



“十一五”规划理工类主干课程辅导丛书

理论力学

习题与解析

李二丽 陈洪雷 编著

Exercise

&
Analysis

兵器工业出版社

“十一五”规划理工类主干课程辅导丛书

理论力学习题与解析

李二丽 陈洪雷 编著

兵器工业出版社

内 容 简 介

本书根据理论力学课程的最新教学大纲要求,总结作者多年一线授课经验编写而成,书中通过对知识点概念和习题的讲解与分析,帮助读者了解和掌握该课程的难点、要点,提高读者分析问题与解决问题的能力。

全书按照主流教材的章节安排,对理论力学课程内容进行归纳分类。每章分成若干个知识点,每个知识点又分为“要点归纳”和“例题解析”。“要点归纳”是对重要知识点的提炼总结;“例题解析”部分精选出一些具有代表性的例题(包括疑难习题、课程考试试题以及近年考研真题),给出了解题思路与解答步骤,明了解题过程中需要注意的问题。全书最后提供了课程测试题和考研真题各一套,并附有参考答案,以提高读者的应试水平和对知识的综合应用能力。

本书可作为本、专科学学生学习理论力学课程的辅导教材,对准备考研的学生也是一本很好的考研复习资料。书中提供的海量习题为从事课程教学的老师提供了宝贵的教学资源,可供教师作为教学参考。

图书在版编目(CIP)数据

理论力学习题与解析/李二丽,陈洪雷编著. —北京:
兵器工业出版社, 2008. 9

ISBN 978 - 7 - 80248 - 005 - 6

I. 理… II. ①李…②陈… III. 理论力学—高等学校—
解题 IV. 031 - 44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 144470 号

出版发行: 兵器工业出版社
社址邮编: 北京市海淀区车道沟 10 号
100089
经 销: 各地新华书店
印 刷: 北京市鑫山源印刷有限公司
版 次: 2008 年 10 月第 1 版第 1 次印刷
印 数: 1 - 4000

封面设计: 林 陶
责任编辑: 常小虹 何立兵
责任校对: 刘雪连
开 本: 787 × 1092 1/16
印 张: 23.5
字 数: 572 千字
定 价: 38.00 元

(版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换)

前 言

本书是为读者学习理论力学课程而编写的教学辅导书，可帮助读者复习课程的基本内容，检验基础理论和基本概念的掌握程度，培养和提高分析问题、解决问题的能力，力争使读者在学完本书之后，在课程的理解和掌握方面达到一个新的高度。

阅读指南

全书共分 20 章。

第 1 章 主要介绍刚体、平衡和力系的概念，静力学基本公理及推论，以及约束类型、约束反力和受力分析等。

第 2 章 主要介绍平面汇交力系合成的几何法则、力多边形法则，平面汇交力系平衡的几何条件，平面汇交力系合成的解析法，以及平面汇交力系的平衡方程等内容。

第 3 章 主要介绍力对点之矩，合力矩定理与力矩的解析表达式，力偶与力偶矩，同平面力偶的等效定理，以及平面力偶系的合成与平衡条件等内容。

第 4 章 主要介绍力的平移定理，主矢和主矩，平面任意力系向作用面内一点的简化结果及最终结果，平面任意力系的简化结果分析以及固定端约束等内容。

第 5 章 主要介绍空间力系的简化，空间力系平衡条件与平衡方程，及物体重心的计算等内容。

第 6 章 主要介绍静摩擦与动摩擦，考虑滑动摩擦（主要是静滑动摩擦）时单个物体与简单物体系的平衡问题，摩擦角和自锁的概念以及滚动摩擦阻的概念等内容。

第 7 章 主要介绍描述点的运动的三种方法：矢量法、直角坐标法、自然法，点的运动方程，点的运动轨迹，点的速度和加速度等内容。

第 8 章 主要介绍刚体平行移动和刚体绕定轴转动的特征、运动方程、刚体的角速度和角加速度，刚体匀速转动和匀变速转动的特征，转动刚体内各点的速度、切向加速度、法向加速度的概念以及计算方法，齿轮传动、带轮传动的特点及传动比的概念和公式，刚体定轴转动的角速度、角加速度及其刚体上某一点的速度和加速度的矢量表示法等内容。

第 9 章 主要介绍动点、动参考系、定参考系的选取，绝对运动、相对运动、牵连运动的判定，科氏加速度的计算以及运动合成与分解等内容。

第 10 章 主要介绍刚体平面运动的概念、特征及方程，利用基点法、瞬心法及速度投影定理求有关速度的方法，平面运动刚体上任一点的运动以及用基点法求平面图形内各点的加速度等内容。

第 11 章 主要介绍质点动力学的基本方程，三个牛顿定律，矢量形式的微分方程、微分方程在直角坐标轴和自然轴上的投影，以及质点动力学的两类基本问题等内容。

第 12 章 主要介绍动量、质点的动量、质点系的动量，冲量、冲量定理，质点的动量定理：质点系的动量定理、质点系动量守恒定律，质心运动定理：质心运动定理、质心运动



守恒定律等内容。

第13章 主要介绍质点、质点系的动量矩，质点和质点系的动量矩定理，动量矩守恒定律，转动惯量，简单形状物体转动惯量的计算，回转半径（惯性半径），平行轴定理，质点系相对于质心的动量矩定理，以及刚体的平面运动微分方程等内容。

第14章 主要介绍力的功的计算，质点动能、质点系的动能，质点的动能定理、质点系的动能定理，理想约束及内力做功，功率、功率方程，机械效率，势力场、势能，机械能守恒定律等内容。

