

Savia 的

**通关**

**攻略**

**ME1001F**

**工程图学**

# 目 录 Contents

## 第 0 讲 基本绘图

- 一 工具准备
- 二 线条规范
- 三 实战：平面图绘制

## 第 1 部分 投影理论基础

### 第 1 讲 点、线、平面的投影

- 一 点、线、面的投影表示
  - 点的投影
  - 直线的投影
  - 平面的投影
- 二 直线的实长与倾角
- 三 点线面的从属关系
  - 点在线上
  - 线在面上
  - 点在面上
- 四 平行关系
  - 线线平行
  - 线面平行
  - 面面平行
- 五 相交关系
  - 直线相交
  - 线面相交
  - 面面相交

### 第 2 讲 回转面与立体的投影

- 一 回转面的投影表示
  - 回转面的形成
  - 回转面的投影
  - 回转面上的点和线
- 二 回转面的交线
  - 圆柱面与平面的交线
  - 圆锥面与平面的交线
  - 球面与平面的交线

- 两圆柱面的交线
- 两回转面的交线

### 三 基本立体的视图

- 棱柱、棱锥的视图
- 圆柱、圆锥、球的视图

### 四 截切

- 平面截切的基本处理方法
- 多平面截切
- 多次截切

### 五 相贯

- 圆柱与棱柱相贯
- 圆柱与圆柱相贯
- 其它复杂相贯

## 第 2 部分 工程图学基础

### 第 3 讲 三视图的识别与绘制

#### 一 三视图题目的基本识别步骤

- 组合体的组成方式
- 三视图识别实例

#### 二 基本体及其组合

- 常见简单基本体
- 常见复合基本体
- 常见基本体组合方式

#### 三 常见基本体切割、开孔、开槽结构

- 平面结构
- 斜面结构
- 圆柱外表面结构
- 圆柱内表面结构
- 带孔圆柱结构

#### 四 复杂结构

- 盲孔、阶梯柱、阶梯孔基本结构
- 连接处开孔

#### 五 一些经典问题

- 邪恶立方体问题
- 多解问题
- 在前在后问题

## **第 4 讲 标注**

- 一 标注的基本规则
- 二 标注的基本规范
- 三 标注题示例

## **第 5 讲 剖视图与断面图**

- 一 剖视图
- 二 断面图

## **第 6 讲 标准件的画法**

- 一 螺纹及螺纹紧固件
- 二 齿轮、键与轴

## **第 7 讲 零件图的阅读**

- 一 常用工程图种类
- 二 简化画法与工艺结构
- 三 标准件的标注
- 四 公差与配合
- 五 实战：零件图阅读

# 第 0 讲 基本绘图

## 一 工具准备

### 1. 铅笔和橡皮擦

- 铅笔需要购买 2B 和 2H 的铅笔
- 2H 铅笔需要削尖（不差钱的可以买电动削笔刀，爽得很），它画的线很淡，容易擦去，适合画辅助线
- 2B 铅笔需要留粗，它画的线很浓，适合最后描出粗线

### 2. 圆规、直尺、三角尺

- 直尺和三角尺用于绘制直线段，其中 45°三角尺会用来画 45°线
- 圆规则用于画圆弧，文具店买日常用的尺子套装和圆规足够了，**不需要购买绘图工具包**

### 3. A3 绘图纸

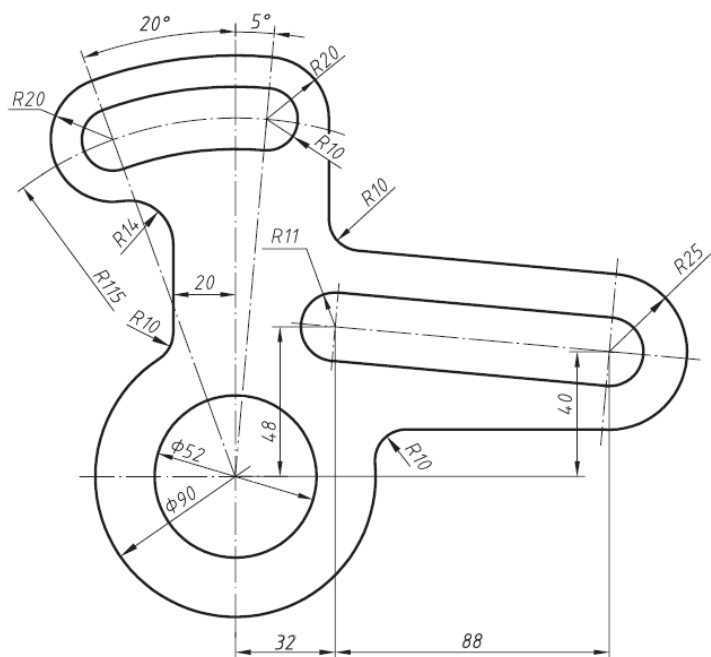
- 平时作业大多是画在习题册上，小测和考试则是画在试卷上，因此，只有开学初的 1~2 次作业会要求画在 A3 纸上，也就是只会用到一两张 A3 纸，所以最好买单张，如果必须整包买，建议和同学拼

## 二 线条规范

- 可见的线条画粗实线，不可见的线条画细虚线，对称轴画点画线，作图辅助线画细实线

## 三 实战：平面图形绘制

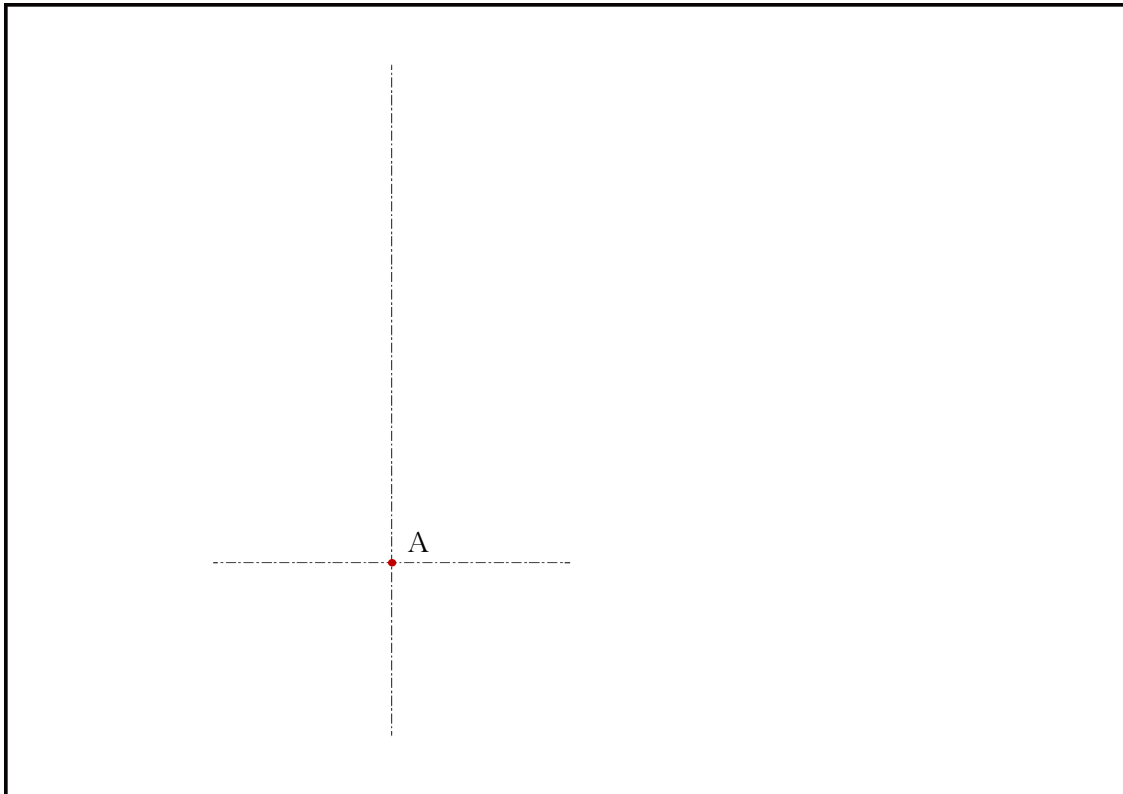
6. 根据图上所给尺寸，按比例 1:1 画出图形并标注尺寸（用 A3 图纸）。



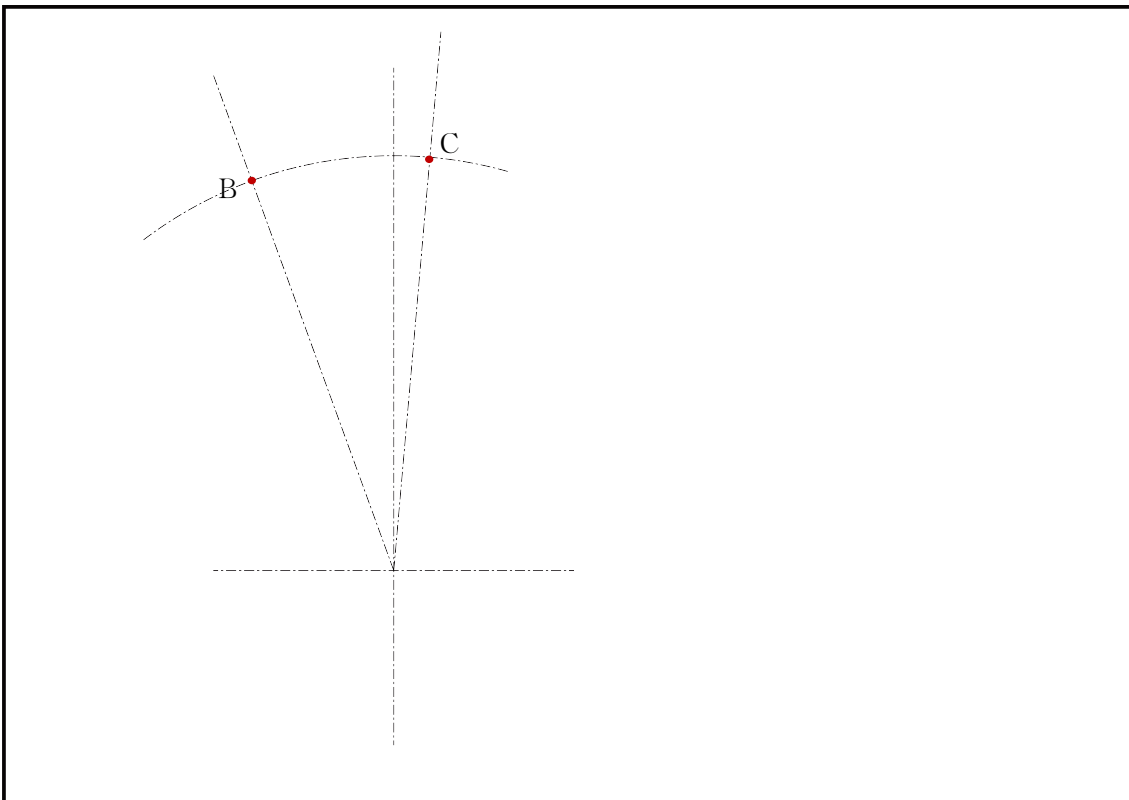
制图		制图基本练习	比例	
校核			数量	

### 1. 逐个画出定位线

- 我们首先注意到，几乎所有其它图线都依赖下方小圆圆心 A 的位置，因此先将这个点确定下来



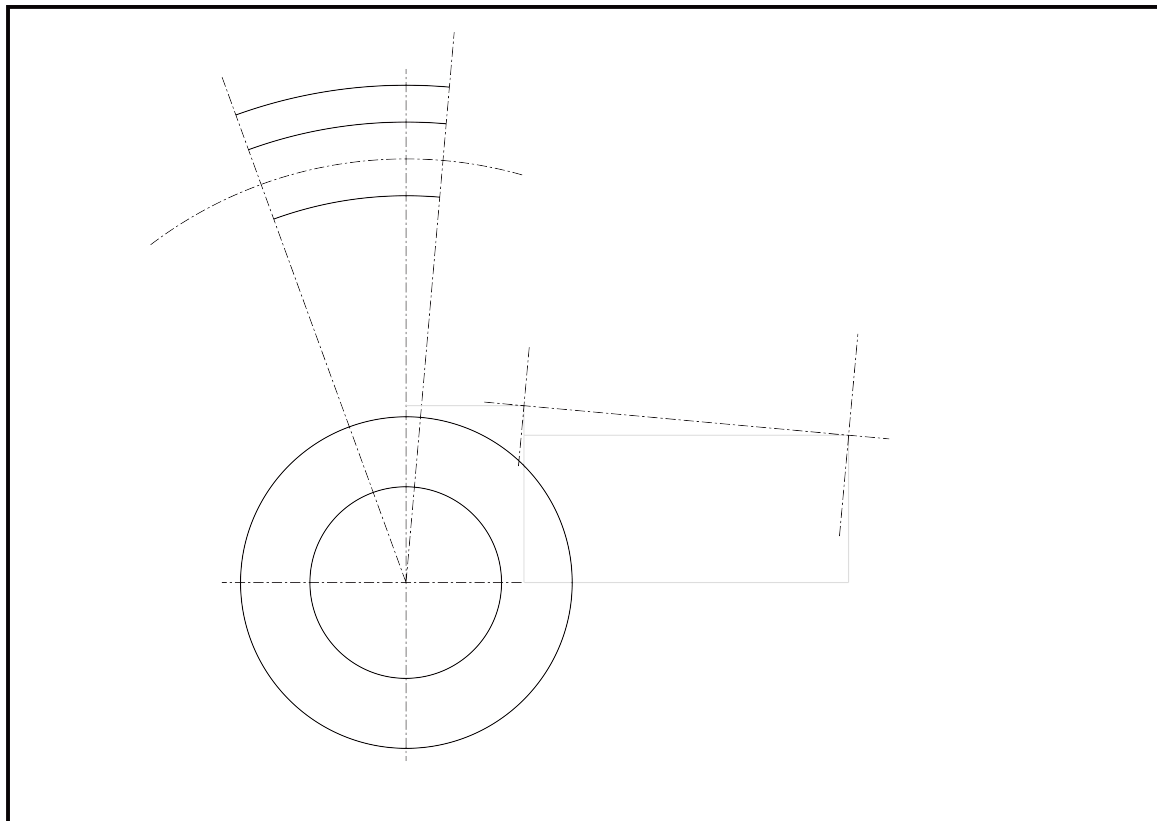
- 上方的图线尺寸都与一条圆心为 A 的圆弧 BC 有关  
先用量角器画出两条射线，然后画圆弧，圆弧与射线的交点分别是 B 和 C



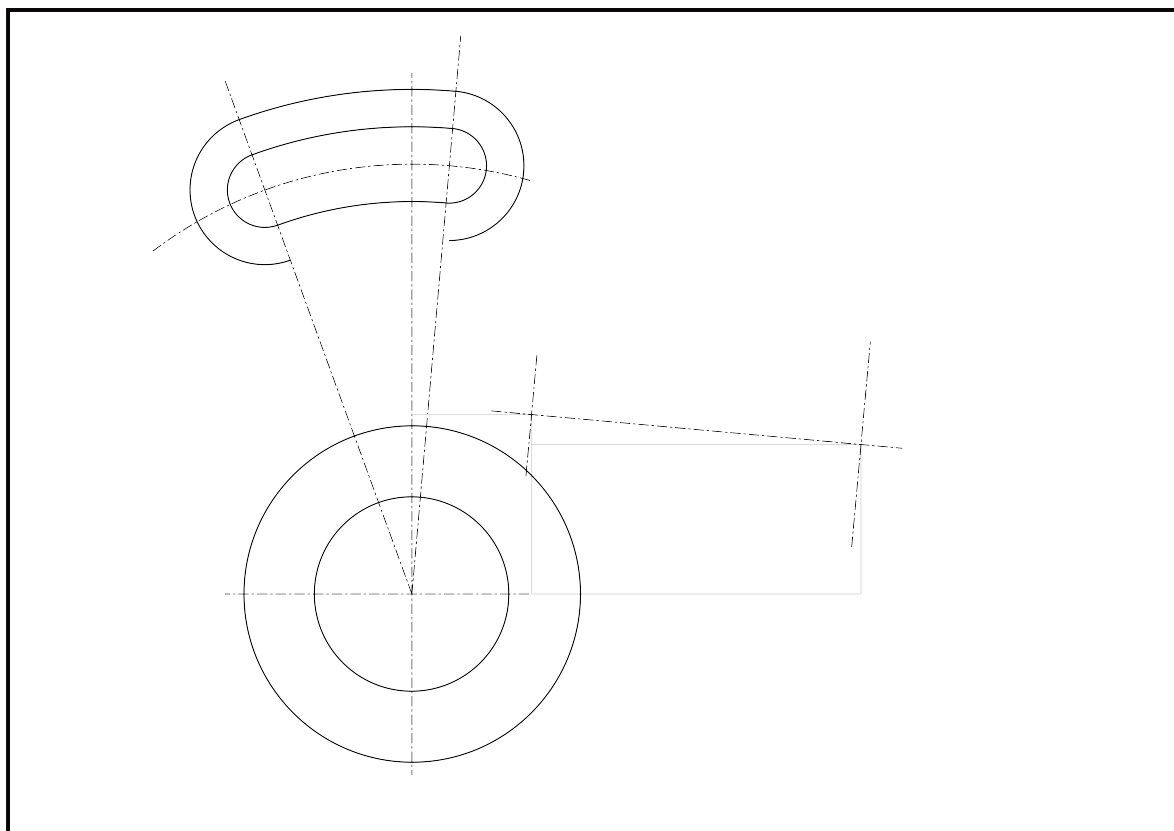


## 2. 确定所有的圆弧

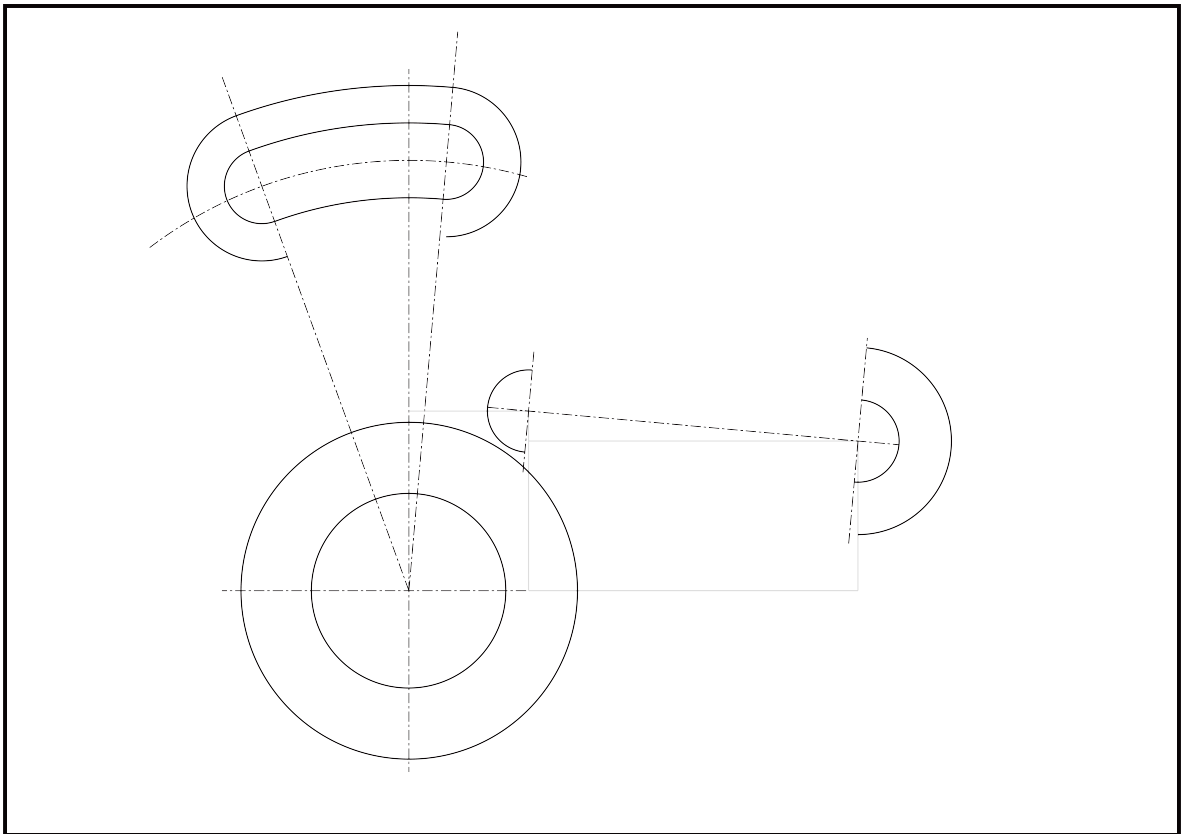
- 以 A 为圆心，画出直径 52、90 的圆，以及上方半径分别为  $115(+5)(+10)(-5)$  的圆弧



- 左上方分别以 B 和 C 为圆心画半径为 10 和 20 的圆弧

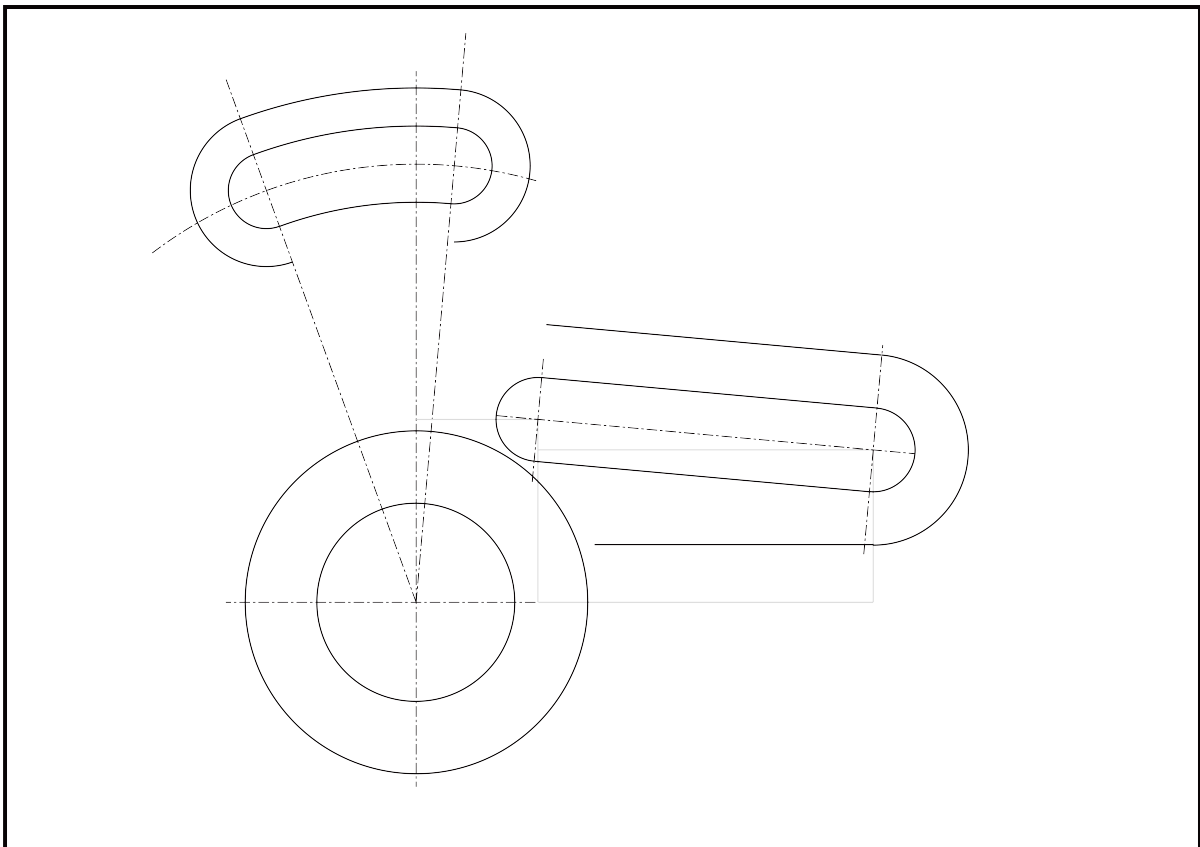


- 右侧以圆心为 D、E，画半径为 11、25 的圆弧

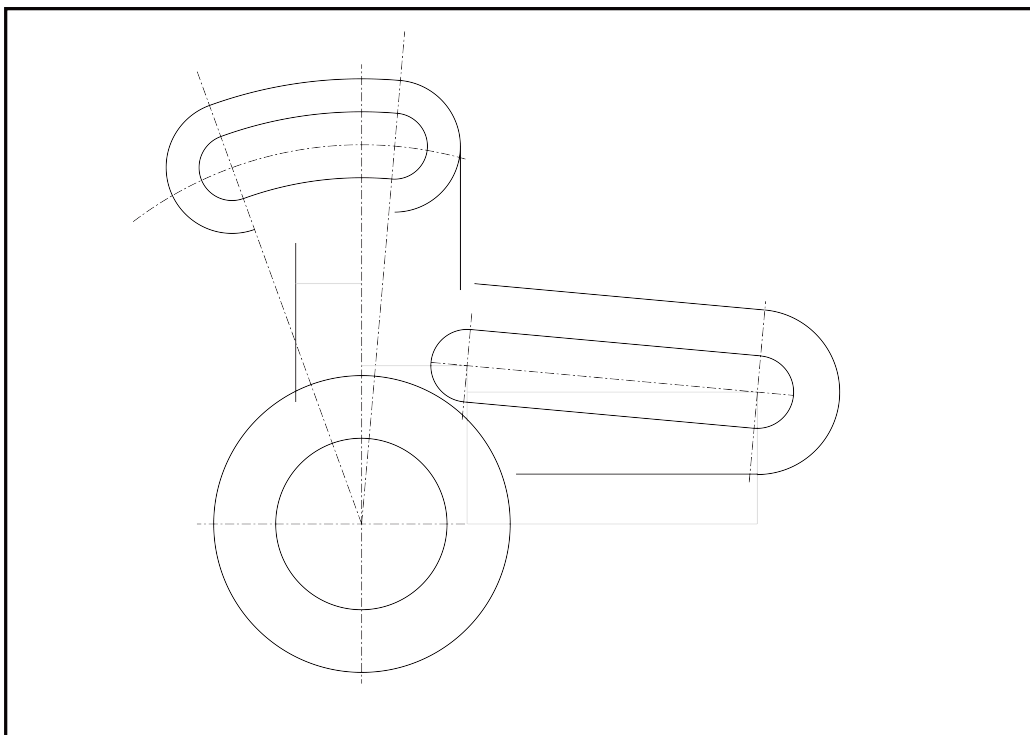


### 3. 确定所有的直线段

- 连接右侧的 4 条直线（其中上方三条平行于辅助点画线，最下面那条是水平线）



- 左侧有两条竖直线，一条距竖直点画线 20mm，另一条与上方的圆相切

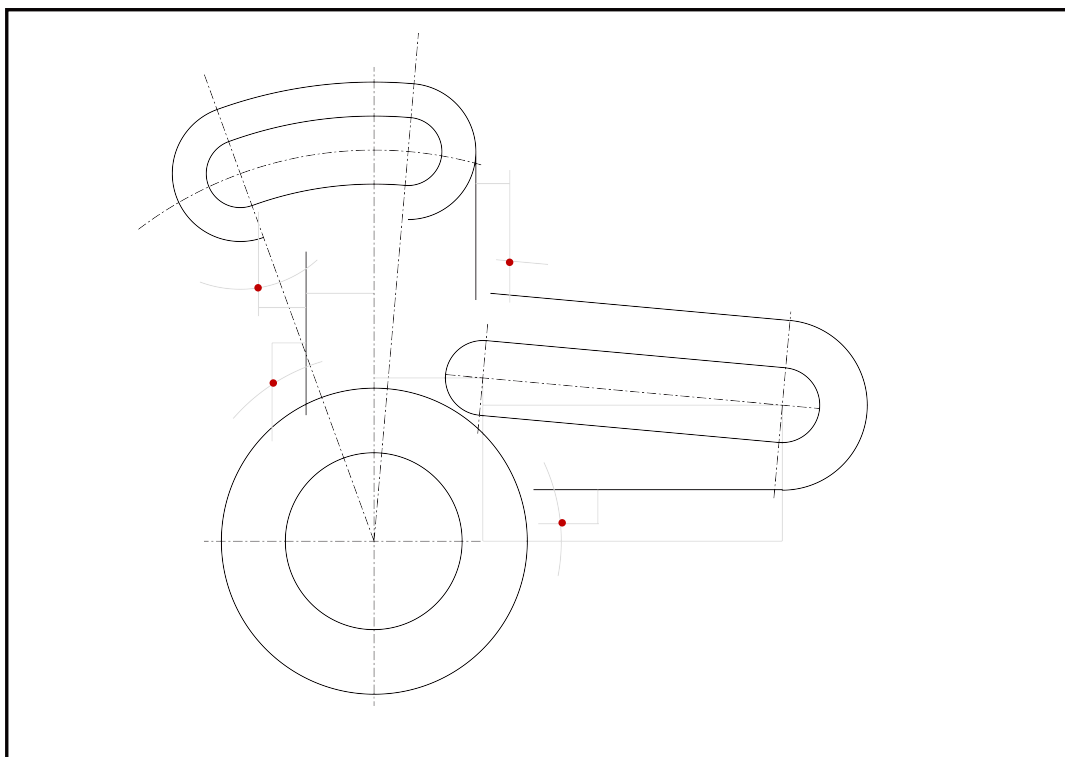


#### 4. 完成连接处

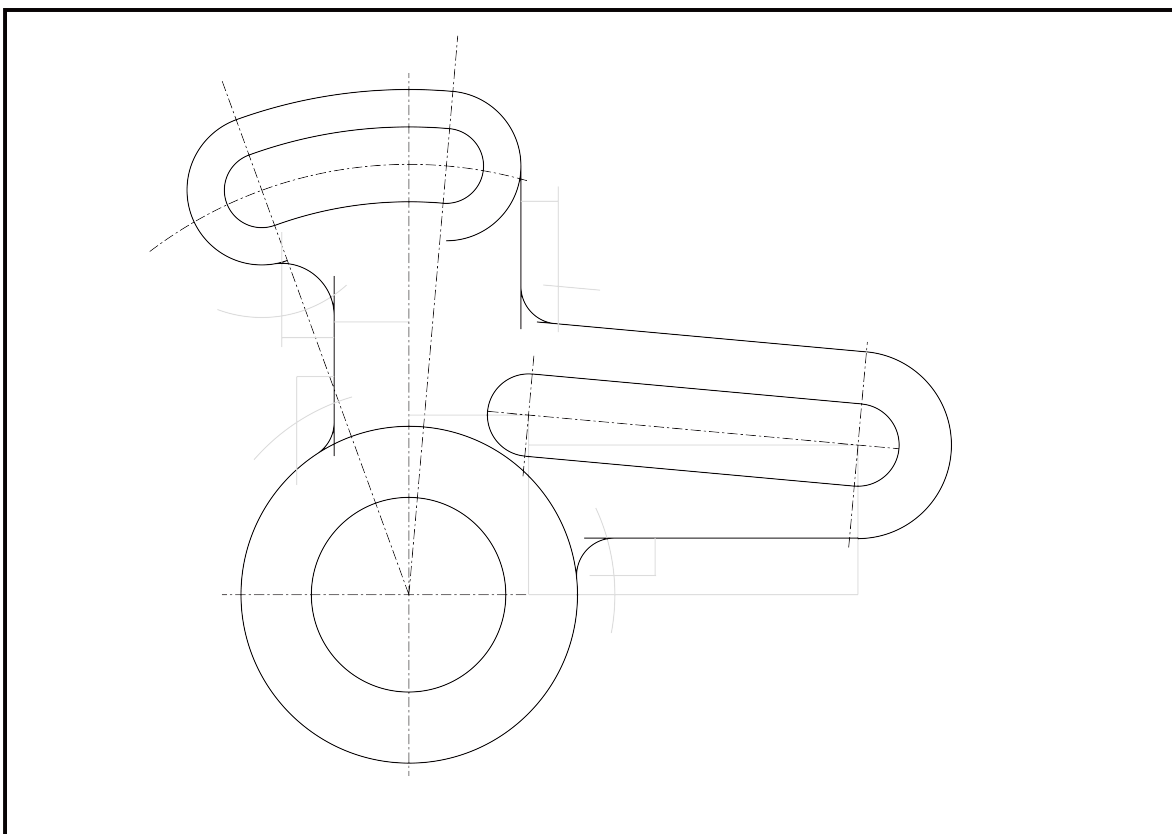
图中一共有 4 处要用圆弧连接，圆弧的半径都已知，我们的任务是要确定 4 个圆心的位置

- 若直线与半径为  $r$  的圆弧相切，则圆心到直线的距离为  $r$ ，即圆心在与直线距离为  $r$  的平行直线上
- 若圆心  $A$ 、半径  $R$  的圆弧与半径  $r$  的圆弧相切，则圆心在在以  $A$  为圆心，半径  $R+r$  的圆弧上

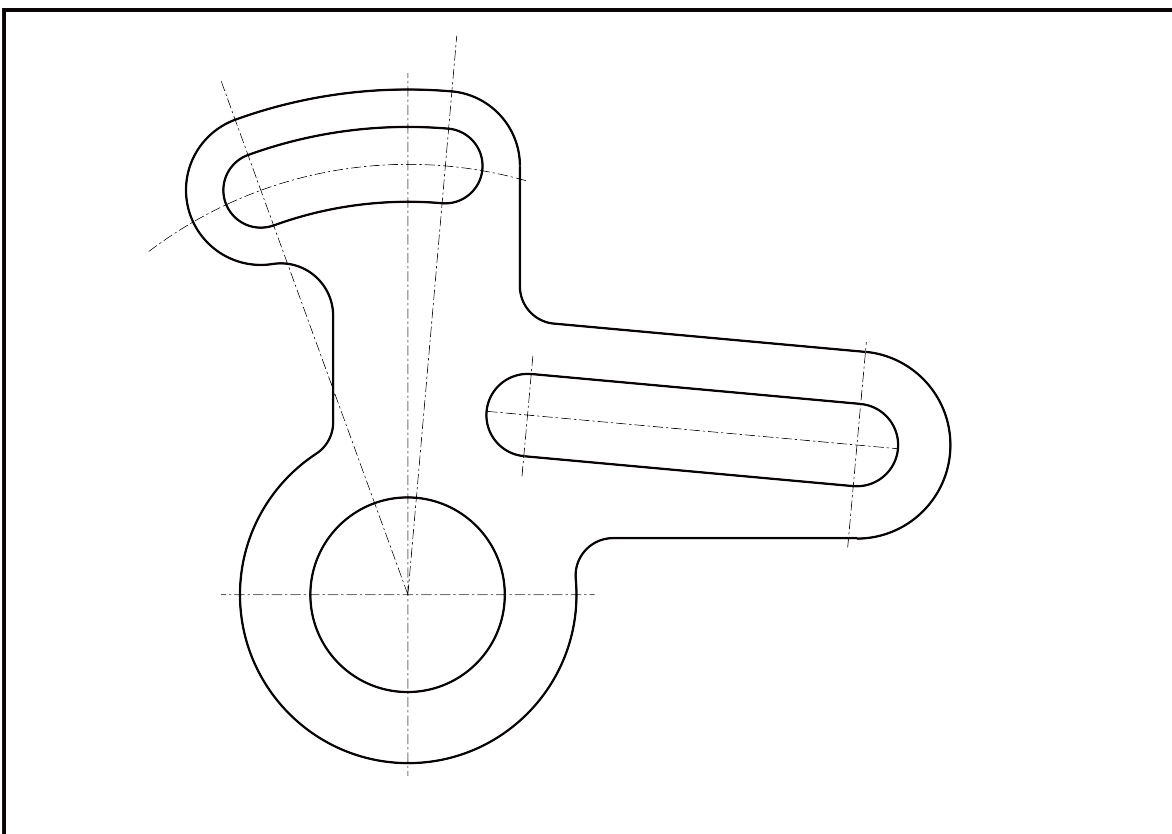
每个连接处，圆弧都与两条线或圆弧相切，两条平行直线或同心圆弧的交点就是我们要找的圆心的位置



