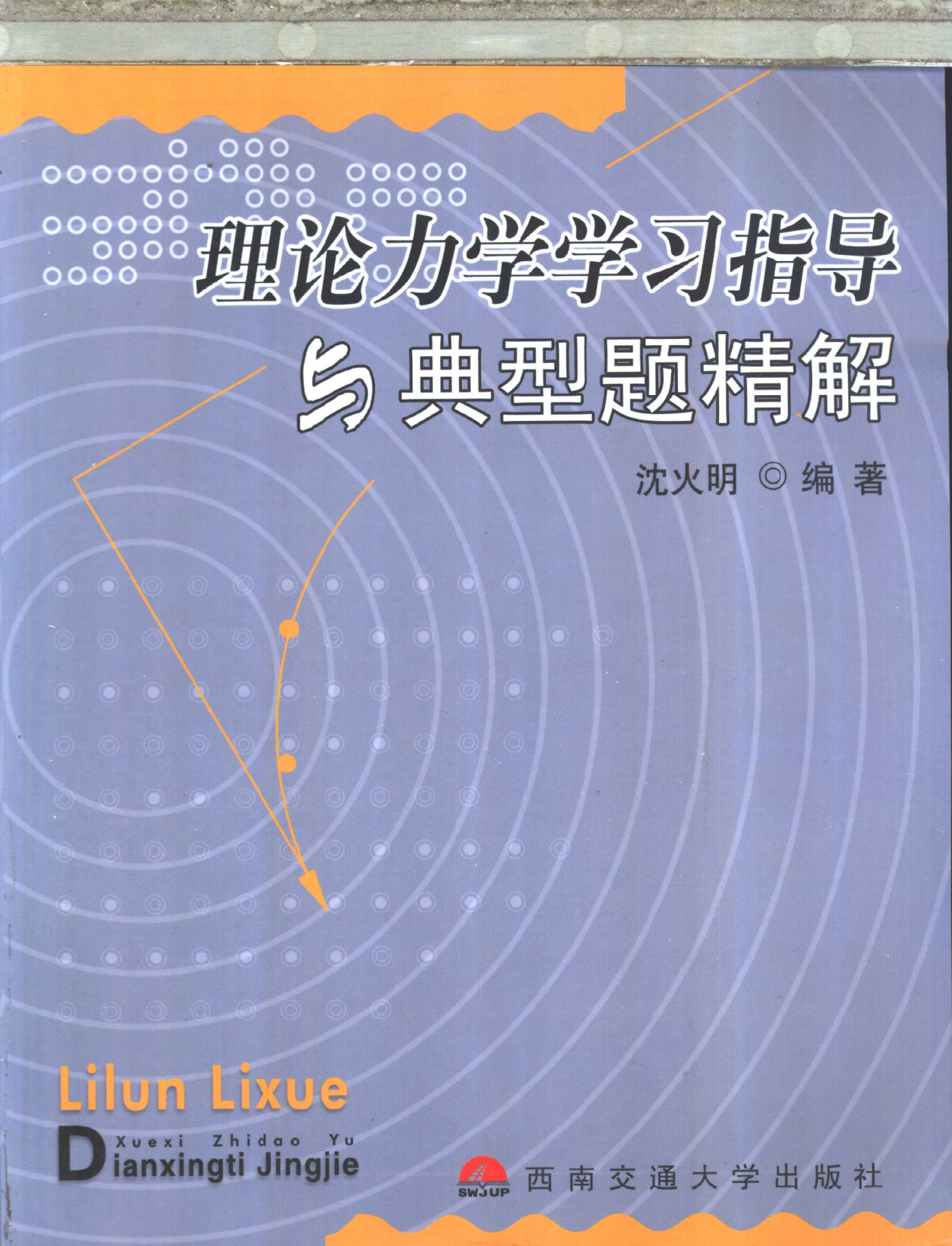




理论力学学习指导 与典型题精解

沈火明 © 编 著

Lilun Lixue

D Xuexi Zhidao Yu
Dianxingti Jingjie



西南交通大学出版社

理 论 力 学

学习指导与典型题精解

沈火明 编著

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内 容 提 要

本书配合各版理论力学教材, 包含了教育部力学课程指导委员会制定的“理论力学课程基本要求”的全部内容。全书共十八章, 每章包含内容提要、典型题精解、自测题。内容提要部分给出了每章的主要概念、定理及注意事项; 典型题精解中的例题选自各类理论力学教材以及考试试题; 自测题部分多为精选的典型题目, 题型多样, 可供读者用来复习、巩固。书后的综合自测题则多数选自各类考题, 供读者强化训练。

