

广播电视大学教学参考书

理论力学学习题解答

(上册)

上海市业余工业大学力学教研室 编印
上海 电 视 大 学

前 言

根据中央广播电视大学教学计划,一九八〇年春季将开设理论力学课程。教材是采用南京工学院西安交通大学等九院校合编的《理论力学》上下册。为了配合这本教材的教学,上海市业余工业大学力学教研室和上海电视大学一起合编了《理论力学习题解答》。本书分上下两册。上册除对第一章静力学基础和各章思考题不作解答外,对第一篇静力学和第二篇运动学共180道题作了解答。

下册动力学和专题部分的解答也已付印。

由于时间仓促,水平有限、错误和不妥之处欢迎广大读者批评指正。

编 者

目 录

(上册)

第一篇 静 力 学

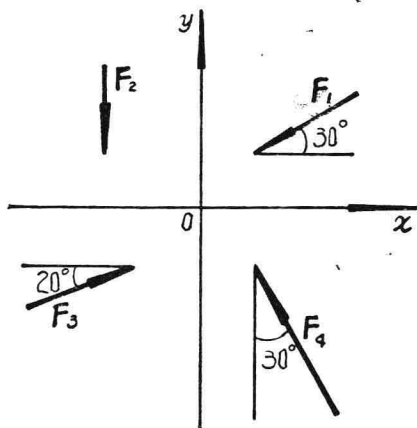
第一章	静力学基础.....	(略)
第二章	平面汇交力系.....	1
第三章	力矩和平面力偶理论.....	17
第四章	平面一般力系.....	30
第五章	摩擦.....	68
第六章	空间力系.....	90
第七章	平行力系中心和重心	118

第二篇 运 动 学

第八章	点的运动	125
第九章	刚体的基本运动	151
第十章	点的合成运动	169
第十一章	刚体的平面运动	200

第二章 平面汇交力系

2-6 已知: $F_1=200$ (N), $F_2=150$ (N), $F_3=200$ (N), $F_4=250$ (N)。各力与 x 轴或 y 轴的夹角标注在图上, 其中 F_2 平行于 y 轴。求每一个力在 x 、 y 轴上的投影。



题 2-6 图

解: F_1 : $F_{1x} = -F_1 \cos 30^\circ = -173.2$ (N)

$$F_{1y} = -F_1 \sin 30^\circ = -100$$
 (N)

F_2 : $F_{2x} = 0$

$$F_{2y} = -F_2 = -150$$
 (N)

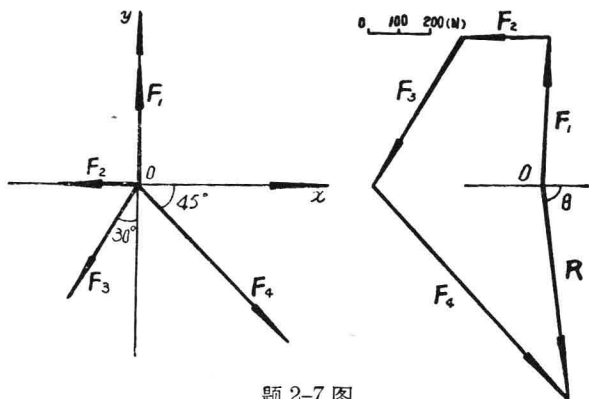
F_3 : $F_{3x} = F_3 \cos 20^\circ = 187.9$ (N)

$$F_{3y} = F_3 \sin 20^\circ = 68.4$$
 (N)

F_4 : $F_{4x} = -F_4 \sin 30^\circ = -125$ (N)

$$F_{4y} = F_4 \cos 30^\circ = 216.5$$
 (N)

2-7 已知四个力作用于 O 点。 $F_1=500(\text{N})$, $F_2=300(\text{N})$, $F_3=600(\text{N})$, $F_4=1000(\text{N})$, 方向如图所示。试分别用几何作图法和解析法求它们的合力的大小与方向。



题 2-7 图

解: a) 作图法解(见右上图)

