

流学校 一流老师 一流资源



三一丛书

理论力学

要点与解题

韩省亮 何望云 编



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

西安交大教学资源文库 三一丛书

理论力学

要点与解题

韩省亮 何望云 编

西安交通大学出版社

内容简介

本书是根据教育部公布的《高等工业学校理论力学教学基本要求》编写的,共20章,每章包含基本知识点、重点与难点分析、典型题解和自我测验题4部分。重点与难点分析中,不仅给出了重点和难点,还对学习内容作了指导,提出了基本要求,对重点难点作了深入的分析。典型题解均从解题思路入手,采用一题多解,并通过分析、比较和总结,找出解决问题的一般思路及方法,并对常见错误进行剖析,以利于读者融会贯通所学知识,提高分析问题和解决问题的能力。书末附录一为自我检测题参考答案,附录二和附录三分别为近年来硕士研究生入学考试试题和参考答案。

本书可作为大学本科、专科生和报考硕士学位研究生读者的学习参考书及学习指导书,还可作为青年教师的教学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

理论力学要点与解题/韩省亮,何望云编.

—西安:西安交通大学出版社,2007.4

(西安交大教学资源文库.三一丛书)

ISBN 978-7-5605-2233-3

I. 理... II. ①韩... ②何... III. 理论力学
—高等学校—教学参考资料 IV. 031

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 002205 号

书 名	理论力学要点与解题
编 者	韩省亮 何望云
出版发行	西安交通大学出版社
地 址	西安市兴庆南路 10 号(邮编:710049)
电 话	(029)82668315 82669096(总编办) (029)82668357 82667874(发行部)
印 刷	陕西丰源印务有限公司
字 数	434 千字
开 本	880mm×1230mm 1/32
印 张	11.75
版 次	2007 年 4 月第 1 版 2007 年 4 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-5605-2233-3/O·244
定 价	19.00 元

版权所有 侵权必究

丛书总序

为了使普通高等学校理工类专业的大学生更好地学习、掌握基础课和专业基础课知识,我们组织出版了这套“三一”丛书,目的就是提供一流的学习资源,使大家共享一流教师的教学经验和教学成果,为今后的学习打下良好的基础。

西安交通大学是国内仅有的几所具有百年历史的高等学府,是首批进入国家“211 工程”建设的七所大学之一,1999 年被国家确定为我国中西部地区惟一所以建设世界知名高水平大学为目标的学校。西安交大历来重视本科生教学,1996 年成为全国首家本科教学评估为优秀的大学。学校拥有国家级、省部级、校级教学名师数十名,具有丰富的、一流的教学资源。本丛书均由西安交通大学长期在教学一线主讲的教授、副教授主编,他们具有丰富的基础课、专业基础课教学和辅导经验。丛书作者们在长期的教学实践中,深深了解学生在学习基础课、专业基础课时的难点和困惑点之所在,对如何使学生更有效地学习、掌握课程的基本知识和解题技巧进行了深入的探索和研究,并将成果体现于书中。

本丛书针对中少学时课程的特点和教学要求,以普通高等学校的学生为主要对象,不拘泥于某一本教材,而是将有特色和使用量较大的各种版本的教材加以归纳总结,取其精华,自成一体。书中对课程的基本内容、研究对象、教学要求、学习方法、解题思路进行了全面、系统的总结和提炼,按基本知识点、重点与难点、典型题解析、自我检测题等环

节进行编排。本丛书既可单独使用,也可与其他教材配合使用。

我们衷心希望本丛书成为您大学基础课和专业基础课学习阶段的良师益友,帮助您克服困难,进入大学学习的自由王国,并祝您早日成为国家的栋梁之材!

