

高等学校规划教材

理论力学实践教程

主编 黄美英

煤炭工业出版社

高等学校规划教材

理论力学实践教程

主 编 黄美英

副主编 黄耀祥 许永安 毕贤顺

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书按照国家教委理论力学课程指导委员会制订的“高等工科院校理论力学课程教学基本要求”所规定的多学时内容编写而成。是煤炭高校“八五”规划补充教材。

本书分静力学、运动学、动力学三大部分,共二十章。每章按四个纲目编写。本书理论严谨,阐述简明扼要,概念答疑及测试题取材广泛、新颖,富有典型性。在例题分析中,突出解题思路、方法、步骤和技巧,是一本颇具特色的教材。是作者几十年教学经验的结晶。

本书可作为高等工科院校本、专科的教学用书,也可作为电大、职大、函大、夜大等成人高等教育的教学参考书。

高等学校规划教材 理论力学实践教程

主编 黄美英

副主编 黄耀祥 许永安 毕贤顺

责任编辑:瓮立平 陈贵仁 高 专

煤炭工业出版社 出版发行

(北京安定门外和平里北街21号)

中国科学院印刷厂印刷

开本 $787 \times 1092 \text{mm}^{1/16}$ 印张 $17\frac{3}{4}$

字数 421 千字 印数 1—6,000 册

1996年8月第1版 1996年8月第1次印刷

ISBN 7-5020-1369-5/O3

书号 4138 A0345 定价:16.80 元

前 言

为适应高等工科院校理论力学课程教学改革的要求,本书突出理论联系实际的原则。由于理论力学教学内容多,目前,教学时数压缩,因此必须提高课堂教学效率,加强“讲”与“练”的结合,增强学生的解题能力。为此我们编写了这本教程。

本书共设置二十章,每章四个纲目:

1. 内容提要 包括系统结构、理论概要、重点、难点等部分。系统结构用框图形式描绘,使每章内容一目了然;“理论概要”将该章的理论、定义、公式进行简要的概括和比较,便于学生掌握和应用。

2. 概念答疑 汇总了学生提出的各种疑难问题,作者根据几十年教学生涯中的教学经验对这些问题均作出了有针对性的深入阐述。

3. 概念试题 包含判断题、填空题和选择题,本栏目所列的题目具有复盖面广、概念深刻、理论联系实际等特点。有利于培养学生的独立思考能力。

4. 典型例题 首先分析各章的题型,对重要的典型例题进行透彻的分析,突出解题的思路、方法、步骤和技巧,对学生顺利掌握各类题型的解题方法起到了积极的引导作用。

参加本书编著的有梁南胜(第一篇静力学引论、第一、第十三、第十四章),毕贤顺(第二、第三、第四章),黄耀祥(第九、第十一章、第十二章),许永安(第五、第六、第三篇动力学引论、第十二章),孙云普(第十五、第十八章),胡新前(第七、第二篇运动学引论、第八、第十七章),黄美英(第十、第十六、第十九章),全书由黄美英任主编并负责审定。

尽管全体编著者在编写本教材过程中倾注了大量的精力,但由于水平所限,缺漏难免,恳请读者批评指正。

编著者

1996年3月

目 录

第一篇 静 力 学

第一章	静力学基础及物体的受力分析	1
第二章	平面汇交力系	13
第三章	力对点之矩、力偶理论	23
第四章	平面任意力系	30
第五章	桁架	45
第六章	摩擦	54
第七章	空间力系与重心	71

第二篇 运 动 学

第八章	总的运动学	84
第九章	刚体的基本运动	96
第十章	点的合成运动	104
第十一章	刚体的平面运动	124

第三篇 动 力 学

第十二章	动力学基本定律, 质点运动微分方程	143
第十三章	动量定理	156
第十四章	动量矩定理	169
第十五章	动能定理	184
第十六章	达朗伯原理	209
第十七章	虚位移原理	226
第十八章	拉格朗日方程	240
第十九章	机械振动	253
第二十章	碰撞	266
参考文献	参考文献	277

第一篇 静 力 学

静力学主要研究物体在力系作用下的平衡规律。平衡是机械运动的特殊情况,在一般工程问题中,平衡是指相对于地球的平衡,特别是指相对于地球的静止。静力学研究的主要问题有:物体的受力分析;力系的简化;力系的平衡条件及应用。

重点 ①静力学公理,力、力偶和力螺旋的基本性质,合力、合力投影定理及合力矩定理,摩擦角及自锁现象。②约束的概念,基本约束类型的约束反力的表示方法,刚体及刚体系统的受力分析。③平面一般力系向任一点进行简化的方法及简化结果,主矢和主矩的概念,各种力系的简化结果。④力在坐标轴上的投影计算,平面问题中力对点之矩和空间问题中力对轴之矩的计算,确定物体重心的方法。⑤各种力系的平衡条件及平衡方程的应用,平面问题中刚体及刚体系统(包括考虑摩擦时)平衡问题的求解。

