



清华大学
Tsinghua University



工程图学基础

绪论

几何元素的投影

绪论

1. 课程的学习意义

语言是人们交流思想、传递信息的工具。

声音 文字 图形



自由式滑雪
U型场地技巧
Freestyle
Halfpipe

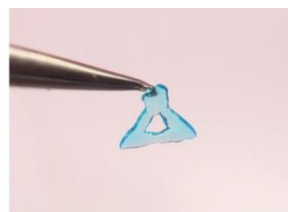


自由式滑雪
大跳台
Freestyle
Big Air



单板滑雪
大跳台
Snowboard
Big Air

现代集成制造技术、扫描技术、建筑学、3D打印
……，都与图形技术有密切的联系。



DNA水凝胶3D打印

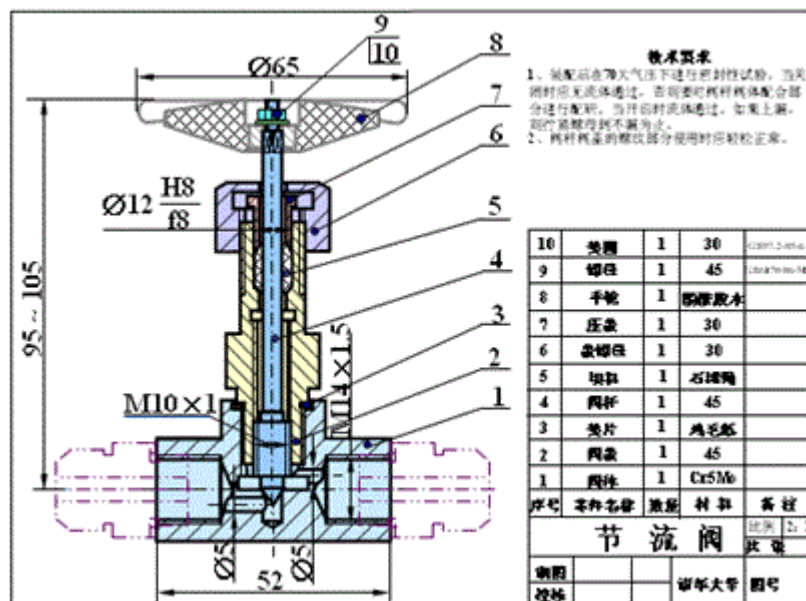
《自然》(Nature)
的研究亮点

产品的诞生过程：绘制**图样**——按**图样**制作——产品

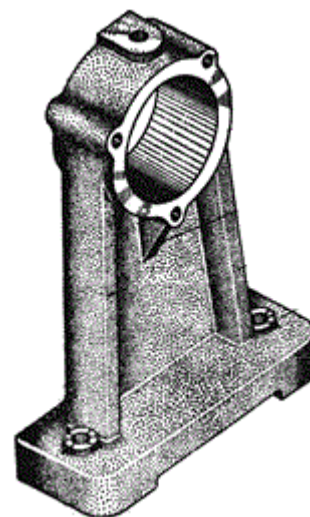
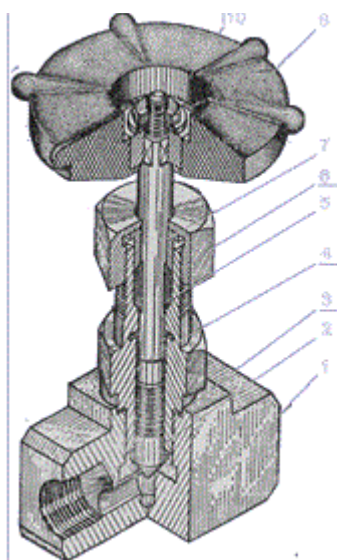
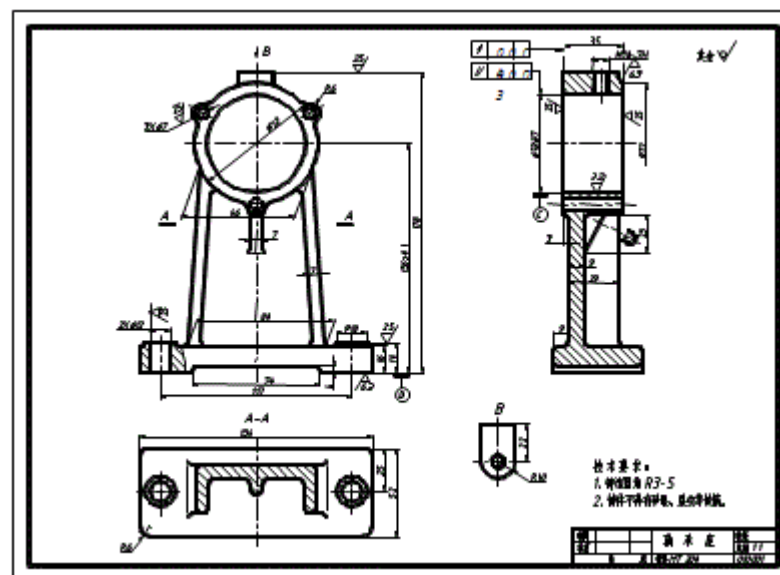
“**工程界的语言**”

表达设计对象的载体
交流设计思想的工具

装配图



零件图



2. 研究对象和研究内容

■ 工程图学

《工程图学》是图形问题求解的一门总体科学。

包括：画法几何 和 工程图

画法几何采用**投影的方法**，将三维立体投射到二维平面上，用几何的方法描述立体的形状及其它属性信息。



蒙若 (G. Monge, 1746—1818)，法国著名的数学家、教育家，被称为“画法几何之父”。

中国（北宋，公元1100，李诫，《营造法式》）

世界上最早的一部建筑规范巨著

34 卷：建筑技术、用工用料估算以及装修。

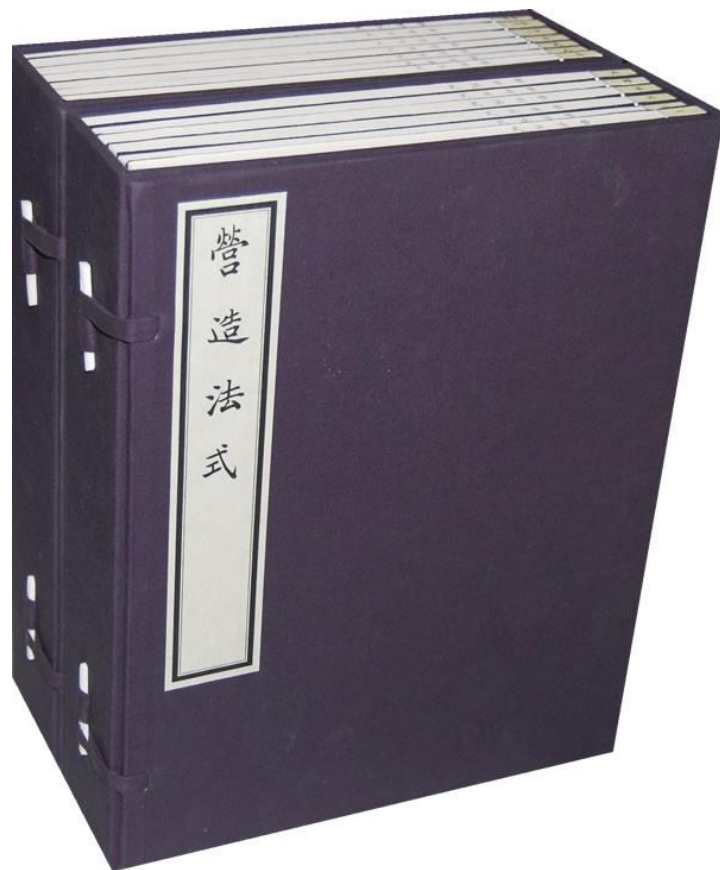
6卷：一千余幅图。

“**图样**”——名称起源。

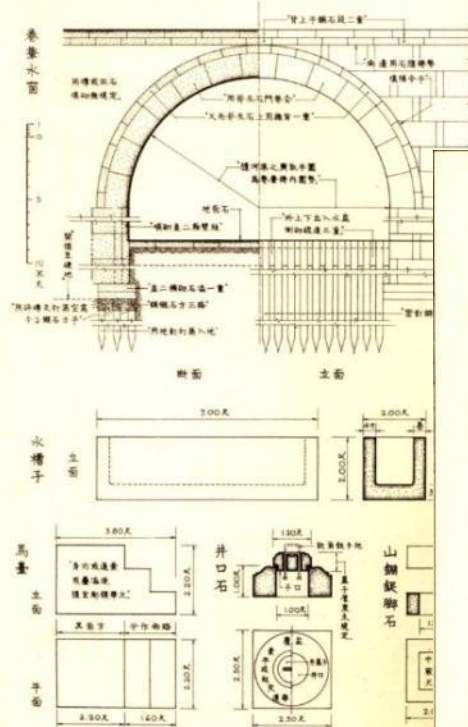
包括宫殿房屋的

- 平面图
- 立面图
- 剖面图
- 详图
- 构件图

各种投影法。

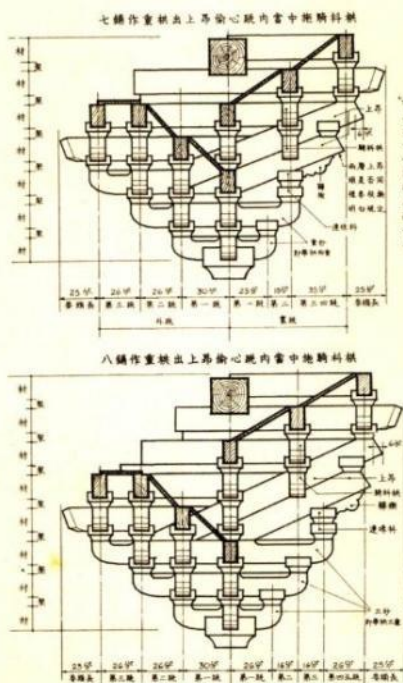


石作制度圖樣五



大木作制度圖樣九

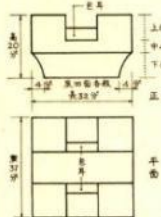
上昂出跳分數之二



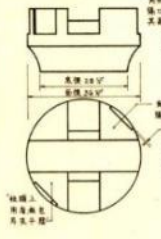
大木作制度圖樣三

造料之制有四

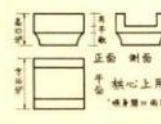
一曰橫料



角柱上圓欄料



三曰齊心料

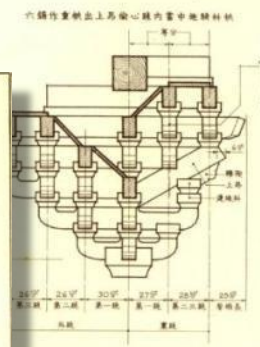
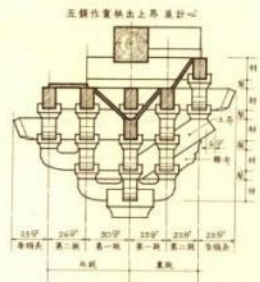


