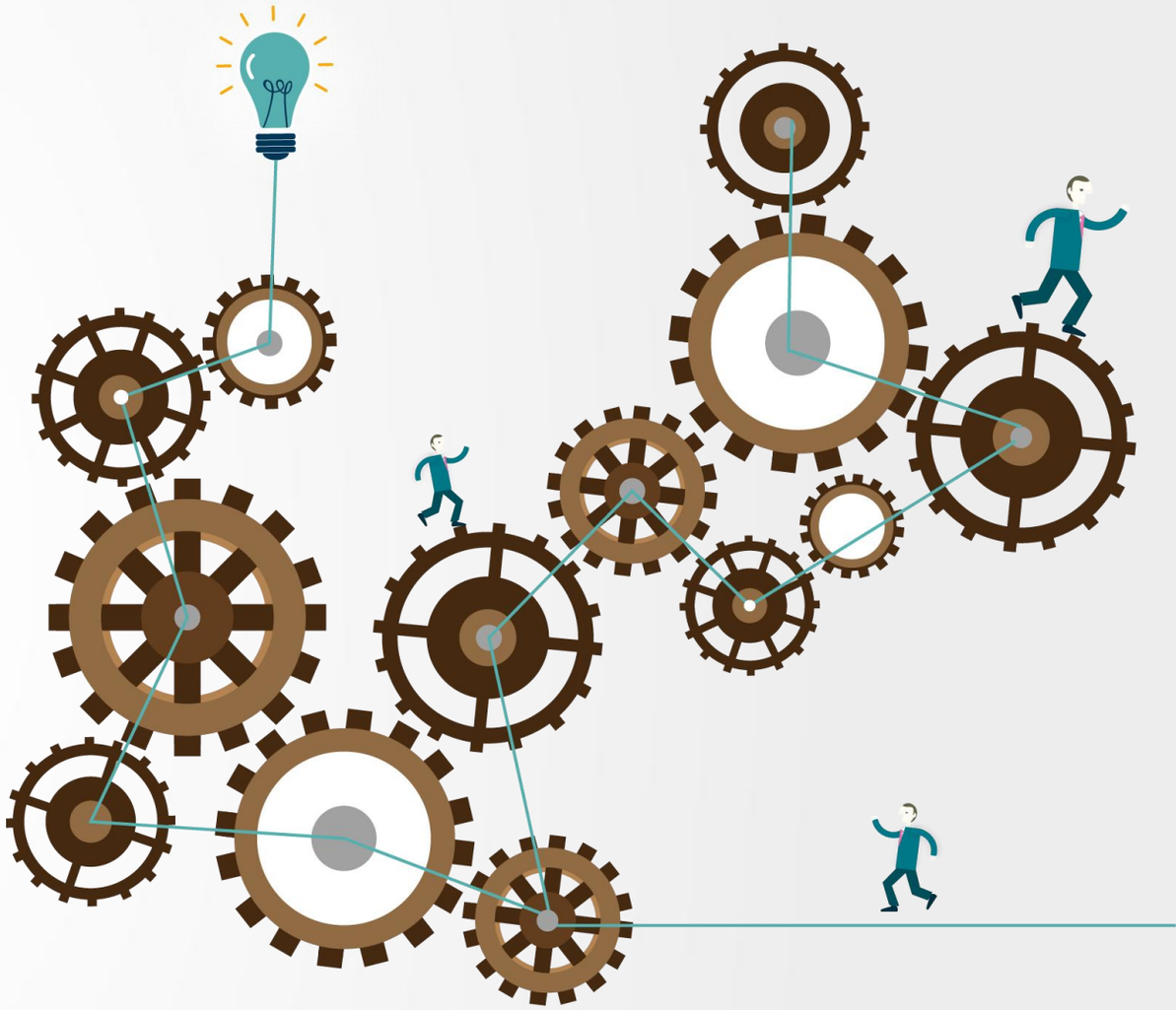


# 机械制图

## 第三章　基本体的投影

# 目录

01 基本体的形体及其投影

02 基本体的截交线

03 两立体表面的相贯线

04 综合相交

05 基本体的尺寸标注

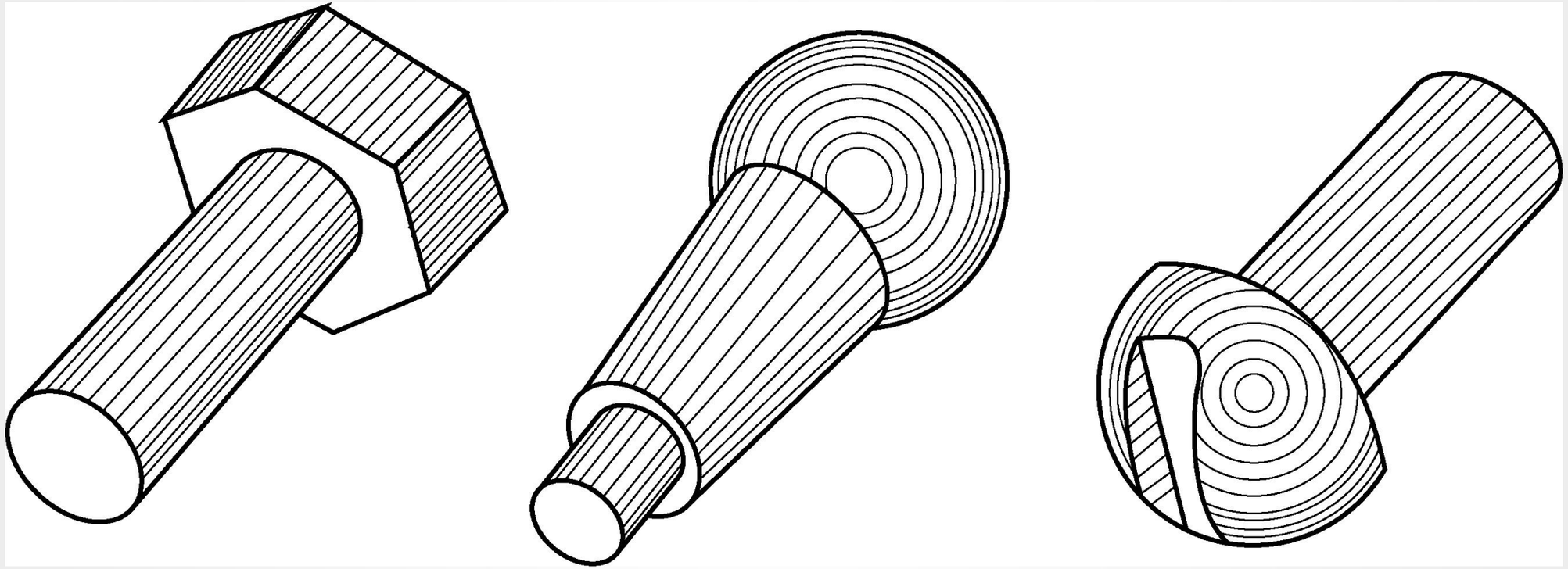
# 01

# 基本体的形体及其投影

# 前言

机件是由棱柱、棱锥、圆柱、圆锥、圆球、圆环等基本形体，或带切口、切槽等结构不完整的基本形体所组成的组合体。图3-1（a）为一六角螺栓毛坯，它是由圆柱体和正六棱柱组合而成的；图3-1（b）为一手柄，它是由圆球、圆台和圆柱体组合而成的；图3-1（c）为一半圆头螺钉毛坯，它是由圆柱体和开有通槽的半圆球组合而成的。由此可见，为了正确表达机件，必须对基本形体和经过组合后的组合体，进行形体分析和投影分析。

按立体表面不同，基本体可分为**平面立体**和**曲面立体**两类。其中，平面立体是指表面均为平面的基本体，曲面立体是指表面由曲面或曲面和平面组成的基本体。



(a) (b) (c)

图3-1 常见的简单机器零件

## 1.棱柱

**1）棱柱的形体特征**

棱柱一般是由上、下底面和侧棱面组成的。棱柱有直棱柱和斜棱柱，这里仅介绍直棱柱。

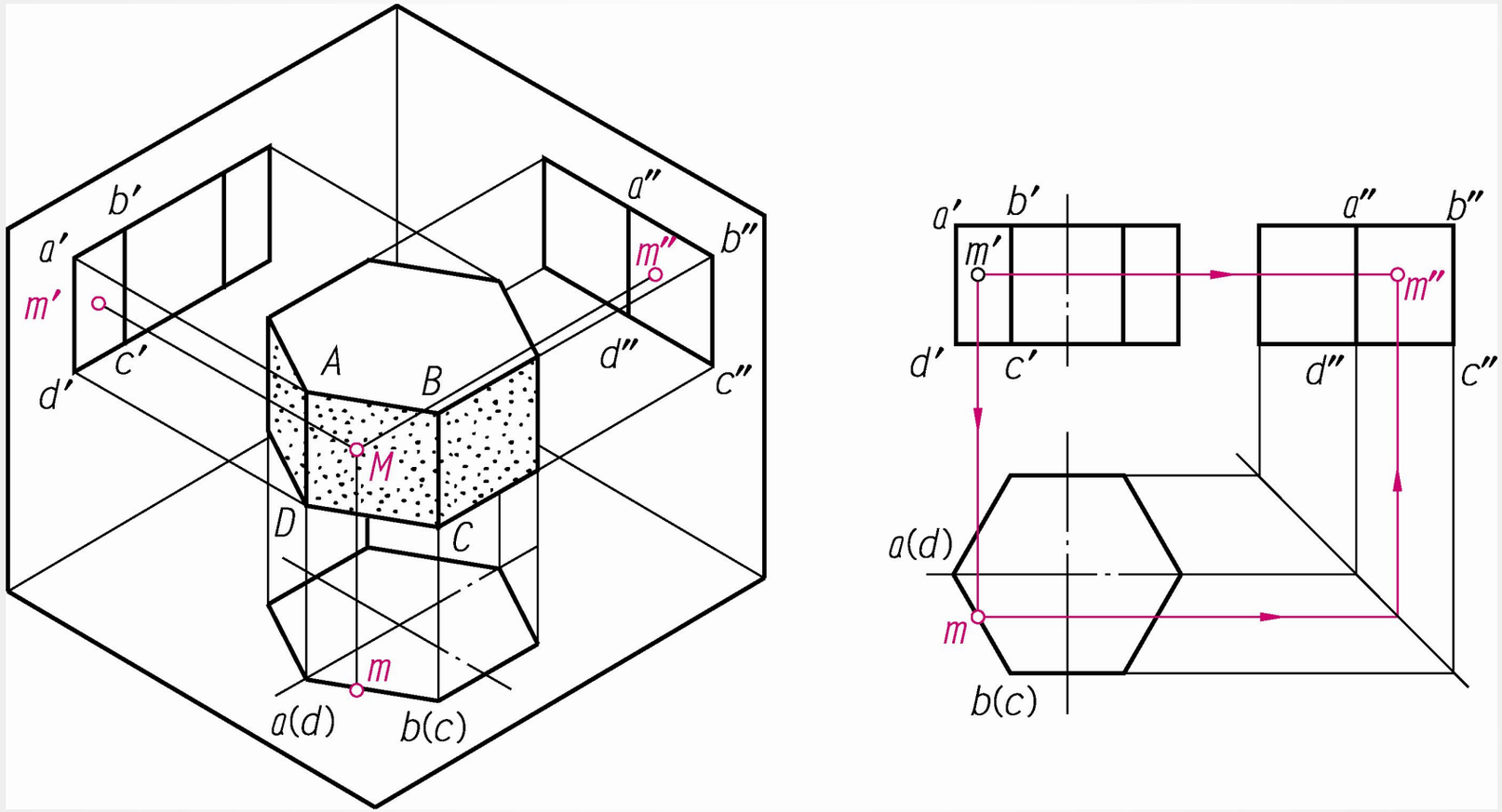
直棱柱的顶面和底面是全等且互相平行的多边形，这两个多边形决定棱柱的形状，因此，顶面和底面称为特征面；直棱柱的矩形侧面、侧棱垂直于顶面和底面。

如图3-2（a）所示，正六棱柱的顶面、底面是全等且互相平行的正六边形，六个矩形侧面和六个侧棱都垂直于正六棱柱的顶面和底面。

**2）棱柱投影分析**

如图3-2（b）所示，正六棱柱上、下两底面均为水平面，它们的水平投影重合并反映实形。六个棱面中的前、后两个为正平面，它们的正面投影反映实形，水平投影及侧面投影分别积聚为直线；其余四个棱面均为铅垂面，它们的水平投影均积聚为直线，正面投影和侧面投影均为类似形。

## 1.棱柱




(a) (b)

图3-2 正六棱柱的投影及表面取点

## 1.棱柱

**3）棱柱三视图的特点及其作图步骤**

**棱柱三视图的特点如下。**

（1）特征面在与特征面平行的投影面上的投影为多边形，并反映特征面的实形。此多边形线框称为特征形线框，此视图称为特征视图。

（2）另两个投影面上的投影均由一个或多个相邻的矩形组成，它们为一般视图。

**棱柱三视图的作图步骤如下。**

（1）画特征视图（多边形）。

（2）画另外两个一般视图（矩形）。

**4）棱柱表面上点的投影**

在平面立体表面上取点，关键是先找出点所在的平面在三视图中的投影位置，然后利用平面上点的投影特性作图，即可得到该点。

## 2.棱锥

**1）棱锥的形体特征**

棱锥表面是由一底面和若干侧面组合而成的。棱锥底面为特征面，它的形状为多边形；棱锥各侧面为若干具有公共顶点的三角形。从棱锥顶点到底面的距离为棱锥的高。正棱锥的底面为正多边形。

**2）棱锥的投影分析**

图3-3（a）所示为一正三棱锥，它的表面由一个底面（正三边形）和三个侧棱面（等腰三角形）围成，其底面平行于水平投影面，一个棱面垂直于侧投影面。

由于棱锥底面△*ABC*为水平面，所以它的水平投影反映实形，其正面投影和侧面投影分别积聚为直线段*a′b′c′*和*a″*(*c″*)*b″*。棱面△*SAC*为侧垂面，它的侧面投影积聚为一斜线段*s″a″*(*c″*)，正面投影和水平投影为类似形△*s′a′c′*和△*sac*，前者不可见，后者可见。棱面△*SAB*和△*SBC*均为一般位置平面，它们的三面投影均为类似形。棱线*SB*为侧平线，棱线*SA*，*SC*为一般位置直线，棱线*AC*为侧垂线，棱线*AB*，*BC*为水平线。

