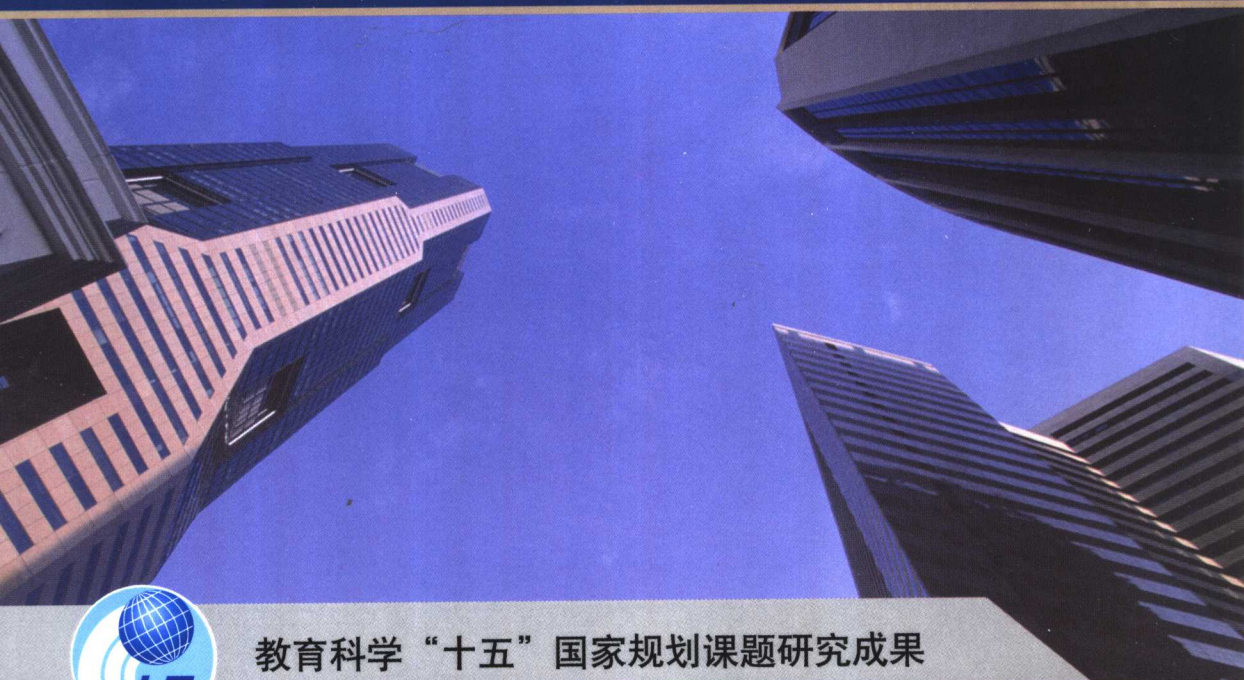




教育科学“十五”国家规划课题研究成果

# 混凝土结构设计

陈伯望 主 编  
祝明桥 张自荣 副主编



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS



教育科学“十五”国家规划课题研究成果

# 混凝土结构设计

陈伯望 主 编

祝明桥 张自荣 副主编



高等教育出版社

HIGHER EDUCATION PRESS

## 内 容 提 要

本书结合我国现行建筑结构设计规范,根据土木工程专业应用型本科人才培养目标编写,力求理论知识结合工程实践,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读者参考。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、多层框架结构等。

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. —北京:高等教育出版社, 2004.7

ISBN 7-04-014488-3

I. 混... II. 陈... III. 混凝土结构-结构设计-高等学校-教材 IV. TU370.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 051271 号

策划编辑 赵湘慧 责任编辑 元 方 封面设计 于 涛 责任绘图 朱 静  
版式设计 胡志萍 责任校对 俞声佳 责任印制 杨 明

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街 4 号  
邮政编码 100011  
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588  
免费咨询 800-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所  
印 刷 国防工业出版社印刷厂

