

3321

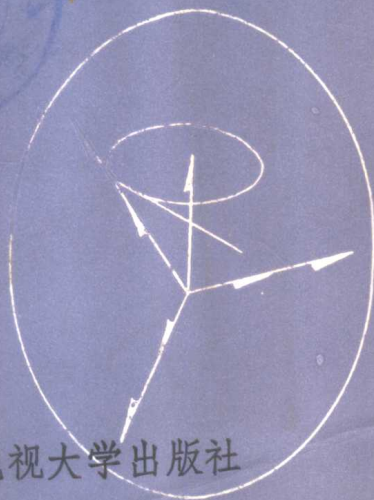
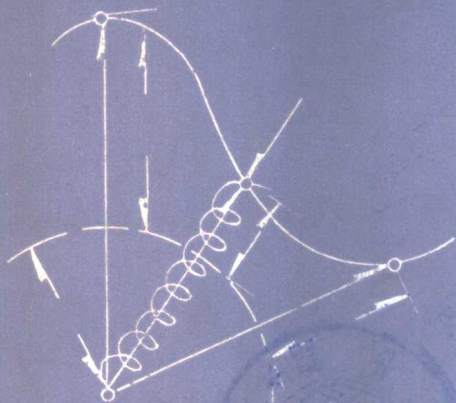
820789

—
100

丁 新



理论力学学习指导书



中央广播电视大学出版社

1

3321

—

I00

1999

理论力学学习指导书

丁 新

中央广播电视大学出版社

理论力学学习指导书

丁 新

*

中央广播电视大学出版社出版

新华书店北京发行所发行

七二二六 印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 11.25 千字 272

1987年1月第1版 1987年6月第1次印刷

印数 1—49000

书号 13300·50 定价 1.80 元

前 言

本书是为配合中央广播电视大学“理论力学”课程的教学，加强自学和辅导环节而编写的。使用时，应与中央广播电视大学的教材[谢传锋教授主编，中央广播电视大学出版社出版的“理论力学”(以下简称教材)]以及中央电视台播出的“理论力学”电视课程配套使用。本书是学生学习本课程的主要参考书。

本书是在谢传锋教授指导下编写的，并经他审阅修改后定稿。在此谨致衷心的感谢！

本书内容包括静力学、运动学、动力学三部分以及各章的学习要求，重点和难点；各章基本概念理论辅导，解题方法辅导，教材思考题提示和复习提纲；三部分的自我测验题。书末还附有四套试题以及中央广播电视大学理论力学教学大纲(草案)。

本书章节编号与教材相同。为避免与教材混淆，本书例题编号和插图编号中的章节号采用罗马数字。

读者应在上完电视课，并阅读了教材的有关内容后，再阅读本书的“基本概念理论辅导”。这部分内容包括

1. 对教材“内容小结”的强调与补充。
2. 对重要概念及理论的解释和分析。
3. 对较难理解的概念和理论的说明。
4. 对相关概念、理论的联系与区别的讨论。
5. 指出容易对概念理论发生误解，引起混淆的地方并分析之所以发生误解的原因等。

为系统化，某些有关内容提前作了小结。

读者应在听懂了电视课的例题，阅读了教材的“解题方法”之后，再阅读本书的“解题方法辅导”。这部分内容包括

1. 对教材“解题方法”的强调与补充。
2. 习题类型的划分(不是每章都有)。
3. 解题思路,要点和关键细节的处理。
4. 典型例题的补充与分析。
5. 一题多解,解法比较,常见错误分析等有关的讨论等。

读者应在对教材思考题进行过认真的思考之后，再阅读本书的“教材思考题提示”。这部分内容包括出题目的，涉及到的概念理论要点，容易发生误解的地方和原因分析，同类问题的分析思路和方法等。

本书各章的学习要求，有的是学完该部分甚至全书后的要求，不能一律要求在学完本章后就达到。本书明确指出了各部分和各章的重点，是让读者能集中精力掌握主要的内容，不把过多的精力花费在次要内容上。应注意难点不一定是重点，重点也不一定是难点。

本书各章的“复习提纲”，包括了该章的主要内容。其中大部分问题正是教材和本书阐述的重点和要点，包括概念理论的正确理解，联系与区别，解题的关键问题等。供系统复习时参考。

本书上述内容亦可供教师组织辅导课时选用。

本书各部分的自我测验题，反映了该部分的教学要求，可供各教学班或读者在学完该部分后，及时检查学习效果用。不附答案。

书末四套试题是在近两届中央电大期末试题的基础上，经过部分修改调整重新编写的。它反映了理论力学课程总的教学要求，供各地电大辅导站或教学班选用。试题只附答案，不附详细题解。

