

工程力学

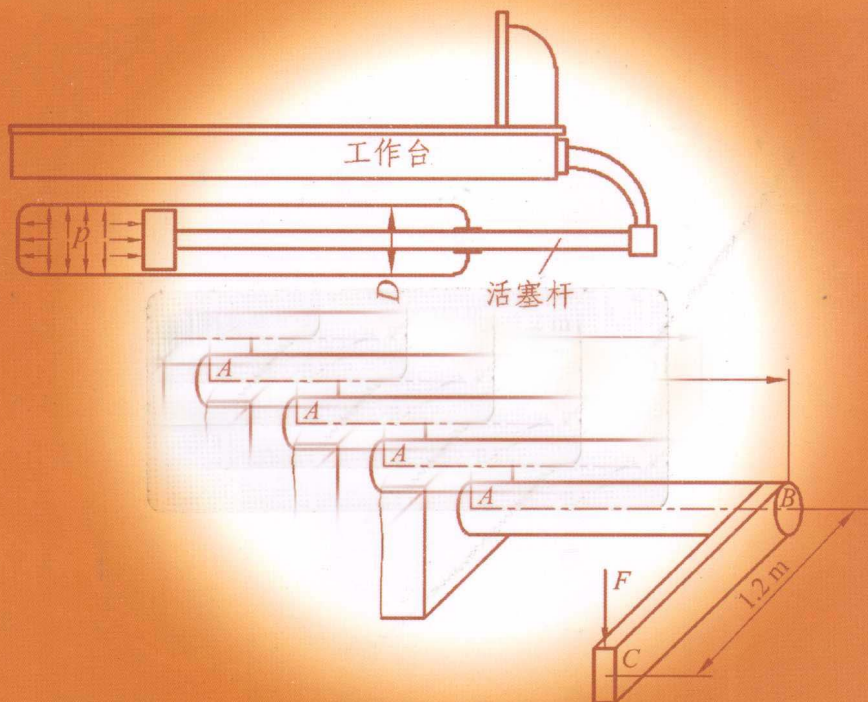
学习指导与能力训练

GONGCHENG LIXUE XUEXI ZHIDAO YU NENGLI XUNLIAN

主编 沈火明

参编 朱国权 郭春华 徐淑娟

王 伟 古 滨



工 程 力 学

学习指导与能力训练

主编 沈火明

参编 朱国权 郭春华 徐淑娟
王 伟 古 滨

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

工程力学学习指导与能力训练 / 沈火明主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2011.4
ISBN 978-7-5643-1055-4

I. ①工… II. ①沈… III. ①工程力学 - 高等学校 - 教学参考资料 IV. ①TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 013424 号

工程力学学习指导与能力训练

沈火明 主编

责任编辑	孟苏成
特邀编辑	杨 勇
封面设计	本格设计
出版发行	西南交通大学出版社 (成都二环路北一段 111 号)
发行部电话	028-87600564 87600533
邮政编码	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	四川森林印务有限责任公司
成品尺寸	170 mm × 230 mm
印 张	18
字 数	321 千字
版 次	2011 年 4 月第 1 版
印 次	2011 年 4 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-1055-4
定 价	29.80 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

在工科院校中工程力学是一门理论性强而又与工程实践密切相关的课程。目前的工程力学教材有两种，一种是包含了理论力学的静力学和材料力学主要内容的教材，一种是包含了理论力学和材料力学全部内容的教材。不管是哪种教材，考虑到篇幅，一般例题不多，思考题则更少。教师要想搞好教学或学生要学好课程，必须要有足够数量的启发式的例题和概念性较强的思考题，特别是和工程紧密结合的例题、习题，包括力学建模分析等。在长期的教学过程中，我们积累了很多的素材，在参考了相关教材的基础上，编写了这本指导书。

本书是工科专业的工程力学、理论力学和材料力学的辅导性读物，它可供统招本专科生，成人教育、网络教育本专科生及考研人员学习、复习工程力学、理论力学、材料力学时参考，亦可供工程技术人员参考。

