

水利部农水司推荐

全国中等职业教育农业水利工程类精品教材

全国农村水利员培训新概念规划教材

工程力学 与建筑结构

吴叶莹 主 编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

全国中等职业教育农业水利工程类精品教材
全国农村水利员培训新概念规划教材

工程力学 与建筑结构



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书分上、下两篇,共十章。上篇《工程力学》,内容包括:结构(或构件)上的力的平衡关系,材料的力学性质和构件的承载能力,结构的几何组成和荷载作用下结构(或构件)的强度、刚度和稳定计算;下篇《建筑结构》,内容包括:钢筋混凝土结构的基本构件的受力特点、承载力计算及主要构造措施。

本书既可作为中等职业学校水利技术专业教材和农村水利员岗位培训教材,也可供有关技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学与建筑结构/吴叶莹主编. —北京:中国水利水电出版社, 2005

全国中等职业教育农业水利工程类精品教材. 全国农村水利员培训新概念规划教材

ISBN 7-5084-3159-6

I. 工... II. 吴... III. ①建筑工程—工程力学—专业学校—教材②建筑结构—专业学校—教材
IV. TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 093040 号

书 名	全国中等职业教育农业水利工程类精品教材 全国农村水利员培训新概念规划教材 工程力学与建筑结构
作 者	吴叶莹 主编
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 11.75 印张 279 千字
版 次	2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 1 次印刷
印 数	0001—5000 册
定 价	28.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

序

我国历来十分重视水利工作，把治水看作治国安邦的基本方略。当前正处于社会体制转型和经济快速发展的新时期，治水思路由工程水利向资源水利、传统水利向现代水利和可持续发展水利转变。水利事业的发展需要一大批具备岗位技能、独当一面的基础人才。广大基层水利技术员，长年累月战斗在水利建设的第一线，是各级水利部门和地方政府的得力助手。他们担负着乡镇区域（流域）内水利工程建设管理、防汛抗旱抢险、水政执法、水资源配置、农田水利实用技术推广等任务，为推动整个水利建设、管理和改革，加快农业农村现代化建设执着奉献。

进一步提高农村防洪排涝能力，保障农村饮水安全、粮食生产安全和农村生态安全，推进水资源的高效利用，促进农业增效、农民增收、农村发展和全面实现小康社会，是新时期赋予农村水利的主要任务。为此，加强以基层水利员为重点的水利行业基础人才专业培训，进一步提高他们的业务素质和专业技能，更好地肩负起历史重任，是新形势下水利职业教育的一项重要工作。

教材建设是职业教育的基础。针对基层农村水利技术人员培训及水利中等职业教育的教材建设相对滞后的现状，浙江省率先组织编写了全国农村水利员培训新概念规划教材，即全国中等职业教育农业水利工程类精品教材。该套教材由15分册组成，各分册在内容的组织和编排上体现了适用基层水利人员中职教育及水利行业职工培训的特点，把握了以应用为目的，以能用、够用为度的原则，并注重介绍和引入目前的新技术、新工艺、新标准和新规范。该套教材有较好的实用性、针对性、适用性，具有一定的创新特点，既可作为基层农村水利技术人员的岗位培训教材、中等职业学校水利工程技术专业通用教材，也可供广大水利技术人员参考阅读。

该套教材的出版，是对水利行业职业教育、教材建设的一次有益探讨，相信它会给新时期农村水利职业技能应用型人才培养和中等职业教育带来帮助。

水利部农村水利司司长



2005年8月

前 言

全国农村水利员培训新概念规划教材，即全国中等职业教育农业水利工程类精品教材是根据水利部对全国农村水利技术人员的培训要求和全国农业水利工程类专业中职教学特点，总结多年教学和行业培训的经验，吸取同类教材的优点，以适应 21 世纪将水利行业的职工技术培训与中职教育融为一体的教育改革新思维编写而成。本套教材针对中职教育、水利行业职工培训和专业人员自学的特点，在内容的选择和编排上进行了认真探索和尝试性改革。编写过程本着“淡化设计，充实图例，突出概念，反映最新”的原则，追求“实用性、针对性、通用性”。本套教材尽量采用最新的行业技术、规范和标准，力求通俗易懂、简单实用，使读者学为所用，学以致用。

本套教材首批推出 15 分册，本书为《工程力学与建筑结构》。该书分上下两篇，共 10 章。上篇为工程力学，内容包括：结构（或构件）上的力的平衡关系，材料的力学性质和构件承载能力，结构的几何组成和荷载作用下结构（或构件）的强度、刚度和稳定计算；下篇为建筑结构，内容包括：钢筋混凝土结构的基本构件的受力特点、承载力计算及主要构造措施。

