



“十二五”职业教育
国家规划教材
经全国职业教育教材
审定委员会审定

建筑工程力学

于英 主编

高等教育出版社



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

JIANZHU GONGCHENG LIXUE

建筑工程力学

于英 主编
李晓枫 张莉 副主编

高等教育出版社·北京

内容提要

本书是“十二五”职业教育国家规划教材,力求体现高职高专教学改革的特点,突出针对性、适用性、实用性,重视由浅入深和紧密联系工程实际,内容简明扼要,通俗易懂,图文配合紧密。

本书的内容包括:绪论、分析构件的受力及绘制受力图、计算构件约束力及支座反力、计算轴向拉(压)杆件的强度、计算平面图形的几何性质、计算剪切连接件及扭转杆件的强度、计算梁的应力与强度、计算组合变形的应力与强度、计算压杆的稳定性、计算静定结构的内力、计算静定结构的位移、力法计算超静定结构、位移法及力矩分配法计算超静定结构。每单元后均配有思考题和习题。书后附习题参考答案。

本书可作为高职高专院校土建类和工程管理等专业的建筑力学或工程力学等课程的教材,也可作为土建工程技术人员和教师的参考用书。

为更好地支持本课程的教学,我们向使用本书的教师免费提供与本书配套的教学课件。有需要者请与出版社联系。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程力学 / 于英主编. —北京: 高等教育出版社, 2014. 8
ISBN 978-7-04-039739-0

I. ①建… II. ①于… III. ①建筑科学-力学-高等职业教育-教材 IV. ①TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 095878 号

策划编辑	张玉海	责任编辑	张玉海	特约编辑	隋华蓉	封面设计	杨立新
版式设计	马敬茹	插图绘制	杜晓丹	责任校对	王 雨	责任印制	田 甜

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 北京宏伟双华印刷有限公司
开 本 787 mm×1092 mm 1/16
印 张 17.5
字 数 420 千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
版 次 2014 年 8 月第 1 版
印 次 2014 年 8 月第 1 次印刷
定 价 34.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 39739-00

出版说明

教材是教学过程的重要载体，加强教材建设是深化职业教育教学改革的有效途径，推进人才培养模式改革的重要条件，也是推动中高职协调发展的基础性工程，对促进现代职业教育体系建设，切实提高职业教育人才培养质量具有十分重要的作用。

为了认真贯彻《教育部关于“十二五”职业教育教材建设的若干意见》（教职成〔2012〕9号），2012年12月，教育部职业教育与成人教育司启动了“十二五”职业教育国家规划教材（高等职业教育部分）的选题立项工作。作为全国最大的职业教育教材出版基地，我社按照“统筹规划，优化结构，锤炼精品，鼓励创新”的原则，完成了立项选题的论证遴选与申报工作。在教育部职业教育与成人教育司随后组织的选题评审中，由我社申报的1338种选题被确定为“十二五”职业教育国家规划教材立项选题。现在，这批选题相继完成了编写工作，并由全国职业教育教材审定委员会审定通过后，陆续出版。

这批规划教材中，部分为修订版，其前身多为普通高等教育“十一五”国家级规划教材（高职高专）或普通高等教育“十五”国家级规划教材（高职高专），在高等职业教育教学改革进程中不断吐故纳新，在长期的教学实践中接受检验并修改完善，是“锤炼精品”的基础与传承创新的硕果；部分为新编教材，反映了近年来高职院校教学内容与课程体系改革的成果，并对接新的职业标准和新的产业需求，反映新知识、新技术、新工艺和新方法，具有鲜明的时代特色和职教特色。无论是修订版，还是新编版，我社都将发挥自身在数字化教学资源建设方面的优势，为规划教材开发配备数字化教学资源，实现教材的一体化服务。

这批规划教材立项之时，也是国家职业教育专业教学资源库建设项目及国家精品资源共享课建设项目深入开展之际，而专业、课程、教材之间的紧密联系，无疑为融通教改项目、整合优质资源、打造精品力作奠定了基础。我社作为国家专业教学资源库平台建设和资源运营机构及国家精品开放课程项目组织实施单位，将建设成果以系列教材的形式成功申报立项，并在审定通过后陆续推出。这两个系列的规划教材，具有作者队伍强大、教改基础深厚、示范效应显著、配套资源丰富、纸质教材与在线资源一体化设计的鲜明特点，将是职业教育信息化条件下，扩展教学手段和范围，推动教学方式方法变革的重要媒介与典型代表。

