

《公差配合与技术测量》补充讲义

——几何量精度设计

魏 红 编

沈春能 审

沈阳航空工业学院

一九八六年九月

前 言

《互换性与测量技术基础》是机械类各专业的一门技术基础课。在教学计划中本课程是联系设计课程与工艺课程的纽带，是从基础课学习过渡到专业课学习的桥梁。

任何一台机器的设计，除了运动分析、结构设计、强度计算和刚度计算等以外，还有精度设计。机器的精度直接影响到机器的工作性能、振动、噪声、寿命和可靠性等。研究机器的精度时，要处理好机器使用要求与制造工艺的矛盾。解决的办法是规定合理的公差，并运用测试手段保证其贯彻实施。学习本课程的目的就是使学生熟悉零件几何精度设计，合理地确定几何量公差（即尺寸公差、形位公差、表面粗糙度公差、滚动轴承公差及齿轮公差等），以满足使用要求。

由于学生机械设计与制造方面的理论知识不多，生产实践的知识也较缺乏。若只通过课本知识的学习，要达到对机器正确地进行精度设计确有困难，为了帮助学生解决这一课题，特编此《公差与配合的应用综合举例与练习》，并可供机械零件课程设计时参考。

总之，本课程的任务在于使学生获得机械工程师必须具备的几何量互换性、公差与测量技术方面的基本知识和技能。这些知识和技能的巩固和运用尚需通过后续的设计课程和工艺课程以及课程设计和毕业设计等教学环节来完成。而毕业后的实际工作的锻炼将使学生进一步加深理解和逐渐熟练掌握本课程的内容。

目 录

一、尺寸公差与配合的选用综合举例	1
二、尺寸公差与配合的选择练习	10
三、形位公差的选择及应用举例	12
四、滚动轴承与壳体的配合选用举例及标注	23
五、平键联结的公差与配合的选用	24
六、表面粗糙度的应用举例	26
七、螺纹公差带选用及标注	27
八、渐开线圆柱齿轮精度选择与应用举例	28
九、综合练习题	34
十、主要参考书目	39

一、尺寸公差与配合的选用综合举例

例1：某配合的基本尺寸为 $\varnothing 40\text{ mm}$ ，设计要求其具有 $10 \sim 52\text{ }\mu\text{m}$ 的间隙，试确定公差等级并选取适当的配合。

解：1、确定基准制：按其不受原材料、标准件和结构的限制，选基孔制。

2、确定孔公差带：由已知条件得配合公差要求为：

$T_f' = |X_{\max}' - X_{\min}'| = |52 - 10| = 42\text{ }\mu\text{m}$ 。这个数值应等于或大于孔与轴的公差之和，即孔与轴的公差在 $T_f'/2 = 21\text{ }\mu\text{m}$ 左右。这时要看孔、轴的标准公差等级。如在7级以上，则取孔比轴低一级，如在8级以下，则可取孔、轴同级。

查标准公差数值表，得 $IT7 = 25\text{ }\mu\text{m}$ ， $IT6 = 16\text{ }\mu\text{m}$ 。

可取孔的标准公差为7级，即孔的公差带为H7，并可开始画公差带图。

3、确定轴公差带：因为是间隙配合，可以大致知道轴的公差带位置在零线的下方，并且有 $|X_{\min}'| = |es|$ 。

因已知要求最小间隙 $X_{\min}' = 10\text{ }\mu\text{m}$ ，即轴基本偏差应接近 $-10\text{ }\mu\text{m}$ 。

查轴的基本偏差数值表，取轴基本偏差为g， $es = -9\text{ }\mu\text{m}$ 。

轴的公差应初步确定为：

$$T_s = T_f' - T_h = 42 - 25 = 17\text{ }\mu\text{m}。$$

由标准公差数值表得知，取 $IT6 = 16\text{ }\mu\text{m}$ 。

这时 $ei = es - IT6 = -9 - 16 = -25\text{ }\mu\text{m}$ 。

轴的公差带确定为g6。

因此，配合选取应为 $\varnothing 40\text{ H}7/\text{g}6$ ，如图1所示。

4、分析：画配合公差带图。设计要求的配合公差带如图2 a所示， $\varnothing 40\text{ H}7/\text{g}6$ 的配合公差带如图2 b所示。