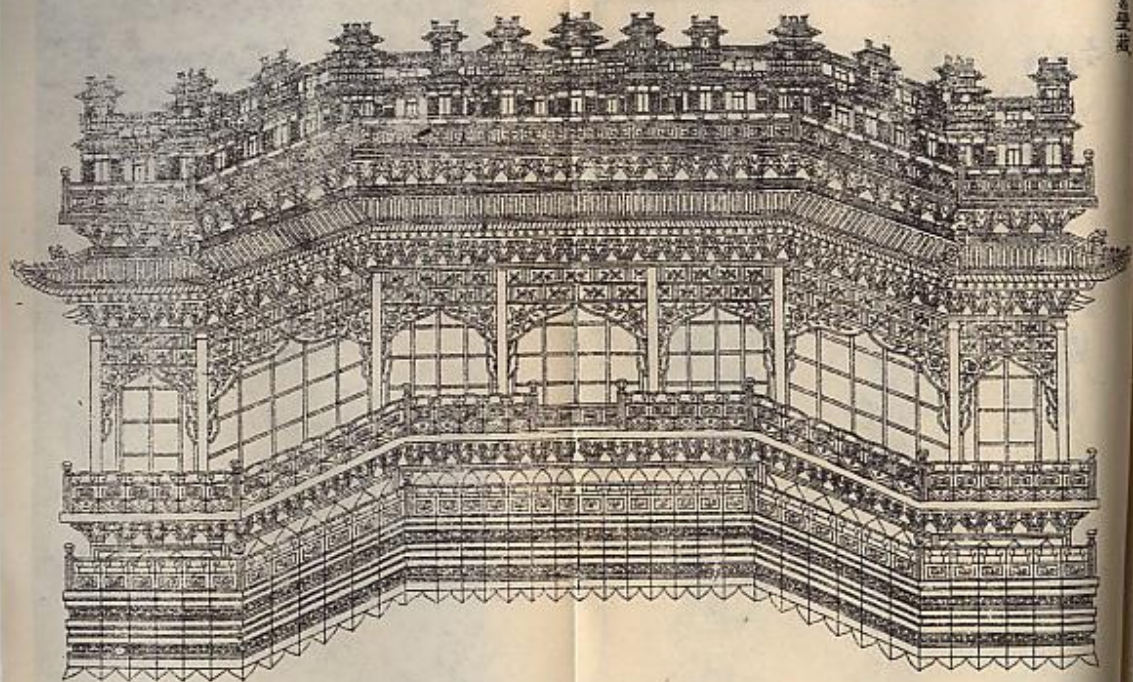
四曰散料



大木作制度圖樣八

上昂出跳分數之一



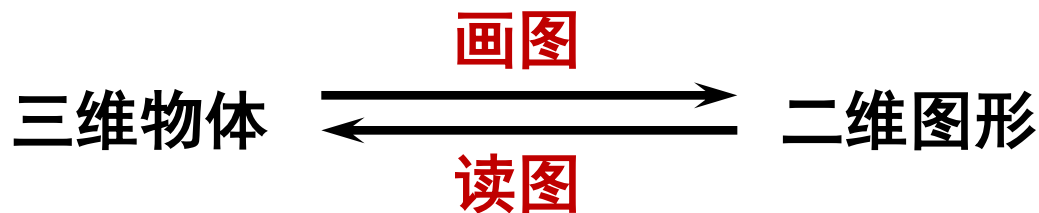


天宮壁畫

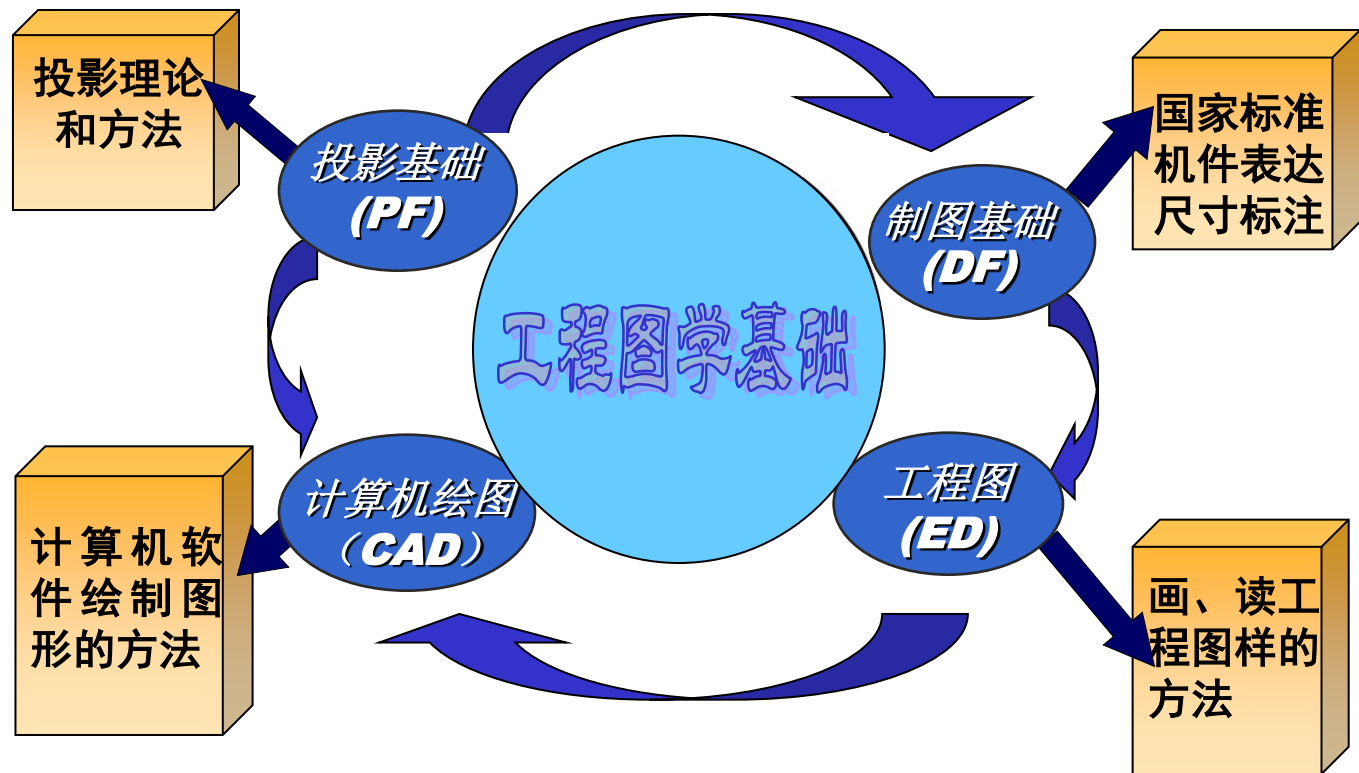


轉輪蓮殿

■ 研究对象 3D与2D间的转换规律



■ 研究内容:



3. 课程的性质与学习目标

■ 课程性质

技术基础课

工具课

■ 学习目标

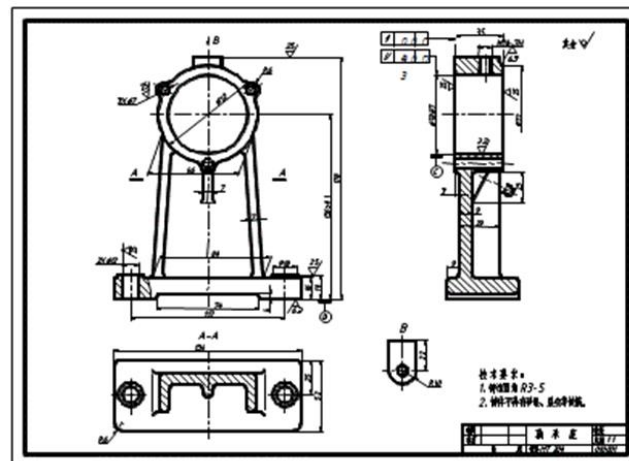
掌握投影法的基本理论和作图方法

培养以图形为基础的空间想象形象思维能力

培养阅读和绘制简单工程图样的基本能力

初步掌握尺规/徒手绘图和计算机绘图的基本技能

培养严谨细致的工作作风和工程素质



4. 学习方法

■ 一个中心

2D与3D的转换规律

投影分析与空间想象相结合

■ 两个基本点

基本概念

基本方法：投影分析方法

■ 三个要求

(听、做、看)

听课（要求、概念、基本方法）

练习（多思考、多动手）

观察（多看模型，2d图与3d模型对照）

5. 教学安排

■ 教学学时： ■ 总学时： 32

■ 学习成绩评定：

平时： 35%

习题集小作业15%

计算机绘图CAD+CAD创意表达： 5%+5%

零件图综合训练大作业： 5%

其它训练/表现： 5%

考试： 65%

■ 教学进度安排

1. 绪论；点的投影；直线的投影；两直线相对位置
2. 平面的投影；线面和面面相对位置
3. 基本体投影
4. 截切
5. 相贯
6. 组合体
7. AutoCAD 2022
8. 轴测图
9. 机件的表达方法一
10. Solidworks 2021
11. 机件的表达方法二；尺寸标注
12. 螺纹结构表达
13. 零件图
14. 装配图简介
15. 复习总结

■ 学习资源

- ✓ 课件、习题答案、电子模型、上机文件。。——网络学堂
- ✓ 答疑（课程模型室：**实物模型**）李老师
（地点：新水313周一至周五下午1:30—16:00）
- ✓ **答疑**：微信、电话、新水313 **周三下午3:30——4:30**）
- ✓ 学堂在线（MOCC）——工程制图
- ✓ 雨课堂…

■ 教材与教辅

- 《工程制图》田凌、黄利平、杨小庆主编，电子工业出版社，2012年6月第一版
- 《工程制图习题集》田凌、许纪旻主编，电子工业出版社，2012年6月第一版
- 补充习题
- 《AutoCAD 上机指导书》
- 《Solidworks 上机指导书》
- 《机械制图习题集》（非机类）杨惠英等主编，清华大学出版社，第2/3版

■ 绘图工具（自备） 作业全部用铅笔完成！！

■ 透明三角板一对（45° 和30° 各1）（必备）

■ 圆规一个（必备），分规一个（可选）；

■ 铅笔2支：画细线（H or HB）；画粗线（HB 或 B/2B）

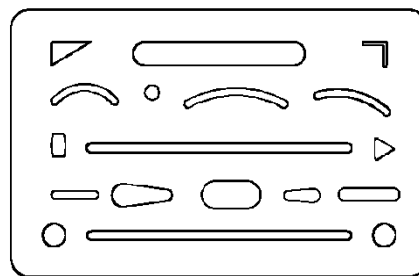
■ 其它：橡皮、模板或擦图片（可选）。。。



活动铅笔：

画细线：用0.38或0.5；

画粗线：2B考试用笔（涂题卡用的），
矩形截面铅芯



擦图片(塑料/不锈钢)

模板(塑料)

6. 制图基本知识——制图国家标准简介

■ 字体 汉字用长仿宋体书写

字号：字高 h ，如3.5，5mm（字宽 $=h/\sqrt{2}$ ）

字体工整 笔画清楚 间隔均匀 排列整齐

横平竖直 注意起落 结构均匀 填满方格

I II III IV V VI VII VIII IX X

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

A B C D E F G H I J K L M N O P



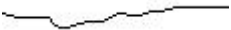
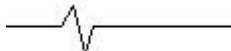



Q R S T U V W X Y Z Ø

a b c d e f g h i j k l m n o p q

r s t u v w x y z a' b''

第一章1/2/3节
自学

■ 线型及应用

图线名称	图线型式	图线宽度	一般应用
粗实线		d	可见轮廓线
细实线		0.5d	尺寸线及尺寸界线、剖面线、 螺纹的牙底线、引出线、 辅助线、可见过渡线……
波浪线		0.5d	断裂处的边界线……
双折线		0.5d	断裂处的边界线……
虚线		0.5d	不可见轮廓线、不可见过渡线……
点画线		0.5d	轴线、对称中心线、轨迹线……
双点画线		0.5d	极限位置的轮廓线、假想投影 轮廓线、中断线……

