



新世纪高职高专土建类系列教材

结 构 力 学

J I E G O U L I X U E

沈养中 石 静 主编

闫礼平 孟胜国 董 平 范庆忠 副主编



科学出版社

新世纪高职高专土建类系列教材

结 构 力 学

沈养中 石 静 主 编

闫礼平 孟胜国 副主编
董 平 范庆忠

科 学 出 版 社

2001

内 容 简 介

本书是《新世纪高职高专土建类系列教材》之一,是依据教育部制定的高职高专土建类专业力学课程教学基本要求编写的。本书着力体现当前高职高专教学改革的特点,突出针对性、适用性和实用性,力求精选内容,简化公式推导,理论联系实际,注重工程应用,文字简洁,叙述深入浅出、通俗易懂,图文配合紧密。全书共分九章,内容包括绪论、平面杆件体系的几何组成分析、静定结构的内力计算、静定结构的位移计算、力法、位移法、渐近法与近似法、影响线和结构的动力计算。每章后有思考题、习题。

本书可供高等学校、高等专科学校、成人高校及本科院校所属的二级职业技术学院和民办高校的土建类专业力学课程作为教材,也可作为多学时近土类专业的力学教材和有关工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

结构力学/沈养中等主编. -北京:科学出版社,2001
(新世纪高职高专土建类系列教材)
ISBN 7-03-009494-8

I. 结… II. 沈… III. 结构力学-高等学校:技术学校-教材
IV. 0342

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 046036 号

科学出版社出版

北京东黄城根北街14

邮政编码100717

<http://www.sciencep.com>

新德印刷厂

科学出版社发行 各地新华书店经销

2001年8月第1版 开本:720×1000 B5

2001年8月第1次印刷 印张:20½

印数:1—5 500 字数:397 000

定价:23.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈北燕〉)

**《新世纪高职高专土建类系列教材》
编 委 会**

主任委员 沈养中

副主任委员 (以姓氏笔画为序)

王志军 邓庆阳 司马玉洲 李继业

李维安 董 平 童安齐

委 员 (以姓氏笔画为序)

王长永 王振武 石 静 史书阁

付玉辉 田云阁 刘正保 刘念华

李洪岐 李树枫 肖 翥 陈守兰

张力庭 张丽华 张献奇 孟胜国

郝延锦 郭玉起 袁雪峰

出版说明

当前,高职高专教育中土建类及其相关专业已成为各高职高专学校的主要专业之一,专业人数不断扩大,教学要求越来越高,以往出版的教材已难以满足教学需要。为了促进高职高专教学改革,加强高职高专教材建设,我们组织了《新世纪高职高专土建类系列教材》。与同类教材相比,本套教材有以下几个显著特点:

1. 针对性强,适合高职高专的培养目标;
2. 吸收了我国近10年来教学改革的阶段性成果,并以我国现行建筑行业的最新政策、法规为依据;
3. 内容更新,重点突出,注意整体的逻辑性、连贯性,具有适用性、实用性。

参加本套教材编写的主要单位有:邢台职业技术学院、河北工程技术高等专科学校、山东农业大学土木工程学院、华北矿业高等专科学校、华北航天工业学院、山西阳泉煤炭专科学校、南阳理工学院。

由于时间仓促,错漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

《新世纪高职高专土建类
系列教材》编委会
2001年8月

前 言

本书是《新世纪高职高专土建类系列教材》之一,依据教育部制定的高职高专土建类专业力学课程教学基本要求编写。

本书为建筑力学之三,它与理论力学(建筑力学之一)、材料力学(建筑力学之二)及工程结构有限元计算(建筑力学之四)在内容上融合、贯通,有机地连成一体,构成高职高专土建类专业配套的力学课程教材。本教材着力体现当前高职高专教学改革的特点,突出针对性、适用性和实用性。编写时精选内容,简化公式推导,理论联系实际,注重工程应用,注意文字简洁,叙述深入浅出,通俗易懂,图文配合紧密。