· 然后在找到的圆心上画出圆弧相切即可



#### 5. 加粗轮廓线条并添加标注



· 标注对着原图抄就行

# 第 1 部分

# 投影理论基础

# 第 1 讲 点、线、面的投影

## INTRO 正投影体系

### 1. 投影

投影就是将组成空间几何体的点按照一定的规则映射到特定平面（投影面）上，形成新的平面图形

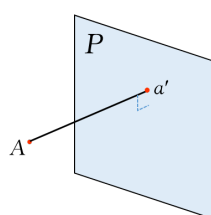
- 根据规则的不同，投影分为中心投影和平行投影，平行投影又细分为正投影和侧投影

根据不同的投影种类，工程上常用的图有多面正投影图、标高投影图、透视投影图

- 透视投影是最直观的，但不准确，相比之下，多面正投影兼顾准确与直观

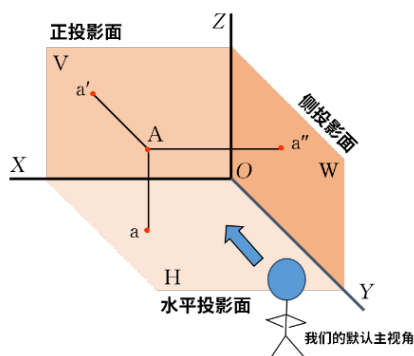
#### 正投影的数学意义

将点  $A$  正投影到平面  $P$  上，得到投影点  $a'$  = 过  $A$  作直线  $Aa'$  垂直于平面  $P$  并交于点  $a'$



### 2. 投影面

- 由于不同的几何体在同一个投影面上的投影可能是相同的，所以单个投影面无法确定一个几何体的形状，可以证明，至多需要三个投影面，所以我们选择 3 个相互垂直的平面作为投影面：



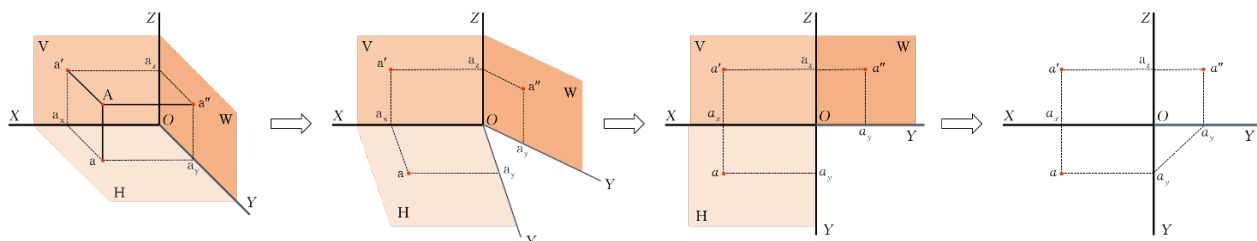
#### 请务必牢记

- 前方是正投影面 V
  - 地上是水平投影面 H
  - 右边是侧投影面 W
- 以及 XYZ 的坐标轴的位置

这 3 个无限大的平面构成了一个“墙角”。将一个物体放在这个墙角，分别投影到 3 个投影面上，得到 3 个投影图，组合起来，我们就能利用平面图像来准确、直观地表现空间中的物体。

### 3. 投影图是怎么来的

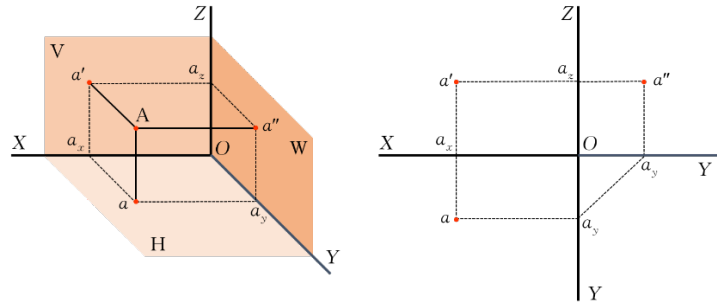
- ① 在“墙角”中作出投影（过点作线垂直于投影面），画出相关辅助线
- ② 沿着  $OY$  轴剪开（想像成一个纸盒子），将  $H$  面和  $W$  面展成与  $V$  面共面，就得到了投影图



# 一 点、线、面的投影表示

## 1. 点的投影表示

### ① 点的投影特征



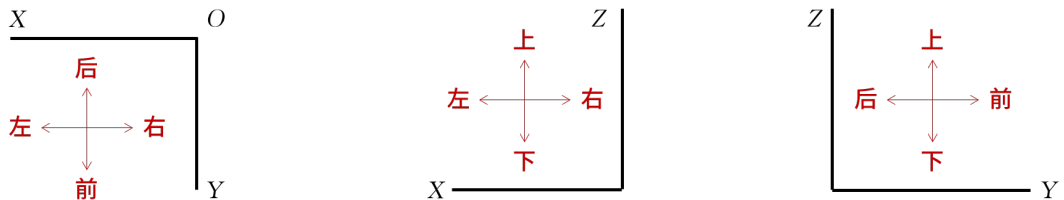
· 我们约定：用大写字母表示空间中的点，其对应的三个投影点用同名小写字母表示  
 其中，H面的投影不加撇，V面的投影加1撇，W面的投影加2撇

**省流**  $a'$  和  $a$  在同一条竖线上，它们到 OZ 轴的距离就是点 A 到 W 面的距离（X 坐标）  
 $a'$  和  $a''$  在同一条横线上，它们到 OX 轴的距离就是点 A 到 H 面的距离（Z 坐标）  
 $a$  和  $a''$  通过  $45^\circ$  线对应，它们到 OX / OZ 轴的距离就是点 A 到 V 面的距离（Y 坐标）

### ② 两点间的相对关系

两点之间的相对关系可以从投影图中看出，其中：

水平投影包含前后、左右关系      正投影包含上下、左右关系      侧投影包含上下、前后关系



### ③ 重影点

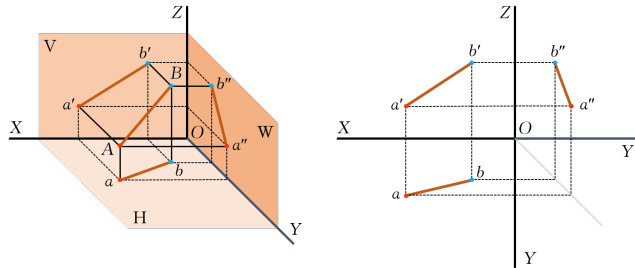
若两个点的在某两个方向上的坐标都相同，则在包含这两个方向的投影面上两个投影点会重合  
 此时两个点都需要标出，其中被遮挡的点用“()”括起来

**重影点的遮挡规则：正投影前遮后，水平投影上遮下，侧投影左遮右**

## 2. 直线投影的表示

### 如何得到直线投影

将直线上的两个点  $A$ 、 $B$  的同名投影相连，我们就得到了直线  $AB$  的投影



### ① 直线投影的类别

- **一般直线**（不与任何一个投影面平行或垂直）  
在三个投影面上都是倾斜线，均不反映实长
- **投影面平行线**（与其中一个投影面平行的直线）  
在平行投影面上的投影为倾斜线，且该投影等于实际长度（立体图与投影图中的深色线）  
在另外两个投影面上为横/竖线，反映该线到平行投影面的距离（图中的双向箭头）

水平线	正平线	侧平线
与水平投影面平行	与正投影面平行	与侧投影面平行
水平投影为斜线 反映实长	正投影为斜线 反映实长	侧投影为斜线 反映实长
其它投影为横线 反映距离	其它投影为横/竖线 反映距离	其它投影为竖线 反映距离

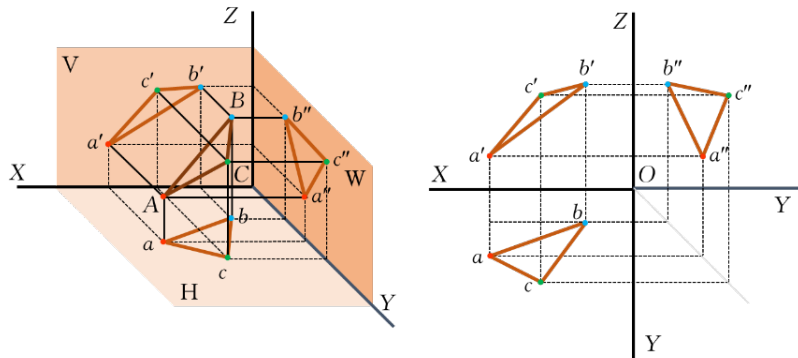
- **投影面垂直线**（与其中一个投影面垂直，也意味着与另外两个投影面平行）  
在垂直投影面上的投影是一个点，反应该直线的位置（到另外两个平面的距离）  
在另外两个投影面上为横线或竖线，等于线条的实际长度

铅垂线	正垂线	侧垂线
与水平投影面垂直	与正投影面垂直	与侧投影面垂直
水平投影积聚成点 反映距离	正投影积聚成点 反映距离	侧投影积聚成点 反映距离
其它投影为竖线 反映实长	其它投影为横/竖线 反映实长	其它投影为竖线 反映实长

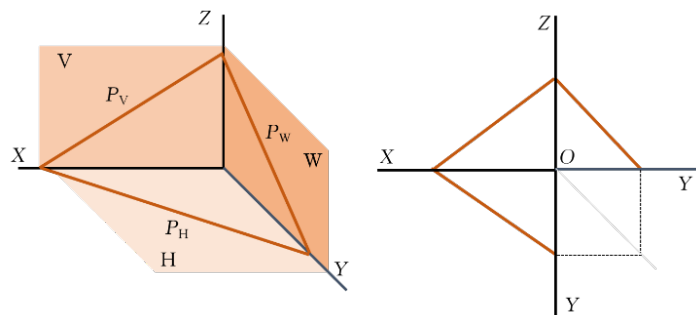
### 3. 平面投影的表示

#### ① 平面投影的表示方法

- 虽然课本上讲了五种表示方法，但它们归根结底都是同一种表示方法  
就是将不共线的三点相连，就得到了平面（我们一般也只用这种表示方法）



- 此外还有一种迹线法（迹线是平面与投影面的交线）也可以用于表示无限大的平面



② 平面投影的类别

- 一般平面：在任何投影面上的投影都是与实际平面相似的图形（上面的就是）
- 投影面垂直面

在积聚成线的投影面，线与投影轴的夹角就是面与相关投影面的夹角

铅垂面	正垂面	侧垂面
与水平投影面垂直	与正投影面垂直	与侧投影面垂直
水平投影积聚成线 反映倾角	正投影积聚成线 反映倾角	侧投影积聚成线 反映倾角
其它投影为相似图形		

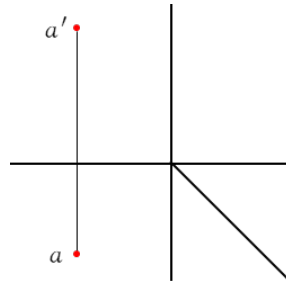
· 投影面平行面

水平面	正平面	侧平面
与水平投影面平行	与正投影面平行	与侧投影面平行
水平投影为实际图形	正投影为实际图形	侧投影为实际图形
其它投影为横线 反映距离	其它投影为横/竖线 反映距离	其它投影为竖线 反映距离

### M1-1 根据点、线、面的其中两个投影求第三投影

不管是线还是面，只要作出表示它们的点的第三投影，相连就能得到线和面的第三投影  
因此都可以归结为求点的第三投影

**例 1** 已知点 A 的两个投影，求第三投影



**思路** 已知点的三个投影间的关系， $a'a'' \perp OZ$ ，因此过  $a'$  作直线  $a'a_z$  垂直于  $OZ$  可得到  $a_z$   
又由  $aa_x = a''a_z$ ，因此在侧投影面中的  $a'a_z$  延伸线上可以找到点  $a''$ ，于是得到第三投影

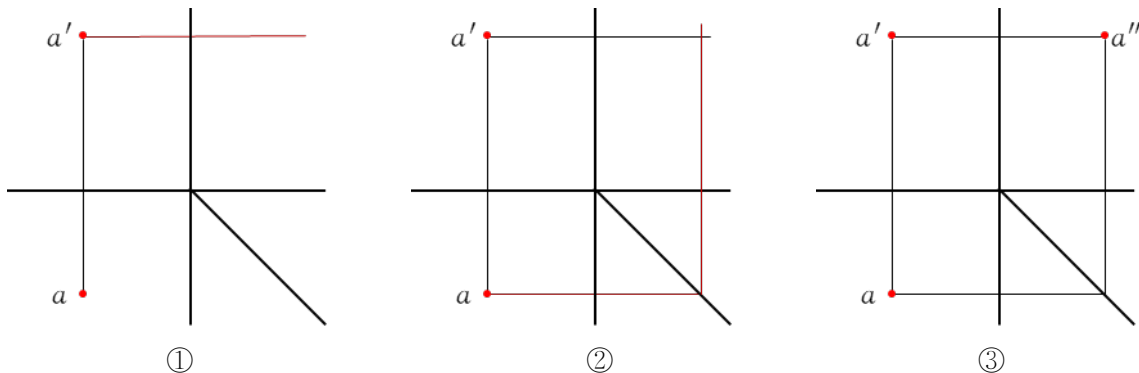
**如何作  $aa_x = a''a_z$  ?**

- 方法一：直接用圆规量取
- 方法二：在过  $O$  作  $45^\circ$  线（如下图），然后过  $a$  作直线 1 垂直于竖直的  $OY$ ，交  $45^\circ$  线于一点  
在这个交点作直线 2 垂直于水平的  $OY$ ，则  $a''$  就在直线 2 上
- 一般推荐方法二，可直观保留作图痕迹，方便检查以及作业和试卷的批改

**作法** ① 过  $a'$  画一条横线

② 过  $a$  画一条横线，交  $45^\circ$  线于一点再过这点画一条竖线与上一步的横线相交

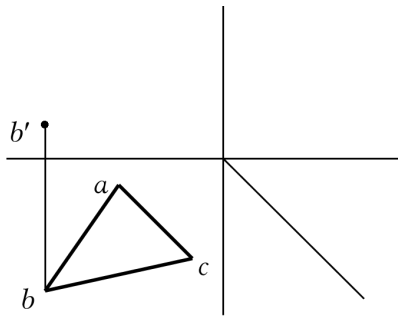
③ 1 和 2 的交点就是要求的第三投影  $a''$



### M1-2 根据点、线、面的已知条件画出投影

这些条件包括：一个投影、到投影面的距离、特殊线面、实长倾角、与其它点线面的空间关系等  
因为满足单个条件的点线面有很多，所以更重要的是掌握如何从这些已知条件推导出部分投影的位置

**例 1** 正垂面  $ABC$  与  $H$  面的夹角为  $45^\circ$ ，已知其水平投影及顶点  $B$  的正面投影，求正面及侧面投影



**思路** 所求平面是正垂面  $\rightarrow$  平面的正投影为直线

再结合面面夹角  $45^\circ$ ，可以得到这条直线与横轴成  $45$  度角

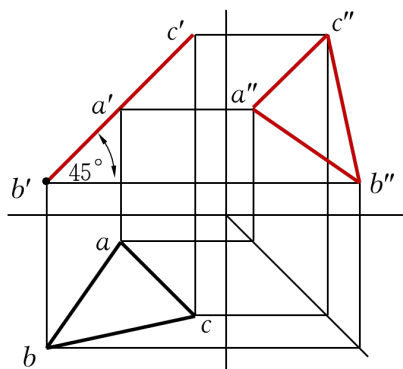
然后根据  $b'$  已知，就可以完全确定直线的位置

最后根据平面上点的投影一定都在这条直线上，可以找到  $a'$  和  $c'$ ，从而得到正投影

那么侧投影通过 M1-1 就能得到了

**作法** ① 过正投影  $b'$  作与  $OX$  轴夹角  $45^\circ$  的直线（有 2 解，此处只画出 1 解）

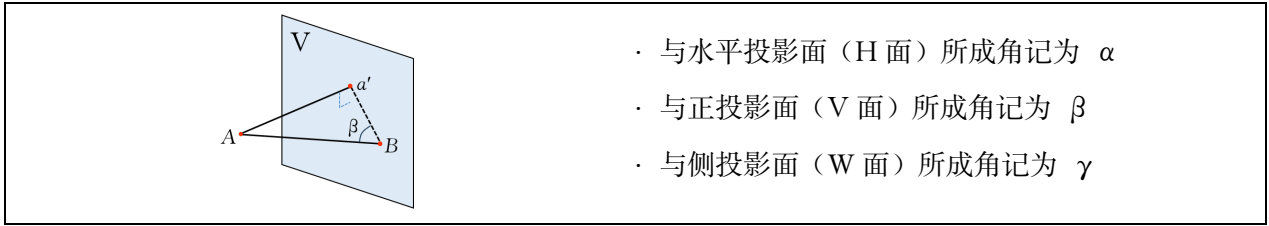
② 将  $a$  和  $c$  对应到①画的线上，得到  $a'$ 、 $c'$ ，然后画出侧投影即可



## 二 直线的实长和倾角

### 1. 实长与倾角的定义

- 实长是线段实际的长度，倾角是直线与指定投影面所成角（线面角的定义请回顾高中数学）

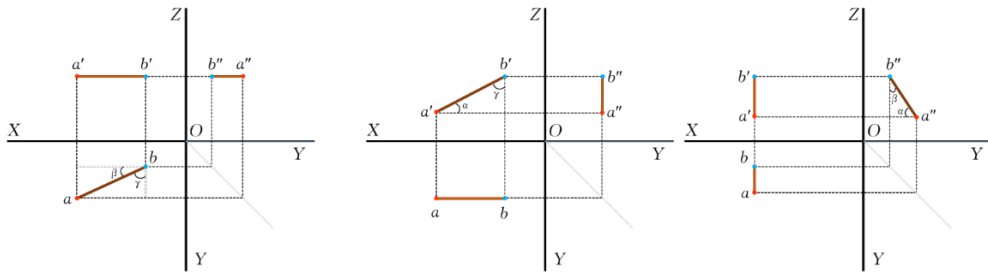


- 与水平投影面（H面）所成角记为  $\alpha$
- 与正投影面（V面）所成角记为  $\beta$
- 与侧投影面（W面）所成角记为  $\gamma$

### 2. 如何求实长与倾角

#### ① 投影面平行线的实长与倾角

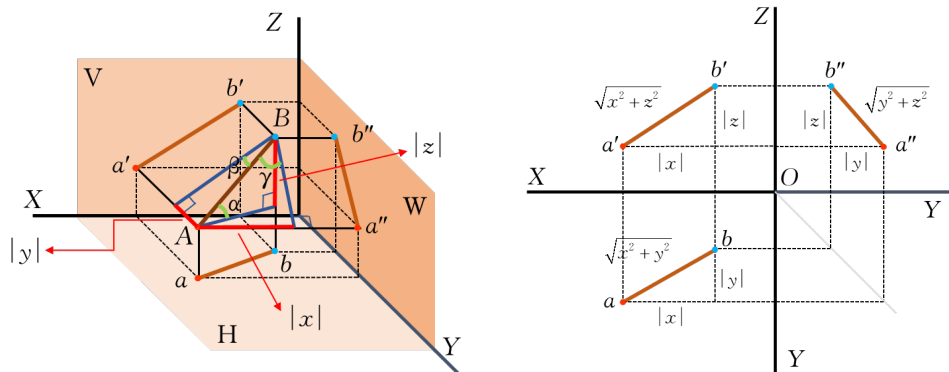
- 其所平行的投影面投影长度为实长，水平、竖直夹角分别是两个面的倾角



#### ③ 一般直线的实长与倾角

- 一般直线的投影均不反映实长与倾角，我们需要通过手段作图来获得它们
- 推导过程：设  $A(x_1, y_1, z_1), B(x_2, y_2, z_2)$ ，那么  $\overline{AB} = (x_2 - x_1, y_2 - y_1, z_2 - z_1)$ ，记为  $(x, y, z)$

在立体图中对应我们会发现，各投影线的长度与  $xyz$  的关系：



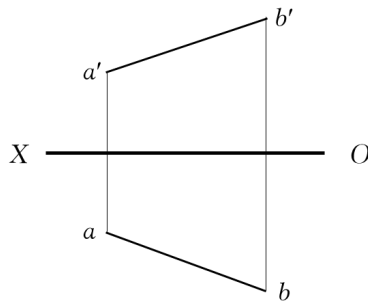
$$\text{实长 } |AB| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \text{ 可以分解为 } |AB| = \sqrt{\sqrt{x^2 + y^2}^2 + |z|^2} = \sqrt{|ab|^2 + |z|^2}$$

- 根据勾股定理，我们只要作出直角边分别为  $ab$  和  $|z|$  的直角三角形，第三边就是我们要的实长
- 其中  $ab$  就是水平投影面上的投影， $|z|$  可以从另外两个投影面上取线段得到
- 在这个三角形上我们还能够得到倾角，如水平面倾角  $\alpha$  就是实长与水平面投影线  $ab$  的夹角

**省流** 某一投影线与其它投影中该投影线不含的长度组合成为直角三角形，则斜边长度为线段实长  
 (如水平投影不含两点高度差的信息，而在其它投影上能找到)  
 线段对某投影面的倾角为实长三角形中实长边与该面的投影线的夹角

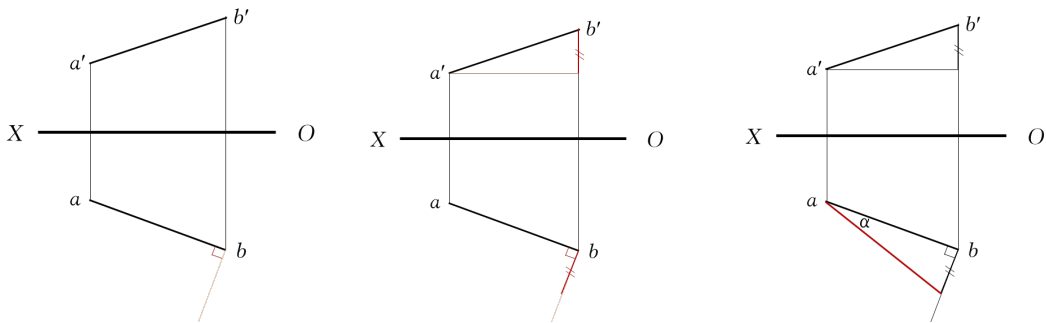
**M2 - 1 求直线段的实长与倾角**

**例题** 已知直线 AB 的两投影，求其实长及倾角  $\alpha$



**思路** 根据基本知识， $\alpha$  是直线 AB 与水平投影面的夹角，因此在水平投影上绘制  
 由于水平投影不含“上下”相关的信息，因此三角形的另一直角边要从正投影中取

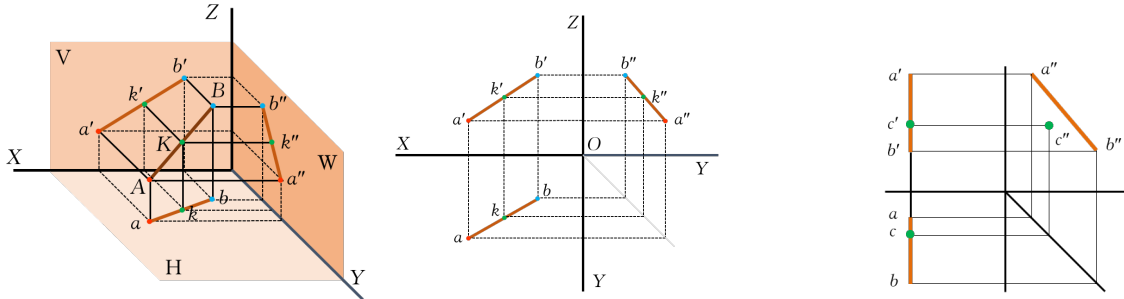
- 作法**
- ① 过水平投影的一个端点  $b$  作垂线
  - ② 在正投影上作辅助线，用圆规量取两点上下差，标记在①的垂线上
  - ③ 将标记点与另一端点相连，得到实长，该连线与投影线的夹角就是  $\alpha$



### 三 点、线、面的从属关系

#### 1. 点在线上

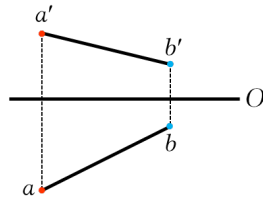
若点在直线上，则点的投影必在直线的同面投影上，将线段的同面投影分割成与空间线段相同的比例



- 一般直线只要有 2 个投影面中满足条件，点就在直线上（大多题目一般只给 V 面和 H 面）
- 但对于侧平线，V 和 H 面满足条件，不一定意味着点就在直线上（如最右边的图）  
这种情况可以画出第 3 投影，也可以看比例

#### M3 - 1 直线上取点

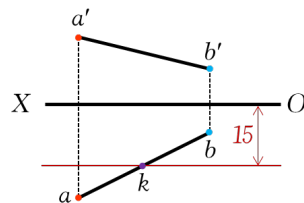
**例题** 已知直线 AB 上一点 K 距 V 面 15mm，画出 K 的投影



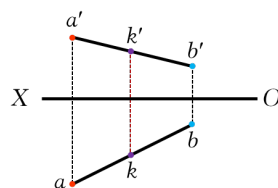
**思路** 点 K 距 V 面 15mm 可以推出 K 的水平投影 k 距 OX 轴的距离

由 K 在直线 AB 上，推出投影 k 在 ab 上，由此确定 k，然后再根据直线取点得到 k'

**作法** ① 画正投影：在水平投影面上画一条距 OX 轴 15mm 的横线，与 ab 的交点就是 k



② 将 k 向上对，与 a'b' 的交点就是 k'



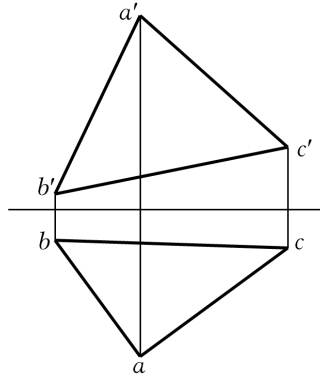
## 2. 直线在平面上

若一直线过平面上的两点，则此直线必在该平面内

### M3-2 平面上取直线

**省流** 从确定平面的点/线上取两个满足条件的点，连接同面投影，即得到该平面上一条直线的投影

**例 1** 在平面 ABC 内作一条水平线，使其到 H 面的距离为 10mm

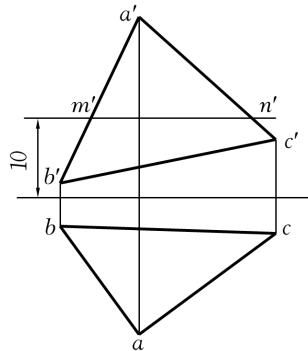


**思路** 根据平面取线步骤，需要先在已知的线上取两个到 H 面的距离为 10mm 的点

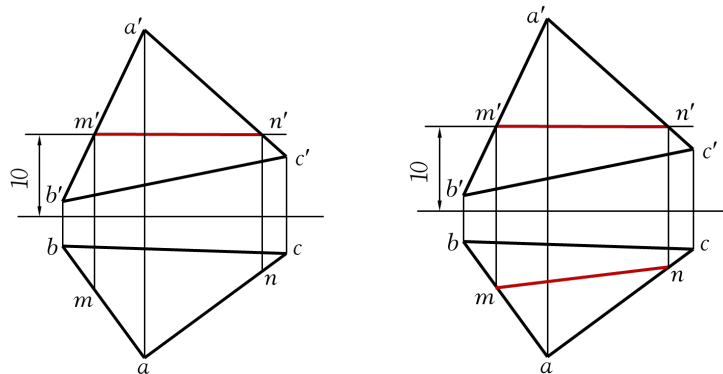
因此这两个点的正投影已经可以确定，进而水平投影确定，连接就得到要取的线了

该线在面 ABC 上，因此可确定水平线与 AC、BC 交点的正投影，进而得到水平投影，确定直线

**作法** ① 在 OZ 轴 10mm 处画一条横线，交图形分别于  $m'$ 、 $n'$ ，MN 就是我们要取的点



② 得到水平投影：将  $m'$ 、 $n'$  往下对，得到水平投影  $m$ 、 $n$ ，连接即得到水平投影

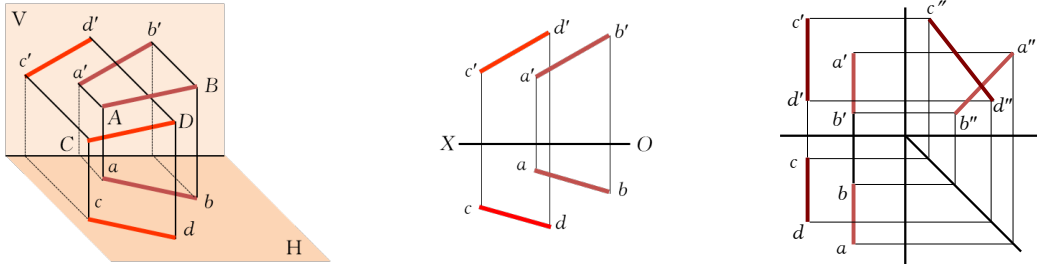




## 四 平行关系

### 1. 线线平行

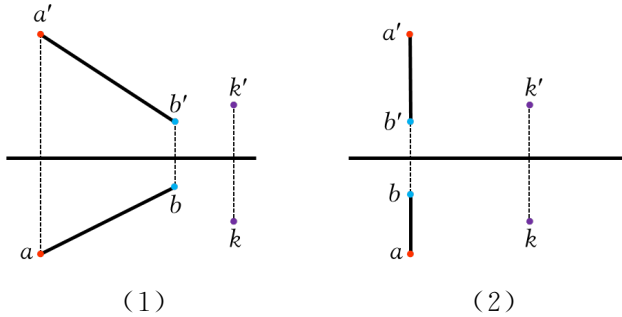
若两条直线的三个同名投影都相互平行，则两直线平行



· 通常只要有两组投影满足条件即可，但对于特殊位置直线可不一定（如侧平线）

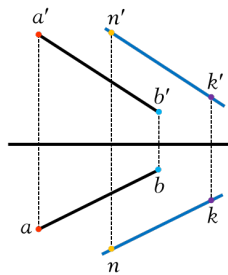
#### M4-1 作已知直线的平行线

例 1 分别过给定点  $K$  作直线  $AB$  的平行线  $KN$

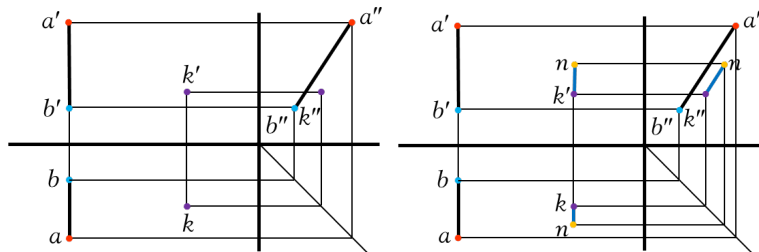


**思路** (1) 是一般直线，作  $kn // ab$ ,  $k'n' // a'b'$ ，然后随便定下  $N$  即可  
 (2) 是侧平线，要么作第三视图，要么用定比定理

**作法** (1) 分别作  $kn // ab$ ,  $k'n' // a'b'$ ，然后在线上取  $N$  点即可



(2) 画出第三投影后，过  $k''$  作平行于  $a''b''$  的直线，然后在上取一点  $n''$ ，作  $n$  和  $n'$



## 2. 线面平行

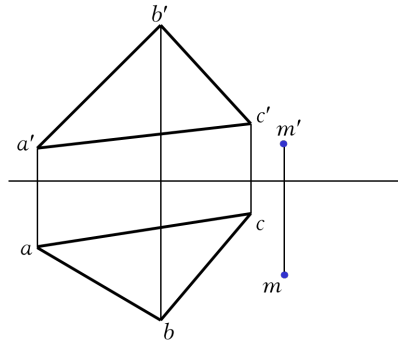
若平面外的一直线平行于平面内的某一直线，则该直线与该平面平行

### M4-2 作已知面的平行线 & 作已知线的平行面

① 过平面外一点作一满足条件的直线与该平面平行

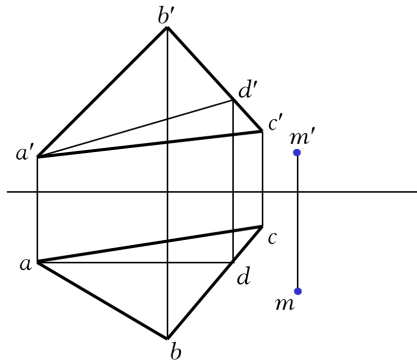
**解法** 先在平面上取一条合适的线，再过点作这条线的平行线

**例 2** 过  $M$  点作直线  $MN$  平行于  $V$  面和平面  $ABC$

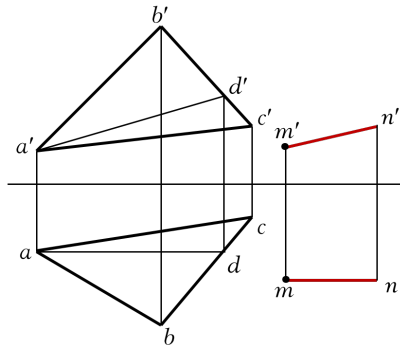


**思路** 根据线面平行定理，我们需要在平面  $ABC$  上取一条线，然后过  $M$  点作该直线的平行线  
题目要求  $MN$  平行  $V$  面，因此我们取的这一条线也要平行  $V$  面，也就是要取一条正平线

**作法** ① 在平面  $ABC$  上取正平线



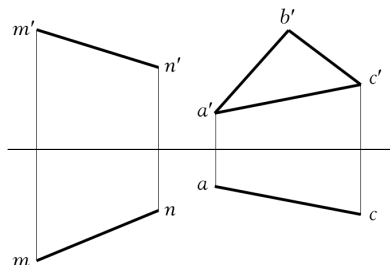
② 过  $M$  作  $AD$  的平行线  $MN$



② 作与平面外直线平行的平面

**解法** 在平面上取一个已知的点，过点作这条线的平行线，然后让面边线的一个点落在这条线上

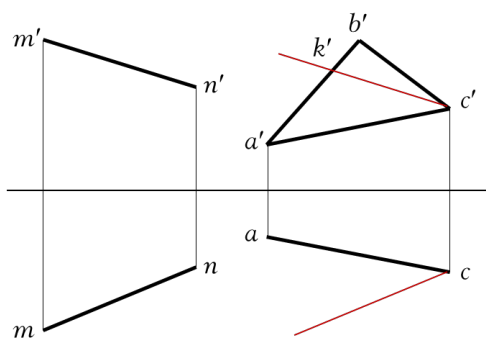
**例 3** 已知直线  $MN$  与三角形  $ABC$  平行，求三角形的水平投影



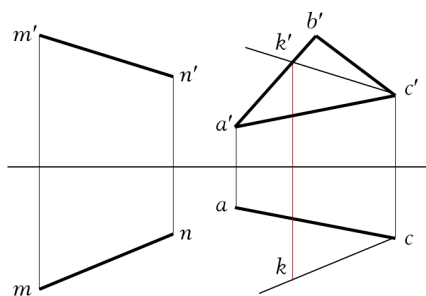
**思路** 我们要在  $ABC$  上取一条直线平行于  $MN$  的直线  $l$ ，不妨让直线过点  $C$

然后确定平面剩余的边线投影，使得直线  $l$  与边线相交（投影相交且交点满足投影规律）

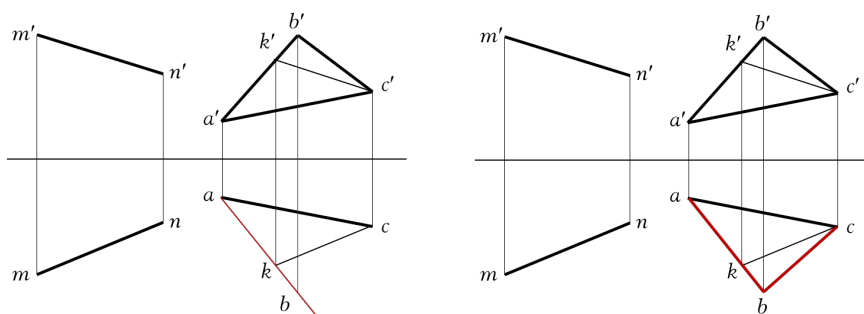
**作法** ① 过点  $C$  作  $MN$  的平行线（M4-1），其中正投影交  $a'b'$  于  $k'$



