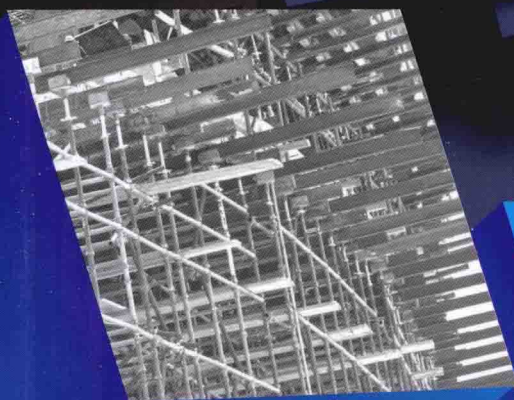




智慧图书·建筑书系

全国土木工程类实用创新型规划教材



土木工程力学

TUMU GONGCHENG LIXUE

主审/胡兴福

主编/段树萍 张雄

哈尔滨工业大学出版社





智慧图书·建筑书系

全国土木工程类实用创新型规划教材

TUMU GONGCHENG LIXUE

土木工程力学

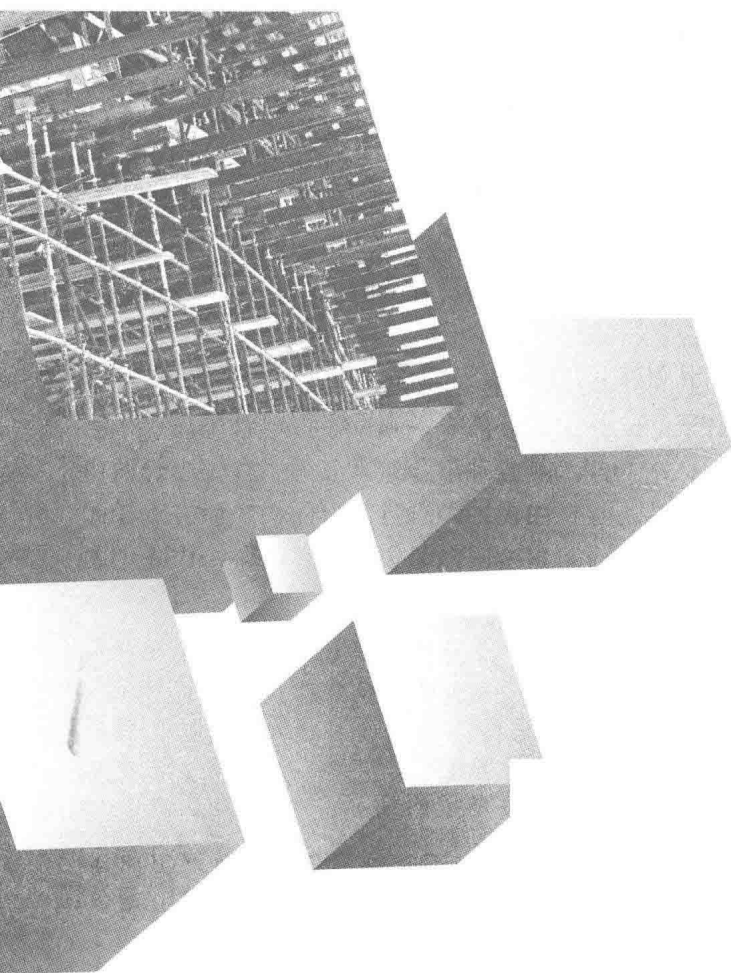
主审 胡兴福

主编 段树萍 张雄

副主编 韩立夫 李洪坤 沈建增 劳振花

崔海虎

编者 田桂凤 孙博 赵卉 舒建



哈尔滨工业大学出版社



内 容 简 介

本书以岗位工作需要为核心,以学生能力培养为目标,力求做到岗位工作内容与教材内容有机结合,既有完整系统的理论知识(必需、够用为度),又有价值适用的技能训练。较全面地介绍了土木建筑工程结构中的力学知识与应用。在编写过程中,我们力求做到内容紧凑、叙述简明、由浅入深,强化工学结合,注重培养岗位工作能力。在教材编写中采用新规范、新标准,增加相应技能训练习题,满足学生在考取职业资格证书时,对土木工程力学知识体系应用能力的考核需求。

本书适用于普通高等院校水利水电类专业,工业与民用建筑、道路与桥梁等土建类专业,机械类专业的课程教学,亦可作为工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程力学/段树萍,张雄主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2014.11
ISBN 978-7-5603-4761-5

