

849363

工业与民用建筑专科系列教材



理论力学

3321

4260

1
8

● 彭图让 主编



武汉工业大学出版社

3321

4260

33

36

10

10

44363

3321
4260

工业与民用建筑专科系列教材

理 论 力 学

彭图让 主 编

栗一凡 主 审

武汉工业大学出版社

内 容 提 要

本书在保证基本理论完整性的前提下,对当前“土建类”多学时教材的内容作了适当删节和调整,加强了对基本概念和解题方法的叙述,编入了较多的例题。各章均有小结,在小结中指出了该章的重点,要求,以及在复习时应注意的问题。各章还附有概念题和习题。全书共包括三部分内容:静力学、运动学和动力学。

本教材适用于高等学校三年制专科土建类专业,还可作其它土建类非“工民建专业”本科教材,亦可供工程技术人员学习参考。

理 论 力 学

彭图让 主 编

栗一凡 主 审

责任编辑 韩瑞根

武汉工业大学出版社出版发行

(武昌珞珈路14号)

新华书店湖北发行所经销

湖南省华容县国营印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 脱印 印张: 23.75 字数: 522000

1988年6月第1版 1988年6月第1次印刷

印数: 15000

ISBN 7-562 9-0010-8/TU·0003

定价: 6.40元

“工业与民用建筑”专科系列教材

出版说明

本系列教材的出版,是为了适应四化建设多层次培养人才,以及当前“工业与民用建筑”专科教材建设上的迫切需要而组织的。考虑到该专业(大专)国家还无统一的教学计划和课程教学大纲,故本系列教材编写前曾征集部分院校意见并进行归纳整理,制定了系列教材“编写总纲”,其主要编写要求是:

贯彻“少而精”的原则,加强基本理论、基本技能和基本知识的训练。各本教材字数按教学时数控制在每学时4000字左右。编写时要做到内容精练、叙理清楚、体系完整、特色鲜明。文字力求通俗流畅,插图力求形神兼备。对涉及到国家标准和规范的内容,均以现行国标(部标)和规范为准。对即将颁行的新规范,则以新规范的报批稿(或送审稿)为准。对教材中符号、计量单位和术语,则尽量采用《建筑结构设计通用符号、计量单位和基本术语》GBJ83—85的规定。

本系列教材的编写人员主要是武汉工业大学、湖南大学、华中理工大学、武汉冶金建筑专科学校和湖南城市建设专科学校等有丰富教学经验的教师。主审人员为全国部分高等院校和科研院的教授和专家。

本系列教材的出版在我国还是初次,且由于组稿仓促,缺点和不当之处一定很多,希读者指正,不胜感谢。

“工业与民用建筑”专科系列教材编审委员会

编 审 委 员 会

顾 问 袁润章 成文山 王龙甫

主 任 沈大荣

副主任 沈蒲生

委 员 (以姓氏笔划序)

刘声扬 刘鉴屏 吴代华 沙钟瑞 胡 逾 施楚贤

高琼英 黄仕诚 彭少民 彭图让 蔡伯钧 魏 璋

秘书长: (总责任编辑) 刘声扬

“工业与民用建筑”专科系列教材书目

- | | | |
|----------|-----------------|----------------|
| 1、建筑材料 | 5、结构力学 | 9、土力学地基与基础 |
| 2、建筑工程测量 | 6、钢结构 | 10、建筑施工 |
| 3、理论力学 | 7、钢筋混凝土结构(上)(下) | 11、建筑工程经济与企业管理 |
| 4、材料力学 | 8、砌体结构 | |

序 言

本书是应高等院校土建类专业三年制专科作为《理论力学》教材而编写的。在保证基本理论完整性的前提下，对当前“土建类”多学时教材的内容作了适当删节和调整，以期适用于70至100学时的教学内容。此外，为便于教师讲授和学生自学，本书加强了对基本概念和解题方法的叙述，编写了较多的例题，各章均有小结，在小节中概括了该章的内容、指出了该章的重点、要求，以及在复习时应注意的问题等。各章的最后附有概念题和习题。

本教材除适用于高等院校三年制专科土建类专业外，还适用于本科地质、冶金、轻工、材料、石油等非工民建专业的理论力学课程，亦可供工程技术人员学习参考。

本书共十八章，内容包括静力学、运动学和动力学三部分。编写分工如下：彭图让——绪论、第一章至第七章、全书各部分及各章引言和小结；顾德淦——第十二、第十六、第十七、第十八章；李承丽——第十三、第十四、第十五章；杨仲为——第八、第九、第十、第十一章。

