



人民交通出版社“十一五”
高职高专土建类专业规划教材

工程力学复习与训练

主 编 高 健
主 审 蔡 敏



人民交通出版社
China Communications Press



全国高等学校“十一五”
规划教材·工程力学系列

工程力学复习与训练

□ □ □ □

清华大学出版社

凡西京府屬平、宜、慶、升、丑、頤、交、合、畢、計、豐、更、臨、味、志、楚、沔、竟、甘、惠、蘭、味、更、蘭、蘭、甘、竟、甘、更、蘭、
凡西京府屬平、宜、慶、升、丑、頤、交、合、畢、計、豐、更、臨、味、志、楚、沔、竟、甘、惠、蘭、味、更、蘭、蘭、甘、竟、甘、更、蘭、
凡西京府屬平、宜、慶、升、丑、頤、交、合、畢、計、豐、更、臨、味、志、楚、沔、竟、甘、惠、蘭、味、更、蘭、蘭、甘、竟、甘、更、蘭、

主 编 高 颖 健
副 主 编 李 颖 张 廉 方 荣
主 审 蔡 敏



人民交通出版社

China Communications Press

内 容 提 要

本书针对高职高专工程力学课程教学特点,对工程静力学基础、力系的简化、平面力系的静力学平衡、杆件的内力分析、轴向拉伸和压缩的强度计算、截面的几何性质、扭转的强度和刚度计算、弯曲的强度和刚度计算、应力状态和强度理论、组合变形、压杆稳定、平面体系的几何组成分析、静定结构的内力与位移计算、力法、位移法、力矩分配法、影响线等内容的知识点进行了总结,并附以相应训练题予以巩固和提高,有助于广大学生更好的复习掌握教材。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学复习与训练 / 高健主编. —北京: 人民交通出版社, 2008.3

ISBN 978 - 7 - 114 - 06316 - 9

I. 工… II. 高… III. 工程力学—高等学校—教学参考资料 IV. TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 029962 号

书 名: 工程力学复习与训练

著 者: 高 健

责任编辑: 陈志敏 邵 江

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 85285656, 85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 廊坊市长虹印刷有限公司

开 本: 787 × 960 1/16

印 张: 15.25

字 数: 261 千

版 次: 2008 年 3 月 第 1 版

印 次: 2008 年 3 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978 - 7 - 114 - 06316 - 9

定 价: 25.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前言

QIANYAN

为进一步贯彻高职高专教育改革精神,突出高职高专教育特点,我们特地编写了这本《工程力学复习与训练》。该书共分为三部分内容,一部分是工程力学学习提要,第二部分是与学习提要内容相对应的训练题,第三部分是参考答案。

各部分主要包括:绪论,工程静力学基础,力系的简化,平面力系的静力学平衡,杆件的内力分析,轴向拉伸和压缩的强度计算,截面的几何性质,扭转的强度和刚度计算,弯曲的强度和刚度计算,应力状态和强度理论,组合变形,压杆稳定,平面体系的几何组成分析,静定结构的内力计算,静定结构的位移计算,力法,位移法,力矩分配法,影响线等内容。

本书以能力素质的培养为指导思想,不过分强调理论体系,着重基本概念和结论的应用,重视对学生工程意识和力学素养的训练和培养。逐步培养科学的工作习惯和独立分析、解决问题的能力。希望同学善于提出问题,勤于思考,勇于创新,这样才能牢固地掌握工程力学课程的基本内容。本书适用于高职高专工业与民用建筑、水利水电工程、农田水利、道路桥涵等水利、水土保持类各专业的学生,也可作为工程技术人员和各类培训人员的参考用书。

本教材由浙江水利水电高等专科学校高健教授主编,该校的《工程力学》为浙江省精品课程,本书根据该课程的教学要求而编定,可作为《工程力学》教材的配套用书,也可作为《工程力学》课程考试复习时的单独用书,目的是在培养学生的动手能力、综合分析能力和创新能力方面发挥较大作用。

本书难免存在缺点和错误之处,请师生们指正,以便今后进一步修改和完善。

书中打“*”的部分供学有余力的同学自学参考使用。

编者

2008-1-22

目 录

MULU

绪论	1
复习提要	1
训练题	3
第一章 工程静力学基础	4
复习提要	4
训练题	11
训练题答案	16
第二章 力系的简化	18
复习提要	18
训练题	20
训练题答案	21
第三章 平面力系的静力学平衡	22
复习提要	22
训练题	25
训练题答案	32
第四章 杆件的内力分析	34
复习提要	34
训练题	41
训练题答案	46
第五章 轴向拉伸和压缩的强度计算	49
复习提要	49
训练题	58
训练题答案	65
第六章 截面的几何性质	68
复习提要	68



