



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
全国水利水电高职教研会推荐教材

工程力学

(第2版)

李舒瑶 赵云翔 主编



黄河水利出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
全国水利水电高职教研会推荐教材

工 程 力 学

(第2版)

主 编	李舒瑶	赵云翔
副主编	毕守一	张 迪
	梁秋生	
主 审	陈松筠	杨慧丽

黄 河 水 利 出 版 社

内 容 提 要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是按照国家对高职高专人才培养的规格要求及高职高专教学特点编写完成的。本书共分 19 章,主要介绍工程力学基础知识,包括刚体静力学基础、平面力系、空间力系;杆件的承载能力计算,包括杆件的内力分析、轴向拉伸和压缩的强度计算、截面的几何性质、扭转的强度和刚度计算、弯曲的强度和刚度计算、应力状态和强度理论、组合变形、压杆稳定;结构的内力分析,包括结构的计算简图与平面体系的几何组成分析、静定结构的内力分析、静定结构的位移计算、力法、位移法、力矩分配法、影响线等内容。

本书适用于高职高专和职大的水利水电类专业以及工业与民用建筑、道路桥涵等土建类专业工程力学课程教学,亦可作为水利水电工程等建筑工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学/李舒瑶,赵云翔主编.—2.版.—郑州:黄河水利出版社,2009.1

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-80734-486-5

I.工… II.①李…②赵… III.工程力学-高等
学校:技术学校-教材 IV.TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 126981 号

组稿编辑:王路平 电话:0371-66022212 E-mail:hhsllwp@126.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940,66020550,66028024,66022620(传真)

E-mail:hhsllcbs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:24

字数:550 千字

版次:2002 年 8 月第 1 版

印数:19 101—23 200

2009 年 1 月第 2 版

印次:2009 年 1 月第 5 次印刷

定价:41.00 元

再版前言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是根据《国务院关于大力发展职业教育的决定》、教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》等文件精神,以及教育部对普通高等教育“十一五”国家级规划教材建设的具体要求组织编写的。

本书由全国水利水电类高职高专统编教材《工程力学》修编完成。

本书是依照高职高专水利水电工程、水利工程、水利工程施工、农田水利等水利类专业教学计划和有关课程教学基本要求编制的,也适用于工业与民用建筑、道路桥涵等其他土木建筑类专业。

本书贯彻高等职业技术教育改革精神,突出职业教育特点,以能力素质的培养为指导思想,不过分强调理论的系统性,着重基本概念和结论的应用,叙述简练通俗,例题典型,结合工程实际,重视对学生工程意识和力学素养的训练和培养。本次修编将原教材部分章节作了调整和删减,仍分为刚体静力学基础、杆件的承载能力计算和结构的内力分析三部分,各部分内容相互协调,减少不必要的重复。概括介绍力学基本原理,重点介绍基本计算方法,以提高学生分析和处理工程实际问题的能力。本教材共分为十九章,每章都附有一定数量的思考题和习题,并附有部分习题的答案,以助于学生学习掌握有关知识。带*号部分为不同专业选修内容。

本书编写人员及编写分工如下:黄河水利职业技术学院李舒瑶编写第一、五章;黑龙江大学职业技术学院王淑娟编写第二章;华北水利水电学院水利职业学院秦克丽编写第三章;山东水利职业学院梁秋生编写第四、十章;山西水利职业技术学院赵淑云编写第六章;杨凌职业技术学院赵云翔编写第七章;广东水利电力职业技术学院张迪编写第八章;安徽水利水电职业技术学院毕守一编写第九章;沈阳农业大学高等职业技术学院杨晓阳编写第十一、十二章;杨凌职业技术学院杨磊编写第十三章;广西水利电力职业技术学院余金凤编写第十四章;三峡电力职业学院黄莉编写第十五章;福建水利电力职业技术学院张生瑞编写第十六章;开封广播电视大学田超然编写第十七、十八章;黑龙江大学安英浩编写第十九章。全书由李舒瑶、赵云翔任主编,李舒瑶负责统稿;由毕守一、张迪、梁秋生任副主编;由黄河水利职业技术学院陈松筠、杨慧丽任主审。

对于本书存在的缺点、错误和疏漏,恳切希望广大读者批评指正。

编 者

2008 年 2 月

前 言

本书是根据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作意见》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》等文件精神,以及由全国水利水电高职教研会拟定的教材编写规划,报水利部批准,用中央财政安排的“支持示范性职业技术学院建设”项目经费组织编写的水利水电类全国统编教材。

