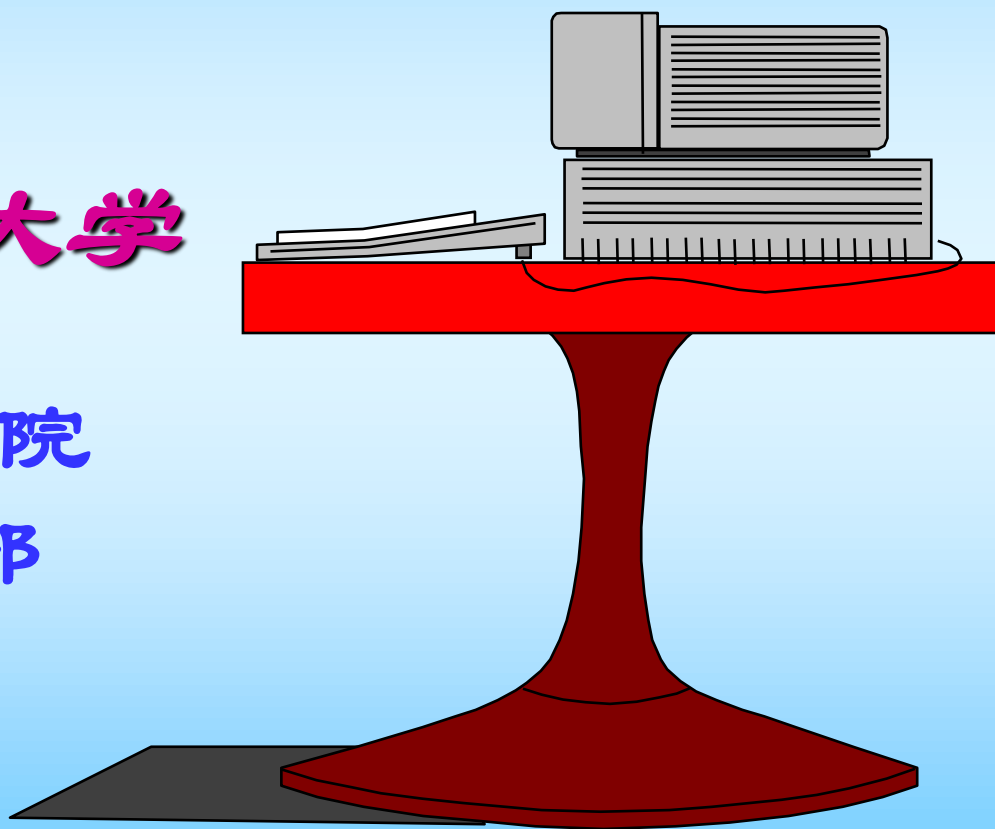


# 第九章 公差与配合综合应用

武汉理工大学

机电工程学院

机械设计部

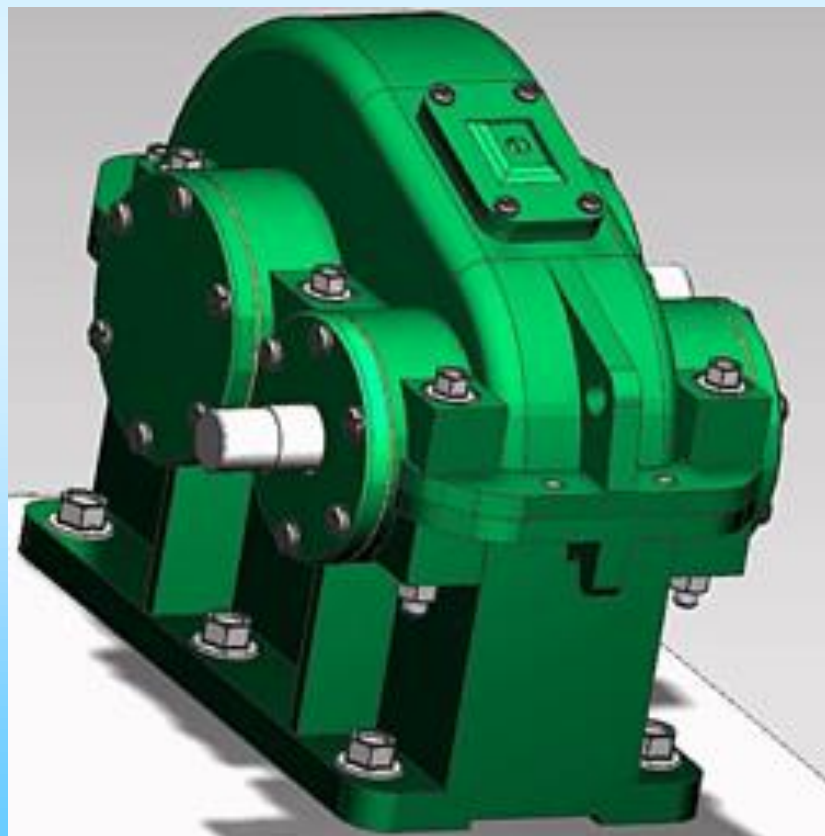
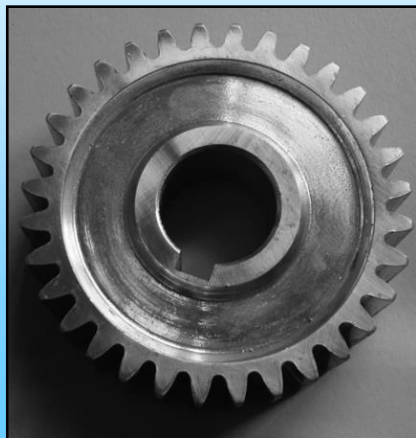


课程有没有学好，关键在于公差与配合的综合应用。

综合应用是该门课程学习的终极目标，也是检验该门课程学得成功与否的唯一标准。

## 1. 装配图与公差

## 2. 零件图与公差



# 1.装配图与公差

——装配图主要是表达机器或部件的整体结构、工作原理、零件之间的装配和连接关系，以及主要零件的结构形状等。

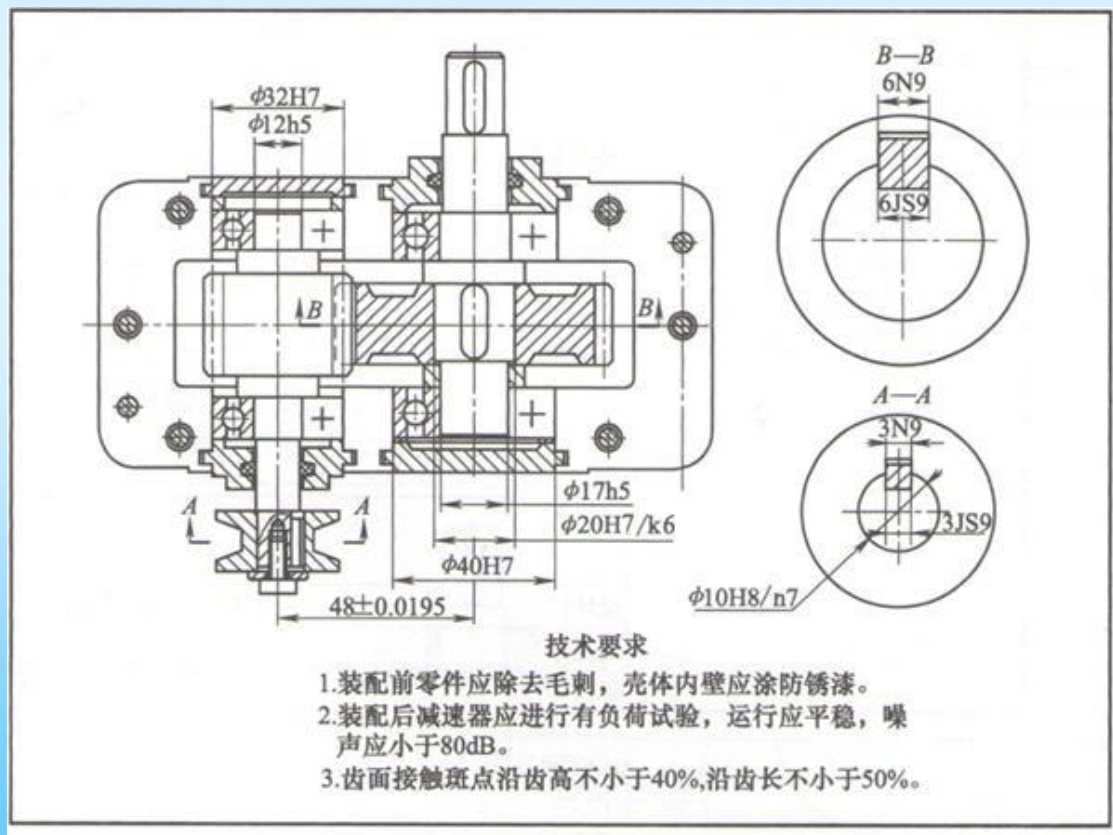
装配图的公差项目有：

①主要配合零件之间的  
配合公差

②相邻零件之间的安装  
公差

③其他公差要求。

(图9-1)



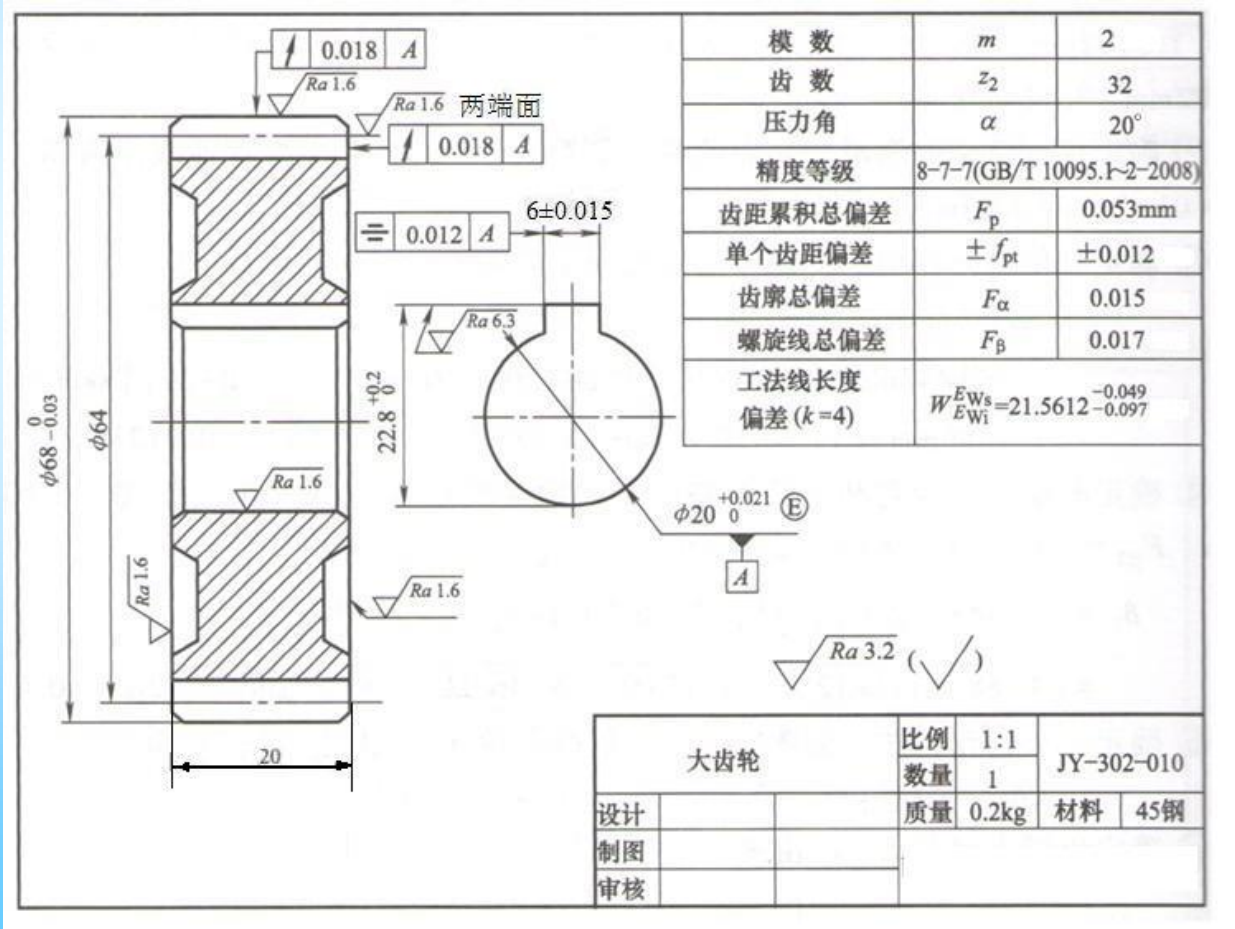
# 2.零件图与公差

——零件图是零件的加工和检验的指令性文件。因此，零件图必须表达出完整的零件形状，标注出完整的尺寸与公差要求。

零件图的公差项目有：

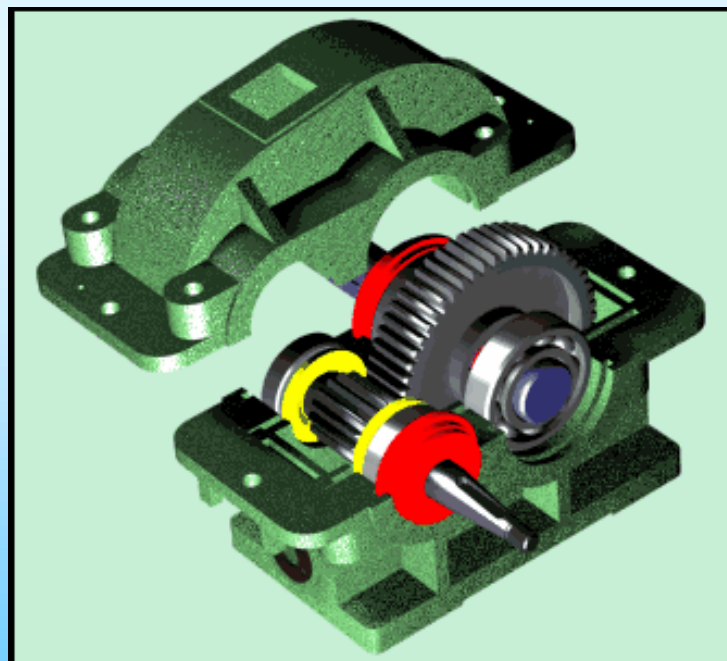
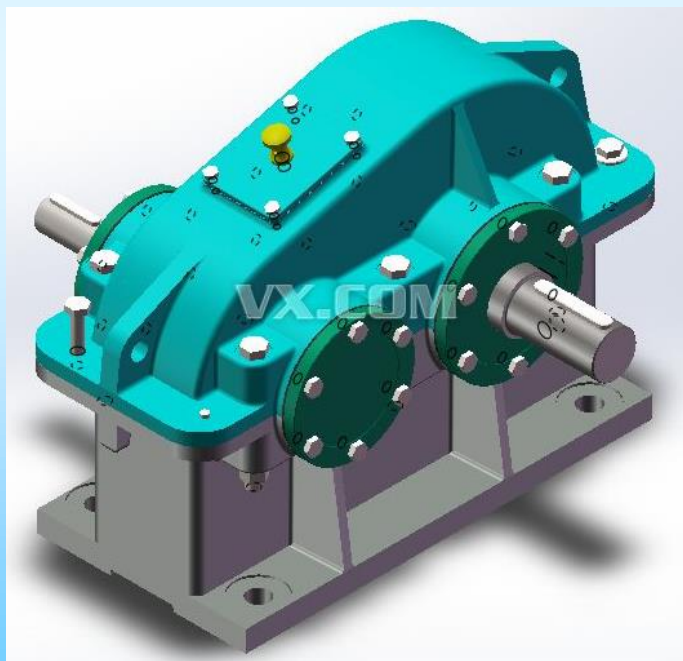
- ①尺寸公差
- ②几何公差
- ③表面粗糙度
- ④其他公差要求。

(图9-2)

