



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUOJIAJI GUIHUA JIAOCAI

JIANZHU LIXUE
YU JIANZHU JIEGOU

建筑力学 与建筑结构

(第二版)

主 编 刘丽华 王晓天
副主编 李九阳



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUOJIAJI GUIHUA JIAOCAI

JIANZHU LIXUE
YU JIANZHU JIEGOU

建筑力学 与建筑结构

(第二版)

主 编 刘丽华 王晓天
副主编 李九阳
编 写 朱 坤 沙 勇 常伏德
主 审 范国庆 窦立军



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。建筑力学主要内容包括静力学基本知识、静定结构的内力计算、杆件的强度与压杆稳定、静定结构的变形计算与刚度条件、超静定结构内力计算。建筑结构主要内容包括建筑结构及其设计基本原则、钢筋混凝土结构基本受力构件承载力计算、钢筋混凝土梁板结构、钢结构、地基与基础、高层建筑结构、建筑抗震设计、砌体结构等。本书按照最新规范编写,每章后配有思考题与习题,以巩固和消化所学的内容。

本书可作为工程管理专业、建筑学专业的本科教材,也可作为工程造价管理、建筑装饰技术、建筑经济、房地产等专业的高职教材,还可作为函授和自考辅导用书或供相关专业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学与建筑结构/刘丽华,王晓天主编. —2版. 北京:
中国电力出版社, 2008

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-5083-6987-7

I. 建… II. ①刘…②王… III. ①建筑力学—高等学校—
教材②建筑结构—高等学校—教材 IV. TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 045989 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2004 年 3 月第一版

2008 年 5 月第二版 2008 年 5 月北京第五次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 27 印张 659 千字

定价 39.80 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



第二版前言

本书自第一版发行后,经历了几轮教学实践,承蒙许多兄弟院校相关专业的使用。第二版是根据实践教学积累的经验,结合同行们提出的宝贵意见和建议修订而成的。

原体系总体来说适合近土木类相关专业使用,所以第二版在体系上并无变化。这次修订,主要增加了第十二章建筑抗震设计,以满足建筑物建筑抗震方面的需要,参考学时4学时,由常伏德教授执笔。其他章节的主要内容和编写人员不变,部分章节编排顺序有变化。另外,我们对第一版书中不当和错误之处作了增减和修改。

借此机会,向关心本书并对本书提出宝贵意见的同行们表示深切谢意。

编者

2008年2月

第一版前言

本教材是根据普通高等学校工程管理专业和建筑学专业的课程教学大纲和基本要求编写的。

建筑力学与建筑结构是工程造价管理专业、建筑学专业的一门重要的专业(技术)基础课,在基础课与专业课之间起着承上启下的作用。该教材结合作者多年的教学经验,集建筑力学与建筑结构于一体,并按现行新规范、新规程及国际单位制编写。在编写过程中力求做到内容取材适当,前后连接紧凑,简明易懂,理论联系实际,习题选取精练。通过学习使学生对建筑力学与建筑结构从整体上有一个基本认识。

本教材参考学时 160~180 学时。

本书由刘丽华、王晓天主编。参加本书编写工作的有:刘丽华(第一、二、六、十、十二章)、王晓天(第三、四、五、九章及第七章第一节)、李九阳(第七章及第八章部分章节)、朱坤(第十一章)、沙勇(第八章)。全书由范国庆教授主审。

在本书编写过程中,得到了很多同志的指教与支持,参考了不少相关教材,在此深表感谢。

限于编者的水平,书中难免存在一些缺点和错误,敬请广大教师和读者批评指正。

编者

2003 年 9 月

目 录

第二版前言

第一版前言

第一篇 建 筑 力 学

第一章 静力学基本知识	1
第一节 静力学基本公理	1
第二节 荷载及其分类	2
第三节 约束与约束反力	4
第四节 受力分析和受力图 结构的计算简图	7
第五节 力矩与力偶	11
第六节 平面力系的合成与平衡方程	16
第七节 平面力系平衡方程的初步应用	19
习题	22
第二章 静定结构的内力计算	26
第一节 平面体系的几何组成分析	26
第二节 内力 平面静定桁架的内力计算	29
第三节 梁的内力计算与内力图	35
第四节 静定平面刚架的内力计算与内力图	43
第五节 三铰拱的内力	46
第六节 截面的几何性质	48
习题	55
第三章 杆件的强度与压杆稳定	58
第一节 应力与应变的概念	58
第二节 轴向拉伸(压缩)杆的应力与应变	59
第三节 材料在拉伸和压缩时的力学性能	65
第四节 材料强度的确定及轴向受力构件的强度条件	68
第五节 梁的弯曲应力、梁的正应力、剪应力强度条件	70
第六节 应力状态与强度理论	78
第七节 组合变形	84
第八节 压杆稳定	88
习题	93
第四章 静定结构的变形计算与刚度校核	97
第一节 结构的变形与位移	97

