



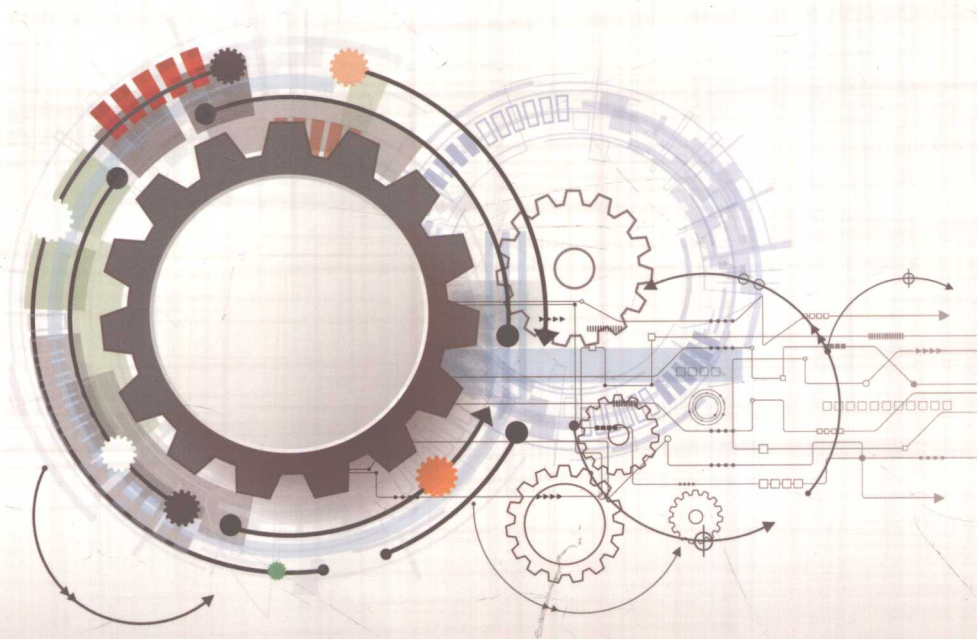
“十三五”普通高等教育规划教材

LILUN LIXUE XUEXI ZHIDAO

# 理论力学学习指导

(从入门到精通)

主 编 何子干 谢立辉 柳红霞 沈 炼



北京邮电大学出版社  
[www.buptpress.com](http://www.buptpress.com)



“十三五”普通高等教育规划教材

# 理论力学学习指导

(从入门到精通)

主 编 何子干 谢立辉  
柳红霞 沈 炼

北京邮电大学出版社

• 北京 •

## 内 容 简 介

本书是北京邮电大学出版社出版发行的《理论力学》(尚新春等主编)的配套用书。本书充分考虑了高等院校工科各专业“理论力学”课程学习课时较少的特点,详细介绍了理论力学的工程应用、解题方法及学习中易发生的常见问题和相应对策,以期达到从入门逐步过渡到精通的目的。

全书共分13章,前12章为尚新春教授等主编的教材《理论力学》相应章节的学习指导和习题详解,第13章是为了提高对“理论力学”课程的学习兴趣和增加其习题难度,补充了一些附加题解答,借以“抛砖引玉”。

本书可作为“理论力学”课程学习的配套用书,也可为考研学生提供参考,还可作为高职高专、自考和成人教育的辅助应用教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

理论力学学习指导 / 何子干等主编. -- 北京: 北京邮电大学出版社, 2018.4

ISBN 978-7-5635-5386-0

I. ①理… II. ①何… III. ①理论力学—高等学校—教学参考资料 IV. ①O31

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 023222 号

---

|      |                                                      |
|------|------------------------------------------------------|
| 书 名  | 理论力学学习指导                                             |
| 主 编  | 何子干 谢立辉 柳红霞 沈 炼                                      |
| 责任编辑 | 沙一飞                                                  |
| 出版发行 | 北京邮电大学出版社                                            |
| 社 址  | 北京市海淀区西土城路 10 号(100876)                              |
| 电话传真 | 010-82333010 62282185(发行部) 010-82333009 62283578(传真) |
| 网 址  | www.buptpress3.com                                   |
| 电子信箱 | ctrd@buptpress.com                                   |
| 经 销  | 各地新华书店                                               |
| 印 刷  | 北京九州迅驰传媒文化有限公司                                       |
| 开 本  | 787 mm×1 092 mm 1/16                                 |
| 印 张  | 11.5                                                 |
| 字 数  | 291 千字                                               |
| 版 次  | 2018 年 4 月第 1 版 2018 年 4 月第 1 次印刷                    |

---

ISBN 978-7-5635-5386-0

定价: 35.00 元

如有质量问题请与发行部联系

版权所有 侵权必究

# 前 言

本书借鉴了近年来国内高等院校基础力学课程的教学经验,特别是针对二本应用型高等学校学生学习“理论力学”课程时遇到的众多问题编写而成,指导学生在有限的学习时间内掌握更多的力学知识,并引导其利用所学知识解决实际问题,破解学习“理论力学”课程时遇到的“一听就懂,一看就会,一做就错”的怪圈,同时可作为北京邮电大学出版社出版的尚新春教授等主编的《理论力学》教材的配套应用型教材。

本书门槛很低、目标较高,重点突出、针对性强,结构严谨,且通俗易懂,既能为正在学习“理论力学”课程的学生提供学习指导,使之逐步养成良好的力学素养,又能为备考硕士研究生的考生提供经验和参考。

本书由何子干教授等担任主编。全书分为13章,前12章对应尚新春教授等主编的《理论力学》教材,每章由重点概括、常见问题和对策、题目类型和解题事项以及习题详解等组成;第13章为附加题部分,主要来源于国内重点大学历届考研真题或模拟试题,通过学习可使读者进一步提高水平。