在学习使用过程中,您如果发现书中有不妥之处或有好的建议,敬请批评指正并反馈给我们,我们会进一步改进自己的工作,力争使您满意。

真诚感谢您使用西安交大版图书。

西安交大出版社网址:<http://press.xjtu.edu.cn>

<http://www.xjtupress.com>

理工医事业部信箱: jdlgy31@126.com

西安交通大学出版社

2006年6月

前 言

理论力学是一门理论性、逻辑性和实践性都很强的课程。因此,学好理论力学,需要深入、透彻地领会每一个基本概念和理论,并要通过反复实践,熟练掌握基本解题方法。近年来,随着教育的不断深入,课内学时大量缩减,但教学基本要求不变,理论力学知识的应用又灵活多变,读者学习理论力学有一定困难。为了帮助读者学好理论力学,向他们提供一本合适的参考书,我们编写了这本理论力学学习指导书。

这本教学参考书是根据教育部公布的《高等工业学校理论力学教学基本要求》,并结合作者多年的教学经验编写的。本书每章的第1节是基本知识点,总结了本章的基本概念、基本理论和基本方法。第2节是重点与难点分析,指出了重点和难点内容并对学习作了指导。在学习指导中,首先提出了教学基本要求,让读者明了哪些内容是应该熟练掌握的,哪些是一般掌握的,哪些是属于了解内容。同时,着重分析了主要概念、基本物理量的物理意义,介绍了计算方法及如何理解、应用本章的理论、结论去解决问题,指出学习中应该注意的问题和解题时容易犯的错误等。第3节是典型题解,本节精心选择了10道左右的典型例题,尽量用多种解法求解。每种解法,首先分析解题思路,然后求解,最后作出小结。小结归纳了解题时所应用的理论,解题的重点、难点、技巧,不同解法的优缺点比较,容易出现错误和错误的原因等,有助于读者融会贯通所学知识,提高分析问题和解决问题的能力。选题不求深奥和复杂,主要是以巩固基本概念、基本理论和基本方法为目的。第4节是自我测验题,包括是非题、选择题、填空题等客观题和计算题。客观题主要让读者检测自己对概念、公式、法则的记忆能力、判断是非的能力、对概念的正确理解能力;计算题主要检测读者正确利用概念、

结论进行逻辑思维的能力和计算能力即解决问题的能力。书末附录一是3套硕士研究生入学考试试题,供读者学过本书后检测自己的应考能力。附录二和三分别是考试题自我测验题及参考答案。

本书既可作为高等工科院校本、专科学生学习理论力学时的指导书,还可作为报考硕士研究生读者的复习参考书。本书也很适合于广播电视大学、职工大学、函授大学和参加高等教育自学考试的学生学习理论力学时的指导书和考试参考书,也可作为青年教师的教学参考书。

本书由2001年1月出版的《理论力学重点难点及典型题精解》一书修订而成。周纪卿为第1版的全书设计了基本框架,并编著了第11~20章。本书继承了第1版的基本风格,第1~6章,第11~20章和附录一由韩省亮修订,第7~11章由何望云修订。郑丽芬参加了部分资料的搜集工作,设计并绘制了部分插图。全书由韩省亮定稿。

由于编者水平有限,书中的缺点和疏漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2000年4月

目 录

丛书总序

前言

第1章 静力学基本概念及受力分析

1.1 基本知识点	(1)
1.2 重点与难点	(4)
1.3 典型题解析	(5)
1.4 自我检测题	(13)

第2章 汇交力系

2.1 基本知识点	(16)
2.2 重点与难点	(18)
2.3 典型题解析	(19)
2.4 自我检测题	(26)

第3章 力偶

3.1 基本知识点	(28)
3.2 重点与难点	(29)
3.3 典型题解析	(30)
3.4 自我检测题	(32)

第4章 平面力系

4.1 基本知识点	(34)
4.2 重点与难点	(36)
4.3 典型题解析	(38)
4.4 自我检测题	(60)

第5章 摩擦

5.1 基本知识点	(64)
5.2 重点与难点	(65)
5.3 典型题解析	(67)
5.4 自我检测题	(72)

第6章 空间力系

6.1 基本知识点	(75)
6.2 重点与难点	(77)
6.3 典型题解析	(79)
6.4 自我检测题	(88)

第7章 点的运动和刚体基本运动

7.1 基本知识点	(92)
7.2 重点与难点	(95)
7.3 典型题解析	(96)
7.4 自我检测题	(100)

第8章 点的复合运动

8.1 基本知识点	(102)
8.2 重点与难点	(103)
8.3 典型题解析	(104)
8.4 自我检测题	(119)

