

838

838

03/
w459

同济大学力学辅导系列丛书

理论力学学习方法及解题指导

(上册)

韦 林 编 著



同济大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

理论力学学习方法及解题指导. 上册/韦林编著.

上海:同济大学出版社,2002.3

ISBN 7-5608-2337-8

I. 理… II. 韦… III. 理论力学-高等学校-自学参考资料 IV. 031

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 068650 号

理论力学学习方法及解题指导(上册)

作者 韦林 编著

责任编辑 解明芳 责任校对 郁峰 装帧设计 潘向葵

出版
发行 同济大学出版社

(上海四平路 1239 号 邮编 200092 电话 021-65985622)

经销 全国各地新华书店

印刷 同济大学印刷厂印刷

开本 850mm×1168mm 1/32

印张 11.5

字数 333000

印数 1—4000

版次 2002 年 3 月第 1 版 2002 年 3 月第 1 次印刷

书号 ISBN 7-5608-2337-8/O·202

定价 18.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换

内容提要

本书是一本学习《理论力学》的参考书,全书分上、下两册出版,上册为静力学和运动学,下册为动力学。全书共分二十二章,每章均包括:理论概要,范例分析,学习方法及解题指导,综合习题。其中,范例分析共选择 240 道典型题给予解题分析及常见错解分析,在阶段教学内容结束后,按理论力学题库要求给出阶段的自查试卷。

本书可作为高等工科院校及夜大、高等职业学院、网络学院等师生的参考书,也可作为有关工程技术人员及考研的参考书。

前 言

理论力学是工科院校开设的一门重要的技术基础课。它是由基础理论课过渡到专业课的桥梁,学好这门课程,不仅要掌握好它的基本概念、基本理论和基本分析方法,而且要完成一定数量的习题。因此,编写了这本理论力学学习的参考书,希望能对理论力学的学习者有所帮助。

理论力学是研究物体机械运动一般规律的一门学科,它分为静力学、运动学和动力学三大部分,本书按这三大部分内容编写。而各个部分又按国内现行的工科理论力学教材内容分成若干章,每章中分成四个节:理论概要(知识总结)、范例分析(其中包括:正确的例题多解和常见错解分析)、学习方法及解题指导、综合习题。其中,范例分析部分共选择各种范例 240 题。在每个教学内容结束时,按理论力学题库要求给出阶段的自查试卷,使学习者有一个阶段的学习检查。

本书的编写得到同济大学理论力学教研室全体教师的支持,在编写中使用了大家多年教学积累的材料和教材内容。本书由包宏稼教授审阅,全书的绘图工作除自查试卷图外,其他均由高蓓同志完成,他们对本书内容提出了许多宝贵意见,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中错误在所难免,恳请读者指正。

编者

2001 年 10 月

上册目录

第一篇 刚体静力学

第一章 基本概念	(1)
(一) 理论概要	(1)
(二) 范例分析	(5)
(三) 学习方法及解题指导	(11)
(四) 综合习题	(12)
第二章 汇交力系	(16)
(一) 理论概要	(16)
(二) 范例分析	(18)
(三) 学习方法及解题指导	(27)
(四) 综合习题	(28)
第三章 力偶系	(32)
(一) 理论概要	(32)
(二) 范例分析	(34)
(三) 学习方法及解题指导	(47)
(四) 综合习题	(47)
第四章 任意力学	(52)
(一) 理论概要	(52)
(二) 范例分析	(55)
(三) 学习方法及解题指导	(82)
(四) 综合习题	(83)
第五章 摩擦	(92)
(一) 理论概要	(92)

(二) 范例分析	(95)
(三) 学习方法及解题指导	(121)
(四) 综合习题	(123)
第六章 桁架	(129)
(一) 理论概要	(129)
(二) 范例分析	(131)
(三) 学习方法及解题指导	(139)
(四) 综合习题	(140)
第七章 重心	(143)
(一) 理论概要	(143)
(二) 范例分析	(146)
(三) 学习方法及解题指导	(151)
(四) 综合习题	(152)
自查试卷一	(154)

