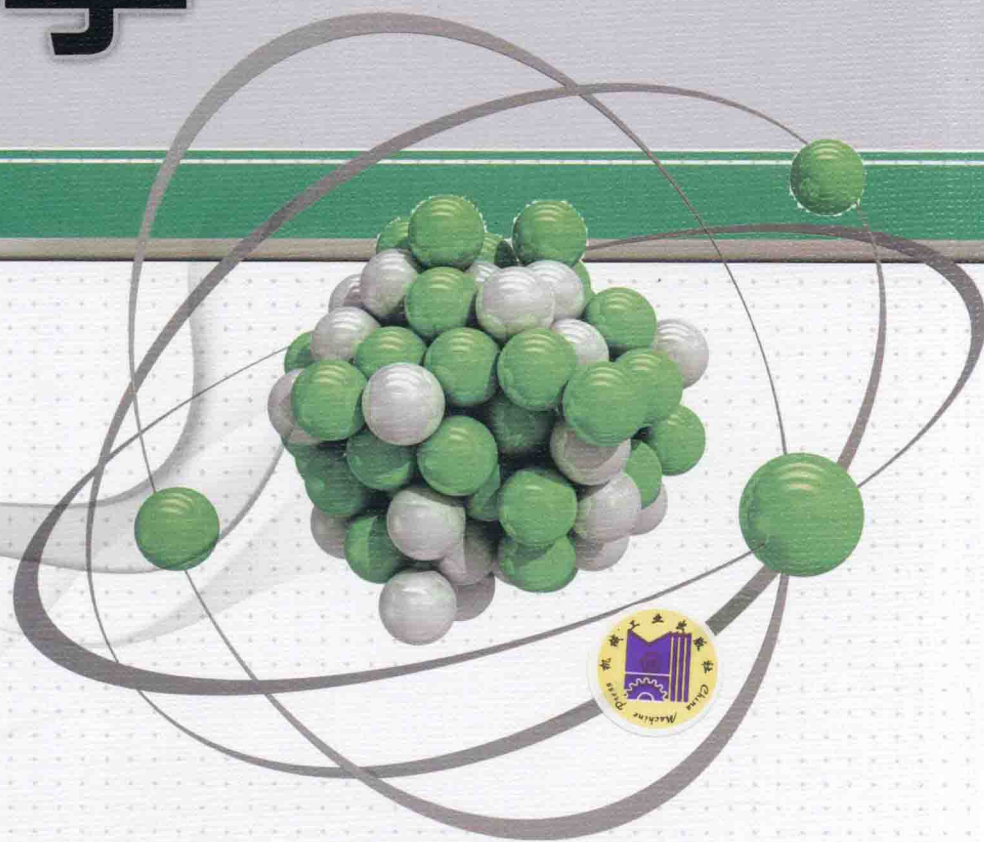


图解静力学

田俊民 编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

图解静力学

田俊民 编

机械工业出版社

本书将趣味十足的图画和浅显的文字相互结合,以科普读物的形式,详细介绍了静力学涉及的各项内容,包括静力学基础、平面汇交力系、力偶、平面任意力系、摩擦、空间力系等内容。全书图文并茂,内容通俗易懂。

本书可供企业的工程师和相关技术工人使用,也可作为学生学习静力学的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

图解静力学/田俊民编. —北京:机械工业出版社, 2013. 11
ISBN 978-7-111-44975-1

I. ①图… II. ①田… III. ①静力学—图解 IV. ①O312-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 288660 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 孔 劲 责任编辑: 孔 劲

版式设计: 霍永明 责任校对: 刘秀芝

封面设计: 路恩中 责任印制: 张 楠

北京玥实印刷有限公司印刷

2014 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

260mm × 184mm · 10.5 印张 · 257 千字

0001—2000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-44975-1

定价: 28.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

策划编辑: (010) 88379772

电话服务

网络服务

社服中心: (010) 88361066

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010) 68326294

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649

机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

“力学”离我们并不遥远，它时刻都在我们身边，只不过我们已经习以为常，不太注意它罢了。用一只手端不起来一盆水，而用两只手就可轻易地举起；直接用人工抬不起的重物，用“手拉葫芦”（全称为环链手拉葫芦）就可轻易吊起；老式杆秤能称出物体的重量；沉重的人力车一个人拉不动，而几个人同时用力就能拉走。这些现象，其本质都是力学原理作用的结果。前人经过长期观察和实践，逐步总结出了力学的基本原理。

就“静力学”而言，从世界上最早出现的有关力学的文字论述（见于中国古代的“墨经”和希腊正里士多德的“物理学”）算起，直到“力学”发展成为一门系统的学科，经历了两千多年的漫长时期。从哥白尼、开普勒开始，经过伽利略，最后由牛顿总结归纳，从而形成了“古典力学”的完整体系。之后，拉格朗日、达朗贝尔等人又把解析的方法运用到力学中来，为研究更复杂的力学课题开辟了新的途径。古典力学是以牛顿定律为基础的，用于研究运动速度远小于光速的宏观物体的运动；而相对论力学研究的是可与光速（30 万千米/秒）相接近的运动；量子力学则研究微观粒子的运动。在现代科学中，古典力学仍然起着巨大的作用，即使在一些尖端科学技术中，仍然应用着古典力学的基本原理。

理论力学（属于古典力学范畴）的内容，可分为三部分：

- （一）静力学——研究力系的简化和物体在力系作用下的平衡问题。
- （二）运动学——研究物体运动的几何性质而不涉及力的作用。
- （三）动力学——研究物体的运动与物体上所受力的关系。

力学的发展历史说明实践是力学发展的源泉。现代化生产和科学技术的迅速发展（如工程结构的受力平衡，机械运动的分析与综合，甚至于自动化、远距离控制、宇宙飞行等）对力学提出了更高的要求。因此，工程技术人员必须掌握一定的理论力学的知识，才能在生产实践中应用这些规律，进而促进科学技术和生产力的发展。

