
第三章 工艺规程设计

王静思

轮机工程学院

目 录

第一节 机械制造工艺的基本概念

第二节 零件结构工艺性分析及确定毛坯

第三节 工艺路线与工序内容的拟定

第四节 确定加工余量、工序尺寸及其公差

第五节 时间定额和提高劳动生产率的工艺途径

第一节 机械制造工艺的基本概念

一、生产系统、制造系统和工艺系统

- **生产系统**是指制造企业中进行制造和装配，以及开发设计、计划管理、经营决策等活动的总和。
- **制造系统**是生产系统的重要组成部分，是生产系统中生产技术层次的主体，包括毛坯制造、加工、装配、存储、运输、检验等工作。
- **工艺系统**是指在制造系统中，机械加工所使用的加工设备（机床）、刀具、夹具和工件等组成的一个相对独立的统一体。

二、生产过程和工艺过程及其组成

1. 生产过程

生产过程 指把原材料转变为成品的全过程。

机械工厂的生产过程一般包括原材料的验收、保管、运输，生产技术准备，毛坯制造，零件加工（含热处理），产品装配，检验以及涂装等。

现代制造模式中，往往各有关劳动过程是分布在不同车间或工厂里进行的。

2. 工艺过程及其组成

(1) 工艺过程

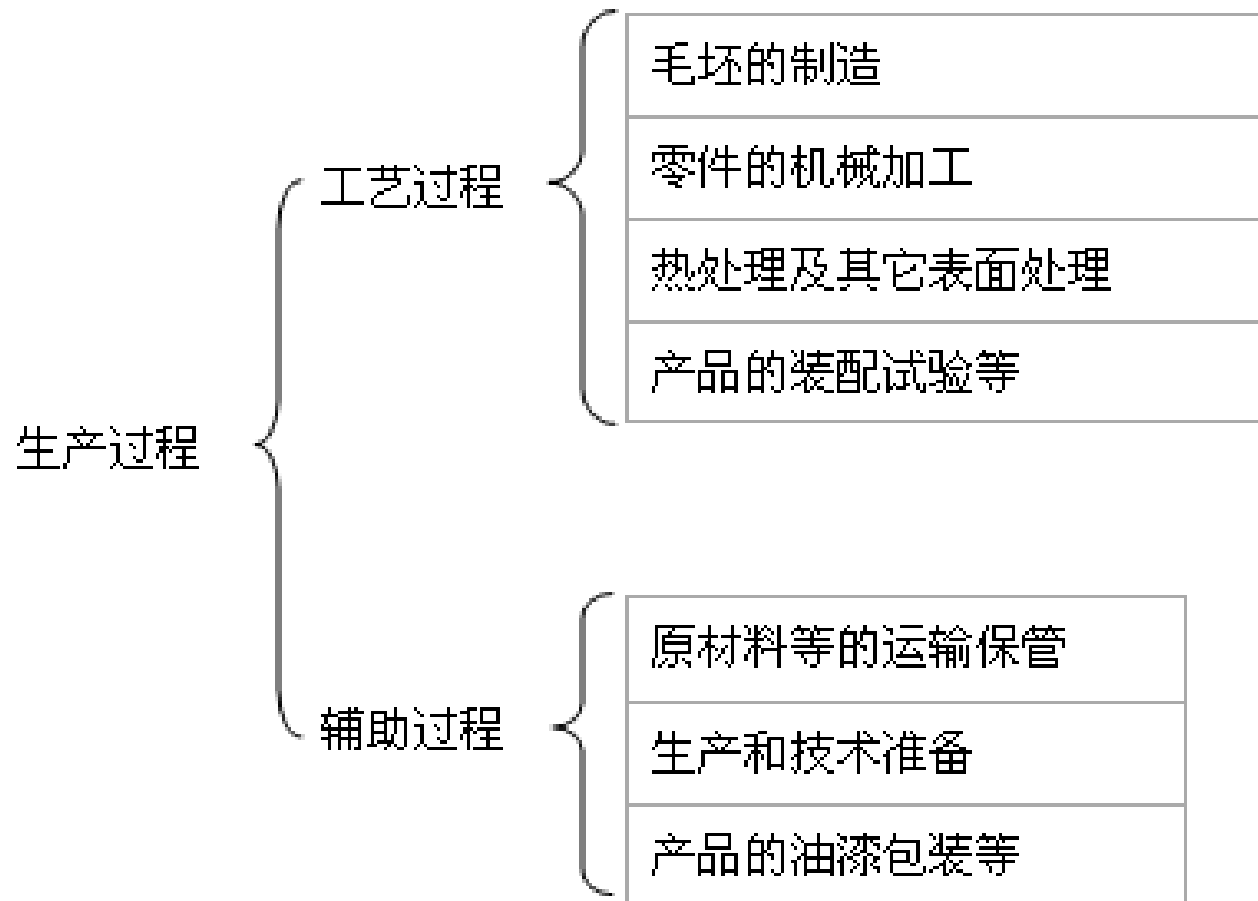
把生产过程中改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和物理、力学性能等，使其成为成品或半成品的过程称为工艺过程。

工艺过程可根据其具体工作内容分为铸造、锻造、冲压、焊接、机械加工、热处理、表面处理、装配等不同的工艺过程。

生产过程组成

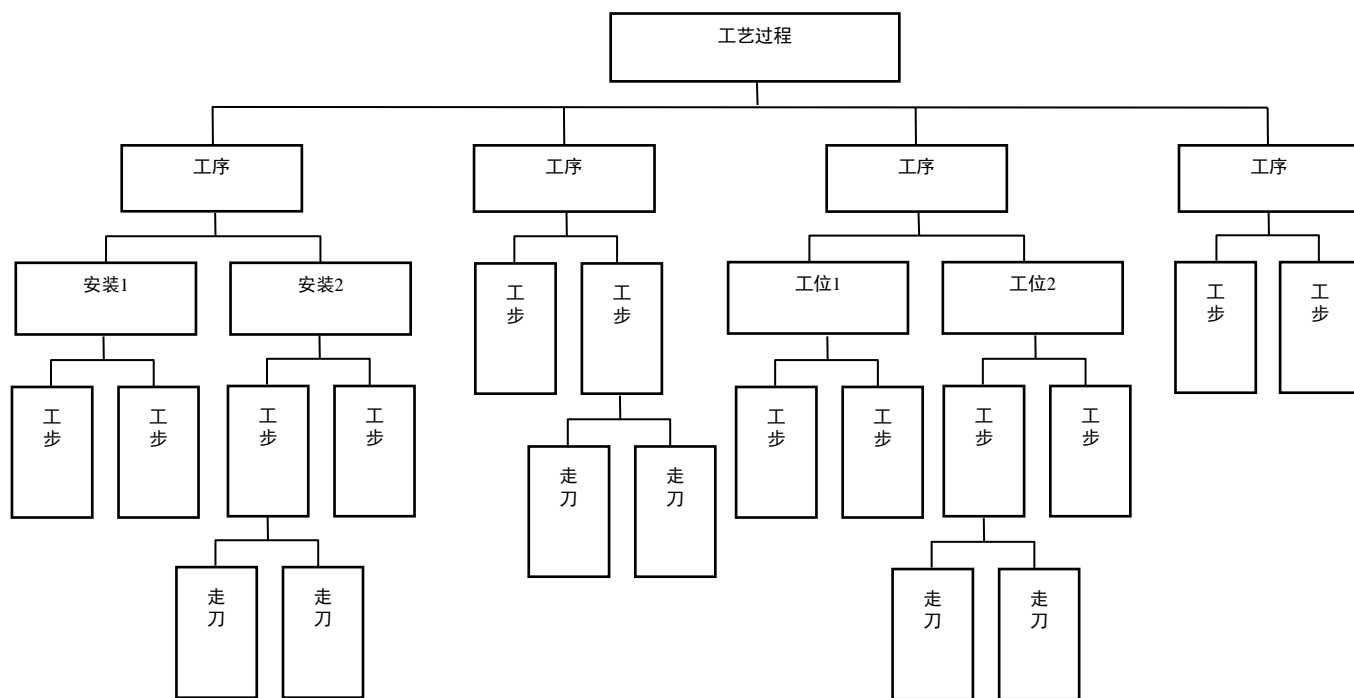
What procedures are involved in the productive process.

制造工艺过程是整个生产过程的重要组成部分。



(2) 机械加工工艺过程的组成

机械加工工艺过程是指用机械加工方法（主要是切削加工方法）逐步改变毛坯的形态（形状、尺寸以及表面质量），使其成为合格零件所进行的全部过程。它一般由工序、工步、走刀等不同层次的单元所组成。



① 工 序

一个或一组工人在一个工作地点，对一个或同时对几个工件所连续完成的那部分工艺过程叫工序。

当加工对象更换或设备工作地点改变时，或完成工艺工作的连续性有改变时，则形成另一部分工序。

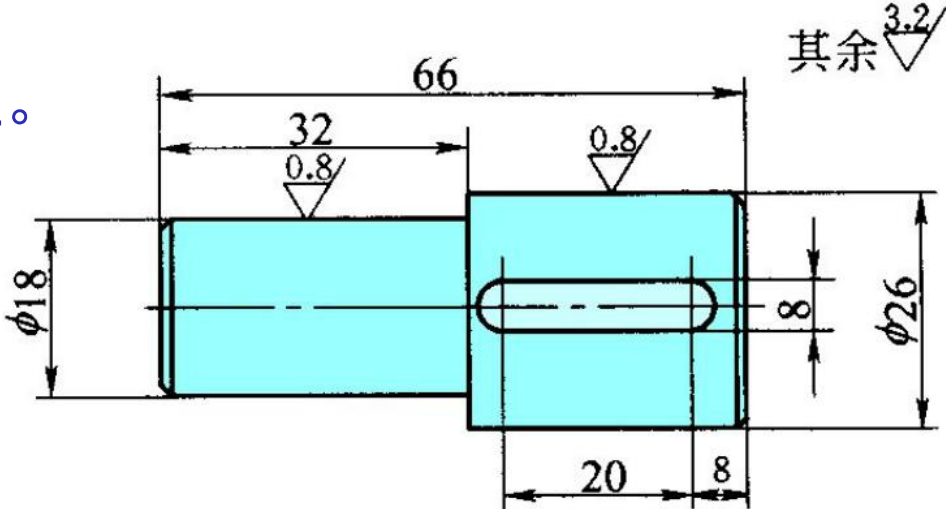
如加工圆轴：先粗车，然后掉头另一次装夹再精车，则为同一道工序。如果生产量大，则完成一批件粗车，再对这批工件精车（连续性被打断），虽然其他条件不变，但却成为两道工序。

工序的确定

Determination of process procedure

工序数目和工艺过程的确定与零件的技术要求、零件的数量和现有工艺条件等有关。

如：阶梯轴零件的加工。



大批量生产
工艺过程

工序号	工序内容	设备
1	铣端面，打中心孔	铣端面打中心孔机床
2	车大外圆及倒角	车床
3	车小外圆及倒角	车床
4	铣键槽	铣床
5	去毛刺	钳工台

② 安 装

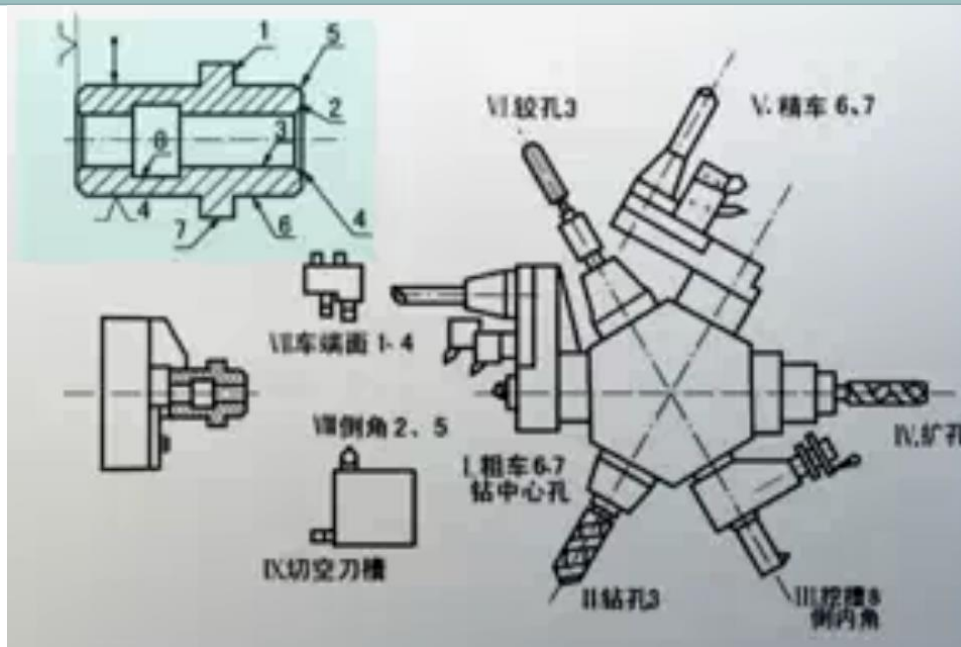
同一道工序中，工件经一次装夹后所完成的那一部分工艺过程。

- 每一个工序可能有一次安装，也可能有几次安装。若对一个工件的两端连续进行车端面、钻中心孔（轴类零件进行后续加工的定位基准），就需要两次安装（分别对两端进行加工），每次安装有两个工步（车端面和钻中心孔）。
- 在同一工序中，安装次数尽量少，既可以提高生产效率，又可以减少由于多次安装带来的加工误差。

③ 工 位

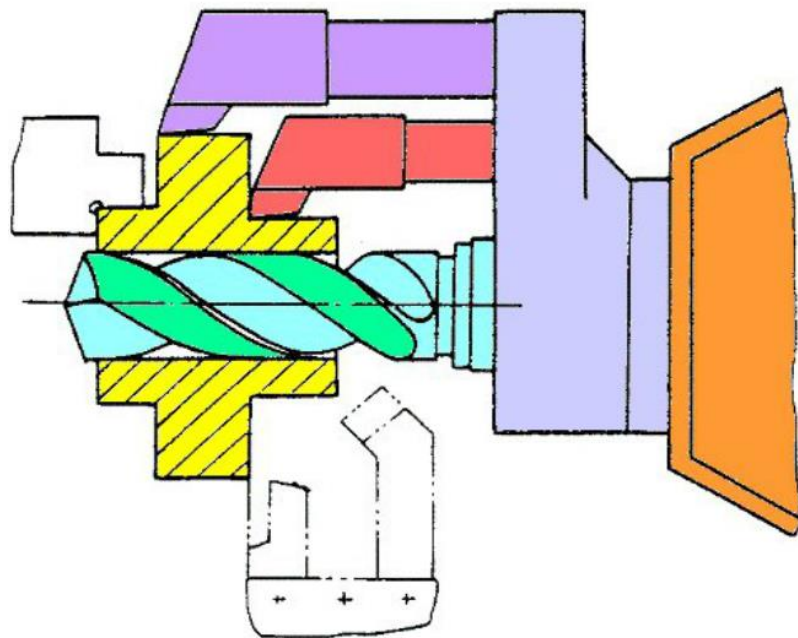
工件在一次安装后，工件与夹具或设备的可动部分一起相对于刀具或设备的固定部分所占据的每一个位置上所完成的那一部分工艺过程称为工位。

◆多工位加工



④ 工步与复合工步

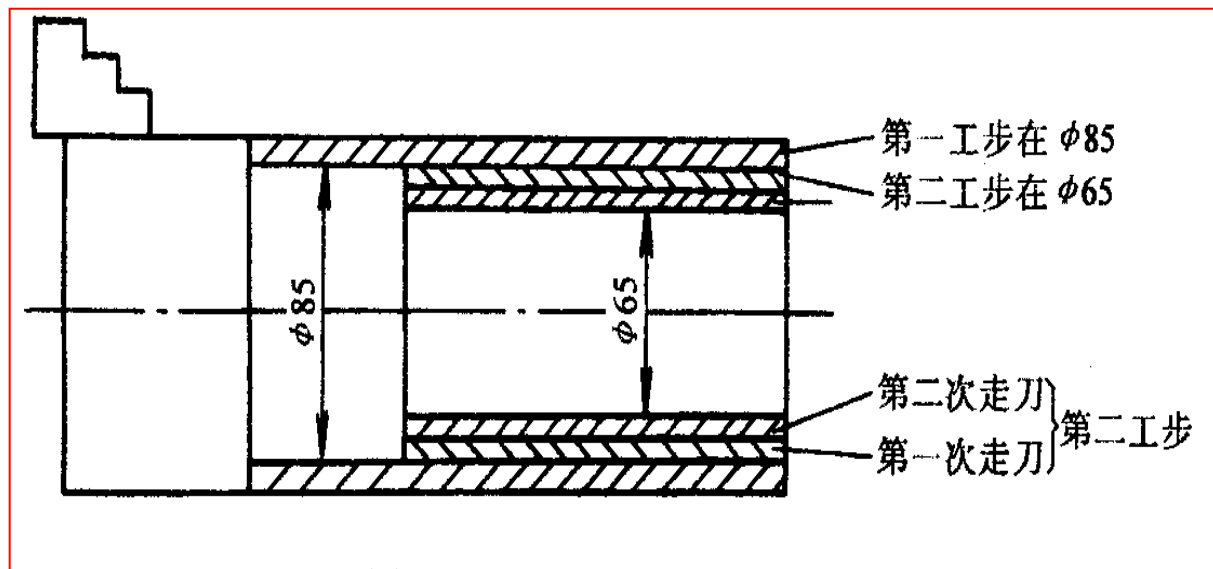
在加工表面、切削刀具和切削用量（仅指转速和进给量）都不变的情况下，所连续完成的那部分工艺过程，称为一个工步。有时为了提高生产效率，经常把几个待加工表面用几把刀具同时进行加工，这可看作为一个工步，并称为复合工步。



立轴转塔车床的
一个复合工步

⑤ 走 刀

在一个工步内，有些表面由于加工余量太大，或由于其它原因，需用同一把刀具以及同一切削用量对同一表面进行多次切削。这样刀具对工件的每一次切削就称为一次走刀。



以棒料制造阶梯轴

三、生产纲领、生产类型及其工艺特征

问题

有哪些因素会影响制造系统的规模以及工艺过程的划分？

Which factors have influences on the scale of manufacturing system and arrangement of the craft process?



1. 生产纲领

产品的年生产纲领是产品的年生产量。

零件的年生产纲领按下列公式计算：

$$N=Qn(1+\alpha)(1+\beta)$$

式中 N——零件的生产纲领，单位为件 / 年；

Q——产品的年产量，单位为台 / 年；

n——每台产品中所含该零件的数量，单位为件 / 台；

α ——零件的备品百分率；

β ——零件的废品百分率。

2. 生产类型及其工艺特征

根据产品投入生产的连续性，可大致分为三种不同的生产类型。

(1) 单件生产

产品品种不固定，每一品种的产品数量很少，大多数工作地点的加工对象经常改变。例如，重型机械、造船业等一般属于单件生产。

(2) 大量生产

产品品种固定，每种产品数量很大，大多数工作地点的加工的对象固定不变。例如，活塞、轴承制造等一般属于大量生产。

(3) 成批生产

产品品种基本固定，但数量少，品种较多，需要周期性地轮换生产，大多数工作地点的加工对象是周期性的变换。

每批制造的相同零件的数量，称为批量。

在成批生产中，根据批量大小可分为小批、中批和大批生产。小批生产的特点接近于单件生产的特点，大批生产的特点接近于大量生产的特点，中批生产的特点介于单件和大量生产特点之间。因此生产类型可分为：单件小批生产，大批大量生产，中批生产。

各种生产类型的工艺特征

加工机械零件的生产类型和生产纲领关系

生产类型		同种零件的年生产纲领（件/年）		
		轻型零件	中型零件	重型零件
单件生产		≤ 100	≤ 20	≤ 5
成批生产	小批	100~500	10~150	5~100
	中批	500~5000	150~500	100~300
	大批	5000~50000	500~5000	300~1000
大量生产		> 50000	> 5000	> 1000

各种生产类型的工艺特征

机械产品各种生产类型的工艺特征

名称	大量生产	成批生产	单件生产
生产对象	品种较少，数量较大 固定不变	品种较多，数量较多 周期性变换	品种较多，数量较少 经常变换
零件互换性	具有广泛的互换性， 某些高精度配合件用分 组选择法装配，不允许 用钳工修配	大部分零件具有互 换性，同时还保留某 些钳工修配工作	广泛采用钳工修配
毛坯制造	广泛采用金属模机器 造型、模锻等 毛坯精度高，加工余 量小	部分采用金属模造 型、模锻等，部分采 用木模手工造型、自 由锻造 毛坯精度中等	广泛采用木模手工 造型、自由锻造 毛坯精度低，加工 余量大

名称	大量生产	成批生产	单件生产
机床设备机器布置	采用高效专用机床，组合机床，可换主轴箱（刀架）机床，可重组机床 采用流水线或自动线进行生产	部分采用通用机床，部分采用数控机床、加工中心、柔性制造单元、柔性制造系统 机床按零件类别分工段排列	广泛采用通用机床、重要零件采用数控机床或加工中心，机床按机群布置
获得规定加工精度的方法	在调整好的机床上加工	一般是在调整好的机床上加工，有时也用试切法	试切法
装夹方法	高效专用夹具装夹	夹具装夹	通用夹具装夹，找正装夹

名称	大量生产	成批生产	单件生产
工艺装备	广泛采用高效率夹具、量具或自动检测装置，高效复合刀具	广泛采用专用夹具，广泛采用通用刀具、万能量具，部分采用专用刀具、专用量具	广泛采用通用夹具、量具和刀具
对工人要求	调整工技术水平要求高，操作工技术水平要求不高	对工人技术水平要求较高	对工人技术水平要求高
工艺文件	工艺过程卡片、工序卡片、检验卡片	一般有工艺过程卡片，重要工序有工序卡片	只有工艺过程卡片

四、机械加工工艺规程



机械加工工艺卡片				产品型号		零件图号		零件名称		材料		共 7 页 第 2 页	

连杆加工工艺

1. 工艺规程的定义和作用

用文件规定下来的工艺过程叫机械加工工艺规程，简称为工艺规程，是指导机械加工的主要技术文件。



作用

- (1) 工艺规程是指导生产的主要技术文件
- (2) 工艺规程是组织生产和管理工作的基本依据
- (3) 工艺规程是新建或扩建工厂或车间的基本资料

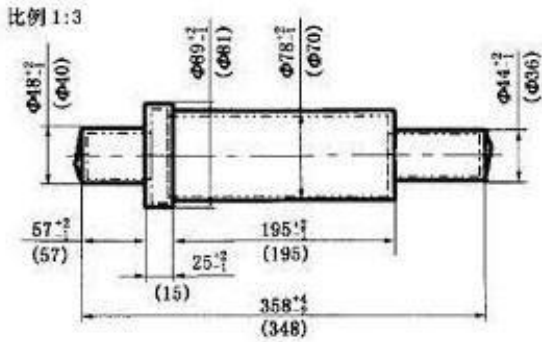

2. 常用工艺文件的种类

- (1) 机械加工工艺过程卡片
- (2) 机械加工工艺卡
- (3) 机械加工工序卡

*工艺过程卡实例

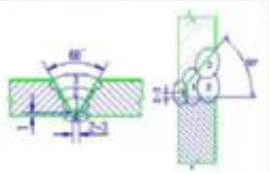
[illegible]

*工艺卡实例

×××有限公司	制造工艺卡片	产品型号	JZ0011	零(部)件图号	001	共1页	
		产品名称	外圆磨床	零(部)件名称	阶梯轴	第1页	
						材料牌号	40Cr
						材料规格/mm	Φ100×190
						毛坯重量/kg	11.7
						零件数/环	1
						零件数/台	1
						锻件重量/kg	10.3
						切芯连皮重量/kg	0.841
						火耗重量/kg	0.559
						材料何处来	材料库
						锻件何处去	毛坯库
冷却方法	空冷						
锻后热处理	正火						
锻造温度/℃	1200~800						
变形工步说明	工序号	工序内容			设备	工艺装备	
	1	二次加热			重油炉		
	2	拔长、号印、切屑、锻台阶、滚圆、精整(校直)			两组锤		
	机加工工艺要求		1. 机加工后调质				
编制(日期)	2003-1-9	审核(日期)		会签(日期)		标准	

