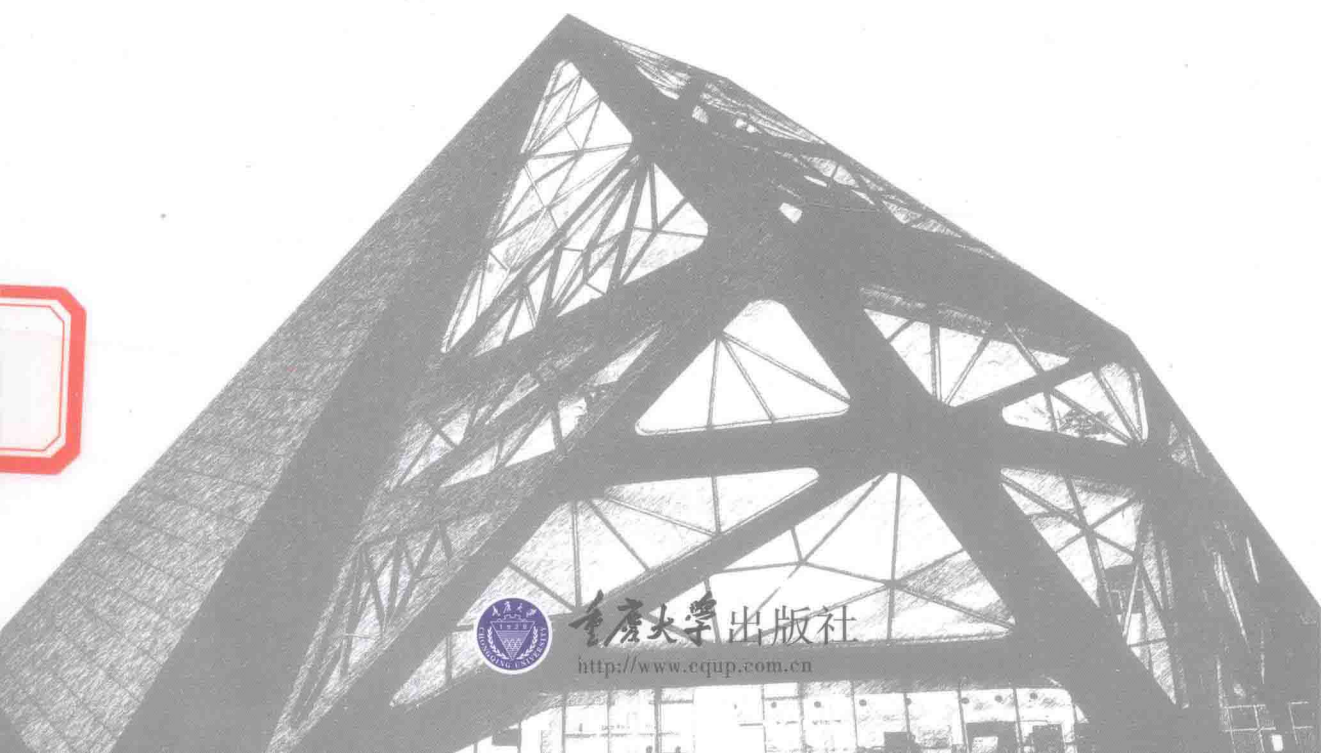


# JIANZHU LIXUE

▲ 最新规范  
▲ 全国大学版协优秀畅销书

## 建筑力学 (第三版)

主 编 孙 俊 董羽蕙



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

# JIANZHU LIXUE

最新规范

全国大学版协优秀畅销书

## 建筑力学

(第三版)

主 编 孙 俊 董羽蕙  
副主编 李 杰 武晓英  
参 编 李凌旭 顾振华 郭瑞霞

重庆大学出版社

## 内容提要

本书内容涵盖了土建类专业的“理论力学”“材料力学”“结构力学”三门课程的基本内容。全书共分13章,主要包括结构分析的静力学基本知识,平面体系的几何组成分析,静定结构的受力分析,轴向拉压杆的强度计算,弯曲杆的强度计算,结构的位移计算,超静定结构分析,常见结构的计算简图及受力特征等内容。另将扭转杆的强度计算,组合变形杆的强度计算,移动荷载作用下静定梁的计算,压杆稳定等内容作为选讲内容,可供不同专业选用。

本书可作为工程管理、交通工程、给水排水工程、建筑学等近土木专业的本科学生的建筑力学教材,也可满足土木工程专业专科建筑力学的要求,同时可供从事土建类工程的技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

