

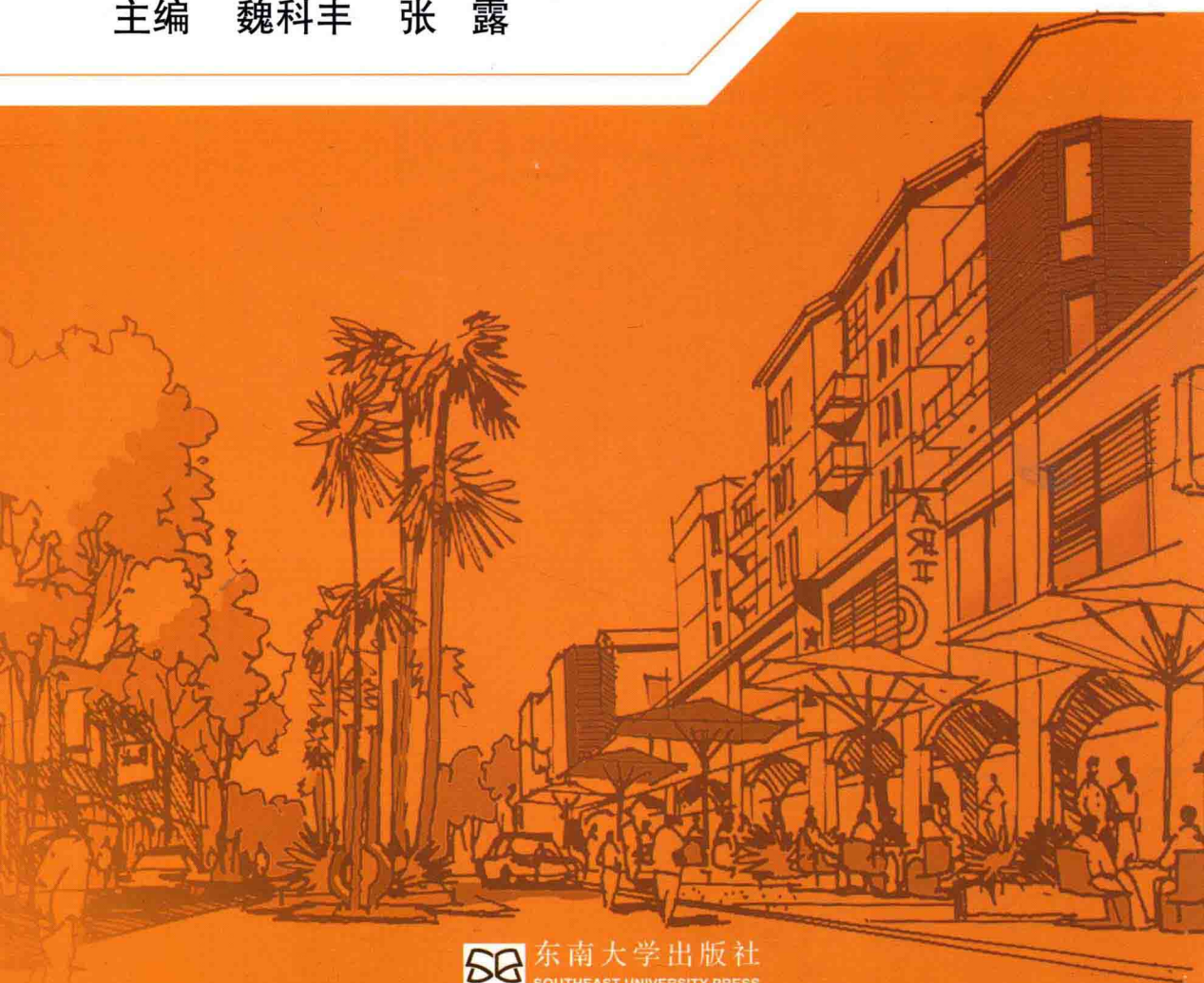


普通高等教育“十二五”应用型规划教材

结构力学

JIEGOU LIXUE

主编 魏科丰 张 露



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

普通高等教育“十二五”应用型规划教材

结 构 力 学

主 编 魏科丰 张 露

副主编 王新征 郭卫青 覃彦福

东南大学出版社

· 南京 ·

内 容 简 介

本书是根据教育部审定的“结构力学课程教学基本要求”及土木工程专业、道路桥梁专业及其相关专业的教学要求编写的,取材适宜,内容精练,由浅入深,联系实际。每章有知识目标及技能目标、课后习题等,紧密与实际工程相结合,便于自学。

全书共八章,包括绪论、平面体系的几何组成分析、静定结构的受力分析、影响线、虚功原理与结构位移计算、力法、位移法、力矩分配法、矩阵位移法。

本书主要作为本科院校学生、独立学院本专科学生、高职高专院校学生以及专升本学生的教材,也可作为自学考试教材,同时也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

结构力学 / 魏科丰, 张露主编. — 南京: 东南大学出版社, 2016. 1

ISBN 978-7-5641-6326-6

I. ①结… II. ①魏… ②张… III. ①结构力学—高等学校—教材 IV. ①0342

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 013099 号

结构力学

出版发行: 东南大学出版社

社 址: 南京市四牌楼 2 号 邮编: 210096

出 版 人: 江建中

责任编辑: 史建农 戴坚敏

网 址: <http://www.seupress.com>

电子邮箱: press@seupress.com

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 兴化印刷有限责任公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 14.50