第二节 二次积分法求梁的位移	98
第三节 虚功原理 单位荷载法计算位移	101
第四节 刚度校核	112
习题	114
第五章 超静定结构内力计算	116
第一节 超静定结构与超静定次数判定	116
第二节 力法计算超静定结构	118
第三节 力矩分配法计算超静定结构	123
习题	131

第二篇 建 筑 结 构

第六章 建筑结构及其设计基本原则	133
第一节 建筑结构分类及其应用范围	133
第二节 建筑结构设计基本原则	135
第七章 钢筋混凝土结构基本受力构件	142
第一节 钢筋混凝土材料的力学性能	142
第二节 受弯构件正截面承载力	151
第三节 受弯构件斜截面承载力计算	175
第四节 受弯构件的其他构造要求	183
第五节 受压构件承载力计算	188
第六节 钢筋混凝土构件变形和裂缝的计算	202
第七节 预应力混凝土构件	210
思考题	218
习题	218
第八章 钢筋混凝土梁板结构	225
第一节 现浇整体式单向板肋梁楼盖	225
第二节 现浇整体式双向板肋梁楼盖	251
第三节 楼梯	259
思考题	266
习题	266
第九章 钢结构	283
第一节 钢结构的材料	283
第二节 钢结构的基本构件	287
第三节 钢结构的连接	303
第四节 钢屋盖	319
思考题	323
习题	323

第十章 地基与基础	325
第一节 土的工程性质.....	325
第二节 基础的类型及适用范围.....	335
第三节 浅基础设计.....	338
第四节 桩基础设计.....	348
思考题.....	357
习题.....	357
第十一章 高层建筑结构	358
第一节 高层建筑结构的特点及结构类型.....	358
第二节 结构体系及结构总体布置的一般原则.....	359
第三节 高层建筑结构的荷载.....	363
思考题.....	366
第十二章 建筑抗震设计	367
第一节 地震的基本知识.....	367
第二节 抗震设计总则和基本要求.....	370
第三节 常见结构抗震设计的一般规定.....	373
思考题.....	376
第十三章 砌体结构	377
第一节 砌体材料和砌体强度.....	377
第二节 砌体结构的优点和结构布置.....	381
第三节 房屋的刚度及静力计算方案.....	382
第四节 墙、柱高厚比验算.....	384
第五节 无筋砌体构件的承载力验算.....	387
第六节 刚性方案房屋墙、柱的计算.....	392
第七节 砌体结构的构造要求.....	396
思考题.....	410
习题.....	410
附录 I 热轧普通型钢规格	411
附录 II 轴心受压构件的稳定系数	418
参考文献	421

第一篇 建筑力学

建筑力学是学习与研究建筑结构的基础。本篇主要包括以下基本内容：静力学基本知识，静定结构的内力计算，基本受力杆件的应力分析、计算与强度校核，静定结构的位移计算与刚度校核，超静定结构内力计算的基本方法等。

第一章 静力学基本知识

首先介绍静力学基本公理、建筑结构上的荷载、常见的支座形式及其反力，接着分析平面力系的平衡条件及平衡方程、利用平衡方程计算支座反力。其中支座反力计算是重点，是进一步学习建筑力学的基础。

第一节 静力学基本公理

力是物体间的相互机械作用。力作用在物体上可以改变物体的运动状态或使物体产生变形。力是矢量(F)，大小、方向与作用点为力的三要素。力可用一带箭头的线段表示，线段长 AB 表示力的大小，作用线与参考方向的夹角 α 表示力的方位，箭头表示指向，如图 1-1 所示。可用 A 或 B 点表示力的作用点。力的单位常用的为 N (牛)、 kN (千牛)。

在静力学中，那些由实践反复证实了的真理称为公理。静力学公理是研究静力学的理论基础。静力学前三个公理均只适用于刚体，即在外力作用下形状不改变的物体。

公理一(二力平衡公理) 刚体在二力作用下平衡，其平衡的充要条件是：该二力等值、反向、共线。即 $F_1 = -F_2$ ，如图 1-2 所示。

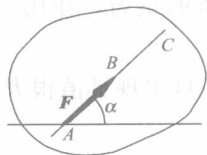


图 1-1 力的矢量表示

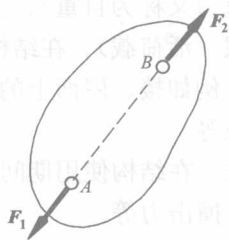


图 1-2 二力平衡

公理二(加减平衡力系公理) 在作用于刚体的任意力系上，如再加上或减去任意一个平衡力系，将不改变原力系的作用效应。

根据这个公理可得出力的可传性：力作用于刚体上，只要不改变力的大小和方向，则力

的作用点在其作用线上移动时,并不改变其作用效果。如图 1-3 所示。

公理三 (力的平行四边形法则) 作用于刚体上相交于一点的两个力,可以合成一个合力,合力的大小和方向为以二力为邻边的平行四边形的对角线,二力的交点即为合力的作用点。如图 1-4 (a) 所示。