I. ①土… II. ①段… ②张… III. ①土木工程-工程力学-高等学校-教材 IV. ①TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 121540 号

责任编辑 张 瑞

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 三河市越阳印务有限公司

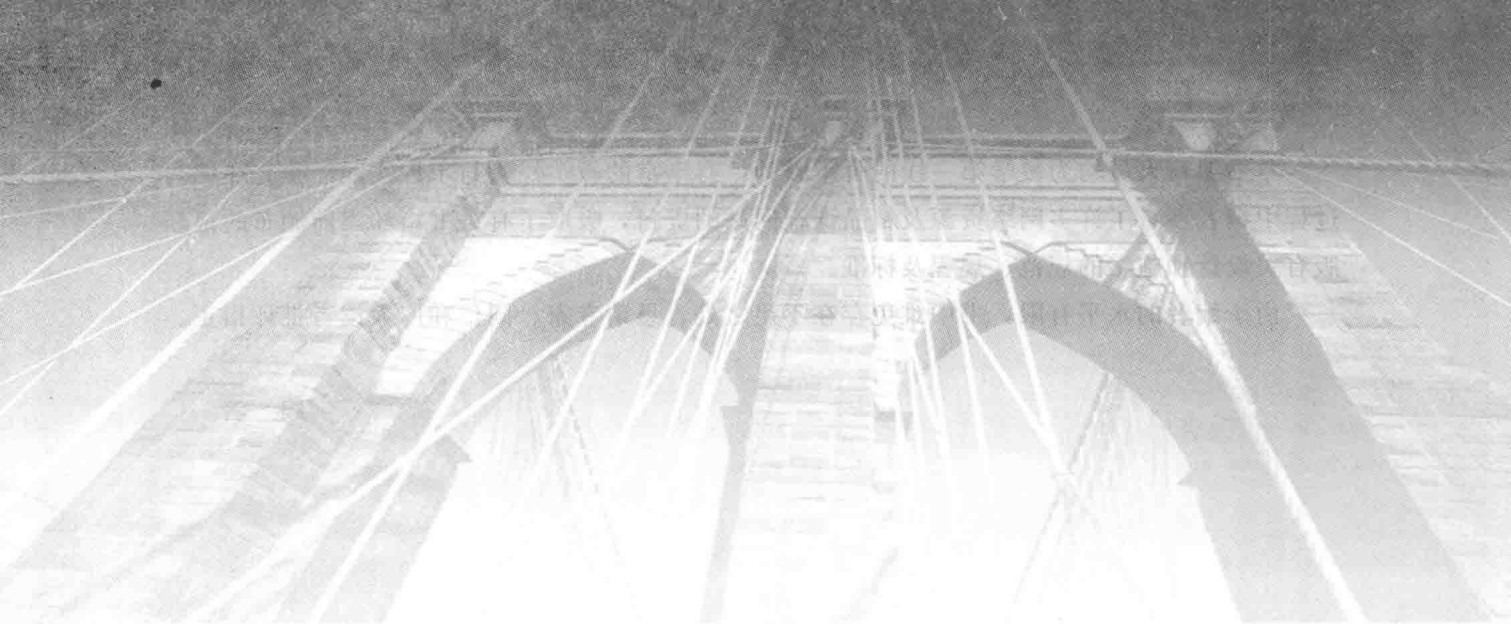
开 本 850mm×1168mm 1/16 印张 15.5 字数 470 千字

版 次 2014 年 11 月第 1 版 2014 年 11 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-4761-5

定 价 33.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)



本书是依据《教育部财政部关于实施国家示范性高等职业院校建设计划加快高等职业教育改革与发展的意见》（教高〔2006〕14号）、《教育部财政部关于进一步推进“国家示范性高等职业院校建设计划”实施工作的通知》（教高〔2010〕8号）精神，贯彻落实《国家中长期教育改革和规划纲要（2010～2020年）》的要求编写的全国土木工程类实用创新型规划教材。

本书针对高等职业技术教育的特点，适应教学改革的要求，对土木工程力学的内容进行了系统性调整，以培养学生能力为主线，体现出实用性、实践性、创新性的教材特色。在编写过程中，注重基本概念、基本理论，但以理论够用为准则，着力加强学生工程意识的培养，结合工程实例，应用力学基本计算方法解决工程实际计算问题，强化工学结合，注重培养岗位工作能力。本书的编写力求做到内容紧凑、叙述简明，由浅入深，计算方法简捷，工程案例经典，便于读者理解和接受。全书开篇指明学习目标，每一单元后面附有结合“工程案例”的专业技能训练，通过实操练习能帮助读者理论联系实际，加深对所学知识的理解，并能较快成为具有实际工作能力的专业人员。

本书包含以下四个模块：

模块序号	模块内容	课时分配
1	工程结构受力分析	24～28
2	工程结构承载设计	32～40
3	静定结构的力学分析	14～18
4	超静定结构计算方法	16～18

Preface

前言

本书编写人员均为教学第一线的骨干教师，有丰富的教学经验与工程实践经验。在编写过程中编者参考了许多网络资源及精品课程网站的资料，吸取了有关书籍和当前颁布的最新版有关设计和施工的规范、规程及标准。

由于编者的水平有限，书中难免存在不足之处，恳请专家、同仁和广大读者批评指正。

编 者

前言

本书是根据《中等职业学校机电技术应用专业教学大纲》的要求，结合中等职业学校机电技术应用专业教学实际，参照国家有关标准和规范，在广泛收集、整理、分析、研究的基础上，参考了有关书籍和当前颁布的最新版有关设计和施工的规范、规程及标准，编写而成的。本书可作为中等职业学校机电技术应用专业教材，也可供从事机电技术应用工作的工程技术人员参考。

本书在编写过程中，得到了有关领导和专家的大力支持，在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请专家、同仁和广大读者批评指正。

