

中等专业学校教材

理论力学

北京水利水电学校 王燮山 主编
辽宁省水利学校 唐秀峰

水利电力出版社

中等专业学校教材

理论力学

北京水利水电学校 王燮山 主编
辽宁省水利学校 唐秀峰

水利电力出版社

中等专业学校教材

理 论 力 学

北京水利水电学校 王燮山 主编
辽宁省水利学校 唐秀峰

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 18.25印张 408千字

1984年11月第一版 1984年11月北京第一次印刷

印数 00001—24720 册 定价 2.30 元

书号 15143·5541

内 容 提 要

本书系中等专业学校水利电力类水工专业的通用教材，也可作为农田水利及其他专业的教学用书。

本书共分十七章，内容包括：静力学的基本概念和公理，平面汇交力系，力矩和平面力偶系，平面一般力系，摩擦，空间力系，重心，质点运动，刚体的简单运动，质点复合运动，刚体的平面运动，质点动力学，刚体动力学基础，功和功率，动力学定理，虚位移原理，机械振动基础等。书中列有大量思考题和习题，书末附有习题答案。

前 言

本教材系根据水利电力部教育司“1983~1987年中等专业学校水利电力类专业教材编审出版规划”，按照“中等专业学校水利水电工程建筑专业《理论力学》教学大纲”（1982年11月）编写的。

为了正确贯彻党的教育方针，努力提高教学质量，本教材在编写中，在保持课程的系统性前提下，力求理论联系实际（特别是联系水利水电工程的实际），加强基本理论、基本方法的阐述，做到重点分析透彻，难点阐述清楚，解题步骤详明。

本教材主要适用于水利水电类中等专业学校水利工程建筑、农田水利工程、工程地质及水文地质等专业。作适当增删后，也可适用于其他专业。书中带有“※”号的部分系选学内容。

为便于读者复习和自学，各章之后均附有小结、思考题和习题，以帮助读者总结收获、澄清概念和加强基本训练。书末还附有各章习题的答案，以便读者自我检查。

本教材在编写前，系由北京水利水电学校王燮山拟订全书的编写提纲，在广泛征求意见的基础上，经过编者共同讨论之后，才正式开始编写。

本教材由王燮山、唐秀峰主编。具体分工如下：绪论、静力学部分（第一章至第七章），由王燮山执笔；运动学部分（第八章至第十一章）及动力学部分的第十五章至第十七章，由辽宁省水利学校唐秀峰执笔；第十二章至第十四章，由山东省水利学校侯国华执笔；全书由王燮山统稿。本教材由北京水利水电学校潘荣华主审。

本教材在编写过程中，承北京水利水电学校领导同志支持，有关兄弟院校提供了许多宝贵意见和帮助，谨在此一并表示谢意。

由于编者水平所限，诚恳地盼望广大师生和读者提出宝贵意见，以便再版时改正。

编者

1983年6月

目 录

前言

绪论	1
一、理论力学的研究对象和内容	1
二、学习目的和方法	2
三、理论力学发展简史和我国在力学方面的成就	2

第一篇 静 力 学

引言	5
第一章 静力学的基本概念和公理	5
第一节 静力学基本概念	5
第二节 静力学公理	7
第三节 约束与约束反力	10
第四节 物体的受力分析和受力图	14
小结	17
思考题	13
习题	19
第二章 平面汇交力系	23
第一节 平面汇交力系合成的图解法	23
第二节 平面汇交力系平衡的图解条件	25
第三节 力在轴上的投影	27
第四节 平面汇交力系合成的解析法	30
第五节 平面汇交力系平衡的解析条件	31
小结	34
思考题	35
习题	37
第三章 力矩和平面力偶系	41
第一节 力对点之矩	41
第二节 力矩定理	42
第三节 力偶及其性质	44
第四节 平面力偶系的合成与平衡	47
小结	48
思考题	49
习题	50
第四章 平面一般力系	52