## 2.棱锥

**3）棱锥三视图的特点及其作图步骤**

**棱锥三视图的特点如下。**

（1）特征面（底面）在与特征面平行的投影面上的投影外线框为多边形，反映特征面实形；内线框则由数个有公共顶点的三角形所组成，这个视图称为特征形视图。

（2）另两个投影面上的投影为单个或多个具有公共顶点的三角形组成，它们为一般视图。

**棱锥三视图的作图步骤如下。**

（1）画底面的各个投影。先画反映底面实形的投影，再画底面的积聚性直线段投影。

（2）画锥顶的各个投影。

（3）将锥顶与底面各顶点的同名投影连线，即得棱锥三视图。

**4）棱锥表面上点的投影**

由于组成三棱锥的表面，既有特殊位置平面，也有一般位置平面。特殊位置平面上的点的投影，可利用积聚性投影直接作图求得；一般位置平面上的点的投影需通过作辅助线求得。

## 3.棱台

棱台可看成由平行于底面的平面截去棱锥顶部而形成，如图3-4所示。棱台的形体特征、投影分析、三视图特点及作图步骤、表面上求点的投影，可仿照棱锥进行分析。

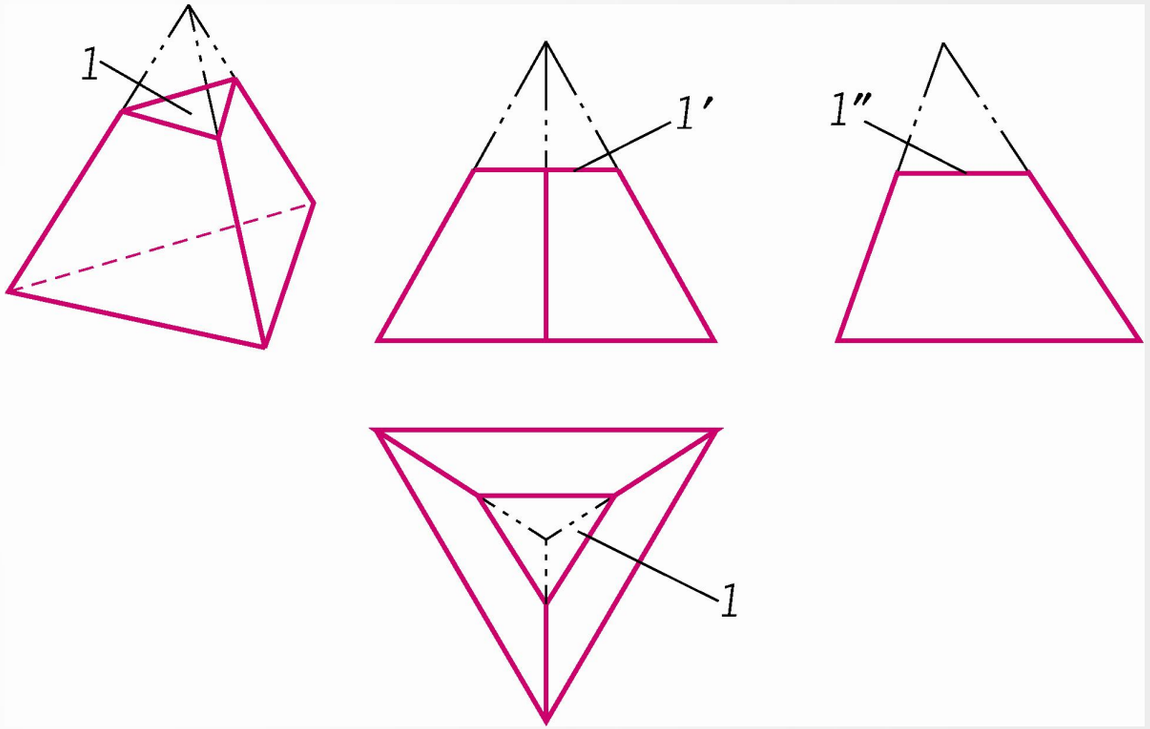



图3-4 棱台的立体图和三视图

## 1.圆柱体

**1）圆柱体的形成**

圆柱体是由圆柱面和上、下两个底面所围成。如图3-5所示，圆柱体可看成是由一条直线AA1（母线）绕与其平行的轴OO1旋转而成。圆柱面上任意一条与轴线OO1平行的直线，称为圆柱面素线。

**2）圆柱体的投影**

如图3-6所示。

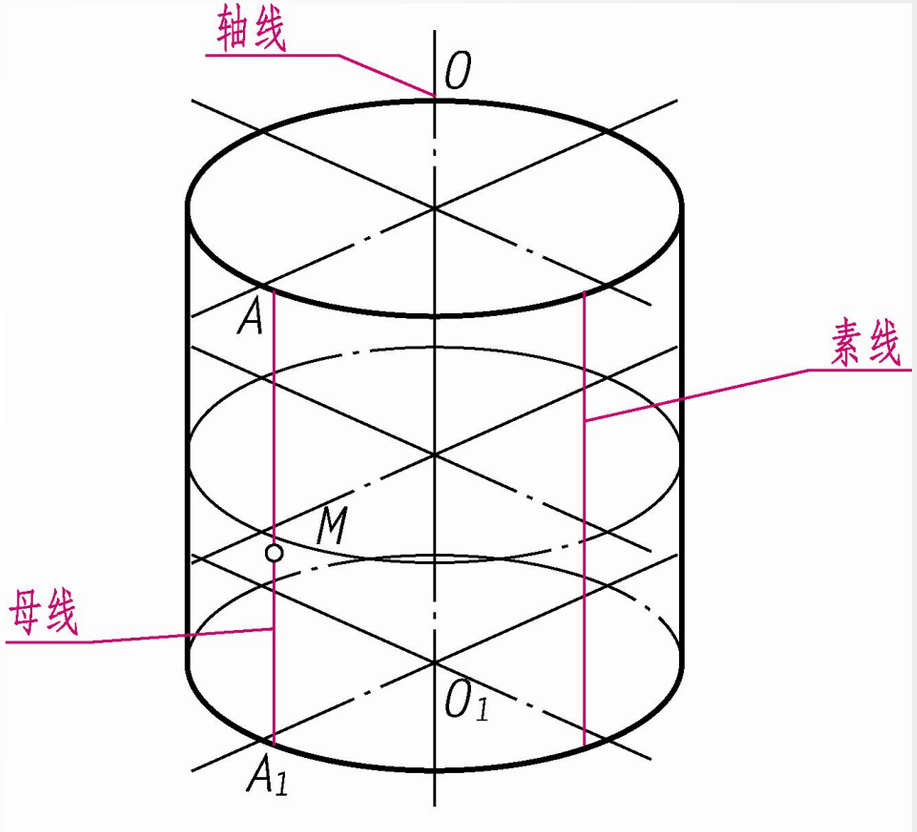



图3-5 圆柱体的形成图

# 1.2 回转体

## 1.圆柱体

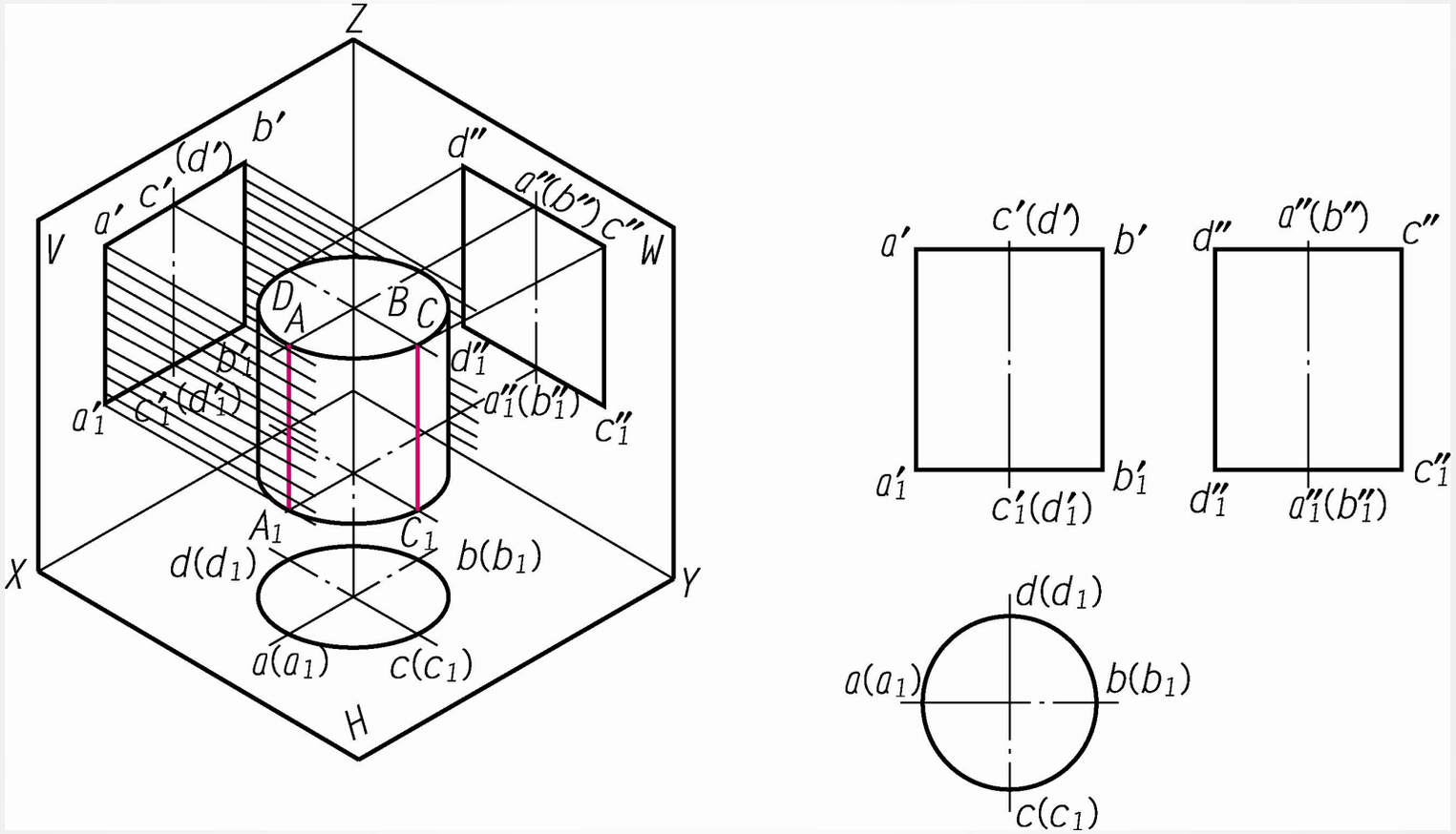



图3-6 圆柱体的三视图

## 1.圆柱体

**3）圆柱体三视图的特点及其作图步骤**

**圆柱体三视图的特点如下。**

（1）在与圆柱体轴线垂直的投影面上，圆柱体的投影为圆。

（2）在与圆柱体轴线平行的两个投影面上，圆柱体的投影为两个全等的矩形。

**圆柱体三视图的作图步骤如下。**

（1）在三视图中画圆的中心线和圆柱体的轴线。

（2）画投影为圆的视图。

（3）画投影为矩形的另外两个视图。

**4）圆柱面上点的投影**

圆柱面上点的投影，均可借助圆柱面投影的积聚性求得。

## 2.圆锥体

**1）圆锥体的形成**

圆锥体是由圆锥面和底面所围成的。如图3-8所示，圆锥体可看作是一条直母线*SA*围绕与它相交一定角度的轴线 旋转而成。在圆锥面上通过锥顶的任一直线称为圆锥面的素线。母线上任意一点的运动轨迹为圆。

