

职业教育机械专业创新规划教材



JIXIEJICHU

机械基础

主 编 赵龙阳 黄万宾 龚宁戎

中国建材工业出版社

职业教育机械专业创新规划教材

JIXIEJICHU

机械基础

主 编 赵龙阳 黄万宾 龚宁戎

中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械基础 / 赵龙阳, 黄万宾, 龚宁戎主编. —— 北京:
中国建材工业出版社, 2017. 9

职业教育机械专业创新规划教材

ISBN 978-7-5160-1950-4

I. ①机… II. ①赵… ②黄… ③龚… III. ①机械学
— 职业教育—教材 IV. ①TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 168496 号

内 容 简 介

为了更好地适应机械类中等职业技术教育,全面提升教学质量,结合当前职业技能教育的特点和现代工业发展,广泛听取吸收了广大教师在职业教育教学方面的经验意见,参照国家最新标准,组织了有教学经验的教师进行编写。

本课程是一门综合性技术基础课,是以培养学生核心职业能力为主线,结合“教、学、做一体”和“任务驱动”为行动导向的教学模式。着眼于学生的终身学习与可持续性发展,关注学生素质,关注学生职业能力的培养。其总体设计思路是,打破以知识传授为主要特征的传统学科课程教学模式,转变为以任务驱动为中心组织课程内容,让学生在完成具体任务的过程中学习相应理论,并发展职业技术能力。

本课程内容主要由静力学、材料力学、螺纹连接及螺旋传动、带传动及链传动、齿轮传动、蜗轮蜗杆传动、轴系零件、轴承、回转件的平衡、平面连杆机构、凸轮机构、间歇机构、液压传动和气压传动等十四个模块组成。各个教学模块间既独立又有相互联系,既可以根据职业院校的教学情况选学,也可以根据课时需要组织几个模块统一学习。

机械基础

主 编 赵龙阳 黄万宾 龚宁戎

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市海淀区三里河路 1 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 三河市新新艺印刷有限公司

开 本: 787 mm×1092 mm 1/16

印 张: 19.75

字 数: 395 千字

版 次: 2017 年 9 月第 1 版

印 次: 2017 年 9 月第 1 次

定 价: 48.00 元

本社网址: www.jcbs.com 微信公众号: zgjcgychs

本书如出现印装质量问题,请联系 010-88872841 进行调换。

前言

《机械基础》

编委会

主 编:赵龙阳 黄万宾 龚宁戎

副主编:郭常德 赵 伟 蔚晋峰

苏保稳 袁 园 朱建龙

陈 曦 马 晶 罗思艳

黄文平

编 者:于 鹏 岳海峰 任光明

罗思艳 黄文平 曾小娟

编 者

2017年9月

前 言

为了更好地适应机械类中等职业技术教育,全面提升教学质量,结合当前职业技能教育的特点和现代工业发展,广泛听取吸收了广大教师在职业教育教学方面的经验意见,参照国家最新标准,组织了有教学经验的教师进行编写。

本课程是一门综合性技术基础课,是以培养学生核心职业能力为主线,结合“教、学、做一体”和“任务驱动”为行动导向的教学模式,着眼于学生的终身学习与可持续性发展,关注学生素质,关注学生职业能力的培养。其总体设计思路是,打破以知识传授为主要特征的传统学科课程教学模式,转变为以任务驱动为中心组织课程内容,让学生在完成具体任务的过程中学习相应理论,并发展职业能力。

本课程内容主要由静力学、材料力学、螺纹连接及螺旋传动、带传动及链传动、齿轮传动、蜗轮蜗杆传动、轴系零件、轴承、回转件的平衡、平面连杆机构、凸轮机构、间歇机构、液压传动和气压传动十四个模块组成。各个教学模块间既独立又相互联系,既可以根据职业院校的教学情况选学,也可以根据课时需要组织几个模块统一学习。

本教材在编写过程中,得到了骨干教师以及企业有关专家领导的大力帮助和支持,也得到了编辑的辛勤指导和认真审核,在此表示衷心的感谢!