几何元素的投影

(一) 投影的概念及分类

- 投影的概念

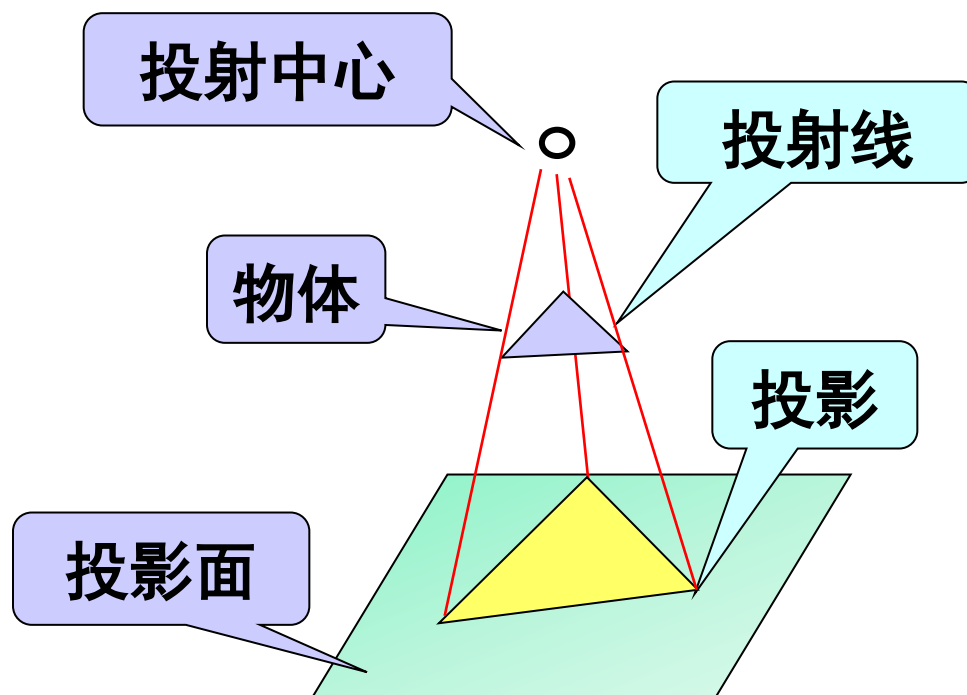
- 投影的分类

(二) 点的投影

(三) 直线的投影

投影的概念

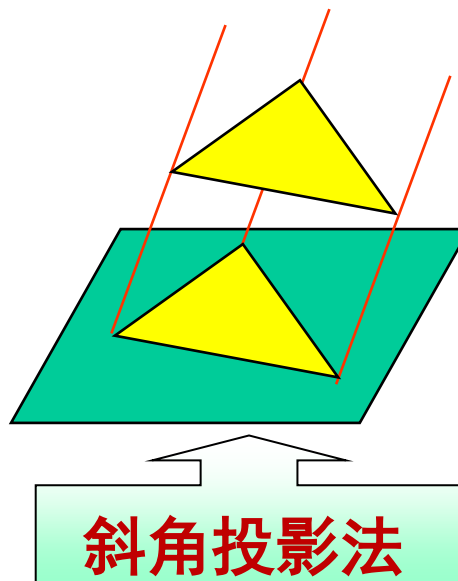
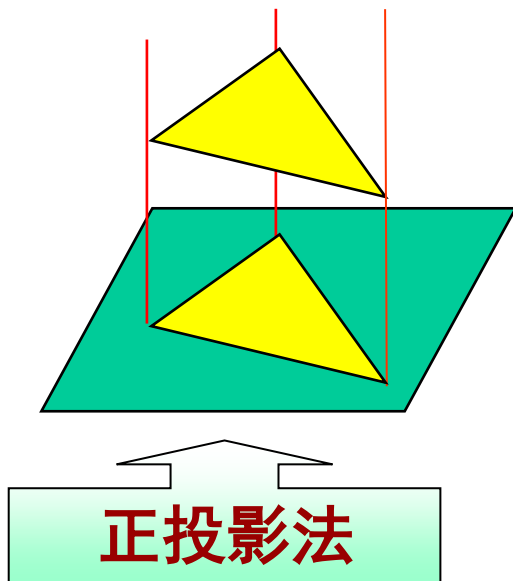
中心投影法



投影特性

投射中心、物体、投影面三者之间的相对距离对投影的大小有影响。

平行投影法



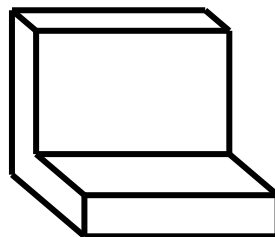
投影特性

投影大小与物体和投影面之间的距离无关。

投影的分类

投影方法

中心投影法

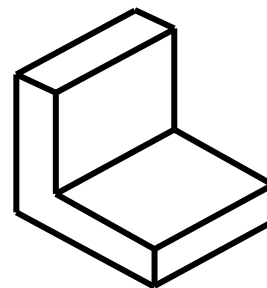
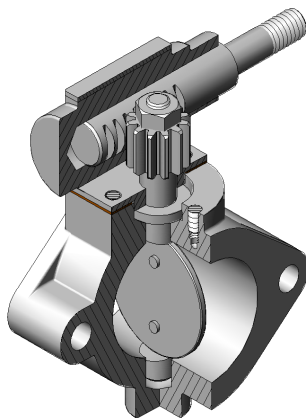


平行投影法

斜角投影法

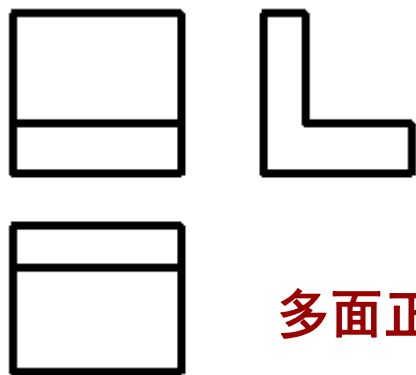
斜二等轴测图

正投影法



正等轴测图

多面正投影图



几何元素的投影

(一) 投影的概念及分类

(二) 点的投影



点的投影特性



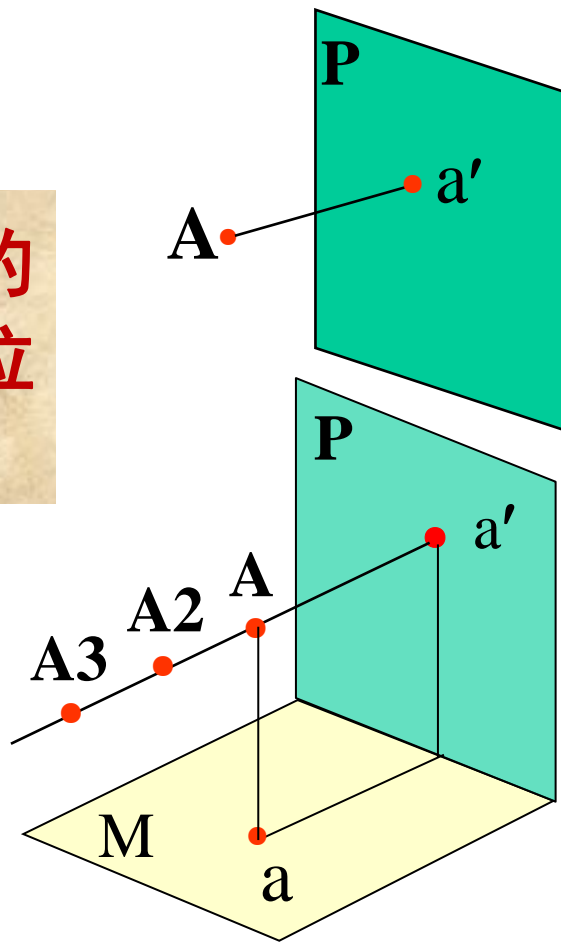
两点的相对位置

(三) 直线的投影

一、点在一个投影面上的投影

点在一个投影面上的投影不能确定点的空间位置。

采用多面投影。



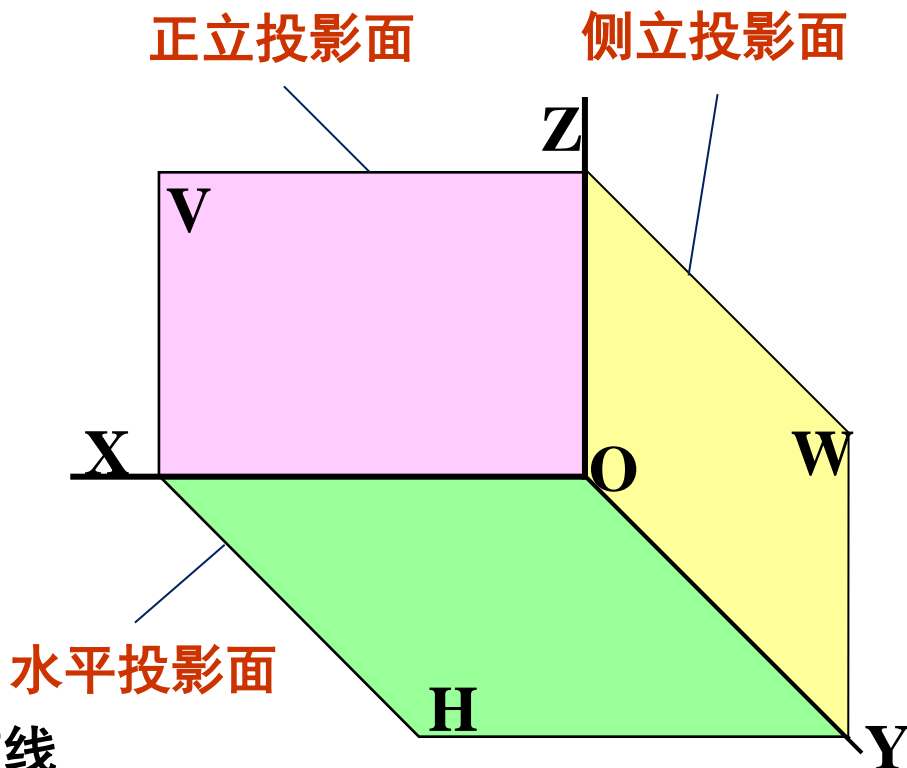
投影面体系的建立

投影面

- ◆正立投影面
(简称**正面**或**V面**)
- ◆水平投影面
(简称**水平面**或**H面**)
- ◆侧立投影面
(简称**侧面**或**W面**)

投影轴

- OX轴 V面与H面的交线
- OY轴 H面与W面的交线
- OZ轴 V面与W面的交线



三投影面体系直观图

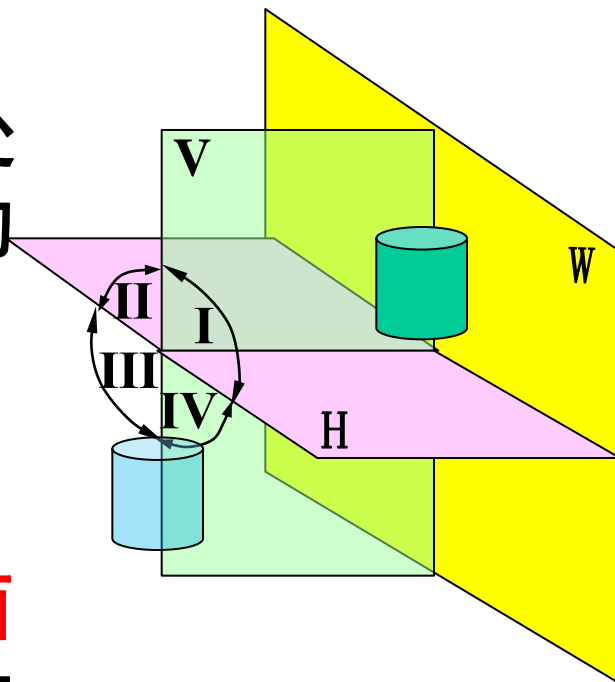
将物体放在第一角，使**物体**处在**观察者**和**投影面**之间进行投射的方法。

