

高校经典教材同步辅导丛书

配套高教版·龙驭球 包世华主编

九章丛书

结构力学II

专题教程（第三版）

同步辅导及习题全解

主 编 黄淑森

• 知识点窍 • 逻辑推理 • 习题全解
• 全真考题 • 名师执笔 • 题型归类



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

新版

V2

结构力学Ⅱ专题教程（第三版）

同步辅导及习题全解

主 编 黄淑森

[illegible]

中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



北航

C1728167

0342-42

14-3

VZ

085010110

内 容 提 要

本书是与高等教育出版社出版,龙驭球、包世华、袁驷等主编的《结构力学II—专题教程(第三版)》一书配套的同步辅导及习题全解辅导书。

本书共有八章,分别介绍静定结构总论、超静定结构总论、能量原理、结构矩阵分析续论、结构动力计算续论、结构的稳定计算、结构的极限荷载、结构力学与方法论。本书按教材内容安排全书结构,各章均包括本章知识要点概述、知识点归纳、典型例题与解题技巧、课后习题全解四部分内容。全书按教材内容,针对各章节习题给出详细解答,思路清晰,逻辑性强,循序渐进地帮助读者分析并解决问题,内容详尽,简明易懂。

本书可作为高等院校学生学习“结构力学II—专题教程(第三版)”课程的辅导教材,也可作为考研人员复习备考的辅导教材,同时可供教师备课命题作为参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

结构力学II专题教程(第三版)同步辅导及习题全解/
黄淑森主编. — 北京:中国水利水电出版社,2014.4

(高校经典教材同步辅导丛书)

ISBN 978-7-5170-1836-0

I. ①结… II. ①黄… III. ①结构力学—高等学校—
教学参考资料 IV. ①0342

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第056198号

策划编辑:杨庆川 责任编辑:杨元泓 加工编辑:孙 丹 封面设计:李 佳

书 名	高校经典教材同步辅导丛书
作 者	结构力学II专题教程(第三版)同步辅导及习题全解
出版发行	主 编 黄淑森 中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部)、82562819 (万水) 北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京市梦宇印务有限公司
规 格	170mm×227mm 16开本 9.25印张 225千字
版 次	2014年4月第1版 2014年4月第1次印刷
印 数	0001—5000册
定 价	13.80元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前言

龙驭球、包世华、袁驷等主编的《结构力学Ⅱ—专题教程(第三版)》以体系完整、结构严谨、层次清晰、深入浅出的特点成为这门课程的经典教材,被全国许多院校采用。为了帮助读者更好地学习这门课程,掌握更多的知识,我们根据多年的教学经验编写了这本与此教材配套的《结构力学Ⅱ专题教程(第三版)同步辅导及习题全解》。本书旨在使广大读者理解基本概念,掌握基本知识,学会基本解题方法与解题技巧,进而提高应试能力。

本书作为一种辅助性的教材,具有较强的针对性、启发性、指导性和补充性。考虑“结构力学Ⅱ—专题教程(第三版)”这门课程的特点,我们在内容上作了以下安排:

1. **本章知识要点概述。**每章前面均对本章的知识要点进行了整理。综合众多参考资料,归纳了本章几乎所有的考点,便于读者学习与复习。

2. **知识点归纳。**对每章知识点做了简练概括,梳理了各知识点之间的脉络联系,突出各章主要定理及重要公式,使读者在各章学习过程中目标明确,有的放矢。

3. **典型例题与解题技巧。**该部分选取了一些具有启发性或综合性较强的经典例题,对所给例题先进行分析,再给出详细解答,意在抛砖引玉。

4. **课后习题全解。**教材中课后习题丰富、层次多样,许多基础性问题从多个角度帮助学生理解基本概念和基本理论,促其掌握基本解题方法。我们对教材的课后习题给了详细的解答。

由于时间较仓促,编者水平有限,难免书中有疏漏之处,敬请各位同行和读者给予批评、指正。

编者

2014年03月

目录

contents

■ 前言

第 11 章 静定结构总论	1
本章知识要点概述	1
知识点归纳	1
典型例题与解题技巧	4
课后习题全解	6
第 12 章 超静定结构总论	19
本章知识要点概述	19
知识点归纳	19
典型例题与解题技巧	22
课后习题全解	24
第 13 章 能量原理	47
本章知识要点概述	47
知识点归纳	47
典型例题与解题技巧	50
课后习题全解	51
第 14 章 结构矩阵分析续论	64
本章知识要点概述	64
知识点归纳	64
课后习题全解	65

目 录

contents

第 15 章 结构动力计算续论	75
本章知识要点概述	75
知识点归纳	75
典型例题与解题技巧	77
课后习题全解	79
第 16 章 结构的稳定计算	96
本章知识要点概述	96
知识点归纳	96
典型例题与解题技巧	99
课后习题全解	102
第 17 章 结构的极限荷载	125
本章知识要点概述	125
知识点归纳	125
典型例题与解题技巧	127
课后习题全解	129
第 18 章 结构力学与方法论	139
本章知识要点概述	139

