



高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材

总主编 何若全

钢结构设计

GANGJIEGOU
SHEJI

主 编 郑廷银

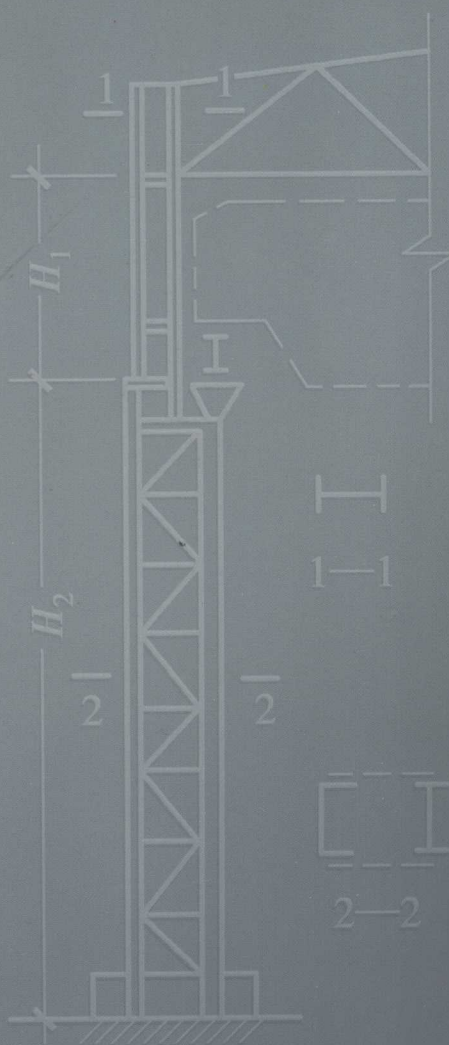
副主编 王治均

主 审 桂国庆



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>





高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材

总主编 何若全

钢结构设计

GANGJIEGOU
SHEJI

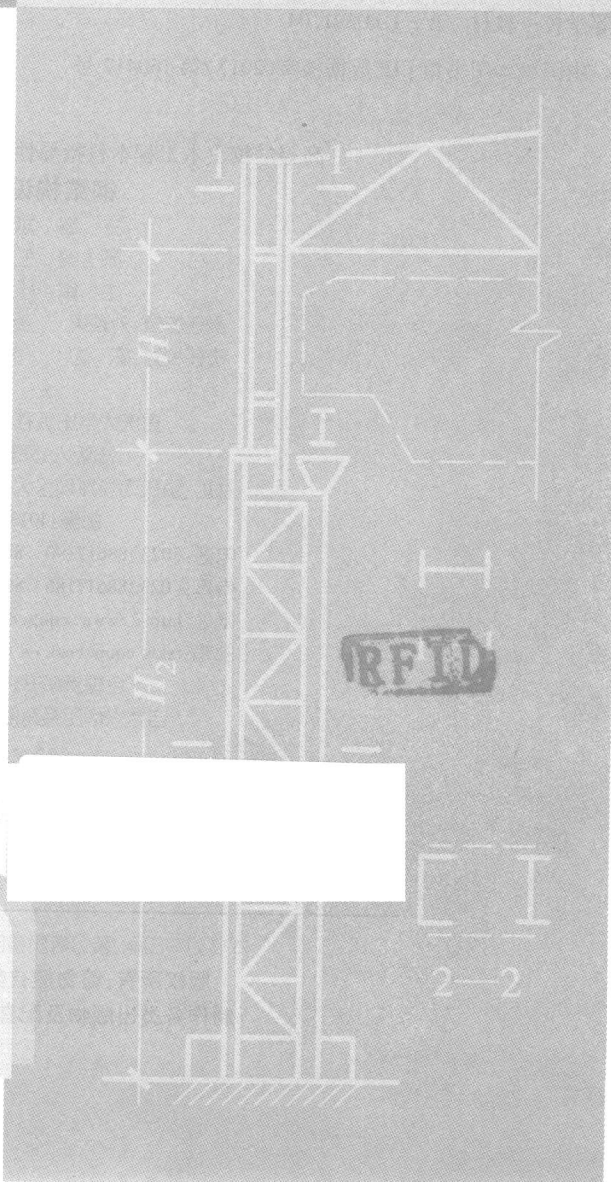
主 编 郑廷银

副主编 王治均

参 编 唐柏鉴 杜 咏

主 审 桂国庆

重庆大学出版社



内容提要

本书为《高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材》之一。全书共分6章,分别为概论、轻型门式刚架钢结构设计、普钢厂房结构设计、大跨屋盖钢结构设计、多层房屋钢结构设计、钢结构的防火与防腐设计。本书根据《高等学校土木工程本科指导性专业规范》的精神和原则,并结合作者多年的教学经验和工程设计的体会而编写。本书既注重理论的系统性和应用的可操作性,又注重学科前沿知识和方法的介绍,并遵循以学生为本、简明适用、可读性强的编写原则。为便于学生学习和复习巩固,每章前有导读,后有小结或工程设计实例与设计流程图,并列出了较多的思考题和习题。

本书编写最大限度地贴近工程设计的基本程序,突出实用性,可作为高等学校土木工程专业钢结构基本原理课程的后续课程教材,也可供相关工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

钢结构设计/郑廷银主编. —重庆:重庆大学出版社,2013.8

高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材
ISBN 978-7-5624-7426-5

I. ①钢… II. ①郑… III. ①钢结构—结构设计—高等学校—教材 IV. ①TU391.04

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第160417号

高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材