第二篇 运动学

第八章 点的运动	(169)
(一) 理论概要	(169)
(二) 范例分析	(172)
(三) 学习方法及解题指导	(204)
(四) 综合习题	(207)
第九章 刚体的基本运动	(212)
(一) 理论概要	(212)
(二) 范例分析	(213)
(三) 学习方法及解题指导	(232)
(四) 综合习题	(233)
第十章 点的合成运动	(238)
(一) 理论概要	(238)

(二) 范例分析	(239)
(三) 学习方法及解题指导	(269)
(四) 综合习题	(273)
第十一章 刚体的平面运动	(277)
(一) 理论概要	(277)
(二) 范例分析	(283)
(三) 学习方法及解题指导	(319)
(四) 综合习题	(321)
第十二章 定点运动	(326)
(一) 理论概要	(326)
(二) 范例分析	(329)
(三) 学习方法及解题指导	(344)
(四) 综合习题	(345)
自查试卷二	(348)

第一篇 刚体静力学

刚体静力学是研究刚体在力系作用下的平衡规律。

刚体静力学主要可归纳为两个问题:力系的简化和平衡。两种计算方法:几何法和解析法。

在教学内容安排上分成汇交力系、力偶系、任意力系三个基本力系。这些基本力系在工程实际中如土建设计或机械设计中有着广泛的应用。

第一章 基本概念

(一) 理论概要

1. 力的概念

力是两个物体之间的相互机械作用,这种作用使物体的机械运动状态发生改变(外效应)或使物体发生变形(内效应)。力对物体作用的效应决定于力的三要素:大小、方向和作用点(或大小、作用线和指向)。理论力学只考虑外效应,故将研究物体视为刚体。

2. 静力学公理

静力学的理论建立在以下五个公理的基础上。

公理一 两力平衡公理

作用在同一刚体上的两个力,它们使刚体处于平衡的必要和充分条件是:这两个力的大小相等,方向相反,并沿着同一条作用线。它阐述了作用在刚体上简单力系的平衡条件。

工程上把只受两力作用而处于平衡状态的构件称为两力构

件。当它是一根直杆时,则称为两力杆。

公理二 加减平衡力系公理

在作用于刚体上的任意一个力系中,加上或减去任意平衡力系,并不改变原力系对刚体的作用。它阐明了一般力系等效替换所需要用到的条件。

推论一 力的可传性原理:作用在刚体上某点的力可沿其作用线移动,而不改变该力对刚体的效应。

公理三 力的平行四边形公理

作用在物体上同一点的两个力可以合成为作用在该点的一个合力,其大小和方向可由这两个力的矢量为邻边所作的平行四边形的对角线来表示。实际上,在求同一点两个力的合力时,只要作出力的平行四边形的一半就可以了,这种方法称为力的三角形公理。它阐明了作用于物体上最简单力系的合成法则。

推论二 三力平衡公理:同平面而不平行的三力欲使作用的物体保持平衡的必要与充分条件是它们的作用线必汇交于一点。

公理四 作用与反作用公理

两物体间相互作用的一对力,总是大小相等,方向相反,沿同一直线,并分别作用在这两个物体上。它揭示了两物体相互作用的定量关系。

公理五 刚化原理

当变形体在已知力系作用下处于平衡时,若将此变形体转换为刚体(刚化),则其平衡状态不变。它揭示了刚体平衡的充要条件只是变形体平衡的必要条件,而不是变形体的充分条件。

