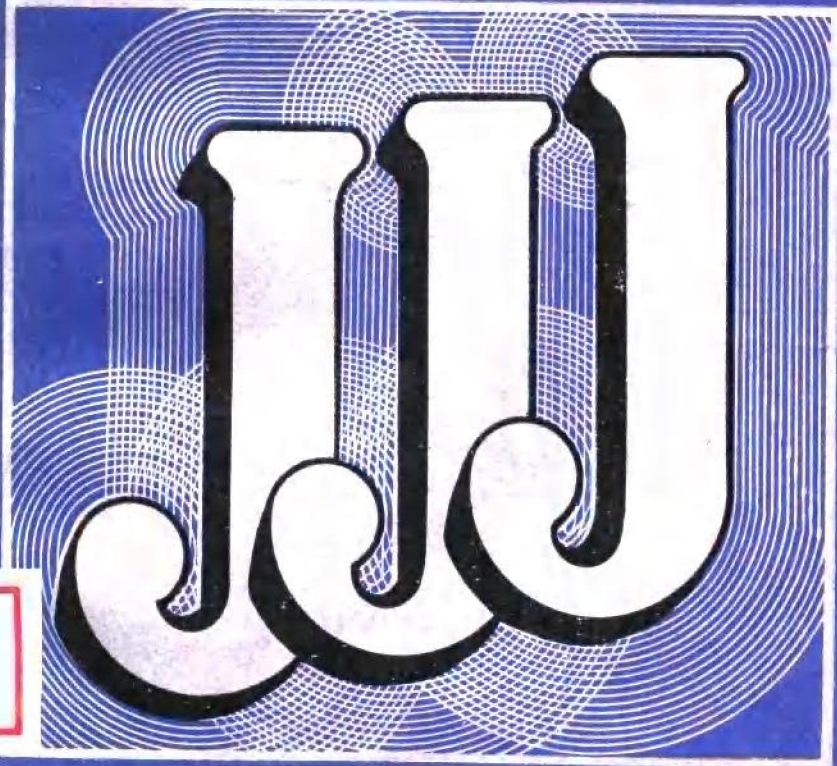


国家机械工业委员会统编

机构与机械零件

机械工人技术理论培训教材

JIXIE GONGREN JISHULILUN PEIXUN JIAOCAI



机械工业出版社

全书共十四章，内容包括力学基础、常用机构（平面连杆、凸轮、齿轮、蜗杆、螺旋、轮系、带传动、链传动等）和机械零件（螺纹联接、联轴器、离合器、轴、键、销、滑动轴承、滚动轴承、弹簧等）的结构、性能、选用方法和设计计算。

本书为高级工技术理论培训教材。也可作为具有初中文化程度 的 技 师 培 训 和 职 工 自 学 用 书。

本书由济南第二机床厂孙广信编写，由杨东峰、单清琴、程显涛审稿。

机构与机械零件

国家机械工业委员会统编

*

责任编辑：杨溥泉 版式设计：张世琴
封面设计：林胜利 方芬 责任校对：陈松

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号）

机械工业出版社印刷厂印刷

机械工业出版社发行·新华书店经销

*

开本 787×1092¹/₃₂·印张 10¹/₄·字数 226 千字
1988年10月北京第一版·1988年10月北京第一次印刷
印数 00,001—35,000·定价：3.90 元

*

ISBN 7-111-01068-X/TH·179

前 言

1981年，原第一机械工业部为贯彻、落实《中共中央、国务院关于加强职工教育工作的决定》，确定对机械工业系统的技术工人按照初、中、高三个阶段进行技术培训。为此，组织制定了30个通用技术工种的《工人初、中级技术理论教学计划、教学大纲(试行)》，编写了相应的教材，有力地推动了“六五”期间机械行业的工人培训工作，初步改变了十年动乱造成的工人队伍文化技术水平低下的状况，取得了比较显著的成绩。

鉴于原机械工业部1985年对《工人技术等级标准(通用部分)》进行了全面修订，原教学计划、教学大纲已不适应新《标准》的要求，而且缺少高级部分；编写的教材，由于时间仓促、经验不足，在内容上存在着偏深、偏多、偏难等脱离实际的问题。为此，原机械工业部根据新《标准》，重新制定了33个通用技术工种的《机械工人技术理论培训计划、培训大纲》(初、中、高级)，于1987年3月由国家机械工业委员会颁发，并根据培训计划、大纲的要求，编写了配套教材149种。

