

全国高等教育自学考试教材

结 构 力 学

(工业与民用建筑专业)

郭长城 主编

武汉大学出版社

有综合测试题一；第八章至第十章属超静定结构的手算方法，学完后设有综合测试题二，供读者自我测验。其它各章较为独立，习题之外，不另给测试题。

六、书后给出考题示例，供学员参考。考题中有难有易，覆盖面较大。较难的题约占30%，可以出自书中任何一个内容。学员要系统学习，切不可猜测试题，只掌握部分内容。

由于编者的经验不足，并限于水平，定有不少缺点，望读者批评指正。

编 者

1987年7月

哈尔滨建筑工程学院

全国高等教育自学考试教材

结 构 力 学

(工业与民用建筑专业)

郭长城 主编

*

武汉大学出版社出版

(武昌 珞珈山)

新华书店湖北发行所发行 武汉大学出版社印刷总厂印刷

850×1168毫米 1/32 19.75印张 503千字

1988年3月第1版 1988年3月第1次印刷

印数: 1—10000

ISBN 7—307—00123—2/O·39

定价: 8.30元

出版前言

高等教育自学考试教材建设是高等教育自学考试工作的一项基本建设。经国家教育委员会同意，我们拟有计划、有步骤地组织编写一些高等教育自学考试教材，以满足社会自学和适应考试的需要。《结构力学》是为高等教育自学考试土建类专业组编的一套教材中的一种。这本教材是根据专业考试计划，从造就和选拔人才的需要出发，按照全国颁布的《结构力学自学考试大纲》的要求，结合自学考试的特点，组织高等院校一些专家学者集体编写而成的。

土建类专业《结构力学》自学考试教材，是供个人自学、社会助学和国家考试使用的，无疑也适用于其他相同专业方面的学习需要。现经审定同意予以出版发行。我们相信，随着高等教育自学考试教材的陆续出版，必将对我国高等教育事业的发展、保证自学考试的质量起到积极的促进作用。

编写高等教育自学考试教材是一种新的尝试，希望得到社会各方面的关怀和支持，使它在使用中不断提高和日臻完善。

全国高等教育自学考试指导委员会

一九八八年一月

编者的话

本教材是按照“高等教育自学考试结构力学自学考试大纲”编写的，为工业与民用建筑工程专业大学专科自学教材。在此，我们需要说明以下几点：

一、本教材的编写原则是：保证科学水平和力求好学易懂，向“无师自通”方向努力。

二、书中内容，按照对学员的不同要求，分为四个等级要求：熟练掌握、掌握、理解、了解，在各章“学习指导”中指出。有些章节内容不便这样区分，也都指出重点，使学习中有所侧重。但是必须指出，这四个等级的内容都是互相联系的，都是达到专业要求所不可少的，都属于考试范围，不可漏读。

在各章末尾有“小结”，用以把本章各节内容以及本章与其它各章有关内容联系起来，并对本章内容简要综述，或难题解答等。

读完小结后，有时需要返回前面再学习，以求进一步理解、掌握。要一步一个脚印地学习，“欲速则不达”。

三、讲解务求详细。举有大量例题，以利理解。注意启发读者随编者思想一起解决问题。对于较难内容，有的在前面设下伏笔。

四、结构力学是一门计算科学，与材料力学、理论力学一样，必须作习题才能掌握。为此，书中给出了必要数量的习题。一般，讲完一个内容（如一节），即安排相应习题，希望学员做完这些习题后再往下学习。较难的习题标有星号，学员可做可不做。这类题一般给“提示”，并在后面适当地方给出直接或间接的解答。习题一般附有答案。