② 因为  $K$  在这条线上，将  $k'$  向下对得到  $k$

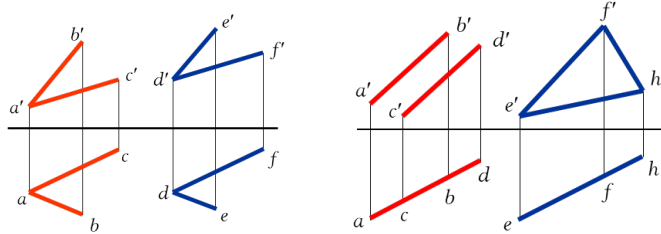


③ 同时  $K$  也在  $AB$  上，因此连接  $ak$  并延长， $b$  就在这条线上，将  $b'$  向下对就得到  $b$



### 3. 面面平行

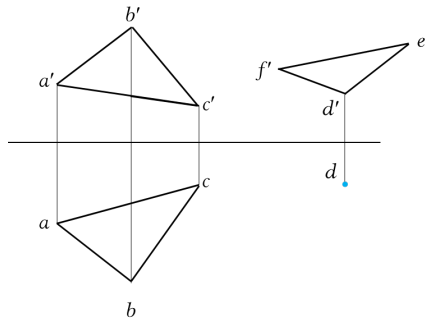
- ① 若一平面上的两相交直线分别平行于另一平面上的两相交直线，则这两平面相互平行
- ② 若两投影面垂直面相互平行，则它们具有积聚性的那组投影必相互平行



#### M4-3 作已知面的平行面

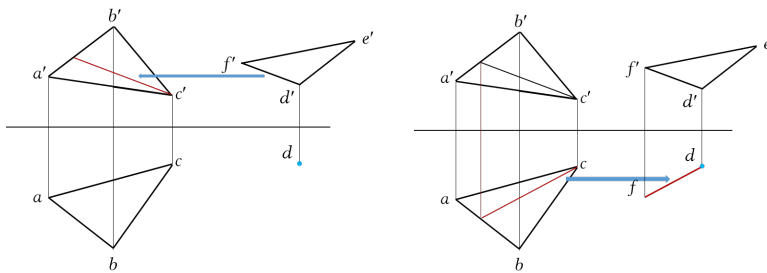
**解法** 在已知平面上取线，使得目标平面的两条相交直线分别与所取的直线平行

**例 4** 完成平面  $DEF$  的水平投影，使其与平面  $ABC$  平行



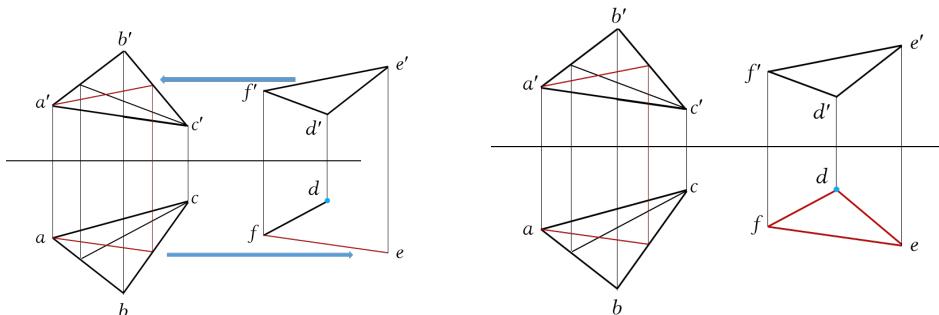
**思路** 根据面面平行定理，我们只要在  $ABC$  上取两条相交线，让  $EF$  和  $DF$  平行于它们即可

**作法** ① 在  $ABC$  上取  $CM$  使  $c'm' // d'f'$ ，然后作  $df // cm$ ，使得  $DF // CM$ ，进而  $DF //$  面  $ABC$



② 在  $ABC$  上取  $AN$  使  $a'n' // e'f'$ ，然后作  $ef // an$ ，使得  $DE // AN$ ，进而  $EF //$  面  $ABC$

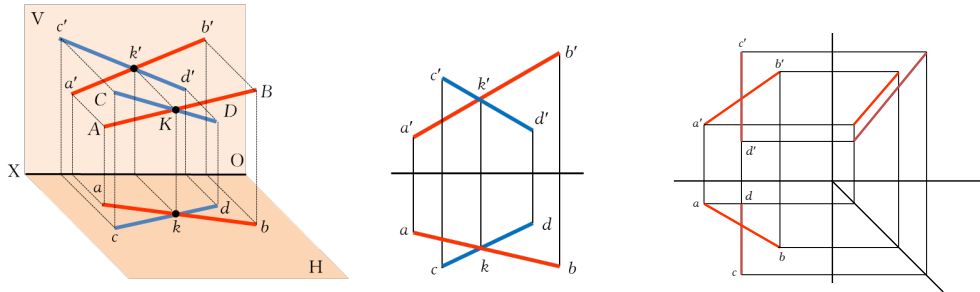
③ 连接  $DE$ ，由此得到平行于平面  $ABC$  的平面  $DEF$



## 五 相交关系

### 1. 线线相交

两直线相交  $\Leftrightarrow$  同名投影必相交，且交点的投影必符合空间一点的投影特性

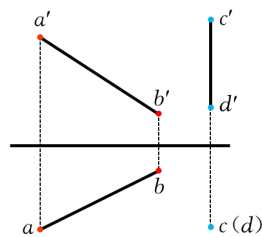


一般位置直线只要有两组同名投影满足条件即可，但其中一条是特殊线就不一定了👉

#### M5-1 过点作直线与已知直线相交

**省流** 先根据条件在已知直线上找到交点投影，再连接确定直线

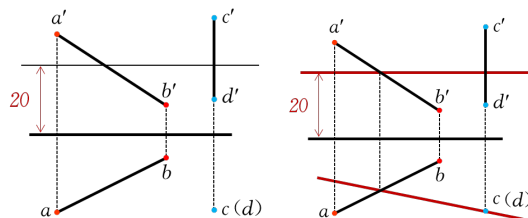
**例 1** 作水平线距 H 面 20mm，并与直线 AB 和 CD 相交



**思路** 水平线的正投影是横线，距 H 面 20mm，因此正投影确定，且与 AB 和 CD 交点的正投影确定  
向下对得到交点的水平投影，因此水平线的水平投影也确定

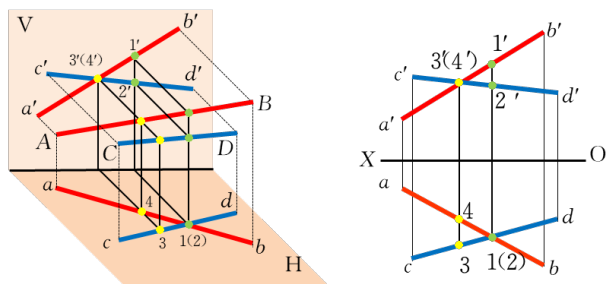
**作法** ① 作水平线的正投影，得到 2 个交点的正投影

② 向下作交点的水平投影，相连，得到水平投影



#### \* 线线交叉

- 即使直线不相交，它们的同名投影也可能相交，但投影面上的交点不符合空间一个点的投影规律
- “交点”其实是两直线上的一对重影点的投影，可用来判断两直线的空间位置



## 2. 线面相交

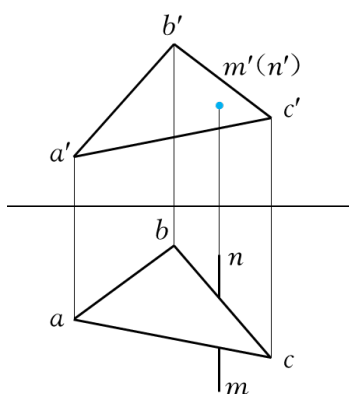
直线与平面相交会得到一个交点，该点既在直线上，又在平面上，直线有一侧不可见（画虚线）

### M5-2 求直线与平面的交点，并判别可见性

#### ① 直线为投影面垂直线

**解法** 直线积聚的点就是交点的投影，通过面上取点确定剩余投影，由该投影面判别可见性

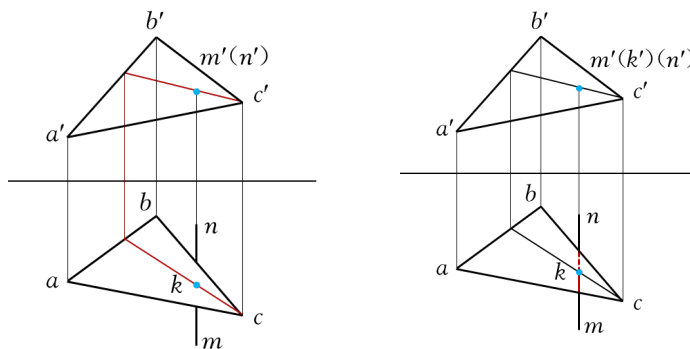
**例 1** 求直线  $MN$  与平面  $ABC$  的交点  $K$  并判别可见性



**思路** 由于  $MN$  是正垂线，正投影是一个点，所以交点的正投影已经确定了。根据交点同时在平面上，用面上取点就可以确定交点的水平投影，可见性可通过水平投影的重影点判断

**作法** ① 确定正投影  $k'$  和  $m'$  重影，在面上取点  $K$

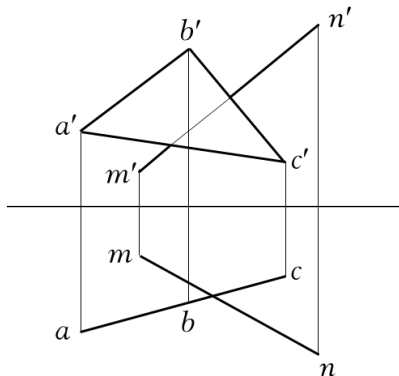
② 由于正投影面中， $a'c'$  在  $k'$  下方，因此  $MK$  在面上方，同理可得  $KN$  在平面下方



② 平面为投影面垂直面

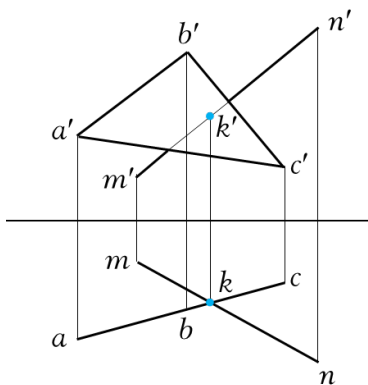
**破局** 投影面积聚成线的投影面的两条直线交点就是交点的投影；可见性通过这个投影面判别

**例 2** 求直线  $MN$  与平面  $ABC$  的交点  $K$  并判别可见性

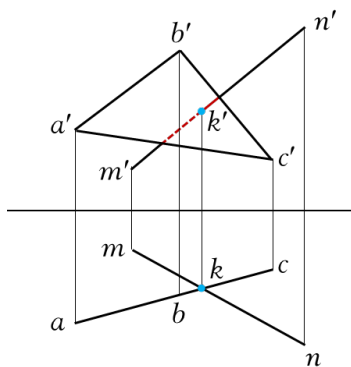


**思路** 平面为投影面垂直面，因此  $ac$  与  $mn$  的交点就是所求交点  $K$  的投影  $k$ ，从而可以确定正投影  $k'$ ，通过水平投影可以确定可见性

**作法** ① 由水平投影得到交点  $k$ ，进而得到  $k'$



② 由于水平投影中  $kn$  在  $kc$  下方，因此判断  $KN$  在平面前面，同理可得  $MK$  在平面后面



### 3. 面面相交

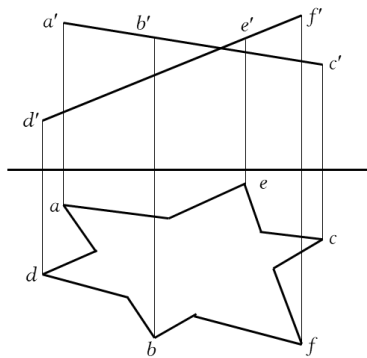
两平面相交的交线为直线，交线是两平面的共有线，同时交线上的点都是两平面的共有点

#### M5-3 作两平面的相交线并判断可见关系

① 两个平面都为投影面垂直面

**解法** 这时交线一定是垂直线，在其中一个投影面积聚成点，另一个面的投影起终点在图形边线上

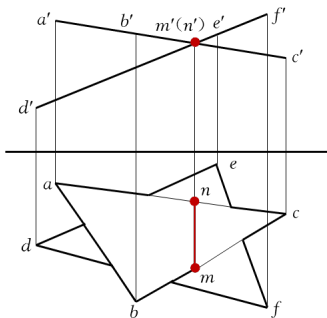
**例 1** 求两平面的交线，并判断可见性



**思路** 两个面都是正垂面，所以这两个面的交线是正垂线

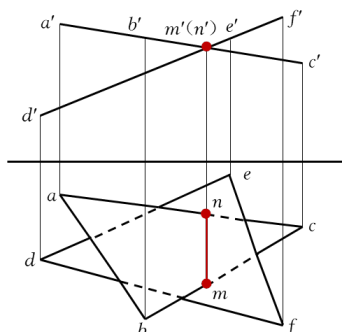
因此，交线的水平投影竖直，线段的端点取决于平面的重叠部分。同时，可见性通过正投影确认

**作法** ① 将正投影交点向下对，画竖线，这条竖线上  $abc$  和  $def$  的重叠部分是竖线与  $ac$  的交点、竖线与  $bc$  的交点之间的线段，因此这一段就是交线  $MN$



② 判断可见性

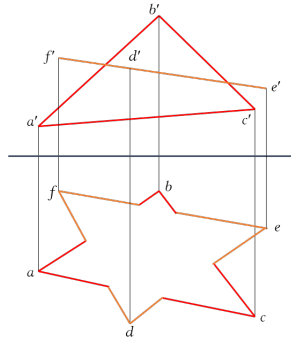
根据正投影中  $a'b'$  在  $d'm'$  上方，可知交线  $MN$  左侧  $abc$  可见，同理可得右侧  $def$  可见



② 其中一个平面为投影面垂直面

**解法** 先求一般平面的两条边线与投影面垂直面的交点，然后连接就得到交线  
但要注意交线段位于另一投影面上两个图形重叠的部分

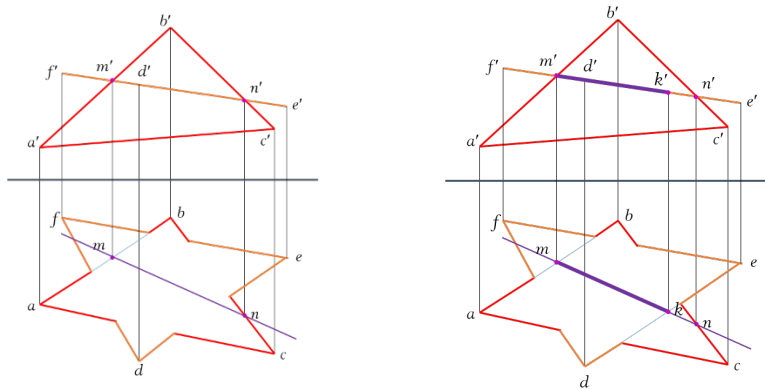
**例 2** 求两平面的交线，并判断可见性



**思路** 其中一个面是正垂面，在正投影都积聚为线，因此先求这个面与  $AB$  和  $BC$  的交点，连接交点就得到交线，交线段的起终点通过水平投影确定。

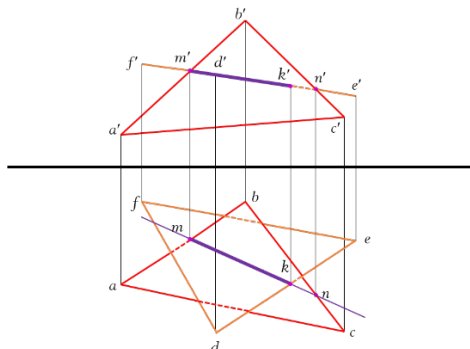
**作法** ① 取正投影与  $a'b'$ 、 $b'c'$  的交点，记为  $m'$  和  $n'$ ，向下对得到  $m$  和  $n$ （两个交点）

② 取交线段：通过水平投影可以看出， $mn$  并不完全是两个平面重叠的地方，令  $MN$  与  $DE$  的交点为  $K$ ， $mk$  这一段两个平面才重叠，因此， $MK$  才是真正的交线



③ 可见性判别：由于交线并没有“贯穿”某一平面，两个投影面都需要判别

- 正投影中  $b'm'n'$  在  $e'f'$  上方，因此水平投影上  $bmn$  可见， $macn$ （重叠部分）不可见
- 水平投影中  $\triangle DEF$  位于  $kn$  段的上方，因此正投影中的  $k'n'$  段不可见



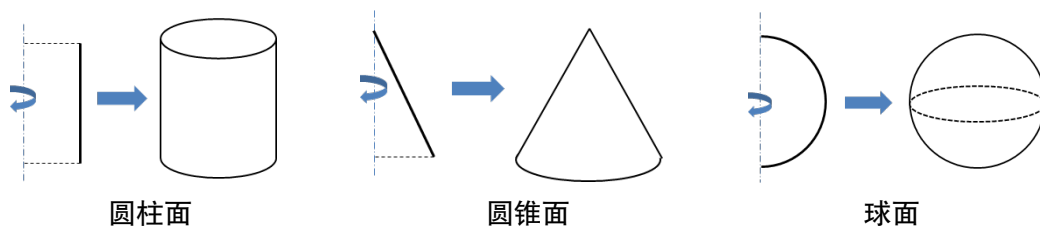
## 第 2 讲 回转面与立体的投影

### 一 回转面的投影

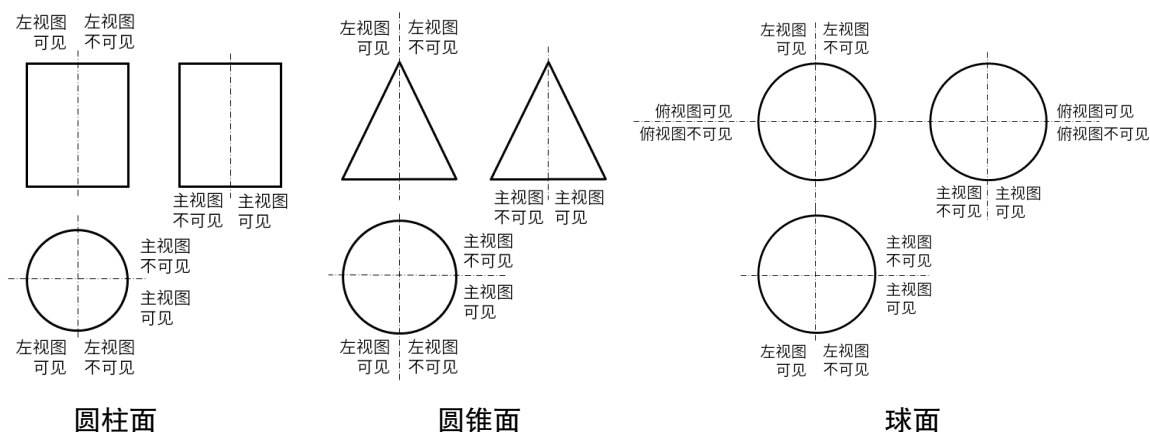
这两节的内容原本是隐藏在截切、相贯中的，截切和相贯的关键点和难点也是求回转面的交线。为了让同学们学起来更顺畅，这部分就单独拿出来讲了。

#### 1. 回转面的形成与投影

- 一条直线或曲线绕轴旋转，就可以形成回转面，这条线称为回转面的母线



- 回转面是光滑曲面，因此没有边，仅画出在各个投影中最边缘的两条母线作为边界线。需要注意，回转面可能存在重叠现象：一侧面可见，另一侧的面不可见。

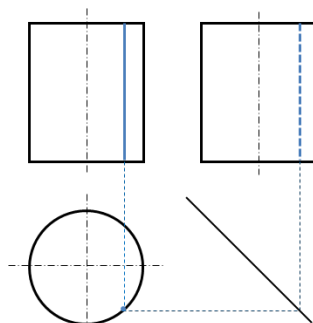


#### 2. 回转面上的点和线

回转面依然是遵守取点先取线的原则，但因为不是平面，回转面的取线会有一些限制，一般我们只会取下面几种线，请同学们要熟练掌握取线的方法。

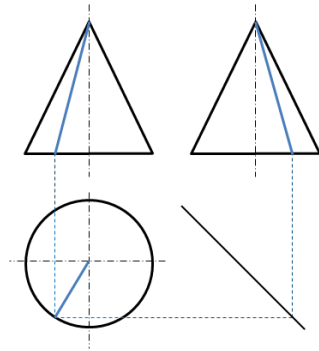
##### ① 圆柱面取母线

圆柱面的母线在底面的投影上会积聚成一个点，由此可以确定线的位置。



### ② 圆锥面取母线

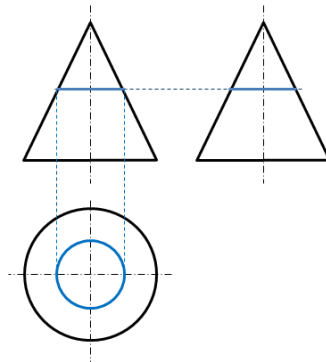
圆锥面的母线在底面的投影上是圆的半径线



### ③ 圆锥面取回转线

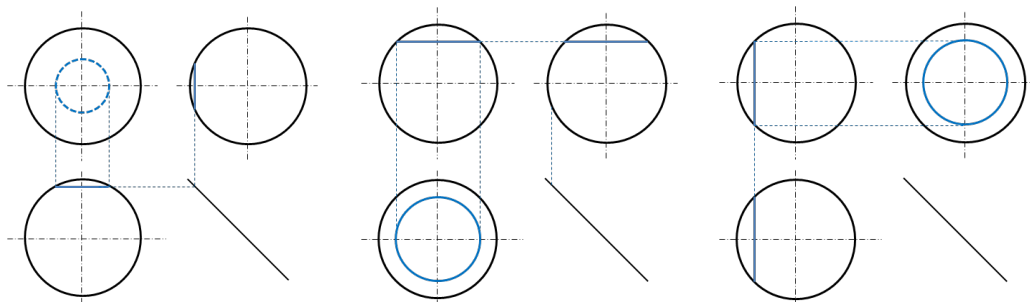
在本讲义中，我们称母线上的一点绕轴旋转的轨迹为回转线

圆锥面的回转线在底面的投影为圆，其它投影则为与两边相交的水平线



### ④ 球面取回转线

球面有无穷多个轴，通常只看垂直于三个投影面的轴，可以画出三个方向的回转线



## 二 回转面相交

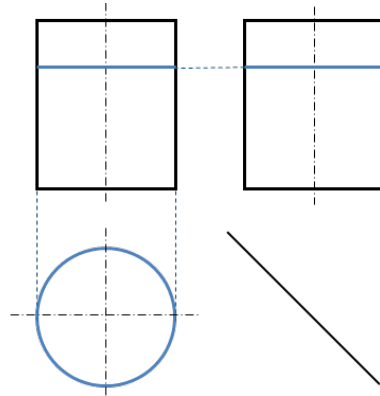
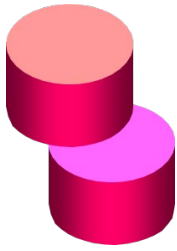
### 1. 回转面与平面相交

回转面与平面相交得到的可能是直线，也可能是曲线

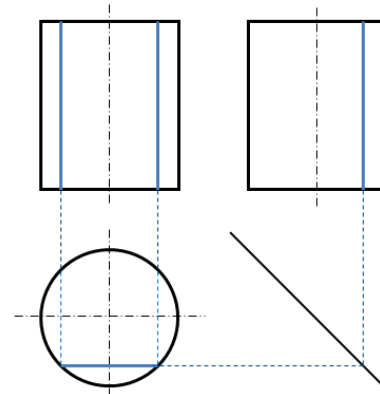
同学们需要掌握各种相交情况的交线形状，以及如何确定、确定哪些关键点以画出交线

#### ① 圆柱面

- 平面垂直于轴线：交线是圆



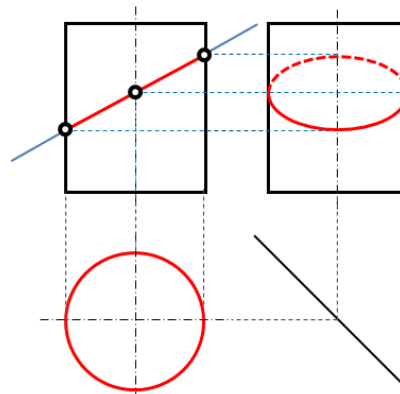
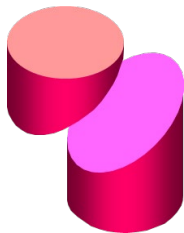
- 平面平行于轴线：交线是直线



- 平面与轴线无特殊关系：交线是椭圆

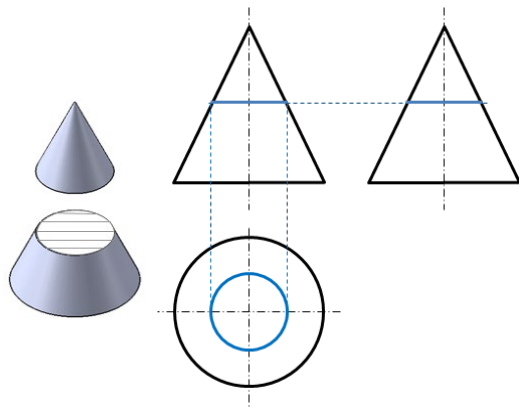
当交线是圆锥曲线时，我们要先作出线上多个点的投影，然后再拟合出曲线。

除了各个端点外，一般还需要取一些中间点，才能较准确地画出曲线

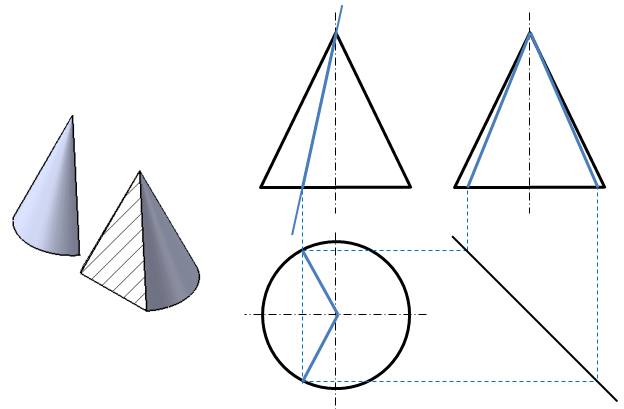


② 圆锥面（仅期中）

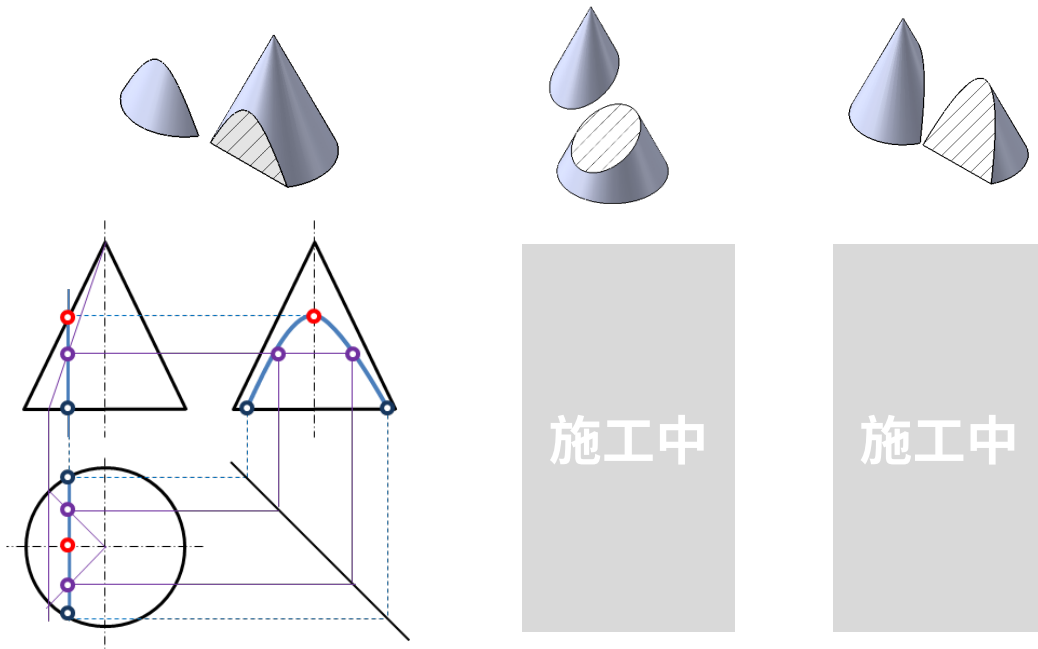
· 平面垂直于轴线



· 平面经过顶点



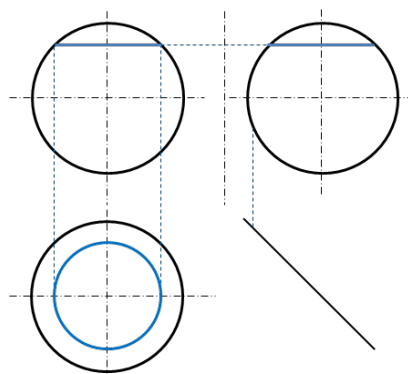
· 其余情况（圆锥曲线）



③ 球面（仅期中）

球面与平面的交线一定是圆，但根据平面位置不同，交线的投影不一定是圆

- 平面平行于其中一个投影面：交线的其中一个投影是圆，另外两个投影是直线（也就是回转线）
- 平面垂直于其中一个投影面：交线是椭圆，同样通过作点拟合

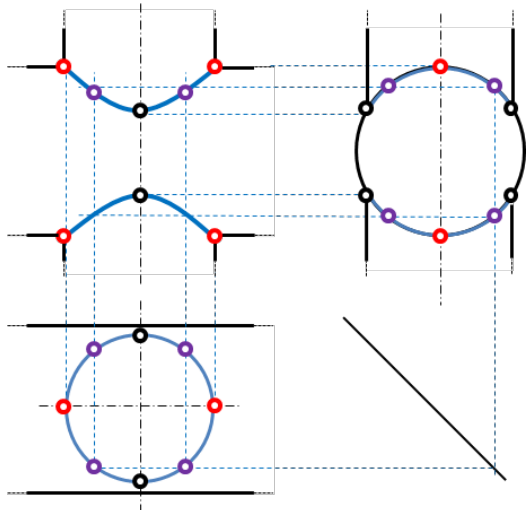


## 2. 两圆柱面相交（轴线相交且垂直）

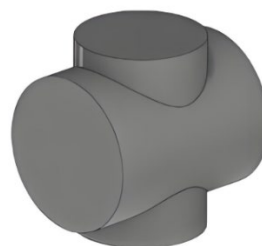
此时相交线的形状类似于马鞍的形状，很难描述，但在三个投影面上的投影都有特点

### ① 两圆柱面直径不等

· 此时交线在小圆底面的投影为完整的圆，在大圆底面的投影为一段圆弧，在第三面的投影是抛物线

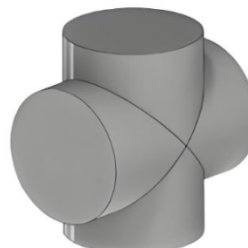
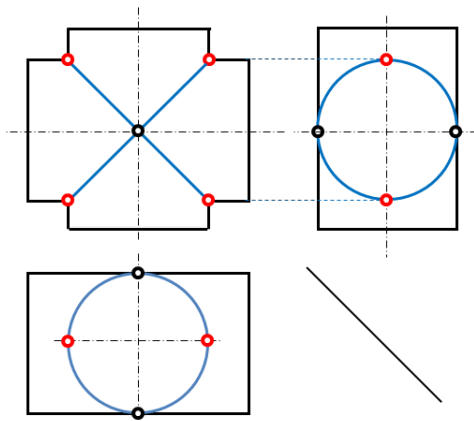


抛物线的两个端点就是圆柱相交区域的四个顶点，抛物线的顶点位于小圆柱的轴线上，其水平位置为大圆柱底面投影中两个圆柱投影的交点的位置



### ② 两圆柱面直径相等

此时交线在圆底面的投影为完整的圆，在第三面的投影是相交直线



## 3. 两回转面相交的一般解法

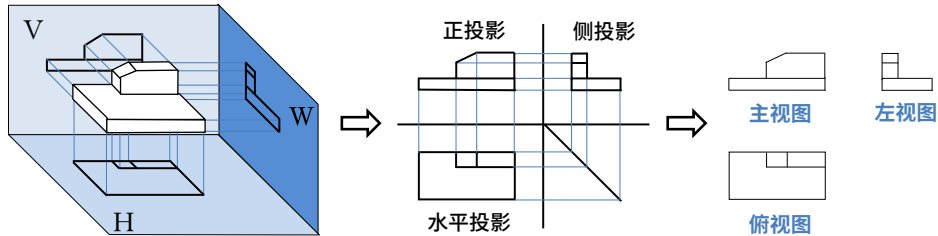
· 除此之外的两回转面相交的情况，曲线就没有固定的特点了  
· 需要找到多个两个面的共有点，然后拟合出一条曲线



### 三 基本立体的视图

#### 立体投影的表示

- 立体可以视为由多个表面组成，因此这些表面的投影组合起来就是立体的投影，更习惯称为视图
  - 立体的三视图不再画出轴线以及标出各点，需要同学们自己识别各个面对应的投影
- 立体的表面投影会发生重叠，需要注意被遮挡的边线要画成虚线

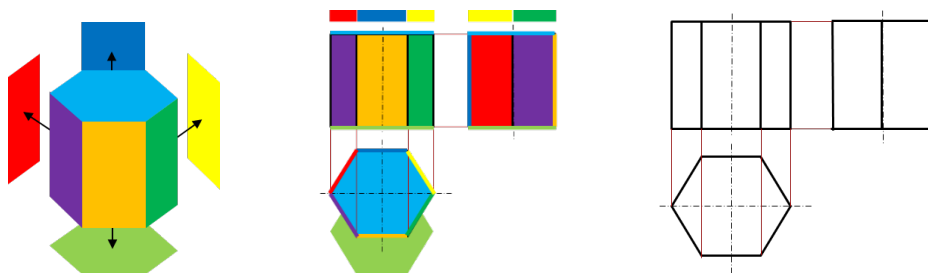


#### 1. 平面基本体

##### ① 棱柱

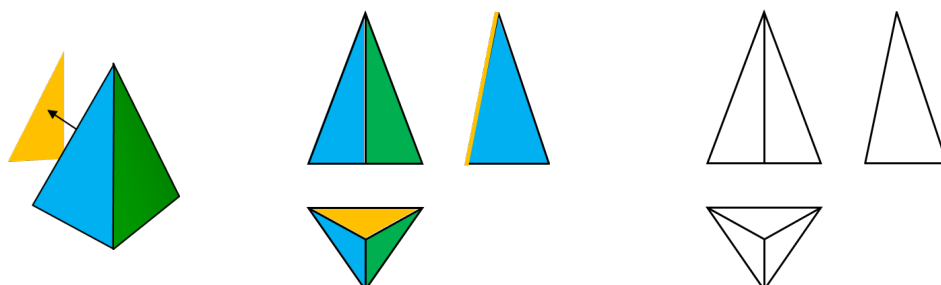
棱柱由两个多边形底面和两个底面之间的若干侧面组成

- 底面与某投影面 M 平行，则在 M 面上棱柱的视图就是底面图形的轮廓，在其它视图积聚成一条线
  - 此时棱柱的侧面垂直于 M 面，在 M 面上积聚成与底面轮廓重合的边线
- 在其它投影面上则为矩形，且存在重叠现象



##### ② 棱锥 (\*)

- 底面的投影与棱柱底面一致，不再细说，但它其实会被侧面挡住
- 侧面大多是一般平面，投影能反映大致形状

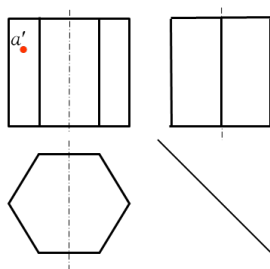


#### M6-1 平面立体表面取点 (仅期中)

- 先确定点所在的平面以及对应的投影，再按 M6-1 的流程取点

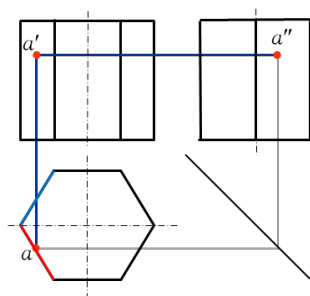
若点所在的面被遮挡了，点是不可见的状态，则点的符号应当标有括号

**例 1** 已知六棱柱上一点 A 的正投影，画出其余投影



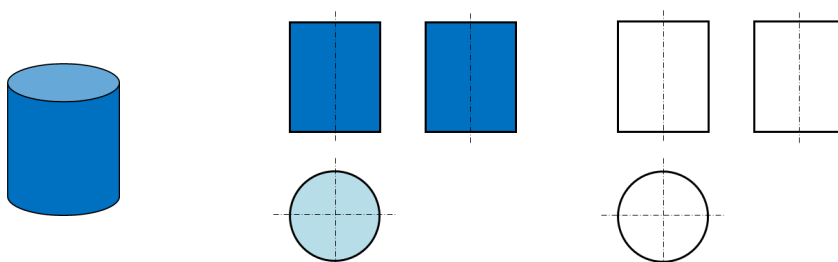
**思路** 根据主视图可以确定 A 所在的面可能是红色或蓝色面，因为点  $a'$  没有被遮挡的记号，因此判定 A 位于红色面上，该面垂直于水平投影面，因此在水平投影上可以确定  $a$ ，进而确定  $a''$