本教材是依照高职高专水利水电工程、水利工程、水利工程施工、农田水利等水利类专业教学计划和有关课程教学基本要求编制的,也适用于工业与民用建筑、道路桥涵等其他土木建筑类专业。

本教材贯彻高等职业技术教育改革精神,突出职业教育特点,以能力素质的培养为指导思想,不过分强调理论的系统性,着重基本概念和结论的应用,叙述简练通俗,例题典型,结合工程实际,重视对学生工程意识和力学素养的训练和培养。本教材分为刚体静力学基础、杆件的承载能力计算和结构的内力分析三部分,各部分内容相互协调,减少不必要的重复。概括介绍力学基本原理,重点介绍基本计算方法,尤其是结构分析的计算机方法,以提高学生分析和处理工程实际问题的能力。本教材共分为二十章,每章都附有一定数量的思考题和习题,以助于学生学习掌握有关知识。带*号部分为不同专业选修内容。

本教材由黄河水利职业技术学院李舒瑶编写第一、五章,孙伍继编写第十七、十九章;杨凌职业技术学院赵云翔编写第二、七章;长江职工大学肖桂乔编写第三章;山东水利职业学院黄飞彪编写第四、十章;山西省水利学校赵淑云编写第六章;广东水利电力职业技术学院张迪编写第八、十五章;安徽水利水电职业技术学院毕守一编写第九章;沈阳农业大学高等职业技术学院杨晓阳编写第十一、十二章;黑龙江水利高等专科学校安英浩编写第十三、十八章,姜艳编写第十四章;福建水利电力学校张生瑞编写第十六、二十章。全书由李舒瑶、赵云翔主编,黄河水利职业技术学院陈松筠主审。

对于本书存在的缺点、错误和疏漏,恳切希望广大读者批评指正。

编 者

2002 年 5 月

目 录

再版前言

前 言

第一章 绪 论	(1)
第一节 工程力学的研究对象	(1)
第二节 工程力学的研究内容和任务	(2)
第三节 刚体、变形固体及其基本假定	(2)
第四节 荷载的分类	(3)
第二章 刚体静力学基础	(5)
第一节 力和平衡的概念	(5)
第二节 静力学公理	(6)
第三节 力矩和力偶	(11)
第四节 约束与约束反力	(16)
第五节 物体的受力分析与受力图	(22)
思考题	(26)
习 题	(27)
第三章 平面力系的合成与平衡	(31)
第一节 平面汇交力系的合成	(31)
第二节 平面力偶系的合成	(34)
第三节 平面一般力系的合成	(35)
第四节 平面一般力系的平衡	(38)
第五节 工程结构的平衡	(42)
第六节 考虑摩擦时物体的平衡	(46)
思考题	(51)
习 题	(52)
第四章 空间力系	(57)
第一节 力在空间直角坐标轴上的投影	(57)
第二节 力对轴之矩	(59)
第三节 空间力系的平衡	(61)
第四节 物体的重心	(64)
思考题	(71)
习 题	(71)
第五章 杆件的内力分析	(74)
第一节 杆件的外力与变形特点	(74)

第二节	内力及其截面法	(76)
第三节	轴向拉伸和压缩杆件的内力分析	(77)
第四节	扭转轴的内力分析	(80)
第五节	梁的内力分析	(82)
第六节	弯矩、剪力、荷载集度间的关系	(89)
第七节	叠加法作剪力图和弯矩图	(94)
思考题	.....	(98)
习 题	.....	(98)
第六章	轴向拉伸和压缩的强度计算	(102)
第一节	应力的概念	(102)
第二节	轴向拉伸和压缩杆件截面上的应力	(102)
第三节	拉(压)杆件的变形	(107)
第四节	材料在拉伸和压缩时的力学性能	(110)
第五节	拉(压)杆的强度计算	(114)
第六节	应力集中的概念	(117)
第七节	连接件的强度计算	(118)
思考题	.....	(124)
习 题	.....	(125)
第七章	截面的几何性质	(130)
第一节	面积矩	(130)
第二节	惯性矩和惯性积	(132)
第三节	组合截面的惯性矩	(135)
思考题	.....	(139)
习 题	.....	(139)
第八章	扭转的强度和刚度计算	(141)
第一节	薄壁圆筒的扭转	(141)
第二节	圆轴扭转时的应力和变形	(142)
第三节	圆轴扭转时的强度和刚度计算	(145)
第四节	矩形截面杆的自由扭转简介	(148)
思考题	.....	(149)
习 题	.....	(150)
第九章	弯曲的强度和刚度计算	(152)
第一节	梁横截面上的正应力	(152)
第二节	梁横截面上的剪应力	(157)
第三节	梁的强度计算	(161)
第四节	弯曲中心的概念	(168)
第五节	梁的变形和刚度计算	(169)
思考题	.....	(175)

