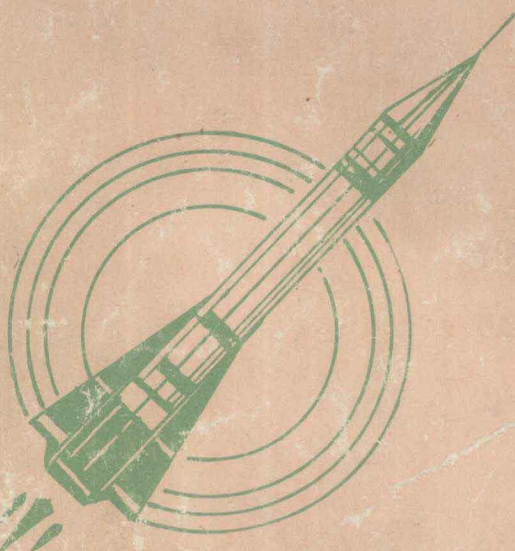


中等专业学校教材

理论力学

曹望冀 主编



西北工业大学出版社

中等专业学校教材

理 论 力 学

(机械类)

曹望冀 主编

陈家俊 甄和平 宋秀英 编
曹望冀 陆贵兴

西北工业大学出版社

1994年7月 西安

(陕)新登字第 009 号

【内 容 简 介】 本书是根据 1987 年 4 月国家教育委员会审定的中等专业学校工科机械类专业适用的《理论力学教学大纲》，并参照原航空工业部中等专业学校《理论力学教学大纲》编写的。

本书可作为招收初中毕业生，学制四年的中等专业学校或试行“大中专套办”的技术专科学校工科机械类专业理论力学课程的试用教材。本书基本内容的教学时数约为 88 学时，附有* 的章节是选学内容，约为 8 学时。

本书内容有：静力学基本概念和公理、平面汇交力系、平面力偶系、平面任意力系、摩擦、空间力系、重心；点的运动、刚体的基本运动、点的合成运动、刚体的平面运动；质点动力学基本方程、刚体定轴转动动力学基本方程、动能定理、动静法。

理 论 力 学

曹望冀 主编

责任编辑 蒋相宗

责任校对 杨长照

*

©1994 西北工业大学出版社出版发行

(西安市友谊西路 127 号邮编 710072)

陕西省新华书店经销

陕西省富平印刷厂印装

ISBN 7-5612-0383-7/O · 49(课)

*

开本 787×1092 毫米 1/16 17 印张 411 千字

1992 年 11 月第 1 版

1994 年 7 月第 2 次印刷

印数：3501—8500 册

定价：9.00 元

前 言

本书根据 1987 年 4 月国家教育委员会审定的中等专业学校工科机械类专业适用的《理论力学教学大纲》，并参照原航空工业部中等专业学校《理论力学教学大纲》编写的，可作为招收初中毕业生、学制 4 年的中等专业学校或试行“大中专套办”的技术专科学校工科机械类专业的理论力学试用教材。

按照教学大纲的要求，全书采用国际单位制。为了满足不同专业要求，书中编入一些选学内容（带 * 号章节），供教师选用。每章后面均有小结、思考题、习题。书末附有习题答案。

本书内容包括：静力学基本概念和公理、平面汇交力系、平面力偶系、平面任意力系、摩擦、空间力系、重心；点的运动、刚体的基本运动、点的合成运动、刚体的平面运动；质点动力学基本方程、刚体定轴转动动力学基本方程、动能定理、动静法。

本书对理论部分内容的阐述力求简明扼要，所选习题和例题，既有结合一般工程实际的，也有结合航空航天工程的。本书是一本既符合中专层次教学要求，又有一定航空特色的理论力学教材。

参加本书编写的有上海航空工业学校陈家俊（第一、二、三章和第七章），成都航空工业学校甄和平（第四、五、六章），西安航空工业技术专科学校宋秀英（第八、九、十章）和曹望冀（第十一、十二、十三章和诸论），大庸航空工业学校陆贵兴（第十四、十五章）。由曹望冀主编。

