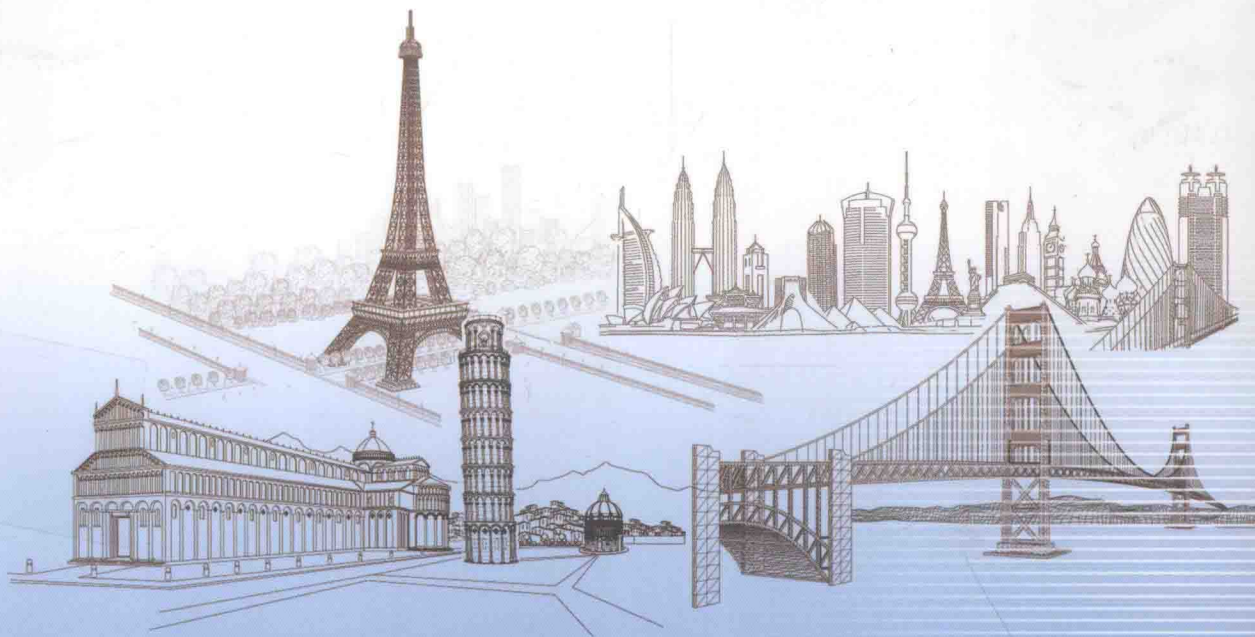




高等学校土木工程专业“卓越工程师”教育“十三五”规划教材
普通高等教育土木工程专业指导性规范配套“十三五”规划教材

结构力学（上）

■ 主 编 胡卫兵 朱占元
副主编 范小春 陈维愿 张 智



武汉理工大学出版社

高等学校土木工程专业“卓越工程师”教育“十三五”规划教材
普通高等教育土木工程专业指导性规范配套“十三五”规划教材

结构力学(上)

主 编 胡卫兵 朱占元
副主编 范小春 陈维愿 张 智

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

内 容 简 介

本书根据最新颁布的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》进行编写,涵盖规范中“力学原理和方法”知识领域中结构力学部分的全部知识点,明确地将内容分为基本部分(必修内容)和专题、提升部分(选修内容),选材适当,内容精炼,说明透切,注重理论联系实际,符合认知规律。

本书分为上、下两册,共14章。上册主要内容有绪论、平面杆件体系的几何组成分析、静定梁和静定刚架的受力分析、静定拱和悬索结构的受力分析、静定桁架和组合结构的受力分析、静定结构的位移计算、力法、位移法、力矩分配法和无剪力分配法、影响线及其应用,下册主要介绍矩阵位移法、结构的动力计算、结构的稳定计算、结构的极限荷载。

本书适用对象为高等学校土木、水利类专业的本科学生。本书也可作为成人教育、网络教育、自学考试教材,还可供参加国家注册结构工程师考试人员和有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

结构力学(上)/胡卫兵,朱占元主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2016.6

ISBN 978-7-5629-4346-4

I. ①结… II. ①胡… ②朱… 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(2016)第 131798 号

项目负责人:高 英 汪浪涛 戴皓华
责任编辑:高 英
责任校对:刘 凯
装帧设计:橙子工作室
出版发行:武汉理工大学出版社
地 址:武汉市洪山区珞狮路 122 号
邮 编:430070
网 址:<http://www.wutp.com.cn>
经 销:各地新华书店
印 刷:荆州市鸿盛印务有限公司
开 本:787×1092 1/16
印 张:17
字 数:435 千字
版 次:2016 年 6 月第 1 版
印 次:2016 年 6 月第 1 次印刷
印 数:1~3000 册
定 价:34.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线:027-87523148 87664138 87785758 87165708(传真)