力的平

第一节	力的平移定理	53
第二节	平面一般力系向一点简化	54
第三节	简化结果分析	56
第四节	平面一般力系的平衡条件	57
第五节	平面平行力系的平衡条件	61
第六节	物体系的平衡问题	62
第七节	静定与超静定问题的概念	64
第八节	平面静定桁架内力的解法	65
第九节	平面一般力系合成的图解法	68
第十节	平面一般力系平衡的图解条件	71
小结	.....	73
思考题	.....	74
习题	.....	76
第五章	摩擦	81
第一节	滑动摩擦	81
第二节	考虑摩擦时的平衡问题	83
第三节	滚动摩擦的概念*	86
小结	.....	88
思考题	.....	89
习题	.....	89
第六章	空间力系	93
第一节	力在空间坐标轴上的投影	93
第二节	空间汇交力系的合成与平衡条件	94
第三节	力对轴之矩	97
第四节	空间一般力系的平衡条件	99
小结	.....	101
思考题	.....	103
习题	.....	103
第七章	重心	107
第一节	平行力系的中心	107
第二节	物体重心的坐标公式	109
第三节	平面图形的形心	111
第四节	组合平面图形形心位置的求法	113
第五节	分布载荷	114
小结	.....	116
思考题	.....	117
习题	.....	117

第二篇 运 动 学

引言	120
----------	-----

第八章 质点的运动	121
第一节 有关质点运动的一些基本概念	121
第二节 用直角坐标法研究质点的运动	122
第三节 用自然坐标法研究质点的运动	130
第四节 质点运动的几种特殊情况	135
小结	139
思考题	140
习题	140
第九章 刚体的简单运动	143
第一节 刚体的平动	143
第二节 刚体绕定轴的转动	145
第三节 转动刚体上点的速度和加速度	149
第四节 简单轮系的传动比	152
小结	154
思考题	154
习题	154
第十章 质点的复合运动	156
第一节 质点复合运动的概念	156
第二节 质点的速度合成定理	159
小结	165
思考题	165
习题	165
第十一章 刚体的平面运动	168
第一节 刚体平面运动的概念	168
第二节 平面运动的分解	169
第三节 用基点法求解平面图形上点的速度	172
第四节 用瞬时中心法求解平面图形上点的速度	175
小结	180
思考题	180
习题	181

第三篇 动 力 学

引言	184
第十二章 质点动力学	184
第一节 动力学的基本定律	184
第二节 质点运动微分方程	187
第三节 惯性力的概念	193
第四节 动静法	194
小结	198
思考题	199

习题	200
第十三章 刚体动力学基础	203
第一节 质点系、内力与外力	203
第二节 刚体平动的动力学方程	204
第三节 刚体绕定轴转动的动力学方程	205
第四节 转动惯量	207
第五节 刚体绕定轴转动时动力学问题的解法	212
小结	214
思考题	215
习题	215
第十四章 功和功率	218
第一节 力的功	218
第二节 常见力的功	219
第三节 功率	223
小结	225
思考题	226
习题	226
第十五章 动力学定理	229
第一节 动能和势能	229
第二节 质点动能定理	230
第三节 质点系动能定理	233
第四节 机械能守恒定律	237
第五节 质点动量定理	239
第六节 质点系动量定理	242
第七节 质心运动定理	247
小结	249
思考题	250
习题	250
第十六章 虚位移原理 ※	253
第一节 问题的提出	253
第二节 约束及约束方程	254
第三节 虚位移及其几何计算法	256
第四节 理想约束	258
第五节 虚位移原理及其应用	260
小结	263
思考题	263
习题	263
第十七章 机械振动基础 ※	265
第一节 振动现象	265
第二节 单自由度系统的自由振动	266

第三节 单自由度系统的强迫振动	272
第四节 隔振与减振概念	274
小结	275
思考题	275
习题	275
习题答案	276
主要参考书目	282

绪 论

一、理论力学的研究对象和内容

运动是物质存在的形式，是物质的固有属性。从物体简单的位置变化到物质的物理、化学变化，从生命过程到人的思维活动，宇宙中的一切物质都处在不停息的运动之中。由于物质运动的各种形式之间各有自己的特有规律，因此，对于这些特有规律的研究，就形成了各门不同的学科。

理论力学是研究物体机械运动一般规律的一门学科。

机械运动指的是物体在空间的位置随时间的变化（包括任一物体对于其他物体的相对静止），也是所有运动形式中最简单的一种。车辆的行驶，机器的运转，水的流动，大坝相对于地球的静止，等等，都是机械运动的例子。

由于理论力学的研究对象是物体的机械运动，而平衡（物体相对于地球保持静止或作匀速直线运动）状态是机械运动的特殊情况，所以理论力学也研究物体平衡的规律。对于水利水电类专业来说，这一部分还是很重要的内容。

