



大学课程学习与考研
全程辅导系列丛书

名师教案
名师课堂
名师释疑
名师再现

名师 大课堂

理论力学

程 靳 主编
程燕平 袁家欣 编写



科学出版社
www.sciencep.com

内 容 简 介

本书是“理论力学”课程的参考书,可作为读者理论力学学习阶段或复习与考研阶段的辅导书。本书包括现在通行的“理论力学”课程的所有内容,各章编写的框架完全相同,分为知识结构框图、重点、难点、典型例题精解、习题精选5部分。习题精选部分的每道题均给出了答案与解题提示,并选编了10套模拟试卷且给出了答案。本书在提高学生解题能力方面下了较大功夫。

本书可作为大学本科与职业技术学院的学生学习理论力学的参考书,也可供考研者和青年教师参考。

图书在版编目(CIP)数据

理论力学名师大课堂/程靳主编;程燕平,袁家欣编写. —北京:科学出版社,2006

(大学课程学习与考研全程辅导系列丛书)

ISBN 7-03-017164-0

I. 理… II. ①程…②程…③袁… III. 理论力学-高等学校-教学参考资料 IV. O31

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 038283 号

责任编辑:资丽芳 段博原 于宏丽/责任校对:包志虹

责任印制:张克忠/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006年8月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2006年8月第一次印刷 印张:22

印数:1—4 500 字数:501 000

定价:28.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换<明辉>)

《大学课程学习与考研全程辅导系列丛书》出版说明

2006年教育部公布的最新数字显示：目前全国拥有普通高等学校1550余所；全国各级各类高等院校在校生总数超过2000万；高等教育已基本实现了由精英化向大众化的转变。

高等院校扩大招生，一方面极大地满足了我国社会主义建设对高素质人才的迫切需求，为当代青年的成才和发展提供了更高更好的平台；另一方面，其造成的最直接的矛盾就是招生与就业的矛盾。如何提高学习效果、培养科学的思维方法和解题能力、增强自身就业竞争力是广大学子面临的最为迫切的问题。为此，我们在北京地区的高校中进行了大量设计严密的，包括对教师、学生、课程、教材等各方面信息的调研，结果发现：名师的指点和加强自修练习成为解决上述问题最重要的选项。

基于上述原因，我们组织策划了本套丛书，同时面向全国重点高校遴选并约请长期在教学第一线的优秀教师，尤其是国家级教学名师和省级教学名师，来参与本套丛书的编写工作。一方面希望能使广大学子们受益于这些名师丰富的教学经验并掌握学习技巧，同时也给在教学第一线工作的青年教师们以示范和启发。

本套丛书将针对大学本科课程的学习与考研对学生进行全程辅导，考虑到学生在学习的不同阶段、不同层次的不同需要，该套丛书将分成如下两个系列：

第一层次：“名师大课堂”系列——辅助课程学习，应对各种考试。

第二层次：“考研大串讲”系列——针对考研复习，帮助考生备考。

本套丛书的编写主要具有以下特点：

【定位明确，针对性强】本丛书针对不同的读者定位对课程学习的全程进行了科学的安排，分为课程学习和考研辅导两个层次。课程学习的指导部分重在帮助学生掌握知识要点，增强分析问题及解决问题的能力；考研辅导部分重在帮助参加研究生入学考试的学生掌握课程考点，迅速提高应试能力。

【名师开讲，经验丰富】本丛书充分挖掘优秀的教师资源，从全国各重点高校中约请经验丰富的任课教师参加编写，从基本知识到重点、难点进行全程讲解，对学生容易出错的地方进行分析，指导效果显著。

【源于基础，构建网络】本丛书在深入挖掘学科知识点的基础上，梳理各部分知识间的内在联系，把零散、孤立的知识交汇，编制成具有系统性、条理性的网络结构，使学生能够在解决问题时迅速地检索、提取和应用。

【全程优化，科学设计】本丛书根据学生学习的特点和要求，设计了不同的单元和模块，从知识点的归纳到理解再到运用，层层加深学生理解的程度，最终使学生能够达到熟练掌握所学知识并能灵活应用的目的。