· 版权所有,盗版必究 ·

前 言

本书根据高等学校土木工程学科专业指导委员会最新颁布的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》(以下简称“专业规范”)以及教育部颁布实施的《普通高等学校本科专业目录》中所规定的土木工程专业的培养目标、教育部审定的《结构力学课程教学基本要求》(多学时)编写而成。内容涵盖“专业规范”中“力学原理和方法”知识领域中结构力学部分的全部知识点,明确地将内容分为基本部分(必修内容)和专题、提升部分(选修内容,加注*号),可供各专业方向根据需要选用。

本书凝聚了编者多年从事结构力学教学的经验与体会,在编写过程中特别注重应用型人才培养的要求,力争符合目前大多数高校土木工程专业不同专业方向的结构力学课程的教学和社会对人才的需求,并能够充分体现“专业规范”的主要精神,便于学生学习。全书以工程实际为背景,注重物理概念的建立,强化力学建模能力和解决工程实际问题能力的培养,力求做到选材适当、语言精炼、结构清晰、阐述透彻、重点突出、例题典型、符合认知规律。为了满足课堂教学的需要,书中各章都精选了与教学内容相关的思考题,可作为课堂讨论和课后复习之用。本书除有大量基础的例题和习题之外,还选用了一些难度较大的例题和习题,以供有兴趣或者考研究生的读者参考。

本书分上、下两册,上册由西安建筑科技大学胡卫兵、四川农业大学朱占元担任主编,下册由四川农业大学朱占元、武汉理工大学范小春担任主编。参加编写的人员有:武汉轻工大学张智(第1、6章),范小春(第2、11章),陕西理工学院陈维愿(第3、4、9、10章),陕西理工学院张波(第5、14章),朱占元、四川农业大学李静(第7章),胡卫兵(第8章),武汉科技大学肖良丽(第12、13章),攀枝花学院孙金坤(参考答案)。全书经讨论、修改、互相校核后由主编统稿。

本书在编写过程中,参阅了多本同类书籍,在此一并表示感谢。

限于编者的水平,书中存在不妥之处,希望教师和读者提出宝贵意见,以便今后改进。

编 者
2016年2月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 结构力学的学科内容和教学要求	(1)
1.1.1 研究对象	(1)
1.1.2 课程任务和学习方法	(2)
1.2 结构的计算简图和简化方法	(2)
1.2.1 计算简图的概念	(2)
1.2.2 简化原则	(2)
1.2.3 简化要点	(3)
1.3 平面杆件结构的形式与分类	(6)
1.3.1 梁	(6)
1.3.2 拱	(6)
1.3.3 桁架	(7)
1.3.4 刚架	(7)
1.3.5 组合结构	(7)
1.3.6 悬吊结构	(7)
本章小结	(7)
思考题	(8)
2 平面杆件体系的几何组成分析	(9)
2.1 基本概念	(9)
2.1.1 平面杆件体系的分类	(9)
2.1.2 刚片	(10)
2.1.3 自由度	(10)
2.1.4 约束	(11)
2.1.5 瞬铰	(13)
2.2 平面几何不变体系的组成规律	(14)
2.2.1 一个点与一个刚片	(14)
2.2.2 两个刚片	(15)
2.2.3 三个刚片	(16)
2.3 平面杆件体系的几何组成分析	(16)
2.3.1 基本步骤	(16)
2.3.2 应用实例	(17)
2.3.3 静定结构和超静定结构	(21)
2.4 体系自由度的计算	(21)

本章小结	(24)
思考题	(25)
习题	(25)
3 静定梁和静定刚架的受力分析	(28)
3.1 单跨静定梁	(28)
3.1.1 杆件截面内力及正负号规定	(28)
3.1.2 用截面法求杆件指定截面内力	(29)
3.1.3 利用微分关系作内力图	(29)
3.1.4 用分段叠加法作弯矩图	(31)
3.1.5 简支斜梁的计算	(33)
3.2 多跨静定梁	(35)
3.2.1 多跨静定梁的基本形式	(35)
3.2.2 基本部分和附属部分	(35)
3.2.3 多跨静定梁的计算	(36)
3.3 静定平面刚架	(38)
3.3.1 刚架的组成及特点	(38)
3.3.2 刚架的类型	(39)
3.3.3 刚架的计算	(40)
3.3.4 刚架内力图的校核	(49)
本章小结	(50)
思考题	(50)
习题	(51)
4 静定拱和悬索结构的受力分析	(56)
4.1 静定拱的组成和类型	(56)
4.2 三铰拱反力和内力计算	(57)
4.2.1 支座反力的计算	(57)
4.2.2 内力的计算	(58)
4.2.3 拱的内力图	(59)
4.2.4 三铰拱的受力特性	(61)
4.3 三铰拱的合理轴线	(61)
4.3.1 在竖向荷载作用下三铰拱的合理拱轴	(61)
4.3.2 在沿径向均匀分布荷载作用下三铰拱的合理拱轴	(63)
4.3.3 在填土重力荷载作用下三铰拱的合理拱轴	(64)
4.4 悬索结构	(65)
4.4.1 悬索结构的基本概念	(65)
4.4.2 单根悬索的近似计算	(66)
本章小结	(70)
思考题	(70)
习题	(71)

