

全国高等教育自学考试

工程力学自学辅导

全国高等教育自学考试指导委员会 组编

主编 刘明威
秦惠民



A0999676

武汉大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工程力学自学辅导/全国高等教育自学考试指导委员会组编; 刘明威, 秦惠民主编. —武汉: 武汉大学出版社, 2001. 5

ISBN 7-307-03148-5

I. 工… II. ①全… ②刘… ③秦… III. 工程力学—高等教育—自学考试—自学参考资料 IV. TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 72848 号

责任编辑: 史新奎 责任校对: 黄添生 版式设计: 支 笛

出版发行: 武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件: epd@whu.edu.cn 网址: www.wdp.whu.edu.cn)

印刷: 涿州市星河印刷厂

开本: 787×1092 1/16 印张: 17.25 插页: 1

版次: 2001 年 5 月第 1 版 2001 年 6 月第 1 次印刷

字数: 230 千字 印数: 0001—5000

ISBN 7-307-03148-5/TB·7 定价: 22.00 元

版权所有, 不得翻印; 所购教材, 如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请与当地教材供应部门联系调换。

出版前言

为了完善高等教育自学考试教育形式,促进高等教育自学考试的发展,我们组织编写了全国高等教育自学考试自学辅导书。

自学辅导书以全国考委公布的课程自学考试大纲为依据,以全国统编自考教材为蓝本,旨在帮助自学者达到学习目标,顺利通过国家考试。

自学辅导书是高等教育自学考试教育媒体的重要组成部分,我们将根据专业的开考情况和考生的实际需要,陆续组织编写出版文字、音像等多种自学媒体,由此构成与大纲、教材相配套的、完整的自学媒体系统。

全国高等教育自学考试指导委员会

2000年10月

编者的话

本书是配合全国高等教育自学考试教材《工程力学》(主编刘明威、副主编秦惠民,武汉大学出版社 2000 年版)所编写的自学辅导教材。

编写本辅导教材的目的是:引导自学者按自学考试大纲的要求,无师自通地掌握工程力学课程的主要内容,提高自学效率,顺利地通过全国统一命题的课程自学考试。本辅导教材着眼于帮助自学者提高自学能力,培养分析问题和解决问题的能力,使自学者能够从知识结构以及素质、能力层次等方面适应后继课程学习的需要和社会发展对人才的需要。

本书按全国高等教育自学考试教材《工程力学》的章序编写。各章中的内容包括:

1. 本章中自学考试的知识点,及自学考试中对各知识点的最高能力层次要求。

知识点是组构本章内容的知识元素。知识点也是自学考试命题中的考核点。依各知识点在课程中的地位、作用及知识自身的特点,在自学考试中对各知识点分别按四个能力层次确定其考核要求。这四个能力层次从低到高依次是:识记、理解、简单应用、综合应用。其中较高级的能力层次覆盖相应较低级的能力层次。

