



中等职业教育课程改革国家规划新教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

土木工程力学基础

(多学时)

卢光斌 主编

配教学资源·双色印刷

 **机械工业出版社**
CHINA MACHINE PRESS



附力学小实验
教学视频光盘

ISBN 978-7-111-29911-0
ISBN 978-7-89451-443-1(光盘)

封面设计:
姚毅

中等职业教育课程改革国家规划新教材及配套用书

书 名	主 编	书 号
✚ 土木工程识图(房屋建筑类)(含配套习题集)	白丽红	7-111-29909-7
✚ 土木工程识图(道路桥梁类)(含配套习题集)	赵云华	7-111-29910-3
✚ 土木工程识图(铁道工程类)(含配套习题集)	焦胜军	7-111-29908-0
✚ 土木工程力学基础(多学时)(附力学小实验教学视频光盘)	卢光斌	7-111-29911-0
土木工程力学基础(少学时)(配学习课件光盘)	宋小壮	

配套电子课件、电子教案、习题答案、模拟试卷等教学资源,请登录www.cmpedu.com注册下载。
编辑热线:010-88379197

地址:北京市百万庄大街22号 邮政编码:100037
电话服务 网络服务
社服务中心:(010)88361066 门户网:<http://www.cmpbook.com>
销售一部:(010)68326294 教材网:<http://www.cmpedu.com>
销售二部:(010)88379649
读者服务部:(010)68993821 封面无防伪标均为盗版

ISBN 978-7-111-29911-0



定价:26.00元(含1DVD、双色) 9 787111 299110 >



中等职业教育课程改革国家规划新教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

王福寿 袁建强 编著 机械工业出版社 北京 2010 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

土木工程力学基础

(多学时)

主 编 卢光斌
副主编 陈哲勇
参 编 张友福 刘晓风 张文华
胡拔香 严 峻
主 审 郭应征 沈蒲生



机械工业出版社

本书是中等职业教育课程改革国家规划新教材,是根据教育部于2009年发布的《中等职业学校土木工程力学基础教学大纲》编写的。全书分六章:力和受力图,平面力系的平衡,直杆轴向拉伸压缩,直梁弯曲,受压构件的稳定性,工程常见结构简介。

本书注重力学与数学之间、力学内容之间的贯通融合,使得课程简练。书中采用大量的图片,联系工程实际,反映最新工程成果。同时,将力学小实验大量引入力学课程,是本书的一大特点。小实验与理论分析有机结合,使在有限的教学时间内较多地提高力学素养成为可能。本书编入了61项小实验,附有《力学小实验》教学演示光盘(DVD)可为师生操作做参考,也可在课堂上有选择地放映。

本书作为中等职业学校建筑、市政、道路、桥梁、铁道、水利等土木工程相关专业(62~72学时)的力学教材,其教学模块也可供非施工类专业及相关的岗位培训选用。

为便于教学,本书配有电子教案,有与教材配套的教师型、学生型力学小实验元件盒产品资料,选择本书作为教材的教师、学校可来电(010-88379197)索取,或登录 www.cmpedu.com 网站,注册、免费下载。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程力学基础:多学时/卢光斌主编. —北京:机械工业出版社, 2010.8

中等职业教育课程改革国家规划新教材

ISBN 978-7-111-29911-0

I. ①土… II. ①卢… III. ①土木工程—工程力学—专业学校—教材
IV. ①TU311

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第036134号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:朱元刚 责任编辑:朱元刚 封面设计:姚毅

责任校对:李婷 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2010年8月第1版第1次印刷

184mm×260mm·9.5印张·2插页·232千字

0 001—4 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-29911-0

ISBN 978-7-89451-443-1(光盘)

定价:26.00元(含1DVD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

中等职业教育课程改革国家规划新教材 出版说明

为贯彻《国务院关于大力发展职业教育的决定》（国发〔2005〕35号）精神，落实《教育部关于进一步深化中等职业教育教学改革的若干意见》（教职成〔2008〕8号）关于“加强中等职业教育教材建设，保证教学资源基本质量”的要求，确保新一轮中等职业教育教学改革顺利进行，全面提高教育教学质量，保证高质量教材进课堂，教育部对中等职业学校德育课、文化基础课等必修课程和部分大类专业基础课教材进行了统一规划并组织编写，从2009年秋季学期起，国家规划新教材将陆续提供给全国中等职业学校选用。

