

• 机械动力类各专业通用 •

理论力学

西安交通大学

1975.10

毛主席语录

教育必須为无产阶级政治服务，必須同生产劳动相結合。

无产阶级必須在上层建筑其中包括各个文化領域中对资产阶级实行全面的专政。

学制要縮短。課程設置要精簡。教材要彻底改革，有的首先删繁就簡。

理論的基础是实践，又轉过来为实践服务。

把精力集中在培养分析問題和解决問題的能力上。

前 言

经过轰轰烈烈的无产阶级文化大革命的战斗洗礼，遵照毛主席“教材要彻底改革；有的首先删繁就简”的教导，近二年来教研室教师进行了大学习、大批判，在下工厂农村和下专业初步了解生产实际和熟悉专业的基础上，编写了这本机械、动力类各专业通用的理论力学新教材试用本。随着我国社会主义革命和建设事业的飞速发展，三大革命运动不断向力学提出了许多急待解决的新课题。我们认为理论力学课程对于机械、动力类各专业是一门重要的技术基础课。它的任务是：根据专业培养目标，培养学员正确分析受力和正确分析机械运动的能力；对于工程上通常遇到的力学现象和问题具有定性分析和必要的定量计算能力；本课程也为学习后续的有关力学课程和专业课程打下必要的基础。

我们在编写教材时，力求做到以下几点：

(1) 注意加强教材的思想性。我们在内容的阐述上，主观上力求用马列主义、毛泽东思想统率教材，用辩证唯物主义的认识论和方法论，培养学员分析问题和解决问题的能力。

(2) 贯彻理论和实际相统一的原则。我们注意从学员熟悉的生活实际和生产实际问题中引出概念，从感性认识上升到理性认识，既注意直观、形象化地讲授，又注意必要的科学抽象和逻辑推理，努力克服理论脱离实际或者忽视理论的两种片面性。加强工程实例也是理论联系实际的重要方面，本教材中选用的例题，注意尽量有一定的实际意义，以帮助学员掌握理论的应用。

(3) 注意内容的针对性，贯彻“少而精”的原则。根据我校机械、动力类各专业的情况，照顾到知识面适当放宽的要求，本教材较多地联系工程实际中的通用机械，内容的取舍也是以机械、动力类各专业对力学的共性要求为依据的，作为各专业的通用教材使用。注有*号的内容可根据专业需要加以选用。个别专业还需要另外增加的一些内容，可另编有关的补充教材。

本教材在编写过程中，承蒙兄弟院校及有关工厂的同志对教材的初稿提出了不少宝贵的意见，也学习和参考了兄弟院校的新教材，对我们帮助很大，特此表示衷心地感谢。但由于我们政治思想水平低，对毛主席的教育革命思想领会不深，尤其是缺乏对工农兵学员的教学实践经验，因此本教材中肯定还存在不少缺点和错误。对上述的几点原则在教材中还贯彻得不好，特别是理论联系实际、反映我国工农业生产建设的新成就以及工农兵群众的发明创造更嫌不够，对于课程设置和体系的改革等方面我们还没有成熟的看法。我们热情地希望工农兵学员和使用本教材的同志继续提出批评意见。我们愿意虚心学习兄弟院校的先进经验，不断实践，不断改进，为编好无产阶级的新教材继续努力。

目 录

静 力 学

第一章 静力学基本概念

§ 1-1 静力学的任务和基本概念.....	1
§ 1-2 力的基本性质.....	3
§ 1-3 约束和受力图.....	6
本章小结.....	10
第一章 习题.....	16

第二章 平面汇交力系

§ 2-1 平面汇交力系的合成及其平衡条件(几何法).....	13
§ 2-2 力沿直角坐标轴方向的分解和力的投影.....	18
§ 2-3 平面汇交力系的合成及其平衡条件(代数法).....	19
本章小结.....	22
第二章 习题.....	23

第三章 力矩和力偶矩

§ 3-1 力矩的概念.....	26
§ 3-2 合力矩定理.....	28
§ 3-3 力偶和力偶矩.....	30
§ 3-4 力矩的平衡.....	33
§ 3-5 物体重心的确定.....	36

本章小结.....	40
第三章 习题.....	41

第四章 平面任意力系

§4-1 平面任意力系的平衡条件.....	45
§4-2 平面平行力系的平衡条件.....	49
§4-3 固定端约束的约束反力分析.....	51
§4-4 物体系统的平衡 静不定问题概念.....	53
§4-5 解决静力学问题的一般步骤.....	57
* §4-6 平面任意力系向任意点的简化.....	58
本章小结.....	59
第四章 习题.....	60

