

普通高等教育“十三五”规划教材

混凝土结构设计

李哲 主编

崔晓玲 郭光玲 副主编

Design
of Concrete
Structures



化学工业出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

混凝土结构设计

李哲 主编
崔晓玲 郭光玲 副主编

Design
of Concrete
Structures



化学工业出版社

·北京·

本书依据现行国家标准《建筑结构荷载规范》《混凝土结构设计规范》《建筑抗震设计规范》《装配式混凝土结构技术规程》等编写。全书共4章，主要讲述了混凝土梁板结构、单层厂房结构、钢筋混凝土框架结构的设计步骤并包含设计例题。其中，混凝土梁板结构补充讲述了装配式结构的梁板结构，钢筋混凝土框架结构也补充介绍了装配式框架结构的设计内容。本书部分章节讲及规范的内容可扫二维码了解具体内容。每章后有思考题和习题，读者可通过思考题和习题加深对课程内容的理解 and 应用。

本书可作为高等院校土木工程等专业的教材，也可供相关专业的设计、施工和科研人员参考。

装配式混凝土结构

李哲 主编

李哲 李哲 李哲 李哲

图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土结构设计/李哲主编. —北京: 化学工业出版社, 2019. 8

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-122-34483-0

I. ①混… II. ①李… III. ①混凝土结构-结构设计-高等学校-教材 IV. ①TU370.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 089802 号

责任编辑: 刘丽菲

装帧设计: 史利平

责任校对: 宋 夏

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 三河市航远印刷有限公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 20 $\frac{1}{2}$ 字数 536 千字 2019 年 10 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888

售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 58.00 元

版权所有 违者必究

前言

混凝土结构设计是高等学校土木工程专业的专业课，其任务是通过本课程的学习，使学生掌握钢筋混凝土结构的梁板结构、单层工业厂房和框架结构的设计原理和方法，为将来从事钢筋混凝土结构设计和施工打下良好的基础，达到土木工程专业培养目标要求。

本书紧扣我国建筑行业现行颁布执行的有关规范和标准，尤其是《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)和《装配式混凝土结构技术规程》(JGJ 1—2014)等。本书主要介绍了钢筋混凝土的梁板结构、单层工业厂房和框架结构的设计方法和构造措施等。

本书内容密切结合我国工程实际，力求文字简练，深入浅出。为了使读者既能深入、系统地理解结构的受力性能，又能正确灵活地掌握结构的设计方法，本书在阐述基本概念和设计原理的基础上，补充介绍了装配式相关内容，介绍了工程中实用的计算方法，并列举了适量的实例，包括现浇钢筋混凝土楼盖（其中含板式楼梯的具体设计过程）、单层厂房排架结构和多层框架结构三个完整的设计实例。本书中悬挑楼梯、螺旋楼梯、无梁楼盖、地震作用效应的计算因不常用或在其他课程中有详细讲述仅作为补充介绍，可扫二维码获取，同时为了便于教学工作和学生学习，在各章还提供了思考题和习题。本书部分讲及规范的内容可扫二维码了解具体内容。

本书可作为普通高等院校土木工程专业教材，也可作为土木工程设计和施工技术人员的学习参考书。

全书由西安理工大学李哲任主编，由西安理工大学崔晓玲和陕西理工大学郭光玲任副主编。具体编写分工为：崔晓玲编写第1、2章，郭光玲编写第3章，李哲编写第4章。另外，赵传智、王鑫杰、邢乐阳、雷家奇、冯学伟、乔成元参与习题的计算、附表的整理和部分图的绘制工作。

在本书编写过程中还参考了国内同行的教材、著作和论文等资料，在此表示感谢。

由于编者水平有限，书中必有不妥或疏忽之处，恳请读者批评指正。

编者

2019.4

目录

第 1 章 绪论 1

1.1 概述	1
1.1.1 建筑结构	1
1.1.2 建筑结构的设计概念	3
1.2 混凝土结构	4
1.2.1 工程结构设计的过程和阶段	4
1.2.2 结构设计的内容	5
1.2.3 结构设计的要求	8
1.2.4 结构设计原则	9
1.2.5 结构分析方法	10
1.3 本课程的主要内容和特点	12
1.3.1 本课程的基本内容	12
1.3.2 本课程的特点和学习要求	13
思考题及习题	14

