



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

21 世纪高职高专规划教材 (土建类)

建筑力学

第2版

梁圣复 主编

赠多媒体课件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，是根据教育部有关文件精神的要求编写的，内容包括静力平衡，构件的强度、刚度和稳定性，结构的内力分析与计算等。本书每篇均有篇前提要，各章后有小结和习题，书后附有习题答案。本书取材理论联系实际，并通过 141 道例题的分析和 204 道习题的设置，帮助读者掌握全书内容。

本书可作为高等职业技术学院、高等学校专科、职工大学、业余大学、夜大学、函授大学、成人教育学院等大专层次的建筑力学教材，并可作为大学本科少学时的建筑力学教材和有关工程技术人员的参考书。

本书配有多媒体课件，凡一次性购书 30 本以上者免费赠送一份多媒体课件。请与本书责任编辑余茂祚联系（联系电话 010-88379759）。

图书在版编目（CIP）数据

建筑力学/梁圣复主编. —2 版. —北京：机械工业出版社，2007.5

普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 21 世纪高职高专规划教材. 土建类

ISBN 978-7-111-08429-7

I. 建… II. 梁… III. 建筑力学-高等学校：技术学校-教材 IV. TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2007）第 063825 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：余茂祚 责任编辑：余茂祚

版式设计：冉晓华 责任校对：张晓蓉

封面设计：马精明 责任印制：洪汉军

北京京丰印刷厂印刷

2007 年 8 月第 2 版 · 第 1 次印刷

184mm×260mm · 25.75 印张 · 635 千字

0 001—4 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-08429-7

定价：38.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

销售服务热线电话：（010）68326294

购书热线电话：（010）88379639 88379641 88379643

编辑热线电话：（010）68354423

封面无防伪标均为盗版

21 世纪高职高专规划教材 编 委 会 名 单

编委会主任 王文斌

编委会副主任 (按姓氏笔画为序)

王建明	王明耀	王胜利	王寅仓	王锡铭
刘 义	刘晶磷	刘锡奇	杜建根	李向东
李兴旺	李居参	李麟书	杨国祥	余党军
张建华	茆有柏	秦建华	唐汝元	谈向群
符宁平	蒋国良	薛世山	储克森	

编委会委员 (按姓氏笔画为序, 黑体字为常务编委)

王若明	田建敏	成运花	曲昭仲	朱 强
刘 莹	刘学应	许 展	严安云	李连邨
李学锋	李选芒	李超群	杨 颀	杨群祥
杨翠明	吴 锐	何志祥	何宝文	余元冠
沈国良	张 波	张 锋	张福臣	陈月波
陈向平	陈江伟	武友德	林 钢	周国良
宗序炎	赵建武	恽达明	俞庆生	晏初宏
倪依纯	徐炳亭	徐铮颖	韩学军	崔 平
崔景茂	焦 斌			

总 策 划 余茂祚

第2版前言

本书是根据2005年7月在北京召开的21世纪高职高专规划教材编写会议的要求编写的,并被教育部评为“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”。

建筑力学(第1版)于2001年9月由机械工业出版社出版,历时5年,重印7次,印数达2万1千册,深受读者欢迎。根据我国高等职业教育教学改革的发展趋势,为了满足素质教育与创新精神培养的要求,我们又重新组织多所院校有经验的教师对全书进行了全面的修改、充实、提高和完善,使教材的思路更清晰,内容更合理,特点更鲜明。

●考虑到知识的不断更新和工程实际的需要,《建筑力学》(第2版)在保证原有体系的系统性、完整性的前提下,根据专业的需要,在内容上进行了重新挑选、更新、优化、组合。书中删去高职高专学生所不需要掌握的内容,对部分内容进行了简化处理,增加了与注册建筑师考试关系密切的内容等,从而满足了社会对人才知识结构的需求。

●第2版书的编写中,结合了当前高职高专学生的实际情况,尽量减少繁琐的公式推导和数学运算,从内容讲解到实际引例,从插图到习题等,均进行了仔细的研究与探讨。在修订过程中,注重从培养学生分析问题和解决问题的能力上下功夫,使第2版教材的内容更加合理和适用。

●本书是根据高等职业技术学院教学要求编写的,取材尽量做到理论联系实际。为了在有限的学时内掌握好三大力学基本知识,真正提高素质教育和创新能力,第2版书中新增加了一些与专业知识有密切联系的工程实例,加强了针对性,开拓了学生的视野,增强了创新意识,达到了学以致用目的。

●第2版书中不仅保留了每一篇的篇前提要和每一章的小结,使读者了解重点和难点,同时为了适应不同程度学生的需要,我们还充实了习题的数量,并在书后附上习题答案,帮助读者掌握书中的内容。另外,例题的讲解也作了一些改变,有些例题详解,而有些题则略解并引导学生自己完成,以增强学生自主学习的意识。

●第2版书保持了3篇内容各自相对的独立性和理论的系统性的同时,不仅考虑到它们的相互联系和融合,同时还注意到与其他相关课程的衔接和延续问题。经过全体编者进一步推敲、加工、整理,使第2版书的内容更简明,重点更突出,构架更合理,更具有适用性,很好地体现出高职教育的特色。