本书由北京航空航天大学翟鑫副教授审稿。他对本书提出了许多宝贵的修改意见，在此表示衷心地感谢。

限于编者水平，书中缺点和不妥之处在所难免，热诚希望读者批评指正。

编 者
1991 年 6 月

目 录

绪 论	1
-----------	---

第一篇 静 力 学

第一章 静力学的基本概念和公理	4
-----------------------	---

§ 1-1 静力学的基本概念	4
§ 1-2 静力学公理	5
§ 1-3 约束与约束反力	8
§ 1-4 受力图	11
小结	13
思考题	14
习题	15

第二章 平面汇交力系	18
------------------	----

§ 2-1 平面汇交力系合成的几何法	18
§ 2-2 平面汇交力系平衡的几何条件	19
§ 2-3 平面汇交力系合成的解析法	21
§ 2-4 平面汇交力系平衡的解析条件	23
小结	27
思考题	27
习题	28

第三章 平面力偶系	32
-----------------	----

§ 3-1 力对点之距	32
§ 3-2 力偶与力偶矩	34
§ 3-3 力偶的性质	35
§ 3-4 平面力偶系的合成与平衡	36
§ 3-5 力的平移定理	38
小结	39
思考题	40
习题	40

第四章 平面任意力系	43
------------------	----

§ 4-1 平面任意力系的简化	43
§ 4-2 平面任意力系简化结果讨论及合力矩定理	45
§ 4-3 平面任意力系平衡方程及其应用	47
§ 4-4 平面平行力系平衡方程及其应用	51
§ 4-5 物体系的平衡	53
§ 4-6 静定与静不定问题的概念	57
小结	58
思考题	60
习题	61
第五章 摩擦	67
§ 5-1 滑动摩擦	67
§ 5-2 考虑摩擦时的平衡问题	68
§ 5-3 摩擦角与自锁	72
§ 5-4 滚动摩擦的概念	76
小结	78
思考题	79
习题	80
第六章 空间力系	84
§ 6-1 力在空间直角坐标轴上的投影	85
§ 6-2 力对轴之矩	86
§ 6-3 空间任意力系平衡方程及应用	88
§ 6-4 空间力系平衡问题的平面解法	93
小结	95
思考题	97
习题	97
第七章 重心	101
§ 7-1 重心和重心坐标公式	101
§ 7-2 物体重心的几种求法	104
小结	109
思考题	109
习题	110

第二篇 运 动 学

第八章 点的运动	112
-----------------------	------------

§ 8-1 确定点的位置的方法	113
§ 8-2 用自然法确定点的速度和加速度	115
§ 8-3 用直角坐标法确定点的速度和加速度	121
小结	125
思考题	126
习题	126
第九章 刚体的基本运动	130
§ 9-1 刚体的平动	130
§ 9-2 刚体的定轴转动	131
§ 9-3 定轴转动刚体内点的速度与加速度	135
§ 9-4 定轴转动刚体的传动问题	138
小结	140
思考题	140
习题	141
第十章 点的合成运动	143
§ 10-1 点的相对运动、牵连运动和绝对运动	143
§ 10-2 点的速度合成定理	145
* § 10-3 牵连运动为平动时点的加速度合成定理	149
* § 10-4 牵连运动为转动时点的加速度合成定理	151
小结	155
思考题	156
习题	158
第十一章 刚体的平面运动	161
§ 11-1 平面运动概述	161
§ 11-2 平面运动的分解	162
§ 11-3 平面图形上各点的速度分析——基点法	163
§ 11-4 平面图形上各点的速度分析——加速度瞬心法	166
* § 11-5 平面图形上各点的加速度分析——加速度合成法	171
小结	173
思考题	175
习题	176

第三篇 动 力 学

第十二章 质点动力学基本方程	180
-----------------------	------------

§ 12-1 动力学基本定律	180
§ 12-2 力学单位制	182
§ 12-3 质点运动微分方程	182
§ 12-4 质点动力学的两类问题	183
小结	190
思考题	190
习题	191
第十三章 刚体定轴转动的动力学基本方程	196
§ 13-1 刚体绕定轴转动动力学基本方程	196
§ 13-2 转动惯量	197
§ 13-3 刚体定轴转动基本方程的应用	201
小结	205
思考题	205
习题	206
第十四章 动能定理	210
§ 14-1 功	210
§ 14-2 动能	213
§ 14-3 动能定理及其应用	215
§ 14-4 功率	223
小结	225
思考题	226
习题	226
第十五章 动静法	232
§ 15-1 质点惯性力、质点的达朗伯原理	232
§ 15-2 质点系的达朗伯原理、惯性力系的简化	235
§ 15-3 轴承的动反力	245
小结	246
思考题	246
习题	248
附 录	252
附录一 主要符号表	252
附录二 习题答案	253
参考文献	264

