



理论力学

同步辅导

(I)

主 编 李冬华
副主编 李恒伟 周新伟

哈尔滨工业大学出版社

高等学校教材同步辅导系列

理论力学 同步辅导 (I)

主 编 李冬华

副主编 李恒伟



哈尔滨工业大学出版社

内 容 提 要

本书是根据高等学校理论力学课程的教学要求编写的,它有助于广大学生掌握理论力学知识,提高分析问题、解决问题的能力。

本书按照《理论力学》(哈工大编,第六版,高等教育出版社)教材章节进行编写。全书共分十五章,包括静力学、运动学、动力学三部分。每章均分为基本要求、学习方法及解题指导、典型题解析、思考题解答、习题解答五部分。其中,共选择 64 道典型题给予详细的解析,精选 118 道思考题、306 道习题进行精练解答。

本书可作为普通高等学校、夜大、高职高专等师生的教学参考书,也可作为考研学生复习的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

理论力学同步辅导(Ⅰ)/李冬华主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2003.9

ISBN 7-5603-1930-0

I.理… II.李… 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(2003)第 077426 号

出版发行 哈尔滨工业大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区教化街 21 号 邮编 150006
传 真 0451-86414749,0451-86416203
印 刷 肇东粮食印刷厂
开 本 850×1168 1/32 印张 13 字数 467 千字
版 次 2003 年 9 月第 1 版 2003 年 9 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 7-5603-1930-0/0·155
印 数 1~6 000
定 价 15.00 元

前 言

理论力学是高等工科院校开设的一门重要的技术基础课。理论力学课程具有理论性强、逻辑严谨、解题灵活的特点。学好这门课程,不仅要掌握它的基本理论和基本分析方法,而且要完成一定数量的习题。为了帮助广大学生正确掌握这门课程的基本理论,提高分析问题、解决问题的能力,提高学习效率,我们编写了这本书,希望能对理论力学的学习者有所帮助。

本书按《理论力学》(哈工大编,第六版,高等教育出版社)章节顺序分为十五章,每章均安排了五个版块:

一、基本要求——指出了学习和考试的内容及要求,便于您了解本章的重点、难点、易考点。

二、学习方法及解题指导——将相应章节的内容进行了高度的归纳和总结,使您对内容清晰明了,成竹在胸。

三、典型题解析——精选了典型的具有代表性的例题进行详尽的分析和解答,目的是通过例题的分析开拓您的思路,培养您分析问题和解决问题的能力。

四、思考题解答——给出各类思考题的详尽解答,使您透彻理解基本概念和理论,真正做到举一反三、触类旁通。

五、习题解答——对 306 道习题进行了精练解答。

李冬华编写了第十章、第十四章、第十五章;李恒伟编写了第十一章、第十二章、第十三章;周新伟编写了第一章、第二章、第三章;陆夏美编写了第四章、第五章;郭颖编写了第六章、第七章;曾涛编写了第八章、第九章;全书由李冬华统稿并任主编。

本书的编写得到了我校力学教学部张恒信、张莉、李英子、王海波、于晓东等的大力支持,使用了大家多年教学积累的素材。本书由曲贵民主审。在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中错误再所难免,欢迎广大读者指正。

编 者

2003 年 8 月于哈尔滨

目 录

第一章	静力学公理和物体的受力分析	
1.1	基本要求	1
1.2	学习方法及解题指导	1
1.3	典型题解析	3
1.4	思考题解答	6
1.5	习题解答	8
第二章	平面汇交力系与平面力偶系	
2.1	基本要求	17
2.2	学习方法及解题指导	17
2.3	典型题解析	19
2.4	思考题解答	22
2.5	习题解答	28
第三章	平面任意力系	
3.1	基本要求	41
3.2	学习方法及解题指导	41
3.3	典型题解析	42
3.4	思考题解答	49
3.5	习题解答	52
第四章	空间力系	
4.1	基本要求	79
4.2	学习方法及解题指导	79
4.3	典型题解析	81
4.4	思考题解答	86
4.5	习题解答	89
第五章	摩 擦	
5.1	基本要求	104
5.2	学习方法及解题指导	104
5.3	典型题解析	105
5.4	思考题解答	110
5.5	习题解答	113
第六章	点的运动学	
6.1	基本要求	126
6.2	学习方法及解题指导	126
6.3	典型题解析	128
6.4	思考题解答	135
6.5	习题解答	138
第七章	刚体的简单运动	
7.1	基本要求	152
7.2	学习方法及解题指导	152
7.3	典型题解析	154
7.4	思考题解答	158
7.5	习题解答	160
第八章	点的合成运动	
8.1	基本要求	169
8.2	学习方法及解题指导	169