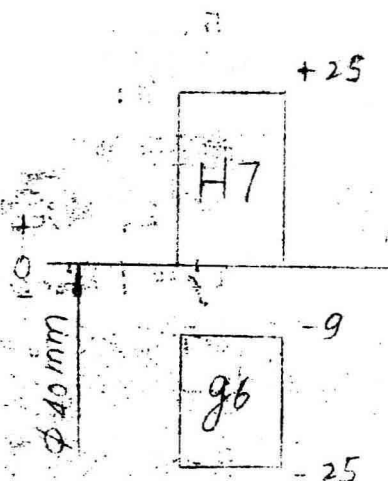


图 1

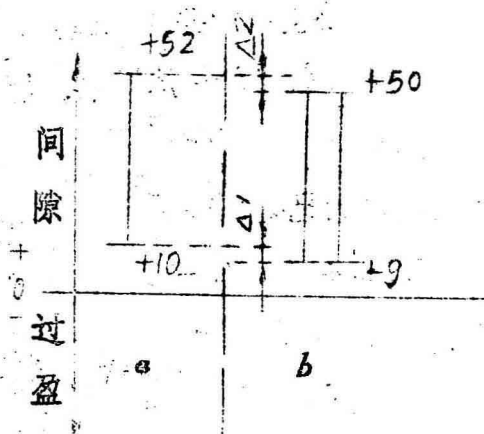


图 2

通常，对于大批量的生产，在不影响配合性能和成本不过分增加的前提下，一般选取的公差与配合的极限间隙（过盈）与原要求的极限间隙（过盈）之差 Δ 的绝对值以不超过原要求的配合公差的10%为宜。原则是以不影响工作性能或不致过多地提高成本为准。由图2可知， Δ_1 将影响使用性能， Δ_2 则影响经济性。所以规定10%是为了在大批量生产条件下，对以上两种影响加以限制。

在例1题中：

$$\frac{|\Delta_1|}{T_f} = \frac{|9 - 10|}{42} = \frac{1}{42} < 10\%$$

$$\frac{|\Delta_2|}{T_f} = \frac{|50 - 52|}{42} = \frac{2}{42} < 10\%$$

例2：某配合，基本尺寸为 $\phi 90 \text{ mm}$ ，设计要求具有最大间隙 $X_{\text{max}}^i = 12 \text{ } \mu\text{m}$ ，最大过盈 $Y_{\text{max}}^i = -78 \text{ } \mu\text{m}$ ，试确定公差等级和选取适当的配合。