编 者

2017年9月

模块一 螺纹连接	62
课题一 螺旋传动	68
模块小结	70
模块四 带传动与链传动	73
课题一 平带传动	74
课题二 V带传动	78
课题三 链传动	84
模块小结	87
模块五 齿轮传动	89
课题一 直齿圆柱齿轮传动	90
课题二 其他常用齿轮传动	99
课题三 轮 系	105
模块小结	112

目 录

模块一 静力学	1
课题一 平面汇交力系	2
课题二 平面力偶系	15
课题三 平面任意力系	19
课题四 空间力系	23
模块小结	28
模块二 材料力学	32
课题一 拉伸与压缩变形	33
课题二 剪切与挤压变形	39
课题三 扭转变形	43
课题四 弯曲变形	49
模块小结	58
模块三 螺纹连接与传动	61
课题一 螺纹连接	62
课题二 螺旋传动	68
模块小结	71
模块四 带传动与链传动	73
课题一 平带传动	74
课题二 V带传动	78
课题三 链传动	84
模块小结	87
模块五 齿轮传动	89
课题一 直齿圆柱齿轮传动	90
课题二 其他常用齿轮传动	99
课题三 轮 系	105
模块小结	112

模块六 蜗轮蜗杆传动	114
课题一 蜗杆传动的特点、类型与应用	115
课题二 蜗轮蜗杆传动的主要参数及其选择	119
模块小结	123
模块七 轴系零部件	125
课题一 轴	126
课题二 键连接及销连接	132
课题三 常用联轴器及离合器	138
模块小结	142
模块八 轴承	144
课题一 滑动轴承	145
课题二 滚动轴承	155
模块小结	167
模块九 回转件的平衡	169
课题一 回转构件的静平衡	170
课题二 回转构件的动平衡	173
模块小结	178
模块十 平面连杆机构	180
课题一 铰链四杆机构的组成与分类	181
课题二 铰链四杆机构的基本性质及应用	184
课题三 铰链四杆机构的演化	188
模块小结	192
模块十一 凸轮机构	194
课题一 凸轮机构的组成、分类和应用	195
课题二 凸轮机构从动件常用运动规律	199
课题三 凸轮轮廓曲线的画法	202
模块小结	205
模块十二 间歇运动机构	207
课题一 棘轮机构	208
课题二 槽轮机构	213

模块小结	215
模块十三 液压传动	217
课题一 液压传动的认知	218
课题二 液压系统的组成及认知	229
课题三 液压回路认知	269
模块小结	284
模块十四 气压传动	287
课题一 气压传动的基本知识和应用特点	288
课题二 常用气动元件简介	291
模块小结	299
附录 常用液压元件图形符号	301
参考文献	306



静力学是理论力学的一个分支,是研究物体在力系作用下的平衡条件的科学。在静力学中,我们将研究以下三个问题:物体的受力分析、力系的等效替换(简化)和物体在力系作用下的平衡条件及其应用。平衡是指物体相对于惯性参考系(如地平线)保持静止或做匀速直线运动。所有的物体都受到来自不同方向的作用力,要保持物体的平衡,则作用于该物体的所有力必须满足一定的条件,而这些条件就是平衡条件,平衡时作用于物体上的一群力(力系)称为平衡力系。

如图 1-1 所示,吊车在吊起钢材时受 F_1 、 F_2 和 F 三力作用并处于平衡状态,由于三力的作用线在同一平面内且汇交于一点,这个力系称为平面汇交力系。



图 1-1

本模块我们将主要研究作用在物体上的各种力系所需满足的平衡条件。力系的平衡条件在工程中有着十分重要的意义,是设计结构、构件和机械零件时的基础,从而决定着选择材料、形状和尺寸的合理性,在静力学工程中有着广泛的应用。

