

普通高等专科学校教育机电类规划教材

工程力学解题指南

● 傅鹤龄 主编



2-44
023



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

TB12-44
F923

普通高等专科学校教育机电类规划教材

工程力学解题指南

主 编 傅鹤龄

副主编 吴建生

主 审 张秉荣

机械工业出版社

本书是与张秉荣主编的高职高专教材《工程力学》配套的辅助教材,对该教材的习题作了简要解答。对一些有代表性的习题,在解后加了解题的分析过程、注意事项及解题技巧。每章的后面有简短的小结与提要。

全书为九章,和原书对应,即静力分析基础、平面力系、空间力系、运动学、动力学、拉(压)剪切与挤压的强度计算、扭转与弯曲的强度计算、组合变形的强度计算及材料力学中的几个专题。

本书适合二、三年制高专、高职工科院校各专业学生使用。通过使用本书,希望能减少学生在学习与解题中的困难。本书尤适用于自考、成教、函授等学习《工程力学》的学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学解题指南/傅鹤龄主编. —北京:机械工业出版社, 2005.5

普通高等专科教育机电类规划教材

ISBN 7-111-16567-5

I. 工… II. 傅… III. 工程力学—高等教育—解
题 IV. TB12-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 049082 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑:王海峰 版式设计:张世琴 责任校对:魏俊云
封面设计:饶薇 责任印制:洪汉军
北京京丰印刷厂印刷
2005 年 8 月第 1 版第 2 次印刷
787mm×1092mm^{1/32}·5.375 印张·118 千字
定价:10.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010) 68326294
封面无防伪标均为盗版

前 言

学习《工程力学》必须提高解题与计算能力，这是学好该课程的关键，也是考核的主要方面。初学者常感到教材似乎看懂了，但遇到具体的问题，又无从下手，参加自考与函授的学生感受尤深。希望本书能为学习《工程力学》的学生提供一些帮助。

本书紧扣张秉荣主编的《工程力学》，所有章节与该教材一一对应。本书的题解力求简洁，解后注尽量避免繁琐，小结也只有几句。读者可与原书对照，提高学习效率。

参加本书编写的有傅鹤龄、吴建生、张焱、张丽。傅鹤龄任主编，吴建生任副主编。张秉荣任本书主审。

限于编者水平，书中错漏之处在所难免，读者恳请批评指正。

编者

目 录

前言

习题一	1
第一章主要概念和定理	9
习题二	10
第二章主要概念和定理	42
习题三	43
第三章主要概念和定理	56
习题四	57
第四章主要概念和定理	81
习题五	83
第五章主要概念和定理	100
习题六	102
第六章主要概念和定理	116
习题七	117
第七章主要概念和定理	143
习题八	145
第八章主要概念和定理	155
习题九	156
第九章主要概念和定理	164
参考文献	166

习 题 一

1-1 已知: $F_1=200\text{N}$, $F_2=150\text{N}$, $F_3=200\text{N}$, $F_4=100\text{N}$, 各力的方向如图 1-1 所示。试求各力在 x , y 轴上的投影。

解 1) 各力在 x 轴上的投影

$$\begin{aligned}F_{1x} &= -F_1\cos 30^\circ \\&= -200\text{N} \times 0.866 \\&= -173.2\text{N}\end{aligned}$$

$$F_{2x} = F_2\cos 90^\circ = 0$$

$$\begin{aligned}F_{3x} &= F_3\cos 45^\circ \\&= 200\text{N} \times 0.707 \\&= 141.4\text{N}\end{aligned}$$

$$F_{4x} = -F_4\cos 60^\circ = -100\text{N} \times 0.5 = -50\text{N}$$

2) 各力在 y 轴上的投影

$$\begin{aligned}F_{1y} &= -F_1\sin 30^\circ = -200\text{N} \times 0.5 \\&= -100\text{N}\end{aligned}$$

$$F_{2y} = -F_2 = -150\text{N}$$

$$F_{3y} = F_3\sin 45^\circ = 200\text{N} \times 0.707 = 141.4\text{N}$$

$$F_{4y} = F_4\sin 60^\circ = 100\text{N} \times 0.866 = 86.6\text{N}$$

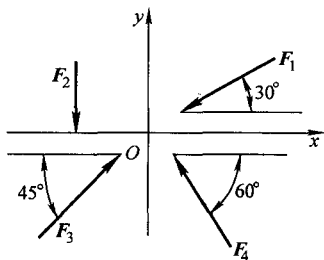


图 1-1 力的投影

投影时注意各力的符号。

1-2 铆接薄钢板在孔 A、B、C 和 D 处受四个力作用，孔间尺寸如图 1-2 所示。已知： $F_1 = 50\text{N}$ ， $F_2 = 100\text{N}$ ， $F_3 = 150\text{N}$ ， $F_4 = 220\text{N}$ ，求此汇交力系的合力。