全书共分 13 章，前 12 章每章分为内容提要、典型题精解、自测题三部分，第 13 章为综合自测题。

每章的内容提要部分，指出了本章需要读者掌握的知识点，包括基本概念、基本内容和基本方法，并对学习难点进行了剖析，以起到帮助读者复习和总结的作用。

典型题精解部分，精选了大量具有代表性的例子，并进行详细的解答。通过典型例题的分析讲解，以加深读者对基本理论和基本概念的理解和掌握。

自测题和模拟试题则使读者通过练习起到全面巩固和提高的作用。模拟试题还给出了详细的解答。

本书由西南交通大学沈火明教授主编。参加编写的有沈火明老师（第 1~6 章，工程力学模拟试题）、西南科技大学朱国权老师（第 7~10 章）、成都理工大学郭春华老师（工程力学自测题 1~10）、浙江师范大学徐淑娟老师（第 11 章）、西北工业大学王伟博士（第 12 章）、西华大学古滨老师（部分自测

题)。全书最终由沈火明、徐淑娟统稿、定稿。研究生王亦恩也参与了本书的部分编撰工作。

本书的策划和编写工作得到了西南交通大学工程力学国家级教学团队建设项目、西南交通大学工程力学国家级精品课程建设项目的资助，在此表示感谢。

限于作者的水平，书中不足及疏漏之处，恳请读者批评指正。

编 者

2010年9月

目 录

第 1 章 静力学基础	1
1.1 内容提要	1
1.2 典型题精解	3
1.3 自测题	8
第 2 章 平面力系	13
2.1 内容提要	13
2.2 典型题精解	19
2.3 自测题	23
第 3 章 空间力系	28
3.1 内容提要	28
3.2 典型题精解	36
3.3 自测题	43
第 4 章 静力学应用专题	49
4.1 内容提要	49
4.2 典型题精解	53
4.3 自测题	62
第 5 章 轴向拉伸与压缩	70
5.1 内容提要	70
5.2 典型题精解	74
5.3 自测题	85
第 6 章 剪切与挤压	92
6.1 内容提要	92
6.2 典型题精解	93
6.3 自测题	99

第 7 章 扭 转	104
7.1 内容提要	104
7.2 典型题精解	109
7.3 自测题	115
第 8 章 弯 曲	121
8.1 内容提要	121
8.2 典型题精解	127
8.3 自测题	138
第 9 章 应力状态理论和强度理论	145
9.1 内容提要	145
9.2 典型题精解	152
9.3 自测题	157
第 10 章 压杆稳定	160
10.1 内容提要	160
10.2 典型题精解	164
10.3 自测题	168
第 11 章 组合变形	172
11.1 内容提要	172
11.2 典型题精解	175
11.3 自测题	180
第 12 章 动载荷及疲劳强度概述	184
12.1 内容提要	184
12.2 典型题精解	190
12.3 自测题	194
第 13 章 工程力学综合自测题	198
工程力学自测题 1	198
工程力学自测题 2	202
工程力学自测题 3	208
工程力学自测题 4	212

工程力学自测题 5	216
工程力学自测题 6	220
工程力学自测题 7	224
工程力学自测题 8	229
工程力学自测题 9	233
工程力学自测题 10	237
工程力学模拟试题 1	241
工程力学模拟试题 2	245
工程力学模拟试题 3	249
参考答案	253
第 1 章 静力学基础	253
第 2 章 平面力系	253
第 3 章 空间力系	254
第 4 章 静力学应用专题	255
第 5 章 轴向拉伸与压缩	256
第 6 章 剪切与挤压	257
第 7 章 扭 转	258
第 8 章 弯 曲	258
第 9 章 应力状态理论和强度理论	259
第 10 章 压杆稳定	260
第 11 章 组合变形	260
第 12 章 动载荷及疲劳强度概述	261
第 13 章 工程力学综合自测题	261
参考文献	279