静力学在工程机械技术中具有重要的实用意义,为今后课题涉及零件加工受力分析、零件机构的设计提供理论基础。

课题一 平面汇交力系

任务一 平面汇交力系的合成与分解

知识点

- ◆ 刚体和力的概念
- ◆ 静力学公理
- ◆ 平面汇交力系的概念
- ◆ 力在坐标轴上的投影及合力投影定理

能力点

- ◆ 解决常见平面汇交力系的实际问题

任务引入

如图 1-2 所示,重物 $P=20\text{kN}$,用钢丝绳挂在支架的滑轮 B 上,钢丝绳的另外一端绕在绞车 D 上。杆 AB 和 BC 铰接,并以铰链 A 、 C 与墙连接。若不计组成构件重力及摩

擦,试求平衡时杆件 AB 和 BC 所受的力。

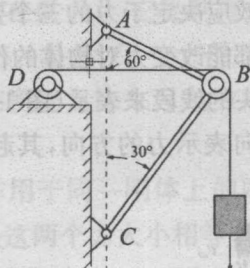


图 1-2

任务分析

显然, AB 、 BC 杆所受到的作用力在一个平面内, 形成平面汇交力系。为了对力系简化或计算方便, 我们必须要对力进行合成或者分解。那在平面汇交力系中如何分解合成力呢? 首先, 要了解静力学的基本概念和静力学公理, 这些概念和公理是静力学的基础。然后, 根据这些概念和公理, 进一步研究平面汇交力系合成或分解的方法。

相关知识

一、静力学的基本概念

1. 刚体

在外力作用下, 物体的形状和大小(尺寸)保持不变, 而且内部各部分相对位置保持恒定(没有形变), 这种理想物理模型称为刚体。

2. 力

当我们攻螺纹、锉配零件(图 1-3)时, 会引起肌肉紧张收缩的感觉, 让我们体会到力的存在。

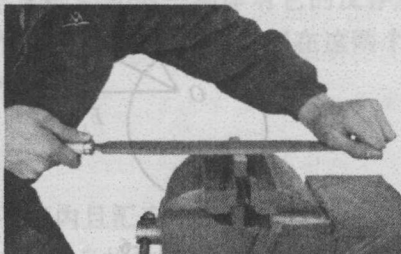


图 1-3

(1) 概念

力是物体之间的机械作用, 这种作用使物体的机械运动状态发生变化。这种作用广泛存在于人与物及物与物之间。例如打篮球时, 手会给篮球向下的压力, 同时手会被篮球的反力弹起(图 1-4)。



(2) 力的三要素

实践证明,力对物体作用的效应决定于力的三个要素:力的大小、方向和作用点。只要其中任何一个要素发生变化,都能改变力对物体的作用效果。

力是矢量,矢量用一个带箭头的线段来表示(图 1-5),线段长度 AB 按一定比例代表力的大小,线段的方位和箭头指向表示力的方向,其起点或终点表示力的作用点。此线段的延伸称为力的作用线。



图 1-4

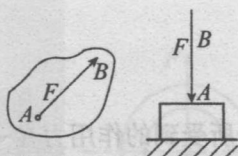


图 1-5

(3) 力的单位

力的国际制单位是牛顿或千牛顿,其符号为 N 与 kN 。

二、静力学公理

人们在生活和生产实践中长期积累的经验总结,经过实践反复检验,被确认是符合客观实际的最普遍的规律,我们将这些规律作为力学研究的基本出发点。这些规律称为静力学公理。

公理一 力的平行四边形法则

作用于物体上同一点的两个力可以合成为一个合力,合力也作用于该点,其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所确定。即合力矢等于这两个分力矢的矢量和,如图 1-6 所示。其矢量表达式为:

$$F_R = F_1 + F_2$$

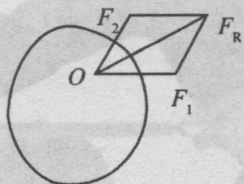


图 1-6

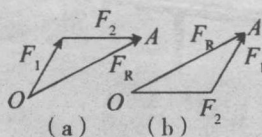


图 1-7

求合力时,实际上只需做出力的平行四边形的一半,即一个三角形就行了。如图 1-7(a)所示,其方法是自任意点 O 先画出一力矢 F_1 ,然后再由 F_1 的终点画一力矢 F_2 ,最后由 O 点至力矢 F_2 的终点作一矢量 F_R ,它就代表 F_1 、 F_2 的合力。合力的作用点仍为汇交点 A 。这种作图方法称为力的三角形法则。在作力三角形时,必须遵循这样一个原则,即分力力矢首尾相接,但次序可变[图 1-7(b)],合力力矢与最后分力箭头相接。

公理二 二力平衡公理

如图 1-8 所示,重 15N 的书本放在桌子上,它受到重力 G 和支持力 N 的作用而处于平衡状态。显然, $G = -N = 15\text{N}$ (负号说明书所受重力 G 的方向与书所受支持力 N 的方向相反),即两力等值、反向、共线。

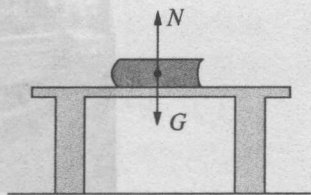


图 1-8

由此可以得到二力平衡公理:作用于同一刚体上的两个力,使刚体平衡的必要且充分条件是这两个力大小相等、方向相反,且作用在同一条直线上。

公理三 加减平衡力系公理

在作用于刚体上的已知力系上,加上或减去任一平衡力系,不会改变原力系对刚体的作用效应。这个公理常被用来简化某一已知力系。依据这一公理,可以得出一个重要推论:力的可传性原理

作用于刚体上的力可以沿其作用线移至刚体内任一点,而不改变该力对刚体的作用效应。

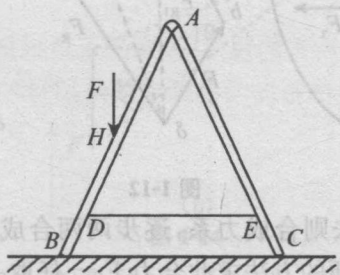


图 1-9

如图 1-9 所示,人在车后 A 点加一水平力推车,与在车前 B 点加力拉车,其效果是一样的。

公理四 作用与反作用公理

当一个物体对另一个物体有作用力时,必然同时引起另一物体对它的反作用力,此作用力与反作用力,总是大小相等、方向相反、作用线相同,并分别作用在这两个相互作用的物体上。例如图 1-4 所示手与篮球之间的作用关系。

三、平面汇交力系的合成与分解

平面汇交力系是指各力的作用线都在同一平面内且汇交于一点的力系。在工程中、生活中经常遇到。例如,图 1-10 所示普通车床三爪卡盘机构、图 1-11 所示小型起重机的受力等,都是平面汇交力系实例。

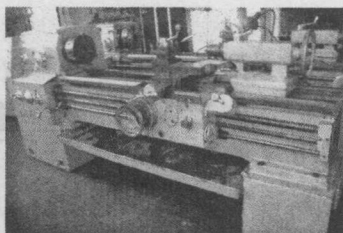


图 1-10

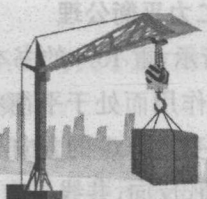


图 1-11

1. 平面汇交力系合成的几何法

假设一刚体受到平面汇交力系 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 的作用,各力作用线汇交于一点 A ,根据刚体的可传性,可以将各力按其作用线移至汇交点 A ,如图 1-12(a)所示。