难点 ①约束和约束反力,力系简化的一般方法、简化过程及结果,静定与静不定问题的判定。②刚体系统(包括考虑摩擦时)平衡问题的分析方法,研究对象的选取和受力分析,作受力图及列解平衡方程。③摩擦角和自锁现象及其在平衡问题中的应用,滚动摩擦的概念。

第一章 静力学基础及物体的受力分析

一、内容提要

1. 系统结构



2. 理论概要

(1) 静力学公理

公理被人们所公认,其正确性被无数事实所证实。静力学公理是静力学也是整个理论力学的理论基础,它包括五个公理和二推论,如表 1-1 所示。

(2) 约束和约束反力

物体处于平衡或运动状态时,总是与周围物体相互联系着,物体的运动总会受到周围物体的限制,使物体沿某些方向的运动成为不可能,这时我们就说该物体受到了约束。在静力学中通常把对非自由体的运动起限制作用的周围物体称之为该非自由体的约束。约束作用在非自由体——被约束物体上的力称为约束反力,它是在主动力的作用下所产生的被动力,是未知的,在静力学中需要根据力系的平衡条件来求解(在动力学中需要根据动力学方程来求解)。约束反力的方向总是与约束所能限制的运动方向相反,一般由约束的结构形式来确定,约束反力的作用点总是在约束与被约束物体的接触点或连接点处。

约束是理论力学中最基本和重要的概念之一,在学习了动力学的内容后才能够对约束的概念有完整的理解。在平面问题中常见的几种约束类型及其约束反力的表示方法如表 1-2 所示;在空间问题中这些约束类型的约束反力的个数和表示方法又会有所不同。

表 1-1 静力学公理和推论

有关力的基本性质的公理	二力合成公理(力的平行四边形法则);作用与反作用定律
有关等效的公理	加减平衡力系公理;力的可传性原理
有关平衡的公理	二力平衡公理;三力平衡汇交定理;刚化原理

3. 本章重点和难点

重点 力、刚体、平衡及平衡力系,力系的等效替换,约束及约束反力等概念,静力学公理,平面问题中常见的几种类型的特点和约束反力的表示方法,单个刚体和刚体系统的受力分析。

难点 静力学公理,约束的概念,刚体系统的受力分析及作受力图的方法。

二、概念答疑

1. 为什么在理论力学中只考虑力的外效应?

答 作用在物体上的力,既可以使该物体产生外效应(运动效应),也可以产生内效应(变形效应),力的这两种效应往往是同时发生的。由于在理论力学中建立了理想化的力学模型——刚体,这就意味着不考虑力的内效应,而只考虑力的外效应(力的变形效应将在材料力学等课程中加以研究)。另外,作用在物体上的主动力可能是重力、电磁力、水压力或液压力等,在理论力学中往往不必考虑力的来源,而只考虑力的表现,即只考虑力对物体所产生的运动效应应该是如何的。

2. 有两力 F_1 和 F_2 , $F_1 = F_2$ 与 $F_1 = F_2$ 的含义是什么? 有何区别?

答 $F_1 = F_2$ 表示两力大小相等、方向相同,但两力作用点(线)的位置可能是不相同的,如图 1-1 所示; $F_1 = F_2$ 仅表示两力大小相等,即两力矢的模 $|F_1| = |F_2|$,而两力的方向和作用点(线)的位置可能是不相同的,如图 1-2 所示。

3. 两力等效的条件是什么?

答 对于变形体来说,力是定位矢量,两力大小相等、方向相同、作用点位置相同,则两力互为等效。如图 1-3a 中,作用在同一变形体上点 A 和点 B 的 F_A 与 F_B ,由于两力产生的变形效应不相同,所以两力不等效。对于刚体来说,力是滑动矢量,两力大小相等、方向相同、作用线位置相同,则两力互为等效。如图 1-3b 中,作用在同一刚体上点 A 和点 B 的 F_A 与 F_B

表 1-2 平面问题中常见的约束类型

约束类型		约束反力方向	
		作用线方位	作用线指向
柔 索		沿柔索中心线	背离物体
光滑接触面(线、点)		沿公法线	指向物体
光滑圆柱铰链		未定	两个正交分力表示
向心轴承		未定	两个正交分力表示
固定铰链支座		未定	两个正交分力表示
滚动支座(辊轴支座)		沿支承面法线	未定 (可以假设)
二力构件		沿两端铰链中心连线	未定 (可以假设)
固定端		约束反力为两个正交分力和一个约束反力偶(力的指向和力偶转向可以假设)	

对刚体的运动效应是完全相同的。

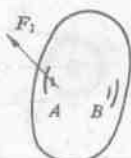
4. 有两力 F_1 和 F_2 , 若 $F_1 = -F_2$, 则表明两力是一对平衡力或一对作用力与反作用力, 这种说法正确吗?



