

中等专业学校系列教材

建筑力学

上册

(工业与民用建筑 道路与桥梁 市政工程等专业用)

郭仁俊 主编
广东省建筑工程学校
郭仁俊 陈思仿 编
廖新力 赵琼梅

中国建筑工业出版社

中等专业学校系列教材

建筑力学

上册

(工业与民用建筑 道路与桥梁 市政工程专业用)

郭仁俊 主编

广东省建筑工程学校 郭仁俊 陈思仿
廖新力 赵琼梅 编

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学.上册/郭仁俊主编.-北京:中国建筑工程出版社,1999

中等专业学校系列教材 工业与民用建筑、道路与桥梁、市政工程等专业用

ISBN 7-112-03881-2

I. 建… II. 郭… III. 建筑结构-结构力学-专业学校-教材 IV. TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 47051 号

本书是根据建设部 1997 年颁布的中等专业学校工业与民用建筑专业《建筑力学教学大纲》编写的。全书共三篇,分上、下两册,上册为静力学和材料力学,下册为结构力学。

本书为上册,内容包括绪论、第一篇静力学、第二篇材料力学。静力学篇有:静力学的基本概念、平面汇交力系、力矩、平面力偶系、平面一般力系、空间力系与重心等五章。材料力学篇有: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、弯曲内力、弯曲应力、弯曲变形、组合变形的强度计算、压杆稳定、动荷应力等十一章。各章末有小结、思考题和习题,书末附有习题答案。

本书可作为工业与民用建筑、道路与桥梁、市政工程等专业的教材,亦可供土建工程技术人员参考。

中等专业学校系列教材

建筑力学

上册

(工业与民用建筑 道路与桥梁 市政工程等专业用)

郭仁俊 主编

广东省建筑工程学校 郭仁俊 陈思仿

廖新力 赵琼梅 编

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京市彩桥印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 16¼ 字数: 391 千字

1999 年 12 月第一版 1999 年 12 月第一次印刷

印数: 1—8000 册 定价: 16.70 元

ISBN 7-112-03881-2

G·311(9246)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

出 版 说 明

为适应全国建设类中等专业学校教学改革和满足建筑技术进步的要求,由建设部中等专业学校工民建与村镇建设专业指导委员会组织编写了一套中等专业学校工业与民用建筑专业系列教材,由中国建筑工业出版社出版。

这套教材采用了国家颁发的现行规范、标准和规定,内容符合建设部颁发的中等专业学校工业与民用建筑专业教育标准、培养方案的要求,并理论联系实际,取材适当,反映了目前建筑科学技术水平。

这套教材适用于普通中等专业学校工业与民用建筑专业和村镇建设等专业相应课程的教学,也能满足职工中专、电视中专、中专自学考试、专业证书和技术培训等各类中专层次相应专业的使用要求。为使这套教材日臻完善,望各校师生和广大读者在教学和使用过程中提出宝贵意见,并告我司职业技术教育处或建设部中等专业学校工民建与村镇建设专业指导委员会,以便进一步修订。

建设部人事教育劳动司

1997 年 8 月

前 言

本书是根据建设部 1997 年颁布的中等专业学校工业与民用建筑专业《建筑力学教学大纲》的要求编写的。编写时,力求体现中专特色。在保持一定知识面的同时,精简了部分公式的推导过程,减少了定量计算,增加了定性判断的内容。注意把抽象的力学概念与人们生活、生产的实际相联系,适当反映了力学发展的新成就。书中还吸取了有关教材和编者在教学中总结的一些内容。为了便于学生复习,每章末均有小结及适量的思考题和习题。

全书分上、下册,共分三篇。上册包括第一篇静力学和第二篇材料力学;下册为第三篇结构力学。全书采用国际单位制。

本书可作为工业与民用建筑、村镇建设、道路与桥梁、市政工程等专业的教材。

参加上册编写的有廖新力(第二篇第九、十、十一章及上册各章习题)、赵琼梅(第二篇三、四、七章)、陈思仿(第一篇第五章、第二篇第五章)、郭仁俊(绪论、第一篇第一、二、三、四章,第二篇第一、二、六、八章,并对全书作了统稿工作)。郭仁俊任主编,上海市建筑工程学校杜秉宏高级讲师任主审。本书在前期组织和编写过程中得到了广东省建筑工程学校陈汉章校长、刘兴沛高级讲师和巫长路高级讲师等的热情支持和帮助,武汉水利水电大学杨炳麟教授、四川省建筑工程学校王长连高级讲师对本书的初稿提出了许多宝贵意见,在此一并表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中错误,不妥之处在所难免,恳请广大教师和读者批评指正,以使本书不断得到改进。

