



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
高等职业技术教育土建类专业“十二五”规划教材

建筑力学

(第3版)

主 编 梁春光 冯昆荣



武汉理工大学出版社

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
高等职业技术教育土建类专业“十二五”规划教材

建筑力学

(第3版)

主 编 梁春光 冯昆荣
副主编 戴 星 胡文骁 刘晓红

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

内 容 提 要

本书是根据教育部《高职高专教育近土建类专业力学课程教学基本要求》、参照国家现行有关规范、结合高等职业教育的特点编写的。本书以基本知识、基本理论和基本技能为主要内容,力求体现高职高专教育培养应用性技术人才的特色。

本教材共分为三篇。第一篇“静力学”主要内容有:静力学基础、平面力系;第二篇“材料力学”主要内容有:材料力学的基本概念、轴向拉伸和压缩、剪切和挤压、扭转、平面图形的几何性质、梁的内力、弯曲应力、弯曲变形、组合变形的强度计算、压杆稳定;第三篇“结构力学”主要内容有:结构的计算简图、平面体系的几何组成分析、静定结构内力分析、静定结构位移计算、力法、位移法和力矩分配法。为便于教师讲授和学生自学,本书加强了对基本概念和解题方法的叙述,每章都有小结、习题,书末附有习题答案。

本书可作为高职高专院校建筑工程技术、工程监理、工程管理、工程造价、道桥等专业的教学用书,也可作为相关工程技术人员的自学及参考书籍。

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学/梁春光,冯昆荣主编. —3版. —武汉:武汉理工大学出版社,2015.8

ISBN 978-7-5629-4912-1

I. ①建… II. ①梁… ②冯… III. ①建筑科学-力学-高等学校-教材 IV. ①TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 171285 号

项目负责人:杨学忠 张淑芳 丁 冲

责任校对:夏冬琴

出版发行:武汉理工大学出版社

地 址:武汉市洪山区珞狮路 122 号

邮 编:430070

网 址:<http://www.techbook.com.cn>

经 销:各地新华书店

印 刷:京山德兴印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:19.5

字 数:499 千字

版 次:2015 年 8 月第 3 版

印 次:2015 年 8 月第 1 次印刷 总第 20 次印刷

印 数:1—3000 册

定 价:35.50 元

责任编辑:丁 冲

装帧设计:何家辉

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线:027-87384729 87664138 87785758 87165708(传真)

· 版权所有,盗版必究 ·

第3版前言

本教材根据高职高专建筑类及相关专业特点,以培养技能型、实用性人才为目标,遵循教学内容“以应用为目的”、“以必要够用为度”的原则。同时参照现有教材体系,总结多年的教学经验,精选了内容,删减和合并了一些次要内容,尽量使教材满足工程实际的需要,以基本知识、基本理论和基本技能为主要内容,力求体现高职高专教育培养应用性技术人才的特色。此外,为便于教师讲授和学生自学,本书加强了对基本概念和解题方法的叙述,每章都有小结、习题,书末附有习题答案。

本教材共分为三篇:第一篇静力学、第二篇材料力学、第三篇结构力学。由绵阳职业技术学院梁春光和冯昆荣担任主编,绵阳职业技术学院戴星、湖北城建职业技术学院胡文骁和宁夏建设职业技术学院刘晓红担任副主编。具体的编写分工为:梁春光编写绪论,第3、8、9章,附录,习题答案;戴星编写第一篇引言,第1、2章;胡文骁编写第二篇引言,第4、5、6、7章;刘晓红编写第10、11、12章;冯昆荣编写第三篇引言,第13、14、15、16、17、18章,全书由梁春光统稿。

本教材的内容,可根据不同专业的需要,以及教学学时的多少,进行选择学习。本书可作为高职高专院校建筑工程技术、工程监理、工程管理、工程造价、道桥等专业的教学用书,也可作为相关工程技术人员的自学及参考书籍。

由于编者水平有限,时间仓促,书中难免存在缺点和不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2015年3月