国家规划新教材是根据教育部最新发布的德育课程、文化基础课程和部分大类专业基础课程的教学大纲编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定通过的。新教材紧紧围绕中等职业教育的培养目标，遵循职业教育教学规律，从满足经济社会发展对高素质劳动者和技能型人才的需要出发，在课程结构、教学内容、教学方法等方面进行了新的探索与改革创新，对于提高新时期中等职业学校学生的思想道德水平、科学文化素养和职业能力，促进中等职业教育深化教学改革，提高教育教学质量将起到积极的推动作用。

希望各地、各中等职业学校积极推广和选用国家规划新教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

2010年6月

中等职业教育课程改革国家规划新教材 编审委员会

主 任：陈晓明 机械工业教育发展中心

委 员：（按姓氏笔画排）

王 晖 陕西铁路工程职业技术学院

邓本松 武汉铁路桥梁学校

吴承霞 河南建筑职业技术学院

吴文安 湖北省工业建筑学校

苏铁岳 河北城乡建设学校

陈晓军 辽宁省城市建设学校

杨 庚 天津建筑工程学校

钟建民 山西交通职业技术学院

蔡宗松 福州建筑工程职业中专学校

前言

为贯彻《国务院关于大力发展职业教育的决定》精神,落实《教育部关于进一步深化中等职业教育教学改革的若干意见》关于“加强中等职业教育教材建设,保证教学资源基本质量”的要求,确保新一轮中等职业教育教学改革顺利进行,全面提高教育教学质量,保证高质量教材进课堂,教育部对中等职业学校德育课、文化基础课等必修课程和部分大类专业基础课教材进行了统一规划并组织编写。本书是中等职业教育课程改革国家规划新教材之一,是根据教育部于2009年发布的《中等职业学校土木工程力学基础教学大纲》编写的。

本书主要介绍力和受力图,平面力系的平衡,直杆轴向拉伸压缩,直梁弯曲,受压构件的稳定性,工程常见结构简介。为学生掌握土木工程类专业必备的力学基础知识和基本技能,初步具备分析和解决土木工程简单结构、基本构件受力问题的能力,以及后续课程的学习打下基础;为职业意识、职业道德的培养,为严谨、求实、敬业作风的培养,为今后解决生产实际问题和职业生涯的发展奠定基础。

在本书编写的过程中,力求体现“积极推进多种模式的课程改革,促进内容综合化、模块化,提高现代信息技术在教育教学中的应用水平”的精神。表现在:

(1) 让力学小实验大量进入力学课程 小实验模拟构造、模拟力学现象单一,选料、制作、携带、演示方便,贴近生活实际、工程实际,具有定性分析的优势。它的快速进行可以缩短认识的过程,能够避开一些“理论基础”的限制,形成相对独立的教学小模块。它因趣味性让人专注,制作、调试、演示的过程,是培养创新精神,锻炼动手能力的过程。实验分析与理论分析有机结合,使在有限的教学时间内较多地提高力学素养成为可能。本书编入了61项小实验,所附《力学小实验》演示光盘(DVD)可为师生操作做参考,也能在课堂上有选择地放映。与教材配套的教师型力学小实验元件盒可支持教师课堂演示,学生型元件盒支持学生坐在自己的座位上做实验。

(2) 让图片、视频资料大量进入力学课程 将图片中的土木工程结构,抽象为计算简图和实验模型;从土木工程图片中,隔离出研究对象,画受力图;用图片佐证结构的受力特点及合理形式,用图片反映土木工程发展的历史和最新成就,从而使力学课程较多地联系工程实际。

(3) 教学内容贯通融合 力学课程与数学课程贯通,力学课程的内容贯通融合,减少一些“新”的认识,减少一些“规律”,有机地组织基本训练,使理论分析简练,使基本训练简捷流畅。

