



汽车典型零件制造工艺

箱体制造工艺



主要内容

1. 箱体零件概述

- 1.1 箱体零件的简介
- 1.2 箱体零件的材料与毛坯
- 1.3 箱体零件的主要技术要求
- 1.4 箱体零件的结构工艺性分析

2. 箱体零件的机械加工工艺

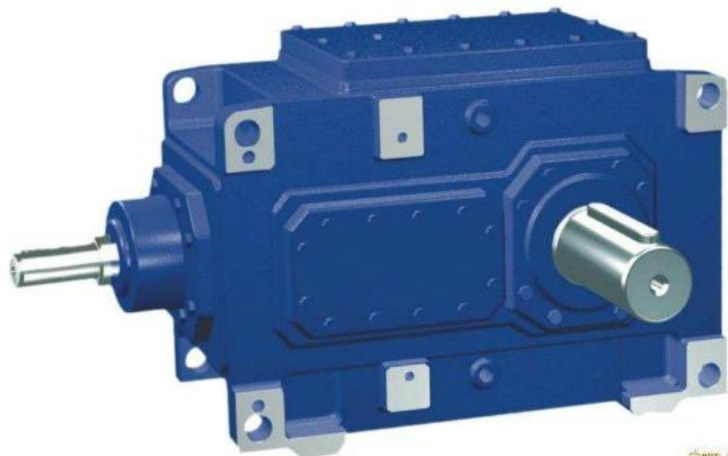
- 2.1 箱体零件机械加工的定位基准
- 2.2 箱体零件主要加工表面的工序安排
- 2.3 箱体主要表面的加工方法
 - 2.3.1 箱体平面的加工方法
 - 2.3.2 箱体孔系的加工方法

1. 箱体零件概述

1.1 箱体零件的简介

箱体零件是机械或部件的基础零件，它把有关零件连接为一个整体，使这些零件保持正确的相对位置，彼此能协调的工作。

箱体零件的加工精度，直接影响到机械或部件的装配质量，进而影响整机的使用性能和寿命。



1. 箱体零件概述

汽车箱体类零件的分类:

- 回转体型的壳体零件
(水泵壳体, 变速器壳体, 汽车后桥壳体等)
- 平面型箱体零件
(气缸体, 变速器壳体, 传动机构箱体等)



箱体零件的**结构特点**:

结构形状复杂, 尺寸较大, 壁厚较薄, 刚度较低, 需要加工多个精度要求较高的平面和孔系, 此外, 还要加工较多供连接用的螺纹孔。

1. 箱体零件概述

1.2 箱体零件的材料与毛坯

箱体零件一般工作条件恶劣，本身外部轮廓及内腔形状复杂，体积相对较大。因此，其毛坯通常采用**铸造**工艺加工。

灰铸铁具有较好的耐磨性、减震性以及良好的铸造性能和切削性能，此外价格相对低廉，因此箱体毛坯通常采用铸铁件；

在承受载荷较大的箱体，有时可采用**可锻铸铁件和铸钢件**；

一些轿车上的箱体零件，为了减轻重量，用**铝合金和镁合金**铸造；还有一些箱体为缩短毛坯制造周期，有时也采用**焊接件**。



减速器毛坯



缝纫机壳毛坯

1. 箱体零件概述

箱体零件毛坯的铸造方法：

灰铸铁材料毛坯的铸造方法，主要取决于生产类型和毛坯的尺寸。

- ◆ 单件小批量生产中，多采用**木模手工造型铸造**；
- ◆ 大批大量生产，广泛采用**金属模机械造型铸造**，毛坯的尺寸误差和表面粗糙度较小。

铝合金和镁合金箱壳体零件毛坯，广泛采用**压力铸造**，逐渐尺寸精度高，表面光洁，生产率高，加工余量小，铸件质量稳定。

毛坯在铸造过程中，出于铸造工艺性以及零件性能需求，对**铸件硬度、起模斜度、圆角半径以及铸件毛坯缺陷的限制**等都规定有相应的技术要求。

由于箱体零件结构复杂，毛坯中常有较大的铸造内应力。为了减小铸件内应力对机械加工质量的影响和改善切削性能，毛坯在机械加工之前要先进行**去除内应力热处理**。

1. 箱体零件概述

1.3 箱体零件的主要技术要求

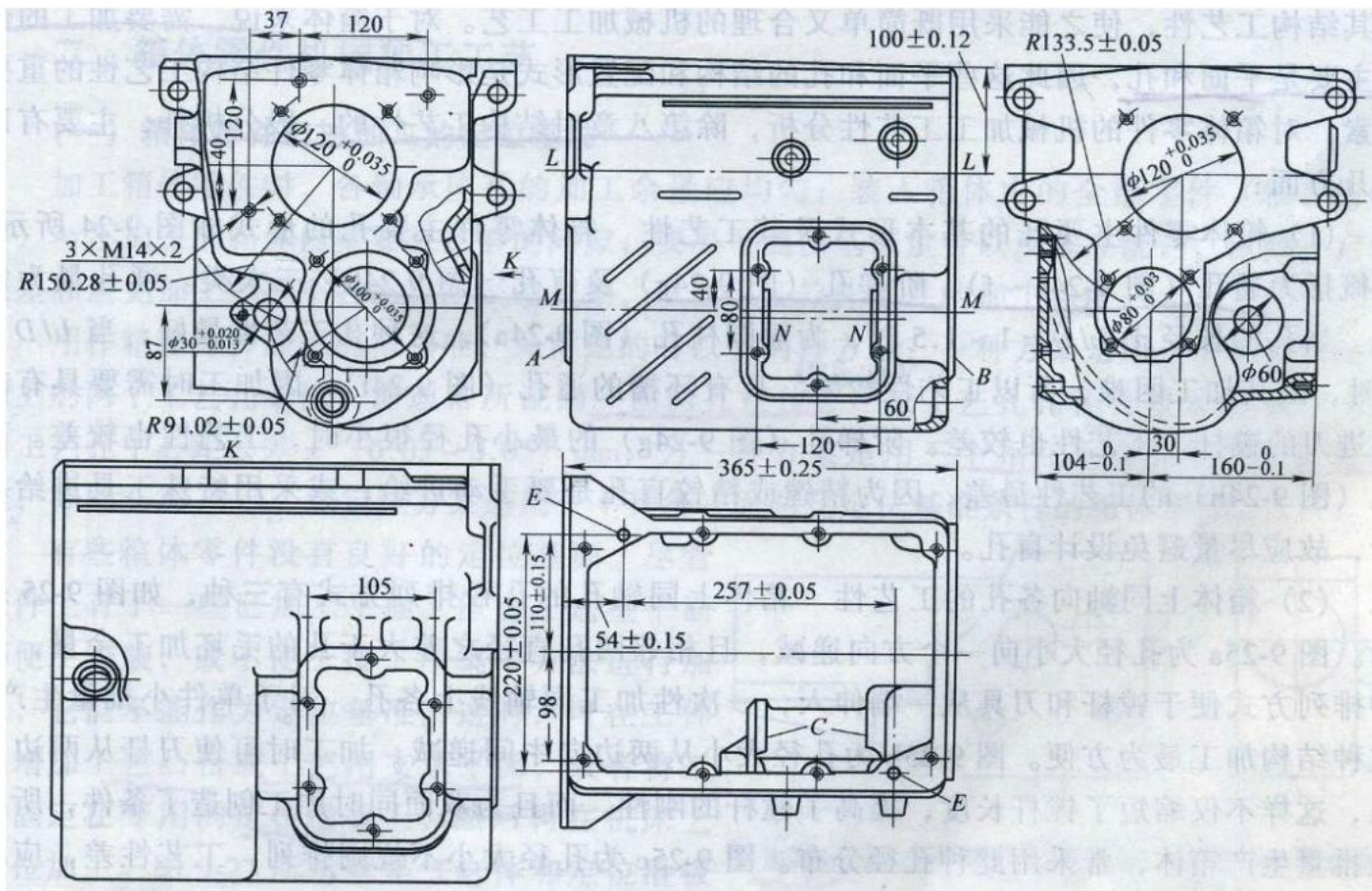
箱体类零件主要由面和孔组成，其加工的主要部分是平面和孔。因此，对零件上一些重要的孔和平面均有较高的技术要求，归纳主要有：