第 11 章

静定结构总论

本章知识要点概述

1. 理解静力计算过程中隔离体方法及截取的优先顺序。总结隔离体平衡在各类静定结构中应用的特点。
2. 掌握用零载法判定 $W=0$ 体系几何。了解空间体系的几何构造分析。
3. 掌握用虚功原理求静定结构内力的方法。会用单位位移法求解简单静定结构的约束力。
4. 了解简支梁的包络图和绝对最大变矩的概念及其计算方法。了解静定结构的一般性质,总结各类静定结构的受力特点。

知识点归纳

一、几何构造分析与受力分析之间的对偶关系(见表 11-1)

表 11-1 自由度 W 、平衡方程 S 、未知力数 m 及系数行列式 D 之间的关系

几何特性	静力的特性	
$W>0$, 几何可变	$S>m$	矛盾方程, 无解
$W<0$ 且几何不变, 有多余约束	$S<m$	方程组有无穷多解
$W<0$ 且几何可变, 有多余约束	$S<m$	一般荷载下, 方程组无解; 特殊荷载下, 方程组有无穷多解
$W=0, D\neq 0$, 几何不变, 无多余约束	$S=m$	方程有唯一确定解
$W=0, D=0$, 几何可变(或瞬变), 有多余约束	$S=m$	一般荷载下, 方程组无解; 特殊荷载下, 方程组有无穷多解

■ 二、零载法

1. 零载法

对于 $W=0$ 的体系,如果是几何不变的,则在荷载为零的情况下,它的全部内力都为零;反之,如果是几何可变的,则在荷载为零的情况下,它的某些内力不为零。

2. 从虚功原理角度看零载法

自内力状态能(否)存在是体系有(无)多余约束的标志。

■ 三、空间杆件体系的几何构造分析

1. 空间几何不变体系的组成规律

(1)空间中一点与一刚体用三根链杆相连,且三链杆不在同一条平面内,则组成几何不变的整体,且无多余约束。

(2)一刚体与另一刚体用六根链杆相连,如链杆中有三根交于一点,而不在同一平面内,当六根链杆不交于同一直线时,组成几何不变的整体,且无多余约束。

(3)一刚体与另一刚体用六根链杆相连,如链杆中有三根位于同一平面内而不交于一点,当六根链杆不交于同一直线时,则组成几何不变的整体,且无多余约束。

2. 空间链接体系的计算自由度 W

$W=3j-b$ (j 为体系结点的总数, b 为链杆与支杆总数。)

■ 四、静定空间刚架

1. 内力计算

采用截面法。由于一个物体在空间有六个自由度,故可对所取隔离体建立六个平衡方程,由此求出截面上六个内力分量: F_N 、 F_{Q1} 、 F_{Q2} 、 M_1 、 M_2 、 M_3 。

2. 位移计算

$$\Delta = \sum \int \frac{\bar{M}_y M_{yP}}{EI_y} ds + \sum \int \frac{\bar{M}_z M_{zP}}{EI_z} ds + \sum \int \frac{\bar{M}_t M_{tP}}{GI_t} ds$$

■ 五、静定空间桁架

1. 空间桁架几何构造

计算自由度 $W=3j-b$,如 $W>0$,则体系可变;若体系是几何不变的且无多余约束的空间桁架,则必有 $W=0$ 。

2. 结点法和截面法

结点法是截取结点为隔离体,利用每个结点所受的空间汇交力系的三个平衡条件,求各杆的轴

力。其平衡条件为

$$\sum F_x = 0, \sum F_y = 0, \sum F_z = 0$$

3. 分解成平面桁架法

六、悬索结构

1. 悬索结构的特点

悬索结构是由一系列受拉的索作为主要承重构件,按一定规律组成各种不同形式的体系,并悬挂在相应的支承上的结构。分为单层索系、双层索系、鞍形索网、斜拉式屋盖及索梁体系等。

2. 单根悬索的计算方法

基本假设:(1)索为理想柔性,即不能受压,不能受弯,只能受拉。

(2)索在使用阶段时,应力和应变符合胡克定律。

基本平衡微分方程

$$\begin{cases} \frac{dF_H}{dx} + q_x = 0 \\ \frac{d}{dx} \left(F_H \frac{dy}{dx} \right) + q_y = 0 \end{cases}$$