解：1、确定基准制：选取基孔制。

2、确定孔公差带：配合公差要求为 $T'_f = |X'_{max} - Y'_{max}| = |12 - (-78)| = 90 \mu m$ 。

查公差数值表得 $IT8 = 54 \mu m$ ， $IT7 = 35 \mu m$ 。可取孔的公差带为 H8。

3、确定轴公差带：为过渡配合，并知 $|Y'_{max}| > |X'_{max}|$ ，其平均配合性质是过盈，即轴的公差带与孔的公差带交叠且偏上。

由 $X_{max} = ES - ei$ 的公式可以初步确定轴的基本偏差应为：

$$ei = ES - X'_{max} = +54 - 12 = +37 \mu m。$$

查轴的基本偏差数值表，取轴的基本偏差为 p， $ei = +37 \mu m$ 。

轴的公差： $T_s = T'_f - T_h = 90 - 54 = 36 \mu m$ 。

查标准公差数值表，取 $IT7 = 35 \mu m$ 。

这时 $es = ei + IT7 = 37 + 35 = +72 \mu m$ ，即轴的公差带为 p7。

最后确定配合代号为 $\phi 90 H8/p7$ ，如图3所示。

4、分析：画配合公差带图。设计要求的配合公差带为图4 a所示， $\phi 90 H8/p7$ 的配合公差带为图4 b所示。

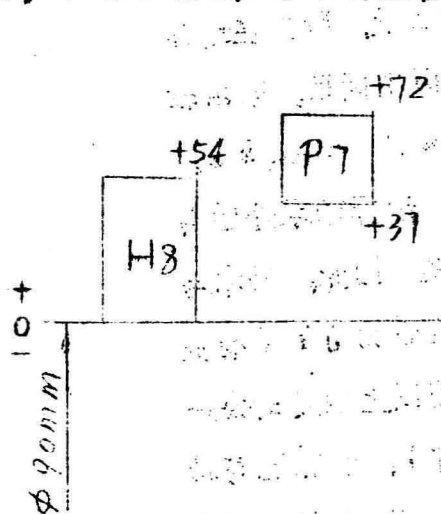


图 3

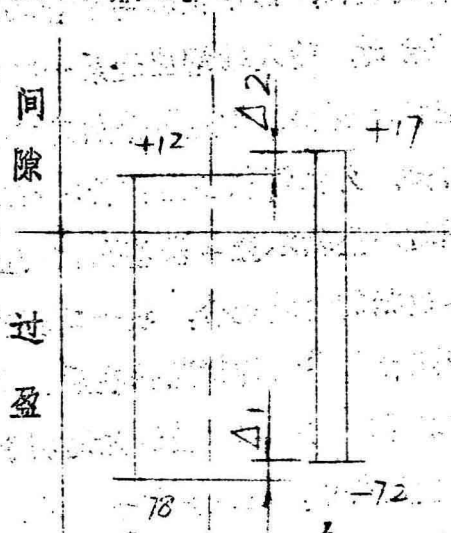


图 4

$$\frac{|\Delta_1|}{T'_f} = \frac{|(-72)-(-78)|}{90} = \frac{6}{90} < 10\%$$

$$\frac{|\Delta_2|}{T'_f} = \frac{|+17-12|}{90} = \frac{5}{90} < 10\%$$

所以，本题选取 $\phi 90 H8/p7$ 适宜。

例3：图5是经过传动、强度、结构等设计，而绘制出的二级圆锥——圆柱齿轮减速器装配图。要求给出主要配合部位的公差与配合。

解：该减速器的作用是把机械传动中的动力部分与执行部分连接起来，并通过它实现减速的要求。其工作条件没有特殊要求，为一般用途的减速器。

按前述原则，将减速器结合的公差与配合选择分析如下：

虽然本减速器的轴承是普通精度，齿轮为一般精度，但与之相结合的零件部位，也要按比较重要的配合对待，因此选定公差等级时，轴颈为IT6，基座孔为IT7，齿轮孔为IT7，轴为IT6。由于输入轴的转速较高，而中间轴与输出轴转速依次降低，所以在选择轴与轴承间配合时，输入轴端应选紧一些的配合，而中间轴、输出轴端的配合则应依次变松，于是可分别确定公差带为 $n6$ 、 $m6$ 、 $k6$ 。从图中结构可知，为保证轴在热伸长时有轴向游隙，选择轴承外圈为游动套圈，通过调整轴承盖与基座孔间的垫片来控制。因此，轴承与基座孔应选择最松的过渡配合，现确定基座孔的公差带为J7（有关轴承的公差与配合更详细的情况将在后面举例）。按以上确定的公差等级，并参考表《轴的基本偏差选用说明》（见教材），齿轮孔与轴选定的配合按使用要求，应选用过渡配合。为简化基座孔形状，便于加工与装卸，轴承盖结合处外径选公差带为 $f9$ （间隙变动不影响使用要求，故取较低的IT9），在装配图上标注配合代号为 $J7/f9$

