

# 习题及思考题

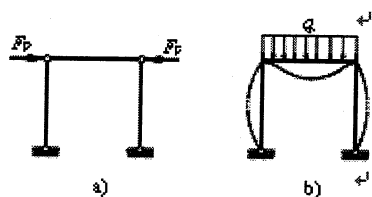
## 思考题

2-1 思考题 2-1a 图所示体系不发生形状的改变, 所以是几何不变体系; 图 b 所示体系会发生双点画线所示的变形, 所以是几何可变体系。上述结论是否正确? 为什么?

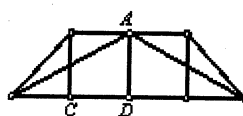
2-2 多余约束是否影响体系的自由度? 是否影响体系的计算自由度? 是否影响体系的受力和变形状态?

2-3 几何不变体系的计算自由度与多余约束个数之间的关系是什么?

2-4 几何组成分析中, 部件或者约束是否可以重复使用? 思考题 2-4 图示体系中作为约束铰  $A$  可以利用几次? 链杆  $CD$  可以利用几次?



思考题 2-1 图.

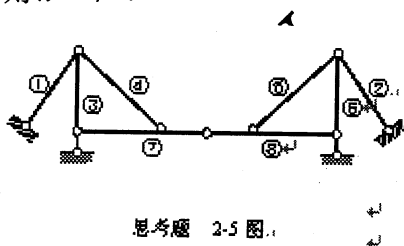


思考题 2-4 图.

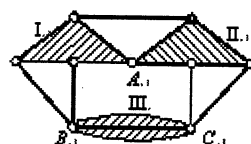
2-5 试求思考题 2-5 图示体系的计算自由度  $W$ 。

1) 若视①~⑧杆为刚片, 则公式  $W=3m-(3g+2h+r)$  中  $h=?$   $r=?$

2) 若视③~⑧杆为刚片, 则  $h=?$   $r=?$



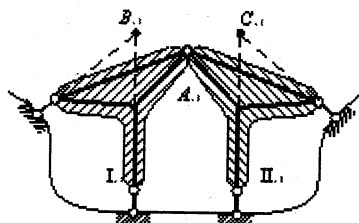
思考题 2-5 图.



思考题 2-6 图.

2-6 如思考题 2-6 图所示, 此体系为三刚片由不共线三铰  $A$ 、 $B$ 、 $C$  相连, 组成的体系几何不变, 且无多余约束。此结论是否正确? 为什么?

2-7 如思考题 2-7 图所示, 三刚片由不共线三铰  $A$ 、 $B$ 、 $C$  相连, 组成的体系几何不变且无多余约束。此结论是否正确? 为什么?



思考题 2-7 图.

2-8 几何常变体系和几何瞬变体系的特点是什么? (试从约束数目、运动方式、受力及变形情况)

等方面讨论)。

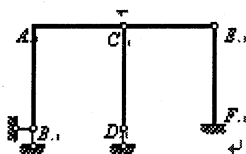
2-9 静定结构的几何特征是什么? 力学特性是什么?

2-10 超静定结构的几何特征是什么? 力学特性是什么?

## 习 题

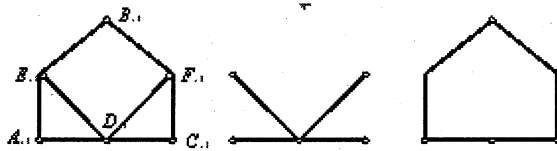
2-1 是非判断

- (1) 若平面体系的实际自由度为零, 则该体系一定为几何不变体系。( )
- (2) 若平面体系的计算自由度  $W=0$ , 则该体系一定为无多余约束的几何不变体系。( )
- (3) 若平面体系的计算自由度  $W<0$ , 则该体系为有多余约束的几何不变体系。( )
- (4) 由三个铰两两相连的三刚片组成几何不变体系且无多余约束。( )
- (5) 习题 2-1(5) 图所示体系去掉二元体  $CEF$  后, 剩余部分为简支刚架, 所以原体系为无多余约束的几何不变体系。( )



习题 2-1(5)图

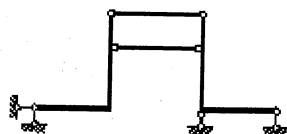
- (6) 习题 2-1(6)a 图所示体系去掉二元体  $ABC$  后, 成为习题 2-1(6) b 图, 故原体系是几何可变体系。( )
- (7) 习题 2-1(6)a 图所示体系去掉二元体  $DEF$  后, 成为习题 2-1(6) c 图, 故原体系是几何可变体系。( )



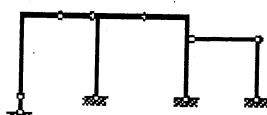
习题 2-1(6)图

2-2 填空

- (1) 习题 2-2(1)图所示体系为\_\_\_\_\_体系。
- (2) 习题 2-2(2)图所示体系为\_\_\_\_\_体系。
- (3) 习题 2-2(3)图所示四个体系的多余约束数目分别为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。
- (4) 习题 2-2(4)图所示体系的多余约束个数为\_\_\_\_\_。
- (5) 习题 2-2(5)图所示体系的多余约束个数为\_\_\_\_\_。
- (6) 习题 2-2(6)图所示体系为\_\_\_\_\_体系, 有\_\_\_\_\_个多余约束。
- (7) 习题 2-2(7)图所示体系为\_\_\_\_\_体系, 有\_\_\_\_\_个多余约束。



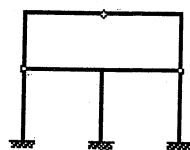
习题 2-2(1)图



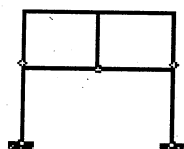
习题 2-2(2)图



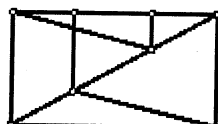
习题 2-2(3)图



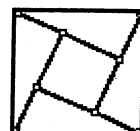
习题 2-2(4)图



习题 2-2(5)图



习题 2-2(6)图



习题 2-2(7)图

2-3 求习题 2-3 图所示各体系的计算自由度。

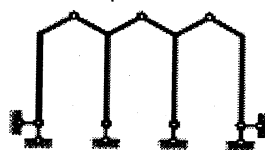
2-4 对习题 2-3 图所示各体系进行几何组成分析。



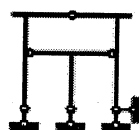
a)



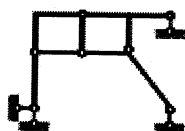
b)



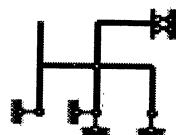
c)



d)



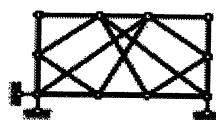
e)



f)



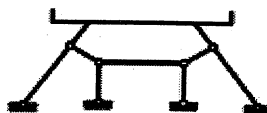
g)



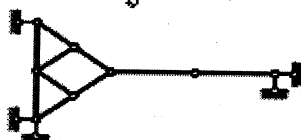
h)



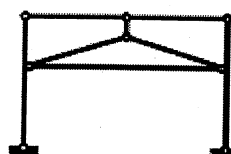
i)



j)



k)

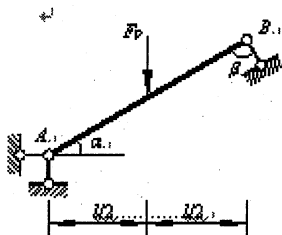


l)

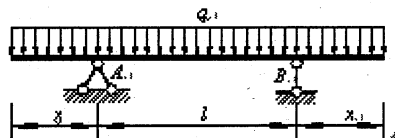
习题 2-3 图

### 思考题

3-1 思考题 3-1 图所示斜梁, 当支座链杆  $B$  的方向改变 ( $\beta$  小于、等于或大于  $90^\circ$ ) 时, 试讨论斜梁的内力变化情况。



思考题 3-1 图



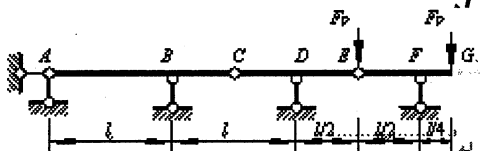
思考题 3-2 图

3-2 试求思考题 3-2 图所示伸臂梁的伸臂长度  $x$ , 使支座负弯矩与跨中正弯矩的绝对值相等。

3-3 多跨静定梁的基本部分和附属部分的划分在有些情况下是否与所受的荷载有关? 试举例说明。

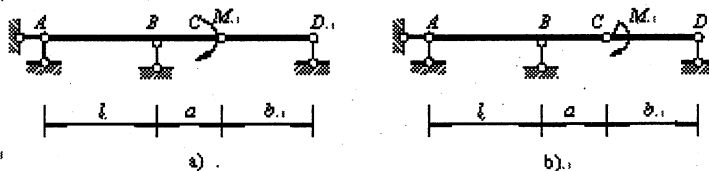
3-4 绘制多跨静定梁的内力图时, 为什么要先计算附属部分, 后计算基本部分? 如果不划分基本部分和附属部分, 是否也能求出多跨静定梁的全部支座反力并作出内力图?

3-5 试确定思考题 3-5 图所示多跨静定梁铰  $C$  的位置, 使支座截面弯矩  $M_B$ 、 $M_D$  的绝对值相等。



思考题 3-5 图

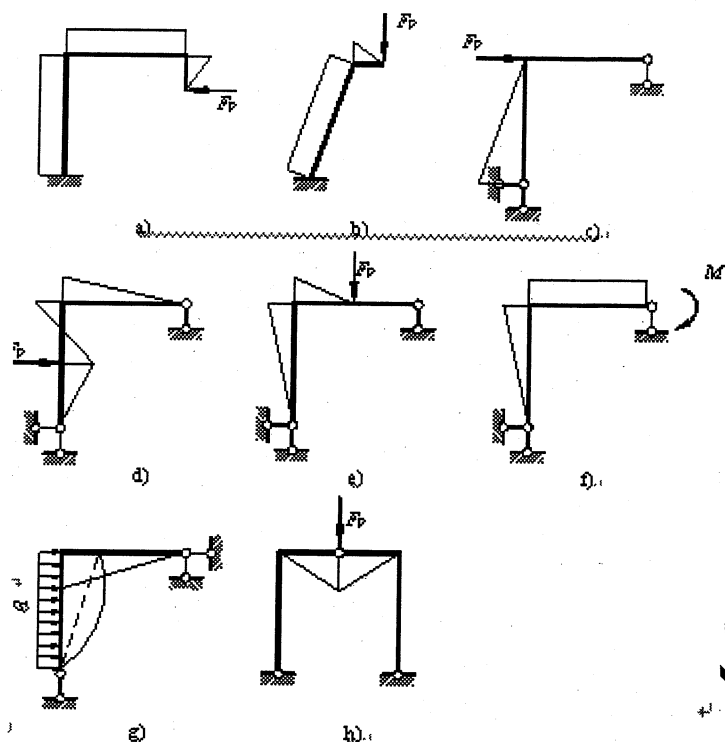
3-6 思考题 3-6 中图 a、图 b 所示 (集中力偶分别作用在铰左侧和右侧) 梁的弯矩图是否相同?



思考题 3-6 图

3-7 静定梁和静定平面刚架的内力图如何进行校核?

3-8 指出思考题 3-8 图所示各弯矩图形状的错误的, 并加以改正。

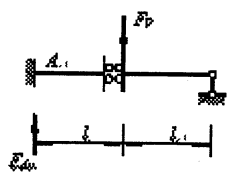


思考题 3-8 图。

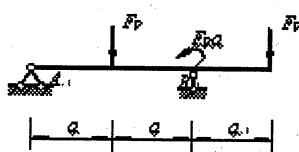
## 习 题

3-1 是非判断

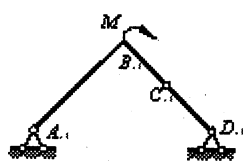
- (1) 如果多跨静定梁的基本部分无荷载, 则基本部分内力为零。 ( )
- (2) 习题 3-1(2)图所示梁的支反力  $F_{Ay}=0$ 。 ( )
- (3) 习题 3-1(3)图所示梁的弯矩  $M_{BA}=2F_P a$ 。 ( )
- (4) 习题 3-1(4)图所示结构中, 弯矩  $M_{BC}=0$ 。 ( )
- (5) 习题 3-1(5)图所示结构中, 杆件 AB、CD 的弯矩为零。 ( )



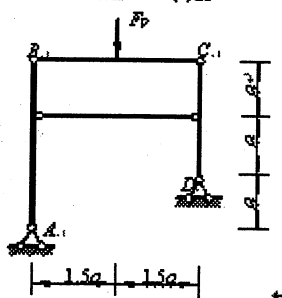
习题 3-1(2)图



习题 3-1(3)图



习题 3-1(4)图



习题 3-1(5)图

## 3-2 填空

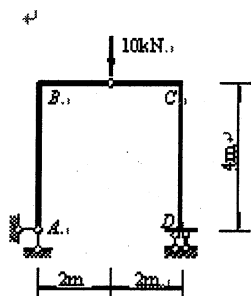
(1) 习题 3-2(1)图所示结构, 剪力  $F_{QBA} = \underline{\hspace{2cm}}$ , 弯矩  $M_{CD} = \underline{\hspace{2cm}}$ , 侧受拉。

(2) 习题 3-2(2)图所示结构中, 剪力  $F_{QAB} = \underline{\hspace{2cm}}$ , 弯矩  $M_{AB} = \underline{\hspace{2cm}}$ ,         侧受拉。

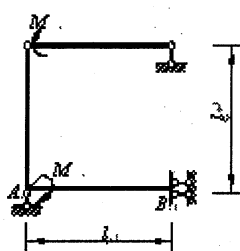
(3) 习题 3-2(3)图所示结构中, 弯矩  $M_{AB} = \underline{\hspace{2cm}}$ ,         侧受拉; 轴力  $F_{NAB} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(4) 习题 3-2(4)图所示梁的剪力  $F_{QBA} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

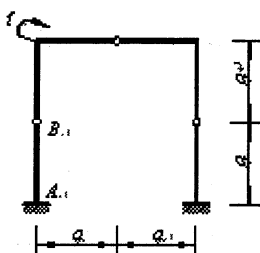
(5) 欲使习题 3-2(5)图所示梁截面  $B$ 、 $C$  处弯矩的绝对值相等, 则荷载  $F_P = \underline{\hspace{2cm}}$ 。



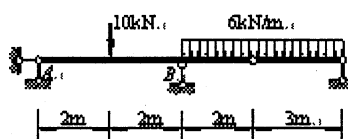
习题 3-2(1)图



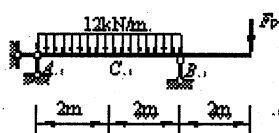
习题 3-2(2)图



习题 3-2(3)图

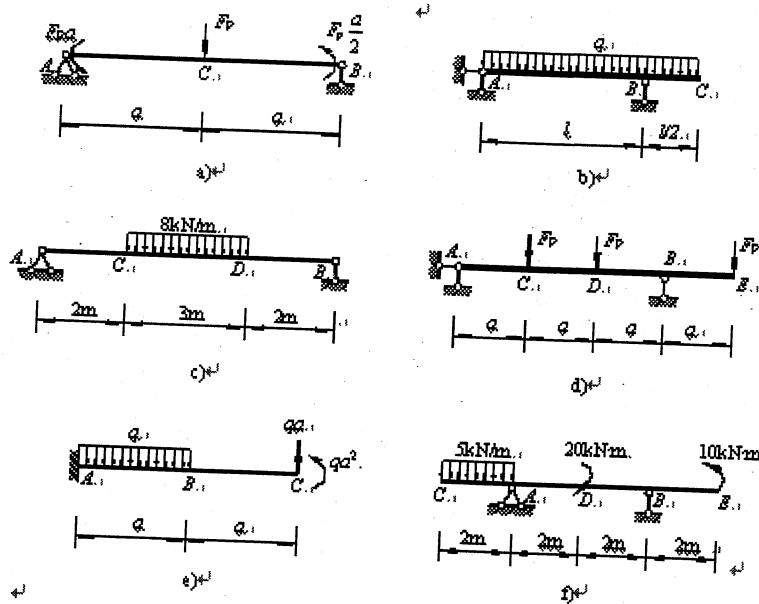


习题 3-2(4)图



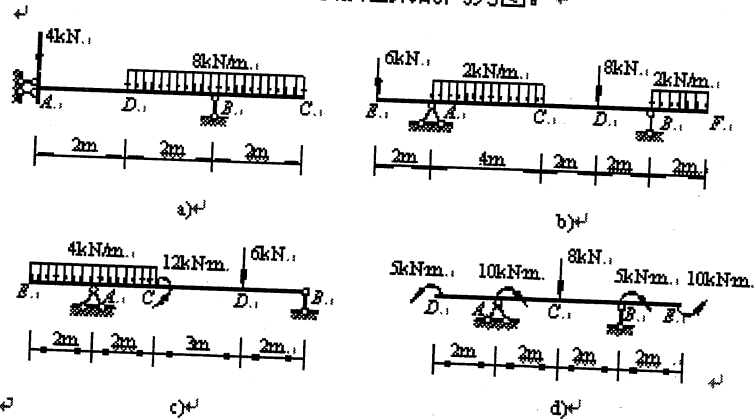
习题 3-2(5)图

3-3 用区段叠加法作习题 3-3 图所示单跨静定梁的弯矩图。



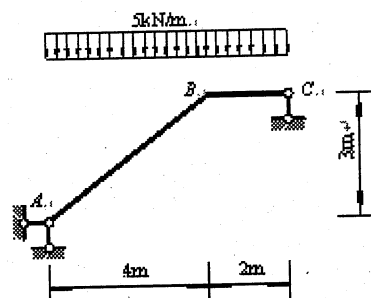
习题 3-3 图。

3-4 作习题 3-4 图所示单跨静定梁的内力图。



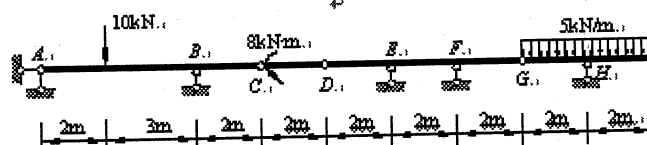
习题 3-4 图。

3-5 作习题 3-5 图所示斜梁的内力图。

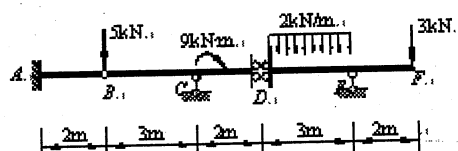


习题 3-5 图

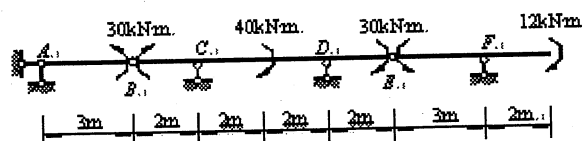
3-6 作习题 3-6 图所示多跨静定梁的内力图。



a)



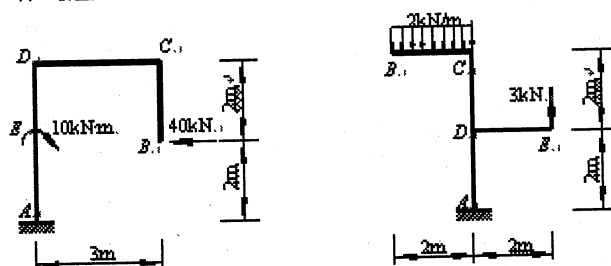
b)



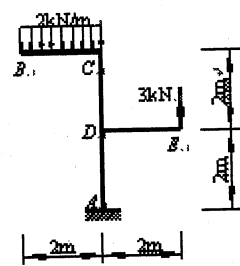
c)

习题 3-6 图

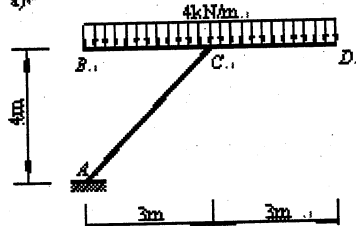
3-7 作习题 3-7 图所示悬臂刚架的内力图。



a)



b)

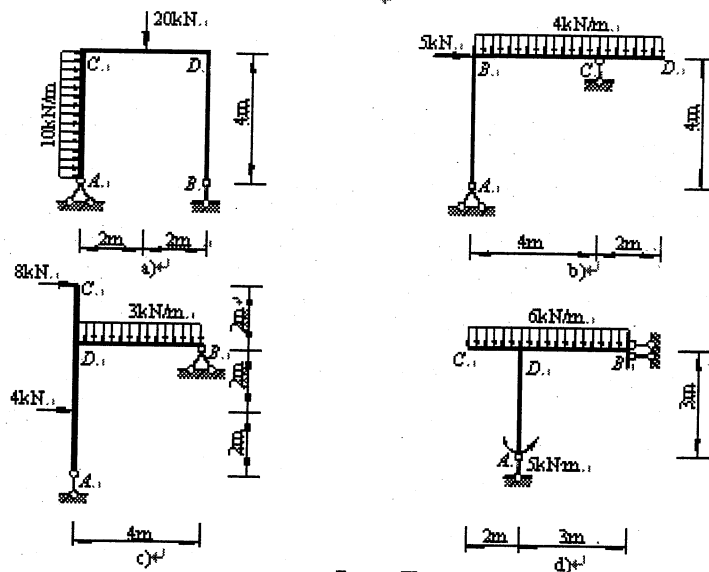


c)

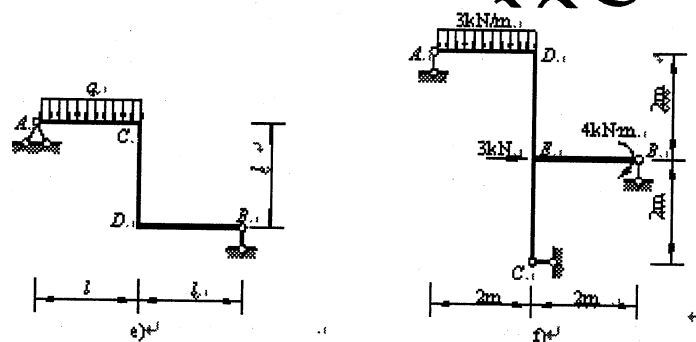
习题 3-7 图



3-8 作习题 3-8 图所示简支刚架的内力图。

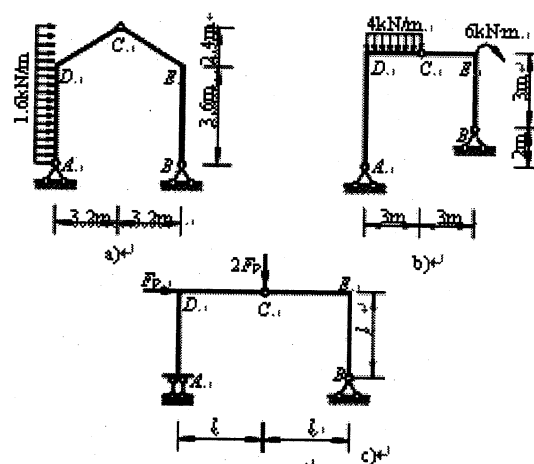


习题 3-8 图。



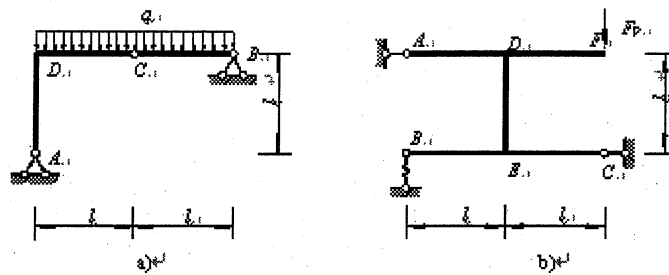
习题 3-8 图 (续)。

3-9 作习题 3-9 图所示三铰刚架的内力图。

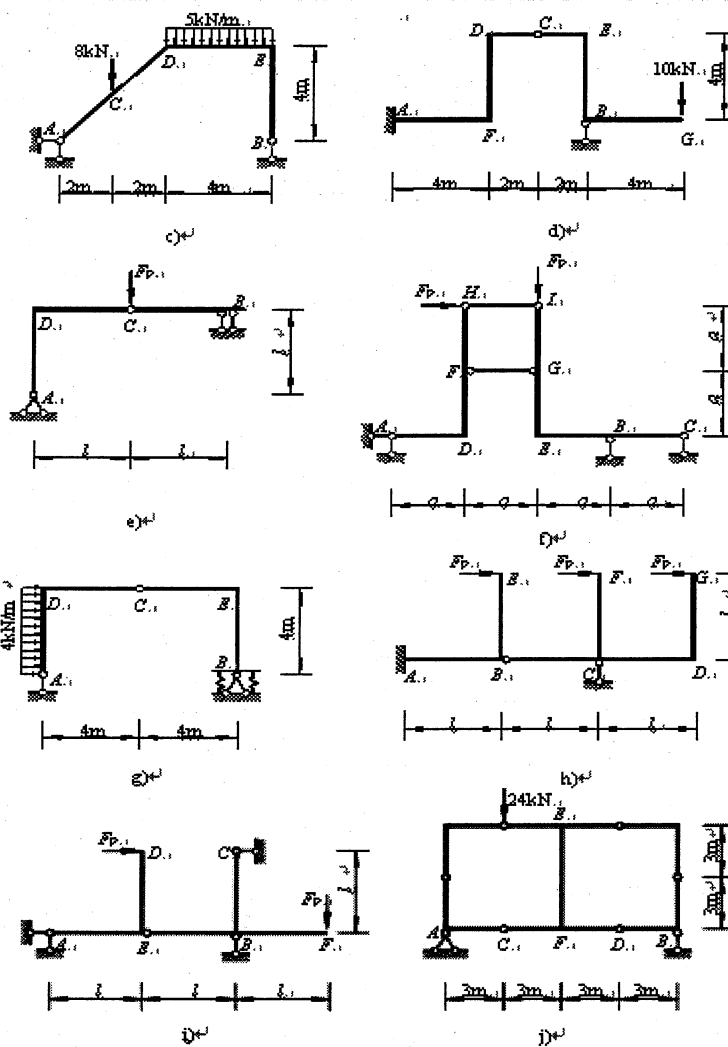


习题 3-9 图。

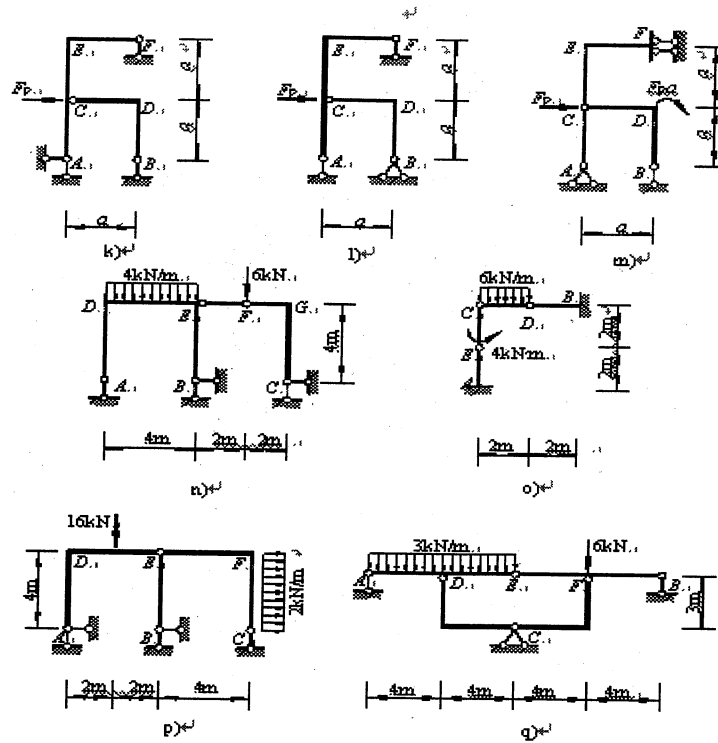
3-10 作习题 3-10 图所示刚架的弯矩图。



习题 3-10 图

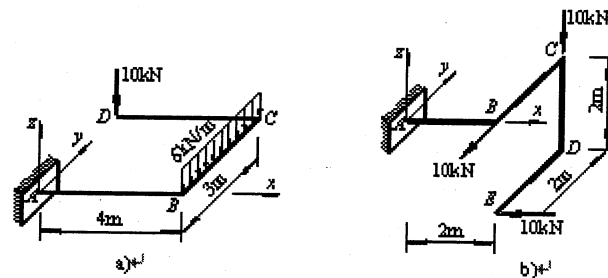


习题 3-10 图 (续 1)