根据中央电大教材处的统一要求，本书还附有中央电大理论力学教学大纲(草案)。这是从八六级起使用的新的教学大纲。

由于编者水平有限，教学经验不足，加之编写仓促，缺点错误在所难免，恳请广大读者批评指正，不胜感激！

编者

一九八六年秋

目 录

前言	(1)
第一部分 静力学	
第一章 静力学基础和物体的受力分析	(3)
第二章 基本力系	(22)
第三章 平面一般力系	(41)
第四章 空间一般力系	(61)
第五章 静力学专题——平面桁架、摩擦、重心和悬索	(74)
静力学自我测验题	(98)
第二部分 运动学	
第六章 点的运动	(106)
第七章 刚体基本运动	(120)
第八章 刚体平面运动	(129)
第九章 运动学专题——点的合成运动和刚体绕平行轴转动的合成	(149)
运动学自我测验题	(174)
第三部分 动力学	
第十章 质点运动微分方程	(182)
第十一章 动量定理	(194)
第十二章 动量矩定理	(210)
第十三章 动能定理	(235)
第十四章 动静法	(260)
动力学自我测验题	(277)
第十五章 虚位移原理	(282)
第十六章 动力学专题——机械振动基础	(299)
中央广播电视大学理论力学试题	(314)

第 I 套试题.....	(314)
第 II 套试题.....	(320)
第 III 套试题.....	(326)
第 IV 套试题.....	(333)
试题答案.....	(340)
中央广播电视大学理论力学教学大纲.....	(343)

第一部分 静力学

静力学研究物体平衡的一般规律,或者说,研究物体平衡时作用于物体上的力所应满足的条件。

静力学主要研究了三个基本问题。

一、物体的受力分析

介绍了约束和约束反力的概念,讨论了典型约束的约束反力,研究了对非自由体进行受力分析的基本方法。值得指出的是,物体的受力分析,是力学研究中的重要基本技能。

二、力系的简化

提出了等效力系和力系合成与简化的概念,并按照力系中诸力作用线的分布情况,由特殊到一般地对各种力系的合成或简化进行了讨论。力系简化的理论和方法,不仅是静力学,而且也是动力学的基础。

三、力系的平衡条件及其应用

静力学由简单到复杂,由特殊到一般,逐步深入地讨论了各种力系的平衡条件和平衡方程,并着重讨论了平衡方程的具体应用。

作为静力学平衡理论的应用,这部分最后讨论了四个专门问题——平面桁架,摩擦,重心和悬索。

静力学部分学习要求

1. 初步培养从简单的实际问题中提出理论力学问题,抽象出理论力学模型的能力。
2. 能根据题意,恰当地选取研究对象,正确地画出受力图。
3. 理解力和力偶的性质及其作用效应,能熟练地计算力的投

影和力对点(轴)之矩,能计算力系的主矢和主矩。

4. 能正确运用平衡条件求解静力学问题,能相当熟练地求解简单物体系统的平衡问题。

静力学部分的重点

力的基本性质,力偶的基本性质,力系的等效与简化,力系的平衡方程,物体的受力分析,力的投影和力矩的计算。特别是物体和物体系统平衡问题的求解(主要是平面问题)。

对土建类,重点包括平面桁架;

对机械类,重点包括摩擦。

静力学部分的难点

约束和约束反力,力系等效,力偶的性质,物体系统(包括有摩擦的情况)平衡问题的分析方法。

摩擦角和自锁以及它们在平衡问题中的应用。

第一章 静力学基础和物体的受力分析

本章介绍了静力学的基本概念(刚体、平衡、力、等效力系、平衡力系、合力)和力对物体作用的基本性质;引进了约束和约束反力概念;介绍了几种常见典型约束及其约束反力;讨论了对非自由体进行受力分析的方法和步骤。

本章学习要求

1. 深入理解力、平衡、刚体和约束等基本概念(包括等效力系,平衡力系和合力的概念)。
2. 掌握力对物体作用的五条基本性质和两条重要的推论。
3. 了解各种常见典型约束的性质,会正确表示典型约束的约束反力。
4. 初步学会对物体进行受力分析的方法,能正确画出研究对象的受力图。

重点

力、刚体、平衡、等效力系、平衡力系、合力、约束等概念;

有关力的五条基本性质和两条推论;

柔索、光滑接触面、光滑铰链、二力构件等约束及约束反力的画法;

物体的受力分析。

难点

约束的概念;

