



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高校土木工程专业规划教材

混凝土结构设计

(第二版)

(按新规范GB50010-2010编写)

梁兴文 史庆轩 主编

童岳生 主审

HUNNINGTU JIEGOU SHEJI

中国建筑工业出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高校土木工程专业规划教材

混凝土结构设计

(第二版)

(按新规范 GB 50010—2010 编写)

梁兴文 史庆轩 主编
童岳生 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土结构设计/梁兴文等主编. —2 版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2011. 11

普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 高校土木工程专业规划教材

ISBN 978-7-112-13789-3

I. ①混… II. ①梁… 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 (2011) 第 235797 号

本书为高等院校土木工程专业的专业课教材, 内容包括概论、混凝土梁板结构设计、单层厂房混凝土结构设计、混凝土框架结构设计等, 是根据新修订的国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》、《建筑结构荷载规范》、《混凝土结构设计规范》等而编写的。

本书着重阐明各种混凝土结构整体设计的基本概念和方法, 对结构方案设计、结构分析方法和确定结构计算简图等内容有比较充分的论述, 有利于培养读者的创新能力; 对各主要结构给出了比较完整的设计实例, 有利于初学者掌握基本概念和设计方法; 每章附有小结、思考题和习题等。书中还给出了部分专业术语的英文表述。本书文字通俗易懂, 论述由浅入深, 循序渐进, 便于自学理解。

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

责任编辑: 王 跃 吉万旺

责任设计: 张 虹

责任校对: 刘梦然 刘 钰

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高校土木工程专业规划教材

混凝土结构设计

(第二版)

(按新规范 GB 50010—2010 编写)

梁兴文 史庆轩 主编

董岳生 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 20 $\frac{1}{2}$ 字数: 495 千字

2011 年 12 月第二版 2011 年 12 月第五次印刷

定价: 39.00 元

ISBN 978-7-112-13789-3

(21558)

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)

第二版前言

与本书内容相关的国家标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)已颁布,并已于2011年7月1日起实施;国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》(GB 50153—2008)也于2009年7月1日起实施;国家标准《建筑结构荷载规范》(GB 50009)正在报批。为使读者及时了解新修订的国家标准的内容,并便于设计应用,编写了本书的第二版。本书与《混凝土结构设计原理(第二版)》(中国建筑工业出版社,2011年8月)一书配套使用。

第二版除了对第一版中的不妥之处进行修订外,主要做了以下工作:

- (1) 修改、补充了结构方案设计、结构分析方法、结构缝、结构设计的要求等内容;
- (2) 按照《建筑结构荷载规范》规定的荷载组合新规则,以及《混凝土结构设计规范》关于钢筋级别、混凝土保护层厚度、构造要求等新规定,修改了书中的设计实例;
- (3) 按照新颁布的《厂房建筑模数协调标准》(GB/T 50006—2010),对单层厂房结构布置相关的内容进行了修改;
- (4) 增加了混凝土框架结构重力二阶效应的计算方法、混凝土结构防连续倒塌设计方法等内容。

参加本书修订工作的有:梁兴文(第2、4章)、史庆轩(第1、3章),王秋维编写了第3章和第4章的例题。全书最后由梁兴文、史庆轩修改定稿。

本书由资深教授童岳生先生主审,他提出了许多宝贵意见。研究生车佳玲、孙宏哲、尧智平、党争等为本书绘制了部分插图。特在此对他们表示深切的感谢。

本书第二版会存在新的不足和谬误,欢迎读者批评指正。

编者
2011年12月

第一版前言

结构设计就是充分利用先进技术，科学地解决结构的可靠性与经济性这对矛盾。结构设计结果的优劣取决于结构工程师的能力与素质。因此，本书在编写时，除注意系统地介绍结构设计的基本知识外，在内容组织和论述上更加注重学生能力和素质的培养。

本书介绍了房屋建筑工程中混凝土结构的设计方法，包括概论、混凝土梁板结构、单层工业厂房混凝土结构、混凝土框架结构等，内容侧重于混凝土结构的整体设计，与《混凝土结构设计原理》（中国建筑工业出版社，2008年2月）一书配套使用。本书是高等学校土木工程专业本科生的主干课程教材，亦可作为相关专业学生的教学用书，并可供从事实际工作的建筑结构设计人员参考使用。