第15章 主要介绍质点和质点系惯性力，刚体惯性力系、刚体平动以及刚体定轴转动的简化，刚体平面运动的简化，质点和质点系的达朗贝尔原理、动静法，绕定轴转动刚体的轴承约束力等内容。

第16章 主要介绍约束与约束方程、约束分类，虚位移、虚位移与实位移的差别与联系，虚功与理想约束，虚位移原理、广义坐标形式的虚位移原理等内容。

第17章 主要介绍碰撞现象的基本特征、碰撞问题的两点假设、碰撞过程的两个阶段、碰撞的分类、碰撞的恢复因数 e ，碰撞阶段的基本方程、两物体的对心正碰撞、撞击中心等内容。

第18章 主要介绍动力学普遍方程、拉格朗日第一类方程、拉格朗日第二类方程、拉格朗日方程的第一类积分等内容。

第19章 主要介绍质点的无阻尼自由振动、无阻尼自由振动的振动参数、固有频率的求法、衰减振动微分方程的标准形式、衰减振动的振动参数、质点的强迫振动、质点有阻尼强迫振动、有阻尼强迫振动微分方程的标准形式等内容。

第20章 提供了课程测试题和考研真题各一套并给出了参考答案，供读者检验学习成果及进行考前练习。

特色与优点

本书编写的指导思想是：在内容上重视基础理论，覆盖课程所有的基本教学要求；在体系上照顾不同专业学生，反映理论力学面向21世纪教学内容和课程体系改革的成果；在形式上根据教学实践经验和对相关内容的思考理解，简明描述课程的基本知识点、重点和难点内容，使学生迅速掌握重点。

本书每章内容均包括各基本知识点的要点归纳，并精选一些具有代表性的例题，给出了解题思路和分析方法，题后明示了解题中应注意的问题，并精选一定比例的考研真题。这样编写的目的在于：力争使读者在尽可能短的时间内，巩固课程基本概念，加深理解基础理论并融会贯通，熟练掌握基本分析计算方法并举一反三，不断提高读者的应试水平和知识的综合能力。在全书最后给出了一套课程测试题和考研真题。

读者定位

本书可供学习理论力学课程的读者和从事相关课程教学的教师参考，对于准备考研的学生，本书也是一本极好的备考指导。

本书由李二丽、陈洪雷编写，其中李二丽编写了第1~10章，陈洪雷编写了第11~20

章, 全书框架结构由何光明和吴婷拟定。衷心感谢上海交通大学吴婷博士为本书提供了宝贵资料。另外, 还要感谢王珊珊、陈玉旺、许娟、陈芳、范荣钢、钱阳勇、杨明、丁善祥、张凌云、陈智等同志的关心和帮助。

由于编者水平和经验有限, 书中难免会有不妥之处, 敬请广大读者批评指正。

编 者

2008 年 6 月

1.1 绪论	1	1.1 绪论	1
1.2 绪论	1	1.2 绪论	1
1.3 绪论	1	1.3 绪论	1
1.4 绪论	1	1.4 绪论	1
1.5 绪论	1	1.5 绪论	1
1.6 绪论	1	1.6 绪论	1
1.7 绪论	1	1.7 绪论	1
1.8 绪论	1	1.8 绪论	1
1.9 绪论	1	1.9 绪论	1
1.10 绪论	1	1.10 绪论	1
1.11 绪论	1	1.11 绪论	1
1.12 绪论	1	1.12 绪论	1
1.13 绪论	1	1.13 绪论	1
1.14 绪论	1	1.14 绪论	1
1.15 绪论	1	1.15 绪论	1
1.16 绪论	1	1.16 绪论	1
1.17 绪论	1	1.17 绪论	1
1.18 绪论	1	1.18 绪论	1
1.19 绪论	1	1.19 绪论	1
1.20 绪论	1	1.20 绪论	1
1.21 绪论	1	1.21 绪论	1
1.22 绪论	1	1.22 绪论	1
1.23 绪论	1	1.23 绪论	1
1.24 绪论	1	1.24 绪论	1
1.25 绪论	1	1.25 绪论	1
1.26 绪论	1	1.26 绪论	1
1.27 绪论	1	1.27 绪论	1
1.28 绪论	1	1.28 绪论	1
1.29 绪论	1	1.29 绪论	1
1.30 绪论	1	1.30 绪论	1
1.31 绪论	1	1.31 绪论	1
1.32 绪论	1	1.32 绪论	1
1.33 绪论	1	1.33 绪论	1
1.34 绪论	1	1.34 绪论	1
1.35 绪论	1	1.35 绪论	1
1.36 绪论	1	1.36 绪论	1
1.37 绪论	1	1.37 绪论	1
1.38 绪论	1	1.38 绪论	1
1.39 绪论	1	1.39 绪论	1
1.40 绪论	1	1.40 绪论	1
1.41 绪论	1	1.41 绪论	1
1.42 绪论	1	1.42 绪论	1
1.43 绪论	1	1.43 绪论	1
1.44 绪论	1	1.44 绪论	1
1.45 绪论	1	1.45 绪论	1
1.46 绪论	1	1.46 绪论	1
1.47 绪论	1	1.47 绪论	1
1.48 绪论	1	1.48 绪论	1
1.49 绪论	1	1.49 绪论	1
1.50 绪论	1	1.50 绪论	1
1.51 绪论	1	1.51 绪论	1
1.52 绪论	1	1.52 绪论	1
1.53 绪论	1	1.53 绪论	1
1.54 绪论	1	1.54 绪论	1
1.55 绪论	1	1.55 绪论	1
1.56 绪论	1	1.56 绪论	1
1.57 绪论	1	1.57 绪论	1
1.58 绪论	1	1.58 绪论	1
1.59 绪论	1	1.59 绪论	1
1.60 绪论	1	1.60 绪论	1
1.61 绪论	1	1.61 绪论	1
1.62 绪论	1	1.62 绪论	1
1.63 绪论	1	1.63 绪论	1
1.64 绪论	1	1.64 绪论	1
1.65 绪论	1	1.65 绪论	1
1.66 绪论	1	1.66 绪论	1
1.67 绪论	1	1.67 绪论	1
1.68 绪论	1	1.68 绪论	1
1.69 绪论	1	1.69 绪论	1
1.70 绪论	1	1.70 绪论	1
1.71 绪论	1	1.71 绪论	1
1.72 绪论	1	1.72 绪论	1
1.73 绪论	1	1.73 绪论	1
1.74 绪论	1	1.74 绪论	1
1.75 绪论	1	1.75 绪论	1
1.76 绪论	1	1.76 绪论	1
1.77 绪论	1	1.77 绪论	1
1.78 绪论	1	1.78 绪论	1
1.79 绪论	1	1.79 绪论	1
1.80 绪论	1	1.80 绪论	1
1.81 绪论	1	1.81 绪论	1
1.82 绪论	1	1.82 绪论	1
1.83 绪论	1	1.83 绪论	1
1.84 绪论	1	1.84 绪论	1
1.85 绪论	1	1.85 绪论	1
1.86 绪论	1	1.86 绪论	1
1.87 绪论	1	1.87 绪论	1
1.88 绪论	1	1.88 绪论	1
1.89 绪论	1	1.89 绪论	1
1.90 绪论	1	1.90 绪论	1
1.91 绪论	1	1.91 绪论	1
1.92 绪论	1	1.92 绪论	1
1.93 绪论	1	1.93 绪论	1
1.94 绪论	1	1.94 绪论	1
1.95 绪论	1	1.95 绪论	1
1.96 绪论	1	1.96 绪论	1
1.97 绪论	1	1.97 绪论	1
1.98 绪论	1	1.98 绪论	1
1.99 绪论	1	1.99 绪论	1
1.100 绪论	1	1.100 绪论	1