绪 论

一、理论力学的任务和内容

自然界是由物质构成的，物质处于不停的运动中。物质的运动形式多种多样，如声、光、电磁、热、化学反应、机械运动以及人们的思维活动等。**理论力学是研究物体机械运动一般规律的一门科学。**机械运动是指物体在空间的位置随时间而改变的一种运动形式，例如星球的运行，飞机、飞船的航行，机器的运转，车辆船舶的行驶等都是机械运动。

物质运动的各种形式都有其自身的特殊规律，其间存在着巨大的差别，从而形成不同的学科领域。机械运动是物质运动中最基本、最简单的运动形式。也是人们生活和生产实践中最常见的一种运动。

在工程实际中，平衡是机械运动的特殊形式，所以理论力学也要研究物体平衡的规律。

理论力学就其内容来说，可分为三部分：

静力学：研究物体在外力作用下的平衡规律；

运动学：研究物体运动的几何性质，而不涉及力的作用；

动力学：研究物体运动与作用其上的力之间的关系。

这些内容的研究都属于以牛顿定律为基础的古典力学的范畴。古典力学适用于低速（指远小于光速）、宏观物体的运动。它对于解决一般工程技术问题有足够的精确度，因此古典力学至今仍有重要的实际意义。

二、理论力学在工程技术中的地位

力学的发展，如同其他科学一样，是与生产密切联系的。工程技术经常向力学提出各种各样的问题，如从土建、水利工程的设计和施工，机械的制造和运转，直到人造卫星、宇宙飞船的发射和运行，都存在着大量的力学问题。这些问题的解决，既推动了生产和社会的进步，同时也促进了力学的发展。力学知识是解决工程技术问题不可缺少的，在设计新的和改造旧设备时一般都涉及到物体的受力平衡、物体的运动分析、动力分析等，这些均与理论力学有关。

理论力学中关于机械运动规律的基本理论又是许多后续课程和其它学科（如材料力学、结构力学、弹塑性力学、流体力学、断裂力学、飞行力学、机械原理、机械零件、机床、夹具、刀具等）的基础。学好理论力学，也是为学习这一系列学科打基础。由此可以看出，理论力学是机械类专业和与之有一定联系的其他相关专业的重要技术基础课程。随着现代科学技术的发展，力学和其它科学领域内的学科结合而形成了边缘科学（如生物力学、爆炸力学、物理力学等），为了发展上述科学领域，必须打下牢固的力学基础。

学习理论力学还有助于培养学生的唯物主义世界观，有助于培养学生的逻辑思维和分析

问题解决问题的解力。这些能力对工程技术人员来说是必不可少的。

三、理论力学的研究方法

任何一门科学的研究方法，都应符合人类认识客观世界的共同规律，即符合“实践——理论——实践”这一辩证唯物主义的认识规律，力学也不例外。人们经过长期的生活实践、生产实践和科学实验，积累了有关机械运动的丰富材料，经过“去粗取精、去伪存真、由此及彼，由表及里”的改造制作过程，并经过抽象化，建立力学模型，运用数学演绎建立基本定理，形成系统理论，又回到实践中加以检验并指导实践，解决工程实际问题，再从实践中获得新的材料，推动理论的进一步发展和完善。

实践是检验理论的唯一标准，符合客观实践的理论才是正确的，只有这样的理论，才有指导实践的积极作用。正确地运用理论去分析和解决生产和科学研究中提出的实际问题是学好理论力学的重要途径。