**2）圆锥体的投影**

如图3-9所示。

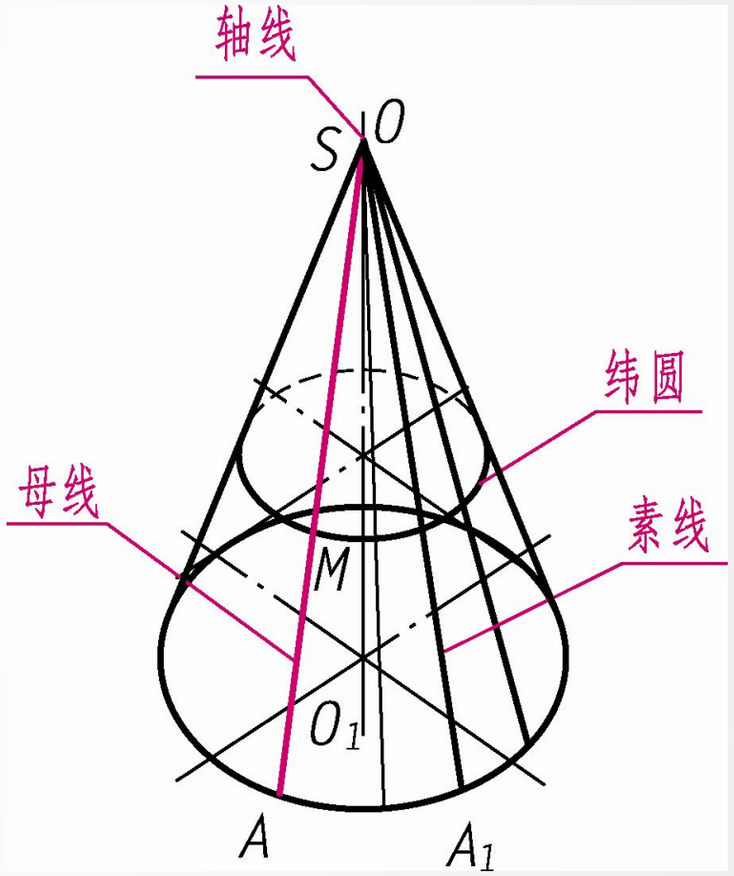



图3-8 圆锥体的形成

## 2.圆锥体

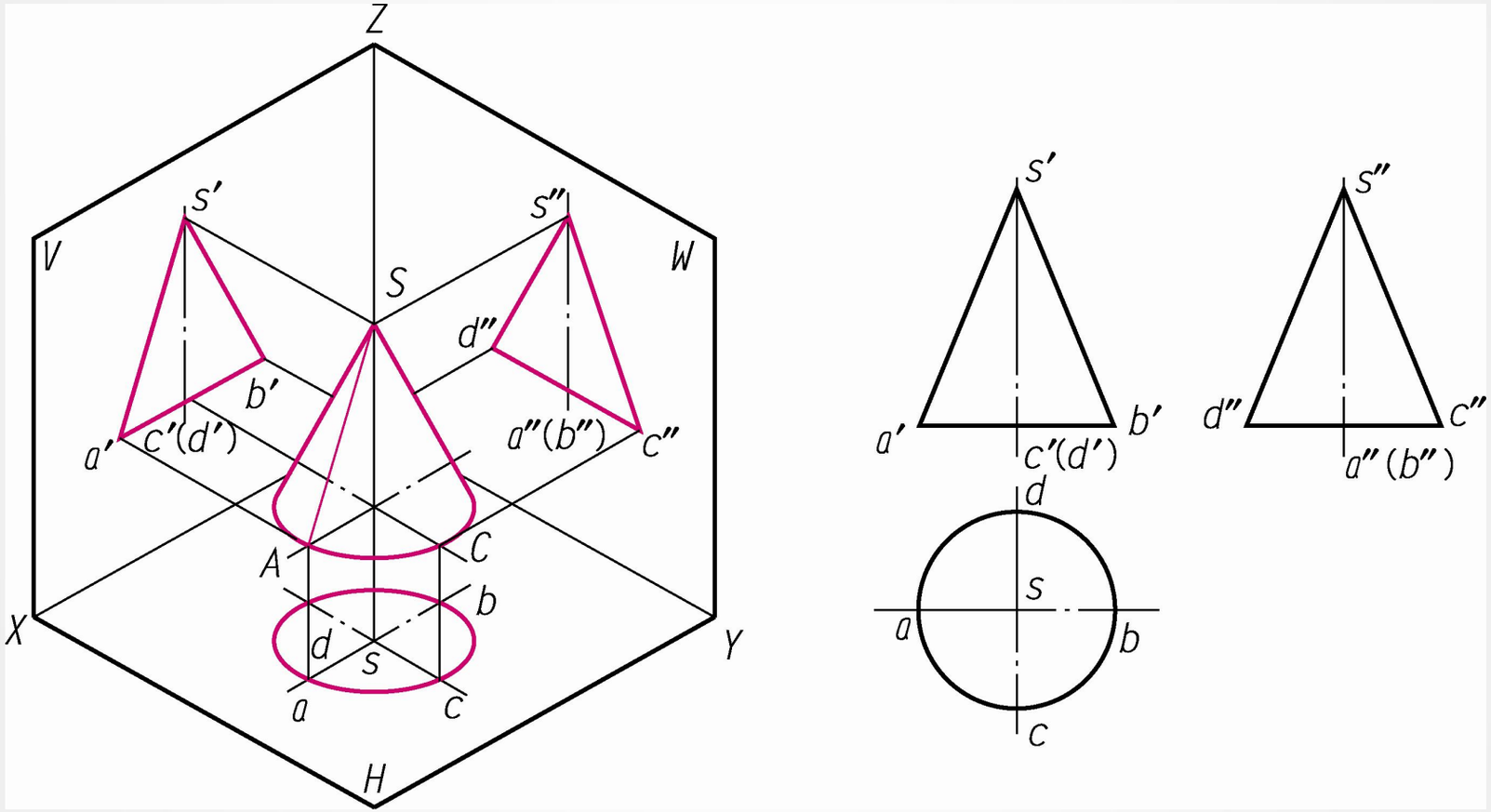



图3-9 圆锥体的三视图

## 2.圆锥体

**3）圆锥体三视图的特点及其作图步骤**

**圆锥体三视图的特点如下。**

（1）在与圆锥体轴线垂直的投影面上，圆锥体的投影为圆。

（2）在与圆锥体轴线平行的两个投影面上，圆锥体的投影为两个全等的等腰三角形。

**圆锥体三视图的作图步骤如下。**

（1）在三视图中画圆的中心线和圆锥体的轴线。

（2）画底面的各个投影。先画底面的俯视图（底圆的实形），再画底面的其他两个视图。

（3）画顶点的各个投影。

（4）画圆锥轮廓线。

**4）圆锥面上点的投影**

## 3.圆台

如图3-13所示，圆台可看成圆锥体被与圆锥体轴线垂直的平面切去圆锥体顶部而形成。圆台的三个视图中，一个是同心圆，另两个是等腰梯形。圆台的形体特征、投影分析、三视图特点及作图步骤、表面上求点的投影，读者可参照圆锥体进行分析。

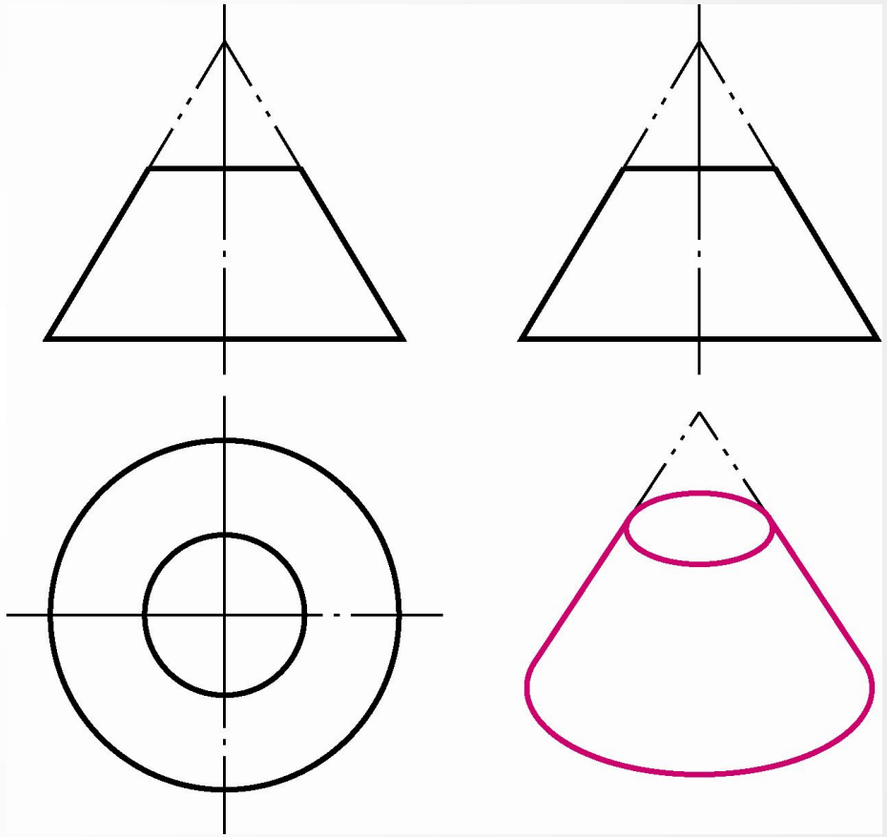


图3-13 圆锥台的投影和立体图

## 4.圆球

**1）圆球的形成**

如图3-14（a）所示，圆球可看成是以半圆为母线，绕其直径旋转而成的。母线半圆上任意点M的运动轨迹为大小不等的圆。

**2）圆球的投影**

圆球任何方向的投影都是等径的圆。如图3-14（c）所示为三个圆a，b′，c′′分别表示三个不同方向上圆球轮廓线的投影。

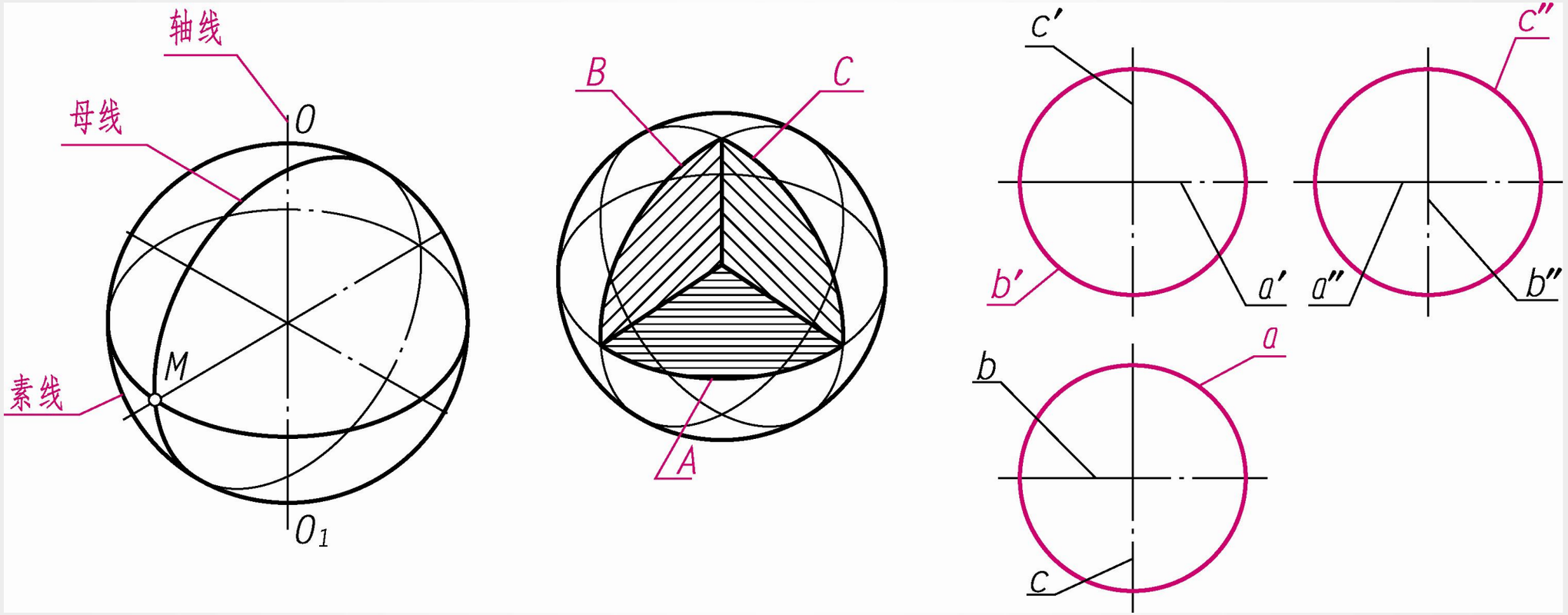
**3）圆球三视图的特点及其作图步骤**

圆球的三视图都是圆。作圆球的三视图时，应先画三视图中圆的中心线，然后再画圆。

**4）圆球面上点的投影**

虽然圆球投影没有积聚性，圆球面也不能引直线，但圆球被任何位置平面截切时，截切面与圆球面的交线都是圆。因此，圆球面上取点，可通过已知点在球面上作平行投影面的辅助圆（纬圆）来求得。

## 4.圆球




(a) (b) (c)

图3-14 圆球的立体图和三视图

## 5.圆环体

**1）圆环体的形成**

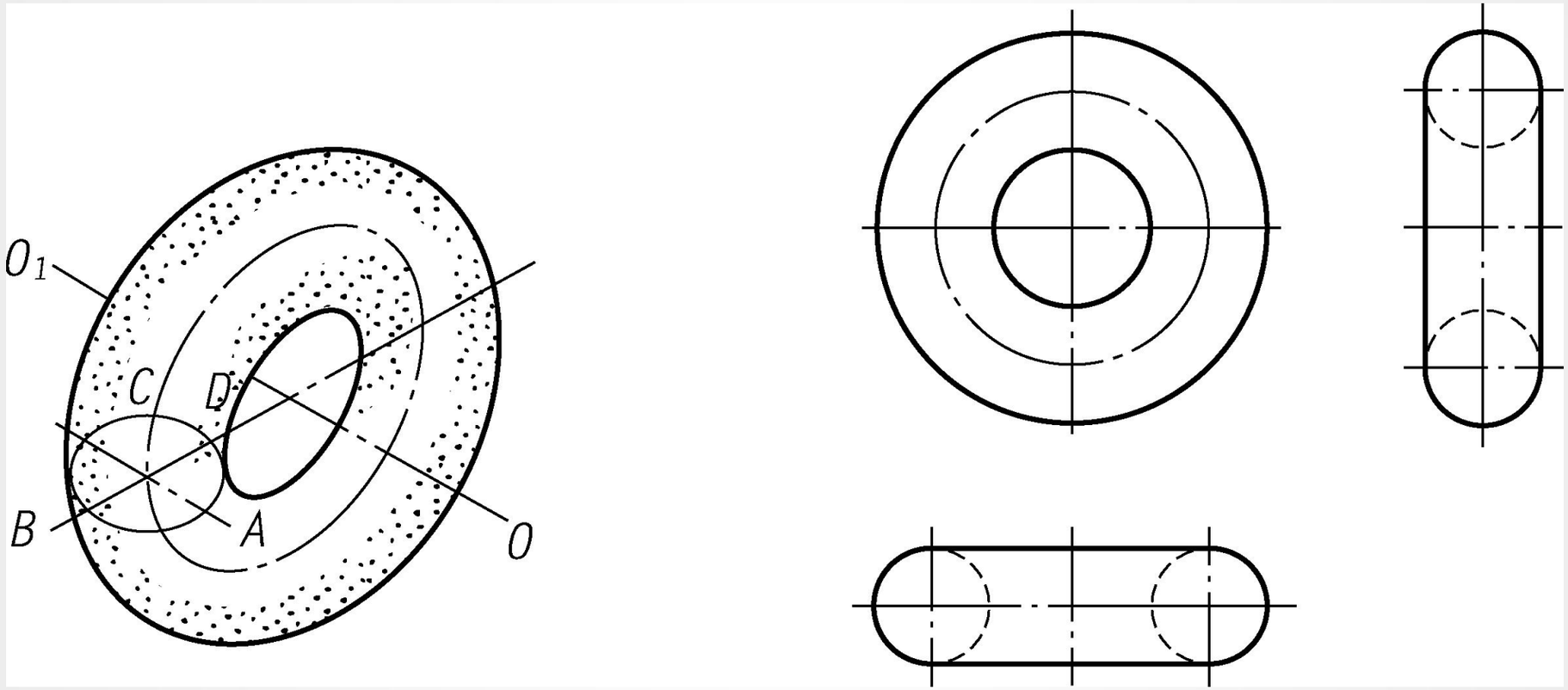
如图3-17（a）所示，圆环体可看成一圆母线，绕着与圆平面共面，但不通过圆心的轴线 旋转而成的。圆环体的外环面是由圆弧 旋转而成，圆环体的内环面是圆弧 旋转而成。

**2）圆环体的投影**

图3-17（b）所示，圆环体轴线垂直于V面，正面投影中的两个同心圆是前半圆环体和后半圆环体分界线（圆环体最大圆和最小圆）的投影，也是圆环体正面轮廓线；点画线圆表示母线圆中心运动轨迹的投影。

在水平投影中，两个小圆是圆环体最左、最右素线圆的水平投影，由于内环面从上往下看为不可见，所以靠近轴线的两个半圆用虚线表示；与两个小圆相切的轮廓线，是内外环面分界圆的投影。

## 5.圆环体




(a) (b)

图3-17 圆环体的投影

# 02

# 基本体的截交线

# 前言

在机件中，常常存在平面与立体、立体与立体相交而产生的交线。其中，平面与立体相交而产生的交线，称为截交线，如图3-18（a）所示；两立体相交而产生的交线，称为相贯线，如图3-18（b）所示。

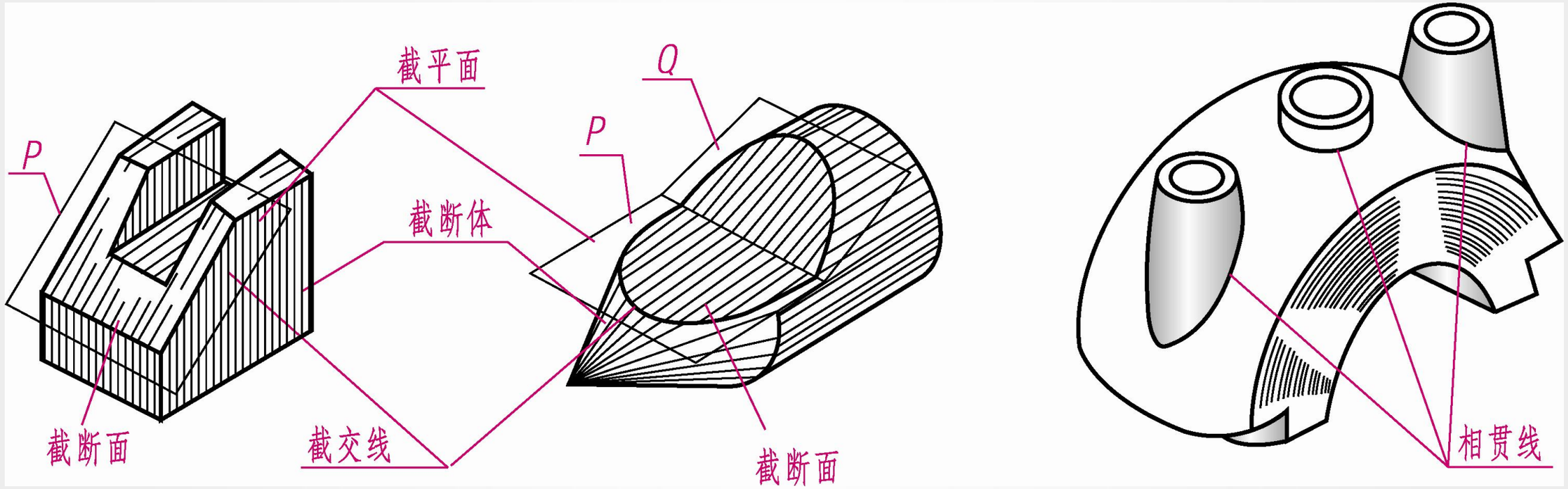
立体被平面截切后的形体称为截断体，该平面称截平面，截平面与立体表面的交线称截交线，由截交线所围成的平面称截断面，如图3-18（a）所示。

