分类编码系统 (JLBM—1 系统) 中毛坯原始形状码 (第 11 码位) “6” 表示\_\_\_\_\_。

- a. 棒材            b. 铸件            c. 锻件

116. 机械工业成组技术零件分类编码系统 (JLBM—1 系统) 中热处理码 (第 12 码位) “3” 表示\_\_\_\_\_。

- a. 无热处理            b. 调质            c. 淬火

117. 机械工业成组技术零件分类编码系统 (JLBM—1 系统) 中精度码 (第 15 码位) “1” 表示\_\_\_\_\_。

a. 低精度    b. 内、外回转面加工中等精度    c. 外回转面加工高精度

118. 专为某一工件的某一工序的加工要求而专门设计、制造的夹具, 称为\_\_\_\_\_夹具。

- a. 通用            b. 专用            c. 组合

119. 车床用的三爪自定心卡盘属于\_\_\_\_\_。

- a. 通用夹具            b. 专用夹具            c. 组合夹具

120. 四爪单动卡盘属\_\_\_\_\_夹具。

- a. 通用            b. 专用            c. 组合

121. 夹具中的\_\_\_\_\_保证工件在夹具中占据正确的位置。

- a. 定位装置            b. 夹紧装置            c. 其它装置

122. 夹具中的\_\_\_\_\_保证工件在加工过程中受到外力作用时不离开已占据的正确位置。

- a. 定位装置            b. 夹紧装置            c. 其它装置

123. 在满足加工要求的前提下, 少于六个支承点的定位, 称为\_\_\_\_\_。

- a. 完全定位            b. 不完全定位            c. 欠定位

124. 两个或两个以上支承点重复限制同一个自由度, 称为\_\_\_\_\_。

- a. 完全定位            b. 不完全定位            c. 过定位

125. 工件定位时, 定位元件所限制的自由度, 少于需要限制的自由度, 称为\_\_\_\_\_。

- a. 完全定位      b. 不完全定位      c. 欠定位

126. 未定位的工件在空间直角坐标系中有\_\_\_\_\_自由度。

- a. 三个              b. 五个              c. 六个

127. 在两顶尖间装夹工件限制\_\_\_\_\_自由度。

- a. 四个              b. 五个              c. 六个

128. 圆柱体工件在长 V 形块上定位时, 限制\_\_\_\_\_自由度。

- a. 二个              b. 四个              c. 六个

129. 工件在小锥度心轴上定位, 限制\_\_\_\_\_自由度。

- a. 四个              b. 五个              c. 六个

130. 工件以两孔一面定位时, 限制\_\_\_\_\_自由度。

- a. 四个              b. 五个              c. 六个

131. 用一夹一顶装夹工件时, 如果夹持部分较短, 属于\_\_\_\_\_。

- a. 完全定位      b. 不完全定位      c. 过定位      d. 欠定位

132. 用一夹一顶装夹工件时, 如果夹持部分较长, 属于\_\_\_\_\_。

- a. 完全定位      b. 不完全定位      c. 过定位      d. 欠定位

133. 定位元件中, 平头支承钉适用于\_\_\_\_\_定位。

- a. 未加工平面      b. 已加工平面      c. 未加工侧平面

134. 定位元件中, 球面支承钉适用于\_\_\_\_\_定位。

- a. 未加工平面      b. 已加工平面      c. 未加工侧平面

135. 定位元件中, 网纹支承钉适用于\_\_\_\_\_定位。

- a. 未加工平面      b. 已加工平面      c. 未加工侧平面

136. 定位元件中, A 型支承板用于\_\_\_\_\_定位。

- a. 底平面              b. 侧平面              c. 圆柱面

137. 定位元件中, B 型支承板用于\_\_\_\_\_定位。

- a. 底平面              b. 侧平面              c. 圆柱面

138. 定位元件中, V 形块是\_\_\_\_\_定位元件。

- a. 对中定心      b. 保证垂直      c. 保证水平

139. 短圆柱销限制\_\_\_\_\_自由度。

- a. 一个                      b. 二个                      c. 四个

140. 菱形销限制\_\_\_\_\_自由度。

- a. 一个                      b. 二个                      c. 四个

141. 工件以圆柱孔用圆柱心轴定位时, 一般采用\_\_\_\_\_。

- a.  $\frac{H7}{f6}$                       b.  $\frac{H7}{k6}$                       c.  $\frac{H7}{g6}$ 、 $\frac{H7}{h6}$

142. 工件以两孔一面定位时, 菱形销的横截面长轴\_\_\_\_\_两销的连心线。

- a. 平行于                      b. 倾斜于                      c. 垂直于

143. 工件在定位时, 产生的误差, 称为\_\_\_\_\_。

- a. 加工误差                      b. 夹具安装误差                      c. 定位误差

144. 工件的定位基准与设计基准重合, 就可避免\_\_\_\_\_产生。

- a. 基准位移误差                      b. 基准不重合误差                      c. 加工误差

145. 夹紧元件对工件施加夹紧力的大小应\_\_\_\_\_。

- a. 小                      b. 适当                      c. 大

146. 夹紧元件施加夹紧力的方向应尽可能\_\_\_\_\_工件的主要定位基准面, 使夹紧稳定可靠。

- a. 朝向                      b. 平行                      c. 背离

147. 夹紧元件施加夹紧力的方向尽量与工件重力方向\_\_\_\_\_, 以减小所需的最小夹紧力。

- a. 一致                      b. 倾斜                      c. 相反

148. 夹紧元件施力点应尽量\_\_\_\_\_, 防止工件加工时产生振动。

- a. 远离加工表面                      b. 靠近加工表面                      c. 靠近不加工表面

149. 夹紧元件施力点应落在\_\_\_\_\_。

- a. 支承范围内                      b. 支承范围外                      c. 工件内

150. 车床常用的夹紧装置是\_\_\_\_\_。

- a. 斜楔夹紧装置                      b. 螺旋夹紧装置                      c. 偏心夹紧装置

151. 螺旋压板夹紧装置常用的三种典型结构夹紧力最大的是\_\_\_\_\_。

- a. 车小了                      b. 正确                      c. 车大了

164. 车削外锥体时, 若车刀刀尖没有对准工件中心, 圆锥素线为\_\_\_\_\_。

- a. 直线                      b. 凸状双曲线                      c. 凹状双曲线

165. 车细长轴时, 跟刀架的卡爪压得过紧, 出现\_\_\_\_\_。

- a. 锥度                      b. 多棱形                      c. 竹节形

166. 细长轴的刚性很差, 在切削力、重力和离心力的作用下会使工件弯曲变形, 车削中极易产生\_\_\_\_\_。

- a. 表面不光滑                      b. 振动                      c. 加工精度低

167. 车削细长轴时, 要使用中心架和跟刀架来增加工件的\_\_\_\_\_。

- a. 刚性                      b. 韧性                      c. 强度

168. 长度与直径比不是很大, 余量较少, 需多次安装的细长轴采用\_\_\_\_\_装夹方法。

- a. 两顶尖                      b. 一夹一顶                      c. 中心架

169. 车细长轴时, 车刀的前角宜取\_\_\_\_\_。

- a.  $2^\circ \sim 10^\circ$                       b.  $10^\circ \sim 15^\circ$                       c.  $15^\circ \sim 30^\circ$

170. 车细长轴时, 为了减少背向力引起工件的弯曲, 车刀的主偏角应选择\_\_\_\_\_。

- a.  $45^\circ \sim 60^\circ$                       b.  $60^\circ \sim 70^\circ$                       c.  $75^\circ \sim 93^\circ$

171. 梯形螺纹中径的计算公式是\_\_\_\_\_。

- a.  $d_2 = d - P$                       b.  $d_2 = d - 0.518P$                       c.  $d_2 = d - 0.5P$

172. 安装螺纹车刀时, 刀尖应与中心等高, 刀尖角的对称中心线\_\_\_\_\_工件轴线。

- a. 平行于                      b. 倾斜于                      c. 垂直于

173. 三针测量是测量外螺纹\_\_\_\_\_的一种比较精密的方法。

- a. 小径                      b. 中径                      c. 大径

174. 三针测量梯形螺纹中径的简化计算公式\_\_\_\_\_。

- a.  $M = d_2 + 3d_D - 0.866P$                       b.  $M = d_2 + 3.166d_D - 0.961P$                       c.  $M = d_2 + 4.864d_D - 1.866P$

175. 法向直廓蜗杆的齿形在法平面内为\_\_\_\_\_。

a. 直线                      b. 阿基米德螺旋线      c. 延长渐开线

176. 蜗杆导程的计算公式是\_\_\_\_\_。

a.  $p = \pi m_x$               b.  $p_z = z\pi m_x$               c.  $q = d_1/m_x$

177. 蜗杆分度圆直径的计算公式是\_\_\_\_\_。

a.  $d_1 = q(m_x - 2.4)$       b.  $d_1 = qm_x$               c.  $d_1 = q(m_x + 2)$

178. 车多头蜗杆时, 最简便的分头法是\_\_\_\_\_。

a. 小滑板刻度分头法      b. 百分表分头法      c. 交换齿轮分头法

179. 蜗杆粗车刀的刀尖宽度\_\_\_\_\_齿根槽宽。

a. 小于                      b. 等于                      c. 大于

180. 蜗杆粗车刀要求左右切削刃之间的夹角\_\_\_\_\_两倍齿形角。

a. 小于                      b. 等于                      c. 大于

181. 蜗杆精车刀要求左右切削刃之间的夹角\_\_\_\_\_两倍齿形角。

a. 小于                      b. 等于                      c. 大于

182. 精车轴向直廓蜗杆, 装刀时车刀左右切削刃组成的平面应与\_\_\_\_\_。

a. 齿面垂直              b. 齿面平行              c. 工件轴心线重合

183. 精车法向直廓蜗杆, 装刀时车刀左右切削刃组成的平面应与齿面\_\_\_\_\_。

a. 垂直                      b. 平行                      c. 倾斜

184. 粗车  $3\text{mm} < m_x < 8\text{mm}$  的蜗杆时, 可采用\_\_\_\_\_。

a. 左右切削法      b. 切槽法                      c. 分层切削法

185. 在三爪自定心卡盘上车偏心工件时, 垫片厚度大约等于偏心距的\_\_\_\_\_倍。

a. 0.5                      b. 1.5                      c. 2

186. 车削偏心工件的数量较少, 长度较短时, 用\_\_\_\_\_装夹。

a. 四爪单动卡盘      b. 三爪自定心卡盘      c. 专用夹具

187. 偏心精度要求较高, 数量较多的偏心工件, 可在\_\_\_\_\_上车削。

a. 四爪单动卡盘      b. 三爪自定心卡盘      c. 专用夹具

a. 三爪自定心卡盘    b. 花盘    c. 花盘的角铁

201. 金属切削机床按其工作原理、结构性能特点及使用范围可分为 \_\_\_\_\_ 大类。

a. 十                    b. 十一                    c. 十二

202. CA6140 型卧式车床型号中的 A 表示 \_\_\_\_\_。

a. 通用特性代号    b. 结构特性代号    c. 重大改进顺序号

203. 机床型号中,通用特性代号的高精度用 \_\_\_\_\_ 表示。

a. M                    b. W                    c. G

204. 机床型号 CM6136 中的 M 表示 \_\_\_\_\_。

a. 螺纹磨床            b. 精密车床            c. 带磨头车床

205. 卧式车床床身上最大工件回转直径参数在型号中是以 \_\_\_\_\_ 折算系数来表示的。

a. 1                    b. 1/10                    c. 1/100

206. 机床型号 C3025 中的 30 表示 \_\_\_\_\_。

a. 回轮车床            b. 双柱立式车床    c. 卧式车床

207. 机床型号 C5225 中的 52 表示 \_\_\_\_\_。

a. 回轮车床            b. 双柱立式车床    c. 卧式车床

208. 机床型号 C6136A 中的 A 表示 \_\_\_\_\_。

a. 通用特性代号    b. 结构特性代号    c. 重大改进顺序号

209. CA6140 型卧式车床床身上最大工件回转直径 \_\_\_\_\_。

a. 140mm                b. 210mm                c. 400mm

210. CA6140 型卧式车床刀架上最大工件回转直径 \_\_\_\_\_。

a. 140mm                b. 210mm                c. 400mm

211. CA6140 型卧式车床主轴内孔直径 \_\_\_\_\_。

a. 37mm                b. 40mm                c. 48mm

212. CA6140 型卧式车床主轴前端锥孔规格是 \_\_\_\_\_。

a. 莫氏 4 号            b. 莫氏 5 号            c. 莫氏 6 号

213. CA6140 型卧式车床主轴正转级数为 \_\_\_\_\_ 级。

a. 12                    b. 24                    c. 30

214. CA6140 型卧式车床主轴正转速度范围为 \_\_\_\_\_ r/min。

a. 12 ~ 1200            b. 10 ~ 1400            c. 15 ~ 1500



215. 在 CA6140 型卧式车床上车削普通螺纹时, 交换齿轮传动比是\_\_\_\_\_。

- a. 63:75                      b. 64:97                      c. 63:97

216. 在 CA6140 型卧式车床上车削英制螺纹时, 交换齿轮传动比是\_\_\_\_\_。

- a. 63:75                      b. 64:97                      c. 63:97

217. 在 CA6140 型卧式车床上车削米制蜗杆时, 交换齿轮传动比是\_\_\_\_\_。

- a. 63:75                      b. 64:97                      c. 63:97

218. 在 CA6140 型卧式车床上车非标准螺纹和精密螺纹时, 应将\_\_\_\_\_结合。

- a. M5                          b. M3、M5                      c. M3、M4、M5

219. 机动纵向进给、机动横向进给及车螺纹三条传动路线, 用操纵机构及\_\_\_\_\_来保证只允许接通其中一种。

- a. 多片式离合器    b. 安全离合器    c. 互锁机构

220. 若 CA6140 型卧式车床主轴因轴承间隙过大而使回转精度下降时, 首先应调整\_\_\_\_\_。

- a. 前轴承                      b. 中间轴承                      c. 后轴承

221. 主轴前端采用短锥法兰结构安装卡盘, 有利于提高主轴组件的\_\_\_\_\_。

- a. 强度                          b. 刚度                          c. 耐磨性

222. 卧式车床中滑板燕尾导轨的间隙可用\_\_\_\_\_来调整。

- a. 平镶条                      b. 斜镶条                      c. 压板

223. 中滑板丝杠螺母间隙调整后要求中滑板丝杠手柄转动灵活, 正反转的空行程在\_\_\_\_\_转以内。

- a. 1/5                          b. 1/10                          c. 1/20

224. 开合螺母用来接通或断开从\_\_\_\_\_传来的运动。

- a. 主轴                          b. 光杠                          c. 丝杠

225. 卧式车床的精度检验项目共分两类\_\_\_\_\_个项目。

- a. 十五                          b. 十八                          c. 二十

226. 卧式车床导轨在垂直平面内的直线度允许\_\_\_\_\_。

a. 中间凹      b. 中间凸      c. 中间凹或凸都可以

227. 检验卧式车床尾座移动对溜板移动的平行度时, 应将\_\_\_\_\_移动。

a. 尾座      b. 溜板      c. 尾座与溜板一起

228. 检验卧式车床主轴轴线的径向跳动时, 应测取\_\_\_\_\_读数。

a. 一次      b. 二次      c. 四次

229. 检验卧式车床主轴轴线对溜板移动的平行度时, 水平方向应测取\_\_\_\_\_读数。

a. 一次      b. 二次      c. 四次

230. 卧式车床主轴轴线对溜板移动的平行度, 在水平平面内允许\_\_\_\_\_。

a. 向前偏      b. 向后偏      c. 向前偏或向后偏都可以

231. 卧式车床主轴轴线对溜板移动的平行度, 在垂直平面内允许\_\_\_\_\_。

a. 向上偏      b. 向下偏      c. 向上偏或向下偏都可以

232. 卧式车床尾座套筒对溜板移动的平行度, 在水平平面内允许\_\_\_\_\_。

a. 向前偏      b. 向后偏      c. 向前偏或向后偏都可以

233. 卧式车床尾座套筒对溜板移动的平行度, 在垂直平面内允许\_\_\_\_\_。

a. 向上偏      b. 向下偏      c. 向上偏或向下偏都可以

234. 卧式车床尾座套筒锥孔轴线对溜板移动的平行度, 在水平平面内允许\_\_\_\_\_。

a. 向前偏      b. 向后偏      c. 向前偏或向后偏都可以

235. 卧式车床尾座套筒锥孔轴线对溜板移动的平行度, 在垂直平面内允许\_\_\_\_\_。

a. 向上偏      b. 向下偏      c. 向上偏或向下偏都可以

236. 卧式车床测量主轴和尾座两顶尖的等高度时, 尾座顶尖\_\_\_\_\_主轴顶尖。

a. 高于      b. 低于      c. 高于或低于都可以

247. 卧式车床的长丝杠有轴向窜动, 则将使被加工螺纹产生\_\_\_\_\_螺距误差。
- a. 渐进性            b. 周期性            c. 非周期性
248. 转塔车床的转塔刀架通常只能作\_\_\_\_\_运动。
- a. 横向                b. 圆周                c. 纵向
249. 在回轮车床上, 回轮刀架可绕其轴线缓慢旋转, 从而实现\_\_\_\_\_进给运动。
- a. 横向                b. 纵向                c. 合成
250. 立式车床工作台转动是\_\_\_\_\_。
- a. 主运动              b. 进给运动            c. 辅助运动
251. 数控车床的特点是\_\_\_\_\_。
- a. 精度高              b. 经济                c. 美观
252. TND360 型数控车床为\_\_\_\_\_轮廓控制的卧式数控车床。
- a. 两坐标              b. 三坐标              c. 四坐标
253. TND360 型数控车床的回转刀架具有\_\_\_\_\_工位。
- a. 四个                b. 八个                c. 十个
254. 数控车床的主要机械部件被称为\_\_\_\_\_, 它包括底座床身、主轴箱、进给机构、刀架、尾座等。
- a. 主机                b. 数控装置            c. 驱动装置
255. 数控车床执行机构的驱动部件为\_\_\_\_\_, 它包括主轴电动机、进给伺服电动机等。
- a. 主机                b. 数控装置            c. 驱动装置
256. 数控系统为了检测刀盘上的工位, 可在检测轴上装\_\_\_\_\_。
- a. 角度编码器        b. 光栅                c. 磁尺
257. 数控车床又称\_\_\_\_\_车床, 就是用电子计算机数字化指令控制车床各运动部件的动作, 从而实现车床加工过程的自动化。
- a. CNC                b. CPU                c. RAM
258. 零件加工程序可通过输入设备存储于数控装置内的\_\_\_\_\_。
- a. 中央处理单元      b. 存储器              c. 接口电路

