

普通高等教育



“十五”

PUTONG  
GAODENG JIAOYU  
SHIWU  
GUIHUA JIAOCAI

规划教材

# 建筑力学与建筑结构

刘丽华 王晓天 主编 李九阳 副主编



中国电力出版社  
[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

普通高等教育



“十五”

规划教材

PUTONG  
GAODENG JIAOYU  
SHIWU  
GUIHUA JIAOCAI

# 建筑力学与建筑结构

主 编 刘丽华 王晓天

副主编 季九陌

主 审 范 庆



中国电力出版社

[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

829232

## 内 容 提 要

本书为普通高等教育“十五”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、砌体结构、钢结构、地基与基础、高层建筑结构等。本教材是按最新的规范编写的，每章后配有思考题与习题，以巩固和消化所学的内容。

本书主要作为工程管理专业、建筑学专业的本科教材，同时又适用于工程造价管理专业、建筑装饰技术、建筑经济、房地产等专业的专科、高职院校，也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. —北京: 中国电力出版社, 2004

普通高等教育“十五”规划教材

ISBN 7-5083-2049-2

I. 建... II. ①刘... ②王... ③王... ④王... 建筑力学 - 高等学校 - 教材 ②建筑结构 - 高等学校 - 教材 ③... ④...

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 004704 号

中国电力出版社出版、发行

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

三河汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2004 年 3 月第一版 2004 年 3 月北京第一次印刷

787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 28 印张 653 千字

印数 0001—3000 册 定价 39.80 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

# 序

由中国电力教育协会组织的普通高等教育“十五”规划教材，经过各方的努力与协作，现在陆续出版发行了。这些教材既是有关高等院校教学改革成果的体现，也是各位专家教授丰富的教学经验的结晶。这些教材的出版，必将对培养和造就我国 21 世纪高级专门人才发挥十分重要的作用。

自 1978 年以来，原水利电力部、原能源部、原电力工业部相继规划了一至四轮统编教材，共计出版了各类教材 1000 余种。这些教材在改革开放以来的社会主义经济建设中，为深化教育教学改革，全面推进素质教育，为培养一批批优秀的专业人才，提供了重要保证。原全国高等学校电力、热动、水电类专业教学指导委员会在此间的教材建设工作中，发挥了极其重要的历史性作用。

特别需要指出的是，“九五”期间出版的很多高等学校教材，经过多年的教学实践检验，现在已经成为广泛使用的精品教材。这批教材的出版，对于高等教育教材建设起到了很好的指导和推动作用。同时，我们也应该看到，现用教材中有不少内容陈旧，未能反映当前科技发展的最新成果，不能满足按新的专业目录修订的教学计划和课程设置的需要，而且一些课程的教材可供选择的品种太少。此外，随着电力体制的改革和电力工业的快速发展，对于高级专门人才的需求格局和素质要求也发生了很大变化，新的学科门类也在不断发展。所有这些，都要求我们的高等教育教材建设必须与时俱进，开拓创新，要求我们尽快出版一批内容新、体系新、方法新、手段新，在内容质量上、出版质量上有突破的高水平教材。

根据教育部《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》的精神，“十五”期间普通高等教育教材建设的工作任务就是通过多层次的教材建设，逐步建立起多学科、多类型、多层次、多品种系列配套的教材体系。为此，中国电力教育协会在充分发挥各有关高校学科优势的基础上，组织制订了反映电力行业特点的“十五”教材规划。“十五”规划教材包括修订教材和新编教材。对于原能源部、电力工业部组织原全国高等学校电力、热动、水电类专业教学指导委员会编写出版的第一至四轮全国统编教材、“九五”国家重点教材和其他已出版的各类教材，根据教学需要进行修订。对于新编教材，要求体现电力及相关行业发展对人才素质的要求，反映相关专业科技发展的最新成就和教学内容、课程体系的改革成果，在教材内容和编写体系的选择上不仅要有

0A1579/10

本学科(专业)的特色,而且注意体现素质教育和创新能力与实践能力的培养,为学生知识、能力、素质协调发展创造条件。考虑到各校办学特色和培养目标不同,同一门课程可以有多种教材供选择使用。上述教材经中国电力教育协会电气工程学科教学委员会、能源动力工程学科教学委员会、电力经济管理学科教学委员会的有关专家评审,推荐作为高等学校教材。