- ◆ 主要孔的尺寸公差、形状公差和表面粗糙度；
- ◆ 主要孔与孔、孔与平面的位置公差，包括孔和孔间的尺寸公差、平行度、同轴度、垂直度以及孔与平面的垂直度等；
- ◆ 主要平面的尺寸公差、平面度和表面粗糙度等。

以下通过两个汽车变速器壳体为例，做具体说明：

1. 箱体零件概述

1) 材料灰铸铁 (HT150), 硬度163~229HBS



1. 箱体零件概述

(1) 型变速器壳体主要技术要求:

➤ 主要孔（轴承座孔）的尺寸公差不低于IT7;

➤ 孔与孔、孔与平面的位置公差:

① 前后端面A和B相对于LL轴线的圆跳动在100mm长度上分别不大于0.08mm和0.12mm;

② 轴线LL和轴线MM在同一平面内的平行度，在变速器壳体整个长度365mm上不大于0.07mm;

③ 轴线NN和轴线LL在同一平面内的平行度，在100mm长度上不大于0.04mm;

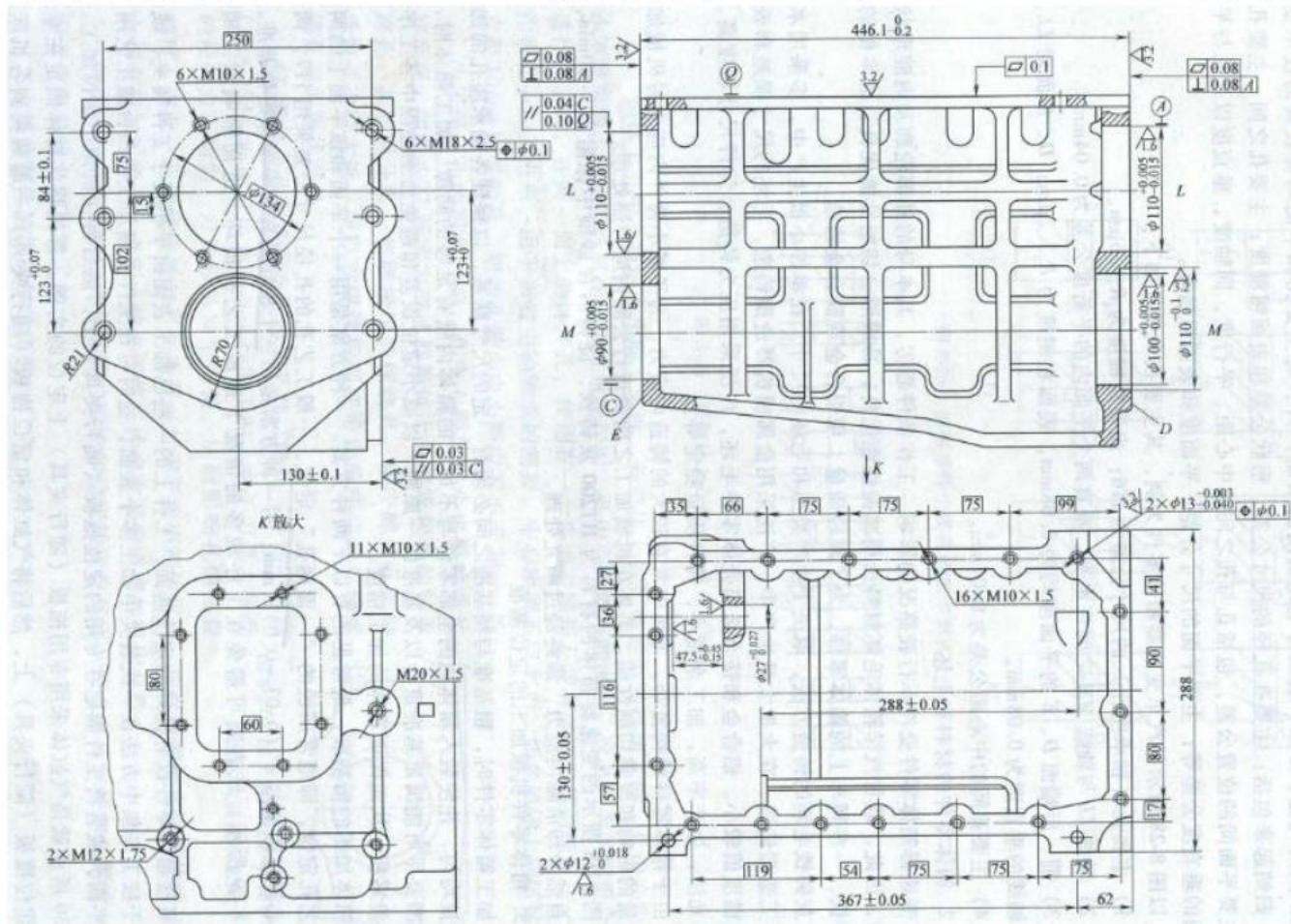
④ 端面C相对于轴线NN的圆跳动，在半径为18mm的长度上不大于0.15mm;

⑤ 主要孔的中心距极限偏差为 $\pm 0.05\text{mm}$ 。

➤ 主要孔的表面粗糙度为 $Ra1.6\ \mu\text{m}$ ，前后端面和两侧面的表面粗糙度为 $Ra6.3\ \mu\text{m}$ 。

1. 箱体零件概述

2) 材料灰铸铁 (HT200), 浇铸后砂型中保温20~30min, 喷丸处理。



1. 箱体零件概述

(2) 型变速器壳体主要技术要求:

- 主要孔（轴承座孔）的尺寸公差为IT6；
表面粗糙度为Ra1.6 μm 。
- 轴线LL和轴线MM之间在水平、垂直两个平面内的平行度公差为0.04mm。
- 前后端面D、E的平面度均为0.08mm，表面粗糙度Ra3.2 μm ；
D、E面对LL、MM轴线的垂直度为0.08mm。
- 主要孔间的中心距公差为0.07mm。

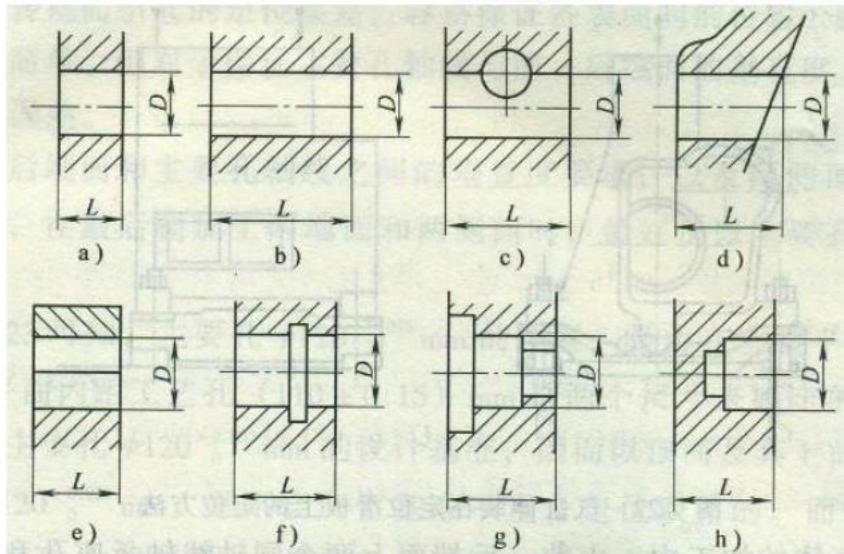
1. 箱体零件概述

1.4 箱体零件的结构工艺性分析

箱体零件的机械加工质量要求高，劳动量大，在零件设计时，要重点考虑结构工艺性。由于箱体的主要加工表面为平面和孔，因此，**平面和孔的结构和配置形式是影响箱体零件结构工艺性的重要因素**。箱体零件机械加工工艺性分析主要有以下方面：