第2版(上册)前言

本教材是在职业技术教育土建类专业力学系列课程教学内容的基础上,根据教育部制订的《职业技术教育土建类专业力学课程教学基本要求》编写的,同时参照现有教材体系,总结多年的教学经验,精选了内容,删减和合并了原“工业与民用建筑专业系列教材《建筑力学》”中一些次要的内容,尽量使教材满足工程实际的需要。此外,为便于教师讲授和学生自学,本书加强了对基本概念和解题方法的叙述,编写了较多的例题和习题,并在书末附有习题答案。

本教材编写分工如下:绵阳职业技术学院梁春光编写绪论,主要字符表,第二篇引言,第4、6、8、9、10、11、12、13、14章,附录;天津城建学院高职院校焦卫编写第一篇引言,第1、2、3章;绵阳职业技术学院李宗信编写第5、7章。全书由梁春光统稿。

本教材由梁春光担任主编,焦卫担任副主编。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2003年9月

第2版(下册)前言

《建筑力学》是“职业技术教育建设类专业系列教材”之一,是职业技术教育建筑工程专业、工业与民用建筑专业的专业基础课教材。全书共三篇,分上、下册。《建筑力学》(下册)为第三篇结构力学部分,内容包括:结构的计算简图,几何组成分析,静定、超静定结构的内力和位移计算,结构在移动荷载作用下的计算等。

为了较好地适应职业技术教育的特点和需要,在编写本书时,力求简明易懂,循序渐进,突出重点,并保证科学性与实用性。本书尽力贯彻“少而精”的原则,精减了适用于手算的技巧性方法(如迭代法),与相关课程重复的内容(如D值法)及理论上有较大难度的内容(如矩阵位移法)等。为了便于组织教学和培养学生分析问题的能力,各章后附有小结、思考题和习题,书末附有部分习题答案供参考,书中带星号的内容,可根据学时安排、学生知识程度适当取舍。

本书共8章,由赵爱民任主编,付成喜、赵庆华任副主编。其中,天津城建学院高职院校赵爱民编写引言、第20章、第22章,付成喜编写第15章、第17章,天津建筑工程学院赵庆华编写第19章、第21章,河南建材职业技术学院周美茹编写第16章、第18章。全书由赵爱民统稿。

由于时间仓促,书中难免存在错误和疏漏,敬请读者在使用过程中提出批评与建议。

编者

2003年10月

目 录

绪论	(1)
----	-----

第一篇 静力学

引言	(2)
----	-----

1 静力学基础	(3)
---------	-----

1.1 力的概念	(3)
----------	-----

1.1.1 力的定义	(3)
------------	-----

1.1.2 力的三要素	(3)
-------------	-----

1.1.3 力的图示法	(4)
-------------	-----

1.2 刚体的概念	(4)
-----------	-----

1.3 静力学公理	(5)
-----------	-----

1.3.1 二力平衡公理	(5)
--------------	-----

1.3.2 加减平衡力系公理	(6)
----------------	-----

1.3.3 力的平行四边形公理	(7)
-----------------	-----

1.3.4 作用与反作用公理	(8)
----------------	-----

1.4 约束与约束反力	(9)
-------------	-----

1.4.1 约束与约束反力的概念	(9)
------------------	-----

1.4.2 几种常见的约束类型	(9)
-----------------	-----

1.5 受力图	(13)
---------	------

1.5.1 受力图的概念	(13)
--------------	------

1.5.2 单个物体的受力图	(13)
----------------	------

1.5.3 物体系统的受力图	(15)
----------------	------

习题	(17)
----	------

2 平面力系	(19)
--------	------

2.1 平面汇交力系	(20)
------------	------

2.1.1 力在坐标轴上的投影	(20)
-----------------	------

2.1.2 平面汇交力系的合成	(21)
-----------------	------

2.1.3 平面汇交力系的平衡	(23)
-----------------	------

2.2 力矩和平面力偶系	(24)
--------------	------

2.2.1 力对点之矩	(24)
-------------	------

2.2.2 合力矩定理	(26)
-------------	------

2.2.3 力偶及其基本性质	(27)
----------------	------

2.2.4 平面力偶系的合成与平衡	(29)
-------------------	------

2.2.5 力的平移定理	(31)
--------------	------

2.3 平面一般力系	(32)
2.3.1 平面一般力系的平衡方程	(32)
2.4 平面平行力系的平衡方程	(38)
2.5 物体系统的平衡	(41)
习题	(45)