——**第一角投影法**

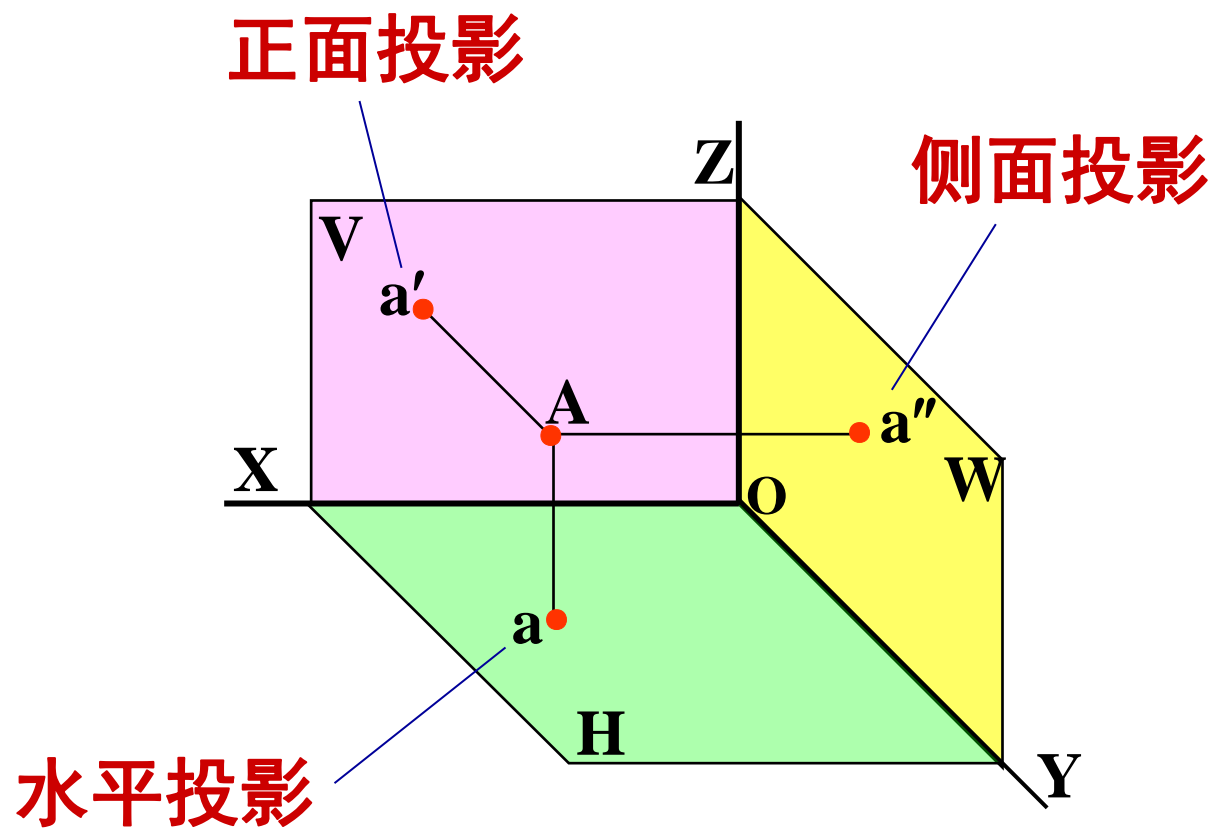
将物体放在第三角，使**投影面**处在**观察者**和**物体**之间进行投射的方法。

——**第三角投影法**

国家标准规定按照第一角投影法。

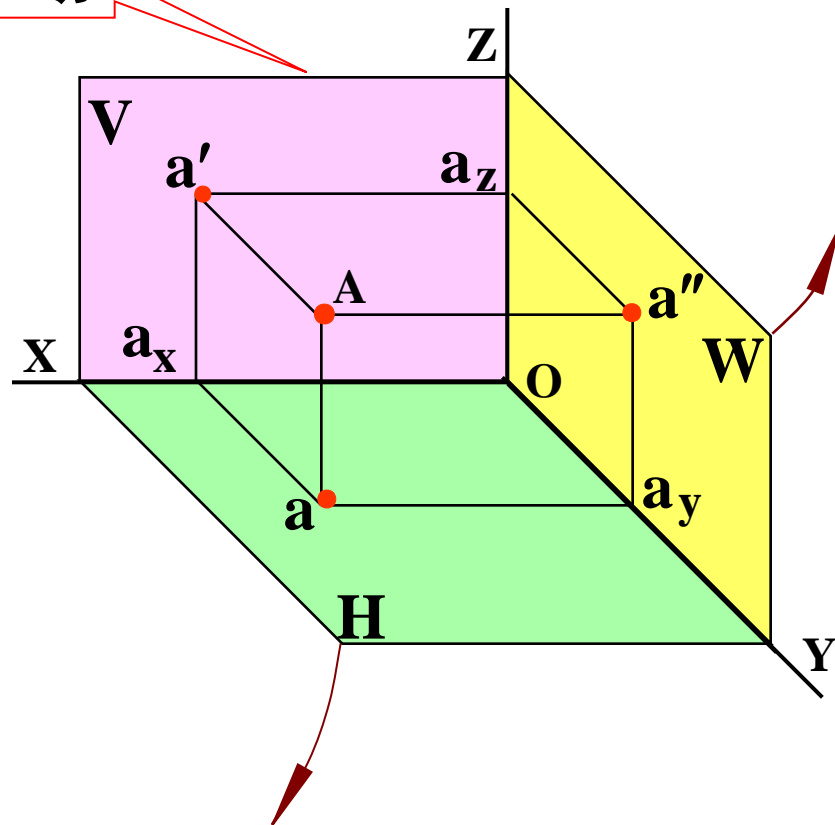
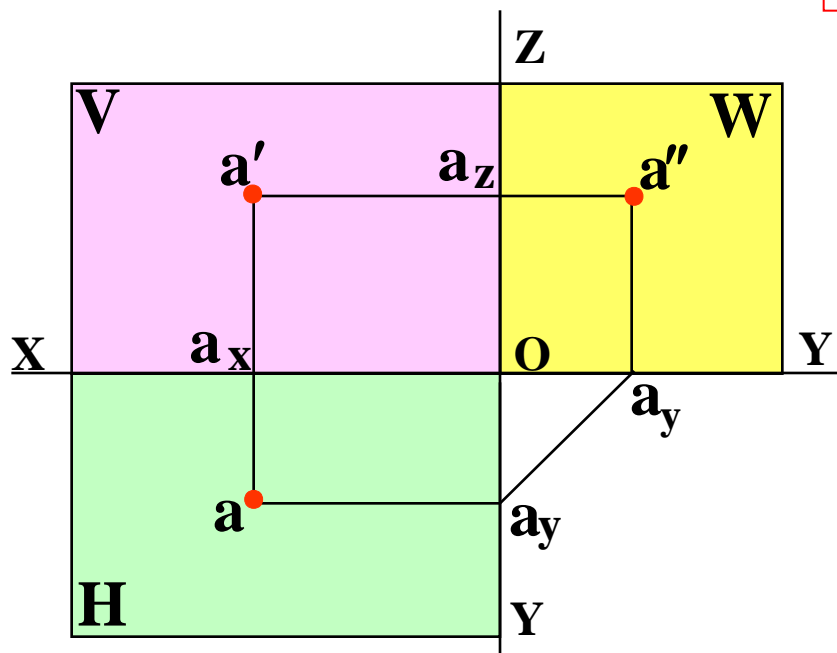


二、点的三面投影

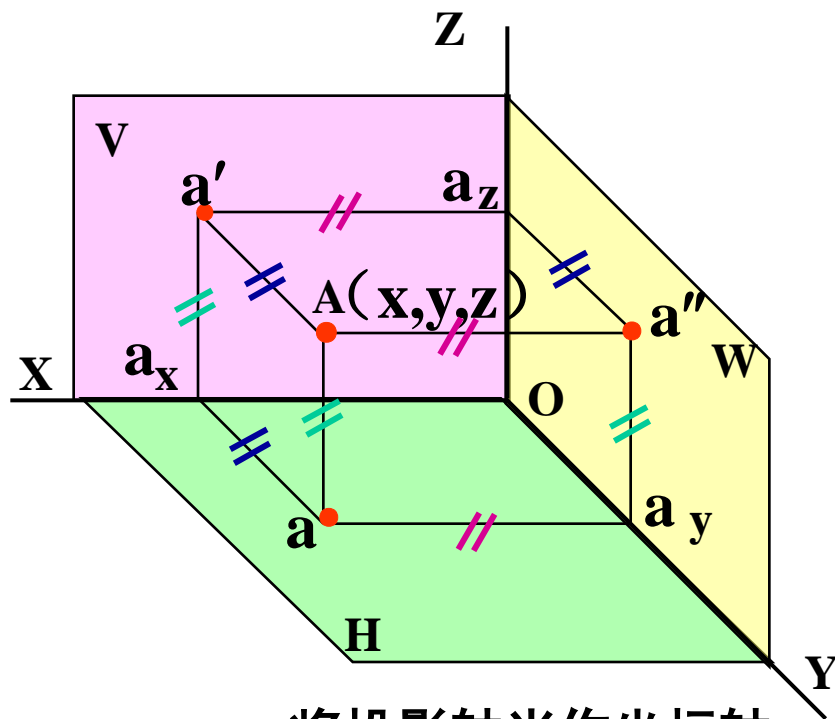
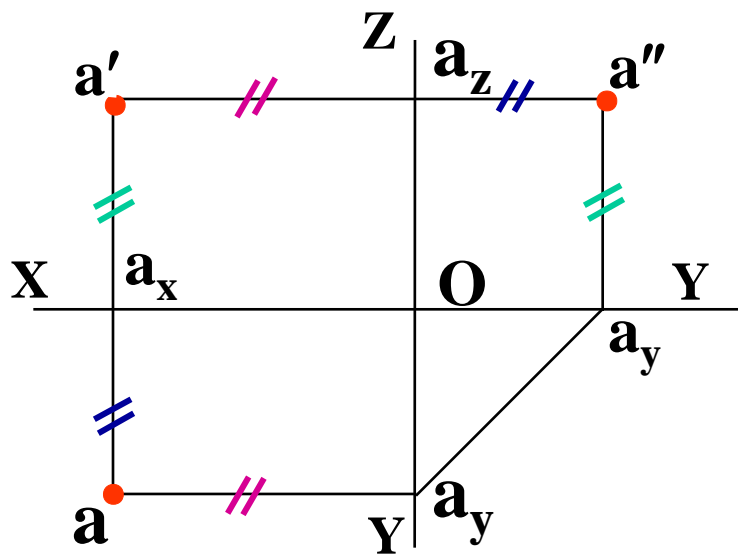


投影面展开

不动



点的投影规律

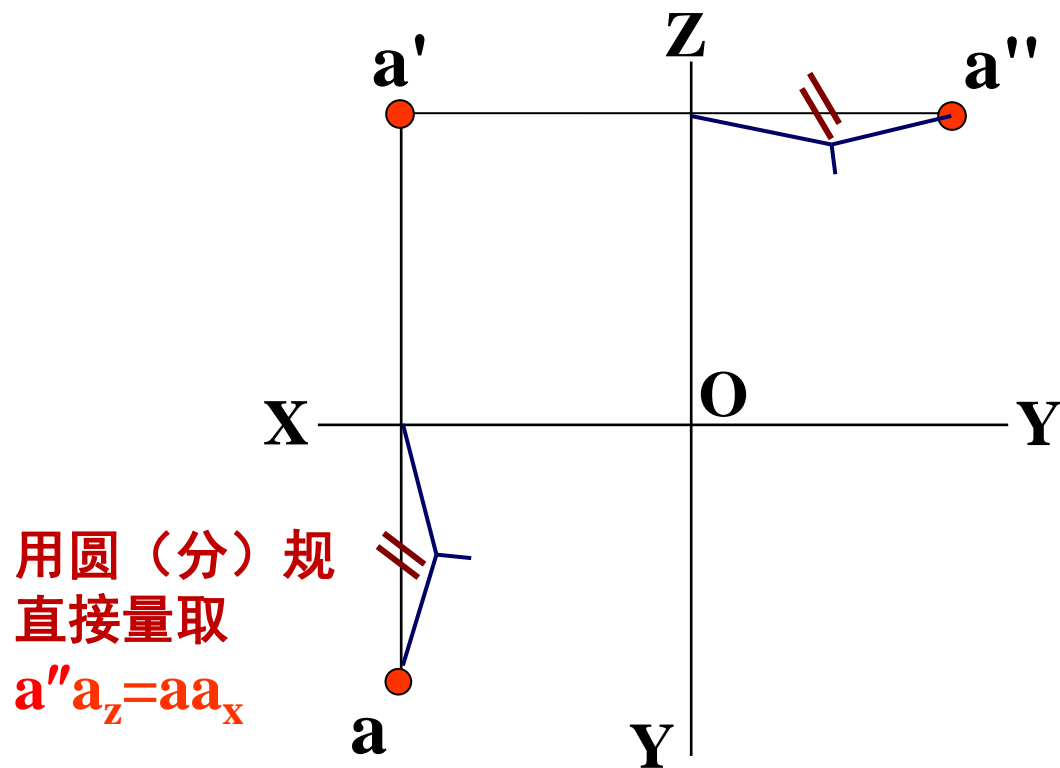


将投影轴当作坐标轴
将投影面当作坐标面

- ① $a'a \perp OX$ 轴 $a'a'' \perp OZ$ 轴
- ② $a'a_x = a''a_y = Aa$ (A到H面的距离) $= z$
 $a'a_z = aa_y = Aa''$ (A到W面的距离) $= x$
 $aa_x = a''a_z = Aa'$ (A到V面的距离) $= y$