本书由吴叶莹主编，并编写第八章至第十章（下篇，建筑结构）；王经权编写第一章至第七章（上篇，工程力学）。本书由史美东审稿。

本套教材在编写过程中，得到了水利部农水司、浙江省水利厅有关处室、浙江水利水电高等专科学校、贵州省水利水电学校、吉林省水利水电学校、云南省水利水电学校、新疆水利水电学校、河南省郑州水利学校等单位的领导和同志们的指导和帮助，在此表示深深的谢意。同时，得到了相关教材、专著的专家们的帮助与指教。对所有参考文献的作者（包括因时间及其他原因联系不上的作者），表示衷心的感谢，并欢迎联系和交流。

由于编写时间仓促，编者水平有限，本套教材在内容选择、文字表述、图文体例等各方面可能存在疏漏。热忱欢迎读者批评指正。

编者

2005 年 8 月

【 目 录 】

序

前 言

绪 论	1
-----------	---

► 上 篇 工 程 力 学 ◀

第一章 静力学基本知识	7
第一节 力的基本概念	7
第二节 静力学基本公理	8
第三节 荷载及荷载简化	12
第四节 约束及约束反力	13
第五节 物体的受力分析及受力图	15
第六节 结构计算简图	17
小 结	18
第二章 平面力系	19
第一节 平面汇交力系的合成与平衡条件	19
第二节 平面力偶系的合成与平衡条件	25
第三节 平面一般力系的合成与平衡条件	30
第四节 物体系统的平衡	35
小 结	38
第三章 轴向拉伸与压缩	41
第一节 轴向拉（压）时的内力和内力图	41
第二节 直杆横截面上的正应力	43
第三节 拉（压）杆的变形及虎克定律	44
第四节 允许应力和强度条件	46
小 结	48
第四章 剪切与扭转	50
第一节 剪切的观念	50
第二节 铆接接头的强度计算	50
第三节 扭转的概念	52
小 结	53

第五章 受弯构件	54
第一节 截面的几何性质	54
第二节 梁的内力	58
第三节 梁的正应力及强度计算	67
第四节 梁的剪应力及强度计算	71
第五节 梁的弯曲变形	73
小 结	79
第六章 静定结构的基本知识	81
第一节 几何不变体系的组成规则	81
第二节 结构的几何组成分类	84
第三节 多跨静定梁	84
第四节 静定平面刚架	86
第五节 静定平面桁架	88
第六节 三铰拱	91
小 结	94
第七章 压杆稳定	96
第一节 压杆平衡状态的稳定性	96
第二节 临界力、临界应力、柔度	96
第三节 压杆的稳定条件	99
第四节 提高压杆稳定性的措施	100
小 结	100

下篇 建 筑 结 构

第八章 建筑结构概论	105
第一节 建筑结构的材料	105
第二节 建筑结构的极限状态	113
小 结	118
第九章 钢筋混凝土受弯构件	119
第一节 受弯构件的一般构造要求	119
第二节 受弯构件正截面的受力特点和破坏形态	124
第三节 单筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	125
第四节 双筋矩形截面和 T 形截面受弯构件正截面承载力计算要点	131
第五节 受弯构件斜截面承载力计算及构造要求	139
小 结	147
第十章 钢筋混凝土受压构件	148
第一节 受压构件的分类与构造要求	148
第二节 轴心受压构件正截面承载力计算	150
第三节 矩形截面偏心受压构件正截面承载力计算	153

小 结	159
附 录	160
附录一 材料强度的标准值、设计值及材料弹性模量	160
附录二 钢筋的计算截面面积及公称质量表	163
附录三 一般常用基本规定	164
附录四 型钢规格和截面特性	166
参考文献	176



绪 论

一、本课程的任务

我们知道,任何建筑物在施工中或正常使用中都要受到各种力的作用,如:大坝受到水的推力作用,厂房受到机器的作用,立柱受到梁传来的压力作用,渡槽受到水和自重的作用。建筑物所受到的力还有雪压力、风压力、地震力等,所有这些力都称为荷载。建筑物中支承荷载而起骨架作用的部分称为结构。如在厂房建筑中,结构由屋架、梁、柱、墙等组成,这些组成结构的各个部件称为构件。

工程力学的任务就是研究作用在结构(或构件)上的力的平衡关系,构件的承载能力,材料的力学性质,结构的几何组成。即通过在荷载作用下结构(或构件)的强度、刚度和稳定计算,使其结构经济合理,运行安全可靠。

