

普通高等教育“十五”国家级规划教材
(高职高专教育)

工程力学学习指导

汪 菁 主 编

高等教育出版社

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》。行为人将承担相应的民事责任和行政责任,构成犯罪的,将被依法追究刑事责任。社会各界人士如发现上述侵权行为,希望及时举报,本社将奖励举报有功人员。

现公布举报电话及通讯地址:

电 话 (010)84043279 13801081108

传 真 (010)64033424

E-mail: dd@hep.com.cn

地 址 北京市东城区沙滩后街55号

邮 编 100009

责任编辑	张玉海
封面设计	于 涛
责任绘图	朱 静
版式设计	史新薇
责任校对	杨雪莲
责任印制	

内容提要

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育),依据教育部高职高专教育力学课程教学基本要求编写而成。

本书是机械类、土建类、近机、近土类教育部高职高专力学规划教材的配套辅导教材,内容涵盖了理论力学、材料力学、结构力学三门课程的主要内容。每章由本章重点、难点分析、基本概念应用、典型例题、应用与练习 5 部分组成,并附有习题答案。

本书可作为高等专科学校、高等职业学校以及电大、职大等成人院校的土类、近土类、机类、近机类、各专业力学课程的教学和专升本考前复习、自学辅导用书,也可作为有关工程技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学学习指导/汪菁主编. —北京:高等教育出版社, 2003.3

普通高等教育“十五”国家级规划教材. 高职高专教育

ISBN 7-04-012521-8

I. 工... II. 汪... III. 工程力学—高等学校:技术学校—教学参考资料 IV. TB12

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第014592号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号
邮政编码 100009
传 真 010-64014048

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
排 版 高等教育出版社照排中心
印 刷

开 本 787×1092 1/16
印 张 13.25
字 数 310 000

版 次 年 月 第 版
印 次 年 月 第 次印刷
定 价 14.40 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育),依据教育部高职高专教育力学课程教学基本要求,并吸取多部优秀的力学教材的精华编写而成。适用于各类专业工程力学课程的辅助教学和专升本考前复习、自学考试等。

本书力求满足高职高专教育培养高等技术应用型人才的要求,从工程力学的教学与学生学习实际出发,较广泛地覆盖理论力学、材料力学、结构力学三门课程主要内容。着重于基本知识的掌握和基本技能、技巧的培养,突出应用性和实用性。为使学生能较全面、系统地理解工程力学主要内容,掌握基本概念和解题要点,简练地叙述了各章重点、难点及相关内容的内在联系,精选了有代表性的基本概念应用、典型例题和应用与练习部分,以帮助学生更好的掌握基本概念,提高分析问题、解决问题的能力,巩固学习效果,给出了各部分的综合测试题,为学生复习考试带来方便。

参加编写工作的有汪菁(第1、5、6、7、9、11、12、13章,附录Ⅱ);苏炜(第15、18、19、20、21、23章,附录Ⅲ);李纪周(第8、10、14、16、17、22章);谷韶武(第2、3、4章,附录Ⅰ)。本书由汪菁主编,并统稿。

本书由沈养中教授主审,并提出了许多宝贵意见,特表示衷心的感谢。在本书编写过程中,有关同行提出了很好的意见和建议,在此一并表示感谢。

限于编者水平,书中难免存在不妥之处,殷切希望同行和读者批评指正。

编 者
2002年12月

出版说明

为加强高职高专教育的教材建设工作,2000年教育部高等教育司颁发了《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》(教高司[2000]19号),提出了“力争经过5年的努力,编写、出版500本左右高职高专教育规划教材”的目标,并将高职高专教育规划教材的建设工作分为两步实施:先用2至3年时间,在继承原有教材建设成果的基础上,充分汲取近年来高职高专院校在探索培养高等技术应用性专门人才和教材建设方面取得的成功经验,解决好高职高专教育教材的有无问题;然后,再用2至3年的时间,在实施《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,推出一批特色鲜明的高质量的高职高专教育教材。根据这一精神,有关院校和出版社从2000年秋季开始,积极组织编写和出版了一批“教育部高职高专规划教材”。这些高职高专规划教材是依据1999年教育部组织制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》(草案)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(草案)编写的,随着这些教材的陆续出版,基本上解决了高职高专教材的有无问题,完成了教育部高职高专规划教材建设工作的第一步。

