

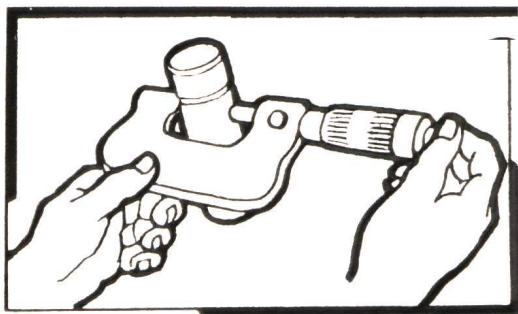
机械工人学习材料

JIXIE GONGREN XUEXI CAILIAO

基准与尺寸链

张以平 编

技 术 测 量



机械工业出版社

目 次

一 概述 (1)

二 基准及其分类 (2)

1 基准的分类和选择(2)——2 定位基准的分类和选择(13)——3 粗基准与精基准的选择(15)——4 选择定位基准的原则和应注意的问题(20)

三 基准的相互关系和基准变换与尺寸的联系 (25)

四 尺寸链及其计算公式 (29)

1 尺寸链的基本概念(29)——2 尺寸链的组成和分类(35)——3 尺寸链图的画法和尺寸链方程式(38)——4 尺寸链基本计算公式(41)

五 尺寸链的用途和分析计算 (46)

1 尺寸链计算的用途和用途(46)——2 尺寸链的分析计算(47)——3 零件尺寸链的分析计算(54)——4 装配尺寸链的分析计算(61)——5 工艺尺寸链的分析计算(63)

一 概 述

在机械零件的设计和加工过程中，经常会遇到基准和尺寸链的问题。由于零件图上的尺寸不允许注成封闭形，就出现了在零件图上没有注出的尺寸，有时这个没有注出的尺寸往往是在加工过程中需要用到的尺寸，或者在检验时需要测量的尺寸。我们把这些尺寸叫做工艺尺寸。

通常，在工序图和工艺卡片上还要标注一些专门供加工用的工艺尺寸，而工艺尺寸一般不直接采用零件图上的尺寸，必须进行尺寸的换算。有时为了加工和检测的需要，还要进行一些工艺尺寸的计算，例如工序尺寸的计算和基准不重合的尺寸换算等。因此，在加工工艺过程中，除了要选择基准外，还要根据加工的需要进行必要的工艺尺寸的计算。

零件在切削加工过程中，各加工表面本身的尺寸以及各表面之间的尺寸都在变化着，而工序内或工序间原有的内在尺寸联系，也随之发生变化。可见，在基准与尺寸链之间存在着一定的内在联系。

由于有这种内在的联系，因此基准的变换必将引起尺寸链的改变。正因为工艺尺寸是在加工过程中根据加工条件而规定的一些零件加工时所需要的尺寸，并且只有按照这些尺寸去加工，才能保证达到图纸上设计尺寸的要求。因此，尺寸链的计算以及加工余量的确定都与基准和尺寸链有关，基准与尺寸链的原理是机械加工工艺的基本原理之一。运用基准与尺寸链的基本原理来分析计算工艺尺寸，分析零件加工工序内或工序间相关尺寸的联系，以确定各加工表面的工序尺寸及公差，从而达到确保零件的加工精度、装配精度和工艺过程经济性的目的。

二 基准及其分类

任何零件都是由一些简单而具有一定形状、位置和尺寸的表面（如平面、曲面、球面等）组成的。我们把那些作为设计、加工、装配和检验依据的面、线、点叫做基准。因此，基准就是根据的意思。

因为在零件的各表面之间，都有一定的位置和尺寸要求。所以在零件的设计和加工中应以某些表面为依据来设计和加工其他表面，以保证图纸上的设计要求。弄清面与面之间的这种互相依赖的关系，正确的分析和选择基准，是进行零件设计和加工的必要前提。因此，无论在零件图的尺寸标注方面，或是在零件本身的加工方面，基准的选择和规定，都是零件设计和加工工艺过程中首先要解决的问题。