8.3	典型题解析	171
8.4	思考题解答	182
8.5	习题解答	184
第九章	刚体的平面运动	
9.1	基本要求	204
9.2	学习方法及解题指导	204
9.3	典型题解析	208
9.4	思考题解答	216
9.5	习题解答	218
第十章	质点动力学的基本方程	
10.1	基本要求	257
10.2	学习方法及解题指导	257
10.3	典型题解析	258
10.4	思考题解答	265
10.5	习题解答	265
第十一章	动量定理	
11.1	基本要求	274
11.2	学习方法及解题指导	274
11.3	典型题解析	276
11.4	思考题解答	279
11.5	习题解答	280
第十二章	动量矩定理	
12.1	基本要求	292
12.2	学习方法及解题指导	292
12.3	典型题解析	294
12.4	思考题解答	296
12.5	习题解答	299
第十三章	动能定理	
13.1	基本要求	324
13.2	学习方法及解题指导	324
13.3	典型题解析	327
13.4	思考题解答	331
13.5	习题解答	335
13.6	综合题解答	349
第十四章	达朗伯原理	
14.1	基本要求	373
14.2	学习方法及解题指导	373
14.3	典型题解析	375
14.4	思考题解答	379
14.5	习题解答	380
第十五章	虚位移原理	
15.1	基本要求	395
15.2	学习方法及解题指导	395
15.3	典型题解析	396
15.4	思考题解答	401
15.5	习题解答	403
参考文献		

第一章 静力学公理和物体的受力分析

1.1 基本要求


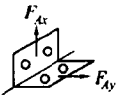
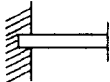
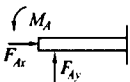
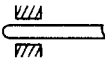
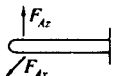




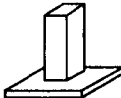
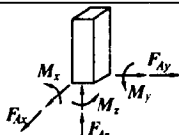
1. 应正确理解静力学的基本概念和静力学公理；
2. 掌握各种常见约束的类型和性质；
3. 熟练掌握物体受力分析的方法，正确画出研究对象的分离体受力图。

1.2 学习方法及解题指导

首先，应正确理解三个概念(力、平衡、刚体)；五个公理；二个推论。掌握好工程中常见的约束的类型及约束反力，见表 1-1。

表 1-1 常见的约束类型及其约束反力

约束类型	简 图	约束反力 \rightarrow
柔软绳索		
光滑接触		
链 杆		
辊轴支座		
固定铰支座		
圆柱铰链		

约束类型	简图	约束反力
铰链		
固定端支座		
径向轴承		
止推轴承		
球形铰链		
空间固定端支座		

研究对象的受力图中,力都是其它物体作用于其上的力,不是研究对象对其它物体的作用力。画受力图的关键在于正确地分析约束反力,在画约束反力时应严格地按约束的结构及性能来表达。画受力图时,往往可以先利用二力平衡公理、三力平衡汇交定理、作用与反作用公理来确定约束反力的方向。画受力图的一般步骤与注意事项如下:

(1)确定研究对象。根据所研究的问题选择研究对象。研究对象可以是单个物体,也可以是由几个物体所组成或整个物体。将研究的物体从周围物

体的联系中分离出来,单独画出分离体的简图。

(2)在所研究的对象上,画出主动力。

(3)根据约束的类型,在约束解除处画上相应的约束反力。切不可单凭主观臆测或简单地按主动力的方向去推想约束反力的方向。

(4)如需要对物体系中每个物体画受力图时,应从受力简单、构件简单的物体先画,随后逐一分析研究对象与周围接触的那些物体,注意不要多画力,也不要漏画力。

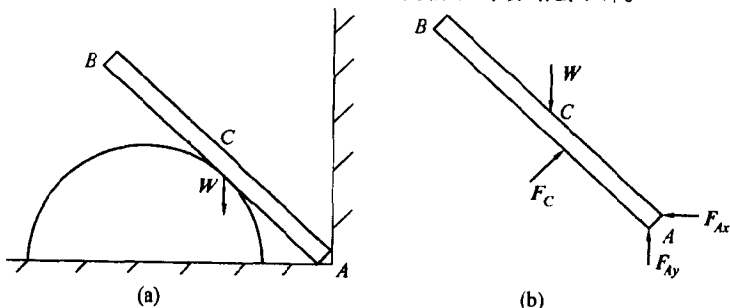
(5)在分离相邻两个物体接触处,必须画出相应的作用力与反作用力,注意二者方向应相反。

(6)当所画受力图是由几个物体组合时,在所画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。

画受力图是解决力学问题非常重要的一步,也是进行力学计算的依据,如果受力图画错了,就不可能做出正确的计算,对此必须予以足够的重视。

1.3 典型题解析

【例 1-1】画出图中 AB 杆的受力图,接触处摩擦略去不计。



例 1-1 图

解 本题为单个物体的受力分析和受力图画法。

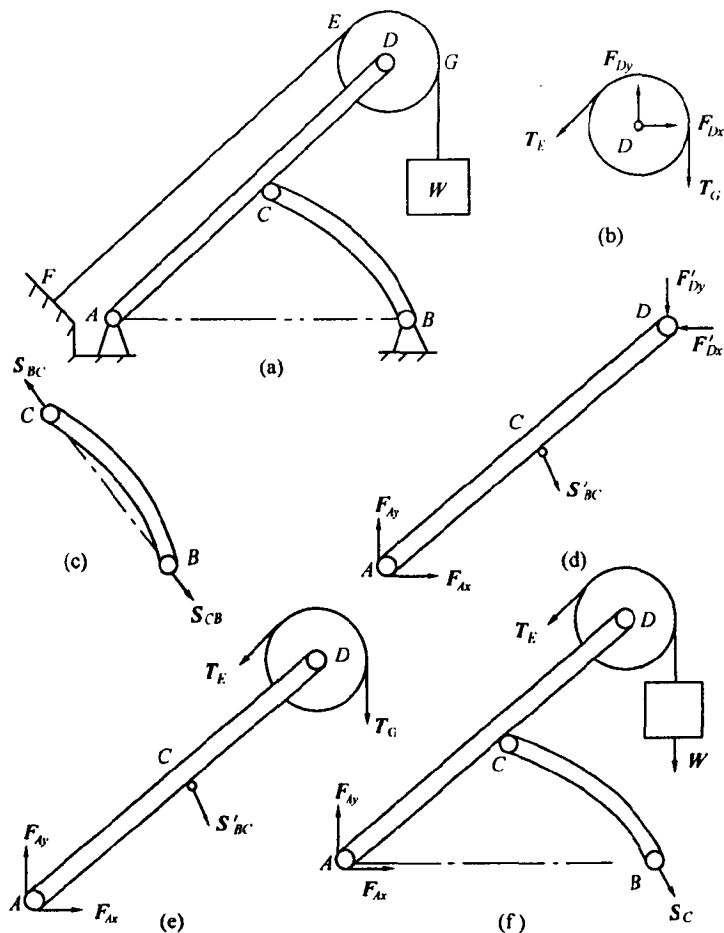
研究杆 AB ,单独画出其简图(分离体),然后画主动力 W ,再根据约束性质画出半球体、地面、墙对杆 AB 的约束反力 F_C 、 F_{Ay} 、 F_{Ax} ,由于 C 、 A 处均为光滑面接触,所以约束反力 F_C 、 F_{Ay} 、 F_{Ax} 都通过接触点并沿接触处的公法线指向杆 AB 。

【注释】画单个物体受力图时,画每一个力都要有依据,即都要找到施力物体,不能凭空想像,随意画出。

【例 1-2】图示结构,由杆 ACD 、 BC 与滑轮 D 铰接组成,重物质量为 W ,用绳子挂在滑轮上。如杆、滑轮及绳子质量不计,并略去各处摩擦。试分别画出滑轮 D 、杆 BC 、杆 ACD 、杆 ACD (带滑轮)及整体受力图。