目 录

第 1 章 静力学公理和物体的受力分析 1

- 1.1 知识点 1: 静力学公理 1
- 1.2 知识点 2: 约束、约束反力及物体的受力分析和受力图 2
 - 1.2.1 要点归纳 2
 - 1.2.2 例题解析 4

第 2 章 平面汇交力系 16

- 2.1 知识点 1: 平面汇交力系合成与平衡的两种方法 16
 - 2.1.1 要点归纳 16
 - 2.1.2 例题解析 18

第 3 章 平面力偶系 32

- 3.1 知识点 1: 平面力对点之矩的概念及计算 32
 - 3.1.1 要点归纳 32
 - 3.1.2 例题解析 33
- 3.2 知识点 2: 平面力偶 34
 - 3.2.1 要点归纳 34
 - 3.2.2 例题解析 35

第 4 章 平面任意力系 46

- 4.1 知识点 1: 平面任意力系向作用面内一点简化 46
 - 4.1.1 要点归纳 46
 - 4.1.2 例题解析 48
- 4.2 知识点 2: 平面任意力系的平衡条件和平衡方程 52
 - 4.2.1 要点归纳 52

- 4.2.2 例题解析 54

4.3 知识点 3: 物体系的平衡 61

- 4.3.1 要点归纳 61
- 4.3.2 例题解析 62

4.4 知识点 4: 平面简单桁架的内力计算 86

- 4.4.1 要点归纳 86
- 4.4.2 例题解析 87

第 5 章 空间力系 93

5.1 知识点 1: 空间汇交力系 93

- 5.1.1 要点归纳 93
- 5.1.2 例题解析 94

5.2 知识点 2: 力矩的计算 96

- 5.2.1 要点归纳 96
- 5.2.2 例题解析 97

5.3 知识点 3: 空间力偶 98

- 5.3.1 要点归纳 98
- 5.3.2 例题解析 99

5.4 知识点 4: 空间力系向一点的简化及空间任意力系的平衡条件和平衡方程 101

- 5.4.1 要点归纳 101
- 5.4.2 例题解析 104

5.5 知识点 5: 物体的重心 115

- 5.5.1 要点归纳 115
- 5.5.2 例题解析 116

第 6 章 摩擦力 120

6.1 知识点 1: 滑动摩擦力 120

- 6.1.1 要点归纳 120
- 6.1.2 例题解析 121

6.2 知识点 2: 摩擦角、自锁现象及 摩阻概念	124	10.1.1 要点归纳	201
6.2.1 要点归纳	124	10.1.2 例题解析	205
6.2.2 例题解析	125	10.2 知识点 2: 运动学典型综合题 举例	225
6.3 知识点 3: 考虑摩擦时物体的 平衡	127	10.2.1 要点归纳	225
6.3.1 要点归纳	127	10.2.2 例题解析	227
6.3.2 例题解析	128		
第 7 章 点的运动学	143		
7.1 知识点 1: 点的运动	143	第 11 章 质点动力学的基本 方程	236
7.1.1 要点归纳	143	11.1 知识点 1: 动力学基本定律 ...	236
7.1.2 例题解析	147	11.1.1 要点归纳	236
		11.1.2 例题解析	237
第 8 章 刚体的简单运动	158	11.2 知识点 2: 质点的运动微分 方程	240
8.1 知识点 1: 刚体的平行移动	158	11.2.1 要点归纳	240
8.1.1 要点归纳	158	11.2.2 例题解析	241
8.1.2 例题解析	159		
8.2 知识点 2: 刚体绕定轴的转动 ...	159	第 12 章 动量定理	247
8.2.1 要点归纳	159	12.1 知识点 1: 动量与冲量	247
8.2.2 例题解析	160	12.1.1 要点归纳	247
8.3 知识点 3: 轮系的传动比	173	12.1.2 例题解析	248
8.3.1 要点归纳	173	12.2 知识点 2: 动量定理	250
8.3.2 例题解析	175	12.2.1 要点归纳	250
		12.2.2 例题解析	251
第 9 章 点的合成运动	178	12.3 知识点 3: 质心运动定理 ...	255
9.1 知识点 1: 相对、牵连及绝对 运动	178	12.3.1 要点归纳	255
9.1.1 要点归纳	178	12.3.2 例题解析	256
9.1.2 例题解析	180		
9.2 知识点 2: 点的速度和加速度 合成定理	181	第 13 章 动量矩定理	260
9.2.1 要点归纳	181	13.1 知识点 1: 动量矩与转动惯量 ...	260
9.2.2 例题解析	183	13.1.1 要点归纳	260
		13.1.2 例题解析	261
第 10 章 刚体的平面运动	201	13.2 知识点 2: 动量矩定理	263
10.1 知识点 1: 刚体的平面运动 概述	201	13.2.1 要点归纳	263
		13.2.2 例题解析	264
		13.3 知识点 3: 刚体做定轴转动及平面 运动微分方程	266
		13.3.1 要点归纳	266

13.3.2 例题解析	267	17.1 知识点 1: 关于碰撞问题的基本 知识点	316
第 14 章 动能定理	272	17.2 知识点 2: 碰撞问题举例	318
14.1 知识点 1: 力的功	272	第 18 章 动力学普遍方程和 拉格朗日方程	326
14.2 知识点 2: 动能的概念及动能 定理	273	18.1 知识点 1: 动力学普遍方程 ...	326
14.3 知识点 3: 机械能守恒定律 ...	274	18.1.1 要点归纳	326
14.3.1 要点归纳	274	18.1.2 例题解析	326
14.3.2 例题解析	274	18.2 知识点 2: 拉格朗日方程	328
14.4 知识点 4: 动力学普遍定理的 综合举例	282	18.2.1 要点归纳	328
14.4.1 要点归纳	282	18.2.2 例题解析	329
14.4.2 例题解析	283	第 19 章 机械振动基础	343
第 15 章 达朗贝尔原理 (动静法)	289	19.1 知识点 1: 单自由度系统的自由 振动	343
15.1 知识点 1: 达朗贝尔原理	289	19.1.1 要点归纳	343
15.1.1 要点归纳	289	19.1.2 例题解析	347
15.1.2 例题解析	290	第 20 章 课程测试及考研真题 ...	354
15.2 知识点 2: 刚体惯性力系的 简化	292	20.1 课程测试	354
15.2.1 要点归纳	292	20.2 课程测试参考答案	358
15.2.2 例题解析	293	20.3 重点大学硕士研究生入学考试 试题	362
第 16 章 虚位移原理	301	20.4 重点大学硕士研究生入学考试 试题参考答案	365
16.1 知识点 1: 虚位移原理	301	参考文献	367
16.1.1 要点归纳	301		
16.1.2 例题解析	303		
第 17 章 碰撞	316		

第1章 静力学公理和物体的受力分析

【**基本知识点**】刚体、平衡和力系的概念；等效力系；静力学公理：力的平行四边形法则、二力平衡条件、加减平衡力系原理、作用与反作用、刚化原理；自由体与非自由体的概念；约束与约束力以及约束力与主动力的区别；几种类型的约束；物体的受力分析和受力图；二力杆的概念及受力特征。