物体系的受力分析

基本概念理论辅导

(一) 关于静力学基本概念

本章涉及的基本概念较多,首先应对定义有明确的理解。主要是平衡、刚体和力的概念。

(1) 平衡系指物体相对于固结于地球表面的参考系处于静止或匀速直线运动状态。它是机械运动的一种特殊状态。

(2) 本章有关物体的概念包括物体,变形体和刚体,自由体和非自由体等。

刚体是理论力学的主要研究对象,它的特点是内部任意两点间的距离保持不变,由此决定了刚体机械运动的特征。在一定条件下,变形体可抽象为刚体;刚体的平衡条件在一定条件下可应用于变形体。

自由体和非自由体的区别是物体是否受到约束。约束的概念是普通物理力学部分中没有涉及到的概念,理论力学的研究对象扩展到非自由体。

(3) 本章有关力的概念比较多,主要的有力系、等效力系、合力、平衡力系、主动力和约束反力、作用力和反作用力、外力和内力等。

力是物体间的相互机械作用。力对物体的作用效应分为内效应和外效应。外效应,即运动效应,表现为物体动态的改变;内效应,即变形效应,表现为物体形态的改变。理论力学研究力的外效应。

力对物体的作用效应取决于力的三要素(力的大小,方向和作用点)。力有大小和方向,又服从矢量加法规则,所以力是矢量。

理论力学将作用于物体上的力分为集中力和分布力。其中分布力在物理中没有涉及到。分布力作用在一定长度或面积上。分布力的强度用单位长度或单位面积上的力的大小 $q(\text{N/cm}, \text{N/cm}^2)$ 来度量,称为载荷集度。

等效力系是指作用于物体且效应相同的力系。效应包括运动

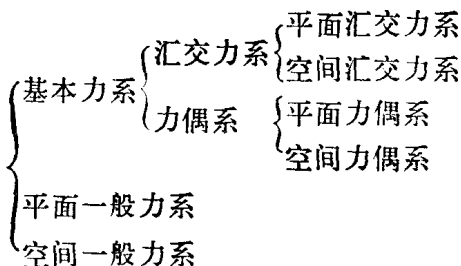
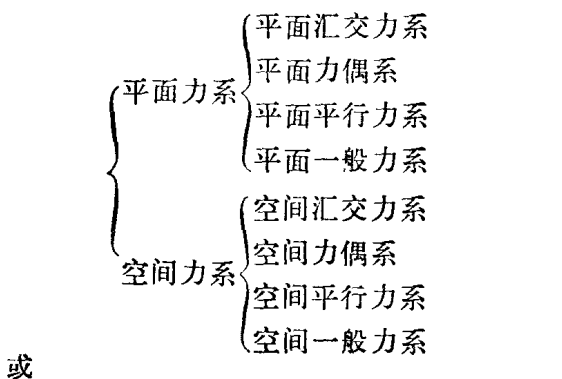
效应和变形效应。

合力就是与力系等效的一个力。反过来，该力系诸力就是合力的分力。正确理解合力的定义，就不难理解下一章合力之矩定理的证明了。

力系的简化——求与复杂力系等效的简单力系的过程。最简单的等效力系是一个力，即力系的合力。其它最简单的力系是力偶(见第二章)和力螺旋(见第四章)。

平衡力系是作用于物体，并使物体处于平衡的一群力。

力系的分类有以下两种方法：



本章有关数学的概念包括代数量和矢量，单位矢量，定位矢量，滑动矢量和自由矢量(自由矢量见第二章)。

定位矢量——除大小，方向外，还有作用点的矢量。例如力的作用点是作用于物体上的力的三要素之一，所以作用于物体上的

力是定位矢量。力对点之矩矢也是定位矢量(参见第二章)

滑动矢量——除大小,方向外,作用点的位置可以在作用线上任意选定的矢量。例如作用在刚体上的力,其作用点可在其作用线上移动而不影响它对刚体的作用效应。

自由矢量——除大小,方向外,作用点可以任意选定的矢量。例如力偶的力偶矩矢(见第二章)。

(二) 关于力的基本性质

力对物体作用的五条基本性质和两条推论可以分为三类。

第一类,对所有物体都适用的基本性质,这一类包括力的两条基本性质。

1. 力的平行四边形定律

$R = F_1 + F_2$, F_1 与 F_2 的合力 R 的力矢是以 F_1 和 F_2 为边的平行四边形的对角线,它是力系合成的基础。由此引出的力的三角形法则,是几何法求合力的基础。

2. 作用与反作用定律

力的这个性质就是大家都熟悉的牛顿第三定律。在分析多个物体组成的物体系统的受力情况时,借助于力的这个基本性质,我们能从一个物体的受力分析过渡到与它相邻物体的受力分析。