五、第三章至第七章属静定结构内力及位移计算，学完后设

目 录

第一章 绪论	(1)
学习指导.....	(1)
§ 1-1 结构力学的任务.....	(1)
§ 1-2 结构力学与其它课程间的关系.....	(1)
§ 1-3 杆件结构的支座.....	(2)
§ 1-4 杆件结构的结点.....	(4)
§ 1-5 结构计算简图.....	(5)
§ 1-6 杆件结构示例.....	(7)
小结.....	(9)
第二章 平面体系的几何组成分析	(10)
学习指导.....	(10)
§ 2-1 几何不变体系、几何可变体系的概念 瞬变体系的概念和特性.....	(10)
§ 2-2 关于自由度、刚片、约束的概念.....	(13)
§ 2-3 无多余约束的几何不变体系的组成规则及其与瞬变体系的鉴别.....	(16)
§ 2-4 体系几何组成分析举例.....	(21)
§ 2-5 体系的几何特性与静力特性的关系.....	(28)
小结.....	(29)
第三章 静定平面刚架	(31)
学习指导.....	(31)

§ 3-1	支座反力的计算	(31)
§ 3-2	内力符号的规定 求指定截面内力的方法	(36)
§ 3-3	绘制内力图的基本方法 内力图的校核	(43)
§ 3-4	利用微分关系及结点平衡条件简化弯矩图的绘制	(47)
§ 3-5	通过简支梁绘制刚架的弯矩图和剪力图	(60)
§ 3-6	斜杆刚架内力图的绘制	(68)
§ 3-7	复杂刚架的计算——由几何组成确定静定结构的计算途径	(75)
小结		(87)
第四章	多跨静定梁	(89)
学习指导		(89)
§ 4-1	多跨静定梁的组成	(89)
§ 4-2	多跨静定梁的内力计算	(91)
小结		(95)
第五章	三铰拱	(96)
学习指导		(96)
§ 5-1	三铰拱概述	(96)
§ 5-2	三铰拱的内力计算	(97)
§ 5-3	三铰拱的合理拱轴	(106)
小结		(111)
第六章	静定平面桁架	(112)
学习指导		(112)
§ 6-1	桁架概述	(112)
§ 6-2	结点法	(115)

§ 6-3	截面法	(122)
§ 6-4	结点法、截面法的联合应用	(132)
§ 6-5	对称条件的利用	(134)
§ 6-6	图解法	(139)
§ 6-7	几种梁式桁架的受力特性	(145)
§ 6-8	组合结构的计算	(151)
	小结	(155)
第七章	静定结构的位移计算	(157)
	学习指导	(157)
§ 7-1	实功与虚功	(157)
§ 7-2	广义力与广义位移	(159)
§ 7-3	变形体虚功方程	(161)
§ 7-4	静定结构由于荷载作用产生的位移	(168)
§ 7-5	图乘法 位移算例	(176)
§ 7-6	静定结构由于温度改变而产生的位移	(195)
§ 7-7	静定结构由于支座移动而产生的位移	(200)
§ 7-8	功的互等定理	(202)
§ 7-9	位移互等定理	(204)
§ 7-10	反力互等定理	(206)
	小结	(208)
综合测试题一		(212)
第八章	力法	(215)
	学习指导	(215)
§ 8-1	超静定结构的性质	(215)
§ 8-2	超静定次数的确定	(218)
§ 8-3	力法基本概念	(227)
§ 8-4	荷载作用下超静定刚架的计算	(230)

§ 8-5	支座移动时超静定刚架的计算	(253)
§ 8-6	超静定结构的位移计算	(263)
§ 8-7	结构对称性的利用	(267)
§ 8-8	无弯矩情况的判定	(282)
§ 8-9	用力法解铰结排架	(285)
§ 8-10	用力法解超静定桁架	(289)
§ 8-11	双铰拱的计算	(295)
小结		(300)

第九章 位移法 (302)