章节名称	编写人员	审核人员
第一章 绪论	张三	李四
第二章 机械制图	王五	赵六
第三章 机械零件	孙七	周八
第四章 机械传动	吴九	郑十
第五章 液压与气动	冯十一	陈十二
第六章 电气控制	褚十三	卫十四
第七章 电机与变压器	施十五	张十六
第八章 电力拖动	洪十七	周十八
第九章 机床夹具	朱十九	王二十
第十章 机械装配	冯二十一	陈二十二
第十一章 机械维护	褚二十三	卫二十四
第十二章 机械故障诊断	施二十五	张二十六
第十三章 机械安全	洪二十七	周二十八
第十四章 机械环保	朱二十九	王三十

编 审 委 员 会

主 任:胡兴福

副主任:李宏魁 符里刚

委 员:(排名不分先后)

胡 勇	赵国忱	游普元
宋智河	程玉兰	史增录
张连忠	罗向荣	刘尊明
胡 可	余 斌	李仙兰
唐丽萍	曹林同	刘吉新
武鲜花	曹孝柏	郑 睿
常 青	王 斌	白 蓉
张贵良	关 瑞	田树涛
吕宗斌	付春松	蒙绍国
莫荣锋	赵建军	易 斌
程 波	王右军	谭翠萍
边喜龙		

本书学习导航

简要介绍本模块与整个工程项目的联系,在工程项目中的意义,或者与工程建设之间的关系等。

模块概述

包括知识目标和技能目标,列出了学生应了解与掌握的知识点。

建议课时,供教师参考。

技术提示

言简意赅地总结实际工作中容易犯的错误或者难点、要点等。

模块 1 工程结构受力分析

【模块概述】
本模块主要介绍工程力学(Engineering Mechanics)课程中静力学、材料力学、结构力学等知识,为后续课程学习打下基础。模块内容涵盖了工程力学的基本概念、基本原理和基本方法,是工程技术人员必须掌握的基础知识。