七、静定结构的一般性质

(1)静定结构无自内力:温度改变、支座移动和制造误差等因素在静定结构中不引起内力。

(2)静定结构的局部平衡特性:在荷载作用下,如仅由静定结构的某个局部就可以与荷载保持平衡,则其余部分内力为零。

(3)静定结构的荷载等效的特性:当静定结构的一个内部几何不变部分上的荷载作等效变换时,其余部分内力不变。

(4)静定结构的构造变换特性:当静定结构的一个内部几何不变部分作等效构造变换时,其余部分内力不变。

八、各种结构形式的受力特点

(1)静定结构五种典型结构形式:梁、刚架、桁架、拱和组合结构。在静定多跨梁和伸臂梁中,利用杆端的负弯矩可以减小跨中的正弯矩。

(2)在有推力结构中,利用水平推力的作用可以减少弯矩峰值。

(3)在桁架中,利用杆件的链接和合理布置及荷载的结点传递方式,可使桁架中的各杆处于无弯矩状态。

九、简支梁的包络图和绝对最大弯矩

连接各截面内力最大值的曲线称为内力包络图。

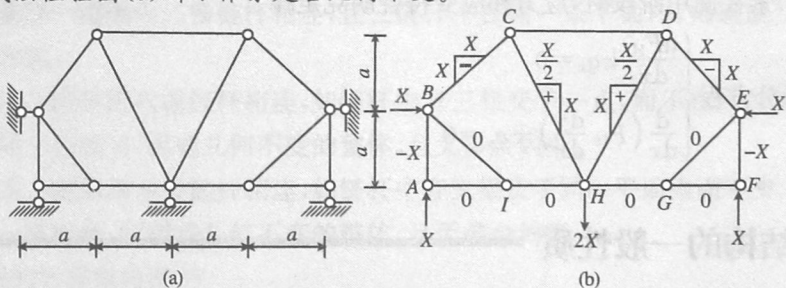
弯矩的包络图中,最高的竖距称为绝对最大弯矩。

十、位移影响线

设有一方向不变的单位力 $F_P=1$ 在结构上移动,结构上拟求位移 Δ_K 的影响系数 δ_{KP} 亦随之变化。表示 δ_{KP} 变化规律的图线称为位移影响线。

典型例题与解题技巧

例 1 试用零载法检验图(a)所示体系是否几何不变。



例 11-1 图

知识点窍 用零载法判定 $W=0$ 体系的几何不变性时,采用初参数法。

解题过程 计算自由度 $W=2j-b=2\times 9-18=0$ 可采用零载法分析。

在零载状态下,设支座 A 竖反力 $F_{yA}=X(\uparrow)$, X 为任意值,由平衡条件得 $F_{yF}=X(\uparrow)$, $F_{yH}=2X(\downarrow)$ 。轴力 $F_{NAB}=F_{NEF}=-X$,找出六根零杆。如例 11-1 图(b)所示,逐次由结点 B、E、C、D 的平衡条件求得支座 B、E 水平反力及各杆轴力(斜杆以分量表示),最后由结点 H 平衡条件得

$$\sum F_x = 0, \frac{X}{2} - \frac{X}{2} = 0, \text{即 } X \cdot 0 = 0$$

$$\sum F_y = 0, 2X - 2X = 0, \text{即 } X \cdot 0 = 0$$

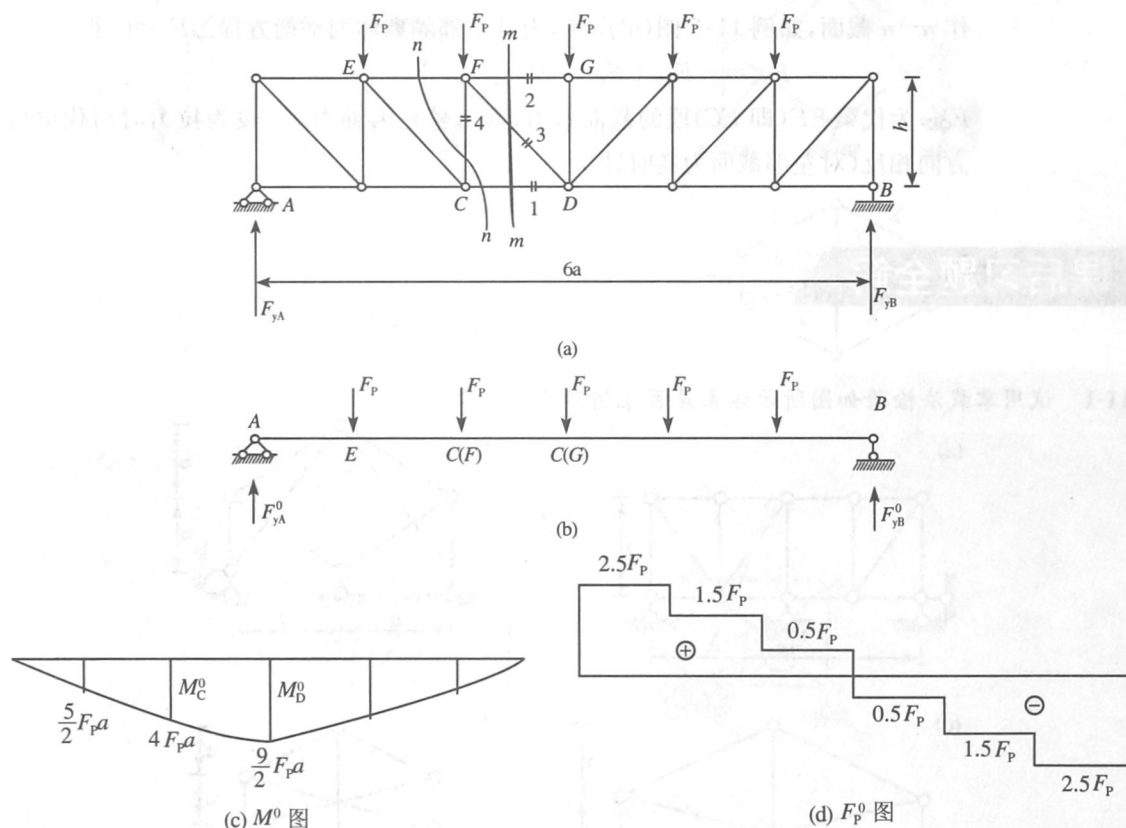
当 X 为任意值时,均满足上式。可见,反力、内力除零解外,存在无穷多组非零解均满足平衡条件,因此该体系几何可变。