第二篇 材料力学

引言	(49)
3 材料力学的基本概念	(50)
3.1 变形固体及其基本假设	(50)
3.1.1 变形固体	(50)
3.1.2 变形固体的基本假设	(50)
3.1.3 小变形假设	(51)
3.2 外力及其分类	(51)
3.3 内力 截面法 应力	(51)
3.3.1 内力的概念	(51)
3.3.2 截面法	(52)
3.3.3 应力	(52)
3.4 杆件及其变形的形式	(53)
3.4.1 杆件	(53)
3.4.2 杆件变形的形式	(54)
4 轴向拉伸和压缩	(55)
4.1 轴向拉伸和压缩的概念	(55)
4.2 轴向拉伸和压缩时的内力	(55)
4.2.1 轴力	(55)
4.2.2 轴力图	(57)
4.3 轴向拉伸和压缩时横截面上的应力	(57)
4.4 轴向拉(压)杆斜截面上的应力	(59)
4.4.1 斜截面上的应力	(59)
4.4.2 剪应力互等定律	(60)
4.5 轴向拉伸和压缩时的变形 虎克定律	(60)
4.5.1 纵向变形	(60)
4.5.2 横向变形	(61)
4.5.3 泊松比	(61)
4.5.4 虎克定律	(62)
4.6 材料在拉伸和压缩时的力学性质	(64)
4.6.1 材料的拉伸和压缩试验	(64)
4.6.2 材料在拉伸时的力学性质	(64)
4.6.3 材料在压缩时的力学性质	(66)
4.6.4 两类材料力学性质的比较	(67)

4.7	许用应力及安全系数	(68)
4.8	轴向拉伸和压缩时的强度计算	(68)
4.9	应力集中的概念	(71)
	习题	(72)
5	剪切和挤压	(75)
5.1	剪切和挤压的概念	(75)
5.2	剪切和挤压的实用计算	(75)
5.2.1	剪切实用计算	(75)
5.2.2	挤压实用计算	(76)
5.3	剪应变 剪切虎克定律	(80)
	习题	(81)
6	扭转	(83)
6.1	扭转的概念 外力偶矩的计算	(83)
6.1.1	扭转的概念	(83)
6.1.2	外力偶矩的计算	(83)
6.2	圆轴扭转时横截面上的内力	(84)
6.2.1	扭矩	(84)
6.2.2	扭矩图	(85)
6.3	圆轴扭转时横截面上的应力	(86)
6.3.1	现象与假设	(86)
6.3.2	横截面上的剪应力	(87)
6.3.3	极惯性矩和抗扭截面系数	(89)
6.4	圆轴扭转时的变形	(90)
6.5	圆轴扭转时的强度条件和刚度条件	(91)
6.5.1	强度条件	(91)
6.5.2	刚度条件	(91)
	习题	(94)
7	平面图形的几何性质	(96)
7.1	静矩	(96)
7.1.1	静矩	(96)
7.1.2	简单图形静矩的计算	(96)
7.1.3	组合图形静矩的计算	(97)
7.2	惯性矩和惯性半径	(98)
7.2.1	定义	(98)
7.2.2	惯性半径	(98)
7.2.3	简单图形的惯性矩	(99)
7.3	组合图形的惯性矩	(101)
7.3.1	惯性矩的平行移轴公式	(101)
7.3.2	组合图形的惯性矩	(101)
	习题	(104)