习题 3-10 图 (续 2)

3-11 作习题 3-11 图所示空间刚架的内力图。



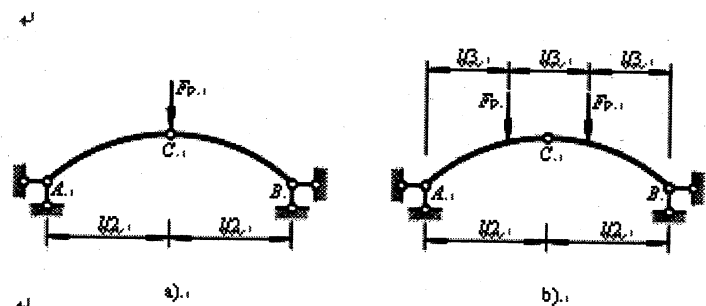
习题 3-11 图

### 思考题

4-1 三铰拱与三铰刚架的受力特点是否相同？能否用三铰拱的计算公式计算三铰刚架？

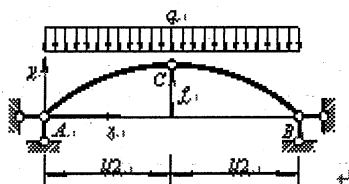
4-2 为什么要在地基较软的落地三铰拱的拱脚之间配置拉杆？

4-3 什么是合理拱轴线？试求思考题 4-3 图所示荷载作用下三铰拱的合理轴线。拱高对合理拱轴线有无影响？



思考题 4-3 图

4-4 思考题 4-4 图所示三铰拱  $y = \frac{4f}{l^2} x(l-x)$ 。试求  $x = \frac{l}{4}$  处拱截面的弯矩。其他任意截面的弯矩与该截面是否相同？

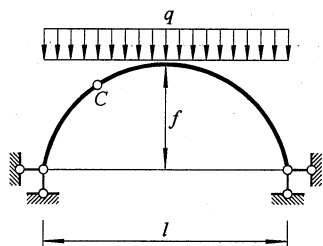


思考题 4-4 图

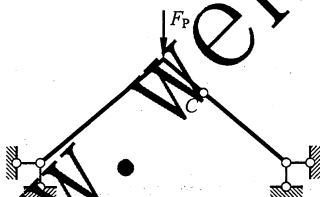
## 习 题

### 4-1 是非判断

- (1) 按照合理拱轴制成的三铰拱，在任意竖向荷载作用下，拱各截面的弯矩均为零。( )
- (2) 在相同跨度和相同竖向荷载作用下，三铰拱的矢高  $f$  愈大，推力  $F_H$  就愈小。( )
- (3) 习题 4-1(3)图所示三铰拱的水平支反力为  $F_H = \frac{ql^2}{8f}$ 。( )



习题 4-1(3)图

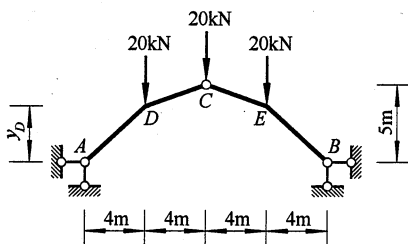


习题 4-1(4)图

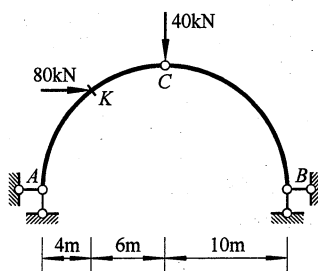
- (4) 在习题 4-1(3)图所示荷载作用下，不论铰  $C$  在结构上任何位置，图示三铰结构均无弯矩和剪力，而只有轴力。( )
- (5) 若考虑悬索的弹性变形时，仍可按 4.4 节提供的方法分析计算。( )
- (6) 悬索实际上就是一个具有合理拱轴线的倒拱。( )

### 4-2 填空

- (1) 区别拱和曲梁的主要标志是\_\_\_\_\_。
- (2) 已知三个铰的位置和荷载如习题 4-2(2)图所示。为使结构的任一截面内只产生轴力，则高度  $y_D =$  \_\_\_\_\_ m。

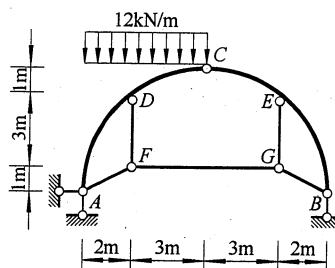
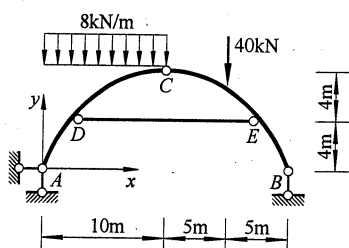


习题 4-2(2)图



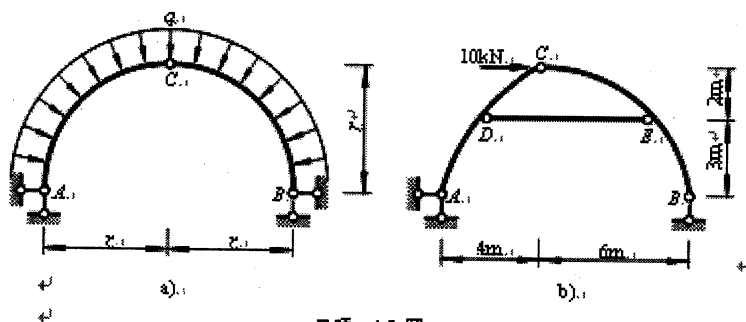
习题 4-2(3)图

- (3) 习题 4-2(3)图所示半圆三铰拱,  $K$  截面的弯矩  $M_K =$  \_\_\_\_\_  $\text{kN}\cdot\text{m}$ , \_\_\_\_\_ 侧受拉。
- (4) 若抛物线三铰拱拱轴线方程为  $y = \frac{2}{25}x(20-x)$ , 如习题 4-2(4)图所示, 则截面  $D$  的弯矩  $M_D =$  \_\_\_\_\_  $\text{kN}\cdot\text{m}$ , \_\_\_\_\_ 侧受拉。



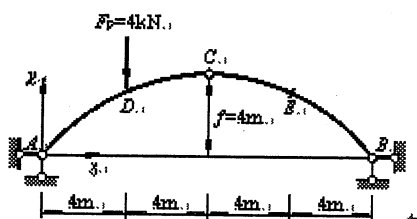
- (5) 习题 4-2(5)图所示结构中, 截面  $E$  的弯矩  $M_E =$  \_\_\_\_\_  $\text{kN}\cdot\text{m}$ , \_\_\_\_\_ 侧受拉。

4-3 试求习题 4-3 图 a 所示三铰拱的支座反力及图 b 中拉杆内力。



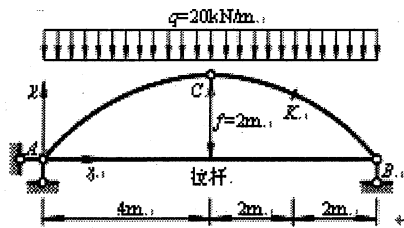
习题 4-3 图。

4-4 习题 4-4 图所示三铰拱的轴线方程为  $y = \frac{4f}{l^2}x(l-x)$ , 求荷载  $F_P$  作用下的支反力及截面  $D$ 、 $E$  的内力。



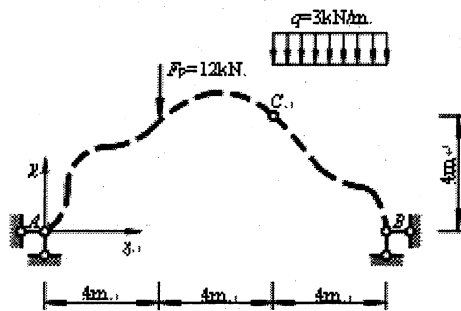
习题 4-4 图。

4-5 求习题 4-5 图所示圆弧三铰拱的支座反力和截面  $K$  的内力。



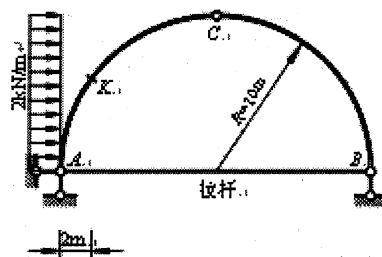
习题 4-5 图.

4-6 求习题 4-6 图所示三铰拱的合理拱轴线方程，并绘出合理拱轴线图形。



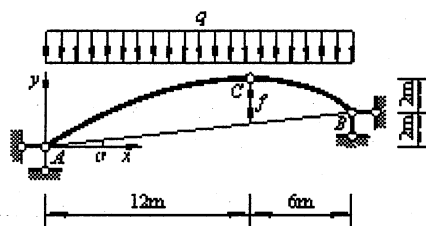
习题 4-6 图.

4-7 试求习题 4-7 图所示带拉杆的半圆三铰拱截面 K 的内力



习题 4-7 图.

4-8 求习题 4-8 图所示三铰拱的合理拱轴线方程。



习题 4-8 图.

### 思考题

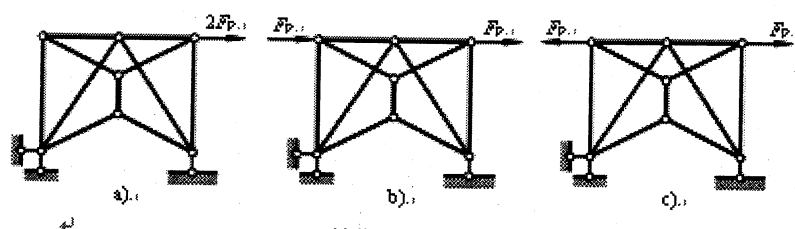
5-1 实际桁架与理想桁架有何差别？

5-2 计算桁架的两种基本方法是什么？其基本原理是什么？

5-3 试利用结点的平衡条件推出判定零杆和等力杆的各结论。

5-4 在桁架内力分析中如何应用几何组成分析的知识？

5-5 为利用对称性，将思考题 5-5 图 a 情况分解为思考题 5-5 图 b 和思考题 5-5 图 c。问：这样分解是否正确？



思考题 5-5 图.

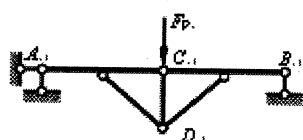
5-6 组合结构中有几种基本杆件? 有几种结点类型? 计算时应注意什么?

5-7 空间桁架中任一杆件的内力可分解为几个分力? 在直角坐标系中如何表示?

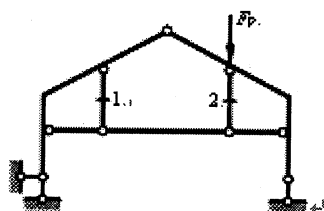
### 习 题

5-1 是非判断

- (1) 在荷载作用下, 桁架各杆只产生轴力。 ( )
- (2) 由于零杆不受力, 因此可将它们从结构中去掉。 ( )
- (3) 对习题 5-1(3)图所示结构, 从结点  $C$  可判定  $F_{NCD} = -F_P$ 。  
( )



习题 5-1(3)图.

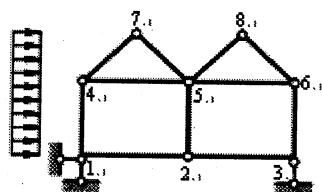


习题 5-1(4)图.

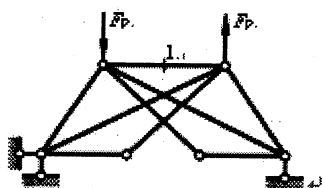
- (4) 对习题 5-1(4)图所示结构有  $F_{N1} = 0$ ,  $F_{N2} = 0$ 。 ( )

5-2 填空

- (1) 在习题 5-2(1)图所示结构中, \_\_\_\_\_ 是梁式杆, \_\_\_\_\_ 是链杆, \_\_\_\_\_ 是桁架结点, \_\_\_\_\_ 是组合结点。

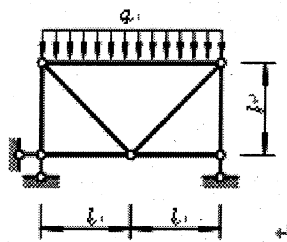


习题 5-2(1)图.



习题 5-2(2)图.

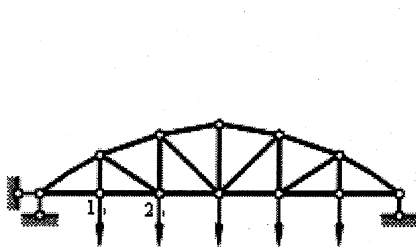
- (2) 习题 5-2(2)图所示对称桁架中,  $F_{N1} =$  \_\_\_\_\_。
- (3) 习题 5-2(3)图所示组合结构中, 有 \_\_\_\_\_ 根零杆。(不包括支杆)



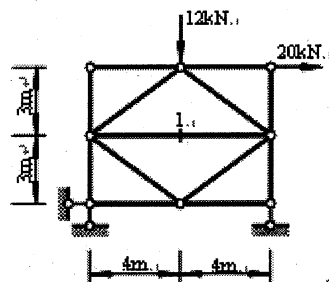
习题 5-2(3)图

(4) 习题 5-2(4)图所示抛物线桁架 1-2 节间下弦杆的内力与上弦杆水平分力之间的关系是\_\_\_\_\_。

(5) 习题 5-2(5)图所示桁架中,  $F_{N1}$  = \_\_\_\_\_。

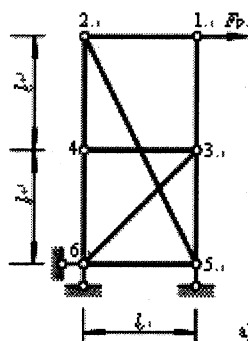


习题 5-2(4)图

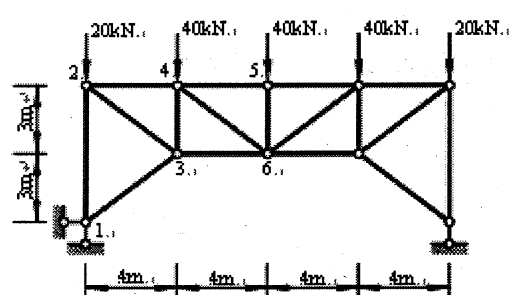


习题 5-2(5)图

5-3 用结点法计算习题 5-3 图所示桁架各杆内力。



a)



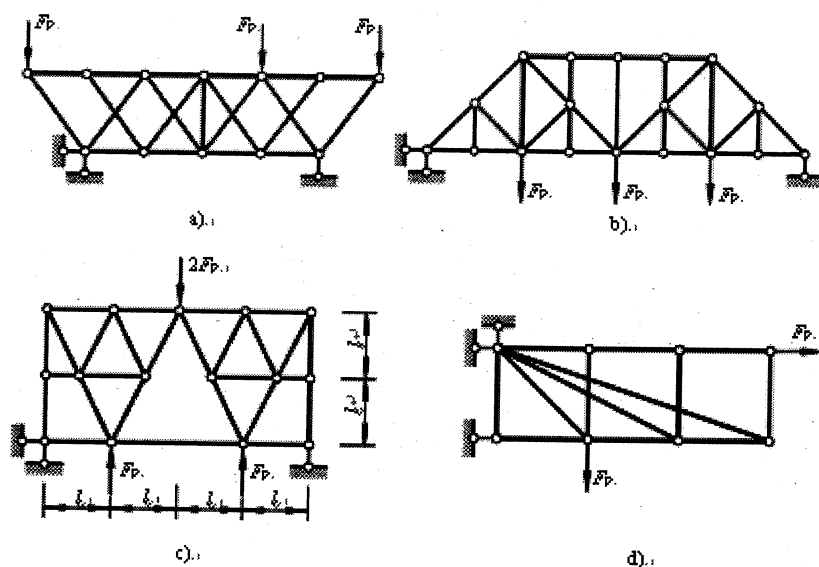
b)

习题 5-3 图

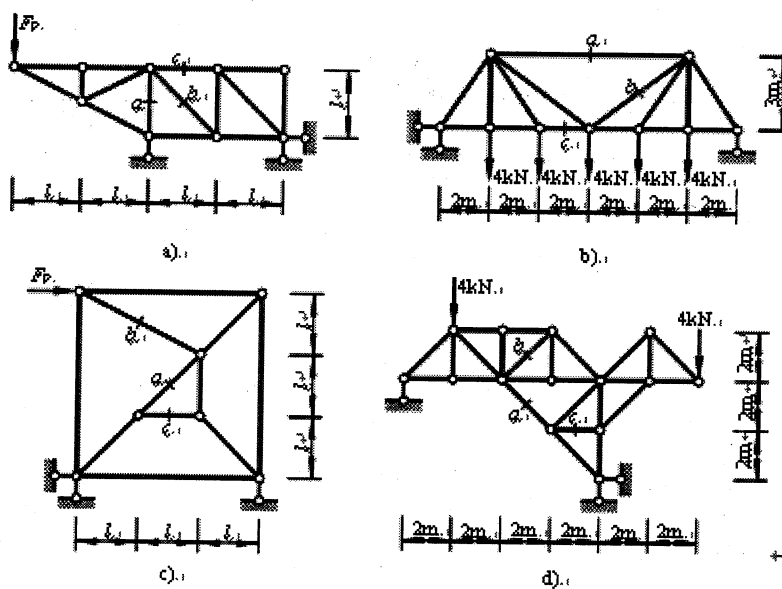
5-4 判定习题 5-4 图所示桁架的零杆。

5-5 用截面法计算习题 5-5 图所示桁架指定杆件的内力。



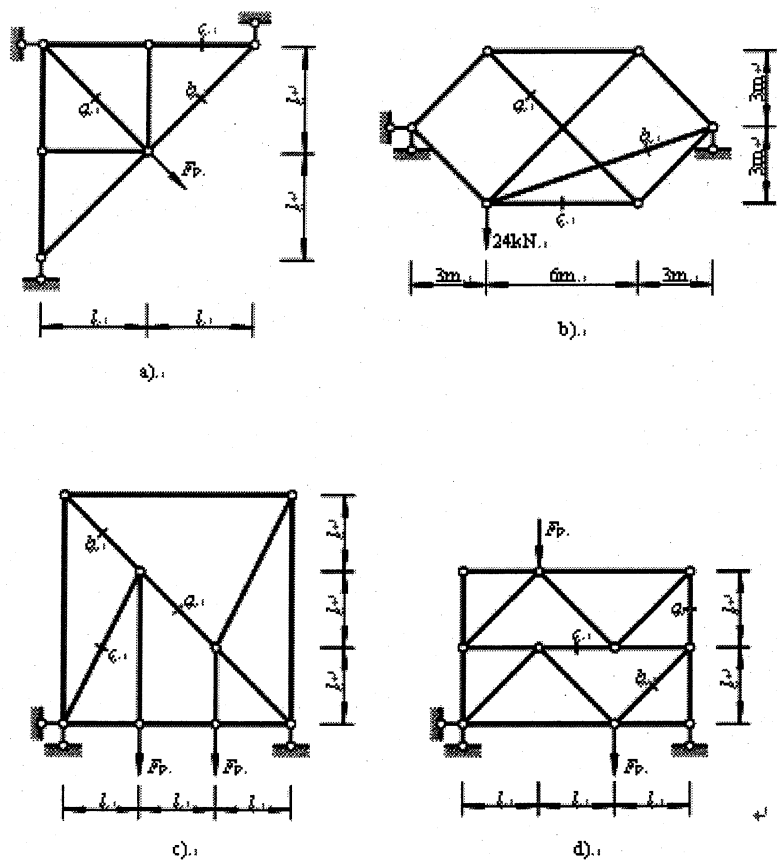


习题 5-4 图



习题 5-5 图

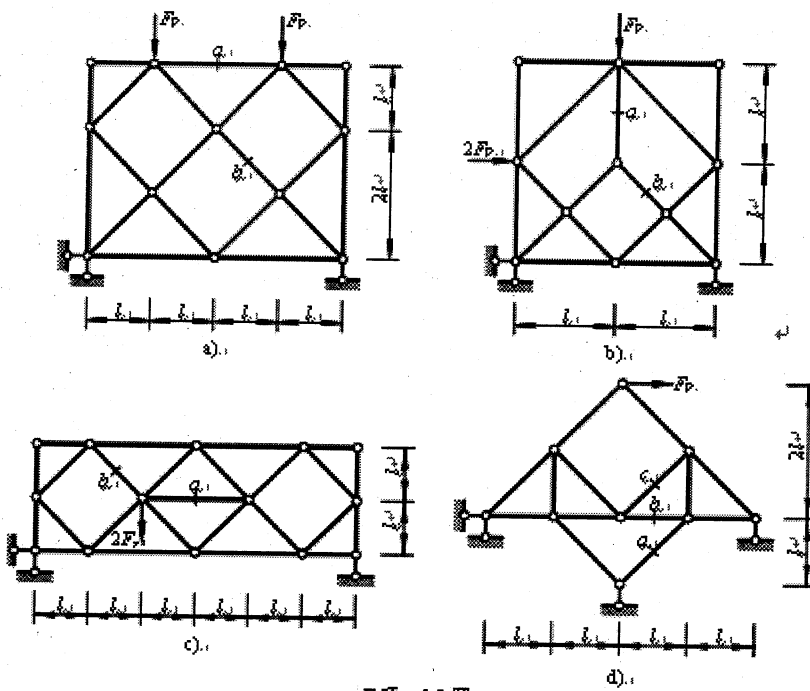
5-6 选择适当方法计算习题 5-6 图所示桁架指定杆件的内力。



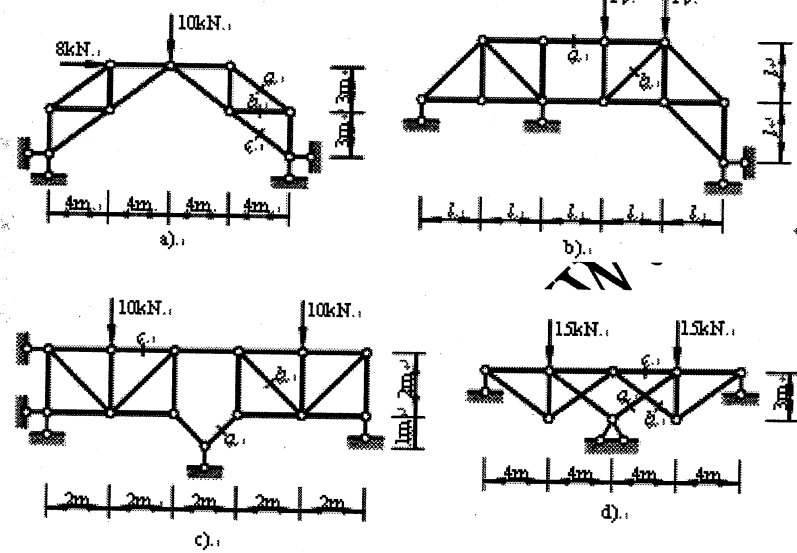
习题 5-6 图

5-7 利用对称性计算习题 5-7 图所示桁架指定杆件的内力。

5-8 计算习题 5-8 图所示桁架的支座反力及指定杆件的内力

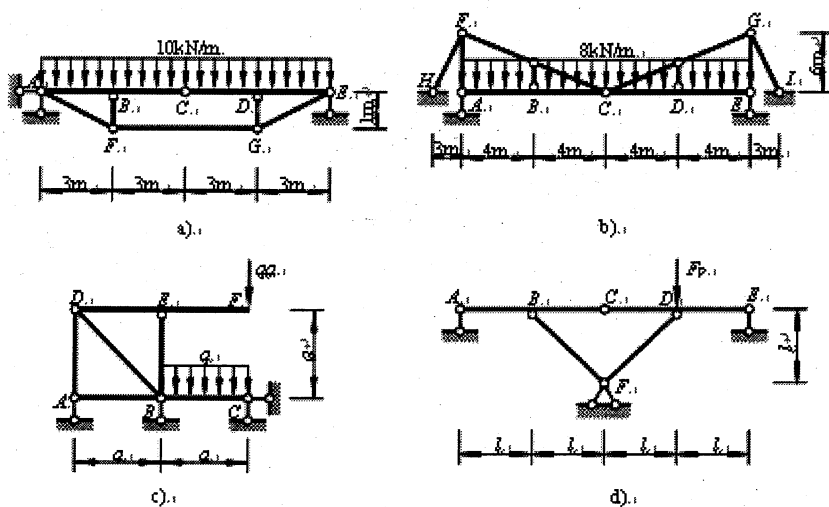


习题 5-7 图



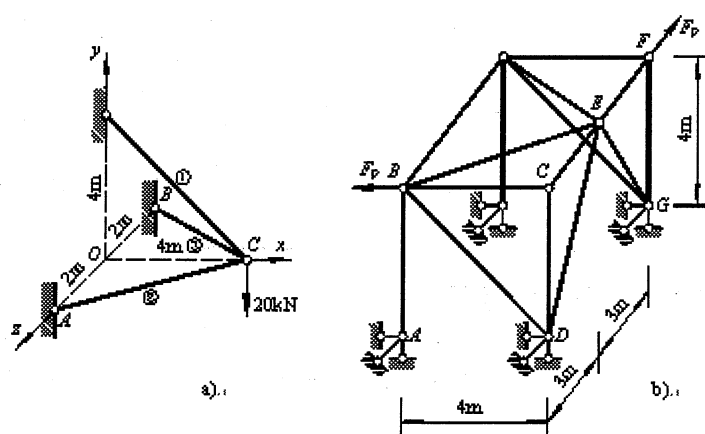
习题 5-8 图

5-9 计算习题 5-9 图所示组合结构中链杆的轴力并绘出梁式杆的内力图。



习题 5-9 图

5-10 计算习题 5-10 图所示静定空间桁架的内力。



习题 5-10 图

### 思考题

- 6-1 没有变形就没有位移，此结论是否成立？
- 6-2 没有内力就没有位移，此结论是否成立？
- 6-3 什么是相对线位移和相对角位移？试举例说明。
- 6-4 何谓实功和虚功？两者的区别是什么？
- 6-5 推导变形体虚功方程时，除了利用平衡条件外，还需要利用什么条件？
- 6-6 如何根据变形体虚功原理推导出刚体虚功原理？
- 6-7 变形虚功  $W_{\text{变}}$  与内力虚功  $W_{\text{内}}$  有什么区别？
- 6-8 结构上本来没有虚拟单位荷载，但在求位移时却加上了虚拟单位荷载，这样求出的位移会等