【**重点**】平衡、刚体、力等基本概念和静力学公理；约束类型及约束反力；受力分析、画受力图。

【**难点**】准确理解静力学公理；掌握常见约束的特点及正确画出约束反力。

1.1 知识点1：静力学公理

1. 基本概念

(1) 静力学：研究物体在力系作用下的平衡条件的学科。

(2) 力：物体间相互的机械作用，这种作用使物体的机械运动状态发生变化。

① 力的三要素：力的大小、方向、作用点。

② 力是定位矢量。

③ 在国际单位制中力的单位是牛顿 (N)。

④ 力的分类。

约束力：各种约束物体提供的作用力。

主动力：除约束力之外的其他力。

外力：来自物体系统外部的作用力。

内力：物体系统内部物体之间的相互作用力。

集中力：当力的作用面积很小时，可以近似地看成作用在一个点上，称为集中力。

均布力：当力的作用面积较大时，称其为均布力。

(3) 力的效应。

① 力的内效应：受力物体的形状发生改变称为力的内效应。

② 力的外效应：受力物体的运动状态发生变化称为力的外效应。

(4) 力系：作用在同一个物体上的一群力。

(5) 平衡：物体相对于惯性参考系（如地面）保持静止或做匀速直线运动。

(6) 平衡力系：若物体在某力系作用下保持平衡，称此力系为平衡力系。

(7) 刚体：物体在力的作用下，其内部任意两点之间的距离始终保持不变，是一种理



想化的力学模型。

(8) 等效力系：若两个力系对同一物体的效应相同，称这两个力系互为等效力系。

(9) 合力：若一个力与一个力系等效，称此力为该力系的合力。

2. 静力学公理

(1) 平行四边形公理：作用于刚体上同一点的两个力的合力仍作用在该点上，其合力的大小和方向是以此两力为邻边所作平行四边形的对角线。

(2) 二力平衡公理：作用在刚体上的两个力，使刚体保持平衡的必要充分条件是两个力等值、反向、且共线。

(3) 加减平衡力系公理：在已知力系上加上或减去任意的平衡力系，并不改变原力系对刚体的作用。

(4) 作用和反作用公理：作用力与反作用力总是同时存在，等值、反向、共线、且分别作用在两个相互作用的物体上。

(5) 刚化原理：变形体在某一力系作用下处于平衡，如将此变形体置换为刚体，则平衡状态保持不变。

3. 两个推论

(1) 力的可传性：作用在刚体上某点的力，可以沿着它的作用线移到刚体内任一点，并不改变该力对刚体的作用。

(2) 三力平衡汇交定理：作用于刚体上三个相互平衡的力，若其中两个力的作用线汇交于一点，则此三力必在同一平面内，且第三个力的作用线通过汇交点。

注意：二力平衡公理及力的可传性推理的受力物体都是刚体；作用和反作用公理中的两个力分别作用在不同的物体上。

1.2 知识点 2：约束、约束反力及物体的受力和受力图

1.2.1 要点归纳

1. 基本概念

(1) 自由体：位移不受限制的物体。

(2) 非自由体：位移受到限制的物体。

(3) 约束：对非自由体的某些位移起限制作用的周围物体。

(4) 二力杆：只在两个力作用下平衡的构件，称为二力构件，简称二力杆。

(5) 约束反力：约束对被约束物体的反作用力；约束反力的方向必与该约束所能够阻碍的位移方向相反。

(6) 物体的受力图：表示物体所受全部外力的简明图形。

2. 几种约束的约束反力特点

- (1) 光滑接触面：其约束反力沿接触点的公法线，指向被约束物体。
- (2) 柔软且不可伸长的绳索：其约束反力为沿绳索方向的一个拉力，该力背离被约束物体。
- (3) 固定铰支座：其约束反力与光滑圆柱铰链相同。
- (4) 可动铰支座：其约束反力与光滑接触面类似，垂直于光滑支撑面。
- (5) 光滑球铰链：其约束反力过球心，通常用空间的三个正交分力表示。
- (6) 止推轴承：其约束反力与光滑球铰链类似，通常用空间的三个正交分力表示。
- (7) 链杆约束（二力构件）：其约束反力沿链杆两端铰链的中心的连线。
- (8) 固定端约束（插入端约束）：其约束反力在平面情况下，通常用两正交分力和一个力偶表示；在空间情况下，通常用空间的三个正交分力和空间的三个正交力偶表示。