本书在编写过程中,得到了大连理工大学姜峰教授、长沙学院匡希龙教授和朱纯老师的大力支持,长沙学院土木工程学院2015级学生蔡刚和梁志坚在编辑和绘图上做了大量工作,许多院校同行也提出了很多建设性意见,并且得到湖南省高等学校“十三五”专业综合改革试点项目(土木工程专业,长沙学院土木工程学院)的资助,在此一并致谢。

本书的编写人员长期从事“理论力学”教学工作,书中内容融合了编者多年的教学经验与体会,但限于编者的水平和条件,书中难免存在一些不足和缺陷,欢迎广大读者提出批评意见,以期后期完善。

# 目 录

|                     |    |
|---------------------|----|
| 第 1 章 静力学基础 .....   | 1  |
| 一、重点概括 .....        | 1  |
| 二、常见问题和对策 .....     | 2  |
| 三、题目类型和解题事项 .....   | 2  |
| 四、习题详解 .....        | 3  |
| 第 2 章 力系的等效简化 ..... | 13 |
| 一、重点概括 .....        | 13 |
| 二、常见问题和对策 .....     | 14 |
| 三、题目类型和解题事项 .....   | 15 |
| 四、习题详解 .....        | 15 |
| 第 3 章 力系的平衡 .....   | 23 |
| 一、重点概括 .....        | 23 |
| 二、常见问题和对策 .....     | 23 |
| 三、题目类型和解题事项 .....   | 24 |
| 四、习题详解 .....        | 24 |
| 第 4 章 静力学应用 .....   | 45 |
| 一、重点概括 .....        | 45 |
| 二、常见问题和对策 .....     | 45 |
| 三、题目类型和解题事项 .....   | 46 |
| 四、习题详解 .....        | 46 |
| 第 5 章 运动学基础 .....   | 56 |
| 一、重点概括 .....        | 56 |
| 二、常见问题和对策 .....     | 57 |
| 三、题目类型和解题事项 .....   | 57 |
| 四、习题详解 .....        | 57 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第 6 章 点的合成运动 .....      | 67  |
| 一、重点概括 .....            | 67  |
| 二、常见问题和对策 .....         | 67  |
| 三、题目类型和解题事项 .....       | 68  |
| 四、习题详解 .....            | 68  |
| 第 7 章 刚体平面运动 .....      | 82  |
| 一、重点概括 .....            | 82  |
| 二、常见问题和对策 .....         | 82  |
| 三、题目类型和解题事项 .....       | 83  |
| 四、习题详解 .....            | 83  |
| 第 8 章 质心运动定理 动量定理 ..... | 101 |
| 一、重点概括 .....            | 101 |
| 二、常见问题和对策 .....         | 101 |
| 三、题目类型和解题事项 .....       | 102 |
| 四、习题详解 .....            | 102 |
| 第 9 章 动量矩定理 .....       | 109 |
| 一、重点概括 .....            | 109 |
| 二、常见问题和对策 .....         | 110 |
| 三、题目类型和解题事项 .....       | 110 |
| 四、习题详解 .....            | 111 |
| 第 10 章 动能定理 .....       | 118 |
| 一、重点概括 .....            | 118 |
| 二、常见问题和对策 .....         | 118 |
| 三、题目类型和解题事项 .....       | 119 |
| 四、习题详解 .....            | 119 |
| 第 11 章 达朗贝尔原理 .....     | 131 |
| 一、重点概括 .....            | 131 |
| 二、常见问题和对策 .....         | 132 |
| 三、题目类型和解题事项 .....       | 132 |
| 四、习题详解 .....            | 132 |
| * 第 12 章 虚位移原理 .....    | 140 |
| 一、重点概括 .....            | 140 |
| 二、常见问题和对策 .....         | 141 |

---

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 三、题目类型和解题事项 ..... | 142 |
| 四、习题详解 .....      | 142 |
| 第 13 章 附加题 .....  | 149 |
| 一、说明 .....        | 149 |
| 二、习题详解 .....      | 150 |
| 参考文献 .....        | 176 |

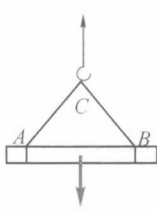
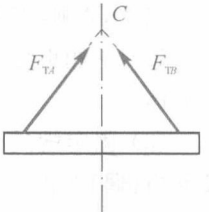
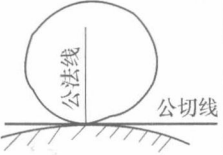
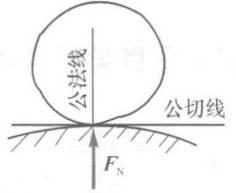
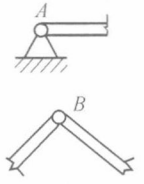
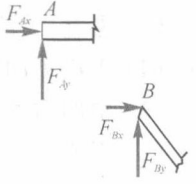
# 第 1 章 静力学基础

## 一、重点概括

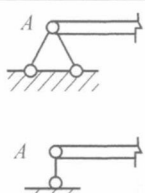
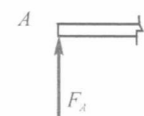
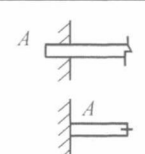
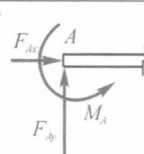
本章虽然是第 1 章,却是所有基础力学的“魂”,即“受力图”所在章节,这一章没过关,力学肯定学不好,可谓“千里之行,始于足下”。需牢记:“首先选择分离体,其次照画主动力,根据约束各类型,最后逐一画反力”。解释如下:若考虑某物体受力,需先将其分离出来作为分离体,此物体上原有主动力要照原样绘出,不要简化和少画,如分布力不宜简化为集中力;根据该分离体与其联系的各约束类型,每移除一处联系约束,则按其约束类型画出相应的力,如此,逐一画出约束力。对应每一个关联约束,就有相应的约束力,不能少画,也不能多画。