参加本书编写工作的有河北工程技术高等专科学校沈养中(第二章)、石静(第七、九章)、闫礼平(第一、六章),山西阳泉煤炭专科学校孟胜国(第五章),华北航天工业学院董平(第三章)、高迎伏(第八章),山东农业大学范庆忠、邱秀梅(第四章)。全书由沈养中、石静统稿。长春工程学院薛光瑾教授主审全稿。

在本书的编写过程中,许多同行提出了很好的意见和建议,在此表示感谢。

鉴于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,敬请同行和广大读者批评指正。

目 录

出版说明

前言

第一章 绪论	1
1.1 结构力学的研究对象和任务	1
1.2 结构的计算简图	2
1.3 平面杆件结构的分类	5
1.4 结构上的荷载及其分类	7
第二章 平面杆件体系的几何组成分析	9
2.1 几何组成分析的几个概念	9
2.2 几何不变体系的基本组成规则.....	13
2.3 几何组成分析举例.....	16
2.4 体系的几何组成与静定性的关系.....	18
思考题	19
习题	20
第三章 静定结构的内力计算	23
3.1 静定梁.....	23
3.2 静定平面刚架.....	34
3.3 三铰拱.....	41
3.4 静定平面桁架.....	47
3.5 静定组合结构.....	60
3.6 静定结构的特性.....	62
思考题	64
习题	64
第四章 静定结构的位移计算	70
4.1 位移计算概述.....	70
4.2 变形体虚功原理.....	72
4.3 结构位移计算的一般公式.....	81
4.4 静定结构在荷载作用下的位移计算.....	83
4.5 图乘法.....	88
4.6 静定结构由于支座移动、温度变化所引起的位移	95
4.7 互等定理.....	97
思考题.....	100

习题	102
第五章 力法	105
5.1 超静定结构的概念和超静定次数的确定	105
5.2 力法的基本原理和典型方程	108
5.3 力法的计算步骤和示例	113
5.4 结构对称性的利用	126
5.5 超静定结构的位移计算与最后内力图的校核	136
5.6 温度改变与支座移动时超静定结构的内力计算	140
5.7 超静定拱的计算	144
5.8 超静定结构的特性	153
思考题	154
习题	154
第六章 位移法	160
6.1 位移法的基本概念	160
6.2 位移法基本未知量与基本结构	162
6.3 位移法典型方程与计算步骤	167
6.4 位移法计算举例	170
6.5 对称结构的计算	174
6.6 位移法与力法的比较	176
6.7 直接利用平衡条件建立位移法方程	177
6.8 用剪力分配法计算等高铰接排架	182
思考题	187
习题	187
第七章 渐近法与近似法	191
7.1 力矩分配法的基本概念	191
7.2 多结点的力矩分配法	198
7.3 无剪力分配法	205
7.4 用近似法计算多跨多层刚架	210
思考题	216
习题	217
第八章 影响线	221
8.1 影响线的概念	221
8.2 静力法绘制静定梁的影响线	222
8.3 间接荷载作用下的影响线	226
8.4 机动法绘制静定梁的影响线	228
8.5 影响线的应用	230
8.6 简支梁的内力包络图及绝对最大弯矩	236

8.7 连续梁的影响线与内力包络图	242
思考题	247
习题	248
第九章 结构的动力计算	251
9.1 概述	251
9.2 单自由度体系自由振动	255
9.3 多自由度体系自由振动	259
9.4 单自由度体系无阻尼强迫振动	273
9.5 阻尼对单自由度体系振动的影响	281
9.6 简谐荷载作用下多自由度体系的强迫振动	289
9.7 结构自振频率的近似计算	294
思考题	301
习题	302
附录 单阶柱系数	307
部分习题答案	309
参考文献	315