结构整体设计主要包括下列内容：选择结构方案和结构体系，进行结构布置；建立结构计算简图，选用合适的结构分析方法；计算作用（荷载）、作用（荷载）效应，并进行作用（荷载）效应组合；构件截面设计及构件间的连接构造等。其中结构方案设计是关键，其合理与否对结构的可靠性和经济性影响很大。为此，书中用较多的篇幅介绍了结构方案设计的主要内容。建立结构计算简图和选用结构分析方法是结构设计的一个重要内容，本书除在各章对不同结构分别论述其计算简图和分析方法外，还在第1章集中论述了这个问题，以引起读者对此问题的重视。鉴于读者已在《结构力学》课程中学习了结构分析的一般方法，所以本书仅介绍结构分析的近似方法。结构近似分析方法除可用于手算外，其解决问题的思路对培养学生分析问题和解决问题的能力以及创新能力均有帮助，因此本书对各种近似方法作了较详细的论述。

本书着重于理论与实践相结合，力求对基本概念论述清楚，使读者通过对有关内容的学习，熟练地掌握结构分析方法；书中有明确的计算方法和实用设计步骤，力求做到能具体应用；特别是对各主要结构附有完整的工程设计实例，有利于初学者对基本概念的理解和设计方法的掌握。为了便于学习，每章有小结、思考题和习题等内容，这对教学要求、自学理解、巩固深入、熟练掌握都是有益的，能提高教学效果。为适应双语教学的需要，书中同时给出了部分专业术语的英文表述。

本书由西安建筑科技大学土木工程学院梁兴文（第2、4章）和史庆轩（第1、3章）编写，邓明科编写了第2、4章的例题，门进杰编写了第3章的例题。由资深教授童岳生先生主审，李晓文教授审阅了部分内容，他们均提出了许多宝贵意见。研究生杨鹏辉、陶荣杰、杨坤为本书绘制了部分插图。特在此对他们表示深切的感谢。

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，这在本书末的参考文献中已予列出。

希望本书能为读者的学习和工作提供帮助。鉴于作者水平有限，书中难免有错误及不妥之处，敬请读者批评指正。

编者

2008年11月

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 概述	1
1.1.1 建筑结构	1
1.1.2 混凝土结构	1
1.2 结构设计的过程和内容	3
1.2.1 工程项目的建设程序	3
1.2.2 建筑工程的设计阶段	4
1.2.3 结构设计的基本内容	5
1.2.4 结构设计的要求	7
1.3 混凝土结构的分析方法	8
1.3.1 基本原则	8
1.3.2 分析模型	9
1.3.3 分析方法	10
1.4 本课程的主要内容及特点	13
1.4.1 主要内容	13
1.4.2 本课程的特点	13
小结	14
思考题	15
第 2 章 混凝土梁板结构	16
2.1 概述	16
2.1.1 楼盖结构选型	16
2.1.2 梁、板截面尺寸	17
2.1.3 混凝土现浇整体式楼盖结构内力分析方法	18
2.2 单向板肋梁楼盖设计	20
2.2.1 单向板肋梁楼盖结构布置	20
2.2.2 单向板肋梁楼盖按弹性理论方法计算结构内力	21
2.2.3 受弯构件塑性铰和结构内力重分布	26
2.2.4 单向板肋梁楼盖按塑性理论方法计算结构内力	30
2.2.5 单向板肋梁楼盖配筋计算及构造要求	35
2.2.6 单向板肋梁楼盖设计实例	41
2.3 双向板肋梁楼盖设计	52
2.3.1 双向板肋梁楼盖按弹性理论计算结构内力	52
2.3.2 钢筋混凝土双向板极限承载力分析	54
2.3.3 双向板肋梁楼盖按塑性理论计算	64
2.3.4 双向板肋梁楼盖的配筋计算与构造要求	65
2.3.5 双向板肋梁楼盖设计实例	66