8 梁的内力	(106)
8.1 梁弯曲的概念	(106)
8.1.1 弯曲的概念	(106)
8.1.2 平面弯曲的概念	(107)
8.1.3 梁的类型	(107)
8.2 梁的内力——剪力和弯矩	(108)
8.2.1 剪力和弯矩	(108)
8.2.2 剪力和弯矩的正负号规定	(109)
8.2.3 用截面法求指定截面的剪力和弯矩	(109)
8.2.4 计算剪力和弯矩的规律	(111)
8.3 剪力图和弯矩图	(112)
8.3.1 剪力方程和弯矩方程	(113)
8.3.2 剪力图和弯矩图	(113)
8.3.3 绘制剪力图和弯矩图的步骤	(113)
8.4 剪力图和弯矩图的规律作图	(119)
8.4.1 剪力图和弯矩图的规律	(119)
8.4.2 利用内力图的规律作剪力图和弯矩图	(119)
8.5 叠加法画弯矩图	(122)
8.5.1 叠加原理	(122)
8.5.2 叠加法画弯矩图	(123)
习题	(125)
9 弯曲应力	(129)
9.1 梁弯曲时横截面上的正应力	(129)
9.1.1 现象与假设	(129)
9.1.2 纯弯曲梁的正应力	(130)
9.2 梁的正应力强度计算	(134)
9.2.1 最大正应力	(134)
9.2.2 正应力强度条件	(135)
9.3 提高梁抗弯强度的途径	(139)
9.3.1 降低最大弯矩值	(139)
9.3.2 选择合理的截面形状	(140)
9.3.3 采用变截面梁	(141)
9.4 梁的剪应力和剪应力的强度计算	(142)
9.4.1 梁横截面上的剪应力	(142)
9.4.2 梁的剪应力强度计算	(146)
习题	(150)
10 弯曲变形	(152)
10.1 弯曲变形的概念	(152)
10.1.1 挠度和转角	(152)
10.1.2 挠曲线方程	(152)

10.1.3	挠曲线近似微分方程	(153)
10.2	用积分法求梁的变形	(154)
10.3	用叠加法求梁的变形	(157)
10.4	梁的刚度校核	(160)
10.5	提高梁弯曲刚度的措施	(161)
	习题	(162)
11	组合变形的强度计算	(164)
11.1	组合变形的概念	(164)
11.1.1	组合变形的概念	(164)
11.1.2	组合变形的解题方法	(164)
11.2	斜弯曲	(165)
11.2.1	外力的分解	(165)
11.2.2	内力和应力的计算	(165)
11.2.3	中性轴的位置	(166)
11.2.4	强度条件	(166)
11.3	偏心压缩(拉伸)	(169)
11.3.1	单向偏心压缩(拉伸)	(169)
11.3.2	双向偏心压缩(拉伸)	(173)
11.4	截面核心	(175)
11.4.1	截面核心的概念	(175)
11.4.2	几种常见截面的截面核心	(175)
	习题	(176)
12	压杆稳定	(178)
12.1	压杆稳定的概念	(178)
12.1.1	压杆的稳定性	(178)
12.1.2	压杆的稳定平衡	(178)
12.2	临界力和临界应力	(179)
12.2.1	欧拉公式	(179)
12.2.2	临界应力	(180)
12.2.3	欧拉公式的适用范围	(180)
12.2.4	经验公式	(181)
12.2.5	临界应力总图	(181)
12.3	压杆的稳定计算	(183)
12.3.1	压杆的稳定条件	(183)
12.3.2	折减系数法	(184)
12.4	提高压杆稳定性的措施	(188)
12.4.1	合理选择材料	(188)
12.4.2	改善支承情况	(188)
12.4.3	选择合理的截面形状	(188)
12.4.4	减小压杆的长度	(189)

