



住房和城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材  
高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材

# 混凝土结构与 砌体结构设计

## Civil Engineering

邹 昀 朱方之 主 编  
王 瑶 张三柱 副主编  
邵永健 主 审

中国建筑工业出版社

住房和城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材  
高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材

# 混凝土结构与砌体 结构设计

邹 昀 朱方之 主 编  
王 瑶 张三柱 副主编  
邵永健 主 审



中国建筑工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土结构与砌体结构设计/邹昀, 朱方之主编. —  
北京: 中国建筑工业出版社, 2017. 10  
高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材  
ISBN 978-7-112-21294-1

I. ①混… II. ①邹… ②朱… III. ①混凝土结构-  
结构设计-高等学校-教材②砌块结构-结构设计-高等学  
校-教材 IV. ①TU370.4②TU360.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 237840 号

本书根据《高等学校土木工程本科指导性专业规范》对混凝土结构与砌体结构设计课程的要求, 结合应用型本科人才培养的特点, 参照现行的《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 (2015 年版)、《建筑结构荷载规范》GB 50009—2012、砌体结构设计规范 GB 50003—2011 进行编写。本书主要内容包括: 绪论、梁板结构、单层厂房结构、多层框架结构、砌体结构。为便于教学和学生自学, 每章都有本章要点及学习目标和本章小结, 章末附有思考与练习题, 有的章节还附有设计应用实例。

本书可作为高等学校土木工程专业教材, 也可供从事混凝土结构设计、施工、科研、工程管理的工程技术人员参考。

为更好地支持本课程的教学, 本书作者制作了多媒体教学课件, 有需要的读者可以发送邮件至 [jiangongkejian@163.com](mailto:jiangongkejian@163.com) 索取。

\* \* \*

责任编辑: 仕 帅 吉万旺 王 跃  
责任设计: 韩蒙恩  
责任校对: 王雪竹

住房城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材  
高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材  
**混凝土结构与砌体结构设计**

邹 昀 朱方之 主 编  
王 瑶 张三柱 副主编  
邵永健 主 审

\*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)  
各地新华书店、建筑书店经销  
霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版  
北京富生印刷厂印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 20½ 字数: 512 千字  
2017 年 10 月第一版 2017 年 10 月第一次印刷

定价: 42.00 元 (赠课件)

ISBN 978-7-112-21294-1

(30924)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

# 高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材 编委会成员名单 (按姓氏笔画排序)

顾 问：吕恒林 刘伟庆 吴 刚 金丰年 高玉峰

主任委员：李文虎 沈元勤

副主任委员：华 渊 宗 兰 荀 勇 姜 慧 高延伟

委 员：于清泉 王 跃 王振波 包 华 吉万旺

朱平华 张 华 张三柱 陈 蓓 宣卫红

耿 欧 郭献芳 董 云 裴星洙

## 出版说明

近年来,我国高等教育教学改革不断深入,高校招生人数逐年增加,对教材的实用性和质量要求越来越高,对教材的品种和数量的需求不断扩大。随着我国建设行业的大发展、大繁荣,高等学校土木工程专业教育也得到迅猛发展。江苏省作为我国土木工程大省、教育大省,无论是开设土木工程专业的高校数量还是人才培养质量,均走在了全国前列。江苏省各高校土木工程专业教育蓬勃发展,涌现出了许多具有鲜明特色的应用型人才培养模式,为培养适应社会需求的合格土木工程专业人才发挥了引领作用。

中国土木工程学会教育工作委员会江苏分会(以下简称江苏分会)是经中国土木工程学会教育工作委员会批准成立的,其宗旨是为了加强江苏省具有土木工程专业的高等院校之间的交流与合作,提高土木工程专业人才培养质量,促进江苏省建设事业的蓬勃发展。中国建筑工业出版社是住房和城乡建设部直属出版单位,是专门从事住房城乡建设领域的科技专著、教材、标准规范、职业资格考试用书等的专业科技出版社。作为本套教材出版的组织单位,在教材编审委员会人员组成、教材主参编确定、编写大纲审定、编写要求拟定、计划出版时间以及教材特色体现和出版后的营销宣传等方面都做了精心组织和协调,体现出了其强有力的组织协调能力。

经过反复研讨,《高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材》定位为以普通应用型本科人才培养为主的院校通用课程教材。本套教材主要体现适用性,充分考虑各学校土木工程专业课程开设特点,选择20种专业基础课、专业课组织编写相应教材。本套教材主要特点为:抓住应用型人才培养的主线;编写中采用先引入工程背景再引入知识,在教材中插入工程案例等灵活多样的方式;尽量多用图、表说明,减少篇幅;编写风格统一;体现绿色、节能、环保的理念;注重学生实践能力的培养。同时,本套教材编写过程中既考虑了江苏的地域特色,又兼顾全国,教材出版后力求能满足全国各应用型高校的教学需求。为满足多媒体教学需要,我们要求所有教材在出版时均配有多媒体教学课件。

