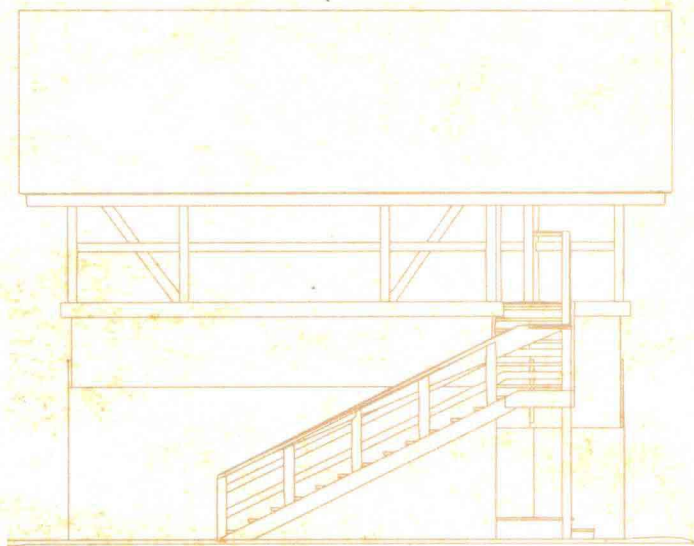
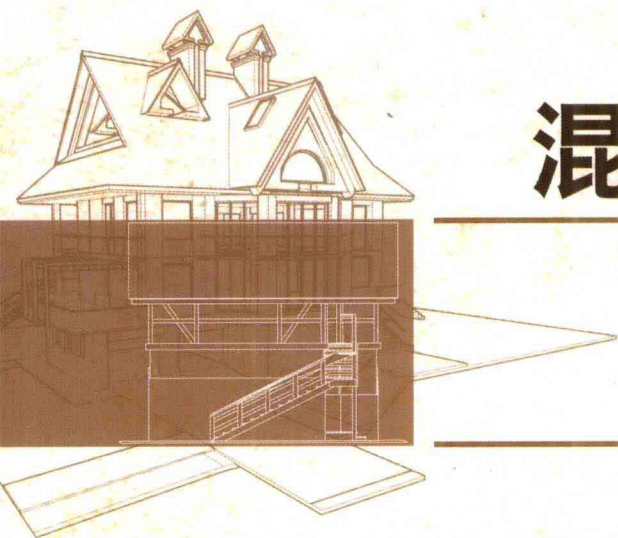


混凝土结构设计

DESIGN OF CONCRETE STRUCTURE

(专业核心课适用)

张晋元 主编



普通高等教育土木工程学科精品规划教材(专业核心课适用)

混凝土结构设计

DESIGN OF CONCRETE STRUCTURE

张晋元 主编



内 容 提 要

本书是《普通高等教育土木工程学科精品规划教材》之一。本书依据 2010 系列结构设计规范、按照全国高等学校土木工程学科专业指导委员会编制的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》中所规定的知识单元编写。

全书共 4 篇,包括结构设计入门、梁板结构设计、单层工业厂房结构设计、框架结构设计等。在内容上注重结构设计概念,力求突出重点,文字简洁,深入浅出。每章最后附有思考题与习题,供学生巩固、提高之用。

本书可作为土木工程专业建筑工程方向本科生专业课教材,也可供专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构设计/张晋元主编. —天津:天津大学出版社,
2012. 3

普通高等教育土木工程学科精品规划教材. 专业核心课
适用

ISBN 978-7-5618-4311-6

I. ①混… II. ①张… 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(2012)第 036420 号

出版发行 天津大学出版社

出 版 人 杨欢

地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)

电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742

网 址 publish.tju.edu.cn

印 刷 河北省昌黎县思锐印刷有限责任公司

经 销 全国各地新华书店

开 本 185mm × 260mm

印 张 24

字 数 600 千

版 次 2012 年 5 月第 1 版

印 次 2012 年 5 月第 1 次

印 数 1—3 000

定 价 52.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

普通高等教育土木工程学科精品规划教材

编写委员会

主 任:姜忻良

委 员:(按姓氏汉语拼音排序)