2002年教育部确定了普通高等教育“十五”国家级教材规划选题,将高职高专教育规划教材纳入其中。“十五”国家级规划教材的建设将以“实施精品战略,抓好重点规划”为指导方针,重点抓好公共基础课、专业基础课和专业主干课教材的建设,特别要注意选择一部分原来基础较好的优秀教材进行修订使其逐步形成精品教材;同时还要扩大教材品种,实现教材系列配套,并处理好教材的统一性与多样化,基本教材与辅助教材、文字教材与软件教材的关系,在此基础上形成特色鲜明、一纲多本、优化配套的高职高专教育教材体系。

普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育)适用于高等职业学校。高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

教育部高等教育司
2002年11月30日

目 录

第 1 章 绪论	1	4.2.1 点运动的描述	18
1.1 本章重点	1	4.2.2 刚体运动	19
1.2 难点分析	1	4.2.3 关于动能定理	19
1.2.1 工程力学的研究对象	1	4.2.4 动静法	19
1.2.2 工程力学的任务	1	4.3 基本概念应用	20
1.3 应用与练习	2	4.4 典型例题	21
1.3.1 选择题	2	4.5 应用与练习	23
第 2 章 静力学基础	3	4.5.1 选择题	23
2.1 本章重点	3	4.5.2 计算题	24
2.2 难点分析	3	第 5 章 材料力学的一般概念	26
2.2.1 力与力偶	3	5.1 本章重点	26
2.2.2 静力学公理	3	5.2 难点分析	26
2.2.3 约束与约束力	4	5.2.1 关于计算简图	26
2.2.4 物体受力分析应注意的问题	4	5.2.2 内力及其计算方法	26
2.3 基本概念应用	4	5.2.3 应力的概念	26
2.4 典型例题	5	5.2.4 位移、变形与应变的概念	27
2.5 应用与练习	7	5.3 应用与练习	28
2.5.1 选择题	7	5.3.1 选择题	28
2.5.2 绘图题	7	第 6 章 轴向拉伸与压缩	29
第 3 章 平面一般力系	9	6.1 本章重点	29
3.1 本章重点	9	6.2 难点分析	29
3.2 难点分析	9	6.2.1 轴力与轴力图	29
3.2.1 平面力系向已知点的简化	9	6.2.2 最大正应力及最大切应力	29
3.2.2 平衡方程及其应用	9	6.2.3 胡克定律的应用	30
3.2.3 物体系统的平衡问题	10	6.2.4 低碳钢和铸铁在拉、压时 的强度指标	30
3.2.4 考虑摩擦时的平衡问题	10	6.2.5 名义屈服极限的概念	30
3.3 基本概念应用	10	6.2.6 塑性材料与脆性材料在 力学性质上的差别	30
3.4 典型例题	11	6.2.7 拉、压杆的强度计算	31
3.5 应用与练习	15	6.2.8 关于超静定问题	31
3.5.1 选择题	15	6.3 基本概念应用	31
3.5.2 计算题	16	6.4 典型例题	33
第 4 章 运动力学基础	18	6.5 应用与练习	38
4.1 本章重点	18	6.5.1 选择题	38
4.2 难点分析	18		