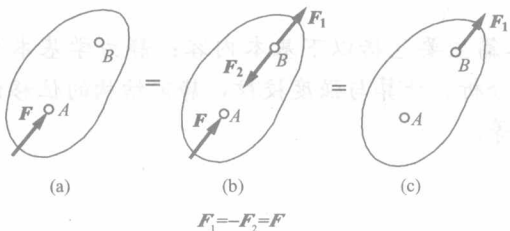


图 1-3 力的可传性

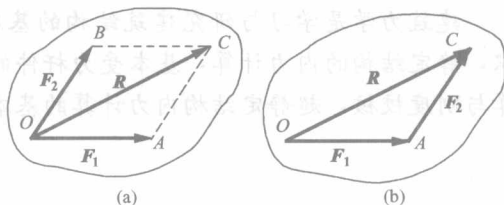


图 1-4 力的平行四边形、三角形法则

这个定理表明合力是分力的矢量和。可表示为

$$\mathbf{R} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$$

合力亦可采用三角形法则,如图 1-4 (b) 所示,即先作出 $\mathbf{F}_1, \mathbf{F}_2$ 与之首尾相接,连接 $\mathbf{F}_1$ 的起点 O 与 $\mathbf{F}_2$ 的终点 C 所构成的有向线段 OC 即为合力 $\mathbf{R}$ 。

公理四 (作用力与反作用力定律) 两物体间的相互作用力,总是大小相等、方向相反、沿同一直线,分别作用在两个物体上。

第二节 荷载及其分类

凡使物体产生运动或使物体有运动趋势的力称为主动力。建筑结构或构件上直接作用的主动力通称为荷载。建筑力学部分,荷载作为已知量给出,工程实际中荷载的形式是多种多样的,需要根据实际情况搜集、简化。现对荷载的形式及其分类作介绍。

一、荷载的分类

1. 按作用在结构上的时间长短分类

(1) 永久荷载 (恒荷载)。在结构使用期间,其值不随时间变化,或变化与平均值相比可以忽略不计的荷载。例如结构材料自身重力和其上饰面材料的重力,任何永久性非结构部件的重力 (这些重力又称为自重)、土压力等。

(2) 可变荷载 (活荷载)。在结构使用期间,其值随时间变化且其变化值与平均值相比不可忽略的荷载。例如楼、屋面上的人群、可移动设备的重力,作用于建筑物上的风荷载、雪荷载与积灰荷载等。

(3) 偶然荷载。在结构使用期间不一定出现,但一旦出现其值很大且持续时间较短的荷载。例如爆炸力、撞击力等。

2. 按作用在结构上的荷载性质分类

(1) 静力荷载。这种荷载是从零增至最后数值后,其大小、位置和方向不再随时间而变化的荷载。这种荷载的主要特点是不使建筑物产生明显的振动或加速度,如结构的自重和一般的活荷载等。

(2) 动力荷载。这是指荷载的大小、位置和方向随时间而迅速变化的荷载。这类荷载的

显著特点是使结构产生振动或明显的加速度,如动力机械产生的荷载、地震作用、高层建筑的风振作用等。

3. 按作用在结构上荷载分布状况分类

(1) 体荷载。指分布在结构整个体积内连续作用的荷载。常以其作用于重心的合力表示。如图 1-5 (a) 所示柱的体积荷载 W , 作用于柱重心 C 处, 若材料容重为 γ (kN/m^3), 柱截面面积为 A , 柱高为 H , 则柱的体荷载为