主 要 符 号 表

符 号	符 号 意 义	常 用 单 位
A	面积	$\text{mm}^2 \quad \text{m}^2$
d, D	直径	$\text{mm} \quad \text{cm}$
E	弹性模量	$\text{MPa} \quad \text{GPa}$
F, P	集中力	$\text{N} \quad \text{kN}$
G	1. 剪切弹性模量, 2. 重力	1. $\text{MPa} \quad \text{GPa}$ 2. $\text{N} \quad \text{kN}$
h, H	高度	$\text{mm} \quad \text{m}$
$I(I_y, I_z)$	惯性矩	$\text{mm}^4 \quad \text{m}^4$
I_{yz}	惯性积	$\text{mm}^4 \quad \text{m}^4$
I_p	极惯性矩	$\text{mm}^4 \quad \text{m}^4$
$i(i_y, i_z)$	惯性半径	$\text{mm} \quad \text{m}$
K	安全系数	无量纲
K_d	动荷系数	无量纲
M	弯矩	$\text{N} \cdot \text{m} \quad \text{kN} \cdot \text{m}$
m	外力偶矩	$\text{N} \cdot \text{m} \quad \text{kN} \cdot \text{m}$
N	1. 轴力, 2. 功率	1. $\text{N} \quad \text{kN}$ 2. kW
n	转速	r/min
P_{cr}	压杆临界力	$\text{N} \quad \text{kN}$
p	分布面荷载集度	$\text{N/m}^2 \quad \text{kN/m}^2$
Q	剪力	$\text{N} \quad \text{kN}$
q	分布线荷载集度	$\text{N/m} \quad \text{kN/m}$
R	1. 合力, 2. 支座反力	$\text{N} \quad \text{kN}$
r	交变应力特征系数	无量纲
$S(S_y, S_z)$	静矩	$\text{mm}^3 \quad \text{m}^3$
T	扭矩	$\text{N} \cdot \text{m} \quad \text{kN} \cdot \text{m}$
$W(W_y, W_z)$	抗弯截面系数	$\text{mm}^3 \quad \text{m}^3$
W_T	抗扭截面系数	$\text{mm}^3 \quad \text{m}^3$
y, f	梁的挠度	$\text{mm} \quad \text{cm}$
γ	剪应变	无量纲
ϵ	线应变	无量纲
θ	梁的转角	rad
λ	压杆的柔度	无量纲
ν	泊松比	无量纲
μ	压杆长度系数	无量纲
σ	正应力	$\text{Pa} \quad \text{MPa}$
σ_c	挤压应力	$\text{Pa} \quad \text{MPa}$
$[\sigma]$	许用应力	$\text{Pa} \quad \text{MPa}$

续表

符 号	符 号 意 义	常 用 单 位
$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$	主应力	Pa MPa
σ^0	极限应力	Pa MPa
σ_{cr}	压杆临界应力	Pa MPa
τ	剪应力	Pa MPa
δ	延伸率	%
φ	1. 扭转角, 2. 折减系数	1. rad 2. 无量纲
ψ	截面收缩率	%
Δl	绝对变形	mm cm
l, L	长度	mm m
α, β, γ	角度	rad

