

●华东地区大专院校教材

---

# 机械制造工艺学

---

## 习题分析与计算

---

福建科学技术出版社

TH-6-46  
W38

393429

华东地区大专院校教材

# 机械制造工艺学 习题分析与计算



王树兜 陈榕 廖剑冲 编著

福建科学技术出版社

(闽)新登字 03 号



DY 65/09

华东地区大专院校教材

**机械制造工艺学习题分析与计算**

王树兜 陈 榕 廖剑冲 编著

\*

福建科学技术出版社出版、发行

(福州得贵巷 59 号)

福建省新华书店经销

福建省科发电脑排版服务公司排版

三明地质印刷厂印刷

开本 787×1092 毫米 1/16 14 印张 349 千字

1996 年 10 月第 1 版

1996 年 10 月第 1 次印刷

印数:1—6 000

ISBN 7—5335—1040—2/TH·9

定价:16.00 元

书中如有印装质量问题,可直接向承印厂调换

# 前 言

《机械制造工艺学习题集》一书，自1984年被选定为华东地区高等院校教材，并于1985年由福建科学技术出版社出版以来，又经过10年的使用实践，深受广大读者的欢迎。为此该书于1995年又进行修订再版。本书以题解形式为配合该修订本的使用而编写的教学参考书。

由于《机械制造工艺学》是一门实践性和综合性较强的专业课程，工艺问题往往受具体条件的影响较大，又由于对问题的基本要求和重点抓不住，从而在学习这门课程时，感到解题下手难，在理解题意及解答方面没有把握，基于上述原因，特编写《机械制造工艺学习题分析与计算》一书，为的是起抛砖引玉的作用。

参加编写本书的有福州大学陈榕（二、五、六）；廖剑冲（二、三）；华侨大学王树兜（一、三、四、五）。全书由福州大学卞铭键教授主审。

在编写过程中得到兄弟院校及有关工厂的大力支持，提供了不少资料及宝贵意见，在此谨致谢意。

由于时间比较紧迫，解题工作量较大，又限于水平，所提供的解答也不是唯一的，仅供参考。书中可能有不少错误和不妥之处，请读者发现时即于指出更正，特此预致谢意。

**编著者**

1996年1月

## 目 录

一、生产过程的基本概念 .....	( 1 )
二、工件的安装和夹具设计基础 .....	( 4 )
三、机械加工精度 .....	( 50 )
四、机械加工表面质量与振动.....	( 109 )
五、机械加工工艺规程的制订.....	( 123 )
六、工艺尺寸链.....	( 152 )

# 一、生产过程的基本概念

1. 图 1-1 所示为定位螺钉的零件图，毛坯为  $\phi 30\text{mm}$  的 45 钢棒料，其小批生产的工艺过程见表 1-1。试在表中简要说明划分工序，安装、工步、工位、走刀的理由。

表 1-1 定位螺钉的工艺过程

工序号	工序内容，安装，工位，工步	所用设备	划分的理由
1	下料	锯床	
2	车（安装一次） (1) 车小端端面 (2) 车 $\phi 25.4$ 外圆 (3) 车小端外圆 $\phi 18 \times 49.8$ (4) 车 M12 外圆。保持长度 38 (5) 车外圆 $\phi 16_{-0.027} \times 12$ （包括两次走刀） (6) 倒角 $1 \times 45^\circ$ (7) 车螺纹 M12—6g (8) 切断	普通车床	设备改变 加工面或刀具改变 其中 n、f 不变
3	车（调头安装一次） (1) 车大端端面 (2) 倒角 $30^\circ$	在同一台车床上	相同的设备，但整批零件不连续加工。
4	铣六角头（安装一次） （用两把铣刀和分度头分三个工位进行加工）	卧式铣床	每次加工两对边后，工件需转过 $60^\circ$
5	钳工去毛刺	钳台	工作地点改变
6	发黑	热处理	
7	检验		

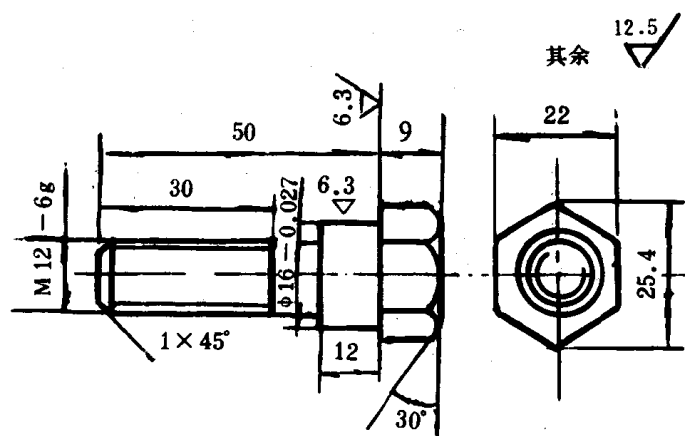


图 1-1

2. 在成批生产条件下, 加工图 1-2 所示之齿轮, 毛坯为 45 钢模锻件, 试按表 1-2 的加工顺序用数码区分工序 (1、2、3、……), 安装 (一, 二), I 位 (I, II), 及工步 (1), (2), (3), ……。