$$W = AH\gamma(\text{kN})$$

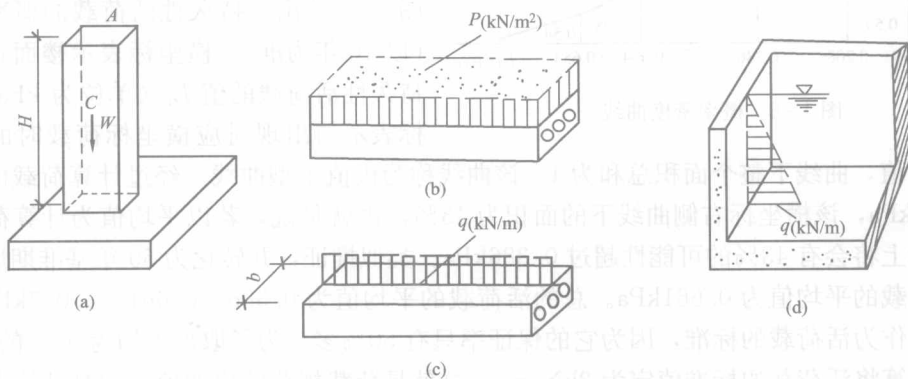


图 1-5 荷载的分布形式

(2) 分布荷载。指满布在结构某一表面上的荷载。

1) 均布面荷载, 若分布荷载为均匀、连续, 且其大小处处相同, 称为均布面荷载, 如图 1-5 (b) 所示。均布面荷载的常用单位为 N/m^2 或 kN/m^2 。

2) 均布线荷载, 若均布面荷载换算到计算构件的纵向轴线上, 即均布面荷载乘以其负荷宽度 b , 则可得沿纵向的均布线荷载, 如图 1-5 (c)。均布线荷载的常用单位: N/m 或 kN/m 。

3) 三角形分布荷载, 沿构件长度或高度按斜直线变化的荷载。如水的侧向压力或土的侧向压力等。图 1-5 (d) 为池壁侧向水压力三角形分布线荷载, q_0 为分布荷载集度。

(3) 集中荷载。作用于结构上的荷载, 当分布面积远小于结构尺寸时, 则可以认为此荷载是作用在结构某一点上的集中荷载。常用单位多用 N 或 kN 等。

二、结构上的间接作用

结构上的作用是指能使结构产生效应的各种原因的总称。直接作用在结构上的各种作用统称荷载, 它能使结构产生内力、应力、变形等效应。而结构由于温度的变化、材料的收缩、支座沉陷、地面运动等非荷载因素的作用, 也能使结构产生相应的效应。为了区别于荷载的直接作用, 把上述非荷载类的其他因素, 统称为间接作用。

三、荷载的标准值与设计值

结构构件的活荷载在结构使用期间是变化的, 即便是恒荷载, 如所用材料类型相同, 设计尺寸相同的不同杆件的自重, 由于制造误差、材料内部组成的细微差别等因素的影响, 也是不同的。设计、计算时, 一般以荷载的标准值、设计值或效应组合值作为其代表值。现以办公楼楼面活荷载为例, 粗略说明其平均值, 标准值与设计值是如何确定的。有关单位在全

国六大区 25 个城市,共实测了 127 个使用单位,133 幢办公楼 2201 间办公室,总面积达 6370m²,同时调查了 317 幢办公楼用户的搬迁情况。这种调查分为两组,一组是属于持久性活荷载,指在设计基准期(50 年)内经常出现的荷载,如办公楼内的家具、设备、办公

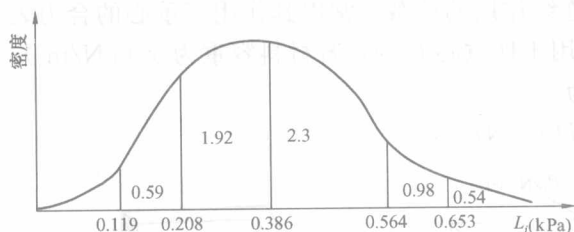


图 1-6 概率密度曲线

用具、文件资料等重量及正常办公人员的体重等;另一组是属于临时性活荷载,指短暂出现的活荷载,如办公室内开会时人员的临时集中,临时堆放物品重量等。图 1-6 给出了持久性活荷载的概率密度图(以 10 年为准),横坐标表示楼面每平方米持久性活荷载的值 L_i (单位为 kPa),纵坐标表示与出现对应横坐标荷载时的次数有

关的密度值,曲线下整个面积总和为 1,该曲线称为极值 I 型曲线。经过计算荷载的平均值为 0.386kPa,该横坐标右侧曲线下的面积为 43%,也就是说,若以平均值为计算荷载的依据,实际上将会有 43%的可能性超过 0.386kPa。类似推证,并转化为 50 年基准期后得到临时性活荷载的平均值为 0.661kPa。总的活荷载的平均值为 $0.386+0.661=1.047\text{kPa}$ 。此值显然不能作为活荷载的标准,因为它的保证率只有 50%多。为了取得大约为 95%的保证率,最后经计算将活荷载的标准值定为 2kN/m^2 ,这就是荷载规范给出的值。它是计算办公楼活荷载的基本依据,但由于尚有 5%的不可靠性存在,以及超载的可能性,使得在实际计算时有些情况下所取的荷载计算值还要大于标准值,即取荷载设计值

$$q_d = \gamma_Q q_k$$

式中 q_k ——荷载的标准值;