以上几种约束及约束反力如图 1.1 所示。

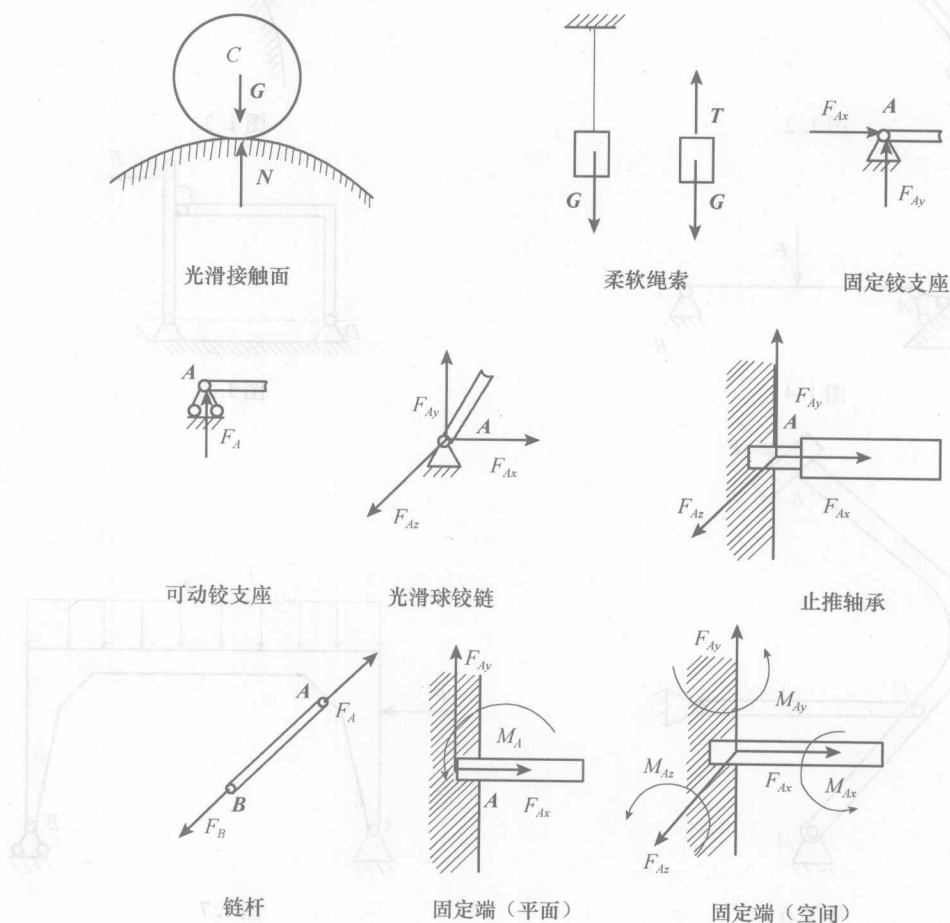


图 1.1

3. 受力分析

- (1) 研究对象：所确定的被研究的物体，并把它与周围的物体分离开，即为隔离体。

(2) 受力图：在隔离物体上画出全部主动力与约束反力的简图。

(3) 受力分析：确定研究对象，画出研究对象上受到的全部主动力与约束反力的过程称为受力分析。

1.2.2 例题解析

【例 1-1】画出图 1.2 ~ 图 1.7 中各物体标有 A , ABC 或构件 AB , AC 的受力图。所有接触处均为光滑接触，未画重力的各物体的自重不计。

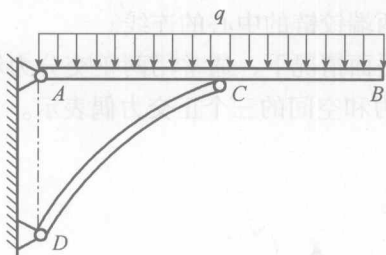


图 1.2

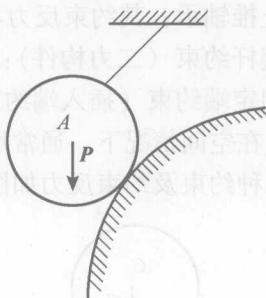


图 1.3

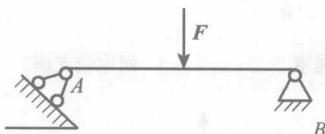


图 1.4

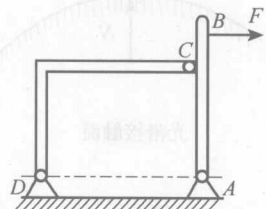


图 1.5

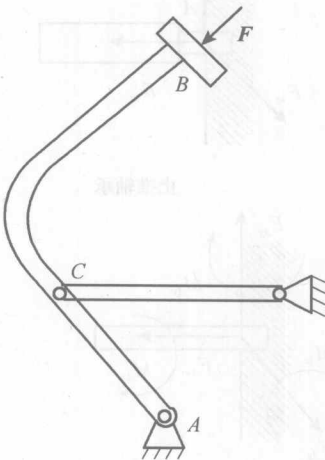


图 1.6

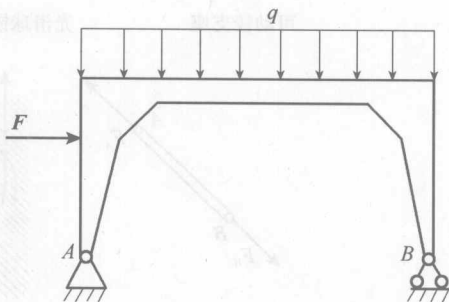


图 1.7

解：上述指定物体的受力图分别如图 1.2 (a) ~ 1.7 (a) 所示，其中虚线表示拆除的物体。