6.5.2 计算题	39	9.4 典型例题	64
第 7 章 扭转与剪切	41	9.5 应用与练习	65
7.1 本章重点	41	9.5.1 选择题	65
7.2 难点分析	41	9.5.2 计算题	67
7.2.1 圆轴扭转时的受力、变形特点	41	第 10 章 弯曲应力	68
7.2.2 扭矩的正负号规定	41	10.1 本章重点	68
7.2.3 圆轴扭转时横截面上任一点切应力计算及切应力在横截面上的分布规律	41	10.2 难点分析	68
7.2.4 圆轴扭转时的强度计算	42	10.2.1 梁横截面上任一点处的正应力与切应力计算及其分布规律 ...	68
7.2.5 圆轴扭转时的刚度计算	42	10.2.2 梁的强度计算	69
7.2.6 剪切面与挤压面的确定	42	10.2.3 弯曲中心的概念	70
7.3 基本概念应用	43	10.2.4 关于等强度梁	71
7.4 典型例题	44	10.3 基本概念应用	71
7.5 应用与练习	47	10.4 典型例题	72
7.5.1 选择题	47	10.5 应用与练习	79
7.5.2 计算题	48	10.5.1 选择题	79
第 8 章 弯曲内力	50	10.5.2 计算题	80
8.1 本章重点	50	第 11 章 弯曲变形	81
8.2 难点分析	50	11.1 本章重点	81
8.2.1 关于平面弯曲	50	11.2 难点分析	81
8.2.2 梁指定截面上剪力、弯矩的计算	50	11.2.1 梁的挠度和转角的概念	81
8.2.3 剪力图、弯矩图的形状特征及其应用	51	11.2.2 积分法求位移	81
8.3 基本概念应用	52	11.2.3 叠加法求位移	81
8.4 典型例题	54	11.3 基本概念应用	82
8.5 应用与练习	58	11.4 典型例题	83
8.5.1 选择题	58	11.5 应用与练习	85
8.5.2 计算题	59	11.5.1 选择题	85
第 9 章 截面的几何性质	61	11.5.2 计算题	87
9.1 本章重点	61	第 12 章 应力状态与强度理论	88
9.2 难点分析	61	12.1 本章重点	88
9.2.1 静矩与形心坐标的关系	61	12.2 难点分析	88
9.2.2 惯性矩的平行移轴公式	62	12.2.1 应力状态的分类	88
9.2.3 主轴与形心主轴的概念	62	12.2.2 平面应力状态下确定主平面方位的解析法	88
9.2.4 组合截面形心主惯性矩的计算	62	12.2.3 单元体与应力圆的对应关系	89
9.3 基本概念应用	63	12.2.4 空间应力状态下的三向应力圆及最大切应力	89
		12.2.5 四个强度理论的应用	89
		12.3 基本概念应用	90

12.4	典型例题	91	15.5.1	选择题	115
12.5	应用与练习	94	15.5.2	分析题	116
	12.5.1	94			
	12.5.2	96			
第 13 章	组合变形	98	第 16 章	静定梁、静定平面刚架和拱结构	117
13.1	本章重点	98	16.1	本章重点	117
13.2	难点分析	98	16.2	难点分析	117
13.2.1	组合变形问题的求解方法	98	16.2.1	截面的内力与内力计算	117
13.2.2	组合变形问题中外力简化与分解的一般规律	98	16.2.2	弯矩图的叠加原理	117
13.2.3	组合变形杆件的强度条件	99	16.2.3	关于主从结构	118
13.2.4	截面核心的概念	100	16.2.4	斜梁的内力	118
13.3	基本概念应用	100	16.2.5	三铰拱的组成和受力特点	118
13.4	典型例题	101	16.3	基本概念应用	119
13.5	应用与练习	103	16.4	典型例题	120
	13.5.1	103	16.5	应用与练习	124
	13.5.2	104	16.5.1	选择题	124
			16.5.2	计算题	126
第 14 章	压杆稳定	106	第 17 章	静定平面桁架	127
14.1	本章重点	106	17.1	本章重点	127
14.2	难点分析	106	17.2	难点分析	127
14.2.1	压杆稳定的概念	106	17.2.1	桁架的特征	127
14.2.2	欧拉公式的应用	107	17.2.2	求解桁架内力的基本方法	127
14.2.3	压杆稳定的实用计算	107	17.2.3	桁架的简化计算	127
14.3	基本概念应用	107	17.2.4	关于组合结构	128
14.4	典型例题	109	17.3	基本概念应用	128
14.5	应用与练习	110	17.4	典型例题	129
	14.5.1	110	17.5	应用与练习	130
	14.5.2	111	17.5.1	选择题	130
			17.5.2	分析计算题	131
第 15 章	平面体系的几何构造分析	112	第 18 章	静定结构的位移计算	132
15.1	本章重点	112	18.1	本章重点	132
15.2	难点分析	112	18.2	难点分析	132
15.2.1	有关概念	112	18.2.1	引起静定结构位移的因素	132
15.2.2	几何不变体系组成规律的实质	112	18.2.2	关于虚功原理	132
15.2.3	三刚片体系虚铰在无穷远处的情况	113	18.2.3	单位荷载法求结构的位移	133
15.2.4	几何构造分析的一般途径	113	18.2.4	图乘法	133
15.3	基本概念应用	114	18.2.5	静定结构的弯曲变形图	134
15.4	典型例题	114	18.3	基本概念应用	135
15.5	应用与练习	115	18.4	典型例题	137
			18.5	应用与练习	138
			18.5.1	选择题	138