但是，作为基准的面、线、点不一定都能具体地反映出来（如孔的轴心线、中心线等），而往往是通过某些确定的具体表面来体现，这些表面称为

基面。例如在车床上用三爪卡盘夹持一根圆轴，实际定位表面（基面）是轴的外圆表面（外圆柱面），而它所体现的定位基准是这根轴的轴心线。这是在分析基准时应该注意的一点。

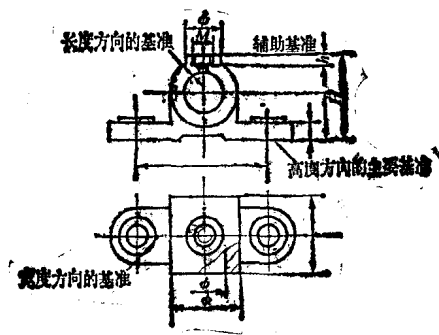


图1 轴承座的尺寸基准(平面基准)

1 基准的分类和选择

基准按其本身几何形状的不同，分为平面基准、直线基准和

点基准三种。

一、平面基准 平面基准也就是基准面。一般是指零件上的加工表面，如底面、端面、对称面和与其他零件配合的结合面等。例如，图1所示的轴承座，其高度方向的尺寸是以底面为基准，而长度与宽度方向的尺寸是以轴承座的对称面为基准。又如图2所示

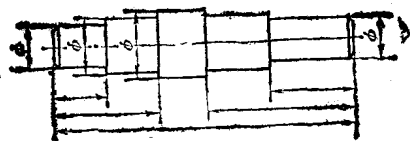


图2 轴的尺寸基准

的轴，其长度方向的尺寸是以两个端面为基准的。

二、直线基准 直线基准也就是基准线。一般为回转轴的轴心线或回转体的轴线。例如图2所示的轴，在确定各直径尺寸的起点时，都是以回转轴心线为基准的。

三、点基准 点基准也就是基准点。一般为曲线轮廓的板状零件和平面上圆的中心点，即孔和轴的圆心一点。

基准按其功用的不同，分为设计基准和工艺基准两大类。

1. 设计基准：在零件图上用来确定各表面之间的尺寸和相对位置的面、线、点，称为设计基准。设计基准可以是实际的面、线、点，也可以是抽象的面、线、点，例如一根轴和一个孔的轴心线，在零件图上以点划线来表示。设计人员就根据这些基准，标注尺寸和公差，以及形状和位置公差（例如平行度、垂直度、同轴度等），来确定零件各表面之间的相对位置。例如图3所示阶梯轴的轴心线是各外圆面的设计基准；端面A为端面B及台面C、D的设计基准。在车削小、中、大圆柱时，其各个长度尺寸都要从端面A量起，才能保证总长度55毫米的误差不超过0.1毫米。如果在测量时分别以C或D面做基准，其结果会使累积误差超过0.1毫米。因此，加工时首先必须选好图纸上的设计基准。而且，无论在加工、测量或装配时，都必须以设计基准

为依据，才能消除累积误差，保证零件的加工精度和装配精度，从而保证零部件和产品的质量。例如图4a所示，表面2、3和孔4的位置就是依据表面1为起始面而决定的，所以，表面1是表面2、3和孔4的设计基准。而孔5的位置又是依据孔4的轴心线来确定的，所以孔4的轴心线就是孔5的设计基准。例如图4b所示的阶梯轴，其轴线A是圆柱表面I、II、III的设计基准，而端面B是轴向尺寸a、b、c的设计基准。

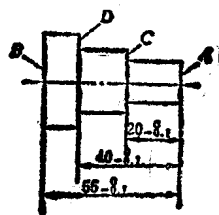


图3 阶梯轴的设计基准

设计基准是由该零件在产品结构中的功能来决定的。例如图5所示的主轴箱箱体，其顶面B的设计基准是底面D，孔II和孔

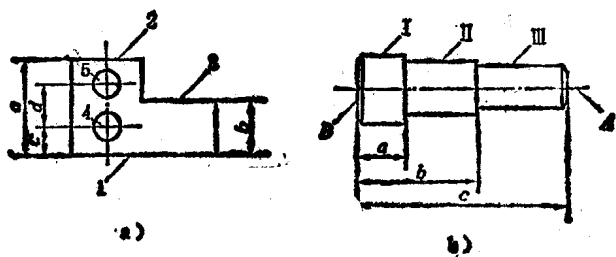


图4 角铁块与轴的设计基准

I的设计基准在垂直方向均为底面D，在水平方向均为导向面E；孔I的设计基准是孔II和孔III的圆心，并注出 R_2 和 R 两个尺寸。图6a所示为一轴套零件，各外圆表面和内圆孔表面的设计基准是该零件的轴心线，端面A是端面B、C的设计基准，内圆孔表面D的轴心线是 $\phi 40$ 外圆表面的径向圆跳动的设计基准（在形状和位置公差中即为基准目标）。图6b是一支承块零件，B