开 本 787×960 1/16  
印 张 16.75  
字 数 310 000

版 次 2004 年 7 月第 1 版  
印 次 2004 年 7 月第 1 次印刷  
定 价 21.20 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

# 总 序

为了更好地适应当前我国高等教育跨越式发展需要,满足我国高校从精英教育向大众化教育的重大转移阶段中社会对高校应用型人才培养的各类要求,探索和建立我国高等学校应用型本科人才培养体系,全国高等学校教学研究中心(以下简称“教研中心”)在承担全国教育科学“十五”国家规划课题——“21世纪中国高等教育人才培养体系的创新与实践”研究工作的基础上,组织全国100余所以培养应用型人才为主的高等院校,进行其子项目课题——“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”的研究与探索,在高等院校应用型人才培养的教学内容、课程体系研究等方面取得了标志性成果,并在高等教育出版社的支持和配合下,推出了一批适应应用型人才培养需要的立体化教材,冠以“教育科学‘十五’国家规划课题研究成果”。

2002年11月,教研中心在南京工程学院组织召开了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题立项研讨会。会议确定由教研中心组织国家级课题立项,为参加立项研究的高等院校搭建高起点的研究平台,整体设计立项研究计划,明确目标。课题立项采用整体规划、分步实施、滚动立项的方式,分期分批启动立项研究计划。为了确保课题立项目标的实现,组建了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题领导小组(亦为高校应用型人才立体化教材建设领导小组)。会后,教研中心组织了首批课题立项申报,有63所高校申报了近450项课题。2003年1月,在黑龙江工程学院进行了项目评审,经过课题领导小组严格的把关,确定了首批9项子课题的牵头学校、主持学校和参加学校。2003年3月至4月,各子课题相继召开了工作会议,交流了各校教学改革的情况和面临的具体问题,确定了项目分工,并全面开始研究工作。计划先集中力量,用两年时间形成一批有关人才培养模式、培养目标、教学内容和课程体系等理论研究成果报告和研究报告基础上同步组织建设的反映应用型人才特色的立体化系列教材。

与过去立项研究不同的是,“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题研究在审视、选择、消化与吸收多年来已有应用型人才培养探索与实践成果基础上,紧密结合经济全球化时代高校应用型人才培养工作的实际需要,努力实践,大胆创新,采取边研究、边探索、边实践的方式,推进高校应用型本科人才培养工作,突出重点目标,并不断取得标志性的阶段成果。

教材建设作为保证和提高教学质量的重要支柱和基础,作为体现教学内容和教学方法的知识载体,在当前培养应用型人才中的作用是显而易见的。探索、建设适应新世纪我国高校应用型人才体系需要的教材体系已成为当前我国高校教学改革和教材建设工作面临的十分重要的任务。目前,教材建设工作存在的问题不容忽视,适用于应用型人才培养的优秀教材还较少,大部分国家级教材对一般院校,尤其是新办本科院校来说,起点较高,难度较大,内容较多,难以适应一般院校的教学需要。因此,在课题研究过程中,各课题组充分吸收已有的优秀教学改革成果,并和教学实际结合起来,认真讨论和研究教学内容和课程体系的改革,组织一批学术水平较高、教学经验较丰富、实践能力较强的教师,编写出一批以公共基础课和专业、技术基础课为主的有特色、适用性强的教材及相应的教学辅导书、电子教案,以满足高等学校应用型人才培养的需要。

我们相信,随着我国高等教育的发展和高校教学改革的不断深入,特别是随着教育部即将启动的“高等学校教学质量和教学改革工程”的实施,具有示范性和适应应用型人才培养的精品课程教材必将进一步促进我国高校教学质量的提高。

全国高等学校教学研究中心

2003年4月

# 前 言

作为“混凝土结构原理”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,也是建筑工程等课群组的必选课程。为了适应新时代土木工程专业培养方案的需要,人才培养目标应区分不同的层次,相对于研究型人才而言,应用型人才的培养目标更加强调面向工程实践,要求既有一定的专业基础理论,更要有较强的工程实践能力。