(a)



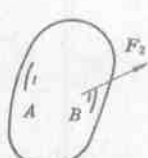
(b)



(a)



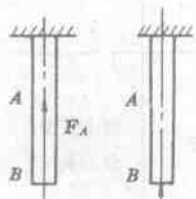
(b)



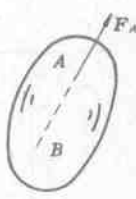
(c)

图 1-1

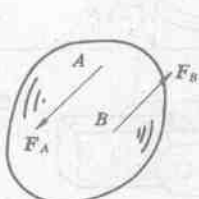
图 1-2



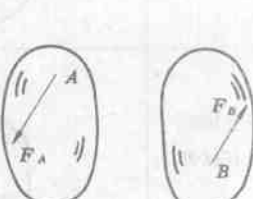
(a)



(b)



(a)



(b)

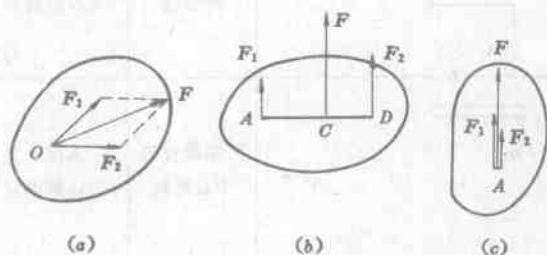
图 1-3

图 1-4

答 不完全正确。若一对平衡力或一对作用力与反作用力时, 可用 $F_1 = F_2$ 来表示两力等值、反向、共线; 但满足条件 $F_1 = -F_2$ 时, 也可能仅表示两力等值、反向, 但作用线未必在同一条直线上, 如图 1-4a 所示, 作用在刚体上点 A 和点 B 的两力 $F_1 = -F_2$, 且作用线互相平行时, 可构成一个力偶; 而如图 1-4b 所示, F_1 和 F_2 作用在两个不同的刚体上, 虽然 $F_1 = -F_2$, 但两力既不是一对平衡力或一对作用力与反作用力, 也不可能构成一个力偶。

5. 有两力 F_1 和 F_2 , $F_1 + F_2 = F$ 与 $F_1 + F_2 = F$ 代表什么意义, 有何区别?

答 在求两共点力、两平行力或两共线力的合力时 (如图 1-5 所示), 其合力均可采用向量表达式 $F_1 + F_2 = F$ 表示; 而 $F_1 + F_2 = F$ 仅表示两平行力或两共线力的合力的大小。



(a)

(b)

(c)

图 1-5

6. 在物体上点 A 和点 B 作用有共线的两力 F_1 和 F_2 , 且 $F_1 = -F_2$, 该物体是否一定处于平衡?

答 不一定。对于刚体来说, 二力平衡条件是刚体平衡的必要和充分条件, 如图 1-6a 所示, 在一根刚性杆上不论作用一对拉力或一对压力, 杆总是处于平衡状态; 对于变形体来说, 二力平衡条件是必要条件而不是充分条件, 如图 1-6b

所示, 在一条绳上作用一对压力时, 绳是不会处于平衡状态的。

7. 为什么力的可传性原理仅适用于刚体而不适用于变形体?

答 如图 1-7a 所示,在变形杆 AB 上作用一对反向平衡的拉力时,杆产生伸长变形;若由力的可传性原理,两力互换作用点位置变成一对压力后,杆产生缩短变形;若两力移至同一点 C 后,杆不发生变形。可见,对变体应用该原理就改变它的变形特征。另外该原理仅适用于一个刚体,如图 1-7b 所示,两个无重刚体 A 、 B 在一对压力作用下处于平衡,若两力的作用点位置换位后,就不会处于平衡。

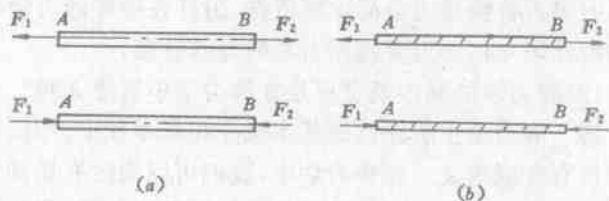
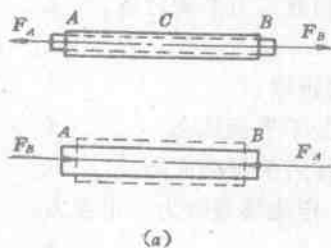


图 1-6

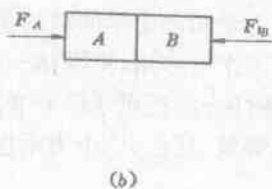
所示,两个无重刚体 A 、 B 在一对压力作用下处于平衡,若两力的作用点位置换位后,就不会处于平衡。

8. 若作用在刚体上三个力的作用线汇交于一点且在同一平面上,则刚体一定处于平衡,这种说法正确吗?