截交线的形状和大小取决于被截的立体形状和截平面与立体的相对位置。任何截交线都具有以下两个基本性质。

（1）截交线是一个封闭的平面形（平面折线，平面曲线或两者的组合）。

（2）截交线是截平面与立体表面的共有线，是共有点的集合。

因此，求作截交线就是求截平面与立体表面一系列共有点的集合，然后将共有点的同名投影连线即可判断可见性。求作共有点时，可采用立体表面求点法。




(a) 截交线　　(b) 相贯线

图3-18 机件表面交线实例

**【例 3-8】**

已知正六棱柱被正垂面所切割，如图3-19（a）所示，补画其左视图。

**分析：**

正六棱柱被正垂面切割时，正垂面与正六棱柱的六个侧面相交，所以截交线是一个六边形，六边形的顶点为各棱边与正垂面的交点。截交线在*H*面上的投影与棱柱的水平投影重合，在*V*面上的投影积聚为一直线，在*W*面上的投影是一个六边形。

**作图步骤：**

① 画出被切割前正六棱柱的左视图，如图3-19（b）所示。

② 在主视图和俯视图上分别找出正垂面与六棱柱各棱边的交点，并用相应数字或字母标注，然后根据点的两面投影，找出这些交点在侧平面中的投影点1″，2″，3″，4″，5″，6″，最后用直线顺次连接各交点，如图3-19（c）所示。

③ 检查左视图并画出遗漏的虚线，然后擦去被切去部分的投影线并加深图线，结果如图3-19（d）所示（注意：正六棱柱最右侧棱边的投影在左视图中被截断面挡住了，因此要用虚线画出被挡住部分的投影。

# 2.1 平面立体的截交线—棱柱的截交线

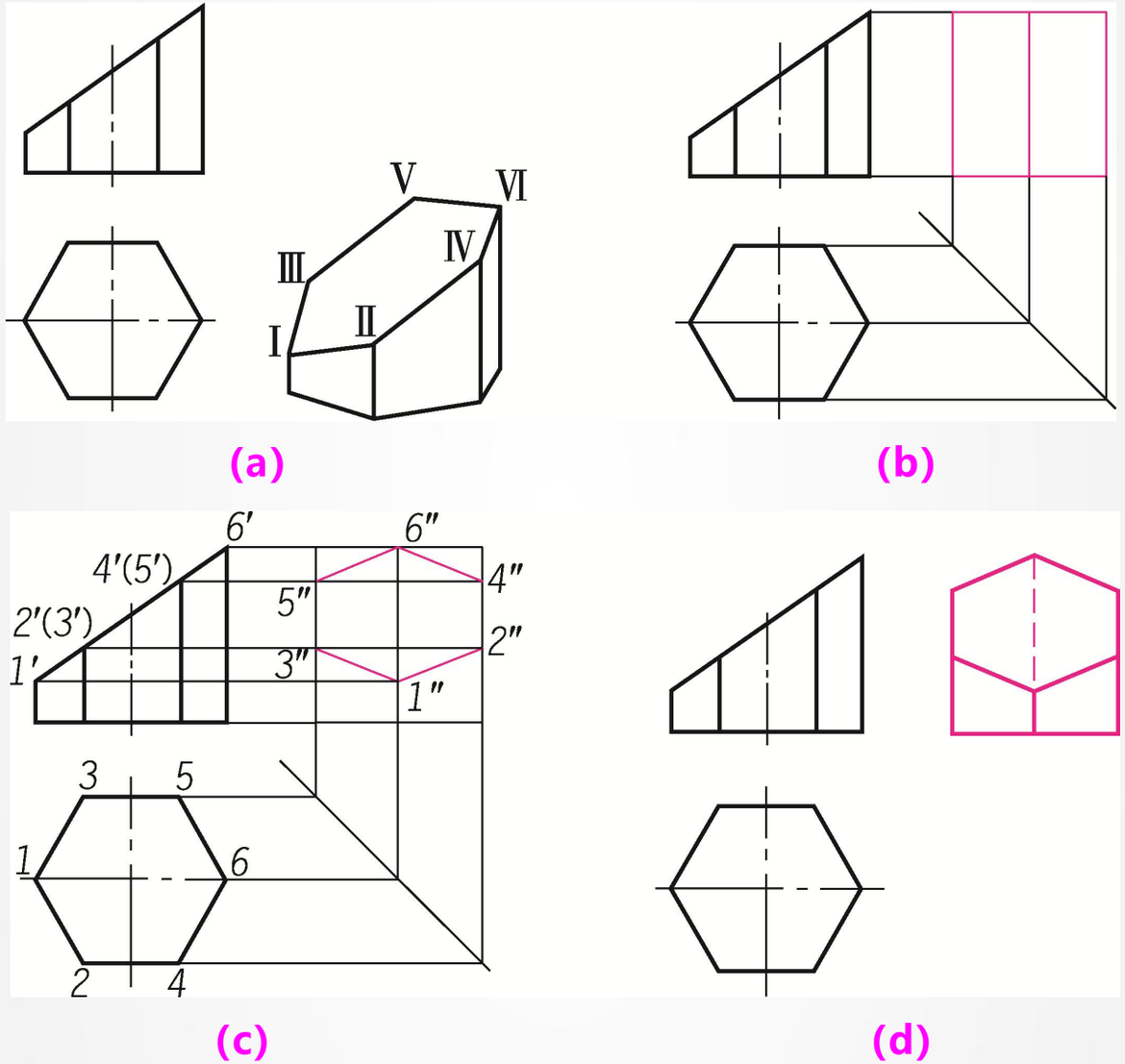



图3-19 正六棱柱被正垂面切割

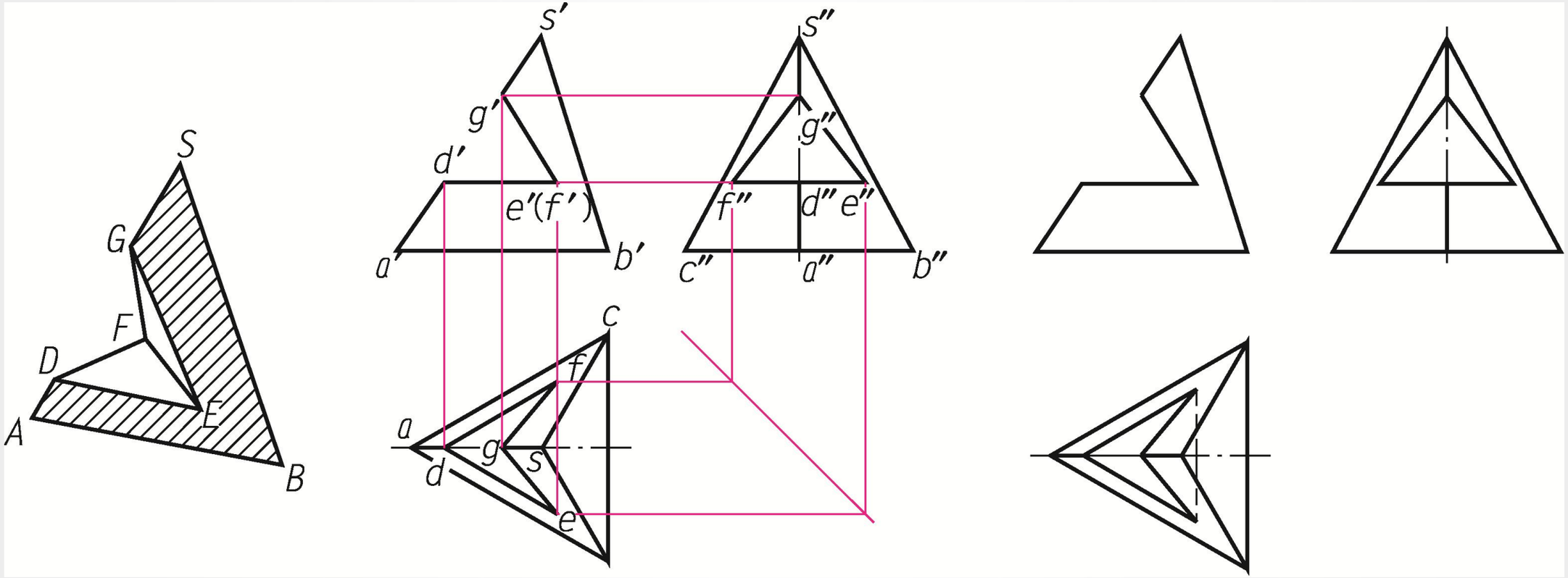
**【例 3-9】**

如图3-20（a）所示，已知带切口正三棱锥的正面投影，求其另两面投影。

**分析：**

该正三棱锥的切口是由两个相交的截平面切割而形成的。两个截平面中，一个是水平面，一个是正垂面，它们都垂直于正面，因此切口的正面投影具有积聚性。水平截面与三棱锥的底面平行，因此它与棱面△SAB和△SAC的交线DE，DF必分别平行与底边AB和AC，水平截面的侧面投影积聚成一条直线。正垂截面分别与棱面△SAB和△SAC交于直线GE，GF。由于两个截平面都垂直于正面，所以两截平面的交线一定是正垂线，作出以上交线的投影即可得出所求投影，如图3-20（b）和图3-20（c）所示。

# 2.1 平面立体的截交线—棱锥的截交线




(a) (b) (c)

图3-20 带切口正三棱锥的投影

# 2.2 回转体的截交线

## 1.圆柱体的截交线

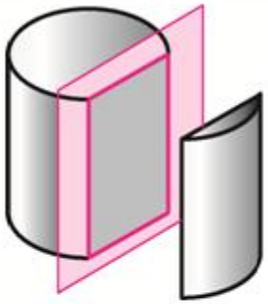
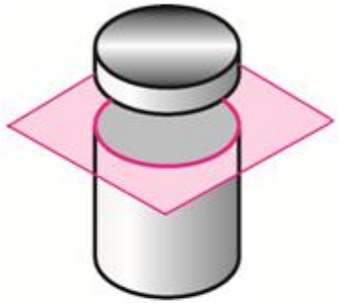
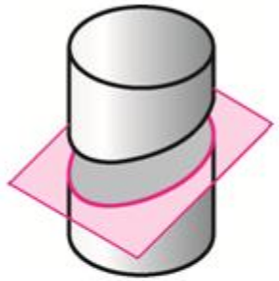
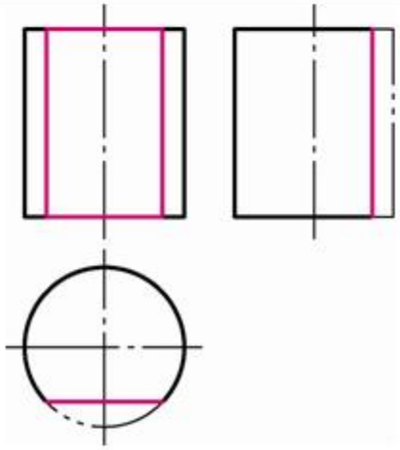
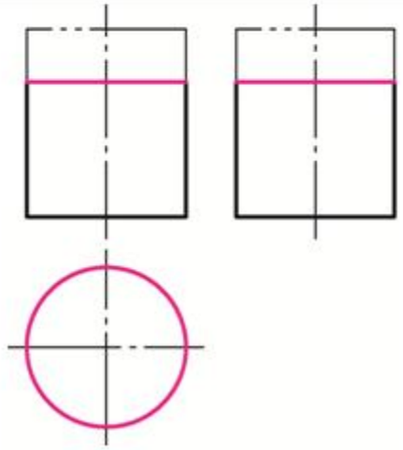
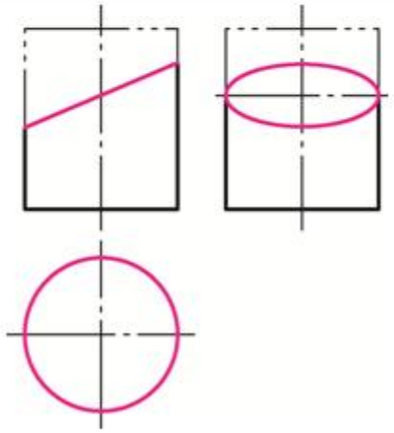
| 截平面位置 | 与轴线平行 | 与轴线垂直 | 与轴线倾斜 |
| --- | --- | --- | --- |
| 截交线形状 | 矩形 | 圆 | 椭圆 |
| 轴测图 |  |  |  |
| 投影图 |  |  |  |

表3-1 圆柱体的截交线

# 2.2 回转体的截交线

## ➢ 2.圆锥体的截交线

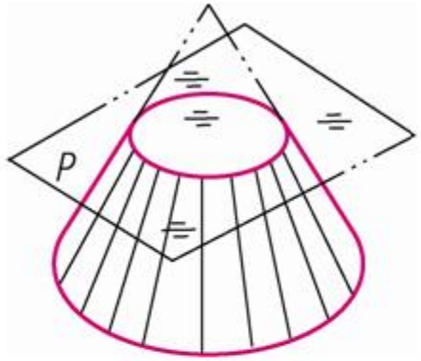
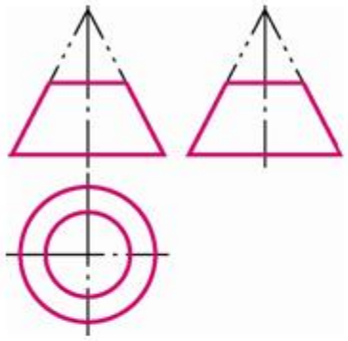
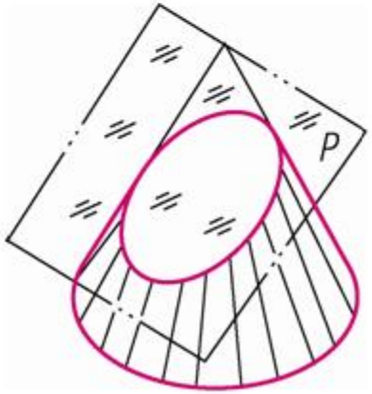
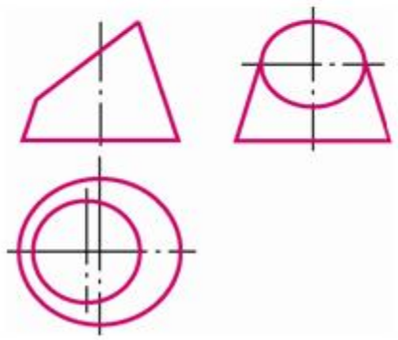
| 截平面位置 | 截交线形状 | 轴测图 | 投影图 |
| --- | --- | --- | --- |
| 垂直于轴线 | 圆 |  |  |
| 倾斜于轴线 | 椭圆 |  |  |