18.5.2 计算题	139	21.5.1 选择题	164
第 19 章 影响线及其应用	140	21.5.2 分析计算题	165
19.1 本章重点	140	第 22 章 力矩分配法	167
19.2 难点分析	140	22.1 本章重点	167
19.2.1 关于影响线的概念	140	22.2 难点分析	167
19.2.2 影响线与内力图的区别	140	22.2.1 力矩分配法的几个重要 概念	167
19.2.3 静定结构影响线的绘制	141	22.2.2 力矩分配法的基本原理	167
19.2.4 最不利荷载位置的确定	141	22.3 基本概念应用	168
19.2.5 关于简支梁的绝对最大 弯矩	141	22.4 典型例题	169
19.3 基本概念应用	142	22.5 应用与练习	171
19.4 典型例题	142	22.5.1 选择题	171
19.5 应用与练习	145	22.5.2 计算题	171
19.5.1 选择题	145	第 23 章 矩阵位移法	173
19.5.2 计算题	146	23.1 本章重点	173
第 20 章 力法	148	23.2 难点分析	173
20.1 本章重点	148	23.2.1 关于矩阵位移法	173
20.2 难点分析	148	23.2.2 单元刚度矩阵	173
20.2.1 关于力法方程	148	23.2.3 整体刚度矩阵的生成	174
20.2.2 关于力法基本体系	149	23.3 基本概念应用	175
20.2.3 超静定结构的位移计算	150	23.4 典型例题	176
20.2.4 关于最后内力图的校核	150	23.5 应用与练习	178
20.3 基本概念应用	151	23.5.1 选择题	178
20.4 典型例题	152	23.5.2 分析计算题	179
20.5 应用与练习	155	附录 I 理论力学部分综合测试	180
20.5.1 选择题	155	理论力学试卷 A	180
20.5.2 分析计算题	156	理论力学试卷 B	183
第 21 章 位移法	158	附录 II 材料力学部分综合测试	186
21.1 本章重点	158	材料力学试卷 A	186
21.2 难点分析	158	材料力学试卷 B	189
21.2.1 关于位移法的基本体系和 基本未知量	158	附录 III 结构力学部分综合测试	192
21.2.2 关于位移法与力法的比较	159	结构力学试卷 A	192
21.3 基本概念应用	159	结构力学试卷 B	195
21.4 典型例题	161	练习与综合测试答案	198
21.5 应用与练习	164	参考文献	203

第1章 绪 论

1.1 本章重点

明确工程力学的研究对象及研究内容,掌握工程力学的任务;了解工程力学的学习方法。

1.2 难点分析

1.2.1 工程力学的研究对象

(1) 理论力学的研究对象

在理论力学中,通常将研究对象抽象为质点、质点系和刚体。一个物体究竟应当看作质点还是看作刚体,完全取决于所研究的内容,而不是取决于物体本身的形状和尺寸。当物体的形状和尺寸对研究内容影响很小时,则可把物体抽象为质点。应注意的是,同一物体在不同的问题中,有时抽象为质点,有时抽象为刚体。

(2) 材料力学的研究对象

材料力学是以变形体中最简单、最常见的杆件为研究对象的,并且主要研究的是等截面的直杆(称为等直杆)。在机械、土木等工程中,传动轴、梁、柱都可抽象为等截面直杆或分段等截面直杆。

(3) 结构力学的研究对象

工程结构是支承荷载而起骨架作用的部分,工程结构的形式是多样的,但在组成上有着一定的规律。从几何角度来讲,工程结构有杆系结构、板壳结构和实体结构。

结构力学的研究对象是由多个杆件组成的杆系结构,板壳结构和实体结构是弹性力学的研究对象。

1.2.2 工程力学的任务

(1) 理论力学的任务

理论力学中的静力学部分主要研究物体在力作用下的平衡问题。作用在物体上的力一般是由多个力构成的力系,为研究方便,需要将力系进行正确的简化。具体地说,静力学主要讨论①力系的简化;②力系的平衡及其应用。

当作用在物体上的力不满足平衡条件时,物体将运动。研究物体运动时其空间位置随时间变化的规律,即研究物体运动的轨迹、速度和加速度等,建立物体的运动状态与作用力之间的关系是理论力学中运动力学部分的任务。