5 静定桁架和组合结构的受力分析	(72)
5.1 桁架的受力性能和类型	(72)
5.1.1 桁架受力性能	(72)
5.1.2 计算简图	(73)
5.1.3 桁架类型	(74)
5.2 结点法	(74)
5.2.1 基本原理	(75)
5.2.2 结点平衡的特殊情况——零杆的判别	(77)
5.3 截面法	(78)
5.3.1 基本原理	(78)
5.3.2 截面法与结点法的联合应用	(79)
5.4 组合结构	(80)
本章小结	(82)
思考题	(82)
习题	(82)
6 静定结构的位移计算	(85)
6.1 概述	(85)
6.1.1 结构位移的种类	(85)
6.1.2 结构位移产生的原因	(85)
6.1.3 计算结构位移的目的	(85)
6.2 变形体虚功原理	(86)
6.2.1 刚体虚功原理	(86)
6.2.2 变形体体系虚功原理的表述和说明	(86)
6.2.3 杆件结构的虚功方程	(87)
6.3 单位荷载法与位移计算公式	(88)
6.3.1 平面杆件结构位移计算一般公式	(88)
6.3.2 虚力状态的选择	(88)
6.4 荷载作用下的位移计算	(89)
6.4.1 荷载作用下的位移公式	(89)
6.4.2 梁、刚架、桁架和曲梁算例	(90)
6.5 图乘法	(94)
6.5.1 图乘公式	(94)
6.5.2 适用条件	(95)
6.5.3 简单图形的面积公式和形心位置	(95)
6.5.4 按简支梁叠加法理解和划分复杂面积	(95)
6.5.5 算例分析	(96)
6.6 支座移动时的位移计算	(99)
6.7 温度改变时的位移计算	(100)
6.8 线弹性变形体系的互等定理	(102)

6.8.1 功的互等定理	(102)
6.8.2 位移互等定理	(103)
6.8.3 反力互等定理	(103)
6.8.4 反力位移互等定理	(104)
本章小结	(105)
思考题	(105)
习题	(106)
7 力法	(109)
7.1 超静定结构与超静定次数	(109)
7.1.1 超静定结构的概念	(109)
7.1.2 超静定次数和多余未知力的确定	(110)
7.2 力法的基本原理	(112)
7.2.1 力法的基本思路与原理	(112)
7.2.2 力法的基本体系	(114)
7.2.3 力法基本方程(典型方程)	(115)
7.2.4 力法求解超静定结构的一般步骤与校核	(117)
7.3 超静定梁、刚架和排架的力法计算	(119)
7.3.1 超静定梁的计算	(120)
7.3.2 超静定刚架的计算	(121)
7.3.3 铰接排架的计算	(123)
7.4 超静定桁架和组合结构的力法计算	(126)
7.4.1 超静定桁架的计算	(126)
7.4.2 超静定组合结构的计算	(127)
7.5* 超静定拱结构	(129)
7.5.1 超静定拱的组成与类型	(129)
7.5.2 超静定拱的计算	(129)
7.6 结构对称性的利用	(133)
7.6.1 结构和荷载的对称性	(134)
7.6.2 取对称基本体系计算	(134)
7.6.3 取半边结构计算	(137)
7.7 支座移动时超静定结构的计算	(140)
7.8 温度改变时超静定结构的计算	(143)
本章小结	(145)
思考题	(146)
习题	(147)
8 位移法	(152)
8.1 概述	(152)
8.2 位移法的基本概念	(152)
8.3 等截面直杆的形常数和载常数	(154)