本书采用双色印刷,突出重点,突出变化。习题的题号按“章—节—序号”三段表示,便于师生选用。书中不少习题留有足够的空白,这部分练习可在书上作业。

全书共六章,由武汉铁路桥梁学校卢光斌任主编。具体分工如下:湖北省工业建筑学校张友福编写第1章,福州建筑工程职业中专学校刘晓风编写第2章,天津建筑工程学校张文华编写第3章,陕西铁路工程职业技术学院胡拔香编写第4章,辽宁省城市建设学校严峻编



土木工程力学基础（多学时）

写第5章，卢光斌编写第6章。武汉铁路桥梁学校陈哲勇任副主编，制作力学小实验光盘，并担任主讲。为便于教学，本书配套有电子教案，有配套的教师型、学生型力学小实验元件盒产品的相关文件资料，选择本书作为教材的教师、学校可来电（010-88379197）索取，或登录 www.cmpedu.com 网站，注册、免费下载。

本书经全国中等职业教育教材审定委员会审定，由郭应征、沈蒲生主审。教育部评审专家、主审专家在评审及审稿过程中对本书内容及体系提出了很多宝贵的建议，在此对他们表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

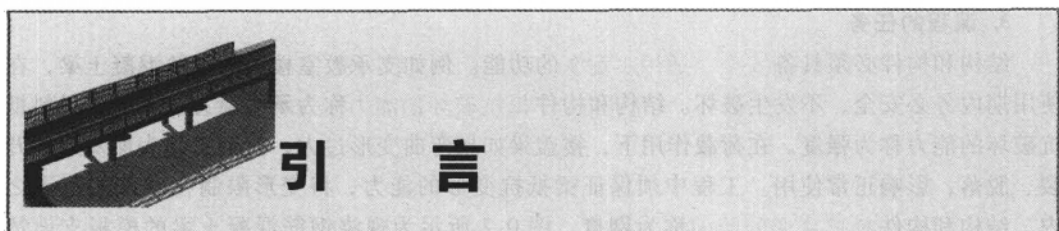
编 者

主要符号表

A	面积	M	力偶矩, 弯矩
a	间距	M_A	力对 A 点之矩
b	宽度	q	分布荷载线集度
D, d	直径	R, r	半径
E	弹性模量	W	重量, 抗弯截面系数
F	力	α	倾角
F_{HA}, F_{VA}	A 处的水平、竖直约束力	β	角
F_N	轴力	θ	梁横截面的转角
F_P	荷载	Δ, δ	变形, 位移
F_{Pcr}	临界荷载	ε	线应变
F_S	剪力	μ	长度系数
F_R	合力	ρ	密度, 曲率半径
F_T	拉力	σ	正应力
F_x, F_y	力在 x 轴、 y 轴上的投影	σ^+	拉应力
g	重力加速度	σ^-	压应力
h, H	高度	$[\sigma]$	许用正应力
I	截面二次矩	$[\sigma]^+$	许用拉应力
l, L	长度, 跨度	$[\sigma]^-$	许用压应力
m	质量	w	挠度

目 录

前言	实验与讨论	66
主要符号表	习题	66
引言	第 4 章 直梁弯曲	70
第 1 章 力和受力图	4.1 梁的形式	70
1.1 力的基本知识	4.2 梁的内力	71
1.2 静力学公理	4.3 梁的内力图	75
1.3 结构的计算简图与实验模型	4.4 梁的正应力强度条件	80
1.4 受力图	4.5 梁的位移	87
实验与讨论	4.6 直梁弯曲知识应用	90
习题	实验与讨论	95
第 2 章 平面力系的平衡	习题	97
2.1 力在直角坐标轴上的投影	第 5 章 受压构件的稳定性	103
2.2 平面汇交力系的平衡	5.1 压杆平衡状态的稳定性	103
2.3 力矩	5.2 影响压杆稳定性的因素	104
2.4 力偶	5.3 压杆的稳定性问题	108
2.5 平面一般力系的平衡	实验与讨论	111
实验与讨论	习题	112
习题	第 6 章 工程常见结构简介	114
第 3 章 直杆轴向拉伸压缩	6.1 平面结构的几何组成分析	114
3.1 杆件的基本受力变形形式	6.2 工程中常见静定结构简介	117
3.2 杆件的组合变形	6.3 工程中常见超静定结构简介	124
3.3 直杆轴向拉伸压缩时的内力	实验与讨论	130
3.4 直杆轴向拉伸压缩时横截面的正应力	习题	131
3.5 直杆轴向拉伸压缩时的强度计算	附录	133
3.6 直杆轴向拉伸压缩时的变形	附录 A 力学小实验索引	133
3.7 直杆轴向拉伸压缩在工程中的应用	附录 B 型钢规格表 (摘录)	135
	参考文献	141