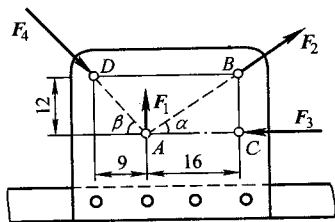


图 1-2 联接板

解 建立直角坐标系 A-xy，将各力沿其作用线移至 A 点，如图 1-2 所示，则

$$\begin{aligned} F_{Rx} &= \sum F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + F_{4x} \\ &= 0 + F_2 \cos \alpha - F_3 + F_4 \cos \beta \\ &= \left(0 + 100 \times \frac{16}{\sqrt{16^2 + 12^2}} - 150 + 220 \times \frac{9}{\sqrt{12^2 + 9^2}} \right) \text{N} \\ &= 62\text{N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{Ry} &= \sum F_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + F_{4y} \\ &= F_1 + F_2 \sin \alpha + 0 - F_4 \sin \beta \\ &= \left(50 + 100 \times \frac{12}{\sqrt{16^2 + 12^2}} - 220 \times \frac{12}{\sqrt{12^2 + 9^2}} \right) \text{N} \\ &= -66\text{N} \end{aligned}$$

$$F_R = \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2} = 90.6\text{N}$$

$$\tan \theta = \frac{F_{Ry}}{F_{Rx}} = -1.066 \quad \theta = -46.79^\circ$$

1-3 求图 1-3 所示各种情况下 F 对点 O 的力矩。

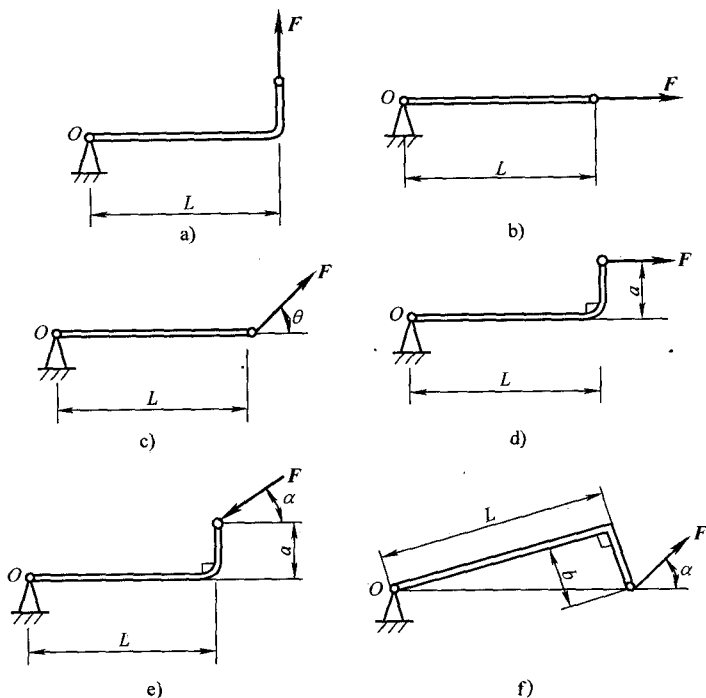


图 1-3 求力矩

$$\begin{aligned}
 \text{解 } & \text{a) } M_O(F) = FL & \text{b) } M_O(F) = 0 \\
 & \text{c) } M_O(F) = FL \sin \theta & \text{d) } M_O(F) = -Fa \\
 & \text{e) } M_O(F) = Fa \cos \alpha - FL \sin \alpha \\
 & \text{f) } M_O(F) = F \sqrt{L^2 + b^2} \sin \alpha
 \end{aligned}$$