第 1 章

静力学基础

1.1 内容提要

1.1.1 静力学基本概念

1. 刚 体

任何情况下都不会发生变形的物体称为刚体。刚体是力学中的一种理想化模型。

2. 力和力系

力是物体间相互的机械作用，这种作用使物体的形状和运动状态发生改变。力的三要素：大小、方向和作用点。

作用在物体上的若干个力总称为力系。

3. 平 衡

所谓物体的平衡，工程上一般是指物体相对于惯性参考系静止或做匀速直线运动的状态。作用于物体上正好使之保持平衡的力系称为平衡力系。

4. 等效力系

作用于物体且效应（外效应或内效应）相同的力系称为等效力系。

1.1.2 静力学公理

1. 二力平衡公理

作用于刚体上的两个力，使刚体处于平衡状态的充分与必要条件是：这两个力大小相等，方向相反，且作用在同一直线上。

2. 加减平衡力系公理

在作用于刚体上的已知力系中，加上或减去任一平衡力系，并不改变原力系对刚体的作用效应。

3. 力的平行四边形法则

作用于物体上同一点的两个力，其合力也作用在该点上，至于合力的大小和方向则由以这两个力为边所构成的平行四边形的对角线来表示，而该两个力称为合力的分力。

4. 作用与反作用定律

两物体间相互作用的力总是等值、反向、共线且分别作用在这两个物体上。

5. 刚化原理

变形体在某一力系作用下处于平衡状态，如果将此变形体刚化为刚体，其平衡状态保持不变。

1.1.3 推 理

1. 力的可传性原理

作用于刚体上的力，其作用点可以沿作用线移动而不改变它对该刚体的作用效应。

2. 三力平衡汇交定理

若刚体受三个力作用而处于平衡，且其中两个力的作用线汇交于一点，则第三个力的作用线也必定汇交于同一点，且共面。

1.1.4 约束、约束反力及常见的约束类型

1. 约 束

限制物体运动的条件称为约束。

2. 约束反力

约束对被约束物体的反作用力称为约束反力。

3. 常见的约束类型

常见的约束类型有：柔体约束；光滑的点、线、面约束；光滑铰链约束；轴承约束；固定端约束。

1.1.5 物体的受力图

物体的受力图是指表示物体所受全部外力（包括主动力和约束反力）的简图。受力图是求解静力学问题的依据。

1.1.6 受力分析的基本步骤及注意事项

（1）明确研究对象，将研究对象从它周围物体的约束中分离出来，单独画出其简图。

（2）画出研究对象所受的一切主动力和约束反力。

（3）约束反力要符合约束的类型及其性质。

（4）当分别画两个相互作用物体的受力图时，要注意作用力和反作用力之间的关系。

（5）通常应先找出二力构件，画出它的受力图，然后再画其他物体的受力图。

1.2 典型题精解

【例 1.1】 如图 1.1 所示，试分别画出图 1.1 (a)、(b)、(c) 中各物体的受力图。

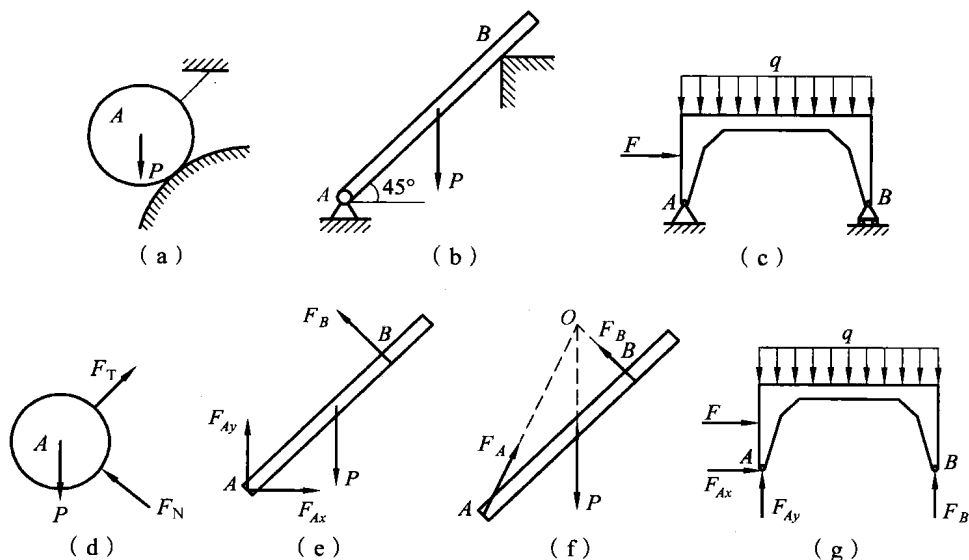


图 1.1

解: (1) 对图 1.1 (a), 取圆盘为研究对象, 其受到的约束为柔体约束和光滑接触点约束。对柔体约束, 其约束反力方向背离物体沿着柔体方向; 对光滑接触点约束, 其约束反力方向沿接触面公法线方向。其受力图如图 1.1 (d) 所示。