➤ 箱体零件主要孔的基本形式及其工艺性

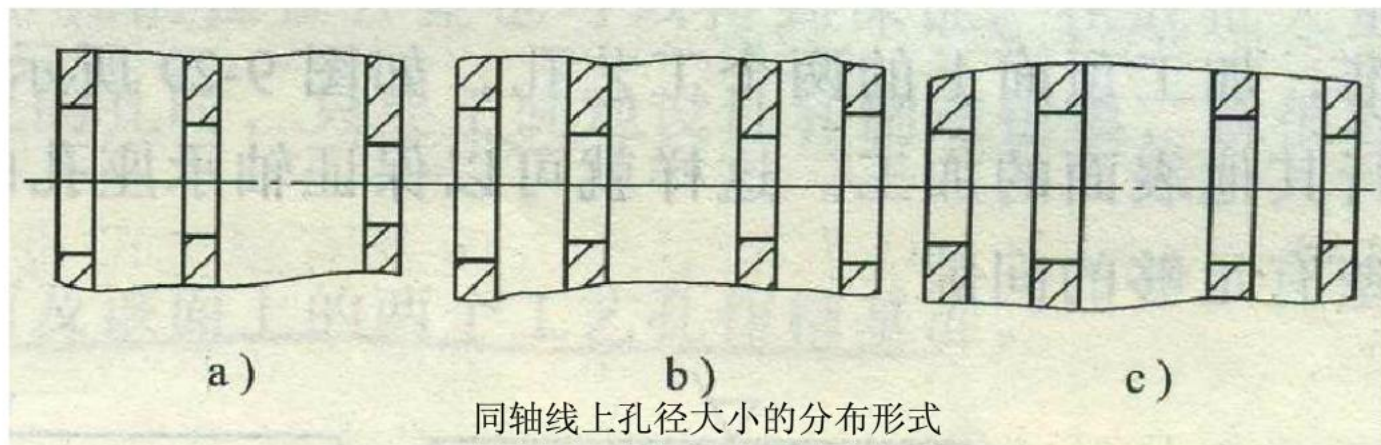
箱体零件的孔主要有**通孔(a~f)**、**阶梯孔(g)**和**盲孔(h)**三类。



通孔最常见，当孔的长径比 $L/D=1\sim 1.5$ 时为短圆柱孔(a)，工艺性最好；当长径比大于5时，加工困难。具有环槽的通孔(f)加工时需要具有径向进刀的镗杆，工艺性也差。阶梯孔(g)的最小孔径很小时，工艺性较差。盲孔(h)的工艺性最差，设计时要避免设计盲孔。

1. 箱体零件概述

➤ 箱体上同轴向各孔的工艺性



箱体上同轴孔的孔径排列的形式：

(a) 孔径大小向一个方向递减，且相邻两孔直径之差大于孔的毛坯加工余量。

此时便于镗杆从一端深入，一次性加工同轴各孔，对小批量生产最为方便。

(b) 孔径大小从两边向中间递减。加工时可使刀杆从两边进入，不仅缩短了镗杆的长度，提高了镗杆的刚性，也为双面加工创造了条件，是大批生产箱体时常用的孔径分布形式。

(c) 孔径大小不规则排列。此时工艺性差，应尽量避免。

1. 箱体零件概述

➤ 箱体上孔中心距的大小工艺性

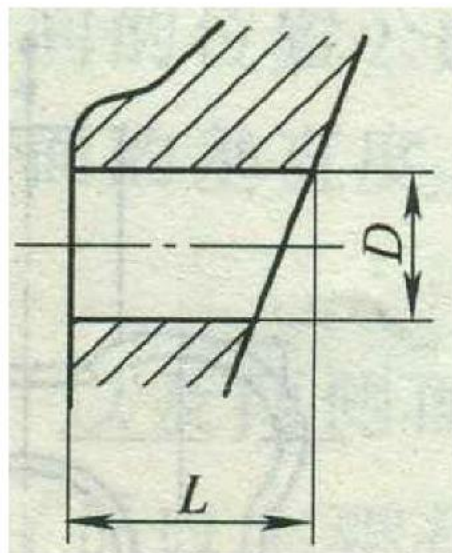
在大批量生产时，孔的中心距不能太小。

大批量生产时，通常采用组合镗床进行加工，在同一加工面上的许多孔，多为在一个多轴主轴上安装多把刀具在一次工作行程中加工出来，由于布置主轴轴承需要，孔的中心距不能太小。

➤ 箱体上孔与平面布置的工艺性

对于孔与平面不垂直时，用定尺寸刀具进行加工。由于刀具上所受的径向力不均匀，刀具容易引偏，影响孔的位置精度。

因此，孔的轴线最好与平面垂直。

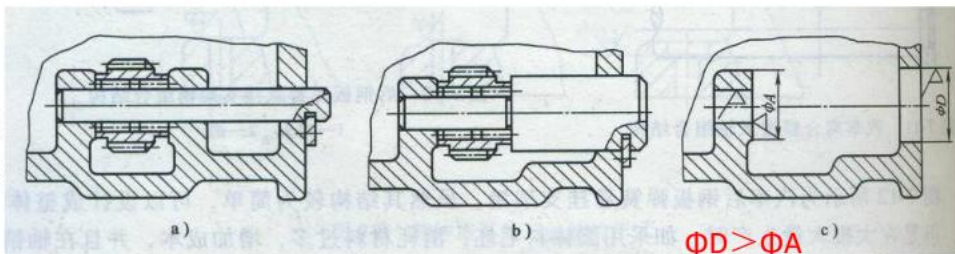


1. 箱体零件概述

此外，箱体零件设计还要满足一些零件设计比较通用的工艺性要求：
如在结构设计时应方便零件的加工和检测；**尽量减少零件的装夹和机床调整次数**；**尽量减少加工面积以及便于零件的装配**等等。

应尽量避免壳体内壁平面加工。

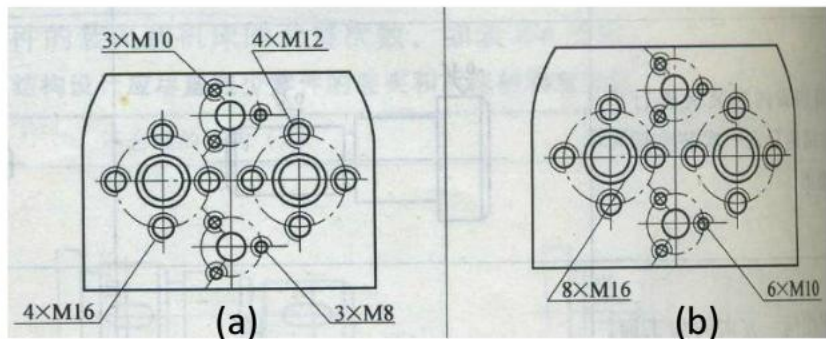
图中齿轮端面与壳体接触的两个内侧端面需要加工。(a)图工艺性较差。(b)图中箱体右侧壁有较大孔，便于镗刀进入加工孔的同时利用镗杆上的刮刀即加工内侧左端表面。