目 录

绪论	1
----	---

第一篇 静 力 学

引言	3
第一章 静力学的基本概念	4
第一节 力的概念	4
第二节 静力学基本公理	5
第三节 约束和约束反力	8
第四节 受力图	12
第五节 荷载	15
小结	17
思考题	17
习题	18
第二章 平面汇交力系	21
第一节 平面汇交力系合成的几何法	21
第二节 平面汇交力系平衡的几何条件	23
第三节 平面汇交力系合成的解析法	24
第四节 平面汇交力系平衡的解析条件	28
小结	30
思考题	30
习题	31
第三章 力矩·平面力偶系	33
第一节 力对点的矩·合力矩定理	33
第二节 力偶·力偶的性质	35
第三节 平面力偶系的合成和平衡	37
小结	39
思考题	40
习题	41
第四章 平面一般力系	43
第一节 力的平移定理	43
第二节 平面一般力系向作用面内任一点简化	45
第三节 平面一般力系简化结果的讨论	46
第四节 平面一般力系的平衡方程及应用	48
第五节 平面平行力系的平衡方程	52

第六节 物体系统的平衡	53
第七节 求支座反力的简捷方法	56
第八节 考虑摩擦时物体的平衡	58
小结	61
思考题	62
习题	63
第五章 空间力系与重心	69
第一节 力在空间直角坐标轴上的投影	69
第二节 空间汇交力系的合成与平衡条件	71
第三节 力对轴的矩·合力矩定理	72
第四节 空间一般力系的平衡条件	74
第五节 重心	76
小结	80
思考题	81
习题	81

第二篇 材料力学

引言	85
第一章 材料力学的基本概念	87
第一节 变形固体及其基本假设	87
第二节 杆件及其变形的的基本形式	88
第三节 内力·截面法·应力	89
小结	91
第二章 轴向拉伸和压缩	92
第一节 轴向拉伸和压缩时的内力	92
第二节 轴向拉压时横截面上的应力	95
第三节 轴向拉压时的变形·虎克定律	96
第四节 轴向拉压时斜截面上的应力	99
第五节 拉伸压缩时材料的力学性能	100
第六节 许用应力与安全系数	105
第七节 轴向拉压杆的强度条件	105
第八节 应力集中的概念	108
小结	109
思考题	110
习题	111
第三章 剪切和挤压	115
第一节 剪切的观念和实用计算	115
第二节 挤压的观念和实用计算	117
第三节 拉压杆件连接部分的强度计算	119
小结	121
思考题	122
习题	122

第四章 扭转	124
第一节 扭转的概念	124
第二节 扭转时的内力	125
第三节 圆轴扭转时横截面上的应力	126
第四节 圆轴扭转时的强度条件和刚度条件	130
第五节 矩形截面杆扭转时的应力简介	132
小结	133
思考题	133
习题	134
第五章 平面图形的几何性质	136
第一节 静矩	136
第二节 惯性矩	138
第三节 惯性积及主惯性矩的概念	142
小结	142
思考题	143
习题	143
第六章 弯曲内力	145
第一节 梁的平面弯曲	145
第二节 梁的内力计算	146
第三节 梁的内力图	151
第四节 利用荷载集度、剪力、弯矩之间的微分关系绘制内力图	154
第五节 叠加法绘弯矩图	160
小结	164
思考题	164
习题	165
第七章 弯曲应力	168
第一节 梁弯曲时的正应力	168
第二节 梁的正应力强度计算	172
第三节 提高梁抗弯强度的措施	175
第四节 梁横截面上的剪应力及剪应力强度条件	177
第五节 梁的主应力	180
小结	186
思考题	187
习题	188
第八章 弯曲变形	191
第一节 弯曲变形的概念	191
第二节 积分法求梁的变形	193
第三节 叠加法求梁的变形	194
第四节 梁的刚度校核和提高弯曲刚度的措施	197
小结	199
思考题	200
习题	200