全书由粟一凡主审，彭图让担任主编。

由于编者水平有限，书中定有缺点或错误，期望读者批评指正。

编 者

1988年1月28日

目 录

绪论	(1)
----------	-------

第一篇 静 力 学

引言	(3)
----------	-------

第一章 力的基本性质及受力分析	(3)
-----------------------	-------

第一节 静力学的基本概念	(3)
第二节 静力学基本定律	(5)
第三节 约束与约束反力	(6)
第四节 受力图	(13)
小结	(16)
概念题	(17)
习题	(18)

第二章 平面汇交力系	(20)
------------------	--------

第一节 平面汇交力系的几何合成法	(20)
第二节 平面汇交力系平衡的几何条件	(21)
第三节 力在轴上的投影	(23)
第四节 平面汇交力系合成的解析法	(24)
第五节 平面汇交力系平衡的解析条件	(26)
小结	(28)
概念题	(29)
习题	(30)

第三章 平面问题的力矩与力偶	(34)
----------------------	--------

第一节 力对点的矩	(34)
第二节 平面力偶与力偶矩	(37)
第三节 平面力偶系的合成和平衡条件	(39)
第四节 力的平移定理	(42)
小结	(43)
概念题	(44)
习 题	(45)

第四章 平面任意力系	(48)
------------------	--------

第一节 平面任意力系向作用面内任一点简化	(48)
第二节 平面任意力系的进一步简化 合力矩定理的证明	(51)
第三节 平面任意力系的平衡方程	(53)
第四节 平面任意力系平衡方程的两力矩式及三力矩式 静不定问题的概念	(57)
第五节 平面任意力系平衡方程在刚体系统平衡问题中的应用	(63)
小结	(68)
概念题	(70)
习题	(71)

第五章	平面桁架	75
第一节	平面桁架的概念	75
第二节	计算桁架内力的节点法	77
第三节	计算桁架内力的截面法	81
小结		82
概念题		83
习题		84
第六章	摩擦	86
第一节	极限滑动摩擦定律	87
第二节	考虑摩擦时的平衡问题	88
第三节	摩擦角及其应用	95
第四节	滚动摩擦力偶的概念	98
小结		100
概念题		102
习题		102
第七章	空间力系与重心	106
第一节	空间汇交力系	106
第二节	用矢量表示力矩与力偶	109
第三节	力对轴的矩	112
第四节	空间任意力系向任意一点的简化	116
第五节	空间任意力系的平衡方程	119
第六节	重心及其坐标公式	124
小结		129
概念题		133
习题		133

第二篇 运 动 学

引言	138
第八章	点的运动
第一节	点的运动方程
第二节	点的速度与加速度
第三节	点的速度和加速度在直角坐标轴上的投影
第四节	点的速度和加速度在自然轴上的投影
小结	154
概念题	156
习题	156
第九章	刚体的基本运动
第一节	刚体的平行移动
第二节	刚体的定轴转动
第三节	转动刚体内各点的速度和加速度
第四节	绕定轴转动刚体的传动问题

小结	(170)
概念题	(171)
习题	(172)
第十章 点的合成运动	(176)
第一节 相对运动、绝对运动与牵连运动的概念	(176)
第二节 点的速度合成定理	(177)
第三节 牵连运动为平动时点的加速度合成定理	(181)
第四节 牵连运动为转动时点的加速度合成定理	(184)
小结	(186)
概念题	(187)
习题	(188)
第十一章 刚体的平面运动	(192)
第一节 平面运动的简化及其运动方程	(192)
第二节 平面运动分解为平动和转动	(193)
第三节 平面图形上各点的速度	(194)
第四节 速度瞬心	(196)
第五节 平面图形上各点的加速度	(202)
小结	(205)
概念题	(206)
习题	(207)

第三篇 动力学

引言	(210)
第十二章 动力学基本定律及质点运动微分方程	(212)
第一节 动力学的基本定律	(212)
第二节 力学的单位	(215)
第三节 质点运动微分方程	(217)
第四节 质点动力学的两类问题	(218)
小结	(228)
概念题	(229)
习题	(229)
第十三章 动量定理	(233)
第一节 质点动量定理	(233)
第二节 质点系动量定理	(236)
第三节 质心运动定理	(240)
小结	(245)
概念题	(246)
习题	(247)
第十四章 动量矩定理	(251)
第一节 质点动量矩定理	(252)

