



高等学校土木工程类“十二五”规划教材

财政部文化产业发展专项资金资助项目

CIVIL
ENGINEERING

混凝土结构设计

主 编 陈伯望

副主编 彭朝晖 陈利群

主 审 沈蒲生

湖南大学出版社



高等学校土木工程类“十二五”规划教材

财政部文化产业发展专项资金资助项目

本书是土木工程专业“十二五”规划教材，是土木工程专业必修课程《混凝土结构设计》的教材。本书共分8章，主要内容包括：绪论、混凝土结构设计基本原理、受弯构件正截面承载力计算、受弯构件斜截面承载力计算、轴心受压构件、偏心受压构件、受拉构件、预应力混凝土构件等。本书可作为高等院校土木工程类各专业及相关专业的教材，也可供从事土木工程的工程技术人员参考。

主 任 周先庚

副主任 邓铁军、陈伯望

C I V I L E N G I N E E R I N G

混凝土结构设计

主 编 陈伯望

副主编 彭朝晖 陈利群

主 审 沈蒲生

湖南大学出版社

内容提要

本书结合教育部关于引导部分地方普通本科高校向应用型转变的指导意见,并结合我国现行建筑设计规范、高等学校土木工程本科指导性专业规范及国家注册结构工程师考试大纲,根据土木工程专业应用型本科人才培养目标编写,全书内容精简、浅显易懂,主要内容包括:结构设计概论,梁板结构,单层排架结构,多层框架结构及框架结构计算机辅助设计等。以生产服务一线紧缺的应用型、复合型、创新型人才培养为宗旨,力求理论知识结合工程实践,以适用、够用为度,重点介绍工程实践中常见混凝土结构的基本设计方法,并附有详细的设计实例供设计参考。

本书可作为高等院校土木工程专业应用型本科生的教材,也可作为从事建筑结构设计、施工、监理人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构设计/陈伯望主编. —长沙:湖南大学出版社, 2016.4

(高等学校土木工程专业“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-5667-0902-8

I. ①混... II. ①陈... III. ①混凝土结构—结构设计 IV. TU370.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 158917 号

混凝土结构设计

HUNNINGTU JIEGOU SHEJI

作 者: 陈伯望 主编

策划编辑: 卢 宇

责任编辑: 黄 旺 龙思成 责任校对: 全 健 责任印制: 陈 燕

印 装: 衡阳顺地印务有限公司

开 本: 787×1092 16 开 印张: 18 字数: 427 千

版 次: 2016 年 4 月第 1 版 印次: 2016 年 4 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5667-0902-8/TU·187

定 价: 39.00 元

出 版 人: 雷 鸣

出版发行: 湖南大学出版社

社 址: 湖南·长沙·岳麓山 邮编: 410082

电 话: 073188822559(发行部), 88822315(编辑室), 88821006(出版部)

传 真: 073188649312(发行部), 88822264(总编室)

网 址: <http://www.hnupress.com>

电子邮箱: pressluy@hnu.edu.cn

版权所有, 盗版必究

湖南大学版图书凡有印装差错, 请与发行部联系

高等学校土木工程类“十二五”规划教材

顾问 周绪红

主任 周先雁

副主任 邓铁军 陈伯望

编委会名单(按姓氏笔画排序)

王卫东	方志	邓铁军	邢心魁	刘杰
孙义刚	杨春峰	肖勇刚	宋固全	张红
张敏	陈伯望	陈金陵	陈秋南	陈燕菲
周书葵	周先雁	周基	施周	夏力农
黄小林	曹国辉	龚钊	谢方平	

参加编写院校

湖南大学	中南大学	中南林业科技大学
南昌大学	贵州大学	长沙理工大学
湖南城市学院	湖南农业大学	桂林理工大学
南华大学	湖南科技大学	湖南工业大学
贵州师范大学	桂林电子科技大学	贵州民族大学
沈阳大学	长沙学院	湖南工程学院
湖南科技学院	邵阳学院	湖南工学院

序

随着我国经济社会的快速发展,基本建设规模不断扩大,为土木工程的发展带来了千载难逢的契机,也对土木工程人才培养提出了更高的要求。目前,我国正在进行的土木工程基本建设的数量、规模在世界上首屈一指,一批大型、特大型工程项目不断上马和竣工,土木工程的发展正处于前所未有的高速发展时期。在这个重要的历史时期,高等工程教育承担着培养中国特色社会主义现代化建设高级专门人才的历史重任。