259. 车床数控装置一般都是\_\_\_\_\_，就是对刀具相对于工件运动的轨迹进行控制的系统。

- a. 轮廓控制系统    b. 三坐标控制系统    c. 四坐标控制系统

260. 数控半闭环系统一般利用装在电动机上或丝杆上的\_\_\_\_\_获得反馈量。

- a. 光栅                    b. 光电脉冲编码器            c. 感应开关

261. 数控全闭环系统一般利用\_\_\_\_\_检测出溜板的实际位移量反馈给数控系统。

- a. 光栅                    b. 光电脉冲编码器            c. 感应开关

262. 数控车床的运动量是数控系统直接控制的，运动状态则是由\_\_\_\_\_控制。

- a. 可编程控制器    b. 存储器                    c. 插补器

263. 数控车床的标准坐标系为\_\_\_\_\_。

- a. 机床坐标系    b. 工件坐标系    c. 右手直角笛卡尔坐标系

264. 在 G 功能代码中，\_\_\_\_\_是一次有效 G 代码。

- a. G00                    b. G04                    c. G90

265. 在 G 功能代码中，\_\_\_\_\_是直线插补。

- a. G02                    b. G00                    c. G01

266. 在 G 功能代码中，\_\_\_\_\_是顺时针圆弧插补。

- a. G02                    b. G03                    c. G30

267. 在 G 功能代码中，\_\_\_\_\_是逆时针圆弧插补。

- a. G02                    b. G03                    c. G30

268. 在 G 功能代码中，\_\_\_\_\_是螺纹切削指令。

- a. G32                    b. G40                    c. G41

269. 在 G 功能代码中，\_\_\_\_\_是取消刀尖圆弧补偿指令。

- a. G40                    b. G41                    c. G42

270. 在 G 功能代码中，\_\_\_\_\_是坐标系设定指令。

- a. G70                    b. G71                    c. G50

271. 在 G 功能代码中，\_\_\_\_\_是螺纹切削循环指令。

- a. G90                    b. G92                    c. G94

272. 在 G 功能代码中，\_\_\_\_\_是内外圆表面切削循环指令。

a. G90                      b. G92                      c. G94

273. 在 G 功能代码中, \_\_\_\_\_ 是端面切削循环指令。

a. G90                      b. G92                      c. G94

274. 在 G 功能代码中, \_\_\_\_\_ 是主轴恒线速控制。

a. G96                      b. G97                      c. G98

275. 在 G 功能代码中, \_\_\_\_\_ 是主轴恒转速控制。

a. G96                      b. G97                      c. G98

276. 在 G 功能代码中, \_\_\_\_\_ 是每分钟进给控制。

a. G97                      b. G98                      c. G99

277. 在 G 功能代码中, \_\_\_\_\_ 是每转进给控制。

a. G97                      b. G98                      c. G99

278. 暂停指令 G04 用地址字 \_\_\_\_\_ 指定的暂停时间单位为

ms。

a. X                          b. U                          c. P

279. 内外圆表面、螺纹、端面切削循环包括 \_\_\_\_\_ 个步骤。

a. 2                          b. 3                          c. 4

280. 在辅助功能指令中, \_\_\_\_\_ 是无条件程序暂停指令。

a. M00                      b. M01                      c. M02

281. 在辅助功能指令中, \_\_\_\_\_ 是有条件程序暂停指令。

a. M00                      b. M01                      c. M02

282. 在辅助功能指令中, \_\_\_\_\_ 表示主轴正转指令。

a. M03                      b. M04                      c. M05

283. 在辅助功能指令中, \_\_\_\_\_ 表示主轴反转指令。

a. M03                      b. M04                      c. M05

284. 在辅助功能指令中, \_\_\_\_\_ 表示主轴停指令。

a. M03                      b. M04                      c. M05

285. 在 TND360 型数控车床辅助功能指令中, \_\_\_\_\_ 表示高压切削液开指令。

a. M07                      b. M08                      c. M09

286. 在 TND360 型数控车床辅助功能指令中, \_\_\_\_\_ 表示低压切削液开指令。

- a. M07                      b. M08                      c. M09

287. 在 TND360 型数控车床辅助功能指令中, \_\_\_\_\_ 表示切削液关指令。

- a. M07                      b. M08                      c. M09

288. 在辅助功能指令中, \_\_\_\_\_ 表示子程序调用指令。

- a. M30                      b. M98                      c. M99

289. 在辅助功能指令中, \_\_\_\_\_ 表示子程序结束指令。

- a. M30                      b. M98                      c. M99

290. 在 TND360 型数控车床辅助功能指令中, \_\_\_\_\_ 表示卡盘夹紧指令。

- a. M10                      b. M11                      c. M28

291. 在 TND360 型数控车床辅助功能指令中, \_\_\_\_\_ 表示尾座套筒顶紧。

- a. M28                      b. M29                      c. M11

292. 在 TND360 型数控车床辅助功能指令中, \_\_\_\_\_ 表示主轴选择低速档。

- a. M30                      b. M40                      c. M41

293. 在 TND360 型数控车床辅助功能指令中, \_\_\_\_\_ 表示主轴选择高速档。

- a. M30                      b. M40                      c. M41

294. TND360 型数控车床刀具功能指令由 T 及后面的四位数字构成, 其中 \_\_\_\_\_ 为刀具补偿号。

- a. 前二位                      b. 后二位                      c. 后三位

295. 进给功能指令每转进给的输入范围为 \_\_\_\_\_ mm/min。

- a. 0.0001 ~ 500.0000      b. 1 ~ 1000                      c. 1 ~ 100000

296. 刀具补偿功能是数控系统所具有的为方便用户精确编程而设置的功能, 它可分为 \_\_\_\_\_ 和刀尖圆弧补偿。

- a. 刀具形状补偿      b. 刀具磨损补偿      c. 刀具位置偏置补偿

297. FANUC 0 系列数控系统操作面板上显示当前位置的功能键为 \_\_\_\_\_。

- a. DGNOS/PARAM      b. POS                      c. PRGRM

298. FANUC 0 系列数控系统操作面板上用来显示报警号的功能键为\_\_\_\_\_。

- a. POS                      b. OPR/ALARM      c. MENU/OFFSET

299. FANUC 0 系列数控系统操作面板上用来显示图形的功能键为\_\_\_\_\_。

- a. PRGRM                    b. OPR/ALARM      c. AUX/GRAPH

300. 数控零件加工程序的输入必须在\_\_\_\_\_工作方式进行。

- a. 手动方式                b. 手动输入方式    c. 编辑方式

301. AutoCAD R14、UG 是\_\_\_\_\_。

- a. 绘图软件                b. 支撑软件            c. CAD 应用软件

302. AutoCAD R14 具有\_\_\_\_\_功能。

- a. 工程计算                b. 绘图造型            c. 自动编程

303. CAD 的应用软件是在\_\_\_\_\_下开发的。

- a. 操作系统                b. 支撑环境            c. 管理系统

304. NetWare 是\_\_\_\_\_，它是 Novell 公司为有复杂联网需求的单位提供高速信息传送和集中管理而设计的。

- a. 网络操作系统    b. 绘图软件            c. 管理系统

305. UG B.O 是美国 EDS 公司推出的\_\_\_\_\_一体化软件包。

- a. CAD/CAPP/CAM    b. CAD/CAE/CAM    c. CAD/CAM

306. \_\_\_\_\_一般由控制单元和算术逻辑单元组成。

- a. 内存储器                b. 输入/输出设备    c. 中央处理器

307. 计算机常见输入设备有键盘、鼠标、\_\_\_\_\_等。

- a. 坐标数字化仪    b. 打印机                c. 绘图仪

308. 系统软件可分为\_\_\_\_\_、语言处理程序和工具软件三类。

- a. 汉字管理系统    b. 操作系统            c. 数据库系统

309. DOS 操作系统是一种\_\_\_\_\_操作系统。

- a. 单用户单任务    b. 单用户多任务    c. 多用户单任务

310. Windows 操作系统可以与\_\_\_\_\_兼容。

- a. DOS 操作系统    b. UNIX 操作系统    c. NetWare 操作系统

311. \_\_\_\_\_是系统的感受器官。

- a. 自动控制技术    b. 传感与检测技术    c. 伺服传动技术

312. \_\_\_\_\_是机电一体化与传统的工业自动化最主要的区别之一。

- a. 系统控制智能化    b. 操作性能柔性化    c. 整体结构最佳化

313. \_\_\_\_\_是机电一体化的基础。

- a. 计算机与信息处理技术    b. 机械技术    c. 系统技术

314. 通过传感器检测某一部位（如伺服电动机等）运动并进行反馈，间接控制目标运动的系统为\_\_\_\_\_系统。

- a. 全闭环    b. 半闭环    c. 开环

315. 机电一体化产品中，从物料搬运、加工为主，输入物质、能量和信息，经过加工处理，主要输出改变了位置和形态的物质的产品，称为\_\_\_\_\_。

- a. 动力机    b. 信息机    c. 加工机

316. 机电一体化系统中，\_\_\_\_\_是构成系统的子系统及元、部件维持所定的时间和空间上的相互关系所必需的功能。

- a. 动力功能    b. 检测功能    c. 构造功能

317. \_\_\_\_\_是信息技术和生产技术的综合应用，旨在提高制造企业的生产率和响应能力。

- a. MIS    b. CIM    c. TIS

318. \_\_\_\_\_用来实现信息流对物流的控制和完成物流的转换。

- a. MAS    b. CAQ    c. MIS

319. \_\_\_\_\_是在计算机辅助设计和计算机辅助制造的基础上打破设计和制造的界限，取消图样、工艺卡片，使产品设计、生产相互结合而成的一种生产系统。

- a. CIMS    b. FMS    c. MAS

320. FMS 可以分为加工系统、\_\_\_\_\_和信息系统三大部分。

- a. 输送系统    b. 储存系统    c. 物流系统

321. 在 PLC 机中一般每个语句占据\_\_\_\_\_字节。

- a. 一个    b. 二个    c. 三个

322. 一般小型 PLC 机有 I/O 点数为\_\_\_\_\_。

- a. < 128 点    b. > 128 点    c. > 256 点

323. 世界上第一台 PLC 机是由\_\_\_\_\_发明的。



- a. 日本                      b. 美国                      c. 德国

324. 梯形图中的各类继电器是\_\_\_\_\_。

- a. 物理继电器      b. 软继电器              c. 存储单元

325. PLC 可靠性高, 它的平均无故障工作时间高达\_\_\_\_\_小时, 甚至更高。

- a. 5~10 万              b. 50~100 万              c. 500~1000 万

326. 连续使用逻辑组(电路块)的串联或并联最多可达\_\_\_\_\_。

- a. 8 种                      b. 16 种                      c. 32 种

327. 某系统的 I/O 点数为 32 点, 则选 PLC 机的容量为\_\_\_\_\_。

- a. 2K                      b. 4K                      c. 8K

328. C200H 系统的 PLC 机的定时器指令是\_\_\_\_\_。

- a. TM                      b. TMR                      c. TIM

329. 一般小型 PLC 机的指令有\_\_\_\_\_左右。

- a. 8 条                      b. 16 条                      c. 32 条

330. 世界上第一台 PLC 机在\_\_\_\_\_问世。

- a. 1796 年              b. 1769 年                      c. 1969 年

331. 精益生产方式的关键是实行\_\_\_\_\_。

- a. 准时化生产      b. 自动化生产              c. 全员参与

332. 小系推行精益生产最重要的基础是\_\_\_\_\_。

- a. 计划的编制与控制      b. 成本控制              c. 人员激励机制

333. 生产计划大纲只能作为配置年度资源的参考, 它与主生产计划之间联接需借助\_\_\_\_\_来实现。

- a. 生产进度              b. 订货合同                      c. 物料需求计划

334. \_\_\_\_\_功能子系统是 MRP II 的微观核心部分。

- a. 主生产计划      b. 物料需求计划      c. 能力需求计划

335. \_\_\_\_\_功能子系统是 MRP II 中上下内外交叉的枢纽, 并对 MRP II 进行主导控制。

- a. 主生产计划      b. 物料需求计划      c. 能力需求计划

336. ISO9000 族标准中\_\_\_\_\_是指导性标准。

a. ISO9000—1      b. ISO9001      c. ISO9004—1

337. ISO9000 族标准中\_\_\_\_\_是基础性标准。

a. ISO9000—1      b. ISO9001      c. ISO9004—1

338. 质量保证原理的内涵可理解为\_\_\_\_\_。

a. 质量形成于生产全过程    b. 必须使影响产品质量的全部因素在生产全过程中始终处于受控状态    c. 使企业具有持续提供符合要求产品的能力

339. \_\_\_\_\_不属于合同环境的特点。

a. 企业需开展内部和外部两个方面的质量保证活动    b. 一般产品单价或交易金额较大    c. 按市场需要进行产品设计和制造

340. 选择与应用 ISO9000 族标准最重要的原则是\_\_\_\_\_。

a. 适应性原则      b. 目标性原则      c. 整体优化原则

### 三、计算题

1. 用杠杆千分表测量工件时，测杆轴线与工件表面夹角  $\alpha = 30^\circ$ ，测量读数为 0.036mm，求正确测量值。

2. 有一套 87 块的量块，在校对某量具时需要 86.352mm 的尺寸，试选择量块组。

3. 用正弦规测量一米制圆锥，正弦规中心距为 200mm，计算量块组高度。

4. 用正弦规测量一莫氏 4 号圆锥，正弦规中心距为 200mm，计算量块组高度。若  $a$ 、 $b$  两点间距离为 100mm，百分表读数差为 0.02mm，确定锥角误差。

5. 刻度值为 0.02/1000 水平仪水准器的曲率半径  $R = 103132\text{mm}$ ，当平面在 1000mm 长度中倾斜 0.04mm 时，求水准泡移动的格数。

6. 在车床上车削一直径为  $\phi 60\text{mm}$  的轴，一次进给车至直径为  $\phi 52\text{mm}$ ，选用切削速度  $v_c = 80\text{m/min}$ ，求背吃刀量  $a_p$  和主轴转速  $n$  各是多少？

7. 用硬质合金车刀车削直径为  $\phi 160\text{mm}$  的铸铁工件，一次进给车至  $\phi 150\text{mm}$ ，工件转速为  $n = 205\text{r/min}$ ，进给量  $f = 0.4\text{mm/min}$ ，求主切削力和切削功率。

8. 在 CA6140 型卧式车床上，车削毛坯尺寸为  $\phi 60\text{mm} \times 300\text{mm}$

的调质 45 钢，要求车削后达到  $\phi 52h11$ ， $R_a 3.2\mu\text{m}$ ，试选择粗车时的切削用量。

9. 某箱体孔设计要求为  $\phi 180K6$ ，在成批生产中的加工顺序为粗车 → 半精车 → 精车 → 浮动车刀块。试查阅有关表格，计算各加工工序尺寸及偏差。

10. 试计算图 1 所示尺寸的大小及公差，以保证在车削中不便测量的尺寸  $18_{-0.2}^0\text{mm}$  的要求。

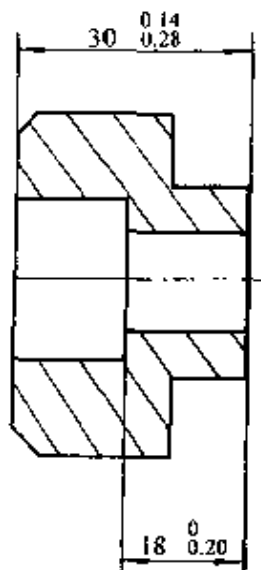


图 1 小套

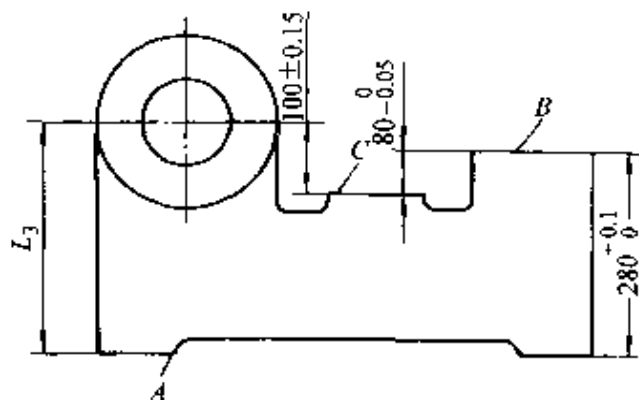


图 2 支座

11. 图 2 所示工件，车孔前，表面 A、B、C 已加工。车孔时以 A 面为定位基准，试确定尺寸  $L_3$  及公差。

12. 在 CA6140 型卧式车床上车削外径  $d = 60\text{mm}$ ，长度  $L = 500\text{mm}$ ，选用切削速度  $v_c = 60\text{m}/\text{min}$ ，进给量  $f = 0.3\text{mm}/\text{r}$ ，背吃刀量  $a_p = 3\text{mm}$ ，求一次工作行程所需的基本时间。

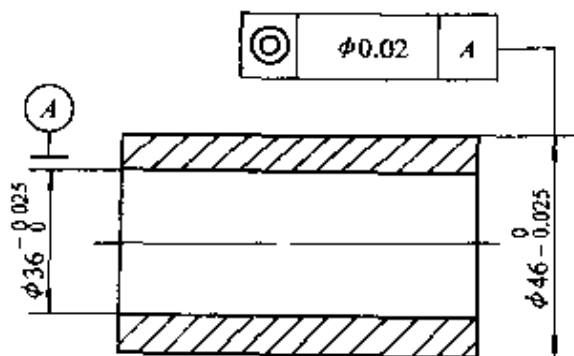


图 3 衬套

13. 车削图 3 所示衬套，如用  $\phi 36_{-0.02}^0\text{mm}$  圆柱心轴定位，求定位误差是多少？该心轴能否保证工件的加工精度？

14. 工件外圆  $\phi 100_{-0.035}^0$  mm 在  $90^\circ$  V 形块上定位, 加工内孔  $\phi 40_{+0.025}^0$  mm, 如图 4 所示, 要求偏心距  $4\text{mm} \pm 0.03\text{mm}$ , 问该定位方法能否满足加工要求?

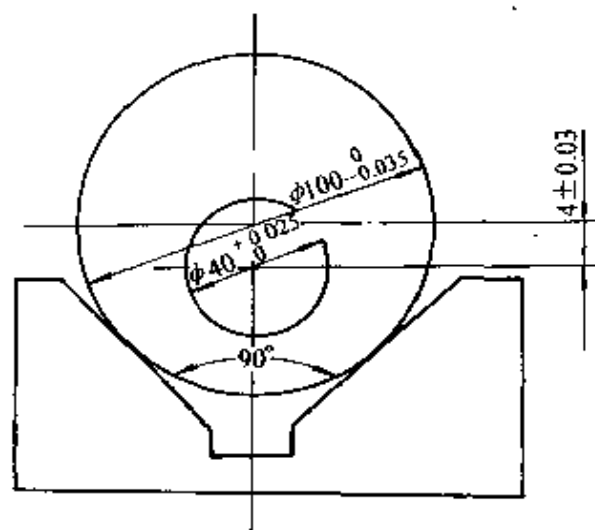


图 4 V形块定位

15. 在角铁夹具上加工活塞销孔, 如图 5 所示。角铁夹具装配后定位销孔中心与车床回转中心偏差  $0.005\text{mm}$ , 活塞裙部内孔与夹具定位销配合为  $\phi 60\text{H}6/\text{g}6$ 。要求加工后活塞销孔中心相对活塞中心的对称度不大于  $0.2\text{mm}$ , 试计算定位误差。

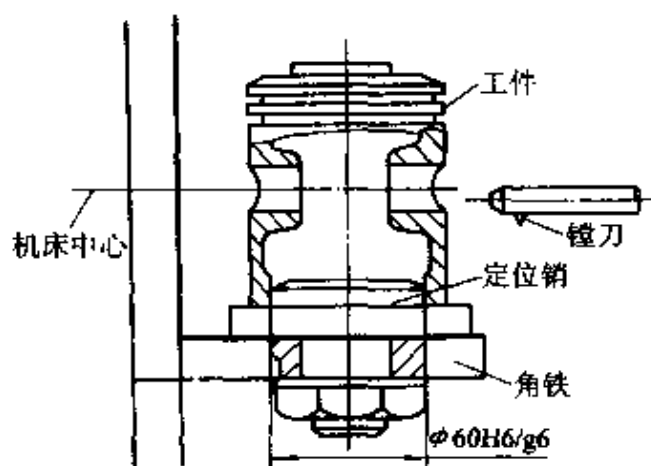


图 5 角铁夹具加工活塞销孔

16. 有一圆锥, 已知最大圆锥直径  $D = 100\text{mm}$ , 圆锥长度  $L = 212\text{mm}$ , 锥度  $C = 1:20$ , 求最小圆锥直径  $d$  和圆锥半角  $\alpha/2$ 。

17. 用圆锥界限量规测量锥度为  $1:10$  的锥孔时, 还有  $8\text{mm}$  未进入孔内, 如一次进给车至尺寸, 求背吃刀量  $a_p$  为多少?

18. 用圆柱量棒、量块和千分尺测量外锥体, 如图 5-7 所示。已知圆柱量棒直径  $d_0 = 12\text{mm}$ , 量块高度  $H = 50\text{mm}$ , 千分尺测得尺寸  $M_1 = 65.31\text{mm}$ ,  $M_2 = 55.24\text{mm}$ , 求圆锥半角  $\alpha/2$  和最小圆锥直径  $d$ 。

19. 用钢球和深度千分尺测量圆锥孔, 如图 5-8 所示。已知大钢球直径  $D_0 = 15\text{mm}$ , 小钢球直径  $d_0 = 12\text{mm}$ , 大钢球最高点与工件锥面之间的距离  $h = 2.3\text{mm}$ , 小钢球最高点与工件锥面之间的距离  $H = 33.83\text{mm}$ , 求圆锥半角  $\alpha/2$  和最大圆锥直径  $D$ 。

20. 试计算梯形螺纹  $Tr36 \times 6$  的内螺纹大径、中径、外螺纹小径各等于多少？

21. 车削材料为 40Cr，直径为  $\phi 30\text{mm}$ ，长度为 1500mm 的细长轴，当工件温度由  $20^\circ\text{C}$  上升到  $50^\circ\text{C}$  时，求热变形伸长量。

22. 用三针测量  $Tr48 \times 8$  的丝杠，中径基本尺寸和极限偏差为  $44 \begin{smallmatrix} -0 \\ -0.632 \end{smallmatrix}^{+0.132} \text{mm}$ ，试确定量针直径  $d_D$  和千分尺读数  $M$  值的范围。

23. 车削齿形角  $\alpha = 20^\circ$ ，齿顶圆直径  $d_{a1} = 60\text{mm}$ ，轴向模数  $m_x = 5\text{mm}$ ，线数  $z_1 = 2$  的米制蜗杆，求蜗杆分度圆直径  $d$ 、导程  $p$ 、全齿高  $h$  和齿根槽宽  $e_f$ 。

24. 某卧式车床小滑板丝杠螺距为 4mm，刻度分 100 格，车轴向模数  $m_x = 5\text{mm}$ ，头数  $z_1 = 2$  的米制蜗杆时，如用小滑板分头，小滑板应转过多少格？

25. 用三针测量齿形角  $\alpha = 20^\circ$ ， $m_x = 5\text{mm}$ ，分度圆直径  $d_1 = 60\text{mm}$ ，齿厚  $s_x = 7.85 \begin{smallmatrix} -0.12 \\ -0.23 \end{smallmatrix} \text{mm}$  的轴向直廓蜗杆。确定三针测量值  $M$  的范围。

26. 用三爪自定心卡盘装夹车削偏心距  $e = 2\text{mm}$  的工件。垫入 3mm 厚的垫片进行试切削，试切后检查实测偏心距为 2.04mm，试求垫片的正确厚度。

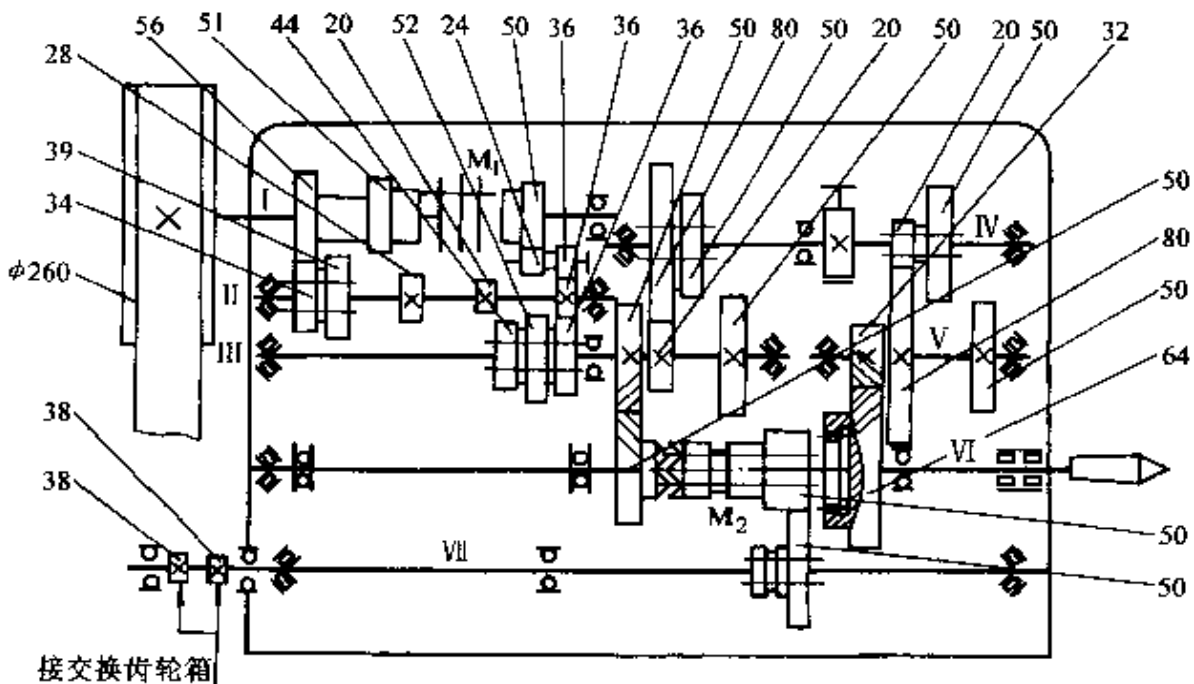


图 6 C620—1 型卧式车床主运动系统

27. 测量  $120^\circ$  等分的六拐曲轴, 如图 5-48 所示, 已知主轴颈直径  $D = 100\text{mm}$ , 曲柄颈直径  $d = 90\text{mm}$ , 偏心距  $e = 96\text{mm}$ , 在 V 形架上主轴颈顶点高度  $M = 200\text{mm}$ , 求垫块高度。若两曲柄颈高度差  $\Delta H = 0.4\text{mm}$ , 求曲柄颈的角度误差。

28. C620—1 型卧式车床主运动系统如图 6 所示。电动机转速  $1450\text{r/min}$ , 带轮直径  $\phi 130\text{mm}$ , 写出主运动传动链结构式, 计算主轴最高转速。

29. C6136A 型卧式车床进给传动系统如图 7 所示, 写出车螺纹时传动链结构式。试确定车  $M36 \times 2$  普通螺纹进给箱手柄位置和交换齿轮齿数。(交换齿轮齿数为 36、44、45、48、70、90、96、120)

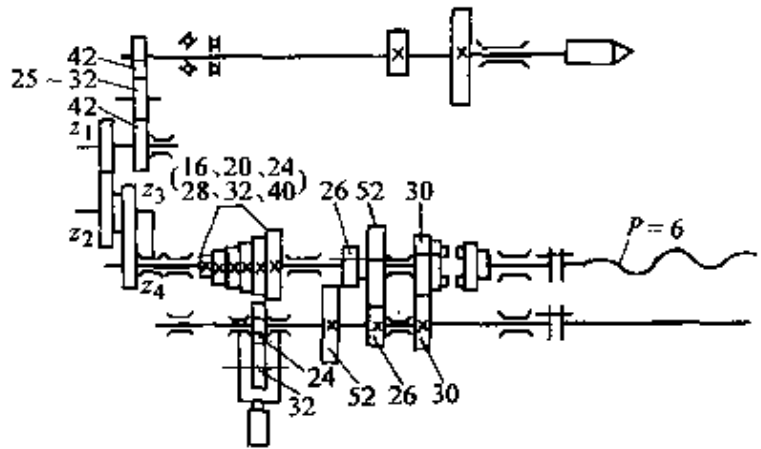


图 7 C6136A 型卧式车床进给传动系统

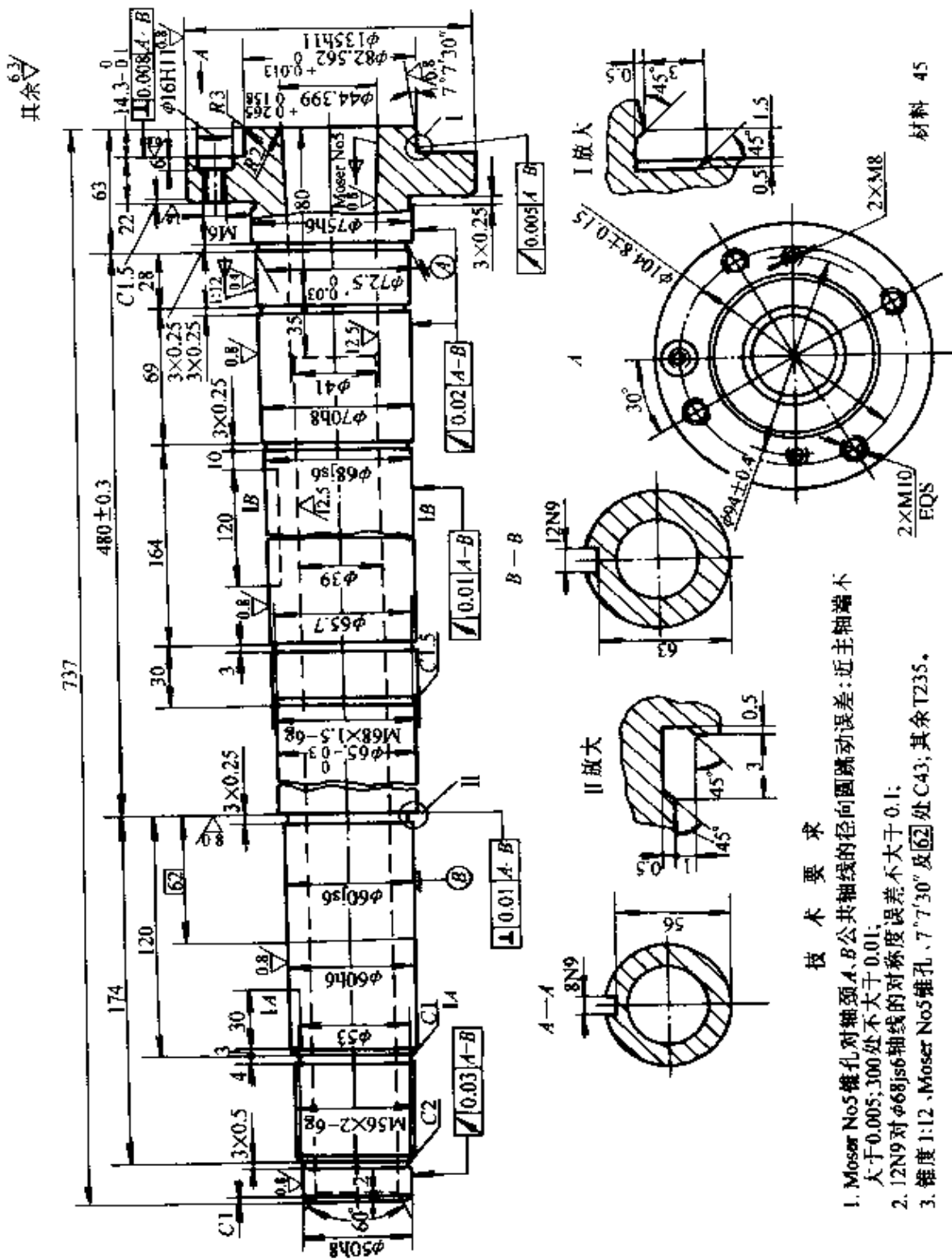
30. 某卧式车床床上最大工件回转直径  $400\text{mm}$ , 最大车削长度为  $1000\text{mm}$ , 溜板每移动  $250\text{mm}$  测量一次, 水平仪精度为  $0.02/1000$ 。水平仪测量结果依次为  $+1.6$ 、 $+1.5$ 、 $-0.5$ 、 $-1.1$ 、 $-1.0$  格, 根据这些读数画出导轨在垂直平面内的直线度误差曲线, 计算导轨全长的直线度误差, 导轨的局部误差。