8.3.1	杆端位移和杆端内力的正负号规定	(154)
8.3.2	等截面直杆的刚度系数和固端力	(155)
8.4	位移法的基本未知量和基本结构	(158)
8.4.1	位移法的基本未知量	(158)
8.4.2	位移法的基本结构	(159)
8.5	位移法的典型方程	(160)
8.5.1	位移法的典型方程的建立	(160)
8.5.2	n 个基本未知量的位移法典型方程	(161)
8.5.3	位移法典型方程中的系数和自由项计算	(162)
8.5.4	解联立方程组求基本未知量	(163)
8.5.5	求最后内力并作内力图	(163)
8.6	用典型方程法计算超静定结构	(163)
8.6.1	典型方程法的计算步骤	(163)
8.6.2	有一个独立结点角位移未知量的结构计算	(164)
8.6.3	有一个结点线位移未知量的结构计算	(165)
8.6.4	用位移法计算一般刚架	(166)
8.6.5	用位移法求解支座位移作用下的超静定结构内力	(169)
8.7	用平衡方程法计算超静定结构	(170)
8.7.1	等截面直杆的转角位移方程	(171)
8.7.2	平衡方程法解题步骤	(172)
8.8	对称性的利用	(174)
8.8.1	对称荷载作用下的对称刚架	(174)
8.8.2	反对称荷载作用下的对称刚架	(175)
8.8.3	非对称荷载作用下的对称刚架	(175)
	本章小结	(177)
	思考题	(178)
	习题	(178)
9	力矩分配法和无剪力分配法	(181)
9.1	力矩分配法基本概念	(181)
9.1.1	转动刚度 S_{AB}	(182)
9.1.2	分配系数	(183)
9.1.3	传递系数	(184)
9.2	单结点的力矩分配——基本运算	(186)
9.3	多结点的力矩分配——渐进运算	(190)
9.4	无剪力分配法	(202)
9.4.1	无剪力分配法的应用条件	(202)
9.4.2	固端弯矩	(203)
9.4.3	转动刚度和传递系数	(204)
9.4.4	无剪力分配法计算反对称荷载作用下的多层单跨对称刚架	(205)

本章小结	(209)
思考题	(209)
习题	(210)
10 影响线及其应用	(214)
10.1 移动荷载及影响线的概念	(214)
10.1.1 移动荷载及其对结构的作用	(214)
10.1.2 影响线基本概念	(214)
10.2 静力法作静定单跨梁影响线	(215)
10.2.1 简支梁的影响线	(216)
10.2.2 伸臂梁的影响线	(218)
10.2.3 内力影响线与内力图的区别	(220)
10.3 间接荷载作用下的影响线	(221)
10.3.1 结点荷载作用下主梁的影响线	(221)
10.3.2 静力法作桁架的影响线	(223)
10.4 机动法作静定梁的影响线	(226)
10.4.1 刚体体系的虚功原理	(226)
10.4.2 机动法作影响线的原理和步骤	(227)
10.4.3 机动法作简支梁的影响线	(228)
10.4.4 机动法作静定多跨梁的影响线	(230)
10.5 影响线的应用	(232)
10.5.1 荷载位置固定时利用影响线求某量值	(232)
10.5.2 利用影响线确定最不利荷载位置	(234)
10.6 简支梁的包络图和绝对最大弯矩	(239)
10.6.1 简支梁的包络图	(239)
10.6.2 简支梁的绝对最大弯矩	(240)
10.7 超静定梁的影响线	(242)
10.7.1 用静力法绘制超静定梁影响线的原理	(242)
10.7.2 用机动法绘制超静定梁影响线	(245)
10.8 连续梁的最不利荷载分布及内力包络图	(249)
10.8.1 连续梁的最不利荷载分布	(249)
10.8.2 内力包络图	(250)
本章小结	(252)
思考题	(252)
习题	(253)
参考答案	(256)
参考文献	(260)

1 绪 论

1.1 结构力学的学科内容和教学要求

1.1.1 研究对象

什么是结构？在土木工程的各类建筑物中起承受与传递荷载作用的支撑骨架体系称为土木工程结构，简称结构。如图 1.1 所示的房屋梁柱体系、图 1.2 所示的桥梁、图 1.3 所示的重力坝等均为典型的结构。



图 1.1 房屋梁柱体系



图 1.2 桥梁

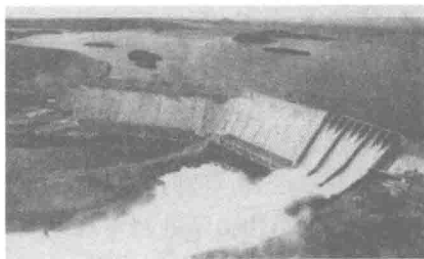


图 1.3 重力坝

结构通常是由多个单个的构件联结组成的，根据组成结构的构件的几何特征，一般把结构分为三类：

(1) 杆件结构

杆件结构是由杆件按照一定的方式连接在一起形成的体系，也称为杆件体系。杆件的几何特征是横截面的几何尺寸远小于长度尺寸。例如房屋建筑中的主体框架结构、大型公共建筑中的大跨度空间桁架网架结构等，都是典型的杆件结构。

(2) 板壳结构

板壳结构也称薄壁结构。组成板壳结构的构件是板或壳，其几何特征是其厚度尺寸远小于长度和宽度的尺寸。例如房屋建筑中的预制或现浇钢筋混凝土楼板、大跨度空间建筑物中的薄壳屋顶等，都属于板壳结构。

(3) 实体结构

实体结构由实体（也称块体）构成，实体的几何特征是构件三个方向（长、宽、高）的尺寸相差不大（同一数量级），且内部大都为实体。例如大型设备的底座或基础、水利工程中的重力坝、挡土墙等，都属于实体结构。

