



### 3-3 静定平面刚架

教学要求：

- 了解刚架的特点。
- 掌握刚架的支座反力和截面内力的计算。
- 掌握刚架内力图的绘制。

主要内容：

- 刚架的特点
- 刚架的内力计算和内力图

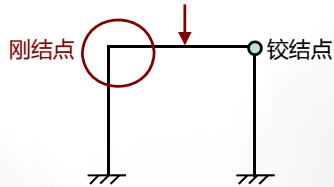
### 3-3 静定平面刚架

#### 1. 刚架的特点

##### (1) 平面刚架的定义

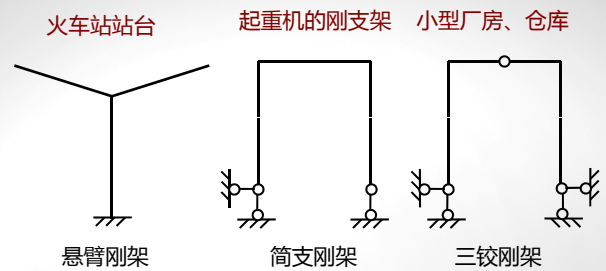
刚架：由若干根直杆（梁和柱）用刚结点（部分可为铰结点）所组成的结构。

平面刚架：组成刚架的各杆的轴线和外力在同一平面。



### 3-3 静定平面刚架

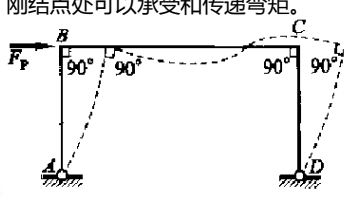
#### (2) 静定平面刚架的分类



### 3-3 静定平面刚架

#### (3) 刚架的特点:

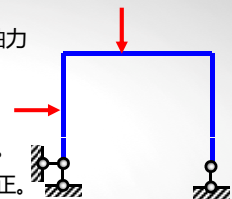
- 内部空间大，便于利用。
- 刚结点处各杆不能发生相对转动，因而各杆件的夹角始终保持不变。
- 刚结点处可以承受和传递弯矩。



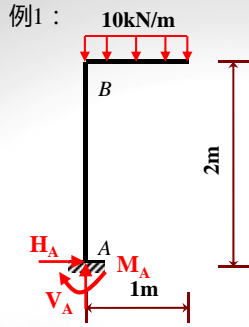
### 3-3 静定平面刚架

#### 2. 刚架的内力计算

- ❖ 内力类型：弯矩、剪力、轴力
- ❖ 计算方法：截面法
- ❖ 内力的符号规定：
  - 弯矩：弯矩图画在受拉一侧。
  - 剪力：使杆段顺时针转动为正。
  - 轴力：拉力为正。

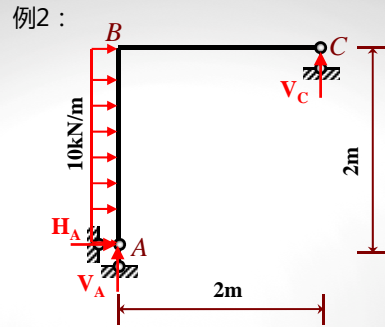


3-3 静定平面刚架 示例

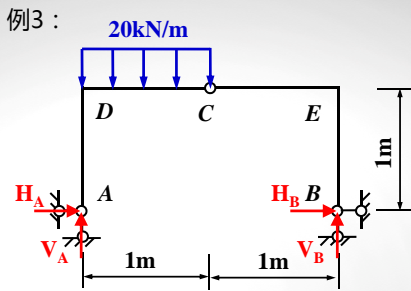


- 计算步骤:
- (1) 计算支座反力
  - (2) 求杆端内力
  - (3) 作内力图
  - (4) 结点校核

3-3 静定平面刚架 示例



3-3 静定平面刚架 示例



3-3 静定平面刚架 小结

- 刚架特点
  - 刚结点处各杆件的夹角始终保持不变，
  - 主要内力是弯矩；
- 刚架内力图绘制的解题步骤
  - 求支座反力，杆端内力，作内力图。



3-4 静定平面桁架

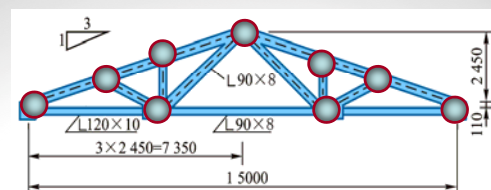
教学要求:

- 了解静定平面桁架的受力特点。
- 掌握静定平面桁架内力计算的方法：  
——结点法、截面法

主要内容:

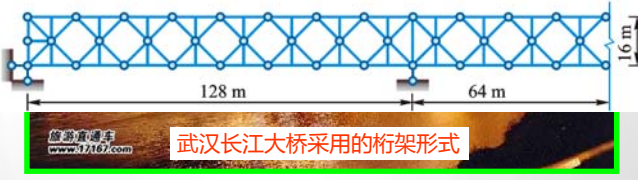
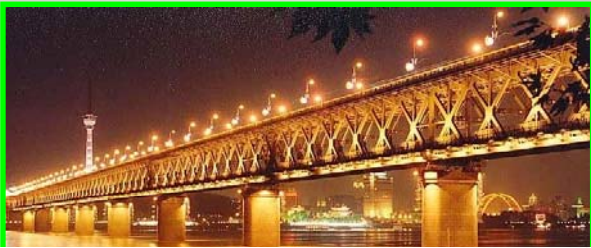
- 桁架的特点和组成
- 桁架内力计算方法

3-4 静定平面桁架



钢筋混凝土组合屋架

3-4 静定平面刚架



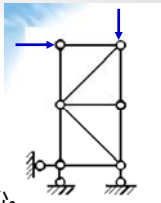
3-4 静定平面刚架



3-4 静定平面刚架

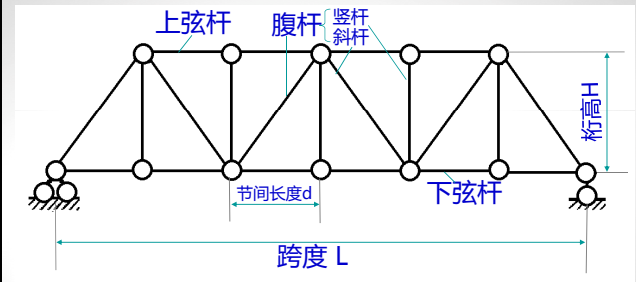
1. 桁架的特点和组成

- 定义: 结点均为铰结点的结构。  
杆的内力主要是轴力。
- 内力计算中的基本假定  
桁架的结点为光滑的铰结点。  
各杆的轴线均为直线且通过铰心。  
荷载和支座反力都作用在结点上。



3-4 静定平面刚架

➢ 桁架的各部分名称

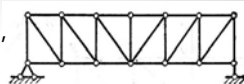


3-4 静定平面刚架 分类

➢ 按几何组成

简单桁架:

由基本铰结三角形或基础, 依次增加二元体组成。

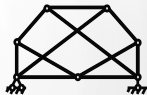


联合桁架:

由几个简单桁架联合组成的几何不变的铰结体系。



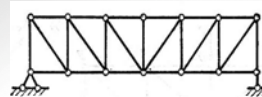
复杂桁架: 非前两种为复杂桁架。



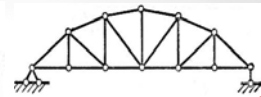
3-4 静定平面刚架 分类

➢ 按不同特征分

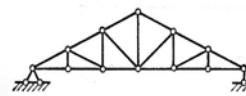
平行弦桁架



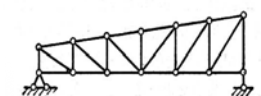
折弦桁架



三角形桁架



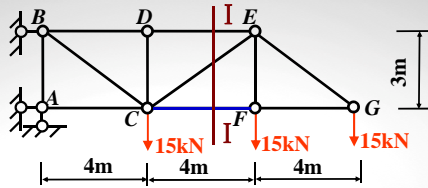
梯形桁架





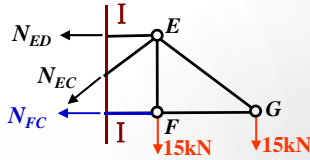
3-4 静定平面刚架 2. 桁架内力的计算方法

例：求杆FC的内力。



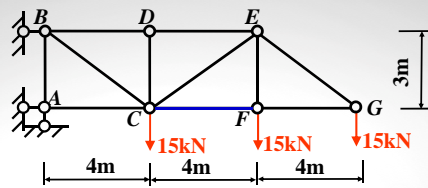
分析：

截面法  
截一代一平



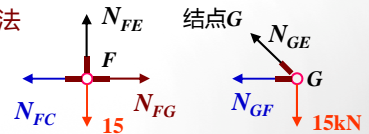
3-4 静定平面刚架 2. 桁架内力的计算方法

例：求杆FC的内力。

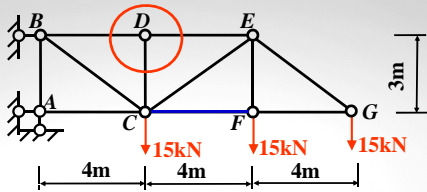


分析：结点法

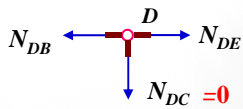
隔离体：  
结点F



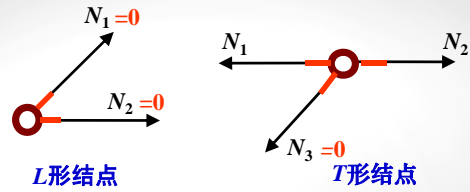
3-4 静定平面刚架



隔离体：结点D 零杆 内力为零的杆

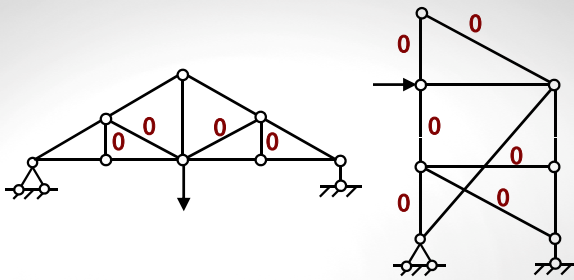


3-4 静定平面刚架 3. 零杆



3-4 静定平面刚架 3. 零杆

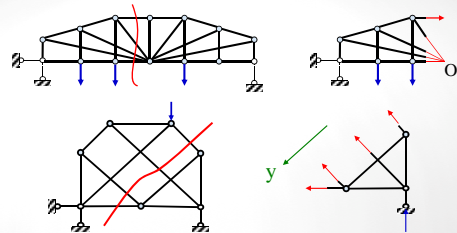
零杆的判断



3-4 静定平面刚架

截面单杆

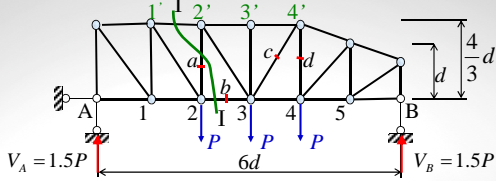
任意隔离体中，除某一杆件外，其它所有待求内力的杆件均相交于一点时，则此杆件为该截面的截面单杆。



截面单杆的内力可直接根据隔离体平衡条件求出

3-4 静定平面刚架 示例

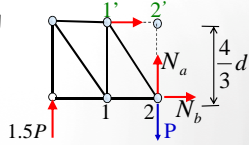
1. 求图示平面桁架结构中指定杆件a~d的内力。



解：(1) 求支座反力

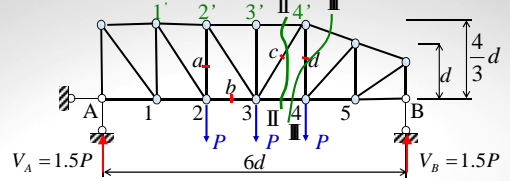
(2) 求内力

$N_a$   $N_b$



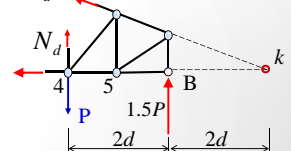
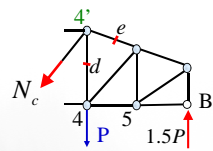
3-4 梁静定平面刚架 示例