表 1-2 齿轮的加工顺序

顺序	加工内容	工序	安装	工位	工步
1	在立钻上钻 $\phi 19.2$ 孔 (即 $\phi 20$ 处)	1	—		(1)
2	在同一立钻上镗端面 A				(2)
3	在同一立钻上倒角 $2 \times 45^\circ$				(3)
4	调头, 在同一立钻上倒角 $2 \times 45^\circ$		二		
5	在拉床上拉 $\phi 20^{+0.023}$ 孔	2			
6	在插床上插一键槽	3		I	
7	在同一插床上插另一键槽 (夹具回转 $120^\circ$ )			II	
8	在多刀车床上粗车外圆, 台肩, 端面 B	4			复合
9	在普通车床上精车 $\phi 84_{-0.14}$	5			(1)
10	在同一车床上精车端面 B				(2)
11	在滚齿机上滚齿 (1) $v=25\text{m/min}$ $a_p=4.5\text{mm}$ , $f=1.0\text{mm/r}$	6			(1)
	(2) $v=35\text{m/min}$ , $a_p=2.2\text{mm}$ , $f=0.5\text{mm/r}$				(2)
12	在钳工台上去毛刺	7			
13	检验	8			

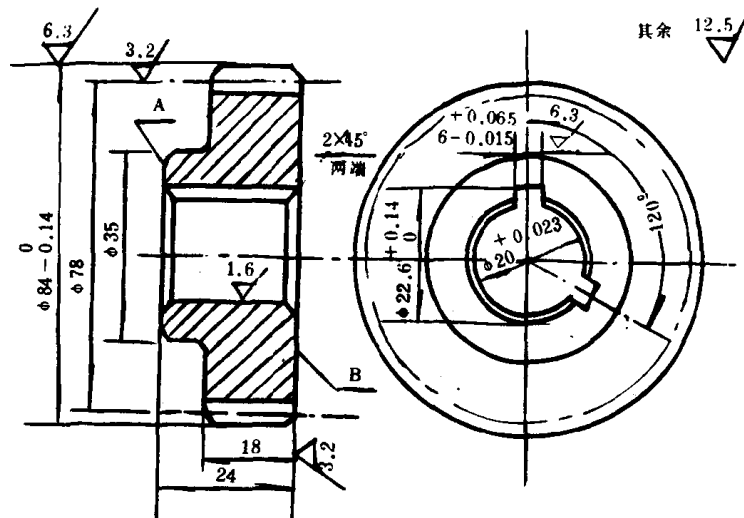


图 1-2

3. 生产过程与工艺过程的含义是什么？两者的主要组成部分有哪些？

[解]机械的生产过程是指机械从原材料开始直到制成机械产品之间的各个相互联系的劳动过程的总和。它包括毛坯制造-零件的加工及热处理-机械的装配及检验-油漆、包装过程等直接生产过程，还包括原材料的运输和保管以及设置、工艺装备（刀，夹，量具等）的制造、维修等生产技术准备工作。

工艺过程是生产过程的重要组成部分，包括直接改变工件的形状（铸造，锻造等）、尺寸（机械加工）、位置（装配）和材料性质（热处理）使其成为预期产品的过程。机械加工的工艺过程一般由工序、安装或工位、工步、走刀等组成。

4. 机械加工工艺系统由哪些要素组成？系统的整体目的是什么？

[解]机械加工工艺系统由机床、刀具、夹具和工件等4个要素组成。系统的整体目的是在一定条件下采用合理的工艺过程，满足优质，高产，低成本的要求。

5. 生产纲领的含义是什么？划分生产类型的主要依据有哪些因素？

[解]生产纲领即指年产量，它应计入备品和废品的数量。可按下式计算  $N=Q \cdot n (1+\alpha\%) (1+\beta\%)$ 。

生产类型的划分主要考虑年产量，产品本身的大小和结构的复杂性。

6. 若在不同生产类型下（单件、成批、大量），加工图1-2所示的齿轮，试比较各种生产类型的工艺过程及生产组织的特点？

[解]不同生产类型下齿轮的加工工艺有明显的不同。表1-2为成批生产条件下齿轮的工艺过程，其主要特点是大量采用通用机床及少量高效，专用机床；广泛使用专用夹具及部分专用刀具，量具；机床布局按零件分类的流水线布置。若批量明显增加至大批，大量生产时，可广泛使用高效、专用机床及专用刀、夹、量具等；机床按流水线或自动线布置。劳动生产率高，成本低。若批量明显减少至单件，小批生产时，应广泛使用通用机床及通用工装，不宜采用专用机床及专用工装；设备按机群式布置，由于工序调整时间长，机床利用率低，劳动生产率低，加工成本反而增加。