●在编写时由于《金属材料 室温拉伸试验方法》GB/T228—2002标准与之配套的剪切、扭转等新标准尚未颁布,新旧符号与术语全书难以统一。为此,本书的符号与术语仍采用GB/T228—1987标准。为方便读者并把新旧标准符号与术语对照列于附录A。

本书总课时为96学时左右,各院校可根据实际情况取舍。

本书由大连理工大学梁圣复(第1、4、5、6章)、洛阳大学梁秋道(第9、11、12章)、孟凡深(第7、8、10章)、赵丽君(第13、14章)、扬州工业职业技术学院任世贤(第15、16、19、22章)、王智超(第17、21章)、王昕明(第18、20章)、日照职业技术学院武可娟(第2、3章)编著。大连理工大学郑芳怀教授审阅了全书,并提出了修改意

见。机械工业出版社和大连理工大学对本书的出版给予了大力支持。编者一并表示诚挚的谢意。

本书虽经再版修订，但书中难免还有不少缺点与不足，诚恳希望广大读者提出宝贵意见，以便下次修订时改进。

您的意见和建议可通过信函与梁圣复联系：大连理工大学建筑与艺术学院（116023）
也可通过电话直接与梁圣复联系：0411-84708532。

编 者

主要符号表

符 号	符号意义	常用单位	符 号	符号意义	常用单位
A	面积	m^2	S_x, S_y	静矩	m^3
C	弯矩传递系数		T	内扭矩	$\text{N} \cdot \text{m}$
e	偏心距	m	V	体积	m^3
e_f	形状改变比能	J/m^3	W	重力, 功, 虚功	$\text{N}, \text{N} \cdot \text{m}$
e_v	体积改变比能	J/m^3	W_p	抗扭截面系数	m^3
E	弹性模量	Pa	W_x, W_y	抗弯截面系数	m^3
E_v	弹性变形能	$\text{N} \cdot \text{m}$	x, y, z	坐标轴	
f	挠度	m	x_c, y_c, z_c	形心坐标	m
F	集中力, 集中荷载	N	γ	切应变, 侧移刚度系数	无, N/m
F_A	A 处支座反力	N	δ	断后伸长率, 广义位移	$\%, \text{m}, \text{rad}$
F_{Ax}, F_{Ay}	A 处支座反力分力	N	Δ	广义位移	$\text{m}, \text{rad}/\text{m}$
F_{cr}	临界力	N	ε	线应变	
F_H	拱的水平推力	N	η	剪力分配系数	
F_N	轴力	N	θ	单位长度扭转角, 转角	$\text{rad}/\text{m}, \text{rad}$
F_R	合力	N	$[\theta]$	单位长度许用扭转角	rad/m
F_S	剪力	N	λ	长细比或柔度	
F_V	拱的铅垂反力	N	μ	泊松比, 力矩分配系数, 长度分配系数	
G	切变模量	Pa	σ	正应力	Pa
h	高度	m	σ_b	抗拉强度	Pa
i	线刚度	$\text{N} \cdot \text{m}$	σ_{bs}	挤压应力	Pa
i_x, i_y	惯性半径	m	σ_{cr}	临界应力	Pa
I_p	极惯性矩	m^4	σ_e	弹性极限	Pa
I_x, I_y	惯性矩	m^4	σ_p	非规定比例伸长应力	Pa
I_{xy}	惯性积	m^4	σ_r	相当应力	Pa
l	长度, 跨度	m	σ_s	屈服点	Pa
M	弯矩	$\text{N} \cdot \text{m}$	σ_u	极限应力	Pa
M_e	外力偶矩	$\text{N} \cdot \text{m}$	$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$	主应力	Pa
n	转速, 安全因数	r/min , 无	$[\sigma]$	许用正应力	Pa
P	功率	kW	τ	切应力	Pa
q	均布荷载集度	N/m	$[\tau]$	许用切应力	Pa
r, R	广义反力	N	φ	扭转角, 稳定系数	rad/m , 无
S	转动刚度	$\text{N} \cdot \text{m}$	ψ	断面收缩率	$\%$

目 录

第2版前言

主要符号表

第1篇 静力平衡

第1章 基本知识与物体的受力分析	1	3.1 概述	30
1.1 基本概念	1	3.2 平面一般力系的合成	31
1.2 静力学公理	2	3.3 平面一般力系的平衡条件及其应用	33
1.3 约束与约束反力	4	3.4 平面平行力系的平衡方程	36
1.4 物体的受力分析和受力图	9	3.5 物体系统的平衡	38
小结	12	小结	42
习题	13	习题	43
第2章 平面汇交力系	15	第4章 空间力系	47
2.1 概述	15	4.1 概述	47
2.2 平面汇交力系合成的几何法	15	4.2 力在空间直角坐标轴上的投影	48
2.3 平面汇交力系合成和平衡的解析法	19	4.3 空间汇交力系的平衡	49
2.4 平面力对点之矩	22	4.4 力对点之矩与力对通过该点的轴之矩的关系	51
2.5 平面力偶	24	4.5 空间一般力系的平衡方程	53
小结	26	4.6 物体的重心	57
习题	26	小结	63
第3章 平面一般力系	30	习题	64

