

550372

551

20182

T.1

高等学校试用教材

建筑力学 第一分册

理论力学

重庆建筑工程学院
湖南大学 编



人民教育出版社

成都科学技术大学图书馆

基本馆藏

551
20182
T.1

551
20182
T.1

550372

高等学校试用教材

建筑力学第一分册

理论力学

重庆建筑工程学院编
湖南大学

人民教育出版社

内 容 提 要

这套书是根据一九七七年十一月教育部委托召开的高等学校工科基础课力学教材会议讨论的《建筑力学》教材编写大纲编写的,适用于土建类建筑学、给水排水、采暖通风、建筑材料等专业。全套书共分三个分册:第一分册为理论力学,第二分册为材料力学,第三分册为结构力学。

本书是《建筑力学》的第一分册——理论力学,主要内容包括静力学、运动学和动力学三个部分。

本书除供上述专业作为试用教材外,也可供其他专业或有关工程技术人员参考。

高等学校试用教材
建筑力学第一分册
理 论 力 学
重庆建筑工程学院
湖 南 大 学 编

*
人 民 教 育 出 版 社 出 版
新 华 书 店 北 京 发 行 所 发 行
人 民 教 育 出 版 社 印 刷 厂 印 装

*
开本 787×1092 1/32 印张 14 字数 322,000

1979年1月第1版 1979年7月第1次印刷

印数 00,001-17,000

书号 15012·0115 定价 1.20 元

编者的话

根据一九七七年十一月教育部委托召开的高等学校工科基础课力学教材会议讨论的《建筑力学》编写大纲,湖南大学、哈尔滨建筑工程学院、重庆建筑工程学院三院校为土建类的建筑学、给水排水、采暖通风、建筑材料等专业编写了这套中学时的《建筑力学》教材。全书共分三个分册:第一分册为理论力学,第二分册为材料力学,第三分册为结构力学。为了便于选用,在编写时我们既注意了这三部分内容的相互联系和配合,又保持了各自相对的独立性和理论的系统性。

本书是《建筑力学》的第一分册——理论力学。我们在编写过程中注意做到:以马列主义、毛泽东思想为指导;贯彻理论联系实际的原则;并考虑有关专业的要求,使教材有一定的针对性;内容叙述由浅入深,力求精简,在加强物理概念叙述的同时,略去了某些次要的证明。

由于本书兼顾了几个专业的某些不同要求,因此,全部讲授完本书的内容需80~90学时。采用本教材时,可根据本专业的教学要求,对运动学和动力学两部分的内容酌情取舍。

本书由天津大学和西安冶金建筑学院主审,参加审稿会的还有北京工业大学、武汉建筑材料工业学院、南京工学院、北京建筑工程学院等院校。清华大学、同济大学等校还对本教材提出了宝贵的书面意见。

参加本书编写工作的有:湖南大学黎邦隆(第一、三章),彭绍佩(第二、四章),重庆建筑工程学院周光坝(第五、七章),王云祜(第六章),孟怀江(第八、十一、十二、十三章),胡楚雄(第九、十章)。由于编者水平有限,缺点和错误必定不少,希望使用本书的同志批评指正。

编者

一九七八年十二月

序 言

理论力学是研究物体机械运动一般规律的科学。所谓机械运动是指物体在空间的位置随时间的变化。物体的平衡状态是机械运动的特殊形式，静止是平衡最常见的情况。所以理论力学也研究物体的平衡问题。但是，在宇宙中没有绝对的平衡，“一切平衡都是相对的和暂时的”。

理论力学所研究的内容，是以伽利略和牛顿所总结的基本定律为基础的，是属于古典力学的范畴。由于近代物理学的重大发展，产生了相对论力学和量子力学。相对论力学建立了物质与时间、空间以及质量与能量间的联系，量子力学揭示了微观粒子的运动规律。这就指出了古典力学的局限性：不适用于速度接近光速的物体的运动，也不适用于微观粒子的运动。但是，古典力学并未失去其重要意义，古典力学对于一般的工程技术问题仍保持着独有的实用性，并且具有足够的准确度，而且新的力学分支的诞生和发展也是以它为基础的，所以古典力学仍有其强大的生命力。

理论力学的内容分静力学、运动学和动力学三个部分。静力学研究物体平衡时作用力之间的关系；运动学研究物体运动的几何性质并不涉及到力的作用；动力学研究普遍的情况，即研究物体的运动与作用力之间的关系。

目 录

编者的话	1	序言	2
------	---	----	---

第一篇 静力学

第一章 基本知识 物体的受力分析	2	§ 3-3 力偶 力偶矩	35
§ 1-1 基本概念	2	§ 3-4 力向一点的平移	37
§ 1-2 力的平行四边形法则	4	§ 3-5 平面一般力系向已知点简化 主矢量和主矩	38
§ 1-3 约束与约束反力	5	§ 3-6 平面一般力系的平衡条件	41
§ 1-4 物体的受力分析 受力图	11	§ 3-7 物体系统的平衡问题	49
习题	17	§ 3-8 滑动摩擦	54
第二章 平面汇交力系	20	习题	59
§ 2-1 平面汇交力系合成的图解法	20	第四章 空间力系	65
§ 2-2 平面汇交力系平衡的图解条件	22	§ 4-1 力在空间直角坐标轴上的投影	65
§ 2-3 平面汇交力系合成的解析法	25	§ 4-2 空间汇交力系的平衡条件	66
§ 2-4 平面汇交力系平衡的解析条件 平衡方程	27	§ 4-3 力对轴之矩	68
习题	30	§ 4-4 力对点之矩的矢量表示 力对点之矩与 力对轴之矩的关系	69
第三章 平面一般力系	33	§ 4-5 空间一般力系的平衡方程	70
§ 3-1 工程中可简化为平面力系的问题	33	§ 4-6 物体的重心	73
§ 3-2 力对点之矩	34	习题	80

