

第三章 基本立体的投影

■本章内容是在研究点、线、面投影的基础上进一步论述立体的投影作图问题。

➤立体表面是由若干面（平面、曲面）所组成。

●平面立体：表面均为平面的立体；

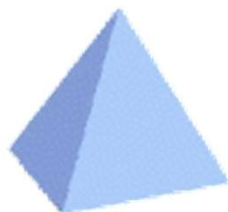
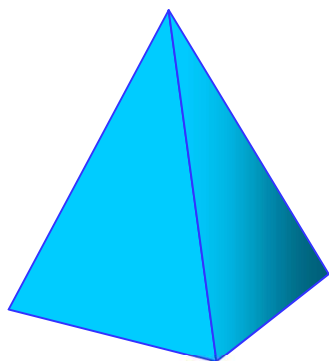
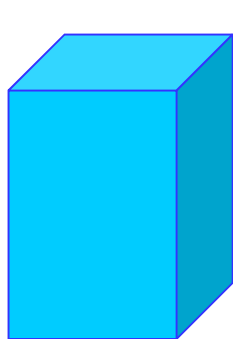
●曲面立体：表面为曲面或平面与曲面的立体。

➤立体的投影图：用构成立体的平面和曲面的投影来表达的，然后根据可见性原理判断那些线条是可见的或是不可见的，分别用实线和虚线表达。

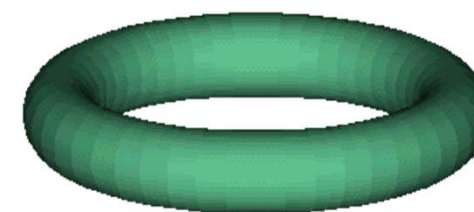
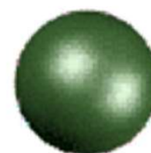
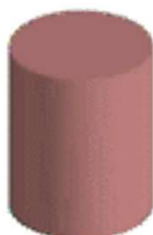
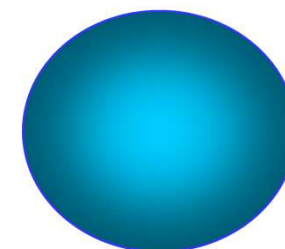
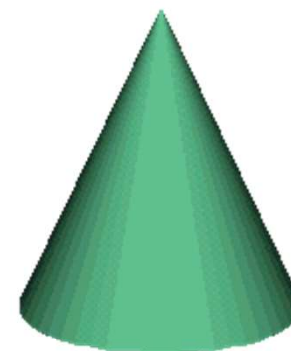
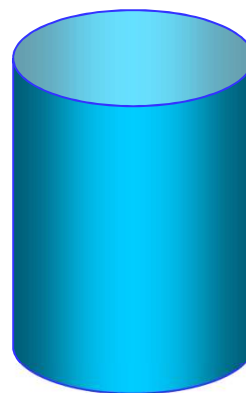


常见的基本几何体

平面基本体



曲面基本体



University of Science and Technology of China

§ 3.1 平面基本体

- 平面立体的投影实质是关于其表面上点、线、面投影的集合，且以棱边的投影为主要特征，对于可见的棱边，其投影以粗实线表示，反之，则以虚线示之。
- 在投影图中，当多种图线发生重叠时，应以粗实线、虚线、点画线等顺序优先绘制。

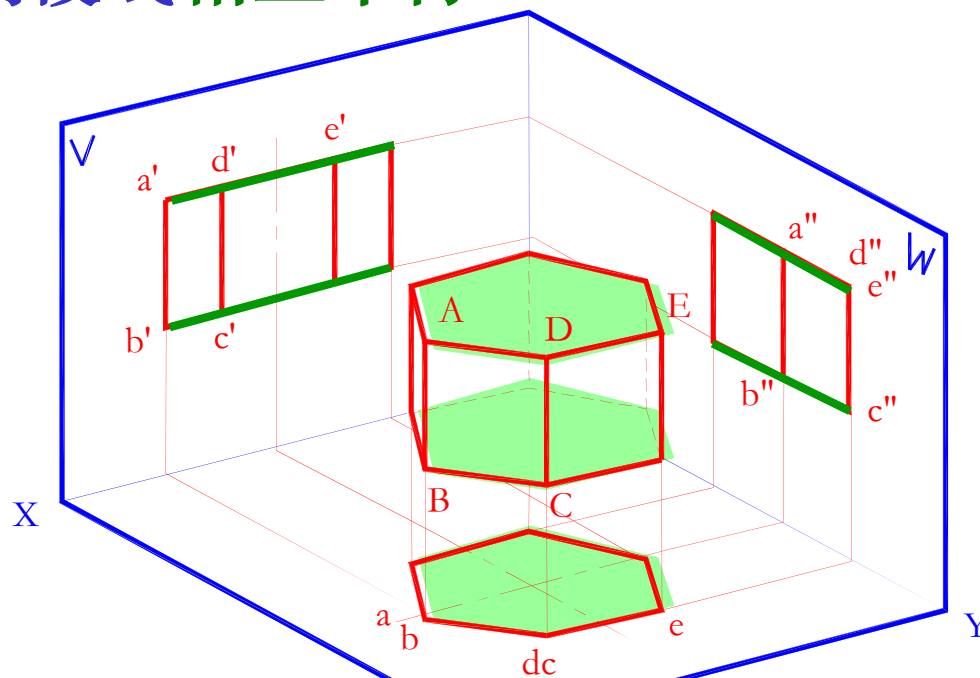


一. 棱柱

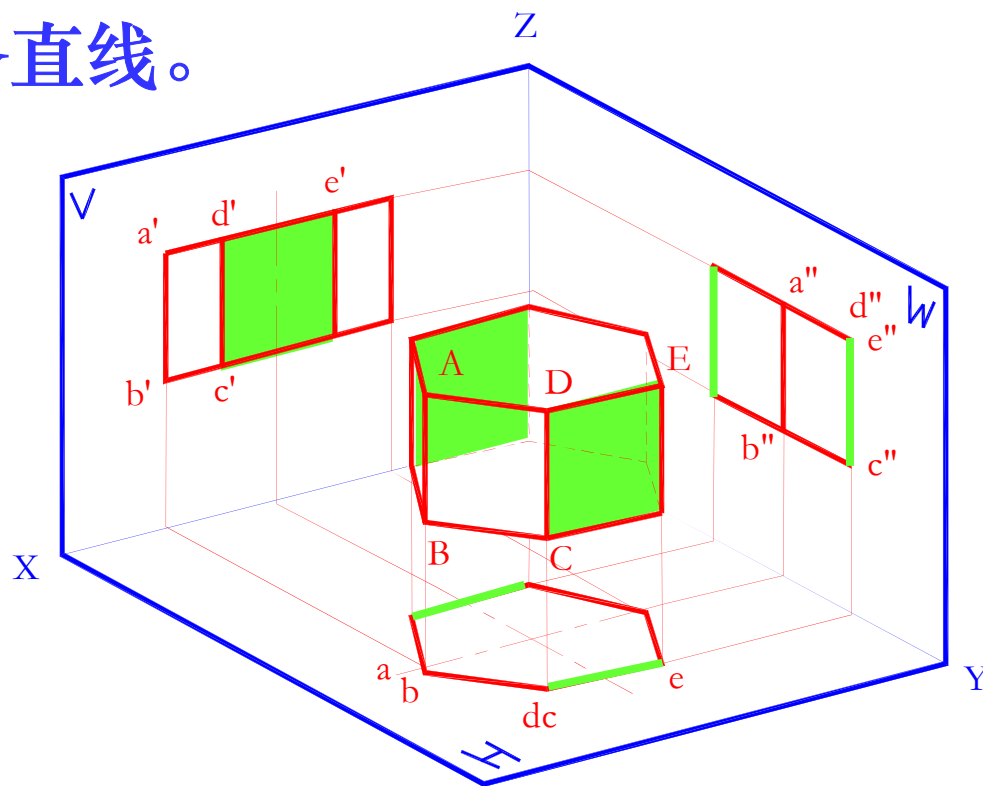
1. 棱柱的组成

●由两个底面和几个侧棱面组成。侧棱面与侧棱面的交线叫侧棱线，侧棱线相互平行。^z

●如图为一正六棱柱，其顶面、底面均为水平面，它们的水平投影反映实形，正面及侧面投影重影为一直线。



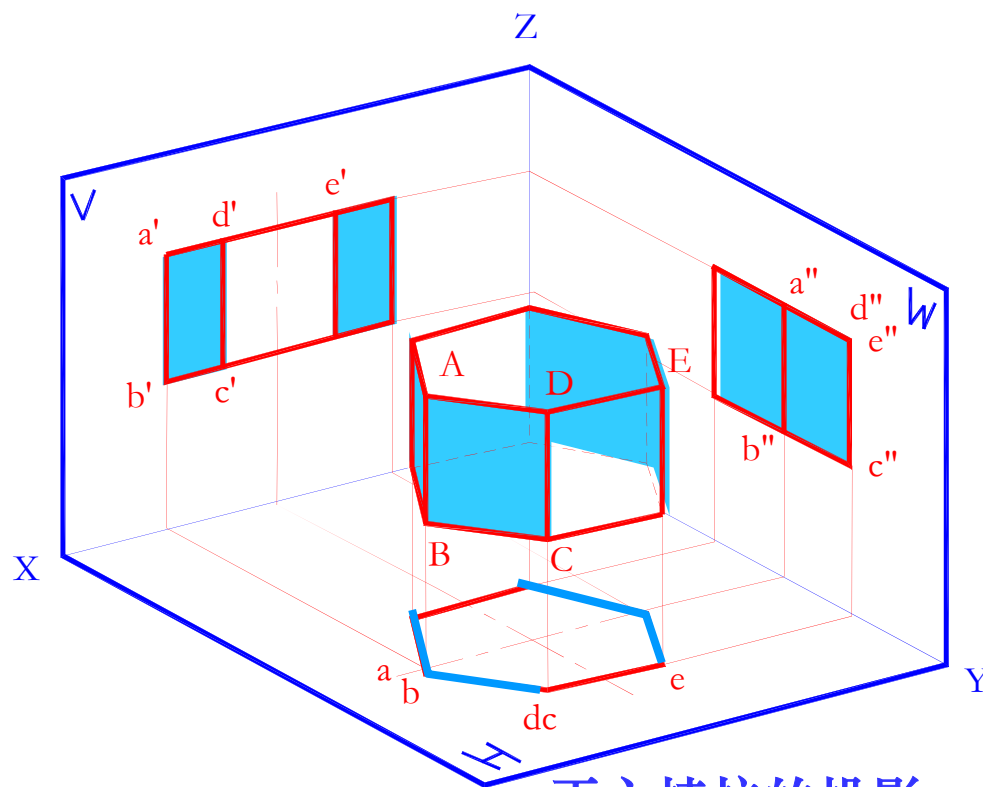
- 棱柱有六个侧棱面，前后棱面为正平面，它们的正面投影反映实形，水平投影及侧面投影重影为一条直线。



正六棱柱的投影



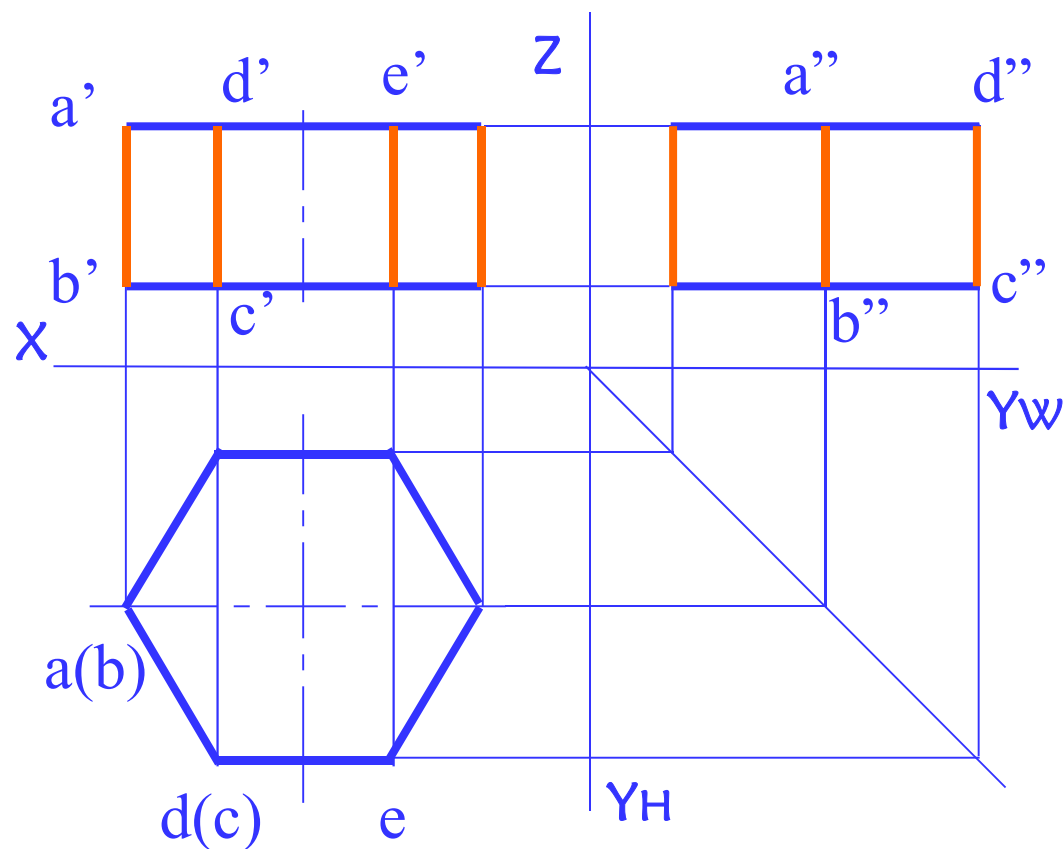
● 棱柱的其它四个侧棱面均为铅垂面，其水平投影均重影为直线。正面投影和侧面投影均为类似形。



正六棱柱的投影



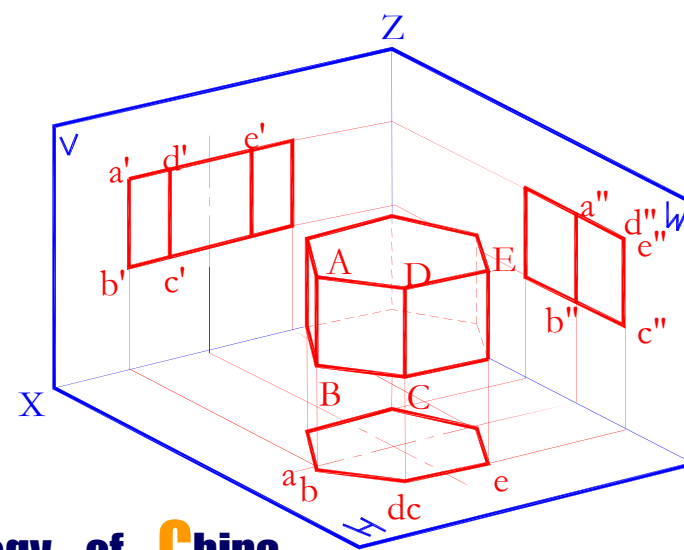
2. 棱柱的投影图



正六棱柱的投影图

■作投影图时

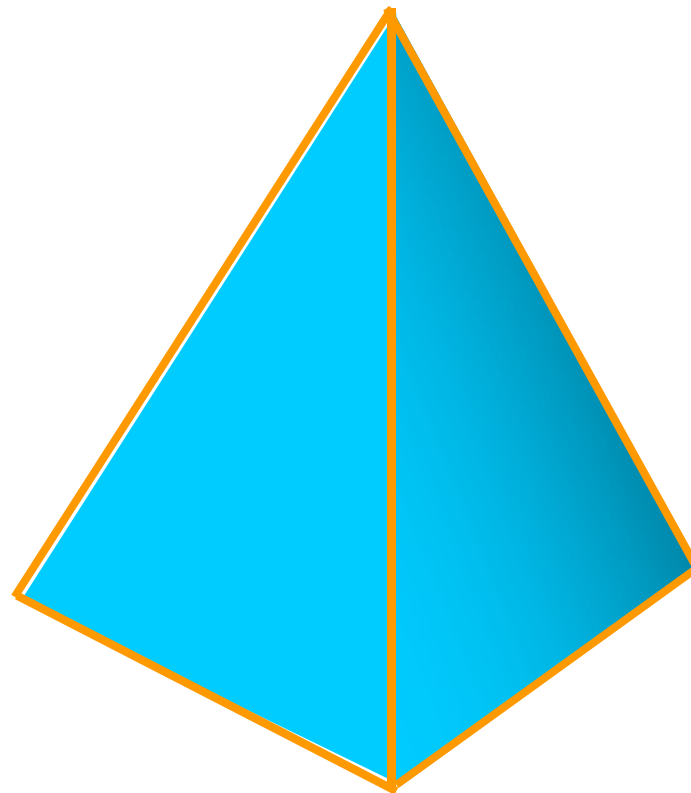
- 先画中心线，对称线；
- 画上下两个正六边形的投影，三个投影一起画；
- 再画侧棱面（或侧棱线）的投影。



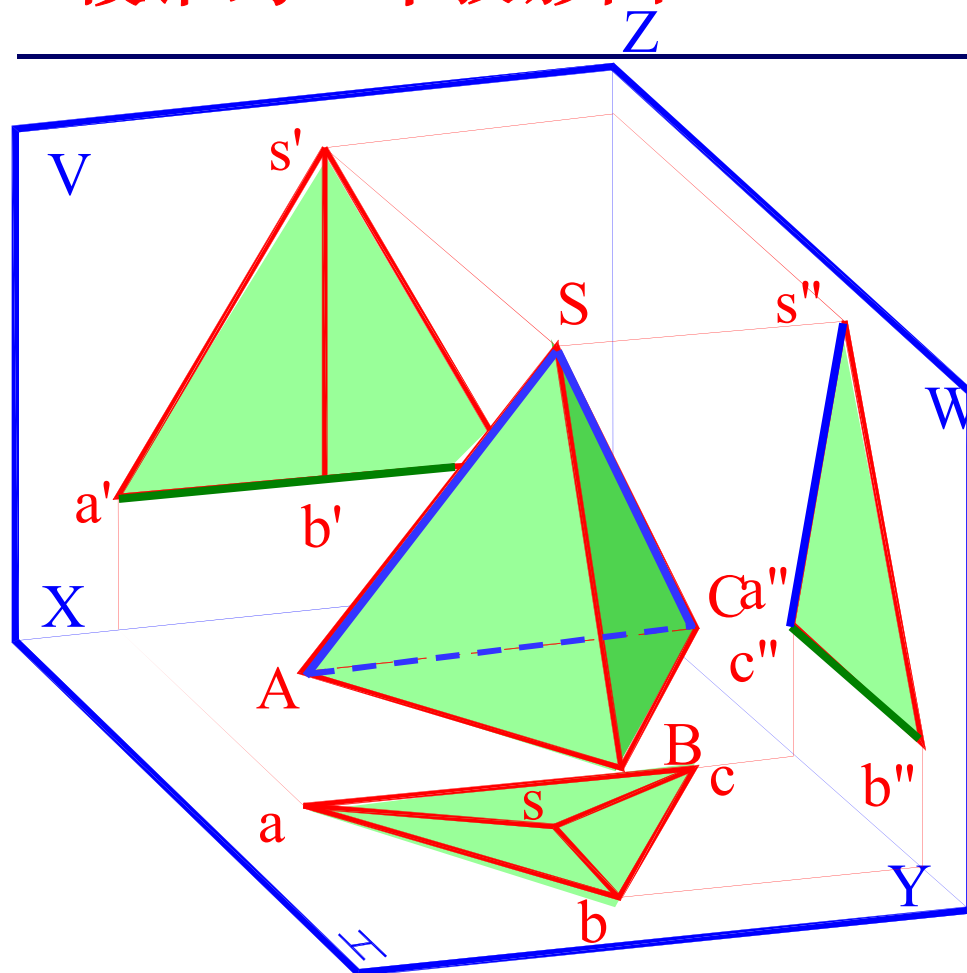
二. 棱锥

1. 棱锥的组成

➤ 由一个底面和几个侧棱面组成。侧棱线交于有限远的一点——锥顶。



2. 棱锥的三个投影图



正三棱锥的投影

如图为一正三棱锥，锥顶为S，底面为 $\triangle ABC$ ，呈水平位置，水平投影 $\triangle abc$ 反映实形。

棱面 $\triangle SAB$ 、 $\triangle SBC$ 是一般位置平面，它们的各个投影均为类似形。

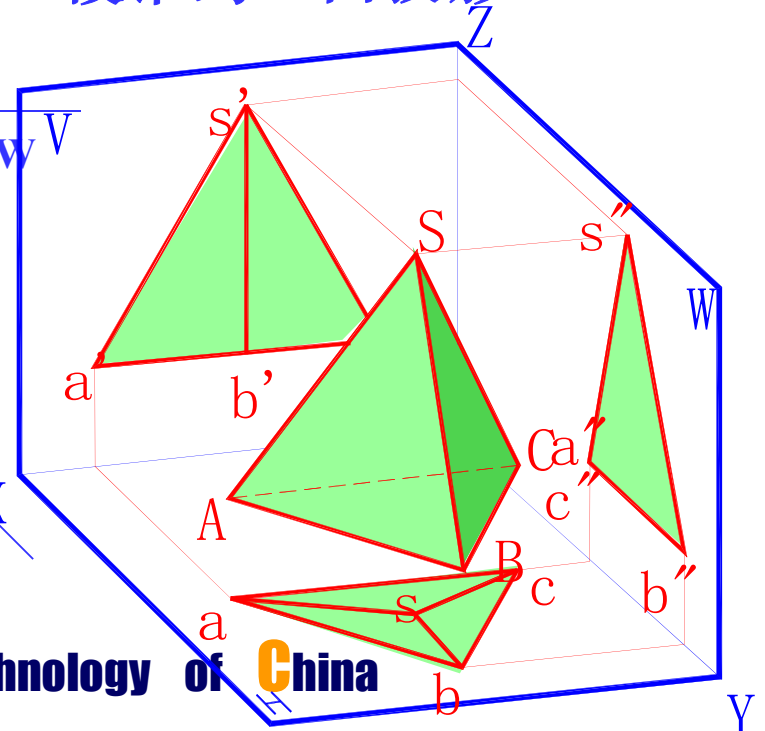
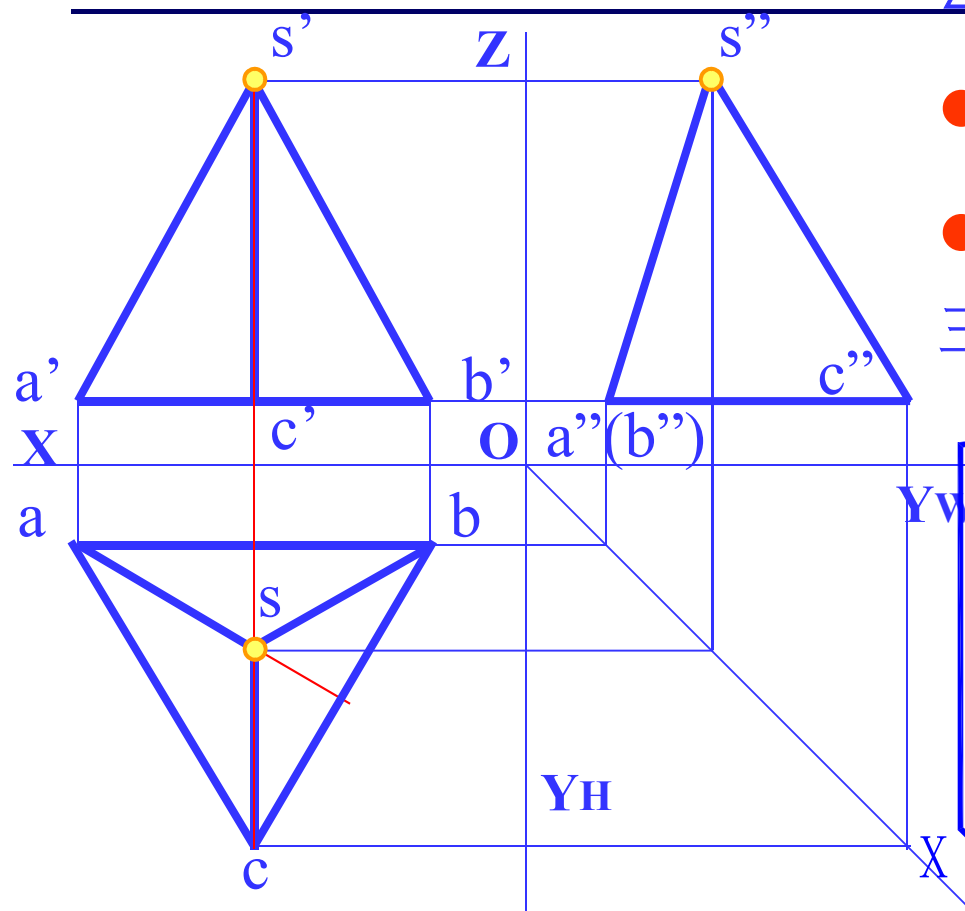
棱面 $\triangle SAC$ 为侧垂面，其侧面投影 $s''a''c''$ 重影为一直线，其它二个投影为类似性。



