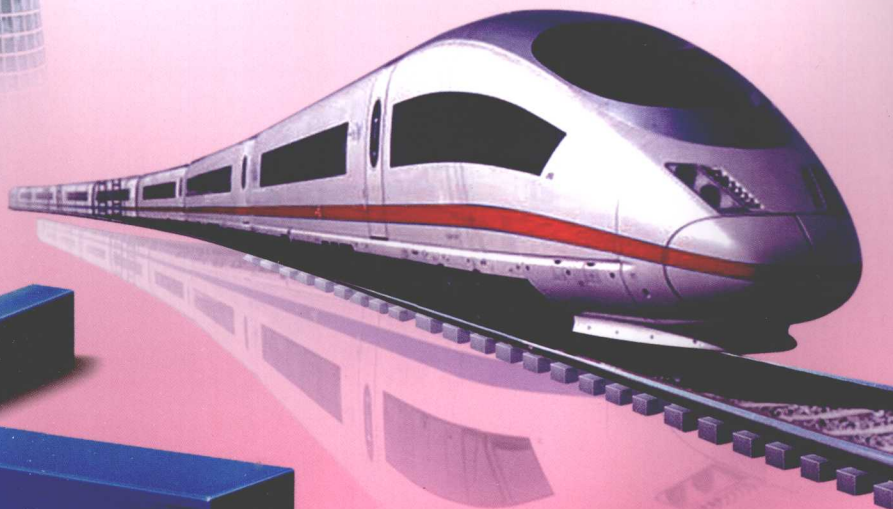
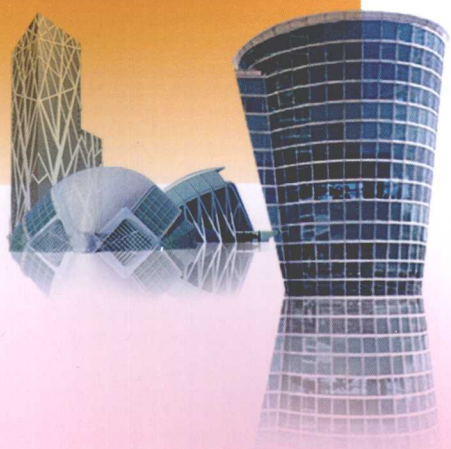


理论力学习题详解

《理论力学》(李卓球主编) 配套学习用书

朱四荣 主 编

李卓球 主 审



武汉理工大学出版社

理论力学习题详解

主 编 朱四荣
主 审 李卓球

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

内 容 简 介

本书对武汉理工大学出版社出版、李卓球教授主编的《理论力学》一书的习题作了详细的解答,以帮助读者做习题练习时拓宽思路。全书共 13 章,即静力学基本概念与受力分析,平面力系,空间力系,摩擦,点的运动学描述和刚体的简单运动,点的合成运动,刚体的平面运动、动量定理,动量矩定理,动能定理,达朗贝尔原理,虚位移原理,动力学普遍方程和拉格朗日方程等内容。

本书可供高等工科院校的本科生和专科生学习理论力学时参考,也可作为报考相关专业研究生的复习资料,还可作为教师教学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

理论力学习题详解/朱四荣主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2009.8

ISBN 978-7-5629-3011-2

I. 理… II. 朱… III. 理论力学-高等学校-解题 IV. 031-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 149577 号

出版发行:武汉理工大学出版社

武汉市武昌珞狮路 122 号 邮编:430070

<http://www.techbook.com.cn> 理工图书网

E-mail:wutp8@163.com

印 刷 者:荆州市鸿盛印务有限公司

经 销 者:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16

印 张:13.25

字 数:339 千字

版 次:2009 年 8 月第 1 版

印 次:2009 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1—3000 册

定 价:18.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:(027)87394412 87383695 87384729

版权所有,盗版必究。

前 言

本书是与李卓球教授主编、武汉理工大学出版社出版的《理论力学》配套的习题解答,可作为工科专业本科生学习理论力学的参考书,也可作为报考研究生的考前复习资料,并可作为教师的教学参考书。

理论力学是本科教育中大多数工科专业的重要技术基础课。学生在学习期间普遍反映“理论易懂,但解题困难”,究其原因,除了对理论力学的基本理论和原理的掌握不够深刻之外,还缺乏足够的习题练习。本习题解答的编写,主要目的是帮助学生巩固对理论力学的基本理论和方法的理解,拓宽解题思路,掌握解题技巧,从而提高对理论力学知识的应用和解决问题的能力。

本书由朱四荣教授主编并统稿。参加理论力学习题详解编写的有:湖北工业大学周金枝教授(第1章、第3章),姜久红、周金枝教授(第2章),长江大学张新红(第5章)、侯作富教授(第6章)、胡述龙副教授(第7章),武汉理工大学郑立霞副教授(第8章、第9章、第10章、第11章),武汉科技大学陈桂娟讲师(第4章、第12章、第13章)。

