



快乐大本·优秀教材辅导

KUAILE DABEN
YOUXIUJIAOCAIFUDAO

理论力学

习题精解精练

(配哈工大理论力学教研室第六版教材·高教版)

主 编 郑全逸 郑可为 吴国辉

- 课后习题 精析 精解
- 同步训练 勤学 勤练

XITI
JINGJIEJINGLIAN

哈尔滨工程大学出版社



031
33=3A
2007

理论力学 习题精解精练

(配哈工大理论力学教研室第六版教材·高教版)

主 编 郑全逸 郑可为 吴国辉



XITI
JINGJIEJINGLIAN

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书是配合哈工大理论力学教研室编写的《理论力学 I》而编写的辅导书。本书按教材的章节顺序编排,每章包括书后思考题解答、书后习题解析和同步训练题三部分内容,旨在帮助学生熟练掌握解题的基本方法和技巧,巩固所学的知识,开阔视野。

本书可作为高等学校学生学习理论力学的辅导书,也可供教师参考。

图书在版编目(CIP)数据

理论力学习题精解精练/郑全逸,郑可为,吴国辉主编.

哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2007.4

ISBN 978-7-81073-986-3

I.理… II.①郑…②郑…③吴… III.理论力学-高等学校-解题 IV.O31-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 047112 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 肇东粮食印刷厂
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 13.25
字 数 279 千字
版 次 2007 年 4 月第 1 版
印 次 2007 年 4 月第 1 次印刷
定 价 17.00 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

“理论力学”是高等理工科院校的一门重要技术基础课。学过这门课程的学生普遍反映“听课容易、做题难”。原因是多方面的,其中不排除学生此前奠定的力学基础(包括思维方法和习惯)并非完全起着正面作用,有时甚至起了壁垒和阻碍作用。任课教师的责任也随之变为不仅在于阐明理论力学的严密理论体系,深化其基本概念和基本理论,还要反复强化其特有的逻辑思维方法,并引导学生在解题实践中不断巩固;要告诫学生:在学习理论力学的过程中,不要“掉以轻心”,也不要“墨守陈规”、“故步自封”,要善于运用新的思维方法和手段解决面临的力学问题。

工科理论力学内容上的三个鲜明特点是:矢量分析、质点系和工程化的力学模型。

首先,理论力学是由牛顿奠定基础的“矢量力学”,“矢量分析”也势必成为它的鲜明特色。随之,主矢和主矩也就成为理论力学中两个重要的基本概念,并贯穿其始终——力系可简化出主矢、主矩;动量系可简化出主矢、主矩;惯性力系也可简化出主矢、主矩;而动量定理、动量矩定理和达朗贝尔原理实质是在建立力主矢对动量主矢或惯性力主矢、力主矩对动量主矩或惯性力主矩之间的关系。另一方面,高等数学对矢量“一视同仁”,并得到矢量运算的“共性”,自然,理论力学中的各类矢量的运算也毫不例外地遵从这些规律;但具体到某类矢量(或者力矢量,或者运动矢量,或者惯性力矢量),又存在“特殊性”,这才引出各个章节的不同内容。

矢量分析、区分矢量和代数量是学生必须掌握的基本功。认知这一点有助于驾驭理论力学。

其次,理论力学的理论重点在于研究质点系——包括离散质点系、连续质点系(刚体)及其组合。其中最具有代表性的刚体是物块、杆、圆盘等。这在教材中“§3-3 物体系的平衡·静定和超静定问题”、“§9-5 运动学综合应用举例”和“§13-6 普遍定理的综合应用举例”等章节中得到最充分的体现。随之引出理论力学的“从整体到局部(单件)或从局部(单件)到整体”的分析和综合的解题方法,以寻求方程的个数与未知数的个数相等。

再次,理论力学所采用的力学模型基本都有工程背景。了解其结构和机理有助于对问题的理解。

学生必须把“形象思维”和“逻辑思维”、“定性理解”和“定量计算”有机地结合起来——相互对应的两个方面缺一不可。

为了培养学生具有书写代数量和矢量的良好习惯,并考虑到学生解题时不便描黑字母,故要求在代表矢量的普通英文字母上加“-”(“→”的简化),如 \vec{F} 或 \vec{v} 等;而在阅读教材时,注意区分黑体字母和白体字母。

正因为理论力学是矢量力学,因此一种特殊的解题方法也贯穿理论力学的始终:

1. 画图,作矢量(主动力、约束反力、速度、加速度、动量、动量矩、惯性力的主矢和主矩等)分析;
2. 建立矢量方程(即利用平衡条件、运动合成定理、动力学基本定理、定律或达朗贝尔原理确定各类矢量之间的关系);
3. 选择投影轴;
4. 将矢量方程转化为代数方程;

5. 求解并分析。

参与本书编写工作的有：郑全逸、郑可为、吴国辉。全书最后由郑全逸统稿。

尽管作者在编写本书的过程中作了极大的努力，但受水平限制，仍可能存在错误或表述不准确之处，诚挚地欢迎批评指正。

编者
2007年3月

目 录

第 1 章 静力学公理和物体的受力分析	1
书后思考题解答	1
书后习题解析	3
同步训练题	8
同步训练题答案	9
第 2 章 平面汇交力系与平面力偶系	11
书后思考题解答	11
书后习题解析	13
第 3 章 平面任意力系	20
书后思考题解答	20
书后习题解析	22
第 4 章 空间力系	44
书后思考题解答	44
书后习题解析	46
第 5 章 摩 擦	57
书后思考题解答	57
书后习题解析	59
同步训练题	71
同步训练题答案	72
第 6 章 点的运动学	74
书后思考题解答	74
书后习题解析	76
第 7 章 刚体的简单运动	82
书后思考题解答	82
书后习题解析	83
第 8 章 点的合成运动	88
书后思考题解答	88
书后习题解析	90
第 9 章 刚体的平面运动	101
书后思考题解答	101
书后习题解析	104
同步训练题	123
第 10 章 质点动力学的基本方程	124
书后思考题解答	124
书后习题解析	124