讨论:对本题所示复杂体系进行几何构造分析相当困难,须连续运用约束等效变换,而用零载法分析比较容易。

例 2 试对图(a)所示梁式桁架和图(b)所示同跨同荷载的简支梁(代梁)进行比较。推算桁架弦杆 1、2,斜杆 3,竖杆 4 的轴力与代梁相应截面弯矩、剪力的关系。

知识点窍 平衡弦梁式桁架计算轴力时,可借助简支代梁的弯矩、剪力图。桁架未知轴力均设为

拉力。



例 11-2 图

解题过程 (1)求支座反力和代梁反力。

桁架支座反力 F_{yA} 与代梁反力 F_{yA}^0 相等,即由平衡条件 $\sum M_B = 0, \sum M_A = 0$ 分别得 $F_{yA} = F_{yA}^0 = 2.5 F_P (\uparrow), F_{yB} = F_{yB}^0 = 2.5 F_P (\uparrow)$ 。

(2)作简支梁的弯矩 M^0 图和剪力 F_P^0 图,如图(c)和(d)所示。

(3)求桁架弦杆轴力。

作 $m-m$ 截面,如例 11-2 图(a)所示,由其左边隔离体列平衡方程 $\sum M_F = 0$,得

$$F_{N1} \cdot h = F_{yA} \times 2a - F_P \times a = M_C^0, F_{N1} = \frac{M_C^0}{h}$$

由 $\sum M_D = 0$,得

$$F_{N2} \cdot h = -F_{yA} \times 3a + F_P \times 2a + F_P \times a = -M_D^0, F_{N2} = -\frac{M_D^0}{h}$$

(4)求桁架斜杆轴力 F_{N3} 。

由 $m-m$ 截面左侧隔离体投影平衡方程 $\sum F_y = 0$,得

$$F_{y3} = F_{yA} - F_P - F_P = F_{QCD}^0$$

F_{QCD}^0 为代梁 CD 段截面剪力,根据比例关系可由 F_{y3} 算出轴力 F_{N3} 。

(5)求竖杆轴力 F_{N4} 。

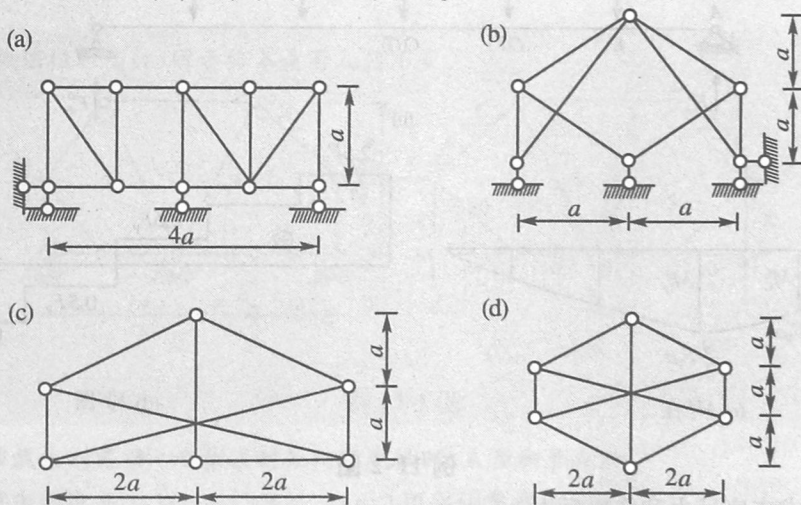
作 $n-n$ 截面,如例 11-2 图(a)所示,由其左部隔离体列平衡方程 $\sum F_y=0$,得

