

高等学校工程应用型土建类系列教材

混凝土结构设计

第二版

陈伯望 主 编
祝明桥 彭朝晖 副主编

高等教育出版社

高等学校工程应用型土建类系列教材

混凝土结构设计

HUNNINGTU JIEGOU SHEJI

第二版

陈伯望 主编
祝明桥 彭朝晖 副主编

责任编辑 陈伯望

封面设计 陈伯望

100120

北京理工大学出版社

787mm×960mm 1/16

1/16

1/16

1/16

1/16

1/16

1/16

1/16

1/16

1/16

高等教育出版社·北京

内容提要

本书为高等学校工程应用型土建类系列教材之一,其第一版是“教育科学‘十五’国家规划课题研究成果”。本书是在保持第一版特点的基础上,结合我国现行建筑结构设计规范,同时根据土木工程专业应用型本科人才培养目标修订而成。本书的修编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读者参考。全书内容简明易懂,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.--2版.--北京:
高等教育出版社,2014.8

高等学校工程应用型土建类系列教材
ISBN 978-7-04-040497-5

I. ①混… II. ①陈… 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(2014)第160809号

策划编辑 葛心
插图绘制 杜晓丹

责任编辑 单蕾
责任校对 刘丽娟

封面设计 杨立新
责任印制 张泽业

版式设计 范晓红

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 100120
印刷 三河市华骏印务包装有限公司
开本 787mm×960mm 1/16
印张 17.25
字数 310千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2004年7月第1版
2014年8月第2版
印 次 2014年8月第1次印刷
定 价 27.20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

物料号 40497-00

高等学校工程应用型土建类系列教材编委会名单

主任委员:

汤放华(湖南城市学院)

副主任委员(按姓氏笔画排序):

张建勋(福建工程学院)

武 鹤(黑龙江工程学院)

周 云(广州大学)

周先雁(中南林业科技大学)

唐 勇(山东交通学院)

黄双华(攀枝花学院)

麻建锁(河北建筑工程学院)

委员(按姓氏笔画排序):

万德臣(山东交通学院)

马石城(湘潭大学)

王用信(哈尔滨华德学院)

王永春(青岛理工大学)

王振清(河南工业大学)

王新堂(宁波大学)

石启印(江苏大学)

申向东(内蒙古农业大学)

白宝玉(长春建筑学院)

司马玉洲(南阳理工学院)

刘海卿(辽宁工程技术大学)

刘锡军(湖南科技大学)

李晓目(孝感学院)

李 斌(内蒙古科技大学)

李 毅(北华大学)

杨伟军(长沙理工大学)

肖 鹏(扬州大学)
何培玲(南京工程学院)
余跃心(淮阴工学院)
汪仁和(安徽理工大学)
沈小璞(安徽建筑工业学院)
张文福(大庆石油学院)
张志国(内蒙古大学)
张国栋(三峡大学)
张季超(广州大学)
张 奎(平顶山工学院)
张新东(塔里木大学)
陈 伟(攀枝花学院)
陈伯望(中南林业科技大学)
郑 毅(长春建筑学院)
赵风华(常州工学院)
赵永平(黑龙江工程学院)
赵明耀(长春建筑学院)
荀 勇(盐城工学院)
姚金星(长江大学)
贺国京(中南林业科技大学)
夏军武(中国矿业大学徐海学院)
徐新生(济南大学)
高福聚(中国石油大学)
常伏德(长春建筑学院)
董 黎(广州大学)
蓝宗建(东南大学成贤学院)
窦立军(长春工程学院)
蔡雪峰(福建工程学院)
臧秀平(徐州工程学院)
谭宇胜(茂名学院)
薛志成(黑龙江科技学院)
薛 姝(湖南城市学院)

第二版前言

本书第一版自2004年出版以来,受到了广大读者的好评。本次修订,在保持第一版特点的基础上,根据土木工程专业应用型本科人才培养目标编写而成。在内容上,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读者参考。与第一版相比,第二版在以下几个方面进行了修订。

1. 近几年《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)等一系列新规范相继发布,按照新规范的规定对教材的相关内容进行了修订。

2. 根据读者反映的问题,对第一版教材中的不妥之处进行了改写和修正。

参加本次修订工作的是中南林业科技大学陈伯望(第1章)、湖南城市学院彭朝晖、刘益虹(第2章、第4章)、湖南科技大学祝明桥(第3章)。陈伯望任主编,祝明桥和彭朝晖任副主编,全书由陈伯望统稿。