本套《高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材》是中国建筑工业出版社成套出版区域特色教材的首次尝试,对行业人才培养具有非常重要的意义。今年正值我国“十三五”规划的开局之年,本套教材有幸整体入选《住房和城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材》。我们也期待能够利用本套教材策划出版的成功经验,在其他专业、其他地区组织出版体现区域特色的教材。

希望各学校积极选用本套教材,也欢迎广大读者在使用本套教材过程中提出宝贵意见和建议,以便我们在重印再版时得以改进和完善。

中国土木工程学会教育工作委员会江苏分会

中国建筑工业出版社

2016年12月

# 前 言

“混凝土结构与砌体结构设计”是土木工程专业重要的专业课，主要讲述梁板结构、单层厂房结构、多层框架结构、砌体结构等内容。为适应大多数高校培养应用型高技术人才的要求，提高学生的工程能力及创新能力，“混凝土结构与砌体结构设计”课程的教学既要注重基本概念和基本理论的讲授，又要努力提高学生综合运用知识与理论的能力，注重实际能力的培养。

本教材以教学为主，少而精；突出重点、讲清难点，在讲述基本原理和概念的基础上，结合规范和实际工程；结合混凝土结构与砌体结构知识体系的特点和认知规律，以及作者多年的教学经验，在内容及章节顺序安排等方面作了一些改革尝试，吸收了国内外一些先进教材的理念；配备了一定数量的例题，帮助学生理解；此外每章还配备了相应的思考与练习题，供学生课后复习使用。

本教材的编写人员长期从事“混凝土结构与砌体结构设计”的教学工作，具有丰富的教学经验。江南大学的王城泉编写了第1章 绪论；金陵科技学院的王瑶编写了第2章 梁板结构；淮海工学院的张三柱编写了第3章 单层厂房结构；江南大学的邹昀、李天祺合作编写了第4章 多层框架结构；宿迁学院的朱方之编写了第5章 砌体结构。全书由朱方之修改定稿，由苏州科技大学邵永健教授主审。