1. 求图示平面桁架结构中指定杆件a~d的内力。



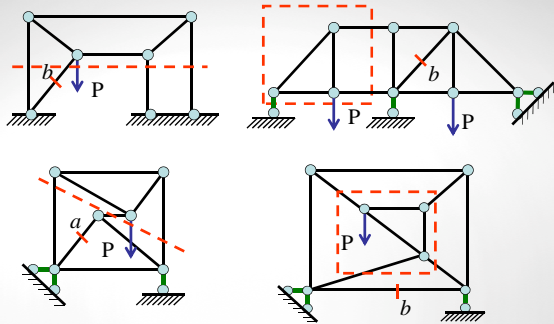
(2) 求内力  $N_c$

$N_d$

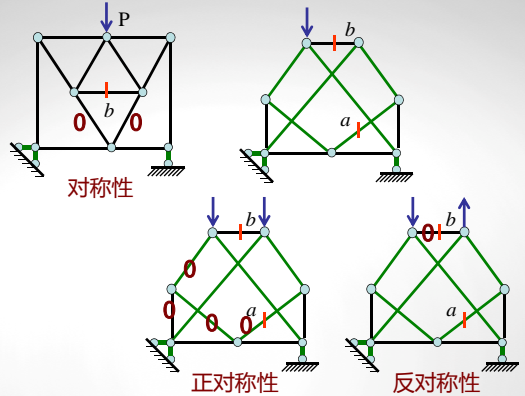


3-4 静定平面刚架 示例

> 求图示桁架指定杆件内力(只需指出所选截面)