3. 约束反力

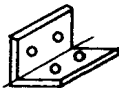
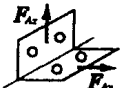
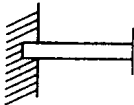
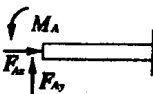
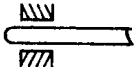
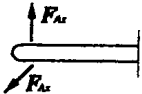
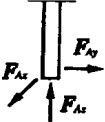
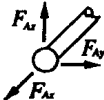
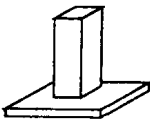
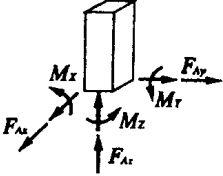
当力能主动地使刚体运动或使刚体有运动趋势时,这种力称为主动力。例如,刚体的重力、水压力、风力,等等,工程上称为荷载。通常,主动力是已知的;与主动力的性质相反,以阻碍刚体运动的被动力称为约束反力,简称反力。约束反力的方向总是与约束所能阻碍刚体运动的方向相反。

工程上常见的约束类型及其约束反力列于表 1-1 中。

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
柔软绳索		
光滑接触		
链 杆		
辊轴支座		
固定铰支座		
圆柱铰链		

续表

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		

4. 受力图

物体的受力图(或称示力图)是描述某一物体(或物体系统)的全部受力情况的简图。画受力图时,必须注意以下几点:

(1) 明确研究对象。根据求解需要选取单个物体或多个物体为研究对象,把所要研究的对象从周围物体的联系中分离出来,单独画出它的简图,这种简图又称分离体图。

(2) 将所研究的对象画上已知的主动力,并根据约束的类型,正确画约束反力。切不可按主动力的方向去主观臆测约束反力的方向。

(3) 当分析两物体间相互的作用力时,应遵循作用与反作用公理。若作用力的方向一旦假定,则反作用力的方向与之相反。在以整体结构为研究对象时,仅画外部物体对研究对象的作用外力,不必画出成对的内力。

(二) 范例分析

例 1-1 重 W 的均质圆柱 O , 由杆 AB 、绳索 BC 与墙壁来支持,如图(a)所示。各处摩擦与杆重不计,试分别画出柱 O 和杆 AB 的受力图。

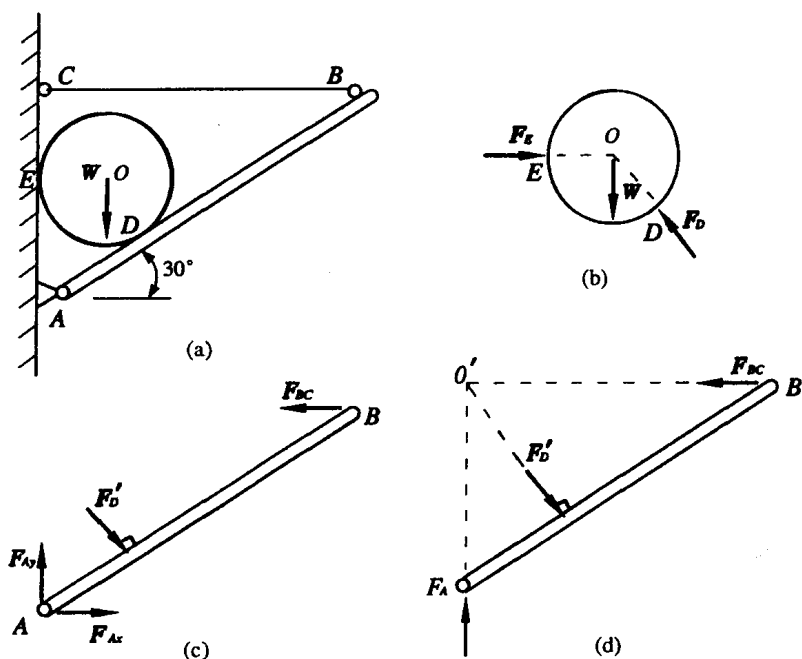
解

(1) 以圆柱为研究对象,画出分离体图。先画主动力 W ; 由于 D, E 处为光滑面约束,所以约束反力 F_D 及 F_E 都是沿接触处的公法线方向并指向圆心 O 。其受力图如图(b)所示。