答 不一定。若刚体受三力作用,且其中两力的作用线汇交于一点,则刚体平衡的必要条件是三力的作用线必汇交于一点且在同一平面上,反之则未必成立。如图 1-8 所示,若 $F_1 = F_2$ 且共线,则刚体不会处于平衡。



(a)



(b)

图 1-7

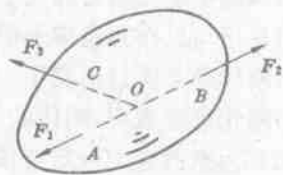
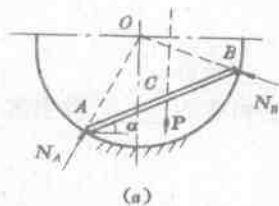
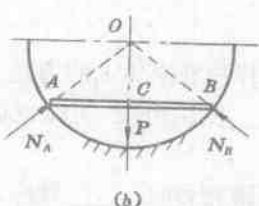


图 1-8



(a)



(b)

图 1-9

9. 如图 1-9a 所示,在半径为 R 的固定光滑圆槽内置放重量为 P 、长为 $l < 2R$ 的杆 AB ,杆能在图示位置处于平衡吗?

答 不能。设杆 AB 与水平方向夹角为 α ,作用在杆上的三个力重力 P 与光滑接触面约束反力 N_A 、 N_B 必不满足三力平衡汇交定理,不会处于平衡。只有当杆位于水平位置时(见图 1-9b),三力才能汇交于同一点并处于平衡。

10. 在平面问题中常见的几种约束类型中,①哪几种约束的约束反力其作用线方位与指向可以事先确定?②哪几种作用线方位能事先确定,指向则不能?③哪几种作用线的方位与指向均不能事先确定?

答 在本章所涉及到的约束类型中:①光滑接触面约束和柔索约束;②滚动支座和二力构件;③固定铰链支座、向心轴承支座和中间铰链。

11. 为什么力系的等效替换是静力学中的一个重要概念?

答 作用在刚体上的力系往往是复杂的,将复杂力系等效替换为简单力系后,并不改变原力系对刚体的作用效应。这样复杂力系对刚体的作用效应就可通过简单力系来判定,因此力系的等效替换是力系简化的依据。另外在推导静力学有关原理(如力线平移定理和力偶的基本特性等)时,一定要强调力系的等效替换。

12. 静力学的基本概念只是在静力学中有意义吗?

答 静力学中所提供的基本概念和基本理论,不仅适用于静力学,而且在整个理论力学中都具有普遍意义。在动力学中,我们可以通过在运动着的刚体上加上惯性力,把一个动力学问题转化成为形式上的静力学平衡问题来处理。另外,静力学的有关理论和方法在今后将要学习的专业基础课(如材料力学等)和专业课(如机械原理等)中都会得到广泛的应用。

三、概念试题

1. 判断题

(1) 静力学研究刚体的平衡规律,特别是研究刚体相对于地球处于静止状态时的平衡规律。 ()

(2) 作用在刚体上点 A 和点 B 的两个力,一定可以合成为一个合力。 ()

(3) 作用在物体上的力可沿其作用线滑移到作用线上的任一点,而不改变该力对物体的作用效应。 ()

(4) 只要两力大小相等、方向相反、作用线相同,则两力就构成二力平衡力系。 ()

(5) 加减平衡力系公理仅适用于刚体而不适用于变形体。 ()

(6) 作用与反作用定律是研究静力学和动力学问题的重要定律。 ()

(7) 刚体受共面且汇交于一点的三个力作用,则刚体一定处于平衡状态。 ()

(8) 刚化原理表明,刚体的平衡条件一定适用于研究变形体有关平衡问题。 ()

(9) 某力系的合力一定与该力系等效,反之,一个力系也一定能够等效为一个合力。 ()

(10) 在静力学中,约束是指被约束物体周围的其它物体,也可称为约束体,约束反力是指约束体对被约束物体的作用力。 ()

2. 填空题

(1) 作用在变形体上的力是_____矢量,作用在刚体上的力是_____矢量。

(2) 作用在物体上的力,可使物体的_____发生改变,同时也可使物体的_____发生改变。

(3) 静力学只研究力的_____效应,而不研究力的_____效应。

(4) 若变形体在某力系的作用下处于平衡,把变形体刚化为刚体后,则该刚体也一定处于_____;反之,若刚体在某力系的作用下处于平衡,把刚体软化为变形体后,则该变形体未必处于_____。