然而,我国土木工程人才培养在适应社会发展需要方面还存在较大差距。其一是课程体系和教学方法没有根本性的转变。近10年来,高等院校开展了大规模的教学内容和课程体系改革,推出了一批优秀教材和精品课程,取得了明显成效。但是,传统的课程体系、教学计划、培养模式并没有普遍深刻地变化,不同科类的知识依然相互分离,综合性的课程还不多见,理论与工程实践脱节的局面并未得到根本改善。其二是教学内容没有做到与时俱进和与世界先进水平接轨。随着工业化进程的加快和科技水平的发展,教学内容不断增加,教学要求不断提高,我们还是习惯于增加课程、增加学时,而忽视了课程的整合、融合、拓宽、更新和更加注重应用;在教学方法上依然以讲授为主,学生自主学习、自我体验、自由创造的环境还不具备,现代工程要求的多学科综合性、实践性、适应性的特征在人才培养的过程中体现得还远远不够。其三是人才培养质量与社会需求脱节。不同高校培养计划、课程设置千篇一律,缺少学校特色和行业特色,陷入“异校同质”的困局;尤其是近10年来,某些新升格的本科院校,在人才培养上盲目追求“研究型”、“系统性”和“理论性”,导致理论与实践、学习与应用严重脱节。因此,我们必须根据社会发展需求,依据各自高校和行业的固有特点,对人才培养目标进行科学定位,对教学内容和课程体系进行改革,并将改革成果体现在教材建设之中。

正是为了适应教学改革的要求,湖南大学出版社精心组织出版了这套“高等学校土木工程类‘十二五’规划创新教材”,作为“高校教材立体化出版及平台建设”和“中国工程教育在线”项目的子项目,由财政部资助并被列入新闻出版总署新闻出版业发展项目库重点项目。这套规划教材涵盖了土木工程专业各个专业方向的主要专业基础课程和专业课程,具有如下几个显著特点:一是紧扣发展。根据《国家中长期教育改革和发展规划纲要》和《高等学校土木工程本科指导性专业规范》精神以及土木工程专业评估的要求组织教材内容,力图在教材中反映新材料、新技术、新结构、新成果。二是强化应用。强调学生创新思维的训练,注重学生创新精神、创新能力和工程实践能力的培养,教材内容与现行国家规范、规程相结合,与国家的注册执业资格考试制度相结合。三是服务师生。围绕“教师教学需要”和“学生学习

需要”两个中心点,秉持“体现内容的前沿性、保持内容的整体性和系统性、兼顾内容的全面性与精练性、突出工程实践性”等原则,精心组织教材内容,同时对教材进行了立体化开发,包括纸质教材、电子书、电子课件、多媒体素材库和工程教育网站。

系列教材以主教材为中心,配套辅导教材、教师用演示文稿、电子资料(电子资料库)、教学网站等载体,提供包含主体知识、案例及案例分析、习题试题库及答案、教案、课件、学习软件、自测(考试)软件等内容的立体化教材。一方面,满足课程教学的需要;另一方面,面向工程教育,提倡以“能力为导向”的交互式学习方法,建立了教材配套的立体化资源,使得学生不仅可利用教材在课堂上学习知识,而且能够在课后进行更多的主动式、自主式学习。

教材建设是反映时代发展、体现教学内容和教学方法、培养适应社会需求人才的重要载体。这套教材的出版、发行和使用,将促进土建类课程、教材、教学内容和教学方法的改革,为人才培养模式创新做出有益的探索,从而进一步提高人才培养的质量。

周绪红

重庆大学校长 中国工程院院士

2014年10月于重庆大学

前言

作为混凝土结构设计原理的后续课程,混凝土结构设计是土木工程专业中的专业类核心课程,也是建筑工程方向的必选课程。为了适应土木工程专业高级专门人才培养的需要,人才培养目标需要分为不同的层次。相对于研究型人才而言,应用型人才培养目标更加强调面向工程实践,既要有一定的专业基础理论,更要有较强的创新能力和工程实践能力。

本书作为应用型本科系列教材,从专业培养目标出发,提供学生以职业工程师的基本训练。教材内容力求做到理论知识结合工程实践,以适用、够用为度,重点介绍工程实践中常见混凝土结构的基本概念和设计方法,并附有详细的设计实例和框架结构计算机辅助设计,可作为相应课程设计和毕业设计的指导书。

全书内容精简,浅显易懂,主要内容包括:结构设计概论介绍了结构设计的基本程序和要求、结构分析方法和结构耐火、耐久性及防连续倒塌设计;梁板结构重点介绍单向板肋形楼盖、双向板肋形楼盖和无梁楼盖设计;单层排架结构重点介绍单跨排架和两跨等高排架结构设计;多层框架结构重点介绍多层非抗震框架结构的设计,同时介绍了多层框架结构的计算机辅助设计方法。各章均编写了内容提要、小结、思考题和习题。