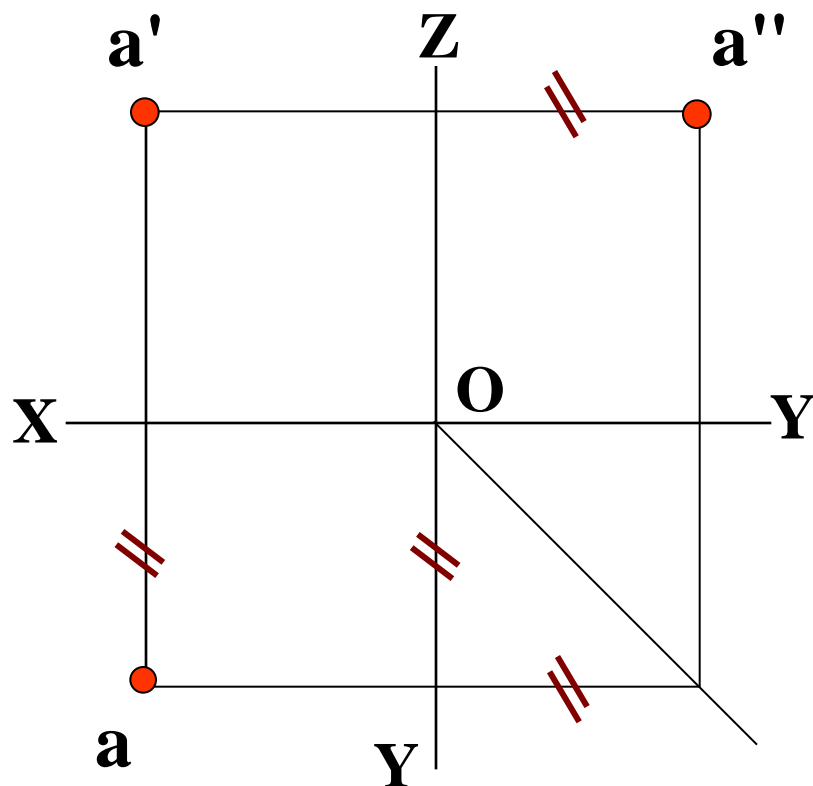
例：已知点A的两个投影，求第三投影。

【作法1】——直接度量法

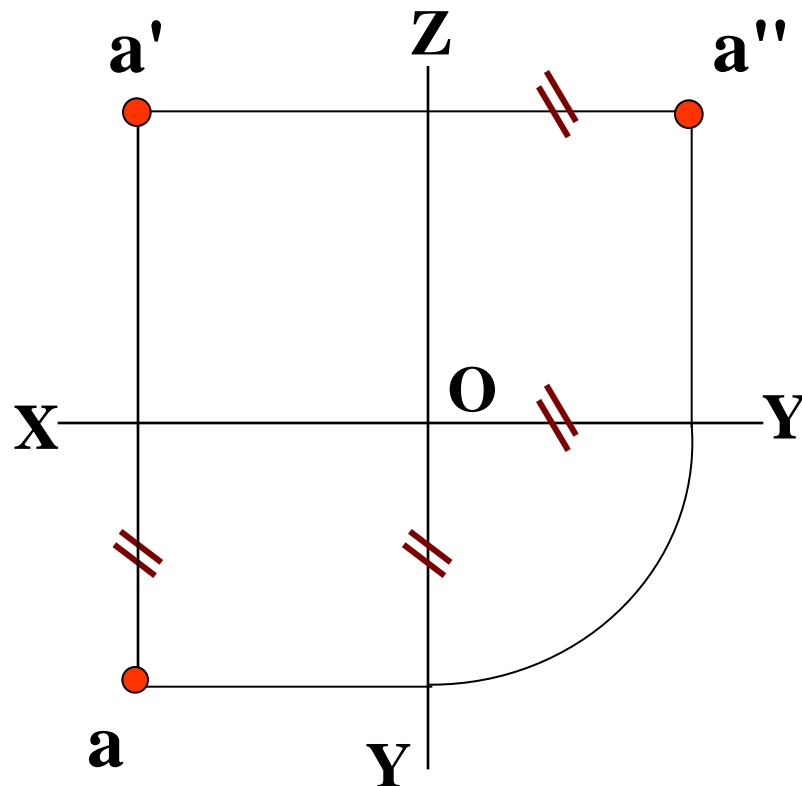


例：已知点A的两个投影，求第三投影。

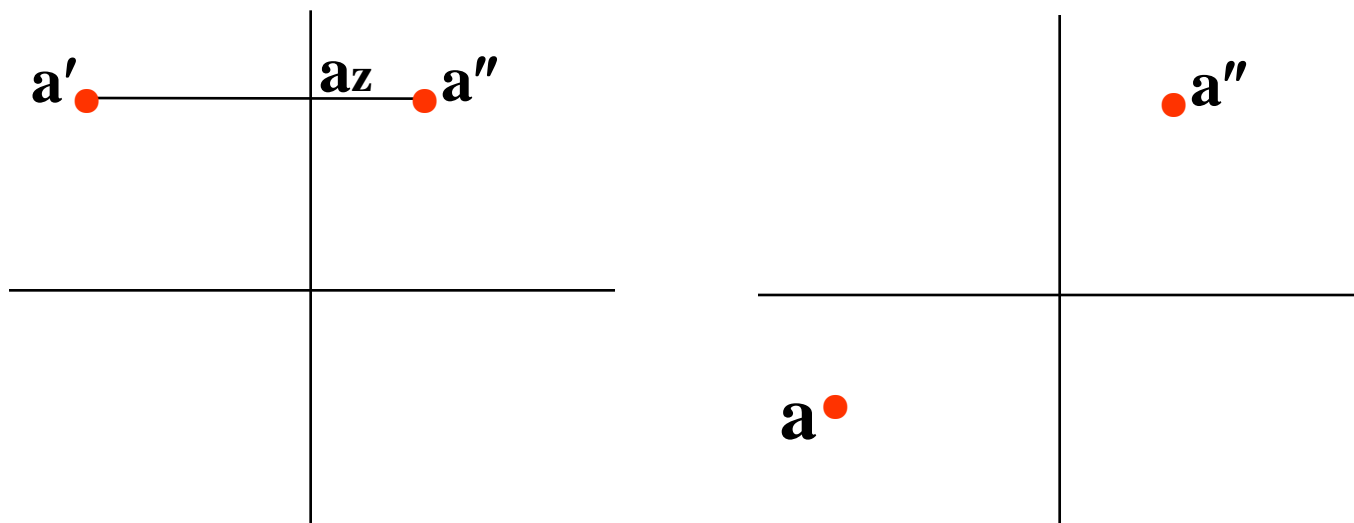
【作法2】——作45°分角线



【作法3】——作1/4圆弧



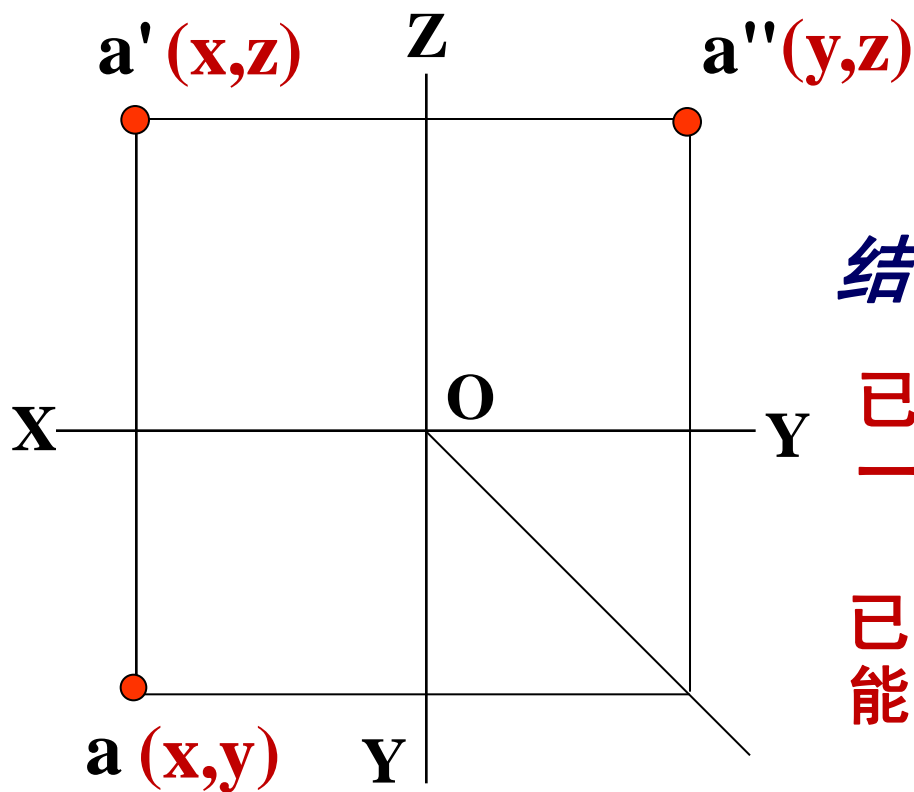
研讨: 已知点的任意两个投影, 求其第三投影.



结论:

已知点的任意两个投影, 一定能求出其第三投影!

研讨: 由点A的三个投影, 能否得到A点的坐标?



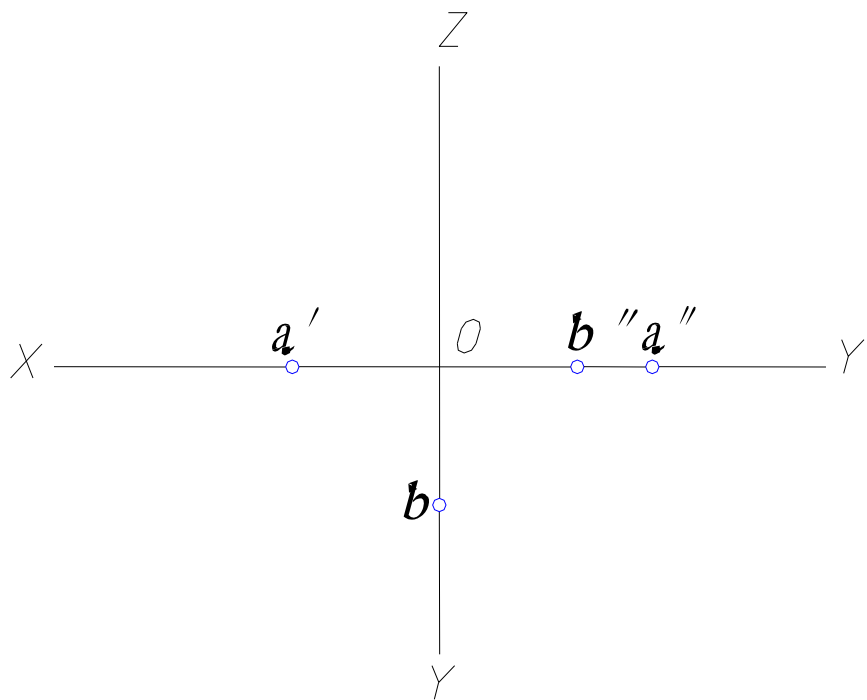
结论:

已知点的任意两个投影,
一定能得到其坐标值!

已知点的空间坐标, 一定
能画出其投影图!