鉴于编者水平有限,书中的缺点和错误难以避免,热忱期望读者给予批评指正。

编 者

2009.5.20

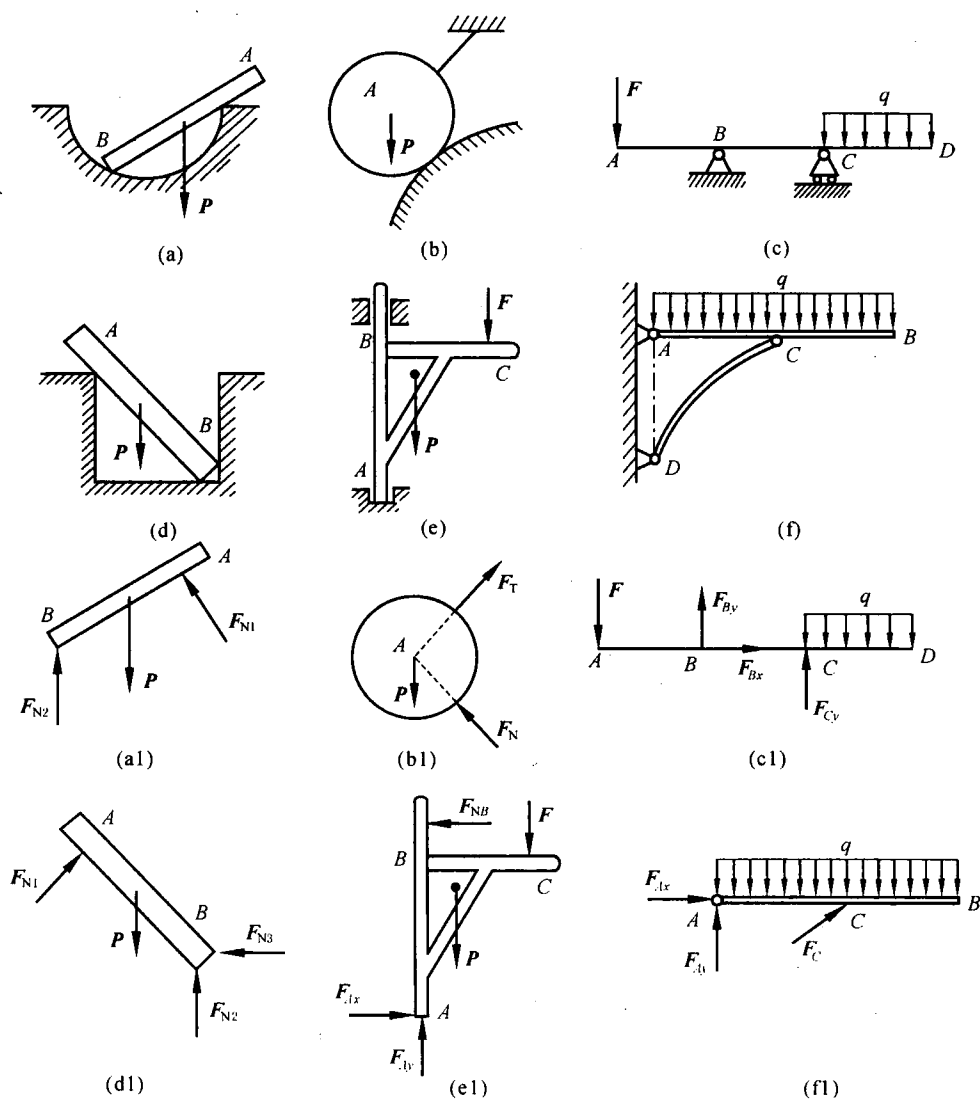
目 录

第 1 章	静力学基本概念与受力分析	(1)
第 2 章	平面力系	(5)
第 3 章	空间力系	(26)
第 4 章	摩擦	(32)
第 5 章	点的运动学描述和刚体的简单运动	(50)
第 6 章	点的合成运动	(67)
第 7 章	刚体的平面运动	(91)
第 8 章	动量定理	(118)
第 9 章	动量矩定理	(127)
第 10 章	动能定理	(140)
第 11 章	达朗贝尔原理	(158)
第 12 章	虚位移原理	(170)
第 13 章	动力学普遍方程和拉格朗日方程	(187)
参考文献		(205)