这套新教材的编写，体现了《国家教育委员会关于改革和发展成人教育的决定》中对“技术工人要按岗位要求开展技术等级培训”的有关精神，坚持了文化课为技术基础课服务，技术基础课为专业课服务，专业课为提高操作技能和分析解决生产实际问题的能力服务的原则。在内容上，力求以

基本概念和原理为主，突出针对性和实用性，着重讲授基本知识，注重能力的培养，并从当前机械行业工人队伍素质的实际情况出发，努力做到理论联系实际，通俗易懂，具有工人培训教材的特色，同时注意了初、中、高三级之间合理的衔接，便于在职技术工人学习运用。

这套教材是国家机械工业委员会委托上海、江苏、四川、沈阳等地机械工业管理部门和上海材料研究所、湘潭电机厂、长春第一汽车制造厂、济南第二机床厂等单位，组织了200多个企业、院校和科研单位的近千名从事职工教育的同志、工程技术人员、教师、科技工作者及富有生产经验的老工人，在调查研究和认真汲取“六五”期间工人教材建设工作经验教训的基础上编写的。在新教材行将出版之际，谨向为此付出艰辛劳动的全体编、审人员，各地的组织领导者，以及积极支持教材编审出版并予以通力合作的各有关单位和机械工业出版社致以深切的谢意！

编好、出好这套教材不容易；教好、学好这些课程更需要广大职教工作者和技术工人的奋发努力。新教材仍难免存在某些缺点和错误，我们恳切地希望同志们在教学的过程中发现问题，及时提出批评和指正，以便再版时修订，使其更完善，更好地发挥为振兴机械工业服务的作用。

国家机械工业委员会
技工培训教材编审组
1987年11月

目 录

前言

第一章 力学基础	1
第一节 力的三要素	1
第二节 力的分解与合成	2
第三节 力的平衡条件	4
第四节 作用与反作用定律	5
第五节 力矩和力偶	6
第六节 物体受力图的画法	14
第七节 平面力系中未知力的求法	22
第八节 摩擦力、摩擦角和自锁	29
第九节 功率、转矩和机械效率	34
第十节 零件的强度和刚度	38
复习题	58
第二章 平面连杆机构	64
第一节 四杆机构的基本形式	64
第二节 四杆机构的演化	72
第三节 四杆机构设计中的几个问题	76
第四节 四杆机构的图解设计方法	80
复习题	84
第三章 凸轮机构	86
第一节 从动件的常用运动规律	86
第二节 凸轮轮廓的绘制	89
第三节 设计凸轮时应注意的几个问题	92
复习题	96
第四章 齿轮机构	98

第一节	渐开线齿轮啮合传动及主要参数	98
第二节	齿轮根切、最少齿数及变位齿轮简介	109
第三节	直齿圆柱齿轮失效形式及强度计算	116
第四节	齿轮与齿条传动计算	133
第五节	斜齿圆柱齿轮机构	135
第六节	直齿圆锥齿轮机构	142
	复习题	147
第五章	蜗杆蜗轮机构及螺旋机构	150
第一节	蜗杆蜗轮机构概述	150
第二节	蜗杆蜗轮机构的主要参数和尺寸计算	153
第三节	蜗杆蜗轮机构的效率与轮齿失效形式	160
第四节	蜗杆蜗轮机构的受力分析和强度计算	162
第五节	螺旋机构	167
	复习题	172
第六章	轮系	174
第一节	定轴轮系	175
第二节	周转轮系	183
第三节	混合轮系	193
	复习题	195
第七章	带传动与链传动	197
第一节	影响带传动能力的因素	198
第二节	三角带传动设计	205
第三节	链传动的主要参数及其选择	212
第四节	套筒滚子链传动的设计步骤	220
	复习题	221
第八章	螺纹联接	223
第一节	螺纹联接的结构和选用	224
第二节	螺纹联接的强度计算	225
第三节	螺纹联接的防松装置	233

