

高等学校**土木工程专业**规划教材

GAODENG XUEXIAO TUMU GONGCHENG ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

结构力学基本训练

(下册)

舒志乐 刘保县 ■ 主编

JIEGOU LIXUE
JIBEN XUNLIAN



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

中国力学学会推荐教材

结构力学基本训练

〔下册〕

王勖成 主编 王勖成 主审

清华大学出版社
TSINGHUA UNIVERSITY PRESS



清华大学出版社
TSINGHUA UNIVERSITY PRESS

高等学校土木工程专业规划教材

GAODENG XUEXIAO TUMU GONGCHENG ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

结构力学基本训练

(下册)

舒志乐 刘保县 ■ 主编

JIEGOU LIXUE
JIBEN XUNLIAN

重庆大学出版社

内容提要

本书根据教育部制定的结构力学课程教学大纲和硕士研究生入学考试要求,以结构力学的基本概念、基本原理以及认识规律为出发点,每章均扼要概括各个知识点所对应的习题,其中不少是近年来各个高校研究生入学考试试题,并给出了全部答案。本书可作为土建、水利、道桥等专业学生学习结构力学的辅导用书,也可作为土木工程专业研究生入学考试、注册结构工程师资格考试结构力学复习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

结构力学基本训练.下册/舒志乐,刘保县主编.

—重庆:重庆大学出版社,2015.8

高等学校土木工程专业规划教材

ISBN 978-7-5624-9262-7

I. ①结… II. ①舒…②刘… III. ①结构力学—高等学校—习题集 IV. ①O342-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 163860 号

高等学校土木工程专业规划教材

结构力学基本训练

(下册)

主 编 舒志乐 刘保县

责任编辑:刘颖果 版式设计:刘颖果

责任校对:关德强 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023)88617190 88617185(中小学)

传真:(023)88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆鹏程印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:7.5 字数:187 千

2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-9262-7 定价:16.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前 言

为了适应新世纪课程分级教学的需要和对学生能力培养的要求,我们在多年教学实践的基础上,按照教育部“高等学校理工科非力学专业力学基础课程教学基本要求”和教育部工科力学教学指导委员会“面向 21 世纪工科力学课程教学改革的基本要求”,根据当前国内主流教材的基本内容,将结构力学中的基本概念,典型习题中普遍存在的具有代表性、易出错的问题,以客观习题的形式编写了这本《结构力学基本训练》。

结构力学是土木、水利等专业的重要专业技术基础课。掌握结构力学的基本概念、基本原理和分析计算方法,对学习后续专业课程及解决工程实际问题十分重要,而且结构力学是报考结构工程专业研究生及注册结构工程师资格考试的必考课程。

本书的编写内容及顺序与目前国内出版的各类主流《结构力学》教材基本一致,分为上、下两册。上册包括结构的几何构造分析、静定结构的受力分析、影响线、虚功原理与结构位移计算、力法、位移法和渐进法及其他算法简述。下册包括矩阵位移法、结构动力计算基础、结构的稳定计算和结构的极限荷载。全书共 11 章,每章先是本章的重点、难点、考点以及习题分类与解题要点的归纳总结,后是本章的选择题、填空题、判断题和计算题等训练题目。同时,本书编有适用于多、中、少学时以及考研不同层次的结构力学模拟试题,旨在进一步强化解题训练,反映考试的重点、难点,培养综合能力和应变能力,巩固和提高复习效果。此外,相对于少、中学时有一定难度的基本部分或专题部分内容前标注了“※”;属专题部分内容前标注了“★”,主要供多、中学时选用。

本书可作为土建、水利、道桥等专业学生学习结构力学的辅导用书,也可作为土木工程专业研究生入学考试、注册结构工程师资格考试结构力学复习参考书。

由于编者水平有限,书中可能存在不妥和疏漏,恳请读者批评指正。

编 者

2015 年 6 月

目 录

第 8 章 矩阵位移法	1
第 9 章 结构动力计算基础	20
第 10 章 结构的稳定计算	38
第 11 章 结构的极限荷载	52
模拟试卷 1	61
模拟试卷 2	67
模拟试卷 3	74
模拟试卷 4	82
参考答案	88
参考文献	114

