

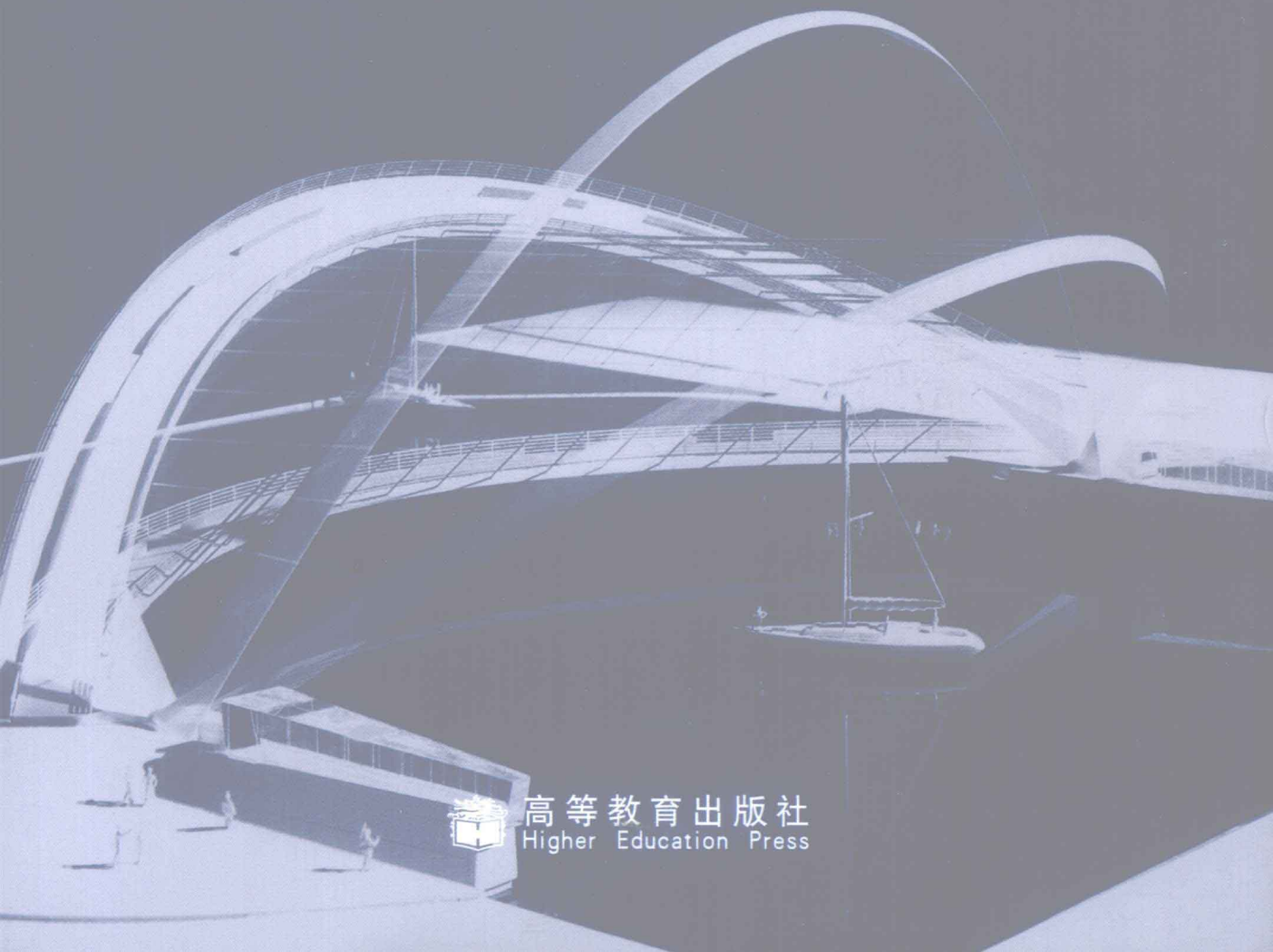


普通高等教育“十一五”国家级规划教材

结构力学

第2版
(上册)

朱慈勉 张伟平 主编



高等教育出版社
Higher Education Press



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

结构力学

第2版

(上册)