第1章 静力学基本概念与受力分析

习题详解

1-1 画出题1-1图(a)~图(f)中物体A或构件ABC、AB、AC、CD的受力图。图中未画重力的各物体的自重不计,所有接触处均为光滑接触。

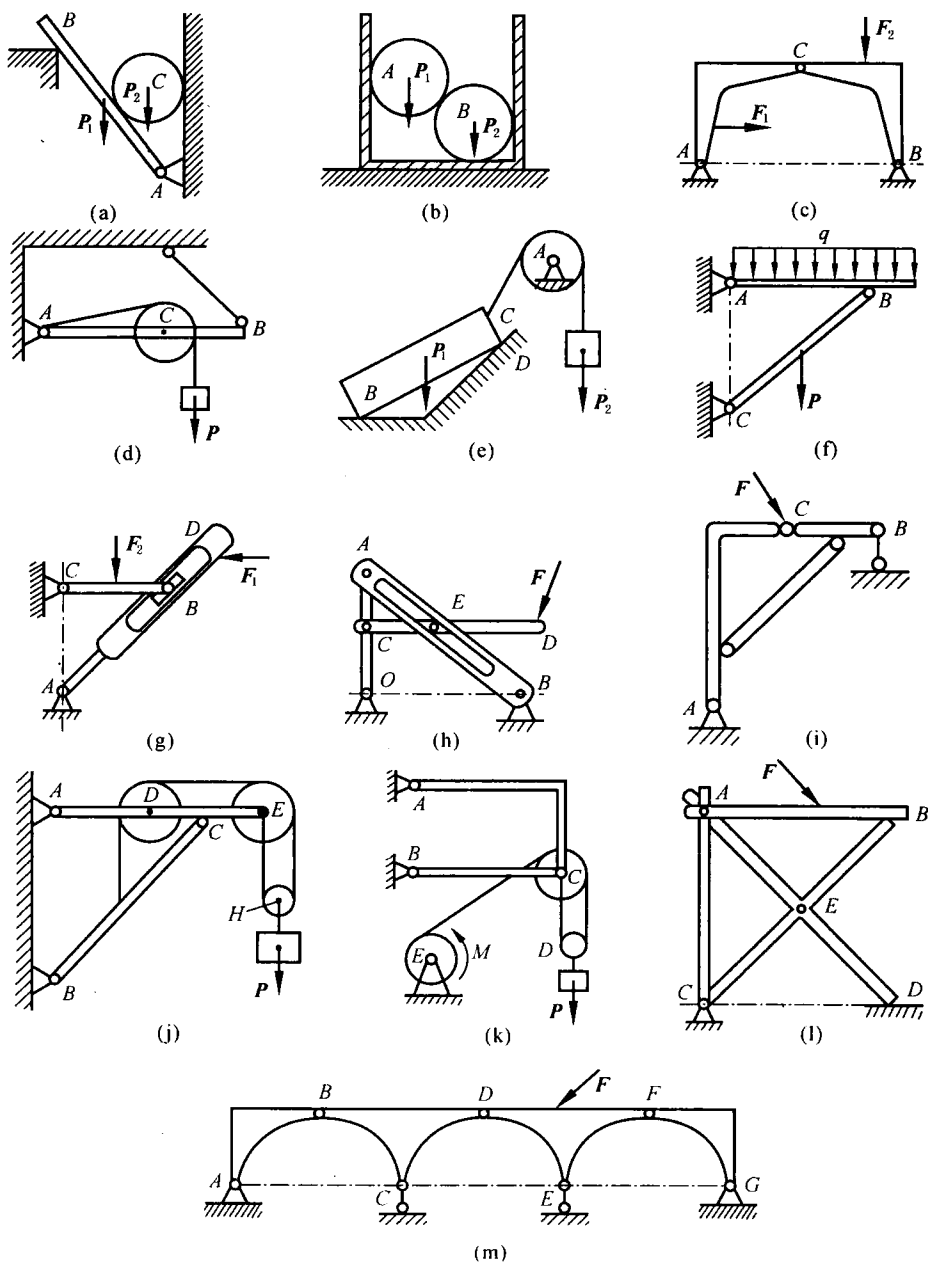


题 1-1 图

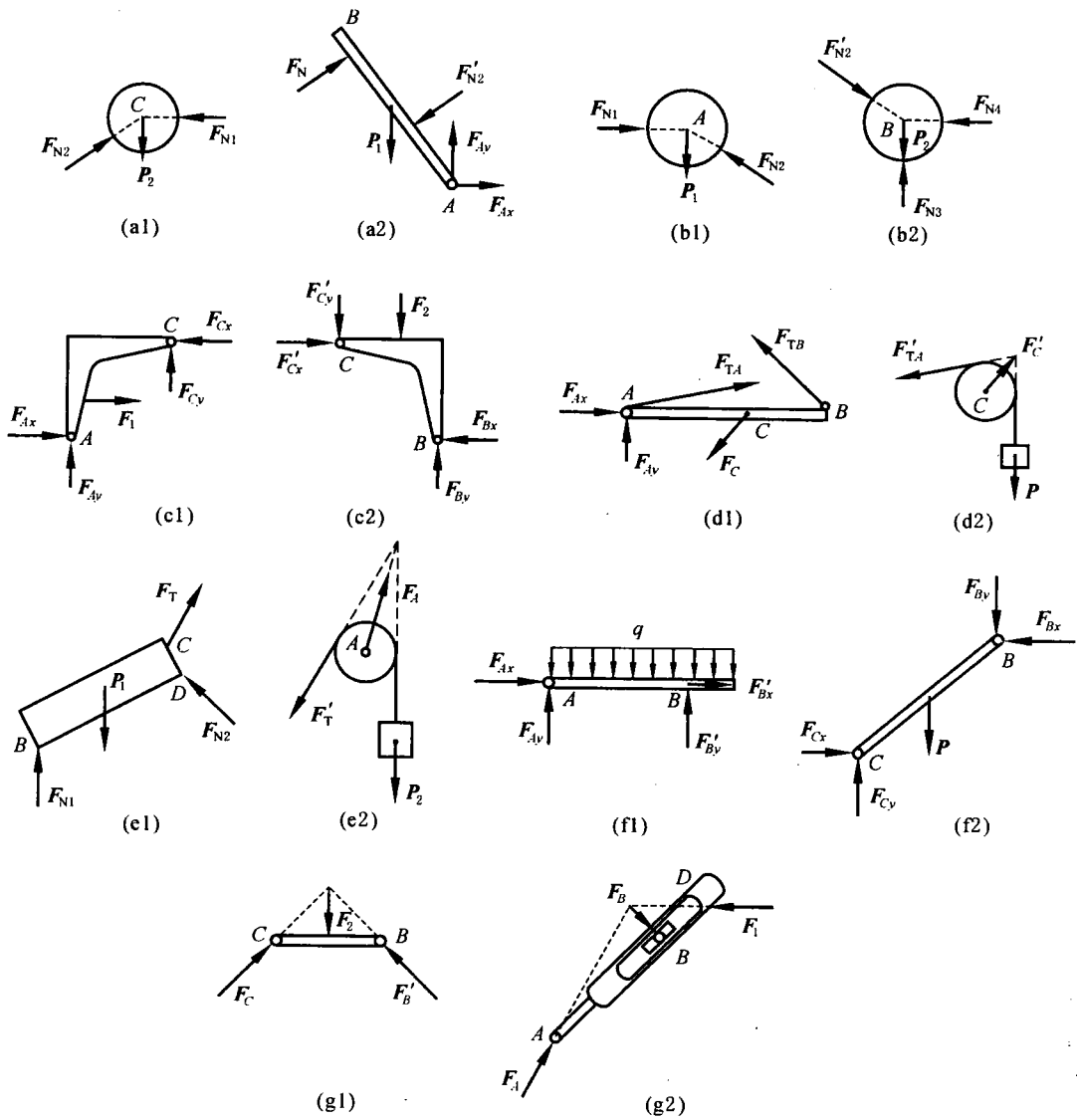
解:题 1-1 图(a)、图(b)、……、图(f) 中物体的受力图分别表示在题 1-1 图(a1)、图(b1)、……、图(f1) 中。