(这属于根据使用要求, 任选孔、轴公差带组成的配合)。

对定位挡套, 按其作用可选用较低的公差等级 (IT11) 和大间隙的配合, 故选用孔公差带为 D11, 在装配图上标注代号分别为: D11/n6、D11/m6、D11/k6。

输入轴转速较高, 其与联轴器的结合, 按联轴器标准推荐配合为 H7/r6。输入轴密封圈处定位挡套, 其定心精度对密封性能有一定影响, 故选用孔公差带为 H9, 与之确定的轴径公差带 n6 构成过渡配合 H9/n6。

输出轴与链轮的结合以及装轴承的套。

杯与基座孔的结合可参考有关表格, 按选择原则来确定: 如输出轴与链轮之间加了紧固件 (键), 可选用与以上各级齿轮和轴的配合一样的优先配合 H7/k6; 为保证锥齿轮传动精度, 且在大修时能拆下来, 套杯与基座间可选用配合代号为 H7/n6 的配合。

例4: 图6为圆锥齿轮减速器, 工作条件为中载、中速, 稍有冲击, 在中小型工厂小批量生产。试选择其各配合处之公差与配合。

解: 各配合处之公差与配合的选择, 实际上就是选择该处所采用的: 基准制、公差等级、配合类别。下面分别从这三个方面来说明选择的理由和结果。

1. 联轴器与输入端轴颈:

无特殊情况应优先采用基孔制; 影响性能的重要配合, 应选用较高公差等级。一般孔取 IT7, 轴取 IT6; 要求同轴度高, 且能拆装 (不常拆装), 应选过渡配合, 因无附加的轴向定位, 故选较紧的

过渡配合。选择结果为: $\varnothing 40 \frac{H7}{m6}$ 。

2: 滚动轴承 7310 外圈与套杯孔的配合:

图 5 二级圆锥——圆柱齿轮减速器

图6 圆锥齿轮减速器

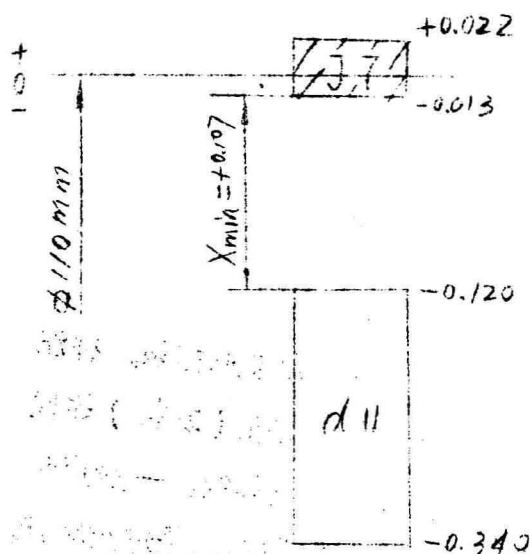
轴承是标准件，必然选择基轴制。因轴承公差带自成体系，标注时不标出基准件（即轴承）代号，只标出与其相配的孔（或轴）的代号；为发挥轴承固有精度，非标准件应选用较高公差等级，一般应选IT7以上；要求同轴度高，便于拆装，且考虑滚动轴承是薄壁零件，易变形，故配合的松紧应适中，以免打滑或“卡死”。由受力情况，此处外圈固定受局部载荷，为避免滚道局部磨损严重而降低使用寿命，以期有些“爬行”（蠕动），可选用H7或J7。所以此处配合的选择结果为 $\phi 110\text{J7}$ 。

3. 滚动轴承7310内圈与轴颈的配合：

理由同上。选择基孔制，且不标出基准件的代号，同样，滚动轴承的精度级可选为G级轴承。轴承内圈与轴一同旋转，为防止打滑，应选用较紧的配合，一般G级轴承相配件选用精度级为k6的配合，选择结果为： $\phi 50 k6$ 。