于原来的实际位移吗？它是否包括了虚拟单位荷载引起的位移？

6-9 求位移时怎样确定虚拟的单位广义力？这个单位广义力具有什么样的量纲？为什么？

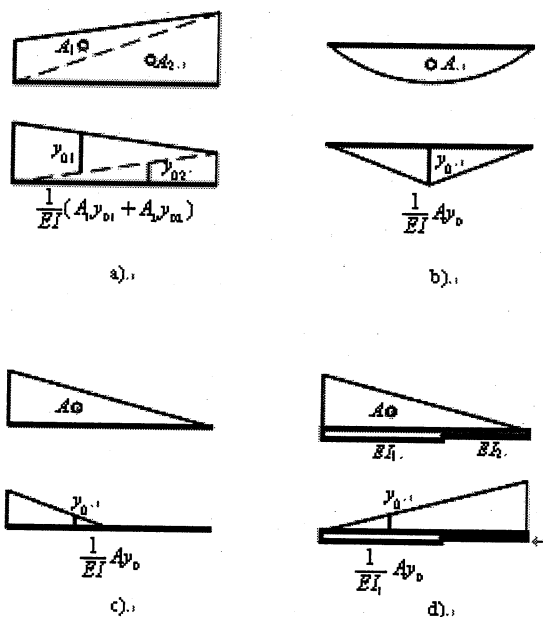
6-10 说明式 (6-9) 和式 (6-10) 中各量的物理意义、正负号规定及适用条件。

6-11 在非弹性情况下，如何计算荷载作用下的位移？

6-12 图乘法的应用条件是什么？求连续变截面梁和拱的位移时，可否用图形相乘法？

6-13 思考题 6-13 图所示的图乘是否正确？请将不正确的改正。

该图中图 a、b、c 各杆的  $EI$  为常数。



思考题 6-13 图。

6-14 在温度变化引起的位移计算公式 (6-25) 中，如何确定各项的正负号？

6-15 用式 (6-3) 重新计算例 6-17。

6-16 反力互等定理是否可用于静定结构？结果如何？

6-17 何谓非线性结构？位移互等定理能否用于非线性结构的静定结构？

6-18 反力与位移互等定理是否适用于静定结构？

## 习 题

6-1 是非判断

- (1) 变形体虚功原理仅适用于弹性体系，不适用于非弹性体系。( )
- (2) 虚功原理中的力状态和位移状态都是虚设的。( )
- (3) 功的互等定理仅适用于线弹性体系，不适用于非线性弹性体系。( )
- (4) 反力互等定理仅适用于超静定结构，不适用于静定结构。( )
- (5) 对于静定结构，有变形就一定有内力。( )

(6) 对于静定结构, 有位移就一定有变形。( )

(7) 习题 6-1(7)图所示体系中各杆  $EA$  相同, 则两图中  $C$  点的水平位移相等。( )

(8)  $M_P$  图,  $\bar{M}$  图如习题 6-1(8)图所示,  $EI$  为常数。下列图乘结果是正确的:

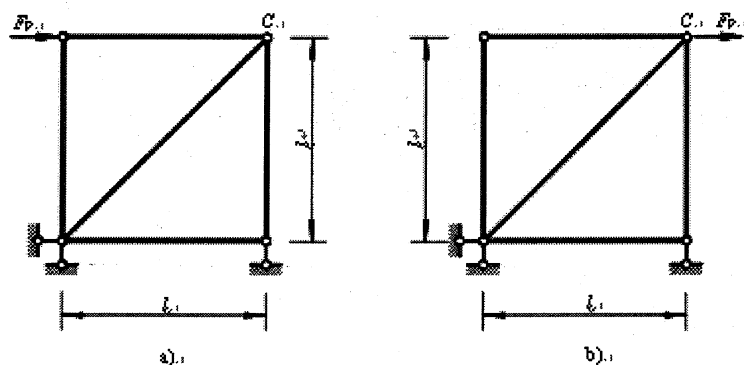
$$\frac{1}{EI} \left( \frac{2}{3} \times \frac{ql^2}{8} \times l \right) \times \frac{l}{4} \quad ( )$$

(9)  $M_P$  图、 $\bar{M}$  图如习题 6-1(9)图所示, 下列图乘结果是正确的:

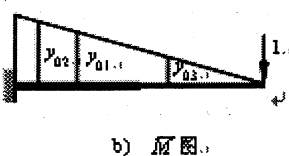
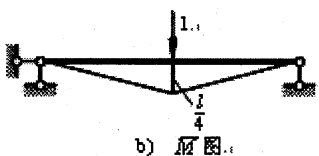
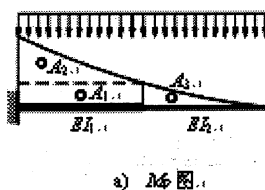
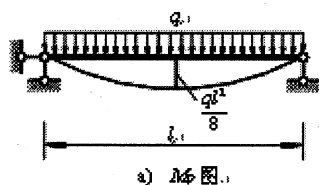
$$\frac{1}{EI_1} (A_1 y_{01} + A_2 y_{02}) + \frac{1}{EI_2} A_3 y_{03} \quad ( )$$

(10) 习题 6-1(10)图所示结构的两个平衡状态中, 有一个为温度

变化, 此时功的互等定理不成立。( )

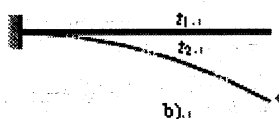
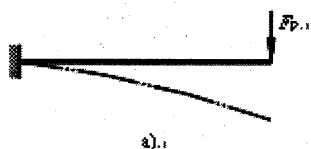


习题 6-1(7)图



习题 6-1(8)图

习题 6-1(9)图

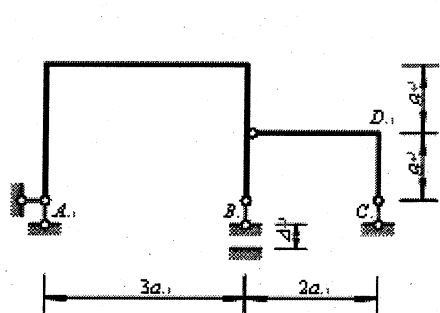


习题 6-1(10)图

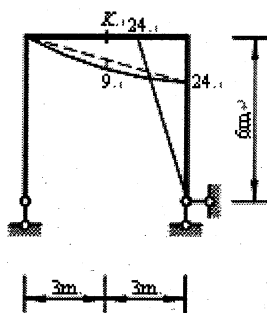
## 6-2 填空

(1) 习题 6-2(1)图所示刚架, 由于支座  $B$  下沉  $\Delta$  所引起  $D$  点的水平位移  $\Delta_{DH} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

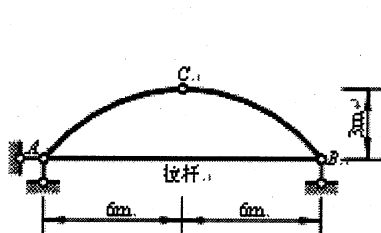
- (2) 虚功原理有两种不同的应用形式, 即\_\_\_\_\_原理和\_\_\_\_\_原理。其中, 用于求位移的是\_\_\_\_\_原理。
- (3) 用单位荷载法计算位移时, 虚拟状态中所加的荷载应是与所求广义位移相应的\_\_\_\_\_。
- (4) 图乘法的应用条件是: \_\_\_\_\_且  $M_P$  与  $\bar{M}$  图中至少有一个为直线图形。
- (5) 已知刚架在荷载作用下的  $M_P$  图如习题 6-2(5)图所示, 曲线为二次抛物线, 横梁的抗弯刚度为  $2EI$ , 竖杆为  $EI$ , 则横梁中点  $K$  的竖向位移为\_\_\_\_\_。
- (6) 习题 6-2(6)图所示拱中拉杆  $AB$  比原设计长度短了  $1.5\text{cm}$ , 由此引起  $C$  点的竖向位移为\_\_\_\_\_; 引起支座  $A$  的水平反力为\_\_\_\_\_。
- (7) 习题 6-2(7)图所示结构当  $C$  点有  $F_P=1(\downarrow)$  作用时,  $D$  点竖向位移等于  $\Delta(\uparrow)$ , 当  $E$  点有图示荷载作用时,  $C$  点的竖向位移为\_\_\_\_\_。
- (8) 习题 6-2(8)图 a 所示连续梁支座  $B$  的反力为  $F_{RB} = \frac{11}{16}(\uparrow)$ , 则该连续梁在支座  $B$  下沉  $\Delta_B=1$  时 (图 b),  $D$  点的竖向位移  $\delta_D = \underline{\hspace{2cm}}$ 。



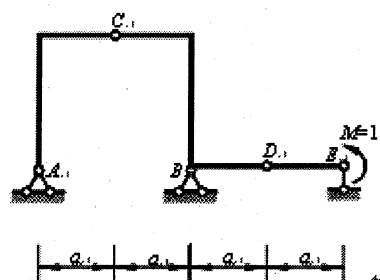
习题 6-2(1)图.



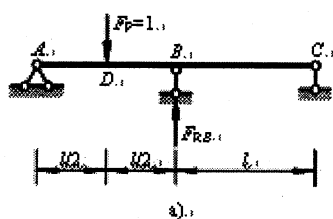
习题 6-2(5)图.



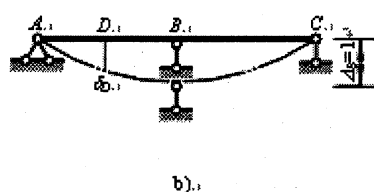
习题 6-2(6)图.



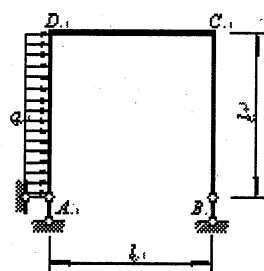
习题 6-2(7)图.



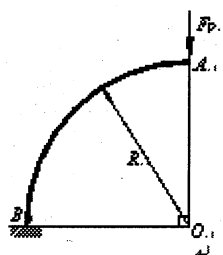
习题 6-2(8)图.



6-3 用积分法求习题 6-5 图所示刚架 C 点的水平位移  $\Delta_{CH}$ 。已知  $EI$  为常数。



习题 6-3 图.

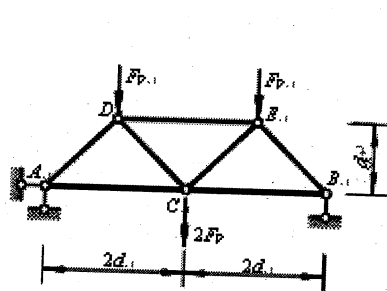


习题 6-4 图.

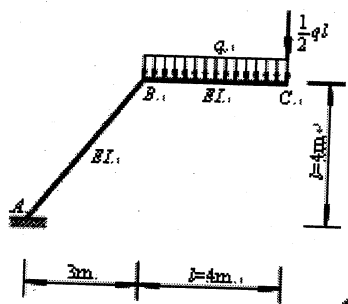
6-4 求习题 6-4 图所示 1/4 圆弧形悬臂梁 ( $EI$  为常数) A 端的竖向位移  $\Delta_{AV}$ 。



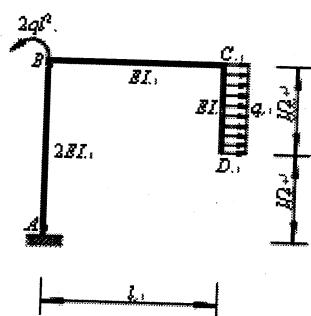
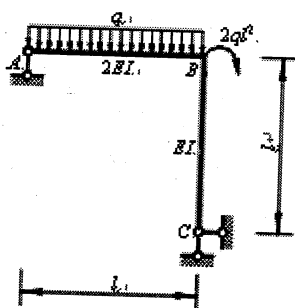
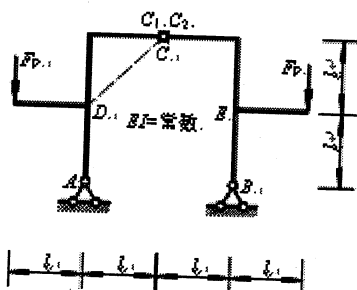
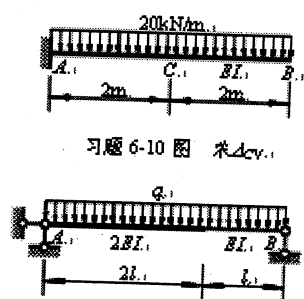
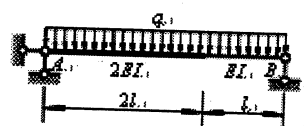
6-5 习题 6-5 图所示桁架各杆截面均为  $A=2 \times 10^{-3} \text{m}^2$ ,  $E=2.1 \times 10^8 \text{kN/m}^2$ ,  $F_P=30 \text{kN}$ ,  $d=2 \text{m}$ 。试求:  
(1)  $C$  点的竖向位移; (2) 角  $ADC$  的改变量。



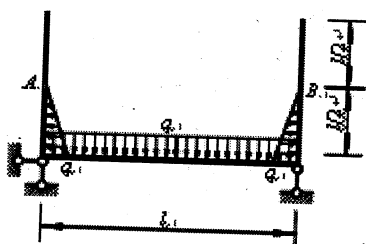
习题 6-5 图

习题 6-6 图 求  $\Delta_{cv}$ 

6-6~6-11 用图乘法求习题 6-6~6-11 图所示结构的指定位移。

习题 6-7 图 求  $\varphi_D$ 习题 6-8 图 求  $\varphi_{AB}$ 习题 6-9 图 求  $\Delta_{CD}$  及  $\varphi_{C_2}$ 习题 6-10 图 求  $\Delta_{cv}$ 习题 6-11 图 求  $\varphi_A$ 

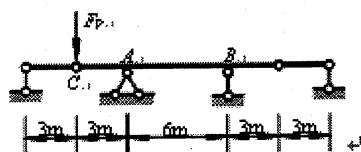
6-12 求习题 6-12 图所示刚架  $A$ 、 $B$  两点间水平相对位移, 并勾绘变形曲线。已知  $EI$  为常数。



习题 6-12 图

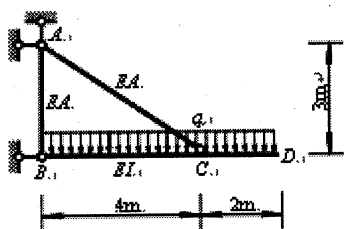
6-13 习题 6-13 图所示梁  $EI$  为常数, 在荷载  $F_P$  作用下, 已测得截面  $B$  的角位移为  $0.001 \text{rad}$  (顺时针)

针), 试求  $C$  点的竖向位移。

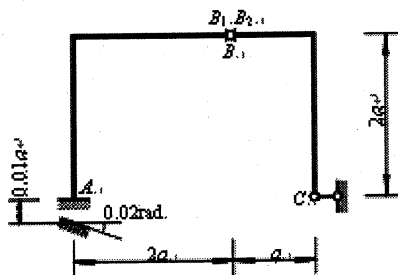


习题 6-13 图.

6-14 习题 6-14 图所示结构中,  $EA=4 \times 10^5 \text{ kN}$ ,  $EI=2.4 \times 10^4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$ 。为使  $D$  点竖向位移不超过  $1 \text{ cm}$ , 所受荷载  $q$  最大能为多少?



习题 6-14 图.



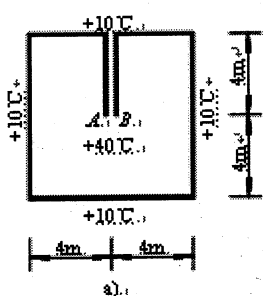
习题 6-15 图.

6-15 试计算由于习题 6-15 图所示支座位移所引起  $C$  点的竖向位移  $\Delta_{CV}$  及铰  $B$  两侧截面间的相对转角  $\varphi_{B_1 B_2}$ 。

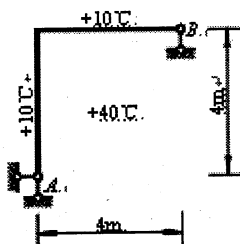
6-16 习题 6-16 图所示刚架各杆为等截面, 截面高度  $h=0.5 \text{ m}$ ,  $\alpha=10^{-5}$ , 刚架内侧温度升高了  $40^\circ \text{C}$ , 外侧升高了  $10^\circ \text{C}$ 。求:

图 a 中  $A$ 、 $B$  间的水平相对位移  $\Delta_{AB}$ 。

图 b 中的  $B$  点的水平位移  $\Delta_{BH}$ 。



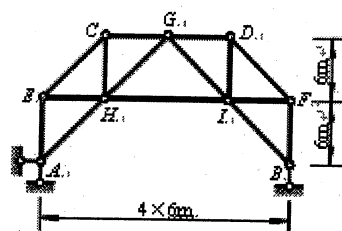
a).



b).

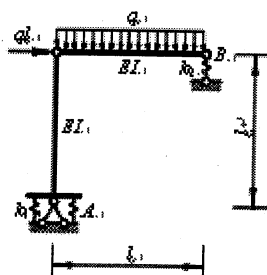
习题 6-16 图.

6-17 由于制造误差, 习题 6-17 图所示桁架中  $HI$  杆长了  $0.8 \text{ cm}$ ,  $CG$  杆短了  $0.6 \text{ cm}$ , 试求装配后中间结点  $G$  的水平偏离值  $\Delta_{GH}$ 。



习题 6-17 图

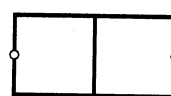
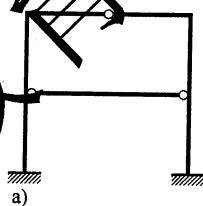
6-18 求习题 6-18 图所示结构中  $B$  点的水平位移  $\Delta_{BH}$ 。已知弹性支座的刚度系数  $k_1 = EI/l$ ,  $k_2 = EI/l^3$ 。



习题 6-18 图

### 思考题

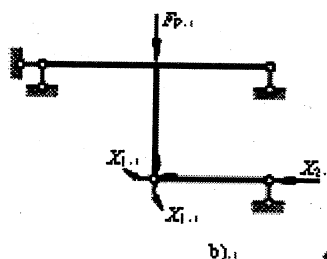
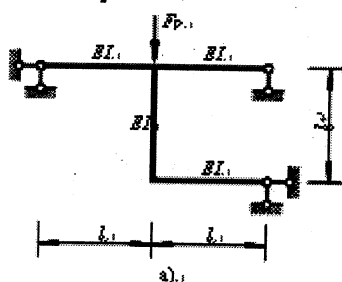
- 7-1 如何确定结构的超静定次数？
- 7-2 力法求解超静定结构的思路是什么？
- 7-3 什么是力法基本未知量？力法的基本结构与基本体系之间有什么不同？基本体系与原结构之间有什么不同？在选取力法基本结构时应掌握哪些原则？
- 7-4 试画出思考题 7-4 图所示每一超静定结构的两种力法基本结构。



b)

思考题 7-4 图

7-5 力法方程的物理意义是什么？力法典型方程的右端是否一定为零？



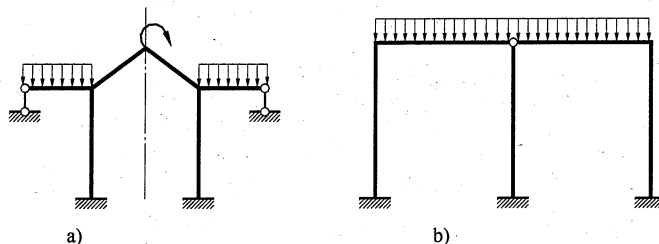
思考题 7-6 图

7-6 思考题 7-6 图 a 所示结构，若选取图 b 所示力法基本体系，试写出力法方程。方程中  $\delta_{12}$ 、 $\delta_{22}$ 、 $\Delta_{1P}$  的

含义是什么？如何计算？

7-7 为什么静定结构的内力与杆件的刚度无关而超静定结构与之有关？在什么情况下，超静定结构的内力只与各杆刚度的相对值有关？在什么情况下，超静定结构的内力与各杆刚度的实际值有关？

7-8 试指出利用对称性计算思考题 7-8a、b 图所示对称结构的思路，并画出相应的半结构。

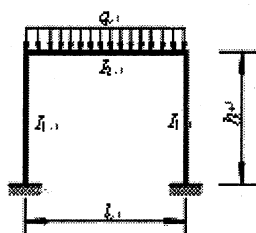


思考题 7-8 图

7-9 如何计算超静定结构的位移？为什么虚拟单位力可以加在任一基本结构上？可以加在原结构上吗？

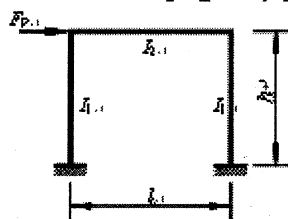
7-10 试分别从不同结构类型（如梁、刚架、桁架等）的角度和不同外因作用（如荷载作用、温度变化等）的角度比较力法计算的异同。

7-11 用力法计算思考题 7-11 图所示结构并绘出弯矩图。讨论：当  $\frac{I_2}{I_1} \rightarrow \infty$  和  $\frac{I_2}{I_1} \rightarrow 0$  时，梁的弯矩怎样变化？



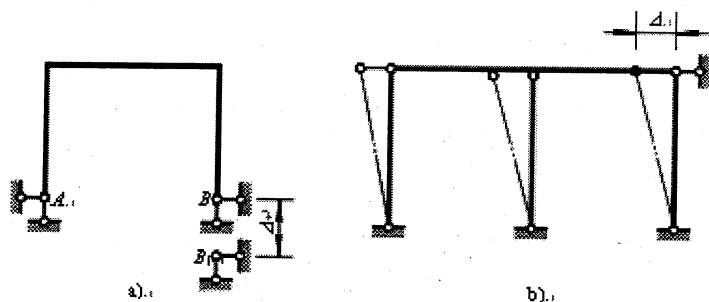
思考题 7-11 图

7-12 用力法计算思考题 7-12 图所示结构并绘出弯矩图。讨论：当  $\frac{I_2}{I_1} \rightarrow \infty$  和  $\frac{I_2}{I_1} \rightarrow 0$  时，柱的弯矩和反弯点的位置怎样变化？



思考题 7-12 图

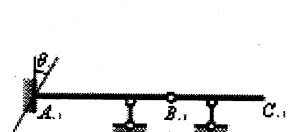
7-13 思考题 7-13 图 a、b 所示的超静定结构均有支座位移发生。问：此时结构是否会产生内力，为什么？由此可得出什么结论？



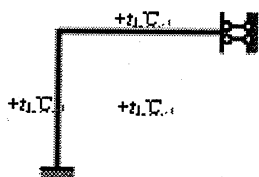
## 习 题

## 7-1 是非判断

- (1) 习题 7-1(1)图所示结构, 当支座  $A$  发生转动时, 各杆均产生内力。( )
- (2) 习题 7-1(2)图所示结构, 当内外侧均升高  $t_1^\circ\text{C}$  时, 两杆均只产生轴力。( )

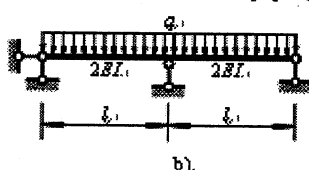
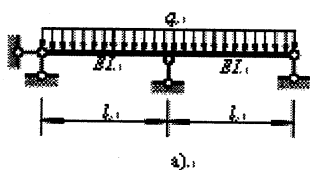


习题 7-1(1)图。



习题 7-1(2)图。

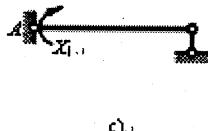
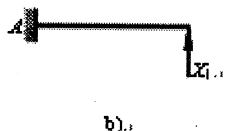
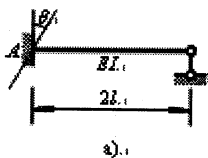
- (3) 习题 7-1(3)图中图 a、b 所示两结构的内力相同。( )
- (4) 习题 7-1(4)图中图 a、b 所示两结构的变形相同。( )