复习题	235
第九章 联轴器和离合器	237
第一节 联轴器	238
第二节 离合器	244
复习题	247
第十章 轴	248
第一节 轴的功用和分类	248
第二节 轴的材料及其选择	249
第三节 轴径的确定方法	251
第四节 轴的结构	254
复习题	260
第十一章 键、销及其联接	262
第一节 键联接	262
第二节 销联接	267
复习题	269
第十二章 滑动轴承	270
第一节 滑动轴承的主要类型和结构	271
第二节 轴瓦(套)的结构和材料	273
第三节 滑动轴承的润滑	278
第四节 液体静压轴承和气压轴承简介	284
复习题	288
第十三章 滚动轴承	289
第一节 滚动轴承的类型、代号和应用	290
第二节 滚动轴承的组合设计	298
第三节 滚动轴承的润滑与密封	305
复习题	307
第十四章 弹簧	309
第一节 弹簧的种类及应用	309
第二节 圆柱形螺旋压缩弹簧的设计	311
复习题	321

第一章 力学基础

在生产实际中，有时需要运用力学知识对机构、机械零件及被加工的工件进行受力和计算。例如：在技术革新中将轮齿尺寸、轴或螺栓的直径选得太小，轮齿、轴或螺栓就容易断裂；吊运重物时，如将钢丝绳选得太细或角度不当，就会将钢丝绳拉断，甚至造成重大设备或工伤事故；在装夹工件时，如对夹紧力的作用点选择不当，就会引起工件的严重变形，甚至使工件报废；车削细长轴时，车刀主偏角选得不合理，就会加大吃刀抗力，引起剧烈的振动。所以，掌握一些力学的基本知识和计算方法是必要的。

第一节 力的三要素

由日常经验可知，当人推车时，可使车子由静止转为运动；手拉弹簧，可使弹簧伸长。这些都离不开力的作用。力是物体对物体的机械作用，力的作用效果是使物体改变运动状态或使物体产生变形。所以力不能脱离实际物体而存在。在研究物体受力时，必须分清哪是受力物体，哪是施力物体。

由经验知道，力对物体的作用效果完全决定于它的三个要素，即：力的大小、力的方向、力的作用点。这三个要素中，任何一个改变时，力对物体的作用效果也随之改变。

为了测定力的大小，必须确定力的单位。按我国统一实行的计量单位（以国际单位制 SI 为基础），力的单位是牛〔顿〕，符号是 N，有时也用千牛〔顿〕作单位，符号是 kN。

牛[顿]和工程单位制中千克力 (kgf) 的换算关系是

$$1 \text{ kgf} = 9.80665 \text{ N} \approx 10 \text{ N}$$

力是具有大小和方向的量，所以是矢量。力的三要素可用带箭头的有向线段（矢线）表示（图 1-1），线段的长度（按一定比例尺画，见图 1-1b）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。通过力的作用点，沿力的方向所画的直线，称为力的作用线。

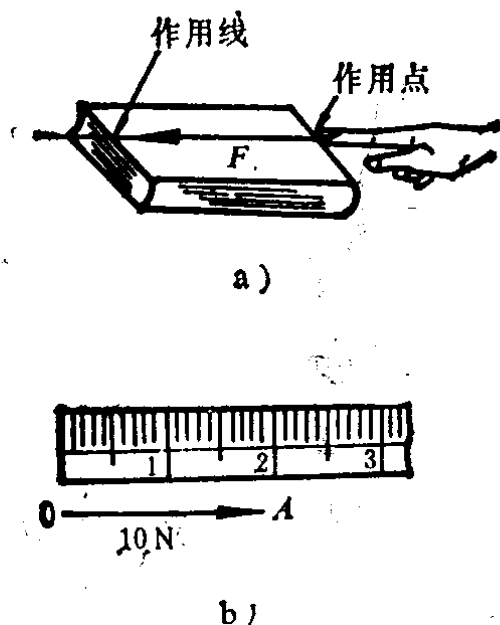


图1-1 力的图示法

第二节 力的分解与合成

1. 两人共提一个提包（如图 1-2 所示），提包受到 F_1 与 F_2 两个力的作用，若改由一个人提它时，则用一个力 R 代替它，其效果相同， R 就是 F_1 和 F_2 的合力。对于方向成一定角度的两个力，其合力大小不能在数量上直接相加，而要运用力的平行四边形法则进行力的合成。