*第五章 空间力系的平衡

§5-1 力沿空间直角坐标轴方向的分解.....	65
§5-2 力对轴之矩.....	67
§5-3 空间力系的平衡条件.....	70
本章小结.....	76
第五章 习题.....	76

第六章 摩 擦

§6-1 滑动摩擦.....	80
§6-2 摩擦角及自锁.....	86
* §6-3 滚动摩擦.....	90
本章小结.....	91
第六章 习题.....	92

运 动 学

第七章 点的运动

§7-1 运动学的任务和基本概念	95
§7-2 点作直线运动时的速度和加速度	97
§7-3 点作曲线运动时的速度和加速度	101
§7-4 切向加速度和法向加速度	103
§7-5 用直角坐标法研究点的曲线运动	107
本章小结	108
第七章 习题	109

第八章 刚体的基本运动

§8-1 移动	112
§8-2 转动	114
§8-3 定轴轮系的传动比计算	119
本章小结	121
第八章 习题	122

第九章 点的合成运动

§9-1 绝对运动、相对运动、牵连运动	126
§9-2 速度合成定理	127
§9-3 点的合成运动的解题方法	136
本章小结	137
第九章 习题	137

*第十章 刚体的平面运动

§10-1 平面运动的概念	140
§10-2 平面运动分解为移动和转动	141
§10-3 平面运动刚体上各点的速度	143
§10-4 速度瞬心的概念	145
本章小结	148
第十章 习题	148

动 力 学

第十一章 动力学基本方程

§11-1 动力学的任务	151
--------------	-----

§11-2 动力学基本方程	152
*11-3 质心 质心运动定理	160
本章小结	162
第十一章 习题	168

第十二章 转动定理

§12-1 转动定理	166
§12-2 转动惯量	169
§12-3 回转半径 平行移轴定理	171
本章小结	176
第十二章 习题	177

第十三章 动静法

§13-1 动静法	179
§13-2 物体作基本运动时的惯性力	181
§13-3 用动静法求轴承反力	186
*§13-4 转子的静平衡	187
*§13-5 转子动平衡概念	189
本章小结	190
第十三章 习题	191

第十四章 动能定理

§14-1 功	194
§14-2 质点动能定理	198
§14-3 系统的动能定理	201
§14-4 功率与功率的测定	206
本章小结	209
第十四章 习题	210

*第十五章 振动的基本理论

§15-1 自由振动 固有频率	218
§15-2 受迫振动 共振	219
§15-3 振动的利用与消除	223
本章小结	225
第十五章 习题	226
附录一 物体作基本运动时的惯性力	228
附录二 二阶常系数线性微分方程解法	230
附录三 振动示范实验	233

静力学

第一章 静力学基本概念

本章首先介绍静力学的任务和三个基本概念——平衡、力、刚体，然后讲力的基本性质，最后介绍约束的基本类型、物体的受力分析和受力图。

§ 1—1 静力学的任务和基本概念

毛主席教导我们：“科学研究的区分，就是根据科学对象所具有的特殊的矛盾性。”理论力学是研究物体机械运动一般规律的科学。物体在空间的位置随时间而发生的改变，称为机械运动。它是人们在日常生活和生产中最常见也是最简单的一种运动形式，如火车在轨道上行驶，机床在转动等等都是。不仅如此，物质的其他运动形式（如光、电、等）亦与机械运动有密切的联系，正如恩格斯在《自然辩证法》中指出的：“一切运动都是和某种位置变动相联系的，……”，因此研究机械运动是很重要的。

因为物体的平衡是机械运动的特殊情况，所以理论力学也研究物体的平衡问题。静力学的任务就是研究物体在力作用下的平衡条件，具体地讲静力学是研究物体在許多力作用下处于平衡状态时，这些力应满足的条件。因为认识过程总是由简单到复杂的，所以我们首先研究静力学。通过静力学的学习，亦使我们能进一步地了解力的性质，掌握力的分析、运算方法等，为今后研究动力学作准备。

掌握了作用于物体上的力的平衡条件，就可用来求作用于物体上的某些未知力，如轴承作用于转轴的力。这在工程实际中是很重要的，它是许多设计计算的基础，因此这是在静力学中所要解决的主要问题。为了这一目的，就需要对物体进行受力分析，准确地画出物体的受力图。