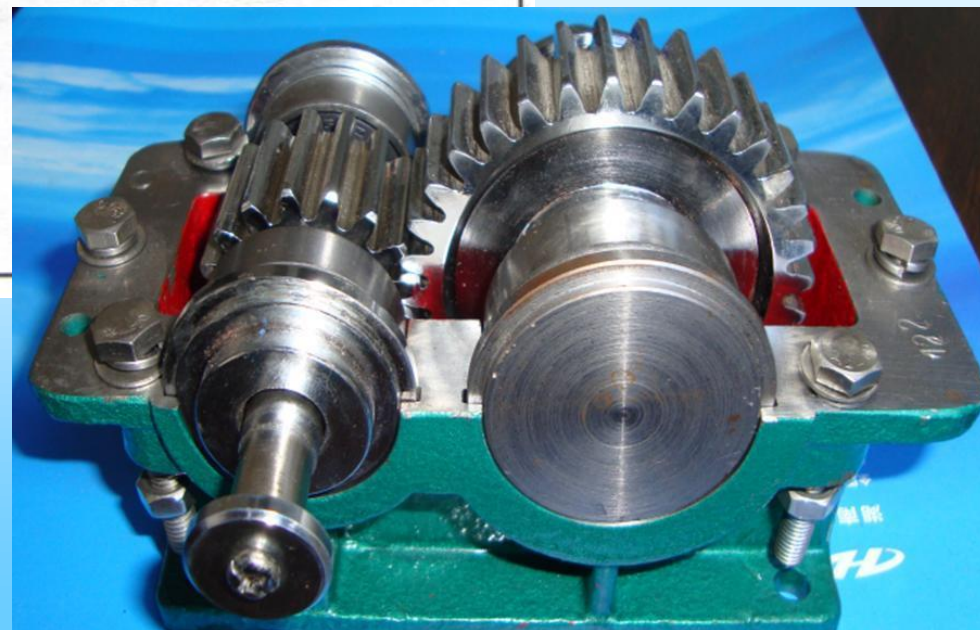
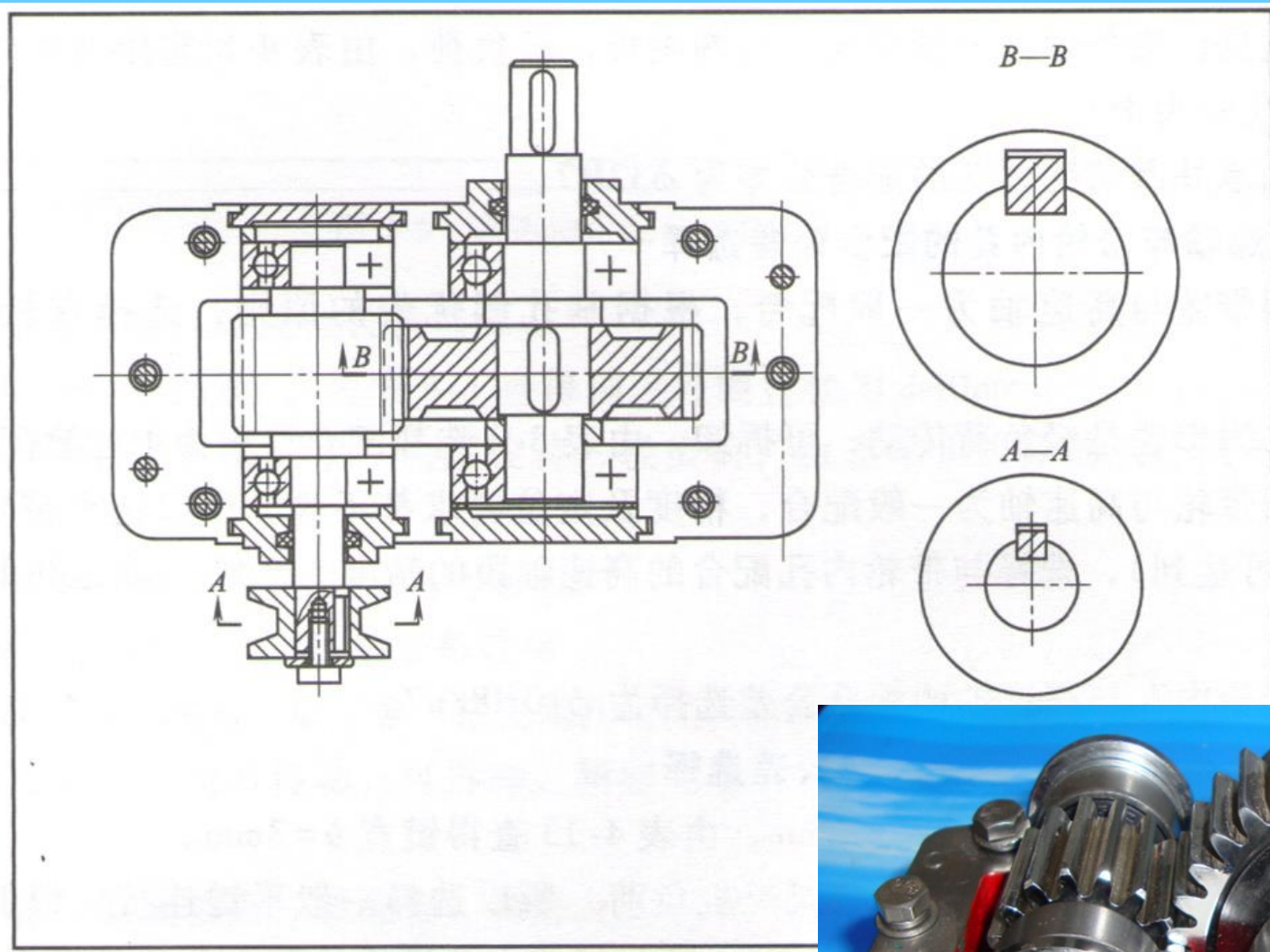


# 减速器装配图公差选择与标注

减速器是机器中最常用的部件之一，也是“机械设计课程设计”中最关键的设计部件。减速器装配图中的公差选择与标注是减速器设计的主要内容之一。







已知条件:

(1) **基本条件**。常用齿轮传动, 输入轴转速 $n_1=2950\text{r/min}$ , 单件小批量生产, 齿轮为滚齿加工、喷油润滑, 齿轮最高工作温度为 $80^\circ\text{C}$ , 箱体最高工作温度为 $50^\circ\text{C}$ 。

(2) **小齿轮参数**。 $Z_1=16$ ,  $b_1=25\text{mm}$ ,  $m=2\text{mm}$ ,  $\alpha=20^\circ$ , 两个6201P0深沟球轴承, (外圈固定, 内圈旋转, 轻负荷)。

(3) **大齿轮参数**。 $Z_2=32$ ,  $b_2=20\text{mm}$ ,  $m=2\text{mm}$ ,  $\alpha=20^\circ$ , 齿轮材料为45钢, 线膨胀系数 $\alpha_1=11.5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ , 两个6203P0深沟球轴承, (外圈固定, 内圈旋转, 轻负荷)。

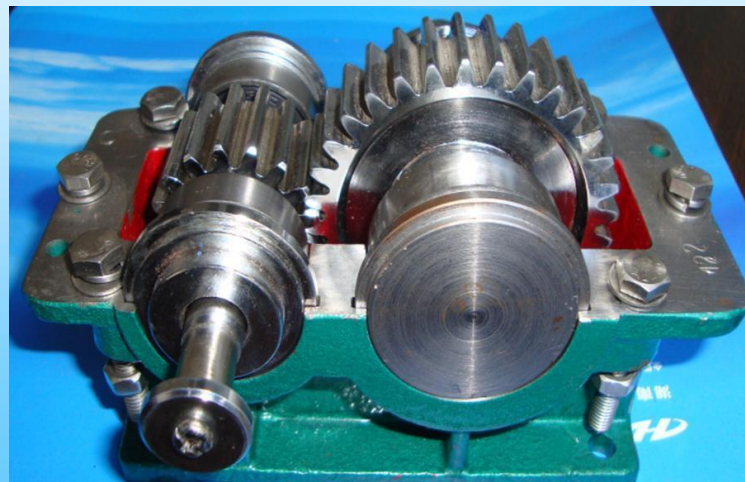
(4) **带轮与高速轴**为一般配合, 无相对运动, 定位精度中等, 轻负荷, 不常拆卸, 带轮内孔直径为 $\Phi 10\text{mm}$ 。

(5) **大齿轮与低速轴**为一般配合, 轻负荷, 精密定位, 可拆卸, 大齿轮内孔直径为 $\Phi 20\text{mm}$

(6) **箱体**材料为铸铁, 线膨胀系数 $\alpha_2=10.5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ , 箱体上两对轴承孔的跨距 $L$ 相等, 均为 $46\text{mm}$ 。

# 1、高速轴组配合公差选择与标注

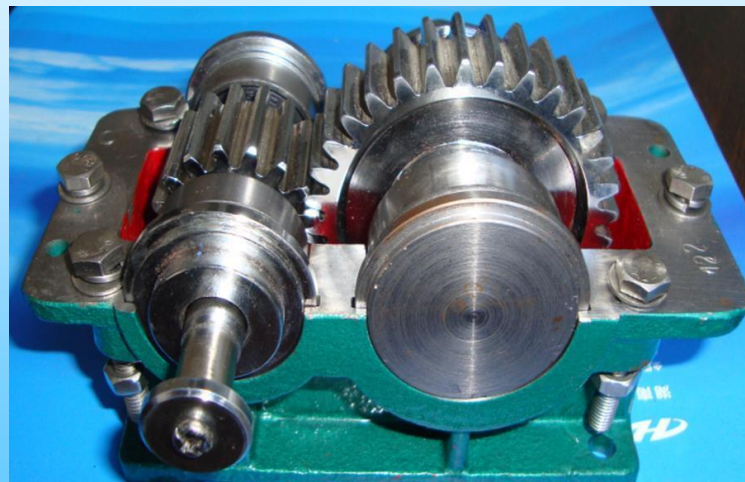
- 高速轴组配合公差主要有：
- ①轴承**内圈**与高速轴轴颈的配合公差
- ②轴承**外圈**与壳体孔的配合公差
- ③轴承**端盖**与壳体孔的配合公差
- ④高速轴与**带轮**内孔的配合公差
- ⑤高速轴与带轮**平键**的配合公差





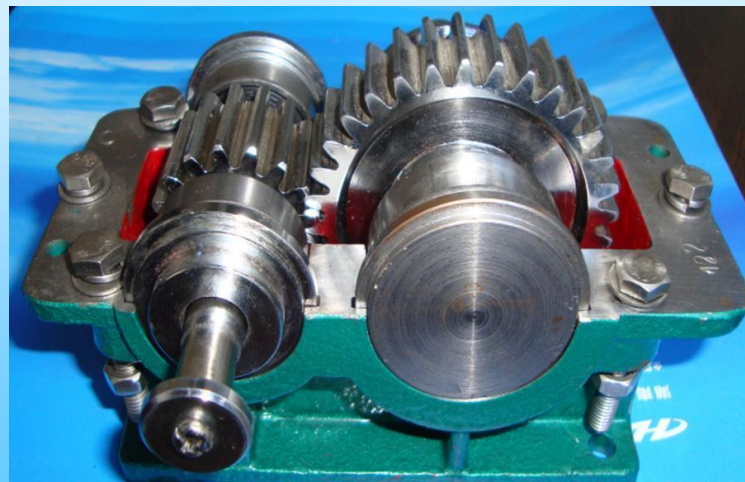
# ①轴承内圈与高速轴轴颈的配合公差

- 1) 6201P0, 深沟球轴承, 内圈直径为 $\Phi 12\text{mm}$ ;
- 2) 根据已知条件, 外圈固定, 内圈旋转, 轻负荷, 根据表7-2选择轴承内圈与轴颈的配合公差代号为h5;
- 3) 轴承内圈与高速轴轴颈的配合公差为 $\Phi 12\text{h5}$ 。



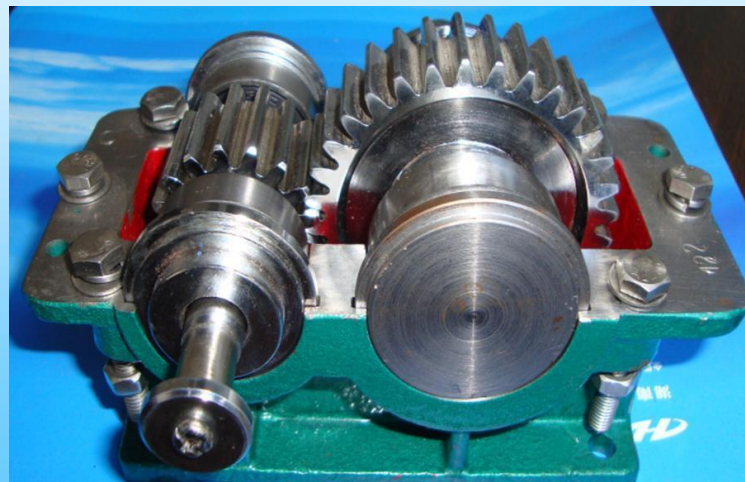
## ②轴承外圈与壳体孔的配合公差

- 1) 6201P0, 深沟球轴承, 外圈直径为 $\Phi 32\text{mm}$ ;
- 2) 根据已知条件, 外圈固定, 内圈旋转, 轻负荷, 根据表7-3选择轴承外圈与壳体孔的配合代号为H7;
- 3) 轴承外圈与壳体孔的配合公差为 $\Phi 32\text{H7}$ 。



### ③轴承端盖与壳体孔的配合公差

- 端盖需要经常拆卸，所以选间隙配合。取配合代号e
- 间隙较大的间隙配合中，孔可比轴等级低两三级。  
轴是7级，孔取9级。
- 轴承端盖与壳体孔的配合公差为  $\Phi 32H7/e9$ 。

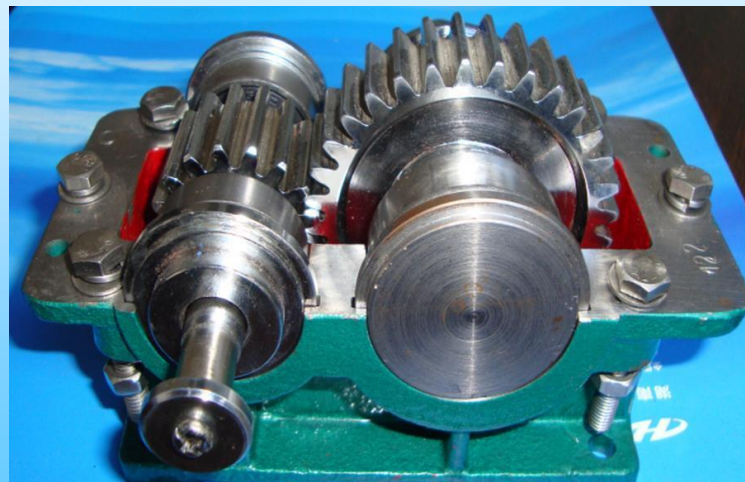


## ④高速轴与带轮内孔的配合公差

- 1) 因带轮与高速轴为一般配合，根据基孔制优先的原则，选择带轮内孔公差代号为**H**。
- 2) 又因带轮是轻负荷传动，可拆卸，由表2-10,2-11，选择配合性质为过渡配合**H/m或H/n**。
- 3) 因带轮与高速轴为一般配合，精度与定位中等，所以选择带轮内孔精度为**8级**（精车可达到），与带轮内孔配合的高速轴段的精度为**7级**（轴比孔低一级，精车可达到）。
- 4) 高速轴与带轮内孔的配合公差为 **$\Phi 10H8/n7$** 。