图 1.2 曲杆 CD 是二力杆，由二力杆的受力特点可知 C 点的受力方向， A 处是固定铰支，受两个互相垂直方向的约束，如图 1.2 (a) 所示。

图 1.3 考察两种类型约束的约束反力的受力特点，绳子的受力方向总是沿着绳子收缩的方向，圆与圆弧接触属于点接触，受力方向垂直于圆与圆弧的共切线，如图 1.3 (a) 所示。

图 1.4 考察三力汇交公理，首先判别 A 支座的受力方向，再根据三力汇交求出 B 支座的受力方向，如图 1.4 (a) 所示。

图 1.5 杆 CD 是二力杆，受力图如图 1.5 (a) 所示。

图 1.6 考察两种支座的受力特点，受力图如图 1.6 (a) 所示。

图 1.7 考察二力杆和三力汇交公理，受力图如图 1.7 (a) 所示。

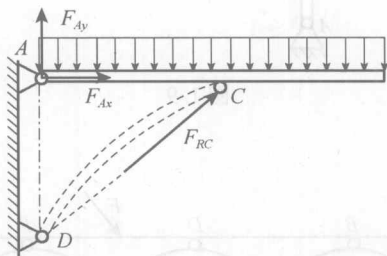


图 1.2 (a)

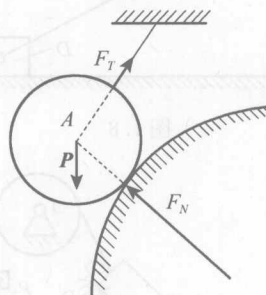


图 1.3 (a)

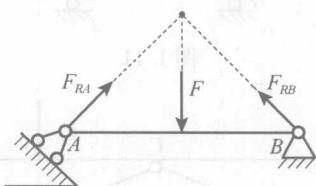


图 1.4 (a)

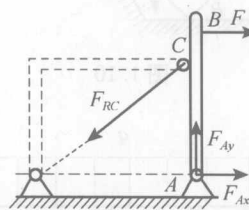


图 1.5 (a)

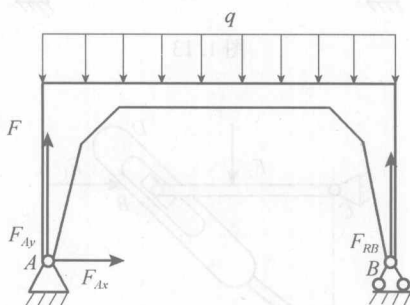


图 1.6 (a)