2. 力的平行四边形法则是：作用在物体上同一点的两个力，可以合成为一个力，其作用线也通过该点。合力的大小和方向，用这两个已知力为邻边所构成的平行四边形的对角线表示。

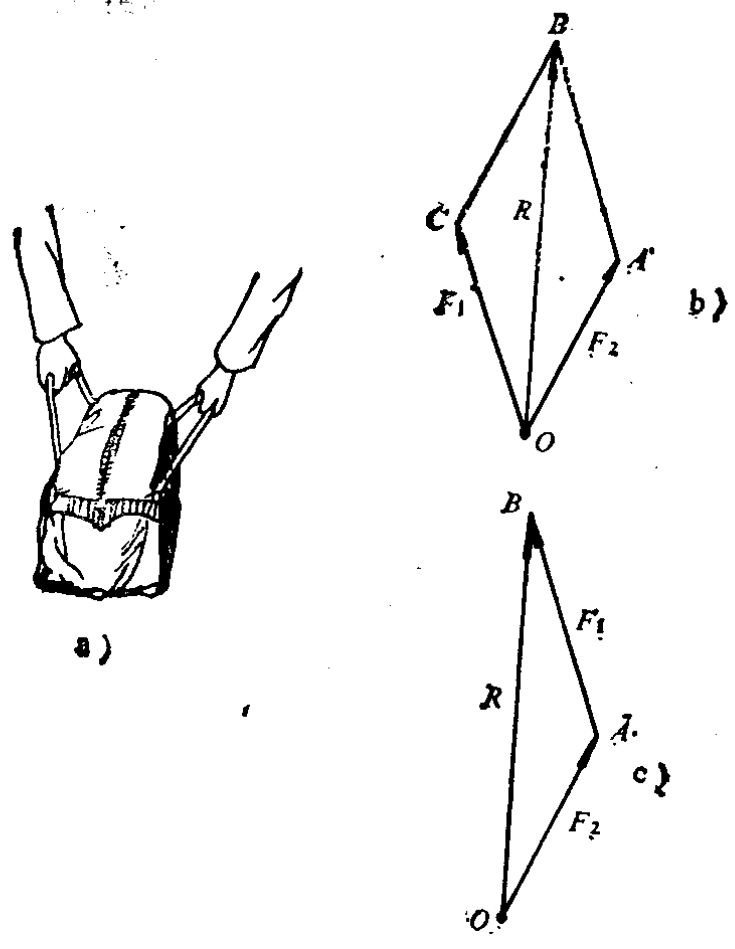


图1-2 力的合成

如图 1-2 b 所示， F_1 、 F_2 为作用于O点的两力，以这两力为邻边作出平行四边形 $OABC$ ，则从O点作出的对角线 OB ，就是 F_1 与 F_2 的合力 R 。

实际上，在求合力 R 时，不一定要作出整个平行四边形 $OABC$ 。因为平行四边形的对边平行且相等，所以只要作出对角线一侧的一个三角形 ($\triangle OAB$ 或 $\triangle OCB$) 就可以了。如图 1-2 c 所示，只要将矢量 F_1 与 F_2 首尾相接，成一折线 OAB ，再用直线 OB 将其封闭成一个三角形，那末矢量 OB 就代表合力 R 。显然在作折线时，两力的先后次序是可以任选的。这一力的合成方法称为力的三角形法则，它是从平行

四边形法则演变而来的，应用起来更加简便。

应用力的平行四边形法则，或由此导出的三角形法则，也可以求解力的合成的逆问题——力的分解。

在生产实际中，常常要用分解力的方法求解问题。例如，圆柱齿轮的轮齿所受的力 F_n ，在不计摩擦的情况下是沿着接触表面的公法线。这个力可分解为沿齿轮圆周的切向分力（又称圆周力） F_t 和径向分力 F_r （图

