

I) QUANCHENGXUEXIZHIDAORYUXITIJINGJIE

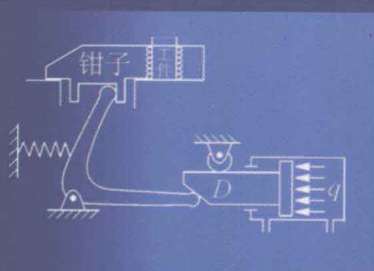
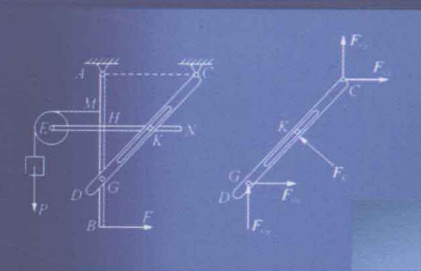
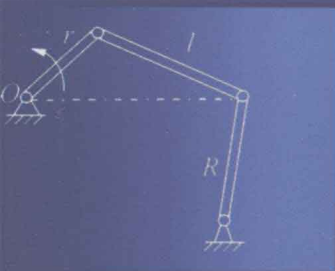


理论力学 (I)

全程学习指导与习题精解

陈平 孙鹰 韦忠瑄 杨绪普 徐小辉 闫凤国 编著

(哈工大第七版)



重点难点归纳
课后习题全解

典型例题分析
权威全面全能



东南大学出版社
Southeast University Press

理论力学(I)全程 学习指导与习题精解

(哈工大第七版)

陈 平 孙 鹰 韦忠瑄 编著
杨绪普 徐小辉 闫凤国

东南大学出版社
· 南京 ·

图书在版编目(CIP)数据

理论力学(I)全程学习指导与习题精解/陈平等编著.
—南京:东南大学出版社,2012.3
ISBN 978-7-5641-3144-9

I. ①理… II. ①陈 … III. ①理论力学—高等学校—
教学参考资料 IV. ①O31

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 247436 号

理论力学(I)全程学习指导与习题精解(哈工大第七版)

编 著	陈 平等	责任编辑	刘 坚
电 话	(025)83793329/83362442(传真)	电子邮箱	liu-jian@seu.edu.cn
特邀编辑	杨传兵		

出版发行	东南大学出版社	出 版 人	江建中
社 址	南京市四牌楼 2 号	邮 编	210096
销售电话	(025)83793191/83792174/83792214/83794121/83794174/57711295(传真)	电子邮箱	press@seupress.com
网 址	www.seupress.com		

经 销	全国各地新华书店	印 刷	南京新洲印刷有限公司
开 本	718mm×1005mm 1/16	印 张	24.5 字 数 550 千
版 次	2012 年 3 月第 1 版第 1 次印刷		
书 号	ISBN 978-7-5641-3144-9		
定 价	29.80 元		

* 未经本社授权,本书内文字不得以任何方式转载、演绎,违者必究。

* 东大版图书若有印装质量问题,请直接与读者服务部联系,电话:025-83792328。

前 言

理论力学是现代工程技术的基础,是理工科院校的一门重要的技术基础课。但对许多大学生而言,学习理论力学并不轻松。为了帮助学生更好的理解和掌握理论力学相关知识,根据编者多年的教学实践经验,我们编写了校内自用的学习辅导材料,在正常课程教学和全国周培源大学生力学竞赛的辅导中使用,收到了良好的效果。为了能让更多的大学生受益,我们在其基础上加以充实,编写出版了本书。

本书按照哈尔滨工业大学理论力学教研室编写的《理论力学(I)》(哈工大第7版)教材的顺序编排,每章都对学习内容进行了整理,并给予学习提示;对学习重点和难点进行了归纳;在学习方法上提出了指导建议;对易出现的问题加以分析,并结合例题进行疑难解析。对每章的习题给出了较详细的参考解答。希望通过阅读本书,有助于提高读者分析和解决理论力学问题的能力,较好的掌握相关知识。

参加本书编写的有陈平、孙鹰、韦忠瑄、杨绪普、徐小辉、闫凤国、顾娟、董璐等同志,全书由陈平整理定稿。尽管编者尽力追求完美,但限于编者的水平,书中难免存在错误,欢迎读者批评指正。书中的习题解答,既不是唯一的方法也不一定是最佳的方法,仅供读者参考。