1-2 画出题 1-2 图所示机构中各杆件的受力图。图中未画重力的各杆件的自重不计,所有接触处均为光滑接触。

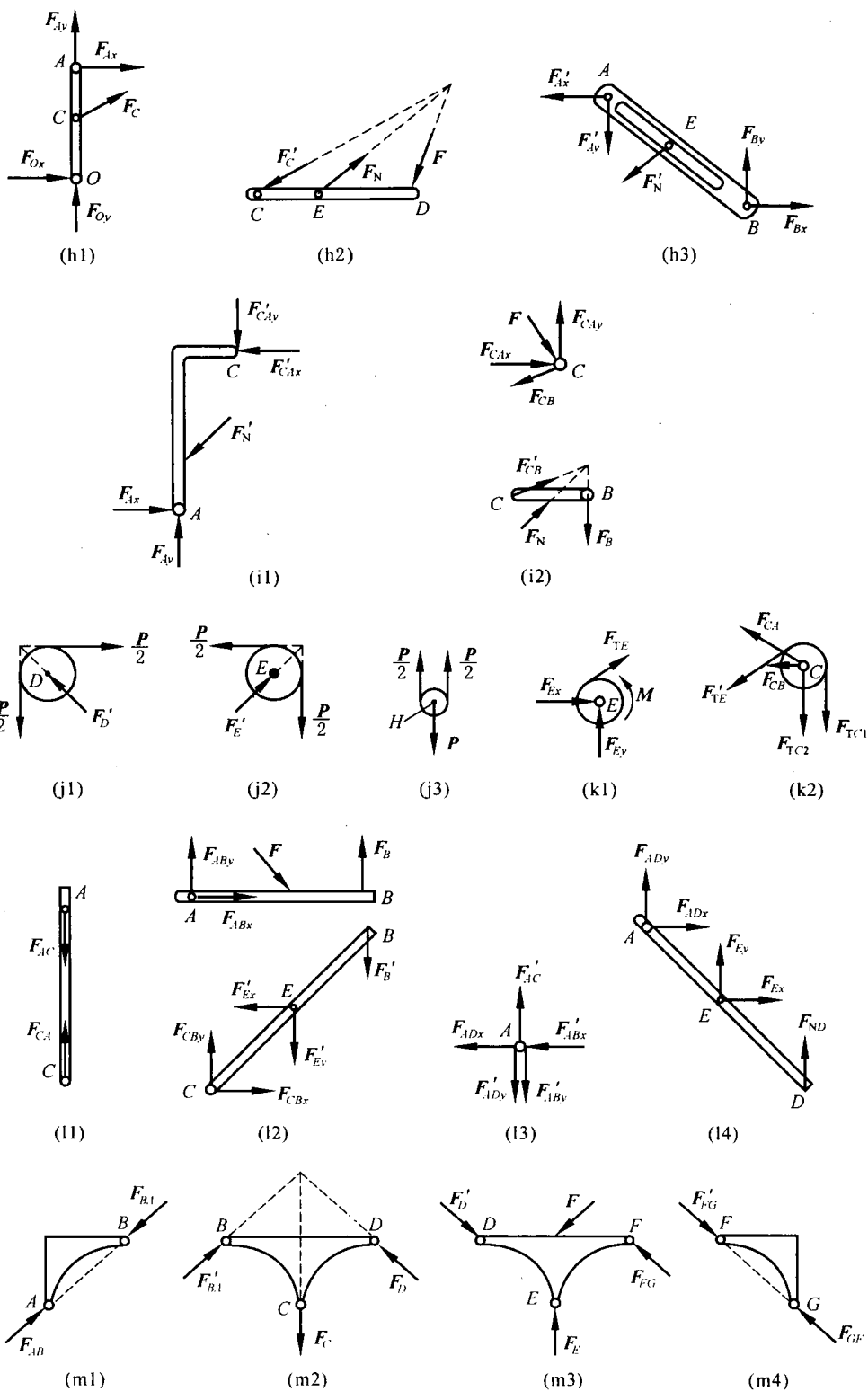
解:习题 1-2 图(a)、图(b)、……、图(m) 中物体的受力图,分别表示在题 1-2 图(a1)、图(a2)、图(b1)、图(b2)、……、图(m4) 中。



题 1-2 图



续题 1-2 图



续题 1-2 图

第2章 平面力系

习题详解

2-1 如题 2-1 图所示,用解析法求图示汇交力系的合力。已知 F_3 水平, $F_1 = 60 \text{ N}$, $F_2 = 80 \text{ N}$, $F_3 = 50 \text{ N}$, $F_4 = 100 \text{ N}$ 。

解:

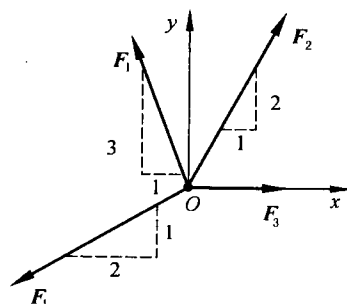
$$\begin{aligned}\sum_{i=1}^4 F_{ix} &= F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + F_{4x} \\ &= -60 \times \frac{\sqrt{10}}{10} + 80 \times \frac{\sqrt{5}}{5} + 50 - 100 \times \frac{2\sqrt{5}}{5} \\ &= -22.6 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum_{i=1}^4 F_{iy} &= F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + F_{4y} \\ &= 60 \times \frac{3\sqrt{10}}{10} + 80 \times \frac{2\sqrt{5}}{5} + 0 - 100 \times \frac{\sqrt{5}}{5} \\ &= 83.7 \text{ N}\end{aligned}$$

合力

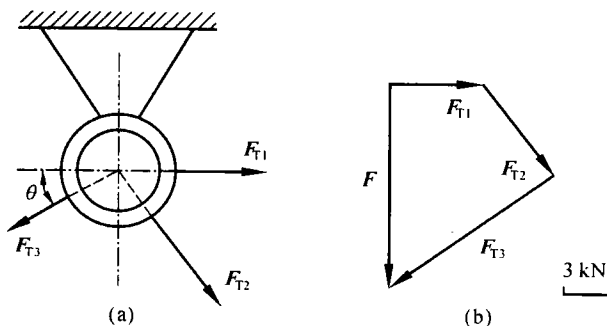
$$\begin{aligned}F_R &= \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{(\sum F_{ix})^2 + (\sum F_{iy})^2} \\ &= \sqrt{(-22.6)^2 + (83.7)^2} \\ &= 86.7 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\alpha = \arctan\left(\frac{F_y}{F_x}\right) = 74.9^\circ$$