毕继红	陈志华	丁 阳	丁红岩	谷 岩	韩 明
韩庆华	韩 旭	亢景付	雷华阳	李砚波	李志国
李忠献	梁建文	刘 畅	刘 杰	陆培毅	田 力
王成博	王成华	王 晖	王铁成	王秀芬	谢 剑
熊春宝	闫凤英	闫春霞	杨建江	尹 越	远 方
张彩虹	张晋元	郑 刚	朱 涵	朱劲松	

普通高等教育土木工程学科精品规划教材

编审委员会

主 任:顾晓鲁 天津大学教授

委 员:戴自强 天津大学教授

董石麟 浙江大学教授

郭传镇 天津大学教授

康谷贻 天津大学教授

李爱群 东南大学教授

李国强 同济大学教授

李增福 天津大学教授

刘惠兰 天津大学教授

刘锡良 天津大学教授

刘昭培 天津大学教授

石永久 清华大学教授

沈世钊 哈尔滨工业大学教授

沈祖炎 同济大学教授

谢礼立 国家地震局工程力学研究所研究员

总序

随着我国高等教育的发展,全国土木工程教育状况有了很大的发展和变化,教学规模不断扩大,适应社会对多样化人才的需求越来越紧迫。因此,必须按照新的形势在教育思想、教学观念、教学内容、教学计划、教学方法及教学手段等方面进行一系列的改革,而按照改革的要求编写新的教材就显得十分必要。

高等学校土木工程学科专业指导委员会编制了《高等学校土木工程本科指导性专业规范》(以下简称《规范》),《规范》对规范性和多样性、拓宽专业口径、核心知识等提出了明确的要求。本丛书编写委员会根据当前土木工程教育的形势和《规范》的要求,结合天津大学土木工程学科已有的办学经验和特色,对土木工程本科生教材建设进行了研讨,并组织编写了《普通高等教育土木工程学科精品规划教材》。为保证教材的编写质量,我们组织成立了教材编审委员会,聘请全国一批学术造诣深的专家作教材主审,同时成立了教材编写委员会,组成了系列教材编写团队,由长期给本科生授课的具有丰富教学经验和工程实践经验的老师完成教材的编写工作。在此基础上,统一编写思路,力求做到内容连续、完整、新颖,避免内容重复交叉、避免内容真空缺失。

《普通高等教育土木工程学科精品规划教材》将于 2012 年陆续出版。我们相信,本套系列教材的出版将对我国土木工程学科本科生教育的发展与教学质量的提高以及土木工程人才的培养产生积极的作用,为我国的教育事业和经济建设作出贡献。

丛书编写委员会



前言

本书是《普通高等教育土木工程学科精品规划教材》之一。

本书依据 2010 系列结构设计规范,按照全国高等学校土木工程学科专业指导委员会编制的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》中所规定的知识单元编写。

作为混凝土结构原理的后续课程,“混凝土结构设计”是土木工程专业建筑工程方向的专业必修课程。在编写过程中,本书密切结合现行结构设计规范,遵循学习规律和教学规律,强调基本概念和基本原理的应用,力求突出重点,文字简洁,深入浅出。同时,注重实践训练,每篇中有大量例题,最后附有思考题与习题,供学生巩固、提高之用。

本书由张晋元编写,姜忻良教授审阅了全书。

由于编者水平有限,错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2012 年 2 月于天津大学

目 录

第 1 篇 结构设计入门

0.1 结构体系	(1)
0.2 结构设计的内容和流程	(2)
第 1 章 结构方案设计	(4)
1.1 结构设计准备工作	(4)
1.2 结构选型	(6)
1.3 几个基本概念	(8)
第 2 章 结构分析与计算	(11)
2.1 结构分析的基本原则	(11)
2.2 结构分析模型	(12)
2.3 结构分析方法	(13)
2.4 结构分析软件	(14)
2.5 结构验算准则	(15)
第 3 章 结构施工图的内容及深度	(17)
3.1 结构与施工说明	(17)
3.2 基础施工图	(18)
3.3 上部结构施工图	(19)
思考题	(21)