变速器倒档轴及壳体结构

要尽量减少装夹和机床调整次数。

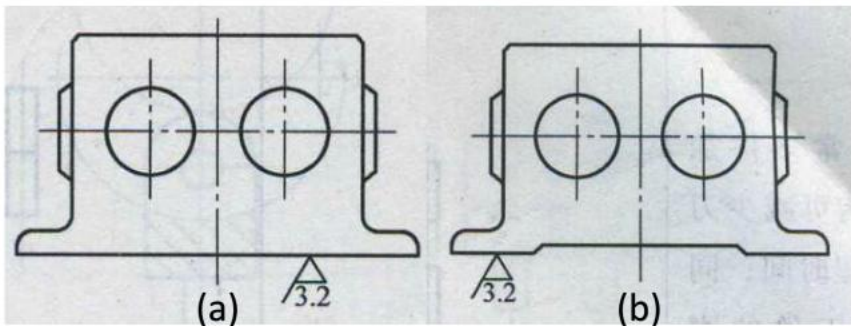
(a)图箱体上螺纹孔种类太多，加工时需换多种钻头和丝锥，加工效率低。
(b)图相比工艺性更好。



1. 箱体零件概述

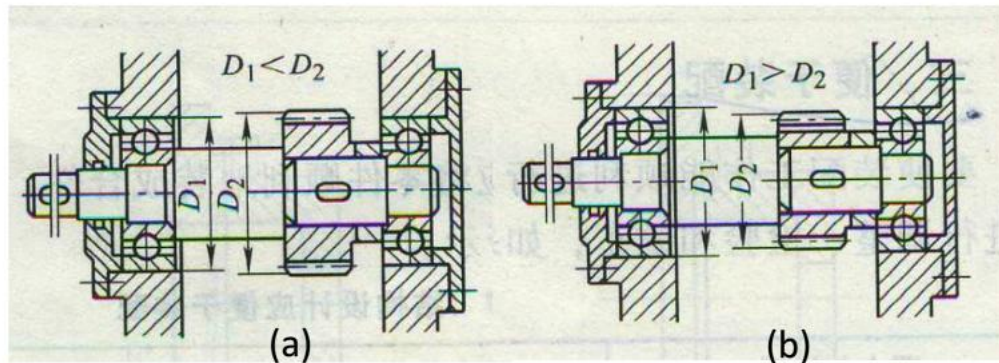
应尽量减少加工面积。

(a) 图中箱体支承面设计工艺性差；(b) 图将支承面设计为台阶面，即减少了加工面积，也提高了底面的接触刚度和定位准确性。



设计时要考虑装配工艺性，尽量避免在箱体内装配。

(a) 图结构齿轮直径大于箱体支撑孔径，齿轮需在箱体内装配，很不方便。(b) 图结构做支撑孔径大于齿轮外径，轴上零件可在外面组装后一次性装入箱体。



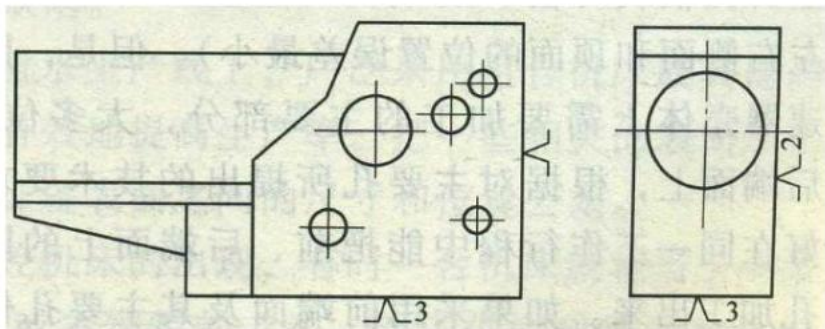
2. 箱体零件的机械加工工艺

2.1 箱体零件机械加工的定位基准

加工箱体零件时，粗精基准之间要有一定的尺寸联系，以保证各轴承座孔加工余量均匀，并使装入箱体中的零件与不加工的箱体内壁有足够间隙。精基准的选择尽可能要满足**基准重合**和**基准统一原则**。

箱体加工精基准的选择：

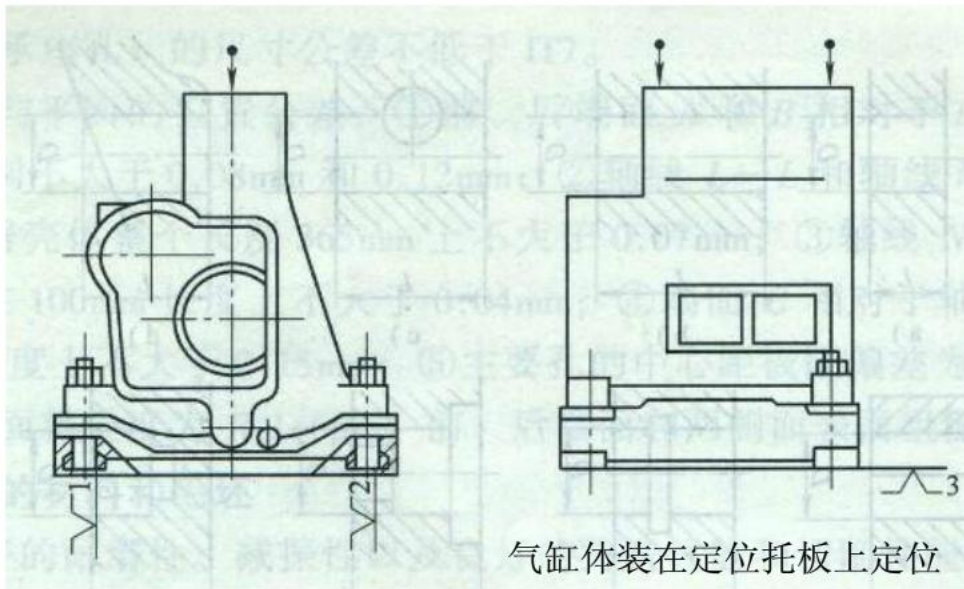
- “一面两孔”定位，即用一个平面和平面上两个工艺孔定位。
一般工艺孔孔径尺寸公差采用H7~H9，两工艺孔中心距极限偏差 $\pm(0.03\sim0.05)\text{mm}$ 。
- 用三个相互垂直的平面做定位基准。
此方案适用于不具备一面两孔定位的箱体零件，可避免在一面两孔工序较多时造成工艺孔损坏，影响加工精度。



用三个平面做精基准加工箱体示意图

2. 箱体零件的机械加工工艺

对于没有良好的定位基面的箱体零件，已加工表面不便于工件装夹或按工序集中在一次装夹中加工多个表面；此时可在工件上增加**工艺凸台**或**工艺用支承平面**，或将工件固定在专用的**定位滑板上**（**随行夹具**），然后再在机床上定位加工。



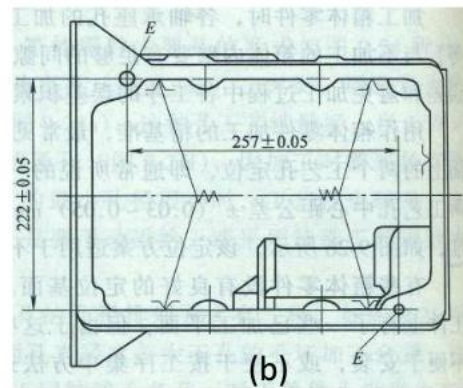
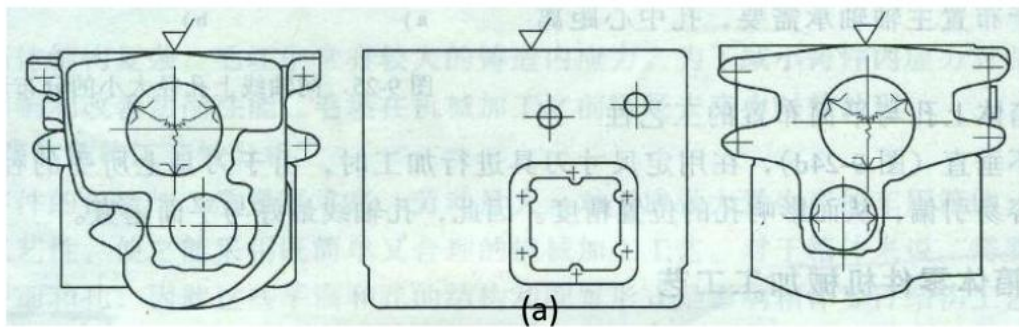
先将气缸体固定在专用定位托板上，然后将气缸体和定位托板一起装夹到机床夹具，以定位托板底面以及其上两个销孔进行定位。