(2) 材料力学的任务

材料力学主要研究构件在外力等因素作用下的受力、变形规律及材料的力学性能,建立保证构件正常工作而需要的强度条件、刚度条件和稳定条件,为构件设计提供基础理论和方法。

(3) 结构力学的任务

结构力学研究的是杆系结构的组成规律、合理结构形式以及结构在荷载、支座位移、温度变化等因素作用下的内力、变形和结构稳定的计算原理和方法,为结构的强度设计、刚度校核和保证结构的稳定平衡提供依据。结构力学的任务体现在以下几个方面:①结构的组成规律及合理形式;②强度计算(内力计算);③刚度计算(变形和位移计算);④稳定性分析(稳定计算)。

材料力学与结构力学有着紧密联系,前者着重研究单个杆件的强度、刚度和稳定性问题,后者研究的是杆系结构的相应问题。

1.3 应用与练习

1.3.1 选择题

(1) 一个物体应该看作是质点、刚体或变形体,取决于_____。

- A. 物体本身的形状和尺寸 B. 所研究的内容 C. 物体的质量 D. 物体的体积

(2) 下列结论中错误的是_____。

- A. 理论力学研究物体在外力作用下的变形与平衡问题
B. 理论力学不考虑物体的变形,只研究其平衡与运动
C. 理论力学研究的问题与材料的力学性质无关
D. 材料力学研究的问题与材料的力学性质有关

(3) 研究物体的平衡问题,实际上就是研究作用于物体上的力系的_____。

- A. 连续条件 B. 刚度条件 C. 平衡条件 D. 变形条件

(4) 结构力学研究杆系结构组成规律的目的是_____。

- A. 保证结构各部分不致发生相对转动 B. 保证结构能承受荷载并维持平衡
C. 验算结构的刚度 D. 验算结构的强度

(5) 下列关于杆件的结论错误的是_____。

- A. 杆件的轴线必为直线 B. 杆件的两个主要几何因素是横截面和轴线
C. 杆件的横截面与轴线是相互垂直的 D. 杆件的轴线是各横截面形心的连线

(6) 工程力学常用的研究方法有_____。

- A. 理论分析 B. 试验分析
C. 计算机分析 D. 理论分析、试验分析和计算机分析

(7) 为保证构件的正常工作,_____。

- A. 构件的强度、刚度和稳定性愈高愈好 B. 应尽量提高构件的稳定性
C. 应尽量提高构件的强度 D. 构件必须满足强度、刚度、稳定性要求

第2章 静力学基础

2.1 本章重点

掌握力、刚体、平衡及力系等基本概念和静力学的有关公理,熟悉各种约束及约束力的特征;能准确地进行物体的受力分析,并画出受力图。

2.2 难点分析

2.2.1 力与力偶

力和力偶都是物体间的相互机械作用。力的作用既可以使物体产生移动效应,又可产生转动效应。力使物体绕点转动的效应用力对点的矩来度量。力偶是一个特殊的力系,它由作用在同一刚体上的等值、反向而不共线的两个平行力组成,不满足二力平衡条件。力偶不是平衡力系,力偶的作用只能使物体产生转动效应。力矩是力使物体产生绕某点转动效应的度量。力偶矩是力偶使物体产生转动效应的度量。力矩和力偶矩两者的物理意义和数学定义是相似的。力偶矩与力矩的主要区别是:力对点之矩随矩心位置的不同而变化,而力偶使物体转动的效果与所选矩心的位置无关,它完全由力偶矩这个代数量唯一确定。

2.2.2 静力学公理

(1) 二力平衡公理表达了最简单的平衡力系(两个力平衡)的必要与充分条件,它是研究力系平衡的基础。但是对于变形体而言,这个条件只是平衡的必要条件,而不是充分条件。

(2) 加减平衡力系公理给出了力系等效变换的一种基本形式,这个公理及其推论是力系简化的重要工具。它们都只适用于刚体,当在所研究的问题中需要考虑物体的变形时,其正确性就丧失了。

(3) 平行四边形公理表达了最简单情况下合力和分力之间的关系,是力系合成和分解的基础。同时它给出了求作用在一点的两个力之合力的方法。

(4) 作用与反作用公理所建立的作用力与反作用力之间的关系,以及二平衡公理所建立的两个平衡力之间的关系,都表达为:两个力共线、等值、反向。但这两个公理存在着本质上的差异,二力平衡公理所指的是作用在一个刚体上的两个力,作用与反作用公理所指的是分别作用在两个相互作用的物体上的两个力。