【循序渐进，逐级提升】本丛书遵循由浅入深、由易到难、由简到繁的原则，例题和习题都设置了科学、合理的梯度与坡度，能够兼顾不同层次和水平的学生，使之成为

学生们十分有用而必备的学习工具。

我们相信，本套丛书的出版一定能够为提高我国高等教育的教学质量做出应有的贡献。

科学出版社高等教育分社

2006 年 5 月

前 言

理论力学是工科院校里一门重要的技术基础课,其理论性与实践性都较强。实践性在学习阶段体现在做题上,即必须完成与掌握一定数量的习题才能很好地掌握该课程的内容。理论力学课程的“理论易懂掌握难”或说“理论易懂做题难”的特点非常明显,随着大学的扩招,精英化教育向平民化、大众化教育的转变,此特点就体现得更明显。在这种情况下,科学出版社策划出版“大学课程学习与考研全程辅导系列丛书”,以满足新形势的需要,我们有幸被选中编写其中的理论力学部分,所以才有了此书。

在本书中,每章都由相同的结构组成,浏览目录便可知。在知识结构框图部分,力图简洁、清晰地给出每一章的主要知识结构与脉络,以利于读者对每章知识的整体把握。在重点部分,给出每一章的重点,并力图对读者不易掌握、理解易出偏差的方面给出指点、提示或注意等。在难点部分,指出难点,同样力图对难点给出解释,使读者易于掌握。在典型例题精解部分,力图选出典型例题,在每道题前先给出提示再求解,对言犹未尽之处,在题后再给出提示或注意等。在习题精选部分,力图做到精选,使题量既不至太大,又不遗漏题型,并对每道题都给出了参考答案与提示。对模拟试题部分,筛选、组织与选编了哈尔滨工业大学与其他学校近几年的试题,限定了做题(考试)时间,并给出了每道题的答案。为突出理论力学课程考试的重点,对物体系的平衡问题、运动学综合应用问题、动力学普遍定理综合应用问题均单列出一章,以引起读者的注意。

本书各章的编写人员如下:第1~3、3*、4、5、16~18章由程燕平编写,第6~9、9*章由袁家欣编写,第10~13、13*、14、15章由程靳编写,模拟试题由程燕平和袁家欣筛选、组织与选编。本书由程靳教授主编,程燕平教授统稿。

尽管我们付出了努力,书中仍难免有不妥之处,欢迎读者批评指正。

编 者

2005年12月

目 录

第 1 章 静力学公理和物体的受力分析	1
1.1 名师指点	1
1.1.1 知识结构框图	1
1.1.2 重点	1
1.1.3 难点	3
1.2 名师课堂	3
1.2.1 典型例题精解	3
1.2.2 习题精选	6
第 2 章 平面汇交力系与平面力偶系	10
2.1 名师指点	10
2.1.1 知识结构框图	10
2.1.2 重点	10
2.1.3 难点	11
2.2 名师课堂	11
2.2.1 典型例题精解	11
2.2.2 习题精选	17
第 3 章 平面任意力系	23
3.1 名师指点	23
3.1.1 知识结构框图	23
3.1.2 重点	24
3.1.3 难点	25
3.2 名师课堂	25
3.2.1 典型例题精解	25
3.2.2 习题精选	29
第 3* 章 物体系的平衡问题	33
3*.1 名师指点	33
3*.1.1 知识结构框图	33
3*.1.2 重点	33
3*.1.3 难点	33
3*.2 名师课堂	33
3*.2.1 典型例题精解	33
3*.2.2 习题精选	41
第 4 章 空间力系	47
4.1 名师指点	47

4.1.1	知识结构框图	47
4.1.2	重点	48
4.1.3	难点	49
4.2	名师课堂	49
4.2.1	典型例题精解	49
4.2.2	习题精选	53
第5章	摩擦	59
5.1	名师指点	59
5.1.1	知识结构框图	59
5.1.2	重点	59
5.1.3	难点	60
5.2	名师课堂	60
5.2.1	典型例题精解	60
5.2.2	习题精选	65
第6章	点的运动学	72
6.1	名师指点	72
6.1.1	知识结构框图	72
6.1.2	重点	72
6.1.3	难点	72
6.2	名师课堂	73
6.2.1	典型例题精解	73
6.2.2	习题精选	78
第7章	刚体的简单运动	84
7.1	名师指点	84
7.1.1	知识结构框图	84
7.1.2	重点	84
7.1.3	难点	86
7.2	名师课堂	86
7.2.1	典型例题精解	86
7.2.2	习题精选	91
第8章	点的合成运动	96
8.1	名师指点	96
8.1.1	知识结构框图	96
8.1.2	重点	96
8.1.3	难点	97
8.2	名师课堂	98
8.2.1	典型例题精解	98
8.2.2	习题精选	109