【学习目标】
1. 了解静力学的基本概念和原理。
2. 掌握静力学的基本方法和技巧。
3. 了解材料力学的基本概念和原理。
4. 掌握材料力学的基本方法和技巧。

【课时建议】
建议课时:16课时。主要授课教师:以教师为主,学生为辅。

学习目标

课时建议

各模块开篇前导入实际工程,简要介绍工程项目中与本模块有关的知识及它在工程项目中的意义,或者课程内容与工程需求的关系等。

工程导入

单元 1 静力学

1.1 静力学基本知识

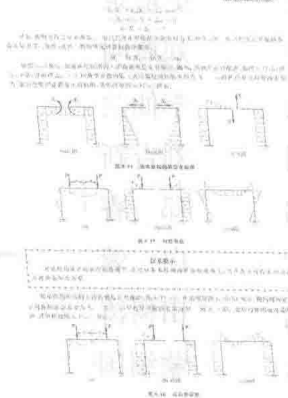
【学习目标】

1. 了解静力学的基本概念和原理。
2. 掌握静力学的基本方法和技巧。

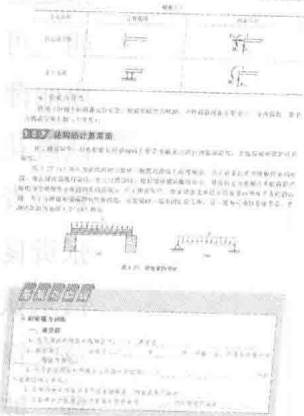
【学习内容】

1. 静力学的基本概念和原理。
2. 静力学的基本方法和技巧。

4



1



拓展与实训

包括职业能力训练、工程模拟训练和链接执考三部分,从不同角度考核学生对知识的掌握程度。

结 论

❖ 拓展与实训/005

✱ 职业能力训练/005

模块 1 工程结构受力分析

▮ 模块概述/006

▮ 学习目标/006

▮ 课时建议/006

▮ 工程导入/007

单元 1 静力学/007

1.1 静力学基本知识/007

1.2 荷载及其分类/010

1.3 约束与约束反力/011

1.4 受力分析与受力图/014

1.5 结构的计算简图/017

❖ 拓展与实训/019

✱ 职业能力训练/019

✱ 工程模拟训练/022

单元 2 工程结构平衡/023

2.1 力的投影/023

2.2 力矩/025

2.3 力偶/026

2.4 工程结构平衡/028

❖ 拓展与实训/031

✱ 职业能力训练/031

✱ 工程模拟训练/034

模块 2 工程结构承载设计

▮ 模块概述/035

▮ 学习目标/035

▮ 课时建议/035

▮ 工程导入/036

单元 3 工程结构内力分析/036

3.1 弹性变形体的静力分析/036

3.2 轴向拉压杆的内力与内力图/038

3.3 圆轴扭转的内力与内力图/041

3.4 梁弯曲的内力与内力图/044

❖ 拓展与实训/050

✱ 职业能力训练/050

✱ 工程模拟训练/051

✱ 链接执考/051

单元 4 工程构件的设计/053

4.1 应力/053

4.2 轴向拉压杆的设计/058

4.3 连接件的设计/069

4.4 扭转杆的设计/071

4.5 截面的几何性质/074

4.6 弯曲梁的设计/077

4.7 组合变形强度计算/080

4.8 压杆稳定的工程概念/088

❖ 拓展与实训/096

✱ 职业能力训练/096

✱ 工程模拟训练/097

✱ 链接执考/102

模块 3 静定结构的力学分析

▮ 模块概述/104

▮ 学习目标/104

▮ 课时建议/104

▮ 工程导入/105

单元 5 平面杆件的几何组成分析/105

5.1 几何组成分析基本概念/105

5.2 几何不变体系的组成规则/109

5.3 静定结构与超静定结构/113

❖ 拓展与实训/116

✱ 职业能力训练/116

✱ 工程模拟训练/116

✱ 链接执考/116

单元6 静定结构内力计算/118

6.1 静定组合梁/118

6.2 静定平面刚架/123

6.3 三铰拱/128

6.4 静定平面桁架/134

6.5 静定平面组合结构/139

✧拓展与实训/141

✧职业能力训练/141

✧工程模拟训练/142

✧链接执考/142

单元7 静定结构位移计算/144

7.1 概述/144

7.2 结构位移计算的单位荷载法及图乘法/145

✧拓展与实训/157

✧职业能力训练/157

✧工程模拟训练/158

✧链接执考/158

模块4 超静定结构计算方法

模块概述/160

学习目标/160

课时建议/160

工程导入/161

单元8 力法/162

8.1 力法的基本原理/162

8.2 力法解算超静定结构示例/165

8.3 结构对称性的利用/170

✧拓展与实训/174

✧职业能力训练/174

✧工程模拟训练/177

单元9 位移法/178

9.1 位移法的基本原理/178

9.2 位移法解算超静定结构示例/183

✧拓展与实训/196

✧职业能力训练/196

✧工程模拟训练/198

单元10 力矩分配法/200

10.1 力矩分配法的思路/200

10.2 单结点力矩分配法/202

✧拓展与实训/209

✧职业能力训练/209

✧工程模拟训练/211

单元11 影响线/213

11.1 影响线的概念/213

11.2 静定梁的影响线/213

11.3 影响线的应用/220

11.4 简支梁的内力包络图/223

✧拓展与实训/225

✧职业能力训练/225

✧工程模拟训练/226

附录/228

参考文献/240



绪论

土木工程力学是工程技术人员从事结构设计和施工所必须具备的理论基础，在水利、土建等各种工程的设计和施工中都会涉及土木工程力学问题。这门学科为工程结构受力和计算理论提供了依据，它将为读者打开进入结构设计和解决施工现场中许多受力问题的大门。

任何建筑物在施工和使用的过程中都要受到各种各样的力的作用，如设备和人的重力、建筑物各部分的自重等，在工程中习惯将这些作用在建筑物上的力称为荷载。为了承受一定荷载以满足各种使用要求，需要建造不同的建筑物。如水利工程中的水闸、水坝、水电站、渡槽、桥梁、隧道等；土木建筑工程中的屋架梁、板、柱和塔架等。

在建筑物中承受和传递荷载并起到骨架作用的部分称为结构。组成结构的每一个部件称为构件。结构是由若干构件按一定方式组合而成的。结构受荷载作用时，若不考虑建筑材料的变形，其几何形状和位置不会发生改变。

例如，图 0.1 是一个单层厂房承重骨架的示意图，它由天窗屋面板、天窗架、屋面板、屋架、吊车梁、连系梁、柱子及基础等构件组成。其荷载的传递过程如下：屋面板将屋面上的荷载通过屋架传给柱子，吊车荷载通过吊车梁传给柱子，柱子又将其受到的各种荷载传给基础，而基础上的荷载最后传给了地基。