本书可作为大学本科、专科和报考硕士研究生读者的学习参考书及复习指导书, 也适合于电大、函大、职大和参加高等教育自学考试的学生使用, 还可作为教师的教学参考书。

图书在版编目 (C I P) 数据

理论力学学习指导与典型题精解 / 沈火明编著. —成都:
西南交通大学出版社, 2003.10
ISBN 7-81057-771-9

I. 理... II. 沈... III. 理论力学 - 教学参考资料
IV. 031

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 078759 号

理论力学学习指导与典型题精解

沈火明 编著

*

责任编辑 刘莉东

封面设计 何东琳设计工作室

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

E-mail: cbsxx@swjtu.edu.cn

四川森林印务有限责任公司印刷

*

开本: 787mm×960mm 1/16 印张: 16.625

字数: 348 千字 印数: 1—3000 册

2003 年 10 月第 1 版 2003 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 7-81057-771-9/O · 051

定价: 20.00 元

前 言

在工科院校中理论力学是一门理论性强而又与工程实践密切相关的课程。目前的理论力学教材一般例题较少，思考题则更少。要想搞好教学和学习，必须要有足够数量的启发式的例题和概念性较强的思考题。我们根据多年的教学和学习经验，参考了兄弟院校的有关教材，编写了这本书。

本书是为土建、道路、桥梁、航空、水利、采矿、地质、材料等专业的理论力学或工程力学编写的辅导性读物。它可供各类本科、专科学生学习理论力学或工程力学时参考，还可作为报考硕士研究生读者的复习参考书和青年教师的教学参考书。