在“十五”教材规划的组织实施过程中,得到了教育部、国家经贸委、国家电力公司、中国电力企业联合会、有关高等院校和广大教师的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

教材建设是一项长期而艰巨的任务,不可能一蹴而就,需要不断完善。因此,在教材的使用过程中,请大家随时提出宝贵的意见和建议,以便今后修订或增补。(联系方式:100761北京市宣武区白广路二条1号综合楼9层 中国电力教育协会教材建设办公室 010-63416222)

**中国电力教育协会**

二〇〇二年八月

# 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

序  
前言

## 第一篇 建筑力学

<b>第一章 静力学基本知识</b> .....	1
第一节 静力学基本定理与物体的受力分析 .....	1
第二节 荷载及其分类 .....	2
第三节 约束与约束反力 .....	5
第四节 受力分析和受力图 结构的计算简图 .....	8
第五节 力矩与力偶 .....	12
第六节 平面力系的合成与平衡方程 .....	17
第七节 平面力系平衡方程的初步应用 .....	21
习题 .....	24
<b>第二章 静定结构的内力计算</b> .....	28
第一节 平面体系的几何组成分析 .....	28
第二节 内力 平面静定桁架的内力计算 .....	32
第三节 梁的内力计算与内力图 .....	38
第四节 静定平面刚架的内力计算与内力图 .....	47
第五节 三铰拱的内力 .....	50
第六节 截面的几何性质 .....	53
习题 .....	59
<b>第三章 杆件的强度与压杆稳定</b> .....	64
第一节 应力与应变的概念 .....	64
第二节 轴向拉伸(压缩)杆的应力与应变 .....	66
第三节 材料在拉伸和压缩时的力学性能 .....	71

第四节	材料强度的确定及轴向受力构件的强度条件 .....	75
第五节	梁的弯曲应力、梁的正应力、剪应力强度条件 .....	77
第六节	应力状态与强度理论 .....	86
第七节	组合变形 .....	92
第八节	压杆稳定 .....	97
习题	.....	103
<b>第四章</b>	<b>静定结构的变形计算与刚度校核 .....</b>	<b>107</b>
第一节	结构的变形与位移 .....	107
第二节	二次积分法求梁的位移 .....	109
第三节	虚功原理 单位荷载法计算位移 .....	113
第四节	刚度校核 .....	124
习题	.....	126
<b>第五章</b>	<b>超静定结构内力计算 .....</b>	<b>128</b>
第一节	超静定结构与超静定次数判定 .....	128
第二节	力法计算超静定结构 .....	130
第三节	力矩分配法计算超静定结构 .....	137
习题	.....	145

## 第二篇 建 筑 结 构

<b>第六章</b>	<b>建筑结构及其设计基本原则 .....</b>	<b>148</b>
第一节	建筑结构分类及其应用范围 .....	148
第二节	建筑结构设计基本原则 .....	150
<b>第七章</b>	<b>钢筋混凝土结构基本受力构件 .....</b>	<b>157</b>
第一节	钢筋混凝土材料的力学性能 .....	157
第二节	受弯构件正截面承载力 .....	167
第三节	受弯构件斜截面承载力计算 .....	192
第四节	受弯构件的其他构造要求 .....	200
第五节	受压构件承载力计算 .....	206
第六节	钢筋混凝土构件变形和裂缝的计算 .....	220
第七节	预应力混凝土构件 .....	229
思考题	.....	238
习题	.....	238
<b>第八章</b>	<b>钢筋混凝土梁板结构 .....</b>	<b>245</b>
第一节	现浇整体式单向板肋梁楼盖 .....	245



