

第 1 章 绪 论

教学提示：本章学习的主要内容是结构力学的研究对象和任务、结构的分类和研究方法；讨论结构计算简图的简化原则、结点和支座的简化方法，给出了杆件结构的分类和荷载的分类。

教学要求：学生应熟悉结构力学的研究对象和任务。了解结构计算简图的简化原则及简化要点，能合理对支座和结点进行简化，并能针对具体情况进行具体分析，熟练地画出物体的计算简图。了解杆件结构的分类，荷载的分类。

1.1 结构力学的研究对象和任务

1.1.1 结构和结构的分类

在工程中，能承受荷载起到骨架作用的物体或体系称为结构。例如工业与民用建筑中的桥梁体系、工业厂房、公路桥梁、铁路上的桥梁、立交桥等。结构按几何尺度可分为杆件结构、板壳结构和实体结构等 3 类，按长度 l 、宽度 b 及厚度 h 来考虑， $l \gg b$ ， $l \gg h$ 为杆件结构， $h \ll l$ ， $h \ll b$ 为板壳结构， $l \sim b \sim h$ 为实体结构。

1.1.2 结构力学的任务和研究方法

结构力学作为力学的一个分支，其研究对象甚广。本书仅限于由杆件所组成的平面体系，即平面结构。以此为对象的结构力学称为杆系结构力学，也称为经典结构力学。

结构力学讨论的问题有以下 4 方面：

- (1) 结构的计算简图的合理选择和杆件结构的组成规律。
- (2) 结构的受力性能和合理的结构形式。
- (3) 在各种因素作用下结构的静力分析和变形计算。
- (4) 结构的动力性能和稳定问题(本教材未涉及)。

结构力学有各种计算方法，但都必须满足以下 3 个基本条件：

(1) 力系的平衡条件。结构的整体或结构的一部分(如一部分杆件、杆件的一部分及杆件的结点等)都应满足力系的平衡条件。

(2) 变形连续条件。一方面是指结构的杆件发生各种变形后仍是连续的，没有重叠或缝隙；另一方面指结构发生变形和位移后，仍应满足结构的支座和结点的约束条件。

(3) 物理条件。即把结构的应力和应变通过物理方程联系起来，如轴向应力和轴向应变、剪切应力和剪切应变、弯曲应力和弯曲应变之间都应满足相应的物理方程。

1.2 计算简图

1.2.1 结构的简化原则

实际结构是很复杂的, 在计算时不可能采用实际结构, 在结构力学的计算中一般采用一个简化的计算图形代替实际结构。简化的计算图形称为计算简图, 计算简图的选择原则如下。

(1) 反映结构的实际及主要性能。因此, 选择计算简图以前, 应搞清结构杆之间或杆件与基础之间实际连接构造, 以保证计算的可靠性和必要的精确性。

(2) 略去细节、便于计算。结构的实际构造是很复杂的, 必须分清主次, 略去次要因素。

因此, 选取计算简图是结构受力分析的基础, 是非常重要的。初学者应对一般结构计算简图的选取有初步的了解; 重点应对结构杆件之间连接的结点和杆件与基础连接的支座的主要计算简图有基本的了解。

1.2.2 结点和支座的简化

1. 结点的简化

铰结点的机动特征是各杆之间不能相对移动, 可以绕铰结点作自由转动。受力特征能承受和传递力, 不能承受和传递力矩, 如图 1.1(a)、图 1.1(b)所示。

刚结点的机动特征是各杆之间不能相对移动, 也不能相对转动。受力特征是能承受和传递力, 也能承受和传递力矩, 如图 1.1(c)所示。

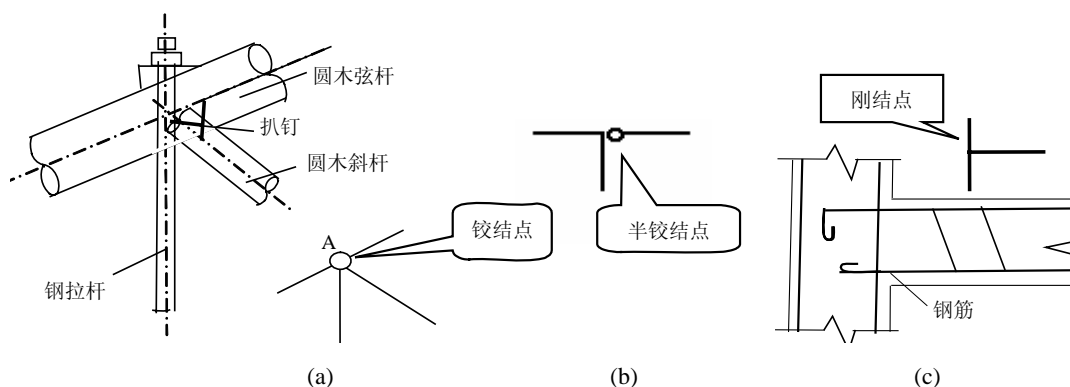


图 1.1 结点的简化

2. 支座的计算简图

辊轴支座 机动特征是杆端可以绕 A 点转动, 且可沿以 B 为圆心 AB 为半径圆弧微小移动, 但不能有竖向移动。支座反力特征是没有反力矩, 没有水平支座反力。有竖向支座反力。如图 1.2(a)所示。

