

# 建筑力学与结构

## (上册)

陈天柱 主编



北京理工大学出版社



“十三五”示范性高职院校建设成果教材

# 建筑力学与结构

## (上册)

主 编 陈天柱

副主编 张立柱

主 审 刘 萍

## 内 容 提 要

本书根据高职高专院校建筑工程技术专业人才培养目标、职业标准及岗位能力的要求编写而成。全书共分为5个项目,主要包括:实景教学,力与力系的平衡及平衡力系的受力分析,杆件强度、刚度与稳定性的计算,静定结构的内力与位移计算,超静定结构的内力计算。本书以适应职业行动为导向,具有内容精炼、重点突出,针对性强、适用性强,易于读者学习和理解的特点。

本书可作为高职高专院校建筑工程技术专业 and 土建类其他相关专业的教材,也可作为岗位培训及相关的工程技术人员参考用书。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目(CIP)数据

建筑力学与结构.上册 / 陈天柱主编. — 北京: 北京理工大学出版社, 2017.2 (2017.3重印)  
ISBN 978-7-5682-3637-9

I. ①建… II. ①陈… III. ①建筑科学—力学—高等学校—教材 ②建筑结构—高等学校—教材 IV. ①TU3

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第020098号

---

---

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室)

(010)82562903(教材售后服务热线)

(010)68948351(其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京紫瑞利印刷有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 13.5

字 数 / 293千字

版 次 / 2017年2月第1版 2017年3月第2次印刷

定 价 / 35.00元

责任编辑 / 李玉昌

文案编辑 / 瞿义勇

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 边心超

---

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

# 前言

《建筑力学与结构》是高职高专土建类专业学生必学的职业岗位课程，为学生对后续专业课程的学习及从事本专业技术工作奠定了基础。本书根据高职高专建筑工程技术专业人才培养目标、职业标准及岗位能力要求，结合作者多年的教学实践经验，并紧密结合最新规范，如《混凝土结构设计规范》（GB 50010—2010）、《建筑结构荷载规范》（GB 50009—2012）、《高层建筑混凝土结构技术规程》（JBJ 3—2010）、《建筑抗震设计规范》（GB 50011—2010）、《砌体结构设计规范》（GB 50003—2011）等编写而成。

本书力求知识构架合理、重点突出、论述准确、内容精炼，并且全书图文并茂、适用性强，易于读者学习和理解。以理论力学、材料力学、结构力学等基础知识及常见的建筑结构的材料、构件、结构的简单计算与构造应用等为项目主体，由浅入深，由简单到复杂进行论述。以典型的工作任务为驱动，形成了5个项目，并在项目中提出每个项目所涵盖的知识目标、能力目标、教学重点、难点、建议学时，每个项目中有若干个学习任务。本书本着以应用为主的原则，将必要的理论知识与相应的实践案例相结合，以促进学生理论知识理解与掌握。强化教学训练所必要的“拓展提高”“拓展实训”及“课外学习指要”，提高学生分析问题及解决工程实践问题的能力。

本书由辽宁建筑职业学院陈天柱担任主编，辽宁建筑职业学院张立柱担任副主编。具体编写分工为：项目一、项目二由陈天柱编写；项目三、项目四、项目五由张立柱编写。全书由刘萍主审。