第 2 章 混凝土梁板结构 15

2.1 概述	15
2.1.1 楼盖结构类型	16
2.1.2 梁、板截面尺寸	19
2.1.3 交叉梁和主次梁	20
2.1.4 混凝土现浇整体式楼盖分析方法	21
2.2 单向板肋梁楼盖	21
2.2.1 结构布置	21
2.2.2 计算简图	23
2.2.3 按弹性理论方法计算结构内力	26
2.2.4 按塑性理论的分析方法计算结构内力	29
2.2.5 单向板肋梁楼盖截面设计及构造要求	38
2.2.6 现浇单向板肋梁楼盖设计实例	44

2.3	双向板肋梁楼盖	63
2.3.1	双向板肋梁楼盖的特点	63
2.3.2	双向板按弹性理论计算	64
2.3.3	双向板按塑性理论计算	65
2.3.4	双向板支承梁的计算	74
2.3.5	双向板肋梁楼盖截面设计及构造要求	75
2.4	井式楼盖和密肋楼盖	77
2.4.1	井式楼盖	77
2.4.2	密肋楼盖	80
2.5	无梁楼盖(扫二维码获取)	82
2.6	装配式楼盖	82
2.6.1	装配式楼盖的平面布置方案	82
2.6.2	预制混凝土铺板	82
2.6.3	楼盖梁	84
2.6.4	装配式构件计算要点	84
2.6.5	装配式楼盖的设计构造要求	85
2.6.6	装配整体式楼盖的设计	86
2.7	楼梯	89
2.7.1	楼梯的结构形式	89
2.7.2	板式楼梯	91
2.7.3	梁式楼梯	100
2.7.4	悬挑楼梯(扫二维码获取)	110
2.7.5	螺旋楼梯(扫二维码获取)	110
2.7.6	装配式楼梯	110
	思考题及习题	112

第3章 单层厂房结构

117

3.1	概述	117
3.2	结构组成及荷载传递	118
3.2.1	结构组成	118
3.2.2	荷载传递	120
3.3	结构布置	121
3.3.1	厂房关键尺寸	121
3.3.2	变形缝	124
3.3.3	支撑的布置	125
3.3.4	围护结构的布置	127
3.4	构件选型与截面尺寸确定	130
3.4.1	屋盖结构构件	130

3.4.2	吊车梁	132
3.4.3	柱	133
3.4.4	基础	136
3.5	横向排架结构内力分析	137
3.5.1	排架计算简图	137
3.5.2	排架荷载计算	138
3.5.3	排架内力计算	145
3.5.4	内力组合	150
3.5.5	排架考虑厂房空间作用时的计算	152
3.6	柱的设计	154
3.6.1	截面设计	154
3.6.2	吊装运输阶段的验算	155
3.6.3	牛腿设计	157
3.7	柱下独立基础设计	160
3.7.1	基础底面尺寸的确定	161
3.7.2	基础高度的确定	163
3.7.3	基础底板配筋计算	164
3.7.4	基础的构造要求	165
3.8	钢筋混凝土屋架设计要点	170
3.8.1	屋面梁和屋架	170
3.8.2	屋架外形设计	172
3.8.3	荷载及组合	172
3.8.4	内力分析	173
3.8.5	截面设计	173
3.8.6	屋架吊装时扶直验算	173
3.9	吊车梁的设计要点	174
3.9.1	吊车梁的形式	174
3.9.2	吊车梁的受力特点	175
3.9.3	吊车梁的结构设计特点	176
3.10	连接构造及预埋件设计	176
3.10.1	连接构造及传力分析	176
3.10.2	预埋件设计	177
3.10.3	吊环设计	180
3.11	单层厂房设计实例	180
3.11.1	工程概况	180
3.11.2	设计参考资料	181
3.11.3	选择柱截面尺寸, 确定有关参数	182
3.11.4	荷载计算	182
3.11.5	排架内力计算	186
3.11.6	排架内力组合	188