虽然结构类型有多种，但人们常说的结构（狭义的结构）指的是杆件结构。根据现行的学科划分方法，结构力学主要的研究对象是杆件结构。因此，我们即将要学习的结构力学课

程,准确地讲应该是杆件结构力学。

1.1.2 课程任务和学习方法

结构设计中的一个重要环节是结构分析。强度、刚度和稳定性问题是结构分析中的主要内容。理论力学着重讨论质点或刚体的平衡及机械运动规律,是其他专业力学课程的基础。材料力学主要研究单个构件的强度、刚度和稳定性问题。结构力学则以理论力学和材料力学为基础,研究杆件结构的强度、刚度和稳定性问题。

结构力学课程的主要任务包括:

(1) 研究结构的组成规律,使结构具有可靠的几何构成;探讨结构的合理形式,充分发挥材料的力学性能。

(2) 结构计算简图的合理选择。

(3) 研究结构在静荷载作用下的内力和位移计算方法,为结构的强度和刚度计算提供依据。

(4) 探讨结构在静荷载作用下的稳定性的计算原理与方法,保证结构的安全而不致失稳。

(5) 研究结构在动荷载作用下的动力性能和动力反应规律。

结构力学是一门承前启后的课程。在结构力学的学习过程中,经常需要运用到之前学过的一些课程知识,例如高等数学、理论力学、材料力学等。要学好结构力学,就必须熟练掌握相关课程的知识点。如果有之前掌握不好的,或者长时间未运用而遗忘的知识点,一定要根据课程要求进行必要的复习。同时,结构力学是多门专业课程学习的基础,在学习结构力学时,应有意识地将理论知识与工程实际相结合,多问、多想、多实践。

在学习结构力学的基本理论和计算方法时,做大量的、多样的习题是非常有必要的。结构力学的基本原理较多,计算方法多样,某些特殊情况下的处理也很有技巧性,要熟练掌握这些知识点,就必须多练习、多做题。不过在多做题的基础上,必须要提高针对性:在做题之前,首先要对基本原理有清晰的理解;其次,要搞清楚例题中采用某种计算方法的原因,了解前因后果,而不是盲目地套用公式;最后,对于解答错误的题目,务必弄明白错误的原因和改正的方法,避免下次犯相同的错误。

1.2 结构的计算简图和简化方法

1.2.1 计算简图的概念

实际工程中的结构往往很复杂,想严格按照结构的实际情况进行精确的力学分析和计算是很困难的,甚至是不可能的;而从工程实际的要求来看,这样也是没有必要的。因此,在对实际结构进行分析和计算之前,必须略去一些次要的影响因素,用一个能反映结构最基本、最主要的受力和变形特点的简化了的图形——结构的力学模型,来代替实际结构。这种简化了的图形称为结构的计算简图。

1.2.2 简化原则

计算简图的正确选取对结构的分析和计算有非常重要的意义,因此,在选取结构计算简图时,应遵循以下准则:

- (1) 计算简图能反映结构的主要受力特点和力学性能;
- (2) 抓住主要因素,略去次要因素,便于结构计算。

1.2.3 简化要点

从实际结构到计算简图,一般说来,包括以下几项简化内容:

(1) 结构体系的简化

实际工程中的结构,严格说来都是空间结构,因为只有空间结构才能承受来自各个方向的荷载。但在土木、交通和水利工程中,很多结构可以略去次要的约束而分解简化为平面结构,从而极大地简化计算,提高计算效率。本书中主要以平面结构为研究对象,对于一些空间特征过于明显、无法简化为平面结构的结构,本书也会涉及,但不作为主要研究对象。

(2) 平面杆件结构内部的简化

① 杆件的简化

本书的主要研究对象是杆件结构。由于杆件的截面变形近似符合平截面假设,因此,可根据平截面假设计算截面上的应力,即可根据截面的内力(弯矩、剪力、轴力)来确定截面上的应力。因此,各种杆件在计算简图中均可用其轴线表示。杆件之间的连接区用位于杆件轴线交点处的结点表示,杆长即为结点间的距离。作用在结构上的荷载,在结构简图中的作用位置也在轴线上。但对于截面尺寸较大的构件(例如超过杆长尺寸的 $1/4$)不能看作杆件,自然也无法在计算简图中用其轴线表示。

② 杆件间连接的简化

杆件之间的连接,可根据受力特点简化为结点。实际工程中,杆件的连接方式多种多样,材料也不尽相同,但通常简化为两种结点。

a. 铰结点

铰结点的特点是被连接的杆件可以绕铰结点相互转动(相对角位移),但不能相互移动(相对线位移)。在实际工程结构中,理想铰结点几乎是不存在的。图 1.4(a)所示为一木屋架的榫头连接结点,由于各杆件之间能有微小的转动,在计算时可将其简化为铰结点,计算简图如图 1.4(b)所示。图 1.5(a)所示为一钢桁架结点,各杆件之间通过焊接连接在一起,事实上是无法相对转动的,但由于结构特点,各杆主要承受轴力,弯矩的作用可以忽略,因此,可将结点简化为铰结点,计算简图如图 1.5(b)所示。