本书在编写过程中，参考了大量近年来出版的建筑结构、建筑结构抗震方面的教材、规范等文献，在此对相关作者表示感谢。

由于编作者水平有限，加之时间仓促，书中难免有遗漏和不妥之处，恳请广大读者批评指正，提出宝贵意见或建议，以期今后改进。

编 者

# 目 录

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 项目一 实景教学·····              | 1   |
| 任务一 建筑力学与建筑结构的认知 ·····     | 2   |
| 任务二 实景参观 ·····             | 10  |
| 项目二 力与力系的平衡及平衡力系的受力分析····· | 12  |
| 任务一 静力学基础知识的应用 ·····       | 13  |
| 任务二 约束与约束反力的计算 ·····       | 19  |
| 任务三 物体及物体系统的受力分析 ·····     | 26  |
| 任务四 平面汇交力系的计算 ·····        | 30  |
| 任务五 力矩与力偶矩的计算 ·····        | 40  |
| 任务六 平面力系与物体系统平衡的计算 ·····   | 48  |
| 项目三 杆件强度、刚度与稳定性的计算·····    | 67  |
| 任务一 材料性质及拉、压杆强度的计算 ·····   | 68  |
| 任务二 杆件剪切、扭转与弯曲的计算 ·····    | 84  |
| 任务三 受压杆件稳定性的计算 ·····       | 135 |
| 项目四 静定结构的内力与位移计算·····      | 147 |
| 任务一 静定结构的内力计算 ·····        | 148 |
| 任务二 静定结构位移的计算 ·····        | 172 |

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 项目五 超静定结构的内力计算····· | 183 |
| 任务一 力法 ·····        | 184 |
| 任务二 位移法 ·····       | 195 |
| 参考文献·····           | 209 |

# 项目一 实景教学

## 知识目标

1. 了解建筑力学的研究对象。
2. 掌握结构的基本构件组成及其承载能力。
3. 掌握常见建筑结构的划分方法。

## 能力目标

1. 能够理解建筑力学的研究对象、学习任务及内容。
2. 能够理解建筑结构的定义，掌握对常见建筑结构类型进行判定的能力。

## 教学重点

1. 建筑力学与结构的学习内容、建筑结构的定义与组成分类。
2. 根据建筑结构的分类方法，对校区建筑结构的类型进行判定。
3. 介绍校区不同结构构件的组成。

## 教学难点

建筑结构的分类。

## 建议课时

4 课时

本项目建议采用参观实践与项目教学法相结合的学习方法，任课教师选择一个正在施工的结构作为实物进行现场教学，让学生根据实物，掌握其结构类型及构造，对于不能参观的内容，建议教师借助多媒体课件并结合项目教学。本项目学习结束后，用实物为学生讲解，锻炼学生对结构构件识别的能力。

## 任务一 建筑力学与建筑结构的认知

### 任务描述

建筑物是人类生产和生活的必要场所，凡是有人类活动的地方就有建筑物的存在。它们默默地记载了人类光辉灿烂的历史文化，同时也彰显着一个国家科学技术的发展成果。古今中外，具有代表性的建筑不胜枚举。难以想象人类没有建筑的生活。

### 任务分析

建筑是技术与艺术的结合、是力与美的结合、是凝固的音乐、是一首哲理诗、是空间的结合。

观察建筑物的建造过程，可以看出它们是由许许多多的构件有机地结合起来的。建筑物中用以承受和传递力的作用的物体称为建筑结构，简称结构。结构又可分为多个构件，如基础、梁、板、柱等。一个庞大的建筑物在建造之前，设计人员要对它的所有构件进行受力分析计算。构件的尺寸大小、所用材料、排列位置等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。这一复杂而细致的计算工作，必须要有科学的计算理论作为依据。

### 相关知识

#### 一、建筑结构的概念

建筑结构是由梁、板、墙、柱、基础等基本构件通过一定的连接方式所组成的能够承受并传递荷载和其他间接作用(如温度变化引起的收缩、地基不均匀沉降等)的体系(图 1-1)。

建筑结构都是应用石、砖、混凝土、钢材、木材乃至合金材料、化学合成材料等在土层或岩层上建造的建筑物的骨架。优秀的建筑结构应具有以下特点：

- (1) 在应用方面，满足空间和功能的需求。
- (2) 在安全方面，符合承载和耐久的需要。
- (3) 在技术方面，体现科技和工程的新发展。
- (4) 在造型方面，与建筑艺术融为一体。
- (5) 在建造方面，合理用材并与施工实际相结合。