本书在编写过程中参考了大量国内外文献，引用了一些学者的资料，在本书的参考文献中已予以列出。

由于作者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请读者不吝赐教，提出宝贵意见。

编 者

2017年6月

# 目 录

## 第1章 绪论 ..... 1

本章要点及学习目标 ..... 1

1.1 结构的定义 ..... 1

1.2 混凝土结构的分类 ..... 1

1.3 建筑结构设计阶段和内容 ..... 2

1.3.1 建筑工程的设计阶段 ..... 2

1.3.2 结构设计的基本内容 ..... 3

1.4 结构的选型和布置原则 ..... 5

1.4.1 结构选型原则 ..... 5

1.4.2 结构布置原则 ..... 6

1.5 结构的分析方法 ..... 6

本章小结 ..... 8

思考与练习题 ..... 9

## 第2章 梁板结构 ..... 10

本章要点及学习目标 ..... 10

2.1 概述 ..... 10

2.1.1 钢筋混凝土楼盖的类型 ..... 10

2.1.2 单向板与双向板 ..... 13

2.2 钢筋混凝土单向板肋梁楼盖 ..... 15

2.2.1 结构布置及梁板基本尺寸确定 ..... 15

2.2.2 计算简图及荷载计算 ..... 17

2.3 结构最不利荷载组合 ..... 20

2.3.1 单向板肋梁楼盖的弹性理论计算方法 ..... 22

2.3.2 单向板肋梁楼盖的塑性理论计算方法 ..... 24

2.3.3 单向板肋梁楼盖的配筋计算及构造要求 ..... 32

2.3.4 现浇单向板肋梁楼盖设计例题 ..... 38

2.4 钢筋混凝土双向板肋形楼盖 ..... 49

2.4.1 双向板的破坏特点 ..... 49

2.4.2 双向板按弹性理论的分析方法 ..... 50

2.4.3 双向板按塑性理论的分析方法 ..... 52

2.4.4 双向板的截面设计与构造要求 ..... 56

2.4.5 双向板支承梁的设计 ..... 57

2.4.6 现浇双向板肋梁楼盖设计例题 ..... 58

2.5 装配式与装配整体式钢筋混凝土楼盖 ..... 61

2.5.1 概述 ..... 61

2.5.2 预制板、梁的类型 ..... 61

2.5.3 预制梁、板的结构布置 ..... 63

2.5.4 预制构件的设计计算特点 ..... 64

2.5.5 铺板式楼盖的连接构造 ..... 65

2.6 现浇整体式楼梯和雨篷 ..... 67

2.6.1 现浇整体式楼梯的设计 ..... 67

2.6.2 整体式雨篷的设计 ..... 80

本章小结 ..... 82

思考与练习题 ..... 83

## 第3章 单层厂房结构 ..... 85

本章要点及学习目标 ..... 85

3.1 单层厂房的结构形式、结构组成与结构布置 ..... 85

3.1.1 单层厂房的结构形式 ..... 85

3.1.2 单层厂房结构组成与传力路线 ..... 87

3.1.3 单层厂房的结构布置与结构选型 ..... 90

3.1.4 单层厂房构件选型 ..... 101

3.2 排架计算 ..... 107

3.2.1 计算简图 ..... 108

3.2.2 排架上荷载计算 ..... 109

3.2.3 用剪力分配法计算等高排架 ..... 122

3.2.4 排架柱的控制截面与荷载效应组合 ..... 128

3.2.5 单层厂房排架结构考虑空间作用的计算 ..... 131

3.3 单层厂房柱的设计 ..... 134

3.3.1 柱的截面尺寸	134	4.2.3 水平荷载作用下框架结构内力 计算	218
3.3.2 柱的计算长度	136	4.2.4 框架结构侧移计算及限值	227
3.3.3 排架柱配筋计算	136	4.3 多层框架内力组合	229
3.3.4 构造要求	137	4.3.1 框架的控制截面及不利内力	229
3.3.5 柱的吊装验算	138	4.3.2 框架的内力组合	229
3.3.6 牛腿设计	139	4.4 无抗震设防要求时框架结构 构件设计	232
3.4 柱下独立基础设计	145	4.4.1 框架的一般构造要求	232
3.4.1 地基基础设计要求	145	4.4.2 梁、柱节点构造要求	232
3.4.2 轴心受压柱下独立基础的 计算	145	4.5 多层框架结构基础	234
3.4.3 偏心受压柱下独立基础的 计算	151	4.5.1 基础的类型	234
3.4.4 柱下独立基础的构造要求	153	4.5.2 柱下条形基础的内力计算和 构造要求	235
3.5 钢筋混凝土屋架与吊车梁 设计要点	155	本章小结	240
3.5.1 钢筋混凝土屋架设计要点	155	思考与练习题	241
3.5.2 钢筋混凝土吊车梁设计要点	159	<b>第5章 砌体结构</b>	243
3.6 单层厂房设计例题	164	本章要点及学习目标	243
3.6.1 设计题目	164	5.1 砌体结构概述	243
3.6.2 设计内容	164	5.1.1 砌体结构的定义和优缺点	243
3.6.3 设计资料	164	5.1.2 砌体结构的现状及发展趋向	245
3.6.4 结构计算简图及尺寸确定	166	5.2 砌体的材料及物理力学性能	245
3.6.5 荷载计算	168	5.2.1 块体的种类和强度等级	245
3.6.6 排架结构内力分析及内力 组合	174	5.2.2 砂浆的种类和强度等级	247
3.6.7 柱截面设计	187	5.2.3 砌体的种类和力学性能	248
3.6.8 牛腿设计	194	5.3 砌体结构构件的承载力	250
3.6.9 柱吊装验算	195	5.3.1 砌体结构按近似概率理论的 极限状态设计法	250
3.6.10 柱下基础设计	198	5.3.2 无筋砌体受压构件的承载力	251
本章小结	207	5.3.3 无筋砌体构件的局部受压 承载力	254
思考与练习题	207	5.3.4 无筋砌体轴心受拉、受弯及 受剪构件的承载力	260
<b>第4章 多层框架结构</b>	210	5.3.5 配筋砌体结构受压承载力	261
本章要点及学习目标	210	5.4 砌体结构房屋墙体设计	265
4.1 多层框架结构的组成和布置	210	5.4.1 砌体结构房屋的结构布置 方案	265
4.1.1 多层框架结构的组成	210	5.4.2 砌体结构房屋的静力计算 方案	266
4.1.2 多层框架结构的布置	211	5.4.3 砌体结构房屋的墙、柱高厚比	
4.2 框架结构内力与水平位移的 近似计算方法	213		
4.2.1 多层框架的计算简图	213		
4.2.2 竖向荷载作用下框架结构内力 计算	214		



验算.....	267
5.4.4 砌体结构房屋的墙体设计.....	272
5.4.5 砌体结构房屋的墙体设计 实例.....	276
5.5 砌体结构房屋的构造要求 .....	280
5.5.1 砌体结构耐久性设计要求.....	280
5.5.2 砌体墙、柱的构造要求.....	281
5.5.3 过梁、圈梁和构造柱.....	282
5.5.4 防止或减轻墙体开裂的主要 措施.....	284
本章小结 .....	285
思考与练习题 .....	286
<b>附录 1 等截面等跨连续梁在常用     荷载作用下的内力系数表 .....</b>	<b>289</b>
<b>附录 2 双向板按弹性分析的计算     系数表 .....</b>	<b>297</b>