铰支座 机动特征是杆端可以绕铰中心 A 转动, 不能有水平方向和竖直方向移动。支座反力特征是没有反力矩, 有水平方向和竖直方向支座反力。如图 1.2(b)所示。

固定支座 机动特征是杆端的水平方向移动、竖直方向移动和转动都受到限制。支座反力特征是有水平方向、竖直方向支座反力和反力偶。如图 1.2(c)所示。

定向支座 机动特征是杆端的竖直方向移动和转动都受到限制。支座反力特征是有竖直方向支座反力和反力偶。如图 1.2(d)所示。

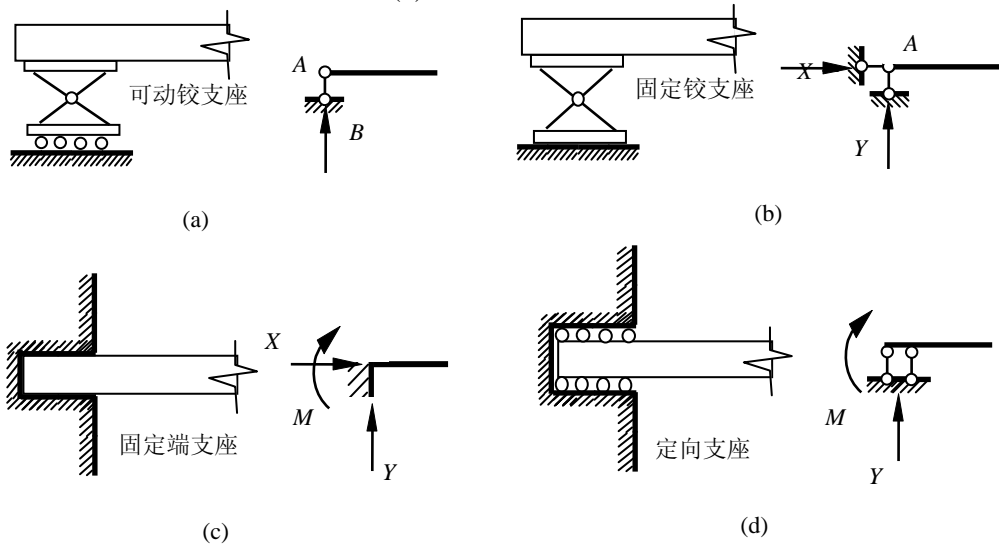


图 1.2 支座的简化

由以上结点和支座的机动特征和受力分析可以看出, 约束的机动特征和受力分析是紧密相应的。凡是结点或支座沿某一方向的位移或运动受到约束时, 则结点或支座具有该方向的约束力; 凡结点或支座沿某一方向可以自由位移或运动时, 则它们沿该方向的约束力为零。