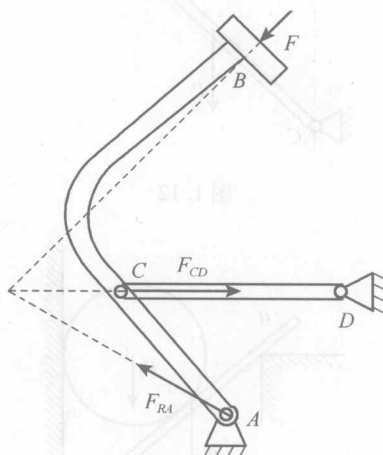


图 1.7 (a)

点评：二力杆并不一直都是直杆，有可能是曲杆。另外，二力杆的受力方向是沿着二力杆两个端点连线的方向。

【例 1-2】画出图 1.8 ~ 图 1.17 每个标注字符的物体（不包含销钉与支座）的受力图与系统整体受力图。题目中没有画出重力的各物体的自重不计，所有接触处均为光滑接触。

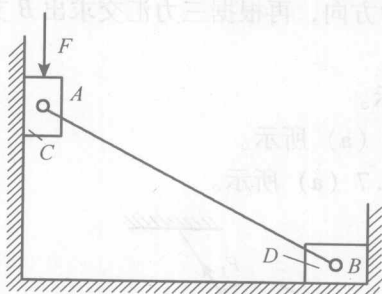


图 1.8

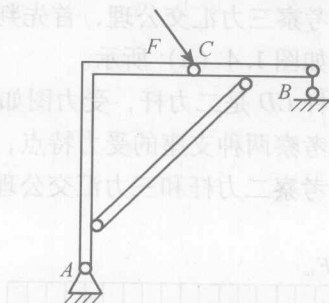


图 1.9

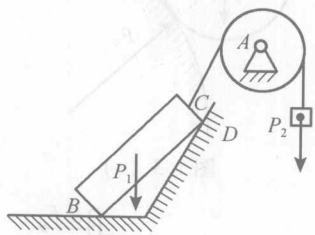


图 1.10

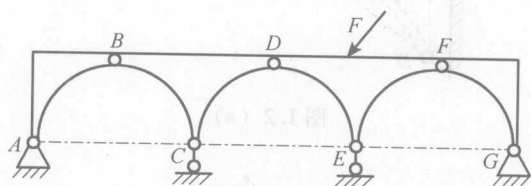


图 1.11

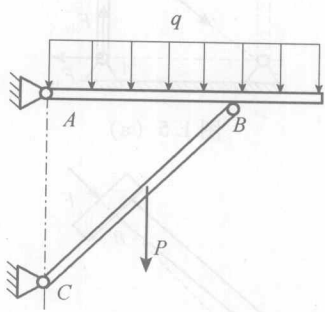


图 1.12

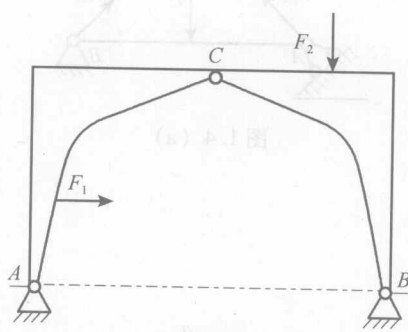


图 1.13

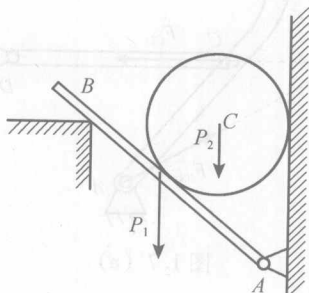


图 1.14

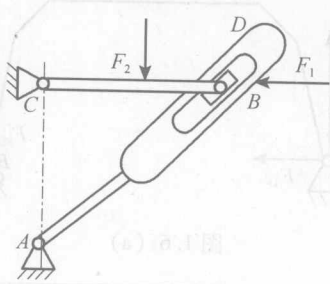


图 1.15

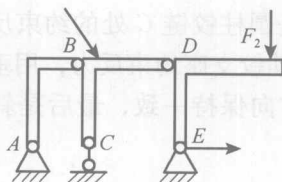


图 1.16

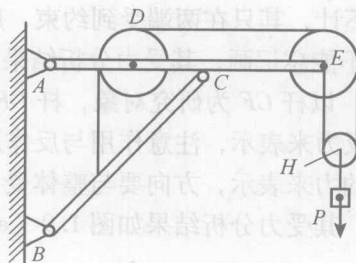


图 1.17

解：图 1.8，该机构由三个构件组成，杆件 AB ，滑块 C 和 D ， A 、 B 处为圆柱铰链，主动力只有一个 F ，严格按照约束的类型，解除约束代之以相应的约束反力。

首先，取整体为研究对象，画出主动力 F ，解除墙壁给滑块 C 和 D 的约束，分别用垂直于墙壁的力来表示约束反力。受力分析结果如图 1.8 (a) 左图所示。

其次，取滑块 C 为研究对象，其受到来自墙壁和杆 AB 的约束，还要画杆 AB 的约束反力。滑块 D 的受力图同理可以画出，如图 1.8 (a) 所示。

最后，以杆 AB 为研究对象，由于不考虑其重力，杆 AB 只在 A 、 B 两处受到约束力处于平衡状态，因此杆 AB 属于二力杆。所以 A 、 B 两端的受力一定沿着 A 、 B 的连线方向。受力分析结果如图 1.8 (a) 所示。