题 2-1 图

2-2 一个固定的环受到三根绳子拉力 F_{T1} 、 F_{T2} 、 F_{T3} 的作用,其中 F_{T1} 和 F_{T2} 的方向如图 2-2(a) 所示,且 $F_{T1} = 6 \text{ kN}$, $F_{T2} = 8 \text{ kN}$ 。今欲使 F_{T1} 、 F_{T2} 、 F_{T3} 的合力方向垂直向下,大小等于 15 kN ,试确定拉力 F_{T3} 的大小和方向。

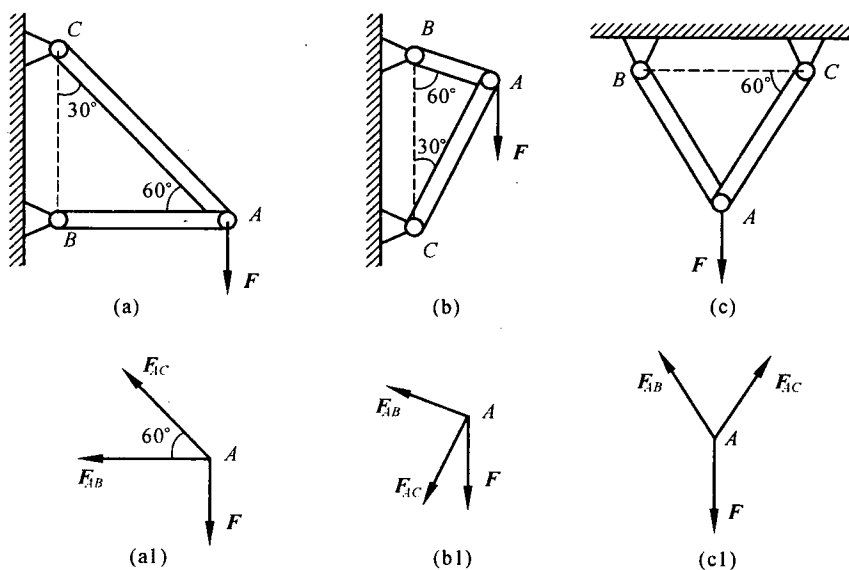


题 2-2 图

解:采用几何法如下,用尺按比例量出长度和角度即可
解得

$$F_{T3} = 11.7 \text{ kN}, \quad \theta = 31^{\circ}11'$$

2-3 题图所示三角支架由杆 AB、AC 铰接而成,在铰 A 处作用着力 F ,杆的自重不计,分别求出图中三种情况下杆 AB、AC 所受的力。



题 2-3 图

解:题图(a)取 A 点为研究对象,设各杆均受拉力作用,受力分析如题 2-3 图(a1)所示。

$$\sum F_x = 0, \quad -F_{AB} - F_{AC} \cos 60^{\circ} = 0$$

$$\sum F_y = 0, \quad F_{AC} \sin 60^{\circ} - F = 0$$

解上述方程可得

$$F_{AB} = -2.321F, \quad F_{AC} = 1.15F$$

题图(b)取 A 点为研究对象,设各杆均受拉力作用,受力分析如题 2-3 图(b1)所示。

同上由平衡方程可得

$$F_{AB} = 0.5F$$

$$F_{AC} = -0.866F$$

题图(c)取 A 点作为研究对象,设各杆均受拉力作用,受力分析如题 2-3 图(c1)所示。

同上由平衡方程可得

$$F_{AB} = F_{AC} = 0.577F$$

2-4 试计算下列题图中力 P 对 O 点的矩。

解:题图(a)点 O 到力 P 的垂直距离为 0,故力矩为 0;

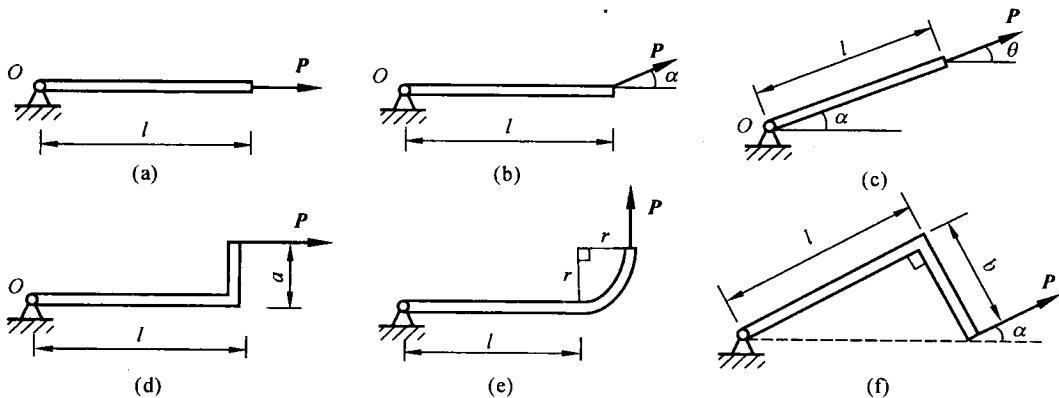
题图(b)点 O 到力 P 的垂直距离为 $l \sin \alpha$,故力矩为 $Pl \sin \alpha$;

题图(c) 点 O 到力 P 的垂直距离为 $l\sin\theta\cos\alpha + l\cos\theta\sin\alpha$, 故力矩为 $Pl\sin\theta\cos\alpha + Pl\cos\theta\sin\alpha$;

题图(d) 点 O 到力 P 的垂直距离为 a , 故力矩为 Pa ;