下面对几个基本概念加以说明。

（一）平衡的概念：

所谓物体的平衡，是指物体相对于周围物体保持静止、匀速直线运动或匀角速转动。正如上面所提到的，物体的平衡是机械运动的特殊情况，但是必须注意，宇宙中一切事物都是处于运动变化之中，因此并不存在绝对的平衡。恩格斯在《自然辩证法》中就曾指出：“一

切平衡都只是相对的和暂时的。”我们说一物体（如建筑物、汽车或机床等）相对于地球处于静止，事实上地球亦是在运动的（地球一方面自转，同时又绕太阳公转），因此它亦就随地球一起转动而非“静止的”，所以平衡总是要指相对于周围那一物体来讲。下面我们讲平衡就是指相对于地球（或机架）而言的。（同时我们亦应看到物体平衡亦是暂时的，如果它受力情况改变后，也就不再能保持静止了。）

（二）力的概念：

在生产实践和日常生活中，我们对力是比较熟悉的，有许多感性认识。例如：用手推车子，就有推力；用卡盘夹紧工件，就有夹紧力；用刀具切削工件，就有切削力；零件之间传动，要通过齿轮、皮带等，因而就有传动力。另外，还有电磁铁的吸力，地球引力等等。这些实例说明力普遍存在于机械运动的各种场合，它是通过物体之间的相互接触或吸引等作用才产生，这种作用就叫物体之间的机械作用。通过不断的经验积累和分析，我们知道，力可以改变物体的运动状态，原来静止的物体，由于有力作用，就由静止而开始运动，如机床的启动，汽车的开动等。原来运动的物体，由于有力作用，速度就会改变，如机床、汽车在刹车后，速度很快减小，最后静止下来。另外，力对物体的作用还可以改变物体的形状，如传动轴在力的作用下会产生弯曲、扭转等。把对于力的种种感性认识加以归纳，我们对力作如下的定义：力就是物体之间相互的机械作用，这种作用所产生的效应是使这些物体的运动状态发生改变和形状发生改变（即变形）。

力使物体运动状态改变的效应，叫做力的外效应。而力使物体发生变形的效应，叫做力的内效应。理论力学只研究力的外效应，力的内效应将在材料力学中研究。



图 1-1

就力对物体的外效应来说，又可以分为移动效应和转动效应两种。在一般情况下，力能使物体产生移动效应，又能使物体产生转动效应。例如踢足球，当力作用线正好通过球心时，球在空中是不转的，当力作用线不通过球心时，只要力的大小、方向和原来一样，球在空中运动的路线还是和前面一样，但同时球还要绕球心转动（图1-1）。这两种情况，不难用实验验证。前一种情况，表现了力使物体产生移动效应；后一种情况，表现了力使物体既产生移动效应，又产生转动效应。这说明移动效应只和力的大小、方向有关，而转动效应则不仅和力的大小、方向有关而且还与力的作用位置有关。因此，力对物体的作用，决定于力的大小、方向、作用点，这就是力的三要素。在图上是带有箭头的线段来表示的，如图1-1那样，线段的长短按选定的比例尺（即每单位长度代表多少公斤力）表示力的大小，箭头的指向表示力的方向，线段的起点（或终点）表示力的作用点。和表示力的线段重合的直线就是力的作用线。

力是矢量，它不仅具有大小，而且有方向，通常我们用符号 $\vec{F}$ 或黑体字 $\mathbf{F}$ 来表示力矢量。

工程上力的计算单位常用公斤或吨。

物体受一群力作用时，这一群力就称之为力系。

当物体在某一个力系作用下处于平衡状态时，这个力系就称为平衡力系。

(三) 刚体的概念

由实践知道，任何物体在受到力的作用时，总是或多或少地要产生变形的。然而，“人们的认识，不论对于自然界方面，对于社会方面，也都是一步一步地由低级向高级发展，即由浅入深，由片面到更多的方面。”因此，虽然变形的现象大量存在，但由于理论力学只研究力对物体的外效应，所以“变形”就成为次要因素，暂时不考虑这个因素，使问题得到简化。这也是抓主要矛盾的方法，是符合由浅入深、由简单到复杂的认识规律的。例如两个人用杠子抬东西，只要根据物体的重量和它至两端的距离就可以求出每个人肩上所受的力，用不着去考虑它的变形这一因素。对于这样不计变形的物体，我们把它抽象成力学模型叫做刚体。刚体就是在任何力的作用下都不发生变形的物体。