<b>附录 3 风荷载特征值 .....</b>	<b>302</b>
<b>附录 4 起重机的工作级别 .....</b>	<b>304</b>
<b>附录 5 一般用途电动桥式起重机     基本参数和尺寸系列 .....</b>	<b>306</b>
<b>附录 6 单阶变截面柱的柱顶位移     系数和反力系数.....</b>	<b>308</b>
<b>附录 7 规则框架承受均布及倒三角形     分布水平力作用时反弯点     高度比 .....</b>	<b>309</b>
<b>附录 8 《砌体结构设计规范》GB     50003—2011 的有关规定 .....</b>	<b>314</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>320</b>

# 第 1 章 绪 论

## 本章要点及学习目标

本章要点:

- (1) 建筑结构常用形式及分类;
- (2) 混凝土结构设计阶段及内容;
- (3) 建筑结构的分析方法。

学习目标:

- (1) 掌握混凝土结构的定义、分类;
- (2) 了解混凝土结构设计的阶段和主要内容;
- (3) 掌握混凝土结构的选型与布置原则;
- (4) 了解混凝土结构的分析方法。

## 1.1 结构的定义

结构是指建筑物、构筑物的基本承力骨架。混凝土结构是指以混凝土为主要材料制成的结构。

结构在其使用年限内,要承受各种永久荷载和可变荷载的作用,有些结构还要承受偶然荷载的作用。除此之外,结构还将受到温度、收缩、徐变、地基不均匀沉降等影响。在地震区,结构还可能承受地震的作用。因此,在上述各种因素的作用下,结构应具有足够的承载能力,不发生整体或局部的破坏失稳;应具有足够的刚度,不产生过大的挠度或侧移。对于混凝土结构而言,还应具有足够的抗裂性,满足裂缝控制要求。除此之外,结构还应具有足够的耐久性,在其使用年限内,保证钢材不出现严重锈蚀,混凝土等材料不发生严重劈裂、腐蚀、风化、剥落等现象。合理的结构设计,是建筑物和构筑物安全、适用和耐久的保证。

## 1.2 混凝土结构的分类

混凝土结构有很多种分类方法。

按所含钢筋及类型可分为:素混凝土结构、钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构、钢管混凝土结构、钢-混凝土组合结构。

① 素混凝土结构:由无筋或不配置受力钢筋的混凝土制成的结构。

② 钢筋混凝土结构:由配置受力的普通钢筋、钢筋网或钢筋骨架的混凝土制成的结构。

③ 预应力混凝土结构：由配置受力的预应力钢筋通过张拉或其他方法建立预加应力的混凝土制成的结构。

④ 钢管混凝土结构：以圆钢管或矩形钢管为骨架周边或中部填充混凝土制成的结构。

⑤ 钢-混凝土组合结构：以型钢为骨架填充混凝土制成的结构。

按承重方式又可分为：水平承重结构、竖向承重结构、底部承重结构。

① 水平承重结构：如房屋中的楼盖结构和屋盖结构。

② 竖向承重结构：如房屋中的框架、排架、剪力墙、筒体结构等。

③ 底部承重结构：如房屋中的基础。

以上三类承重结构的荷载传递关系如图 1-1 所示，即水平承重结构将作用在楼盖或屋盖上的荷载传递给竖向结构，竖向承重结构再将自身承受的荷载以及水平承重结构传来的荷载一同传递给基础和地基。