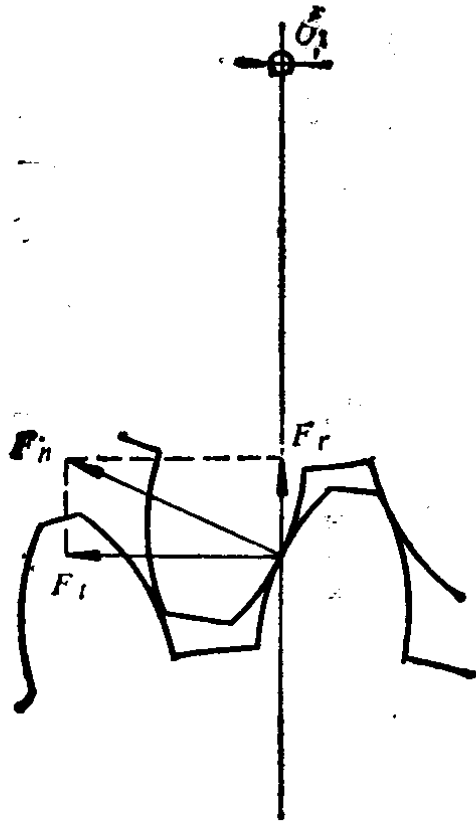


图1-3 力的分解

1-3)。破坏轮齿的力往往是沿圆周的切向分力，因此在设计齿轮时，需要知道这个力的大小。

上面介绍的是用几何作图的方法求分力或合力。当然，也可用三角法算出。

第三节 力的平衡条件

以拔河比赛为例，假设绳子不变形、不拉断，当双方势均力敌即拉力相等时，合力为零，这时绳子就会保持不动。也就是说，二力的平衡条件是：这两个力的大小相等，方向相反，且作用在同一条直线上（简称二力等值、反向、共

线)。

在图 1-4 a 中, 如果 T 与 Q 的合力等于零, 则整体处于平衡状态; 单就吊钩来说, 如果 T 、 T_1 、 T_2 三个力的合力等于零, 则吊钩处于平衡状态 (图 1-4 b); 再单就钢管来说, 如果 T_1 、 T_2 、 Q 三个力的合力等于零, 则钢管处于平衡状态 (图 1-4 c)。

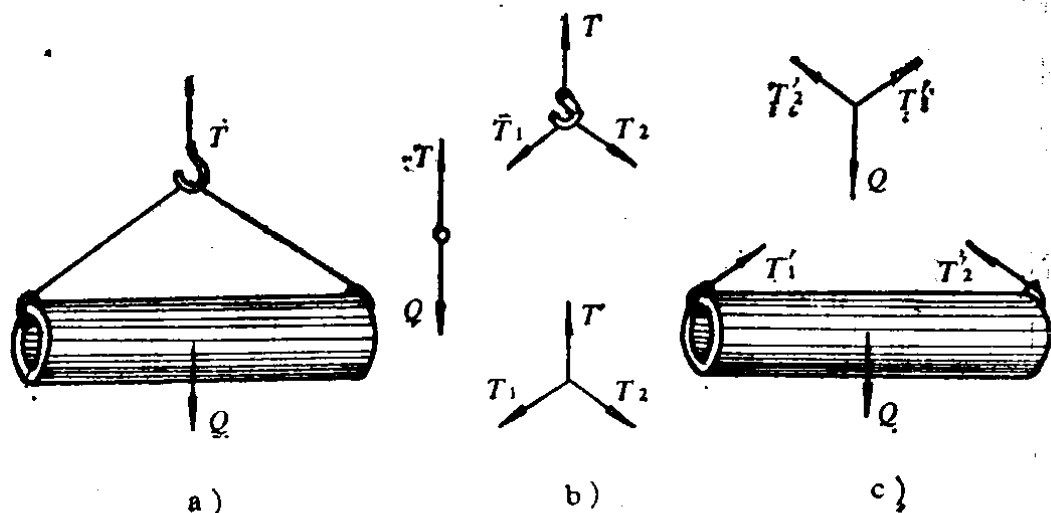


图 1-4 力的平衡

a) 整体受力平衡 b) 吊钩受力平衡 c) 管子受力平衡

通过以上两例说明一条重要规律, 就是物体上的一点同时受到几个力的作用, 当这些力的合力等于零时, 物体处于平衡状态。

第四节 作用与反作用定律

物体间的作用是相互的, 如图 1-5 所示, 当起重时, 重物对绳子的作用力 T 与绳子对重物的反作用力 T' 是同时产生的, 并且大小相等, 方向相反。所以, 作用力与反作用力总是成对出现, 并且大小相等, 方向相反, 沿同一条直线。但是必须注意, 作用力与反作用力总是分别作用在两个物体上的。