建筑结构的任务就是学习了解钢筋混凝土结构的一些基本构件(如受弯构件、受剪构件、受压构件)的受力特点、承载力计算及主要构造措施,为学习有关专业课程奠定基础。

二、结构和荷载

结构按其几何特征一般分为杆系结构、薄壁结构和实体结构三种类型。

1. 杆系结构

组成杆系结构的构件是杆件。杆件的几何特征是其长度远远大于横截面的宽度 B 和高度 H , 即 $L \gg B$, $L \gg H$ 。

2. 薄壁结构

组成薄壁结构的构件是薄板或薄壳,薄板或薄壳的几何特性是其厚度远远小于它的长度 L 和宽度 B , 即 $H \ll L$, $H \ll B$ 。

3. 实体结构

其几何特征是结构三个方向的尺寸属于同量级的。

三、荷载的分类

主动作用于结构的外力称为荷载,荷载可分为以下类型:

(1) 按作用性质可分为静荷载和动荷载。由零逐渐缓慢增加到结构上的荷载称为静荷载,如自重、上部构件传下的重量等;大小和方向随时间而改变的荷载称为动荷载,如地震、冲击力等。

(2) 按作用时间的长短可分为恒荷载和活荷载。永久作用在结构上大小、方向不变的荷载称为恒荷载,暂时作用在结构上的荷载称为活荷载,如风、雪等荷载都是活荷载。

(3) 按作用范围可分为集中荷载和分布荷载。若荷载的作用范围与结构的尺寸相比很小时,认为荷载集中作用于一点,称为集中荷载。分布作用在体积、面积、线段上的荷载,称为分布荷载,如结构的自重、风、雪等荷载都是分布荷载。



这里应当注意的是,当以刚体为研究对象时,作用在结构上的分布荷载可用其合力(集中荷载)代替;但以变形体为研究对象时,作用在结构上的分布荷载不能用其合力代替。

四、刚体、变形固体及其基本假定

结构和构件统称为物体。物体分为两种抽象的计算模型:刚体和理想变形固体。

刚体是在外力作用下形状和尺寸都不改变的物体。实际上这样的物体并不存在,但在力学研究中,可将物体视为刚体,以使问题简化。

对理想变形固体,有如下假设:

- (1) 连续性假设。认为物体的材料结构是密实的,物体内部材料无空隙,连续分布。
- (2) 均匀性假设。认为材料的力学性质是均匀的,从物体上任取或大或小一部分,其材料的力学性质均相同。
- (3) 各向同性假设。认为材料的力学性质是各向同性的,材料沿不同方向具有相同的力学性质。

按照上述假设理想化的一般变形固体称为理想变形固体。刚体和变形固体都是工程力学中必不可少的理论化的力学模型。

变形固体受荷载作用时将产生变形。当荷载撤去后,可完全消失的变形称为弹性变形;不能恢复的变形称为塑性变形或残余变形。在多数工程问题中,要求构件只发生弹性变形。工程中,大多数构件在荷载的作用下产生的变形若与其原始尺寸相比很微小,称为小变形。小变形构件的计算,可采取变形前的原始尺寸并可略去某些高阶无穷小量,可大大简化计算。

综上所述,工程力学把所研究的结构和构件看作是连续、均匀、各向同性的理想变形固体,在弹性范围内和小变形情况下研究其承载能力。

五、杆件变形的基本形式

杆件是结构体系中最基本的构件。杆件在外力作用下,要产生各种各样的变形。一般将变形分为四种基本变形,复杂变形可由四种变形分别组合而成。这四种基本变形是:①轴向拉伸和压缩变形;②剪切变形;③扭转变形;④弯曲变形。

六、建筑结构的基本概念

人类在认识自然和改造自然的过程中,修建了各种各样的建筑物。在水利方面,人们为了控制和利用水资源,达到兴利除害的目的,兴建了大量的水上建筑物,例如拦河坝、溢洪道、水电站厂房、调压塔、压力水管、水闸、船闸、泵房、渡槽、涵管、隧洞衬砌等。在建筑物中,由若干构件(梁、板、墙、柱和基础)连接而构成的,能够承受直接作用(荷载作用)和间接作用(如温度变化、地基不均匀沉降、地震等)的体系,称建筑结构。建筑结构是建筑物的骨架和基本组成部分,是建筑物赖以存在的基础。