$$F_{N4} = -F_{yA} + F_P = -F_{QEF}^0$$

F_{QEF}^0 为代梁 EF (即 EC) 段的截面剪力,取负号是因轴力 F_{N4} 设为拉力时与代梁剪力方向相反(对左部截面为逆时针)。

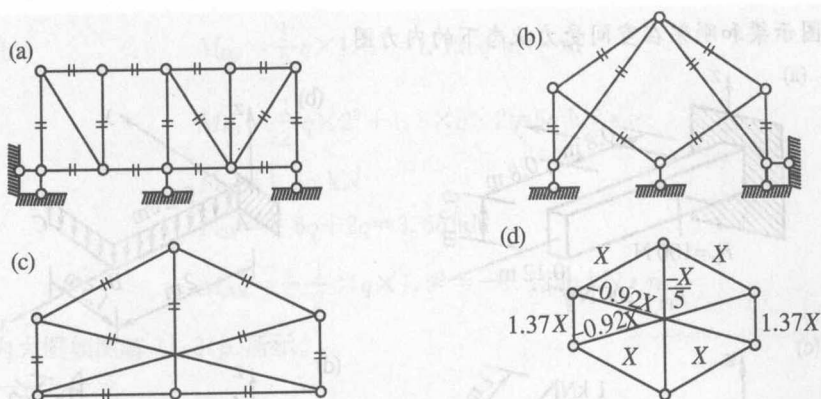
课后习题全解

11-1 试用零载法检验如图所示体系是否几何不变。



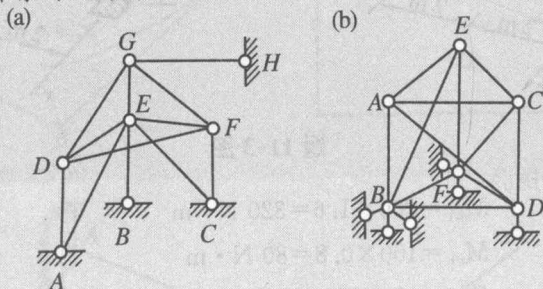
题 11-1 图

- 解题过程**
- (a) 荷载为零,即支反力为零,则按照二元体逐渐去除的方法及零杆的判断原则,可知所有桁架杆件内力都为零。如图解 11-1(a)所示,所以体系几何不变。
 - (b) 荷载为零,即支反力为零,去除二元体,可知桁架各杆都为零杆。如图解 11-1 (b) 所示,所以体系几何不变。
 - (c) 按照零杆判断原则,可知所有桁架杆件全为零杆。如图解 11-1(c)所示,故体系几何不变。
 - (d) 按照通路法,假设其中一杆内力为 X ,运用结点法可求出各杆内力。如图解 11-1(d) 所示,可以验证是平衡的,所以体系可能会有自建内力,即 X 可能不为零,所以体系几何可变。



图解 11-1

11-2 试分析图示空间体系的几何构造。



题 11-2 图

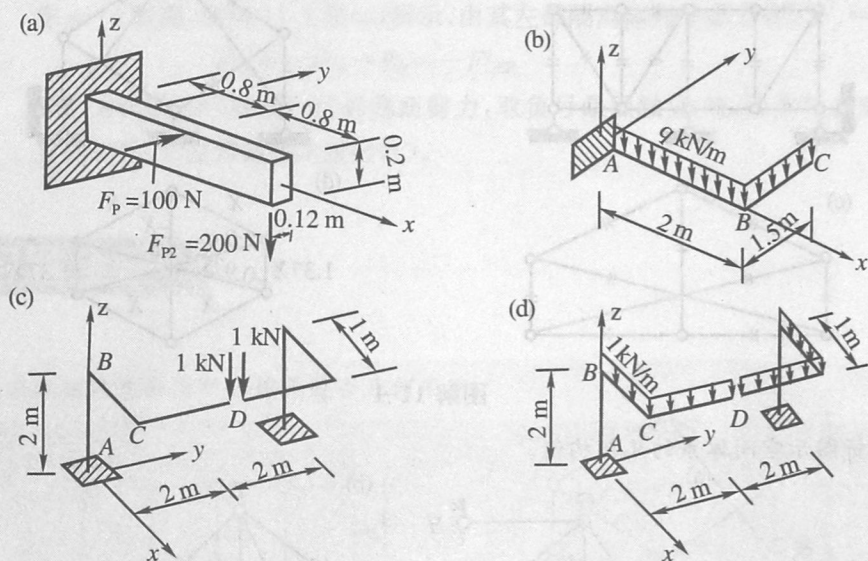
解题过程 (a)四面体 $GDEF$ 为一刚体,通过 DA 、 EA 、 EB 、 EC 、 FC 、 GH 六链杆与基础杆相连, EA 、 EB 、 EC 三链杆支于一点,且六链杆不交于同一直线上,则体系几何不变,且无多余约束。

