



21世纪高等教育规划教材——学习指导与考研系列

理论力学 辅导与习题解

(中、少学时)

◎ 韩淑洁 主编

LILUN LIXUE FUDAO YU XITIJIE

- ★ 内容提要
- ★ 基本要求与方法指导
- ★ 典型例题分析
- ★ 习题解答
- ★ 自我测验题
- ★ 试题库



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

21 世纪高等教育规划教材——学习指导与考研系列

理论力学辅导 与习题解

(中、少学时)

主 编 韩淑洁
副主编 宋雪静 刘 会 郑雪梅
参 编 高晓芳 孟磊松 夏培伟
 闫 芳 高存平
主 审 孟庆东



机械工业出版社

本书是根据国家教育部审定的《理论力学教学基本要求》和《理论力学函授教学大纲》，为配合孟庆东、钟云晴等编的《理论力学简明教程》一书而编写的辅助教材。同时，本书又有其完整性、独立性和通用性，因而也可独立使用或与其他同类型教材配合使用。

本书在编排上按照《理论力学简明教程》的章节顺序，每章包括：(1) 内容提要；(2) 学习基本要求与方法指导·重难点提示；(3) 典型例题分析；(4) 习题解答；(5) 自我测验题。书后附有试题库。

本书可作为高等学校学生的学习参考书，特别适合各种成人教育的学员（如函授、夜大、自学、职大、远程教育等）作为学习理论力学的辅导用书，也可作为考研学生及相关教师的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

理论力学辅导与习题解：中、少学时/韩淑洁主编.
—北京：机械工业出版社，2012.3
21 世纪高等教育规划教材·学习指导与考研系列
ISBN 978-7-111-36955-4

I. ①理… II. ①韩… III. ①理论力学—高等学校—
教学参考资料 IV. ①O31

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 013924 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑：张金奎 责任编辑：张金奎 任正一

版式设计：霍永明 责任校对：程俊巧

封面设计：张 静 责任印制：杨 曦

北京京丰印刷厂印刷

2012 年 3 月第 1 版 · 第 1 次印刷

140mm × 203mm 8.375 印张 · 314 千字

标准书号：ISBN 978-7-111-36955-4

定价：16.80 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
电话服务

网络服务

社服务中心：(010)88361066

门户网：<http://www.cmpbook.com>

销售一部：(010)68326294

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售二部：(010)88379649

读者购书热线：(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是根据国家教育部审定的《理论力学教学基本要求》和《理论力学函授教学大纲》，为配合孟庆东、钟云晴等编的，由机械工业出版社出版的《理论力学简明教程》（以下简称《教程》）一书而编写的辅助教材。因此，这两本书配套使用更为方便适宜。同时，本书又有其完整性、独立性和通用性，因而也可单独或与其他同类型教材配合使用。为便于自学，编写时力求重点突出、条理清楚、通俗易懂、例题解析详细。

理论力学课程的特点是系统性强，章节间一环扣一环，前面的内容不能较好地掌握，后面的内容就难于学懂，更谈不上掌握。因此，本书在编排上亦按《教程》共分三篇14章的顺序，每章包括：（1）内容提要；（2）学习基本要求与方法指导·重难点提示；（3）典型例题分析；（4）习题解答；（5）自我测验题。

考虑到节省篇幅，突出重点的原则，对一些较简单的、容易掌握的章节，或大纲上可以选修的章节，本书采用较少篇幅或从略处理的方法；对一些重点章节，或难度较大的内容，则作了比较详细的讨论，并选择了较多的例题。所选的例题中，除一些基本例题外，还特意选择了一些一题多解，概念性较强，解题方法又具有较大灵活性的典型例题，带*的为提高性例题，其目的是使学生对理论力学学习的基本方法有进一步的掌握。为了强化学生对基本概念与基本理论的复习巩固，本书特选了较多的思考题，供学生使用。

特别值得注意的是：如何独立正确地解题始终是初学理论力学的学员普遍感到困惑的问题。特别是对于参加成人教育学习的学员（如业余、函授、夜大、自学、职大、远程）平时与直接授课老师很少有机会接触，不能及时得到辅导与答疑。因此，在本书的编著中将重点放在典型例题分析（选择了约百个例题）和习题解答（对《教程》中的习题给予解答或解题思路指导提示）。