习题 7-1(3), (4)图。

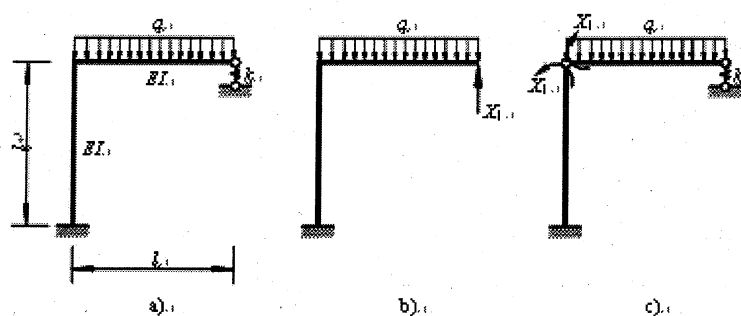
## 7-2 填空

- (1) 习题 7-2(1)图中图 a 所示超静定梁的支座  $A$  发生转角  $\theta$ , 若选图 b 所示力法基本结构, 则力法方程为 \_\_\_\_\_, 代表的位移条件是 \_\_\_\_\_, 其中  $\Delta_{1C} =$  \_\_\_\_\_; 若选图 c 所示力法基本结构时, 力法方程为 \_\_\_\_\_, 代表的位移条件是 \_\_\_\_\_, 其中  $\Delta_{1C} =$  \_\_\_\_\_。



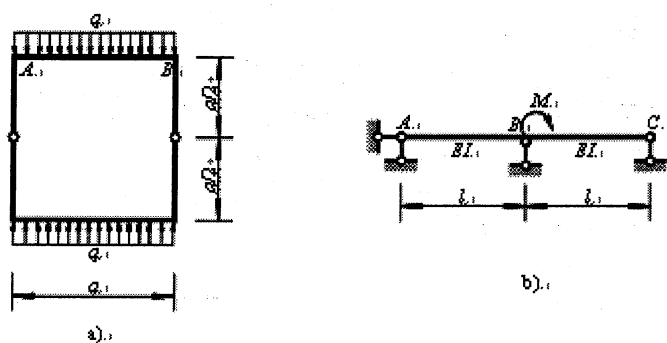
习题 7-2(1)图。

- (2) 习题 7-2(2)图中图 a 所示超静定结构, 当基本体系为图 b 时, 力法方程为 \_\_\_\_\_,  $\Delta_{1P} =$  \_\_\_\_\_; 当基本体系为图 c 时, 力法方程为 \_\_\_\_\_,  $\Delta_{1P} =$  \_\_\_\_\_。



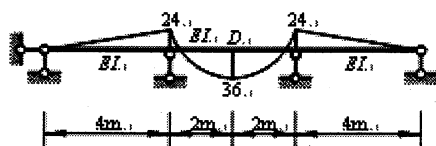
习题 7-2(2)图

- (3) 习题 7-2(3)图中图 a 所示结构各杆刚度相同且为常数,  $AB$  杆中点弯矩为\_\_\_\_\_侧受拉; 图 b 所示结构  $M_{BC}$  = \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_侧受拉。



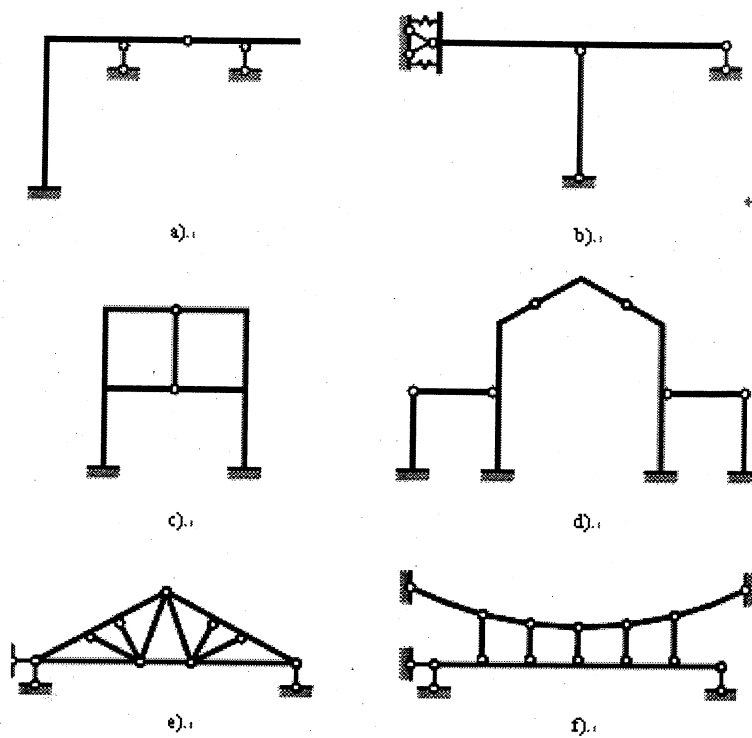
习题 7-2(3)图

- (4) 连续梁受荷载作用时, 其弯矩图如习题 7-2(4)图所示, 则  $D$  点的挠度为\_\_\_\_\_, 位移方向为\_\_\_\_\_。



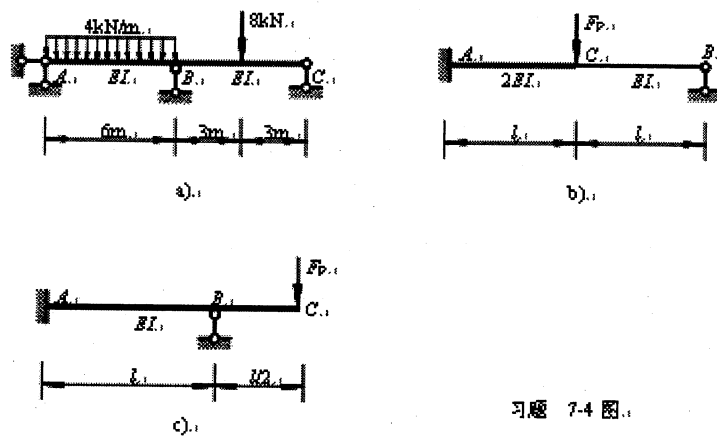
习题 7-2(4)图

7-3 试确定习题 7-3 图所示结构的超静定次数。



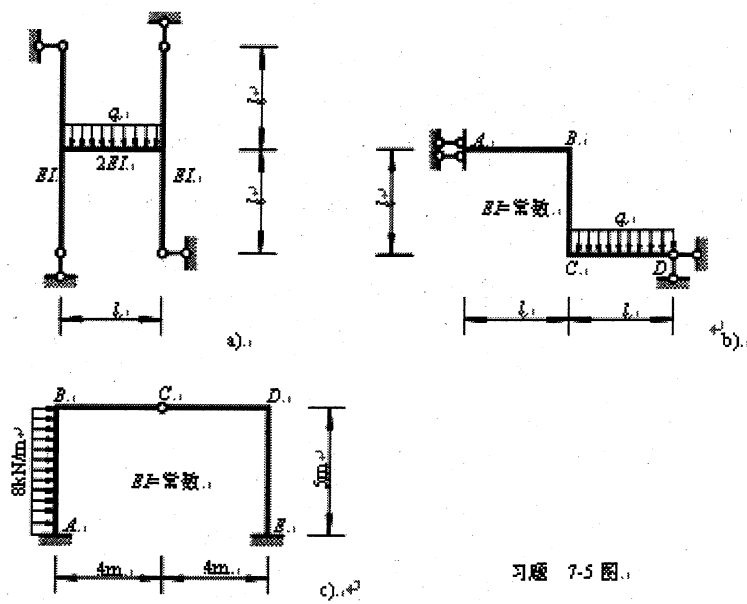
习题 7-3 图

7-4 用力法计算习题 7-4 图所示超静定梁，并作出弯矩图和剪力图。



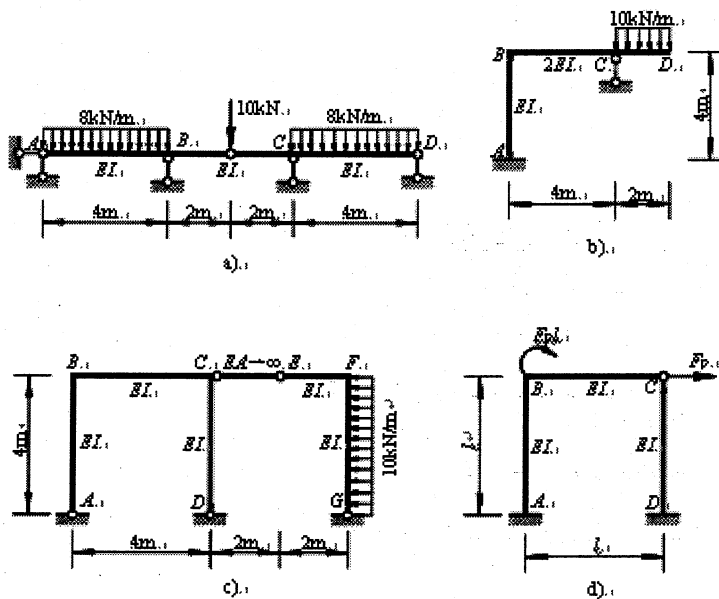
习题 7-4 图

7-5 用力法计算习题 7-5 图所示超静定刚架，并作出内力图。



习题 7-5 图

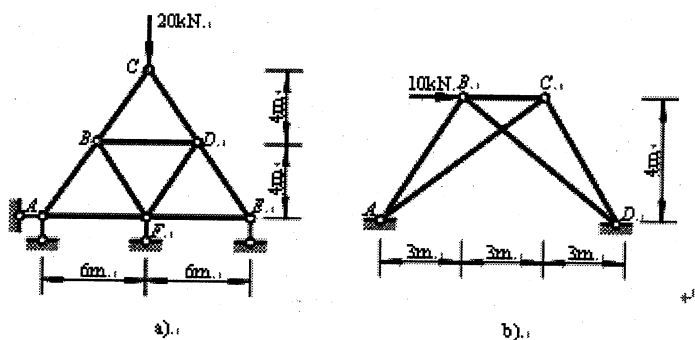
7-6 用力法计算习题 7-6 图所示结构，并作出弯矩图。



习题 7-6 图

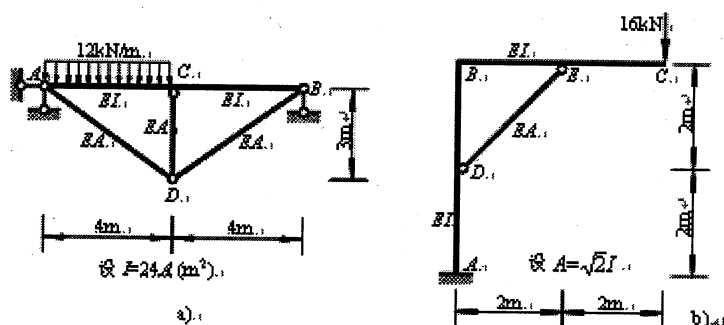


7-7 用力法计算习题 7-7 图 a、b 所示桁架各杆的轴力, 已知各杆  $EA$  相同且为常数。



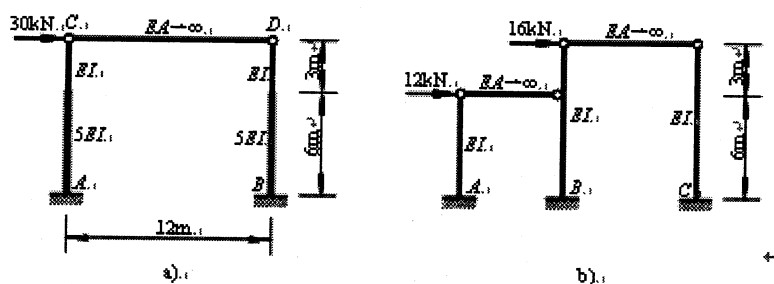
习题 7-7 图。

7-8 用力法计算习题 7-8 图所示超静定组合结构, 绘出弯矩图, 并求链杆轴力。



习题 7-8 图。

7-9 用力法计算习题 7-9 图 a、b 所示排架, 并绘出弯矩图。

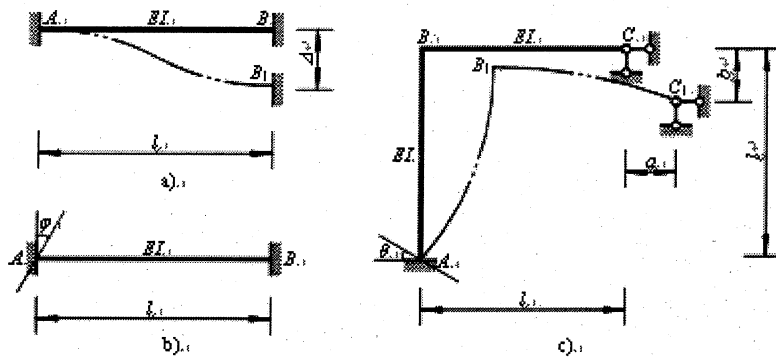


习题 7-9 图。

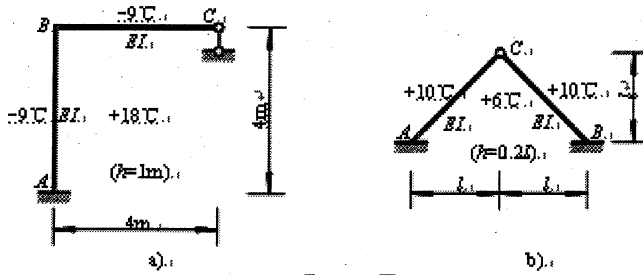
7-10 用力法计算习题 7-10 图所示结构由于支座移动引起的内力, 并绘弯矩图。

7-11 用力法计算习题 7-11 图所示结构由于温度变化引起的内力, 并绘弯矩图。(设杆件为矩形截面, 截面高为  $h$ , 线膨胀系数为  $\alpha$ 。)

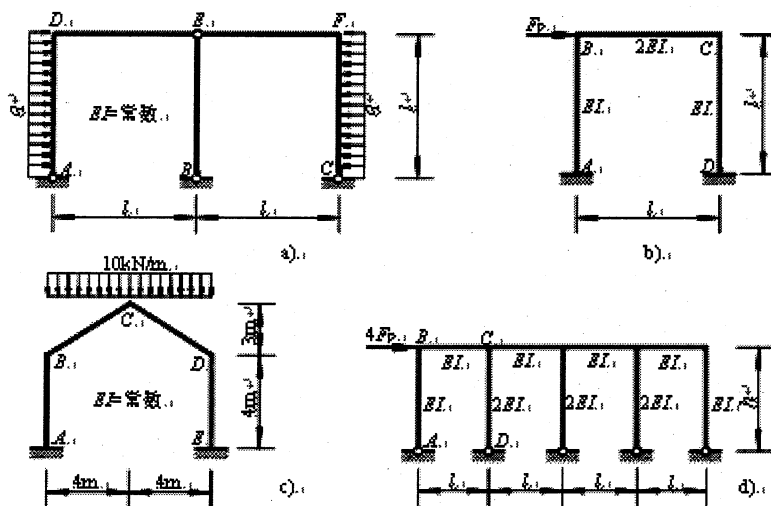
7-12 利用对称性, 计算习题 7-12 图所示结构的内力, 并绘弯矩图。



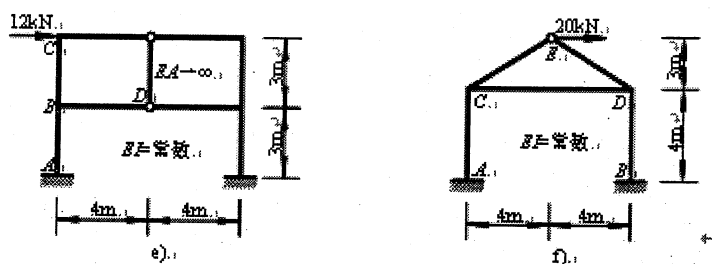
习题 7-10 图



习题 7-11 图

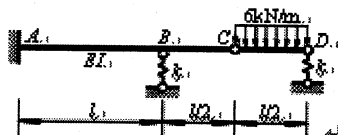


习题 7-12 图



习题 7-12 图 (续)

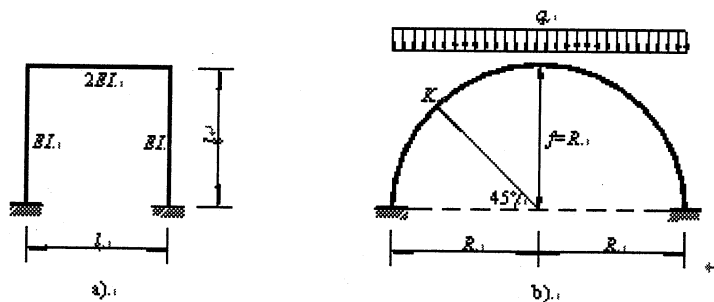
7-13 用力法计算习题 7-13 图所示具有弹性支座的结构, 绘出弯矩图。已知  $k = \frac{24EI}{l^3}$ ,  $l = 4\text{m}$ 。



习题 7-13 图

7-14 计算下列闭合周界的结构:

- (1) 求习题 7-14 图中图 a 所示结构的弹性中心。
- (2) 用弹性中心法计算习题 7-14 图中图 b 所示等截面半圆无铰拱 K 截面的内力。



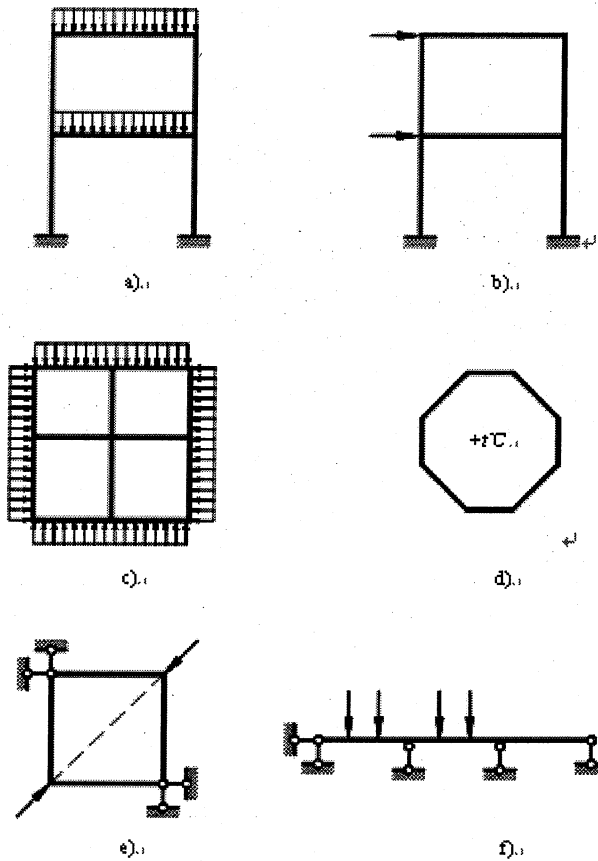
习题 7-14 图

7-15 计算习题 7-14 图中图 d 所示结构结点 B 的水平位移。

7-16 计算习题 7-9 图中图 a 所示结构 D 截面的水平位移。

7-17 对习题 7-5 图中图 b 所示结构的内力图进行校核。

7-18 画出习题 7-18 图所示结构弯矩图的大致形状。已知各杆  $EI = \text{常数}$ 。

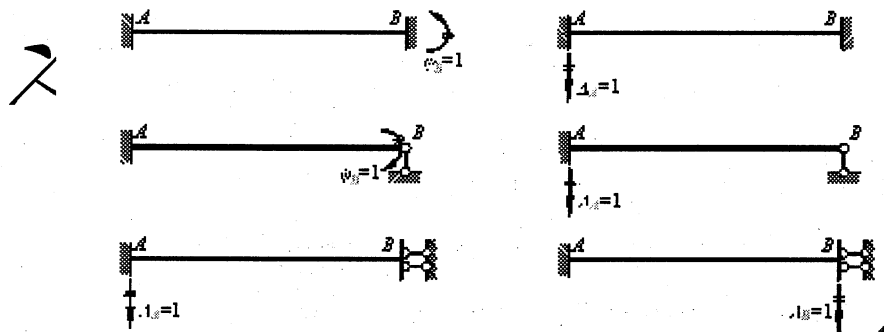


习题 7-18 图

## 思考题

8-1 式 (8-2) 中为什么没有包含  $B$  端的转角  $\theta_B$ ? 式 (8-3) 中为什么没有包含杆件两端的相对线位移  $\Delta$ ? 试由式 (8-1) 导出式 (8-3)。

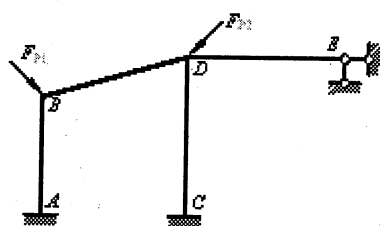
8-2 试绘出思考题 8-2 图所示各单跨梁在杆端发生单位位移时的弯矩图。各梁  $EI$  为常数, 杆长为  $l$ 。



思考题 8-2 图

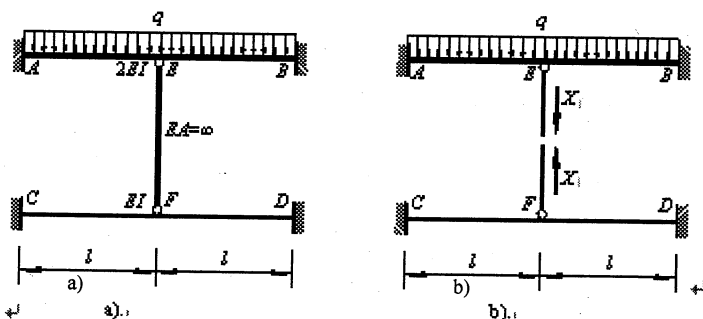
8-3 杆件铰结端的角位移和滑动支承端的线位移为什么可不作为位移法的基本未知量? 如果把它们也作为基本未知量, 会出现什么情况?

- 8-4 在确定超静定刚架的位移法基本未知量时, 刚架中的静定部分应如何处理?
- 8-5 在位移法中, 人为施加附加刚臂和附加链杆的目的是什么?
- 8-6 从基本未知量、基本结构、基本方程、计算结果的校核、适用范围等方面, 将位移法与力法进行比较。
- 8-7 例 8-1 中求得的  $Z_1$  的数值是结点  $C$  的真实转角吗? 为什么?
- 8-8 “因为位移法的典型方程是平衡方程, 所以在位移法中只用平衡条件就可求解超静定结构的内力, 而没有考虑结构的变形条件”。这种说法正确吗?
- 8-9 “结点无线位移的刚架只承受结点集中荷载时(参见思考题 8-9 图), 其各杆无弯矩和剪力。”这种说法正确吗? 试用位移法的典型方程加以说明。



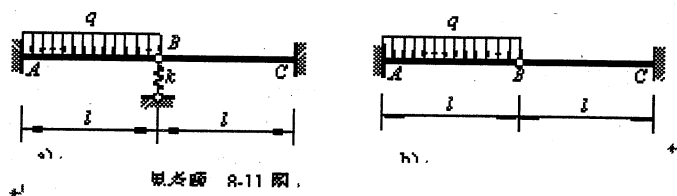
思考题 8-9 图

- 8-10 用力法计算思考题 8-10 图 a 所示超静定结构, 若取图 b 所示超静定的基本体系, 是否可行?



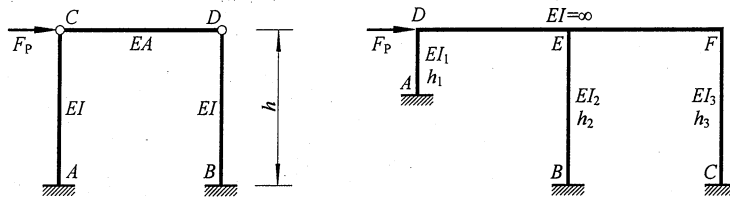
思考题 8-10 图

- 8-11 思考题 8-11 图 a、b 所示两结构的  $EI$  相同, 试分别写出其位移法方程, 并求出方程中的系数和自由项。



思考题 8-11 图

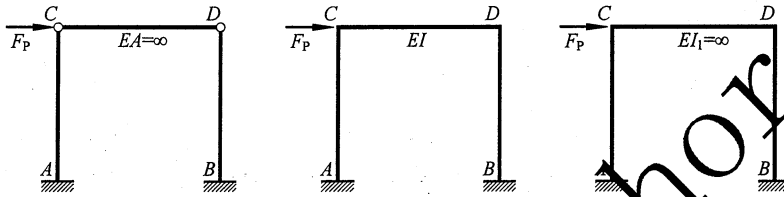
- 8-12 思考题 8-12 图所示排架, 考虑横梁的轴向变形 ( $EA \neq \infty$ ) 和不考虑横梁的轴向变形 ( $EA = \infty$ ), 柱的内力有什么不同?



