

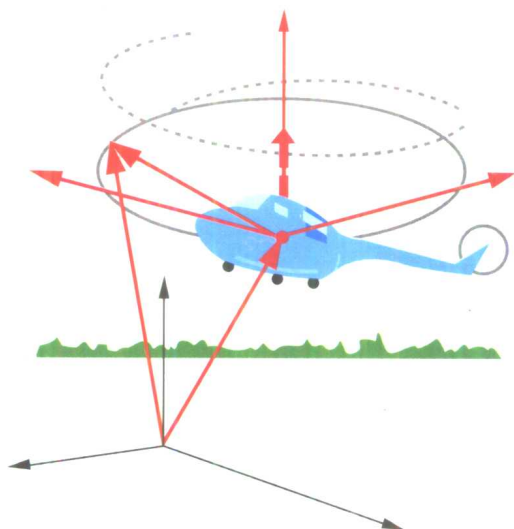
工科课程提高与应试丛书

LILUN LIXUE

DIANXINGTI JIEXI JI ZICESHITI

和兴锁 主编

● 涵盖课程重点及难点  
● 精设典型题详解及评注  
● 选配课程考试模拟及全真试卷



理论力学

# 典型题解析及自测试题

西北工业大学出版社

**(陕)新登字 009 号**

**【内容简介】** 本书是根据高等学校理论力学课程的教学要求编写的学习及解题指导书。它有助于学生融会贯通所学的内容,提高学生的解题能力及解题技巧。全书分为两大部分,第一部分典型题解析,每章都包含重点及难点、解题步骤及要点、典型题解析、练习题 4 个模块。第二部分为自测试题。练习题及自测试题的答案列于附录中。

本书可作为高等学校理工科本科生学习理论力学课程的参考书,也可供大专、函授、自考等各类学生阅读参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

理论力学典型题解析及自测试题/和兴锁主编;高行山等编. —  
西安:西北工业大学出版社,2000.10

(工科课程提高与应试丛书)

ISBN 7-5612-1279-8

I. 理... II. ①和... ②高... III. 理论力学-高等学校-  
教学参考资料 IV. 031

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 44522 号

2000 西北工业大学出版社出版发行

(邮编:710072 西安市友谊西路127号 电话:8491147)

全国各地新华书店经销

西北工业大学出版社印刷厂印装

\*

开本:850毫米×1168毫米 1/32 印张:11.625 字数:309千字

2001年1月第1版

2001年1月第1次印刷

印数:1--8000册 定价:15.00元

---

购买本社出版的图书,如有缺页、错页的,本社发行部负责调换。

# 前 言

本书是在西北工业大学历年来编写的各种理论力学教材、解题指导和习题课教材的基础上,根据高等学校理论力学课程教学基本要求编写的,旨在帮助学生理解和掌握理论力学的基本概念、解题方法及解题技巧,培养同学们用科学的思想方法分析问题和解决问题的能力。

全书分为两大部分,第一部分典型题解析共 17 章,它包含了理论力学课程的全部内容,覆盖了需要掌握的基本理论和基本方法。选材的类型既有从生产实际中提炼出来的理想模型,又有联系现代高科技发展的题目。每章包含重点及难点、解题步骤及要点、典型题解析和练习题 4 个部分。典型题解析在解前给出了分析,解后给出了评注,以帮助学生学会运用理论力学的基本理论去分析、计算工程中的实际问题。书中的例题都是精选的、有代表性的典型题。除了对例题进行详细分析和讨论外,一般都采用了多种方法求解,这样有助于读者融会贯通所学内容,有利于读者科学素养的培育与提高。本书力求把基本问题讲深讲透,启发读者积极思考,使读者逐步具有正确的解题思路,并不断加大难度,使读者逐步掌握不同类型题目的解法,激发学习兴趣,提高解题能力。本书可以兼作理论力学习题课教材,由教师根据学生的专业及课时安排习题课的次数及习题课内容。