约束类型汇总见表 1-1。

表 1-1 各类约束对比

| 类型      | 示例                                                                                  | 约束的性质                                              | 约束的特点                           | 约束力标示                                                                                 |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 柔体约束    |  | 柔体约束只能限制物体沿着柔体的中心线伸长的方向运动,而不能限制物体沿着其他方向的运动         | 约束力必定沿柔体的中心线,且背离被约束的物体          |   |
| 光滑接触约束  |  | 光滑接触约束只能限制物体沿接触面的公法线指向支撑面的运动,而不能限制物体沿接触面,或离开支撑面的运动 | 光滑接触面的约束力通过接触点,沿接触面的公法线并指向被约束物体 |   |
| 铰链与铰链支座 |  | 铰链约束只能限制物体在垂直于销钉轴线的平面内任意方向的运动,而不能限制物体绕销钉的转动        | 约束力作用在垂直于销钉轴线平面内,通过销钉中心,而方向待定   |  |

续表

| 类型    | 示例                                                                                | 约束的性质                                       | 约束的特点                         | 约束力标示                                                                              |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 辊轴支座  |  | 可动铰支座只能限制物体在支撑面垂直方向的运动,不能限制物体绕销钉的转动和沿支撑面的运动 | 可动铰支座的约束力通过销钉中心且垂直于支撑面,指向待定   |  |
| 固定端约束 |  | 固定端约束既能限制物体移动,又能限制物体绕固定端转动                  | 约束力可表示为两个互相垂直的分力和一个约束力偶,指向均待定 |  |

## 二、常见问题和对策

### 1. 常见问题

- (1) 经常出现“三无”现象,即无力的名称,无分离体的名称和标识,甚至无受力图等现象;
- (2) 二力杆概念不扎实,时有时无,把非二力杆当二力杆;
- (3) 固定端约束常与固定铰链搞混,因而少画了固定端的反力偶;
- (4) 两个原本相连的分离体各自受力图上未体现作用力与反作用力概念。

### 2. 对策

- (1) 养成良好的力学素养和习惯,要画受力图,且分离体和力都要有名称,切记将各部分标记完整,否则,后面的学习会付出相当大的代价;
- (2) 不能把受两个力以上的分离体随意当成二力杆,尤其注意受到分布力或力偶作用的分离体;
- (3) 固定端约束除限制分离体移动外,还限制其转动,记住“哪里有约束限制,哪里就有相应反力(偶)”,因此,固定端反力偶必不能少;
- (4) 注意相连刚体的各自分离体受力图需体现作用力与反作用力概念。

## 三、题目类型和解题事项

### 1. 题目类型

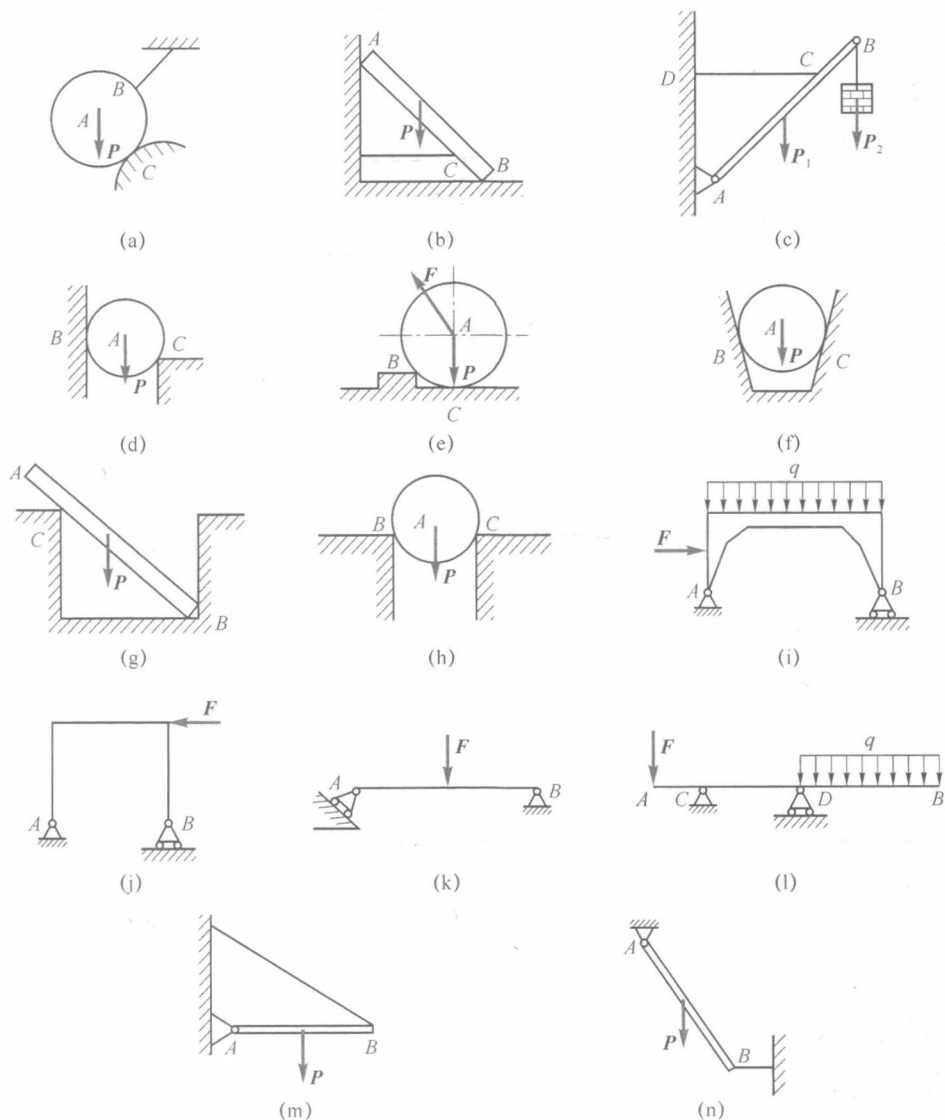
- (1) 画单个物体(刚体)受力图,如习题 1-1;
- (2) 画多个物体(刚体)组成的系统的整体受力图和各刚体的受力图,如习题 1-2;
- (3) 考查二力杆或三力汇交概念掌握得是否扎实的题目,如习题 1-2 中(b),(c),(e),(l)等;
- (4) 平面力的分解和投影,如习题 1-3;
- (5) 空间力的分解和投影,如习题 1-5;
- (6) 平面力对点(轴)的矩,如习题 1-7、习题 1-8、习题 1-10;
- (7) 空间力对点和轴的矩,如习题 1-6;
- (8) 平面力偶和空间力偶的概念,如习题 1-4。