第九章 组合变形的强度计算 202

第一节 概述 202

第二节 斜弯曲 202

第三节 偏心压缩或拉伸 205

小结 210

思考题 210

习题 211

第十章 压杆稳定 213

第一节 压杆稳定的概念 213

第二节 细长压杆临界力的欧拉公式 214

第三节 超过比例极限时压杆的临界应力 217

第四节 压杆的稳定计算——折减系数法 217

第五节 提高压杆稳定性的措施 221

小结 222

思考题 223

习题 223

第十一章 动荷应力 225

第一节 等加速直线运动构件的应力计算 225

第二节 冲击应力 227

第三节 交变应力和疲劳破坏的概念 229

小结 231

思考题 232

习题 232

附录 型钢表 233

习题答案 241

参考书 247

绪 论

建筑物,通称建筑,是指供人们进行生产、生活、娱乐或其他活动的房屋或场所。例如住宅、厂房、商场、体育馆、桥梁等都是建筑物。早在一千多年以前,我们的祖先就利用石材、木材等材料建造复杂的建筑物,例如建于唐代的西安大雁塔,建于1056年的山西应县的木塔。随着科学技术的不断发展,新材料、新结构不断出现,今天,在我们伟大祖国的土地上,无数高楼大厦拔地而起,现代化建筑比比皆是。这些建筑物标志着人类科学智慧的结晶,也说明建筑物在人类的生存和发展过程中是必不可少的。可以说,凡是有人类活动的地方就有建筑物的存在。

每个建筑物在建造和使用过程中,都要承受各种力的作用,例如风、雪、设备、人群、水压力等,这些主动地作用在建筑物上的力,工程上叫做荷载。在建筑物中承担、传递荷载而起骨架作用的部分叫做结构。组成结构的单个物体,如梁、板、柱(墙)等叫做构件。图0-1是一个单层工业厂房的结构示意图。

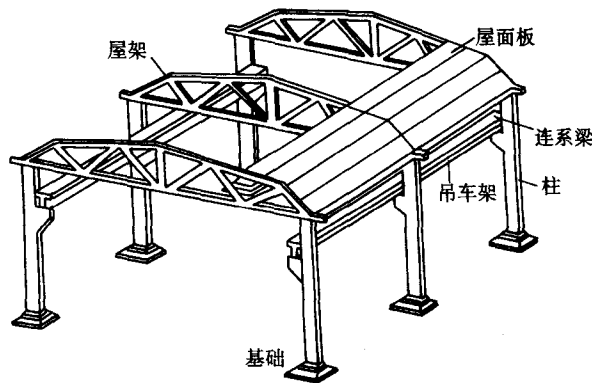


图 0-1

结构对建筑物的安全可靠起着决定性的作用。为了保证建筑物不发生破坏,能安全、正常地供人们使用,就必须要求起骨架作用的结构及各个构件具有承受荷载的能力(承载能力),即要有足够的强度、刚度和稳定性。强度是指材料抵抗破坏的能力,刚度是指构件抵抗变形的能力,稳定性是指构件保持原有的平衡状态的能力。只有具有承载能力的结构和构件才能使用。通常选用优质材料和较大的截面尺寸,一般能满足构件承载能力的要求。但是随意选用优质材料或过大的截面,又会造成浪费。显然,一个良好的建筑结构必须既能安全承受荷载,又能最经济合理使用材料。研究和解决上述问题的理论基础之一就是建筑力学。

建筑力学是研究建筑物的结构和构件承载能力的一门科学。它的任务是:研究作用在结构或构件上的力的平衡条件、材料的力学性能及构件在荷载作用下变形破坏的规律,为结构设计提供力学计算理论和方法,以正确解决安全适用与经济合理之间的矛盾。

凡是长度方向的尺寸比截面尺寸大得多的构件称为杆件。由杆件组成的结构称为杆件结构。在建筑工程中,它是应用最广泛的一种结构。因此,建筑力学的主要研究对象就是组成杆件结构的杆件或杆件体系。

建筑力学内容十分丰富,本课程将这些内容划分为静力学、材料力学和结构力学三部分来讨论。

1. 静力学部分 主要介绍静力学的基本知识,力系的合成与力系的平衡条件,以及应用平衡条件求解作用于结构(或构件)上的未知力。

2. 材料力学部分 主要研究材料的力学性能,单个杆件在各种受力状态下的内力与变形的计算,以及杆件的承载能力、刚度和稳定性的问题。

3. 结构力学部分 主要讨论杆件体系的几何组成规律和合理形式,平面杆件结构在外力作用下的内力与变形的计算原理和计算方法。

在这三部分中,第一部分是有关力的基本规律;第二、三部分是各种构件及结构最基本的计算理论和方法。这两部分的基本区别在于:前者主要以单个杆件为研究对象,后者则以杆件体系为研究对象。