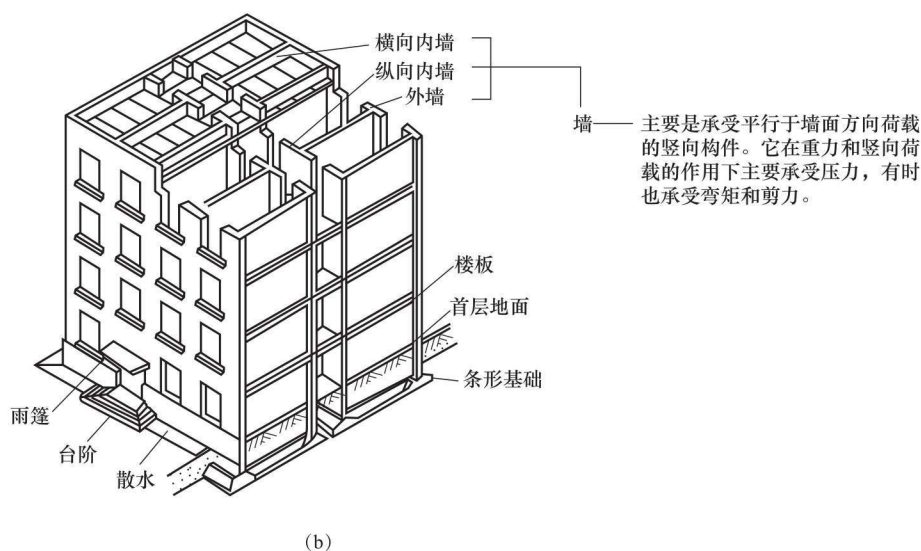
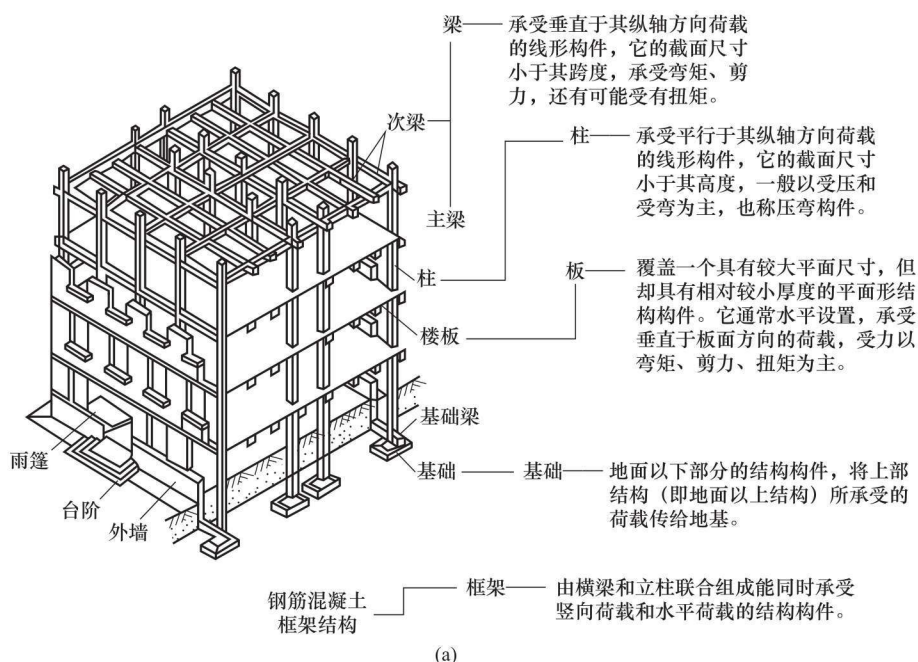


图 1-1

## 二、建筑结构的三个基本分体系

建筑结构是由许多结构构件组成的一个系统, 其中主要的受力系统称为结构总体系。结构总体系由基本水平分体系〔楼(屋)盖体系〕、基本竖向分体系以及基础体系三部分组成 (图 1-2)。