这里应强调指出, 上节讨论的是作用在同一物体上两力

的平衡条件，而本节讨论的作用力与反作用力，虽然也是等值、反向、共线，但分别作用在两个不同物体上。

绝不能把两者混为一谈。例如将重量为 G 的球放在桌面上(图1-6 a)，球对桌面有一个作用力 N ，桌面对球即有一个反作用力 N' ，前者作用于桌面，而后者作用于球上(图1-6 b)，不能认为是二力平衡。

如果再分析球的受力情况，可知球受

重力 G 和桌面给球的反作用力 N' 作用，这两个力同时作用在球上并形成平衡状态(图1-6 c)。

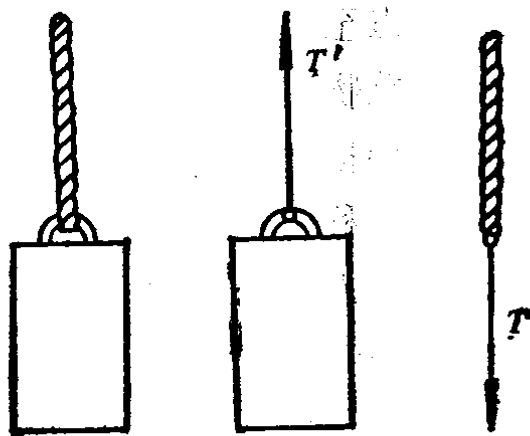


图1-5 作用与反作用

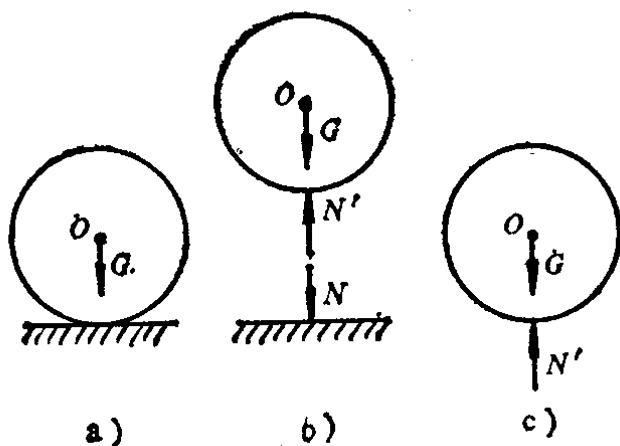


图1-6 桌面上置球

第五节 力矩和力偶

在研究物体转动时，将遇到力学中的两个重要概念——力矩和力偶。

一、力矩

用杠杆撬重物，就是利用力矩。当物体受到力矩作用

时，其结果可使物体转动，其效果不仅与力 F 的大小成正比，而且与 O 点至该力作用线的垂直距离 l 也成正比。 F 与 l 的值越大，重物越容易转动。我们把杠杆转动的中心 O 称作支点或矩心，把力的作用线到支点的垂直距离称为力臂。力使物体转动效果的大小，既然与力 F 的大小成正比，又与力臂 l 的大小成正比，所以用力与力臂的乘积 $F l$ 来度量使物体转动效果的大小，这个乘积就叫做力矩。力矩如用字母 M 表示，则

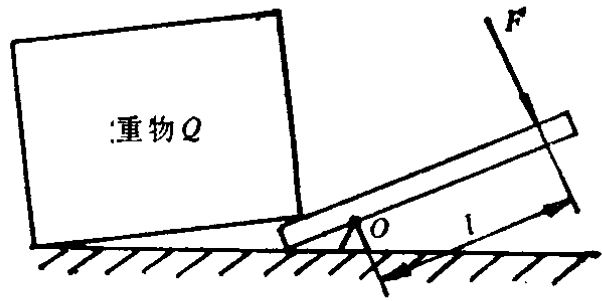


图1-7 利用杠杆撬重物

$M = \pm F l$

力使物体绕点转动时，转向不同，效果也不同。我们给力矩冠以正负号来区别物体的转向，通常规定：力使物体按逆时针方向转动时，力矩为正；反之，力使物体按顺时针方向转动时，力矩为负。