1. 土木工程与力学

用建筑材料（土、石、砖、木、混凝土、钢、铝、聚合物、钢筋混凝土、复合材料等）建造房屋、道路、铁路、桥梁、隧道、河、港、市政、卫生等建筑物或构筑物的生产活动和工程技术称为土木工程。

力学是研究客观物质机械运动规律的科学。机械运动指物体之间或物体内部各部分之间相对位置的变动，包括物体相对于地球的运动、物体的变形、流体的流动等。平衡是机械运动的特殊状态。如果物体相对于地球保持静止，或作匀速直线平移，物体便处于平衡状态。

土木工程是力学最重要的发展源泉和应用园地之一；力学是土木工程重要的理论基础。人类早就会建造房屋了（彩图 7a），直到掌握了丰富的力学知识以后，各种各样的摩天大楼、跨海大桥、特大跨度的公共建筑、水下隧道、高速公路才得以建成（彩图 1～彩图 6）。

2. 课程的研究对象

建筑物或构筑物中承受外部作用的骨架称为结构（彩图 7）。可能出现的外部作用包括荷载作用（恒载、活载、风载、水压力、土压力等）、变形作用（地基不均匀下沉、材料胀缩变形、温度变化引起的变形、地震引起的地面变形等）、环境作用（阳光照射、风化、环境污染引起的腐蚀、火灾等）。