**作图** 将  $a'$  向下对应到俯视图中，与红色线交于  $a$ ，再根据两点作第三点得到  $a''$

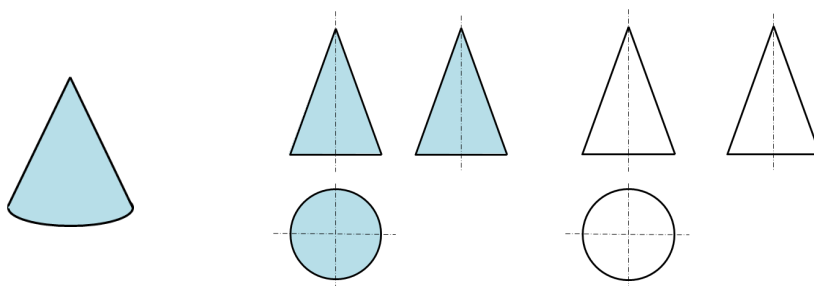


## 2. 常见回转体的视图

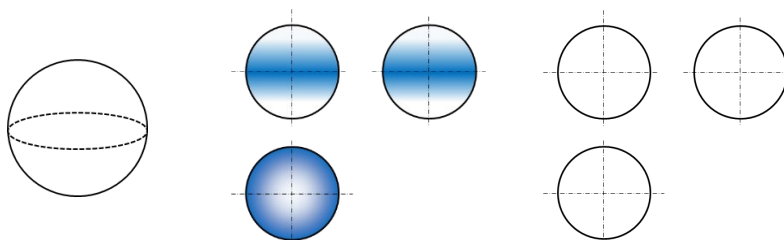
① 圆柱体（圆柱面 + 2 个底面）



② 圆锥（仅期中）



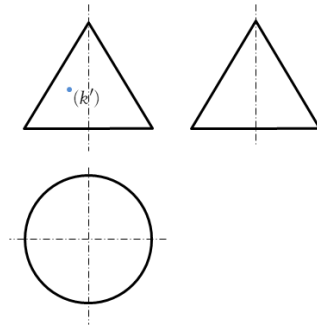
③ 球体（仅期中）



## M6-2 回转面立体表面取点 (仅期中)

根据一中的内容, 先取母线或回转线使得点在线上, 然后线上取点就可以了

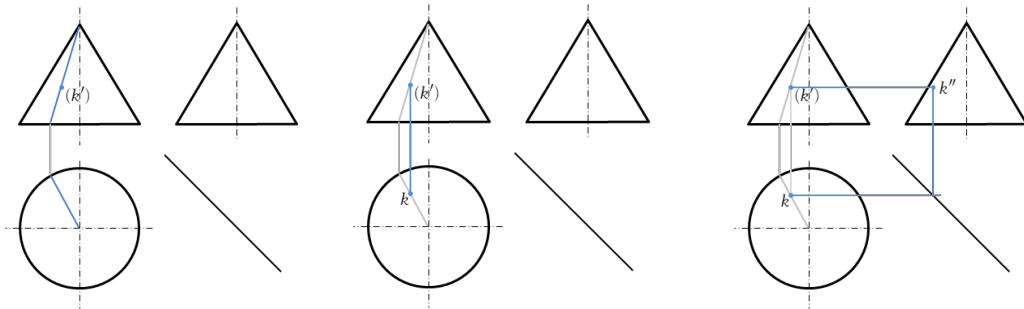
**例 1** 已知圆锥上一点  $K$  的正投影, 画出其余投影



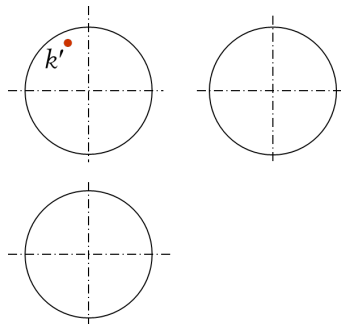
**思路** 根据主视图, 点  $K$  被遮挡了, 因此它的水平投影应该位于圆的上半部分

作直线连接圆锥的顶点与  $K$ , 交圆锥底面一点, 便可以在圆锥底面的投影上取到这个点  
然后利用线上取点, 获得需要的投影

**作图** ① 在圆锥面上取母线      ② 在母线上取点得到  $k$       ③ 得到  $k''$

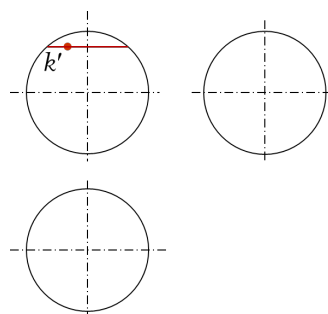


**例 2** 已知球面上一点  $A$  的正投影, 画出其余投影

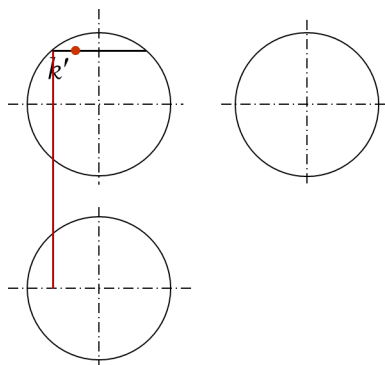


**思路**  $A$  在球面上, 我们要先找到过点  $A$  的回转线 (有三条, 随便选一条即可), 然后取点就行

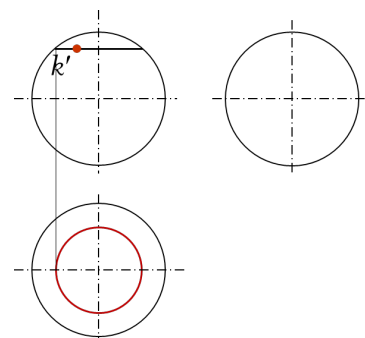
**作图** ① 过点  $a$  作水平线, 交球的边线于两点



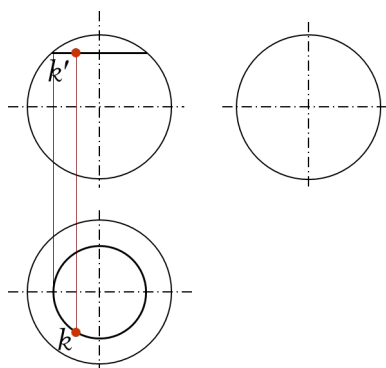
② 任意选择两点中的一点，在俯视图上取到这个点



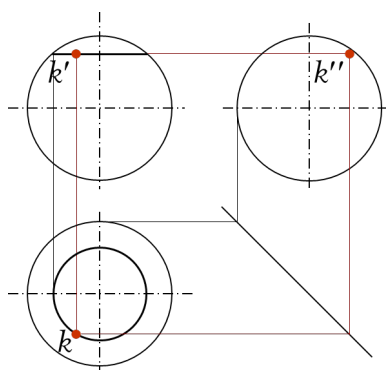
③ 以俯视图的中心为圆心，过取到的点画一个圆，这个圆就是 k 所在的回转线的投影



④ 在这个圆上取 k 点，有两个点满足要求，但主视图中 k' 没有标括号，因此没有被遮挡，我们应该取下面的这个点



⑤ 然后作出第三个投影即可



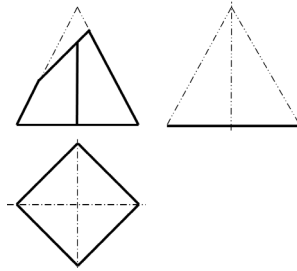
## 四 平面截切

截切是某一平面与立体相交产生截面，并将立体分为两部分，仅保留一部分的操作

### 1. 基本截切（单一平面）

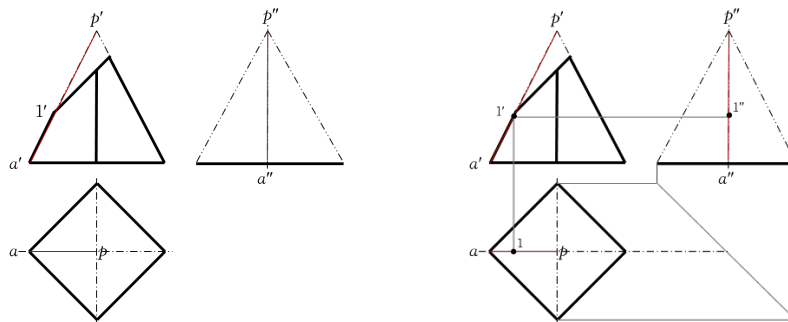
- 处理截切分成两步：求出截平面与各面的交线或各棱线的交点，连接得到截面，确定各面保留的部分
- 通常截面都至少垂直于一个投影面，为了讲解方便，接下来的内容中我们统一让截平面垂直于 V 面

**例 1** 已知主视图为完整的视图，完成俯视图和左视图

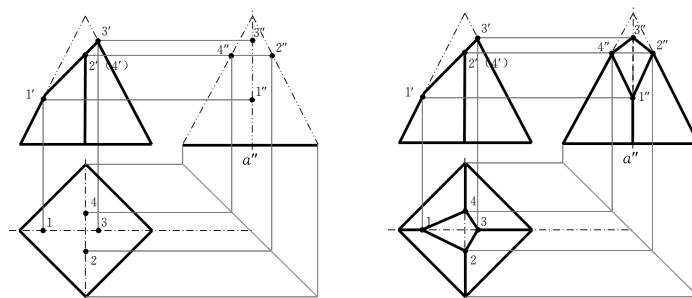


**思路** 从主视图看，这是一个被斜切一刀的四棱锥，这个截面与四棱锥的四个面都相交

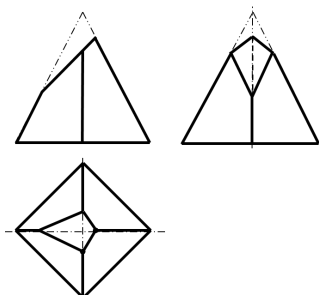
**作图** 以点 1 为例，首先从视图中获得棱的投影，然后根据线面相交，求出交点



依此类推，一共得到 4 个点，将各点相连就得到了截面



连接其余存在的棱线得到最终的视图

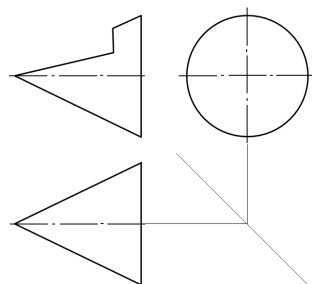


## 2. 多平面截切

- 截面由多个截平面组合而成，它们均垂直于一个投影面，在这个投影面上积聚成一条折线
- 此时，每个截平面都会截得一个平面图形，只保留一部分，新图形的边界线由原来的截面边线和截平面与其它平面的交线连接而成（实际上，相邻两个截面图形的交点连线就是截面的交线）
- 通常我们先求出各个平面截交得到的图形，然后求出截面的交线，再组合出截切结果

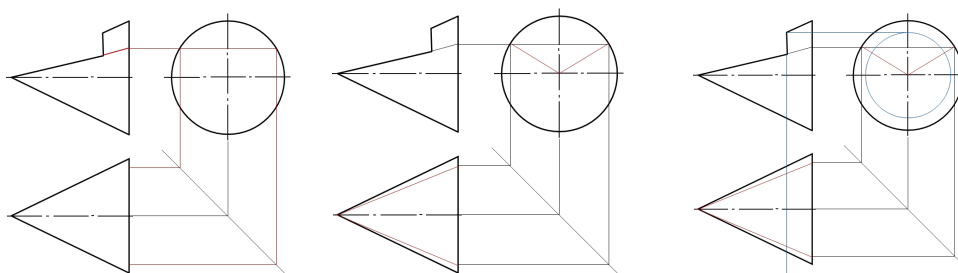
熟练后，不妨先求出截面交线，根据交线，直接画出截交图形保留下来的那一部分

**例 2** 已知主视图为完整的视图，完成俯视图和左视图

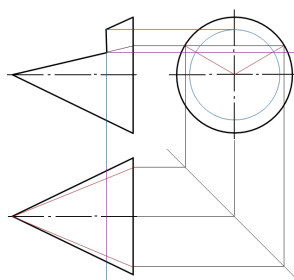


**思路** 从主视图看，截平面与 V 面垂直，由两个不同的平面组成  
最终截面由每个平面截得的面与截平面的交线组合而成

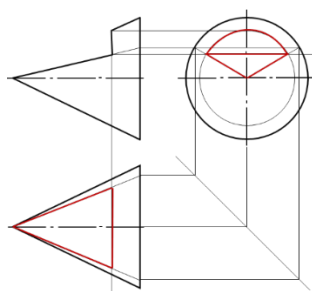
**作图** ① 求两个截平面与圆锥的交线 → 三角形和圆



② 求截平面的交线



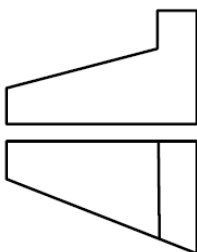
综合以上获得的截面，总的截面为



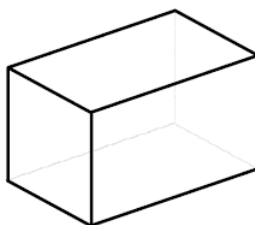
### 3. 多次平面截切

- 这里指的是每次截平面所垂直的面都不一样，每次截切都分析和哪些面相交即可  
通常只涉及立方体，初学者通常会在一次截切后就想象不出形体，这时可以画立体来辅助分析

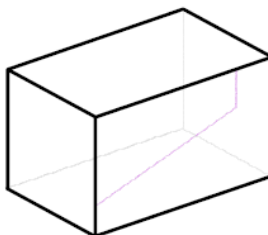
**例 3** 已知主视图和俯视图，求左视图



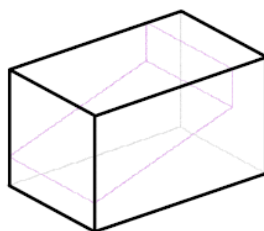
**思路** 从最初始的长方体开始切割



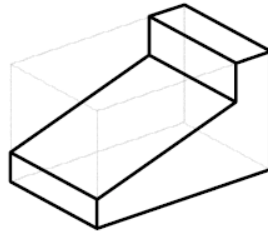
相比之下，主视图的外轮廓更复杂，因此先根据它进行切除  
在长方体的主视面上画出轮廓线（图中的紫色线）



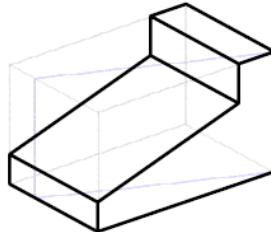
在另一个平行面上也画出这个轮廓线，连接相对应的端点  
或者过紫色线的端点作垂直于该面的线，与后面的平行面产生交点，然后连接它们



于是得到了切割面，由于目前的形体就是初始长方体，所以这个切割面轮廓就是与各面的交线  
因此切除后的形体为

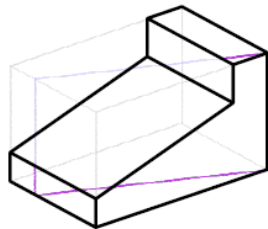


接下来根据俯视图切除，同理可得到截面如下（淡紫色线）：



接下来求该切割面与形体各个面的交线

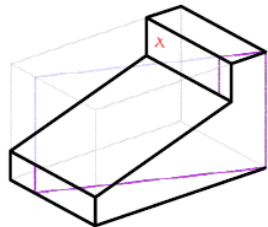
首先找出形体中所有的初始面，它们与切割面产生的交线就是我们得到的切割面的轮廓：



如此一来我们只要再确定两个面与切割面的交线，即可得到切除结果

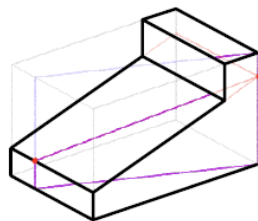
方法一：由于下图画“×”的面与切割面均垂直于底面，因此它们的交线一定垂直于底面

再加上已经出现一个交点，因此可以直接画出交线：



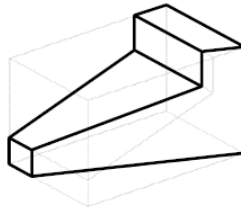
此时最后一个面与切割面的交线已经出现两个交点，连接即得到交线

方法二：将下图中的斜面扩充到与初始长方体产生交线，如此一来就能找到其与切割面的交点



此时最后一个面与切割面的交线已经出现两个交点，连接即得到交线

最后得到的切割结果如下：



解法

施工中

#### 4. 回转面截切

- 回转面与立体相交通常出现在开孔或者开槽的场景，这时截切除了留下回转面与立体各表面的交线外，还会留下回转面的边界线（通常是虚线）

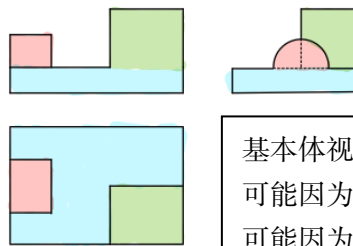
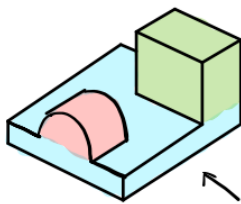
施工中

## 五 基本体的组合方式

基本体通过表面接触从而组合形成更复杂的形体，根据组合方式的不同，视图也会发生不同的变化

### 1. 贴合

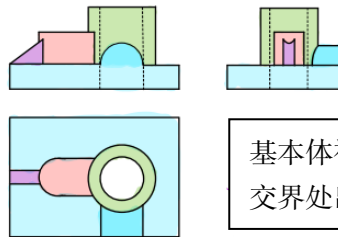
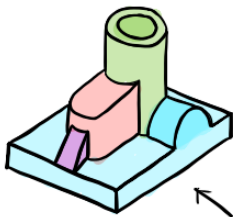
- 一般是立体的两个平面发生接触，这时形体的视图一般不发生变化  
此时视图会发生重叠，但这是因为一个立体挡住了另一个，根据遮挡关系将被遮挡的线画成虚线即可
- 在贴合过程中，可能会出现两个平面合并成一个平面的情况：两个立体各有一个外表面齐平  
这时重叠部分的边线消失，两个表面变成一个表面



基本体视图形状不改变  
可能因为面合并导致交界处边线消失  
可能因为遮挡导致部分界线变成虚线

### 2. 相贯（相交）

- 通俗的说就是两个立体出现部分重叠，这时立体的表面会与另一立体的表面相交，使得原立体的表面发生变化，所产生的交线称为相贯线，它会替代一部分原表面的边线



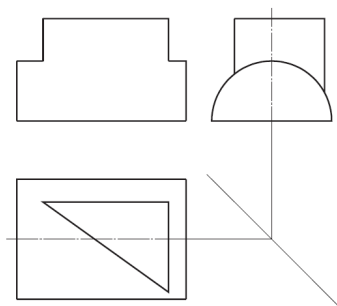
基本体视图形状基本不变  
交界处出现相贯线

- 处理相交后的视图变化是本课程的难点之一，最基本的思路是确定立体的哪些面相交了，然后依次处理这些面的交线，这些交线首尾相连就是我们要求的交线
- 若在此基础上稍加练习，就会发现要处理相交的情况中，至少有一个立体是回转体，因为对于两个平面体相交，我们永远可以重新拆解为两个立体的贴合。

#### ① 圆柱体与棱柱相贯

- 此时棱柱的各个表面会和圆柱面产生交线，也就是平面与圆柱面相交

**例 1** 已知俯视图和左视图，完成主视图



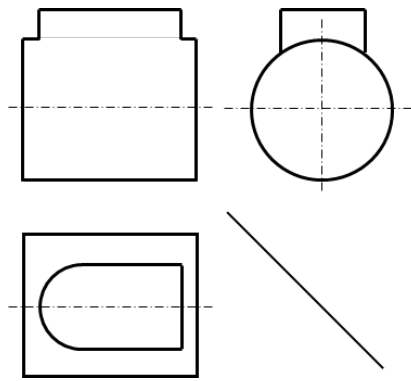
**解** 根据俯视图，我们可以看到相贯产生的结果是三棱柱的三个表面分别与圆柱面产生交线

施工中

② 两圆柱体相贯

· 此时就是两圆柱面相交，我们已经在前面学过了，这里进一步展示一种相贯

**例 2** 已知俯视图和左视图，完成主视图

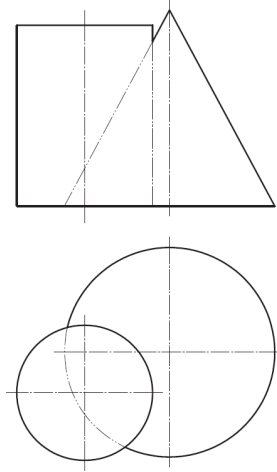


**思路** 这是一个 U 形柱与圆柱发生相贯，U 形柱包含圆柱和长方体两部分  
我们分别画出圆柱、长方体与大圆柱的相贯线，然后进行组合

施工中

③ 回转体相贯 (\*)

**例 3** 已知俯视图和部分主视图，完成主视图和左视图

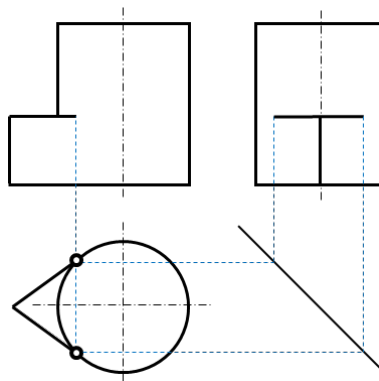


**解** 可以看出这是圆柱面与圆锥面发生了相贯，我们只能得知，相贯线的俯视投影



### 3. 相切

· 相切是相交的特殊情况，即某一平面与另一立体的回转面相切，这时两个面之间的界线应当消失



# 第 2 部分

# 几何体的表达

## 第 3 讲 三视图的分析与绘制

### ○ “看二补一” 三视图题的基本解法

**看二补一** 已知三视图中的两个视图，同学们需要读图还原出立体，再根据立体画出第三个视图

#### 1. 组合体的形成过程

大部分同学觉得工图难的原因在于没有掌握解题的思路与流程，从而觉得立体变幻莫测，难以捉摸，实际上，所有的组合体的形成都遵循相同的规律，按照这个规律来解题，就会豁然开朗。

- ① 基本立体按照一定的空间关系组合
  - ② 组合过程中，会发生贴合、相切、相贯等操作
  - ③ 组合后，进行切割、开孔、开槽等操作，单个操作可能作用于一个基本体，也可能同时作用于多个
- 顺着这个思路，我们就能够很好地拆解组合体，还原出每一个步骤

#### 2. 如何分析三视图

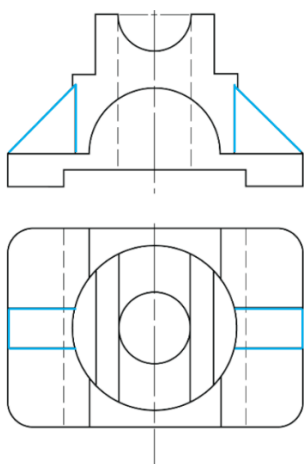
分析三视图的最终目标就是得知组合体由哪些基本体构成，如何组合，进行了哪些切割操作

##### ① 根据基本体视图形状还原出组合的基本体

· 根据基本体视图的形状还原出基本体，比如主视图是圆，俯视图是矩形，立刻得出这是一个圆柱  
不过，在组合体中识别基本体，没有这么简单：

· 组合体包含多个基本体，单个视图内有多个形状，需要在视图找到对应的图形才能正确还原  
根据“长对正、高平齐、宽相等”，对应的两个视图在位置上一定满足这个规律

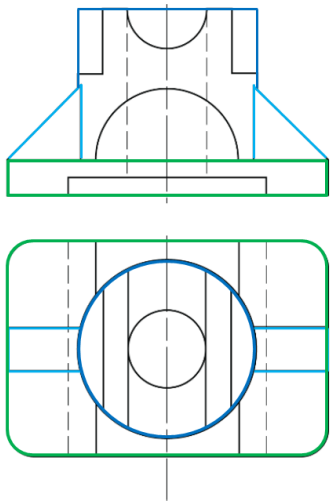
比如主视图和俯视图的两个图形一定在竖直线上，可以拿一把直尺比对



比如，根据长对正，左图中蓝色的图线是对应的主视图中是三角形，俯视图中是矩形  
因此可以直接猜测是三棱柱

推测出后可以先标记，比如标记为①

· 由于已知的视图是已经被切割后的形状，基本体的视图通常都已经面目全非了  
这时，我们需要学会无视视图的细节，只看大致的图形轮廓，让视图仅仅由圆、矩形等组成



比如，俯视图中的圆对应上去是一个“缺角”的矩形，  
那就不妨让它不缺角（如深蓝色线条所示）  
因此可以直接猜测是圆柱发生了一些切割，标记为②

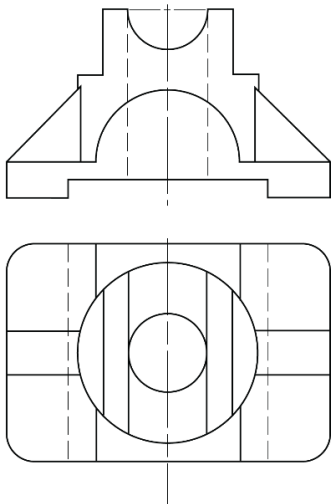
同样地，主视图中绿色矩形中缺角的部分也被忽略，与  
俯视图中的圆角矩形相对应，还原为底面为圆角矩形的  
棱柱，标记为③

此外，主视图中的半圆也被还原为半圆柱④

- 一般圆柱的底面圆所在的视图不会作为第三视图，优先观察视图中的圆或圆弧，可以快速定位圆柱

### ② 还原出组合方式

- 还原出基本体后，根据视图中各个部件的位置，可以判断哪些立体间会产生组合关系
- 再根据视图上是否体现出了组合的细节，就可以确定组合的类型



根据我们的标记：

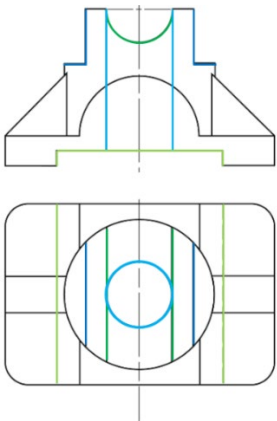
三棱柱①和圆柱②在俯视图的连接体现出了相贯  
圆柱②和半圆柱④同样也体现出相贯

底板③和①②④均是贴合

其中③和④在主视图的边界线消失了，可以推断这两个  
面是齐平的

### ③ 还原出所有的切割操作

- 先想象或画出目前基本体组合好后的视图，与已知视图比对，逐个分析不同的地方  
同样根据视图的基本规律，找到两视图中对应的图线，从而分析出发生了什么操作



画出现有的视图之后，不同之处有 4 组：

②上的绿色半圆与俯视图的两竖线对应，推测是开了圆槽，同时两侧的缺角对应下来也可以推测是切角了

天蓝色的圆和线说明这是一个圆孔，贯穿了②和③

草绿色的线说明这是一个方槽，开在了③底部

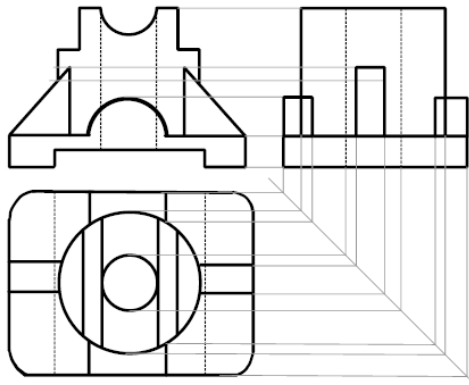
从图线看出进行了什么切割是非常重要的技能，最高效的训练方法就是对常见结构的积累

· 至此，我们就完完全全分析出了这个三视图所描述的组合体，接下来就可以画图了

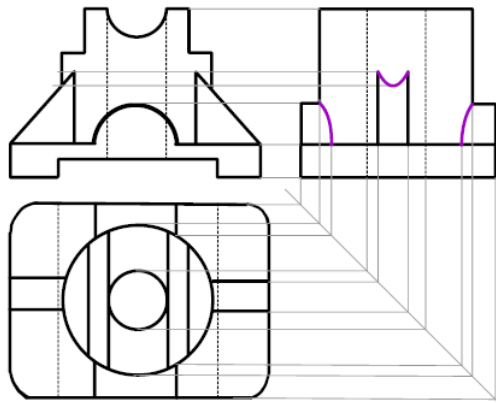
### 3. 如何绘制第三视图

· 绘制第三视图遵循与分析视图一样的顺序，才能做到准确，不漏细节、不错细节

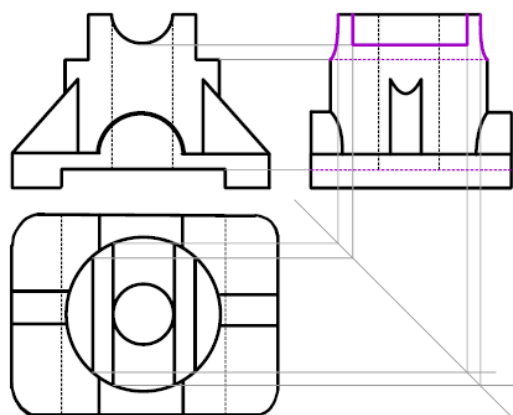
① 画出各个基本体的第三视图



② 处理好各个基本体组合的细节



③ 在画好的视图上依次处理各类操作细节



这个图是错的！

尺寸要从已知视图中量取，要保留取样痕迹

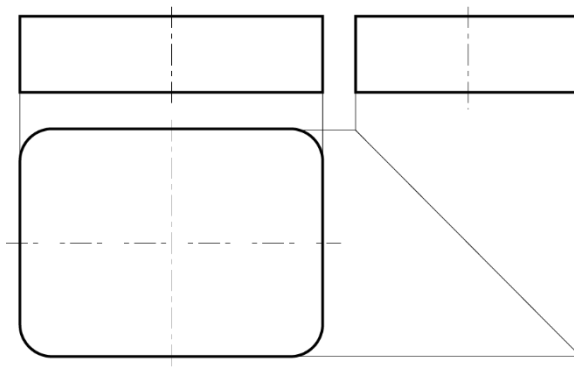
已知视图中所有图线的转折点、圆的顶点等最终都应该被取样，可依据这点检查是否画全了

## 一 常见的基本体结构

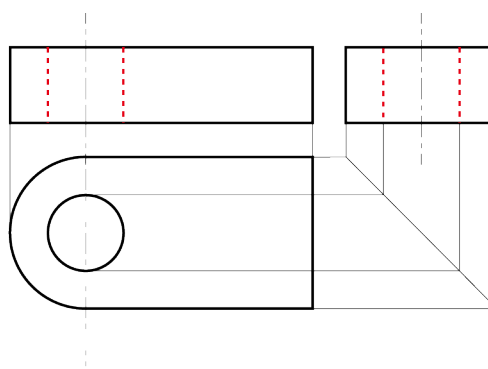
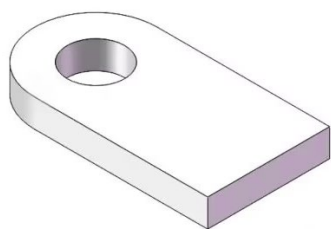
- 最基本的基本体只有长方体和圆柱，但某些长方体和圆柱被切割后的形体也被视为基本体

### 1. 常见的背板和底板

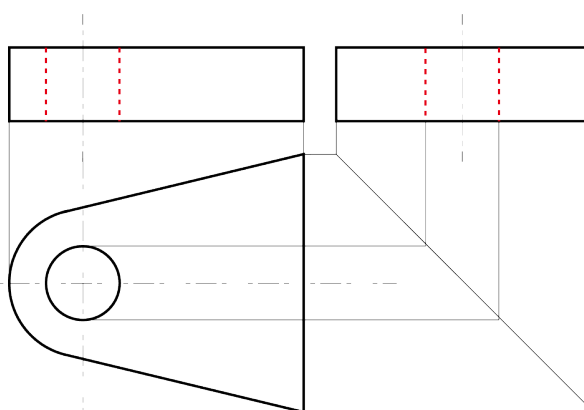
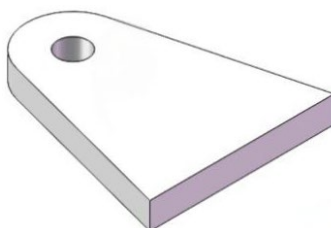
#### 1-1-1



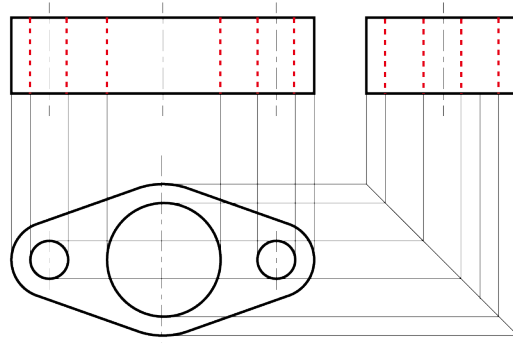
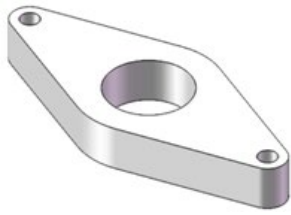
#### 1-1-2



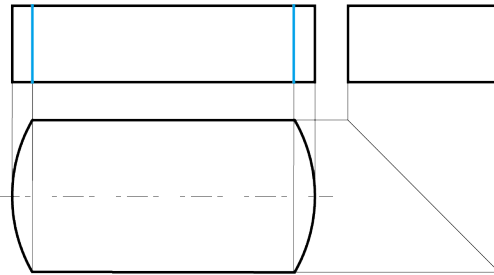
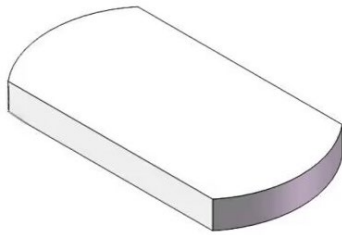
#### 1-1-3



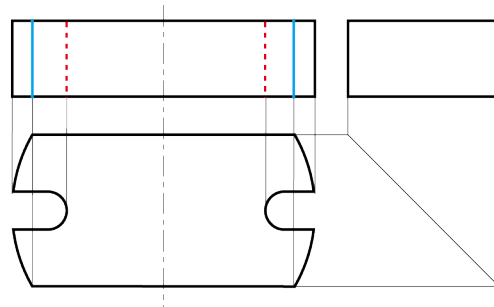
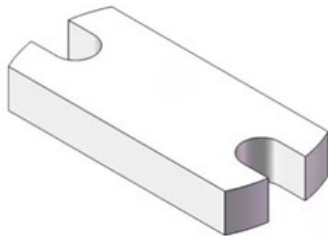
1-1-4



1-1-5

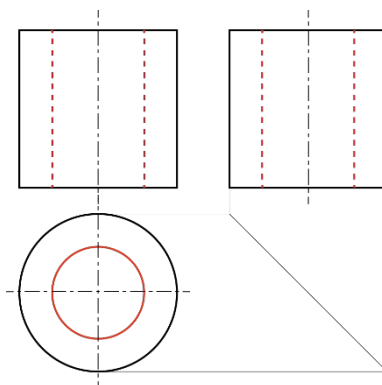
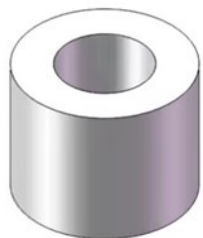


1-1-6

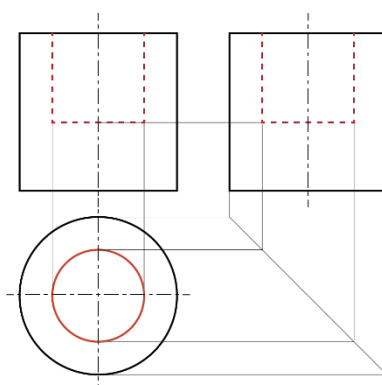
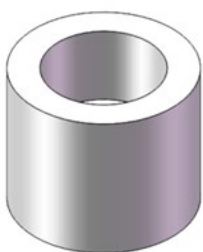