思考题 8-12 图

8-13 试推导思考题 8-13 图所示刚架柱的侧移刚度系数（柱两端发生单位相对侧移时，柱中产生的剪力值。），用剪力分配法求出各柱柱高中点处的剪力并作出弯矩图。

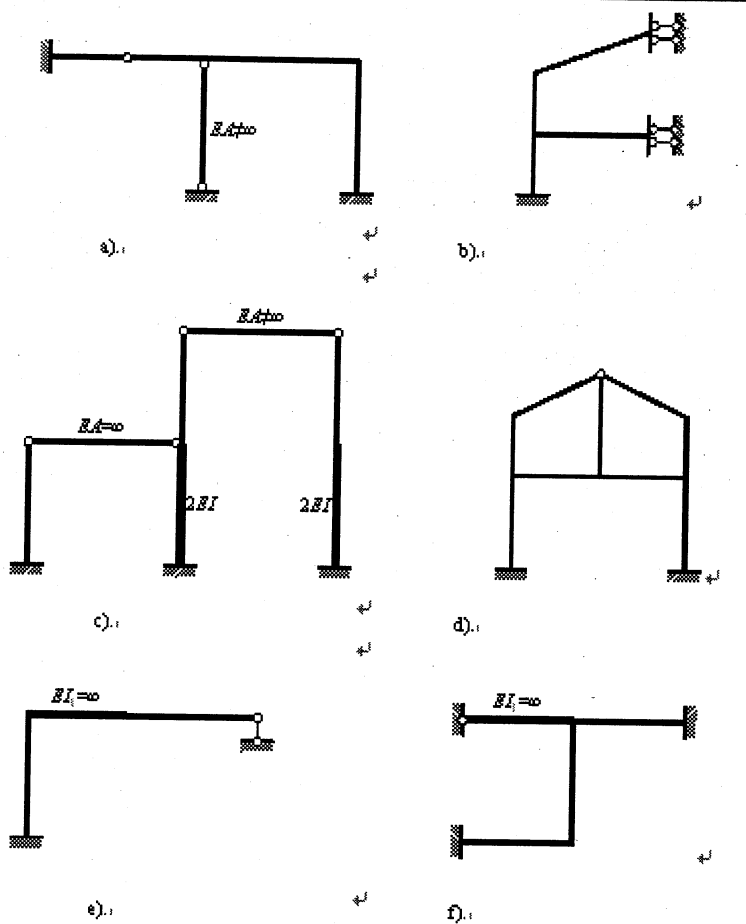
8-14 思考题 8-14 图所示三种结构的各杆长均为  $l$ ，柱的  $EI$  为常数。试分析它们的内力及柱顶侧移的差别？



思考题 8-14 图

## 习 题

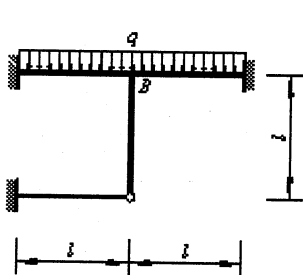
8-1 确定用位移法计算习题 8-1 图所示结构的基本未知量数目，并绘出基本结构。（除注明者外，其余杆的  $EI$  为常数。）



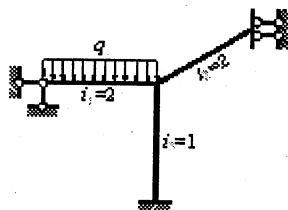
习题 8-1 图

## 8-2 是非判断

- (1) 位移法基本未知量的个数与结构的超静定次数无关。( )
- (2) 位移法可用于求解静定结构的内力。( )
- (3) 用位移法计算结构温度变化引起的内力时, 采用与荷载作用时相同的基本结构。( )
- (4) 位移法只能用于求解连续梁和刚架, 不能用于求解桁架。( )
- (5) 习题 8-2(5)图所示结构 ( $EI$ =常数) 结点  $B$  的转角等于零。( )



习题 8-2(5)图



习题 8-2(6)图

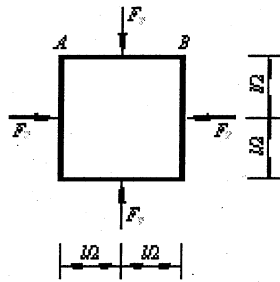
- (6) 习题 8-2(6)图所示结构用位移法求解, 其典型方程中的系数  $k_{11}=12$ 。( )

## 8-3 填空

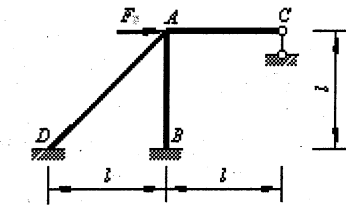
- (1) 若习题 8-3(1)图所示结构各杆  $EI$ =常数, 则结点  $A$  的转角  $\varphi_A$ =\_\_\_\_\_, 杆端弯矩  $M_{AB}$ =\_\_\_\_\_.

\_\_\_\_侧受拉。

- (2) 若习题 8-3(2)图所示结构各杆  $EI$ =常数, 则杆端弯矩  $M_{AB}$ =\_\_\_\_\_, 轴力  $F_{NAB}$ =\_\_\_\_\_。

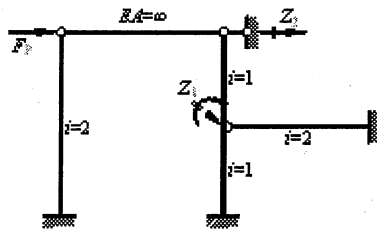


习题 8-3(1)图

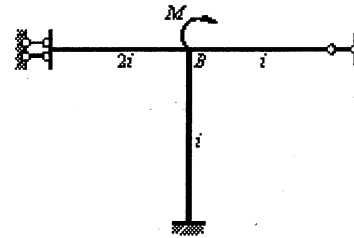


习题 8-3(2)图

- (3) 习题 8-3(3)图所示结构为位移法基本体系, 其典型方程的系数  $k_{11}$ =\_\_\_\_\_, 自由项  $F_{2P}$ =\_\_\_\_\_。



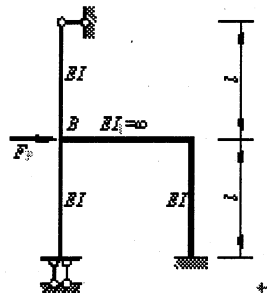
习题 8-3(3)图



习题 8-3(4)图

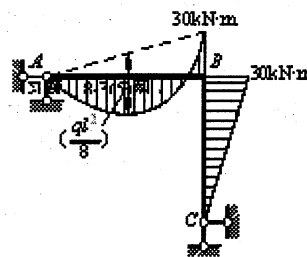
- (4) 欲使习题 8-3(4)图所示刚架的结点 B 产生转角  $\varphi_B = \pi/180$ , 则外力偶  $M$ =\_\_\_\_\_。

- (5) 欲使习题 8-3(5)图所示结构结点 B 产生单位位移, 应施加的力  $F_P$ =\_\_\_\_\_。



习题 8-3(5)图

- (6) 已知刚架的弯矩图如习题 8-3(6)图所示, 各杆  $EI$ =常数, 杆长  $l=4\text{m}$ , 则结点 B 的转角  $\varphi_B$ =\_\_\_\_\_。

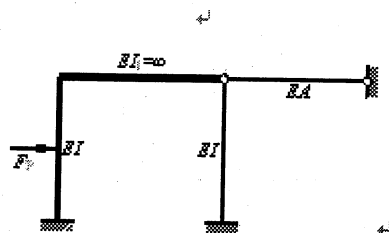


习题 8-3(6)图



(7) 习题 8-3(7)图所示结构, 各杆长为  $l$ , 链杆的  $EA=EI/l^2$ , 用位移法求解时典型方程的系数

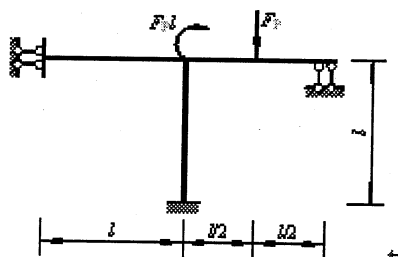
$$k_{11} = \underline{\hspace{2cm}}$$



习题 8-3(7)图

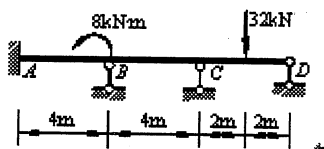
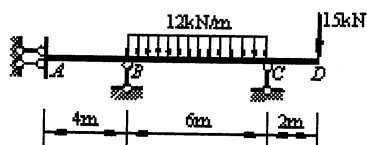
(8) 习题 8-3(8)图所示结构各杆  $EI$  = 常数, 用位移法求解的典型方程的系数  $k_{11} = \underline{\hspace{2cm}}$ , 自由项

$$F_{1P} = \underline{\hspace{2cm}}.$$



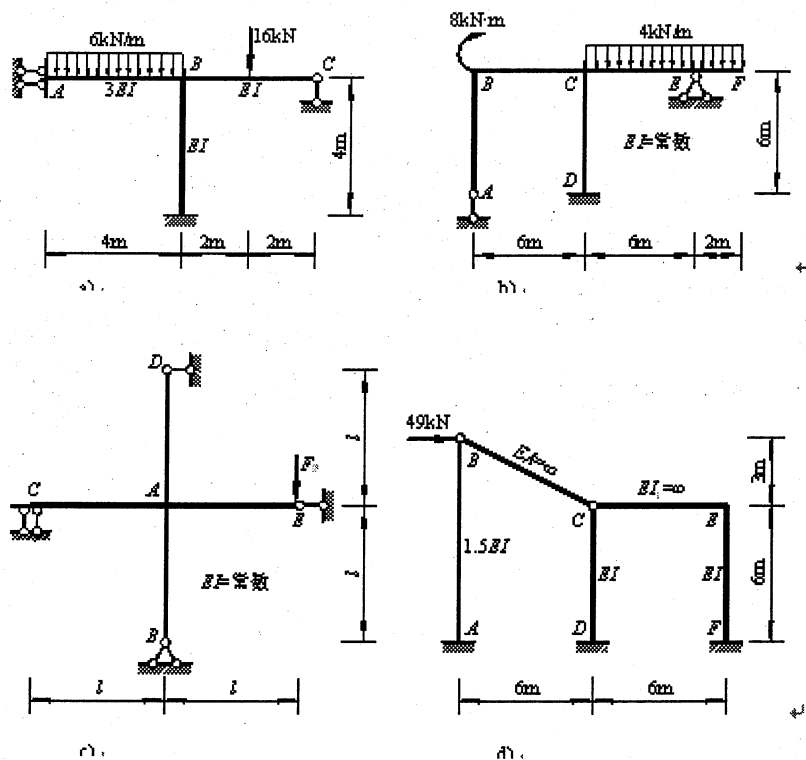
习题 8-3(8)图

8-4 用位移法计算习题 8-4 图所示连续梁, 作弯矩图和剪力图。  $EI$  = 常数。



习题 8-4 图

8-5 用位移法计算习题 8-5 图所示结构, 作内力图。

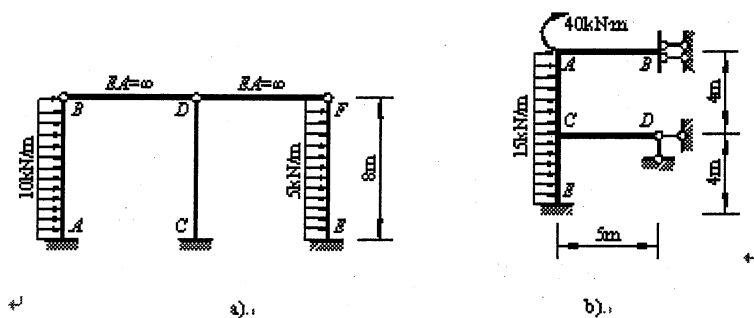


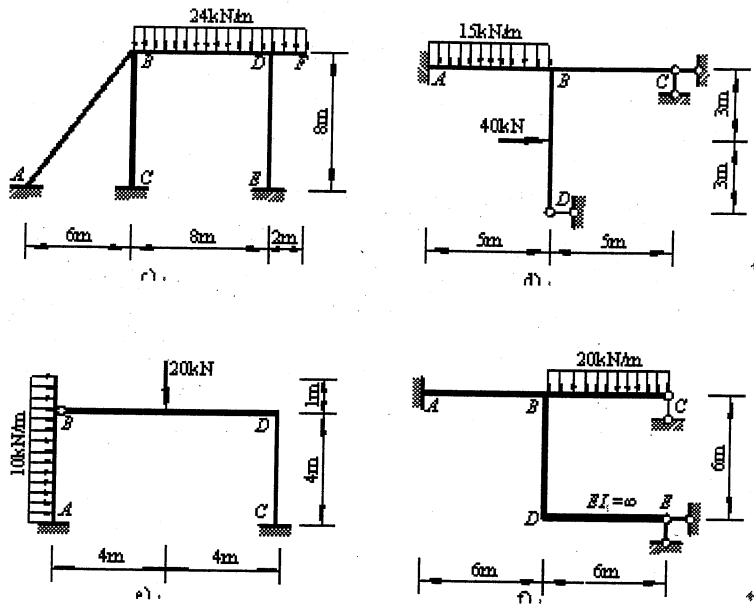
习题 8-5 图

8-6 用位移法计算习题 8-6 图所示结构，作弯矩图。 $EI$ =常数。

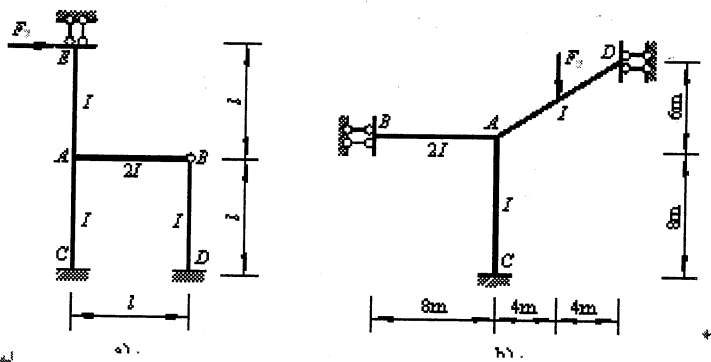
8-7 列出习题 8-7 图所示结构的位移法典型方程，并求出方程中的系数和自由项。 $EI$ =常数。

8-8 利用对称性计算习题 8-8 图所示结构，作弯矩图。 $EI$ =常数。

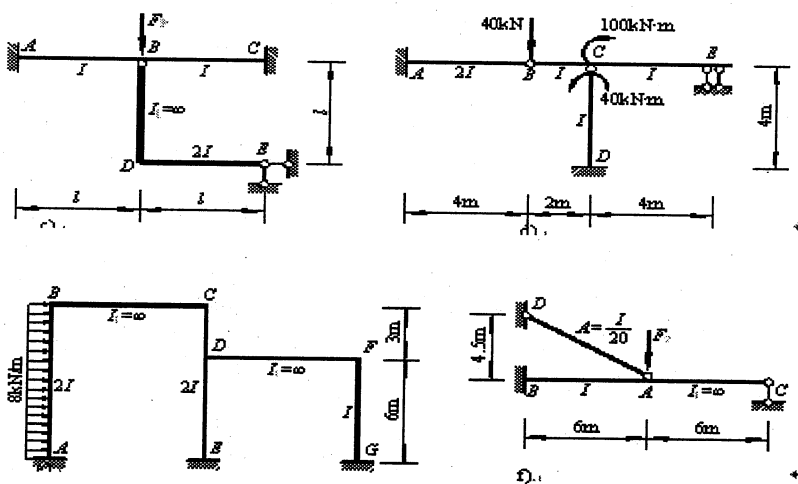




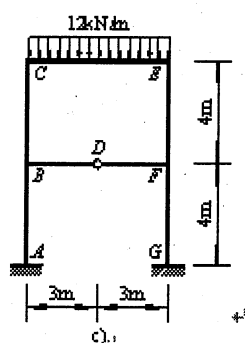
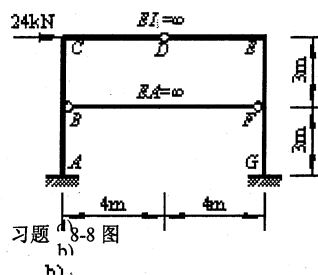
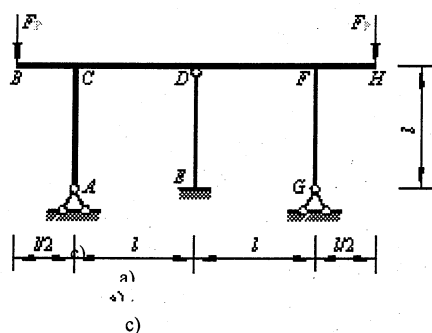
习题 8.6 图



习题 8.7 图

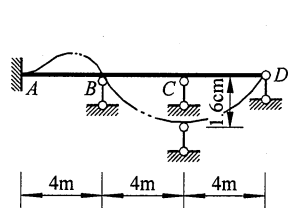


习题 8.7 图 (续)

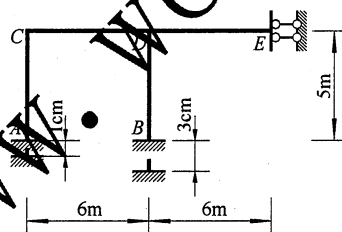


习题 8-8 图

8-9 习题 8-9 图所示等截面连续梁,  $EI=1.2 \times 10^5 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$ , 已知支座 C 下沉 1.6cm, 用位移法求作弯矩图。



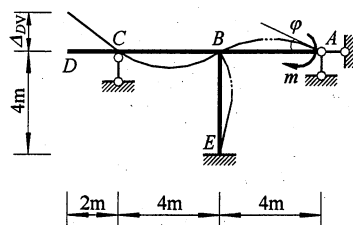
习题 8-9 图



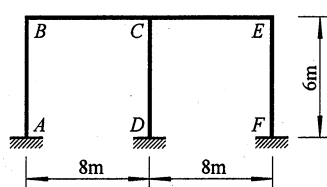
习题 8-10 图

8-10 习题 8-10 图所示刚架支座 A 下沉 1cm, 支座 B 下沉 3cm, 求结点 D 的转角。已知各杆  $EI=1.8 \times 10^5 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$ 。

8-11 在习题 8-11 图所示刚架 AB 杆的 A 端作用力偶  $m$ , 使 A 端截面产生顺时针转角  $\varphi=0.01 \text{ rad}$ 。求力偶  $m$  的大小及 D 点的竖向位移  $\Delta_{DV}$ 。已知各杆  $EI=8.0 \times 10^4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$ 。



习题 8-11 图

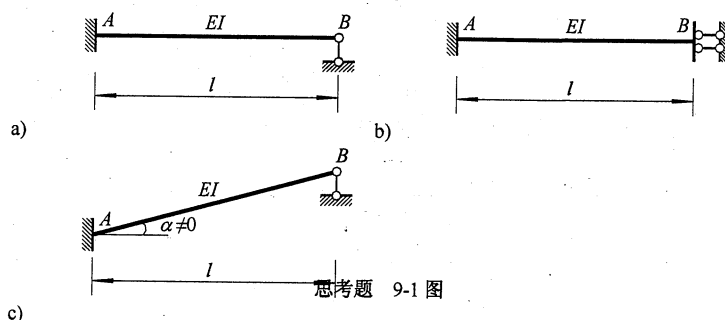


习题 8-12 图

8-12 习题 8-12 图所示刚架, 浇注混凝土时温度为  $20^\circ\text{C}$ , 冬季混凝土外皮温度为  $-20^\circ\text{C}$ , 室内为  $8^\circ\text{C}$ , 求作此温度变化在刚架中引起的弯矩图。设  $EI=2.0 \times 10^7 \text{ kPa}$ , 线膨胀系数  $\alpha=1.0 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$ , 各杆截面尺寸均为  $b \times h=40\text{cm} \times 60\text{cm}$ 。

## 思考题

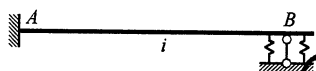
9-1 思考题 9-1 图所示三种杆件  $B$  端的转动刚度是否相等?



9-2 在力矩分配法中, 为什么原结构的杆端弯矩是固端弯矩、分配弯矩及传递弯矩的代数和?

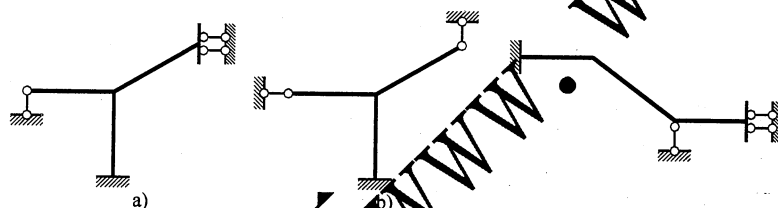
9-3 在力矩分配法中, 如果还要求出刚结点的转角, 应当如何进行计算?

9-4 设一等截面杆件  $AB$ , 线刚度为  $i$ ,  $A$  端的转动刚度  $S_{AB}=3.6i$ , 求相应的弯矩传递系数  $C_{AB}$ 。

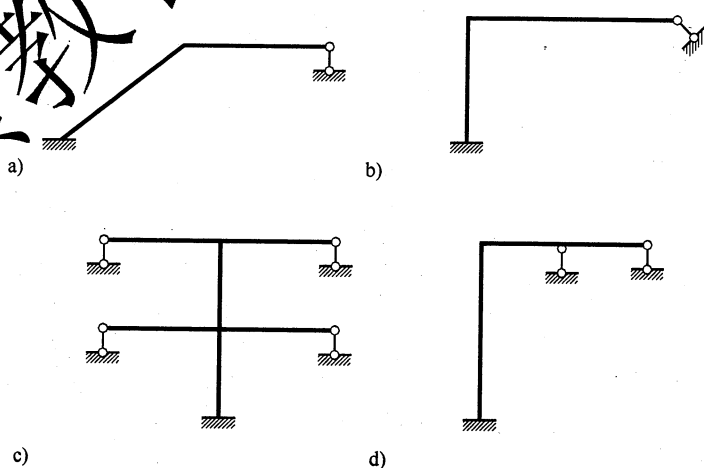


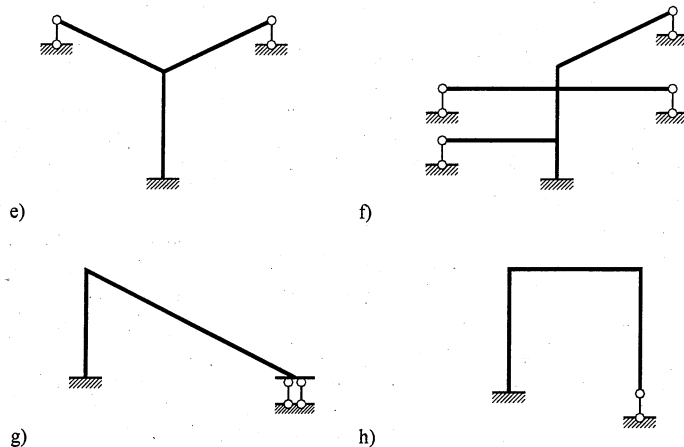
思考题 9-4 图

9-5 思考题 9-5 图所示结构能否用力矩分配法计算?



9-6 思考题 9-6 图所示结构能否用无剪力分配法计算?





思考题 9-6 图

9-7 单跨对称刚架为什么可以用无剪力分配法进行计算？单跨不对称刚架直接用无剪力分配法有什么问题？

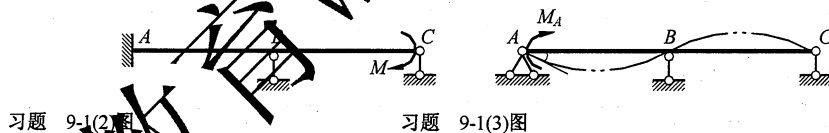
9-8 多层多跨刚架在竖向荷载作用下，为什么可以忽略侧移的影响？为什么可以一层一层地进行近似计算？

9-9 反弯点法中侧移刚度系数的物理意义是什么？

### 习 题

9-1 是非判断

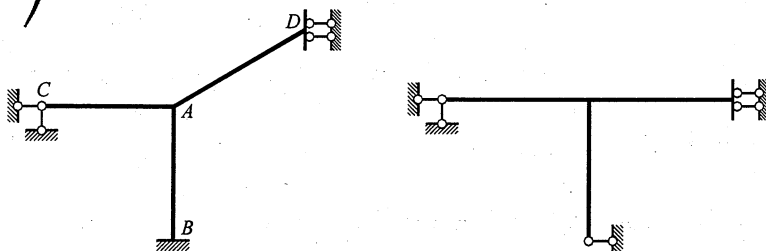
- (1) 力矩分配法可以计算任何超静定刚架的内力。( )
- (2) 习题 9-1(2)图所示连续梁的弯曲刚度为  $EI$ ，杆长为  $l$ ，杆端弯矩  $M_{BC} < 0.5M$ 。( )



- (3) 习题 9-1(3)图所示连续梁的线刚度为  $i$ ，欲使 A 端发生顺时针单位转角，需施加的力矩  $M_A > 3i$ 。

- (4) 习题 9-1(4)图所示结构各杆线刚度为  $i$ ，用力矩分配法计算时分配系数  $\mu_{AB} = 0.5$ 。( )

- (5) 习题 9-1(5)图所示结构不能用力矩分配法计算，但可以用无剪力分配法计算。( )

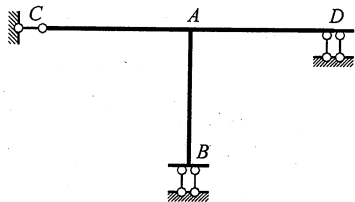


习题 9-1(4)图

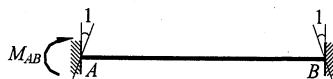
习题 9-1(5)图

## 9-2 填空

- (1) 杆件杆端转动刚度的大小取决于杆件的\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
- (2) 习题 9-2(2)图所示结构, 各杆线刚度为  $i$ , 用力矩分配法计算时分配系数  $\mu_{AB} = \underline{\hspace{2cm}}$ , 传递系数  $C_{AD} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

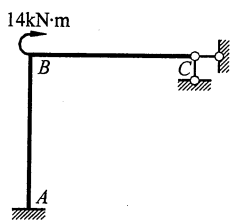


习题 9-2(2)图

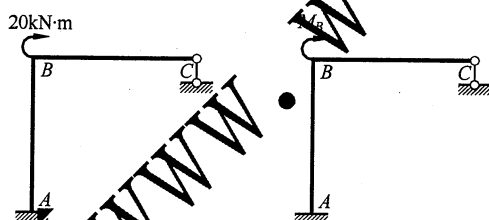


习题 9-2(3)图

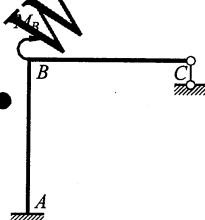
- (3) 习题 9-2(3)图所示单跨梁的线刚度为  $i$ , 当  $A$ 、 $B$  两端对称发生单位转角时, 杆端弯矩  $M_{AB} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。
- (4) 习题 9-2(4)图所示刚架  $EI = \text{常数}$ , 各杆长为  $l$ , 杆端弯矩  $M_{AB} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。
- (5) 习题 9-2(5)图所示刚架  $EI = \text{常数}$ , 各杆长为  $l$ , 杆端弯矩  $M_{AB} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。
- (6) 习题 9-2(6)图所示刚架各杆的线刚度为  $i$ , 欲使结点  $B$  产生顺时针的单位转角, 应在结点  $B$  施加的力矩  $M_B = \underline{\hspace{2cm}}$ 。