2. 箱体零件的机械加工工艺

箱体加工粗基准的选择：

汽车变速器箱体粗基准选择有两种方式：

(1) 用前后端面上两个同轴线轴承座孔与另一轴承座孔为**粗基准**加工顶面(a)；再以变速器箱体内壁做**粗基准**，顶面为精基准加工顶面工艺孔E(b)；最后以这两个工艺孔和顶面（一面两孔）作为精基准加工其他表面。

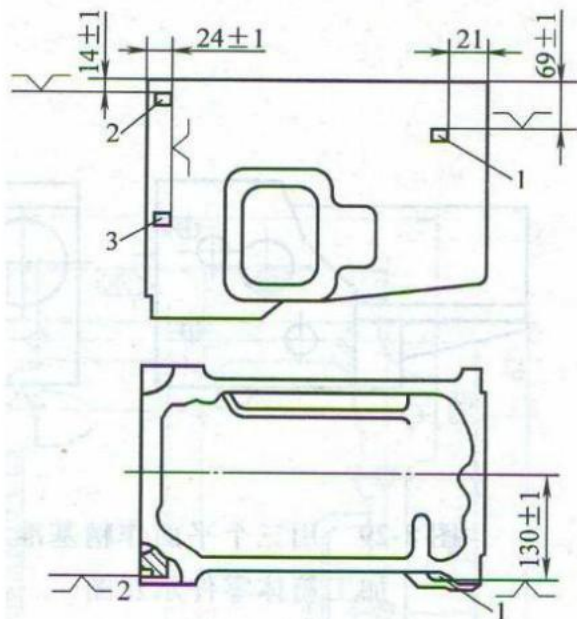


这种粗精基准选择方式可保证轴承座孔加工余量均匀，以及箱体内零件与内壁有足够间隙。但此方式加工在加工顶面时夹具结构复杂，装夹不变，工件稳定性差。

2. 箱体零件的机械加工工艺

(2) 在变速器箱体毛坯上铸造出专门的工艺凸台，以该工艺凸台作为加工顶面的**粗基准**，加工两工艺孔的定位基准选择同第一种方式。

此种粗基准选择方式要求工艺凸台与加工表面的毛坯面之间保证较严格的尺寸联系。可以保证加工表面及轴承座孔有足够且均匀的加工余量，并使工件定位稳定及夹紧可靠。



变速器箱体粗基准选择示意图

1、2、3——工艺凸台

2. 箱体零件的机械加工工艺

2.2 箱体零件主要加工表面的工序安排

箱体零件机械加工工艺安排的原则：

◆ 先面后孔

加工平面型箱体时，一般先加工平面，再以平面定位加工其他表面。

◆ 粗、精加工分开

当工件刚性好，内应力小，毛坯精度高时，粗加工后的变性很小，此时可在基准平面及其他平面粗、精加工加工后，再粗、精加工主要孔。这样可以减少工序数目，使零件的安装次数少，而且加工余量也可以减小。

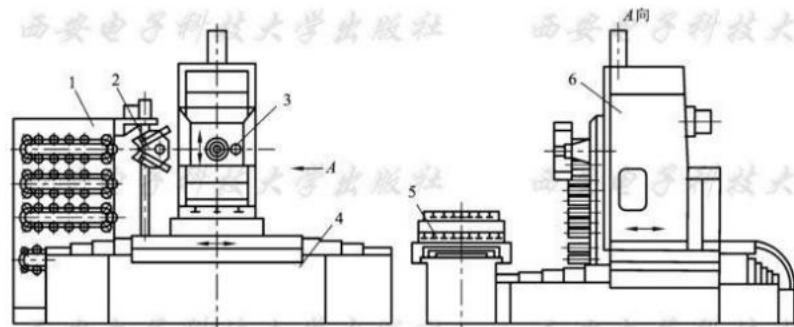
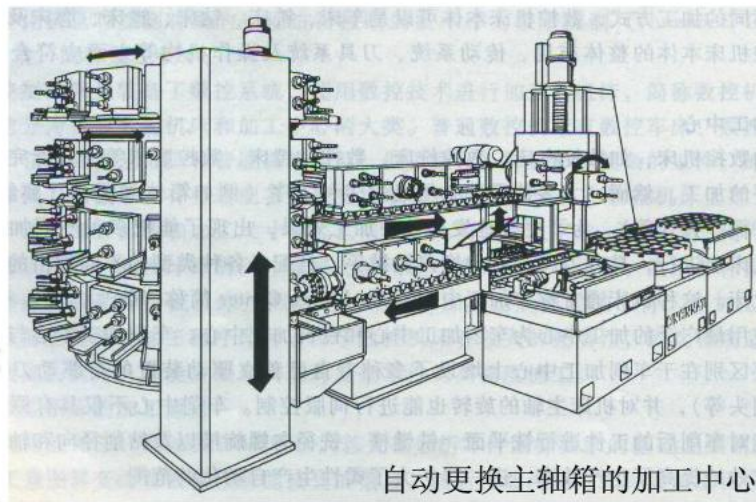
当工件刚性差，内应力大，毛坯精度较低时，粗加工后的变形很大，此时常将平面和孔的加工交替进行，即粗加工平面—粗加工孔—精加工平面—精加工孔。这样较易保证加工精度，也能及时发现毛坯缺陷。

2. 箱体零件的机械加工工艺

◆ 工序集中

在大批量生产箱体零件的流水生产线上，广泛采用组合机床或其他高生产率机床以工序集中方式进行加工，这样可以有效提高生产率，有利于保证个表面之间的尺寸和位置公差。

近年来，箱体零件加工中越来越多的使用加工中心或由加工中心组成的柔性生产线进行加工，有利于提高加工精度和机床利用率。



1—刀库； 2—换刀装置； 3—主轴头； 4—床身； 5—工作台； 6—移动式立柱

卧式加工中心结构示意图

2. 箱体零件的机械加工工艺

箱体零件主要工序的顺序：

先加工定位用的平面及其上的两工艺孔—粗精加工其他平面—钻各面上的螺纹底孔—粗镗主要孔—钻、铰其余孔—粗镗主要孔—攻螺纹

按照箱体零件生产加工的批量，加工工艺路线一般为：

□中小批生产

铸造毛坯→时效→油漆→划线→粗、精加工基准面→粗、精加工各平面→粗、半精加工各主要孔→精加工主要孔→粗、精加工各次要孔→加工各螺孔、紧固孔、油孔等→去毛刺→清洗→检验；

□大批量生产

毛坯铸造→时效→油漆→粗、半精加工精基准→粗、半精加工各平面→精加工精基准→粗、半精加工主要孔→精加工主要孔→粗、精加工各次要孔（螺孔、紧固孔、油孔、过孔等）→精加工各平面→去毛刺→清洗→检验。

2. 箱体零件的机械加工工艺

大量生产变速器箱体时的机械加工工艺过程：

| 工序号 | 工序内容 | 基准面 | 设 备 |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------|
| 1 | 粗、精铣顶面 | 前后端面的三个铸孔 | 双轴转台式铣床 |
| 2 | 在顶面上钻、铰两个定位孔 | 顶面、箱体内壁 | 立式钻床 |
| 3 | 粗铣左、右两侧面 | 顶面及其工艺孔 | 双轴组合铣床 |
| 4 | 粗铣前、后面 | 顶面及其工艺孔 | 双轴组合铣床 |
| 5 | 钻孔（左、右、后面） | 顶面及其工艺孔 | 组合机床 |
| 6 | 钻孔（前、后面及倒车齿轮轴孔） | 顶面及其工艺孔 | 组合机床 |
| 7 | 自动线加工 | | |
| | 工位 1 铣倒车齿轮轴孔处两内侧面及钻放油孔 工位 2 粗镗孔及扩孔 工位 3 攻螺纹（放油孔） 工位 4 精镗孔及铰孔 工位 5 攻螺纹（顶面、前面） | | |
| 8 | 精铣端面 | 顶面及其工艺孔 | 组合铣床 |
| 9 | 精铣左右两侧面 | 前端面及两主要孔 | 双轴组合铣床 |
| 10 | 攻螺纹（左、右、后面） | | 组合机床 |
| 11 | 清洗 | | 清洗机 |
| 11J | 最终检验 | | |