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（图 0-1）。本课程研究杆系结构及其构件。

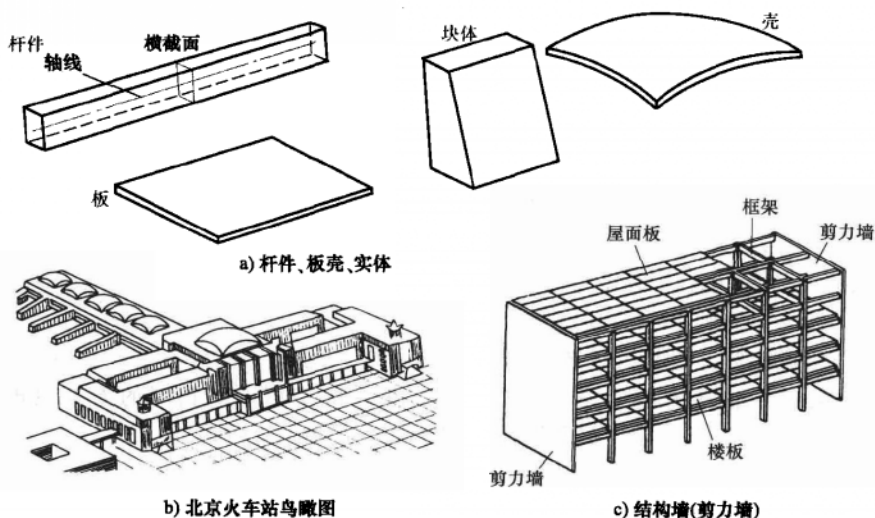


图 0-1 杆件、板壳、块体



3. 课程的任务

结构和构件必须具备安全、适用、耐久的功能。例如支承教室楼盖的钢筋混凝土梁,在使用期内务必安全,不发生破坏。结构和构件抵抗破坏的能力称为**承载能力**。其中,材料抵抗破坏的能力称为**强度**。在荷载作用下,楼盖梁如果弯曲变形过大,就会引起表面灰层的开裂、脱落,影响正常使用。工程中须保证梁抵抗变形的能力,将变形限制在容许的范围之内。结构和构件抵抗变形的能力称为**刚度**。图 0-2 所示为现浇钢筋混凝土梁的模板支设情况,模板的支设须保证模板在浇注混凝土时具有足够的刚度。竖向支撑梁模板的顶撑为细长的直杆,承受压力,存在能否保持直线平衡形态的问题。图 0-3 所示的小实验显示,当压力增加到一定大小时,压杆会突然变弯而丧失承载能力。结构和构件保持原有平衡形态的能力称为**稳定性**。

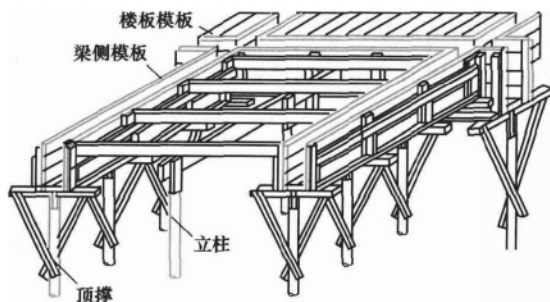


图 0-2 现浇钢筋混凝土梁的模板支设情况

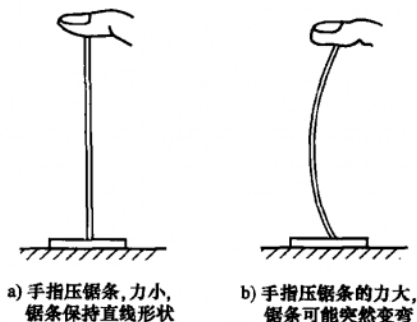


图 0-3 小实验 压杆的稳定性

可以采用优质材料,改变截面的形状,增大截面的尺寸,增加约束,来提高构件的强度、刚度和稳定性。这涉及工程造价的问题。对于构件,如何做到既经济又安全适用?学习解决这一问题的力学方法,是本课程的任务之一。改善结构的受力形式,也能做到既经济又安全适用。因此,学习结构的合理形式(彩图 8、彩图 9),也是本课程的一项任务。为了完成上述任务,需要学习相关的力学概念,学习结构的力学模型,学习结构的几何组成分析方法,学习受力分析并用平衡条件求解未知力的方法。

4. 课程的学习方法

本课程注重贴近工程实际,教材以图片的形式列举了大量的土木工程结构和构件的实例。注意学习将实际结构和构件简化为力学模型(计算简图和实验模型)的方法,并在多次分析中培养建立力学模型的能力。

在依据计算简图进行理论分析时,注意学习和应用等效替换、平衡等力学的基本方法。注意用受力分析、强度分析等方法解决实际中的简单力学问题。

不论是建筑结构,还是处于施工过程中的构件、处于工作状态下的构件,不论是施工设施,还是实际生活中的对象,同类型的力学问题都蕴涵着相同的力学原理。因此,教材中精选了一些生活实例。在分析这些实例时,注意细微的力学现象,探究根本的力学原理。

本课程设置了大量的力学小实验,用来模拟构造,显示力学现象。学生型力学小实验元件可以支持全体学生坐在自己的座位上,在教师的引导下做实验。认真地做小实验,它对于



定性分析起着独特的作用，而且会锻炼动手能力，培养创新精神。

作为土木工程专业的基础课程，要为后续专业技能课程打下基础，为培养学生的就业能力和继续学习能力打基础。认真学习力学的基本概念、基本理论，认真完成力学的基本训练，并在学习的过程中，形成严谨、敬业的作风。

第1章 力和受力图

1.1 力的基本知识

1.1.1 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，也称力的外效应），使物体变形（称为力的变形效应，也称力的内效应）。例如，踢足球时脚与球接触的过程，就同时反映出力的两种效应，反映出力与变形一致，力与运动状态的改变一致（图 1-1）：力作用的部位和方向，决定变形的形状和运动状态改变的方向，力的大小对应着变形的大小和运动状态改变的强弱。