全书共十八章，每章分内容提要、典型题精解、自测题三部分。

每章的内容提要部分，指出了本章需要读者掌握的知识点，包括基本概念、基本内容和基本方法，并强调了学习的难点，以起到帮助读者复习和小结的作用。

典型题精解部分，精选了大量具有代表性的例子，进行了解答。通过典型例题的分析讲解，以利于加深对基本理论和基本概念的理解和掌握。

自测题则使读者通过练习起到全面巩固和提高的作用。

书中给出了每章自测题的答案和综合自测题的详细解答。

本书由沈火明编著，徐淑娟演算了部分习题和绘制了部分插图。全书完成后，承蒙高淑英教授审阅，并提出许多建设性的建议，特此致谢。

限于作者水平，书中不足及错漏之处，恳请读者批评指正。

编 者

2003年8月

目 录

第一章 静力学基本概念和物体的受力分析

第一节 内容提要	1
第二节 典型题精解	2
第三节 自测题	5

第二章 平面基本力系

第一节 内容提要	8
第二节 典型题精解	11
第三节 自测题	14

第三章 平面任意力系

第一节 内容提要	17
第二节 典型题精解	19
第三节 自测题	24

第四章 空间力系

第一节 内容提要	27
第二节 典型题精解	32
第三节 自测题	36

第五章 摩 擦

第一节 内容提要	40
第二节 典型题精解	42
第三节 自测题	46

第六章 点的运动学

第一节 内容提要	48
第二节 典型题精解	50
第三节 自测题	53

第七章 刚体的基本运动

第一节 内容提要	55
第二节 典型题精解	57
第三节 自测题	61

第八章 点的合成运动

第一节 内容提要	63
第二节 典型题精解	65
第三节 自测题	69

第九章 刚体的平面运动

第一节 内容提要	73
第二节 典型题精解	76
第三节 自测题	82

第十章 质点的运动微分方程

第一节 内容提要	85
第二节 典型题精解	87
第三节 自测题	91

第十一章 动量定理

第一节 内容提要	93
第二节 典型题精解	96
第三节 自测题	99

第十二章 动量矩定理

第一节 内容提要	102
第二节 典型题精解	104
第三节 自测题	108

第十三章 动能定理

第一节 内容提要	111
第二节 典型题精解	116
第三节 自测题	121

第十四章 达朗贝尔原理

第一节	内容提要	124
第二节	典型题精解	127
第三节	自测题	131

第十五章 虚位移原理

第一节	内容提要	134
第二节	典型题精解	137
第三节	自测题	141

第十六章 动力学普遍方程和拉格朗日方程

第一节	内容提要	144
第二节	典型题精解	146
第三节	自测题	152

第十七章 碰 撞

第一节	内容提要	154
第二节	典型题精解	157
第三节	自测题	160

第十八章 机械振动基础

第一节	内容提要	162
第二节	典型题精解	166
第三节	自测题	171

理论力学综合自测题

自测题(一)		173
自测题(二)		177
自测题(三)		181
自测题(四)		184
自测题(五)		189
自测题(六)		193
自测题(七)		197
自测题(八)		200
自测题(九)		203

自测题（十）	208
参考答案	212
参考文献	257

目 录

第一章

静力学基本概念和物体的受力分析

第一节 内容提要

一、基本概念

- (1) 力 物体间相互的机械作用, 这种作用使物体的形状和运动状态发生改变。
- (2) 刚体 任何情况下都不会发生变形的物体。刚体是力学中的一种理想化模型。
- (3) 平衡 物体相对于惯性参考系静止或作匀速直线运动。
- (4) 等效力系 作用于物体且效应(外效应或内效应)相同的力系。

二、静力学公理

(1) 二力平衡公理 作用于刚体上的两个力, 使刚体处于平衡状态的充分与必要条件是: 这两个力大小相等, 方向相反, 且作用在同一直线上。

(2) 加减平衡力系公理 在作用于刚体上的已知力系中, 加上或减去任一平衡力系, 并不改变原力系对刚体的作用效应。

(3) 力的平行四边形法则 作用于物体上同一点的两个力, 其合力也作用在该点上。至于合力的大小和方向则由以这两个力为边所构成的平行四边形的对角线来表示, 而这两个力称为合力的分力。

(4) 作用与反作用定律 两物体间相互作用的力总是等值、反向、共线且分别作用在这两个物体上。

(5) 刚化公理 变形体在某一力系作用下处于平衡, 如将此变形体替换为刚体, 则平衡状态保持不变。

三、两个推论

(1) 力的可传性原理 作用于刚体上的力, 其作用点可以沿作用线移动而不改变它对该刚体的作用。

(2) 三力平衡汇交定理 若刚体受三个力作用而处于平衡, 当其中两个力的作用线汇交于一点, 则此三力必处于同一平面内, 且第三个力的作用线也必定通过汇交点。

四、约束、约束反力及常见的约束类型

(1) 约束 限制物体运动的条件称为约束。

(2) 约束反力 约束对被约束物体的反作用力称为约束反力。

(3) 常见的约束类型 柔体约束; 光滑的点、面、线约束; 光滑铰链约束; 轴承约束; 固定端约束。

五、物体的受力图及受力分析的步骤

(1) 物体的受力图 表示物体所受全部外力 (包括主动力和约束力) 的简图。受力图是求解静力学问题的依据。

(2) 受力分析的步骤和注意事项: ① 明确研究对象, 将研究对象从它周围物体的约束中分离出来, 单独画出其简图; ② 画出研究对象所受的一切主动力和约束反力; ③ 约束反力要符合约束的类型及其性质; ④ 在分别画两个相互作用物体的受力图时, 要注意作用力和反作用力的关系; ⑤ 通常应先找出二力构件, 画出它的受力图, 然后再画其他物体的受力图。

第二节 典型题精解

例 1.1 如图 1.1 (a) 所示。梯子 AB 重 W , 在 C 处用绳 CD 拉住, A 、 B 处分别搁在光滑的墙及地面上。试画出梯子的受力图。

解 取 AB 杆为研究对象, 作分离体图。 A 处为光滑接触, 故 N_A 方向沿杆上 A 点法线方向, B 处也类似。 D 处受柔索约束, 约束反力 T_D 应背离被约束物体。其受力图如图 1.1 (b) 所示。