第 2 篇 梁板结构设计

第 1 章 概述	(23)
1.1 楼盖的结构类型	(23)
1.2 荷载传递与分配原则	(24)
1.3 单向板和双向板的概念	(26)
1.4 主梁和次梁的概念	(28)
1.5 楼盖结构平面布置	(29)
第 2 章 单向板肋梁楼盖	(31)
2.1 计算简图	(31)
2.2 连续梁、板按弹性理论的分析方法	(34)
2.3 连续梁、板的塑性分析方法	(39)
2.4 截面设计与构造要求	(47)
2.5 单向板肋梁楼盖设计例题	(55)
第 3 章 双向板肋梁楼盖	(67)
3.1 双向板的受力特点和试验研究	(67)
3.2 按线弹性方法计算双向板	(70)

3.3	按塑性理论计算双向板	(72)
3.4	双向板支撑梁的设计	(76)
3.5	截面设计与构造要求	(77)
3.6	井格梁楼盖	(79)
3.7	双向板肋梁楼盖设计例题	(81)
第4章	无梁楼(屋)盖	(90)
4.1	无梁楼盖的试验研究	(90)
4.2	按弹性理论计算无梁楼盖内力	(91)
4.3	柱帽设计及构造要求	(94)
4.4	无梁楼盖的截面设计与构造	(96)
4.5	无梁楼盖设计例题	(97)
第5章	楼梯	(102)
5.1	板式楼梯的计算与构造	(102)
5.2	梁式楼梯的计算与构造	(106)
5.3	其他楼梯形式结构设计简述	(108)
5.4	楼梯设计例题	(109)
第6章	雨篷	(113)
6.1	雨篷的形式	(113)
6.2	雨篷设计	(114)
6.3	雨篷设计例题	(119)
本篇小结		(122)
思考题与习题		(123)

第3篇 单层工业厂房结构设计

第1章	单层工业厂房的基本知识	(127)
1.1	厂房的结构组成和荷载传递路径	(127)
1.2	单层工业厂房的结构布置	(130)
1.3	单层工业厂房的支撑系统	(135)
第2章	单层厂房的结构构件类型与选型	(142)
2.1	单层厂房标准或通用、定型构件的选择方法	(142)
2.2	屋盖构件的选择	(143)
2.3	吊车梁	(146)
2.4	单层厂房柱的选型	(147)
第3章	单层工业厂房排架结构的计算	(149)
3.1	排架计算简图	(149)
3.2	柱截面尺寸的确定	(150)
3.3	排架荷载计算	(151)
3.4	等高排架的内力计算——剪力分配法	(154)
3.5	排架考虑厂房空间作用时的计算	(159)
3.6	排架内力组合	(161)

3.7 排架的横向刚度验算	(164)
3.8 排架各列柱距不等时的内力分析	(164)
3.9 不等高排架内力计算——力法	(165)
第4章 单层厂房结构的抗震设计	(169)
4.1 单层厂房的横向抗震验算	(169)
4.2 单层厂房的纵向抗震验算	(176)
第5章 构件设计	(187)
5.1 柱设计	(187)
5.2 柱下独立基础设计	(196)
第6章 单层钢筋混凝土柱厂房设计例题	(203)
6.1 设计任务书	(203)
6.2 结构计算	(207)
6.3 结构施工图	(233)
本篇小结	(237)
思考题与习题	(238)