四、力学发展简史

力学是一门具有悠久历史的学科，是最早获得发展的学科之一。我国是世界上最古老的文明国家之一，生产和科学技术发展较早。力学方面，早在春秋战国时代，墨翟（公元前468~376年）在他所著的《墨经》中，就阐述了力的概念和杠杆原理，这是世界上最早的有关力学理论的著作。在机械工程方面，春秋战国时期鲁班（公元前570~487年）制作了木鸢、云梯、攻城机械和战船；汉朝大科学家和发明家张衡（78~139年）创造了天文仪器“浑天仪”和世界上第一台测量地震的仪器“候风地动仪”；三国时代魏国人马钧（公元235年左右）建造了指南车；宋朝燕肃发明了“记里鼓车”；宋代还出现了世界上第一支火箭和走马灯。在水利和建筑方面，战国时代李冰父子（公元前300年左右）领导人民修建了“都江堰”，是世界上最古老的水利工程之一，至今对农业生产仍发挥重要作用；秦朝（公元前221~206年）所建万里长城是世界八大奇迹之一，它是从人造卫星上所能观察到的唯一的一项人造工程；隋朝（581~618年）李春主持建造的赵州桥是世界上第一座石拱桥，距今已有1300多年历史，桥的设计完全符合力学原理，经受住了多次地震，至今仍完好无损，像这样的建筑欧洲到20世纪才出现。我国古代的许多力学著作，如前述《墨经》以及《营造法式》、《天工开物》等对力学的发展均作出了重要贡献。从上面的简介中可以看出，我国劳动人民不仅勤劳勇敢，而且富有发明创造天才。但由于长期封建制度的束缚，我国古代在力学方面的贡献，多局限于概念和工程应用，而没能有系统地把实践知识加以综合，抽象出共同特征而发展成一门完整的学科。

15世纪，欧洲资本主义经济开始兴起，造船、土木建筑、机器制造相应地发展，进一步促进了力学的发展。意大利著名物理学家达·芬奇（1452~1519）研究过物体沿斜面的运动和滑动摩擦问题，并提出了力矩的概念。波兰科学家尼古拉·哥白尼（1473~1543年）创立了宇宙“日心说”引起了宇宙观的革命。意大利著名科学家伽利略（1564~1642年）通过实验提出了惯性定律及加速度的概念，从而奠定了动力学的科学基础。后来英国大科学家牛顿（1642~1727年）在总结前人的成果和自己观察和实验的基础上，提出了动力学三大定律，它是整个古典力学的基础；此外他还发现了万有引力定律，推动了天体力学的发展。

17、18世纪是力学发展成熟的时期，西方国家在工业革命后，天文、水利、建筑、航

空、航海、机械、军事等工业迅速发展给力学提出了不少新问题，同时数学的发展为力学向分析力学方向发展提供了有利条件。法国数学力学家达朗伯（1717~1785年）提出了著名的达朗伯原理，利用静力学方法解决动力学问题。法国数学力学家拉格朗日（1736~1813）创立了分析力学。使分析力学成为理论力学的重要组成部分。

20世纪，特别是近三四十年来，科学技术的发展更加迅猛，各门学科都在不断充实、提高，许多学科之间互相渗透，形成一些新的边缘学科，如地质力学、生物力学、化学流体力学、电磁流体力学、物理力学等，并且都获得了巨大的进展。

解放后，力学在我国又有了新的发展，宏伟的长江大桥是世界上最大的桥梁之一，人造地球卫星的发射与回收，长江葛洲坝工程的建设，以及李四光在地质力学方面的贡献，标志着我国在力学方面的伟大成就。今天随着生产的进一步发展，我国在力学科学上定将获得更大的成就。

第一篇 静力学

静力学是研究物体机械运动的特殊情况，即物体的平衡问题的科学。物体的平衡是指物体相对于地面保持静止或作匀速直线运动的状态。

物体若处于平衡状态，则作用于物体上的力系（指作用于同一物体上的一组力）必须满足一定的条件，这些条件称为力系的平衡条件。平衡时的力系称为平衡力系。

研究物体的平衡条件时，在保持力系对物体作用效果不变的条件下，须将比较复杂的力系进行简化，用简单的力系等效地代替较复杂的力系，这就是力系的简化。两个力系对刚体的作用效果相同，这两个力系互称为等效力系。如果力系与一个力等效，则该力称为此力系的合力。力系中各力称为这个合力的分力。