3.11.7 柱的配筋计算	188
3.11.8 牛腿设计计算	189
3.11.9 柱的吊装验算	190
3.11.10 基础设计计算	191
思考题及习题	194

第 4 章 钢筋混凝土框架结构

197

4.1 概述	197
4.1.1 框架结构的组成	197
4.1.2 框架结构的分类	197
4.1.3 框架结构的布置	198
4.2 框架结构的计算简图及荷载	201
4.2.1 梁、柱截面尺寸	201
4.2.2 框架结构的计算简图	202
4.2.3 框架结构的荷载计算	204
4.3 框架结构的内力与位移计算	210
4.3.1 竖向荷载作用下的框架结构内力的简化计算	210
4.3.2 水平荷载作用下的框架结构内力和侧移的简化计算	215
4.4 框架结构的最不利内力及内力组合	227
4.4.1 控制截面	227
4.4.2 框架梁、柱最不利内力组合	227
4.4.3 梁端弯矩调幅	228
4.5 框架结构构件设计	228
4.5.1 框架抗震设计的延性要求	228
4.5.2 框架梁的设计及构造要求	230
4.5.3 框架柱的设计及构造要求	235
4.6 多层建筑框架结构设计实例	247
4.6.1 构件材料及尺寸	247
4.6.2 框架侧移刚度计算	248
4.6.3 重力荷载代表值计算	250
4.6.4 横向水平地震作用下框架内力和侧移计算	252
4.6.5 竖向荷载作用下框架的内力计算	255
4.6.6 内力组合	260
4.6.7 框架结构构件截面设计	269
4.7 叠合梁设计	274
4.7.1 叠合梁的受力特点	275
4.7.2 叠合梁的承载力计算	276
4.7.3 叠合梁的正常使用极限状态验算	279

4.7.4	叠合梁的构造规定	282
4.8	装配式框架结构设计	287
4.8.1	装配式框架结构承载力计算	287
4.8.2	装配式框架结构构造设计	287
	思考题及习题	290

附录

附录 1 等截面等跨连续梁在常用荷载作用下弹性内力系数表

291

附录 1	等截面等跨连续梁在常用荷载作用下弹性内力系数表	291
附录 2	双向板按弹性理论计算的系数表	300
附录 3	电动桥式起重机基本参数	309
附录 4	风荷载计算所用系数	310
附录 5	框架柱反弯点高度比	312

参考文献

319

第1章

绪论

1.1 概述

1.1.1 建筑结构

建筑物是人类利用物质技术手段,运用科学规律和美学法则,通过对空间的限定、组织而创造的供人们生活居住、工作学习、娱乐和从事生产等活动的空间场所,如住宅、办公楼、体育馆、发电厂等。

建筑结构是建筑物的骨架,是由各种材料(砖、石、混凝土、钢材和木材等)建造的若干基本构件(梁、板、柱、墙、杆、壳等)通过一定连接方式构成的空间整体体系,能安全可靠地承受自重及其在使用中(或施工过程中)可能出现的各种作用,并能将这些作用传递给地基。一种建筑结构体系通常对应一种结构分析计算简图,并形成相应的计算方法以及相关配套的结构构造措施。

建筑结构由水平承重结构体系、竖向承重结构体系和下部结构(室外地面以下)三部分组成。

水平承重结构由楼盖、屋盖、楼梯等组成,一方面承受直接作用在其上的竖向荷载,并把竖向荷载传递给竖向结构体系,另一方面把作用在各层处的水平力传递和分配给竖向结构体系。同时水平承重结构作为竖向结构体系的组成部分,与竖向结构体系中的构件共同形成整体结构,提高整个结构的侧向刚度和抗侧承载力。水平承重结构体系主要有梁板结构、平板结构、密肋结构、拱结构、网架结构、折板结构、筒壳结构、索结构、穹顶结构等,部分结构见图1-1。