面相对于A基准面的平行度公差为0.03毫米，C面相对于D基准面的平行度公差为0.03毫米，两孔轴心线相对于D基准面的垂直度公差为0.02毫米。可见，A面是B面的设计基准，D面是C面和两孔的设计基准。

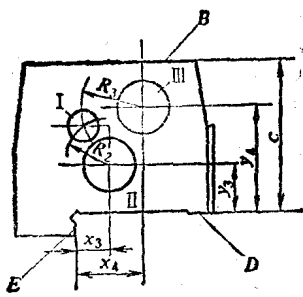


图5 主轴箱箱体的设计基准

在三个方向都应有一个正确的尺寸起始点。

在设计和绘制零件图时，为了保证零件的设计要求，在选择设计基准时，对于结构上的重要尺寸（如有配合关系以及其他影

(1) 设计基准的选择：设计基准的选择，主要是指在零件图上标注尺寸时，应有一个确切的、合理的起始点。由于每个零件都有长、宽、高三个方向的尺寸，因此，

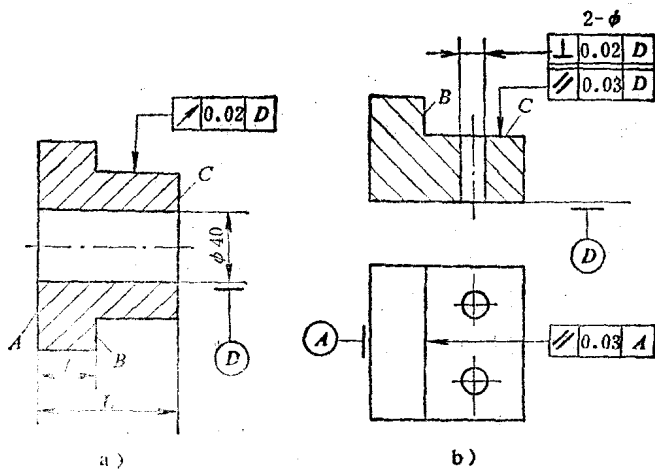


图6 零件位置精度示例

响产品性能和质量要求的尺寸)一定要直接标注出来。如图7所示的轴承架,为保证轴套装入轴承架孔以后,两端的高度相等,轴承孔的中心到底面的距离 A 就必须精确。这个距离在零件图上有两种注法:一种是以设计此孔的高度时采用的基准(底基面)作为基准,直接把尺寸标注出来,如图7a所示;另一种注法是在标注出底板厚度 B 的基础上,再以底板的顶面为基准,标注出

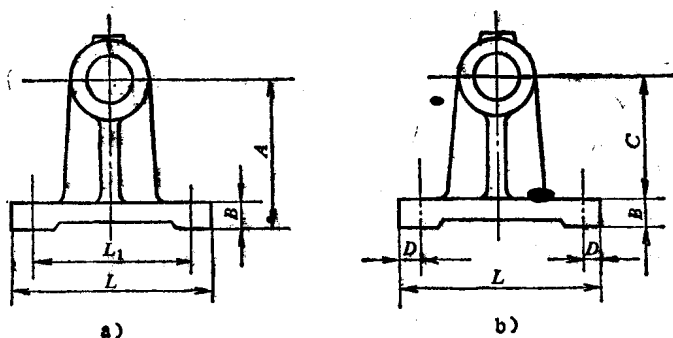


图7 轴承架

尺寸 C ,而 B 、 C 两尺寸之和就等于尺寸 A ,如图7b所示。

显然,图7b的标注方法是很不合理的。因为加工 B 尺寸时有误差,加工 C 尺寸时也有误差,这样,尺寸 A 的误差就是这两项误差之和,其结果就保证不了尺寸 A 的准确性。从而使我们认识到:虽然用任何一种加工方法所获得的尺寸都会有误差,但若按前一种方法,即以加工好了的底面为基准,一次把尺寸 A 加工出来,其精确性就要比后一种方法容易得到保证。所以前一种尺寸注法是合理的。