钢结构设计

主 编 郑廷银

副主编 王治均

主 审 桂国庆

责任编辑:刘颖果 版式设计:莫 西

责任校对:陈 力 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编:401331

电话:(023)88617190 88617185(中小学)

传真:(023)88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

自贡兴华印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:26.75 字数:743千 插页:8 开12页

2013年8月第1版 2013年8月第1次印刷

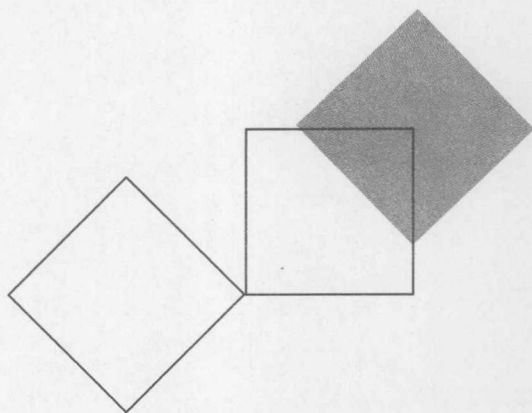
印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-7426-5 定价:48.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究



编委会名单

总 主 编：何若全

副总主编：杜彦良 邹超英 桂国庆 张永兴

编 委（按姓氏笔画为序）：

卜建清	王广俊	王连俊	王社良
王建廷	王雪松	王慧东	仇文革
文国治	龙天渝	代国忠	华建民
向中富	刘 凡	刘 建	刘东燕
刘尧军	刘俊卿	刘新荣	刘曙光
许金良	孙 俊	苏小卒	李宇峙
李建林	汪仁和	宋宗宇	张 川
张忠苗	范存新	易思蓉	罗 强
周志祥	郑廷银	孟丽军	柳炳康
段树金	施惠生	姜玉松	姚 刚
袁建新	高 亮	黄林青	崔艳梅
梁 波	梁兴文	董 军	覃 辉
樊 江	魏庆朝		

总 序

进入 21 世纪的第二个十年,土木工程专业教育的背景发生了很大的变化。“国家中长期教育改革和发展规划纲要”正式启动,中国工程院和国家教育部倡导的“卓越工程师教育培养计划”开始实施,这些都为高等工程教育的改革指明了方向。截至 2010 年底,我国已有 300 多所大学开设土木工程专业,在校生达 30 多万人,这无疑是世界上该专业在校大学生最多的国家。如何培养面向产业、面向世界、面向未来的合格工程师,是土木工程界一直在思考的问题。

由住房和城乡建设部土建学科教学指导委员会下达的重点课题“高等学校土木工程本科指导性专业规范”的研制,是落实国家工程教育改革战略的一次尝试。“专业规范”为土木工程本科教育提供了一个重要的指导性文件。