可量得: $R=735(\text{N})$ $\theta=81^{\circ}30'$ 。

b) 解析法解

$$\therefore F_1: F_{1x}=0 \quad F_{1y}=500(\text{N})$$

$$F_2: F_{2x}=-300(\text{N}) \quad F_{2y}=0$$

$$F_3: F_{3x}=-F_3 \sin 30^{\circ}=-300(\text{N})$$

$$F_{3y}=-F_3 \cos 30^{\circ}=-519.6(\text{N})$$

$$F_4: F_{4x}=F_4 \cos 45^{\circ}=707(\text{N})$$

$$F_{4y}=-F_4 \sin 45^{\circ}=-707(\text{N})$$

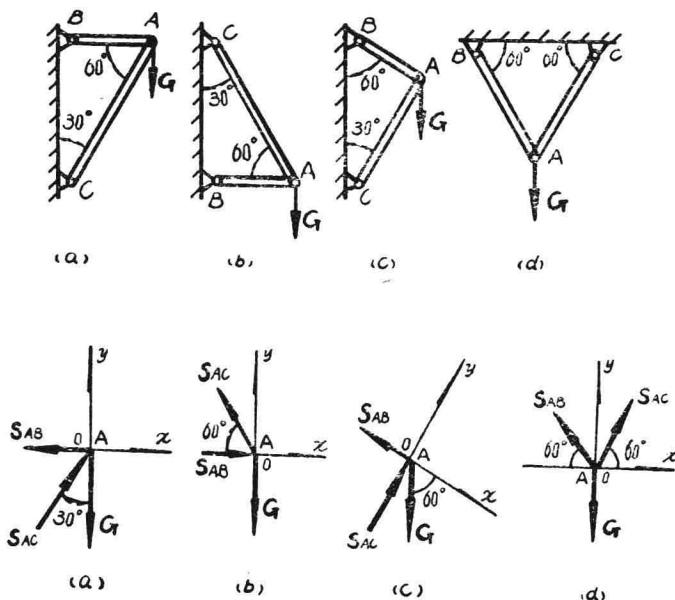
$$R_x=\sum F_x=0-300-300+707=107(\text{N})$$

$$R_y=\sum F_y=500+0-519.6-707=-726.6(\text{N})$$

$$\therefore R=\sqrt{R_x^2+R_y^2}=\sqrt{(107)^2+(-726.6)^2}=734.4(\text{N})$$

$$\theta=\text{tg}^{-1} \frac{|R_y|}{|R_x|}=\text{tg}^{-1} \frac{726.6}{107}=81^{\circ}38'$$

2-8 支架由杆 AB 、 AC 构成, A 、 B 、 C 三处都是铰链。在 A 点作用有铅垂力 G 。求图示四种情况下, 杆 AB 、 AC 所受的力, 并说明杆件受拉还是受压。杆的自重不计。



题 2-8 图

解: 四种情况下都取节点 A 为研究对象, 受力分析如上图所示, G 、 S_{AB} 、 S_{AC} 组成一平面汇交力系。取坐标系如图, 列平衡方程:

$$a) \sum F_y = 0 \quad S_{AC} \cos 30^\circ - G = 0$$

$$\sum F_x = 0 \quad S_{AC} \sin 30^\circ - S_{AB} = 0$$

$$\therefore S_{AC} = \frac{G}{\cos 30^\circ} = 1.155G \text{ (压力)}$$

$$S_{AB} = G \operatorname{tg} 30^\circ = 0.577G (\text{拉力})$$

$$\text{b) } \sum F_y = 0 \quad S_{AC} \sin 60^\circ - G = 0$$

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

$$\therefore S_{AC} = \frac{G}{\sin 60^\circ} = 1.155G (\text{拉力})$$

$$S_{AB} = G \operatorname{ctg} 60^\circ = 0.577G (\text{压力})$$

$$\text{c) } \sum F_y = 0 \quad S_{AC} - G \sin 60^\circ = 0$$

$$\sum F_x = 0 \quad G \cos 60^\circ - S_{AB} = 0$$

$$\therefore S_{AC} = G \sin 60^\circ = 0.866G (\text{压力})$$

$$S_{AB} = G \cos 60^\circ = 0.5G (\text{拉力})$$

$$\text{d) } \sum F_y = 0 \quad S_{AB} \sin 60^\circ + S_{AC} \sin 60^\circ - G = 0$$