●作图时，先画出底面
 $\triangle ABC$ 的各个投影；

●再作出锥顶S的各个投影；

●然后连接各棱线，即得正三棱锥的三面投影。

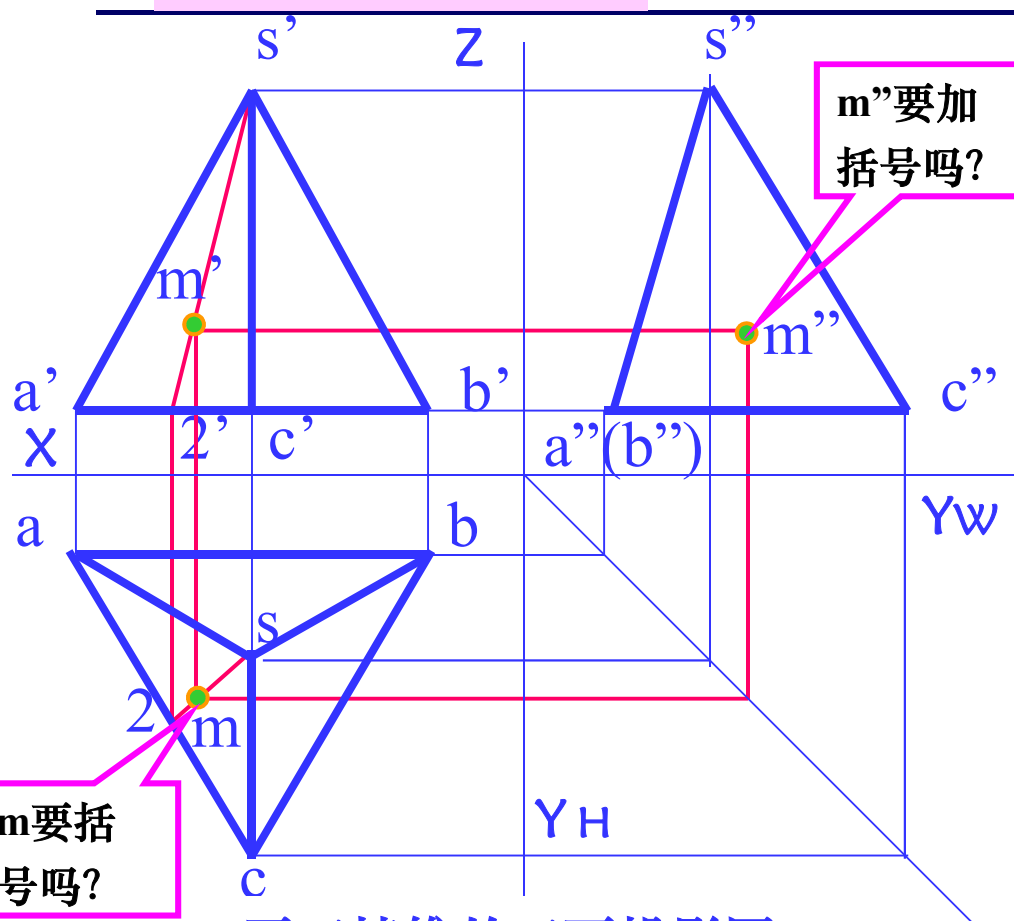


正三棱锥的三面投影图



3.平面立体表面上取点（三棱锥为例）

作图步骤如下：



连接 $s'm'$ 并延长，与 $a'b'$ 交于 $2'$ ，

在投影 ac 上求出 II 点的水平投影 2 。

连接 $s2$ ，即求出直线 SI 的水平投影。

根据在直线上的点的投影规律，求出 M 点的水平投影 m 。

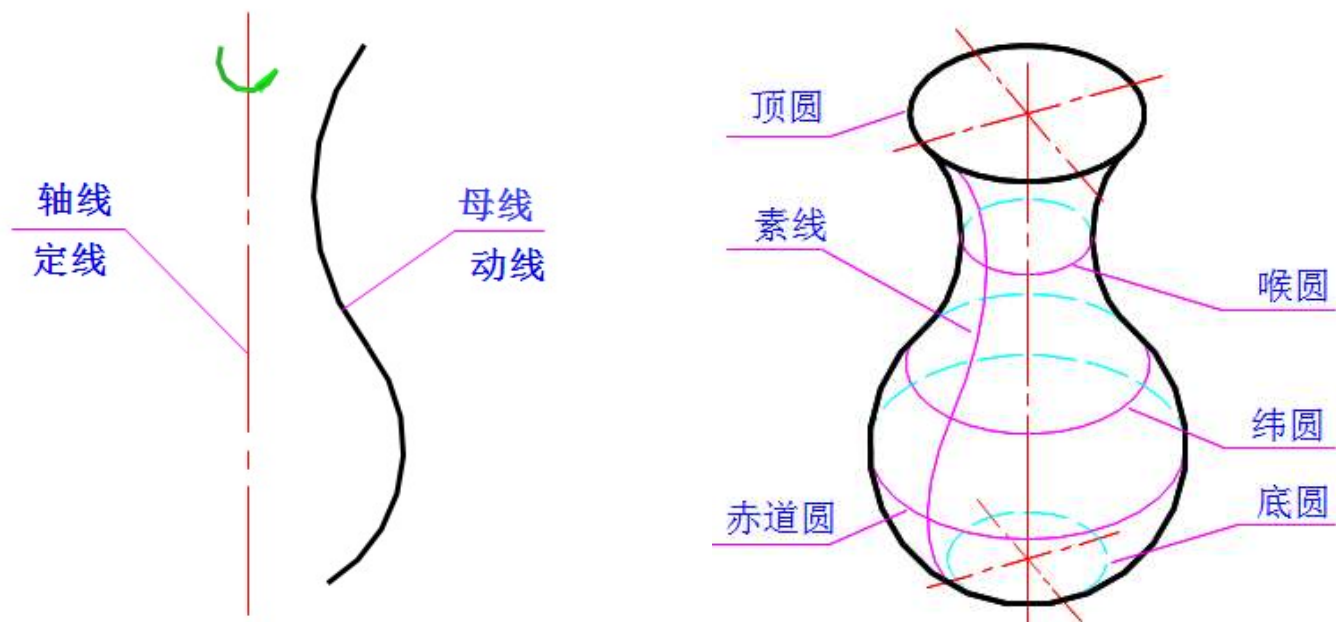
再根据知二求三的方法，求出 m'' ，并判断可见性。

正三棱锥的三面投影图



§ 3.2 回转体

■ 工程中常见的曲面立体是回转体，主要有圆柱、圆锥、球、环等。回转体是一动线（直线、圆弧或其它曲线）绕一定线（直线）回转一周形成的曲面。



■ 回转体的投影

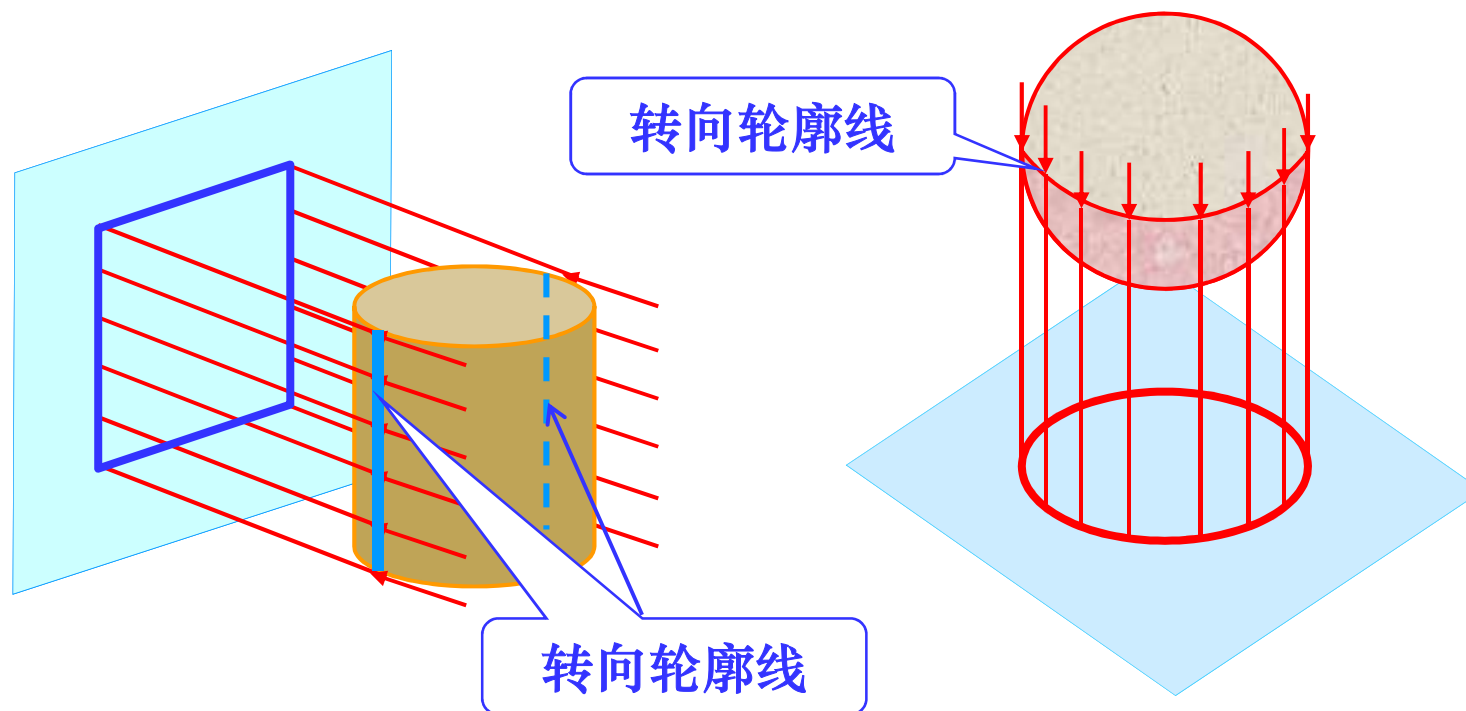
➤ 回转体由回转面和平面构成，其投影就是把组成立体的（1）回转面或（2）平面表示出来，然后判断可见性，可见的线段用粗实线表示，不可见线段用虚线表示。