第2篇 构件的强度、刚度和稳定性

第5章 基本知识与构件变形的基本形式	69	内力、轴力图	73
5.1 基本任务	69	6.2 应力和应力集中的概念	75
5.2 关于变形固体的概念	70	6.3 轴向拉(压)杆的强度计算	78
5.3 基本假设	70	6.4 轴向拉(压)杆的变形计算	82
5.4 构件变形的基本形式	71	6.5 材料在拉伸、压缩时的力学性能	85
小结	72	6.6 轴向拉压超静定问题	91
第6章 轴向拉伸和压缩	73		
6.1 轴向拉(压)杆横截面的			

小结	94	习题	145
习题	96	第 11 章 梁的应力及强度计算	147
第 7 章 剪切与挤压	99	11.1 梁纯弯曲时横截面上 的正应力	147
7.1 剪切与挤压的概念及工程 实例	99	11.2 纯弯曲理论在横力弯曲中的 推广及梁的正应力 强度条件	151
7.2 剪切的实用计算	100	11.3 弯曲时的切应力和强度 计算	154
7.3 挤压的实用计算	101	11.4 梁的合理截面形状及变截 面梁	159
小结	105	小结	161
习题	105	习题	162
第 8 章 扭转	107	第 12 章 梁的变形	165
8.1 概述	107	12.1 梁截面的挠度和转角	165
8.2 扭矩的计算及扭矩图	108	12.2 梁的挠曲线近似微分 方程	165
8.3 薄壁圆筒扭转时横截面上 的切应力	109	12.3 用积分法求梁的变形	166
8.4 切应力互等定理和剪切 胡克定律	110	12.4 用叠加法求梁的变形	170
8.5 实心圆轴扭转时的应力和 强度条件	111	12.5 梁的刚度校核和提高梁 刚度的措施	172
8.6 等直圆杆的扭转变形、刚度条件 和扭转超静定问题	114	12.6 简单超静定梁	174
小结	117	小结	176
习题	117	习题	177
第 9 章 梁的内力	119	第 13 章 组合变形的强度计算	180
9.1 工程实际中的弯曲问题	119	13.1 组合变形的概念和强度 计算的思路	180
9.2 梁的计算简图	119	13.2 斜弯曲	181
9.3 梁的内力及内力图	120	13.3 偏心受压	185
9.4 弯矩、剪力与荷载集度 间的关系	125	13.4 截面核心的概念	189
9.5 叠加法作剪力图和弯 矩图	128	小结	190
小结	129	习题	191
习题	129	第 14 章 压杆稳定	193
第 10 章 截面几何性质	133	14.1 压杆稳定的概念	193
10.1 静矩和形心	133	14.2 压杆临界力的欧拉公式	194
10.2 惯性矩和惯性积	135	14.3 欧拉公式的适用范围、临界 应力总图	197
10.3 惯性矩和惯性积的平行移轴 和转轴公式	139	14.4 压杆的稳定计算	201
10.4 主惯性轴和主惯性矩	143	14.5 提高压杆稳定性措施	209
小结	144		

小结	210	习题	211
第3篇 结构的内力分析与计算			
第15章 结构的计算简图	213	19.2 力法的基本概念	287
15.1 基本任务	213	19.3 力法的典型方程	289
15.2 杆系结构的计算简图	214	19.4 力法计算举例	292
15.3 杆系结构的分类	218	19.5 对称性的利用	302
15.4 荷载的分类	219	19.6 超静定结构的位移计算和内力 图的校核	307
小结	219	19.7 单跨超静定梁的杆端 内力	308
习题	220	小结	313
第16章 平面体系的几何组成 分析	221	习题	314
16.1 几何组成分析的目的	221	第20章 位移法	319
16.2 平面体系自由度的概念	221	20.1 位移法的基本概念	319
16.3 几何不变体系的组成规则	224	20.2 位移法的典型方程	323
16.4 几何组成分析的步骤 和举例	226	20.3 位移法计算举例	325
16.5 静定结构和超静定结构	228	20.4 对称性的利用	333
小结	230	小结	336
习题	230	习题	337
第17章 静定结构的内力分析	234	第21章 力矩分配法	339
17.1 静定梁	234	21.1 力矩分配法的基本概念	339
17.2 静定刚架	239	21.2 力矩分配法计算连续梁 及无侧移刚架	345
17.3 三铰拱	243	21.3 超静定结构的受力分析 和变形特点	349
17.4 平面静定桁架	248	小结	350
小结	254	习题	350
习题	254	第22章 影响线和内力包络图	354
第18章 静定结构的位移计算	258	22.1 影响线的概念	354
18.1 计算结构位移的目的	258	22.2 作影响线	355
18.2 功与虚功原理	259	22.3 影响线的应用	363
18.3 计算结构位移的一般公式	263	22.4 最不利荷载组合	364
18.4 荷载作用下的位移计算	265	22.5 简支梁的内力包络图和绝对 最大弯矩	369
18.5 图乘法	269	22.6 连续梁的内力包络图	372
18.6 支座移动时的位移计算	275	小结	374
18.7 弹性体系的几个互等定理	277	习题	374
小结	280	附录	376
习题	281		
第19章 力法	284		
19.1 超静定结构概述	284		