建筑力学是一门技术基础课,在专业学习中占有重要的地位。本课程理论性较强、比较抽象,与其他课程相比有一定难度。学习时,要树立信心,勤于思考,刻苦钻研;要在理解和掌握基本概念、基本理论和基本计算方法上下功夫;要加强练习,多作习题,提高分析、综合和归纳问题的能力;要注意理论联系实际,用学到的力学知识去解决一些实际问题。

第一篇 静 力 学

引 言

静力学是研究物体在力系作用下平衡规律的科学。

所谓力系,是对作用于一物体上的一群力的总称。

所谓平衡,是指物体相对于地面处于静止或作匀速直线运动的状态。例如,静止在地面上的房屋、桥梁、水坝,在直线轨道上作匀速运动的火车以及沿直线匀速起吊的构件等,都是物体处于平衡状态的实例。

静力学主要研究以下两类问题。

1. 力系的简化

若一个力系可以用另一个力系来代替,而不改变物体原有的运动状态,则称这两个力系为等效力系或互等力系。若一个力与一个力系等效,则称这个力为该力系的合力。力系的简化就是用一个简单力系等效地来代替一个复杂的力系。

2. 力系的平衡条件

如果物体在某一力系作用下处于平衡状态,则该力系称为平衡力系。平衡力系中的任一力对其余的力都称为平衡力。力系的平衡条件就是指物体处于平衡状态时,作用于物体上的力系需要满足的条件。

在静力学中,把所研究的物体看作为刚体。所谓刚体,是指在任何外力作用下,大小和形状都保持不变的物体。显然,在自然界中,这样的物体是不存在的。因为任何物体在受到外力作用后,都将发生变形,不变形的物体是没有的。所以,刚体只是一种理想化的力学模型。但是,在大量的工程实际问题中,物体的变形都非常微小,例如,建筑物中的梁,它中央处的最大下垂量一般小于梁长度的 $1/250 \sim 1/300$ 。这样小的变形,在研究物体的平衡问题时,只是次要的因素,可以忽略不计,而将物体看成是无任何变形的刚体。这样作,可以使问题的研究大为简化。由于静力学主要研究物体的平衡问题,在本篇中对所研究的物体都视作刚体。所以,这一部分又称刚体静力学。

需要指出的是,当研究物体在力作用下的变形和破坏问题时(例如在材料力学和结构力学中),变形就成为主要因素而不能忽略。这时就不能再把物体视作刚体,而必须如实地作为变形体看待。

在工程实际特别是建筑工程中,静力学有着广泛地应用。首先,由于建筑物相对于地面是静止不动的,即处于平衡状态。因此,设计建筑物的结构时,可以应用力系的平衡条件分析各构件的受力。其次,各种建筑机械的设计,也离不开静力学知识。再者,静力学也是学习材料力学、结构力学和建筑结构等课程的基础。因此,其重要性是不言而喻的。

第一章 静力学的基本概念

第一节 力的概念

力的概念是人类在长期的生产劳动和生活实践中逐步形成的。最初,人们在推动小车、提升重物、拉长弹簧等过程中,通过肌肉紧张收缩感受到力的存在。由于推小车、提重物、拉弹簧,使小车和重物改变了运动状态或使弹簧改变了形状,人们就说人对物体施加了力。随着生产的发展和实践,人们进一步认识到,这种力的作用在物体与物体之间也会发生。例如,从空中落下的物体由于受到地球的吸引力而使运动速度逐渐加快,桥梁由于受到车辆的作用而产生弯曲变形,等等。综合无数事例,人们经过归纳、概括和科学地抽象,就形成了力的概念,即:力是物体与物体之间的相互机械作用,这种作用使物体的运动状态发生改变或者使物体发生变形。

由上述可知,力对物体的作用将产生两种效应:一种是使物体运动状态改变的效应,这种效应称为运动效应或外效应;另一种是使物体发生变形的效应,这种效应称为变形效应或内效应。由于力对刚体的效应只有外效应,故在静力学中,只研究力的外效应。而力的内效应将在材料力学和结构力学中研究。

需要指出的是,既然力是物体之间的相互机械作用,因此,力不可能脱离物体而单独存在,任何力都是一物体对另一物体的作用。以后凡提到力,必须要明确是哪一物体对哪一物体的作用力,例如,物体的重力就是地球对该物体的吸引力。