本书作为应用型本科系列教材之一,从土木工程专业培养目标出发,为学生提供成为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,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供读者参考。本书也可作为相应课程设计的指导书。

本书内容精简,浅显易懂。其中,结构设计概论主要介绍了结构设计基本要求、结构的作用和结构分析、结构耐火与耐久性设计及强制性条文;梁板结构重点介绍单向板肋梁楼盖和双向板肋梁楼盖设计;单层排架结构重点介绍单跨排架和两跨等高排架设计;多层框架结构重点介绍多层非抗震框架的设计。各章均设置了本章内容提要、小结、思考题和习题。

本书结合现行国家规范编写,紧密结合工程实践,突出应用性,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、监理的技术人员参考。

本书第1章由陈伯望(湖南城市学院)编写,第2章由彭朝晖、刘益虹(湖南城市学院)编写,第3章由祝明桥(湖南科技大学)编写,第4章由张自荣、李九阳(长春工程学院)编写,附表由相应章节作者编写。全书由陈伯望主编,祝明桥、张自荣副主编。

高等学校土木工程专业指导委员会委员、湖南大学沈蒲生教授担任了本书主审,并提出了许多中肯的意见。本书在编写过程中参考并引用了大量文献。谨此一并表示衷心感谢。

由于我们对应用型本科的课程设置、教材、教学内容安排尚需逐步加深理解,书中难免存在疏漏和不足之处,敬请读者批评指正。

编 者

2004年2月

# 目 录

|                           |      |
|---------------------------|------|
| <b>第 1 章 结构设计概论</b> ..... | (1)  |
| 内容提要 .....                | (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 .....     | (5)  |
| 1.3 建筑结构的作用 .....         | (5)  |
| 1.3.1 结构作用的种类 .....       | (5)  |
| 1.3.2 荷载代表值 .....         | (6)  |
| 1.3.3 永久荷载 .....          | (7)  |
| 1.3.4 楼、屋面可变荷载 .....      | (7)  |
| 1.3.5 风荷载 .....           | (10) |
| 1.4 结构分析 .....            | (13) |
| 1.4.1 结构分析的基本原则 .....     | (14) |
| 1.4.2 线弹性分析方法 .....       | (15) |
| 1.4.3 其他分析方法 .....        | (16) |
| 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 .....      | (20) |
| 1.6 强制性条文 .....           | (24) |
| 1.6.1 强制性条文的背景 .....      | (24) |
| 1.6.2 强制性条文的内容 .....      | (25) |
| 小结 .....                  | (25) |
| 思考题 .....                 | (26) |
| 习题 .....                  | (26) |
| <b>第 2 章 梁板结构</b> .....   | (27) |
| 内容提要 .....                | (27) |
| 2.1 梁板结构类型 .....          | (27) |
| 2.2 混凝土单向板肋梁楼盖设计 .....    | (29) |
| 2.2.1 结构布置 .....          | (29) |
| 2.2.2 弹性理论计算方法 .....      | (29) |
| 2.2.3 塑性理论计算方法 .....      | (35) |
| 2.2.4 截面设计与构造要求 .....     | (40) |