## 2. 解题事项

- (1) 上述题目解题步骤十分简单,关键在于绘出正确的受力图;
- (2) 平面力对点的矩就是对通过该点且垂直于力所在平面的轴的矩;
- (3) 空间力对点的矩与对某轴的矩是不同的,两者存在以下联系,即空间力对点的矩在此轴上的投影等于空间力对该轴的矩。

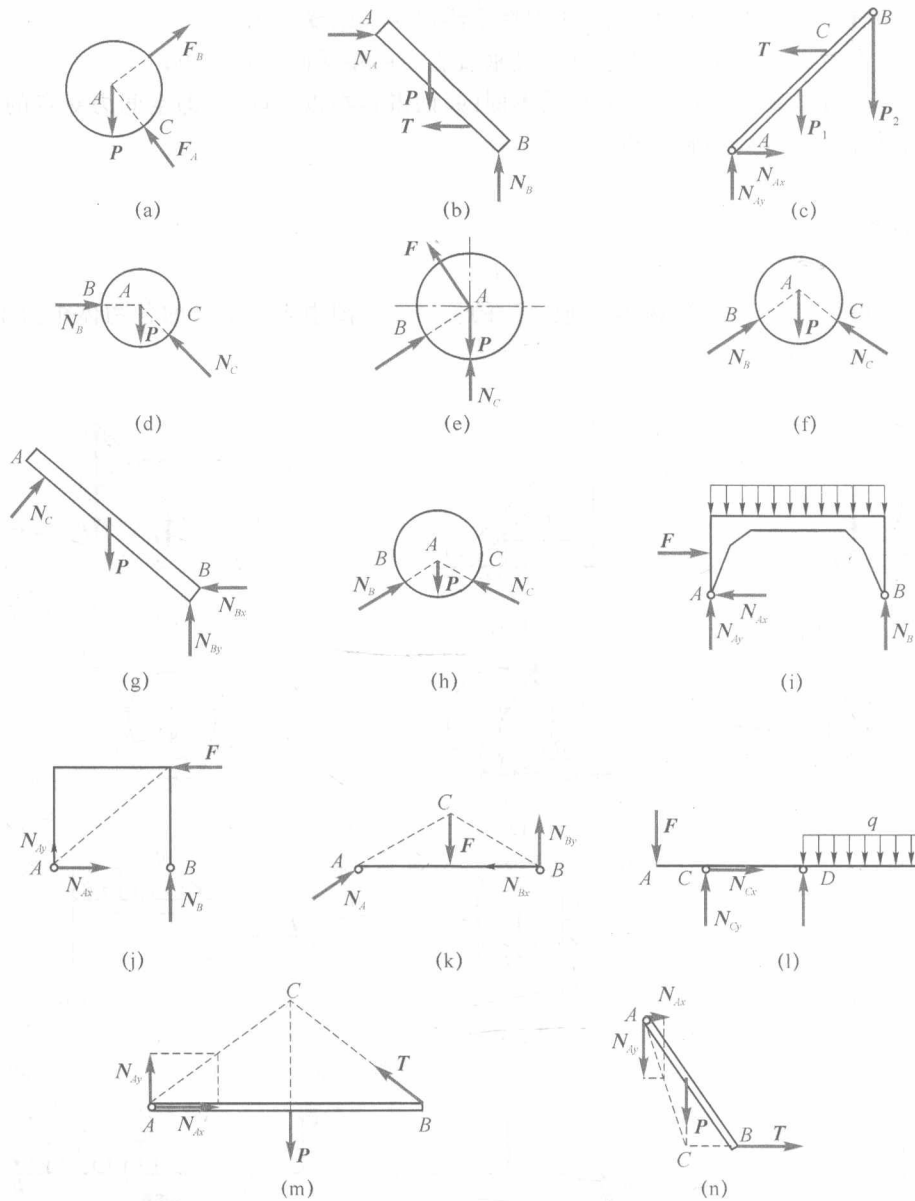
## 四、习题详解

1-1 画出题 1-1 图所示各物体 A 或 AB 的受力图。图中未画重力的各物体重力不计,所有接触均为光滑接触。

