



全国高等教育自学考试指定教材 建筑工程专业(独立本科段)

结构力学(二)

附：结构力学(二)自学考试大纲

课程代码
2439
[2007年版]

组编/全国高等教育自学考试指导委员会
主编/张金生

武汉大学出版社

结构力学(第二版)

主编 李国英 副主编 王 强

主审 王 强

中国铁道出版社

ISBN 7-113-03333-3

全国高等教育自学考试指定教材
建筑工程专业(独立本科段)

结构力学(二)

(附:结构力学(二)自学考试大纲)

全国高等教育自学考试指导委员会 组编
主编 张金生

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

结构力学·2/全国高等教育自学考试指导委员会组编;张金生主编. —武汉:武汉大学出版社,2007.9

全国高等教育自学考试指定教材 建筑工程专业(独立本科段)

ISBN 978-7-307-05724-1

I. 结… II. ①全… ②张… III. 结构力学—高等教育—自学考试—教材 IV. O342

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 130463 号

责任编辑:史新奎

责任校对:黄添生

版式设计:支 笛

出版:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件 wdp4@whu.edu.cn 网址: www.wdp.com.cn)

印刷:北京瑞德印刷有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:16.75

版次:2007年9月第1版 2007年9月第1次印刷

字数:397千字 印数:00001—10100册

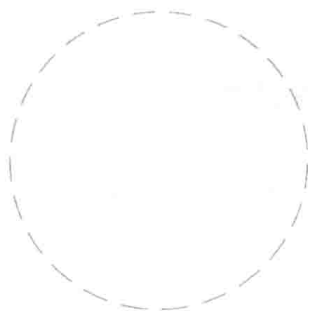
ISBN 978-7-307-05724-1/O·365 定价:25.50元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

此页为自学考试教材



专用防伪页



(销售单位盖章处)

本书如有质量问题由本单位负责调换

此防伪页系专门制造

- ☆ 此防伪页内有黑白水印，透光看水印清晰，水印凹凸感明显
- ☆ 此防伪页上有开天窗金属线，金属线上印有“自学考试”字样
- ☆ 此防伪页上徽标  用防伪油墨印刷，该徽标在验钞机紫外光照射下显示鲜艳红色荧光

发现盗版 欢迎举报

- ☆ 向全国高等教育自学考试指导委员会办公室举报
举报电话及传真：010—62705005
举报网址：www.neea.edu.cn—打击盗版
短信举报：13911597580
- ☆ 向全国“扫黄打非”工作领导小组办公室举报
举报热线：010—65212870
- ☆ 向所在地打击盗版执法部门举报
举报热线：12318

组 编 前 言

当您开始阅读本书时,人类已经迈入了 21 世纪。

这是一个变幻难测的世纪,这是一个催人奋进的时代。科学技术飞速发展,知识更替日新月异。希望、困惑、机遇、挑战,随时随地都有可能出现在每一个社会成员的生活之中。抓住机遇,寻求发展,迎接挑战,适应变化的制胜法宝就是学习——依靠自己学习、终生学习。

作为我国高等教育组成部分的自学考试,其职责就是在高等教育这个水平上倡导自学、鼓励自学、帮助自学、推动自学,为每一个自学者铺就成才之路。组织编写供读者学习的教材就是履行这个职责的重要环节。毫无疑问,这种教材应当适合自学,应当有利于学习者掌握、了解新知识、新信息,有利于学习者增强创新意识、培养实践能力、形成自学能力,也有利于学习者学以致用、解决实际工作中所遇到的问题。具有如此特点的书,我们虽然沿用了“教材”这个概念,但它与那种仅供教师讲、学生听,教师不讲、学生不懂,以“教”为中心的教科书相比,已经在内容安排、形式体例、行文风格等方面都大不相同了。希望读者对此有所了解,以便从一开始就树立起依靠自己学习的坚定信念,不断探索适合自己的学习方法,充分利用已有的知识基础和实际工作经验,最大限度地发挥自己的潜能,以达到学习的目标。

欢迎读者提出意见和建议。

祝每一位读者自学成功。

全国高等教育自学考试指导委员会

1999 年 10 月

编者的话

全国高等教育自学考试指导委员会土建类专业委员会在 2007 年对高等教育自学考试建筑工程专业(独立本科段)的结构力学课程自学考试大纲作了修订。本教材就是按新大纲要求编写的。