本册“静力学”部分，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、空间力系、摩擦、重心。欢迎读者阅读本册后，提出批评指正，以便共勉。

作者

目 录

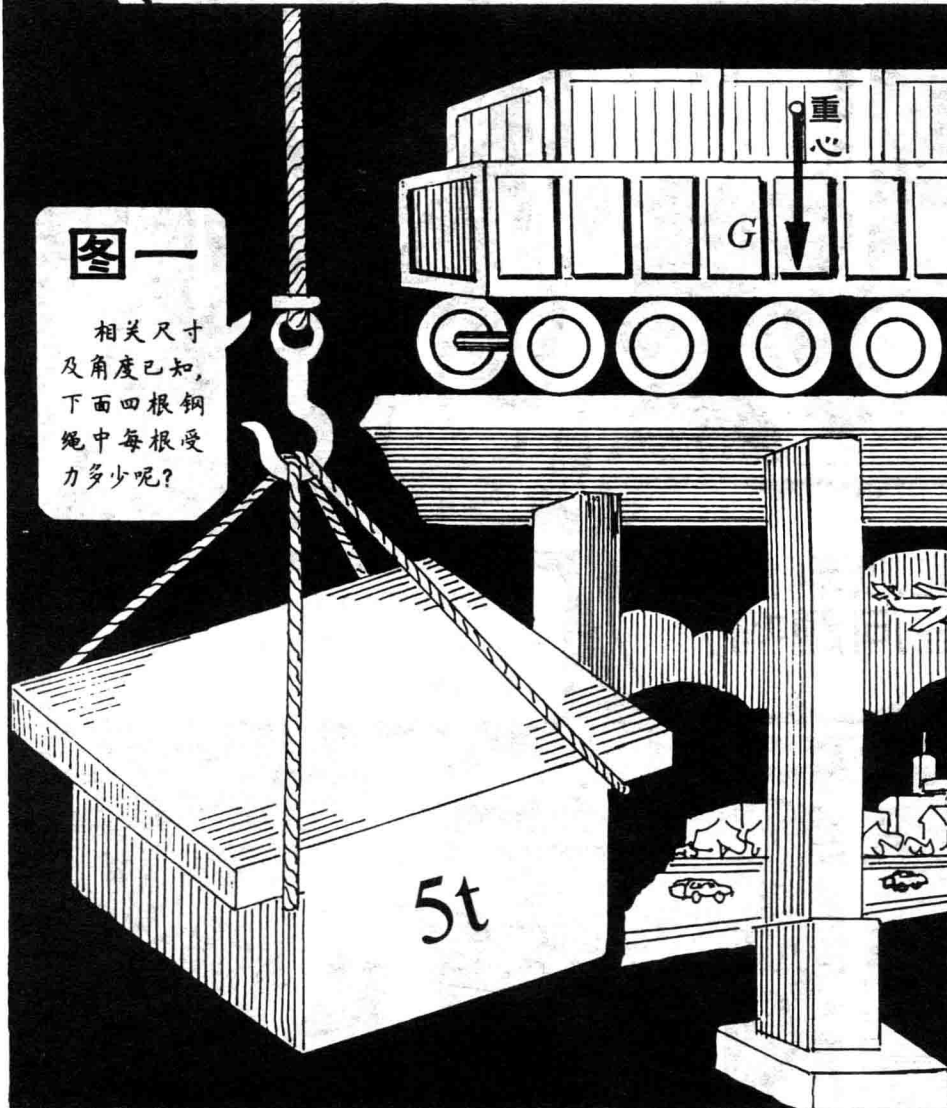
◆ 静力学基础	1
• 静力学的基本概念	3
• 静力学基本公理	7
• 约束与约束反力	11
• 受力图	17
◆ 平面汇交力系	26
• 平面汇交力系合成的几何法	27
• 平面汇交力系平衡的几何条件	32
• 平面汇交力系合成的解析法	34
• 小结	39
◆ 力偶	40
• 力偶的概念	41
• 力偶的等效条件和等效定理	43
• 力偶的特性	45
• 平面力偶系的合成与平衡	46
• 力的平移定理	49
• 力对点之矩	53
• 小结	59
◆ 平面任意力系	64
• 平面任意力系的简化	65
• 平面任意力系简化结果的讨论	69
• 平面任意力系的平衡方程式及其应用	71

• 静定与静不定问题	79
• 物体系统的平衡问题	81
• 小结	87
◆ 摩擦	93
• 滑动摩擦	96
• 考虑摩擦时物体的平衡问题 (解析法)	100
• 摩擦角和自锁的几何条件	106
• 考虑摩擦时物体的平衡问题 (几何法)	112
• 滚动摩擦简介	116
• 小结	120
◆ 空间力系	124
• 力在空间直角坐标系上的投影	125
• 空间汇交力系的合成及平衡	132
• 力对轴之矩	135
• 空间任意力系的平衡方程式	140
• 空间力系问题的平面解法	147
• 小结	150
◆ 重心	152
• 重心和形心的坐标公式	154
• 确定重心位置的方法	156
• 小结	163