编 者

目 录

第一篇 静 力 学

第 1 章 静力学公理和物体的受力分析	1
1.1 主要内容及学习提示	1
1.1.1 基本概念	1
1.1.2 静力学公理	1
1.1.3 约束和约束力	2
1.1.4 物体的受力分析和受力图	3
1.2 复习目标及重点难点	4
1.2.1 复习目标	4
1.2.2 重点	4
1.2.3 难点	4
1.3 学习方法及疑难解析	4
1.4 解题指导及例题精解	5
1.4.1 解题指导	5
1.4.2 例题精解	5
1.5 习题详解	7
第 2 章 平面力系	17
2.1 主要内容及学习提示	17
2.1.1 平面汇交力系	17
2.1.2 平面力偶系	18
2.1.3 平面任意力系向作用面内一点简化	19
2.1.4 平面任意力系的平衡条件和平衡方程	19
2.1.5 物体系的平衡·静定和超静定问题	20
2.1.6 平面简单桁架的内力计算	20
2.2 复习目标及重点难点	21
2.2.1 复习目标	21
2.2.2 重点	21
2.2.3 难点	22
2.3 学习方法及疑难解析	22
2.3.1 分力和投影	22
2.3.2 力矩和力偶、力偶矩	22
2.3.3 平面汇交力系和平面力偶系	22
2.3.4 主矢和主矩	22
2.3.5 物体系统的平衡问题	22
2.4 解题指导及例题精解	23
2.4.1 解题指导	23
2.4.2 例题精解	23

2.5	习题详解	28
第3章	空间力系	69
3.1	主要内容及学习提示	69
3.1.1	空间汇交力系	69
3.1.2	力对点的矩和力对轴的矩	69
3.1.3	空间力偶系	70
3.1.4	空间任意力系的简化	71
3.1.5	空间任意力系的平衡条件与平衡方程	71
3.1.6	其他各种力系的平衡方程	71
3.1.7	重心	72
3.2	复习目标及重点难点	73
3.2.1	复习目标	73
3.2.2	重点	73
3.2.3	难点	73
3.3	学习方法及疑难解析	73
3.4	解题指导及例题精解	74
3.4.1	解题指导	74
3.4.2	例题精解	74
3.5	习题详解	75
第4章	摩擦	91
4.1	主要内容及学习提示	91
4.1.1	滑动摩擦	91
4.1.2	摩擦角与自锁现象	91
4.1.3	滚动摩阻的概念	92
4.1.4	考虑摩擦时物体的平衡问题	92
4.2	复习目标及重点难点	92
4.2.1	复习目标	92
4.2.2	重点	92
4.2.3	难点	92
4.3	学习方法及疑难解析	92
4.4	解题指导及例题精解	93
4.4.1	解题指导	93
4.4.2	例题精解	94
4.5	习题详解	98

第二篇 运 动 学

第5章	点的运动学	123
5.1	主要内容及学习提示	123
5.1.1	矢量法	123
5.1.2	直角坐标法	123
5.1.3	自然坐标法	124
5.1.4	柱坐标和极坐标法	125

5.1.5	球坐标法	125
5.2	复习目标及重点难点	125
5.2.1	复习目标	125
5.2.2	重点	125
5.2.3	难点	126
5.3	学习方法及疑难解析	126
5.4	解题指导及例题精解	126
5.4.1	解题指导	126
5.4.2	例题精解	127
5.5	习题详解	129
第6章	刚体的简单运动	139
6.1	主要内容及学习提示	139
6.1.1	刚体的平行移动	139
6.1.2	刚体的定轴转动	139
6.2	复习目标及重点难点	139
6.2.1	复习目标	139
6.2.2	重点	140
6.2.3	难点	140
6.3	学习方法及疑难解析	140
6.4	解题指导及例题精解	140
6.4.1	解题指导	140
6.4.2	例题精解	140
6.5	习题详解	141
第7章	点的合成运动	150
7.1	主要内容及学习提示	150
7.1.1	点的合成运动	150
7.1.2	绝对运动、相对运动和牵连运动	150
7.1.3	速度合成定理	150
7.1.4	加速度合成定理	150
7.2	复习目标及重点难点	151
7.2.1	复习目标	151
7.2.2	重点	151
7.2.3	难点	151
7.3	学习方法及疑难解析	151
7.4	解题指导及例题精解	152
7.4.1	解题指导	152
7.4.2	例题精解	155
7.5	习题详解	162
第8章	刚体的平面运动	185
8.1	主要内容及学习提示	185
8.1.1	刚体平面运动的定义及特点	185
8.1.2	刚体平面运动方程	185
8.1.3	刚体平面运动分解为平移和转动	185