第二节	质点系动量矩定理	(254)
第三节	刚体绕定轴转动的微分方程	(259)
第四节	转动惯量 平行轴定理	(262)
第五节	相对于质心的动量矩定理 刚体平面运动的微分方程	(269)
小结		(273)
概念题		(275)
习题		(275)
第十五章	动能定理	(281)
第一节	力的功 功率	(281)
第二节	质点动能定理	(287)
第三节	质点系的动能定理	(290)
第四节	势力场 势能	(297)
小结		(302)
概念题		(304)
习题		(304)
第十六章	达朗伯原理	(312)
第一节	惯性力	(312)
第二节	质点的达朗伯原理	(313)
第三节	质点系的达朗伯原理	(315)
第四节	刚体惯性力系的简化	(318)
小结		(323)
概念题		(325)
习题		(325)
第十七章	虚位移原理	(329)
第一节	约束及其分类	(329)
第二节	虚位移及其计算	(331)
第三节	理想约束	(334)
第四节	虚位移原理	(335)
第五节	用虚位移原理求约束反力和杆件内力	(340)
小结		(342)
概念题		(344)
习题		(344)
第十八章	单自由度系统的振动	(348)
第一节	概述	(348)
第二节	自由振动	(349)
第三节	阻尼振动	(356)
第四节	强迫振动	(359)
第五节	隔振理论概述	(364)
小结		(367)
概念题		(369)
习题		(369)

绪 论

一、理论力学的性质和任务

理论力学是工科院校多数专业所必须开设的技术基础课程。这门课程对工民建专业来说更是十分重要，因为它是该专业许多后继课程的理论基础。此外，理论力学所阐明的原理和方法，也广泛地用于解决与各种结构有关的实际问题。掌握理论力学的知识，对学生毕业后处理各种工程实际问题有着重要的意义。

理论力学是研究物体机械运动一般规律的科学。

所谓物体的机械运动，是指在空间中物体间的相对位置随时间而变化的现象。物体的相对静止（平衡），则是这种运动的特殊情形。人们的日常生活和生产实践与机械运动有着密切的关系。例如，各种交通工具的运行，机器的运转，大气和河水的流动，人造卫星和宇宙飞船的运行，建筑物的振动等等，都是机械运动。可见对于机械运动的研究，有着重要的实际意义。

使物体机械运动状态发生改变的根本原因是物体之间的相互机械作用，即力的作用。所以物体机械运动的一般规律，具体地体现为力与机械运动改变之间的关系。力对物体的作用，除能改变物体的机械运动状态外，还可以使物体发生变形。出于科学的分工，理论力学将不研究物体的变形规律，而将其留给本专业的后继课程“材料力学”去研究。

就其内容上讲，理论力学是以伽利略和牛顿所总结的基本定律为基础的，以此为基础建立的力学在习惯上称为“古典力学”。所以理论力学属于古典力学的范畴。它适用于运动速度远远小于光速的宏观物体的机械运动。这种限制并未丧失其重要的实用价值，因为在日常生活和广泛的工程问题中，这一条件都是满足的，也就是我们通常所考虑的宏观物体的速度都远远小于光速，从而理论力学的结果是足够精确的。

理论力学由三个部分组成：静力学、运动学和动力学。

静力学：研究力的一般性质，讨论物体平衡时作用力之间的关系。

运动学：从几何的角度来研究物体运动规律，不考虑物体运动状态发生变化的原因，即不考虑作用于物体上的力。

动力学：研究物体的运动与其所受力之间的关系，并从这种关系出发来阐明物体运动的各种现象。

二、理论力学的特点

理论力学是最古老的科学之一。它的产生和发展的过程就是人类对物体机械运动认识的深化过程，而这种认识的深化过程具体体现为由实践—理论—实践的无数次循环反复。由实践到理论，主要通过以下三个环节来实现。（一）通过抽象化建立“理想模型”。即在各种现象中抓住起决定性作用的主要因素而撇开次要的、局部的、偶然性的因素，并深入现象的本质，明确事物间的内在联系，将各种力学现象加以抽象化，就可得到我们需要的“理想模型”。例如后面将经常接触到的“质点”、“刚体”、“光滑约束”等概念，就是经过抽象化以后所提出来的“理想模型”。（二）在“理想模型的基础上，将长