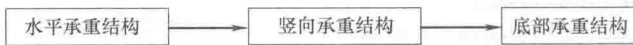


图 1-1 结构的荷载传递框图

按承重方式，混凝土结构还可进一步分类，如图 1-2 所示。

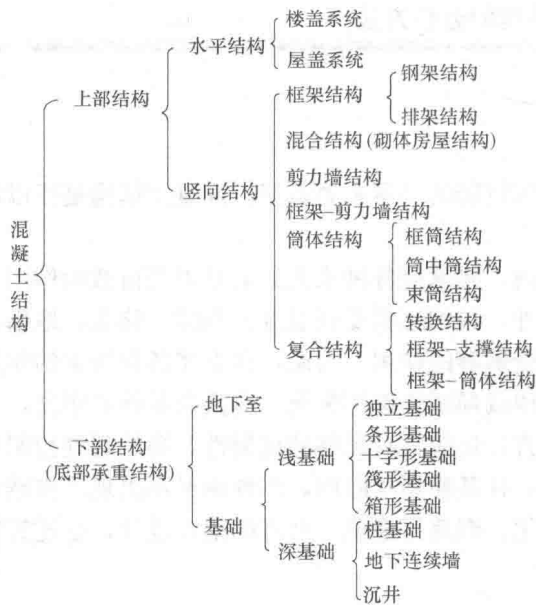


图 1-2 结构的组成和分类

## 1.3 建筑结构设计阶段和内容

### 1.3.1 建筑工程的设计阶段

大型建筑工程设计可分为三个阶段进行，即初步设计阶段、技术设计阶段和施工图设计阶段。对一般的建筑工程，可按初步设计和施工图设计两阶段进行。

### 1. 初步设计阶段

主要是确定工程的基本规模、重要工艺和设备以及概算总投资等原则问题，提出工程项目的方案设计，该阶段需完成的设计文件有设计说明书、必要的设计图纸、主要设备和材料清单、投资估算以及效果透视图等，应在调查研究和设计基础资料的基础上分专业编制。结构设计负责编制结构设计说明、结构体系、施工方案、结构平面布置等内容；结构设计说明包括设计依据、设计要点和需要说明的问题等，提出具体的地基处理方案，选定主要结构材料和构件标准图等；设计依据应阐述建筑所在地域、地界、有关自然条件、抗震设防烈度、工程地质概况等；结构设计要点包括上部结构选型、基础选型、人防结构及抗震设计初步方案等；需要说明的其他问题是指对工艺的特殊要求、与相邻建筑物的关系、基坑特征及防护等；结构平面布置应标出柱网、剪力墙、结构缝等。

### 2. 技术设计阶段

技术设计是针对技术上复杂或有特殊要求而又缺乏设计经验的建设项目而增设的一个设计阶段，其目的是用以进一步解决初步设计阶段一时无法解决的一些重大问题，是在初步设计基础上方案设计的具体化，对初步设计方案所做的调整和深化。设计依据为已批准的初步设计文件，主要解决工艺技术标准、主要设备类型、结构形式和控制尺寸以及工程概算修正等主要技术关键问题，协调解决各专业之间存在的矛盾。

### 3. 施工图设计阶段

施工图设计是项目施工前最重要的一个设计阶段，要求以图纸和文字的形式解决工程建设中预期的全部技术问题，并编制相应的对施工过程起指导作用的施工预算。施工图按专业内容可分为建筑、结构、水、暖、电等部分。

对一般单项建筑工程项目，首先由建筑专业提出较成熟的初步建筑设计方案，结构专业根据建筑方案进行结构选型和结构布置，并确定有关结构尺寸，对建筑方案提出必要的修正；其次，建筑专业根据修改后的建筑方案进行建筑施工图设计，结构专业根据修改后的建筑方案和结构方案进行结构内力分析、荷载效应组合和构件截面设计，并绘制结构施工图。

施工图交付施工，并不意味着设计已经完成。在施工过程中，根据新的情况，还需对设计做必要的修改；建筑物交付使用后，做出工程总结，设计工作才算最后完成。

## 1.3.2 结构设计的基本内容

结构设计的基本内容，主要包括结构方案设计、结构分析、作用或荷载效应组合、构件及其连接构造的设计和绘制施工图等。

### 1. 结构方案设计

结构方案设计主要是配合建筑设计的功能和造型要求，结合所选结构材料的特性，从结构受力、安全、经济以及地基基础和抗震等条件出发，综合确定合理的结构形式。结构方案应在满足适用性的条件下，符合受力合理、技术可行和尽可能经济的原则。无论是初步设计阶段，还是技术设计阶段，结构方案都是结构设计中的一项重要工作，也是结构设计成败的关键。初步设计阶段和技术设计阶段的结构方案，所考虑的问题是相同的，只不过是随着设计阶段的深入结构方案的深度不同而已。

结构方案对建筑物的安全有重要影响，其设计主要包括结构选型、结构布置和主要构

件的截面尺寸估算等内容。

(1) 结构选型。就是根据建筑的用途及功能、建筑高度、荷载情况、抗震等级和所具备的物质与施工技术条件等因素选用合理的结构体系，主要包括确定结构体系（上部主要承重结构、楼盖结构、基础的形式）和施工方案。在初步设计阶段，一般须提出两种以上不同的结构方案，然后进行方案比较，综合考虑，选择较优的方案。

(2) 结构布置。就是在结构选型的基础上，选用构件形式和布置，确定各结构构件之间的相互关系和传力路径，主要包括定位轴线、构件布置和结构缝的设置等。结构的平、立面布置宜规则，各部分的质量和刚度宜均匀、连续；结构的传力路径应简捷、明确，竖向构件宜连贯、对齐；宜采用超静定结构，重要构件和关键传力部位应增加冗余约束或有更多传力路径。结构设计时应通过设置结构缝将结构分割为若干相对独立的单元，结构缝包括伸缩缝、沉降缝、防震缝、构造缝、防连续倒塌的分割缝等，应根据结构受力特点及建筑尺寸、形状、使用功能等要求，合理确定结构缝的位置和构造形式；宜控制结构缝的数量，应采取有效措施减少设缝对建筑功能、结构传力、构造做法和施工可行性等造成的影响，遵循“一缝多能”的设计原则，采取有效的构造措施；除永久性的结构缝以外，还应考虑设置施工接槎、后浇带、控制缝等临时性的缝以消除某些暂时性的不利影响。