## 2. 圆柱的变种

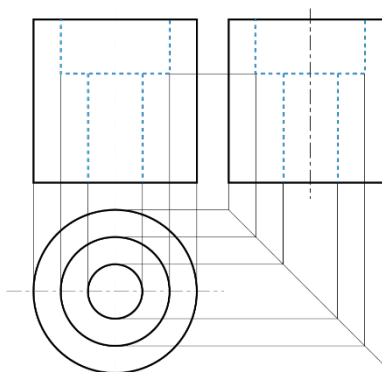
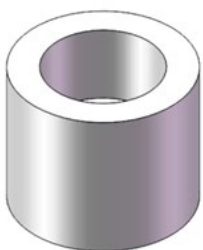
### 1-2-1 通孔圆柱



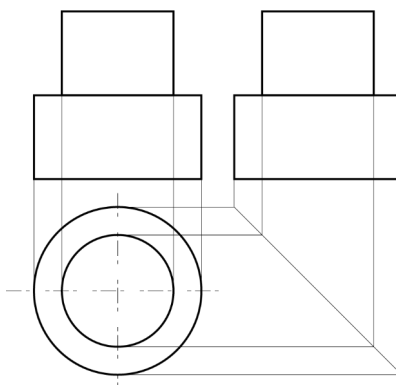
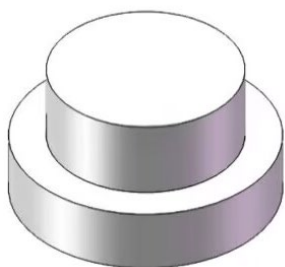
### 1-2-2 盲孔圆柱



### 1-2-3 阶梯孔圆柱



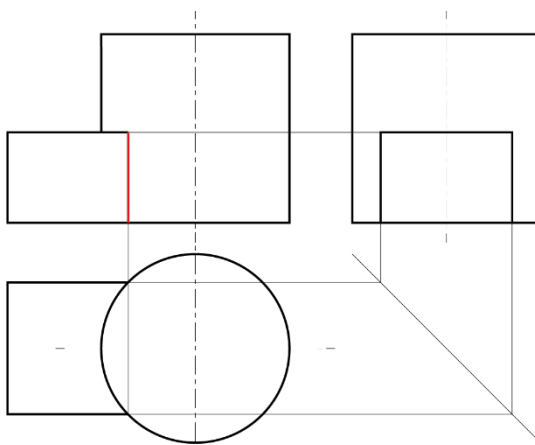
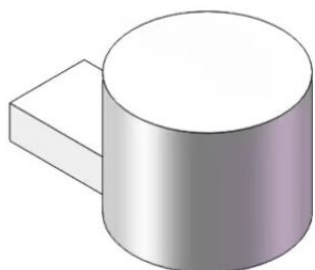
### 1-2-4 阶梯柱



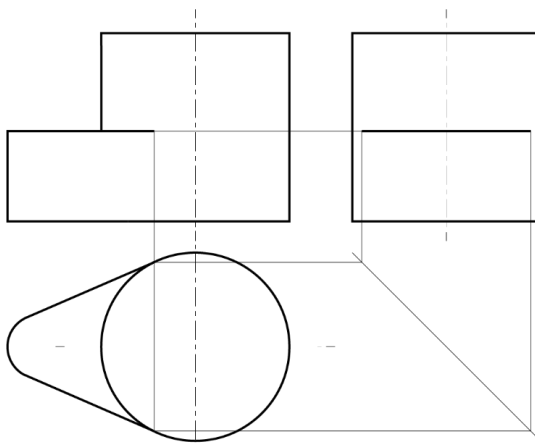
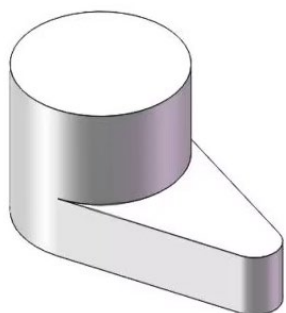
## 二 常见的组合类型

### 1. 圆柱和底板组合

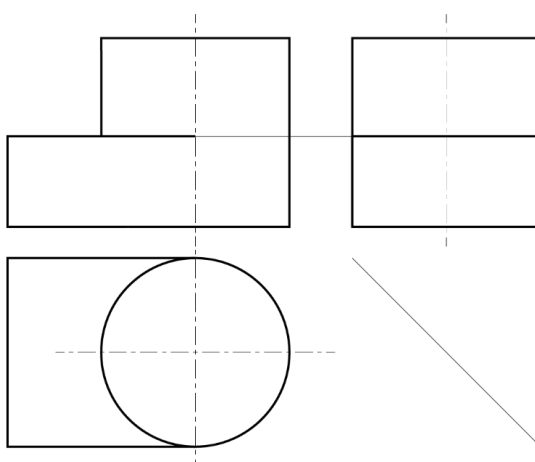
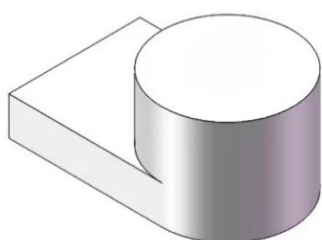
2-1-1



2-1-2

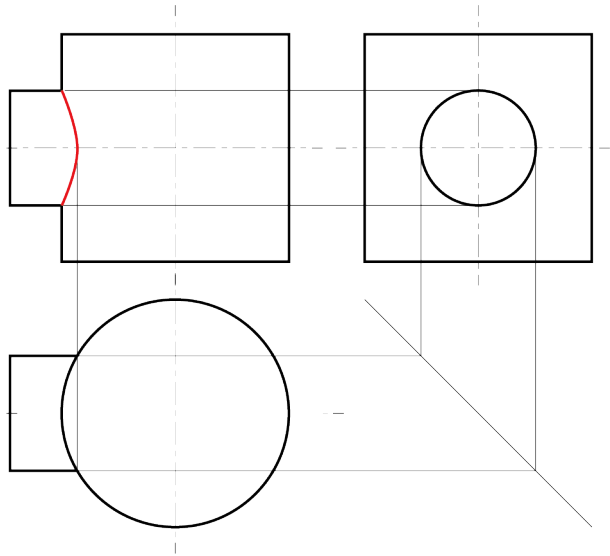
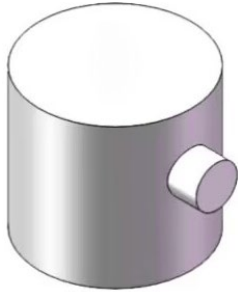


2-1-3

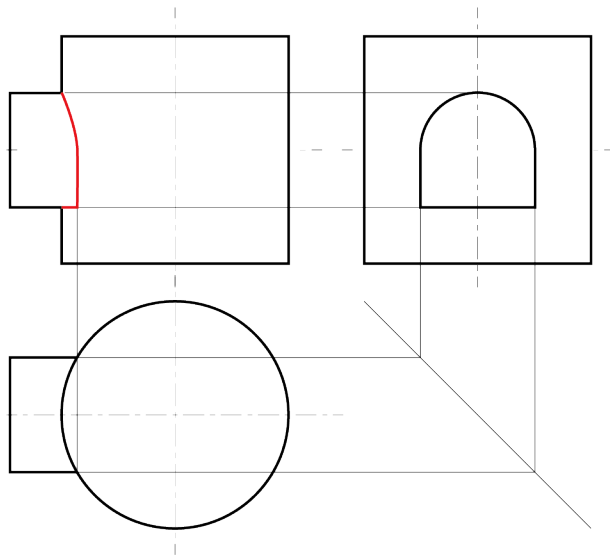
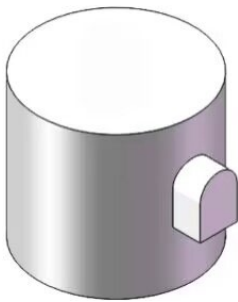


## 2. 圆柱 + 挂件

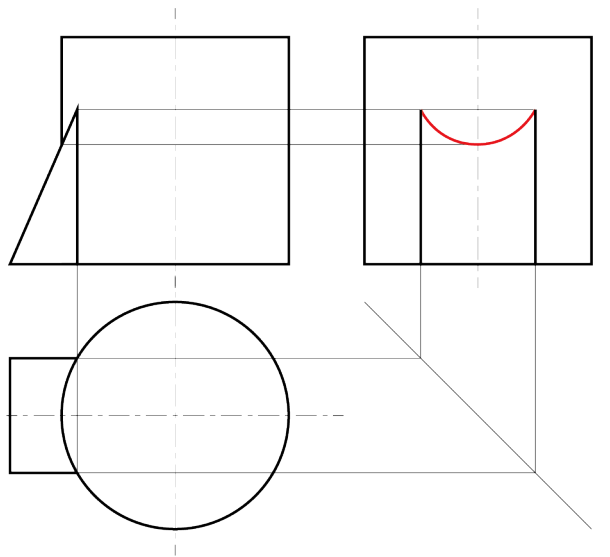
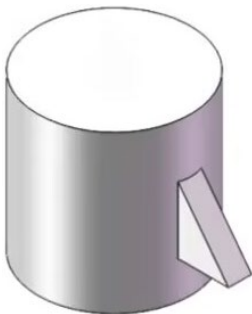
### 2-2-1



### 2-2-2



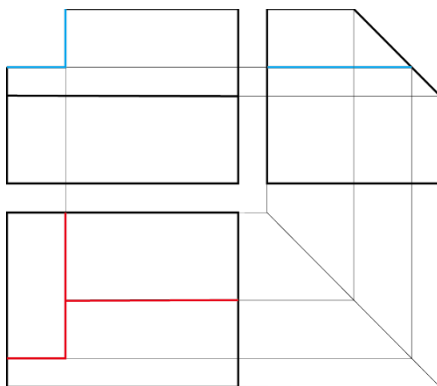
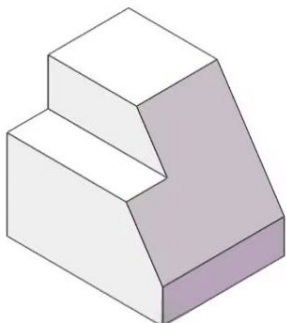
### 2-2-3



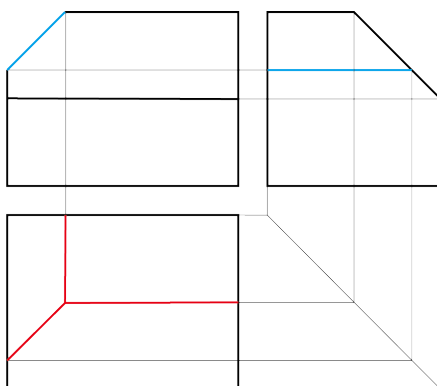
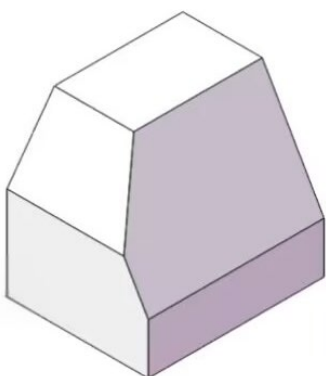
### 三 切割

#### 1. 斜面的切割

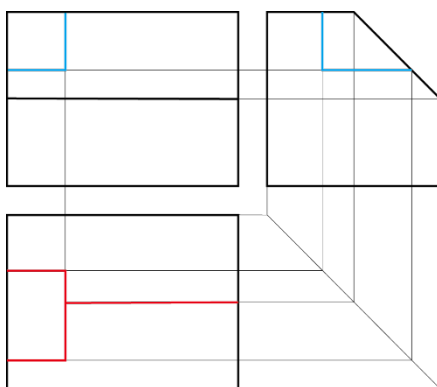
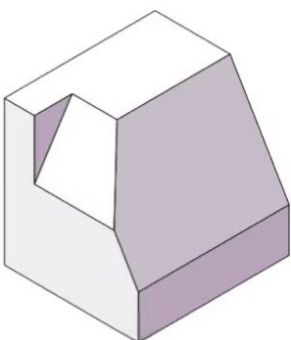
3-2-1-1



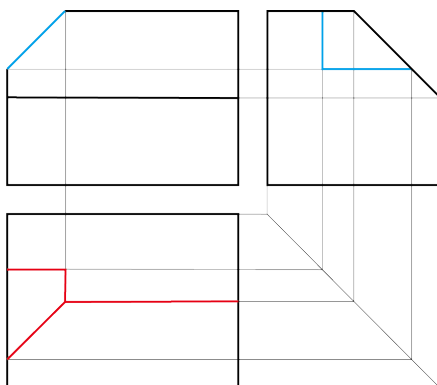
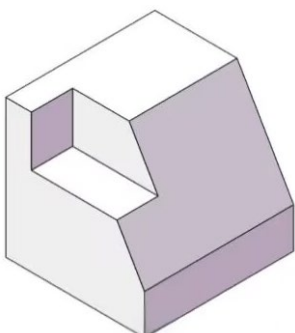
3-2-1-2



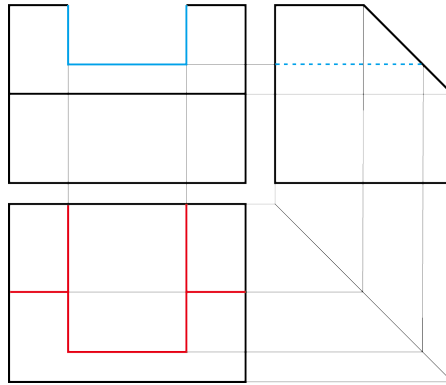
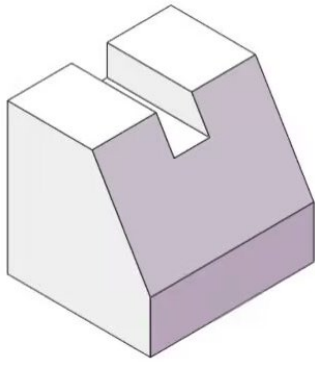
3-2-1-3



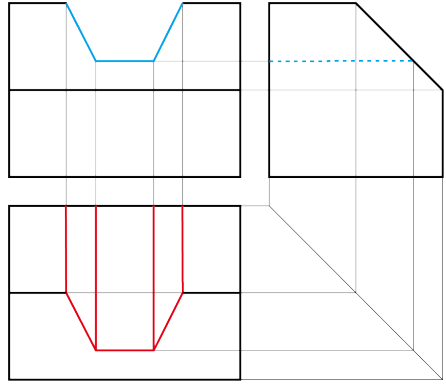
3-2-1-4



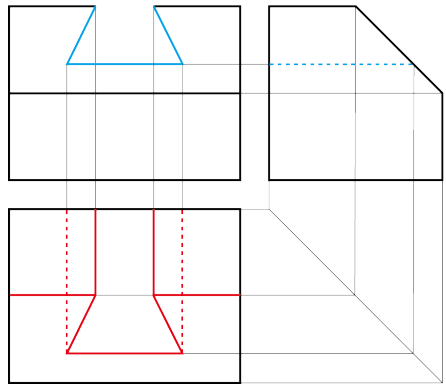
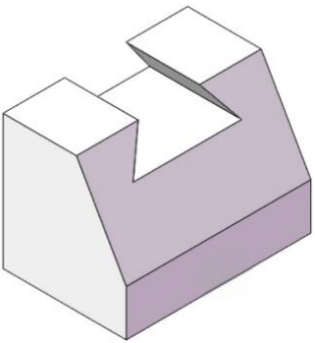
3-2-2-1



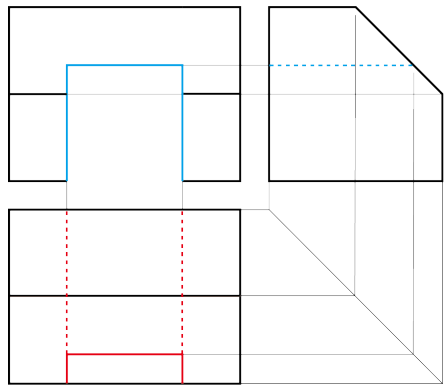
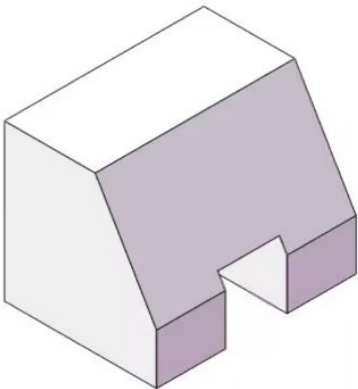
3-2-2-2



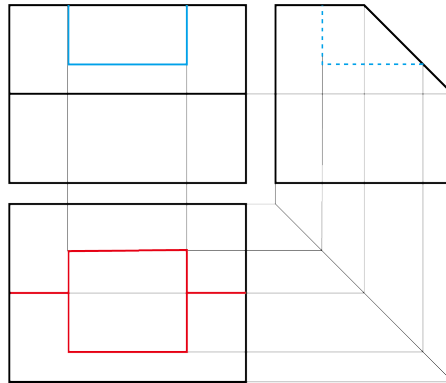
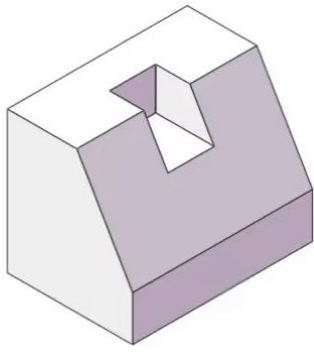
3-2-2-3



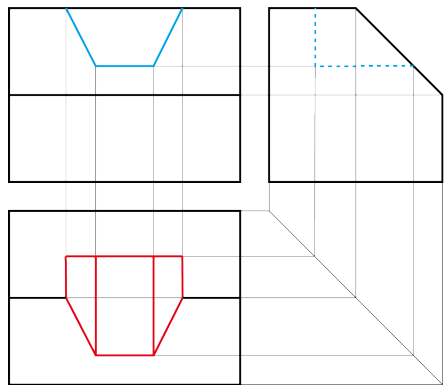
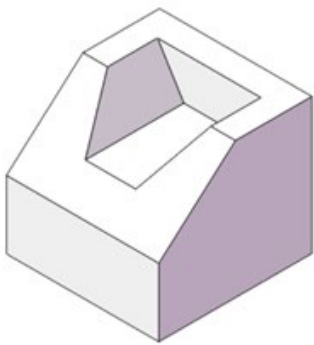
3-2-2-4



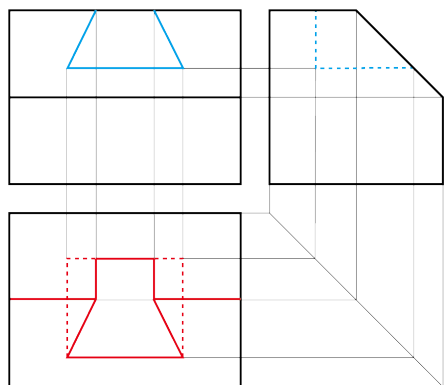
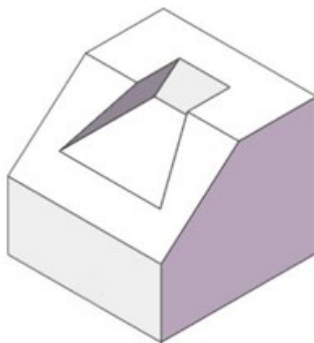
3-2-2-5



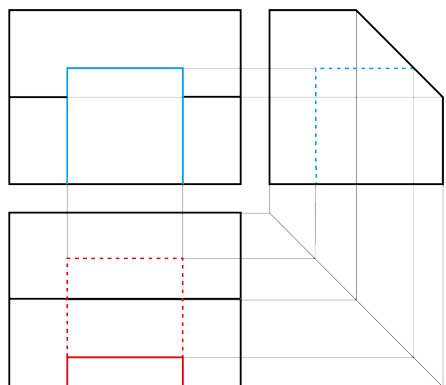
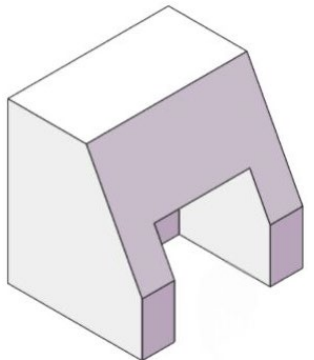
3-2-2-6



3-2-2-7

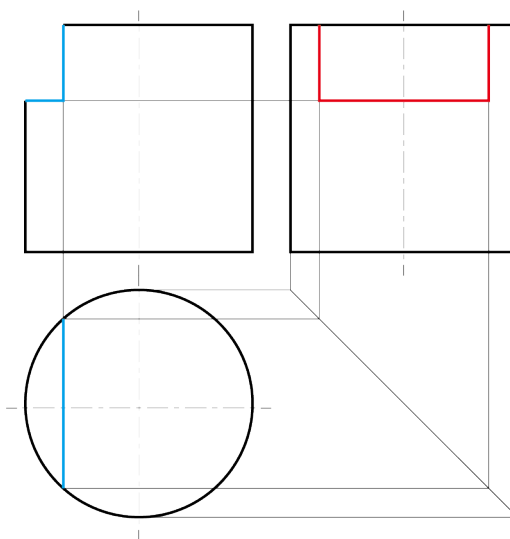
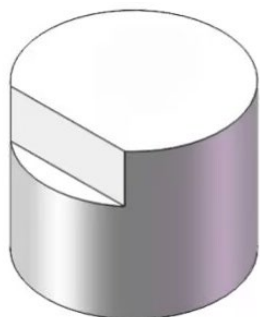


3-2-2-8

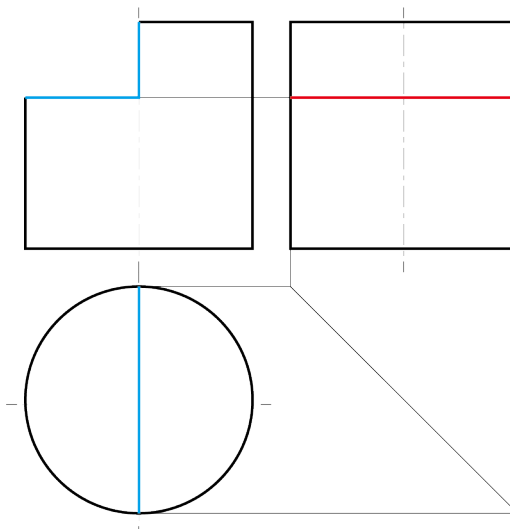
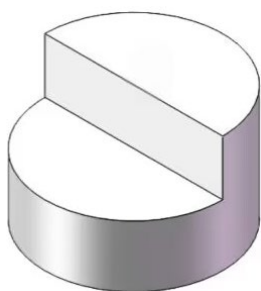


### 3. 外圆柱面的切割

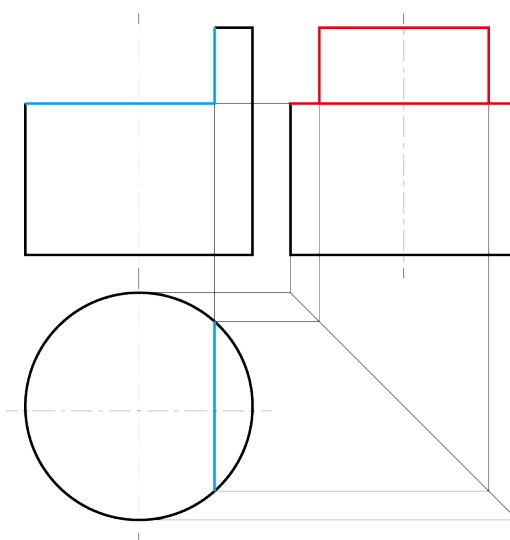
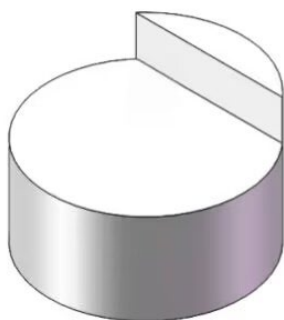
#### 3-3-1-1



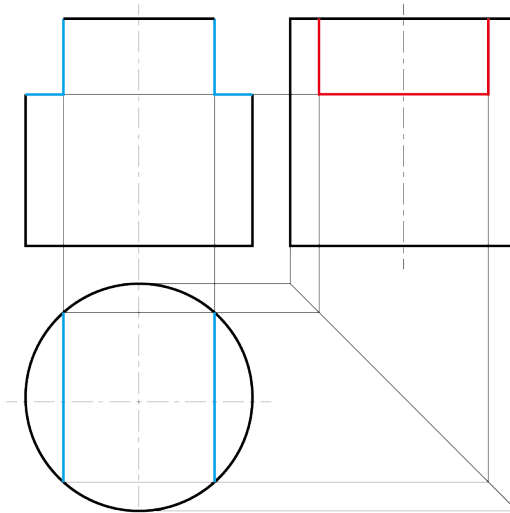
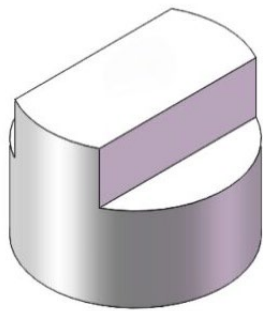
#### 3-3-1-2



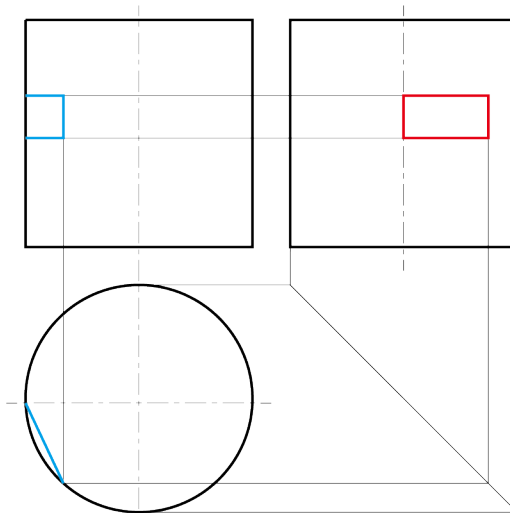
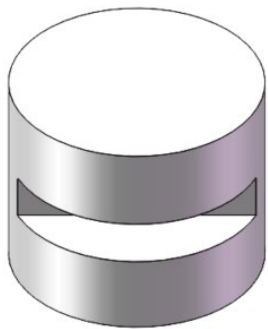
#### 3-3-1-3



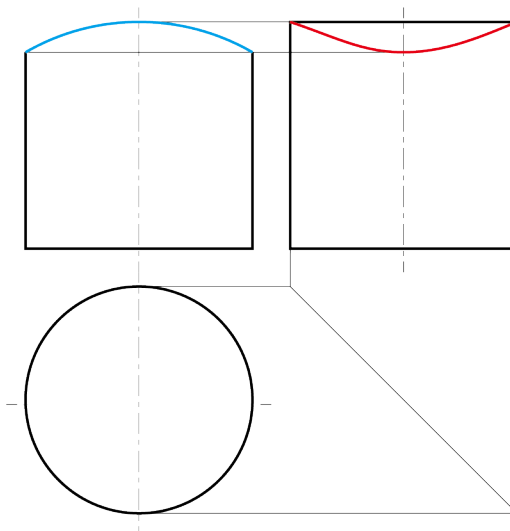
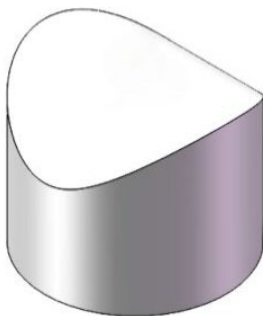
3-3-1-4



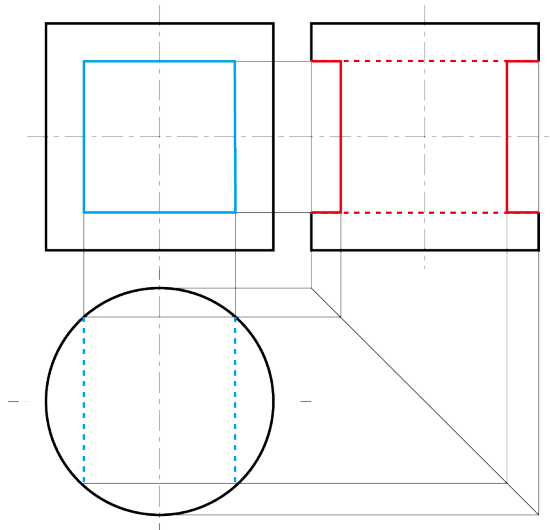
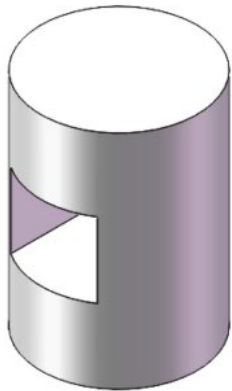
3-3-1-5



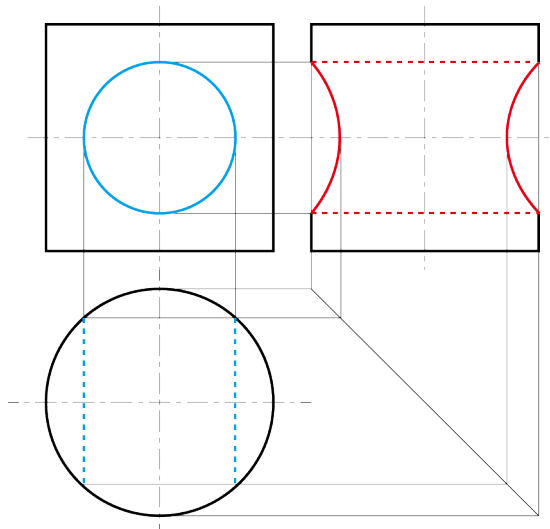
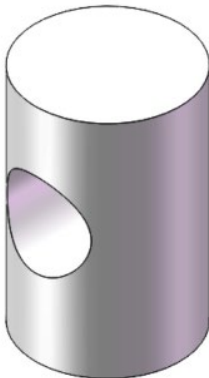
3-3-1-6



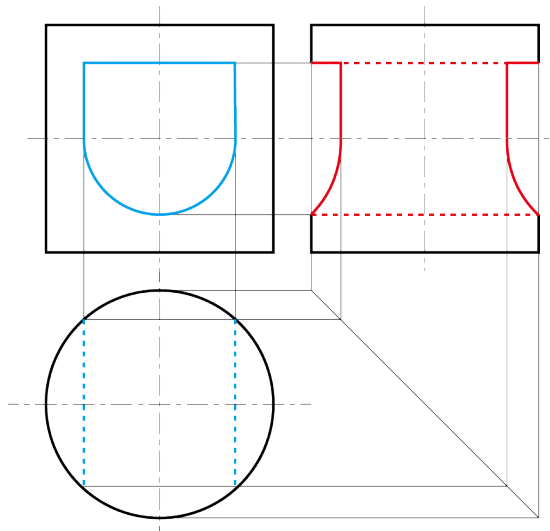
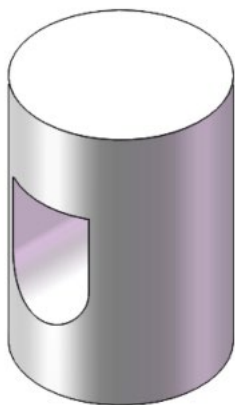
3-3-2-1



3-3-2-2

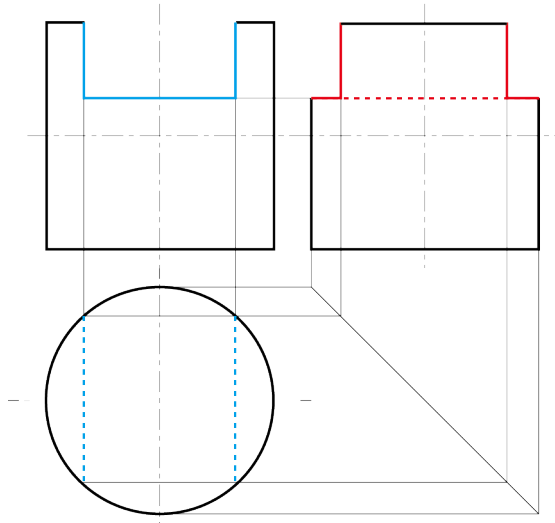
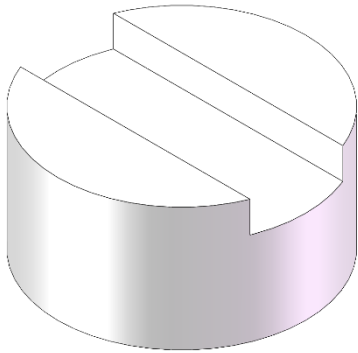


3-3-2-3

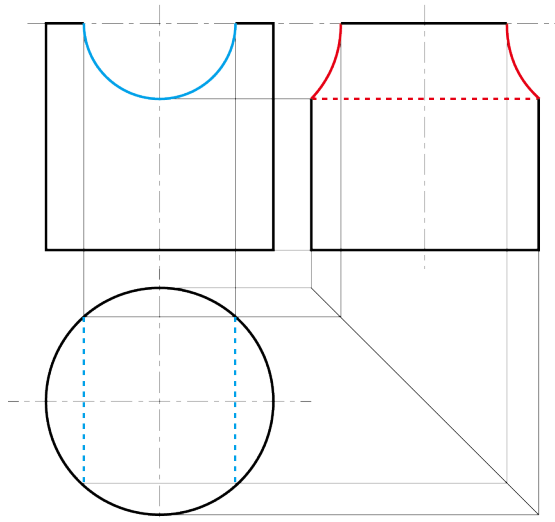
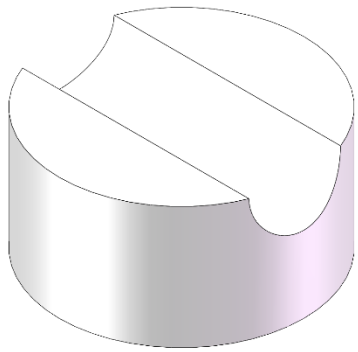


### 3.开槽

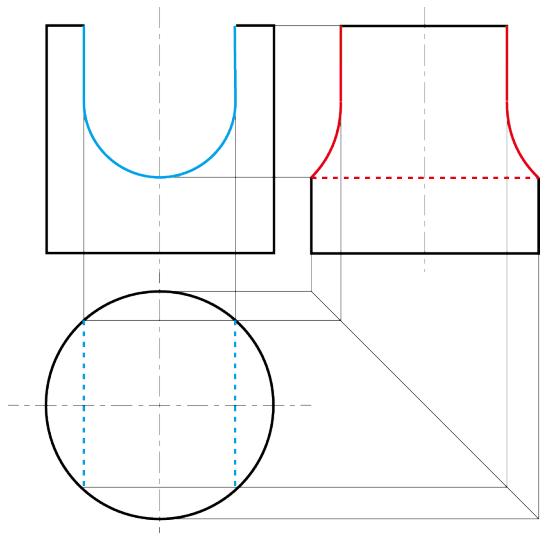
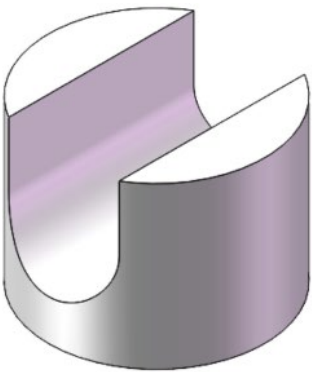
3-3-3-1



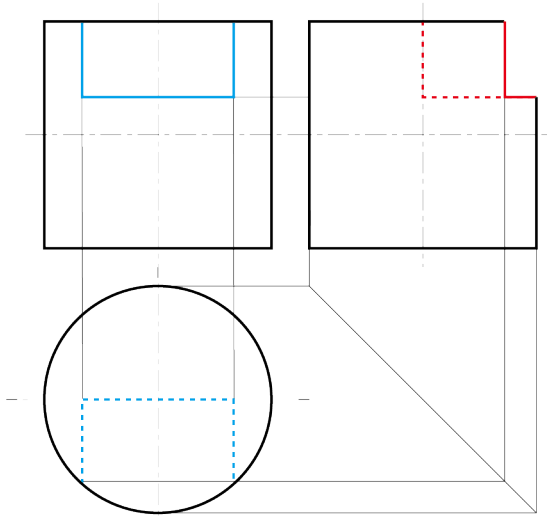
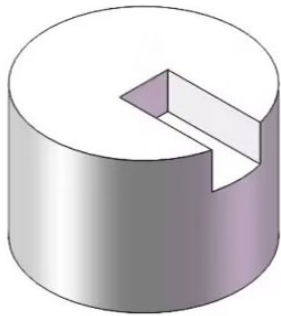
3-3-3-2