期以来从生产活动中直接观察实验所积累的经验加以分析、综合和归纳，建立最基本的公理或定律，作为本课程最基本的理论基础。（三）根据这些公理或定律，考虑到问题的具体条件，通过演绎推理的方法，从而得出各种形式的定理和结论。在演绎推理过程中，需要广泛地使用数学工具，通过数学语言，有助于更进一步揭示各种物理量间的内在联系及机械运动规律的实质。可见力学与数学有着极其密切的关系。现代高速电子计算机的发展，大大促进了数学在力学研究中的应用。

综上所述，理论力学的主要特点是理论性强、具有高度的抽象性和概括性，并需广泛地使用数学工具。当然，在运用数学工具时，不能脱离具体的研究对象，只有把数学运算与力学现象的物理本质紧密地结合起来，才能得到符合实际的正确理论。此外，理论来源于实践，并要受到实践的检验，最终必须应用于实践。针对本课程理论性强的特点，还应特别注意理论与实际的联系。在学习理论的同时，要逐步培养分析实际问题和运用理论解决实际问题的能力。

三、如何才能学好理论力学

根据理论力学的特点，采用相应的学习方法，将有助于学好本课程。首先要强调的是关于对基本概念的学习。

初学理论力学的读者，常会出现“似懂非懂”的现象，并感到“理论易懂解题难”。具体的表现是对一些概念和定理，从文字上看好象是懂了，但是不能抓住它们的实质，弄不清它们的具体实际意义，以及各种有关概念、定理之间的内在联系。在运用它们解题时，只会生搬硬套，不会灵活运用，从而导致做题困难。出现这种现象的一个根本原因就在于忽视了对基本概念的深入学习和彻底了解。

这里要强调指出物理课程中的力学部分与理论力学中的某些部分，就其内容上讲虽然是相似的，但两者并不完全相同，前者往往局限于讨论某些特殊情形，而后者则企图建立一般的分析方法。有些初学者由于习惯于物理学中的有关概念和解题方法，常常会不自觉地产生不重视理论力学中所提出的概念和更普遍的解题方法，不愿意深入地重新加以研究，这样就有碍于对它们的接受和运用。

对于基本概念，初学者除了在学习理论部分时必须加以重视和深入钻研外，在学习例题，特别是做作业的时候，也应该重视对基本概念的学习。在学习例题时，不仅要学会如何应用有关的公式，更重要的是要考查一下这个例题有哪些特点，运用了哪些基本概念，它们又是怎样与实际问题的相联系的。

完成适当数量的习题作业，是学好理论力学的一个重要环节。实践表明，解题是理论联系实际的一种主要方式，只有通过解题才能加深对基本概念的理解。只学理论不做习题，一定什么也学不到手或学了也不巩固。为了使做题能获得更大的效果，每解完一道题后，应该对解题的过程作一回顾，特别是发现解题有错误时：首先应该检查基本概念是否正确，一旦发现是基本概念上的错误，就应该重新复习、仔细钻研，直至将其了解清楚。

以上仅就应该重视基本概念的学习这一方面初步地讨论了“理论力学”的学习方法，更多更好的学习方法还有待于读者通过学习，自己来进行探索和总结。

第一篇 静力学

引言

在工程上，物体相对于地球处于静止或作匀速直线运动的状态称为平衡。它是物体机械运动的一种特殊形式。静力学则研究物体在诸力作用下的平衡规律。

平衡问题的研究有着广泛的应用价值。特别是土建工程中的各种建筑物，它们都是在静止状态下工作的，在这些建筑物的设计中，必不可少的一步就是要按静力学理论对建筑结构进行受力和静力计算。从理论上讲，静力学还是研究动力学时所必须具备的基础知识。

静力学是从引入刚体、力、力系等基本概念入手，建立四个基本定律，然后在此基础上主要研究以下两个基本问题。

(1) 力系的合成与简化问题 作用于同一物体上的一群力，称为力系。力系的合成与简化，就是把作用于物体上较复杂的力系，用一个最为简单且与其作用效应相等的力系来代替。