教学改革无止境，精品教材永追求。我社将在今后一到两年内，集中优势力量，全力以赴，出版好、推广好这批规划教材，力促优质教材进校园、精品资源进课堂，从而更好地服务于高等职业教育教学改革，更好地服务于现代职教体系建设，更好地服务于青年成才。

高等教育出版社

2014年7月

前言

本书是根据高等职业院校土建类各专业力学课程教学的基本要求,为适应高等职业教育教学改革的需要编写而成的。在编写过程中,编者结合长期教学实践的经验和高等职业教育教学改革的实践经验,以“锤炼精品、突出重点、强化衔接、产教结合、体现标准、创新形式”为原则,突出了以下特点:

1. 体现高等职业教育的特点。在内容的选取和体系的安排上,突出高职教材应用为目的、够用为度的编写原则,突出了以培养技术应用能力为主线 and 基础理论在工程实际中应用方面的特点。

2. 突出实用性、针对性和适用性。吸取同类教材的长处,结合编者历年来的教学工作经验和教学改革的成果,重视由浅入深和理论联系工程实际,内容简明扼要、通俗易懂、图文配合紧密。

3. 在内容的表述方面,力求做到思路清晰、内容精练,避免了繁琐的叙述和论证,着重讲解基本概念和基本理论,以及各部分内容在工程应用上的特点和方法,分析解决实际工程中常见的基础性力学问题。一方面照顾到传统性,全书从内容上分为三大部分,第1~2单元为静力学、第3~8单元为材料力学、第9~13单元为结构力学;另一方面按照建筑工程力学的统一性,对内容做了调整与精选,尽可能地使教材符合建筑工程实际的需要。

4. 为方便教学,配备了教学课件及教学资源,并在书中进行标注,如  表示文本资源,

 表示图片资源,  表示动画资源,  表示视频资源。

书中编入了适量的例题和习题供教学中选用,书后附有习题参考答案,并另配有与本书配套的教学课件,供广大教师选用。

本书参考学时为80~90学时,各院校可根据实际情况进行取舍。

本书由黑龙江建筑职业技术学院于英担任主编,编写了绪论、单元10~13等;李晓枫担任副主编,编写了单元5~8;黑龙江中美建筑设计研究院有限责任公司张莉担任副主编,编写了单元3、9;中国建筑一局(集团)有限公司于志鹏参编,编写了单元1、2;黑龙江省利德建筑工程公司乔晨旭参编,编写了单元4,并参与课件制作、资源制作等工作。

由于编者水平有限,时间仓促,书中难免存在不妥之处,敬请广大读者和同行专家给予批评指正,以便今后改进提高。

编者

2014年6月

目 录

绪论	1	5.1 剪切与挤压的概念	81
单元 1 分析构件的受力及绘制受力图	6	5.2 剪切与挤压的实用计算	82
1.1 静力学基本概念	6	5.3 切应力互等定理及剪切胡克定律	85
1.2 静力学基本公理	7	5.4 计算圆轴扭转时内力及应力	86
1.3 约束与约束力	9	5.5 矩形截面杆扭转时的切应力	92
1.4 构件的受力分析及受力图绘制	13	思考题	93
思考题	16	习题	93
习题	16	单元 6 计算梁的应力与强度	95
单元 2 计算构件约束力及支座反力	18	6.1 平面弯曲的概念	95
2.1 平面汇交力系的平衡条件	18	6.2 计算梁的弯曲内力——剪力和弯矩	96
2.2 力矩与平面力偶系的平衡条件	26	6.3 绘制梁的剪力图和弯矩图	100
2.3 平面一般力系的平衡条件	30	6.4 梁的应力及强度条件	113
2.4 计算构件约束力	37	6.5 梁的变形及刚度条件	121
思考题	46	思考题	125
习题	46	习题	125
单元 3 计算轴向拉(压)杆件的强度	50	单元 7 计算组合变形的应力与强度	129
3.1 材料力学的基本概念	50	7.1 组合变形的概念及计算方法	129
3.2 轴向拉伸和压缩时的内力	54	7.2 斜弯曲变形的应力及强度计算	130
3.3 轴向拉伸和压缩时的应力及强度 条件	57	7.3 偏心压缩(拉伸)杆件的应力及强 度计算	135
3.4 轴向拉(压)杆的变形、胡克定律	61	思考题	139
3.5 材料在拉伸和压缩时的力学性能	63	习题	140
思考题	70	单元 8 计算压杆的稳定性	141
习题	70	8.1 压杆稳定的概念	141
单元 4 计算平面图形的几何性质	74	8.2 细长压杆临界力计算的欧拉公式	143
4.1 计算静矩与形心	74	8.3 临界应力与柔度	144
4.2 惯性矩、惯性积、惯性半径	77	8.4 超过比例极限时临界应力计算—— 经验公式、临界应力总图	145
4.3 惯性矩的平行移轴公式	78	8.5 压杆的稳定条件及稳定计算	148
思考题	80	8.6 提高压杆稳定性的措施	153
习题	80	思考题	154
单元 5 计算剪切连接件及扭转杆件的 强度	81	习题	155