1-4 求图 1-4 所示情况下 G 与 F 对转心 A 之矩。

$$\text{解 } M_A(F) = -F \cos \alpha b - F \sin \alpha a = -F(a \sin \alpha + b \cos \alpha)$$

$$M_A(G) = G \cos \alpha \frac{a}{2} - G \sin \alpha \frac{b}{2} = \frac{G}{2}(a \cos \alpha - b \sin \alpha)$$

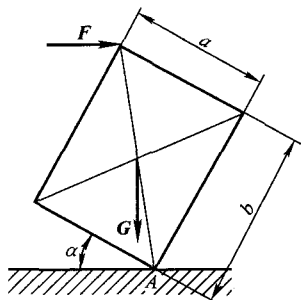


图 1-4 力对 A 之矩

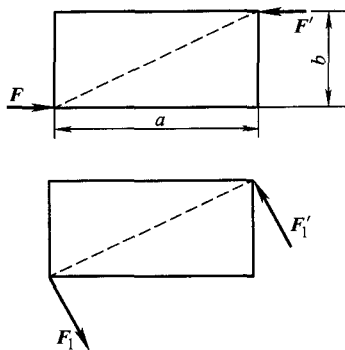


图 1-5 移钢板

1-5 矩形钢板的边长为 $a = 4\text{m}$, $b = 2\text{m}$ (图 1-5), 作用力偶 $M(F, F')$ 。当 $F = F' = 200\text{N}$ 时, 才能使钢板转动。试考虑如何选择加力的位置与方向才能使所费力为最小而达到使钢板转一角度的目的, 并求出此最小的力。

解 由力偶性质 $M(F_1, F'_1) = M(F, F')$, 即

$$F_1 \sqrt{a^2 + b^2} = Fb$$

$$\text{故 } F_1 = \frac{Fb}{\sqrt{a^2 + b^2}} = 89.44\text{N}$$

1-6 试画出图 1-6 所示受柔性约束物体的受力图。

1-7 试画出图 1-7 所示各受光滑面约束物体的受力图。

柔索和光滑接触面的反力, 其方向不可画反。柔索反力沿索的方向箭头向外; 光滑接触面的反力, 在接触面的公法线方向, 箭头指向所研究的对象。尤其要注意点和面的接触、两曲面的接触。