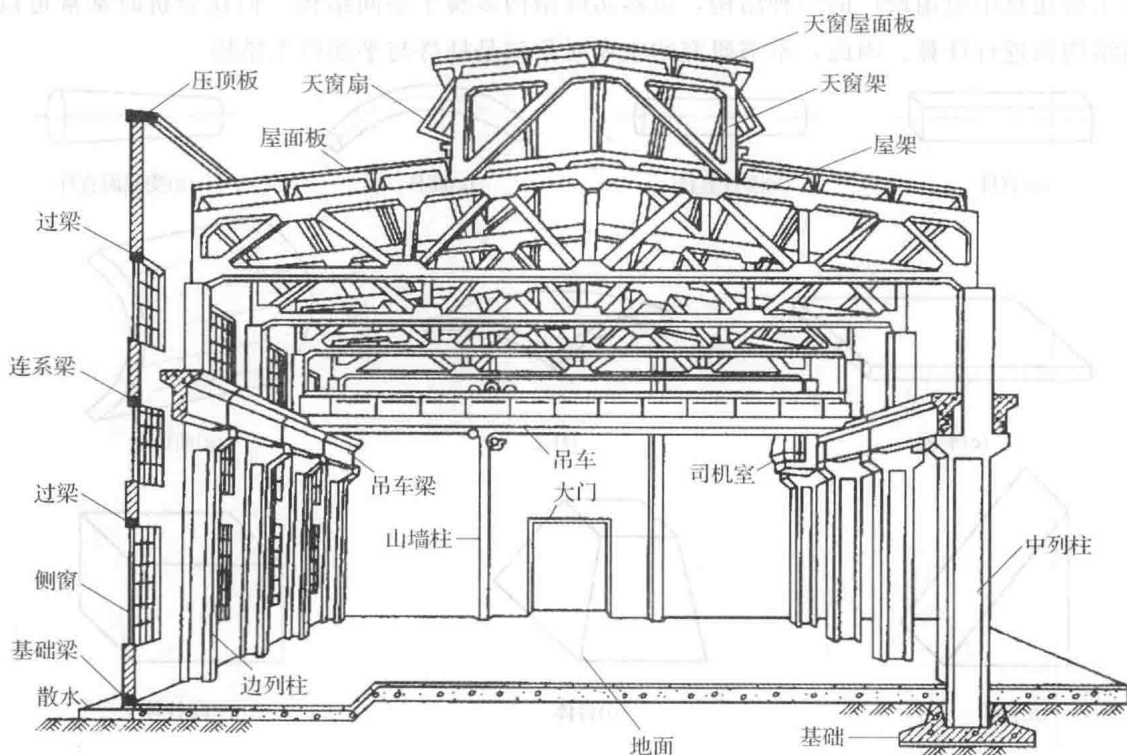


图 0.1 单层厂房承重骨架的示意图

如图 0.2 (a) 所示，支承渡槽槽身的排架是由立柱和横梁组成的刚架结构；如图 0.2 (b) 所示，支承弧形闸板的腿架是由弦杆和腹杆组成的桁架结构。

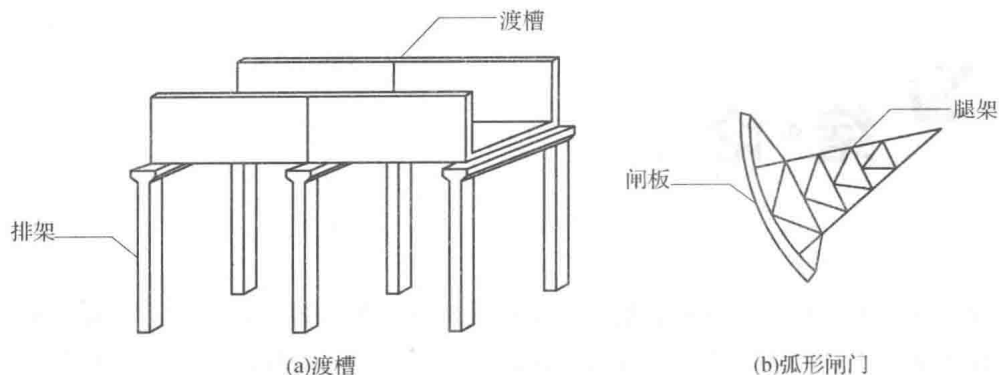


图 0.2 渡槽、弧形闸门承重骨架的示意图

1. 土木工程力学的研究对象

工程中常见的结构按照结构构件的几何特征可分为以下三种类型。

(1) 杆系结构。杆系结构是由若干杆件组成的结构，也称为杆件结构。杆件的几何特征是其长度远远大于横截面的尺寸，如图 0.3 (a)、(b)、(c)、(d) 所示。

(2) 板壳结构。板壳结构是由薄板或薄壳构成的结构，也称为薄壁结构。板或壳的几何特征是其厚度远远小于另外两个方向的尺寸，如图 0.3 (e)、(f)、(g) 所示。

(3) 块体结构。块体结构是由一些块体构成的结构，也称为实体结构。块体的几何特征是三个方向的尺寸基本为同一数量级，如图 0.3 (h)、(i)、(j) 所示。

土木工程力学的研究对象主要是杆系结构，而块体结构和板壳结构则由弹性力学来研究，杆系结构是工程建筑中应用最广的一种结构，虽然实际结构多属于空间结构，但在分析时常常可以简化为平面结构来进行计算。因此，本书研究的主要对象就是杆件与平面杆系结构。

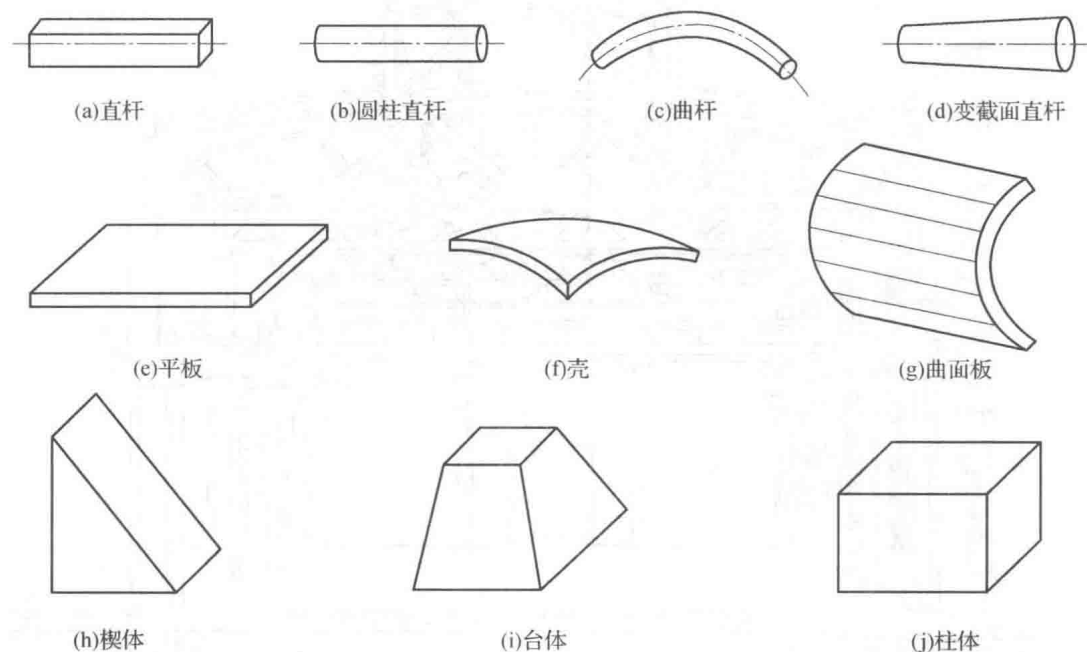


图 0.3 结构构件的类型

2. 土木工程力学的任务

建筑物的结构及组成结构的各构件都相对于地面保持静止状态，工程上称这种状态为平衡状态。当结构承受和传递荷载时，各构件都必须能够正常工作，这样才能保证整个结构的正常使用。