7. 某厂年产295柴油机2000台，已知连杆的备品率为20%、机械加工废品率为1%，试计算连杆的年生产纲领，并说明其生产类型及工艺特点。

[解]连杆的年产量  $N=Q \cdot n (1+\alpha\%) (1+\beta\%) = 200 \times 2 \times (1+20\%) (1+1\%) = 4848$ （件）

该连杆属于中型机械的轻型零件。年生产纲领约5000件，按生产类型和生产纲领的关系查表，应属于成批生产。

其工艺过程的特点是：毛坯为模锻件，毛坯精度及加工余量中等；以通用机床及部分高效，专用机床按流水线排列（或连杆工段）；广泛采用专用夹具，较多采用专用刀具及专用量具；需要中等熟练程度的工人；有较详细的工艺规程，对主要工序都有详细的工序卡片。

8. 经济精度的含义是什么？它在工艺规程设计中起什么作用？

[解]经济精度是指在正常的机床、刀具、工人等工作条件下，以合适的工时消耗所能达到的加工精度。因此，在经济精度的范围内，加工精度和加工成本是互相适应的。有关资料表格中列出各种加工方法所能达到的经济精度及表面粗糙度是拟定零件工艺路线的基础，用以从中选择最合适的加工方法和加工设备。



## 二、工件的安装和夹具设计基础

### (一) 基本概念

#### 1. 为什么说夹紧不等于定位?

[解] 工件的定位就是使同一批工件逐次放置到夹具中, 都能占据同一位置。为了保持工件在定位过程中获得既定的位置以及在加工过程中工件受到力的作用(如切削力、惯性力及重力等)而不发生移动, 就必须把工件夹紧。因此定位和夹紧有不同的概念。工件被夹紧而不动了。并不能说它已定位了, 还要看是否在夹具中都能占据同一位置。

一般来说, 定位是在夹紧之前实现的, 但也有在夹紧过程中同时实现的, 即边定位边夹紧, 如三爪卡盘等定心夹紧机构。

#### 2. 为什么说六点定位原理只能解决工件自由度的消除问题, 即解决“定与不定”的矛盾, 不能解决定位精度问题, 即不能解决“准与不准”的矛盾?

[解] 六点定位原理是把工件作为统一的整体来分析它在夹具中位置的确定和不确定。而不针对工件上某一具体表面。因此六点定位原理只是解决了工件自由度的消除问题。由于一批工件中, 每个工件彼此在尺寸、形状、表面状况及相互位置上均有差异(在公差范围内的差异)。而在加工过程中某一工序加工要求都是针对工件的某一具体表面而言的。因此工件即使六点定位后, 就一批工件来说, 每个具体表面都有自己不同的位置变动量。即工件每个表面都有不同的位置精度。这就是说定位后, 还存在准确与不准确问题, 还要进行定位精度的分析与计算。

#### 3. 试述基准不重合误差、基准位置误差和定位误差的概念及产生的原因。

[解] 基准不重合误差: 设计基准相对定位基准在加工方向上的位置最大变动量。

基准位置误差: 定位基准本身相对位置的最大变动量。

定位误差: 由于工件定位所造成的加工面相对其设计(工序)基准的位置误差。

定位误差产生的原因: 一是基准位置误差(由于定位元件和定位基准本身有制造误差而引起); 另一个是基准不重合误差(是由于定位基准和设计基准不重合而引起的)。

#### 4. 为什么计算定位误差就是计算设计基准(一批工件的)沿加工要求方向上的最大位置变动量?

[解] 由于采用调整法加工时, 夹具相对刀具及切削成形运动的位置, 经调定后不再变动, 因此可以认为加工面的位置是固定的。(因只研究定位误差。实际上由于在加工一批工件过程中须多次重调刀以及工艺系统变形等因素的影响, 加工面的位置会有变化。这在加工过程误差中予以考虑)。在这种情况下, 加工面对其设计(或工序)基准的位置误差必然是设计基准的位置变动所引起的。所以计算定位误差就是计算设计(或工序)基准(一批工件的)沿加工要求方向上的最大位置变动量。

#### 5. 工件装夹在夹具中, 凡是有六个定位支承点, 即为完全定位, 凡是超过六个定位支承点就是过定位, 不超过六个定位支承点, 就不会出现过定位。这种说法对吗? 为什么?

[解] 凡是有六个定位支承点即为完全定位。对于这句话是否正确要作具体分析。完全定

位是指消除了工件中的全部六个自由度。因此有了六个定位支承点。还心须分析每个定位支承点是否独立消除一个自由度，经分析，工件的六个自由度若没有全部被消除。就不能说完全定位。可能是欠定位或是过定位。

凡超过六点就是过定位，这句话是对的。但是否允许，要具体分析。

不超过六个定位支承点就不会出现过定位。这句话也要具体分析。经分析若不发生重复限制某一个自由度的现象。这句话就对了。否则就是错的。

6. 不完全定位和过定位是否均不允许存在？为什么？

〔解〕不完全定位和过定位并不是均不允许存在，要具体问题具体分析。

不完全定位：有些工序中，按照加工要求有时并不要求工件完全定位，而只要求部分定位（即消除部分自由度），这是允许的。如果定位点少于加工要求所应消除的自由度数。因而实际上某些应予消除的自由度没有消除，工件定位不足，这是不允许的称为欠定位。