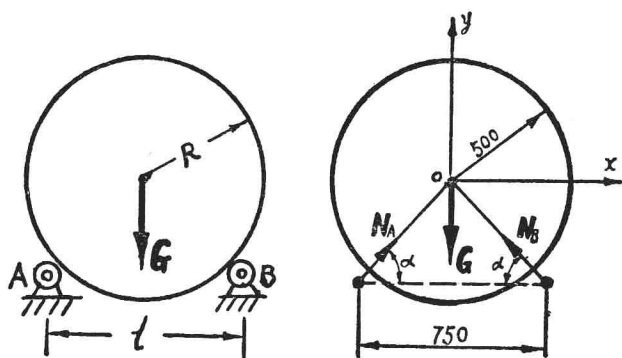
$$\sum F_x = 0 \quad S_{AC} \cos 60^\circ - S_{AB} \cos 60^\circ = 0$$

$$\therefore S_{AB} = S_{AC}$$

$$S_{AB} = \frac{G}{2 \sin 60^\circ} = 0.577G (\text{均为拉力})$$

注：平面汇交力系平衡时，除了用解析法求解外，还可以用几何作图法求解，也较方便。为了能掌握作图法，请读者自行练习。在作图时，首先要选取比例尺，画出已知力，再画未知力。未知力的指向要符合首尾相接的规则。最后在封闭的力多边形中量得未知力的大小。当力的多边形的几何关系简单时，还可运用三角公式计算求得未知力。

2-9 圆柱形容器搁在两个滚子 A、B 上，A、B 处于同一水平线。已知容器重 $G=30(\text{kN})$ ，半径 $R=500(\text{mm})$ ，滚子半径 $r=50(\text{mm})$ ，两滚子中心距 $l=750(\text{mm})$ 。求滚子 A、B 所受的



题 2-9 图

解：以圆柱形容器为研究对象，受力有 G 、 N_A 、 N_B ，取坐标系如图所示，列平衡方程：

$$\sum F_x = 0 \quad N_A \cos \alpha - N_B \cos \alpha = 0$$

$$\sum F_y = 0 \quad N_A \sin \alpha + N_B \sin \alpha - G = 0$$

解得： $N_A = N_B = \frac{G}{2 \sin \alpha}$

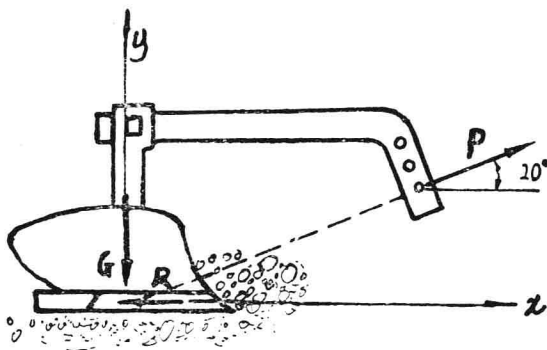
$$= \frac{30 \times (500 + 50)}{2 \times \sqrt{(500 + 50)^2 - \left(\frac{750}{2}\right)^2}} = 20.5 (\text{kN})$$

2-10 已知犁的重量 $G = 1000 \text{ (N)}$ ，设工作时土壤阻力 R 为水平方向，拖拉机作用在挂钩上的拉力 P 与水平方向成 20° 夹角。试求拉力 P 及土壤阻力 R 的大小。

解：取犁为研究对象，受力有 P 、 G 、 R ，组成一汇交力系。取直角坐标系如图，列平衡方程：

$$\sum F_y = 0 \quad P \sin 20^\circ - G = 0$$

$$\sum F_x = 0 \quad P \cos 20^\circ - R = 0$$

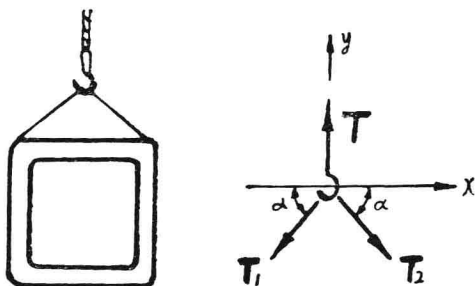


题 2-10 图

解得:
$$P = \frac{G}{\sin 20^\circ} = 2924 \text{ (N)}$$

$$R = P \cos 20^\circ = 2748 \text{ (N)}$$

2-11 钢制正方形框架, 边长 $a = 40 \text{ (cm)}$, 重 $G = 500 \text{ (N)}$, 用粗麻绳套在框架外面起吊。现有两条长各为 1.7 (m) 和 2 (m) 的相同粗细的麻绳, 问用哪一根麻绳起吊绳子的拉力较小? 求出这两个拉力的值。