第9章 刚体平面运动

9.1 基本知识点	(123)
9.2 重点与难点	(124)
9.3 典型题解析	(126)
9.4 自我检测题	(138)

第10章 运动学典型综合分析

10.1 基本知识点	(141)
10.2 重点与难点	(141)
10.3 典型题解析	(142)

10.4	自我检测题	(153)
第11章 动力学基本定律		
11.1	基本知识点	(157)
11.2	重点与难点	(158)
11.3	典型题解析	(159)
11.4	自我检测题	(164)
第12章 动量定理		
12.1	基本知识点	(168)
12.2	重点与难点	(171)
12.3	典型题解析	(172)
12.4	自我检测题	(183)
第13章 动量矩定理		
13.1	基本知识点	(187)
13.2	重点与难点	(190)
13.3	典型题解析	(192)
13.4	自我检测题	(204)
第14章 动能定理		
14.1	基本知识点	(211)
14.2	重点与难点	(213)
14.3	典型题解析	(215)
14.4	自我检测题	(226)
第15章 动力学普遍定理的综合应用		
15.1	基本知识点	(232)
15.2	重点与难点	(232)
15.3	典型题解析	(234)
15.4	自我检测题	(247)
第16章 碰撞		
16.1	基本知识点	(250)

16.2	重点与难点	(252)
16.3	典型题解析	(253)
16.4	自我检测题	(260)
第17章 达朗伯原理		
17.1	基本知识点	(262)
17.2	重点与难点	(264)
17.3	典型题解析	(266)
17.4	自我检测题	(276)
第18章 虚位移原理		
18.1	基本知识点	(279)
18.2	重点与难点	(280)
18.3	典型题解析	(283)
18.4	自我检测题	(292)
第19章 动力学普遍方程和拉格朗日方程		
19.1	基本知识点	(296)
19.2	重点与难点	(297)
19.3	典型题解析	(298)
19.4	自我检测题	(315)
第20章 机械振动基础		
20.1	基本知识点	(318)
20.2	重点与难点	(323)
20.3	典型题解析	(324)
20.4	自我检测题	(337)
附录一 自我检测题参考答案 (340)		
附录二 近年硕士研究生入学考试试题 (348)		
附录三 近年硕士研究生入学考试试题参考答案 (364)		

第 1 章 静力学基本概念 及受力分析

1.1 基本知识点

1.1.1 几个基本概念

1. 平衡——物体机械运动的一种特殊状态。在静力学中,若物体相对于地面保持静止或作匀速直线平动,则称物体处于平衡。

2. 刚体——在力的作用下不变形的物体。刚体是静力学中的理想化力学模型。

3. 约束——预先设定的,限制物体运动的条件。在刚体静力学中指限制研究对象运动的物体。各种约束物体在限制研究对象的运动时作用于研究对象的力称为约束力。

4. 力

(1)力——物体之间的相互机械作用,这种作用使物体运动状态发生变化(包括变形)。

(2)力的三要素——力的大小、方向、作用点。

(3)力是定位矢量。

(4)在国际单位制中力的单位为牛顿(N)。

(5)力的分类

力 { 约束力 (各种约束物体提供的作用力)
主动力 (除约束力之外的其他力)

力 { 外力 (来自物体系统外部的作用力)
内力 (物体系统内部物体之间的相互作用力)

力 { 集中力 (当力的作用面积很小时,可以近似地看成作用在一个点上,称为集中力)
分布力 (当力的作用面积较大时,称其为分布力)

(6)力的效应

1)力的内效应——受力物体的形状发生改变称为力的内效应。

- 2) 力的外效应——受力物体的运动状态发生改变称为力的外效应。
5. 力系——作用在同一物体上的一群力。
6. 等效力系——若两个力系对同一个物体的效应相同,称这两个力系互为等效力系。
7. 平衡力系——若物体在某力系作用下保持平衡,称此力系为平衡力系。
8. 合力——若一个力与一个力系等效,称此力为该力系的合力。

