

国家中等职业教育改革发展示范学校建设教材

JIANZHU LIXUE YU JIEGOU JICHU

建筑力学与结构基础

主编 / 屈劲松



西南交通大学出版社

国家中等职业教育改革发展示范学校建设教材

建筑力学与结构基础

屈劲松 主编

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

建筑力学与结构基础 / 屈劲松主编. — 成都: 西南交通大学出版社, 2014.8

国家中等职业教育改革发展示范学校建设教材
ISBN 978-7-5643-3172-6

I. ①建… II. ①屈… III. ①建筑科学—力学—中等专业学校—教材②建筑结构—中等专业学校—教材 IV. ①TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 144982 号

国家中等职业教育改革发展示范学校建设教材
建筑力学与结构基础

屈劲松 主编

责任编辑	曾荣兵
封面设计	墨创文化
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市金牛区交大路 146 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://www.xnjdcbs.com
印 刷	四川森林印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm×260 mm
印 张	10.25
字 数	255 千字
版 次	2014 年 8 月第 1 版
印 次	2014 年 8 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-3172-6
定 价	24.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

本书在以工作过程为导向的同时，兼顾专业基础平台课的特点，在编写的结构和布局上设计成六个项目，包括建筑结构的认知、简单建筑结构和构件的约束反力计算、建筑结构设计的基础知识及受力特点分析、受弯构件分析、受压构件分析和钢筋混凝土结构施工图的识读。每个项目由若干个来自实际生产、相互关联而又相对独立的典型工作任务组成。任务由简到繁、由易到难，驱动读者动脑解决实际问题。项目开始设有【学习目标】，所有任务之后设有【项目小结】。每个任务设有【任务描述】、【任务分析】、【任务准备】和【任务实施】四个环节，有的任务还设有【知识拓展】环节。

学生通过该课程的学习，初步具备认识、分析和解决土木工程简单结构，基本构件受力问题所需要的力学知识，掌握建筑物结构构造的类型、受力特点和一般构造要求，能够正确识读简单的建筑结构施工图，为后续课程的学习奠定坚实的基础。

本书由武汉铁路桥梁学校屈劲松（项目 2）、徐利东（项目 1、3）、孟林洁（任务 4.2、5.2、项目 6）、曾令洁（任务 4.1、5.1）等编写，屈劲松任主编。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏之处，恳请读者批评指正。

编者

2014 年 5 月

目 录

项目 1 建筑结构的认知	1
任务 1.1 建筑结构的认知	1
项目 2 简单建筑结构和构件的约束反力计算	5
任务 2.1 简单结构和构件的受力分析	5
任务 2.2 计算简单结构和构件的约束反力	20
项目 3 建筑结构设计的基础知识及受力特点分析	35
任务 3.1 荷载的认知	35
任务 3.2 建筑结构设计基本知识的认知	38
任务 3.3 常见建筑结构的受力特点分析	40
项目 4 受弯构件分析	52
任务 4.1 受弯构件的内力分析	52
任务 4.2 钢筋混凝土受弯构件的构造要求	76
项目 5 受压构件分析	84
任务 5.1 受压构件的内力分析	84
任务 5.2 钢筋混凝土受压构件的构造要求	98
项目 6 钢筋混凝土结构施工图的识读	102
任务 6.1 识读结构设计总说明	102
任务 6.2 识读基础施工图	105
任务 6.3 识读房屋结构施工图	109
任务 6.4 识读楼梯结构施工图	126
附录 普通热轧型钢表 (摘要)	133
参考文献	158

项目 1 建筑结构的认知

【学习目标】

1. 能知道建筑结构在施工和使用期间要承受各种作用以及它们的区别；
2. 会区分结构所受荷载与作用；
3. 能说出结构构件的强度与结构抗力之间的关系。

任务 1.1 建筑结构的认知

【任务描述】

对建筑结构做一个基本介绍，是对本部分所要学习的建筑结构课程的一个引入，使得学生有一个基本认识。

【任务分析】

本次任务对于建筑结构的认识，是介绍一下建筑结构这门课程，使同学们在学习这门课程之前，对其有一个基本的认知。

【任务准备】

“建筑结构”是建筑工程施工、工程管理和工程造价等土建类相关专业的专业基础课，它要求学生在有限的力学和数学知识基础上，对建筑结构知识有较全面的了解和应用。本部分内容是以《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)为准则，根据最新颁布的各种规范及教育部高等院校土建类相关专业的建筑结构课程教学基本要求编写而成。本部分内容在编写过程中注重理论教学以应用为目的，避免了公式烦琐推导和实验过程的叙述；强化了实用性知识，加强了实践性教学内容，紧密结合规范和工程实际，体现应用型人才的培养目标。