建筑结构按所用材料不同,可分为钢筋混凝土结构、砌体结构和钢结构。

七、钢筋混凝土结构的基本概念

钢筋混凝土结构的基本概念:以混凝土承担压力,以钢筋承担拉力或协助承担压力的结构(素混凝土结构与钢筋混凝土结构的区别)。

钢筋混凝土结构具有整体性好(混凝土构件可整体浇筑,提高了刚度,有利于抗震及



防爆)、可模性好(可根据设计体型的要求,浇筑成各种形状和尺寸的结构)、就地取材(钢筋混凝土结构中砂、石用量最大,一般都可就地或就近取用,减少了运输费用,降低了工程造价)、节约钢材(在某些情况下,可代替钢结构,节约钢材,降低成本)、耐久性好、耐火性好(混凝土的导热性能差,不致因受火灾使钢筋达到软化导致结构破坏)等优点。目前是土木工程中应用最广泛的结构之一。本书建筑结构部分就侧重介绍钢筋混凝土结构的基本构件(梁、板、柱)的设计计算。

上篇

工 程 力 学



第一章 静力学基本知识

静力学是研究物体在力的作用下平衡规律的科学。它包括力系的简化和力系的平衡理论, 包括对物体和物体系统进行受力分析和计算。静力学的内容也是后续的材料承载能力和强度计算的重要基础, 继而也是学习建筑结构的重要基础。

学习静力学, 涉及以下两个重要概念。

一、刚体

刚体就是在力的作用下其大小和形状都保持不变的物体。显然, 在现实中这种物体是不存在的。任何物体在力的作用下其大小和形状都要发生不同程度的变化, 只不过是有些变化肉眼可以看出, 有些变化肉眼察觉不出, 因此绝对的刚体并不存在。刚体是一种被抽象化了的力学模型。引入刚体概念, 是因为许多物体在力的作用下, 其变形很小, 小到对研究物体的平衡产生的影响可以忽略。

必须指出, 静力学研究的物体只限于刚体, 或由若干个刚体组成的刚体系统。因此, 更确切地说, 静力学是研究刚体在力的作用下平衡规律的科学。

当然, 当研究物体受力作用后物体的内力发生变形时, 即使变形非常小也不能忽略, 例如, 研究杆件轴向拉伸和压缩, 就不再将物体看作是刚体而必须看作是可变形的固体。

二、平衡

平衡是物体机械运动的一种特殊形式。在静力学中, 将物体相对地面保持静止或做匀速直线运动的状态称为平衡。例如, 静止在地面上的渡槽、大坝、厂房等建筑物, 在直线轨道上匀速上升或下降的起重机的吊物。

必须指出, 平衡是一个相对概念。因为宇宙间的任何物体, 包括静力学研究的对象——物体或物体系统, 都处于永恒的运动中。因此, 说某个物体平衡只有相对于所选的参照物而言才有意义。例如, 静力学研究的渡槽、大坝、厂房只有相对于地球而言是处于平衡状态的。这样研究才有意义。

静力学是建立在平衡概念基础上的, 平衡概念贯穿于静力学中关于力的计算和分析的始终。因此, 在学习静力学时, 平衡概念必须十分清楚。

第一节 力的基本概念

力的概念是人类在长期的实践中逐渐形成的。人们搬重物上楼, 感到要用力; 起重机将钢筋从地面吊到高空, 要用力。力是物体间的相互机械作用, 这种作用效果或者使物体的运动状态改变(力的运动效应或外效应), 或者使物体的形状发生变化(力的变形效应或内效应)。

物体间力的作用可以是直接的, 互相接触的, 例如, 梁上的重物压在梁上发生梁的弯

曲变形等；也可以是间接的，互不接触的，例如，大坝所受的地心引力（即重力）等。因此，力可以分为两种类型，一类是接触力，一类是非接触力。静力学既要研究接触力，也要研究非接触力。

一、力的三要素

力对物体的作用效果取决于力的大小、方向和作用点，即力的三要素。

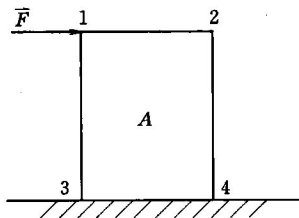


图 1-1

实践证明，作用在物体上的力，只要三要素中的一个改变，其作用效果就会改变。例如，一个力 F 作用在物体 A 上。若 F 很大，作用在 1 点，如图 1-1 所示，则物体将会以 4 点为旋转点，顺时针向翻倒；若 F 很小，则物体将不会翻倒，也不会滑动；若 F 很大，作用在 3 点，则物体将会向右滑动，而不会翻倒；若 F 很大，反向作用在 2 点，则会以 3 点为旋转点，逆时针向翻倒；若 F 很大，反向作用在 4 点，则物体将向左滑动等。可见，力对物体的作用效果