2. 自学考试对本章内容的基本要求。

基本要求是指本章的基本内容,以及对基本内容要求掌握的程度。

属于基本要求中的各知识点构成了本章内容的主体部分,是自学考试中考核的主要内容。

在基本要求中,对其各部分内容掌握程度的要求由低到高分三个层次,其表述用词依次是:了解;领会;掌握、熟练。

3. 重点、难点内容的学习指导。

指明重点、难点内容,解悟释疑,有针对性地就这些内容作深入辅导,并提出在理解和应用有关概念和理论时,易出现的错误和应注意的问题。

4. 解题指导。

通过典型例题说明基本概念和基本理论的应用,并着重阐明分析问题的思路和解决问题的方法。

5. 难题提示及解答。

对教材中会使自学者感到有困难的思考题和习题作提示或解答。

本书由刘明威(第一篇)、秦惠民(第二篇)编写。插图为林桂芹、刘晓丹绘制。

本书可作为参与社会助学的导师的教学辅导参考书,也可作为高等工科院校学生学习理论力学、材料力学课程的学习参考书。

编者

2000 年 10 月

目 录

第 一 篇

第 1 章 静力学公理和物体的受力分析	1
一、自学考试知识点及其最高能力层次要求	1
二、自学考试的基本要求	2
三、重点、难点内容的学习指导	2
四、解题指导	4
五、难题提示及解答	5
第 2 章 平面汇交力系	7
一、自学考试知识点及其最高能力层次要求	7
二、自学考试的基本要求	7
三、重点、难点内容的学习指导	7
四、解题指导	9
五、难题提示及解答	11
第 3 章 力对点的矩·平面力偶理论	13
一、自学考试知识点及其最高能力层次要求	13
二、自学考试的基本要求	13
三、重点、难点内容的学习指导	13
四、解题指导	14
五、难题提示及解答	16
第 4 章 平面任意力系	18
一、自学考试知识点及其最高能力层次要求	18
二、自学考试的基本要求	18
三、重点、难点内容的学习指导	19
四、解题指导	21
五、难题提示及解答	26

第 5 章 考虑摩擦的平衡问题	29
一、自学考试知识点及其最高能力层次要求	29
二、自学考试的基本要求	29
三、重点、难点内容的学习指导	29
四、解题指导	32
五、难题提示及解答	34
第 6 章 空间力系	36
一、自学考试知识点及其最高能力层次要求	36
二、自学考试的基本要求	37
三、重点、难点内容的学习指导	37
四、解题指导	41
五、难题提示及解答	44
第 7 章 点的运动学	46
一、自学考试知识点及其最高能力层次要求	46
二、自学考试的基本要求	46
三、重点、难点内容的学习指导	47
四、解题指导	49
五、难题提示及解答	51
第 8 章 刚体的基本运动	53
一、自学考试知识点及其最高能力层次要求	53
二、自学考试的基本要求	53
三、重点、难点内容的学习指导	53
四、解题指导	55
五、难题提示及解答	56
第 9 章 点的合成运动	58
一、自学考试知识点及其最高能力层次要求	58
二、自学考试的基本要求	58
三、重点、难点内容的学习指导	58
四、解题指导	62
五、难题提示及解答	64
第 10 章 刚体的平面运动	66
一、自学考试知识点及其最高能力层次要求	66

二、自学考试的基本要求	66
三、重点、难点内容的学习指导	67
四、解题指导	70
五、难题提示及解答	73
第 11 章 质点运动微分方程	75
一、自学考试知识点及其最高能力层次要求	75
二、自学考试的基本要求	75
三、重点、难点内容的学习指导	75
四、解题指导	76
五、难题提示及解答	79
第 12 章 动量定理	81
一、自学考试知识点及其最高能力层次要求	81
二、自学考试的基本要求	81
三、重点、难点内容的学习指导	82
四、解题指导	85
五、难题提示及解答	88
第 13 章 动量矩定理	91
一、自学考试知识点及其最高能力层次要求	91
二、自学考试的基本要求	91
三、重点、难点内容的学习指导	92
四、解题指导	95
五、难题提示及解答	99
第 14 章 动能定理	101
一、自学考试知识点及其最高能力层次要求	101
二、自学考试的基本要求	102
三、重点、难点内容的学习指导	102
四、解题指导	106
五、难题提示及解答	110
第 15 章 达朗伯原理	114
一、自学考试知识点及其最高能力层次要求	114
二、自学考试的基本要求	114
三、重点、难点内容的学习指导	114

四、解题指导.....	118
五、难题提示及解答.....	121

第 16 章 虚位移原理	124
一、自学考试知识点及其最高能力层次要求.....	124
二、自学考试的基本要求.....	124
三、重点、难点内容的学习指导.....	124
四、解题指导.....	128
五、难题提示及解答.....	131

第 二 篇

第 17 章 轴向拉伸、压缩	134
一、自学考试知识点及其最高能力层次要求.....	134
二、自学考试的基本要求.....	135
三、重点、难点内容的学习指导.....	135
四、解题指导.....	141
五、难题提示及解答.....	146