表3-2 圆锥体的截交线

## 2.圆锥体的截交线

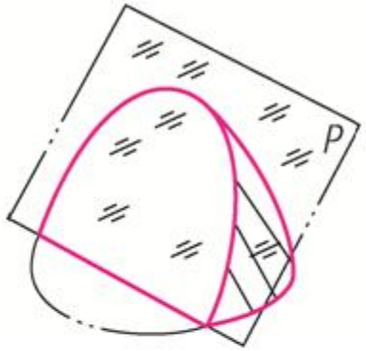
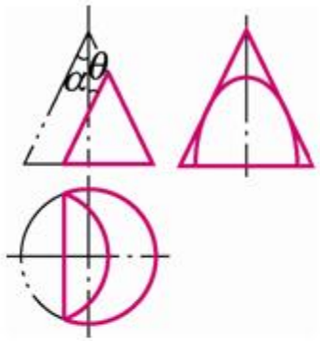
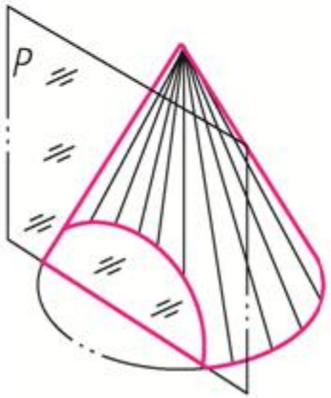
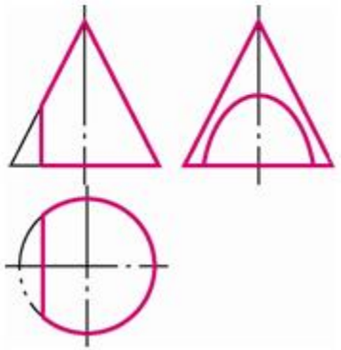
| 截平面位置 | 截交线形状 | 轴测图 | 投影图 |
| --- | --- | --- | --- |
| 平行于一条素线 | 抛物线 |  |  |
| 平行于两素线（平行于轴线） | 双曲线 |  |  |

表3-2 圆锥体的截交线（续）

## 2.圆锥体的截交线

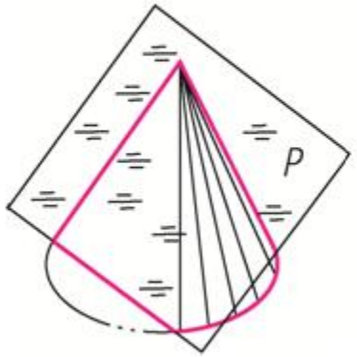
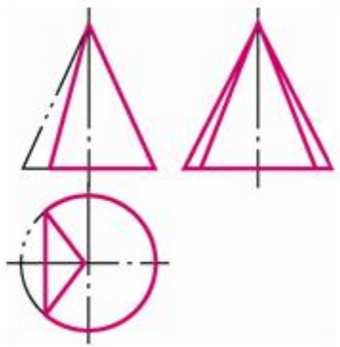
| 截平面位置 | 截交线形状 | 轴测图 | 投影图 |
| --- | --- | --- | --- |
| 过锥顶 | 两相交直线 |  |  |

表3-2 圆锥体的截交线（续）

## 3.圆球体的截交线

圆球被任意方向的平面截断，其截交线都是圆。圆的大小取决于截平面与球心的距离。当截平面平行于某一投影面时，截交线在该投影面上的投影为圆，在其他两投影面上的投影都积聚为直线，如图3-24所示。当截平面是投影面的垂直面时，截交线在该投影面的投影积聚为直线，在其他两个投影面上的投影均为椭圆。

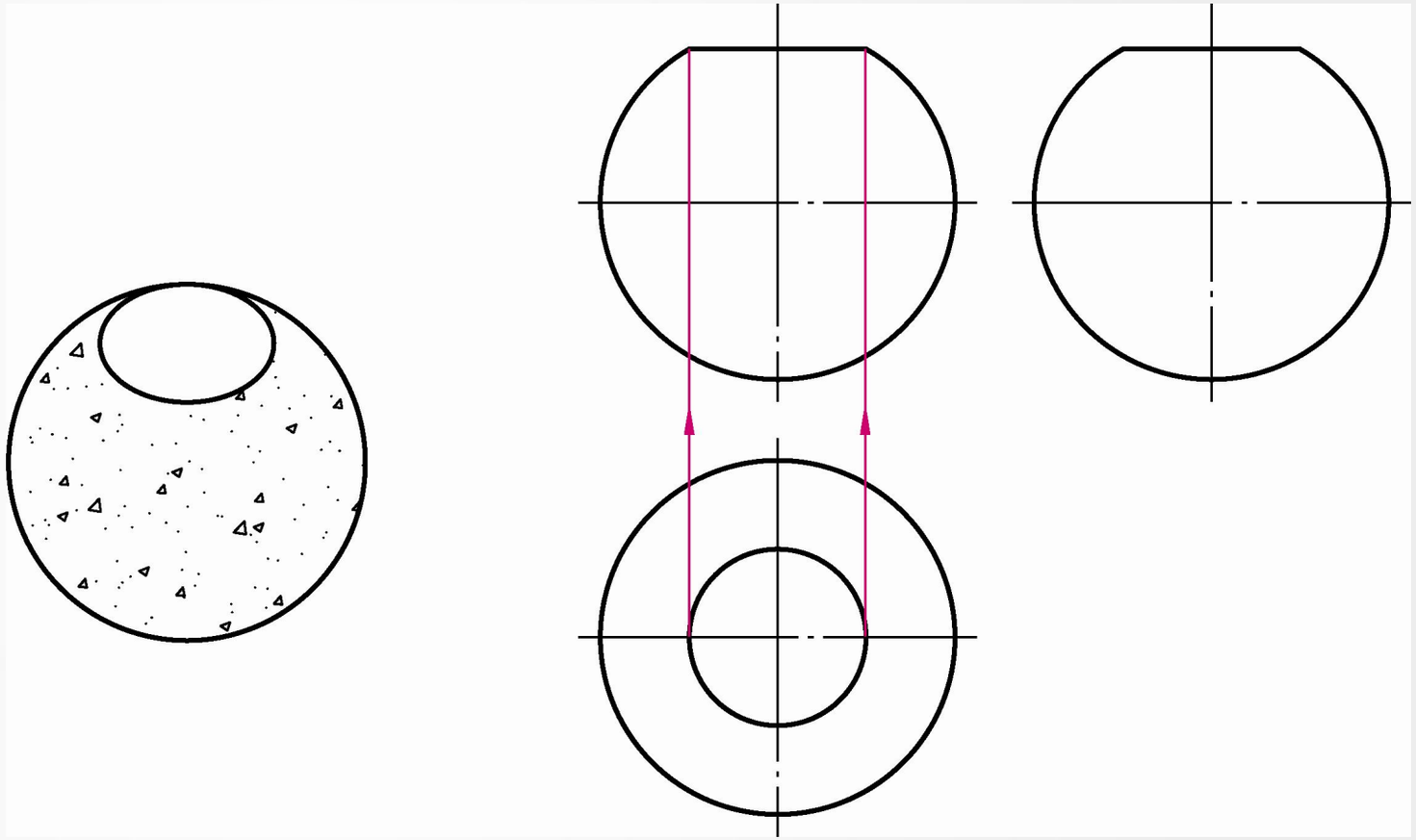


图3-24 平行于投影面的平面截切圆球

## ➢ 4.共轴复合回转体的截交线

画共轴复合回转体的截交线时，应先分析该立体由哪些回转体组成，然后再分析截平面与每个被截切回转体的相对位置、截交线的形状和投影特性，然后逐个画出各回转体的截交线，并进行连接。

参照【**例 3-15**】。

# 03

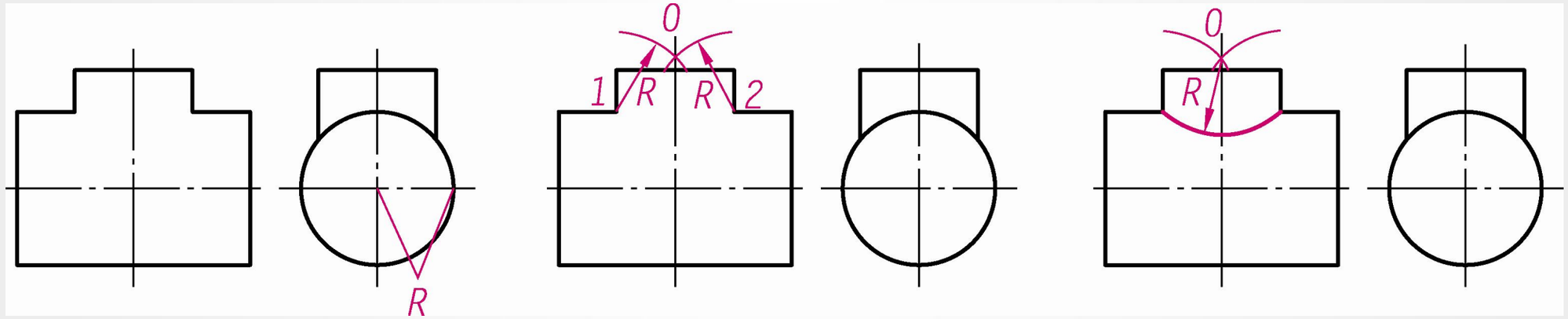
# 两立体表面的相贯线

# 3.1 相贯线的画法

| 1.表面取点法 | 2.辅助平面法 |
| --- | --- |
| 当相交两形体中的某一形体表面在某一投影面上的投影有积聚性时，其相贯线在该投影面上的投影一定与该形体的投影重合，根据这个已知投影，就可用表面取点法求出相贯线在其他投影面上的投影。 | 当两相贯体的投影没有积聚性时，通常采用辅助平面法求其相贯线。假想用一辅助平面在两回转体交线范围内截切两回转体，则辅助平面与两立体表面都产生截交线，这两条截交线的交点既属于辅助平面，又属于两立体表面，是三面的共有点，即相贯线上的点。 |

# 3.2 相贯线的近似画法

为了简化作图，国家标准规定，允许采用简化画法作出相贯线的投影，即以圆弧代替非圆曲线。如图3-31（a）所示求得圆弧的圆心，该圆心位于小圆柱体轴线上，然后再取大圆柱体半径作为圆弧半径画圆弧，所画圆弧即为相贯线的近似画法，如图3-31（b）所示。




（a）求作圆弧的圆心　　（b）画出圆弧

图3-31　两正交圆柱体相贯线的近似画法

## 3.3 相贯线的变化趋势

当正交两圆柱体直径大小变化时，其相贯线形状和弯曲方向也会产生变化，如图3-32所示。当直径不相等的两个圆柱体正交时，相贯线非积聚性投影的弯曲趋势总是向着大圆柱体的轴线；当直径相等的两个圆柱正交时，相贯线为椭圆曲线，其非积聚性投影为45°斜线。

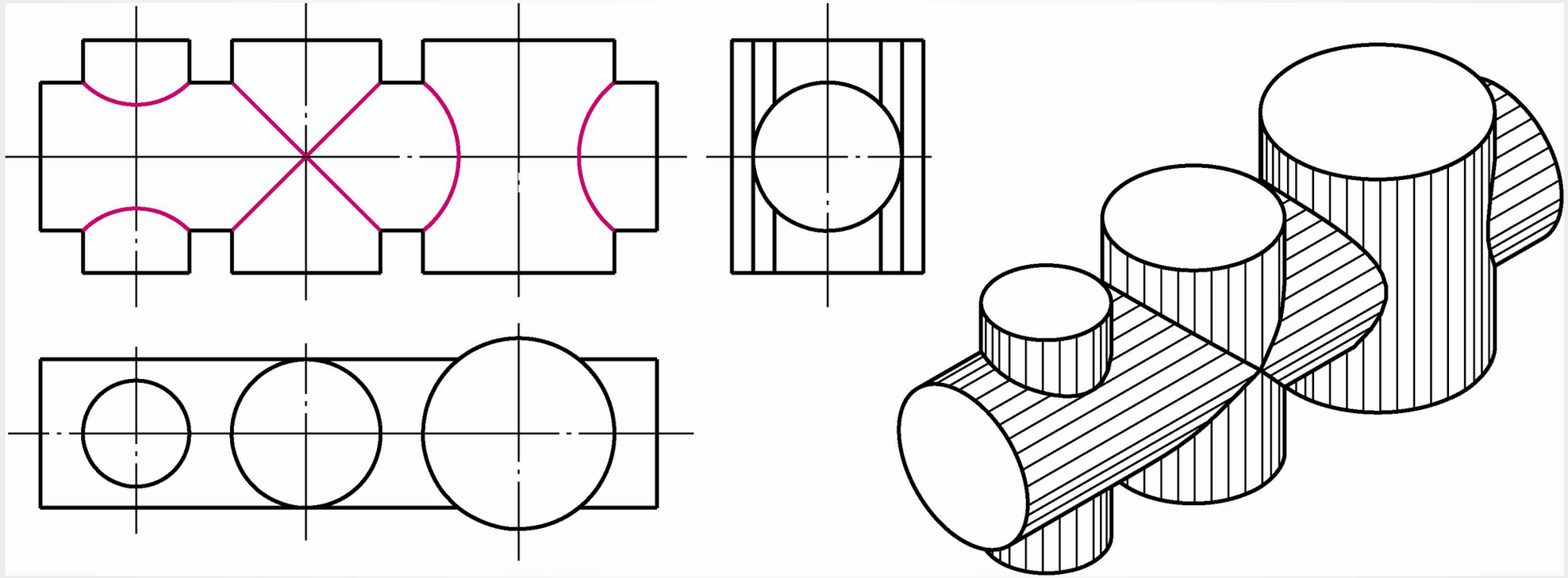
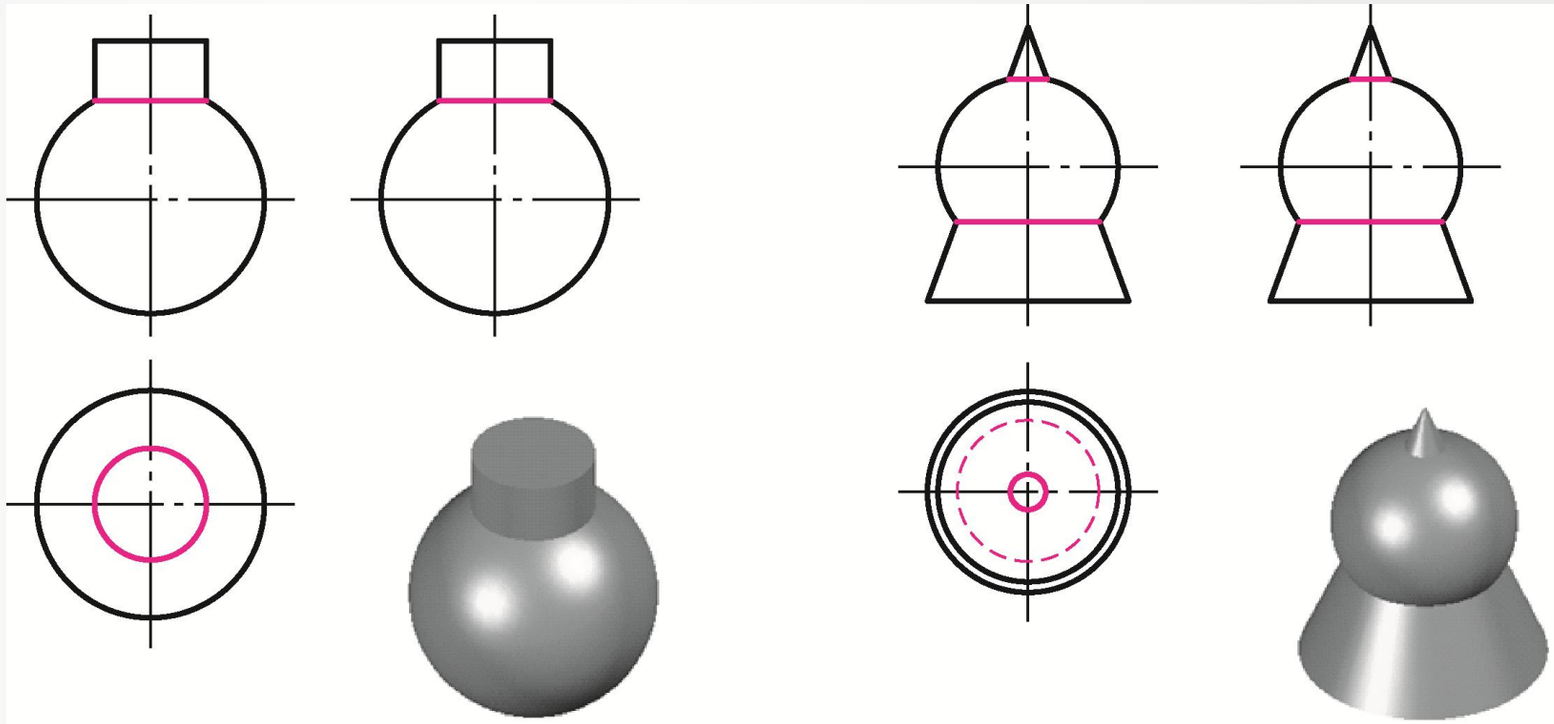