习题.....	(189)
---------	-------

第三篇 结构力学

引言.....	(191)
13 结构的计算简图	(193)
13.1 结构计算简图的选择原则.....	(193)
13.2 结构计算简图的简化方法.....	(193)
13.3 荷载.....	(195)
14 平面体系的几何组成分析	(197)
14.1 几何体系的组成及几何组成分析的目的.....	(197)
14.1.1 几何体系的组成.....	(197)
14.1.2 几何体系组成分析的目的.....	(198)
14.2 平面体系的自由度和约束.....	(198)
14.2.1 自由度.....	(198)
14.2.2 约束.....	(198)
14.3 几何不变体系的基本组成规则.....	(200)
14.3.1 平面体系的几何不变基本组成规则.....	(200)
14.3.2 平面体系的几何组成分析方法.....	(201)
14.4 静定结构与超静定结构.....	(201)
习题.....	(202)
15 静定结构内力分析	(203)
15.1 多跨静定梁.....	(204)
15.1.1 多跨静定梁的概念.....	(204)
15.1.2 多跨静定梁的几何组成.....	(204)
15.1.3 多跨静定梁的特点与内力分析.....	(205)
15.2 静定平面刚架.....	(208)
15.2.1 静定平面刚架的组成特点.....	(208)
15.2.2 静定平面刚架的内力分析.....	(208)
15.3 平面静定桁架.....	(215)
15.3.1 桁架的概念和组成.....	(215)
15.3.2 桁架的简化与特点.....	(216)
15.3.3 桁架的分类.....	(216)
15.3.4 桁架的内力分析.....	(217)
15.4 三铰拱.....	(221)
15.4.1 三铰拱的概念及受力特点.....	(221)
15.4.2 三铰拱的内力分析.....	(221)
15.4.3 三铰拱的合理拱轴.....	(224)
习题.....	(226)
16 静定结构位移计算	(228)
16.1 概述.....	(228)

16.1.1	结构位移	(228)
16.1.2	结构位移计算的目的	(228)
16.2	计算结构位移的原理和单位荷载法	(229)
16.2.1	实功和虚功	(229)
16.2.2	单位荷载法	(230)
16.3	图乘法	(232)
16.3.1	图乘法公式	(233)
16.3.2	几种常见简单图形的面积及其形心位置	(233)
16.3.3	应用图乘法求结构位移时需要注意的问题	(233)
16.4	支座位移引起的位移计算	(238)
	习题	(239)
17	力法	(241)
17.1	概述	(241)
17.1.1	超静定结构的概念	(241)
17.1.2	超静定次数的确定	(241)
17.2	力法的基本原理	(243)
17.2.1	力法的基本结构	(243)
17.2.2	力法的基本未知量与基本方程	(243)
17.2.3	力法的求解过程	(244)
17.2.4	力法典型方程	(245)
17.3	力法的应用	(246)
17.4	对称性的利用	(249)
17.4.1	结构的对称性	(249)
17.4.2	荷载的对称性	(249)
17.5	超静定结构的特性	(252)
	习题	(253)
18	位移法和力矩分配法	(255)
18.1	位移法	(255)
18.1.1	位移法基本变形假设	(255)
18.1.2	位移法的基本未知量	(255)
18.1.3	位移法的杆端内力	(256)
18.1.4	位移法原理	(257)
18.1.5	位移法求解超静定结构的步骤及应用	(260)
18.2	力矩分配法	(265)
18.2.1	力矩分配法的基本概念	(265)
18.2.2	力矩分配法的计算步骤及应用	(267)
	习题	(272)
	附录	(274)
	习题答案	(295)
	参考文献	(300)

绪 论

我们的祖先,早在 1000 多年以前就会合理利用石材、木材来建造复杂的建筑物。河北赵县赵州桥由隋代工匠李春设计建造,跨度达 37m,总长大于 50m,桥面宽 9m,为敞肩平拱石桥,1000 多年来安然无恙,它比世界上相同类型的石拱桥早 1200 多年。西安大雁塔建于唐代,塔身全部采用砖石材料,1000 多年来,历经多次大地震,现仍保存完好。山西应县佛光寺的木塔,建于公元 1056 年,塔身为八角形,共 9 层,塔高近于 68m,经过几十次大地震,依然完好无损,是我国现存最早的木结构高层建筑。今天,随着生产力的不断发展,新材料、新结构不断出现,建造十几层乃至几十层的高层建筑已并非难事。在这些建筑物中,每一根梁、柱都必须运用建筑力学进行分析设计。

建筑物从开始建造的时候就承受各种力的作用。例如,楼板在施工中除承受自身的重量外,还常常承受人和施工机具的重量;墙承受楼板传来的压力和风的压力;基础则承受墙身的压力等等。在工程中习惯将这些主动作用在房屋上的力叫作荷载。在建筑物中承受荷载并传递荷载而起骨架作用的部分叫结构。组成结构的单个物体叫构件。例如,梁、板、柱、墙、基础等都是构成结构的常见的构件。建筑力学的主要研究对象就是组成结构的构件和构件体系。