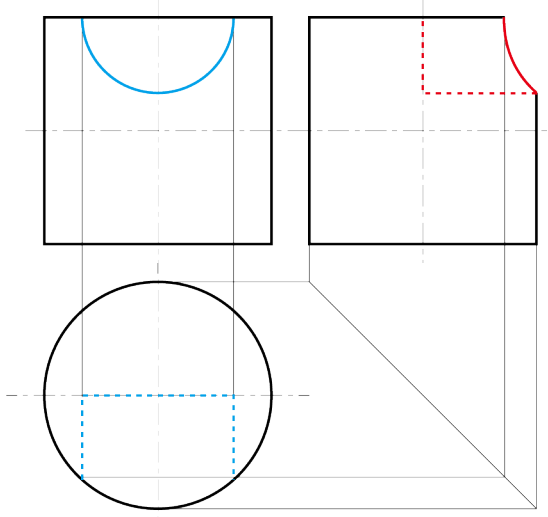
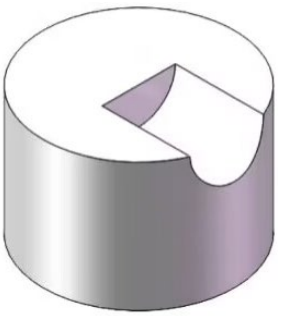
3-3-3-3



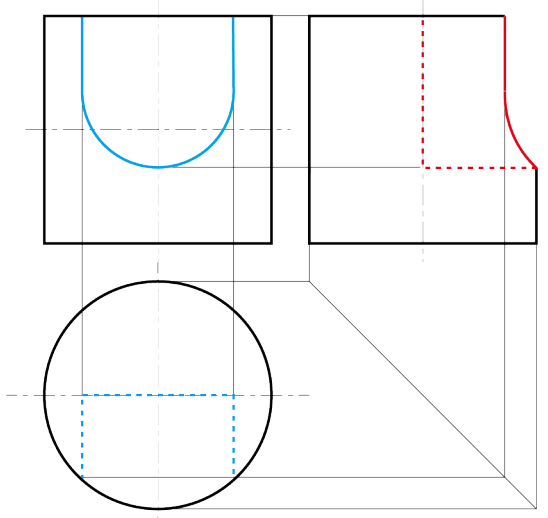
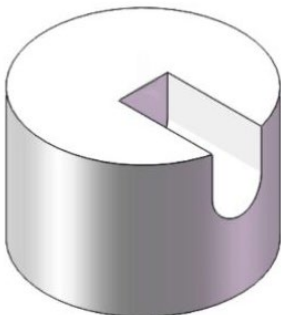
3-3-3-4



3-3-3-5

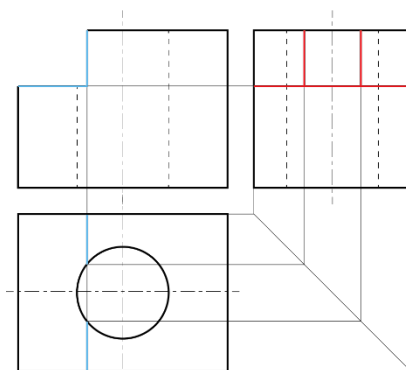
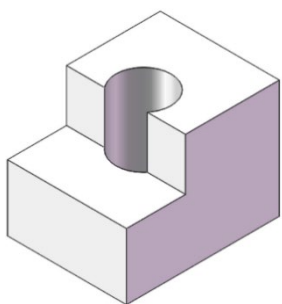


3-3-3-6

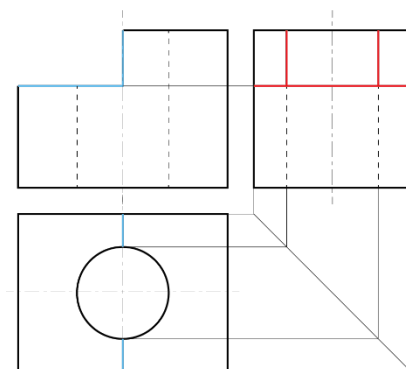
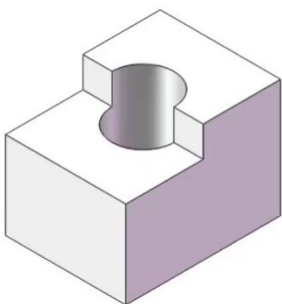


#### 4. 内圆柱面（圆柱孔）的切割

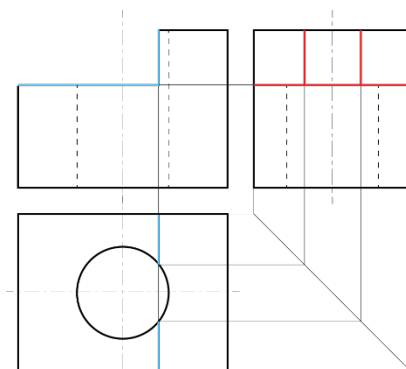
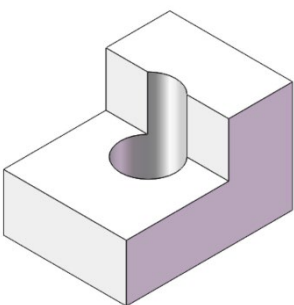
3-4-1-1



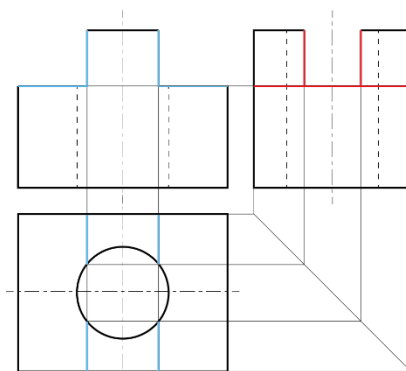
3-4-1-2



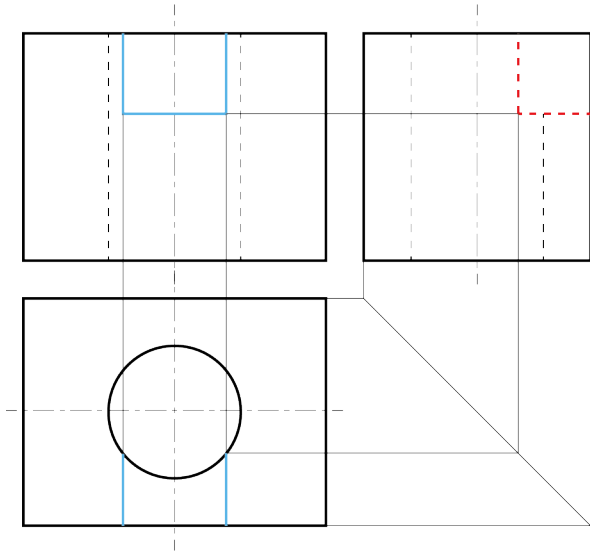
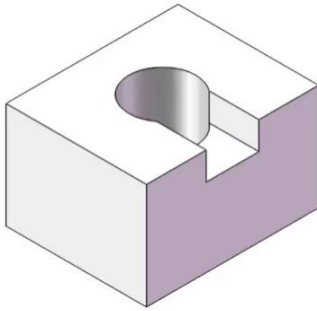
3-4-1-3



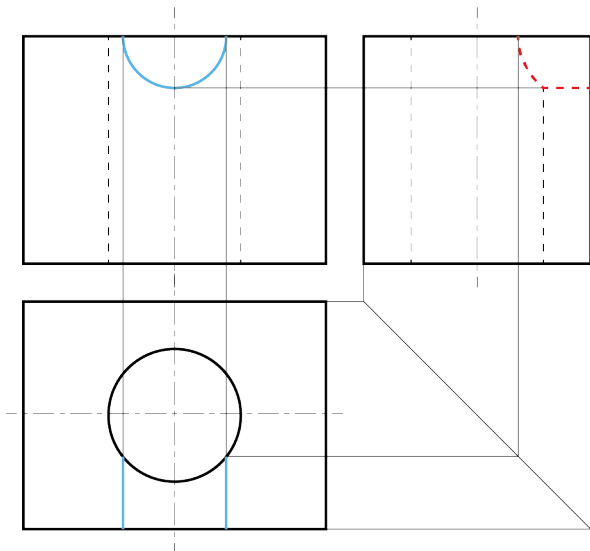
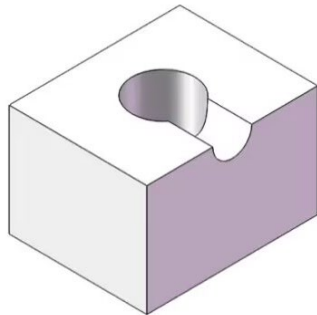
3-4-1-4



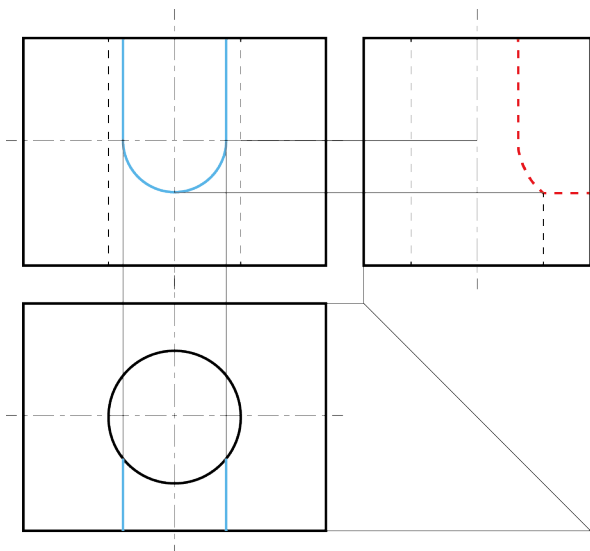
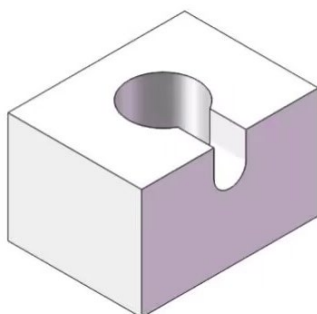
3-4-3-1



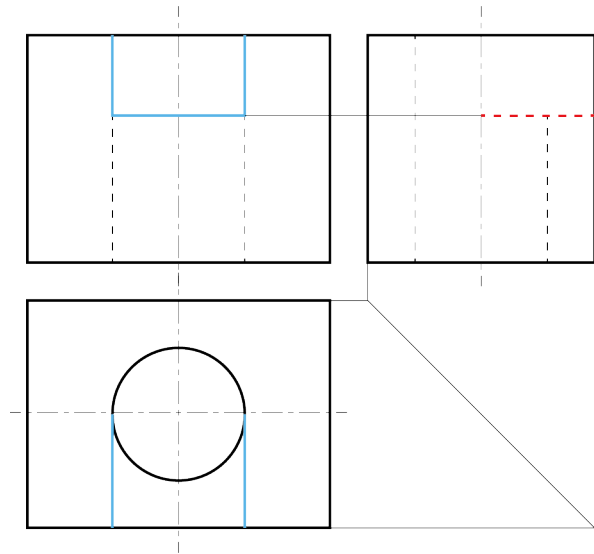
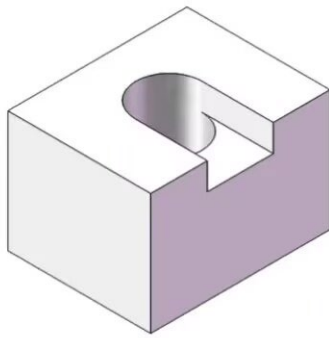
3-4-3-2



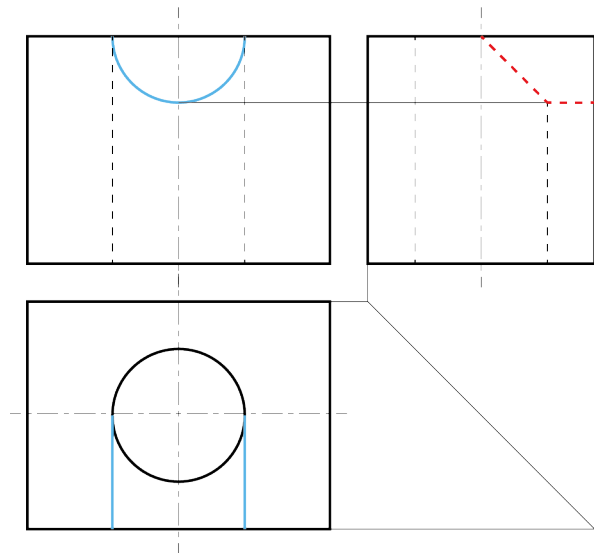
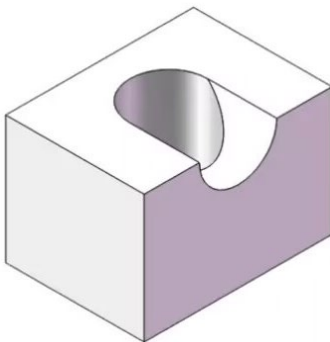
3-4-3-3



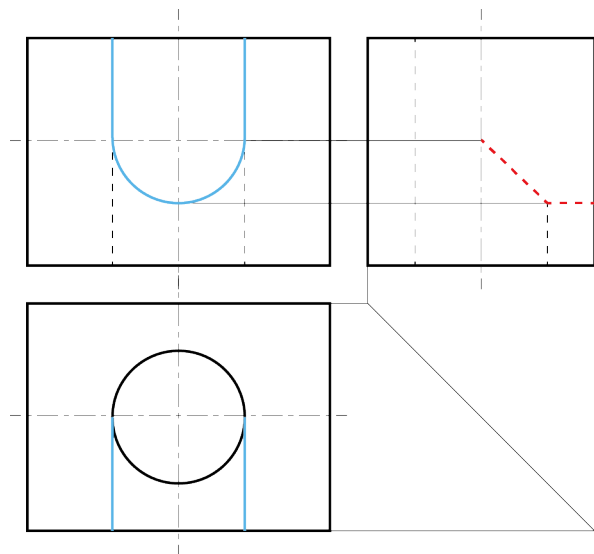
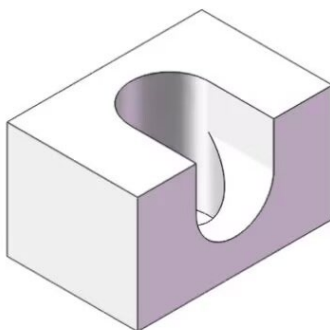
3-4-3-4



3-4-3-5

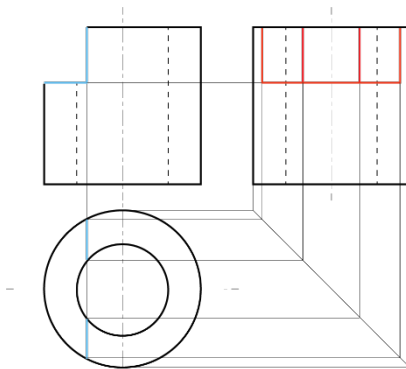
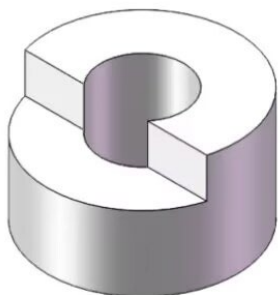


3-4-3-6

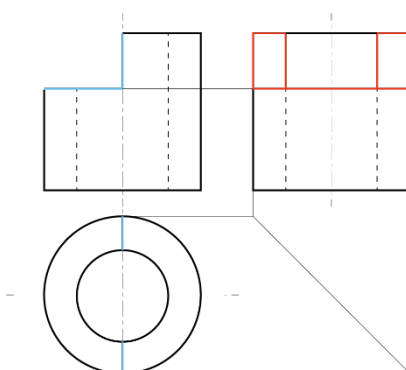
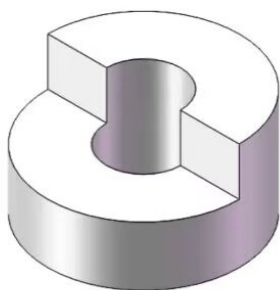


## 5. 带孔圆柱的切割

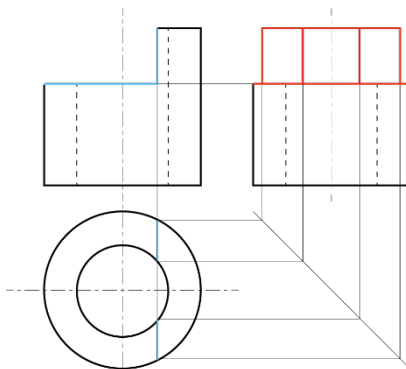
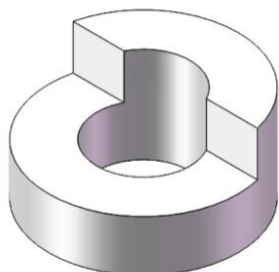
### 3-5-1-1



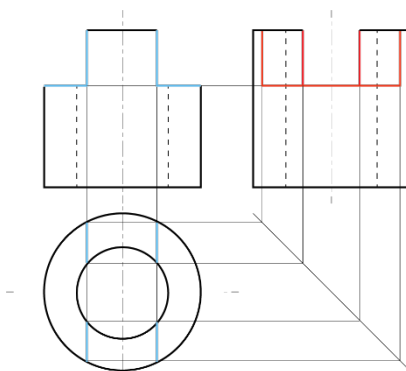
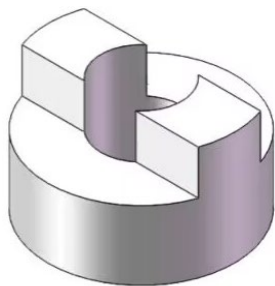
### 3-5-1-2



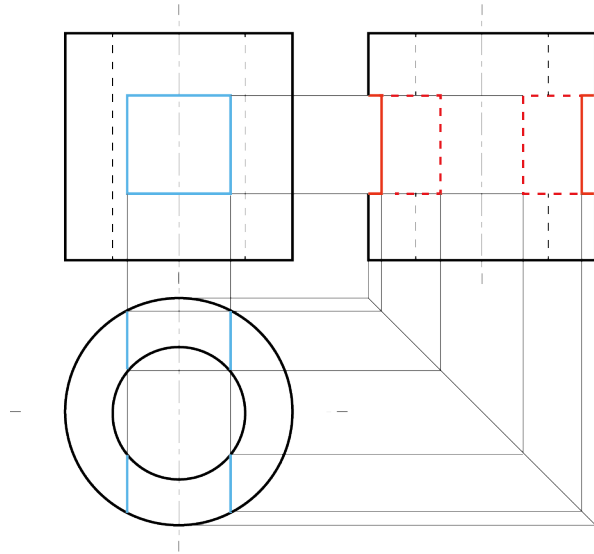
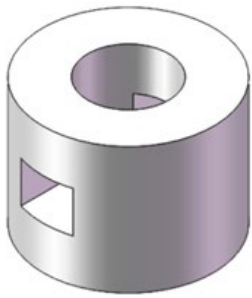
### 3-5-1-3



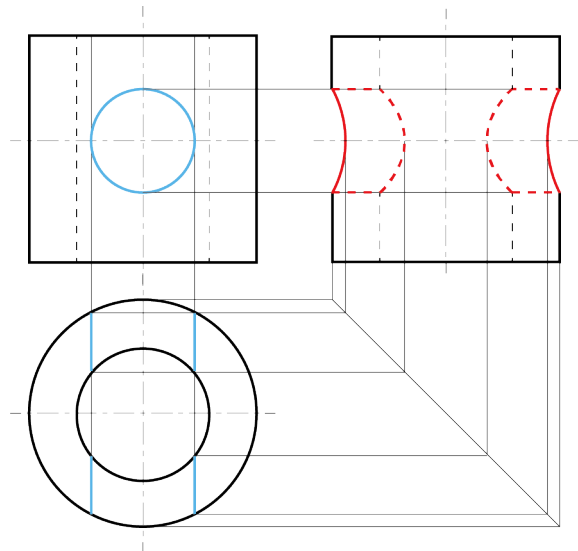
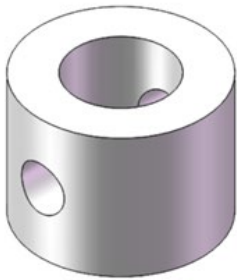
### 3-5-1-4



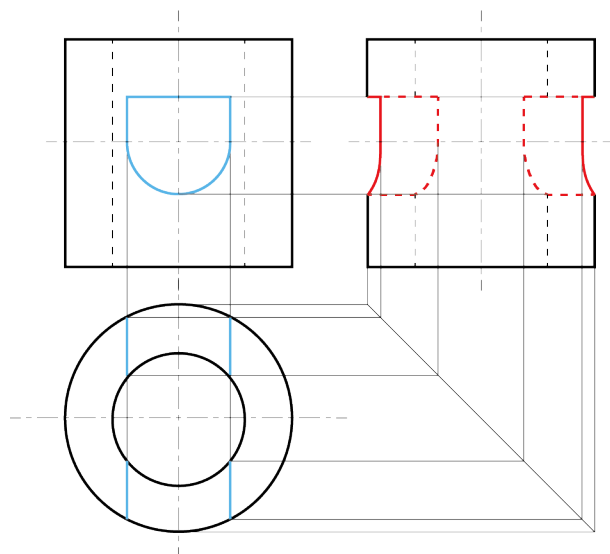
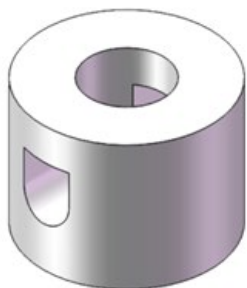
3-5-2-1



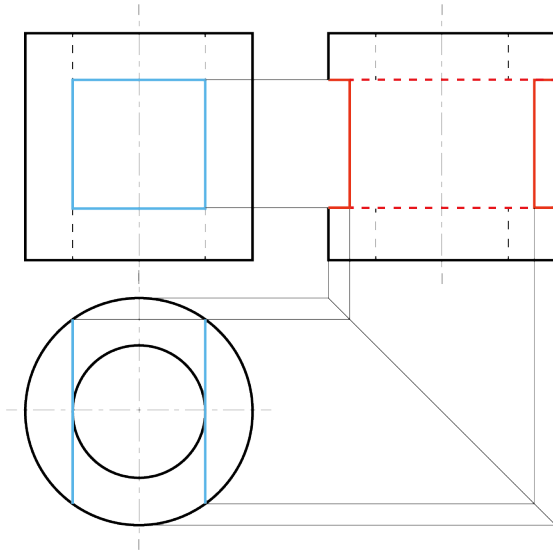
3-5-2-2



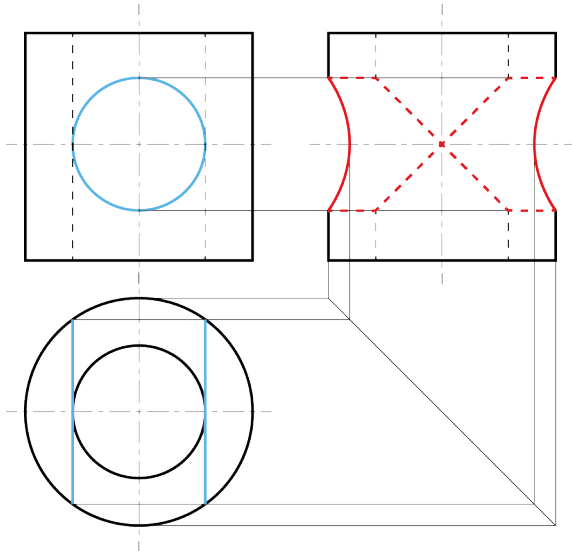
3-5-2-3



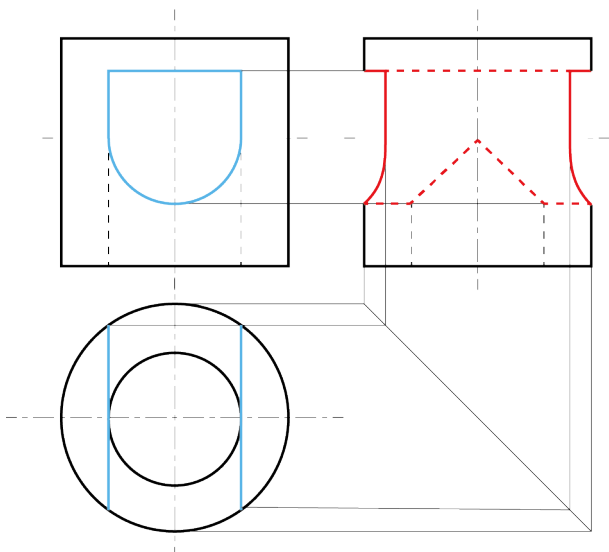
3-5-2-4



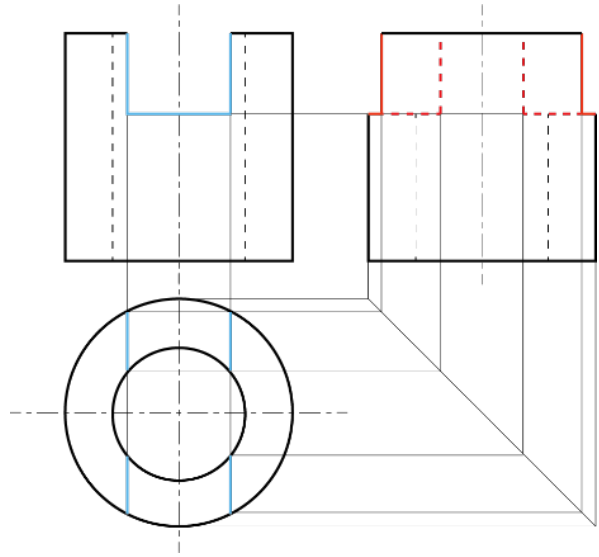
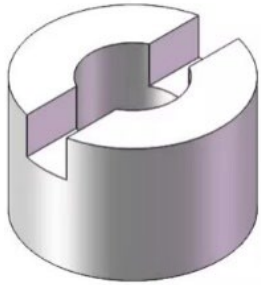
3-5-2-5



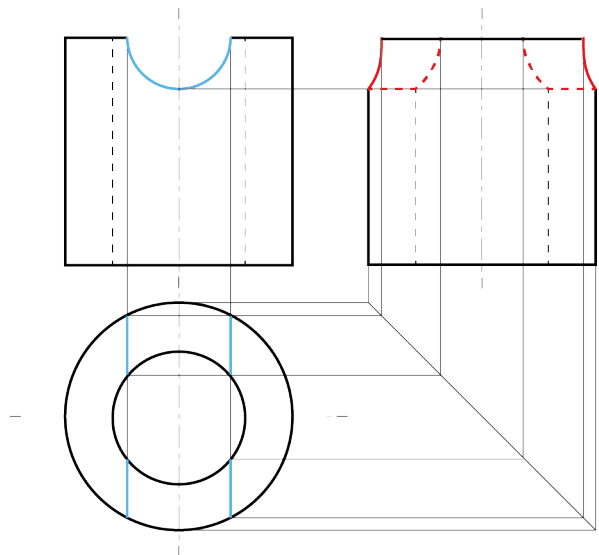
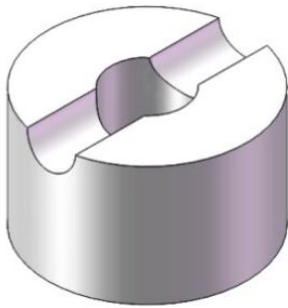
3-5-2-6



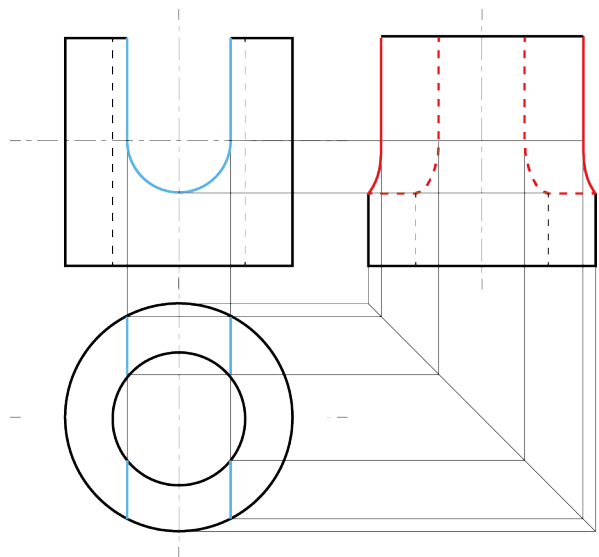
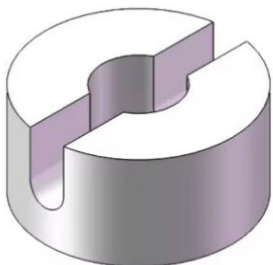
3-5-3-1



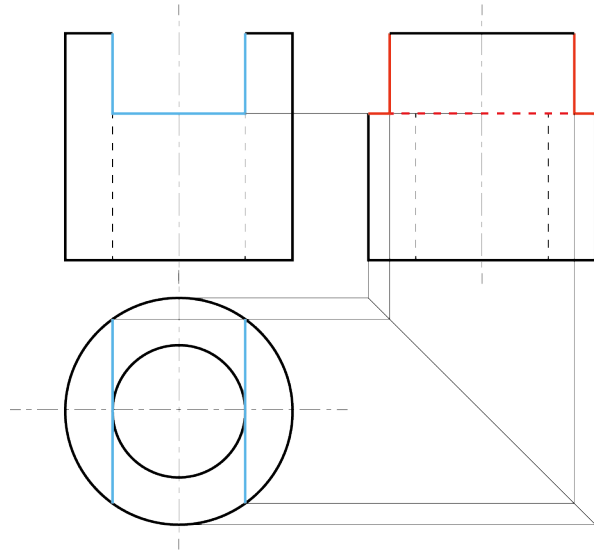
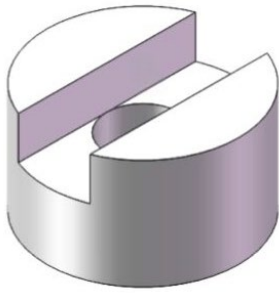
3-5-3-2



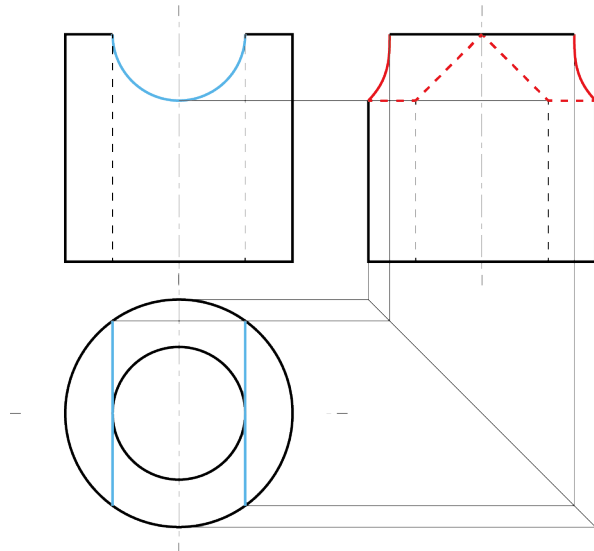
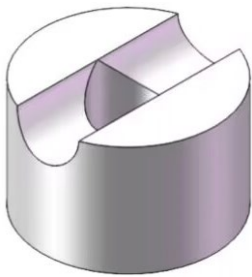
3-5-3-3



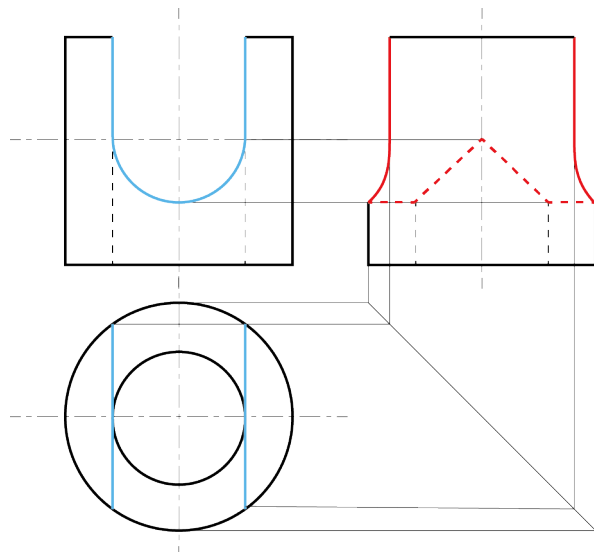
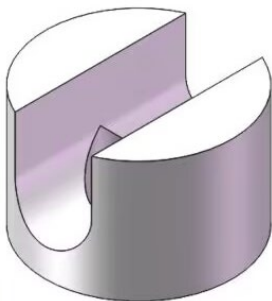
3-5-3-4



3-5-3-5

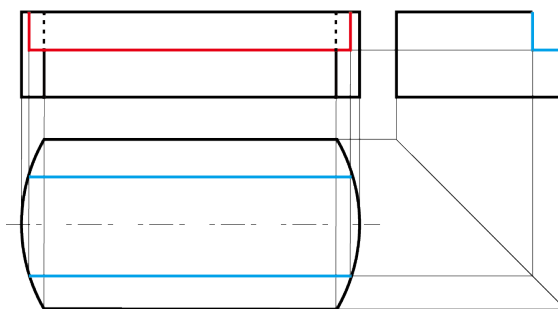
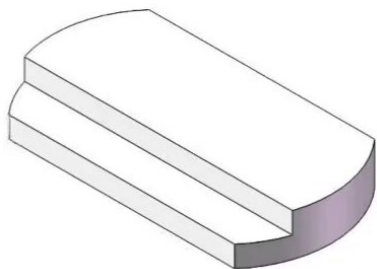


3-5-3-6

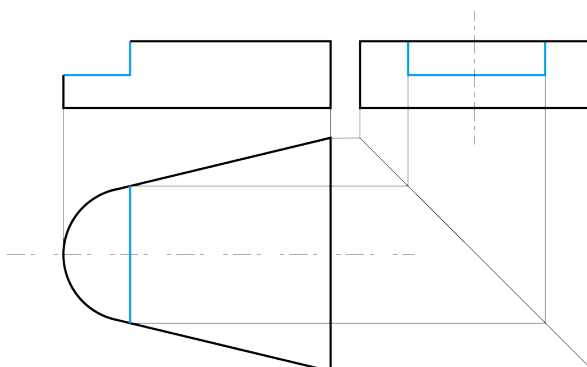
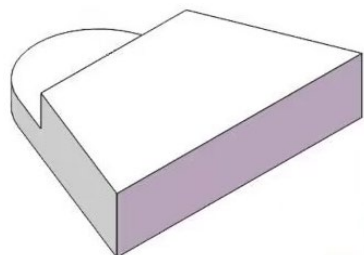


## 6. 复杂板型的切割

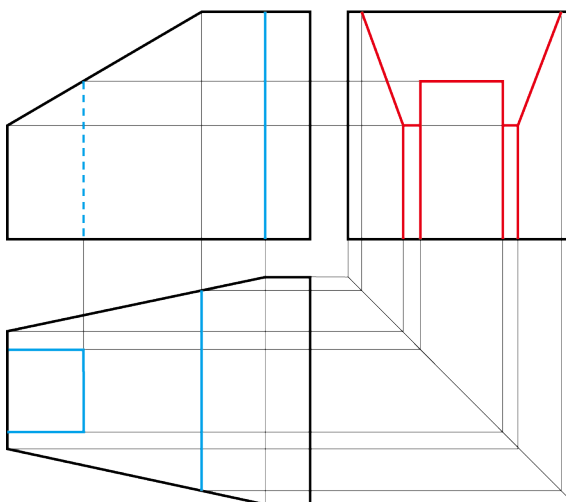
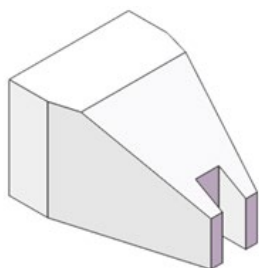
### 3-6-1-1



### 3-6-1-2



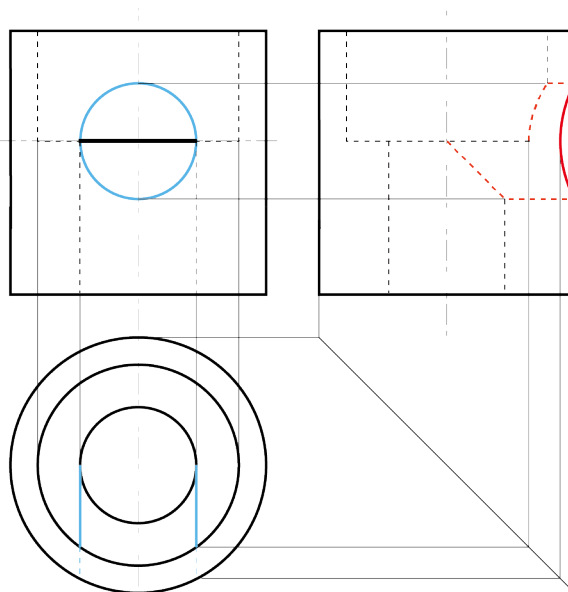
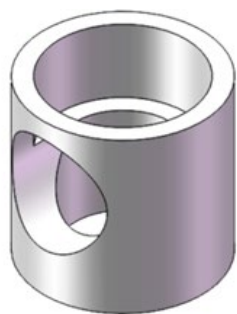
### 3-6-1-3