过定位：定位点多于应消除的自由度数。因而实际上有些定位点重复消除了同一个自由度。如果在定位基准的精度和定位件精度（包括位置精度）都很高的情况下。重复消除自由度不影响工件的正确定位，这是允许的。否则过定位将造成下列不良后果：

- (1) 使接触点（定位点）不稳定，增加了同批工件在夹具中位置的不同一性；
- (2) 增加了工件和夹具的夹紧变形；
- (3) 导致了工件不能顺利地定位配合。

因而，这种过定位是不允许的。

7. 什么是辅助支承？使用时应注意什么问题？举例说明辅助支承的应用。

〔解〕辅助支承用来提高支承零件刚度，不是用作定位支承点。辅助支承在定位支承对工件定位后才参与支承，因此不起任何消除自由度的作用。所以各种辅助支承在每次卸下工件后，必须松开，装上工件后再调整和锁紧。

8. 什么是自位支承（浮动支承）？它与辅助支承的作用有何不同？

〔解〕自位支承是指支承本身在定位过程中所处的位置。是随工件定位基准面位置的变化而自动与之适应。由于自位支承是活动的，因此它与辅助支承不同，尽管每一个自位支承与工件可能作三点或二点接触，但是一个自位支承一般来说实质上仍然只起一个定位支承点的作用。而辅助支承不起定位支承点的作用。

9. 在夹具中对一个工件进行试切法加工时，是否还有定位误差？为什么？

〔解〕定位误差共二项，基准位置误差和基准不重合误差。逐件试切法，一般来说，能消除定位误差，因为试切法可以设计（或工序）基准为测量基准来进行试切测量及调刀。消除了用调整法加工时所造成的定位误差。

## （二）定位分析

10. 图 2-1 为钻连杆大孔工序的定位简图，根据六点定位原理，试分析各个定位元件所消除的自由度。

〔解〕根据图中所示的工件定位情况可知。支承板限制工件三个自由度， $\vec{z}$ 、 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ 。短定位销限制工件二个自由度， $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ 。防转挡销限制工件一个自由度， $\vec{z}$ 。如图 2-1 所示。

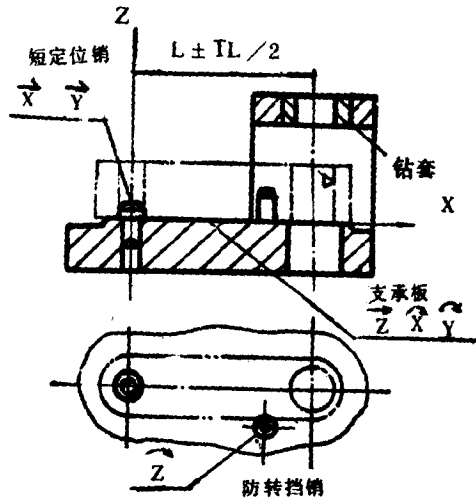
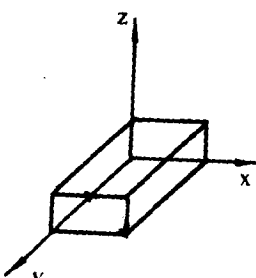
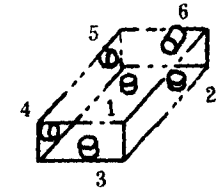
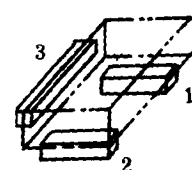
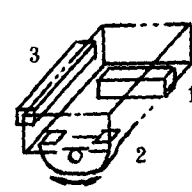
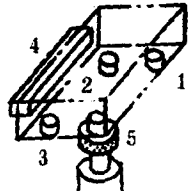
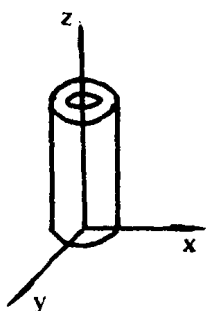



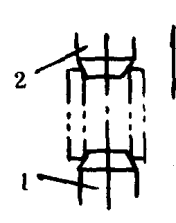
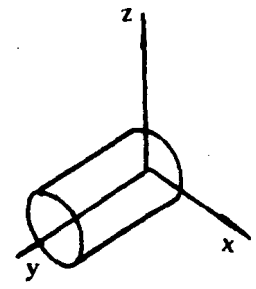

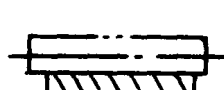
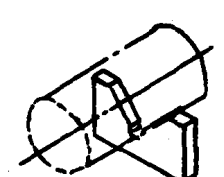