朱慈勉 张伟平 主编



高等教育出版社
Higher Education Press

内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是在第1版(“十五”国家级规划教材)的基础上修订而成的。本书仍保持第1版的理论体系和特点,按照教育部力学基础课程教学指导分委员会最新制订的“结构力学课程教学基本要求”,适应当代工程概念分析及概念设计的理念和需要,进一步充实了结构概念分析的理论与方法,增加了相应的问题和案例;加强了对力学基本概念的深入介绍、综合运用和分析讨论方面的内容;对各章增加了相当数量的习题及思考题,以便于教学使用。

全书分上、下册。上册共7章,主要内容包括静定结构部分以及力法和位移法。下册共5章,主要内容包括矩阵位移法、超静定结构的实用计算方法与概念分析、结构动力学、结构的稳定性和极限荷载,并附有平面刚架静力分析的源程序及说明。

本书可作为高等学校土建、水利和力学等专业的结构力学课程教材,也可作为相关专业工程技术人员等的参考书。

本书配有教学辅助软件,通过动画表演生动地体现相关的教学内容以及引发课堂讨论,可供采用本书为教材的教师方便地实现多媒体教学。

图书在版编目(CIP)数据

结构力学.上册 / 朱慈勉,张伟平主编. —2版. —北京:高等教育出版社,2009.7

ISBN 978-7-04-026647-4

I. 结… II. ①朱…②张… III. 结构力学-高等学校-教材 IV. O342

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 080421 号

策划编辑	水 渊	责任编辑	水 渊	封面设计	于 涛	责任绘图	杜晓丹
版式设计	余 杨	责任校对	姜国萍	责任印制	毛斯璐		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京市联华印刷厂

开 本 787 × 1092 1/16
印 张 15.75
字 数 380 000

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2004年1月第1版
2009年7月第2版
印 次 2009年7月第1次印刷
定 价 20.50 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究
物料号 26647-00

郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》,其行为人将承担相应的民事责任和行政责任,构成犯罪的,将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序,保护读者的合法权益,避免读者误用盗版书造成不良后果,我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为,希望及时举报,本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话:(010)58581897/58581896/58581879

反盗版举报传真:(010)82086060

E - mail: dd@ hep. com. cn

通信地址:北京市西城区德外大街 4 号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编:100120

购书请拨打电话:(010)58581118

第2版序

本书第2版是在第1版《结构力学》(上、下册)“十五”国家级规划教材的基础上,按照教育部力学基础课程教学指导分委员会最新制订的“结构力学课程教学基本要求”修订而成的。该书第1版曾因提出了概念结构力学的理念,遵循认知规律启发思考,密切联系工程实际以及注重素质与能力的培养而受到师生和工程人员的广泛欢迎,并于2007年获上海市高等学校优秀教材一等奖。本次修订的主要内容如下。

首先是顺应科学技术的发展和工程领域中的迫切需要,进一步强调了结构的概念分析,丰富了结构概念分析的理论与方法,增加了相应的问题和案例;二是加强了对力学基本概念的介绍,综合运用和分析讨论方面的内容,注重工程背景的映衬和工程概念的培养;三是对各章增加了相当数量的习题及思考题,以便于教学使用。此外,在文字叙述方面也做了一些改善工作。

本书第1版的作者参加了第2版的修订工作,第2版由朱慈勉、张伟平主编,各章、节的分工基本照旧。继第1版之后,第2版书稿又得到北京建筑工程学院刘世奎教授的审阅和指点,不少兄弟院校的教师也对本书的修订提出了许多有益的建议,对于第2版的定稿起了重要作用,郭志刚等精心制作了本书的电子文稿,在此一并致以诚挚的谢意。

读者在使用本书时,在力学基本概念的理解和运用方面,需养成独立、深入和广泛联想的思维习惯,在提高大脑左半球(理性半球)为主的逻辑思维能力的同时,更注意开发大脑右半球(感性半球)的形象思维能力,增加对力学基本概念和结构受力性态的感悟能力,以使在日后的学习和工作中在结构力学和结构分析方面达到如鱼得水的境界。

恳请批评指正。

作者

2009年于同济大学

第 1 版 序

现代工程技术的日益进步和电子计算机的飞速发展对结构力学学科产生了深远的影响。一方面,大型工程结构在各种复杂因素作用下的分析,要求强化结构力学基本概念的综合运用和概念设计的理念;另一方面,运算能力的剧增又要求发展与之相适应的结构分析理论与方法。这就促使传统结构力学向“概念结构力学”和“计算结构力学”两个方向的纵深发展。高等学校工程类专业的结构力学课程教学需要与之相适应,以利于培养出满足现时代需要的专业人才。