(b)体系为无多余约束的几何不变体系。

自由度计算:结构由 6 个结点、12 根杆与 6 根支杆组成,把结点视为自由点,杆作为约束,体系自由度为 $W=3 \times 6 - 12 - 6 = 0$

结构组成: B 点被三杆固定在基础上,由杆 BF 和两支杆固定 F 点,再由杆 BD 、杆 FD 和支杆固定 D 点,这部分为无多余约束的几何不变体系。刚体 AEC 由六根链杆与几何不变部分相连,由杆 AB 和 DA 固定的 A 点只能绕 BD 轴作圆周运动。同理, E 点只能绕 BF 轴作圆周运动, C 点只能绕 FD 轴作圆周运动。要使这三个运动瞬时成为可能,有两种情况。其一,这三个圆的切线相互平行,即三个圆运动平行,刚体有同一方向运动的可能。显然,这种情况不可能。其二,三圆周的三条切线有转动中心,这时刚体存在一个转轴,使得这三点都保持原有切线方向运动。显然,平面 ACE 为点 A 、点 E 和点 C 三点作圆周运动的切线所在的公共面。过这三点作切线的垂线,若这三条垂线交于同一点,则过这点作平面 ACE 的垂线,该垂线为刚体的瞬时转动轴。结构为瞬变体系,而三角形 AEC 的三边就是这三条垂线,显然不交于一点,于是结构不可能成为瞬变系统。

11-3 试作图示梁和刚架在空间受力状态下的内力图。



题 11-3 图

解题过程 (a)

$$M_{yA} = 200 \times 1.6 = 320 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{zA} = 100 \times 0.8 = 80 \text{ N} \cdot \text{m}$$

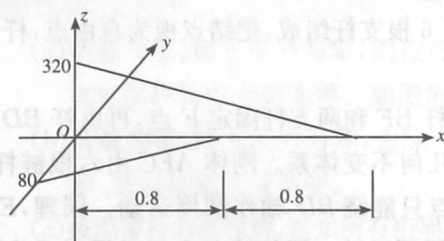
$$F_{QzAc} = 200 \text{ N}$$

$$M_{lBC} = 200 \times 0.06 = 12 \text{ N} \cdot \text{m}$$

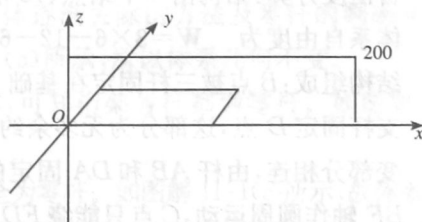
$$M_{lAB} = 12 - 100 \times 0.1 = 2 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$F_{QyAB} = -100 \text{ N}$$

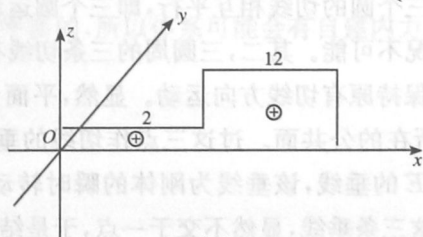
内力图如图解 11-3(a)所示。



M 图 (单位: $\text{N} \cdot \text{m}$)



F_Q 图 (单位: N)