1.1.2 静力学的五个公理及推论

公理 1(两力平衡公理) 作用在同一刚体上的两个力,使刚体处于平衡的必要且充分条件是:这两个力大小相等、方向相反、沿同一条直线。

公理 2(加减平衡力系公理) 在作用于刚体的力系中,叠加或除去任何平衡力系,并不改变原力系对刚体的作用。

推论 1(力的可传性原理) 作用在刚体上的力,沿其作用线在刚体(或刚体的延拓部分)内任意移动,并不改变其对刚体的作用效果。因此,对刚体而言,力是滑移矢量。

公理 3(力的平行四边形公理) 作用于物体上同一点的两个力可以合成为一个力,此合力也作用在该点,合力的大小和方向等于以这两力矢为邻边所构成的平行四边形的对角线。

推论 2(三力平衡定理) 若刚体受三力作用而处于平衡状态,且两个力的作用线交于一点,则此三力必位于同一平面内,且第三力作用线必过该点。

公理 4(作用与反作用公理) 当甲物体对乙物体有作用力时,甲物体也受到来自乙物体的反作用力。作用力与反作用力大小相等,作用线相同,指向相反,分别作用在两个不同的物体上。

公理 5(刚化公理) 当非刚体在某力系作用下处于平衡状态时,如假想此非刚体为刚体,则此假想刚体在该力系作用下仍将保持平衡。

1.1.3 几类常见约束的约束反力

1. 柔软且不可伸长的绳索:其约束反力为沿绳索方向的一个拉力,该力背离被约束物体。

2. 光滑接触面:其约束反力沿接触点的公法线,指向被约束物体。

3. 光滑圆柱铰链和颈轴承:其约束反力位于垂直于销钉轴线的平面内,并过圆心。通常用过圆心的两个大小未知的正交分力表示。

4. 固定铰支座:其约束反力与光滑圆柱铰链相同。

5. 可动铰支座:其约束反力与光滑接触面类似,垂直于光滑支承面。

6. 光滑球铰链:其约束反力过球心,通常用空间的三个正交分力表示。
7. 止推轴承:其约束反力与光滑球铰链类似,通常用空间的三个正交分力表示。
8. 链杆约束(二力构件):其约束反力沿链杆两端铰链的中心的连线。
9. 固定端约束(插入端约束):其约束反力在平面情况下,通常用两个正交分力和一个力偶表示;在空间情况下,通常用空间的三个正交分力和空间的三个正交力偶表示。