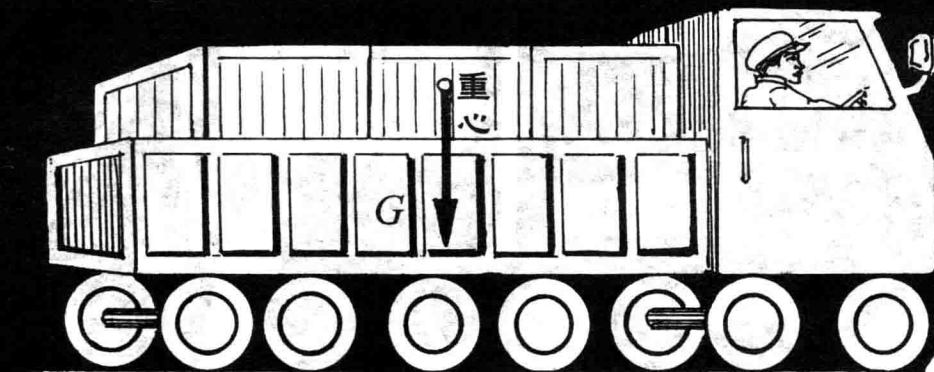
静力学基础

图一

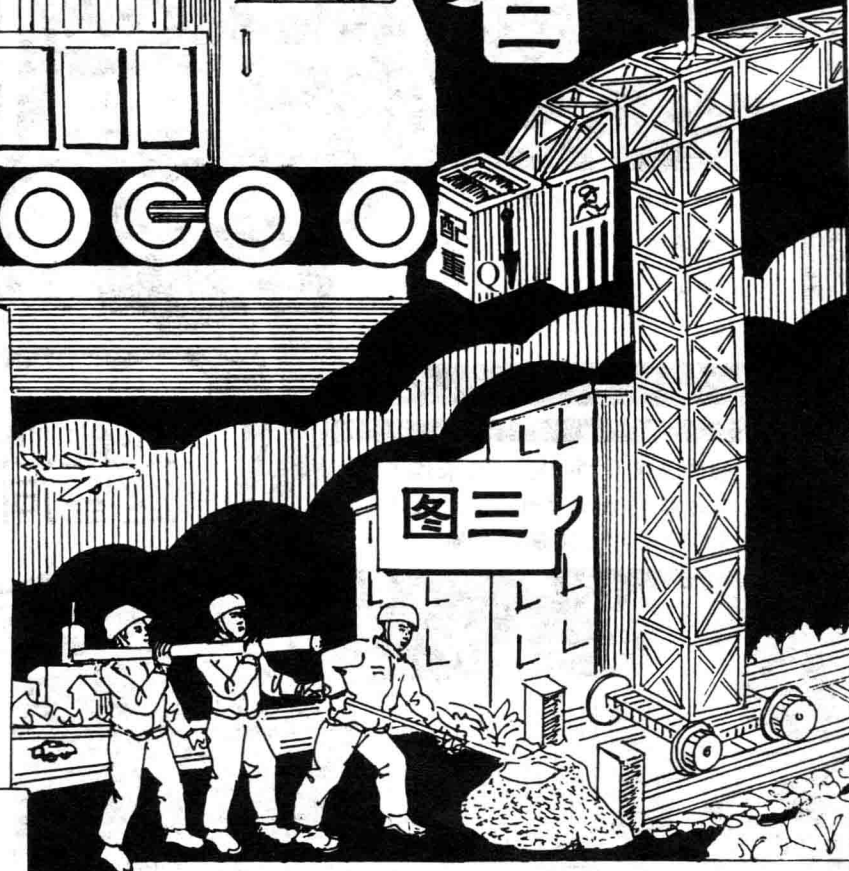
相关尺寸
及角度已知，
下面四根钢
绳中每根受
力多少呢？



图二



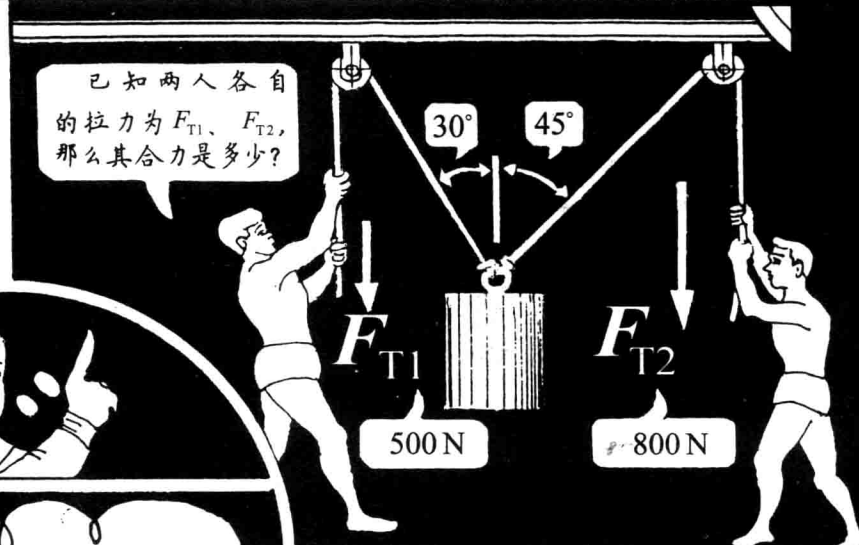
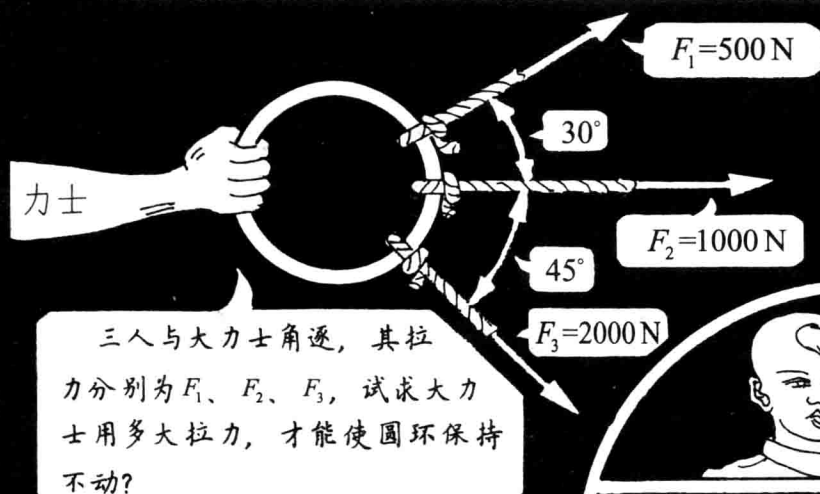
图三