习题 9-2(4)图

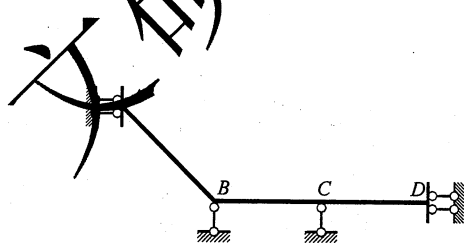


习题 9-2(5)图

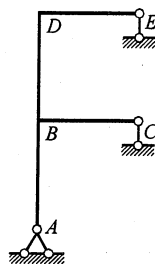


习题 9-2(6)图

- (7) 用力矩分配法计算习题 9-2(7)图所示结构 ( $EI = \text{常数}$ ) 时, 传递系数  $C_{BA} = \underline{\hspace{2cm}}$ ,  $C_{BC} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。
- (8) 图示刚架各杆的线刚度为  $i$ , 用无剪力分配法计算时, 分配系数  $\mu_{BC} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

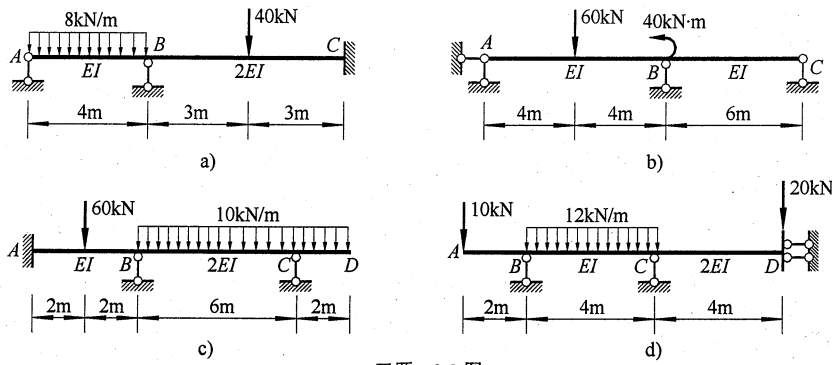


习题 9-2(7)图



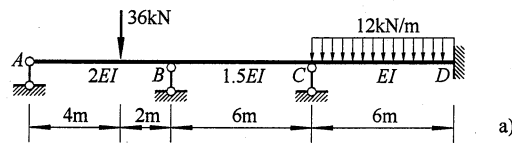
习题 9-2(8)图

9-3 用力矩分配法计算习题 9-3 图所示连续梁, 作弯矩图和剪力图, 并求支座  $B$  的反力。

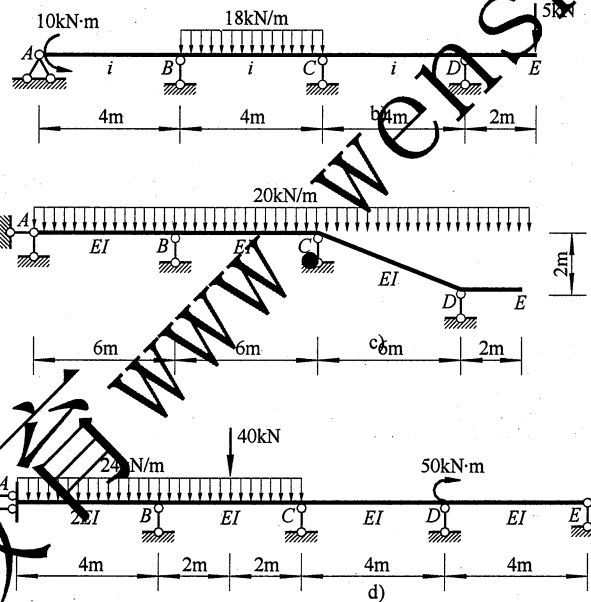


习题 9-3 图

9-4 用力矩分配法计算习题 9-4 图所示连续梁，作弯矩图。

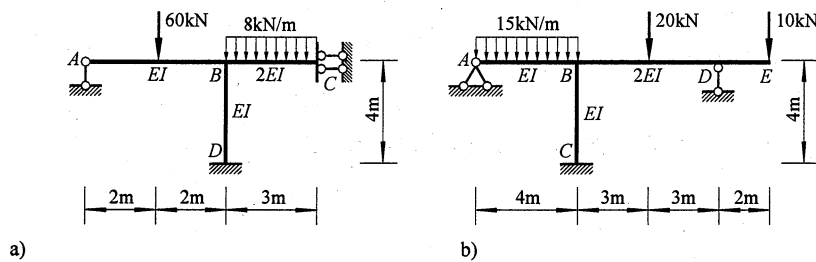


习题 9-4 图

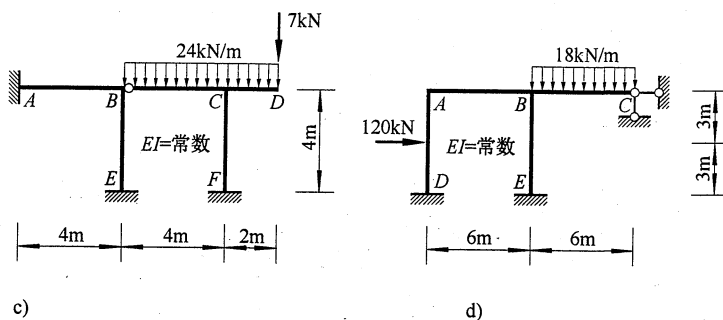


习题 9-4 图 (续)

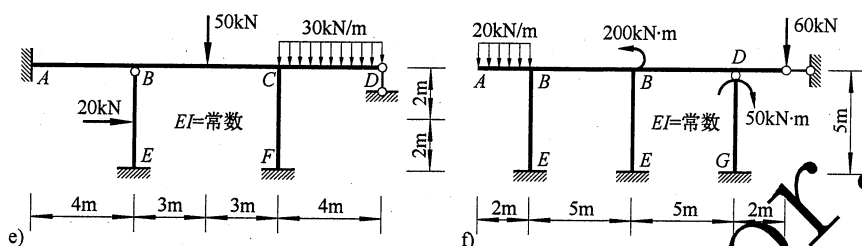
9-5 用力矩分配法计算习题 9-5 图所示刚架，作弯矩图。





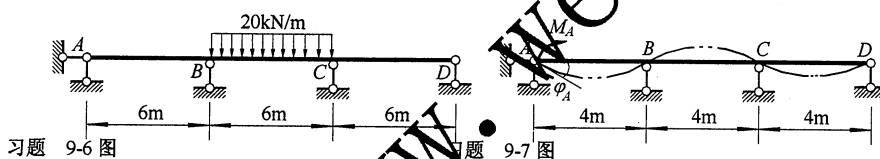


习题 9-5 图



习题 9-5 图(续)

9-6 习题 9-6 图所示等截面连续梁  $EI=4.0 \times 10^4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$ , 在图示荷载作用下, 支座  $B$ 、 $C$  都下沉了  $2\text{cm}$ , 试求作其弯矩图。

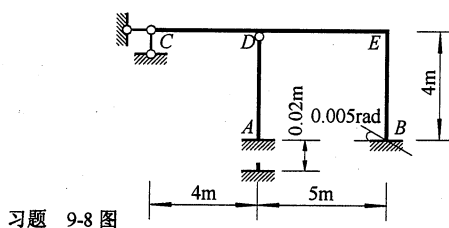


习题 9-6 图

习题 9-7 图

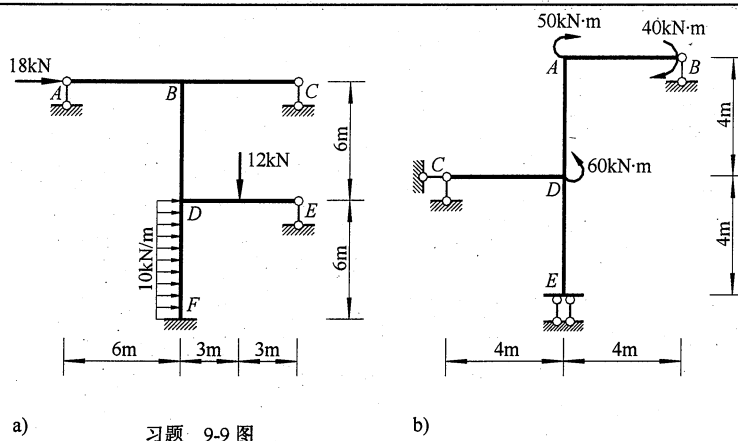
9-7 习题 9-7 图所示等截面连续梁  $EI=2.5 \times 10^4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$ , 在杆端  $A$  施加力矩  $M_A$ , 使  $A$  端产生转角  $\varphi_A = 0.004\text{rad}$ . 用力矩分配法求  $M_A$  的大小。

9-8 习题 9-8 图所示刚架各杆  $EI=4.8 \times 10^4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$ , 支座  $A$  下沉了  $2\text{cm}$ , 支座  $B$  顺时针转动  $0.005\text{rad}$ . 用力矩分配法求作刚架的弯矩图。

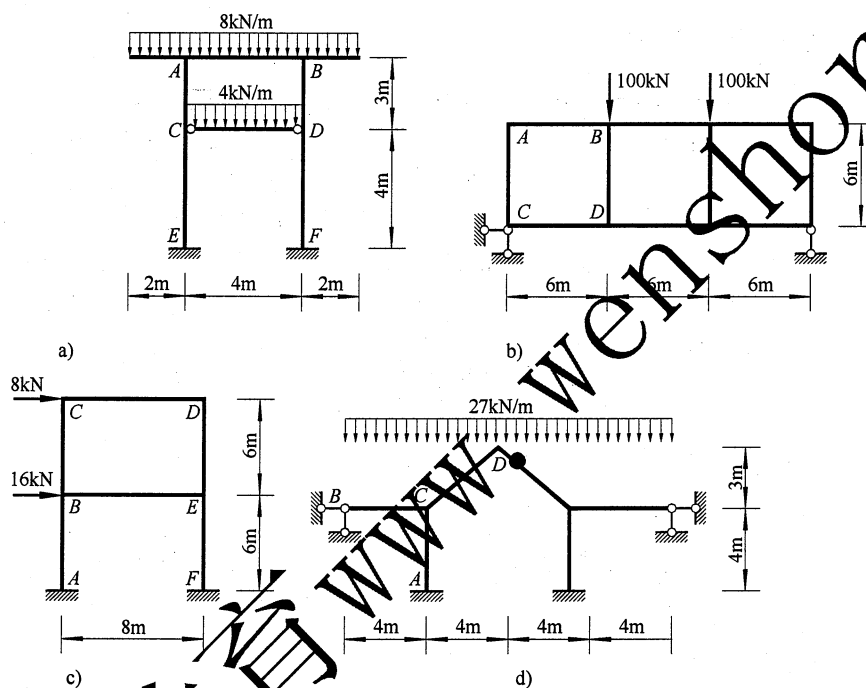


习题 9-8 图

9-9 用无剪力分配法计算习题 9-9 图所示结构, 并作弯矩图。已知  $EI=\text{常数}$ 。

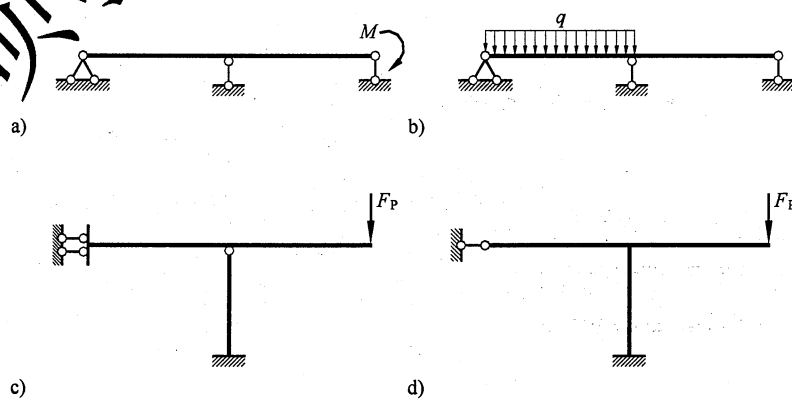


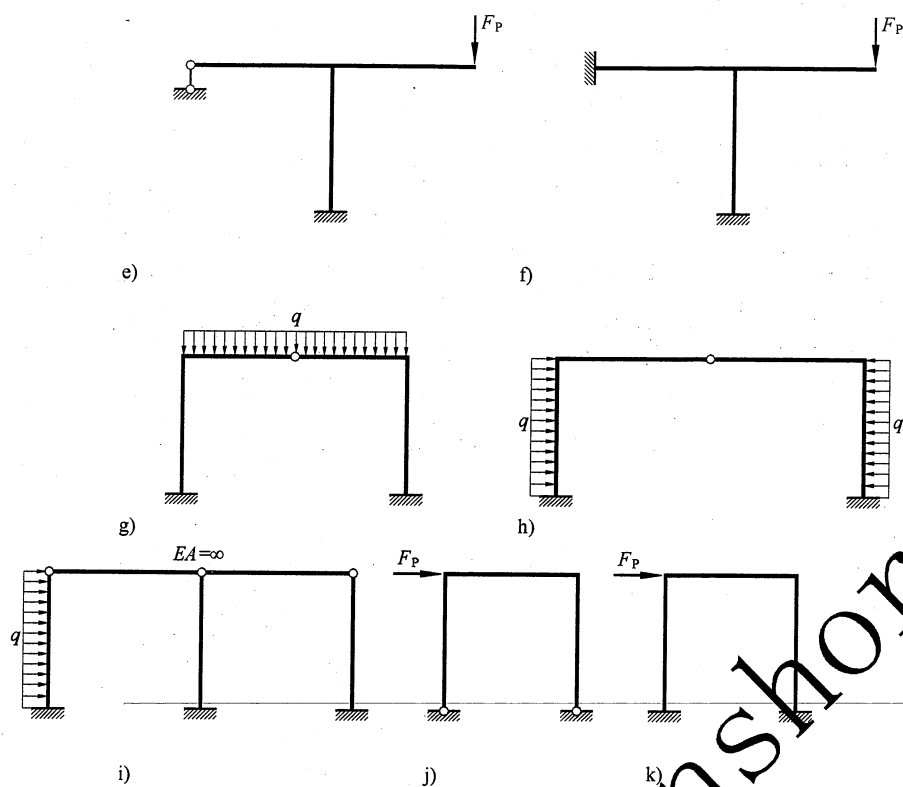
9-10 利用对称性计算习题 9-10 图所示结构，并作弯矩图。已知  $EI$  = 常数。



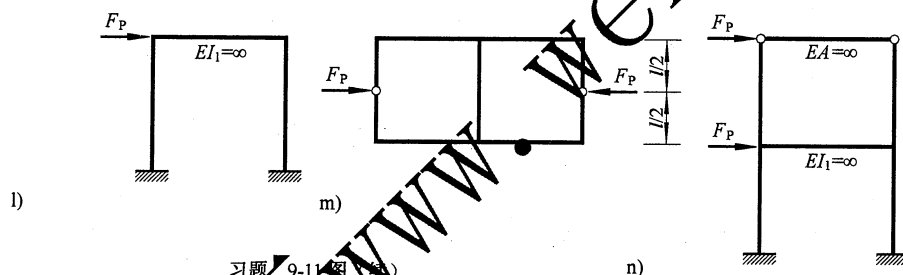
习题 9-10 图

9-11 用简捷方法作出习题 9-11 图所示各结构的弯矩图。除注明者外，各杆的  $EI$ 、 $l$  均相同。



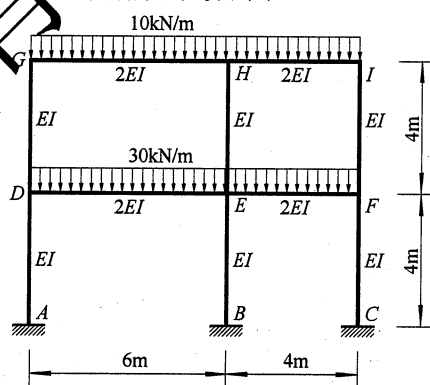


习题 9-11 图



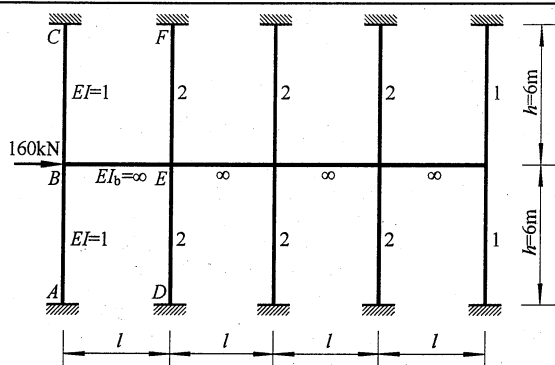
习题 9-11 图 (续)

9-12 用分层计算法作习题 9-12 图示刚架的弯矩图。



习题 9-12 图

9-13 用反弯点法作习题 9-13 图示刚架的弯矩图。杆旁数值为  $EI$  相对值。



习题 9-13 图

### 思考题

10-1 试举例说明土木工程中的移动荷载和固定荷载。

10-2 试补齐思考题 10-2 表的内容, 总结归纳图 10-8 中  $M_C$  影响线与内力图( $M$ 图)的区别。

思考题 10-2 表

比 较 内 容	影响线	$M$ 图
荷载性质		
横标 $x_k$ 的意义		
竖标 $y_k$ (或 $M_k$ ) 的意义		
正负号规定		
量纲		

### 10-3 用静力法作影响线的理论依据是什么? 步骤如何?

10-4 用机动法作影响线的理论依据是什么? 步骤如何?

10-5 图 10-4e 中  $F_{OC}$  影响线的左、右直线是平行的, 在  $C$  点有突变, 它们各代表什么含义?

10-6 梁中同一截面的不同内力(如弯矩  $M$ 、剪力  $F_{QC}$  等)的最不利荷载位置是否相同?为什么?

10-7 试说明为什么静定多跨梁附属部分的内力（或反力）影响线在基本部分上的线段与基线重

合？

10-8 何谓内力包络图? 写出绘制连续梁弯矩包络图的步骤。

## 习 题

## 10-1 是非判断

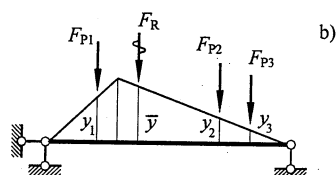
(1) 习题 10-1(1)图所示结构  $BC$  杆的轴力影响线应画在  $BC$  杆上。( )

习题 10-1(1)图

习题 10-1(2)图

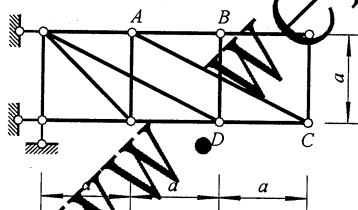
(2) 习题 10-1(2)图所示梁的  $M_C$  影响线、 $F_{QC}$  影响线的形状如图 a)、b)所示。

(3) 习题 10-1(3)图所示结构中, 利用  $M_C$  影响线求固定荷载  $F_{P1}$ 、 $F_{P2}$ 、 $F_{P3}$  作用下  $M_C$  的值, 可用它们的合力  $F_R$  来代替, 即  $M_C = F_{P1}y_1 + F_{P2}y_2 + F_{P3}y_3 = F_R \bar{y}$  ( $\bar{y}$  为  $F_{QC}$  影响线) ( )



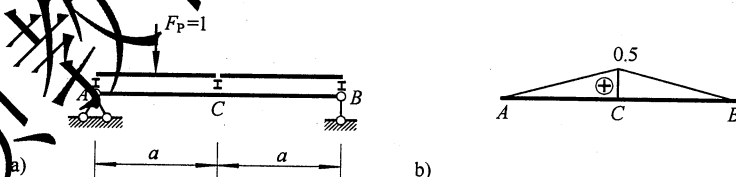
习题 10-1(3)图

(4) 荷载  $F_P=1$  沿习题 10-1(4)图所示桁架的上弦或下弦移动, 杆件  $AC$  的轴力影响线在结点  $B$  或  $D$  以左部分的竖标均为零。 ( )



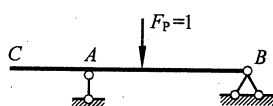
习题 10-1(4)图

(5) 习题 10-1(5)图 a) 所示主梁  $F_{QC左}$  的影响线如习题 10-1(5)图 b) 所示。 ( )



习题 10-1(5)图

(6) 习题 10-1(6)图所示梁  $F_{RA}$  的影响线与  $F_{QA右}$  的影响线相同。 ( )

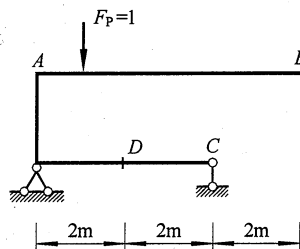


习题 10-1(6)图

(7) 简支梁的弯矩包络图为活载作用下各截面最大弯矩的连线。 ( )

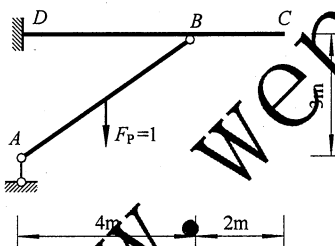
10-2 填空

- (1) 用静力法作影响线时, 其影响线方程是\_\_\_\_\_。用机动法作静定结构的影响线, 其形状为机构的\_\_\_\_\_。
- (2) 弯矩影响线竖标的量纲是\_\_\_\_\_。
- (3) 习题 10-2(3)图所示结构中,  $F_P=1$  沿  $AB$  移动,  $M_D$  影响线在  $B$  点的竖标为\_\_\_\_\_,  $F_{QD}$  影响线在  $B$  点的竖标为\_\_\_\_\_。



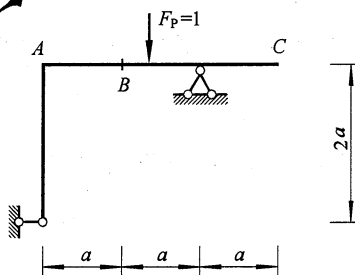
习题 10-2(3)图

- (4) 习题 10-2(4)图所示结构中,  $F_P=1$  沿  $ABC$  移动, 则  $M_D$  影响线在  $B$  点的竖标为\_\_\_\_\_。



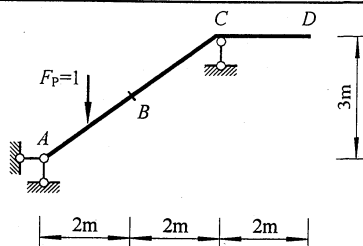
习题 10-2(4)图

- (5) 习题 10-2(5)图所示结构中,  $F_P=1$  沿  $AC$  移动, 截面  $B$  的轴力  $F_{NB}$  影响线在  $C$  点的竖标为\_\_\_\_\_。



习题 10-2(5)图

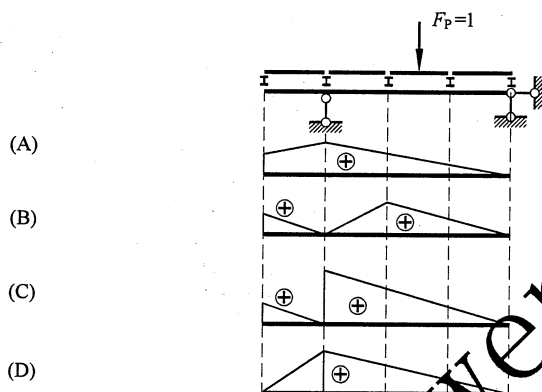
- (6) 习题 10-2(6)图所示结构中, 竖向荷载  $F_P=1$  沿  $ACD$  移动,  $M_B$  影响线在  $D$  点的竖标为\_\_\_\_\_,  $F_{QC}$  影响线在  $B$  点的竖标为\_\_\_\_\_。



习题 10-2(6)图

## 10-3 选择填空 (单项选择)

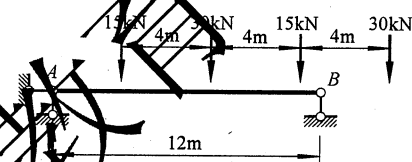
- (1) 习题 10-3(1)图所示结构中支座 A 右侧截面剪力影响线形状为 ( )。



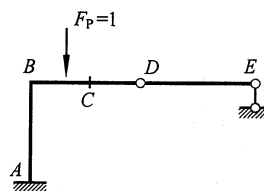
习题 10-3(1)图

- (2) 习题 10-3(2)图所示梁在所示行荷载作用下, 反力  $F_{RA}$  的最大值为 ( )。

(A) 55kN (B) 50kN (C) 75kN (D) 90kN



习题 10-3(2)图

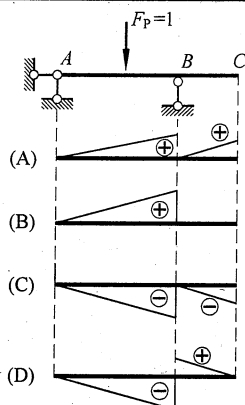


习题 10-3(3)图

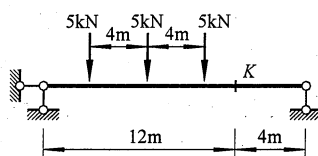
- (3) 习题 10-3(3)图所示结构中  $F_{QC}$  影响线 ( $F_P=1$  在 BE 上移动) BC、CD 段竖标为 ( )。

(A) BC、CD 均不为零 (B) BC、CD 均为零  
(C) BC 为零, CD 不为零 (D) BC 不为零, CD 为零

- (4) 习题 10-3(4)图所示结构中支座 B 左侧截面剪力影响线形状为 ( )。



习题 10-3(4)图

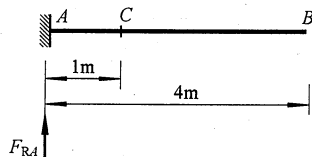


习题 10-3(5)图

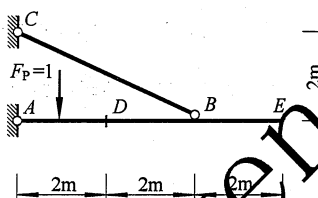
(5) 习题 10-3(5)图所示梁在行列荷载作用下, 截面  $K$  的最大弯矩为 ( )。