（1）平面的投影（前面已学过，不再赘述）；

（2）回转面的投影用转向轮廓线表示。



➤ **转向轮廓线**：当曲面向某投影面投射时，切于该曲面的投射线所构成的投射面与该曲面相切，该切线称为曲面对投影面的**转向轮廓线**。



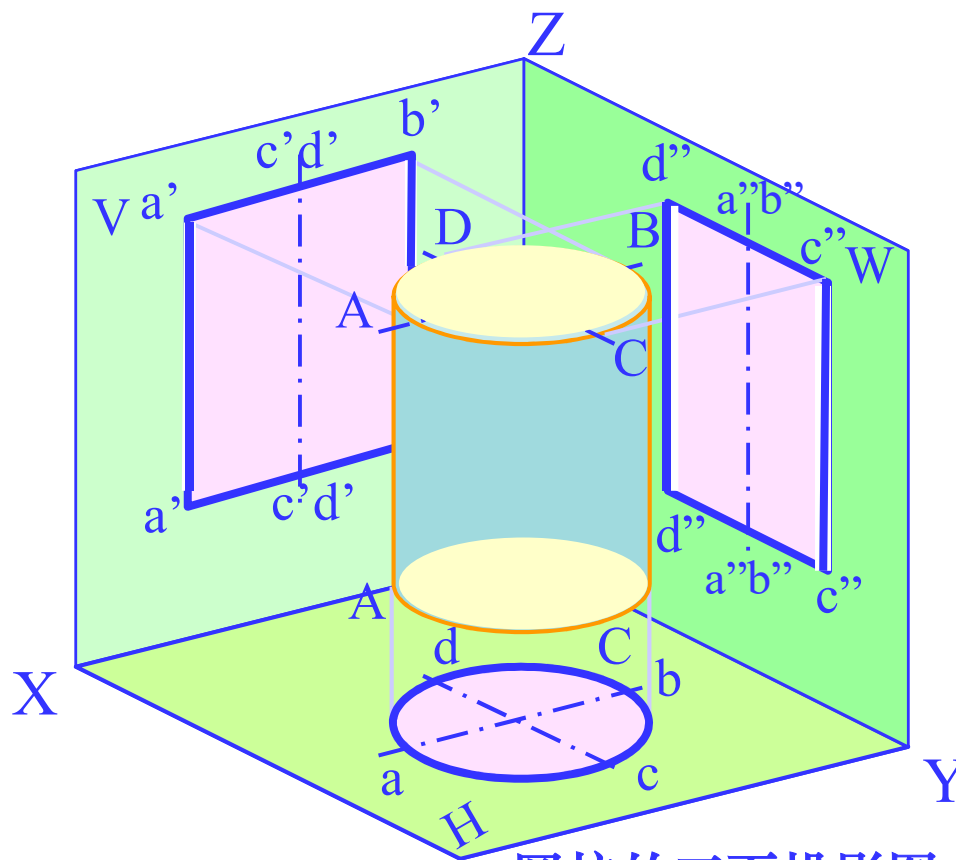
一. 圆柱

■ 圆柱表面由圆柱面和顶面、底面所组成。

1. 圆柱的投影

● 圆柱的上、下底面为水平面，水平投影反映实形，其正面和侧面投影重影为一直线。

● 圆柱面则用转向轮廓线表示。



圆柱的三面投影图

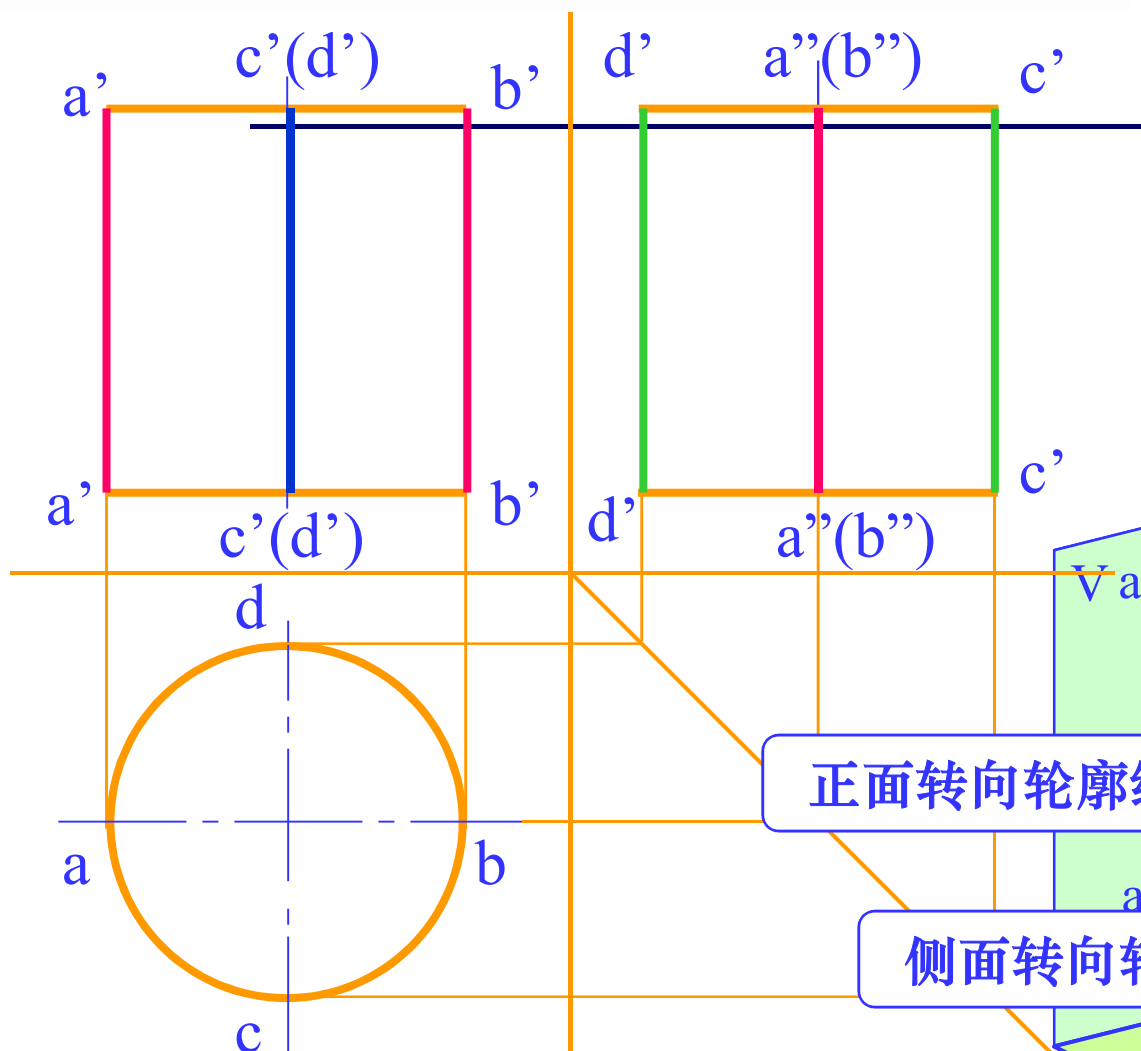


圆柱投影图的绘制：

(1) 先绘出圆柱的对称线、回转轴线。

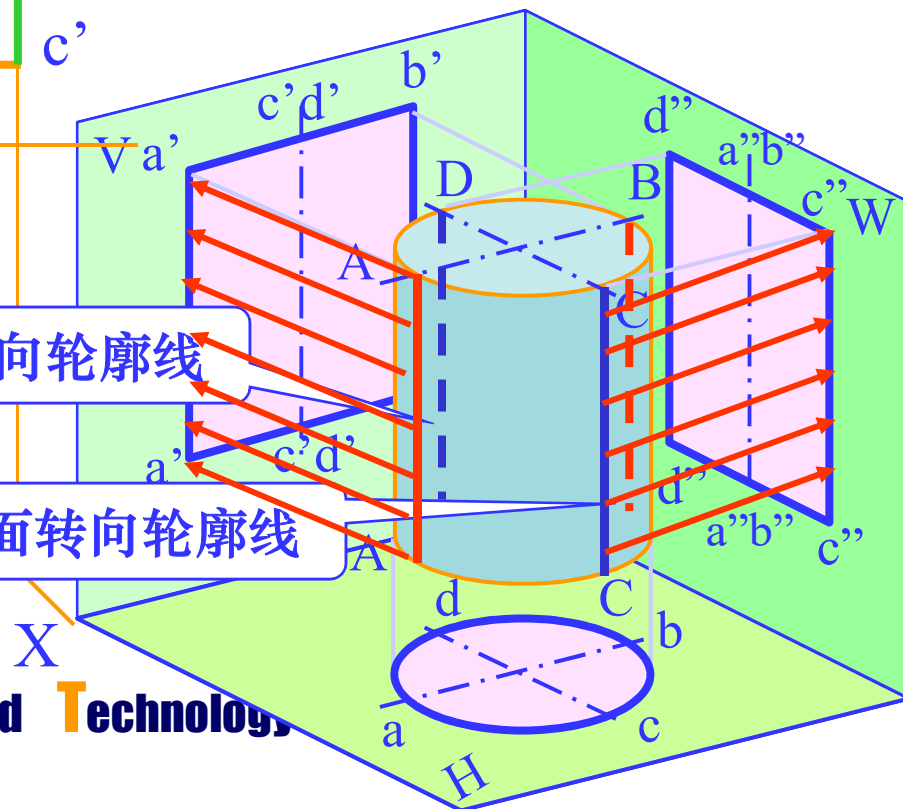
(2) 绘出圆柱的顶面和底面。

(3) 画出正面转向轮廓线和侧面转向轮廓线。



正面转向轮廓线

侧面转向轮廓线



圆柱的投影

University of Science and Technology

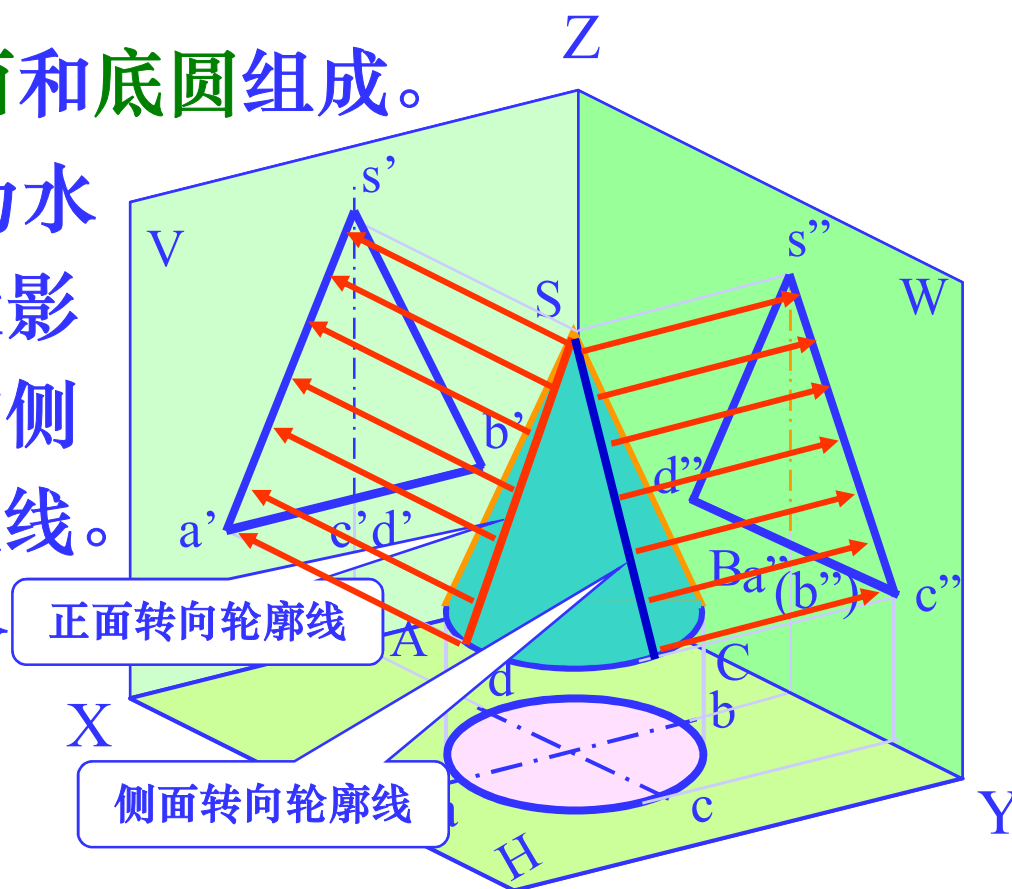
二. 圆锥体

1. 圆锥的投影

圆锥表面由圆锥面和底圆组成。

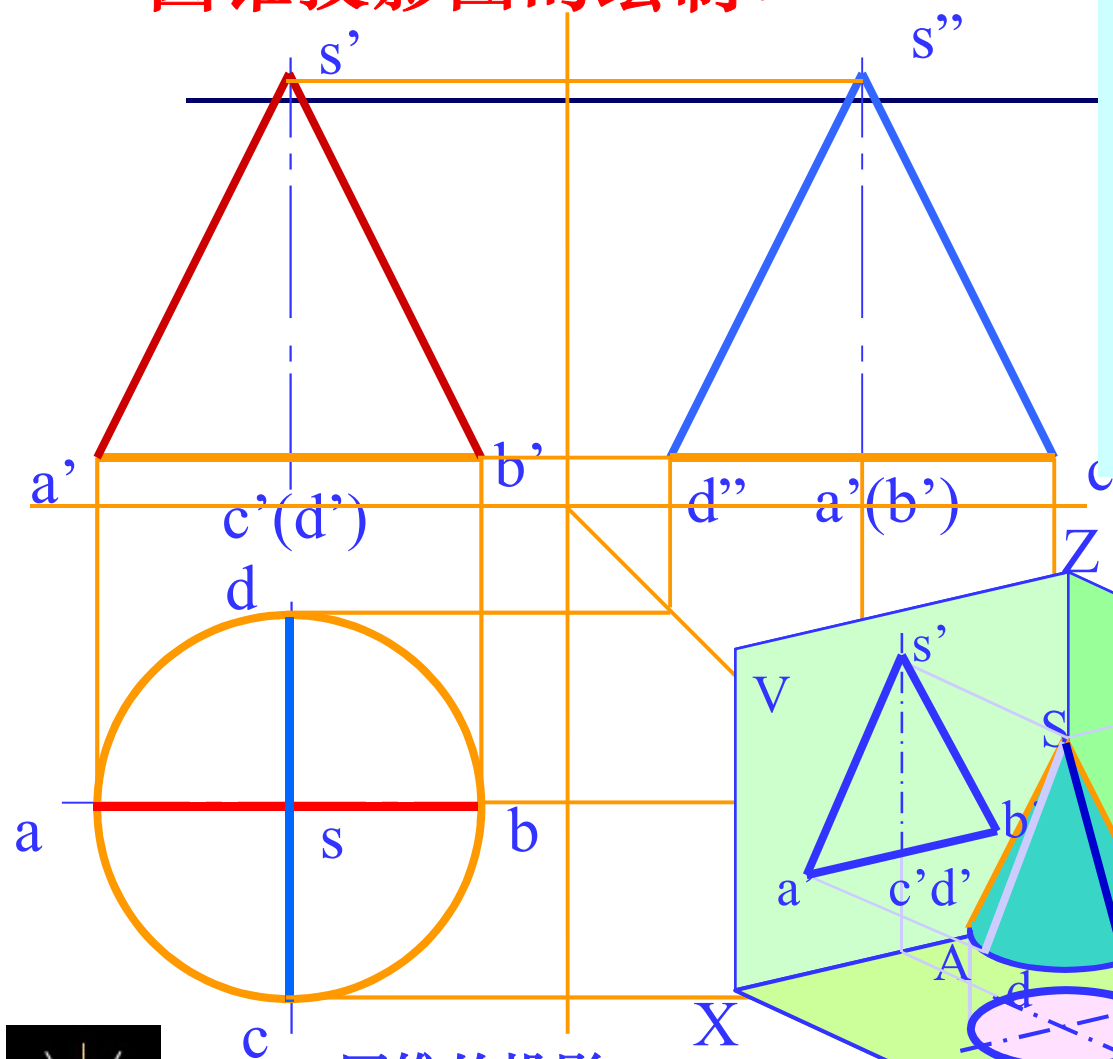
如图所示，底面为水平面，它的水平投影反映实形，正面和侧面投影重影为一直线。

对于圆锥面，要分别画出正面和侧面转向轮廓线。



圆锥的三面投影图

圆锥投影图的绘制:



(1) 先绘出圆锥的对称线、回转体轴线。

(2) 在水平投影面上绘出圆锥底圆，正面投影和侧面投影积聚为直线。

(3) 作出锥顶的正面投影和侧面投影并画出正面转向轮廓线和侧面转向轮廓线。



圆锥的投影

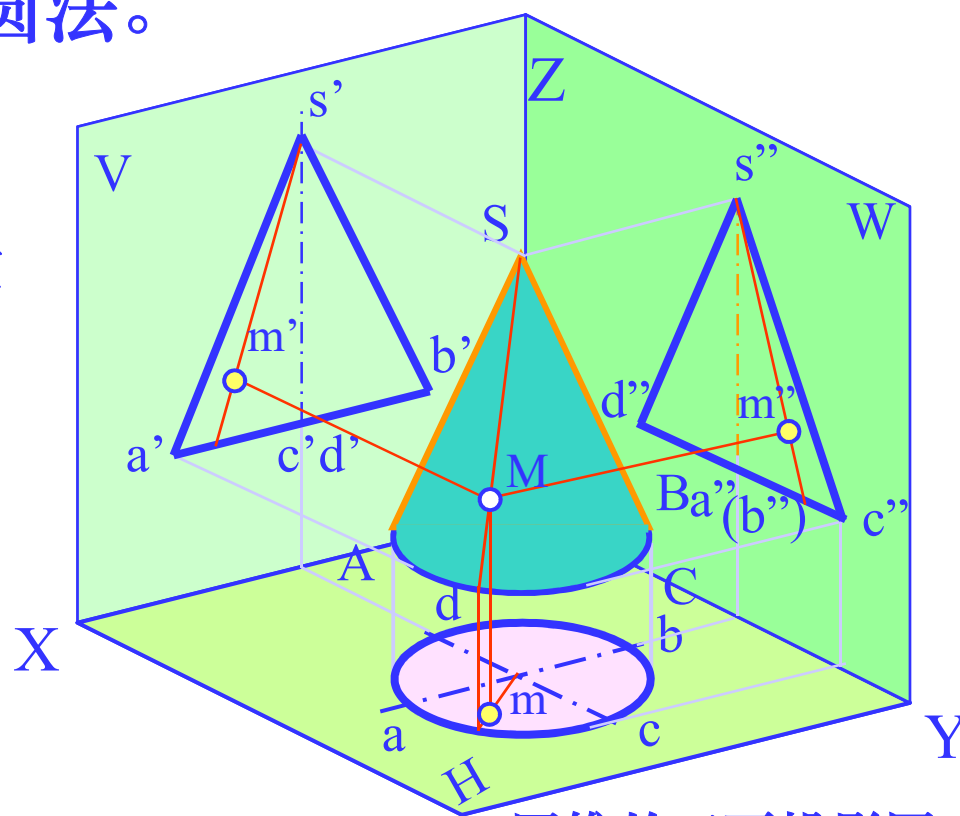
University of Science and Technology of China

2. 回转体表面上取点（圆锥为例）

在圆锥表面上求点，有两种方法：一种是素线法，一种是辅助圆法。

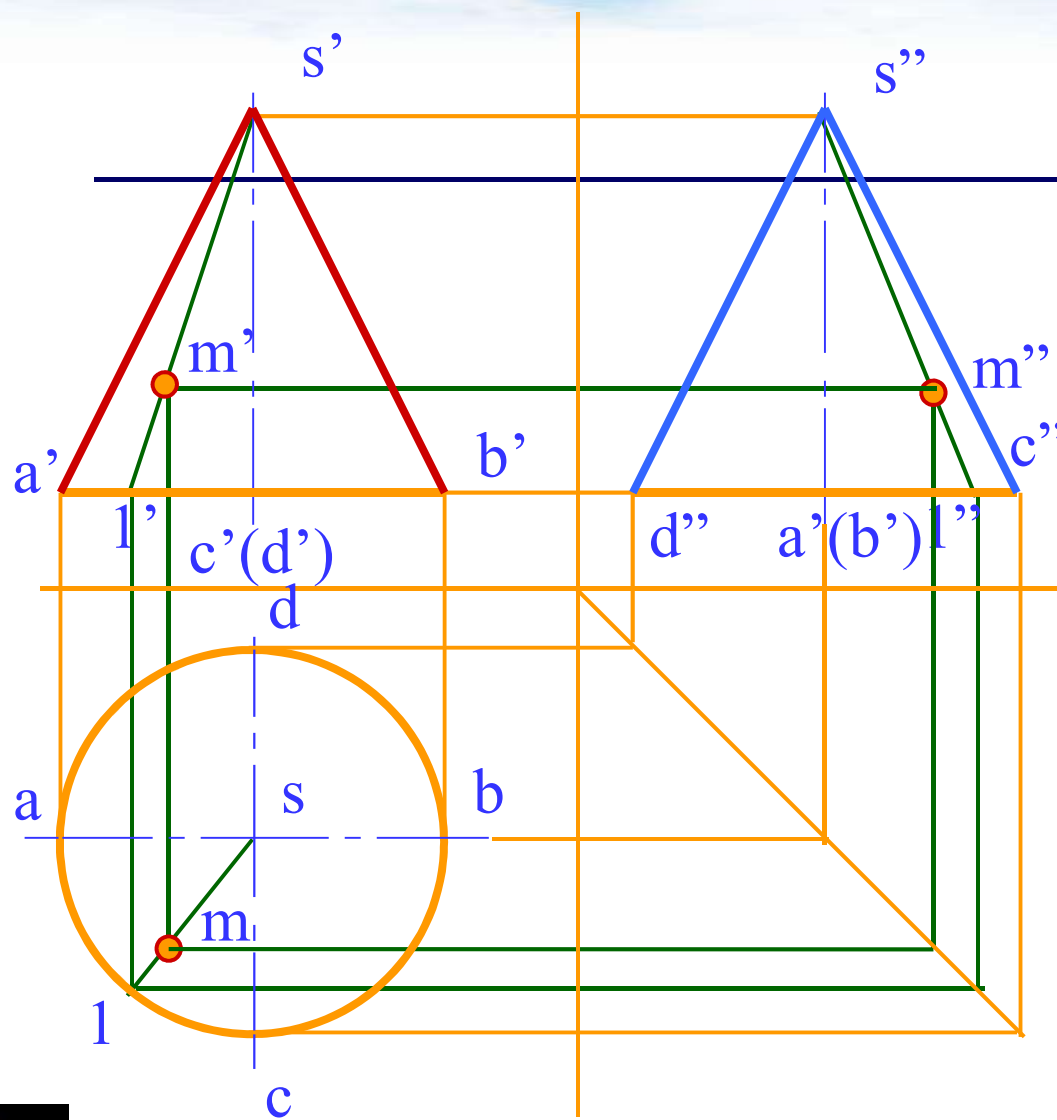
方法一：素线法

过M点及锥顶S作一条素线SI,先求出素线SI的投影,再求出素线上的M点。



圆锥的三面投影图





已知圆锥表面的点M
的正面投影 m' , 求出M
点的其它投影。

过 $m's'$ 作圆锥表面上的
素线, 延长交底圆
为 $1'$ 。

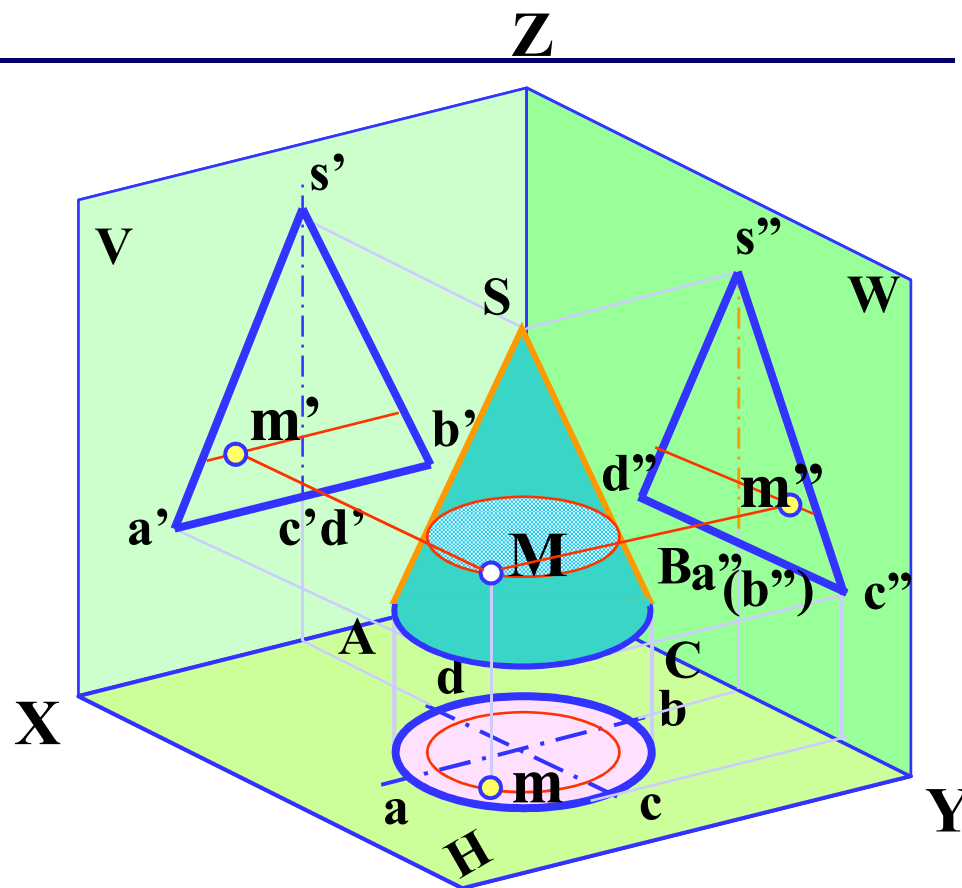
求出素线的水平投
影 $s1$ 及侧面投影 $s''1''$ 。

求出M点的水平投
影和侧面投影。



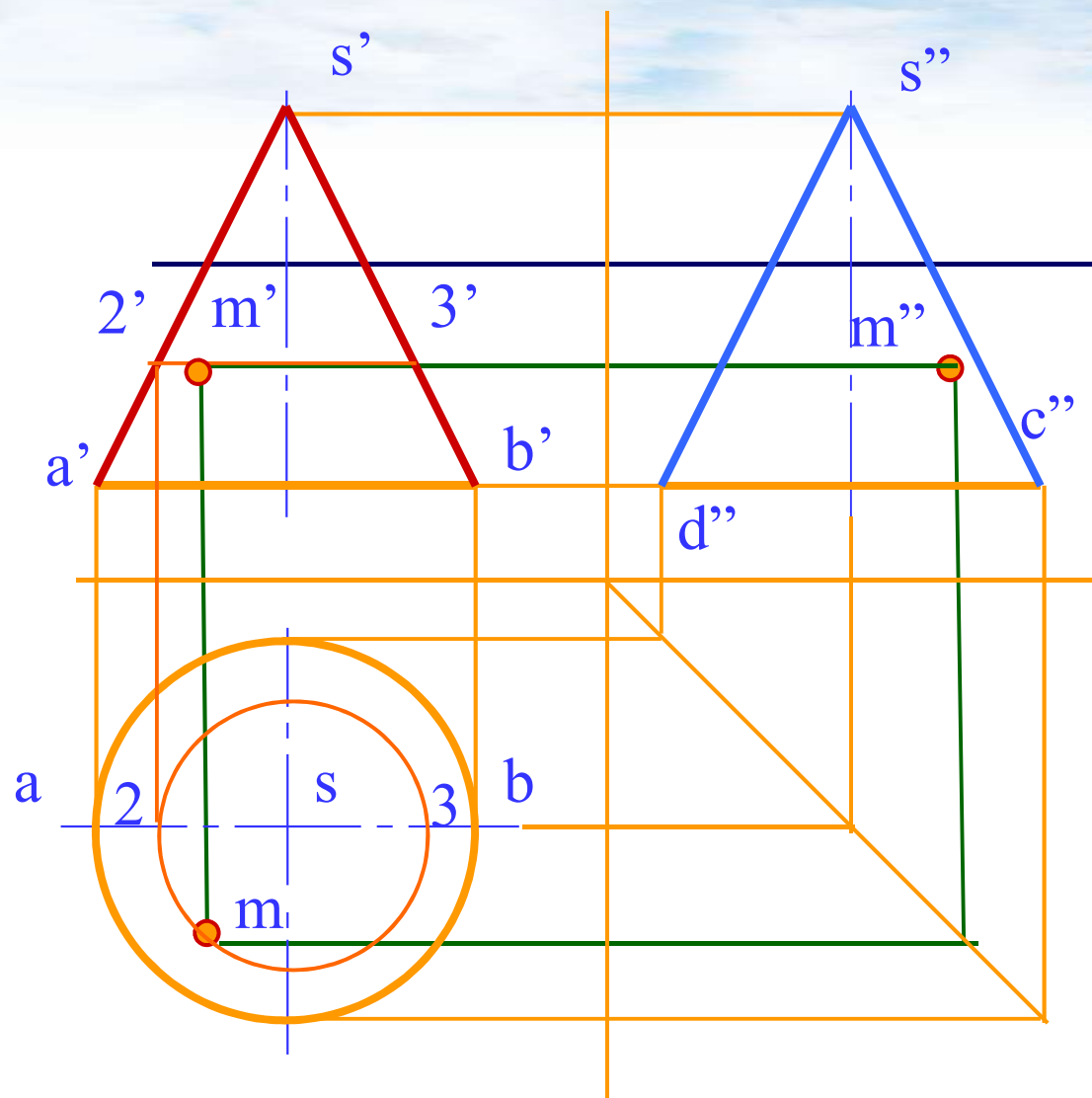
方法二：辅助圆法

过M点作一平行与底面的水平辅助圆，该圆的正面投影为过 m' 且平行于 $a'b'$ 的直线 $2'3'$ ，它们的水平投影为一直径等于 $2'3'$ 的圆， m 在圆周上，由此求出 m 及 m'' 。