(2) 对图 1.1 (b), 取杆 AB 为研究对象, A 端为固定铰支座约束, B 点为光滑接触点约束。对固定铰支座约束, 其约束反力可分解成两个正交的分力表示, 一般分解成水平方向和竖直方向; 对光滑接触点约束, 约束反力方向沿着接触面公法线方向。其受力图如图 1.1 (e) 所示。

图 1.1 (b) AB 杆的受力图也可利用三力平衡汇交定理来确定 A 点约束反力合力的方向。重力 P 和 B 点的约束反力方向能够确定, 其作用线的延长线相交于一点, 由于结构处于平衡状态, 故 A 点约束反力作用线的延长线也必过该点, 其受力图如图 1.1 (f) 所示。

(3) 对图 1.1 (c), 取拱架 AB 为研究对象。拱架 AB 上受到一荷载集度为 q 的均布荷载和集中力 F 的作用。 A 端为固定铰支座约束, 其约束反力可用水平和竖直方向的两个正交分力来表示; B 端为活动铰支座约束, 其约束反力方向垂直于活动铰支座所接触的平面。其受力图如图 1.1 (g) 所示。

【例 1.2】 画出图 1.2 中杆件 AB 的受力图。

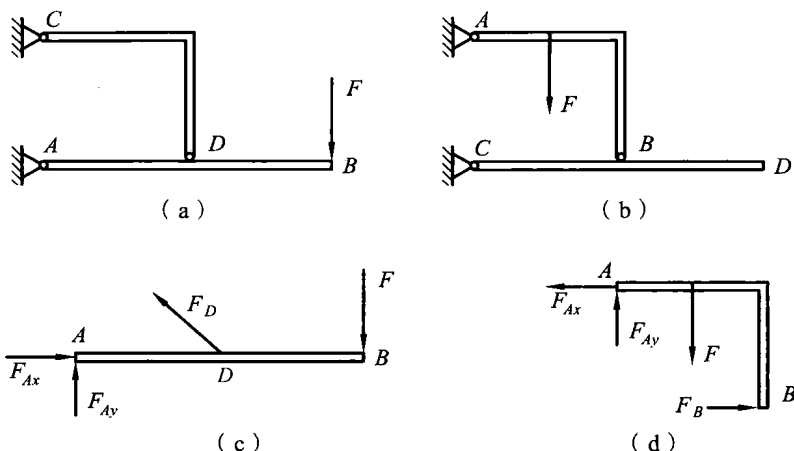


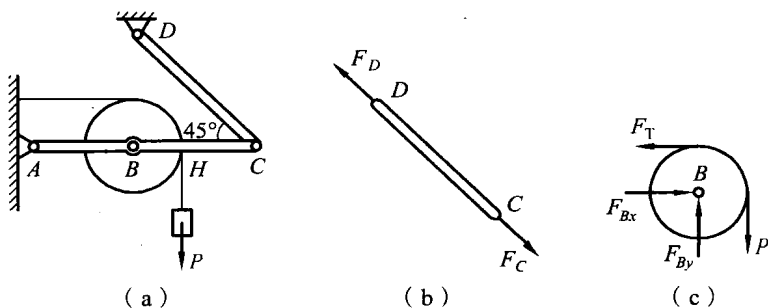
图 1.2

解：(1) 对图 1.2 (a)，由于折杆 CD 两端均为铰链支座，且受力只有 C 、 D 两处，故 CD 杆为二力杆，其受到的约束反力方向必然在 C 、 D 的连线上。现取 AB 为研究对象，先由 CD 为二力杆确定 D 点受到的约束反力方向，对于 A 点固定铰支座，若用两分力来表示约束反力的方向，则受力图如图 1.2 (c) 所示。 A 处约束反力也用根据三力平衡汇交定理来确定。