那么,应该怎样选择和确定设计基准呢?一般认为,在选择设计基准时,主要应从保证设计尺寸能满足零件的使用要求,以及从加工工艺的经济性、合理性和加工方便等因素来考虑。另

外，还应注意以下几点：

1) 从设计基准标注尺寸时，无论对零件本身或对整个机构的尺寸都要易于检测、计算和调整；

2) 主要尺寸只能从设计基准注起，使零件的形状和零件上各结合面之间的位置公差最小；

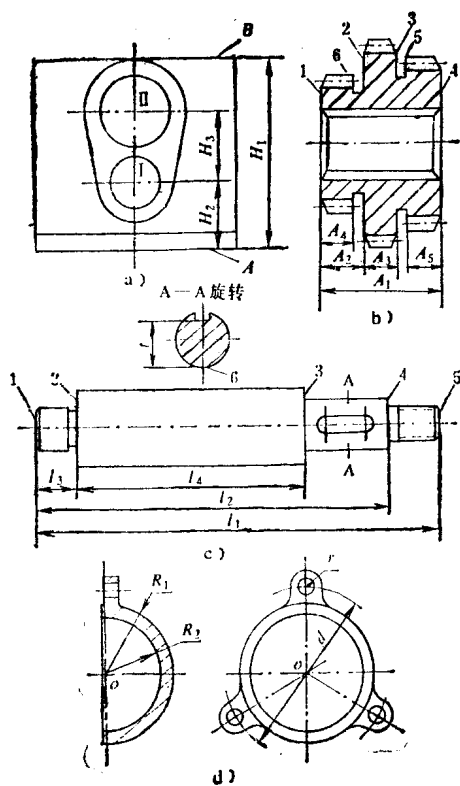


图8 零件的设计基准

a) 箱体零件 b) 三联齿轮 c) 阶梯轴 d) 半球形盖

3) 当零件的设计基准和工艺基准重合时, 其工艺过程可以大为简化。

(2) 几种零件的设计基准图例: 下面介绍几种典型零件的设计基准, 如图 8 所示。图 8 a 是一箱体零件, 底面 A 是孔 I 和顶面 B 的设计基准; 孔 I 的轴心线是孔 I 的设计基准。图 8 b 是一个三联齿轮, 其轴心线是各齿圈及花键孔的设计基准; 端面 4 是端面 5 的设计基准。图 8 c 是一阶梯轴, 其各外圆面的设计基准是轴心线; 端面 1 是端面 2、4、5 的设计基准; 端面 2 是端面 3 的设计基准; 母线 6 是键槽深度的设计基准。图 8 d 所示, 半球形盖的两圆弧面(其半径分别是 R_1 和 R_2), 其设计基准是球心 O。

二、工艺基准 零件在制造过程中, 为了加工的需要而选定作为加工、测量、装配依据的那些面、线、点, 称为工艺基准。

工艺基准按其用途的不同, 分为工序基准、测量基准、定位基准和装配基准四种。

1. 工序基准: 在一个被加工零件上, 往往有几个加工表面。其中, 有些表面不仅有尺寸精度的要求, 而且在各表之间还有位置精度的要求。因此, 每道工序的加工顺序是不能随便安排的。一般地说, 前道工序必须为后道工序准备一个具有一定精度的加工基准面, 后道工序才能顺利地进行下去。这样, 随着加工基准面精度的提高, 从一个工序转到另一个工序时, 被加工表面的尺寸精度及表面间的位置精度才能得到相应的提高。通常把这种为后道工序提供加工精度依据的前道工序的加工基准面、基准线、基准点, 称为工序基准。

工序基准是用来划分加工工序的, 所以工序基准又称为加工原始基准。研究工序基准, 实质上就是研究定位基准面的选择与转换。可以这样认为, 凡是在确定被加工表面位置时作为依据的