本教材的编写原则是,在保证内容科学性的前提下,力求循序渐进、由浅入深、由简入繁,便于自学使用。

考虑到参加自学考试人员的多样性,为使更多的人能使用本教材,我们合理安排内容,不以学完专科《结构力学》作为本教材的起点。只要具有材料力学或工程力学(理论力学和材料力学)知识的读者都可使用本教材。教材中的一些内容虽然与专科教材《结构力学》有重复,但不是简单的重复,而是有所加深和拓宽。建议学过专科《结构力学》的自学者不要跳过教材前面那些学过的内容而只学后面的新内容,这对全面掌握结构力学是有好处的。

为方便自学,书中安排了较多的习题。习题有三种类型,选择题、填空题和分析计算题,所有习题均有参考答案。

学习指导安排在小节后或介绍完一个知识点后,学习指导中指明各知识点的学习要求,并给出掌握这些知识点所需要做的习题的编号。

预祝参加自学考试的人员通过自己的努力掌握结构力学并顺利通过自学考试。

本教材的主审为雷钟和教授(清华大学),审稿人有刘世奎教授(北京建筑工程学院)和王淑清教授(哈尔滨工业大学)。对他们提出的宝贵意见表示衷心感谢。

编者

2007 年 6 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1-1 结构力学的内容及与其他学科的关系	1
1-2 结构的计算简图	2
1-3 杆件结构的分类	3
第 2 章 结构的几何组成分析	5
2-1 基本概念	5
2-2 静定结构的组成规则	8
2-3 几何组成分析方法	10
习题 2	12
参考答案	13
第 3 章 静定结构的内力计算	15
3-1 静定梁	15
3-2 静定刚架	22
3-3 静定平面桁架	28
3-4 组合结构	34
3-5 三铰拱	36
3-6 静定结构的一般性质	39
习题 3	40
参考答案	45
第 4 章 静定结构的位移计算	49
4-1 概述	49
4-2 变形体虚功原理	49
4-3 荷载引起的位移计算	54
4-4 图乘法	57
4-5 支座位移引起的位移计算	63
4-6 温度变化引起的位移计算	64
4-7 线弹性体系的互等定理	66
习题 4	68

参考答案	71
第 5 章 超静定结构的内力与位移计算	72
5-1 概述	72
5-2 力法	72
5-3 位移法	82
5-4 力矩分配法	96
5-5 对称性利用	108
5-6 超静定结构的位移计算	115
5-7 计算结果的校核	117
5-8 超静定结构的特性	118
习题 5	118
参考答案	124
第 6 章 移动荷载作用下的结构计算	127
6-1 移动荷载和影响线的概念	127
6-2 静力法作静定梁影响线	129
6-3 机动法作静定梁影响线	133
6-4 机动法作连续梁影响线	137
6-5 固定荷载作用下利用影响线求内力和支座反力	139
6-6 确定最不利荷载位置	141
习题 6	146
参考答案	148
第 7 章 矩阵位移法	151
7-1 矩阵位移法分析过程概述	151
7-2 矩阵位移法分析连续梁	152
7-3 矩阵位移法分析刚架	165
习题 7	180
参考答案	185
第 8 章 结构动力计算	187
8-1 概述	187
8-2 单自由度体系的自由振动	194
8-3 简谐荷载作用下单自由度体系的强迫振动	201
8-4 多自由度体系自由振动分析	207
8-5 多自由度体系在简谐荷载作用下的强迫振动	219

8-6 用能量法计算结构的基本频率 223

习题 8 228

参考答案..... 233

主要参考书目 235

附录:结构力学(二)自学考试大纲 237

第 1 章 绪 论

1-1 结构力学的内容及与其他学科的关系

1. 结构力学的研究对象

在实际工程中,人们将建筑物中承受荷载、传递荷载起到骨架作用的部分称为工程结构,图 1-1(a) 所示即为由基础、柱、梁等构成的工业厂房结构。

结构一般分为杆件结构、板壳结构和实体结构。其中杆件结构为结构力学的研究对象,另两类结构由弹性力学研究。杆件结构是指由杆件组成的结构,如梁、柱这样的构件即为杆件。墙、楼板不是杆件,但在建筑结构的计算简图中通常被简化成杆件。