竖向承重结构由墙和柱等构件组成,承受由楼、屋盖传来的竖向力和水平力并将其传给下部结构,是抵抗侧向力的主要结构体系,是整个结构的关键,所以常把竖向结构体系称为抗侧力结构体系,如剪力墙结构、框架结构、框架-剪力墙结构、筒体结构、框架-筒体结构和巨型框架结构等,部分结构见图1-2。

有些结构是作为一个整体同时承受竖向和水平荷载作用,无法简单区分出水平结构体系或竖向结构体系,此时称为空间结构体系,如空间壳体结构、空间折板结构、网壳结构等,近年来还有一些新型结构体系出现,如索膜结构、索支结构、索穹顶结构、充气结构、悬挂结构、束筒结构等,部分结构见图1-3。

下部结构包括地下室和基础,无地下室的建筑结构只包括基础,其主要作用是把上部结构传来的力可靠地传给天然地基或人工地基。基础主要采用钢筋混凝土,当荷载较小时也可采用砌体。钢筋混凝土基础主要形式有柱下独立基础、条形基础、筏板基础等;地下室还可

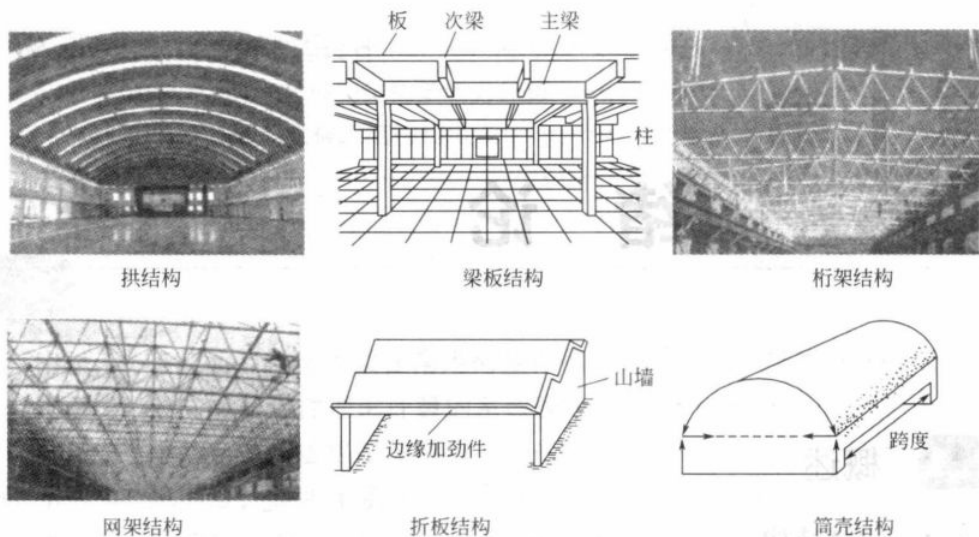


图 1-1 水平结构体系

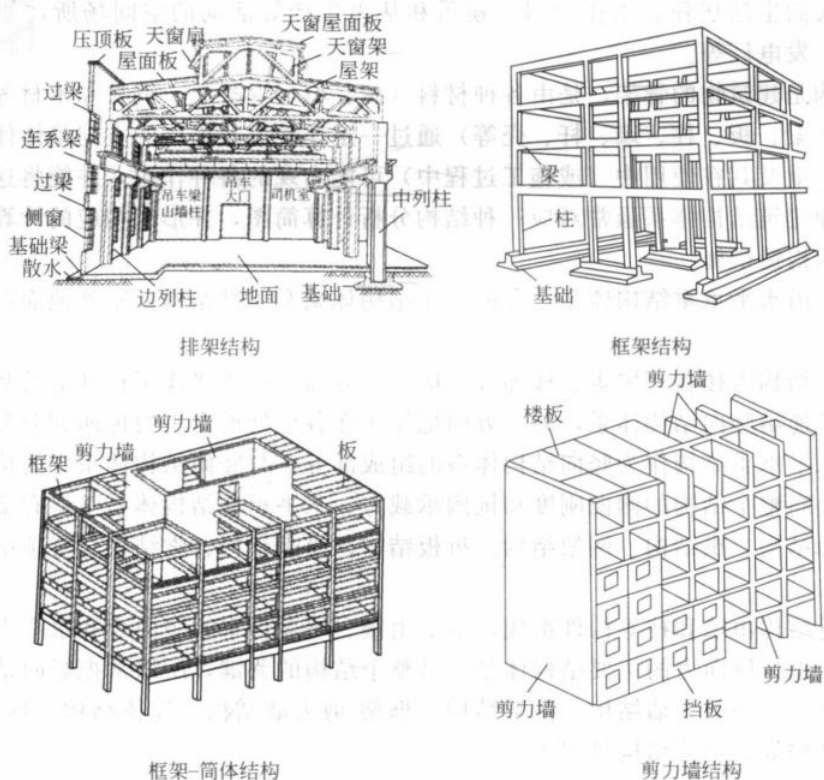


图 1-2 竖向结构体系

以做成同时承受水平和竖向作用的箱形基础。