学习指导		(302)
§ 9-1	单跨超静定梁的杆端力	(302)
§ 9-2	位移法基本概念	(312)
§ 9-3	位移法基本结构、基本未知量的确定	(342)
§ 9-4	位移法典型方程及刚架算例	(346)
§ 9-5	无限刚梁带来的简化	(373)
§ 9-6	结构对称性的利用 联合法	(376)
§ 9-7	用平衡方程建立位移法方程	(387)
§ 9-8	静定剪力柱带来的简化	(399)
小结		(409)

第十章 力矩分配法 (412)

学习指导		(412)
§ 10-1	力矩分配法的基本概念	(412)
§ 10-2	力矩分配法计算连续梁及无侧移刚架	(434)
§ 10-3	无剪力分配法	(458)
小结		(465)

综合测试题二 (468)

~~第十一章~~ 影响线及其应用 (471)

学习指导 (471)

§ 11-1 影响线的概念 (471)

§ 11-2 用静力法作单跨静定梁的影响线 (474)

§ 11-3 用机动法作静定梁的影响线 (488)

§ 11-4 在固定荷载作用下利用影响线求影响量 (492)

§ 11-5 最不利荷载位置的确定 (497)

§ 11-6 简支梁的弯矩包络图 (506)

§ 11-7 简支梁的绝对最大弯矩 (507)

§ 11-8 连续梁的影响线 (513)

§ 11-9 连续梁的均布荷载的最不利分布及弯矩包络图 (516)

小结 (521)

~~第十二章~~ 矩阵的基本知识 (523)

学习指导 (523)

§ 12-1 关于矩阵的一些基本概念和一些简单运算 (523)

§ 12-2 矩阵乘法 (529)

§ 12-3 矩阵求逆 (540)

§ 12-4 分块矩阵 (547)

小结 (552)

~~第十三章~~ 矩阵位移法 (554)

学习指导 (554)

§ 13-1 结构矩阵分析的一般概念 (554)

§ 13-2 用矩阵位移法计算连续梁 (555)

§ 13-3 连续梁有铰支端情况的处理 (575)

§ 13-4 用后处理法计算连续梁.....	(579)
§ 13-5 考虑轴向变形时用矩阵位移法计算刚架.....	(584)
小结.....	(613)
考题举例	(616)
后记	(619)

第一章 绪 论

学习指导

- 一、了解结构力学的任务，与其它课程间的关系及常见杆件结构。
- 二、掌握结构计算简图的概念和确定计算简图的原则。
- 三、掌握杆件结构的支座分类及结点分类。

§ 1 - 1 结构力学的任务

不论设计任何结构都要经过正确的计算，只有这样，才能达到安全、经济和合乎使用要求的目的。

结构力学的任务是，研究杆件结构的强度、刚度和稳定性的计算原理和计算方法。进行强度和稳定性计算是保证结构能满足安全和经济的要求；进行刚度计算是保证结构不致发生过大变形，满足使用要求。