为了培养学员独立思考与独立解题的能力，在每章的后面均布

IV

置了自我测验题，可供习题课或课堂讨论用，亦是对每章习题的补充。

为了使学员做好本门课结束后的总复习和应试环节，本书还以附录的形式编写了考试“试题库”。对欲“考研”的学生，以及任课教师，也可参考使用。

参加本书编写的有青岛远洋船员职业学院的韩淑洁和宋雪静；四川建筑职业学院的刘会；浙江台州职业学院的郑雪梅；青岛科技大学的高晓芳、夏培伟、闫芳和高存平；青岛大学的孟磊松。

本书由韩淑洁任主编并负责统稿，宋雪静、刘会、郑雪梅为副主编。

孟庆东教授对本书的编著形式、风格设计和内容编排等都提出了许多具体宝贵的意见，并担任主审。钟云晴教授亦对本书的编著提出了许多好的建议，并奉献出珍贵的教学资料供编者参考。

本书的出版得到了机械工业出版社和有关院校的大力支持与协助。在编写过程中曾借鉴、引用了许多国内外兄弟院校的有关教材或参考书中的资料、图表或题例；参阅了许多专著和文献。谨此一并对上述单位和个人表示衷心感谢。

限于编者的水平，书中难免有缺点、疏漏和错误之处，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一篇 静 力 学

第一章 静力学的基本概念和物体的受力分析	1
一、内容提要	1
二、学习基本要求与方法指导·重难点提示	2
三、典型例题分析	3
四、习题解答	5
五、自我测验题	12
第二章 平面基本力系	15
一、内容提要	15
二、学习基本要求与方法指导·重难点提示	16
三、典型例题分析	16
四、习题解答	20
五、自我测验题	32
第三章 平面任意力系	34
一、内容提要	34
二、学习基本要求与方法指导·重难点提示	35
三、典型例题分析	36
四、习题解答	39
五、自我测验题	53
第四章 摩擦	57
一、内容提要	57
二、学习基本要求与方法指导·重难点提示	58
三、典型例题分析	58
四、习题解答	60
五、自我测验题	68
第五章 空间力系	70
一、内容提要	70

二、学习基本要求与方法指导·重难点提示	71
三、典型例题分析	71
四、习题解答	74
五、自我测验题	82

第二篇 运 动 学

第六章 点的运动学	84
一、内容提要	84
二、学习基本要求与方法指导·重难点提示	85
三、典型例题分析	85
四、习题解答	88
五、自我测验题	98
第七章 刚体的基本运动	100
一、内容提要	100
二、学习基本要求与方法指导·重难点提示	100
三、典型例题分析	101
四、习题解答	104
五、自我测验题	111
第八章 点的合成运动	113
一、内容提要	113
二、学习基本要求与方法指导·重难点提示	113
三、典型例题分析	114
四、习题解答	117
五、自我测验题	126
第九章 刚体的平面运动	128
一、内容提要	128
二、学习基本要求与方法指导·重难点提示	128
三、典型例题分析	128
四、习题解答	130
五、自我测验题	146