(5) 柔索约束的约束反力,其作用线的方位总是沿_____,指向受力物体_____作用于_____处,只能给物体以_____力。

(6) 光滑接触面约束的约束反力,其作用线的方位总是沿_____,指向受力物体_____,作用于_____处,只能给物体以_____力。

(7) 二力平衡构件的约束反力,其作用线的方位总是沿_____,指向_____,可能是一对_____力,也可能是一对_____力。

(8) 固定铰链支座和中间铰链的约束反力, 往往用两个_____分力来表示, 其大小和方向可由力系的_____来确定。

(9) 滚动支座的约束反力, 其作用线的方位总是沿_____, _____或_____受力物体。

(10) 约束限制了物体在某些方向上的位移和运动, 约束对物体的限制作用是通过_____来实现的。

3. 选择题

(1) 力的平行四边形法则适用于_____。

(A) 变形体; (B) 刚体; (C) 变形体和刚体; (D) 力的合成和分解。

(2) 二力平衡公理适用于_____。

(A) 变形体; (B) 一个刚体; (C) 变形体和刚体; (D) 刚体系统。

(3) 加减平衡力系原理适用于_____。

(A) 变形体; (B) 一个刚体; (C) 变形体和刚体; (D) 刚体系统。

(4) 力的可传性原理适用于_____。

(A) 变形体; (B) 一个刚体; (C) 变形体和刚体; (D) 刚体系统。

(5) 三力平衡汇交定理适用于_____。

(A) 一个刚体; (B) 刚体系统; (C) 变形体; (D) 变形体和刚体。

(6) 刚化原理适用于_____。

(A) 静力学; (B) 动力学; (C) 变形体; (D) 刚体系统。

(7) 重量为 G 的物体置放在光滑水平面上, 如图 1-10 所示, 重物对地面的压力为 P , 地面对重物的约束反力为 N , 则三力之间的关系为_____。