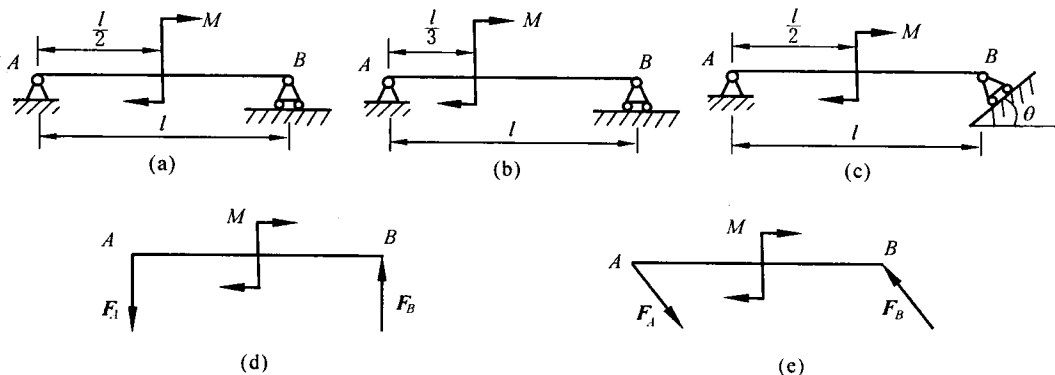
题图(e) 点 O 到力 P 的垂直距离为 $(l+r)$, 故力矩为 $P(l+r)$;

题图(f) 点 O 到力 P 的垂直距离为 $\sin\alpha \sqrt{l^2 + b^2}$, 故力矩为 $P\sin\alpha \sqrt{l^2 + b^2}$ 。



题 2-4 图

2-5 已知梁 AB 上作用一力偶, 力偶矩为 M , 梁长为 l , 梁重不计。试求在题 2-5 图(a)、图(b)、图(c) 三种情况下, 支座 A 和 B 的约束力大小。



题 2-5 图

解: 题图(a) 取梁作为研究对象, 受力如题 2-5 图(d) 所示。

由力偶系的平衡条件得

$$\sum M = 0, \quad F_A l - M = 0$$

解上述方程可得

$$F_A = F_B = \frac{M}{l}$$

题图(b) 同上

$$F_A = F_B = \frac{M}{l}$$

题图(c) 以梁作为研究对象,其受力如题 2-5(e) 图所示。

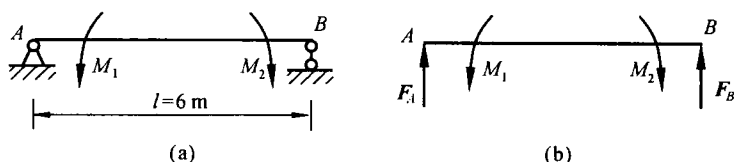
由力偶系的平衡条件得

$$\sum M = 0, \quad F_A l \cos \theta - M = 0$$

解上述方程可得

$$F_A = F_B = \frac{M}{l \cos \theta}$$

2-6 简支梁 AB 跨度 $l = 6\text{m}$, 梁上作用两个力偶, 其力偶矩 $M_1 = 15\text{ kN} \cdot \text{m}$, $M_2 = 24\text{ kN} \cdot \text{m}$, 转向如题 2-6 图(a) 所示, 试求支座 A、B 处约束力大小。



题 2-6 图

解: 取系统为研究对象, 解除约束, 受力如题 2-6 图(b) 所示, F_A 与 F_B 组成力偶。

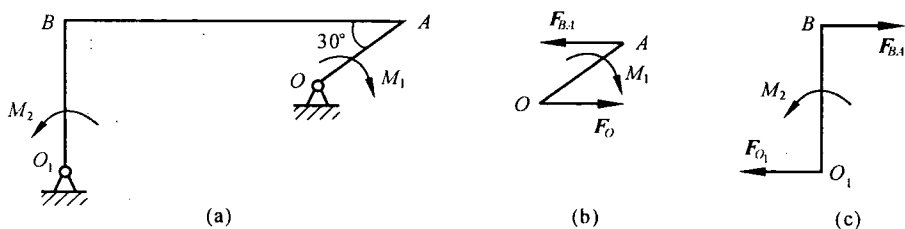
$$\sum M = 0, \quad F_B \times l + M_1 - M_2 = 0$$

解上述方程可得

$$F_B = 1.5\text{ kN}$$

$$F_A = -1.5\text{ kN}$$

2-7 铰接四连杆机构 $OABO_1$ 在图示位置平衡, 已知 $OA = 0.4\text{ m}$, $O_1B = 0.6\text{ m}$, 一个力偶作用在曲柄 OA 上, 其力偶矩 $M_1 = 1\text{ N} \cdot \text{m}$, 各杆自重不计, 求连杆 AB 所受的力及力偶矩 M_2 的大小。



题 2-7 图

解: 取 OA 杆为研究对象, 受力如题 2-7 图(b) 所示。

$$\sum M = 0, \quad F_{AB} \times OA \times \sin 30^\circ - M_1 = 0$$

解上述方程可得

$$F_{AB} = 5\text{ N}$$

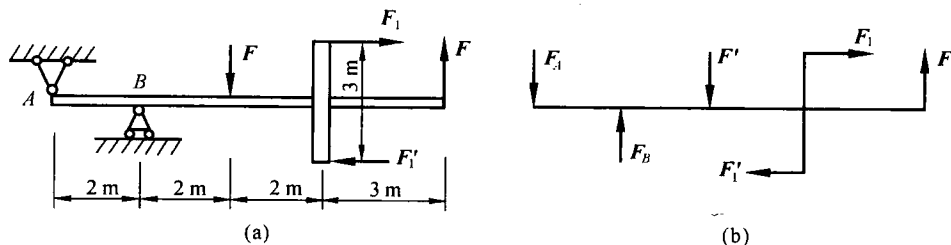
再取 OB 杆为研究对象, 受力如题 2-7 图(c) 所示。

$$\sum M = 0, \quad F_{AB} \times O_1B - M_2 = 0$$

解上述方程可得

$$M_2 = 3 \text{ N} \cdot \text{m}$$

2-8 力偶的力 $F_1 = 5 \text{ kN}$, $F = 2 \text{ kN}$, 长度单位为 m , 杆重不计, 求 A 、 B 处约束力。



题 2-8 图

解: 对杆进行受力分析如题 2-8 图(b) 所示。

由力偶系的平衡条件得

$$\sum M = 0, \quad -F_1 \times 3 + F \times 5 + F_B \times 2 = 0$$

解上述方程可得

$$F_A = F_B = 2.5 \text{ kN}$$

2-9 用多轴钻床同时加工某工件的四个孔, 每个钻头的主切削力在水平面内组成一个力偶, 力偶矩大小是 $15 \text{ N} \cdot \text{m}$, 试求两个螺钉 A 、 B 处的约束力。