(2) 以杆 AB 为研究对象,画出分离体图。 A 处为固定铰支座约束,按表 1-1 可画上约束反力 F_{Ax}, F_{Ay} ; B 处受绳索约束,画上拉力 F_{BC} ; D 处反力 F'_D 是与 F_D 作用与反作用的关系,其受力图如图(c)所示。

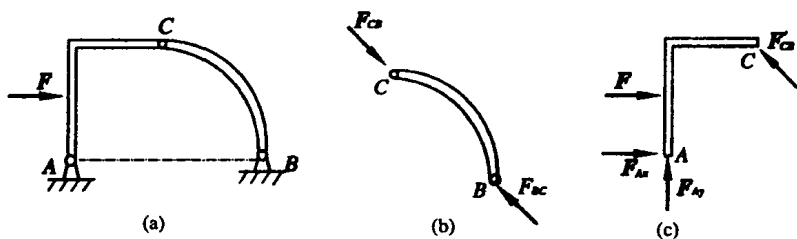
[讨论]

按三力平衡原理, A 处约束反力的合力可被指向汇交点 O' 处,用力 F_A 表示,因此杆 AB 受力图也可表示为如图(d)。



例 1-1 图

例 1-2 不计重量的 AC, CB 两个刚体在 A, B 用固定铰支座约束, 中间用铰链约束连接, 在 AC 刚体的侧向作用水平力 F , 分别画出两个刚体的受力图。



例 1-2 图

解 (1) 首先选取受力简单、结构简单的刚体 CB 为研究对

象,由于该刚体是两力构件,因此, B, C 两处约束反力应满足两力平衡原理,它的受力图如图(b)。

(2) 选取刚体 AC 作研究对象,先画上主动力 F ,随后按作用与反作用公理画上 F'_{CB} ,在 A 处的固定铰支座按约束性质画上约束力 F_{Ax}, F_{Ay} 。

[讨论]

(1) 对于研究对象刚体 AC ,同样可以按例 1-1 中应用三力平衡原理,确定出 A 处约束反力的合力方向。

(2) 如将水平力 F 按力的可传性原理从刚体 AC 传到刚体 CB ,随后分离两个刚体,画受力图,显然,所画出的受力图不同上述正确的受力图,这是为什么? 因为力的可传性仅能在一个刚体上沿作用线可传,不能在两个分离的刚体之间可传。

例 1-3 如例 1-3 图(a)所示结构,由杆 AB, CD, AO 组成,在 AB 杆的光滑槽内有一 E 点为销钉。如各杆重量不计,试画各杆的受力图。

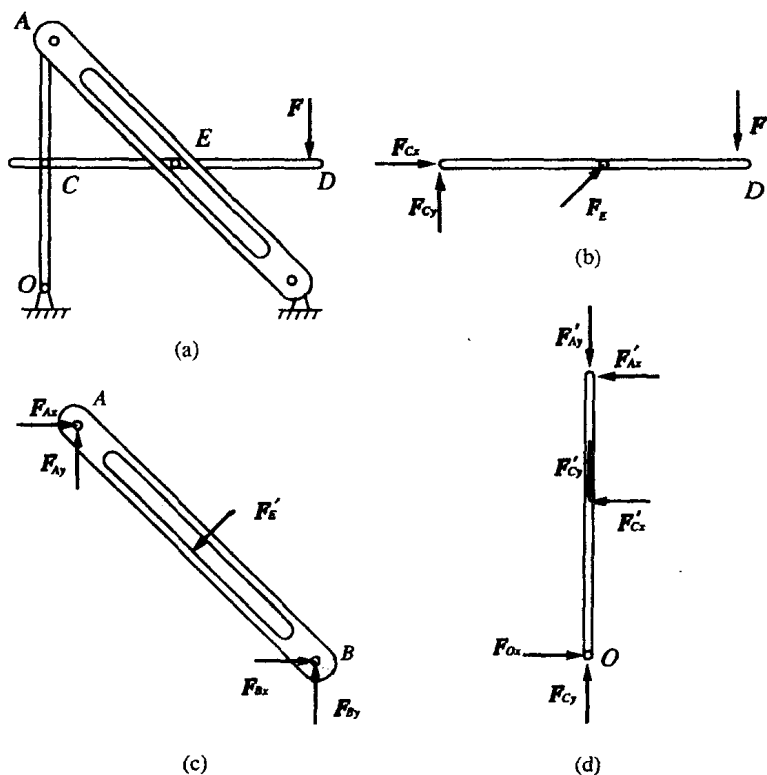
解 (1) 将杆 CD 分离出来,按铰链约束条件作出 x, y 方向作用力(可假设指向与直角坐标指向一致), E 点的销钉作用在光滑槽内,按光滑面约束力条件,力 F_E 应垂直于接触面的切线方向,见图(b)。