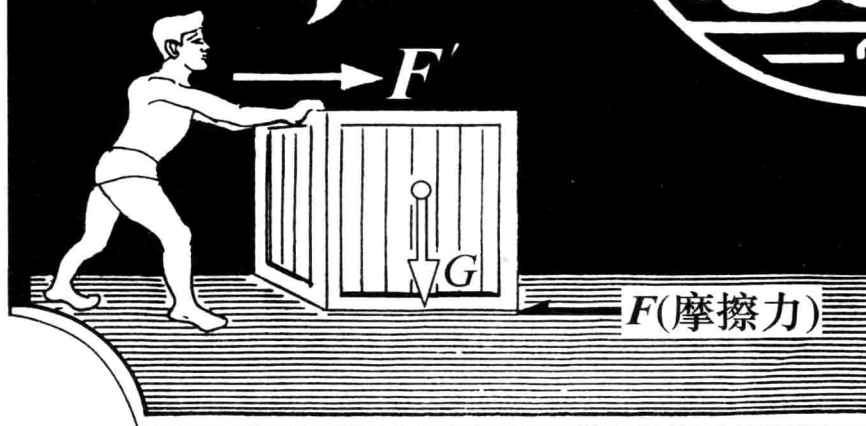
图二：已知 $G=60\text{t}$ 及重心位置和轮距，每轮受力=？

图三：已知自重和起重量及相关尺寸，吊车不倒， $Q=$ ？

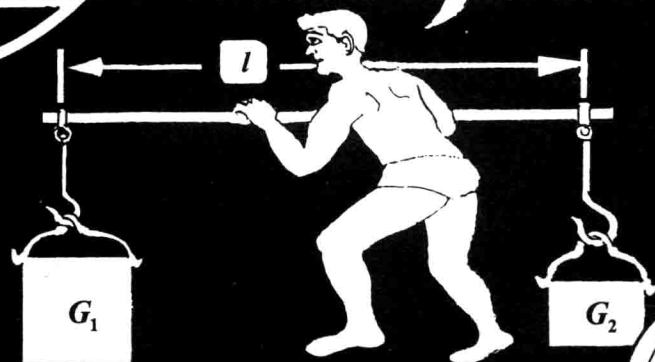
静力学基础



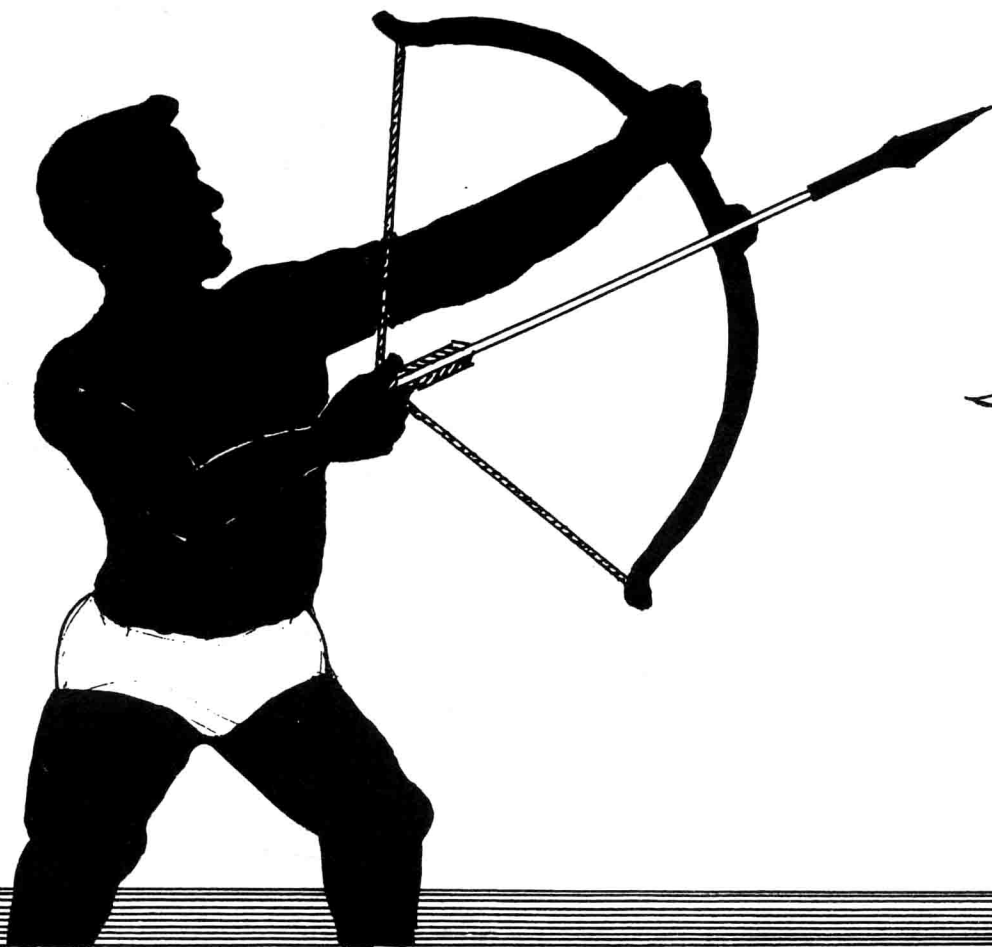
箱体总重 $G = 500 \text{ kg}$ ，设箱体与地面间的摩擦系数 $f = 0.4$ ，试求人的推力 F' 多大时才能推动木箱？



一副担子，已知 $G_1 = 60 \text{ kg}$ ， $G_2 = 25 \text{ kg}$ ，扁担长 $l = 2 \text{ m}$ ，您能准确计算出这副担子的重心吗？