第8章 矩阵位移法

【本章重点】

- (1) 单元刚度矩阵(局部坐标系、整体坐标系);
- (2) 连续梁的整体刚度矩阵;
- (3) 刚架的整体刚度矩阵;
- (4) 等效结点荷载;
- (5) 忽略轴向变形时矩形刚架的整体分析;
- (6) 桁架及组合结构的整体分析。

【本章难点】

- (1) 刚架的整体刚度矩阵;
- (2) 等效结点荷载;
- (3) 忽略轴向变形时矩形刚架的整体分析;
- (4) 桁架及组合结构的整体分析。

【本章考点】

- (1) 熟练掌握两种坐标系中的单元刚度矩阵、结构的整体刚度矩阵、等效结点荷载的形成,已知结点位移求单元杆端力的计算方法,整体刚度矩阵和结构结点荷载的集成过程;
- (2) 理解单元刚度矩阵和整体刚度矩阵中的元素的物理意义;
- (3) 了解不计轴向变形时矩形刚架的整体分析。

【本章习题分类与解题要点】

能够熟练地利用常数叠加建立局部坐标单元刚度矩阵,能熟练地根据载常数计算局部坐标单元等效结点荷载矩阵,会进行坐标转换,掌握先、后处理法集成整体刚度方程,知道如何进行约束条件处理,了解矩阵位移法计算程序的一般流程。

手算时矩阵位移法分析的步骤:

- (1) 对计算简图进行离散化,确定并给结点、单元进行编号,确定单元局部及结构整体坐标系;
- (2) 利用题目给定条件,对各单元计算局部坐标单元刚度矩阵、单元等效结点荷载矩阵(有单元荷载时);
- (3) 除梁(静定和超静定)外,根据单元的方位确定哪些单元要进行坐标转换,并对这些单元实施坐标转换;
- (4) 根据要求(先、后处理法),按规则集成结构刚度矩阵、综合等效结点荷载矩阵;
- (5) 如果是后处理法形成刚度方程,则需要进行位移约束条件的处理,否则本步骤不需要;
- (6) 求解线性代数方程组,解出结点位移;

(7)进一步根据结点位移计算各单元的受力,作出内力图。

一、选择题

【8.1】 $\{\bar{F}\}^e$ 和 $\{F\}^e$ 分别是局部坐标系和整体坐标系的单元杆端力向量, $[T]$ 是坐标变换矩阵, 则正确的表达式为()。

A. $\{\bar{F}\}^e = [T]\{F\}^e$

B. $\{F\}^e = [T]\{\bar{F}\}^e$

C. $\{F\}^e = [T]^T\{\bar{F}\}^e$

D. $\{F\}^e = [T]^T\{\bar{F}\}^e[T]$

【8.2】矩阵位移法中, 单元刚度矩阵和整体刚度矩阵均为对称矩阵, 其依据是()。

A. 位移互等定理

B. 反力互等定理

C. 反力位移互等定理

D. 虚力原理

【8.3】“结构等效结点荷载”中的“等效”是指非结点荷载与等效结点荷载()。

A. 静力等效

B. 引起的结构结点位移相等

C. 引起的结构内力相同

D. 引起的结构变形一致

【8.4】不计轴向变形, 图 8.1(a)、(b) 所示梁整体刚度矩阵有何不同? ()

