

绪 论

建筑物是人类生产、生活的必要场所。凡是有人类活动的地方就有建筑物存在，它们默默地记载了人类光辉灿烂的历史文化，也彰显着一个国家科学技术的发展成果。古今中外，具有代表性的建筑不胜枚举，不能想象人类没有建筑的生活。

想一想？

请同学们列举一些你知道的建筑。

上海环球中心（见图 0-1）

一些与建筑有关的名言：

建筑是技术与艺术的结合

建筑是力与美的结合

建筑是凝固的音乐

建筑是一首哲理诗

建筑是空间的结合



图 0-1 上海环球中心

观察建筑物的建造过程可以看到，它们是由许许多多的构件有机地结合起来的。建筑物中用以承受和传递力作用的物体称为建筑结构，简称结构。结构又可分为多个构件，如梁、板、柱、基础等。一个庞大的建筑物，在建造之前，设计人员要对它的所有构件进行受力分析计算。构件的尺寸大小、所用材料、排列位置都要通过结构计算来确定，这样才能保证建筑物的牢固和安全。

这一烦琐而细致的计算工作必须要有科学的计算理论作为依据。工程力学便是提供工程结构受力分析和计算理论依据的一门科学。它将为工程结构设计和解决施工现场问题打下基础。本书将研究工程力学理论最基本的部分。

一、工程力学的研究对象

一个工程结构由许多构件组成，如图 0-2 所示是一个常见的框架结构透视图。

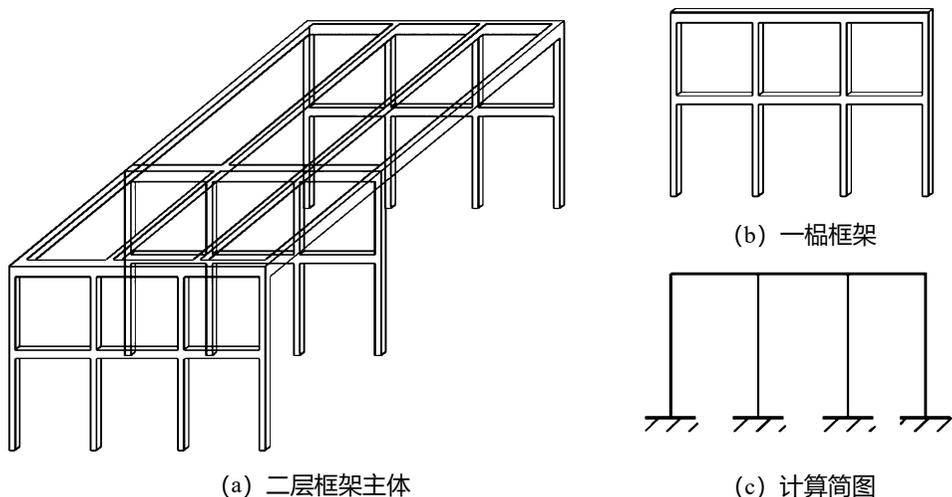


图 0-2 常见框架结构透视图

框架的主体承重结构是由梁、板、柱、基础形成的立体空间结构。在对此结构进行力学分析时，往往需选取其中一榀框架，如图 0-2 (b) 所示。实际计算时，还需进一步简化为结构的计算简图，如图 0-2 (c) 所示。

建筑物在使用中，会受到各种力的作用，如构件的自重、楼面上的人群、外墙上的风等，这些作用在建筑物上的力在工程上称为荷载。在对建筑进行结构设计时，通常是先进行结构整体布置，再把结构分为一些基本构件分别进行设计计算，最后通过构造处理，把各个构件联系起来构成一个整体结构。

对土建类专业来讲，工程力学的主要研究对象就是组成结构的构件和构件体系。

二、工程力学的主要任务

建筑结构的构件都有承受多大荷载的问题，工程力学就是研究结构和构件承载能力的科学。结构和构件的承载能力包括强度、刚度和稳定性。所谓强度是指结构或构件抵抗破坏的能力。结构能安全承受荷载而不破坏，就认为满足强度要求。所谓刚度是指结构或构件抵抗

