



高等院校“十二五”精品规划教材

结构力学

主 编 申向东



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

0342
2013/9

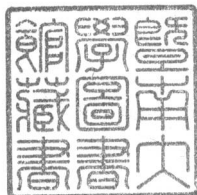
阅 览

高等院校“十二五”精品规划教材

结构力学

主 编 申向东

副主编 高 潮 李 平 李红云 伍 迪



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书按照教育部力学教学指导委员会拟定的《结构力学课程教学基本要求》并结合土建类、水利类、农业工程类不同专业的需求编写,旨在适应普通高等院校复合型、应用型人才培养的需求和实际。本书是内蒙古农业大学、大连海洋大学和洛阳理工学院等多所院校的教师在长期从事结构力学课程教学、科研及工程实践的基础上编写的,反映了几所高校的结构力学教学经验与成果。

本书主要内容包括绪论、平面体系的几何组成分析、静定结构的内力分析、结构的位移计算、力法、位移法、渐近法计算超静定结构、影响线及其应用、矩阵位移法、结构动力学简介。为便于学习,全书各章均附有小结、复习思考题和习题,以及部分习题答案。

本书可作为高等院校水利、土建、农业工程等专业结构力学课程的教材,也可作为其他专业和有关工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

结构力学 / 申向东主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2013.1
高等院校“十二五”精品规划教材
ISBN 978-7-5170-0483-7

I. ①结… II. ①申… III. ①结构力学—高等学校—教材 IV. ①0342

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第311978号

策划编辑: 杨庆川

责任编辑: 宋俊娥

封面设计: 李 佳

书 名	高等院校“十二五”精品规划教材 结构力学
作 者	主 编 申向东
出版发行	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	北京蓝空印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 21印张 544千字
版 次	2013年1月第1版 2013年1月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	38.00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

编 委 会

主 编 申向东

副主编 高 潮 李 平 李红云 伍 迪

参 编 梁 莉 王海龙 周海龙 余报楚

前 言

本书为高等院校“十二五”精品规划教材，以普通高等院校培养和造就“厚基础、广适应”的复合型、应用型人才为宗旨，结合土建类、水利类、农业工程类相关专业培养目标和教学要求编写的，编写过程中注意吸取近年来出版的相关教材的长处，又尽量反映内蒙古农业大学、大连海洋大学和洛阳理工学院 3 所院校诸位编者多年来的教学经验，并力求做到文字精炼、表述严谨，层次分明，概念准确。为使本书具有较广的适应面，还注意到了土建类、水利类、农业工程类不同专业和其他学科专业的学时需求，内容选编上达到多学时专业要求的广度和深度，中、少学时在教学中可适度取舍。

本书的编写本着以“基本概念、基本原理、基本方程”的三基为主线；以结构工程实际为背景；以培养学生的结构分析能力为目标，来安排全书的章节内容及相关实例、习题等。本书主要内容包括绪论、平面体系的几何组成分析、静定结构的内力分析、结构的位移计算、力法、位移法、渐近法计算超静定结构、影响线及其应用、矩阵位移法、结构动力学简介。为便于学习，全书各章均附有小结、复习思考题和习题，以及部分习题答案。

参加本书编写工作的有：李平（第 1 章、第 2 章），周海龙（第 3 章），高潮（第 4 章），申向东（第 5 章），李红云（第 6 章），周海龙、伍迪（第 7 章），余报楚（第 8 章），梁莉（第 9 章），王海龙（第 10 章）。本书由申向东任主编，高潮、李平、李红云、伍迪任副主编。