面、线、点，就是工序基准。

工序基准是工艺卡片上零件被加工面起始尺寸的面、线、点。在加工时它通过尺寸与被加工表面相联系，或者通过完成某工序应保证的形状和位置公差与被加工表面相联系。例如，图9所示为一轴承盖加工的某道工序简图，端面T与被加工表面1、

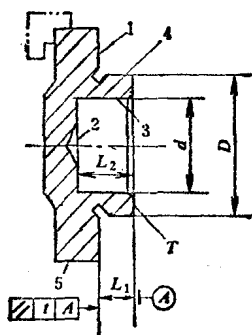


图9 轴承盖加工的工序简图

2相联系；被加工的内圆表面3、外圆表面4，则通过尺寸 d 、 D 与工序基准（轴心线）相联系。

在选择工序基准时应注意以下几点：

1) 尽可能使工序基准与设计基准、定位基准重合，即用同一个基准面，以减少定位误差。同时，尽可能不做尺寸的换算；

2) 要考虑便于当作测量基准，并能比较方便、准确地测量所有规定的工序尺寸，如图9所示，端面T是这道工序轴向的工序基准，所以

被加工表面1和2的位置尺寸 L_1 、 L_2 就要从T面开始标注。由于这个工序基准与零件的设计基准重合，因此不必再进行尺寸的换算，其工序尺寸只是与加工余量有关。而且，在测量时由于以端面T为测量基准，所以用深度游标尺就可以直接测量出被加工表面1和2的尺寸 L_1 和 L_2 ；

3) 当工序基准与设计基准不重合时，就要用后面要介绍的尺寸链的计算方法进行尺寸换算，以保证原先标注的尺寸精度。

除此之外，选择工序基准时还要考虑工序的集中与分散问题。所谓工序集中，就是在整个工艺过程中安排较少的工序数量，使几个工序集中在一起进行，以实现在一次安装中加工较多的

表面。因此，工序集中是以减少工序总数量为目的的，例如，在车床上使用回转工作台或多刀多刃的刀具，以及使用六角车床和自动车床等，都可实现几个工序集中在一起进行加工的目的。工序集中到最大极限时，就能把一个零件的各加工面集中在一道工序中全部加工出来。

因此，工序集中有以下特点：

1) 可以减少零件加工时的装夹次数，缩短辅助时间，提高劳动生产率，有利于确保各表面间的位置精度；

2) 为采用高生产率的专用机床和工装设备提供良好的条件；

3) 减少工序数目和机床设备的数量，缩短工艺路线，减少操作工人的数量和车间的生产面积，从而简化了生产计划和管理工作。

所谓工序分散，就是在整个工艺过程中安排较多的工序数量，并使其各工序分散进行加工，以实现在一次安装中加工较少的表面，使每道工序完成的工作量减少，从而达到增加工序总数的某种要求。工序分散到最大极限时，就能把一个零件的加工面分散在多道（每一道）工序中加工，也就是能把工艺过程分成很多的、仅包含一个简单工步的工序。

因此，工序分散有以下特点：

1) 能采用比较简单的机床设备和工艺装备，调整方便，操作工人便于掌握；

2) 生产准备工作量小，适合于产品的更新换代；

3) 有可能在每道工序中选用最佳的切削部位；

4) 生产工人和加工设备的数量多，占用面积大。

可见，工序集中或分散各有优缺点，因此，应根据具体生产条件来确定工序集中或分散的程度。一般对单件小批量生产和体

积、重量较大的零件，可采用工序集中的原则；对中小型企业，由于人员和设备等条件的限制，以及为了简化生产计划和管理工作，也可在普通机床上尽可能的采用工序集中的原则安排工艺。大批量生产一般采用工序分散原则，也可采用工序集中原则。根据现代工业生产的发展趋势，今后将转向采用以工序集中原则为主来组织生产。

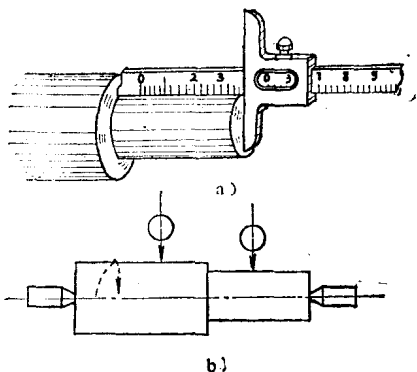


图10 测量基准

本身的面、线、点，称为测量基准（图10）。它是零件加工时或加工完毕后，测量某一尺寸所用的基准。例如图10a中轴的端面，就是测量基准；在图10b中，其中心孔也是测量基准。