同步训练题	129
第 11 章 动量定理	130
书后思考题解答	130
书后习题解析	131
第 12 章 动量矩定理	137
书后思考题解答	137
书后习题解析	139
同步训练题	149
同步训练题答案	149
第 13 章 动能定理	151
书后思考题解答	151
书后习题解析	153
综合问题习题解析	160
同步训练题	170
同步训练题答案	171
第 14 章 达朗贝尔原理(动静法)	172
书后思考题解答	172
书后习题解析	173
同步训练题	184
同步训练题答案	186
第 15 章 虚位移原理	189
书后思考题解答	189
书后习题解析	191
附录	198
模拟试题一	198
模拟试题二	200
模拟试题三	203
参考文献	206

第 1 章 静力学公理和物体的受力分析

书后思考题解答

1-1 说明下列式子与文字的意义和区别

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

解 (1) 仅指两个力(矢量) F_1 、 F_2 的大小相等、方向相同, 不涉及作用点; 今后常用 F_A 、 F_B 等表示作用在 A 、 B 等点上的力, 故也存在 $F_A = F_B$ 的情况。(2) $F_1 = F_2$ 仅指两个力(矢量) F_1 、 F_2 的大小相等。(3) 只有三个要素完全相同的力对刚体的作用效果才相同, 即“等效”。

1-2 为什么说二力平衡条件、加减平衡力系原理和力的可传性等只能适用于刚体?

答 以柔索为例, 在满足二力平衡条件(大小相等、方向相反且共线)的两个“压力”的作用下, 柔索不会处于平衡状态, 还必须限定二力“均为拉力”; 换言之, 对变形体而言, 二力平衡条件是必要的, 但不充分。由此也将限制加减平衡力系原理和力的可传性原理在变形体上的应用。

1-3 试区别 $F_R = F_1 + F_2$ 和 $F_R = F_1 + F_2$ 两个等式代表的意义。

解 $F_R = F_1 + F_2$ 是力的四边形法则的数学表达式, 含有大小、方向双重含义, 可分别用三角形的边角关系求解。而 $F_R = F_1 + F_2$ 仅是一种代数运算。

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?

答 在两个力的作用下处于平衡状态的构件(刚体)为二力构件, 与形状无关。有时简称为二力杆(但这也不意味着它只能是细长的直杆)。

1-5 图 1-1 至图 1-6 中各物体的受力图是否有错误, 如何改正?

解 改正后的受力图如图 1-7 至图 1-12。

图 1-1、图 1-3、图 1-4 中的 AB 杆均在三个力的作用下处于平衡状态, 故均应满足三力平衡条件。图 1-2 中的直角顶点可理解为微小圆弧, 于是 A 、 B 、 C 处约束反力的作用线应是接触点处的公法线(与直线垂直)。图 1-5 中的 AB 杆上的作用力多于 3 个, 不可只对其中的 3 个力运用三力平衡条件, A 点处的约束反力用正交分解形式表示。图 1-6 中的 AB 杆为二力杆, 它对棘轮上 A 点的作用力应沿 AB 连线, 且作用在棘轮上的 3 个力应满足三力平衡条件, O 点处约束反力的方向可以确定, 作受力分析时不要采用正交分解的形式。