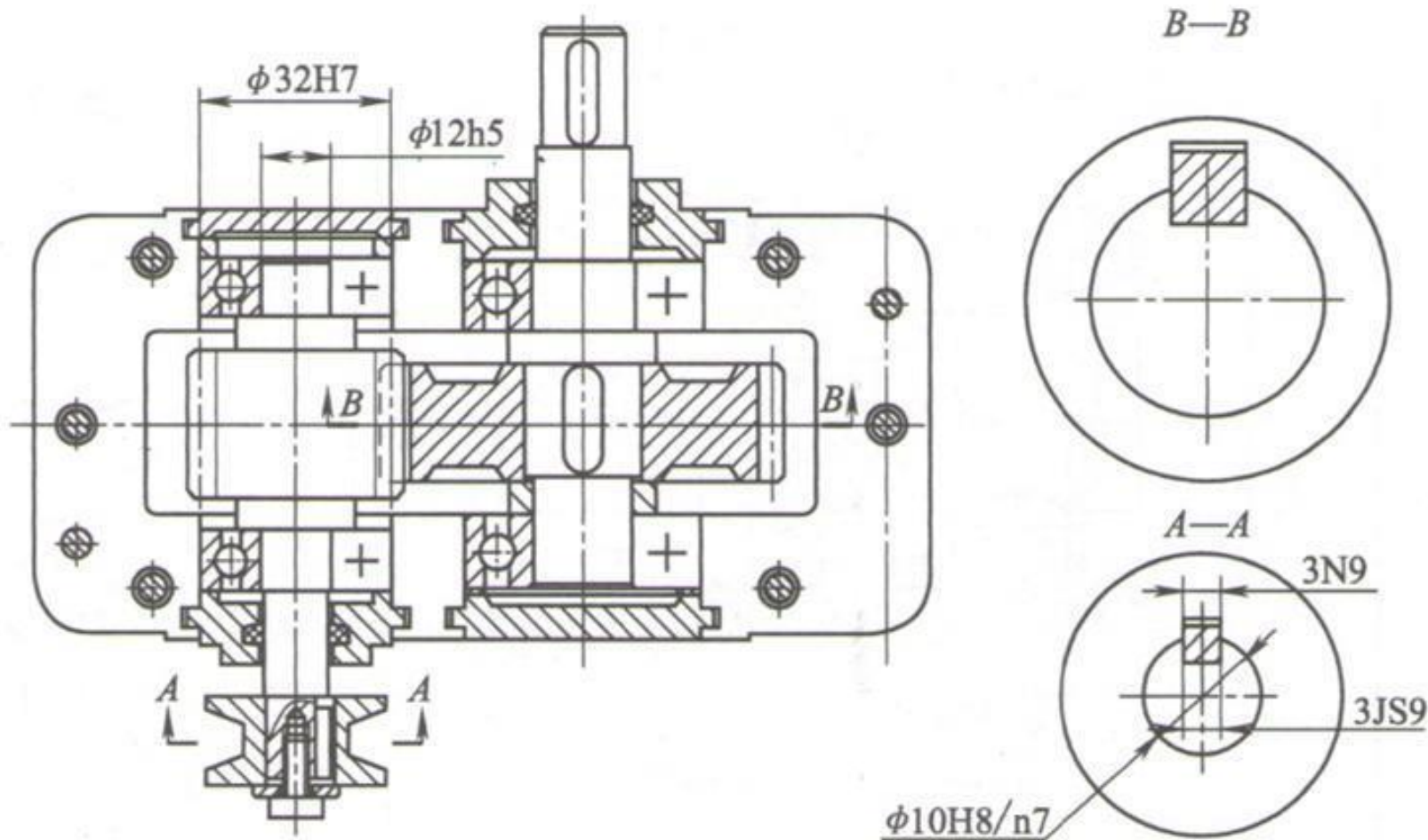
## ⑤高速轴与带轮平键的配合公差

- 1) 根据带轮内孔直径为 $\Phi 10$ ，由表8-2查得键宽 **$b=3\text{mm}$** 。
- 2) 因带轮与轴无相对运动，又是轻负荷，所以选择**一般**平键联结，查表8-1，高速轴键槽的公差代号是**N9**，带轮内孔键槽的公差代号为**JS9**。





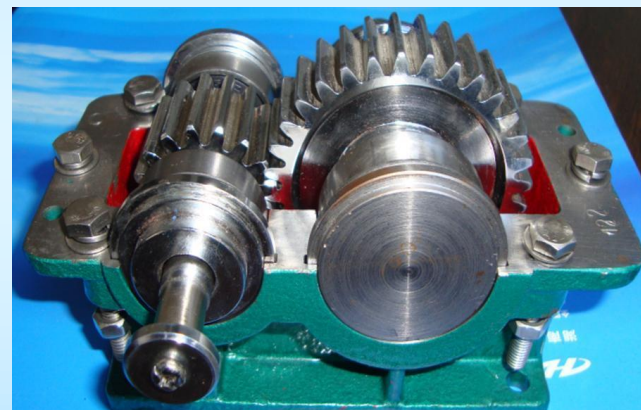
配合公差选定后，应正确地标注在装配图上。



## 2、低速轴组配合公差选择与标注

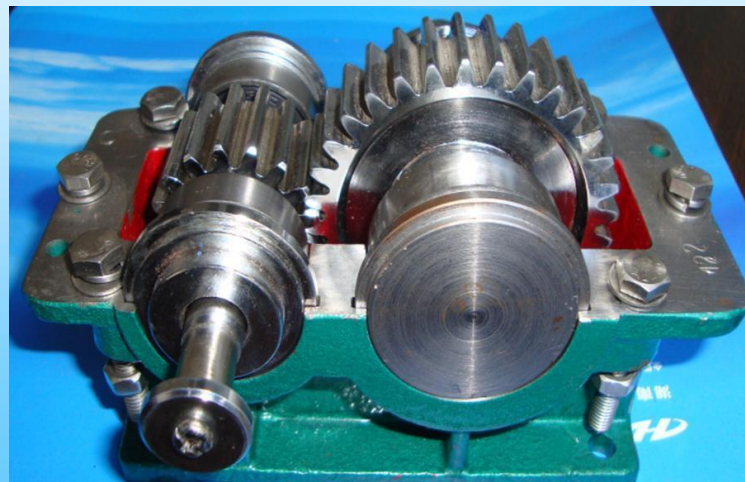
低速轴组配合公差主要有：

- ①轴承**内圈**与低速轴轴颈的配合公差
- ②轴承**外圈**与壳体孔的配合公差
- ③轴承**端盖**与壳体孔的配合公差
- ④**套筒**与轴段的配合公差
- ⑤低速轴与**大齿轮内孔**的配合公差
- ⑥低速轴与大齿轮**平键**的配合公差



# ①轴承内圈与低速轴轴颈的配合公差

- 1) 6203P0, 深沟球轴承, 内圈直径为 $\Phi 17\text{mm}$ ;
- 2) 根据已知条件, 外圈固定, 内圈旋转, 轻负荷, 根据表7-2选择轴承内圈与轴颈的配合公差代号为h5;
- 3) 轴承内圈与低速轴轴颈的配合公差为 $\Phi 17\text{h5}$ 。



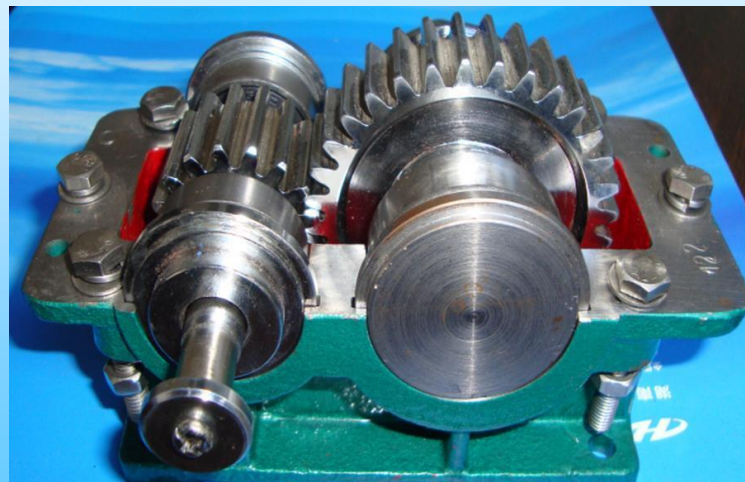
## ②轴承外圈与壳体孔的配合公差

- 1) 6203P0，深沟球轴承，外圈直径为 $\Phi 40\text{mm}$ ；
- 2) 根据已知条件，外圈固定，内圈旋转，轻负荷，根据表7-3选择轴承外圈与壳体孔的配合公差代号为H7；
- 3) 轴承外圈与壳体孔的配合公差为 $\Phi 40\text{H7}$ 。



### ③轴承端盖与壳体孔的配合公差

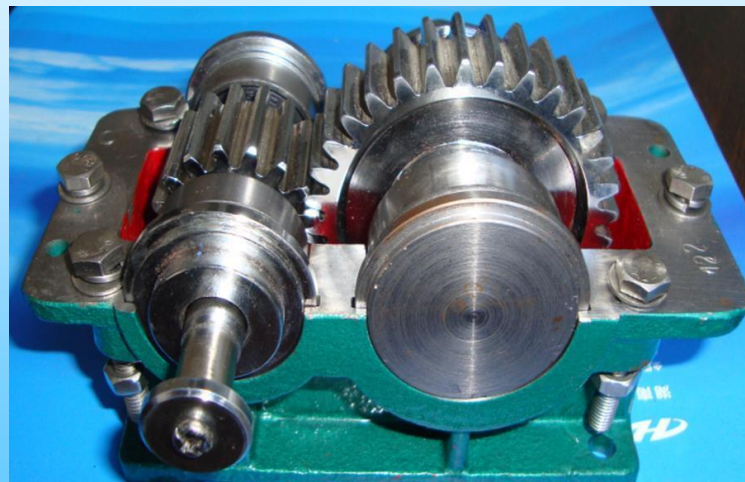
1. 端盖需要经常拆卸，所以选间隙配合。取配合代号e
2. 间隙较大的间隙配合中，孔可比轴等级低两三级。  
轴是7级，孔取9级。
3. 轴承端盖与壳体孔的配合公差为 $\Phi 40H7/e9$ 。





## ④套筒与轴段的配合公差

- 套筒需要经常拆卸，所以选间隙配合。取配合代号e
- 间隙较大的间隙配合中，轴可比孔等级低两三级。  
轴是5级，孔取7级。
- 套筒与壳体孔的配合公差为 $\Phi 17e7/h5$ 。

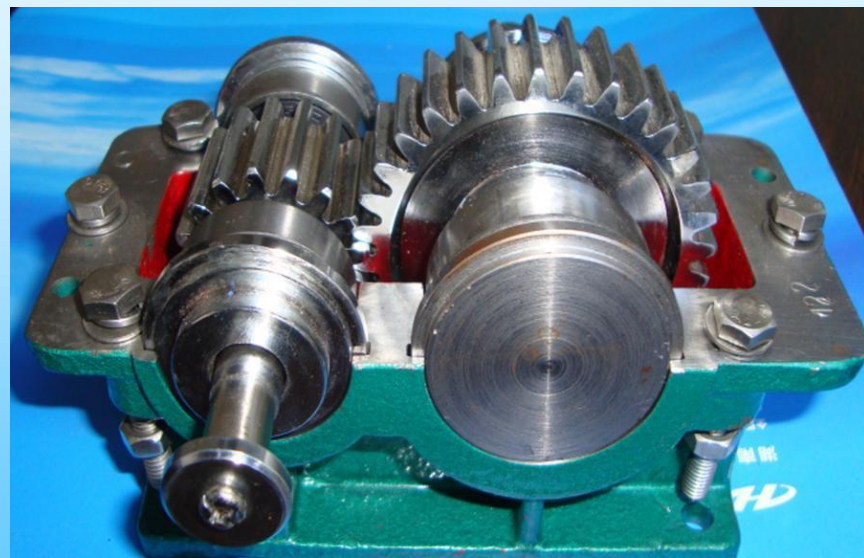


## ⑤低速轴与大齿轮内孔的配合公差

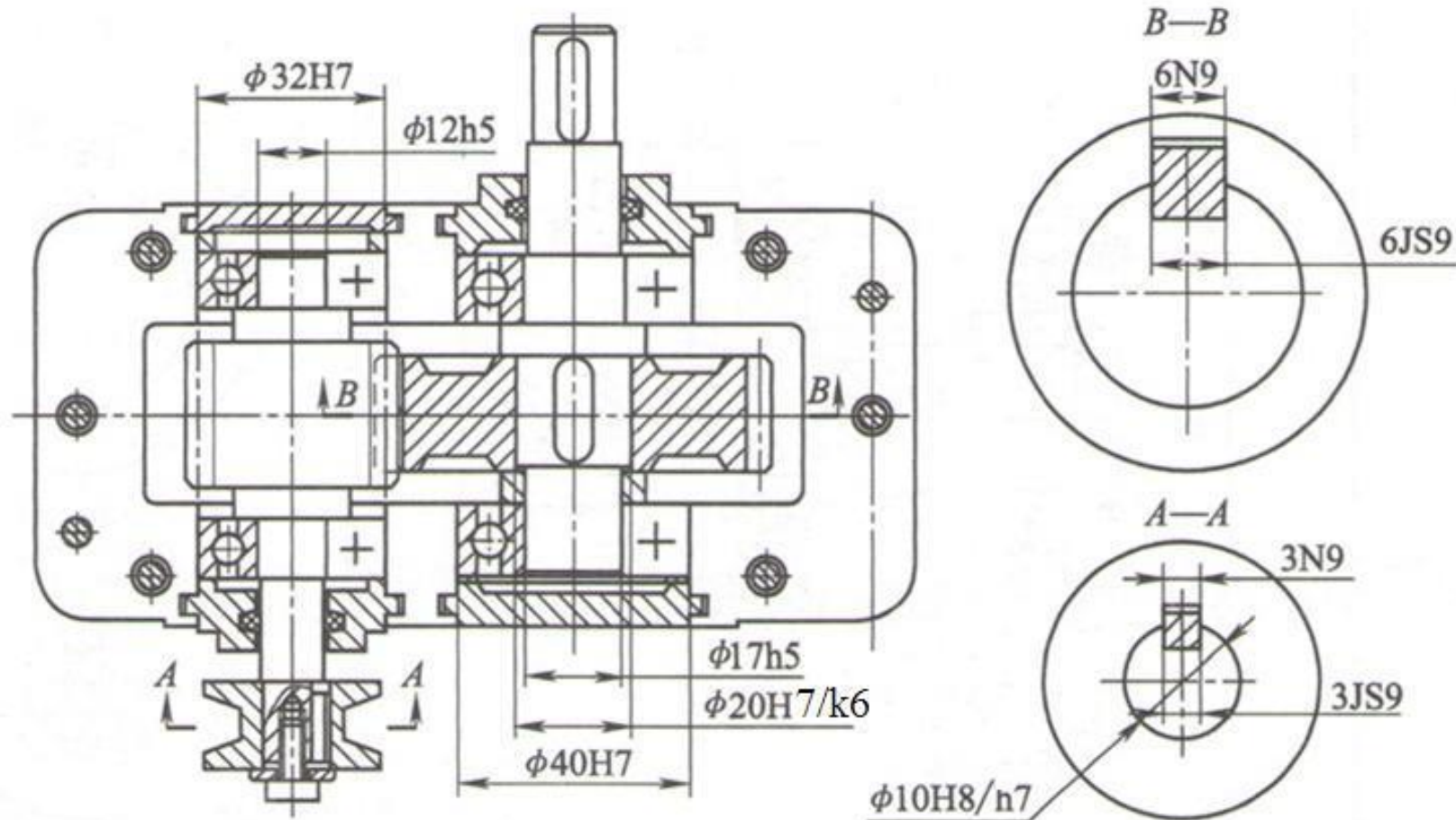
- 1) 因大齿轮与低速轴为一般配合，根据基孔制优先的原则，选择大齿轮内孔公差代号为**H**。
- 2) 又因大齿轮是轻负荷传动，可拆卸，精密定位，由表2-10,2-11,选择配合性质为小过渡配合**H/k**。
- 3) 因大齿轮与低速轴为一般配合，精度与定位要求较高，所以选择大齿轮内孔精度为**7级**（精车可达到），与大齿轮内孔配合的低速轴段的精度为**6级**（轴比孔低一级，磨削加工可达到）。
- 4) 高速轴与大齿轮内孔的配合公差为 **$\Phi 20H7/k6$** 。

## ⑥低速轴与大齿轮平键的配合公差

- 1) 根据大齿轮内孔直径为 $\Phi 20$ ，查表8-2得键宽  $b=6\text{mm}$
- 2) 因大齿轮与轴无相对运动，又是轻负荷，所以选择一般平键联结，查表8-1，低速轴键槽的公差代号是N9，大齿轮内孔键槽的公差代号为JS9。