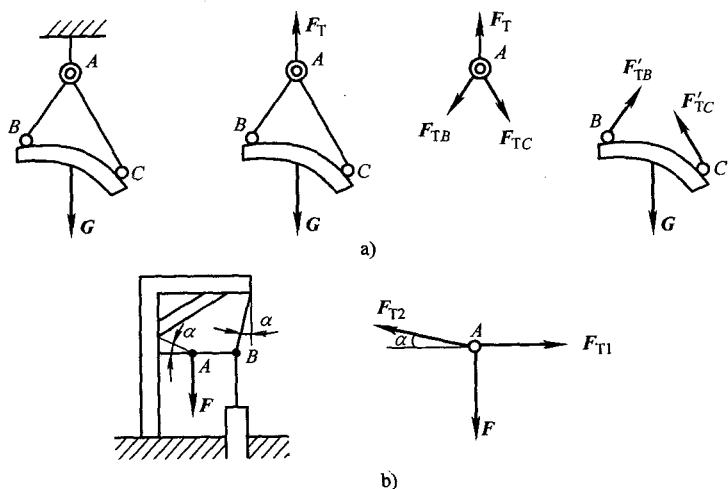


图 1-6 柔索

1-8 试画出图 1-8 所示各铰链约束物体的受力图。

为何有些固定铰添两个反力，而有些固定铰添一个反力？

作受力图的步骤是：

选：选研究对象，局部或整体都可。

去：去掉约束。

留：留所有外力。

添：根据所去约束，添加反力。

在添加反力时要注意，内力不可添。对二力构件，反力的方向确定，只能添加一个反力。此外，对作用力和反作用力，应取同名加撇。

求力对点之矩时，若力臂没有明确指出，则将力进行合

适的分解后,再用合力矩定理,较为方便。

1-9 试画出图 1-9 所指定的分离体的受力图。

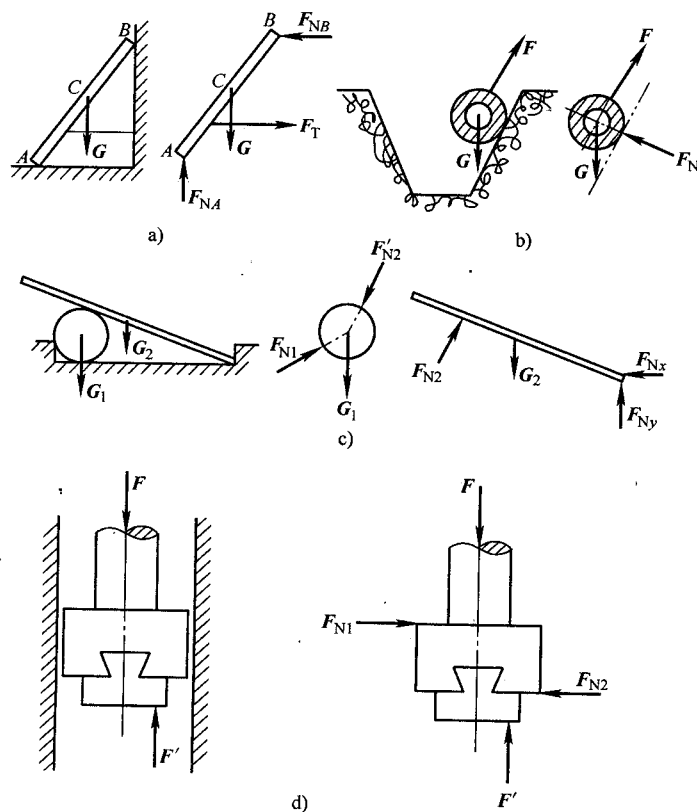
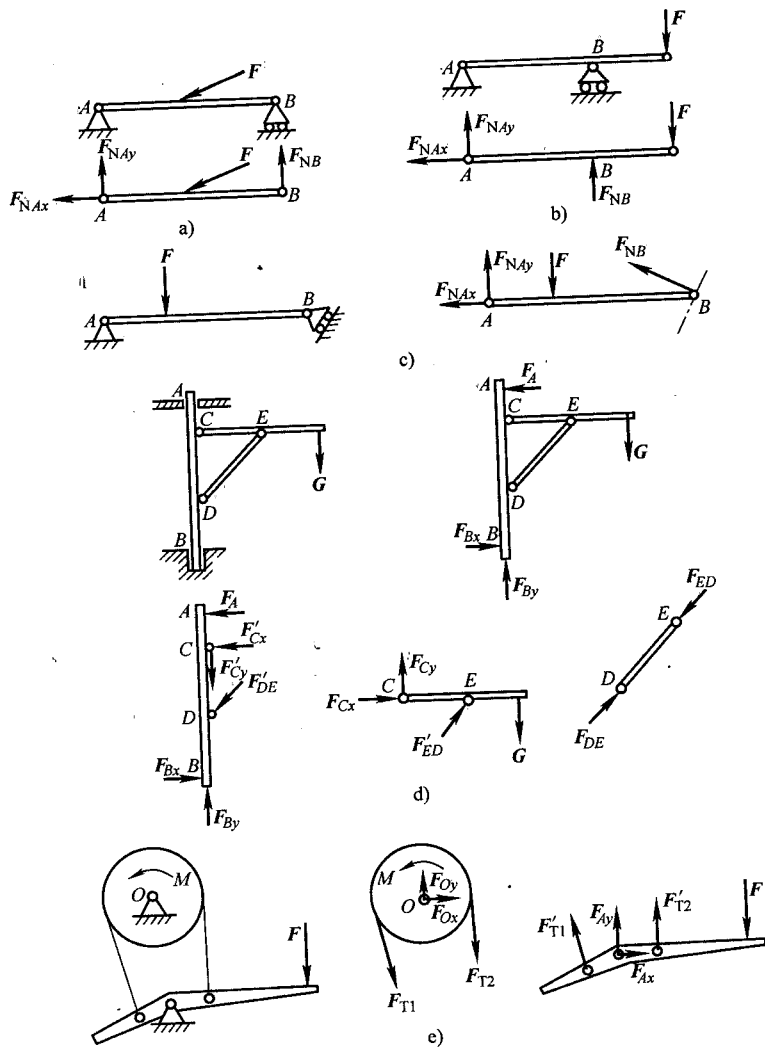