(A) $G=P=N$; (B) $G=P=N$; (C) $G=-P=N$; (D) $G=-N=P$ 。

(8) 在上图中, 构成一对平衡力的两力是_____; 构成作用力与反作用力的两力是_____。

(A) G 和 P ; (B) N 和 P ; (C) G 和 N ; (D) 不存在。

(9) 约束反力应根据_____确定。

(A) 物体的运动趋势; (B) 约束类型; (C) 约束所能限制的运动方向; (D) 主观判断。

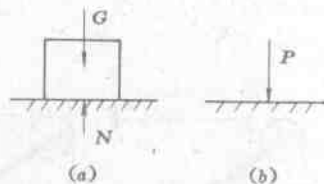


图 1-10

4. 作图题

在图 1-11~图 1-15 中, 各构件的自重除注明者外均略去不计, 并假设各接触处都是光滑的。指出各受力图中的错误, 并在原图中加以改正。

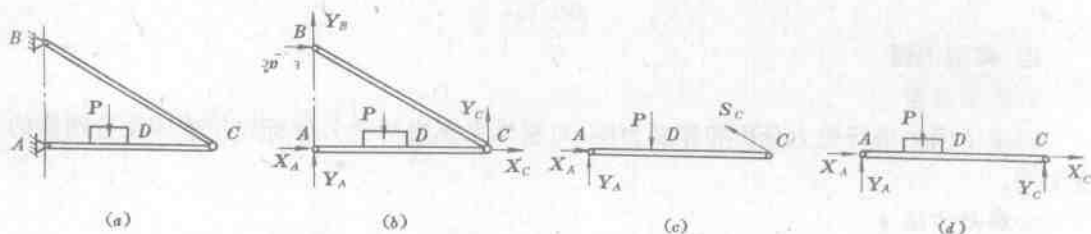


图 1-11

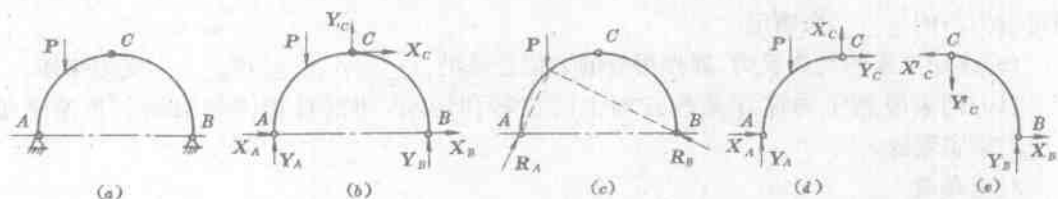


图 1-12

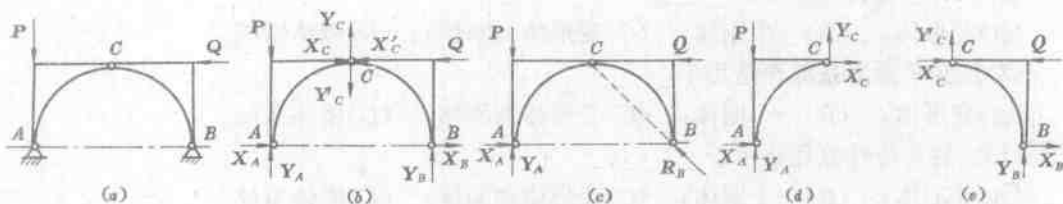


图 1-13

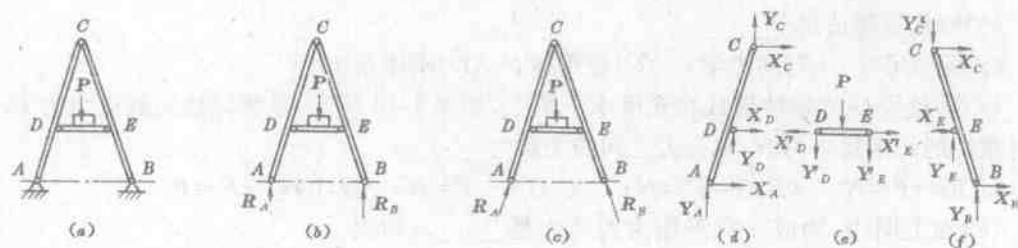


图 1-14

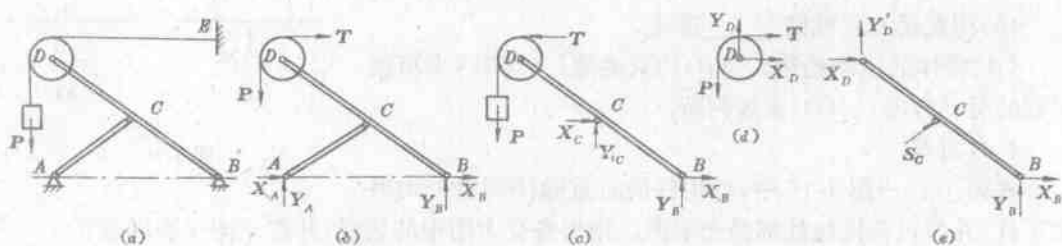


图 1-15

四、典型例题

1. 本章题型

对单个刚体进行受力分析和作受力图；对刚体系统进行受力分析和作整体及各刚体的受力图。

2. 解题方法

(1) 作受力图的步骤

确定研究对象，把它与周围物体的联系中分离出来，并按一定的比例尺寸单独画出其轮

廓简图。在研究对象的轮廓简图上画出全部主动力和约束反力。

(2) 作受力图时的注意事项

对物体进行受力分析并作出受力图是解决力学问题关键的第一步,不允许省略,更不允许发生任何错误。受力图可以清楚地表示出物体的受力情况及有关几何关系,并有助于力学问题的求解和有关力学方程的建立。错误的受力图必将导致错误的结果,因此,学习理论力学时从开始就要对作受力图的工作引起高度的重视。

①约束反力的分析是作受力图的主要环节。一定要根据约束的类型及其表示方法来表示约束反力,切不可主观想象,根据被约束物体在主动力的作用下具有什么样的运动趋势来确定约束反力。②受力体与施力体。听取研究对象即为受力体,对受力图中的每一个力都应明确指出该力的施力体为哪一个物体。③外力与内力。若所取研究对象是整个系统或几个物体的组合时,由于系统内部各构件间相互作用的内力,总是成对出现,不影响平衡,所以一定不要在受力图中画出内力,只须标出全部外力。要注意,内力与外力的区分是相对的。④作用力与反作用力。在对刚体系统进行受力分析时,涉及到作用力与反作用力时,一定不要画错它们的方向。由于受力图中的作用力与反作用力是分别作用在两个不同的物体上,不要认为这两力可构成二力平衡力系。⑤整体与局部受力图的协调一致。在整体受力图中已确定的约束反力,在局部(系统内某物体或几个物体的组合)受力图上其符号和方向要与整体受力图相协调,不要自相矛盾。⑥正确判断系统中存在着的二力构件是很重要的,它可使受力图更加简明,并可使以后有关力学计算得到简化。

3. 举例

例 1-1 如图 1-16a 所示,绳绕过定滑轮,一端与杆 AB 连接,另一端与置放在杆上重为 P 的物块 C 连接,不计各构件自重。作出滑轮、物块、杆及整体的受力图。

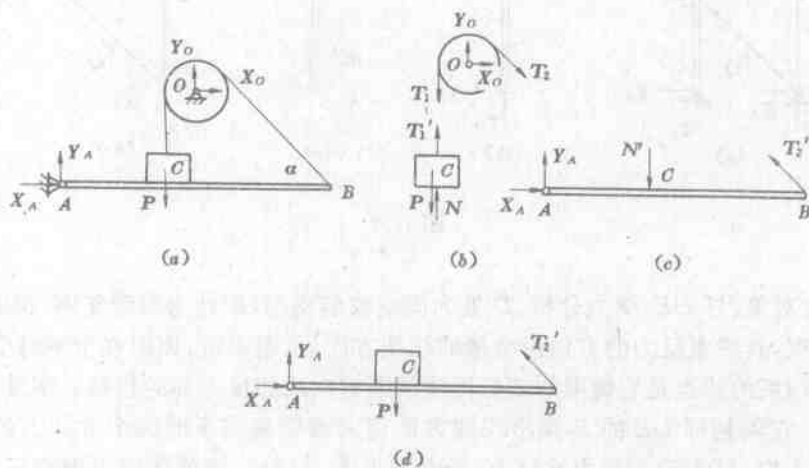


图 1-16

解:

(1)研究对象:滑轮。受力分析:滑轮受有柔索约束和固定铰链支座约束,如图 1-16b 所示。柔索的约束反力为拉力,用 T_1 、 T_2 表示,固定铰链支座 O 处的约束反力用两个正交分力 X_O 、 Y_O 表示,一般事先假设分别与 x 、 y 轴正向相同。

(2)研究对象:物块C。受力分析:物块受有主动力 P ,柔索约束反力 T_1 及光滑接触面约束反力 N ,如图1-16b所示。 T_1 与 T_1 是一对作用力与反作用力, N 沿接触处的法线方向,为压力。

(3)研究对象:杆AB。受力分析:在固定铰链支座A处的约束反力用 X_A, Y_A ,拉力 T_2 与 T_2 和法向反力 N' 与 N 均为一对作用力与反作用力,如图1-16c所示。在杆AB的点C处,若用 P 代替 N' 是错误的。取杆和物块为研究对象时,由于 N 与 N' 为一对内力,不要在受力图中画出,如图1-16d所示。

(4)研究对象:整体,受力分析:固定铰链支座O、A处的约束反力如前所述,如图1-16a。应当注意,绳的内力及杆与物块间的内力不要画在整体受力图上。

[讨论] ①整体受力图可在原图中作出,选某物体为研究对象时,一定要取分离体,单独画出其轮廓简图。②固定铰链支座处的约束反力要用两个正交分力来表示,并假设与 x, y 轴正向相同,其正确指向以后可由平衡方程来确定;柔索约束和光滑接触面约束的约束反力,其指向须事先确定,不可假设。③内力一定不要画在受力图中,因为内力总是成对出现的。内力与外力的区分是相对的,如在整体受力图中的内力 N, N' 与 T_1, T_1 在其它受力图中就成为外力了。

例1-2 如图1-17a所示,三角块ABC上有一滑槽,固连在杆DE上的销钉M括有滑槽内,水平力 P 和铅直力 Q 作用在三角块上,各构件自重不计。作出各构件及整体的受力图。

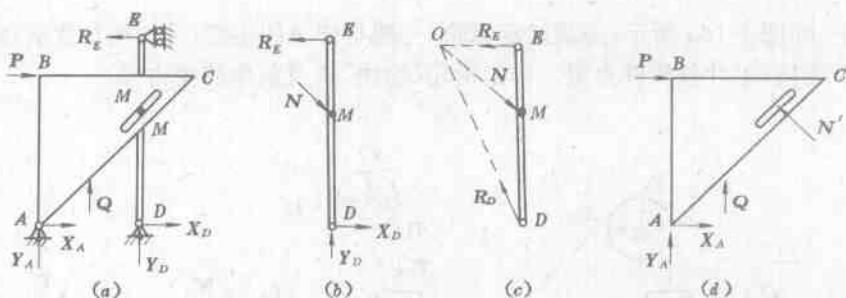


图 1-17

解:

(1)研究对象:杆DE,受力分析:D处为固定铰链支座,E处为滚动支座,销钉M受有光滑接触面约束,其约束反力的方位沿滑槽的法线方向,指向未定,原因在于销钉受到的是“双面约束”,该约束的特点是它能限制销钉沿法线某方向或相反方向的位移。滚动支座也是一种双面约束,它限制杆DE的E端沿法线方向压入或脱离支承面两个方向上的运动,约束反力的指向未定,可表示为压力或拉力,受力图见图1-17b。另外还可以根据三力平衡汇交定理,先找出 R_E 与 N 的汇交点O,则可断定 R_D 也一定通过点O,这样可以方便地确定出固定铰链支座D处约束反力作用线的方位,见图1-17c。一般来说,由平衡方程求解约束反力时,究竟选择受力图b还是图c更好一些,要视计算是否简便取舍。

(2)研究对象:三角块ABC,受力分析:受到的主动力有 P 与 Q ,销钉作用在滑槽上的法向反力为 N' ,这时要注意 N' 与 N 是一对作用与反作用力,A处约束反力用 X_A, Y_A 表示,见

图 1-17d。

(3) 研究对象: 整体, 其受力图如图 1-17a 所示, 这时销钉与滑槽间的内力不要画受力图中。

[讨论] ①在本题中涉及到光滑滑槽和滚动支座两种双面约束, 另外, 自重不计两端用铰链连接的二力构件也是一种双面约束, 其约束反力的真实指向均可由平衡条件确定。②利用三力平衡汇交定理作受力图的优点在于可以方便地确定未知约束反力的方位, 但是否采用该方法要根据以后的计算简便与否来确定。