第二篇 运动学

第五章 点的运动学	84	§ 6-4 定轴轮系的传动	111
§ 5-1 运动的相对性 参考坐标系	84	§ 6-5 角速度矢量与角加速度矢量 以矢积表示 转动刚体上点的速度和加速度	113
§ 5-2 用自然法研究点的曲线运动	85	习题	115
§ 5-3 用直角坐标法研究点的曲线运动	92	第七章 复合运动	117
§ 5-4 点的简谐运动	99	§ 7-1 绝对运动、相对运动和牵连运动	117
习题	102	§ 7-2 速度合成定理	118
第六章 刚体的基本运动	105	§ 7-3 牵连运动为平动时的加速度合成定理	123
§ 6-1 刚体的平动	105	§ 7-4 刚体的平面运动及其分解	126
§ 6-2 刚体绕定轴转动	106	习题	131
§ 6-3 转动刚体上各点的速度和加速度	108		

第三篇 动力学

第八章 动力学基本方程	137	§ 8-3 质点运动的微分方程	139
§ 8-1 动力学基本定律	137	§ 8-4 质点动力学第一类问题	140
§ 8-2 力和质量的单位	138	§ 8-5 质点动力学第二类问题	142

习题.....	145	§ 11-4 刚体运动时的动能.....	183
第九章 动量定理	148	§ 11-5 功率.....	186
§ 9-1 质点系 内力和外力.....	148	§ 11-6 势力场.....	187
§ 9-2 质点和质点系的动量定理.....	149	§ 11-7 势能.....	189
§ 9-3 动量定理在流体中的应用.....	151	§ 11-8 机械能量守恒定律.....	190
§ 9-4 质心运动定理.....	153	习题.....	192
习题.....	157	第十二章 动静法	195
第十章 动量矩定理	160	§ 12-1 惯性力的概念.....	195
§ 10-1 质点动量矩定理.....	160	§ 12-2 达朗伯原理.....	195
§ 10-2 质点系动量矩定理.....	163	§ 12-3 惯性力系的简化.....	198
§ 10-3 动量矩定理在流体中的应用.....	164	习题.....	203
§ 10-4 刚体的定轴转动微分方程.....	165	第十三章 单自由度体系的振动	205
§ 10-5 转动惯量.....	167	§ 13-1 单自由度体系.....	205
习题.....	173	§ 13-2 单自由度体系的自由振动.....	206
第十一章 动能定理	176	§ 13-3 单自由度体系的阻尼振动.....	209
§ 11-1 力的功.....	176	§ 13-4 单自由度体系的强迫振动.....	211
§ 11-2 质点动能定理.....	179	习题.....	216
§ 11-3 质点系动能定理.....	181		

第一篇 静力学

静力学研究物体在力的作用下平衡的基本规律。静止是平衡最常见的情况，物体作匀速直线运动也是平衡的一种情况。当然，平衡是暂时的、相对的，一般都是对地球来说的。静力学的规律是研究较为复杂的平衡问题(例如材料力学和结构力学里研究的平衡问题)的基础。即使是动力学问题，在一定的条件下，也可以应用静力学的方法来解决。

本课程所讲的静力学，只限于刚体静力学。刚体静力学主要研究刚体的平衡问题。为了便于求得各种力系对于物体作用的总效应和力系的平衡条件，需将作用于刚体上的力系进行简化。所以，静力学研究的基本问题是：

- (1) 各种力系的简化方法；
- (2) 各种力系的平衡条件。

第一章 基本知识 物体的受力分析

§1-1 基本概念

人们对客观事物的概念,都是在反复的社会实践的基础上逐步形成的,认识力的概念也是这样。力的概念最初是人们在推、拉、举、掷某一物体时,由于筋肉的紧张、收缩感觉而产生的。随着生产的发展,人们对实际事物无数次的观察和经验积累,逐步认识到:物体机械运动状态的改变(包括变形),都是由于其他物体对该物体施加了机械作用的结果,从而对力有了初步认识。后来进一步认识到,力是物体间相互的机械作用,其结果是使物体的机械运动状态发生改变。由此可见,力不能离开物体而存在,而且总是成对出现的。

力对受力物体的作用效果有两个方面,一是使受力物体的运动(以后提到“运动”一词时都是指机械运动)状态发生改变,二是使受力物体发生变形。前者叫做力的外效应或运动效应,后者叫做力的内效应或变形效应。在理论力学里只研究力的外效应,在材料力学和结构力学里才研究力的内效应问题。