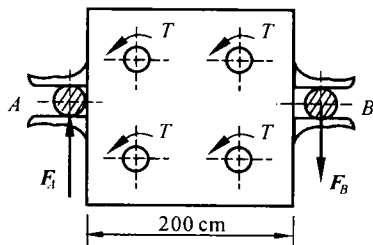
解: A 、 B 两点的约束力构成一个力偶, 解除约束受力如题 2-9 图所示。

由

$$\sum M = 0, \quad F_A \times 2 - 15 \times 4 = 0$$

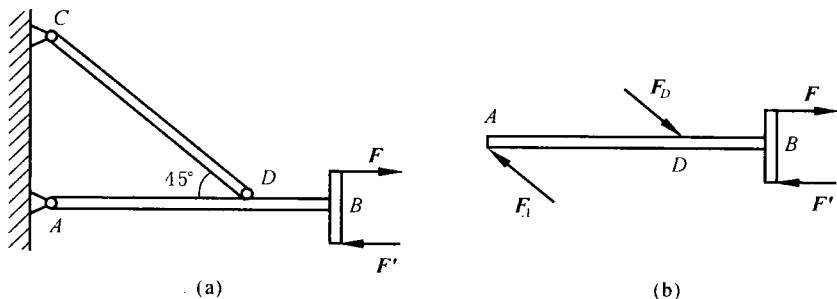
解上述方程可得

$$F_A = F_B = 30 \text{ N}$$



题 2-9 图

2-10 丁字杆 AB 与直杆 CD 在 D 点用铰链连接, 如丁字杆的 B 端受一力偶 (F, F') 的作用, 其矩 $M = 10 \text{ kN} \cdot \text{m}$, $AD = 1 \text{ m}$, 求 A 、 C 处的约束力。



题 2-10 图

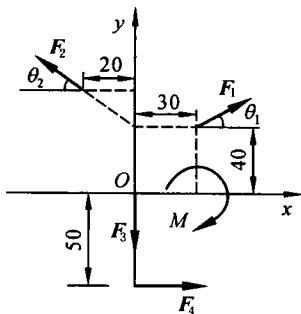
解: CD 杆是二力杆。取 AD 杆为研究对象, 受力如题 2-10 图(b) 所示。

$$\sum M = 0, \quad F_A \sin 45^\circ \times 1 - M = 0$$

解上述方程可得

$$F_C = F_A = 1.414 \text{ kN}$$

2-11 图示 4 个力和一个力偶组成一平面任意力系。已知 $F_1 = 50 \text{ N}$, $\theta_1 = \arctan \frac{3}{4}$, $F_2 = 30\sqrt{3} \text{ N}$, $\theta_2 = 45^\circ$, $F_3 = 80 \text{ N}$, $F_4 = 10 \text{ N}$, $M = 2 \text{ N} \cdot \text{m}$ 。图中长度单位为 mm 。求: 力系向 O 点简化的结果。



题 2-11 图

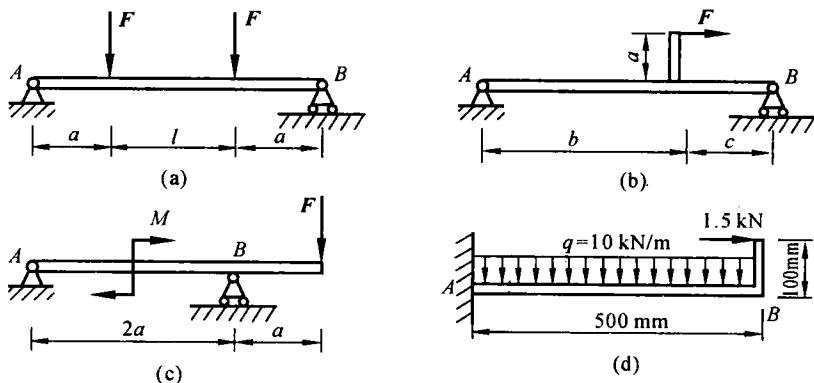
解: 将所有力向 O 点平移后得到的合力为

$$\begin{aligned} F'_R &= F_1 + F_2 + \dots + F_n \\ &= \sum_{i=1}^n F_i = 18.75 \text{ N (与 } x \text{ 正轴夹角 } -45^\circ) \end{aligned}$$

附加的力偶为

$$M_O = \sum M_O(F_i) = 0.73 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (\text{与 } M \text{ 同向})$$

2-12 已知各梁受载荷如题图所示, 试求各支座的约束力。



题 2-12 图

解: 题图(a) 取 AB 梁为研究对象, 解除约束, 受力如题 2-12 图(a1) 所示。

$$\sum M_B = 0, \quad F_{Ay} \times (l + 2a) - F \times (l + a) - F \times a = 0$$