题 2-11 图

解: 取吊钩为研究对象, 受力有 $T = G = 500 \text{ (N)}$ 与 T_1 、 T_2 , 组成一汇交力系, 取直角坐标系如图, 列平衡方程:

a) 当 $L=200\text{ cm}$ 时,

$$AB=40\text{ cm}, \quad BO=(200-120)\frac{1}{2}=40\text{ cm}$$

$$\therefore \angle ABO=\angle BAO=60^\circ$$

$$\sum F_x=0 \quad T_1=T_2$$

$$\sum F_y=0 \quad T_1=T_2=\frac{G}{2\sin 60^\circ}=289\text{ (N)}$$

b) 当 $L=170\text{ cm}$ 时,

$$AB=40\text{ cm}, \quad BO=(170-120)\frac{1}{2}=25\text{ cm}$$

$$\therefore \angle ABO=\angle BAO=\sin^{-1}\frac{\sqrt{25^2-20^2}}{25}=\sin^{-1}\frac{15}{25}$$

$$\sum F_x=0 \quad T_1=T_2$$

$$\begin{aligned} \sum F_y=0 \quad T_1=T_2 &= \frac{G}{2\sin(\angle ABO)} \\ &= \frac{500}{2 \times \frac{15}{25}} = 417\text{ (N)} \end{aligned}$$

所以是用 2 (m) 的绳子起吊拉力较小。

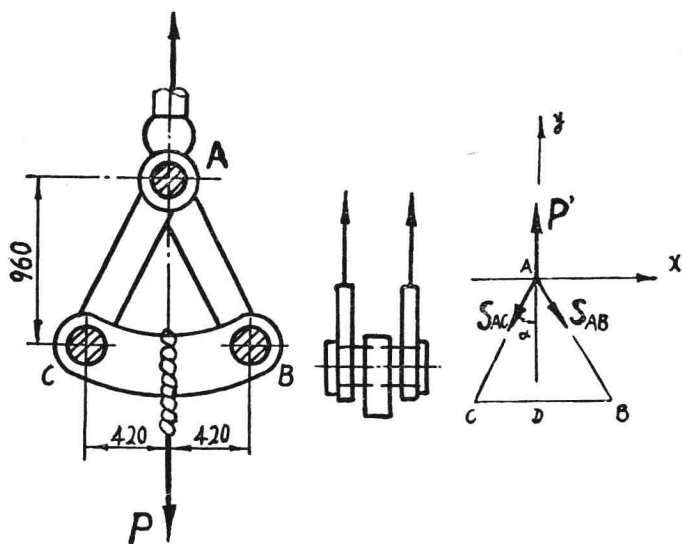
2-12 起重用的吊环如图所示, 侧臂 AB 及 AC 均由两片组成。吊环自重可以不计, 起吊重量 $P=1200\text{ (kN)}$, 求每片侧臂所受的力。

解: 取销钉 A 为研究对象, 受力有 $\mathbf{P}'$ 、 $\mathbf{S}_{AB}$ 、 $\mathbf{S}_{AC}$, $P'=P=1200\text{ (kN)}$, 取直角坐标系如图, 列平衡方程:

$$\sum F_x=0 \quad S_{AB} \cdot \sin \alpha = S_{AC} \cdot \sin \alpha$$

$$\sum F_y=0 \quad P' - S_{AC} \cos \alpha - S_{AB} \cos \alpha = 0$$

解得:
$$S_{AB}=S_{AC}=\frac{1200}{2\cos \alpha}$$



题 2-12 图

$$\therefore \alpha = \operatorname{tg}^{-1} \frac{420}{960} = 23.63^\circ$$

$$\therefore S_{AB} = S_{AC} = 655 \text{ (kN)}$$

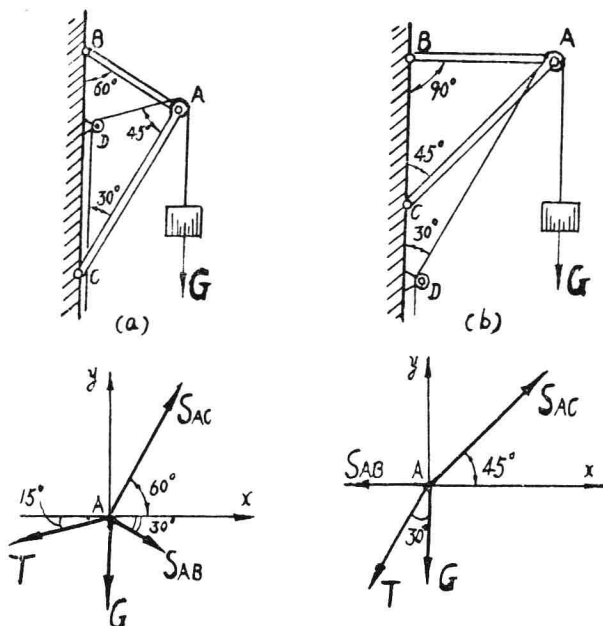
故每片侧臂所受力:

$$T = \frac{S_{AB}}{2} = 327.5 \text{ (kN)}$$

2-13 简易起重机用钢丝绳吊起重量 $G = 2000 \text{ (N)}$ 的重物。各杆自重不计, A 、 B 、 C 三处简化为铰链连接。求杆 AB 和 AC 受到的力。

(提示: 滑轮尺寸忽略不计)

解: a) 取滑轮 A 为研究对象, 画出受力图如上所示, 受力有 G 、 T 、 S_{AB} 、 S_{AC} 、 $T = G = 2000 \text{ (N)}$, 取坐标列平衡方程



题 2-13 图

$$\sum F_x = 0 \quad -T \cos 15^\circ + S_{AC} \cos 60^\circ + S_{AB} \cos 30^\circ = 0$$

$$\sum F_y = 0 \quad -G - T \sin 15^\circ + S_{AC} \sin 60^\circ - S_{AB} \sin 30^\circ = 0$$

联立解得: $S_{AB} = 414 \text{ (N)}$ (压力)

$$S_{AC} = 3146 \text{ (N)} \text{ (压力)}$$

b) 取滑轮 A 为研究对象, 画出受力图如上所示, 受力有 G 、 T 、 S_{AB} 、 S_{AC} , $T = G = 2000 \text{ (N)}$, 取坐标列平衡方程:

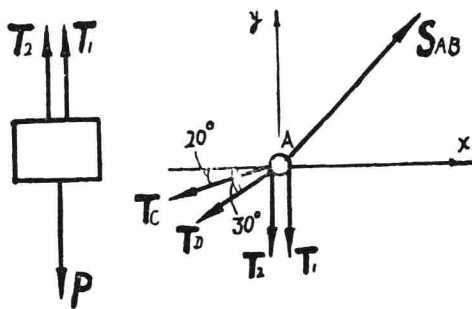
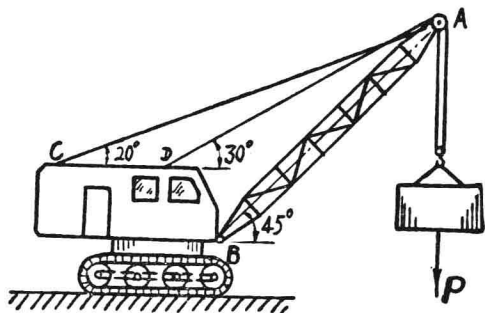
$$\sum F_x = 0 \quad -T \sin 30^\circ + S_{AC} \cos 45^\circ - S_{AB} = 0$$

$$\sum F_y = 0 \quad -G - T \cos 30^\circ + S_{AC} \sin 45^\circ = 0$$

解得: $S_{AC} = 5279 \text{ (N)}$ (压力)