显然，刚体是一个抽象的概念，是一个理想化的力学模型，现实的客观世界上不存在刚体，但是这种抽象是从现实中的来的，是有根据的而非瞎说的，是如实际考虑和研究了问题的一个方面。值得特别指出的是这种抽象是有条件的，当在所研究的问题中变形不是次要因素不可忽略时，就不能再把物体当作刚体了。

图1-2是一个小车，通常用一个 $\vec{P}$ 力在A点拉使它运动(图1-2a)，和在B点以同样的 $\vec{P}$ 力推使它运动(图1-2b)其效果则完全一样，只要力的大小、方向和作用线不变就可以。这就是没有考虑它的变形把它作为刚体。因此力在刚体内可以沿其作用线任意搬动而不改变它对刚体的效应。这就叫做刚体上力的可传性。但是，如果把小车换成一条绳子，那么，就只能拉它而不能推了，所以变形体上的作用力是不能随便搬动的，只有刚体上的力才能沿其作用线任意搬动。今后，我们所研究的物体如果未经特别指明，都是当作刚体来考虑的。

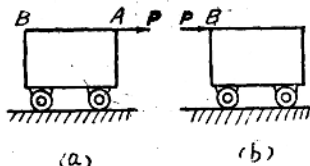


图 1-2

§ 1-2 力的基本性质

人们经过长期的实践、认识、再实践、再认识的过程，不仅掌握了力的概念，而且也掌握了力的性质。这里我们着重介绍力的三个基本性质。

(一) 作用与反作用定律

由于力是物体之间相互的机械作用，大量的观察和实验表明，力永远是成对出现的。当一个物体对另一物体有作用力时，必然同时引起另一物体对它的反作用力，即作用与反作用力同时存在。作用力与反作用力总是大小相等，方向相反，沿同一直线，但分别作用在两个不同的物体上。这一关系叫做作用反作用定律。这一定律，我们在物理学中已经很熟悉了，但一定要熟练而正确地应用它，因为它对于我们正确地分析物体的受力情况，画出准确无误的

受力图有着重要的作用。

例如如图1-3中，齿轮1和齿轮2相啮合，齿轮1给齿轮2以作用力 $\vec{N}$ ，则齿轮2必同时给齿轮1以反作用力 $\vec{N}'$ 。根据作用与反作用定律， $\vec{N}$ 与 $\vec{N}'$ 的关系是：大小相等，即 $N=N'$ ；方向相反，作用线沿着同一条直线 nn' ，即沿齿廓曲线在接触点的公法线，而分别作用在两个齿轮上，即 $\vec{N}$ 作用在齿轮2上的A点， $\vec{N}'$ 作用在齿轮1上的B点。

(二) 平行四边形法则：

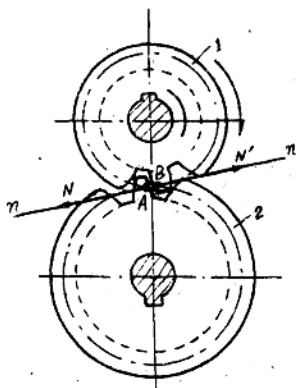


图 1-3

这个法则也是长期实践中发现的，它是力的合成的一个基本法则。

作用在物体上的几个力，如果用一个力来代替它们，对物体的效应和原来作用在物体上的几个力的效应完全相同，则这个力就称为这几个力的合力。求几个力的合力叫力的合成。

由实验证明，作用在物体一点上的两个力 $\vec{F}_1$ 、 $\vec{F}_2$ 的合力 $\vec{R}$ ，可根据力的平行四边形法则求出，即以 $\vec{F}_1$ 与 $\vec{F}_2$ 为两个邻边作平行四边形，则其对角

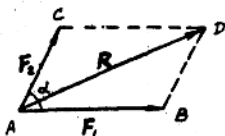


图 1-4

线 $\vec{AD}$ 就是合力 $\vec{R}$ (图1-4)。用矢量式表示为：

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

即合力 $\vec{R}$ 等于分力 $\vec{F}_1$ 与 $\vec{F}_2$ 的矢量和(也称几何和)。

(三) 二力平衡原理：

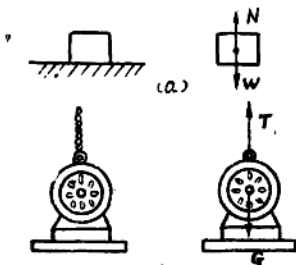


图 1-5

最简单的平衡情况，是物体在两个力作用下的平衡。如一个工件放在工作台上，工件在重力 $\vec{W}$ 和台面反力 $\vec{N}$ 的作用下平衡(图1-5a)。钢丝绳吊一台电机，电机是在重力 $\vec{G}$ 与钢丝绳的拉力 $\vec{T}$ 二者作用下平衡的(图1-5b)。