附录 A 《金属材料 室温拉伸试验方法》 性能名称、符号新 旧标准对照	376	附录 B 型钢表	377
		附录 C 习题答案	387
		参考文献	398

第1篇 静力平衡

本篇研究的对象是刚体，研究的主要内容是物体在力系作用下的平衡问题。包括力的基本性质、力系的合成规律以及力系平衡理论。

静力平衡问题是本门课程最基本的问题之一。通过学习，要对物体的平衡有明确的概念，能熟练运用平衡条件进行计算。平衡条件是物体受力分析必须满足的条件，其应用很广，在工程技术中有着重要的地位和作用。后面各章和后续某些课程都离不开力的平衡分析，而其理论基础是在本篇中奠定的。

第1章 基本知识与物体的受力分析

1.1 基本概念

1.1.1 刚体

刚体就是在力的作用下不发生变形的物体。在本篇中所研究的物体都是刚体。在自然界中，任何物体在力的作用下都将发生变形，但如果物体的变形尺寸与其原始尺寸相比很小，在所研究的力学问题中，忽略此变形后对研究结果的精确度并无显著影响，就可以把这个物体抽象化为刚体，从而使所研究的问题得到简化。可见，刚体是由实际物体抽象得出的一种理想的力学模型。

1.1.2 力

1. 力的定义 力是物体间相互的机械作用，这种作用使物体的运动状态发生改变或引起物体变形。

2. 力的三要素 力的大小、方向、作用点是力的三要素。力的三要素表明力是矢量，这个矢量可用一个带箭头的线段来表示，此有向线段的起点或终点表示力的作用点，故力是定位矢量。本书中用黑体字 F 表示力矢量。图 1-1 就表示了物体在 A 点受到力 F 的作用。

在力的三要素中，力的大小表示物体相互间机械作用的强弱程度；力的方向表示物体间的机械作用具有方向性；力的作用点表示物体所受机械作用的位置。力的三要素中的任何一个如有改变，则力对物体的作用效果也将改变。

3. 力的单位 国际单位制中力的计量单位是“牛顿”，简称“牛”，英文字母“N”和“kN”分别表示“牛”和“千牛”。

4. 力的作用效应 力对物体的作用要同时产生两种效应：运动效应与变形效应。改变物体运动状态的效应称为运动效应（或外效应）；使物体变形的效应

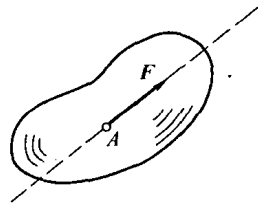


图 1-1 力矢量

称为变形效应（或内效应）。内效应在第2篇和第3篇中研究，本篇只研究外效应。

1.1.3 力系

作用在物体上的一组力称为力系。一个较复杂的力系，总可以用一个和它作用效果相等的简单力系来代替。在不改变作用效果的前提下，用一个简单力系代替复杂力系的过程，称为力系的简化或力系的合成。如果一个物体在两个力系分别作用下其效应相同，则此二力系称为等效力系。

1.1.4 平衡

物体相对于地面处于静止或作匀速直线运动的状态称为平衡。平衡是相对的，是有条件的。要使物体平衡，作用在它上面的力系必须满足一定的条件。这些条件称为力系的平衡条件，使物体平衡的力系称为平衡力系。

1.1.5 荷载

主动作用于结构的外力称为荷载。在工程结构物所受的荷载中，除了其作用范围可以不计的集中荷载外，有时还可有作用于整个物体或其某一部分上的分布荷载。当荷载分布于某一体积上时，称为体荷载（如物体的重力）；当荷载分布于物体的某一面积上时，称为面荷载（如风、雪、水等对物体的压力）；而当荷载分布于长条形状的面积或面积上时，则可简化为沿其长度方向中心线分布的线荷载（如梁的自重）。

物体上每单位体积、单位面积或单位长度上所承受的荷载分别称为体荷载集度、面荷载集度或线荷载集度，它们各表示对应的分布荷载密集的程度。荷载集度要乘以相应的体积、面积或长度后才是荷载（力）。如荷载是均匀分布的则称为均布荷载；否则，即为非均布荷载。

线荷载集度的单位是 N/m （牛/米）等，面荷载集度的单位是 N/m^2 （牛/米²），体荷载集度的单位是 N/m^3 （牛/米³）。

1.2 静力学公理

在静力分析方面，经长期经验积累与总结，又经实践反复检验、证明是符合客观实际的普遍规律，称为静力学公理。它们是力学中基本的客观规律，是研究力系的简化和平衡的主要依据。

【公理1】 力的平行四边形法则

作用于物体上同一点的两个力可合成为作用于该点的一个力，此合力的大小和方向由以原来二力为邻边所构成的平行四边形的对角线来表示（见图1-2a）。如以 F 表示合力，以 F_1 、 F_2 分别表示原来的两个力（称为分力），则有

$$F = F_1 + F_2 \quad (1-1)$$

即合力等于两分力的矢量和。

为了简便，在利用作图法求两共点力的合力时，只须画出力平行四边形的一半即可。其方法是：先从两分力的共同作用点 O 画出某一分力，再自此分力的终点画出另一分力，最后

由 O 点至第2个分力矢的终点作一矢量，即为合力 F ，这称为力的三角形法则（见图1-2b、

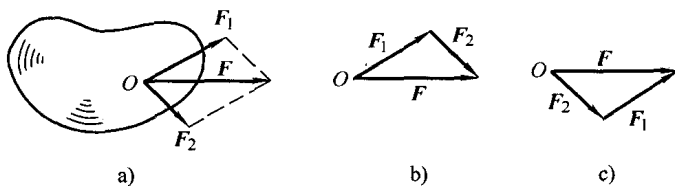


图1-2 力的平行四边形法则

c)。

力的平行四边形法则是简单的力系合成的法则，是力系合成、分解的基础。因每个矢量包含大小、方向两个量，故式(1-1)共有6个量。要使合成、分解有惟一确定的解，就必须知道任何4个量。