第 18 章 剪切和扭转	149
一、自学考试知识点及其最高能力层次要求.....	149
二、自学考试的基本要求.....	149
三、重点、难点内容的学习指导.....	150
四、解题指导.....	154
五、难题提示及解答.....	157

第 19 章 梁的内力	158
一、自学考试知识点及其最高能力层次要求.....	158
二、自学考试的基本要求.....	158
三、重点、难点内容的学习指导.....	158
四、解题指导.....	164
五、难题提示及解答.....	170

第 20 章 截面的几何性质	173
一、自学考试知识点及其最高能力层次要求.....	173
二、自学考试的基本要求.....	173
三、重点、难点内容的学习指导.....	173
四、解题指导.....	176

五、难题提示及解答	177
第 21 章 梁的应力	179
一、自学考试知识点及其最高能力层次要求	179
二、自学考试的基本要求	179
三、重点、难点内容的学习指导	180
四、解题指导	185
五、难题提示及解答	190
第 22 章 梁的变形	194
一、自学考试知识点及其最高能力层次要求	194
二、自学考试的基本要求	194
三、重点、难点内容的学习指导	194
四、解题指导	199
五、难题提示及解答	205
第 23 章 应力状态和强度理论	209
一、自学考试知识点及其最高能力层次要求	209
二、自学考试的基本要求	210
三、重点、难点内容的学习指导	210
四、解题指导	217
五、难题提示及解答	225
第 24 章 组合变形	228
一、自学考试知识点及其最高能力层次要求	228
二、自学考试的基本要求	228
三、重点、难点内容的学习指导	229
四、解题指导	234
五、难题提示及解答	237
第 25 章 压杆稳定	241
一、自学考试知识点及其最高能力层次要求	241
二、自学考试的基本要求	241
三、重点、难点内容的学习指导	242
四、解题指导	246
五、难题提示及解答	250

第 26 章 动应力	254
一、自学考试知识点及其最高能力层次要求.....	254
二、自学考试的基本要求.....	254
三、重点、难点内容的学习指导.....	254
四、解题指导.....	257

第 一 篇

第 1 章 静力学公理和物体的受力分析

一、自学考试知识点及其最高能力层次要求

	知 识 点	能力层次
1	力	简单应用
2	刚体	识 记
3	平衡	识 记
4	二力平衡条件	识 记
5	力的平行四边形法则	识 记
6	加减平衡力系原理	识 记
7	作用与反作用定律	识 记
8	自由体与非自由体	识 记
9	约束与约束反力	识 记
10	判定约束反力方向的原则	理 解
11	光滑接触约束及其约束反力	理 解
12	柔索约束及其约束反力	理 解
13	光滑圆柱铰链约束及其约束反力	理 解
14	固定铰支座、滚动铰支座约束及其约束反力	理 解
15	链杆约束、链杆支座约束及其约束反力	理 解
16	物体的受力分析·受力图	简单应用
17	内力与外力	理 解

二、自学考试的基本要求

1. 了解力、刚体、平衡等概念,知道这些概念所反映的事物的本质特征。
2. 了解各种常见的约束类型及其约束性质,能熟练地画出各类约束的约束反力。
3. 能熟练地完成指定物体或物体系的受力分析,正确地画出分离体图和受力图。

三、重点、难点内容的学习指导

1. 力的概念 (§ 1-2)

如物体间相互作用时,引起物体机械运动状态发生改变,则这种作用称作物体间的机械作用。力就是物体间相互的机械作用。

当甲、乙两物体发生相互机械作用时,甲物体受到乙物体所施加的力的作用,乙物体则受到甲物体所施加的力的作用。这说明力总是成对出现的,这一对力中的两个力互为作用力与反作用力。这还说明,一个力必有承受此力作用的受力物体和施加此作用力的施力物体。没有施力物体的力是不存在的。