第 9 章 刚体的平面运动	117
9.1 名师指点	117
9.1.1 知识结构框图	117
9.1.2 重点	117
9.1.3 难点	120
9.2 名师课堂	121
9.2.1 典型例题精解	121
9.2.2 习题精选	129
第 9* 章 运动学综合应用	134
9*.1 名师指点	134
9*.1.1 知识结构框图	134
9*.1.2 重点	134
9*.1.3 难点	134
9*.2 名师课堂	134
9*.2.1 典型例题精解	134
9*.2.2 习题精选	145
第 10 章 质点动力学基本方程	151
10.1 名师指点	151
10.1.1 知识结构框图	151
10.1.2 重点	151
10.1.3 难点	151
10.2 名师课堂	151
10.2.1 典型例题精解	151
10.2.2 习题精选	153
第 11 章 动量定理	155
11.1 名师指点	155
11.1.1 知识结构框图	155
11.1.2 重点	155
11.1.3 难点	155
11.2 名师课堂	156
11.2.1 典型例题精解	156
11.2.2 习题精选	159
第 12 章 动量矩定理	162
12.1 名师指点	162
12.1.1 知识结构框图	162
12.1.2 重点	162
12.1.3 难点	163
12.2 名师课堂	163
12.2.1 典型例题精解	163

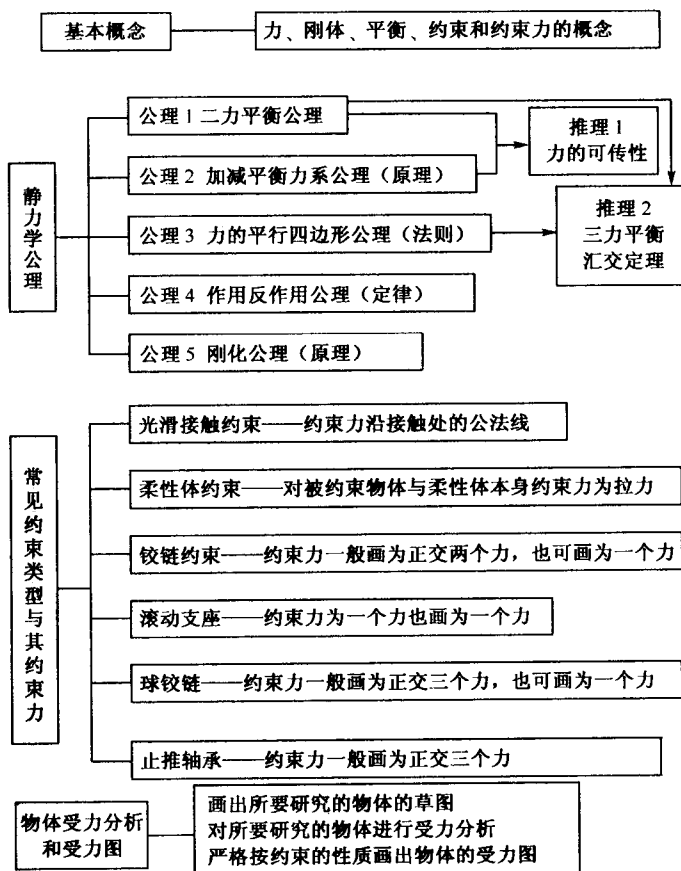
12.2.2 习题精选	169
第 13 章 动能定理	174
13.1 名师指点	174
13.1.1 知识结构框图	174
13.1.2 重点	174
13.1.3 难点	175
13.2 名师课堂	175
13.2.1 典型例题精解	175
13.2.2 习题精选	184
第 13* 章 动力学普遍定理综合应用	189
13*.1 名师指点	189
13*.1.1 知识结构框图	189
13*.1.2 重点	189
13*.1.3 难点	189
13*.2 名师课堂	190
13*.2.1 典型例题精解	190
13*.2.2 习题精选	201
第 14 章 达朗贝尔原理	208
14.1 名师指点	208
14.1.1 知识结构框图	208
14.1.2 重点	208
14.1.3 难点	209
14.2 名师课堂	209
14.2.1 典型例题精解	209
14.2.2 习题精选	216
第 15 章 虚位移原理	221
15.1 名师指点	221
15.1.1 知识结构框图	221
15.1.2 重点	221
15.1.3 难点	221
15.2 名师课堂	222
15.2.1 典型例题精解	222
15.2.2 习题精选	229
第 16 章 碰撞	233
16.1 名师指点	233
16.1.1 知识结构框图	233
16.1.2 重点	233
16.1.3 难点	234
16.2 名师课堂	234