本书在编写过程中，吸收、引用了部分国内优秀结构力学教材的观点、例题及习题。编者在此谨向这些教材的编著者深表感谢。

本书的编写和出版得到了中国水利水电出版社、大连海洋大学、内蒙古农业大学、洛阳理工学院的大力支持和帮助，谨在此表示衷心的感谢。

在编写过程中，编写者、编辑出版者虽夙兴夜寐、尽心尽力，但限于编者水平，书中难免有不少缺点错误，敬请读者批评指正。

编 者

2012 年 12 月

目 录

前言

第1章 绪论.....1

1.1 结构力学的研究对象和任务.....1

1.1.1 结构和结构的分类.....1

1.1.2 结构力学的研究对象.....2

1.1.3 结构力学的研究任务.....3

1.1.4 结构力学的学习方法.....3

1.2 工程结构实例和计算简图.....3

1.2.1 计算简图的定义及其选择原则.....3

1.2.2 计算简图的简化要点.....3

1.2.3 工程结构实例.....6

1.3 平面杆件结构的分类.....8

1.3.1 按结构组成和受力特点分类.....8

1.3.2 按计算方法的特点分类.....10

1.4 荷载的性质与分类.....10

1.5 基本假设.....10

本章小结.....11

第2章 平面体系的几何组成分析.....12

2.1 概述.....12

2.2 几何组成分析的基本概念.....12

2.2.1 自由度 (Degree of freedom).....12

2.2.2 约束.....13

2.2.3 多余约束.....13

2.2.4 虚铰 (瞬铰).....15

2.2.5 体系的计算自由度.....15

2.3 几何不变体系的组成规则.....16

2.3.1 规则一 两刚片规则.....16

2.3.2 规则二 三刚片规则.....17

2.3.3 规则三 二元体规则.....17

2.4 瞬变体系与常变体系.....18

2.5 几何组成分析的步骤、方法和示例.....19

2.6 体系的几何组成与静力特性的关系.....20

2.7 无穷远铰的几何组成规则.....21

2.7.1 一个虚铰在无穷远处.....21

2.7.2 两个虚铰在无穷远处.....21

2.7.3 三个虚铰在无穷远处.....22

本章小结.....22

思考题.....23

习题.....23

习题参考答案.....26

第3章 静定结构的内力分析.....27

3.1 静定结构内力计算的一般原则.....27

3.1.1 静定结构内力计算的一般概念.....27

3.1.2 内力与荷载集度之间的三种关系.....29

3.1.3 直杆弯矩图的叠加法.....31

3.1.4 静定结构的内力图.....32

3.2 多跨静定梁.....37

3.2.1 多跨静定梁的几何组成分析.....38

3.2.2 多跨静定梁的内力计算.....39

3.2.3 多跨静定梁在间接荷载作用下的 内力计算.....42

3.3 静定平面刚架.....43

3.3.1 静定平面刚架的几何组成形式.....43

3.3.2 静定平面刚架的力学特点.....44

3.3.3 静定平面刚架的杆端内力的计算及 内力图绘制.....45

3.4 三铰拱.....55

3.4.1 概述.....55

3.4.2 三铰拱的内力计算.....57

3.4.3 三铰拱的合理拱轴线.....63

3.5 静定平面桁架.....66

3.5.1 概述	66	4.7.2 位移互等定理	128
3.5.2 内力计算	68	4.7.3 反力互等定理	128
3.5.3 平面梁式桁架受力性能的比较	74	4.7.4 反力位移互等定理	129
3.6 静定组合结构	76	4.8 空间刚架的位移计算公式	130
3.6.1 组合结构的概念	76	本章小结	131
3.6.2 组合结构的内力计算	77	思考题	131
3.7 静定结构的静力特性	80	习题	131
3.8* 零载法判别复杂体系的几何组成	82	习题参考答案	133
本章小结	84	第5章 力法	134
思考题	85	5.1 超静定结构概述	134
习题	87	5.1.1 超静定结构的特性	134
习题参考答案	95	5.1.2 求解超静定结构的一般方法	135
第4章 结构的位移计算	98	5.2 力法的基本概念	136
4.1 概述	98	5.2.1 力法的基本思路	136
4.1.1 结构位移的概念	98	5.2.2 力法的基本体系	137
4.1.2 结构位移产生的原因	98	5.2.3 力法的基本方程	137
4.1.3 计算结构位移的目的	99	5.3 超静定次数的确定	138
4.1.4 结构位移计算的有关假设	99	5.4 力法的典型方程	140
4.2 变形体的虚功原理	100	5.5 力法的计算步骤和示例	142
4.2.1 虚功	100	5.5.1 超静定桁架结构	142
4.2.2 刚体的虚功原理	101	5.5.2 超静定梁	143
4.2.3 变形体的虚功原理	106	5.5.3 超静定刚架	145
4.3 计算结构位移的一般公式——单位荷载法	108	5.5.4 超静定拱	147
4.4 静定结构在荷载作用下的位移计算	110	5.5.5 求解步骤	150
4.5 图乘法	114	5.6 对称性的利用	151
4.5.1 图乘法的计算公式	114	5.6.1 对称结构	151
4.5.2 图乘法的分段和叠加	115	5.6.2 对称荷载与反对称荷载	151
4.6 静定结构在非荷载因素作用下的位移计算	123	5.6.3 对称结构的计算	152
4.6.1 静定结构由于温度改变的位移计算	123	5.6.4 取半边结构计算	153
4.6.2 静定结构由于支座移动引起的位移计算	126	5.7 支座移动和温度改变时的计算	157
4.7 线弹性结构的互等定理	127	5.7.1 支座移动时的计算	157
4.7.1 虚功互等定理	127	5.7.2 温度内力的计算	159
		5.8 超静定结构位移的计算	159
		5.8.1 超静定结构在荷载作用下的位移计算	159
		5.8.2 超静定结构多因素位移计算公式	160