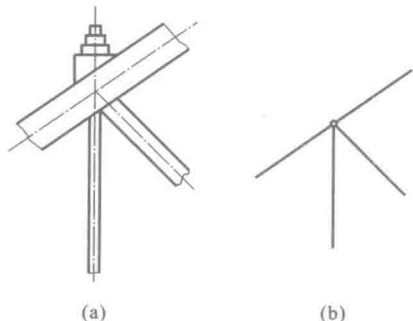


图 1.4 木屋架榫头连接结点

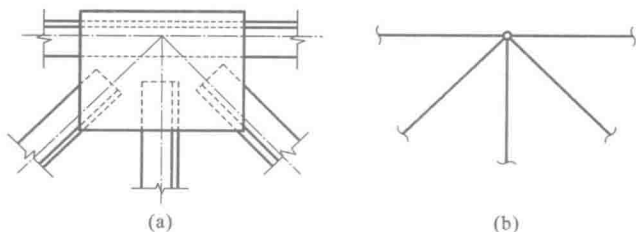


图 1.5 钢桁架结点

b. 刚结点

刚结点的特点是被连接的杆件不可以绕刚结点相互转动(相对角位移),又不能相互移动(相对线位移)。图 1.6(a)所示为一现浇钢筋混凝土框架梁柱结点构造图。由于混凝土梁柱现浇为一体以及钢筋的布置,使梁和柱之间无法相对移动和转动,因此,可将该结点简化为刚结点,计算简图如图 1.6(b)所示。

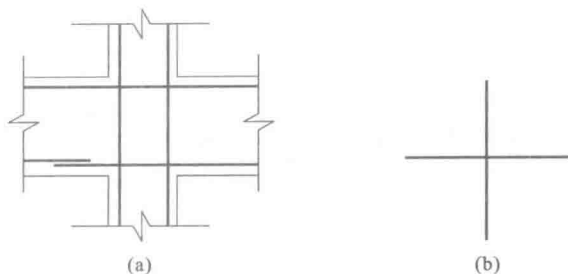


图 1.6 钢筋混凝土框架梁柱结点

(3) 平面杆件结构支座的简化

支座是将主体结构与基础连接在一起,以固定主体结构,并将主体结构所承受的荷载传递到基础和地基上的装置。平面杆件结构的支座一般可以简化为四种形式。

① 固定铰支座

固定铰支座的特点是被支承的结构不能发生任何平动,只能围绕支座发生转动。在计算简图中,固定铰支座的支座反力可以用两个方向的反力 X 和 Y 来表示(图 1.7)。

在实际结构中,不能移动但能微小转动的支承都可以被认为是固定铰支座。

② 活动铰支座

活动铰支座的特点是被支承的结构能围绕支座发生转动,且可以沿平行于支承平面的方向移动,但不能沿垂直于支承平面的方向移动。在计算简图中,活动铰支座可以用一根链杆表示,支座反力为沿链杆轴线方向的反力 Y (图 1.8)。

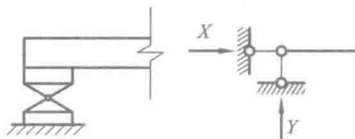


图 1.7 固定铰支座

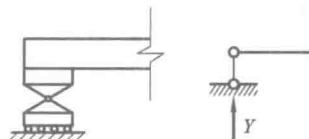


图 1.8 活动铰支座

③ 固定支座

固定支座的特点是被支承的结构既不能发生任何平动,也不能围绕支座发生转动。在计算简图中,固定支座可以用水平和竖直两个方向的反力 X 和 Y 及反力偶 M 三个分量来表示(图 1.9)。

在实际结构中,嵌入墙或柱中的杆件,如果嵌入部分较长,则嵌入端可视为固定支座。又如插入杯形基础中的柱子,如果在缝隙中灌以细石混凝土填充,则也可视为固定支座。

④ 定向支座

定向支座的特点是被支承的结构只能沿平行于支承平面的方向移动,但不能沿垂直于支承平面的方向移动,也不能围绕支座发生转动。在计算简图中,定向支座可以用竖直方向

的反力 Y 和反力偶 M 两个分量来表示(图 1.10)。

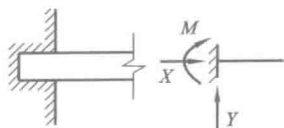


图 1.9 固定支座

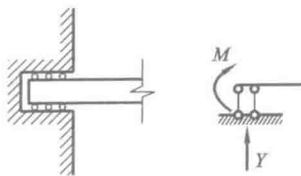


图 1.10 定向支座

(4) 荷载的简化

作用在结构上的荷载可以分为体积力和面积力两类。体积力是指结构的自重或惯性力等；面积力是指其他物体通过与结构的接触而施加在接触面上的力，例如风压力、土压力、设备重量、车辆轮压力等。由于杆件结构被简化为其轴线，因此，所有的荷载均可以简化为作用在轴线上的力。根据荷载的分布范围等特点，还可以把荷载分为集中力和分布力。