(2) 建立力系的平衡条件问题 就是确定物体处于平衡状态时，作用于物体上的力系所应满足的条件，这个条件称为平衡条件。它是静力计算的主要依据。

在对问题的叙述上，将采用由浅入深，由简单到复杂的顺序，先考虑比较简单和特殊的力系，然后考虑更一般的较复杂的力系的合成与平衡的问题。

对结构物进行受力分析，是解决结构静力计算的首要步骤，在静力学里也将讨论对结构物进行受力分析的一般方法。

第一章 力的基本性质及受力分析

第一节 静力学的基本概念

一、力的概念

力的概念是静力学中的一个最基本的概念。在生产劳动和日常生活中，人类很早就有了对力的感性认识，通过归纳、概括和科学的抽象形成了力的概念。即：力是物体间的相互机械作用，这种作用会使物体的运动状态发生变化（包括变形）。这里有两点值得注意：其一，产生力的根本原因是物体之间的相互机械作用，力不能离开物体而产生；其二，在

物体之间可以有物理性质完全不同的各种作用，如热的、电磁的以及化学的作用等等，但力仅指物体之间的机械作用，即能改变物体机械运动状态的作用。

经验证明：力对物体的效应决定于力的大小、方向和作用点。这三个因素称为力的三要素。当其中任一因素发生变化时，力对物体的效应也随之而改变。

力的大小是指物体间互相作用的强度，可用弹簧秤或测力器来测定。采用国际单位制(SI)时，力的单位为牛顿(N)，千牛(kN)。采用工程单位制时，力的单位为千克力(kgf)、吨力(tf)，牛顿和千克的换算关系为

$$1 \text{ (kgf)} = 9.807 \text{ (N)}$$

在本书中将采用国际单位制。

在力学中，通常要考虑两类性质完全不同的物理量，即标量和矢量。

标量是指只要用一个数值(大小)就能完全确定的量。例如长度、体积、时间、质量等都是标量。

矢量不但有大小而且还具有方向。力既然是一个有大小和方向的量，所以力是矢量。

表示力的矢量称为力矢。用力矢可表示出力的三要素(图1-1)。用力矢的始端(或末端)表示力的作用点。沿着力矢顺着箭头的指向表示力的方向。通过力矢作用点沿力的方向的直线 mn 称为力的作用线，力矢的长度(力矢的模)与单位长度之比代表力的大小。

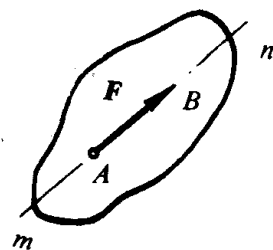


图 1-1

本书采用黑体字母(例如 $\mathbf{F}$)表示力矢，而白体的同一字母 F 则代表力 $\mathbf{F}$ 的大小(模)。当杆件受拉力时，通常将力的作用点取为力矢的始端(图1-2(a)上图)；当杆件受压时将力的作用点取为力矢的末端(图1-2(a)下图)。图1-2(b)则表示管子受内压力作用的情形。

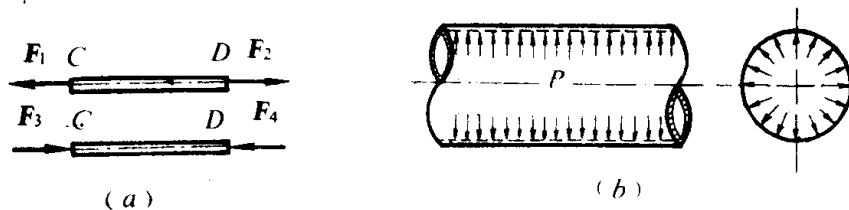


图 1-2

二、刚体的概念

前面已经指出，理论力学只研究在力的作用下物体运动状态发生的变化，而不考虑物体所发生的变形。从这个前提出发，可以把物体抽象为刚体。所谓刚体，就是在任何受力情况下，仍保持形状和大小不变的物体。这里应注意两点：其一，刚体是理论力学中对物体进行抽象简化后得到的理想模型，因为在实际中，任何物体受力后都会发生形状和大小的变化，换句话说，在自然界不存在具有刚体这种性质的物体；其二，工程上的机械零件和

各种建筑结构物在工作时发生的变形一般是很微小的，这种微小的变形对于力对物体作用所产生的机械运动效应的影响极小，当我们只研究力对物体作用的机械运动效应时，这种影响可以忽略不计。在这种情况下，引用“刚体”这一概念得到的结果是足够精确的。当然，在采用刚体这一模型时，必须注意问题的条件和范围。当变形这一因素在所研究的问题中跃居主要地位时（例如在材料力学中）或当变形对力的机械运动效应有显著影响时，一般就不能再把物体看成刚体了。