(2) 图 1.2 (b) 中，杆 CD 在 C 、 B 处均为铰链约束，也只在 C 、 B 处受到有约束反力，故杆 CD 是二力杆，受到的约束反力必然在 C 、 D 的连线上，这样可确定 AB 杆在 B 点的约束反力方向。 A 为固定铰支座，则 AB 杆受力图如图 1.2 (d) 所示。 A 处约束反力同样也可用三力平衡汇交定理来确定。

提示：能否正确判断二力杆是本题画受力图的关键。

【例 1.3】 画出图 1.3 (a) 所示各构件及整个系统的受力图。



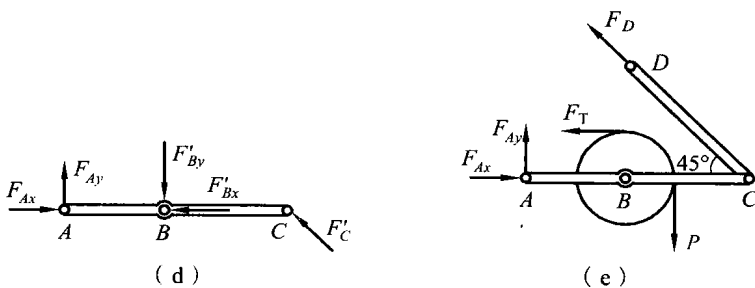


图 1.3

解：首先取 CD 杆为研究对象。显然 CD 杆为二力杆，其受力图如图 1.3 (b) 所示。取定滑轮为研究对象，定滑轮通过绳子，一端吊起重为 P 的重物，一端固定在墙壁上，绳子拉力为 F_T 。又，定滑轮通过铰链固定在杆 ABC 上，受到杆 ABC 对其的约束反力可分解成水平和竖直两个分力，受力图如图 1.3 (c) 所示。

对于杆 ABC ，在 C 端受到杆 CD 的反作用力 F'_C 的作用，在 B 点受到定滑轮的反作用力 F'_{Bx} 和 F'_{By} 的作用， A 端由于是固定铰支座，故分解成水平和竖直方向两分力，其受力图如图 1.3 (d) 所示。

最后取整个系统为研究对象，先画主动力，再画约束反力。其受力图如图 1.3 (e) 所示。

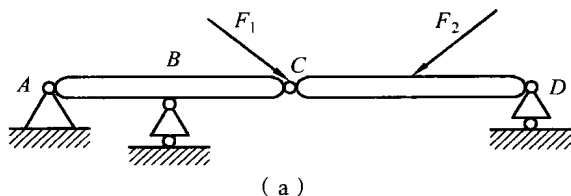
注意：

(1) 在画局部与整体的受力图中，一定要注意作用力与反作用力，不能多画与漏画，并注意相互作用力符号的表示方法。

(2) 分离体内各部分之间的相互作用力，称为内力。分离体外的其他物体对分离体的作用力，称为外力。受力图上只画内力，不画外力。内力与外力的区分是相对的，根据研究对象选择的不同而改变。

(3) 同一系统各研究对象的受力图必须整体与局部一致，相互协调，不能相互矛盾。即对于某一处的约束反力的方向一旦设定，在整体、局部或单个物体的受力图上要与之保持一致。

【例 1.4】 试画出图 1.4 (a) 所示连续梁中的 AC 和 CD 梁的受力图。



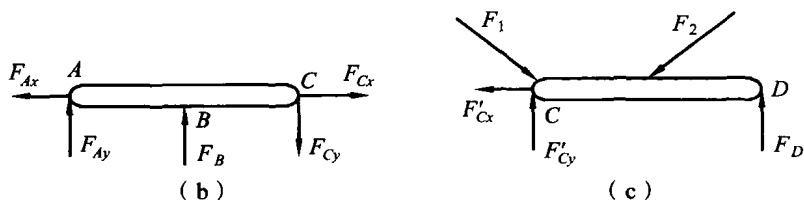


图 1.4

解：由于铰 C 作用一集中力 F_1 ，故把铰 C 放在 CD 杆一起作为研究对象考虑。则在 AC 杆受到铰链 C 、活动铰支座 B 和固定铰支座 A 对其的约束反力，受力图如图 1.4 (b) 所示。