在建筑中，由若干构件（如柱、梁、板等）连接而构成的能承受各种外界作用（如荷载、温度变化、地基不均匀沉降等）的体系，叫做建筑结构。建筑结构在建筑中起骨架作用，是建筑的重要组成部分。

组成结构的基本部件称为构件。按照几何特征，构件可分为杆件、板壳和块体（见图 1.1）。

建筑结构在施工和使用期间要承受各种作用。作用是指施加在结构上的集中力或分布力，以及引起结构外加变形或约束变形的原因。

结构作用按形式的不同，可分为两类：

(1) 以力的形式直接施加在结构上，如结构自重、在结构上的人或设备重量（风压、雪压、土压等），这些称为直接作用，习惯上称为结构上的荷载。

(2) 引起外加变形或约束变形的原因，如基础沉降、温度变化、混凝土墙的收缩和徐变、焊接等，这类作用不是直接以力的形式出现，称为间接作用。

结构上的作用按其随时间的变异性和出现的可能性分为以下三类：

(1) 永久作用。作用在结构上，其值不随时间变化，或其变化与平均值相比可以忽略不计者称为永久作用，如结构自重、土压力、预加应力、基础沉降、焊接等。其中结构自重和土压力，习惯上称为永久荷载或恒荷载。

(2) 可变作用。作用在结构上，其值随时间而变化，且其变化与平均值相比不可忽略者为可变作用。如安装荷载、楼面活荷载、屋面活荷载和积灰荷载、风荷载、雪荷载、吊车荷载、温度变化等。这些荷载（温度变化除外）习惯上称为可变荷载或活荷载。

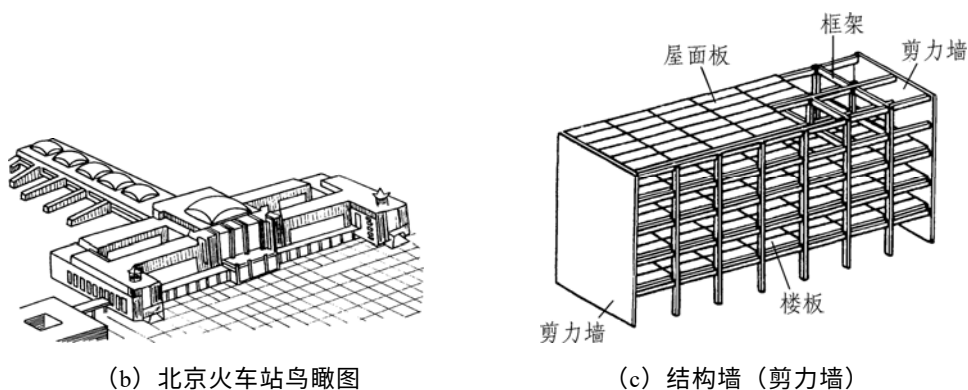
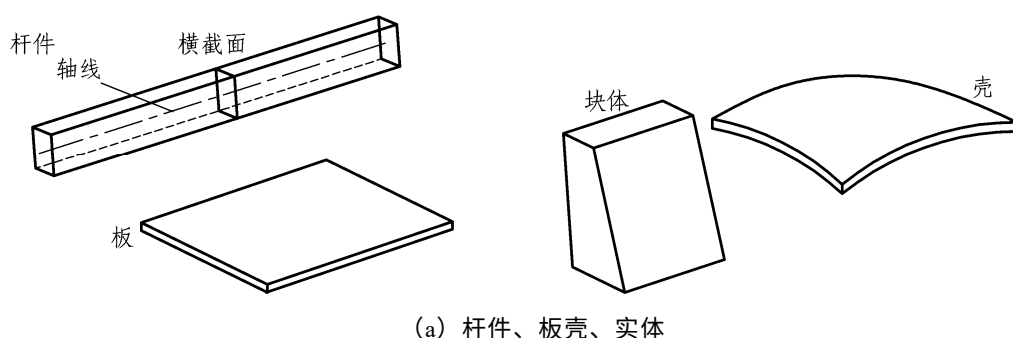


图 1.1 杆件、板壳、块体

(3) 偶然作用。偶然作用是指在设计基准期内不一定出现，但一旦出现其量值就很大且持续时间很短的作用。如地震、爆炸、撞击等。

结构和构件的承载能力包含强度、刚度和稳定性三个方面。其中，材料抵抗破坏的能力称为强度。结构和构件抵抗变形的能力称为刚度。结构和构件保持原有平衡形态的能力称为稳定性。如图 1.2 所示，锯条所受的压力增加到一定大小时，锯条会突然变弯而丧失承载能力。