字 数: 372 千字

版 次: 2016 年 1 月第 1 版

印 次: 2016 年 1 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5641-6326-6

印 数: 1—3000 册

定 价: 35.00 元

本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话: 025-83791830

前 言

《结构力学》是土木建筑、水利水电等学科的专业基础课,同时也是一门具有较强的理论性及应用性学科的专业技术课程,本课程的任务是使学生了解和掌握工程结构的组成规律及其合理形式;能初步掌握结构在外部因素(荷载、温度变化、支座移动等因素)影响下结构的约束反力、内力、位移的计算原理和计算方法,了解各类结构的受力特点,为学习后续专业课程打好力学基础,并能分析、解决一些简单的实际工程问题。

本书取材时坚持“够用为度”的原则,强调基本理论、基本概念、基本方法,注意吸收定性结构力学的思想,注重突出计算与分析能力的培养,强调与实际工程的密切联系。内容编排由浅入深、循序渐进,同时兼顾不同层次学生学习需求,适当压缩理论推导,且精选与实际结构紧密联系的典型例题与习题,既注重体系的完整性,又突出知识的实用性,在叙述时注意教材的可读性,方便教师教学和学生自学。本书在编写过程中参考清华大学龙驭球、包世华主编的《结构力学教程》及应用型本科类教材,既保证了权威性,又考虑了实用性。

本书由魏科丰、张露担任主编,王新征、郭卫青、覃彦福担任副主编。具体章节分工如下:第1章、第2章、第5章、第6章、第7章由长江大学工程技术学院魏科丰编写,绪论、第8章由长江大学张露编写,第3章由南阳师范学院王新征编写,第4章由江西理工大学应用科学学院郭卫青、长江大学工程技术学院覃彦福编写,况建军、黄黎为本书提供了大量的素材与图片。全书由长江大学工程技术学院魏科丰统稿。

本书中若有错误之处,热忱欢迎读者指正。

编者

2015年11月

目 录

0 绪 论	1
0.1 结构力学的研究对象	2
0.2 本课程作用及发展简史	4
0.3 本课程的内容、任务、学习方法、目标	5
0.4 结构的计算简图及简化要点	7
0.5 杆件结构的分类	12
0.6 荷载的分类	13
1 平面体系的几何组成分析	16
1.1 概述与基本概念	16
1.2 体系的计算自由度	19
1.3 平面几何不变体系的基本组成规则	21
1.4 平面体系几何组成分析示例	25
1.5 体系的几何组成与静定性	27
2 静定结构的受力分析	30
2.1 单跨静定梁	30
2.2 多跨静定梁	34
2.3 静定平面刚架	36
2.4 三铰拱	45
2.5 静定平面桁架	49
2.6 组合结构	55
2.7 静定结构受力特性	57
3 影响线	66
3.1 影响线的概念	66
3.2 静力法作静定梁的影响线	69
3.3 结点荷载作用下梁的影响线	73
3.4 机动法作静定梁的影响线	76
3.5 影响线的应用	79

4 虚功原理与结构位移计算	90
4.1 结构位移计算概述	90
4.2 变形体虚功原理及应用	92
4.3 荷载作用下静定结构的位移计算	96
4.4 静定结构由于支座移动和温度改变引起的位移计算	101
4.5 图乘法计算位移	106
4.6 互等定理	111
5 力法	121
5.1 超静定结构的概念和超静定次数	121
5.2 力法的基本方程	124
5.3 荷载作用下超静定结构的力法计算	128
5.4 对称性的利用	133
5.5 非荷载因素作用下的力法计算	136
5.6 超静定结构的位移计算	138
5.7 超静定结构最后内力图的校核	140
5.8 超静定拱的计算	141
5.9 超静定结构的特性	144
6 位移法	152
6.1 位移法的基本概念	152
6.2 等截面直杆的转角位移方程	155
6.3 基本未知量数目的确定和基本结构	162
6.4 位移法典型方程及刚架计算	164
6.5 用平衡方程建立位移法方程	176
7 力矩分配法	184
7.1 力矩分配法的基本概念	184
7.2 单结点力矩分配法	185
7.3 多结点力矩分配法——渐进运算	191
8 矩阵位移法	205
8.1 概述	205
8.2 单元刚度矩阵	206
8.3 整体坐标系下的单元刚度矩阵	209
8.4 连续梁的整体刚度矩阵	212
8.5 等效结点荷载	216
8.6 刚架计算步骤和算例	217
8.7 小结	221
参考文献	226

概 述



结构力学在工科院校土木建筑、水利水电等专业的教学体系中前承高等数学、大学物理、画法几何和工程制图等公共基础课以及理论力学、材料力学等专业基础课,后接钢筋混凝土、钢结构、多层及高层房屋结构设计、建筑结构抗震设计等专业课,是土木建筑、水利水电等专业学习过程中的一门十分重要的专业基础课程。通过本门课程的学习,学生将掌握结构的强度、刚度和稳定性问题的基本理论和计算方法,并应具有一定的分析和解决工程设计问题的能力,为今后的专业课学习和工程设计提供必要的基础理论和计算方法。土木工程是应用力学知识最多的工程领域之一,不少力学工作者把自己的研究重点放在土木工程领域,大量的土木工程学者(工程师)在从事着力学研究。力学与土木工程的一个结合点是结构分析,土木工程离不开力学。