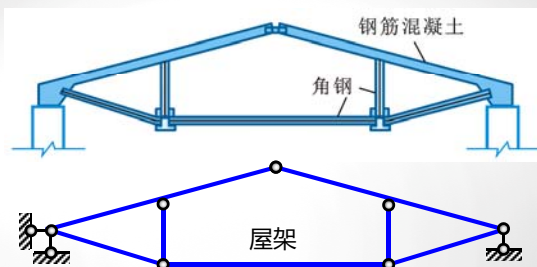


3-4 静定平面刚架 示例

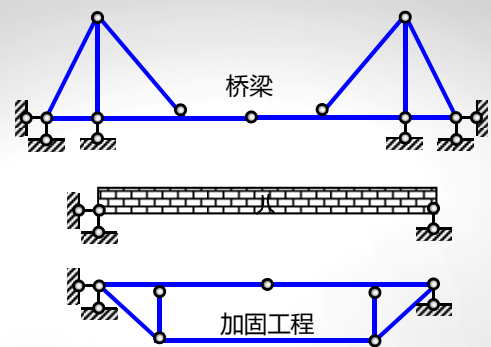


3-5 组合结构

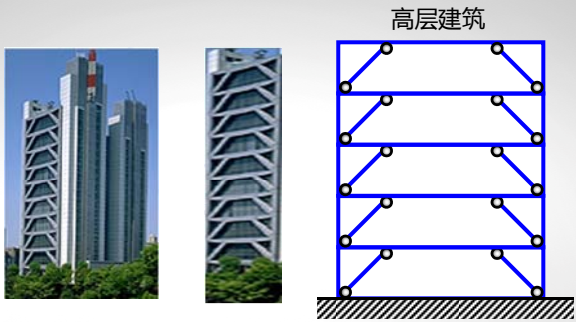
① 结构特点 —— 桁架和梁



3-5 组合结构

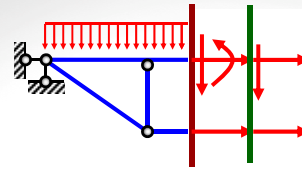


3-5 组合结构



3-5 组合结构

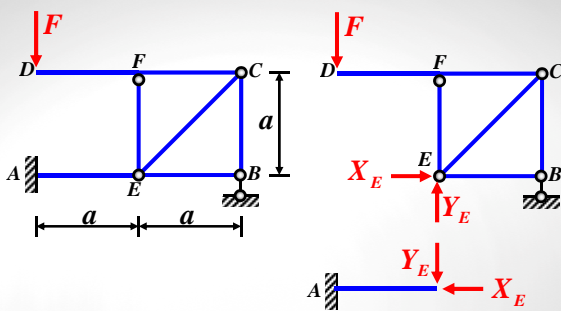
② 内力计算——截面法



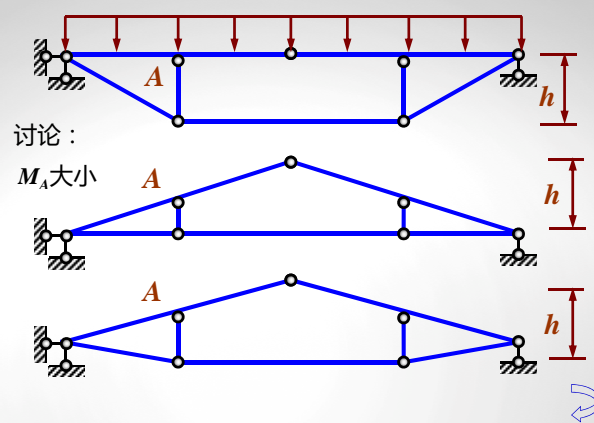
- 区分桁架杆件和受弯杆件。
- 选取脱离体时不要切断受弯杆件。
- 先计算桁架杆件，后计算受弯杆件。

3-5 组合结构 示例

例：绘制内力图



3-5 组合结构



3-6 三铰拱

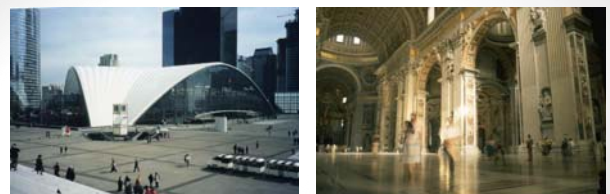
- 杆轴线为曲线；
- 在竖向荷载作用下产生水平反力。



3-6 三铰拱

➢ 应用

桥梁，也适用于宽敞的大厅，如礼堂、展览馆、体育馆和商场等。



3-6 三铰拱

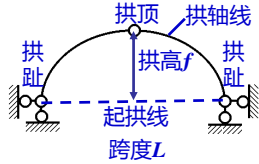
类型



拉杆拱 三铰拱 两铰拱 无铰拱

拱的各部分名称

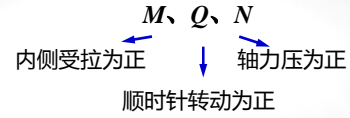
$\frac{f}{L}$  高跨比



3-6 三铰拱

1. 内力计算

内力类型

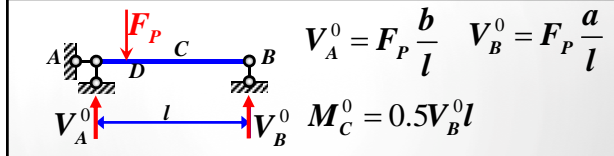
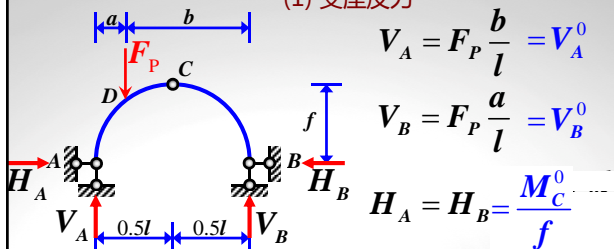


计算方法

截面法

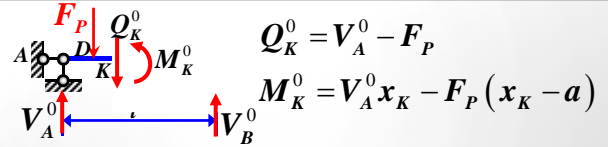
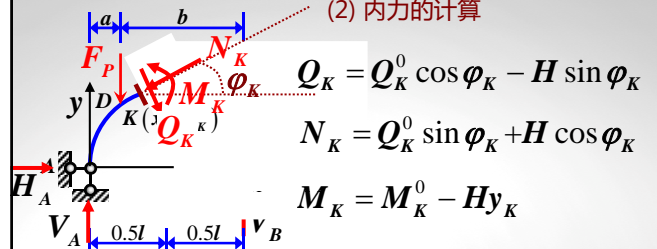
3-6 三铰拱