A. 阶数不同

B. 阶数相同, 对应元素不同

C. 阶数相同, 对应元素也相同

D. 阶数相同, 仅元素 k_{22} 不同

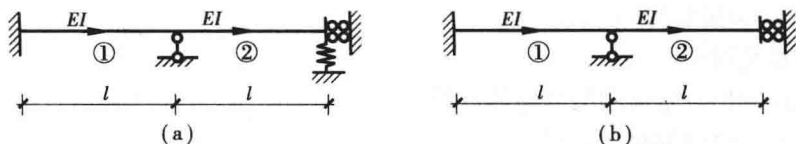


图 8.1 题 8.4 图

【8.5】图 8.2 所示四单元的 l 、 EA 、 EI 相同, 它们局部坐标系下的单元刚度矩阵的关系是()。

A. 情况(a)与(b)相同

B. 情况(b)与(c)相同

C. 均不相同

D. 均相同

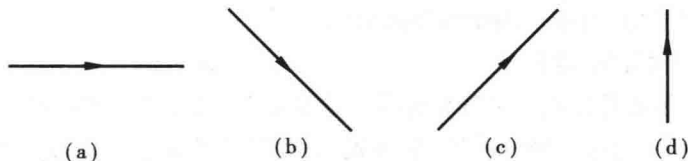


图 8.2 题 8.5 图

【8.6】在矩阵位移法中, 基本未知量的确定与哪些因素无关? ()

A. 坐标系的选择

B. 单元如何划分

C. 是否考虑轴向变形

D. 如何编写计算机程序

【8.7】在矩阵位移法的先处理法中, 哪一步用不到单元定位向量? ()

A. 由单刚集成总刚

B. 由单元等效结点荷载集成结构等效结点荷载

C. 从结点位移列阵取出杆端位移

D. 计算单元刚度矩阵

【8.8】图 8.3 所示结构单元固端弯矩阵为 $\{F_0\}^{\text{①}} = [-4 \ 4]^T$, $\{F_0\}^{\text{②}} = [-9 \ 9]^T$, 则等效结点荷载为()。

- A. $[-4 \ 13 \ 9]^T$ B. $[-4 \ 5 \ 9]^T$
C. $[-4 \ 5 \ -9]^T$ D. $[4 \ -5 \ 9]^T$

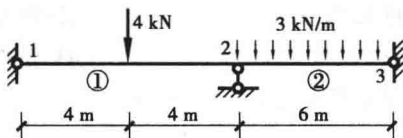


图 8.3 题 8.8 图

【8.9】图 8.4 所示结构用矩阵位移法求解时, 等效结点荷载阵为()。

- A. $[-Pl/(16) \ 0 \ 0]^T$ B. $[-P/2 \ P/2 \ -Pl/(16)]^T$
C. $[0 \ 0 \ 0]^T$ D. $[P/2 \ -P/2 \ 0]^T$

【8.10】图 8.5 所示结构中单元①的定位向量为()。

- A. $[0 \ 0 \ 1 \ 2 \ 3 \ 4]^T$ B. $[2 \ 3 \ 4 \ 0 \ 0 \ 1]^T$
C. $[0 \ 0 \ 1 \ 3 \ 2 \ 4]^T$ D. $[3 \ 2 \ 4 \ 0 \ 0 \ 1]^T$