2.4	柱支承双向板楼盖	70
2.4.1	柱支承双向板楼盖的受力性能	70
2.4.2	柱支承双向板楼盖按弹性理论计算内力	72
2.4.3	柱帽设计	78
2.4.4	截面设计与配筋构造	79
2.5	无粘结预应力混凝土楼盖	80
2.5.1	概述	80
2.5.2	分析结构内力的等效荷载法	80
2.5.3	无粘结预应力混凝土楼盖的截面设计	83
2.6	装配式混凝土楼盖	86
2.6.1	预制混凝土铺板	86
2.6.2	楼盖梁	87
2.6.3	装配式构件的计算要点	87
2.6.4	装配式楼盖的连接构造	88
2.7	楼梯	89
2.7.1	楼梯的结构类型	89
2.7.2	梁式楼梯的计算	90
2.7.3	板式楼梯的计算	92
2.7.4	折板悬挑式楼梯和螺旋式楼梯的计算	92
2.7.5	整体式楼梯的构造要求	93
2.7.6	整体式楼梯设计实例	93
2.8	悬挑结构	98
2.8.1	概述	98
2.8.2	雨篷设计	98
	小结	100
	思考题	101
	习题	101
第3章	单层厂房结构	103
3.1	概述	103
3.1.1	单层厂房的特点	103
3.1.2	单层厂房的结构类型	103
3.1.3	单层厂房结构分析方法	105
3.2	结构组成及荷载传递	105
3.2.1	结构组成	105
3.2.2	主要荷载及其传递路线	108
3.3	结构布置	108
3.3.1	结构平面布置	109
3.3.2	厂房高度的确定	113
3.3.3	支撑布置	114
3.3.4	围护结构布置	119
3.4	构件选型与截面尺寸确定	121

3.4.1	屋盖结构构件	121
3.4.2	吊车梁	124
3.4.3	柱	125
3.4.4	基础	128
3.5	排架结构内力分析	129
3.5.1	排架计算简图	129
3.5.2	荷载计算	131
3.5.3	等高排架结构内力分析	139
3.5.4	不等高排架内力分析	143
3.5.5	考虑厂房整体空间作用的排架内力分析	144
3.5.6	内力组合	147
3.6	柱的设计	150
3.6.1	截面设计	150
3.6.2	牛腿设计	151
3.6.3	柱的吊装验算	154
3.6.4	抗风柱的设计	155
3.7	柱下独立基础设计	156
3.7.1	基础底面尺寸	156
3.7.2	基础高度验算	158
3.7.3	基础底板配筋	160
3.7.4	构造要求	162
3.8	连接构造及预埋件设计	163
3.8.1	连接构造及传力分析	163
3.8.2	预埋件设计	165
3.8.3	吊环设计	168
3.9	单层厂房排架结构设计实例	168
3.9.1	设计资料及要求	168
3.9.2	构件选型及柱截面尺寸确定	169
3.9.3	定位轴线	170
3.9.4	计算简图确定	171
3.9.5	荷载计算	171
3.9.6	排架内力分析有关系数	174
3.9.7	排架内力分析	175
3.9.8	内力组合	180
3.9.9	柱截面设计	181
3.9.10	基础设计	190
小结		198
思考题		200
习题		200
第4章	混凝土框架结构	202
4.1	多高层建筑混凝土结构概述	202
4.1.1	结构类型	202

4.1.2	结构体系	203
4.1.3	结构总体布置	207
4.1.4	结构分析方法	207
4.1.5	结构设计要求	209
4.2	框架结构的结构布置	210
4.2.1	柱网和层高	210
4.2.2	框架结构的承重方案	211
4.2.3	梁柱相交位置	211
4.2.4	结构缝的设置	212
4.3	框架结构的计算简图	212
4.3.1	梁、柱截面尺寸	213
4.3.2	框架结构的计算简图	214
4.3.3	框架结构上的荷载	216
4.4	竖向荷载作用下框架结构内力的近似计算	218
4.4.1	分层法	218
4.4.2	弯矩二次分配法	221
4.4.3	系数法	221
4.5	水平荷载作用下框架结构内力和侧移的近似计算	222
4.5.1	水平荷载作用下框架结构的受力及变形特点	222
4.5.2	D值法	223
4.5.3	反弯点法	231
4.5.4	门架法	231
4.5.5	框架结构侧移的近似计算	232
4.5.6	框架结构的水平位移控制	235
4.5.7	框架结构侧移二阶效应的近似计算	235
4.6	荷载效应组合及构件设计	236
4.6.1	荷载效应组合	236
4.6.2	构件设计	239
4.7	叠合梁设计	240
4.7.1	叠合梁的受力特点	241
4.7.2	叠合梁的承载力计算	241
4.7.3	叠合梁的正常使用极限状态验算	244
4.7.4	叠合梁的构造规定	247
4.8	框架结构的构造要求	251
4.8.1	框架梁	251
4.8.2	框架柱	252
4.8.3	梁柱节点	253
4.8.4	钢筋的连接和锚固	253
4.9	框架结构房屋基础	254
4.9.1	基础类型及其选择	254
4.9.2	柱下条形基础设计	255
4.9.3	柱下十字交叉条形基础设计	259