16.2.1 典型例题精解	234
16.2.2 习题精选	239
第 17 章 分析力学基础	243
17.1 名师指点	243
17.1.1 知识结构框图	243
17.1.2 重点	243
17.1.3 难点	244
17.2 名师课堂	244
17.2.1 典型例题精解	244
17.2.2 习题精选	249
第 18 章 机械振动基础	255
18.1 名师指点	255
18.1.1 知识结构框图	255
18.1.2 重点	256
18.1.3 难点	257
18.2 名师课堂	257
18.2.1 典型例题精解	257
18.2.2 习题精选	260
参考文献	267
附录 A 模拟试卷	268
附录 B 精选习题参考答案	291
附录 C 模拟试卷参考答案	335

第 1 章 静力学公理和物体的受力分析

1.1 名师指点

1.1.1 知识结构框图



1.1.2 重点

1. 掌握力、力的三要素、刚体、力的可传性、力系、平衡等几个基本概念

指点: 对这些基本概念, 不用去背其文字表述, 只要理解或了解了就可以了。

2. 掌握静力学 5 条公理与两条推理(论)

指点 1: 对这 5 条公理与两条推理(论), 也不用去背其文字表述, 只要理解了就可以了。

指点 2:在以后实际做题中,要注意二力平衡公理(条件)的应用,其是判断二力构件(杆)的主要依据。还要注意作用反作用公理(定律)的应用,其主要用在画受力图中,在分开画两相邻构件的受力图时,一定要注意作用反作用公理(定律)的应用。对平行四边形公理(法则)、加减平衡力系公理(原理)与刚化公理(原理),其一般主要用于理论推导,实际做题一般不怎么用。对力的可传性这个推理(论),其理论应用与实际应用都比较简单。对三力平衡汇交定理这个推理(论),有时做题时要用到,主要用于用几何法做平面汇交力系的题目时。

3. 掌握各种约束的类型与约束力的画法

(1)对光滑接触的指点:对光滑接触,其接触处可能是一个面、一条线或一个点,但不管是哪种接触,均考虑其总体作用效果,其约束力为一个力,且作用线均沿着接触处的公法线,指向被约束的物体,此时约束力的方向不要假定。

(2)对柔性约束的指点:对柔性体约束,其约束力对被约束物体只能是拉力,而不能是压力,对柔性体本身,其只能承受拉力,而绝不会是压力。

(3)对光滑铰链约束的指点:光滑铰链约束其约束力实质是一个力,一般若根据判断能画为一个力时,如根据二力平衡公理、三力平衡汇交定理、力偶的性质等,就画为一个力,如不能判断出画为一个力或画为一个力不方便时,则画为正交的两个力。在实际做题时,画为正交的两个力的时候居多。当然,也不全是按水平与铅直方向画为正交的两个力。极个别的情况也可以画为斜交的两个力。至于怎么画,这主要看解题方便而定。

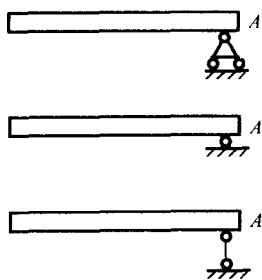


图 1-1 滚动支座
约束的符号

(4)对滚动支座约束的指点:滚动支座约束可属光滑约束一类,其总体效果为一个力。注意:图 1-1 所示表示滚动支座约束的符号具有同等的含义,理论力学里所讲的约束大多是双面约束,即有时求出的力为负,此时可认为滚动支座约束为一二力杆约束或双面约束,当然,大多数情况下求出的约束力为正值。

(5)对球铰链约束的指点:球铰链和(3)中所讲的铰链均是铰链,其约束特点是均不能限制被约束物体的转动,约束力实质均为一个力,当能画为一个力或画为一个力方便时,则画为一个力,当不能画为一个力或画为一个力不方便时,球铰链应画为空间正交的三个力,而铰链应画为正交的两个力。

(6)对止推轴承约束的指点:与止推轴承对应的有径向轴承,径向轴承一般简化为铰链约束,可画为一个力或两个力,而止推轴承则和球铰链类似,且一般均画为空间正交的三个力。

4. 脑子里正确进行受力分析,书面上正确画出受力图

指点 1:进行受力分析过程是在脑子里进行的,做题时一般不要说出来也不要写出来,只要画出正确的受力图即可。

指点 2:受力分析与画受力图时,一般要严格按约束的性质来画,不要根据主观想像猜测来画,主观想像猜测有时是对的,但有时又往往是不对的,初画受力图时要注意这

一点。

指点 3:画受力图时,要把主动力与约束力全画上,有的同学往往单画约束力而不画主动力,这是不对的。

指点 4:对物体系的受力图问题,要画每个物体或部分物体的受力图时,一定要取出相应的分(隔)离体,画出其简图,不要把各个构件混在一起画受力图。

1.1.3 难点

正确地进行受力分析,最后正确地画出受力图。

指点:正确地画出物体的受力图,是静力学、动力学分析和解决其他力学问题关键的第一步,一定要给予足够的重视。现在一般考试时,单独画受力图或给出错误的受力图而让改正的题目很少,但这是一个基本训练,读者可酌情掌握。