$$S_{AB} = 2732 \text{ (N)} \text{ (拉力)}$$

2-14 履带式起重机如图所示。已知起吊重量 $P=100$ (kN)，起重臂 AB 自重远小于起吊重量，故可忽略不计。求起重臂 AB 和缆绳 AC 所受的力。



题 2-14 图

解：（一）取重物为研究对象，画出重物受力图，如上所示。

显然有 $T_1 = T_2 = \frac{P}{2}$

（二）取滑轮 A 为研究对象，受力有 S_{AB} 、 T_1 、 T_2 、 T_C 、 T_D ， $T_1 = T_D$ ，取直角坐标系如图，列平衡方程：

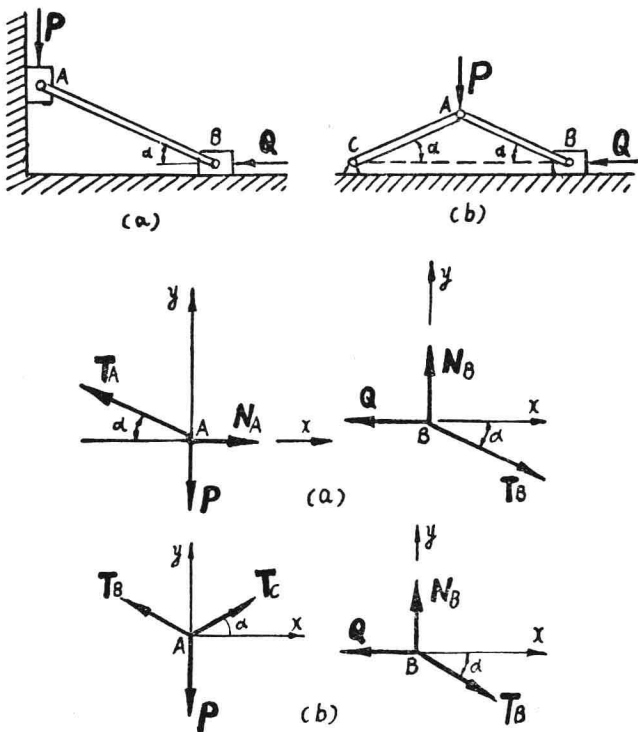
$$\sum F_x = 0 \quad S_{AB} \cos 45^\circ - T_D \cos 30^\circ - T_C \cos 20^\circ = 0$$

$$\sum F_y = 0 \quad S_{AB} \sin 45^\circ - T_1 - T_2 - T_D \sin 30^\circ - T_C \sin 20^\circ = 0$$

$$\text{解得:} \quad T_C = 136.2 (\text{kN})$$

$$S_{AB} = 242.3 (\text{kN})$$

2-15 夹具中所用的两种增力机构如图所示。已知推力 P 作用于 A 点, 夹紧平衡时杆与水平线的夹角为 α 。求夹紧时 Q 的大小和 $\alpha = 10^\circ$ 时的增力倍数 Q/P 。



题 2-15 图

解：（一）取滑块 A 为研究对象，受力有 P 、 T_A 、 N_A ，取直角坐标系如图所示，列平衡方程

$$\sum F_y = 0 \quad T_A \sin \alpha - P = 0$$

$$T_A = P / \sin \alpha$$

再取滑块 B 为研究对象，受力有 T_B 、 N_B 、 Q ，取直角坐标系如图所示，列平衡方程：

$$\sum F_x = 0 \quad T_B \cos \alpha - Q = 0 \quad \left(T_B = T_A = \frac{P}{\sin \alpha} \right)$$