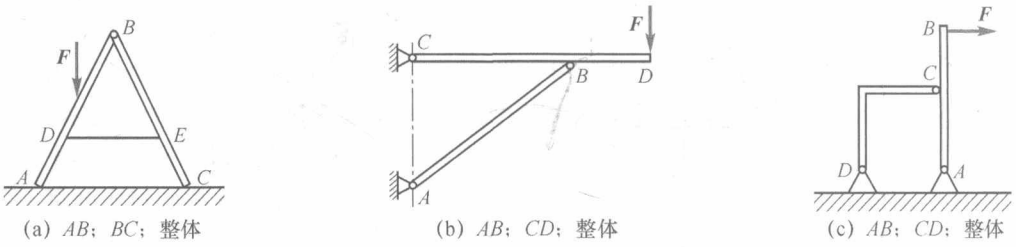


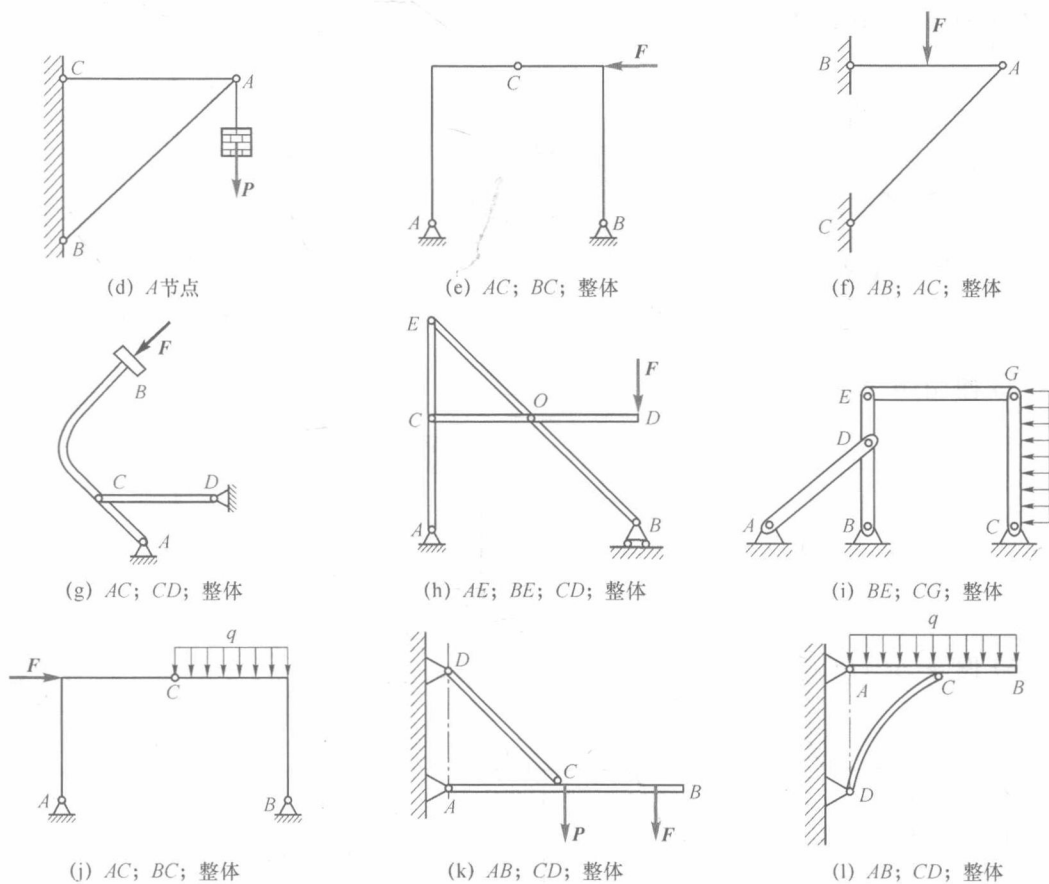
题 1-1 图

解:



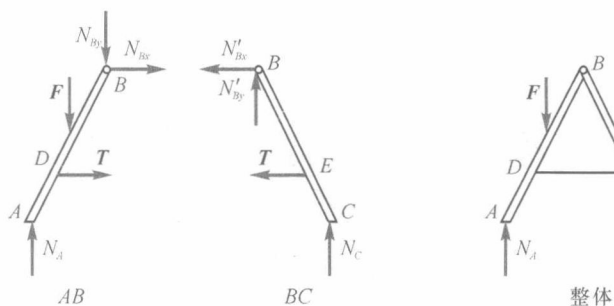
1-2 画出题 1-2 图(a)~(l)所示各物体系统中指定物体的受力图。图中未画重力的各物体重力不计,所有接触均为光滑接触。