2. 结构力学的任务

建筑设计的目标是:坚固、功能、经济和美观。坚固是指结构要满足一定的安全性。要使设计的结构达到安全要求,必须对结构作受力分析,以使结构具有一定的强度、刚度和稳定性,即具有一定的抵抗破坏、抵抗变形和失稳的能力。结构力学的任务是研究结构在各种外部因素作用下的受力分析方法。结构力学的内容包括:结构的组成规律、结构的内力计算、结构的位移计算和结构的临界力计算等。

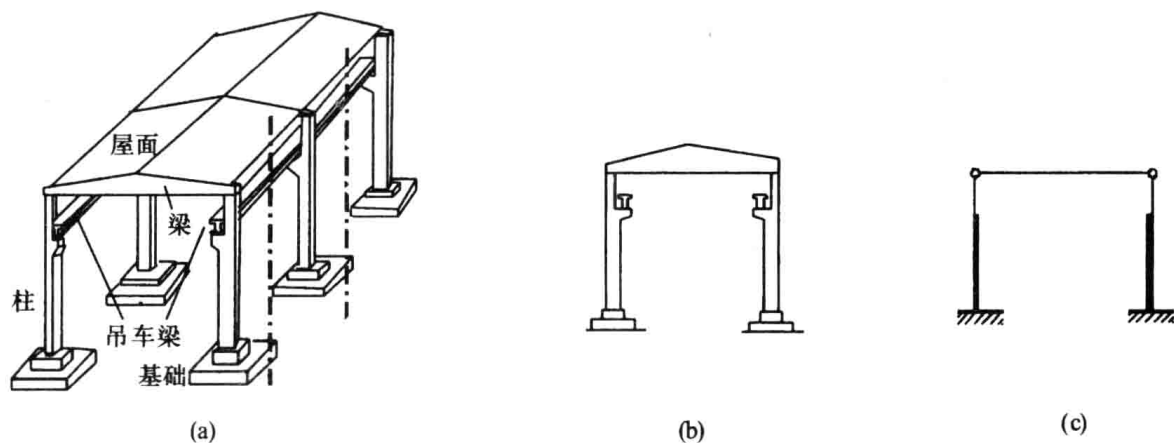


图 1-1

3. 结构力学与其他相关学科的关系

结构力学与理论力学、材料力学关系密切。理论力学研究物体运动的一般规律,尽管不涉

及物体的变形,但由其得到的一般规律仍可用于结构力学,尽管结构力学研究的是变形体。材料力学也是变形体力学,研究一个杆件的刚度、强度和稳定性。结构力学在材料力学基础上研究由多个杆件组成的结构。

结构力学与钢筋混凝土结构、钢结构、建筑结构抗震设计等后续课程关系密切,结构力学的计算结果将直接用于这些结构的设计中。

1-2 结构的计算简图

结构力学是通过计算简图来对结构进行研究的。结构的计算简图是指用于代替实际结构进行结构分析的计算模型或图形,是根据要解决的问题而对实际结构作了某些简化和理想化的结果。确定计算简图的原则有两点:

- (1) 计算简图要能反映实际结构的主要受力性能,满足结构设计需要的足够精度。
- (2) 便于计算分析。

对于工程中常见的结构,已有成熟的计算简图可以利用。对于新型结构,确定其计算简图需要进行实验、实测和理论分析,并要经受多次实践的检验。下面简要说明从实际结构到计算简图的简化要点和结果。

1. 体系的简化

实际结构都是空间结构,多数情况下,为了简化计算可以将其分解为平面结构。如图 1-1(a) 所示工业厂房,其主体结构排架(图 1-1(b)) 的计算简图如图 1-1(c) 所示。