(1) 支座反力



3-6 三铰拱

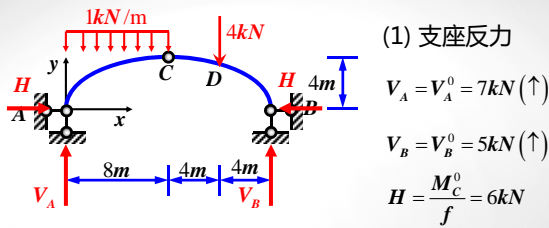
(2) 内力的计算



3-6 三铰拱 示例

例：三铰拱的轴线为抛物线： $y = \frac{4f}{l^2} x(l-x)$

试求支座反力，D截面的内力，并绘制内力图。

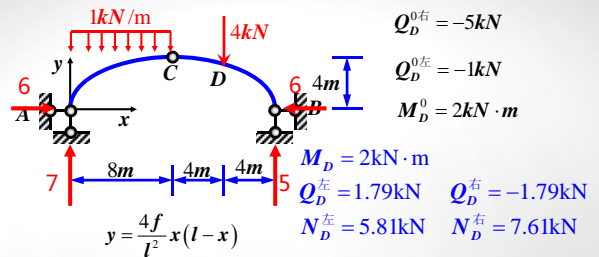


(1) 支座反力  
 $V_A = V_A^0 = 7kN (\uparrow)$   
 $V_B = V_B^0 = 5kN (\uparrow)$   
 $H = \frac{M_C^0}{f} = 6kN$

3-6 三铰拱 示例

(2) 内力的计算 截面D的几何参数：

$y_D = 3m$   $\sin \varphi_D = -0.447$   $\cos \varphi_D = 0.894$

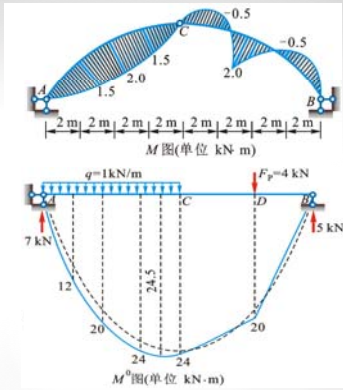


$Q = Q^0 \cos \varphi - H \sin \varphi$   
 $N = Q^0 \sin \varphi + H \cos \varphi$   
 $M = M^0 - Hy$