建筑力学/孙俊,董羽惠主编. —3版. —重庆:重庆大

学出版社,2016.8

高等学校土木工程本科规划教材

ISBN 9-787-5624-9820-9

I. 建… II. ①孙… ②董… III. ①建筑科学—力学—高等学校—教材 IV. ①TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 119918 号

## 建筑力学

### (第三版)

主 编 孙 俊 董羽惠

副主编 李 杰 武晓英

参 编 李凌旭 顾振华 郭瑞霞

责任编辑:鲁 黎 版式设计:鲁 黎

责任校对:谢 芳 责任印制:赵 晟

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人:易树平

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023)88617190 88617185(中小学)

传真:(023)88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

重庆华林天美印务有限公司印刷

\*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:23.5 字数:557 千

2005 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 3 版 2016 年 8 月第 12 次印刷

印数:25 501—27 500

ISBN 978-7-5624-9820-9 定价:46.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究。

# 土木工程专业本科系列教材

## 编审委员会

|     |           |     |     |     |     |
|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|
| 主 任 | 朱彦鹏       |     |     |     |     |
| 副主任 | 周志祥       | 程赫明 | 陈兴冲 | 黄双华 |     |
| 委 员 | (按姓氏笔画排序) |     |     |     |     |
|     | 于 江       | 王 旭 | 王万江 | 王汝恒 | 王秀丽 |
|     | 王泽云       | 刘 星 | 刘连新 | 刘德华 | 孙 俊 |
|     | 朱建国       | 米海珍 | 邢世建 | 宋 或 | 张东生 |
|     | 张建平       | 张科强 | 张维权 | 杜 葵 | 沈 凡 |
|     | 陈朝晖       | 周水兴 | 马铭彬 | 钟 辉 | 郭荣鑫 |
|     | 肖明葵       | 崔自治 | 曹万智 | 黄 勇 | 黄呈伟 |
|     | 黄林青       | 彭小芹 | 程光均 | 董忌蕙 | 韩建平 |
|     | 周亦唐       | 樊 江 |     |     |     |

# 第三版 前言

根据各高校转型发展对近土木类专业“建筑力学”的要求,本教材在进行第3版修订时,按照建筑力学的研究对象和任务,适当调整了教材内容体系。更加注重应用型人才培养对教学的要求,更加方便不同专业、不同学时要求对教材内容的取舍。教材修订中,调整了部分例题、习题,更加突出“让读者通过对简单问题的分析建立结构力学分析基本概念、基本分析方法”的教材编写原则。对一些未涉及的问题,在每章结束处以可深入讨论的问题提出,以鼓励学生自学。此外,新增了建筑力学基本实验指导,以方便教师教学。

本次修订由孙俊、董羽蕙老师任主编,李杰、武晓英老师任副主编。参与本次修订工作的人员有云南大学滇池学院孙俊(第4、9章)、李杰(第6、11章及附录2)、武晓英(第2、10章及附录1)、李凌旭(第5章)老师,昆明理工大学董羽蕙(第7、8章)老师,昆明理工大学津桥学院的顾振华(第3章、部分习题答案)、郭瑞霞(第12章、部分习题答案)。

部分使用本教材的教师对本次修订工作提出了非常宝贵的意见和建议,在此表示衷心地感谢。由于编者水平有限,书中不足之处,仍望读者指正。

编 者  
2016年2月

# 第二版 前言

教材是在第一版的基础上,根据部分院校使用情况进行修订的。修订原则是保持第一版的特色,同时强调基本概念、基本理论的运用,强调便于学生自学。修订中对各章节的文字、公式、图形进行了认真检查、纠错。对部分章节的内容进行了一些调整,力求使文字更加准确、通顺。对部分习题进行了调整增补,使其能更好地与教学内容配套。

参与本次修订工作的主要有昆明理工大学的孙俊(第1、3、4章)、郑辉中(第2、5、6、7章)、董羽蕙(第9、11、12章)老师、昆明理工大学津桥学院的顾振华(第10章、部分习题答案)、郭瑞霞(第8章、部分习题答案)老师。由孙俊、郑辉中统稿。部分使用本教材的老师对本次修订工作提出了非常宝贵的意见和建议,在此表示衷心地感谢。由于编者水平有限,书中不足之处,望读者指正。