1.2 名师课堂

1.2.1 典型例题精解

例 1 如图 1-2(a)所示,不计 AB 杆自重,在其中点作用一垂直力 F , B 处为光滑接触,要求画出 AB 杆的受力图。

名师提示 这是一个单个物体的受力图问题,注意到 B 处为光滑接触,其约束力的作用线应沿着接触处的公法线且指向左。考虑到 A 处为铰链约束,其约束力可画为正交两力,其受力图可画为如图 1-2(b)所示, A 处约束力一般按常规坐标轴画为图示沿坐标轴正向。考虑到 AB 杆在三个力作用下平衡,且有两个力的作用线交于一点,也可按三力汇交画成受力图,如图 1-2(c)所示, A 处约束力可假定如图所示方向,也可画为相反方向

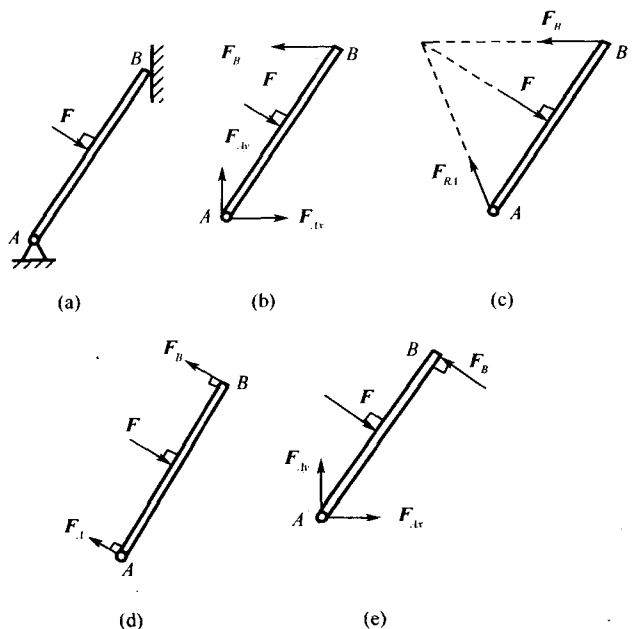


图 1-2 例 1 图

(略)。

画物体受力图时,先要进行受力分析,再画出受力图,但正如前面所述,做题时分析过程不必说出或用文字写出,如老师所讲或书上所写一样,只要画出正确的受力图即可,这一点在平时做作业与考试均适用,以后不再说明。

解 正确受力图如图 1-2(b)和图 1-2(c)所示。

提问 1 对此题,能不能按直观或主观想像,若 B 处无障碍物,则 AB 杆将沿顺时针方向倒下,所以 B 处约束力应为图 1-2(d)所示方向,按三力平行受力图画为如图 1-2(d)所示? 或画为如图 1-2(e)所示? (答案:这两个受力图均不正确)。

提问 2 若考虑 AB 杆的自重且为均质杆,其受力图该如何画? 若一定要求按三力平衡汇交画受力图,则受力图能否画出? 如何画? (答案与图略)。

例 2 如图 1-3(a)所示,重为 P_1 的水平梁 AB 由不计自重的斜杆 CD 支撑, B 处固定一重为 P_2 的电动机,要求画出斜杆 CD 与水平梁 AB 的受力图。

名师提示 此题看似一物体体系的受力图问题,但可说是单个物体的受力图问题,因为不计斜杆 CD 的自重,斜杆 CD 在 C 、 D 两处受两个力作用而平衡,由二力平衡公理,此为一二力杆,由直观判断此杆受压,受力图画为如图 1-3(b)所示。则梁 AB 的受力如图 1-3(c)所示。