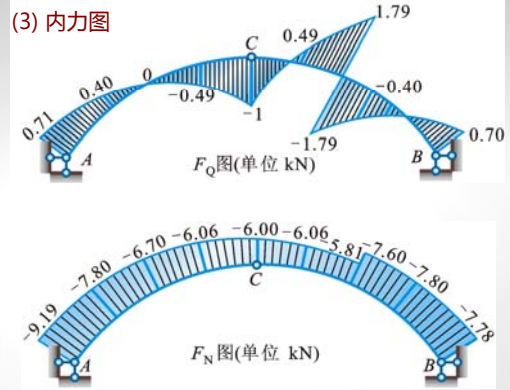
3-6 三铰拱 示例

(3) 内力图



3-6 三铰拱 示例

(3) 内力图



3-6 三铰拱

2. 合理轴线

在给定的荷载作用下，拱上各截面的弯矩均为零。

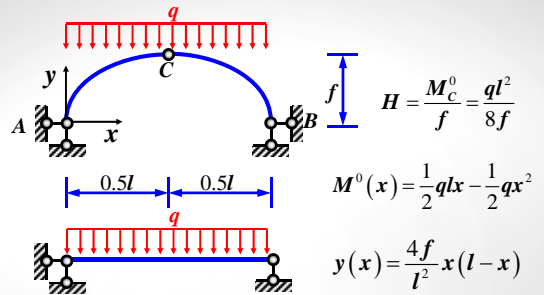
$$M = M^0 - Hy$$

$$y = \frac{M^0}{H} \Rightarrow y(x) = \frac{M^0(x)}{H}$$

3-6 三铰拱 合理轴线

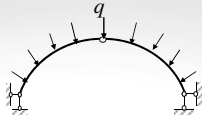
$$y(x) = \frac{M^0(x)}{H}$$

例：试求图示三铰拱的合理拱轴线。

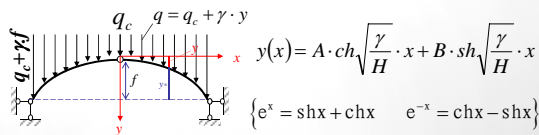


3-6 三铰拱 合理轴线

均匀分布的水压力，合理轴线是园弧曲线。



填土荷载，填土表面为一水平面，合理轴线是悬链线。



3-7 静定结构的基本特征

教学目标：

- 理解静定结构的受力特点和分析方法；
- 掌握静定结构的基本特征。



3-6 静定结构的基本特征

1. 静定结构常见形式及受力特点

(1) 梁和刚架

由受弯直杆（梁式杆）组成。

(2) 桁架和组合结构

桁架由只受轴力的链杆组成；

组合结构由梁式杆和链杆组成。

(3) 三铰拱

竖向荷载作用下有水平支座反力的结构。

3-6 静定结构的基本特征

2. 静定结构受力分析方法

支座反力和内力计算

隔离体、建立平衡方程的方法

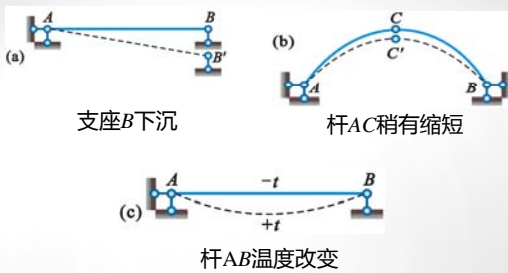
3. 静定结构的基本特征

几何构造：无多余约束

静力平衡：平衡条件可确定唯一解

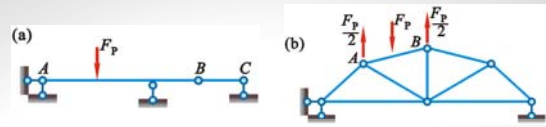
3-6 静定结构的基本特征

(1) 支座移动、制造误差和温度改变等因素在静定结构中不引起内力。



3-6 静定结构的基本特征

(2) 静定结构的局部平衡特性

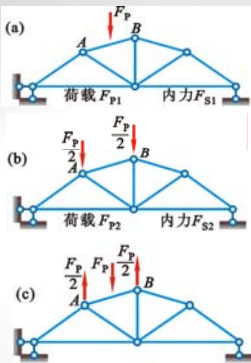


图(a)中梁AB是几何不变部分，它自身与荷载维持平衡，因而梁BC无内力。

图(b)中杆AB承受任意平衡力系时，只有杆AB产生内力，其余各杆都是零杆。

3-6 静定结构的基本特征

(3) 静定结构的荷载等效性

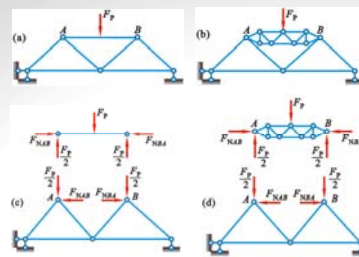


图(a)中的荷载 $F_P$ 与图(b)中的荷载是等效荷载。二者只有杆AB的内力不同，其余各杆的内力都相同。

由局部平衡特性有：  
(a)内力 = (b)内力 + (c)内力

3-6 静定结构的基本特征

(4) 静定结构的构造变换特性



图(a)杆AB改为一个小桁架图(b)。

只是AB的内力有改变，其余部分的内力没变化。如图(c)、(d)所示。

当静定结构的一个内部几何不变部分作构造变换时，其余部分的内力不变。

## 5. 作业

刚架结构：

3-7a ; 3-8c ; 3-9b

桁架结构：

3-17a、d

组合结构：

3-19a ;

三铰拱：

3-21

➤ 下一章内容

## 第 4 章 影响线