对于大学专科，不学习结构稳定性计算。

对于土建技术人员来说，掌握结构力学是十分重要的。为了祖国的四化，我们不仅要学会已有的计算方法而且要改进它，并创造出新的计算方法。

§ 1 - 2 结构力学与其它课程间的关系

数学为结构力学提供计算工具，如代数方程组的解算、矩阵运算等。矩阵运算多数人没有学过，数学中也不另开课，有关内容在本课程中介绍。

理论力学为结构力学提供计算原理，如平衡方程、虚功原理等。在理论力学中不讨论有关变形的问题。但是它的计算原理也适用于变形体。

材料力学与结构力学都是变形体力学。材料力学以单个杆件为对象，结构力学则以杆件体系为对象。

结构力学将在钢筋混凝土结构及其它结构课中得到应用；在这些课程中还将讲一些实用计算方法，对结构力学加以补充。

§ 1 - 3 杆件结构的支座

平面杆件结构的支座，常用的有以下四种：

一、活动铰支座（图1-1a）

杆端 A 沿水平方向可以自由移动，绕 A 点可以自由转动，但沿竖向（沿支杆）不能移动。因此只能发生竖向（沿支杆方向）反力（图1-1b）。

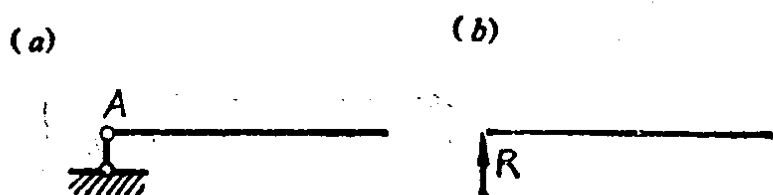


图 1-1

二、铰支座（图1-2a）

杆端 A 绕 A 点可以自由转动，但沿任何方向都不能移动。因此支座反力通过 A 点（ A 端可以自由转动，不发生抵抗转动的反力矩），而方向待定。为了方便，将反力分解为两个分量 R_V 及 R_H （图1-2b）。

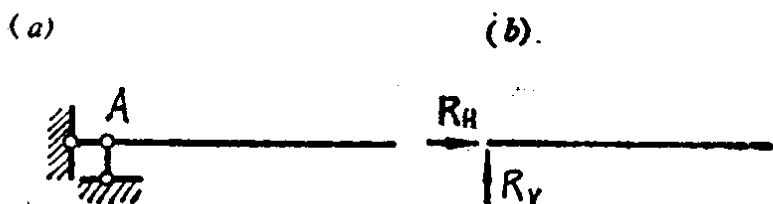


图 1-2

三、固定支座或固定端 (图1-3a)

杆端不能移动, 也不能转动。共有 3 个反力分量 R_V 、 R_H 及 M (图1-3b)。

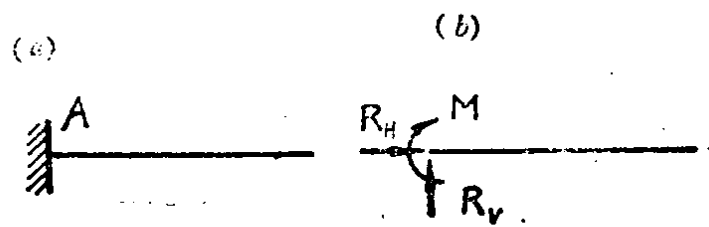


图 1-3

以上三种支座在材料力学中已经学过。

四、定向支座 (图1-4a、c、d)

这种支座只允许杆端沿一定方向自由移动, 而沿其它方向则不能移动, 也不能转动。沿自由移动方向无反力, 反力与此方向垂直; 有反力矩 (阻碍转动)。图 (a) 及图 (c) 代表允许水平滑动的定向支座 (它们是同一支座的两种不同表示方法), 其反力如图1-4b所示。图1-4d代表允许竖向滑动的定向支座, 其反力如图1-4e所示。