大量实践经验的积累，使我们认识到，在两个力作用下，物体处于平衡状态时，这两个力必然是大小相等，方向相反，两力沿同一作用线(即：二力等值、反向、共线)。同样，如果作用在同一物体上只有二个力，而且这二个力等值、反向、共线，则这个物体就一定处于平衡状态。这就是二力平衡

原理。

必须指出：这两个力是作用在同一物体上而使物体平衡的，千万不要与作用反作用定律混淆起来。作用反作用定律中的两个力虽然也是等值、反向、共线，但是分别作用在两个不同物体上。

例如简易起重机(图1-6a)有一根拉杆 BC 以其两端把起重机的横梁 AB 固定于机架上，而处于平衡状态。拉杆 BC 的自重与所承受的载荷(被起吊物体的重量)相比，显得很小，可忽略不计。现在分析拉杆 BC 的受力。我们知道拉杆只在 B 、 C 两点受到两个作用力而平衡，(在 B 点受横梁 AB 的作用力，在 C 点受机架对它的作用力)。根据二力平衡原理，这两个力必是等值、反向、共线，而作用线是通过 B 、 C 两点的直线。(图1-6b)

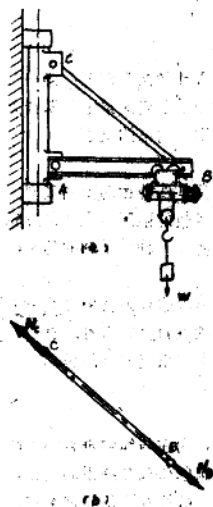


图 1-6

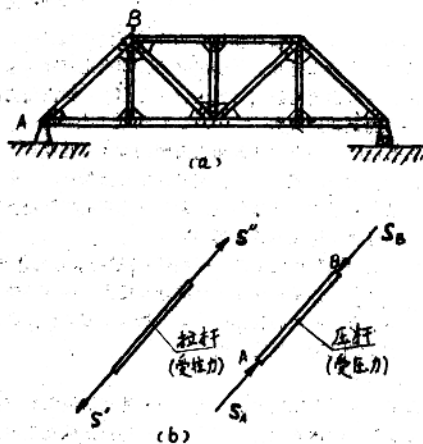


图 1-7

工程上常见的屋架、桥梁等结构，是用一些杆件搭配起来两端铆接或焊接而成(图1-7a)。其中每根杆件如不考虑本身重量，便只在两端受力。设计时为了简化计算，往往就当作二力平衡情况处理，即两端的作用力必是等值、反向、作用线沿两端的连线(图1-7b)。类似以上当作二力平衡处理的构件，在工程上就叫做二力构件。

现在我们介绍三力平衡汇交定理：若一个物体上作用有三个力，其中两个力作用线汇交于一点，且物体处于平衡状态，则第三个力必与前二力共面且汇交于同一点。

证明：若 $\vec{F}_1$ 、 $\vec{F}_2$ 分别作用于 A_1 、 A_2 点其作用线汇交于 A 点(图1-8)。根据力的可传性原理将 $\vec{F}_1$ 、 $\vec{F}_2$ 分别沿其作用线移至 A 点，根据平行四边形法则得出合力 $\vec{R}$ ，则物体在 $\vec{R}$ 与 $\vec{F}_3$ 两个力的作用下而处于平衡。由二力平衡原理可知 $\vec{F}_3$ 必与 $\vec{R}$ 等值、反向、共线，即 $\vec{F}_3$ 也在 $\vec{F}_1$ 与 $\vec{F}_2$ 所决定的平面内，并且也通过 A 点，因此， $\vec{F}_3$ 与 $\vec{F}_1$ 、 $\vec{F}_2$ 三力共面、共点。

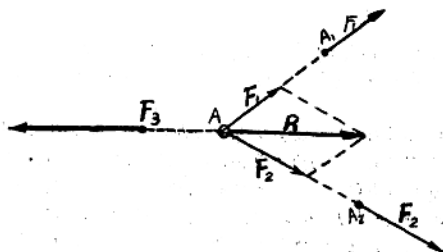


图 1-8

§ 1-3 约束和受力图

静力学的任务是研究物体在力作用下的平衡条件，因此首先要弄清楚两个问题：第一，要明确哪一个物体是我们所要研究的，即确定研究对象；第二，要知道研究对象上受哪些力的作用，这就需要对研究对象进行受力分析，画出受力图。下面先引入约束的概念。