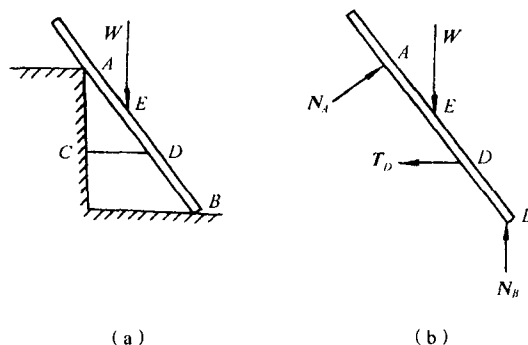


图 1.1

例 1.2 一受力体系如图 1.2 (a) 所示。 AB 梁上作用一分布力 q (单位: kN/m), CD 梁上作用一集中力 F , A 端为固定端, 自重不计。试作出 AB 、 CD 梁的受力图。

解 分别取 AB 、 CD 为研究对象, 作分离体图。在 AB 梁上, 因 A 端为固定端约束, 故有 X_A 、 Y_A 、 M_A 三个约束反力; 又由于 BC 杆为二力杆, 故 N_{BC} 为二力杆 BC 对 AB 梁的约束反力。在 CD 梁上, N_{CB} 为 BC 杆对 CD 梁的约束反力, 它的指向与 N'_{CB} 相呼应, 为作用与反作用关系。由于 CD 梁上为 C 、 E 、 D 三点受力, 平衡时, 三力 N_{CB} 、 F 、 N_D 满足三力汇交定理, 汇交点为 O 点。受力图如图 1.2 (b)、(c)、(d) 所示。

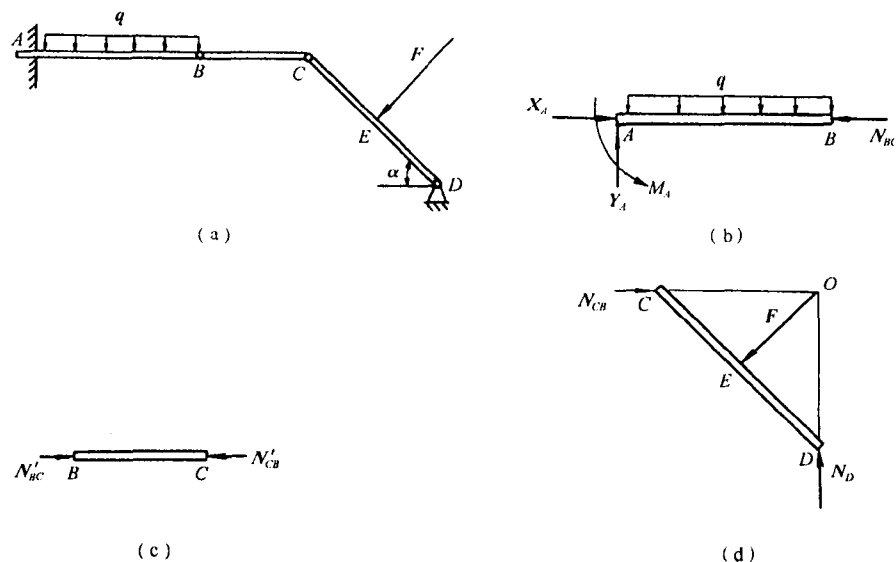


图 1.2

例 1.3 图 1.3 (a) 所示机构中, BC 杆的轮上绳子处于水平位置。不计摩擦, 绘出轮 C 、杆 BC 、杆 AD 及整体的受力图。

解 取轮 C 为研究对象, 作出轮 C 的分离体图。绳子是柔性约束, 反力方向沿绳子中心线, 为拉力。由三力汇交定理可绘出轮 C 的受力图, 如图 1.3 (b) 所示。其余受力图如图 1.3 (c)、(d)、(e) 所示。