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| 2.2.5 单向板肋梁楼盖设计例题 .....   | (45)  |
| 2.3 混凝土双向板肋梁楼盖设计 .....    | (58)  |
| 2.3.1 弹性理论计算方法 .....      | (58)  |
| 2.3.2 塑性理论计算方法 .....      | (60)  |
| 2.3.3 截面设计与构造要求 .....     | (64)  |
| 2.3.4 双向板设计例题 .....       | (65)  |
| 2.4 装配式楼盖 .....           | (70)  |
| 2.4.1 预制构件形式 .....        | (70)  |
| 2.4.2 装配式楼盖的结构布置和连接 ..... | (71)  |
| 2.4.3 装配式楼盖的计算要点 .....    | (73)  |
| 2.5 楼梯和雨篷 .....           | (73)  |
| 2.5.1 整体式楼梯设计 .....       | (74)  |
| 2.5.2 雨篷设计 .....          | (82)  |
| 小结 .....                  | (84)  |
| 思考题 .....                 | (85)  |
| 习题 .....                  | (86)  |
| <b>第3章 单层排架结构</b> .....   | (87)  |
| 内容提要 .....                | (87)  |
| 3.1 单层厂房结构组成和布置 .....     | (87)  |
| 3.1.1 单层厂房的特点 .....       | (87)  |
| 3.1.2 单层厂房结构形式 .....      | (88)  |
| 3.1.3 排架结构组成和传力途径 .....   | (89)  |
| 3.1.4 结构布置 .....          | (91)  |
| 3.2 主要构件选型 .....          | (102) |
| 3.2.1 标准构件选型 .....        | (102) |
| 3.2.2 屋面构件选型 .....        | (102) |
| 3.2.3 吊车梁选型 .....         | (106) |
| 3.2.4 柱选型 .....           | (107) |
| 3.2.5 基础选型 .....          | (111) |
| 3.3 排架结构计算 .....          | (113) |
| 3.3.1 计算简图 .....          | (113) |
| 3.3.2 排架结构上的荷载 .....      | (115) |
| 3.3.3 等高排架分析 .....        | (121) |
| 3.3.4 排架内力组合 .....        | (127) |
| 3.3.5 排架结构的整体空间作用 .....   | (129) |
| 3.4 主要构件设计 .....          | (132) |
| 3.4.1 排架柱设计 .....         | (132) |
| 3.4.2 柱下扩展基础设计 .....      | (139) |

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| 3.5 工程实例 .....            | (147) |
| 3.5.1 排架结构计算 .....        | (148) |
| 3.5.2 排架结构施工图 .....       | (172) |
| 小结 .....                  | (175) |
| 思考题 .....                 | (176) |
| 习题 .....                  | (177) |
| <b>第4章 多层框架结构</b> .....   | (178) |
| 内容提要 .....                | (178) |
| 4.1 框架结构概述 .....          | (178) |
| 4.1.1 框架结构的组成特点 .....     | (178) |
| 4.1.2 框架结构的分类 .....       | (178) |
| 4.2 框架结构布置 .....          | (179) |
| 4.2.1 结构布置的一般原则 .....     | (179) |
| 4.2.2 柱网布置 .....          | (179) |
| 4.2.3 框架承重体系布置 .....      | (179) |
| 4.2.4 变形缝设置 .....         | (180) |
| 4.3 框架结构计算简图 .....        | (181) |
| 4.3.1 框架结构梁、柱截面尺寸确定 ..... | (181) |
| 4.3.2 计算简图 .....          | (181) |
| 4.3.3 荷载计算 .....          | (182) |
| 4.4 框架结构内力分析及侧移验算 .....   | (183) |
| 4.4.1 竖向荷载作用下的内力分析 .....  | (183) |
| 4.4.2 水平荷载作用下的内力分析 .....  | (185) |
| 4.4.3 侧移验算 .....          | (189) |
| 4.5 框架结构内力组合 .....        | (190) |
| 4.5.1 内力组合目的 .....        | (190) |
| 4.5.2 控制截面 .....          | (190) |
| 4.5.3 荷载效应组合 .....        | (190) |
| 4.5.4 组合目标 .....          | (191) |
| 4.5.5 竖向活荷载的最不利布置 .....   | (191) |
| 4.5.6 梁端弯矩调幅 .....        | (192) |
| 4.6 框架结构配筋设计及构造要求 .....   | (193) |
| 4.6.1 配筋设计 .....          | (193) |
| 4.6.2 构造要求 .....          | (195) |
| 4.7 框架结构基础设计 .....        | (199) |
| 4.7.1 柱下条形基础设计 .....      | (199) |
| 4.7.2 其他基础设计简介 .....      | (200) |
| 4.8 框架结构设计例题 .....        | (202) |