γ_Q ——荷载分项系数(大于 1)。

荷载分项系数的取值原理与结构的可靠度有关,具体取值见第六章。

第三节 约束与约束反力

一、约束与约束反力的概念

在空间能自由运动的物体称为自由体。如在空中飞行的飞机、导弹等,它们向任何方向的运动均不受限制。如果物体的运动受到一定的限制,使其在某些方向的运动成为不可能,则这种物体称为非自由体。如绳索悬挂着的灯具、搁置在墙上的梁、沿铁轨运行的火车等。

对非自由体的运动所施加的限制物体或装置称为约束。如绳索是灯具的约束,墙是梁的约束,铁轨是火车的约束。它们分别限制了各相应物体在约束所能限制方向上的运动。约束施于非自由体的限制作用力称为约束反力。约束反力的方向总是与约束所限制的物体的运动趋势的方向相反。据此可以确定约束反力的方向或作用线位置。

一般主动力是已知的,约束反力是未知的。

二、工程中常见约束的类型

1. 柔索约束

吊装工程中使用的钢丝绳、链条和机器传动皮带等可以看作柔索约束。柔索约束只能限

制沿柔体自身中心线伸长方向的运动,其约束反力沿柔索方向,背向被约束物体。柔索约束只能承受拉力而不能承受压力。如图 1-7 (b)、(d) 所示。

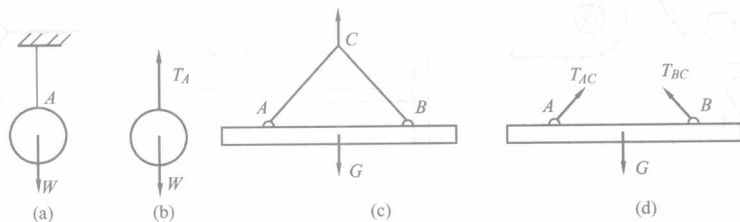


图 1-7 柔索约束及其反力

2. 光滑接触面约束

吊车梁的轨道对轮子的约束 (图 1-8), 如不计接触点的摩擦, 可视为光滑接触面约束。图 1-8 所示支撑于牛腿上的吊车梁, 受到柱的约束, 当不计梁柱接触面摩擦时, 也可视为光滑接触面约束。这种约束只能限制物体沿着接触面在接触点的公法线方向且指向被约束物体的运动, 不能限制物体沿着接触面切线方向或离开接触面的运动, 因此, 光滑接触面约束的反力方向沿接触面的公法线, 且指向被约束物体。如图 1-9 (b)、(d) 所示。

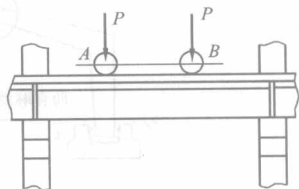


图 1-8 吊车梁

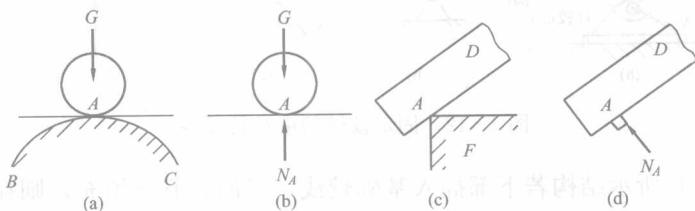


图 1-9 光滑接触面约束及其反力

3. 光滑圆柱铰链约束

两个物体分别打上直径相同的圆孔并用销钉连接起来, 不计销钉与孔壁之间的摩擦, 这类约束称为光滑圆柱铰链约束, 简称铰链约束, 如图 1-10 (a) 所示。它可用如图 1-10 (b) 所示的力学计算简图表示。这类约束的特点是只限制物体在垂直销钉轴线平面内的相对运动, 但不限制物体绕销钉轴线的相对转动和沿其轴线的相对滑动。因此, 铰链的约束反力作用在与销钉轴线垂直的平面内 (又称平面铰链约束), 该反力的作用线过销钉中心与切点的连线, 如图 1-10 (c) 所示。切点位置是随相对运动趋势改变, 故约束反力的方向待定。工程中常用通过铰链中心的互相垂直的两个分力 X_A 与 Y_A 表示, 如图 1-10 (d) 所示。

图 1-11 (a) 为某结构示意图, C 处可简化为铰链连接, 图 1-11 (b) 为铰链的构造, 图 1-11 (c)、(d) 为其计算简图。

4. 固定铰链支座

如果铰链联结的一部分被固定, 则形成固定铰链支座。固定铰链支座限制构件平动, 而不限制构件绕 A 点的转动, 如图 1-12 (a) 所示。该支座的计算简图如图 1-12 (b) 所示, 约束反力如图 1-12 (c)、(d) 所示。