(一) 约束和约束力：

机器中的每一个零件都和它周围的零件互相联系、互相制约，使零件的运动受到限制。例如，轴受轴承的限制，只能绕轴的中心线转动；车床尾架受床身导轨的限制，只能沿导轨纵向移动。对于某一物体的运动起限制作用的接触物体称为约束。例如，轴承是轴的约束，车床床身导轨是尾架的约束等等。

约束能限制物体的运动，这种限制通过约束对物体作用的力而实现。这种力就叫做约束力或叫约束反力。如轴承作用于轴的轴承反力，床身导轨作用给尾架的导轨反力等等。总之，约束在哪个方向能限制物体的运动，物体哪方向就受到约束力（或称约束反力）的作用。

下面介绍几种常见的约束类型：

(1) 绳索：

由于绳索本身比较柔软，所以它只能在沿绳索的方向承受拉力，而在与绳索垂直的方向几乎不能限制物体的运动，因此，这种约束只能在沿绳索的方向限制物体离开绳索的运动，所以绳索对物体的约束力总是沿绳索的拉力。工程上常见的钢丝绳，虽然并不是非常柔软，但由于它承受的载荷比较大，其不柔软的因素也就成为次要因素，因此也可以归入这一类约束。此外，皮带、链条等也属此类约束。

例如，用钢丝绳吊一工件，钢丝绳就限制工件背离钢丝绳向下的运动，所以钢丝绳对工件的约束力就是沿钢丝绳向上（图 1-9a）。同样，皮带对皮带轮的约束力也只可能是沿着皮带方向的拉力（图 1-9b）。

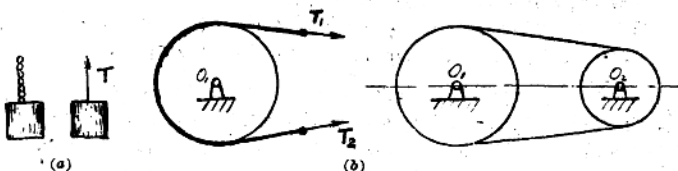
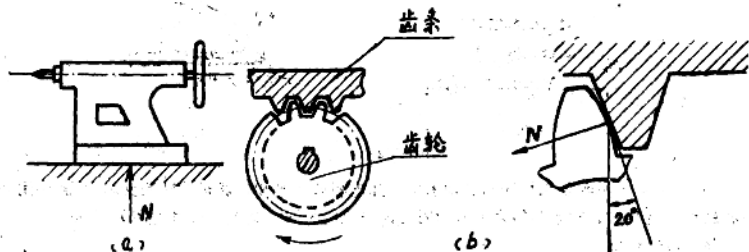


图 1-9

(2) 光滑接触面:

当物体接触面之间的摩擦较小, 和其它作用力相比, 摩擦力成了次要因素, 可以忽略不计, 这样的接触面就认为是光滑的。这类约束, 不论平面或曲面, 不能限制物体沿表面切线方向的运动, 只能限制物体沿接触面公法线方向运动, 因此, 这种约束反力的方向总是沿接触面在接触处的公法线。这种约束反力也叫法向反力, 往往用 $\vec{N}$ 表示。车床平导轨对于尾架的约束力(图1-10a); 齿轮齿条啮合时的齿面约束力(图1-10b); 物体搁置在光滑的棱边上的约束力(图1-10c)等等都属于这种类型。



(3) 光滑圆柱铰链

两个零件的联接处钻孔用销钉穿起来, 使零件只能绕销钉的轴转动(图1-11a); 这种约束叫做圆柱铰链约束。若其中的一个零件是固定于地面或是固定于机架, 这种铰链工程上叫做固定支座。圆柱铰链在工程上应用极为广泛, 如门窗铰链、内燃机中连杆与活塞的联接(图1-11b)等都属于这种约束类型。