配合公差选定后，应正确地标注在装配图上

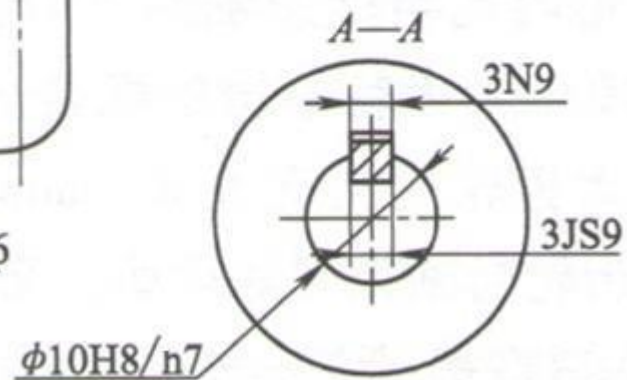
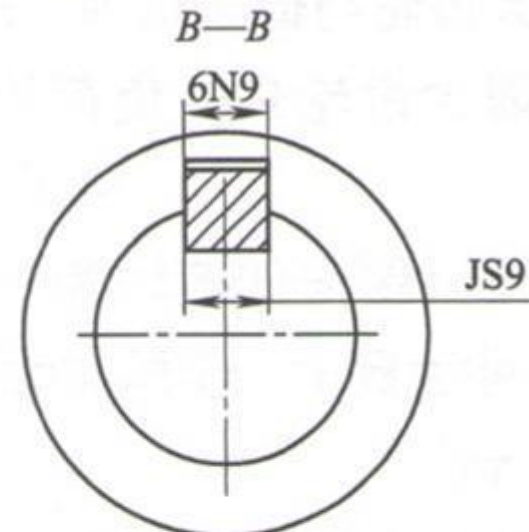
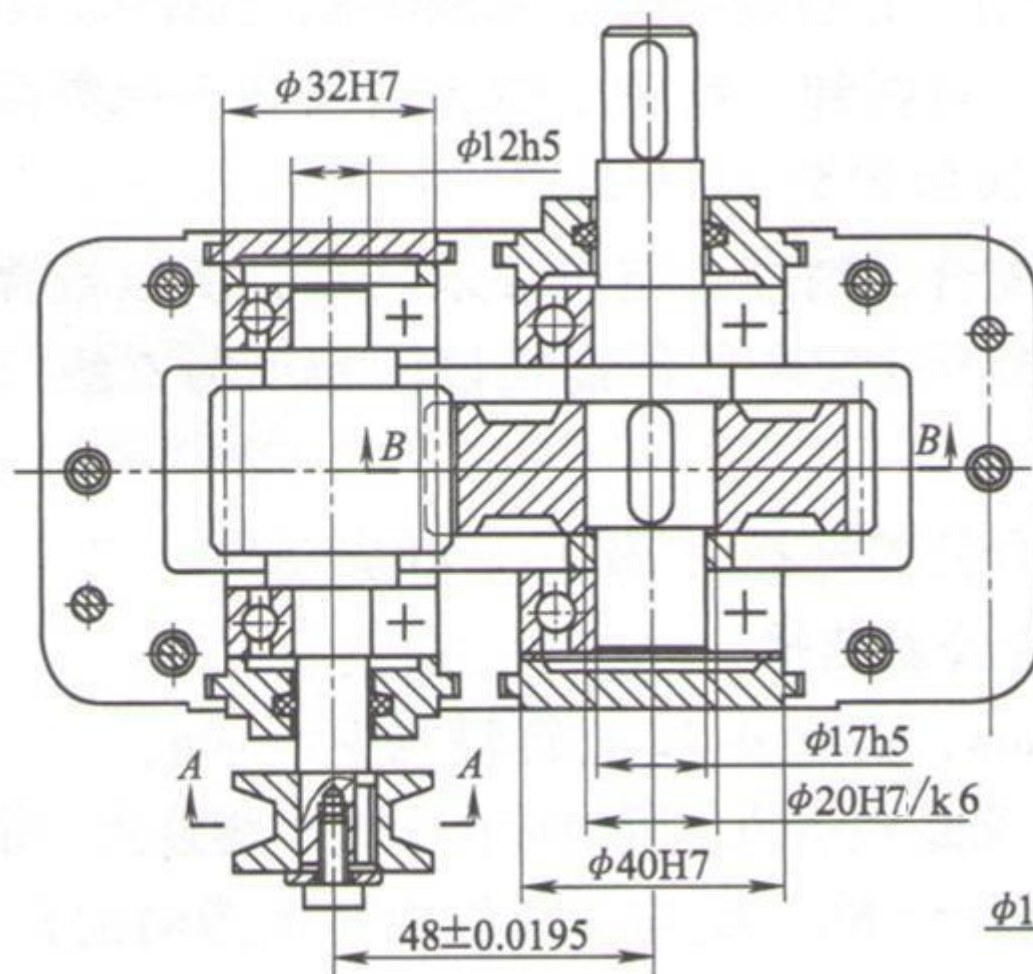


### 3、中心距及极限偏差选择与标注

中心距及极限偏差属于相邻零件之间的安装公差，即两传动齿轮之间的中心距及极限偏差。

- ①因减速器为常用一般齿轮传动，没有特殊要求，故选择减速器齿轮精度等级为**7级**。
- ②计算中心距 $a=(z_1+z_2)m/2=48\text{mm}$
- ③查表9-18得中心距极限偏差 $\pm fa=\pm 0.0195\text{mm}$ 。
- ④减速器中心距及极限偏差为 **$48\pm 0.0195\text{mm}$** 。

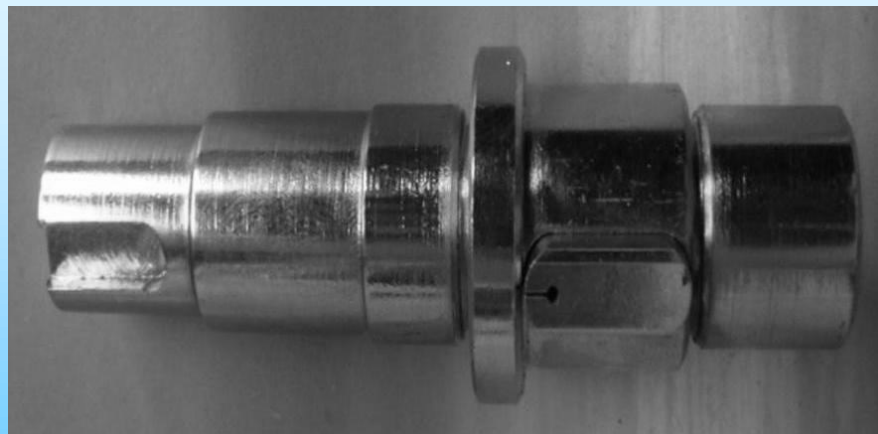
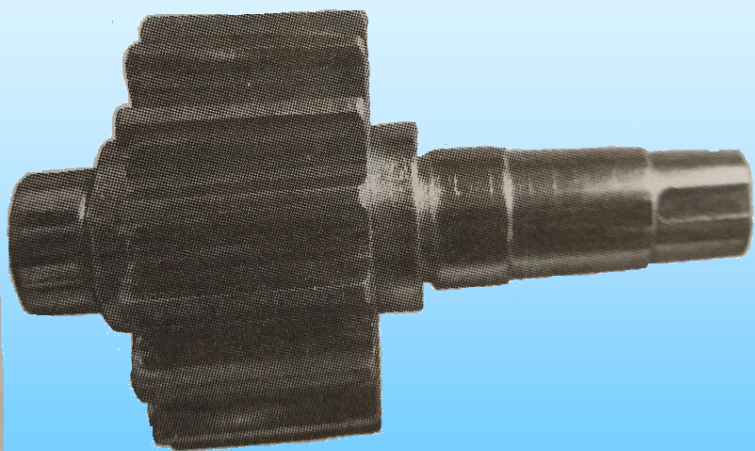




# 减速器主要零件公差选择与标注

减速器装配图公差选择与标注完成后，应将其公差分解，并正确地标注在对应的零件上。

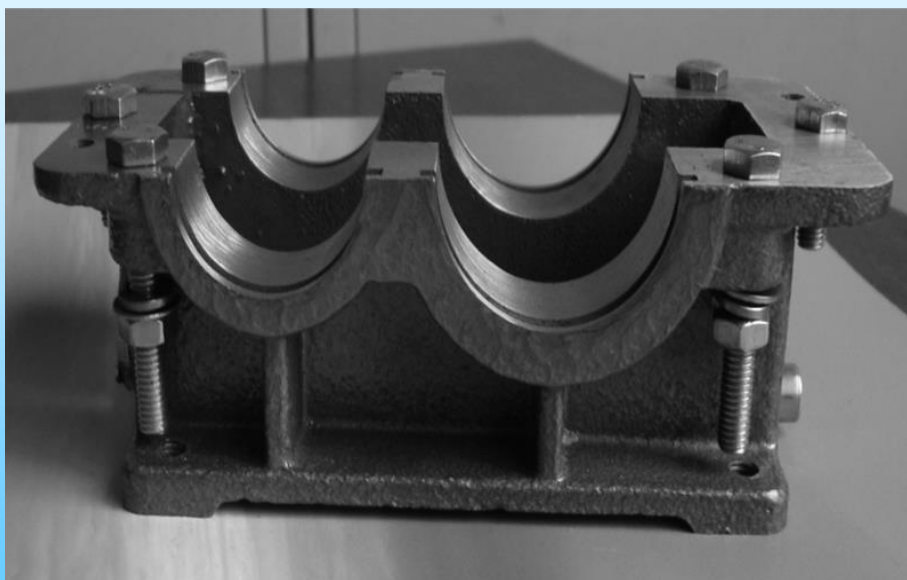
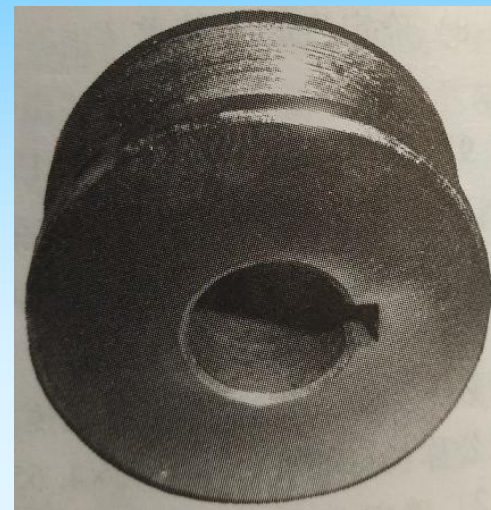
减速器主要标注公差的零件有：高速齿轮轴、低速轴、带轮、大齿轮及壳体。



# 减速器主要零件公差选择与标注

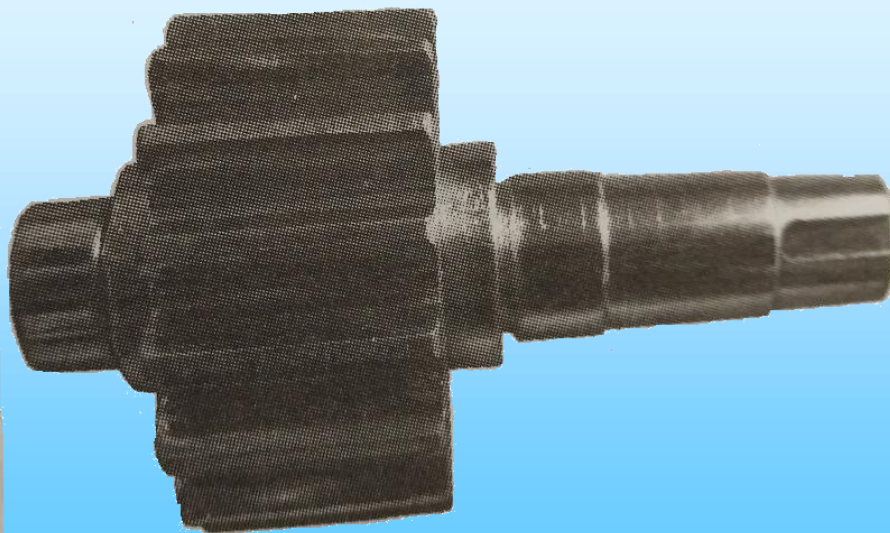
减速器装配图公差选择与标注完成后，应将其公差分解，并正确地标注在对应的零件上。

减速器主要标注公差的零件有：  
高速齿轮轴、低速轴、带轮、大齿轮及壳体。



# 1、高速齿轮轴公差选择与标注

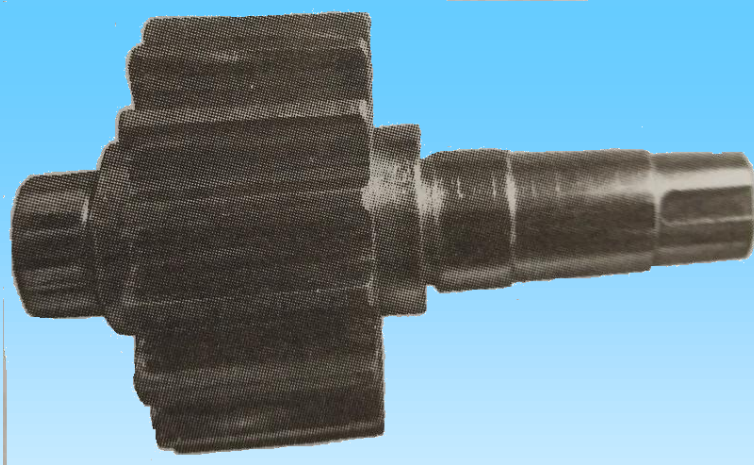
- ①高速齿轮轴尺寸公差选择与标注
- ②高速齿轮轴几何公差选择与标注
- ③高速齿轮轴表面粗糙度选择与标注
- ④高速齿轮轴齿形公差选择与标注





# ①高速齿轮轴尺寸公差

## 选择与标注



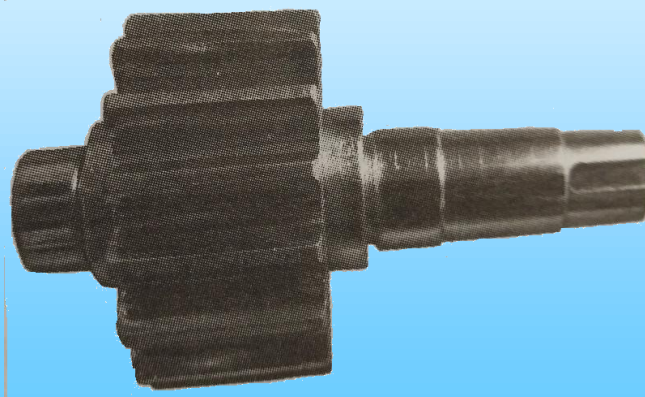
- 1) 与轴承内圈配合的轴颈尺寸公差。由装配图可知，轴颈尺寸公差代号为 $\Phi 12h5$ ，查表2-2,2-4，得轴颈尺寸公差为 $\Phi 12_{-0.008}^0\text{mm}$ ；
- 2) 与带轮内孔配合的轴段尺寸公差。由装配图可知，轴段尺寸公差代号为 $\Phi 10n7$ ，查表2-2,2-4，得轴颈尺寸公差为 $\Phi 10_{+0.010}^{+0.025}\text{mm}$ ；
- 3) 与带轮内孔配合的轴键槽宽度尺寸公差。由装配图可知，轴键槽宽度尺寸公差代号为3N9，查表2-2,2-4，得轴颈尺寸公差为 $3_{-0.029}^{0.004}\text{mm}$ ；
- 4) 与带轮内孔配合的轴键槽深度尺寸公差。查表8-2，得轴键槽深度尺寸公差为 $8.2_{-0.1}^0\text{mm}$ ；
- 5) 其他尺寸公差。高速齿轮轴其他尺寸为自由公差尺寸，不必标注公差。



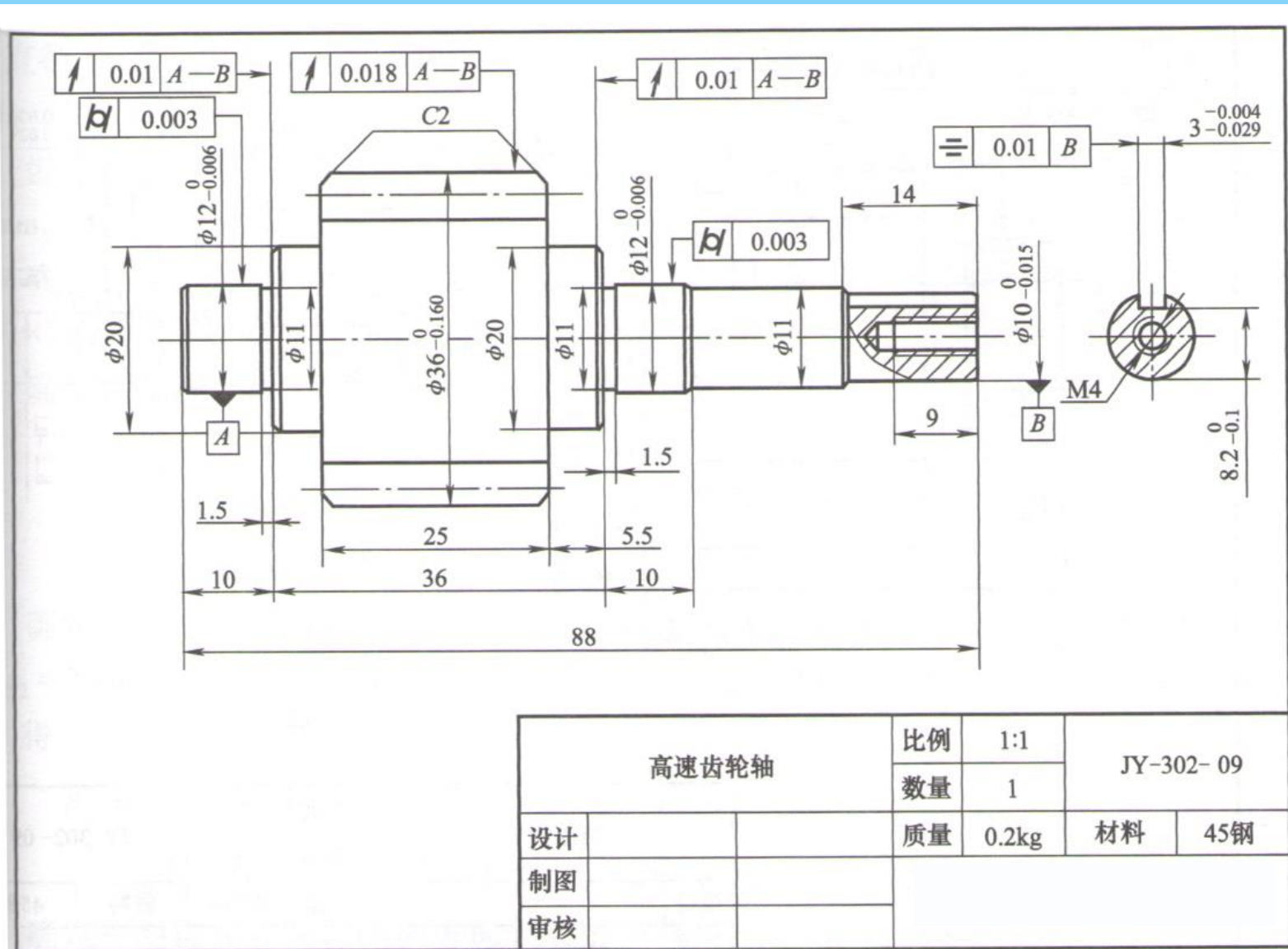
高速齿轮轴			比例	1:1	JY-302- 09	
			数量	1		
设计			质量	0.2kg	材料	45钢
制图						
审核						