由“高等学校土木工程本科指导性专业规范”研制项目负责人何若全教授担任总主编,重庆大学出版社出版的《高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材》力求体现“专业规范”的原则和主要精神,按照土木工程专业本科期间有关知识、能力、素质的要求设计了各教材的内容,同时对大学生增强工程意识、提高实践能力和培养创新精神做了许多有意义的尝试。这套教材的主要特色体现在以下方面:

(1) 系列教材的内容覆盖了“专业规范”要求的所有核心知识点,并且教材之间尽量避免知识的重复;

(2) 系列教材更加贴近工程实际,满足培养应用型人才对知识和动手能力的要求,符合工程教育改革的方向;

(3) 教材主编们大多具有较为丰富的工程实践能力,他们力图通过教材这个重要手段实现“基于问题、基于项目、基于案例”的研究型学习方式。

据悉,本系列教材编委会的部分成员参加了“专业规范”的研究工作,而大部分成员曾为“专业规范”的研制提供了丰富的背景资料。我相信,这套教材的出版将为“专业规范”的推广实施,为土木工程教育事业的健康发展起到积极的作用!

中国工程院院士 哈尔滨工业大学教授

沈世钊

前言

本书为《高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材》之一。全书遵循专业指导委员会组织编制并最新颁布的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》的精神和原则,结合作者多年从事钢结构设计教学的经验和工程设计的体会而编写。本书可作为高等院校土木工程专业钢结构基本原理课程的后续课程教材,也可供相关工程技术人员参考使用。

本书力求突出下列特色:

- (1) 全面覆盖《高等学校土木工程本科指导性专业规范》的知识单元和知识点,体现新的专业规范思想;
- (2) 既注重传统基本理论和基本概念的阐述,又注重学科前沿知识的介绍,尽量反映现代建筑理念和建筑科学技术水平;
- (3) 既注重理论的系统性,又注重应用的可操作性,尽量突出钢结构设计课程教学的特色;
- (4) 最大限度地贴近工程设计的基本程序,每章后有工程设计实例与设计流程图,突出应用的可操作性;
- (5) 每章前有导读,后有小结,可读性强,便于学生学习;
- (6) 每章末列出了较多的复习思考题和习题,以便于学生复习巩固。

本书共6章,其内容包括概论、轻型门式刚架钢结构设计、普钢厂房结构设计、大跨屋盖钢结构设计、多层房屋钢结构设计、钢结构的防火与防腐设计。

本书由郑廷银教授提出初步编写大纲,在2011年7月2日重庆大学出版社组织的“高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材编写研讨会”上作了交流讨论,修改后经总主编何若全教授和桂国庆教授审定,全体参编者认真讨论编写大纲后分工编写。第1、5章由南京工业大学郑廷银教授编写,第2、4章由江苏科技大学王治均副教授编写,第3章由江苏科技大学唐柏鉴副教授编写,第6章由南京工业大学杜咏教授编写,附表由郑廷银教授编写。全书由郑廷银教授任主编,王治均副教授任副主编。主编对全书进行了细致统稿,并对每章导读、工程设计实例、设计流程图等关键部分进行了反复推敲。

桂国庆教授在百忙之中及时认真审阅了全书,并提出了宝贵的修改意见,特此致以衷心的感谢。

在本书编写过程中,部分引用了同行专家论著中的成果,陈杰、曹昊鹏、吴鑫等研究生对本

书第5章中的设计实例及附表录制付出了辛勤劳动,在此一并致谢。

由于时间所限,书中难免有引用同行专家论著或资料中的某些内容而未能详细说明出处,敬请谅解!

虽然我们已尽自己之力,但由于水平所限,值得商榷改进之处在所难免,敬请读者批评指正,并提出宝贵意见。联系邮箱:zhityzh@njut.edu.cn。

郑廷银

2013年4月18日于南京

目 录

第1章 概论	1
1.1 钢结构的构成特点	1
1.2 钢结构的建造特点与基本程序	4
1.3 钢结构设计的依据与成果	5
1.4 钢结构设计方法的评述与展望	11
本章小结	14
复习思考题	15
第2章 轻型门式刚架钢结构设计	16
2.1 概述	16
2.2 结构选型与布置	21
2.3 刚架设计	25
2.4 压型钢板设计	53
2.5 檩条设计	60
2.6 墙梁设计	77
2.7 支撑构件设计	83
2.8 轻型门式刚架钢结构设计实例	86
轻型门式刚架钢结构设计流程图	110
复习思考题	110
习题	111
第3章 普钢厂房结构设计	113
3.1 概述	113
3.2 结构选型与布置	115
3.3 横向框架设计	124
3.4 吊车梁设计	136
3.5 普通钢屋架设计	149
3.6 钢屋盖设计实例	164
普钢厂房结构设计流程图	174
复习思考题	174