前面提到的所谓刚体是这样一种物体,在外力作用下,其形状和大小始终保持不变。即刚体是永不变形的固体。一般的固体,例如房屋的各个部分或机器的各个零、部件,受力后都将发生变形。但是这种变形通常都非常小,在一般情况下用肉眼是很难观察到的。研究物体的平衡问题和一般的机械运动,只考虑力的外效应而进行各种力学计算时,由于忽略这种微小变形的影响而引起的误差是非常小的,而这样做却可使计算大为简化,因此对于一般的固体,在进行力的外效应计算时,都不考虑它们受力后所发生的微小变形,而把它们看作是不变形的刚体。这样做是抓住了矛盾的主要方面,暂时忽略了次要因素,是符合客观实际的科学的抽象方法。在考虑力的内效应时,变形转化为必须考虑的主要因素,但是即使是这些问题中,在进行某些计算时仍须把所分析的对象当作刚体。在静力学中,除了绳索、皮带等明显的变形体外,其余的物体都看作是刚体。虽然在静力学里只研究作用在刚体上的力系的简化和平衡的问题,但是,只要变形体受力后是平衡的,仍可对它们应用刚体平衡的规律,因为刚体的平衡条件对于变形体的平衡也是必要的。

从物理学中我们已经知道,力对物体的作用效果决定于它的大小、方向和作用点三个要素。前面已经说过,力是物体间相互的机械作用。这种作用的强弱和方向,由力的大小和方向来表示;力对物体作用的范围相对于物体为很小时,便可抽象成为一点,此点即为力的作用点。力作用时所顺沿的直线,叫做力的作用线。

如果一个物理量除了须考虑它的大小外,还须考虑它的方向,例如力,这个物理量就须用矢量(或者叫做向量)来表示。作图时,矢量是用带箭头的直线段来表示的,线段的长度(按所定的比例尺)表示矢量的大小,倾斜度表示矢量的方位,箭头所指则表示矢量的指向,方位与指向合起来就是方向。对于力,我们还用这线段的始端(箭尾)或末端(箭头)表示这力的作用点。如果不

是用图解法求解问题,矢量的大小就可不按比例尺作出。

与矢量不同,有些物理量只须考虑其数值而没有什么方向可言,例如体积、面积、时间、长度等,叫做标量。为了把矢量与标量区别开来,通常用黑体字母如 F 、 P 、 U 表示矢量,而以普通字母 f 、 p 、 u 等表示这些矢量的大小。有时为了书写方便,可在普通字母上加一短划或一箭头来表示矢量。

在本书里一律采用国际单位制,力的单位为牛顿或千牛顿,1千牛顿=1000牛顿。牛顿的代号是“牛”或“N”,千牛顿的代号是“千牛”或“kN”。牛顿这个单位的意义已在物理学里讲过,本书在动力学里还将讲到这个问题。

当力作用在刚体上时,如果将它沿其作用线移动,保持它的大小、方向和作用线不变,只改变作用点,则它的外效应是不变的。例如把推车的一个力改为大小、方向和作用线都相同的一个拉力,则这两个力分别使车运动的效果显然一样。力的这种性质叫做可传性。在这种情况下,力的三要素可改为大小、方向和作用线。不过,把力沿它的作用线移动,这只是我们分析力学问题的一种方法,在实际问题中,力的作用位置总是确定的,它不会在力的作用线上任意改变。力的可传性不能用于研究力的内效应,也不适用于变形体。

所谓力系,就是作用在所考察的物体上的一组力。恩格斯说:“绝对的静止、无条件的平衡是不存在的。”静止总是相对的,平衡总是有条件的。作用在物体上的力系只有满足一定的条件,才能使物体平衡。可见当物体处在平衡状态时,作用在它上面的力系必定满足这些条件。根据这些条件,就可以从力系中的已知力求得未知力。例如当一个物体受到两个力的作用时,这两力必须大小相等,方向相反,作用线相同,才有可能使该物体平衡。所以等值、反向、共线是二力平衡的必要条件。如果受力物体不是象绳子等很易变形的物体,而是变形微小、可以看作刚体的一般固体,则这两力只须满足这些条件,受力物体就必定平衡。所以,这些条件也是二力平衡的充分条件。

力既是物体间的相互的机械作用,当甲物体给乙物体一个作用力时,乙物体必同时给甲物体一个反作用力。实践证明,作用力与反作用力总是大小相等,方向相反,沿同一直线而分别作用在这两个物体上。这就是作用与反作用定律。这个定律在物理学里已讨论过了,但是在具体问题里要能正确地判断哪两个力之间是作用与反作用的关系,初学时却并不是很容易的。如图 1-1 所示,汽车用力 T 向前拉挂车,挂车与此同时以与力 T 等值、反向、共线的反作用力 T' 作用在汽车上。挂车的前轮和后轮对地面有压力(图中未画出),地面分别以反作用力 N_1 和 N_2 作用在前轮和后轮上。挂车在重心 C 处作用有重力 W ,这是地球对挂车的作用力,同时挂车给地球一个