8.1.4	平面图形上各点的速度分析	185
8.2	复习目标及重点难点	187
8.2.1	复习目标	187
8.2.2	重点	187
8.2.3	难点	187
8.3	学习方法及疑难解析	187
8.4	解题指导及例题精解	188
8.4.1	解题指导	188
8.4.2	例题精解	190
8.5	习题详解	196

第三篇 动力学

第9章	质点动力学的基本方程	231
9.1	主要内容及学习提示	231
9.1.1	动力学的基本定律	231
9.1.2	质点的运动微分方程	231
9.1.3	质点动力学的两类基本问题	231
9.2	复习目标及重点难点	232
9.2.1	复习目标	232
9.2.2	重点	232
9.2.3	难点	232
9.3	学习方法及疑难解析	232
9.4	解题指导及例题精解	232
9.4.1	解题指导	232
9.4.2	例题精解	233
9.5	习题详解	236
第10章	动量定理	248
10.1	主要内容及学习提示	248
10.1.1	动量与冲量	248
10.1.2	动量定理	248
10.1.3	质心运动定理	249
10.2	复习目标及重点难点	250
10.2.1	复习目标	250
10.2.2	重点	250
10.2.3	难点	250
10.3	学习方法及疑难解析	250
10.4	解题指导及例题精解	250
10.4.1	解题指导	250
10.4.2	例题精解	251
10.5	习题详解	255
第11章	动量矩定理	264
11.1	主要内容及学习提示	264

11.1.1	刚体对轴的转动惯量	264
11.1.2	质点系的动量矩	264
11.1.3	动量矩定理	265
11.2	复习目标及重点难点	266
11.2.1	复习目标	266
11.2.2	重点	266
11.2.3	难点	266
11.3	学习方法及疑难解析	266
11.4	解题指导及例题精解	267
11.4.1	解题指导	267
11.4.2	例题精解	268
11.5	习题详解	271
第 12 章	动能定理	295
12.1	主要内容及学习提示	295
12.1.1	力的功	295
12.1.2	动能	295
12.1.3	动能定理	296
12.1.4	机械能守恒定律	296
12.2	复习目标及重点难点	297
12.2.1	复习目标	297
12.2.2	重点	297
12.2.3	难点	297
12.3	学习方法及疑难解析	297
12.4	解题指导及例题精解	298
12.4.1	解题指导	298
12.4.2	例题精解	298
12.5	习题详解	304
12.6	综合问题习题详解	315
第 13 章	达朗贝尔原理	342
13.1	主要内容及学习提示	342
13.1.1	惯性力的概念·质点的达朗贝尔原理	342
13.1.2	质点系的达朗贝尔原理	342
13.1.3	刚体惯性力系的简化	342
13.1.4	刚体绕定轴转动时轴承的动约束力	343
13.2	复习目标及重点难点	344
13.2.1	复习目标	344
13.2.2	重点	344
13.2.3	难点	344
13.3	学习方法及疑难解析	344
13.4	解题指导及例题精解	344
13.4.1	解题指导	344
13.4.2	例题精解	345
13.5	习题详解	347

第 14 章 虚位移原理	364
14.1 主要内容及学习提示	364
14.1.1 约束及其分类	364
14.1.2 虚位移·虚功·理想约束	364
14.1.3 虚位移原理(虚功原理)	365
14.2 复习目标及重点难点	365
14.2.1 复习目标	365
14.2.2 重点	365
14.2.3 难点	365
14.3 学习方法及疑难解析	366
14.4 解题指导及例题精解	366
14.4.1 解题指导	366
14.4.2 例题精解	367
14.5 习题详解	370
参考文献	381