以上 9 种常见约束的简图及约束反力如图 1-1 所示。

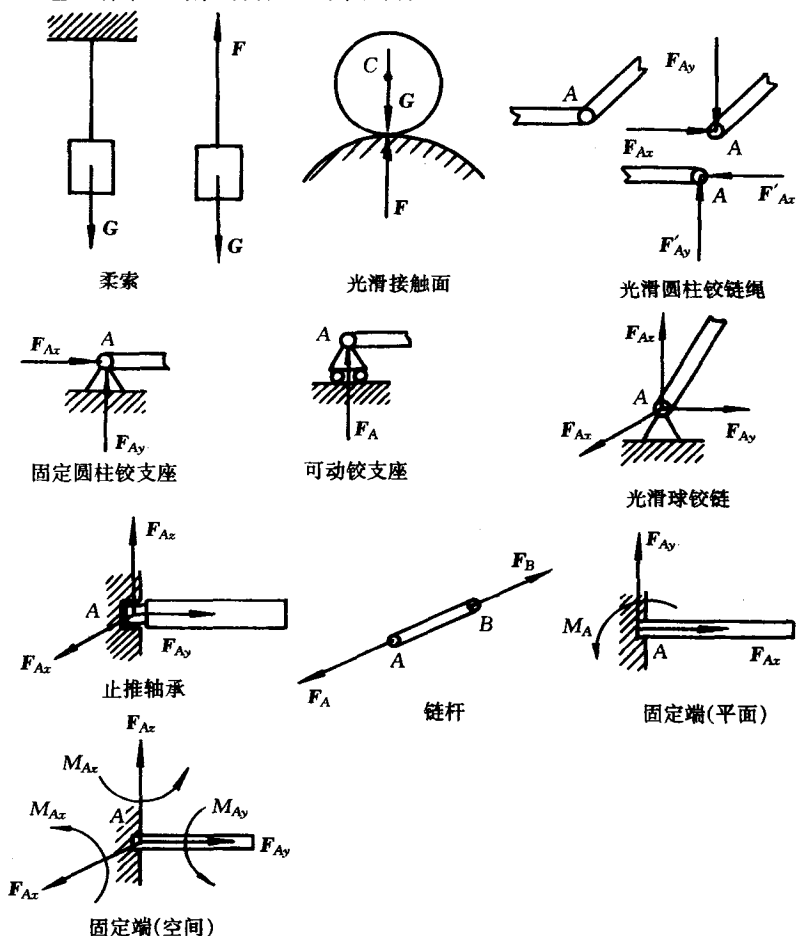


图 1-1

1.1.4 受力分析

1. 研究对象——所确定的被研究的物体,并把它从周围的物体分离出来,即为隔离体。

2. 受力图——在隔离体上画出全部主动力与约束力后的简图。

3. 受力分析——确定研究对象,画出研究对象上受到的全部主动力与约束力的过程称为受力分析。

1.2 重点与难点

1.2.1 重点

1. 平衡、刚体、力等基本概念和静力学公理。

2. 约束类型及约束力。

3. 受力分析、画出受力图。

1.2.2 难点

1. 准确理解静力学的公理。

2. 掌握常见约束的特点及正确画出约束力。

1.2.3 学习指导

1. 基本要求

通过本章学习,要求掌握平衡、刚体、力等基本概念和静力学公理;掌握各种约束类型的性质画出相应的约束反力;能熟练地进行受力分析,正确地画出受力图。

2. 重点、难点分析

静力学的五条公理是静力学的理论基础,要逐条认真理解,并注意其适用的条件。只有在学过后续几章内容之后返回来认真体会这五个公理在静力学理论体系中的重要性,才能真正理解这五个公理。

正确的受力分析并画出正确的受力图,是解决静力学问题的先决条件。选取一个明确的研究对象(隔离体)是正确进行受力分析的关键一步,一定要将研究对象与非研究对象分隔开,只有这样才能明确地显露出物体之间的作用关系。约束对研究对象的作用与约束的类型相对应,与约束所能限制的运动方向有关。在解除约束画出约束反力时必须明确:约束反力的大小要由平衡条件来确定,约束反力的方向与约束的类型有关。有些约束反力能预先知道其作用方向(例如柔索的约束反力,光滑接触面的约束反力);有些约束反力则仅能预知其作用线通过某已

知点(例如光滑圆柱铰链的约束反力必通过铰链中心,光滑球铰链的约束反力必通过其球心,但方向均不能预先获知),此时常用一组正交的分力表现这类约束的作用,读者在学习时要力图理解这种表示方法的合理性。

初学者在进行受力分析时易犯的错误是:

①不考虑约束的类型,只凭粗浅的甚至是错误的平衡观念画约束反力,用约束力去平衡主动力(例如凭主观愿望画某处的约束反力“顶住”来自某方向的主动力),因此在画受力图时,应严格遵循“依据约束类型画约束反力”的原则。

②漏画或多画力。一般是由于对约束类型不熟悉或不细心造成的。认真分析约束性质并核查每个力的施力体可以避免犯此类错误。

③在对物体系统进行受力分析时,未将研究对象从系统中独立出来另外画一幅简图,而是将整体受力图与局部受力图画在同一幅简图中,从而无法区分施力体与受力体。为避免犯此类错误,应注意作用力与反作用力不能出现在同一幅受力图中,研究对象的内力不能在受力图中画出。

3. 解题步骤

(1)明确研究对象。若取物体系统的局部作为研究对象,一定要单独画出该部分的简图进行受力分析;

(2)在所选研究对象的简图上画出其所受到的全部主动力;

(3)逐个解除研究对象所受到的全部约束,依据约束的类型画出相应的约束反力。

1.3 典型题解析

例 1-1 多跨梁如图 1-2(a)所示。 D 、 E 为铰链,在 D 铰链上作用一铅垂向下的集中力 F_1 , K 处作用一水平向右的集中力 F_2 , 梁上 LK 段作用着集中度为 q 的分布载荷。 $AH=HD=CK=EK=LE=LD=a$ 。不计各构件的自重。试绘制整体及各构件的受力图。