建筑的作用，首先是形成人活动所需要的、功能良好和舒适美观的空间；其次是能够抵御自然和人为的各种作用，使建筑物安全、适用、耐久，并在突发偶然事件时能保持整体稳定；最后是能充分发挥所使用材料的效能。因此对要建造的建筑结构，首先要选择合理的结构形式和受力体系，其次是选择结构材料并充分发挥其作用，使结构具有抵御自然和人为的各种

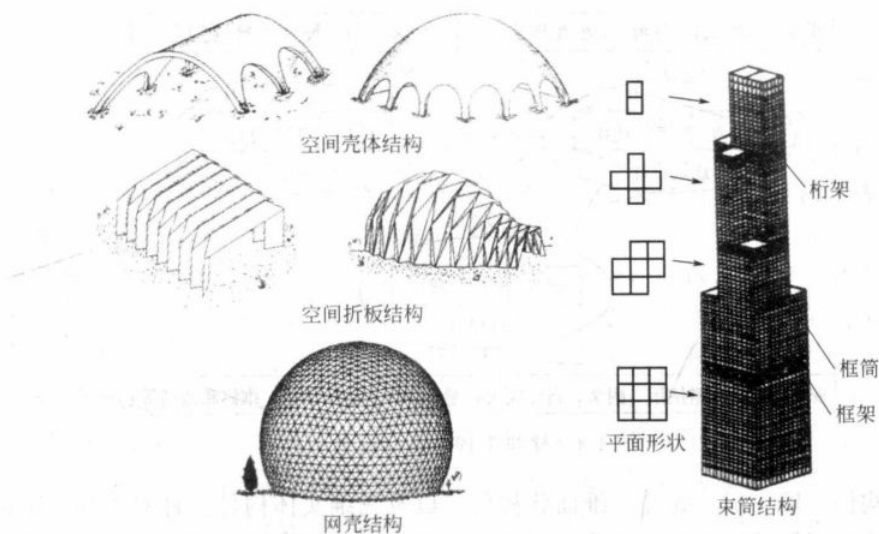


图 1-3 空间结构

作用的能力，如自重、使用荷载、风荷载和地震作用等。优秀的建筑结构，在使用上要满足空间要求和适用性要求；在安全上要满足承载力和耐久性要求；在技术上要体现科学技术和工程的新发展；在造型上要与建筑艺术融为一体；在建造上能合理使用材料并与施工实际相结合。

1.1.2 建筑结构的设计概念

工程建设是人们为满足自身的生产和生活需求有目的的改造、适应和顺应自然和环境的的活动。工程建设应满足人们生产和生活的各种需求，如适宜的室内空间、无障碍通行等；应尽可能减少对自然环境造成的不利影响，减少甚至消除对环境造成危害。其中工程设计是基于人们对自然规律的认识，并合理运用自然规律，对整个工程建设和使用全过程进行合理规划的最重要的工作。