第一章 绪 论

本章介绍结构的概念及其分类,结构力学的研究对象和任务,结构计算简图的概念,平面杆件结构的简化与分类,荷载的简化与分类。

1.1 结构力学的研究对象和任务

1.1.1 结构

土木工程中的各类建筑物在使用过程中都要受到荷载的作用,在这些建筑物中承担和传递荷载而起骨架作用的部分或体系称为结构。房屋建筑中的梁柱体系,公路、铁路上的桥梁和隧洞,水工建筑物中的闸门和水坝等,都是结构的典型例子。

1.1.2 结构的分类

工程中常见的结构按其几何特征可分为以下三类:

(1) 杆件结构

由杆件组成的结构称为杆件结构。杆件的几何特征是它的长度远大于其横截面的宽度和高度。图 1.1(a)所示钢筋混凝土屋架就是杆件结构。

(2) 板壳结构

由薄板或薄壳组成的结构称为板壳结构。薄板和薄壳的几何特征是它们的长度和宽度远大于其厚度。当构件为平面状时称为薄板;当构件具有曲面状时称为薄

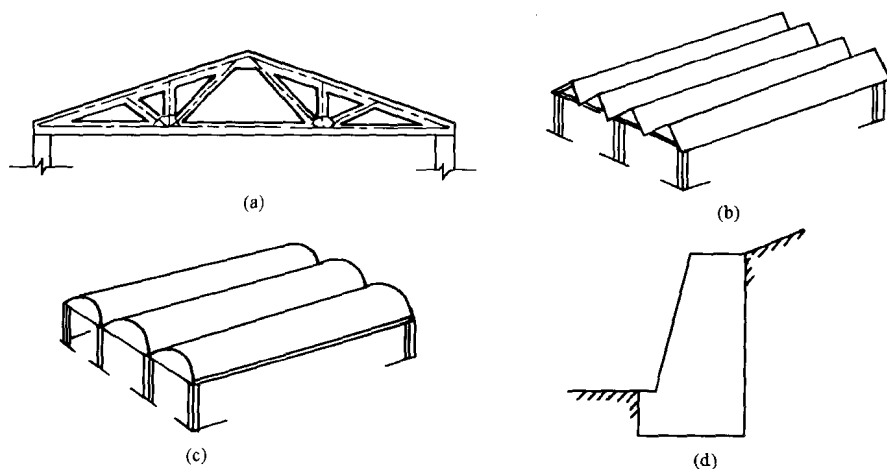


图 1.1

壳。板壳结构也称为薄壁结构。图 1.1(b,c)所示三角形折板屋顶和长筒壳屋顶就属于板壳结构。

(3) 实体结构

这指的是长、宽、高三个尺度为同一量级的结构。图 1.1(d)所示挡土墙,一般看作是实体结构。

除了上面三类结构外,在工程中还会遇到悬索结构、充气结构等其他类型。

杆件结构可分为平面杆件结构和空间杆件结构两类。凡组成结构的所有杆件的轴线都位于同一平面内,并且荷载也作用于该平面内的结构,称为平面杆件结构。否则称为空间杆件结构。

1.1.3 结构力学的研究对象和任务

结构力学的主要研究对象是杆件结构。其主要任务包括以下三个方面:

- 1) 研究结构的几何组成规律和合理形式,恰当选取结构的计算简图。
- 2) 研究结构内力和位移的计算方法,以便对结构进行强度、刚度和稳定性计算。
- 3) 分析、计算在动力荷载作用下的结构反应。

至于板壳结构和实体结构则是属于弹性力学进行研究的范畴。其他结构由各相关学科进行研究。

1.2 结构的计算简图

1.2.1 计算简图

工程中结构的实际构造比较复杂,因此在进行力学计算前,必须先将实际结构加以简化,分清结构受力、变形的主次,抓住主要因素,忽略一些次要因素,进行科学抽象,用一个简化了的便于计算的理想模型来代替实际结构。这种在结构分析和计算中用以代替实际结构的理想模型称为结构的计算简图。

1.2.2 杆件结构的简化要点

在选取计算简图时,通常对实际结构从以下几个方面进行简化:

(1) 杆件

杆件用其轴线表示,直杆简化为直线,曲杆简化为曲线。

(2) 结点

结构中各杆件的相互联结处称为结点。结点可简化为铰结点和刚结点两种类型。

- 1) 铰结点。铰结点的特征是各杆都可以绕该结点自由转动,即在结点处各杆之间的夹角可以改变。理想的铰结点可以用一个小圆圈表示,此时各杆端没有转动

约束,因此也就没有杆端弯矩,如房屋建筑中木屋架的结点 A、B[图 1.2(a,b,c)]。

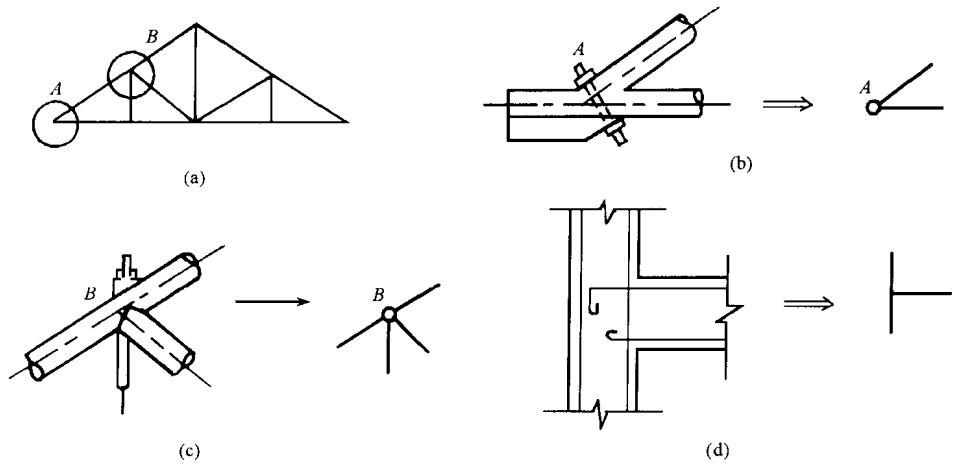


图 1.2

2) 刚结点。刚结点的几何特征是各杆不能绕该结点作相对转动,即各杆轴线之间的夹角变形前后保持不变,如钢筋混凝土框架边柱和梁的结点[图 1.2(d)]。

当一个结点同时具有以上两种结点的几何特征时,称为组合结点,即在结点处有些杆件为铰结,同时也有些杆件为刚性联结[图 1.3(a,b)]。

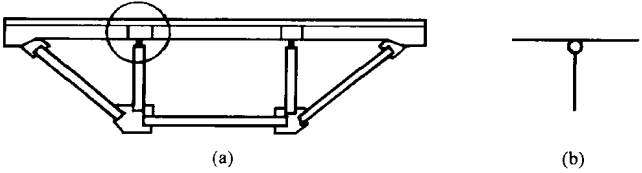


图 1.3

(3) 支座

把结构与基础或支承部分联结起来的装置称为支座。平面结构的支座根据其支承情况的不同可简化为活动铰支座、固定铰支座、固定端支座和定向支座[图 1.4(a,b,c,d)]。

(4) 荷载

作用在结构上的荷载通常简化为集中荷载和分布荷载。

下面举例说明如何选取计算简图。

【例 1.1】 图 1.5(a)为装配式单层工业厂房的一个横向平面单元,试选取该横向平面单元的计算简图。

【解】 1) 结构体系的简化。装配式单层工业厂房通常都是由许多横向的平面单元,通过各种纵向构件联系起来的空问结构。由于各个横向平面单元相同且作用于结构上的荷载一般又是沿纵向均匀分布的,因此沿纵向作用于结构上的荷载可