圆锥的三面投影图





已知圆锥面上M点的水平投影 m ，求出其 m' 和 m'' 。

以 s 为中心，以 sm 为半径画圆，

作出辅助圆的正面投影 $2'3'$ 。

求出 m' 及 m'' 的投影。

圆锥的投影及表面上的点



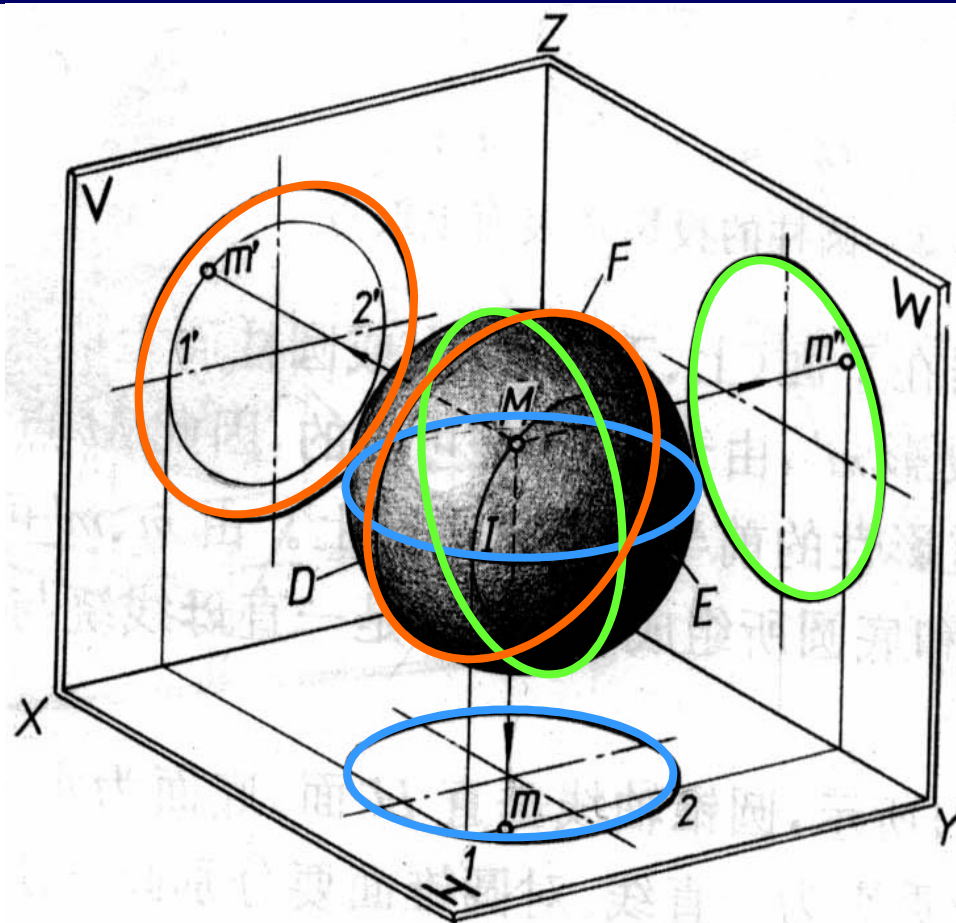
三. 圆球

1. 圆球的形成

球的表面是球面。球面是一条圆母线绕过圆心且在同一平面上的轴线回转而形成的。

2. 球的投影

球的三个投影均为圆，其直径与球直径相等，但三个投影面上的圆是不同的转向轮廓线。



§ 3.3 平面与立体表面相交

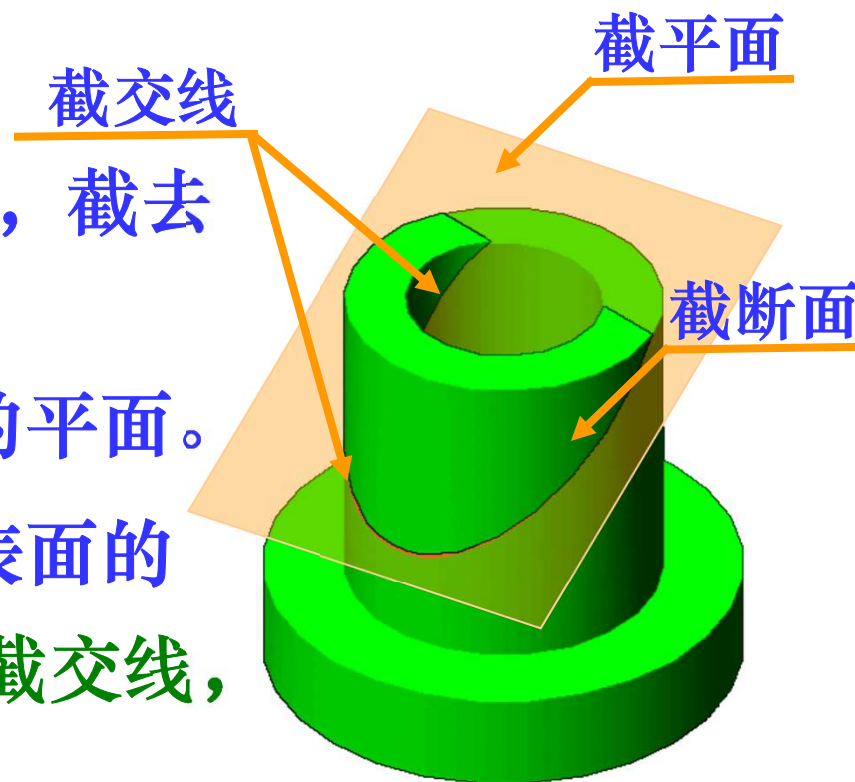
■截切：

用一个平面与立体相交，截去立体的一部分。

截平面--用以截切物体的平面。

截交线--截平面与物体表面的交线。物体被截切形成截交线，需要表达出来。

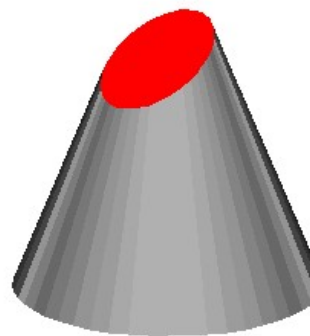
截断面--因截平面的截切，在物体上形成的平面。



■截交线的性质：

- 截交线是截平面与立体表面的共有线。
- 截交线的形状取决于立体表面的形状及截平面与立体轴线的相对位置。
- 截交线都是封闭的平面图形。

讨论的问题：截交线的分析和作图。

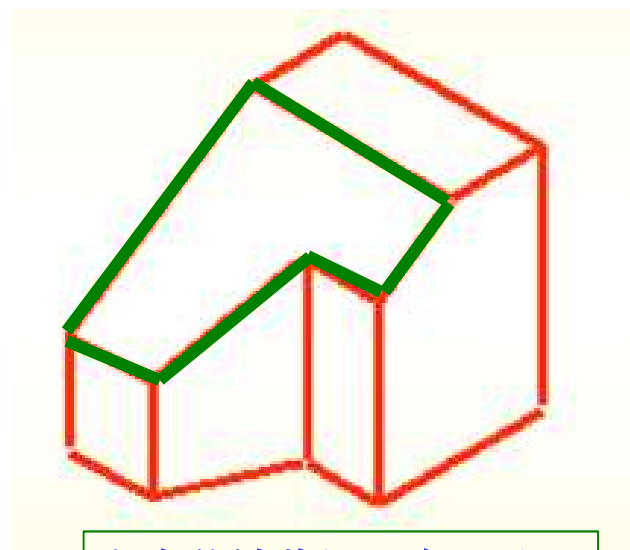


一. 平面与平面立体的截切

1. 平面立体截交线的性质

1) 平面立体的截交线是截平面与立体表面的共有线；

2) 由于平面立体的表面都有一定的范围，所以截交线通常都是封闭的平面多边形；

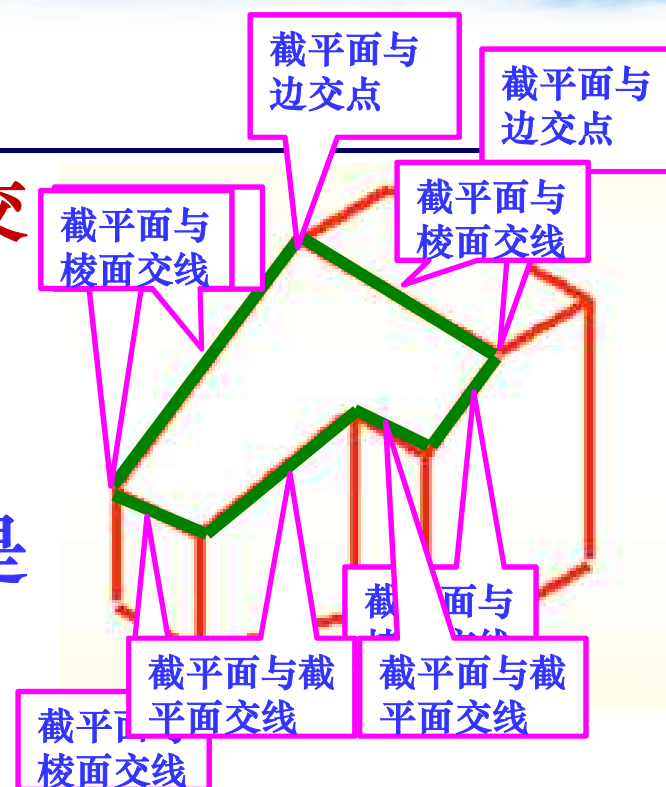


长方体被截切三次（正垂面、正平面、侧平面）



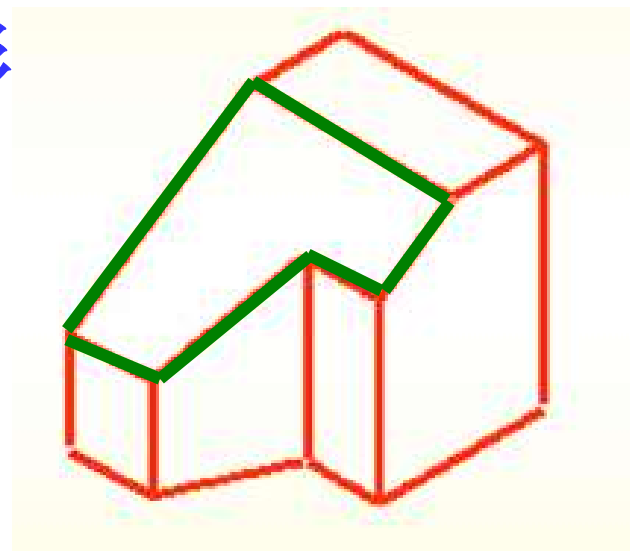
3) 多边形的各顶点是平面立体的各棱线或边与截平面的交点;

4) 多边形的各边是平面立体的棱面与截平面的交线, 或是截平面与截平面的交线。



2. 棱柱上截交线的求法

- 1) 求出截平面与棱柱上棱线（或边）的交点的投影；截平面与立体平面的交线的投影；截平面间的交线的投影；
- 2) 依次连接各同名投影点；
- 3) 判断可见性；
- 4) 整理轮廓线。

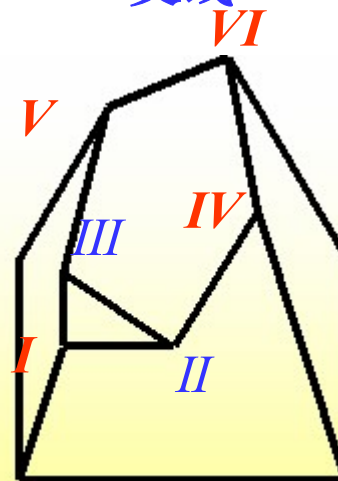
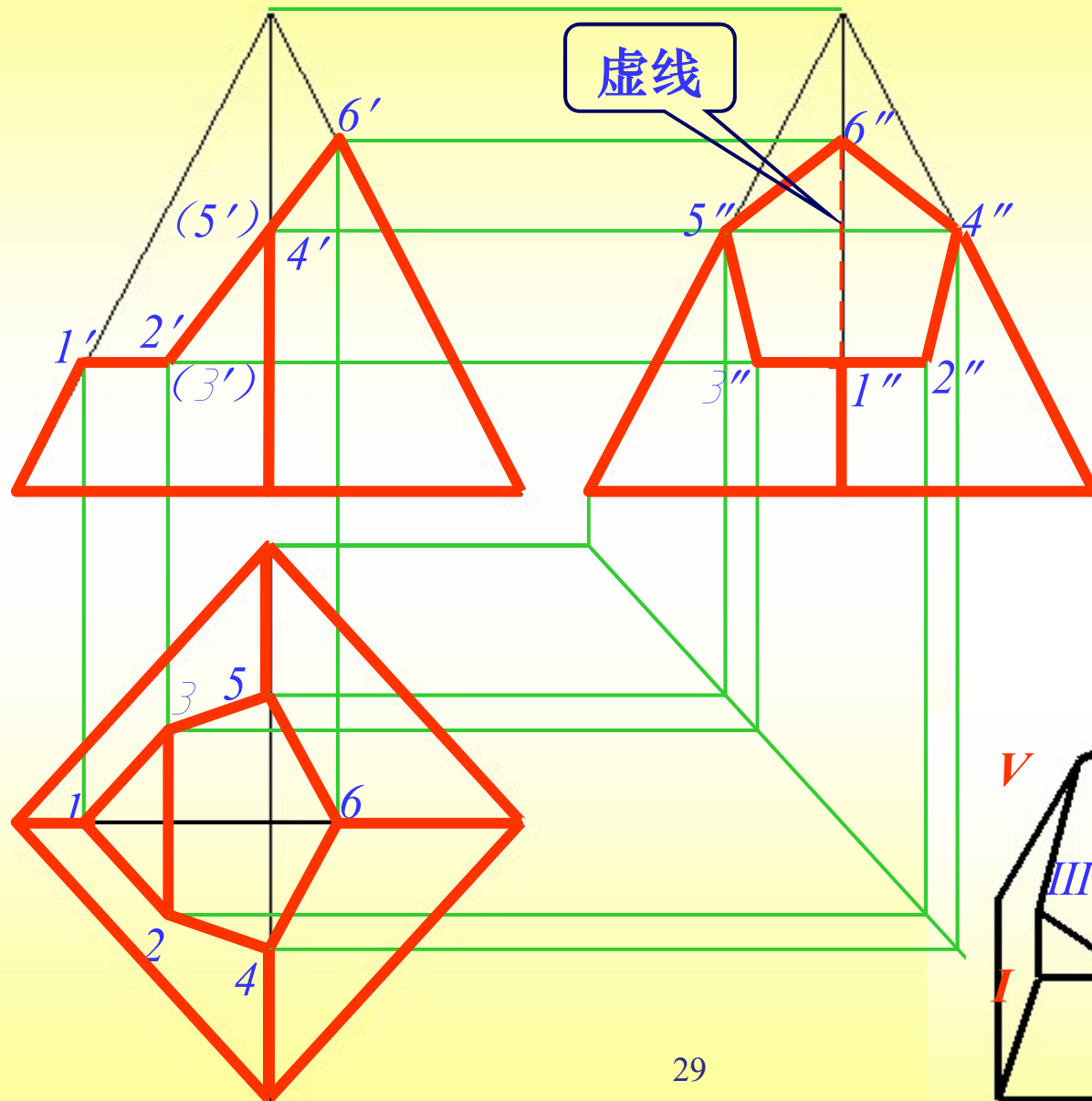


[例] 求立体（四棱锥）切割后的投影

●空间及投影分析

1. 立体被正垂面和水平面截切，该二面的正面投影有积聚性；

2. 截交线由截平面与棱线的交点I, IV, V, VI点以及截平面与棱面的交线III, IIIV, IVVI, VIV, VIII, III以及二个截平面的交线IIII构成。



二. 平面与回转体的截切

■ 求平面与回转体的截交线的一般步骤

1. 空间及投影分析

- 分析回转体的形状以及截平面与回转体轴线的相对位置，以便确定截交线的形状。
- 分析截平面与投影面的相对位置，明确截交线的投影特性，如积聚性、类似性等。找出截交线的已知投影，预见未知投影。



2. 画出截交线的投影

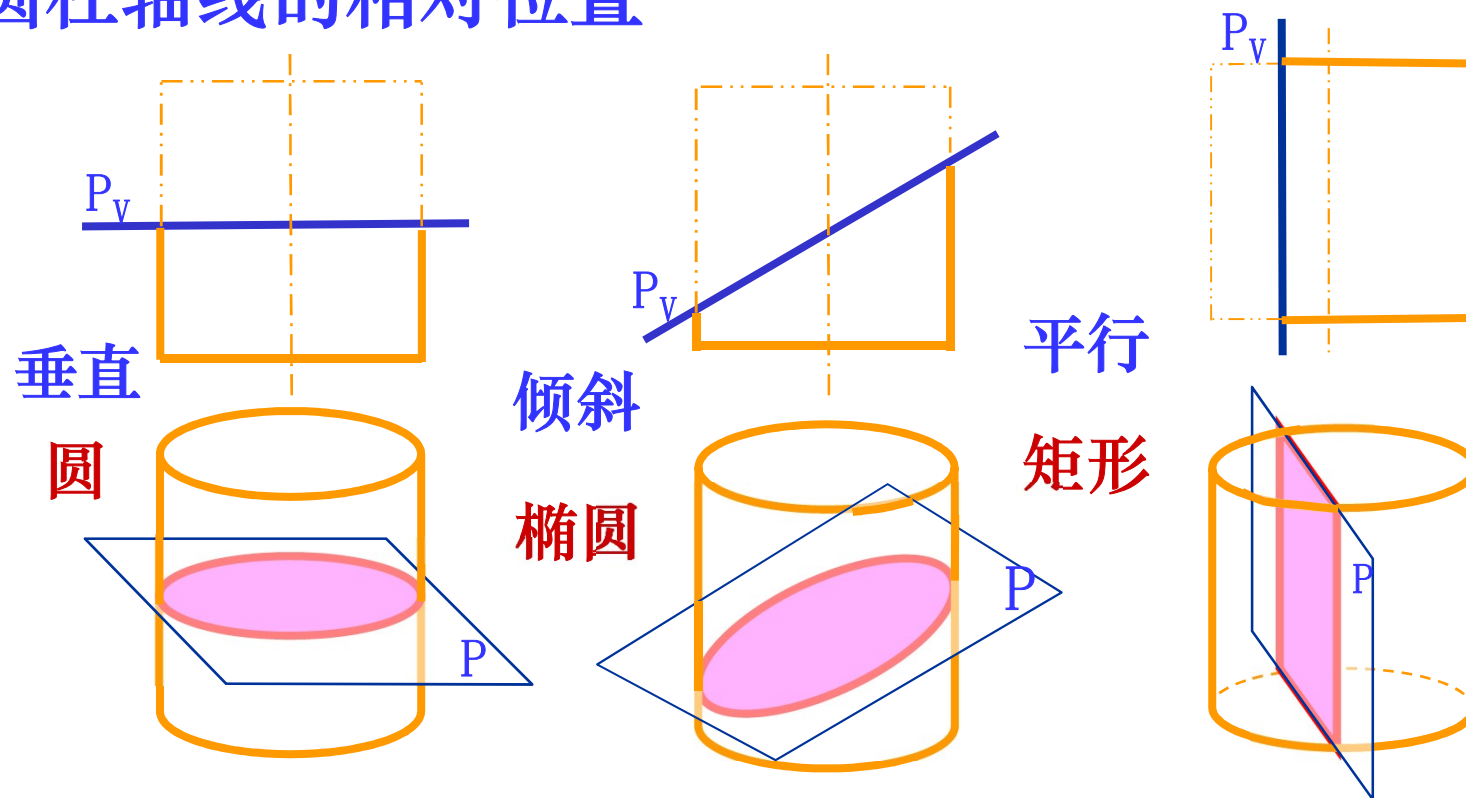
当截交线的投影为非圆曲线时，其作图步骤为：

- 先找特殊点，补充中间点。
- 将各点光滑地连接起来，并判断截交线的可见性。
- 完善投影图。

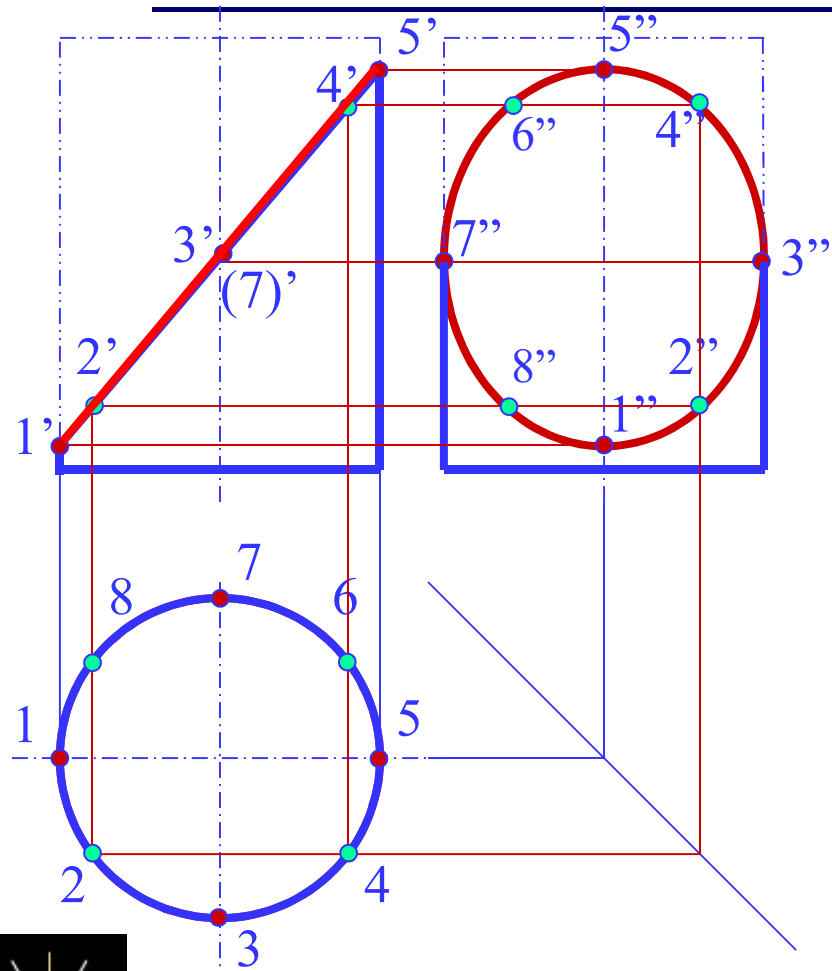


3. 圆柱体的截切

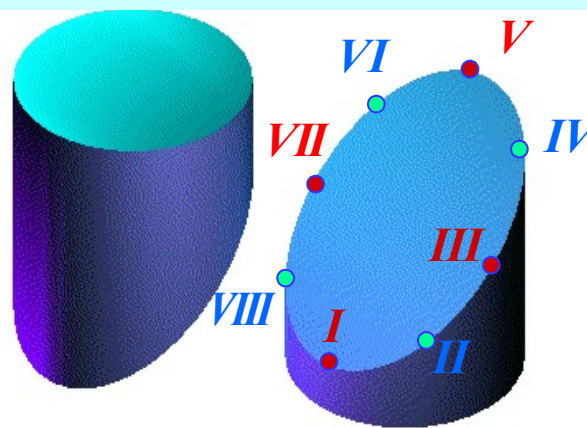
截平面与圆柱面的截交线的形状取决于截平面与圆柱轴线的相对位置



例：如图所示，圆柱被正垂面截切，求出截交线的另外投影。



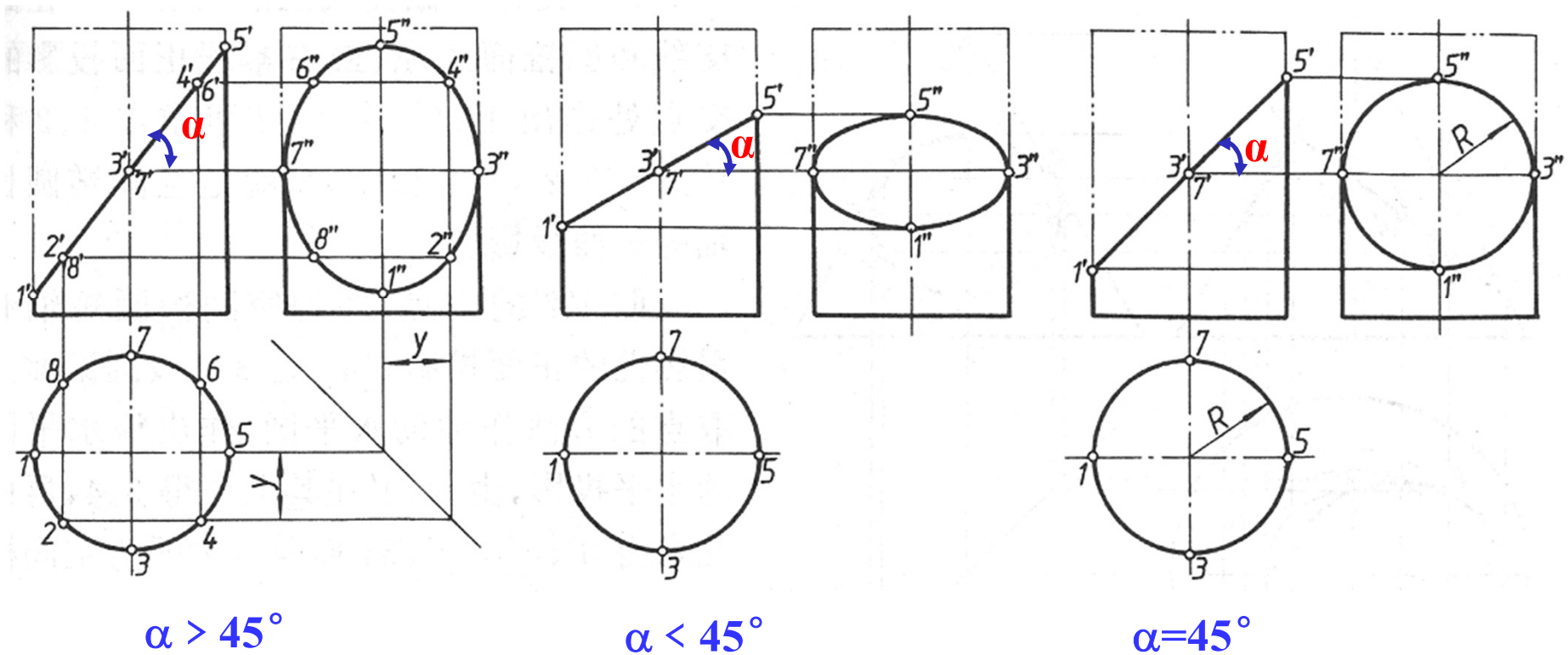
具体步骤如下：的轴线斜交，因此截交线为一椭圆。截交线的正面投影重影为一直线；水平投影与圆柱面的投影重影为圆。侧面投影可根据圆柱表面取点的方法求出。