本书的编写力求改变以往课程教学中常以介绍传统的结构力学计算方法为主的状况,而是致力于结构力学基本概念的培养及其运用能力的提高。结构计算电子化后,许多传统的计算方法本身可能已逐步失去实际应用价值,但其相应的基本概念和基本原理在结构分析中仍具有重要地位和价值。实际上,力学基本概念和基本原理在工程中的综合运用能力,则正是当代结构工程领域科技人员所应具备的最重要的素质。

本书的特点是:以结构力学的基本概念、基本原理及其科学运用为主线;以认知规律为出发点;以工程实践为背景;以素质与能力的提高为目标。本书注意概念清晰、内容简明、深入浅出和联系实际。在介绍解题方法的同时更注重“就事论道”和“由技入道”,力求使学生深刻领会客观规律并掌握事物的本质。

本书是同济大学有关教师在长期从事结构力学教学、科研以及工程实践的基础上写成的,体现了作者有关“概念结构力学”的基本思想。全书分上册(共 7 章)、下册(共 5 章),由朱慈勉主编并编写第 1、9、10 章。参加本书编写工作的还有吕凤梧、江利仁(第 3、5 章)、张伟平(第 6 章部分内容、第 12 章),李建新(第 6 章部分内容、第 11 章及附录),龙仲芬(第 4、7 章)和王琳鸽(第 2、8 章)。书中强调了有关线弹性体系的基本假设,以及各种基本理论、基本方法以及公式的适用前提;突出了静定和超静定结构受力状态的概念分析,并纳入了对于概念分析有重要作用的剪力分配法的基本原理;提出了诸如利用瞬时中心求解带斜杆的超静定刚架、运用联合法绘制影响线和利用电模拟分析杆件并联、串联关系等行之有效的分析方法;编写了相当数量的有关概念分析和与工程实践密切相关的例题和习题,其中不少是近年来的期终试题或研究生入学考试试题。

本书承蒙北京建筑工程学院刘世奎教授审阅,并提出了宝贵的修改意见。哈尔滨工业大学王焕定教授、同济大学朱伯钦教授也对本书提出了许多有益的建议。在此,谨向他们表示衷心的感谢。此外,同济大学教务处对本书的出版高度重视并给予大力支持,冷金荣、顾绍义、罗文钊等精心制作了本书的电子文稿,一并表示感谢。

欢迎批评和指正。

朱慈勉

2003 年 11 月于同济大学

主要符号表

A	面积、振幅(多自由度)
$\mathbf{A}$	位移幅值向量、主振型向量、主振型矩阵
a	振幅(单自由度)
$\mathbf{B}$	应变矩阵
c	支座广义位移、粘滞阻尼系数
C	弯矩传递系数
$\mathbf{C}$	阻尼矩阵
c_{cr}	临界阻尼系数
d	结间距离
E	弹性模量
E_p	势能
f	矢高、工程频率
F	简谐荷载幅值
F_p	集中荷载
$\mathbf{F}$	结点荷载向量
F_H	水平推力
$F_x、F_y$	水平(x)、垂直(y)方向的分力
F_N	轴力
F_Q	剪力
$F_Q^L、F_Q^R$	截面左、右的剪力
F_Q^F	固端剪力
F_{pe}	欧拉临界荷载
F_{pcr}	临界荷载
F_{pu}	极限荷载
F_p^+	可破坏荷载
F_p^-	可接受荷载
F_S	弹性力
F_I	惯性力
F_D	阻尼力
F_R	广义反力、反力合力
$\bar{\mathbf{F}}^e$	局部坐标系下单元杆端力向量
$\mathbf{F}^e$	整体坐标系下单元杆端力向量
G	切变模量