图 1-7 光滑面



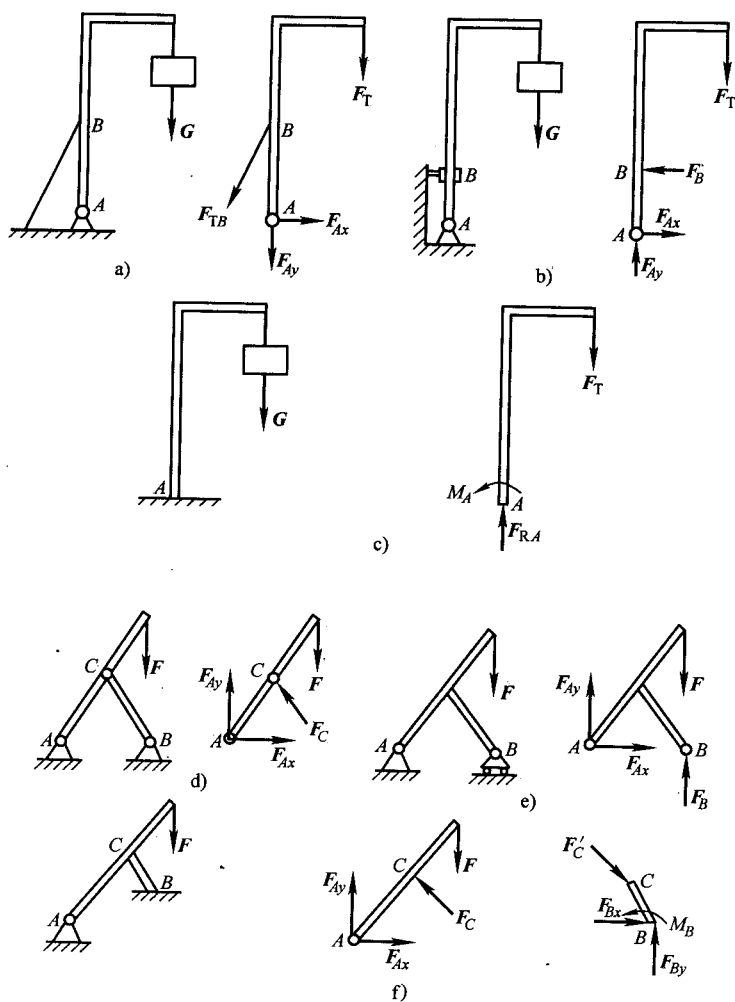


图 1-9 受力图

第一章主要概念和定理

力对点之矩的概念：力对具有固定转动中心的物体所产生之转动效应，称为力对点之矩(单位为 $\text{N}\cdot\text{m}$)，其值为力与力臂之乘积，记作 $M_O(\mathbf{F}) = \pm Fd$ 。

力偶的概念：力偶为一对等值、反向且不共线的平行力，它对物体的作用是产生单纯的转动效应。力偶有三个要素，即力偶的力偶矩大小、力偶转向和力偶的作用面。力偶矩可以记作 $M(\mathbf{F}, \mathbf{F}') = \pm Fd$ 。平面力偶系之合力偶矩为各组成力偶矩之代数和，即 $M = \sum M_i$ 。

合力投影定理：将矢量式向直角坐标轴投影，得代数式 $F_{Rx} = \sum F_x$ 、 $F_{Ry} = \sum F_y$ 。

合力矩定理：力系的合力对某点之矩为各分力对同点之矩的代数和。

力的平移定理：作用于刚体上的力可以平移到刚体内任一点，但必须附加一力偶。此附加力偶的力偶矩等于原力对平移点之矩。

作用于物体上的力可分为主动力与约束力。约束力是限制被约束物体运动的力，它作用于物体的约束接触处，其方向与物体被限制的运动方向相反。

习 题 二

2-1 一平面任意力系每方格边长为 a (图 2-1), $F_1 = F_2 = F$, $F_3 = F_4 = \sqrt{2}F$ 。试求力系向 O 点简化的结果。