是针对某一工艺阶段编制的一种加工路线工艺,它规定了零件在这一阶段的各道工序,以及使用的设备、工装和加工规范。如锻压工艺卡、电镀工艺卡等。

焊 接 工 艺 卡 (WPS)

施 工 号		产品名称	油罐制作	工艺编号	第 12 页 第 1 页	
件 号	Q-6.8等	设备类型	直流弧焊机	预热温度		
母 材	Q235R	焊接位置	平位、立位、横位等	层间温度		
PQR 号		无损检测	详见焊接要求及说明	焊前处理		
焊工资格	SAWA-1-IG-2G-3G-12-F1J	合格等级	JB4730-2005 合格	产品规格型号		
焊接工艺参数	焊接层次	焊接方法	焊材牌号规格 (mm)	电源极性	焊接电流 (A)	焊接电压 (V)
	1	SAWA	E4315 Φ1.2	直流反接	90-110	24-26
	2~	SAWA	E4315 Φ1.2	直流反接	110-130	26-28
	或 2~	SAWA	E4315 Φ4.0	直流反接	140-160	26-28
	底面	SAWA	E4315 Φ1.2	直流反接	120-130	26-28
坡口尺寸、焊道分布和编号顺序			焊接编号	焊接要求及说明		
	注: 外坡口		编 号、编 制、编 制 人	1. 绝对前焊缝清理坡口及其周围 20mm 范围的油污、锈迹、水等任何杂物, 见金属光泽。 2. 厚度大于 10mm 的壁板, 应进行 100° 或 T (丁字缝)。 3. 先焊纵焊缝, 后焊环焊缝。环焊缝应采用多道焊工艺均为对称方向同时施焊。 4. 反面焊应气割或砂轮清理, 打磨干净后施焊。 5. 纵缝对接焊缝, 每一焊工焊接的每道焊缝, 在最初焊接的 300mm 焊缝距 300mm 进行射线探伤; 在以前, 对每道焊缝每 300mm 及其长度至 300mm 进行射线探伤, 厚度 < 10mm 应从每道纵缝焊缝 中取 1 个 300mm 进行射线探伤, > 10mm 从每道纵缝焊缝中取 2 个 300mm 进行射线探伤, 其中一个应靠近层板。 6. 环缝对接焊缝, 每一焊工焊接的每道焊缝, 在最初焊接的 300mm 焊缝距 300mm 进行射线探伤; 在以前, 对每道焊缝每 300mm 及其长度至 300mm 进行射线探伤。 7. 罐底边缘板每道对接焊缝的焊缝 300mm 范围内, 应进行射线探伤。		

*工序卡实例

工序二		机械加工工序卡片		产品型号		零件图号				
				产品名称	齿轮泵	零件名称	从动齿轮坯料	共 8 页	第 2 页	
				车间	工序号		工序名称		材 料 牌 号	
				金工	20		齿轮零件左端 固定加工零件右端 外型面		45	
				毛 坯 种 类	毛坯外形尺寸		每毛坯可制件数		每 台 件 数	
				锻件	Φ 46×33.5×Φ 15		1		1	
				设备名称	设备型号		设备编号		同时加工件数	
				立式车床	HTC2050		1		1	
				夹具编号		夹具名称		切削液		
				1		四爪自定心卡盘				
				工位器具编号		工位器具名称		工序工时 (分)		
								准终	单件	
				10	1					
工步号	工 步 内 容	工 艺 装 备	主轴转速 r/min	切削速度 mm/min	进给量 mm/r	切削深度 mm	进给次数	工步工时 机动 辅助		
1	粗车外圆至Φ 43mm，长度大约为 25mm	气动弹性夹具	76.8	12.8	0.4	1.5	1	6	4	
2	精车外圆至Φ 42.626mm，长度大约为 25mm	气动弹性夹具	1000	22	0.3	0.21	1	5	2	

是规定某一工序内具体加工要求的文件。除工艺守则已作出规定的之外，一切与工序有关的工艺内容都集中在工序卡片上。
如机加工工序卡、装配工序卡、操作指导卡等

要求画工序简图，需用定位夹紧符号表示定位基准等，用加粗实线指出本工序的加工表面，表明工序尺寸、公差及技术要求

3. 制订机械加工工艺规程的原则及步骤

(1) 机械加工工艺规程制定的原则

- (1) 工艺过程要能可靠地保证图纸上所有**技术**要求的实现
- (2) 确保以最**经济**的办法获得所要求的年生产纲领，也就是说，人力、物力消耗最少而生产率要足够高。

(2) 步骤

- (1) 收集原始资料，分析零件图和产品装配图。
- (2) 按结构工艺特征分类分组。根据生产纲领确定生产组织形式。
- (3) 毛坯的选择和结构工艺性分析。
- (4) 拟定工艺路线（确定加工设备，划分加工阶段和工序）。
- (5) 确定每一工序工艺装备、工件装夹和定位、工夹具和量具等。
- (6) 确定切削用量、时间和规定生产工人的等级等。
- (7) 对工艺方案进行技术经济分析。
- (8) 填写工艺文件。

第二节 零件结构工艺性分析及确定毛坯

一、零件结构工艺性的概念

- 定义——零件结构的工艺性是指所设计的零件在满足使用要求的前提下，制造的可行性和经济性。
- 功能相同的零件，其结构工艺性可以有很大差异。
- 良好的结构工艺性是指在现有工艺条件下既能方便制造，又有较低的制造成本。
- 零件结构工艺性的分析，包括零件尺寸和公差的标注、零件的组成要素和整体结构等方面的分析。

二、零件要素的工艺性

结构工艺性内容

在毛坯制造方面

- 铸件：便于造型、拔模斜度
- 壁厚均匀、无尖边、尖角
- 锻件：形状简单、无尖边、尖角、飞刺，便于出模

在加工方面

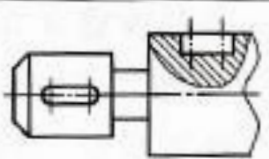
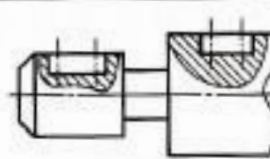
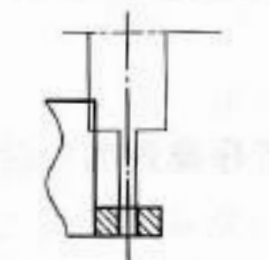
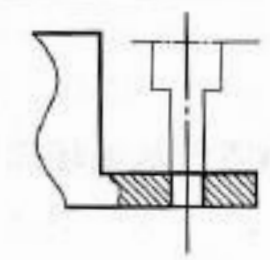
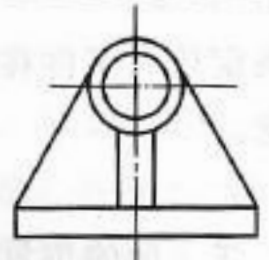
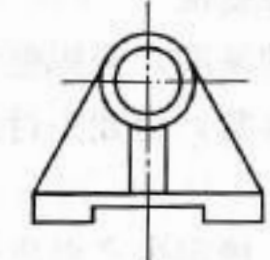
- 合理标注零件的技术要求
- 便于加工、减少加工
- 数控加工工艺性分析

在装配方面

- 便于装配、减少修配量

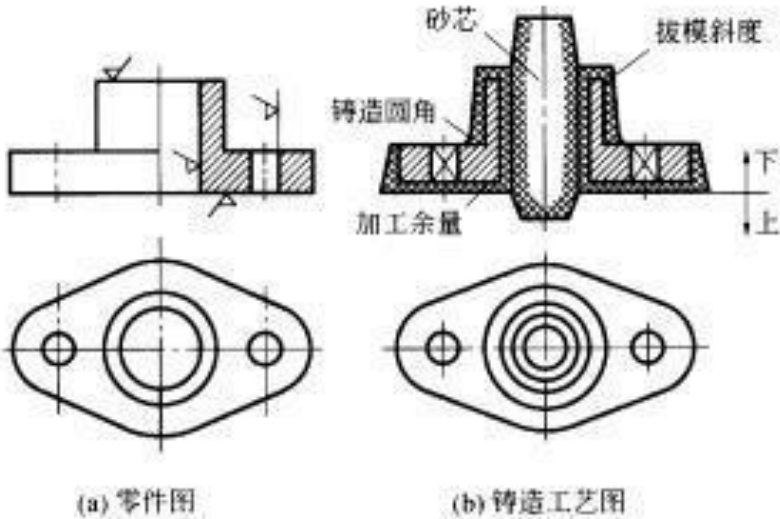
*机械加工的结构工艺性实例

思考：机械加工中应该考虑哪些零件的结构工艺性问题？

序 号	工艺性不合理	工艺性合理
1		
2		
3		

*铸造和锻造的结构工艺性实例

思考：零件铸造和锻造中应该考虑哪些零件的结构工艺性问题？



(续)

序 号	注 意 事 项	图 例	
		改 进 前	改 进 后
3	避免肋、工字形截面等复杂形状		
4	避免形状复杂的凸台及叉形件内凸台		
5	形状复杂或具有骤变的横截面的零件, 必须改为锻件组合或焊接结构		

三、零件整体结构的工艺性

在加工方面

- 减轻零件重量
- 保证加工的可行性、经济性
- 零件尺寸、规格、结构要素标准化
- 正确标注图纸尺寸及加工技术要求。

在装配方面

- 便于分解独立装配单元
- 便于平行、流水作业
- 调整方便、减轻装配劳动
- 便于达到装配精度

四、确定毛坯

The selection of the blanks

毛坯的选择：毛坯的种类、毛坯的制造方法。

毛坯的材料：铸铁、碳钢、合金钢等。

制造方法：铸件、锻件、轧制件、焊接件、冲压件、粉末冶金和塑料压制件等

选择毛坯时主要考虑下列因素：

- (1) 零件材料的力学性能
- (2) 生产类型
- (3) 零件的结构形状和外形尺寸



第三节 工艺路线与工序内容的拟定

一、工艺路线的拟定

1. 表面加工方法选择

(1) 加工方法的经济精度、表面粗糙度与加工表面的技术要求相适应。

(2) 加工方法与被加工材料的性质相适应。

(3) 加工方法与生产类型相适应。

(4) 加工方法与本厂条件相适应。

加工经济精度及表面粗糙度关系1

表4 外圆加工中各种加工方法的加工经济精度及表面粗糙度

加工方法	加工性质	加工经济精度（IT）	表面粗糙度（ $Ra/\mu m$ ）
车	粗车	13~12	80~10
	半精车	11~10	10~2.5
	精车	8~7	5~1.25
	金刚石车	6~5	1.25~0.02
外磨	粗磨	9~8	10~1.25
	半精磨	8~7	2.5~0.63
	精磨	7~6	1.25~0.16
	精密磨	6~5	0.32~0.08
	镜面磨	5	0.08~0.008
研磨	粗研	6~5	0.63~0.16
	精研	5	0.32~0.04
超精加工	精	5	0.32~0.08
	精密	5	0.16~0.01
砂带磨	精磨	6~5	0.16~0.02
	精密磨	5	0.04~0.01
滚压		6~7	1.25~0.16

加工经济精度及表面粗糙度关系2

表5 孔加工方法的加工经济精度及表面粗糙度

加工方法	加工性质	加工经济精度（IT）	表面粗糙度（ $Ra/\mu m$ ）
钻	实心材料	12~11	20~2.5
扩	粗扩	12	20~10
	铸或冲孔一次扩	12~11	
	精扩	10	10~2.5
铰	半精铰	11~10	10~5
	精铰	9~8	5~1.25
	细铰	7~6	1.25~0.32
拉	粗拉	11~10	5~2.5
	精拉	9~7	2.5~0.63
镗	粗镗	12	20~10
	半精镗	11	10~5
	精镗	10~8	5~1.25
	细镗	7~6	1.25~0.32
内磨	粗磨	9	10~1.25
	精磨	8~7	1.25~0.32
珩	粗珩	6~5	1.25~0.32
	精珩	5	0.32~0.04
研	粗研	6~5	1.25~0.32
	精研	5	0.32~0.01
滚压		8~7	0.63~0.16

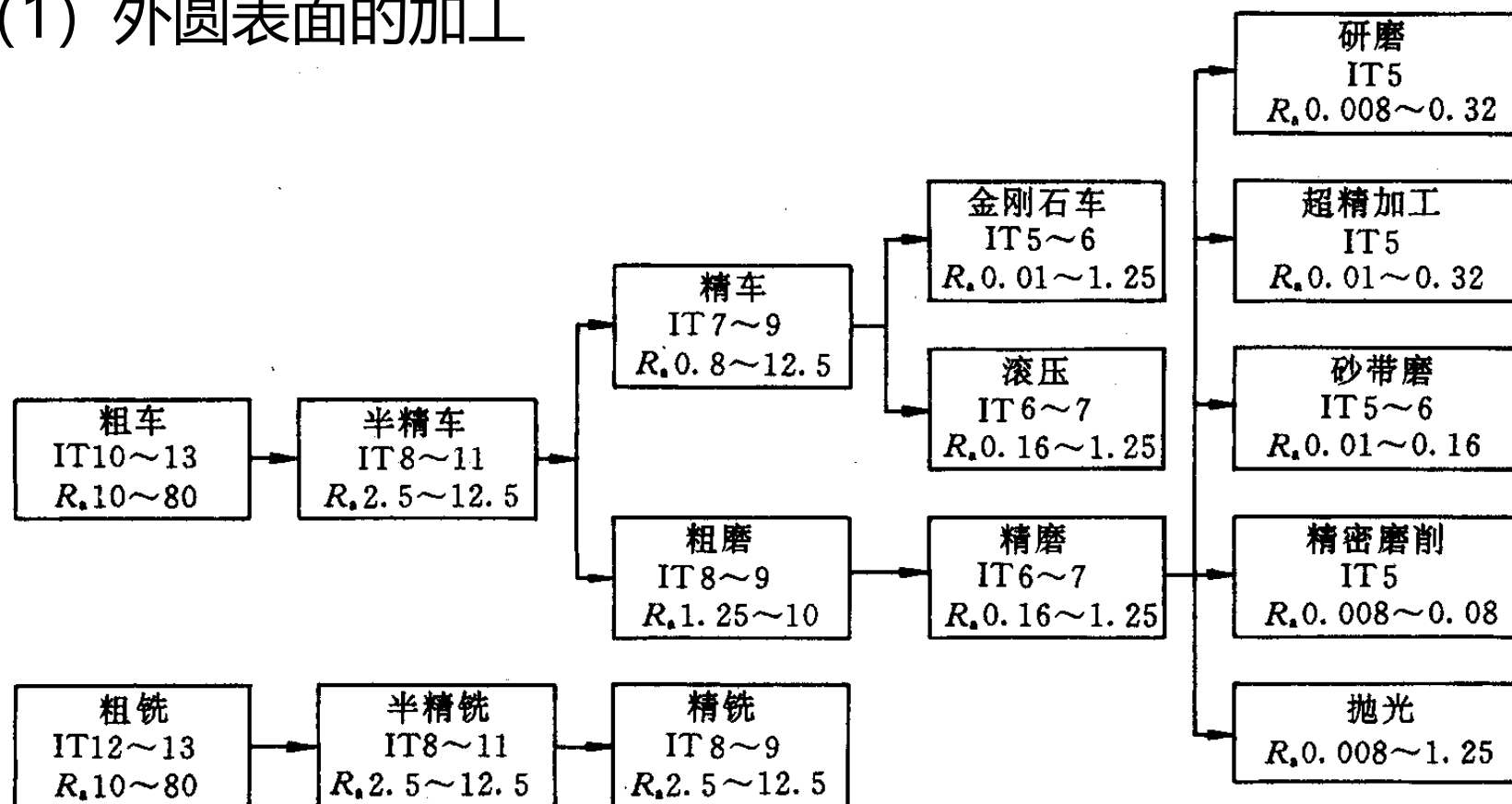
加工经济精度及表面粗糙度关系3

表6 平面加工方法的加工经济精度及表面粗糙度

加工方法	加工性质	加工经济精度（IT）	表面粗糙度（ $Ra/\mu m$ ）
周铣	粗铣	12~11	20~5
	精铣	10	5~1.25
端铣	粗铣	12~11	20~5
	精铣	10~9	5~0.63
车	半精车	11~10	10~5
	精车	9	10~2.5
	细车（金刚石车）	8~7	1.25~0.63
刨	粗刨	12~11	20~10
	精刨	10~9	10~2.5
	宽刀精刨	9~7	1.25~0.32
平磨	粗磨	9	5~2.5
	半精磨	8~7	2.5~1.25
	精磨	7	0.63~0.16
	精密磨	6	0.16~0.016
刮研	手工刮研	10~20 点/25mm×25mm	1.25~0.16
研磨	粗研	7~6	0.63~0.32
	精研	5	0.32~0.08

2. 典型表面的加工路线

(1) 外圆表面的加工

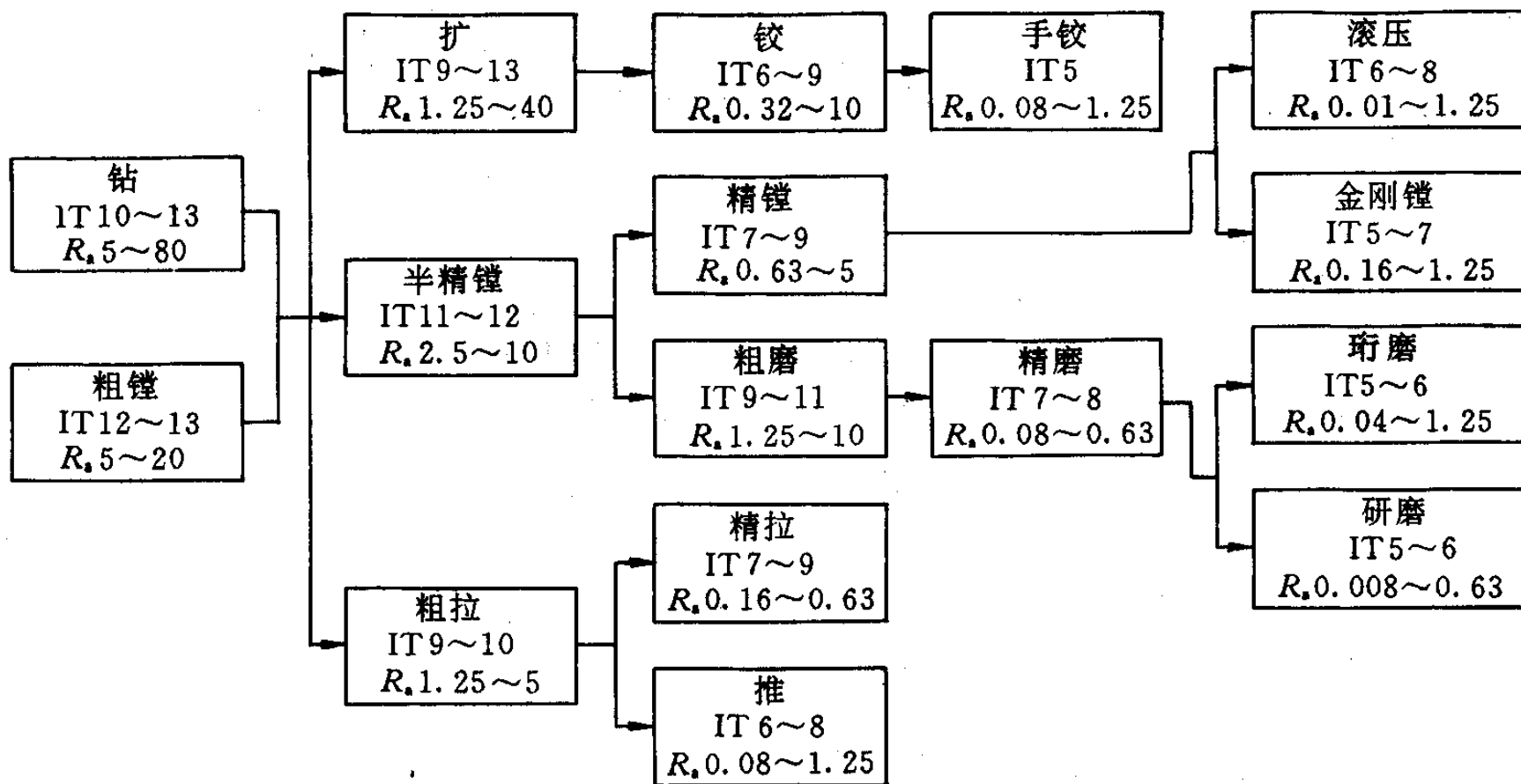


*外圆柱面加工方法实例

外圆柱面加工方法

序号	加工方法	经济精度（以公差等级表示）	经济表面粗糙度	适用范围
1	粗车	IT11~IT13	12.5~50	适用于淬火钢外的各种金属
2	粗车-半精车	IT8~IT10	3.2~6.3	
3	粗车-半精车-精车	IT7~IT8	0.8~1.6	
4	粗车-半精车-精车-滚压	IT7~IT8	0.025~0.2	
5	粗车-半精车-磨削	IT7~IT8	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	IT6~IT7	0.1~0.4	
7	粗车-半精车-粗磨-精磨-超精加工	IT5	0.012~0.1	
8	粗车-半精车-精车-精细车	IT6~IT7	0.025~0.4	主要用于要求较高的有色金属加工
9	粗车-半精车-粗磨-精磨-超精磨	IT5 以上	0.006~0.025	极高精度的外圆加工
10	粗车-半精车-粗磨-精磨-研磨	IT5 以上	0.006~0.1	