#### 四、简答题

1. 使用杠杆式卡规和杠杆千分尺时应注意哪些事项?
2. 使用千分表时应注意哪些事项?
3. 使用测微仪时应注意哪些事项?
4. 量块的“等”和“级”有何区别?
5. 使用量块时应注意哪些事项?
6. 使用水平仪时应注意哪些事项?
7. 使用正弦规时应注意哪些事项?
8. 已知  $\kappa_r = 70^\circ$ ,  $\kappa'_r = 10^\circ$ ,  $\gamma_o = 20^\circ$ ,  $\alpha_o = 8^\circ$ ,  $\alpha'_o = 6^\circ$ ,  $\lambda_o = 5^\circ$ ,

主切削刃长度为 15mm，断屑槽宽度为 3mm，断屑槽深度为 0.6mm，高速钢刀体为 16mm × 16mm × 100mm，试按此参数画外圆车刀图，并在图上标注相应的参数值。

9. 写出可转位刀片型号 SNUM150612—V4 的数字和字母的含义。
10. 写出可转位车刀刀柄型号 MSSNR2520L15 的数字和字母的含义。
11. 可转位车刀的使用注意事项有哪些？
12. 影响断屑的主要因素有哪些？
13. 后角的作用是什么？
14. 主偏角的作用是什么？
15. 刃倾角的作用是什么？
16. 如何选择前角？
17. 如何选择刃倾角？
18. 试述粗车时选择切削用量的步骤。
19. 精车时如何合理选择切削用量？
20. 减小表面粗糙度值的方法有哪些？
21. 拟定机械加工工艺规程前应具备哪些原始资料？
22. 拟定机械加工工艺规程大致有哪些步骤？
23. 什么叫粗基准？粗基准应根据哪些原则来选择？
24. 什么叫精基准？精基准应根据哪些原则来选择？
25. 加工顺序安排的原则有哪些？
26. 渗碳件的加工工艺路线一般如何安排？
27. 某车床主轴如图 8 所示，材料为 45 钢。试拟定小批生产机械加工工艺过程。
28. 弹簧夹头如图 9 所示，材料为 60Si2MnA，淬火硬度 45HRC，并发蓝。试拟定小批生产机械加工工艺过程。
29. 影响加工余量的因素有哪些？
30. 什么叫工艺尺寸链？
31. 产生加工误差的原因有哪几个方面？
32. 提高和保证加工精度的措施有哪些？
33. 缩短基本时间的方法有哪些？



技术要求

1. Moser No5锥孔对轴颈A、B公共轴线的径向圆跳动误差:近主轴端不大于0.005;300处不大于0.01;
2. 12N9对φ68js6轴线的对称度误差:不大于0.1;
3. 锥度1:12. Moser No5锥孔、7°7'30"及62°处C43;其余T235.

图8 车床主轴



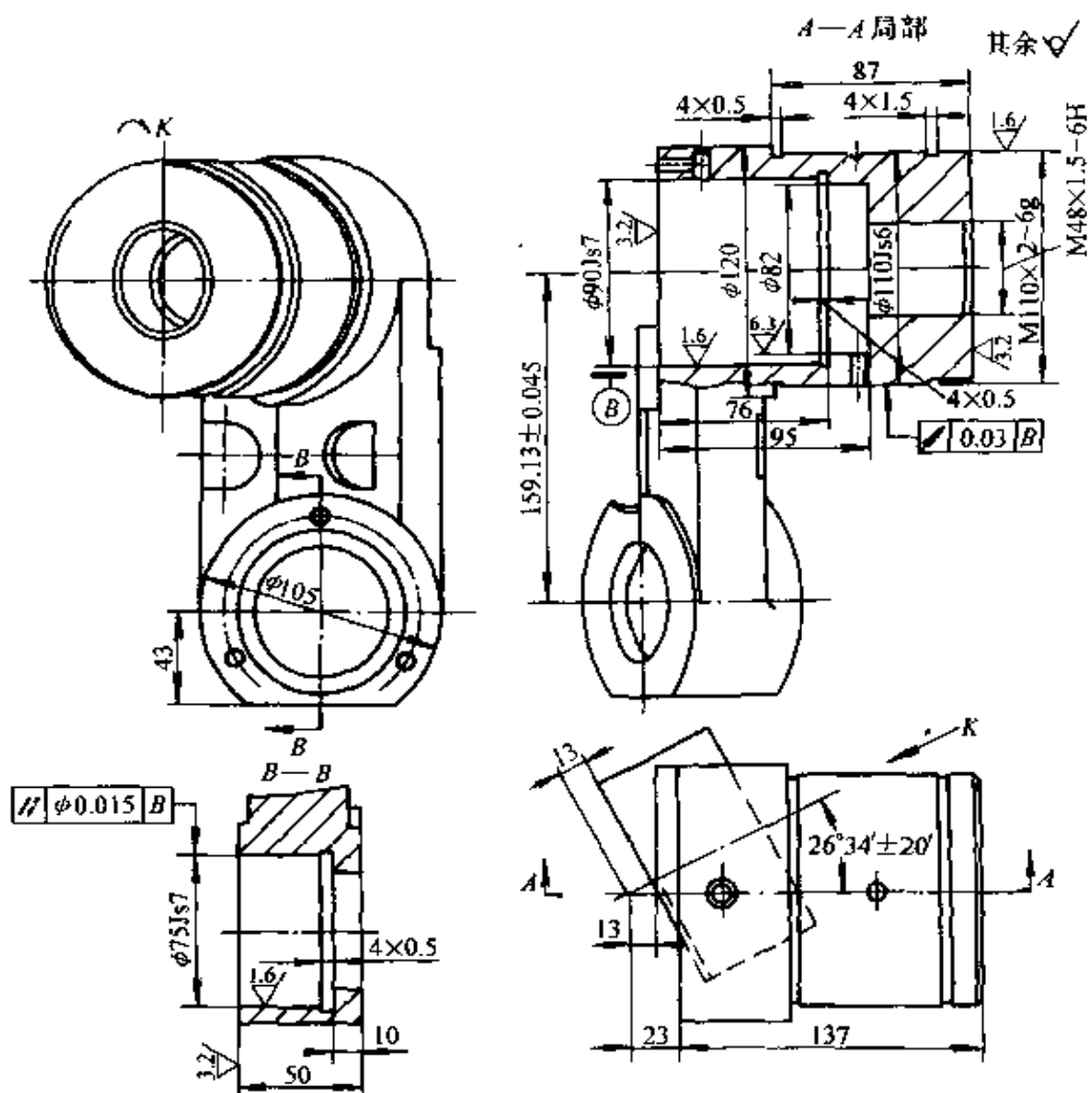


图 10 斜形支架

51. 多头蜗杆的分头方法有哪两类？每一类中有哪些具体方法？
52. 如何用齿厚游标卡尺测量蜗杆的法向齿厚？
53. 偏心工件的车削方法有哪几种？各适用在什么情况下？
54. 多拐曲轴的装夹方法有哪几种？
55. 防止和减少薄壁工件变形的的方法有哪些？
56. 深孔钻削的刀具必须具备哪些条件？
57. 在花盘角铁上加畸形工件时应注意哪些问题？
58. 写出机床型号 CM6140 的含义。
59. 按图 7-2 说明 CA6140 型卧式车床主轴间隙调整方法。
60. 按图 7-6 说明中滑板丝杠螺母间隙调整方法。

61. 怎么样检验卧式车床导轨在垂直平面内的直线度?
62. 怎么样检验卧式车床主轴轴线对溜板移动的平行度?
63. 怎么样检验卧式车床精车外圆的圆度和圆柱度?
64. 精车外圆时圆周表面上出现有规律的波纹, 与卧式车床精度有关的因素有哪些?

65. 卧式车床定心轴颈的径向圆跳动误差对加工质量有哪些影响?

66. 简述数控车床的组成及功能。
67. 简述数控开环、半闭环、闭环系统的区别。
68. 简述数控系统中的插补概念。
69. 简述一次有效 G 代码和模态 G 代码的区别。
70. 简述刀具补偿功能。
71. 简述辅助功能 M00 与 M01 的区别。
72. 简述数控系统的六种工作方式 (针对 FANUC 0 系列)。
73. 什么是数控加工程序中的程序嵌套。
74. 简述数控加工程序的一般编制步骤。
75. 简述删除一个数控加工程序的过程。
76. 简述检索一个数控加工程序的过程。
77. 简述运行一个数控加工程序的过程。
78. 简述数控车床中手动返回参考点的过程。

79. 根据图 11 所示要求编制一个零件加工程序。

80. 根据图 12 所示要求编制一个零件加工程序

81. CAD、CAPP、CAM 的含义是什么?

82. 机电一体化产品主要特征是什么?

83. 机电一体化系统的五大组成要素和五大功能是什么?

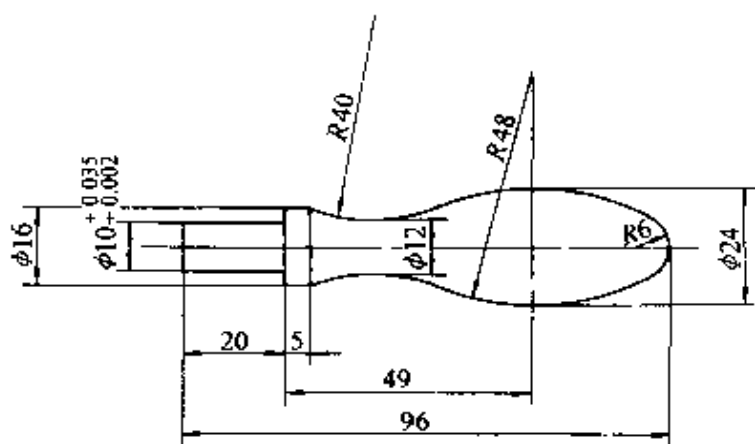


图 11 手柄

# 考核试卷样例

## 第一套试卷

(考试时间：100min 满分：100分)

一、是非题（是画√，非画×，每题1分，共30分）

1. 杠杆卡规是利用杠杆齿轮传动放大原理制成的量具，刻度值有0.002mm和0.005mm两种。 ( )
2. 正弦规只能用于测量外锥体，不能测量内锥体。 ( )
3. 合像水平仪水准器的气泡，通过合像棱镜将气泡两端的半边缘同时成像在瞄准放大镜视场中。 ( )
4. 高速钢车刀不仅用于冲击较大的场合，也常用于高速切削。 ( )
5. 切削纯铜、不锈钢等高塑性材料时，应选用直线圆弧型或直线型断屑槽。 ( )
6. 减小表面粗糙度值采用减小主偏角比减小副偏角的效果更好。 ( )
7. 铜及铜合金的强度和硬度较低，夹紧力不宜过大，防止工件夹紧变形。 ( )
8. 机械加工工艺过程卡片以工序为单位，按加工顺序列出整个零件加工所经过的工艺路线，加工设备和工艺装备及时间定额等。 ( )
9. 精度很高、表面粗糙度值很小的表面，要安排光整加工，提高加工表面尺寸精度和表面质量。 ( )
10. 当工艺基准与设计基准不重合时，需进行尺寸链计算，确定工序尺寸及公差。 ( )
11. 时间定额由辅助时间、布置工作地时间、休息与生理需要时间和准备与终结时间组成。 ( )

12. 在夹具中, 用分布适当的与工件接触的六个支承点来限制六个自由度的原理, 称为六点定位原理。 ( )
13. 工件以外圆在 V 形块上定位时, 基准位移误差与外圆直径公差有关, 与 V 形块的夹角  $\alpha$  无关。 ( )
14. 工件定位后将其固定, 在加工过程中保持位置不变的装置, 称为定位装置。 ( )
15. 车床定位装置必须保证工件被加工表面轴线与车床主轴轴线重合。 ( )
16. 在车削长度与直径比较大的细长轴时, 可采用反向进给切削法。 ( )
17. 用三针测量梯形螺纹时, 必须使量针外圆和螺纹中径处牙侧相切。 ( )
18. 薄壁工件粗车时, 夹紧力要小, 减少夹紧力引起的变形。 ( )
19. 被加工表面的回转轴线与基准面相互垂直, 外形复杂的工件, 可以安装在花盘的角铁上加工。 ( )
20. 在 CA6140 型卧式车床进给传动系统中, 装有多片式摩擦离合器, 保证了快速移动与工作进给不会发生运动干涉。 ( )
21. 多片式摩擦离合器调整时, 先把弹簧销从螺母的缺口中压入螺套, 然后转动紧固螺母, 相对螺套作小量的轴向位移, 即可改变摩擦片的间隙。 ( )
22. 检验卧式车床主轴定心轴颈的径向跳动时, 将指示器固定在溜板上使测头垂直触及定心轴颈。使主轴缓慢旋转, 测取指示器读数的最大差值为主轴定心轴颈的径向跳动误差。 ( )
23. 转塔车床没有丝杠, 因此不能加工有螺纹的零件。 ( )
24. 数控装置是数控车床的控制系统, 它采集和控制着车床所有的运动状态和运动量。 ( )
25. 半闭环数控系统的测量装置一般为光栅、磁尺等。 ( )
26. G92 功能为封闭的螺纹切削循环, 可以加工直线螺纹和锥形螺纹。 ( )
27. Windows 操作系统属于 CAD 应用软件。 ( )

28. 机电一体化是机械技术、微电子技术相互融合的产物。( )
29. PLC 中的所有元件均为软继电器。( )
30. ISO9000 族标准与全面质量管理应该相互兼用, 不应搞代替。( )

二、选择题 (将正确答案的序号填入空格内, 每空 1 分, 共 30 分)

1. 钟面式千分表测杆与被测表面必须 \_\_\_\_\_, 否则会产生测量误差。

- a. 平行                      b. 倾斜                      c. 垂直

2. 扭簧测微仪是利用 \_\_\_\_\_, 而使指针旋转的原理制成的。

- a. 杠杆—齿轮传动放大                      b. 齿轮—齿条传动放大  
c. 金属钮带拉伸

3. 量块按级使用时, \_\_\_\_\_。

- a. 取量块基本尺寸                      b. 用量块检定后的实际尺寸  
c. 取工件极限尺寸

4. 可转位刀片法后角代号 N 表示法后角为 \_\_\_\_\_。

- a.  $0^\circ$                       b.  $7^\circ$                       c.  $15^\circ$

5. 切削用量中, 对断屑影响最大的是 \_\_\_\_\_。

- a. 背吃刀量                      b. 进给量                      c. 切削速度

6. 加工细长轴时, 为减小背向力, 应取 \_\_\_\_\_ 的主偏角。

- a. 较小                      b. 较大                      c. 任意

7. 精加工中, 防止刀具上积屑瘤的形成, 从切削用量的选择上应 \_\_\_\_\_。

- a. 加大背吃刀量                      b. 加大进给量  
c. 尽量使用很低或很高的切削速度

8. 工件上有些表面要加工, 有些表面不需要加工, 选择粗基准时, 应选 \_\_\_\_\_ 为粗基准。

- a. 不加工表面                      b. 要加工的表面  
c. 重要表面

9. 碳的质量分数低于 0.3% 的低碳钢和低碳合金钢, 为避免硬度过低切削时粘刀, 要采用 \_\_\_\_\_ 热处理。

- a. 63:75      b. 64:97      c. 63:97

22. 卧式车床测量主轴和尾座两顶尖的等高度时，尾座顶尖\_\_\_\_\_主轴顶尖。

- a. 高于      b. 低于      c. 高于或低于都可以

23. 溜板纵向进给小齿轮与齿条啮合不良，精车外圆时圆周表面\_\_\_\_\_的波纹。

- a. 有混乱      b. 有规律      c. 轴向上有规律

24. TND360 型数控车床的回转刀架具有\_\_\_\_\_工位。

- a. 四个      b. 八个      c. 十个

25. 在 G 功能代码中，\_\_\_\_\_是一次有效 G 代码。

- a. G00      b. G04      c. G90

26. 在辅助功能指令中，\_\_\_\_\_是无条件程序暂停指令。

- a. M00      b. M01      c. M02

27. AutoCADR 14、UG 是\_\_\_\_\_。

- a. 绘图软件      b. 支撑软件      c. CAD 应用软件

28. 机电一体化产品中，以物料搬运、加工为主，输入物质、能量和信息，经过加工处理，主要输出改变了位置和形态的物质的产品，称为\_\_\_\_\_。

- a. 动力机      b. 信息机      c. 加工机

29. PLC 可靠性高，它的平均无故障工作时间高达\_\_\_\_\_小时，甚至更高。

- a. 5~10 万      b. 50~100 万      c. 500~1000 万

30. ISO9000 族标准中\_\_\_\_\_是指导性标准。

- a. ISO9000—1      b. ISO9001      c. ISO9004—1

### 三、计算题（每题 5 分，共 15 分）

1. 某箱体孔设计要求为  $\phi 180K6$ ，在成批生产中的加工顺序为粗车→半精车→精车→浮动车刀块。试查阅有关表格，计算各加工工序尺寸及偏差。

2. 车削图 3 所示衬套，如用  $\phi 36_{-0.02}^0$  mm 圆柱心轴定位，求定位误差是多少？该心轴能否保证工件的加工精度？

3. 某卧式车床床身上最大工件回转直径 400mm，最大车削长度

为 1000mm，溜板每移动 250mm 测量一次，水平仪精度为 0.02/1000。水平仪测量结果依次为 +1.6、+1.5、-0.5、-1.1、-1.0 格，根据这些读数画出导轨在垂直平面内的直线度误差曲线，计算导轨全长的直线度误差，导轨的局部误差。

#### 四、简答题（每题 5 分，共 25 分）

1. 写出可转位刀片型号 SNUM150612—V4 的数字和字母的含义。
2. 车床夹具的主要技术要求一般包括哪几个方面？
3. 防止和减少薄壁工件变形的的方法有哪些？
4. 按图 7-6 说明中滑板丝杠螺母间隙调整方法。
5. 简述刀具补偿功能。

## 第二套试卷

（考试时间：100min 满分 100 分）

### 一、是非题（是画√，非画×，每题 1 分，共 30 分）

1. 杠杆千分表的球面测杆向左或向右摆动时，扇形齿轮总是绕逆时针方向转动。 ( )
2. 扭簧比较仪结构简单，放大倍数大，放大机构中没有摩擦和间隙，灵敏度高。 ( )
3. 框式水平仪的水准器是一个有一定曲率半径的密封玻璃管，表面有刻线，内装乙醚，并留有一个水准泡，水准泡总是停留在玻璃管内的最低处。 ( )
4. 切削含钛的不锈钢应选用钨钛钴类硬质合金。 ( )
5. 断屑槽斜角有外斜式，平行式和内斜式三种。 ( )
6. 铜及铜合金精车时，切削余量小，不需采取措施，防止工件热胀冷缩。 ( )
7. 切削铜合金使用含硫的切削液。 ( )
8. 确定毛坯要从机械加工考虑最佳效果，不需考虑毛坯制造的因素。 ( )
9. 划分加工阶段能保证加工质量，有利于合理使用设备，便于安排热处理工序，便于及时发现毛坯缺陷，保护高精度表面少受磕碰

- 损坏。 ( )
10. 尺寸链中, 间接保证尺寸的环, 称为封闭环。 ( )
11. 直接改变生产对象的尺寸、形状、相对位置、表面状态或材料性质等工艺过程所消耗的时间称为基本时间。 ( )
12. 欠定位既能简化夹具结构, 又能保证加工质量。 ( )
13. 用半圆套定位时, 下半圆套定位, 上半圆套夹紧, 稳固性比V形块好。 ( )
14. 对夹紧装置的基本要求有: 夹紧力适当, 工艺性好和使用性好。 ( )
15. 车床夹具的回转轴线与车床主轴轴线要有尽可能高的同轴度。 ( )
16. 使用弹性回转顶尖, 可有效地补偿工件热变形伸长, 工件不易弯曲。 ( )
17. 用齿厚游标卡尺测量精度要求较低的蜗杆法向齿厚时, 把齿高卡尺读数调整到齿顶高尺寸, 法向卡入齿廓, 齿厚卡尺的读数为蜗杆分度圆直径的法向齿厚。 ( )
18. 为了减少工件变形, 薄壁工件不能用轴向夹紧的方法。 ( )
19. 喷吸钻少部分切削液由头部小孔进入切削区, 大部分切削液通过月牙形喷嘴向后高速喷射, 内套管前后形成很大的压力差, 使切屑顺利地由内套管排出。 ( )
20. 制动器的作用是使车削时能及时停止进给运动。 ( )
21. 闸带式制动器调整后要求: 停车时, 主轴能迅速制动, 开车时, 制动带完全松开。 ( )
22. 用方框水平仪检验卧式车床导轨在垂直平面内的直线度时, 水平仪应横放在导轨上, 自左至右分段测量, 记录每一位置水平仪的读数, 作误差曲线, 计算导轨在垂直平面内全长误差和局部误差。 ( )
23. 检验卧式车床精车外圆的圆度和圆柱度时, 取直径 $\geq D_0/8$ 的易切钢或铸铁试件 ( $D_0$ 为床身上最大回转直径), 用卡盘夹持, 在机床达到稳定温度的条件下, 用单刃刀具车削三段直径, 检验试件的圆度和圆柱度即为精车外圆的圆度和圆柱度。 ( )



24. 数控车床的零件加工程序可通过输入设备存储于数控装置内的存储器。 ( )
25. G94 功能为封闭的端面切削循环, 可以加工端面和带锥度的端面。 ( )
26. 全闭环数控系统的测量装置一般为光电脉冲编码器。 ( )
27. 绘图软件 CAG 是 CAD 应用软件。 ( )
28. 在机电一体化系统中, 自动控制技术指挥整个系统的运行。 ( )
29. PLC 是现代能替代传统的 J—C 控制的最佳工业控制器。 ( )
30. 我国新修订的 GB/T19000 系列国家标准完全等同于国际 1994 年版的 ISO9000 族标准。 ( )

二、选择题 (将正确答案的序号填入空格内, 每空 1 分, 共 30 分)