编 者  
2013年7月

# 前言

高校“建筑力学”课程是工程管理(工程造价、房地产管理)专业、交通工程专业、给水排水工程专业、建筑学专业等近土木专业的一门必修的专业基础课。课程内容涵盖了土木工程专业的“理论力学”“材料力学”“结构力学”三门课程。本教材将从力学知识的统一性和连贯性出发,考虑力学知识自身的内在联系,淡化理论力学、材料力学和结构力学三者之间的明显分界,精选静力学、材料力学、结构力学的有关内容贯通汇成一体,形成建筑力学新体系。根据近土木类专业对“建筑力学”的要求,既注意力学理论的系统性,也避免求全。重点放在使学生建立力学的基本概念、掌握基本理论及基本计算方法。同时了解各种结构的受力特征、变形特征,建立构件和结构的强度、刚度、稳定性的概念,为后续课程打下良好力学基础。另外,本教材在内容上将注意尽可能减少不必要的重叠,在突出概念及应用的同时,将繁杂的计算交由计算机解决。对一些难度较大或需进行大篇幅理论推导的问题本书一般未涉及,而在书末指出相关参考书目,以满足不同专业的教学要求,同时有助于不同层次的学生选学,培养学生的自学能力。

本书由昆明理工大学教师孙俊(第1、4、10章)、郑辉中(第2、5、7章及附录)、董羽蕙(第3、9、11章)、寸远鹏(第6、11、12章)和刘铮(第13章)编写,由孙俊、郑辉中、董羽蕙统稿。在编写过程中,各位参编教师参考了大量的相关教材,注重吸取各家之长,一些同学对本书提出了许多宝贵意见,对本书的定稿工作起了很大的作用,在此谨向各参考文献的作者、为本书提供帮助的老师 and 同学表示衷心的感谢,向重庆大学出版社表示衷心的感谢。由于时间紧迫,加之编者水平有限,书中可能存在错误和不妥之处,敬请广大读者予以批评指正。

编 者

2005年6月

# 目 录

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 第1章 绪论 .....                | 1  |
| 1.1 建筑力学的研究对象、任务及特点 .....   | 1  |
| 1.2 力的基本概念及结构分析中的基本假设 ..... | 5  |
| 第2章 结构分析的静力学基本知识 .....      | 7  |
| 2.1 静力学的基本公理 .....          | 7  |
| 2.2 力系与力系的简化 .....          | 11 |
| 2.3 物体的重心及截面的几何性质 .....     | 21 |
| 2.4 荷载、约束、结构的计算简图 .....     | 29 |
| 思考题2 .....                  | 36 |
| 习题2 .....                   | 38 |
| 第3章 平面体系的几何组成分析 .....       | 41 |
| 3.1 概述 .....                | 41 |
| 3.2 几何不变体系的组成规则 .....       | 43 |
| 3.3 平面体系的几何组成分析 .....       | 46 |
| 3.4 结构计算简图的分类 .....         | 48 |
| 思考题3 .....                  | 51 |
| 习题3 .....                   | 52 |
| 第4章 力系的平衡及应用 .....          | 54 |
| 4.1 结构及构件的受力图 .....         | 54 |
| 4.2 力系的平衡条件及平衡方程 .....      | 57 |
| 4.3 静定结构支座反力的计算 .....       | 63 |
| 思考题4 .....                  | 68 |
| 习题4 .....                   | 69 |
| 第5章 轴向拉伸(压缩)构件 .....        | 73 |
| 5.1 概述 .....                | 73 |
| 5.2 轴向拉(压)杆的应力及强度条件 .....   | 75 |
| 5.3 轴向拉(压)杆的变形 胡克定律 .....   | 81 |
| 5.4 材料在拉伸和压缩时的力学性质 .....    | 85 |
| *5.5 应力集中的概念 .....          | 90 |
| *5.6 压杆稳定 .....             | 91 |
| 思考题5 .....                  | 98 |



|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| 习题 5 .....                    | 99         |
| <b>第 6 章 剪切与扭转构件 .....</b>    | <b>102</b> |
| 6.1 剪切的概念 .....               | 102        |
| 6.2 剪切与挤压的实用计算 .....          | 103        |
| 6.3 扭转剪应力及剪应力的若干重要性质 .....    | 105        |
| 6.4 轴外力偶矩的计算 扭矩和扭矩图 .....     | 107        |
| 6.5 圆轴扭转时的变形和应力, 扭转强度计算 ..... | 110        |
| 思考题 6 .....                   | 116        |
| 习题 6 .....                    | 116        |
| <b>第 7 章 弯曲构件 .....</b>       | <b>119</b> |
| 7.1 概述 .....                  | 119        |
| 7.2 静定梁的内力计算 .....            | 120        |
| 7.3 弯曲杆的正应力 .....             | 135        |
| 7.4 弯曲杆的剪应力 .....             | 140        |
| 7.5 弯曲强度计算 .....              | 143        |
| 7.6 梁的变形及刚度校核 .....           | 149        |
| *7.7 平面应力状态分析 .....           | 157        |
| *7.8 复杂应力状态下的强度条件 .....       | 164        |
| 思考题 7 .....                   | 167        |
| 习题 7 .....                    | 170        |
| <b>第 8 章 组合变形构件 .....</b>     | <b>178</b> |
| 8.1 概述 .....                  | 178        |
| 8.2 斜弯曲杆的强度计算 .....           | 179        |
| 8.3 拉(压)弯组合变形杆的强度计算 .....     | 182        |
| 8.4 弯扭组合变形杆的强度计算 .....        | 188        |
| 思考题 8 .....                   | 190        |
| 习题 8 .....                    | 191        |
| <b>第 9 章 静定结构 .....</b>       | <b>193</b> |
| 9.1 概述 .....                  | 193        |
| 9.2 静定平面桁架的内力计算 .....         | 194        |
| 9.3 静定平面刚架的内力计算 .....         | 203        |
| *9.4 三铰拱的受力分析 .....           | 210        |
| 9.5 静定结构的静力特性 .....           | 217        |
| 9.6 虚功原理及结构位移计算的一般公式 .....    | 219        |
| 9.7 静定结构的位移计算 .....           | 223        |
| 9.8 变形体系的互等定理 .....           | 233        |
| 思考题 9 .....                   | 236        |