本书由湖南大学沈蒲生教授审阅,特此致谢。

由于水平有限,书中疏漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2014年3月

第一版前言

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

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

目 录

第 1 章 结构设计概论	(1)
内容提要	(1)
1.1 建筑结构类型	(1)
1.2 结构设计的步骤和内容	(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	(6)
1.3.1 结构作用的种类	(6)
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	(11)
1.4 结构分析	(15)
1.4.1 结构分析的基本原则	(15)
1.4.2 线弹性分析方法	(16)
1.4.3 其他分析方法	(18)
1.5 结构耐火与耐久性设计	(19)
1.5.1 结构的耐火设计	(19)
1.5.2 结构的耐久性设计	(22)
1.6 强制性条文	(26)
1.6.1 强制性条文的背景	(26)
1.6.2 强制性条文的内容	(27)
小结	(27)
思考题	(28)
习题	(29)
第 2 章 梁板结构	(30)
内容提要	(30)
2.1 梁板结构类型	(30)
2.2 混凝土单向板肋梁楼盖设计	(32)
2.2.1 结构布置	(32)
2.2.2 弹性理论计算方法	(33)
2.2.3 塑性理论计算方法	(39)

2.2.4 截面设计与构造要求	(44)
2.2.5 单向板肋梁楼盖设计例题	(49)
2.3 混凝土双向板肋梁楼盖设计	(63)
2.3.1 弹性理论计算方法	(64)
2.3.2 塑性理论计算方法	(66)
2.3.3 截面设计与构造要求	(69)
2.3.4 双向板设计例题	(71)
2.4 装配式楼盖	(75)
2.4.1 预制构件形式	(75)
2.4.2 装配式楼盖的结构布置和连接	(77)
2.4.3 装配式楼盖的计算要点	(78)
2.5 楼梯和雨篷	(79)
2.5.1 整体式楼梯设计	(79)
2.5.2 雨篷设计	(88)
小结	(91)
思考题	(91)
习题	(92)
第3章 单层排架结构	(93)
内容提要	(93)
3.1 单层厂房结构组成和布置	(93)
3.1.1 单层厂房的特点	(93)
3.1.2 单层厂房结构形式	(94)
3.1.3 排架结构组成和传力途径	(95)
3.1.4 结构布置	(98)
3.2 主要构件选型	(108)
3.2.1 标准构件选型	(108)
3.2.2 屋面构件选型	(109)
3.2.3 吊车梁选型	(113)
3.2.4 柱选型	(114)
3.2.5 基础选型	(118)
3.3 排架结构计算	(119)
3.3.1 计算简图	(120)
3.3.2 排架结构上的荷载	(122)
3.3.3 等高排架分析	(128)
3.3.4 排架内力组合	(134)
3.3.5 排架结构的整体空间作用	(135)
3.4 主要构件设计	(139)

3.4.1 排架柱设计	(139)
3.4.2 柱下扩展基础设计	(146)
3.5 工程实例	(154)
3.5.1 排架结构计算	(154)
3.5.2 排架结构施工图	(180)
小结	(182)
思考题	(183)
习题	(184)
第4章 多层框架结构	(185)
内容提要	(185)
4.1 框架结构概述	(185)
4.1.1 框架结构的组成特点	(185)
4.1.2 框架结构的分类	(185)
4.2 框架结构布置	(186)
4.2.1 结构布置的一般原则	(186)
4.2.2 柱网布置	(186)
4.2.3 框架承重体系布置	(186)
4.2.4 变形缝设置	(187)
4.3 框架结构计算简图	(188)
4.3.1 框架结构梁、柱截面尺寸确定	(188)
4.3.2 计算简图	(189)
4.3.3 荷载计算	(190)
4.4 框架结构内力分析及侧移验算	(190)
4.4.1 竖向荷载作用下的内力分析	(190)
4.4.2 水平荷载作用下的内力分析	(192)
4.4.3 侧移验算	(196)
4.5 框架结构内力组合	(197)
4.5.1 内力组合目的	(197)
4.5.2 控制截面	(197)
4.5.3 荷载效应组合	(198)
4.5.4 组合目标	(198)
4.5.5 竖向活荷载的最不利布置	(199)
4.5.6 梁端弯矩调幅	(200)
4.6 框架结构配筋设计及构造要求	(200)
4.6.1 配筋设计	(200)
4.6.2 构造要求	(203)
4.7 框架结构基础设计	(206)