4、轴承端盖止口与套孔杯的配合：

此处配合要求比套杯孔与轴承外圈的配合要松，后者已选用 $\phi 110 J7$ ，故此处不能采用基孔制，否则会出现阶梯孔，工艺性差。所以孔应按光孔加工，使轴承盖止口的公差带下移，形成两非基准件组成的混合配合；轴承端盖止口，只起轴向定位作用，径向尺寸公差大些亦不影响机器性能，为降低成本，可采用较低公差等级，如IT11；为便于拆装及补偿由于形位误差使孔起止口（轴）作用尺寸增大的影响，应选择大间隙配合。此处可取 $X_{min} = +0.1 \text{ mm}$ 左右，配合类别应按公差带关系推算：



故此处配合的选择结果为：

$\phi 110 \frac{J7}{js11}$

5、小锥齿轮孔与轴颈的配合：

本处配合为影响工作性能的重要配合，可采用基孔制精度级为IT7/IT6。另外还应考虑齿轮的精度等级：为保证齿轮的工作精

度和啮合性能，且要求同轴度高及便于拆装，可根据载荷大小和批量

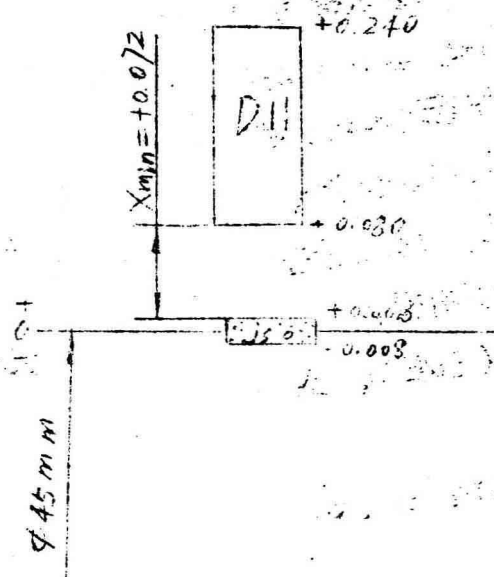
在 $\frac{H7}{js6(k6, m6, n6, h6)}$ 中选用。此处为中速中载、小批生产，

可选用 $\frac{H7}{js6}$ ；该过渡配合大部分有间隙，小部分稍有过盈。是一常

用精密定位配合。故该处配合选择结果为： $\phi 45 \frac{H7}{js6}$

6、隔离套孔与轴颈的配合：

此处是两非基准件组成的混合配合，理由同轴承盖止口与套杯孔（序号4）的选择；隔离套只起轴向定位作用，径向尺寸大些不影响工作性能，为降低成本，选用低的公差等级IT11；为便于拆装和避免装配时隔套划伤轴颈，应采用大间隙配合，此处可取 $X_{min} = +0.1 \text{ mm}$ 左右，配合类别应按公差带关系推算：



故此处配合的选择结果为：

$$\phi 45 \frac{D11}{js6}$$

7. 套杯外径与箱体孔的配合:

采用基孔制。本配合为直接影响齿轮的工作性能的重要配合。一般孔用 IT7, 轴用 IT6; 由于它既要保证锥齿轮啮合间隙的调整, 又不致太松动, 故可以选用最小间隙为零的间隙定位配合。因此选择

$$\text{结果为: } \phi 130 \frac{H7}{h6}$$

8. 皮带轮内孔与轴径的配合:

优先采用基孔制。为一般重要配合, 可选中等公差等级 IT8 或 IT9; 扭矩由平键承受。为便于拆装, 可选取较松的过渡配合或第

$$\text{一种间隙配合。选择结果为: } \phi 50 \frac{H8}{h8}$$

二. 尺寸公差与配合的选择练习

练习 1, 图 7 所示为某齿轮变速箱的一部分。轴 1 的转速为 1500 转/分 (属于高转速), 传递功率 16 千瓦 (属较大载荷)。轴承盖 7 与箱体 3 的端面间有纸垫 8, 以防尘及防漏油。套 5 仅用来分隔两个轴承 4, 它与箱体 3 的配合要求装拆方便。拧紧螺母 6, 可使两轴承 4 的内圈靠近, 以消除轴承内部的间隙, 但调整次数较少。齿轮 2 与轴 1 以平键相连接以传递扭矩, 要求配合牢固。轴承 4 为普通级精度。此变速箱为较重要的机器, 大批生产, 工作时稍有振动。