(2) 孔的加工



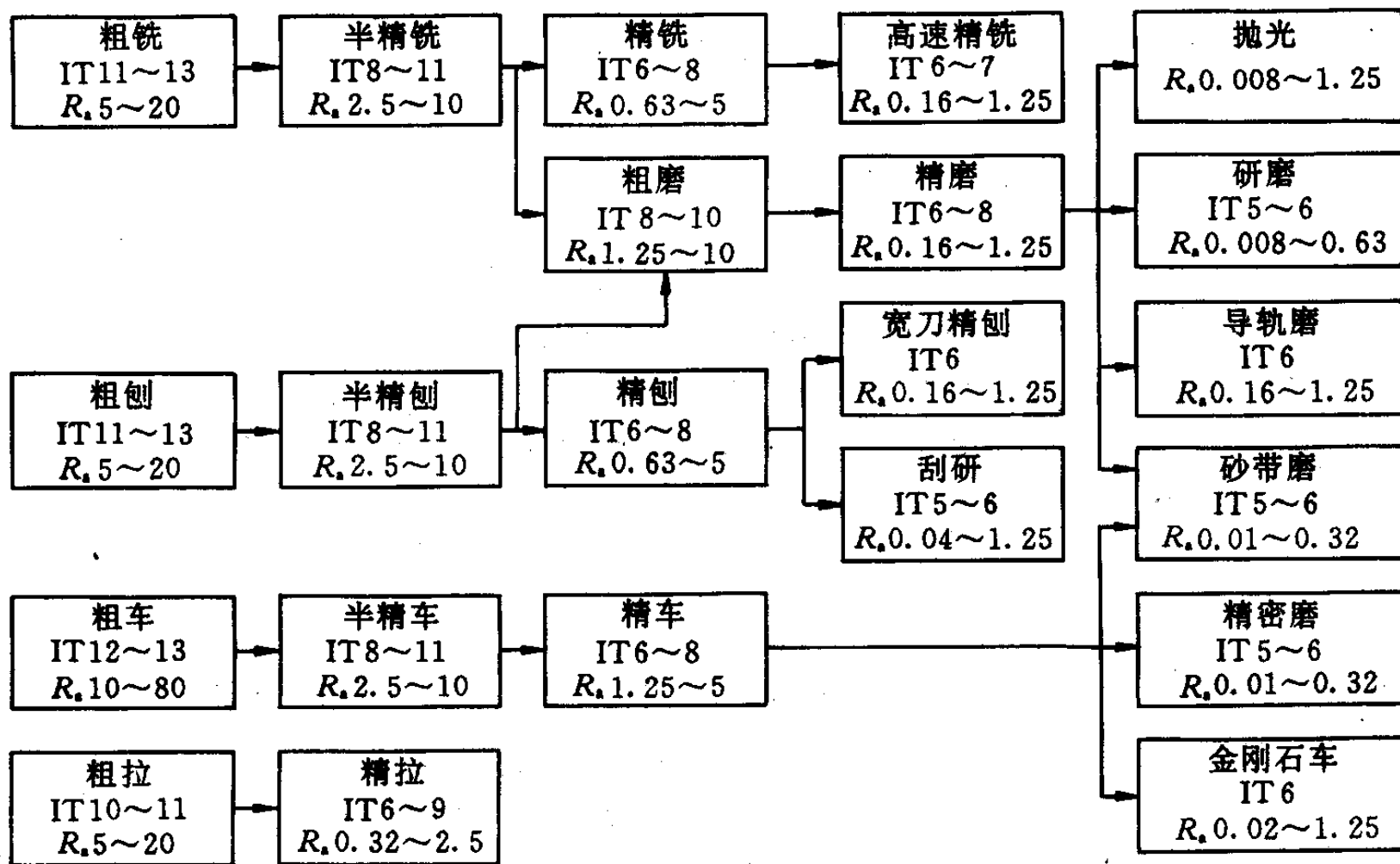
*孔加工方法实例

孔加工方法

序号	加工方法	经济精度（以公差等级表示）	经济表面粗糙度 Ra 值/ μm	适用范围
1	钻	IT11~IT13	12.5~50	加工未淬火钢及铸件的实心毛坯，也可用于加工有色金属。孔径小于 15~20mm
2	钻-铰	IT8~IT10	3.2~6.3	
3	钻-粗铰-精铰	IT7~IT8	0.8~1.6	
4	钻-扩	IT10~IT11	0.2~0.8	加工未淬火钢及铸件的实心毛坯，也可用于加工有色金属。孔径小于 15~20mm
5	钻-扩-铰	IT8~IT9	6.3~12.5	
6	钻-扩-精铰-粗铰	IT7	1.6~3.2	
7	钻-扩-机铰-手铰	IT6~IT7	0.2~0.4	大批大量生产(精度由校刀精度决定)
8	钻-扩-拉	IT7~IT9	0.1~1.6	
9	粗镗（或扩孔）	IT11~IT13	6.3~12.5	除淬火钢外的各种材料，毛坯有铸出孔或锻出孔
10	粗镗（粗扩）-半精镗（精扩）	IT9~IT10	1.6~3.2	
11	粗镗（粗扩）-半精镗（精扩）-精镗（铰）	IT7~IT8	0.8~1.6	
12	粗镗（粗扩）-半精镗（精扩）-精镗-浮动镗刀精镗	IT6~IT7	0.4~0.8	

13	粗镗（扩）-半精镗-磨孔	IT7~IT8	0.2~0.8	主要用于淬火钢，但不宜用于有色金属
14	粗镗（扩）-半精镗-粗磨-精磨	IT6~IT7	0.1~0.2	
15	粗镗-半精镗-精镗-精细镗	IT6~IT7	0.05~0.4	主要用于精度要求高的有色金属
16	钻-（扩）-粗镗-精镗-珩磨； 钻-（扩）-拉-珩-磨；粗镗（扩）-半精镗-粗磨-珩磨	IT6~IT7	0.025~0.2	精度要求很高的孔
17	以研磨代替上述方法中的珩磨	IT5~IT6	0.006~0.1	

(3) 平面的加工



*平面加工方法实例

平面加工方法

序号	加工方法	经济精度（以公差等级表示）	经济表面粗糙度 R_a 值/ μm	适用范围
1	粗车	IT11~IT13	12.5~50	端面
2	粗车-半精车	IT8~IT10	3.2~6.3	
3	粗车-半精车-精车	IT7~IT8	0.8~1.6	
4	粗车-半精车-磨削	IT6~IT8	0.2~0.8	
5	粗刨（或粗铣）	IT11~IT13	6.3~25	一般不淬硬平面（端铣表面粗糙度 R_a 较小）
6	粗刨（或粗铣）-精刨（或精铣）	IT8~IT10	1.6~6.3	
7	粗刨（或粗铣）-精刨（或精铣）-刮研	IT6~IT7	0.1~0.6	主要用于要求较高的有色金属加工
8	以宽刃精刨代替上述刮研	IT7	0.2~0.8	
9	粗刨（或粗铣）-精刨（或精铣）-磨削	IT7	0.2~0.8	精度要求高的淬硬平面或不淬硬平面
10	粗刨（或粗铣）-精刨（或精铣）-粗磨-精磨	IT6~IT7	0.025~0.4	
11	粗铣-拉	IT7~IT9	0.2~0.8	大量生产，较小的平面（精度视拉刀精度而定）
12	粗铣-精铣-磨削-研磨	IT5 以上	0.006~0.1	高精度平面

3. 加工阶段的划分

加工阶段

划分加工阶段的原因

- 1、保证加工质量
- 2、合理使用设备
- 3、便于安排热处理工序
- 4、便于及时发现毛坯缺陷
- 5、避免重要表面损伤。

粗加工阶段

切除大量多余材料，主要提高生产率。

半精加工阶段

完成次要表面加工(钻、攻丝、铣键槽等)主要表面达到一定要求，为精加工作好余量准备安排在热处理前。


精加工阶段

光整加工阶段


主要表面达到图纸要求。

进一步提高尺寸精度降低粗糙度，但不能提高形状、位置精度

4. 工序的集中与分散



(1) 工序集中就是将工件的加工，集中在少数几道工序内完成。每道工序的加工内容较多。



(2) 工序分散就是将工件的加工，分散在较多的工序内进行。每道工序的加工内容很少，最少时每道工序仅一个简单工步。



(3) 趋势：工序集中（MC、FMC等）

工序集中的特点

工序集中的优点：

- 1.减少装夹次数，缩短辅助时间，保证位置精度
- 2.减少机床、工人数量和占地面积
- 3.简化生产组织和计划调度

工序集中缺点：

- 1.机床复杂，投资高，调整维修复杂，准备工作量大，转换产品费时
- 2.不利于划分加工阶段

工序分散的特点

与工序集中刚好相反。机床设备和工装夹具比较简单，调整比较容易，能较快地适应新的生产对象，生产工人易于掌握操作技术；有利于选择最合理的切削用量，减少机动时间。

工序集中和分散程度和确定

根据生产类型、工件结构、加工要求和设备条件来进行分析而确定。

当前机械加工的发展方向趋于工序集中。

在单件小批生产中集中，以避免机床负荷不足。

在大批大量生产中，采用各种高生产率设备使工序集中。

数控机床的使用，使中小批生产几乎全采用工序集中

重型零件，为了减少搬运次数，也往往采用工序集中。

对于刚性较差或精度要求较高零件，工序分散仍体现较大的优越性。

5. 工序顺序的安排

(1) 工序顺序的安排原则



基准先行

前面的工序要为后面的工序准备好基准；再用精基准加工其它表面。



先粗后精

精加工，一般应安排在加工过程的最后，以免受加工其它表面时的影响。有些零件的精加工工序必须在装配以后进行。



先主后次

次要表面的加工工序可插入主要表面的加工工序之间，但应以下不影响主要表面的加工精度和表面粗糙的为前提。



先面后孔

当零件上有较大的平面可用来作为定位基准时，一般总是先加工平面，再以平面定位加工孔，保证孔和平面之间的位置精度。



经济型原则

高废品率的工序应尽量最先进行。在单件小批量生产中，车间按机群制布置时，力求将设备相同的工序安排在一起。

(2) 热处理工序的安排

位置：粗加工前
目的：改善切削性能，
消除内应力

预备热处理

- 退火：用于高碳钢、合金钢等，降低硬度，便于切削；
- 正火：用于低碳钢，提高硬度，便于切削；
- 调质：淬火后高温回火

位置：半精加工后，精加工前
目的：提高强度、硬度

最终热处理

- 淬火、渗碳、氮化等

位置：粗加工前、后，半精加工后，精加工前
目的：消除内应力，防止变形、开裂。

去除内应力处理

- 自然时效
- 人工时效

(3) 辅助工序的安排

位置：工艺过程最后
目的：美观

表面处理工序

- 金属镀层
- 非金属镀层
- 氧化膜

位置：粗加工后、关键工序后、送往外车间加工前后、零件全部加工结束之后
目的：质量控制。

检验工序

- 质量检验
- 特种检验（无损探伤、磁力探伤、水压、超速试验）

位置：去毛刺、倒钝锐边应在淬火前
目的：安全

其它工序安排

- 去毛刺、倒钝锐边
- 去磁
- 清洗
- 涂防锈油

二、工序内容的拟定

1. 机床和工艺装备的选择

(1) 选择机床设备的基本原则

一般：
单件小批：通用机床、
工装；
大批、大量：专机、
组机、专用工装
数控机床：可用于各
种生产类型。
刀具尽可能用标准的。

➤ 机床的精度应与要求的加工精度相适应。

➤ 机床的生产率与生产类型相适应。

➤ 机床的规格与加工工件的尺寸相适应

➤ 机床的选择应结合现场的实际情况。

➤ 合理选用数控机床。

(2) 工艺装备的选择

夹具的选择



➤ 单件小批生产：采用各种通用夹具和机床附件，如卡盘、虎钳、分度头等。有组合夹具站的，可采用组合夹具。



➤ 大批大量生产为提高劳动生产率应采用专用高效夹具。



➤ 多品种中、小批生产可采用可调夹具或成组夹具。



➤ 采用数控加工时夹具要敞开，其定位、夹紧元件不能影响加工走刀（如碰撞等）。

刀具的选择



➤ 一般优先采用标准刀具。



➤ 若采用工序集中时，应采用各种高效的专用刀具、复合刀具和多刃刀具等。



➤ 刀具的类型、规格和精度等级应符合加工要求。




➤ 数控加工对刀具的刚性及寿命要求较普通加工严格。应合理选择各种刀具、辅具（刀柄、刀套、夹头等）。

量具的选择



➤ 单件小批生产应广泛采用通用量具，如游标卡尺、百分尺和千分表等。



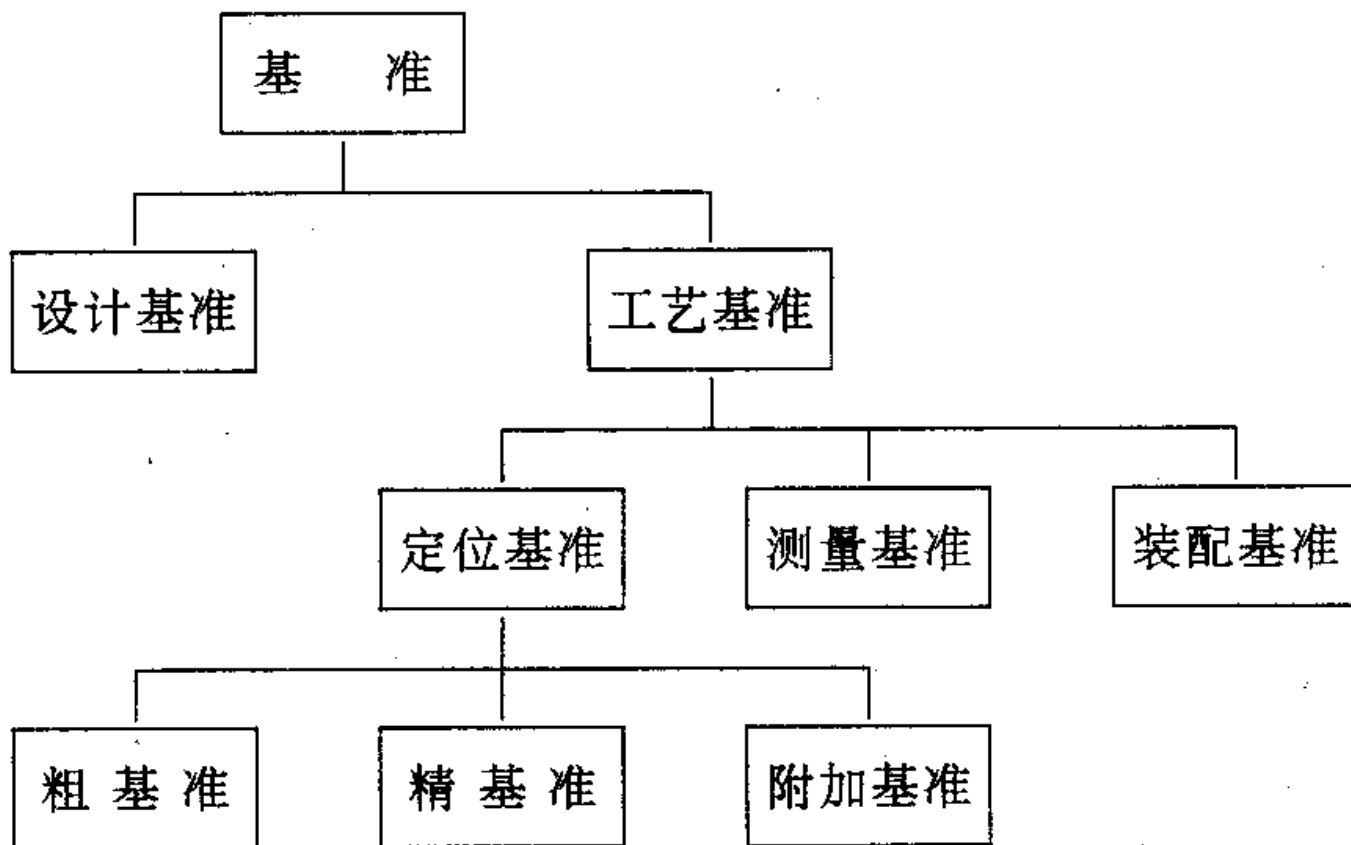
➤ 大批大量生产应采用各种量规和高效的专用检验夹具和量仪等。



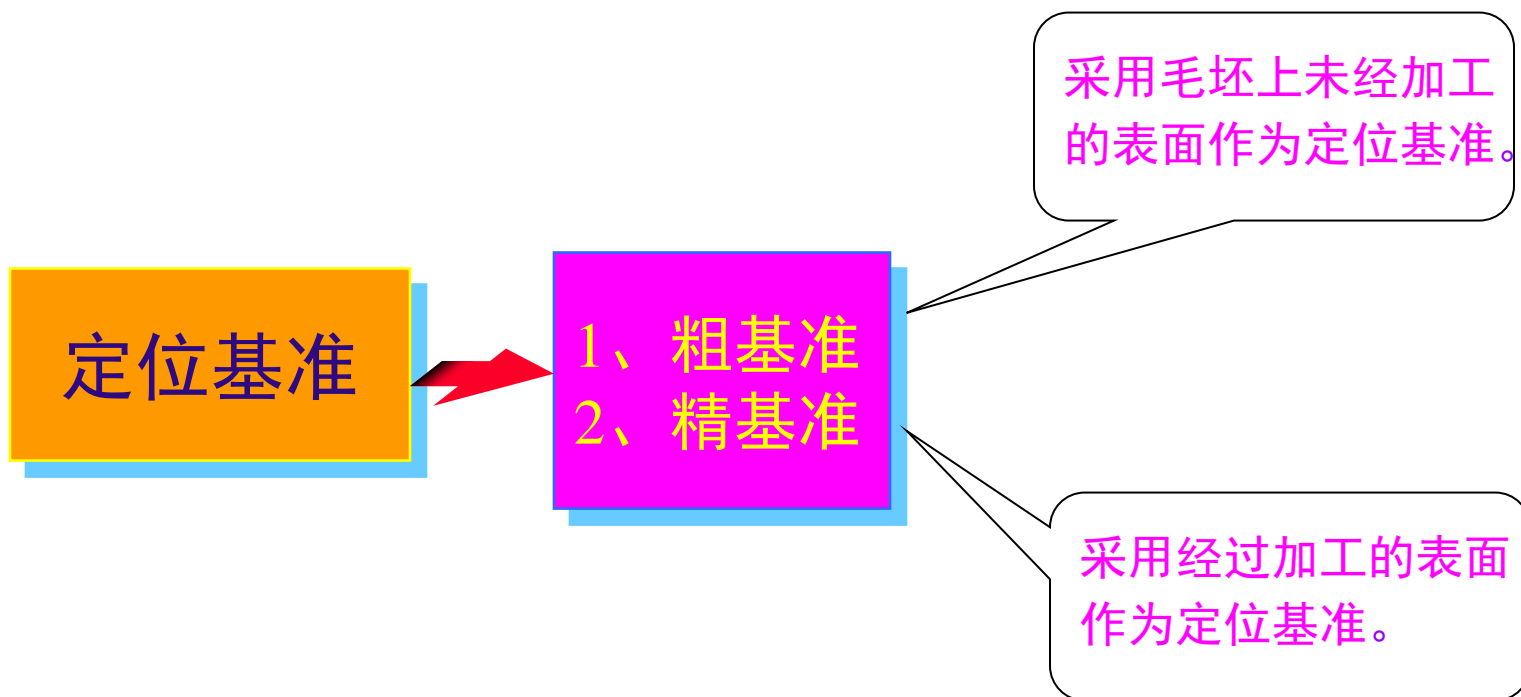
➤ 量具的精度必须与加工精度相适应。

2. 确定定位基准

(1) 基准



(2) 定位基准选择



(3) 精基准选择

重点考虑：

- 减少定位误差
- 保证加工精度

问题：选择精基准时应考虑下列原则：_____、
_____、_____、_____。

- (1) 基准重合原则
- (2) 基准统一原则
- (3) 自为基准原则
- (4) 互为基准原则
- (5) 便于装夹原则



① 基准重合原则

- 设计基准与定位基准不重合误差只发生在用调整法获得加工尺寸的情况。
- 基准不重合误差值等于设计基准与定位基准之间尺寸的变化量。
- 基准不重合一般发生在下列情况：
 - 用设计基准定位不可能或不方便；
 - 在选择精基准时优先考虑了基准统一原则。
- 设计基准与测量基准不重合也会产生基准不重合误差。
- 基准不重合误差不仅指尺寸误差，而且对位置误差也要考虑。

基准重合原则 尽可能采用设计基准作为定位基准

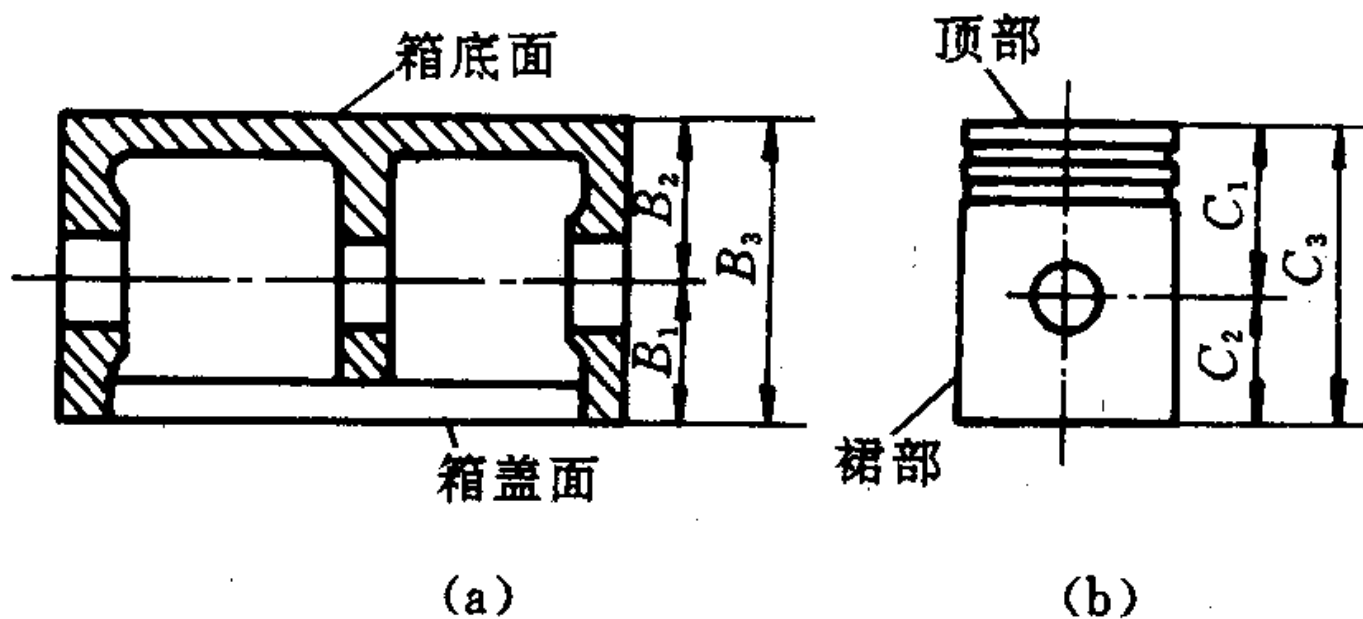


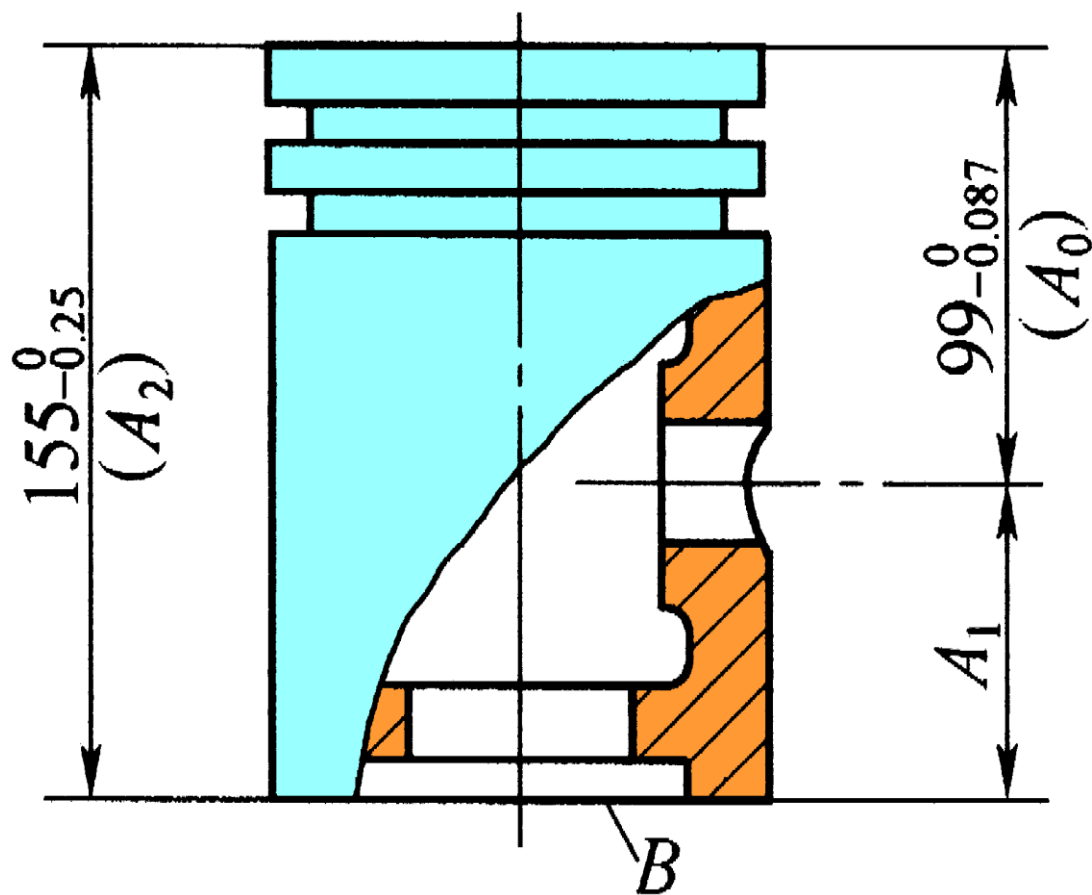
图 7-14 基准重合原则



② 基准统一原则

- 有利于保证各加工表面间的相互位置关系，避免基准转换所产生的误差。
- 简化夹具的设计与制造。

基准统一原则 整个工艺过程或有关的几道工序采用同一个基准来定位



③ 自为基准

自为基准原则 某些精加工工序，要求加工余量小而均匀，则可选被加工表面本身作为精基准。

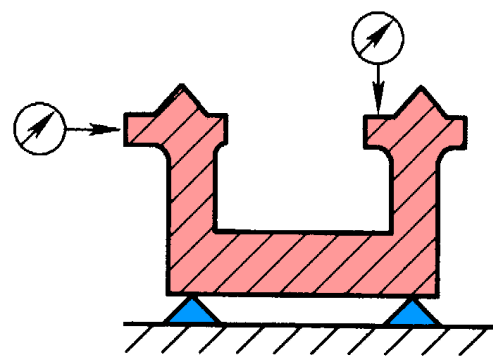
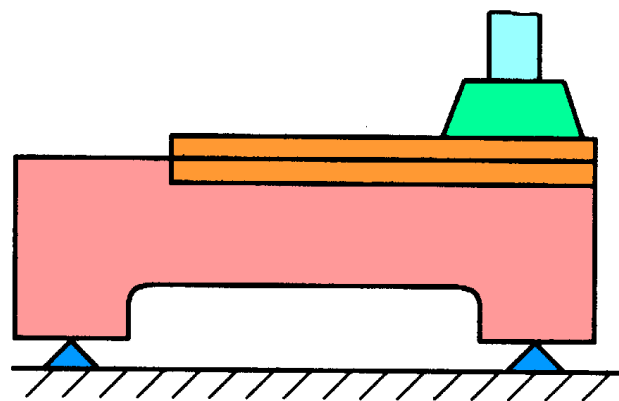
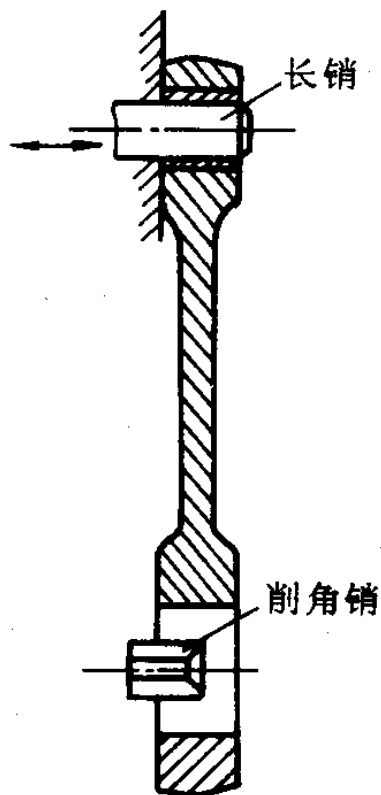