力矩的单位决定于力和力臂的单位。在我国法定计量单位中用 $N \cdot m$ ，即牛[顿]米。

例 295型柴油机气缸盖螺母的上紧力矩按规定为 $150 N \cdot m$ ，若所用扳手长 l 为 $0.5 m$ ，作用力 F 的方向与扳手垂直，求作用力的大小。

解 $F \times 0.5 = 150 N \cdot m$

$$\therefore F = \frac{150}{0.5} = 300 N$$

在日常生活和生产中，常遇到绕定点转动物体的平衡情

况。图 1-8 所示的杆秤，就是一个典型的例子。A 点作用有重物 P，B 点作用有秤砣重 Q，杆秤平衡时，力 P 与 Q 对秤纽 O 点的力矩必大小相等、转向相反，或者说此两力对 O 点力矩的代数和应等于零，

即

$$Pa - Qb = 0$$

因此，得到杠杆的平衡条件为：**各力对支点的力矩的代数和等于零**。上式被称作力矩的平衡方程，用上式可以解决一些实际问题。

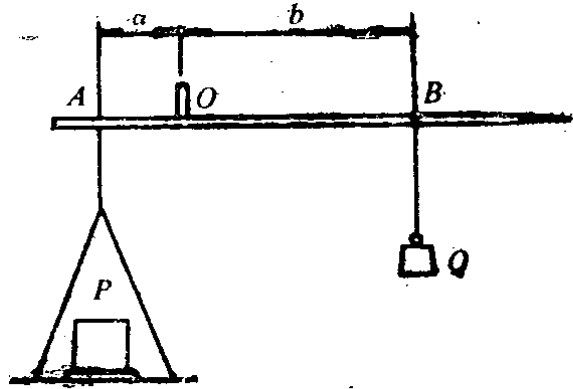


图1-8 杆秤

例 如图 1-9 所示的简易起重机，除平衡铁外，自重 $G_1 = 4000\text{N}$ ，最大能起重 5000N ， G_2 为平衡铁重，图中尺寸以 m 为单位。要求在满载时，起重机不致绕 B 轮翻倒；空载时，起重机不致绕 A 轮翻倒，问平衡铁需要多重？

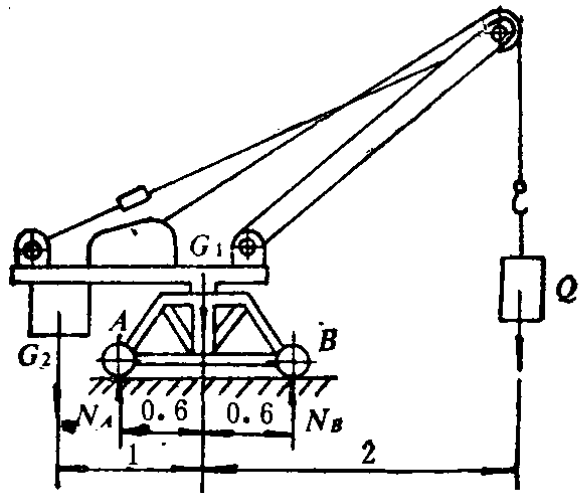


图1-9 简易起重机

解 起重机在正常状态下，受 Q 、 G_1 、 G_2 以及地面对轮胎的作用力 N_A 、 N_B 等五个互相平行力的作用。超载时，起重机将绕 B 轮翻转。满载时，A 轮将似离但又未离地面，只有 B 轮支持起重机，地面对 A 轮的作用力 N_A 等于零。这时，如以 B 为支点进行计算，则自重 G_1 对 B 点的力矩为 $G_1 \times 0.6$

$\text{N}\cdot\text{m}$ ；平衡铁重 G_2 对 B 点的力矩为 $G_2 \times (1 + 0.6) \text{N}\cdot\text{m}$ ；重物 Q 对 B 点的力矩为 $-Q \times (2 - 0.6) \text{N}\cdot\text{m}$ 。在各力对支点 B 的力矩加起来等于零时，起重机保持平衡，所以