第二节	现浇整体式双向板肋梁楼盖 .....	273
第三节	楼梯 .....	281
思考题	.....	289
习题	.....	289
<b>第九章</b>	<b>砌体结构</b> .....	<b>306</b>
第一节	砌体材料和砌体强度 .....	306
第二节	砌体结构的优点和结构布置 .....	310
第三节	房屋的刚度及静力计算方案 .....	312
第四节	墙、柱高厚比验算 .....	314
第五节	无筋砌体构件的承载力验算 .....	318
第六节	刚性方案房屋墙、柱的计算 .....	323
第七节	砌体结构的构造要求 .....	327
思考题	.....	338
习题	.....	338
<b>第十章</b>	<b>钢结构</b> .....	<b>339</b>
第一节	钢结构的材料 .....	339
第二节	钢结构的基本构件 .....	343
第三节	钢结构的连接 .....	362
第四节	钢屋盖 .....	379
思考题	.....	382
习题	.....	382
<b>第十一章</b>	<b>地基与基础</b> .....	<b>384</b>
第一节	土的工程性质 .....	385
第二节	基础的类型及适用范围 .....	395
第三节	浅基础设计 .....	398
第四节	桩基础设计 .....	408
思考题	.....	417
习题	.....	417
<b>第十二章</b>	<b>高层建筑结构</b> .....	<b>418</b>
第一节	高层建筑结构的特点及结构类型 .....	418
第二节	结构体系及结构总体布置的一般原则 .....	419
第三节	高层建筑结构的荷载 .....	425
思考题	.....	427
附录 I	.....	428
附录 II	.....	435
参考文献	.....	438

# 建筑力学 第一篇

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。

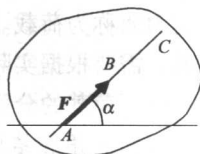
#### 第一节 静力学基本定理与物体的受力分析

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  $\alpha$  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)。

##### 一、静力学基本定律

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，即图 1-1 力的矢量表示



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。既  $F_1 = -F_2$ ，如图 1-2 所示。

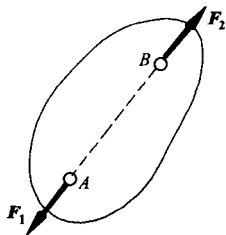


图 1-2 二力平衡

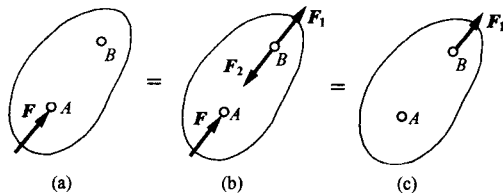


图 1-3 力的可传性

**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。

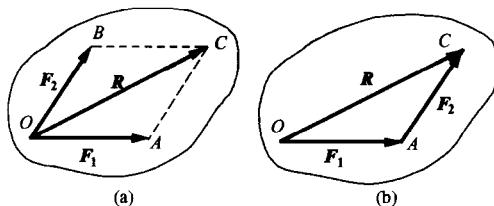


图 1-4 力的平行四边形、三角形法则

**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。

这个定理表明合力是分力的矢量和。可表示为

$$R = F_1 + F_2$$

合力亦可采用三角形法则，如图 1-4 (b) 所示，即先作出  $F_1, F_2$  与之首尾相接，连接  $F_1$  的起点  $O$  与  $F_2$  的终点  $C$  所构成的有向线段  $OC$  即为合力  $R$ 。

**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  $\gamma$  ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )，柱截面积为  $A$ ，柱高为  $H$ ，则柱的体荷载为

$$W = A \cdot H \cdot \gamma (\text{kN})$$

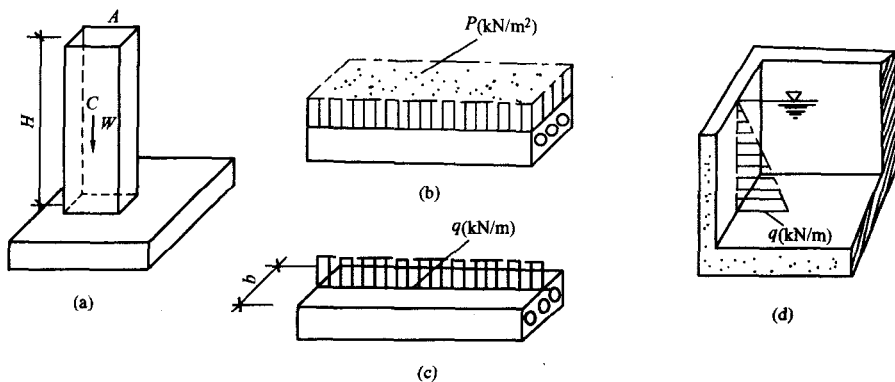


图 1-5 荷载的分布形式

(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： $\text{N}/\text{m}^2$  或  $\text{kN}/\text{m}^2$ 。