2. 杆件的简化

在计算简图中,杆件用其轴线表示。

3. 结点的简化

将杆件连接在一起的连接装置简化为结点,根据连接方式的不同,通常可简化为铰结点、刚结点、组合结点等。

(1) 铰结点

铰结点所连接的各杆杆端截面可以发生相对转动,不能传递弯矩,如图 1-2(a) 所示。

(2) 刚结点

刚结点所连接的各杆杆端截面不能发生相对转动,可以传递弯矩。如图 1-2(b) 所示的结点所连接的杆端,变形前夹角是 90° ,变形后仍为 90° 。

(3) 组合结点

也称为半铰结点,有些杆端刚结有些铰结,如图 1-2(c) 所示。

4. 支座的简化

将结构与地面或支承物连接在一起的装置简化为支座。根据连接方式的不同有固定支座、固定铰支座、可动铰支座、定向支座等,如图 1-3 所示。

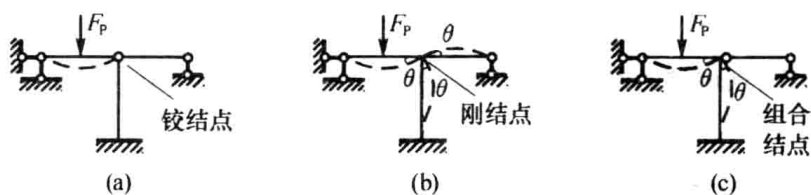


图 1-2

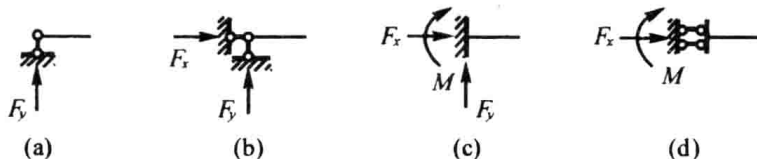


图 1-3

(1) 可动铰支座

可动铰支座连接的杆端可沿水平方向自由移动,可自由转动,但不能竖向移动,可产生竖向支座反力,如图 1-3(a) 所示。

(2) 固定铰支座

固定铰支座连接的杆端可自由转动,但不能发生移动,可产生水平和竖向支座反力,如图 1-3(b) 所示。

(3) 固定支座

固定支座连接的杆端既不能移动也不能转动,可产生水平和竖向支座反力及支座反力矩,如图 1-3(c) 所示。

(4) 定向支座

定向支座连接的杆端不能转动,可沿一个方向移动,可产生一个支座反力和支座反力矩,如图 1-3(d) 所示。

1-3 杆件结构的分类

根据结构计算简图的特征和受力特点,可将结构分为 5 类:

1. 梁

在竖向荷载作用下不能产生水平反力的结构,杆轴通常为直线,图 1-4(a) 所示结构为连续梁。

2. 拱

在竖向荷载作用下能产生水平反力的结构,杆轴通常为曲线,图 1-4(b) 所示结构为两铰拱。

3. 桁架

结点均为铰结点,内力只有轴力的结构,如图 1-4(c) 所示。

4. 刚架

由梁柱组成的结点通常为刚结点的结构,如图 1-4(d) 所示。

5. 组合结构

由梁式构件和桁架构件组合而成的结构,如图 1-4(e) 所示。

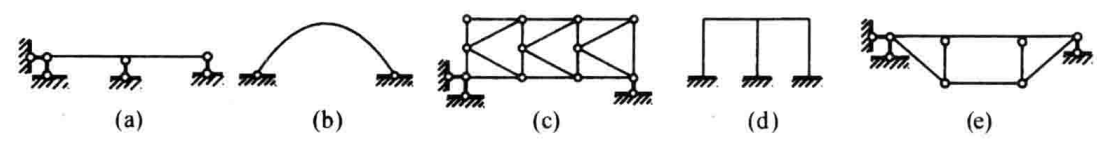


图 1-4

学习指导:通过本章学习,了解结构力学的任务和内容,了解结构的计算简图,理解各种结点和支座的约束特点,了解结构的分类。

第 2 章 结构的几何组成分析

结构可以分成静定结构和超静定结构,它们的计算方法不同。为了选择计算方法,需确定结构属于静定结构还是超静定结构,这与结构的几何组成有关。此外,结构的受力分析过程也会用到结构组成的一些知识。

本章假定:所有杆件均为刚体,即不能变形的物体。

2-1 基本概念

1. 几何可变体系、几何不变体系

几何形状和位置不能发生变化的体系称为几何不变体系。图 2-1(a) 所示体系形状不变,支座保证其不能上下、左右移动和转动,故为几何不变体系。几何形状或位置能发生变化的体系称为几何可变体系。图 2-1(b)、(c) 所示体系均为几何可变体系。