图3-31 两正交圆柱体相贯线的近似画法

## 1.相贯线为平面曲线

**1）同轴回转体的相贯线**

当两回转体具有公共轴线时，其相贯线为垂直轴线的圆。相贯线在与轴线平行的投影面上的投影为垂直于轴线的直线，相贯线在与轴线垂直的投影面上的投影为圆的实形，如图3-33所示。



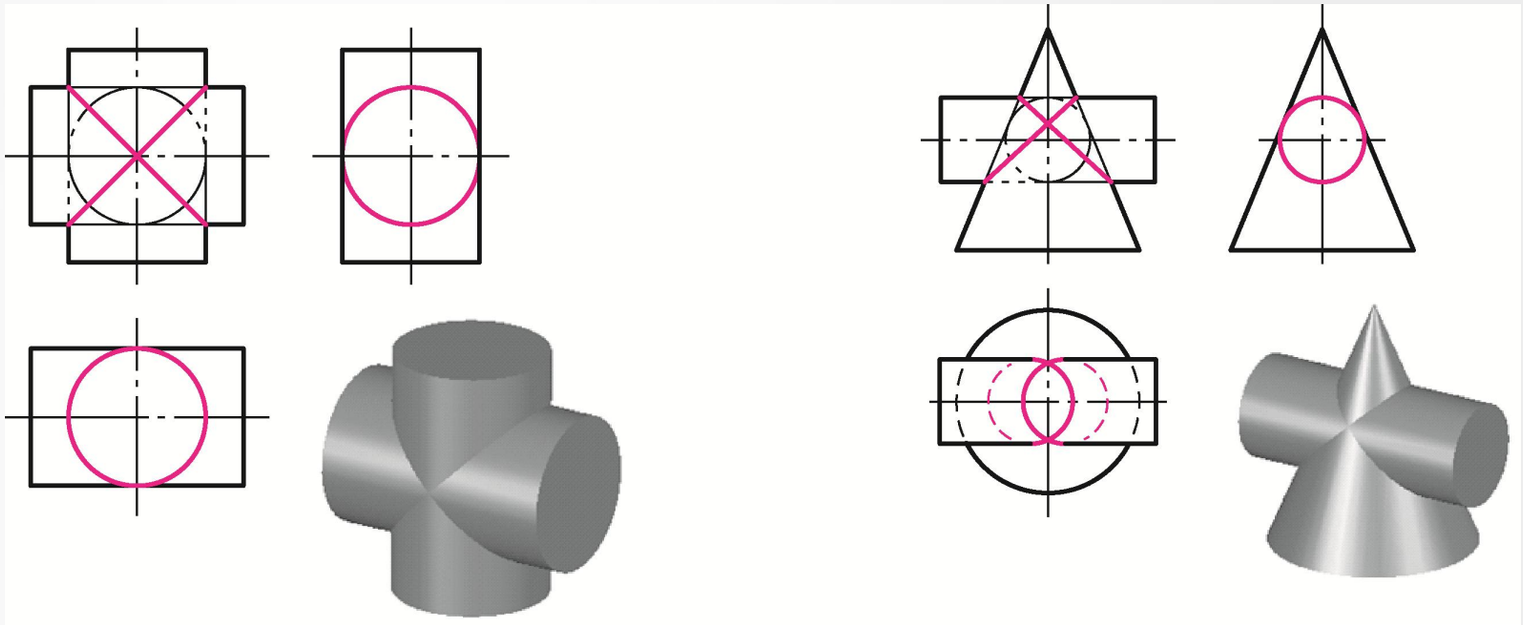
（a）圆柱体与圆球同轴相交　　（b）圆锥体与圆球同轴相交

图3-33 同轴回转体的相贯线

## 1.相贯线为平面曲线

**2）两回转体公切圆球的相贯线**

当轴线相交的两圆柱体（或圆柱体与圆锥体）公切于同一球面时，其相贯线为椭圆，该相贯线在两相交轴线所平行投影面上的投影积聚为直线段，在其他投影面上的投影为类似形（圆或椭圆），如图3-34所示。

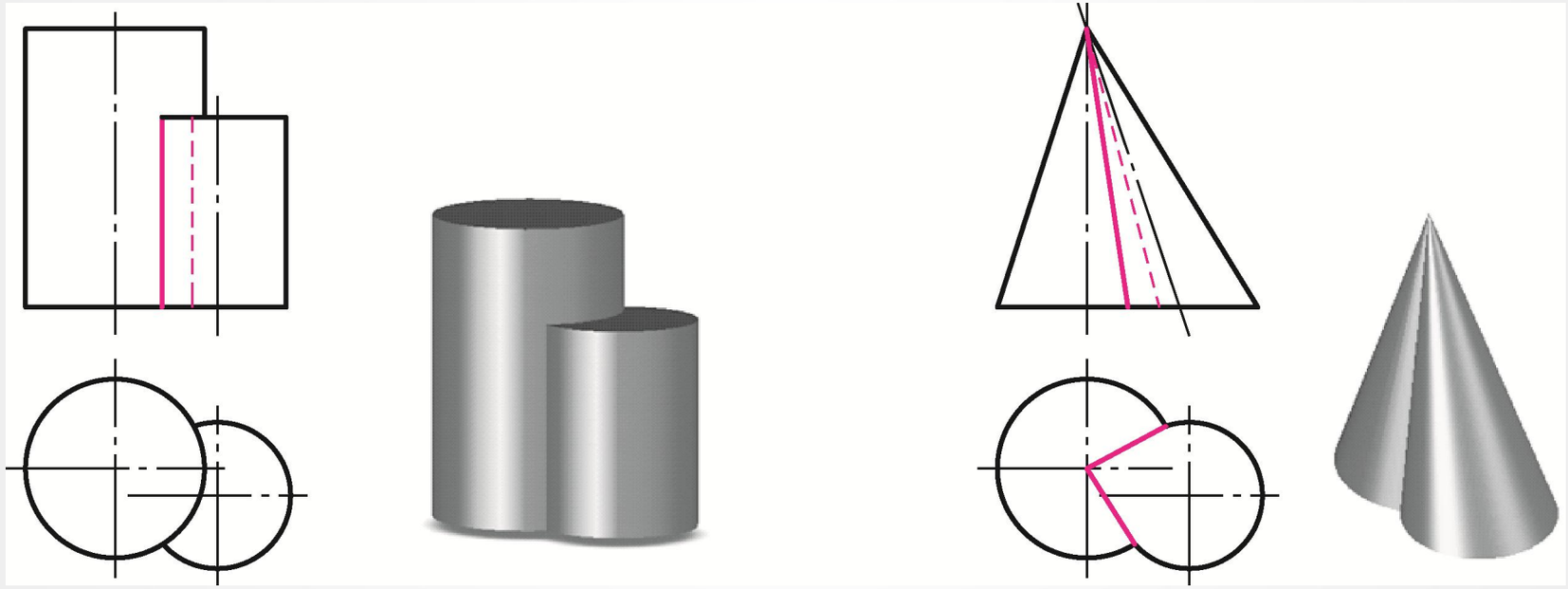


（a）圆柱体与圆柱体等径正交（公切一圆球）　（b）圆柱体与圆锥体正交（公切一圆球）

图3-34 两回转体公切圆球的相贯线

## 2.相贯线为直线

当相交两圆柱体的轴线平行时，相贯线为直线，如图3-35（a）所示。当两圆锥体共顶时，相贯线也是直线，如图3-35（b）所示。



（a）两相交圆柱体的轴线平行　　（b）两圆锥体共顶

图3-35 相贯线为直线

# 04

## 综合相交

**【例 3-18】**

完成图3-36（a）所示组合体的正面投影及侧面投影。

**分析：**

如图3-36（a）所示，组合体的形体分析和投影分析过程如下。

**（1）形体分析。**组合体前后对称，由三个空心圆柱体A，B，C组成；圆柱体A和B同轴，圆柱体C的轴线与圆柱体A，B的轴线正交；圆柱体B的端面P与圆柱体C截交；竖直圆柱孔D与水平圆柱孔E的轴线相交。

**（2）投影分析。**圆柱体A，C的相贯线是空间曲线；圆柱体B，C的相贯线也是空间曲线；圆柱体B的端面P与圆柱C之间的截交线是两直线段。由于圆柱C的水平投影有积聚性，这些交线的水平投影都是已知的。圆柱孔D与圆柱孔E的直径相同，轴线相交，交线为两个部分椭圆，由于圆柱孔D的水平投影和圆柱孔E的侧面投影都有积聚性，因此，此交线的水平投影和侧面投影都是已知的。

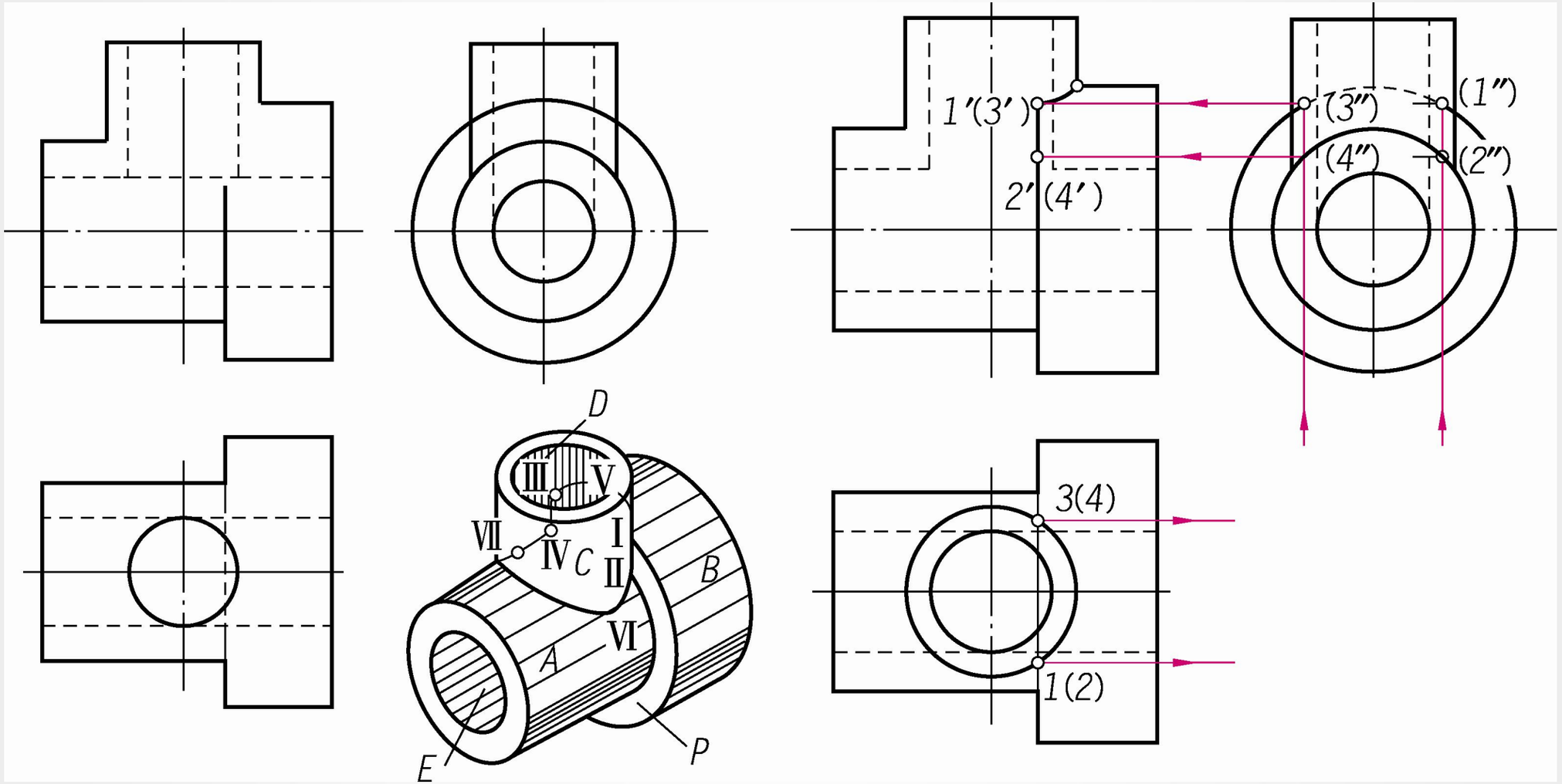
**【例 3-18】**

**作图步骤：**

**（1）作端面P和圆柱孔C之间的截交线。**如图3-36（b）所示，端面P和圆柱孔C之间的截交线Ⅰ Ⅱ和Ⅲ Ⅳ是两条垂直于水平面的直线段，由它们的水平投影点1(2)，3(4)可作出侧面投影点(1′′)，(2′′)，(3′′)，(4′′)和正面投影点1′(3′)，2′(4′)。