单元 9 计算静定结构的内力	157	11.4 利用对称性简化计算	210
9.1 结构的计算简图	157	11.5 力法计算支座移动时的超静定结构	213
9.2 平面体系的几何组成分析	160	思考题	214
9.3 计算多跨静定梁的内力	165	习题	214
9.4 计算静定平面刚架的内力	167	单元 12 位移法计算超静定结构	217
9.5 计算静定平面桁架的内力	171	12.1 位移法的基本概念	217
思考题	178	12.2 位移法的基本未知量与基本结构	222
习题	178	12.3 等截面直杆的转角位移方程	223
单元 10 计算静定结构的位移	181	12.4 位移法典型方程	224
10.1 计算结构位移的目的	181	12.5 位移法计算超静定刚架	228
10.2 变形体的虚功原理	182	思考题	233
10.3 结构位移计算的一般公式	184	习题	234
10.4 计算静定结构在荷载作用下的位移	185	单元 13 力矩分配法计算超静定结构	236
10.5 图乘法计算静定结构在荷载作用下的位移	189	13.1 力矩分配法的概念及基本原理	236
10.6 计算静定结构在支座移动时的位移	196	13.2 力矩分配法计算单节点连续梁	240
10.7 线弹性结构的互等定理	197	13.3 力矩分配法计算多节点连续梁	243
思考题	199	13.4 力矩分配法计算无侧移刚架	246
习题	199	思考题	248
单元 11 力法计算超静定结构	201	习题	248
11.1 超静定次数的确定	201	习题参考答案	250
11.2 力法的基本原理和力法典型方程	203	附录 型钢规格表 (GB/T 706—2008)	255
11.3 力法计算超静定结构	206	参考文献	271

绪 论

建筑工程力学是一门重要的专业基础课程。它主要分析材料的力学性能和建筑结构或构件的受力、变形特点等问题，为建筑结构设计及施工现场中受力问题的解决等提供基本的力学知识和计算方法。

一、建筑工程力学的任务

任何建筑物在施工过程中和建成后的使用过程中，都要受到各种各样力的作用。例如，建筑物中各部分结构的自重和结构受到的风力、雪的重力、设备自重、家具及人群荷载等。这些直接作用在结构上的外力，在工程上统称为荷载。

建筑物中用于承受和传递荷载而起骨架作用的部分称为建筑结构。组成结构的每一个基本部分称为构件。如图 0-1 所示为一厂房结构的示意图，它是由屋面板、屋架、吊车梁、柱、连系梁、基础等构件组成，每一构件都起着承受和传递荷载的作用。这就要求建筑结构及其组成结构的各个构件都必须相对于地球保持静止状态，这种状态在工程中称为平衡状态。