很明显,力的这两条基本性质不仅适用于刚体,对变形体也成立。

第二类,只对刚体适用的基本性质和推论,包括两条基本性质和两条重要推论。

1. 二力平衡原理

2. 增减平衡力系原理

在已知力系中增加或减去任何平衡力系,不会改变原力系对刚体作用的效应,这是讨论力系等效与简化的依据之一。

力的这两条基本性质只适用于刚体。对变形体来讲,由于涉及

到变形效应，二力平衡原理只是其平衡的必要条件而不是充分条件。增加或减去平衡力系，对变形体来讲，与原已知力系也就可能不等效。

由二力平衡原理可知，两个大小相等，方向相反，作用线相同的力组成最简单的平衡力系。要注意区别这种最简单的平衡力系与作用反作用力。

推论 1 是力的可传性

推论 2 是三力平衡汇交定理

两条推论都只适用于刚体。

力的可传性说明作用在刚体上的力是滑动矢量。但要特别注意力只能在其作用的刚体上沿作用线平移，不能移到其它刚体上。如果移到同一刚体上作用线外的其它点，要有附加条件(见第三章)。

三力平衡汇交定理指出已知处于平衡的不平行的三个力，作用线必然汇交于一点，且三力共面。

但是，如果已知三力汇交共面，这个刚体却未必处于平衡；此外，如果这三个力不平衡，也就不一定汇交。

三力平衡汇交定理常用于确定已知平衡的三个力中未知力的作用线方位；在用几何法求解平衡问题时，可由封闭力三角形，来确定未知力的指向。以后我们还将指出三力平衡汇交定理相当于一个力矩式的平衡方程。

当约束反力的方向或指向仅凭约束性质尚不能确定时，可借助于二力平衡原理和三力平衡汇交定理等简单的刚体平衡条件作出判断。

第三类，有关刚体和变形体平衡条件之间关系的基本性质。

刚化原理指出如果已知变形体处于平衡，把该变形体换成刚体，其平衡状态不变。

刚化原理说明刚体平衡条件应用于变形体的条件是已知变形体处于平衡。当已知变形体平衡时,可以把它当成刚体看待,可以用刚体平衡条件去求解它的平衡问题。这样依据刚化原理,就扩大了刚体静力学的应用范围。例如求已知平衡变形体的约束反力,内力等。

但是应该强调指出,对于未知平衡的变形体,用刚体平衡条件不能确定其是否平衡,还需利用其它附加条件。这就是说,刚体平衡条件对于变形体来说,只是其平衡的必要条件而不是充分条件。

刚化原理建立了刚体和变形体平衡条件之间的联系,在静力学以及应用静力学理论的有关学科中(例如材料力学等)有广泛的应用。

(三) 关于约束和约束反力。

对物体运动的限制条件称为约束,同时也把构成约束的物体称为约束。

约束给予被约束物体的力称为约束反力或约束力。

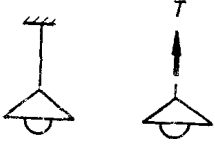
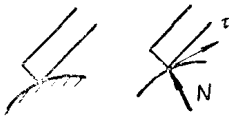
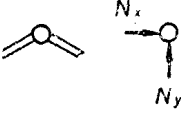
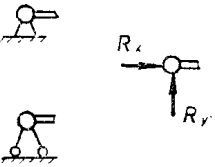
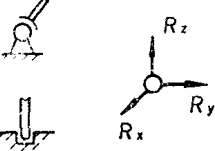
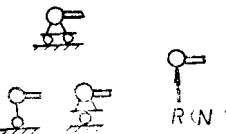
约束反力以外的力称为主动力。

约束反力是一种被动力。非自由体在主动力作用下,有运动的倾向,而运动受到约束的限制,非自由体就受到约束给予的限制运动的力。关于约束反力,有两个问题待落实,一是约束反力的方向,它应在画受力图时根据约束性质初步解决,不能解决的,由力学方程确定;二是约束反力的大小,对静力学问题,由静力学平衡条件确定,对动力学问题,由动力学有关方程确定。

约束反力与约束类型和主动力有关,也与物体的运动状态有关(见第十章)。约束反力的方向一般由约束的结构形式决定。约束反力方向的判断准则是:约束反力的方向必与该约束所能阻碍的运动方向相反。下面根据这一原则,将所学几种常见约束小结如表 I-1,为了内容的完整性,将第三章才学习的平面固定端约束也

一并在此小结。

表1-1 常见约束的约束反力

	约束图示及反力图示	约束反	力方向
		作用线	指 向
柔 索		沿柔索	背离物体
光滑接触面		沿公法线	指向物体
光滑圆柱形 绞 链		未 定	用两个垂直 分量表示
固定铰链支座 轴 承 (径向)		未 定	用两个垂直 分量表示
球形铰链支座 止推轴承		未 定	用三个垂直 分量表示
滚动铰链支座		沿支承面 法 线	未 定 (可假定)