当一物体同时与周围的 n 个物体发生机械作用时,则此物体就同时受到 n 个力的作用,且这 n 个物体就分别是这 n 个力的施力物体。

对力的概念的上述理解,是进行物体受力分析的依据。

2. 刚体的概念 (§ 1-2)

任何物体受力作用时都要发生或大或小的变形。在研究某些力学问题时,变形因素对所研究的问题影响甚微,或没有影响,在这样的力学问题中就可以不考虑物体的变形,认为物体是受力作用而不变形的刚体。刚体是在上述条件下对物体的一种理想化,或说刚体是一种理想化的力学模型。

当仅研究平衡问题时,物体均可理想化为刚体。本课程中还将研究刚体的动力学问题。

刚体力学知识是学习变形体力学的基础。

3. 约束与约束反力 (§ 1-4)

力学课程中的各种约束类型反映和概括了物体间相互机械作用的各种不同形式。每种约束所产生的约束反力都有各自的特征。

了解约束和约束反力的概念是进行物体受力分析的基础。

正确地理解约束的概念是将工程问题简化为力学问题所必需的知识。

为掌握约束与约束反力的知识,必须对以下各知识点有系统的了解:

(a) 什么是约束,什么是约束反力,以及判定约束反力方向的一般原则。

(b) 常见的约束类型,以及各类约束的构成或构造情况。

(c) 各类约束的约束性质:约束允许发生的位移和约束限制发生的位移。根据约束的性质正确地画出约束反力。

这其中较难掌握的是:识别系统(结构)中的二力杆,正确地画出二力杆约束的约束反力。

工程中,特别是土建工程中,实际约束的构造情况与力学教材中约束的构造情况常有明显差异。对工程问题进行设计和计算时,需先分析工程实际中约束的主要约束性质,并根据这一

约束性质将它简化成为力学中的某种约束。所以,力学中的约束是理想化了的约束,它们在约束性质方面能够基本反映工程实际中的约束情况。

4. 物体的受力分析 (§ 1-5)

受力分析是进行力学计算的第一步。作物体的受力分析时,首先要画出所研究物体的简图,称为取分离体或取研究对象。然后,在分离体图上画出它所承受的全部力,包括约束反力和约束反力以外的主动力,称为画受力图。

在画受力图时,有些问题是值得注意的。举例说明如下。

(a) 必须根据约束类型和约束性质来画约束反力,不能凭感觉臆断约束反力。例如,在图 1-1 所示的结构中,认为在固定铰支座 A 和 B 处各加一铅垂向上的力,就可使该结构处于平衡状态,这样分析铰支座的约束反力是错误的。杆 AC 和 BC 均非二力杆,固定铰支座 A 和 B 的约束反力必须用二正交的分力表示。

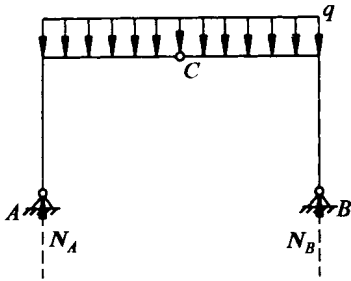


图 1-1

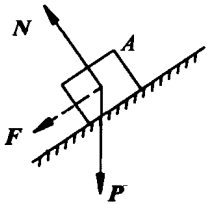


图 1-2

(b) 分离体上的每一个力都必须有确定的施力物体。没有施力物体的力是错误的。例如,图 1-2 中光滑斜面上的物块 A ,认为它可能沿斜面向下滑动,所以受一沿斜面向下的力 F 的作用。事实上力 F 并不存在,因为它没有施力物体。重物 A 只受重力 P 和法向反力 N 的作用,此二力的施力物体分别是地球和光滑斜面。