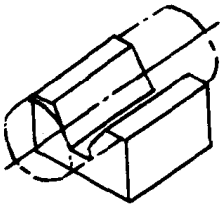
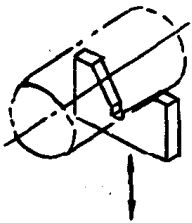
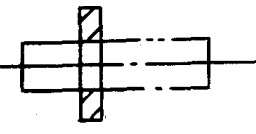
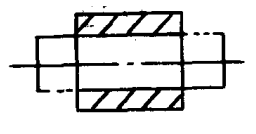
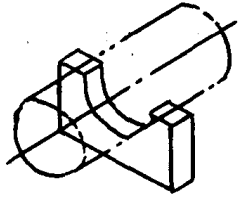
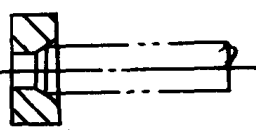
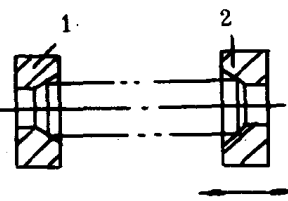
图 2-1

11. 试分析表中所列常用定位元件所限制的自由度，并填写在下表的最右一栏中。

工件定位基准面	定位元件	定位方式简图	定位元件特点	限制的自由度
平面 	支承钉			1,2,3 — $\vec{Z} \vec{X} \vec{Y}$ 4,5 — $\vec{X} \vec{Z}$ 6 — $\vec{Y}$
	支承板		每个支承板也可设计为两个或两个以上小支承板	1,2 — $\vec{Z} \vec{X} \vec{Y}$ 3 — $\vec{X} \vec{Z}$
	固定支承与浮动支承		1,3—固定支承 2—浮动支承	1,2 — $\vec{Z} \vec{X} \vec{Y}$ 3 — $\vec{X} \vec{Z}$
	固定支承与辅助支承		1,2,3,4—固定支承 5—辅助支承	1,2,3 — $\vec{Z} \vec{X} \vec{Y}$ 4 — $\vec{X} \vec{Z}$ 5—增加刚性, 不消除自由度

工件定位基准面	定位元件	定位方式简图	定位元件特点	限制的自由度	
圆孔 	定位销(心轴)		短销(短心轴)	$\vec{X}, \vec{Y}$	
			长销(长心轴)	$\vec{X}, \vec{Y}, \vec{Z}$ $\vec{X}, \vec{Y}$	
	锥销		单锥销	$\vec{X}, \vec{Y}, \vec{Z}$	
			1—固定销 2—活动销	1— $\vec{X}, \vec{Y}, \vec{Z}$ 2— $\vec{X}, \vec{Y}$	
	外圆柱面 	支承板或支承钉		短支承板或支承钉	$\vec{Z}$ (或 $\vec{X}$ )
				长支承板或两个支承钉	$\vec{X}, \vec{X}$
V形块			窄V形块	$\vec{X}, \vec{Z}$	

续表

工件定位基准面	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	V形块		宽V形块或两个窄V形块	$\vec{X}$ 、 $\vec{Z}$ $\vec{X}$ 、 $\vec{Z}$
			垂直运动的窄活动V形块	$\vec{X}$ (或 $\vec{Z}$ )
	定位套		短套	$\vec{X}$ 、 $\vec{Z}$
			长套	$\vec{X}$ 、 $\vec{Z}$ $\vec{X}$ 、 $\vec{Z}$
	半圆孔		短半圆孔	$\vec{X}$ 、 $\vec{Z}$
			长半圆孔	$\vec{X}$ 、 $\vec{Z}$ $\vec{X}$ 、 $\vec{Z}$
	锥套		单锥套	$\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 、 $\vec{Z}$
			1—固定锥套 2—活动锥套	1— $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 、 $\vec{Z}$ 2— $\vec{X}$ 、 $\vec{Z}$