习 题	(175)
第十章 应力状态和强度理论	(180)
第一节 应力状态的概念	(180)
第二节 平面应力状态分析	(181)
第三节 主应力迹线的概念	(189)
第四节 强度理论	(190)
思考题	(194)
习 题	(195)
第十一章 组合变形	(197)
第一节 概 述	(197)
第二节 斜弯曲	(198)
第三节 拉伸(压缩)与弯曲的组合	(201)
第四节 偏心压缩(拉伸)	(203)
思考题	(206)
习 题	(207)
第十二章 压杆稳定	(210)
第一节 压杆稳定的概念	(210)
第二节 细长压杆的临界力	(211)
第三节 压杆的临界应力	(212)
第四节 压杆的稳定计算	(215)
第五节 提高压杆稳定性的措施	(217)
思考题	(218)
习 题	(218)
第十三章 结构的计算简图与平面体系的几何组成分析	(221)
第一节 结构的计算简图和分类	(221)
第二节 平面体系的几何组成分析	(226)
第三节 几何不变体系的简单组成规则	(229)
第四节 几何组成分析示例	(232)
第五节 静定结构与超静定结构	(233)
思考题	(234)
习 题	(234)
第十四章 静定结构的内力分析	(237)
第一节 多跨静定梁	(237)
第二节 静定平面刚架	(239)
第三节 三铰拱	(245)
第四节 静定平面桁架	(250)
第五节 组合结构	(256)
第六节 静定结构小结	(258)

思考题	(259)
习 题	(259)
第十五章 静定结构的位移计算	(263)
第一节 计算结构位移的目的	(263)
第二节 功、广义力和广义位移	(263)
第三节 计算结构位移的一般公式	(264)
第四节 静定结构由于荷载引起的位移计算	(267)
第五节 图乘法	(270)
第六节 支座移动和温度改变引起的静定结构的位移	(273)
第七节 功的互等定理	(276)
思考题	(278)
习 题	(278)
第十六章 力 法	(283)
第一节 超静定结构概述	(283)
第二节 力法基本原理	(285)
第三节 力法的典型方程	(286)
第四节 对称性的利用	(291)
第五节 超静定结构的位移计算和最后内力图的校核*	(296)
第六节 等截面单跨超静定梁的杆端内力	(297)
思考题	(297)
习 题	(301)
第十七章 位移法	(304)
第一节 位移法的基本原理	(304)
第二节 位移法的基本未知量	(305)
第三节 用位移法计算超静定结构	(307)
思考题	(313)
习 题	(313)
第十八章 力矩分配法	(315)
第一节 力矩分配法的基本原理	(315)
第二节 用力矩分配法计算连续梁和无侧移刚架	(319)
第三节 无剪力分配法	(324)
第四节 超静定结构在支座移动和温度改变时的计算	(328)
思考题	(330)
习 题	(330)
第十九章 影响线	(333)
第一节 影响线的概念	(333)
第二节 静定梁的影响线	(334)
第三节 影响线的应用	(338)

第四节	简支梁的内力包络图	(341)
第五节	连续梁的内力包络图简介	(344)
思考题	.....	(346)
习 题	.....	(347)
附录	型钢规格和截面特性	(349)
附表 1	热轧等边角钢截面特性	(349)
附表 2	热轧不等边角钢截面特性	(352)
附表 3	热轧普通工字钢截面特性	(356)
附表 4	热轧普通槽钢截面特性	(358)
部分习题参考答案	.....	(360)
参考文献	.....	(371)