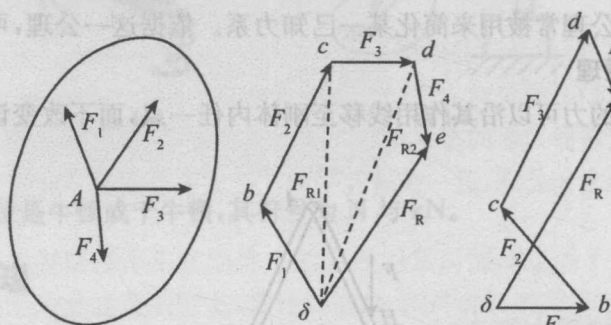


图 1-12

可根据力的平行四边形法则合成力系,逐步两两合成各力,最后求得一个通过汇交点 A 的合力 F_R ;也可用更简便的方法求此合力 F_R 。任取一点 a 将各分力的矢量依次首尾相连,组成一个不封闭的力多边形 $abcde$,如图 1-12(b)所示。此图中的虚线 ac 矢(F_{R1})为力 F_1 与 F_2 的合力矢,又虚线 ad 矢(F_{R2})为力 F_{R1} 与 F_3 的合力矢,以此类推得出 F_R 。也可任意变换各分力矢的作图次序,可得形状不同的分力多边形,但其合力矢 ae 仍然不变,如图 1-12(c)所示。

总之,平面汇交力系可简化为一合力,其合理大小与方向等于各分力的矢量和(几何和),合力的作用线通过汇交点。

2. 平面汇交力系平衡的几何条件

由于平面汇交力系可以用合力来代替,那么,平面汇交力系平衡的充要条件是:该力系的合力等于零,即:

$$\sum_{i=1}^n F_i = 0$$

在平衡情形下,力多边形中最后一力的终点与第一力的起点重合,此时的力多边形称为封闭的力多边形。于是平面汇交力系平衡的充要条件是:该力系的力多边形自行封闭,这是平衡的几何条件。

例 1-1 如图 1-13 所示,已知 $AC=CB$, $F=20\text{kN}$,各杆自重不计;
求: CD 杆及铰链 A 所受的力。

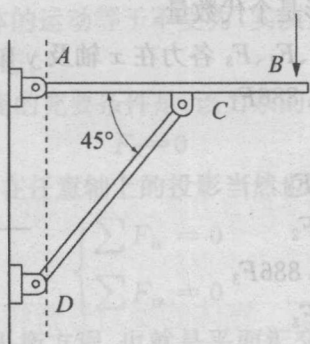


图 1-13

解: CD 为二力杆,取 AB 杆,画受力图(图 1-14)。用几何法,画封闭三角形。

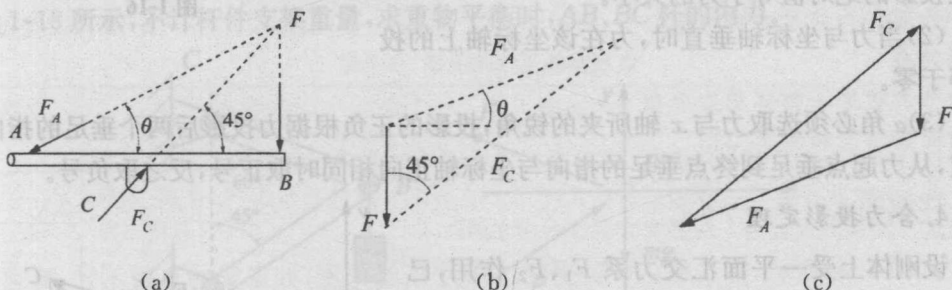


图 1-14

按比例量得: $F_C=56.6\text{kN}$, $F_A=44.8\text{kN}$

3. 平面汇交力系合成的解析法

众所周知,物体在灯光照射下会在投影面上形成影子[图 1-15(a)],为了能用代数计算方法更加精确地求合力,需引入力在坐标轴上的投影概念,力在直角坐标轴上投影的原理类似于物体的正投影[图 1-15(b)]。