三、平衡与平衡力系

在建筑结构工程中，常以地球为参考体来考察物体的机械运动。在这个前提下，物体相对于地球处于静止或作匀速直线运动的状态，称为平衡。物体的平衡是相对的和有条件的。例如一个物体若相对于地球处于平衡状态，但该物体相对于太阳则处于不平衡状态，因为这个物体随同地球绕太阳作曲线运动。可见平衡只有相对于某个确定的参考体才有确定的含义。在本书中，若无特殊说明，平衡是指相对于地球而言的，为简单起见，我们也把平衡状态称为静止状态。

同时作用在同一物体上的许多力的集合称为力系。如果在某力系作用下物体处于平衡状态，则称该力系为平衡力系。显然，不是任何力系都能成为平衡力系，换句话说，作为平衡力系，它自身必须具备一定的条件。平衡力系所应满足的条件称为力系的平衡条件。平衡力系中的任一个力称为其余力的平衡力。此外，一个作用于物体上的力系若能用另一个适当的力系来代替而效应相同，则这两个力系互称为等效力系。显然，任何两个平衡力系都是等效力系，因为它们作用于物体的效应都是零。

第二节 静力学基本定律

静力学基本定律（又称静力学公理）具体反映出作用于物体上的力的基本性质，静力学的全部理论，都是以静力学基本定律为依据而推得的。与其它科学一样，作为定律或公理，都是直接从反复的观察和实践中总结出来的，并在实践中得到验证，它们不可能用更简单的原理来代替，也不能从其它原理推导出。

静力学基本定律共有四个，叙述如下。

1、二力平衡定律

受两个力作用的刚体处于平衡状态的充分和必要条件是，这两个力大小相等、方向相反、作用线相同（简称为等值、反向、共线）。

二力平衡定律实际上给出了由二力所构成的最简单力系的平衡条件。对刚体来说这个平衡条件是必要与充分的。图1-3表示了满足二力平衡定律的两种情况。

在两个力作用下并处于平衡的刚体称为二力体。二力平衡定律表明，二力体上的两个力的作用线，必为

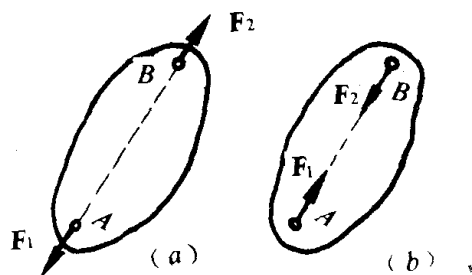


图 1-3

这两个力作用点的连接线。事实上,如图1-4(a)所示的二力体,在A、B两点分别受到力 F_A 及 F_B 的作用(图上力未画出),由二力平衡定律,刚体AB处于平衡状态,这两个力的作用线相同,但 F_A 与 F_B 的作用点分别是A和B,可见这二力的公共作用线必然同时通过A、B两点,这就说明作用线为AB两点的连线。二力体的这种性质,对于分析结构物的受力情况十分有用。

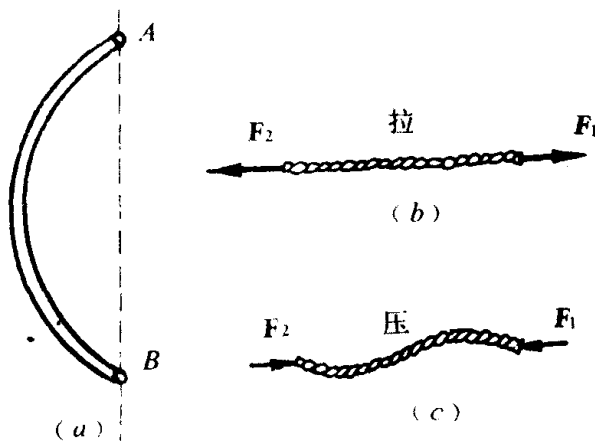


图 1-4

应当指出,对于非刚体来说,二力平衡定律是不成立的,此时两个力等值、反向、共线的条件只能作为二力平衡的必要条件而不是充分条件。例如图1-4(b)所示的软绳,受两个等值反向的拉力时可以平衡,但当受两个等值反向的压力时,就不能保持平衡(图1-4(c))。