第4篇 框架结构设计

第1章 框架结构设计的基本要求	(242)
1.1 结构布置与结构体系	(242)
1.2 梁、柱截面尺寸及布置	(246)
1.3 楼梯间的布置	(248)
1.4 框架填充墙的布置	(248)
第2章 内力与位移计算	(249)
2.1 计算简图	(249)
2.2 竖向荷载作用下的内力计算	(250)
2.3 水平力作用下的内力近似计算	(254)
2.4 水平力作用下框架的侧移	(266)
2.5 水平力作用下框架结构内力与位移分布规律	(269)
2.6 例题	(269)
第3章 内力组合及截面设计	(272)
3.1 控制截面及其最不利组合内力	(272)
3.2 内力调整	(274)
3.3 截面设计与验算	(276)
第4章 框架结构构造措施	(278)
4.1 框架结构的抗震等级	(278)
4.2 框架梁	(278)
4.3 框架柱	(281)
4.4 钢筋锚固与连接	(284)
4.5 框架节点	(288)
4.6 框架梁柱配筋构造参考图	(289)

第5章 多层框架基础设计	(292)
5.1 条形基础	(293)
5.2 十字形基础	(295)
5.3 筏形基础	(295)
第6章 框架结构设计例题	(298)
6.1 设计任务书	(298)
6.2 结构设计流程	(305)
6.3 结构方案选型与结构布置	(305)
6.4 荷载计算	(307)
6.5 基本自振周期的计算	(310)
6.6 水平地震作用计算	(312)
6.7 水平地震作用下框架内力计算	(315)
6.8 竖向荷载作用下框架内力计算	(317)
6.9 荷载作用效应组合	(325)
6.10 截面设计	(336)
6.11 楼面构件及楼梯设计	(345)
6.12 基础设计	(345)
6.13 结构施工图	(349)
本篇小结	(354)
思考题与习题	(355)
附录A 等截面等跨连续梁在常用荷载作用下的计算系数表	(357)
附录B 单块双向板在均布荷载作用下的计算系数表	(366)
参考文献	(370)

第 1 篇 结构设计入门

结构是由基础、墙、柱、支撑、梁、板(壳)等基本元素(构件)组成的一个空间骨架受力系统。其主要功能是形成建(构)筑物所需的空間骨架,并能长期安全可靠地承受使用期间可能出现的各种直接作用(荷载)和间接作用(如变形等)、环境介质长期作用(如锈蚀、碳化等)以及可能出现的各种意外事件(如火灾、地震和爆炸等)的影响。

0.1 结构体系

根据不同的用途,工程结构可分为以下几类。

①建筑结构,如厂房、民居、办公建筑等,即人类生产和生活的空间。

②桥梁结构、隧洞结构,其作用是人群和车辆提供通道。

③水工结构,如水坝、护堤、挡土墙、涵洞等,用于抵御自然界水、土、岩石等侧向压力的作用。

④地下结构,如地铁、水电站地下厂房、矿井等。

⑤特种结构,如烟囱、水塔、油罐、筒仓、水池、水电站、海上采油平台等。

按结构所使用的材料分类,可分为木结构、砌体(砖石、砌块)结构、混凝土结构、钢结构以及钢—混凝土混合结构、塑料结构、充气薄膜结构、索—膜结构等。不同材料的物理力学性能差异很大,在长期的实践中,人类不断探索能够充分发挥材料特性的结构形式,并逐步形成了各种结构体系。

结构体系是由若干结构构件组成的受力骨架定式。就建筑结构体系而言,可大致分为水平分体系、竖向分体系和基础结构体系三部分。还有一些结构体系兼有水平分体系和竖向分体系两种功能,如拱结构、悬挂结构等。

建筑结构的水平分体系是指建筑物的楼盖和屋盖结构,一般由梁、板以及拉压杆等构件组成,如:梁—板结构体系、桁架结构体系、薄壳结构体系、网架(壳)结构体系、悬索结构体系以及膜结构体系等。其作用为:

①在竖向,通过楼(屋)面结构构件的弯曲承受楼(屋)面的竖向荷载,并将荷载传递给竖向分体系;

②在水平方向,起隔板作用和支撑竖向构件的作用,并保持竖向构件的稳定;

③作为竖向分体系的组成部分,与竖向构件形成整体结构,提高整体结构的抗侧移刚度和承载力。

竖向分体系是指建筑物的竖向承重结构,一般由(框架)柱、(剪力)墙、(剪力墙)筒体等构件或子结构组成,如框架(框架—支撑)结构体系、剪力墙结构体系和筒体结构体系。其作用为:

①将水平分体系传来的竖向荷载传递给基础结构体系;

②抵抗水平力(风荷载与地震作用)。

竖向分体系是整个结构的关键,通常整体结构体系是以竖向分体系来划分的。

基础结构体系包括地下室和基础。主要的基础形式包括柱下独立基础、柱(墙)下条形基础、筏形基础、箱形基础和桩基础等。

不同的水平分体系和竖向分体系组成了各种结构体系(表0-1)。每一种结构体系通常对应一种结构计算简图和相应的计算理论、计算方法以及相关的施工技术。

表0-1 建筑结构体系分类

多层与高层建筑	砌体结构体系	多层砌体结构、底部框架—剪力墙结构
	框架结构体系	框架结构、框架—支撑结构
	剪力墙结构体系	框架—剪力墙结构、剪力墙结构、筒体结构
单层大跨度建筑 (屋盖结构)	平面结构体系	门式刚架结构、排架梁结构、拱结构
	空间结构体系	薄壳结构、网架结构、悬索结构、索—膜结构、张拉整体结构

注:刚架与排架仅是力学计算方法上的区分。

0.2 结构设计的内容和流程

所谓结构设计,就是根据建筑功能或生产要求,选择合适的结构体系,承受各种荷载(作用)并将各种荷载(作用)效应以最简洁并满足力学原理的方式传递至基础及地基。

结构设计需要解决的问题有:①结构形式;②结构材料;③结构的安全性、适用性和耐久性;④结构的连接构造和施工方法等。

结构设计的原则是安全适用、经济合理、技术先进、施工方便。其目的是根据建筑及工艺布置和荷载大小,选择结构体系和结构布置方案,并确定各部分的尺寸、材料和构造方法,同时体现结构设计原则。

结构设计的内容包括基础结构设计、上部结构设计和构造细部设计。一般可分为三个阶段,即方案阶段、结构分析与计算阶段和施工图设计阶段。结构设计的主要流程如图0-1所示。

