



“十四五”职业教育国家规划教材

工程力学

(第八版)

◎主 编 蒙晓影

微课版

- “互联网+”新形态教材
- 扫码看微课视频，随时随地学
- 教案+课件+习题答案+试卷，全面助力教学



大连理工大学出版社



扫描全能王 创建

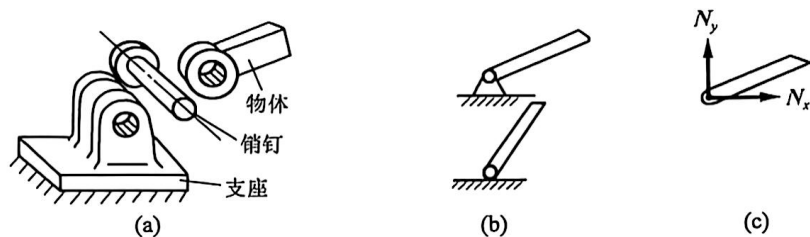


图 1-24

3. 活动铰链支座

如果在固定铰链支座的底部安装一排滚轮,如图 1-25(a)所示,就可使支座沿固定支承面移动。这是工程中常见的一种复合约束,称为活动铰链支座,这种支座常用于桥梁、屋架或天车等结构中,可以避免由温度变化而引起结构内部变形应力。这类约束的简化示意图如图 1-25(b)所示。在不计摩擦的情况下,活动铰链支座只能限制构件沿支承面垂直方向的移动。因此活动铰链支座的约束反力方向必垂直于支承面,且通过铰链中心,常用字母 N 表示。如图 1-25(c)所示, N_A 为活动铰链支座 A 的约束反力。

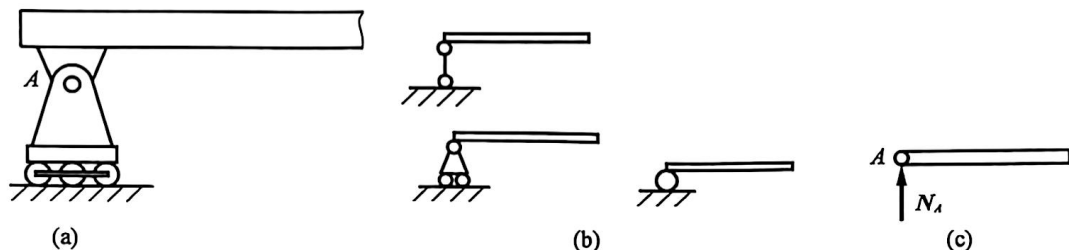


图 1-25

1.7



物体的受力分析

解决工程实际问题时,通常要根据已知力,利用平衡条件,求解未知力。因此,首先要确定物体受到哪些力的作用,并且分析出每个力的作用位置和作用方向,这个分析过程称为物体的受力分析。

作用在物体上的力可分为两类:一类是主动力;另一类是约束反力,约束反力是被动力,通常是未知的。

在受力分析中,为了清晰地表示物体的受力情况,我们需要把受力物体从周围物体中分离出来,单独画出它的简图,这个步骤称为取研究对象或取分离体。然后把物体所受的所有力(包括主动力和约束反力)全部画出来。这种表示物体受力的简明图形,称为受力图。在静力学中,恰当地选取研究对象,正确画出物体受力图是解决问题的关键。具体分析可通过以下几个步骤进行:

(1) 选取研究对象,取分离体,要保持原构体的形状、尺寸与方位一致。

(2) 画主动力,标注力的符号,遵照主动力的原貌。



构件的受力分析



(3)根据与受力物体相连接或接触的物体的约束类型画约束反力,并标注力的符号。

(4)检查受力图中的力有无多、漏、错的现象。

下面举例说明受力图的画法。

例 1-3 用力 F 拉动碾子以压平路面,碾子受到一石块的阻碍,如图 1-26(a)所示。试画出碾子的受力图。

解:选取碾子为研究对象,取分离体并画简图。

画主动力。主动力有重力 G 和杆对碾子中心的拉力 F 。

画约束反力。因碾子在 A 和 B 两处受到石块和地面的约束,如不计摩擦,则均为光滑接触面约束,故在 A 处受石块的法向力 N_A 的作用,在 B 处受地面的法向力 N_B 的作用,它们都沿着碾子上接触点的公法线而指向圆心。

碾子的受力图如图 1-26(b)所示。

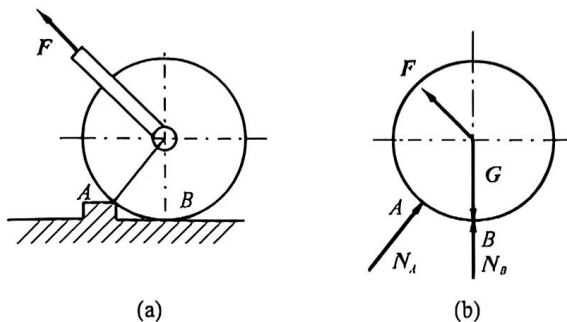


图 1-26

例 1-4 悬臂吊车如图 1-27(a)所示。简图中 A 、 B 、 C 三点为铰链,起吊重量为 P ,横梁 AB 和斜杆 BC 的自重可略去不计。试画出横梁 AB 的受力图。