因此，静力学各章将主要研究下面两个基本问题：

1. 力系的简化。
2. 物体在力系作用下的平衡条件及其应用。

静力学在工程技术中有着广泛的应用。例如在工程结构的构件或机械零部件的设计计算中，通过受力分析和应用平衡条件求出未知力，所得到的结果是构件强度和刚度计算的依据。由此可见，静力学是研究动力学、机械零件、材料力学的基础。

第一章 静力学的基本概念和公理

本章将介绍静力学中的一些基本概念和四个基本公理，在此基础上将对物体进行受力分析并绘制受力图。

§ 1-1 静力学的基本概念

一、刚体的概念

在工程实际中，任何物体在力的作用下，都会产生不同程度的变形，但通常变形是非常微小的。这些微小的变形，对研究物体的平衡问题不起主要作用，因此，为了简化问题，可以近似地认为这些物体在受力状态下是不变形的刚体。刚体是指在力作用下不发生变形的物体。在静力学中，我们所研究的对象仅限于刚体。因此，静力学又称为刚体静力学。

二、力的概念

力的概念是人们在长期生活和生产实践中逐步形成的。例如：人用手推小车，小车就从静止开始运动；落锤锻压工件时，工件就会产生变形。所以，力是物体与物体之间相互的机

机械作用。由于力的作用，使物体的机械运动发生变化（称为力的外效应），使物体产生变形（称为力的内效应。）

由于静力学以刚体作为研究对象，故本课程只研究力的外效应，力的内效应将在材料力学中研究。

由实践经验可知，力对物体的作用效应，决定于力的**大小、方向和作用点**，通常称为力的**三要素**。当这三个要素中任何一个改变时，力的作用效应就会改变。

既有大小，又有方向的物理量称为矢量。因此，**力是矢量**。

如图 1-1 所示，常用一个带箭头的线段来表示。

线段的长度（按一定的比例）表示力 F 的大小；箭头的指向表示力 F 的方向；线段的起点（或终点）表示力 F 的作用点；通过力的作用点沿力的方向的直线称为 F 的作用线。

力的矢量用黑体字或字母上加一横来表示，如 $\mathbf{F}$ 或 $\overline{F}$ ，而力的大小用普通字母表示，如 F 。

力的国际制单位是牛顿 (N) 或千牛顿 (kN)。

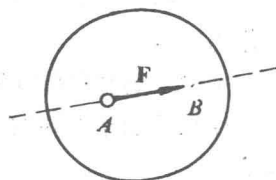


图 1-1

§ 1-2 静力学公理

静力学公理是人们在长期生活和生产实践经验中总结出来的基本力学规律。这些公理无需证明而被大家所公认，它们是研究静力学的基础。

公理一 二力平衡公理

刚体仅受两力作用而平衡的充分必要条件是：两个力大小相等，方向相反，并作用在同一直线上，即 $F_1 = -F_2$ ，如图 1-2 所示。

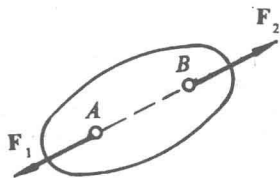


图 1-2

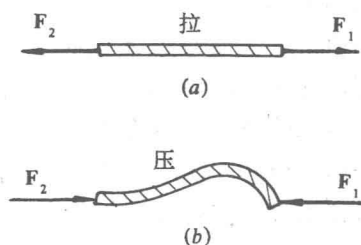


图 1-3

这个公理说明了一个刚体受两个力作用而平衡时，这两个力所必须满足的条件。对刚体来说，这个条件是必要与充分的。但是，对于非刚体，这个条件是不充分的。如图 1-3 所示，当绳受两个等值，反向且共线的拉力时可以平衡，但当受两个等值，反向且共线的压力时就不能平衡了。

只在两个力作用下处于平衡的构件，称为二力构件。二力构件所受力的特点是：两个力

的作用线必沿其作用点的连线。如图 1-4 (a) 中的三铰钢架中的 BC 构件, 若不计自重, 就可以看成是二力构件。故 B 和 C 两点所受的力 F_B 和 F_C 必定在两力作用点的连线 BC 上。如图 1-4 (b) 所示。