理论力学包括以下三部分内容：

静力学——研究作用在物体上力系的简化和平衡的规律；

运动学——从几何的角度来研究物体机械运动的规律；

动力学——研究物体的机械运动与它所受力系之间的关系，从而建立物体机械运动最一般性的规律，使静力学和运动学在这里得到了统一。

理论力学所研究的内容是以伽利略和牛顿所建立的基本定律为基础的古典力学。根据近几十年内出现和发展起来的相对论力学和量子力学理论，古典力学的规律不适用于物体运动接近于光速（每秒30万公里）的情形，也不适用于微观粒子的运动，只适用于运动速度远小于光速的宏观物体的运动。古典力学虽然具有这样的局限性，但在现代科学技术中，依然起着重大的作用。因为，不仅在土建、水利、机械等工程技术中，即使在诸如火箭和航天等尖端科学技术中，所考察的物体也都是速度远小于光速的宏观物体。在这些领域内的有关物体机械运动的问题，采用古典力学的原理和方法来解决就已足够精确了。

理论力学在自然科学和工程技术中，应用极其广泛。因为任何较高级的运动形式都与机械运动有一定的联系，因此，理论力学的规律及其研究方法也在一定程度上渗透到其他自然科学的领域中去。从天文学、地学、物理学到技术科学各领域，无不在一定程度上应用理论力学的规律。其次，在自然界和工程实际中，处处可以看到机械运动，例如在水利水电工程中，从设计、科研、勘测到施工，经常会遇到各种静力学、运动学和动力学的问题，从大坝、挡土墙、隧洞的受力分析，渡槽、桥梁的设计，到各类勘探和施工机械的运动分析，等等，都要应用理论力学知识来解决问题。

二、学习目的和方法

学习本课程的目的:

(一) 利用理论力学的基本原理和方法, 解释和解决在工程技术和日常生活中接触到的一些机械运动问题;

(二) 为以后学习材料力学、结构力学、水力学、土力学及建筑结构等后续技术基础课奠定基础, 也为学习水工建筑物、水电站及水利水电工程施工等专业课提供必要的理论知识;

(三) 通过领会本门科学的研究方法, 有助于提高对工程技术问题的分析能力。

理论力学的研究方法, 与其他科学一样, 都离不开人们认识过程的客观规律。

人们通过对自然界的观察以及长期的生产劳动, 获得了大量的有关力学的经验和感性认识, 将这些由实践过程中所获得的认识, 运用抽象化的方法建立了概念以后, 经过分析、归纳和综合, 从中找出普遍规律, 便得到了理论力学的基本公理和定律。有了基本公理和定律以后, 再运用数学工具进行演绎和推理, 便得到工程上所需要的力学定理和公式。当然, 这些定理和公式是否正确, 还需要通过实践进行反复检验, 只有当它足够精确地符合客观实际时, 才能被认为是正确的。也只有这样, 理论才具有实际意义。

在学习本课程的过程中, 并不要求去重复经历力学的发展过程, 而是要深刻理解已被实践证明是正确的概念、公理和定律。对于导出的定理和公式, 不能满足于弄懂公式的推导, 应在深入理解其物理意义的基础上, 熟练掌握。由于本课程系统性较强, 各部分之间有着紧密的联系, 而且学习是循序渐进地进行的, 所以要及时解决还不清楚的问题, 以免影响对后继章节的理解。做习题既是运用基本理论解决实际问题的一种基本训练, 也是巩固和加深理解所学知识的重要途径。在做题的过程中, 倘若发现有的内容还没有理解透彻, 就应再次复习, 以求得真正的掌握。

三、理论力学发展简史和我国在力学方面的成就

力学的萌芽阶段 力学是一门历史悠久的学科, 它从一开始就与生产实践密切结合, 并随生产的发展而发展起来。

原始时代的人类在长期的生产活动中, 创造了大量符合力学原理的工具和武器, 如尖劈、杠杆、弓箭等, 从而孕育了力学知识的萌芽。当生产发展到了一定的阶段, 力学知识积累到了一定的程度时, 便出现了力学的理论。大约在公元前五世纪, 我国出现了两部与物理学有关的著作——《墨经》和《考工记》, 其中总结和论述了有关力的概念, 杠杆、轮轴和斜面平衡, 车在斜面上的运动以及滚动摩擦等问题。这是迄今发现的世界最早的论述力学理论和实践问题的著作。而在欧洲, 古希腊的阿基米德的著作中也提出了杠杆平衡条件, 但比《墨经》晚了一百五十多年。