知识目标



- ◆ 了解结构力学的发展历史、研究对象和研究任务以及在本专业中的地位;
- ◆ 掌握工程结构的基本概念和一般的分类方法;
- ◆ 掌握结构计算简图的概念和确定结构计算简图的原则,对复杂结构的简化方法有基本认识;
- ◆ 掌握平面杆件结构的分类、杆件结构的支座、结点类型和特点及荷载分类。

技能目标



- ◆ 培养学生注重分析能力、计算能力、自学能力、表达能力、创新能力的科学作风;
- ◆ 能自主学习新知识,能通过各种媒体资源查找所需信息。

课时建议:2 学时

建筑物或工程设施在建造之前,设计人员将对它的所有构件都需一一进行受力分析。如图 0-1 所示,对构件的所用材料、尺寸大小、排列位置都要通过结构计算来确定,这样才能保证建筑物的牢固和安全。这种复杂而又细致的计算工作,必须要有科学的计算理论作为依据才有可能进行。

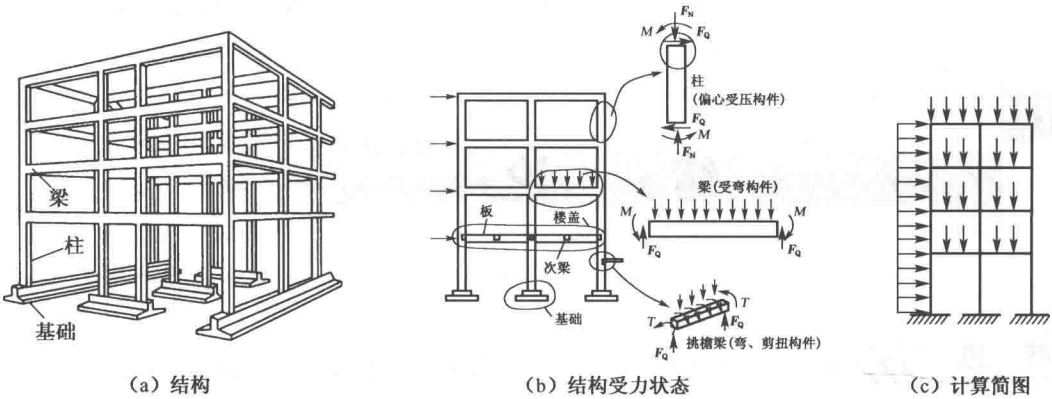


图 0-1 结构的受力分析

0.1 结构力学的研究对象

1) 结构

在土木工程中,由建筑材料按照一定的方式组成并能承受、传递荷载起骨架作用的部分称为工程结构,简称结构。房屋建筑中的梁柱体系、楼板、剪力墙、基础等,水工建筑中的闸门、水坝、采油平台,交通工程中公路和铁路的桥梁、隧道、挡土墙、涵洞等,都是工程结构的典型例子。如图 0-2 所示。

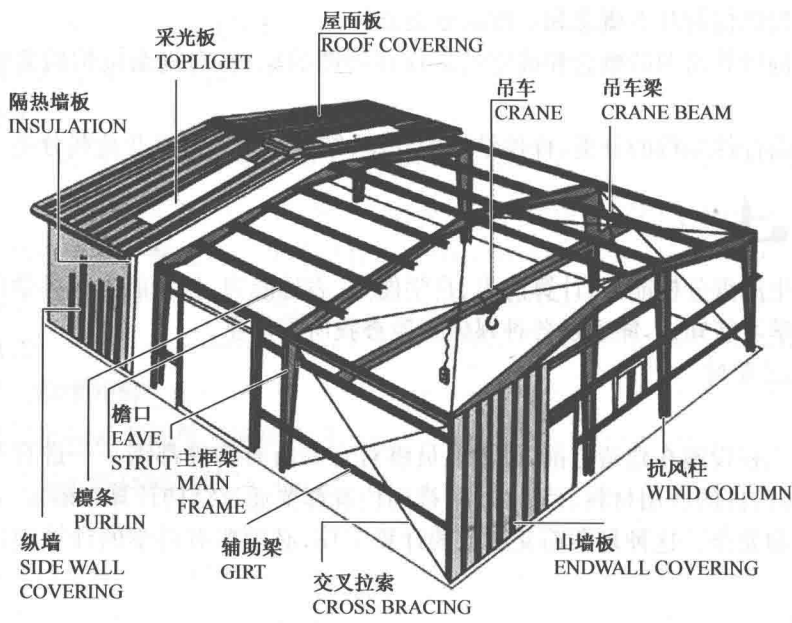


图 0-2 门式刚架结构

结构一般是由多个构件联结而成,按承重结构类型分类有砖混结构、框架结构、剪力墙、框架-剪力墙结构、筒体结构、桁架结构、拱结构、排架结构、折板结构、壳体结构、网架结构、悬索结构、悬吊结构、板柱结构、墙板结构、充气结构等。最简单的结构则是单个构件,如单跨梁(板)、独立柱等。