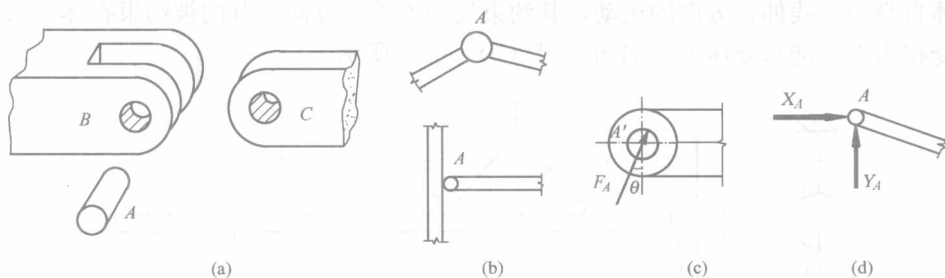


图 1-10 光滑铰链约束及其反力

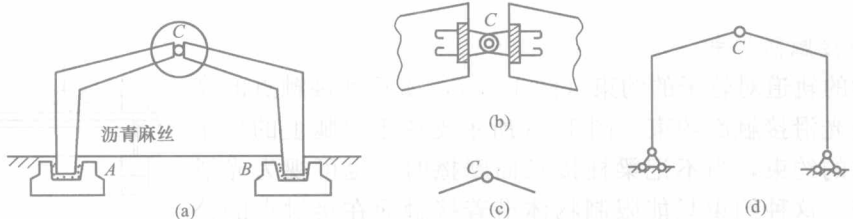


图 1-11 结构的铰链联结

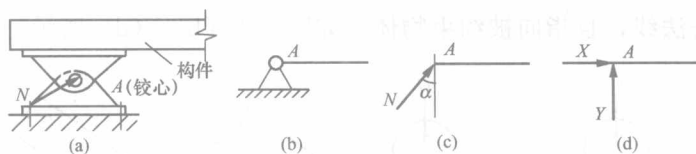


图 1-12 固定铰链约束及其反力

如图 1-11 (a) 所示结构若下部插入基础较浅, 以沥青麻丝填充, 则在工程实际中简化 A、B 处约束为固定铰链支座, 如图 1-11 (d) 所示。

5. 可动铰链支座

在固定铰链支座的底座与固定物体间安装几个辊轴, 使构件在支座处有水平移动的可能, 这种支座称为可动铰链支座, 如图 1-13 (a) 所示。可动铰链支座只能限制构件上与之相连处沿垂直于支撑面方向的运动, 而不能限制构件绕之转动和沿支撑面的平动。其计算简图如图 1-13 (b)、(c) 所示, 约束反力如图 1-13 (d) 所示。

6. 单链杆支座

构件与支座间用如图 1-14 (a) 所示的两端为销钉的一根直杆 (称为链杆) 相连, 称为

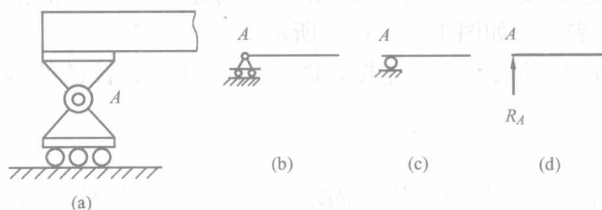


图 1-13 可动铰链支座及其反力

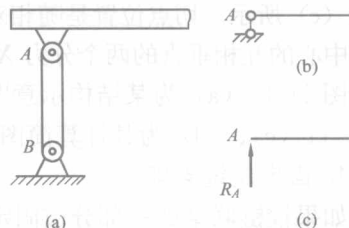


图 1-14 单链杆支座及其反力

单链杆支座,其计算简图如图 1-14 (b) 所示。单链杆支座只限制构件上与之相连处沿连杆方向的运动,而不限制杆件绕之转动和沿垂直链杆方向的运动。约束反力如图 1-14 (c) 所示。对比单链杆支座与可动铰链支座,可以看出两者实质是相同的。

7. 固定端支座

当支座与构件的连接非常牢固,既可限制构件的水平移动、竖向移动,又可限制构件绕支撑端的转动,这种支座称为固定端支座。如图 1-15 (a) 所示的悬挑梁,由于该梁只有一端与墙相连,墙体必须控制梁的平动与转动,故可视墙为梁的固定端支座。其计算简图如图 1-15 (b) 所示,约束反力如图 1-15 (c) 所示,一般情况下,固定端支座平面内存在三个未知量:两个反力与一个力偶。图 1-15 (d) 中预制柱与基础间如采用现浇混凝土,使柱与混凝土连为一体,此时基础可视为固定端支座,计算简图如图 1-15 (e) 所示。