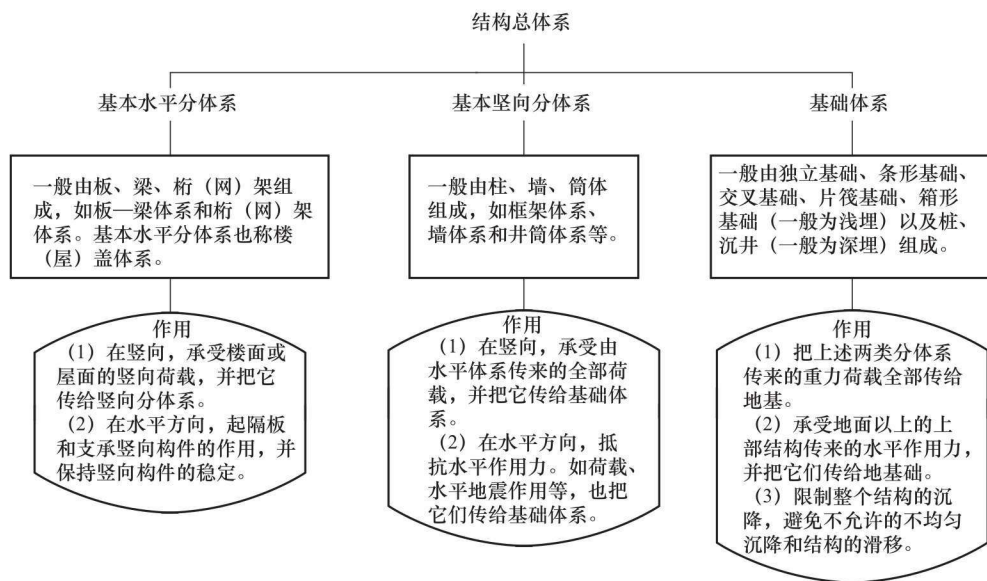


图 1-2

### 三、建筑力学的研究对象

一个建筑结构由许多构件组成，如图 1-3 所示。

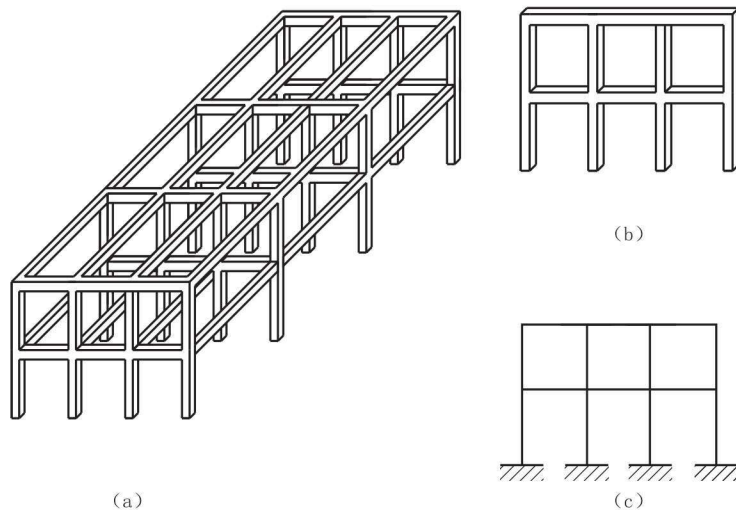


图 1-3

(a) 二层框架主体结构；(b) 一榀框架；(c) 计算简图

框架的主体承重结构是由基础、梁、板、柱形成的立体空间结构。在对此结构进行力学分析时，往往需选取其中的一榀框架，如图 1-3(b) 所示。实际计算时，还需进一步简化为结构的计算简图，如图 1-3(c) 所示。

建筑物在使用中会受到各种力的作用,如构件的自重、楼面上的人群、外墙上的风力等,这些作用在建筑物上的力,在工程上称为荷载。在对建筑进行结构设计时,通常先进行结构整体布置,再把结构分为一些基本构件分别进行设计计算,最后通过构造处理,把各个构件联系起来构成一个整体。