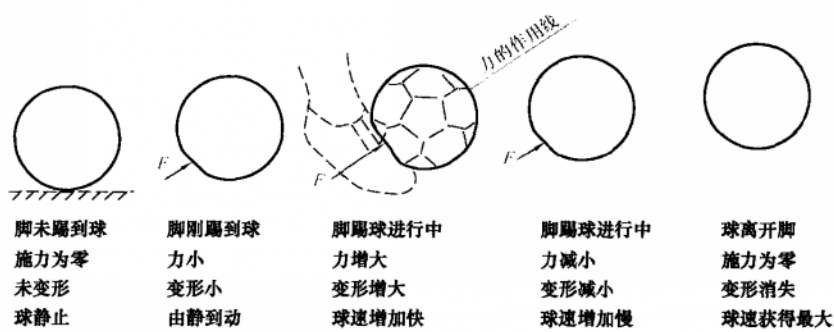
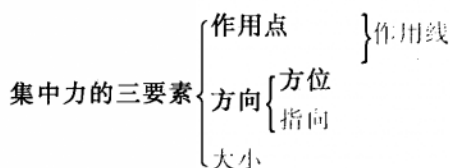


图 1-1 力与变形、与运动状态改变的一致性

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。

1.1.2 集中力 分布力

如图 1-1 所示，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。在研究力的运动效应时，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，因此常常强调力的作用线。这样，集中力的三要素就有两种表示：



力矢量用黑体字 F 表示，明体字的 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 (千牛顿)。通过体验重力的大小，可以形成对 1N、1kN 大小的经验 (图 1-2)。

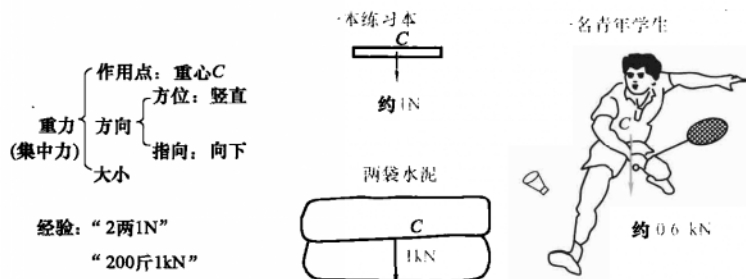


图 1-2 对力的单位的体验

观察楼盖梁，它的所有部分都有质量，都受到地球引力的作用，因此梁的自重属于体积力。只是在研究梁的平衡 (研究力的运动效应) 时，将自重当成集中力，作用在梁的重心。在研究梁的变形 (或与变形相关的问题) 时，梁的自重必须表示为沿梁轴线分布的力 (图 1-3a)。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。

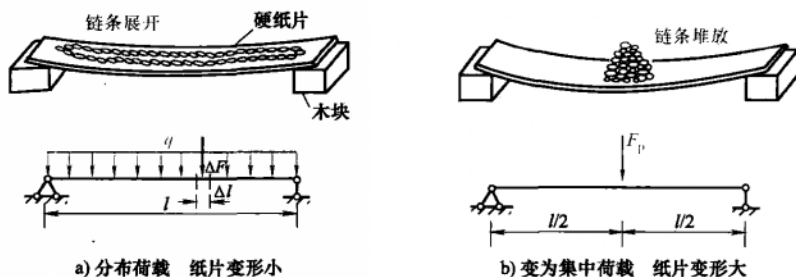


图 1-3 小实验 分布力、集中力的变形效应不同

力沿线的集度 q 称为力的线集度 (单位: kN/m) (图 1-3a):

$$q = \frac{\Delta F}{\Delta l}$$

力在面上的集度 p 称为力的面集度 (单位: kN/m²) (图 1-3b):

$$p = \frac{\Delta F}{\Delta A}$$

其中，微小线段 Δl 无限趋近于零；微小面积 ΔA 无限趋近于零。



1.2 静力学公理

如图 1-4a 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，作用在物体上的一组力称为力系。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。静力学主要研究力系的平衡问题。