公理二 加减平衡力系公理

在作用于刚体上的已知力系上, 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果。

公理所以成立是因为平衡力系对于物体的平衡或运动状态没有影响, 这个公理主要用来简化力系。

推论 力的可传性原理

作用于刚体上的力, 可以沿其作用线移至刚体内任意一点, 而不改变该力对刚体的作用效果。

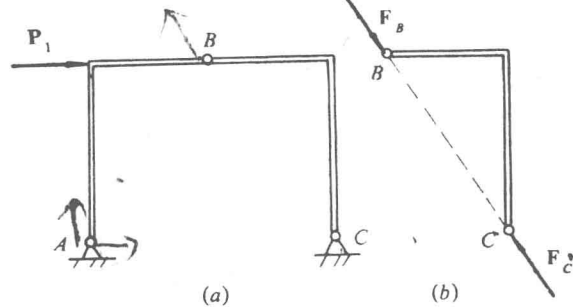


图 1-4

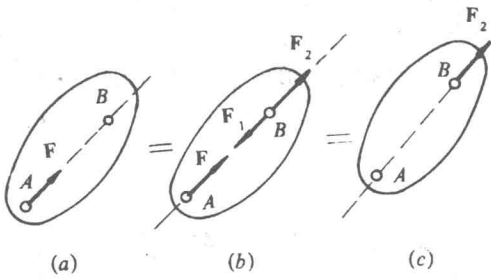


图 1-5

证明 设力 F 作用于刚体上 A 点, 如图 1-5 (a) 所示。在力 F 作用线上任取一点 B , 在 B 点上加一对平衡力 F_1 和 F_2 , 使 $F_2 = F = -F_1$, 如图 1-5 (b) 所示。则由公理二可知刚体的运动状态不变。由于力 F 和 F_1 也是一个平衡力系, 根据公理二可以去掉。于是就只剩下作用于 B 点的一个力 F_2 , 如图 1-5 (c) 所示。而力 $F_2 = F$, 只不过力作用点已沿力 F 的作用线移到了 B 点。

如图 1-6 所示, 人在车后 A 点推车与在车前 B 点拉车的效果是一样的。

由此可见, 对于刚体来说, 力的作用点已不是决定力的作用效果的要素, 它已为作用线所代替。因此, 作用于刚体上的力的三要素是: 力的大小、方向和作用线。

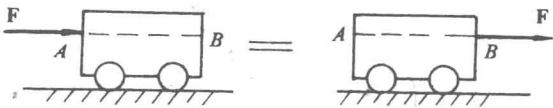


图 1-6

必须指出, 力的可传性原理只适用于刚体, 而不适用于变形体。如图 1-7 (a) 所示, 变形杆 AB , 受到等值、反向、共线的拉力作用时, 杆被拉长; 如果把这两个力沿其作用线分别移到杆的另一端, 如图 1-7 (b) 所示, 此时杆就被压短。

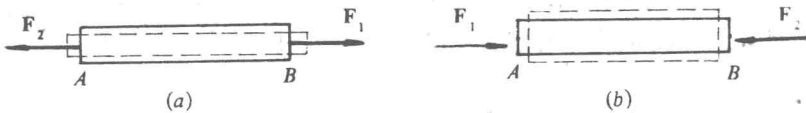


图 1-7

公理三 力的平行四边形法则

作用于物体上同一点的两个力，可以合成为一个合力。合力的作用点仍在该点，合力的大小和方向由两力为边所构成的平行四边形的对角线来表示，如图 1-8 (a) 所示。其矢量式为

$$\mathbf{R} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$$

即合力等于两个分力的矢量和。合力 $\mathbf{R}$ 的大小不仅与两分力大小有关，而且还与二分力方向有关。它是研究复杂力系的基础。

根据公理三求合力时，通常只须画出半个平行四边形就可以了。如图 1-8(b) 所示，从 A 点开始画矢量 $\mathbf{AB} = \mathbf{F}_1$ ，从 B 点再画矢量 $\mathbf{BC} = \mathbf{F}_2$ 。连接起点 A 与终点 C ，矢量 $\mathbf{AC}$ 即为合力 $\mathbf{R}$ 。这种求合力的方法称为力三角形法则。