图 4 - 43 床身导轨面自为基准磨削

图 7-16 自为基准原则

④ 互为基准

互为基准原则 对某些空间位置精度要求很高的零件，通常采用互为基准，反复加工的原则。

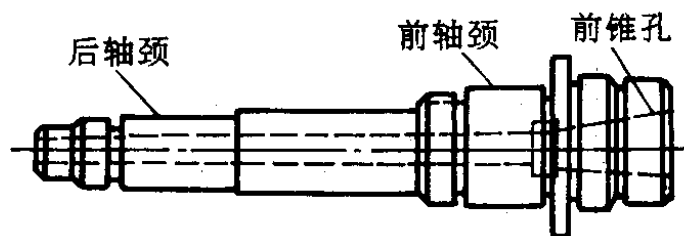


图 7-15 互为基准原则

⑤ 便于装夹原则

便于装夹原则 所选择的基准面便于设计合适的定位夹紧机构，以提高装夹效率。

(4) 粗基准选择

重点考虑：

- 加工表面与不加工表面的相对位置精度；
- 各加工表面有足够的余量

问题： 选择粗基准时应考虑下列原则： _____、
_____\、 _____、 _____。

- (1) (保证不加工面) 位置正确原则：
- (2) 余量均匀原则
- (3) 定位可靠原则
- (4) (粗基准只能有效) 使用一次原则

(1) **(保证不加工面) 位置正确原则：**如果必须保证工件加工面和不加工面之间的相互位置要求，则应以不加工面作为粗基准。若有几个不加工表面，选其中与加工表面位置精度要求高的一个，以保证两者的位置精度。

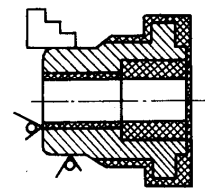
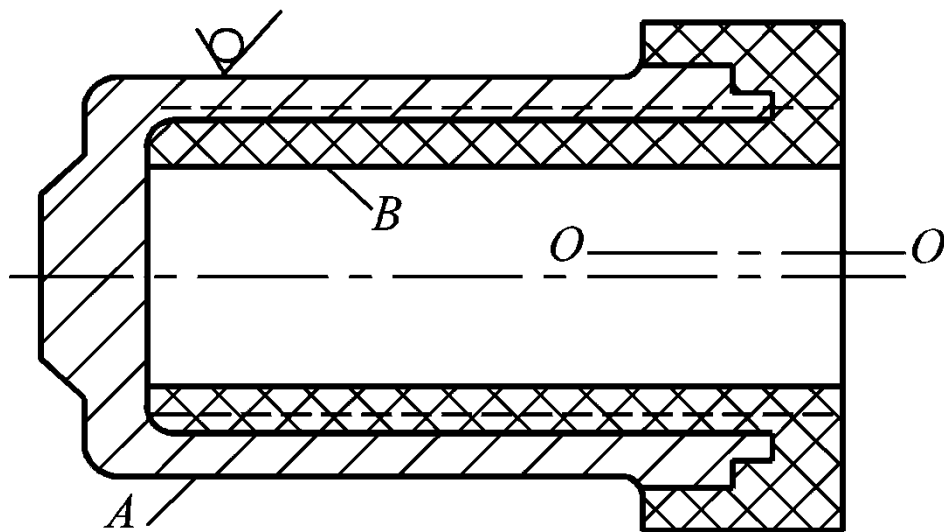


图 7-13 选不加工表面

(2) **余量均匀原则** 选择的粗基准应能保证精度要求高的各表面有足够的、均匀的加工余量。

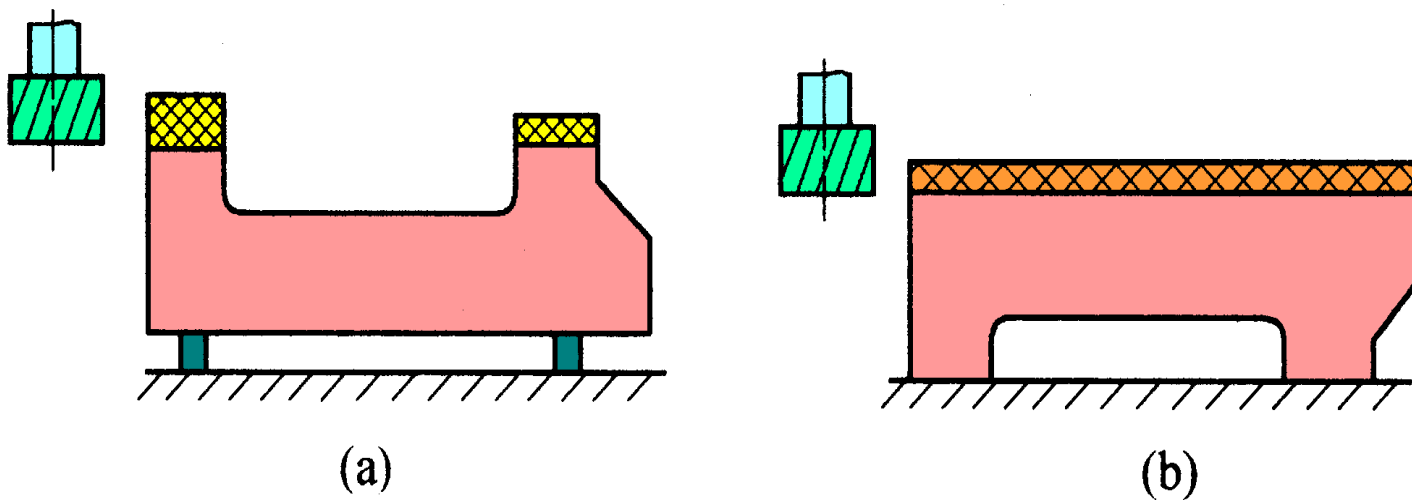


图 4 - 40 床身加工的粗基准

(3) **定位可靠原则** 粗基准必须使定位可靠，便于夹紧，夹具结构简单。

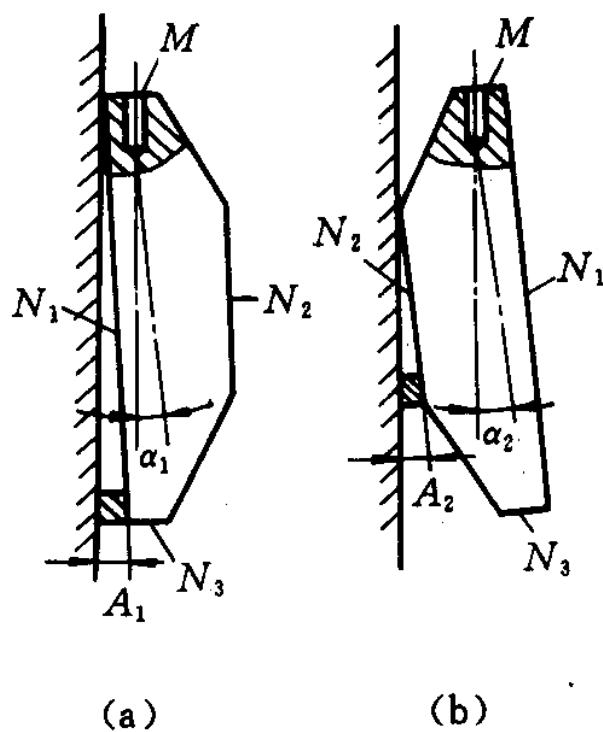
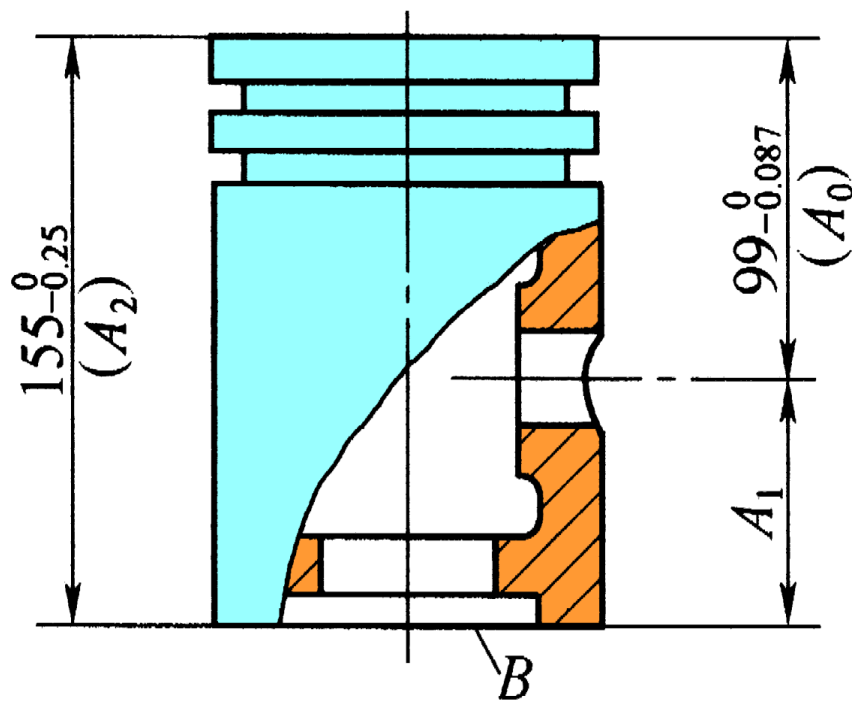


图 7-10 选最长距离的面为导向面

(4) **(粗基准只能有效) 使用一次原则** 粗基准一般只在第一道工序中使用一次，应尽量避免重复使用，因为粗基准本身是毛面，精度低，表面较粗糙，不能保证工件精确定位，从而影响加工精度。

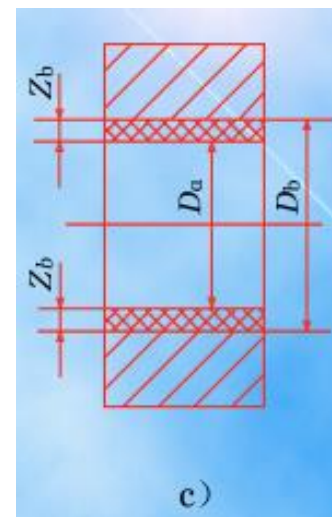
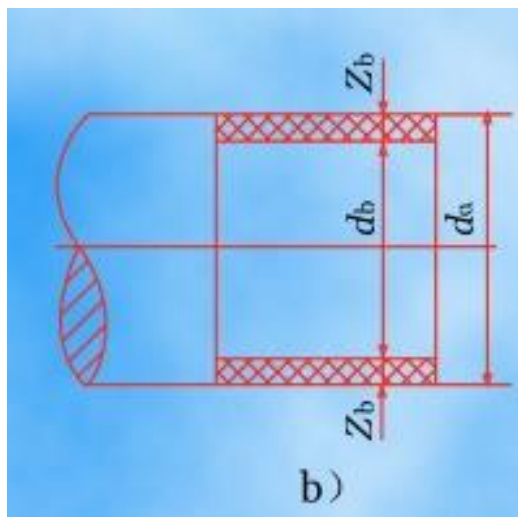
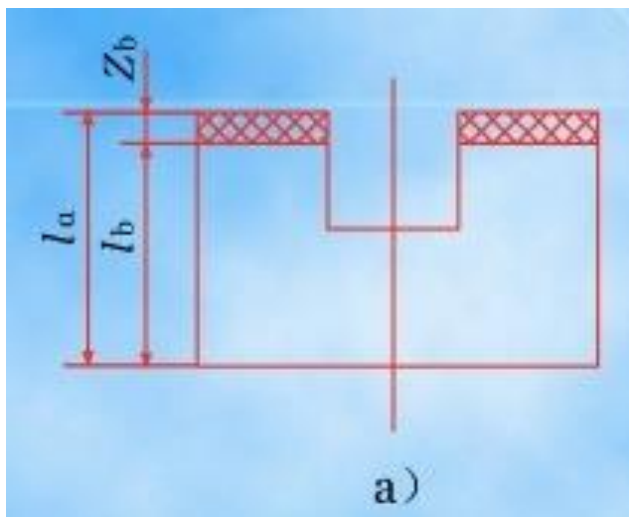


第四节 确定加工余量、工序尺寸及其公差

一、确定加工余量

1. 概述

- 加工余量—毛坯上留作加工用的材料层。
- 总余量—工件某一表面的毛坯尺寸与零件设计尺寸的差值。
- 工序余量—上工序与本工序基本尺寸的差值。



机械加工总余量 Z_0 与工序余量 Z_i 的关系式

$$Z_0 = \sum_{i=1}^n Z_i$$

● 公称余量、最大余量和最小余量

由于工序尺寸有偏差，各工序实际切除的余量值是变化的，故工序余量有公称余量（简称余量）、最大余量和最小余量之分。

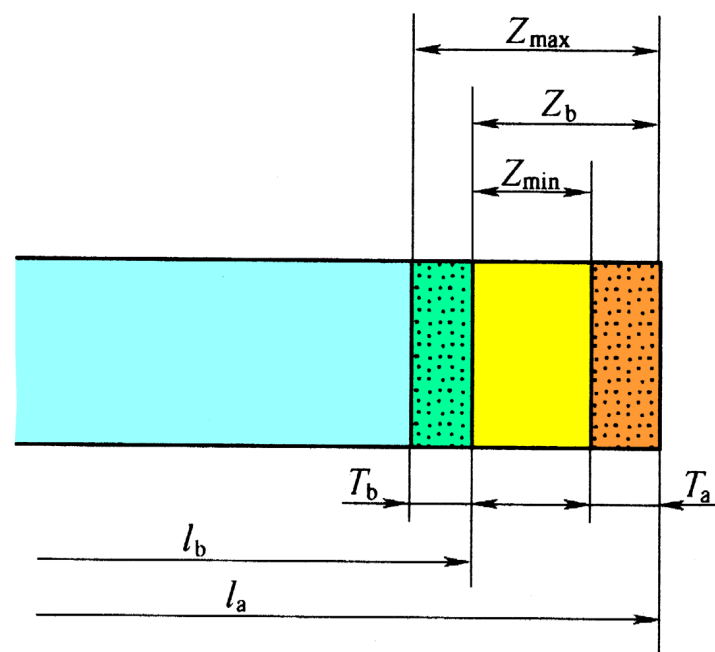
对于右图所示被包容面加工情况，本工序加工的公称余量

$$Z_b = l_a - l_b$$

公称余量的变动范围

$$T = Z_{\max} - Z_{\min} = T_a + T_b$$

式中， T_a —上工序尺寸公差； T_b —本工序尺寸公差；



被包容面工序余量及其变动量

单边余量：

等于切去的金属层厚度， $Z_i = L_{i-1} - L_i$

双边余量：

$$2Z_i = d_{i-1} - d_i = D_i - D_{i-1} ,$$

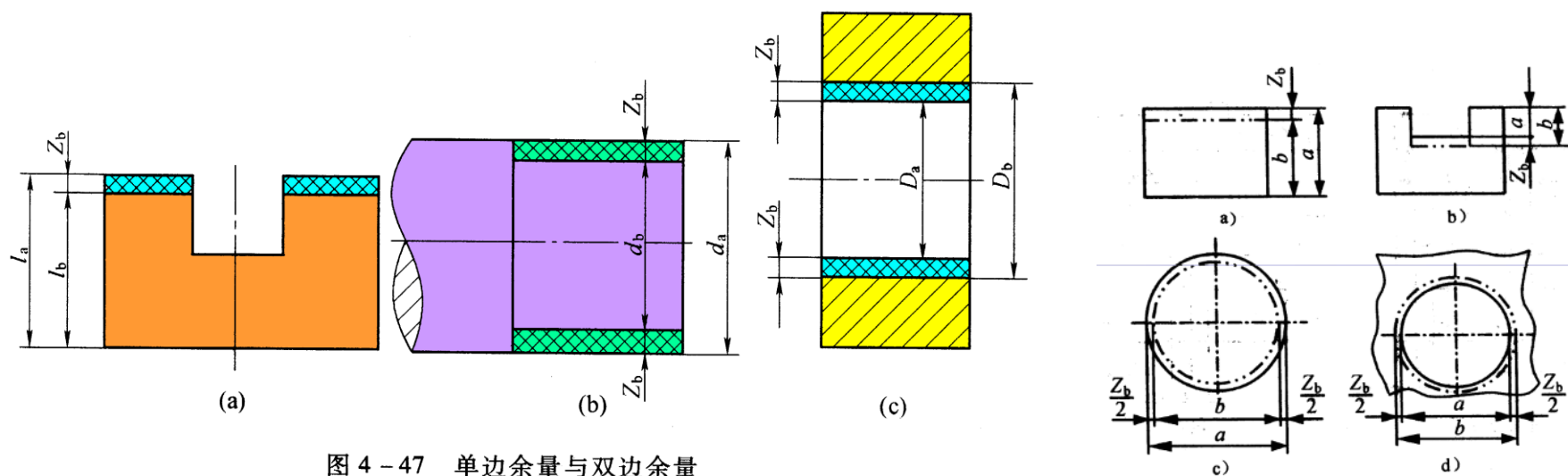
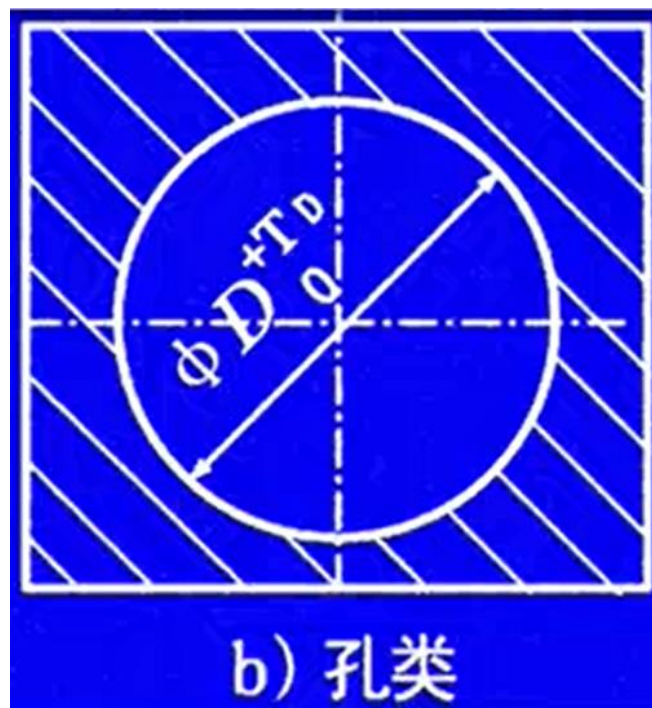
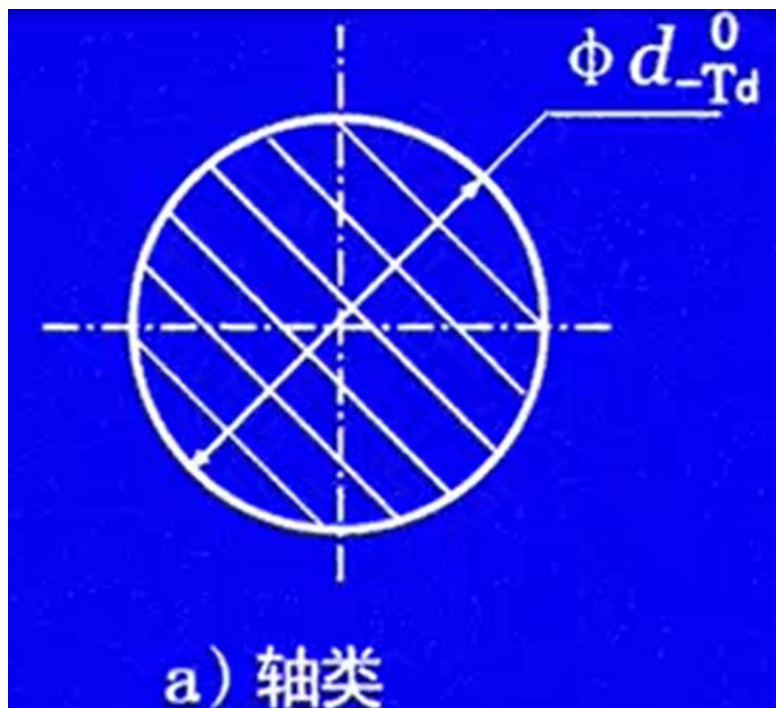