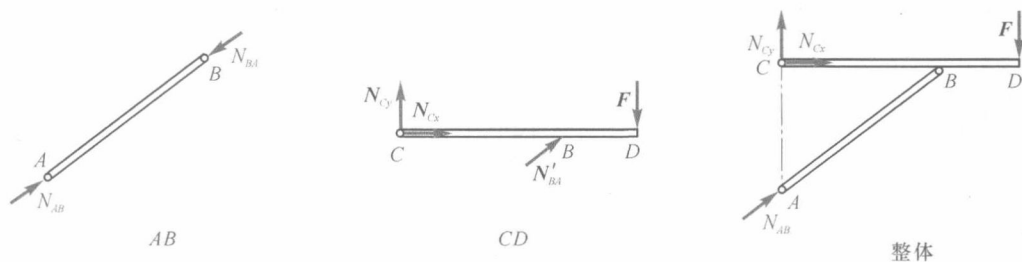


题 1-2 图

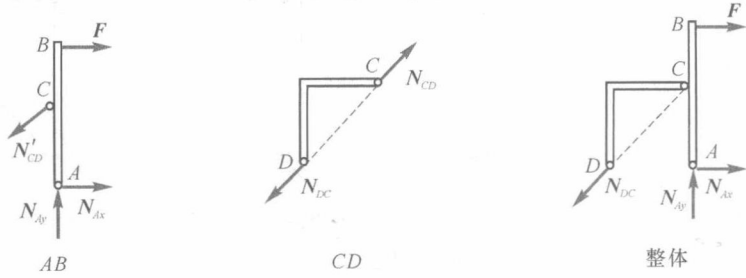
解: (1) 图(a)AB; BC; 整体



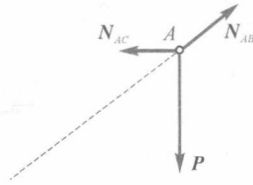
(2) 图(b)AB; CD; 整体



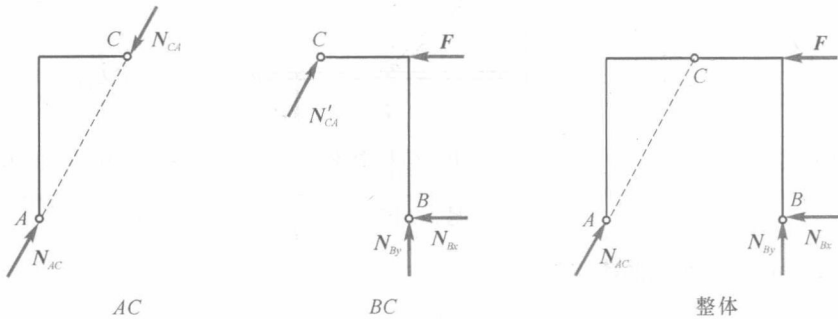
(3) 图(c)AB;CD;整体



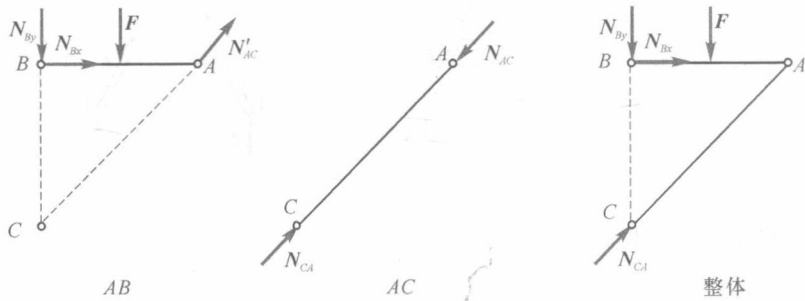
(4) 图(d)A 节点



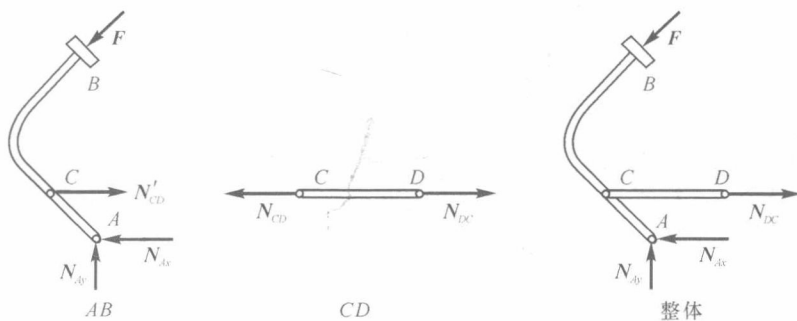
(5) 图(e)AC;BC;整体



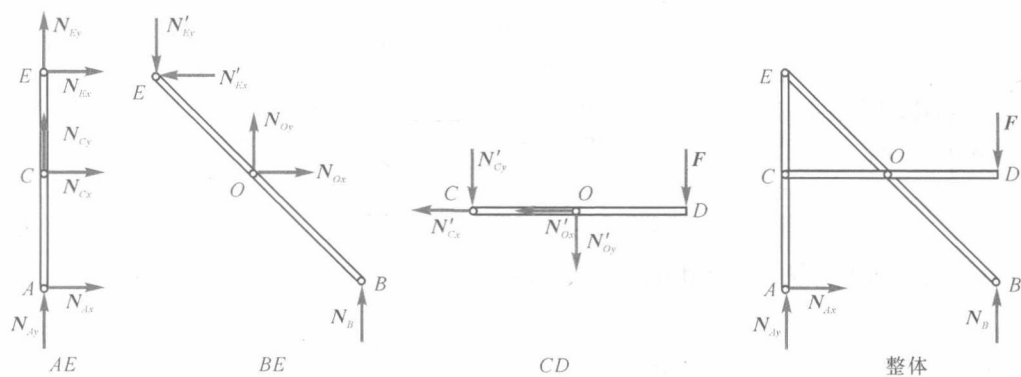
(6) 图(f)AB;AC;整体



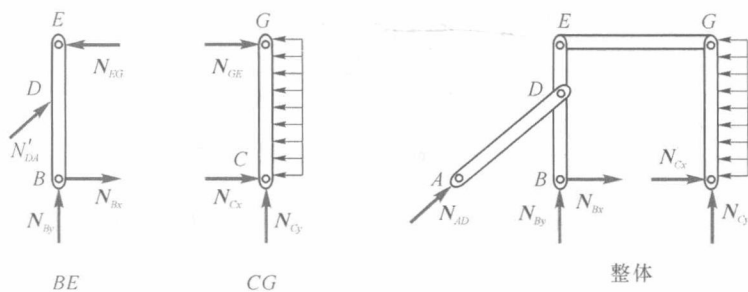
(7) 图(g)AB;CD;整体



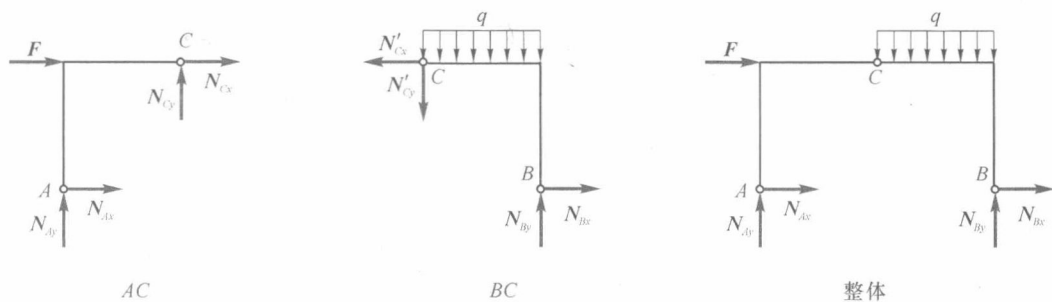
(8) 图(h)AE;BE;CD;整体



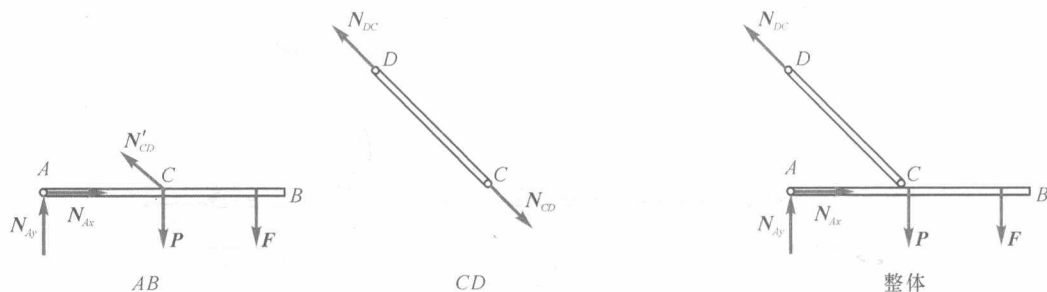
(9) 图(i)BE;CG;整体



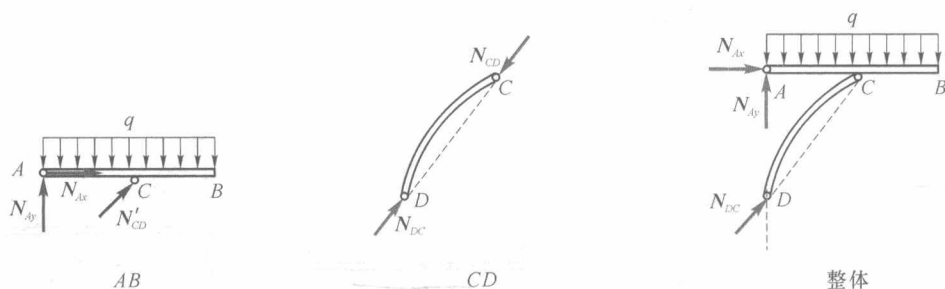
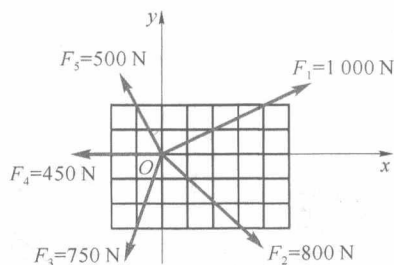
(10) 图(j)AC;BC;整体



(11) 图(k) AB; CD; 整体



(12) 图(l) AB; CD; 整体


 1-3 试分别求出题 1-3 图中的力在  $x$  轴和  $y$  轴上的投影。


题 1-3 图

解:

$$F_{1x} = 1000 \times \frac{4}{\sqrt{4^2 + 2^2}} = 1000 \times \frac{4}{2\sqrt{5}} = 894.4 \text{ N}$$

$$F_{1y} = 1000 \times \frac{2}{\sqrt{4^2 + 2^2}} = 447.2 \text{ N}$$

$$F_{2x} = 800 \times \frac{3}{\sqrt{3^2 + 3^2}} = 565.6 \text{ N}$$

$$F_{2y} = -800 \times \frac{3}{\sqrt{3^2 + 3^2}} = -565.6 \text{ N}$$

$$F_{3x} = -750 \times \frac{1}{\sqrt{3^2 + 1^2}} = -237.2 \text{ N}$$

$$F_{3y} = -750 \times \frac{3}{\sqrt{3^2 + 1^2}} = -711.5 \text{ N}$$

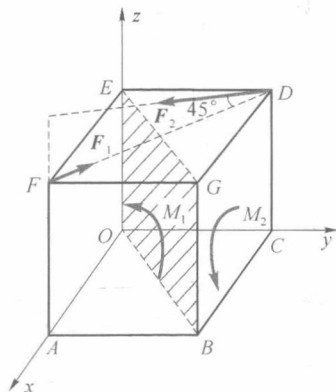
$$F_{4x} = -450 \text{ N}$$

$$F_{4y} = 0 \text{ N}$$

$$F_{5x} = -500 \times \frac{1}{\sqrt{2^2+1^2}} = -223.6 \text{ N}$$

$$F_{5y} = 500 \times \frac{2}{\sqrt{2^2+1^2}} = 447.2 \text{ N}$$

1-4 如题 1-4 图所示,正方体边长为  $a$ ,其上作用有力  $F_1$  与  $F_2$ ,作用位置如图所示,力偶矩为  $M_1$  的力偶作用在  $OBGE$  平面内,矩为  $M_2$  的力偶作用在  $BCDG$  平面内。求各力在  $x$ 、 $y$ 、 $z$  轴上的投影与各力对  $x$ 、 $y$ 、 $z$  轴的力矩。