i	弯曲线刚度、截面回转半径
I	惯性矩(截面二次轴矩)
$\mathbf{I}$	单位矩阵
k	刚度系数、切应力分布不均匀系数
k_θ	弹簧的转动刚度系数
$\bar{k}^e$	局部坐标系下单元刚度矩阵
k^e	整体坐标系下单元刚度矩阵
$\mathbf{K}$	结构刚度矩阵
m	质量
$\mathbf{m}$	单元质量矩阵
$\bar{m}$	单位杆长的质量
M	力矩、力偶矩、弯矩
$\mathbf{M}$	结构质量矩阵
M^L, M^R	截面左、右的弯矩
M^F	固端弯矩
M_u	极限弯矩
M_s	弹性极限弯矩
N	形函数矩阵
q	均布荷载集度
R	半径
r	半径、反力影响系数
S	静矩(截面一次矩)、转动刚度、影响量
t	时间
T	周期、动能
$\mathbf{T}$	坐标转换矩阵
U	应变能
u	x 方向位移
v	y 方向位移、挠度、速度
W	功、计算自由度、重量、弯曲截面系数
W_u	截面塑性抵抗矩
$\mathbf{w}$	单元位移向量
X	广义多余约束力、广义多余未知力
Y	振型函数
y	位移
Z	广义未知位移
$\mathbf{Z}$	广义未知位移向量
α	线膨胀系数、初相角
β	弦转角、动力系数

γ	剪力分配系数
γ_0	平均切应变
Δ	广义未知位移
Δ	位移向量
$\bar{\Delta}^e$	局部坐标系下单元杆端位移向量
Δ^e	整体坐标系下单元杆端位移向量
δ	柔度系数、位移影响系数
δ	柔度矩阵
ε	线应变
ε_s	屈服应变
μ	弯矩分配系数
κ	曲率
φ	转角
θ	截面转角、干扰力频率
ξ	阻尼比
ρ	材料密度
σ_b	强度极限
σ_s	屈服应力
σ_u	极限应力
ω	自振频率(角频率)

目 录

主要符号表	(I)	§ 4-4 联合法作影响线	(95)
第 1 章 绪论	(1)	§ 4-5 影响线的应用	(97)
§ 1-1 结构力学的研究对象和基本 任务	(1)	§ 4-6 简支梁的内力包络图和 绝对最大弯矩	(104)
§ 1-2 结构的计算简图	(2)	习题	(107)
§ 1-3 结构和荷载的分类	(8)	第 5 章 结构位移计算	(112)
§ 1-4 基本假设	(10)	§ 5-1 概述	(112)
习题	(12)	§ 5-2 变形体的虚功原理	(113)
第 2 章 平面体系的几何构造分析	(13)	§ 5-3 结构位移计算的一般公式 单位荷载法	(115)
§ 2-1 概述	(13)	§ 5-4 静定结构在荷载 作用下的位移计算	(118)
§ 2-2 平面体系几何不变的必要 条件	(13)	§ 5-5 图乘法	(121)
§ 2-3 平面几何不变体系的基本 组成规则	(16)	§ 5-6 静定结构在非荷载因素 作用下的位移计算	(126)
§ 2-4 平面体系几何构造分析 举例	(20)	§ 5-7 线弹性体系的互等定理	(129)
§ 2-5 体系的几何构造与静 定性	(22)	习题	(132)
习题	(23)	第 6 章 力法	(136)
第 3 章 静定结构	(26)	§ 6-1 力法的基本概念	(136)
§ 3-1 概述	(26)	§ 6-2 超静定次数与力法基本 结构	(138)
§ 3-2 静定梁和静定平面刚架	(29)	§ 6-3 力法原理与力法方程	(140)
§ 3-3 三铰拱	(42)	§ 6-4 力法解超静定结构	(142)
§ 3-4 静定平面桁架	(50)	§ 6-5 对称性的利用	(150)
§ 3-5 组合结构	(63)	§ 6-6 支座位移、温度变化等作用 下超静定结构的计算	(159)
§ 3-6 静定空间结构	(66)	§ 6-7 超静定结构的位移计算	(164)
§ 3-7 静定结构的一般性质	(71)	§ 6-8 超静定结构内力计算的 校核	(167)
习题	(76)	§ 6-9 超静定拱	(169)
第 4 章 静定结构的影响线	(84)	习题	(176)
§ 4-1 移动荷载和影响线的 概念	(84)	第 7 章 位移法	(182)
§ 4-2 静力法作影响线	(85)	§ 7-1 位移法的基本概念	(182)
§ 4-3 机动法作影响线	(90)		

§ 7-2	位移法基本未知量和 基本结构	(183)	的位移法计算	(210)
§ 7-3	等截面直杆的转角位移 方程	(186)	习题	(214)
§ 7-4	位移法原理与位移法 方程	(190)	附录 A 铁路和公路的标准荷载制	(220)
§ 7-5	位移法解超静定结构	(194)	附录 B 习题答案	(222)
§ 7-6	对称性的利用	(206)	附录 C 索引	(229)
§ 7-7	支座位移、温度变化等作用下		主要参考文献	(232)
			Synopsis	(233)
			Contents	(234)