(2) 取斜杆 AB ,在 E 点处按 F_E 的方向画上反作用力,对 A, B 点按约束性质画上约束的作用力,见图(c)。

(3) 对杆 AO 取分离图,先在 A, C 两点按原假定的作用力画上反作用力,然后在 O 点画上固定铰支座的约束反力,见图(d)。

[讨论]

在画约束反力时应根据所对应的约束性质画出约束反力,它们指向可假设表示,而不用按主动力的作用来确定指向。在画杆 CD 受力图时,也可以用三力汇交原理来确定 C 点约束反力的方向。



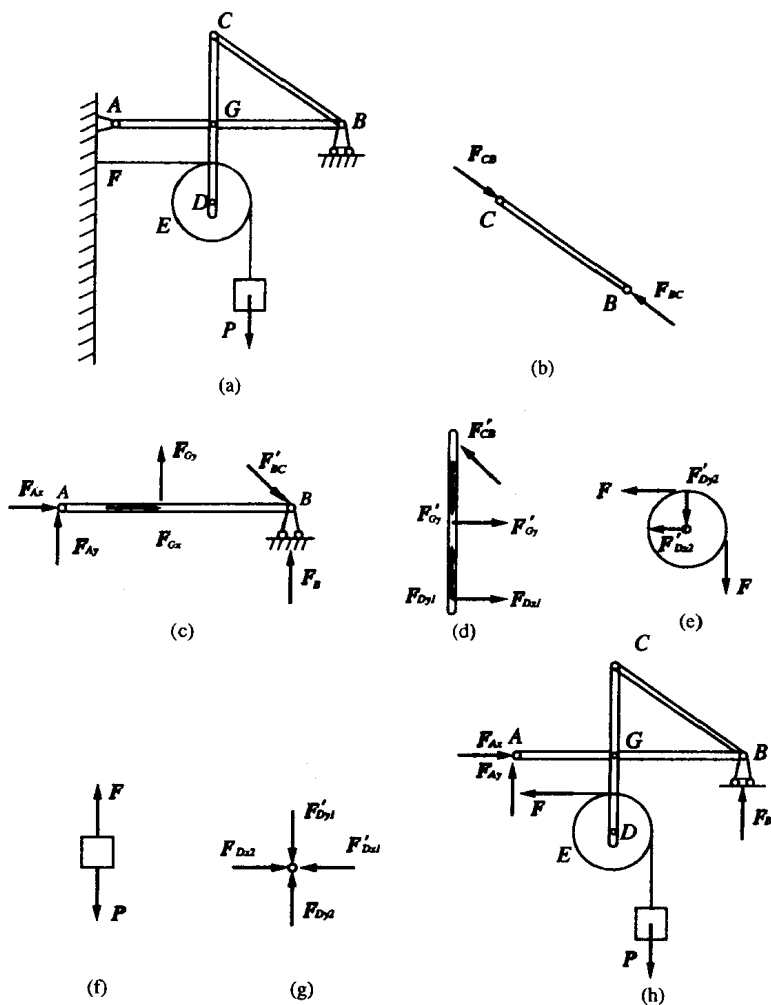
例 1-3 图

例 1-4 如例 1-4 图(a)所示 A 处是固定铰支座, B 处为活动铰支座, 在圆盘 E 上绕上不计重量的绳索悬挂着重物 P, 所有杆、圆盘不计重量, 并忽略各处摩擦。试分别画出各物体与整体的受力图。