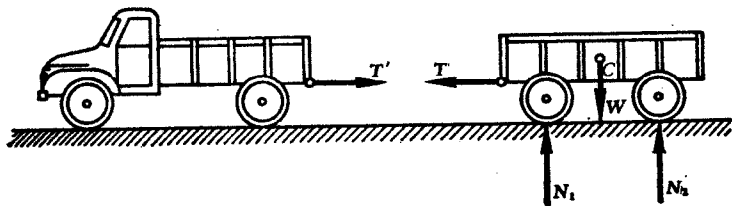


图 1-1

反作用力(图中未画出)。这里所分析的一共有四对作用力与反作用力。

还须再一次指出,作用力与反作用力是分别作用在不同的物体上的,所以它们虽是等值、反向、共线的两个力,却并不互相平衡。

作用与反作用定律不但适用于平衡的物体,而且也适用于动力学问题。在静力学里,它对于解决物体系统的平衡问题很重要。

§ 1-2 力的平行四边形法则

从物理学知道,可将作用在物体上同一点的两个力合成为一个合力,合力也作用在该点上,并由以这两力为边的平行四边形的对角线表示。这个规律叫做力的平行四边形法则,所画出的四边形叫做力平行四边形。从力的可传性知道,作用在刚体上的两个力,虽然不作用在同一点,但是如果它们的作用线交于一点,就可先把它们各自沿作用线移到都作用在这一点上,然后按平行四边形法则求出它们的合力。例如图 1-2a 中作用在小车上的拉力 F_1 与 F_2 ,可以合成为合力 R (图 1-2b),合力的大小可从图中量出其矢量的长度后,按所定的比例尺求得,方向可用量角器量出。也可大致画出力平行四边形,然后用求解直角三角形或任意三角形的方法求出合力的大小和方向。

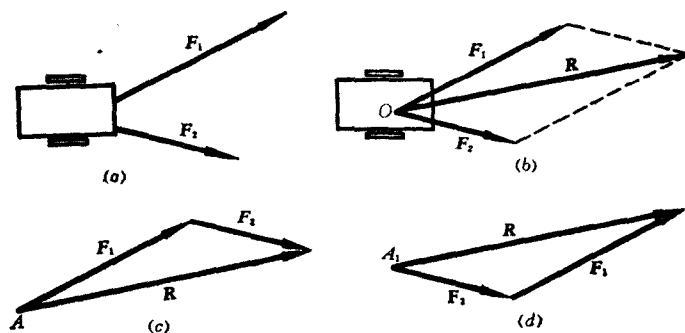


图 1-2

平行四边形具有对边平行且相等的性质,所以,为了作图方便,求两个汇交力的合力时可不作出整个平行四边形,而只要以这两个力矢量为边,从任意点 A 或 A_1 开始,作出平行四边形的两个三角形中的任意一个,如图 1-2c 或 d,也可求得合力 R 。这种求合力的作图法叫做力的三角形法则,所作出的三角形叫做力三角形。应当注意,在图 1-2 中合力仍作用在图 b 的 O 点,或者它的作用线通过 O 点,而不是作用在图 c 中的 A 点或图 d 中的 A_1 点。

两个汇交力可合成为一个合力,反过来,一个力也可分解为两个汇交力。但是由于以这个力为对角线可以作出任意多个平行四边形,所以如果不附加有什么条件,一个力就可以分解为任意多组分力。一定要有附加条件(例如已知两个分力的方向,或已知一个分力的方向和大小等),才能分解得到一种确定的结果。在实际问题中,常见的是根据问题的性质把一个已知力向两个确定

的方向分解,得到两个确定的分力。例如汽车在坡路上时(图 1-3),作用在它重心的重力 W 可分解为垂直于路面的分力 P_1 与平行于路面的分力 P_2 ,前者等于汽车对路面的压力,后者是使汽车沿坡面后退的力。这两个分力的大小分别是:

$$P_1 = W \cos \theta$$

$$P_2 = W \sin \theta$$

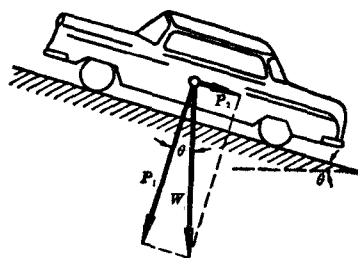


图 1-3

§ 1-3 约束与约束反力

工程结构物、机器以及组成它们的构件,不管对地面是静止的还是运动的,一般都受到其他物体的阻碍、限制而不能任意运动。例如房屋、桥梁等受到地面的限制(支承)而在风力和各种载重等的作用下不致任意运动,而屋架受到柱子或墙的限制,柱、墙又受到基础的限制。一切建筑物如果不受到某种限制,便不能承受各种载重,满足各种需要。机器的各个构件不按照适当的方式互相联系,从而受到限制,就不能恰当地传递运动,实现生产上所需要的运动形式。