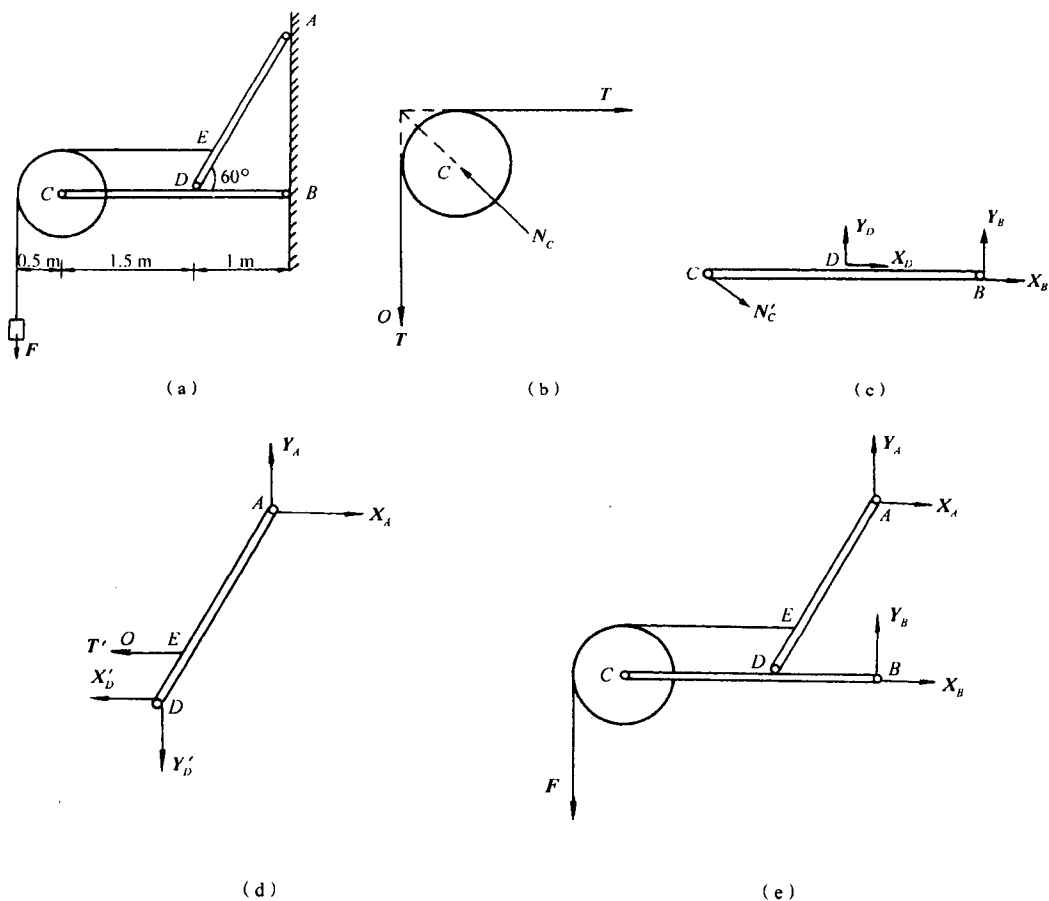


图 1.3

例 1.4 结构受力情况如图 1.4 (a) 所示。试作折杆 ABC 和圆柱体 O 的受力图。不计摩擦。

解 分别以折杆 ABC 和圆柱体 O 为研究对象。折杆 ABC 中, A 处为固定铰支座, D 、 E 为光滑接触, 法向受力, 其受力图如图 1.4 (b) 所示。圆柱体 O 中 D 、 E 、 F 三点均为法向受力, 其受力图如图 1.4 (c) 所示。

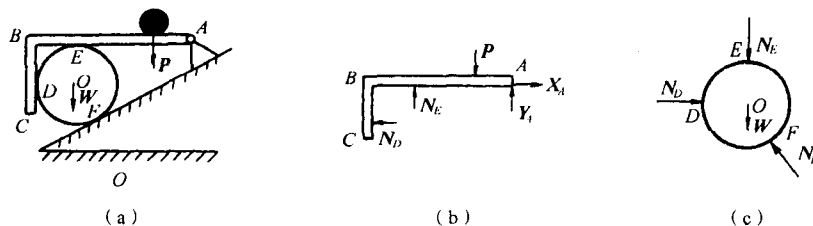


图 1.4

例 1.5 如图 1.5 (a) 所示。作图示结构中 AC 杆、 BC 杆及铰 C 的受力图。不计摩擦。

解 分别取杆 AC 、杆 BC 和铰 C 为研究对象。 A 、 B 为光滑面接触，则 A 、 B 处法向受力。铰 C 受力图要单独画出，则需分别考虑铰 C 对杆 AC 的作用力和铰 C 对杆 BC 的作用力。 DE 为绳索约 777 束，受拉。杆 AC 、 BC 及铰 C 的受力图分别如图 (b)、(c)、(d)。