|                                                             |       |
|-------------------------------------------------------------|-------|
| 4.8.1 设计资料 .....                                            | (202) |
| 4.8.2 框架结构计算简图 .....                                        | (204) |
| 4.8.3 恒荷载及其内力分析 .....                                       | (207) |
| 4.8.4 活荷载及其内力分析 .....                                       | (211) |
| 4.8.5 风荷载及其内力分析 .....                                       | (213) |
| 4.8.6 内力组合 .....                                            | (218) |
| 4.8.7 截面设计 .....                                            | (226) |
| 4.8.8 基础设计 .....                                            | (230) |
| 小结 .....                                                    | (234) |
| 思考题 .....                                                   | (235) |
| 习题 .....                                                    | (235) |
| 附表 .....                                                    | (237) |
| 附表 A 连续梁板的计算跨度 $l_0$ .....                                  | (237) |
| 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 .....                           | (238) |
| 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 .....                       | (244) |
| 附表 D 5~30/5 t 一般用途电动桥式起重机基本参数和尺寸<br>(ZQ1-62 部分系列) .....     | (247) |
| 附表 E 单阶变截面柱的柱顶位移系数 $C_0$ 和 $F$ 反力系数 $C_1 \sim C_{11}$ ..... | (248) |
| 附表 F 轴心受压和偏心受压柱的计算长度 $l_0$ .....                            | (250) |
| 附表 G 钢筋混凝土结构伸缩缝最大间距 .....                                   | (251) |
| 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 $y_0$ .....                    | (251) |
| 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 $y_0$ .....                | (254) |
| 附表 J 上、下层横梁线刚度比对 $y_0$ 的修正值 $y_1$ .....                     | (256) |
| 附表 K 上、下层层高变化对 $y_0$ 的修正值 $y_2$ 和 $y_3$ .....               | (256) |
| 参考文献 .....                                                  | (257) |

## 第 1 章

# 结构设计概论

### 内容提要

本章重点介绍建筑结构的类型、结构设计的基本要求、建筑结构的作用及结构分析方法,同时对混凝土结构的耐火与耐久性设计、强制性条文进行一般介绍。

## 1.1 建筑结构类型

建筑结构的类型按照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、机械等重工业厂房和体育馆、展览厅等大跨度建筑通常采用单层建筑。多层建筑和高层建筑的界限在不同的规范中有不同的规定,我国 JGJ 3—2002, J 186—2002《高层建筑混凝土结构技术规程》规定,10 层及 10 层以上或建筑高度超过 28 m 的建筑物为高层建筑;在 GB 50045—95《高层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及保护环境的需要,目前我国已很少使用。砌体结构主要用作竖向承重构件,常与其他材料混合使用,如砌体—木结构、砌体—混凝土结构。混合结构是指不同部位的结构、构件由两种或两种以上结构材料组成的结构,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,因为其同一部位的构件由不同的结构材料组成。

建筑物根据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结构,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结构，即框架结构，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移刚度大，主要用于高层建筑。

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，其跨度达 135.8 m。1993 年在挪威建成的胶合层木桁架最大跨度达 85.8 m。