本书第二部分给出 6 套自测试题,这些试题反映了近年来理论力学命题的特点和趋向,有较广泛的代表性,学生可在学完理论力学后进行自我检测。

参加本书编写的有和兴锁、高行山、张劲夫、刘曙远、韩小平。全书由和兴锁统稿并任主编。蒲致祥教授在百忙中审阅了全部书

稿,并提出很多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏和不妥之处,恳请读者批评指正。

**编 者**

2000 年 7 月

# 目 录

## 第一部分 典型题解析

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 第一章 静力学的基本概念与公理 ..... | 1  |
| 一、重点及难点 .....         | 1  |
| 二、解题步骤及要点 .....       | 5  |
| 三、典型题解析 .....         | 6  |
| 四、练习题 .....           | 10 |
| 第二章 平面力系 .....        | 12 |
| 一、重点及难点 .....         | 12 |
| 二、解题步骤及要点 .....       | 14 |
| 三、典型题解析 .....         | 15 |
| 四、练习题 .....           | 24 |
| 第三章 摩擦 .....          | 28 |
| 一、重点及难点 .....         | 28 |
| 二、解题步骤及要点 .....       | 29 |
| 三、典型题解析 .....         | 30 |
| 四、练习题 .....           | 39 |
| 第四章 空间力系 .....        | 41 |
| 一、重点及难点 .....         | 41 |

---

|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| 二、解题步骤及要点 .....               | 45         |
| 三、典型题解析 .....                 | 46         |
| 四、练习题 .....                   | 54         |
| <b>第五章 点的运动与刚体的基本运动 .....</b> | <b>57</b>  |
| 一、重点及难点 .....                 | 57         |
| 二、解题步骤及要点 .....               | 61         |
| 三、典型题解析 .....                 | 61         |
| 四、练习题 .....                   | 71         |
| <b>第六章 点的复合运动 .....</b>       | <b>74</b>  |
| 一、重点及难点 .....                 | 74         |
| 二、解题步骤及要点 .....               | 76         |
| 三、典型题解析 .....                 | 78         |
| 四、练习题 .....                   | 98         |
| <b>第七章 刚体的平面运动 .....</b>      | <b>102</b> |
| 一、重点及难点 .....                 | 102        |
| 二、解题步骤及要点 .....               | 107        |
| 三、典型题解析 .....                 | 108        |
| 四、练习题 .....                   | 124        |
| <b>第八章 刚体转动的合成 .....</b>      | <b>128</b> |
| 一、重点及难点 .....                 | 128        |
| 二、解题步骤及要点 .....               | 129        |
| 三、典型题解析 .....                 | 130        |
| 四、练习题 .....                   | 139        |

|            |     |
|------------|-----|
| 第九章 质点动力学  | 141 |
| 一、重点及难点    | 141 |
| 二、解题步骤及要点  | 142 |
| 三、典型题解析    | 143 |
| 四、练习题      | 148 |
| 第十章 质点振动基础 | 150 |
| 一、重点及难点    | 150 |
| 二、解题步骤及要点  | 153 |
| 三、典型题解析    | 154 |
| 四、练习题      | 159 |
| 第十一章 动能定理  | 161 |
| 一、重点及难点    | 161 |
| 二、解题步骤及要点  | 166 |
| 三、典型题解析    | 167 |
| 四、练习题      | 175 |
| 第十二章 动量定理  | 179 |
| 一、重点及难点    | 179 |
| 二、解题步骤及要点  | 183 |
| 三、典型题解析    | 184 |
| 四、练习题      | 190 |
| 第十三章 动量矩定理 | 193 |
| 一、重点及难点    | 193 |
| 二、解题步骤及要点  | 197 |
| 三、典型题解析    | 198 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 四、练习题 .....                      | 214 |
| <b>第十四章 碰撞</b> .....             | 217 |
| 一、重点及难点 .....                    | 217 |
| 二、解题步骤及要点 .....                  | 220 |
| 三、典型题解析 .....                    | 221 |
| 四、练习题 .....                      | 227 |
| <b>第十五章 达朗伯原理和动静法</b> .....      | 230 |
| 一、重点及难点 .....                    | 230 |
| 二、解题步骤及要点 .....                  | 232 |
| 三、典型题解析 .....                    | 232 |
| 四、练习题 .....                      | 238 |
| <b>第十六章 虚位移原理</b> .....          | 241 |
| 一、重点及难点 .....                    | 241 |
| 二、解题步骤及要点 .....                  | 244 |
| 三、典型题解析 .....                    | 245 |
| 四、练习题 .....                      | 261 |
| <b>第十七章 动力学普遍方程、拉格朗日方程及动力学方法</b> |     |
| 综合应用 .....                       | 264 |
| 一、重点及难点 .....                    | 264 |
| 二、解题步骤及要点 .....                  | 265 |
| 三、典型题解析 .....                    | 266 |
| 四、练习题 .....                      | 297 |