解 思路:在作受力分析时,首先要观察清楚结构中的各种约束。本题中有三种约束,它们是:固定铰支座 A 、 C , 圆柱铰链 D 、 E , 和可动铰支座 B 。严格按照约束的类型解除约束,画出相应的约束反力。

(1)选取整体为研究对象,解除 A 、 B 、 C 三处的约束,注意 A 、 C 两处为固定铰支座,其约束反力可以用两个正交分力表示,而 B 处为一可动铰支座,只能提供一个铅直方向的约束反力。受力分析结果如图 1-2(b)所示。

(2)解除 D 、 E 两处的铰链约束,将整体拆分为三个研究对象, AD 、 DBE 、 ECK 。并将 D 铰链中的销钉带在 DBE 上,因此集中力 F_1 就作用在 DBE 上,分

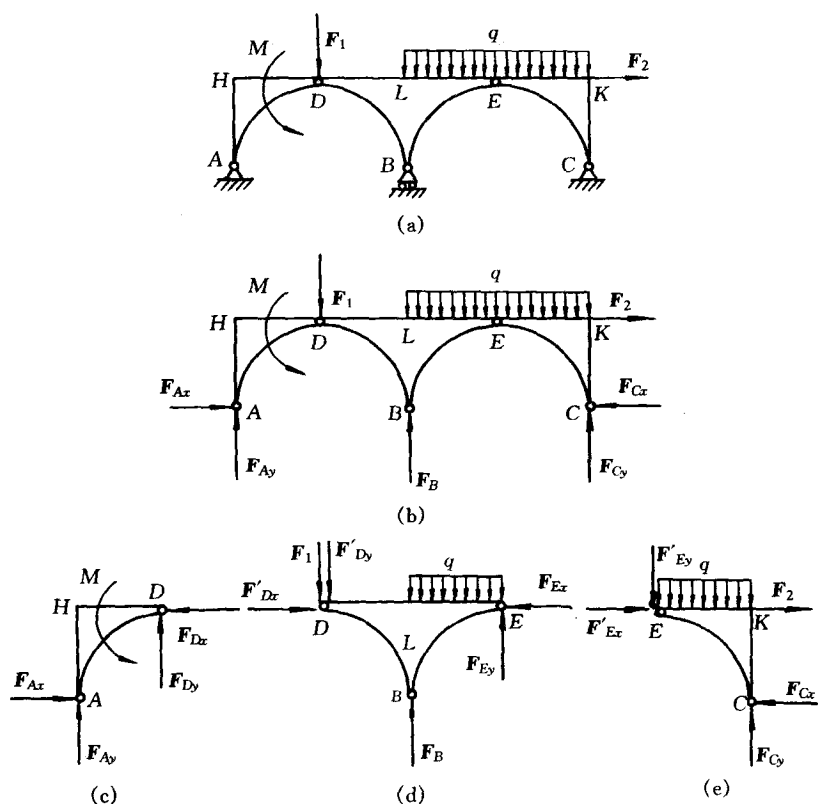


图 1-2

布载荷随着结构从 E 处拆开也分为两部分,它们分别作用在 DBE 的 LE 段和 ECK 的 EK 段。应特别注意到: D 、 E 处的圆柱铰链约束的约束反力在不同的研究对象上画出时,它们的方向要满足作用与反作用定律。受力分析结果如图 1-2 (c)、(d)、(e) 所示。

思考与讨论:在对本题进行受力分析时若按以下步骤进行,必将出现错误。

(1) 首先将分布载荷 q 简化为一个集中力 $Fq = 2aq$,作用在铰链 E 的销钉上。取整体为研究对象,解除 A 、 B 、 C 三处外部约束,代之以相应的约束反力。受力分析如图 1-3(a) 所示。(其中 A 、 C 两处的约束反力的方向参考了局部 AD 的受力图 1-3(b) 和局部 ECK 的受力图 1-3(d) 中的分析结果。)