(3) 构件截面尺寸的估算。水平构件的截面尺寸一般根据刚度和稳定条件，凭经验确定；竖向构件的截面尺寸一般根据侧移（或侧移刚度）和轴压比的限值来估算。

## 2. 结构分析

确定结构上的作用（包括直接作用和间接作用）是进行结构分析的前提。根据目前结构理论发展水平以及工程实际，一般只需要计算直接作用在结构上的荷载和地震作用，其他的间接作用，在一般结构分析中很少涉及。我国现行《建筑结构荷载规范》GB 50009—2012将结构上的荷载分为永久荷载、可变荷载和偶然荷载三类；永久荷载主要是指结构自重、土压力、预应力等；可变荷载主要有楼面活荷载、屋面活荷载、积灰荷载、吊车荷载、风荷载、雪荷载等；偶然荷载主要指爆炸力、撞击力等。荷载计算就是根据建筑结构的实际受力情况计算上述各种荷载的大小、方向、作用类型、作用时间等，作为结构分析的重要依据。

结构分析是指结构在各种作用（荷载）下的内力和变形等作用效应计算，其核心问题是确定结构计算模型，包括确定结构力学模型、计算简图和采用的计算方法。计算简图是进行结构分析时用以代表实际结构的经过简化的模型，是结构受力分析的基础，计算简图的选择应分清主次，抓住本质和主流，略去不重要的细节，使得所选取的计算简图既能反映结构的实际工作性能，又便于计算。计算简图确定后，应采取适当的构造措施使实际结构尽量符合计算简图的特点。计算简图的选取受较多因素的影响，一般来说，结构越重要，选取的计算简图应越精确；施工图设计阶段的计算简图应比初步设计阶段精确；静力计算可选择较复杂的计算简图，动力和稳定计算可选用较简略的计算简图。

## 3. 荷载效应组合

荷载效应组合是指按结构可靠度理论把各种荷载效应按一定规律加以组合，以求得在各种可能同时出现的荷载作用下结构构件控制截面的最不利内力。通常，在各种单项荷载作用下分别进行结构分析，得到结构构件控制截面的内力和变形后，根据在使用过程中结构上各种荷载同时出现的可能性，按承载能力极限状态和正常使用极限状态用分项系数和

组合系数加以组合，并选取各自的最不利组合值作为结构构件和基础设计的依据。

#### 4. 结构构件及其连接构造的设计

根据结构荷载效应组合结果，选取对配筋起控制作用的截面不利组合内力设计值，按承载能力极限状态和正常使用极限状态分别进行截面的配筋计算和裂缝宽度、变形验算，计算结果尚应满足相应的构造要求。构件之间的连接构造设计就是保证连接点处被连接构件之间的传力性能符合设计要求，保证不同材料结构构件之间良好结合，选择可靠的连接方式以及保证可靠传力所采取可靠的措施等。

#### 5. 施工图绘制

施工图是全部设计工作的最后成果，是进行施工的主要依据，是设计意图最准确、最完整的体现，是保证工程质量的重要环节。结构施工图编号前一般冠以“结施”字样，其绘制应遵守一般的制图规定和要求，并应注意以下事项：

(1) 图纸应按以下内容和顺序编号：结构设计总说明、基础平面图及剖面图、楼盖平面图、屋盖平面图、梁和柱等构件详图、楼梯平剖面图等。

(2) 结构设计总说明一般包括工程概况、设计标准、设计依据、图纸说明、建筑分类等级、荷载取值、设计计算程序、主要结构材料、基础及地下室工程、上部结构说明、检测（观测）要求、施工需要特别注意的问题等。

(3) 楼盖、屋盖结构平面图应分层绘制，应准确标明各构件关系及定位轴线或柱网尺寸、孔洞及埋件的位置及尺寸；应准确标注梁、柱、剪力墙、楼梯等和纵横定位轴线的位置关系以及板的规格、数量和布置方法，同时应表示出墙厚及圈梁的位置和构造做法；构件代号一般应以构件名称的汉语拼音的第一个大写字母作为标志；如选用标准构件，其构件代号应与标准图一致，并注明标准图集的编号和页码。