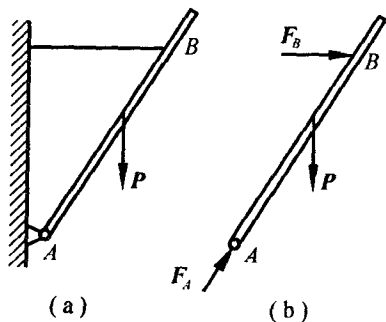


图 1-1

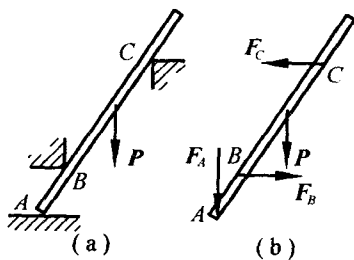


图 1-2

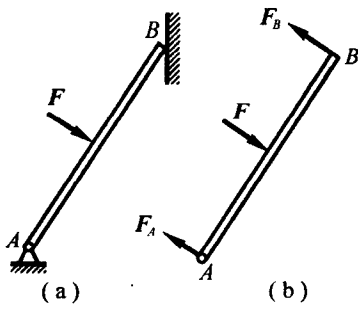


图 1-3

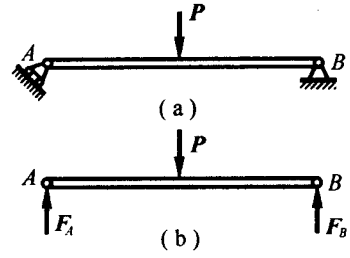


图 1-4

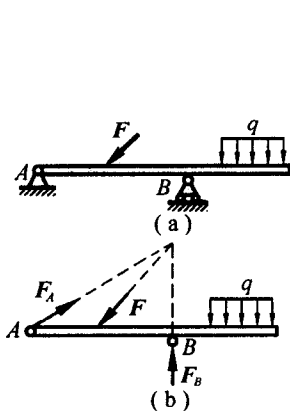


图 1-5

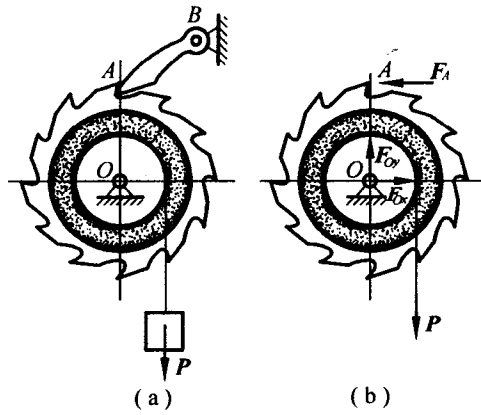


图 1-6

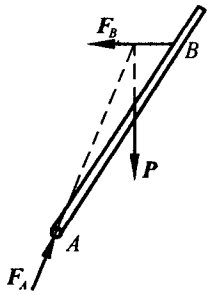


图 1-7

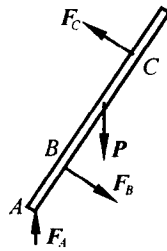


图 1-8

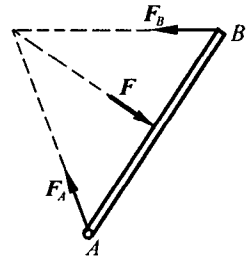


图 1-9

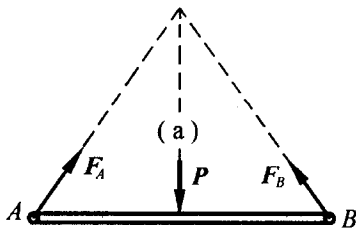


图 1-10

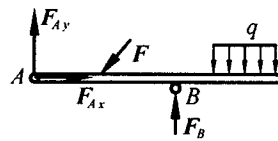


图 1-11

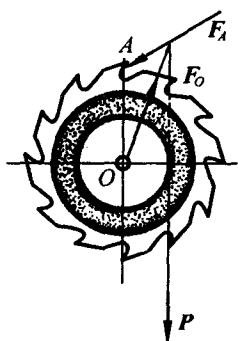


图 1 - 12

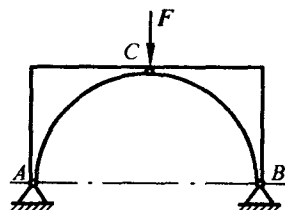


图 1 - 13

1-6 图 1-13 所示的载荷作用于铰链 C 处。(1) 试分别画出左、右两拱及销钉 C 的受力图；(2) 若销钉 C 属于 AC, 分别画出左、右两拱的受力图；(3) 若销钉 C 属于 BC, 分别画出左、右两拱的受力图。

解 如图 1-14 所示。涂黑的 C 点代表销钉所在位置。

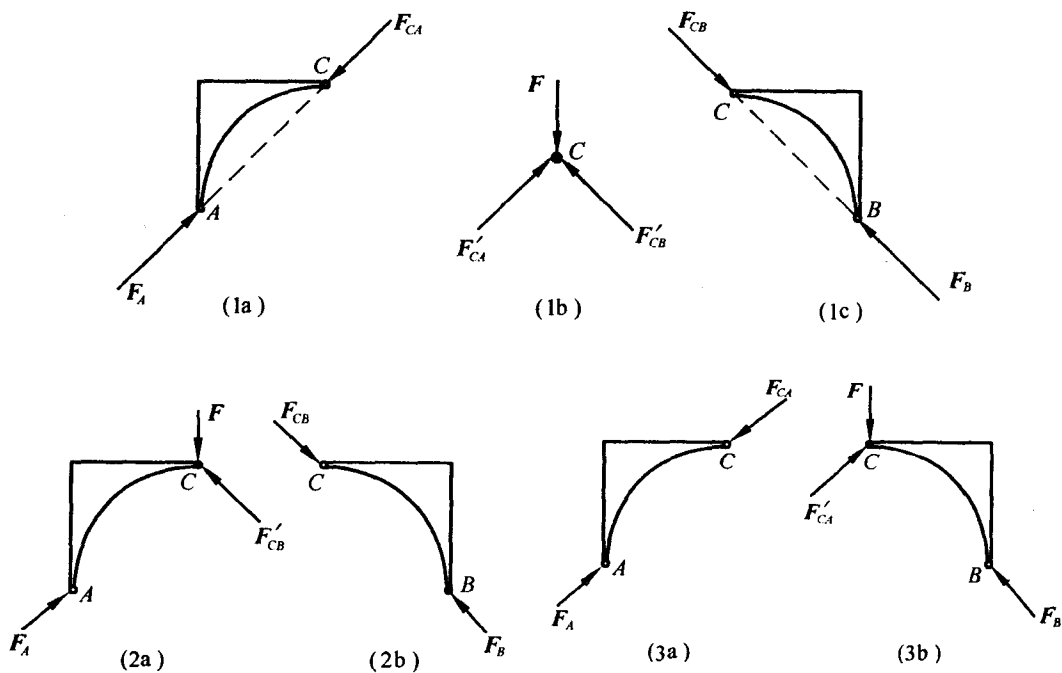


图 1 - 14

书后习题解析

1-1 画出图 1-15 中物体 A、ABC 或构件 AB、AC 的受力图。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 图 1-15 中物体的受力图分别表示在图 1-16 中。