研讨:

已知点A和点B的两个投影， 问：A点的空间位置？ B点？



三、两点的相对位置

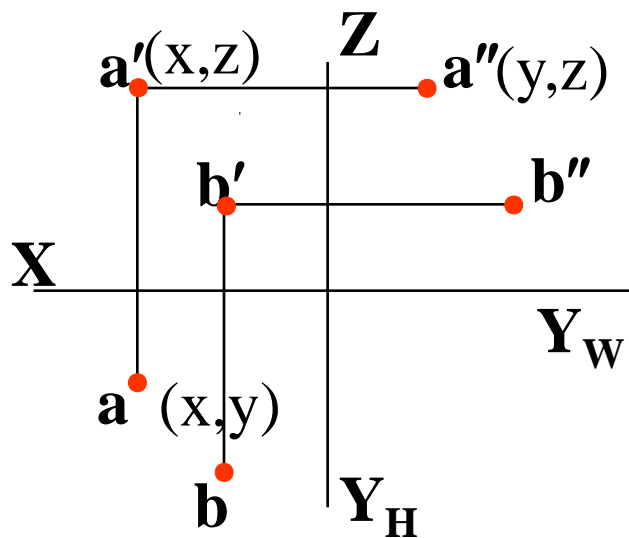
两点的相对位置指**两点在空间的上下、左右、前后**位置关系。

判断方法：

▲ **x** 坐标大的在左

▲ **y** 坐标大的在前

▲ **z** 坐标大的在上



思考：B在A之？

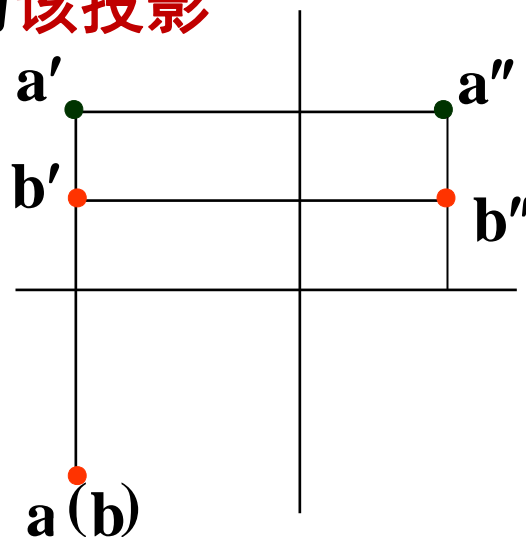
重影点

空间两点在**某一**投影面上的**投影重合为一点**时，则称此两点为**该投影面**的重影点。

A, B为**H面**的重影点。

当不强调重影点可见性时，也可表示成：

a, b 或 $a \equiv b$



被遮挡的投影
将字母加“()”

几何元素的投影

(一) 投影的概念及分类

(二) 点的投影

(三) 直线的投影

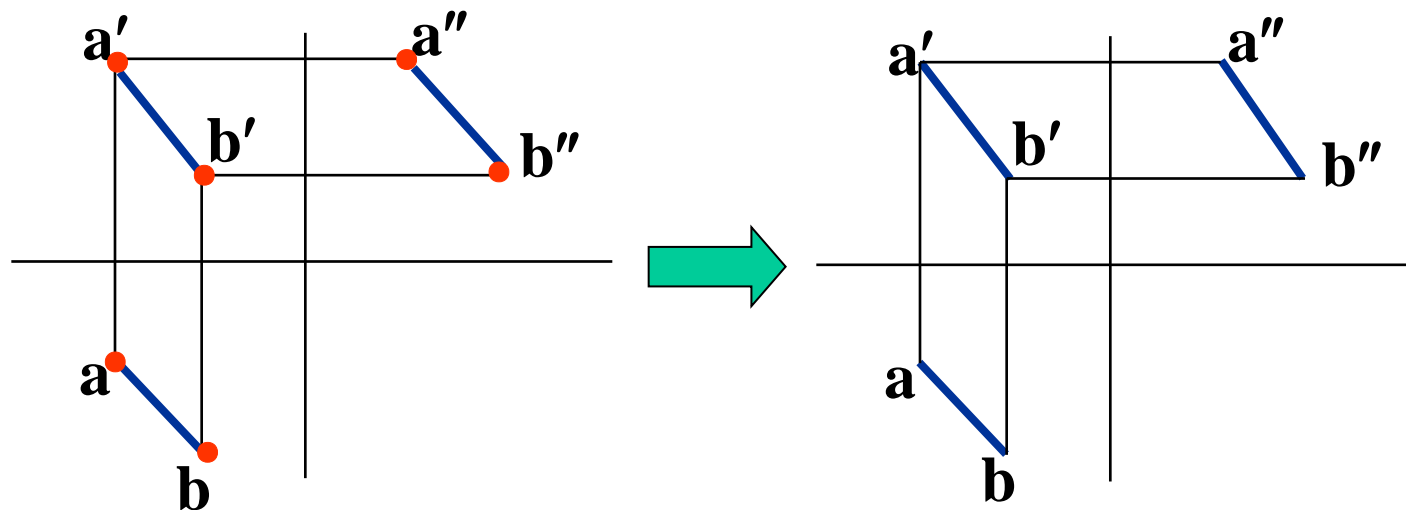
- 直线的投影特性

- 直线与点的相对位置

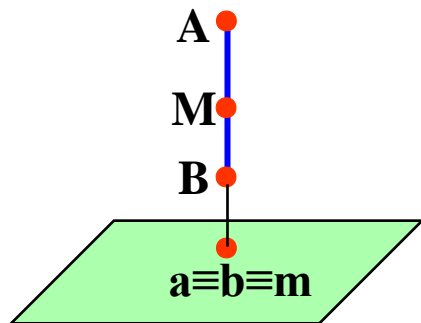
- 两直线的相对位置

一、直线的投影特性

两点确定一条直线，将两点的**同面（同名）投影**用直线连接，就得到直线在该投影面的投影。

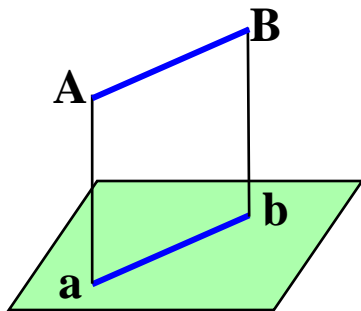


1) 直线对一个投影面的投影特性



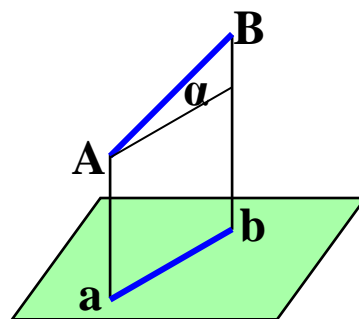
垂直

投影重合为一点
积聚性



平行

投影反映线段实长
实长性



倾斜

投影比空间线段短
 $ab=AB\cos\alpha$

直线与投影面夹角的表示规定：

与H面的夹角： α ；与V面的夹角： β ；与W面的夹角： γ

2) 直线在三个投影面中的投影特性

投影面平行线

(平行于某一投影面而
与其余两投影面倾斜)

- 正平线 (平行于 V 面)
- 侧平线 (平行于 W 面)
- 水平线 (平行于 H 面)

特殊位置直线

投影面垂直线

(垂直于某一投影面)

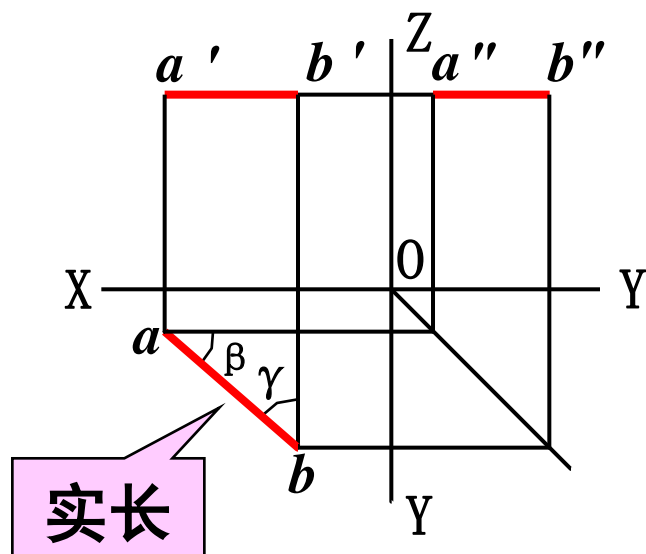
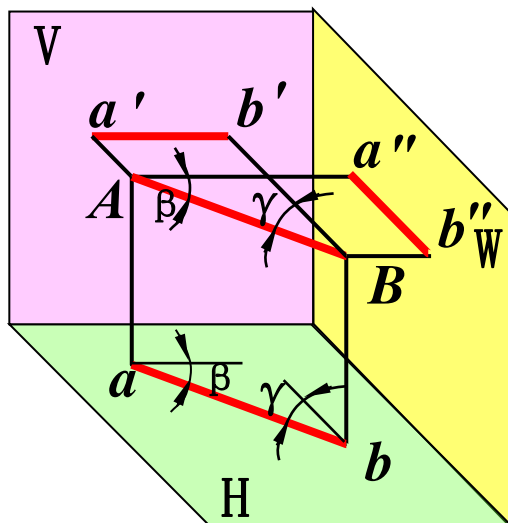
- 正垂线 (垂直于 V 面)
- 侧垂线 (垂直于 W 面)
- 铅垂线 (垂直于 H 面)

一般位置直线

与三个投影面都倾斜

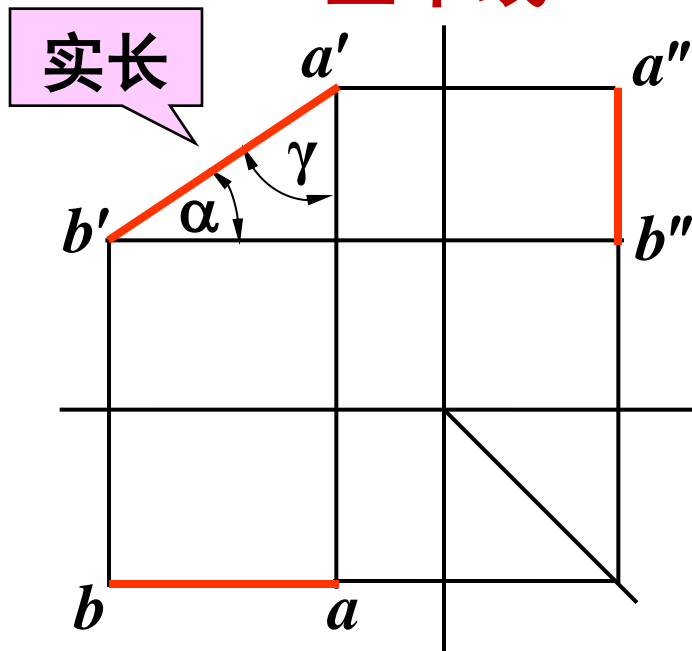
(1) 投影面平行线

水平线

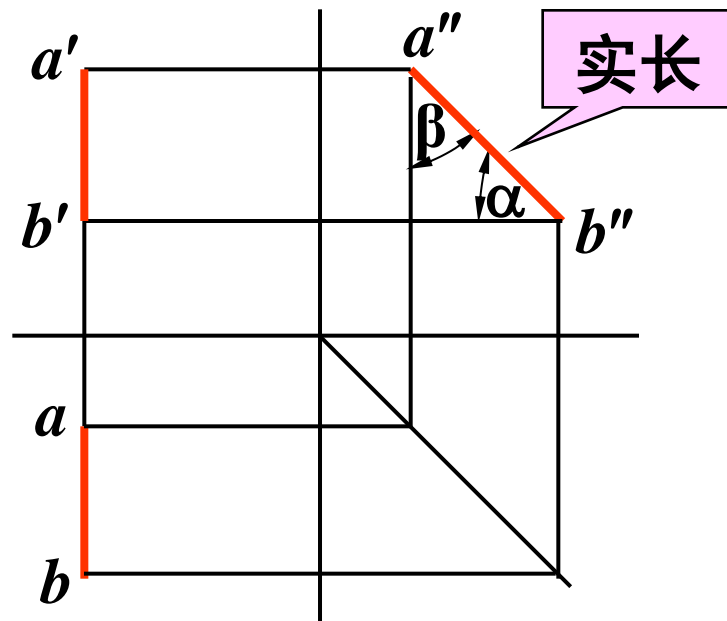


判断下列直线是什么位置的直线？

正平线



侧平线

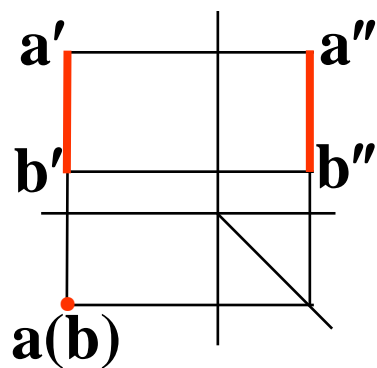


投影特性：

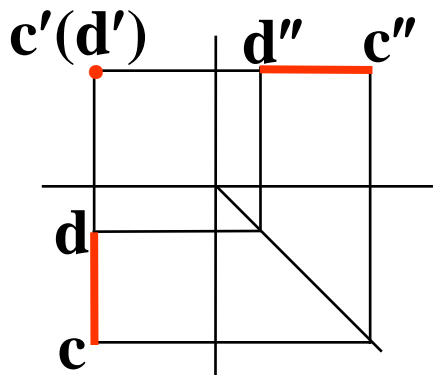
- ① 在其平行的那个投影面上的投影反映**实长**，并反映直线与另两投影面**倾角**的**实际大小**。
- ② 另两个投影面上的投影**平行于相应的投影轴**，其到相应投影轴距离反映直线与它所平行的投影面之间的距离。