实践证明,力对物体的作用效应取决于力的大小、力的方向和力的作用点这三个因素,即通常所称的“力的三要素”。例如,要想打开房门,就必须对门施加足够大的力,施力的方向尽量与门面垂直,施力的地点也应尽可能远离门轴。否则,用力不够,用力方向不对,或者用力的位置(即力的作用点)不对,都不能顺利把门打开。

力的大小是指物体间相互作用的强弱程度。力的大小可以用测力器测定。在国际单位制中,度量力的大小的单位用牛顿或千牛顿,简称牛(N)或千牛(kN)。

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

力的方向包含力的方位和指向两个含义。例如,说物体重力的方向是铅垂向下,这里的“铅垂”是重力的方位,而“向下”则是重力的指向。

力的作用点表示力对物体作用的位置。实际上,力的作用位置是分布在物体的一定范围(某一部分面积或体积)内的,但是在研究力的外效应时,可以把作用于物体某一范围内的力简化为作用在一个点上。例如,用手推车时,力作用在车上的面积(手与车相接触的面积)与车相比很小,因此,可近似看作是一个点;又如作用在物体各部分体积上的地球吸引力,为了便于分析计算,可简化为集中于物体重心的重力。对于集中作用于一点的力,称为集中力,这个点称为力的作用点。

改变力的三要素中的任何一个要素,都将改变力对物体的作用效果。例如,沿水平地面

推动一个木箱(图 1-1-1),若施加的力 F 改变大小或改变方向(如 F_1),或改变作用点(如 F_2),木箱的运动效果也就会随之改变。因此,要完整描述一个力,就必须把力的三要素都表示清楚。

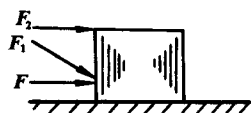


图 1-1-1

力是一个既有大小又有方向的量,因此,力是矢量。

代表力矢量的符号用黑体字母表示,如 $\mathbf{F}$ 、 $\mathbf{P}$ 、 $\mathbf{N}$ 等。为了书写方便,也可以用加一横线的普通字体表示,如 $\bar{F}$ 、 $\bar{P}$ 、 $\bar{N}$ 等。仅用普通字体 F 、 P 、 N 等表示力时就只表示力矢量的大小。

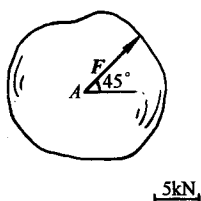


图 1-1-2

用几何法进行物体的受力分析时,力的三要素是用一个带箭头的线段表示的。其中线段的长度(按选定的比例)表示力的大小;线段与某定直线的夹角表示力的方位,箭头表示力的指向;线段的起点(或终点)表示力的作用点。这就是力的图示法。如图 1-1-2 中,作用于物体上的力 F ,按比例可量出大小为 10kN,量得方向与水平线成 45° 角,指向右上方,作用在物体的 A 点上。采用解析法时,力的三要素是由力在各坐标轴上的投影以及力的作用点的坐标来表示的。这将在第二章叙述。

第二节 静力学基本公理

静力学基本公理是静力学的理论基础,它阐述力的基本性质,是以实验观察为依据,并在人类长期实践中反复验证、无须再证明的客观规律。

一、二力平衡公理

作用在同一刚体上的两个力,使刚体平衡的必要与充分条件是:这两个力大小相等、方向相反,且作用在同一直线上。如图 1-1-3 所示。

这个公理说明了若一个刚体上只受两个力作用而平衡,则这两个力必定是大小相等、方向相反、作用于同一直线上。反之,仅受大小相等、方向相反、在同一直线上的两个力作用的刚体,一定是处于平衡状态的,即这两个力是一个平衡力系。