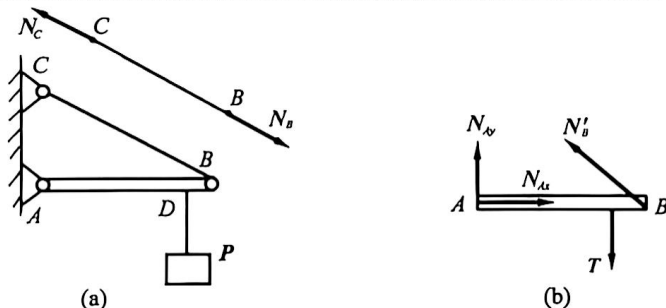


图 1-27

解:(1)先分析 BC 杆的受力, BC 杆忽略了重力,只在 B 、 C 两处受力,工程上常遇到只受两个力作用而平衡的物体,我们称之为二力构件或二力杆,二力构件平衡时,二力必在经过两作用点的连线上,且两作用力的大小相等,方向相反。杆 BC 是二力杆,受力沿 BC 两点连线,受拉力,如图 1-27(a)所示。

(2)再分析横梁 AB 的受力。画拉力 T ,因起吊重物重量为 P ,所以在 D 点的拉力大小与已知力 P 相等。画约束反力, B 处的受力与杆 BC 在 B 点的受力互为作用力与反作用力,大小与 N_B 相等,方向相反,在同一条直线上, A 处为铰链约束,其约束反力通过铰链中心,但方向不能确定,故用两个互相垂直的分力 N_{Ax} 和 N_{Ay} 表示,横梁受力图如图 1-27(b)所示。

请读者思考, A 点的约束反力方向能否唯一确定?

例 1-5 如图 1-28(a)所示的三铰拱桥由左、右两拱铰接而成。设各拱自重不计,在拱 AC 上作用有载荷 P 。试分别画出拱 AC 和 BC 的受力图。

解:(1)先分析拱 BC 的受力。由于拱 BC 自重不计,且只在 B 、 C 两处受到铰链的约束,因此拱 BC 为二力构件。在铰链中心 B 、 C 处分别受 S_B 、 S_C 两力的作用,且 $S_B = S_C$,这两个力的方向如图 1-28(b)所示。



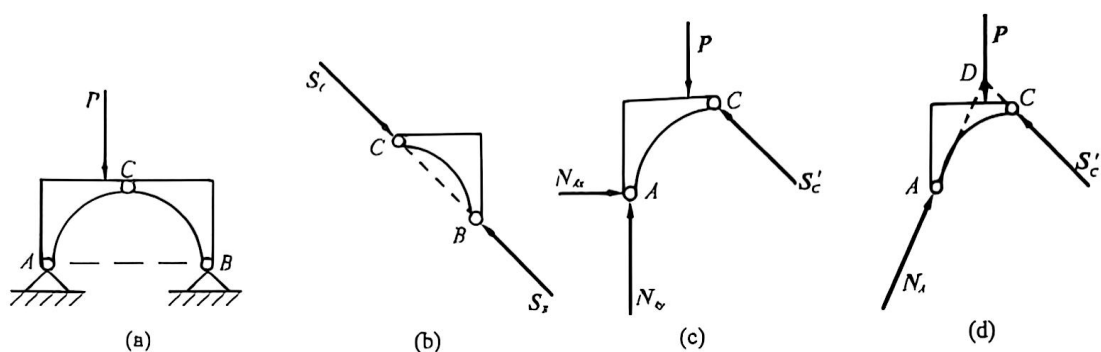


图 1-28

(2) 取拱 AC 为研究对象。由于自重不计, 因此主动力只有载荷 P 。拱在铰链 C 处受拱 BC 给它的约束反力 S'_C 的作用, 根据作用力和反作用力公理, $S'_C = S_C$ 。拱在 A 处受固定铰支座给它的约束反力 N_A 的作用, 由于方向未定, 可用两个大小未知的正交分力 N_{Ax} 和 N_{Ay} 代替。拱 AC 的受力图如图 1-28(c) 所示。再进一步分析可知, 由于拱 AC 在 P 、 S'_C 和 N_A 三个力作用下平衡, 故可根据三力平衡汇交定理, 确定铰链 A 处约束反力 N_A 的方向。点 D 为力 P 和 S'_C 作用线的交点, 当拱 AC 平衡时, 力 N_A 的作用线必通过点 D , 如图 1-28(d) 所示; 至于 N_A 的指向, 可由平衡条件确定。