由于古代生产力水平的限制, 缺乏力学研究的物质技术条件, 因此古代的力学理论还

不可能形成一门系统的和严密的学科，而只能是零星的、感性的和带有经验性的总结。

理论力学基础建立阶段 十六世纪以后，欧洲资本主义兴起。随着生产力的急剧发展，实验设备和实验条件也逐渐具备，这时力学获得了相应的发展，不仅静力学日趋完善，而且动力学也开始形成。意大利科学家伽利略（公元1564~1642）在前人研究的基础上创立了惯性定律，并提出加速度的概念。英国科学家牛顿（公元1643~1727）全面总结并发展了前人的研究成果，在《自然哲学之数学原理》一书中，总结出机械运动的基本定律，从而奠定了动力学的基础。

理论力学

理论力学的发展阶段 十八、十九世纪是理论力学的发展成熟阶段。在这个时期中，由于资本主义工业的飞速发展，给力学提出了不少新问题，同时由于数学分析工具的不断完善，为力学的发展创造了有利条件。经过伯努利、欧拉、达朗伯、拉格朗日等著名数学力学家的努力，理论力学这门科学的系统日趋成熟完善，同时还产生了虚位移原理和分析力学。由于力学的发展成熟，反过来推动生产向前发展。

理论力学的现代发展阶段 二十世纪以来，由于工业建设、现代国防以及航空、航天事业的需要，力学以理论力学为基础向着专门的方向发展，弹塑性力学、流体和气体动力学、运动的稳定性理论、非线性振动、陀螺动力学、多刚体系统力学以及飞行力学，等等，都有很大的发展，理论力学几乎渗透到自然科学和工程技术的各个领域。随着生产的不断发展，理论力学本身也必将在解决生产实践问题中更加向前发展。

我们祖国有着悠久的历史，在力学上有过卓越的贡献。在理论知识方面，除了前述的《墨经》和《考工记》以外，西汉时期成书的《春秋纬·考灵曜》中，已出现了关于伽利略运动相对性原理的最古老的叙述。东汉王充（公元29~97年）所著的《论衡》一书中，论述过很多力学问题，例如人能否举起自己、运动和物体重量的关系等。其后，在宋代苏颂的《新仪象法要》、李诫的《营造法式》、沈括的《梦溪笔谈》、明代宋应星的《天工开物》等书中，都论述了很多与力学有关的知识。

至于与力学有密切关系的工程、建筑和机械方面，我国历代劳动人民有很多伟大的发明创造。其中比较著名的工程有：秦代建造、历代不断修建的举世闻名的万里长城；李冰父子领导修建的都江堰水利工程（这项工程虽已经历二千多年的历史，至今仍然在农业上发挥重要的作用），等等。在建筑方面，隋代工匠李春建造的赵州桥，是世界上第一座最大的石拱桥，桥的设计完全符合力学原理，虽经多次地震，仍然完好无损。直到本世纪初，欧洲才设计出类似形式的拱桥。在机械和仪器方面，西汉时制造的指南车和记里鼓车，都使用了复杂的齿轮传动系统；汉武帝（公元前140~88年）时，长安巧匠丁缓制成“被中香炉”，此种香炉即使在被褥中随意滚动，炉中的机环能让炉体始终保持水平状态，使其中的香火不会倾洒出来。这种机环实质上就是现代陀螺仪中的万向支架，就其力学意义来说，这是一个比较复杂的力学问题，西方直到一千多年以后，才发明出这种支架。公元132年，东汉科学家张衡运用力学原理发明了精密度很高的候风地动仪，这是世界上第一台地震仪。在火箭技术方面，我国是火箭的故乡。至迟在十至十一世纪之间，我国就发明了现代火箭的雏型，到元明时，已经出现了雏型的两级火箭，当时还曾有人企图利用火箭来飞行。

以上历史表明，我国的力学水平，在十四世纪以前一直居于世界的最前列。但由于日益没落的封建制度的长期统治，统治阶级轻视科学技术，加上近百年来帝国主义的侵略，我国力学的发展和其他科学一样，也遭到了严重的阻碍。

中华人民共和国的成立为我国科学技术的发展开辟了广阔的道路。在党的领导下，科学技术事业蓬勃发展。就水利水电工程来说，先后建造了新安江、青铜峡、刘家峡、龚嘴、乌江渡等大型水电站，在长江上建造了举世闻名的葛洲坝水利枢纽。此外，全国中小型水利水电工程星罗棋布，多得不可胜数。在桥梁方面，沟通南北通途的南京长江大桥，是现今世界上最大的桥梁之一。在国防工业和航天事业上，1970年4月，我国发射了第一颗人造地球卫星；1975年以来，又多次实现了卫星回收；1980年，我国成功地发射了运载火箭。这许多力学课题的解决，表明了我国力学科学水平的提高。近年来我国的力学家在力学理论方面，如星际航行理论、火箭的最佳轨道、爆炸力学、流体力学及弹塑性力学等方面都取了可喜的成就。