2. 箱体零件的机械加工工艺

2.3 箱体主要表面的加工方法

2.3.1 箱体平面的加工方法

箱体零件平面加工的技术要求主要有平面本身的平面度和表面粗糙度、该平面与其他表面之间的尺寸精度和相互位置精度。

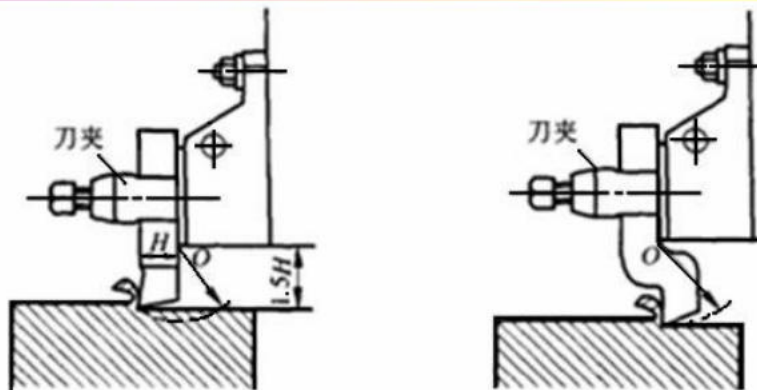
箱体平面加工的常用方法为刨、铣、磨三种。刨削和铣削常用作平面的粗加工和半精加工，而磨削则用作平面的精加工。

- 对于中、小件，一般在牛头刨床或普通铣床上进行加工；
- 对于大件，一般在龙门刨床或龙门铣床上进行加工；
- 大批、大量生产时，多采用铣削加工，精度要求较高时还可采用组合铣削和组合磨削。

2. 箱体零件的机械加工工艺

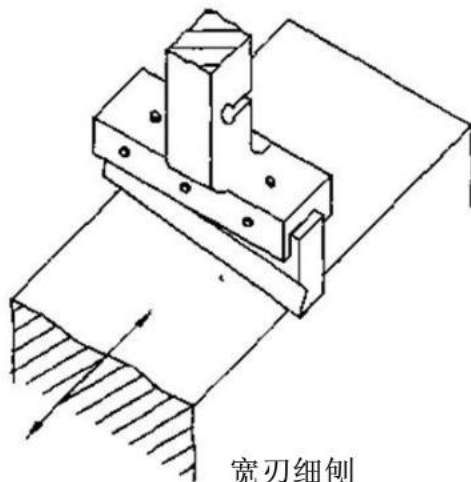
平面刨削加工

刀具结构简单、机床调整方便，但生产效率低。在龙门刨床上利用几个刀架，一次装夹可完成若干表面加工。



刨削加工示意图

在大批生产精度较高的平面时，还可采用**宽刃细刨**。宽刃细刨的直线度可达 $0.01\sim 0.02\text{mm/m}$ ，表面粗糙度可达 $\text{Ra}0.8\sim 1.6\mu\text{m}$ ，可代替刮削和磨削。



宽刃细刨

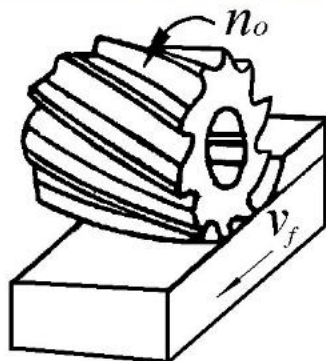
2. 箱体零件的机械加工工艺

平面铣削加工

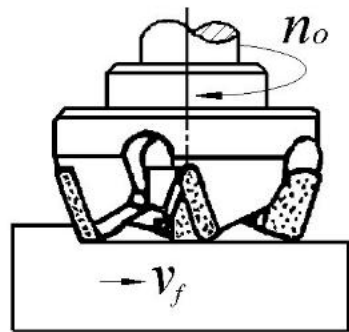
铣削生产率高于刨削，在中批量以上零件生产中多用铣削加工平面。

汽车制造业中发动机机体和汽缸盖的加工，常采用多轴龙门铣床，用几把铣刀同时加工几个表面，既能保证平面间的位置精度，又能提高生产率。

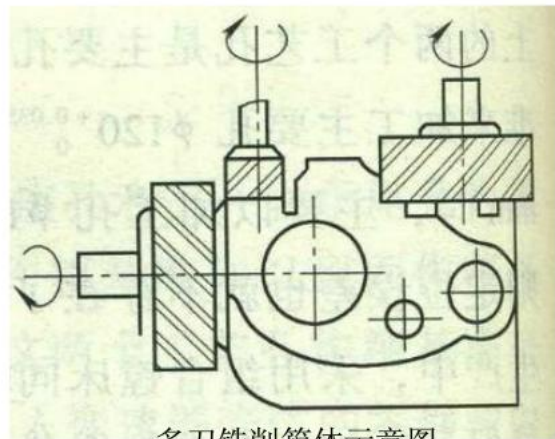
箱体平面铣削所用到的铣刀一般为**镶齿硬质合金面铣刀**和**机夹可转位面铣刀**。



圆柱铣刀加工



面铣刀加工



多刀铣削箱体示意图

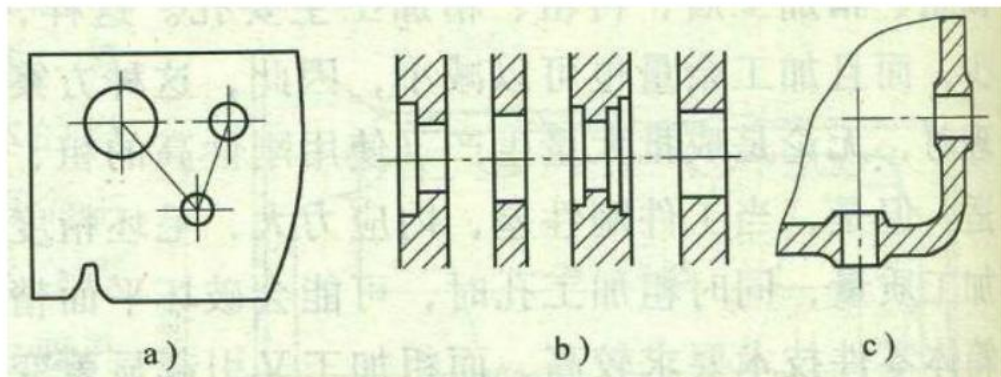
2. 箱体零件的机械加工工艺

2.3.2 箱体孔系的加工方法

孔是箱体的主要加工表面，其加工**技术要求**主要有两方面：孔本身的尺寸公差、表面粗糙度以及孔与其他孔或表面之间的中心距、同轴度、平行度以及垂直度等位置公差。

箱体上孔的加工方法主要有：**钻孔、扩孔、镗孔、磨孔、珩磨孔**等。

箱体上一些列有位置精度要求的孔的组合，成为**孔系**。孔系可分为**平行孔系、同轴孔系和交叉孔系**。孔系加工时箱体加工的关键，根据箱体批量的不同和孔系精度的不同，所用的加工方法也不相同。