对土建类专业来讲,建筑力学的主要研究对象就是组成结构的构件和构件体系。

#### 四、建筑力学的主要任务

建筑结构的构件都需要考虑承受多大荷载的问题,建筑力学就是研究结构和构件承载能力的学科。结构和构件的承载能力包括强度、刚度和稳定性。强度是指结构或构件抵抗破坏的能力。结构能安全承受荷载而不被破坏,就认为其满足强度要求。刚度是指结构或构件抵抗变形的能力。任何结构或构件在外力作用下都会产生变形,在工程上结构或构件的变形应限制在允许范围内。稳定性是指构件保持平衡状态稳定性的能力。有些构件在荷载大到一定数值时,会突然出现不能保持其平衡状态稳定性的现象,称为丧失稳定。这些构件必须通过稳定性的验算才能正常工作。

为了保证结构和构件具有足够的承载力,一般来说,都要选择较好的材料和截面较大的构件,这样才能保证建筑的安全。但一味地选用较好的材料和过大的截面,势必会大材小用、优材劣用,造成不必要的浪费。可见,安全和经济是矛盾的。

建筑力学的主要任务就是为解决这一矛盾提供必要的理论基础和计算方法。

#### 五、建筑结构的基本任务

建筑物通常由楼板、屋顶、梁、墙体或柱、基础、楼(电)梯、门窗等几部分组成。其中,板、梁、墙体、柱、基础作为建筑物的基本结构构件,组成了建筑物的基本结构。

在建筑物中,建筑结构的基本任务主要有以下三个方面:

- (1)服务于人类对空间的应用和美观要求。
- (2)抵御自然界或人为施加于建筑物的各种荷载或作用。
- (3)利用建筑材料并充分发挥其作用。

### 任务实施

#### 一、建筑力学的内容

建筑力学分为(理论力学中的)静力学、材料力学和结构力学三个部分。

静力学讨论构件及构件之间作用力的问题,其主要内容是力系的简化及平衡。例如,一个构件受到哪些力的作用,这些力中,哪些力已知,哪些力未知,未知力怎么求等。

材料力学讨论构件受力后发生变形时的承载能力问题。知道构件的受力情况后,构件

使用什么材料、什么形状、多大截面，是否做到既安全又经济。这一部分内容就解决上述问题。

结构力学讨论杆件体系的组成规律以及结构内力和位移的计算。庞大的建筑结构是由许多构件组成的，它们的布局应该是合理的，整体的结构应该是稳固的，组成结构的每一个构件都应满足承载能力的要求。

## 二、建筑结构的分类

建筑结构的分类方法有多种，一般可按照结构所用材料、承重结构类型、使用功能、外形特点、施工方法等进行分类。按所用材料的不同，建筑结构可分为混凝土结构、砌体结构、钢结构和木结构等。

### 1. 混凝土结构

混凝土结构是钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构和素混凝土结构的总称，其中钢筋混凝土结构的应用最为广泛，如图 1-1(a)所示。

钢筋混凝土结构具有以下优点：

(1)易于就地取材。钢筋混凝土的主要材料是砂、石，而这两种材料几乎到处都有，并且水泥和钢材的产地在我国分布也较广，有利于降低工程造价。

(2)耐久性好。钢筋混凝土结构中，钢筋被混凝土紧紧包裹而不致锈蚀，即使在侵蚀性介质的条件下，也可采用特殊工艺制成耐腐蚀的混凝土，因此具有很好的耐久性，几乎不用维修。

(3)抗震性能好。钢筋混凝土结构，特别是现浇结构具有很好的整体性，能抵御地震作用，这对于地震区的建筑物有着重要的意义。

(4)可模性好。混凝土拌合物是可塑的，可根据工程需要制成各种形状的构件，这给合理选择结构形式及构件断面提供了方便。

(5)耐火性好。在钢筋混凝土结构中，钢筋被混凝土包裹着，而混凝土的导热性很差，因此，发生火灾时钢筋不致很快达到软化温度而造成结构破坏。

(6)刚度大，承载力较高。

基于上述优点，钢筋混凝土结构不仅广泛应用于多层与高层住宅、宾馆、写字楼以及单层与多层工业厂房等工业与民用建筑中，而且水塔、烟囱、核反应堆等特种结构也多采用钢筋混凝土结构。钢筋混凝土的主要缺点是自重大，抗裂性能差，现浇结构模板用量大、工期长等。但随着科学技术的不断发展，这些缺点可以逐渐克服。例如，采用轻集料混凝土可以减轻结构自重，采用预应力混凝土可以提高构件的抗裂性能。