【公理2】 二力平衡原理

刚体在两个力作用下保持平衡的必要与充分条件是：此二力等值、反向、共线。图1-3所示为某刚体同时受到等值、反向、共线的两个力 F 和 F' 的作用，显然，该刚体是平衡的。

应当指出，本原理只适用于刚体。对变形体，这个平衡条件是不充分的。例如，一根绳索两端受大小相等、方向相反的拉力能平衡，若是压力则不能平衡。

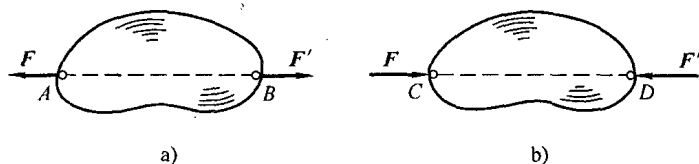


图1-3 二力平衡原理

a) 拉力作用时 b) 压力作用时

【公理3】 加减平衡力系原理

在作用于刚体上的任一力系中加上或减去任意平衡力系，都不改变原来力系对刚体的作用效应。这就是加减平衡力系原理。

因平衡力系对刚体的运动效应为零，它不能改变刚体的运动状态，故本原理的正确性是显而易见的。而对于变形体，加减平衡力系会改变其受力情况，而引起物体内部、外效应的改变，故本原理只适用于刚体。

根据上述3个公理，可以推导出下面2个重要的推论。

(推论1) 力的可传性原理

作用在刚体上的力可沿其作用线移动到刚体内任一点，而不改变该力对刚体作用的效应。这就是力的可传性原理。

设力 F 作用于刚体上的 A 点(见图1-4a)。今在力的作用线上任选一点 B ，并于 B 点处加上互相平衡的两个力 F_1 与 F_2 (见图1-4b)，且使

$$F_1 = -F_2 = F \quad (1-2)$$

由加减平衡力系原理可知， F_1 、 F_2 、 F 三个力所组成的力系与原来的力 F 等效。再从该力系中减去由 F 与 F_2 组成的平衡力系后留下的力 F_1 (见图1-4c)也应与原来的力 F 等效。由此力的可传性原理便得到了证明。

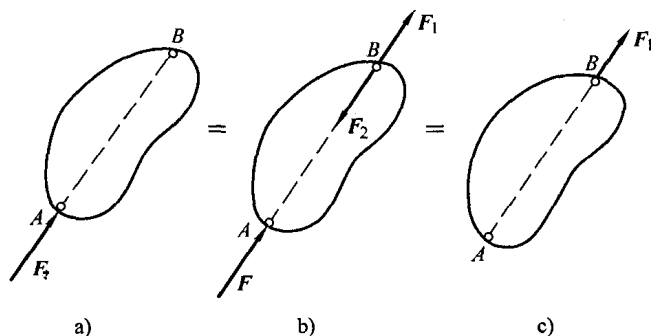


图1-4 力的可传性原理

显然，力的可传性原理只适用于刚体而不适用于变形体。因若改变变形体所受之力的作用点，则物体上发生变形的部位也将随之而改变，这就改变了力对物体的作用效应。可见，对于刚体，力的三要素又可表叙为力的大小、方向、作用线。

(推论2) 三力平衡汇交定理

刚体上共面且不平行的三个力若平衡，则此三力的作用线必汇交于一点。这就是三力平

衡汇交定理。

设作用于刚体上的平衡力系由 3 个不平行的力 F_1 、 F_2 与 F_3 组成, 且其中任意二力 (例如 F_1 与 F_2) 的作用线交于一点 O (见图 1-5a)。今将力 F_1 与 F_2 均沿各自的作用线移到 O 点使其成为两共点力并求出它们的合力 F_{12} (见图 1-5b)。由于 F_{12} 与其两分力 F_1 和 F_2 等效, 所以 F_{12} 应与 F_3 平衡。再由二力平衡条件可知, F_3 必与 F_{12} 共线, 即 F_3 的作用线也必通过 O 点并与 F_1 、 F_2 共面。

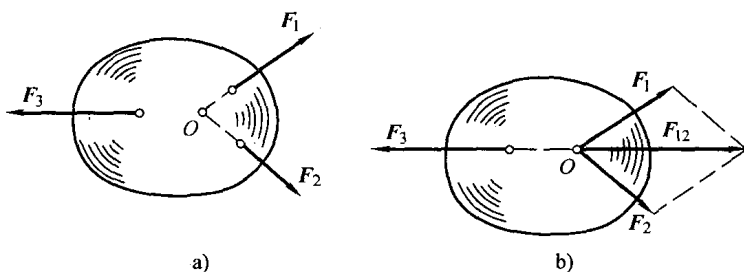


图 1-5 三力平衡汇交定理

【公理 4】 作用与反作用定

律

两个物体之间的作用力和反作用力, 总是大小相等、方向相反、作用线共线, 且分别作用在两个相互作用的不同物体上。这一普遍规律叫做力的作用与反作用定律。它指出了物体之间相互作用力的关系, 同时也表明, 对于两个相互作用的物体, 力有成对出现的性质。