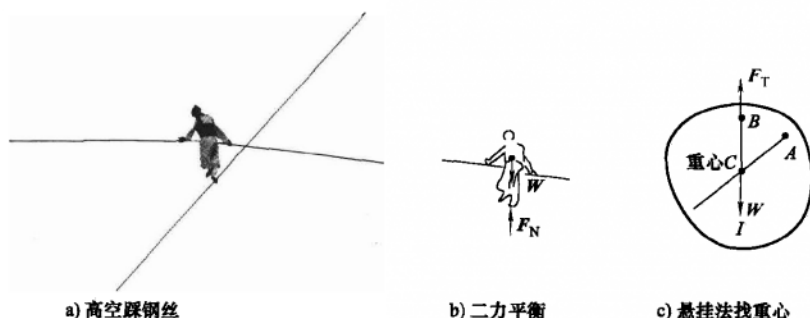


图 1-4 平衡

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。

1.2.1 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。

如图 1-4b 所示，踩钢丝的表演者处于静止状态时，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。依据这个道理可以得到寻找重心的悬挂法（图 1-4c）：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。

1.2.2 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 1-5 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。



1.2.3 平行四边形法则

如图 1-6 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)。如果一个力与一个力系等效, 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。

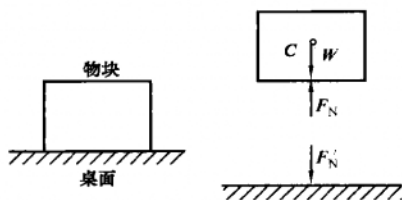


图 1-5 比较两个公理

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 (图 1-7a)。

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 (图 1-7b、c)。

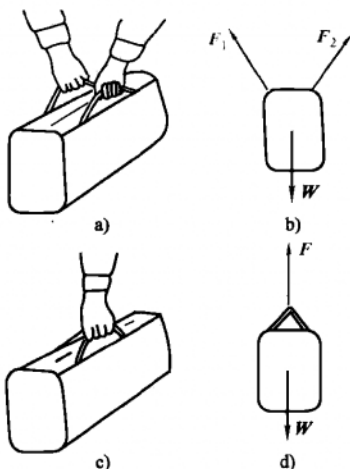


图 1-6 力与力系的等效替换

1.2.4 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 1-8 所示, $F_2 = F_1 = F$, 在力 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 1-8b 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。

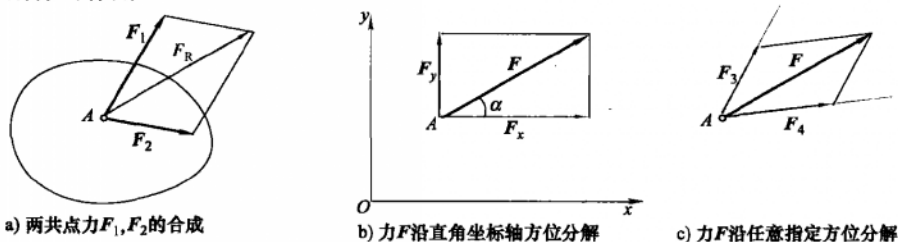


图 1-7 力系的合成与力的分解

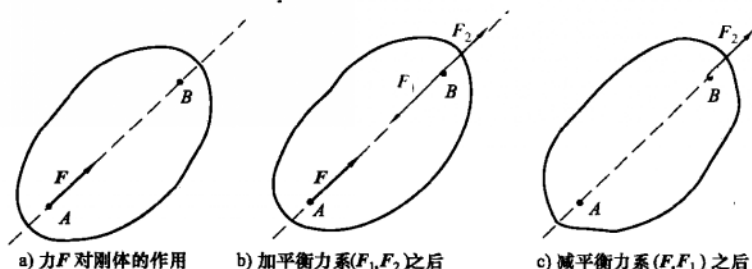


图 1-8 加减平衡力系