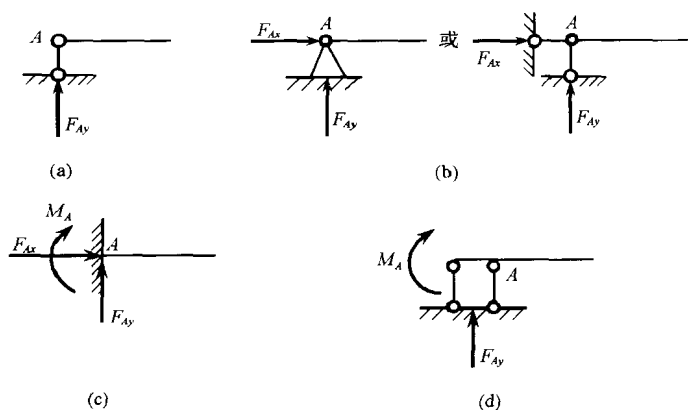


图 1.4

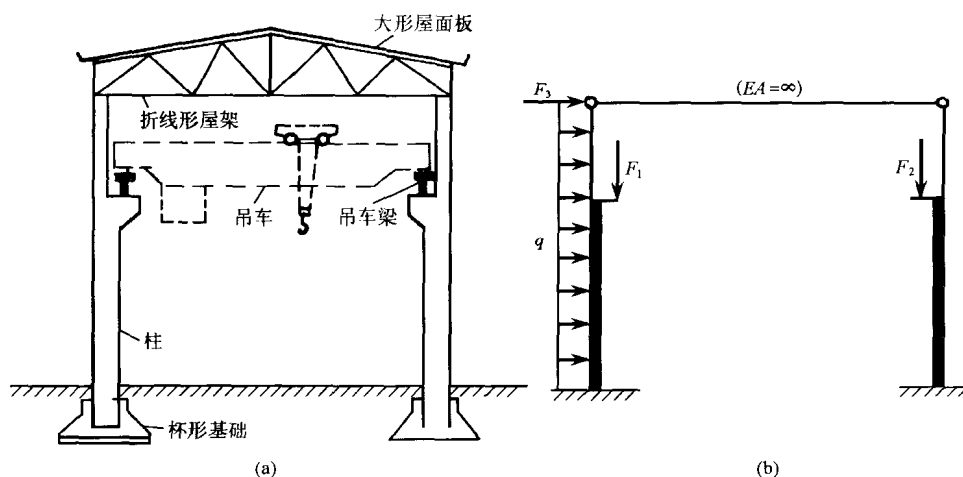


图 1.5

通过纵向构件分配到各个横向平面结构上。这样可把一个空间结构简化为若干个平面结构来进行分析、计算,即在计算横向平面单元时,可不考虑整体空间作用,将它们视为彼此独立的平面结构。

2) 构件的简化。立柱因上下截面不同,可用粗细不同的两段轴线表示。屋架因其平面内刚度很大,可简化为一刚度为无限大的直杆。

3) 结点与支座的简化。屋架与柱顶通常采用螺栓联结或焊接,可视为铰结点。立柱下端与基础联结牢固,嵌入较深,可简化为固定端支座。

4) 荷载的简化。由吊车梁传到柱子上的压力,因吊车梁与牛腿接触面积较小,可用集中力 F_1 、 F_2 表示,屋面上的风荷载简化为作用于柱顶的一水平集中力 F_3 ;而柱子所受水平风力,可按平面单元负荷宽度简化为均布线荷载。因此该横向平面单元的计算简图如图 1.5(b) 所示。

【例 1.2】 图 1.6(a)为一水利工程钢筋混凝土渡槽,试选取其计算简图。

【解】 在进行纵向计算时,可把槽身视为支承在支架上的简支梁,所受的荷载为均布的水重和自重,梁的截面为 U 形,计算简图如图 1.6(b)所示。在进行横向计算时,则用两个垂直于纵向轴线的平面从槽身中截出单位长度的一段,计算简图为 U 形刚架,如图 1.6(c)所示。所受荷载为水压力,底部的水压力为均匀分布,两侧则为三角形分布。由于每段槽身都是整个槽身的一部分,所以每段槽身上的竖向荷载靠整个槽身截面上的竖向剪力来支承,也就是靠该段渡槽的两侧截面内的竖向剪力来支承,图 1.6(c)中的支座实际上代表两侧壁板的竖向剪力所起的支承作用。