第三篇 动 力 学

第十章 质点及刚体的运动微分方程	148
一、内容提要	148

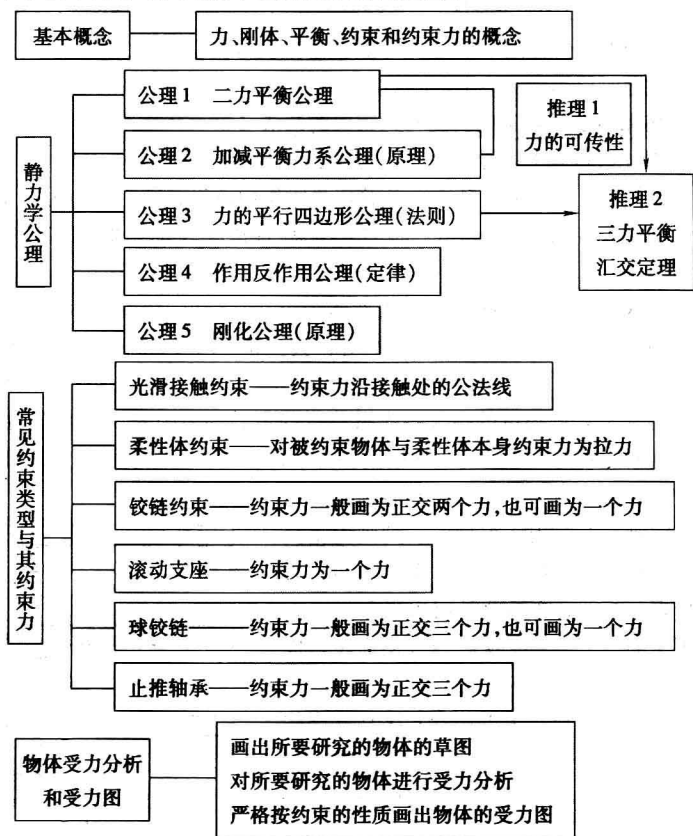
二、学习基本要求与方法指导·重难点提示	148
三、典型例题分析	148
四、习题解答	151
五、自我测验题	164
第十一章 达朗贝尔原理 (动静法)	166
一、内容提要	166
二、学习基本要求与方法指导·重难点提示	166
三、典型例题分析	166
四、习题解答	168
五、自我测验题	184
第十二章 动能定理	186
一、内容提要	186
二、学习基本要求与方法指导·重难点提示	186
三、典型例题分析	187
四、习题解答	189
五、自我测验题	198
第十三章 动量定理和动量矩定理	200
一、内容提要	200
二、学习基本要求与方法指导·重难点提示	201
三、典型例题分析	202
四、习题解答	203
五、自我测验题	217
*第十四章 机械振动基础	220
一、内容提要	220
二、学习基本要求与方法指导·重难点提示	221
三、典型例题分析	221
四、习题解答	223
五、自我测验题	230
附录 试题库	233
参考文献	259

第一篇 静 力 学

第一章 静力学的基本概念和 物体的受力分析

一、内 容 提 要

本章基本内容可归纳为下面的知识结构框图。



二、学习基本要求与方法指导·重难点提示

(注:下划波浪线的是重点或难点,以下同。)

1. 力、力的三要素、刚体、力的可传性、力系、平衡等几个基本概念 (重点)

对这些基本概念,不用去背其文字表述,只要理解或了解就可以了。

2. 掌握静力学公理与两条推论 (重点)

(1) 对 5 条公理与 2 条推论不用去背其文字表述,只要理解就可以了。

(2) 在实际做题中,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。在分开画两相邻构件的受力图时,还要注意作用反作用公理(定律)的应用。对力的平行四边形公理(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论,其理论应用与实际应用都比较简单。

有时做题时要用到三力平衡汇交定理,会应用即可。

3. 熟练掌握各种约束的类型与约束力的画法 (重点)

(1) 对光滑接触的指導: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) 对柔性体约束的指導: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導: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,要视解题方便而定,极个别的情况也可以画为斜交的两个力。

(4) 对滚动支座约束的指導: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三种符号具有同等的含义。

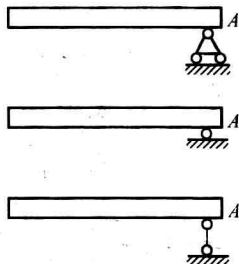


图 1-1

(5) 对球铰链约束的指导：球铰链和(3)中所讲的光滑铰链均是铰链，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) 对轴承约束（难点）的指导：轴承有径向轴承与止推轴承，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. 初步学会对研究对象进行受力分析，画出受力图（重点、难点）