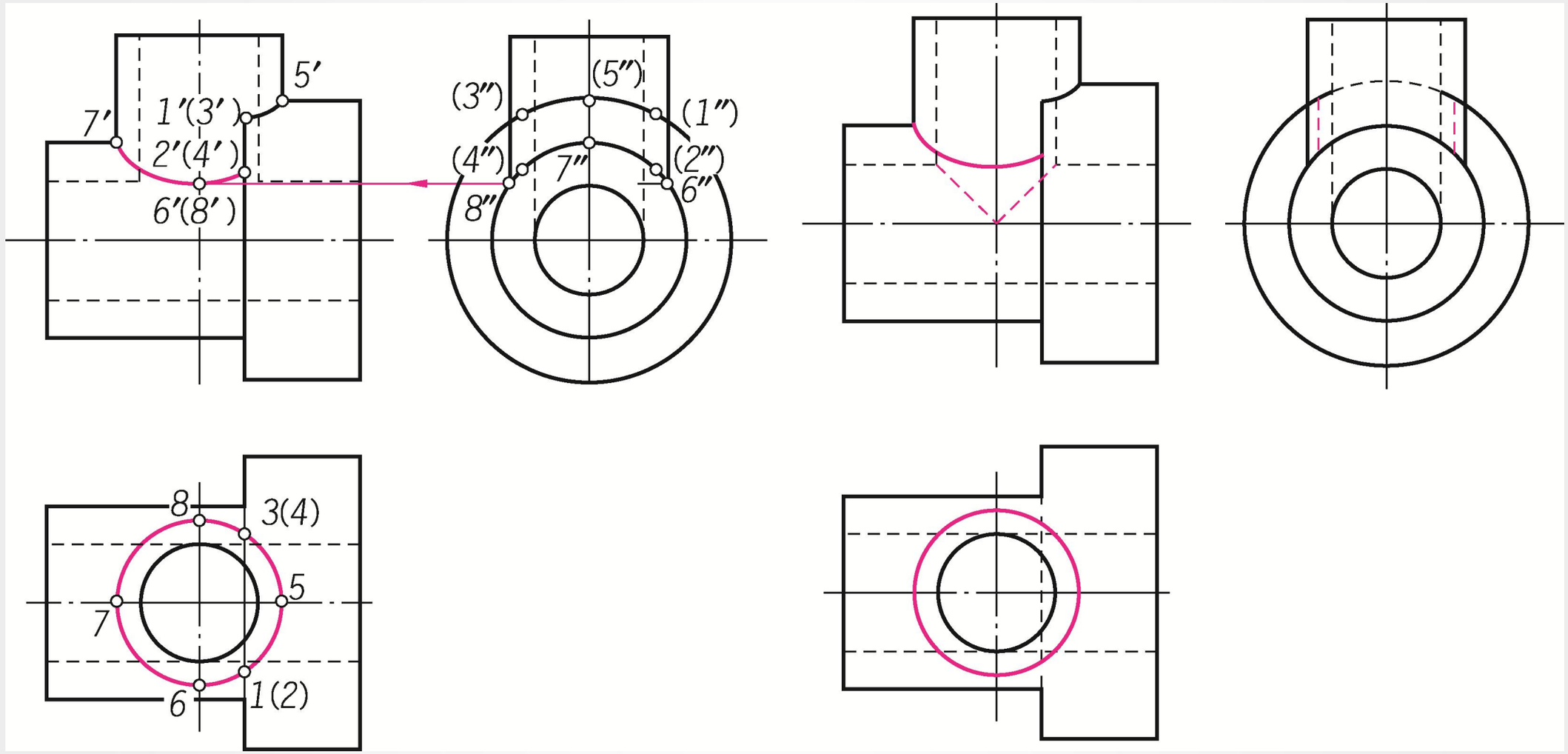
**（2）作圆柱体A，C和B，C间的相贯线**，其中，点Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ，Ⅳ既是它们相贯线上的点，也是端面P和圆柱孔C之间截交线上的点，上一步骤中已求出。如图3-36（c）所示，根据圆柱体C水平投影的积聚性，可直接求出圆柱体A，C和B，C间相贯线的水平投影6，7，8和5，再根据圆柱体A，B轴线垂直于侧面，它们的侧面投影具有积聚性，可直接求出圆柱体A，C和B，C间相贯线的侧面投影6′′，7′′，8′′和5′′，最后再求出它们的正面投影6′，(8′′)，7′和5′。

**（3）作出内表面之间的相贯线。**从以上分析可知内表面之间的交线为两个部分椭圆，其水平投影和侧面投影都是已知的，其正面投影为两直线段，可直接求出，如图3-36（d）所示。




（a）分析　　（b）作端面*P*与圆柱*C*的截交线

图3-36　立体综合相交的作图方法和步骤




（a）分析　　（b）作端面*P*与圆柱*C*的截交线

图3-36　立体综合相交的作图方法和步骤

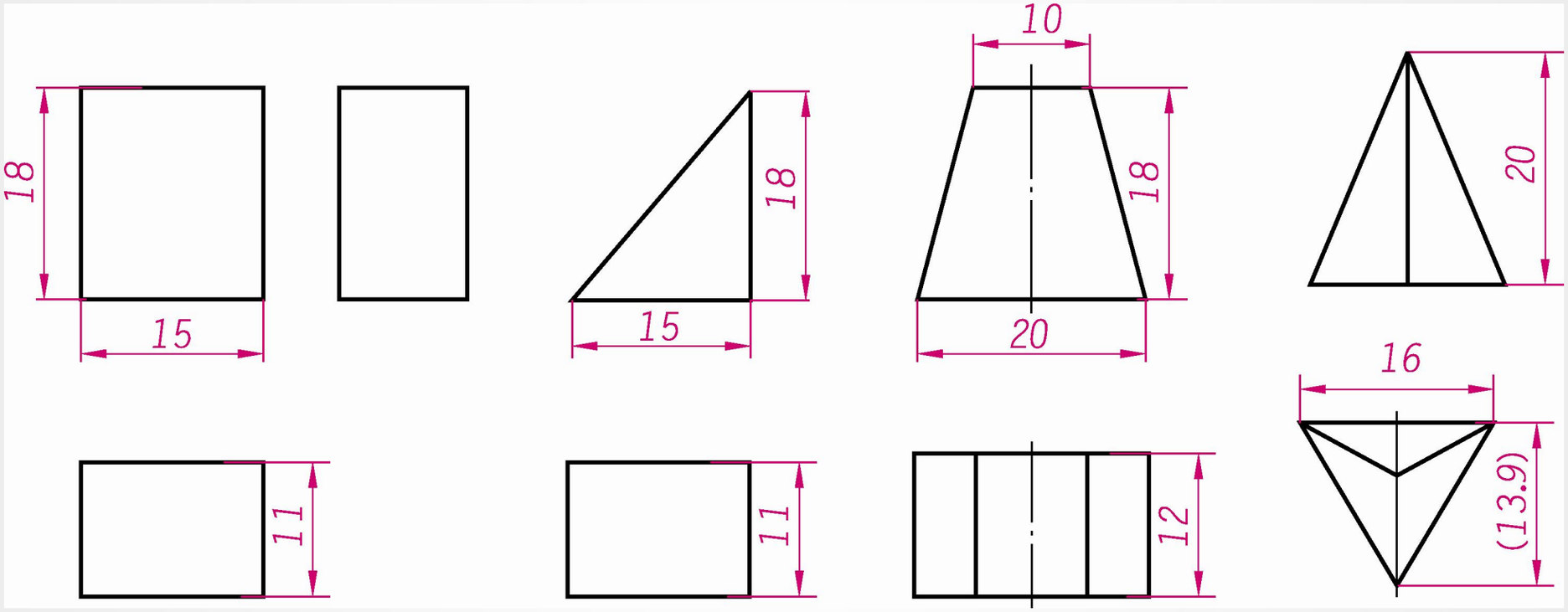
# 05

# 基本的尺寸标注

## 1.平面立体的尺寸标注

**平面立体一般标注长、宽、高三个方向的尺寸。**棱柱和棱锥应标注确定底面大小的尺寸以及高度尺寸；棱台应标注确定上下底面大小的尺寸以及高度尺寸。为了便于读图，确定底面形状的两个方向尺寸，一般应集中标注在反映实形的视图（即特征视图）上，如图3-37所示。其中，正方形的尺寸可采用图3-37（f）所示形式注出，即在边长尺寸数字前加注“□”符号；图3-37（d）和图3-37（g）中加“（）”的尺寸为参考尺寸；底面为正多边形的棱柱、棱锥，根据需要可注外接圆直径，也可采用其他形式标注。例如，正三棱锥标注边长，正六棱柱标注对边距离，如图3-37（d）、图3-37（g）所示。

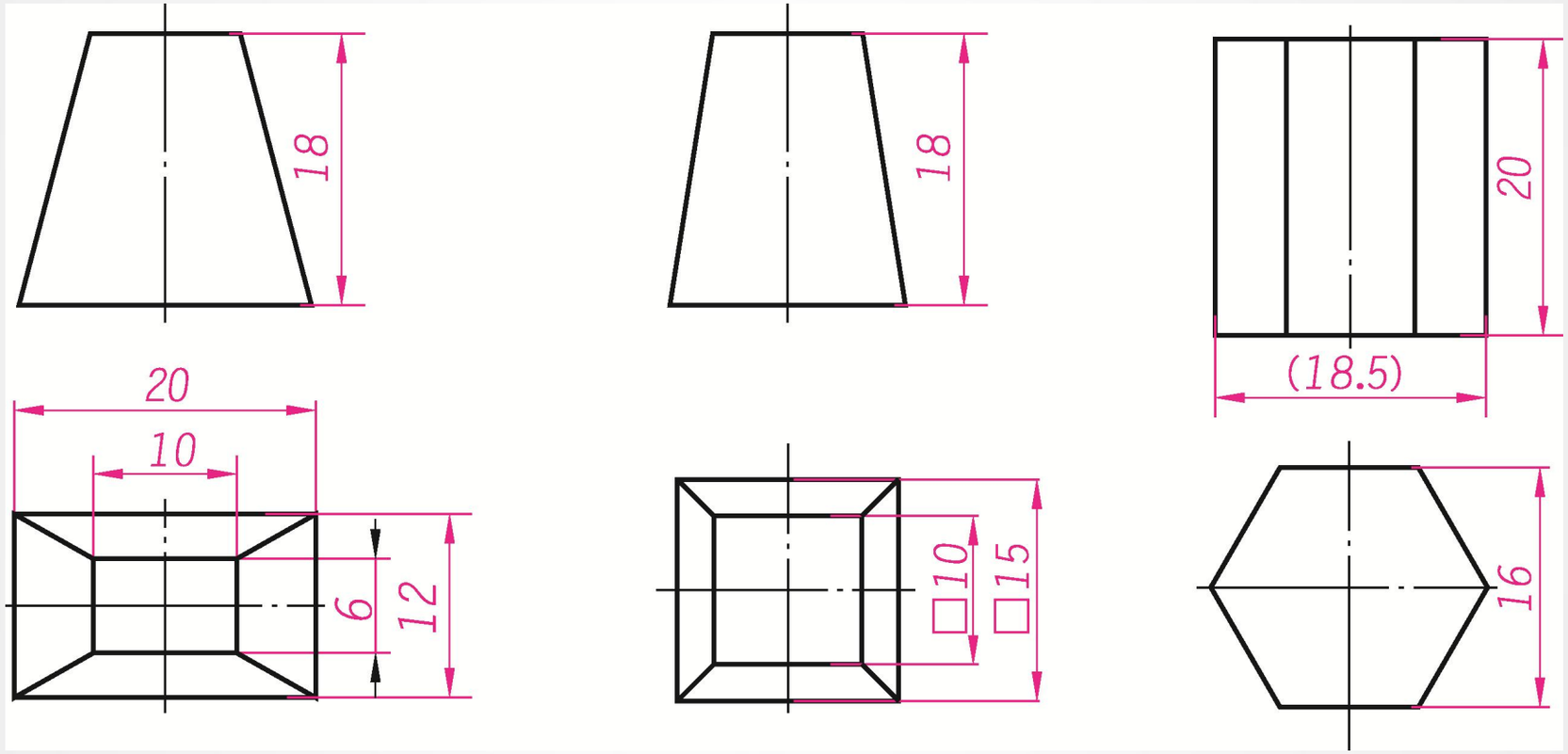
## 1.平面立体的尺寸标注




(a) (b) (c) (d)

图3-37 棱柱、棱锥、棱台的尺寸标注

## 1.平面立体的尺寸标注




(e) (f) (g)

图3-37 棱柱、棱锥、棱台的尺寸标注（续）

## 2.回转体的尺寸标注

圆柱体和圆锥体应注出底圆直径和高度尺寸，圆台则还应加注顶圆直径。直径尺寸一般注在非圆视图上，标注时应在其数字前加注符号“f”。这种标注形式用一个视图就能确定其形状和大小，其他视图即可省略，如图3-38（a）～（c）所示。标注圆球的直径和半径时，应分别在“f”和“R”前加注符号“S”，如图3-38（d）、图3-38（e）所示。