孔系分类
(a) 平行孔系
(b) 同轴孔系
(c) 交叉孔系

2. 箱体零件的机械加工工艺

(1) 平行孔系的加工

平行孔系的轴线要求平行，同时还要保证孔距精度。

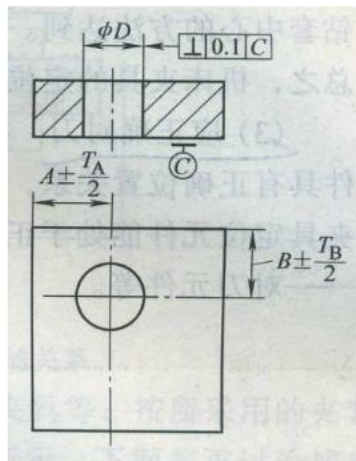
保证平行孔系加工孔系精度的方法：

◆ 找正法

找正法是工人在通用机床上利用辅助工具来找正要加工孔的正确位置的加工方法。找正法加工效率低，一般只适用于单件小批量生产。通常分为划线找正法、心轴和量规找正法和样板找正法。

I. 划线找正法

划线找正是按照零件图要求，在毛坯上划出中心线、对称线及待加工表面位置线，然后按照划好的线找正工件在机床上的位置进行加工。

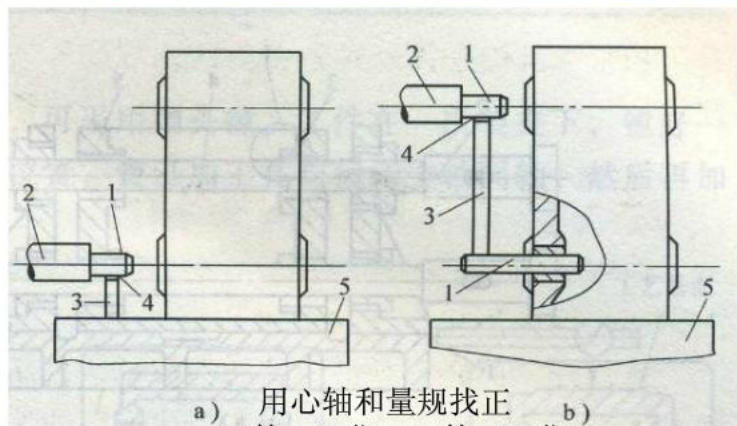


工件钻孔时的划线找正

2. 箱体零件的机械加工工艺

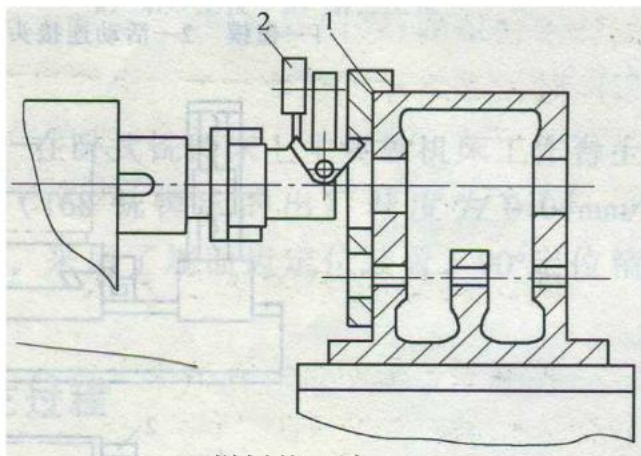
II. 心轴和量规找正法

如图，镗第一排孔时将心轴插入孔内，根据孔和定位基准的距离，组合一定尺寸的量规校正主轴位置。镗第二排孔时，分别在机床主轴和已加工孔中插入心轴，采用同样方法校正主轴线的位置，保证孔距的精度。这种找正法的孔距精度可达 $\pm 0.03\text{mm}$ 。



a) 用心轴和量规找正 (a)第一工位 (b)第二工位

1-心轴 2-镗床主轴 3-量规 4-塞尺 5-镗床工作台



样板找正法
1-样板 2-百分表

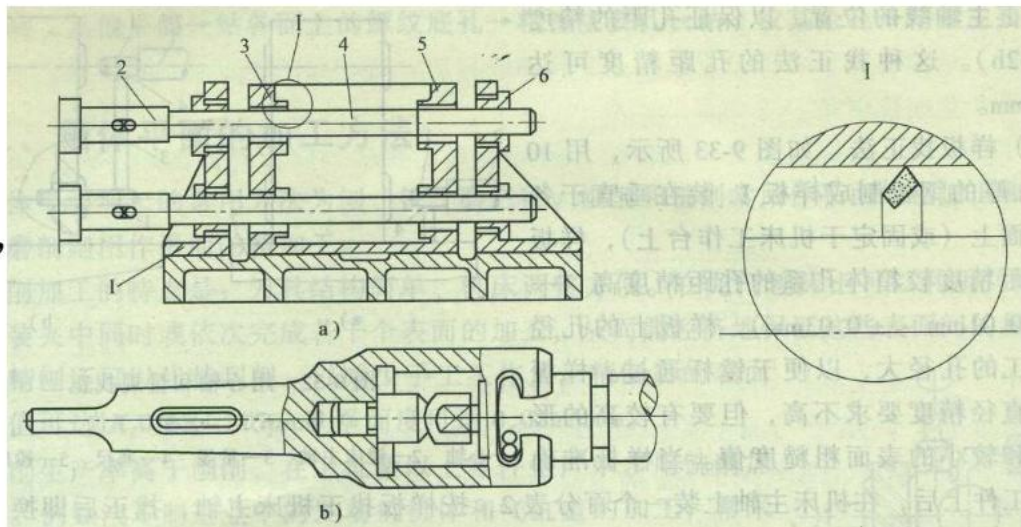
III. 样板找正法

把样板装在垂直于各孔的端面上，样板上的孔距精度较箱体孔系精度高，样板上孔径较被加工孔径大，以便于镗杆通过。当样板准确装在工件上，在机床主轴安装百分表，按样板找正机床主轴，找正后换上镗刀加工。此法不易出差错，找正方便，孔距精度可达 $\pm 0.05\text{mm}$ 。

2. 箱体零件的机械加工工艺

◆ 镗模法

图(a)表示用镗模加工孔系。工件装夹在镗模上，镗杆被支撑在镗模导套里，增加了系统刚性。这样镗刀便通过模板上的孔将工件上相应的孔加工出来。当用两个及以上支撑引导镗杆时，镗杆与机床主轴需浮动连接。



用镗模法加工孔系

(a)镗模 (b)镗杆活动接头

1-镗模 2-活动接头 3-镗刀 4-镗杆 5-工件 6-镗杆导套

图(b)为常用的镗杆活动接头形式。

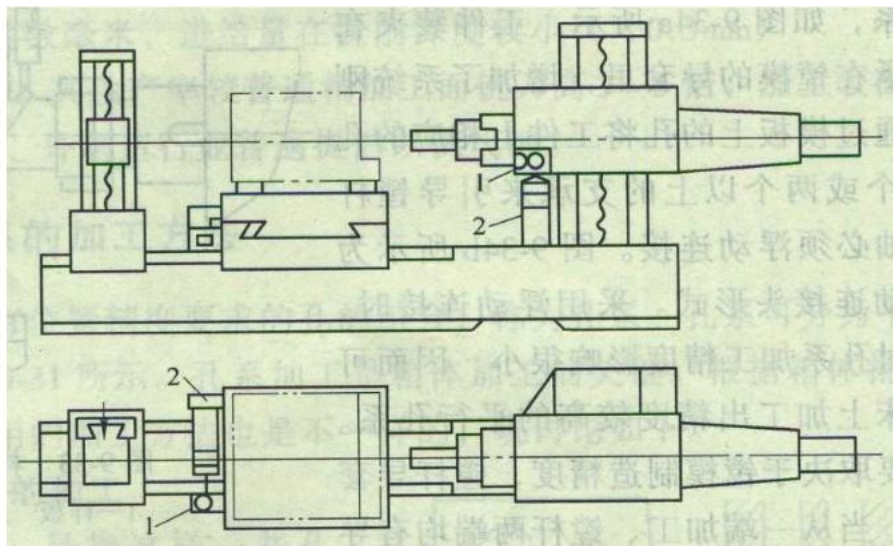
采用浮动连接时，机床主轴回转误差对孔系加工精度影响小，因而可以在精度较低的机床上加工出精度较高的平行孔系。加工的孔距精度主要取决于镗模制造精度，镗杆导套与镗杆的配合精度。