第一章 绪 论

第一节 工程力学的研究对象

工程力学是研究工程结构的受力、承载能力的基本原理和方法的科学。它是工程技术人员从事结构设计和施工所必须具备的理论基础。

在水利建筑、房屋建筑和道路桥梁等各种工程的设计和施工中都涉及到工程力学问题。为了承受一定荷载以满足各种使用要求,需要建造不同的建筑物。如水利工程中的水闸、水坝、水电站、渡槽、桥梁、隧洞等;土木建筑工程中的屋架梁、板、柱和塔架等。建筑物中承受荷载并起到骨架作用的部分称为**结构**。组成结构的各单独部分称为**构件**。结构是由若干构件按一定方式组合而成的。例如:支承渡槽槽身的排架是由立柱和横梁组成的刚架结构,如图 1-1(a)所示;支撑弧形闸门面板的腿架是由弦杆和腹杆组成的桁架结构,如图 1-1(b)所示;电厂厂房结构由屋顶、楼板和吊车梁、柱等构件组成,其屋顶是由板、次梁和主梁组成的肋形结构,如图 1-1(c)所示。结构受荷载作用时,若不考虑建筑材料的变形,其几何形状和位置不会发生改变。

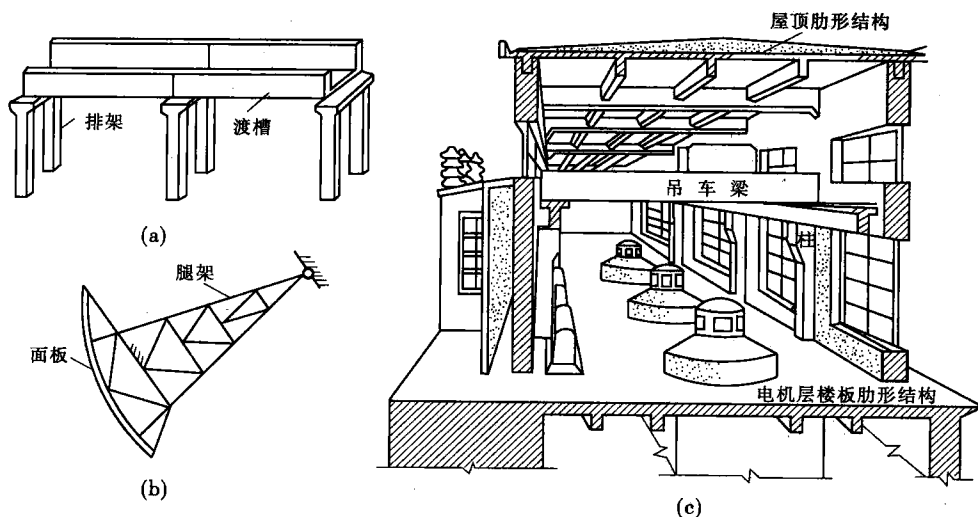


图 1-1

结构按其几何特征可分为以下三种类型:

(1) 杆系结构:由杆件组成的结构。杆件的几何特征是其长度远远大于横截面的宽度和高度。

(2) 薄壁结构:由薄板或薄壳构成的结构。板或壳的几何特征是其厚度远远小于另

外两个方向的尺寸。

(3) 实体结构:由块体构成的结构。块体的几何特征三个方向的尺寸相近,基本为同一数量级。

工程力学的研究对象主要是杆系结构。

第二节 工程力学的研究内容和任务

工程力学的任务是进行结构的受力分析,分析结构的几何组成规律,解决在荷载作用下结构的强度、刚度和稳定性问题,即解决结构和构件所受荷载与其自身的承载能力这一对基本矛盾。研究平面杆系结构的计算原理和方法,为结构设计合理的形式,其目的是保证结构按设计要求正常工作,并充分发挥材料的性能,使设计的结构既安全可靠又经济合理。

进行结构设计时,首先须知道作用在结构和构件上的各种荷载,即进行受力分析。

结构设计要求各构件必须按一定规律组合,以确保在荷载作用下结构的几何形状和位置不发生改变,即进行结构的几何组成分析。

结构正常工作必须满足强度、刚度和稳定性的要求,即进行其承载能力计算。

强度是指结构和构件抵抗破坏的能力。满足强度要求即要使结构或构件正常工作时不发生破坏。

刚度是指结构和构件抵抗变形的能力。满足刚度要求即要使结构或构件正常工作时产生的变形不超过允许范围。

稳定性是指结构或构件保持原有平衡状态的能力。满足稳定性要求即要使结构或构件在正常工作时不突然改变原有平衡状态,以致因变形过大而破坏。

结构在安全正常工作的同时还应考虑经济条件,应充分发挥材料的性能,不至于产生过大的浪费,即设计结构的合理形式。

按教学要求,工程力学的内容包含以下几个部分:

(1) 工程力学基础。这是工程力学中重要的基础理论。其中包括物体的受力分析、力系的简化与平衡等刚体静力学基础理论。

(2) 杆件的承载能力计算。杆件的承载能力计算是结构承载能力计算的实质。其中包括基本变形杆件的内力分析和强度、刚度计算,压杆稳定和组合变形杆件的强度、刚度计算。

(3) 静定结构的内力分析。这是静定结构承载力计算和超静定结构计算的基础。其中包括研究结构的组成规律、静定结构的内力分析和位移计算等。

(4) 超静定结构的内力分析。由此可按杆件承载力计算方法进行超静定结构的强度和刚度等计算。其中包括力法、位移法、力矩分配法等求解超静定结构内力的基本方法。

第三节 刚体、变形固体及其基本假定

自然界中的物体及工程中的结构和构件,其性质是复杂多样的。不同学科只是从不同角度去研究物体性质的某一个或某几个侧面。为使所研究的问题简化,常略去对所研

究问题影响不大的次要因素,只考虑相关的主要因素,将复杂问题抽象化为只具有某些主要性质的理想模型。工程力学中将物体抽象化为两种计算模型:刚体和理想变形固体。

刚体是在外力作用下形状和尺寸都不改变的物体。实际上,任何物体受力的作用后都会发生一定的变形,但在进行结构和构件的受力分析及体系几何组成分析时,变形这一因素不影响所研究问题的性质,这时可将物体作为刚体处理。

理想变形固体是对实际变形固体的材料作出一定假设,将其理想化。在进行结构的内力分析和杆件的承载能力计算时,其变形是不可忽略的主要因素,这时应将其作为理想变形固体。理想变形固体材料的基本假设为:

(1) **连续均匀假设**。连续是指材料内部没有空隙,均匀是指材料的性质各处相同。连续均匀假设即认为物体的材料无空隙地连续分布,且各处性质均相同。

(2) **各向同性假设**。即认为材料沿不同方向的力学性质均相同。具有这种性质的材料称为**各向同性材料**,而各方向力学性质不同的材料称为**各向异性材料**。

按照上述假设理想化了的—般变形固体称为理想变形固体。刚体和理想变形固体都是工程力学研究中必不可少的理想化的力学模型。

变形固体受力作用产生变形。撤去荷载可完全消失的变形称为**弹性变形**。撤去荷载不能恢复的变形称为**塑性变形或残余变形**。在多数工程问题中,要求构件只发生弹性变形。工程中大多数构件在荷载作用下产生的变形量若与其原始尺寸相比很微小,称为**小变形**,否则称为**大变形**。小变形构件的计算,可采取变形前的原始尺寸并略去某些高阶微量,以达到简化计算的目的。

综上所述,工程力学中把所研究的结构和构件作为连续、均匀、各向同性的理想变形固体,在弹性范围内和小变形情况下研究其承载能力。

由于采用以上力学模型,大大方便了理论的研究和计算方法的推导。尽管所得结果只具有近似的准确性,但其精确程度可满足一般的工程要求。应该指出,实践是检验真理的唯一标准,任何假设都不是主观臆断的,而必须建立在实践的基础之上。同时,在假设基础上得出的理论结果,也必须经过实践的验证。工程力学的研究方法,除理论方法外,试验也是很重—要的一种方法。

第四节 荷载的分类

结构在工作时所承受的其他物体作用的主动外力称为**荷载**。荷载可分为不同类型。

(1) 按作用的性质可分为**静荷载**和**动荷载**。

缓慢地加到结构上的荷载称为**静荷载**。静荷载作用下结构不产生明显的加速度。

大小、方向随时间而变的荷载称为**动荷载**。地震力、冲击力、惯性力等都为动荷载。在动荷载作用下,结构上各点产生明显的加速度,结构的内力和变形都随时间而发生变化。