承受和传递荷载的建筑结构构件,由于荷载的作用,构件产生变形,并且存在着发生破坏的可能。但是构件本身具有一定的抵抗变形和破坏的能力,即有一定的承载能力,其大小与构件的材料性质、几何形状和尺寸、受力性质、工作条件以及构造情况等有关。构件所受的荷载与构件本身的承载能力是矛盾的两个方面。在结构设计中,当其他条件一定时,如果把构件的截面设计得过小,构件的承受能力小于所受的荷载,则结构不安全,它会因为发生过大的变形不能正常地进行工作,甚至因为强度不够而迅速地破坏倒塌。如果把构件的截面设计得过大,构件的承载能力过分地大于所受的荷载,则又会不经济,造成人力、物力上的浪费。由此可见,任何一个结构或构件的设计,既要分析荷载,也要对构件承载能力进行分析和计算,使所设计的构件既安全又经济。建筑力学是研究各种建筑结构或构件在荷载作用下的平衡条件以及承载能力的科学。

建筑力学的内容分为静力学、材料力学、结构力学三个部分。

静力学 主要研究力之间的平衡规律。

材料力学 主要研究构件的强度、刚度和稳定性。

结构力学 主要研究结构的强度、刚度和稳定性。

学习建筑力学要注意理解它的基本原理,掌握它的分析方法,切忌死记硬背。另外,还要多做习题,做习题是学好建筑力学的重要环节。不做一定数量的习题很难掌握力学的概念、原理和方法。但是,不弄清楚概念,不理解原理,盲目地做题或生搬硬套公式是不能达到预期的效果的。

第一篇 静 力 学

引 言

静力学是研究物体在力作用下的平衡规律的科学。

在一般工程问题中,所谓**平衡**是指物体相对于地球处于静止或匀速直线运动的状态。例如,房屋相对于地球静止不动,火车在直线轨道上匀速行驶,物体被起重机沿直线匀速起吊等等,都属平衡状态。平衡是物体机械运动的一种特殊形式,它的特点是物体的运动状态不发生变化。

通常,一个物体所受的力不止一个而是若干个。我们把作用于物体上的一组力,称为**力系**。如果物体在力系作用下处于平衡状态,则该力系称为**平衡力系**。当物体平衡时,作用于物体上的力系所满足的条件,称为**力系的平衡条件**。

作用于物体上的力系如果可以用另一个力系来代替而作用效应相同,那么这两个力系互称**等效力系**。如果一个力与一个力系等效,则该力称为此力系的**合力**,而力系中的各个力称为其合力的**分力**。

静力学主要研究两个问题:

- (1) 力系的简化;
- (2) 力系的平衡条件及其应用。

在一般情况下,作用于物体上的力系较为复杂,在建立力系的平衡条件时,为了便于分析,往往需要把作用于物体上较复杂的力系,用与其作用效应相同的简单力系来代替,这种对力系作效应相同的代换,称为**力系的简化**,或称为**力系的合成**。将一个复杂力系简化后,就比较容易了解它对物体的总的作用效应,进而可以导出力系的平衡条件。

在土建工程中有着大量的静力学问题。例如,用起重机起吊重物时,必须根据平衡条件确定起重量不超过多少才不致翻倒。在设计屋架时,必须将其所受的重力、风雪压力等加以简化,再根据平衡条件求出各杆件所受的力,作为确定各杆件截面尺寸的依据。其他如桥梁、水坝、工业烟囱等建筑物,设计时都须进行受力分析,以便得到既安全又经济的设计方案,而静力学理论则是进行受力分析的基础。即使是机械方面的设计,也往往应用静力学理论分析其零部件的受力情况。可见,静力学理论在工程实际中有着广泛的应用。