第1章 绪 论

§ 1-1 结构力学的研究对象和基本任务

建筑物、构筑物或其他工程对象中支承和传递荷载而起骨架作用的部分称为工程结构。例如,房屋建筑中由基础、柱、剪力墙、梁、板及其他构件组成的结构体系,水工建筑物中的大坝和闸门,公路和铁路桥梁、隧道和涵洞,飞机、汽车中的受力骨架等,都是工程结构的典型例子。

工程结构的受力特性和承载能力与结构的几何特征有着密切的联系。从广义来说,工程结构可按其几何特征分为以下三种类型:

1. 杆系结构

杆系结构是由若干个杆件相互联结而组成的结构。杆件的几何特征是其横截面上两个方向的几何尺度远小于长度。梁、刚架、拱和桁架等都是杆系结构的典型形式。

2. 板壳结构

板壳结构也称为薄壁结构,它的几何特征是其厚度远小于其余两个方向上的尺度。房屋建筑中的楼板、壳体屋盖(图 1-1),飞机和轮船的外壳等均属于板壳结构。

3. 实体结构

实体结构也称三维连续体结构,其几何特征是结构的长、宽、高三个方向的尺度大小相仿。重力式挡土墙(图 1-2)和水工建筑中的重力坝等属于实体结构。



图 1-1

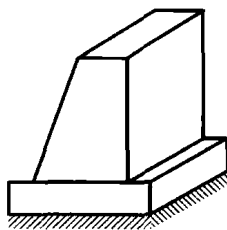


图 1-2

结构力学是研究结构的合理形式以及结构在受力状态下内力、变形、动力响应和稳定性等方面的规律性的学科。研究的目的是使结构满足安全性、适用性和经济方面的要求。具体地说,结构力学的基本任务主要包括以下几个方面:

- (1) 根据功能和使用等方面的不同要求和结构的组成规律,研究相应结构的合理形式。
- (2) 研究结构内力、变形、动力响应和稳定性计算的理论和方法。
- (3) 研究由结构受力结果确定外界作用信息,或是根据外界作用信息,确定结构的有关信

息,或是对结构的受力响应进行控制的理论和方法。

结构力学是结构工程类专业的一门重要的专业基础课,与先修的理论力学、材料力学以及后继的弹、塑性力学之间有着密切的联系。前者是属于基础力学;通常的结构力学是以杆系结构为主要研究对象,也称为狭义结构力学;而后者则是以实体结构和板壳结构为主要研究对象。

现代工程技术的日益进步和电子计算机的飞速发展对结构力学学科产生了深远的影响。一方面,大型工程结构在各种复杂因素作用下的分析要求强化结构力学基本概念的综合运用和概念设计的理念;另一方面,运算能力的剧增要求发展与之相适应的结构分析理论和方法,这就促进了传统结构力学向概念结构力学和计算结构力学两个方面的纵深发展,形成了现代结构力学的两大分支。为了适应科技的进步,结构工程领域科技人员的角色作用也正在发生许多根本性的改变,这就决定了结构力学的课程教学需以力学基本概念及其科学运用为主线;以对客观世界的认知规律为出发点;以工程实践为背景;以素质和能力的提高为根本目标。

§ 1-2 结构的计算简图

一般实际结构的受力情况往往是很复杂的,如果完全按照实际结构的工作状态进行分析,事实上会遇到一定的困难,同时也是不必要的,因而在对实际结构进行力学分析之前,需要作出某些简化和假设。在计算时通常将实际结构中的一些次要因素加以忽略,但是又要能反映出实际结构的主要受力特征。这种经过简化了的结构图形称为结构的计算简图。在力学计算中,结构的计算简图就是实际结构的代表。结构计算简图的合理选择,在结构分析中是一个极为重要的环节,也是必须首先要解决的问题。

结构计算简图的选择主要有以下原则:

(1) 保留主要因素,略去次要因素,使计算简图能反映出实际结构的主要受力特征,这就是“存本去末”的简化原则。

(2) 根据需与可能,并从实际情况出发,力求使计算简图便于分析计算,这就是“计算简便”的简化原则。

此外,根据不同的要求与具体情况,对于同一实际结构可选取不同的计算简图。例如,在初步设计阶段可选取较为粗糙的计算简图,在施工图设计阶段可选取较为精细的计算简图;采用手算时可选取较为简明的计算简图,采用电算时则可选取较为精确的计算简图;在动力计算时,由于计算比较复杂,可选取较为简单的计算简图,在静力计算时,由于计算比较简单,可选取较为精确的计算简图等等。

在选择计算简图时,需要对实际结构的情况进行多方面的简化,以下作一简要的介绍。

1. 结构体系的简化

杆系结构可分为平面杆系结构和空间杆系结构两大类。实际结构一般都是空间结构,这样才能抵御来自各个方面的荷载。但在许多情况下常可以忽略一些次要的空间约束的作用,或者是将这种空间约束作用转化到平面内,从而将实际结构分解为若干平面结构,使计算得以简化。

2. 杆件的简化

杆系结构中的杆件,在计算简图中是用杆件的轴线来表示,杆件的长度一般可用轴线交点间的距离表示。

3. 结点的简化

杆件间相互联结处称为结点。木结构、钢结构和混凝土结构的结点,具体构造形式虽不相同,但其结点的计算简图常可归纳为以下两种类型:

(1) 铰结点

铰结点的特征是所联结各杆可以绕结点作自由转动,因而可用一理想光滑的铰来表示。这是一种理想情况,在实际工程中很难实现。例如,图 1-3a 所示为木屋架的下弦中间结点构造图,此结点处各杆并不能完全自由地转动,但是由于杆件间的联结对于相对转动的约束作用不强,受力时杆件发生微小的相对转动还是可能的。因此,将这种结点近似地作为铰结点处理后(图 1-3b),不致引起明显的误差。

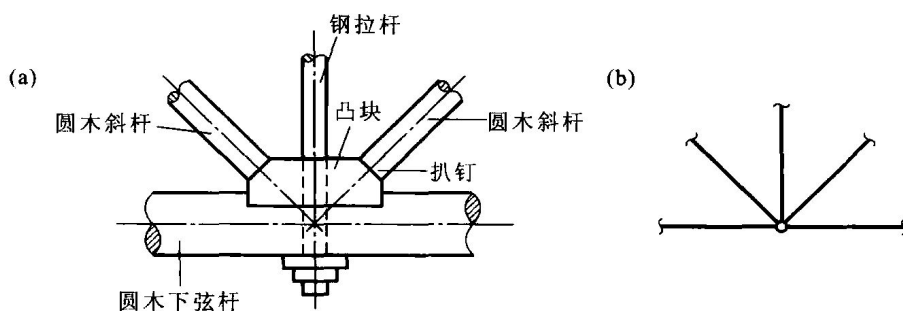


图 1-3

(2) 刚结点

刚结点的特征是所联结杆件之间不能在结点处产生相对转动,即在刚结点处各杆之间的夹角在变形前后保持不变。

图 1-4a 所示为混凝土多层刚架边柱与横梁的结点构造图。由于边柱与横梁间为整体浇筑,同时横梁的受力钢筋伸入柱内并满足锚固长度的要求,因而就保证了横梁与边柱能相互牢固地联结在一起,构成了刚结点,其计算简图如图 1-4b 所示。

4. 支座的简化

结构与基础相联结的部分称为支座。结构所受的荷载通过支座传递给基础和地基。支座对结构的反作用力称为支座反力。平面结构的支座形式主要有以下五种类型:

(1) 活动铰支座

桥梁结构中所用的辊轴支座(图 1-5a)及摇轴支座(图 1-5b),都是活动铰支座的实例。

活动铰支座的机动特征是结构可绕铰 A 作自由转动,并允许沿支承面 $m-n$ 有小量的移动,但限制铰 A 沿垂直于支承面方向的移动,有竖向反力 F_{RA} 。根据活动铰支座的机动特征和受力特征,可以用图 1-5c 所示一根竖向支座链杆的计算简图来表示。