为此, 首先要求构件在受荷载作用时不发生破坏。如图 0.1 所示, 当吊车起吊重物时, 若荷载过大, 会使吊车梁发生弯曲断裂, 但只是不发生破坏并不能保证构件的正常工作, 吊车梁的变形如果超过一定的限度, 即使没发生破坏, 吊车也不能在它上面正常行驶。此外, 有一些构件在荷载作用下, 其原来形状的平衡可能会被破坏而丧失稳定性。例如, 细长的中心受压柱子, 当压力超过某一定值时, 会突然改变原来的直线平衡状态而发生弯曲, 以致构件倒塌, 这种现象称为“失稳”。由此可见, 要保证构件的正常工作必须满足三个要求:

(1) 在荷载作用下构件不发生破坏, 即应具有足够的强度。

(2) 在荷载作用下构件所产生的变形在工程的允许范围内, 即应具有足够的刚度。

(3) 承受荷载作用时, 构件在其原有形状下应保持稳定的平衡, 即应具有足够的稳定性。

土木工程力学的任务是: 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; 研究平面杆系结构的计算原理和方法, 为结构设计合理的形式, 其目的是保证结构按设计要求正常工作, 并充分发挥材料的性能, 使设计的结构既安全可靠又经济合理。

进行结构设计时, 首先需要知道结构和构件所受各种荷载的作用, 即进行受力分析。

结构设计要求各构件必须按一定规律组合, 以确保在荷载作用下结构的几何形状不发生改变, 即进行结构的几何组成分析。

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。

①强度是指结构和构件抵抗破坏的能力。

②刚度是指结构和构件抵抗变形的能力。

③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。

3. 土木工程力学的内容

土木工程力学的内容包含以下四个模块: 工程结构受力分析、工程结构承载设计、静定结构的力学分析和超静定结构计算方法。

(1) 工程结构受力分析。这是工程力学中重要的基础理论。其中包括物体的受力分析、力系的简化与平衡等刚体静力学基础理论。

(2) 工程结构承载设计。杆件的承载能力计算是结构承载能力计算的实质。其中包括基本变形杆件的内力分析和强度、刚度计算, 压杆稳定和组合变形杆件的强度、刚度计算。

(3) 静定结构的力学分析。研究结构的组成规律、静定结构的内力分析和位移计算等。这些计算结果不仅解决静定结构问题, 还为超静定结构提供基础知识。

(4) 超静定结构计算方法。介绍力法、位移法、力矩分配法和矩阵位移法等求解超静定结构内力的基本方法。确定了超静定结构的内力就可按杆件承载力计算方法进行强度和刚度等计算。

4. 土木工程力学的研究方法

自然界中的物体, 其性质是复杂多样的。各学科从不同的角度来研究物体的性质, 为了将所研究的问题简化, 通常略去对所研究问题影响不大的次要因素, 而只考虑相关的主要因素, 也即将复杂问题抽象化为只具有某些主要性质的理想模型。在工程力学中, 将物体抽象为两种计算模型: 刚体和变形固体。

所谓刚体, 是指在外力作用下大小和形状都不改变的物体。实际上, 理想的刚体是不存在的,

任何物体受力后都会发生一定程度的变形,但在进行结构和构件的受力分析及体系几何组成分析时,这种变形对所研究的问题没有影响或者影响极小,便可将物体视为刚体。

所谓变形固体,是指在外力作用下大小和形状会发生变化的物体。在工程力学中,进行结构的内力分析和杆件的承载能力计算时,物体的变形是不可忽略的主要因素,这时必须将其视为变形固体。土木工程力学对实际变形固体材料做了一些假设,从而将其理想化。

(1) 连续均匀假设。该假设认为物体的材料无空隙地连续分布,且构件内各点处的力学性质完全相同。根据这个假设,在进行分析时,与构件性质相关的物理量就可以用连续函数来表示,且可以从构件内任何位置取出一小部分来研究材料的力学性质。

(2) 各向同性假设。该假设认为材料沿不同方向的力学性质均相同。具有这种性质的材料称为各向同性材料,如金属材料、塑料等;而各方向力学性质不同的材料称为各向异性材料,如木材、竹材和纤维增强材料等。

(3) 小变形假设。工程力学所研究的构件在荷载作用下的变形与原始尺寸相比很小,故对构件进行受力分析时可忽略其变形,这样可使计算得到很大的简化。

变形固体在力的作用下产生的变形有两种:一种是撤去荷载可完全消失的变形,称为弹性变形;另一种是撤去荷载后不能恢复的变形,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。对小变形构件的计算,可取变形前的原始尺寸并略去某些高阶微量,以达到简化计算的目的。