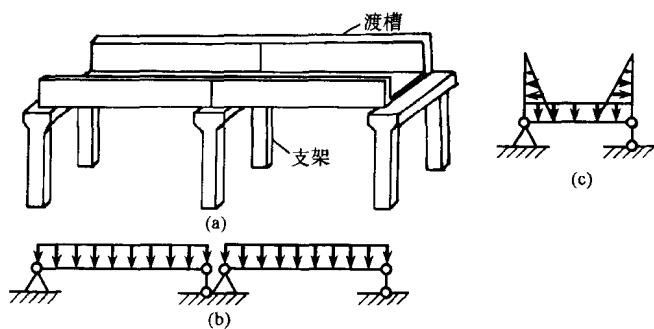


图 1.6

结构计算简图的选取,要求有丰富的结构设计、施工经验和力学知识,对于一些新型结构往往还需要通过反复试验和实践才能确定出比较合理的计算简图。对于常用的结构型式,可利用前人已积累的经验,其计算简图可直接采用。

1.3 平面杆件结构的分类

本书主要研究平面杆件结构。平面杆件结构可分为下面几种类型:

(1) 梁

梁是一种以弯曲变形为主的构件,其轴线通常为直线。梁可以是单跨的或多跨的(图 1.7)。

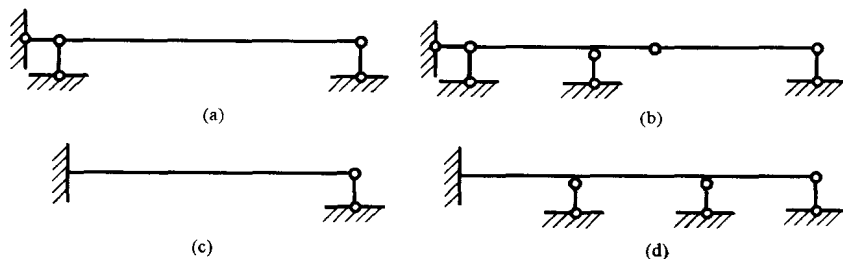


图 1.7

(2) 拱

拱的轴线多为曲线,其特点是在竖向荷载作用下能产生水平支座反力(图 1.8)。拱既受弯也受压,以受压为主。

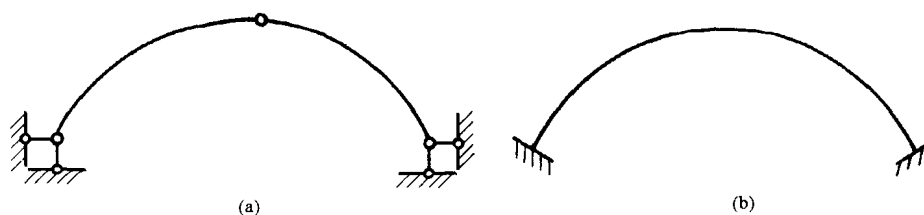


图 1.8

(3) 桁架

桁架由直杆组成,其所有结点都为铰结点(图 1.9),在平面荷载作用下各杆主要产生轴力。

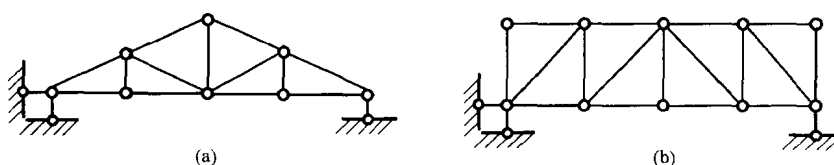


图 1.9

(4) 刚架

刚架是由平面内的梁、柱组成,其结点全部或部分为刚结点的结构(图 1.10)。刚架各杆主要承受弯矩,也承受剪力和轴力。

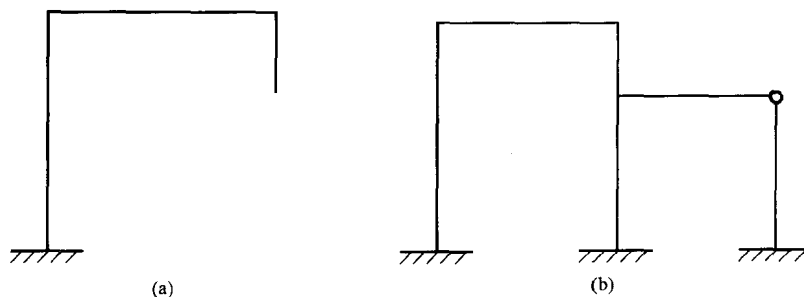


图 1.10

(5) 组合结构

组合结构通常指由桁架和梁或刚架组合在一起而形成的结构,其特点是存在组合结点。部分构件只承受轴力,另一部分构件则同时承受弯矩、剪力和轴力[图 1.11(a,b)]。

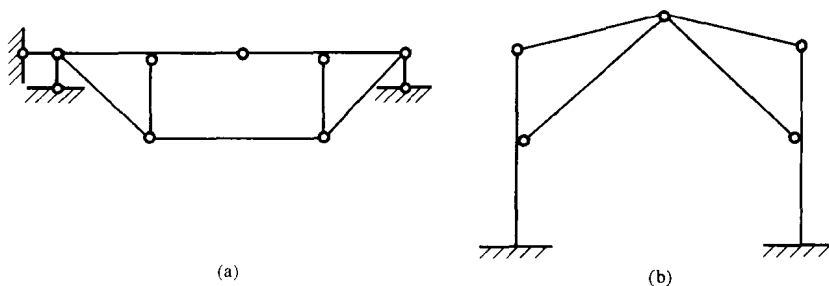


图 1.11

1.4 结构上的荷载及其分类