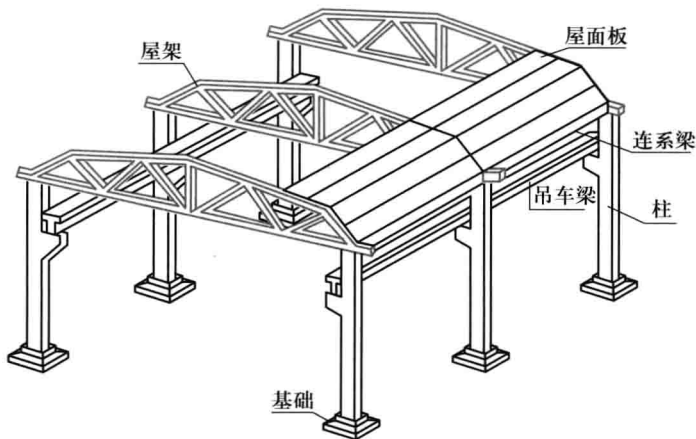


图 0-1 工业厂房结构

任何建筑物在规定的使用年限内，当结构或构件承受和传递荷载时，各构件都必须能够正常工作，这样才能保证结构的正常使用和安全可靠。为此，首先要求构件不允许发生破坏和产生过大的变形。如当吊车起吊重物时荷载过大，会使吊车梁断裂或钢丝绳断裂；但只是不发生破坏并不能保证构件的正常工作，如吊车梁的变形过大超出规定的限度，吊车梁就不能正常的行驶。此外，有一些构件在荷载作用下，其原来形状的平衡可能丧失稳定，这就要求构件具有保持原有直线平衡状态的能力。例如，受压的细长直杆，在压力较小时，可以保持原有的直线平衡状态，当压力增大到一定数值时，便会突然变弯，不能保持原有的直线平衡状态，从而丧

失工作能力,以致整个结构倒塌。这种现象称为丧失稳定,简称“失稳”。为此,要保证结构和构件的正常工作,必须同时满足以下三个方面的要求:

(1) 在荷载作用下不发生破坏和断裂,即应具有足够的强度。强度是指结构或构件抵抗破坏和断裂的能力。

(2) 在荷载作用下所产生的变形在工程的允许范围内,不影响正常使用,即应具有足够的刚度。刚度是指结构或构件抵抗变形的能力。

(3) 承受荷载作用时,构件在其原有形状下的平衡状态应保持稳定的平衡,即应具有足够的稳定性。稳定性是指结构或构件保持原有平衡状态的能力。



结构或构件的强度、刚度和稳定性统称为承载能力。其高低与构件的材料性质、截面的几何形状及尺寸、受力性质、工作条件及构造情况等因素有关。在结构设计中,如果把构件截面设计得过小,构件会因刚度不足导致变形过大而影响正常使用,或因强度不足而迅速破坏;如果构件截面设计得过大,其能承受的荷载过分大于所受的荷载,则又会不经济,造成人力、物力上的浪费。结构和构件的安全性与经济性是矛盾的两个方面。

建筑工程力学的任务就在于力求合理地解决这种矛盾。即:研究结构或构件在力系作用下的平衡规律;研究材料的力学性能;研究构件或结构的强度、刚度和稳定性的计算方法;研究结构的组成规律及其合理形式;在保证结构或构件既安全可靠又经济合理的前提下,为构件选择合适的材料、确定合理的截面形状和尺寸提供计算理论依据及计算方法。

二、建筑工程力学的研究对象

工程中构件的形状是多种多样的。按照构件的几何特征,可以将构件分为杆系结构、板壳结构、实体结构和薄壁杆结构四种。

(1) 杆系结构由杆件组成。杆的几何特征是细而长,杆件又可分为直杆和曲杆,如图 0-2a、b 所示。杆件按照一定的方式连接,形成杆系结构。

(2) 板壳结构的厚度远小于其他两个方向的尺度(长度和宽度),如折板、板壳等。板壳结构的几何特征是宽而薄。平面形状的称为板,曲面形状称为壳,如图 0-2c、d 所示。