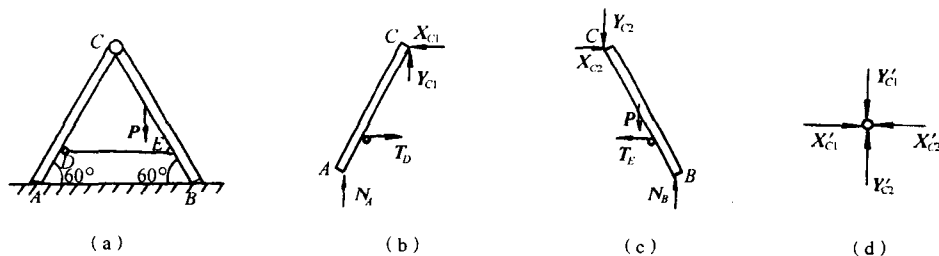


图 1.5

第三节 自 测 题

一、是非题

- 1.1 凡是合力都比分力要大。()
- 1.2 力是滑动矢量，可沿作用线移动。()
- 1.3 若作用在刚体上的三个力的作用线汇交于同一点，则该刚体必处于平衡状态。()

二、选择题

- 1.4 二力平衡条件的适用范围是 ()。
- A. 刚体 B. 刚体系统 C. 变形体 D. 任何物体或物体系统

1.5 作用和反作用定律的适用范围是 ()。

- A. 只适用于刚体 B. 只适用于变形体 C. 只适用于处于平衡状态的物体
D. 对任何物体均适用

1.6 如果力 R 是两力的合力, 用矢量方程表示为 $R = F_1 + F_2$, 其大小之间的关系为 ()。

- A. 必有 $R = F_1 + F_2$ B. 不可能有 $R = F_1 + F_2$
C. 必有 $R > F_1, R > F_2$ D. 可能有 $R < F_1, R < F_2$

1.7 一物体能否视为刚体, 取决于 ()。

- A. 物体是否坚硬 B. 变形是否微小
C. 变形不起决定因素 D. 是否研究物体的变形

三、问答题

1.8 $R = F_1 + F_2$ 和 $R = F_1 + F_2$ 意义是否相同?

四、受力分析

1.9 图 1.6 所示各结构中, 不计各构件自重, 各连接处均为铰链连接, 画出 AB 杆的受力图。

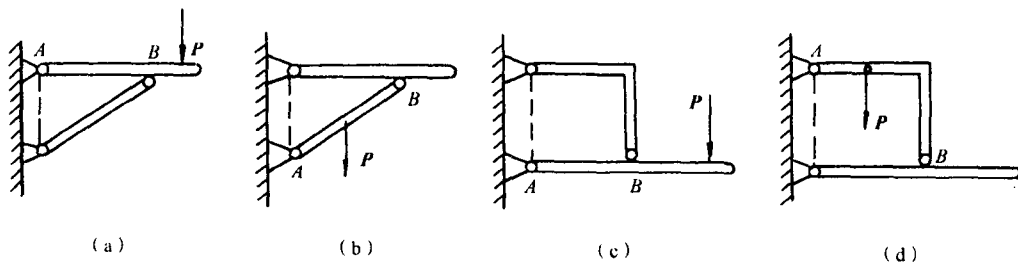


图 1.6

1.10 试以杆 BC 、轮 O 、绳索及重物 M 作为分离体, 画图 1.7 所示系统的受力图, 再画杆 AB 的受力图。

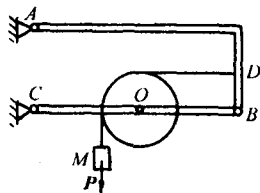
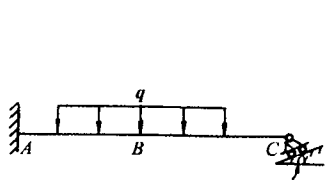
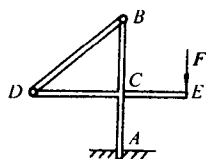


图 1.7

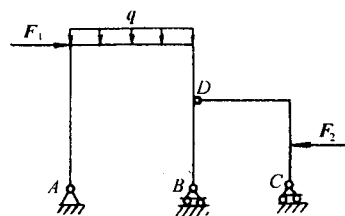
1.11 画出图 1.8 所示结构中指定杆件的受力图。设接触处均为光滑的，除注明者外，各物体自重不计。