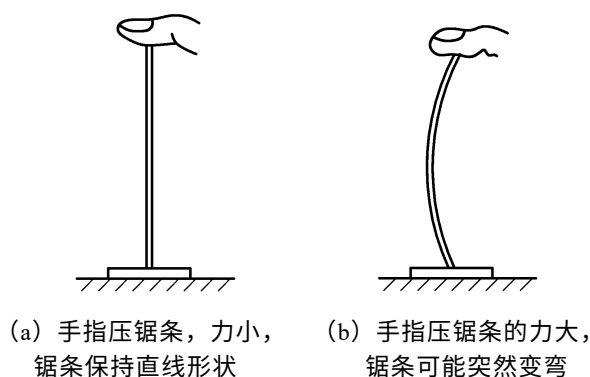


图 1.2 压杆的稳定性

【任务实施】

学会区分荷载与作用，并且知道建筑结构所受基本荷载的分类。

1. 荷 载

以力的形式直接施加在结构上称为结构上的荷载，也是直接作用。建筑物使用过程中所受荷载如：① 教室里的座椅对楼板的压力；② 屋顶积雪后对屋顶的压力；③ 仓库里货物对楼板的压力。

2. 作 用

不是以力的形式作用在建筑物结构构件上，但是会使结构构件产生内部应力或者变形。建筑物所受作用如：① 地震作用：地震作用会作用在建筑物上，引起建筑物的变形或者产生受力；② 温度作用：热胀冷缩现象会使得建筑物在使用过程中某些结构构件产生拉压应力进而影响到结构构件的受力。

【知识拓展】

1. 结构抗力

结构构件的抗力是指结构构件承受外加作用的能力。对应于作用的各种效应，结构构件具有相应的抗力，如截面的承载能力、刚度、抗裂性等均为结构构件抗力，用 R 表示。结构构件抗力是材料性能（强度、弹性模量等）、构件截面几何特征（高度、宽度、面积、惯性矩、抵抗矩等）及计算模式的函数。其中材料性能是决定结构抗力的主要因素。由于材料性能的不定性、构件截面几何特征的不定性（制作与安装误差等）以及计算模式的不定性（基本假设和计算公式不精确），所以结构构件抗力也是一个随机变量。

2. 结构构件材料强度

由于受材质不均匀和施工工艺、加荷条件、所处环境、尺寸大小以及实际结构构件与试件差别等因素的影响，因此导致了材料强度的变异。材料强度有强度标准值和强度设计值之分。材料强度标准值是结构设计时采用的材料强度的基本代表值。当材料强度服从正态分布时，材料强度标准值按其概率分布的 0.05 分位数确定，此时具有 95% 以上的保证率，即材料强度的实际值大于等于强度标准值的概率为 95% 或以上。

3. 混凝土和钢筋的强度标准

材料强度标准值 f_k 除以材料分项系数即为材料强度的设计值 f 。混凝土轴心抗压、轴心抗拉强度设计值用 f_c 、 f_t 表示；普通钢筋的抗拉强度设计值 f_y 及抗压强度设计值用 f'_y 表示；预应力钢筋的抗拉强度设计值 f_{py} 用表示。预应力钢筋的强度标准值系根据极限抗拉强度确定。

【项目小结】

1. 项目一主要介绍了以下的基本概念：荷载、永久荷载、偶然荷载、可变荷载、作用。
2. 在学习过程中主要是注意学掌握荷载与作用的区别。
3. 要能知道结构抗力和材料强度的定义。

项目 2 简单建筑物和构件的约束反力计算

【学习目标】

1. 能清晰描述静力学的基本概念；
2. 能对简单结构和构件进行受力分析并正确画出其受力图；
3. 能计算简单结构和构件的约束反力。

任务 2.1 简单结构和构件的受力分析

【任务描述】

在工程实际中，每个构件都以一定的形式与周围物体相互连接，相互之间有力的作用。本任务主要研究简单结构和构件的受力分析，并用图示的方法把简单结构和构件的受力表示出来（受力图），为完成各后续任务打下基础。例如，如图 2.1 所示托架悬挂的物体重 W ，若不计各杆自重，试画杆 AB 的受力图；试画图 2.2 所示梁的受力图。

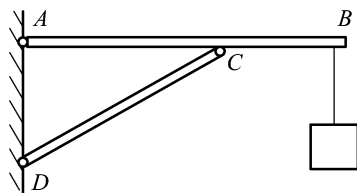


图 2.1 杆 AB 的受力分析

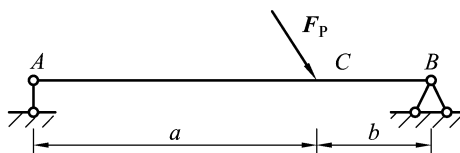


图 2.2 梁的受力分析

【任务分析】

受力分析是整个工程力学的基础。求解力学问题时，首先需要分析结构和构件受到哪些力的作用，以及每个力的方向和作用点，这个过程称为受力分析。正确画出受力图的主要思路如下：