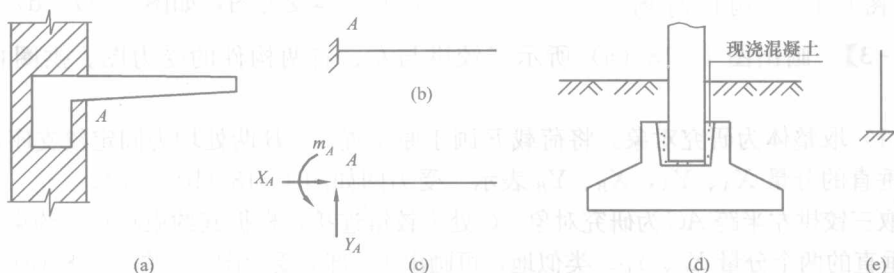


图 1-15 固定端支座及其反力

第四节 受力分析和受力图 结构的计算简图

一、受力分析和受力图

在研究结构及其构件的强度、刚度和稳定问题时,必须明确所研究对象受哪些力的作用,哪些是已知的,哪些是未知的,并确定每个力的作用点及方向,这一过程即为对物体进行受力分析。为明确起见,受力分析一般分为以下两步。

(1) 取脱离体 去掉约束,把所研究的对象单独画出,形成脱离体。

(2) 画出受力图 在脱离体上先画出荷载(主动力),再根据去掉约束的类型画出约束反力,即形成受力图。

【例 1-1】 画出如图 11-16 (a) 所示简支梁的受力图。

解 (1) 去掉梁 AB 的约束画于图 1-16 (b) 中(取脱离体)。

(2) 将荷载画于原位置。

(3) 在去掉约束的 A、B 处,画出约束反力。A 处为固定铰支座,其反力可用过 A 的互相垂直的分力 X_A 、 Y_A 表示。B 处为单链杆支座(或可动铰支座),其反力沿连杆方向。

经过上述步骤,便得到了梁 AB 的受力图。

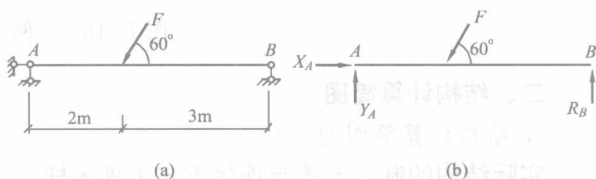


图 1-16 [例 1-1] 图

【例 1-2】 简易起重设备如图 1-17 (a) 所示。A 处为固定铰支座，BC 为钢拉索。横梁重 W ，吊重 Q 为已知，试画横梁 AB 与拉索 BC 及整体设备的受力图。

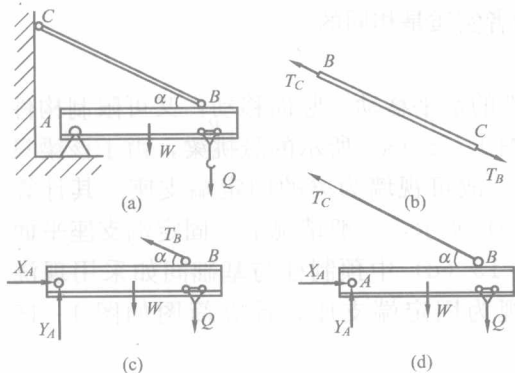


图 1-17 [例 1-2] 图

解 (1) 以钢拉索 BC 为研究对象，解除两端约束，因为其为柔性约束，只能承受沿钢拉索方向的拉力。受力图如图 1-17 (b) 所示。

(2) 以横梁 AB 为研究对象，解除 A、B 两处的约束代之以约束反力。A 处为固定铰支座，其反力可用过 A 的互相垂直的分力 X_A 、 Y_A 表示，B 处约束反力与钢拉索 BC 在 B 处约束反力为作用力与反作用力，荷载画于原位置。横梁受力图如图 1-17 (c) 所示。

(3) 整体受力图，如图 1-17 (d) 所示。

【例 1-3】 画出图 1-18 (a) 所示三铰拱与左、右两构件的受力图。拱圈自重忽略不计。

解 (1) 取整体为研究对象。将荷载 F 画于原位置 A、B 两处均为固定铰支座，分别用两个互相垂直的分量 X_A 、 Y_A 、 X_B 、 Y_B 表示。受力图如图 1-18 (b) 所示。

(2) 取三铰拱左半跨 AC 为研究对象。C 处为铰链连接，根据其约束特点，约束反力可表示为相互垂直的两个分量 X_C 、 Y_C 。类似地，可画出 BC 部分受力图。如图 1-18 (c) 所示。

值得注意的是，在铰 C 处 AC 与 BC 为作用力和反作用力，先设出 X_C 、 Y_C 后， X'_C 、 Y'_C 应与其大小相等，方向相反。另外，对于 AC 部分，由于只在 A、C 两点由铰链提供外力，根据二力平衡公理，则此二力必大小相等，方向相反，如图 1-18 (d) 所示。这种在二力作用下平衡的构件称为二力杆。