人站在地面, 则人对地面作用一个压力, 而地面对人也作用一个向上的反力; 当我们用拳头碰击墙壁时, 手给墙壁一个作用力 F , 而拳头也会受到墙壁的一个反作用力 F' (见图 1-6); 图 1-7 中所示的挂车受到汽车的拉力 F 的作用, 与此同时, 挂车以力 F' 反作用于汽车。这里共列举了三对作用力与反作用力的例子, 其中任何一对均等值、反向、共线且同时存在并分别作用于两个不同的物体上。

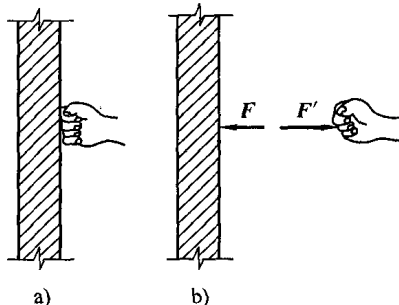


图 1-6 作用与反作用定律实例 1

a) 实例 b) 受力分析

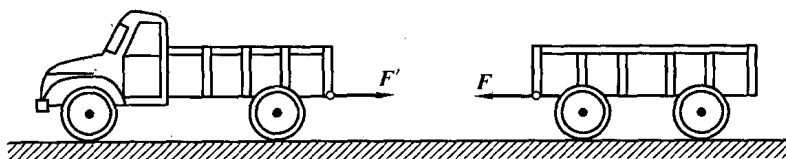


图 1-7 作用与反作用定律实例 2

1.3 约束与约束反力

任何物体都是不能独立存在的, 都要受到其他物体的制约。在工程中, 将能自由地向空间任意方向运动的物体称为自由体。如工地上工人上抛的砖就属于自由体。在空间某一方向运动受到阻碍或阻止的物体称为非自由体。其实组成建筑物的各种构件都不能自由运动, 所以都属于非自由体。本书只研究非自由体。

在工程中, 将限制或阻碍非自由体运动的其他物体称为约束, 或者可以理解为一个物体对另一个物体的支持作用。显然, 约束就是一种力的作用, 它是通过约束物体对被约束物体

所施加的力来体现的。非自由体受到约束对它施加的力称为约束反力，约束反力的方向总是与受约束限制的位移方向相反。

现以几种常见的约束为例，说明如何确定其约束反力。

1.3.1 柔索约束

由拉紧的绳索、链条、带等柔软物体构成的约束统称为柔索约束。其约束反力的作用线沿柔体中心线，方向背离被约束的物体，即被约束物体受到一个拉力作用。在图 1-8a 所示的起重装置中，桅杆和重物一起所受绳子的约束反力分别为 F_1 、 F_2 和 F_3 （见图 1-8b），而重物单独受绳子的约束反力则为 F_4 （见图 1-8c）。在图 1-9a 所示的带轮中，带对两轮的约束反力分别为 F_1 、 F_2 和 F'_1 、 F'_2 （见图 1-9b）。

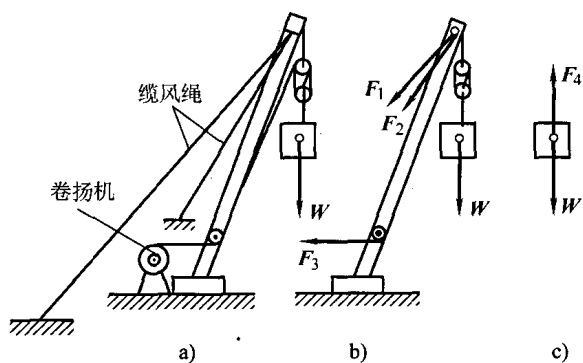


图 1-8 柔索约束实例 1

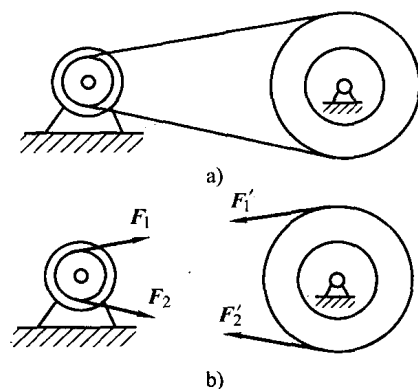


图 1-9 柔索约束实例 2

1.3.2 光滑面约束

由光滑表面对刚性物体构成的约束称为光滑面约束。由于接触面光滑，则被约束物体可无障碍地沿接触面的公切面运动，但却不能沿通过接触点的公法线并朝向约束它的物体一侧运动。因此，光滑接触面对物体的约束反力应作用于接触点并沿接触面的公法线且指向被约束的物体，如图 1-10 所示。此时约束反力的方向已知。