变形的能力。任何结构或构件在外力作用下都会产生变形，工程结构或构件的变形应限制在允许范围内。所谓稳定性是指构件保持平衡状态稳定性的能力。有些构件在荷载大到一定数值时，会突然出现不能保持其平衡状态稳定性的现象，称之为丧失稳定。这些构件必须通过稳定性的验算才能正常工作。

为了保证结构和构件具有足够的承载力，一般来说，都要选择较好的材料和截面较大的构件，这样才能保证建筑的安全，但一味地选用较好的材料和较大的截面，势必会大材小用、优材劣用，造成浪费，不够经济。可见，安全和经济是矛盾的。

工程力学的主要任务就是为解决这一矛盾提供必要的理论基础和计算方法。

三、工程力学的内容

工程力学分为（理论力学中的）静力学、材料力学和结构力学三部分。

静力学讨论构件及构件之间作用力的问题，主要内容是力系的简化及平衡。例如，一个构件受到哪些力的作用，哪些力已知，哪些力未知，未知力怎么求等。

材料力学讨论构件受力后发生变形时的承载能力的问题。知道构件的受力情况后，构件使用什么材料？什么形状？多大截面？是否做到既安全又经济？这一部分内容就解决上述问题。

结构力学讨论杆件体系的组成规律以及结构内力和位移的计算。庞大的建筑结构是由许多构件组成的，它们的布局应该是合理的，整体的结构应该是稳固的，组成结构的每一个构件都应满足承载能力的要求。

四、工程力学的学习方法

工程力学是研究结构及构件承载能力的课程，是土建类专业重要的专业基础课。学习时

要理论联系实际，循序渐进，温故知新。具体来讲，第一要理解地记忆力学中的基本概念、基本理论和基本方法（即“三基”），这对于学习力学是至关重要的。第二要注意例题的分析方法和解题思路。在分析时，既要做定性的分析，也要做定量的计算。第三要及时地完成课堂的练习和课后的习题。做习题是运用理论解决实际问题的基本训练，只有通过自己动手，独立完成课堂练习和课后作业，才能发现问题，解决问题，巩固所学。切忌对公式死记硬背、对例题生搬硬套。

第一章 静力学基础

【学习目标】

1. 深入理解力、平衡、刚体和约束等基本概念；
2. 掌握静力学四个公理和两个推论的内容，明确其适用范围；
3. 掌握几种常见约束和支座的约束特征及其约束反力的确定；
4. 能正确地画出物体及物体系统的受力图。

【情境导入】

静力学是研究物体在力系作用下处于平衡的规律。

何谓力系？在一般情况下，建筑物的结构或构件总是同时受到若干力的作用。我们把作用于同一物体上的一群力称为力系。

何谓平衡？在力系作用下，相对于地球静止的物体、在直线轨道上匀速行驶的火车等都是平衡的实例，如图 1-1 所示。它们的运动状态没有发生变化，称为平衡状态。一般情况下，物体若在力系作用下处于平衡状态，则该力系为平衡力系。使物体处于平衡时力系应满足的条件称为力系的平衡条件。作用在物体上的力系通常是非常复杂的。讨论力系时，在不改变原力系对物体作用效果的前提下，用一个简单的力系来代替原力系就称为力系的合成，或称为力系的简化。对物体作用效果相同的力系称为等效力系。



图 1-1 匀速行驶的火车

建筑物及其构件在正常情况下都处于平衡状态。因此，工程力学首先要研究力系的平衡问题。

第一节 静力学的基本概念

要研究力系的平衡问题，首先要掌握以下静力学的基本概念。

一、刚体的概念

在任何外力作用下，大小和形状保持不变的物体称为刚体。事实上，物体受力后都会产生程度不同的变形，但这些变形相对于物体的尺寸非常微小，对研究平衡问题没有影响，可以忽略不计。在静力学中，我们把所研究的物体都看作是刚体。