## ②高速齿轮轴几何公差选择与标注

- 1) 与轴承内圈配合的轴颈圆柱度。因轴承为P0级，由表7-6得轴颈的圆柱度公差值为0.003mm；
- 2) 轴肩的轴向圆跳动。因轴承为P0级，由表7-6得轴肩的轴向圆跳动公差值为0.01mm；
- 3) 齿顶圆的径向圆跳动。因齿轮精度为7级，由表9-9得齿顶圆的径向圆跳动公差值为0.023mm；
- 4) 键槽的对称度。公差等级在7~9级中选取，这里取8级。由表3-8查得对称度公差值为0.01mm。



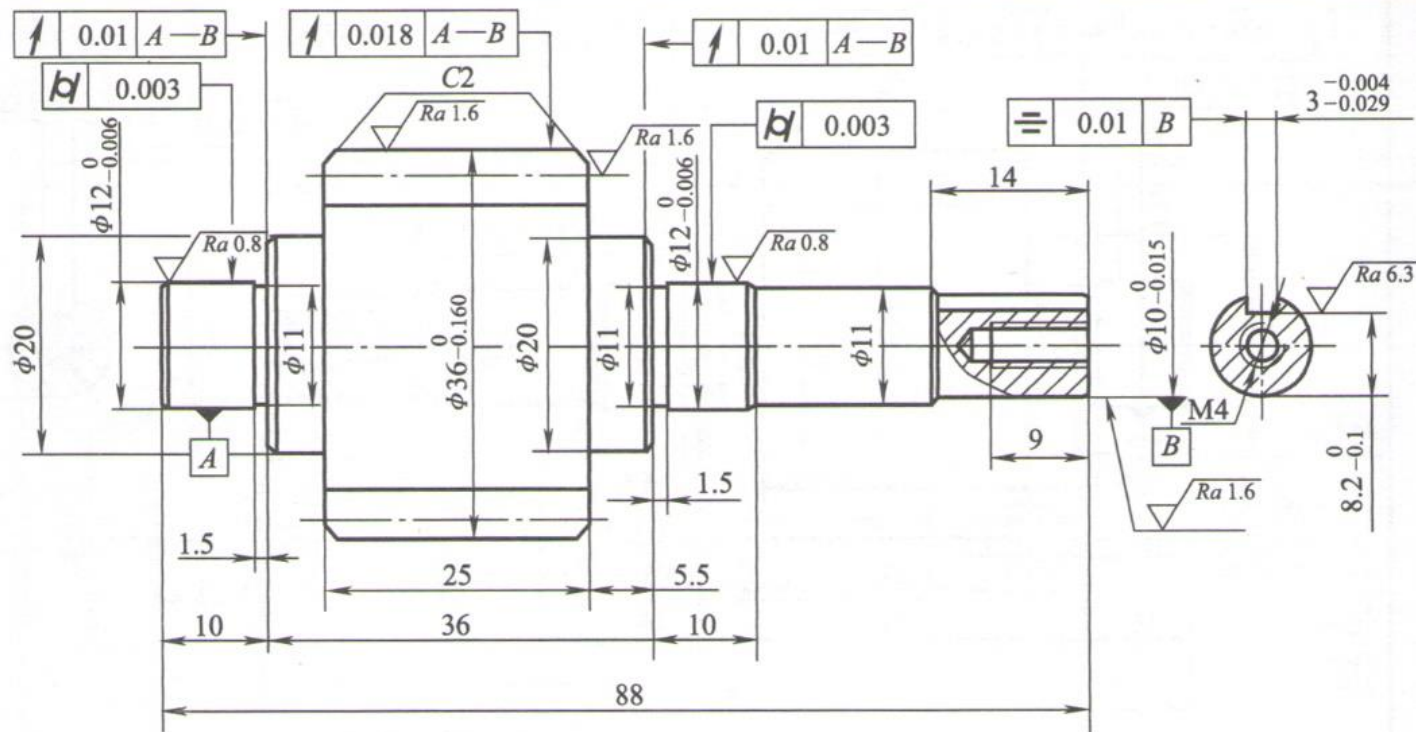
# 高速齿轮轴几何公差标注



### ③高速齿轮轴表面粗糙度选择与标注

- 1) 与轴承内孔配合的轴颈和轴肩表面粗糙度选择。因轴承为P0级，由表7-7得与轴承内孔配合的轴颈表面粗糙度值  $Ra=0.4\mu m$ ，与轴承内孔配合的轴肩表面粗糙度值  $Ra=3.2\mu m$ 。
- 2) 与带轮内孔配合的轴段和轴肩表面粗糙度选择。因轴段尺寸精度为7级，由表4-3得与轴段表面粗糙度值  $Ra=1.6\mu m$ ，轴肩表面粗糙度参照1)  $Ra=3.2\mu m$ 。
- 3) 键槽配合面表面粗糙度。因平键为固定连接，故键槽侧面表面粗糙度  $Ra=1.6\mu m$ ，键槽底面表面粗糙度  $Ra=6.3\mu m$ 。
- 4) 其他面表面粗糙度。其他面为粗车，表面粗糙度取  $Ra=3.2\mu m$ 。

# 高速齿轮轴表面粗糙度标注



高速齿轮轴			比例	1:1	JY-302- 09	
			数量	1		
设计			质量	0.2kg	材料	45钢
制图						
审核						



## ④高速齿轮轴齿形公差选择与标注

- 1) **确定齿轮精度等级**。该齿轮是高速动力齿轮，既传递运动，又传递动力，且转速较高，主要要求是传动平稳性精度。计算小齿轮圆周线速度  $v=4.94\text{m/s}$ ，参考表9-14，确定齿轮传动平稳性精度等级为7级，又由于齿轮对传递运动准确性要求不高，故选传递运动准确性精度等级为8级，动力齿轮对载荷均匀性有一定要求，故载荷均匀性精度选7级。

➤ 齿轮精度为：**8-7-7GB/T 10095.1~2—2008**。

- 2) **确定齿轮偏差检测项目及公差值**。因齿轮单件小批量生产，确定齿轮偏差检测项目及公差值如下：

- a) 齿距累积总偏差  $F_p$ 。8级，查表9-3， $F_p=0.041\text{mm}$
- b) 单个齿距偏差  $\pm f_{pt}$ 。7级，查表9-2， $\pm f_{pt}= \pm 0.010\text{mm}$
- c) 齿廓总偏差  $F_\alpha$ 。7级，查表9-4， $F_\alpha=0.010\text{mm}$
- d) 螺旋线总偏差  $F_\beta$ 。7级，查表9-5， $F_\beta=0.016\text{mm}$

### •3) 计算齿厚偏差。

由表9-15，最小法向侧隙 $j_{bnmin}=0.10mm$

确定侧隙减小量 $J_{bn}$ ，由表9-2查得： $f_{pt1}=10\mu m, f_{pt2}=11\mu m$ ，则

$$J_{bn} = \sqrt{(f_{pt1}^2 + f_{pt2}^2) \cos^2 \alpha + 2F_{\beta}^2} = 26.6 \mu m$$

$$\pm f_a = \pm 19.5 \mu m$$

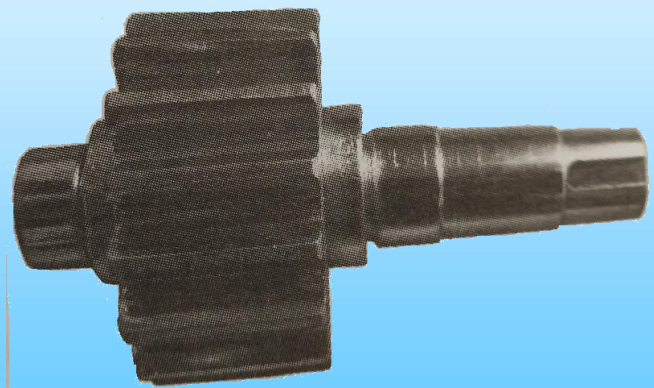
$$E_{sns} = - \left( \frac{j_{bnmin} + J_{bn}}{2 \cos \alpha} + f_a \tan \alpha \right) = -0.075 mm$$

由表9-16， $b_r=78 \mu m$ ，查表9-9，得 $F_r=32 \mu m$

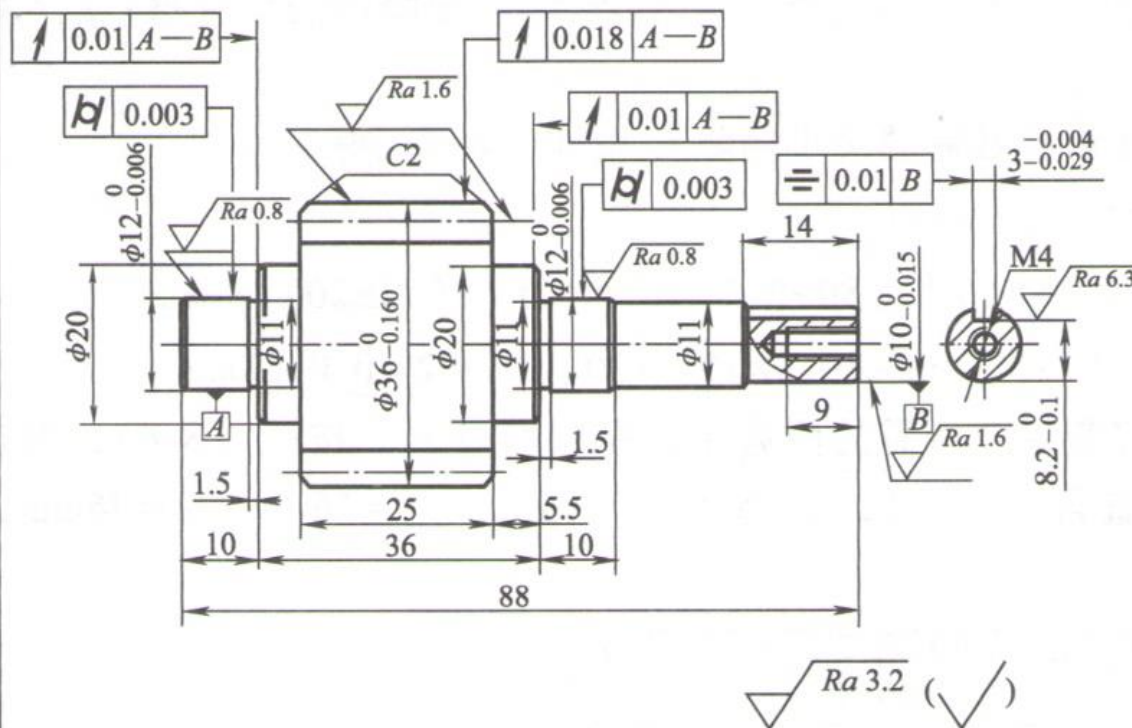
$$\text{则齿厚公差 } T_{sn} = 2 \sqrt{b_r^2 + F_r^2} \tan \alpha = 62 \mu m$$

$$\text{所以, } E_{sni} = E_{sns} - T_{sn} = -75 - 62 = -137 \mu m$$

### 4) 计算公法线平均长度偏差。



# 齿形公差标注



模数	$m$	2mm
齿数	$z$	16
压力角	$\alpha$	$20^\circ$
精度等级	8-7-7 GB/T 10095.1~2-2008	
齿距累积总偏差	$F_p$	0.042mm
单个齿距偏差	$\pm f_{pt}$	$\pm 0.011\text{mm}$
齿廓总偏差	$F_\alpha$	0.014mm
螺旋线总偏差	$F_\beta$	0.016mm
公法线长度偏差	$W_{E_{Wi}}^{E_{Ws}}$	$9.3046_{-0.088}^{-0.047}\text{mm}$
	跨齿数 $k=2$	

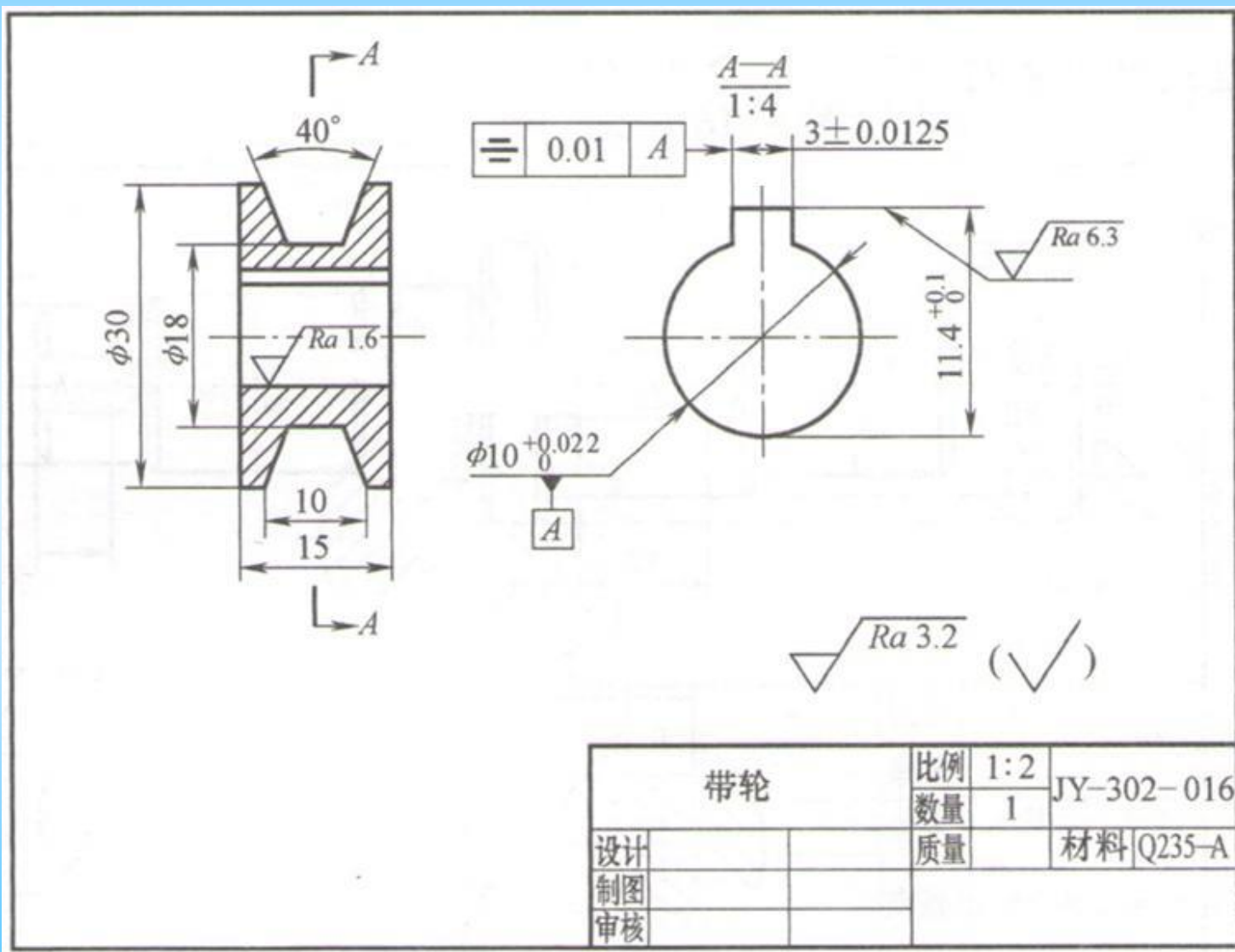
高速齿轮轴			比例	1:1	JY-302-09	
			数量	1		
设计			质量	0.2kg	材料	45钢
制图						
审核						