作用与反作用定律揭示了两个物体间相互作用力的定量关系,是研究若干个物体所组成的物体系统平衡问题的基础。不论对刚体还是对变形体,也不论对静止的物体还是对运动的物体,它都是适用的。

(5) 刚化原理把研究范围由刚体平衡问题扩大到了变形体的平衡问题。

2.2.3 约束与约束力

约束要与被约束物体接触才能实现,约束本质上是一种力的作用,简称约束力。约束力是被动力,约束类型不同,约束力也不同。

2.2.4 物体受力分析应注意的问题

(1) 分离体图作出后,观察分离体与哪些相邻的物体有机械作用,从而了解分离体受哪些力的作用。受力图上所有力的受力物体是分离体本身,所有力的施力物体都是分离体以外的与分离体有接触的其他物体。

(2) 若研究对象不是单独一个物体,而是由几个物体组成时,研究对象内各物体之间的相互作用力是内力,不要画出。

(3) 约束力必须按约束的性质(类型)来分析。

(4) 作复杂系统中某一局部的受力分析时应单独画出该局部的分离体图,对该局部进行受力分析。

(5) 作用力与反作用力的方向只能假定其中一个,另一个应该以作用与反作用公理来确定。

(6) 一个系统中,同一约束的约束力在几个不同的受力图上出现时,各受力图上对同一约束力所假定的指向必须相同。

2.3 基本概念应用

例 2-1 如图 2-1 所示,四个力作用在一个物体的 A 、 B 、 C 、 D 四点,设 F_1 与 F_3 、 F_2 与 F_4 大小相等,方向相反,且作用线互相平行,该四个力形成的力多边形闭合,试问该物体是否平衡?为什么?

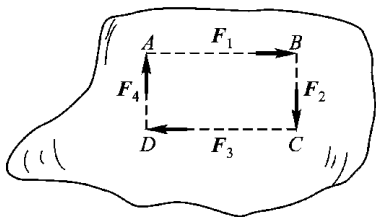


图 2-1

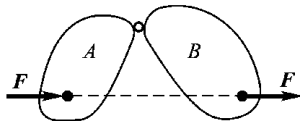


图 2-2

解:不平衡。

本题中提到“四个力作用在一个物体的 A 、 B 、 C 、 D 四点上”,表明这四个力不是平面汇交力系,不能用力多边形是否闭合判断力系的平衡问题。

本题只能从平面力偶系的平衡条件去判定。 F_1 与 F_3 、 F_2 与 F_4 构成两个力偶,如果这两个力偶的力偶矩的代数和等于零,该物体平衡,否则不平衡。

例 2-2 下面说法是否正确?

“如图 2-2 所示,一力 F 从 A 物体上沿力的作用线传递到 B 物体上,不影响两个物体之间的作用力与反作用力”。

解 这种说法不正确。

按力的可传性,作用于刚体上的力可以沿它的作用线在刚体内任意移动,不改变该力对刚体的作用。应用这个性质时,一定要注意沿作用线移动的力不能离开该力所作用的刚体。本题中的力 F 从作用的 A 物体移到另一 B 物体上,离开了原作用的物体,在这种条件下应用力的可传性是不正确的。

2.4 典型例题

例 2-3 图 2-3a 所示结构,由杆件 AB 、 BD 、 BE 、 DC 组成,且 K 、 E 、 C 三点在同一直线上。对结构进行受力分析,绘制整个结构及杆件 DC 、 BD 的受力图。各杆件的自重不计。

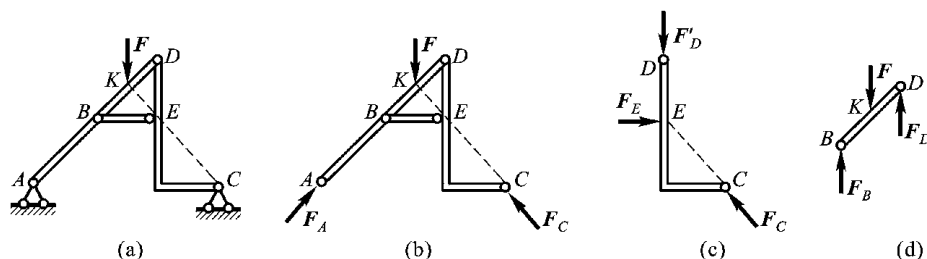


图 2-3

【思路与分析】本结构杆件较多,联系复杂,应先确定支座 A 和支座 C 的约束力方向;由于不计杆件自重,杆件 AB 、 BE 为二力杆。在分析中可利用三力平衡汇交定理。