平面与圆柱相交

University of Science and Technology of China

■ 比较不同角度的正垂面截交圆柱所得的截交线的投影

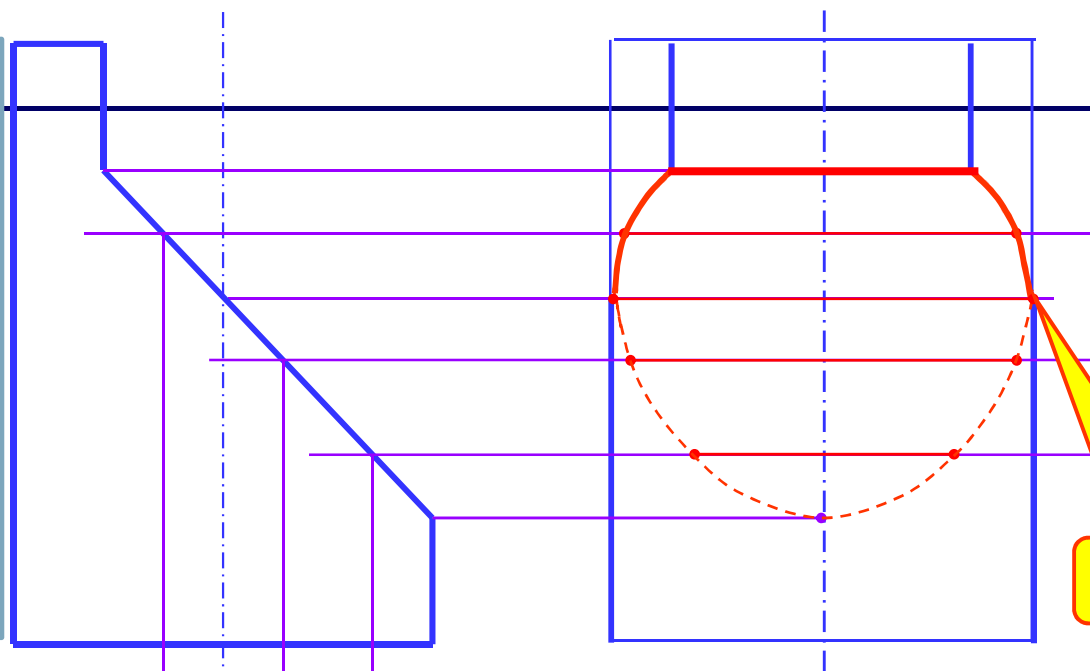


平面与圆柱相交



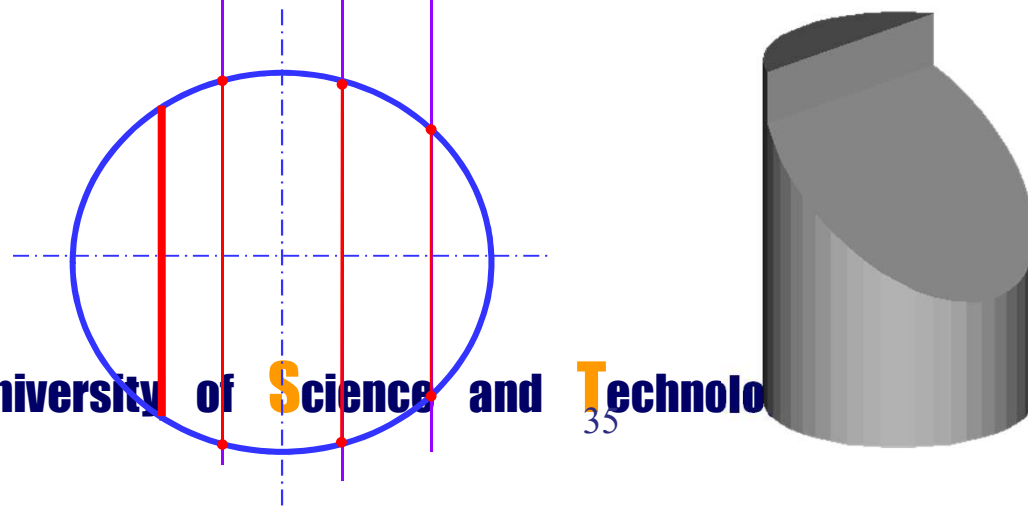
例：求侧面投影

- 空间分析
- 截交线 已知两个 求第三个。
- 侧面投影：矩形为矩形；椭圆为椭圆且一部分不可见

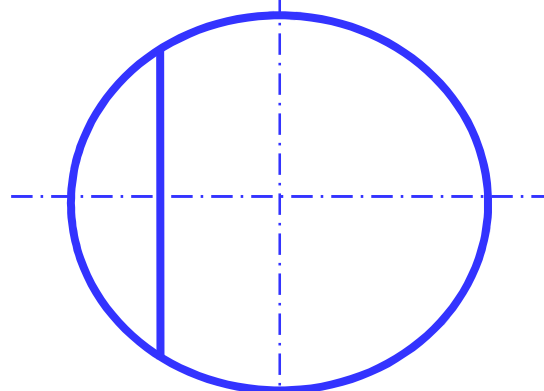


连接各点
影是部分椭圆。
先求特殊点

虚实分界点

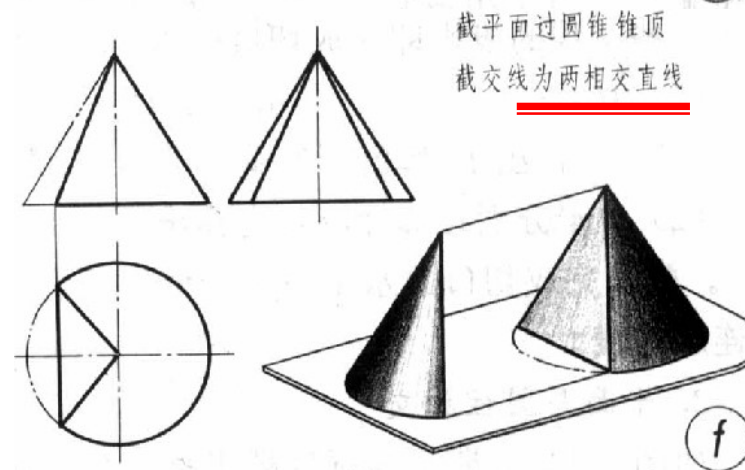
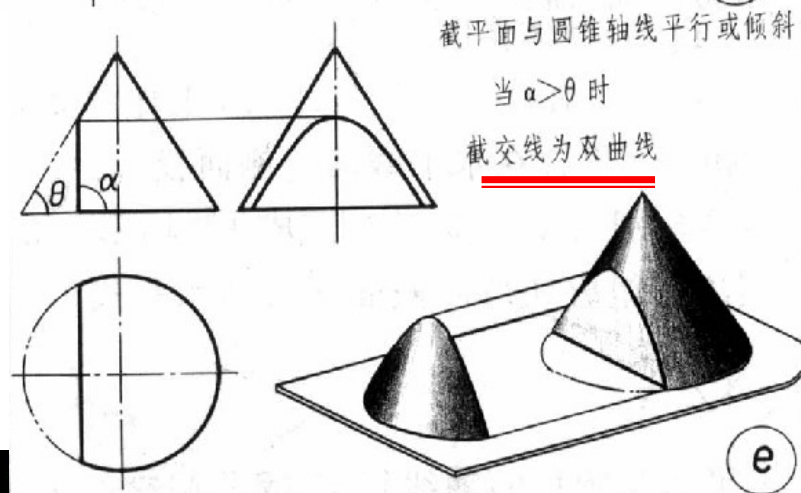
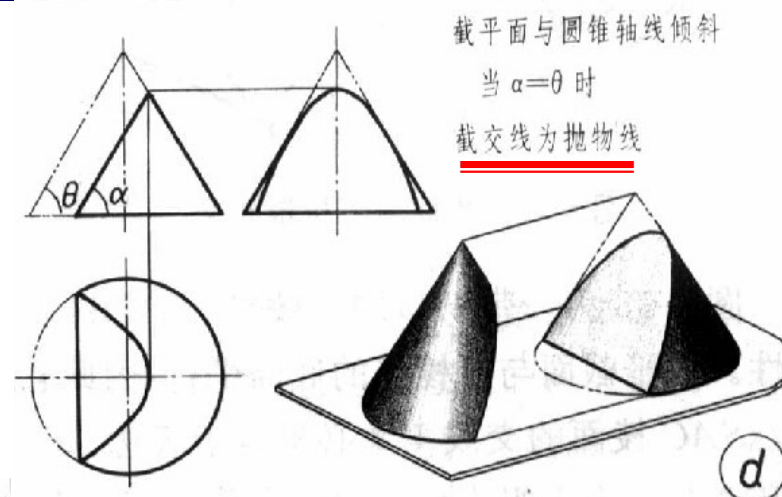
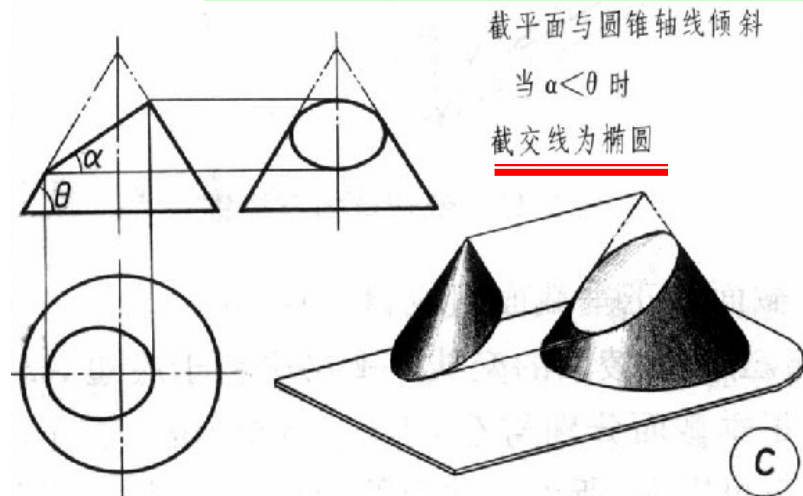


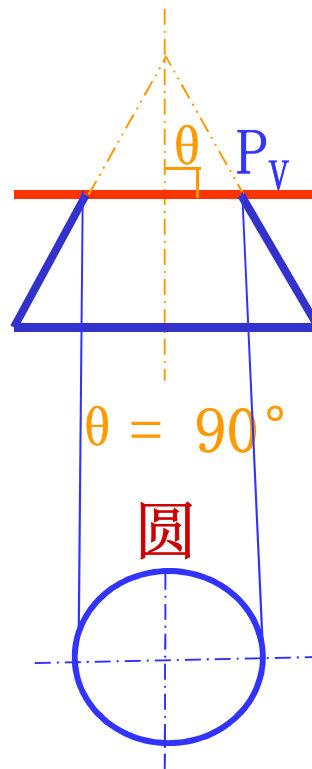
整理投
影



4. 圆锥体的截切

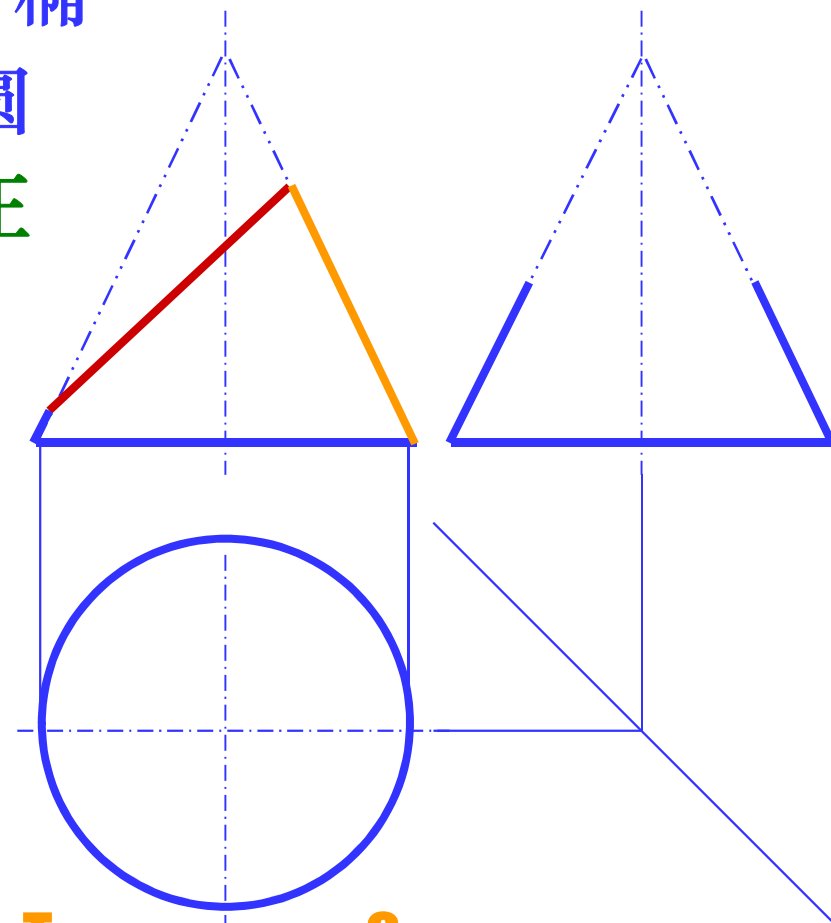
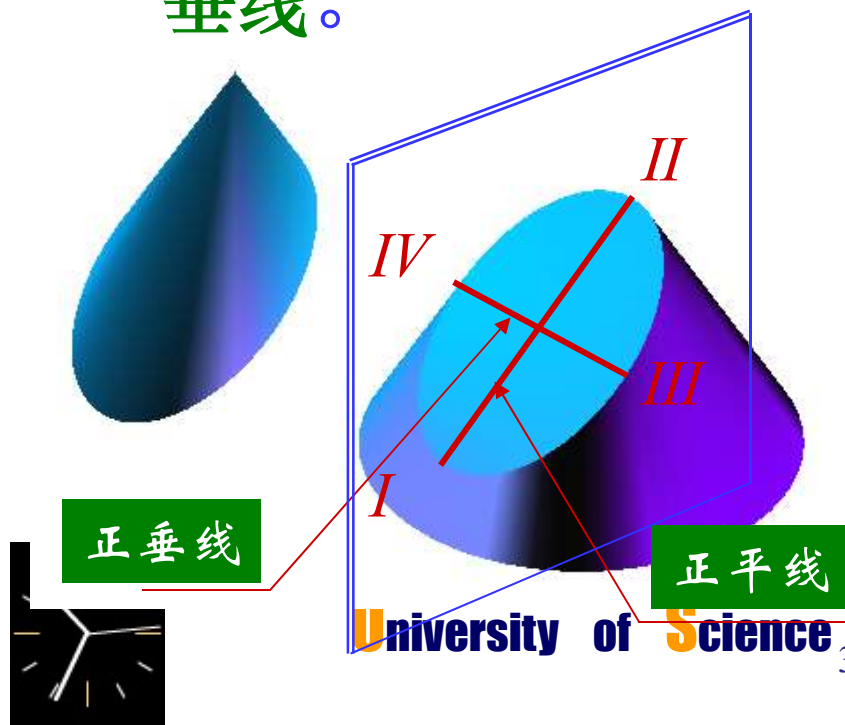
平面截切圆锥的几种情况，如图所示。





例1：如图所示，圆锥被正垂面截切，求出截交线的另外两个投影。

●此种截交线为一椭圆。椭圆的长轴为正平线，椭圆的短轴是垂直与长轴的正垂线。



侧面投影转向轮廓线终止点

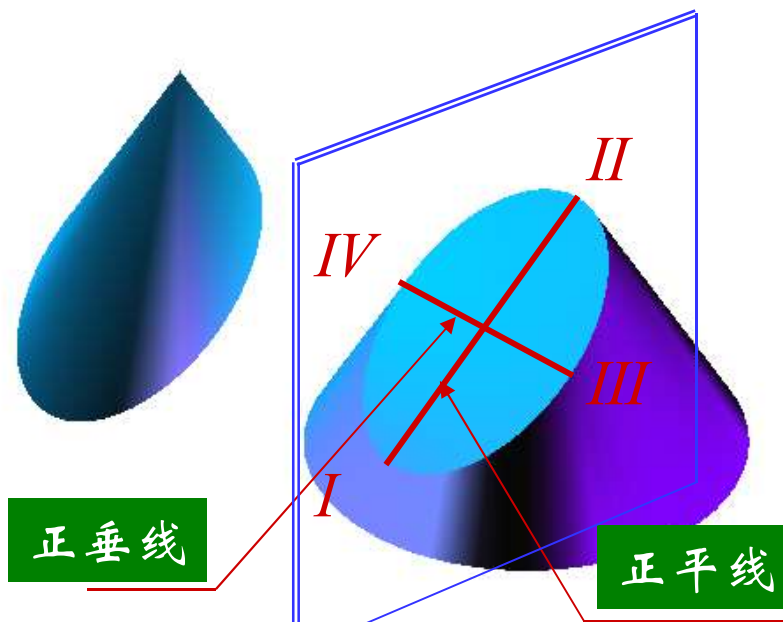
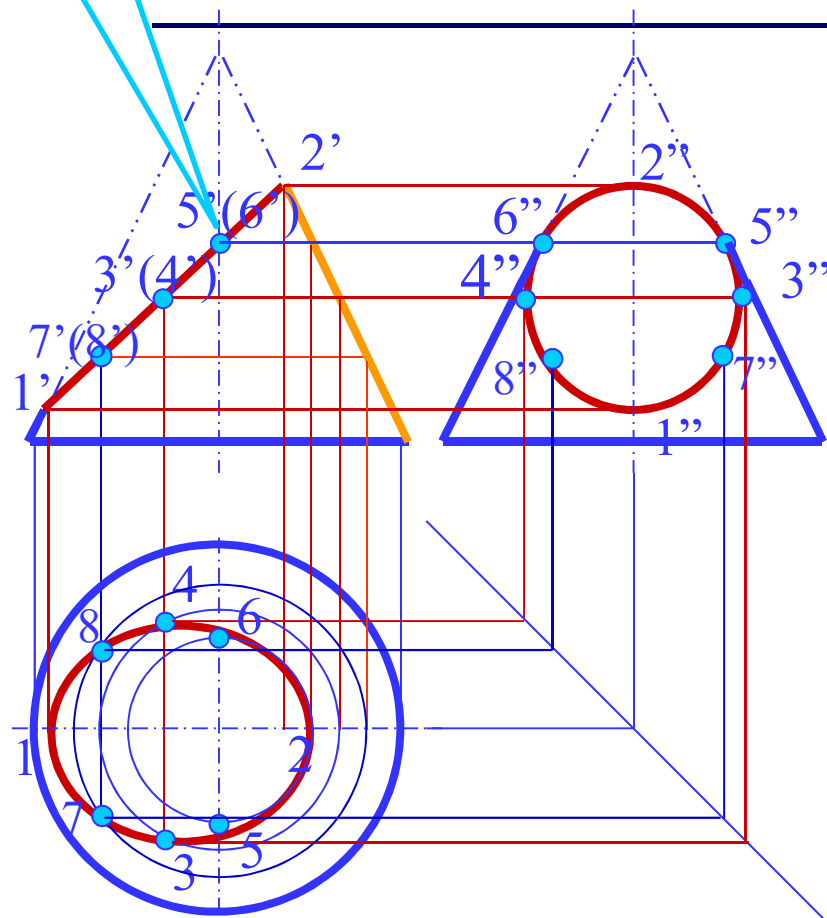
具体步骤如下：

(1) 先作出截交线上的特殊点。

(2) 再作一般点。

(3) 依次光滑连接各点，即得截交线的水平投影和侧面投影。

(4) 补全侧面转向轮廓线。

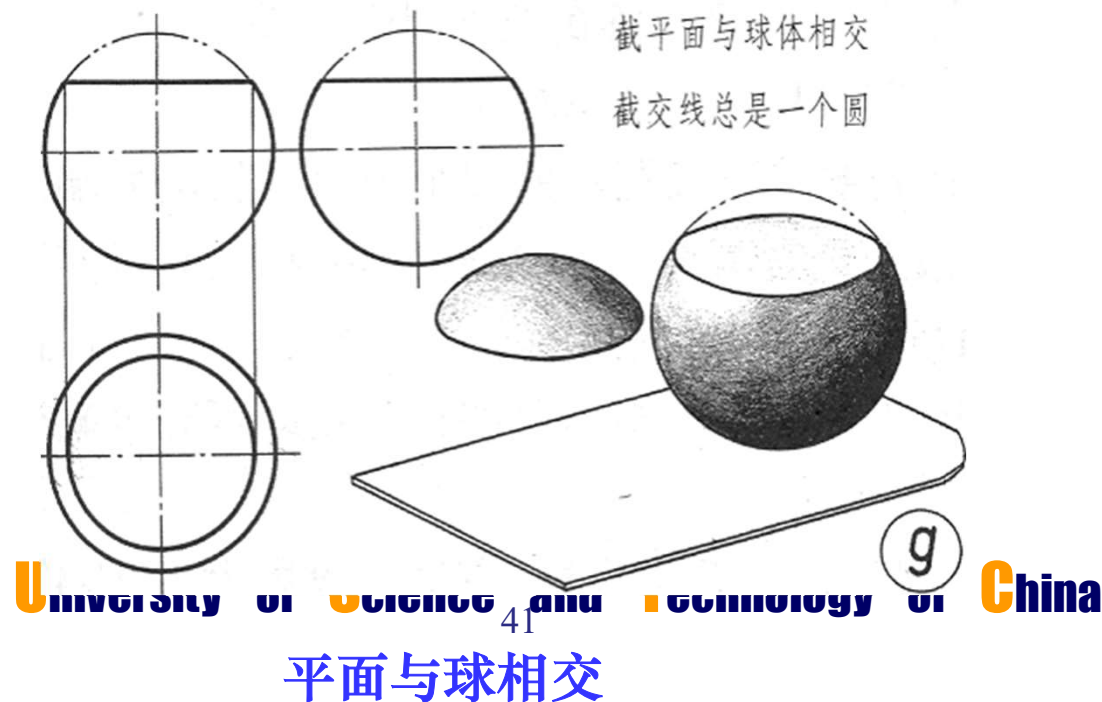


平面与圆锥相交

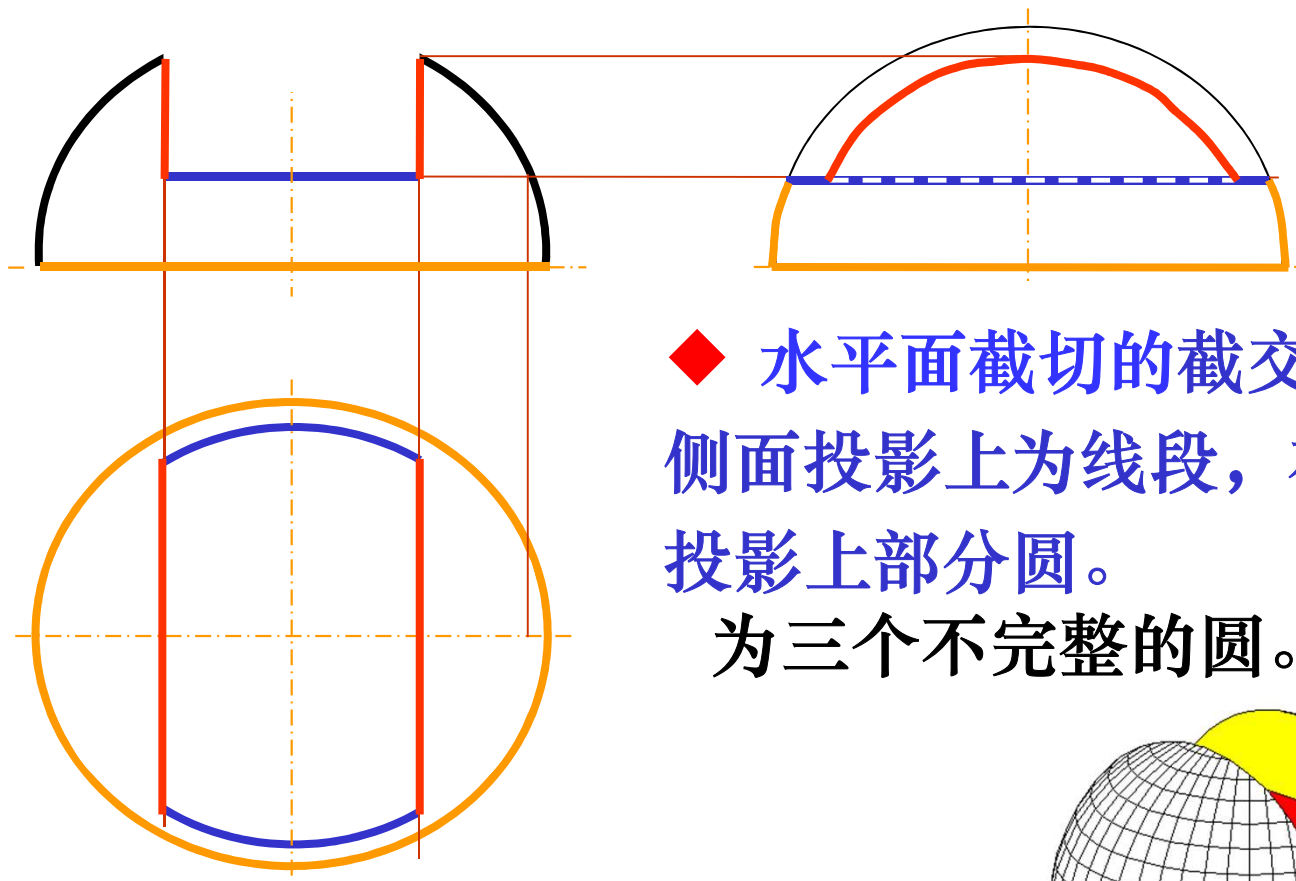
University of Science and Technology of China