### 2. 砌体结构

由块体(砖、石材、砌块)和砂浆砌筑而成的墙、柱作为建筑物主要受力构件的结构称为砌体结构，它是砖砌体结构、石砌体结构和砌块砌体结构的统称，如图 1-1(b)所示。

砌体结构主要有以下优点：

(1)取材方便, 造价低廉。砌体结构所需的原材料, 如黏土、砂子、天然石材等几乎到处都有, 因而比钢筋混凝土结构更为经济, 并能节约水泥、钢材和木材。砌块砌体还可节约土地, 使建筑向绿色、环保的方向发展。

(2)具有良好的耐火性及耐久性。一般情况下, 砌体能耐受  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$  的高温, 其能满足预期的耐久年限要求。

(3)具有良好的保温、隔热、隔声性能, 节能效果好。

(4)施工简单, 技术容易掌握和普及, 无须特殊的设备。

砌体结构的主要缺点是强度(尤其是抗拉强度)低、整体性较差、结构自重大、工人劳动强度高。

砌体结构在多层建筑中应用非常广泛, 特别是在多层民用建筑中, 砌体结构占绝大多数。目前, 高层砌体结构也开始应用, 建筑高度最高已达 10 余层。

砌体的抗压能力较强而抗弯及抗拉能力较低, 因此, 在实际工程中, 砌体结构主要用于房屋结构中以受压为主的竖向承重构件(如墙、柱等), 而水平承重构件(如梁、板等)多为钢筋混凝土结构。这种由两种及两种以上材料作为主要承重结构的房屋称为混合结构。

### 3. 钢结构

钢结构是由钢板、型钢等钢材通过有效的连接方式制作的结构, 广泛应用于高层建筑结构及工业建筑之中。随着我国经济建设的迅速发展, 钢结构得到了更加广泛的应用。

钢结构与其他结构形式相比, 主要优点如下:

(1)材料强度高, 自重轻, 塑性和韧性好, 材质均匀。

(2)便于工厂生产和机械化施工, 便于拆卸。

(3)具有优越的抗震性能。

(4)无污染、可再生、节能、安全, 符合建筑可持续发展的原则, 可以说钢结构的发展是 21 世纪建筑文明的体现。

钢结构的缺点是易腐蚀, 需经常使用油漆维护, 故维护费用较高; 钢结构的耐火性差, 当温度达到  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$  时, 钢结构的材质将会发生较大变化, 当温度达到  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$  时, 结构会瞬间崩溃, 完全丧失承载能力。