解 (1)研究滑轮 D (包括跨在其上的绳子),画出其简图。分析滑轮 D

的受力,因 D 处为光滑铰链约束,故可用两个互相垂直的分力 F_{Dx} 、 F_{Dy} 表示。 E 、 G 处有绳索拉力 T_E 、 T_G ,其受力如图(b)所示。



例 1-2 图

(2)分析杆 BC 上受力,因 BC 杆两端为铰链连接,中间不受任何外力作用。所以杆 BC 只在两端受力,是二力杆。由二力平衡公理,可确定杆 BC 两端的约束反力 $S_{BC} = -S_{CB}$,且共线,设其受拉力,如图(c)所示。一般在系统问题中,先找出二力构件将有助于确定某些约束反力的方位。如利用二力杆

BC 就可使 B 、 C 两端的约束反力分别由画两个分力改画一个力矢表示,从而未知量的数目也可相应减少。

(3) 研究杆 ACD , 画出其简图。分析杆 ACD 的受力。在 A 处为铰链支座, 画上约束反力 F_{Ax} 、 F_{Ay} , 在 D 处画上 F'_{Dx} 、 F'_{Dy} , 它们分别与 F_{Dx} 、 F_{Dy} 是作用力与反作用力的关系。在 C 处画上 S'_{BC} , 它与 S_{BC} 是作用力与反作用力的关系。其受力如图(d)所示。

(4) 研究杆 ACD (带滑轮 D)。其受力图在 A 、 C 处与图(d)相同, 在 D 处由于与滑轮 D 铰接, 属于该部分内部受力。所以直接画出绳索对滑轮 D 的拉力即可。其受力图如图(e)所示。

(5) 研究整体, 画出其简图。分析整体受力有重力 W , A 处的约束反力 F_{Ax} 与 F_{Ay} , E 处的绳索拉力 T_E 及 B 处的约束反力 S_{CB} 。而 C 或 D 处的约束反力对整体而言, 是属于物体之间的一对内力作用, 在受力图上不必画出。于是, 整体受力图如图(f)所示。

注释 (1) 画系统各部分受力图时, 一定要取出分离体, 如本例的杆 ACD 、滑轮 D 等, 再在分离体上画受力图, 如图(d)和图(b)所示, 千万不要在原图上画各分离体的受力图。

(2) 系统各部分之间相互作用的力互为作用力与反作用力, 其方向必须相反, 其力矢符号必须相对应(如: 一个为 S_{BC} , 另一个就为 S'_{BC} , 反之亦然。)

(3) 若两构件以圆柱销钉相连, 则在图示构件铰接处的受力时, 可以不必考虑销钉的具体位置。如在分析杆 ACD 和滑轮 D 的受力时, 销钉 D 或单独取出, 或连于杆 ACD 上, 或连于滑轮 D 上, 对图示此两物体在 D 处的受力是无影响的。读者对此可自行分析。

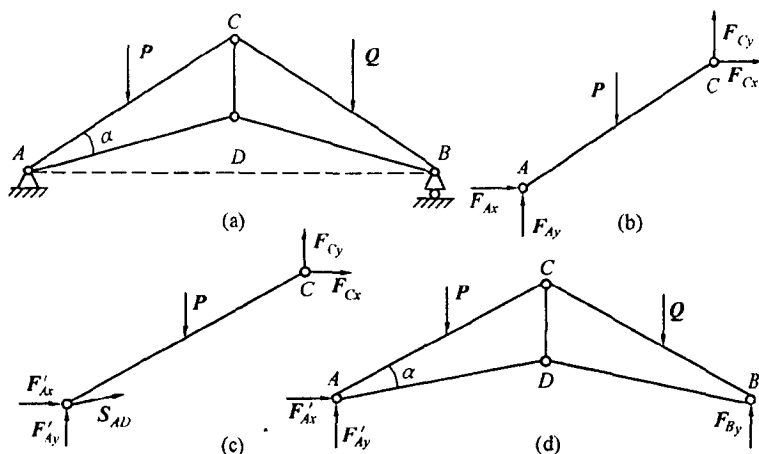
【例 1-3】 图示结构受力 P 、 Q 作用, A 、 B 、 C 、 D 处均为光滑铰链连接, 各杆自重不计。试画杆 AC 、杆 AC (带销钉)及结构整体受力图。