- 杠杆卡规是利用\_\_\_\_\_放大原理制成的量具。
  - 杠杆—齿轮传动
  - 齿轮—齿条传动
  - 金属钮带拉伸
- 量块按等使用时, \_\_\_\_\_。
  - 取量块基本尺寸
  - 用量块检定后的实际尺寸
  - 取工件基本尺寸
- 被测工件圆锥角越小, 正弦规测量精度\_\_\_\_\_。
  - 越低
  - 相等
  - 越高
- 可转位刀片型号的第四号位 M 表示\_\_\_\_\_。
  - 有圆形固定孔, 无断屑槽
  - 有圆形固定孔, 单面有断屑槽
  - 有圆形固定孔, 双面有断屑槽
- 切削用量中, 对切削力影响最大的是\_\_\_\_\_。
  - 背吃刀量
  - 进给量
  - 切削速度
- 修光刃可降低表面粗糙度值, 修光刃长度为\_\_\_\_\_。
  - $(0.5 \sim 0.8)f$
  - $(1.2 \sim 1.5)f$
  - $(2 \sim 3)f$
- 精车时的切削用量, 一般是以\_\_\_\_\_为主。
  - 提高生产率
  - 降低切削功率
  - 保证加工质量
- 一般轴类工件, 在车、铣、磨等工序中, 始终用中心孔作精

基准,符合\_\_\_\_\_的原则。

- a. 基准重合      b. 基准统一      c. 基准转换

9. 为提高材料硬度、强度和耐磨性,可进行\_\_\_\_\_热处理。

- a. 正火              b. 调质              c. 淬火

10. 加工时,采用了近似的加工运动或近似刀具的轮廓产生的误差称为\_\_\_\_\_。

- a. 加工原理误差      b. 车床几何误差      c. 刀具误差

11. 机械工业成组技术零件分类编码系统(JLBM—1系统)中回转类零件外部形状及加工码(第3、第4码位)“24”表示\_\_\_\_\_。

- a. 单向台阶,无功能要素      b. 光滑,有螺纹  
c. 双向台阶,有锥面

12. 工件以两孔一面定位时,限制\_\_\_\_\_自由度。

- a. 四个              b. 五个              c. 六个

13. 工件的定位基准与设计基准重合,就可避免\_\_\_\_\_产生。

- a. 基准位移误差      b. 基准不重合误差      c. 加工误差

14. 螺旋压板夹紧装置常用的三种典型结构夹紧力最大的是\_\_\_\_\_。

- a. 中间夹紧式      b. 旁边夹紧式      c. 铰链压板夹紧式

15. 组合夹具特别适用于\_\_\_\_\_。

- a. 新产品试制和多品种小批量生产      b. 单一品种的成批生产  
c. 大量生产

16. 用圆锥塞规检验内锥孔时,工件端面位于圆锥塞规两刻线之间,说明锥孔大端(或小端)直径\_\_\_\_\_。

- a. 车小了              b. 正确              c. 车大了

17. 精车轴向直廓蜗杆,装刀时车刀左右切削刃组成的平面应与\_\_\_\_\_。

- a. 齿面垂直      b. 齿面平行      c. 工件轴心线重合

18. 在两顶尖间测量偏心距时,百分表指示出的\_\_\_\_\_就等于偏心距。

- a. 最大值和最小值之差的一半      b. 最大值和最小值之差  
c. 最大值和最小值之差的两倍

19. 被加工表面回转轴线与基准面互相垂直, 外形复杂的工件, 可装夹在\_\_\_\_\_上车削。

- a. 三爪自定心卡盘      b. 花盘      c. 花盘的角铁

20. CA6140 型卧式车床型号中的 A 表示\_\_\_\_\_。

- a. 通用特性代号      b. 结构特性代号      c. 重大改进顺序号

21. 在 CA6140 型卧式车床上车削米制蜗杆时, 交换齿轮传动比是\_\_\_\_\_。

- a. 63:75      b. 64:97      c. 63:97

22. 主轴上传动齿轮啮合不良, 精车外圆时圆周表面\_\_\_\_\_的波纹。

- a. 有混乱      b. 有规律      c. 轴向上有规律

23. 在回轮车床上, 回轮刀架可绕其轴线缓慢旋转, 从而实现\_\_\_\_\_进给运动。

- a. 横向      b. 纵向      c. 合成

24. 数控车床又称\_\_\_\_\_车床, 就是用电子计算机数字化指令控制车床各运动部件的动作, 从而实现车床加工过程的自动化。

- a. CNC      b. CPU      c. RAM

25. 在 G 功能代码中, \_\_\_\_\_是直线插补。

- a. G02      b. G00      c. G01

26. 在辅助功能指令中, \_\_\_\_\_表示主轴正转指令。

- a. M03      b. M04      c. M05

27. AutoCADR14 具有\_\_\_\_\_功能。

- a. 工程计算      b. 绘图造型      c. 自动编程

28. \_\_\_\_\_是机电一体化的基础。

- a. 计算机与信息处理技术      b. 机械技术      c. 系统技术

29. 某系统的 I/O 点数为 32 点, 则选 PLC 机的容量为\_\_\_\_\_。

- a. 2K      b. 4K      c. 8K

30. ISO9000 族标准中\_\_\_\_\_是基础性标准。

- a. ISO9000—1      b. ISO9001      c. ISO9004—1

### 三、计算题（每题 5 分，共 15 分）

1. 试计算图 1 所示尺寸的大小及公差，以保证在车削中不便测量的尺寸  $18_{-0.20}^0 \text{mm}$  的要求。

2. 工件外圆  $\phi 100_{-0.035}^0 \text{mm}$  在  $90^\circ \text{V}$  形块上定位，加工内孔  $\phi 40_{+0.025}^0 \text{mm}$ ，如图 4 所示，要求偏心距  $4\text{mm} \pm 0.03\text{mm}$ ，问该定位方法能否满足加工要求？

3. 在 CA6140 型卧式车床上，车削毛坯尺寸为  $\phi 60\text{mm} \times 300\text{mm}$  的调质 45 钢，要求车削后达到  $\phi 52\text{h}11$ ， $R_a 3.2\mu\text{m}$ ，试选择粗车时的切削用量。

### 四、简答题（每题 5 分，共 25 分）

1. 写出可转位车刀刀柄型号 MSSNR2520L15 的数字和字母的含义。

2. 提高和保证加工精度的措施有哪些？

3. 两孔一面定位为什么要用一个圆柱销和一个菱形销？

4. 怎么样检验卧式车床主轴轴线对溜板移动的平行度？

5. 简述数控系统的六种工作方式（针对 FANUC 0 系列）。

## 第三套试卷

（考试时间：100min 满分：100 分）

### 一、是非题（是画√，非画×，每题 1 分，共 30 分）

1. 杠杆卡规测量工件直径时，应以指针的转折点读数为正确测量值。（ ）

2. 正弦规的测量精度与被测工件圆锥角和正弦规中心距有关，即被测工件圆锥角越大，正弦规中心距越小，测量精度越高。（ ）

3. 框式水平仪测量时，应由气泡的两端读数，再取平均值作为结果。（ ）

4. 钨钛钽钴类硬质合金 YW1 用于半精加工和粗加工。（ ）

5. 工件材料的强度大，硬度高，塑性大，热导率大，切削温度高。（ ）

6. 硬质合金刀具一般不用切削液。（ ）

7. 车镁合金时，不能加切削液，只能用压缩空气冷却。（ ）

25. 当编程时, 如果起点与目标点有一个坐标值没有变化时, 此坐标值可以省略。 ( )

26. G96 功能为主轴恒线速控制, G97 功能为主轴恒转速控制。 ( )

27. CAM 的含义是计算机辅助设计和加工。 ( )

28. 机电一体化产品中, 以能量转换为主, 输入能量和信息, 输出不同形式能量 (或物质) 的产品, 称为动力机。 ( )

29. PLC 内部元素的触点和线圈的连接是由程序来实现的。 ( )

30. ISO14000 系列标准是发展的趋势, 将代替 ISO9000 族标准。 ( )

二、选择题 (将正确答案的序号填入空格内, 每空 1 分, 共 30 分)

1. 杠杆千分表的测杆轴线与被测工作表面的夹角越大, 测量误差\_\_\_\_\_。

a. 越小                      b. 不变                      c. 越大

2. 使用测微仪测量时, 应尽量使用刻度的\_\_\_\_\_部分

a. 左边                      b. 中央                      c. 右边

3. 选取量块时, 应根据所需组合的尺寸, 从\_\_\_\_\_数字开始选取。

a. 最前一位                      b. 小数点前一位                      c. 最后一

4. 精密级车刀刀柄的测量基准 B 表示\_\_\_\_\_。

a. 外侧面和后端面                      b. 内侧面和后端面

c. 内、外侧面和后端面

5. 切削用量中, 对刀具磨损影响最大的是\_\_\_\_\_。

a. 背吃刀量                      b. 进给量                      c. 切削速度

6. 微量切削的精加工刀具, 刃倾角可取\_\_\_\_\_。

a.  $-5^{\circ} \sim 0^{\circ}$                       b.  $0^{\circ} \sim 5^{\circ}$                       c.  $45^{\circ} \sim 75^{\circ}$

7. 切削塑性金属时, 产生积屑瘤的切削速度大致在\_\_\_\_\_范围内。

a. 低速                      b. 中速                      c. 高速

8. 外圆形状简单, 内孔形状复杂的工件, 应选择\_\_\_\_\_作定

位基准。

- a. 外圆                      b. 内孔                      c. 外圆或内孔都可以

9. 调质一般安排在\_\_\_\_\_进行。

- a. 粗加工之后, 半精加工之前    b. 半精加工之后, 精加工之前  
c. 精加工之后

10. 在高精度丝杠车床上采用丝杠螺距误差校正装置是采用\_\_\_\_\_提高加工精度。

- a. 直接减少误差法    b. 误差补偿法              c. 误差转移法

11. 机械工业成组技术零件分类编码系统 (JLBM—1 系统) 中热处理码 (第 12 码位) “3” 表示\_\_\_\_\_。

- a. 无热处理                  b. 调质                      c. 淬火

12. 定位元件中, V 形块是\_\_\_\_\_定位元件。

- a. 对中定心                  b. 保证垂直                  c. 保证水平

13. 菱形销限制\_\_\_\_\_自由度。

- a. 一个                      b. 二个                      c. 四个

14. 弹簧夹头和弹簧心轴是车床上常用的典型夹具, 它能\_\_\_\_\_。

- a. 定心                      b. 夹紧                      c. 定心又能夹紧

15. 槽系组合夹具元件中的定位支承属于\_\_\_\_\_。

- a. 支承件                      b. 定位件                      c. 合件

16. 车削外锥体时, 若车刀刀尖没有对准工件中心, 圆锥素线为\_\_\_\_\_。

- a. 直线                      b. 凸状双曲线              c. 凹状双曲线

17. 精车法向直廓蜗杆, 装刀时车刀左右切削刃组成的平面应与齿面\_\_\_\_\_。

- a. 垂直                      b. 平行                      c. 倾斜

18. 偏心距较大或无中心孔的偏心工件, 可在\_\_\_\_\_测量偏心距。

- a. 两顶尖间                  b. V 形架上                  c. 圆柱心轴上

19. 加工  $\phi 3 \sim \phi 20\text{mm}$  的深孔时, 一般采用\_\_\_\_\_。

- a. 枪孔钻                      b. 喷吸钻                      c. 套料刀

20. 机床型号 C6136A 中的 A 表示\_\_\_\_\_。

- a. 通用特性代号      b. 结构特性代号      c. 重大改进顺序号

21. 在 CA6140 型卧式车床上车非标准螺纹和精密螺纹时, 应将\_\_\_\_\_结合。

- a. M5                      b. M3、M5                      c. M3、M4、M5

22. 溜板移动在水平面内的直线度超差时, 车出的工件会产生\_\_\_\_\_超差。

- a. 圆度                      b. 锥度                      c. 平面度

23. 主轴轴向窜动超差, 精车外圆时圆周表面\_\_\_\_\_的波纹。

- a. 有混乱                      b. 有规律                      c. 轴向上有规律

24. 数控车床的标准坐标系为\_\_\_\_\_。

- a. 机床坐标系              b. 工件坐标系              c. 右手直角笛卡尔坐标系

尔坐标系

25. 在 G 功能代码中, \_\_\_\_\_是顺时针圆弧插补。

- a. G02                      b. G03                      c. G30

26. 在 TND360 型数控车床辅助功能指令中, \_\_\_\_\_表示高压切削液开指令。

- a. M07                      b. M08                      c. M09

27. CAD 的应用软件是在\_\_\_\_\_下开发的。

- a. 操作系统                      b. 支撑环境                      c. 管理系统

28. \_\_\_\_\_是机电一体化与传统的工业自动化最主要的区别之一。

- a. 系统控制智能化              b. 操作性能柔性化

c. 整体结构最佳化

29. 一般小型 PLC 机的指令有\_\_\_\_\_左右。

- a. 8 条                      b. 16 条                      c. 32 条

30. 选择与应用 ISO9000 族标准最重要的原则是\_\_\_\_\_。

- a. 适应性原则                      b. 目标性原则                      c. 整体优化原则

### 三、计算题 (每题 5 分, 共 15 分)

1. 图 2 所示支架, 车孔前, 表面 A、B、C 已加工。车孔时以 A 面为定位基准, 试确定尺寸  $L_3$  及公差。

2. 在角铁夹具上加工活塞销孔, 如图 5 所示。角铁夹具装配后定位销孔中心与车床回转中心偏差  $0.005\text{mm}$ , 活塞裙部内孔与夹具定位销配合为  $\phi 60\text{H}6/\text{g}6$ 。要求加工后活塞销孔中心相对活塞中心的对称度不大于  $0.2\text{mm}$ , 试计算定位误差。

3. 测量  $120^\circ$  等分的六拐曲轴, 如图 5-48 所示, 已知主轴颈直径  $D = 100\text{mm}$ , 曲柄颈直径  $d = 90\text{mm}$ , 偏心距  $e = 96\text{mm}$ , 在 V 形架上主轴颈顶点高度  $M = 200\text{mm}$ , 求垫块高度。若两曲柄颈高度差  $\Delta H = 0.4\text{mm}$ , 求曲柄颈的角度误差。

#### 四、简答题 (每题 5 分, 共 25 分)

1. 减小表面粗糙度值的方法有哪些?
2. 写出 JLB1—1 系统编码 021031101260513 各数字所表示的内容。
3. 拟定精密丝杠机械加工工艺过程应采取哪些措施?
4. 卧式车床定心轴颈的径向圆跳动误差对加工质量有哪些影响?
5. 简述数控加工程序的一般编制步骤。

## 答案部分

### 一、是非题

- |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. ✓  | 2. ✗  | 3. ✓  | 4. ✗  | 5. ✗  |
| 6. ✗  | 7. ✓  | 8. ✓  | 9. ✓  | 10. ✗ |
| 11. ✗ | 12. ✗ | 13. ✗ | 14. ✓ | 15. ✓ |
| 16. ✗ | 17. ✓ | 18. ✓ | 19. ✓ | 20. ✗ |
| 21. ✗ | 22. ✓ | 23. ✗ | 24. ✓ | 25. ✗ |
| 26. ✓ | 27. ✗ | 28. ✓ | 29. ✓ | 30. ✓ |
| 31. ✗ | 32. ✗ | 33. ✓ | 34. ✓ | 35. ✗ |
| 36. ✗ | 37. ✓ | 38. ✓ | 39. ✗ | 40. ✗ |
| 41. ✓ | 42. ✓ | 43. ✓ | 44. ✓ | 45. ✗ |
| 46. ✓ | 47. ✗ | 48. ✗ | 49. ✗ | 50. ✓ |
| 51. ✗ | 52. ✓ | 53. ✗ | 54. ✓ | 55. ✓ |



56. ✕	57. ✕	58. ✓	59. ✕	60. ✕
61. ✓	62. ✓	63. ✓	64. ✕	65. ✕
66. ✕	67. ✓	68. ✕	69. ✕	70. ✕
71. ✕	72. ✓	73. ✓	74. ✕	75. ✓
76. ✕	77. ✓	78. ✕	79. ✕	80. ✕
81. ✓	82. ✓	83. ✕	84. ✓	85. ✕
86. ✓	87. ✓	88. ✕	89. ✕	90. ✓
91. ✓	92. ✕	93. ✕	94. ✓	95. ✓
96. ✕	97. ✓	98. ✓	99. ✓	100. ✕
101. ✕	102. ✕	103. ✓	104. ✕	105. ✕
106. ✕	107. ✓	108. ✕	109. ✕	110. ✓
111. ✓	112. ✕	113. ✓	114. ✕	115. ✕
116. ✓	117. ✓	118. ✓	119. ✕	120. ✕
121. ✕	122. ✓	123. ✓	124. ✕	125. ✓
126. ✕	127. ✓	128. ✕	129. ✓	130. ✓
131. ✓	132. ✓	133. ✓	134. ✕	135. ✓
136. ✓	137. ✓	138. ✕	139. ✕	140. ✕
141. ✕	142. ✓	143. ✕	144. ✕	145. ✓
146. ✓	147. ✕	148. ✕	149. ✕	150. ✓
151. ✕	152. ✓	153. ✓	154. ✕	155. ✓
156. ✕	157. ✕	158. ✕	159. ✓	160. ✓
161. ✕	162. ✓	163. ✓	164. ✓	165. ✓
166. ✓	167. ✕	168. ✓	169. ✕	170. ✕
171. ✕	172. ✕	173. ✕	174. ✕	175. ✓
176. ✓	177. ✕	178. ✓	179. ✕	180. ✓
181. ✕	182. ✕	183. ✓	184. ✓	185. ✓
186. ✕	187. ✓	188. ✕	189. ✕	190. ✕
191. ✕	192. ✓	193. ✓	194. ✕	195. ✓
196. ✓	197. ✕	198. ✕	199. ✓	200. ✕
201. ✕	202. ✓	203. ✓	204. ✕	205. ✕
206. ✓	207. ✓	208. ✕	209. ✕	210. ✓

141. c	142. c	143. c	144. b	145. b
146. a	147. a	148. b	149. a	150. b
151. c	152. c	153. c	154. a	155. b
156. a	157. a	158. c	159. b	160. c
161. c	162. c	163. b	164. c	165. c
166. b	167. a	168. a	169. c	170. c
171. c	172. c	173. b	174. c	175. a
176. b	177. b	178. a	179. a	180. a
181. b	182. c	183. a	184. b	185. b
186. a	187. c	188. a	189. b	190. c
191. b	192. c	193. c	194. b	195. a
196. b	197. a	198. a	199. c	200. b
201. b	202. b	203. c	204. b	205. b
206. a	207. b	208. c	209. c	210. b
211. c	212. c	213. b	214. b	215. a
216. a	217. b	218. c	219. c	220. a
221. b	222. b	223. c	224. c	225. b
226. b	227. c	228. c	229. b	230. a
231. a	232. a	233. a	234. a	235. a
236. a	237. a	238. b	239. b	240. a
241. b	242. c	243. c	244. a	245. b
246. c	247. b	248. c	249. a	250. a
251. a	252. a	253. b	254. a	255. c
256. a	257. a	258. b	259. a	260. b
261. a	262. a	263. c	264. b	265. c
266. a	267. b	268. a	269. a	270. c
271. b	272. a	273. c	274. a	275. b
276. b	277. c	278. c	279. c	280. a
281. b	282. a	283. b	284. c	285. a
286. b	287. c	288. b	289. c	290. a
291. a	292. b	293. c	294. b	295. a

296. c	297. b	298. b	299. c	300. c
301. c	302. b	303. b	304. a	305. b
306. c	307. a	308. b	309. a	310. a
311. b	312. a	313. b	314. b	315. c
316. c	317. b	318. a	319. b	320. c
321. b	322. a	323. b	324. b	325. a
326. a	327. a	328. c	329. b	330. c
331. a	332. c	333. b	334. b	335. a
336. a	337. c	338. c	339. c	340. c

### 三、计算题

1. 解  $a = b \cos \alpha = 0.036\text{mm} \times \cos 30^\circ = 0.031\text{mm}$

答 正确测量值为 0.031mm。

2. 解

$$\begin{array}{r} 86.352\text{mm} \\ -) 1.002\text{mm} \\ \hline 85.35 \text{ mm} \end{array} \quad (\text{第一块})$$

$$\begin{array}{r} -) 1.35 \text{ mm} \\ \hline 84 \text{ mm} \end{array} \quad (\text{第二块})$$

$$\begin{array}{r} -) 4 \text{ mm} \\ \hline 80 \text{ mm} \end{array} \quad (\text{第三块})$$

$$\begin{array}{r} -) 80 \text{ mm} \\ \hline 0 \end{array} \quad (\text{第四块})$$

答 选择量块组为 1.002mm, 1.35mm, 4mm, 80mm, 共四块。

3. 解 米制圆锥的圆锥角  $\alpha = 2^\circ 51' 51''$ 。

$$H = L \sin \alpha = 200\text{mm} \times \sin 2^\circ 51' 51'' = 9.994\text{mm}$$

答 量块组高度为 9.994mm。

4. 解 莫氏 4 号圆锥的锥度  $C = 1:19.254$ , 圆锥角  $\alpha = 2^\circ 58' 31''$ 。

$$H = L \sin \alpha = 200\text{mm} \times \sin 2^\circ 58' 31'' = 10.380\text{mm}$$

$$\Delta C = \frac{n}{l} = \frac{0.02\text{mm}}{100\text{mm}} = \frac{1}{5000}$$

$$\Delta \alpha = 2 \times 10^5 \Delta C = 2 \times 10^5 \times \frac{1}{5000} = 40''$$

答 量块组高度为 10.380mm, 圆锥角误差为 40'。

5. 解 刻度值为 0.02/1000 水平仪的水准泡移动 1 格的距离为 2mm。

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{0.04 \text{mm}}{1000 \text{mm}} = 0.00004$$

$$\theta = 8'$$

$$a = \frac{2\pi R\theta}{360 \times 60 \times 60} = \frac{2 \times 3.14 \times 103132 \text{mm} \times 8}{360 \times 60 \times 60} = 4 \text{mm}$$

$$n = \frac{4 \text{mm}}{2 \text{mm}} = 2 \text{格}$$

答 水准泡移动 2 格。

$$6. \text{ 解 } a_p = \frac{d_w - d_m}{2} = \frac{60 \text{mm} - 52 \text{mm}}{2} = 4 \text{mm}$$

$$n = \frac{318 v_c}{d} = \frac{318 \times 80 \text{m/min}}{60 \text{mm}} = 424 \text{r/min}$$

答 背吃刀量为 4mm, 主轴转速为 424r/min。

$$7. \text{ 解 } a_p = \frac{d_w - d_m}{2} = \frac{160 \text{mm} - 150 \text{mm}}{2} = 5 \text{mm}$$

$$F_c \approx 1000 a_p f = 1000 \times 5 \text{mm} \times 0.4 \text{mm/min} = 2000 \text{N}$$

$$v_c = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3.14 \times 160 \text{mm} \times 205 \text{r/min}}{1000} = 102.99 \text{m/min}$$

$$P_m = \frac{F_c v_c}{60 \times 1000} = \frac{2000 \text{N} \times 102.99 \text{m/min}}{60 \times 1000} = 3.43 \text{kW}$$

答 主切削力为 2000N, 切削功率为 3.43kW。

8. 解 背吃刀量

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2} = \frac{60 \text{mm} - 52 \text{mm}}{2} = 4 \text{mm}$$

进给量 查表 2-5 得  $f = 0.5 \sim 0.7 \text{mm/r}$ , 根据车床铭牌确定  $f = 0.61 \text{mm/r}$ 。

切削速度 查表 2-8, 初定切削速度  $v_c = 65 \text{m/min}$

$$n = \frac{318 v_c}{d} = \frac{318 \times 65 \text{m/min}}{60 \text{mm}} = 344.5 \text{r/min}$$

根据车床铭牌确定  $n = 320 \text{r/min}$

$$v_c = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3.14 \times 60 \text{mm} \times 320 \text{r/min}}{1000} = 60.29 \text{m/min}$$

校验车床功率

$$F_c = 2000 a_p f = 2000 \times 4 \text{mm} \times 0.61 \text{mm/r} = 4880 \text{N}$$

$$P_m = \frac{F_c v_c}{60 \times 1000} = \frac{2000 \text{N} \times 102.99 \text{m/min}}{60 \times 1000} = 4.9 \text{kW}$$

$$P_E \eta = 7.5 \text{kW} \times 0.8 = 6 \text{kW}$$

因为  $P_m \leq P_E \eta$ , 所以确定的背吃刀量、进给量、切削速度可用。

答 确定的背吃刀量为  $4 \text{mm}$ , 进给量为  $0.61 \text{mm/r}$ , 切削速度为  $60.29 \text{m/min}$ 。