5. 球体的截切

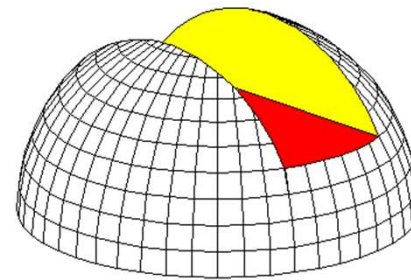
- 平面与圆球相交，截交线的形状都是圆，但根据截平面与投影面的相对位置不同，其截交线的投影可能为圆、椭圆或积聚成一条直线。

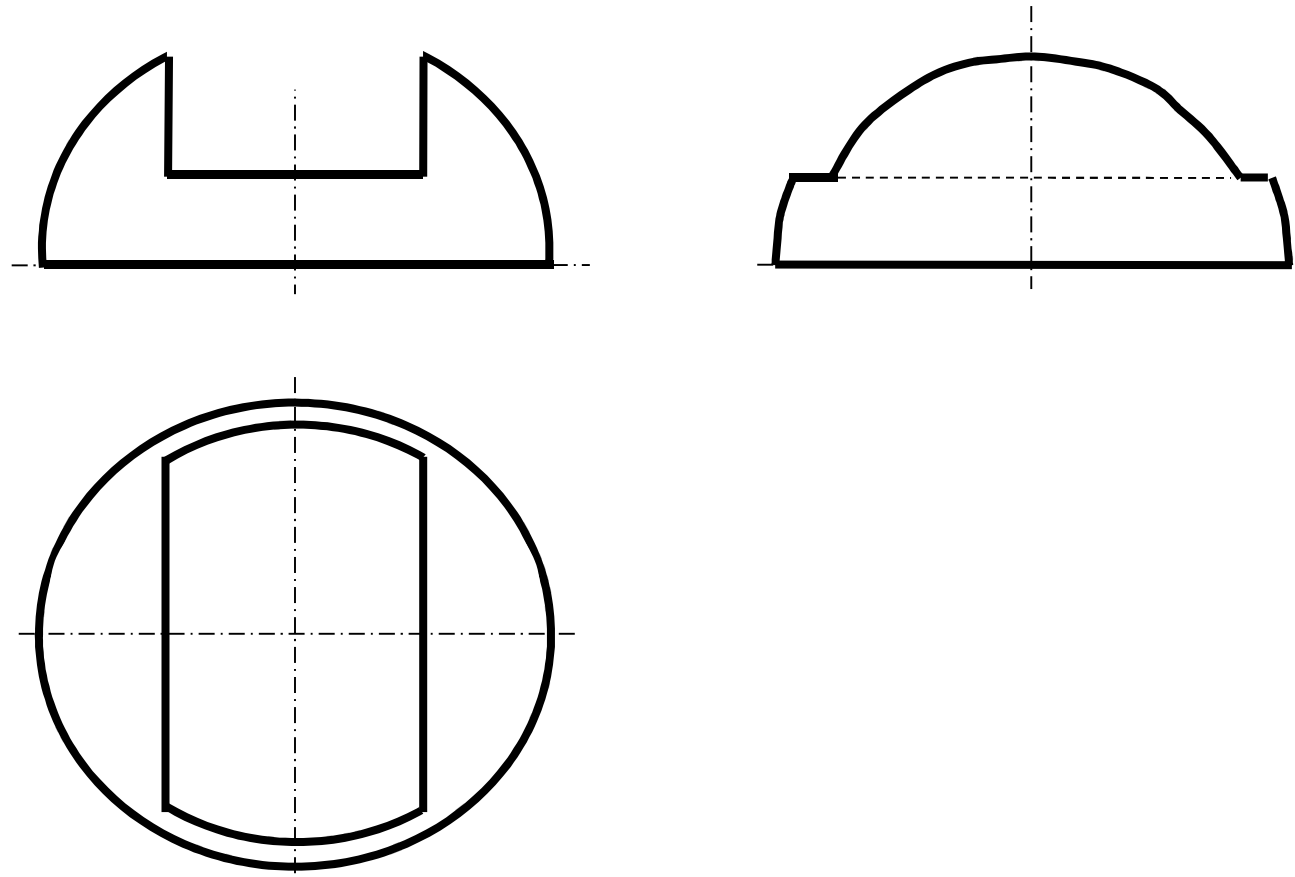


例：求半球体截切后的水平和侧面投影。

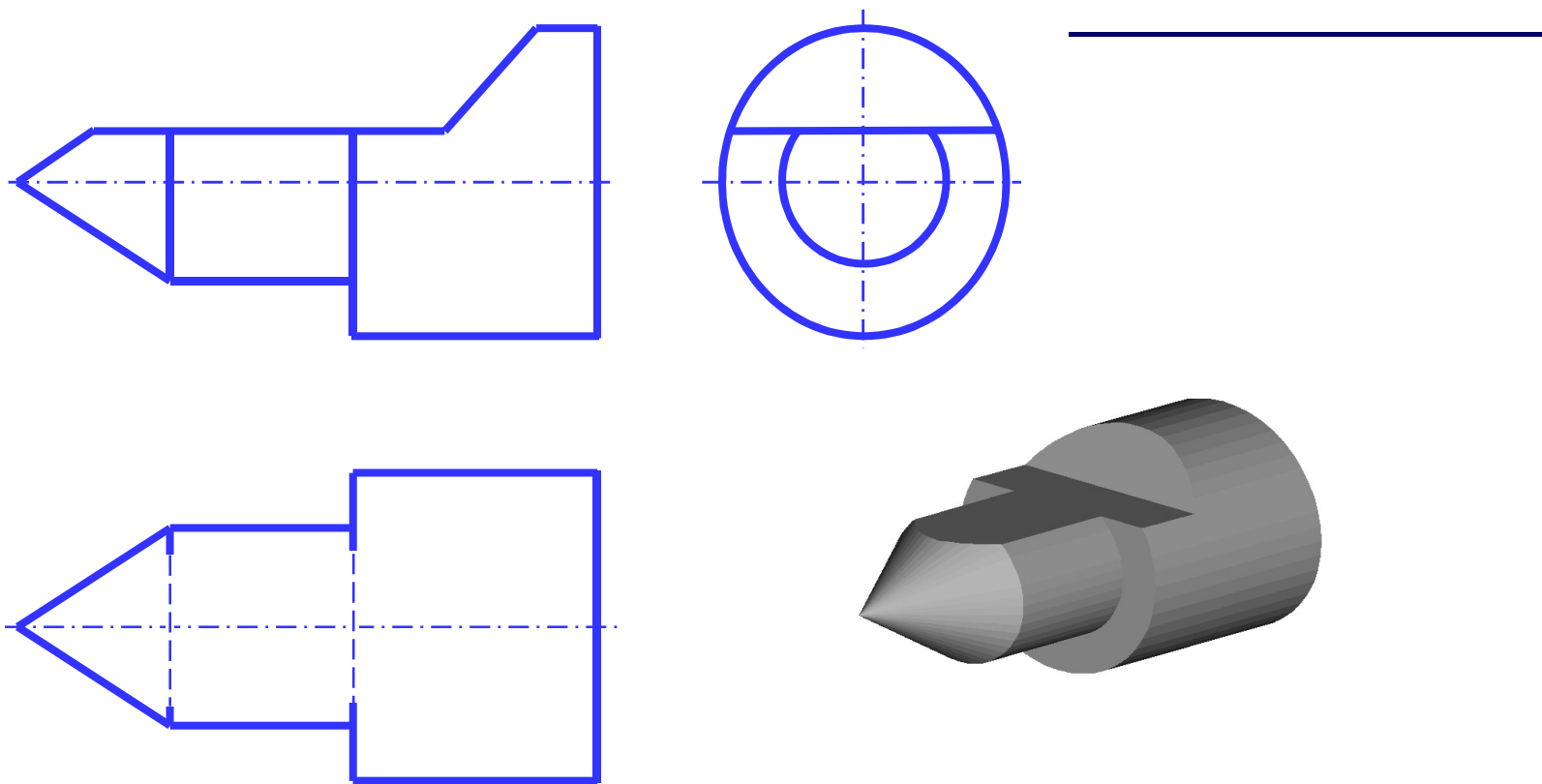


◆ 水平面截切的截交线，在侧面投影上为线段，在水平投影上部分圆。
为三个不完整的圆。





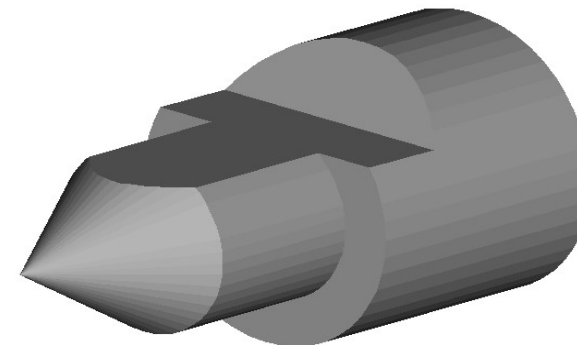
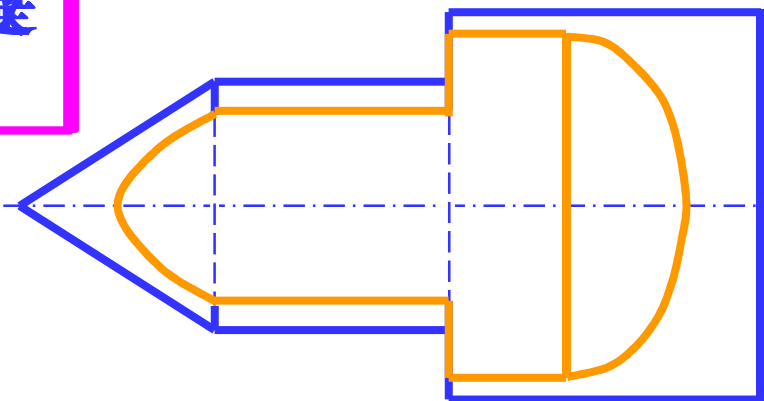
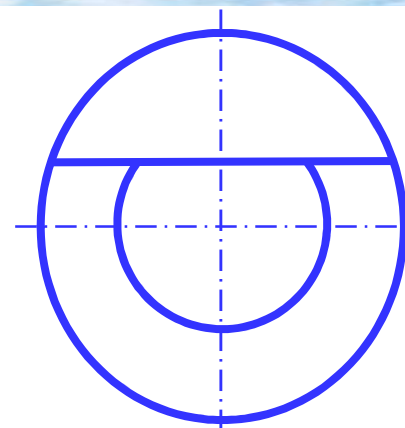
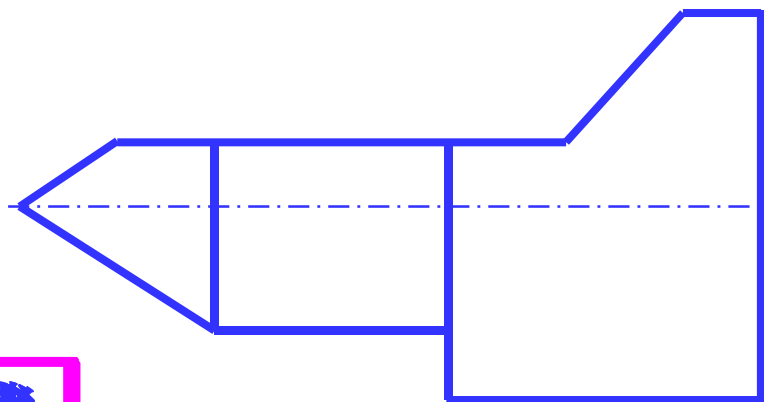
例：求作顶尖（复合回转体）的水平投影



●该复合回转体由同轴的圆锥、两个不同直径圆柱组成，然后被水平面、正垂面截切。求截交线的投影。



截交线
圆柱截
截交线
问题

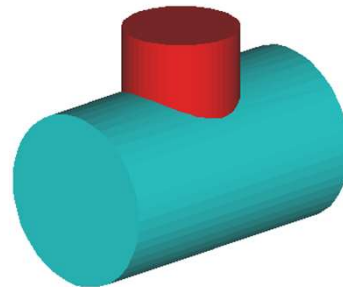


● 截交线的正面投影和侧面投影已知，仅求水平投影。

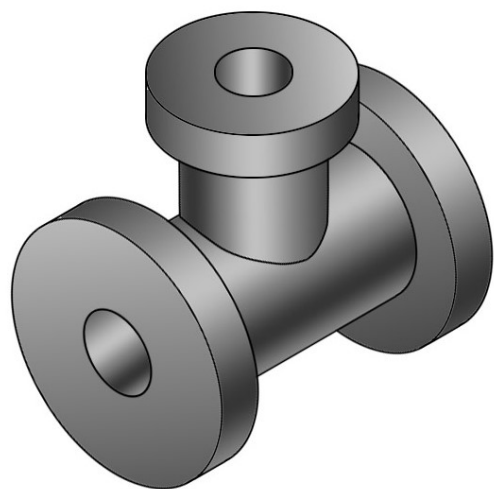


§ 3.4 两回转体表面相交

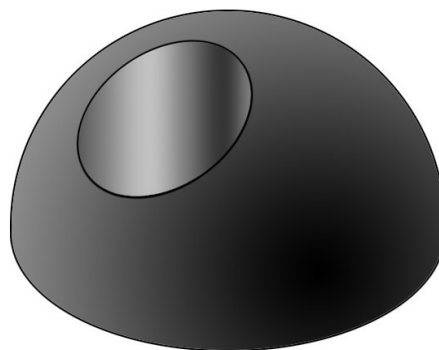
- 两立体相交叫作相贯，其表面产生的交线叫做相贯线。
- 本节主要讨论两回转体体相交时其表面相贯线的投影特性及画法。



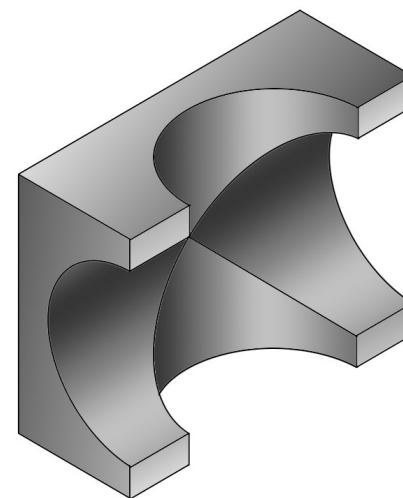
● 立体表面相交有三种形式,一种是立体的外表面相交;一种是外表面与内表面相交;一种是内表面与内表面相交.



实实相贯



实虚相贯



虚虚相贯



1. 相贯线的主要性质

★ 表面性 相贯线位于两立体的表面上。

★ 封闭性

相贯线一般是封闭的空间折线（通常由直线和曲线组成）或空间曲线。

★ 共有性 相贯线是两立体表面的共有线。

● 其作图实质是找出相贯的两立体表面的若干共有点的投影。

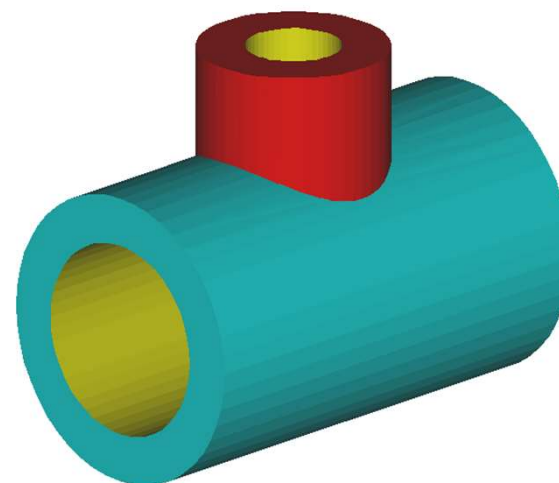


2. 作图方法

- 表面取点法

利用投影的积聚性直接找点。

- 辅助平面法



3. 作图过程

确定相贯线
的范围

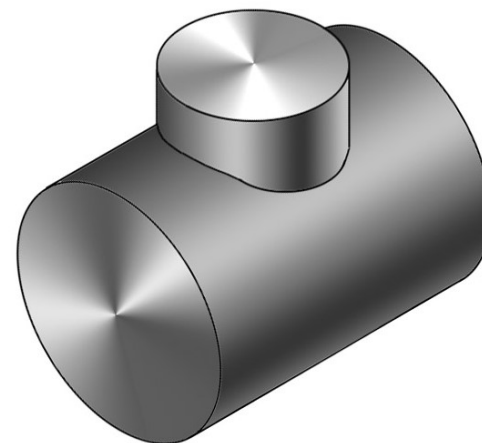
- 先找特殊点。
- 补充中间点。
- 连接各点构成相贯线的投影。
- 完善投影。

确定相贯线的
弯曲趋势



■利用表面取点法求作相贯线

- 如果两回转体相交，其中有一个是轴线垂直于投影面的圆柱，则相贯线在该投影面上的投影积聚在圆柱面上（已知）。
- 利用回转体表面取点的方法可以作出相贯线的其余投影。



相贯线的求法

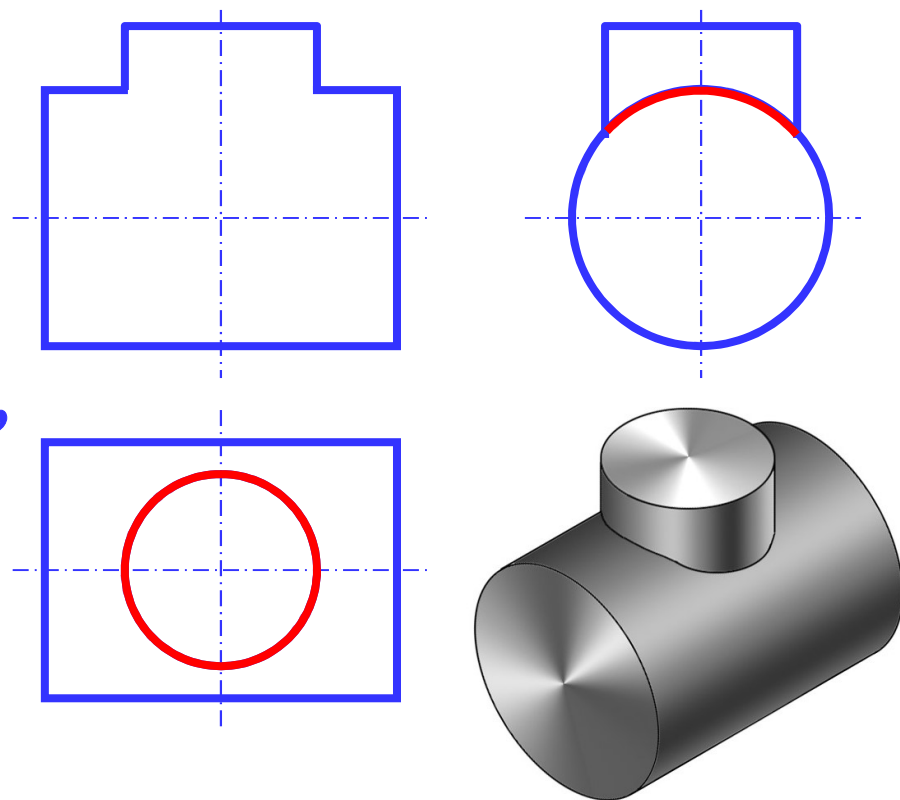


■例. 如图所示已知两圆柱的三面投影，求作它们的相贯线。

●空间分析：

直径不同的两圆柱轴线垂直相交，由于大圆柱轴线垂直于W面，小圆柱轴线垂直于H面，所以，相贯线的侧面投影和水平投影为圆，已知，只有正面投影需要求作。

相贯线为前后左右对称的空间曲线。



求正交两圆柱的相贯线

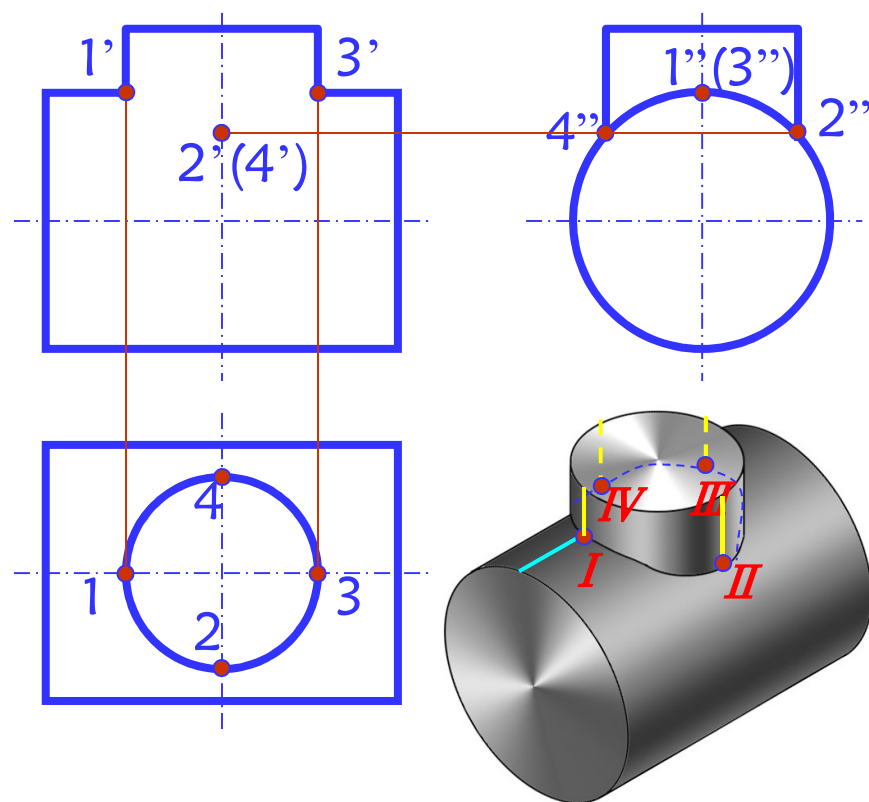


作图步骤:

(1) 求特殊点:

直接定出相贯线的最左点I和最右点III的三面投影。

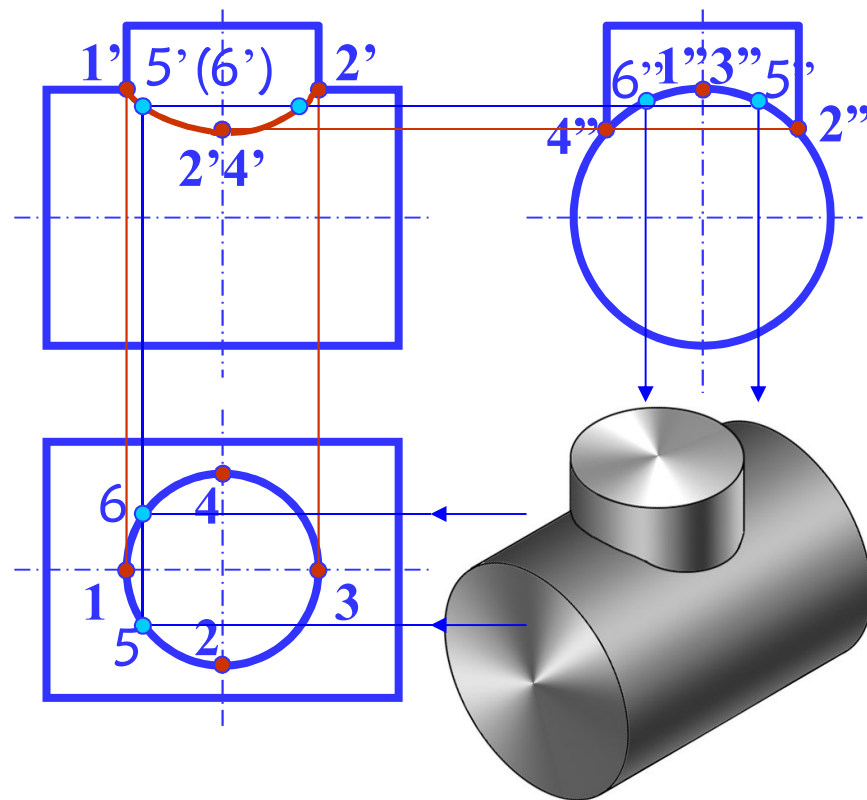
再求出相贯线的最前点II和最后点IV的三面投影。



求正交两圆柱的相贯线



University of Science and Technology of China



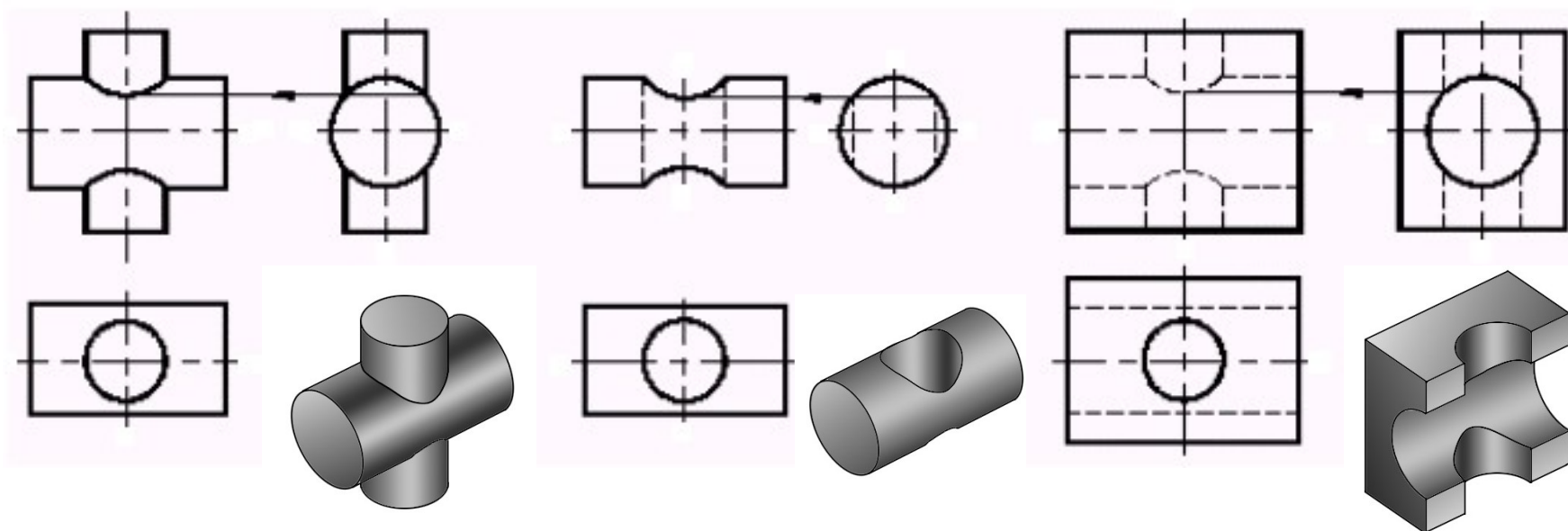
求正交两圆柱的相贯线

(2) 求一般点：在已知相贯线的侧面投影图上任取一重影点 $5''$ 、 $6''$ ，找出水平投影 5 、 6 ，然后作出正面投影 $5'$ 、 $6'$ 。

(3) 光滑连相贯线：相贯线的正面投影左右、前后对称，后面的相贯线与前面的相贯线重影，只需按顺序光滑连接前面可见部分的各点的投影，即完成作图。



圆柱面相贯实实相贯、实虚相贯和虚虚相贯，
这三种情况的相贯线的形状和作图方法是一样。



(a) 两外表相交

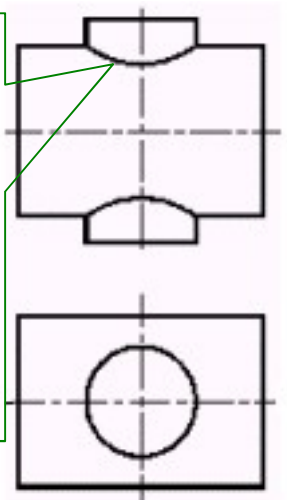
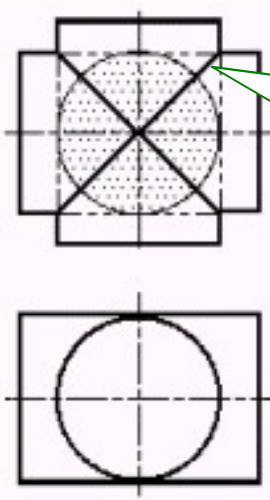
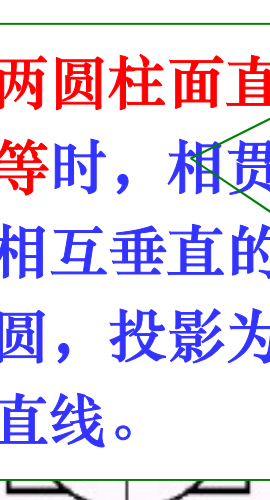
(b) 外表面与内表面相交

(c) 两内表面相交



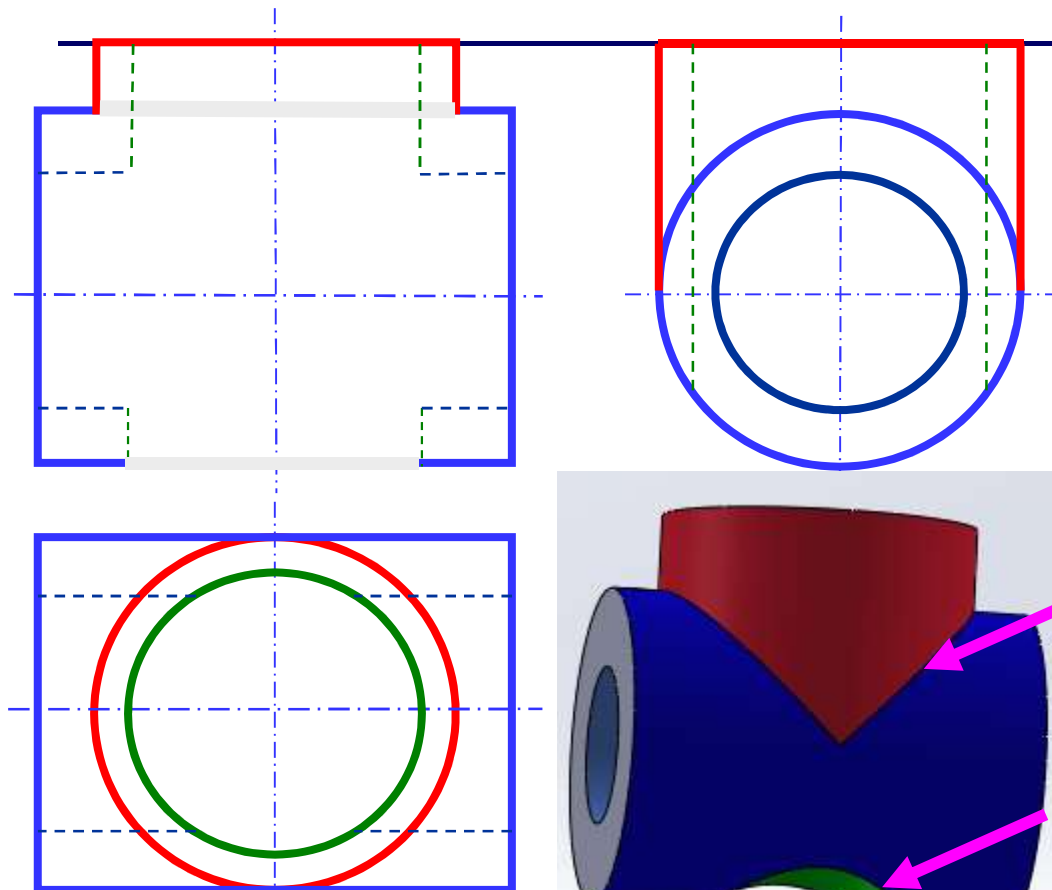
■相贯线的形状和位置取决于它们直径的相对大小和轴线的相对位置，如图。

垂直相交两圆柱直径相对变化时的相贯线

水平圆柱较大	两圆柱直径相等	水平直径较小
上下两条空间曲线	两个互相垂直的椭圆	左右两条空间曲线
<p>相贯线向着直径大的圆柱轴线方向凹。</p> 		<p>当两圆柱面直径相等时，相贯线是相互垂直的椭圆，投影为交叉直线。</p>  <p>相贯线向着直径大的圆柱轴线方向凹。</p>



例：补全正面投影图



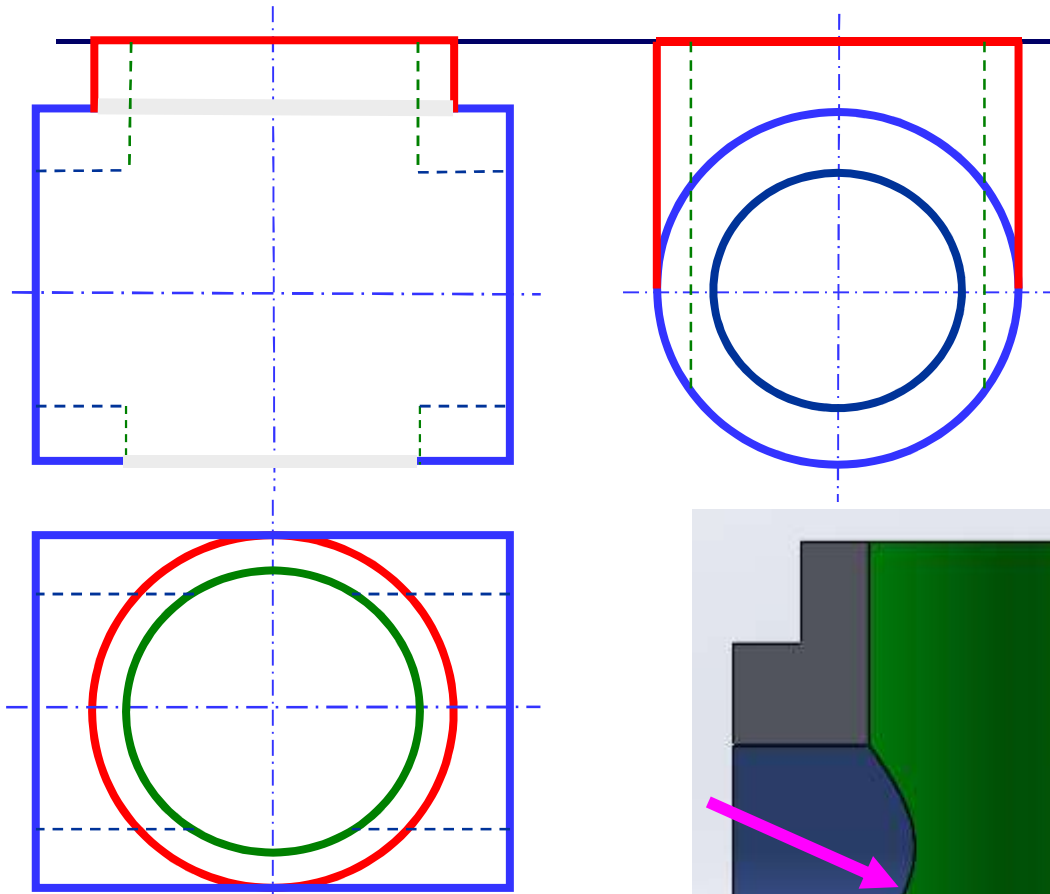
■外形交线

- 两外表面相贯（实实相贯）；
- 一内表面和一外表面相贯（实虚相贯）；

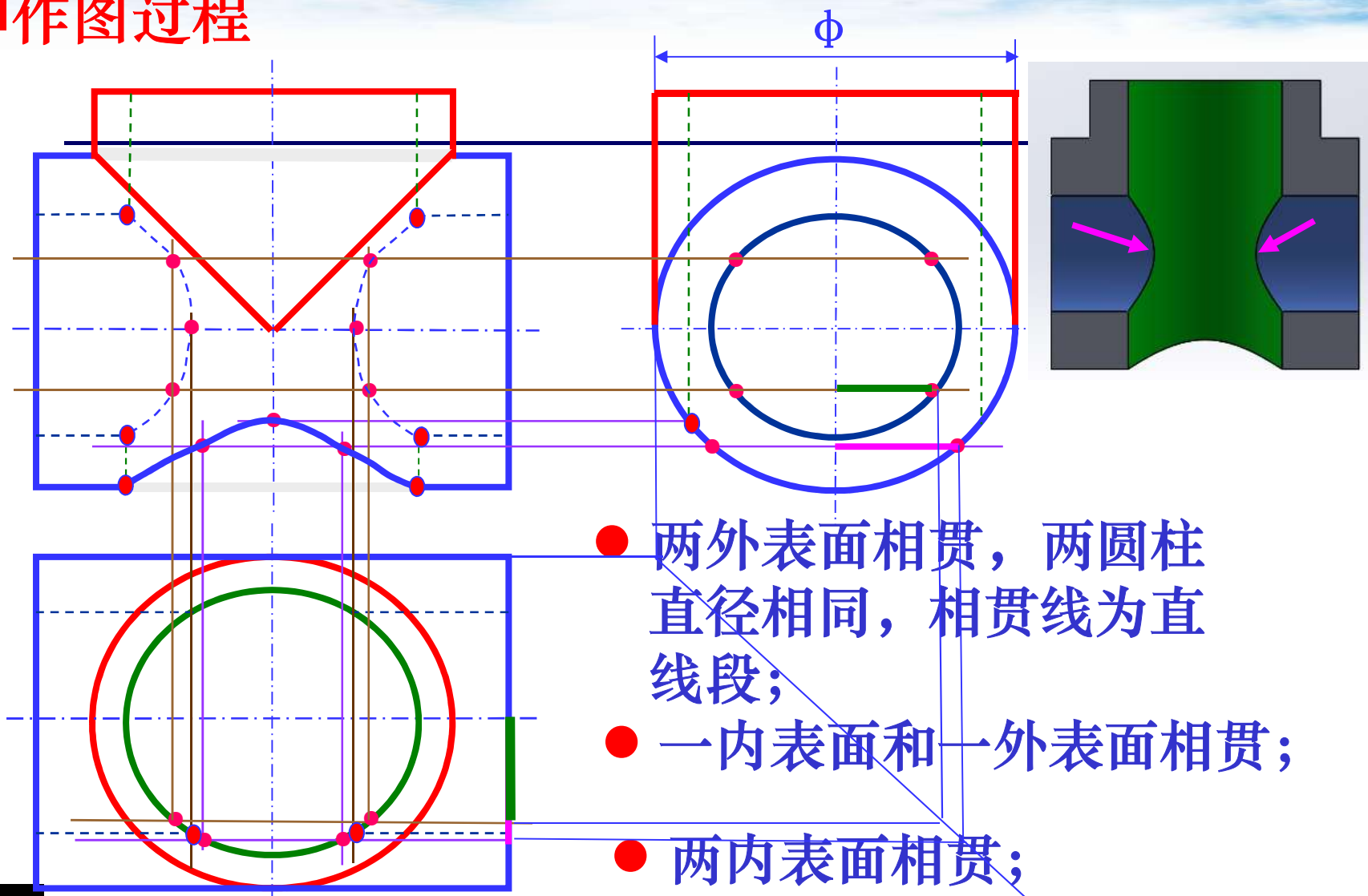


■ 内形交线

- 两内表面相贯
(虚虚相贯)；



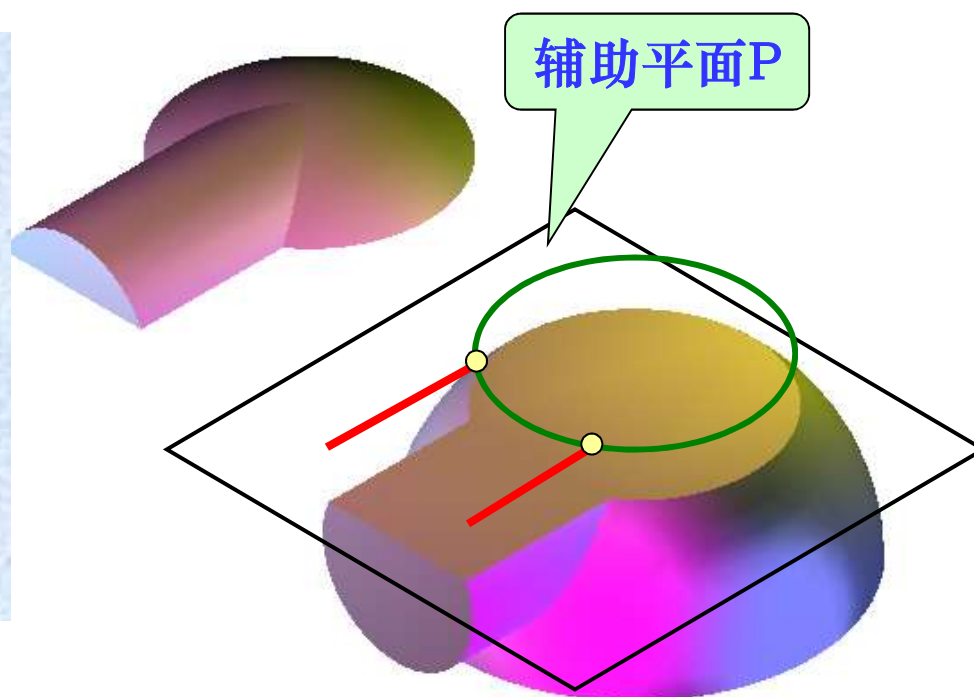
■ 作图过程



■ 辅助平面法求相贯线

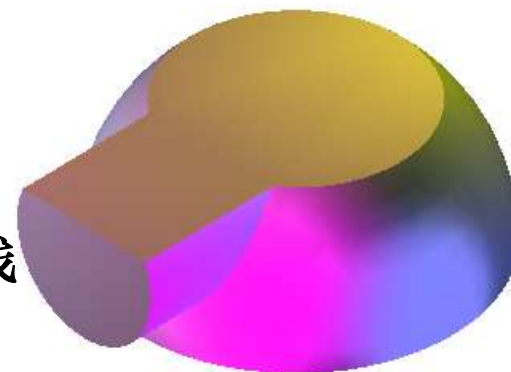
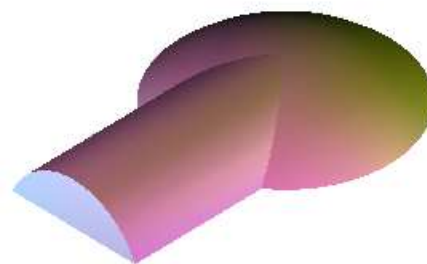
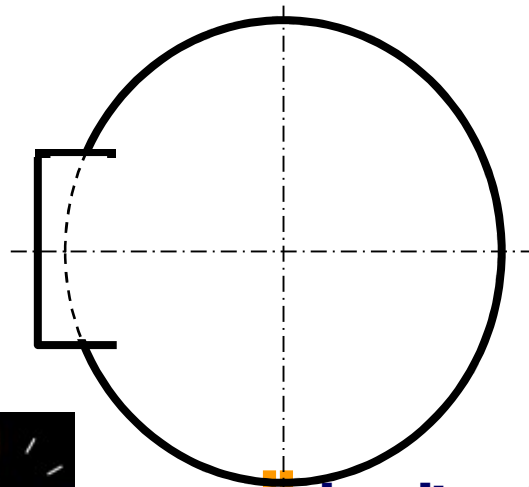
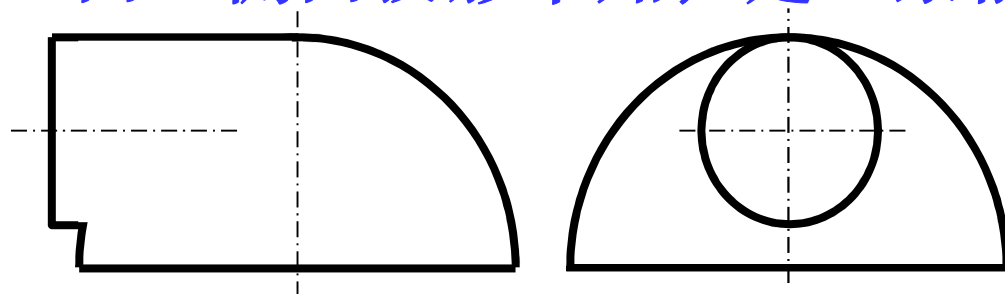
● 作一辅助平面P，使它与回转体都相交，求出P平面与两回转体的截交线，作出两回转体表面截交线的交点，即为两回转体表面的共有点，亦即相贯线上的点。