第一篇 静力学

第1章 静力学公理和物体的受力分析

1.1 主要内容及学习提示

1.1.1 基本概念

基本概念 1 平衡

物体机械运动的一种特殊状态。在静力学中,若物体相对于惯性参考系保持静止或做匀速直线运动,则称物体处于平衡。

基本概念 2 质点

忽略大小和形状,不考虑其转动的有一定质量的点。

基本概念 3 刚体

在力的作用下形状和大小都始终保持不变的物体。或者说,刚体内任意两点间的距离保持不变。

基本概念 4 力

物体之间的相互机械作用,这种作用可使物体运动状态和形状发生发生改变。前者称为力的运动效应或外效应,后者称为力的变形效应或内效应。

基本概念 5 等效力系

若两个力系对同一个物体的效应相同,称这两个力系互为等效力系。

基本概念 6 合力

若一个力与一个力系等效,称此力为该力系的合力。

学习提示:所谓质点和刚体都是理想化的力学模型,一个物体抽象为质点还是刚体或变形体,取决于所分析的问题。

由于物体之间的相互机械作用往往发生在有一定大小的区域内,因此常常以分布力的形式出现,当其作用区域大小可忽略或做某种简化后,才成为作用在一个点上的集中力。在国际单位制中力的单位为牛顿(N)。一般情况下,力的三要素是力的大小、方向、作用点,力是定位矢量。而对于刚体,力的三要素是力的大小、方向、作用线,力是滑移矢量。这里的力指的是集中力。

理论力学中只研究力的运动效应(外效应),而力的变形效应(内效应)将在后续的材料力学课程中研究。

1.1.2 静力学公理

公理 1 力的平行四边形公理

作用在物体上同一点的两个力,可以合成为一个也作用于该点的合力,合力的大小和方向由以这两个力为邻边所构成的平行四边形的对角线表示。

公理 2 二力平衡公理

作用于刚体上的两个力,使刚体保持平衡的充要条件是:这两个力大小相等、方向相反、作用在同

一直线上。

公理 3 加减平衡力系公理

在作用于刚体上的任何一个力系中,增加或减去任一平衡力系,不改变原力系对刚体的作用。

推论 1 力的可传性定理

作用于刚体上的力,可以沿其作用线移动到该刚体上的任意一点,而不改变此力对刚体的作用。

推论 2 三力平衡汇交定理

当刚体在三个力作用下处于平衡时,若其中两个力的作用线汇交于一点,则此三力必在同一平面内,且第三力作用线通过汇交点。

公理 4 作用与反作用公理

任何两个物体间相互作用的一对力总是大小相等、方向相反、沿着同一条直线、并同时分别作用在这两个物体上,这两个力分别为作用力和反作用力。

公理 5 刚化公理

当变形体在已知力系作用下处于平衡时,如果把变形后的变形体换为刚体(刚化),则平衡状态保持不变。

学习提示:力的平行四边形公理只适用于两个共点力,而二力平衡公理和加减平衡力系公理只适用于刚体,不适用于变形体。例:绳子、柔索。

二力平衡公理是一个最简单的平衡力系(不受力除外)。此公理是判断二力构件的依据,在画物体受力图时,若能把存在的二力构件判断出来,将给解题带来方便,所以此公理在解题时有时要用到。当然,在一些理论推导中也要用到此公理。加减平衡力系公理是一些理论推导(如力系等效替换)的重要依据,解题时一般不直接使用。

力的平行四边形公理作用与反作用公理是读者早已熟悉的,复习即可,力的平行四边形公理主要用于力系的简化。要注意作用与反作用公理和二力平衡公理的区别,在画物体受力图时,一定要注意此公理的应用,在作用力的方向假定以后,反作用力的方向一定要与之相反。

三力平衡汇交定理所给出的是不平行三力平衡的必要条件,而非充分条件。

刚化公理把在刚体条件下推得的平衡条件推广至处于平衡的变形体。

但刚体平衡的充要条件,对变形体来说只是必要条件,而非充分条件。

1.1.3 约束和约束力

1. 约束:预先设定的、限制物体运动的条件。在刚体静力学中指限制研究对象运动的物体。

2. 约束力:约束作用在被约束物体上的力,其方向与约束类型有关。约束力的方向恒与非自由体被约束所阻碍的位移方向相反。

3. 工程中常见的约束类型及其约束力

(1) 柔性体约束(包括绳索、链条、胶带等)

特点:限制沿柔索方向脱离柔索的运动。柔索只能承受拉力。

约束力 F_T 的方向:沿柔索背离被约束的物体。

(2) 光滑接触约束

特点:限制沿接触处公法线方向运动。

约束力 F_N 的方向:沿接触处的公法线指向被约束的物体。

学习提示:对这类约束,要强调约束力一定沿接触处的公法线。最好不要凭直观感觉与臆断。要理解好法线、公法线的概念。面接触的法线、公法线好理解,何为线、点接触处的法线与公法线?