现考虑 CD 杆（含铰链 C ）， CD 杆除了受到主动力 F_1 和 F_2 的作用，还受到 D 端活动铰支座和 AC 杆对其反作用力的作用。受力图如图 1.4 (c) 所示。

注意：该题的铰链 C 也可包含在杆 AC 中考虑，请读者试作其受力图。若包含在杆 AC 中考虑，就不能再把铰链 C 和 CD 杆一起考虑。当然，也可以把铰链 C 单独隔离出来作其受力图，此时， AC 杆和 CD 杆的受力图均不包含铰链 C 。

【例 1.5】 图 1.5 (a) 所示的物体系由 AB 、 CD 和 CE 三根杆彼此铰接组成。 D 和 E 为固定铰支座， A 和 C 为铰链连接。销钉 F 固定在杆 AB 上，它可沿杆 CE 上的直槽滑动。如果在杆端 B 作用力 F ，不计各物体的重量和摩擦，分别画出整个物体系、杆 AB 、杆 CD 、杆 CE 的受力图。

解：取整体为研究对象，在受力图中不画物体系内 A 、 C 和 F 相互作用的内力，只画物体系所受到的外力，其受力图如图 1.5 (b) 所示。其中，力 F 为主动力， F_{Dx} 、 F_{Dy} 和 F_{Ex} 、 F_{Ey} 分别为固定铰链支座 D 和 E 的两个正交分力。

取 AB 为研究对象，受力如图 1.5 (c) 所示。其中， F 为主动力， F_F 是光滑直槽对销钉 F 的约束力，力 F_F 垂直于直槽； F_{Ax} 和 F_{Ay} 为铰链 A 的两个正交约束分力。也可根据三力平衡汇交定理确定约束力 F_A 的方向，如图 1.5 (d) 所示。图 1.5 (d) 中计算约束力 F_A 的方向有时比较麻烦，在复杂物体系中一般采用图 1.5 (c) 便于计算。

杆 CD 在 C 、 A 、 D 三处分别受两个正交分力作用，如图 1.5 (e) 所示。其中 F'_{Ax} 和 F'_{Ay} 分别为 F_{Ax} 和 F_{Ay} 的相互作用力（依据图 1.5 (c)），它们大小相等，方向相反，也可根据图 1.5 (d) 来确定。固定铰链支座 D 的约束力 F_{Dx} 和 F_{Dy} 的方向必须与图 1.5 (b) 一致；铰链 C 的约束力按铰链约束给出，用 F_{Cx} 和 F_{Cy} 表示。

槽杆 CE 的受力图如图 1.5 (f) 所示。其中 F'_F 为 F_F 的相互作用力； F'_{Cx} 和 F'_{Cy} 分别为 F_{Cx} 和 F_{Cy} 的相互作用力；同样，力 F_{Ex} 和 F_{Ey} 的指向必须与图 1.5 (b) 一致。