## 2、带轮公差选择与标注

- 1) 带轮尺寸公差选择。①带轮内孔尺寸公差选择。由装配图可知，带轮内孔尺寸公差代号是H8，所以，带轮内孔尺寸公差为 $\phi 10^{+0.022}_0 mm$ 。②带轮内孔键槽宽度尺寸公差选择。由装配图可知，带轮内孔键槽宽度尺寸公差代号是JS9，所以，带轮内孔键槽宽度尺寸公差为 $3 \pm 0.0125 mm$ 。③带轮内孔键槽深度尺寸公差选择。带轮内孔键槽深度尺寸公差为 $11.4^{+0.1}_0 mm$ 。
- 2) 带轮尺寸公差选择。对称度，公差等级取8级，查表，对称度公差值为0.01mm。
- 3) 带轮表面粗糙度选择。①带轮内孔为精车， $Ra=1.6 \mu m$ ，②平键固定连接，键槽侧面表面粗糙度 $Ra=3.2 \mu m$ ，键槽底面表面粗糙度 $Ra=6.3 \mu m$ 。③带轮其他面为粗车， $Ra=3.2 \mu m$ 。

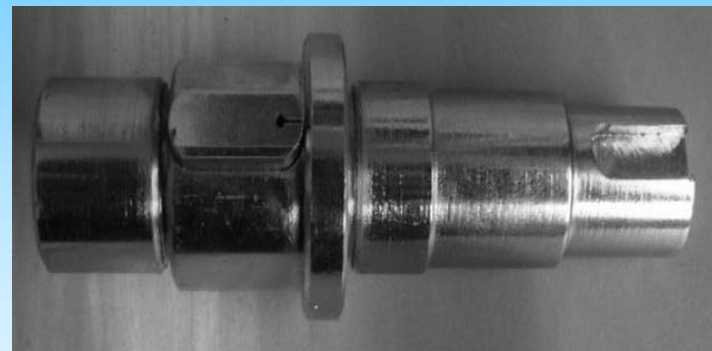


# 带轮零件公差标注





# 3、低速轴公差选择与标注



## ①低速轴尺寸公差选择与标注

- 与轴承内圈配合的轴颈尺寸公差
- 与大齿轮内孔配合的轴头尺寸公差
- 与大齿轮内孔配合的轴键槽宽度尺寸公差与深度尺寸公差

## ②低速轮轴几何公差选择与标注

- 与轴承内圈配合轴颈的圆柱度、轴肩的轴向圆跳动、与大齿轮内孔配合轴头的径向圆跳动、与大齿轮内孔配合轴肩的轴向圆跳动及键槽的对称度；

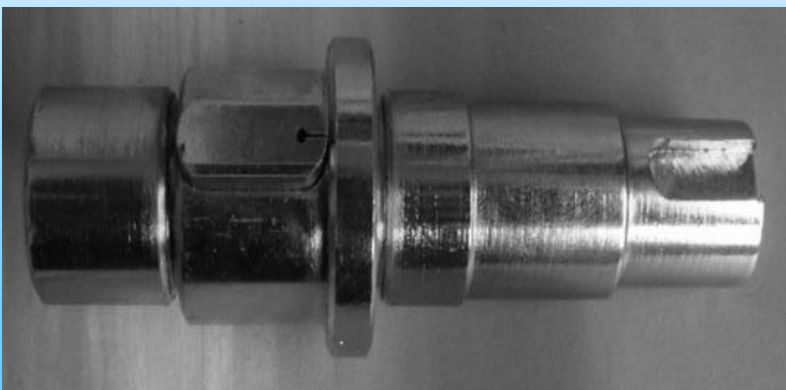
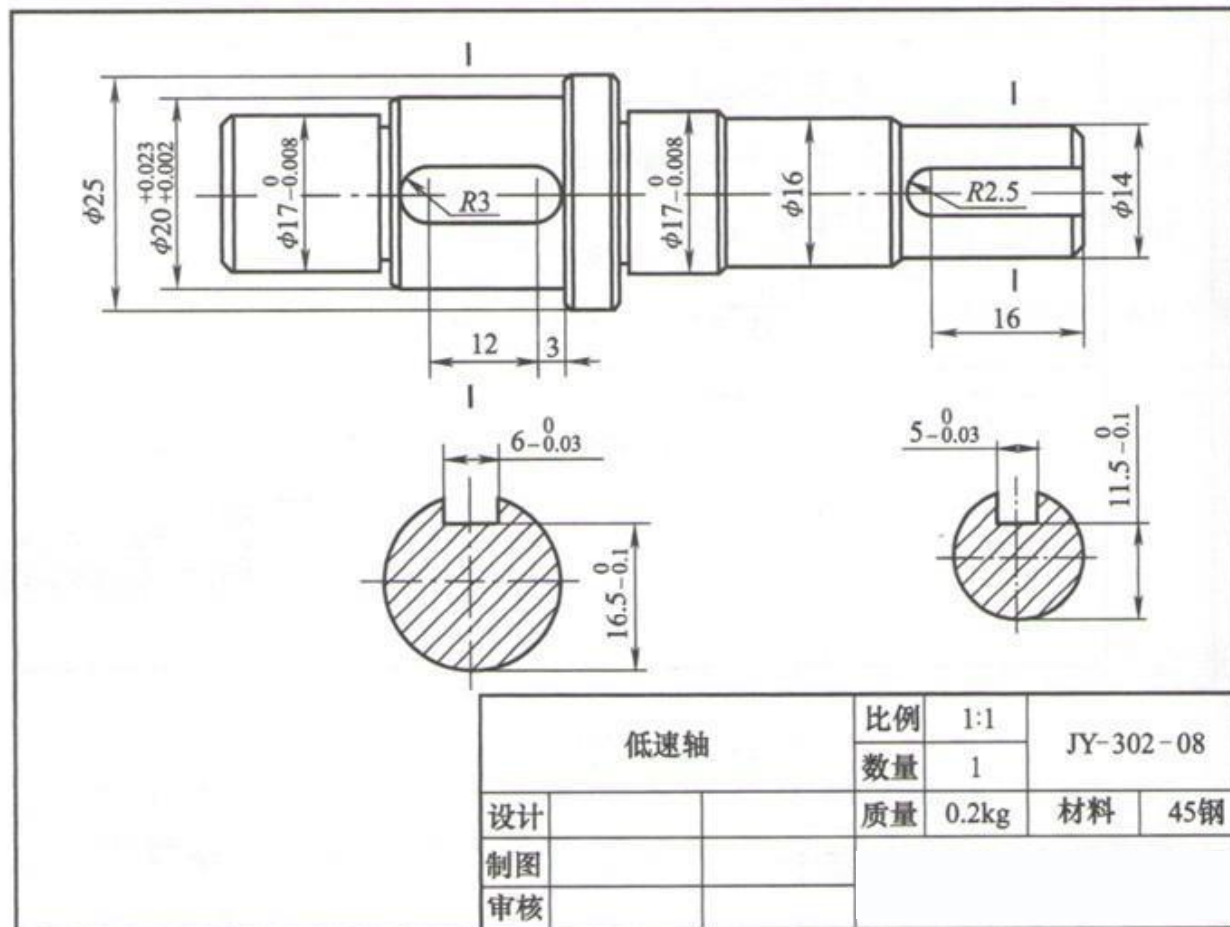
## ③低速轴表面粗糙度选择与标注