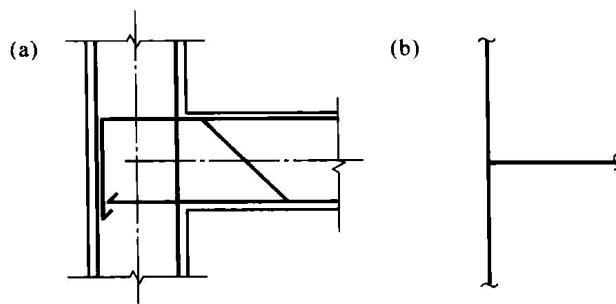


图 1-4

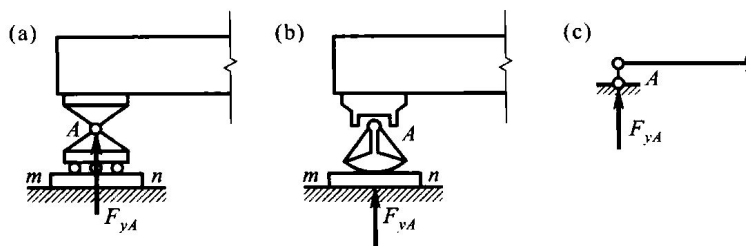


图 1-5

(2) 固定铰支座

固定铰支座的机动特征是结构仍可绕铰 A 转动, 但沿水平和竖向的移动均受到限制, 如图 1-6a 所示。此时, 支座反力 F_{RA} 仍通过铰 A 的中心, 通常分解成水平和竖向的分反力 F_{xA} 、 F_{yA} 。根据固定铰支座的机动特征和受力特征, 可以用如图 1-6b 或图 1-6c 所示的计算简图表示。

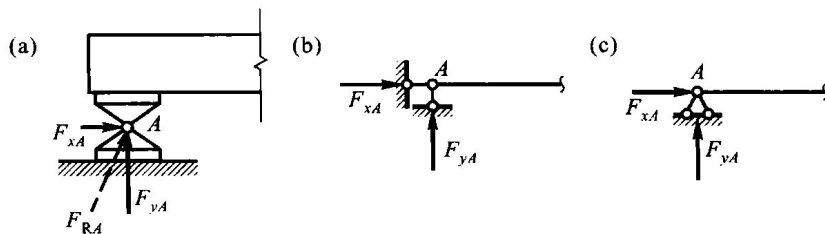


图 1-6

(3) 固定支座

图 1-7a 所示一悬臂梁, 当梁端插入墙体有一定深度时, 则可视作固定支座。固定支座的机动特征是结构与支座相联结的 A 处, 既不能发生转动, 也不能发生水平和竖向的移动。相应的支座反力, 通常可用反力矩 M_A 和水平及竖向分反力 F_{xA} 、 F_{yA} 来表示 (图 1-7b)。图 1-7c 所示为

插入杯形基础的混凝土预制柱,杯口内由细石混凝土填实,当预制柱插入杯口有足够深度时,则杯口面 A 处可视为固定支座,其计算简图如图 1-7d 所示。

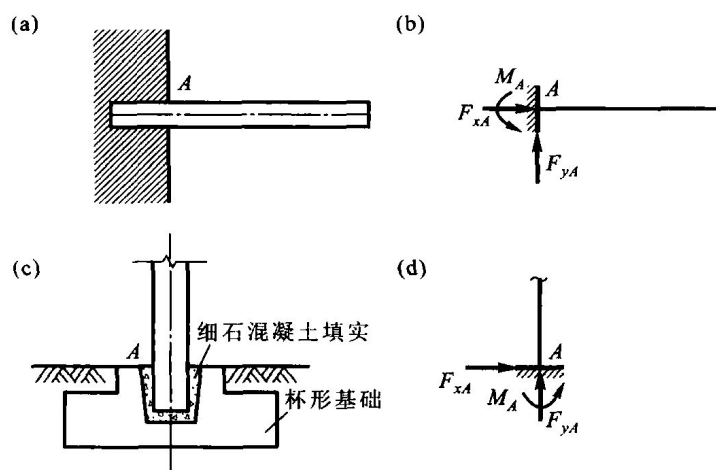


图 1-7

(4) 滑动支座

图 1-8a 所示为滑动支座(亦称定向铰支座)的示意图,这类支座能限制结构支座处的转动和沿一个方向上的移动,但允许结构在另一方向上有滑动的自由。例如,图 1-8a 所示结构在支座处的转动和竖向移动受到限制,但可沿水平方向有滑动,可以用两根竖向平行支杆来表示这类滑动支座的机动特征和受力特征(图 1-8b)。相应的支座反力有两个:限制竖直方向移动的反力 F_{yA} 和限制转动的反力矩 M_A 。