训练题	74
训练题答案	78
第七章 扭转的强度和刚度计算	79
复习提要	79
训练题	83
训练题答案	86
第八章 弯曲的强度和刚度计算	88
复习提要	88
训练题	99
训练题答案	107
第九章 应力状态和强度理论	109
复习提要	109
训练题	116
训练题答案	123
第十章 组合变形	125
复习提要	125
训练题	127
训练题答案	133
第十一章 压杆稳定	134
复习提要	134
训练题	141
训练题答案	146
第十二章 平面体系的几何组成分析	148
复习提要	148
训练题	150
训练题答案	153
第十三章 静定结构的内力计算	154
复习提要	154
训练题	162
训练题答案	169
第十四章 静定结构的位移计算	172
复习提要	172
训练题	181

训练题答案·····	185
第十五章 力法·····	187
复习提要·····	187
训练题·····	198
训练题答案·····	202
第十六章 位移法·····	205
复习提要·····	205
训练题·····	206
训练题答案·····	210
第十七章 力矩分配法·····	212
复习提要·····	212
训练题·····	216
训练题答案·····	218
第十八章 影响线·····	219
复习提要·····	219
训练题·····	226
训练题答案·····	230

绪 论

【复习提要】

一 工程力学的研究对象

工程力学是研究工程结构的受力分析、承载能力的基本原理和方法的科学。工程中一般结构按宏观尺寸区分为：(1)杆件结构；(2)板、壳结构；(3)块体结构。工程力学的研究对象主要是杆件和杆系结构。

二 杆件的几何特征

杆件是指物体的纵向(长度)尺寸远大于横截面的宽度和高度(横向)尺寸的构件。即杆件的几何特征：细而长。

杆件主要几何因素是横截面和轴线。

横截面——垂直杆的长度的截面。

轴线——所有截面形心的连线。

三 工程力学的研究内容和任务

工程力学的任务是进行结构的受力分析，分析结构的几何组成规律，解决在荷载作用下结构的强度、刚度和稳定性问题，即解决结构和构件所受荷载与其自身的承载能力这一对基本矛盾。

结构正常工作必须满足强度、刚度和稳定性的要求，即进行其承载能力计算。

强度是指结构和构件抵抗破坏的能力。



刚度是指结构和构件抵抗变形的能力。

稳定性是指结构或构件保持原有平衡状态的能力。

结构在安全正常工作的同时还应考虑经济条件,应充分发挥材料的性能,不至于产生过大的浪费,即设计结构的合理形式。

工程力学的内容包含以下几个部分:(1)工程静力学;(2)杆件的承载能力计算;(3)结构的内力分析;(4)结构的计算机分析方法。

四 刚体、变形固体及其基本假定

1. 刚体的概念

所谓刚体就是指在外力的作用下,大小和形状都不变的物体。

2. 理想变形固体及其基本假设

变形固体是指受力后会产生变形的物体。

对理想变形固体材料的基本假设有:(1)连续均匀假设;(2)各向同性假设。

撤去荷载可完全消失的变形称为弹性变形。撤去荷载不能恢复的变形称为塑性变形或残余变形。

工程中大多数构件在荷载作用下产生的变形量若与其原始尺寸相比很微小时,称为小变形,否则称为大变形。

工程力学中把所研究的结构和构件作为连续、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 荷载的分类与组合

作用在结构上的荷载和其他外来作用,广义地讲,都可以称为结构的荷载。

广义荷载按其作用的性质可分为静力荷载、动力荷载和其他外来作用等三大类。

通常把荷载分为主要荷载、附加荷载和特殊荷载三种。

在结构设计中,需要按各种荷载出现的实际可能性加以组合。根据不同的工程领域,

按结构在不同时期所承担的任务,有不同的荷载组合,一般情况下采用如下组合:

- (1)主要荷载。
- (2)主要荷载+附加荷载。
- (3)主要荷载+附加荷载+特殊荷载。

六 结构计算简图

结构计算简图是指将实际结构按一定的原则进行简化,使它成为既能反映原结构实际工作状态的主要特征,又便于结构分析的计算模型。

结构计算简图选取必须满足如下两个基本要求:

(1)尽可能正确地反映结构的实际工作状态,使计算结果与实际情况足够接近。

(2)尽可能使结构分析计算得到简化。

结构计算简图从以下几个方面进行简化

1. 从空间到平面的简化

2. 杆件的简化

用杆件的轴线来代替杆件,用杆轴线所形成的几何轮廓代替原结构。

3. 结点的简化

杆件与杆件的连接处称为结点,可分为刚结点和铰结点两种。

刚结点的特征是汇交于结点的各杆端相互固结在一起,它们之间既不能相对移动,也不能相对转动。

铰结点的特征是,汇交于结点的各杆端不能相对移动,但可以相对转动。

4. 支座的简化

联系结构与基础的装置称为支座,它起着支承并限制结构运动的作用。根据支座的构造和所起作用的不同,一般可简化为铰支座、辊轴支座、固定支座、滑移支座和弹性支座五种。

◀ 训 练 题 ▶

1. 叙述刚体、变形固体的概念。
2. 理想变形固体有哪些基本假设?
3. 叙述工程力学的研究对象;叙述杆件几何特征和主要几何因素。
4. 刚结点、铰结点的特点是什么?
5. 从哪些方面简化、考虑计算简图的选取?



第一章

工程静力学基础

【复习提要】

一 工程力学基本概念

1. 力的概念

1) 定义

力是物体间相互的机械作用,这种作用使物体的运动状态发生改变和变形状态发生改变。

2) 力的效应:

(1) 运动效应(外效应)。

(2) 变形效应(内效应)。

3) 力的三要素:大小,方向,作用点

(1) 力的大小反映了物体间相互作用的强弱程度。

(2) 力的方向指的是静止质点在该力作用下开始运动的方向;沿该方向画出的直线称为作用线,力的方向包含力的作用线在空间的方位和指向。

(3) 力的作用点是物体相互作用位置的抽象化。如果两个物体接触处的面积很小,则可将其抽象为一个点,这时作用力称为集中力。如果接触面积比较大,力在整个接触面上分布作用,这时的作用力称为分布力。

4) 力的单位

在国际单位制中,力的单位是牛顿(N),或千牛顿(kN)。

5) 力的表示

用一个有向线段来表示。

2. 力系的概念

所谓力系是指作用在物体上的一群力。

若两个力系分别作用于同一物体上时,其效应完全相同,则称这两个力系为等效力系。

力系的简化,就是将由若干个力和力偶所组成的力系,变为一个力或一个力偶,或者一个力与一个力偶的简单而等效的情形。这一过程称为力系的简化。

力系的简化是工程静力学的基本问题之一。

3. 刚体的概念

所谓刚体就是指在力的作用下,大小和形状都不变的物体。在工程静力学中,将变形体简化为不变形的刚体。

4. 平衡的概念

平衡是指物体相对于惯性参考系保持静止或作匀速直线运动的状态。

平衡是物体机械运动的一种特殊形式。使物体处于平衡状态的力系称为平衡力系。研究物体平衡时,作用在物体上的力系应满足的条件是工程静力学的又一基本问题。

力系简化的目的之一是为了导出力系的平衡条件。而力系的平衡条件是设计结构、构件和机械零件时静力计算的基础。

一 静力学基本公理

公理 1:二力平衡公理。

作用于刚体上的两个力,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,作用线共线,作用于同一个物体上。

需要注意的是,对于刚体,上述二力平衡条件是必要与充分的,但只能受拉,不能受压的柔性体,上述二力平衡条件只是必要的,而不是充分的。

在两个力的作用下保持平衡的构件称为二力构件,简称二力杆。二力杆可以是直杆,也可以是曲杆。

公理 2:加减平衡力系公理。

在作用于刚体的任意力系上,加上或减去任意平衡力系,并不改变原力系对刚体的作用效应。

加减平衡力系公理也只适用于刚体,而不能用于变形体。

推论 1:力的可传性。

作用于刚体的力可沿其作用线移动而不致改变其对刚体的运动效应(既不



改变移动效应,也不改变转动效应)。

注意:(1)不能将力沿其作用线从作用刚体移到另一刚体。

(2)力的可传性原理只适用于刚体,不适用于变形体。

公理 3:力的平行四边形法则。

作用于物体上同一点的两个力可合成一个合力,此合力也作用于该点,合力的大小和方向由以原两力矢为邻边所构成的平行四边形的对角线来表示,如式(1-1)。

$$F_R = F_1 + F_2 \quad (1-1)$$

力的平行四边形法则可以简化为三角形法则,力三角形的两边由两分力矢首尾相连组成,第三边则为合力矢 F_R ,它由第一个力的起点指向最后一个力的终点,而合力的作用点仍在二力交点。

推论 2:三力平衡汇交定理。

刚体受三力作用而平衡,若其中两力作用线汇交于一点,则另一力的作用线必汇交于同一点,且三力的作用线共面(必共面,在特殊情况下,力在无穷远处汇交——平行力系)。

公理 4:作用力和反作用力定律。

两个物体相互作用的力总是同时存在,两力的大小相等,方向相反,沿同一直线,分别作用在这两个物体上。即两力等值、反向、共线、异体、且同时存在。

这一定律就是牛顿第三定律,不论物体是静止的或运动着,这一定律都成立。应注意,作用力与反作用力是分别作用在两个物体上的。在研究某一物体的运动或平衡时,只应考虑它所受到的别的物体对它作用的力,而不应考虑它作用于别的物体的力。