(3) 实体结构的三个尺度为同一数量级,如挡土墙、堤坝等。实体结构的几何特征为块状,长、宽、高三个尺度大体相近,内部大多为实体,如图 0-2e 所示。

(4) 薄壁杆结构的几何特征是长、宽、厚三个尺寸都相差很悬殊,如图 0-2f 所示。

上述四类结构中,杆系结构是建筑工程中应用最广泛的一种结构,所以建筑工程力学的研究对象主要是杆件及由杆件组成的杆系结构。

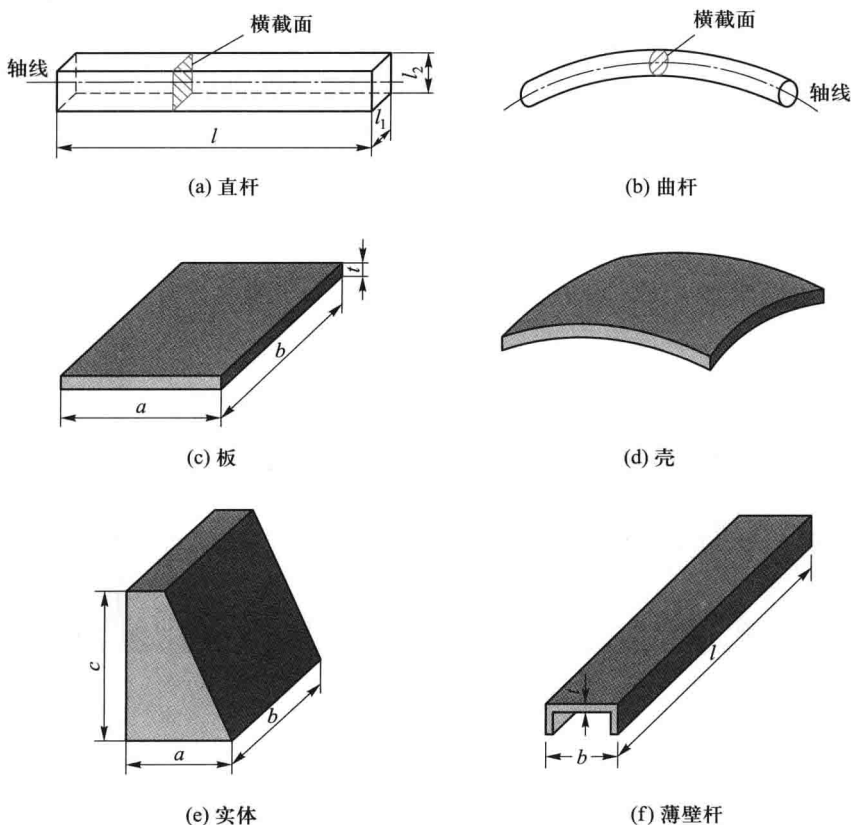


图 0-2 构件的分类

三、建筑工程力学的研究内容

建筑工程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及承载能力的学科。其内容分为静力学、材料力学和结构力学三部分：

静力学研究物体在力系作用下的平衡规律及各种力系平衡条件的应用问题；

材料力学研究材料的力学性能及构件的强度、刚度和稳定性计算方法等问题；

结构力学研究杆系结构的几何组成规律及结构的约束力、内力和位移计算等问题。

四、建筑工程力学与其他课程的关系及学习意义

建筑工程力学是建筑结构、建筑施工技术、地基与基础等课程的基础，它将为读者打开进入结构设计和解决施工现场中许多受力计算问题的大门。

作为结构设计人员必须掌握建筑工程力学知识，才能对结构进行受力和力学计算，保证所设计的结构既安全可靠，又经济合理。作为施工技术人员，也需要掌握建筑工程力学的知识，会分析结构和构件的受力情况，知道什么位置是危险截面，知道各种力的传递途径及结构和构件在这些力的作用下会发生怎样的破坏等。这样才能在施工中很好地理解结构设计图纸的意图与要求，科学地组织施工，制定出合理的安全和工程质量的保证措施，避免发生工程事

故。在施工过程中要将设计图纸建成实际建筑物，往往要搭设许多临时设施并需要许多机具，确定施工方案、施工方法和施工技术组织措施。如对一些重要的梁板结构进行施工时为了保证梁板的形状、尺寸和位置的正确性，对安装的模板和支架系统必须进行设计和验算，如图0-3所示；在进行深基坑（槽）开挖时，如采用土壁支撑的施工方法防土壁塌落，对支撑特别是大型支撑和特殊的支撑，必须进行设计和计算，如图0-4所示。这些工作都是由施工技术人员来完成。因此，只有懂得力学知识，才能制定出经济合理的施工组织方案，很好地顺利完成施工任务，将设计图纸变成宏伟壮观的一座座高楼大厦、跨江跨海大桥和大型水利工程等，如图0-5、图0-6所示。