- (1) 明确力、刚体等基本概念，理解力的基本性质；
- (2) 分析不同约束的特点及其约束力的画法；
- (3) 对结构和构件进行受力分析，正确画出结构和构件的受力图。

【任务准备】

1. 力的基本知识

(1) 力。

力是物体之间相互的机械作用。这种作用的效应是，改变物体的运动状态（称为力的运动效应），使物体变形（称为力的变形效应）。例如，踢足球时脚与球接触的过程，就明显地反映出力与变形、与运动状态改变的一致性，见图 2.3。

在分析力的运动效应时，可以不考虑物体的变形，将实际变形的物体抽象为受力而不变形的物体——刚体。

(2) 集中力、分布力。

图 1.1 中，脚踢球的力作用在球的一定部位、一定范围，并且有一定的方向和大小。在研究力的外效应时，常把力抽象为作用在一个点上，并用矢量表示力的方向和大小。这种将起点或终点置于一一点上的力矢量，是力的一种模型，称为集中力。通过集中力的作用点，沿力方位的直线，称为力的作用线。在刚体上，无论力的作用点在作用线的什么位置，力对刚体的效应都是相同的，因此有时强调力的作用线。这样，集中力的三要素就有两种表示方法：

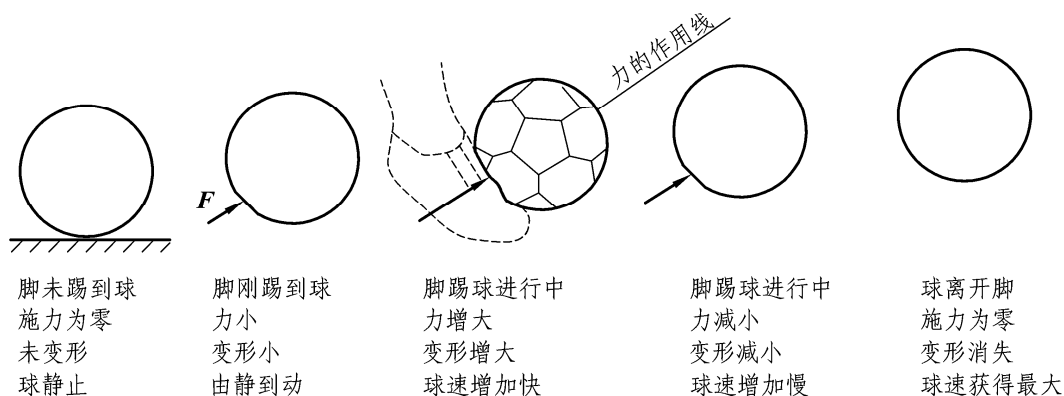
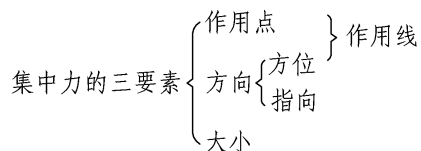


图 2.3 力与变形、与运动状态改变的方向一致



力矢量用黑体字 $\mathbf{F}$ 表示，白体字的 F 表示力的大小。在国际单位制中，力的单位是 N（牛顿），工程中常用 kN（千牛）。通过体验重力的大小，可以形成对 1N、1kN 大小的经验，见图 2.4。

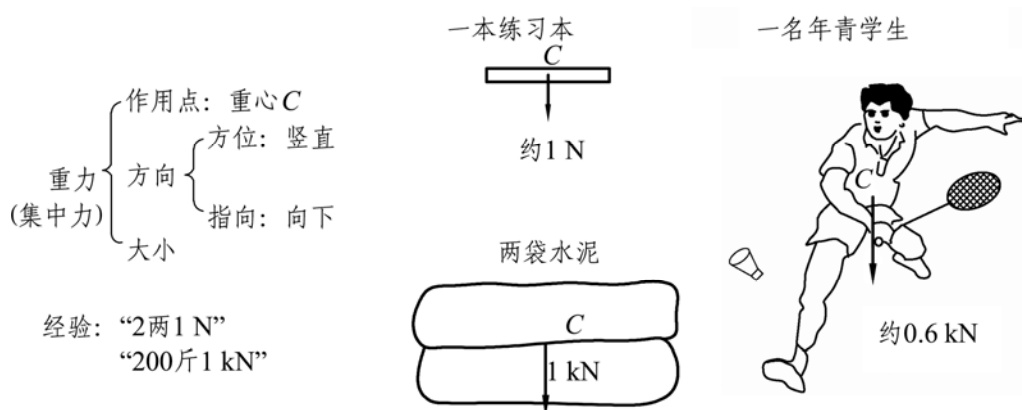


图 2.4 对力的单位的体验

房梁的各个微小部分都有质量，都受到地球引力的作用，因此房梁的自重属于体积力。只是在研究房梁的平衡（研究力的运动效应）时，将自重当成集中力，作用在房梁的重心。在研究房梁的变形（或与变形相关的问题）时，房梁的自重必须表示为沿房梁轴线分布的力。如图 2.5 (a) 所示，力在一定范围内连续分布，用力的分布集度矢量表示力的作用，这类力的模型称为分布力。分布力集度矢量的方向与作用在该处微小范围的集中力矢量 ΔF 的方向相同。