例 1-6 画出图 1-29(a) 所示平面构架的整体受力图以及杆 AO 、 AB 和 CD 的受力图。各杆重力均不计, 所有接触处均为光滑接触。

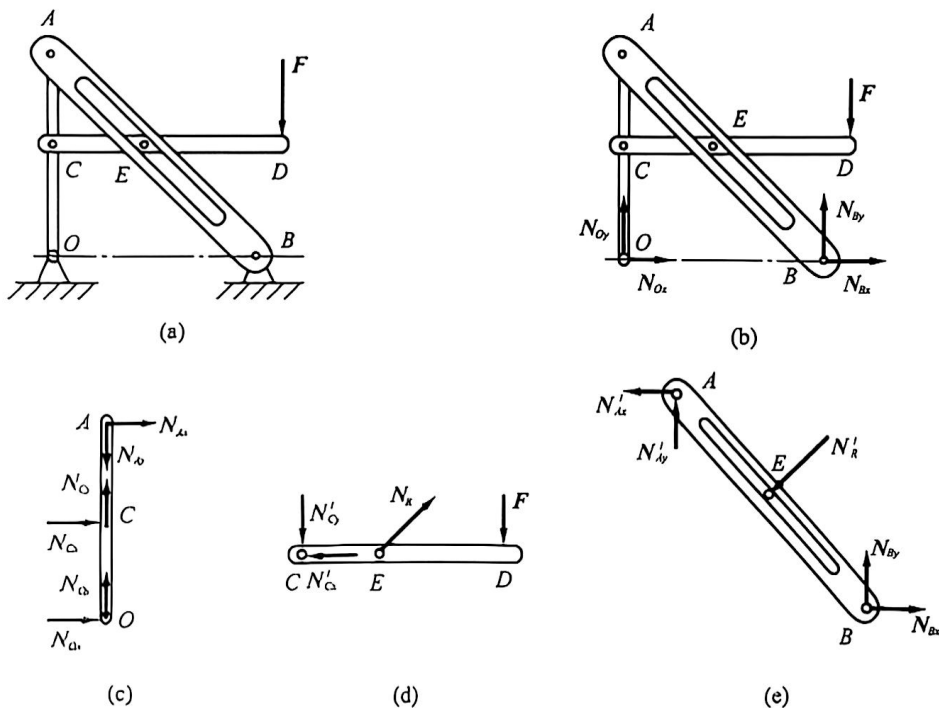


图 1-29

解: (1) 以整体为研究对象。整体受力如图 1-29(b) 所示。 O 、 B 两处为固定铰链约束, 各有一个水平约束反力和一个铅垂约束反力, 假设约束反力方向如图中所示; 其余各处的约束反力均为内力; D 处作用有主动力 F 。

(2) 以 AO 杆为研究对象。 AO 杆受力如图 1-29(c) 所示。其中 O 处受力与图 1-29(b)



中相同;C、A 两处为中间活动铰链,约束反力可以分解为两个力。

(3)以 CD 杆为研究对象。 CD 杆受力如图 1-29(d)所示。其中 C 处受力与 AO 杆在 C 处受力互为作用力和反作用力; CD 杆上所带销钉 E 处受到 AB 杆中斜槽光滑面约束反力 N_R ;在 D 处作用有主动力 F 。

(4)以 AB 杆为研究对象。 AB 杆受力如图 1-29(e)所示。其中 A 处受力与 AO 杆在 A 处的受力互为作用力和反作用力; E 处受力与 CD 杆在 E 处的受力互为作用力和反作用力; B 处的约束反力用水平与铅垂约束反力表示。

例 1-7 图 1-30(a)所示为发动机工作原理图,请画出其机构简图,并分析构件的受力。

解:图 1-30(a)所示系统为发动机工作原理图,其简图如图 1-30(b)所示。 AB 连杆为二力杆,其受力如图 1-30(c)所示;活塞可简化为一滑块,受到连杆给它的反作用力和气缸壁给它的约束反力以及气体的压力,如图 1-30(d)所示;曲轴可简化为一直杆,其上作用一个主动力矩,在主动力矩的作用下,刚体有转动趋势,由于曲轴受到连杆给它的反作用力和轴 O 处的约束反力作用,故其匀速转动,处于平衡状态,其受力如图 1-30(e)所示。