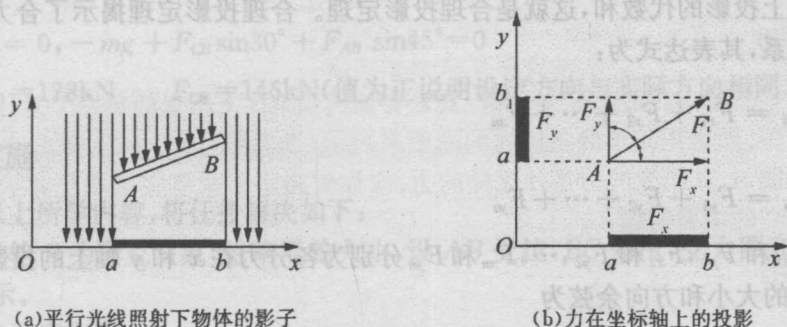


图 1-15

设力 F 作用于物体上的 A 点。力 F 与其 x 轴、 y 轴的夹角为 α 、 β ,则 $F_x=F\cos\alpha$, $F_y=F\cos\beta=F\sin\alpha$ 。即力在某个轴上的投影等于力的模乘以力与该轴的正向间夹角的余弦。



当 α, β 为锐角时, F_x, F_y 均为正值, $F_x = \pm F \cos \alpha, F_y = \pm F \sin \alpha$ 。

由此得出图 1-15(b), $F_x = F \cos \alpha, F_y = F \sin \alpha$ 。

可见, 力在坐标轴上的投影是个代数量。

例 1-2 求出图 1-16 中 F_1, F_2, F_3 各力在 x 轴及 y 轴上的投影。

解: $F_{1x} = -F_1 \cos 30^\circ = -0.886F_1$

$$F_{1y} = F_1 \sin 30^\circ = 0.5F_1$$

$$F_{2x} = F_2 \cos 45^\circ = 0.707F_2$$

$$F_{2y} = F_2 \sin 45^\circ = 0.707F_2$$

$$F_{3x} = -F_3 \cos 30^\circ = -0.886F_3$$

$$F_{3y} = -F_3 \sin 30^\circ = -0.5F_3$$

于是我们得到:

(1) 当力与坐标轴平行或者重合时, 力在该坐标轴上投影的绝对值等于力的大小。

(2) 当力与坐标轴垂直时, 力在该坐标轴上的投影等于零。

(3) α 角必须选取力与 x 轴所夹的锐角, 投影的正负根据力投影后两个垂足的指向来确定, 从力起点垂足到终点垂足的指向与坐标轴正向相同时取正号, 反之取负号。

4. 合力投影定理

设刚体上受一平面汇交力系 F_1, F_2 作用, 已知 $F_R = F_1 + F_2$, 取直角坐标 Oxy , 将合力 F_R 及各分力向 x 轴作投影(图 1-17), 得:

$$F_{1x} = ab, F_{2x} = bc, F_{Rx} = ac$$

$$F_{Rx} = F_{1x} + F_{2x}$$

同理可得 $F_{Ry} = F_{1y} + F_{2y}$

总结: 合力在任意坐标轴上的投影, 等于各分力在同一轴上投影的代数和, 这就是合理投影定理。合理投影定理揭示了合力投影与分力投影的关系, 其表达式为:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n F_{xi} = F_{x1} + F_{x2} + \cdots + F_{xm} \\ \sum_{i=1}^n F_{yi} = F_{y1} + F_{y2} + \cdots + F_{ym} \end{cases}$$

其中 F_{x1} 和 F_{y1}, F_{x2} 和 $F_{y2}, \dots, F_{xm}$ 和 F_{ym} 分别为各分力在 x 和 y 轴上的投影。

合力矢的大小和方向余弦为

$$F_R = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{(\sum F_{xi})^2 + (\sum F_{yi})^2}$$

$$\tan \alpha = \left| \frac{F_{Ry}}{F_{Rx}} \right| = \left| \frac{\sum F_{yi}}{\sum F_{xi}} \right|$$