5.8.3 综合因素影响下的位移公式	162	7.3 力矩分配法和位移法的联合运用	226
5.8.4 超静定结构计算的校核	162	7.4 无剪力分配法	228
5.9 超静定结构的特性	164	7.5* 多层多跨刚架的近似计算方法	232
本章小结	165	7.5.1 分层计算法	232
思考题	166	7.5.2 反弯点法	234
习题	167	本章小结	236
习题参考答案	172	思考题	237
第6章 位移法	174	习题	237
6.1 位移法的基本概念	174	习题参考答案	241
6.2 基本未知量的确定	176	第8章 影响线及其应用	242
6.2.1 结点角位移	177	8.1 影响线的基本概念	242
6.2.2 结点线位移	177	8.2 用静力法作影响线	242
6.3 等截面杆件的刚度方程	178	8.3 机动法作影响线的基本原理	247
6.3.1 正负规定	178	8.4 影响线的应用	251
6.3.2 转角位移方程	179	8.5 简支梁内力包络图	255
6.4 位移法示例	182	8.6 用机动法作单跨静定梁的影响线	257
6.4.1 无侧移刚架	183	8.7 连续梁的内力包络图	259
6.4.2 有侧移刚架	186	本章小结	261
6.4.3 对称结构	192	思考题	262
6.5 位移法的基本体系与典型方程	195	习题	262
6.5.1 位移法的基本体系	195	习题参考答案	264
6.5.2 位移法的典型方程	196	第9章 矩阵位移法	266
6.6 支座移动和温度改变时的计算	201	9.1 概述	266
6.6.1 支座移动	201	9.2 单元刚度矩阵	267
6.6.2 温度变化	202	9.2.1 桁架单元的刚度矩阵	268
本章小结	204	9.2.2 连续梁单元的刚度矩阵	269
思考题	205	9.2.3 刚架单元的刚度矩阵	269
习题	205	9.2.4 单元刚度矩阵的性质	271
习题参考答案	210	9.3 单元刚度矩阵的坐标变换	272
第7章 渐近法计算超静定结构	213	9.3.1 平面桁架单元的坐标变换	272
7.1 力矩分配法的基本概念	213	9.3.2 平面刚架单元的坐标变换	274
7.1.1 转动刚度	213	9.4 整体分析	274
7.1.2 传递系数	214	9.5 非结点荷载的处理	281
7.1.3 分配系数	214	9.6 矩阵位移法示例	283
7.1.4 单结点的力矩分配	216	本章小结	286
7.2 力矩分配计算连续梁和无侧移刚架	219	思考题	286

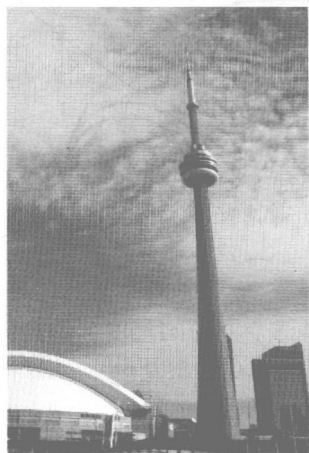
习题	287	10.3.1 单自由度体系的自由振动	294
习题参考答案	287	10.3.2 单自由度体系的受迫振动	297
第 10 章 结构动力学简介	289	10.3.3 阻尼对振动的影响	302
10.1 概述	289	10.4 多自由度体系的振动分析	306
10.1.1 结构动力计算的研究内容	289	10.4.1 多自由度体系的自由振动	306
10.1.2 动力荷载的分类	289	10.4.2 多自由度体系的受迫振动	318
10.2 动力自由度	290	本章小结	323
10.2.1 质量集中法	291	思考题	323
10.2.2 广义坐标法	292	习题	324
10.2.3 有限元法	293	习题参考答案	326
10.3 单自由度体系的振动分析	294	主要参考文献	328

第 1 章 绪论

1.1 结构力学的研究对象和任务

1.1.1 结构和结构的分类

人类为了生存和发展建造了大量的各种建筑物和构筑物，在各类构筑物和建筑物中能承受荷载而起骨架作用的部分称为结构（Structure）。图 1-1 是一些结构的例子。