力沿线的集度 q 称为力的线集度：

$$q = \frac{\Delta F}{\Delta l} \quad (\text{kN/m})$$

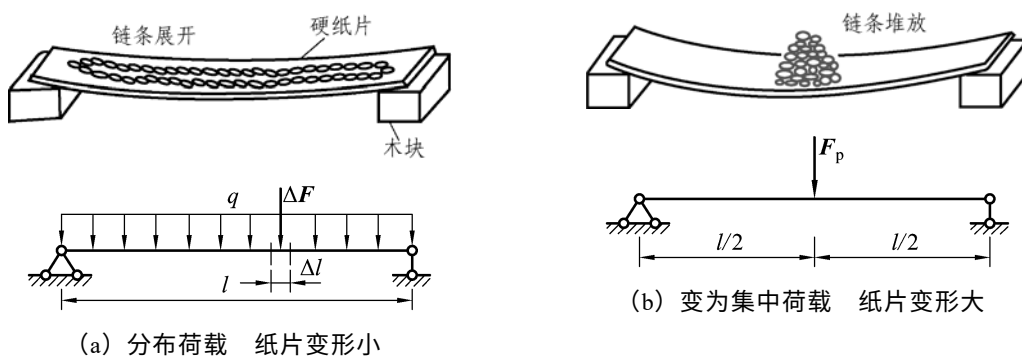


图 2.5 小实验 分布力、集中力

力在面上的集度 p 称为力的面集度：

$$p = \frac{\Delta F}{\Delta A} \quad (\text{kN/m}^2)$$

微小线段 Δl 无限趋近于零；微小面积 ΔA 无限趋近于零。

2. 静力学公理

图 2.6 (a) 所示高空踩钢丝, 表演者一只脚踩在钢丝上, 手握平衡竿调整自身的平衡。以表演者连同平衡竿为研究对象, 只受重力和钢丝的支持力二力作用。一般地说, 作用在物体上的一群力称为力系。一个力系作用在物体上使物体平衡, 这个力系称为平衡力系。所谓平衡, 是指物体相对于地球处于静止状态或匀速直线运动状态, 是物体机械运动的一种特殊状态。静力学主要研究力系的平衡问题。

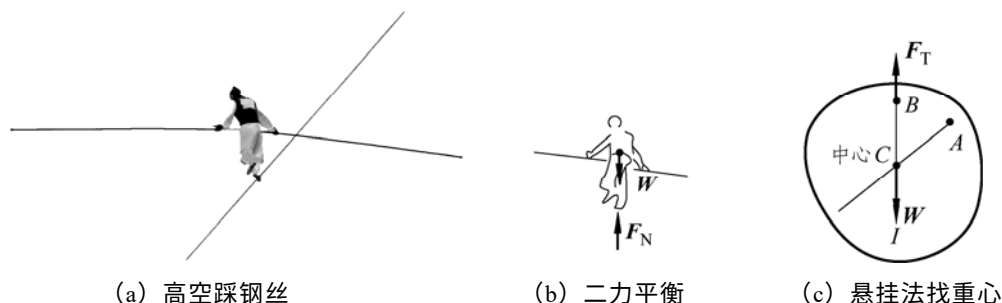


图 2.6 平 衡

公理是人们在生活和生产实践中长期积累的经验总结, 又经实践反复检验, 被确认是符合客观实际的最普遍、最一般的规律。

(1) 二力平衡公理。

作用在刚体上的两个力, 使刚体保持平衡的必要和充分条件是, 这两个力在同一直线上, 指向相反, 大小相等。二力平衡公理也称二力平衡条件。

图 2.6 (b) 所示踩钢丝表演者的平衡, 用集中力表示的重力与钢丝绳的支持力就在同一条直线上。重力 W 作用在表演者的重心, 竖直向下; 支持力 F_N 就在通过重心的竖直线上, 指向朝上, 且 $F_N = W$ 。假设表演者被吊绳悬挂在空中处于平衡状态, 依据二力平衡公理, 重心一定在吊绳所在的竖直线上。依据这个道理可得寻找重心的悬挂法[见图 2.6 (c)] : 将不规则的平板按不同的悬挂点悬挂两次, 吊绳所在的两条直线的交点就是重心。