$$0.6G_1 + 1.6G_2 - 1.4Q = 0$$

将 G_1 及 Q 的值代入，得

$$0.6 \times 4000 + 1.6 \times G_2 - 1.4 \times 5000 = 0$$

$$G_2 = \frac{1.4 \times 5000 - 0.6 \times 4000}{1.6} = 2875 \quad \text{N}$$

同理，当空载时， B 轮似离非离地面，只有 A 轮支持起重机，地面对 B 轮的作用力 N_B 等于零。如以 A 为支点，则自重 G_1 对 A 点的力矩为 $-G_1 \times 0.6 \text{N}\cdot\text{m}$ ；平衡铁重 G_2 对 A 点的力矩为 $G_2 \times (1 - 0.6) \text{N}\cdot\text{m}$ 。各力对支点 A 的力矩加起来等于零时，起重机保持平衡，所以

$$G_2 \times (1 - 0.6) - G_1 \times 0.6 = 0$$

将 G_1 的值代入，得

$$G_2 = \frac{4000 \times 0.6}{1 - 0.6} = 6000 \quad \text{N}$$

由此可见，平衡铁在满载时要大于 2875N ，空载时要小于 6000N 才不致翻倒。考虑到超载以及空载时工人登机修理也不致翻倒，平衡铁重以 4000N 比较适当。

如果物体绕固定轴转动，而作用于物体上的力并不在同一平面内，如图 1-10 a 所示的绞车鼓轮轴，则可取一垂直于该定轴的平面，将作用于物体上的所有力都投影到这个平面上，并以这个平面与轴的交点为矩心（图 1-10 b）。这样，物体绕定轴转动的问题仍可按力矩平衡方程求解。

例 仍以图 1-10 所示绞车鼓轮轴为例。直齿圆柱齿轮所受圆周力 $F_t = 5000 \text{N}$ ，齿轮分度圆直径 $d = 300 \text{mm}$ ，鼓

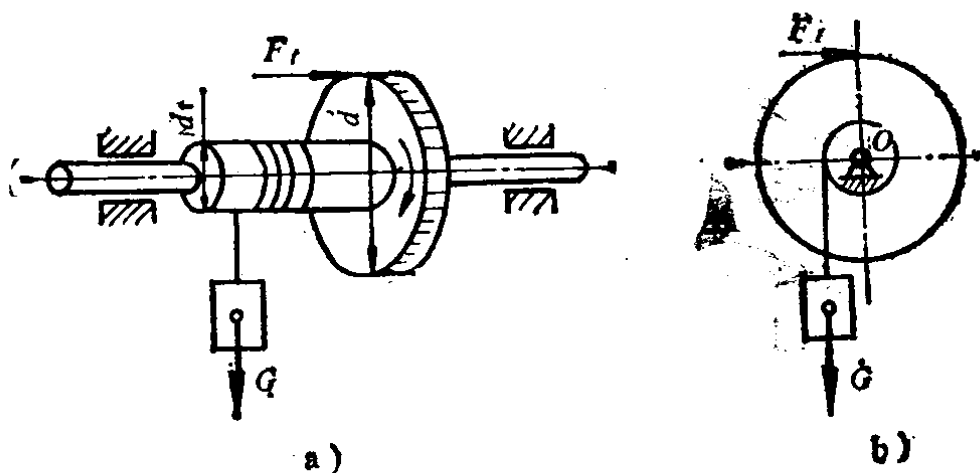


图1-10 绞车鼓轮轴

轮直径 $d_1 = 100\text{mm}$ 。试求起重载荷 G 。

解 取一垂直于轴线的平面（如图 1-10 a 中齿轮的左侧面），将力 G 和 F_i 都向此平面投影，如图 1-10 b 所示，以此平面与轴线的交点 O 为矩心，则

$$G \frac{d_1}{2} - F_i \frac{d}{2} = 0$$

由此得

$$G = \frac{F_i d}{d_1} = \frac{5000 \times 0.3}{0.1} = 15000 \text{ N}$$

二、力偶

在日常生活中和工程上用到力偶的地方很多，例如图 1-11 中的攻螺纹、转动方向盘、装卸钻头、钻孔等。它们的共同特点是：攻螺纹用的铰杠、方向盘、钻卡头手柄及钻头都受到大小相等、方向相反但作用线不在一直线上的两个平行力的作用。这一对作用力由于作用线不同在一条直线上，所以不能互相平衡，而是使物体转动。这种大小相等、方向相反、而作用线不在一直线上的两个平行力，称为力偶，可记作 (F, F') 。