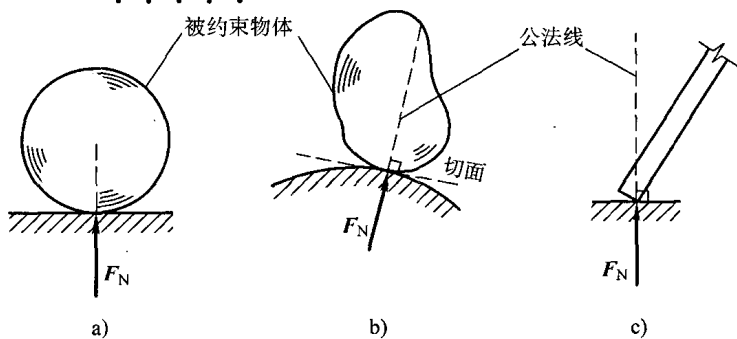


图 1-10 光滑面约束实例

1.3.3 铰链约束

在两个物体上分别穿直径相同的圆孔，再将一直径略小于孔径的圆柱体（称为销钉）插入该两物体的孔中便构成了铰链约束（见图 1-11a）。连接件本身简称为铰或中间铰。这样，物体既可沿销钉轴线方向运动又可绕销钉轴线转动，但却不能沿垂直于销钉轴线的方向移动而脱离销钉。若不计摩擦，则物体与销钉为光滑面接触，物体所受到的约束反力应通过接触点和圆孔中心（见图 1-11b）。由于接触点 C 随主动力而变，故约束反力 F_C 的大小和方向均为未知，一般将它分解为两个互相垂直的分力 F_{Cx} 与 F_{Cy} （见图 1-11c）。其力学简图与约束反力表示法分别如图 1-11d、e 所示。

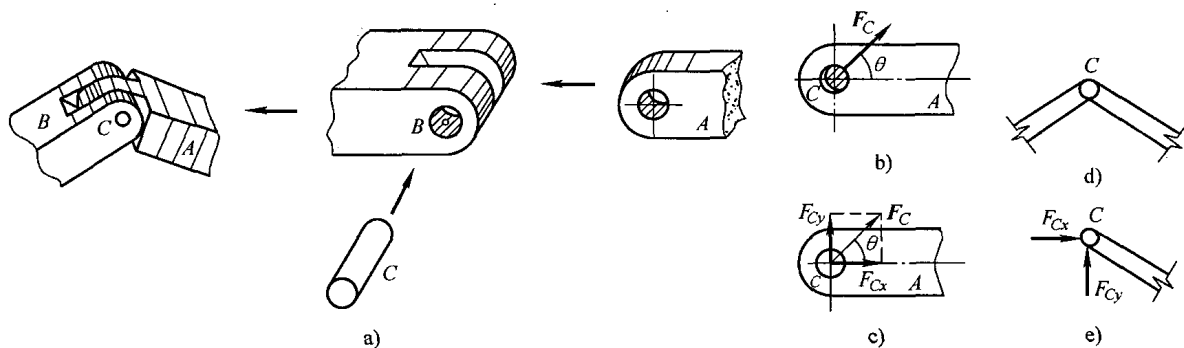


图 1-11 中间铰链约束及其简化

1.3.4 链杆约束

两端用铰链与物体连接且中间不受力（自重忽略不计）的刚性杆称为链杆（见图 1-12a），又称二力杆或二力构件。这种约束能阻止物体沿着链杆两端铰链中心的连线方向运动，但不能阻止其他方向的运动。所以链杆的约束反力只能是沿着链杆两端铰链中心的连线，其指向或背离物体（拉力），或指向物体（压力）。其力学简图与约束反力表示法如图 1-12b、c 所示。图 1-12d 为链杆的受力图。

若将 AB 杆改为曲杆（或折杆），则 AB 杆也为二力杆，其受力图如图 1-12e 所示。

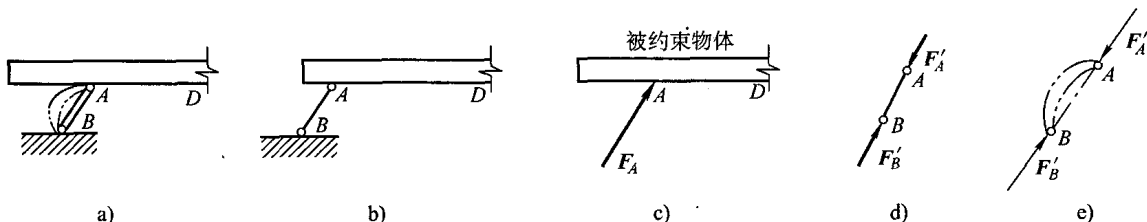


图 1-12 链杆约束及其简化

1.3.5 固定铰支座

将结构物或构件连接在墙、柱、机器的机身等支承物上的装置称为支座。用中间铰把结构物或构件与支座底板连接，并将底板固定在支承物上而构成的支座，称为固定铰支座。图 1-13a 是其构造示意图。通常为避免因在构件上穿孔而削弱构件的支承能力，可在构件上固结一个用以穿孔的物体称之为上摇座，而将底板称为下摇座（见图 1-13b）。