(A) 15kN·m (B) 35kN·m (C) 30kN·m (D) 42.5kN·m

10-4 作习题 10-4 图所示悬臂梁  $F_{RA}$ 、 $M_C$ 、 $F_{QC}$  的影响线。



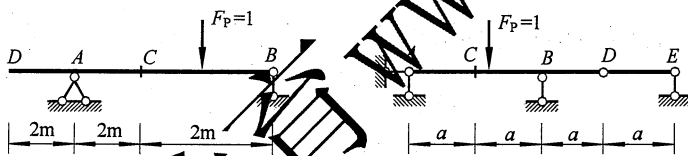
习题 10-4 图



习题 10-5 图

10-5 作习题 10-5 图所示结构中  $F_{NBC}$ 、 $M_D$  的影响线,  $F_P=1$  在  $AE$  上移动。

10-6 作习题 10-6 图所示伸臂梁的  $M_C$ 、 $M_C$ 、 $F_{QA左}$ 、 $F_{QA右}$  的影响线。

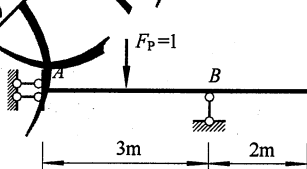


习题 10-6 图

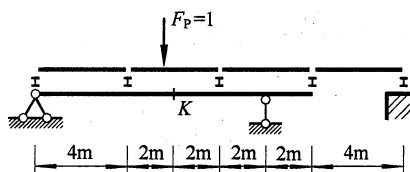
习题 10-7 图

10-7 作习题 10-7 图所示结构中截面  $C$  的  $M_C$ 、 $F_{QC}$  影响线。

10-8 作习题 10-8 图所示梁  $M_A$ 、 $F_{RB}$  的影响线。



习题 10-8 图

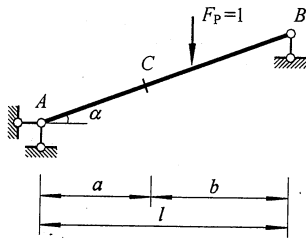


习题 10-9 图

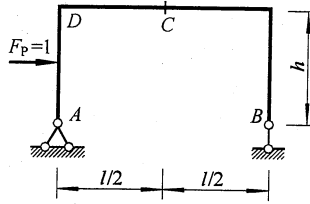
10-9 作习题 10-9 图所示梁在结点荷载作用下的  $M_K$ 、 $F_{QK}$  影响线。

10-10 作习题 10-10 图所示斜梁  $F_{RA}$ 、 $F_{RB}$ 、 $M_C$ 、 $F_{QC}$  的影响线。





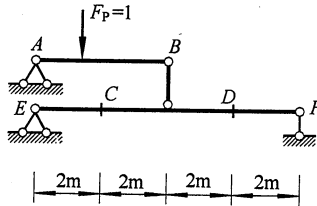
习题 10-10 图



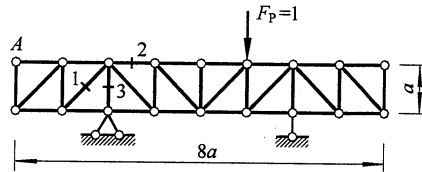
习题 10-11 图

10-11 作习题 10-11 图所示刚架  $M_C$  (设下侧受拉为正)、 $F_{QC}$  的影响线。 $F_P=1$  沿柱高  $AD$  移动。

10-12 习题 10-12 图所示结构中,  $F_P=1$  在  $AB$  上移动, 作  $F_{QC}$ 、 $M_D$ 、 $F_{QD}$  的影响线。



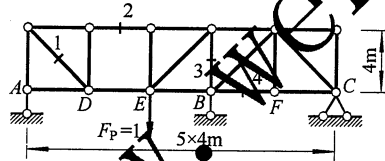
习题 10-12 图



习题 10-13 图

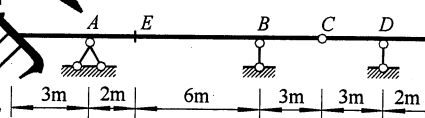
10-13 试作习题 10-13 图所示桁架轴力  $F_{N1}$ 、 $F_{N2}$ 、 $F_{N3}$  的影响线。 $F_P=1$  沿上弦移动。

10-14 试作习题 10-14 图所示桁架轴力  $F_{N1}$ 、 $F_{N2}$ 、 $F_{N3}$ 、 $F_{N4}$  的影响线。 $F_P=1$  沿下弦移动。



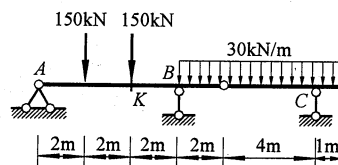
习题 10-14 图

10-15 用机动法作习题 10-15 图所示静定多跨梁的  $F_{RB}$ 、 $M_E$ 、 $F_{QB左}$ 、 $F_{QB右}$ 、 $F_{QC}$  的影响线。



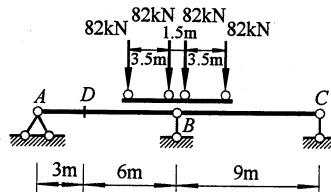
习题 10-15 图

10-16 利用影响线, 求习题 10-16 图所示固定荷载作用下截面  $K$  的内力  $M_K$  和  $F_{QK左}$ 。



习题 10-16 图

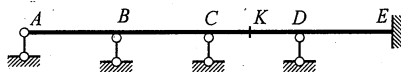
10-17 试求习题 10-17 图所示梁在两台吊车荷载作用下支座  $B$  的最大反力和截面  $D$  的最大弯矩。



习题 10-17 图

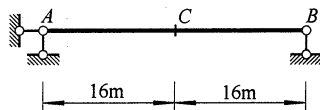
10-18 试求习题 10-17 图所示  $AB$  段简支梁内的绝对最大弯矩及跨中截面的最大弯矩。

10-19 用机动法作习题 10-19 图所示连续梁  $M_K$ 、 $M_B$ 、 $F_{QB左}$ 、 $F_{QB右}$  影响线的形状。若梁上有随意布置的均布活荷载，请画出使截面  $K$  产生最大弯矩的荷载布置。



习题 10-19 图

10-20 试求在汽车—20 级荷载作用下，简支梁  $AB$  跨中截面  $C$  的最大弯矩  $M_{Cmax}$  和最大剪力  $F_{QCmax}$ ，并用换算荷载核对  $M_{Cmax}$ 。



习题 10-20 图

### 思考题

- 11-1 什么是结构的离散化？单元划分的原则是什么？
- 11-2 为什么自由单元（一般单元）的单元刚度矩阵是奇异矩阵？
- 11-3 单元刚度矩阵各元素的物理意义是什么？试说明一般单元刚度矩阵中第 2 行及第 6 列元素的物理意义。
- 11-4 自由单元的单元刚度矩阵是奇异的，由它们集成的结构刚度矩阵是不是也是奇异的？为什么？
- 11-5 刚架中的铰结点是如何处理的？为什么其铰结点的角位移在矩阵位移法中作为基本未知量，而在传统位移法中却不作为基本未知量？
- 11-6 在矩阵位移法中，为什么要将非结点荷载转化为等效结点荷载？
- 11-7 矩阵位移法中的结构刚度方程  $K\Delta = P$  与位移法基本方程有何异同？
- 11-8 矩阵位移法计算出的单元在整体坐标系中的杆端力是否是该单元的内力，为什么？
- 11-9 什么叫单元定位向量？它的用处是什么？
- 11-10 什么是等效结点荷载？矩阵位移法的等效结点荷载和传统位移法基本体系的约束力是相同的吗？
- 11-11 刚架计算中当忽略轴向变形时，单元定位向量会有何改变？试举例说明。
- 11-12 矩阵位移法中，如何处理有已知支座移动的情况？如何处理有弹性支座的情况？
- 11-13 矩阵位移法中，如何计算温度改变的内力？

### 习题

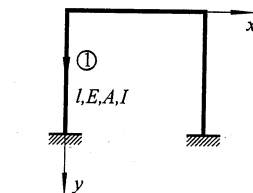
- 11-1 是非判断题

- (1) 矩阵位移法既可计算超静定结构, 又可以计算静定结构。( )
- (2) 矩阵位移法基本未知量的数目与位移法基本未知量的数目总是相等的。( )
- (3) 单元刚度矩阵都具有对称性和奇异性。( )
- (4) 在矩阵位移法中整体分析的实质是建立各结点的平衡方程。( )
- (5) 结构刚度矩阵与单元的编号方式有关。( )
- (6) 原荷载与对应的等效结点荷载产生相同的内力和变形。( )

## 11-2 填空题

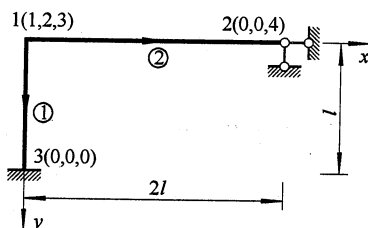
- (1) 矩阵位移法分析包含三个基本环节, 其一是结构的\_\_\_\_\_, 其二是\_\_\_\_\_分析, 其三是\_\_\_\_\_分析。
- (2) 已知某单元  $e$  的定位向量为  $[3 \ 5 \ 6 \ 7 \ 8 \ 9]^T$ , 则单元刚度系数  $k_{ij}^e$  应叠加到结构刚度矩阵的元素\_\_\_\_\_中去。
- (3) 将非结点荷载转换为等效结点荷载, 等效的原则是\_\_\_\_\_。
- (4) 矩阵位移法中的两条主线是\_\_\_\_\_。
- (5) 用矩阵位移法求得某结构结点 2 的位移为  $\Delta_2 = [u_2 \ v_2 \ \theta_2]^T = [0.8 \ 0.3 \ 0.5]^T$ , 单元①的始、末端码为 3、2, 单元定位向量为  $\lambda^{(1)} = [0 \ 0 \ 0 \ 3 \ 4 \ 5]^T$ , 设单元与  $x$  轴之间的夹角为  $\alpha = \frac{\pi}{2}$ , 则  $\bar{\delta}^{(1)} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。
- (6) 用矩阵位移法求得平面刚架某单元在单元坐标系中的杆端力为  $\bar{F}^e = [7.5 \ -48 \ -70.9 \ -7.5 \ 48 \ 71.09]^T$ , 则该单元的轴力  $F_N = \underline{\hspace{2cm}}$  kN。

11-3 根据单元刚度矩阵元素的物理意义, 直接求出习题 11-3 图所示刚架的  $\bar{K}^{(1)}$  中元素  $\bar{k}_{11}^{(1)}$ 、 $\bar{k}_{23}^{(1)}$ 、 $\bar{k}_{35}^{(1)}$  的值以及  $K^{(1)}$  中元素  $k_{11}^{(1)}$ 、 $k_{23}^{(1)}$ 、 $k_{35}^{(1)}$  的值。



习题 11-3 图

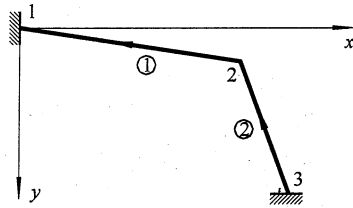
11-4 根据结构刚度矩阵元素的物理意义, 直接求出习题 11-4 图所示刚架结构刚度矩阵中的元素的  $k_{11}$ 、 $k_{21}$ 、 $k_{32}$  值。各杆  $E$ 、 $A$ 、 $I$  相同。



习题 11-4 图

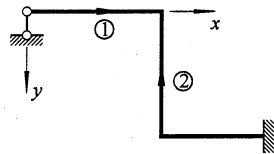
11-5 用简图表示习题 11-5 图所示刚架的单元刚度矩阵  $\bar{K}^{(1)}$  中元素  $\bar{k}_{23}^{(1)}$ ,  $K^{(2)}$  中元素  $k_{44}^{(2)}$  的物理意

义。



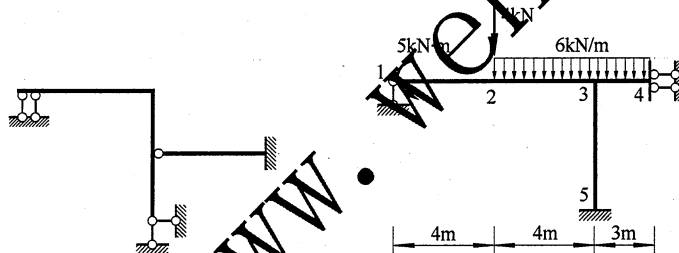
习题 11-5 图

11-6 习题 11-6 图所示刚架各单元杆长为  $l$ ,  $EA$ 、 $EI$  为常数。根据单元刚度矩阵元素的物理意义, 写出单元刚度矩阵  $K^{(1)}$ 、 $K^{(2)}$  的第 3 列和第 5 列元素。



习题 11-6 图

11-7 用先处理法, 对习题 11-7 图所示结构进行单元编号、结点编号和结点位移分量编码, 并写出各单元的定向向量。



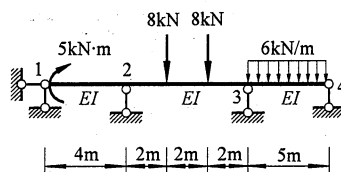
习题 11-7 图

习题 11-8 图

11-8 用先处理法形成习题 11-8 图所示结构的综合结点荷载列阵。

11-9 用先处理法求习题 11-9 图所示连续梁的结构刚度矩阵和综合结点荷载列阵。已知:

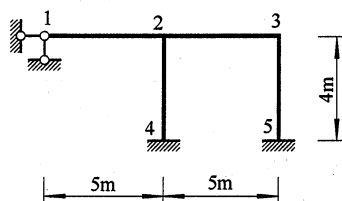
$$EI = 2.4 \times 10^4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$



习题 11-9 图

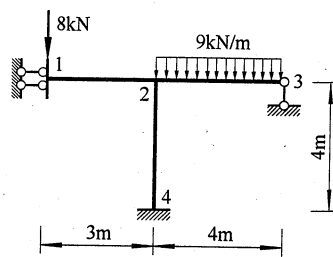
11-10 用先处理法求习题 11-10 图所示结构刚度矩阵。忽略杆件的轴向变形。各杆

$$EI = 5 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$



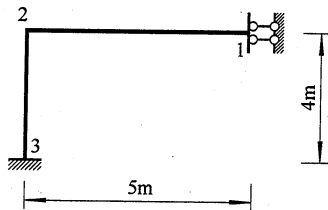
习题 11-10 图

11-11 用先处理法建立习题 11-11 图所示结构的矩阵位移法方程。已知：各杆  $EA=4 \times 10^5 \text{ kN}$ ， $EI=5 \times 10^4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$ 。



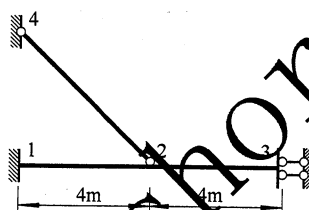
习题 11-11 图

11-12 用先处理法计算习题 11-12 图所示刚架的结构刚度矩阵。已知： $EA=3.2 \times 10^5 \text{ kN}$ ， $EI=4.8 \times 10^4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$ 。



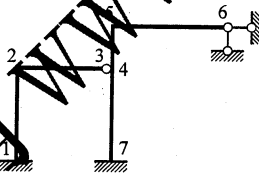
习题 11-12 图

习题 11-13 图



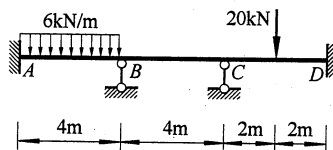
11-13 用先处理法计算习题 11-13 图所示组合结构的刚度矩阵  $K$ 。已知：梁杆单元的  $EA=3.2 \times 10^5 \text{ kN}$ ， $EI=4.8 \times 10^4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$ ，链杆单元的  $EA=2.4 \times 10^6 \text{ kN}$ 。

11-14 若用先处理法计算习题 11-14 图所示结构，则在结构刚度矩阵  $K$  中零元素的个数至少有多少个？



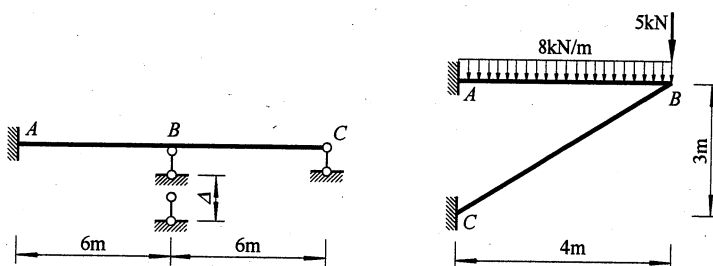
习题 11-14 图

11-15 试用矩阵位移法计算习题 11-15 图所示连续梁，并画出弯矩图。各杆  $EI$  为常数。



习题 11-15 图

11-16 习题 11-16 图所示为一等截面连续梁，设支座  $C$  向下沉降  $\Delta = 3 \text{ cm}$ 。用矩阵位移法计算并画出  $M$  图。已知： $EI=6 \times 10^4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$ 。

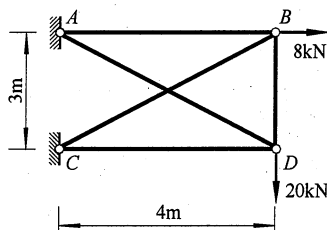


习题 11-16 图

习题 11-17 图

11-17 用先处理法计算习题 11-17 图所示刚架的内力, 并绘内力图。已知: 各杆  $E=3 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$ ,  $A=0.16 \text{ m}^2$ ,  $I=0.002 \text{ m}^4$ 。

11-18 用矩阵位移法计算习题 11-18 图所示平面桁架的内力。已知:  $E=3 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$ , 各杆  $A=0.1 \text{ m}^2$ 。



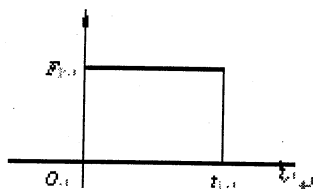
习题 11-18 图

### 思考题

- 12-1 结构动力计算中的自由度概念与结构几何组成分析中的自由度概念有何异同?
- 12-2 在动力计算中, 为什么要确定体系的动力自由度?
- 12-3 为什么说单自由度体系的自振频率和周期是体系的固有性质? 它们与体系的哪些固有量有关?
- 12-4 式(12-19)中的  $\Delta_{st}$  与式(12-24)中的  $y_{st}$  有什么区别?
- 12-5 小阻尼对自振频率和振幅的影响如何?
- 12-6 若运动方程为  $\ddot{y} + \omega^2 y = \frac{F}{m} \cos \theta t$ , 试推导此时纯强迫振动质点位移  $y(t)$  的表达式及动力系数  $\beta$  的计算公式。
- 12-7 利用式(12-23)求得动力系数计算结构最大动力反应, 需满足什么条件?
- 12-8 为了减小图 12-34a 所示简支梁的最大动位移, 可以采取哪些措施( $\theta$  值不能改变)?
- 12-9 杜哈梅积分中的时间变量  $\tau$  与  $t$  有何区别?
- 12-10 初始处于静止状态的单自由度体系, 在质点上受思考题 12-10 图所示突加短期荷载, 荷载的表达式为

$$F_P(t) = \begin{cases} F_P & (0 \leq t \leq t_1) \\ 0 & (t > t_1) \end{cases}$$

若不考虑阻尼, 可以用哪几种方法求质点的动位移  $y(t)$  ( $t > t_1$ )?



思考题 12-10 图。

12-11 为了求多自由度体系的自振频率，在什么情况下用柔度法较好？在什么情况下用刚度法较好？

12-12 多自由度体系的自振频率和主振型由哪些因素决定？

12-13 什么叫主振型？在何种条件下多自由度体系才按某一主振型作自由振动？

12-14 与其他动力荷载相比，在简谐荷载作用下的无阻尼多自由度体系的动力反应有什么特点？

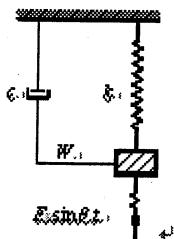
### 习 题

#### 12-1 是非判断

- (1) 引起单自由度体系自由振动的初速度值越大，则体系的自振频率越大。( )
- (2) 如果单自由度体系的阻尼增大，将会使体系的自振周期变短。( )
- (3) 在土木工程结构中，阻尼对自振周期的影响很小。( )
- (4) 由于各个质点之第 12 章 结构的动力计算。( )
- (5) 多自由度体系的自振频率与引起自由振动的初始条件无关。( )
- (6)  $n$  个自由度体系有  $n$  个自振周期，其中第一周期是最长的。( )
- (7) 如果考虑阻尼，多自由度体系在简谐荷载作用下的质点振幅就不能用列幅值方程的方法求解。( )

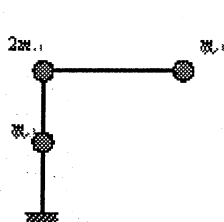
#### 12-2 填空

- (1) 单自由度体系运动方程为  $\ddot{y} + 2\xi\omega\dot{y} + \omega^2 y = F_p(t)/m$ ，其中未考虑重力，这是因为\_\_\_\_\_。
- (2) 单自由度体系自由振动的振幅取决于：\_\_\_\_\_。
- (3) 若要改变单自由度体系的自振周期，应从改变体系的\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_着手。
- (4) 若由式(12-23)求得的动力系数  $\beta$  为负值，则表示\_\_\_\_\_。
- (5) 习题 12-2(5)图所示体系发生共振时，干扰力与\_\_\_\_\_平衡。

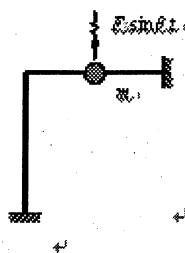


习题 12-2(5)图。

(6) 求习题 12-2(6)图所示质点系的自振频率时( $EI$ =常数), 其质量矩阵 $[M]=$ \_\_\_\_\_。



习题 12-2(6)图



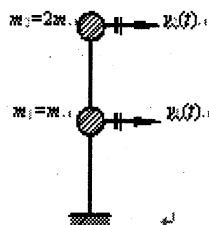
习题 12-2(7)图

(7) 习题

( $\omega$  为自振频率), 其动力系数

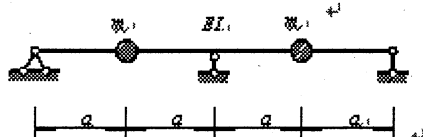
$\beta = m$ \_\_\_\_\_。

(8) 已知习题 12-2(8)图所示体系的第一主振型为 $[Y^{(1)}] = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}$ , 利用主振型的正交性可求得第二主振型 $[Y^{(2)}] =$ \_\_\_\_\_。



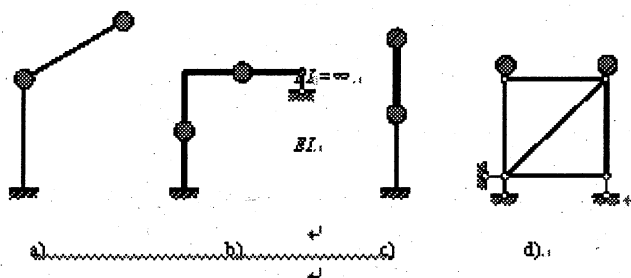
习题 12-2(8)图

(9) 习题 12-2(9)图所示对称体系的第一主振型 $[Y^{(1)}] =$ \_\_\_\_\_, 第二主振型 $[Y^{(2)}] =$ \_\_\_\_\_。



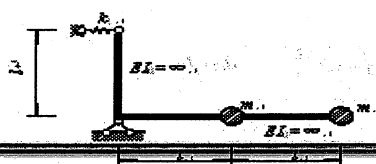
习题 12-2(9)图

12-3 确定习题 12-3 图所示质点体系的动力自由度。除注明者外各受弯杆  $EI$ =常数, 各链杆  $EA$ =常数。



习题 12-3 图

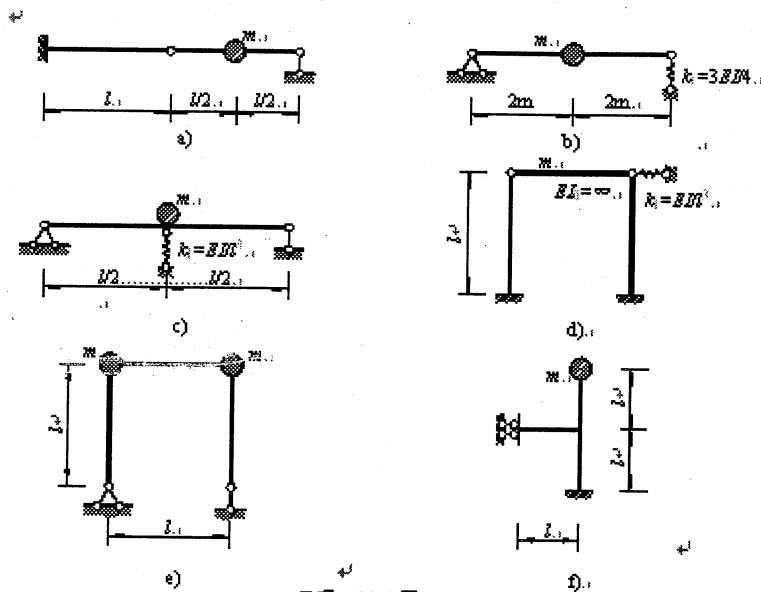
12-4 不考虑阻尼, 列出习题 12-4 图所示体系的运动方程。





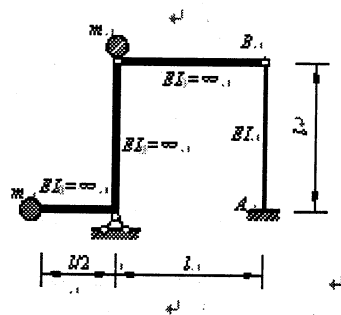
No. 12-185

12-5 求习题 12-5 图所示单自由度体系的自振频率。除注明者外  $EI$  为常数。 $k_1$  为弹性支座的刚度系数。



习题 12-5 图

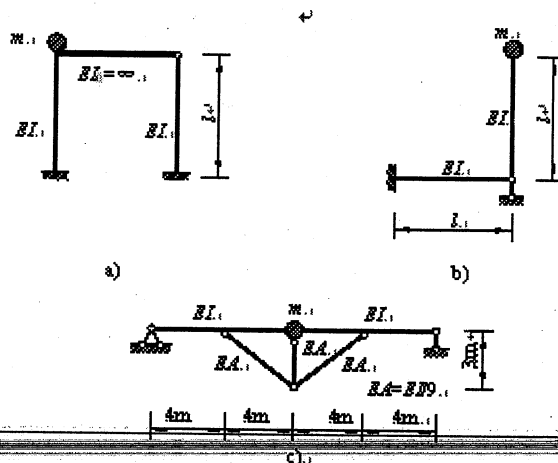
12-6 求习题 12-6 图所示体系的自振频率。除杆件  $AB$  外，其余杆件为刚性杆。