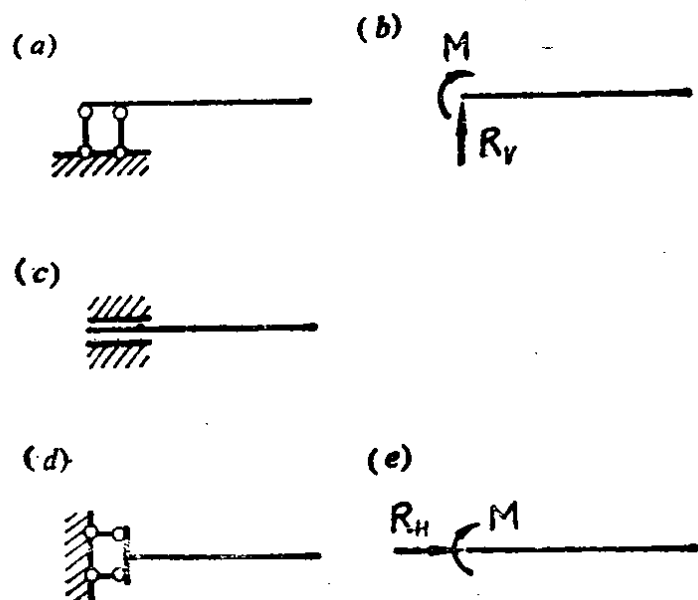


图 1-4

定向支座在简化计算中将要用到。

§ 1-4 杆件结构的结点

杆件结构的结点，通常可分为铰结点（图 1-5a）、刚结点（图 1-5b）、组合结点（图 1-5e 及 f）三种。铰结点上各杆的铰结端可以自由相对转动。因此，受荷载作用时（图 1-5d）

1. 铰结点上各杆间的夹角可以改变，与受荷前的夹角不同。

2. 各杆的铰支端不产生弯矩。

与铰结点不同，刚结点上（图 1-5b）各杆的刚结端不能相对转动，即认为刚结点是一个刚体，各杆均刚结于此刚体上。因此，受荷后（图 1-5c）

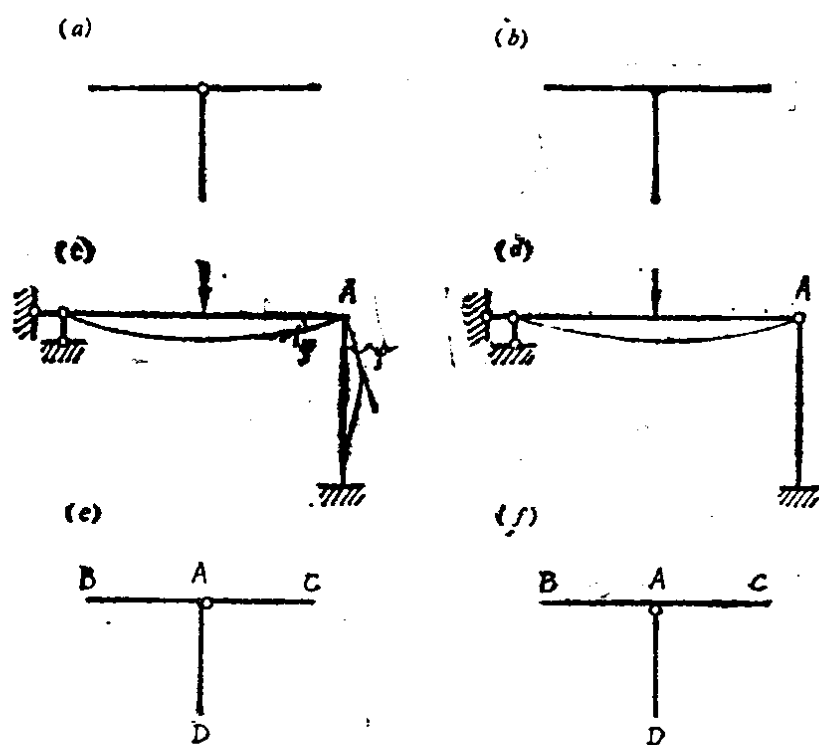


图 1-5

1. 刚结点上各杆间的夹角不变，各杆的刚结端旋转同一角度 φ 。

2. 各杆的刚结端一般产生弯矩。

若在同一结点上，某些杆间相互刚结，而另一些杆间相互铰

结，则称为**组合结点**或半铰结点。图1-5e上结点A为组合结点：杆AB与杆AD刚结，杆AC则与它们铰结。图1-5f上，杆AB与杆AC刚结，杆AD则与之铰结。

铰结点（图1-5a）上的铰，称为**完全铰**，或**全铰**。组合结点上的铰（图1-5e及f）则称为**非完全铰**或**半铰**。绘图时要特别注意，不要把半铰画成全铰，或反之。后面便会知道，这样做，体系的机动性质和受力情况就完全变了。