知识拓展

什么是机构:不能承担任意荷载的系统称机构。它是机械工程等的研究对象。

结论:在土木等工程中应用的都是结构,但结构的组成方式不同将影响其力学性能(静定和超静定)和分析方法。因此,分析结构受力、变形之前,必须首先了解结构的组成。

实际结构中的构件在外界因素作用下都是可变形的,但在小变形的情形下,分析结构组成时,其变形可以忽略不计,因而所有构件均将视为刚体。

2) 构件

是组成结构的基本构件,如板、梁、柱、基础等。按照几何特征,构件可分为杆件、板壳和实体,如图 0-3 所示。杆件的几何特征为长条形,长度远大于其他两个尺度(横截面的长度和宽度)。板壳的厚度远小于其他两个尺度(长度和宽度),板的几何特征为平面形,壳的几何特征为曲面形。实体的几何特征为块体,长、宽、高三个尺度大体相近,内部大多为实体。组成结构的构件大多数可以视为杆件。

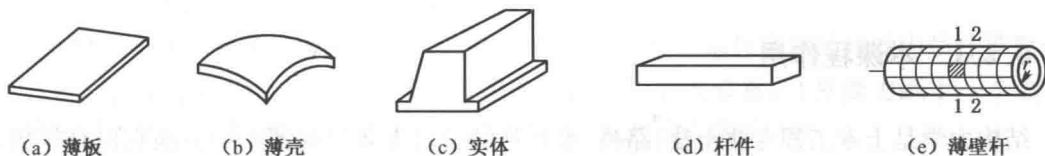


图 0-3 构件的分类

从几何角度来看,结构可分为三种类型:

(1) 杆件结构。这类结构是由杆件所组成。杆件的几何特征是横截面尺寸要比长度小得多。梁、拱、桁架、刚架及组合结构是杆件结构的典型形式。

(2) 板壳结构。这类结构也称薄壁结构。它的厚度要比长度和宽度小得多。房屋中的楼板和壳体屋盖、水工结构中的拱坝都是板壳结构。

(3) 实体结构。这类结构的长、宽、厚三个尺度大小相仿。堤坝、挡土墙、块式基础等均属实体结构。

结构力学是力学学科的一个分支,是研究结构在荷载和外界因素作用下的力学响应——结构的受力和变形的学科。

结构力学研究对象涉及较广,根据所涉及范围,通常将结构力学分为“狭义结构力学”“广义结构力学”和“现代结构力学”。

狭义结构力学,其研究对象为由杆件所组成的体系。这种体系能承担外界荷载作用,并起传力骨架作用。

广义结构力学,其所研究的对象为可变形的物体。除可变形杆件组成的体系外,还包括可变形的连续体(平板、块体、壳体等)。

现代结构力学,将工程项目从论证到设计、从施工到使用期内维护的整个过程作为大系统,研究大系统中的各种各样力学问题。显然,其研究对象范围更广。

这里我们将以狭义结构力学为主来讲述这门课程。

技术提示:

力学课程之间的联系:

理论力学研究对象为质点和刚体,研究任务为物体机械运动的一般规律。

材料力学研究对象为单根杆件,结构力学研究对象为杆件结构,弹性力学研究对象为板壳、实体结构,这三门学科的研究任务为刚体的几何构造分析以及变形体的强度、刚度、稳定性和动力反应。

但是,结构力学与理论力学和材料力学不同的是,结构力学与工程联系更为紧密,其基本概念、基本理论和基本方法将作为钢筋混凝土结构、钢结构、地基基础和结构抗震设计、桥梁、隧道等工程结构课程的基础;结构力学的分析结果又是各类结构的设计依据。当前的计算机辅助设计软件,其核心计算部分的基本理论和方法也都以结构力学作为基础。

0.2 本课程作用及发展简史

0.2.1 本课程作用

结构力学是土木工程专业土建、路桥、水利类的一门专业基础课。一方面它以高等数学、理论力学、材料力学等课程为基础;另一方面,它又是钢结构、钢筋混凝土结构、土力学与地基基础、结构抗震等专业课的基础。结构力学课程在整个课程体系中处于承上启下的核心地位。

课程目的是使学生通过该课程的学习,了解杆件结构的组成规律;掌握静定和超静定结构的内力和位移的计算方法;理解结构动力和稳定的计算方法。任务是使学生掌握系统的结构力学知识,提高结构计算能力,能熟练地分析计算土木工程结构的力学性能,培养学生的分析能力和科学作风,为学习有关专业课程,为毕业后从事结构设计、施工和科研工作打好理论基础。

0.2.2 本课程发展简史

1) 古代工程巡礼

结构力学是随着人类文明和生产的发展,在工程实践基础上逐步形成,并不断开拓进展的一门力学分支。结构力学诞生至今已 100 多年,但人们的工程实践却经历了几千年。

在建筑结构方面,根据浙江余姚河姆渡新石器时代遗址考古发现,早在六千年前,我们祖先就已经建造了木框架结构房屋(木构件分为桩、柱、梁、板,采用榫卯连接),逐渐告别利用天然结构巢居和穴居的原始状态。

在水工结构方面,公元前 256—251 年秦朝修建的岷江水利枢纽工程都江堰创造了用竹笼装卵石堆砌的堤坝结构,使用至今,其结构之简单,规模之宏伟,堪称世界之最。

在桥梁结构方面,公元 605—617 年隋朝修建的河北赵县安济桥(也称赵州桥)为敞肩石拱桥,造型优美,结构合理。

2) 19 世纪及其以前的结构力学研究

在以砖、石、木为主要结构材料的时代,主要遇到的问题是静力学的平衡问题。

17 世纪,人们才开始研究材料强度,尝试用解析法来求构件的安全尺寸。伽利略在他《关于两种新学科的对话》中正式宣布作为弹性变形体力学的材料力学诞生。最早研究的结构元件是梁。伽利略考查了固定端悬臂梁承载能力的问题,雅可比·伯努利关于梁的研究结果就是现今人们常用的伯努利梁理论。