习题 12-6 图

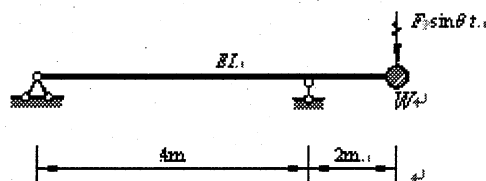
## 第 12 章 结构的动力计算

12-7 求习题 12-7 图所示体系的自振周期。



12-8 某单质点单自由度体系由初位移  $y_0=2\text{cm}$  产生自由振动, 经过 8 个周期后测得振幅为  $0.2\text{cm}$ , 试求阻尼比及在质点上作用简谐荷载发生共振时的动力系数。

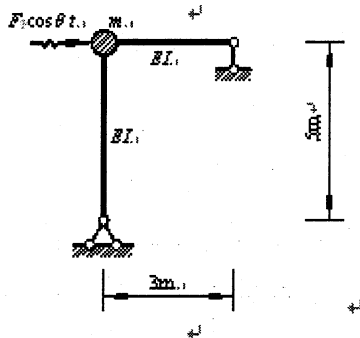
12-9 求习题 12-9 图所示梁纯强迫振动时的最大动力弯矩图和质点的振幅。已知: 质点的重量  $W=24.5\text{kN}$ ,  $F_P=10\text{kN}$ ,  $\theta=52.3\text{ s}^{-1}$ ,  $EI=3.2\times 10^7\text{ N}\cdot\text{m}^2$ 。不计梁的重量和阻尼。



习题 12-9 图

No. 12-186

12-10 求习题 12-10 图所示刚架稳态振动时的最大动力弯矩图和质点的振幅。已知:  $F_P=2.5\text{kN}$ ,  $\theta = \sqrt{\frac{4}{3}}\omega$ ,  $EI=2.8\times 10^4\text{ kN}\cdot\text{m}^2$ 。不考虑阻尼。

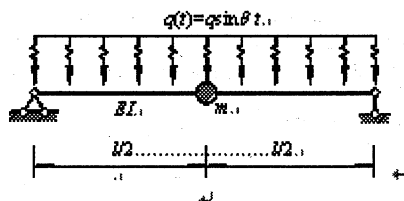


习题 12-10 图

12-11 习题 12-11 图中, 一个重量  $W=500\text{N}$  的重物悬挂在刚度  $k=4\times 10^3\text{ N/m}$  的弹簧上, 假定它在简谐力  $F_P \sin \theta t$  ( $F_P=50\text{ N}$ ) 作用下作竖向振动, 已知阻尼系数  $c=50\text{ N}\cdot\text{s/m}$ 。试求: 1) 发生共振时的频率  $\theta$ ; 2) 共振时的振幅; 3) 共振时的相位差。

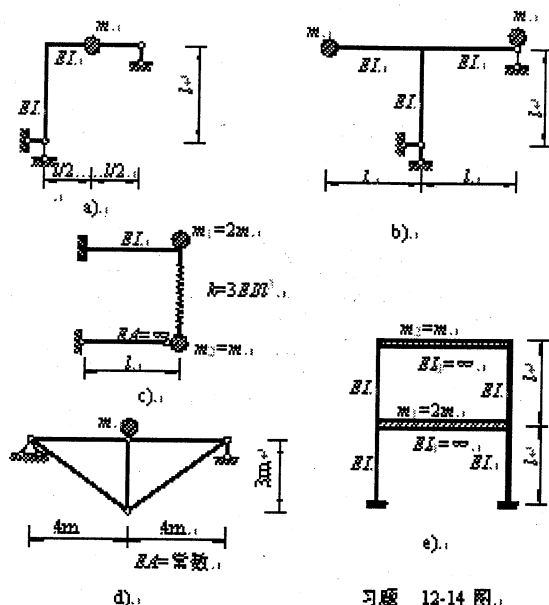
12-12 在习题 12-9 图所示梁的质点上受到竖直向下的突加荷载  $F_P(t)=20\text{kN}$  作用, 求质点的最大动位移值。

12-13 求习题 12-13 图所示单自由度体系作无阻尼强迫振动时质点的振幅。已知  $\theta = \sqrt{24EI/ml^3}$ 。



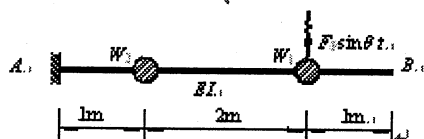
习题 12-13 图

12-14 求习题 12-14 图所示体系的自振频率和主振型, 绘出主振型图。



习题 12-14 图

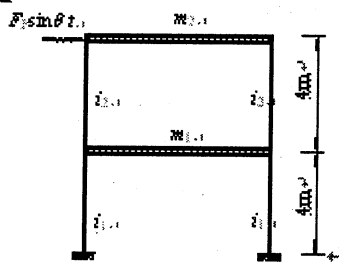
12-15 习题 12-15 图所示悬臂梁刚度  $EI=5.04 \times 10^4 \text{ kN}\cdot\text{m}$ , 质点重  $W_1=W_2=30 \text{ kN}$ , 电动机产生的简谐荷载幅值  $F_P=5 \text{ kN}$ , 试求当电动机转速分别为  $300 \text{ r/min}$ 、 $500 \text{ r/min}$  时梁的动力弯矩图。梁的自重略去不计, 且不考虑阻尼影响。



习题 12-15 图

No 12-187

12-16 习题 12-16 图所示两层刚架的楼面质量分别为  $m_1=120t$ 、 $m_2=100t$ , 柱的质量已集中于楼面; 柱的线刚度分别为  $i_1=20 \text{ MN}\cdot\text{m}$ 、 $i_2=14 \text{ MN}\cdot\text{m}$ , 横梁的刚度为无限大。在二层楼面处沿水平方向作用简谐干扰力  $F_P \sin \theta t$ , 已知  $F_P=5 \text{ kN}$ ,  $\theta=5.71 \text{ s}^{-1}$  试求第一、二层楼面处的振幅值和柱端弯矩的幅值。



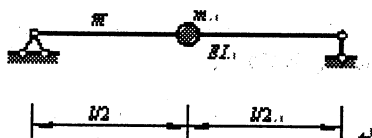
习题 12-16 图

12-17 已知习题 12-16 图所示刚架的自振频率  $\omega_1=9.9 \text{ s}^{-1}$ 、 $\omega_2=23.2 \text{ s}^{-1}$ , 主振型  $[Y^{(1)}]=[1.00 \quad 1.87]^T$ 、 $[Y^{(2)}]=[1.00 \quad -0.64]^T$ 。用振型分解法重作习题 12-16。

12-18 用能量法求习题 12-18 图所示简支梁的第一频率。已知  $m=2\bar{m}l$ ,  $\bar{m}$  为梁单位长度的质量。

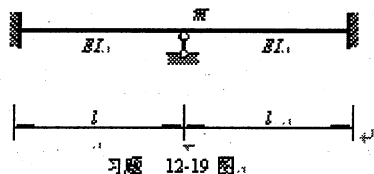
1) 设  $Y(x)=a \sin \frac{\pi x}{l}$  (无集中质量时简支梁的第一振型曲线);

2) 设  $Y(x)=\frac{F_P}{48EI}(3l^2x-4x^3)$  ( $0 \leq x \leq \frac{l}{2}$ ) (跨中作用集中力  $F_P$  时的弹性曲线)。



习题 12-18 图

12-19 用能量法求习题 12-19 图所示具有均布质量  $m$  的两跨连续梁的第一频率。



### 思考题

- 13-1 第一类失稳与第二类失稳有何不同，有何联系？
- 13-2 试分别扼要地说明静力法和能量法求临界荷载的解题依据和主要计算步骤。
- 13-3 能量法本身是不是近似法？为什么按能量法计算无限自由度体系临界荷载所得出的结果一般都是近似解，而且总是大于精确解？怎样才能提高计算精度？
- 13-4 增大或减小杆端约束的刚度，对压杆的临界荷载值有何影响？
- 13-5 在什么条件下刚架可简化为单根具有弹性支座压杆的稳定计算？能否用能量法计算具有弹性支座压杆的临界荷载？

13-6 结构的稳定问题与强度问题能否截然分开？

### 习题

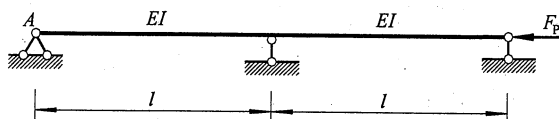
13-1 是非判断

- (1) 要提高用能量法计算临界荷载的精确度，不在于提高假设的失稳曲线的近似程度，而在于改进计算工具。( )
- (2) 对称结构承受对称荷载时总是按对称变形形式失稳。( )
- (3) 刚架的稳定问题总是可以简化为具有弹性支承的单根压杆进行计算。( )
- (4) 结构稳定计算时，叠加原理已不再适用。( )
- (5) 有限自由度体系用能量法求出的临界荷载是精确解。( )
- (6) 当结构处于不稳定平衡状态时，可以在原结构位置维持平衡，也可以在新的形式下维持平衡。( )

13-2 填空

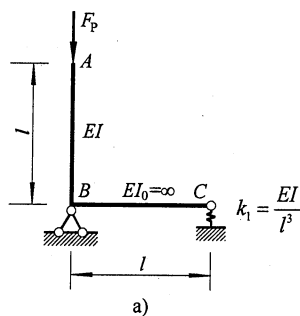
- (1) 结构由稳定平衡到不稳定平衡，其临界状态的静力特征是平衡形式的\_\_\_\_\_。
- (2) 临界荷载与压杆的支承情况有关，支承的刚度越大，则临界荷载越\_\_\_\_\_。

- (3) 用能量法求无限自由度体系的临界荷载时, 所假设的失稳曲线  $y(x)$  必须满足\_\_\_\_\_条件, 并尽量满足\_\_\_\_\_条件。
- (4) 利用对称性, 求习题 13-2(4)图所示结构的临界荷载  $F_{Pcr} =$ \_\_\_\_\_。

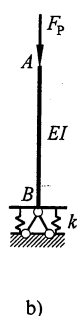


习题 13-2(4)图

- (5) 习题 13-2(5)图 a 所示结构可简化为习题 13-2(5)图 b 所示单根压杆计算, 则抗转弹簧刚度  $k =$ \_\_\_\_\_。



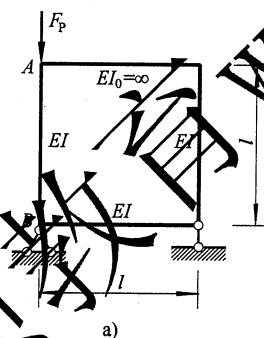
a)



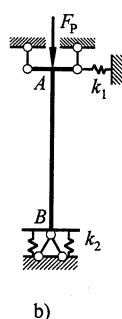
b)

习题 13-2(5)图

- (6) 习题 13-2(6)图 a 所示结构可简化为习题 13-2(6)图 b 计算, 则抗移弹簧刚度  $k_1 =$ \_\_\_\_\_, 抗转弹簧刚度  $k_2 =$ \_\_\_\_\_。



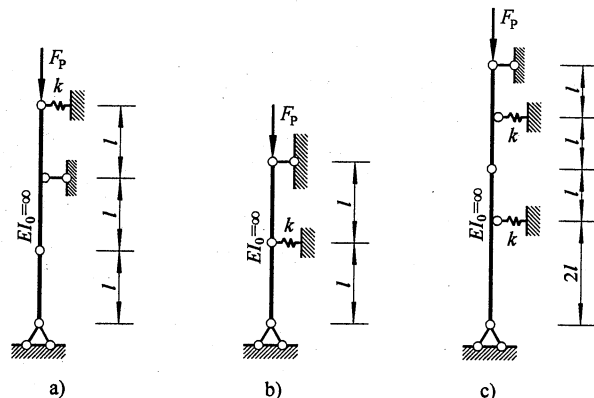
a)



b)

习题 13-2(6)图

13-3 用静力法计算习题 13-3 图所示体系的临界荷载。



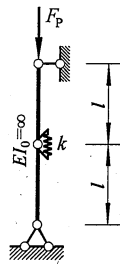
a)

b)

c)

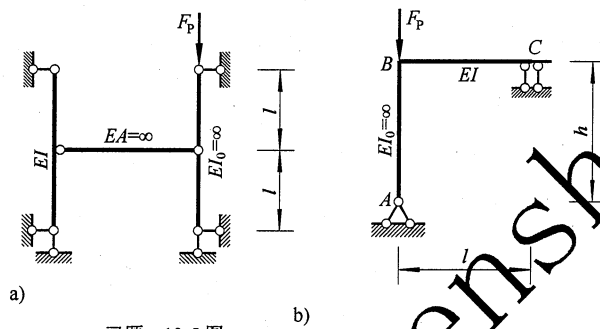
习题 13-3 图

13-4 用静力法计算习题 13-4 图所示体系的临界荷载。 $k$  为弹性铰的抗转刚度（发生单位相对转角所需的力矩）。



习题 13-4 图

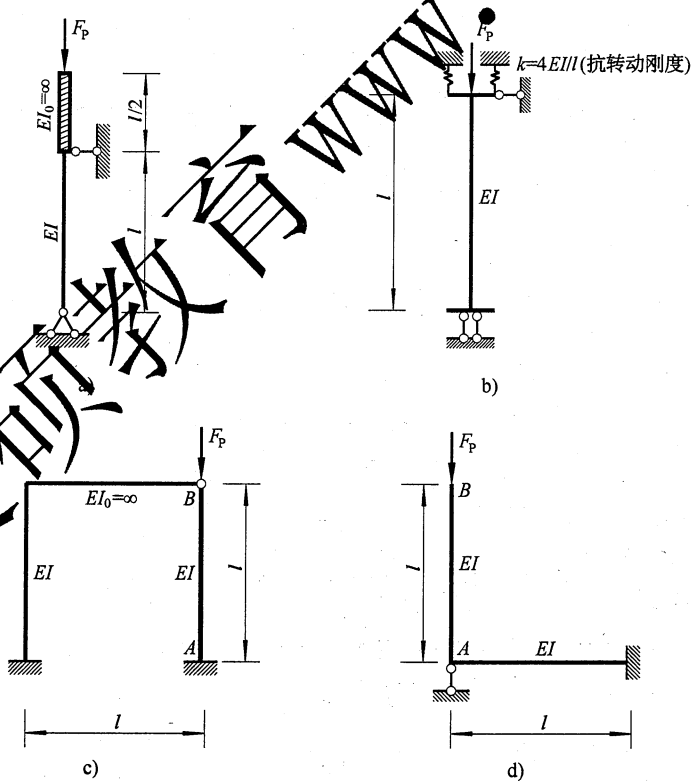
13-5 用静力法计算习题 13-5 图所示体系的临界荷载。

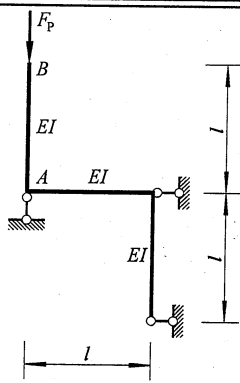


习题 13-5 图

13-6 用能量法重做习题 13-3 图(c)。

13-7 用静力法求习题 13-7 图所示结构的稳定方程。



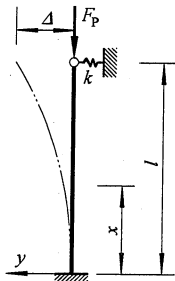


e)

习题 13-7 图(续)

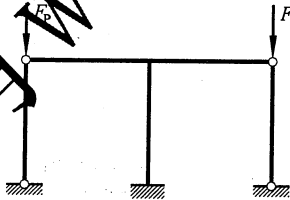
13-8 用能量法计算习题 13-8 图所示结构的临界荷载, 已知弹簧刚度  $k = \frac{3EI}{l^3}$ , 设失稳曲线为

$$y = \Delta \left(1 - \cos \frac{\pi x}{2l}\right).$$



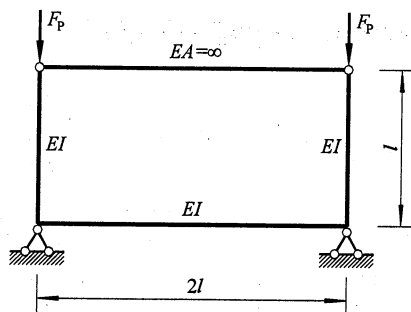
习题 13-8 图

13-9 求习题 13-9 图所示结构的临界荷载。已知各杆长为  $l$ ,  $EI$  为常数。



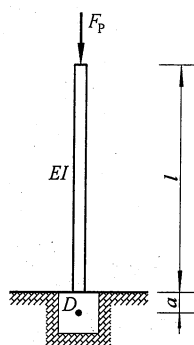
习题 13-9 图

13-10 试分别按对称失稳和反对称失稳求习题 13-10 图所示结构的稳定方程。



习题 13-10 图

13-11 试写出习题 13-11 图所示桥墩的稳定方程, 设失稳时基础绕  $D$  点转动, 地基的抗转刚度为  $k$ 。

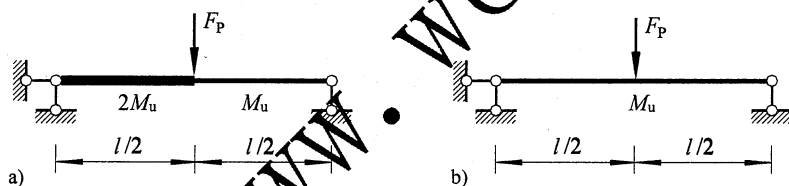


习题 13-11 图

## 习 题

## 14-1 是非判断

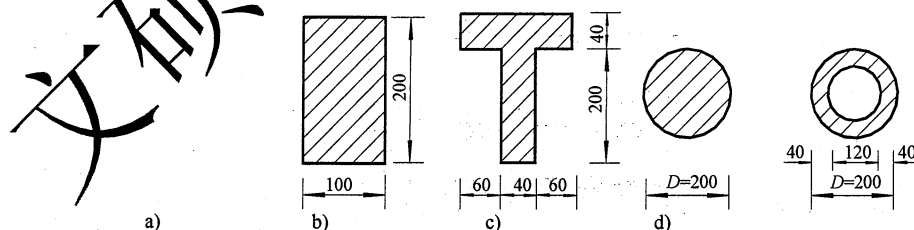
- (1) 矩形截面中性轴的位置从弹性阶段到塑性阶段保持不变。( )
- (2) 计算超静定梁的极限荷载, 既要考虑平衡条件, 又要考虑变形条件。( )。
- (3) 因为支座位移会使超静定梁产生弯矩, 所以支座位移会影响连续梁的极限荷载的数值。( )
- (4) 习题 14-1(4)图 a 和图 b 所示梁的极限荷载相等。( )



习题 14-1(4)图

- (5)  $n$  次超静定结构的极限状态必定出现  $(n+1)$  个塑性铰。( )

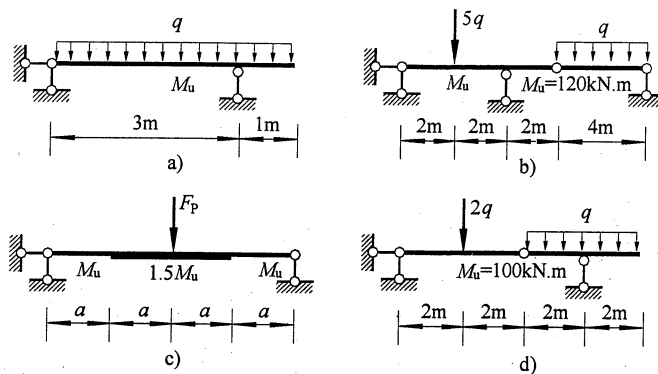
14-2 已知材料的屈服点  $\sigma_s = 240 \text{ MPa}$ , 试求习题 14-2 图所示截面的极限弯矩值。图中尺寸单位: mm。



习题 14-2 图

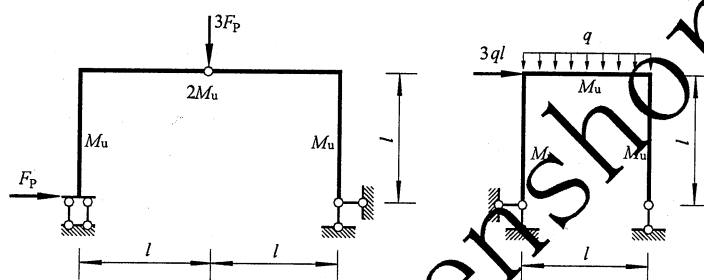
14-3 求习题 14-3 图所示静定梁的极限荷载。





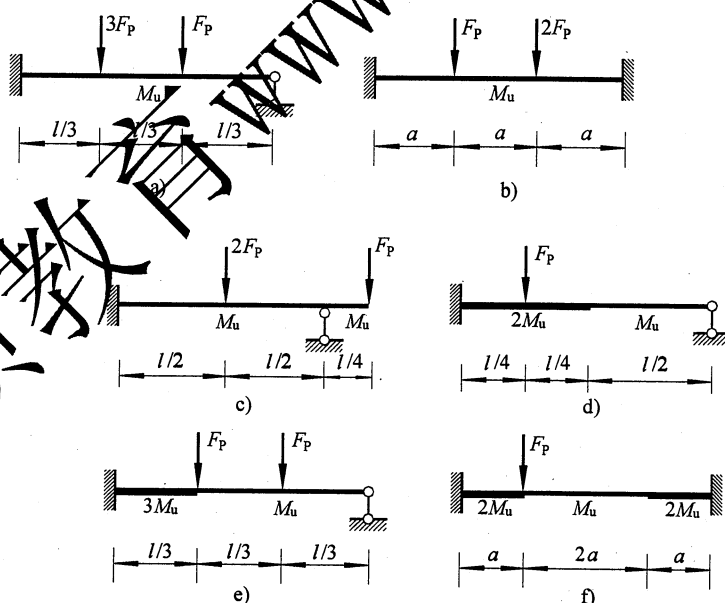
习题 14-3 图

14-4 求习题 14-4 图所示静定刚架的极限荷载。



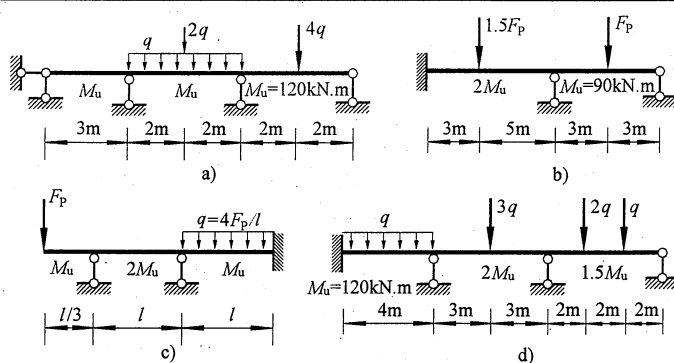
习题 14-4 图

14-5 求习题 14-5 图所示超静定梁的极限荷载，并作出极限状态的弯矩图。



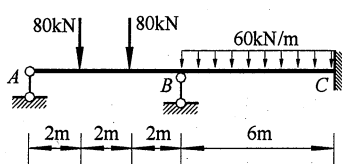
习题 14-5 图

14-6 求习题 14-6 图所示连续梁的极限荷载。



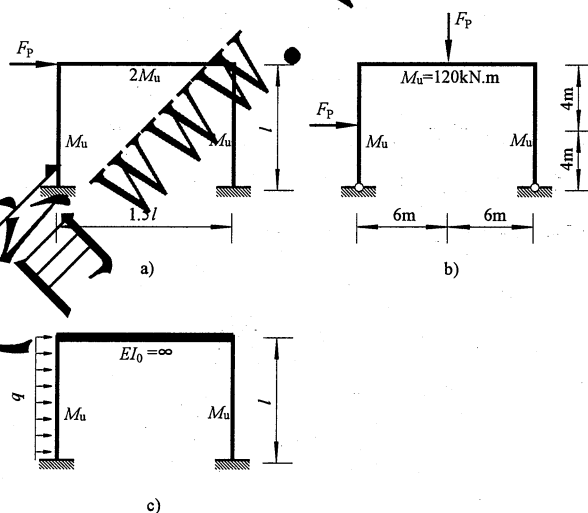
习题 14-6 图

14-7 已知习题 14-7 图所示等截面连续梁的极限弯矩  $M_u = 190 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ，使用荷载如图所示，试求荷载安全系数  $k$ 。



习题 14-7 图

14-8 求习题 14-8 图所示刚架的极限荷载。



习题 14-8 图

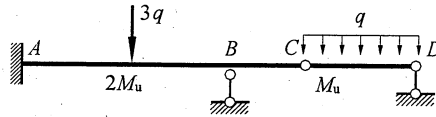
### 思考题

14-1 何谓塑性铰，它与普通铰有什么不同？

14-2 结构的极限状态应同时满足哪些条件？

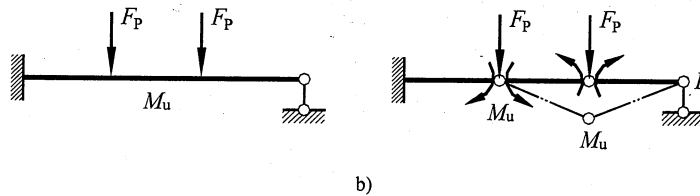
14-3 连续梁只可能在各跨单独形成破坏机构的条件是什么？试分析思考题 14-3 图所示连续梁所

有可能的破坏机构。



思考题 13-3 图

14-4 试说明思考题 14-4 图 a 所示等截面梁不可能形成图 b 所示的破坏机构。



思考题 14-4 图

14-5 机动法根据虚功原理求极限荷载时，虚功方程中为什么不计入与弹性变形对应的虚功？

14-6 对于图 14-6a 所示梁，在荷载  $F_P$  从零增加到  $F_{Pu}$  的整个过程中，荷载  $F_P$  与 C 点的竖向位移  $\Delta_{cv}$  是线性关系吗？

14-7 超静定结构的极限荷载是否受支座移动、温度变化、制造误差等非荷载因素的影响？为什么？