(c) 铰链(含固定铰支座)约束的约束反力,一般是用两正交的力表示。但当铰链(固定铰支座)所连接的物体是二力杆时,其约束反力就不应该用两正交的力表示。例如,在图 1-3 所示结构中,如果均布荷载 q 只作用在折杆 AC 上,那么折杆 BC 即为二力杆。则固定铰支座 B 的约束反力应该用 B, C 两点连线上的一力来表示,如图 1-3(a) 中所示。这种情况下,如取折杆

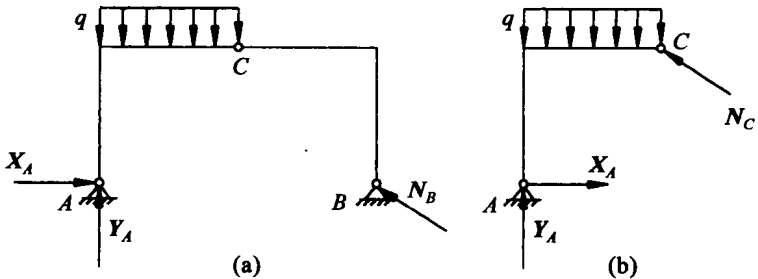


图 1-3

AC 为分离体, 铰链 C 的约束反力也不应画两个正交的力, 而应该画一个沿 C、B 两点的连线的力, 如图 1-3(b) 中所示。

(d) 在分离体的受力图上不能画分离体的内力。例如, 在图 1-3(a) 所示结构中, 当取结构整体为分离体时, 铰 C 的约束反力是分离体内两部分的相互作用力, 是内力, 受力图上不应画出。当需求解此力时, 必须取折杆 AC 或 BC 为分离体, 这时铰 C 的约束反力转化为外力, 可画在分离体 AC 或 BC 的受力图上, 并予求解。

四、解题指导

例 1-1 结构由 AB、CD、BE 三个杆件铰接组成(图 1-4a)。不计杆件自重, 作结构整体和杆件 AB 的受力分析。

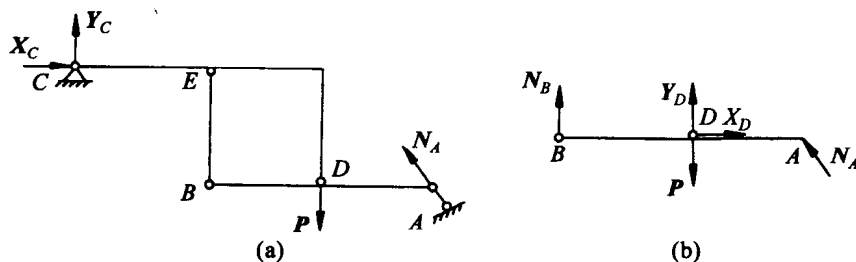


图 1-4

解 作结构整体的受力分析。

取结构整体为分离体。

D 点受主动力 P 作用。链杆支座 A 的约束反力沿链杆, 固定铰支座 C 的约束反力用两个垂直的分力表示。两处支座反力的指向都是假定的。结构整体的受力图如图 1-4(a) 所示。

铰链 B、D、E 处的约束反力, 对结构整体来说是分离体内各部分之间的相互作用力, 是分离体的内力, 在受力图中不应画出。

作杆件 AB 的受力分析。

链杆支座 A 的约束反力 N_A 与整体受力图中相同。因铰链 B 连接二力杆 BE, 所以其约束反力 N_B 的作用线沿 B、E 两点的连线。铰 D 的约束反力对结构整体来说是内力, 对杆 AB 来说则是外力。因折杆 DC 不是二力杆, 铰 D 的约束反力必须用垂直的二分力 X_D 和 Y_D 表示。铰 D 处还受主动力 P 的作用。

杆 AB 的受力图如图 1-4(b) 所示, 图中铰 B 和铰 D 两处约束反力的指向都是假定的。

讨论 完成杆件 AB 的受力分析之后, 如需再作杆件 CD 的受力分析时, 应注意以下两个问题:

(a) 力 P 已施加在杆 AB 的 D 点上, 杆 CD 的 D 点上就不能再施加力 P 。否则, 相当于在结构整体的 D 点上受到两个力 P 的作用。

(b) 杆 CD 上, 铰 E 处的约束反力 N_E 的指向不能随意假定。从图 1-5(b) 中二力杆 BE 的受力图上可知, 其 B 端的反力 N_B' 是图 1-4(b) 中力 N_B 的反作用力, 而其 E 端的反力 N_E' 与

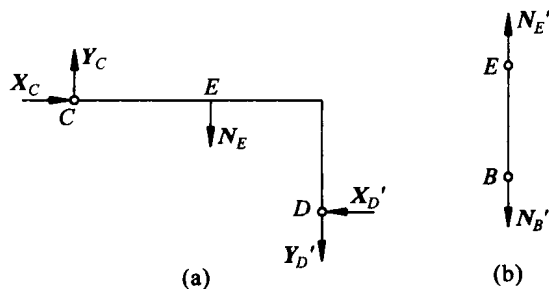


图 1-5

力 N_B' 是二平衡力, 即力 N_B' 和 N_E' 的指向均已确定。所以, 在杆 AB 的受力图中对反力 N_B 的指向已作假定之后, 杆 CD 上铰 E 处的反力 N_E 的指向也就随之确定, 因为力 N_E 是力 N_E' 的反作用力。

杆件 CD 的受力图如图 1-5(a) 所示。

例 1-2 结构由直杆 AB 、 BC 、 CD 铰接组成(图 1-6a), 作杆件 BC 的受力分析。

解 取杆件 BC 为分离体。

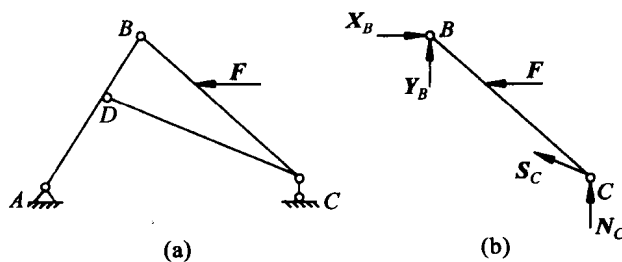


图 1-6

杆件 BC 上的主动力为力 F 。杆上铰链 B 的约束反力用两垂直分力 X_B 和 Y_B 表示。杆件 BC 的 C 端有两个约束, 一是链杆支座 C , 一是二力杆 CD 。此二约束的约束反力分别用 N_C 和 S_C 表示。

杆 BC 的受力图如图 1-6(b) 所示, 图中各约束反力的指向均是假定的。

五、难题提示及解答

1. 习题 1-10

提示 1 EFG 表示一吊车, 力 W 为吊车自重, 力 P 为起吊重物的重力。 E 、 F 分别为吊车的两个车轮, 车轮与梁为光滑接触。

提示 2 力 W 和 P 分别作用在吊车和重物上, 不能将这两个力施加在梁上。梁 AB 和梁 BC 分别受到吊车车轮 E 和轮 F 的压力的作用。此二压力的值与力 W 和力 P 有关, 以后将可用平衡方程求解。

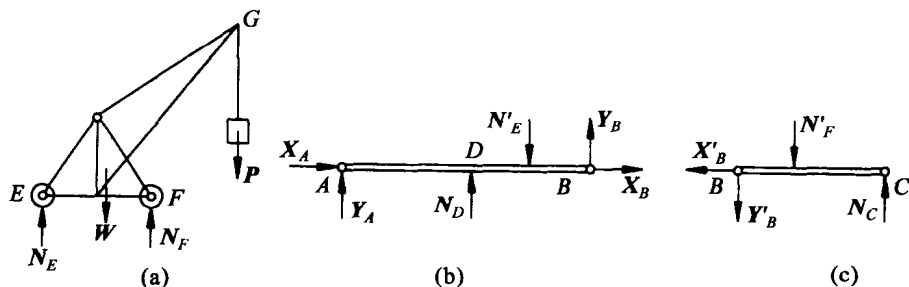


图 1-7

吊车 EFG 、梁 AB 、梁 BC 的受力图均示于图 1-7 中。

2. 习题 1-11

提示 物体系由 AB 、 BC 、 AD 三个直杆铰接组成， C 和 D 两点置于光滑水平面上。杆 AD 与杆 BC 在中点 O 用铰链连接。不要误认为是 AO 、 BO 、 CO 、 DO 四个杆件在点 O 处用铰链连接。