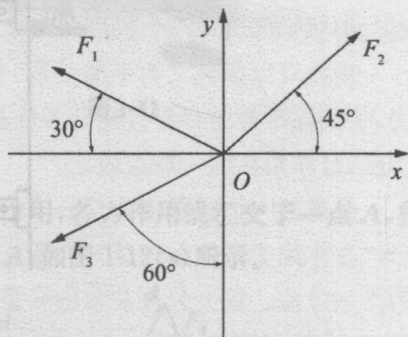


图 1-16

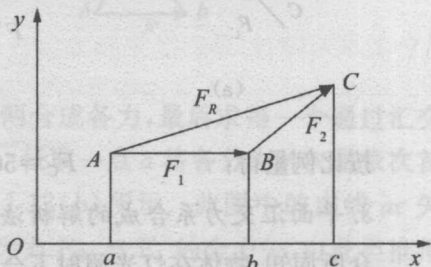


图 1-17

5. 平面汇交力系的平衡

由以上分析可知,平面汇交力系可成为一个合力,平面汇交力系对物体作用的效果等同于此合力,若 $F_R=0$,则物体的运动等于不受力,实质上就是原力系各力的作用效果相互抵消,此时物体处于平衡状态。

由此可得平面汇交力系平衡的充要条件是:该力系的合力 F_R 的大小等于零,即:

$$F_R=0$$

平衡时的合力为零,那合力在任意轴上的投影当然也等于零。

$$\begin{cases} \sum F_{ix} = 0 \\ \sum F_{iy} = 0 \end{cases}$$

该式称为平面汇交力系的平衡方程,也就是平面汇交力系平衡的解析条件。即:力系的各力在两个坐标轴上的投影的代数和分别等于零。

例 1-3 重物质量 $m=20\text{kg}$,悬挂在支架铰链点 B 处, A 、 C 为固定铰支座,杆件位置如图 1-18 所示,不计杆件支架重量,求重物平衡时, AB 、 BC 杆的内力。

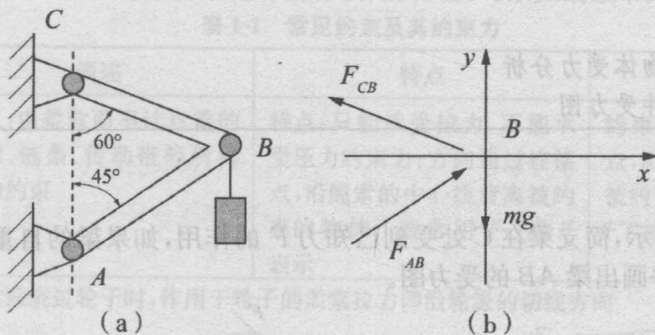


图 1-18

解:取铰 B 为研究对象,其上作用有三个力,重物重力 mg 、 BC 杆的约束力 F_{CB} 、 AB 杆的约束力 F_{AB} ,列出平衡方程式:

$$\sum F_x = 0, -F_{CB} \cos 30^\circ + F_{AB} \cos 45^\circ = 0$$

$$\sum F_y = 0, -mg + F_{CB} \sin 30^\circ + F_{AB} \sin 45^\circ = 0$$

得: $F_{AB}=178\text{kN}$ $F_{CB}=146\text{kN}$ (值为正说明设定方向与实际方向相同)

任务实施

根据以上所学内容,将任务解决如下:

1. 取滑轮 B 为研究对象,忽略滑轮大小,设 AB 受拉, BC 受压,受力图和坐标图,如图 1-19 所示。

2. 列出平衡方程

$$\sum F_x = 0, -F_{AB} + F_1 \sin 30^\circ - F_2 \sin 60^\circ = 0$$

$$\sum F_y = 0, -F_{BC} - F_1 \cos 30^\circ - F_2 \cos 60^\circ = 0$$

显然, $F_1=F_2=P$