## 第二部分 自 测 试 题

|            |     |
|------------|-----|
| 自测试题一..... | 300 |
| 自测试题二..... | 304 |
| 自测试题三..... | 307 |
| 自测试题四..... | 314 |
| 自测试题五..... | 319 |
| 自测试题六..... | 324 |

## 附录 练习题及自测试题答案

|                 |     |
|-----------------|-----|
| 附录一 练习题答案.....  | 330 |
| 附录二 自测试题答案..... | 337 |
| 参考文献.....       | 361 |

# 第一部分 典型题解析

## 第一章 静力学的基本概念与公理

### 一、重点及难点

#### 1. 力的概念

力是物体间的相互机械作用,其作用效果可使物体的运动状态发生改变和使物体产生变形,前者称为力的运动效应或外效应,后者称为力的变形效应或内效应。力对物体的作用效果,取决于三个要素:① 力的大小;② 力的方向;③ 力的作用点。力是定位矢量。

#### 2. 刚体的概念

所谓刚体,是指在力的作用下形状和大小都始终保持不变的物体;或者说,刚体内任意两点间的距离保持不变。刚体是实际物体抽象化的一种力学模型。

#### 3. 平衡的概念

在静力学中,平衡是指物体相对地球处于静止或作匀速直线

运动的状态。它是机械运动的特殊情况。

#### 4. 静力学公理

静力学公理概括了力的基本性质,是静力学的理论基础。

**公理一(二力平衡原理)** 作用在刚体上的两个力,使刚体处于平衡的必要和充分条件是:这两个力的大小相等,方向相反,作用在同一直线上。

**公理二(加减平衡力系原理)** 可以在作用于刚体的任何一个力系上加上或去掉几个互成平衡的力,而不改变原力系对刚体的作用效果。

**推论(力在刚体上的可传性)** 作用在刚体上的力可沿其作用线在刚体内移动,而不改变它对该刚体的作用效果。

**公理三(力的平行四边形法则)** 作用于物体上任一点的两个力可合成为作用于同一点的一个力,即合力。合力的矢由原两力的矢为邻边而作出的力平行四边形的对角矢来表示。即合力为原两力的矢量和。

**推论(三力平衡汇交定理)** 作用于刚体上3个相互平衡的力,若其中两个力的作用线汇交于一点,则此3个力必在同一平面内,且第3个力的作用线通过汇交点。

**公理四(作用和反作用定律)** 任何两个物体相互作用的力,总是大小相等,方向相反,沿同一直线,并分别作用在这两个物体上。

**公理五(刚化原理)** 变形体在某一力系作用下处于平衡时,如将此变形体刚化为刚体,则平衡状态保持不变。

应当注意这些公理中有些是对刚体,而有些是对物体而言。