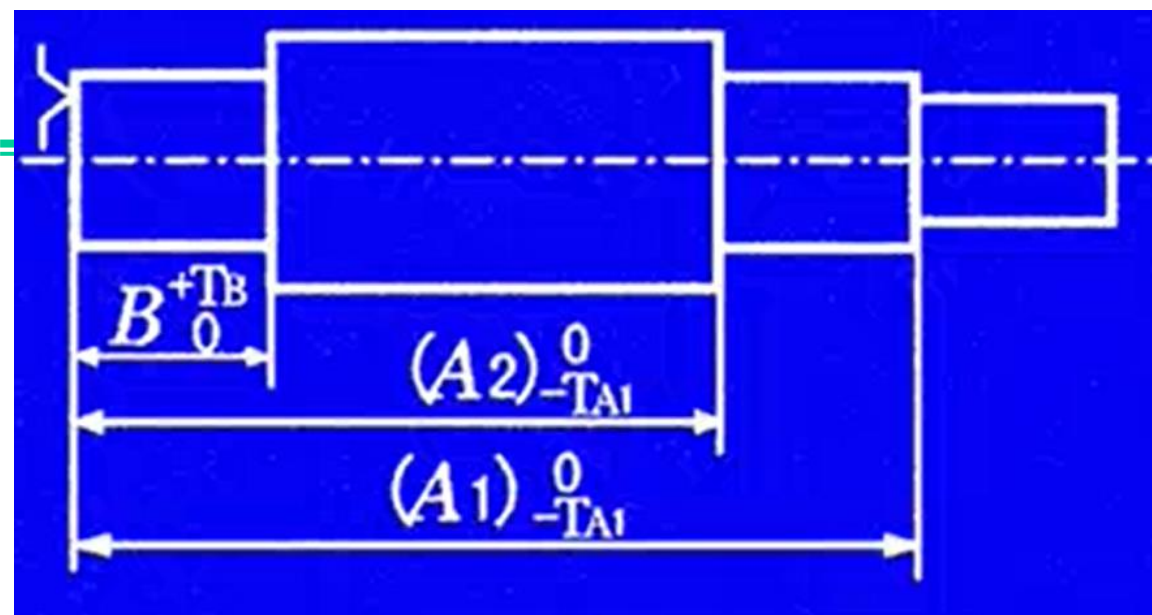
图 4-47 单边余量与双边余量

● 工序尺寸偏差的标注

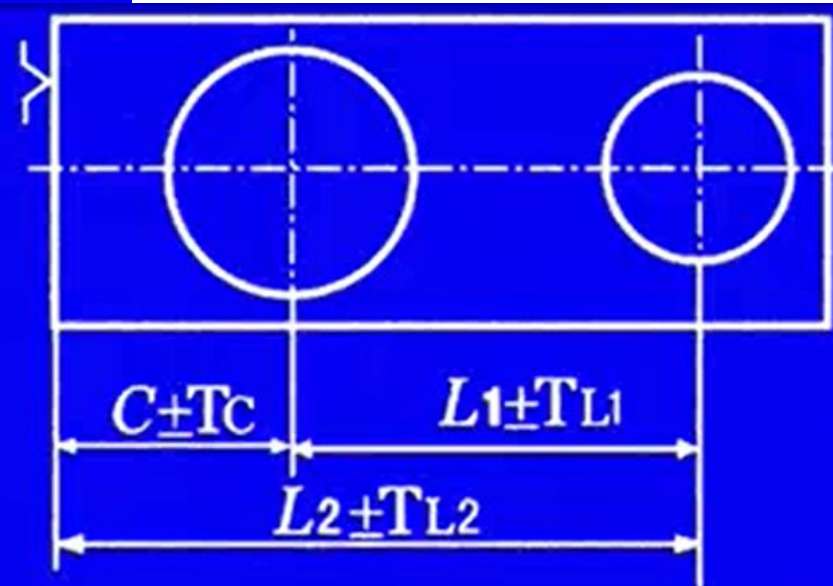
工序尺寸偏差一般按“入体原则”标注

- 对被包容尺寸（例如轴径），上偏差为0，其最大尺寸就是基本尺寸
- 对包容尺寸（例如孔径、槽宽），下偏差为0，其最小尺寸就是基本尺寸





c) 阶梯类



d) 孔心距和孔到平面的距离

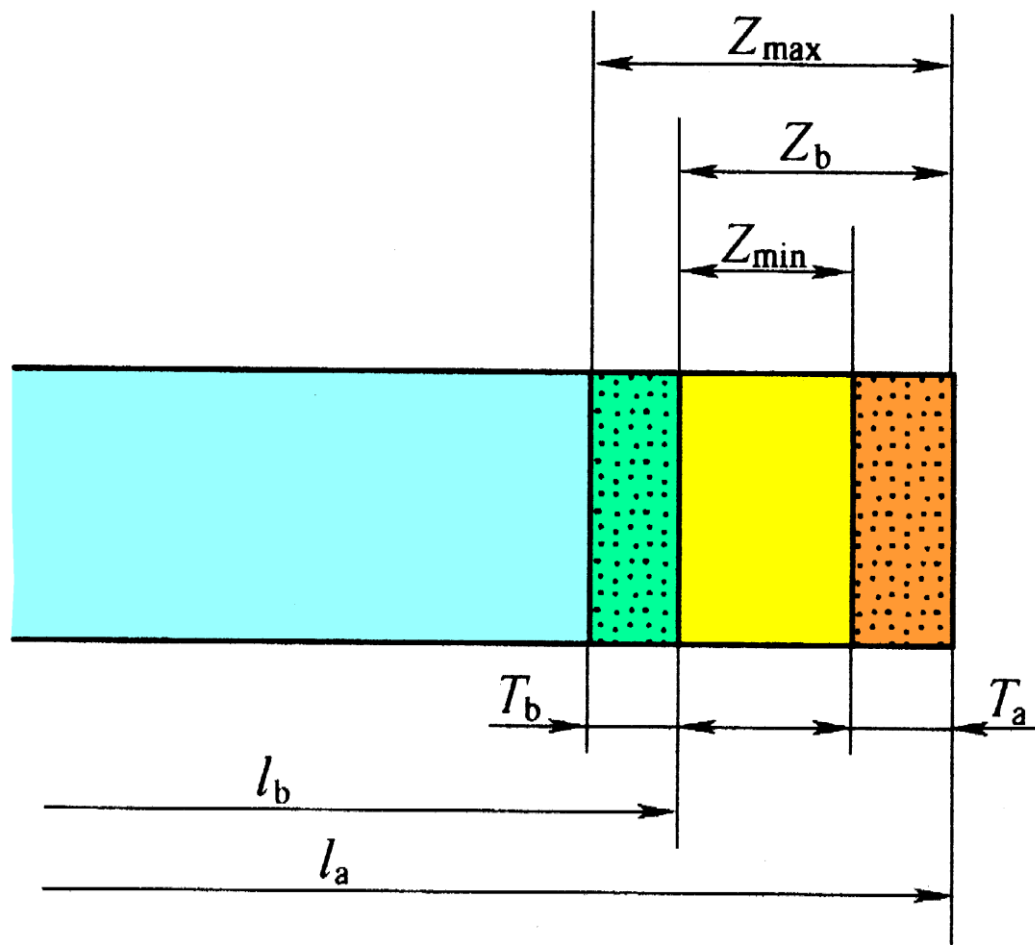
2. 影响机械加工余量的因素

- (1) 上工序留下的表面粗糙度值 R_z （表面轮廓的最大高度）和表面缺陷层深度 H_a ；
- (2) 上工序的尺寸公差 T_a ；
- (3) T_a 值没有包括的上工序留下的空间位置误差 e_a ；
- (4) 本工序的装夹误差 ε_b 。

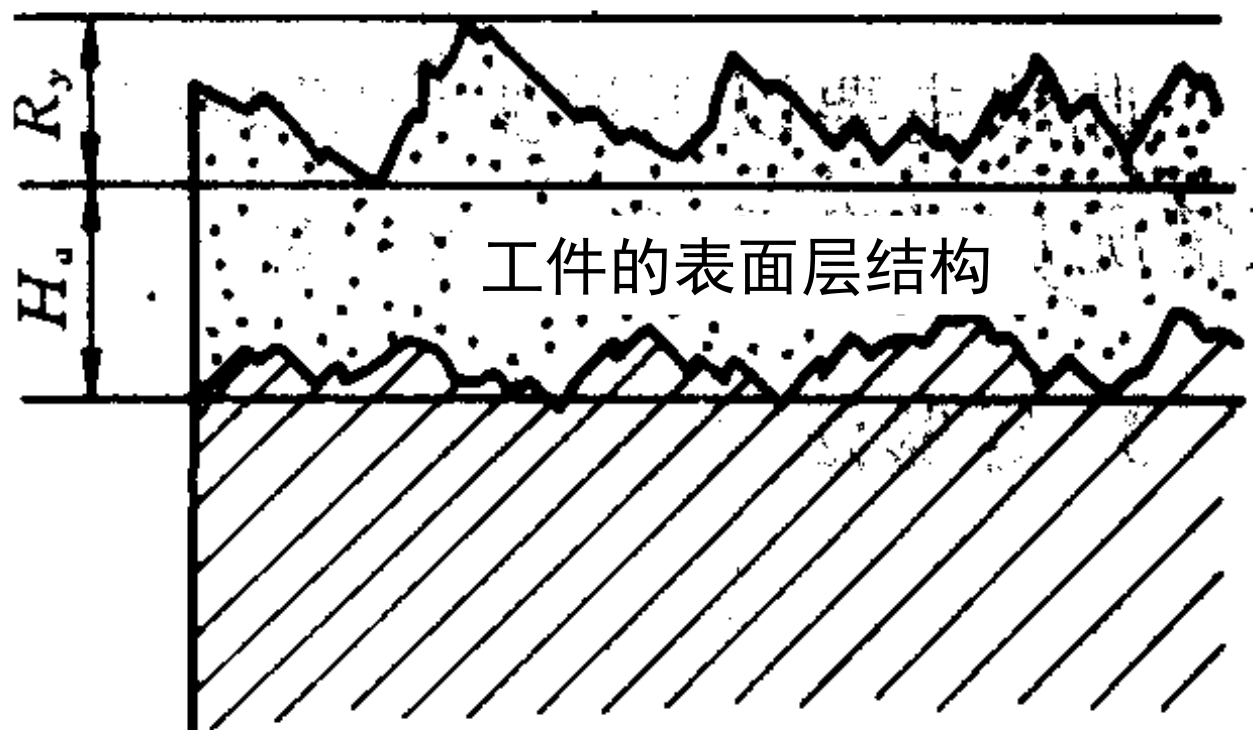
为保证本工序能切除上工序留在加工表面上的表面粗糙度和缺陷层，本工序应设置的工序余量值 Z_b 可用以下公式计算：

$$\text{对于单边余量: } Z_b \geq T_a + R_z + H_a + |e_a + \varepsilon_b|$$

$$\text{对于双边余量: } 2Z_b \geq T_a + 2(R_z + H_a) + 2|e_a + \varepsilon_b|$$



前一工序的公差



前一工序所产生的表面粗糙度和表面缺陷深度

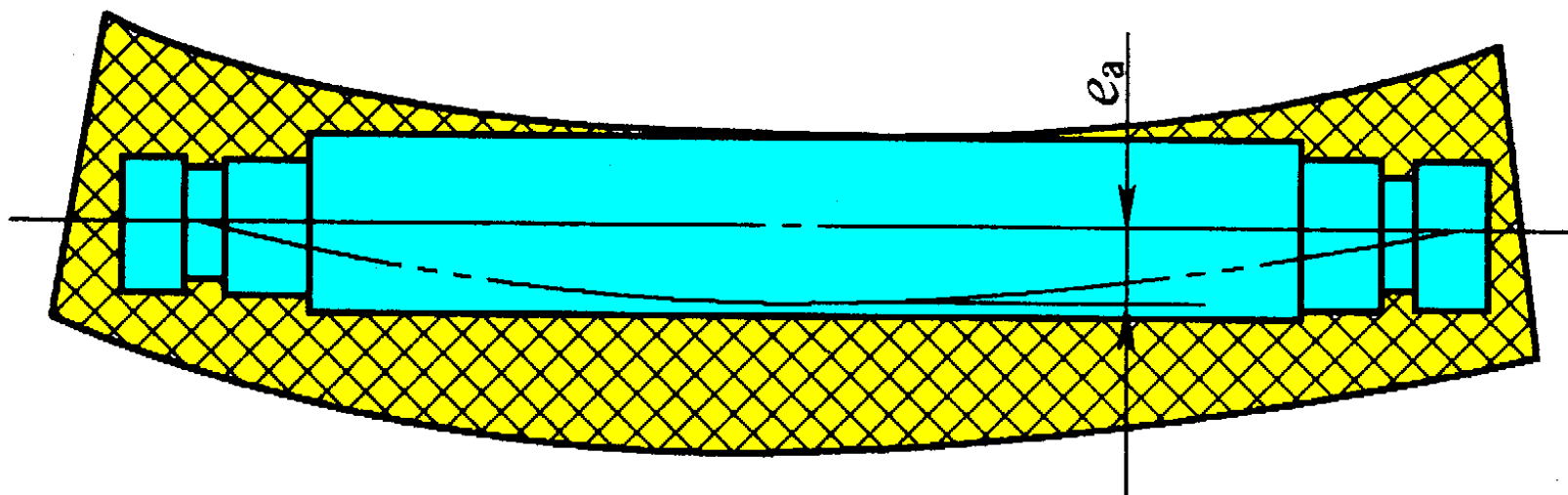
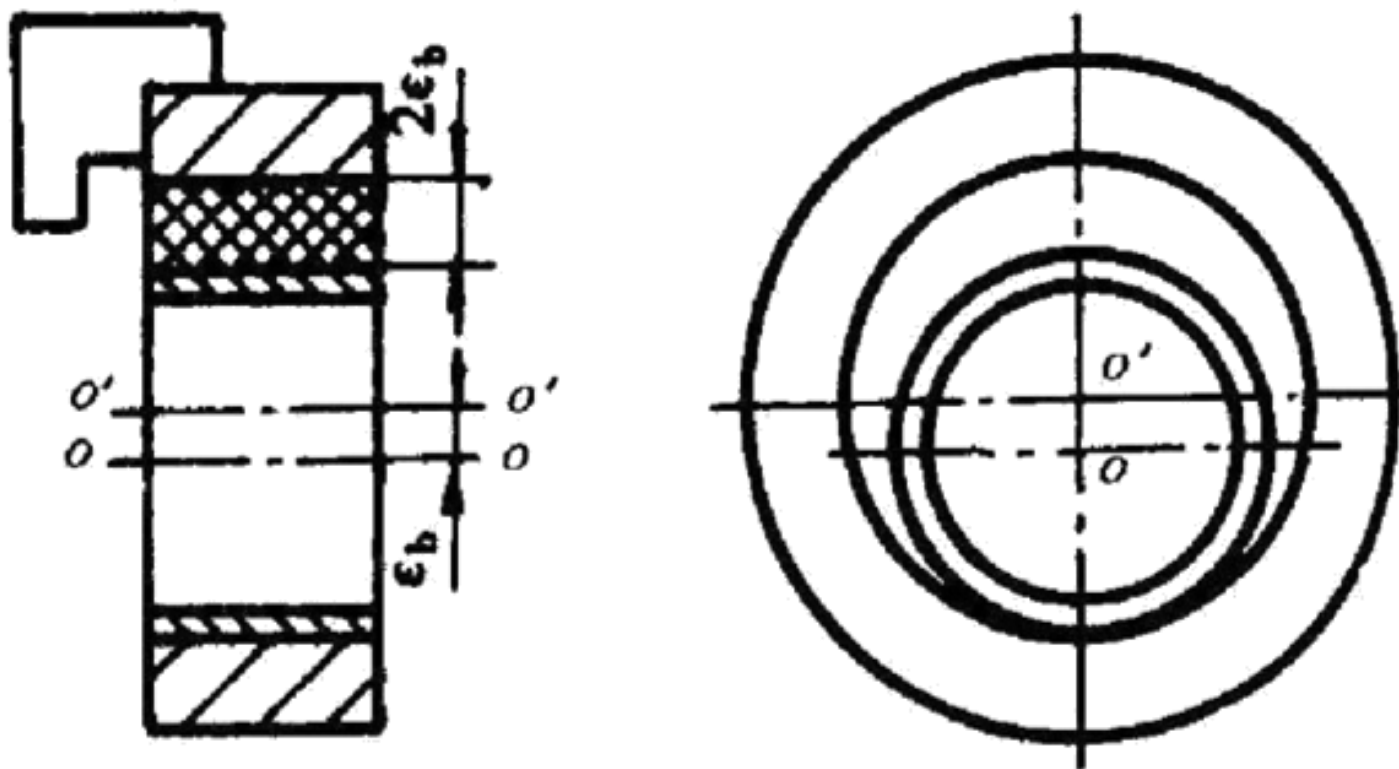


图 4 - 49 轴线弯曲误差对加工余量的影响

—工序所形成的工件空间误差



工序的安装误差

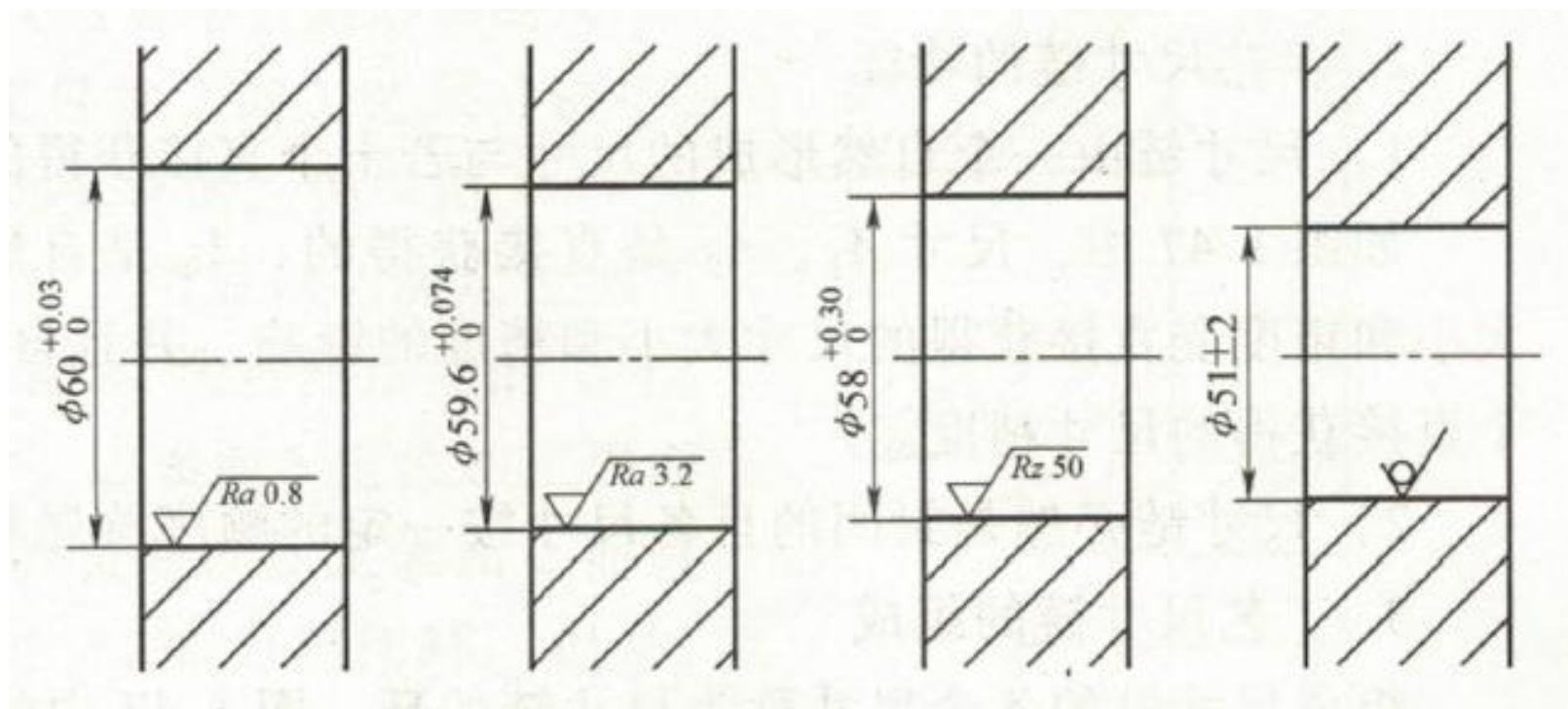
3. 机械加工余量的确定

- 计算法 较科学，但目前积累的统计资料尚不多，此法目前应用较少
- 经验估计法 所估加工余量一般都偏大，此法只用于单件小批生产。
- 查表法 方法简便，比较接近实际，生产上广泛应用。

二、确定工序尺寸及其公差

1. 基准重合时工序尺寸及公差的确定

某法兰盘工件上有一个孔，孔径为 $\phi 60_{+0.03}^0 \text{mm}$ ，表面粗糙度数值 Ra 为 $0.8\mu\text{m}$ ，毛坯为铸钢件，需淬火处理，其工艺路线见表。



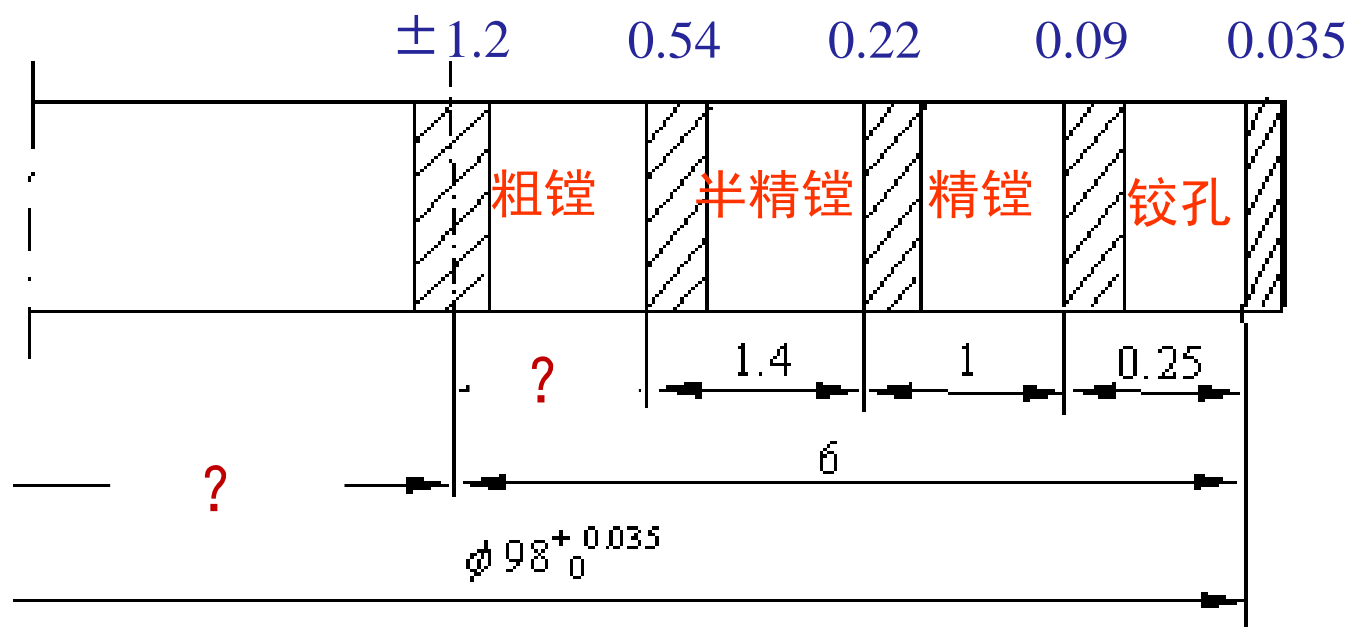
1.	2.	3.	4.	5.
工序名称。	工序余量。	工序所能达到的公差等级。	工序尺寸（最小工序尺寸）。	工序尺寸及其上、下极限偏差。
磨孔。	0.4。	$H7_0^{+0.03}$ 。	60。	$60_0^{+0.03}$ 。
半精镗孔。	1.6。	$H9_0^{+0.074}$ 。	59.6。	$59.6_0^{+0.074}$ 。
粗镗孔。	7。	$H12_0^{+0.30}$ 。	58。	$58_0^{+0.30}$ 。
毛坯孔。	。	± 2 。	51。	51 ± 2 。

解题步骤：

- (1) 确定各工序的加工余量；
- (2) 根据查得的余量计算各工序尺寸；
- (3) 确定各工序的尺寸公差及表面粗糙度；
- (4) 确定各工序的上、下极限偏差。