对于光滑面接触,在本课程里考虑其整体效果,用一个力表示,而不用单位面积的力表示。

(3) 光滑铰链约束(圆柱形铰链、固定铰链支座、径向轴承等)

特点:限制沿径向的相对移动,而不限制绕铰链中心的相对转动及沿轴向的位移。

约束力:垂直于轴线并通过铰链中心。平面问题中,可用二个通过轴心的正交分力 F_x 、 F_y 表示。

学习提示:此类约束虽然构成形式不同,但约束性质相同,所以归为一类。此类约束的约束力实质为一个力。当用二力平衡公理、三力平衡汇交定理或其他知识能确定其作用线时,可画成一个力;当力的作用线不能确定或能够确定但为了求解方便时,一般画为两个正交的两个力。

(4) 链杆约束

特点:只限制物体沿杆轴线方向的运动。

约束力方位:沿链杆的轴线方向(或两铰链的连线方向);指向:不定(通常假定)。

学习提示:所谓链杆是指:① 两端用光滑铰链与其他物体连接的刚杆;② 不计自重;③ 杆上无其他主动力作用。

(5) 可动铰链支座(辊轴)约束

特点:只限制垂直于支承面方向的运动。

约束力:通过销钉中心,垂直于支承面,指向待定(常假定)

学习提示:工程结构中有时可允许支座有微小位移,如为了减少因温度变化而引起的约束力,通常在固定铰链支座的底部安装一排辊轮或辊轴,可使支座沿固定支承面自由滚动,这种约束称为可动铰链支座,又称辊轴支座。当构件的长度由于温度变化而改变时,这种支座允许构件的一端沿支承面自由移动。

与光滑接触约束不同的是,该约束是双向的。与链杆的区别是约束力的方向垂直于支承面。

(6) 固定端约束

特点:既能限制相对移动,又能限制相对转动。

约束力:可简化为一个力和一个力偶。在平面问题中,用两个约束力 F_x 、 F_y 和一个约束力偶 M 表示。

学习提示:在画物体的受力图时,若有平面固定端约束,一定要把约束力偶画上。若要求固定端约束力,则一定也要把此力偶求出。若不画不求约束力偶而只求正交两力,则无疑改变了约束性质。固定端约束的常见典型实例为阳台、烟囱、水塔等,若只画正交两力,则与铰链约束相同,这就相当于在阳台、烟囱、水塔根部装上一轴,还何为阳台、烟囱、水塔?分析时一定要不要犯此错误。

(7) 止推轴承

特点:止推轴承比径向轴承多一个轴向的位移限制。

约束力:比径向轴承多一个轴向的约束力,有三个正交分力 F_x 、 F_y 、 F_z 。

(8) 光滑球形铰链

特点:通过球与球壳将构件连接,构件可以绕球心任意转动,但构件与球心不能有任何移动。

约束力:当忽略摩擦时,球与球座亦是光滑约束问题。约束力通过接触点,并指向球心,是一个不能预先确定的空间力可用三个正交分力 F_x 、 F_y 、 F_z 表示。

学习提示:当刚体受空间力系作用时,其约束力的未知分量数目最多可到六个。确定各类约束的未知量数目的基本方法是:观察物体在空间的六种可能的运动(沿 x 、 y 、 z 三坐标轴的移动和绕三轴的转动)中,判断哪几种运动被约束所阻碍,如移动受到阻碍,就产生约束力;如转动受到阻碍,就产生约束力偶。例如止推轴承约束,它比径向轴承多了一个沿轴线方向的移动阻碍,因此约束力用三个大小未知的分量 F_x 、 F_y 、 F_z 表示。又如空间的固定端约束,它阻碍物体在空间的六种可能的运动,因此有三个约束力 F_x 、 F_y 、 F_z 和三个约束力偶 M_x 、 M_y 、 M_z 共六个未知分量。

1.1.4 物体的受力分析和受力图

1. 受力分析:在工程实际中,为了求出未知的约束力,需要根据已知力,应用力学方程求解。为此首先要确定构件承受几个力,每个力的作用位置和力的作用方向,这种分析过程称为物体的受力分析。

2. 受力图:作用在物体上的力分为主动力和约束力。把需要研究的物体(受力体)从周围的物体

(施力体)中分离出来,单独画出它的简图的步骤叫做取研究对象或取分离体。然后,把施力物体对研究对象的作用力(包括主动力和约束力)全部画出来。这种表示物体受力的简明图形称为受力图。