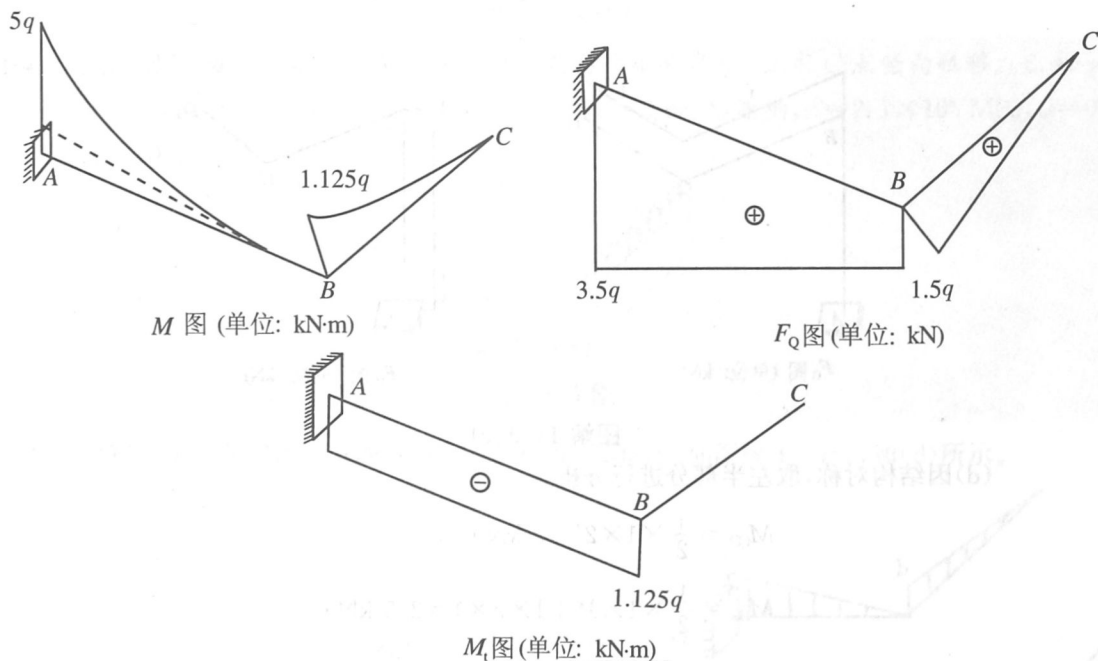


M_t 图 (单位: $\text{N} \cdot \text{m}$)

图解 11-3(a)

$$\begin{aligned}
 (b) \quad M_{BC} &= \frac{1}{2}q \times 1.5^2 = 1.125q \text{ kN} \cdot \text{m} \\
 M_{AB} &= \frac{1}{2}q \times 2^2 + 1.5 \times q \times 2 = 5q \text{ kN} \cdot \text{m} \\
 F_{QB} &= 1.5q \text{ kN} \\
 F_{QA} &= 1.5q + 2q = 3.5q \text{ kN} \\
 M_{LAB} &= -\frac{1}{2} \times q \times 1.5^2 = -1.125q \text{ kN} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

内力图如图解 11-3(b)所示。



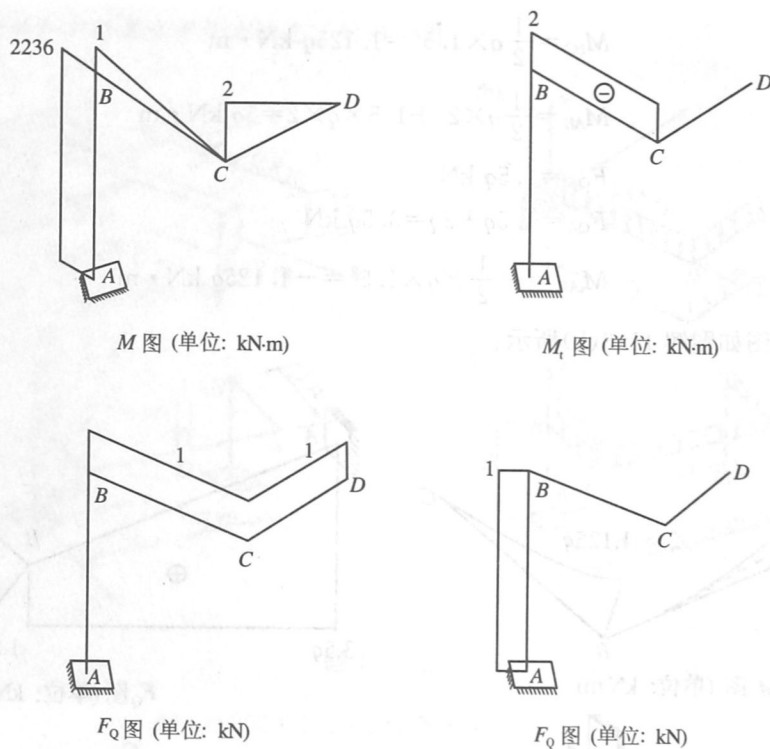
图解 11-3(b)

(c)取左半部分进行分析。

$$\begin{aligned}
 M_{CD} &= 1 \times 2 = 2 \text{ kN} \cdot \text{m} \\
 M_{BC} &= 1 \times 1 = 1 \text{ kN} \cdot \text{m} \\
 M_{BA} &= \sqrt{1^2 + 2^2} \times 1 = 2.236 \text{ kN} \cdot \text{m} \\
 M_{tBC} &= 2 \text{ kN} \cdot \text{m} \\
 M_{QBC} &= F_{QCD} = 1 \text{ kN} \\
 F_{NAB} &= 1 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

内力图如图解 11-3(c)所示。

因右半部分与左半部分对称,过程从略。



图解 11-3(c)

(d) 因结构对称, 取左半部分进行分析。

$$M_{CD} = \frac{1}{2} \times 1 \times 2^2 = 2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{BC} = \frac{1}{2} \times 1 \times 1^2 + 1 \times 2 \times 1 = 2.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{AB} = \sqrt{2.5^2 + 2^2} = 3.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

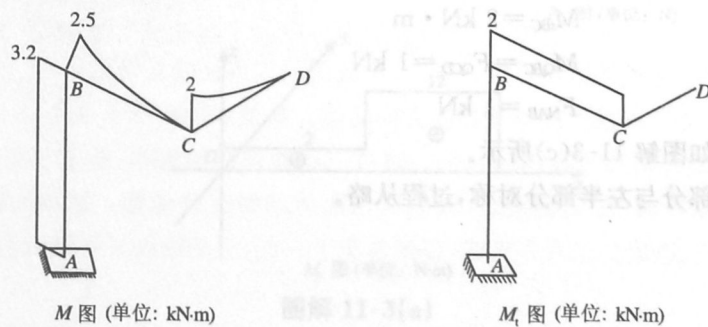
$$M_{tBC} = 2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