9. 解 查表 4-6, 各工序经济精度: 浮动车刀块 IT6, 精车 IT7, 半精车 IT9, 粗车 IT11, 毛坯 IT16。

各工序加工余量: 浮动车刀块余量  $0.2 \text{mm}$ , 精车余量  $0.6 \text{mm}$ , 半精车余量  $3.2 \text{mm}$ , 粗车余量  $6 \text{mm}$ , 毛坯余量  $10 \text{mm}$ 。

计算各工序尺寸及偏差。计算结果见表 1。

表 1 箱体孔工序尺寸及偏差 (单位: mm)

工序名称	工序余量	经济精度	工序基本尺寸	工序尺寸及偏差
浮动车刀块	0.2	IT6	180	$180 \pm \begin{matrix} 0.004 \\ 0.001 \end{matrix}$
精车	0.6	IT7	$180 + 0.2 = 179.8$	$179.8 \begin{matrix} +0.04 \\ 0 \end{matrix}$
半精车	3.2	IT9	$179.8 - 0.6 = 179.2$	$179.2 \begin{matrix} +0.1 \\ 0 \end{matrix}$
粗车	6	IT11	$179.2 - 3.2 = 176$	$176 \begin{matrix} +0.25 \\ 0 \end{matrix}$
毛坯	10	IT16	$176 - 6 = 170$	$170 \begin{matrix} + \\ -1.5 \end{matrix}$

答 粗车工序尺寸为  $176 \begin{matrix} +0.25 \\ 0 \end{matrix} \text{mm}$ , 半精车工序尺寸为  $179.2 \begin{matrix} +0.1 \\ 0 \end{matrix} \text{mm}$ , 精车工序尺寸为  $179.8 \begin{matrix} +0.04 \\ 0 \end{matrix} \text{mm}$ , 浮动车刀块工序尺寸为

$180_{-0.021}^{+0.004}$  mm。

10. 解 尺寸  $A_1$ 、 $A_2$  和  $A_0$  形成工艺尺寸链, 尺寸链图如图 13 所示。 $A_1 = 30_{-0.28}^{-0.14}$  mm 为增环,  $A_2$  为减环,  $A_0 = 18_{-0.20}^0$  mm 为封闭环。

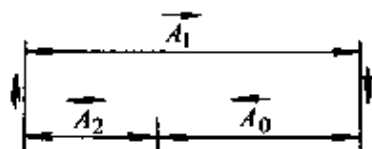


图 13 小套尺寸链图

$$A_0 = \vec{A}_1 - \vec{A}_2$$

$$\vec{A}_2 = \vec{A}_1 - A_0 = 30\text{mm} - 18\text{mm} = 12\text{mm}$$

$$A_{0\text{max}} = \vec{A}_{1\text{max}} - \vec{A}_{2\text{min}}$$

$$\vec{A}_{2\text{min}} = \vec{A}_{1\text{max}} - A_{0\text{max}} = 29.86\text{mm} - 18\text{mm} = 11.86\text{mm}$$

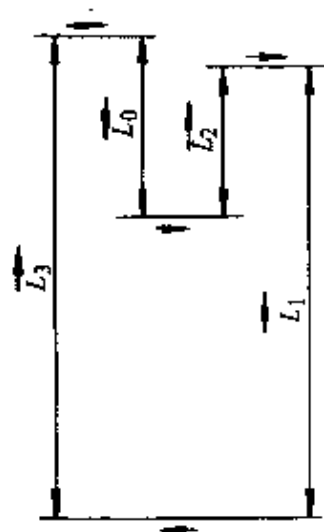
$$A_{0\text{min}} = \vec{A}_{1\text{min}} - \vec{A}_{2\text{max}}$$

$$\vec{A}_{2\text{max}} = \vec{A}_{1\text{min}} - A_{0\text{min}} = 29.72\text{mm} - 17.8\text{mm} = 11.92\text{mm}$$

$$A_2 = 12_{-0.14}^{-0.08} \text{mm}$$

答 尺寸  $A_2 = 12_{-0.14}^{-0.08}$  mm

11. 解 尺寸  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  和  $L_0$  形成工艺尺寸链, 尺寸链图如图 14 所示。 $L_1 = 280_{+0}^{+0.1}$  mm 为减环,  $L_2 = 80_{-0.06}^0$  mm、 $L_3$  为增环,  $L_0 = 100\text{mm} \pm 0.15\text{mm}$  为封闭环。



$$L_0 = \vec{L}_3 + \vec{L}_2 - \vec{L}_1$$

$$\vec{L}_3 = L_0 - \vec{L}_2 + \vec{L}_1 = 100\text{mm} - 80\text{mm} + 280\text{mm} =$$

300mm

$$L_{0\text{max}} = \vec{L}_{3\text{max}} + \vec{L}_{2\text{max}} - \vec{L}_{1\text{min}}$$

$$\vec{L}_{3\text{max}} = L_{0\text{max}} - \vec{L}_{2\text{max}} + \vec{L}_{1\text{min}} = 100.15\text{mm} - 80\text{mm}$$

+ 280mm = 300.15mm

$$L_{0\text{min}} = \vec{L}_{3\text{min}} + \vec{L}_{2\text{min}} - \vec{L}_{1\text{max}}$$

$$\vec{L}_{3\text{min}} = L_{0\text{min}} - \vec{L}_{2\text{min}} + \vec{L}_{1\text{max}} = 99.85\text{mm} - 79.94\text{mm} + 280.1\text{mm} =$$

300.01mm

$$L_3 = 300_{+0.01}^{+0.15} \text{mm}$$

答 尺寸  $L_3 = 300_{+0.01}^{+0.15}$  mm

图 14 支座尺寸链图

$$12. \text{ 解 } t_j = \frac{L}{vf} \cdot \frac{Z}{a_p} = \frac{500\text{mm}}{318\text{r/min} \times 0.3\text{mm/r}} \times 1 = 5.24\text{min}$$

答 一次工作行程所需的基本时间为 5.24min

13. 解 圆柱心轴公差  $\delta d = 0.02\text{mm}$ , 圆柱孔公差  $\delta D = 0.025\text{mm}$ 。

$$\Delta D = \frac{\delta d + \delta D}{2} = \frac{0.02\text{mm} + 0.025\text{mm}}{2} = 0.0225\text{mm}$$

定位误差 0.0225mm 大于工件同轴度 0.02mm, 该心轴不能保证工件的加工精度。

答 定位误差为 0.0225mm, 该心轴不能保证工件的加工精度。

14. 解 工件公差  $\delta d = 0.035\text{mm}$ , 位置精度(偏心距)公差 0.06mm。

$$\Delta D = \frac{\delta d}{2\sin(\alpha/2)} = \frac{0.035\text{mm}}{2\sin(90^\circ/2)} = 0.025\text{mm}$$

定位误差 0.025mm 接近工件位置精度公差 0.06mm 的 1/3, 能满足位置精度要求。

答 能满足位置精度要求。

15. 解 查表得  $\phi 60\text{H}6 = \phi 60^{+0.019}_0 \text{mm}$ ,  $\phi 60\text{g}6 = \phi 60^{+0.010}_{-0.029} \text{mm}$

前工序内、外圆与端面在一次装夹下完成, 基准不重合误差  $\Delta_B = 0$ 。

基准位移误差由定位销孔中心与车床回转中心偏差和活塞裙部内孔与夹具定位销配合间隙两部分组成。

$$\Delta y = 0.005\text{mm} + (60.019\text{mm} - 59.971\text{mm}) = 0.053\text{mm}$$

$$\Delta D = \Delta B + \Delta y = 0 + 0.053\text{mm} = 0.053\text{mm}$$

答 定位误差为 0.053mm。

16. 解  $d = D - CL = 100\text{mm} - 0.05 \times 212\text{mm} = 89.4\text{mm}$

$$\alpha/2 \approx K \times C = 28.6^\circ \times 0.05 = 1.43^\circ = 1^\circ 26'$$

答 最小圆锥直径为 89.4mm, 圆锥半角为  $1^\circ 26'$ 。

$$17. \text{ 解 } a_p = l \frac{C}{2} = 8\text{mm} \times \frac{1/10}{2} = 0.4\text{mm}$$

答 背吃刀量为 0.4mm。

$$18. \text{ 解 } \tan \frac{\alpha}{2} = \frac{M_1 - M_2}{2H} = \frac{63.51\text{mm} - 55.24\text{mm}}{2 \times 50\text{mm}} = 0.0827$$

$$\alpha/2 = 4^\circ 44'$$

$$d = M_2 - d_0 - d_0 \cot \left[ 45^\circ - \frac{\alpha}{4} \right] = 55.24\text{mm} - 12\text{mm} - 12\text{mm} \times \cot$$

$$\left[ 45^\circ - \frac{4^\circ 44'}{2} \right] = 30.21\text{mm}$$

答 圆锥半角为  $4^\circ 44'$ ，最小圆锥直径为 30.21mm。

$$19. \text{ 解 } \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{D_0 - d_0}{2(H - h) - (D_0 - d_0)} =$$

$$\frac{15\text{mm} - 12\text{mm}}{2(33.83\text{mm} - 2.3\text{mm}) - (15\text{mm} - 12\text{mm})} = 0.04995$$

$$\alpha/2 = 2.863^\circ = 2^\circ 51' 47''$$

$$D = \frac{D_0}{\cos \alpha/2} + (D_0 + 2h) \tan \alpha/2$$

$$= \frac{15\text{mm}}{\cos 2^\circ 51' 47''} + (15\text{mm} + 2 \times 2.3\text{mm}) \tan 2^\circ 51' 47'' = 15.999\text{mm}$$

答 圆锥半角为  $2^\circ 51' 47''$ ，最大端圆锥直径为 15.999mm。

$$20. \text{ 解 } \text{间隙 } a_c = 0.5\text{mm}$$

$$D_4 = d + 2a_c = 36\text{mm} + 2 \times 0.5\text{mm} = 37\text{mm}$$

$$D_2 = d_2 = d - 0.5P = 36\text{mm} - 0.5 \times 6\text{mm} = 33\text{mm}$$

$$D_3 = d - P - 2a_c = 36\text{mm} - 6\text{mm} - 2 \times 0.5\text{mm} = 29\text{mm}$$

答 内螺纹大径为 37mm，螺纹中径为 33mm，外螺纹小径为 29mm。

$$21. \text{ 解 } 40\text{Cr 材料的线膨胀系数 } \alpha_t = 11.0 \times 10^{-6} 1/^\circ\text{C}。$$



26. 解  $k \approx 1.5\Delta e = 1.5 \times (2\text{mm} - 2.04\text{mm}) = -0.06\text{mm}$

$x = 1.5e + k = 1.5 \times 2\text{mm} + (-0.06\text{mm}) = 2.94\text{mm}$

答 垫片的正确厚度为 2.94mm。

27. 解  $h = M - \frac{D+d}{2} - e\sin\theta = 200\text{mm} - \frac{100\text{mm} + 90\text{mm}}{2} - 96\text{mm}$

$\times \sin 30^\circ = 57\text{mm}$

$\sin\theta_1 = \frac{e\sin\theta - \Delta H}{e} = \frac{96\text{mm} \times \sin 30^\circ - 0.4\text{mm}}{96\text{mm}} = 0.45983$

$\theta_1 = 29^\circ 43'$

$\theta = \theta - \theta_1 = 29^\circ 43' - 30^\circ = -17'$

答 曲柄颈的角度误差为 17'。

28. 解 主运动传动链结构式为

$$\text{电动机} - \frac{\phi 130}{\phi 260} - \text{I} - \left\{ \begin{array}{l} \vec{M}_1 \left\{ \begin{array}{l} 56 \\ 34 \end{array} \right\} \\ \vec{M}_1 \frac{50}{24} \times \frac{36}{36} \end{array} \right\} - \text{II} - \left\{ \begin{array}{l} 28 \\ 44 \\ 20 \\ 52 \\ 36 \\ 36 \end{array} \right\} - \text{III} -$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{50}{50} \vec{M}_2 \\ \left\{ \begin{array}{l} 20 \\ 80 \end{array} \right\} - \text{IV} - \left\{ \begin{array}{l} 20 \\ 80 \\ 50 \\ 50 \end{array} \right\} - \text{V} - \frac{32}{64} \vec{M}_2 \end{array} \right\} \text{主轴 VI}$$

$$n_{\max} = n_{\text{电机}} \times \frac{d_1}{d_2} \times (1 - \epsilon) \times i = 1450\text{r/min} \times \frac{130\text{mm}}{260\text{mm}} \times 0.98 \times \frac{56}{34} \times$$

$$\frac{36}{36} \times \frac{50}{50} \approx 1200\text{r/min}$$

答 主轴最高转速约 1200r/min。

29. 解 车螺纹传动链结构式为

$$\text{主轴} - \left\{ \begin{array}{l} \frac{42}{32} \times \frac{32}{42} \\ \frac{42}{25} \times \frac{25}{32} \times \frac{32}{42} \end{array} \right\} - \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} - \left\{ \begin{array}{l} \frac{16}{32} \times \frac{32}{24} \\ \frac{20}{32} \times \frac{32}{24} \\ \frac{24}{32} \times \frac{32}{24} \\ \frac{28}{32} \times \frac{32}{24} \\ \frac{32}{32} \times \frac{32}{24} \\ \frac{40}{32} \times \frac{32}{24} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \frac{52}{26} \\ \frac{26}{52} \end{array} \right\} - \text{丝杠}$$

进给箱诺登手柄位置 I,  $i = 16/24$ ; 增倍手柄位置 II,  $i = 52/26$ 。

$$\frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{P_1}{P_{\text{丝}}} \times \frac{1}{i_{\text{进}}} = \frac{2\text{mm}}{6\text{mm}} \times \frac{1}{\frac{16}{24} \times \frac{52}{26}} = \frac{48}{96} \times \frac{45}{90}$$

答 交换齿轮齿数分别为 48、96、45、90。

30. 解 导轨在垂直平面内的直线度误差曲线如图 15 所示。

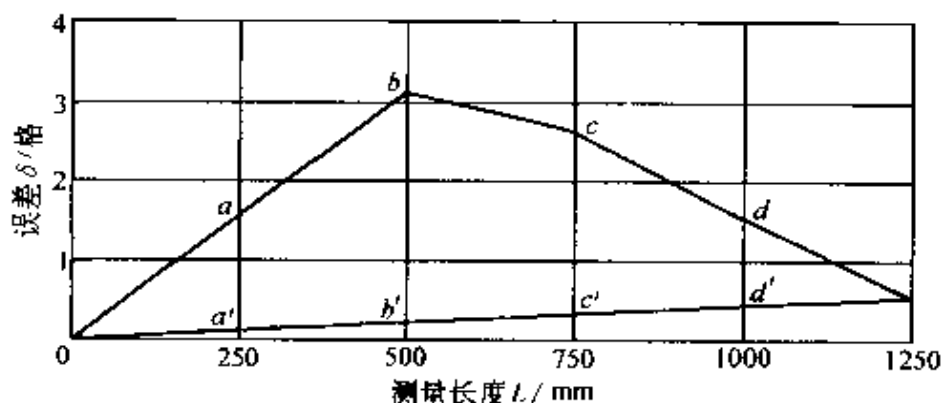


图 15 导轨在垂直平面内的直线度误差曲线

$$\delta_{\text{全}} = bb' \times \frac{0.02\text{mm}}{1000\text{mm}} \times 250\text{mm} = 2.9 \times \frac{0.02\text{mm}}{1000\text{mm}} \times 250\text{mm} = 0.0145\text{mm}$$

$$\delta_{\text{局}} = (bb' - aa') \times \frac{0.02\text{mm}}{1000\text{mm}} \times 250\text{mm} = (2.9 - 1.4) \times \frac{0.02\text{mm}}{1000\text{mm}}$$

$$\times 250\text{mm} = 0.0075\text{mm}$$

答 导轨全长直线度误差 0.0145mm, 导轨局部误差

0.0075mm。

#### 四、简答题

1. 答 使用杠杆式卡规和杠杆千分尺时应注意：

1) 用杠杆卡规或杠杆千分尺作相对测量前，应按被测工件尺寸，用量块调整零位。

2) 测量时，按动退让按钮，让工件与测量杆砧面轻轻接触，不能硬卡。

3) 测量工件直径时，应以指针的转折点读数为正确测量值。

2. 答 使用千分表时应注意：

1) 千分表使用前固定在表架上，并校正零位。

2) 钟表式千分表测杆与被测工件表面垂直，否则会产生测量误差。

3) 杠杆式千分表的测杆轴线与被测工件表面平行，夹角越小，测量误差越小。当夹角  $\alpha > 15^\circ$  时，会产生较大的测量误差，需进行修正。

4) 测杆上不要加油。

5) 测量时，不准用工件撞击测头。

3. 答 使用测微仪时应注意：

1) 测微仪应安装在固定支架上。测量前，先调整立柱，让测微仪缓慢移动，使测量头与量块或工件轻轻接触。

2) 测量时，尽量使用刻度的中央部分。

3) 扭簧测微仪结构脆弱，测量范围小，应仔细调整测头与工件间的距离。

4. 答 量块按制造精度分为六级，分级的主要依据是量块长度极限偏差和长度变动量的允许值。按级使用时，直接取基本尺寸，使用方便，但存在制造误差，测量结果准确性较差。

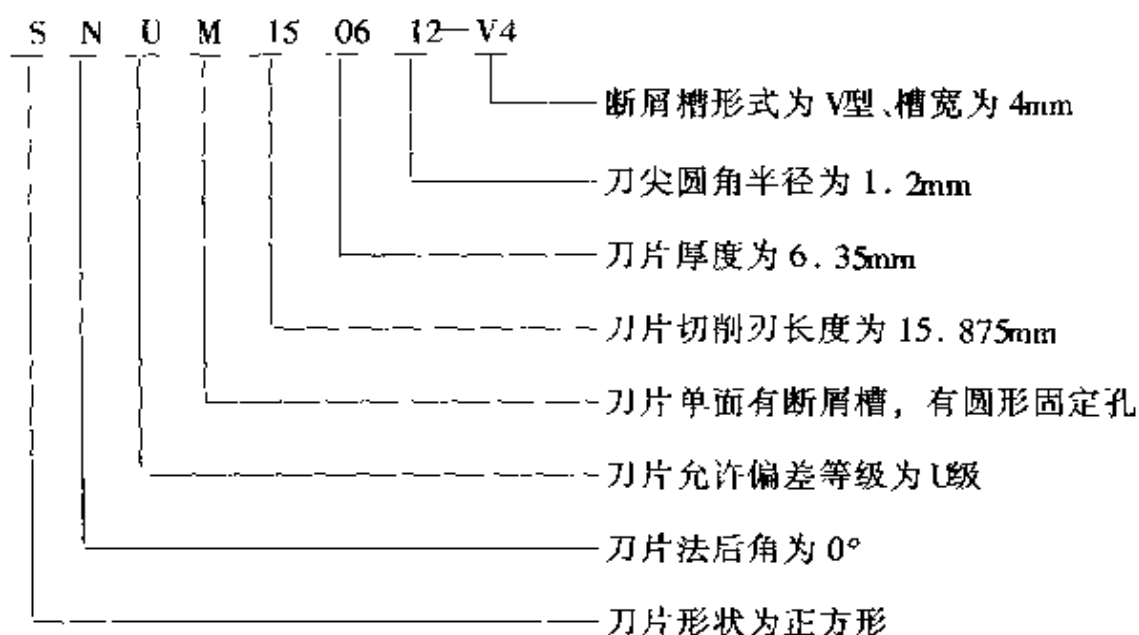
量块按检定精度分为六等，量块分等的主要依据是中心长度测量的极限偏差和平面平行性允许偏差。按等使用时，用被检定后的实际尺寸，不包括制造误差，测量精度较高，但要考虑量块的修正值。

5. 答 使用量块时应注意：

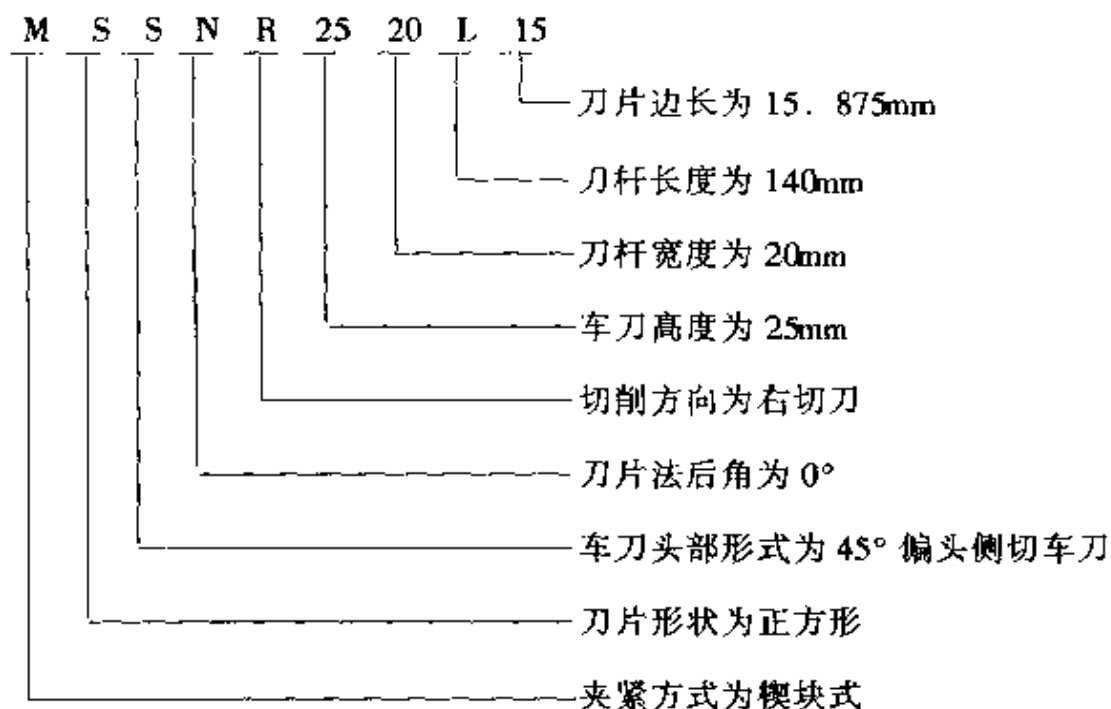
1) 量块只允许用于检定计量器具，精密测量，精密机床调整。

2) 量块使用前应对量块和工件作外观检查。

9. 答 可转位刀片型号 SNUM150612—V4 的数字和字母的含义如下:



10. 答 可转位车刀刀杆型号 MSSNR2520L15 的数字和字母的含义如下:



11. 答 可转位车刀的使用注意事项有:

1) 合理选择刀片和切削用量。

- 2) 使用前检查刀片和刀杆。
- 3) 装夹刀片时刀片与刀垫、刀槽接触良好，夹紧力不要过大。
- 4) 刀片及时转位或更换。

12. 答 影响断屑的主要因素有：

- 1) 断屑槽形状、宽度、斜角均影响断屑。
- 2) 车刀几何角度中主偏角  $\kappa_r$  和刃倾角  $\lambda_s$  对断屑影响较大。
- 3) 切削用量中，对断屑影响最大的是进给量  $f$ ，其次是背吃刀量  $a_p$  和切削速度  $v_c$ 。

13. 答 后角的作用是：

- 1) 后角减少后刀面与工件的摩擦，提高已加工表面质量和延长刀具寿命。
- 2) 配合前角影响车刀锋利程度、强度和散热条件。

14. 答 主偏角的作用是：

- 1) 影响切削分力的比值，主偏角增大，背向力减小，进给切削增大。
- 2) 主偏角减小，使切削厚度减小，切削宽度增大，切削刃的单位负荷减轻，主偏角减小的同时，刀尖角增大，刀具强度高，散热条件好，刀具寿命增加。
- 3) 背吃刀量和进给量一定时，主偏角增大，切屑易折断。

15. 答 刃倾角的作用是：

- 1) 控制切屑的排出方向。当刃倾角为  $0^\circ$  时，切屑垂直于切削刃排出；刃倾角为负值时，切屑向已加工表面排出；刃倾角为正值时，切屑向待加工表面排出。

2) 影响刀尖强度。刃倾角为负值，刀尖位于切削刃最低点，切削时，切削刃承受冲击负荷，刀尖强度高。刃倾角为正值，刀尖位于切削刃的最高点，切削时，刀尖首先与工件接触，可能引起崩刃或打刀。

3) 影响切削平稳性。刃倾角为  $0^\circ$  时，切削刃同时切入或切出工件，冲击力大。刃倾角不等于  $0^\circ$  时，切削刃逐渐切入或切出工件，切削过程平稳。