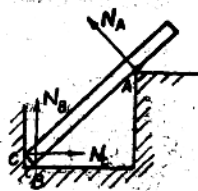


图 1-10

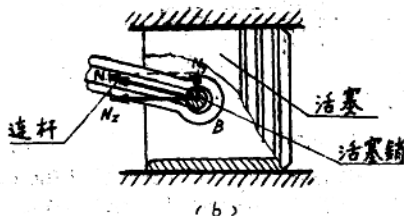
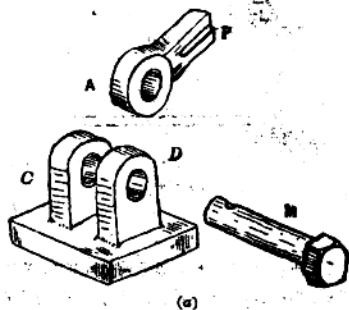


图 1-11

圆柱铰链联接的零件可相互绕销钉轴线转动,但零件相互之间不能发生垂直于销钉轴线的方向,即径向的移动。在略去摩擦时,圆柱铰链就构成圆柱形销钉与圆柱孔的光滑接触,因此约束力是在垂直于销钉轴线的径向平面内,并沿销钉圆柱面上接触点的公法线,由于接触点的位置是随作用力而改变的,故其约束力方向不能预先定出,通常我们将其分解为互相垂直的二个分力 N_x 和 N_y 表示(图1-11b)。

图1-12a、b 分别表示圆柱铰链和固定铰链支座的代表符号。

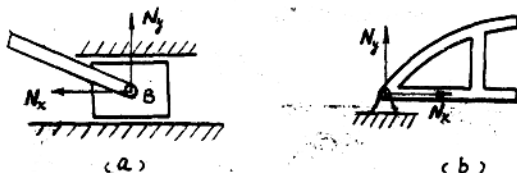


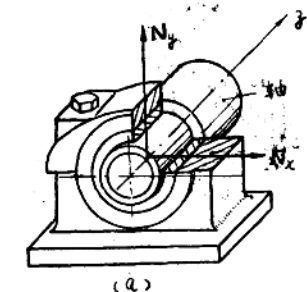
图 1-12

图1-13a表示轴颈支承在向心轴承中。如电机转子轴和内燃机曲轴的支承中就要用到向心轴承。这种向心轴承的约束反力和固定铰链支座相同,其代表符号见图1-13b。

(4) 可动铰链支座

工程上常用的可动铰链支座是将铰链支座用几个滚子支承在平面上而成的(图1-14a),

假定支座面光滑,则支座面不能阻止支座A沿着支座面移动,只能限制A点沿支座面的法线方向移动。所以可动铰链支座对物体的约束力是通过铰链中心垂直于支座面。可动铰链支座的代表符号见图1-14b)。

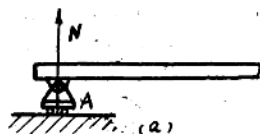


(a)

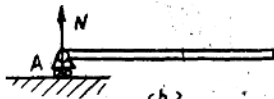


(b)

图 1-13



(a)



(b)

图 1-14

(二) 受力图

解决静力学的问题时,首先要对所选定的研究对象进行受力分析,即把所选定的研究对象单独画出来,将作用在它上面的已知力和未知约束反力全部画在图形上,从而形象化地表达出研究对象受力情况的全貌。这种图形,叫做受力图。下面举例说明受力图的画法。

例1-1 设用起重机吊起的钢梁重为 $\vec{W}$ ，绳子与吊钩的重量不计，绳子在钢梁两边对称布置，与铅垂线夹角为 α （图1-15a）。试分别画出钢梁和吊钩的受力图。

解：先取钢梁为研究对象。

分析受力：有重力 $\vec{W}$ 、绳子约束力 $\vec{T}_1$ 、 $\vec{T}_2$ ，方向沿着绳子，受力图如图1-15b所示。

再取吊钩为研究对象。

分析受力：吊钩上面的绳子对吊钩的拉力 $\vec{T}$ ，吊钩下方的绳子对吊钩的拉力 $\vec{T}_1'$ 与 $\vec{T}_2'$ 。吊钩的受力图如图1-15c所示。其中 $\vec{T}_1$ 与 $\vec{T}_1'$ 等值、反向、共线， $\vec{T}_2$ 与 $\vec{T}_2'$ 也是等值、反向、共线。