1 静力学基础

本章提要

本章主要研究力的概念、刚体的概念、静力学的四个公理、约束与约束反力、受力图的画法。

为了系统地学习建筑力学,必须首先掌握有关静力学的一些基础知识。本章主要阐述力的定义、力的基本公理、约束、约束反力和受力图。这些都是静力学的重要基础内容。它揭示了力作用在物体上的实质,介绍了物体受力分析的基本方法。

1.1 力的概念

1.1.1 力的定义

力的概念是人们在长期的生产劳动和日常生活中逐步建立起来的。人们由从事推车、提重物、抛掷物体、打铁等活动时所感到肌肉紧张,从而对力产生了感性认识。后来又逐渐认识到:物体的机械运动状态发生的变化(包括变形),都是由于其他物体对该物体施加作用的结果。例如,自空中落下的物体由于受到地球的吸引作用而使运动速度逐渐加快;在平地上滑动的物体,由于空气和地面的作用而使运动速度逐渐减慢;桥梁在车辆的作用下会产生弯曲变形等等。人们经过长期的观察和分析,对力作出了如下定义:力是物体之间的相互机械作用,这种作用使物体的运动状态或形状发生改变。

力使物体运动状态发生改变,称为力的外效应。而力使物体形状发生改变,称为力的内效应。

既然力是物体与物体之间的相互作用,所以,力不能脱离物体而单独存在。某一物体受到力的作用时,一定有另一物体对它施加这种作用。因此,在分析物体受力情况时,必须分清哪个是受力物体,哪个是施力物体。

1.1.2 力的三要素

自然界中有各种各样的力,例如,重力、弹性力、水压力、土压力、摩擦力、万有引力等等,它们的物理本质各不相同。但在建筑力学中,将不探究力的物理本质,而只研究对物体产生的效应。

实践证明,力对物体的作用效应决定于三个要素:(1) 力的大小;(2) 力的方向;(3) 力的作用点。这三个要素称为力的三要素。

力的大小是指物体间相互作用的强弱程度。为了度量力的大小,必须确定力的单位。在国际单位制中,力的单位是牛顿(牛, N)或千牛顿(千牛, kN)。

$$1 \text{ 千牛 (kN)} = 1000 \text{ 牛 (N)}$$

力的方向包含方位和指向两个含义。例如,重力的方向是铅垂向下的,“铅垂”指其方位,“向下”为其指向。

力的作用点是指力对物体作用的位置。力的作用位置,一般并不是一个点,而往往有一定的范围。但是,当力的作用范围与物体相比很小时,就可以抽象成为一个点,而认为力集中作用在这个点上。例如,当用钢索起吊重物时,钢索的拉力作用在与重物相连接的小块面积上,如不计钢索的粗细,就可以认为连接处是一个点,而拉力则集中地作用于该点。作用于一点的力,称为**集中力**。

在力的三要素中,当其中任一要素发生改变时,力对物体的作用效应也随之改变。因此,在描述一个力时,必须全面表明力的三要素。

1.1.3 力的图示法

力是一个具有大小和方向的量,所以力是**矢量**。图示时,通常用一条带箭头的有向线段来表示。线段的长度(按选定的比例尺)表示力的大小;线段的方位和箭头的指向表示力的方向;线段的起点或终点表示力的作用点。通过力的作用点沿力的方向的直线,称为**力的作用线**。

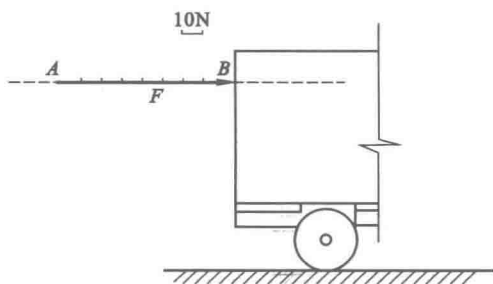


图 1.1

如图 1.1 中的有向线段 AB 表示的是一作用在小车上的力,这个力的大小(按图中比例尺)为 80N ,它的方向是水平向右,作用在小车的 B 点。通过 AB 的直线(图 1.1 中的虚线)为该力的作用线。本书中用黑体字母表示力矢量,而用白体的同一字母表示这个力的大小。例如,用 $\mathbf{F}$ 表示力矢量(图 1.1), F 表示这个力的大小,在图 1.1 中 $F=80\text{N}$ 。起点为 A 、终点为 B 的矢量记为 $\overrightarrow{AB}$ 。