4) 增大刃倾角，可使实际切削前角增大，刃口圆弧半径减小，切削刃锋利。

动。减小副偏角是减小表面粗糙度值的有效措施。采用修光刃也是减小残留面积高度的有效措施，但修光刃太宽，易引起振动。

适当增大前角、后角，有利于减小表面粗糙度值。但后角过大，易引起振动。

正值刃倾角使切屑流向工件待加工表面，并采取卷屑、断屑措施，可防止切屑拉毛已加工表面。

车刀刃磨后，进行研磨，减小刀具的表面粗糙度值，有利于减小工件表面粗糙度值。

及时刃磨或更换车刀，使车刀保持锐利状态。

(2) 工件材料 塑性材料的塑性越大，表面粗糙度值增大。工件金相组织的晶粒越细，加工后，表面粗糙度值越小。

(3) 加工因素 进给量增大，表面粗糙度值增大。但进给量太小，切削刃不锋利时，切削刃不能切削而形成挤压，表面粗糙度值增大。

选择较低或较高的切削速度，不出现积屑瘤，有利于减小表面粗糙度值。

背吃刀量  $a_p < 0.02 \sim 0.03\text{mm}$  时，经常与工件发生挤压和摩擦，表面粗糙度值增大。

切削液的极压添加剂，增加润滑性能，减小刀具与工件的摩擦，有利于减小表面粗糙度值。

工艺系统刚度高，抗振性好，工件表面粗糙度值小。

21. 答 拟定机械加工工艺规程前应具备的原始资料有：

- 1) 产品的装配图样和零件图样。
- 2) 产品的年产量。
- 3) 现有生产条件。
- 4) 有关工艺资料、标准、图册。
- 5) 国内外有关资料、技术发展状况。

22. 答 拟定机械加工工艺规程步骤大致有：

(1) 分析零件图 结合产品装配图了解零件在机器中的位置、工作情况和作用，明确其精度和技术要求对装配质量和性能的影响。从工艺的角度，审查零件图样的视图、尺寸、公差和技术要求的

完整性与正确性；加工要求的合理性；零件结构的工艺性等。

(2) 确定毛坯 确定毛坯包括确定毛坯的种类和制造方法。

(3) 拟定工艺路线 拟定工艺路线的主要内容有定位基准的选择、表面加工方法的选择、加工顺序的安排、加工设备和工艺装备的选择等内容。

(4) 工序设计 工序设计的主要内容有确定各工序的加工余量、切削用量、工序尺寸及公差、时间定额等。

(5) 填写工艺文件 将制定的工艺过程各项内容，填入一定格式的卡片。

23. 答 在开始加工时，只能用毛坯表面作定位基准（或根据该面找正），这种基准称为粗基准。

粗基准的选择原则有：(1) 选择不加工表面作为粗基准；(2) 对所有表面都需要加工的零件，根据加工余量最小的表面找正；(3) 选择比较牢固可靠的表面作为粗基准，否则会使工件夹坏或走动；(4) 选择平整光滑的表面作粗基准。粗基准不应有浇口、冒口、飞边、毛刺和其它缺陷，否则会使定位不准确；(5) 粗基准不能重复使用。

24. 答 用已加工过的表面作定位基准，这种基准称为精基准。

精基准的选择原则有：(1) 尽可能采用设计基准或装配基准作定位基准；(2) 尽可能使定位基准和测量基准重合；(3) 尽可能使基准统一；(4) 选择面积较大，精度较高，装夹稳定可靠的表面作精基准；

25. 答 加工顺序安排的原则有：

(1) 基准先行 在每次粗、精加工工作表面之前，应先粗、精加工基准表面。

(2) 先粗后精 各表面的粗、精加工分开，按加工阶段进行。

(3) 先主后次 主要表面先安排加工，一些次要表面可穿插在主要表面加工工序之间进行，但要安排在主要表面最后精加工之前。

(4) 先面后孔 箱体、支架等工件应先加工平面，后加工孔。

26. 答 渗碳件的加工工艺路线一般为：下料→锻造→正火→粗加工→半精加工→渗碳→去碳加工（对不需要提高硬度的部分）→淬火→车螺纹、钻孔或铣槽→粗磨→时效→半精磨→时效→精磨。

27. 答 小批生产车床主轴机械加工工艺过程为

材料牌号		机械加工工艺过程卡片		图号	
45 钢		毛坯种类		毛坯尺寸	
工序号	工序名称	工序内容	设备	工艺装备	备注
1	锻	锻造毛坯			
2	热	正火			
3	钻	小端外圆划中心线, 钻中心孔 A5	Z3025	中心钻 A5	
4	车	三爪自定心卡盘夹右端 $\phi 135$ 外圆毛坯, 回转顶尖顶住左端中心孔粗车左端各外圆至草图尺寸 倒角	CA6140		
2		三爪自定心卡盘夹左端 $\phi 62$ 外圆, $\phi 72$ 外圆搭中心架粗车右端各外圆至草图尺寸 倒角			

Technical drawing of a shaft with the following dimensions:  
 - Diameters:  $\phi 62 \pm 0.1$ ,  $\phi 66$ ,  $\phi 70$ ,  $\phi 72$ ,  $\phi 74$ ,  $\phi 77$ ,  $\phi 137$ ,  $\phi 84$   
 - Lengths: 194, 189, 194, 69, 31, 23, 14  
 - Total length: 739



(续)

机械加工工艺过程卡片		产品名称		图号	
材料牌号	45	毛坯种类	锻件	零件名称	车床主轴
工序号	1	工序内容	设备	毛坯尺寸	共2页 第1页
8	车		CA6140		
		三爪自定心卡盘夹右端 $\phi 83$ 外圆, $\phi 60.4$ 外圆磨中心架 车孔至 $\phi 39$ 孔口倒角 $2 \times 60^\circ$			

(续)

		机械加工工艺过程卡片				图号	
		产品名称		车床主轴		共 2 页 第 1 页	
材料牌号		45	毛坯种类		毛坯尺寸		
工. 序	工. 步	工 序 内 容			设 备	工 艺 装 备	
9	1	三爪自定心卡盘夹左端 $\phi 50.4$ 外圆, $\phi 70.45$ 外圆搭中心架			CA6140	锥度环规 G2 锥度塞规莫氏 5 号	
	2	车锥度 $77^{\circ}30'$ 放磨 $\phi 0.25 \sim \phi 0.35$ , 长度至 $14.3_{-0.15}^0$ , 车槽, 倒角 R2 沉车孔 $\phi 41$ , 长度 35 至尺寸 车莫氏 5 号锥孔放磨 $\phi 0.4 \sim \phi 0.55$ , 孔 1 车 R2					
10	钻	工件左端装钻模板 钻孔 $4 \sim \phi 8.5, 2 \sim \phi 6.7, \phi 5$ 钻铰孔 $\phi 16H11$ 至尺寸 倒角 攻螺纹 $4 - M10, 2 - M8, M6$			Z3025	钻模 F1 钻头 $\phi 8.5, \phi 6.7, \phi 5$ 铰刀 T1 螺纹塞规 M10、M8、M6 丝锥 M10、M8、M6	
11	热	淬火					
12	1	磨用心轴装夹工件 粗磨 $\phi 135h11$ 至 $\phi 135.15_{-0.03}^0$ , $\phi 75h6$ 至 $\phi 75.15_{-0.03}^0$ , $\phi 70h8$ 至 $\phi 70.15_{-0.03}^0$ , $\phi 68j6$ 至			M1432	磨用心轴 E1 锥度环规 G1	
	2	$\phi 68.15_{-0.03}^0$ , $\phi 60j6$ 和 $\phi 60h6$ 至 $\phi 60.15_{-0.03}^0$ , $\phi 50h8$ 至 $\phi 58.15_{-0.03}^0$ 粗磨锥度 1:12, 放磨 $\phi 0.15 \sim \phi 0.2$					

(续)

机械加工工艺过程卡片				图号	
材料牌号	45	毛坯种类	产品名称	图号	
				零件名称	共2页 第2页
工序号	45	毛坯种类	锻件	车床主轴	毛坯尺寸
工序号	45	毛坯种类	锻件	设备	工艺装备
13	磨	四爪单动卡盘夹 $\phi 50.15$ 外圆, $\phi 70.15$ 外圆搭中心架粗磨莫氏5号锥孔, 放磨 $\phi 0.15 \sim \phi 0.20$		MI432	锥度塞规莫氏5号
14	铣	定心虎钳夹 $\phi 70.15$ 外圆 铣键槽 12N9 长度 120 至尺寸 铣键槽 8N9 长度 30 至尺寸		X53T	键槽铣刀 12、8 方塞规 12N9、8N9
15	钳	键槽倒钝			
16	热	时效			
17	车	修研 $60^\circ$ 和 R2		CA6140	
18	车	磨用心轴装夹工件 车 M68 $\times$ 1.5 和 M56 $\times$ 2 螺纹大径全 $68_{-0.0268}^0$ 和 $56_{-0.0318}^0$ 倒角 车螺纹 M68 $\times$ 1.5-6g 和 M56 $\times$ 2-6g 砂光 $\phi 135$ 左端面		CA6140	磨用心轴 E1 螺纹环规 M68 $\times$ 1.5-6g、M56 $\times$ 2-6g

(续)

		机械加工工艺过程卡片				图号			
		产品名称		零件名称		车床主轴		共2页 第2页	
材料牌号		45 钢		毛坯种类		毛坯尺寸			
工 序 号	工 种	工 序 内 容		设 备		工 艺 装 备			
19	磨	磨用心轴装夹工件 磨 $\phi 135h11$ 、 $\phi 75h6$ 、 $\phi 70h8$ 、 $\phi 68j6$ 、 $\phi 60h6$ 、 $\phi 50h8$ 各外圆至要求 磨锥度 1:12 至要求		MG1432		磨用心轴 E1 锥度环规 G1			
20	磨	四爪单动卡盘夹 $\phi 50$ 外圆, $\phi 70h8$ 外圆搭中心架 磨右端两端面, 控制 $14.3_{-0.1}^0$ 磨锥度 $7^{\circ}30'$ 至要求		MG1432		锥度环规 G2			
21	磨	四爪单动卡盘夹 $\phi 50$ 外圆, $\phi 70h8$ 外圆搭中心架 磨莫氏 5 号锥孔至要求		MG1432		锥度塞规莫氏 5 号			
22	检	检验							

28. 答 小批生产弹簧夹头机械加工工艺过程为

(单位: mm)

材料牌号		机械加工工艺过程卡片		产品名称		图号	
		60Si2MnA	毛坯种类	零件名称	弹簧夹头	共1页	第1页
工序		工序内容		毛坯尺寸		工艺装备	
1	锯	下料					
2	车	三爪自定心卡盘夹毛坯外圆 车端面 钻孔、车孔 $\phi 20^{+0.021}_0$ , 留磨余量 0.4; 车孔 $\phi 26$ 至尺寸 车外圆 $\phi 36_{-0.011}_0$ , 留磨余量 0.4。车 $\phi 32$ 至尺寸 孔口倒角 $1.5 \times 60^\circ$ 二爪自定心卡盘夹 $\phi 36$ 外圆, 校正 车端面至总长 78 车外锥面, 留磨余量 0.4 孔口倒角 $1.5 \times 60^\circ$		CA6140			
3	钳	划 3- $\phi 6$ 孔中心线 钻 3- $\phi 6$ 孔				锥度环规 G1	

(续)

		机械加工工艺过程卡片				图号
		产品名称	弹簧夹头	共1页	第1页	
工序号	材料牌号	毛坯种类	热轧圆钢	毛坯尺寸	φ50×82	
工序	内容	设备	工艺	准备		
4	铣	铣均布槽,孔端面处留4-5不疏通	X6132			
5	钳	去毛刺				
6	热	淬火45HRC,发蓝				
7	研	研两端孔口倒角				
8	磨	磨外圆φ36 <sup>0</sup> <sub>-0.011</sub> 至要求 磨锥面,大端面至要求 磨孔φ20 <sup>+0.021</sup> <sub>0</sub> 至要求	M1432	锥度环规G2 塞规φ20H7		
9	车	用油石孔口倒圆R3	CA6140			
10	磨	切开三条槽	M6032			
11	检	检验				

29. 答 影响加工余量的因素有:

- 1) 上工序的尺寸公差  $T_a$ 。
- 2) 上工序的位置误差  $\rho_{ac}$ 。
- 3) 上工序表面粗糙度  $R_a$  和缺陷层  $D_a$ 。
- 4) 本工序的安装误差  $\epsilon_b$ 。

30. 答 在加工过程中, 同一零件由相互连接的工艺尺寸所形成的封闭尺寸组, 称为工艺尺寸链。

31. 答 产生加工误差的原因有:

- 1) 工艺系统的几何误差。
- 2) 工艺系统的受力变形引起的误差。
- 3) 工艺系统的热变形引起的误差。
- 4) 工件残余应力引起的误差。

32. 答 提高和保证加工精度的措施有:

(1) 直接减少误差法 在查明产生加工误差的主要因素后, 设法对其直接进行消除或减少。

(2) 误差补偿法 人为地造出一种新的误差, 抵消原来工艺系统中固有的原始误差。从而减少加工误差, 提高加工精度。

(3) 误差分组法 将上工序按误差大小分为  $n$  组, 每组误差范围就缩小为原来的  $1/n$ , 然后按各组分别调整加工。

(4) 误差转移法 将工艺系统的几何误差、受力变形和热变形等转移到不影响加工精度的方向去。

(5) 就地加工法 一些被加工表面装配到机床上后, 再进行精加工。

33. 答 缩短基本时间的方法有:

- 1) 减少加工余量。
- 2) 提高切削用量。
- 3) 采用多刀切削和多件加工。

34. 答 缩短辅助时间的方法有:

- 1) 缩短工件的装夹时间。
- 2) 减少回转刀架及调换车刀的时间。
- 3) 减少测量工件的时间。

进。这时，如果把第二个圆柱销的直径减小，并使其减小量足以补偿孔中心距和圆柱销中心距误差的影响，虽然工件能装得进，但却加大了孔、销之间的配合间隙，使工件增加转角误差，影响加工精度。所以把第二个圆柱销做成菱形销，在两孔连心线方向上仍有减小第二个销直径的作用，而在垂直于连心线方向上，由于菱形销的直径并没有减小，因此工件的转角误差没有增加，能保证加工精度。

40. 答 一批工件在夹具中加工时，引起加工尺寸产生误差的主要原因有两类。第一类是由于定位基准本身的尺寸和几何形状误差以及定位基准与定位元件之间的间隙所引起的同批工件定位基准加工尺寸方向的最大位移，称为定位基准位移误差。第二类是由于工序基准与定位基准不重合所引起的同批工件相对工序基准产生的偏移，称为基准不重合误差。

41. 答 确定夹紧力的方向时应考虑的原则有：1) 有利于定位稳定；2) 有利于减小夹紧力。

确定夹紧力的作用点时应考虑的原则有：1) 应落在定位元件的支承范围内；2) 应落在工件刚性较好的部位；3) 应尽量靠近加工表面。

42. 答 车床夹具设计的基本要求有：

1) 保证工件加工精度。  
2) 定位装置的结构和布置必须保证工件被加工表面轴线与车床主轴轴线重合。

3) 夹紧装置应产生足够的夹紧力。

4) 车床夹具的回转轴线与车床主轴轴线要有尽可能高的同轴度。

5) 夹具应设置平衡块，保证基本平衡。

6) 夹具结构应紧凑、轻便，悬伸长度短。

7) 夹具上各元件的布置不大于夹具体的直径。

43. 答 夹具设计设计步骤有：

1) 明确设计任务，收集设计资料。

2) 拟定夹具结构方案，绘制夹具草图。

3) 审查方案、改进设计。

4) 绘制夹具装配图。



5) 绘制夹具零件图。

44. 答 车床夹具的主要技术要求，一般包括以下几方面：

- 1) 与工件定位基面相配合的定位表面，对回转轴线的同轴度。
- 2) 定位表面与轴向定位台肩的垂直度。
- 3) 定位表面对夹具安装基面的平行度或垂直度。
- 4) 定位表面的直线度和平面度。
- 5) 各定位表面间的垂直度或平行度。
- 6) 有关制造、使用或平衡的要求。

45. 答 斜形支架的两种车夹具草图如图 17、图 18 所示。

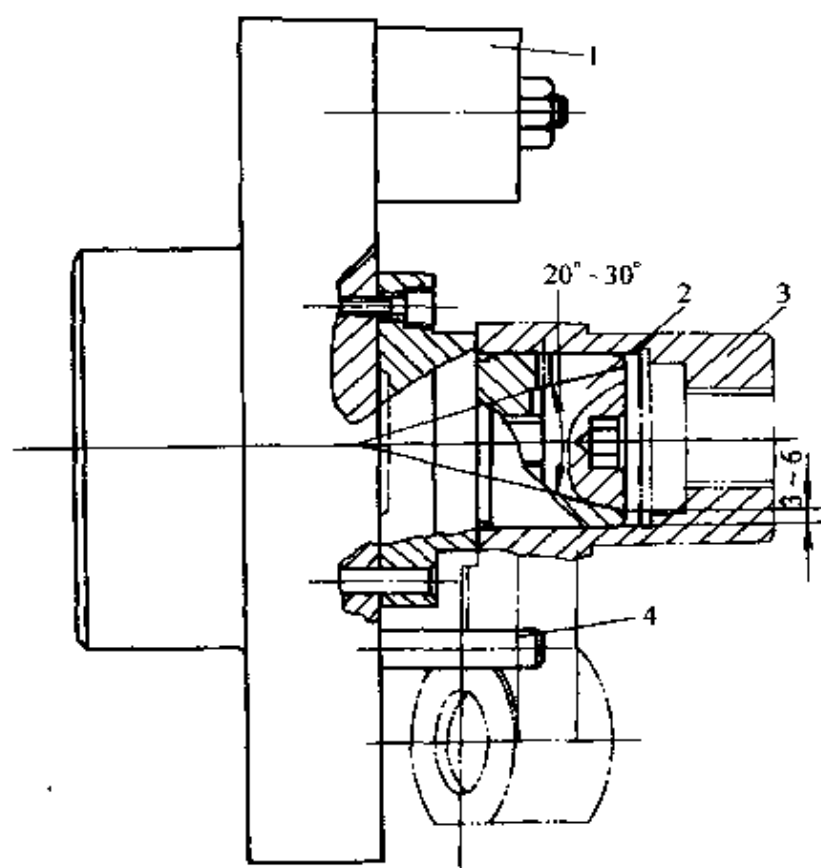


图 17 斜形支架夹具图 (一)

1—平衡块 2—胀力心轴 3—工件 4—拨杆

46. 答 槽系组合夹具根据功能可分为：1) 基础件；2) 支承件；3) 定位件；4) 导向件；5) 压紧件；6) 紧固件；7) 其它件；8) 合件。

47. 答 成组夹具的特点有：

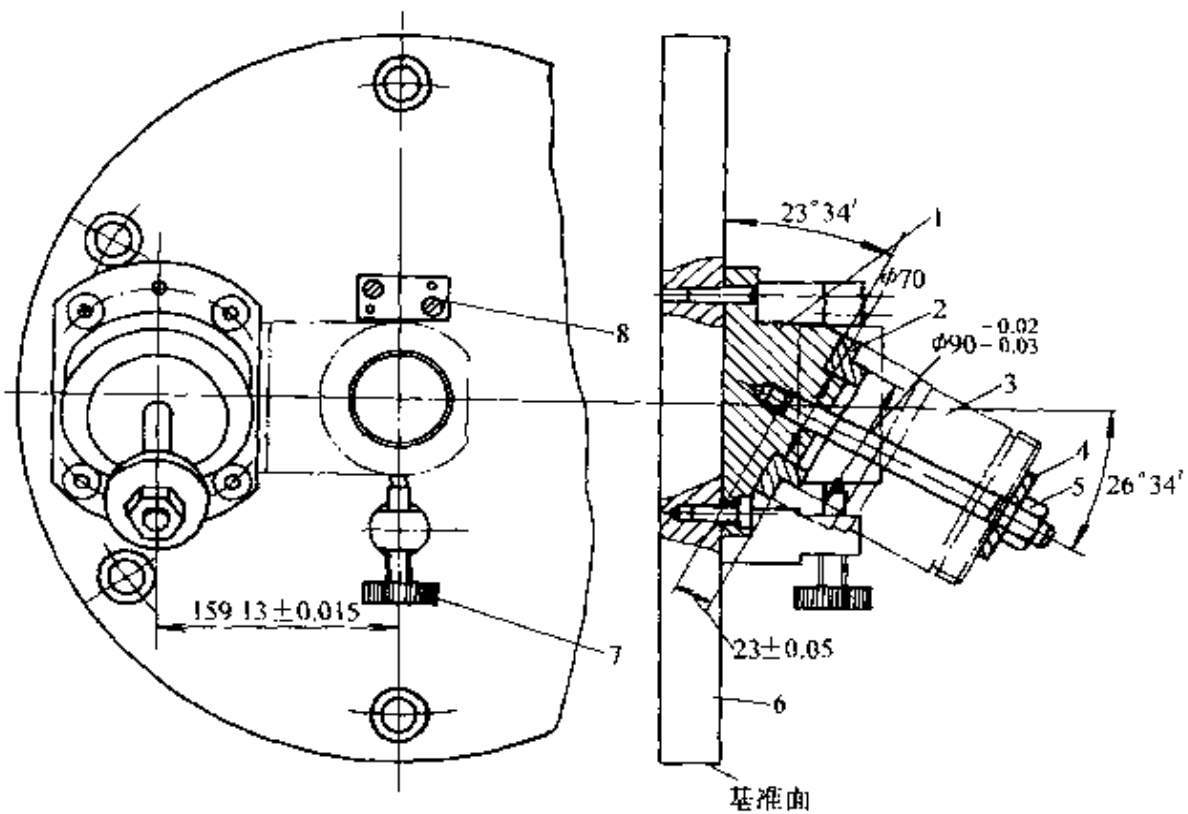


图 18 斜形支架夹具图 (二)

1—斜心轴座 2—斜心轴套 3—工件 4—开口垫圈  
5—螺母 6—夹具体 7—螺钉 8—挡块

1) 成组夹具用于一组工件的某一工序,可降低夹具成本,降低工件成本。

2) 更换工件,调整夹具的部分元件,总的调整时间减少。

3) 新投产的工件,添制较少的调整元件,缩短生产准备周期,减少夹具库存量。

48. 答 单件生产配套的内、外圆锥时,可先车削外圆锥,将圆锥半角和圆锥直径车正确;车削内圆锥时,不变动小滑板角度,将主轴反转,切削刃向上,转动中滑板手柄,车刀移向对面车削。由于小滑板的角没有改变,用此法可以获得接触面较好的圆锥配合表面。

49. 答 加工细长轴的难点有: 1) 细长轴的刚性很差,在切削力、重力等作用下易产生弯曲、振动; 2) 在切削过程中,工件受热伸长量大,加剧弯曲变形,严重时会使工件在顶尖间卡住; 3) 加工时一次进给所需的时间较长,刀具磨损较大。

通常应采取以下一些措施: 1) 增加刚性,减少工件弯曲变形。

①采用中心架、跟刀架提高工件的刚性。②增大车刀主偏角，减小背向力。③采用反向进给切削法，使工件受轴向拉力，消除振动；2) 解决工件热变形伸长。①使用弹性回转顶尖，补偿工件热变形伸长。②加注充分切削液，降低切削温度。③刀具保持锐利，减少车刀与工件的摩擦发热；3) 合理选择刀具。①选用耐磨性好的硬质合金材料。②合理选择车刀几何形状。③精确刃磨刀具，降低刀具表面粗糙度值。

50. 答 拟定精密丝杠机械加工工艺过程应采取的措施有：

1) 毛坯应进行校直和正火处理。

2) 在粗加工后，半精加工后，精加工前多次安排时效工序，消除内应力，防止和减小丝杠弯曲变形。

3) 中心孔是加工时的定位基准，选用带保护锥的 B 型中心孔，每次热处理后，修研中心孔，保证加工质量。

4) 长丝杠易变形，在装夹时采取措施防止弯曲变形，加工时采取措施减少热变形，热处理和机械加工工序间存放时防止丝杠“自重变形”。

5) 螺纹经粗车、半精车和精车达到图样要求。精车时选用精度高的丝杠车床加工螺纹。

51. 答 根据多头蜗杆的形成原理，多头蜗杆的分头方法有轴向分头法和圆周分头法两大类。

轴向分头法有小滑板刻度分头法，百分表分头法，量块分头法和开合螺母结合小滑板分头法等方法。

圆周分头法有交换齿轮分头法，卡盘卡爪分头法，和分度盘分头法等方法。

52. 答 用齿厚游标卡尺测量精度要求较低的蜗杆法向齿厚时，把齿高卡尺读数调整到齿顶高尺寸，法向卡入齿廓，齿厚卡尺的读数为蜗杆分度圆直径的法向齿厚。

53. 答 偏心工件的车削方法有：在四爪单动卡盘上车偏心工件。在三爪自定心卡盘上车偏心工件。在两顶尖间车偏心工件。在双重卡盘上车偏心工件。在偏心卡盘上车偏心工件。在专用夹具上车偏心工件。