(2) 作用与反作用公理。

作用力和反作用力总是同时存在, 分别作用在相互作用的两个物体上, 沿同一直线, 指向相反, 大小相等。

跟二力平衡公理比较, 都是两力共线、反向、等值, 然而本质区别在于, 作用与反作用公理说的是两个刚体相互间的作用关系, 二力平衡公理说的是一个刚体上二力平衡的条件, 如图 2.7 所示。

物块与桌面间的作用关系符合作用与反作用公理, 物块的平衡符合二力平衡公理。

(3) 平行四边形法则。

如图 2.8 所示, 一只手提起旅行包可以替代两只手提起旅行包, 力 F 可以替代力系 (F_1, F_2) 。

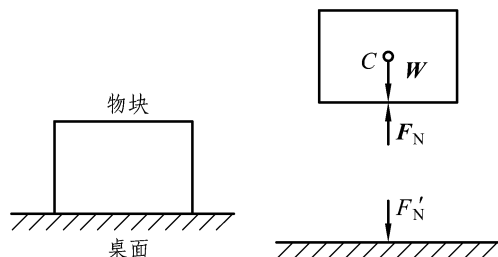


图 2.7 比较两个公理

如果一个力与一个力系等等效，这个力就称为该力系的合力，该力系的各力则称为这个力的分力。用合力等效替换力系的过程称为力系的合成，用力系等效替换单个力的过程称为力的分解。

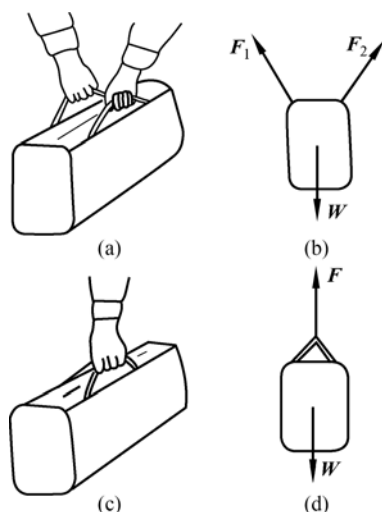
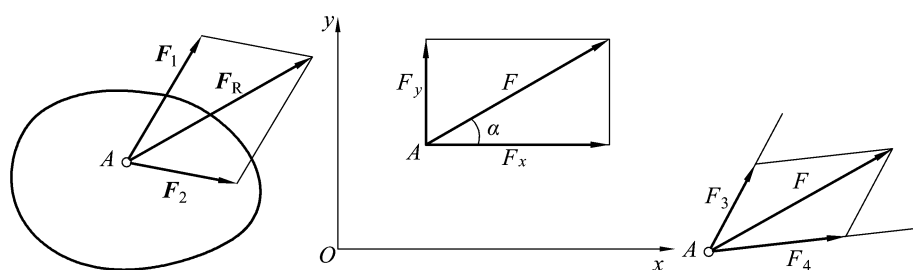


图 2.8 力与力系的等效替换

力抽象为矢量，符合矢量合成的法则。力的平行四边形法则为：作用在刚体同一点的两个力可以合成一个力。合力也作用在该点，方向和大小由这两个力为边所构成的平行四边形的对角线确定，如图 2.9 (a) 所示。

力系的合成与力的分解，是力学分析的基本方法之一。欲将已知的力矢量沿指定的两个方位分解，通过矢量的起点或终点分别作指定方位的平行线，即得相应的平行四边形，如图 2.9 (b)、(c) 所示。