静力学基础——静力学的基本概念



静力学是研究物体在力系作用下的平衡条件的科学。

力系是指作用于物体上的一群力。

平衡是指物体相对于地面保持静止或做匀速直线运动。

刚体是指在力的作用下，内部任意两点之间的距离始终保持不变的物体。

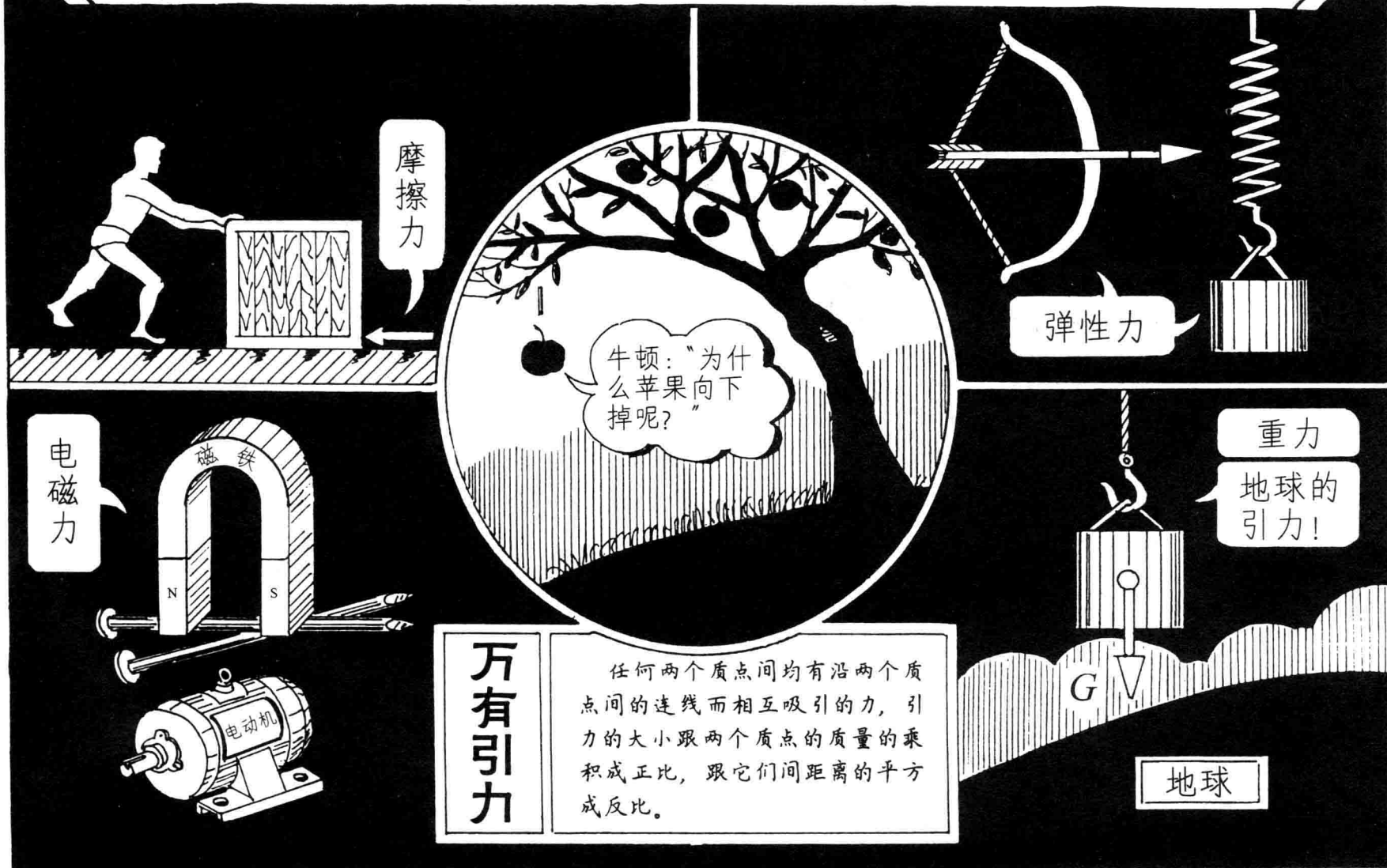
几个刚体通过一定联系组成的系统称为刚体系，又称物系。

力是物体之间的相互机械作用，不但有大小、作用点，而且具有方向性。

力是一个矢量！



静力学基础——静力学的基本概念

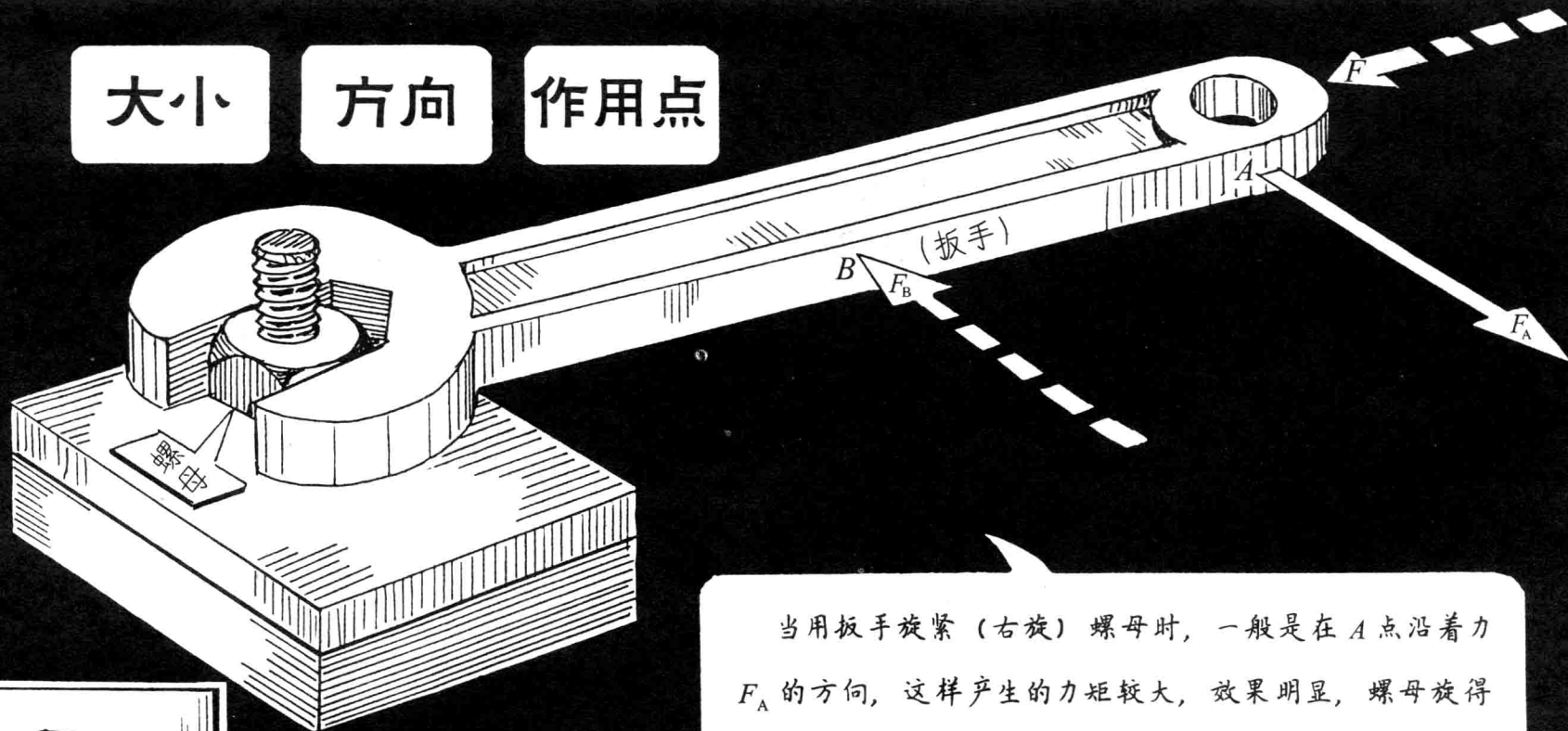


静力学基础——静力学的基本概念

大小

方向

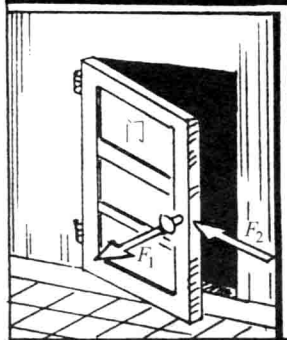
作用点



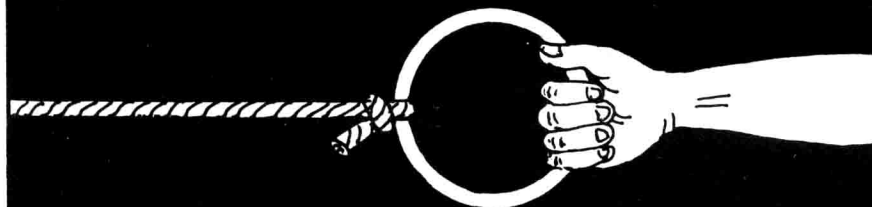
当用扳手旋紧（右旋）螺母时，一般是在 A 点沿着力 F_A 的方向，这样产生的力矩较大，效果明显，螺母旋得更紧。如果在 B 点施力，则力臂较短，力矩较小。如果沿着力 F 的方向，则起不到旋紧螺母的作用。

所以，力的三要素是：大小，方向和作用点。

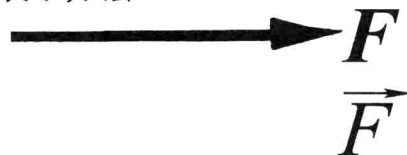
开门时，一般是沿着拉力 F_1 的方向；如果按照力 F_2 的方向，那么无论是拉或推，门都无法打开。



静力学基础——静力学的基本概念



力的表示方法



用力拉钢环时, 绳索被拉直,
这时对绳索施加了拉力!

力是一个有大小、方向和作用点的矢量。

对于矢量, 在图上用一个带箭头的线段表示。线段的长度按一定的比例 K_F 表示力的大小。即

$$K_F = \frac{\text{图上线段长}}{\text{力的大小}}$$
$$\text{cm/N 或 mm/N}$$

例如, 用 1cm 代表 1000N 的力,
这时的比例为

$$K_F = \frac{1}{1000} \text{ cm/N}$$

箭头指向表示力的方向

线段的起点或终点表示力的作用点

文字符号用黑体字母 F 表示力的矢量。手写时则用 $\vec{F}$ 表示

国际单位制:

力的单位:
牛 (N) 或千牛 (kN)

工程单位制:

力的单位: 千克力 (kgf)
1kgf=9.8N

静力学基础——静力学基本公理

公理一： 作用与反作用定律

滑冰车时，人通过双杆施力于冰面，冰面对双杆的反作用力使冰车向前滑行！



用力推箱时，人手也受到了箱对人手的反作用力！



公理一

一个物体对另一个物体有一个作用力的同时，另一个物体对此物体必有一个反作用力，这两个力大小相等、方向相反、沿着同一直线，且分别作用于两个相互作用的物体上。



喷气式飞机在反作用力作用下向前飞行！



走路时，脚用力蹬地，也受到了地面的反作用力！

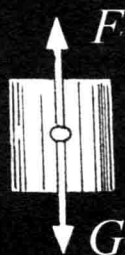


静力学基础——静力学基本公理

公理二：二力平衡公理



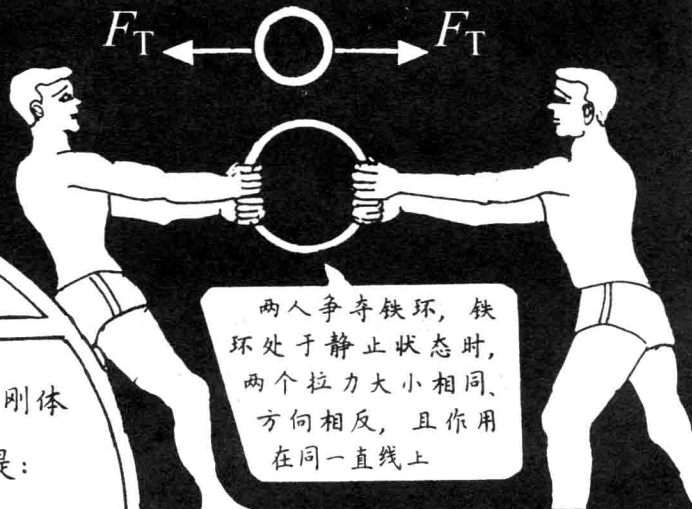
重力 G =拉力 F_T ，且在同一直线上！



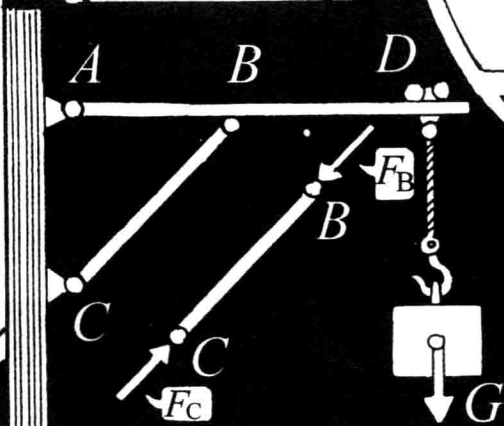
公理二

作用于刚体上的两个力，使刚体处于平衡状态的充分必要条件是：

这两个力大小相等、方向相反、且作用在同一直线上。



二力构件



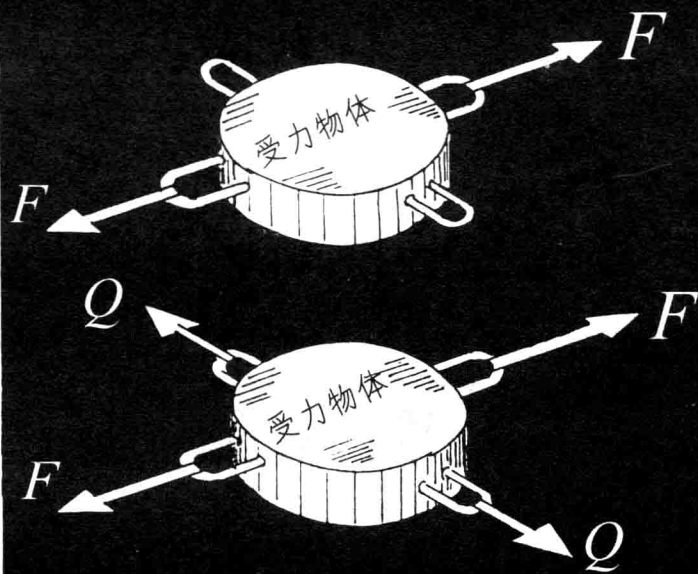
若一刚体受到两个力作用而处于平衡状态，则此二力的方向必在二力作用点的连线上，且等值、反向，此刚体称为二力构件

（见左图）。

$F_B = F_C$ ，方向相反且在一条直线上。

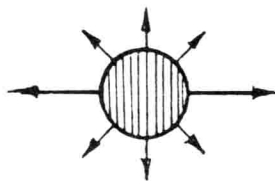
静力学基础——静力学基本公理

公理三：加减平衡力系公理



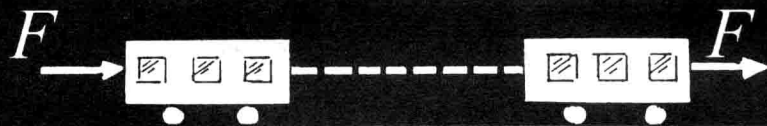
公理三

在已知力系上加上或减去任意的平衡力系，并不改变原力系对刚体的作用。

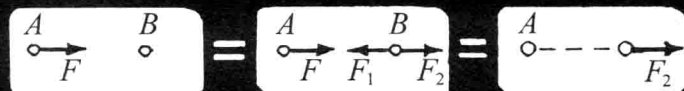


推论1 力的可传性

作用于刚体上某点的力，可沿其作用线移到刚体内任意一点，而不改变此力对刚体的作用效应。



证明



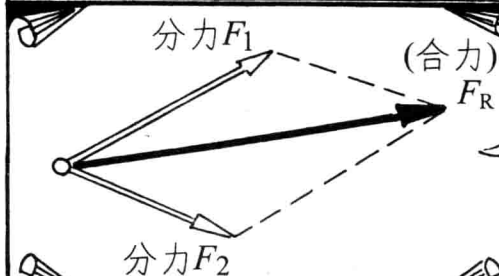
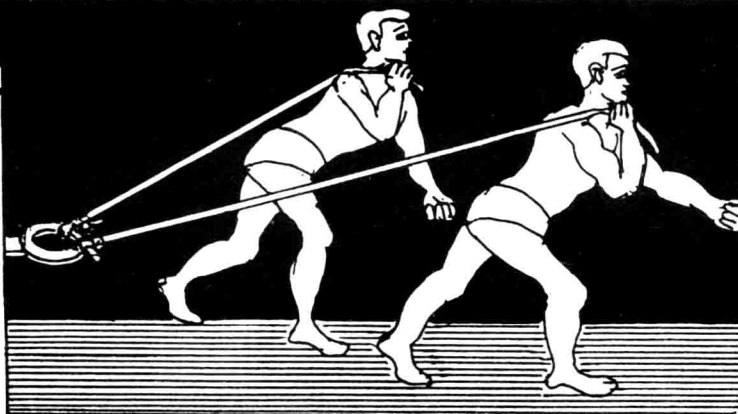
(1) 设立 F 作用于刚体上 A 点。