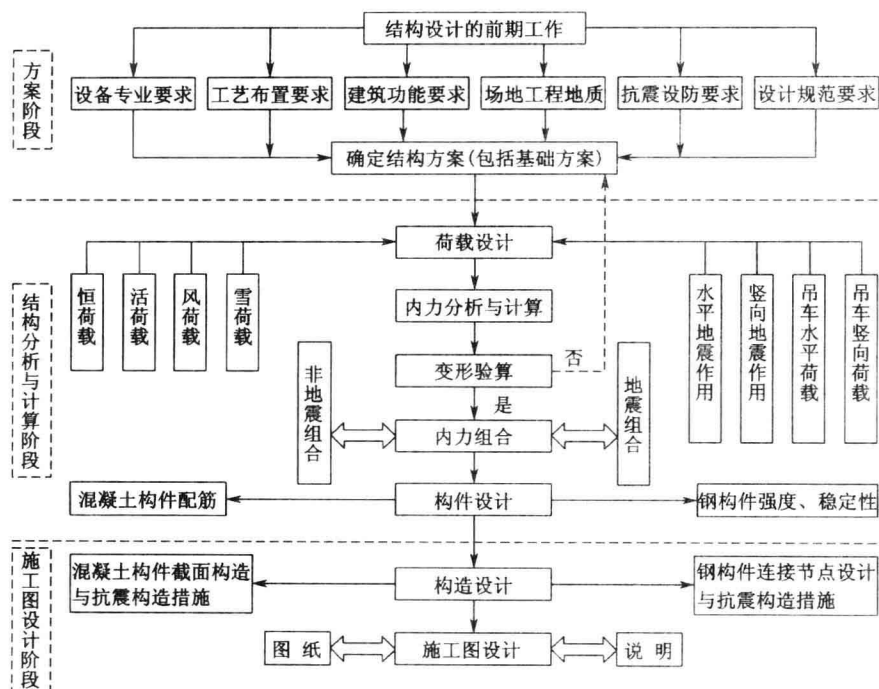


图 0-1 结构设计的主要流程

第1章 结构方案设计

结构方案设计包括:结构选型(材料和结构体系的确定)、结构布置和主要构件尺寸的估算、基础结构形式的确定。

结构方案的确定是结构设计是否合理的关键。在规范的限定条件下,结构方案应满足使用要求;受力合理,技术上可行;并应尽可能满足先进的综合经济技术指标。

1.1 结构设计准备工作

在确定具体工程的结构方案之前,结构设计人员应掌握建筑场地的地质条件与自然条件、所在地区抗震参数、荷载条件、当地的施工技术条件以及该工程所执行的规范(规程)标准等,才能得出正确的总体结构方案。

1.1.1 设计标准

为保证结构的安全性和经济性,结构设计必须遵循一定的设计标准。

1. 国家、地方及行业规范(规程)

规范(规程)是结构设计的主要依据,它是国家及当地建筑方针和技术政策在本专业工作中的具体体现,具有法律效力,必须遵照执行。在结构设计入门阶段,首先应熟悉并学会使用各类规范(规程),养成学习规范(规程)、执行规范(规程)的意识。如要突破规范(规程)的某些规定,必须持慎重态度,做到论据充分。

目前,结构设计中常用的结构设计规范有:

《建筑工程抗震设防分类标准》(GB 50223—2008);
《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010,以下简称《抗震规范》);
《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010,以下简称《混凝土规范》);
《钢结构设计规范》(GB 50017—2003,以下简称《钢结构规范》);
《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011,以下简称《砌体规范》);
《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2011,以下简称《荷载规范》);
《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011,以下简称《地基规范》);
《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008,以下简称《桩基规范》);
《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010,以下简称《高规》)等。

随着技术的进步和工程经验的积累,规范也在不断修订中,应注意使用有效版本。

2. 国家、地方及行业标准图集

标准图集是依据规范制定的国家和地方统一的设计标准和施工构造做法,可以简化结构设计、加快施工进度并取得较好的经济效益。标准图集的种类很多,编制条件各有特点,在选用标准图集时,一定要根据具体工程的实际情况来酌情选用,并应说明选用的图集号和页号,必要时可进行局部修改。

1.1.2 工程地质条件

先勘察、后设计、再施工,是工程建设必须遵守的程序。场地地质条件直接影响基础(甚至上部结构)选型的合理性和经济性。因此,工程地质勘察报告也是结构设计的重要依据。

1. 工程地质勘察报告的主要内容

工程地质勘察的任务是查明场地或地区的工程地质条件,为规划、设计、施工提供必需的地质资料。工程地质勘察报告一般包括文字说明和图纸两个部分。

文字说明部分通常描述建筑场地的地形地貌,地质构造,地层特征,不良地质现象,地下水位、水质、冻结深度及所在地区的地震烈度等;各个地层岩土的物理力学性质、室内和野外试验结果一般列表说明;地基土承载力特征值、压缩模量、桩端土的承载力特征值、桩周土的摩擦力极限标准值(或特征值)必须有明确的数据;并对建筑场地的稳定性、基础形式、地基处理方法、地下水对基础材料(混凝土,混凝土中的钢筋、钢材)的腐蚀性、施工降水方案等做出评价。

图纸部分包括勘探点平面布置图,钻孔地质柱状图,工程地质剖面图,荷载试验、静力触探试验、标准贯入试验等原位测试成果。

2. 工程地质勘察报告成果的使用

①工程地质剖面图可以使结构设计人员对地层构造一目了然,包括土壤的分层标高、物理力学性能、地下水位等,可以用来选择地基持力层,了解下卧层,确定基础埋置深度和桩端入土深度。同时应注意是否有不良地质现象,如滑坡、断层、互层、溶洞、裂隙等,以便采取必要措施。