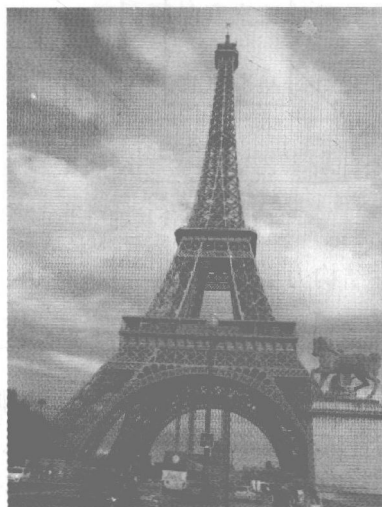
(a) 多伦多电视塔



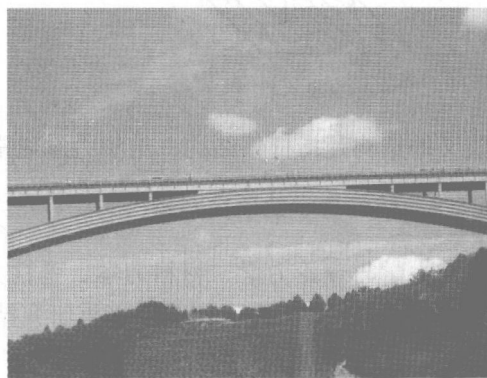
(b) 巴塞罗那玉米大厦



(c) 地下停车场



(d) 巴黎埃菲尔铁塔



(e) 美加跨国大桥

图 1-1 结构示例（以上照片均为申向东摄）

结构按几何特征通常分为三类:

(1) 杆件结构 (Structure of bar system)。这类结构是由杆件或若干根杆件相互连接而成。杆件的几何特征是横截面尺寸要比长度小得多, 如图 1-2 所示。

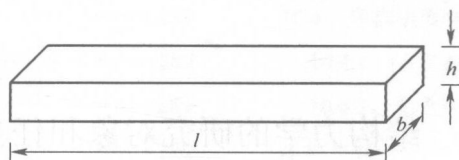
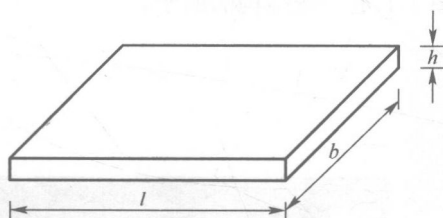
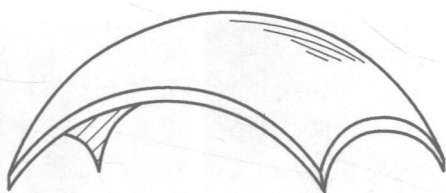


图 1-2 杆件

(2) 板壳结构 (Plate and shell structures)。它的几何特征是厚度要比长度和宽度小得多。中面为平面的结构称为平板结构; 中面为曲面的结构称为薄壳结构, 如图 1-3 所示。



(a) 薄板



(b) 薄壳

图 1-3 板壳结构

(3) 实体结构 (Massive structure)。实体结构是指长、宽、厚三个方向的尺度大约为同一量级的结构, 如挡土墙 (图 1-4)、堤坝和块状基础 (图 1-5) 等。

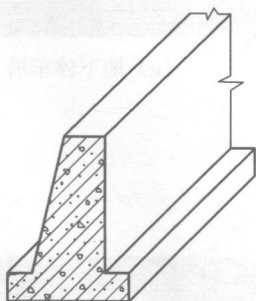


图 1-4 挡土墙

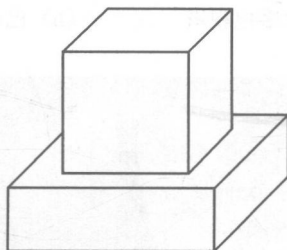


图 1-5 块状基础

狭义的结构是指杆件结构, 结构力学通常是指杆件结构力学。

1.1.2 结构力学的研究对象

结构力学与理论力学、材料力学、弹性力学有密切的关系。理论力学着重研究刚体静、动力学的基本规律, 其余三门力学着重研究结构及其构件的强度、刚度和稳定性问题。其中材料力学以单根杆件为主要研究对象; 结构力学以若干杆件组成的杆件结构为主要研究对象; 板、壳与实体结构主要是弹性力学的研究对象。

1.1.3 结构力学的研究任务

结构力学的研究任务包括以下几个方面:

- (1) 研究结构的组成规律、受力特性和合理形式,合理选择结构的计算简图。
- (2) 研究结构内力和变形的计算方法,以便进行结构强度和刚度验算。
- (3) 研究结构的稳定性和动力荷载作用下结构的反应。