59. 答 调整 CA6140 型卧式车床主轴前轴承间隙时, 先拧松轴承右端螺母 8, 螺母 4 上的紧定螺钉 5, 然后拧紧左端螺母 4 使双列短圆柱滚子轴承 7 的内圈相对于主轴锥面作轴向移动, 因为轴承内圈很薄, 而且内孔与主轴锥面一样, 也具有 1:12 的锥度, 因此内圈在轴向移动的同时作径向弹性膨胀, 实现调整径向间隙或预紧的目的。调整合适后, 应将紧定螺钉 5 和螺母 8 拧紧。一般情况下, 只需调整前轴承即可, 只有当调整前轴承后仍不能达到规定要求的回转精度时, 才需调整后轴承, 调整方法与前轴承相似。

60. 答 调整中滑板丝杠螺母间隙时, 先将后螺母 1 上的紧固螺钉 2 拧松, 拧紧调节螺钉 3 把楔块 8 向上拉, 依靠斜楔的作用, 将后螺母 1 向后推移, 减小了中滑板丝杠与螺母的间隙, 要求中滑板丝杠手柄转动灵活, 正反转的空行程在  $1/20r$  以内, 调整后应将螺钉 2 拧紧。

61. 答 检验卧式车床导轨在垂直平面内的直线度时, 先置水平仪于导轨的中间或两端位置, 初步找正导轨水平。然后自左至右分段测量, 记录每一位置水平仪的读数, 作误差曲线, 计算导轨在垂直平面内全长误差和局部误差。

62. 答 检验卧式车床主轴轴线对溜板移动的平行度时, 在主轴锥孔中插入检验棒, 将指示器固定在溜板上使测头垂直触及检验棒的圆柱面 a 和 b 处。移动溜板, a 和 b 处分别测取指示器读数, 然后主轴旋转  $180^\circ$  再测取一次读数, 两次读数的代数和之半为主轴轴线对溜板移动的平行度误差。a 为在水平面内平行度误差, 只允许向前偏; b 为在垂直平面内平行度误差, 只允许向上偏。

63. 答 检验卧式车床精车外圆的圆度和圆柱度时, 取直径  $\geq D_0/8$  的易切钢或铸铁试件, 用卡盘夹持, 在机床达到稳定温度的条件下, 用单刃刀具车削三段直径。用圆度仪或千分尺检验圆度和圆柱度。

64. 答 精车外圆时圆周表面上出现有规律的波纹, 与卧式车床精度有关的因素有:

- 1) 主轴上传动齿轮齿形不良, 齿部损坏或啮合不良。
- 2) 电动机旋转不平衡。

中，坐标轴运动轨迹是靠插补计算得出的，所谓插补计算就是对加工程序段输入的工件轮廓上的某起始点和终点的坐标数据进行计算，将起始点与终点之间进行“数据密化”，并将密化数据送给各坐标轴位置控制器。插补可分为直线插补和圆弧插补等。

69. 答 一次有效 G 代码指 G 代码仅在指定的程序段内有效。

模态 G 代码指当该 G 代码被编程后，它一直维持有效，直至被同一模态组的其它 G 代码所取代。

70. 答 刀具补偿功能是数控系统所具有的为方便用户精确编程而设置的功能。它分为两大类：刀具位置偏置补偿和刀尖圆弧补偿。

刀具位置偏置补偿是对编程时假想的刀具与实际使用的刀具的差值进行补偿。它可分为刀具形状补偿和刀具磨损补偿两种。

刀尖圆弧补偿是在车锥度和圆弧时，对由于刀尖圆弧半径形成的实际轮廓和理论轮廓的差值进行补偿。根据工件表面相对于刀具的位置，刀尖圆弧补偿可分为左边刀尖圆弧补偿和右边刀尖圆弧补偿。

71. 答 M00 是无条件程序暂停指令，也就是只要执行到此程序就暂停。

M01 是有条件程序暂停指令，只有当车床上“M01 有效”开关接通时程序才会暂停，若开关未接通，程序执行了 M01 指令后就直接运行后面的程序不暂停。

72. 答 数控系统的六种工作方式分别为：回参考点方式 (REN)、自动方式 (AUTO)、手动方式 (JOG)、手动输入方式 (MDI)、手轮方式 (HANDLE) 和编辑方式 (EDIT)。

在回参考点方式下可实现手动返回参考点，建立机床坐标系。

自动方式是数控机床完成自动零件加工的工作方式。

手动方式主要用于完成机床加工零件前的辅助工作的方式，在此方式下可实现坐标轴的连续和快速进给、加工零件的夹紧等功能。

手动输入方式主要用于完成数据的输入操作的方式，在此方式下可实现加工程序、刀具偏置量和系统参数等的输入。

在手轮方式下，机床操作面板上的手摇脉冲发生器，用手摇脉冲发生器可实现机床各轴的微量进给。

73. 答 子程序可被主程序所调用。被调用的子程序还可以调用

其它子程序。程序嵌套就是一个程序调用另外一个程序的过程，主程序调用了子程序称为一重嵌套，子程序再调用其它子程序称为双重嵌套。

74. 答 (1) 分析零件图样 分析零件的材料、形状、尺寸、精度及毛坯形状和热处理要求等。确定该零件是否适宜在数控车床上加工，加工该零件的哪些表面。

(2) 确定工艺过程 在分析零件图的基础上，确定零件的加工方法（如采用的工夹具、装夹定位方法等），加工路线（如对刀点、进给刀路线），切削用量（背吃刀量、进给量、切削速度）等工艺参数。

(3) 数值计算 根据零件图样和确定的工艺过程，算出编程所需的数据，如零件形状各几何尺寸的坐标数值等。

(4) 编写程序单 根据以上数据结合数控系统对输入信息的要求，按照加工过程逐步编写程序。

(5) 校对程序及首件试加工 将编写好的程序送入数控系统，校对输入无误后，在有图形模拟功能的系统上可通过图形模拟出的刀具运动轨迹来校对编程是否正确，在刀具运动轨迹正确后，用单段功能运行程序对工件进行首件试加工，加工符合图样要求后即可进行批量生产。

75. 答 删除系统中的一个程序方法如下：

- 1) 选择编辑工作方式。
- 2) 按 PRGRM 按钮。
- 3) 按地址 O。
- 4) 键入要删除的程序号。
- 5) 按 DELET 键。

76. 答 检索系统中一个程序方法如下：

- 1) 选择编辑或自动工作方式。
- 2) 按 PRGRM 按钮。
- 3) 按地址 O。
- 4) 键入要检索的程序号。
- 5) 按 CURSOR。

检索结束时，相应的程序就显示在画面上。

77. 答 一个零件加工程序的运行步骤如下:

- 1) 开机, 机床回参考点, 建立机床坐标系。
- 2) 将加工程序输入存储器中。
- 3) 对加工程序中所用刀具进行对刀, 并输入刀具补偿值。
- 4) 将零件毛坯装夹到机床上。
- 5) 确定工件坐标系。
- 6) 在自动工作模式下运行零件加工程序。

78. 答 手动返回参考点具体方法如下:

选择回参考点方式, 然后用手动向参考点方向分别移动各坐标轴, 直到返回参考点指示灯亮为止。

79. 答 手柄加工程序为:

```

N0005 G50 Z;
N0010 M41;
N0015 T0101;
N0020 G97 M03 S800;
N0025 G99 G00 X30 Z3 M08;
N0030 G94 X0 Z1.5 F0.25;
N0035 X0 Z0;
N0040 G90 X25 Z-77;
N0045 X20 Z-10;
N0050 X15 Z-4;
N0055 G00 X26 Z-27;
N0060 G01 X24 Z-37.5;
N0065 X20 Z-43.5;
N0070 Z-77;
N0075 X26;
N0080 G00 X21 Z-43.5;
N0085 G01 X20;
N0090 X15 Z-58;
N0095 X17 Z-71;
N0100 Z-77;

```

N0105 X26;  
N0110 G00 Z1;  
N0115 X0;  
N0120 G01 Z0 F0.5;  
N0125 G03 X10.613 Z-3.199 R6 F0.2;  
N0130 X17.454 Z-44.187 R48;  
N0135 G02 X16 Z-71 R40;  
N0140 G01 Z-77;  
N0145 X26;  
N0150 G00 X30 Z3 M09;  
N0155 T0100;  
N0160 X300 Z400;  
N0165 T0202;  
N0170 G96 M03 S160;  
N0175 G00 X30 Z3 M08;  
N0180 X0 Z1;  
N0185 G01 Z0 F0.1;  
N0190 G03 X10.613 Z-3.199 R6;  
N0195 X17.454 Z-44.187 R48;  
N0200 G02 X16 Z-71 R40;  
N0205 G01 Z-77;  
N0210 X26;  
N0215 G00 X30 Z3 M09;  
N0220 T0200;  
N0225 X300 Z400;  
N0230 M05;  
N0235 M30;

80. 答 锥度、螺纹轴加工程序为:

N0005 G50 Z;  
N0010 M41;  
N0015 T0101;



N0020 G97 M03 S800;  
N0025 G99 G00 X58 Z3 M08;  
N0030 G94 X0 Z1.5 F0.25;  
N0035 X0 Z0;  
N0040 G90 X50 Z-91;  
N0045 X45 Z-68;  
N0050 X40 Z-59;  
N0055 X35 Z-55;  
N0060 X30 Z-25;  
N0065 X25 Z-3;  
N0070 G00 X19 Z1;  
N0075 G01 Z0;  
N0080 X25 Z-3;  
N0085 G00 Z1;  
N0090 X9;  
N0095 G01 Z0;  
N0100 G03 X25 Z-8 R8;  
N0105 G01 Z-25;  
N0110 X33;  
N0115 Z-55;  
N0120 X36.603;  
N0125 X50 Z-80;  
N0130 X52;  
N0135 G00 X58 Z3 M09;  
N0140 T0100;  
N0145 X300 Z400;  
N0150 T0202;  
N0155 G97 M03 S800;  
N0160 G00 X58 Z3 M08;  
N0165 X38 Z-55;  
N0170 G01 X30.6 F0.08;

N0175 G04 X0.1;  
N0180 G01 X38 F0.5;  
N0185 G00 X58 Z3 M09;  
N0190 T0200;  
N0195 X300 Z400;  
N0200 T0303;  
N0205 G96 M03 S160;  
N0210 G00 X58 Z3 M08;  
N0215 X0 Z1;  
N0220 G01 Z0 F0.1;  
N0225 X9;  
N0230 G03 X25 Z-8 R8;  
N0235 G01 Z-25;  
N0240 X32.8;  
N0245 Z-55;  
N0250 X36.603;  
N0255 X50 Z-80;  
N0260 Z-91;  
N0265 X52;  
N0270 G00 X58 Z3 M09;  
N0275 T0300;  
N0280 X300 Z400;  
N0285 T0404;  
N0290 G97 M03 S1000;  
N0295 G00 X58 Z3 M08;  
N0300 X35 Z-22;  
N0305 G92 X32.2 Z-53.5 F1.5;  
N0310 X31.7;  
N0315 X31.45;  
N0320 X31.35;  
N0325 G00 X58 Z3 M09;

N0330 T0400;

N0335 X300 Z400;

N0340 M05;

N0345 M30;

81. 答 CAD 是计算机辅助设计 (Computer Aided Design) 的缩写, CAM 是计算机辅助加工 (Computer Aided Manufacturing) 的缩写, CAPP 是计算机辅助工艺规程设计 (Computer Aided Process Planning) 的缩写。

82. 答 机电一体化产品主要特征是: 1) 整体结构最佳化; 2) 系统控制智能化; 3) 操作系统柔性化。

83. 答 机电一体化系统的五大组成要素是: 1) 机械系统 (机构); 2) 电子信息处理系统 (计算机); 3) 动力系统 (动力源); 4) 传感检测系统 (传感器); 5) 执行元件系统 (如电机)。五大内部功能是: 1) 主功能; 2) 动力功能; 3) 检测功能; 4) 控制功能; 5) 构造功能。

84. 答 CIMS 是信息技术和生产技术的综合应用, 旨在提高制造企业的生产率和响应能力, 由此企业的所有功能、信息、组织管理方面都是一个集成起来的整体的各个部分。FMS 是在计算机辅助设计 (CAD) 和计算机辅助制造 (CAM) 的基础上, 打破设计和制造的界限, 取消图样、工艺卡片, 使产品设计、生产相互结合而成的一种先进生产系统。

85. 由学员结合自己的经验举例。

86. 答 PLC 与继电器控制的差异是: 1) 组成器件不同。PLC 是采用软继电器, J—C 采用硬件继电器等元件。2) 触点数量不同。PLC 触点可无限使用, J—C 触点是有限的; 3) 实施的控制方法不同。PLC 采用软件编程解决, J—C 是采用硬件接线解决。

87. 答 PLC 的品种繁多, 型号和规格也各不相同, 故难以详细地进行分类, 通常按 I/O 点数, 或结构形式, 或功能范围等三方而来分类。

88. 答 “PLC” 是一个数字式的电子装置, 它使用了可编程序的记忆体以储存指令, 用来执行诸如逻辑、顺序、计时与演算功能,

并通过数字或模拟的输入和输出，以控制各种机械或生产过程。一部数字电子计算机若是用来执行 PLC 之功能者，亦被视同为 PLC，但不包括鼓式或机械式顺序控制器。

89. 答 用户设备需要输入 PLC 各种控制信号，通过输入部件将这些信号转换成中央处理器能够接收和处理的数字信号。输出部件将中央处理器送出的弱电信号转换成现场需要的电平强电信号输出，以驱动电磁阀、接触器等被控设备的执行元件。

90. 答 CPU 是 PLC 的“大脑”，它可根据存入的用户程序进行判断，然后去控制输出模块去驱动控制对象，CPU 还可以进行自检以确保可靠工作，如检查出错误，它将自动停止工作。

91. 答 编程器是用来输入用户程序的专用工具，它能显示出以前输入的程序，监视内部 I/O 状态，内部定时器或计算器的累计值，它是进行编辑程序（改变、插入或删除部分程序）、系统校验和故障检修的有力工具。

92. 答 精益生产的基本特征有 1) 以市场需求为依据，最大限度地满足市场多元化的需要；2) 以彻底消除无效劳动和浪费为目标，最大限度地为企业谋取经济效益；3) 自始至终坚持以人为本，把开发人力资源放在首位；4) 借助于现代化管理技术和手段的配套应用。

93. 答 闭环 MRP II 由主生产计划 (MPS)、物料需求计划 (MRP)、生产进度计划 (OS) 和能力需求计划 (CRP) 等关键环节组成。

94. 答 选择和应用 ISO9000 族标准的步骤和方法为：1) 研究 ISO9000 族标准；2) 组建质量体系；3) 确定质量体系的要素；4) 建立质量体系；5) 质量体系正常运行，6) 质量体系的证实。

服心服。

⑤判断准确 做结论时对事物作出的总结性判断要准确，有概括性、科学性、严密性、总结性。

⑥实事求是 文字陈述简练，不夸张臆造，不弄虚作假，论文全文的长短根据内容需要而定，一般在三四千字以内。

(2) 论文命题的选择 论文命题的标题应做到贴切、鲜明、简短。写好论文关键在如何命题。就机械行业来讲，由于每个单位情况不同，各专业技术工种也不同；就同一工种而言，其技术复杂程度、难易、深浅各不相同，专业技术各不相同，因此，不能用一种模式、一种定义来表达各不相同的专业技术情况。选择命题不是刻意地寻找，去研究那些尚未开发的领域，而是把生产实践中解决的生产问题、工作问题通过筛选总结整理出来，上升为理论，以达到指导今后生产和工作的目的。命题是论文的精髓所在，是论文方向性、选择性、关键性、成功性的关键和体现，命题方向选择失误往往导致论文的失败。因此在写论文之前，一定要反复思考、反复构思，确定自己想写的命题内容，命题确定后再选择命题的标题。所以，命题不能单纯理解为给论文的标题命名。

(3) 命题内容的选择 命题内容选择是命题的基础，同样是论文成败的关键。选择内容应针对自己的工作和专业扬长避短地进行选择；在工艺改进、质量攻关、技术改造方面，在学习、消化推广和应用国内外先进技术方面，在防止和排除重大隐患方面，在大型和高精尖设备的安装、调试、操作、维修和保养方面以及成绩显著、贡献突出、确有推广价值的技术成果，虽不是创造发明，但为企业及社会创造了直接或间接经济效益的项目都可以写。从中选择自己最擅长、最突出的某一方面作为自己命题的内容，然后再从中选择最具代表性的某一项进行整理、浓缩，作为自己命题内容的基础材料。

(4) 摘要 摘要是论文内容基本思想的浓缩，简要阐明论文的论点、论据、方法、成果和结论，要求完整、准确和简练，其本身是完整的短文，能独立使用，字数一般二三百字为好，至多不超过 500 字。

(5) 前言 前言是论文的开场白，主要说明本课题研究的目的是、

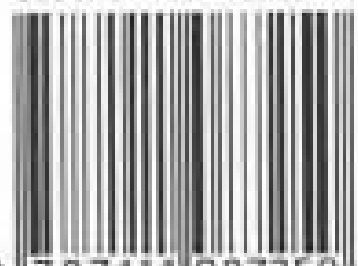
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

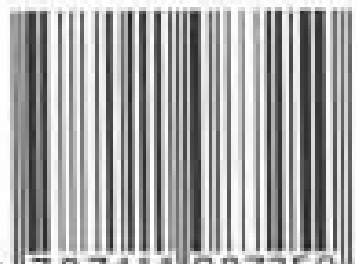
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

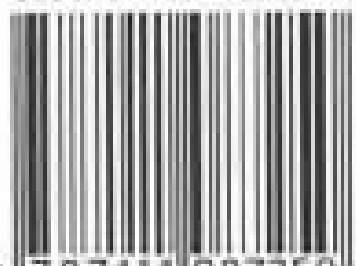
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机修理工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元



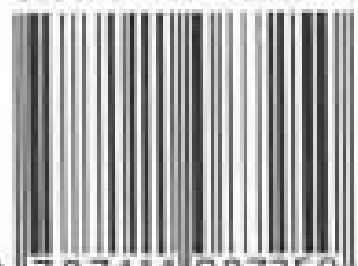
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

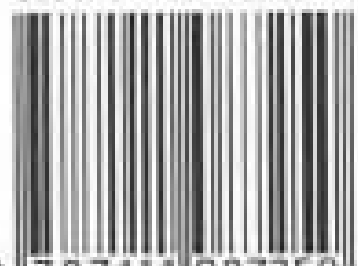
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

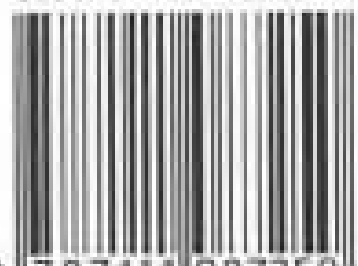
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

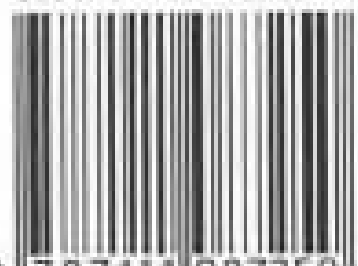
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

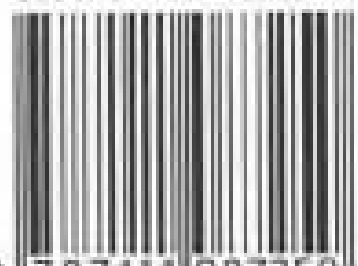
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

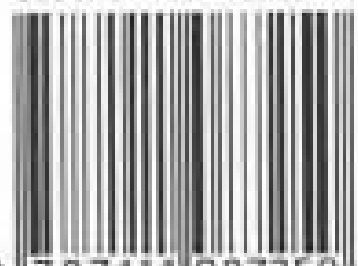
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

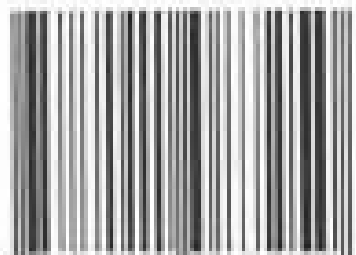
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机械钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 钳工技师培训教材
- 车工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷冻工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机修理工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

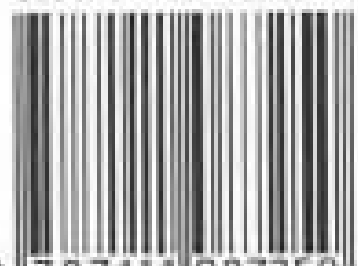
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元



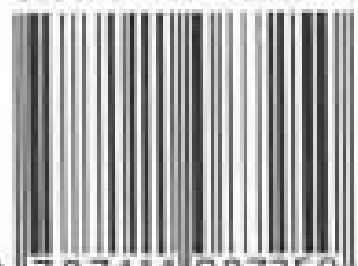
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

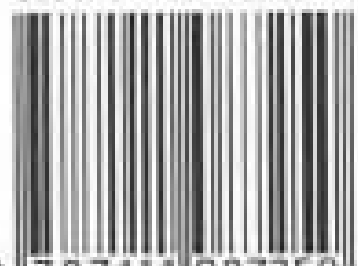
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

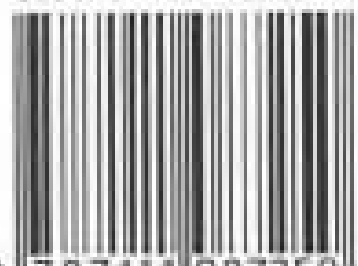
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

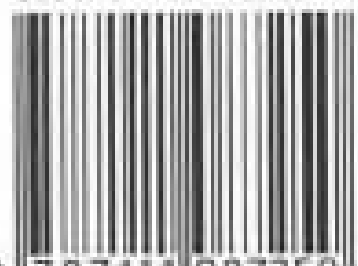
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

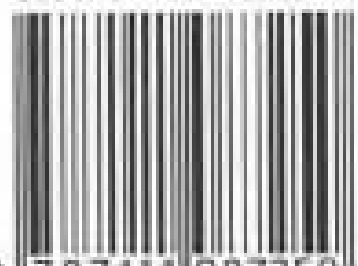
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机修理工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

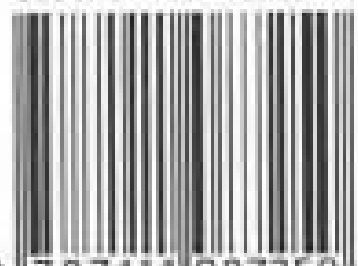
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师见习教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

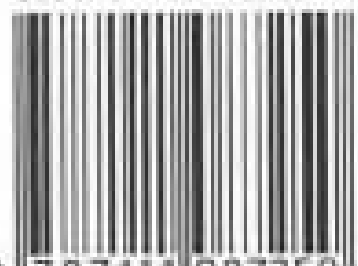
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

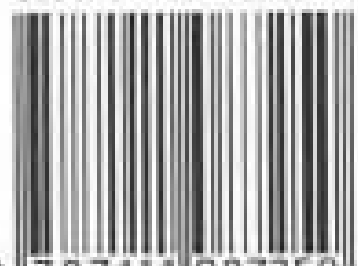
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元



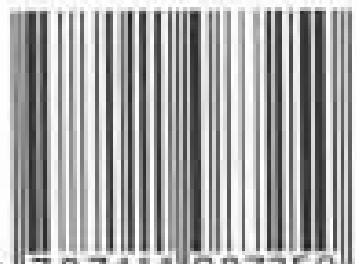
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机修理工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

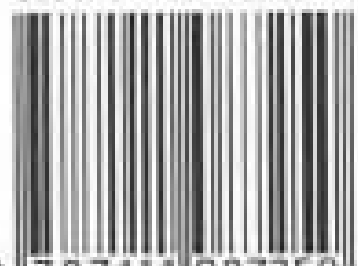
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