3. 习题 1-12

提示 1 作结构整体的受力图时，因固定铰支座 A 连接二力杆 AB ，其约束反力 N_A 的作用线应在 A 、 B 两点的连线上。固定铰支座 C 的约束反力则用二垂直的力 X_C 、 Y_C 表示。

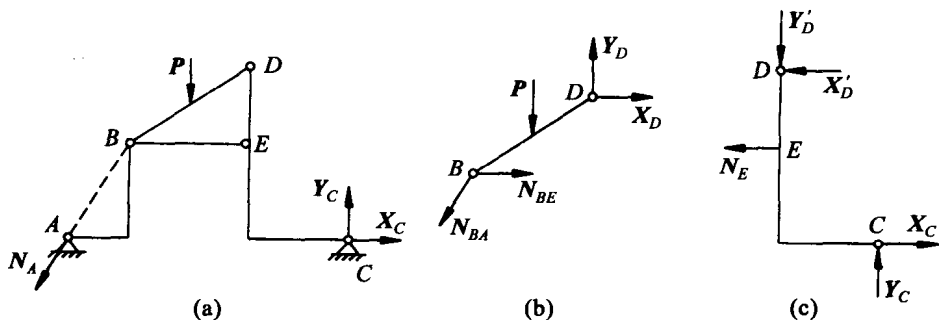


图 1-8

提示 2 作杆件 BD 的受力图时，其 B 端用铰链连接二力杆 BA 和二力杆 BE 。两个二力杆作用在 B 端的约束反力分别用 N_{BA} 和 N_{BE} 表示。

反力 N_{BA} 的指向不能随意假定，需依据整体受力图上反力 N_A 的指向确定。

提示 3 最后作杆件 CD 的受力图时，铰 E 处的约束反力 N_E 的指向不能随意假定，需依据杆件 BD 的受力图上反力 N_{BE} 的指向确定。

结构整体、杆件 BD 、杆件 CD 的受力图均示于图 1-8 中。

第2章 平面汇交力系

一、自学考试知识点及其最高能力层次要求

	知 识 点	能力层次
1	力多边形·求平面汇交力系合力的几何法	识 记
2	平面汇交力系平衡的几何条件·封闭力多边形	识 记
3	三力平衡定理	理 解
4	力在轴上的投影	识 记
5	合力投影定理	识 记
6	求平面汇交力系合力的解析法	理 解
7	平面汇交力系的平衡方程	简单应用

二、自学考试的基本要求

1. 了解求平面汇交力系合力的几何法,了解平面汇交力系平衡的几何条件。知道什么是力多边形的封闭边,什么是封闭的力多边形。
2. 了解三力平衡定理。知道三力平衡定理的适用条件,会用三力平衡定理确定未知约束反力的作用线。
3. 会用解析法求平面汇交力系的合力的大小和方向。
4. 能熟练地应用平面汇交力系的平衡方程求解物体的平衡问题。

三、重点、难点内容的学习指导

1. 三力平衡定理(§2-2)

三力平衡定理的内容是:刚体在三个力作用下平衡,其中两个力的作用线交于一点,则第三个力的作用线必通过该点,即三力组成一平面汇交力系。

正确地应用三力平衡定理,首先应确定所研究的刚体,其次要判定该刚体是受三力作用处于平衡,且其中两个力的作用线汇交,而第三个力的作用线未知,这时则可用三力平衡定理给