4.7.1 柱下条形基础设计	(207)
4.7.2 其他基础设计简介	(208)
4.8 框架结构设计例题	(210)
4.8.1 设计资料	(210)
4.8.2 框架结构计算简图	(211)
4.8.3 恒荷载及其内力分析	(214)
4.8.4 活荷载及其内力分析	(217)
4.8.5 风荷载及其内力分析	(222)
4.8.6 内力组合	(225)
4.8.7 截面设计	(233)
4.8.8 基础设计	(239)
小结	(242)
思考题	(243)
习题	(243)
附表	(245)
附表 A 连续梁板的计算跨度 l_0	(245)
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	(246)
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	(252)
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 (ZQ1-62 部分系列)	(255)
附表 E 单阶变截面柱的柱顶位移系数 C_0 和 F 反力系数 $C_1 \sim C_{11}$	(256)
附表 F 轴心受压和偏心受压柱的计算长度 l_0	(258)
附表 G 钢筋混凝土结构伸缩缝最大间距	(259)
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	(259)
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	(262)
附表 J 上、下层横梁线刚度比对 y_0 的修正值 y_1	(264)
附表 K 上、下层层高变化对 y_0 的修正值 y_2 和 y_3	(264)
参考文献	(265)

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—2010《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 的住宅建筑结构和房屋高度大于 24 m 的其他民用建筑结构为高层建筑;在 GB 50045—1995《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,钢骨混凝土、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、拱结构和索结构等。

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。

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建筑;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建筑。美国波士顿机场采用的混凝土折壳结构,跨度达 76.8 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 m×183 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、下层索采用高强钢丝,其圆形比赛大厅直径为 94 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。

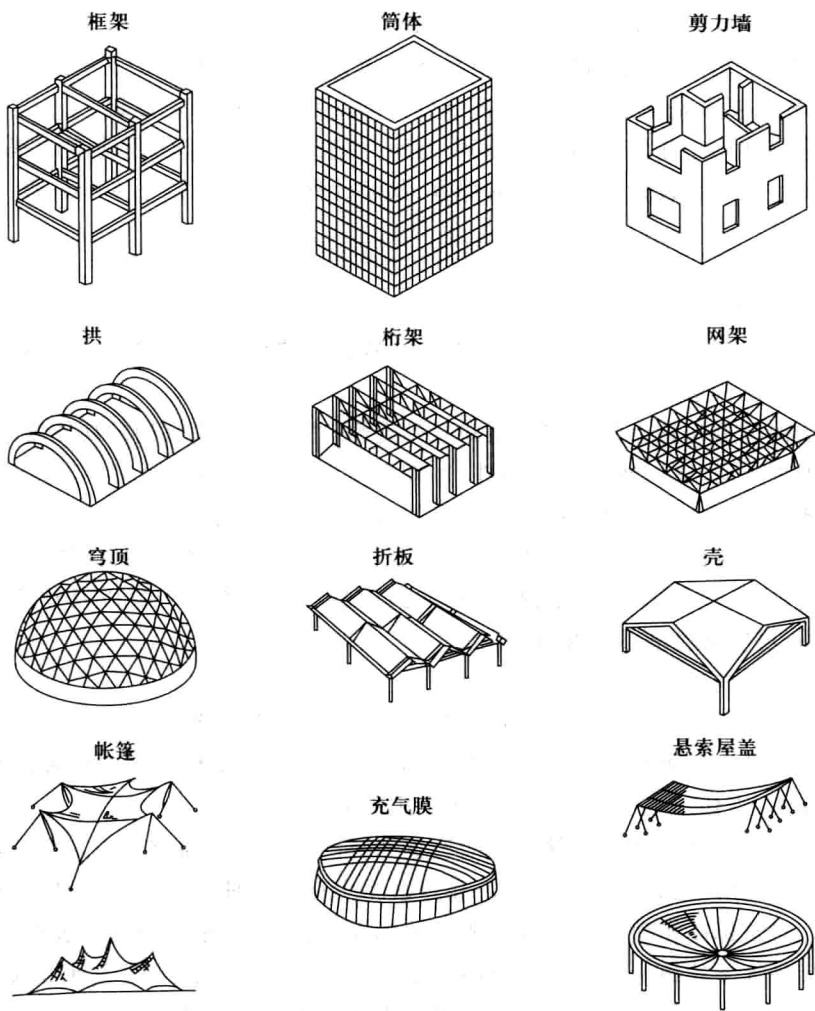


图 1.1.1 建筑结构类型

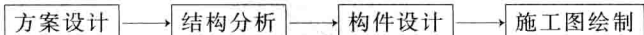
1.2 结构设计的步骤和内容

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4个过程:



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、适用性和耐久性等结构功能要求。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。