(a)



(b)

图 0-3 模板及支架



图 0-4 深基坑支护



图 0-5 上海金贸大厦



图 0-6 三峡水利工程

五、建筑工程力学的学习方法

(1) 通过观察生活和工程实践的各种现象, 经过抽象化建立力学模型, 从而进行分析和归纳, 进一步总结力学的基本规律。

(2) 针对建筑结构复杂、建筑工程力学抽象、计算类型比较多的特点, 要多比较、多练习才能掌握力学的基本知识, 做到运用自如。

单元 1

分析构件的受力及绘制受力图

1.1 静力学基本概念

静力学研究物体在力系的作用下处于平衡的规律。

平衡是指物体相对于地球保持静止或作匀速直线运动的状态。例如，房屋、桥梁，在直线轨道上匀速行驶的火车、沿直线匀速起吊的构件等，都是平衡的实例。

一、力的概念

力是指物体之间相互的机械作用。这种机械作用可使物体的运动状态或形状发生改变。力能使物体的运动状态发生改变，称为力的外效应或运动效应；力能使物体的形状发生改变，称为力的内效应。前者是静力学所研究的内容，而后者是材料力学所研究的内容。

实践表明，力对物体的作用效应取决于力的三要素：力的大小、方向和作用点。如这三个要素之一发生改变，力的作用效果也就会改变。

力的大小表示物体间相互作用的强弱程度。国际单位制中，以 N 或 kN 作为力的单位。力的方向通常包含力的方位和力的指向两个含义。力的作用点表示力作用在物体上的位置。

根据力的三要素可知，力是定位矢量。可用图示法表示力的矢量，即用一带箭头的有向线段表示力的三要素。有向线段的长度按选定比例尺表示力的大小，线段的方位（与某定直线的夹角）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。如图 1-1 所示。

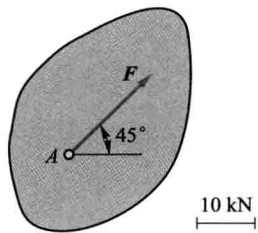


图 1-1 力的矢量

本书中用黑体字母如 $\boldsymbol{F}$ 、 $\boldsymbol{P}$ 等表示力的矢量，而用对应的细体字母如 F 、 P 等表示力矢量的大小。在手写时，用上方加一横箭头线的细体字母如 $\vec{F}$ 、 $\vec{P}$ 等表示力的矢量。

二、刚体的概念

所谓刚体,是指在任何外力的作用下,其几何形状和尺寸始终保持不变的物体。实际上,任何物体在外力的作用下都要发生几何形状的改变。但是,在一般情况下所发生的变形与物体的几何尺寸相比较都很微小,在研究物体的平衡或运动时,就可忽略微小变形,即认为物体是不发生变形的。静力学中所研究的物体均视为刚体。