本教材内容紧密结合现行国家规范、高等学校土木工程本科指导性专业规范及国家注册结构工程师考试大纲,紧密结合工程实践,突出其应用性,不仅可作为土木工程专业应用型本科生的教材,也可供从事土木工程设计、施工、监理的工程技术人员参考。

本教材第1章由中南林业科技大学陈伯望编写,第2章由湖南城市学院彭朝晖编写,第3章由湖南科技大学祝明桥编写,第4章由湖南城市学院陈利群编写,第5章由湖南城市学院规划建筑设计研究院陈朝辉编写,全书由陈伯望统稿。湖南大学沈蒲生教授担任主审。

在本教材的编写过程中,我们参考并引用了大量文献,在此谨向这些文献的作者表示衷心感谢。由于我们对应用型本科的课程设置、教材、内容安排尚需逐步加深理解,书中难免存在疏漏和错误之处,敬请读者批评指正,以便日臻完善。

编者

2014年2月

目 录

第1章 结构设计概论	(1)
1.1 建筑结构类型	(1)
1.2 结构设计的基本要求	(3)
1.2.1 结构设计的一般程序	(3)
1.2.2 结构设计的基本内容	(4)
1.3 建筑结构的作用	(4)
1.3.1 结构作用的种类	(4)
1.3.2 荷载代表值	(5)
1.3.3 永久荷载	(5)
1.3.4 楼、屋面可变荷载	(5)
1.3.5 风荷载	(8)
1.3.6 温度作用	(11)
1.3.7 偶然作用	(12)
1.3.8 其他作用	(14)
1.4 结构分析	(14)
1.4.1 结构分析的基本原则	(15)
1.4.2 弹性分析方法	(16)
1.4.3 其他分析方法	(17)
1.5 结构耐火与耐久性设计	(18)
1.5.1 结构的耐火设计	(18)
1.5.2 结构的耐久性设计	(21)
1.6 防连续倒塌设计原则	(25)
1.6.1 防连续倒塌设计要求	(25)
1.6.2 防连续倒塌设计方法	(25)
1.7 既有结构设计原则	(26)
1.7.1 既有结构评定	(26)
1.7.2 既有结构设计	(26)
小 结	(27)
思考题	(28)
习 题	(28)
第2章 梁板结构	(29)
2.1 梁板结构类型	(29)
2.2 混凝土单向板肋梁楼盖设计	(30)

2.2.1	结构布置	(30)
2.2.2	弹性理论计算方法	(31)
2.2.3	塑性理论计算方法	(35)
2.2.4	截面设计与构造要求	(39)
2.2.5	单向板肋梁楼盖设计例题	(43)
2.3	混凝土双向板肋梁楼盖设计	(53)
2.3.1	双向板的受力特点	(53)
2.3.2	弹性理论计算方法	(55)
2.3.3	塑性理论计算方法	(57)
2.3.4	截面设计与构造要求	(59)
2.3.5	双向板设计例题	(61)
2.4	装配式楼盖	(64)
2.4.1	预制构件形式	(64)
2.4.2	装配式楼盖的结构布置和连接	(65)
2.4.3	装配式楼盖的计算要点	(67)
2.5	楼梯和雨篷	(67)
2.5.1	整体式楼梯设计	(67)
2.5.2	雨篷设计	(73)
小 结		(76)
思考题		(77)
习 题		(77)
第3章	单层排架结构	(78)
3.1	单层厂房结构组成和布置	(78)
3.1.1	单层厂房的特点	(78)
3.1.2	单层厂房的结构形式	(78)
3.1.3	排架结构组成和传力途径	(80)
3.1.4	结构布置	(81)
3.2	主要构件选型	(89)
3.2.1	标准构件选型	(90)
3.2.2	屋面构件选型	(90)
3.2.3	吊车梁选型	(94)
3.2.4	柱选型	(95)
3.2.5	基础选型	(98)
3.3	排架结构计算	(100)
3.3.1	计算简图	(100)
3.3.2	排架结构上的荷载	(101)
3.3.3	等高排架分析	(107)
3.3.4	排架内力组合	(111)
3.3.5	排架结构的整体空间作用	(113)