与轴承内圈配合轴颈和轴肩、与大齿轮内孔配合 轴头和轴肩、键槽配合面；

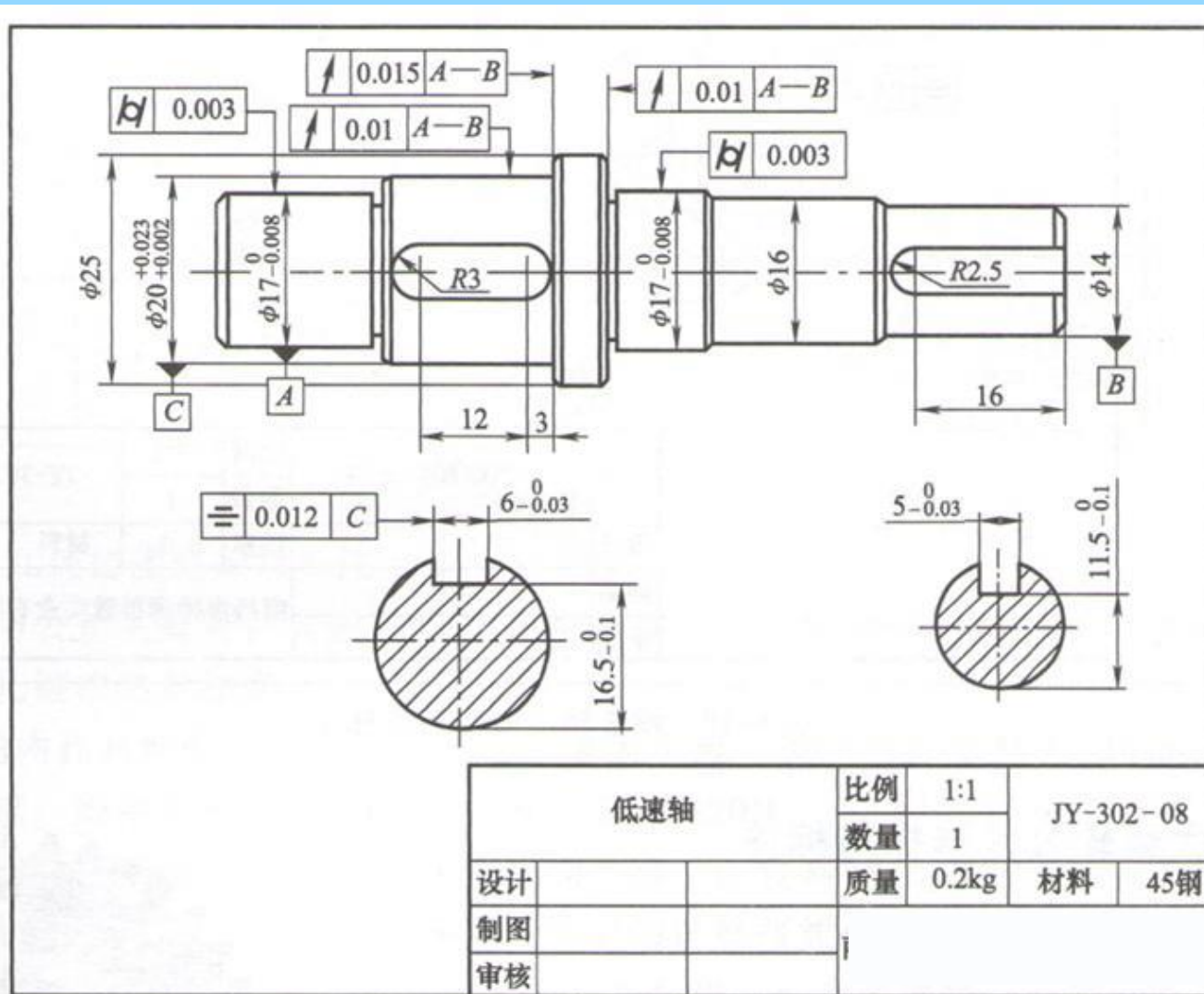
# 1) 低速轴

## 尺寸公差

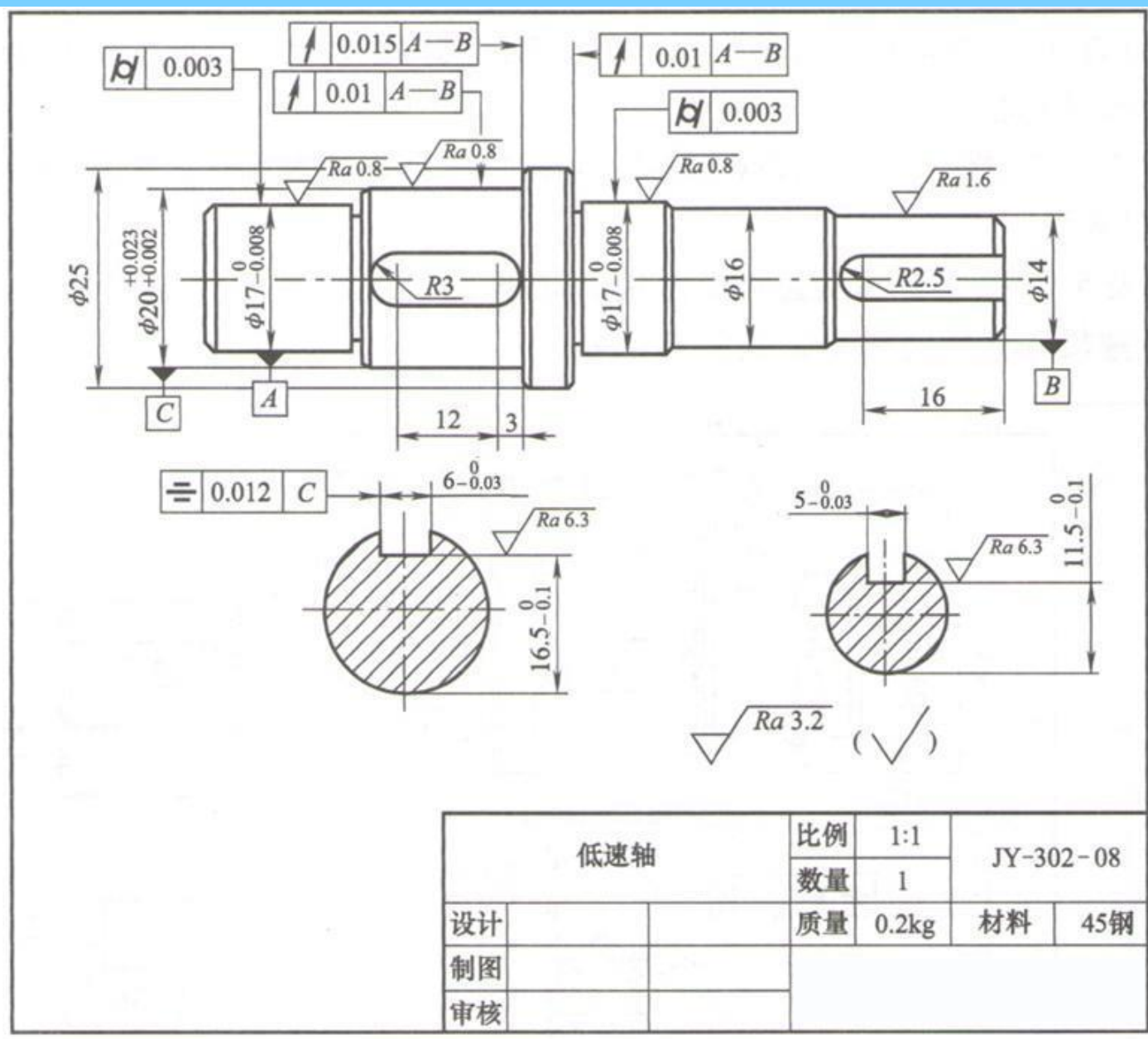
## 标注



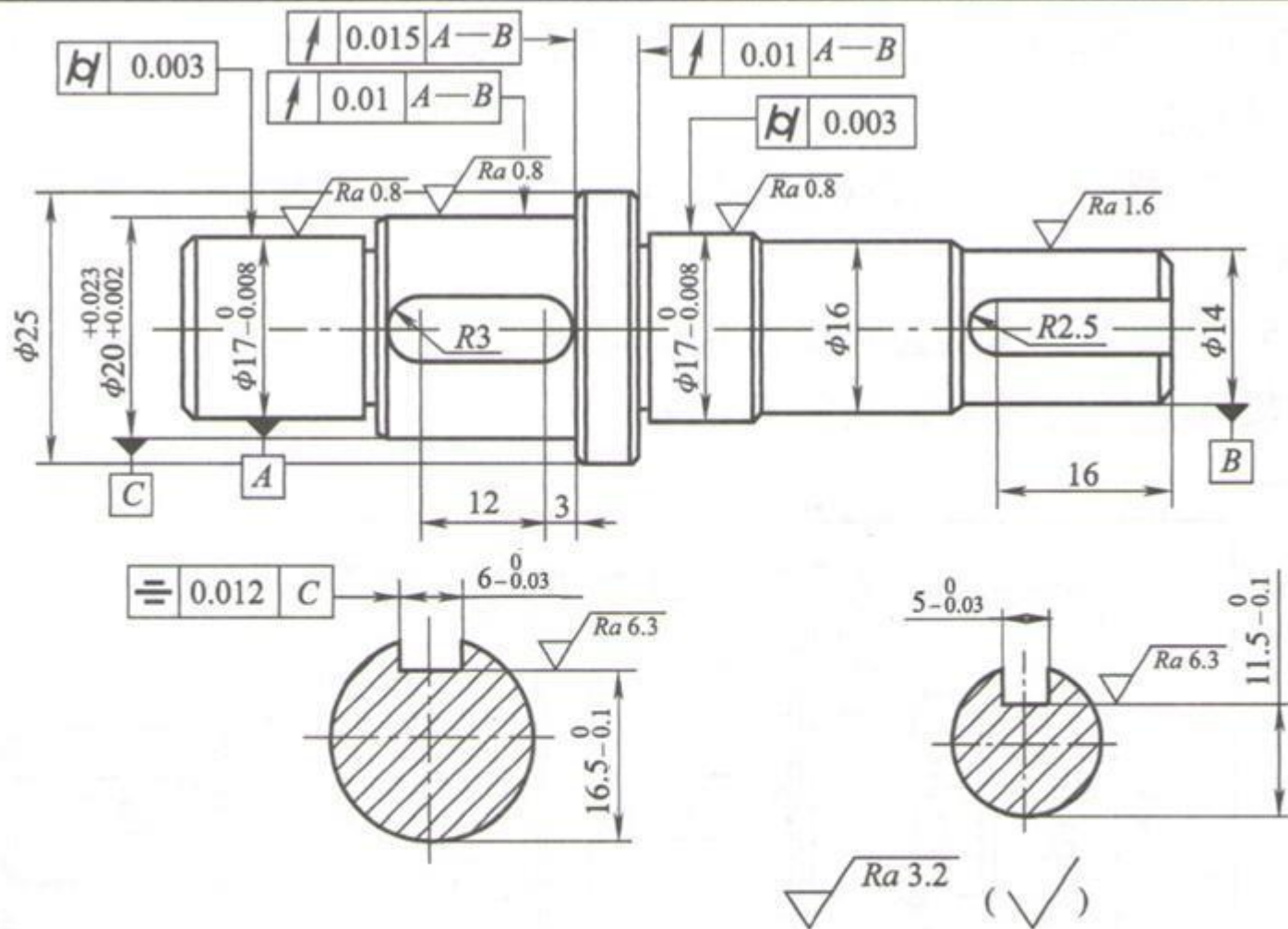
## 2) 低速轴几何公差标注



### 3) 低速轴表面粗糙度标注



# 低速轴公差标注



低速轴	比例	1:1	JY-302-08	
	数量	1		
设计			质量	0.2kg
制图			材料	45钢
审核				



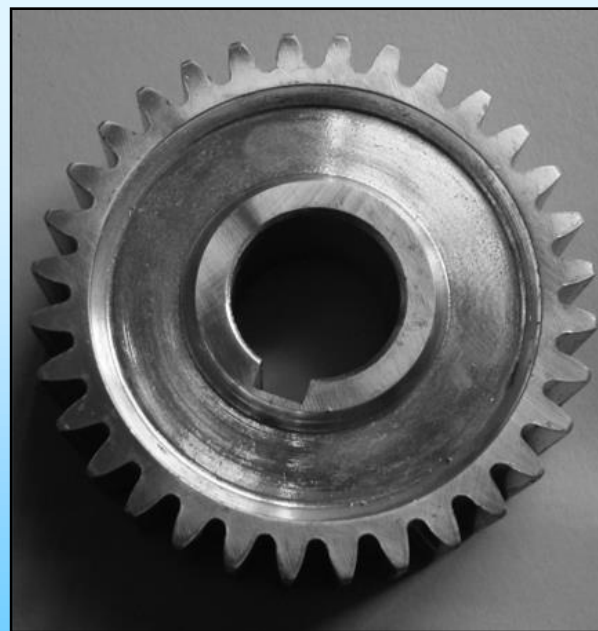
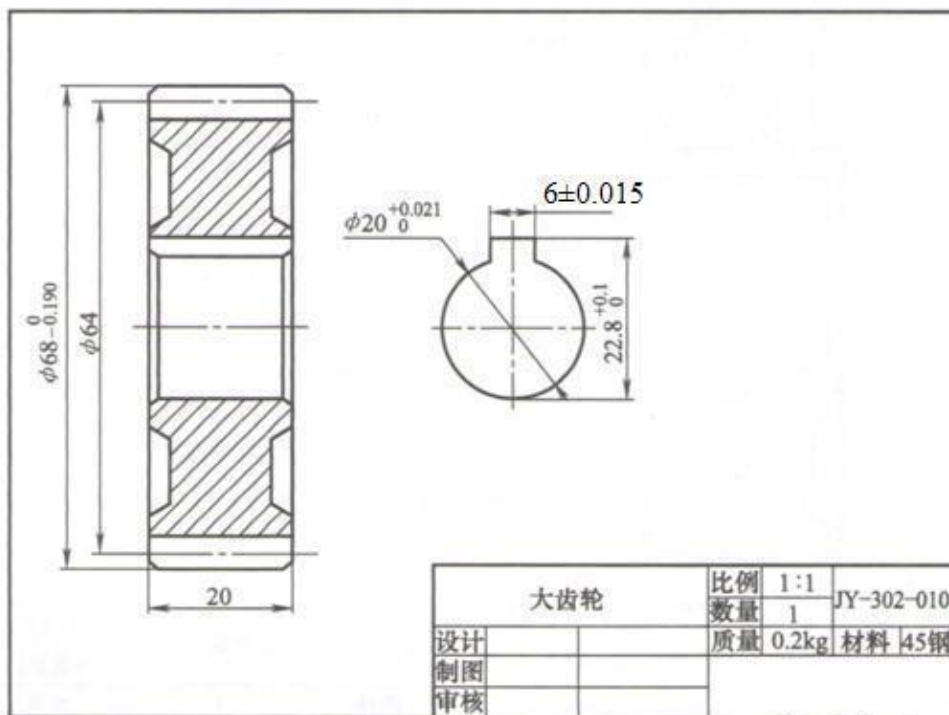
## 4、大齿轮公差选择与标注

- ①大齿轮尺寸公差选择与标注
- ②大齿轮几何公差选择与标注
- ③大齿轮表面粗糙度选择与标注
- ④大齿轮齿形公差选择与标注



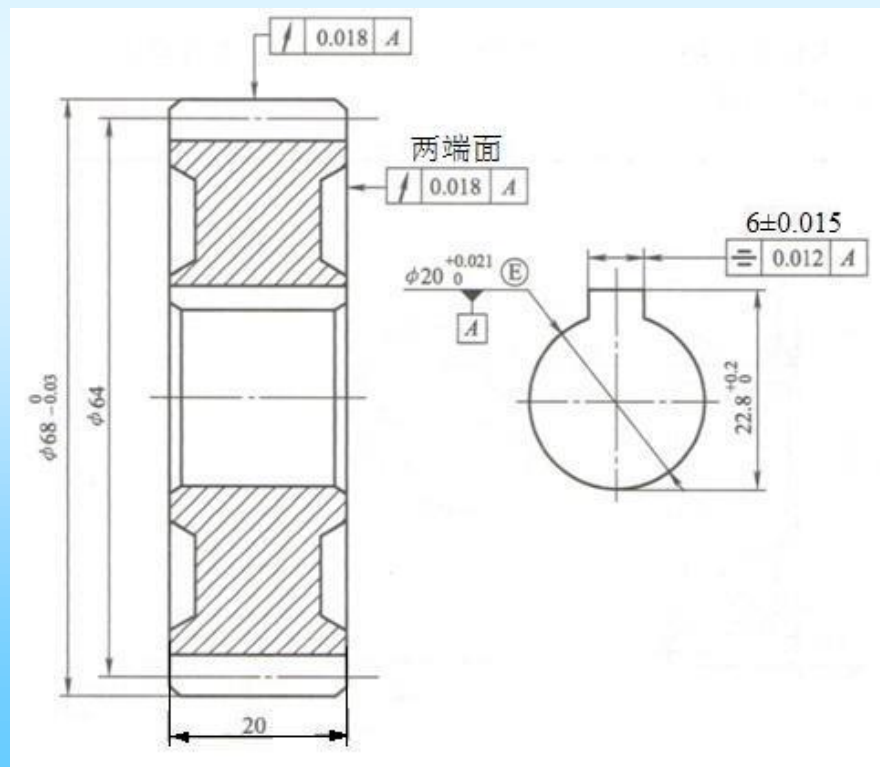
# ➤ ①大齿轮尺寸公差选择与标注

- 1) 与低速轴配合的内孔尺寸公差。  $\Phi 20H7$ ,  $\phi 20^{+0.021}_0 mm$
- 2) 齿顶圆尺寸公差。齿顶圆尺寸为  $\Phi 68mm$ ，选择齿顶圆尺寸公差等级为 IT11，得齿顶圆尺寸公差为  $\phi 68^{+0.190}_0 mm$
- 3) 与低速轴配合的孔键槽宽度尺寸公差、深度尺寸公差。键槽宽度尺寸公差  $6JS9(\pm 0.015) mm$ ，深度尺寸公差  $22.8^{+0.1}_0 mm$

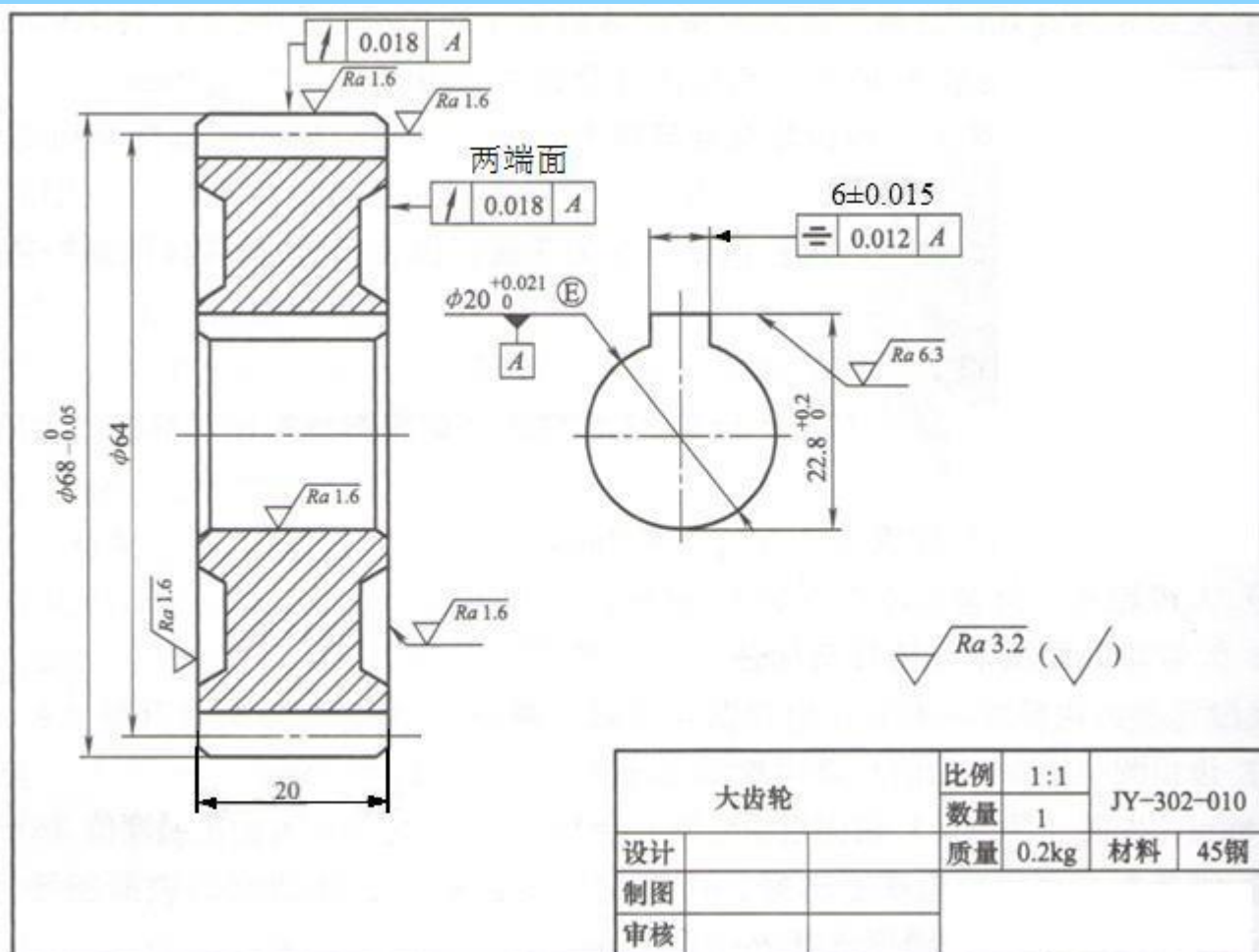


## ➤ ②大齿轮几何公差选择与标注

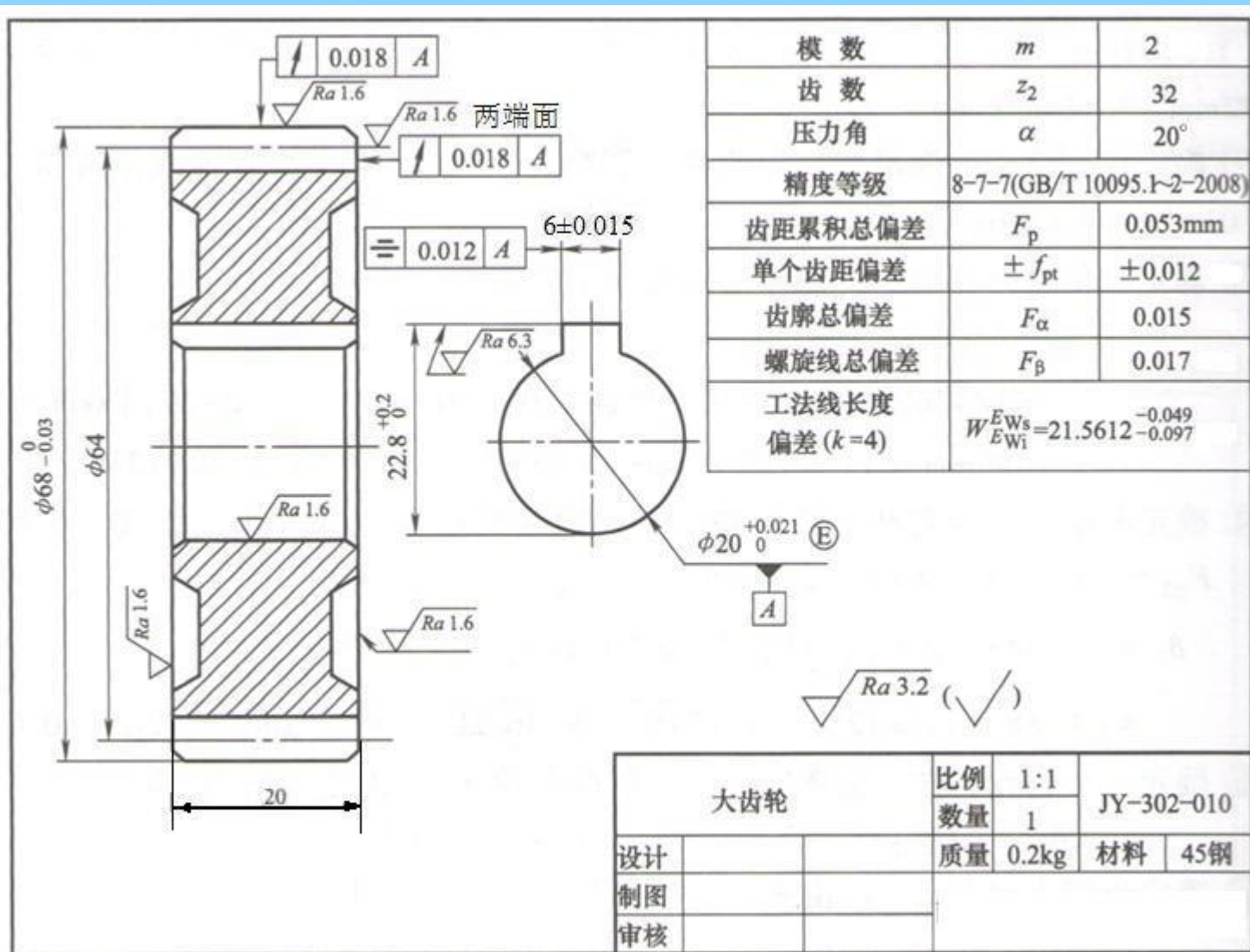
- 1) 大齿轮内孔几何公差。因齿轮精度为7级，内孔直径 $\Phi 20\text{mm}$ ，应采用包容要求。
- 2) 大齿轮轴向圆跳动。齿轮精度为7级，轴向圆跳动公差值为 $0.018\text{mm}$ 。
- 3) 齿顶圆径向圆跳动。齿轮精度为7级，径向圆跳动公差值为 $0.018\text{mm}$ 。
- 4) 内孔键槽的对称度。对称度取8级，公差值为 $0.012\text{mm}$ 。