#### 5. 约束与约束反力

限制物体运动的条件称为约束。构成约束的物体称为约束体,也称为约束。约束反力是约束作用在被约束物体上的力,其方向与

约束类型有关。约束反力的方向总是与约束所能阻止物体的运动或其运动趋势的方向相反。

工程上几种常见的约束类型及其约束反力的表示法：

(1) 柔性体约束(绳索、链条、胶带等) 约束反力沿柔性体中心线而背离被约束体,如图 1.1 所示。

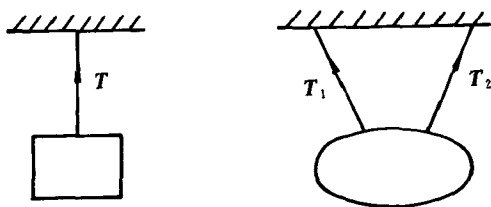


图 1.1

(2) 光滑面约束 约束反力沿接触面的公法线方向,接触点为力的作用点并指向物体,如图 1.2 所示。

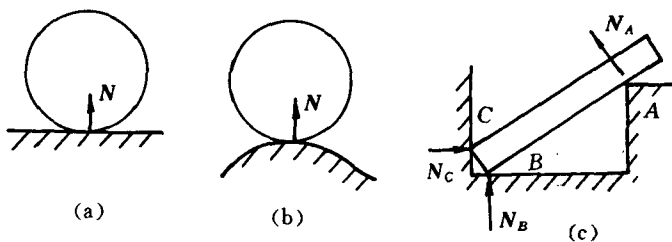


图 1.2

(3) 光滑圆柱固定铰链支座 光滑圆柱固定铰链支座的约束反力作用线必通过圆柱销中心而与其轴线垂直,但方向待定,可用作用于铰心的任意两个相互垂直的分力表示。图 1.3(a)为光滑圆柱固定铰链支座,图 1.3(b)为光滑圆柱形铰链。

(4) 光滑圆柱活动铰链支座 这种约束只能限制物体与支承

平面垂直方向的运动,故其约束反力必垂直于支承面且过铰链的中心,如图 1.4 所示。

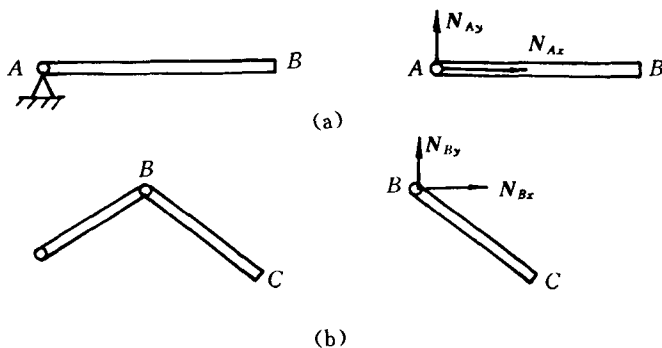


图 1.3

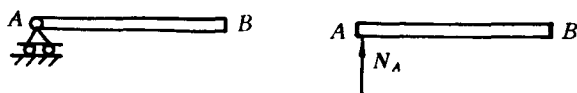


图 1.4

(5) 轴承类约束 在工程上,把连接轴并限制其某种运动的构件称为轴承。只限制垂直轴线方向移动的称为向心轴承(或径向轴承);既限制垂直轴线的方向移动又限制沿轴线方向移动的称为向心止推轴承(或径向止推轴承)。它们的简图及约束反力分别如图 1.5(a),(b)所示。

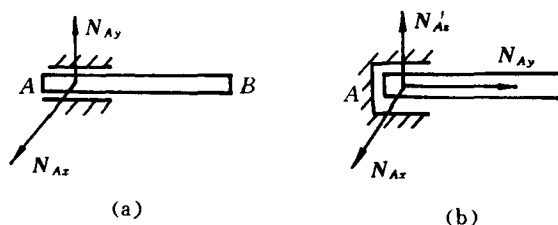


图 1.5

(6) 固定端约束 这种约束既能限制物体移动,又能限制物体转动,其约束反力用两个相互垂直的分力和一个反力偶表示。固定端约束的简图可表示为图 1.6(a),约束反力可表示为图 1.6(b)。