主动作用于结构上的外力称为荷载。在进行结构计算之前,首先要确定结构所受的荷载。如果将荷载估计过大,则设计的结构会过于笨重,并造成浪费;反之,若将荷载估计过低,则设计的结构将不能保证安全。因此,荷载的确定在结构设计中是非常重要的。

荷载按其不同特征可进行如下分类:

(1) 按荷载作用时间的久暂分类

1) 恒载。恒载是指永久作用于结构上的荷载,如结构的自重以及固定在结构上的永久性设备的重量等。

2) 活载。活载是指施工或使用期间临时作用于结构上的荷载,如列车荷载、吊车荷载、人群的重量、风载、雪载等。

(2) 按荷载作用的性质分类

1) 静力荷载。静力荷载是指其大小、方向和作用位置不随时间变化或变化非常缓慢的荷载。在这样的荷载加载过程中,结构不产生明显的加速度,因此可以略去惯性力的影响。静力荷载又称静荷载。

2) 动力荷载。动力荷载是指其大小、方向可随时间迅速变化的荷载。这样的荷载在加载过程中将使结构产生显著的运动,因此需要考虑加速度和惯性力的影响。动力荷载又称为动荷载。

恒载和一些位置不变且加载速度比较缓慢的荷载可视为静力荷载。冲击荷载、突加荷载以及机器运动引起的荷载、地震时地面运动对建筑物引起的动力作用等都属于动力荷载的范围。

(3) 按荷载的分布范围分类

1) 集中荷载。集中荷载是指其分布面积远小于结构尺寸的荷载。因此在分析、计算时可认为集中荷载是作用于结构的某一个点上,如汽车的轮压可视为作用于桥梁上的集中荷载。

2) 分布荷载。分布荷载是指连续分布在结构上的荷载。当分布荷载在结构上

均匀分布时,称为均布荷载;分布不均匀的,称为非均布荷载。如等截面梁的自重可视为均布荷载,而水对水池侧壁的压力则视为非均布荷载。

(4) 其他外界因素

结构除了承受上述荷载外,还可能受到其他外界因素的影响,如温度的改变、支座的移动、材料的收缩等都可能使结构产生变形或内力。在对结构进行分析、计算时必须考虑这些因素对结构产生的影响。