几何不变体系在荷载作用下能平衡,故几何不变体系可作为结构;几何可变体系在一般荷载作用下不能平衡,故不能作为结构。

结构在荷载作用下会产生内力,杆件会发生变形。这种变形一般是微小的,在研究一个体系能否作为结构时可以不考虑,故在本章中把杆件均看成刚体。

2. 自由度

确定一个体系的位置所需要的独立坐标的个数称为体系的自由度。平面上的一个点有两个自由度,如图 2-2(a) 所示;平面上的一个刚片(平面上的刚体)有三个自由度,如图 2-2(b) 所示。

几何不变体系的自由度等于零,几何可变体系的自由度大于零。

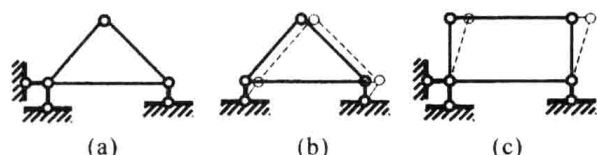


图 2-1

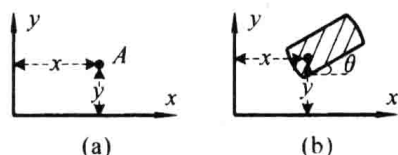


图 2-2

3. 约束

能减少自由度的装置称为约束。常见的约束有:铰、链杆、刚性连接等。

(1) 铰

铰也称为铰链,是用销钉将两个或多个物体连在一起的一种连接装置。将连接两个刚片的

铰称为单铰,连接两个以上刚片的铰称为复铰。

① 单铰

图 2-3(a) 所示体系是用一个单铰将两个刚片连在一起组成的。未加铰之前,两个刚片在平面上可自由移动,有 6 个自由度;加铰后,两刚片不能发生相对水平移动和相对竖向移动,只能发生整体的水平、竖向平动和转动以及两刚片间的相对转动,有 4 个自由度。因此一个单铰能减少两个自由度,相当于两个约束。

② 复铰

图 2-3(b) 所示体系是三个刚片用一个复铰连接而成的体系。未加铰之前,三个刚片在平面上有 9 个自由度;加铰后有 5 个自由度。该复铰能减少 4 个自由度,相当于 4 个约束。复铰上连接的刚片越多,相当的约束数就越多。若一个复铰连接了 N 个刚片,该复铰相当于有 $(N-1) \cdot 2$ 个约束,或相当于 $(N-1)$ 个单铰。

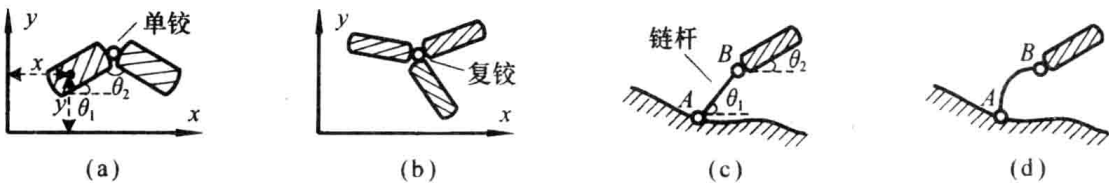


图 2-3

(2) 链杆

两端用铰与其他物体相连的杆件称为链杆,图 2-3(c) 中的 AB 杆即为链杆。未加链杆时,刚片相对于地面可以自由移动和转动,有 3 个自由度;加链杆后刚片相对于地面沿 AB 方向不能移动,只能沿与垂直 AB 杆的方向移动和转动,只有两个自由度,故一个链杆能减少一个自由度,相当于一个约束。如果把链杆 AB 换成曲杆或折杆,如图 2-3(d) 所示,则其约束作用与直杆相同。

一个单铰能减少两个自由度,两个链杆也能减少两个自由度,那么一个单铰的作用是否与两个链杆的作用相同呢?连接两个刚片的两个链杆有图 2-4(b)、(c)、(d) 所示的三种情况。图 2-4(b) 中两个链杆的作用与图 2-4(a) 中的单铰相同。图 2-4(c) 中两个链杆的上端可以发生沿链杆垂直方向的移动,故刚片可发生绕瞬心 A 的转动,因此在当前位置,两个链杆与一个在 A 点的铰作用相同,将 A 点称为虚铰。图 2-4(d) 中的两个链杆平行,可看成是在无穷远处的一虚铰,刚片可作平动,相当于绕无穷远点作转动。总之,在当前位置,两个链杆与一个单铰的作用可以看成是相同的,均使所连接的两个刚片绕一点作相对转动。



图 2-4