(4) 基础平面图的内容和要求基本同楼盖平面图，尚应绘制基础剖面大样及注明基底标高，钢筋混凝土基础应画出模板图及配筋图。

(5) 梁、板、柱、剪力墙等构件施工详图应分类集中绘制，对各构件应把钢筋规格、形状、位置、数量表示清楚，钢筋编号不能重复，用料规格应用文字说明，对标高尺寸应逐个构件标明，对预制构件应标明数量、所选用标准图集的编号；复杂外形的构件应绘出模板图，并标注预埋件、预留洞等；大样图可索引标准图集。

(6) 绘图的依据是计算结果和构造规定，同时，应充分发挥设计者的创造性，力求简明清楚，图纸数量少，但不能与计算结果和构造规定相抵触。

## 1.4 结构的选型和布置原则

### 1.4.1 结构选型原则

结构一般是由水平承重结构、竖向承重结构和基础结构组成，水平、竖向和基础承重结构都有许多结构形式。水平承重结构包括有梁楼盖体系和无梁楼盖体系，屋盖结构包括有檩屋架的屋面大梁体系和无檩屋架的屋面大梁体系。竖向承重结构包括框架、排架、刚架、剪力墙、框架-剪力墙、筒体等多种体系。基础承重结构包括独立基础、条形基础、筏板基础、桩基础、箱形基础、桩筏基础、桩箱基础等许多基础形式，地基包括天然地基



和人工地基等。

进行结构设计时,首先要选择合理的水平、竖向和基础承重结构的形式。结构选型是否合理,不但关系到是否满足使用要求和结构受力是否可靠,而且也关系到是否经济和是否方便施工等问题。结构选型的基本原则是:①满足使用要求;②满足建筑美观要求;③受力性能好;④施工简便;⑤经济合理。

### 1.4.2 结构布置原则

结构形式选定以后,要进行结构布置,即确定哪里设梁、哪里设柱、哪里设墙等问题。结构布置得是否合理,不但影响到使用,而且影响到受力、施工、造价等。结构布置的基本原则是:①在满足使用要求的前提下,沿结构的平面和竖向应尽可能地简单、规则、均匀、对称,避免发生突变;②荷载传递路线要明确、简捷,结构计算简图简单并易于确定;③结构的整体性好,受力可靠;④施工简便;⑤经济合理。

此外,在平面尺寸较大的建筑中,要考虑是否设置温度伸缩缝的问题。当设置温度伸缩缝时,温度伸缩缝的最大间距要满足设计规范中的有关要求。在地基不均匀,或不同部位的高度或荷载相差较大的房屋中,要考虑沉降缝的设置问题。在地区,当房屋相距很近,或房屋中设有温度伸缩缝或沉降缝时,为了防止地震时房屋与房屋或同一房屋中不同结构单元之间相互碰撞和不同振动造成房屋毁坏,应考虑设置防震缝问题。温度伸缩缝、沉降缝和防震缝统称为变形缝。当房屋中需要设置伸缩缝、沉降缝和防震缝时,应尽可能将三者设置在同一位置处。

## 1.5 结构的分析方法

结构分析时,应根据结构类型、材料性能和受力特点选择下列分析方法。

### 1. 弹性分析方法

结构的弹性分析方法可用于正常使用极限状态和承载能力极限状态作用效应的分析。结构构件的刚度可按下列原则确定:

- ① 混凝土的弹性模量可按《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 表 4.1.5 采用;
- ② 截面惯性矩可按匀质的混凝土全截面计算;
- ③ 端部加腋的杆件,应考虑其截面变化对结构分析的影响;
- ④ 不同受力状态下构件的截面刚度,宜考虑混凝土开裂、徐变等因素的影响予以折减。

混凝土弹性结构分析宜采用结构力学或弹性力学等分析方法。体型规则的结构,可根据作用的种类和特性,采用适当的简化分析方法。

当结构的二阶效应可能使作用效应显著增大时,在结构分析中应考虑二阶效应的不利影响。

混凝土结构的重力二阶效应可采用有限元分析方法计算,也可采用《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 附录 B 的简化方法。当采用有限元分析方法时,宜考虑混凝土构件开裂对构件刚度的影响。

当边界支承位移对双向板的内力及变形有较大影响时,在分析中宜考虑边界支承竖向

变形及扭转等影响。

结构按承载能力极限状态计算时，其荷载和材料性能指标可取为设计值；按正常使用极限状态计算时，其荷载和材料性能指标可取为标准值。

## 2. 塑性内力重分布分析方法

房屋建筑中的钢筋混凝土连续梁和连续单向板，可采用塑性内力重分布分析方法进行分析，其内力值可由弯矩调幅法确定。

重力荷载作用下的框架、框架-剪力墙结构中的现浇梁以及双向板等，经弹性分析求得内力后，可对支座或节点弯矩进行适度调幅，并确定相应的跨中弯矩。

对于直接承受动力荷载的构件，以及要求不出现裂缝或处于侵蚀环境等情况下的结构，不应采用考虑塑性内力重分布的分析方法。

按考虑塑性内力重分布的分析方法设计的结构和构件，应选用符合《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 第 4.2.4 条规定的钢筋，并应满足正常使用极限状态要求且采取有效的构造措施。