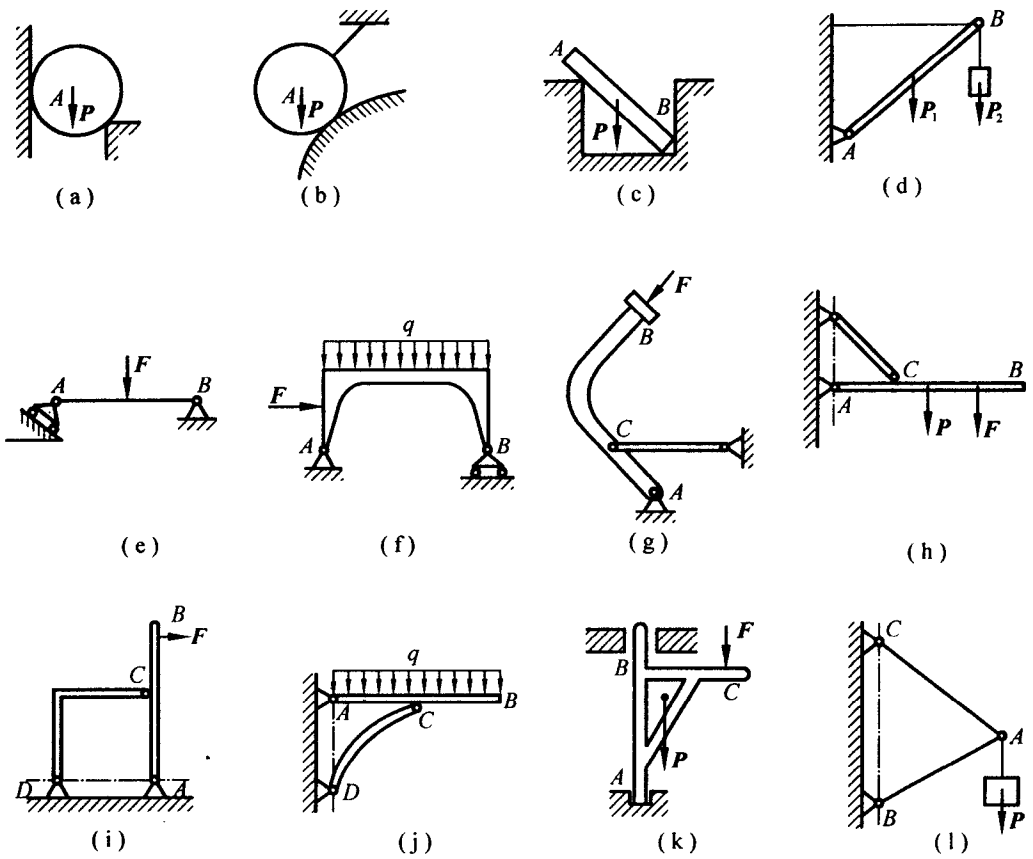
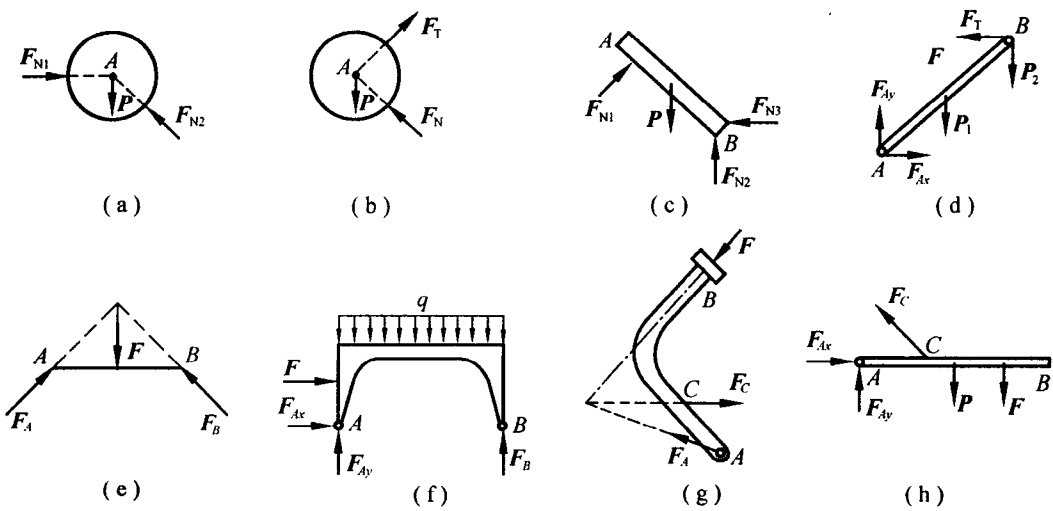