(2) 投影面垂直线

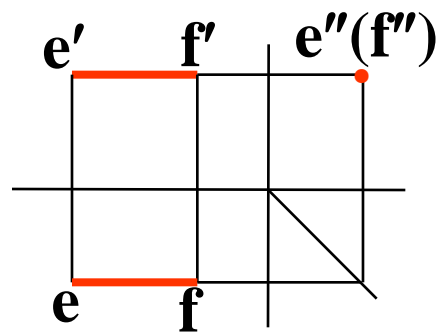
铅垂线



正垂线



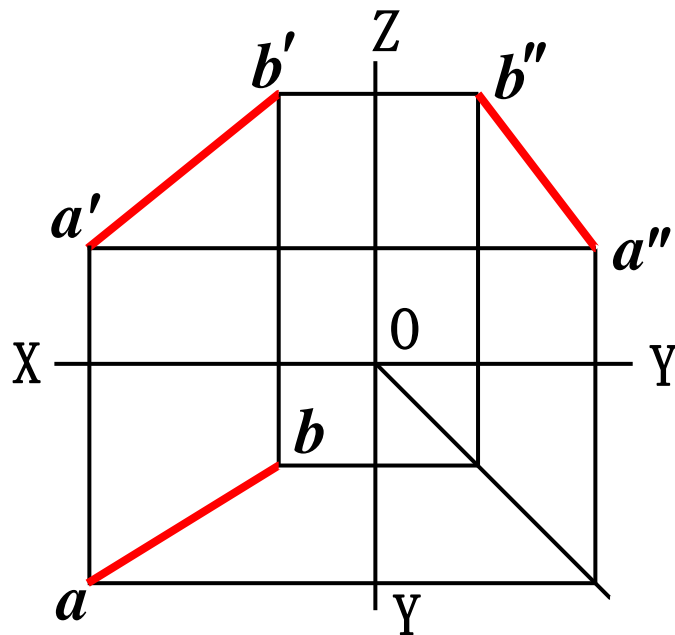
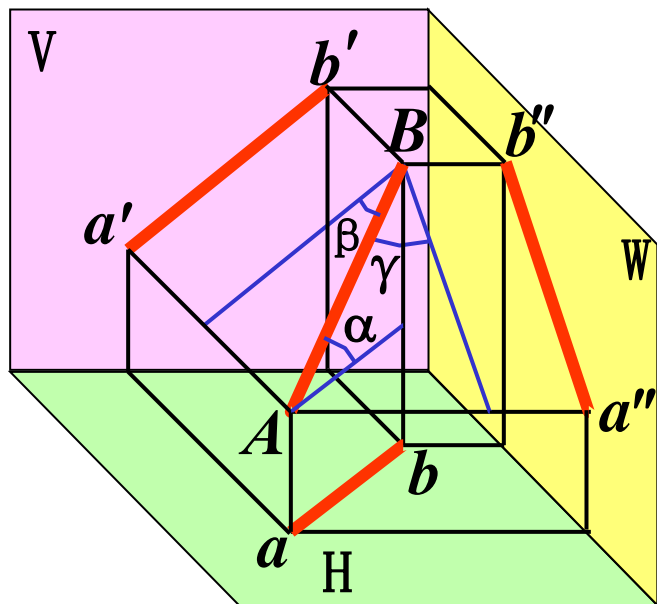
侧垂线



投影特性:

- ① 在其垂直的投影面上，投影有积聚性。
- ② 另外两个投影，反映线段实长，且垂直于相应的投影轴。

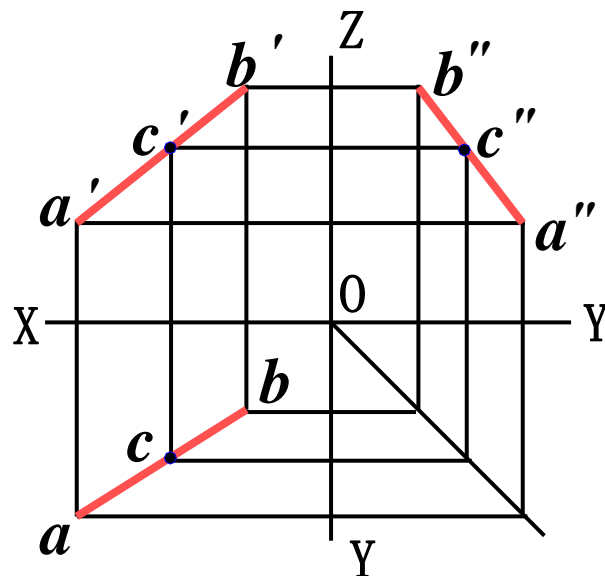
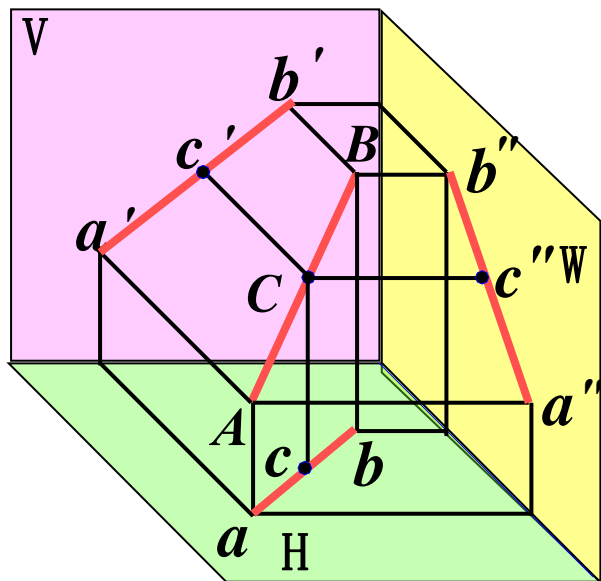
(3) 一般位置直线



投影特性

三个投影都缩短。即：都不反映空间线段的实长及与三个投影面夹角的实际大小，且与三个投影轴都倾斜。

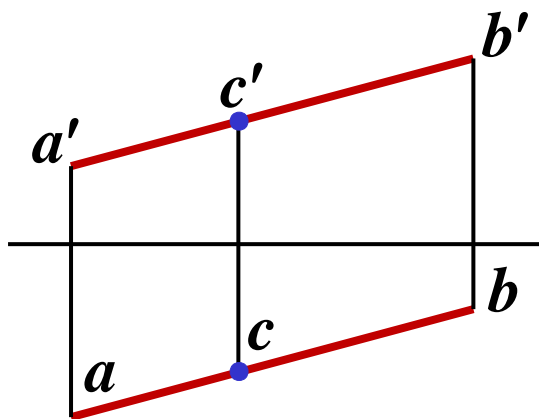
二、直线与点的相对位置



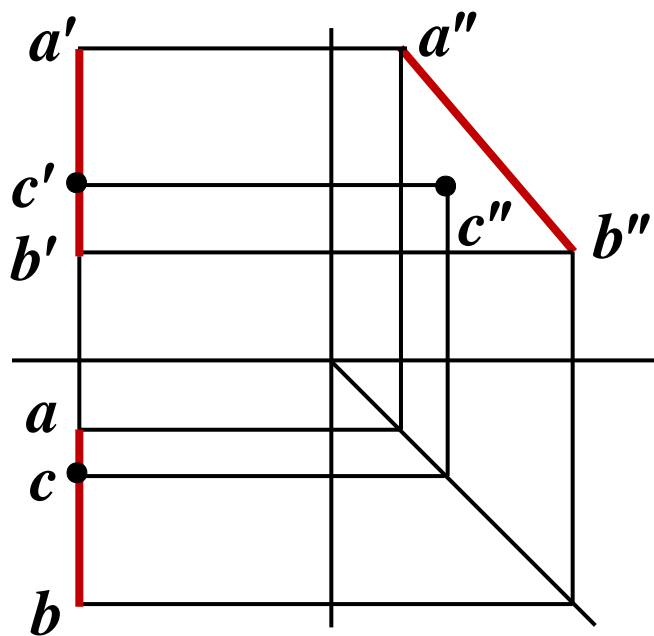
- ◆ 若点在直线上，则点的投影必在直线的同名投影上。
- ◆ 点的投影将线段的名同投影分割成与空间线段相同的比例（**定比定理**）。即：