对于直接承受动力荷载的构件，以及要求不出现裂缝或处于三 a、三 b 类环境下的结构，不应采用考虑塑性内力重分布的分析方法。

钢筋混凝土梁支座或节点边缘截面的负弯矩调幅幅度不宜大于 25%；弯矩调整后的梁端截面相对受压区高度不应超过 0.35，且不宜小于 0.10。

钢筋混凝土板的负弯矩调幅幅度不宜大于 20%。

预应力钢筋梁的弯矩调幅幅度应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 第 10.1.8 条的规定。

对属于协调扭转的混凝土结构构件，受相邻构件约束的支承梁的扭矩宜考虑内力重分布的影响。考虑内力重分布后的支承梁，应按弯剪扭构件进行承载力计算（当有充分依据时，也可采用其他设计方法）。

## 3. 弹塑性分析方法

重要或受力复杂的结构，宜采用弹塑性分析方法对结构的整体或局部进行验算。结构的弹塑性分析宜遵循下列原则：

- ① 应预先设定结构的形状、尺寸、边界条件、材料性能和配筋等；
- ② 材料的性能指标宜取平均值，并宜通过试验分析确定，也可按《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 附录 C 的规定确定；
- ③ 宜考虑结构几何非线性的不利影响；
- ④ 分析结果用于承载力设计时，宜考虑抗力模型不定性系数对结构的抗力进行适当的调整。

混凝土结构的弹塑性分析，可根据实际情况采用静力或动力分析方法。结构的基本构件计算模型宜按下列原则确定：

- ① 梁、柱、杆等杆系构件可简化为一维单元，宜采用纤维束模型或塑性铰模型；
- ② 墙、板等构件可简化为二维单元，宜采用膜单元、板单元或壳单元；
- ③ 复杂的混凝土结构、大体积混凝土结构、结构的节点或局部区域需作精细分析时，宜采用三维单元。

构件、截面或各种计算单元的受力-变形本构关系宜符合实际受力情况。对某些变形



较大的构件或节点进行局部精细分析时,宜考虑钢筋与混凝土间的粘结-滑移本构关系。

钢筋、混凝土材料的本构关系宜通过试验分析确定,也可按《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010采用。

#### 4. 塑性极限分析方法

对不承受多次重复荷载作用的混凝土结构,当有足够的塑性变形能力时,可采用塑性极限分析方法进行结构的承载力计算,同时应满足正常使用的要求。

整体结构的塑性极限分析计算应符合下列规定:

①对可预测结构破坏机制的情况,结构的极限承载力可采用静力或动力弹塑性分析方法确定;

②对难以预测结构破坏机制的情况,结构的极限承载力可采用静力或动力弹塑性分析方法确定;

③对直接承受偶然作用的结构构件或部分,应根据偶然作用的动力特征考虑其动力效应的影响。

承受均布荷载的周边支承的双向矩形板,可采用塑性绞线法或条带法等塑性极限分析方法进行承载能力极限状态的分析与设计,同时应满足正常使用极限状态的要求。承受均布荷载的板柱体系,根据结构布置和荷载的特点,可采用弯矩系数法或等代框架法计算承载能力极限状态的内力设计值。

#### 5. 间接作用分析方法

当混凝土的收缩、徐变以及温度等变化间接作用在结构中产生的作用效应可能危及结构的安全或正常使用时,宜进行间接作用效应的分析,并应采取相应的构造措施和施工措施。

混凝土结构进行间接作用效应的分析可采用《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010第5.5节的弹塑性分析方法;也可考虑裂缝和徐变对构件刚度的影响,按弹性方法进行近似分析。

#### 6. 试验分析方法

对体型复杂或受力状况特殊的结构或其部分,可采用试验分析方法对结构的正常使用极限状态和承载能力极限状态进行分析或复核。

当结构所处环境的温度和湿度发生变化,以及混凝土的收缩和徐变等因素在结构中产生的作用效应可能危及结构的安全和正常使用时,应进行专门的结构试验分析。

## 本章小结

(1) 结构是指建筑物、构筑物的基本承力骨架。结构在其使用年限内,结构应具有足够的承载能力、刚度以及耐久性。

(2) 混凝土结构按所含钢筋及类型可分为素混凝土结构、钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构、钢管混凝土结构、钢-混凝土组合结构。

(3) 结构设计的基本内容,主要包括结构方案设计、结构分析、作用或荷载效应组合、构件及其连接构造的设计和绘制施工图等。结构分析时,应根据结构类型、材料性能和受力特点选择弹性分析方法、塑性内力重分布分析方法、弹塑性分析方法、塑性极限分