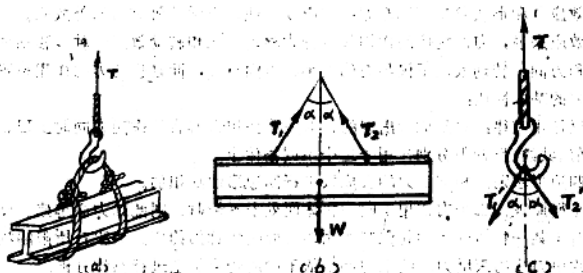


图1-15

例1-2 条铁索的油压夹紧装置，是利用油压推动活塞杆通过压板而将工件压紧的（图1-16a），若不计压板等杆件的自重，各接触处视为光滑，试画出压板的受力图。

解 取压板 BOC 为研究对象。

受力分析： O 点是光滑接触，有法向反力 $\vec{N}_O$ 。 O 点是铰链，可以分成两个力 $\vec{N}_{Ox}$ 、 $\vec{N}_{Oy}$ ， B 点是铰链也可以分为两个力，但考虑到 B 杆可以看作是二力构件，因此在 B 点受一个沿活塞杆方向的力 $\vec{N}_B$ ，如图1-16b所示。

这一问题也可以从另一角度分析：先分析 O 点受力 $\vec{N}_O$ ， B 点受力 $\vec{N}_B$ ，在 O 点受的力必过 O 点，但因 $\vec{N}_O$ 与 $\vec{N}_B$ 二力汇交于 B 点，压板在三个力作用下平衡，根据三力平衡汇交定理，则 O 点受的合力也必通过 B 点，所以 $\vec{N}_O$ 必沿 OE 线，如图1-16c所示。

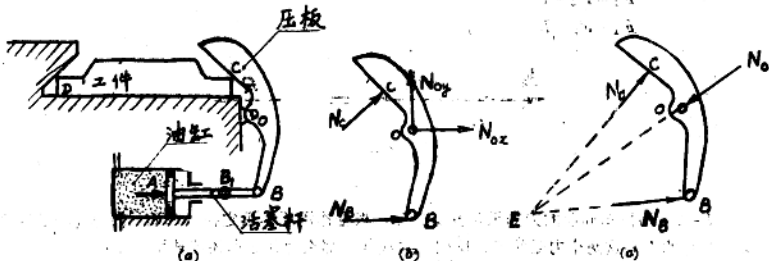


图1-16

本章小结

(1) 静力学的任务是研究物体受力作用下的平衡条件。物体的运动状态不发生变化，则称该物体处于平衡状态。一般是指物体相对地面静止、匀速直线运动或匀角速转动的状态。

(2) 刚体就是在任何力的作用下都不发生变形的物体。实际上是指物体的变形这一次要因素能忽略不计而抽象成的力学模型。

(3) 力是物体之间相互的机械作用。这种作用所产生的效应是使物体的运动状态发生变化（即外效应）和形状发生变化（即内效应）。理论力学只研究力的外效应。

从外效应来说，力对物体的作用又可分为移动效应和转动效应两种。移动效应只决定于力的大小和方向，转动效应不仅与力的大小、方向有关，而且也与力的作用位置有关。

(4) 力的基本性质：

作用反作用定律：力是成对出现的，对应于作用力必有反作用力同时出现。作用力与反作用力等值、共线、反向但分别作用于二个不同物体上。

平行四边形法则：相交二力的合成按平行四边形法则相加。

二力平衡原理：二个力作用于同一物体而处于平衡时，则此二力必等值、反向、共线。

(5) 对于某一物体的运动起限制作用的接触物体称为约束。约束对所限制物体的作用力，叫做约束力或约束反力。约束力必须依不同的约束类型进行具体分析。

(6) 为了研究物体的平衡问题，必须首先画出物体的受力图。在画受力图时必须将作用于研究对象的所有力（包括全部已知力与未知的约束力）画在研究对象的图形上。受力图的正确与否极为重要，应予以充分注意。

第一章 习 题

1-1 一个 20 公斤的力，写成 $\vec{F}=20$ 公斤对吗？为什么？

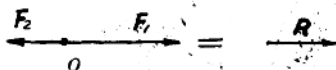
1-2 作用在同一点 O 的两个反向力 $\vec{F}_1, \vec{F}_2$ 的合力为 $\vec{R}$ 。下面的式子对不对？

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

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

$$\vec{F}_1 - \vec{F}_2 = \vec{R}$$

$$\vec{F}_1 - \vec{F}_2 = R$$



题 1-2 图

1-8. 马拉车向前的力如果是多少公斤，根据作用反作用定律，车向后拉马也必然是多少公斤的力（这两个力是等值、反向、共线），那么为什么车还能被拉动呢？

1-4 以什么原则确定约束力的方向？