18 世纪的工业革命更促进了单根构件强度和稳定性研究。

进入 19 世纪后,大型厂房、船舶、堤坝、铁路桥梁的兴建,提出更为复杂的结构计算问题,促进了板壳理论形成,以及桁架、连续梁、拱、吊桥、弹性地基梁、挡土墙等计算理论的诞生,奠定了结构分析的理论基础。

19 世纪中叶,结构力学(也称结构理论)实际上已从力学中独立出来成为一门学科。

3) 近代结构力学的进展

19 世纪末,随着钢结构广泛应用,进一步推动结构分析理论的发展,建立了利用能量原理计算结构位移和应用力法计算超静定结构的一般理论,但主要的发展是桁架分析。

20 世纪初,随着钢筋混凝土框架结构型式的出现,又诞生了与高次超静定结构相适应的新的计算理论和方法,如位移法和力矩分配法。

20 世纪中叶还发展了考虑塑性的结构计算理论、结构稳定计算和结构动力学计算理论。

1945 年,电子计算机的问世和广泛应用使结构分析如虎添翼,计算能力跃上一个新的台阶,出现以计算机为工具的结构矩阵分析法(即杆件系统的有限单元法)。

4) 现代广义结构力学发展

由于结构力学计算机化的进程日新月异,现代结构力学的研究层次已从被动分析发展到主动优化设计,从而进入结构状态控制,即进行结构特征识别、设计方案优化、施工使用中工作状态与结构参数的调整控制。通常这类问题是非线性的,而且计算量非常大,还可能遇到分叉的问题,只有借助于计算机和更新的解法才能解决。因此,一些与“电算”关系密切的内容,例如能量原理、结构矩阵分析、有限元法、半解析法、结构分析软件、结构优化软件等,已经在结构力学中占据重要的地位,并形成了新的分支学科——程序结构力学和定性结构力学,分别侧重于计算机方法和定性分析方法。

现代广义结构力学包括的范围很广,其发展的重点之一是工程各个阶段的规划、决策和设计问题。将工程项目从论证到设计、从施工到使用期维护的整个过程作为大系统,研究其中的各种力学问题,并与工程理论相结合,有可能成为未来工程科学的核心。

0.3 本课程的内容、任务、学习方法、目标

建筑结构上可能出现的外部作用包括:荷载作用(恒载、活载、风载、水压力、土压力等)、变

形作用(地基不均匀沉降、材料胀缩变形、温度变化引起的变形、地震引起的地面变形等)、环境作用(阳光、风化、环境污染引起的腐蚀、火灾等)。建筑结构在承受外部作用的同时,还会受到支承它的周围物体的反作用力,一般情况下,组成结构的各个构件都将受到力的作用,并产生相应的变形。

1) 结构力学的内容

结构若能正常工作,不被破坏,就必须保证在外部作用和反作用力作用下,组成结构的每一个构件都能安全、正常地工作。因此,结构力学必须研究以下内容并使结构及其构件满足要求:

(1) 平面杆件体系的几何构造分析。

(2) 讨论结构的强度、刚度、稳定性、动力反应以及结构极限荷载的计算原理和计算方法等。

几何构造分析主要是讨论几何不变体系的组成规律,因为只有几何不变体系才能作为结构来使用。

强度计算在于保证结构物使用中的安全性,并符合经济要求。

刚度计算在于保证结构物不会产生过大的变形从而影响使用。

稳定性计算在于保证结构物不会产生失稳破坏。

动力分析是研究结构的动力特性以及在动荷载作用下的动力反应——结构受到的地震力、位移、速度、加速度及动内力等。

极限荷载的求解是为了充分发挥结构的承载能力,由讨论结构的弹性计算转变为塑性计算。

从解决工程实际问题的角度,结构力学的研究内容为:

(1) 将实际结构抽象为计算简图。

(2) 各种计算简图的计算方法。

(3) 将计算结果运用于设计和施工。

2) 结构力学的任务

要使结构能承受荷载并维持平衡,除了作用于结构上的所有外力所构成的力系必须满足静力学的平衡条件以外,结构中的各构件还必须满足以合理的方式进行组合,满足强度、刚度、稳定性的要求,防止出现相应失效,并节约材料。为保证结构(或构件)安全可靠又经济合理提供计算理论依据,较好地解决安全与经济的矛盾,结构力学的具体任务是:

(1) 讨论结构的组成规律和合理形式,以及结构计算简图的合理选择。

(2) 讨论结构内力和变形的计算方法,以便进行结构强度和刚度的验算。

(3) 讨论结构的稳定性以及在动力荷载作用下结构的反应。

(4) 创造新的结构形式,研究建立新的计算理论与方法。

结构力学问题的研究手段包含理论分析、实验研究和数值计算三个方面。实验研究方法的内容在实验力学和结构检验课程中讨论,理论分析和数值计算方面的内容在结构力学课程中讨论。

3) 结构力学的学习方法

基于结构力学的内容主线,平面体系的几何组成分析——静定结构的受力分析——影响

线——虚功原理与结构位移计算——力法——位移法——力矩分配法与近似法——矩阵位移法。结构力学主要有以下特点:

(1) 内容的系统性强。后面的内容要以前面的内容为基础,因此,在学习过程中要及时掌握所学的概念、原理和方法,并且在学习时注意结构力学与其他课程的联系。

(2) 与工程实际联系密切。即如何将实际工程问题上升到理论高度进行研究,在理论分析时又如何考虑实际情况。

(3) 概念和公式多。基本概念对于理解内容、分析问题及正确运用基本公式,以至于对今后从事工作时如何分析实际问题,都是很重要的。切不可只满足于背条文、代公式、不求甚解,而应在完成任务的过程中掌握概念与公式应用。学习时要注意分析方法与解题思路,注意多练习。

4) 结构力学的学习目标

学习目标具体化,可以有效防止目标模糊、过程茫然,避免出现时光转瞬即逝却无所得的情况。结构力学的学习目标如下:

(1) 掌握系统的结构力学知识。

(2) 培养结构设计、分析、计算能力,能熟练地分析计算土木工程结构的力学性能。

(3) 培养学生分析和解决工程设计问题的能力以及科学作风。

(4) 为学习有关专业课程(钢筋混凝土结构、钢结构、地基基础等)以及为毕业后从事结构设计、施工和科研工作打好扎实的理论基础。

0.4 结构的计算简图及简化要点

在工程实际中,建筑物(构筑物)的结构、构造以及作用在其上的荷载往往是比较复杂的。结构设计时,如果完全按照结构的实际情况进行力学分析和计算,会使问题非常复杂,甚至无法求解。因此,在对实际结构进行力学分析和计算时,有必要采用简化的图形来代替实际的工程结构,如图 0-4 所示的悬挑梁及其计算简图。这种简化了的图形,称为结构的计算简图。



图 0-4 悬挑梁及其计算简图

在结构力学中,我们以计算简图作为力学计算的主要对象。因此在结构设计中,如果计算简图选取不合理,就会使结构的设计不合理,造成差错,严重的甚至造成工程事故。所以,合理选取结构的计算简图时,应当遵循以下两个原则:

(1) 计算简图要能反映实际结构的主要受力和变形特点,即要使计算结果安全可靠。

(2) 便于计算,即计算简图的简化程度要与计算手段以及对结果的要求相一致。

合理的计算简图的建立需要具备较深厚的力学知识和清晰的概念,并能与工程实践相结合,最后还要能经受实践的检验。选取计算简图时,需要进行多方面的简化:

1) 结构体系的简化

一般结构实际上都是空间结构,各部分相互连接成为一个空间整体,以承受各个方向可能出现的荷载。但在多数情况下,常可以忽略一些次要的空间约束而将实际结构分解为平面结构,使计算得以简化。本课程主要讨论平面结构的计算问题。如图 0-5 所示。



图 0-5 结构体系的简化过程

2) 杆件的简化

杆件的截面尺寸(宽度、厚度)通常比杆件长度小得多,截面上的应力可根据截面的内力(弯矩、轴力、剪力)来确定。因此,在计算简图中,杆件用其轴线表示,杆件之间的连接区用结点表示,杆长用结点间的距离表示,而荷载的作用点也转移到轴线上。而对于构件或杆件,是用其纵向轴线(画成粗实线)来表示。如图 0-6 所示。

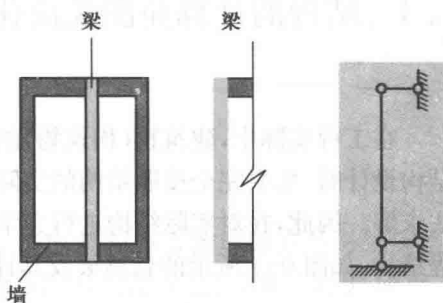


图 0-6 简支梁的杆件简化

3) 杆件间连接的简化

杆件间的交汇点或连接区简化为结点。结点通常简化为四种理想情形:

(1) 铰结点。被连接的杆件在连接处不能相对移动,但可相对转动,即可以传递力,但不能传递力矩。即汇交于一点的杆端是用一个完全无摩擦的光滑铰连接,铰结点所连各杆端可独自绕铰心自由转动,各杆端之间的夹角可任意改变,各杆的铰接端点不产生弯矩。如图 0-7(a)所示。

(2) 刚结点。被连接的杆件在连接处既不能相对移动,也不能相对转动,保持夹角不变,既可以传递力,也可以传递力矩。即汇交于一点的杆端是用一个完全不变形的刚性结点连接,形成一个整体,刚结点所连各杆端相互之间的夹角不能改变,各杆的刚接端点产生弯矩。如图 0-7(b)所示。

(3) 组合结点。被连接的杆件在连接处不能相对移动,部分(非全部)杆件间还不能相对转动,即部分杆件之间属铰结点,另外部分杆件之间属刚结点。即刚结点与铰结点的组合体。如图 0-7(c)所示。