3.4 主要构件设计	(116)
3.4.1 排架柱设计	(116)
3.4.2 柱下扩展基础设计	(121)
3.5 工程实例	(127)
3.5.1 工程名称	(127)
3.5.2 设计资料	(127)
3.5.3 结构计算	(129)
小 结	(147)
思考题	(149)
习 题	(149)
第4章 多层框架结构	(150)
4.1 概述	(150)
4.1.1 框架结构的组成特点	(150)
4.1.2 框架结构的分类	(150)
4.2 框架结构的结构布置	(151)
4.2.1 结构布置的一般原则	(151)
4.2.2 柱网和层高	(151)
4.2.3 框架结构的承重方案	(152)
4.2.4 结构缝的设置	(152)
4.3 框架结构的计算简图	(153)
4.3.1 梁、柱截面尺寸估算	(153)
4.3.2 框架结构的计算简图	(155)
4.3.3 框架结构上的荷载计算	(156)
4.4 竖向荷载作用下框架结构内力的近似计算	(158)
4.4.1 分层法	(159)
4.4.2 弯矩二次分配法	(160)
4.4.3 系数法	(160)
4.5 水平荷载作用下框架结构内力和侧移的近似计算	(162)
4.5.1 水平荷载作用下框架结构的受力及变形特点	(162)
4.5.2 反弯点法	(162)
4.5.3 D 值法	(164)
4.5.4 门架法	(168)
4.5.5 框架结构侧移的近似计算	(169)
4.5.6 框架结构重力二阶效应及结构稳定	(170)
4.6 框架结构内力组合	(171)
4.6.1 控制截面	(171)
4.6.2 控制截面的最不利内力类型	(172)
4.6.3 竖向活荷载的最不利布置	(172)
4.6.4 内力组合	(174)

4.7 框架结构配筋计算及构造要求	(175)
4.7.1 框架结构配筋计算	(175)
4.7.2 框架结构的构造要求	(176)
4.8 框架结构基础设计	(178)
4.8.1 基础类型及其选择	(178)
4.8.2 柱下条形基础设计	(180)
4.8.3 其他基础设计简介	(184)
4.9 设计实例	(185)
4.9.1 设计资料	(185)
4.9.2 框架结构计算	(186)
4.9.3 荷载计算	(188)
4.9.4 恒荷载作用下内力分析	(194)
4.9.5 活荷载作用下内力分析	(201)
4.9.6 风荷载作用下内力分析	(205)
4.9.7 内力组合	(210)
4.9.8 截面设计	(215)
4.9.9 基础设计	(222)
小 结	(224)
思考题	(225)
习 题	(225)
第5章 框架结构计算机辅助设计	(227)
5.1 广厦 GSSAP 简介	(227)
5.1.1 软件技术特点	(227)
5.1.2 软件的应用范围	(227)
5.2 广厦 GSSAP 系统主菜单	(228)
5.3 广厦 GSSAP 图形录入	(228)
5.3.1 为工程命名	(231)
5.3.2 结构信息	(231)
5.3.3 建立轴线	(237)
5.3.4 平面图形编辑	(237)
5.3.5 荷载编辑	(239)
5.3.6 楼梯编辑	(242)
5.4 楼板、次梁和砖混计算	(243)
5.5 结构通用分析和设计	(243)
5.5.1 结构计算结果	(243)
5.5.2 超筋超限警告	(247)
5.6 结构施工图	(248)
5.6.1 结构配筋系统	(248)
5.6.2 施工图系统	(249)

5.6.3 AutoCAD 中的 I, II, III 级热轧钢筋符号	(251)
5.7 基础计算与设计	(251)
小 结	(254)
思考题	(254)
习 题	(254)
附 表	(255)
附表 A 连续梁板的计算跨度 l_0	(255)
附表 B 均布荷载和集中荷载作用下等跨连续梁的内力系数	(256)
附表 C 按弹性理论计算矩形双向板在均布荷载作用下的弯矩系数表	(262)
附表 D 5~30/5t 一般用途电动桥式起重机基本参数和尺寸(ZQ1-62 部分系列)	(265)
附表 E 单阶变截面柱的柱顶位移系数 C_0 和 F 反力系数 $C_1 \sim C_{11}$	(266)
附表 F 轴心受压和偏心受压柱的计算长度 l_0	(267)
附表 G 钢筋混凝土结构伸缩最大间距	(268)
附表 H 规则框架承受均布水平作用力时标准反弯点的高度比 y_0	(268)
附表 I 规则框架承受倒三角形分布水平作用力时标准反弯点的高度比 y_0	(271)
附表 J 上、下层横梁线刚度比对 y_0 的修正值 y_1	(273)
附表 K 上、下层层高变化对 y_0 的修正值 y_2 和 y_3	(273)
参考文献	(274)

一般将高度超过 100m 的建筑称为超高层建筑。

建筑物根据所使用的结构材料分为:木结构、砌体结构、混凝土结构、钢筋混凝土结构和混合结构。木结构因材料来源有限且涉及环境保护,我国已很少使用。砌体结构主要用作竖向承重构件,常与其他材料混合使用做成结构,如砌体-木结构、砌体-钢筋混凝土结构。混合结构是由两种或两种以上结构形式组合而成的一种结构,如砌体-混凝土结构、混凝土-钢结构。需要注意的是,钢筋混凝土、钢管混凝土、组合楼板、剪力墙等结构不属于混合结构,因为这些结构的同一部位的构件由不同的结构材料组成。