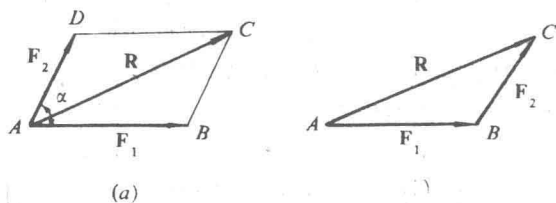


图 1-8

应该指出，力的这一性质无论对刚体或变形体都是适用的。但对于刚体来说，并不要求两力的作用点相同，只要作用于刚体上的两个力的作用线能相交，就可利用力的可传性原理，分别把两力的作用点沿其作用线移到交点上，然后再应用力的平行四边形法则求出合力，如图 1-9 所示。

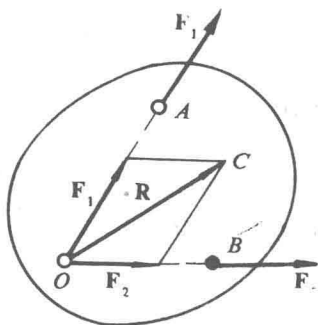


图 1-9

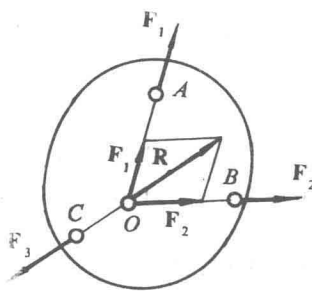


图 1-10

推论 三力平衡汇交定理

若刚体受到同平面内的三个互不平行的力的作用而平衡时，则该三个力的作用线必汇交于一点，如图 1-10 所示。

证明：设在同一平面内有三个互不平行的力 $\mathbf{F}_1$ 、 $\mathbf{F}_2$ 和 $\mathbf{F}_3$ 分别作用于刚体上的 A 、 B 、 C 三点，且处于平衡。根据力的可传性原理，可将力 $\mathbf{F}_1$ 和 $\mathbf{F}_2$ 沿其作用线移至它们的交点 O 。根据公理三可合成为一合力 $\mathbf{R}$ ， $\mathbf{R} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$ 。这样，刚体就可看成只受两个力 $\mathbf{R}$ 和 $\mathbf{F}_3$ 作用下处于平衡。根据公理一可知 $\mathbf{R}$ 和 $\mathbf{F}_3$ 必共线，或者说，力 $\mathbf{F}_3$ 必通过 $\mathbf{F}_1$ 和 $\mathbf{F}_2$ 的交点 O ，即三力作用线必汇交于一点。

公理四 作用与反作用公理

当一个物体对另一个物体有作用力时，必然同时引起另一个物体对它的反作用力，此作

用力与反作用力大小相等、方向相反、作用线相同，但分别作用在两个相互作用的物体上。

这个公理表明，力总是成对出现的，有作用力必有一反作用力。这是分析物体之间相互作用力的一条重要规律。此公理无论对刚体或变形体都适用。

必须强调指出，虽然作用力与反作用力等值、反向、共线，但分别作用在两个不同的物体上。因此，作用力与反作用力不是一对平衡力，这与公理一有本质的区别。熟练地掌握公理四，对于正确地分析物体体系的受力情况有着重要的作用。

例 1-1 如图 1-11 (a) 所示，一重物用绳吊在天花板上，其重力为 G 。试分析天花板、绳（重量略去不计）和重物所受的力及各力之间的关系。

解 如图 1-11(b) 所示，重物受到重力 G （即地球的引力）和绳对重物作用一向上的拉力 T_A ，其作用点为 A 。它们是一对平衡力；绳子的 A 端受到重物向下的拉力 T'_A ， B 端受到天花板向上的拉力 T_B 。它们也是一对平衡力；天花板上的 B 点受到绳向下的拉力 T'_B 。不难看出， T_A 、 T'_A 是分别作用在重物和绳子上的作用力和反作用力， T_B 和 T'_B 是分别作用在绳子和天花板上的作用力和反作用力， G 的反作用力是重物对地球的引力 G' ，此力作用在地球中心（图上未画出）。