(4) 定向结点。现代轻型木结构连接处中常用。如图 0-7(d) 所示。

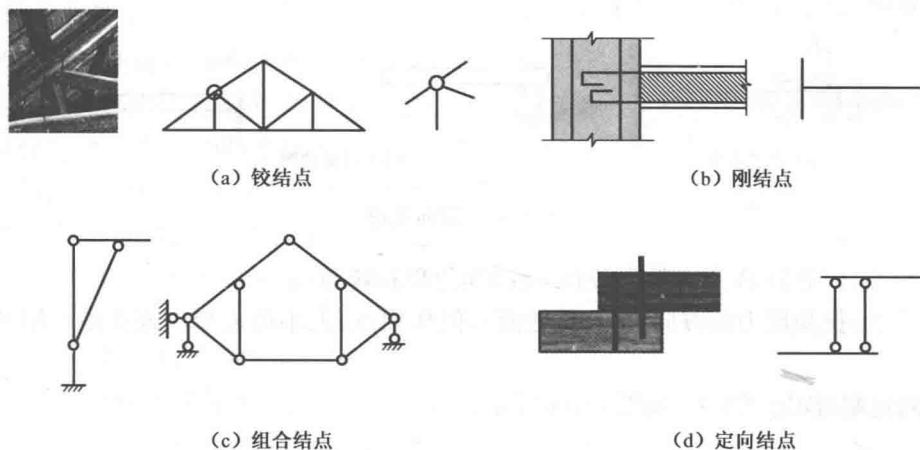


图 0-7 结点分类

4) 结构与基础间连接的简化

结构与基础的连接区简化为支座。支座是将结构和基础联系起来的装置,其作用是将结构固定在基础上,并将结构上的荷载传递到基础和地基。支座对结构的约束力称为支座反力,支座反力总是沿着它所限制的位移方向。按其受力特征,一般简化为以下四种情形:

(1) 可动铰支座(滚轴支座)。如图 0-8 所示。

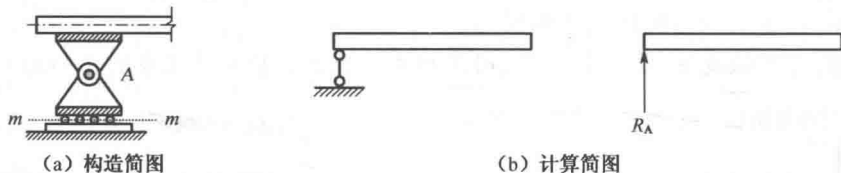


图 0-8 可动铰支座

位移特点:容许绕 A 点转动,且沿支承面 $m-m$ 方向移动。

反力特点:当不考虑支承面的摩擦力时,反力将通过铰 A 的中心,并与支承面相垂直,即反力的方向、作用点已知,仅大小未知。该支座可用一根连杆表示,连杆的内力即代表支座反力。