②地基承载力特征值用于验算基底持力层和下卧层,确定基底的形状和面积,验算基础强度并计算配筋等。

③压缩系数和压缩模量用于判定土的压缩性质,计算基础的最终沉降量、相对沉降差和整体倾斜等。

④剪切试验结果用于确定土的抗剪强度、黏聚力 c 和内摩擦角 φ ,评价地基的稳定性,计算挡土墙的土压力。

⑤桩端阻力 q_p 和桩侧摩擦力 q_s 用于估算单桩承载力、设计试桩。

⑥黄土的湿陷系数用于评价地基土的湿陷性质,计算湿陷量,判定湿陷等级,以便制定防止湿陷的措施。

通过阅读工程地质勘察报告,要对场地土层的分布和性质有清楚和完整的概念,特别注意对工程起关键作用的土层及土工问题。对于报告中提出的基础方案及地基处理的意见及建议,在采纳之前应分析其依据是否合理充分,勘察方法是否可靠,对本工程是否适用。若有矛盾或疑问,应设法查明或要求进行补充勘察,以保证工程质量。

1.1.3 抗震参数

地震作用是建筑结构承受的主要荷载之一。地震作用的随机性和巨大破坏会给人们的生命财产造成严重损失,因而抗震参数的确定对结构设计至关重要,关系到安全使用和建造成本,它对结构选型、结构平面布置、材料选用、构造措施、结构计算、施工技术 etc 都有相应的要求,因此对结构设计具有重要的指导意义。

1. 抗震设防烈度

一个地区的抗震设防烈度,一般情况下可采用中国地震动参数区划图的地震基本烈度(或与《抗震规范》规定的设计地震基本加速度值对应的烈度值)。对已编制抗震设防区划的城市,可按批准的抗震设防烈度或设计地震动参数进行抗震设防。

我国主要城镇(县级及县级以上城镇)中心地区的抗震设防烈度、设计基本地震加速度值和所属的设计地震分组可查阅《抗震规范》附录 A。

2. 场地特征周期

除设计地震基本加速度、设计地震分组外,表征地震影响的参数还有场地类别及场地特征周期。《抗震规范》中的场地特征周期 T_g 是综合考虑建筑物所在地区的地震环境,根据建筑物所在地的设计地震分组和场地类别而确定的。

3. 建筑重要性分类及其设防标准

由于建筑物的使用性质各不相同,地震破坏造成的后果也不相同,因而其抗震设防的要求应根据破坏后果的严重程度加以区别对待。在进行结构设计时,应根据建筑的不同重要性,采取不同的抗震设防标准。

1.1.4 自然条件

自然条件包括年最高温度、最低温度、季节温差和昼夜温差,基本雪压,基本风压及其主导风向,最大冰冻深度等。

温差作用是结构物的主要间接作用,设计中需进行计算或采取相应的构造措施;基本雪压和基本风压是作用在结构上的主要荷载;最大冰冻深度用于确定地基处理方案、基础结构方案、基础埋置深度等。

1.1.5 荷载条件

常规荷载可根据《荷载规范》的规定采用,设备荷载及其土建参数应由相应的设备样本提供。这些是结构布置和结构分析的必要数据。

1.1.6 施工技术条件

施工技术条件包括施工队伍的素质、技术水平;建筑材料、建筑构配件及半成品供应条件;施工机械设备及大型工具供应条件;场地施工及运输条件;水、电、动力供应条件等。

1.2 结构选型

工程设计是各相关专业集体智慧的结晶。一个好的设计,不仅要使本专业的设计合理,更重要的是要能保证建(构)筑物整体的协调与统一。结构作为建筑的骨架,受其他专业(建筑、工艺、设备等专业)的制约和影响很大,因此必须与各专业密切配合,详细了解各专业对结构专业的要求,并采用与建筑空间功能要求相适应的结构形式,将合理的结构形式与使用要求和美观需要尽可能统一起来。

1.2.1 结构设计应满足的功能要求

按用途分类,建筑物可分为民用建筑、工业建筑、园林建筑、其他建筑(含构筑物)四类,