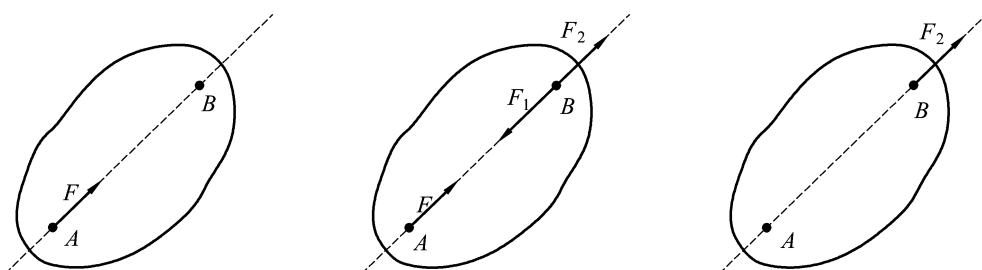


(a) 两共点力 F_1 、 F_2 的合成 (b) 力 F 没直角坐标轴方位分解 (c) 力 F 沿任意指定方位分解

图 2.9 力系的合成与力的分解

(4) 加减平衡力系公理。

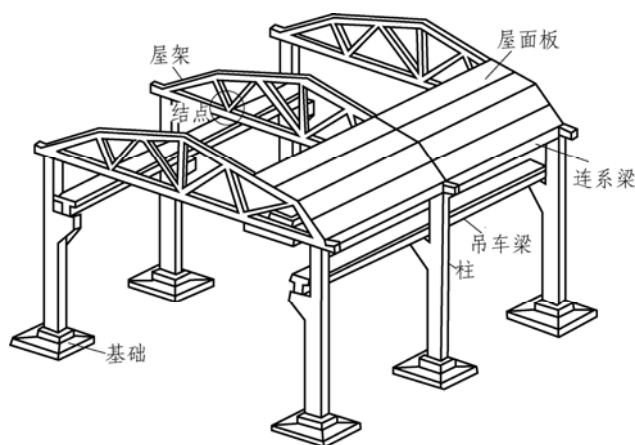
在已知的力系上，加上或减去任意的平衡力系，不改变原力系对刚体的作用效应。如图 2.10 所示， $F_2 = F_1 = F$ ，在图 (a) 力 F 作用线的任一点 B 处增加平衡力系 (F_1, F_2) ，不改变力 F 对刚体的作用；在图 (b) 的力系上，减去平衡力系 (F, F_1) ，也不改变原力系 (F, F_1, F_2) 对刚体的作用。



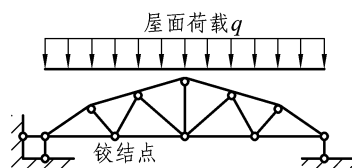
(a) 力 F 对刚体的作用 (b) 加平衡力系 (F_1, F_2) 之后 (c) 减平衡力系 (F, F_1) 之后

图 2.10 加减平衡力系

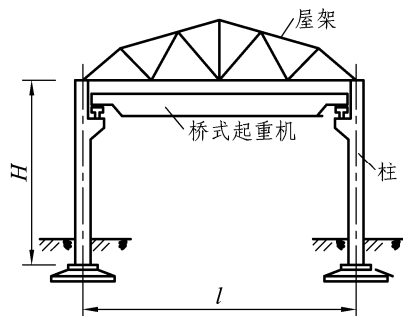
图 2.10 所示三种状况的力、力系对刚体的作用均等效。比较图 2.10 (a)、(c)，相当于将力 F 沿着作用线移到了 B 点。从而可得力的可传性：作用在刚体上的力，可以沿着它的作用线移到刚体的任意一点，不改变力对刚体的作用效应。



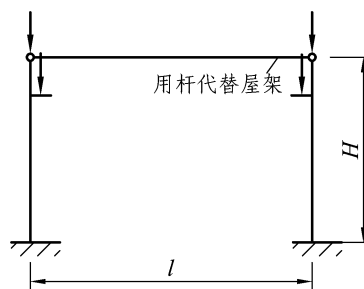
(a) 单层工业厂房结构



(c) 屋架计算简图



(b) 一榀横向排架



(d) 排架柱计算简图

图 2.11 单层厂房的计算简图

3. 结构的计算简图

实际结构是比较复杂的，完全按照结构的实际情况进行力学分析，相当繁难，也没有必要。因此，在对结构进行力学分析之前，须对结构进行简化：略去次要因素，表现主要特点。用简化的图形作为模型，替代实际结构进行力学分析计算，这样的模型称为计算简图，见图 2.11。

(1) 结构的简化。

① 将空间结构简化为平面杆件结构。

一般的杆件结构都是空间结构，见图 2.11 (a)。当某一平面内的杆系可以简化为独立承受该平面内的荷载时，可将这个平面杆系分离出来，按平面杆件结构分析计算，见图 2.11 (b)。

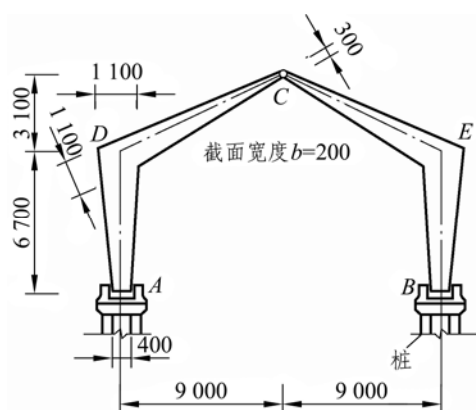
② 用杆件的轴线代替杆件，见图 2.11 (c)、(d)。

③ 用符号表示杆件之间理想化的结点。

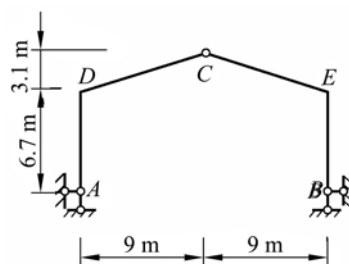
杆件结构中，杆件之间的连接区称为结点。按杆件的位移、受力特点，经常将实际的结点简化为理想化的结点：