对所考察的物体的运动起限制作用的其他物体,叫做这个被考察物体的约束。例如房屋的基础是柱子和墙的约束,柱子和墙又是屋架的约束,等等。

约束物体为什么能限制被约束的物体,使它不能向被约束的方向运动?这是由于后者在主动动力作用下有发生这种运动的趋势时,前者就有反作用力作用在它上面,阻碍它发生这种运动。例如桌面的反作用力,使桌上的杯子不致因地球吸引而跌落。约束物体对被约束物体的反作用力,叫做约束反作用力,简称为约束反力或约束力。与约束反力对立统一的是主动动力。主动动力是主动地使被约束物体运动或具有运动趋势的力。例如物体所受的重力,以及房屋、水塔、机器等所受的风压力、水压力、气压力等,都是主动动力。工程结构物、机器等所承受的主动动力(重力、风力、水压力等),称为荷载。

工程结构物、机器以及组成它们的构件,一般都同时受到主动动力和约束反力的作用。对它们进行力学计算时,必须同时分析这两方面的力。在这两种力当中,主动动力一般是已知的,约束反力是未知的,所以问题的关键在于能否正确地分析约束反力。在静力学中,约束反力的大小须根据主动动力的情况由平衡条件来确定;至于约束反力的方向,则总是与被约束物体受到阻碍的运动方向相反,这是一切约束反力的共性。但是不同类型的约束,由于它们的具体情况不同,它们的约束反力的方向却各有不同的特点。力对物体的作用决定于它的三要素,可见按照各类约束的具体情况来分析它们反力的方向,是正确解决力学问题的关键之一。下面我们就工程上常见的几种基本的约束类型研究这个问题。

一、柔性绳索、皮带、链条等约束

从实践经验极易知道,柔性绳索、皮带、链条等对被约束物体的反力是沿着绳、带、链的本身,并且只能是拉力。这种反力通常以符号 T 表示。图 1-4 的独脚木桅杆起重装置和图 1-5 的皮带

轮中有这种约束的例子。

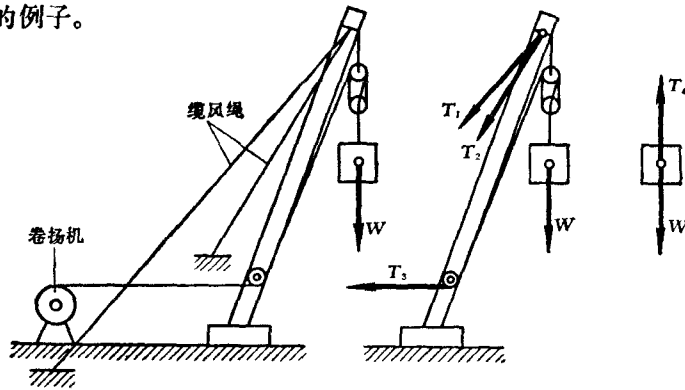


图 1-4

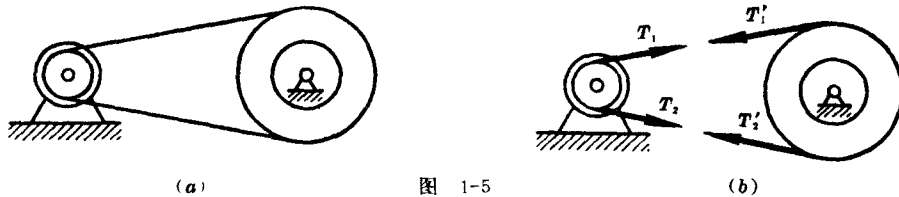


图 1-5

二、光滑面约束

这是指约束与被约束物体接触的表面光滑到可以不用考虑摩擦的情况。图 1-6a 的曲柄连杆机构中滑槽对滑块 C 的约束，可以作为这种约束的例子。由于滑槽与滑块的接触面比较光滑而且经过润滑，所以可以看作是光滑面约束。在这种约束下，物体（如图 1-6a 中的滑块）在被约束处可沿接触面的切线方向运动而不受阻碍，只有沿两物体接触处的公法线方向而且朝向约束物体（如图 1-6a 中的滑槽）运动才受到限制，可见这种约束的反力垂直于接触面，指向被约束的物体。这种反力通常以符号 N 表示。顺便指出，在图 1-6a 中由于滑槽在两面都能把滑块约束，所以反力 N 也可能是滑槽的上边接触平面给予滑块的，在这种情况下，反力 N 与图 1-6b 所示的指向相反。如果事先对这一点不能肯定，则反力 N 的指向可以假设，最后可由平衡条件确定。在图 1-6b 中， R 是连杆 BC 作用在滑块上的力， P 是气体压力。

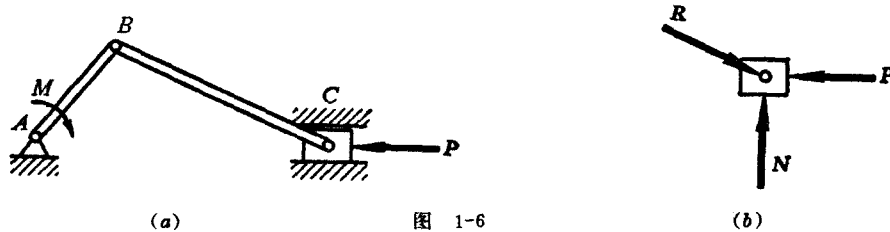


图 1-6

光滑面的约束还可举出两个齿轮啮合处的约束（图 1-7）作为例子。相互啮合的轮齿是在一条线上接触，而图 1-6a 中的滑槽与滑块的接触处则是一个平面。不管是哪一种情形，约束反力都是沿接触处的公法线而指向被约束的物体。在接触表面是平面的情况下，或者虽然是曲面，但是接触点能预先知道，从而接触处的公法线也就可以预先确定的情况下，这种反力的方向是可以预先确定的。因为齿轮啮合点的公法线方向是知道的，所以图 1-7 中力 N 和 N' 的方向也可以预