符合上述假设的变形固体称为理想变形固体。土木工程力学在研究构件承载能力时把所研究的构件视为理想变形固体,并在弹性范围内和小变形情况下进行分析。由于采用以上力学模型,大大简化了理论研究和计算公式的推导。尽管所得结果只具有近似的准确性,但其精确度可满足一般的工程要求。当然,任何假设都不是主观臆断的,在假设基础上得出的理论结果,还必须经得起实践的检验。因而,土木工程力学的研究,除理论分析方法外,试验也是一种很重要的方法。

5. 土木工程力学的学习方法

土木工程力学属专业基础课,是介于基础课和专业课之间的课程。为工程技术人员打开进入结构设计和解决施工现场许多受力问题的大门,只有掌握土木工程力学知识,才能正确地对结构进行受力分析和力学计算,保证所设计的结构既安全可靠又经济合理;科学地组织施工,制定出合理的安全和质量保证措施。

学好“土木工程力学”应注意以下几个方面的问题:

(1) 明确理解概念。理解每一个概念,弄明白土木工程力学的理论、定理及定律。只有理解到位才能做到正确、灵活地应用,才能触类旁通,与其他课程的知识更好地衔接。

(2) 重视观察试验。土木工程力学理论性较强、实践性突出,观察和试验是认识力学规律的重要环节,学生通过观察和试验并总结规律是学习理解力学概念、原理的最直接、最有效的方法。

(3) 系统归纳总结。在理解所学知识的基础上进行归纳总结,能使所学知识系统化,掌握它们的核心实质和规律。及时对每一模块的内容进行归纳总结,找出它们之间的联系,分清主次,掌握土木工程力学的核心,实现知识的系统化。

(4) 结合工程应用。课后“拓展与实训”的意义在于进一步理解有关理论、概念、方法以及在工程中的具体应用,是土木工程力学学习中的重要环节。高质量地完成训练有助于培养学生今后在工作中发现问题、解决问题的能力。

拓展与实训

职业能力训练

一、填空题

1. 在建筑物中承受和传递荷载并起到骨架作用的部分称为_____。组成_____的每一个部件称为构件。
2. 土木工程力学的研究对象主要是_____。
3. 对工程结构的基本要求是必须具备足够的_____、_____、_____。
4. 为了便于研究变形固体,假设_____、_____、_____、_____。

二、简答题

1. 土木工程力学的研究对象是什么?
2. 要保证构件的正常工作,必须满足哪三个要求?
3. 刚体与变形固体的区别是什么?土木工程力学对实际变形固体材料做了什么样的假设,从而将其理想化?

模块

1

工程结构受力分析

【模块概述】

明确的受力分析是工程力学 (engineering mechanics) 学习的基础, 也是关键。在我们的生活以及工程实际当中, 明确的受力分析可以帮助我们更快、更好地发现力学问题, 分析力学问题, 解决实际力学问题。

本模块分为两个单元, 以受力分析及平面一般力系的平衡为主线, 展开介绍力的基本知识。在受力分析的基础上, 根据平面一般力系的平衡方程解决平面静定结构的平衡问题——根据已知外荷载求未知力 (支座反力及某些内力), 以解决实际静定结构的工程问题。

【学习目标】

1. 了解刚体、力的概念, 静力学基本公理及应用;
2. 熟知约束、约束反力的概念及工程中常见的约束及其约束反力简化;
3. 理解受力分析与受力分析图的绘制;
4. 了解结构计算图的简化及选取;
5. 掌握力的投影、力矩、力偶计算;
6. 应用平面一般力系的平衡方程解决平面工程静定结构的平衡问题。

【课时建议】

静力学部分 12~14 课时; 工程结构平衡部分 12~14 课时; 共计 24~28 课时。

工程导入

某工程为砖混结构住宅楼，五层，门、窗采用预制过梁，已知每层的设计荷载，试求过梁两端底部所承担的力？

某工程现场的塔吊位置已确定（与施工建筑的水平距离），试求在其不同起重臂长度的范围内最多能起重多大的重量？

通过上面两个问题，你知道什么是荷载、力和力矩吗？它们之间有什么样的平衡关系？如何简化和分析以及求解。

单元 1 静力学



1.1 静力学基本知识

1.1.1 刚体的概念

在实际工程问题中，我们所考察的物体都各自具有一些复杂的特性，在对其进行力学分析时，首先必须根据研究问题的性质，抓住其主要特征，忽略一些次要因素，对其进行合理的简化，科学地抽象出力学模型。

固态物体在力的作用下都将发生变形，但大多数工程问题中这种变形是极其微小的。在研究物体的平衡问题时，将它略去不计，而认为物体不发生变形，不会影响计算结果的精确性。这种在力的作用下形状、大小保持不变的物体称为刚体（rigid body），它是一种理想的力学模型。

1.1.2 力的概念

1. 力

力（force）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或引起物体变形。其效应有两种：一种是使物体的运动速度大小或运动方向发生变化的效应，称为力的运动效应或外效应；另一种是使物体变形的效应，称为力的变形效应或内效应。例如踢球或打铁，由于人对物体施加了力，则使球的速度、大小或运动方向发生改变或使铁块产生了变形。