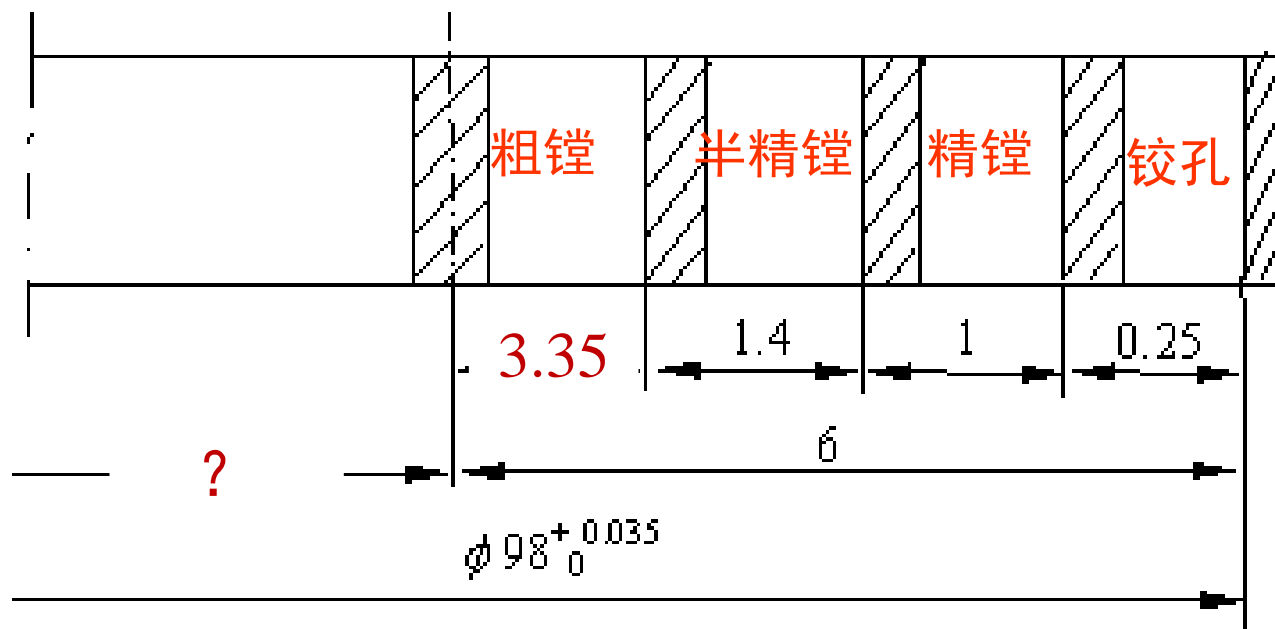
Example 1

某箱体上有一孔，设计尺寸为 $\phi 98^{+0}_{-0.035}$ mm（H7）。已知其加工工艺过程为粗镗→半精镗→精镗→铰孔。查表确定各工序余量（双边余量）为： $Z_{\text{铰}}=0.25\text{mm}$ $Z_{\text{精镗}}=1\text{mm}$ $Z_{\text{半精镗}}=1.4\text{mm}$ $Z_{\text{毛坯}}=6\text{mm}$ （总余量）。通过查表得各加工工序的公差为 $T_{\text{精镗}}=0.09\text{mm}$ ， $T_{\text{半精镗}}=0.22\text{mm}$ ， $T_{\text{粗镗}}=0.54\text{mm}$ ， $T_{\text{毛坯}}=\pm 1.2\text{mm}$ 。试标注该孔加工的各工序尺寸及公差。



解：1) 粗镗工序余量根据下式计算

$$Z_{\text{粗镗}} = Z_{\text{毛坯}} - (Z_{\text{铰}} + Z_{\text{精镗}} + Z_{\text{半精镗}}) = 6 - (0.25 + 1 + 1.4) = 3.35 \text{ mm}$$



2) 确定各工序基本尺寸

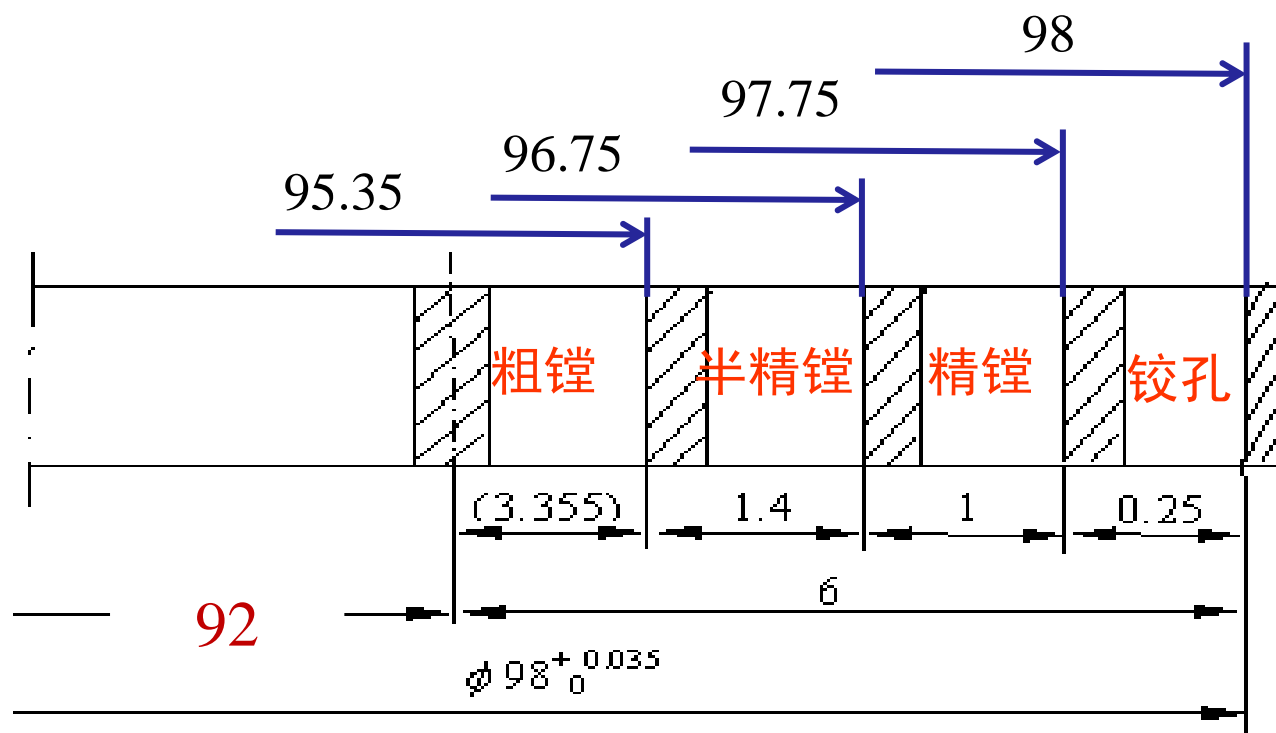
设计基本尺寸：98 mm

→ 精镗工序基本尺寸： $98 - Z_{\text{铰}} = 97.75 \text{ mm}$ 。

→ 半精镗工序基本尺寸： $97.75 - Z_{\text{精镗}} = 96.75 \text{ mm}$

→ 粗镗工序基本尺寸： $96.75 - Z_{\text{半精镗}} = 95.35 \text{ mm}$

→ 毛坯的基本尺寸： $98 - Z_{\text{毛坯}} = 92 \text{ mm}$



3) 按照“入体原则”标注零件的工序尺寸与公差为

铰孔 $\phi 98^{+0.035}_0$ mm

精镗 $\phi 97.75^{+0.09}_0$ mm

半精镗 $\phi 96.75^{+0.22}_0$ mm

粗镗 $\phi 95.35^{+0.54}_0$ mm

毛坯 $\phi 92 \pm 1.2$ mm

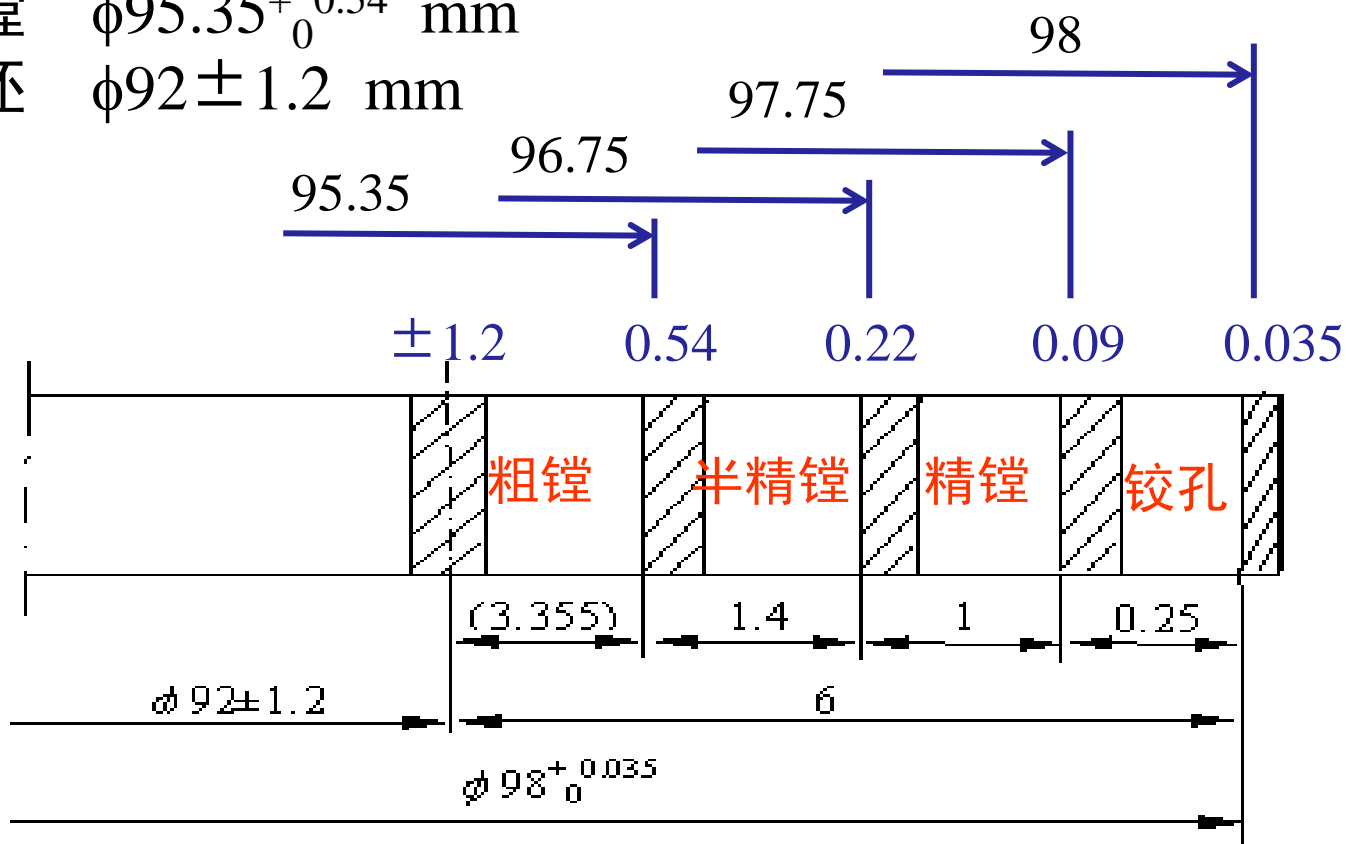
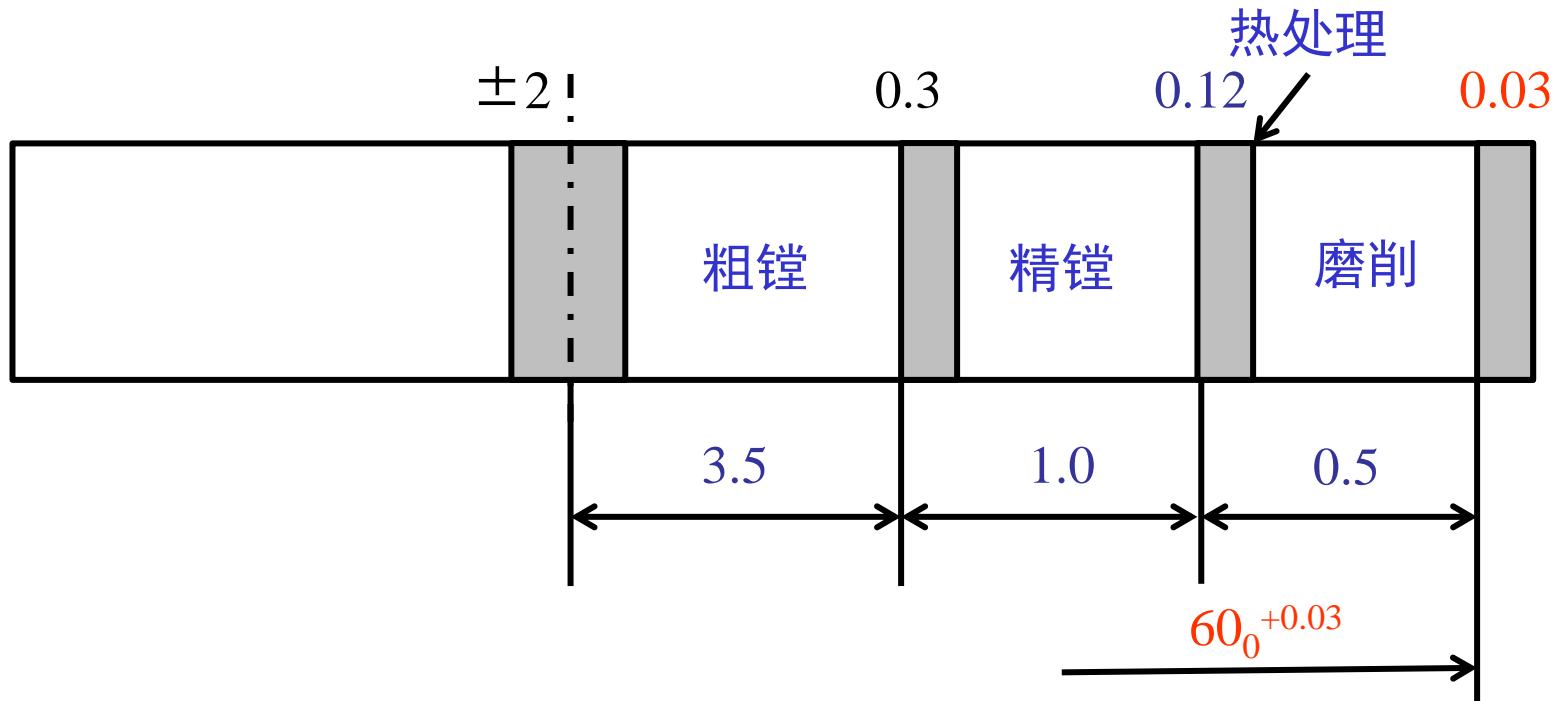


图1 孔加工余量和工序尺寸分布图

Example 2

某零件上一个孔，孔径为 $\phi 60_0^{+0.03}\text{mm}$ ，表面粗糙度为 $Ra=1.6\mu\text{m}$ 。需淬硬，材料为45钢($\Delta=\pm 2\text{mm}$)。工艺路线是：**粗镗—精镗—热处理—磨削**。各工序的加工余量如下：**磨削余量：0.5mm；精镗余量：1.0mm(IT10, $\Delta=0.12\text{ mm}$)；粗镗余量：3.5mm(IT12, $\Delta=0.3\text{ mm}$)**。问（1）各工序应按什么尺寸来加工？（2）检验精镗工序加工余量是否合适？



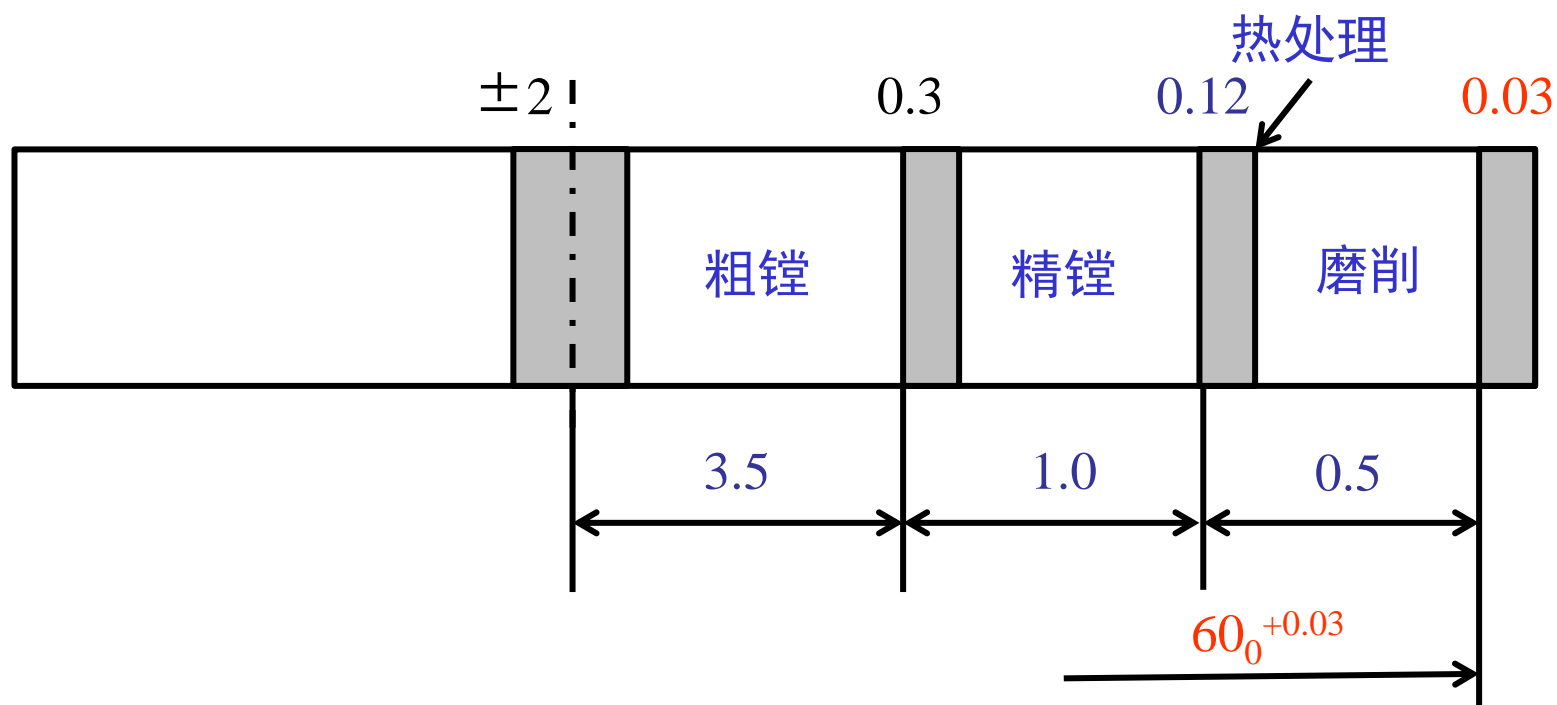
解：磨削后要达到零件图上的尺寸，故

磨削工序尺寸为： $D = 60_0^{+0.03}\text{mm}$

精镗后孔径基本尺寸为： $D_1 = 60 - 0.5 = 59.5\text{mm}$

粗镗孔径基本尺寸为： $D_2 = 59.5 - 1.0 = 58.5\text{mm}$

毛坯孔径基本尺寸为： $D_3 = 58.5 - 3.5 = 55\text{mm}$

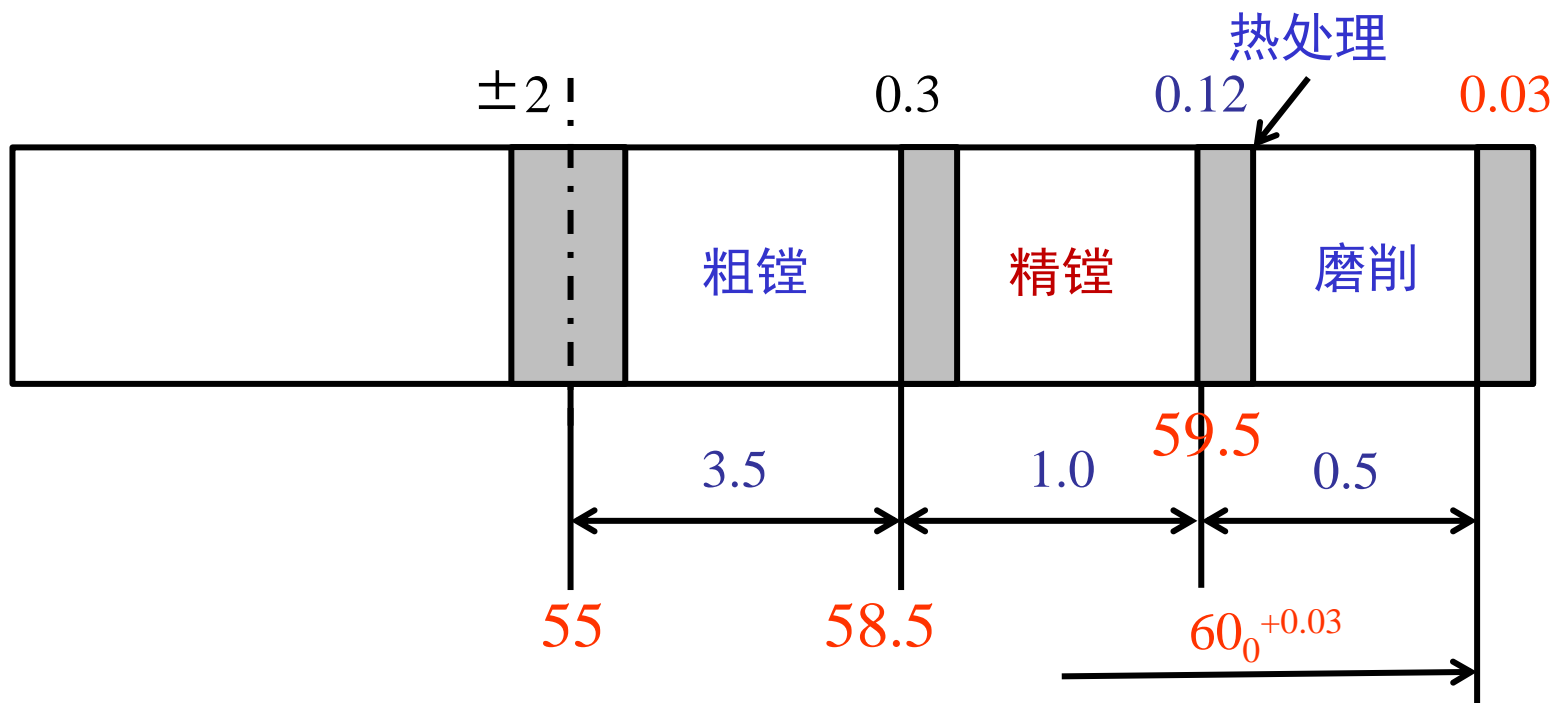
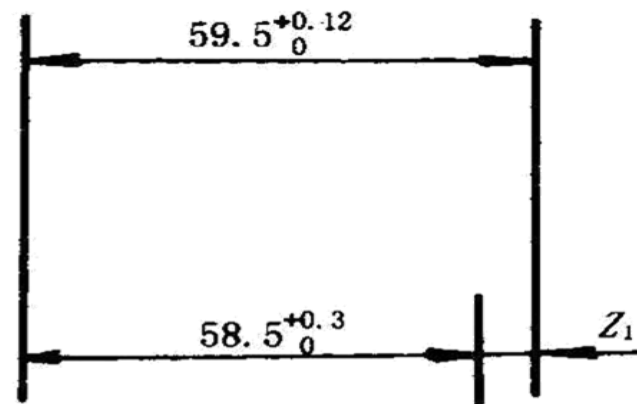