(5) 材料的简化

与材料力学课程中的假设类似，为了简化计算，同时最大限度地符合实际情况，在研究结构的受力变形特点时，也将所有材料假设为均匀的、连续的、各向同性的、完全弹性或弹塑性的。

下面根据结构简化的原则和方法，举例说明计算简图的确定。

【例 1.1】 图 1.11(a)所示为一单层工业厂房，试确定其计算简图。

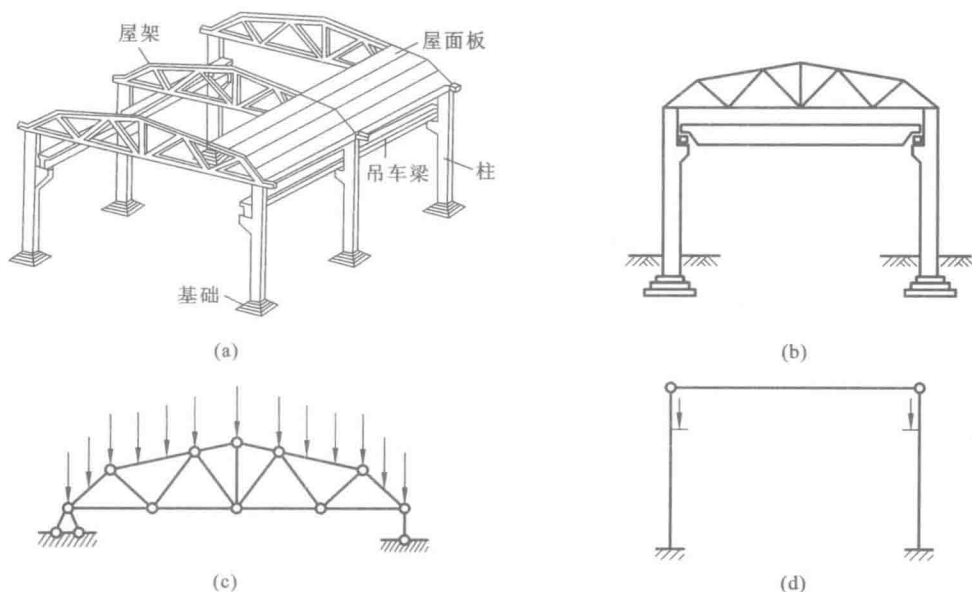


图 1.11 计算简图的确定

【解】

(1) 体系的简化。由图 1.11(a)可知，该厂房是由一系列屋架、柱、吊车梁和基础构成的空间结构。考虑到由每对柱子和其上部的屋架组成的排架的轴线均位于同一平面内，且由屋面板和吊车梁传来的荷载主要由各横向排架承受，因而在分析该空间结构的受力性能时，可简化为图 1.11(b)所示的平面结构。

(2) 支座的简化。通常情况下,屋架与立柱通过钢板焊接在一起,既不能上下移动,也不能水平移动。但是,在荷载作用下,屋架两端仍然可以有微小的转动。此外,由于热胀冷缩,屋架整体还可以自由伸缩。为便于计算,可将屋架的一端简化为固定铰支座,另一端简化为活动铰支座,屋架与柱顶的连接如图 1.11(c) 所示。如果柱插入杯口基础后,用细石混凝土填充,则可视其为固定端支座,如图 1.11(d) 所示。

(3) 屋架杆件和结点的简化。屋架各杆均用其轴线来表示,为便于计算,杆件与杆件之间的结点简化为铰结点。计算柱的内力时,可将屋架视同两端铰结的链杆,将两柱顶连接在一起。立柱以其轴线表示,如图 1.11(d) 所示。

(4) 荷载的简化。屋面荷载及其自重沿纵向是均匀分布的,可将其简化为作用在屋架上弦结点上的集中荷载,吊车梁上的荷载为移动荷载,计算柱内力时,可将其简化为竖向偏心集中荷载,如图 1.11(c)、图 1.11(d) 所示。

1.3 平面杆件结构的形式与分类

根据平面杆件结构计算简图的组成特征和受力特性,通常可将平面杆件结构分为以下几类。

1.3.1 梁

梁是一种受弯杆件,主要承受弯矩的作用,轴线一般是直线。梁可以是单跨的[图 1.12(a)],也可以是多跨的[图 1.12(b)、图 1.12(c)];可以是静定的[图 1.12(a)、图 1.12(b)],也可以是超静定的[图 1.12(c)]。