让我们继承前人的优良传统，以振兴中华为己任，奋发努力，为提高我国的力学科学水平，为实现四个现代化的宏伟目标，作出自己的贡献。

第一篇 静 力 学

引 言

静力学主要研究作用在物体上力系的简化和力系平衡的规律。

平衡是机械运动的一种特殊情形，即物体相对于地面保持静止或作匀速直线运动的状态。

通常，作用在物体上的力不止一个，而是若干个，这若干个力总称为力系。如果一个力系作用于某个物体而能使物体保持平衡，则该力系称为平衡力系。一个力系成为平衡力系时所必须满足的条件称为平衡条件。

研究物体的运动或平衡问题时，常常须将一个复杂的力系简化为一个简单的力系，而其作用和效果相同。此种过程称为力系的简化。

因此，静力学将讨论以下两个基本问题：

- (1) 力系的简化；
- (2) 力系的平衡条件及其应用。

在水利水电工程中，有着大量的静力学问题。例如，设计闸、坝等水工建筑物时，必须首先将所受到的重力、水压力、泥沙压力、渗透压力和浪压力等加以简化，然后才能进一步研究它们的稳定、强度等问题，以便得出安全、经济合理的设计方案。在设计建筑结构的构件或机械零件时，也必须先根据力系平衡条件进行受力分析，然后才能确定构件或零件的截面尺寸。由此可见，静力学在生产实践中的应用是非常广泛的。

第一章 静力学的基本概念和公理

第一节 静力学基本概念

一、物体的力学模型

在理论力学中，随着问题的不同而将所考察的物体抽象化为以下三种理想的力学模型：

(一) 质点——只有质量而没有大小的点。当所讨论的问题中，仅需考虑物体的质量，而其大小和形状可以忽略不计时，通常可以将该物体抽象化为质点来研究。

(二) 刚体——受到力系作用时，大小和形状保持不变的物体。事实上，任何物体受力后都将或多或少地发生变形，因此，刚体是不存在的。但在很多情况下，在讨论物体的

平衡或运动时, 变形只是次要的因素, 可以忽略不计, 这时就可以将物体抽象化为刚体来研究。

(三) 质点系——相互间有几何或力学联系的若干个质点的总称。刚体可以看成为不变形的质点系。由若干个刚体组成的系统, 也是质点系, 通常称之为物体系统。

以上所述的理想的力学模型, 是客观存在的物体的科学抽象。它们不是指具体的物体, 而是概括了各种物体。不论物体是钢的、木的、混凝土的或其他材料的, 也不论是建筑物的构件或是机械的零部件, 在研究它们的平衡或运动时, 都可以作为上述模型的一种来加以考察。这是人们认识深化的结果, 同时也表明了理论的普遍意义。

静力学讨论刚体和刚体系统的平衡问题。但要说明的是, 当变形体受力系作用处于平衡状态时, 该力系也必须满足刚体静力学中的平衡条件。因此, 在研究变形体(弹塑性体、流体、散粒体等)的平衡问题时, 都将用到刚体静力学理论。这也说明了刚体静力学理论的普遍意义。

二、力的概念

力的概念是人们在长期的生活和生产实践中逐步建立起来的。人们看到, 推小车是通过人手与小车的相互作用中使得小车由静止开始运动; 行驶中的汽车刹车是靠闸瓦与车轴之间的相互作用使车停下来; 自由下落的物体由于受到地球的吸引作用, 它的速度越来越大。人们正是从这些现象, 认识到物体间相互的机械作用可以使物体的运动状态发生变化。另外, 人们又从弹簧受拉后会伸长, 火车通过桥梁会使桥梁弯曲等现象中, 认识到物体间相互的机械作用还可以使物体的形状发生变化。

力是物体之间相互的机械作用, 这种作用的效应是使物体的运动状态发生变化和使物体发生变形。

力使物体的运动状态发生变化的效应, 称为力的运动效应或外效应; 而力使物体发生变形的效应, 则称为力的变形效应或内效应。由于在理论力学中, 将物体抽象化为刚体、质点和质点系, 因此, 理论力学实际只讨论力的运动效应。至于力的变形效应, 将在研究有关变形体力学问题的各学科(材料力学、结构力学、水力学、土力学等)中讨论。