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载宽度  $b$ ，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： $\text{N}/\text{m}$  或  $\text{kN}/\text{m}$ 。

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 6370m<sup>2</sup>, 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

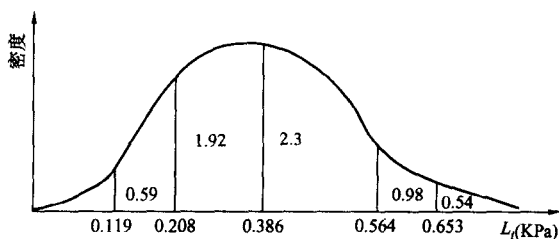


图 1-6 概率密度曲线

活荷载, 指在设计基准期 (50 年) 内经常出现的荷载, 如办公楼内的家俱、设备、办公用品、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  $0.386 + 0.661 = 1.047$ 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  $2\text{kN/m}^2$ , 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:  $q_k$  为荷载的标准值;  $\gamma_Q$  为荷载分项系数 (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。

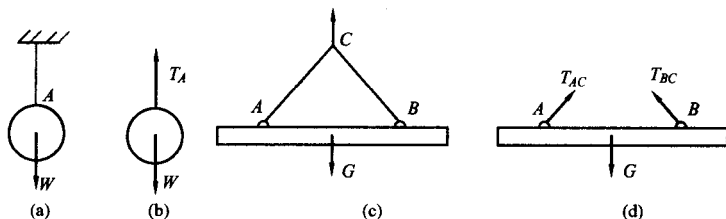


图 1-7 柔索约束及其反力

##### 2. 光滑接触面约束

吊车梁的轨道对轮子的约束(图 1-8), 如不记接触点的摩擦, 可视为光滑接触面约束。图中支撑于牛腿上的吊车梁, 受到柱的约束, 当不记梁柱接触面摩擦时, 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。

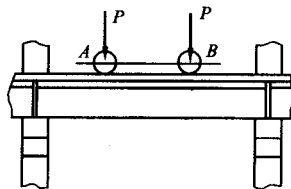


图 1-8 吊车梁

##### 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, 不记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。它可用图 1-10(b) 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

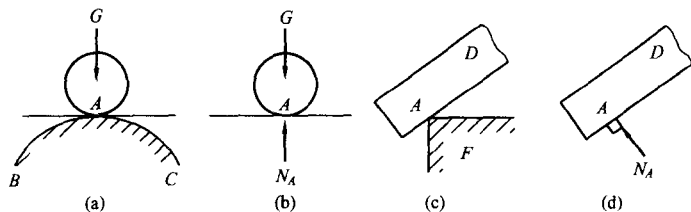


图 1-9 光滑接触面约束及其反力

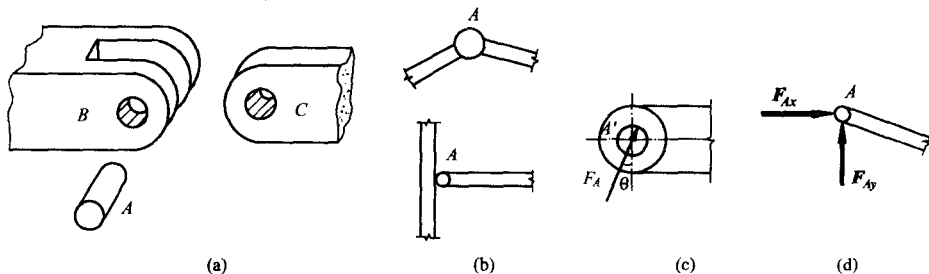


图 1-10 光滑铰链约束及其反力

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  $F_{Ax}$  与  $F_{Ay}$  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。