工程建设往往涉及多个领域，如建筑工程涉及建筑、交通、材料、防灾、结构、水暖电供应和施工建造等；对工业建筑，还涉及生产工艺流程、生产设备和运输等。工程设计是一项综合性极强的工作，需要各方面专业技术设计人员的密切配合。每个工程建设项目都具有各自独特的情况，因此，任何一个工程建设项目都应进行细致认真的规划与设计，其中工程结构承载着工程项目整个生命周期内各种荷载和环境作用的影响，是整个工程项目安全可靠运行的根本，保证工程结构的安全性和适用性是工程结构设计的最主要任务。

工程设计是一个在多种约束条件下寻找合理“解”的过程。所谓约束条件是指工程项目的用途、规模、投资、业主要求、材料供应、安全、环境、地理、施工技术水平，以及维护、维修和未来因各种灾害可能造成的损失及其对环境的影响等。工程设计应尽量满足各约束条件，并应体现可持续发展要求。由于工程建设涉及的领域和专业等因素太多，很难在多种约束条件下使各方都完全满意。因此，工程设计的结果往往是在保证主要功能得到最大满足的前提下，其他要求尽可能达到基本满足。以建筑工程为例，其设计概念如图 1-4 所示。

工程结构的主要功能是形成工程项目生产、生活和建筑造型所需要的空间承力骨架，并能够长期安全可靠地承受工程使用期间所可能遭受的各种荷载和变形作用、环境介质长期作用影响，包括各种自然灾害和意外事故（如火灾、地震、爆炸等）。《工程结构可靠性设计统一标准》（GB 50153—2008）关于“结构”的定义是：“能承受作用并具有适当刚度的由各连接部件有机组合而成的系统”。其中，“各连接部件”即通常所说的“结构构件”，主要包括梁、柱、

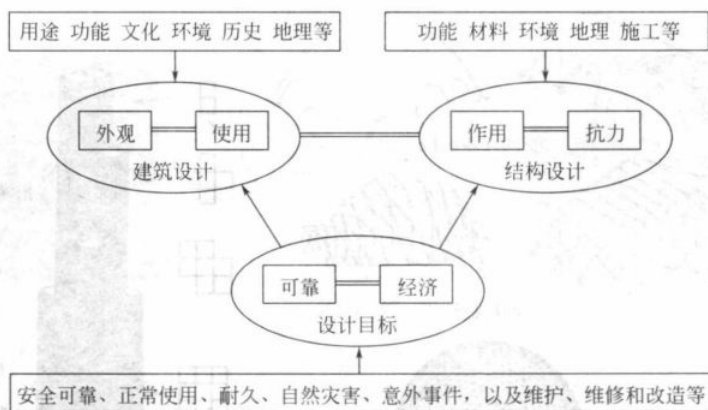


图 1-4 建筑工程的设计概念

杆、索等线状构件，墙、板、壳等二维面状构件，以及三维实体构件。针对不同类型的结构，结构中的各种构件可能具有不同的功能，且具有不同的重要性。结构设计问题属于系统设计，其中结构方案是结构设计的最重要的环节，对工程结构的整体安全性和经济性影响最大。

结构设计不仅要考虑结构本身，同时要考虑工程所处的环境条件、可选用的材料和施工方法以及正常使用阶段的维护维修，并需要考虑可能遭遇各种灾害带来的直接和间接经济损失。许多保留至今的著名工程结构物，无一不是在设计时综合考虑了当时的经济条件和未来各种因素的可能影响，使其经历了数百年甚至上千年至今依然屹立。

工程结构设计是一项全面、具体、细致的综合性工作，也是结构工程师与其他专业人员共同合作的一项创造性工作。作为保证工程结构安全的技术人员，结构工程师除应认真完成自己的工作外，还应与其他相关专业技术人员加强沟通协调，尤其在结构方案设计阶段，应充分与建筑师及相关专业的工程师沟通协调，保证结构方案的合理性，实现工程项目各方面设计目标的最优化。优秀的结构方案是建立在结构工程师对各种结构类型和结构体系整体受力特征的理解和把握的基础上的。结构设计人员应培养自己对结构体系整体传力路径的直觉和敏感性，使设计的结构体系能充分体现建筑师对建筑整体的设计意图。