三、力系、等效力系、平衡力系、平衡条件

力系:作用在物体上的一群力称为力系。

等效力系:如果作用于物体上的一个力系,可以用另外一个力系所代替,而不改变原力系对物体所产生的运动效应,则这两个力系互为等效力系。

平衡力系:作用在物体上,使物体处于平衡状态的力系,称为平衡力系。

平衡条件:是指力系作用在物体上,并使物体处于平衡状态时,该力系所必须满足的条件。

1.2 静力学基本公理

静力学公理是人们在长期的生活和生产实践中总结和概括出来的普遍规律,它们是静力学的基础。是分析问题和解决问题的重要依据。

公理一 二力平衡条件

作用在同一刚体上的两个力,使刚体处于平衡的必要和充分条件是:这两个力的大小相等,方向相反,作用在同一条直线上。如图 1-2 所示。

公理二 加减平衡力系公理

在作用于刚体上的任意力系中,加上或去掉任何一个平衡力系,并不改变原力系对刚体的作用效应。因为平衡力系不会改变物体的运动状态。

公理三 力的平行四边形法则

作用于刚体上同一点的两个力,可以合成为一个合力,合力也作用在该点,合力的大小和方向可由以这两个分力为邻边所构成的平行四边形的对角线来表示,如图 1-3 所示。即

$$\boldsymbol{F}_R = \boldsymbol{F}_1 + \boldsymbol{F}_2$$

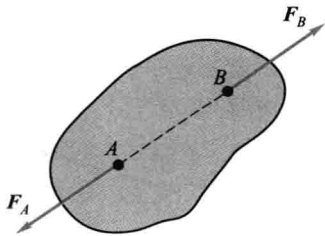


图 1-2 二力平衡

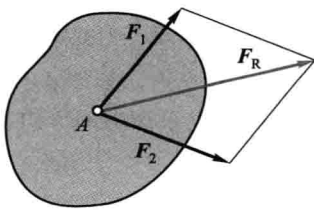


图 1-3 平行四边形法则

在力学计算中,经常将一个已知力分解为两个互相垂直的分力,如图1-4所示。

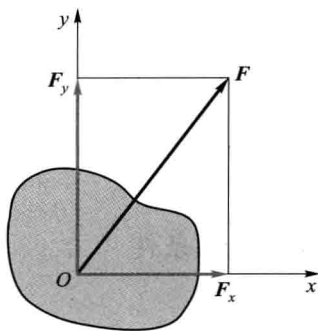


图1-4 力的分解

公理四 作用与反作用定律

两个物体间的作用力和反作用力,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。特别强调的是不能将作用与反作用定律与二力平衡条件混淆起来。

推理一 力的可传性原理

作用于刚体上的力,可沿其作用线移动到同一刚体内的任意一点,而不改变原力对刚体的作用效应。

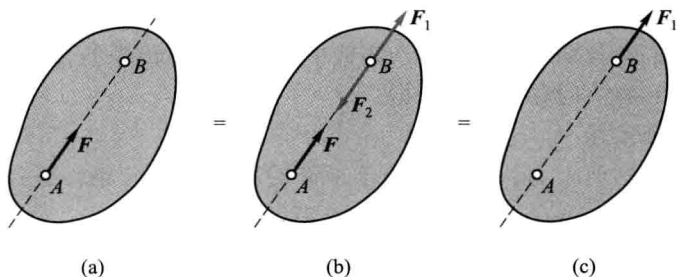


图1-5 力的可传性原理

证明:设力 F 作用于刚体上的 A 点(图1-5a)。根据加减平衡力系公理,在力 F 的作用线上任一点 B 加上一对平衡力 F_1 与 F_2 ,且使 $F_1 = F = -F_2$,如图1-5b所示。由于 F 和 F_2 是一个平衡力系,可以去掉,所以只剩下作用在 B 点的力 F_1 (图1-5c)。显然力 F_1 和原力 F 是等效的,这就相当于把作用于 A 点的力 F 沿其作用线移到 B 点。值得注意的是,该推理只适用于同一刚体,不适用于变形体。

推理二 三力平衡汇交定理

一刚体受共面不平行的三个力作用而处于平衡状态时,此三个力的作用线必汇交于一点。如图1-6所示,证明略。通常用三力平衡汇交定理来确定未知力的方向。

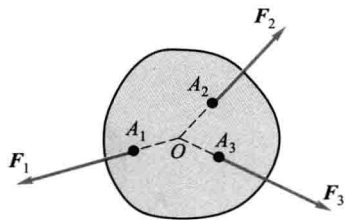


图1-6 三力平衡汇交定理

1.3 约束与约束力

一、约束与约束力的概念

自由体 物体在空间的运动没有受到任何方向的限制，称此物体为自由体。如空中飞行的飞机。

非自由体 如果物体在空间某些方向的运动受到限制，称此物体为非自由体。如房屋、桥梁、火车等。

约束 当研究对象为非自由体时，把限制其运动的周围物体称为约束。

约束力 约束作用在被约束物体上且阻碍物体运动的力称约束力（也称约束反力，简称反力）。约束反力的方向总是与物体的运动或运动趋势方向相反；约束反力的大小由平衡条件确定；约束反力的作用点总是作用在接触点上。约束反力为未知力。