习题	175
第4章 大跨屋盖钢结构设计	177
4.1 大跨屋盖结构的特点与分类	177
4.2 网架结构设计	184
4.3 网壳结构设计	226
4.4 网架结构设计实例	231
网架结构设计流程图	236
复习思考题	236
习题	237
第5章 多层房屋钢结构设计	238
5.1 多层钢结构设计特点	238
5.2 多层钢结构体系	240
5.3 多层钢结构的选型与布置	247
5.4 荷载与作用计算	253
5.5 作用效应计算及其组合	263
5.6 结构验算	273
5.7 构件设计	278
5.8 组合楼(屋)盖设计	297
5.9 节点设计	318
5.10 多层房屋钢结构设计实例	346
多层钢结构设计流程图	375
复习思考题	376
习题	377
第6章 钢结构防火与防腐设计	379
6.1 钢结构防火设计	379
6.2 钢结构防腐设计	388
本章小结	390
复习思考题	391
附录	392
附录1 疲劳计算分类与锚栓规格	392
附录2 部分型钢规格和截面特性	395
附录3 门式刚架施工图	406
附录4 人字形屋架施工图	416
附录5 网架施工图	418
附录6 某大学教学楼多层钢结构设计图	426
参考文献	415

第1章 概论

本章导读

内容及要求: 钢结构的构成特点、钢结构的建造特点与基本程序、钢结构设计的依据与成果、钢结构设计方法的评述与展望。通过本章学习,应对钢结构的构成特点、建造特点、设计文件的形成以及设计方法的改进与展望等钢结构设计的相关知识有所了解。

重点: 钢结构的构成特点、钢结构的建造特点与基本程序、钢结构设计的依据与成果。

难点: 钢结构设计方法的评述。

1.1 钢结构的构成特点

任何结构都必须几何不变的空间整体,且要求在各种作用下保持其稳定性、必要的承载力和刚度。根据其承重主体的特点,其构成方式可分为基于平面单元(体系)的构成方式与基于空间单元(体系)的构成方式。

1.1.1 基于平面单元(体系)的构成方式

该构成方式为:结构的承重主体是由平面体系(二维刚架或排架等)通过纵向构件(檩条、支撑、墙梁、吊车梁等)连接形成几何不变的空间整体稳定结构体系。

如图 1.1 所示的门式刚架结构和如图 1.2 所示的普钢厂房结构,就是这种构成方式的典型代表。图 1.1 所示的门式刚架结构,它是由变截面实腹梁与变截面实腹柱所构成的平面刚架,通过檩条、支撑、墙梁等纵向构件连接而成的空间稳定结构体系。而图 1.2 所示的普钢厂房结构,其构成原理与图 1.1 完全相同,主要区别只在于所构成平面刚架的梁、柱构件以及纵向构件的截面形式不同而已。