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 习题 9 .....                          | 239 |
| <b>第 10 章 超静定结构内力计算</b> .....       | 244 |
| 10.1 超静定结构概述 .....                  | 244 |
| 10.2 力法 .....                       | 246 |
| 10.3 位移法 .....                      | 259 |
| 10.4 力矩分配法 .....                    | 265 |
| 10.5 超静定结构的特性 .....                 | 273 |
| 10.6 对称性的利用 .....                   | 274 |
| 思考题 10 .....                        | 279 |
| 习题 10 .....                         | 279 |
| <b>* 第 11 章 移动荷载作用下静定梁的计算</b> ..... | 284 |
| 11.1 概述 .....                       | 284 |
| 11.2 静定梁的影响线 .....                  | 286 |
| 11.3 影响线的运用 .....                   | 291 |
| 11.4 梁的内力包络图 .....                  | 295 |
| 思考题 11 .....                        | 300 |
| 习题 11 .....                         | 301 |
| <b>第 12 章 常见结构的计算简图及受力特征</b> .....  | 303 |
| 12.1 框架结构体系 .....                   | 303 |
| 12.2 桁架结构体系 .....                   | 305 |
| 12.3 网架结构 .....                     | 307 |
| 12.4 拱结构 .....                      | 309 |
| 12.5 其他结构 .....                     | 311 |
| 12.6 结构简化处理的原则 .....                | 314 |
| <b>附录 1 型钢规格表</b> .....             | 316 |
| <b>附录 2 基本力学实验指导</b> .....          | 329 |
| 附录 2.1 金属材料的拉伸实验 .....              | 329 |
| 附录 2.2 金属材料的压缩实验 .....              | 332 |
| 附录 2.3 低碳钢弹性模量和泊松比的测定 .....         | 334 |
| 附录 2.4 梁的纯弯曲正应力实验 .....             | 337 |
| 附录 2.5 空心圆管扭转剪应力测定实验 .....          | 340 |
| 附录 2.6 实验报告(参考样本) .....             | 343 |
| <b>习题参考答案</b> .....                 | 353 |
| <b>参考文献</b> .....                   | 361 |