二、荷载及分类

1. 荷载

凡能主动使物体产生运动或运动趋势的力，称为主动力；主动力为已知力，在工程上也称为荷载。如构件的自重，设备的重量、风压力等都是主动力。

2. 荷载的分类

荷载按其作用范围可分为集中荷载和分布荷载。力的作用位置实际上是有一定面积的。当力的作用面积相对于物体而言很小，可近似地看作一个点，我们就将作用于一点的力，称为集中力或集中荷载，如火车和汽车的轮压、设备的自重等都可看作是集中力。如果力的作用面积较大，就称为分布力或分布荷载，例如梁的自重，就可以简化为均匀分布的线荷载。我们将单位长度上的分布荷载称为线荷载集度，通常用 q 表示，单位为 N/m 或 kN/m ，如图 1-7 所示。

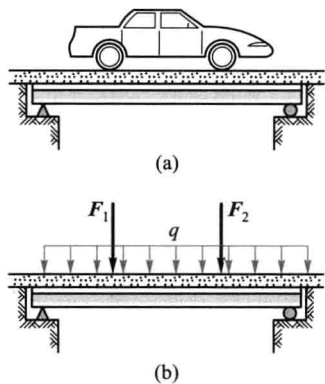


图 1-7 集中荷载和分布荷载

三、几种常见的约束及其反力

一般情况下约束和约束反力较为复杂。我们在研究力学问题时，通常将各种约束按照一定的假设条件简化成理想模型。实践证明，由理想模型计算的结果符合工程设计要求。下面介绍工程中常见的几种约束及其约束反力。

1. 柔性约束

柔绳、胶带、链条等用于阻碍物体运动时，就构成柔性约束（图 1-8a）。其约束功能是，只能限制物体沿着柔体的中心线离开柔体方向的运动，而不能限制其他方向的运动。所以柔性约束的约束反力是，通过接触点，沿着柔体的中心



线方向, 背离所约束的物体, 即为拉力。通常用字母 F_T 表示, 如图 1-8b 所示。

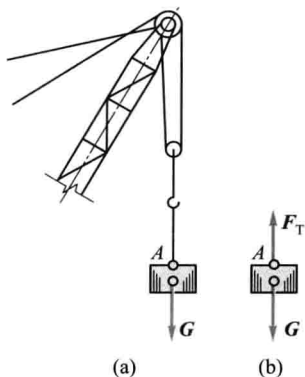


图 1-8 柔性约束

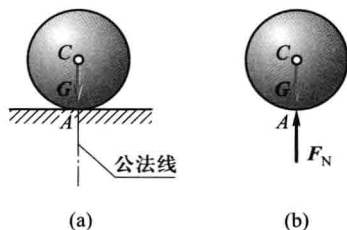


图 1-9 光滑接触面约束

2. 光滑接触面约束

当两物体相互接触处的摩擦力很小, 可以忽略不计时, 就构成光滑接触面约束 (图 1-9a)。其约束功能是, 只能限制物体沿着接触面的公法线且指向接触面方向的运动, 而不能限制物体沿着接触面的公切线或离开接触面方向的运动。所以光滑接触面约束的约束反力是, 通过接触点, 沿着接触面的公法线方向指向被约束的物体。通常用字母 F_N 表示, 如图 1-9b 所示。

3. 光滑圆柱铰链约束

圆柱铰链简称为铰链。门窗的合页就是铰链的实例。理想的圆柱铰链约束是由一个圆柱形销钉插入两个物体的圆孔中所构成 (图 1-10a、b), 且认为圆孔与销钉的表面都是光滑的。圆柱铰链约束的力学简图如图 1-10c 所示。其约束功能是, 不能限制物体绕销钉的相对转动和沿其轴线的移动, 而只能限制物体在垂直于销钉轴线平面内沿任意方向的相对移动。圆柱铰链约束的约束反力是, 在垂直于销钉轴线的平面内, 通过接触点和销钉中心, 但方向不定 (图 1-10d)。通常约束反力可用一个方向不定的力 F_c 来表示 (图 1-10e), 也可用两个互相垂直的分力 F_{cx} 、 F_{cy} 来表示 (图 1-10f)。

4. 链杆约束

链杆约束是两端用光滑铰链与其他物体相连而中间不受任何外力 (不考虑自重) 的直杆, 如图 1-11a、c、d 所示。其约束功能是, 只能限制物体沿着链杆轴线方向的运动, 而不能限制其他方向的运动。所以链杆的约束反力是沿着链杆的轴线方向, 但指向不定, 通常用 F_c 和 F_b 等来表示, 如图 1-11b、e 所示。