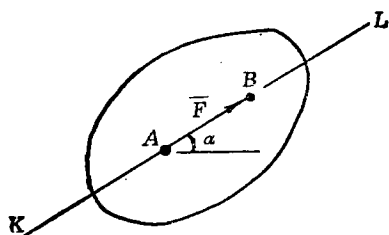


图 1-1

力对物体的运动效应, 又可分为移动效应和转动效应。在一般情况下, 力既使物体产生移动效应, 又使物体产生转动效应。

由经验得知, 力对于物体的效应取决于力的大小、方向和作用点三个因素, 通常称为力的三要素。

在力学中有两类物理量, 一类量只有大小, 并无方向, 称为标量, 例如质量、时间等; 另一类量除有大小外, 还要说明方向, 称为矢量, 力就是一种矢量, 速度、加速度也是矢量。

为了便于分析研究, 通常用一个带箭头的线段来表示力的三要素, 如图1-1所示。线段AB的长度(按一定的比例)表示力的大小; 线段的起点A(或终点B)表示力的作用

点；过力的作用点沿 AB 所作的直线 KL 表示力的作用线，作用线与某一参考线之间的夹角 α 表示力的方位，箭头表示力的指向，指向和方位合在一起表示力的方向。本书中，力矢量用带横线的字母来表示，例如 $\vec{F}$ ；而力的大小则用不带横线的字母来表示，例如 F 。

量度力的大小的单位将随着所采用的单位制而不同。目前，常用的单位制有两种：国际单位制（SI）和工程单位制。本书采用国际单位制，力的单位用牛顿（中文代号为牛，国际代号为N）或千牛顿（中文代号为千牛，国际代号为kN）。目前在工程上，有些仍采用工程单位制，即以公斤（kg）或吨（t）作为力的单位。两种单位的换算关系为

$$1 \text{ 公斤力 (kgf)} = 9.8 \text{ 牛顿 (N)}$$

第二节 静力学公理

静力学的公理是人们把长期的生活和生产实践中所积累起来的经验，加以抽象、归纳和综合而建立起来的。这些公理简单而明显，无需证明就为大家所公认，它们揭示了关于力的最根本的规律，是静力学的基础。

定义：

（1）**等效力系** 若一力系对物体的作用，能以另一力系代替而不改变原力系对物体的作用效应，则这两个力系互为等效力系。

（2）**合力和分力** 若一个力系对物体的作用和一个力等效，则这个力称为这个力系的合力，力系中的各力称为这个合力的分力。

公理一（二力平衡公理）

作用在同一刚体上的两个力平衡的必要和充分条件是：这两个力的大小相等，指向相反，并作用在同一直线上。

这个公理揭示了作用在物体上最简单的力系平衡所必须满足的条件。二力平衡的例子在生活和生产实践中是很多的，例如吊在天花板上的电灯就是在灯的重力和绳子的拉力这两个力作用下处于平衡；因此，这两力必定大小相等，指向相反，并作用在同一直线上。又如如图1-2a和b中的两根杆件，也都是二力平衡的例子。应该注意，二力平衡公理中的条件，对刚体来说，这个条件是必要和充分的；但对于变形体来说，这个条件是不充分的。例如如图1-2c、d中的软绳，当它受到两个等值反向的拉力时，可以平衡；而当它受到两个等值反向的压力时，就不能平衡了。

仅在两个力作用下处于平衡的构件，称为二力构件，或称为二力杆。图1-2a、b中的杆件（忽略自身重力）就都是二力杆。

公理二（加减平衡力系公理）

在作用于刚体的力系上，加上或减去任一平衡力系，并不改变原力系对刚体的作用效应。

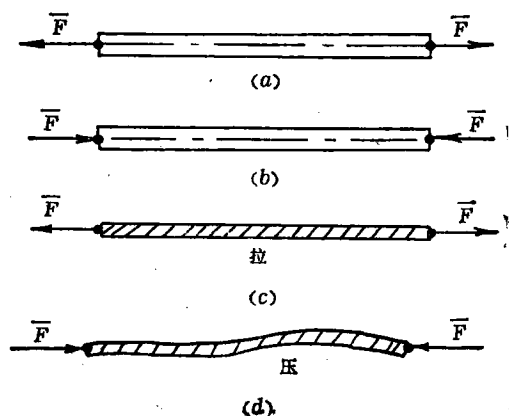


图 1-2