2. 箱体零件的机械加工工艺

◆ 坐标法

坐标法镗孔是在卧式镗床或坐标镗床等设备上利用测量装置，调整机床主轴与工件在水平和垂直方向的相对位置，以保证孔距精度的镗孔方法。采用坐标法之前，需先把各孔距尺寸及公差换算成以主轴孔中心为原点的相互垂直的坐标尺寸及公差。

坐标法镗孔的孔距精度取决于机床坐标测量装置的精度。采用坐标法时，要特别注意选择基准孔和镗孔顺序以避免坐标尺寸累积误差对孔距精度的影响。基准孔应选择精度较高的孔，以便于加工过程中检验其坐标尺寸。有孔距精度要求的两孔应连在一起加工，加工时应尽量使工作台超同一方向移动，以减少传动元件反向间隙对坐标精度的影响。



在卧式铣镗床上用坐标法加工孔系
1-百分表 2-量规

2. 箱体零件的机械加工工艺

(2) 同轴孔系的加工

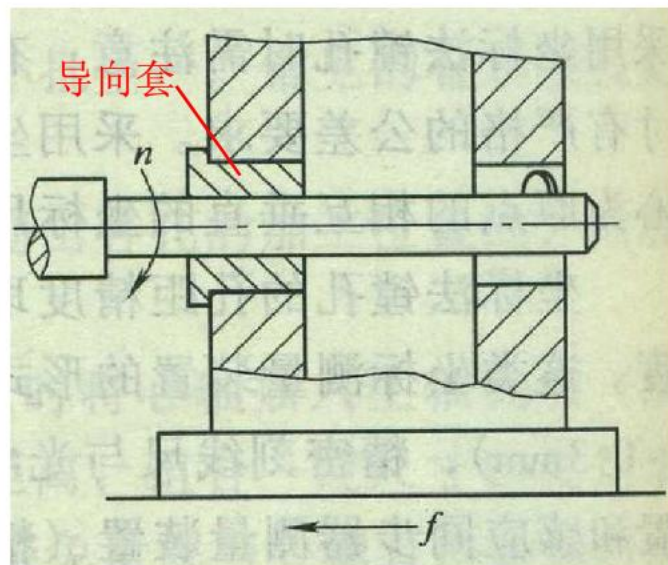
成批生产中，箱体同轴孔系的同轴度几乎都由镗模保证。

单件小批量生产中，其同轴度可用下述方法保证：

◆ 利用已加工孔做支撑导向

如图，当箱体前壁上孔加工好后，在孔内安装一导向套，支撑和引导镗杆加工后壁的孔，以保证两孔的同轴度要求。

此方法只适用于加工距箱壁较近的孔。

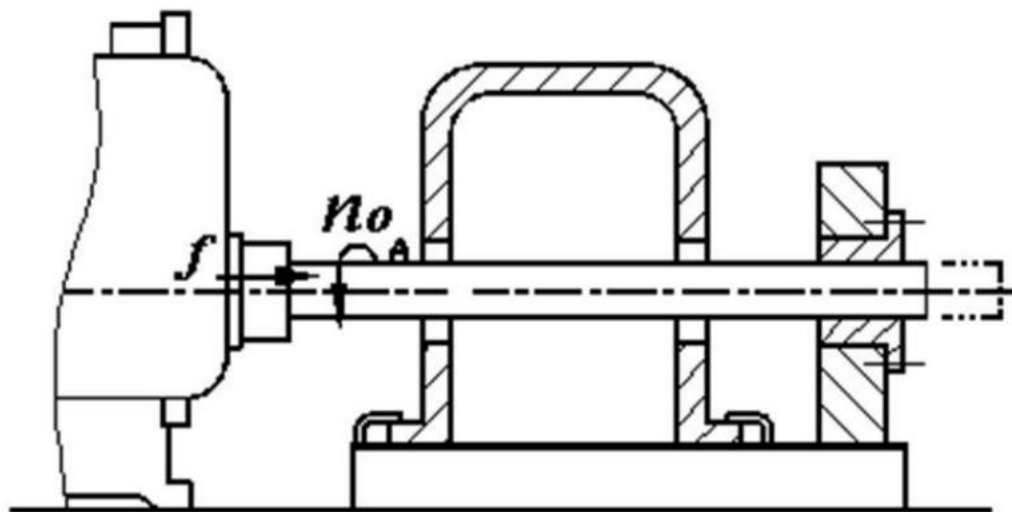


利用已加工孔导向

2. 箱体零件的机械加工工艺

◆ 利用铣镗床后立柱上的导向套支撑导向

这种方法的镗杆由两端面支撑，刚性好。但此法调整麻烦，镗杆要长，很笨重，故只适用于大型箱体的加工。

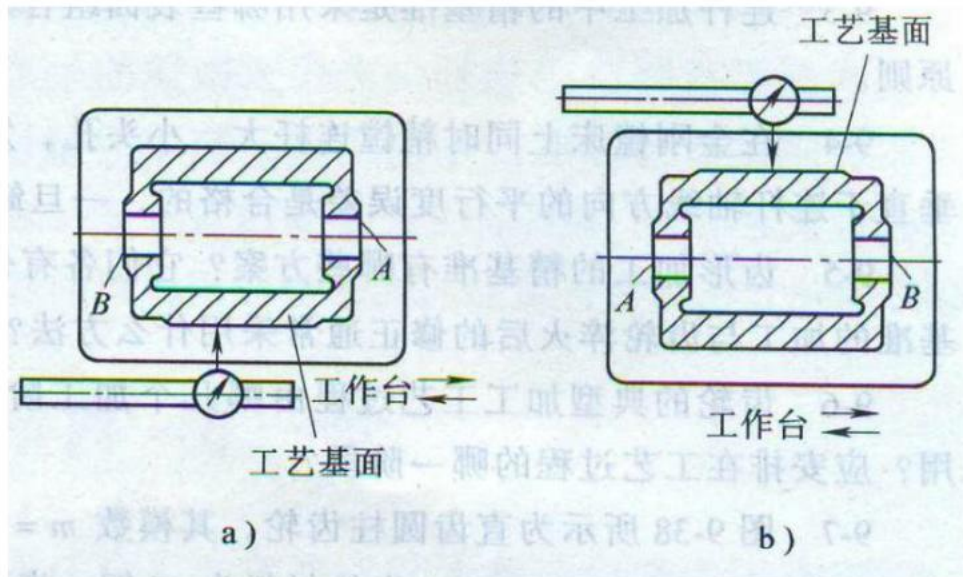


2. 箱体零件的机械加工工艺

◆ 采用调头镗

当箱壁相距较远时可采用调头镗。工件一次装夹镗好一端孔，将镗床工作台回转 180° ，然后再加工另一端孔。

当箱体上有一较长并与所镗孔轴线有平行度要求的平面时，镗孔前应先使用百分表平面校正，使其与镗杆轴线平行，校正后加工B孔；而后工作台回转，重新校正以保证工作台准备回转 180° ，再加工A孔。



调头镗时工件的校正
(a) 第一工位 (b) 第二工位

2. 箱体零件的机械加工工艺

(3) 交叉孔系的加工

交叉孔系的主要技术要求是控制**有关孔的垂直度**。

在卧式铣镗床上主要靠机床工作台上的**90°对准装置**，结构简单，对准精度低。目前国内有些铣镗床，采用**端面齿定位装置**或**光学瞄准器**，定位精度获得很大提高。



谢 谢