钢结构的应用日益增多, 尤其是在高层建筑及大跨度结构(如屋架、网架、悬索等结构)中。

### 4. 木结构

木结构是指全部或大部分用木材制作的结构。出于环保, 以及易燃、易腐、结构变形大等因素, 目前已较少采用。

## 三、建筑结构荷载

### (一)结构荷载和作用

使结构或构件产生内力、变形、裂缝等效应的原因称为“作用”(图 1-4), 分直接作用和

间接作用两类。

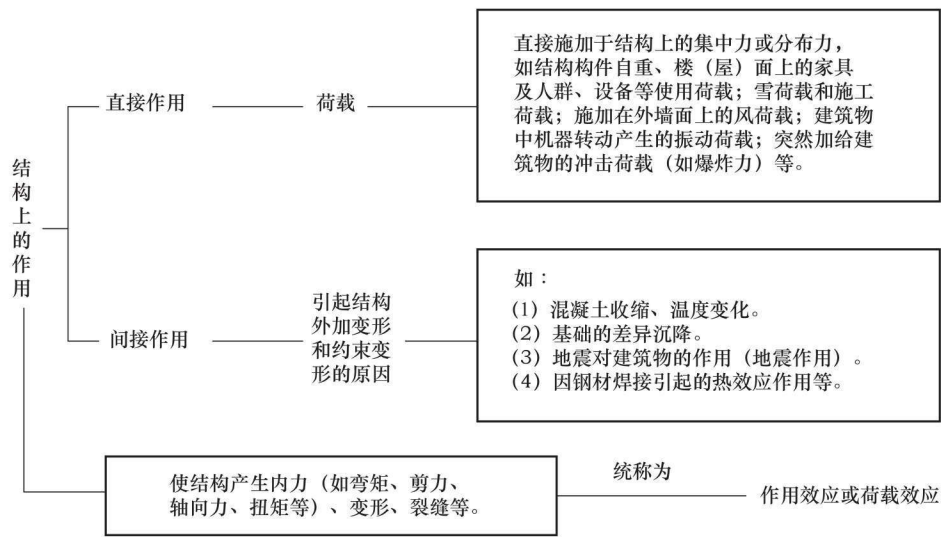


图 1-4

## (二) 荷载的分类

《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)(以下简称《荷载规范》)将结构上的荷载按作用时间的长短和性质分为下列三类。

### 1. 永久荷载

永久荷载是指在结构使用期间，其值不随时间变化，或其变化与平均值相比可以忽略不计，或其变化是单调的并能趋于限值的荷载，如结构自重、土压力、预应力等。永久荷载也称为恒荷载，如图 1-5(a)所示。

### 2. 可变荷载

可变荷载是指在结构使用期间，其值随时间变化且其变化与平均值相比不可以忽略不计的荷载，如楼面活荷载、屋面活荷载和积灰荷载、风荷载、雪荷载、吊车荷载等。可变荷载也称为活荷载，如图 1-5(b)所示。