解 (1) 取整体为研究对象,作出整体的分离体图(如图 2-3b 所示)

由于杆件 AB 是二力构件,根据二力平衡公理, A 点的约束力沿 A 、 B 连线方向。 C 处约束力的方向可利用三力平衡汇交定理确定。各杆之间的相互作用力是内力不必画出。

(2) 杆件 DC 的受力图

取 DC 为隔离体,如图 2-3c 所示。由于杆件 DC 上无主动力作用,且杆件 BE 是二力杆,杆件 BE 施加到杆件 DC 上 E 点的反力沿 B 、 E 连线方向。杆件 DC 上只受三个力作用,利用三力平衡汇交定理可以确定 D 点的反力方向。

(3) 杆件 BD 的受力图

取杆件 BD 为研究对象,作杆件 BD 的分离体图,如图 2-3d 所示。杆件 BD 受到的主动力为 F ,由杆件 DC 受力可知, E 点反力与 C 点反力相交于 E 点,因此 D 点反力 F'_D 沿 D 、 E 连线即铅垂方向。根据作用力与反作用力关系,可确定杆件 BD 上 D 点的反力方向。利用三力平衡汇交定理可知杆件 BD 上 B 点的支反力 F_B 应通过力 F 与 F_D 的汇交点,即无穷远处,所以 F_B 沿铅垂方向。

例 2-4 图 2-4a 所示为一结构及其所受的荷载。试分别对 CE 、 AC 以及结构整体进行受力分析,并绘出受力图。

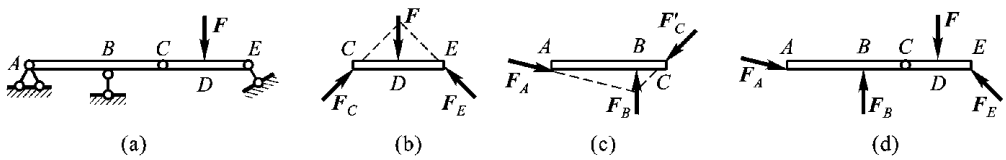


图 2-4

【思路与分析】对多个物体组成的系统进行受力分析时,一般可先作整体分析或先分离出含有主动力的部分,以便在尽可能多的已知因素下利用前文所述几个公理确定未知因素。

解(1)取 CE 为研究对象,如图 2-4b 所示。 CE 受到的主动力是荷载 F , 支座 E 为链杆约束,其约束力沿链杆方向; C 处为铰约束,其反力大小、方向未知。利用三力平衡汇交定理,可确定 C 处反力方向。

(2)取 AC 为研究对象,如图 2-4c 所示。 AC 上无主动力作用,只在 A 、 B 、 C 三处受到约束。支座 B 为链杆约束,其反力沿链杆方向。 C 处的反力可根据作用与反作用关系确定。 AC 的受力满足三力平衡汇交定理。

(3)取整体为研究对象,如图 2-4d 所示。 C 处的约束力对整体而言是内力,不必画出;其他各部分的受力可参照 CE 、 AC 确定。

例 2-5 作出图 2-5a 所示结构中杆件 AB 、 CD 和 CE 的受力图,并确定各约束力的作用线和指向(不能用两个垂直分力表示约束力)。

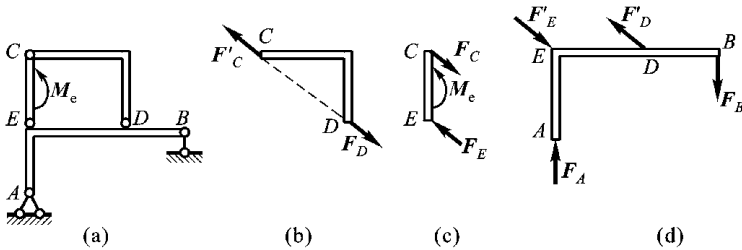


图 2-5

【思路与分析】结构中有二力构件时,一般先从二力构件的受力分析入手,再对结构作局部或整体的受力分析。

解(1)取折杆 CD 为研究对象,如图 2-5b 所示。折杆 CD 是一个二力杆, C 、 D 处的约束力沿 C 、 D 两点的连线方向,但无法确定具体指向。

(2)取杆 CE 为研究对象,如图 2-5c 所示。杆 CE 只受一个力偶 M_e 作用,且为逆时针方向,根据平面力偶系的性质,可确定 F_C 、 F_E 的方向。根据作用与反作用公理,进而能确定图 2-5b 中 F'_C 和 F_D 的指向。