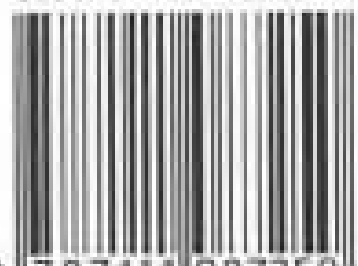
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

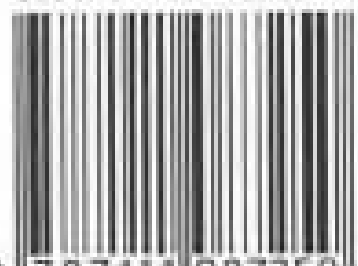
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

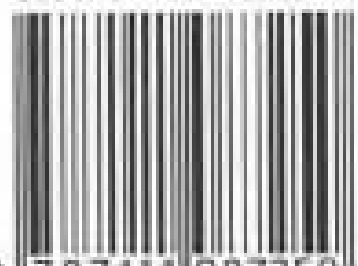
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

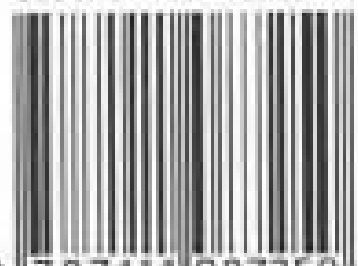
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

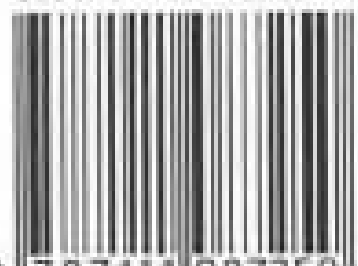
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

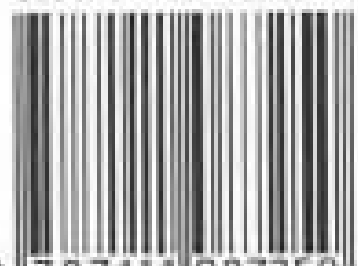
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元



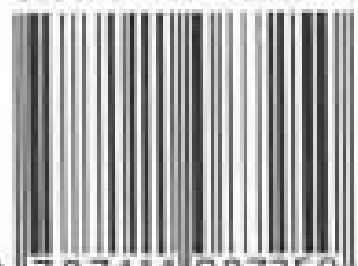
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

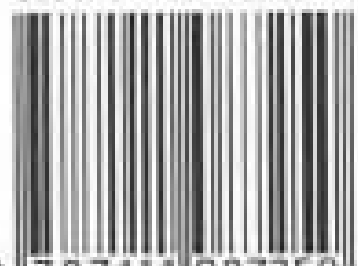
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

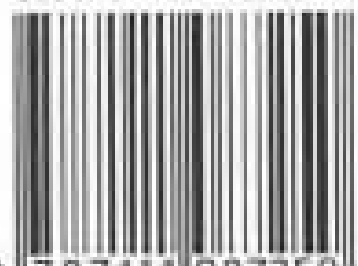
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

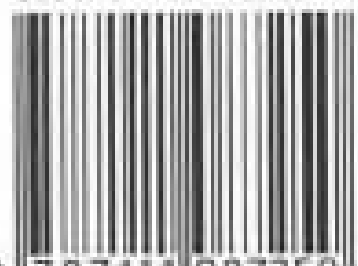
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机修理工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

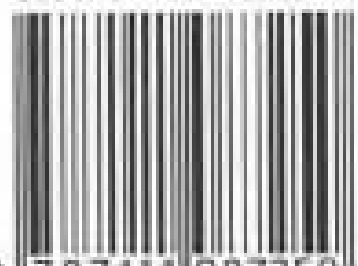
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机修理工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

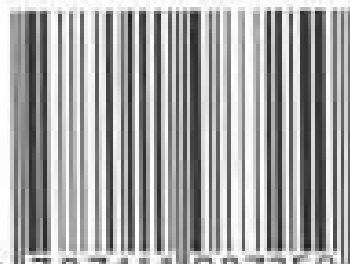
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作：李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 制冷工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试修理工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机修理工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价：25.00元

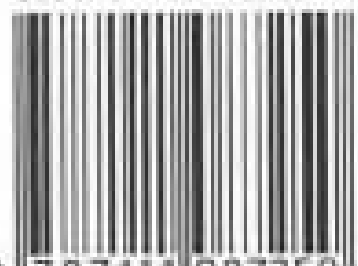
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

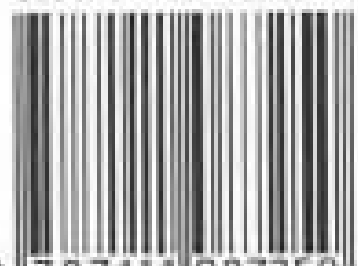
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元



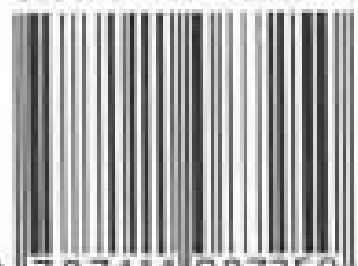
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

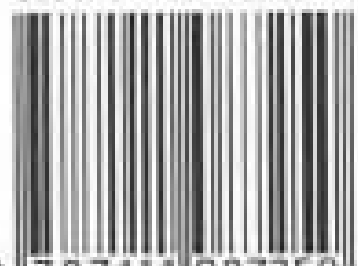
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

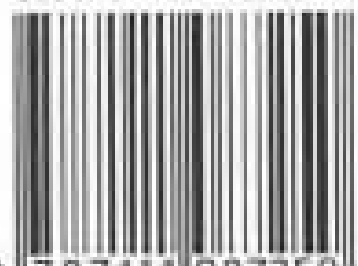
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

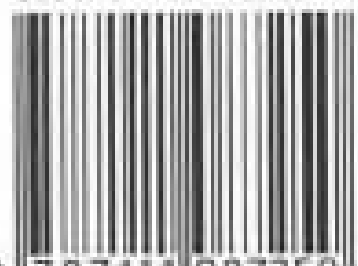
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

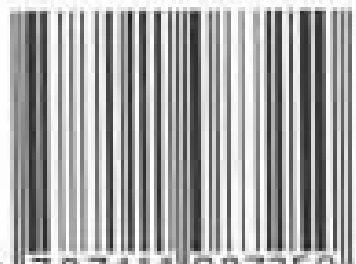
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机修理工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

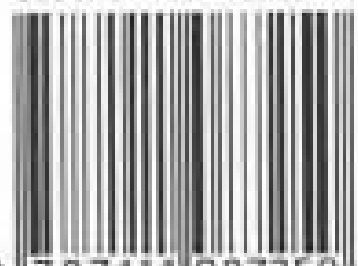
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

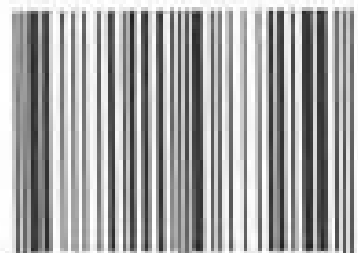
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作：李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机械钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机修理工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价：25.00 元

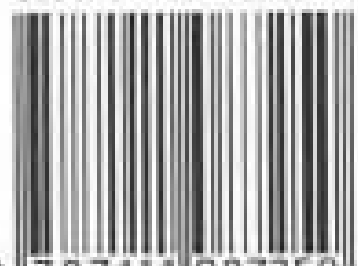
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机修理工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元



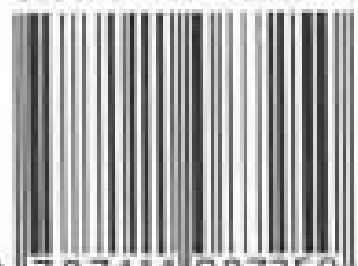
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

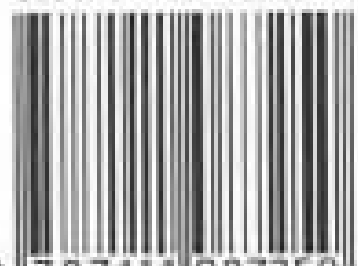
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

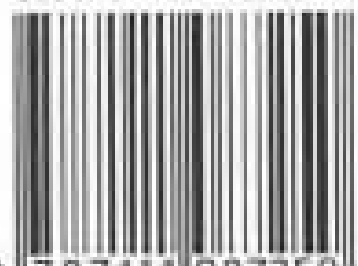
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

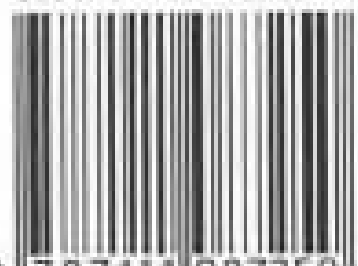
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

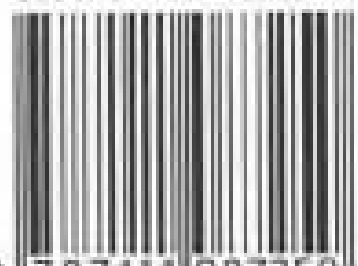
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

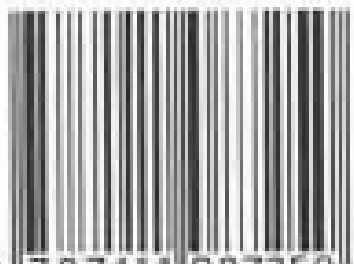
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师见习教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

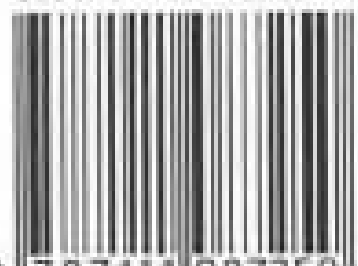
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

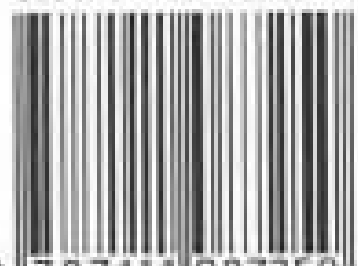
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元



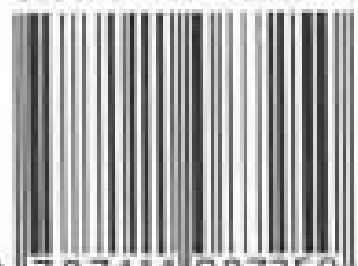
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

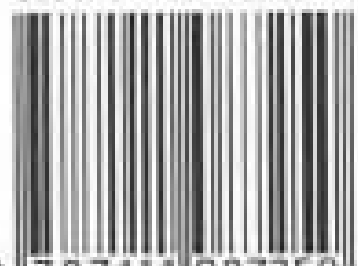
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

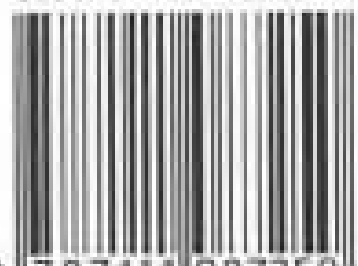
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

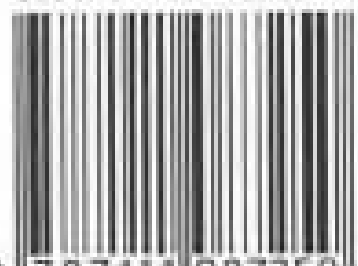
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

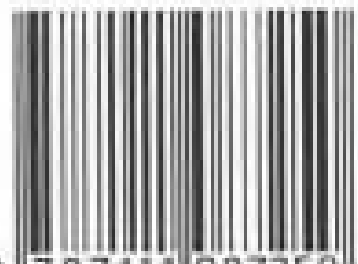
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

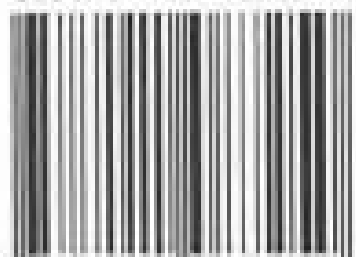
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

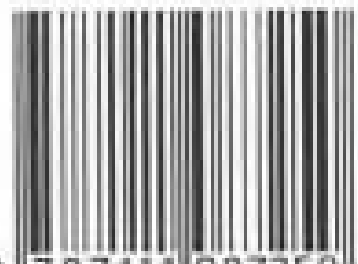
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机械钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

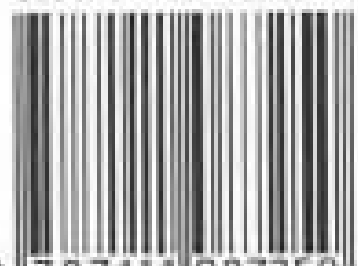
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元



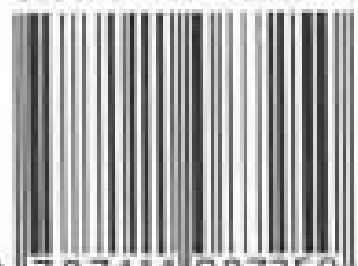
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元



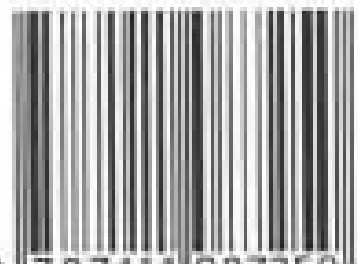
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机修理工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

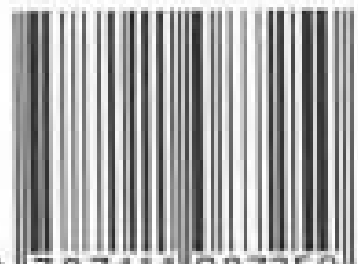
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计/电脑制作：李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价：25.00 元

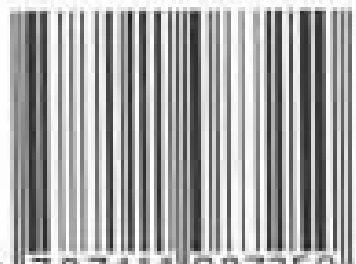
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

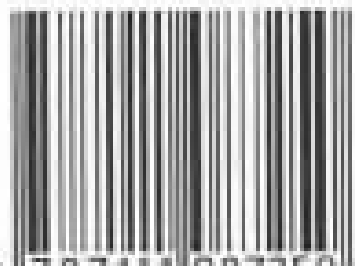
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作：李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价：25.00 元

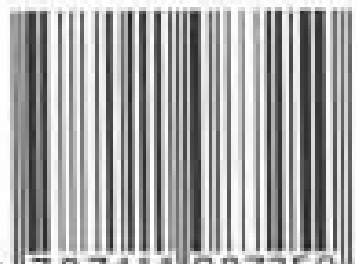
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

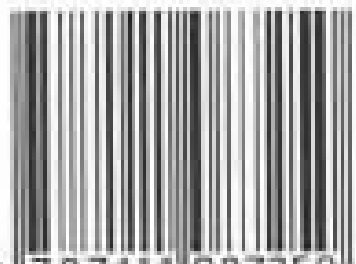
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作：李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价：25.00 元



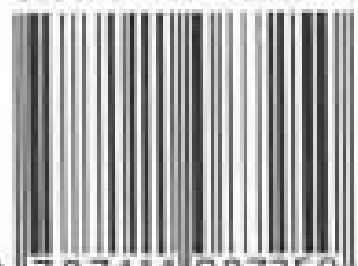
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

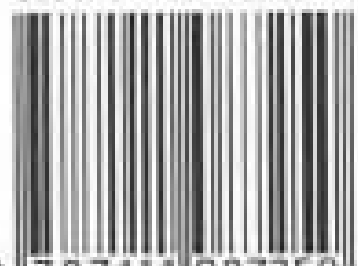
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

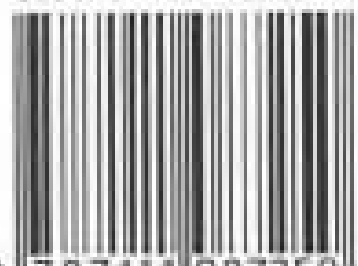
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

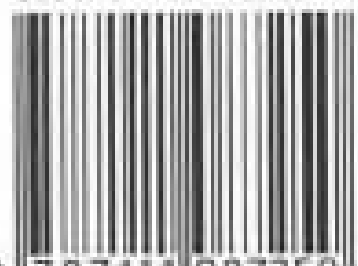
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

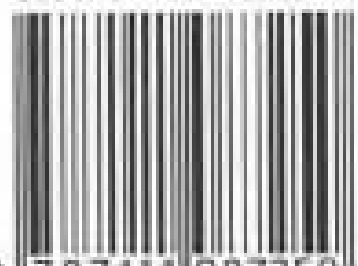
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

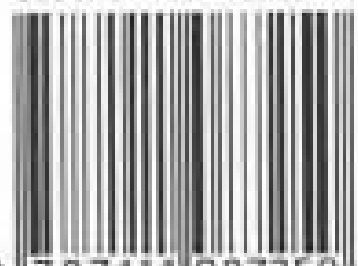
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

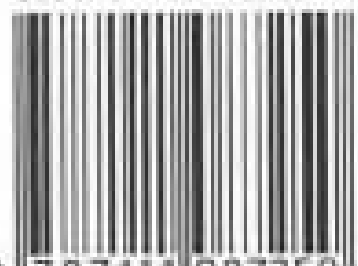
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

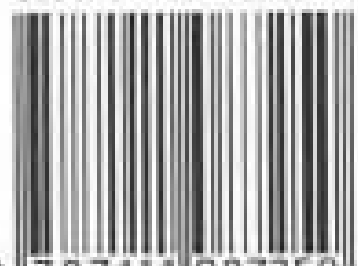
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元



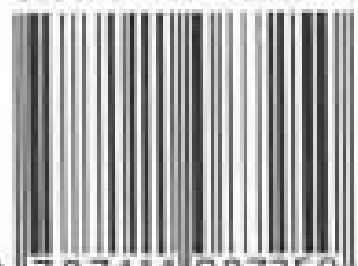
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师见习教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

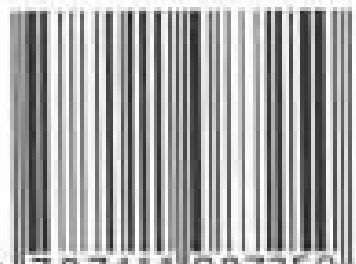
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 制冷工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机修理工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

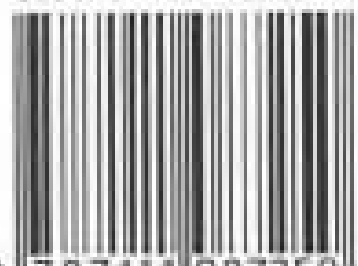
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

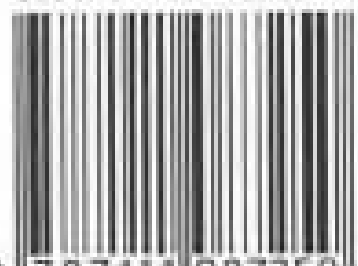
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

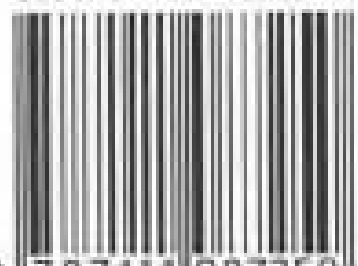
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

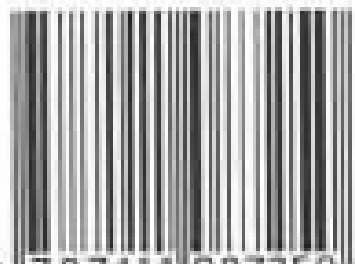
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机修理工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

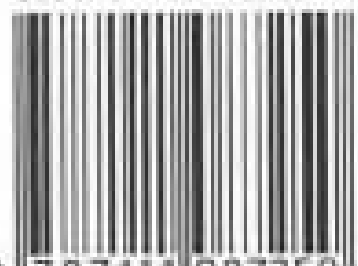
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

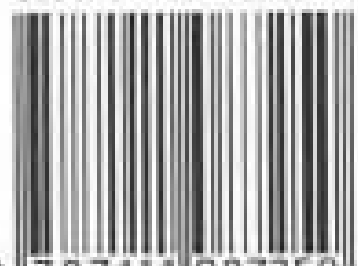
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元



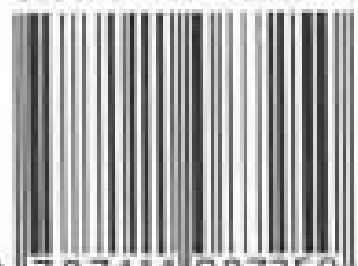
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

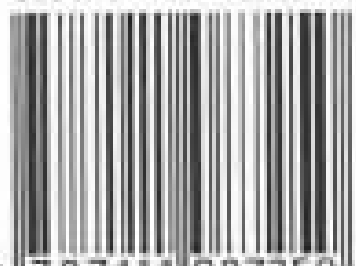
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机修理工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

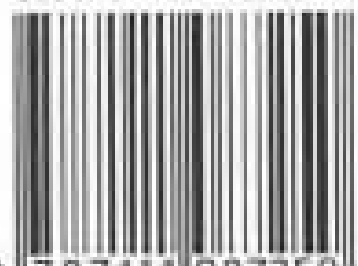
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

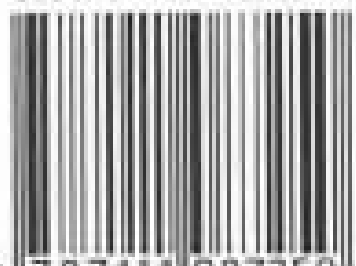
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铸工技师培训教材
- 木工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 钣金工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机修理工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

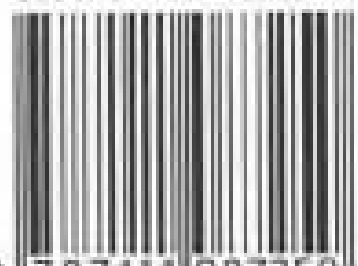
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

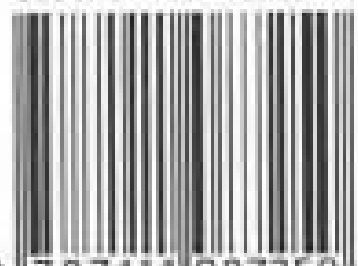
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

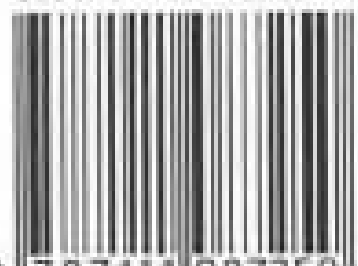
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

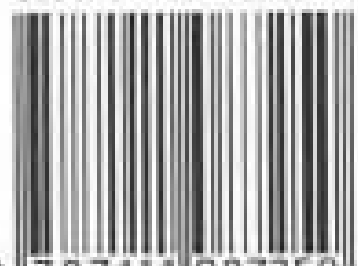
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元



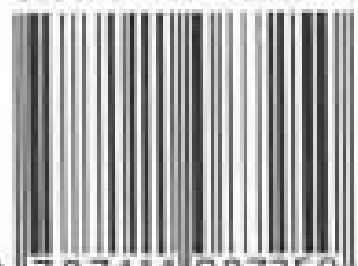
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元

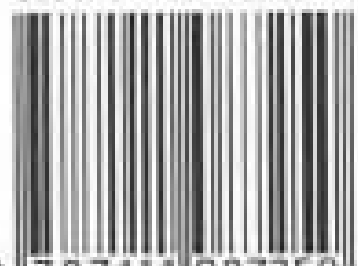
ISBN 7-111-08725-9/ TH-1099

封面设计 / 电脑制作 : 李雨桥

## 机械工业技师考评培训教材

- 机械制图
- 机械基础
- 电工与电子基础
- 金属材料及加工工艺
- **车工技师培训教材**
- 钳工技师培训教材
- 机修钳工技师培训教材
- 工具钳工技师培训教材
- 铣工技师培训教材
- 磨工技师培训教材
- 焊工技师培训教材
- 铸造工技师培训教材
- 锻造工技师培训教材
- 热处理工技师培训教材
- 电工技师培训教材
- 维修电工技师培训教材
- 冷作工技师培训教材
- 涂装工技师培训教材
- 汽车维修工技师培训教材
- 摩托车调试维修工技师培训教材
- 制冷设备维修工技师培训教材
- 电机维修工技师培训教材

ISBN 7-111-08725-9



9 787111 087250 >

定价: 25.00 元