先确定。

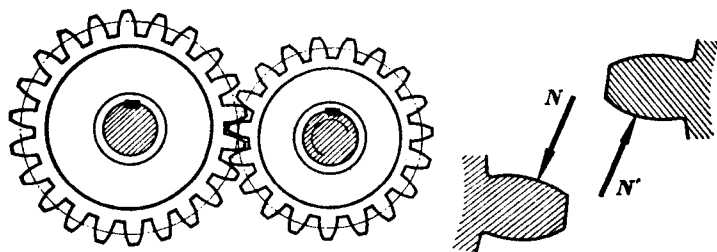


图 1-7

当被约束物体没有沿公切线方向运动的趋势,而只有沿公法线方向运动的趋势时,即使接触面不是光滑的,也只沿公法线方向有约束反力。例如图 1-8 的闸门,因为它只可能绕 A 端转动,所以在水压力作用下,它的 B 端只有沿公法线向固定支持面运动的趋势,因而它在 B 端只受有固定支持面沿公法线方向的反力 N 。又如静止在水平地面上的管子,地面虽然不是光滑的,对管子也只有铅垂方向的反力 N (图 1-9)。停在水平道路上的车子,路面对车轮的反力也是这样。

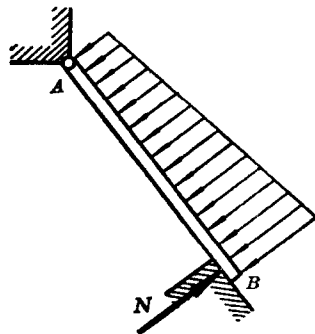


图 1-8

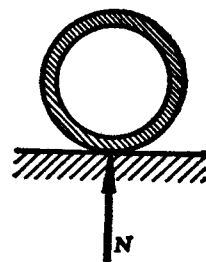


图 1-9

三、光滑圆柱形铰链约束

圆柱形铰链(简称圆柱铰)是连接两个构件的圆柱体零件,普通叫做销钉。例如图 1-6 a 中的曲柄 AB 与连杆 BC 之间,连杆与滑块之间,都用圆柱铰连接。在铰链的约束下,构件只能绕铰链的轴线转动,而不能发生垂直于该轴线的任何相对移动。这种约束只能用于平面机构或结构,即构件不会平行于铰链轴线移动的情况,在工程上应用很广。在铰链与构件的接触面(是圆柱面)足够光滑,可以不考虑摩擦力的情况下,这属于光滑面约束,因而约束反力垂直于接触面,通过铰链截面的圆心。但是由于构件在垂直于铰链轴线的任何方向移动都受到约束,所以它与铰链的接触点(其实是平行于铰链轴线的一根线段)一般不能预先知道,因此铰链的约束反力虽然通过铰链截面的圆心,方向却一般不能预先确定。由此可见,这种约束反力的大小和方向一般都是未知的,只知道它的作用线通过铰链截面的圆心。图 1-10a 表示的是内燃机中用活塞销连接连杆与活塞的示意图,图中表示活塞销与活塞是在左上方接触,前者对后者的反力 N 作用于该接触点,作用线通过圆孔中心 C 。但是由于这接触点一般都不能事先确定,所以这反力 N 的大小、方向一般都是未知的。在进行计算时,为了方便,一般都把铰链的反力 N 用沿坐标轴方向且作用在铰链截面的圆心处的两个分力代替,如图 1-10b 中的 x_c 、 y_c (或记为 R_x 、 R_y)。通常习惯于把

这两个分反力假定是分别沿 x 、 y 坐标轴的正向 (图 1-10c)。当计算得到负值时, 表示该分反力实际上是沿对应坐标轴的负向。

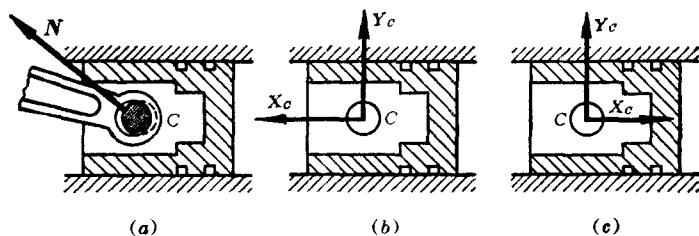


图 1-10

光滑圆柱铰的反力方向一般不能事先确定, 原因是它与被约束物体的接触点一般不能事先知道, 因而公法线的方向一般也就不能事先知道。但是这种情形在一定的条件下可以转化。例如在图 1-6 中, 当各构件的自重远比机构所受的其他各力小很多, 可以忽略不计时, 连杆 BC 只是在两端与铰链 B 、 C 接触处受到这两个铰链所加的力作用。当连杆平衡时, 根据二力平衡条件, 铰链 B 、 C 作用在连杆上的力必定等值、反向、共线, 即它们必定沿这两个铰链截面圆心的连线。这两力可能是拉力, 也可能是压力, 如图 1-11 所示。实际的指向, 一般须通过解题才能确定。