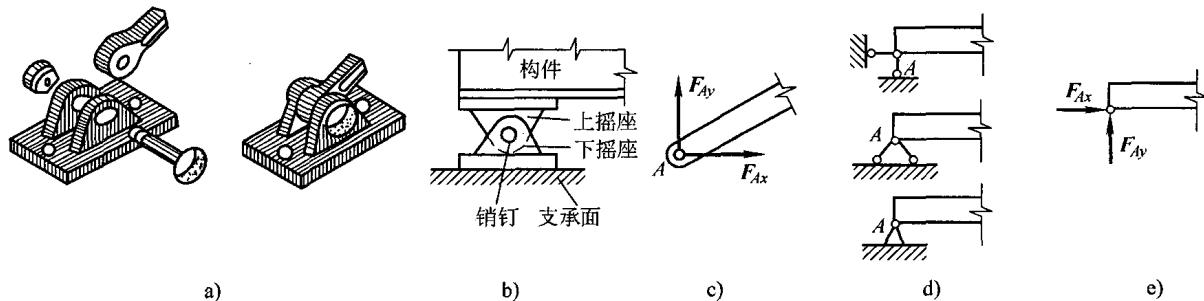


图 1-13 固定铰支座约束及其简化

与中间铰相比可知,固定铰支座作用于被约束物体上的约束反力也应通过圆孔中心,而大小和方向待求,通常也以其相互垂直的两个分力表示(见图1-13c)。固定铰支座的力学简图和约束反力表示法分别如图1-13d、e所示。

1.3.6 可动铰支座

若在固定铰支座的下摇座与支承物之间放入可沿支承面滚动的滚动体就构成了可动铰支座(见图1-14a)。因这种支座只能阻止物体与销钉连接处垂直于支承面的运动而不能阻止它沿支承面的运动,故可动铰支座对物体的约束反力应垂直于支承面并通过圆孔中心(见图1-14c)。可动铰支座的力学简图和约束反力表示法如图1-14b、c所示。

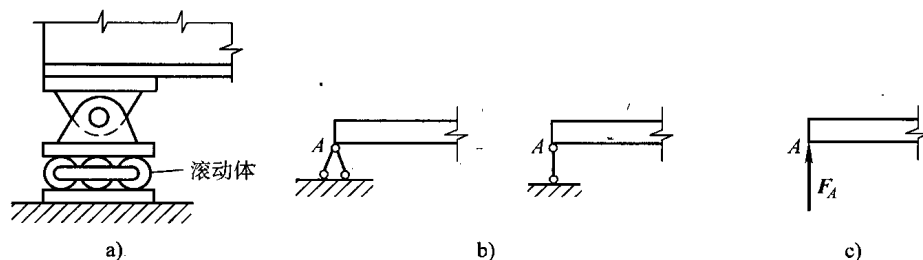


图 1-14 可动铰支座约束及其简化

图1-15a是一钢筋混凝土梁,两端插入墙内。在平衡状态下,当然不允许梁发生上下、左右的移动。但温度有变化时,梁长可能有微量的伸缩,另外,当梁受荷载作用后,由于弯曲致使梁端也会有微量转动。为反映这一受力和变形特点,工程中将梁简化成一端是固定铰支座,另一端是可动铰支座。这种梁称为简支梁,如图1-15b所示。

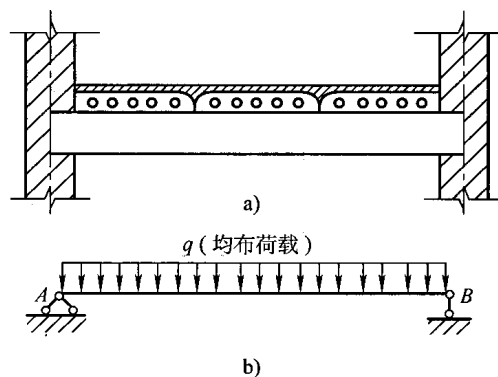


图 1-15 铰支座实例

1.3.7 固定端支座

图1-16a所示雨篷的剖面图,在此结构中,由于墙的约束作用,完全限制了雨篷的运动,使雨篷靠墙的一端既不能上下左右移动,又不能转动。这两个约束特点可用图1-16b来表示。这种支座叫固定端支座。当构件受到荷载作用时,固定端支座将产生两个互相垂直的反力 F_{Ax} 、 F_{Ay} 和一个阻止构件绕固定端A点转动的约束反力偶矩 M_A (见图1-16d)。固定端支座的力学简图和约束反力表示法分别如图1-16c、d所示。

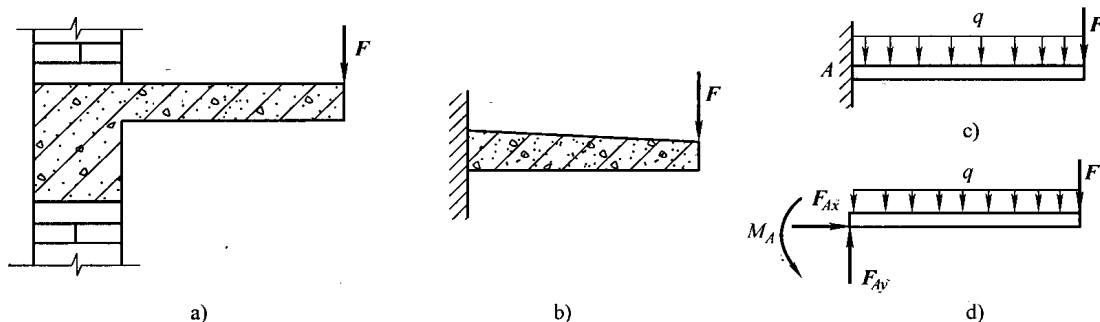


图 1-16 固定端支座及其简化