按建筑物按其竖向承重结构形式不同可分为排架结构、框架结构、剪力墙结构、筒体结构和大跨结构等。

按柱铰接的排架形式称为排架,单层工业厂房常采用排架结构,排架结构对不均匀沉降不敏感。按柱刚接的结构形式称为刚架,即框架,是目前房屋建筑的主要结构形式。剪力墙结构和筒体结构水平抗侧刚度大,主要用于高层建筑结构。

大跨结构包括桁架结构、网架结构、壳体结构、拱结构、拱结构和悬索结构。

桁架有较接和刚接之分,铰接桁架中的杆件为轴向受力构件,刚接桁架杆件除轴向力外还有弯矩和剪力。目前世界上跨度最大的屋盖力桁架为贝尔格莱德火车站屋盖,跨度达 135.8 m,1993 年建成建成的蒙古国木桁架最大跨度达 85.8 m。

网架结构的杆件以钢管或型钢为主,也有采用木、铝合金或塑料制作的。网架的形式很多,常用的有四角锥体网架、三角锥体网架和平面桁架系网架等。我国第一座网架结构是 1961 年建成的上海师范学院球类房,平面尺寸为 31.5 m × 40.5 m,上海虹桥机场机库的跨度达到了 150 m。

第 1 章 结构设计概论

内容提要

作为结构设计的预备知识,本章将建筑结构的类型、结构设计的内容与基本要求、建筑结构的作用及结构分析方法进行重点介绍,同时对混凝土结构的耐火设计、耐久性设计、防连续倒塌设计和既有结构设计进行一般介绍。

1.1 建筑结构类型

建筑结构的类型从不同的角度有不同的分类方法。

根据建筑物的用途,分为工业建筑与民用建筑。

根据建筑物的层数,分为单层建筑、多层建筑和高层建筑。冶金、机械等重工业厂房,体育馆、展览厅等大跨度建筑通常采用单层建筑。多层和高层建筑的界限,不同的规范有不同的规定,我国《高层建筑混凝土结构技术规程》规定,10 层及 10 层以上或房屋高度超过 28 m 的住宅建筑以及房屋高度大于 24 m 的其他民用建筑为高层建筑;在《民用建筑设计防火规范》中,规定 10 层及以上的住宅、高度超过 24 m 除体育馆等单层大跨度公共建筑以外的其他民用建筑为高层建筑,其划分原则主要考虑我国消防车供水能力及扑救难度等因素。一般将高度超过 100 m 的建筑称为超高层建筑。

建筑物根据所使用的结构材料分为:木结构、砌体结构、混凝土结构、钢结构和混合结构。木结构因材料来源有限且涉及环境保护,我国已很少使用。砌体结构主要用作竖向承重构件,常与其他材料混合使用做成结构,如砌体-木结构、砌体-混凝土结构。混合结构是指由两种或两种以上结构形式组合而成的一种结构,如砌体-混凝土结构、混凝土-钢结构。需要注意的是,钢筋混凝土、钢管混凝土、组合楼板、组合梁等结构不属于混合结构而是组合结构,因为这些结构同一部位的构件由不同的结构材料组成。

建筑物根据其竖向承重结构形式不同可分为排架结构、框架结构、剪力墙结构、筒体结构和大跨结构等。

梁、柱铰接的结构形式称为排架,单层工业厂房常采用排架结构,排架结构对地基的不均匀沉降不敏感。梁、柱刚接的结构形式称为刚架,即框架,是目前多层房屋的主要结构形式。剪力墙结构和筒体结构水平抗侧力刚度大,主要用于高层建筑结构。

大跨结构包括桁架结构、网架结构、壳体结构、膜结构、拱结构和索结构。

桁架有铰接和刚接之分,铰接桁架中的杆件为轴向受力构件,刚接桁架中的杆件除轴力外还有弯矩和剪力。目前世界上跨度最大的预应力混凝土桁架为贝尔格莱德机库屋盖,跨度达 135.8 m,1993 年挪威建成的胶合层木桁架最大跨度达 85.8 m。

网架结构的杆件以钢管或型钢为主,也有采用木、铝合金或塑料制作的。网架的形式很多,常用的有四角锥体网架、三角锥体网架和平面桁架系网架等。我国第一座网架结构是 1964 年建成的上海师范学院球类房,平面尺寸为 31.5 m×40.5 m,上海虹桥机场机库的跨度达到了 150 m。