对此题,注意 D 处作用力与反作用力的画法,对作用力与反作用力,在画受力图时,其在图上一定要画为反向,对其他题目也是如此。

解 题目要求受力图如图 1-3(b)和图 1-3(c)所示。

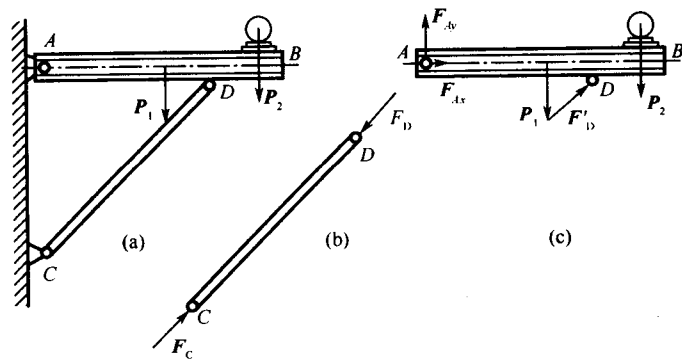


图 1-3 例 2 图

提示 对此题,直观判断出 CD 杆受压,受力图画为图 1-3(b)所示,但也可画为相反方向,即画为 CD 杆受拉,受力图也是正确的,图略。

提问 对此题,若不考虑 AB 梁的自重或电动机的自重,受力图该如何画? 若考虑 CD 杆的自重,受力图又该如何画? (受力图,略)。

例 3 如图 1-4(a)所示结构,不计各构件自重,要求画出各构件受力图、整体受力图及 ACO 与 CED 为一体的受力图。

名师提示 此题属于物体体系的受力图问题。注意要画各构件的受力图,必须先分别取出各构件为分离体,画出各构件的简图,对各构件进行受力分析,然后分别画出其受力

图。对其他物体体系的受力图问题,也应如此对待,以后不再说明。

注意 对此题,题目虽然没有说明,但 E 处约束为一固结在水平杆上的销钉,其套在 AEB 构件的光滑狭长槽中,与 A 、 C 、 O 、 B 处的铰链不同,其属于光滑接触约束,不能看作为铰链约束。

在以后做题时,有时需要取整体或某部分为研究对象画受力图,此时要注意内力与外力的区别,属于内力的则一定不要把内力画在受力图上,如整体受力图 1-4(e) 中 A 、 C 、 E 处, ACO 与 CED 为一体的受力图 1-4(f) 中 C 处。

解 题目所要求各受力图分别如图 1-4 所示。

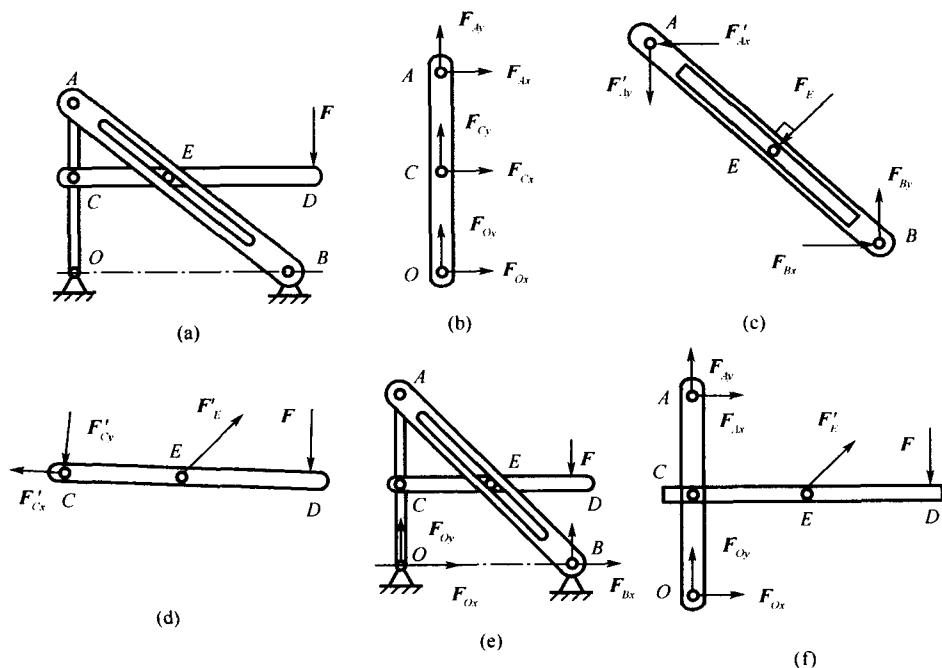


图 1-4 例 3 图

提问 构件 CED 能否按三力汇交画出其受力图? (答案:可以,但对实际求解并不方便,所以一般不按三力汇交画。)

又问 构件 ACO 、 AEB 实际也受三个力作用,但能不能找出三力汇交点? 能否按三力汇交画出其受力图? (答案:不可以。)

例 4 如图 1-5(a) 所示结构,不计各构件自重,物重为 P ,销钉 B 穿透 BD 杆、 BCA 杆与滑轮 I,绳的一端拴在销钉 B 上。要求画出各构件受力图,销钉 B 受力图,销钉 B 与滑轮 I 为一体的受力图,杆 AB 、滑轮 I、II 和重物为一体的受力图,整体受力图。