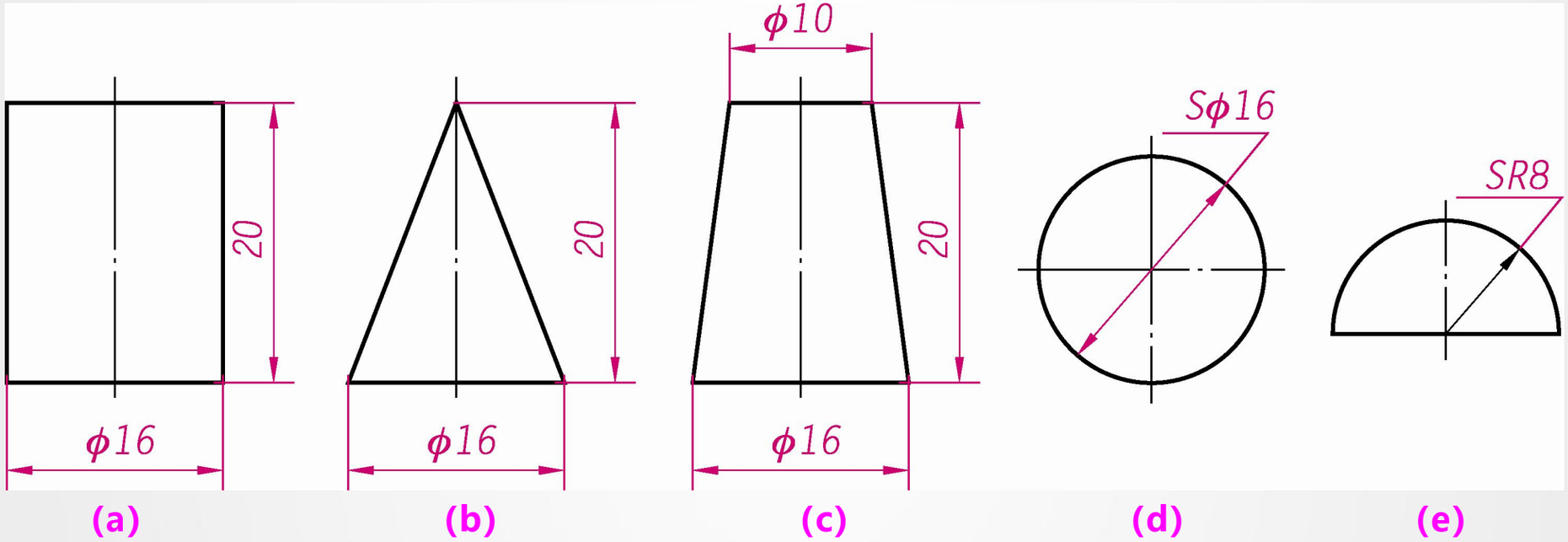
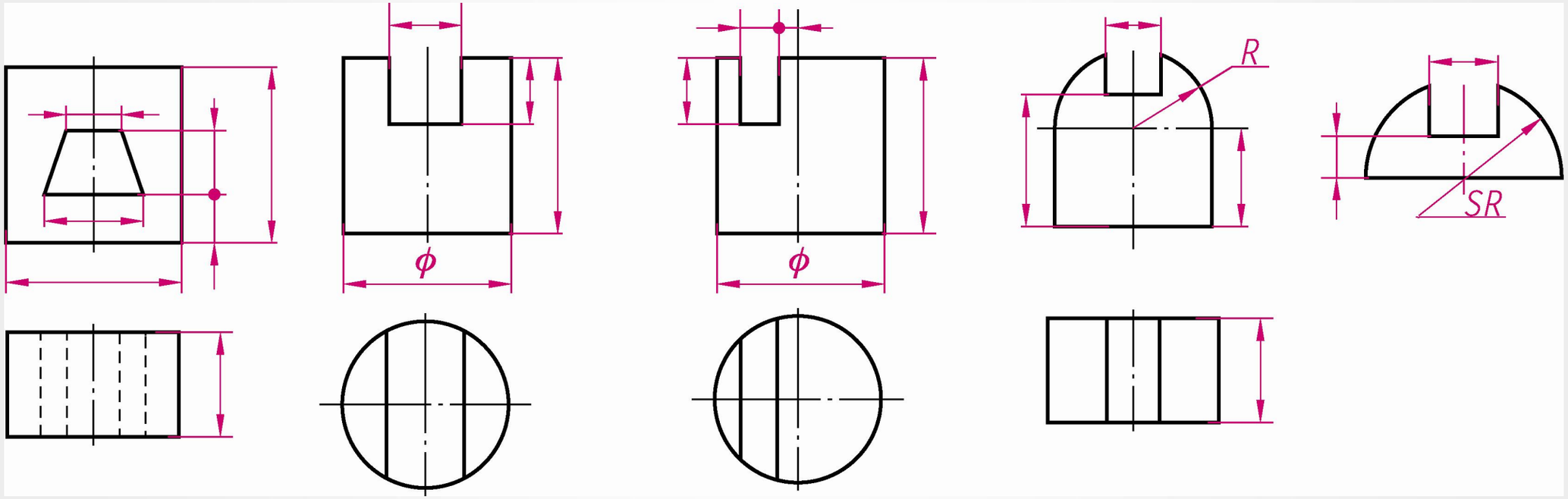



图3-38 回转体的尺寸标注

# 5.2 截断体尺寸标注

标注截断体的尺寸时，除了标注基本体的定形尺寸外，还应标注确定截断面的定位尺寸，并应把定位尺寸集中标注在反映切口、凹槽的特征视图上。当截断面位置确定后，截交线也随之确定，所以截交线上不能再标注尺寸，如图3-39所示。




(a) (b) (c) (d) (e)

图3-39 截断体的尺寸标注

# 5.3 相贯体尺寸标注

相贯体除了标注出参与相交的两个基本体的尺寸外，还应注出确定两基本体相对位置的尺寸，并应注在反映两形体相对位置特征的视图上，如图3-40（a）所示。

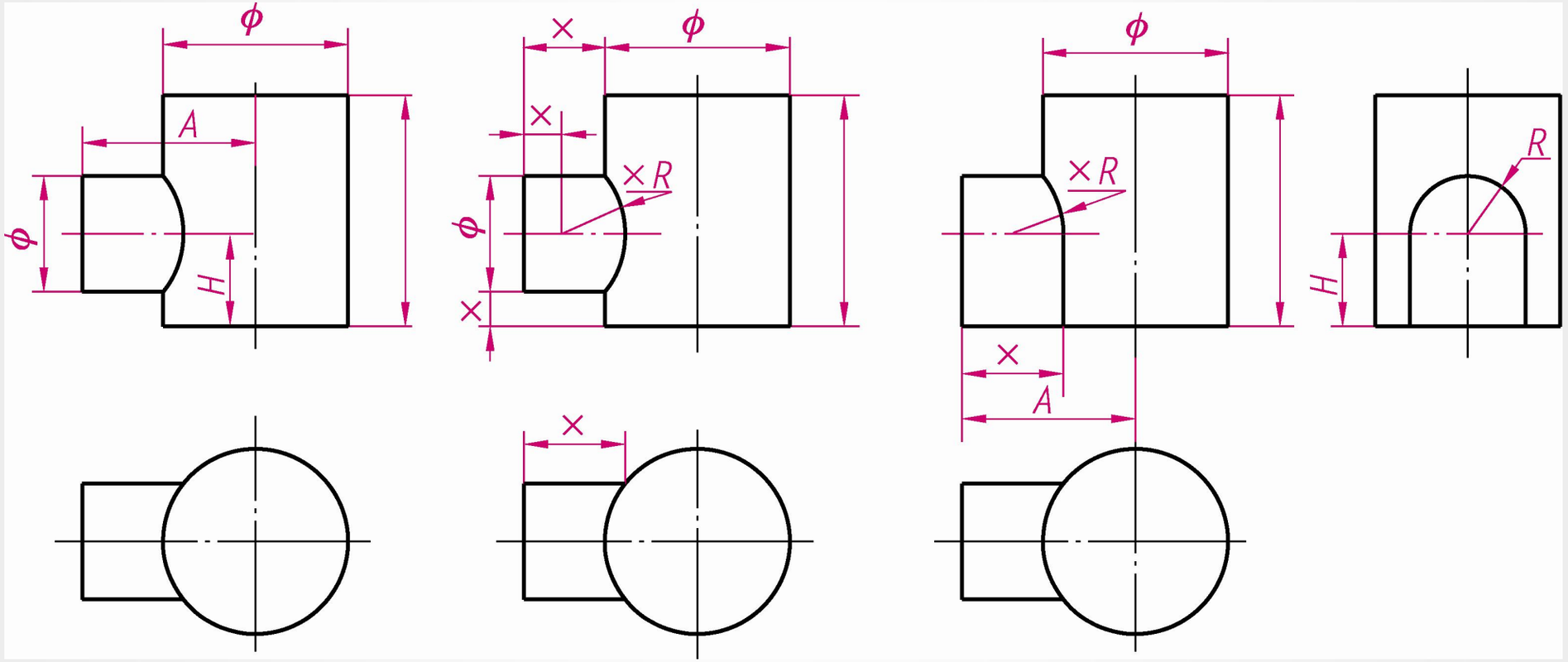
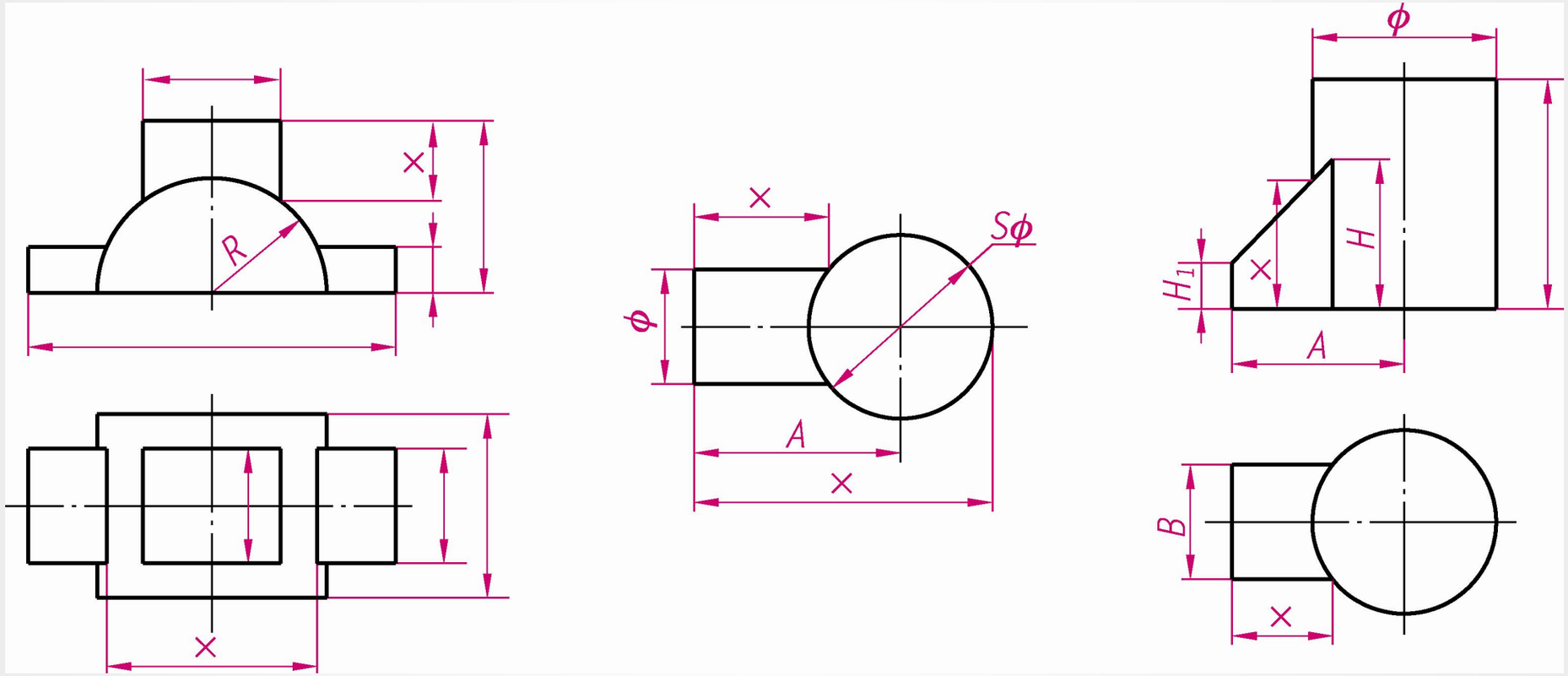


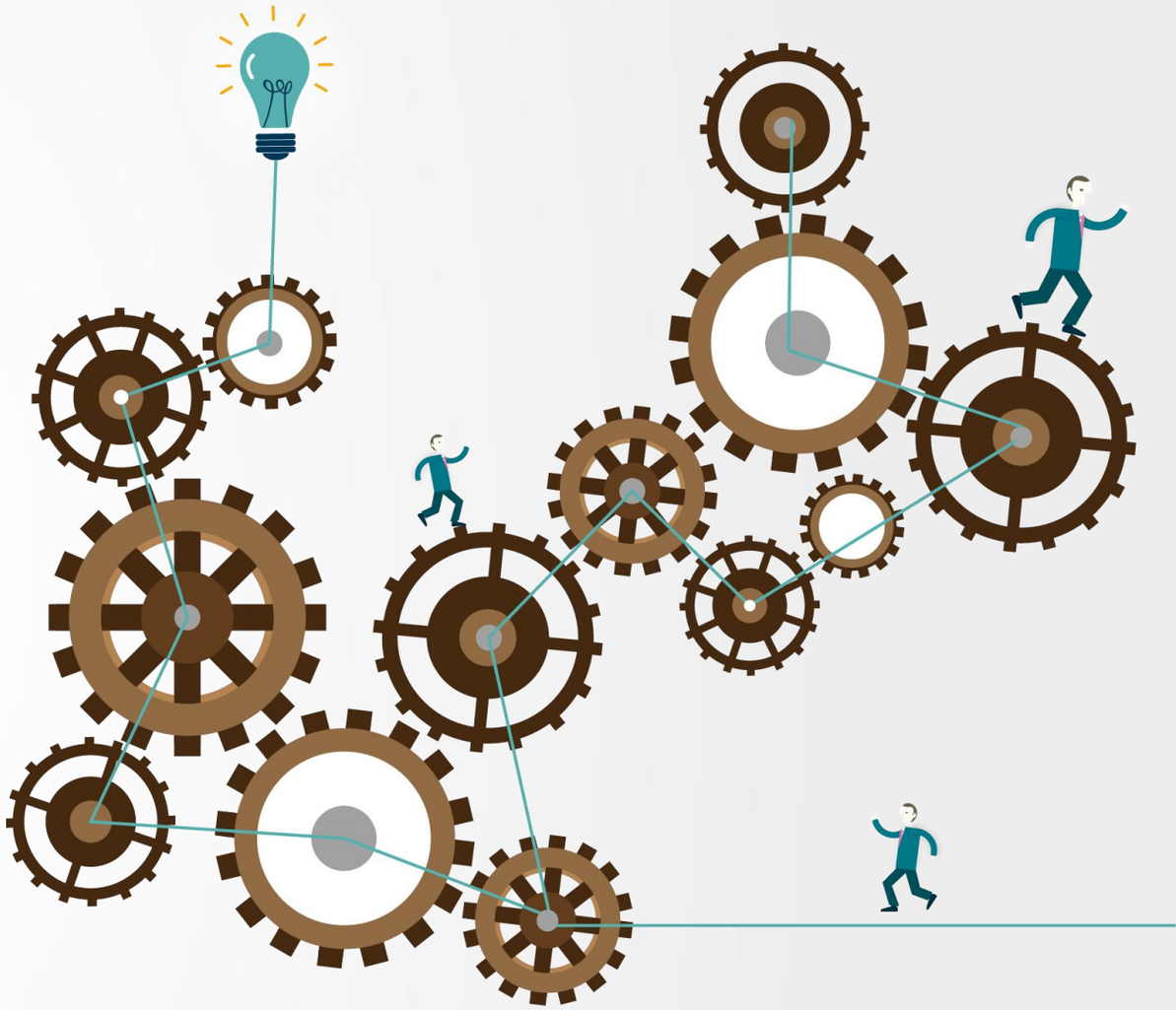

图3-40 相贯体的尺寸标注

# 5.3 相贯体尺寸标注

当两相交基本体的形状、大小及相对位置确定后，相贯线的形状、大小及位置也就确定，因此，相贯线不能再注尺寸，如图3-40（b）～（f）所示，图中打“×”的尺寸都是错误的注法。




(d) (e) (f)

图3-40 相贯体的尺寸标注

谢谢！