二、力的概念

力的概念是从劳动中产生，并通过生产实践和日常生活不断加深认识的。例如：在建筑工地人们拉车、弯钢筋时，肌肉紧张，就感受到用了“力”；吊车吊起构件时，构件同样受到吊车的拉力；等等。

总之，力是物体之间相互的机械作用，物体在这种相互作用下，可能产生如下的效应：一是使物体的运动状态发生变化（称之为外效应），二是使物体发生变形（称之为内效应）。

力是物体与物体之间的相互作用，它总是成对地出现。力不可能脱离物体而存在，有受力体时必定有施力体。物体之间相互接触时，可产生相互间的推、拉、挤、压等作用；物体间不接触时，也能产生力，如万有引力、电荷的引力斥力等。

实践证明：力对物体的作用效果取决于力的三要素，即力的大小、方向、作用点。

1. 力的大小

力的大小表明物体间相互作用的强弱程度。

国际单位制中：力的单位是牛顿（N）或千牛顿（kN）。

$$1 \text{ kN} = 1\,000 \text{ N}$$

2. 力的方向

力的方向包含方位和指向两个含义。比如说重力的方向是“铅垂向下”，“铅垂”是方位，“向下”是指向。改变力的方向，当然会改变力的作用效果。

3. 力的作用点

力的作用都有一定的范围，当作用范围与物体相比很小时，我们把它可以近似地看作是一个点。这种力又可称为集中力。

力的三要素中改变任何一个时，都会改变力对物体作用的效果。因此，在描述一个力时，必须全面表明这个力的三要素。

力是一个矢量，通常用带箭头的线段来表示。线段的长度（按比例）表示力的大小，线段与某直线或坐标轴的夹角表示力的方位，箭头表示力的指向；线段的起点和终点都可以表示力的作用点。

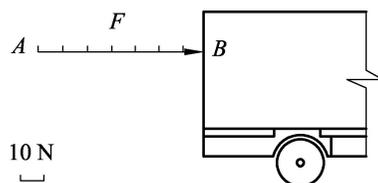


图 1-2

如图 1-2 所示的小车受到力 F 的作用，选定的基本长度为 10 N，按比例得到 F 的大小是 70 N，力与水平线夹角成 0° ，指向从左到右，作用点在小车 B 点上。这样，一个力就描述清

楚了。

注意：用字母表示力矢量时，需用黑体 F ，普通字母（如 F ）表示力矢量的大小。

实际工程中，有时力的作用范围较大，不能看作是一个点，这种情况的力就属于分布力，又称分布荷载。分布荷载大多是均匀的，又称均布荷载。力均匀分布在狭长的范围时，简称为均布线荷载，用 q 表示，单位为 N/m ；力均匀分布在较大的平面时，简称为均布面荷载，用 p 表示，单位为 N/m^2 。 q 和 p 是分布力的荷载集度，指单位长度或单位面积上作用荷载的密集程度，即均布荷载的大小，如图 1-3 所示。

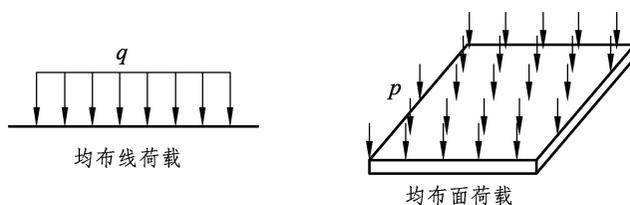


图 1-3 分布荷载

第二节 静力学公理

静力学公理是人类在长期的生产和生活实践中，经过反复观察和实验总结出来的普遍规律。它阐述了力的一些基本性质，是研究静力学的基础。

一、作用力与反作用力公理

两物体间的作用力与反作用力总是大小相等、方向相反、沿同一直线，并分别作用在这两个物体上。

这个公理概括了两个物体间相互作用的关系。力总是成对出现的，有作用力必有反作用