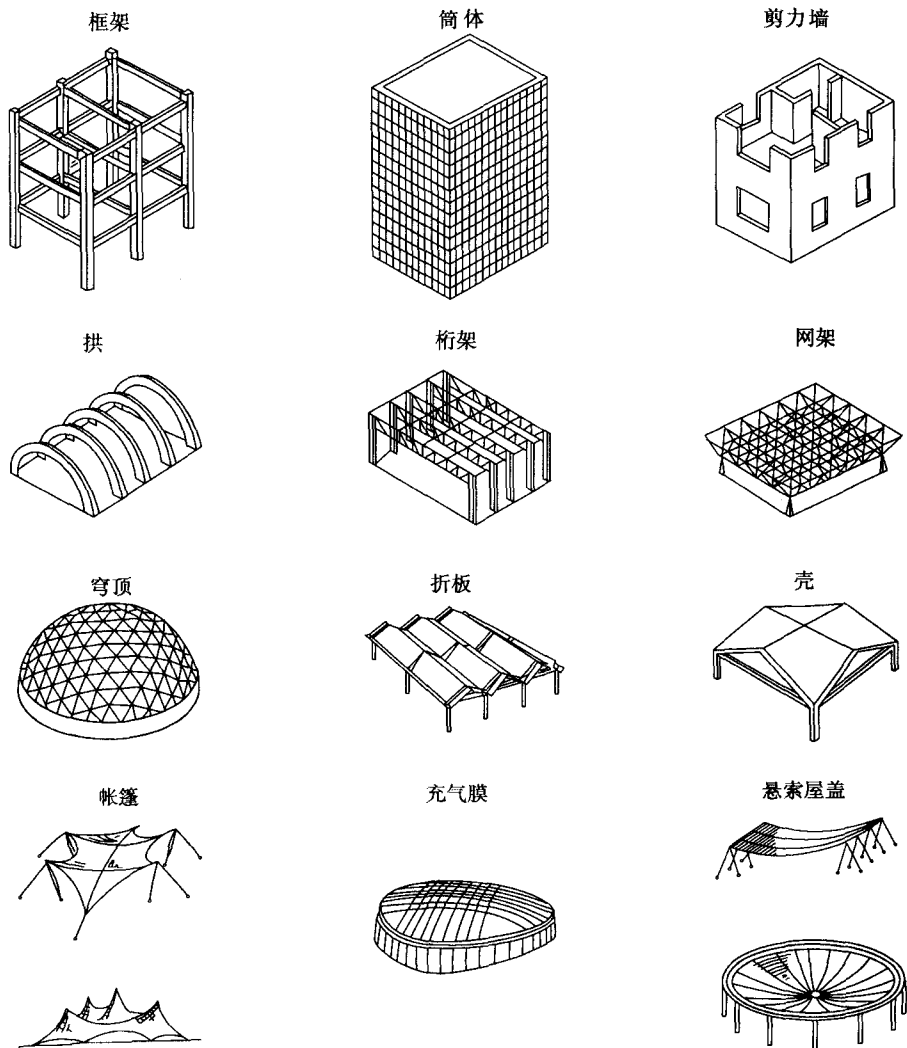


图 1.1.1 建筑结构类型

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 $31.5\text{ m} \times 40.5\text{ m}$ ,上海虹桥机场机库的跨度达到了 $150\text{ m}$ 。

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 $140.7\text{ m}$ ,是世界上最大的木结构圆顶建筑;美国西雅图金郡圆球顶直径达 $202\text{ m}$ ,是世界上最大的混凝土圆顶建筑。美国波士顿机场采用的混凝土折壳结构,跨度达 $76.8\text{ m}$ ,是目前世界上跨度最大的折壳建筑。

膜结构又称为充气薄膜结构,是在高强布罩内部充气作为建筑空间的覆盖物,自重很轻。美国密执安州庞蒂亚光城的室内体育场平面尺寸为 $234.9\text{ m} \times 183\text{ m}$ ,是目前世界上规模最大的充气薄膜结构。

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、下层索采用高强度钢丝,其圆形比赛大厅直径为 $94\text{ m}$ 。

各种结构形式如图1.1.1所示。

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

建筑物的设计包括建筑设计、结构设计、给排水设计、采暖通风设计和电气设计。每一专业的设计都应围绕设计的四个基本要求,即功能要求、美观要求、经济要求和环保要求。功能要求是指建筑物必须符合使用要求;美观要求是指建筑物必须满足人们的审美情趣;经济要求是指建筑物应具有最佳的综合经济指标;环保要求是指建筑物应是符合可持续发展要求的绿色建筑。

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,其设计程序可分为以下四个过程:



## 1. 方案设计

方案设计又称为初步设计。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布置、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确定，竖向位置由标高确定。在建筑物中存在两种标高，即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，在施工时再换算成结构标高。