1.1.4 结构力学的学习方法

1. 结构力学与其他课程的关系

结构力学是土木工程类、水利类、农业工程类专业的一门重要的技术基础课程。它的前续课程有高等数学、理论力学和材料力学等,后续课程有弹性力学、钢筋混凝土结构、钢结构、水工建筑物、地基基础和结构抗震设计等,结构力学为上述后述课程的学习提供力学基础,同时其分析结果又是各类结构设计的理论依据。

2. 结构力学课程的学习

(1) 力学中最基本的概念和理论都在理论力学和材料力学中进行了讲述,学习结构力学时,主要是学习如何将这些基本的力学概念、原理和方法灵活、合理地应用于复杂的结构分析中。因此,要对以前学过的力学知识进行必要的复习。

(2) 结构力学的内容前后衔接得非常紧密,一环扣一环,学习时要注意循序渐进,切勿间断。

(3) 结构力学的题目灵活多样,学习时一定要注意解题思路。

(4) 做题练习是学习结构力学的重要环节,通过做一定数量的题目,才能对基本概念、原理和方法有更深入的理解。

1.2 工程结构实例和计算简图

1.2.1 计算简图的定义及其选择原则

实际结构是很复杂的,直接按实际结构进行力学分析是十分困难的。因此,对实际结构进行力学分析以前,要加以简化,略去次要因素,显示其基本特征,用一种简化图形来代替实际结构,这个图形称为结构的计算简图。

结构计算简图的选定原则:

- (1) 从实际出发。计算简图要反映实际结构的主要受力、变形等特征。
- (2) 从计算工作量出发。计算简图要略去次要因素,便于分析计算。

当然,对于一个实际结构来说,其计算简图并不是唯一不变的。如在初步分析计算时,可用一种较为简单的计算简图;当最后计算时,再用一种较为复杂的计算简图,以保证结构的设计精度。

1.2.2 计算简图的简化要点

1. 结构体系及杆件的简化

实际结构一般都是空间结构,承受各方向可能出现的荷载。但对多数空间结构而言,常

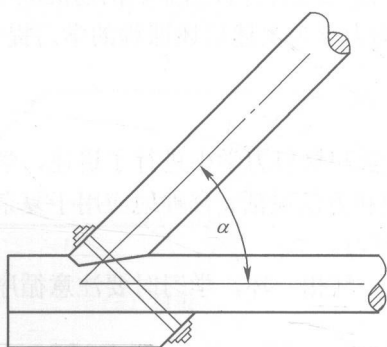
可以略去一些次要的空间约束,将空间结构简化为平面结构,使计算得以简化。当然也有一些明显具备空间特征的空间结构不宜简化为平面结构。本书主要讲述平面结构的计算问题。

对于组成结构的杆件而言,由于其横截面尺寸常比长度小得多,截面上的应力可由截面内力来计算,在确定内力时,杆件用其轴线代替,杆件之间的连接处简化为结点(Joint 或 Node)。

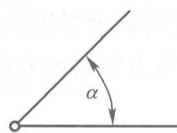
2. 结点的简化

由于连接方式不同,结点可分为铰结点、刚结点和组合结点。

(1) 铰结点。各杆件在铰结点处不能相对移动,但可以相对转动,因此铰结点可传递力,不传递力矩。如图 1-6 (a) 所示木屋架的端结点大致接近铰结点,其计算简图如图 1-6 (b) 所示。



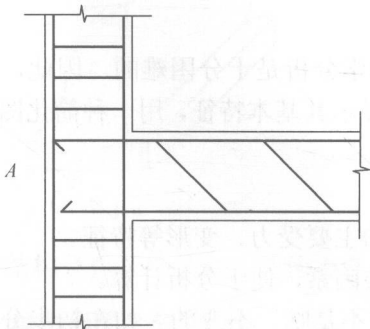
(a) 木屋架端结点构造图



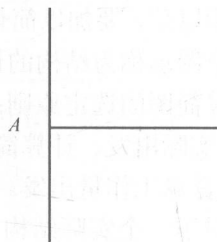
(b) 铰结点计算简图

图 1-6 木屋架结点

(2) 刚结点。各杆件在刚结点处既不能相对移动,也不能相对转动(夹角保持不变),因此刚结点可传递力,也传递力矩。如图 1-7 (a) 所示现浇钢筋混凝土结点常可视为刚结点,其计算简图如图 1-7 (b) 所示。