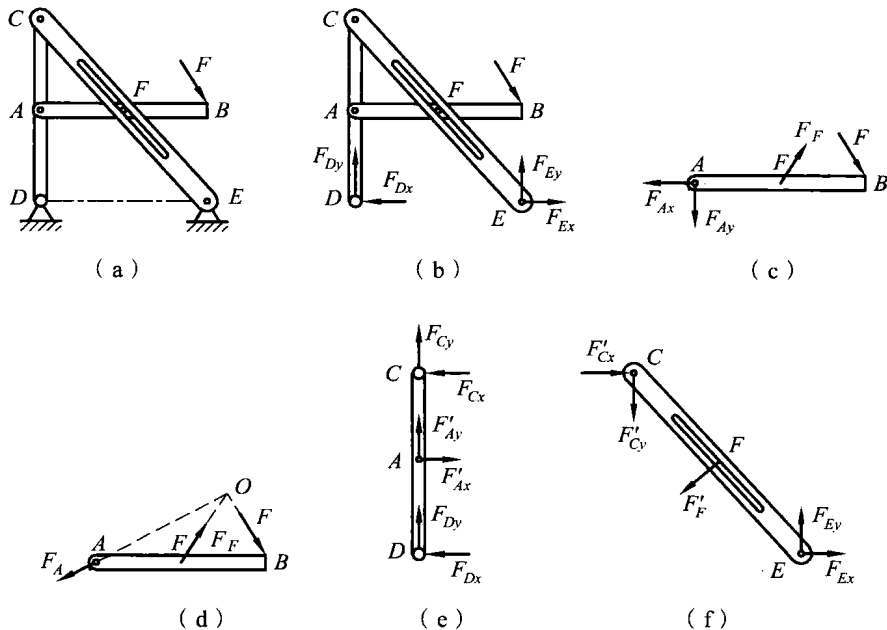


图 1.5

1.3 自测题

一、是非题

- 1.1 凡是合力都比分力要大。()
- 1.2 凡两端用铰链连接的杆都是二力杆，凡不计自重的刚杆都是二力杆。()
- 1.3 若作用于刚体上的三个力共面且汇交于一点，则刚体一定平衡。()
- 1.4 若作用于刚体上的三个力共面，但不汇交于一点，则刚体一定不平衡。()

二、选择题

1.5 物体能不能视为刚体, 取决于 ()。

- A. 物体是否坚硬 B. 变形是否微小
C. 物体的大小 D. 是否研究物体的变形

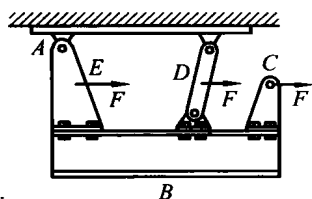
1.6 对桥梁进行静力分析时, 其计算简图一端约束简化为固定铰支座, 另一端约束可简化为 ()。

- A. 固定端 B. 固定铰支座
C. 活动铰支座 D. 柔体

三、问答题

1.7 二力平衡条件与作用和反作用定律都是说二力等值、反向、共线, 两者有什么区别?

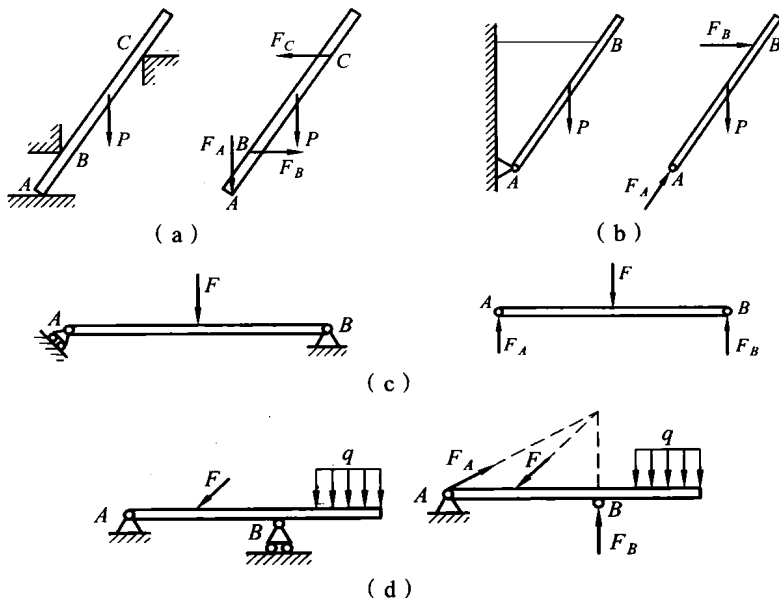
1.8 图中刚性构件 ABC 由销钉 A 和拉杆 D 所悬挂, 在构件的 C 点作用有一水平力 F 。如果将力 F 沿其作用线移至 D 点或 E 点处, 如图所示, 请问是否会改变销钉 A 和 D 杆的受力?



题图 1.8

四、受力分析题

1.9 图示中各物体的受力图是否有错误? 如何改正?



题图 1.9