上述四种支座,均假设支座本身是不能变形的,计算简图中相应的支杆也被认为其本身是不能变形的刚性链杆,这类支座称为刚性支座。

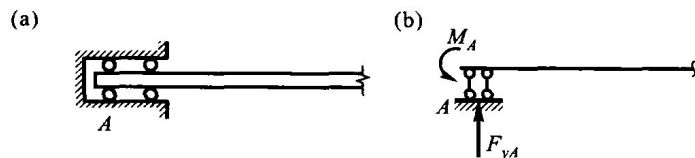


图 1-8

(5) 弹性支座

若要考虑支座本身的变形,则这类支座称为弹性支座。如图 1-9a 所示的桥面结构,桥面板上的荷载通过纵梁传给横梁,然后由横梁传给主梁,最后由主梁传给桥墩。在荷载的传递过程中,各横梁将起支承纵梁的作用;同时受荷载作用后,中间各横梁将产生弯曲变形而引起竖向位

移,此时横梁相当于一个弹簧作用,可用一根竖向弹簧来表示这种支座的性能。它具有一定的抵抗移动的能力,称为抗移弹性支座。例如,图 1-9b 所示纵梁的各中间支座。另外一种弹性支座具有一定的抵抗转动的能力,称为抗转弹性支座。

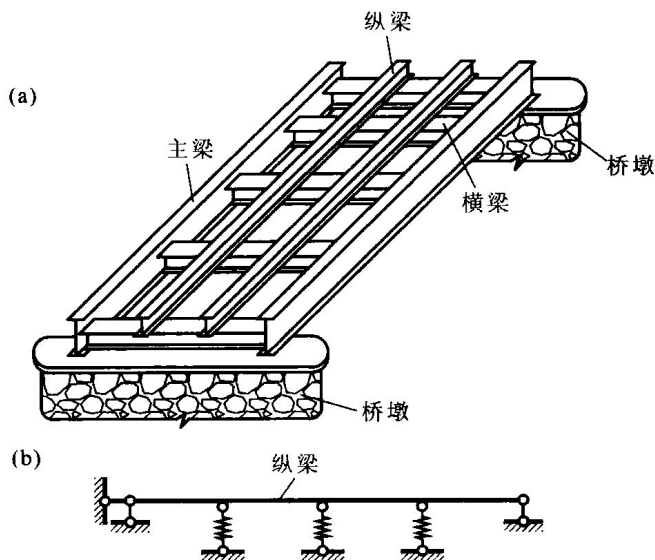


图 1-9

5. 荷载的简化

例如建筑物的楼面荷载一般可简化为竖向均布荷载,侧向风荷载一般可沿建筑物高度方向分段简化为逐段增大的水平均布荷载等。

为了说明实际结构的简化过程,现以图 1-10 所示混凝土单层工业厂房的实例说明。厂房是由屋架、屋面板、柱子、吊车梁和支撑体系等所构成的空间结构。当它承受屋面竖向荷载时,荷载先由屋面板传给屋架,再由屋架两端传给柱子直达基础。当它承受侧向风荷载时,屋面上的风荷载由屋架传至柱顶;侧墙上的风荷载一般可简化为均布荷载由墙体传至柱身,最后传到基础。以上两种荷载分别作用时,厂房除端部外的各榀横向结构的受力和变形情况基本相同,因而可以取出其中的一榀进行计算,这样就可将空间结构转化为平面结构来分析。当厂房承受吊车竖向或水平荷载作用时,由于结构纵向联系较弱,不能提供足够的整体刚度,因而可偏于安全地认为上述荷载仅由吊车所在位置的一榀横向结构单独承受,或者是根据经验确定其所承受吊车荷载的百分比。这样,就仍然可以按照平面结构来分析。

厂房的屋架一般可简化为平面理想桁架(见第 3 章),柱子与屋架之间系通过预埋钢板,在吊装就位以后再相互焊接的,其联接构造可使屋架端部与柱顶不能发生相对移动,但不能完全阻止两者之间发生相对转动。这时,可以将柱子与屋架的联接视为铰结点。在计算屋架的内力时,可以忽略其传递的柱顶剪力而将其单独取出,并用铰支座代替其与柱子之间的相互联结作用,计算简图分别如图 1-11a、b 所示;在分析柱子的内力时,可以用实体杆代替原屋架,取计算简图为图 1-11c 所示的柱顶铰结体系。这种结构体系工程上称为排架。