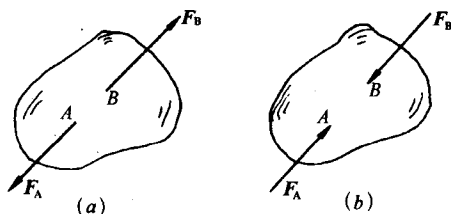


图 1-1-3

二力平衡公理总结了作用于刚体上最简单的力系(两个力)平衡时必须满足的条件,这个条件可简述为“二力等值、反向、共线”。这个条件一旦不能满足,刚体的平衡状态即被破坏。公理中之所以强调刚体,是因为对刚体来说,这个条件是必要的和充分的。而对变形体的平衡来说,这个条件只是必要的而不是充分的。例如,一根软绳受两个等值、反向、共线的拉力作用时,可以平衡,但在一对等值、反向、共线的压力作用下,就不能平衡了。工程上把只受两个力作用而处于平衡的构件称为二力构件,如图 1-1-4 所示。当二力构件为杆件时,则称为二力杆。

二力平衡公理是研究各种力系平衡条件的基础。

二、加减平衡力系公理

在作用于刚体的任意力系中,加上或去掉任一平衡力系,都不会改变原力系对刚体的作用效应。

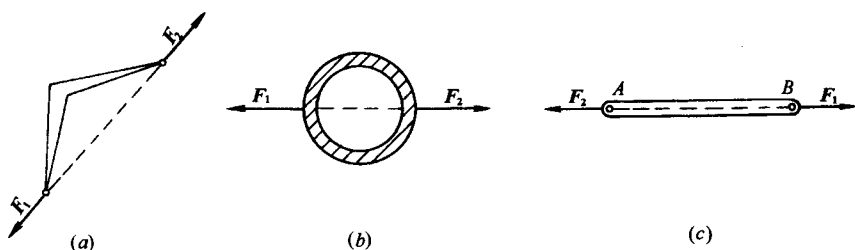


图 1-1-4

因为平衡力系对物体的运动状态是没有影响的,所以在刚体的原力系上加上或去掉任一个或几个平衡力系,对刚体的作用效果都是完全相同的。

加减平衡力系公理是研究力系等效代换的基础。

由加减平衡力系公理,可以得到如下推论——力的可传性原理,即:作用在刚体上某点的力,可沿其作用线移动到刚体内的任意点,而不改变它对刚体的作用效应。

证明

(1) 设力 F 作用在小车的 A 点, B 为其作用线上任意一点(图 1-1-5a)。

(2) 在点 B 加上一个平衡力系 F_1 和 F_2 , 使 F_1 、 F_2 与力 F 共线, 且 $F_1 = F_2 = F$ (图 1-1-5b)。

(3) 由于力 F 与 F_2 也是一个平衡力系, 可以去掉, 这样就只剩下作用在小车上 B 点的力 F_1 (图 1-1-5c)。

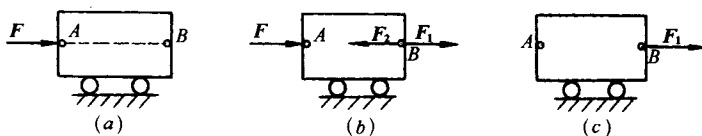


图 1-1-5

(4) 在步骤(2)、(3)先后加上和去掉一个平衡力系, 根据加减平衡力系公理可知, 力 F_1 一定和原力 F 等效。这就相当于把原来作用在 A 点的力 F 沿其作用线移到了 B 点, 从而使推车和拉车的效果相同。力的这种性质称为力的可传性。

由力的可传性原理可知, 力对刚体的作用效应与力作用在其作用线上的哪一点无关。因此对于刚体, 力的三要素可以写成: 力的大小; 力的方向; 力的作用线。

和二力平衡公理一样, 加减平衡力系公理和力的可传性原理, 也只适用于一个刚体, 即:

(1) 不能用于两个刚体。例如在图 1-1-6 中, 不能将作用于刚体 A 上的力沿其作用线移到

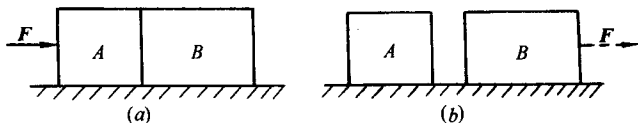


图 1-1-6

刚体 B 上。(2) 不适用于变形体。例如, 弹簧在一对等值、反向、共线的压力作用下, 变形是缩短(图 1-1-7a), 而若将这两个力各沿其作用线移到弹簧的另一端(图 1-1-7b), 变形则是伸长。可见, 研究物体的变形效应时, 力的可传性原理就不再适用。