4.10	混凝土结构的防连续倒塌设计	261
4.10.1	一般说明	261
4.10.2	防连续倒塌设计的基本思想	261
4.10.3	防连续倒塌设计的主要方法	262
4.10.4	防连续倒塌的概念设计	264
4.11	设计实例	265
4.11.1	设计资料	265
4.11.2	梁、柱截面尺寸及计算简图	265
4.11.3	重力荷载和水平荷载计算	266
4.11.4	竖向荷载作用下框架结构内力分析	268
4.11.5	风荷载作用下框架结构分析	272
4.11.6	内力组合	276
4.11.7	梁、柱截面设计	278
	小结	283
	思考题	284
	习题	285
附录	287
附表 1	等截面等跨连续梁在常用荷载作用下的内力系数表	287
附表 2	双向板计算系数表	294
附表 3	风荷载特征值	299
附表 4	5~50/5t 一般用途电动桥式起重机基本参数和尺寸系列 (ZQ1-62)	303
附表 5	钢筋混凝土结构伸缩缝最大间距 (m)	305
附表 6	I 形截面柱的力学特性	306
附表 7	框架柱反弯点高度比	308
参考文献	316

第 1 章 概 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，在科学规律和美学法则的支配下，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、娱乐和从事生产的建筑，如住宅、饭店、体育馆、发电厂等。建筑结构（building structure）可简单定义为将建筑物自身及其在使用中所产生的荷载或作用传递给地基的一种设施，也可进一步延伸定义为，在一个空间中，由各种材料（砖、石、混凝土、钢材和木材等）建造的结构构件（梁、板、柱、墙、杆、壳等）通过正确的连接，能承受并传递自然界和人为的各种作用，并能形成使用空间的受力承重骨架。

建筑结构的作用，首先表现为能形成人们活动所需要的、功能良好和舒适美观的空间；其次表现为能够抵御自然的和人为的各种作用，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；最后表现为能充分发挥所使用材料的效能。因此，对要建造的建筑结构，首先需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的和人为的各种作用的能力，如自重、使用荷载、风荷载和地震作用等。一个优秀的建筑结构，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。

建筑结构按其用途可分为工业建筑结构和民用建筑结构；按其体型和高度可划分为单层结构（多用于单层工业厂房、单层空旷房屋等）、多层结构（2~9层）、高层结构（一般10层以上）和大跨结构（跨度在40~50m以上）等；按其材料可分为混凝土结构、钢结构、砌体结构、木结构、混合结构等；按其结构形式可划分为排架结构、框架结构、墙体结构、筒体结构、拱结构、网架结构、壳体结构、索结构、膜结构等。

建筑结构由竖向承重结构体系、水平承重结构体系和下部结构三部分组成。竖向承重结构由墙和柱等构件组成，承受竖向荷载和水平荷载的作用，主要有墙体结构、框架结构、框架-剪力墙结构和筒体结构等。水平承重结构由楼盖、屋盖、楼梯等组成，它将竖向荷载传递至竖向承重结构上，主要有梁板结构、平板结构、密肋结构等。下部结构包括地基和基础，基础主要采用钢筋混凝土，当荷载较小时也可采用砌体。

1.1.2 混凝土结构

混凝土结构（concrete structure）是以混凝土为主要材料制成的结构，包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构及配置各种纤维的混凝土结构等。

硅酸盐水泥是英国人阿斯普丁（J. Aspdin）于1824年发明的，距今仅约180年。从

1850年法国人朗波(L. Lambot)制造了第一只钢筋混凝土小船,到19世纪中叶钢筋混凝土结构开始应用于建筑工程中,混凝土结构的历史距今也仅150多年。在我国,水泥工业始于1889年,19世纪末20世纪初在上海等沿海城市的个别建筑中采用了钢筋混凝土楼板,1908年建造的上海电话公司大楼是我国最早的钢筋混凝土框架结构。与砖石结构、木结构和钢结构相比,混凝土结构的历史虽不长,但却发展迅速,是目前土木工程中应用十分广泛的一种结构类型。