● 选择辅助平面时应注意：所选择的辅助平面与两相交立体表面所产生的截交线的投影，应该是简单易画的圆或直线。



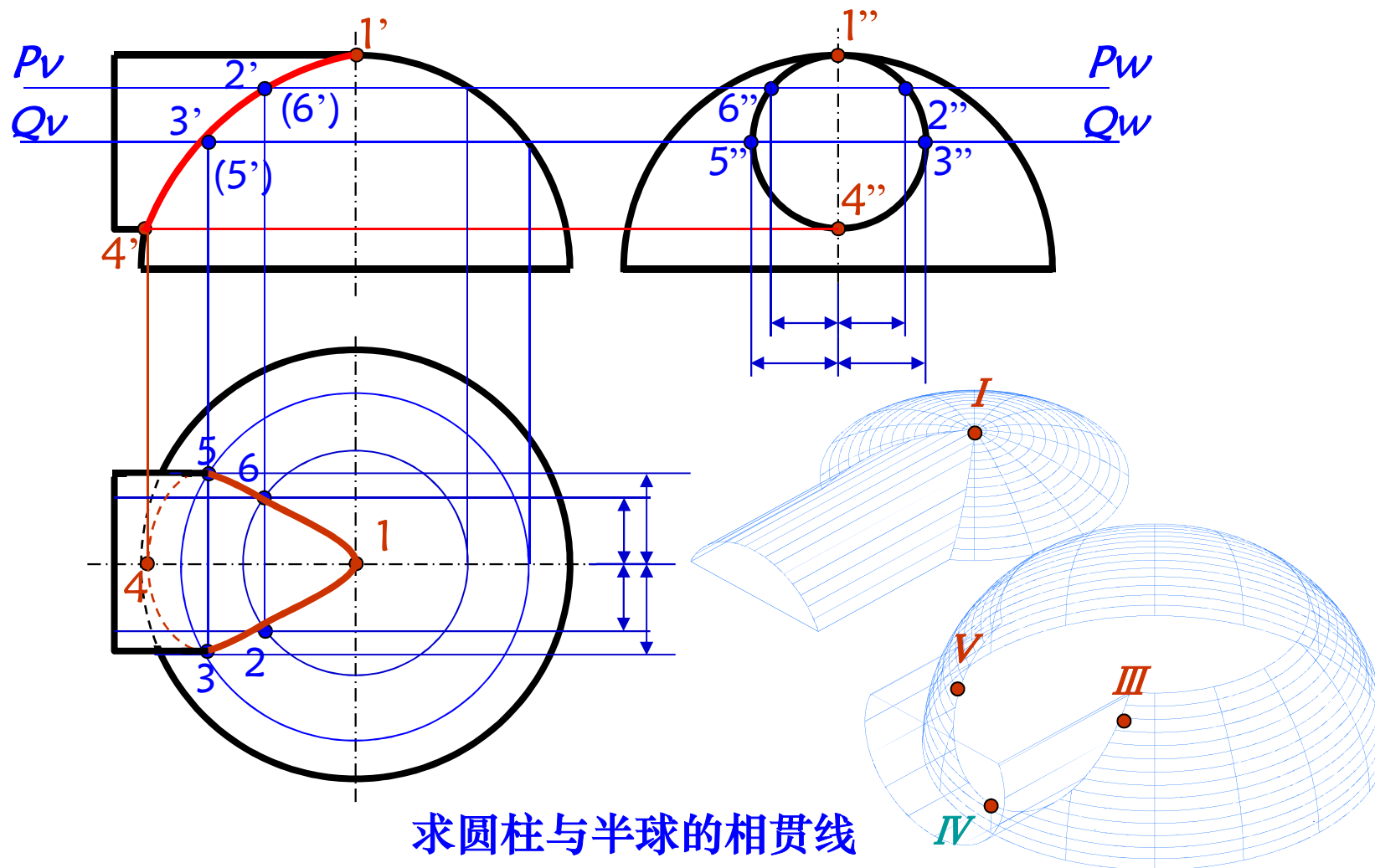
例 求圆柱与半球相贯线的投影

相贯线的侧面投影积聚在圆柱表面上。相贯线正面、侧面投影未知，是一条前后对称的空间曲线。



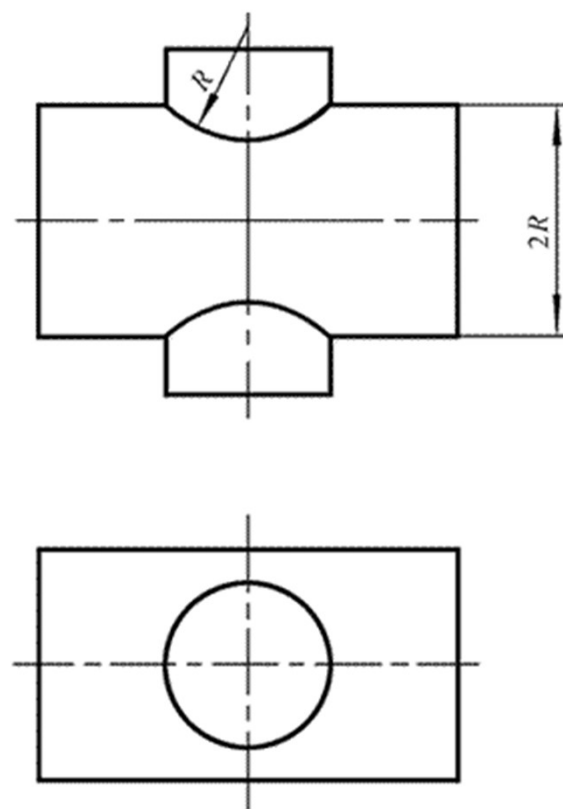
作图步骤:

1) 求特殊点并向侧面投影光滑连接各点:



■ 相贯线的简化表示

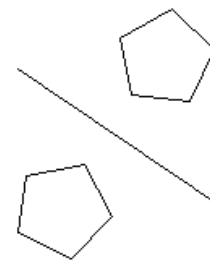
- 无特别要求，且在不引起误解时，相贯线可以简化成圆弧（或直线）。
- 圆弧的圆心在小圆柱的轴线上，半径为大圆柱的半径，圆弧通过V面转向线的两个交点，并凹向大圆柱的轴线。



§ 3.5 autoCAD 基本编辑方法 (3)

1. 图形镜像 (Mirror)

1) 在机械零件的许多结构具有对称性，这时用户只需画出对称的一半，另一半用“Mirror”命令来实现创建对象的镜像图像。

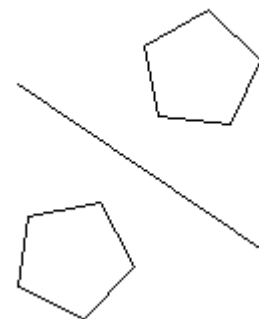


2) 打开方式：(1) 图标：在“修改”工具条上中“镜像”图标 ；(2) 下拉菜单：修改/镜像；(3) Command: Mirror




3) 镜像对象的操作步骤

- 启动“镜像”指令；
- 选择要镜像的对象；
- 指定镜像直线的第一点；
- 指定第二点：
- 对是否删除源对象进行选择，按ENTER键保留原始对象，按y将源对象删除。



2. 特性匹配

- 通过这个指令可以将一个实体的某些或所有特性复制给另外一个或一组实体。
- 如果不希望复制特定的特性，可使用“设置”选项禁止复制选定的某些特性。
- 打开方式：（1）图标：标准工具条/“特性匹配” ；（2）下拉菜单：修改/特性匹配；（3）Command: Matchprop或Painter



■ 特性匹配设置在特性匹配进行时，输入s设置。


- 可以复制的特性类型包括（但不限于）：颜色、图层、线型、线型比例、线宽、打印样式和三维厚度。



- 在操作时，先选择源实体，再选择要复制的实体。



3. 拉伸对象

- 1) 拉伸通常用于使对象拉长或压缩。
- 2) 打开方式 1) Command: STRETCH; 2) 单击“修改”工具栏上的  按钮, 3) 选择“修改”\“拉伸”。

3) 执行拉伸命令, AutoCAD提示:

选择对象: ☒ 选择对象: (可以继续选择拉伸对象)

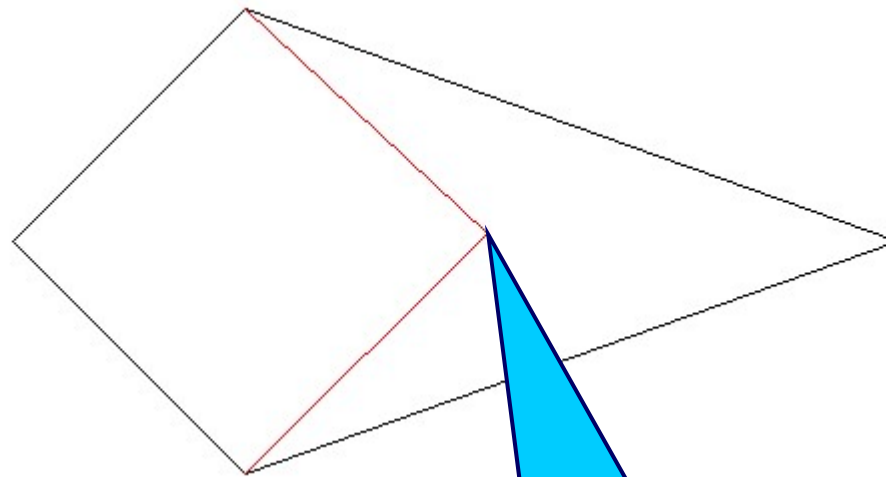
选择对象: ☒

指定基点或 [位移(D)] <位移>:

(1) 指定基点: 确定拉伸或移动的基点。

(2) 位移(D): 根据位移量移动对象。



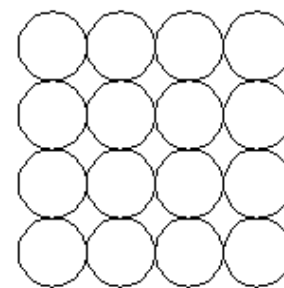


四边形，交叉窗口选择
两条红线，以此点为基
点拉伸后的结果。

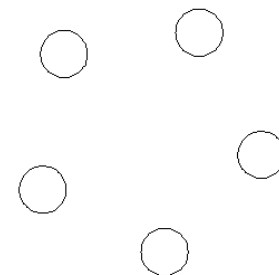



4. 阵列图形 (Array)

1) 图形阵列可以分为矩形阵列 (Rectangular Array) 和环形阵列 (Polar Array) 两种类型。



➤ 当创建多个定间距的对象时，阵列比复制要快。



2) 打开方式: (1) 图标: 在“修改”工具条上中的“阵列” 图标; (2) 下拉菜单: 修改/阵列; (3) Command: Array



● 执行AR命令不出现经典阵列界面的处理方式

1. 点击“工具”→“自定义”→“编辑程序参数”；
2. 在弹出的“acad-记事本”文件中，键盘上按Ctrl+F（查找）；
3. 输入“AR, *ARRAY”点查找；找到“AR, *ARRAY”一行，可在“ARRAY”后加上“CLASSIC”，成为“ARRAYCLASSIC”保存后关闭。关闭并重启CAD2016即生效。
4. 重启CAD后，在命令行输入AR命令，经典阵列命令就出现了。



●启动指令后，出现一个对话框。用户可以先从对话框中选择“矩形阵列”或“环形阵列”。

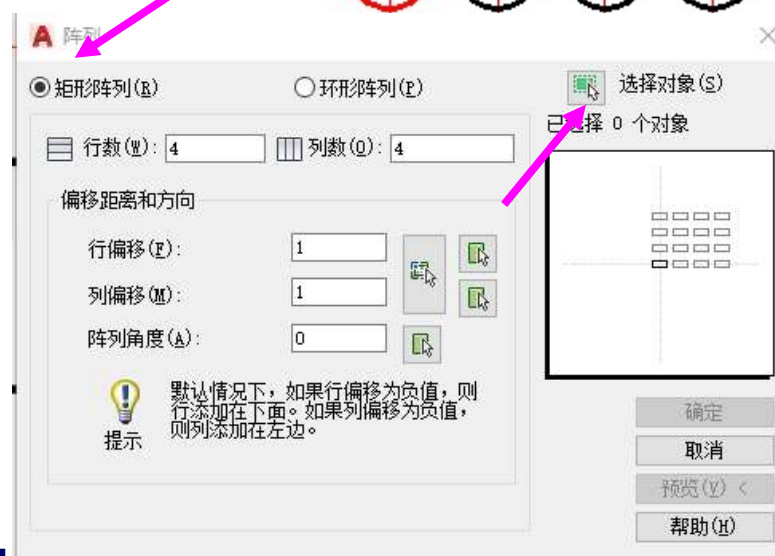
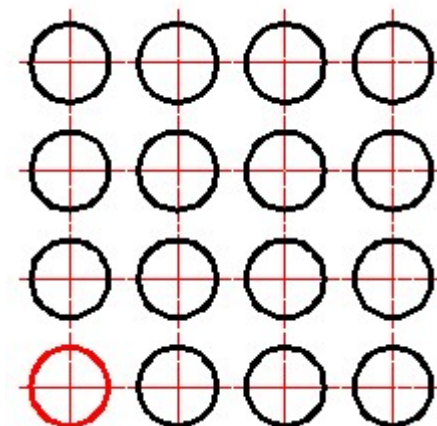


■ 矩形阵列

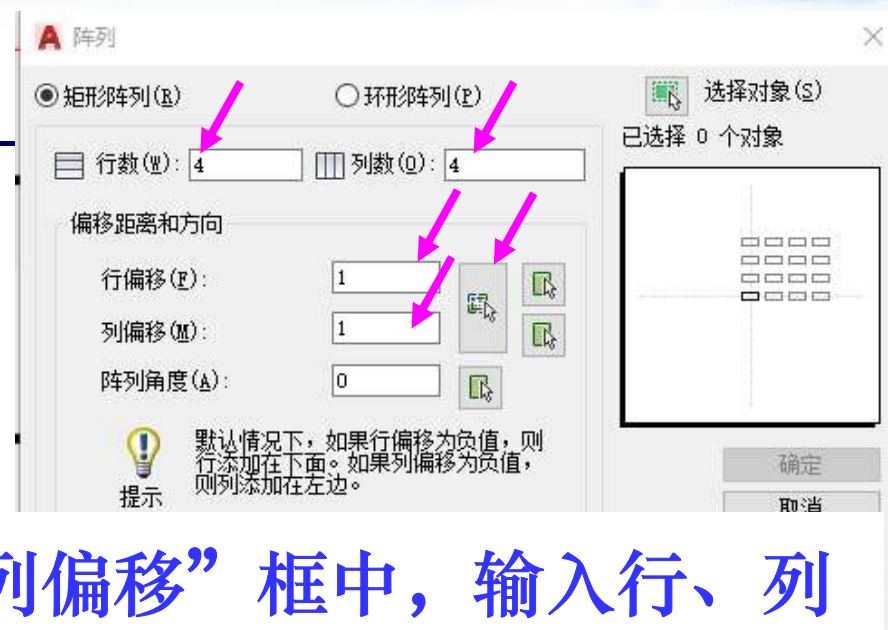
1) 按网格的方式进行实体复制。

2) 步骤:

- 启动“阵列”指令;
 - 在“阵列”对话框中选择“矩形阵列”;
 - 选择“选择对象”;
- cad关闭对话框,在模型空间选择要阵列的对象;



- 在“阵列”对话框的“行”和“列”框中，输入要阵列的行数和列数；



- 在“行偏移”和“列偏移”框中，输入行、列间距；
- 单击“拾取两个（行列）偏移”按钮，在模型空间指定某个单元的相对角点为（行列）偏移距离。



● 拾取行偏移：在模型空间拾取行偏移。

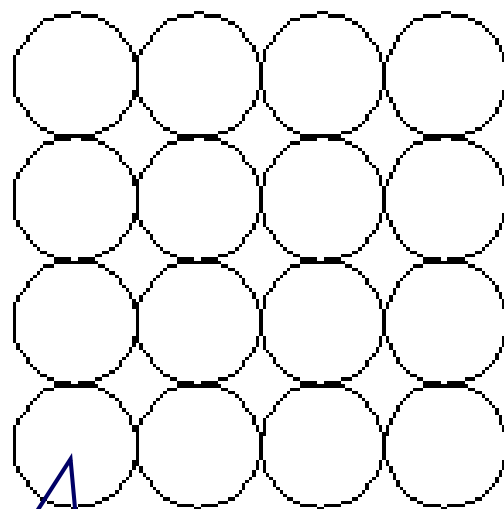
● 拾取列偏移：在模型空间拾取列偏移。

● 拾取阵列角度：在模型空间拾取阵列角度。

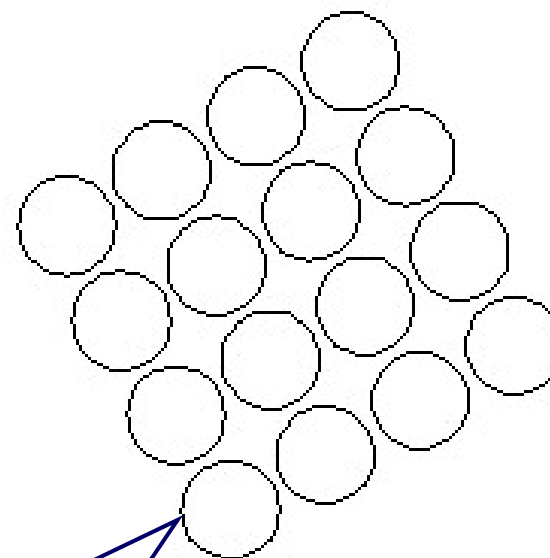


注意：行间距和列间距有正、负区分，行间距为正时，实体向上，反之向下。列间距为正时，实体向右，反之向左；与坐标系x、y方向正负规定一致。





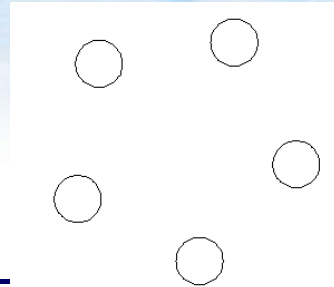
阵列对象（行偏移100，列偏移100，阵列角度0的结果）



阵列对象（行偏移100，列偏移100，阵列角度30度的结果）



■ 环行阵列



1) 环行阵列是将选择的实体按圆周等距排列。

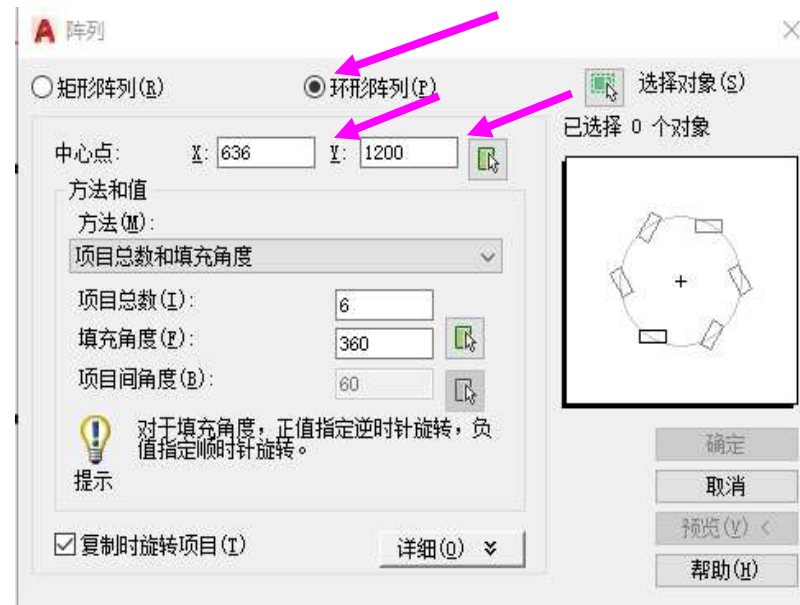
2) 启动“阵列 (Array)”指令；

● 选择“环形阵列”；

● 指定环形阵列中心；

● 输入坐标；

● 在模型空间拾取中心；

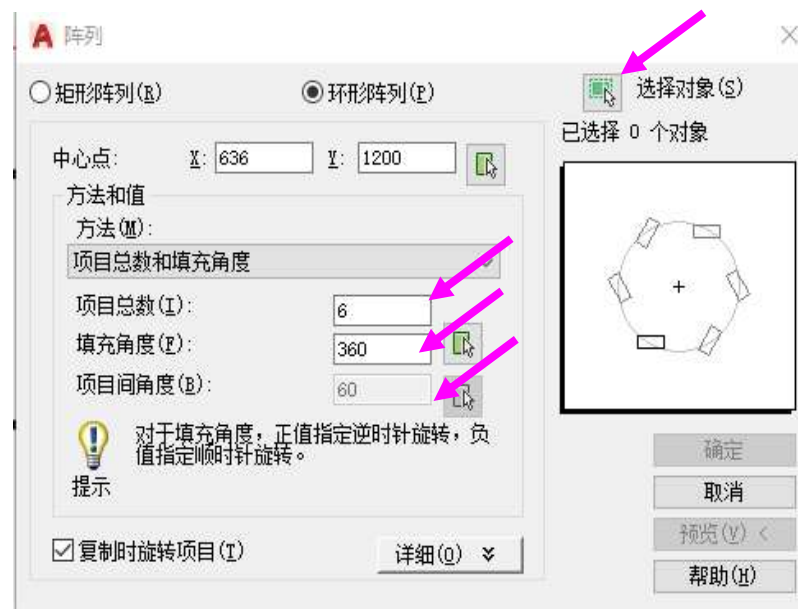


- 选择要创建阵列的对象；

在模型空间选择要阵列的对象。

- 在“方法”框中，选择以下方法组合之一：

(1) 项目总数：阵列对象总数（含原对象）； (2) 填充角度； (3) 项目间的角度：阵列对象间角度；





环形阵列对象，
选择“方法”项
目总数和填充角
度，且项目总数
为5，填充角度为
360度的结果



5. 比例缩放 (Scale)

➤ 比例缩放与图形放大、缩小 () 有本质区别：

- 图形放大、缩小仅仅体现在屏幕上，使之看图更清楚、方便，
- 而“比例缩放”命令是真正意义的图形缩放。它的功能除了用于屏幕，在打印输出时，也真正实现了图形的放大和缩小。



- 比例缩放对象后，它的标注尺寸也随之改变，
为了使它的标注尺寸不随“比例缩放”而改变，
在尺寸标注样式中要作一些必要的设置（标注
样式/主单位/测量单位比例因子）。

- 1) 打开方式：(1) 图标：在“修改”工具条上中的“缩放”图标；(2) 下拉菜单：修改/缩放；
(3) Command: Scale



● 执行scale命令后，AutoCAD提示：

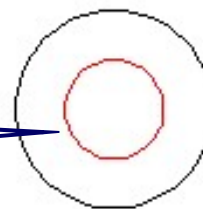
选择对象：（选择要缩放的对象）

指定基点：（指定要缩放对象的基点）

指定比例因子：（指定缩放比例）

注意：比例系数是个正数，大于1是放大，小于1是缩小。

缩放对象，缩放基点为圆心，
比例系数为2的结果



6. 打断对象

1) 从指定的点处将对象分成两部分，或删除对象上所指定两点之间的部分。

2) 打开方式：1) Command: BREAK。2) 选择“修改”/“打断”命令。3) 单击“修改”工具栏上的  按钮。

3) 执行BREAK命令，AutoCAD提示：


选择对象: (选择要断开的对象。此时只能选择一个对象，并默认是第一个打断点)

指定第二个打断点或 [第一点(F)]: 指定第二个打断点:


4) 计算机将二点之间对象打断。



7. 分解对象

- 1) 把图块分解成组成图块的各个对象。
- 2) 打开方式：1) Command: EXPLODE。2) 选择“修改”/“分解”命令。3) 单击“修改”工具栏上的按钮。
- 3) 执行EXPLODE命令，AutoCAD提示：
选择对象: (选择要分解的对象。)
确定后对象被分解成。





本章结束