正确地画出物体的受力图是分析、解决力学问题的基础，务必高度重视。

指导1：画受力图的难点在于约束力的画法。要严格按约束的性质来画，不能根据主观想象猜测来画。

指导2：当画整个系统的受力图时，由于内力成对出现，不必画出，只需画出全部外力。

三、典型例题分析

例题 1-1 图 1-2a 所示的梯子 AB 重为 G ，在 C 处用绳索 CD 拉住， A 、 B 处分别放在光滑的墙及地面上。试画出梯子的受力图。

解 以梯子 AB 为研究对象，将其单独画出。作用在梯子上的主动力是已知的重力 G ，重力 G 作用在梯子的中点上，铅垂向下；光滑墙面的约束力是 F_{NA} ，它通过接触点 A ，垂直于梯子并指向梯子；光滑地面的约束力是 F_{NB} ，它通过接触点 B ，垂直于地面并指向梯子；绳索的约束力是 F_{TC} ，作用于绳索与梯子的接触点 C ，沿绳索中心线，背离梯子。梯子 AB 的受力如图 1-2b 所示。

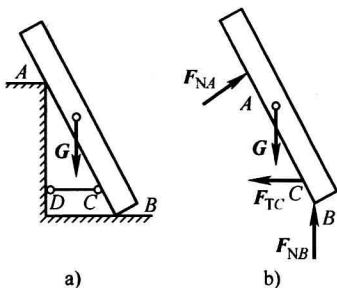


图 1-2

例题 1-2 画出图 1-3a 所示梁 AB 的受力图，不计梁的自重。

解 解除 A 、 B 两处约束，取梁 AB 为分离体，其中 A 处为活动铰支座； B 处为固定铰支座。作出其受力图如图 1-3b 所示。

固定铰支座 B 处的约束力的方向也可以根据三力平衡汇交定理确定，如图 1-3c 所示。

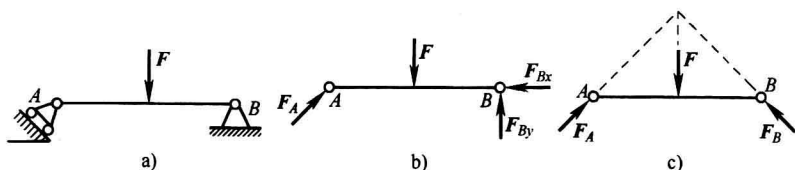


图 1-3

例题 1-3 图 1-4a 所示的三铰拱结构，在拱 BC 上作用有已知载荷 F 。不计各拱自重。试分别画出拱 AC 和 BC 的受力图。

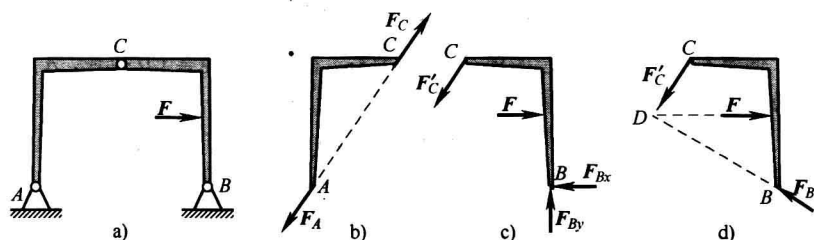


图 1-4

解 (1) 先取左半拱 AC 为研究对象，画出其分离体图。

拱 AC 为二力构件， A 、 C 处分别受 F_A 、 F'_C 作用，且 $F_A = -F'_C$ ，假设方向如图 1-4b 所示。

(2) 再取右半拱 BC 为研究对象，画出其分离体图。

作用在拱 BC 上有主动力 F 。根据作用与反作用定律， C 处受拱 AC 给它的约束力 F'_C ，且 $F_C = -F'_C$ 。 B 处固定铰支座的约束力可用 F_{Bx} 和 F_{By} 表示。拱 BC 的受力图如图 1-4c 所示。

另外，对右半拱 BC 也可作如下分析。由于力 F 与 F'_C 相交于 D 点，根据三力平衡汇交定理， B 处的约束力亦必通过该汇交点，从而可确定约束力 F_B 。

沿 B 、 D 两点连线, 如图 1-4d 所示。

例题 1-4 图 1-5a 所示水平梁 AB 用斜杆 CD 支撑, A 、 C 、 D 三处均为光滑铰链连接。均质水平梁 AB 重 G_1 , 其上放置一重为 G_2 的电动机。不计斜杆 CD 的自重, 试分别画出斜杆 CD 、水平梁 AB (包括电动机) 和三脚架整体的受力图。