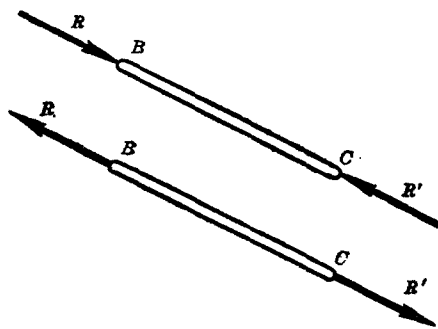


图 1-11

当构件只在两点各受一个力作用而平衡时, 像图 1-6 的连杆 BC 那样, 则无论这构件是什么形状的, 力的作用点也不一定是在两端, 都可根据二力平衡条件确定: 这两个力作用点的连线就是这两个力的作用线。这样的构件, 叫做二力构件。当它是一根杆子时, 我们就把它叫做二力杆。两端受铰链约束且自重不计, 只在两端铰链处受力的杆件, 都是二力杆。二力杆以后常会遇到, 我们要熟练地掌握它的受力特点。

当用圆柱铰连接几根杆件时, 连接处叫做铰结点。例如图 1-6a 中的 B 点以及图 2-1 中的 A 、 B 、 C 、 D 、... 等点都是铰结点。

四、固定铰链支座和可动铰链支座 轴承

把结构物或构件支承在墙、柱、桥墩、机器的机身等固定支持物上面的装置, 叫做支座。用光滑圆柱铰把结构物或构件与支座底板连接, 并把底板固定在支承物体上而构成的支座, 叫做固定铰链支座, 简称为固定铰支座。图 1-12a 和 b 是这种支座构造的示意图, 图 1-12c 是计算时所用的简图。在这种支座的约束下, 结构物或构件只能绕铰链轴线转动而不能发生垂直于铰轴的任何移动。这种支座在工程上用得很多。图 1-6 中曲柄 AB 的 A 端就是受这种支座约束。又如由于允许大型桥梁等在受到荷载作用而发生变形时, 能略微绕梁端转动, 在梁的一端也须用这种支座来约束。不过为了避免在构件上挖孔, 削弱构件的承载能力, 通常在构件上装了一个上摇座, 而把上述的底板称为下摇座, 如图 1-13 所示。

固定铰支座是用光滑圆柱铰来约束物体的，它的反力也是通过铰链截面的圆心，方向不能预先定出，通常以两个分别沿 x 和 y 坐标轴正向的分力代替，如图 1-12c 所示。

为了保证构件变形时既能发生微小的转动，也能发生微小的移动，一般采用可动铰链支座。它是把固定铰支座的底板（图 1-13 中是下摇座）搁在几个滚柱上构成的（图 1-14a），它的简图如图 1-14b 所示。由于这种支座只能阻碍构件与圆柱铰连接处沿垂直于固定的支座平面的方向运动，而不能阻止它沿平行于支座平面的方向运动，所以支座对构件的反力 N 垂直于支座平面（图 1-14b），通过铰链截面的圆心。

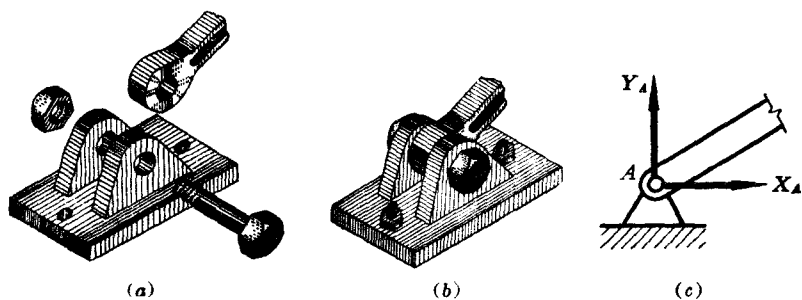


图 1-12

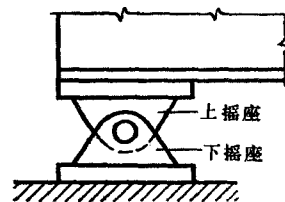
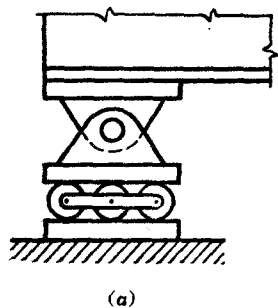
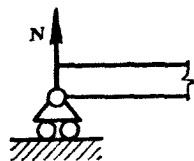


图 1-13

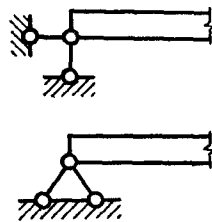
固定铰支座也可以用两根不互相平行的链杆（两端各用圆柱铰连接的二力杆）来代替，如图 1-15a 所示；可动铰支座可用垂直于原支座平面的一根链杆来代替，如图 1-15b 所示。



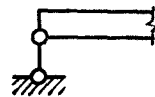
(a)



(b)



(a)



(b)