名师提示 此题属于物体体系的受力图问题。注意:各构件中 BD 杆为二力杆,可假定为受拉。因要求画销钉 B 的受力图,所以 BD 杆 B 处不含销钉 B , ACB 杆 B 处不含销钉 B , 滑轮 IB 处也不含销钉 B , 这些地方均为不含销钉的空洞。画销钉 B 的受力图时,注意共有 4 个物体对其有力作用。当要画销钉 B 与滑轮 I 为一体的受力图时,则认为销钉 B 与滑轮 I 相连,此时暴露出来的力为 BD 杆、 BCA 杆与绳的力。

解 题目所求各受力图分别如图 1-5 所示。

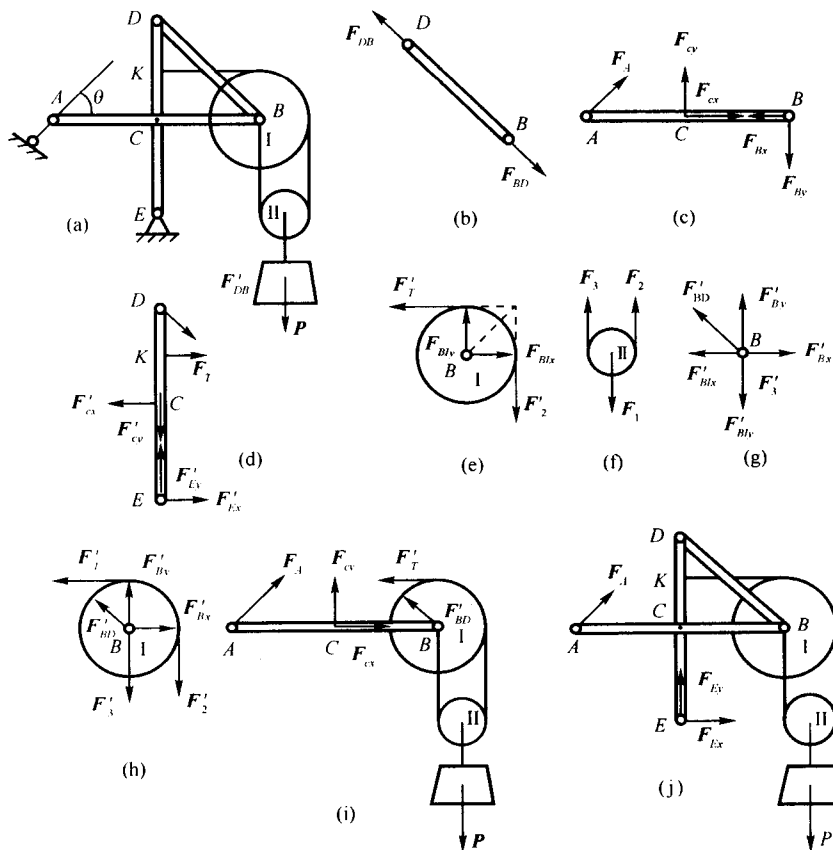


图 1-5 例 4 图

提示 1 在一般做题时,大多数情况下,不需要单独对销钉做受力分析,画其受力图,但在一个销钉连两个以上构件的情况下或题目有要求时,则需对销钉进行受力分析。

提示 2 当轮上缠有绳时,一般不要把轮与绳拆开,绳与轮缠绕部分受力分析较复杂,所以不把绳与轮缠绕部分拆开,而在非缠绕部分断开,这样分析很方便。

提问 在大多数情况下,当一个销钉连接两个构件时,并不需要对销钉进行受力分析,那么,这时对销钉是如何处理的?(答案:略。)

1.2.2 习题精选

1. 什么叫二力构件? 与构件形状有无关系? 凡两端用铰链连接的杆都是二力杆吗? 凡不计自重的杆件都是二力杆吗? 不计图 1-6(a) 所示杆件自重, 其 A 端作用一力, B 端作用 n 个力, 杆件处于平衡状态, 问此 n 个力的合力应如何? 一般称此杆件为 $n+1$ 力杆, 还是称为二力杆? 不计图 1-6(b) 所示杆件自重, 其 A 端作用 m 个力, B 端作用 n 个力, 杆件处于平衡状态, 问此 m 个力的合力应如何? n 个力的合力应如何? 一般称此杆件为 $n+m$ 力杆, 还是称为二力杆?