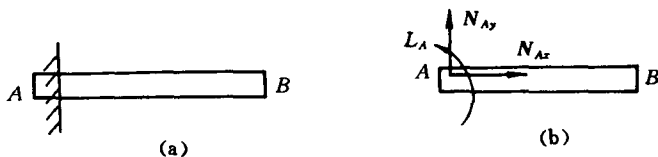


图 1.6

(7) 球铰链 约束反力可分解为通过球心的 3 个正交分量,如图 1.7 所示。

(8) 二力构件 只在两个力作用下平衡的构件,称为二力构件。它所受的两个力必定沿两力作用点连线,且等值、反向。

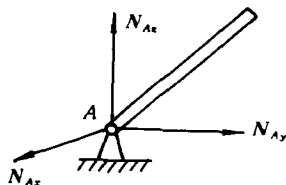


图 1.7

## 6. 受力分析和受力图

分析物体或物体系统受有哪些力

作用,称为受力分析。将所要研究的物体或物体系统从周围物体中隔离出来,称为分离体或研究对象。在研究对象上画出它所受到的所有作用力(主动力、约束反力),这样的图形称为分离体的受力图。

## 二、解题步骤及要点

正确地画出物体的受力图,是分析、解决力学问题的基础。画受力图的步骤和应注意之处如下:

(1) 明确研究对象 根据求解需要,可以取单个物体为研究对象,也可取由几个物体组成的系统为研究对象。

(2) 在分离体上先画出全部已知的主动力。

(3) 正确画出约束反力 一个物体往往同时受到几个约束的作用,这时应分别根据每个约束本身的特性来确定其约束反力的方向,不能凭主观臆造。

(4) 当分析两物体间相互的作用力时,应遵循作用、反作用定律。当研究系统的平衡时,在受力图上只画外部物体对研究对象的作用力(外力),不画成对出现的内力。

### 三、典型题解析

**例 1.1** 试对图 1.8(a)所示结构的主要构件进行受力分析,画受力图。

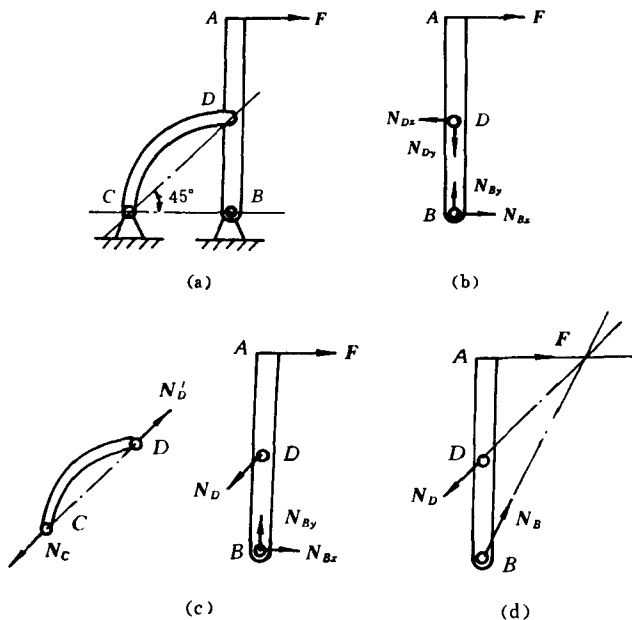


图 1.8

**解** 所谓结构中的主要构件,是指起主要承载作用的构件,或是作用有已知载荷的构件。本题的构架由  $AB$  和  $CD$  两构件用铰链和铰支座连接而成,从计算构件受力角度看,应该分析  $AB$  构件的受力。

(1) 对  $AB$  杆拆除  $B$  铰支座及  $CD$  构件,根据  $B, D$  处铰链的性质,可画出  $AB$  构件受力图如图 1.8(b) 所示。

(2) 如果注意到  $CD$  构件受力特点(不考虑重力),可判断其为二力平衡构件,它所受的力  $N_C, N_D'$  之作用线应沿  $CD$  连线。 $AB$  杆的受力  $N_{Dx}$  和  $N_{Dy}$  的合力  $N_D$  与  $N_D'$  是作用力与反作用力的关系,于是可画出如图 1.8(c) 所示的受力图。