1.2 混凝土结构

1.2.1 工程结构设计的过程和阶段

设计是指应用设计工具、依据设计规范和标准、考虑限制条件，将所提供的设计数据合成一个对象（如建筑）的过程。建筑结构设计是建筑工程设计中一项重要内容，既是一项创造性工作，又是一项全面、具体、细致的综合性工作。建筑工程的设计需要建筑师、结构工程师和设备工程师的通力合作，其中，结构工程师的基本任务是在结构的可靠与经济之间选择一种合理的平衡，力求以最低的代价，使所建造的结构在规定的条件下和规定的使用期限内，能满足预定的安全性、适用性和耐久性等要求。

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

初步设计阶段也称方案设计阶段，是以实现工程的总体使用功能为目标，根据建设场地情况、工程用途、各使用功能空间的分区与组织以及施工可行性和工程总体经济指标进行规

划。在工程方案设计过程中,各个专业之间应相互配合,通力合作,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。此阶段结构方案设计应以满足工程建设使用功能要求为前提,根据工程方案设计的空间需求分布情况,初步确定几种可行的结构方案和总体经济指标参与到整个工程方案设计中。对于一般工程,可将方案设计与初步设计结合。结构方案设计是结构设计中带有全局性的问题,应认真对待。对于建筑工程,确定结构方案时应尽量满足建筑设计要求,并与建筑师沟通,使结构方案在整体受力上合理可行,努力实现建筑与结构的统一。结构方案合理与否直接关系到整个工程的合理性、经济性和可靠性(安全、适用和耐久)。结构方案的确定需要有足够的知识、经验积累、设计人员的直觉和灵感,这需要一个长期的过程。从结构角度说,理想的结构方案具有受力明确、传力路径简洁,结构整体刚度大、整体性好,有足够的冗余度,延性大,轻质、高强、耐久等特点。结构设计负责编制结构设计说明(图码 1-1)、结构体系、结构平面布置等内容,其中结构设计说明包括设计依据、结构设计要点和需要说明的问题、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;结构设计要点应包括上部结构选型、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。编制的结构平面布置应标出柱网、剪力墙、结构缝等。



图 1-1

(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对方案设计的具体化、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、结构型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。

1.2.2 结构设计的内容

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施工图绘制等,必要时可考虑极端灾害和偶然作用下结构的抗倒塌计算。

1.2.2.1 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。

结构方案对后续结构设计有决定性影响,也对整体结构的安全性和经济性有重要影响,应给予充分的重视。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

结构选型就是根据建筑的用途功能、高度、荷载情况、所处的环境条件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、基础型式)、结构材料和施工方案。在初步设计阶段,一般须提出两种以上不同的结构方案,对其在主要荷载作用下进行结构分析和综合比较,选择较优的方案。比如可分别采用不同结构材料、不同结构体系、不同结构布置进行初步计算分析比较,并对有关问题进行专门分析和研究,在此基础上初步确定结构整体和各部分构件尺寸以及结构建造所采用的主要施工技术。对于一般工程,可根据工程所处的环境、地质条件、材料供应及施工技术水平,参照以往既有同类结构设计经验确定结构方案。

(2) 结构布置

结构布置就是在结构选型的基础上,选用构件的形式和布置,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;结构的传力途径应简洁、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多条传力途径。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度、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构造等条件,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。

1.2.2.2 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。分析和确定在结构设计使用年限内(包括建造和使用阶段)结构上可能承受的各种荷载与作用的形式和量值(包括可能遭遇的极端灾害和意外事故影响),并应估计其长期影响,必要时还应估计环境介质的长期影响。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》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、屋面活荷载和积灰荷载、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。对于有耐久性要求的工程结构，尚应进行耐久性验算或采取相应的措施保证其设计使用年限。

1.2.2.3 荷载效应组合

荷载效应组合是指按照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与组合值系数加以组合，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。

1.2.2.4 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节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的良好结合，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。