测量基准又称度量基准或检验基准。它用于检验零件已加工表面的尺寸及其相对位置的误差。如图9所示，依据端面T，用深度游标尺测量已加工端面1、2的尺寸 L_1 、 L_2 。这时，端面T即为端面1和2的测量基准。在加工过程中，为了准确测量加工表面的尺寸，就要从测量基准算起。图11a是六角头螺钉，其六角头的台面A为主要测量基准，端面B为辅助测量基准，因为A面与B面间长度90毫米是依靠端面B而确定的，长度40毫米和高度25毫米又是以台面A为基准进行测量的。图11b是阶梯轴，其两端面上中心孔为三个圆柱表面径向圆跳动的测量基准。图12也是阶梯轴，加工时先加工好端面1，然后加工台面2、3和端面

2. 测量基准：测量零件已加工面的位置和尺寸时所依据的零件本

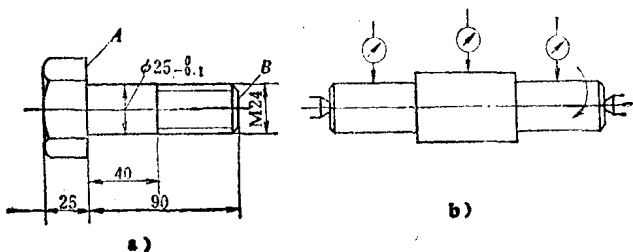


图11 测量基准

4, 测量尺寸C、B、A都是用端面1做测量基准。从图中可以看出测量基准与设计基准的联系: 由于设计基准是在零件图上确定某一个面、线、点的位置所依据的基准, 本例中也就是标注设计

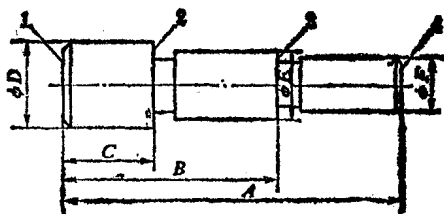


图12 阶梯轴上的设计基准与测量基准

设计尺寸的起始端面1。

台面2、3和端面4的位置是根据端面1决定的, 所以端面1是台面2、3和端面4的设计基准。或者说, 端面1是尺寸A、B、C的设计基准, 各轴颈外圆的

设计基准是轴的轴心线。
3. 定位基准: 零件在机床上进行切削加工时, 用以确定零件在夹具上位置的那些面、线、点, 称为定位基准。如图13a所示, 在车床卡盘上装卡阶台零件时, 外圆表面和台面就是定位基准; 如图13b所示, 用前后顶尖装卡零件时, 中心孔即为定位基准。

由于定位基准是加工零件时用来确定夹具、刀具与零件被加工表面之间的正确位置的, 因此定位基准就是加工时零件定位所

用的基准。对不规则零件的装卡，一般用十字线、平行线或腰线做为定位基准。应注意：无论采用何种加工方法，在装卡零件时均

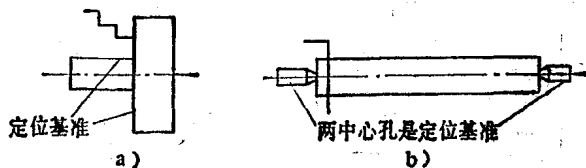


图13 车削加工时的定位基准

须正确、合理地选定零件的径向定位基准（或垂直定位基准）、轴向定位基准（或水平定位基准）。只有这样，才能保证加工出来的零件符合图纸要求。

对于复杂的零件，定位基准不易一次确定，有时还要进行粗基准和精基准两次选择。

4. 装配基准：在装配机器时，用以确定零部件在机器中的正确位置所依据的一些面、线、点，称为装配基准。如图6a所示轴套零件的内孔和支承块零件的底面D，就是装配基准。又如齿轮和带轮，它是以其内孔并联接键而装配在传动轴上的，所以齿轮孔和带轮孔的内圆表面就是齿轮的装配基准。再如图14所示，由于床头箱是以两个水平面和垂直面为基准装配在床身上的，因此，这些表面就是床头箱的装配基准。