$$AC:CB = ac:cb = a'c':c'b' = a''c'':c''b''$$

例：判断点C是否在线段AB上。



例：判断点C是否在线段AB上。



应用定比定理

$$ac/cb \neq a'c'/c'b'$$

例：已知点K在线段AB上，求点K正面投影。

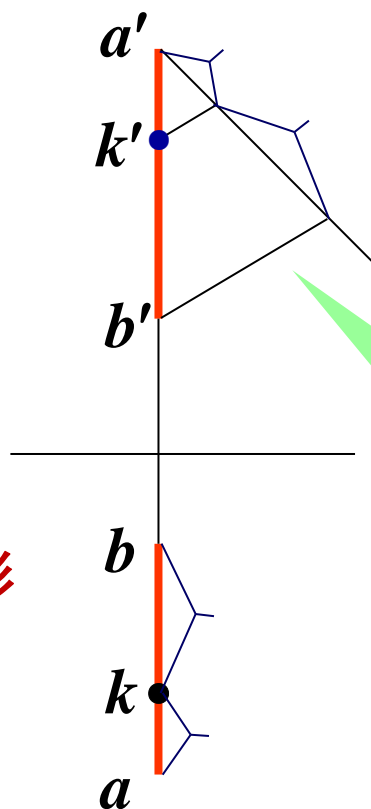
【解法一】

应用第三投影（略）

【解法二】

应用定比定理

作图：利用相似三角形

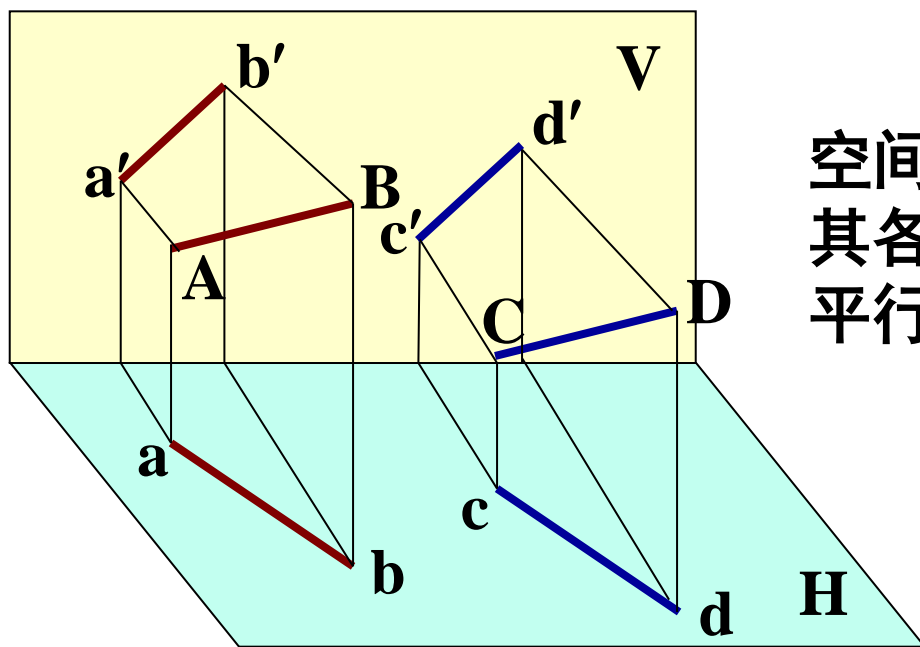


三、两直线的相对位置

空间两直线的相对位置分为：

平行、相交、交叉、垂直（可自学，不要求）。

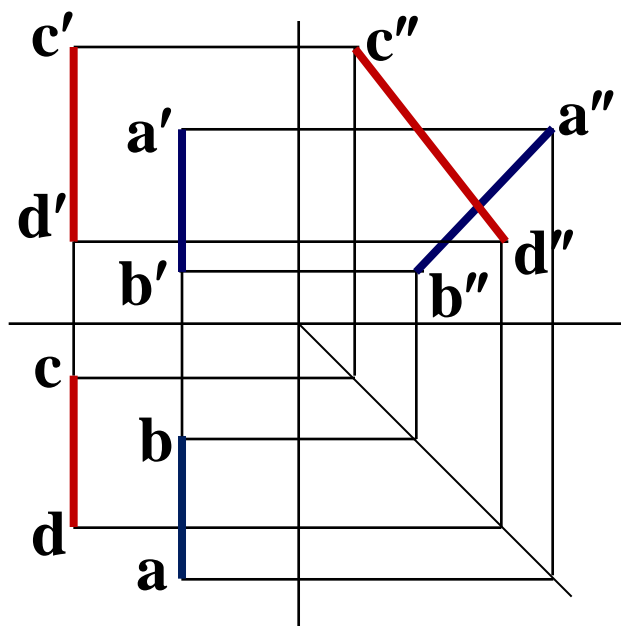
1) 两直线平行



投影特性

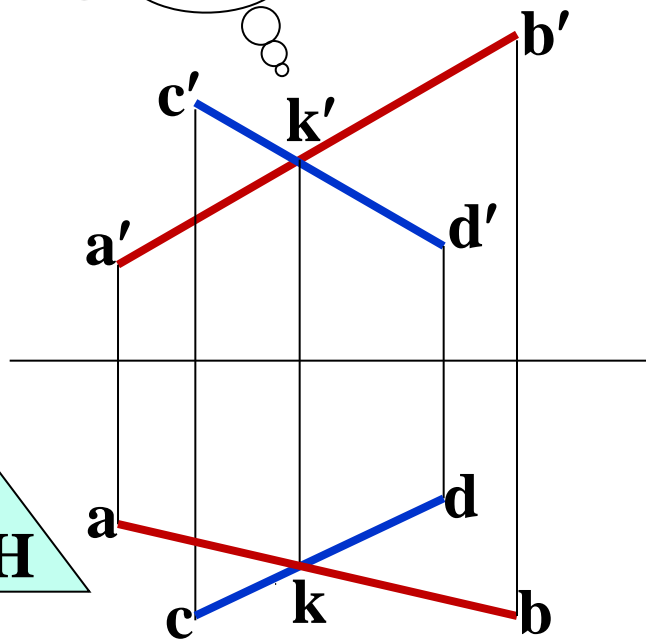
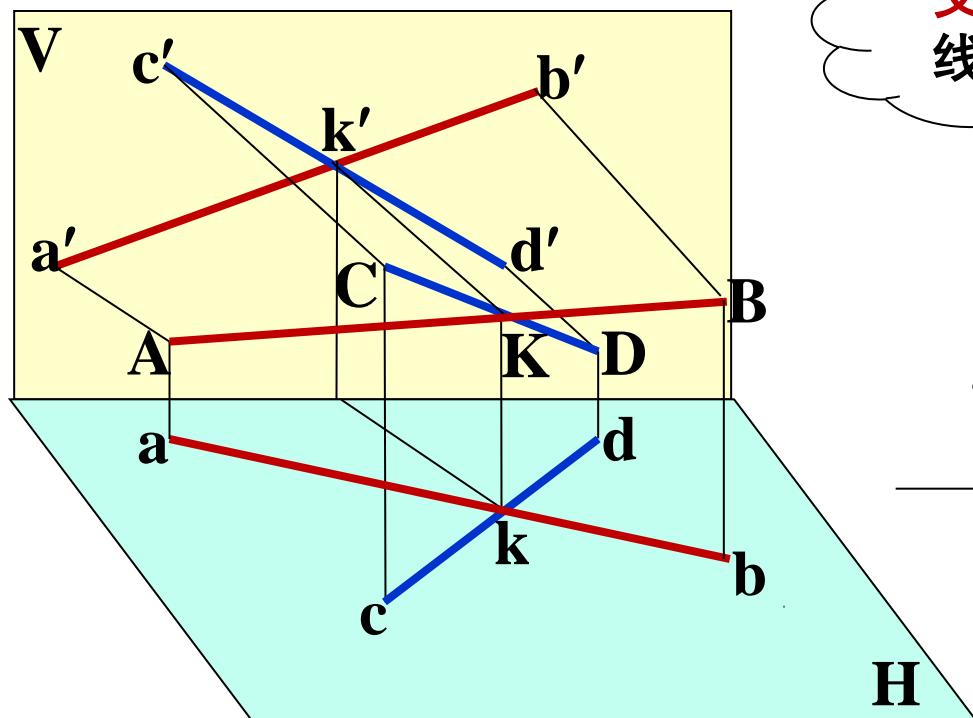
空间两直线平行，则其各同名投影必相互平行，反之亦然。

例：判断图中两条直线是否平行。



求出侧面投影

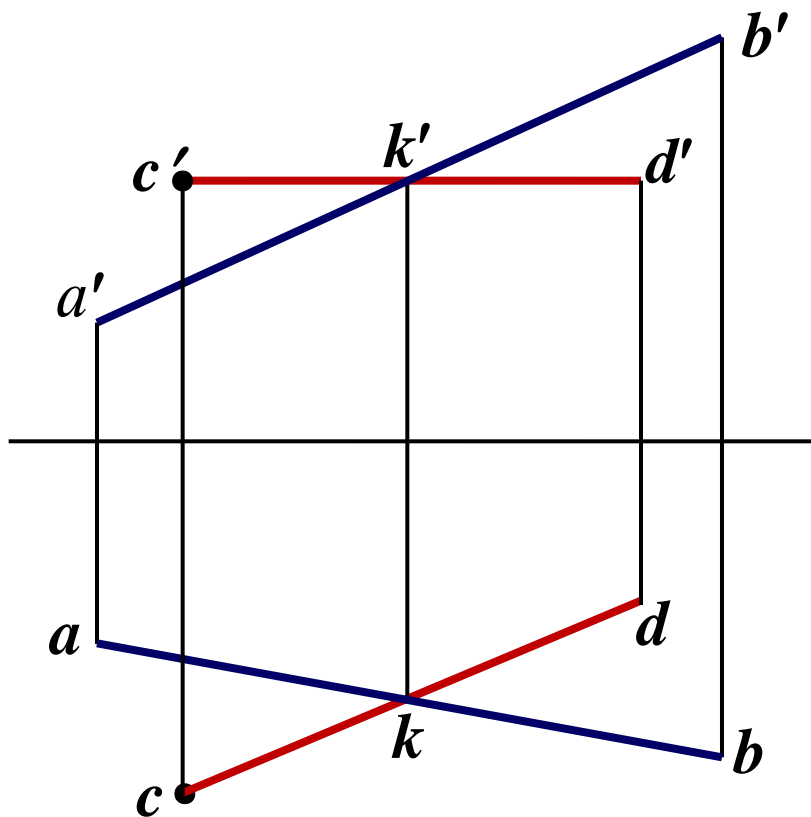
2) 两直线相交



判别方法：

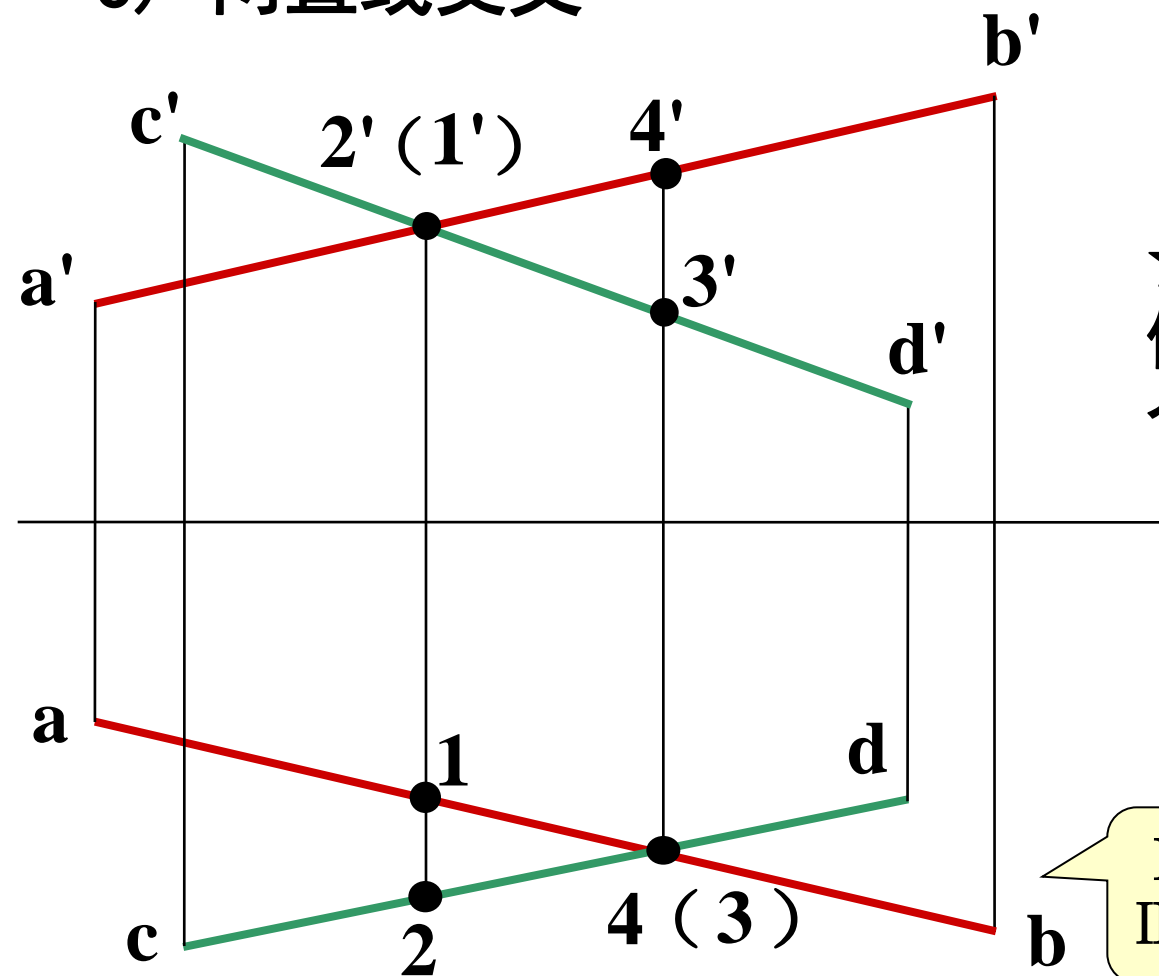
若空间两直线相交，则其同名投影必相交，且交点的投影必符合空间点的投影规律。

例：过 C 点作水平线 CD 与 AB 相交。



先作正面投影

3) 两直线交叉



投影特性

★ 同面投影可能相交，但“**交点**”不符合空间一个点的投影规律。

★ “**交点**”是两直线上的一对**重影点**的投影

I、II——？面的重影点，
III、IV——？面的重影点。