2、加减平衡力系定律

在作用于刚体上的任意一个力系中,加上或去掉任何一个平衡力系,不会改变原力系对刚体的作用。

这个定律的成立,是因为任何平衡力系都不会改变物体的运动状态。而只可能使物体发生变形。若把物体抽象为刚体,也就是不考虑物体的变形,则这个定律的正确性是显然的。

3、力的平行四边形定律

作用于刚体上同一点的两个力,可以合成为作用于该点的一个合力,它的大小和方向由这两个力的矢量为邻边所构成的平行四边形的对角线来表示。

根据这一定律,可以通过作图的方法求得汇交于一点的两个力 F_1 、 F_2 的合力 R ,并称此种方法为平行面边形法。如图1-5(a)所示,只要以两力的力矢为平行四边形的两边,绘出平行四边形ABCD。则对角线AC即表示合力 R 的大小和方向。用矢量算式可表为

$$R = F_1 + F_2$$

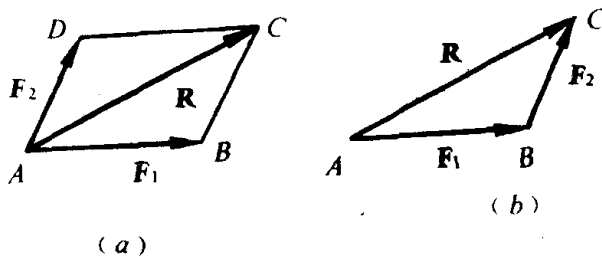


图 1-5

为了简化作图程序，也可以如图1-5(b)所示，只作出平行四边形的一半，即三角形（称为力三角形） ABC ，其作法是从力 F_1 的矢量 AB 的终点 B ，作力 F_2 的矢量 BC ，连结 A 、 C 两点，即得到合力 R 的矢量 AC 。这种作出两个共点力的合力的方法称为力三角形法。

力的平行四边形定律，也是将一个力分解为两个分力的依据，即任何一个力都可以按平行四边形法则分解为两个分力。不过用一个已知力矢 F 作为对角线，可以画出无穷多个不同的平行四边形，因而这是一个不定的问题。为了使问题是可定的，还必须附加某个条件，最常遇到的情况是预先给定了两个分力的方位 mm 和 nn （图1-6(a)），这时的作法就是

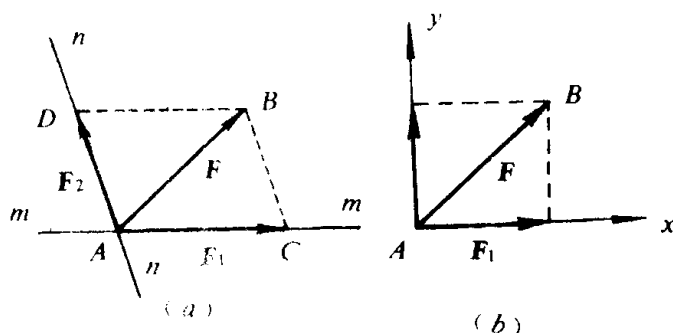


图 1-6

从力矢 F 的末端 B 引出分别与 mm 和 nn 平行的直线 DB 和 BC ，它们分别与 nn 和 mm 相交于点 D 和 C ，然后自 A 点分别向 C 和 D 点作力矢，即得两个分力 F_1 、 F_2 。在特殊情况下， mm 和 nn 互相垂直，即要求将一已知力沿正交的两轴分解（图1-6(b)）。以后我们将常用这种作图法将一力沿二直角坐标轴的方向分解。

4、作用与反作用定律

两个物体间相互作用的力，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。

作用与反作用定律是力学中的一个具有普遍性的定律。在研究由几个物体构成的系统的受力关系时，常常要用到这个定律。在应用这个定律时，应注意以下两点：其一，因为力是由物体间的相互机械作用而引起的，所以有作用力必有反作用力。即作用力与反作用力同时出现，同时消失。其二，不要将作用力和反作用力与二力平衡定律中的一对互为平衡的力相混淆。一对互为平衡的力是作用在同一物体上的，而作用力与反作用力则是分别作用在两个不同物体上的。它们并不互成平衡，不是一对平衡力。