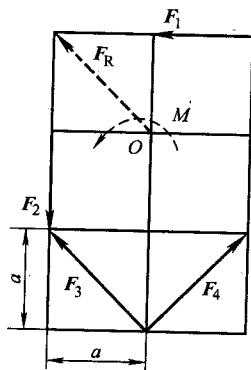


图 2-1 力系简化图

$$\begin{aligned}
 \text{解} \quad F'_{Rx} &= \sum F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + F_{4x} \\
 &= -F_1 + 0 - F_3 \frac{a}{\sqrt{a^2 + a^2}} + F_4 \frac{a}{\sqrt{a^2 + a^2}} \\
 &= -F \\
 F'_{Ry} &= \sum F_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + F_{4y} \\
 &= 0 - F_2 + F_3 \frac{a}{\sqrt{a^2 + a^2}} + F_4 \frac{a}{\sqrt{a^2 + a^2}} \\
 &= F
 \end{aligned}$$

$$F_R = \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2} = \sqrt{2}F$$

$$\tan \alpha = \left| \frac{F_{Ry}}{F_{Rx}} \right| = 1 \quad \alpha = 45^\circ \quad F'_{Rx} < 0 \quad F'_{Ry} > 0$$

$$M = \sum M_O(F)$$

$$= F_1 a + F_2 a - F_3 \frac{a}{\sqrt{a^2 + a^2}} (2a) +$$

$$F_4 \frac{a}{\sqrt{a^2 + a^2}} (2a)$$

$$= 2Fa$$

平面任意力系简化结果一般为一个主矢和一个主矩，如图中虚线所示，所用定理为力的平移定理。

2-2 已知 $G = 10\text{kN}$ ，试求图 2-2 所示两种支架中 A、B 处的约束力。

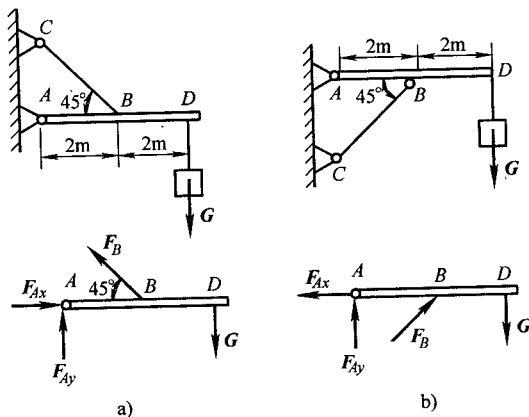


图 2-2 支架

解 图 2-2a: 选 AD 杆为研究对象，受力分析如图所示。列平衡方程，得

$$\Sigma M_A(F) = 0 \quad F_B \sin 45^\circ \times 2 - G \times 4 = 0$$

$$F_B = \frac{2G}{\sin 45^\circ} \\ = 2\sqrt{2}G = 28.3\text{kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 \quad F_{Ax} - F_B \cos 45^\circ = 0$$

$$F_{Ax} = F_B \sin 45^\circ \\ = 2G = 20\text{kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad F_{Ay} + F_B \sin 45^\circ - G = 0$$

$$F_{Ay} = -F_B \sin 45^\circ + G \\ = -G = -10\text{kN}$$

图 2-2b 选 AD 杆为研究对象, 受力分析如图所示。

列平衡方程, 得

$$\Sigma M_B(F) = 0 \quad F_{Ay} \times 2 + G \times 2 = 0 \quad F_{Ay} = -10\text{kN}$$

$$\Sigma M_A(F) = 0 \quad F_B \times \sin 45^\circ \times 2 = G \times 4$$

$$F_B = 28.3\text{kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 \quad F_{Ax} = F_B \cos 45^\circ = 20\text{kN}$$

平面任意力系求约束力一般先选合适的研究对象, 画受力图, 再用三个平衡方程求解。用 $\Sigma M_O(F) = 0$, 对包含两个未知力的点取力矩, 往往能使计算简单。对一个研究对象, 最多只能求三个未知约束力。

2-3 悬重 $G = 3920\text{N}$, 滑轮直径 $d = 0.3\text{m}$, 其他尺寸如图 2-3a 所示。试分别求图 a、b、c 三种情况下, 立柱固定端 A 处的支座反力。

解 a) $\Sigma F_y = 0 \quad F_{Ay} = 2G = 7840\text{N}$

$$\Sigma M_A(F) = 0 \quad M_A = 2G \times 2\text{m} = 15680\text{N}\cdot\text{m}$$

b) $\Sigma F_y = 0 \quad F_{Ay} = G = 3920\text{N}$