解 (1) 分析杆 AC , 由于不带销钉 A , 所以杆 AC 在 A 处受销钉 A 对其作用力, 可用一对正交分力 F_{Ax} 、 F_{Ay} 表示, C 处受力与 A 处类似。也受到销钉 C 对其作用力。所以其受力如图(b)所示。

(2) 分析杆 AC , 由于此时销钉 A 带在杆 AC 上, 所以杆 AC 在 A 处受到支座 A 和杆 AD 对销钉 A 施加的力 F'_{Ax} 、 F'_{Ay} 和 S_{AD} (杆 AD 为二力杆)。所以其受力如图(c)所示。

(3) 分析整体。其上受主动力 P 、 Q 作用, 在 A 处受到支座 A 对其施加作用力 F'_{Ax} 、 F'_{Ay} , 在 B 处受到支座 B 对其施加作用力 F_{By} 。所以其受力如图(d)所示。

注释 对于铰接有多个物体(三个或三个以上)的铰接, 要弄清楚是假设哪一个物体带销钉或者销钉独立(在题目没有要求或解题不需要时, 可将销钉带在与之相连的任何一个物体上, 不用单独取出分析)。所以物体都与销钉发生作用, 因此, 某个物体带销钉, 则其它物体都与这个物体发生作用。



例 1-3 图

【例 1-4】结构如图,不计结构中各构件的质量,物块质量为 P , A 、 C 、 E 、 F 处为铰链连接。要求画出结构整体、各构件、弯杆 AFE 与滑轮为一体及销钉 A (销钉 A 穿透各构件) 的受力图。

解 结构整体、各构件、弯杆 AFE 与滑轮为一体的受力图分别如图(b)、(c)、(d)、(e)、(f)、(g)所示。此题中,销钉 A 与三个构件(底座、杆 AC 、杆 AFE)相连,每个构件对销钉 A 均有力作用,图(b)中销钉 A 、杆 AC 与杆 AFE 并未拆开,所以 F_{Ax} 、 F_{Ay} 为支座 A 给销钉的力,而图(d)、(e)中 A 处均无销钉,所以 A 处均为销钉 A 给杆 AC 与杆 AFE 的力,所以销钉 A 分别受支座 A 、杆 AC 及杆 AFE 对其施加作用力,受力图如图(h)所示。

1.4 思考题解答

1-1 说明下列式子的意义和区别:

(1) $F_1 = F_2$, (2) $F_1 = F_2$, (3) 力 F_1 等效于力 F_2 。

解答 (1)式表示两个力矢量相等,即两个力的大小相等,方向相同。

(2)式表示两个力的大小相等。

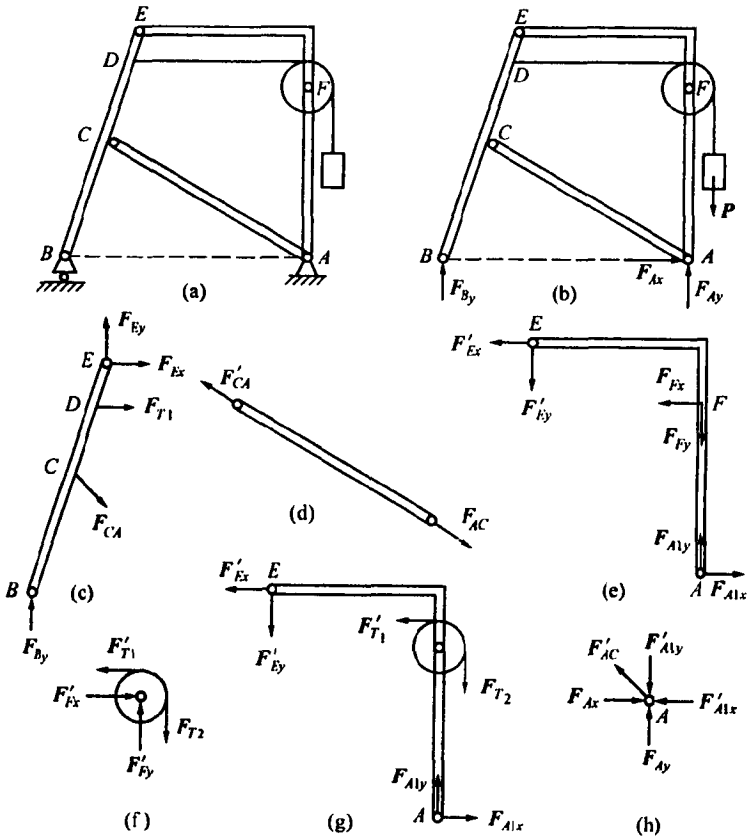
(3)式表示两个力的大小相等,方向和作用线相同。

1-2 作用在刚体上的两个力等效的条件是什么?

解答 二力大小相等,方向相同,作用线沿着同一条直线。

1-3 画出图中 A 、 B 两处反力的方向(包括方位和指向)。

解答 见思 1-3 图(b)。



例 1-4 图

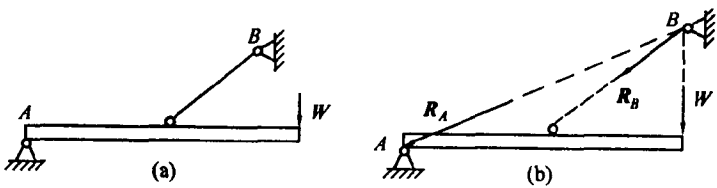


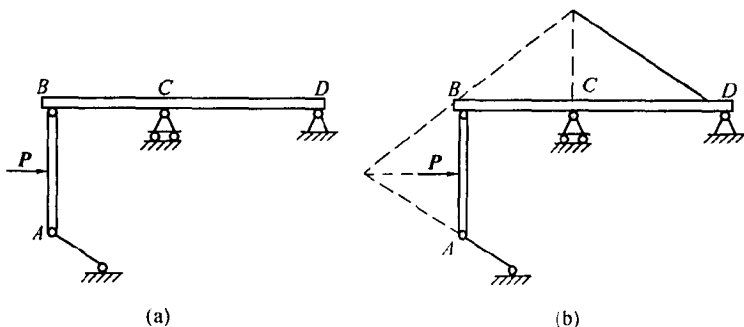
图 1-3 图

1-4 什么叫二力构件? 分析二力构件受力时与构件的形状有无关系。

解答 只在两个力作用下平衡的构件称为二力构件。分析二力构件受力时与构件的形状无关。

1-5 试画出图示结构 D 处反力作用线的方位(各杆自重不计)。

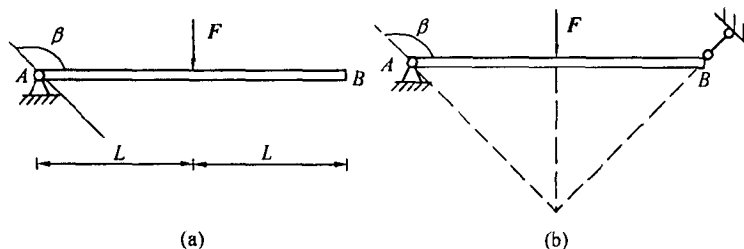
解答 见思 1-5 图(b)。



思 1-5 图

1-6 图示系统在 A、B 两处设置约束, 并受力 F 作用而平衡。其中 A 为固定铰支座, 今欲使其约束力的作用线与 AB 成 $\beta = 135^\circ$ 角, 则 B 处应设置何种约束? 如何设置? 请举一种约束, 并用图表示。