(3)取 AB 杆为研究对象,如图 2-5d 所示。 B 处为链杆约束,其约束力为竖直方向, F'_D 和 F'_E 构成一对力偶, F_A 和 F_B 必构成一对反向力偶,由此可确定 F_A 和 F_B 的方向。

2.5 应用与练习

2.5.1 选择题

(1) 如图 2-6 所示的受力分析中, G 是地球对物体 A 的引力, F 是绳子受到的拉力, 则作用力与反作用力是_____。

- A. F 与 G B. F' 与 G C. G 与 G' D. F' 与 G'

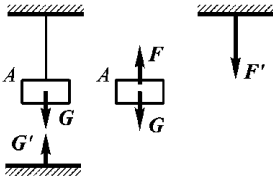


图 2-6

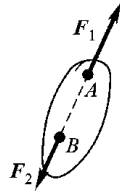


图 2-7

(2) 如图 2-7 所示, 一刚体受两个作用在同一直线上、指向相反的力 F_1 和 F_2 作用, 且 $F_1 = 2F_2$, 则该两力的合力矢 R 可表示为_____。

- A. $R = F_1 - F_2$ B. $R = F_2 - F_1$ C. $R = F_1 + F_2$ D. $R = F_2$

(3) 图 2-8 所示体系中的楔形块 A 、 B 自重不计, 接触平面 mm 和 nn 为光滑面, 受力如图所示, 试问系统的平衡情况应为_____。

- A. A 平衡, B 不平衡 B. B 平衡, A 不平衡
C. A 、 B 均不平衡 D. A 、 B 均平衡

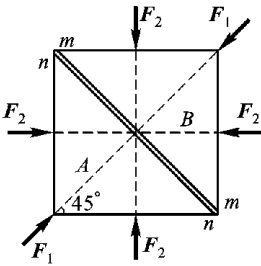


图 2-8

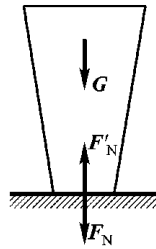


图 2-9

(4) 图 2-9 中, 重为 G 的钢锭放在水平支承面上, 钢锭对水平支承面的压力为 F_N , 水平支承面对钢锭的约束反力为 F'_N 。这三个力的大小关系是_____。

- A. 相等 B. F_N 和 G 为二力平衡 C. $F_N = 0$ D. G 大于 F_N 和 F'_N

2.5.2 绘图题

分别按要求作下面各结构或构件的受力图。

(1) 分析图 2-10 所示系统中杆 AC、CD、DF 及整体的受力,并作受力图。

(2) 图 2-11 所示结构中,物体重为 G , 轮 O 及其他直杆的自重不计。作杆 BC 及轮 O 的受力图。

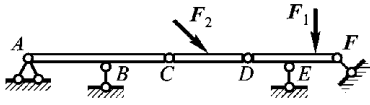


图 2-10

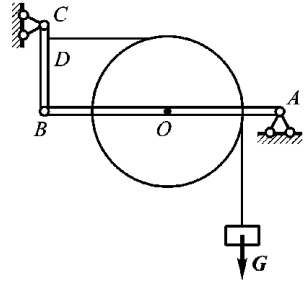


图 2-11

(3) 已知图 2-12 所示机构在力 F_1 作用下处于平衡状态,试作各构件的受力图,不计构件自重。

(4) 试作图 2-13 所示结构中杆 CD、BE 及整体的受力图,不计构件自重。

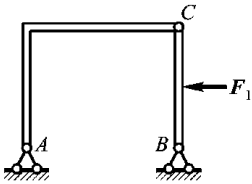


图 2-12

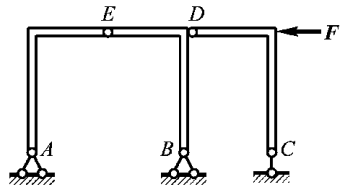


图 2-13