12. 根据六点定位原理分析图 2-2 中各定位方案中各个定位元件所消除的自由度。

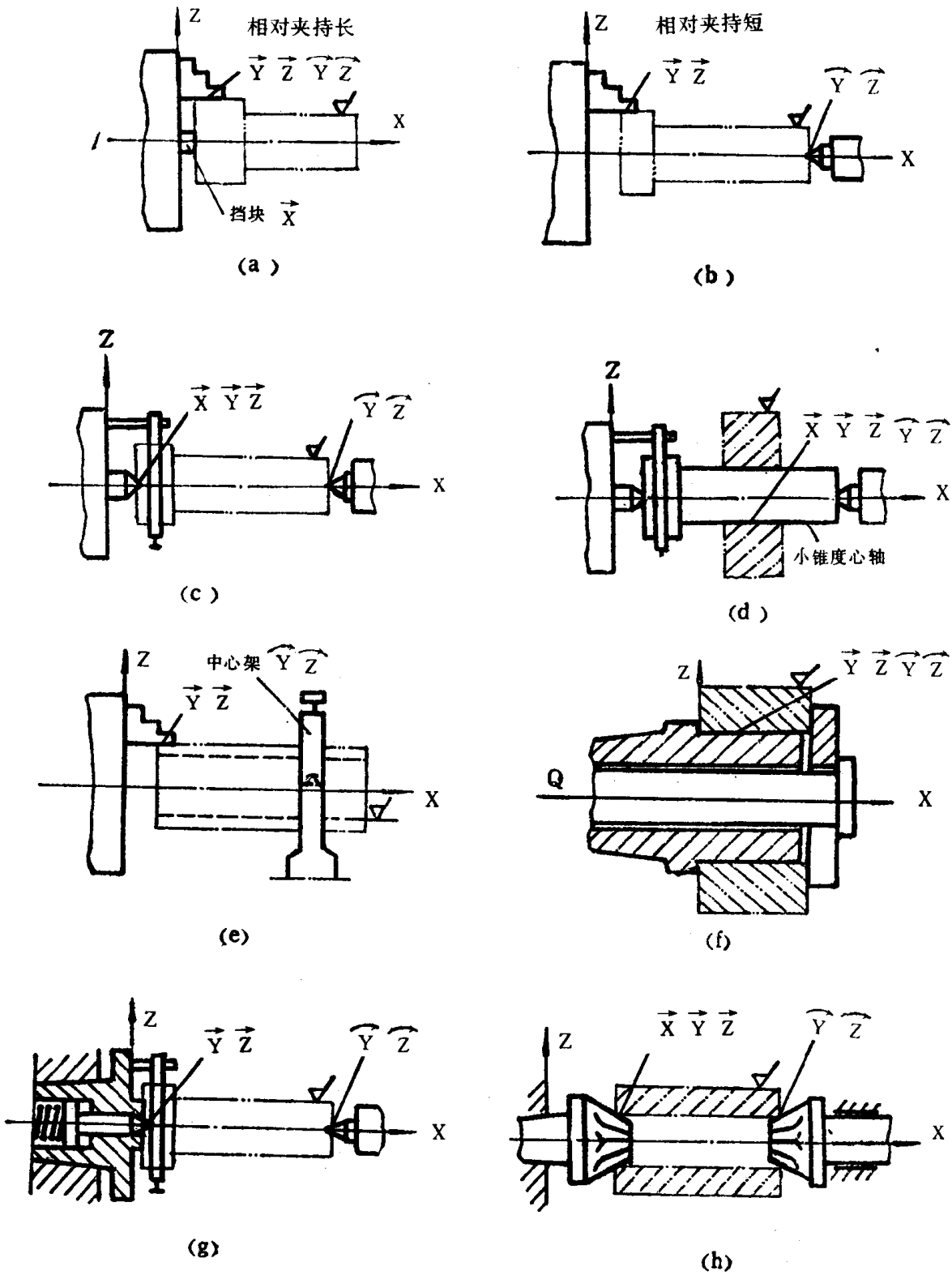


图 2-2

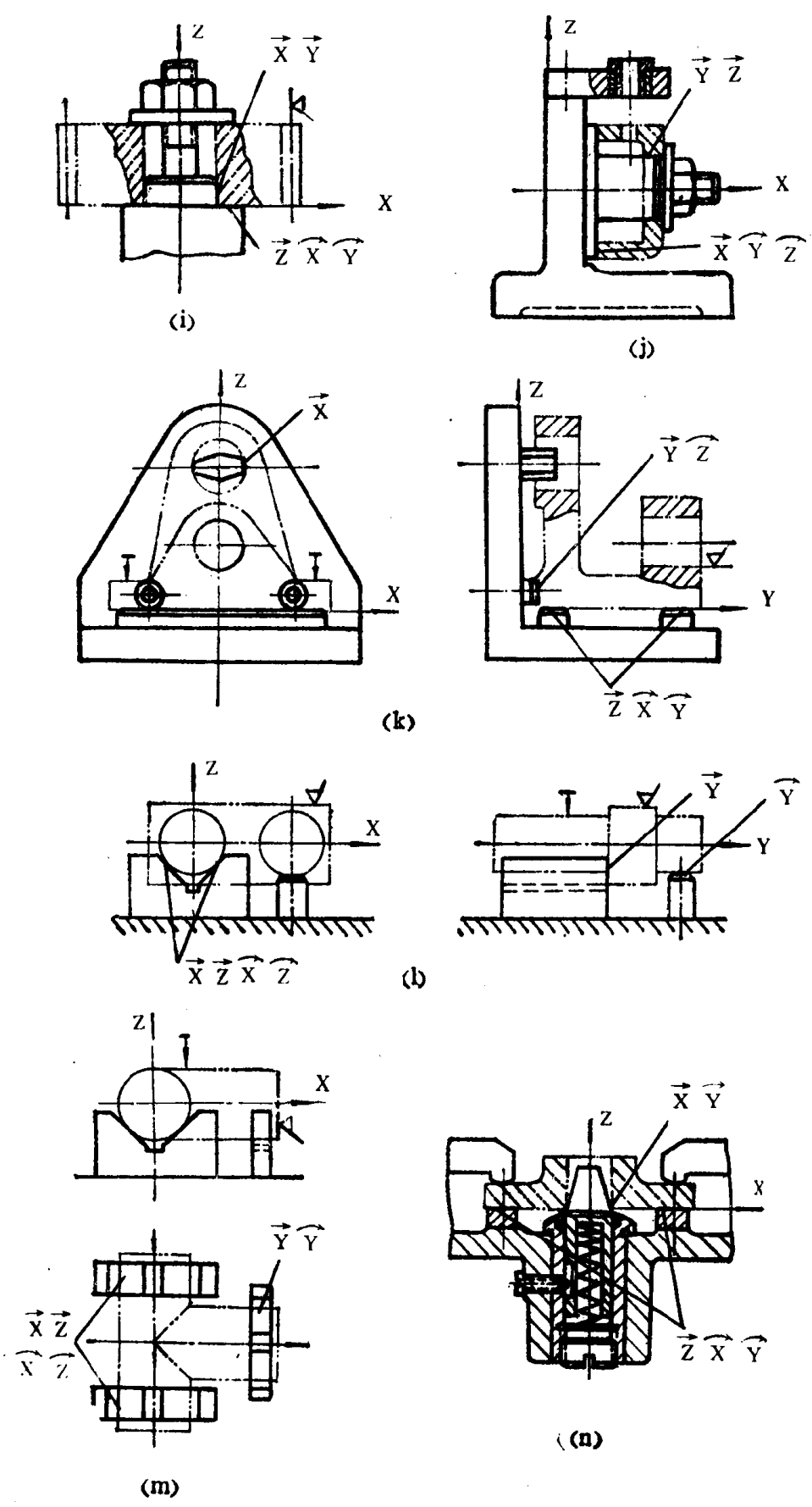


图 2-2

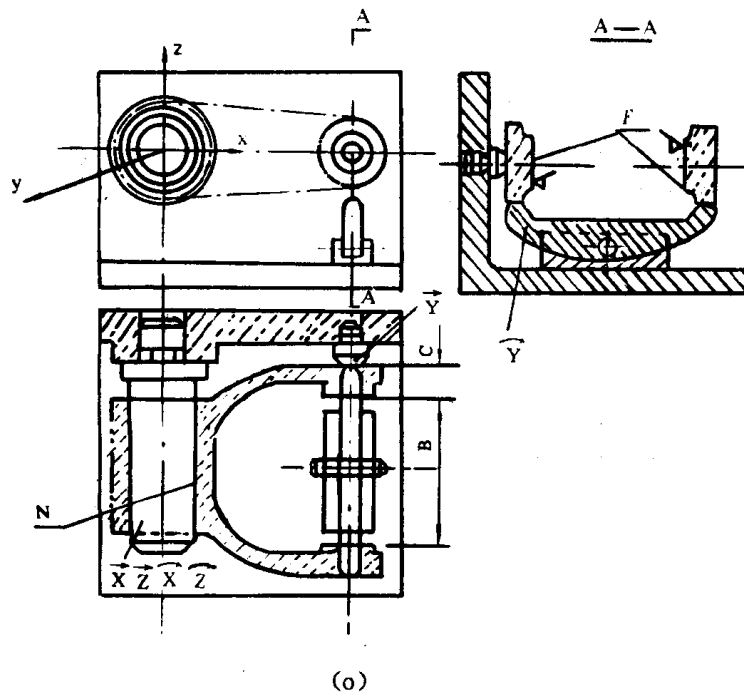


图 2-2

13. 图 2-3 (a) 为箱体零件铣平面工序定位简图。