# 第 1 章

## 绪 论

### 1.1 建筑力学的研究对象、任务及特点

#### 1.1.1 引 言

建筑物是人类在生活时所必需的、为实现某种目的而形成的空间。一个优秀的建筑不仅可实现预期的目的,甚至可以对一个国家的政治、经济、文化等产生重大的影响。如著名的巴

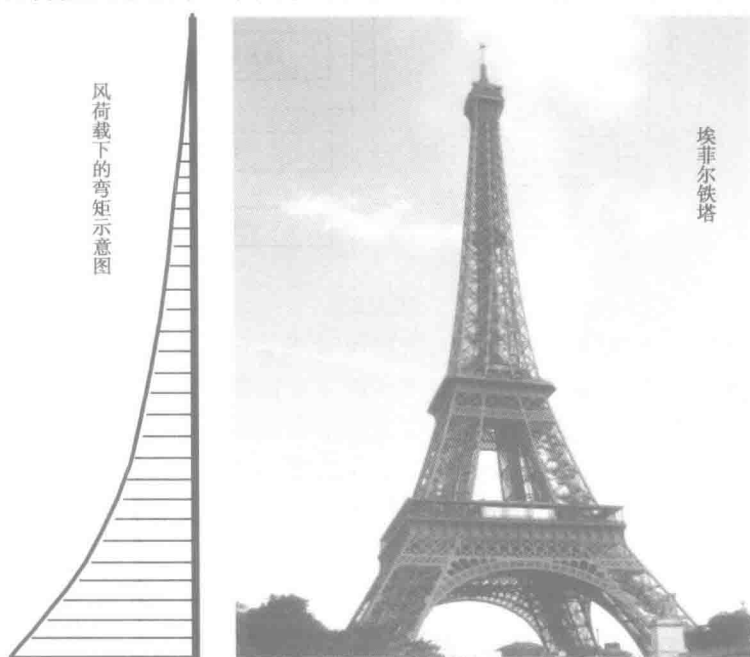


图 1.1

埃菲尔铁塔(见图 1.1),原设计是 1889 年巴黎博览会临时的标志性建筑,高 320 m,用钢量 9 000 t,它不仅满足了当时博览会的要求,而且以其造型优美、结构合理,更由于其建筑与结构的完美统一而被世人称颂,人们一看到铁塔,就会想到巴黎,想起法国;一提到法国,就会想到巴黎,想起埃菲尔铁塔。如今埃菲尔铁塔已成为巴黎和法国的象征。对建筑物或说对人类生活空间的设计,取决于设计者对人类和人类生活的理解。建筑物设计的根本思想在古代就已确立。例如,罗马的维特鲁维亚(Vitruvius)(生于公元前 60 年)在其著作中就列举了建筑设计的目标——坚固、功能、经济及美观。这一思想方法至今未变。当今时代,世间各式各样的建筑,均需满足安全性、适应性、经济性、舒适性、艺术性等要求。

在建筑所要满足的要求中,安全是第一位的。早在公元前 1600 年,世界四大文明古国之一古巴比伦,其第六代国王汉谟拉比王所制定的法典——汉谟拉比法典中就有规定:由于建筑家的错误,致使房屋倒塌死人时,对建筑家可以处以死刑。我国重庆的彩虹桥垮塌事件,也有人因此坐牢、直至被判处死刑。由此可见安全的重要性。就安全性而言,随着社会的不断进步,人类对生活质量的要求不断提高,当今对安全的理解比罗马时代的坚固有了扩展,其内容包括了化学问题(例如发生火灾时的有毒气体)、物理问题(跌倒、摔伤、热)等,但最基本的还是“坚固”,要求建筑物在其设计使用期限内,保证安全,不至于破坏、倒塌。这一保证的实现首先靠结构设计,而结构设计的理论基础则是力学(见图 1.2)。

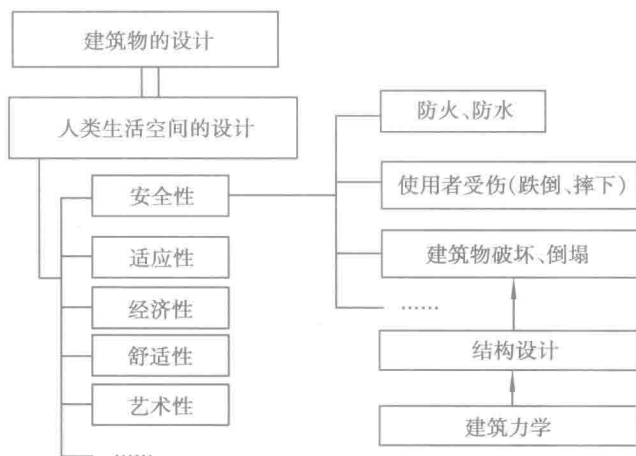


图 1.2

再谈埃菲尔铁塔。从力学的角度分析,铁塔可看成是一个嵌固在地基上的悬臂结构。对于高为 320 m 的铁塔来说,风荷载将是其应考虑的主要荷载。由于设计师将铁塔的外形设计成与风荷载引起的弯矩图十分相似的形状,受力非常合理,使铁塔材料的强度、刚度得以充分利用。塔身底部所设的大拱,轻易地跨越了一个大跨度,车流、人流在塔下可畅通无阻,同时更显铁塔的雄伟壮观,埃菲尔铁塔可谓是建筑与结构完美统一的代表。

何为结构呢?建筑物在其建造过程中以及建造好后,其上一定作用有以重力为主的各种力。我们将主动作用在建筑物上的这些力称为荷载。这里所指的**结构**,即指建筑物中承受荷载、起骨架作用的部分。例如工业与民用建筑中的梁柱,公路、铁路上的桥梁,水坝,电视塔等。而其中组成结构的各组成部分称为**构件**。结构有很多分类方法,按照几何形状可分为 3 类:

### (1) 杆系结构

长度方向的尺寸远小于横截面尺寸的构件称为杆件。由若干杆件通过适当方式连接起来组成的结构体系称为杆系结构。杆系结构广泛应用于工业与民用建筑及各种构筑物中,前述埃菲尔铁塔、钱塘江大桥(见图1.3)等均属杆系结构。