图 1-15



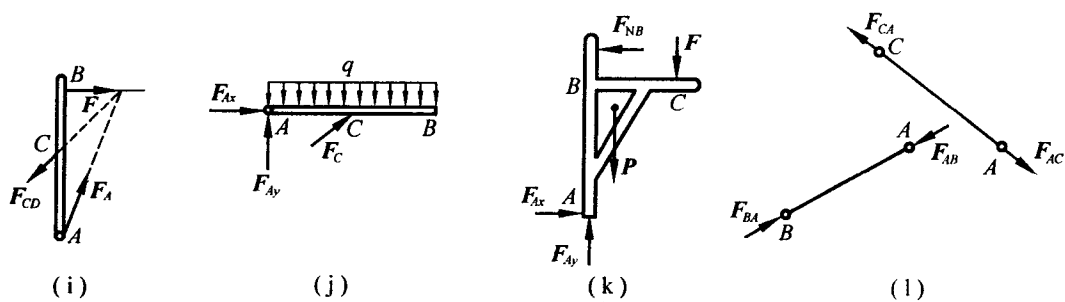


图 1-16

1-2 画出图 1-17 中每个标注字符的物体的受力图与系统整体受力图。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。

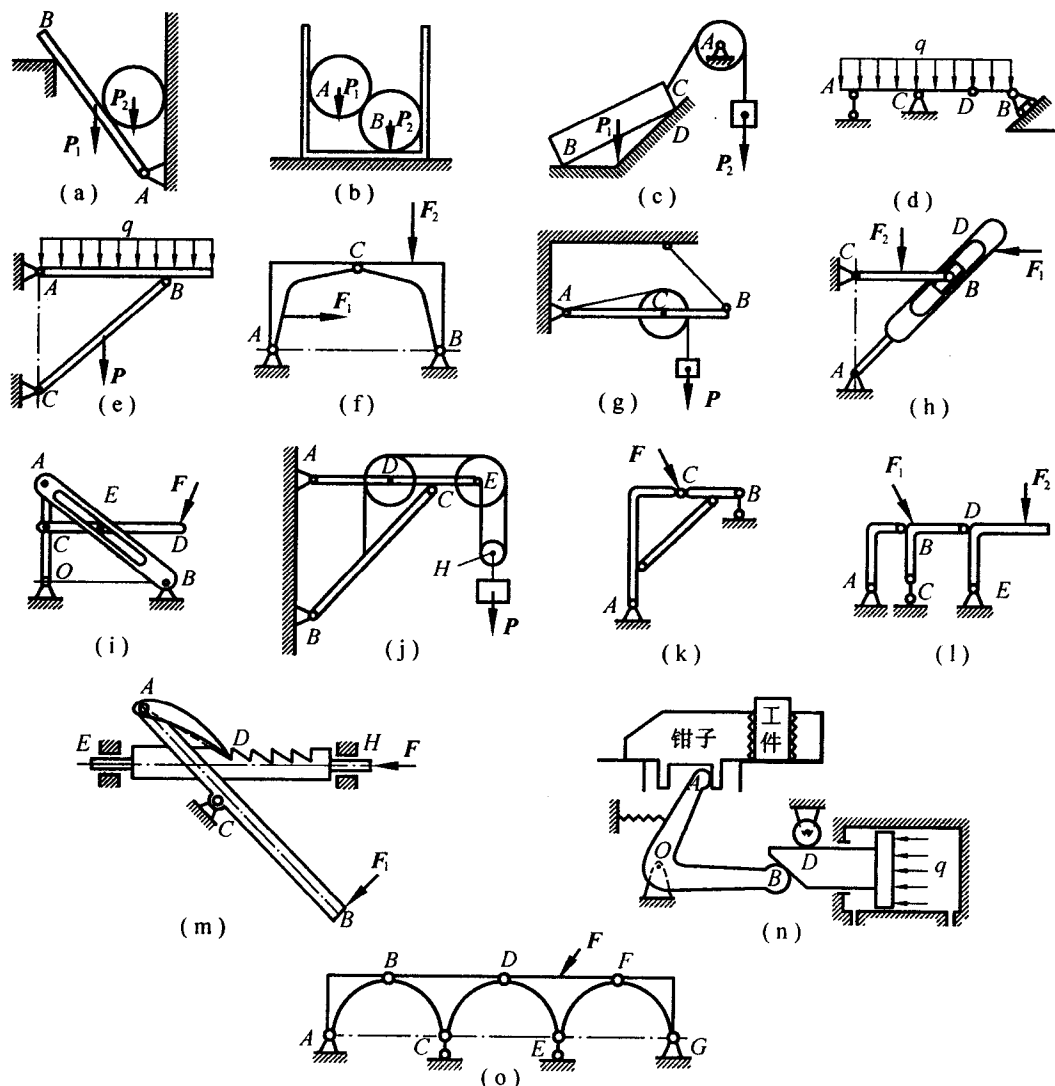


图 1-17

解 图 1-17 中物体的受力图分别表示在图 1-18 中。

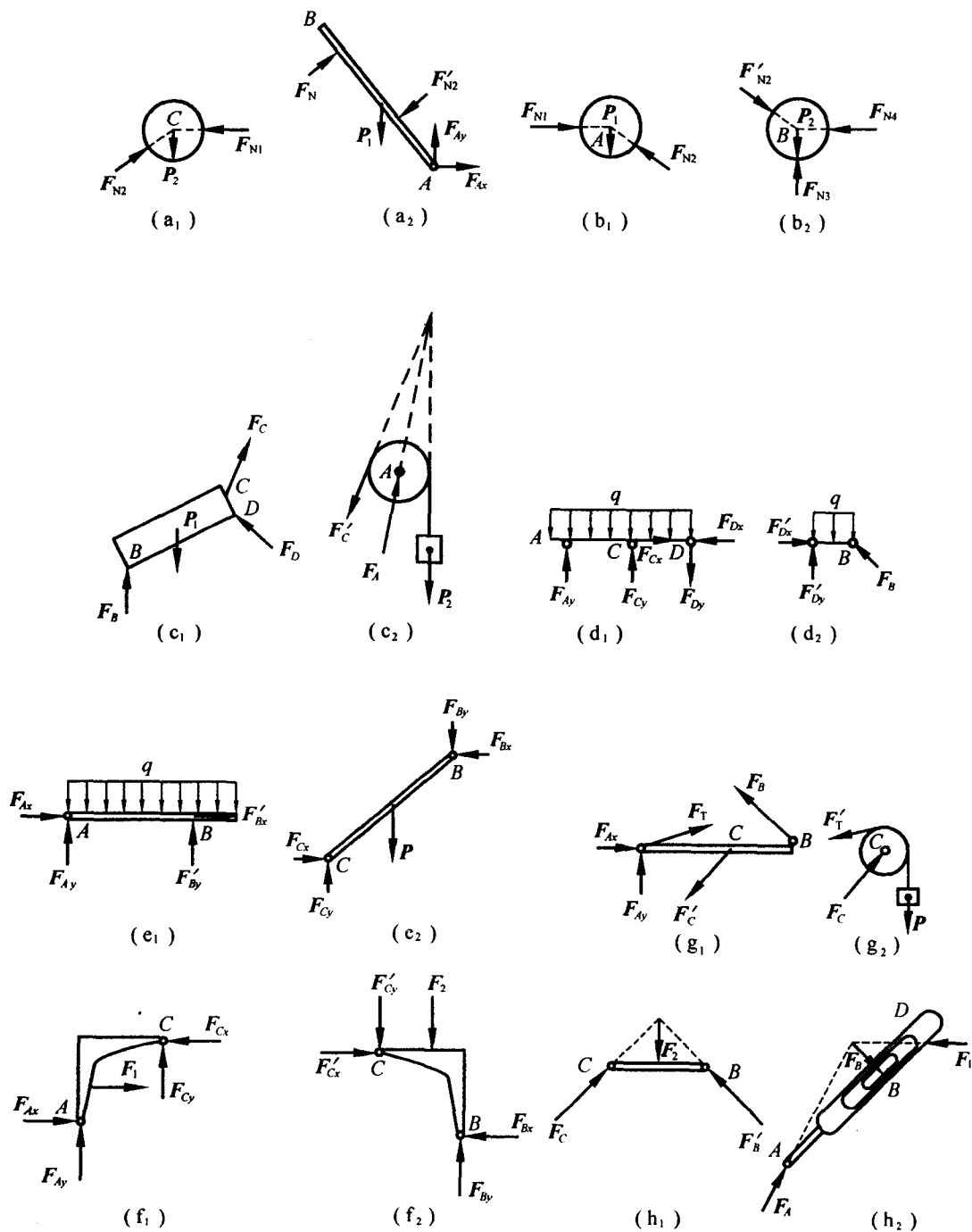


图 1-18

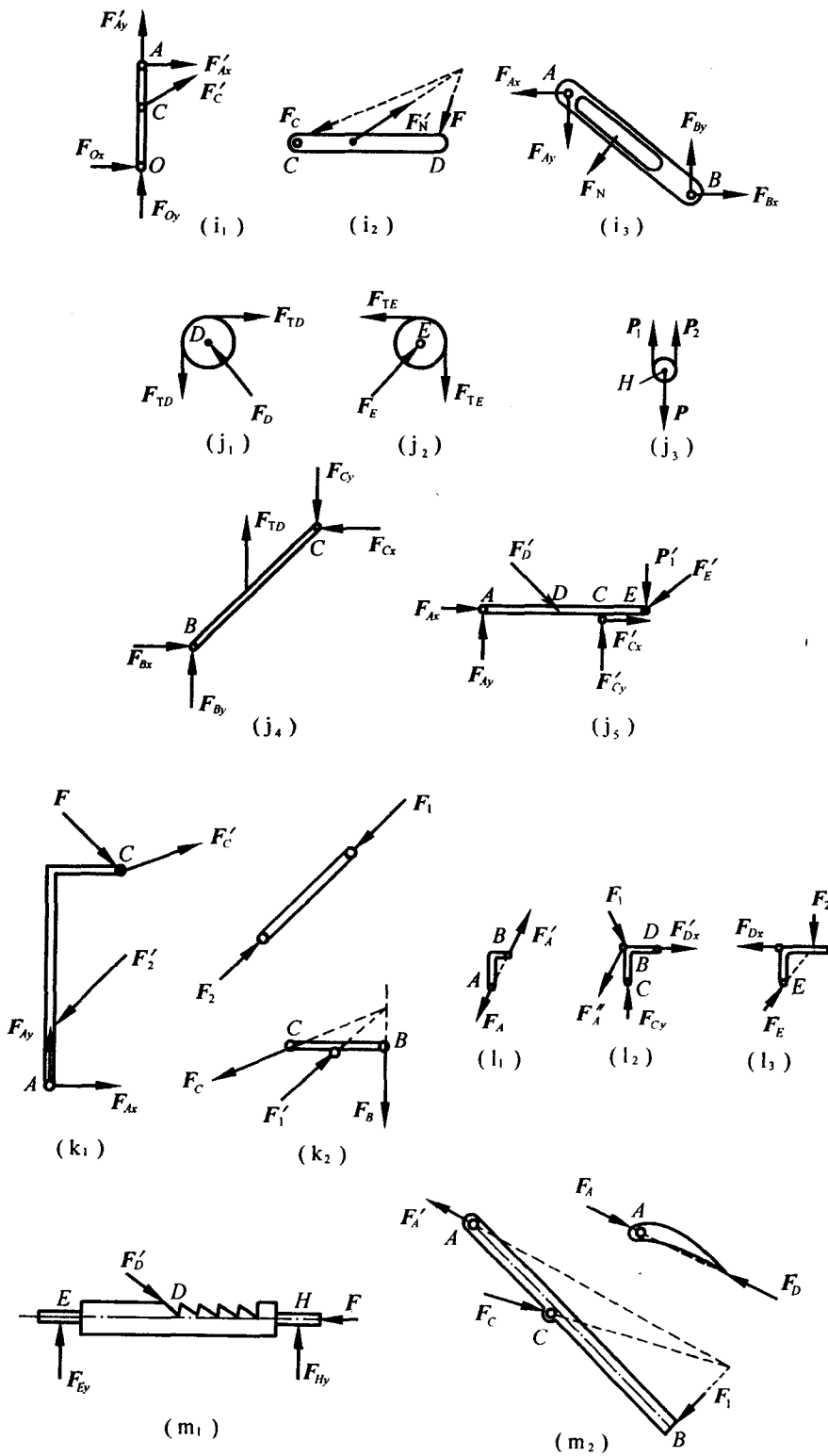


图1-18(续)

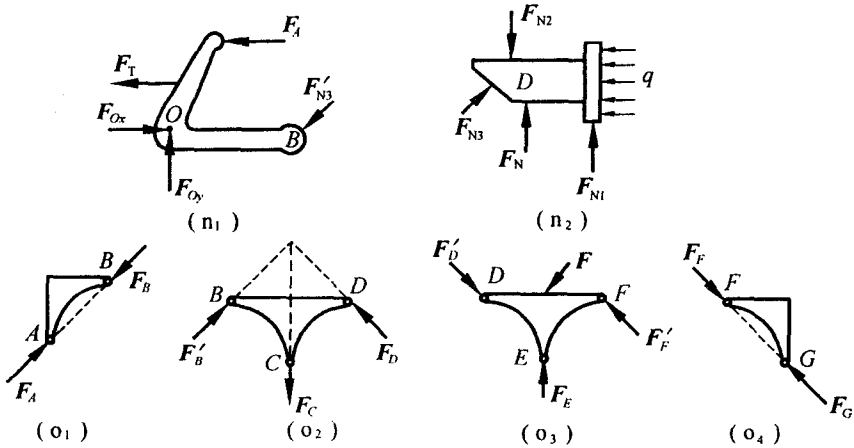


图 1-18(续)