2. 力的三要素

力的大小、方向、作用点称为力的三要素。实践表明，力对物体的作用效果完全取决于这三个因素，如果改变这三个因素中的任一个，都会改变力对物体的作用效果。

力是一个既有大小又有方向的量，即矢量。通常用一个带箭头的线段表示力的三要素。如图 1.1 所示，线段 AB 的长度（按一定比例）表示力的大小，线段与某定直线的夹角 α 表示力的方位，箭头表示力的指向，线段起点 A 或终点 B 表示力的作用点。通过力的作用点沿力的方向的直线称为力的作用线。

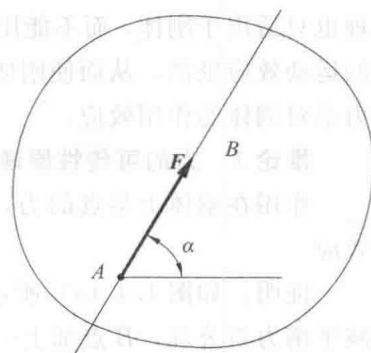


图 1.1 力的图示

3. 力的单位

本书采用国际单位制，力的国际单位是牛顿（N）或千牛顿（kN）。

1.1.3 静力学公理

静力学分析中的几个基本公理是人类长期经验的积累与总结, 又经实践反复检验, 证明是符合客观实际的普遍规律。它阐述了力的一些基本性质, 是静力学 (statics) 的基础。

1. 【公理一】二力平衡公理

刚体在两个力的作用下保持平衡的必要和充分条件是: 此两力大小相等, 方向相反, 作用在同一条直线上。这个公理说明了刚体在两个力作用下处于平衡状态时应满足的条件 (图 1.2)。

对于只受两个力作用而处于平衡的刚体, 称为二力构件, 如图 1.3 所示。根据二力平衡条件可知: 二力构件不论其形状如何, 所受两个力的作用线必沿二力作用点的连线。若一根直杆只在两点受力作用而处于平衡, 则此二力作用线必与杆的轴线重合, 此杆称为二力杆件, 如图 1.3 (b) 所示。

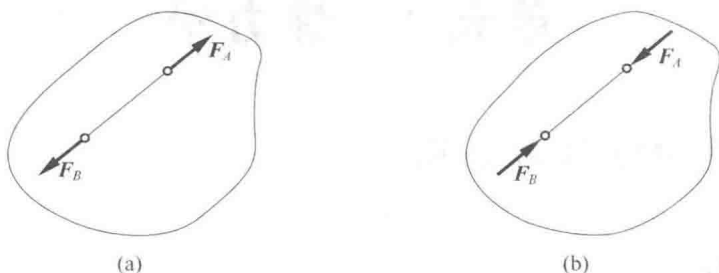


图 1.2 二力平衡

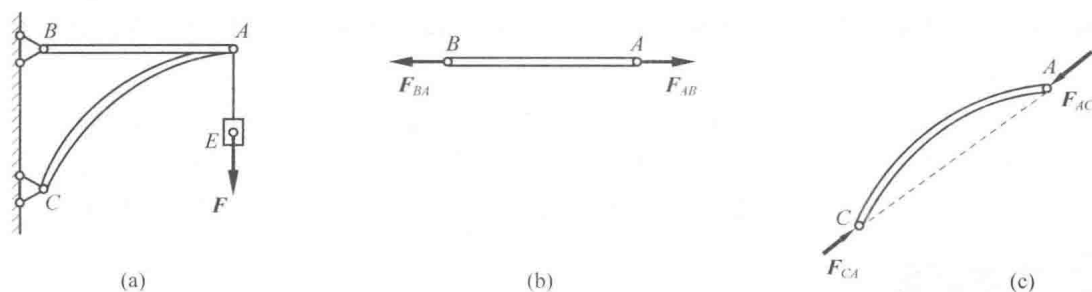


图 1.3 二力构件

工程结构中的构件受到两个力作用处于平衡的情形常见于支架, 若不计杆件的重量, 当支架悬挂重物处于平衡时, 每根杆在两端所受的力必然等值、反向、共线, 且沿杆两端连线的方向。

2. 【公理二】加减平衡力系公理

在作用于刚体的力系中, 加上或减去任一平衡力系, 并不改变原力系对刚体的作用效果。该公理也只适用于刚体, 而不能用于变形体。加减平衡力系公理可理解为: 平衡力系中的各力对于刚体的运动效应抵消, 从而使刚体保持平衡。所以, 在一个已知力系上加上或去掉平衡力系不会改变原力系对刚体的作用效应。

推论 1 力的可传性原理

作用在刚体上某点的力, 可以沿其作用线移至刚体上任意一点, 并不改变该力对刚体的作用效应。

证明: 如图 1.4 (a) 所示, 设力 F 作用在刚体上的 A 点, 在力 F 作用线上任取一点 B , 根据加减平衡力系公理, B 点加上一对平衡力 F_1 和 F_2 , 且使力 $F_1 = -F_2 = F$, 如图 1.4 (b) 所示, 由于 F 与 F_2 构成平衡力系, 可以去掉。只剩下一个力 F_1 , 如图 1.4 (c) 所示, 于是原来作用于 A 点的力, 与力系 (F, F_1, F_2) 等效, 也与作用于 B 点的力 F_1 等效。这样, 就等于把原来作用于 A 点的力, 沿其作用线移到了 B 点。