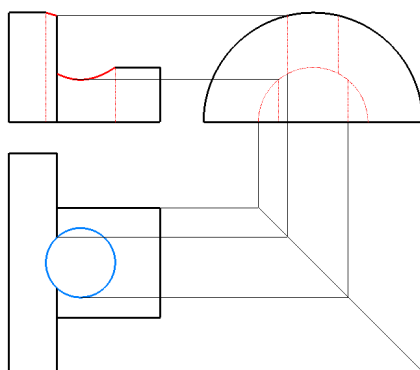
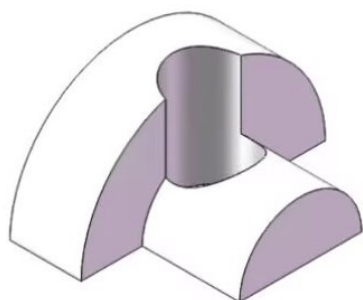
#### 四 连接处的复杂操作

思路：将结构拆解为前三节中的结构，分别画出再进行组合

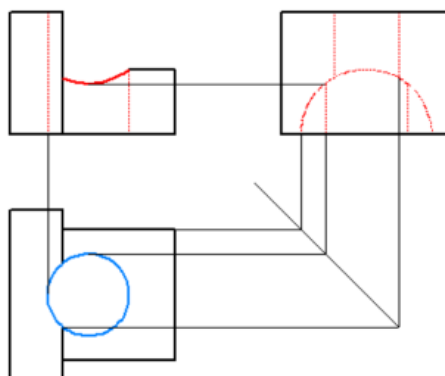
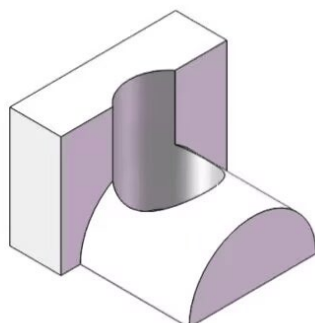
4-1



4-2



4-3



# 第 4 讲 标注

标注是在三视图的基础上，标出几何体的具体尺寸，使几何体能够完全确定  
标注的秘诀在于从几何体生成的路径出发，分别标注基本体、切割操作、组合操作的尺寸

## 一 标注图线介绍

### 1. 标注的基本单元



### 2. 圆和圆弧的标注

- 不超过 180°的圆弧标注半径 R，超过 180°的圆弧标注直径
- 但两段圆弧位于同一圆时，即使没有超过 180°，也标注直径



## 二 标注的基本类型

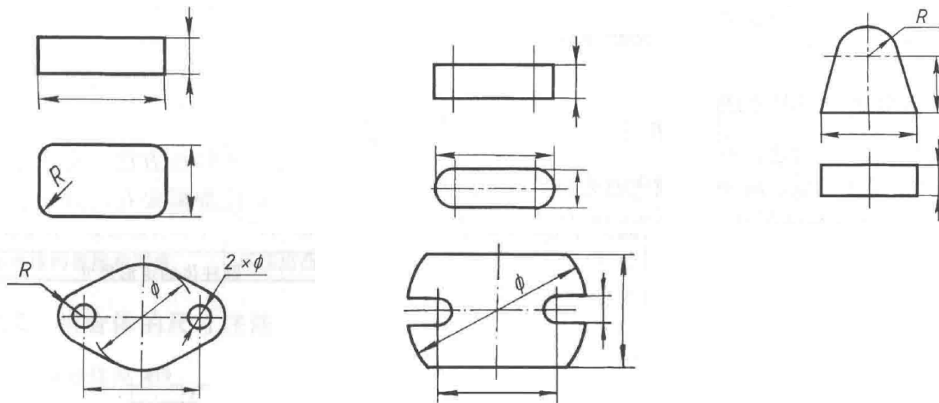
### 1. 定形尺寸

- 用于确定形体中各基本体的形状和大小，数量必须刚刚好（正好确定）  
定形尺寸的标注准则是：基本体尺寸 + 截切结构尺寸

#### ① 基本体的定形尺寸

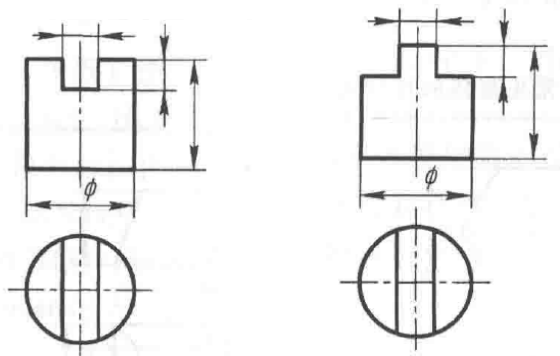
此处的基本体指的是广义的基本体，标注准则为底面和高

- 如棱柱的底面为长和宽，圆柱的底面为半径/直径，一些常见的广义基本体标注方式如下：



## ② 截切操作尺寸

- 在已经标注基本体的基础上，截切结构应标出截面的定位尺寸，而不是标截切产生的线的长度  
也就是标出“这一刀下在哪里”或者“这个孔/槽开在哪里”



## 2. 定位尺寸

- 用于确定各基本立体之间的相互位置，规范为“定位点”到“定位基准”的距离

### ① 定位点

只要基本体其中一点的位置确定，基本体的位置就确定了，这个点称为定位点  
定位点通常是立方体的中心或一角或圆柱、圆孔的底面中心

### ② 定位基准

- 想要确定“定位点”的位置，需要三个维度，因此长、宽、高三个方向各需要一个定位基准
- 组合体在该方向对称或基本对称：选择其对称平面作为该方向的尺寸基准  
组合体在该方向不对称：选择组合体的底面、重要端面或者主要回转体的轴线等作为尺寸基准



### ③ 定位尺寸标注要点

- 如果是组合体在该方向上存在贴合，则该方向的定位尺寸与贴合形体的定形尺寸重合

施工中

- 如果两个定位点关于基准线对称，则只标注两个定位点间的距离

施工中

- 由于基本体的位置已经决定了会产生什么相交结构，所以相交结构不需要额外标注

## 施工中

### 3. 总体尺寸

- 总体尺寸用于确定组合体的总长、总宽和总高

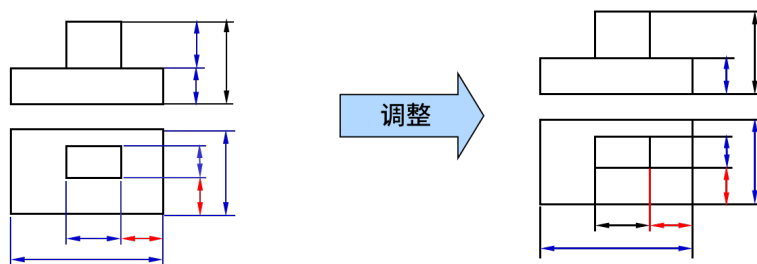
因为定形和定位尺寸已经完整描述了一个组合体的尺寸，所以总体尺寸一定是对已有尺寸的调整

#### ① 总体尺寸就是某形体的定形或定位尺寸

- 那就太棒了，啥也不用干

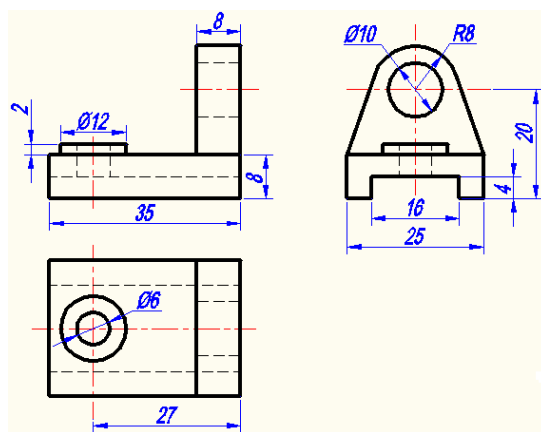
#### ② 某方向上没有总体尺寸

- 这时需要标注出总体尺寸（一定会产生封闭尺寸链），然后删去相关联的已有的一个标注  
此时一般删去与定位基准不直接相关的定形尺寸



#### ③ 某方向上的端面是回转面

- 该方向一般不直接标注总体尺寸，而是标出确定回转面轴线的定位尺寸和回转面的定形尺寸

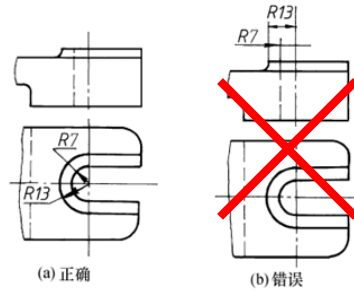


### 三 标注的规范

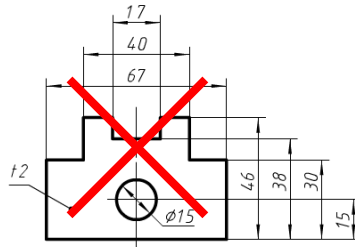
· 尺寸标注要整洁、清爽、直观，尽量不要出现密集甚至交叉重叠的情况

#### 1. 比较清楚的规范

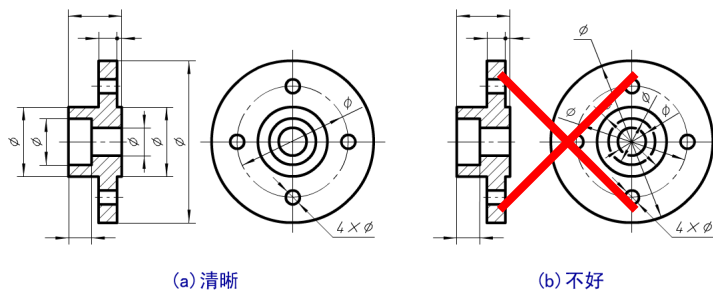
① 半径尺寸必须要标注在投影为圆弧的视图上



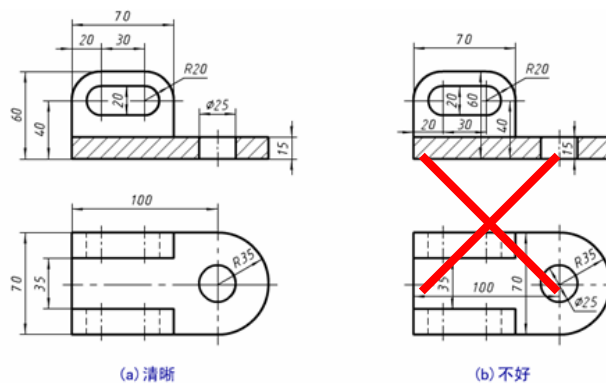
② 尺寸线平行排列时，应使小尺寸在内（靠近视图），大尺寸在外，以避免尺寸线与尺寸界线干涉



③ 同心圆较多时，直径尺寸不宜集中标注在反映圆的视图上，避免注成辐射形式  
但是圆孔的直径必须标在圆视图上（因为虚线不可以标注）



④ 尺寸应尽量注在视图外面，保持视图清晰



#### 2. 有些模糊的规范

· 尺寸应尽可能标注在形体特征最明显的视图上

- 同一形体的尺寸应尽量集中标注，以便看图时查找
- 虚线处尽量不要标注尺寸

## 四 标注综合训练

基本体 → 组合 → 切割的形体构成思路，依然是标注题的解题思路

### 1. 标注题解题思路

① 分析形体，将其拆分成各个基本体

② 标注各个基本体的定形尺寸

注意定形尺寸的原则：不多不少刚刚好

一种方法：每标注一个尺寸，就思考这个基本体在已有尺寸的限制下会不会有多种可能

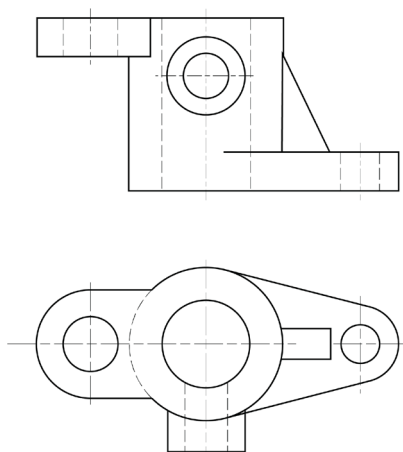
③ 标注各个基本体的定位尺寸

注意定位尺寸的原则：不多不少刚刚好，以及应当注意各个基本体的定位点以及定位基准

一种方法：每标注一个尺寸，就思考这个基本体在已有尺寸的限制下可不可以移动

④ 标注总体尺寸，并调整其余尺寸，避免出现封闭尺寸链

**例 1**（19—20 秋冬）标注组合体的尺寸，尺寸数值按 1:1 从图中量取(取整数)。

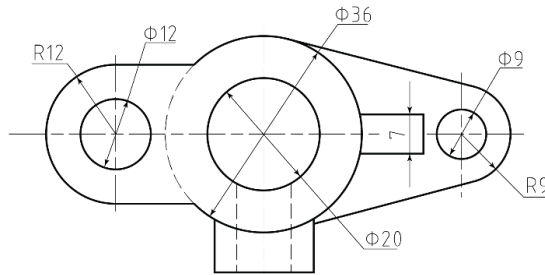
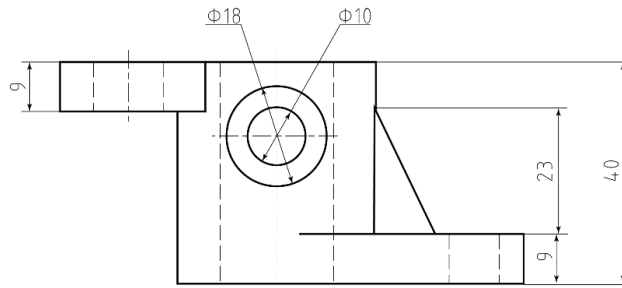


**解法** ① 分析形体

- 这个形体可以拆分为中间的通孔圆柱、圆柱正前方的小通孔圆柱（相贯）、左侧顶部的复合圆柱、与大圆柱相切的底板，以及三角形肋板

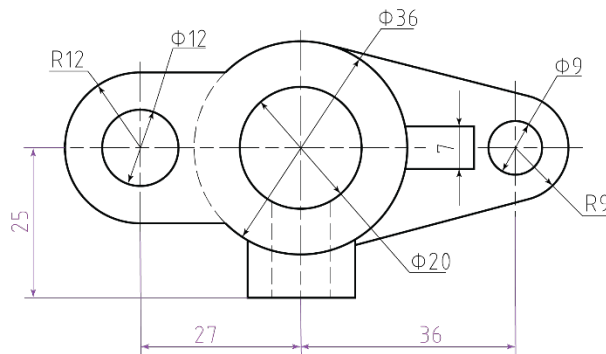
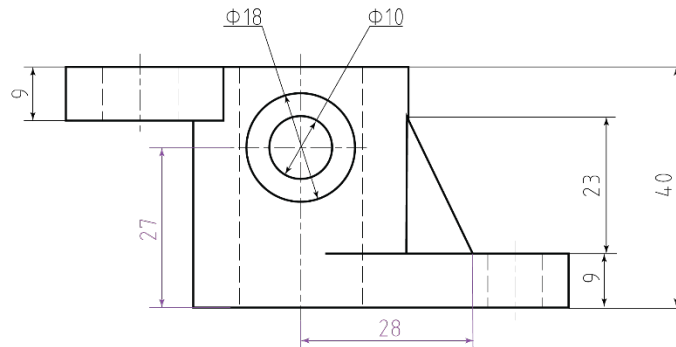
② 标定形尺寸

- 大圆柱需要内直径、外直径以及高三个标注
  - 小圆柱需要内外直径，因为与圆柱相贯，只需标注出圆面的定位尺寸
  - 左侧的复合体需要标注圆孔直径、外圆半径以及高
  - 底板需标出圆孔直径和外圆半径以及高
  - 肋板需标出高度以及厚度，宽度涉及与圆柱相贯，作为定位尺寸
- 经过分析后，可以作出以下标注



### ③ 标定位尺寸

- 首先确定定位基准，前后左右以大圆柱的轴为基准，上下以底面为基准
- 此时还剩小圆柱的圆心位置需要定位，顶板和底板的圆柱轴需要定位
- 经过分析后，可以标出定位尺寸



### ③ 总体尺寸

- 左右方向上因为两侧都是回转面，无需调节；上下方向上圆柱的高就是总体尺寸；前后方向上其中一侧是回转面，且是完整的圆柱，因此无需调整，以上便是最后的标注结果

# 第 5 讲 剖视图与断面图的绘制

## 一 剖视图的绘制

当形体内部结构较复杂时，视图上虚线密集，看起来非常杂乱，无法直观展示内部结构，因此人们经常用一个剖切面从对应位置切开形体，让内部结构暴露出来，称为剖视图

### 1. 剖视图的规范

① 画出被剖切后的形体：剖切面与观察者之间的形体扔掉，只画出剩下的半个形体

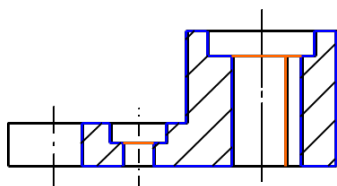


· 若剖切后依然有图线被遮挡（虚线），就不需要再画

② 标出剖面：原先不存在，因剖切暴露出来的外表面加剖面符号（斜线）

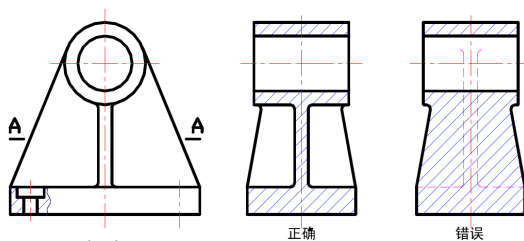
实际上剖面线符号与材料有关，但本课程默认材料是金属，所以符号是 45°斜线

· 只要是同一形体的剖面线，即使在不同视图中方向也要保持一致

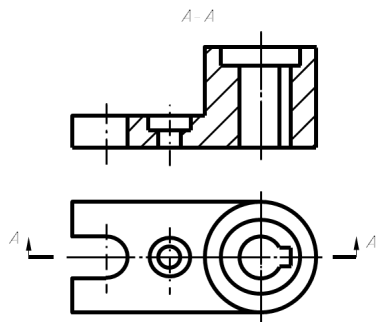


· 机件肋板（类似下图）按纵向剖切时，不画剖面符号，且用粗实线将它与其邻接部分分开

简单讲就是薄板不能被剖成两块更薄的薄板



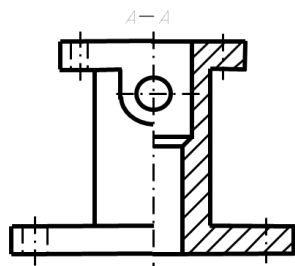
③ 标注：标出剖切线、剖切符号和剖视图名称



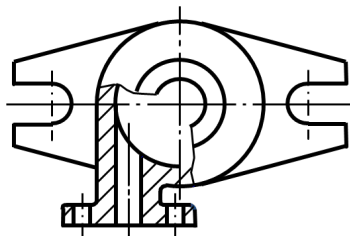
当单一剖切面通过机件的对称（或基本对称）平面，且剖视图按基本视图关系配置时，可不标注

## 2. 剖视图的种类 (不全)

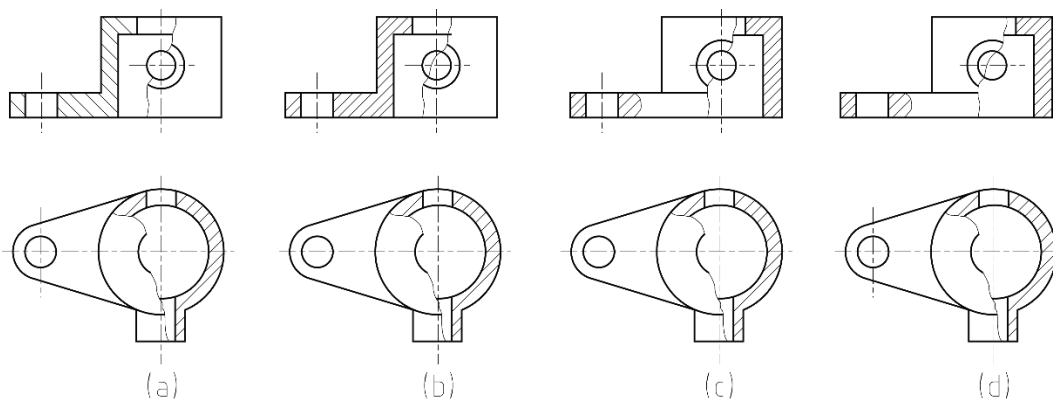
- ① 全剖：用剖切面完全地剖开物体所得的剖视图
- ② 半剖：以对称线为界，一半画视图，一半画剖视，视图部分无需再画出任何内部结构



- ③ 局部剖：用剖切平面局部地剖开物体所得的剖视图
  - 波浪线不能与图上的其它图线重合
  - 波浪线不能穿孔而过 (也就是通孔处不能有波浪线)，也不能超出视图的轮廓线



**例 1** (19-20 秋冬) 对于以下表达，正确的为



**解析** 分析形体可以得到，主视图中的小圆是通孔，是空的，不能有波浪线，因此 B 和 D 错误  
A 中主视图和俯视图剖面线方向不一致，因此错误

**答案** C

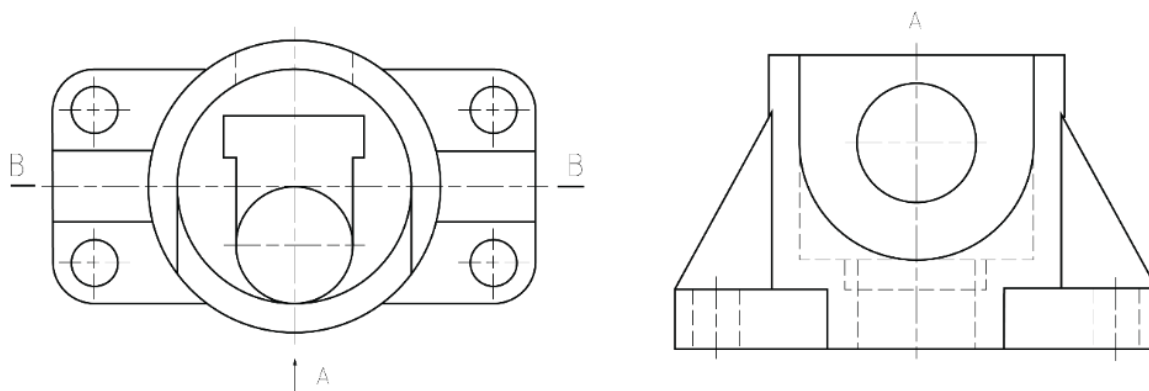
## 3. 剖视图题目的画法

**题型** 已知两个视图，将第三个视图 (或更多) 画成剖视图 (全剖半剖局部剖都可能)

- 画剖视图依然要先根据已知视图分析立体，得到大致结构
  - 然后从剖切面处入手，分析剖切面的形状，最好画出剖切后的立体
- 因为剖视图只画出剖切面以及可见部分，显然的不可见的一些结构就可以不管了

- 画图过程与第 1 讲的视图相同，同样先用较淡的铅笔画辅助线，再用 2B 铅笔画出线条
- 标记剖面时需要由同一剖面产生的斜线的方向要一致，最好看着立体草图标剖面，以防标错

**例 2** (19–20 秋冬) 已知俯视图和 A 向视图，画出半剖主视图和全剖左视图

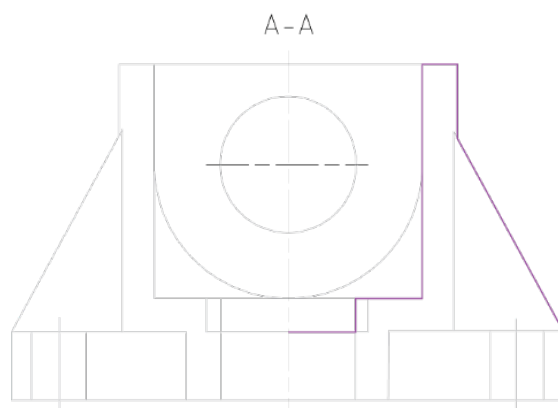


### 解法 ① 形体分析

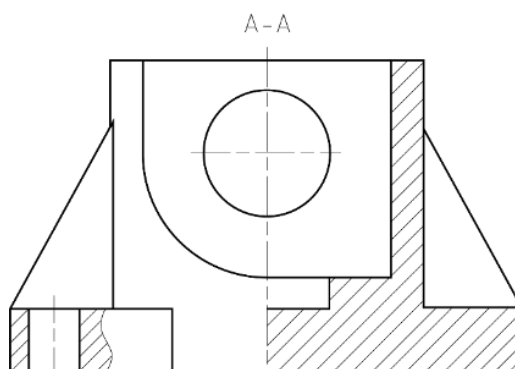
- 基本体为圆柱、圆角矩形底板和三角形肋板
- 圆柱与底板、肋板之间存在相交
- 圆柱上打了多层异形阶梯孔，前后开了圆孔和 U 形槽

### ② 画半剖主视图

- 先照着 A 向视图画出外形，不妨让对称轴右侧剖视
- 从俯视图上分析，沿着剖面线，经过的面分别是



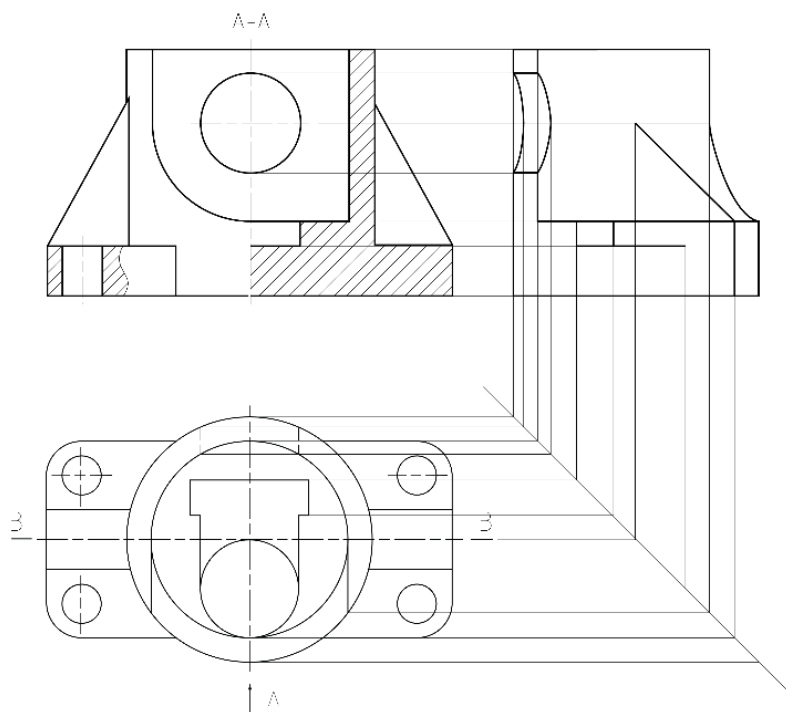
- 但最右侧的三角形是不剖的肋板，因此我们将这部分的高度线降至底板至此确定了剖面，然后画出剖视图，由于半剖无法体现孔，所以考虑用局部剖体现



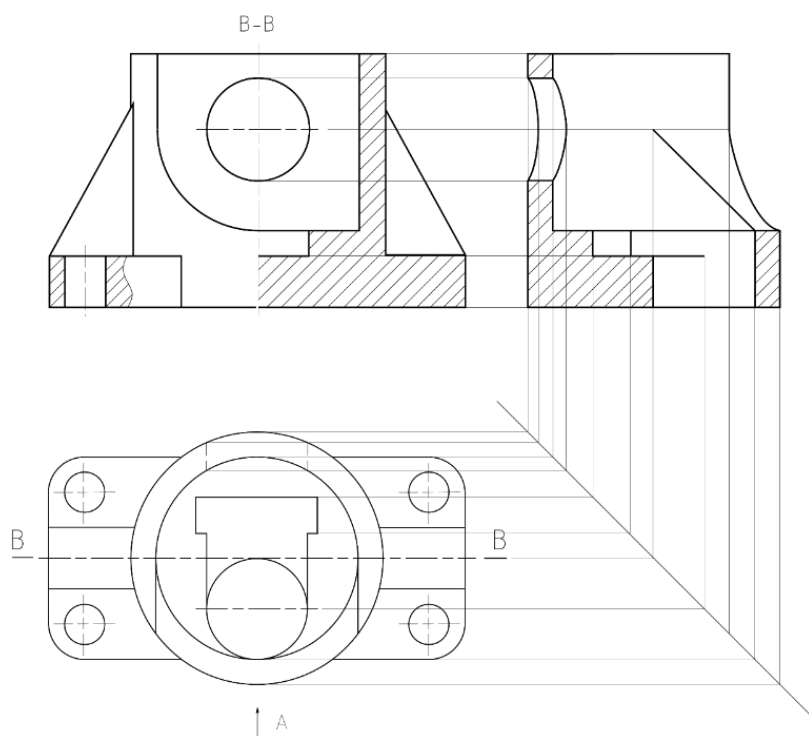
## ② 画全剖左视图

由于剖视只关注剖面及其背后的可视部分，根据俯视图和主视图，如果从左往右看，剖面以右只有圆柱结构是可见的。因此我们完全不需要分析两边底板以及肋板的左视图

· 画出圆柱的左视图，然后根据形体分析在其上画出相关结构：



· 由于剖面在剖切前并不存在，因此剖切前已经存在的面不是剖面，由此也可以判断出剖面



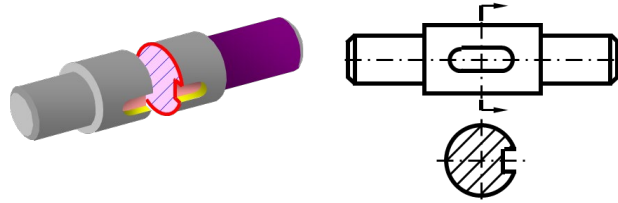
## 二 断面图的绘制

假想用剖切面将物体的某处切断，只画出该剖切面与物体接触部分（剖面区域）的图形，称为断面图

### 1. 断面图的类型

#### ① 移出断面图

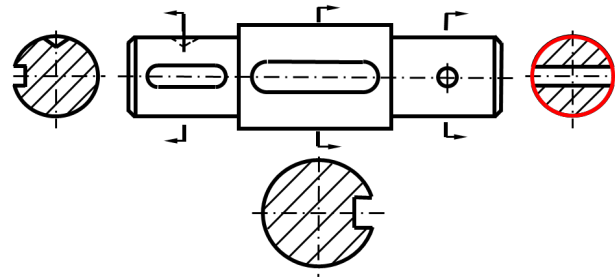
- 画在视图之外，轮廓线用粗实线绘制
- 配置在剖切线的延长线上或其他适当的位置，标注内容与剖视图相同



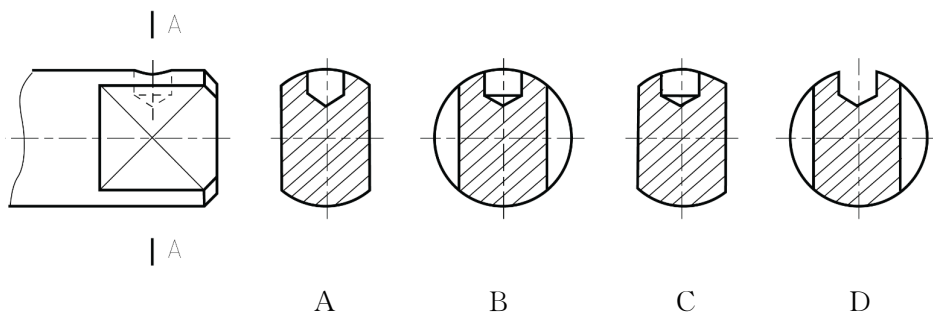
#### ② 重合断面图（略）

### 2. 断面图的注意点

- 剖切平面通过回转面形成的孔或凹坑的轴线时应按剖视画出孔或坑（要画出后面的面）
- 剖切平面通过非圆孔导致出现完全分离的两个断面时，这些结构也应按剖视画



### 例 3 （16-17 秋冬）选择正确的断面图



**解** 题给视图中的×标记说明是平面，两侧的圆弧不应画出，B、D错误  
上方钻了一个锥形孔，应当按剖视画，因此C正确

# 第 3 部分

# 零件的表达

## 第 6 讲 标准件的绘制

工程图学的最终目的是要画出机械部件。机械部件中含有大量的标准件及其相关的结构。这些结构如果要真实地画出，会很复杂、很麻烦。所以人们约定俗成用一套简化的规范画法来表示它们

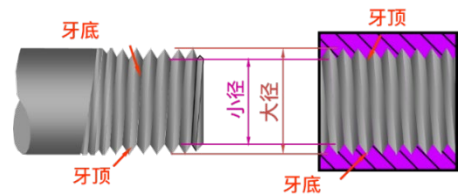
### 一 螺纹与螺纹紧固件

螺纹是某个封闭剖切面沿着圆柱表面的螺旋线移动剖切出来的结构，分为外螺纹和内螺纹  
这一讲只提及与画图有关的知识点，其余知识点见下一讲

#### 1. 螺纹要素

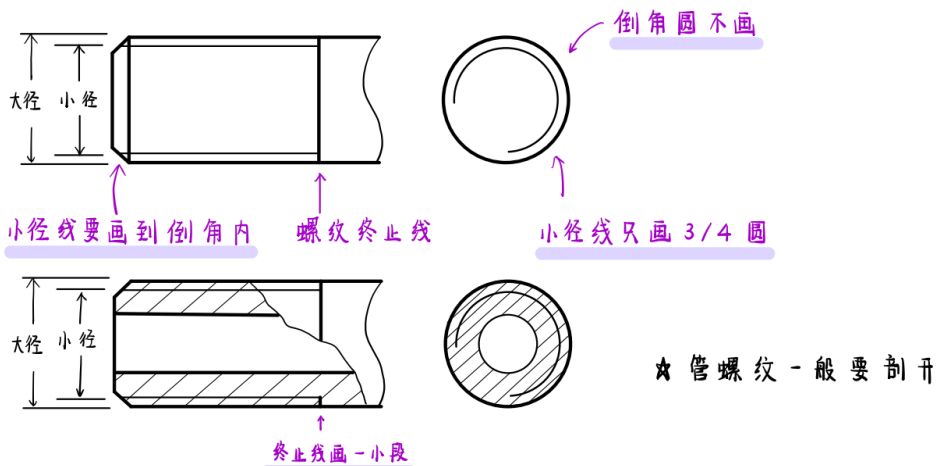
大径 与外螺纹牙顶或内螺纹牙底相切的假想圆柱面的直径

小径 与外螺纹牙底或内螺纹牙顶相切的假想圆柱面的直径

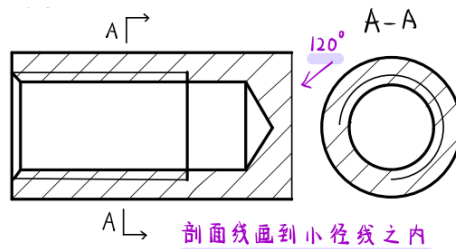


#### 2. 螺纹画法

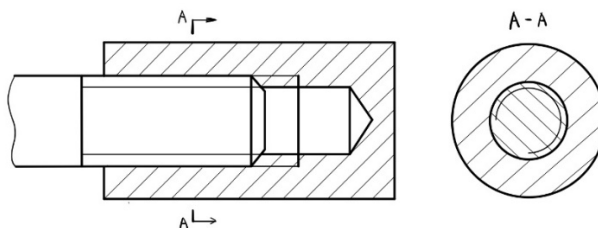
##### ① 外螺纹



##### ② 内螺纹

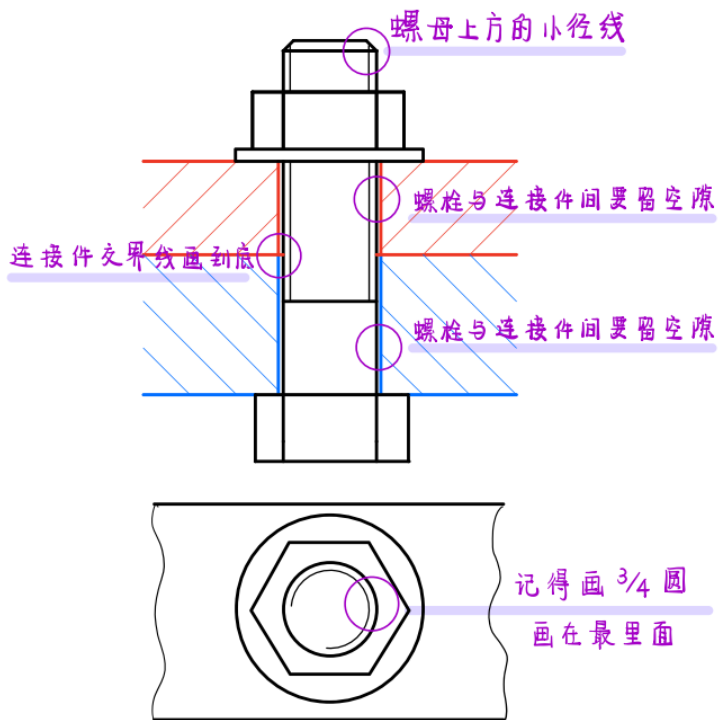
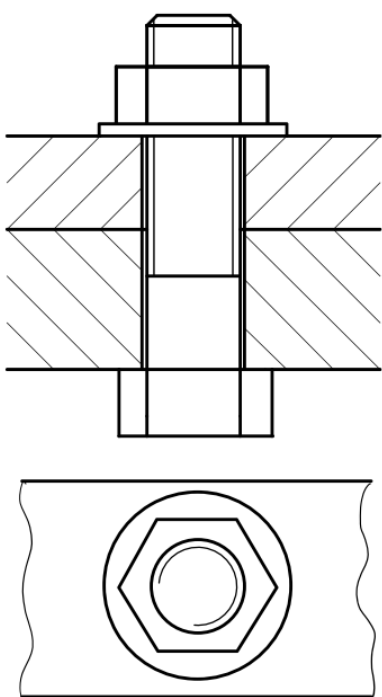