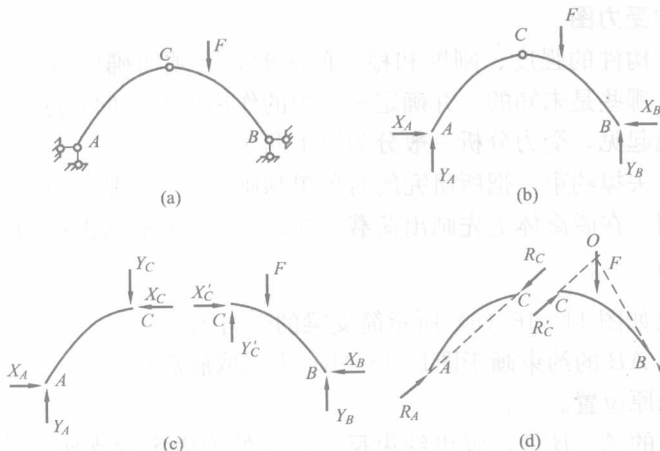


图 1-18 [例 1-3] 图

二、结构计算简图

1. 结构计算简图的选取

实际结构的制造形式与连接方式多种多样，受力分析完全按照实际情况进行一般是不可

能的,也是不必要的。因此在进行结构力学计算以前必须将实际结构进行简化,略去不重要的细节,表现出其基本的受力特征,用一个简单明了的图形代替实际结构,这种图形称为结构的计算简图。

结构计算简图的选取一般分为两部分:结构简化和荷载简化。

(1) 结构简化。结构的简化主要考虑三部分,构件的简化、结点的简化、支座的简化。现以图 1-19 (a) 所示木屋架为例说明其过程。

一栋房屋由多榀相互平行且等距的木屋架组成,各榀屋架的受力情况基本相同,因此只取一榀研究即可。以屋架各杆件的轴线代替各杆件,绘于图 1-19 (b) 中;根据木杆件交汇于各杆间存在相互转动的可能性,将所有结点简化为铰接点;考虑屋架与墙体间实际支撑方式,并使计算简化,将支座简化为简支形式,即一端是固定铰支座,一端是单链杆支座。

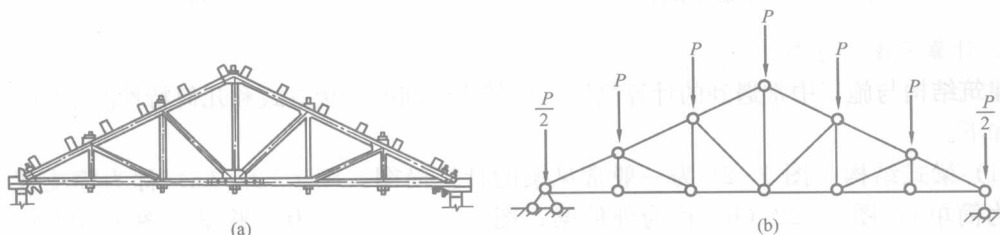


图 1-19 木屋架及其计算简图

(2) 荷载简化。荷载一般是作用在结构上的体荷载(如自重),以及作用在某面积上的面荷载(如活荷载)。在计算简图中,把它们简化到作用在构件轴线所在平面上的线荷载、集中荷载和力偶。

图 1-19 (a) 所示木屋架,承受由檩条传来的相邻两屋架间的屋面荷载,包括恒载和活载,恒载为屋面自重(檩条、屋面板、抹灰等),活载为风荷载、雪荷载等,以上荷载均转化为集中荷载。由于檩条并不一定位于屋架的结点处,见图 1-19 (a),这会使计算复杂,为此可将檩条传来的荷载分解到结点上,形成如图 1-19 (b) 所示的结点荷载。

图 1-19 (b) 所示图形称为平面桁架,所谓桁架一定要求所有结点均为铰接,荷载为结点荷载。

图 1-20 为一七层钢筋混凝土框架结构的计算简图。其中横竖线分别代表各层梁柱结构。梁柱交接处应视为相互不能发生转动的刚性结点,支座均视为固定端。梁上承受由楼板(屋面板)或次梁传来的竖向荷载,框架边柱上作用的是水平风荷载或地震作用。

这种以刚结点为主的计算简图称为刚架。

图 1-21 为一单层单跨工业厂房的计算简图,竖线代表厂房中的变截面柱,横线代表屋架,屋架与柱的连接简化为铰结点。竖向荷载除屋面传来的以外(简化为集中荷载),还有吊车压力,水平作用有风荷载或地震作用以及吊车的制动力。

这种计算简图称为排架。