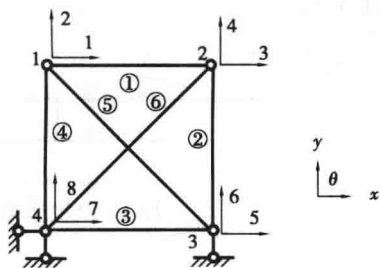


图 8.4 题 8.9 图

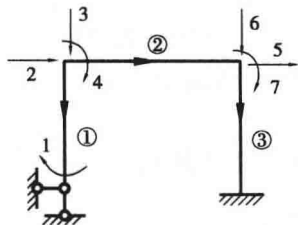


图 8.5 题 8.10 图

【8.11】图 8.6 所示连续梁结构, 在用结构矩阵分析时将杆 AB 划分成 AD 和 DB 两单元进行计算是()。

- A. 最好的方法 B. 较好的方法
C. 可行的方法 D. 不可行的方法

【8.12】图 8.7 所示结构, 用矩阵位移法计算时(计轴向变形), 未知量的数目是()。

- A. 9 B. 5
C. 10 D. 6

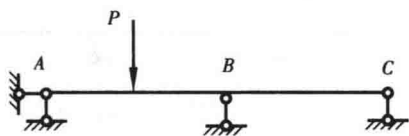


图 8.6 题 8.11 图

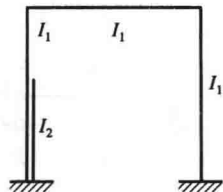


图 8.7 题 8.12 图

【8.13】单元刚度矩阵中元素 k_{ij} 的物理意义是()。

- A. 当且仅当 $\delta_i = 1$ 时引起的与 δ_j 相应的杆端力

B. 当且仅当 $\delta_j = 1$ 时引起的与 δ_i 相应的杆端力

C. 当 $\delta_j = 1$ 时引起的与 δ_i 相应的杆端力

D. 当 $\delta_i = 1$ 时引起的与 δ_j 相应的杆端力

【8.14】单元定位向量是由单元()组成的向量。

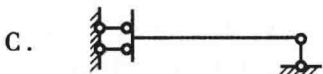
A. 局部坐标杆端位移编码

B. 所在结点编号

C. 所在结点位移总码

D. 整体坐标杆端位移分量编码

【8.15】单元刚度矩阵为奇异矩阵的是()单元。



二、填空题

【8.16】矩阵位移法分析包含两个基本分析步骤,其一_____分析,其二_____分析。

【8.17】矩阵位移法中单元分析的任务是_____。
矩阵位移法中整体分析的任务是_____。

【8.18】单元刚度矩阵 $\bar{k}_{ij}^{(e)}$ 的物理意义是表示_____位移分量为单位位移时产生的_____。

【8.19】单元刚度矩阵 $[\bar{K}]^{(e)}$ 中第 i 列元素分别表示_____。
当为单位位移时产生的_____。

【8.20】单元坐标转换矩阵为一_____矩阵,其逆矩阵 $[T]^{-1}$ 等于_____。

【8.21】单元定位向量 $\{\lambda\}^{(e)}$ 中第 i 个元素 λ_i 的意义是_____。

【8.22】各单元的杆端内力一般是由两部分组成,其表达式 $[\bar{F}]^{(e)} =$ _____。

【8.23】图 8.8 所示连续梁的刚度矩阵中系数 k_{21} 等于_____, k_{23} 等于_____。

【8.24】因为自由式单元 (6×6) 的单元刚度矩阵是奇异矩阵,所以不能在已知_____时应用单元刚度方程求_____。

【8.25】图 8.9 所示等截面连续梁,设 $EI = 1 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$,则结构刚度矩阵中的第二个主元素 $k_{22} =$ _____。

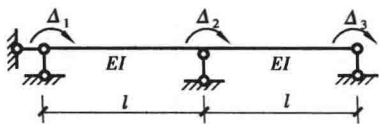


图 8.8 题 8.23 图

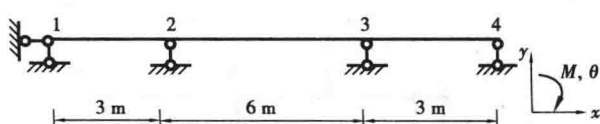


图 8.9 题 8.25 图

三、判断题

- 【8.26】非结点荷载与它的等效结点荷载所引起的结点位移相等。 ()
- 【8.27】结构刚度矩阵主对角线上的元素恒大于零。 ()
- 【8.28】局部坐标系下的单元杆端力矩阵与整体坐标系下的单元杆端力矩阵之间的关系为 $\bar{F}^e = T^T F^e$ 。 ()
- 【8.29】结构整体刚度方程实质是结点的平衡方程。 ()
- 【8.30】连续梁单元刚度矩阵是对称矩阵,也是非奇异矩阵。 ()
- 【8.31】矩阵位移法只能解超静定问题。 ()
- 【8.32】结构整体刚度矩阵可直接由局部坐标系下单元刚度矩阵中元素“对号入座”得到。 ()
- 【8.33】如图 8.10 所示结构,按矩阵位移法求解时,将结点 1 和 3 的转角作为未知量是不可以的。 ()