1.2.2.5 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) 图纸一般应包括结构设计总说明，基础平面图及剖面图，楼盖平面图，屋盖平面图，梁、板、柱等构件详图，楼梯平、剖面图等。按平法标注时，结构施工图的内容和顺序编号是：结构设计总说明、基础平面图及基础详图、柱（剪力墙）结构平面图、梁结构平面图、板结构平面图、楼梯平面图和详图及其他构件。

(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集中一致，并注明标准图集的编号和页码。

(4) 按平法设计绘制结构施工图(图码 1-2)时，应将所有柱、剪力墙、梁和板等构件进行编号，编号中含有类型代号和序号等。其中，类型代号的主要作用是指明所选用的标准构造详图；在标准构造详图上，已经按其所属构件类型注明代号，



以明确该详图与平法施工图中该类型构件的互补关系,使两者结合构成完整的结构设计图。应准确标明定位轴线或柱网尺寸、各构件关系及各构件和纵横定位轴线的位置关系、孔洞及预埋件的位置及尺寸;同时应表示出墙厚及圈梁的位置和构造做法;如选用标准构件,其构件代号应与标准图集中一致,并注明标准图集的编号和页码;在按结构(标准)层绘制的(柱、剪力墙、梁、板等)平面布置图上直接表示各构件尺寸、配筋,应当用表格或其他方式注明包括地上和地下各层的结构层楼(地)面标高、结构层高及相应的结构层号。对复杂的工业与民用建筑,尚需增加模板、开洞和预埋件等平面图。在特殊情况下才需增加剖面配筋图。

(5) 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。

(6) 梁、板、柱、剪力墙等构件施工详图应分类集中绘制,对各构件应将钢筋规格、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。

(7) 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。

结构设计的成果应包括结构方案说明书、结构设计计算书和结构施工图。结构方案说明书应对结构方案予以说明,并解释理由;结构设计计算书应对结构计算简图的选取、结构所承受的荷载、结构内力分析方法及结果、结构构件截面尺寸、配筋结果等予以说明。

1.2.3 结构设计的要求

结构设计是一个系统和全面的工作,要求设计人员具有扎实的理论基础、丰富的专业知识、灵活的创新思维和认真负责的工作态度,密切配合其他专业,善于反思和总结。结构设计时应注意以下问题。

(1) 现行规范、标准和规程既是已有成熟理论和经验的总结,又是当前经济技术的体现。为保证工程建设项目的安全性、可靠性和耐久性,一般情况下,工程结构设计应遵照现行相关规范、标准和规程进行。本教材主要依据《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)、《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)和《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)等介绍建筑结构的设计计算方法。为保证结构设计的可靠性和安全性,避免人为错误,结构设计还应进行校核和审核,以检查是否存在不合理的情况和不符合相关设计规范规定的情况。需要指出的是,现行规范只是对一般和大量的工程设计提出的平均或最低要求,随着结构工程学科不断发展,新材料、新技术和新方法不断出现,仅按满足规范的要求进行设计是不够的。已颁布的技术标准、规范和规程是对以往成熟技术的总结,不能成为限制新技术推广应用的障碍。但对于新理论、新方法和新技术的初期应用阶段,应经过必要的试验研究和论证,确保其可靠性。经过一段时间的实践试点、改进和完善,新理论、新方法和新技术的内容可纳入有关技术标准、规范和规程,或编制专门的技术规程,以推广使用。

(2) 掌握各种结构体系的受力特点、传力途径、适用范围、计算方法、经济特性等特别是结构的力学计算分析是结构设计的关键,满足力的平衡条件、几何变形条件和本构关系是确保结构分析计算正确的前提。设计计算一般包括建立力学模型、确定荷载、力学计算、结果分析和构件设计等部分。计算机的发展和普及极大地提高了设计效率和计算精度,但不能忽略由此而带来的负面影响,为此要理解设计软件的编制原理和使用范围,正确地输入结构布置、构件尺寸、材料指标、设计荷载及其他设计参数,确定合理的连接和约束条件以符合结构实际