题 1-4 图

解:  $F_{1x} = -F_1 \cos 45^\circ = -0.707F_1$ ,  $F_{1y} = F_1 \cos 45^\circ = 0.707F_1$ ,  $F_{1z} = 0$

$$F_{2x} = F_2 \cos 45^\circ \cos 45^\circ = 0.5F_2, F_{2y} = -F_2 \cos 45^\circ \sin 45^\circ = -0.5F_2$$

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

$$M_x(F_1) = yF_{1z} - zF_{1y} = -a \times 0.707F_1 = -0.707F_1a$$

$$M_y(F_1) = zF_{1x} - xF_{1z} = -a \times 0.707F_1 - a \times 0 = -0.707F_1a$$

$$M_z(F_1) = xF_{1y} - yF_{1x} = a \times 0.707F_1 - 0 = 0.707F_1a$$

同理

$$M_x(F_2) = 1.207F_2a, M_y(F_2) = 0.5F_2a, M_z(F_2) = -0.5F_2a$$

$M_1$  在  $x$  向投影  $M_{1x} = M_x(M_1) = 0.707M_1$ ,  $y$  向投影  $M_{1y} = M_y(M_1) = -0.707M_1$ ,  $z$  向投影  $M_{1z} = 0$ 。

$M_2$  在  $x$  向投影  $M_{2x} = 0$ ;  $y$  向投影  $M_{2y} = M_2$ ;  $z$  向投影  $M_{2z} = 0$ 。

1-5 如题 1-5 图所示,水平圆盘的半径为  $r$ ,外缘  $C$  处作用有已知力  $F$ 。力  $F$  位于圆盘  $C$  处的切平面内,且与  $C$  处圆盘切线夹角为  $60^\circ$ ,其尺寸如图所示。试求力  $F$  对  $x$ 、 $y$ 、 $z$  轴的力矩。

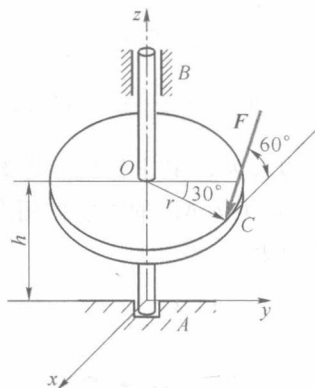
解: 先将力  $F$  分解  $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ :

$$F_x = F \cos 60^\circ \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{4}F$$

$$F_y = -F \cos 60^\circ \sin 30^\circ = -\frac{1}{4}F$$

$$F_z = -F \sin 60^\circ = -\frac{\sqrt{3}}{2}F$$

作用点  $C$  坐标为  $(r \sin 30^\circ, r \cos 30^\circ, h)$ , 于是



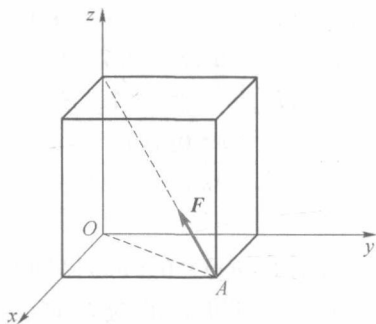
题 1-5 图

$$M_x(F) = r \cos 30^\circ F_z - h F_y = -r \times \frac{\sqrt{3}}{2} \times \frac{\sqrt{3}}{2} F + h \frac{1}{4} F = 0.25 F(h - 3r)$$

$$M_y(F) = z F_x - x F_z = h \times \frac{\sqrt{3}}{4} + r \times \frac{1}{2} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 0.433 F(r + h)$$

$$M_z(F) = x F_y - y F_x = \frac{r}{2} \left( -\frac{F}{4} \right) - \frac{\sqrt{3}}{2} r \times \frac{\sqrt{3}}{4} F = -\frac{rF}{8} - \frac{3}{8} rF = -0.5 F r$$

1-6 如题 1-6 图所示,在边长为  $a$  的正立方体的顶角  $A$  处,沿着对角线作用一力  $F$ 。试求力  $F$  对三个坐标轴的力矩。



题 1-6 图

解: 同习题 1-5, 先分解力和找力作用点的坐标:

$$F_x = -F \times \frac{a\sqrt{2}}{a\sqrt{3}} \times \frac{\sqrt{2}}{2} = -\frac{F}{\sqrt{3}}$$

$$F_y = -F \times \frac{a\sqrt{2}}{a\sqrt{3}} \times \frac{\sqrt{2}}{2} = -\frac{F}{\sqrt{3}}$$

$$F_z = F \times \frac{a}{a\sqrt{3}} = \frac{F}{\sqrt{3}}$$

$A$  点坐标为  $(a, a, 0)$

$$M_x(F) = a \times F_z - 0 \times F_y = 0.577 Fa$$

$$M_y(F) = 0 \times F_x - a \times F_z = -0.577 Fa$$

$$M_z(F) = 0 (\text{与 } Z \text{ 轴相交}) \text{ 或 } M_z(F) = a \times F_y - a \times F_x = 0$$