例如锻件放在砧座上（图1-7(a)），锻件受到地球对它的吸引力 P （重力），它的反作用力是锻件对地球的吸引力 P' ， P 与 P' 虽然等值，反向、共线，但因它们并不作用在同一物体上，不能构成平衡力系（图1-7(b)）。此外，锻件给砧座面一个压力 N' ，它的反作用力是砧座面对锻件的反力 N ， N' 与 N 等值、反向、共线，但也不能构成平衡力系（图1-7(c)）。现考查力 P 与 N （图1-7(b)(c)），它们同是作用在锻件上的，此外不难根据作用与反作用定律判断 P 与 N 等值、反向、共线、因而它们构成平衡力系。而锻件正是在 P 与 N 这一对平衡力的作用下保持平衡的。

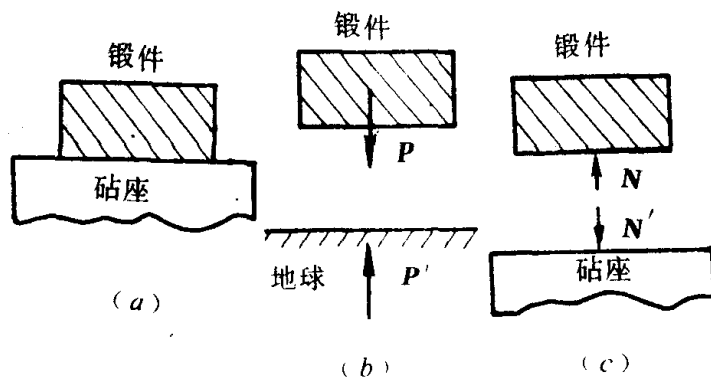


图 1-7

由以上四个基本定律，可以直接得到以下两个推论：

推论 1 力的可传性定理

作用在刚体上的力可沿其作用线任意移动，而不会改变该力对刚体的作用。

此推论可按以下步骤得出：设力 F 作用于刚体的 A 点上（图1-8(a)），在力 F 的作用线 AB 上上任一点 B 并加上等值、反向、共线的一对平衡力 F_1 、 F_2 ，并使 $F_2 = -F_1 = -F$

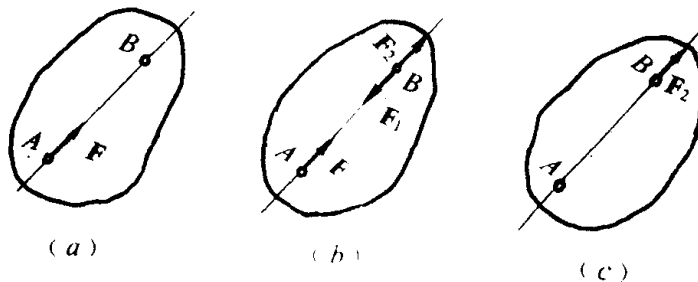


图 1-8

（图1-8(b)）。由加减平衡力系定律可知，这并不影响原力 F 对刚体的作用。而 F 与 F_1 也是一对平衡力，把它们去掉也不会影响原力系对刚体的作用。在去掉力 F 与 F_1 以后，在刚体上的作用力只剩下 F_2 （图1-8(c)），即 F 与 F_2 等效。对比图1-8(a)与图1-8(c)可知，力 F 可沿作用线等效地移到 B 点，而 B 点又是在力作用线上任意选取的，推论 1 得证。

根据力的可传性，作用于刚体上力的三要素可表为：力的大小、方向和作用线。习惯上把以大小、方向和作用线为三要素的矢量，称为滑动矢量，而作用在刚体上的力就是滑动矢量的例子。

必需注意，力的可传性，只适用于仅考虑物体为刚体的情形，对于需要考虑变形的物体，加减任何平衡力系，或将力沿作用线作任何移动，都将改变物体的变形及物体的内力。例如，直杆 AB 的两端分别受到两个等值、反向、共线的力 F_1 和 F_2 而处于平衡

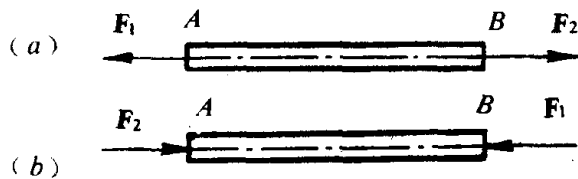


图1-9