例 1-3 如图 1-18a 所示, 自动开关中的四连杆机构, 在连接杆 AB 与杆 BC 的中间铰链 B 上作用有弹性力 F , 在杆 OCD 的触头上作用有电磁力 P , 力 Q 作用在杆 BC 上, 不计各构件的自重, 画出整体、中间铰链 B 、杆 BC 及 OCD 的受力图。

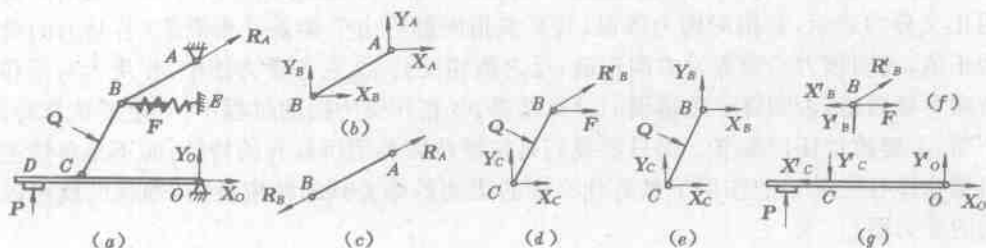


图 1-18

解:

(1) 研究对象: 整体, 受力分析: 主动力有 P 、 Q 及弹性力 F , 由于杆 AB 是二力杆, 固定铰链支座 A 处的约束反力用 R_A 表示, 其方位沿 A 、 B 两铰链中心的连线, 可假设为拉力。若把杆 AB 的受力图作成图 1-18b 的形式是错误的。整体受力图如图 1-18a 所示。

(2) 研究对象: 杆 BC , 受力分析: 主动力有 Q 及 F , 题目给定 F 作用在中间铰链 B 上, 通常我们约定 F 作用在构成铰链的销钉上。在取杆 BC (包括销钉 B) 为研究对象, 在 B 处作用有 R'_B 与 F , 由于杆 BC 不是二力杆 (尽管自重不计两端铰链连接), 在中间铰链 C 处要用 X_C 、 Y_C 表示 (如图 1-18d)。若只取杆 BC 为研究对象时, 其受力图如图 1-18e 所示, 这时 B 处约束反力应表示为 X_B 、 Y_B 。

(3) 研究对象: 销钉 B , 受力分析: 主动力有 F , 约束反力有杆 AB 作用的 R'_B 及杆 BC 作用的 X'_B 、 Y'_B , 受四个力作用而处于平衡, 如图 1-18f 所示。

(4) 研究对象: 杆 OCD , 受力图如图 1-18g 所示, 注意 X'_C 、 Y'_C 的方向。

[讨论] ①若在某铰链上作用有集中力时, 要明确指出所取研究对象是否包括有销钉, 不然受力图将会出现较大差异。②系统中有二力构件时, 要事先判断出来, 这样会使受力图更加简明。

例 1-4 图 1-19a 所示, 整个结构由杆 AB 、 CE 、 EF 、滑轮 B 及重量为 P 的重物构成, A 、 B 、 D 、 E 和 G 处均为铰链, 杆 CD 的 C 端置放在光滑水平面上, 各杆件自重不计, 作出整体及各构件的受力图。

解 研究对象: 整体。受力分析: 主动力有 P , 系统中不存在二力构件, 固定铰链支座 A 处的约束反力为 X_A 、 Y_A , 光滑接触面约束 C 处的约束反力为 N_C , 其它各中间铰链处及绳的

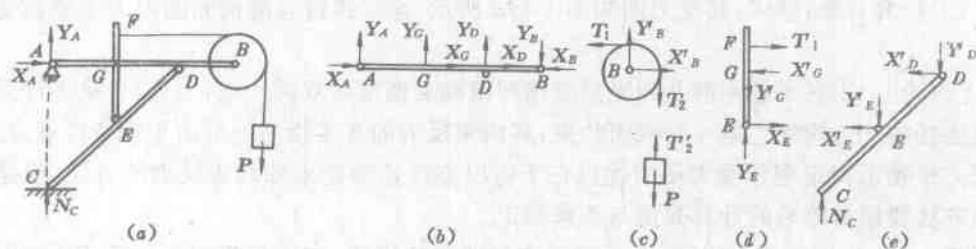


图 1-19

内力在受力图中不要画出。其它各构件的受力图如图 1-19b、c、d、e 所示。

〔讨论〕 ①在本题中，中间铰链的个数较多，且不存在二力构件，各铰链处的约束反力都用正交分力表示，其指向均为假设，其真实指向都可由平衡条件来确定（若某力的计算结果为正值，表明该力的原假设方向正确，反之则相反）。②在各受力图中，作用力与反作用力的方向不要画错，否则将导致错误的计算结果。③在作受力图的过程中，一定要认真对待，一丝不苟，不要放过任何细节。④只要我们是按照约束类型所具有的特征，而不是单凭主观臆断根据物体在主动力的作用下具有什么样的运动趋势去判断约束反力，那我们就可以作出正确的受力图。