§ 1 - 5 结构计算简图

实际结构，情况复杂，往往不能考虑所有因素去做严格计算，而需要去掉次要因素，以简化图式来代替。这种用以计算的简化图式，叫做**结构计算简图**，或**计算模型**。

确定计算简图的原则是：

1. 保证设计上需要的足够精度。
2. 使计算尽可能简单。

计算简图的确定，要经过实验、实测和理论分析，并要经受多次实践的检验。

工程中常见的建筑物，已经有了成熟的计算简图，大家可以在结构课中或工作中学到。对于一些新型结构，则需要设计人员自己确定计算简图。

下面举几个确定计算简图的例子。

例题1-1 柱端支座的计算简图

当土质坚实、基础底面积较大且基础杯口中灌以细石混凝土时（图1-6a），则柱子下端的计算简图取为固定支座。这是因为

1. 这时基础和柱端线位移及转角均较小，结构的位移主要是柱子及上部结构变形引起的。
2. 柱端构造能承受较大弯矩。

若基础杯口中用沥青麻刀填充（图1-6b），则柱底的计算简

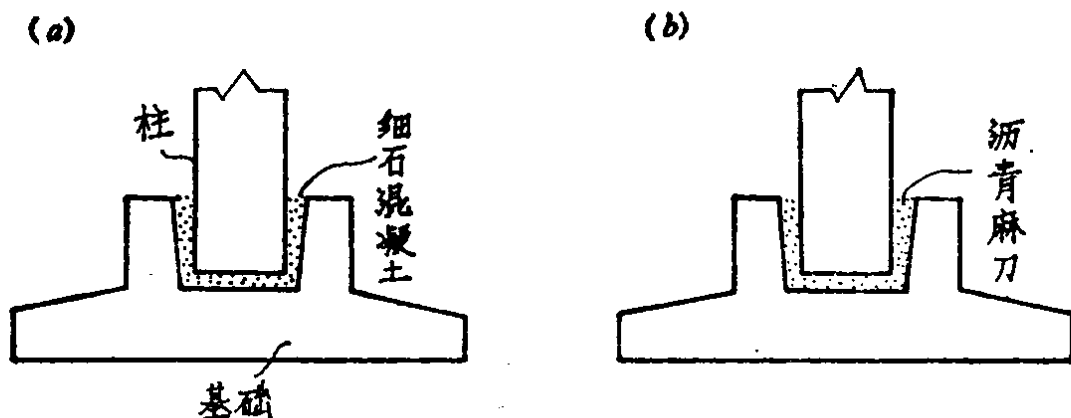


图 1-6

图取为铰结。因为这时允许柱端发生微小转角，产生的弯矩较小，与柱中弯矩相比可以略去。

上述计算简图可以保证足够精度，满足设计要求。

若不做简化，则必须考虑地基、基础、细石混凝土或沥青麻刀的变形，而把结构、基础、土体做为一个体系来分析。在土建工程中做这样复杂的计算是不必要的。

上边这个例子，主要是由构造情况确定计算简图。也有的计算简图是由受力情况确定的。

例题1-2 桁架计算简图

图1-7a示一焊接钢桁架，其结点 k 的构造情况如图1-7b所示。各杆由角钢组成，焊接于钢联接板上，各杆轴线汇交于一点。桁架受荷后，除各杆发生变形外，联接板也要发生变形。因而各杆间夹角要改变，不是刚结点。但夹角不能自由改变，因而又不是铰结点。要想精确计算是很复杂的。

考虑到联接板在桁架平面内的刚度很大，变形很小，可以当做刚结点计算，即可以采用刚结点计算简图。按此简图计算，杆中产生轴力、弯矩及剪力。对于常见的由细长杆组成的桁架，在结点荷载（荷载均作用于结点上）的条件下，与轴力产生的正应力相比，弯矩产生的正应力较小，称为**次应力**，可以略去。另一方面，按铰结计算简图（图1-7c）计算时所得的轴力与按前面刚结