学习提示:此处所说的物体可以是单个刚体,也可以是由几个刚体组成的物体系统。画受力图是本章的重点,也是难点,一定要动手多做练习。

1.2 复习目标及重点难点

1.2.1 复习目标

准确理解力、平衡、刚体、约束等基本概念和静力学公理;掌握常见约束类型的特征及相应的约束力的表示方法;熟练地进行受力分析,正确地画出受力图。

1.2.2 重点

力、平衡、刚体、约束和约束力的概念;静力学公理及推论;常见约束类型的特征;受力分析和受力图。

1.2.3 难点

约束的性质及其特征;物体系的受力分析及受力图。

1.3 学习方法及疑难解析

1. 静力学公理是静力学的理论基础,要逐条认真理解并注意其适用条件。在学过后续几章后再返回来认真体会这几个公理在静力学理论体系中的重要性,才能真正理解这几个公理。

2. 关于各类约束力的分析与受力图的画法是本章的难点,也是重点。这些内容将贯穿到静力学和动力学所有各章,并不断丰富和深化,它们也是学习理论力学的重点和难点。在解除约束画出约束力时必须明确:约束力的大小要由以后的力学方程确定,约束力的方向恒与该约束所能阻碍的运动方向相反,要学会严格按照约束的类型和特征确定约束力的方向。有些约束力能预先知道其作用方向(如柔索的约束力、光滑接触面的约束力);有些约束力仅能预知其作用线通过某已知点(如光滑铰链的约束力必通过铰链中心,但方向不能预先获知),此时常用一组正交的分力表现这类约束的作用,读者在学习时要理解这种表示方法的合理性。

3. 正确画出物体或物体系的受力图是解决静力学问题的先决条件。力是物体之间的相互机械作用,因此受力图上的每一个力都应明确是谁对谁的作用力。画受力图时一定要先取研究对象,即取分离体。这是正确进行受力分析的关键一步。取分离体的目的是为显示物体之间的相互作用力。另外,工程上要分析的结构或机构往往很复杂,如果不取分离体来画受力图,常常分不清内力和外力,施力体和受力体,这样很容易出错。

初学者易犯的错误是:

(1) 不考虑约束的类型,只凭粗浅的甚至是错误的平衡观念画约束力,用约束力去平衡主动力(比如凭直观画某处的约束力去“顶住”来自某方向的主动力)。要避免此类错误,在画受力图时,应严格遵循“依据约束类型画约束力”的原则。

(2) 漏画或多画力。一般是由于对约束类型不熟悉或不细心造成的。

(3) 在对物体系统进行受力分析时,未将研究对象从系统中独立出来另外画一幅简图,而是将整体受力图与局部受力图画在同一幅简图中,从而无法区分施力体与受力体。为避免犯此类错误,应注意作用力与反作用力不能出现在同一幅受力图中,研究对象的内力不能在受力图中画出。

1.4 解题指导及例题精解

1.4.1 解题指导

画受力图的步骤及注意事项

- (1) 画隔离体时应解除约束,研究对象可依题选整体或单刚体,或几个刚体的组合。
- (2) 先画主动力。
- (3) 依据约束性质,明确约束力的数目、方向;考虑(二力、三力)平衡条件,判断某些约束力的方向。
- (4) 注意作用力与反作用力的画法,这些力的箭头要符合作用力与反作用力定律。
- (5) 只画外力,不画内力。

1.4.2 例题精解

例 1-1 一受力体系如图 1-1(a)所示。AB 梁上作用一集度为 q (单位: kN/m) 的分布力, CD 梁上作用一集中力 F , A 端为固定端,自重均不计。试作出梁 AB、CD 的受力图。

解: 分别取 AB、BC、CD 为研究对象,作分离体图。由于 BC 杆为二力杆,故 B、C 处的约束力沿 B、C 连线。在 AB 上,因 A 端为固定端约束,故有 F_{Ax} 、 F_{Ay} 、 M_A 三个约束力;在 CD 梁上, F_{CB} 为 BC 杆对 CD 梁的约束力(与 F'_{CB} 互为作用力与反作用力),由于 CD 梁上为 C、E、D 三点受力,平衡时,三力 F_{CB} 、 F 、 F_{ND} 必满足三力汇交定理,汇交点为 O 点。受力图如图 1-1(b)、(c)、(d)所示。