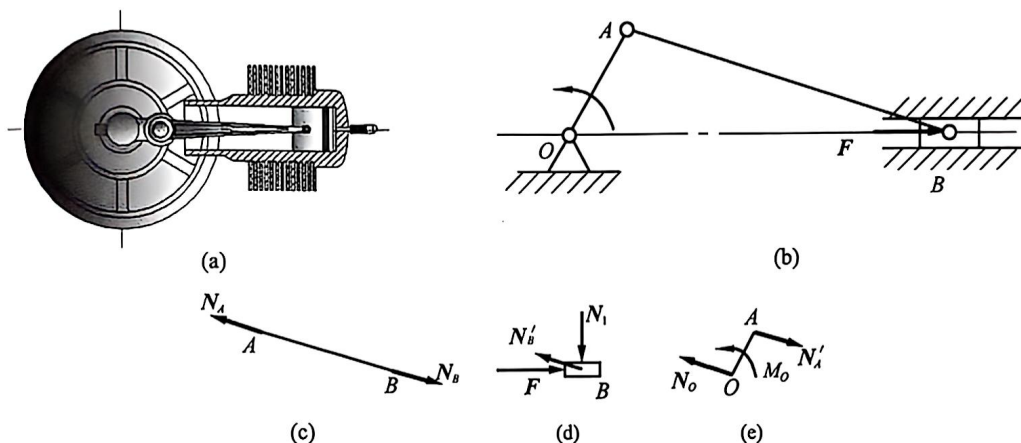


图 1-30

该例题最重要的步骤是将工程中的实物图简化为力学分析中的简图,这是力学建模的过程。

画受力图时需注意以下几点:

(1)首先要明确是画哪个物体的受力图,确定受力物体及施力物体。要求一个研究对象画一个受力图。

(2)在分离体的简图上画出全部主动力和约束反力,明确力的数量,不能多画,也不能少画。若选取的研究对象是物系,则物系内物体与物体间的作用力对物系而言是内力,受力图上不画内力。

(3)画约束反力时,一定注意,一个物体往往同时受到几个约束的作用,这时应分别根据每个约束单独作用时,由该约束本身特性来确定约束反力的方向,而不能凭主观臆测。

(4)受力图上要标明各力的名称及作用点的位置,不要任意改变力的作用位置。

(5)一般情况下,不要将力分解或合成。如果需要分解或合成,分力与合力不要同时画在同一受力图上,以免重复。必要时,用虚线表示分力与合力中的一种。

(6)画受力图时,要注意应用二力平衡公理、三力平衡汇交定理及作用力与反作用力公理。



分析思路与过程

1. 在分析物系受力时,二力杆优先,其受力特点即此二力一定沿两个作用点的连线,满足二力平衡条件。
2. 再画与二力杆相联系的其他物体的受力,注意作用力与反作用力公理的应用。
3. 如果一个刚体受到三个非平行平面力的作用而处于平衡,且已知两个力的方向和交点,可应用三力平衡汇交定理确定第三个力的方向。
4. 没有上述特点的均按约束的类型及受力特点确定约束反力。
5. 画受力图时注意只画受力,不画施力;只画外力,不画内力。

案例分析与解答

1. 平衡鹰身体是塑料制成的,而且嘴部含有铁块,这样平衡鹰的大部分重量都集中在嘴部,塔尖是个小小的凹槽,以便支撑鹰体和适应鹰嘴滑动。

2. 平衡鹰向前展开的两个对称翅膀和向后翘起的尾部这三部分以一定的角度使得平衡鹰的物理重心集中在鹰嘴部位。

3. 同样在重力作用和杠杆原理下,我们把塔尖凹槽中心当作支点,由于支点和重心距离非常接近,这样支点和重心的力臂就非常微小,力臂长度就不会超出凹槽的支撑范围,塔顶的支撑力便可完全支撑

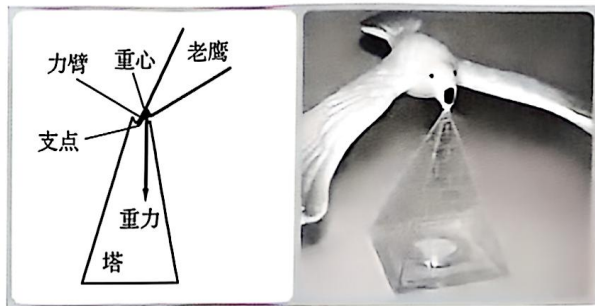


图 1-31

重力和杠杆作用力,这样轻轻动一下平衡鹰,平衡鹰便和不倒翁一样在塔顶摇晃而不掉落,直到完全静止,如图 1-31 所示(注意:鹰嘴是重心也是支撑接触点,但这两点并不完全集中在同一点)。

小结

1. 主要内容

(1) 力的概念

力是物体间的相互作用,使物体的运动状态改变或产生变形。力的大小、方向和力的作用线是其三要素,决定了力的作用效果。力的投影是将矢量问题转化为代数问题来解决的依据。

(2) 力偶的概念

力偶是两个具有特殊关系的力的组合,对刚体具有单纯转动效应,力偶不能用一个力等效,为此力和力偶是力学上的两个基本要素。