解

(1) 先从简单的 CB 杆分析, CB 杆为二力杆件, 可以假设为压杆, 受力图如图(b)所示。

(2) 取 AB 杆件分离体。对 B 点作受力分析, 由于该点连接着 CB 杆、AB 杆与支座 B, 受力较复杂, 因此, 考虑将连接点与支



例 1-4 图

座 B 共同置放在 AB 杆, 这样, 仅画上支座力 F_B 与二力杆的反作用力 F'_{BC} 就可, 对杆上 A, G 约束点力可按约束性质表示, 如图(c) 所示。

(3) 然后取 CD 杆的分离体, C, G 点按原已表示的作用力来

表示反作用力,而 D 点是通过销钉与圆盘连接,它的约束性质相同于铰链约束,因此,可按图(d)画上 x, y 方向的约束力。

(4) 取圆盘分离体时,画上 D 点的约束反力,然后考虑绳索是柔软约束,故拉力沿绳的方向。因不考虑绳与盘之间的摩擦,绳的两端拉力相同,如图(e)所示。

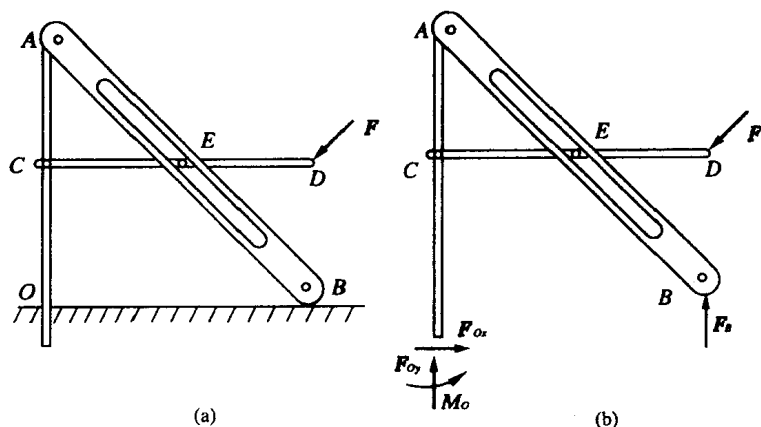
(5) 再取销钉的分离体,很容易画上受力图(g)。

(6) 最后,画整体受力图(图(h))时,只要将该点的约束反力画出就可,不用画出内约束力。

[讨论]

D 点销钉是连接圆盘与 DC 杆的构件,从受力图可知 F_{Dx1} , F_{Dy1} 与 F'_{Dx1} , F'_{Dy1} 是一对作用力和反作用力, F_{Dx2} , F_{Dy2} 与 F'_{Dx1} , F'_{Dy1} 是一对等值的平衡力。如将销钉组合在圆盘内,可知 F_{Dx2} , F_{Dy2} 与 F'_{Dx2} , F'_{Dy2} 是一对不用画出的内力,圆盘 D 点的约束力仅为 F'_{Dx1} , F'_{Dy1} , 它们是与 F_{Dx1} , F_{Dy1} 等值的反作用力。因此,在画受力图时,销钉可不用分离,而它受的力就是 F_{Dx1} , F_{Dy1} 。同样,销钉也可以组合在 CD 杆的 D 点。

例 1-5 如将例 1-3 中的 O 处改为固定端支座, B 处改为光滑接触, F 处力改为斜方向的作用力,如图(a)表示。在画受力图



例 1-5 图