(2) 按作用时间的长短可分为**恒荷载**和**活荷载**。

永久作用在结构上且大小、方向不变的荷载称为**恒荷载**。固定设备、结构的自重等都为恒荷载。

暂时作用在结构上的荷载称为**活荷载**。风、雪荷载等都为活荷载。

(3)按作用的范围可分为集中荷载和分布荷载。

若荷载作用的范围与构件的尺寸相比很小,可认为荷载集中作用于一点,称为**集中荷载**。车轮对地面的压力、柱子对面积较大的基础的压力等都为集中荷载。

分布作用在体积、面积和线段上的荷载称为**分布荷载**。结构自重、风、雪荷载等都为分布荷载。

当以刚体为研究对象时,作用在结构上的分布荷载可用其合力(集中荷载)代替,以简化计算;但以变形体为研究对象时,作用在结构上的分布荷载不能用其合力代替。

第二章 刚体静力学基础

静力学研究物体机械运动的特殊情况——物体的平衡规律。它包括力系的简化和力系的平衡条件及其应用两个基本问题。由于变形对此范围内研究的问题影响甚微,故在静力学中将物体视为刚体,又称为刚体静力学。本章介绍刚体静力学的一些基本概念,这些内容是以后各章的基础。

第一节 力和平衡的概念

一、力的概念

力的概念是人类在长期的生活和生产实践中由感性认识到理性认识逐步形成的抽象概念。人们用手推、拉、掷、举物体时,由于肌肉有紧张收缩的感觉,产生了对力的感性认识。随着生产的发展,又进一步认识到:物体机械运动状态的改变和物体形状大小的改变都是其他物体对该物体施加力的结果。例如,水流冲击水轮机叶片带动发电机转子转动,起重机起吊构件,弹簧受力后伸长或缩短。牛顿定律给出了力的科学定义:

力是物体间相互的机械作用,这种作用使物体的机械运动状态发生改变,同时使物体发生变形。

物体间相互机械作用的形式多种多样,大致可以分为两类:一类是直接接触作用,如水对水坝的压力,机车牵引车厢的拉力等;另一类是间接作用,即通过“场”对物体作用,如地球引力场对物体的引力,电场对电荷的引力或斥力等。由力的定义可知:力不可能脱离物体而单独存在,一个物体受到了力的作用,一定有另一个物体对它施加了这种作用。

在力学中不研究力的物理本质,只研究力对物体产生的效应。力对物体的效应一般可分为两个方面:一是物体的运动状态发生改变;二是物体的形状和尺寸发生改变。前者称为力的**运动效应**或**外效应**,后者称为力的**变形效应**或**内效应**。实际上变形也是物体受力后内部各部分运动状态变化的结果。静力学研究的对象是刚体,只研究力的运动效应。

实践表明,力对物体的作用效应完全取决于力的三要素:①力的大小;②力的方向;③力的作用点。

力的大小是指物体间相互机械作用的强弱程度。国际单位制中,衡量力的大小的单位采用牛顿(N)或千牛(kN)。既有大小又有方向的量称为**矢量**。由力的三要素可知,力是矢量,可用一个有向线段来表示。如图 2-1 所示,线段的起点 A (或终点 B) 表示力的作用点;线段的方位和箭头的指向表示力的方向;线段的长度(按一定比例)表示力的大小。通过力的作用点沿力的方向的直线,称为力的**作用线**。

具有确定作用点的矢量称为**定位矢量**,不涉及作用点的矢量称为**自由矢量**。可见力是定位矢量。有时需要从任一点作一个自由矢量来表示力的大小和方向,这种只表示力

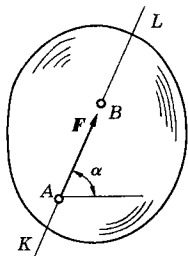


图 2-1

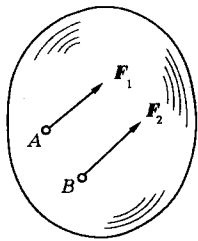


图 2-2

的大小和方向的矢量称为力矢。本书采用黑体字表示力矢量,如 $\mathbf{F}$, 而用普通字母表示力的大小,如 F 。

应当注意的是,力和力矢的含义是不同的。如图 2-2 所示,力 $\mathbf{F}_1$ 和力 $\mathbf{F}_2$ 大小、方向相同,它们是等力矢,即 $\mathbf{F}_1 = \mathbf{F}_2$ 。但是由于力 $\mathbf{F}_1$ 与力 $\mathbf{F}_2$ 的作用点不同,它们不是作用效应相等的力。

二、力系的概念

所谓力系,是指作用于物体上的一群力。

根据力系中各力作用线的分布情况可将力系分为平面力系和空间力系两大类。各力作用线位于同一平面内的力系称为平面力系,各力作用线不在同一平面内的力系称为空间力系。

若两个力系分别作用于同一物体上,其效应完全相同,则称这两个力系为等效力系。在特殊情况下,如果一个力与一个力系等效,则称此力为该力系的合力,而力系中的各力称为此合力的分力。用一个简单的等效力系(或一个力)代替一个复杂力系的过程称为力系的简化。力系的简化是刚体静力学的基本问题之一。