应当注意的是,必须把两个平衡力和作用力与反作用力区别开来。他们虽然都满足等值、反向、共线的条件,但前者作用在同一物体上;后者是分别作用在两个不同的物体上,它们不符合二力平衡条件,不能构成平衡力系。

公理 5:刚化原理。

变形体在某一力系作用下处于平衡,如将此变形体变成刚体(刚化为刚体),则平衡状态保持不变。



约束与约束反力

自由体:不与其他物体接触,在空间任何方向的运动都不受限制。

非自由体:在空间的运动受到与之相接触的其他物体的限制,使其沿某些方向不能运动。

限制非自由体运动的周围物体称为该非自由体的约束。

约束反力(反力):约束对被约束物体的反作用力。约束反力的方向,总是与约束所能阻碍的物体运动的方向相反;约束反力的作用点就在约束与被约束物体的接触处。

主动力:使物体运动状态发生变化或产生运动趋势的力。主动力一般是已知的;或可根据已有的资料确定。

被动力:约束反力,由主动力引起,随主动力的改变而改变,

工程中常见约束及其约束反力见表 1-1。

工程中常见约束及其约束反力

表 1-1

序号	约束类型	计算简图	约束反力	约束反力数目
1	柔性约束			1
2	光滑面约束			1
3	光滑圆柱铰链约束			2
4	固定铰支座			2
5	可动铰支座			1



续上表

序号	约束类型	计算简图	约束反力	约束反力数目
6	链杆约束			1
7	固定端支座			3
8	滑移支座			2

四 物体的受力分析与受力图

求解静力学问题,首先要确定物体受哪些力作用,每个力的作用位置和方向;其次,还要确定哪些力是已知的,哪些力是未知的,以及未知力的数值。这个过程称为物体的受力分析。

受力分析时所研究的物体称为研究对象。解除了约束并被分离出来的研究对象称为分离体或隔离体。将周围物体对研究对象的全部作用力(包括主动力和约束反力)都用力矢量标在分离体相应的位置上,得到物体受力的简明图形,称为受力图。

1. 画受力图的步骤如下

(1) 选取研究对象,画分离体图。根据题意,选择合适的物体作为研究对象,研究对象可以是一个物体,也可以是几个物体的组合或整个系统。

(2) 画分离体所受的主动力。

(3)画约束反力。根据约束的类型和性质画出相应的约束反力作用位置和作用方向。

2. 画受力图的注意点

(1)必须明确研究对象。即明确对哪个物体进行受力分析,并取出分离体。

(2)正确确定研究对象受力的个数。每画一个力都应明确它是哪一个物体施加给研究对象的,决不能凭空产生,也不可漏画任何一个力。

(3)要根据约束的类型分析约束反力。有时可利用二力杆或三力平衡汇交定理确定某些未知力的方向。

(4)在分析物体系统受力时应注意3点:①当研究对象为整体或为其中某几个物体的组合时,研究对象内各物体间相互作用的内力不要画出,只画研究对象以外物体对研究对象的作用力。②分析两物体间相互作用的力时,应遵循作用力与反作用力关系,作用力方向一经确定,则反作用力方向必与之相反,不可再假设指向。③同一个力在不同的受力图上表示要完全一致。同时,注意在画受力图时不要运用力的等效变换或力的可传性改变力的作用位置。

五 力在坐标轴上的投影

1. 力在平面直角坐标轴上的投影,如式(1-2)

$$\left. \begin{aligned} F_x &= \pm F \cos \alpha \\ F_y &= \pm F \sin \alpha \end{aligned} \right\} \quad (1-2)$$

式中, α 为力 F 与 x 轴正向所夹的锐角。

力在轴上的投影为代数量,投影的大小等于力的大小乘以力与轴所夹锐角的余弦,其正负可根据上述规则直观判断确定。

投影的正负号规定如下:若从起点到终点的方向与轴正向一致,投影取正号;反之,取负号。

2. 合力投影定理

合力在任一轴上的投影等于各分力在同一轴上的投影的代数和。如式(1-3)

$$\left. \begin{aligned} F_{Rx} &= F_{1x} + F_{2x} + \cdots + F_{nx} = \sum_{i=1}^n F_{ix} \\ F_{Ry} &= F_{1y} + F_{2y} + \cdots + F_{ny} = \sum_{i=1}^n F_{iy} \end{aligned} \right\} \quad (1-3)$$