解答 B 处应设置为滚动支座约束。如思 1-6 图(b)所示。

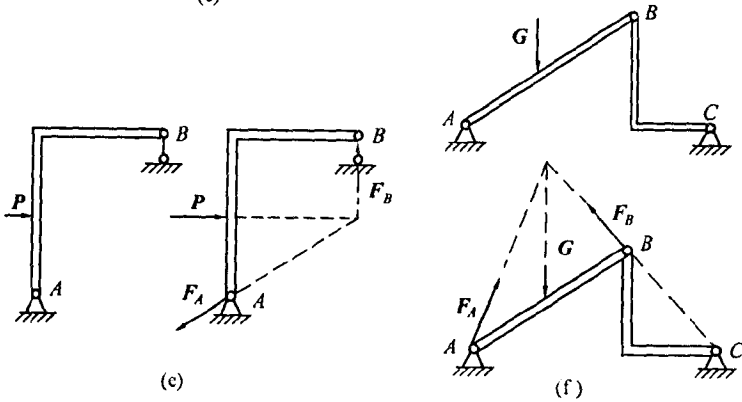
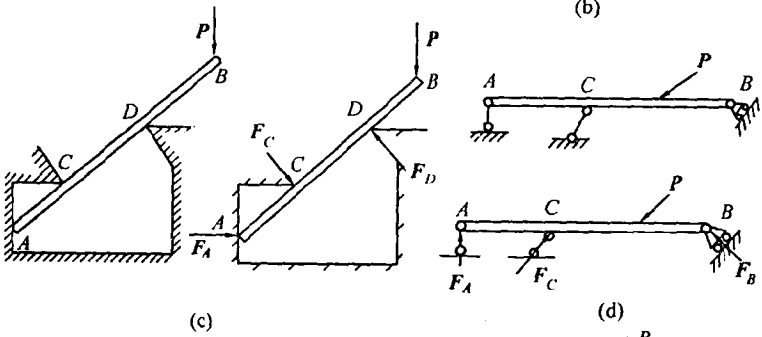
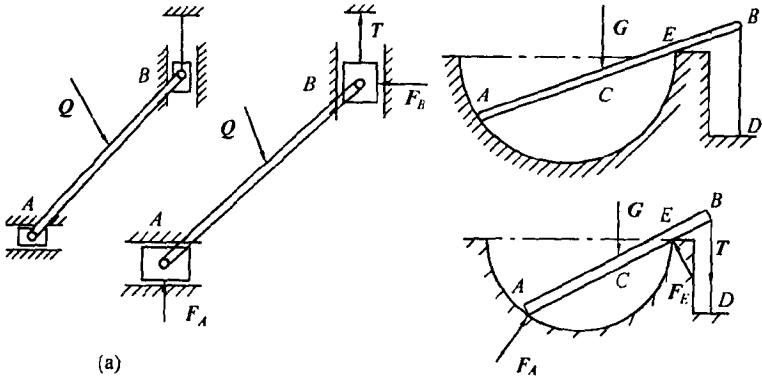


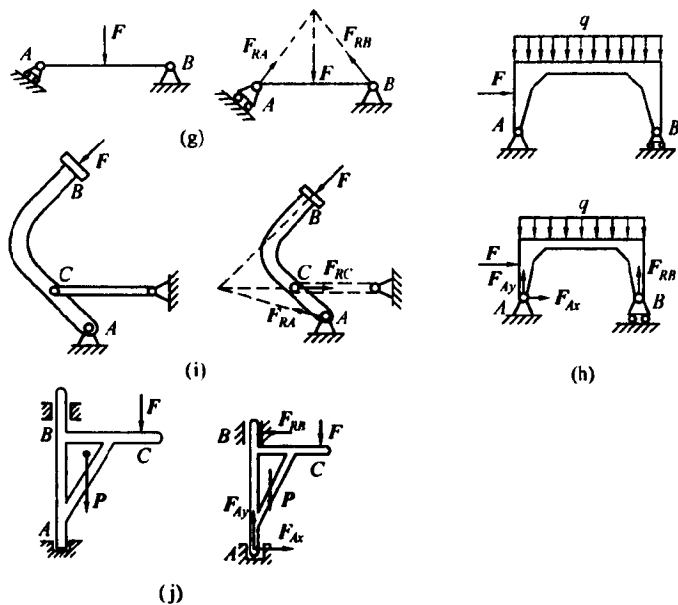
思 1-6 图

1.5 习题解答

1-1 画出下列各图中物体 A、ABC 或构件 AB、BC 的受力图。未画重力的物体的质量均不计, 所有接触处均为光滑接触。

解 指定物体的受力图分别如下(图中虚轮廓线表示拆除的物体)。





题 1-1 图

1-2 画出下列每个标注字符的物体的受力图及整体的受力图。题图中未画重力的各物体的自重不计,所有接触处均为光滑接触。

解 指定物体的受力图分别如下(图中虚轮廓线表示拆除的物体)。