(a) 现浇钢筋混凝土结点构造图



(b) 刚结点计算简图

图 1-7 现浇钢筋混凝土结点

(3) 组合结点。铰结点和刚结点在一起形成的结点称为组合结点。例如,在图 1-8 中 D 点则为组合结点。组合结点 D 是由 BD 、 ED 、 CD 三杆在该结点相连,其中 BD 与 ED 二杆是刚性连接, CD 杆与 BD 、 ED 杆则由铰连接。组合结点处的铰又称为不完全铰。

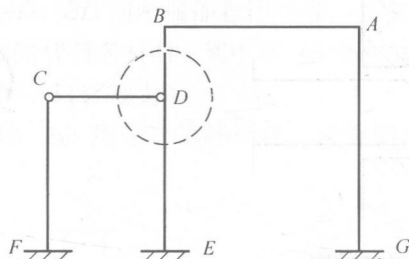
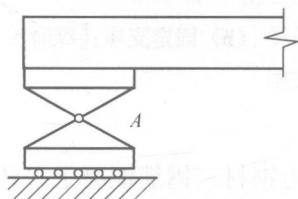


图 1-8 组合结点示例

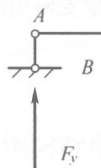
3. 支座的简化

支座是将结构和基础连接起来的装置。其作用是将结构固定于基础上，并将结构上的荷载通过支座传到基础和地基。支座对结构的反力称为支座反力 (Reactions at support)。平面结构的支座，一般简化为以下四种形式：

(1) 活动铰支座。这种支座的构造简图如图 1-9 (a) 所示。它容许结构在支承处转动和水平移动，但不能竖向移动，所以提供的反力只有竖向反力 F_y 。根据上述特点，这种支座在计算简图中用一根链杆 AB 表示 (图 1-9 (b))。



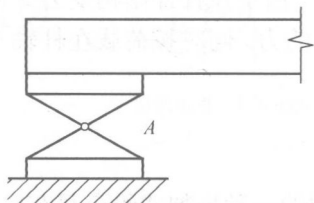
(a) 活动铰支座构造简图



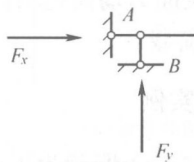
(b) 活动铰支座计算简图

图 1-9 活动铰支座

(2) 固定铰支座。这种支座的构造简图如图 1-10 (a) 所示。它容许结构在支承处转动，但不能作水平和竖向移动，所以提供两个反力 F_x 、 F_y 。在计算简图中用交于一点 A 的两根链杆来表示 (图 1-10 (b))。



(a) 固定铰支座构造简图



(b) 固定铰支座计算简图

图 1-10 固定铰支座

(3) 定向支座。这种支座的构造简图如图 1-11 (a) 所示。它容许结构在支承处沿杆轴方向平行滑动，但不能转动和竖向移动，所以能提供一个反力矩 M 和一个反力 F_y 。在计算简图中用两根平行链杆来表示 (图 1-11 (b))。

(4) 固定支座。这种支座的构造简图如图 1-12 (a) 所示。它不容许结构发生任何移动和转动。所以能提供三个反力 F_x 、 F_y 、 M 。在计算简图中这种支座用图 1-12 (b) 表示。

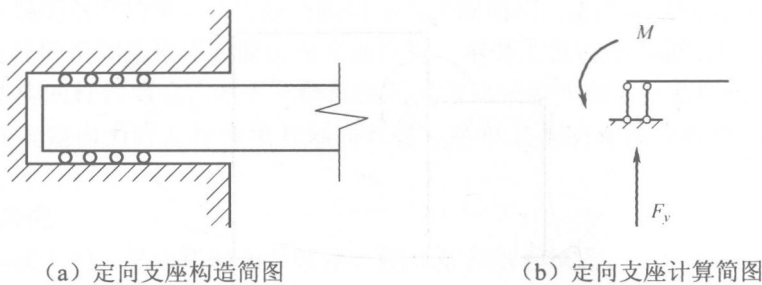


图 1-11 定向支座

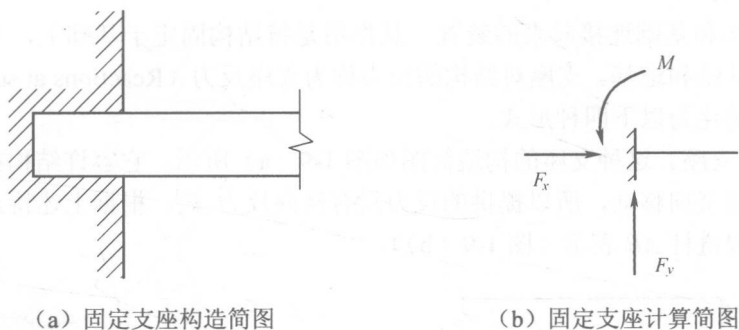


图 1-12 固定支座

4. 材料性质的简化

在土木、水利工程中结构所用的建筑材料通常为钢材、钢筋混凝土、砖、木材等。在结构计算中，为了简化，一般均可将这些材料假设为连续、均匀、各向同性、完全弹性或弹塑性体。这些假设对于金属材料而言，在一定的受力范围内是合适的，但对其他材料只能是近似的。如木材，顺纹和横纹的物理性质是不同的，所以应用这些假设时要引起注意。