图 1-14

图 1-15

大型的屋架、桥梁等，都是一端用固定铰支座约束，另一端用可动铰支座约束的。这样的支承方式叫做简支。

机器中广泛采用的滑动轴承（图 1-16a），轴承座是固定的，轴承对轴的约束情况与固定铰对

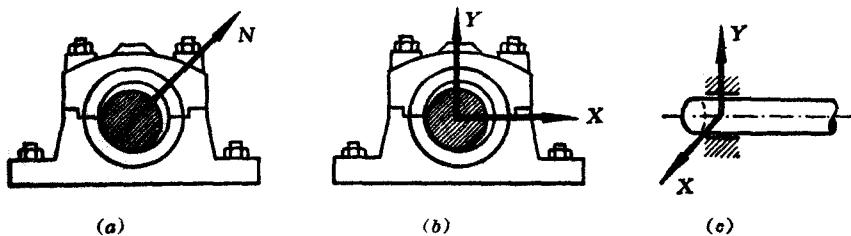


图 1-16

构件的约束情况基本一样，所以轴承对轴的反力的方向一般也不能预先确定，可用分别沿 x 和 y 坐标轴正向的两个分力代替(图 1-16b 和 c)。滚珠或滚柱轴承(图 1-17a)的反力也是这样(图 1-17b)。

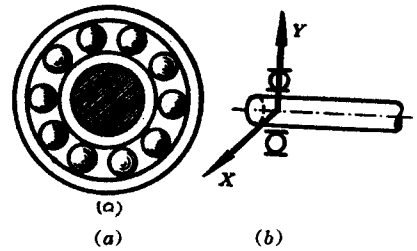


图 1-17

五、固定端支座

房屋的雨篷(图 1-18a)和阳台的挑梁(图 1-18b)压在墙里的一端、管道支架(图 1-18c)埋在地下的一端、厂房中插在杯形基础里的柱子下端(图 1-18d)等所受的约束，叫做**固定端支座**。它的简图如图 1-18e。在位于图面内的荷载作用下，被这种支座约束的物体(如上述的雨篷、挑梁、支柱、柱子等)既不能在图面内沿任何方向移动，也不能绕它被嵌入的一端转动，所以这种支座有沿 x 、 y 坐标轴的两个分反力 X_A 、 Y_A ，还有一个能阻止转动的反力偶，它的力偶矩以 M_A 表示(力偶与力偶矩的概念见 § 3-3)。支座反力的画法如图 1-18e 所示。 X_A 、 Y_A 两分反力习惯上都假设是沿坐标轴的正向， M_A 的旋转方向可任意假设。

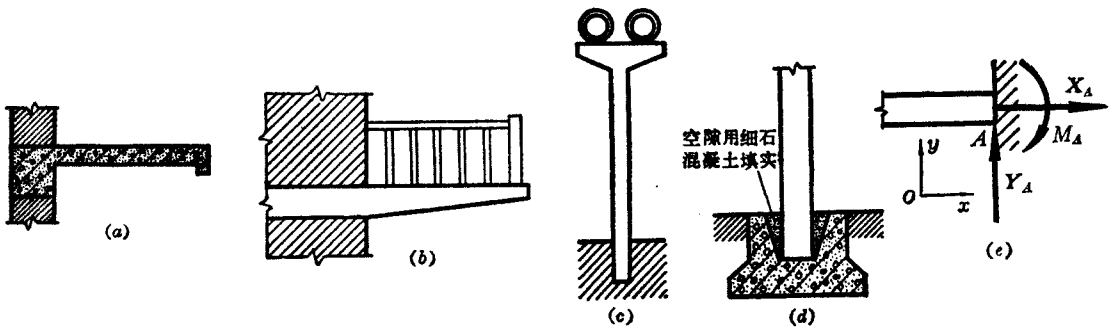


图 1-18

钢筋混凝土整体浇注结构中的结点，例如图 1-19a 所示的多层刚架的边柱和梁的结点，其上下柱与梁之间通常看作是**不能发生相对移动和转动**，各构件之间的夹角保持不变。图 1-19b 是该结点的简图。有些钢结构的结点也是这样。这样的结点叫做**刚结点**。刚结点处的约束与固定端支座的约束相似。

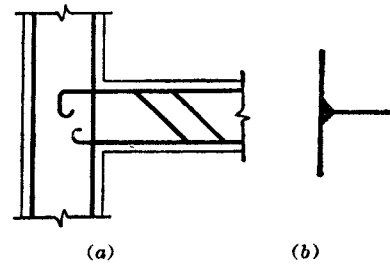


图 1-19

六、固定球铰链支座

这是把被约束构件的球形部分装入固定的球形窝里而构成的约束，前者可在后者里绕球心转动但不能移动，图 1-20 是它的简图。在不计摩擦的情况下，支座反力通过球心，方向则不能预先确定，可以分解为沿 x 、 y 、 z 坐标轴正向的三个未知分力。这种支座使用在空间结构中，例如例 4-4 中起重桅杆 AB 的下端支承就

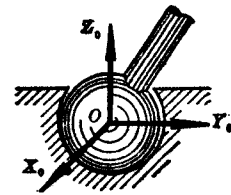


图 1-20