检验精镗工序加工余量是否合适：

$$Z_{\max}=59.62-58.5=1.12\text{mm};$$

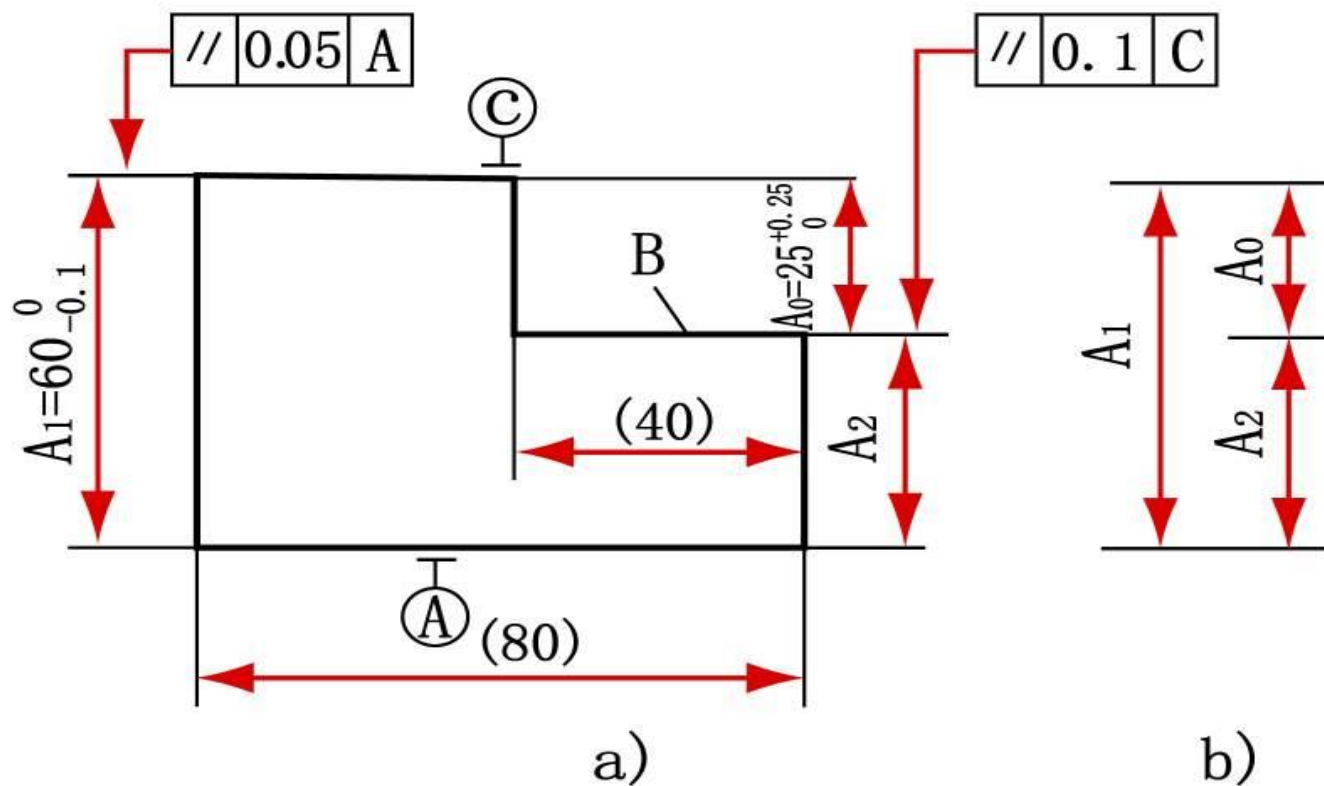
$$Z_{\min}=59.5-58.8=0.7\text{mm}。$$

说明精镗工序余量合适。

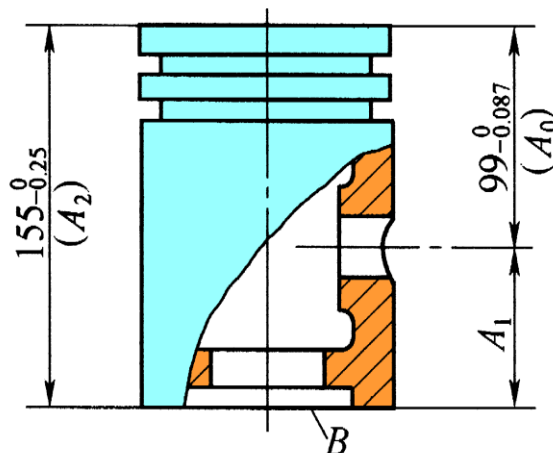


2. 工艺尺寸链

必须工艺尺寸链计算



尺寸链：由相互联系、按一定顺序首尾相接排列的尺寸封闭图。



组成环：加工过程中直接获得的尺寸如 A_1 、 A_2 是组成环；

封闭环：间接获得的尺寸 A_0 称为封闭环；

增环：它增大将使封闭环随之增大的组成环如 A_2 叫增环；

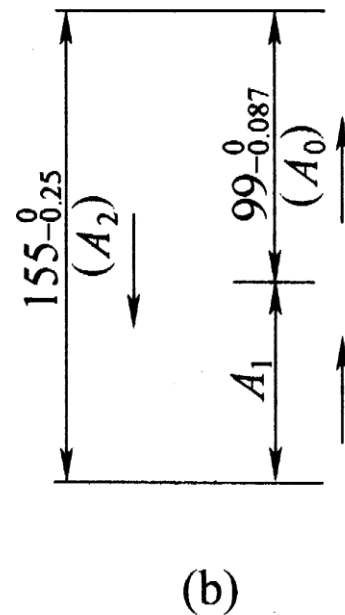
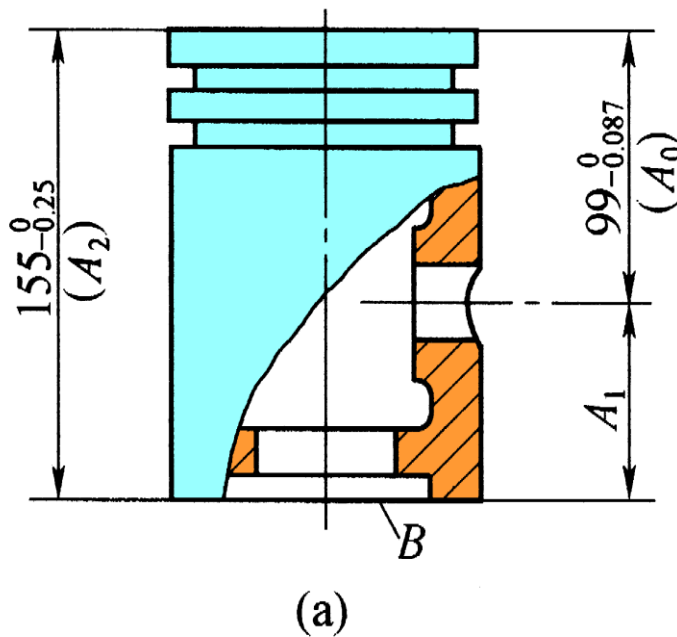
减环：它增大反使封闭环随之减小的组成环如 A_1 叫减环

尺寸链计算的关键： 正确画出尺寸链图，找出封闭环，确定增环和减环

①作尺寸链图

②找封闭环

③ 确定增环和减环



(2) 工艺尺寸链计算的基本公式

a) 封闭环的基本尺寸等于增环的基本尺寸之和减去减环的基本尺寸之和，即

$$A_0 = \sum_{p=1}^k A_p - \sum_{q=k+1}^m A_q$$

k为增环的个数，
m为减环的个数。

b) 封闭环的极限尺寸

封闭环的最大极限尺寸等于增环最大极限尺寸之和减去减环最小极限尺寸之和，即

$$A_{0\max} = \sum_{p=1}^k A_{p\max} - \sum_{q=k+1}^m A_{q\min}$$

封闭环的最小极限尺寸等于增环最小极限尺寸之和减去减环最大极限尺寸之和，即

$$A_{0\min} = \sum_{p=1}^k A_{p\min} - \sum_{q=k+1}^m A_{q\max}$$

c) 封闭环的极限偏差

封闭环的上偏差等于增环上偏差之和减去减环下偏差之和，即

$$ES_0 = \sum_{p=1}^k ES_p - \sum_{q=k+1}^m EI_q$$

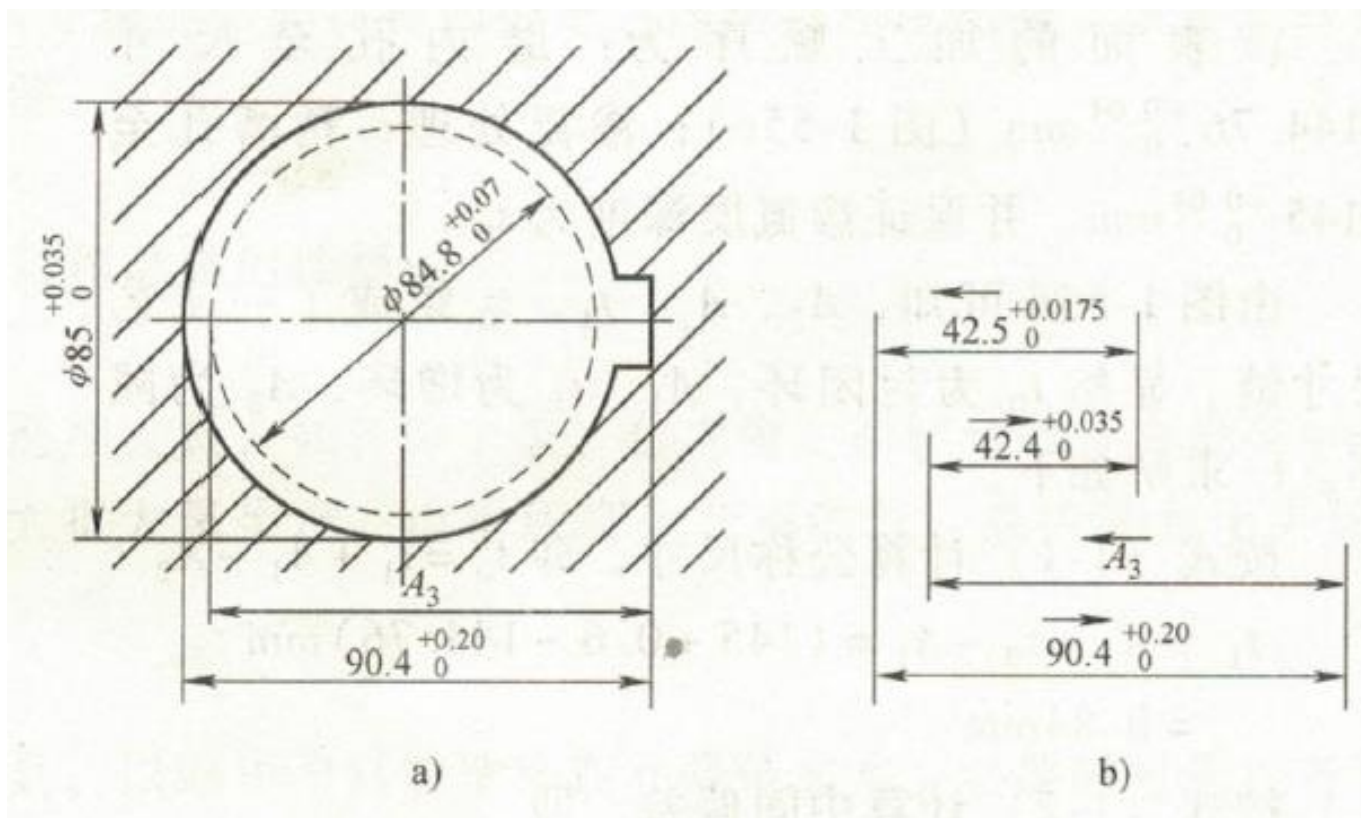
封闭环的下偏差等于增环下偏差之和减去减环上偏差之和，即

$$EI_0 = \sum_{p=1}^k EI_p - \sum_{q=k+1}^m ES_q$$

d) 封闭环的公差等于组成环公差之和，即

封闭环的公差比任何一个组成环的公差都大！

【例题】如图 4-17(a)所示为一齿轮内孔的简图。内孔尺寸为 $\Phi 85_{0}^{+0.035}$ mm，键槽的深度尺寸为 $90.4_{0}^{+0.20}$ mm。内孔及键槽的加工顺序如下：（1）精镗孔至 $\Phi 84.8_{0}^{+0.07}$ mm；（2）插键槽深至尺寸 A_3 (通过尺寸换算求得)；（3）热处理；（4）磨内孔至尺寸 $\Phi 85_{0}^{+0.035}$ mm，同时保证键槽深度尺寸 $90.4_{0}^{+0.20}$ mm。



【解题步骤】根据以上加工顺序可以看出磨孔后必须保证内孔尺寸，还要同时保证键槽的深度。为此必须计算出以镗孔后作为测量基准的键槽深度加工工序尺寸 A_3 。图 4-17(b) 所示为尺寸链简图，其中精镗孔后的半径 $A_2 = 42.4_0^{+0.035}$ mm，磨孔后的半径 $A_1 = 42.5_0^{+0.0175}$ mm 以及键槽加工的深度尺寸 A_3 都是直接获得的，为组成环。磨孔后所得的键槽深度尺 $A_0 = 90.4_0^{+0.20}$ mm 是自然形成的，为封闭环。

根据工艺尺寸链的公式计算 A_3 及上下偏差值如下。

$$A_0 = A_3 + A_1 - A_2, \quad A_3 = 90.3 \text{ mm};$$

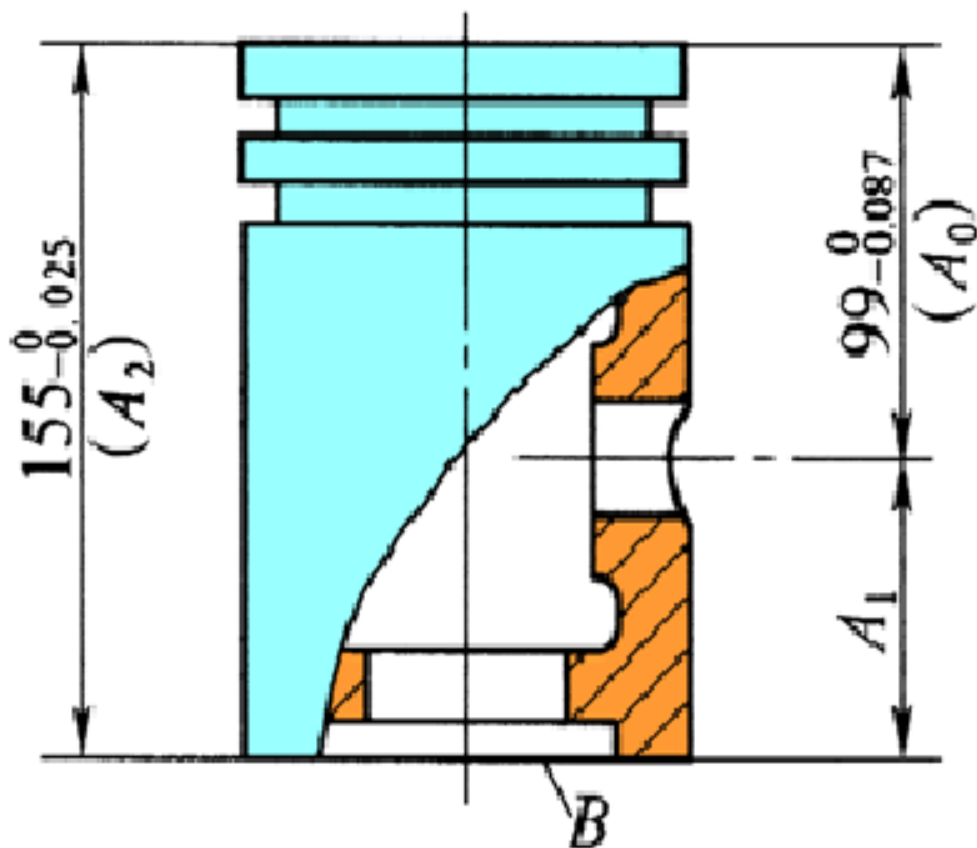
$$ES(A_0) = ES(A_3) + ES(A_1) - EI(A_2), \quad ES(A_3) = 0.1825 \text{ mm};$$

$$EI(A_0) = EI(A_3) + EI(A_1) - ES(A_2), \quad EI(A_3) = 0.035 \text{ mm}。$$

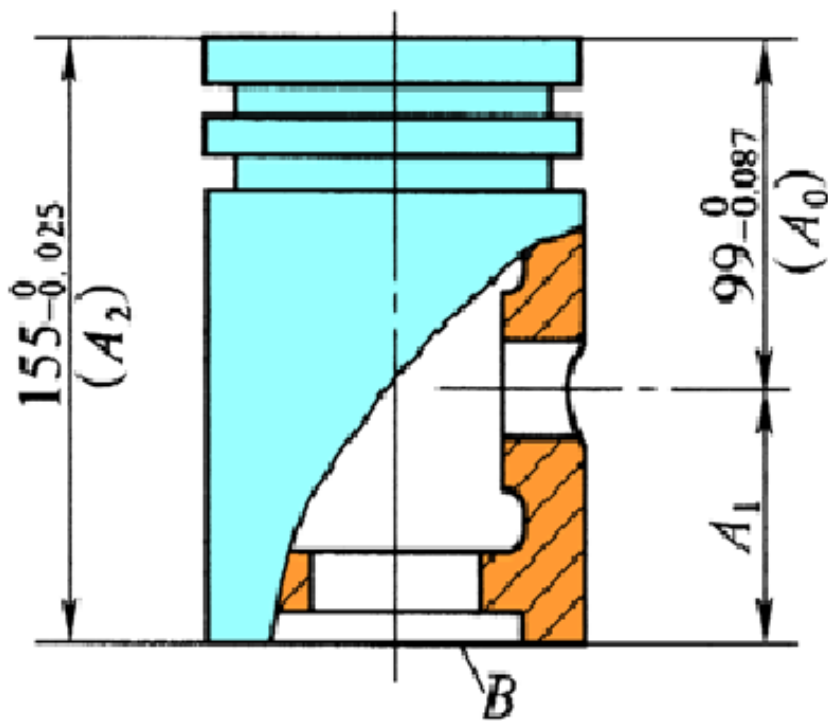
因此，插键槽的工序尺寸 $A_3 = 90.3_{+0.035}^{+0.1825}$ mm。

Example 1

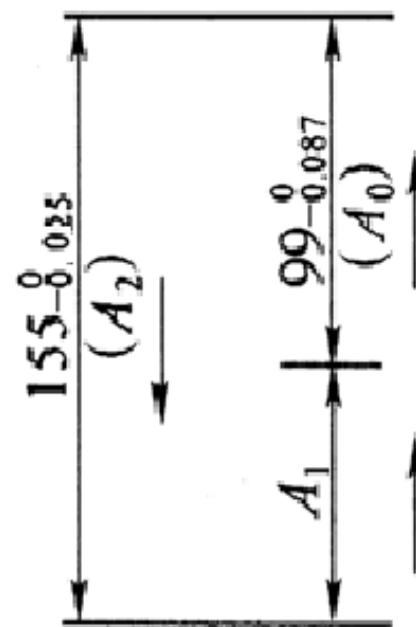
如图活塞上加工销孔，要求保证尺寸 A_0 ，设计基准为活塞顶面。为加工方便常用 B 面定位，按工序尺寸 A_1 加工销孔。试确定工序尺寸 A_1 及其公差。



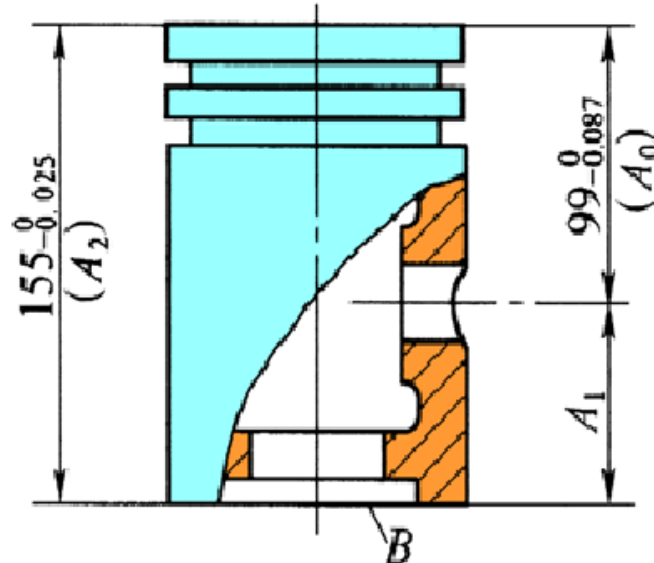
解： ① 作出尺寸链图； ②按照加工顺序确定封闭环 A_0 ；
③画箭头分出增环 A_2 和减环 A_1 ；



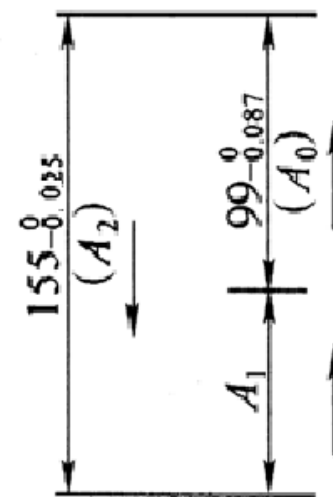
(a)



(b)



(a)



(b)

④尺寸链计算

A_1 的基本尺寸: $A_0 = A_2 - A_1$ $99 = 155 - A_1$ 得 $A_1 = 56$ mm

封闭环上偏差: $ES_{A_0} = ES_{A_2} - EI_{A_1}$ $EI_{A_1} = 0 - 0 = 0$

封闭环下偏差: $EI_{A_0} = EI_{A_2} - ES_{A_1}$ $ES_{A_1} = (-0.025) - (-0.087) = 0.062$

故工序尺寸 A_1 为: $A_1 = 56^{+0.062}_0$ mm

验算封闭环公差 $T_0 = T_1 + T_2$

Example 2 (Some difficult !)