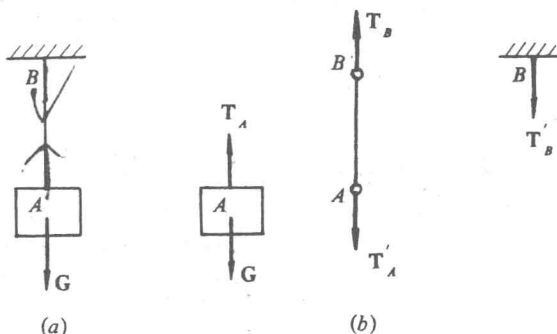


图 1-11

§ 1-3 约束与约束反力

静力学研究的基本问题之一是刚体在力系作用下的平衡条件。因此，首先要对研究对象进行受力分析，画出受力图。为此，要引入约束与约束反力的概念。

一、约束与约束反力

在力学中通常把物体分成两类：一类物体在空间能作任意运动，它们的位移不受任何限制，称为**自由体**，例如在空中飞行的飞机或人造卫星等。另一类物体总是以一定的形式与周围物体互相联系与制约，它们的位移要受到某种限制，称为**非自由体**，例如房间里用绳悬挂的灯在力的作用下可以向上或前、后、左、右移动，但是它不能向下移动。又如传动轴由于受到轴承的限制，只能绕轴线转动。

这种对非自由体的某些位移起限制作用的周围物体称为**约束**。如绳子就是灯的约束，轴承就是传动轴的约束。

约束能限制物体的某些运动，所以约束有力作用于物体，这种约束对物体的作用力称为**约束反作用力**，简称**约束反力**。

于是，我们将物体所受的力分为两类。一类是能使物体产生运动或有运动趋势的力，称为**主动力**；另一类则是**约束反力**，它是由主动力引起的，故它是一种**被动力**。

在静力学中，主动力的方向和大小往往是已知的，而约束反力是未知力。所以，静力分

析的重要任务之一就是确定未知约束反力。

二、约束反力的作用点与方向

约束反力是通过约束与被约束物体之间相互接触而产生，故约束反力的作用点应在约束与被约束物体相互接触之处，它的方向应与约束所能限制的运动方向相反。这是我们确定约束反力方向的准则。而约束反力的大小，将由平衡条件求出。

三、约束类型

工程中约束的种类很多，现根据其特性，归纳为三种基本类型。

1. 柔性约束

这类约束由绳索、链条或皮带等柔性物体构成。由于这类约束只能限制被约束物体沿着约束中心线伸长方向的运动。所以约束反力方向应沿着它的中心线而背离物体，通常用符号 T 表示柔性约束反力。如图 1-12(a) 中绳索 AC 和 BC 中的约束反力是 T_1 和 T_2 如图 1-12(b) 所示。

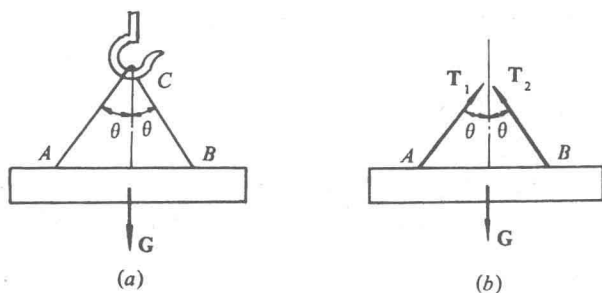


图 1-12

当皮带绕过轮子时，如图 1-13(a) 所示，作用于轮子的约束反力沿轮缘的切线方向，如图 1-13(b) 所示。

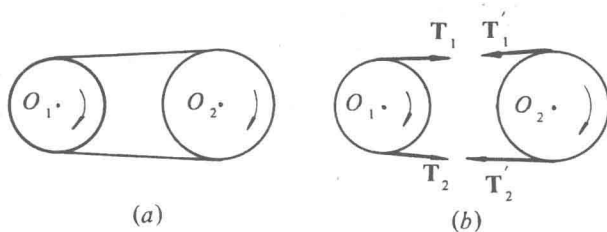


图 1-13

2. 刚性约束(光滑面约束)

由光滑接触面所构成的约束称为刚性约束。

如果两个物体在接触处的摩擦力与其它作用力相比很小时，摩擦力可以忽略不计，这样的接触面为光滑面约束。这时，不论接触面是平面或曲面，都不能限制物体沿接触面切线方