注意 对图(g)中的 AB 杆作受力分析时,需将其隔离出来,其中 A 处的销钉可保留在杆端 A 的孔中(本题画法),也可保留在固定铰支座的孔内,而柔索的拉力视为作用在销钉上;因未要求对滑轮中心处销钉作受力分析,故既可将其保留在杆上,也可保留在滑轮上;可将绳端重物、绳和滑轮视为一体,并对其运用三力平衡条件,确定轮心处(无论有无销钉)的约束反力方向。

对于图(i)所示的结构,如果力 F 的作用线通过 B 点,则可对整体运用三力平衡条件,固定铰支座 O 处约束反力的作用线也必定通过 B 点,于是,所有杆件上力的作用线均可确定。

图(k)所示结构中的力 F 视为作用在活动铰链 C 处的销钉上,而该销钉可保留在任一杆件上。

图(l)所示结构中的力 F_1 作用在 CBD 杆的角顶 B 上,而活动铰链亦在此处,其销钉可保留在任一杆件上。作用在杆 CBD 上的力组成以 B 为交点的汇交力系。

同步训练题

- 如图 1-19 所示的结构,画出:(1)各个构件、销钉 B 及整体的受力图;(2)带销钉 B 的滑轮 I 的受力图;
- 如图 1-20 所示的结构,画出各个构件的受力图。

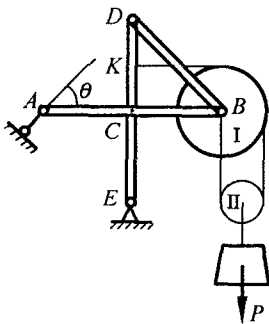


图 1-19

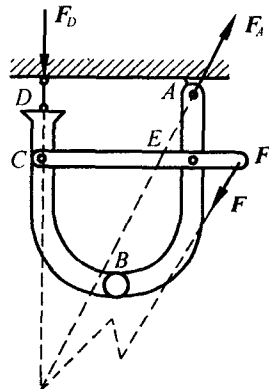


图 1-20

3. 如图 1-21 所示的结构, 画出各个构件的受力图。

4. 如图 1-22 所示的结构, 画出各个构件的受力图。

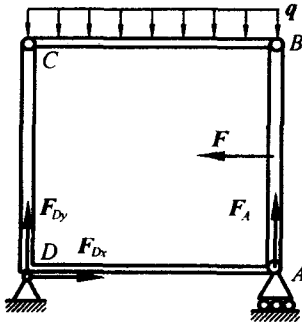


图 1-21

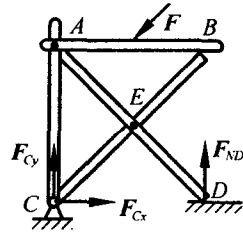


图 1-22

同步训练题答案

1. 解 如图 1-23 所示。(1) A 处的约束类型, 就画法而言, 可简单地理解为可承受拉力或压力的“二力杆”(也有人将其视为一种具有双面约束的活动铰支座), 否则整个结构无法承受外力。(2) 结构整体在 3 个力的作用下处于平衡状态, 可运用三力平衡条件确定 E 处约束反力的方向。