齿轮内孔及键槽的加工顺序：

工序1：镗内孔至 $\phi 39.6^{+0.062}_0$ ；

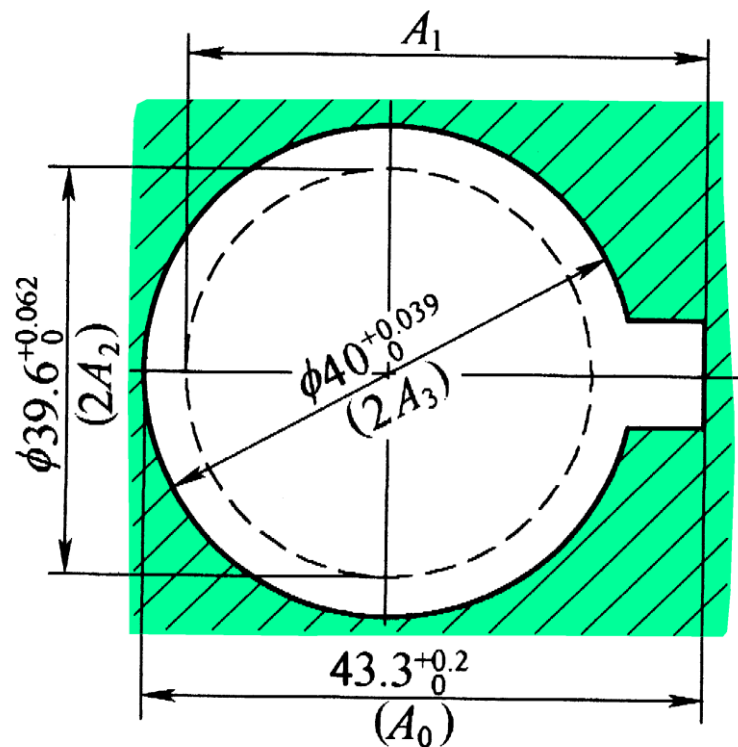
工序2：插槽至尺寸 A_1 ；

工序3：热处理—淬火；

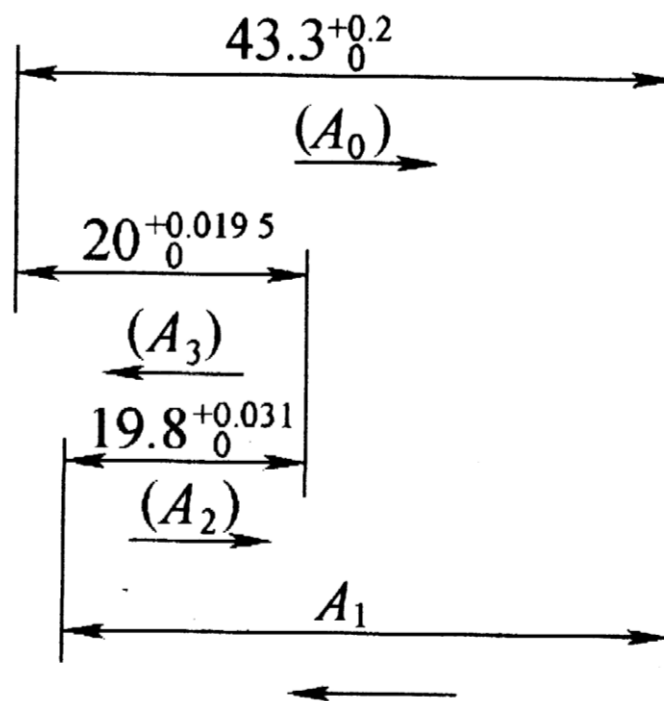
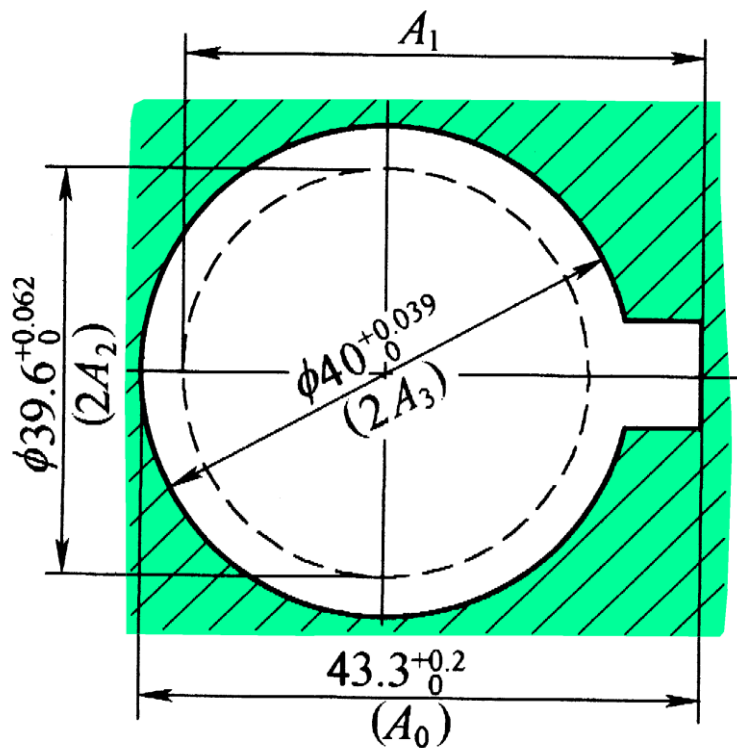
工序4：磨内孔至 $\phi 40^{+0.039}_0$ ，

同时保证键槽深度 $43.3^{+0.2}_0$ 。

试确定工序尺寸 A_1 及其公差。



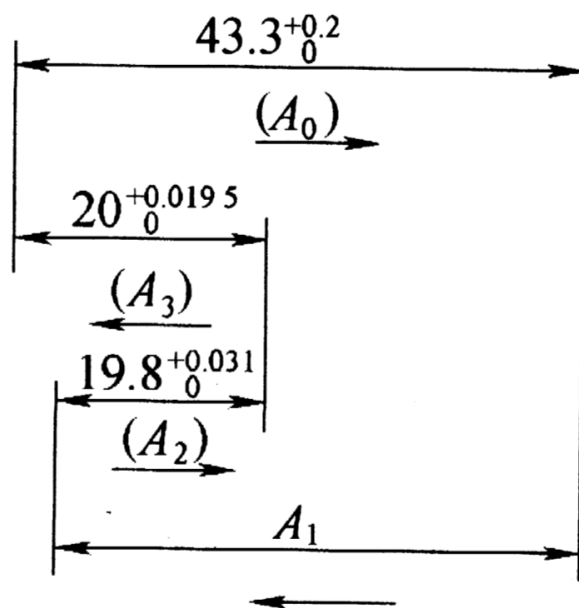
解：① 作出尺寸链图； ②按照加工顺序确定封闭环 A_0 ；
③画箭头分出增环 A_1 、 A_3 和减环 A_2 ；



④ 中间工序尺寸 A_1 的计算

A_1 基本尺寸 $A_0 = A_1 + A_3 - A_2$ $43.3 = A_1 + 20 - 19.8$ 得 $A_1 = 43.1$

验算公差 $T_0 = T_1 + T_3 + T_2$ $T_1 = 0.2 - 0.031 - 0.0195 = 0.1495$



A_1 上偏差 $0.2 = ES_{A_1} + 0.0195 - 0$ $ES_{A_1} = 0.2 - 0.0195 = 0.1805$

A_1 下偏差 $0 = EI_{A_1} + 0 - 0.031$ $EI_{A_1} = 0.031$

故插键槽时的工序尺寸 $A_1 = 43.1^{+0.1805}_{-0.031} \text{ mm}$

Example 3

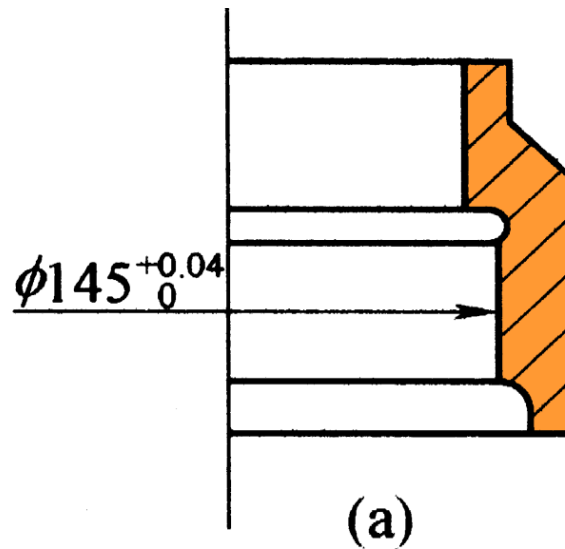
轴颈衬套内孔 $\phi 145$ 表面需渗氮处理，渗氮层深度要求为 $0.3 \sim 0.5 \text{mm}$ (单边 $0.3^{+0.2}_0$ ，双边 $0.6^{+0.4}_0$)。其加工顺序为：

工序1：初磨孔至 $\phi 144.76^{+0.04}_0$ ；

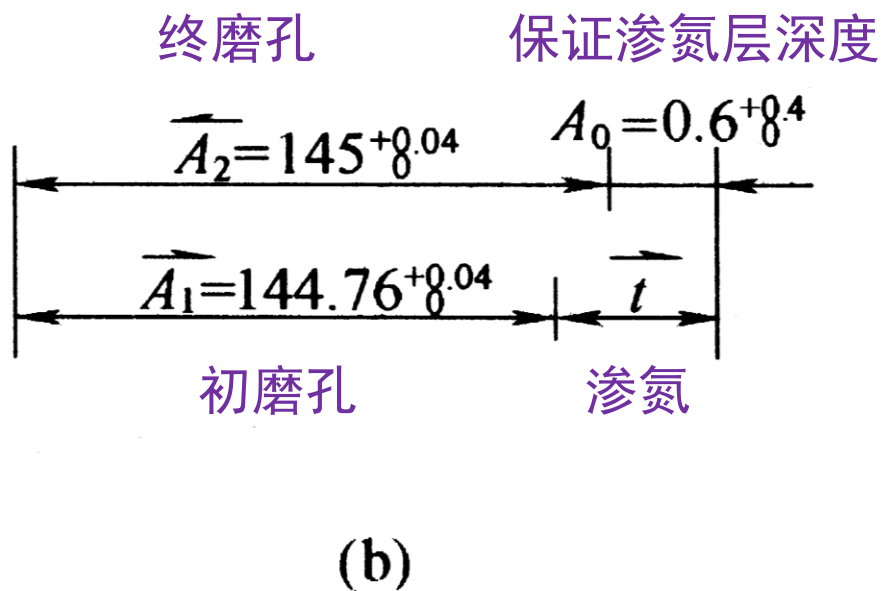
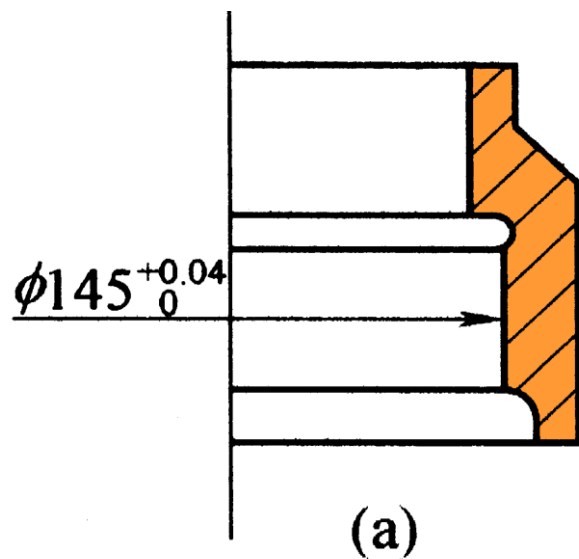
工序2：渗氮处理，渗氮的深度为 t ；

工序3：终磨孔至 $\phi 145^{+0.04}_0$ ，保证渗氮层深度为 $0.3 \sim 0.5 \text{mm}$ 。

试求终磨前渗氮层深度 t 及其公差。

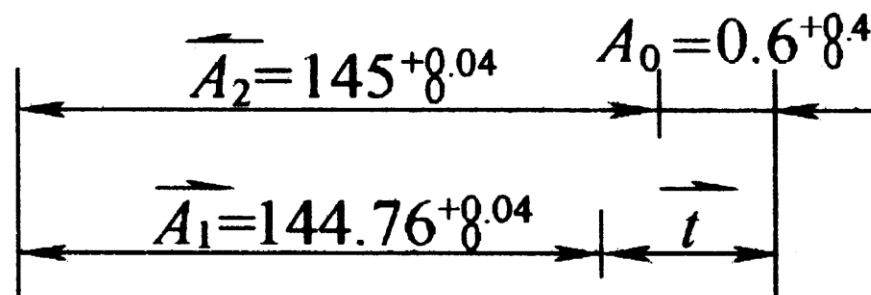


解：① 作出尺寸链图； ②按照加工顺序确定封闭环 A_0 ； ③画箭头分出增环 A_1 、 t 和减环 A_2 ；



④ 渗氮深度 t 的计算

t 基本尺寸 $A_0 = A_1 + t - A_2$ $0.6 = 144.76 + t - 145$ 得 $t = 0.84$



验算公差 $T_0 = T_1 + T_t + T_2$ $T_t = 0.4 - 0.04 - 0.04 = 0.32$

t 上偏差 $0.4 = 0.04 + ES_t - 0$ $ES_t = 0.4 - 0.04 = 0.36$

t 下偏差 $0 = 0 + EI_t - 0.04$ $EI_t = 0.04$

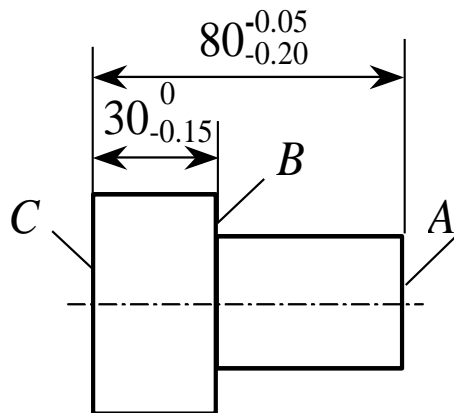
双边渗氮深度 $t = 0.84^{+0.36}_{+0.04} = 0.88^{+0.32}_0$, 单边渗层 $t/2 = 0.44^{+0.16}_0$

Example 4

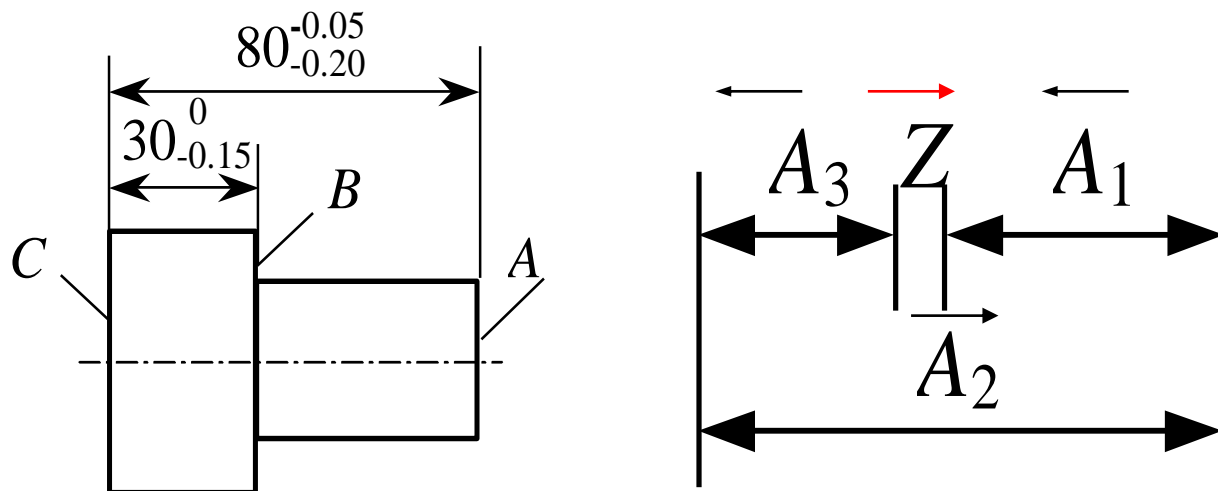
如图一批小轴零件，加工过程如下：

1. 半精车端面A、B，保证两者之间的尺寸 $A_1 = 49.6^{+0.20}_0$ mm；
2. 调头，以A面为基准半精车C面，保证总长 $A_2 = 80^{+0.05}_{-0.20}$ mm；
3. 热处理；
4. 以C面为基准磨端面B，保证尺寸 $A_3 = 30^{+0}_{-0.15}$ mm。

试校核端面B的磨削余量是否合适？若不合适，应如何调整？



解：① 列出尺寸链 ② 判断各环性质： Z 为封闭环， A_2 为增环， A_1 、 A_3 为减环



③ 计算： $Z = 80 - 49.6 - 30 = 0.4$

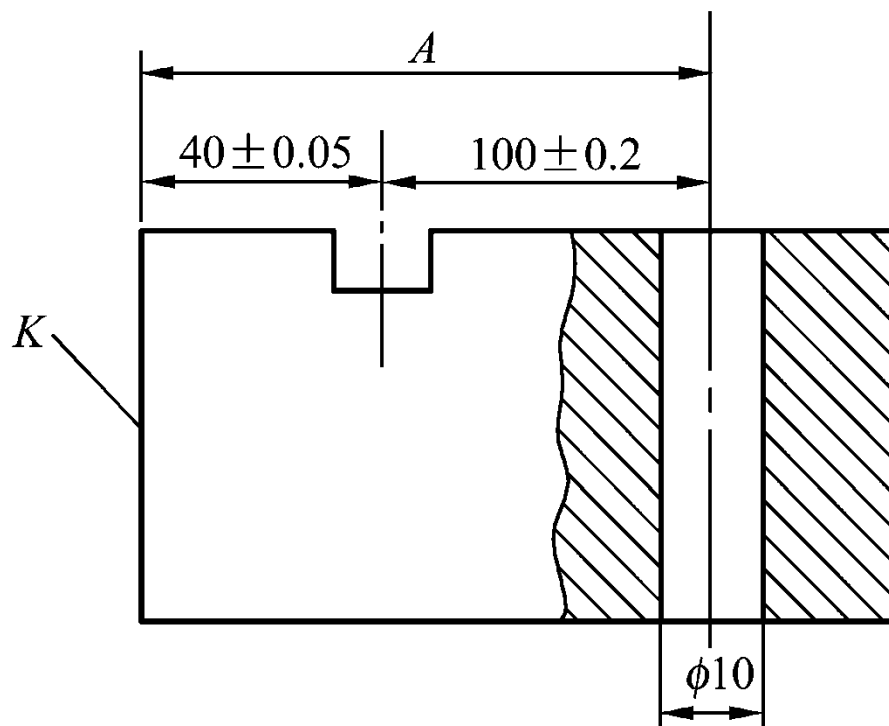
$$BS_Z = -0.05 - 0 - (-0.15) = 0.10$$

$$BI_Z = -0.20 - 0.20 - 0 = -0.40$$

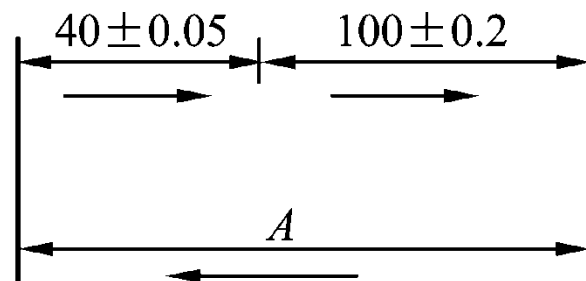
④ 分析：最小余量为零，需要调整。 A_2 、 A_3 为设计尺寸，保持不变，若令最小余量为 0.1mm，将工艺尺寸 A_1 改为 $49.6^{+0.10}_0$ ，此时 $Z = 0.4^{+0.1}_0$ 。

Example 5

如图所示零件，各平面及槽均已加工，求以侧面K定位钻 $\Phi 10$ mm孔的工序尺寸及其偏差。



(a) 零件图



(b) 工艺尺寸链简图

确定封闭环：尺寸 100 ± 0.2 mm为封闭环。

绘出工艺尺寸链图：

判断组成环的性质：尺寸 40 ± 0.05 mm为减环。

计算工序尺寸A及其上、下偏差。

A的基本尺寸： $100 = A - 40$ $A = 140$ mm。

计算A的上、下偏差：

$$+0.2 = E_{SA} - (-0.05) \quad E_{SA} = 0.15 \text{ mm}$$

$$-0.2 \text{ mm} = E_{IA} - 0.05 \quad E_{IA} = -0.15 \text{ mm}$$

校验计算结果：

$$[0.2 - (-0.2)] = [0.05 - (-0.05)] + [0.15 - (-0.15)]$$
$$0.4 = 0.4$$

各组成环公差之和等于封闭环的公差，计算无误。

第五节 时间定额和提高劳动生产率的工艺途径

一、时间定额及其组成

时间定额



时间定额是在一定生产条件下，规定生产一件产品或完成一道工序所需消耗的时间。

单件时间



完成一个工件的一个工序的时间称为单件时间 t_d

$$T_{\text{单}} = t_{\text{基}} + t_{\text{辅}} + t_{\text{服}} + t_{\text{休}}$$

基本时间是指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。

辅助时间是指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。如装卸工件、操作机床、改变切削用量、试切和测量工件、引进及退回刀具等动作所需时间都是辅助时间。

布置工作地时间是为使加工正常进行，工人照管工作地（如换刀、润滑机床、清理切屑、收拾工具等）所消耗的时间。一般按作业时间的2%~7%估算。

休息和生理需要时间是指工人在工作班内恢复体力和满足生理上的需要所消耗的时间。一般按作业时间的2%估算。

在成批生产中

零件批量

$$t_h = t_d + t_z/N$$

单件核算时间

单件时间

准备终结时间：进行准备和结束工作所消耗的时间

大批大量生产时，每个工作地始终完成某一固定工序， $t_z/N \approx 0$ ，故不考虑准备终结时间，即

$$t_h = t_d$$

二、提高劳动生产率的工艺路径

1. 缩短基本时间

- (1) 提高切削用量
- (2) 减少切削行程长度
- (3) 合并工步

2. 缩短辅助时间

- (1) 直接缩短辅助时间
- (2) 使辅助时间与基本时间重合

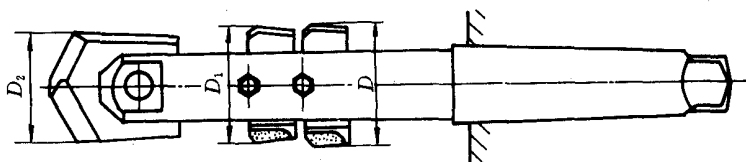


图 7-30 复合刀具加工

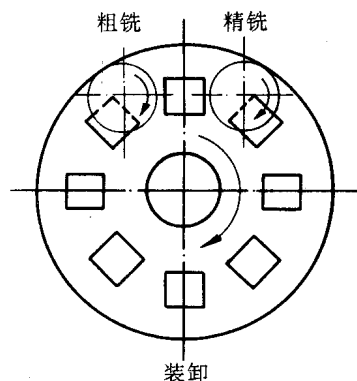


图 7-35 连续回转进给加工

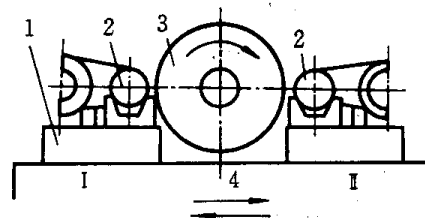


图 7-34 往复式进给铣床夹具
1——夹具； 2——工件；
3——铣刀； 4——工作台

3. 同时缩短基本时间和辅助时间

- (1) 多件加工
- (2) 先进自动化设备

4. 缩短准备终结时间

- (1) 使夹具和刀具调整通用化
- (2) 采用可换刀架或刀夹
- (3) 采用刀具的微调和快调
- (4) 减少夹具在机床上的安装找正时间
- (5) 采用准备终结时间极少的先进加工设备

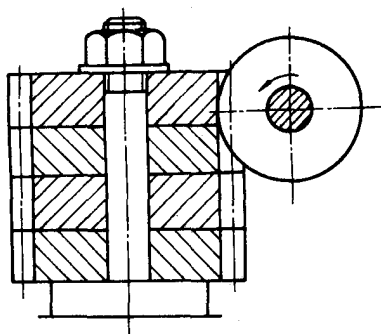


图 7-31 顺序加工

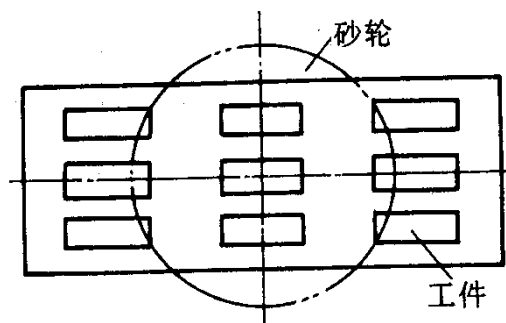


图 7-33 平行顺序加工

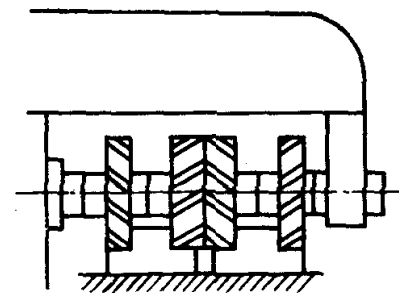


图 7-32 平行多件加工

提高机械加工生产率的工艺措施

1. 缩短基本时间

- (1) 提高切削用量，但受到刀具寿命和机床刚度的制约。
- (2) 缩短工作行程长度
- (3) 多件加工

2. 缩减辅助时间、工作地点服务时间、准备终结时间

- (1) 直接缩减辅助时间
- (2) 使辅助时间与基本时间重合
- (3) 减少换刀次数，并缩减每次换刀所需时间
- (4) 扩大零件的生产批量减少调整机床、刀具和夹具的时间

3. 实行多台机床看管

4. 新工艺、特种工艺

5. 应用成组技术

在单件小批生产中广泛采用各种数控和柔性制造系统及推广成组技术等，都可以缩短单件时间，有效地提高劳动生产率。

Thank you!

进入下一章节