【8.34】如图 8.11 所示结构各单元的坐标变换矩阵为

$$T^{\textcircled{1}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix}, T^{\textcircled{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & -1 \end{bmatrix}。 ()$$

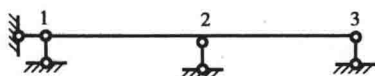


图 8.10 题 8.33 图

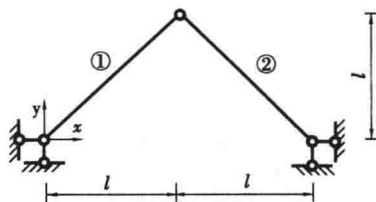


图 8.11 题 8.34 图

【8.35】图 8.12 所示梁用矩阵位移法求解时有一个基本未知量。 ()

【8.36】已知图 8.13 所示刚架各杆 $EI = \text{常数}$,当只考虑弯曲变形,且各杆单元类型相同时,采用先处理法进行结点编号,其编号是正确的。 ()



图 8.12 题 8.35 图

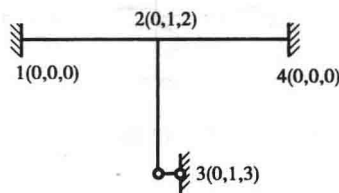


图 8.13 题 8.36 图

- 【8.37】结构原始刚度矩阵与结点位移编号方式无关。 ()
- 【8.38】改变局部坐标系的正向,单元定位向量 $\{\lambda\}$ 不改变, $[k]$ 改变。 ()
- 【8.39】矩阵位移法基本未知量与位移法基本未知量数目是相等的。 ()

【8.40】图 8.14 所示梁结构刚度矩阵的元素 $k_{11} = 24EI/l^3$ 。

()

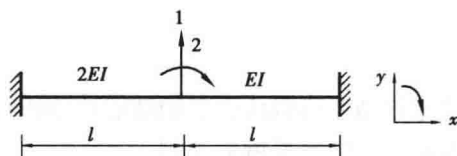


图 8.14 题 8.40 图

四、计算题

【8.41】用先处理法计算图 8.15 所示结构刚度矩阵的元素 K_{22}, K_{33}, K_{13} 。

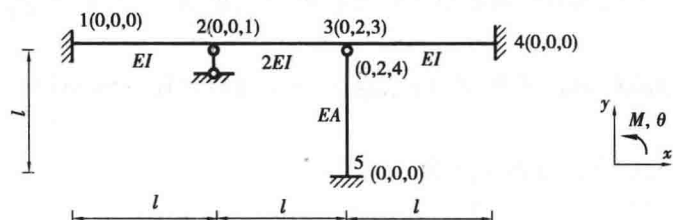


图 8.15 题 8.41 图

【8.42】※ 计算图 8.16 所示刚架结构刚度矩阵中的元素 K_{11}, K_{88} (只考虑弯曲变形)。设各层高度为 h , 各跨长度为 $l, h = 0.5l$, 各杆 EI 为常数。

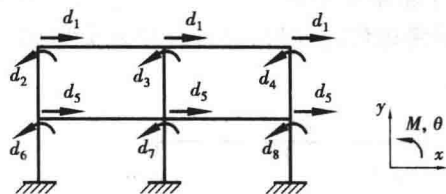


图 8.16 题 8.42 图

【8.43】用先处理法写出图 8.17 所示刚架结构刚度矩阵 $[K]$ 。已知：

$$[\bar{k}]^{(1)} = [\bar{k}]^{(2)} = [\bar{k}]^{(3)} = 10^4 \times \begin{bmatrix} 300 & 0 & 0 & -300 & 0 & 0 \\ 0 & 12 & 30 & 0 & -12 & 30 \\ 0 & 30 & 100 & 0 & -30 & 50 \\ -300 & 0 & 0 & 300 & 0 & 0 \\ 0 & -12 & -30 & 0 & 12 & -30 \\ 0 & 30 & 50 & 0 & -30 & 100 \end{bmatrix}$$