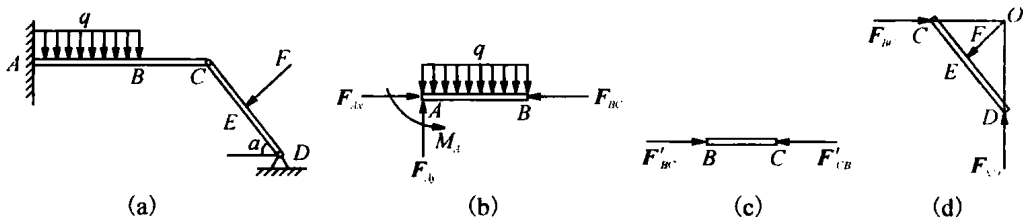


图 1-1

例 1-2 构架如图 1-2(a)所示,画出杆 BC, 杆 CDE, 杆 BDO 连同滑轮与重物及销钉 B 的受力图。

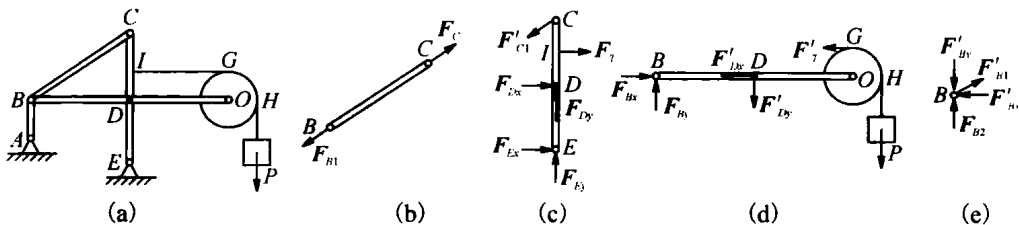


图 1-2

解: (1) 以杆 BC 为研究对象,画出分离体图。BC 杆为二力杆,故 B、C 处受力一定沿 B、C 连线。其受力图如图 1-2(b)所示。

(2) 以杆 CDE 为研究对象,画出分离体图。D 处为光滑铰链约束,画出约束力 F_{Dx} 、 F_{Dy} ; E 处为固定铰支,画出约束力 F_{Ex} 、 F_{Ey} ; I 处为柔索约束,受拉力 F_T ; C 处受力 F'_{C1} , F'_{C1} 与 F_{C1} 互为作用力与反作用力。其受力图如图 1-2(c)所示。

(3) 以杆 BDO 连同滑轮与重物为研究对象,画出分离体图。画上主动力 P ; B 处受销钉作用力 F_{Bx} 、 F_{By} ; D 处约束力 F'_{Dx} 、 F'_{Dy} , 与 F_{Dx} 、 F_{Dy} 互为作用力与反作用力。其受力图如图 1-2(d)所示。

(4) 以销钉 B 为研究对象,画出分离体图。销钉 B 与 BC 杆之间的约束力为 F'_{B1} , 与 F_{B1} 互为作用

力与反作用力;销钉 B 受到 BDO 杆的约束力 F'_{Br}, F'_{By} , 与 F_{Br}, F_{By} 互为作用力与反作用力;销钉 B 还受到 AB 杆的约束力为 F_{B2} , AB 杆为二力杆。其受力图如图 1-2(e) 所示。

例 1-3 多跨梁(连续梁)上 E 处作用集中力 F , 梁上作用均布载荷 q , 如梁 AB 、 BC 自重均不计。试分别作出梁 AB 、 BC 、整体的受力图。

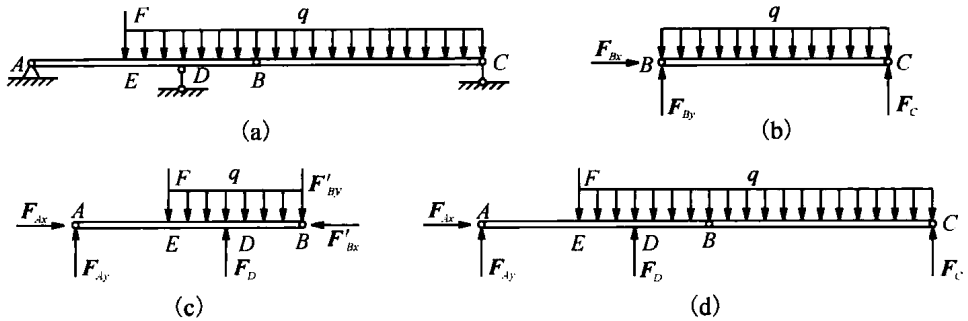


图 1-3

解:(1) 以梁 BC 为研究对象, 画出分离体图。先画已知的均布载荷 q ; C 处为可动铰支座, 画上约束力 F_C , 且 F_C 与水平面垂直; AB 段对销钉 B 的约束力可分解为两个正交分力 F_{Br} 和 F_{By} 。其受力图如图 1-3(b) 所示。