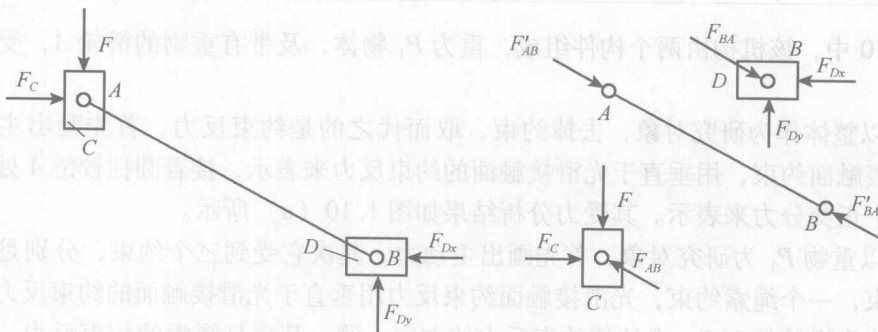


图 1.8 (a)

注意：图 1.8 中， AB 是二力杆。

图 1.9，该机构由三个构件组成，杆 AC 和杆 CF 以及一个斜杆， A 处属于固定约束， B 处属于可动铰支座约束， C 处属于圆柱铰链，整个机构受到一个作用于 C 处的集中力 F ，按照约束的类型，解除约束代之以相应的约束反力。

(1) 以整体为研究对象，画出主动力 F ， A 处的固定约束反力，用一对相互正交的分力来表示， B 处约束反力用一个垂直于光滑支承面的约束力来表示，其受力分析结果如图 1.9 (a) 所示。

(2) 以杆 AC 为研究对象，该杆在三处受力，一是固定铰支座 A 的固定约束反力，用一对正交分力来表示，方向要与整体受力图中 A 处的约束反力方向保持一致，二是圆柱铰链 C 处的约束反力，同样用一对相互正交的分力来表示，最后是斜杆作用处的约束反力，由于斜



杆自重不计，其只在两端受到约束，所以它是二力杆，所以约束力的方向沿着斜杆方向，主动力 F 不能忘记画，其受力分析结果如图 1.9 (a) 所示。

(3) 以杆 CF 为研究对象，杆 CF 受到三处约束，一是圆柱铰链 C 处的约束反力，用一对正交反力来表示，注意作用与反作用的关系，其次是可动铰支座约束反力，用垂直于光滑接触面的力来表示，方向要与整体受力图 B 的约束反力方向保持一致，最后是斜杆处的约束反力。其受力分析结果如图 1.9 (a) 所示。

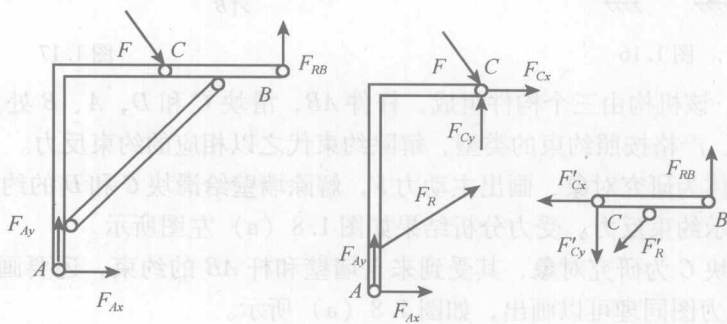


图 1.9 (a)

注意：图 1.9 中，铰 C 由于受到外力 F 的作用，因此 AC 杆不是二力杆。

图 1.10 中，该机构由两个构件组成，重为 P_1 物体，及带有重物的滑轮 A ，受到两个主动力。

(1) 以整体作为研究对象，去掉约束，取而代之的是约束反力，首先画出主动力，有两个光滑接触面约束，用垂直于光滑接触面的约束反力来表示，接着圆柱铰链 A 处的约束反力，用两个正交分力来表示。其受力分析结果如图 1.10 (a) 所示。

(2) 以重物 P_1 为研究对象，首先画出主动力，其次它受到三个约束，分别是两个光滑接触面约束，一个绳索约束，光滑接触面约束反力用垂直于光滑接触面的约束反力表示，方向要与整体光滑接触面 B 、 C 处的约束反力的方向一致，其次是绳索的约束反力，用沿着绳索收缩的方向一个力表示。其受力分析结果如图 1.10 (a) 所示。

(3) 以滑轮为研究对象，首先画出主动力，其次它受到两个约束，一是 A 处圆柱铰链约束反力，用两个正交分力表示，注意方向与整体受力分析图中的 A 处的约束反力方向一致，二是绳索约束反力，注意作用力与反作用力，其受力分析结果如图 1.10 (a) 所示。

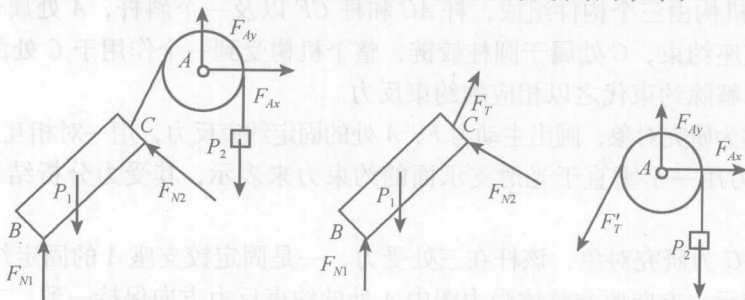


图 1.10 (a)