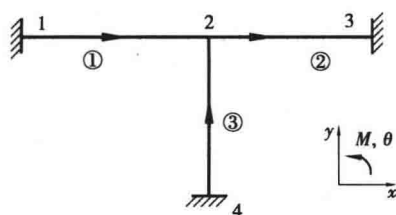


图 8.17 题 8.43 图

【8.44】试计算图 8.18 所示连续梁的结点转角和杆端弯矩。

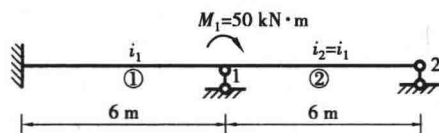


图 8.18 题 8.44 图

【8.45】试计算图 8.19 所示连续梁的结点转角和杆端弯矩。

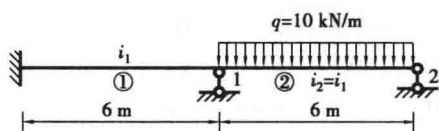


图 8.19 题 8.45 图

【8.46】试用矩阵位移法计算图 8.20 所示连续梁,并画出弯矩图。

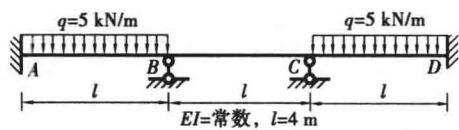


图 8.20 题 8.46 图

【8.47】用先处理法写出图 8.21 所示结构的结构刚度矩阵 K , $E = \text{常数}$ 。

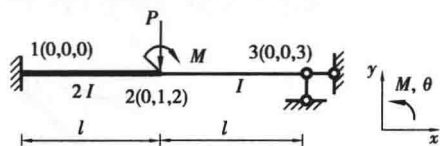


图 8.21 题 8.47 图

【8.48】用先处理法写出图 8.22 所示刚架的结构刚度矩阵 K , 只考虑弯曲变形。

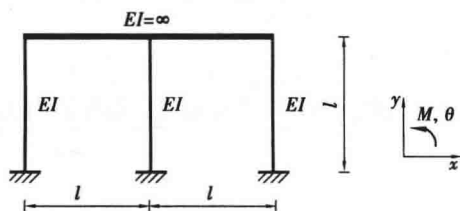


图 8.22 题 8.48 图

【8.49】试求图 8.23 所示刚架的整体刚度矩阵 K (考虑轴向变形影响)。设各杆几何尺寸相同, $l=5\text{ m}$, $A=0.5\text{ m}^2$, $I=\frac{1}{24}\text{ m}^4$, $E=3\times 10^4\text{ MPa}$ 。

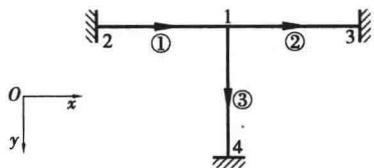


图 8.23 题 8.49 图

【8.50】在【8.44】题刚架中,设在单元①上作用均布荷载 $q=4.8\text{ kN/m}$,试求刚架内力,并画出刚架内力图。

【8.51】设图 8.24 所示刚架各杆 E, I, A 相同, 且 $A = 12\sqrt{2}\frac{1}{l^2}$ 。试求各杆内力。

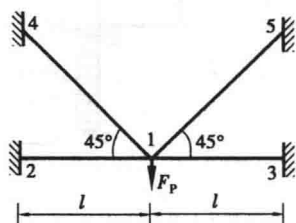


图 8.24 题 8.51 图

【8.52】试求图 8.25 所示刚架整体刚度矩阵、结点位移和各杆内力(忽略轴向变形)。

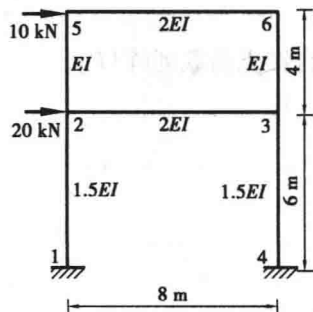


图 8.25 题 8.52 图