##### ③ 内外螺纹装配

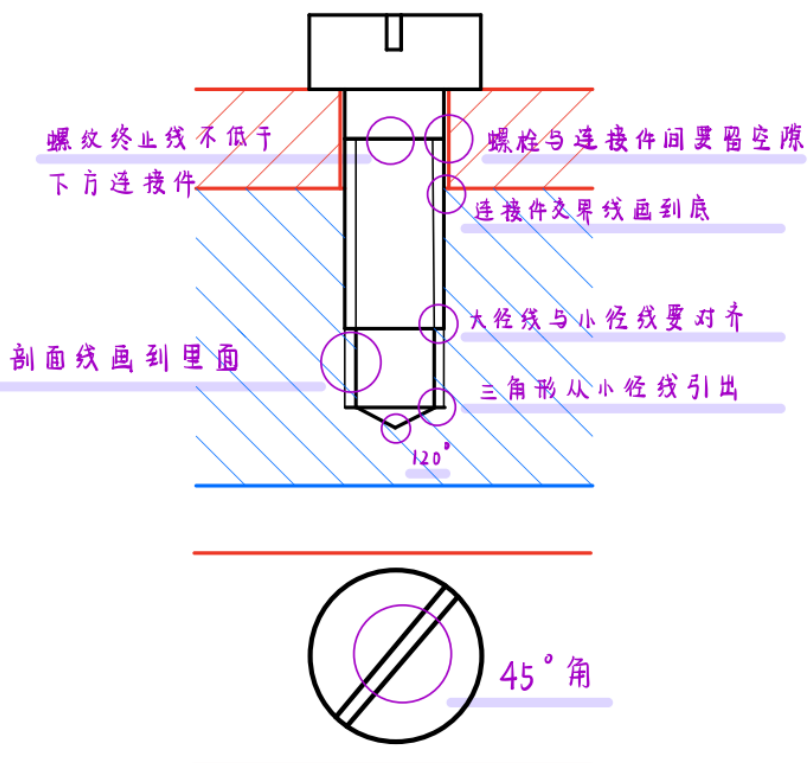
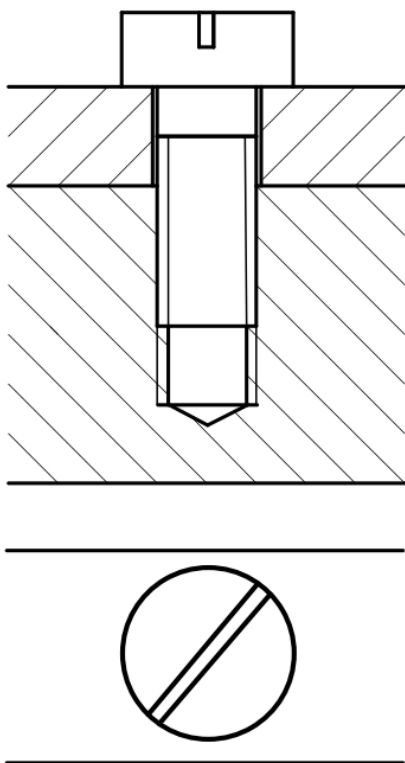


### 3. 螺纹紧固件画法

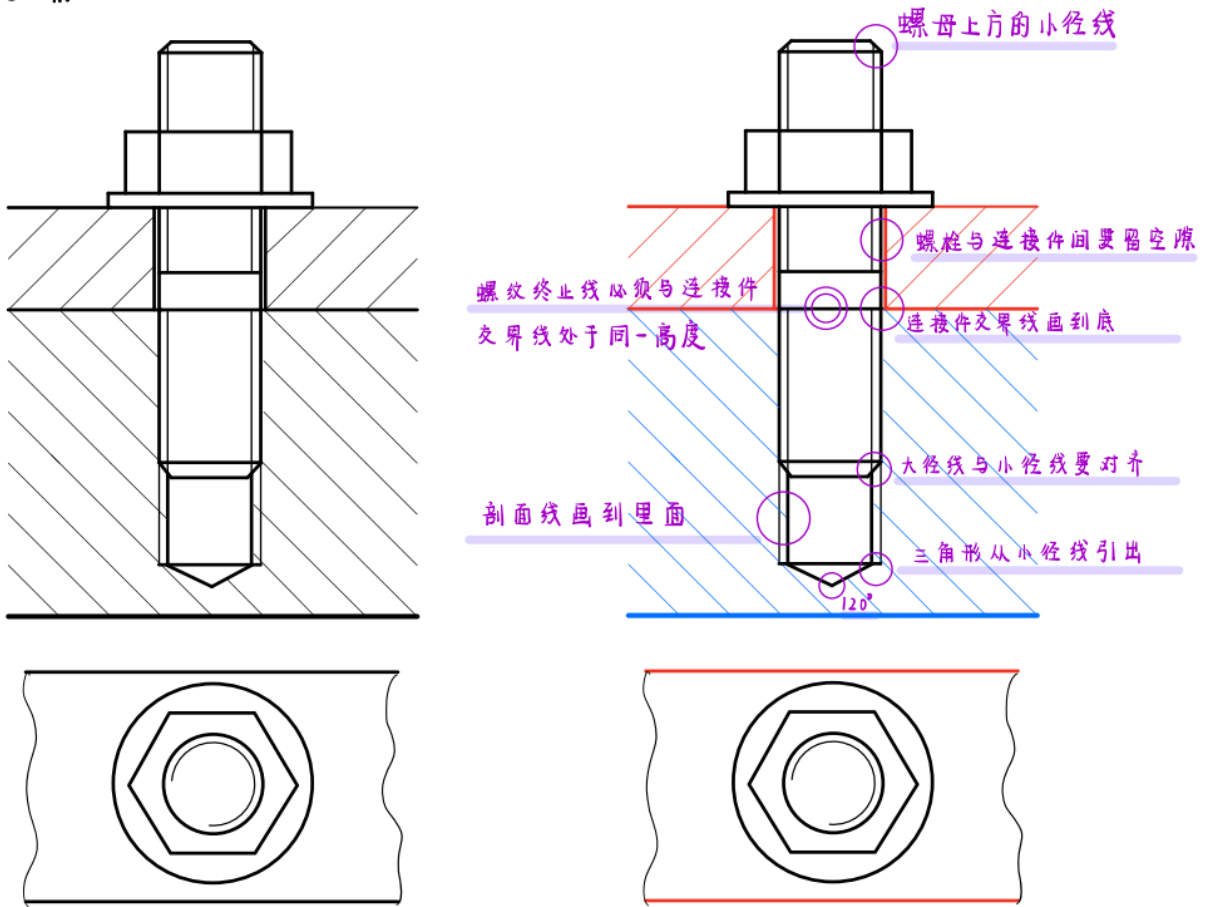
#### ① 螺母 + 垫圈 + 螺栓



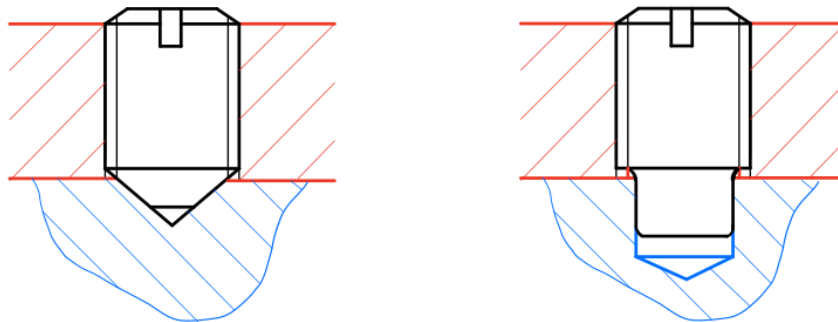
#### ② 螺钉



③ 螺母 + 垫圈 + 螺柱



④ 紧定螺钉



## 二 齿轮

### 1. 齿轮要素

- 齿顶圆 (直径  $d_a$ )、齿根圆 (直径  $d_f$ )、分度圆 (直径  $d$ )

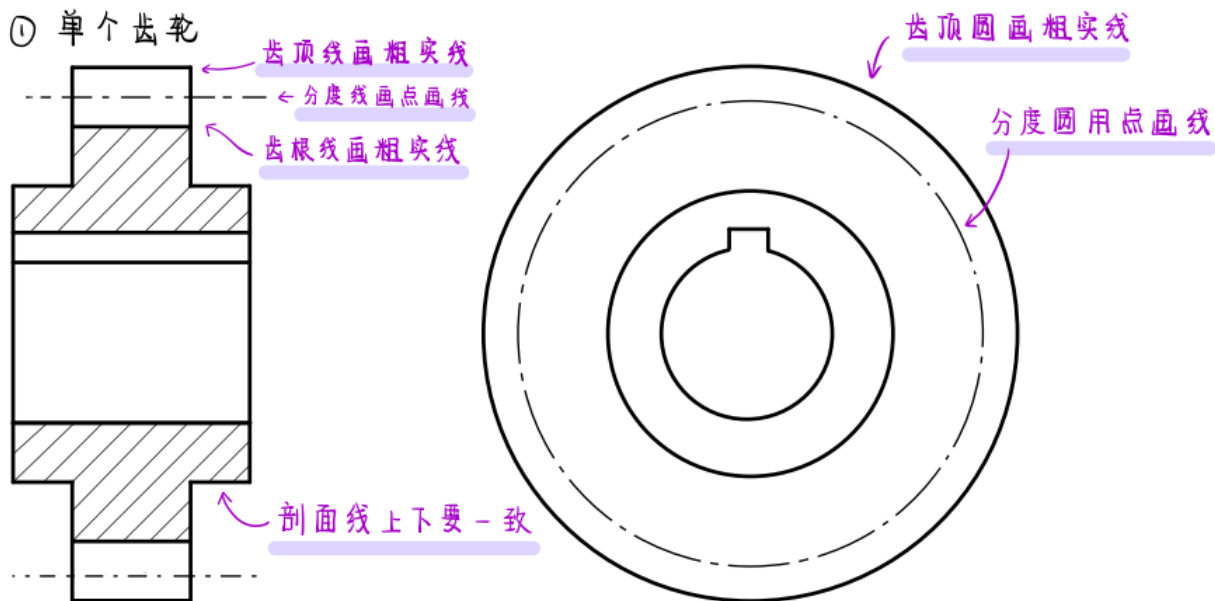
齿数: 齿轮的轮齿总数  $z$       模数: 为了便于计算和标准化提出的参数  $m$

- 模数、齿数与三个直径的关系 (可能会考计算):

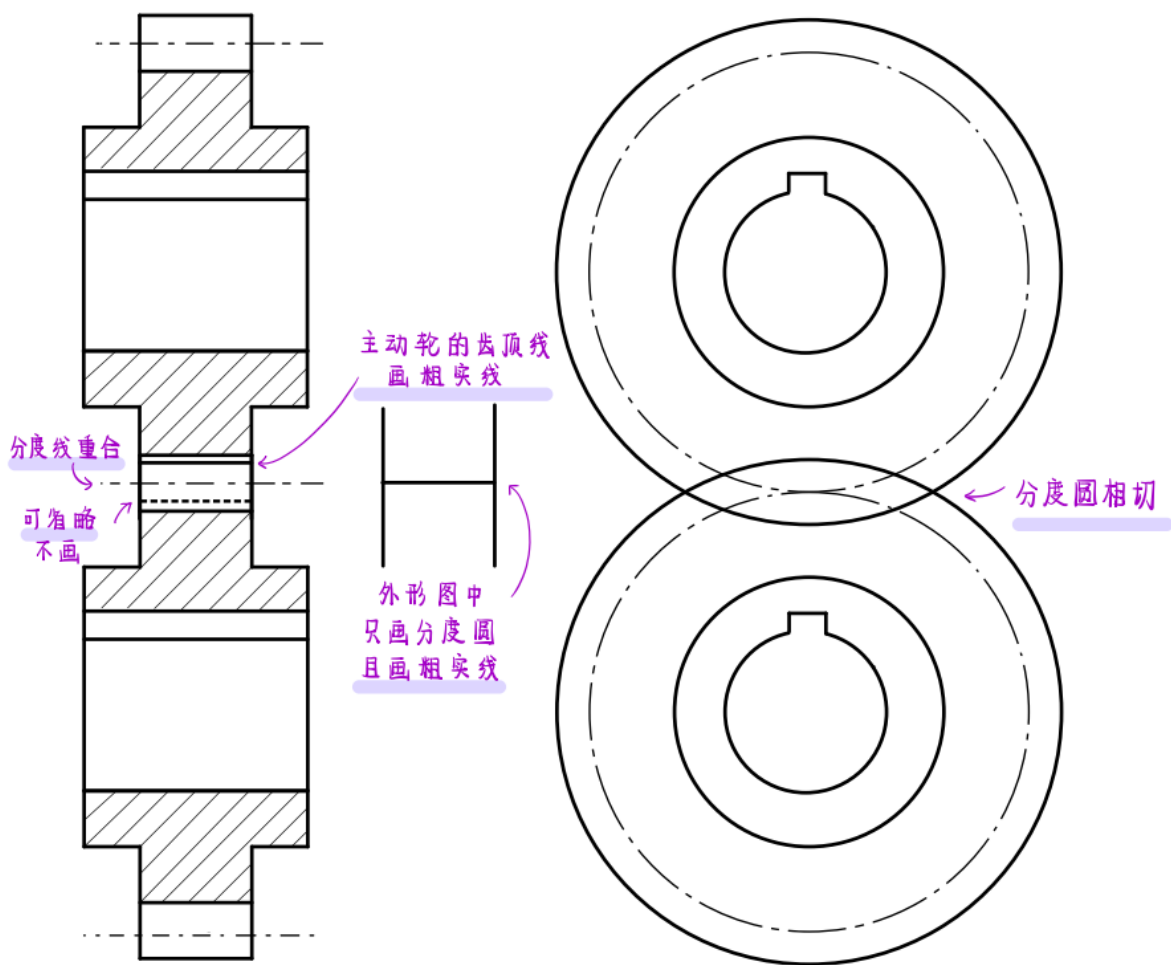
$$d_a = m(z+2) \quad d = mz \quad d_f = m(z-2.5)$$

# 1. 齿轮画法

## ① 单个齿轮

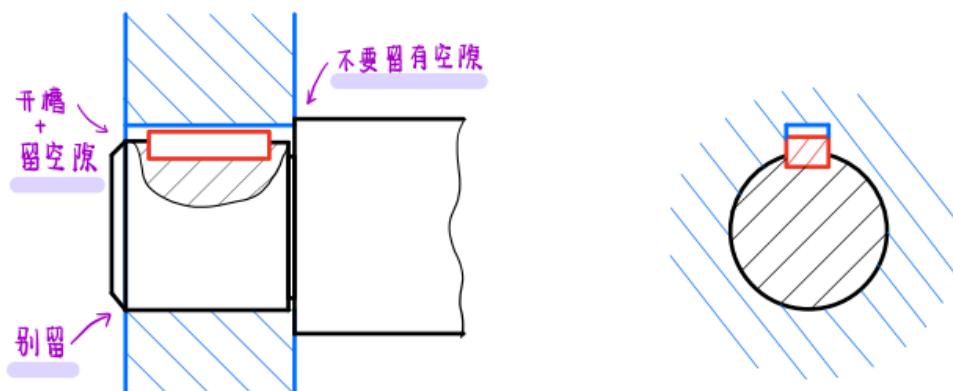


## ② 两个齿轮



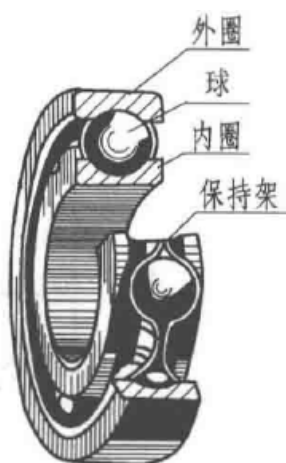
### 三 键、轴、轴承

#### 1. 键、轴装配画法



#### 2. 滚动轴承的画法

- 目前轴承只考过深沟球轴承，所以其它两类轴承就没放上来



深沟球轴承

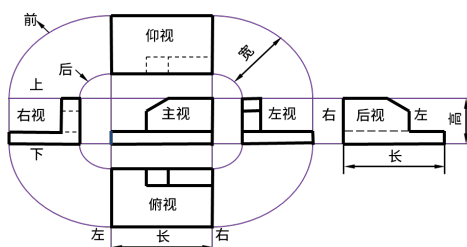
# 第 8 讲 零件图

## 一 机件表达方法拾遗

### 1. 视图

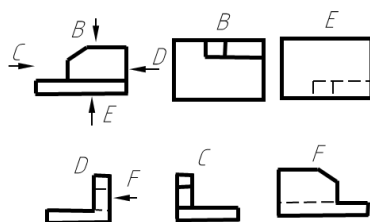
#### ① 基本视图

包括主视图、俯视图、左视图、右视图、仰视图和后视图，每个图都有固定位置



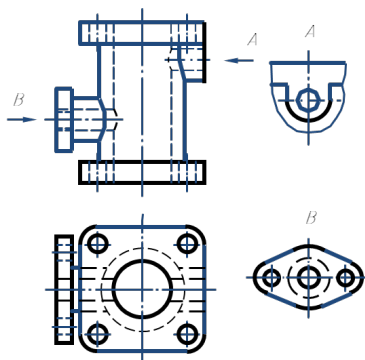
#### ② 向视图

- 可以自由配置位置，在上方标注字母，在相应视图附近用箭头指明投射方向，并标注相同的字母
- 表示投射方向的箭头尽可能配置在主视图上，只是表示后视投射方向的箭头才配置在其它视图上



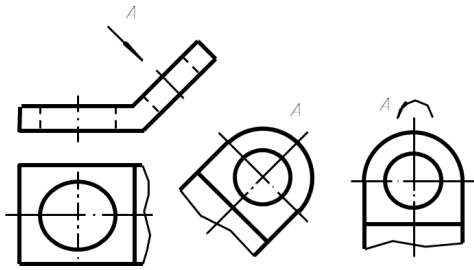
#### ③ 局部视图

- 将物体的某一部分向基本投影面投射所得的视图
- 局部视图的范围用波浪线表示，当表示的局部结构是完整的且外轮廓封闭时，波浪线可省略



#### ④ 斜视图

- 物体向不平行于基本投影面的平面投射所得的视图
- 斜视图的断裂边界用波浪线或双折线表示
- 斜视图通常按投射方向配置和标注，允许将斜视图旋转配置，但需在斜视图上方注明

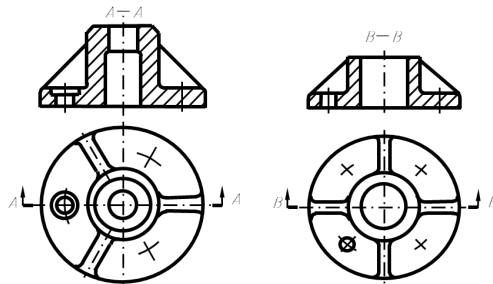


## 二 简化画法与工艺结构

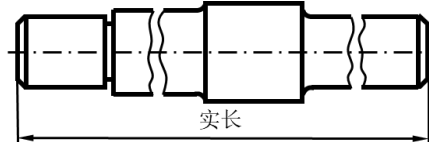
### 1. 常见简化画法

#### ① 均匀分布的肋板及孔的画法

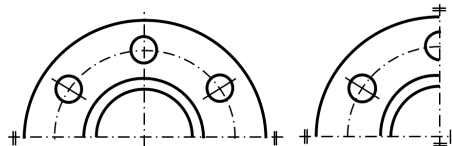
- 肋不对称画成对称 & 孔未剖到画成剖到
- 若干直径相同且成规律分布的孔，可以仅画出一个或几个，其余只需用细点画线表示其中心位置



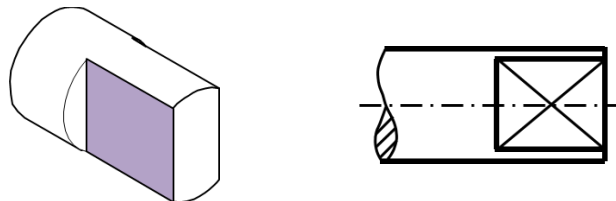
#### ② 轴、杆类较长的机件，当沿长度方向形状相同或按一定规律变化时，允许断开画出



#### ③ 不致引起误解时，对称图形只画一半或 1/4，并在对称中心线的两端画出两条与其垂直的平行细实线



#### ④ 当回转体机件上的平面在图形中不能充分表达时，可用相交的两条细实线表示

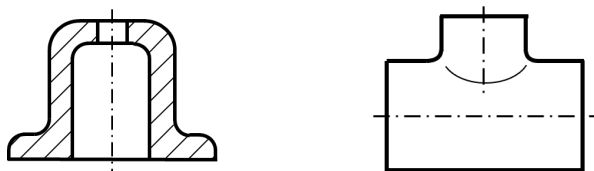


## 2. 常见铸造工艺结构

铸造是将高温液体金属浇铸到与零件形状相适应的铸造空腔中（由型砂等材料捏出来的），待其冷却凝固后，以获得零件或毛坯的方法。为了制造出高质量的铸造零件，设计零件要考虑到相关的工艺

### ① 铸造圆角

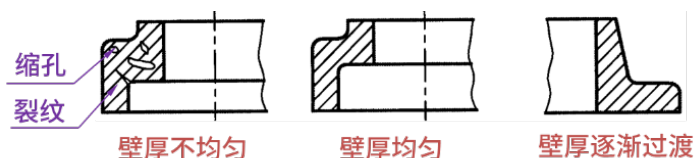
- 铸件表面相交处应有圆角，以免铸件冷却时产生缩孔或裂纹，同时防止脱模时砂型落砂
- 铸造圆角的存在使得铸件表面的相贯线变得不明显，为了区分不同表面，以过渡线的形式画出



### ② 拔模斜度

铸件在内外壁沿起模方向应有斜度，称为拔模斜度，斜度较大时，应在图中表示出来，否则不予表示

### ③ 壁厚均匀

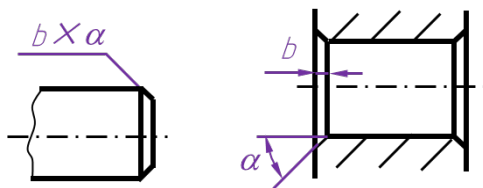


## 3. 常见机械加工工艺结构

机械加工主要为切削加工，也就是用车床的刀削去金属件形成零件形状

### ① 倒角

- 作用：便于装配和操作安全。通常在轴及孔端部倒角



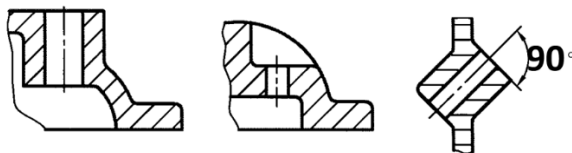
### ② 退刀槽和砂轮越程槽

作用：便于退刀和零件轴向定位（圆柱阶梯那一小段是触碰不到砂轮的，因此需要开槽把这段去掉）



### ③ 钻孔端面

钻头轴线尽量垂直于被钻孔的端面，避免钻孔偏斜和钻头折断



#### ④ 凸台和凹坑

作用：减少机械加工量及保证两表面接触良好

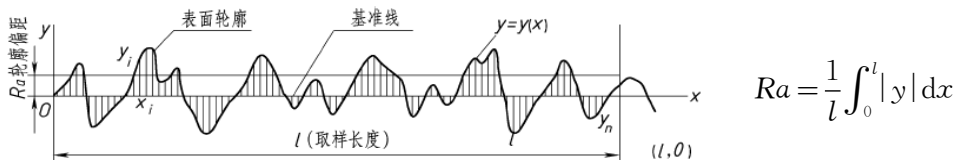
解读：例如钻孔需要钻孔面精度较高，就会绕着孔加工出一个台面，只对这个台面精加工  
底座与下方机件的接触面设置凹槽也是同样的道理

### 三 表面粗糙度

实际零件的表面不可能是绝对光滑的，我们对表面的粗糙程度也会有要求

#### 1. 表面粗糙度的表征

$Ra$  的定义：在取样长度  $l$  范围内，被测轮廓上各点至基准线的距离  $y_i$  的算术平均值



$Ra$  数值越小，零件表面越平整光滑，反之零件表面越粗糙

#### 2. 表面粗糙度的标注

· 图形符号代表表面的获得方法，横线上标注相关参数，符号的下端接触该表面的积聚线

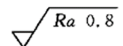


表 7-7 表面结构的图形符号及意义

图形符号	意义
	基本图形符号，表示表面可用任何方法获得。当不加注粗糙度参数值或有关说明，仅适用于简化代号标注
	扩展图形符号，表示表面是用去除材料的方法获得，如车、铣、钻、磨、剪切、抛光、腐蚀、电火花加工、气割等
	扩展图形符号，表示表面是用不去除材料的方法获得，如铸、锻造、冲压、热轧、冷轧、粉末冶金等；或者是保持上道工序的状况或原供应状况
	完整图形符号，在上述三个符号的长边上均可加一横线，用于标注相关参数和说明
	相同要求图形符号，上述三个符号的长边上均可加一小圆，表示所有表面具有相同的粗糙度

## 四 零件的标注与公差

### 1. 螺纹的标注

- 中径：一个假想圆柱的直径。该圆柱的母线通过牙型上沟槽和凸起宽度相等的地方。
  - 线数：沿着形成螺纹的螺旋线数量  $n$ ， $n=1$  叫做单线螺纹， $n \geq 2$  叫做多线螺纹
  - 螺距：螺纹上相邻两牙在中径线上对应两点之间的轴向距离  $P$
- 导程**：同一条螺纹上相邻两牙在中径线上对应两点之间的轴向距离  $P_h$

#### ① 普通螺纹（特征代号：M）

**特征代号** × **公称直径** × **导程(P螺距)** — **公差带代号** — **旋合长度代号** — **旋向**

M20 × 2—5g6g—S—LH

尺寸代号：单线螺纹为“公称直径 x 螺距”（粗牙螺纹不标注螺距）。

    多线螺纹为“公称直径 x  $P_h$  导程 P 螺距”

公差带代号：应按顺序标注中径、顶径公差带代号

#### ② 管螺纹（特征代号：G）

**特征代号** **尺寸代号** — **旋向代号**

尺寸代号与带有外螺纹管子的孔径相同，表示管子孔径，而不是管螺纹的大径。

#### ③ 梯形螺纹（特征代号：Tr）和锯齿形（特征代号：B）

**特征代号** × **公称直径** × **导程(P螺距)** — **公差带代号** — **旋合长度代号** — **旋向**

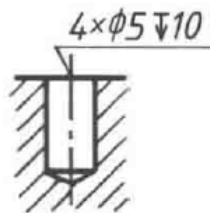
Tr40 × 14(P7)—7H—L

- 单线螺纹只标注螺距
- 公差带代号只标注中径公差带代号

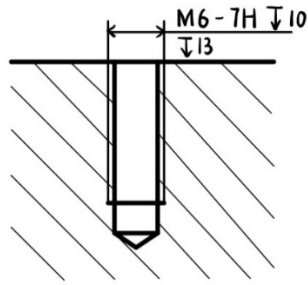
- 旋合长度代号：长（L）    中等：（N/省略）    短（S）
- 旋向代号：右旋（不标）    左旋（LH）

### 2. 孔的标注

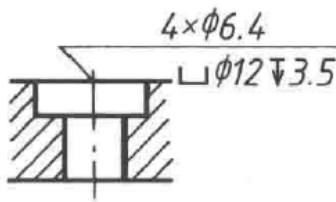
- 在具体工程中，孔还可以分为光孔、螺孔和沉孔
- 光孔就是孔内壁是光滑的，没有任何处理，除了常规标注外，还可以在孔径旁用特殊符号注明深度



- 螺孔是在光孔的基础上攻丝形成的，同样可在螺纹标注旁注明深度，光孔则在尺寸线另一边标注这时要注意，光孔和螺孔的深度存在重合，光孔深度一定不小于螺孔深度



- 沉孔则是先打一个孔径相对较大的浅孔（沉下去了），再继续打正常孔径的孔  
比较常见的是锥形沉孔和柱形沉孔（考试常考），沉孔可以藏匿螺丝头，起到美观的作用  
沉孔的标注是在尺寸线的另一侧标注沉孔符号（柱形沉孔为凹），然后标注沉孔的孔径和深度



### 3. 公差的概念及其标注

由于加工精度存在限制，制造出的零件尺寸不可能与设计完全一致，如果设计师对某个尺寸的精度有要求，ta 就需要在图中指出，久而久之形成了一套标准，这就是公差

#### ① 公差的相关概念

- 公称尺寸：由图样规范确定的理想形状要素的尺寸
- 实际尺寸：零件制成后实际测得的尺寸
- 极限尺寸：允许零件实际尺寸变化的两个界限值，分别称为上极限尺寸和下极限尺寸

- 尺寸偏差：某尺寸减去公称尺寸所得的代数差  

$$\text{上极限偏差} = \text{上极限尺寸} - \text{公称尺寸} \quad \text{代号：孔为 ES 轴为 es}$$

$$\text{下极限偏差} = \text{下极限尺寸} - \text{公称尺寸} \quad \text{代号：孔为 EI 轴为 ei}$$
- 尺寸公差：允许实际尺寸的变动量  

$$\text{公差} = \text{上极限尺寸} - \text{下极限尺寸} = \text{上极限偏差} - \text{下极限偏差}$$
- 公差带：表示公差范围和相对零线位置的一个区域

#### ② 公差带的规定

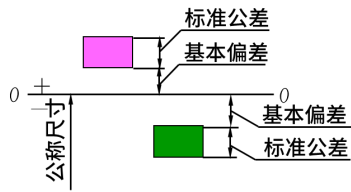
公差带由标准公差和基本偏差两个要素组成：标准公差确定公差带大小，基本偏差确定公差带位置

- 标准公差（IT）的数值由公称尺寸和公差等级确定

公差等级分 20 个等级：IT01、IT0、IT1~IT18，精度依次降低

- 基本偏差：确定公差带相对于零线的位置，一般为靠近零线的那个极限偏差  
代号：孔用大写字母，轴用小写字母表示，各 28 个

基准孔的基本偏差为 H，基准轴的基本偏差为 h

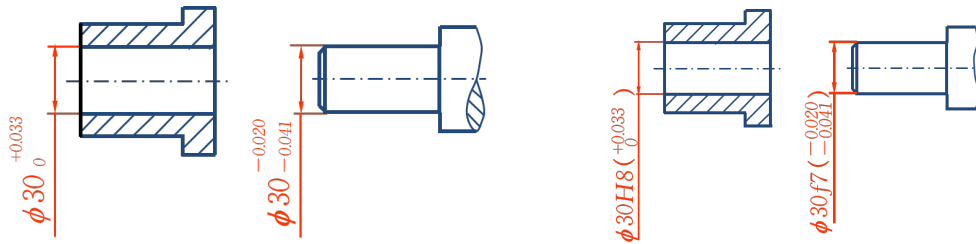


· 公差带代号：由基本偏差代号（如 H、f）和标准公差等级代号（如 8、7）组成

③ 公差在图上的标注

· 在公称尺寸后注出公差带代号

· 注出公称尺寸及上、下偏差值



## 五 零件图综合训练

零件图是用各类图形表达零件形状，并含有尺寸标注、技术要求（包括表面粗糙度等）的图样  
考试会给出完整的零件图，要求同学们阅读零件图，回答相关的问题，并画出指定的视图

### 1. 看图

相比视图题，零件图里的视图更加难读，一方面是视图结构复杂剖视多，一方面是工艺结构导致视图线条的转折都成了圆角，使整个零件更加融为一体，难以拆分为基本体，另一方面是标注密密麻麻加大了读图难度。

因此，在读图时，依然是先看主视图，然后与其它视图对应，分析出它的大致外部结构（就是不考虑细节，考虑是由哪些基本体构成的，然后通过剖视之类的表达分析内部结构。分析时可以随手将圆角画回折角，方便识图。注意一些圆柱、圆孔需要通过标注中的“ $\phi$ ”识别出来

### 2. 视图相关题目

#### ① 说明某个视图的类型，用了什么表达方法

看一下这个视图有什么特点，再联系“一”中的知识点（以及第5讲里的剖视、断面）

#### ② 画图

一般画的是外形图，参考第1讲和第2讲即可

### 3. 标注相关题目

#### ① 在图中标出长宽高三个方向的尺寸基准

结合第3讲标注中的知识点，并观察零件图中各个方向上标注的特点来判断选用的基准

如在某一方向上，若某一个位置是多个标注的界线或对称轴，那么它极有可能是尺寸基准

#### ② 判断某一尺寸标注的是定形尺寸还是定位尺寸

如果该标注能够帮助确定一个形体单元（基本体）的形状，那么它是定形尺寸

如果该标注确定的是一个形体单元（如孔）的位置，那么它是定位尺寸

#### ③ 指出某孔的定位尺寸

在图中找到这个孔，然后找找哪个标注将该孔的轴作为界线

#### ④ 解释螺纹标注的含义

可能是一个个空分别回答，也可能是一长条横线作简答

需要回答出尽可能多的要素：螺纹种类（普通螺纹要答粗牙/细牙）、公称直径、公差带代号、旋合长度以及旋向。注意若是管螺纹，只需回答出后面数字

一定要注意如果标注要素省略了，说明是默认值，也要回答出来！

### 4. 表面粗糙度相关

#### ① 求指定面的表面粗糙度

找到指定的面，然后找这个面上标注的表面粗糙度

#### ② 寻找要求最高、最低的表面粗糙度

要求最高的表面粗糙度找最小的  $Ra$

要求最低的往往是右下角没有数字的那个（也可称毛坯粗糙度），不是数字最大的那个！

回答时记得把那个像根号一样的符号也一起带上

### ③ 解释表面粗糙度标注的含义

“（去除材料/不去除材料/任意）方法获得的表面，R 轮廓， $Ra$  的上限值是  $XX\mu\text{m}$ ，（16%规则）”

## 5. 公差相关问题

### ① 该孔 / 轴能够加工的尺寸范围

找到这个孔/轴的标注，比如  $\Phi 60_{-0.08}^{+0.05}$ ，那么它允许的尺寸范围就是  $59.92 \sim 60.05$  (mm)

### ② 回答相关概念

如上下极限偏差、公差、基本偏差代号等

要记住的是基本偏差 H 对应下极限偏差为 0，h 对应的上极限偏差为 0

## 6. 工艺结构相关

### ① 工艺结构的设计目的

题干一般会直接点出来是什么结构（如果没点就根据图特征推断），根据知识点回答即可

对于零件图识图，最好的方法是训练，请精做历年卷中的题目，认真分析、认真复盘，积累感觉