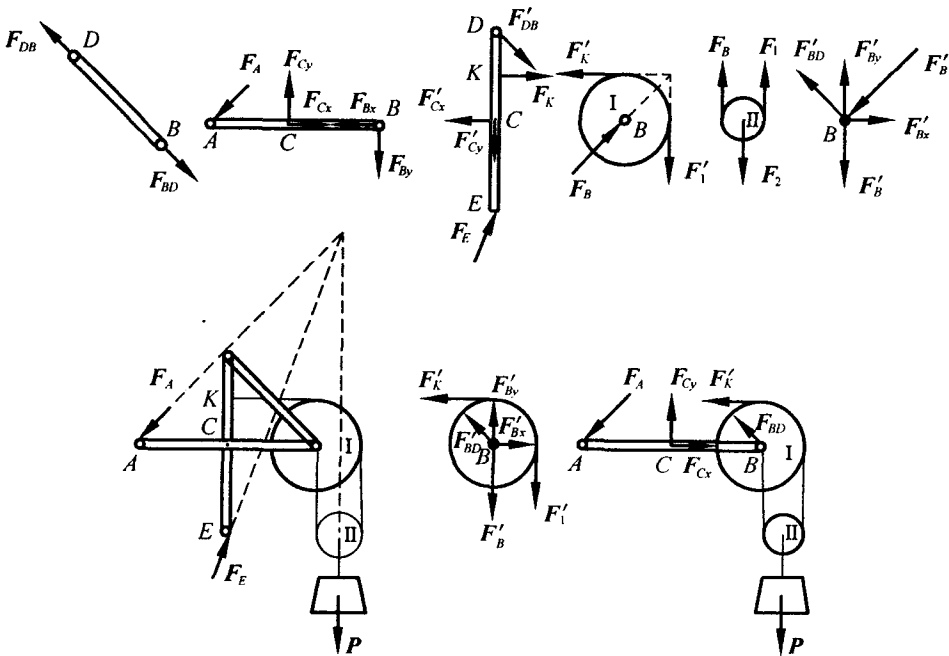


图 1-23

2. 解 如图 1-24 所示。(1) D 处的约束可作如上理解。(2) 就整体而言, 可用三力平衡条件确定 A 处约束反力的方向。(3) 对 DCB 杆运用三力平衡条件, B 处的约束反力必通过 C 点。于是所有杆件上作用力的方向均

可确定。

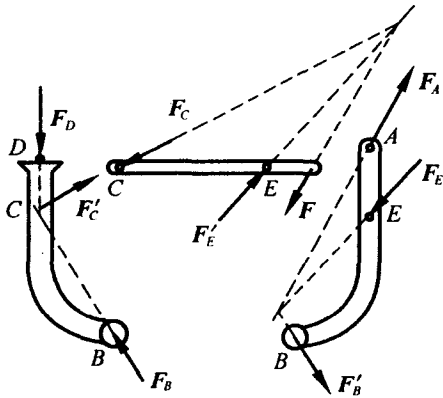


图 1-24

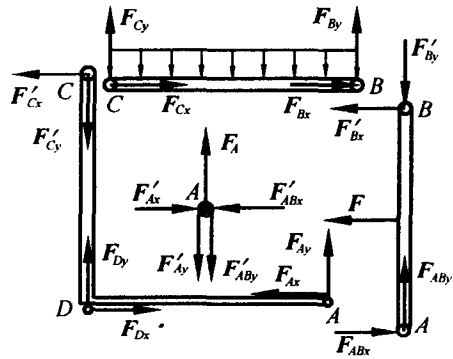


图 1-25

3. 解 如图 1-25 所示。(1) CDA 为一体刚性杆并在 D 处与固定铰支座铰接。(2) A 处销钉隔离出来, 其上作用有来自活动铰支座孔的约束反力 F_A , 来自杆 CDA 上 A 处孔的约束反力 F'_{Ax} 、 F'_{Ay} , 来自杆 BA 上 A 处孔的约束反力 F'_{ABx} 、 F'_{ABy} 。(3) 在无销钉的情况下, 杆 CDA 与杆 BA 之间无相互作用力。(4) 无法用三力平衡条件确定某个约束反力的方向。

4. 解 如图 1-26 所示。(1) C 处的销钉保留在固定铰支座上, A 处的销钉隔离出来, 于是, 杆 AC 与杆 BC 在 C 处无相互作用力, 杆 AC 、杆 AED 与杆 AB 在 A 处也无相互作用力。(2) 杆 AC 为二力杆; 对杆 AB 可利用三力平衡条件确定 A 处约束反力的方向。

读者可自行考虑: C 处的销钉不保留在固定铰支座上, 而保留在杆 AC 或杆 BC 上的情况。

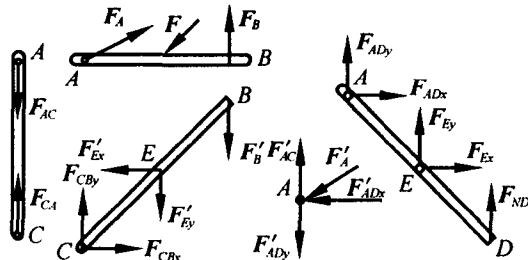


图 1-26