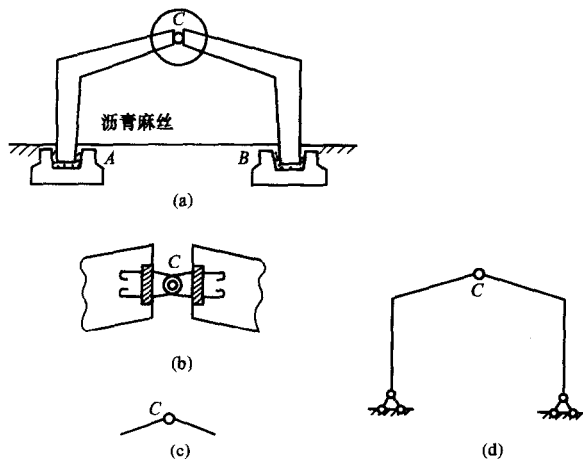


图 1-11 结构的铰链联结

#### 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。

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

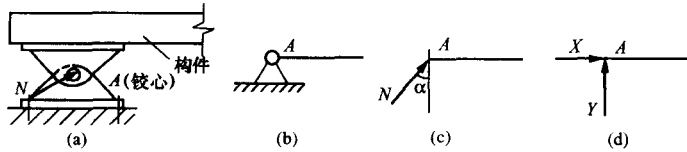


图 1-12 固定铰链约束及其反力

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。

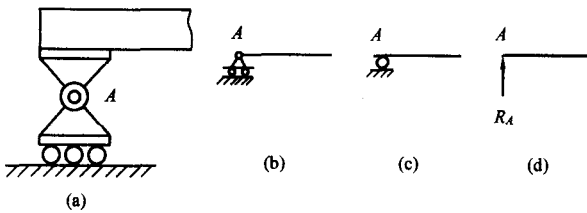


图 1-13 可动铰链支座及其反力

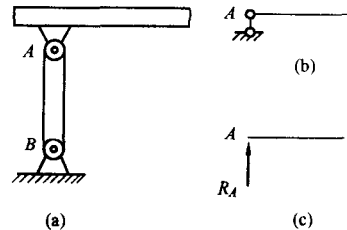


图 1-14 单链杆支座及其反力

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，故可视为为梁的固定端支座。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

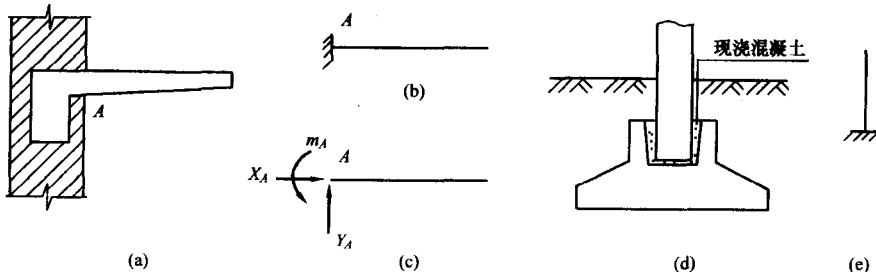


图 1-15 固定端支座及其反力



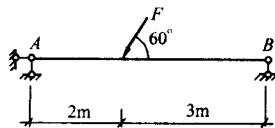
混凝土连为一体，此时基础可视为固定端支座，计算简图如图 1-15 (e) 所示。

## 第四节 受力和受力图 结构的计算简图

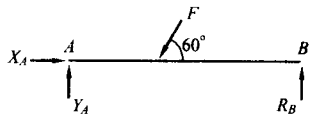
### 一、受力和受力图

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。



(a)



(b)

图 1-16 例 1-1 图

(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】画出图 11-16(a) 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 处为单连杆支座（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。

【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。

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) 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。

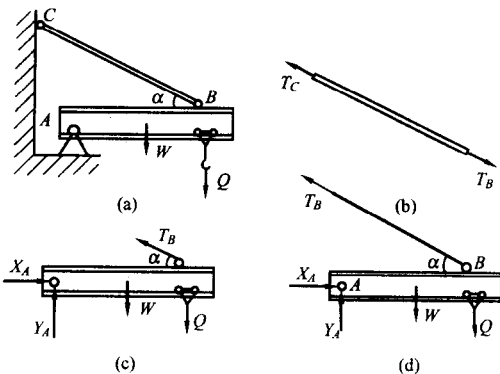


图 1-17 例 1-2 图