图 1.3

### (2) 板壳结构

厚度方向的尺寸远小于长度和宽度方向尺寸的结构。其中表面为平面的称为板,表面为曲面的称为壳。例如一般的钢筋混凝土楼面均为平板结构,一些特殊形体的建筑如悉尼歌剧院、中国国家大剧院等就为壳体结构(见图1.4)。

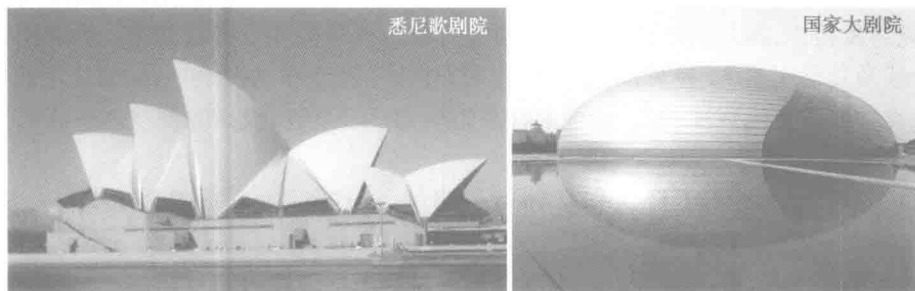


图 1.4

### (3) 块体结构

长、宽、厚三个方向尺寸相近的结构。如水坝、护堤、挡土墙、一些建筑物基础等均为块体结构(见图1.5)。

结构能否安全工作,主要取决于构件能否安全工作以及结构的组成是否合理。若组成不合理,无论各构件能承受多大的力,也不能成为结构。对构件而言,能否安全工作,主要取决于以下3个方面:一是作用在结构上的荷载的大小,其他条件不变,荷载越大,越不安全;二是构件的横截面形状及面积大小,荷载、材料相同的情况下,截面越大越安全;三是构件所用材料的力学性能,材质越好,构件越安全。同样粗细的铁棒比木棒结实。

上述三个因素中,荷载属破坏因素,构件的截面形状尺寸及材质是抵抗破坏的因素,三者之间关系的合理化,是构件安全工作的保障。

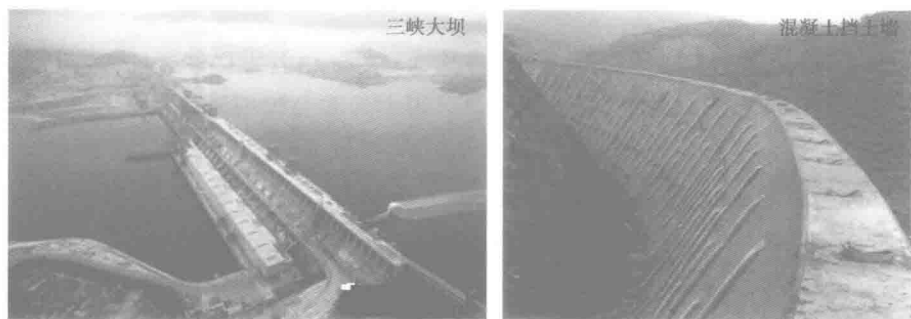


图 1.5

### 1.1.2 研究对象及任务

为了保证建筑结构的安全,需要对结构进行组成分析、受力分析,需要对组成结构构件的材料力学的性能进行研究。从古至今,人类一直很关注建筑材料的力学性能及各种结构的受力特征,以使各种建筑材料在建筑结构中充分发挥其作用。例如,在古代,用得最多的建筑材料是石材。石材的力学性能是:抗压能力强,抗拉能力弱。拱型结构的受力特征是构件内部以受压为主,因此早期的石材建筑大多以拱型结构为主。如梵蒂冈的圣彼得大教堂、罗马的圣母之花大教堂,其屋顶基本是拱型穹顶;中国古代的赵州桥是石拱桥。房屋建筑中的梁,在自重作用下,其受力特征为:上部受拉,下部受压,此时抗拉性能弱的砖、石、素混凝土不能用作梁,我们采用钢筋混凝土。梁下部的拉力就可主要由钢筋来承担,上部的压力主要由混凝土来承担。大跨结构不用实体梁,而用桁架等。总之,建筑结构的设计离不开力学。力学用于建筑工程,其研究对象很广,本教材即建筑力学的研究对象为杆状构件及杆系结构。主要任务是研究它们在荷载及其他因素(支座移动、温度变化等)作用下的工作状况,可归纳为以下几个方面:

①研究结构的组成规律问题,特别对杆系结构,必须保证所设计的杆件体系能承受荷载作为结构。

②结构受力分析的相关概念和基础理论问题。包括静力学的基本公理、力系的简化与平衡。

③强度问题。强度是指在外力作用下结构或材料抵抗破坏的能力,与结构、构件的材料性质、截面形状、几何尺寸及所承受的荷载有关。研究结构的强度问题,须讨论结构的材料性质,截面的几何性质,计算约束反力、内力、应力。

④刚度问题。刚度指结构或构件抵抗变形的能力。结构满足了强度条件,即保证了在设计荷载作用下不致破坏;但若变形过大,超出所规定的范围,也会影响正常的工作和使用。研究刚度问题,主要讨论杆件变形、应变及结构的位移计算等问题。

⑤稳定性问题。保证结构不能丧失稳定。

当然,一栋建筑的最终落成,必须要经过立项、设计、施工三大过程。它既是建筑功能、工程技术和建筑艺术的综合,也是建筑、结构、设备、施工、监理等各专业工种的综合。在设计阶段需要依据力学进行结构分析,在施工过程中,同样需要力学。例如,吊装一根梁,既要保证平稳的吊装,更要保证在吊装过程中梁不被破坏,吊索如何拴;预制板的铺设,保证主筋在下部等。另外,建筑物在使用过程中,由于受到各种各样因素的影响,会出现开裂、破坏,甚至倒塌。热加工车间的温度应力问题,地基的不均匀沉降造成建筑物的倾斜、倒塌,地震造成建筑物的

破坏等,也需要我们用力学知识,用工程经验去进行分析、研究、总结。总之,对于从事建筑工程类工作的专业技术人员,除应对本专业有较深的造诣外,还应对建筑结构给予足够的重视,熟悉各种建筑结构的基本受力、变形特征、规律。一个优秀的建筑工程师,必须是一个优秀的结构分析家。

### 1.1.3 特点

建筑力学是建筑工程类专业的一门主要专业基础课。之所以称其为专业基础课,一方面它为后续专业课程提供力学基础,学好建筑力学,掌握杆系结构的计算原理和方法是学好后续课程的必备条件。另一方面,它将直接用于工程实际。建筑力学的特点是:理论概念性较强,方法技巧性要求高。理论概念需要通过练习来加深理解,方法技巧则需要多做练习来熟练掌握,特别希望读者注意从具体算法中学习分析问题的一般方法和解题思路,由此及彼,学会由特殊到一般,从而培养分析和解决问题的能力。

## 1.2 力的基本概念及结构分析中的基本假设

### 1.2.1 力的基本概念

在中学,我们学习过力的概念,它是物体间相互作用的结果。人们不可能用眼睛直接看到它,却可以用身体感觉到它的存在,用眼观察到它的作用效果(称为**力的效应**)。力的基本效应有二:一是可使物体运动(移动、转动);二是可使物体变形(拉伸、压缩、弯曲等)。如何确定力的作用呢?以手指推动盒子为例,从它的运动效应来说,推力的大小不同,盒子运动快慢不同;推力方向不同,盒子运动方向不同;手指位置不同,运动形式不同。因此要度量一个力,需要同时考虑三个方面,称为**力的三要素**:大小、方向、作用点。为便于用图来表现力,人们使用了箭头符号,用带箭头的直线段来表示力。规定线段的长度表示力的大小,箭头的方位及指向表示力的方向,箭头线段的起点或终点表示力的作用点。

人们把具有大小、方向的量称为**向量(矢量)**,例如力、速度等均为矢量,而把只考虑大小的量称为**标量**。例如,时间、质量、温度等都是标量。矢量与标量的计算规则完全不同,这一点将在后面的章节中介绍。

无论建筑结构受何种荷载作用,最终都要传到地基上,由地基产生抵抗荷载的反作用力(称为**约束反力**)作用在建筑结构上。荷载及约束反力统称为作用在结构上的**外力**,它们使建筑物相对于地球不会运动。我们称结构在外力作用下处于“**平衡状态**”。本教材从力的作用效应这一角度来说,主要研究结构在荷载作用下处于平衡状态时其约束反力的计算及在平衡状态下力的变形效应。由力的变形效应可知,结构或构件在外力作用下,将发生变形,与此同时,其内部各部分间将产生相互作用力,此相互作用力称为**内力**。也就是说,建筑力学所研究的内力是由外力(包括温度变化、支座移动等其他因素)引起的,内力将随外力的变化而变化,外力增大,内力也增大,外力去掉后,内力将随之消失。并且内力总是与变形同时产生,对变形起抵抗和阻止作用。