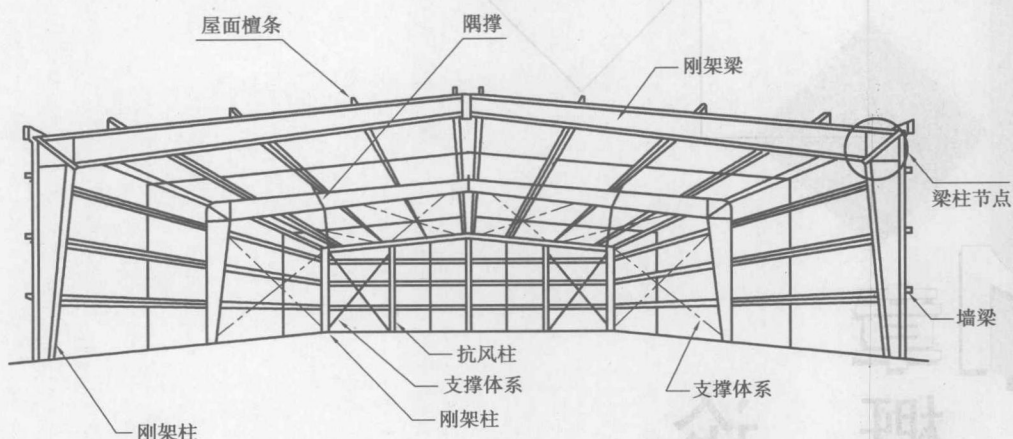


图 1.1 门式刚架结构

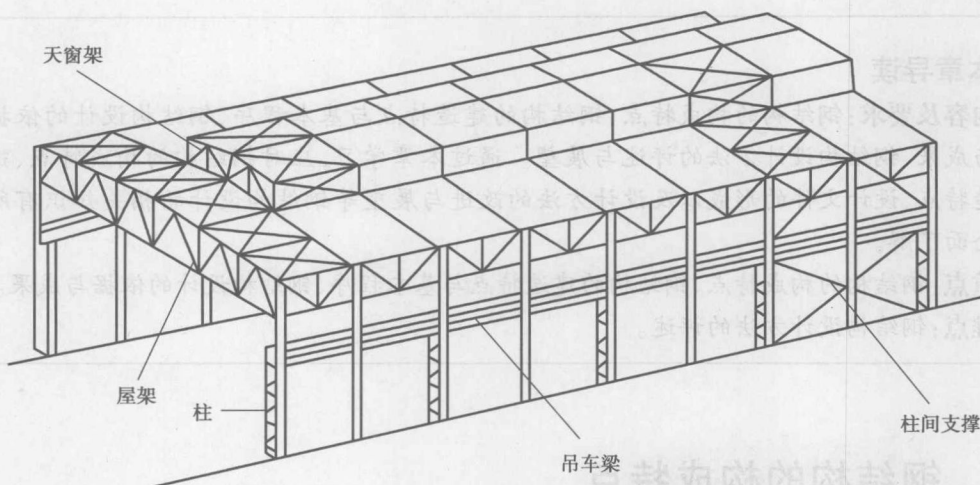


图 1.2 普钢厂房结构

1.1.2 基于空间单元(体系)的构成方式

该构成方式为:结构的承重主体是由空间单元或体系(如四角锥网架中的四角锥单元或多高层建筑中的立体构件等)相互连接形成几何不变的空间整体稳定结构体系。

图 1.3 是以各四角锥单元(空间单元)相互连接的方式而构成的四角锥平板网架屋盖结构。图 1.4 所示美国西尔斯大厦,是以各框架筒(立体构件—空间单元)相互连接的方式而构成束筒结构体系而成。图 1.5 所示香港中国银行大楼,分析其组成可知,实为由每 3 榀钢支撑(底部平面共 8 榀)构成的三棱柱体(立体构件—空间单元)相互连接的方式而构成。图 1.6 所示法兰克福商业银行新大楼,则是以北、西、南 3 个筒(立体构件—空间单元)通过各楼层构件相互连接的方式而构成整幢大楼。