箱体零件先在钳工平台上以两毛坯孔轴线为基准划线后，安放在夹具上，以二条划线为基准用划针盘进行找正。图 2-3 (b) 为精镗孔工序定位简图。千分表安装在机床主轴上，然后打表找正孔的轴线。试分析各定位方案中，各个定位元件所消除的自由度。

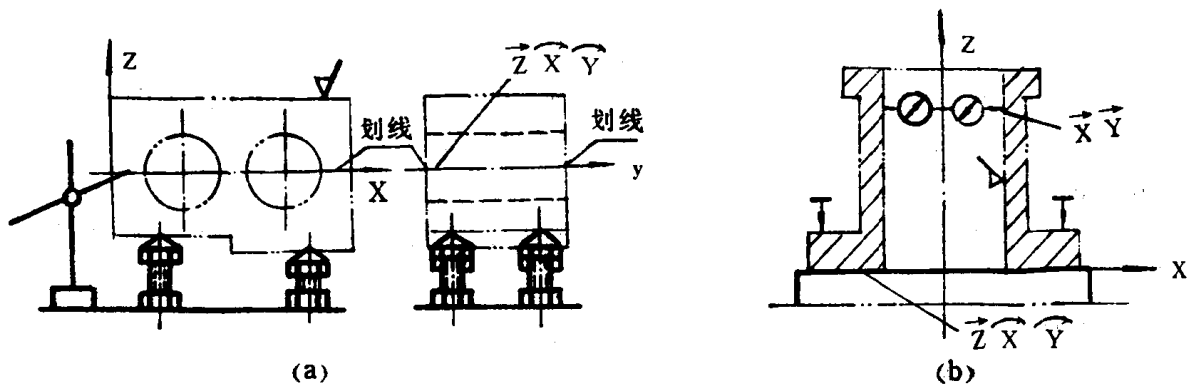


图 2-3

14. 图 2-4 为镗削连杆小头孔工序定位简图。定位时在连杆小头孔插入削边定位插销，夹紧后，拔出削边定位插销，就可进行镗削小孔。试分析各个定位元件所消除的自由度。