试根据上述条件分析图 7 中所标各配合的选择理由 (基准制、公差等级和配合种类应分别说明)。

练习 2, 如图 8 所示。叉头 1 与轴 2 要求采用过渡配合, 拉杆 3 与轴 2 要求采用间隙配合。试分析应采用那种基准制。

图 7

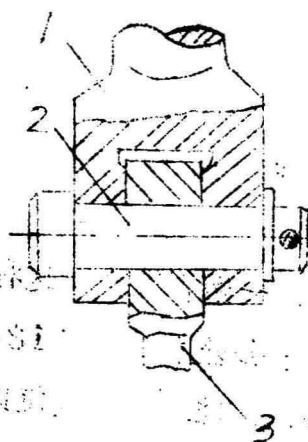


图 8

练习 3。图 9 所示为钻模的一部分。在钻模板 1 上镶有固定衬套 2。可换钻套 3 应可以迅速取出更换。4 是钻套 3 的定位螺钉。扳动手柄 5，通过方头螺栓 6 可以提起套筒 7，从而将钻模板 1 固定。衬套 8 为固定套筒与钻模板 1 的配合要求装配方便。钻模的作用主要是保证钻孔的位置精度。使用时所受的冲击和负荷均很小。

试根据上述条件，分析图中标各尺寸的基准制、公差等级和配

合种类的选择理由。

图 9

三、形位公差的选择及应用举例

加工后的实际零件都会有形位误差。一般情况下，这种误差多由尺寸公差或机床精度来控制，而无需注出公差（按GB1184—80未注形位公差，则应选择和确定公差项目、基准、公差数值以及公差原则。

（一）公差项目的选择

在国家标准中规定了很多形位公差项目，具体选择时，可从以下几方面考虑：

1、零件的几何特征：例如，加工后的圆柱零件将产生圆柱度误差；对于圆锥零件则为圆度误差。加工后的平面零件将存在平面度误差；凸轮类零件会有轮廓度误差；带孔零件常产生位置度误差；槽类零件易出现对称度误差；阶梯孔、轴将存在同轴度误差等等。

2、零件的功能要求：从形位误差对零件使用性能的影响中可知。

圆柱度误差将影响回转精度。故对车床、磨床的主轴轴颈都要规定圆柱度公差要求。又如齿轮箱两孔轴线不平行，将影响齿轮正常啮合，降低承载能力，则要规定同轴度要求。

3、测量的方便性：例如，齿轮箱中传动轴的两支承轴颈，根据其几何特征和功能要求，应规定圆柱度公差和同轴度公差。但为了便于测量，可用径向圆跳动（或）全跳动公差代替此两项公差。

4、形位公差的特点：一般情况下，当精度要求不太高时圆柱度公差可以控制圆度误差；跳动公差可以控制与其有关的形状、定向和定位误差。因此，对同一被测要素规定了圆柱度公差，一般就不再规定圆度公差；规定了定位公差，通常就不再规定与其有关的定向公差；等等。若用位置公差控制形状误差不能满足对形状精度的要求时，则需要另给出形状公差，但形状公差应小于位置公差。

（二）基准的确定

在确定位置公差时，必须给出基准。如前所述，图样上注出的基准可以是单一基准、组合基准（公共基准）或多基准。这些都是根据零件在机器中的位置、作用、结构特点，以及对它们加工和检测的要求来考虑的。

单一基准一般用于定向或定位要求上比较单一的零件。因而，只采用一个平面、一条直线或一条轴线做基准要素即可。如平行度公差（见图10）、垂直度公差（见图11）、倾斜度公差（见图12）、对称度公差（见图13）等的标注。