(3) 再对  $AB$  杆受力作进一步分析思考,可知  $B$  铰的约束力  $N_{Bx}$  和  $N_{By}$  可合成为一个力,因而  $AB$  是受 3 个不平行的力作用而平衡,且三力作用线汇交点由  $N_D$  和  $F$  的交点确定,最后画出  $AB$  杆的受力图如图 1.8(d) 所示。

**例 1.2** 图 1.9(a) 所示球  $C$  重  $G$ ,  $A$  处是固定铰链支座,杆  $AB$  和绳  $BH$  的重量都忽略不计。试分别画出球  $C$  和杆  $AB$  的受力图。

**解** 球  $C$  除受主动力  $G$  作用外,在  $D, E$  两处还受光滑支承面对球的约束力  $N_D, N_E$  的作用(图 1.9(b))。这 3 个力的作用线显然交于球心  $C$ 。

杆  $AB$  在  $E, B, A$  三处受力作用。杆在点  $E$  受球对它的作用力  $N_E', N_E' = -N_E$ 。在点  $B$  受绳索作用的拉力  $T$ 。固定铰链  $A$  对杆的约束力,一般可用两个正交分力  $N_{Ax}$  和  $N_{Ay}$  表示(图 1.9(c))。但根据三力汇交定理,由于力  $T$  和  $N_E'$  的作用线交于点  $O$ ,可以判断支座  $A$  对杆的约束力  $N_A$  必沿通过  $A, O$  两点连线,如图 1.9(d) 所示。

**【评注】** (1) 杆  $AB$  受力图 1.9(c) 和(d) 的差别仅是对问题分析的角度不同,但两图都是正确的。

(2) 如果要画由球和杆组成系统的受力图,这时只须画出该系统所受外力  $G, T, N_A$  和  $N_E'$ ,而不画该系统的内力  $N_E$  和  $N_E'$ ,如图 1.9(e) 所示。

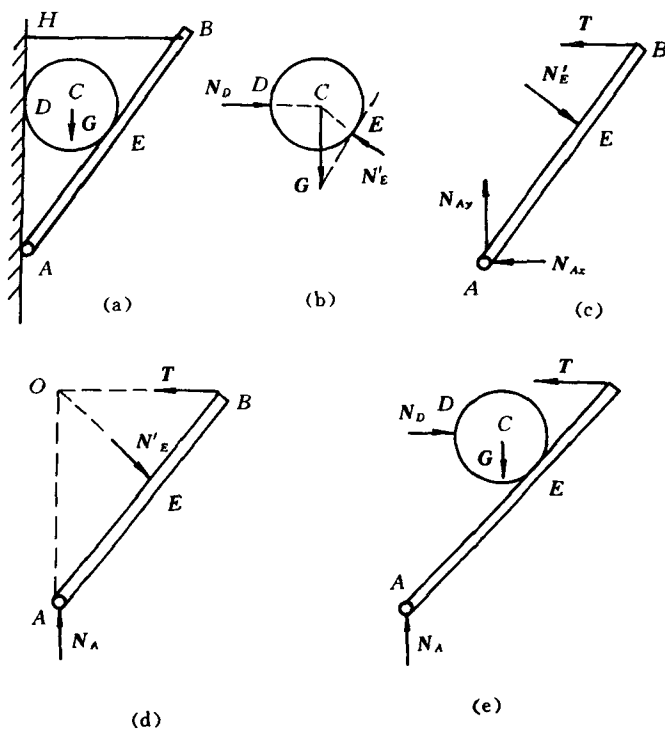


图 1.9

**例 1.3** 图 1.10(a) 所示结构中, 固结在点  $I$  的绳子绕过定滑轮  $O$ , 将重物  $P$  吊起。各杆之间用铰链连接, 杆重不计。试画出下列指定物体受力图:

- (1) 整体;
- (2) 杆  $BC$ ;
- (3) 杆  $CDE$ ;
- (4) 杆  $BDO$  连同滑轮、重物作为一个部件;
- (5) 销钉  $B$ 。

**解** (1) 取整体的分离体, 如图 1.10(b) 所示。先画主动力  $P$ ,