1.2 刚体的概念

在静力学中,把所研究的物体都看作是刚体。所谓**刚体**是指在力的作用下,大小和形状保持不变的物体。实际上,刚体是不存在的,它是一个理想化的力学模型。任何物体受力后都会产生不同程度的变形,但在正常情况下,工程上的结构或构件受力后所产生的变形都很微小,甚至只有用专门的仪器才能测量出来。这种微小的变形,对研究物体的平衡问题影响极小,可以略去不计。这样就可把物体看作是不变形的,从而使问题的研究大为简化。这种处理问题的方法,是科学抽象所必需的,也是实际所许可的。

一个物体能否看作刚体,不仅取决于物体变形的大小,而且和问题本身的要求有关。当研究物体在受力情况下的变形和破坏问题时,变形这一因素就跃居重要地位,这时就不能把物体看作刚体,而应该看作变形体。在材料力学和结构力学所研究的问题中就是这样。

1.3 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,经过反复观察和实践所总结出来的普遍规律,它具体阐述了力的基本性质。静力学的全部理论,都是建立在这些公理的基础上的。

静力学公理共有 4 个,现叙述如下:

1.3.1 二力平衡公理

作用在刚体上的两个力,使刚体处于平衡状态的必要和充分条件是:这两个力大小相等、方向相反、作用线相同(简称这两个力等值、反向、共线)。

二力平衡公理给出了由两个力所组成的最简单的力系的平衡条件。一个物体只受两个力作用而平衡时,这两个力一定要满足二力平衡公理。例如,拉杆 AB 的两端分别受到 F_A 和 F_B 的作用(图 1.2),由经验知道,当拉杆平衡时,这两个力必等值、反向、共线。又如在起重机上挂一重物(图 1.3(a)),重物受到绳索拉力 T 和重力 W 的作用(图 1.3(b)),这两个力方向相反、作用在同一铅垂线上。实践告诉我们,重物加速上升时, T 大于 W ;重物加速下降时, T 小于 W ;要使重物匀速上升、下降或静止, T 和 W 的大小应相等。即重物处于平衡状态时,作用在重物上的两个力 T 和 W 必等值、反向、共线。



图 1.2

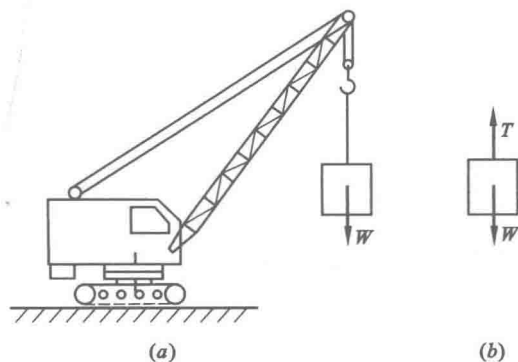


图 1.3

必须注意,对于变形体来说,二力平衡公理是不成立的。两个力等值、反向、共线的条件只能是二力平衡的必要条件而不是充分条件。例如,绳索的两端受到等值、反向、共线的两个拉力作用时处于平衡状态(图 1.4(a)),但如受到等值、反向、共线的两个压力作用时,就不能平衡了(图 1.4(b))。

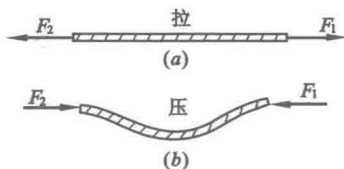


图 1.4

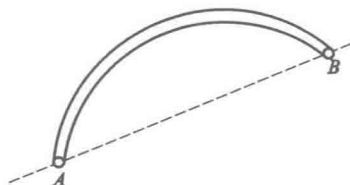


图 1.5

在两个力作用下并处于平衡状态的物体称为二力体,如果该物体是个杆件,也可称二力杆。二力体(杆)上的两个力的作用线必为这两个力作用点的连线。例如,图 1.5 所示的杆件