取决于力的大小，方向和作用点。因此，要表达一个力，必须把力的三要素全部表达出来。

1. 力的大小

力的大小反映了物体间相互作用的强弱程度，可以用数量表示。在静力学计算中，力的质量单位采用国际单位制（SI）。在国际单位中，力的单位用牛顿或千牛顿表示，简称牛（N）或千牛（kN）：

$$1 \text{ 千牛顿 (kN)} = 1000 \text{ 牛顿 (N)}$$

2. 力的方向

力的方向通常包括指向和方位两方面的含义。例如，重力的方向是“竖直向下”，“竖直”是力的方位，“向下”是力的方向；起重吊绳对空中吊物的拉力是“竖直向上”，“竖直”是拉力的方位，“向上”是拉力的方向。

3. 作用点

力的作用点是指物体受力作用的地方。这里作用点的“点”实际上是一块面积，为了简化用一点表示。

这样，我们就知道，力是一种既有大小、又有方向的物理量。通常把这种既有大小、又有方向的物理量称为矢量，用一个带有箭头的直线线段即有向线段来表示，如图 1-1 所受的 F 力。 F 是力的名称，箭头表示力 F 的方向， F 的长度表示力的大小，点表示 F 的作用点。

第二节 静力学基本公理

静力学基本公理是人们关于力的基本性质的概括和总结，它们构成了静力学全部理论的基础，静力学的所有定理都是从这些公理中推导出来的。现阶段学习静力学的基本公理不要求熟悉和理解这些公理的形成过程，但必须理解、掌握和熟练应用这些公理，用它们来进行静力学中关于力的计算和受力分析。



一、公理一——二力平衡公理

作用在同一刚体上的两个力，使刚体平衡的必要与充分条件是：这两个力大小相等，方向相反，作用在同一直线上。

图 1-2 是物体 A 用绳子吊在上部梁上的示意图。T 是绳子对物体 A 的拉力，方向向上；W 是地球对物体 A 的吸引力，即 A 的自重力，方向向下。T 与 W 两个力同时作用在物体 A 上，并符合公理一的必要和充分条件：即 T 与 W 大小相等，方向相反，作用线在同一直线上。因此，物体 A 是处于平衡状态的。既然 A 处于平衡状态，则作用在它上面的两个力的合力应等于零，即

$$T - W = 0$$

$$T = W$$

这里 T 与 W 一个取正号，一个取负号，表明 T 与 W 的方向相反。

公理一总结了作用在物体上的最简单的力系平衡时必须满足的条件，这也是研究复杂力系平衡条件的基础。对刚体而言，公理一的条件是必要和充分的，因为只要满足了公理一的三个条件，该物体就处于平衡状态了。但对非刚体，即变形体，这三个条件是必要的，但并不充分。例如，一根软绳受到两个等值反向的拉力作用时，这根软绳是处于平衡状态的，但若受到两个等值反向的压力作用时，就另当别论了。

这里必须介绍一个概念：力系。

力系，就是作用在物体上若干个力组成的一个系统。显然，若组成力系的若干个力的作用线在同一平面内，就称之为平面力系；若组成力系的若干个力的作用线或其作用线的延长线汇交于一点，就称之为汇交力系；若组成力系的若干个力的作用线或作用线的延长线在同一平面内，但并不汇交于一点，就称之为平面一般力系。从公理一可以导出一个重要概念：二力体或二力杆。

在图 1-3 中，物体 AB 受到两个力 F_A 及 F_B 作用。 F_A 及 F_B 二力大小相等，方向相反，作用线在同一直线上。从公理一可知，物体 AB 处于平衡状态，称物体 AB 为二力体。若 AB 为杆件，则称为二力杆。

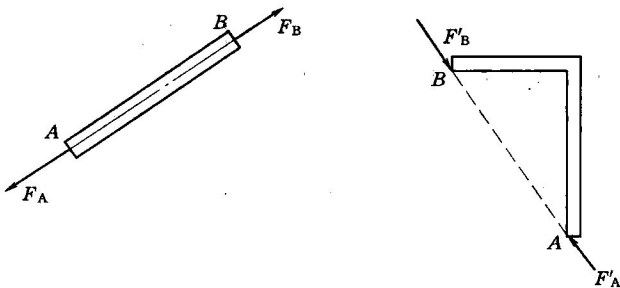


图 1-3

掌握了二力体（二力杆）的受力特点，以后对物体进行受力分析非常有用。