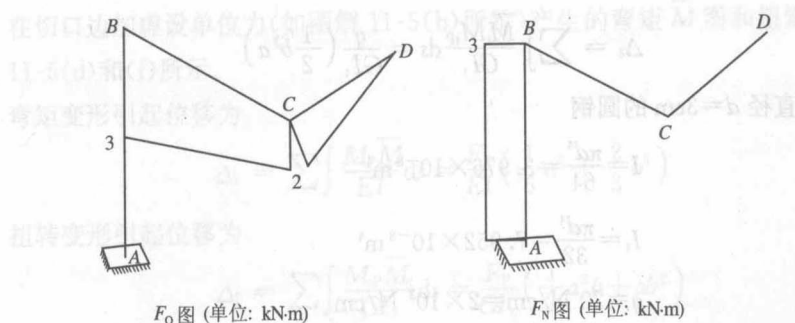
$$F_{QCD} = 1 \times 2 = 2 \text{ kN}$$

$$F_{QBC} = 1 \times 2 + 1 \times 1 = 3 \text{ kN}$$

$$F_{NAB} = 1 \times (2 + 1) = 3 \text{ kN}$$

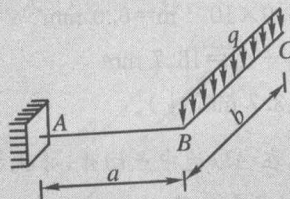
内力图如图解 11-3(d) 所示。





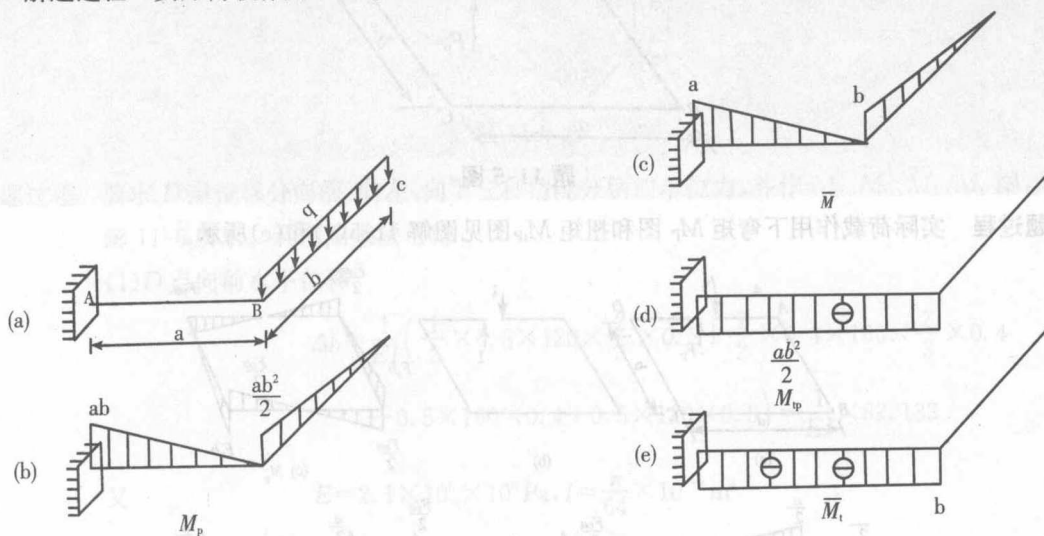
图解 11-3(d)

11-4 图示一水平面内刚架, $\angle ABC = 90^\circ$, 承受竖向均布荷载 q 。试求 C 点竖向位移。已知 $q = 20 \text{ N/cm}$, $a = 0.6 \text{ m}$, $b = 0.4 \text{ m}$, 各杆均为直径 $d = 3 \text{ cm}$ 的圆钢, $E = 2.1 \times 10^5 \text{ MPa}$, $G = 0.8 \times 10^5 \text{ MPa}$ 。



题 11-4 图

解题过程 实际荷载作用下的弯矩 M_P 图和扭矩 M_T 图, 如图解 11-4(b) 和 (d) 所示。



图解 11-4

c 点虚设竖向单位力作用下弯矩 $\bar{M}$ 图和扭矩 $\bar{M}_T$ 图, 如图解 11-4(c) 和 (e) 所示。

弯矩引起变形的位移为

$$\Delta_1 = \sum \int \frac{\bar{M} M_P}{EI} ds = \frac{q}{EI} \left(\frac{1}{3} a^3 b + \frac{1}{8} b^4 \right)$$

扭转引起的位移为