15. 图 2-5 为滚齿时齿坯的定位和所用的夹具的简图。根据六点定位原理，试分析各个定位元件所消除的自由度。如果属于欠定位或过定位，请指出可能出现什么不良后果，并提出改进方案。



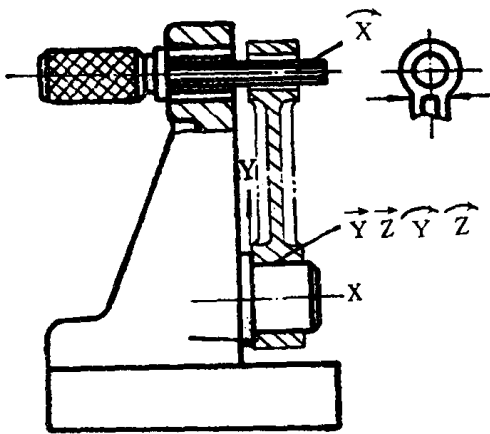


图 2-4

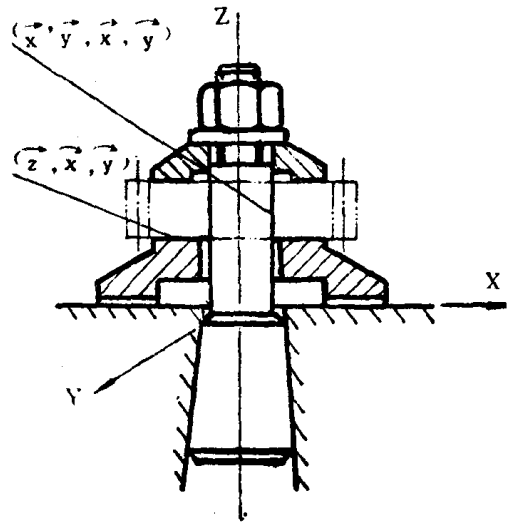


图 2-5

〔解〕根据图中所示的工件定位情况可知长心轴限制工件四个自由度 ( $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 、 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ )。支承凸台平面限制工件三个自由度 ( $\vec{Z}$ 、 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ )。在这七个定位支承点所限制的自由度中， $\vec{X}$ 和 $\vec{Y}$ 是被心轴和支承凸台所重复限制的。

这种过定位现象是否允许采用，主要应从过定位所造成的后果来判断。为了保证齿轮分度圆与内孔同轴，需用长销定位（限制四个自由度）以保证齿轮的精度。考虑到滚齿时断续切削力主要向下，故需一刚性较好而支承面又较大的凸缘支承定位，以承受其较大的切削冲击力。这样 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 就被重复限制了，产生过定位现象。但是实际上齿轮坯上作为定位基准的内孔和端面，工艺上可以保证具有很高的垂直度（如在一次装夹中一同加工出来；或者，内孔先精加工好，然后套在精密心轴上加工出端面等）。而夹具心轴和凸缘支承间也可以保证较高的垂直度。此外，还可以利用心轴和内孔间的配合间隙来补偿误差。因此，如属上述之情况，此例形式上属于过定位，实际上并未造成互相干涉或冲突。这种过定位不仅允许存在，而且是必需的。

实际上，限制了五个自由度，而 $\vec{Z}$ 没限制，因齿轮坯为圆形， $\vec{Z}$ 不必限制，此例不属于欠定位。

16. 根据六点定位原理，试分析图 2-6 各定位方案中各个定位元件所消除的自由度。如果属于过定位或欠定位，请指出可能出现什么不良后果，并提出改进方案。

〔说明〕

图 2-6 (a) 为不完全定位。

图 2-6 (b) 为欠定位，其不良后果是工件安装后位置不确定，改进方案 (1) 按图 (a) 所示定位和夹紧；改进方案 (2) 增加尾架顶尖。

图 2-6 (c) 为过定位， $\vec{Y}$ 、 $\vec{Z}$ 重复定位，将造成头顶尖与工作顶尖孔不能很好配合及接触处变形，若根据加工长轴定位要求，则应将三爪卡盘卸下，改换拨盘与鸡心尖头，如同图 2-2 (c) 图所示。或去掉头顶尖如同图 2-2 (b) 图所示。

图 2-6 (d) 为过定位， $\vec{Y}$ 、 $\vec{Z}$ 重复定位，将造成尾架顶尖与工件顶尖孔不能很好配合，若