铰结点 被连接的杆件在连接处可以相对转动，但不能相对移动。铰用小圆圈作为符号。

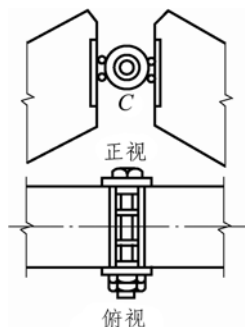
装配式钢筋混凝土门式刚架的顶铰就是铰结点，见图 2.12 (a)、(b)、(c)。工程中还根据被连接杆件的受力变形特点而将结点抽象为铰结点，见图 2.11 (a)、(c)。两端铰接中间不受力的直杆称为链杆。



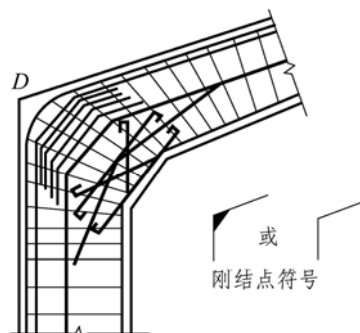
(a) 装配式钢筋混凝土门架



(b) 结构模型



(c) 螺栓贯穿三段钢管形成合页式顶铰 C



(d) 结点 D 处配有足够的钢筋简化为刚结点

图 2.12 装配式门式刚架

刚结点 被连接杆件在连接处既不能相对移动，又不能相对转动。刚结点用深色小块作为符号，也可用线段相接的形状表示，见图 2.12 (a)、(d)。

④ 用符号表示理想化的支座。

结构与基础或其他支承物的连接区称为支座。按照被连接杆件的位移、受力特点，平面杆件结构的实际支座被简化为三种理想化的支座：

固定铰支座 被支承的部分在该处可以转动，不能移动。常用两根在端部相交的短链杆作为符号，见图 2.13。

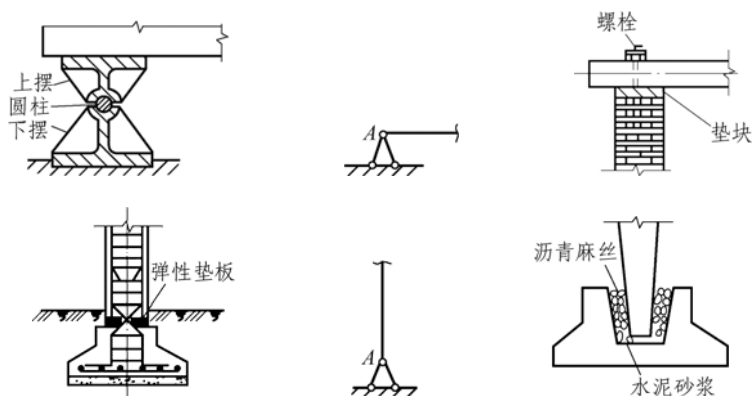


图 2.13 实际支座抽象为固定铰支座

可动铰支座 被支承的部分在该处可以转动，可以沿支承面的方位做微小移动，但不能在垂直于支承面的方位移动。常用垂直于支承面的短链杆作为符号，见图 2.14。

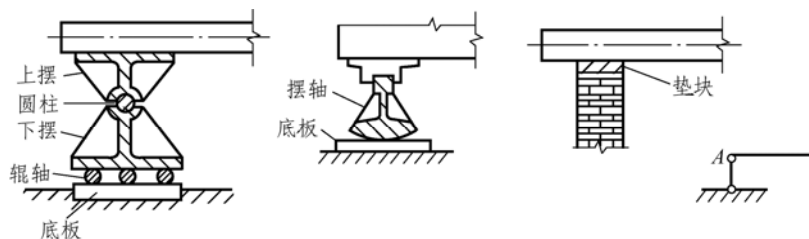


图 2.14 实际支座抽象为可动铰支座

固定端支座 被支承的部分在该处被完全固定。常用“”作为符号，见图 2.15。

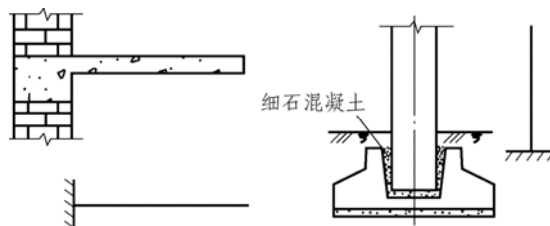


图 2.15 实际支座抽象为固定端支座