### 1.2.2 结构分析中的基本假设

工程实际中的建筑结构存在各种各样的形式,使用各种各样的材料,同时受各种外界因素的影响。因此要想对结构的受力进行完全真实的分析相当困难,有时甚至是不可能的。在对结构受力进行分析时,必须采用抽象化和数学演绎的方法,对其进行简化计算。抽象化的方法,就是分析问题时,在一定的研究范围内,根据所研究问题的性质,抓住主要的、起决定作用的因素,而忽略次要的、偶然发生的因素,做出一些假设,将复杂的真实物体看成只具有某些主要性质的理想物体,从而深入事物的本质,探究其内在联系。需要注意两点:一是实践是检验真理的标准,抽象必须是“科学的抽象”,任何假设都不应该是主观臆想的,它必须建立在实践的基础上。同时,在假设基础上得出的理论结果,也必须经过实践来验证。二是不同的分析阶段,人们的关注点不同,取舍不同,得出的力学模型也不尽相同。在本教材所涉及的内容中,主要作了以下简化和基本假设:

#### 1) 刚体与变形体

宇宙间的万物,在外力或其他某些特定因素影响下,一定会发生变形。但由于这些变形与物体原来的几何尺寸相比极小,在研究杆件系统如何组成承载体系及建筑结构的整体平衡、计算约束反力时,忽略其变形不会影响分析结果的可靠性,此时就将结构或构件视为不变形的物体,称为**刚体**。有的书将平面刚体称为刚片。反之在研究力的变形效应,即研究结构的强度、刚度及稳定性等问题时,变形成为所研究的基本性质之一而不能忽略。在这一阶段,我们将构件及结构视为可变形固体,简称**变形体**。

#### 2) 连续、均匀假设

连续是指材料内部没有空隙,均匀是指材料的性质各处都一样。连续均匀假设即认为物体在其整个体积内毫无空隙地充满了物质,且物体的性质各处一样。

实践证明,在工程中将构件抽象为连续、均匀的变形体,所得到的结果都是令人满意的。由于采用了连续、均匀假设,我们就可以从物体中截取任意微小部分进行研究,并将其结果推广到整个物体;同时,也可以将那些用大尺寸试件在实验中获得的材料性质,用到任何微小部分上面。

#### 3) 各向同性假设

各向同性假设即认为材料沿不同方向具有相同的力学性质。常用的工程材料如钢、塑料、玻璃以及浇注得很好的混凝土等,都可认为是各向同性材料。如果材料沿不同方向具有不同的力学性质,则称为各向异性材料。我们这里所研究的,将主要限于各向同性材料。

由于采用了上述假设,大大便利了理论的研究和计算方法的推导。尽管在建筑力学中所得出的一些计算方法只具有近似的准确性,但对工程来说,它的精确程度可满足一般的要求。



# 第 2 章

## 结构分析的静力学基本知识

### 2.1 静力学的基本公理

所谓公理就是指符合客观实际,且不可能用更简单的原理去解释,既不可能证明也无须证明而为大家所公认的普遍规律。下面将要介绍的静力学基本公理,是人们关于力的基本性质和基本关系的概括和总结,它们构成了静力学全部理论的基础。静力学的所有推理及定理都是通过数学方法,在这些公理的基础上推导出来的。准确理解这些公理,对于熟练掌握和应用静力学的知识去解决工程问题是十分重要的。

#### 公理 1 二力平衡公理

作用在同一刚体上的两个力,使刚体保持平衡的必要且充分的条件是:这两个力大小相等,方向相反,且作用在同一直线上。两个力的平衡有两种可能的状态,如图 2.1 所示。

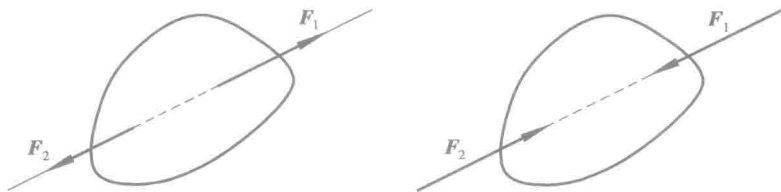


图 2.1

二力平衡的矢量关系表达式可写为

$$\boldsymbol{F}_1 = -\boldsymbol{F}_2 \quad (2.1)$$

其中的负号表示方向相反。

公理 1 揭示了作用在物体上的最简单的力系平衡时必须满足的条件。对于刚体,公理 1 中的条件是必要与充分的;但对于变形体这却只是个必要而不充分的条件。也就是说,受两个力作用的变形体,如果要平衡则必须满足这个条件,但满足了此条件的变形体却不一定能平衡,如气球的受压,在平衡之前要经历一个变形的过程。