5. 荷载的简化

结构所受的荷载分为体积力和表面力两大类。体积力是指分布于物体体积内的力，如结构的自重和惯性力等。表面力是指作用于物体外表面的力，是由其他物体通过接触面而传给结构的作用力，如风压力、土压力、车辆的轮压力等。由于在杆件结构受力分析中把杆件简化为轴线，因此体积力和表面力均简化为作用于杆轴上的力。同时按荷载在杆轴上的分布情况可简化为集中荷载和分布荷载。

1.2.3 工程结构实例

例题 1-1 图 1-13 (a) 所示为工业建筑中采用的一种桁架式组合吊车梁，横梁 AB 和竖杆 CD 由钢筋混凝土做成，但 CD 杆的截面面积比 AB 梁的截面面积小很多，斜杆 AD 、 BD 为 16Mn 圆钢。吊车梁两端由柱子上的牛腿支承。试确定此吊车梁的计算简图。

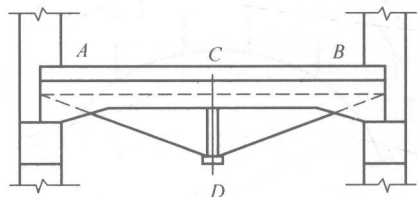
解 支座的简化：因为吊车梁两端的预埋钢板通过较短的焊缝与柱子牛腿上的预埋钢板相连。这种构造对吊车梁支承端的转动起到的约束作用很小。综合考虑梁支座的实际工作状况和计算的简便，因此可将梁的一端简化为固定铰支座，而另一端简化为活动铰支座。

结点的简化：因为 AB 是一根整体的钢筋混凝土梁，截面的抗弯刚度又较大，因此杆件 AB 在计算简图中取为整根梁。而竖杆 CD 、斜杆 AD 和 BD 的抗弯刚度与横梁 AB 相比小得多，它们

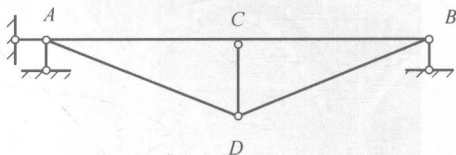
主要承受轴力, 所以杆件 CD 、 AD 、 BD 的两端都看作铰接, 其中铰 C 与梁 AB 的下方连接。

杆件的简化: 用各杆件的轴线代替各杆件。其中杆 AB 是梁式杆件 (有弯矩、剪力和轴力); 杆 CD 、 AD 和 BD 为桁架式杆件 (只有轴力)。

吊车梁的计算简图如图 1-13 (b) 所示。这样简化, 计算简便, 又基本能反映结构的主要受力特点。



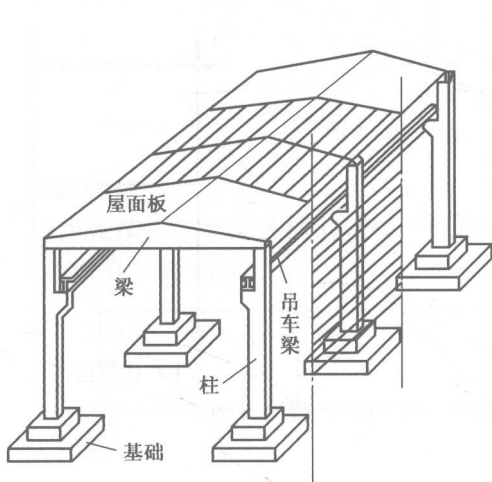
(a) 桁架式组合吊车梁构造图



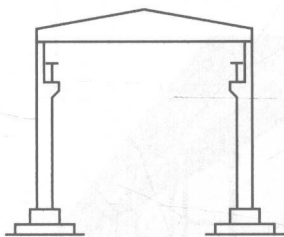
(b) 桁架式组合吊车梁计算简图

图 1-13 桁架式组合吊车梁计算简图 (例题 1-1 图)