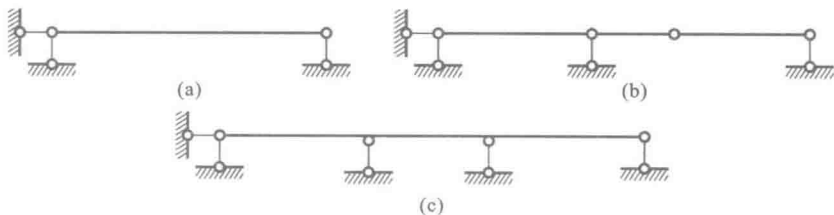


图 1.12 梁

1.3.2 拱

拱的轴线通常为曲线,其特点是在竖向荷载作用下会产生水平支座反力,能减小横截面的弯矩,充分发挥材料的力学性能,提高受力性能。拱的主要内力是轴力。常见的拱的形式有三铰拱[图 1.13(a)]、二铰拱[图 1.13(b)]和无铰拱[图 1.13(c)]。

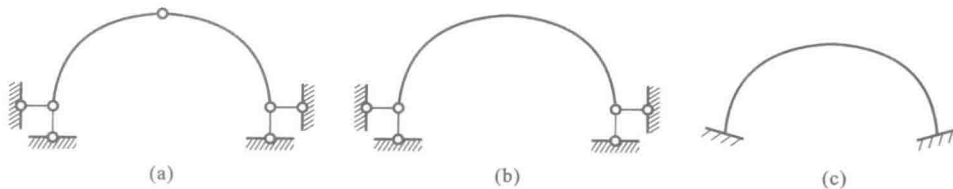


图 1.13 拱

1.3.3 桁架

两端都只与铰结点连接的直杆称为链杆,全部由链杆和铰结点组成的结构称为桁架,如图 1.14 所示。当荷载全部作用在结点上时,各杆只承受轴力。

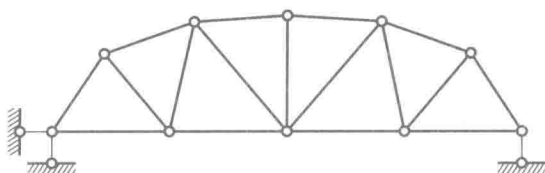


图 1.14 桁架

1.3.4 刚架

刚架是由梁和柱等直杆组成的,杆件的连接部分或全部为刚结点,如图 1.15 所示。刚架中各杆件的内力一般有弯矩、剪力和轴力,但多以弯矩为主要内力。

1.3.5 组合结构

组合结构是由梁式杆、刚架和链杆共同组成的结构,其中链杆主要承受轴力,梁式杆和刚架主要承受弯矩,如图 1.16 所示。

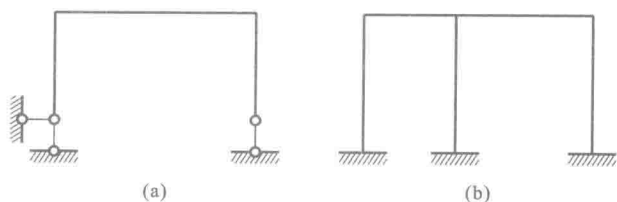


图 1.15 刚架

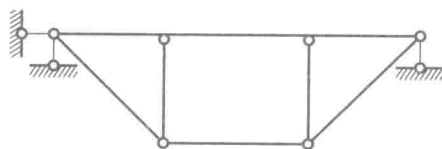


图 1.16 组合结构

1.3.6 悬吊结构

悬吊结构常使用在桥梁结构中,例如各类斜拉桥和悬索桥;房屋顶盖结构中有时也使用悬吊结构。悬吊结构通常由仅能承受拉力的柔性缆索作为主要受力构件。图 1.17 为斜拉桥示意图,桥面荷载主要由端锚索承担,再由端锚索传递到桥塔。

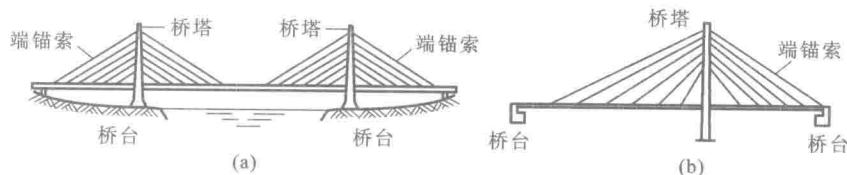


图 1.17 斜拉桥(悬吊结构)示意图

(a) 双塔式; (b) 独塔式

本章小结

本章讨论了结构力学的研究对象、课程任务和学习方法,重点阐述了结构的简化原则和计算简图,并介绍了平面杆件结构的分类。