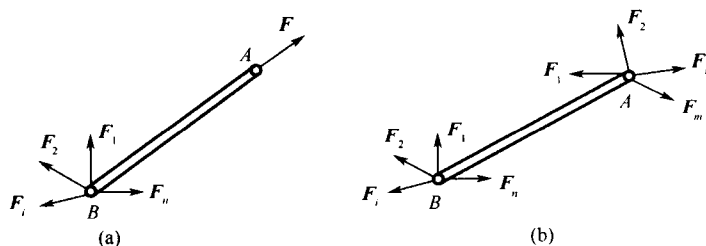


图 1-6 习题 1 图

2. 画出图 1-7 中构件 AB 或 ABC 的受力图, 未画重力的物体的重量均不计, 各接触处均为光滑接触。

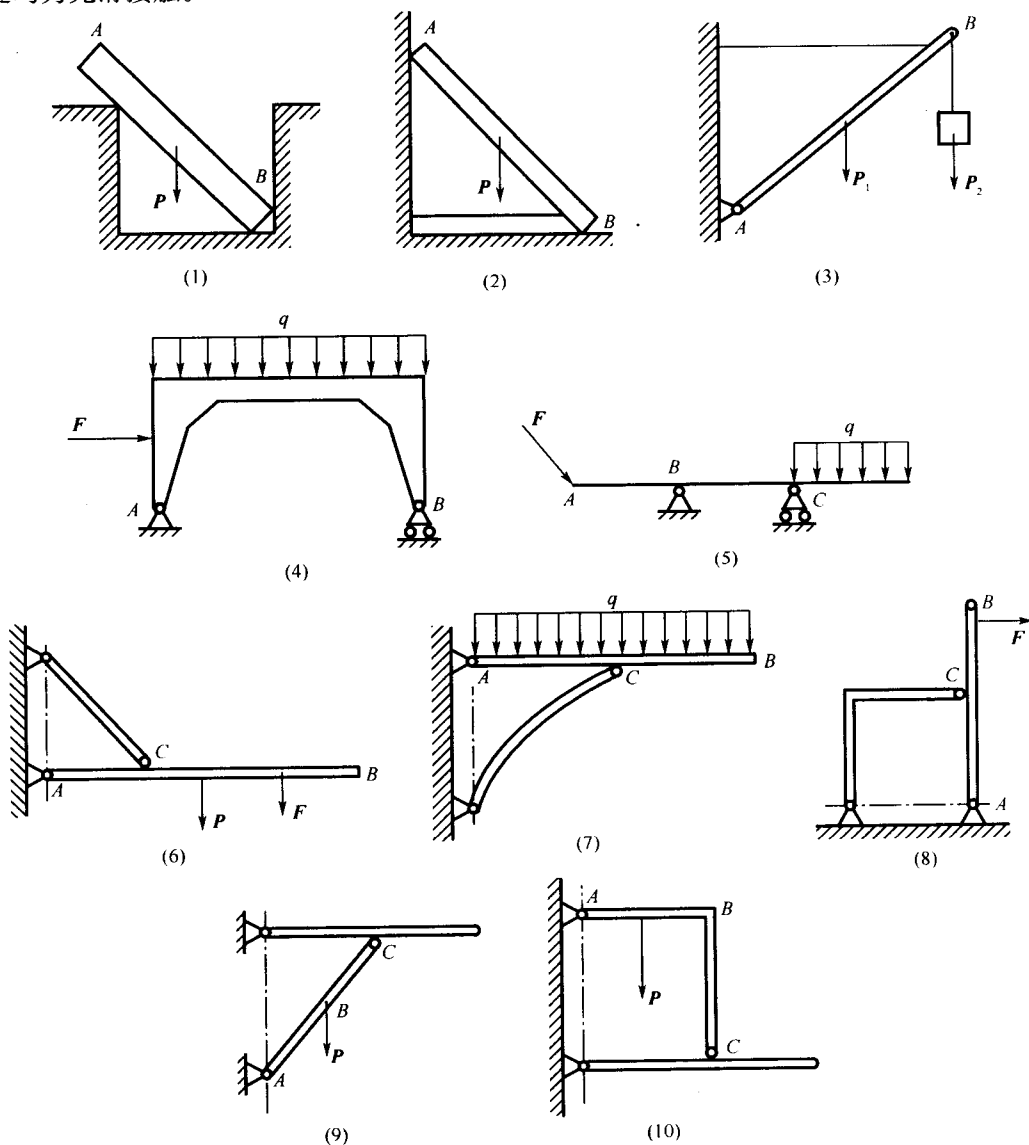


图 1-7 习题 2 图