(2) 以梁 AB 为研究对象, 画出分离体图。在 E 处画上主动力 F , 以及已知的均布载荷 q , 再画销钉作用在 B 处的约束力 F'_{Br} 和 F'_{By} , 它们与 F_{Br} 和 F_{By} 分别互为作用力与反作用力; D 处为可动铰支座, 画上约束力 F_D 。且 F_D 与水平面垂直; 固定铰支座 A 处的约束力也可分解为两个正交分量。其受力图如图 1-3(c) 所示。

(3) 以整体为研究对象, 解除约束。系统上所受外力有: 主动力 F 、均布载荷 q , 约束力 F_{Ax} 、 F_{Ay} 、 F_D 、 F_C 。 B 处为内力, 不必画出。其受力图如图 1-3(d) 所示。

例 1-4 如图 1-4(a) 所示构架由杆 AB 、 CD 、 EN 和滑轮、绳索等组成, H 、 G 、 E 处为铰链连接, 固连在杆 EN 上的销钉 K 放在杆 CD 的光滑直槽内。图中未画重力的各物体的自重均不计。试作出杆 AB 、 CD 、 EN (包括滑轮 E) 的受力图。

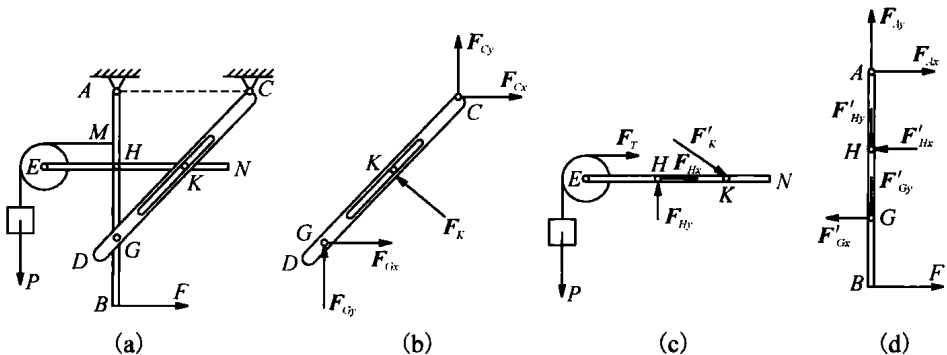


图 1-4

解:(1) 以杆 CD 为研究对象, 画出分离体图。 K 处为销钉作用在光滑直槽上, 故 F_K 垂直于光滑直槽。而 C 处为固定铰支座, G 为铰链约束, 均用两个大小待定的正交分力表示。其受力图如图 1-4(b) 所示。

(2) 以杆 EN (包括滑轮 E) 为研究对象, 画出分离体图。 K 处为 F_K 的反作用力 F'_K , H 处为铰链约束, 用两个大小待定的正交分力表示。 M 处为绳子的拉力 F_T 。其受力图如图 1-4(c) 所示。

(3) 以杆 AB 为研究对象, 画出分离体图。 H 、 G 处为铰链约束, 分别按杆 EN 、杆 CD 上 H 、 G 处的

反作用力画出。固定铰支座 A 处,用两个大小待定的正交分力表示。其受力图如图 1-4(d)所示。

例 1-5 如图 1-5 所示,均质平板 ABCD 重 P , EC 为一根钢索, A 端为球铰链, B 端为柱铰链(蝶形铰)。画出均质平板的受力图。

解:以平板 ABCD 为研究对象,解除约束。先画上主动力 P ; C 处受钢索拉力 F_T ; A 处为球铰链约束,画上约束力 F_{Ax} 、 F_{Ay} 、 F_{Az} ; B 处为柱铰链,画约束力 F_{Bx} 、 F_{By} 。其受力图如图 1-5(b)所示。

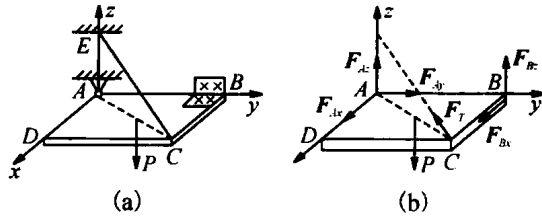


图 1-5

1.5 习题详解

1-1 画出下列各图中物体 A, ABC 或构件 AB, AC 的受力图。未画重力的各物体的自重不计,所有接触处均为光滑接触。