三、平衡的概念

平衡是指物体相对于惯性参考系保持静止或做匀速直线运动。平衡是物体机械运动的一种特殊形式。在一般的工程技术问题中,常取地球作为惯性参考系。例如,静止在地面上的房屋、桥梁、水坝等建筑物,在直线轨道上做等速运动的火车,它们都在各种力系作用下处于平衡状态。使物体处于平衡状态的力系称为平衡力系。研究物体平衡时,作用在物体上的力系应满足的条件是静力学的又一基本问题。

力系简化的目的之一是导出力系的平衡条件,而力系的平衡条件是设计结构、构件和机械零件时静力计算的基础。

第二节 静力学公理

静力学公理是人们对力的基本性质的概括。力的基本性质是人们在长期的生活和生产实践中积累的关于物体间相互机械作用性质的经验总结,又经过实践的反复检验,证明是符合机械运动本质的最普遍、最一般的客观规律。它是研究力系简化和力系平衡条件的依据。

一、二力平衡公理

作用于同一刚体上的两个力,使刚体保持平衡的必要与充分条件是:两个力大小相等,方向相反,作用在同一条直线上。如图 2-3 所示。

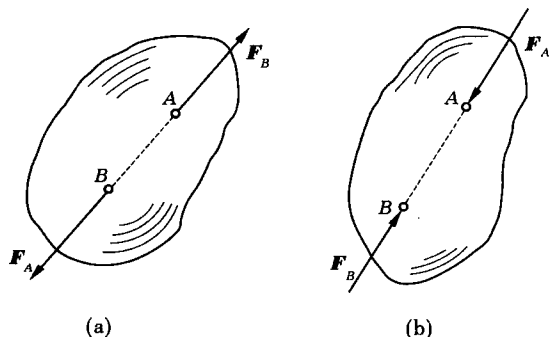


图 2-3

二力平衡公理表明了作用于刚体上的最简单力系平衡时所必须满足的条件。必须指出,这个条件对于刚体是必要而充分的,但对于变形体并不充分。例如,绳索在两端受到等值、反向、共线的拉力作用时可以平衡;反之,当受到压力作用时,则不能平衡。

工程结构中的构件受两个力作用处于平衡的情形是常见的。如图 2-4(a) 所示的支架,若不计杆件 AB 、 AC 的重量,当支架悬挂重物处于平衡时,每根杆在两端所受的力必等值、反向、共线,且沿杆两端连线方向,如图 2-4(b)、(c) 所示。

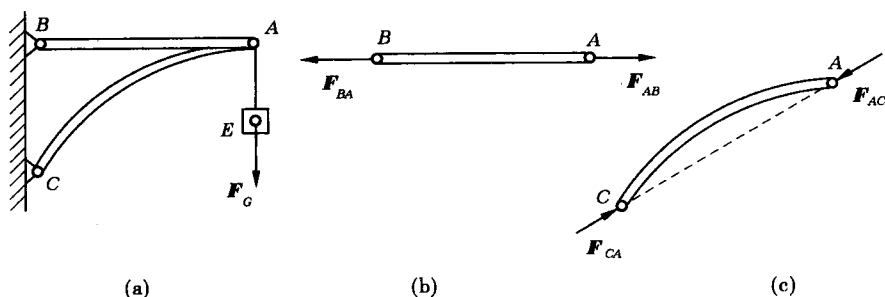


图 2-4

仅在两个力作用下处于平衡的构件称为二力构件或二力杆件,简称二力杆。二力杆与其本身形状无关,它可以是直杆、曲杆或折杆。

二、加减平衡力系公理

在作用于刚体的任意力系上,加上或减去平衡力系,并不改变原力系对刚体的作用效应。

该公理的正确性是显而易见的。因为平衡力系中的各力对于刚体的运动效应抵消,从而使刚体保持平衡。所以,在一个已知力系上,加上或减去平衡力系不会改变原力系对刚体的作用效应。

该公理表明,如果两个力系只相差一个或几个平衡力系,则它们对刚体的作用效应是相同的,因此可以等效替换。不难看出,加减平衡力系公理也只适用于刚体,而不能用于变形体。