组合基准一般用于以两孔或两轴颈作为支承的圆柱零件上，并要求给定同轴度公差或跳动公差的情况（见图14和图15）。

多基准常用于给定位位置度公差时，以确定孔组的位置精度。

采用多基准时，必须考虑基准的数目和顺序，基准的顺序不同，所表达的设计意图是不同的。因而，应根据零件的功能要求而定。不

可在公差框格中任意填写。

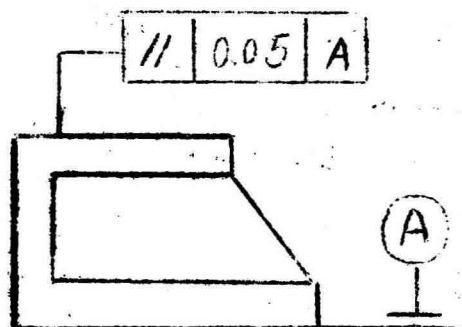


图 10

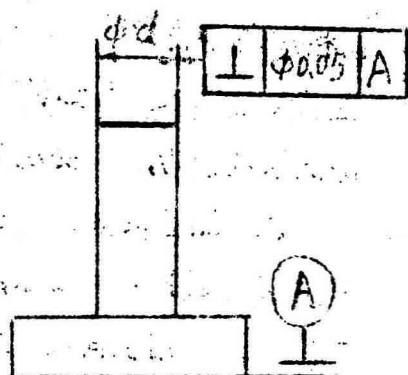


图 11

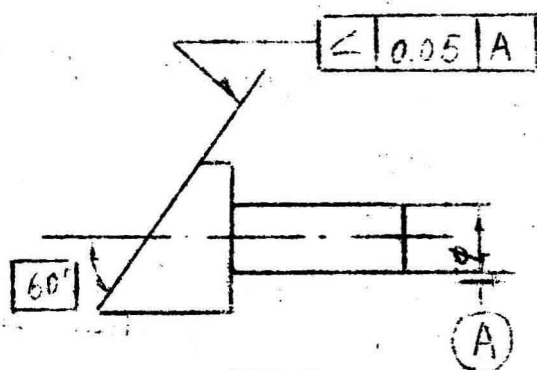


图 12

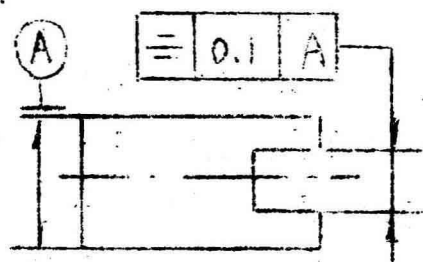


图 13

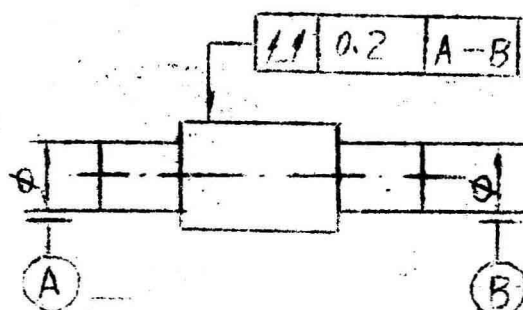


图 14

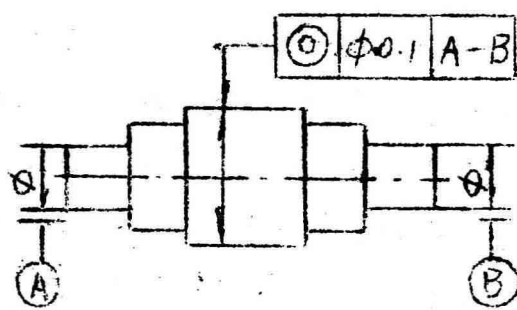


图 15

对于表面形状对称的零件，为了保证装配时零件颠倒时零件颠倒后仍能互换，应规定任选基准（见图 16）。对于任选基准，在检测