### 3. 偶然荷载

偶然荷载是指在结构使用期间不一定出现，但一旦出现，其值很大且持续时间很短的荷载，如爆炸力、撞击力等。

## (三) 荷载效应

荷载效应是指由于施加在结构上的荷载产生的结构的内力与变形，如拉、压、剪、扭、弯等内力和伸长、压缩、挠度、转角等变形以及产生裂缝、滑移等结果。

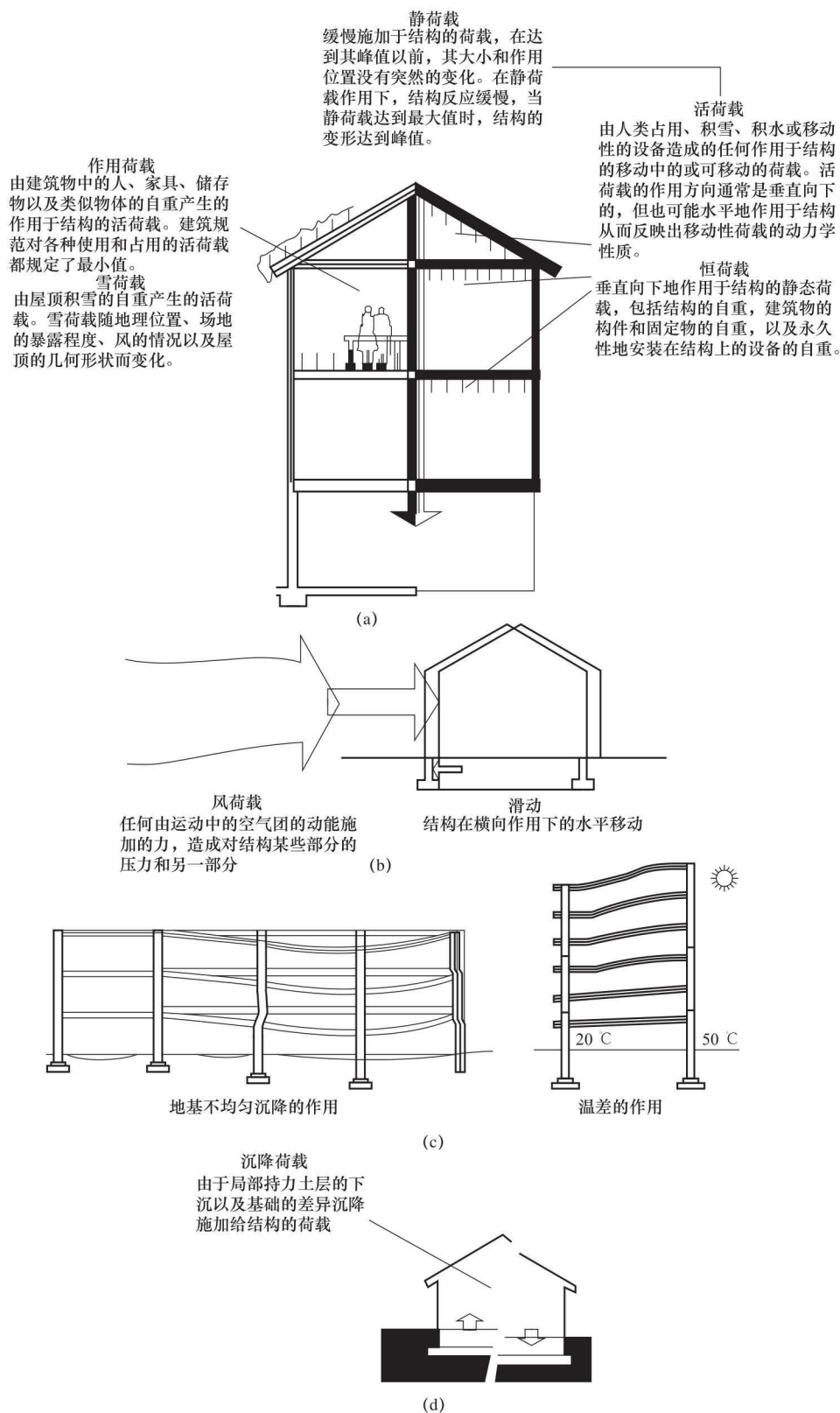


图 1-5

## 四、建筑力学与结构的学习方法

“建筑力学与结构”是研究结构及构件承载能力的课程，是高职高专土建类专业重要的基础课。学习时要做到理论联系实际，循序渐进，温故知新。具体来讲，第一，要理解地记忆力学中的基本概念、基本理论和基本方法（即“三基”），这对于学习力学是至关重要的；第二，要注意例题的分析方法和解题思路，在分析时，既要做定性的分析，也要做定量的计算；第三，要及时完成课堂的练习和课后的习题，做习题是运用理论解决实际问题的基本训练，只有通过自己动手，独立完成课堂练习和课后作业，才能发现问题、解决问题，并巩固所学的知识。切忌对公式死记硬背、对例题生搬硬套。



### 拓展实训

1. 什么是建筑结构？建筑结构的基本任务是什么？
2. 建筑结构的分类有哪些？
3. 简述砌体结构的优缺点。
4. 简述混凝土结构的优缺点。
5. 简述钢结构的优缺点。

## 任务二 实景参观



### 任务描述

建筑结构的认知。



### 任务分析

参观校园内的教学楼、实训楼、宿舍楼等，使学生能够正确判断建筑结构类型；能够正确拆分各类建筑结构的基本构件组成，并了解本课程的能力目标、知识目标、学习方法等。课程的知识、能力目标与岗位能力目标对应关系如图 1-6 所示。

学生通过本课程的学习，能熟知与之相关的基本概念，掌握建筑结构的基本知识和理论，学会结构设计的计算方法，了解现行规范对结构构件计算及构造的有关规定；熟悉结构计算的基本方法步骤，掌握建筑结构的基本构件及楼盖等的设计计算；能对结构构件进行截面设计、承载力复核，包括材料选择、结构方案、构件选型、配筋计算和构造等，并能运用所获得的基本理论知识解决一般工程中的结构问题。