1.2.3 杆件结构的分类

1. 常用杆件结构的类型

(1) 梁的组成特点是轴线通常为直线。受力特点是在竖向荷载下无水平支座反力, 内力有弯矩、剪力, 如图 1.3(a)所示。

(2) 拱的组成特点是轴线为曲线。受力特点是在竖向荷载下有水平支座反力, 内力有弯矩及剪力及轴力, 如图 1.3(b)所示。

(3) 刚架的组成特点是由梁、柱直杆用刚结点组成。受力特点是内力有弯矩、剪力、轴力, 以弯矩为主, 如图 1.3(c)所示。

(4) 桁架的组成特点是由两端为铰的直链杆用铰结点组。受力特点是荷载作用于结点时, 各杆只受轴力, 如图 1.3(d)所示。

(5) 组合结构的组成特点是由梁式杆和链杆组成。受力特点是梁式杆有弯矩、剪力、轴力, 链杆只受轴力, 如图 1.3(e)所示。

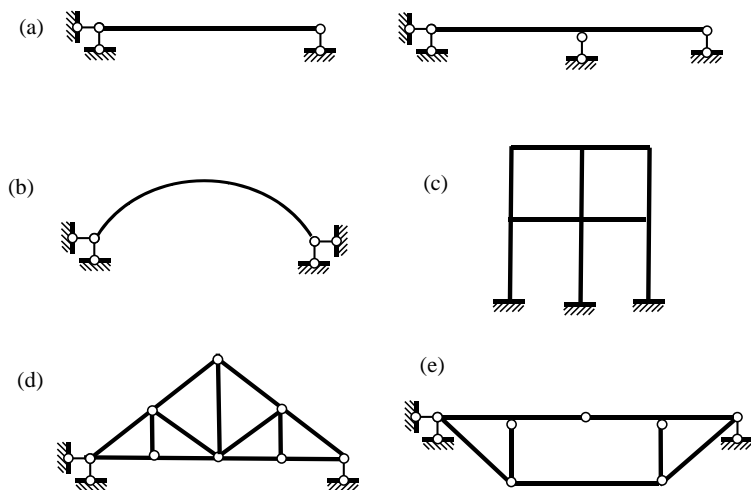


图 1.3 杆件结构的类型

2. 计算特点的分类

- (1) 静定结构：用静力平衡条件可以唯一确定全部支座反力和内力。
- (2) 超静定结构：不能由静力平衡条件确定全部支座反力和内力。

3. 根据杆件和荷载在空间位置的分类

- (1) 平面结构：各杆件的轴线和荷载都在同一平面内。
- (2) 空间结构：各杆件的轴线和荷载其中之一不在同一平面内。

1.2.4 荷载的分类

荷载是主动作用于结构的外力。

根据作用时间的久暂，可分为以下几种。

- (1) 恒载(不变荷载)：永久作用于结构上，如结构自重、固定设备重量。
- (2) 活载(可变荷载)：又分为可动荷载和移动荷载。可动荷载能作用于结构上的任意位置，如人群、雪载、风载；移动荷载互相平行、间距不变、能在结构上移动，如列车荷载、吊车荷载。

根据荷载作用的性质，可分为以下几种。

- (1) 静力荷载：荷载的大小、方向和位置不随时间变化的荷载(包括只考虑位置改变、不考虑动力效应的荷载)，对结构不产生显著的振动。如恒载、活载。
- (2) 动力荷载：荷载随时间迅速变化的荷载，对结构产生显著的振动。如机械转动时的荷载、地震作用、冲击波。

如图 1.4(a)所示为一工业厂房结构图。该厂是钢筋混凝土厂房结构，梁和柱都是预制的。柱子下端插入基础的杯口内，然后用细石混凝土填实。梁与柱的连接是通过将梁端和柱顶的预埋钢板进行焊接而实现的。在横向平面内柱与梁组成排架，如图 1.4(b)所示，各个排架之间，在梁上有屋面板连接，在柱的牛腿上有吊车梁连接。计算上述的厂房结构时，可采用图 1.4(c)所示的计算简图。

该厂房是由许多排架用屋面板和吊车梁连接起来的空间结构，但各排架在纵向以一定

的间距有规律地排列着。作用于厂房上的荷载,如恒载、雪载和风载等一般是沿纵向均匀分布的,通常可把这些荷载分配给每个排架,而将每一排架看作一个独立的体系,于是该厂房结构就由纵向构件组成的空间结构简化为由一系列屋架、柱和基础组成的平面单元,如图 1.4(b)所示。另外,梁和柱都可用它们的几何轴线来代表,是因为梁和柱的截面尺寸比长度小得多,轴线都可近似地看作是直线。另外梁和柱的连接只依靠预埋钢板焊接,梁端和柱顶之间虽不能发生相对移动,但仍有发生微小相对转动的可能,因此可取为铰结点。柱底和基础之间可以认为不能发生相对移动和相对转动,因此柱底可取为固定端。如图 1.4(c)所示的结构称为铰结排架,是单层工业厂房常用的一种结构型式。

从以上分析可知,简化采用了以下的作法。

- (1) 屋架的杆件(梁和柱)用轴线表示。
- (2) 屋架杆件之间的结点简化为铰结点。
- (3) 屋面荷载通过屋面板的 4 个角点以集中力的形式作用在屋架弦上。
- (4) 屋架的两端通过钢板焊接在柱上,可将其端点分别简化为铰支座和滚轴支座。

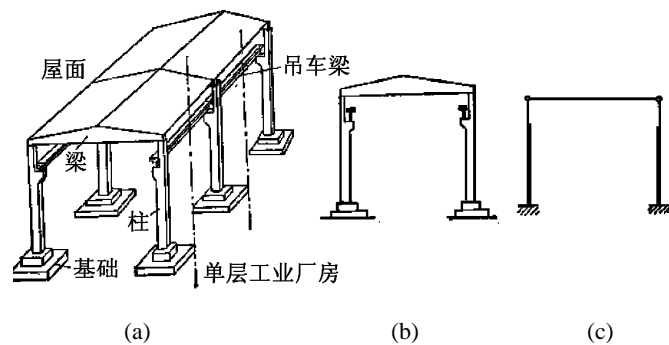


图 1.4 单层工业厂房结构型式

结构计算简图的选择十分重要,又很复杂;需要选择者有较多的实际经验,并善于判断各种不同因素的相对重要性。对一些新型结构,往往要通过多次的实验和实践,才能获得比较合理的计算简图;但对常用的结构形式,已有前人积累的经验,可以直接取其常用的计算简图。所以,选择结构计算简图的能力是在本课程、后继结构课程以及长期工程实践中逐步形成的。