壳体结构承受竖向荷载的性能非常好，厚度可以做得很薄。壳体结构有穹顶、筒壳、折壳、双曲扁壳和双曲抛物面壳等。日本出云的木结构圆顶，直径140.7 m，是世界上最大的木结构圆顶；美国西雅图金郡圆球顶直径达202 m，是世界上最大的混凝土圆顶。美国波士顿机场采用混凝土折壳，跨度76.8 m，是目前世界上跨度最大的折壳。

膜结构又称为充气薄膜结构，在高压布罩内部充气用作建筑空间的覆盖物，自重很轻。美国密歇根州庞蒂亚光城的室内体育场平面尺寸为234.9 m×183 m，是目前世界上规模最大的空气薄膜结构。

拱结构和索结构是桥梁的主要结构形式，在房屋建筑中也有应用。如北京工人体育馆的屋顶索结构设有内外两个环，两环之间的上、下层索采用高强钢丝，圆形比赛大厅直径94 m。

各种结构形式见图1-1。

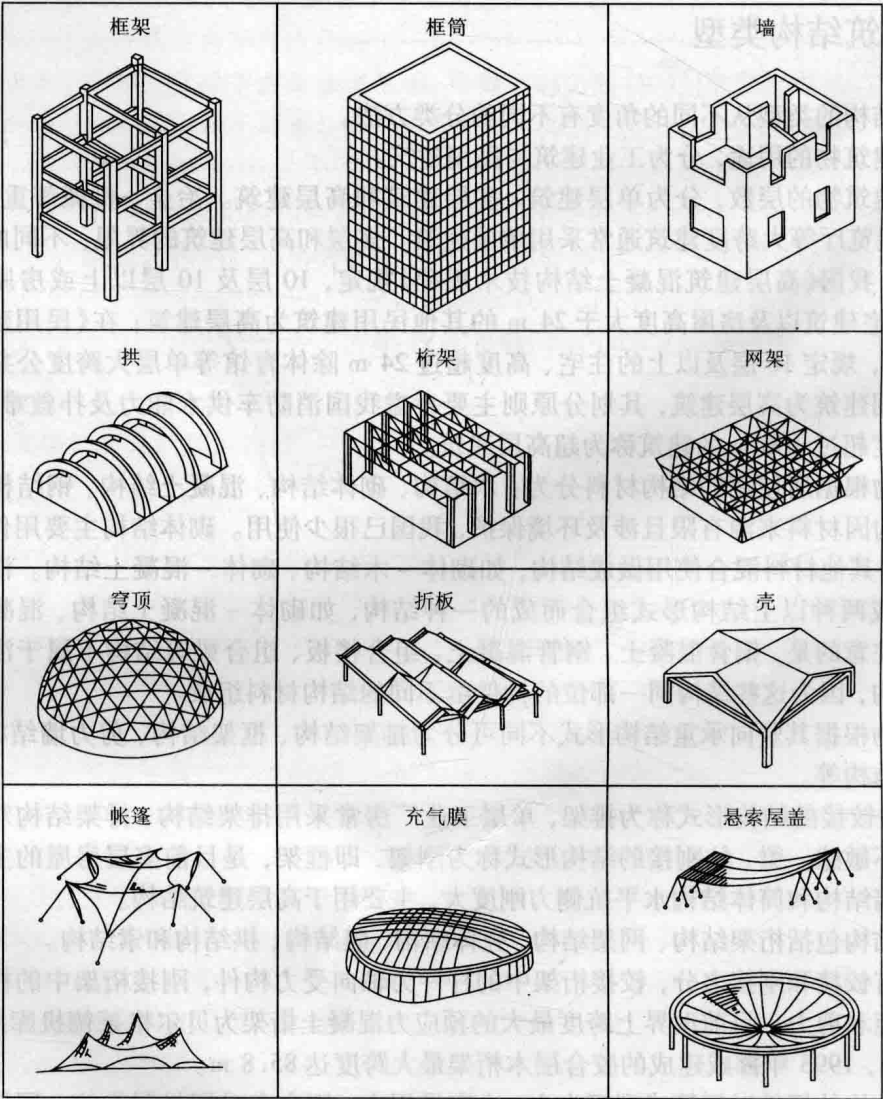


图1-1 建筑结构类型

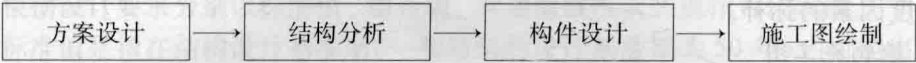
前述各种基本结构形式可以组合成复合结构形式。如框架-剪力墙结构、网-壳结构等，也可以采用不同的建筑材料。