素混凝土用于主要承受压力的结构,如基础、重力式挡土墙、支墩、地坪等。钢筋混凝土适用于承受压力、拉力、弯矩、剪力和扭矩等各种受力形式的结构或构件,如各种桁架(truss)、梁(beam)、板(slab)、柱(column)、墙(wall)、拱(arch)、壳(shell)、地面(pavement)等。预应力混凝土结构的应用范围与钢筋混凝土结构相似,由于它具有抗裂性好、刚度大和强度高的特点,特别适用于制作跨度大、荷载重以及有抗裂抗渗要求的结构。

单层混凝土建筑结构主要用于单层工业厂房、仓库、影剧院、食堂等单层空旷房屋;单层混凝土结构一般由屋盖和钢筋混凝土柱组成,根据房屋的功能不同和跨度大小,屋盖可采用钢筋混凝土梁板结构、拱或薄壳、折板以及钢筋混凝土屋架或钢屋架等。

多层建筑混凝土结构是指2~9层或房屋高度不大于28m的住宅和房屋高度不大于24m的其他民用建筑。高层建筑混凝土结构是指10层及10层以上或房屋高度大于28m的住宅和房屋高度大于24m的其他民用建筑(现行《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)的规定)。多高层建筑的竖向承重混凝土结构可采用框架(frame)、板柱(slab-column)、剪力墙(shear wall)、框架-剪力墙(frame-shear wall)、板柱-剪力墙(slab-column shear wall)和筒体(tube)等结构体系。其中,混凝土框架结构是多层建筑中常见的结构形式。

多层建筑中还常采用由砌体内、外墙和钢筋混凝土楼(屋)盖组成的混合结构;混合结构还包括由钢筋混凝土内柱(与楼盖中的肋梁形成框架)和砌体外墙组成的内框架结构,以及由底部钢筋混凝土框架-剪力墙和上部砌体结构组成的底部框架砌体结构。这些钢筋混凝土-砌体混合结构也是多层建筑中常见的结构形式。

钢-混凝土组合结构可认为是广义上的混凝土结构,是由型钢和混凝土或钢筋混凝土相组合而共同工作的一种结构形式,兼有钢结构和钢筋混凝土结构的一些特性。钢管混凝土结构(concrete filled steel tubular structure)、型钢混凝土组合结构(steel reinforced concrete composite structure)、钢-混凝土组合梁等是典型和应用广泛的组合结构形式。混凝土结构构件和钢结构或钢-混凝土组合结构构件可以组成钢-混凝土混合结构(steel-concrete mixed structure),以发挥不同材料结构构件的性能优势和利用效率,目前已成为高层特别是超高层建筑结构的主要结构形式,如上海金茂大厦(地上88层,地下3层,高421m)和上海环球金融中心(地上101层,地下3层,高492m)等均是由钢筋混凝土核心筒、外框架型钢混凝土组合柱及钢柱组成。

在各类多高层建筑结构中,楼盖或屋盖基本上都是钢筋混凝土结构,按施工方法可分为现浇式、装配式和装配整体式三种;现浇式混凝土楼盖的结构形式有单向板肋梁楼盖、双向板肋梁楼盖、无梁楼盖、密肋楼盖、井式楼盖等;装配式混凝土楼盖主要由预制混凝土多孔板或槽形板等铺板组成;装配整体式混凝土楼盖是在装配式混凝土铺板上再浇筑混

混凝土现浇层，以加强其整体性。此外，压型钢板-混凝土组合楼板、钢梁-混凝土组合楼盖等组合式楼盖近年来也在工程中有较多应用。

混凝土结构的基础均采用钢筋混凝土基础，根据场地的工程地质和水文地质条件、上部结构的层数和荷载大小等，可选用柱下单独基础、条形基础、十字交叉基础、筏形基础、箱形基础以及桩基础等。

大跨结构广泛应用于体育训练馆、展览馆、会堂等公共建筑，其屋盖一般采用网架、网壳、斜拉、悬索等钢结构形式，以便形成较大的空间，而其竖向承重结构和下部基础一般均采用钢筋混凝土构件。

1.2 结构设计的过程和内容

1.2.1 工程项目的建设程序

工程项目 (engineering project) 建设程序是指工程项目从策划、评估、决策、勘察、设计、施工到竣工验收、投入生产或交付使用的整个建设过程中，各项工作必须遵循的先后工作次序，如图 1-1 所示。由图可知，其主导线分工程勘察、设计和施工三个环节，对主导线起保证作用的有两条辅线，其一为对投资的控制，其二为对质量和进度的监控。工程项目建设程序是工程建设过程客观规律的反映，是工程项目科学决策和顺利进行的重要保证，不能任意颠倒，但可以合理交叉。