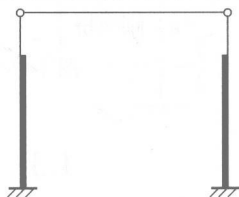
例题 1-2 图 1-14 (a) 所示为一钢筋混凝土厂房结构, 梁和柱都是预制的。柱子下端插入基础的杯口内, 然后用细石混凝土填实。梁和柱是通过梁端和柱顶的预埋钢板进行焊接连接的。在横向平面内柱与梁组成排架 (图 1-14 (b)), 每个排架之间, 在梁上有屋面板连接, 在柱的牛腿上有吊车梁连接。试确定其计算简图。



(a) 钢筋混凝土厂房结构



(b) 平面排架结构



(c) 计算简图

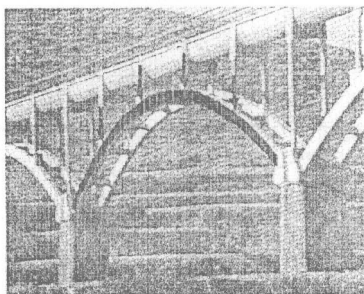
图 1-14 钢筋混凝土厂房结构计算简图 (例题 1-2 图)

解 厂房结构是由很多排架用屋面板和吊车梁连接起来的空间结构, 但每个排架在纵向以一定的间距有规律地排列着。作用于厂房上的荷载, 如恒载、风载和雪载等是沿纵向均匀分布的, 通常可把这些荷载分配给每个排架, 而将每一排架看作一个独立的单元, 于是实际的空间结构便简化成平面结构 (图 1-14 (b)), 其负荷范围为图 1-14 (a) 所示的阴影部分。梁和柱都用它们的几何轴线来表示。由于梁和柱的截面尺寸比长度小得多, 轴线都可近似地看作直线。而梁和柱的连接只依靠预埋钢板的焊接, 梁端和柱顶之间虽不能发生相对移动, 但仍有发生微小相对转动的可能, 因此可取为铰结点。柱底和基础之间可以认为不能发生相对移动和相

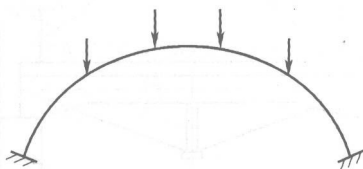
对转动, 因此柱底可取为固定端。其计算简图如图 1-14 (c) 所示。

例题 1-3 试确定图示拱桥 (图 1-15 (a)) 的计算简图。

解 拱桥的厚度与其跨度相比小很多, 故用拱轴线代替拱。拱底脚与桥墩之间不能发生相对移动和转动, 因此拱底脚支承处可取为固定端, 其计算简图如图 1-15 (b) 所示。



(a) 拱桥结构

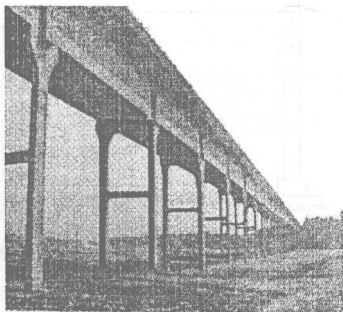


(b) 拱桥计算简图

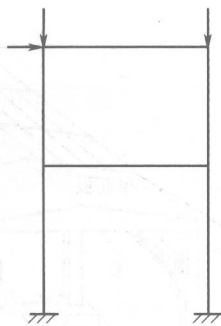
图 1-15 拱桥的计算简图 (例题 1-3 图)

例题 1-4 试确定图示刚架桥 (图 1-16 (a)) 的计算简图。

解 刚架桥各杆横截面的尺寸与其长度相比小很多, 故其各杆用其轴线代替刚架各杆。又因为梁柱结点都是整浇的, 故可认为是刚结点, 柱底与基础的连接取为固定端 (图 1-16 (b))。



(a) 刚架桥



(b) 计算简图

图 1-16 钢架桥计算简图 (例题 1-4 图)

1.3 平面杆件结构的分类

结构的分类是指结构计算简图的分类。

平面杆件结构是本书的研究对象。它通常按以下方式进行分类。

1.3.1 按结构组成和受力特点分类

1. 梁 (Beam)

梁是一种受弯构件, 可以是单跨的 (图 1-17 (a)) 或是多跨的 (图 1-17 (b))。

2. 拱 (Arch)

拱的轴线是曲线, 它的力学特点是在竖向荷载作用下产生水平支座反力。这种水平反力使拱内的弯矩远小于荷载、跨度及支承情况相同的梁的弯矩, 如图 1-18 所示。