随着科学技术的发展和人们对建筑功能的新要求,新的结构形式和结构材料必定会不断涌现。

1.2 结构设计的基本要求

1.2.1 结构设计的一般程序

建筑结构是建筑物的承重骨架,是一个建筑物发挥其使用功能的基础。结构设计是建筑物设计的重要组成部分,其核心问题是解决结构的安全与经济问题,在安全 and 经济之间寻求最佳的平衡点。结构设计的设计程序可分为以下四个过程:



1.2.1.1 方案设计

结构方案设计包括结构选型、结构布置和主要构件的截面尺寸估算。

(1) 结构选型

结构选型包括上部结构选型和基础选型,主要依据建筑物的功能要求,场地的工程地质条件、现场施工条件、工期要求和当地的环境要求,经过多方案比较和技术经济分析后加以确定。方案的选择应体现科学性、先进性、经济性和可实施性。科学性要求结构受力合理;先进性要求采用新技术、新材料、新结构和新工艺;经济性要求尽可能降低材料的消耗量和劳动力使用量以及建筑物的维护费用;可实施性要求方便施工。

(2) 结构布置

结构布置包括定位轴线、构件布置和设置变形缝。
定位轴线用来确定所有结构构件的水平位置,一般有横向定位轴线和纵向定位轴线,当建筑平面形状复杂时还采用斜向定位轴线。

构件布置就是确定构件的平面位置和竖向位置。平面位置由与定位轴线的关系加以确定,竖向位置由标高确定。在建筑物中存在两种标高:建筑标高和结构标高。建筑标高指建筑物建造完成后的标高,结构标高指结构构件表面的标高,结构标高等于建筑标高扣除构造层的厚度。在结构设计施工图中既可以标注结构标高,也可以标注建筑标高,在施工时再换算成建筑标高。

变形缝包括伸缩缝、沉降缝和防震缝。变形缝的设置要求由相应的结构设计规范规定。由于变形缝的设置会给建筑平面、立面处理以及建筑使用带来不少的麻烦,所以应尽量通过平面布置、结构构造和施工措施做到不设缝或少设缝。

(3) 结构截面尺寸估算

为了进行结构分析,需要确定构件的截面尺寸。构件截面尺寸一般根据变形条件和稳定条件,利用经验公式确定,截面设计时,若尺寸不满足,则再作调整。水平构件可根据挠度的限值和整体稳定条件得到截面高度和跨度的近似关系,竖向构件的截面尺寸可根据结构的水平侧移限制条件估算。

1.2.1.2 结构分析

结构分析是计算结构在各种作用下的效应,它是结构设计的重要内容。结构分析的正确与否直接关系到所设计结构能否满足安全性、适用性和耐久性等结构功能要求。本章 1.4 节将对结构分析作详细论述。

1.2.1.3 构件设计

构件设计包括截面设计和节点设计两个部分。对于混凝土结构,截面设计有时也称为配筋计算,因为截面尺寸在方案设计阶段已初步确定,构件设计阶段所做的工作是确定钢筋的类型、位置和数量。节点设计也称为连接设计。

构件设计有两项工作内容:计算和构造,在结构设计中一部分内容是根据计算确定的,而另一部分内容是根据构造规定确定的。构造是计算的重要补充,两者同等重要,在各设计规范中对构造都有明确的规定。构造的内容非常广泛,在方案设计阶段和构件设计阶段均涉及构造,所以结构设计人员切忌重计算轻构造。需要进行构造处理的情况大致分为两大类:一类是作为计算假定的保证,如保证钢筋与混凝土之间的连接必须有足够的锚固长度等;另一类是作为计算中忽略某个因素或某项内容的补充,如板中设置分布钢筋是对忽略温度因素的弥补。

1.2.1.4 绘制施工图

施工图是工程师的语言,工程师的设计意图要通过图纸来表达。图面的表达应该做到正确、规范、简明和美观。国家建筑标准设计图集《混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图》是目前混凝土结构施工图通用的表达规范。

1.2.2 结构设计的基本内容

结构构件应进行承载能力极限状态的计算和正常使用极限状态的验算,具体内容包括:

①所有的结构构件均应进行承载能力(包括屈曲失稳)计算,必要时还应进行结构的倾覆(刚体失稳)、滑移和漂浮验算,处于抗震设防区的建筑尚应进行抗震的承载力计算。

②直接承受动力作用的构件应进行疲劳强度验算。

③对使用尚需要控制变形值的结构构件应进行变形验算。

④对于可能出现裂缝的结构构件(如混凝土构件),当使用中要求不出现裂缝时,应进行抗裂验算;当使用中允许出现裂缝时,应进行裂缝宽度验算。

⑤混凝土构件还应满足防火和耐久性方面的要求。

1.3 建筑结构的作用

1.3.1 结构作用的种类

结构上的作用分为直接作用和间接作用两大类。直接作用指的是荷载,荷载分为永久荷载、可变荷载和自然荷载;间接作用指的是地震、温度作用、混凝土收缩徐变和支座不均匀沉降等。对于建筑结构,最常见的作用有:构件和固定设备产生的自重荷载、楼面可变荷载(包括屋面积灰荷载和雪荷载)、风荷载和地震作用。在这些作用中,自重荷载为永久荷载,地震作用为偶然荷载,其余均为可变荷载,其中自重荷载和楼面可变荷载是竖向荷载,风荷载是水平荷载,地震作用包括水平和竖向两个方向,一般仅考虑水平地震作用,竖向地震作用仅在8度和9度设防区的大跨度、长悬臂结构及9度设防区的高层建筑才考虑。

有吊车的工业厂房中还有吊车荷载,它属于可变荷载,包括竖向吊车荷载和水平吊车荷载。在地下建筑设计中还涉及土压力和水压力,在储水、料仓等构筑物中则分别有水压力和物料侧压力。

温度的变化也对结构产生作用效应。设计烟囱、冷却塔等构筑物时必须考虑温度的作

用。一般建筑物受温度变化的影响主要有三种：室内外温差、日照温差和季节温差。目前，建筑物在温度作用下的作用效应分析尚不完善，一般在计算中并不考虑，而是采取相应构造措施，如屋面保温隔热层、设置温度伸缩缝及加强配筋构造等。当结构出现某一方向平面尺寸超过伸缩缝最大间距或温度区段长度较长、结构约束较大、房屋高度较高等情况时，结构设计一般应考虑温度的作用。

另外，对于地基不均匀沉降、材料收缩变形等间接作用也只能采取相应构造措施来抵抗其作用效应。

1.3.2 荷载代表值

对于不同的设计内容，荷载将以不同的代表值出现。永久荷载以标准值作为其代表值，可变荷载根据设计要求分别以标准值、组合值、频遇值或准永久值作为代表值。

荷载标准值是指在结构设计基准期（一般结构的设计基准期为 50 年）内可能出现的最大荷载值。由于荷载本身的随机性，因而使用期间的最大荷载也是随机变量。GB 50153—2008《工程结构可靠性设计统一标准》以设计基准期最大荷载概率分布的某个分位值作为该荷载的代表值。

组合值是将可变荷载标准值乘以小于 1 的荷载组合值系数。当有两个或两个以上可变荷载在结构上要求同时考虑时，由于所有可变荷载同时达到其单独出现时可能达到的最大值的概率极小，因此，除主导荷载仍以其标准值为代表值外，其他伴随荷载均取小于标准值的组合值作为荷载代表值。

频遇值是指在结构上时而出现的较大荷载值，在设计基准期内其超越的总时间约为设计基准期的 10%，计算时取可变荷载标准值乘以小于 1 的荷载频遇值系数。

准永久值是指在结构上经常作用的荷载值，在设计基准期内其超越的总时间约为设计基准期的 50%，计算时取可变荷载标准值乘以小于 1 的荷载准永久值系数。

对于承载能力极限状态，应按荷载效应的基本组合或偶然组合进行荷载效应组合；对于正常使用极限状态，应根据不同的设计要求，采用荷载的标准组合、频遇组合或准永久组合。

1.3.3 永久荷载

永久荷载包括结构自重、土压力、预应力等。永久荷载标准值对结构自重可按结构构件的设计尺寸与材料单位体积的自重计算确定。对于自重变异较大的材料和构件（如现场制作的保温材料混凝土薄壁构件等），自重的标准值应根据结构的不利状态，取上限值或下限值。

对常用材料和构件的自重可参考 GB 50009—2012《建筑结构荷载规范》（以下简称《荷载规范》）附录 A 采用。

1.3.4 楼、屋面可变荷载

1.3.4.1 楼面均布活荷载

楼面均布活荷载按其时间的变异特点，可分为持久性可变荷载和临时性可变荷载。前者指经常出现的荷载，如办公楼内的家具、设备、办公用具以及正常办公人员的体重等，这些荷载一般变化不大；后者指短暂出现的荷载，如办公室内开会时人员的临时集中、临时堆放的物品重量等。持久性可变荷载在设计基准期（50 年）内的任何时刻都存在，临时性可变荷载只临时存在，最大总可变荷载是持久性可变荷载和临时性可变荷载的组合。表 1-1 是设计基准期内民用建筑楼面均布活荷载的标准值及其组合值、频遇值和准永久值系数。