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使用和建筑平面及立面的处理带来不少的麻烦，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，在进行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。

## 2. 结构分析

结构分析是计算结构在各种作用下的效应，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的结构能否满足安全性、适用性和耐久性等功能要求。本章1.4节将对结构分析进行详细讲述。

## 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，两者是同等重要的，在各设计规范中对构造都有明确的规定。结构设计人员切忌重计算轻构造。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。需要构造处理的原因大致分为两大类：一类是作为计算假定的保证，如保证钢筋与混凝土之间的粘结必须有足够的锚结长度等；另一类是作为计算中忽略某个因素或某项内容的补充，如在板中设置分布钢筋是对忽略温度因素的弥补。

#### 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。

### 1.2.2 结构设计的基本内容

结构构件应进行承载力极限状态的计算和正常使用极限状态的验算，具体内容如下：

- ① 所有的结构构件均应进行承载力（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还应进行抗震的承载力计算；
- ② 直接承受动力的构件应进行疲劳强度验算；
- ③ 对使用中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 混凝土构件还应进行耐久性设计。

## 1.3 建筑结构的作用

建筑物在其使用期内要受到来自其内部或外部、直接或间接的各种作用。所谓“作用”是指使结构和构件产生内力、变形和裂缝的各种原因。

### 1.3.1 结构作用的种类

对于建筑结构，最常见的作用包括构件和固定设备产生的重力荷载、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，重力荷载为永久荷载，地震作用为偶然荷载，其余均为可变荷载。其中重力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。在设计烟囱、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,对于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,而是采取相应的构造措施,如屋面保温隔热层、设置温度伸缩缝及加强配套构造等。但对于30层以上以及100 m以上的超高层建筑需要考虑温度的作用。

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(又称为恒荷载)以标准值作为其代表值,可变荷载(又称为活荷载)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 50068—2001《建筑结构可靠度设计统一标准》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出现的较大荷载值,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,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—2001《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. 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、临时堆放物品重量等。持久性可变荷载在设计基准期(50年)内的任意时刻都存在,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可变荷载的标准值及其组合值、频遇值和准永久值系数。

表 1.1 民用建筑楼面均布活荷载标准值及其组合值、频遇值和准永久值系数

| 项次 | 类 别                           | 标准值/<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 组合值<br>系数 $\psi_c$ | 频遇值<br>系数 $\psi_f$ | 准永久值<br>系数 $\psi_q$ |
|----|-------------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 1  | (1) 住宅、宿舍、旅馆、办公楼、医院病房、托儿所、幼儿园 | 2.0                          | 0.7                | 0.5                | 0.4                 |
|    | (2) 教室、试验室、阅览室、会议室、医院门诊室      |                              |                    | 0.6                | 0.5                 |
| 2  | 食堂、餐厅、一般资料管理室                 | 2.5                          | 0.7                | 0.6                | 0.5                 |
| 3  | (1) 礼堂、剧场、影院、有固定座位的看台         | 3.0                          | 0.7                | 0.5                | 0.3                 |
|    | (2) 公共洗衣房                     | 3.0                          | 0.7                | 0.6                | 0.5                 |
| 4  | (1) 商店、展览厅、车站、港口、机场大厅及其旅客等候室  | 3.5                          | 0.7                | 0.6                | 0.5                 |
|    | (2) 无固定座位的看台                  | 3.5                          | 0.7                | 0.5                | 0.3                 |
| 5  | (1) 健身房、演出舞台                  | 4.0                          | 0.7                | 0.6                | 0.5                 |
|    | (2) 舞厅                        | 4.0                          | 0.7                | 0.6                | 0.3                 |
| 6  | (1) 书库、档案库、贮藏室                | 5.0                          | 0.9                | 0.9                | 0.8                 |
|    | (2) 密集柜书库                     | 12.0                         |                    |                    |                     |
| 7  | 通风机房、电梯机房                     | 7.0                          | 0.9                | 0.9                | 0.8                 |