(2) 固定铰支座(铰支座)。如图 0-9 所示。

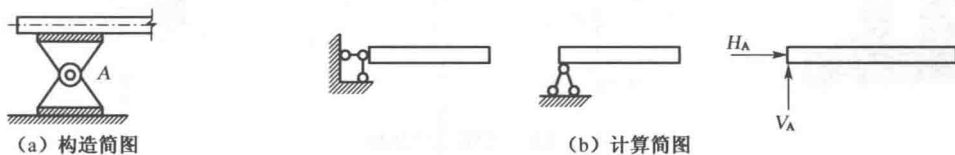


图 0-9 固定铰支座

位移特点:仅容许绕 A 点转动。

反力特点:当不考虑支承面的摩擦力时,反力将通过铰 A 的中心,但反力的方向、大小未

知。该支座可用两根连杆表示,连杆的内力即代表支座反力。

(3) 定向支座。如图 0-10 所示。

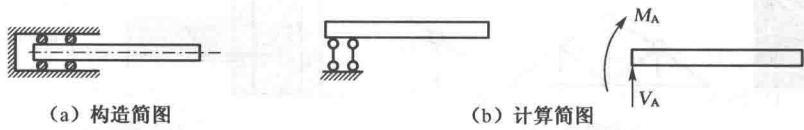


图 0-10 定向支座

位移特点:仅容许 A 点有轴向位移(无横向位移和转动)。

反力特点:仅知反力的方向(垂直接触面),但作用点、大小均未知。该支座可用平行两连杆表示。

(4) 固定端(固定支座)。如图 0-11 所示。

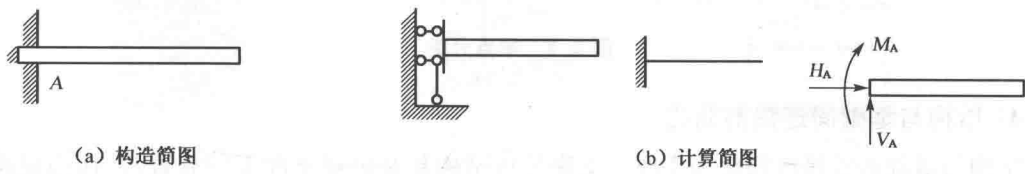


图 0-11 固定端

位移特点:不容许 A 点有任何位移(无任何移动或转动)。

反力特点:反力的大小、方向及作用点均未知。该支座可用既不全平行又不全交于一点的三根连杆表示,连杆的内力即代表支座反力。

技术提示:可动铰支座、固定铰支座、固定端支座的工程应用情况举例。如图 0-12 所示。

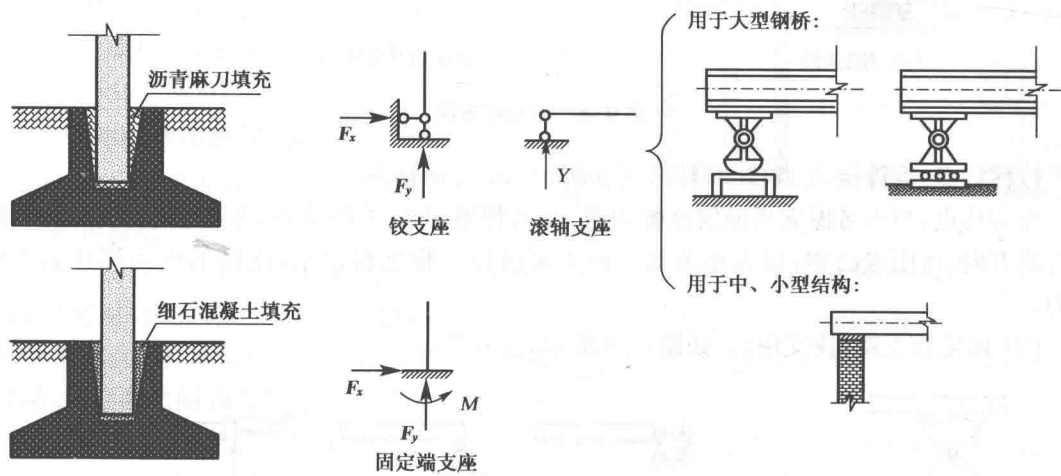


图 0-12 支座简化示例

5) 材料性质的简化

在土木、水利工程中结构所用的建筑材料通常为钢、混凝土、砖、石、木料等。在结构计算中,为了简化,对组成各构件的材料一般都假设为连续的、均匀的、各向同性的、完全弹性或弹

塑性的。

6) 荷载的简化

结构承受的荷载可分为体积力和表面力两大类。在杆件结构中把杆件简化为轴线,因此不管是体积力还是表面力都可以简化为作用在杆件轴线上的力。荷载按其分布情况可简化为集中荷载和分布荷载。如图 0-13 所示。

技术提示: 体积力: 结构的自重或惯性力等。

表面力: 由其他物体通过接触面而传给结构的作用力。

下面给出选取结构计算简图的例子。

如图 0-14 所示为一排架结构厂房(有吊车), 预制钢筋混凝土柱插入杯型基础, 杯口用细石混凝土灌缝。预应力钢筋混凝土屋架与柱顶的预埋件焊接。屋面传来的荷载为 q , 左右两侧墙体传给柱的水平荷载分别为 q_1 和 q_2 。

在选取计算简图时, 厂房结构是由许多排架用屋面板和吊车梁连接起来的空间结构, 且以一定的间距有规律地排布。作用于厂房上的恒载、雪荷载、风荷载等一般是沿纵向均匀分布的, 通常可把这些荷载分配给每个排架, 而把每个排架看作一个独立的体系, 于是实际的空间结构简化为平面结构。可将柱与基础之间认为不能发生相对移动和相对转动, 故联结视为固定端支座。屋架与柱顶的联结视为铰接点, 因为仅靠焊缝不能阻止横梁因弯曲变形而绕柱顶的微小转动, 但能阻止梁沿水平方向和竖直方向移动。梁和柱都用它们的几何轴线来代表。如图 0-15 所示。

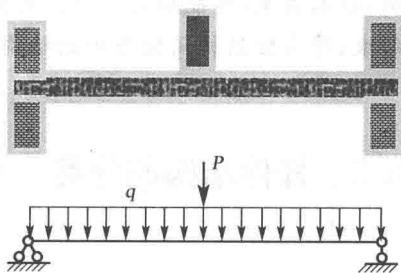
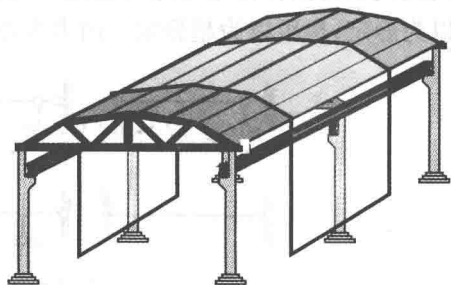


图 0-13 简支梁受力举例



方法: 取一榀计算并化为平面体系

图 0-14 排架结构厂房

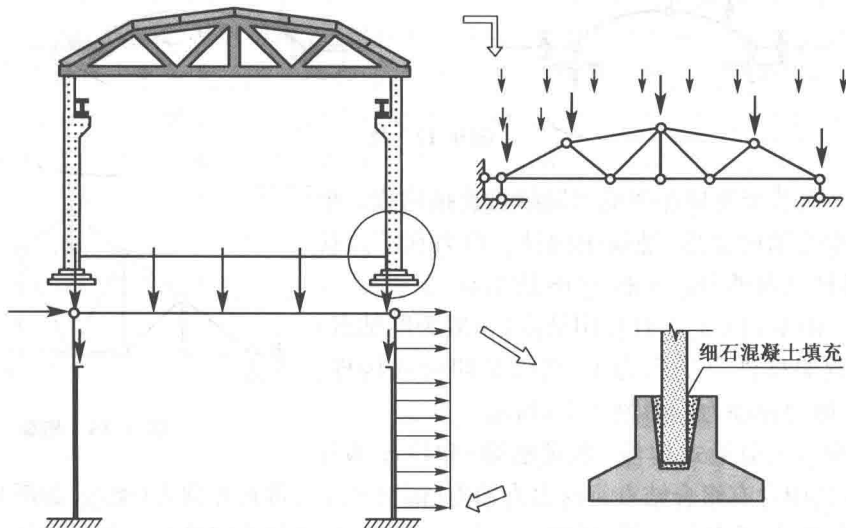


图 0-15 排架结构计算简图