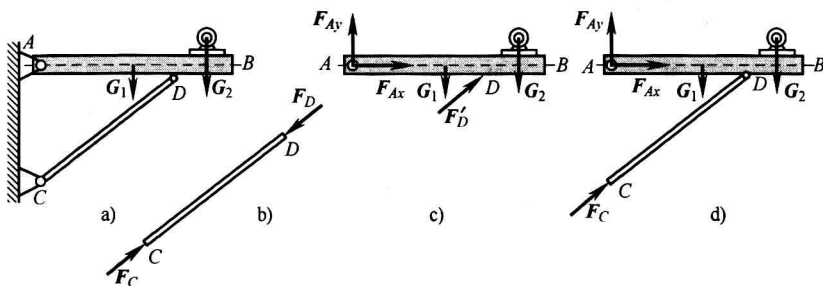


图 1-5

解 (1) 研究斜杆 CD , 画出其分离体图。

由于斜杆自重不计, CD 为二力杆, 约束力 F_C 和 F_D 沿 CD 连线, 如图 1-5b 所示。

(2) 研究水平梁 AB (包括电动机), 画出其分离体图。

主动力有 G_1 和 G_2 ; D 处的约束力 $F'_D = -F_D$; 固定铰支座 A 处的约束力有 F_{Ax} 和 F_{Ay} , 指向假定, 如图 1-5c 所示。

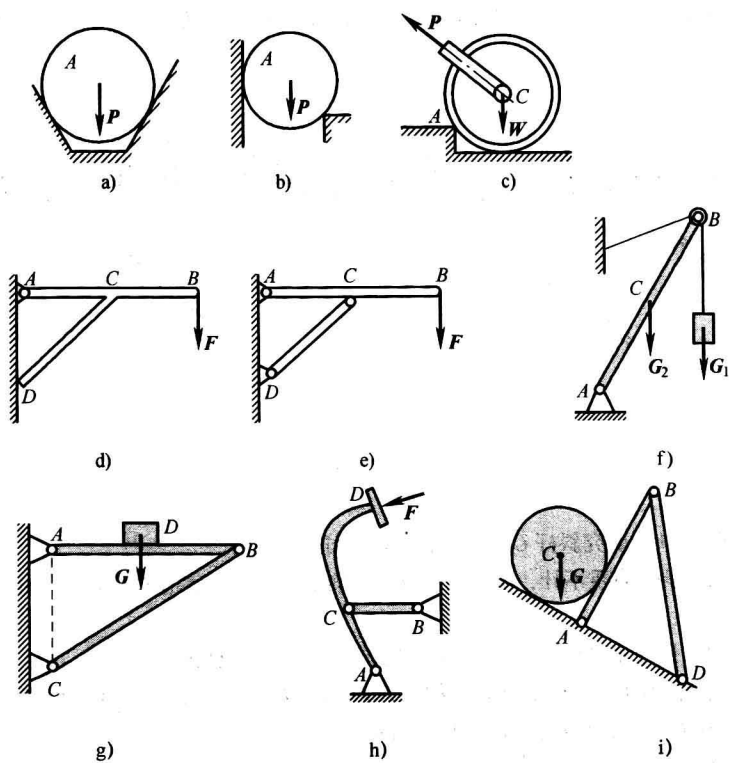
(3) 研究三脚架整体, 画出其分离体图。

主动力有 G_1 和 G_2 ; 约束力 F_C 、 F_{Ax} 和 F_{Ay} 分别与图 1-5b、c 中点 C 和 A 点处的约束力相同。铰链 D 处的力为内力, 由于内力对系统的作用效应相互抵消, 故不用画出。在受力图上只画系统以外的物体对系统的作用力, 这种力称为外力。整体的受力图如图 1-5d 所示。