$$Q = T_B \cos \alpha = P \operatorname{ctg} \alpha$$

当 $\alpha = 10^\circ$ 时，有

$$\frac{Q}{P} = \operatorname{ctg} 10^\circ = 5.67$$

（二）取销钉 A 为研究对象，受力有 P 、 T_B 、 T_C ，取直角坐标系如图所示，列平衡方程：

$$\sum F_x = 0 \quad T_C \cos \alpha - T_B \cos \alpha = 0$$

$$\sum F_y = 0 \quad T_B \sin \alpha + T_C \sin \alpha - P = 0$$

$$T_B = T_C = P / 2 \sin \alpha$$

再取滑块 B 为研究对象，受力有 T_B 、 N_B 、 Q ，取直角坐标系如图所示，列平衡方程

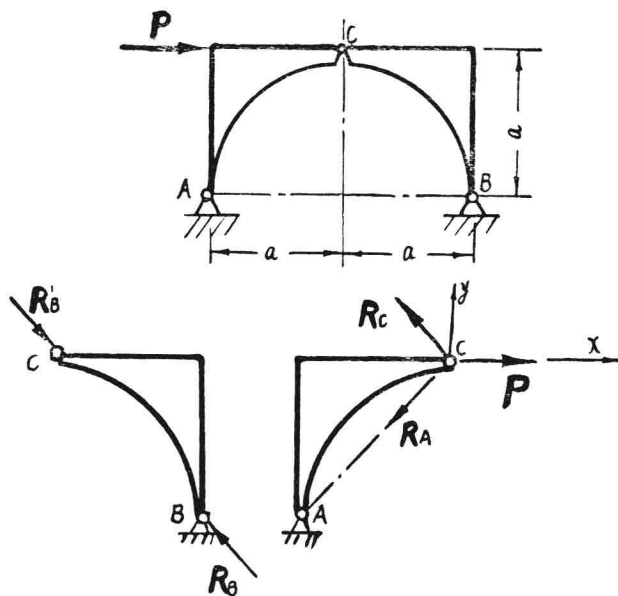
$$\sum F_x = 0 \quad T_B \cos \alpha - Q = 0$$

$$Q = T_B \cos \alpha = \frac{P}{2} \operatorname{ctg} \alpha$$

当 $\alpha = 10^\circ$ 时，有

$$\frac{Q}{P} = \frac{1}{2} \operatorname{ctg} 10^\circ = 2.84$$

2-16 求图示三铰刚架在水平力 P 作用下，支座 A 、 B 的反力。刚架自重不计。



题 2-16 图

解: (一)取右拱架为研究对象,右拱架为二力体,所以二力(R_B 、 R'_B)的作用线必通过 B 、 C 两点,且 $R_B = R'_B$,画右拱架受力图如上图所示。

(二)取左拱架为研究对象,左拱架受有 P 、 R_A 、 R_C 三力作用,且 $R_C = R'_B$, R_A 必通过 C 点(三力平衡定理)。画受力图如图所示。取直角坐标系如图,列平衡方程:

$$\sum F_y = 0 \quad R_C \sin 45^\circ - R_A \sin 45^\circ = 0$$

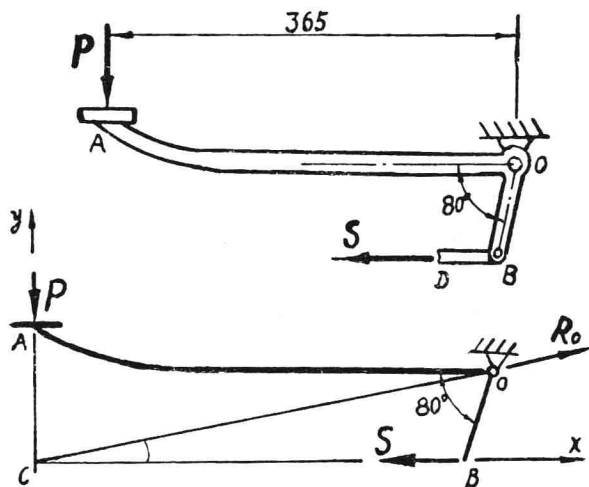
$$\sum F_x = 0 \quad P - R_C \cos 45^\circ - R_A \cos 45^\circ = 0$$

$$\therefore R_A = R_C = \frac{P}{2 \cos 45^\circ} = 0.707P$$

$$R_B = R_A = 0.707P$$

2-17 丰收-35 拖拉机制动蹬由踏板杠杆 AOB 和拉杆 BD

组成。设制动时踏板臂 AO 及拉杆 BD 都处于水平位置，脚踏力 $P=200(\text{N})$ ，铅垂向下， $OB=75(\text{mm})$ 。求拉杆 BD 所受的力 S 及轴承 O 的反力。



题 2-17 图

解：取制动蹬为研究对象，制动蹬受 P 、 R_0 、 S 三力作用， P 和 S 交于 C 点，设 $\angle OCB = \alpha$ ，则 R_0 必通过 C 点，取直角坐标系如图所示，列平衡方程：

$$\sum F_x = 0 \quad R_0 \cos \alpha - S = 0$$

式中 α 为 $\angle OCB$

$$\sum F_y = 0 \quad R_0 \sin \alpha - P = 0$$

$$\therefore \alpha = \tan^{-1} \frac{75 \sin 80^\circ}{365} = 11.44^\circ$$

$$\therefore S = P \cot \alpha = 200 \cot 11.44^\circ = 988.3 (\text{N})$$

$$R_0 = \frac{P}{\sin \alpha} = \frac{200}{\sin 11.44^\circ} = 1008.4 (\text{N})$$