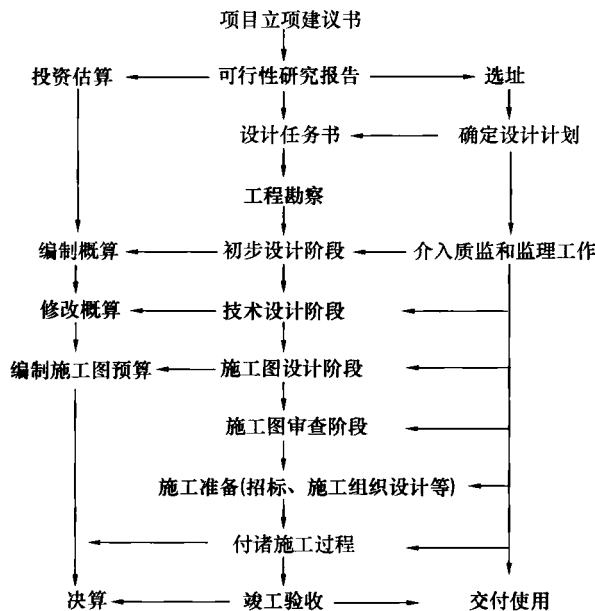


图 1-1 工程项目建设工作程序和内容

工程项目的策划、评估和决策，又称为建设前期工作阶段，主要包括编报项目建议书、可行性研究报告和项目申请报告三项内容；对于政府投资的工程项目，项目建议书是从宏观上论述项目的必要性和可能性，供项目审批机关作出初步决策；可行性研究是在项目建议书被批准后，对项目在技术上和经济上是否可行所进行的科学分析和论证；对于企业不使用政府资金投资建设的项目，不再实行审批制，区别不同情况实行核准制和登记备

案制。

工程勘察是进行工程设计的前提，掌握建设场地的地质、水文、气象等详细情况和有关数据，为设计提供可靠的依据，如场地土层分布及其性质、成因、构造、承载力、地下水的深度及其对建筑材料有无侵蚀性影响、地下冰冻线深度、常年气温变化、雨量、积雪深度、风向及风力、是否是地震区及地震设防烈度等。

建筑工程设计的过程及内容，见下述有关的小节。

工程项目开工前，需要准备施工图纸、组织施工招投标、择优选定施工单位、委托工程监理、组织材料及设备订货、办理工程质量监督和开工手续等，并以工程正式破土开槽或不需开槽的以正式打桩作为开工时间。

工程竣工验收是全面考核建设成果、检验设计和施工质量的重要步骤，也是建设项目转入生产和使用的标志。验收合格后，建设单位编制竣工决算，项目正式投入使用。

1.2.2 建筑工程的设计阶段

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个重要内容，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，特别是建筑师和结构工程师的相互沟通与密切配合，一个优秀的建筑工程应该是“功能、结构、美观、建造”的统一，是建筑师和结构工程师创造性共同合作完成的作品。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、适用性和耐久性等功能要求。

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（preliminary design phase）

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。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（technical design phase）

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 (working drawing design phase)

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。

1.2.3 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 (structural scheme) 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;结构的传力途径应简捷、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》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。

3. 荷载效应组合

荷载效应组合（load effect combination）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。

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。

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。

1.2.4 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) 现行标准和规范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。由于工程建设在国民经济中占有十分重要的地位，一般情况下，工程结构设计应遵照现行有关的标准和规范进行。同时，由于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，考虑科学技术的进步和社会经济的发展以及人们对建筑使用功能需求的不断提高，有时一些重要或重大工程，仅仅按满足规范的要求进行设计是不够的，应视不同工程情况区别对待。

(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工作状况的计算简图，认真分析计算结果，经过合理的判断后再进行设计，不能盲目采用。

(3) 结构设计时，考虑到各种作用、材料性能和施工的变异性以及其他不可预测的因素，设计计算结果可能与实际相差较大，甚至有些作用效应至今尚无法定量计算。因此，虽然设计计算是必需的，也是结构设计的重要依据，但仅仅依靠设计计算尚无法达到预期的设计目标，还必须重视结构概念设计和构造要求，从某种意义上讲，结构概念设计和构造要求有时甚至比设计计算更为重要。

(4) 图纸是工程师的语言，结构设计成果一般通过结构施工图表达。设计图纸应能以最简洁的图纸充分表达设计意图，并能易于使施工人员理解和接受。