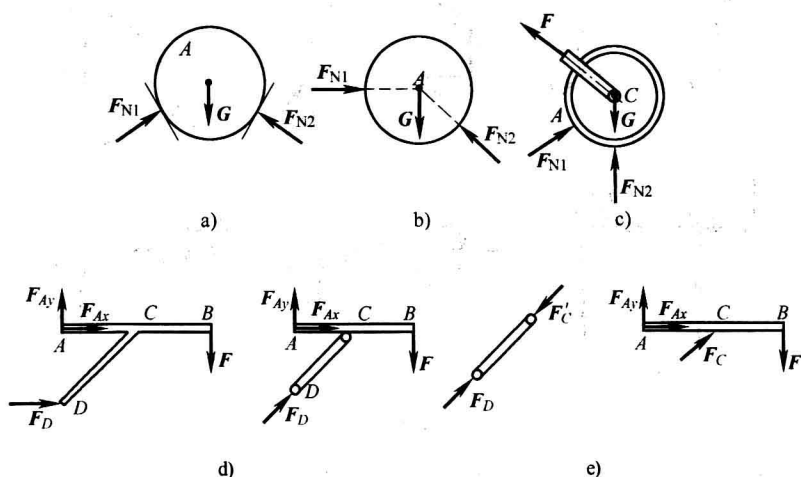
四、习题解答

1-1 根据题 1-1A 图所示各物体单件所受约束的特点, 分析约束并画出它们的受力图。设各接触面均为光滑面, 未画重力的物体表示重力不计。

解 仅对前五题, 即图 a ~ 图 e 所示单件进行受力分析, 画出受力图如题 1-1B 图所示, 图 f ~ 图 i 各题受画力图方法类似, 由读者独立完成。

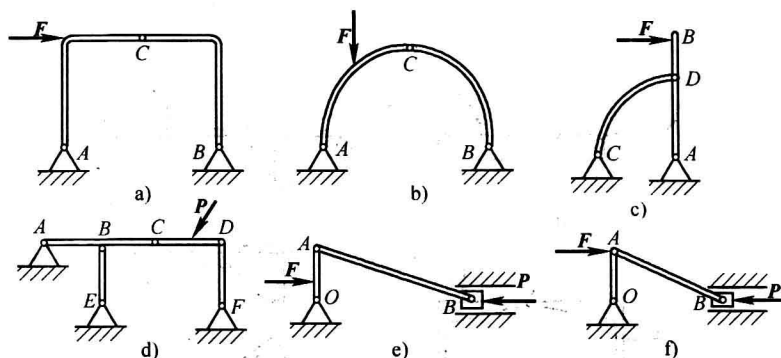


题 1-1A 图



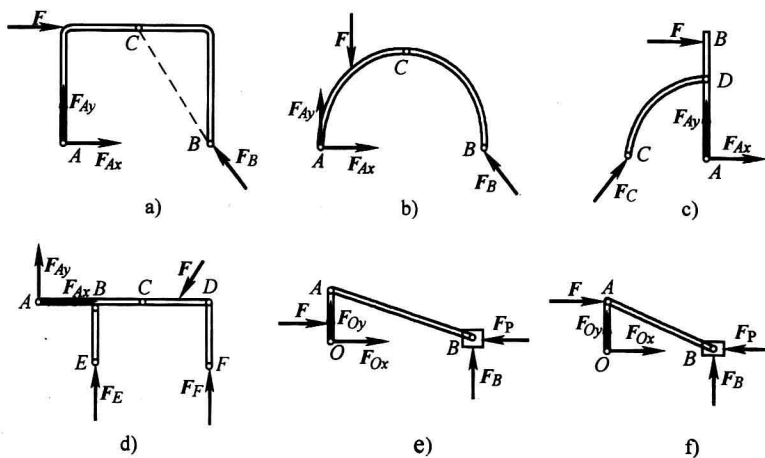
题 1-1B 图

1-2 画出题 1-2A 图所示各物体系统的单件及整体受力图。设各接触面均为光滑面，未画重力的物体表示重量不计。



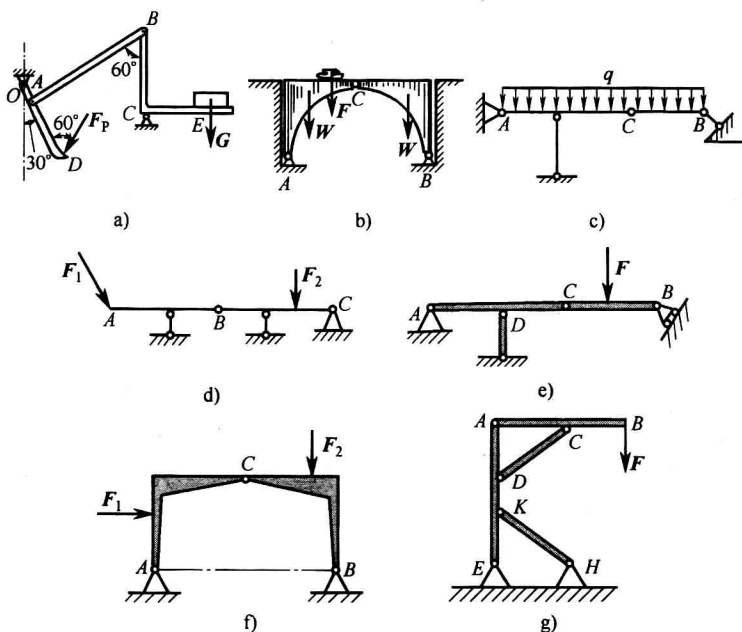
题 1-2A 图

解 题 1-2A 图所示各物体系统的整体受力图如题 1-2B 图所示（单件受力图略）。



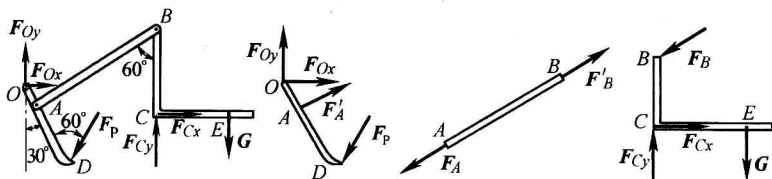
题 1-2B 图

1-3 画出题 1-3A 图所示各物体系统的单件及整体受力图。设各接触面均为光滑面，各物体重量不计。



题 1-3A 图

解 仅对题 1-3A 图 a 所示物体系统的整体和单件进行受力分析, 画出受力图如题 1-3B 图所示, 其他各分图题的受力图画法类似, 由读者独立完成。