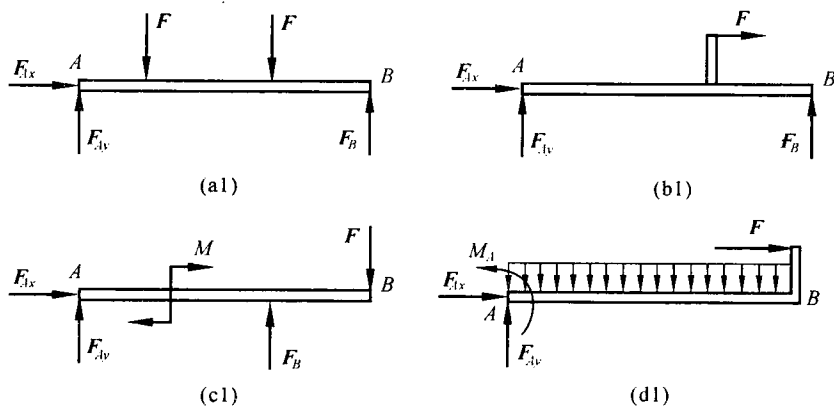
$$\sum M_A = 0, \quad F_B \times (l + 2a) - F \times (l + a) - F \times a = 0$$

$$\sum F_x = 0, \quad F_{Ax} = 0$$

解上述方程组可得

$$F_{Ay} = F_B = F, \quad F_{Ax} = 0$$

题图(b) 取 AB 梁为研究对象, 解除约束, 受力如题 2-12 图(b1) 所示。



续题 2-12 图

$$\sum M_A = 0, \quad F_{By}(b+c) - Fa = 0$$

$$\sum M_B = 0, \quad F_{Ay}(b+c) + Fa = 0$$

$$\sum F_x = 0, \quad F_{Ax} + F = 0$$

解上述方程组可得

$$F_{By} = \frac{Fa}{b+c} = -F_{Ay}$$

$$F_{Ax} = -F$$

题图(c) 取 AB 梁为研究对象,解除约束,受力如题 2-12 图(c1) 所示。

$$\sum M_A = 0, \quad F \times 3a + M - F_B \times 2a = 0$$

$$\sum M_B = 0, \quad F \times 3a + M + F_{Ay} \times 2a = 0$$

$$\sum F_x = 0, \quad F_{Ax} = 0$$

解上述方程组可得

$$F_{Ay} = -\frac{1}{2a}(aF + M)$$

$$F_B = \frac{1}{2a}(3aF + M)$$

$$F_{Ax} = 0$$

题图(d) 取 AB 梁为研究对象,解除约束,受力如题 2-12 图(d1) 所示。

$$\sum F_y = 0, \quad F_{Ay} - q \times 0.5 = 0$$

$$\sum F_x = 0, \quad F_{Ax} + F = 0$$

$$\sum M_A = 0, \quad M_A - F \times 0.1 - \frac{q}{2} \times 0.5 \times 0.5 = 0$$

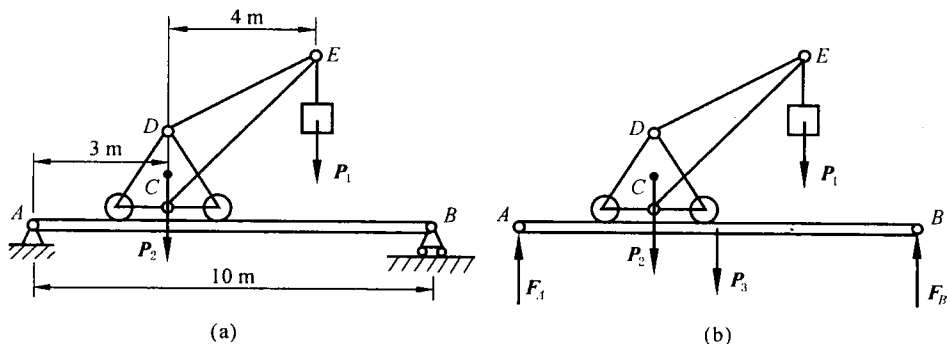
解上述方程组可得

$$F_{Ax} = -1.5 \text{ kN}$$

$$F_{Ay} = 5 \text{ kN}$$

$$M_A = 1.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

2-13 如题 2-13 图(a) 所示,在均质梁上铺设起重机轨道。起重机重 $P_2 = 50 \text{ kN}$,其重心在铅垂线 CD 上,重物的重量 $P_1 = 10 \text{ kN}$,梁重 $P_3 = 30 \text{ kN}$,尺寸如图所示。求当起重机的伸臂和梁 AB 在同一铅垂面内时,求支座 A 和 B 处的约束力。



题 2-13 图

解:以系统为研究对象,解除约束,受力如图(b) 所示,这是平面平行力系的平衡问题。

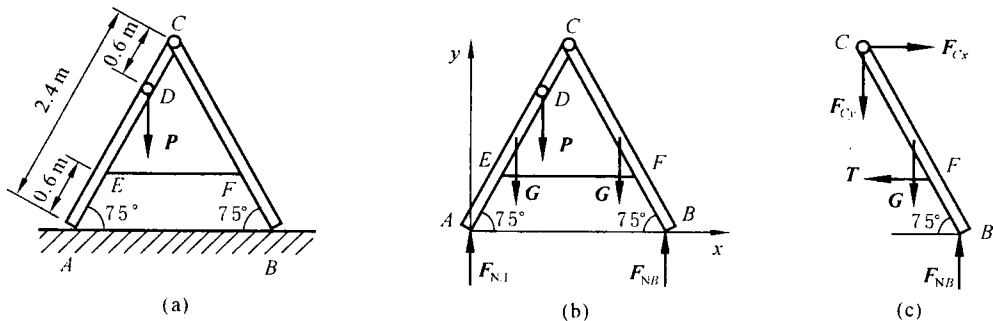
$$\sum M_B = 0, \quad -F_A \times 10 + P_2 \times 7 + P_1 \times 3 + P_3 \times 5 = 0$$

$$\sum M_A = 0, \quad F_B \times 10 - P_2 \times 3 - P_1 \times 7 - P_3 \times 5 = 0$$

解上述方程组可得

$$F_A = 53 \text{ kN}, \quad F_B = 37 \text{ kN}$$

2-14 如题 2-14 图(a) 所示,由 AC 及 BC 两部分组成的梯子,放在光滑的水平地面上,两部分重力均为 150 N ,彼此用铰链 C 及绳 EF 连接,一人的重力 $P = 600 \text{ N}$,站在 D 处。试求绳 EF 的拉力及 A 、 B 两处的约束力。



题 2-14 图

解:以整体为研究对象,受力图及坐标系如题 2-14 图(b) 所示。

由