2 定位基准的分类和选择 定位基准按其功能的不同，分为主要基准（也称基本基准）和辅助基准（也称附加基准）两种。

一、主要基准 当利用设计基准或装配基准作为定位基准时，则称此定位基准为主要基准或基本基准。如图15所示的齿轮，其两端面B、C及轴心线A，它们既是装配时的基准，又是

加工齿形时的基准，所以称这种基准为主要基准。同样，用作定位

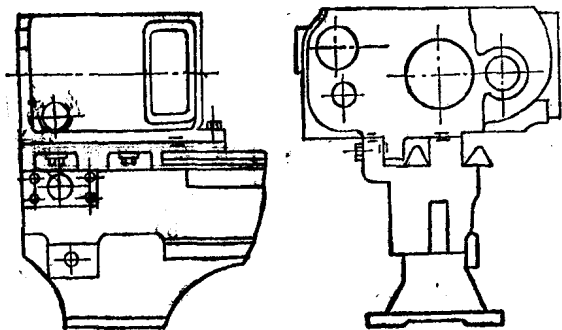


图14 床头箱的装配基准

基准的表面，如果在装配时又是装配基准，那么，这种定位基准也称为主要基准。但也有这样的情况：工件上没有恰当表面能作为定位基准面，这就需要在工件上专门加工出定位基准面。

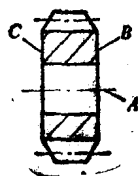


图15 齿轮

二、辅助基准 零件上本来不需要加工或加工精度要求低的表面，为了用作加工时的定位基准而预先将它加工或提高到一定的精度，我们称这样的表面为辅助基准或附加基准。如轴类零件的顶尖孔，就是经常用的一种辅助基准。有时为使零件装卡方便稳固，可在原零件上增加或预先加工出某些表面作为辅助基准，例如铸件上的某个凸台或大型板件上的工艺孔等。或者，当用作定位基准的表面，在装配时并不靠它来确定零件本身的位置，而只是为了某种加工的需要而做的，在以后的工作中毫无用处，例如轴加工用的中心孔、活塞加工用的上口和下端面，就是比较典型的例子。由于这种基准只起辅助作用，因此也属于辅助基准的范围。

三、主要基准与辅助基准之间的尺寸联系 根据设计、加工、测量上的要求，有时还要在零件的长、宽、高三个方向上附加一些辅助基准。而主要基准（基本基准）是决定零件主要尺寸的基准，当同一方向上有几个基准时，它们之间应有尺寸联系。例如图1所示轴承座的底平面就是高度方向的主要基准，主要尺寸的轴孔中心高就应以底面为基准直接标注出来。但是为了加工顶部螺孔深度 h ，就需要附加一个基准，即以顶面为辅助基准，标注出尺寸 h 。则 H 就是两基准之间的联系尺寸。

定位基准按其表面状况的不同，分为粗基准和精基准两种。

（1）粗基准：被加工零件在第一道工序（第一次夹装）中，用零件上未经加工的毛坯表面作为定位基准，则称此定位表面为粗基准。粗基准又称为粗基面或毛基面。

（2）精基准：零件加工时，在以后各工序的加工中，用零件上已加工的表面做为定位基准，则称此定位基面为精基准。精基准又称为精基面或光基面。

3 粗基准与精基准的选择

一、粗基准的选择 作为粗基准的表面，必须满足两个基本要求：首先要保证所有待加工表面都有足够的加工余量；其次要保证各加工表面对不加工表面具有一定的位置精度。因此，在第一道工序时，粗基准的选择应考虑以下两个原则：

1）若零件上有某个表面不需加工，就应选择这个不需要加工的表面作为粗基准。这样就能使不加工表面与加工表面之间具有较高的位置精度。如果零件上有好几个表面不需要加工，则应选与加工表面间相互位置精度要求高的表面作为粗基准。

2）若零件上每个表面都需要加工，则应选择余量最小和毛坯公差最小的表面作为粗基准。这样，就不会因某一加工面的余量不够而造成废品。此外，选作粗基准的表面应该比较平整，牢