题 1-3B 图

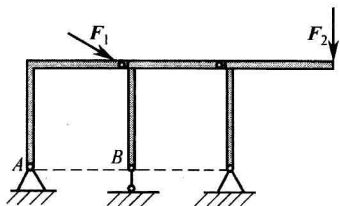
1-4 画出题 1-4 图所示物体系统中各物体及整体的受力图。

解 由读者独立完成。

1-5 画出题 1-5 图所示物体系统中各

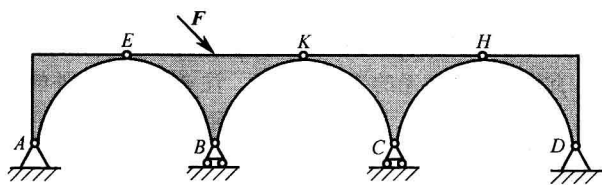
物体及整体的受力图。

解 由读者独立完成。



题 1-4 图

1-6 简易起重机如题 1-6 图所示, 梁 ABC 一端 A 用铰链固定在墙上, 另一端装有滑轮并用杆 CE 支撑, 梁上 B 处固定一卷扬机 D, 钢索经定滑轮 C 起吊重物 H。不计梁、杆、滑轮的自重, 设各接触面均为光滑面。试画出重物 H、杆 CE、滑轮 C、销钉 C、横梁 ABC 及整体系统的受力图。



题 1-5 图

解 分别以重物 H、杆 CE、滑轮 C、销钉 C、横梁 ABC、横梁与滑轮整体为研究对象, 解除各自的约束, 画出分离体简图。

对本题, 应首先判断出 CE 杆为二力杆。其次, C 处为用销钉连接三个物体的中间铰链约束。对 CE 杆, 画上约束力 F_{EC} 和 F_{CE} ; 重物受到重力 G 和拉力 F' 作用; 滑轮上画上柔索拉力 F 和 F_D' 作用, 铰链销钉对滑轮的约束力 F_{Cx2} , F_{Cy2} 作用; 在横梁 ABC 上有固定铰链支座约束力 F_{Ax} , F_{Ay} , 卷扬机 D 钢