(2) 沿力的作用线在刚体内任取一点 B ，并在 B 点加一平衡力系 F_1 与 F_2 ，使 $-F_1 = F_2 = F$ (上图)。

(3) 由于 $F_1 = F$ ，反向且共线，故根据公理三二者抵消，只剩下 F_2 ， $F_2 = F$ ，即相当于力 F 从 A 点传递到 B 点。

静力学基础——静力学基本公理

公理四：力的平行四边形规则



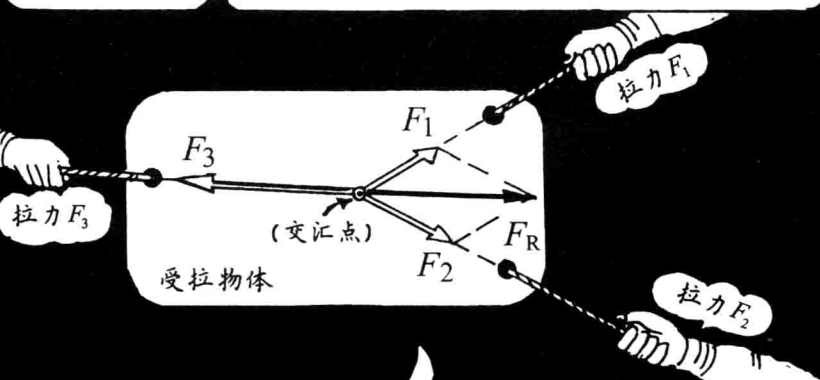
公理四说明力的合成是符合矢量加法的，即

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

公理四

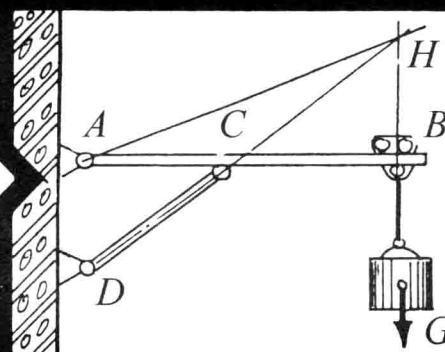
作用于物体上同一点的两个力可以合成为一个合力。合力也作用于该点上，其大小和方向由这两个力为邻边所构成的平行四边形的对角线确定（上图）。

推论 2 三力平衡汇交定理



作用于刚体上三个相互平衡的力，若其中两个力的作用线汇交于一点，此三力则必在同一平面内，且第三个力的作用线通过汇交点。

三力构件



图中，AB杆三处受力：
B点，受重力G的作用垂直向下。
C点，因CD杆为二力构件，故其对AB杆的反作用力沿CD延长线方向。
A点，铰链A处的反作用力作用线与H点交汇。

静力学基础——约束与约束反力

钢锭在重力的作用下会往下掉，但受到钢索的约束，钢索限制了钢锭的向下运动，它便是约束。同样，花盆也会在重力的作用下往下掉，但受到了桌面的限制，桌子也是约束！



主动力

会使钢锭自由下落的重力，称为主动力。

约束反力

F_T

(钢锭)

G

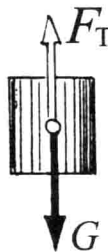
主动力

使物体产生运动的力，称为主动力。例如，重力——地球对物体的引力，高处下落的物体会在重力的作用下做自由落体运动。

约束和约束反力

位移受到限制的物体称为非自由体，对非自由体的某些位移起限制作用的周围物体称为约束。

约束对物体的运动起限制作用的力，称为约束反力。



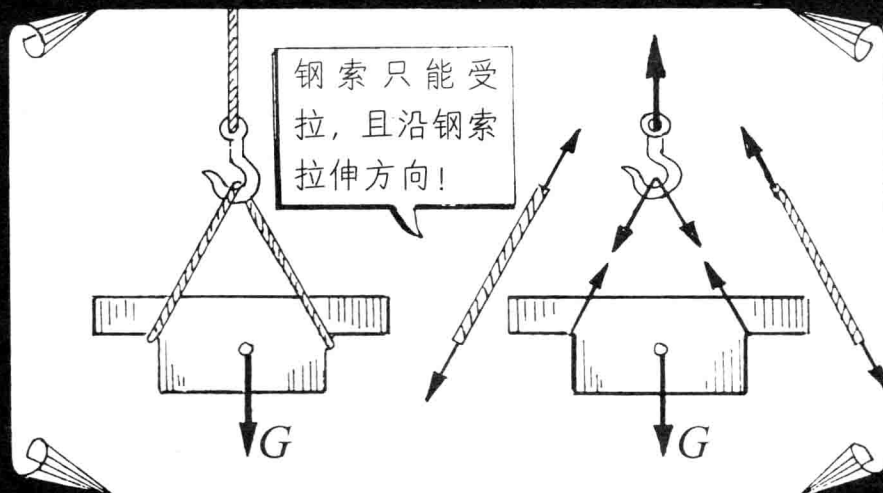
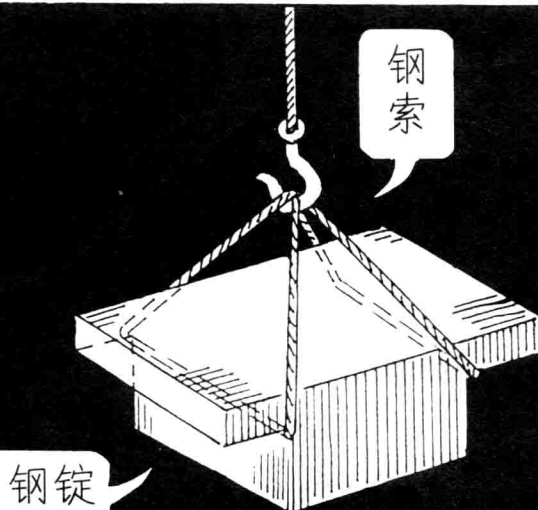
$$G = F_T$$

主动力

约束反力

静力学基础——约束与约束反力

柔性体约束



由柔软的绳索、传动带或链条所构成的约束。

这类约束只能受拉，不能受压，并且只能限制物体沿绳索拉伸方向的运动。在不计自重的条件下，绳索两端受拉力作用后成一直线，它的受力状态为一个二力构件，在平衡时，这两个力的方向沿着绳索相背于受力物体。