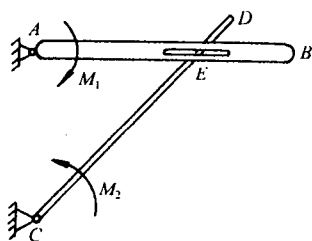
(a) 梁 AB、BC



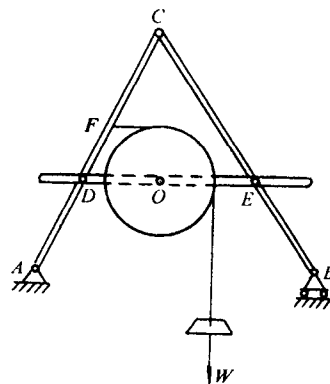
(b) 杆 BD、DE、AB



(c) 杆 AB、DC



(d) 杆 CD、AB



(e) 杆 AC、CB、DE、轮 O

图 1.8

第二章

平面基本力系

第一节 内容提要

平面基本力系包括平面汇交力系和平面力偶系。

一、平面汇交力系的合成与平衡

1. 力在坐标轴上的投影与力沿坐标轴的分解

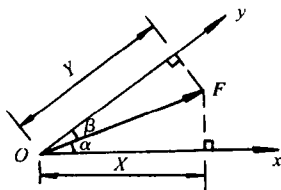
(1) 力在坐标轴上的投影 力在坐标轴上的投影等于力的模乘以力与投影轴正向间夹角的余弦，它是一标量，即

$$X = F \cos \alpha, \quad Y = F \cos \beta \quad (2.1)$$

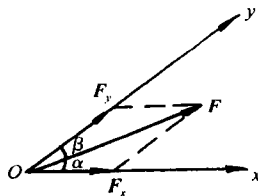
如图 2.1 (a) 所示。

(2) 力沿坐标轴的分解 力沿坐标轴的分力是一矢量，其合力与分力之间应满足力的平行四边形法则。如图 2.1 (b) 所示。力沿坐标轴分解的分力的大小为

$$F_x = \frac{F \sin \beta}{\sin (\alpha + \beta)}, \quad F_y = \frac{F \sin \alpha}{\sin (\alpha + \beta)} \quad (2.2)$$



(a)



(b)

图 2.1

当 $\alpha + \beta = \frac{\pi}{2}$ 时, 如图 2.2 (a)、(b) 所示, 有

$$X = F_x, \quad Y = F_y \quad (2.3)$$

由此可见, 在一般情况下, 力沿坐标轴分解的分力的大小不等于力在坐标轴上投影的大小。

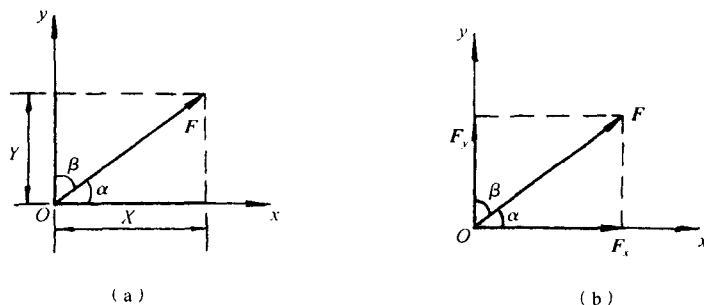


图 2.2

(3) 合力投影定理 合力在某轴上的投影等于各分力在同一轴上投影的代数和, 即

$$R_x = \sum_{i=1}^n X_i, \quad R_y = \sum_{i=1}^n Y_i \quad (2.4)$$

当投影轴 x 与 y 垂直时, 其合力的大小与方向为

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}, \quad \cos(R, i) = \frac{R_x}{R}, \quad \cos(R, j) = \frac{R_y}{R} \quad (2.5)$$

2. 平面汇交力系的合成

(1) 几何法 合力矢是力多边形的封闭边, 合力作用线通过力系的汇交点。即

$$\mathbf{R} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \cdots + \mathbf{F}_n = \sum_{i=1}^n \mathbf{F}_i \quad (2.6)$$

(2) 解析法 当两坐标轴间的夹角为 $\pi/2$ 时有

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n X_i\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n Y_i\right)^2}$$

$$\cos(R, i) = \frac{R_x}{R} = \frac{\sum X_i}{R}, \quad \cos(R, j) = \frac{R_y}{R} = \frac{\sum Y_i}{R} \quad (2.7)$$