# ➤ ③大齿轮表面粗糙度选择与标注



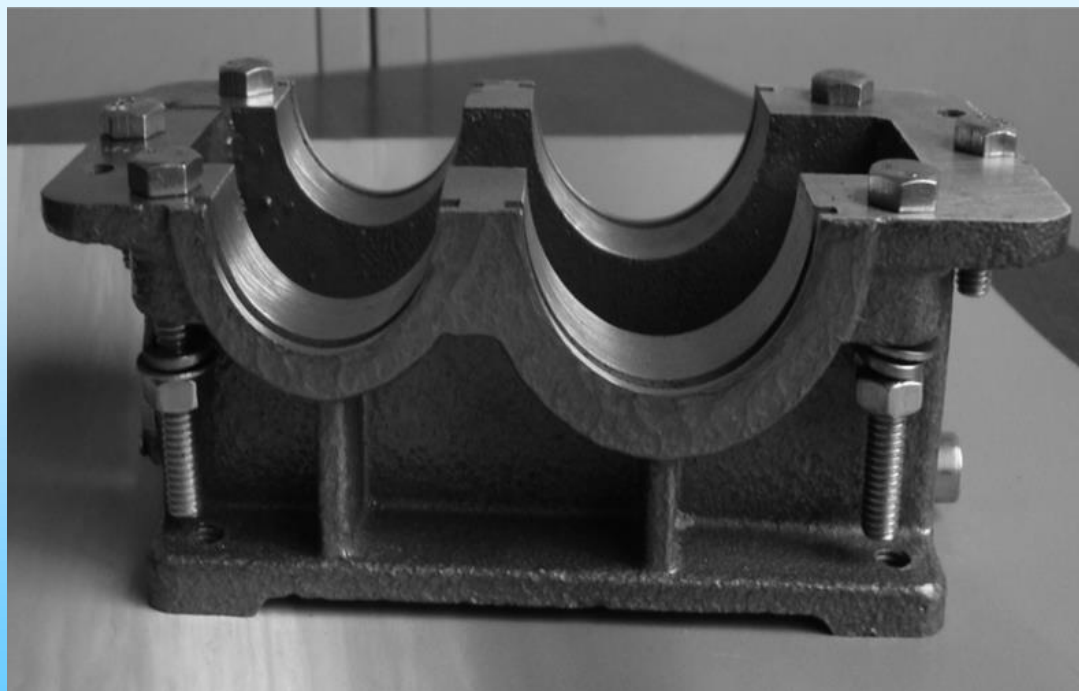
# ➤④大齿轮齿形公差选择与标注





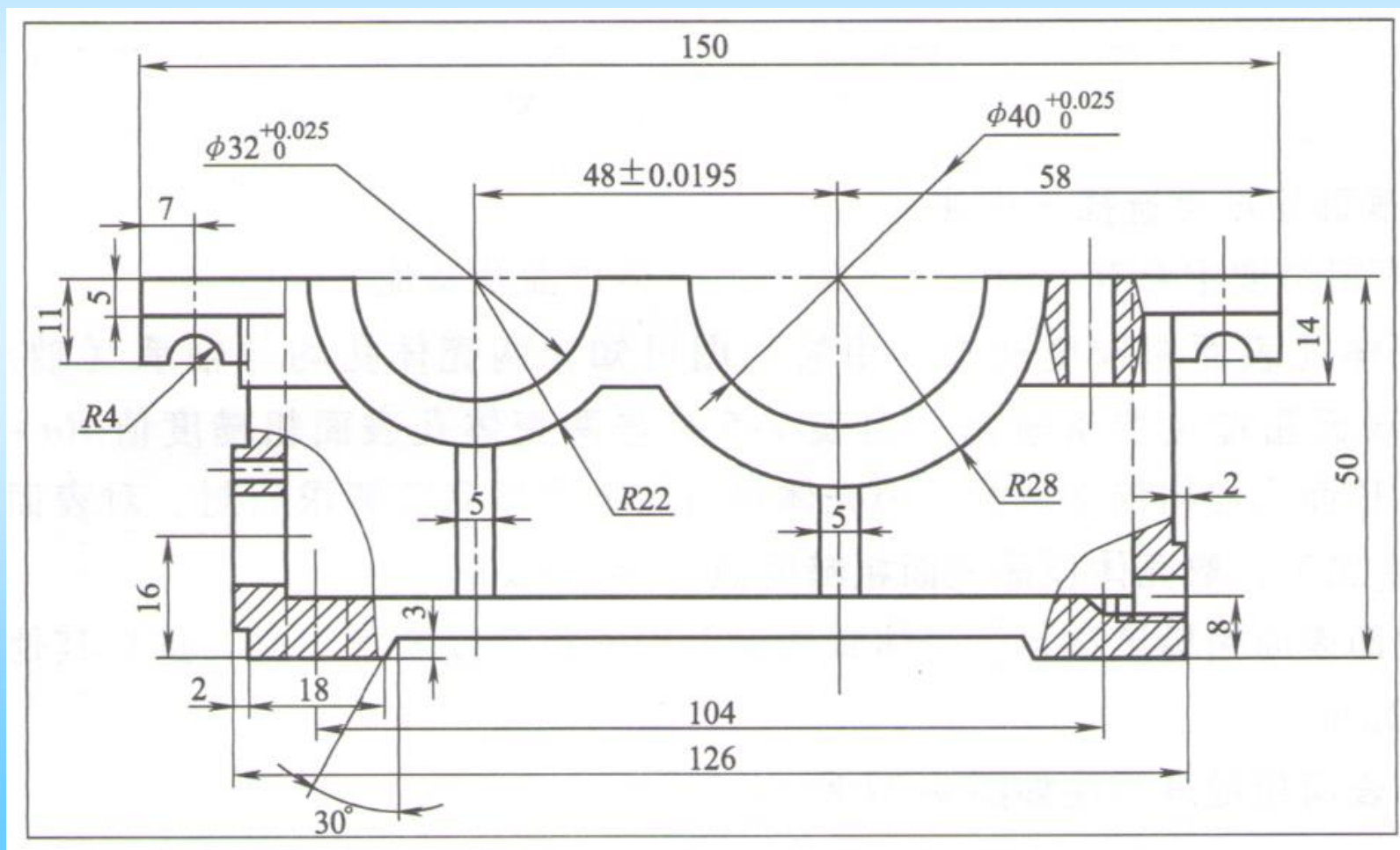
## 5、壳体公差选择与标注

- ①壳体尺寸公差选择与标注
- ②壳体几何公差选择与标注
- ③壳体表面粗糙度选择与标注



# ➤①壳体尺寸公差选择与标注

- 壳体孔中心距及极限偏差 $a \pm fa$ ，与装配图中的相同， $48 \pm 0.0195\text{mm}$ 。



## ➤ ②壳体几何公差选择与标注

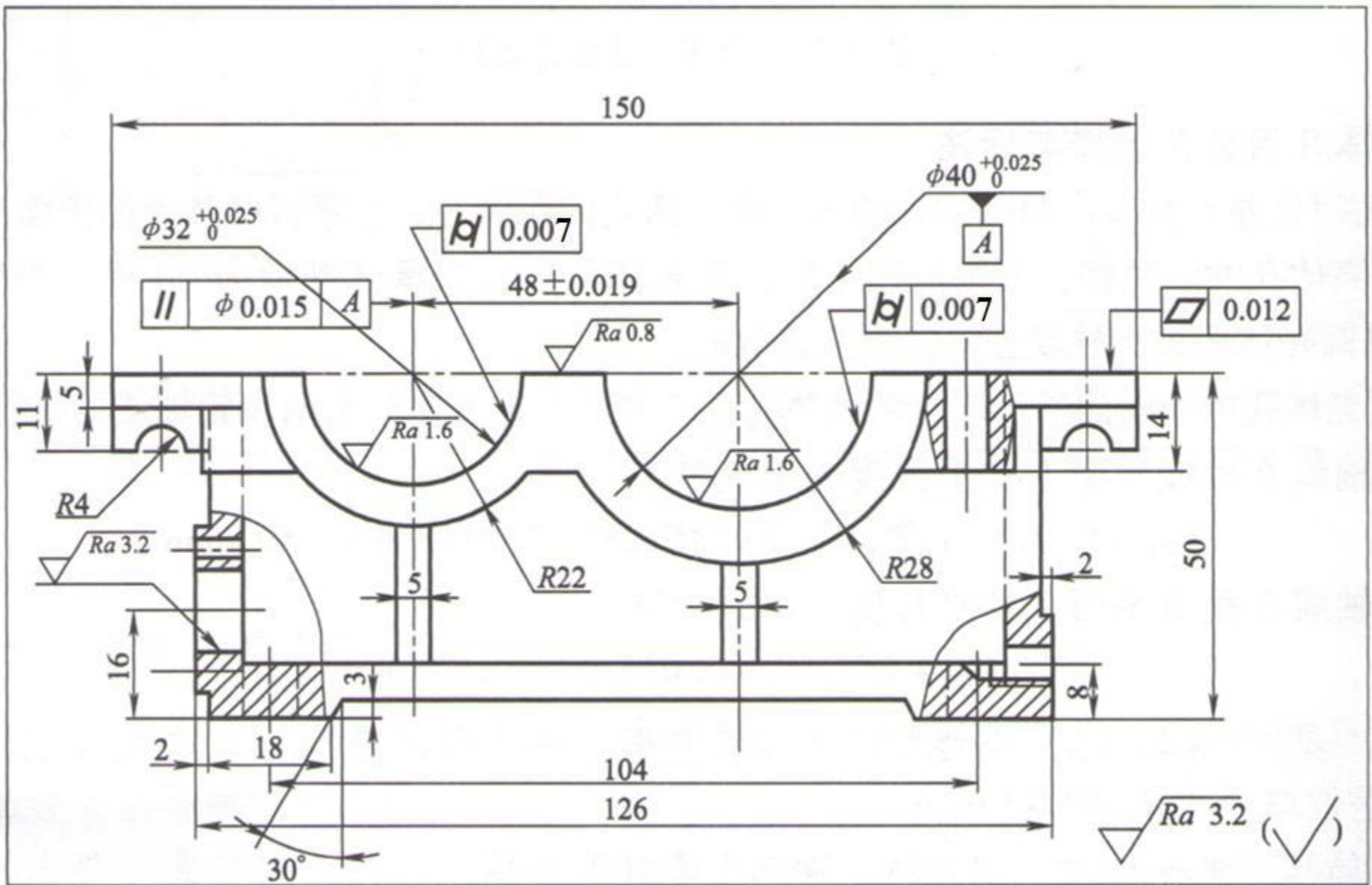
- 1) 两壳体孔的圆柱度。两壳体孔均与轴承外圈配合，则两壳体孔的圆柱度公差值为0.007mm。
- 2) 两壳体孔中心线的平行度。实际为两齿轮轴线的平行误差。

$$f_{\Sigma\beta} = 0.5 \left( \frac{L}{b} \right) F_{\beta} = 0.5 \left( \frac{46}{25} \right) 0.016 = 0.015mm$$

- 取平行度公差值为Φ0.015mm

- ③壳体顶面的平面度。因壳体顶面与上壳体底面要求密封，对平面度要求较高，取平面度公差等级为6级。查表得平面度公差值为0.012mm。

# 壳体几何公差标注



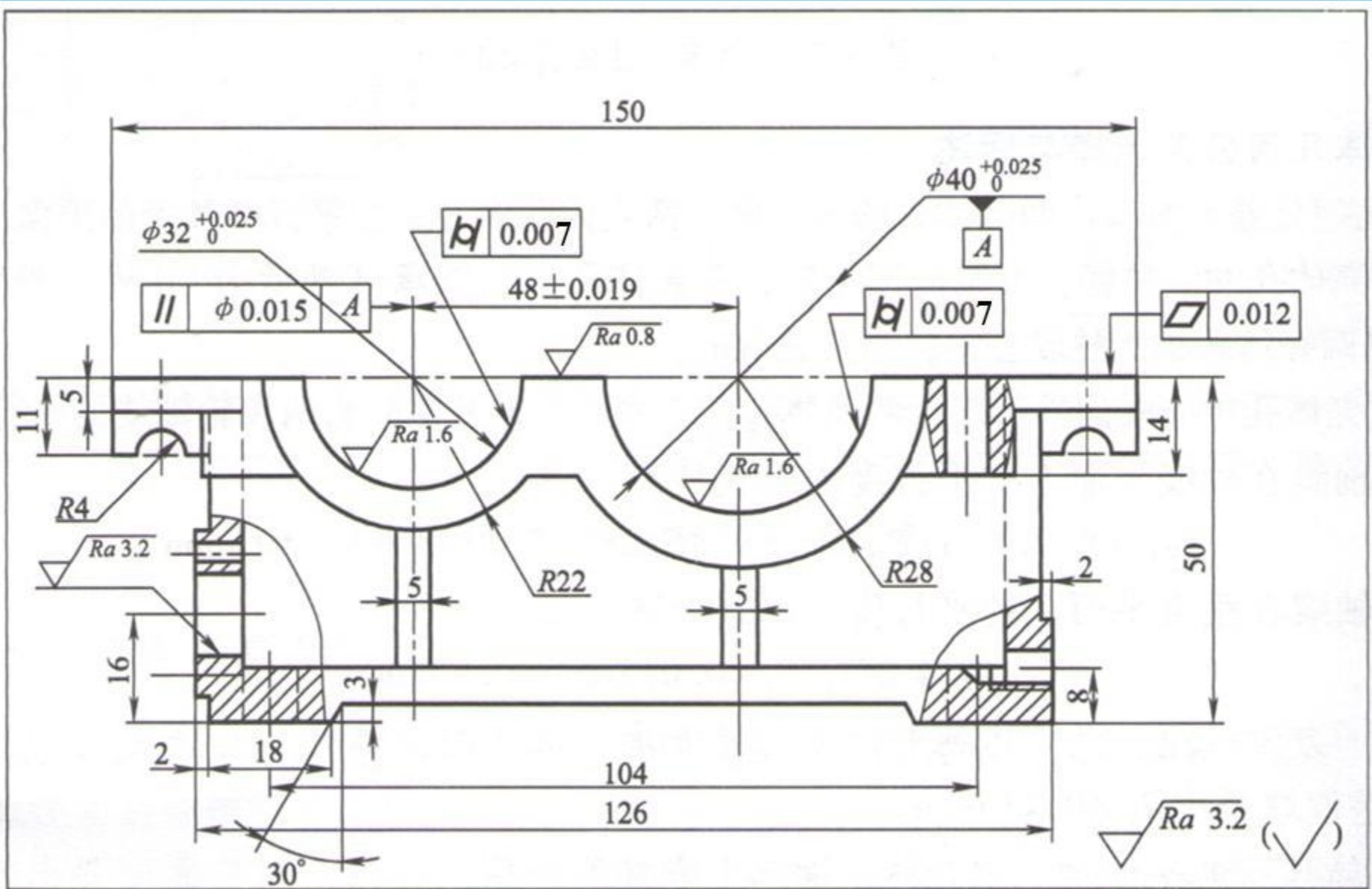


### ③壳体表面粗糙度选择与标注

- 1) 两壳体孔表面粗糙度选择。与轴承配合，表面粗糙度要求较高，取其粗糙度值 $Ra=1.6\mu m$ .
- 2) 壳体顶面表面粗糙度选择。要求密封，对表面粗糙度要求较高，用磨削加工，取其粗糙度值 $Ra=0.8\mu m$ .
- 3) 其他面表面粗糙度。壳体其他面对表面粗糙度要求不高，表面粗糙度取 $Ra=3.2\mu m$ .



## ➤ ③壳体表面粗糙度选择与标注



# END