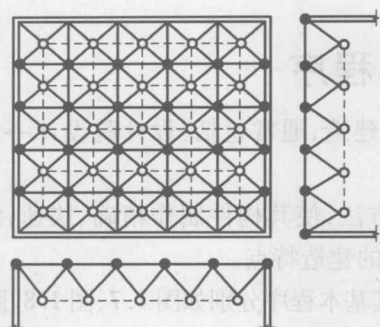


图 1.3 四角锥平板网架

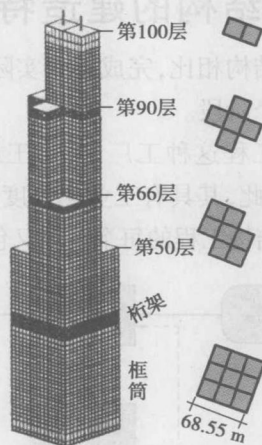


图 1.4 美国西尔斯大厦

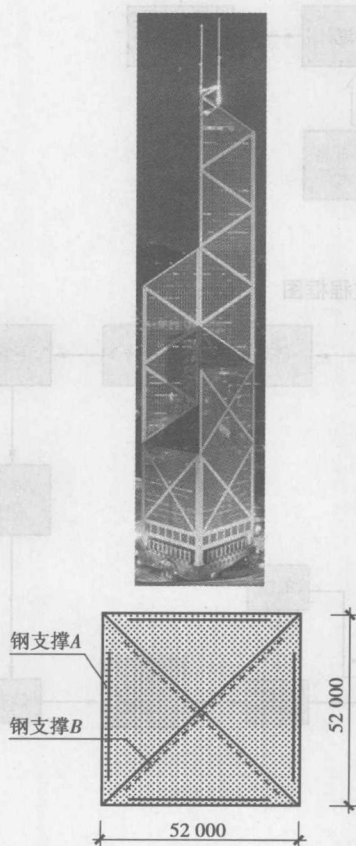


图 1.5 香港中国银行大楼

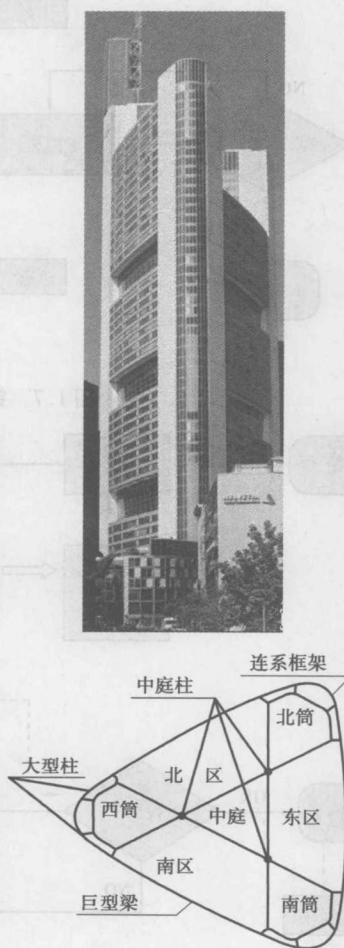


图 1.6 法兰克福商业银行新大楼

1.2 钢结构的建造特点与基本程序

与其他结构相比,完成一个实际钢结构工程的建造,通常包括:设计院设计→工厂制作→工地安装 3 个阶段。

钢结构工程这种工厂制造、工地拼装的建造方法,使其构件制作精确、快速,结构安装便捷、高效。因此,其具有工业化程度高、施工周期短的建造特点。

实际钢结构工程的每个阶段又包括多个环节,其基本程序分别如图 1.7、图 1.8、图 1.9 所示。

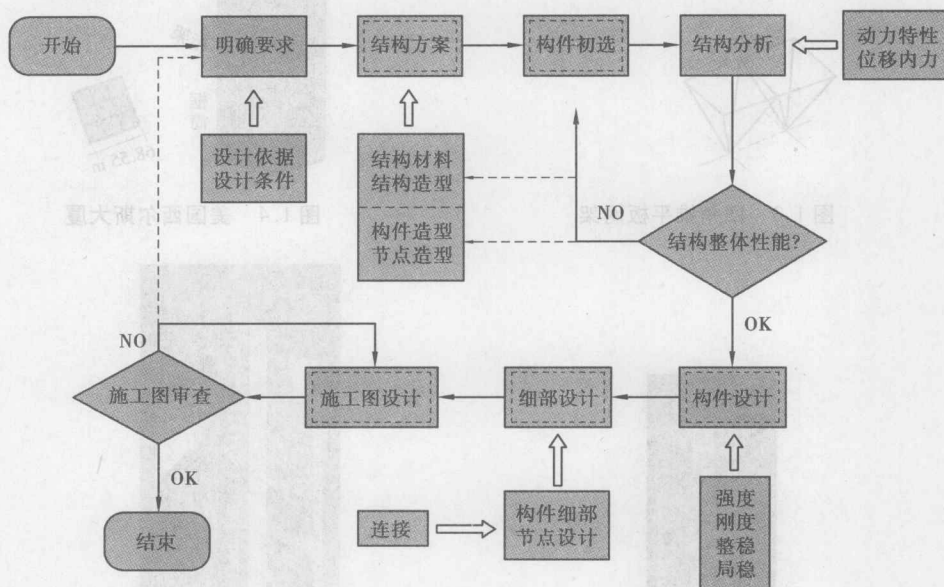


图 1.7 钢结构设计过程框图

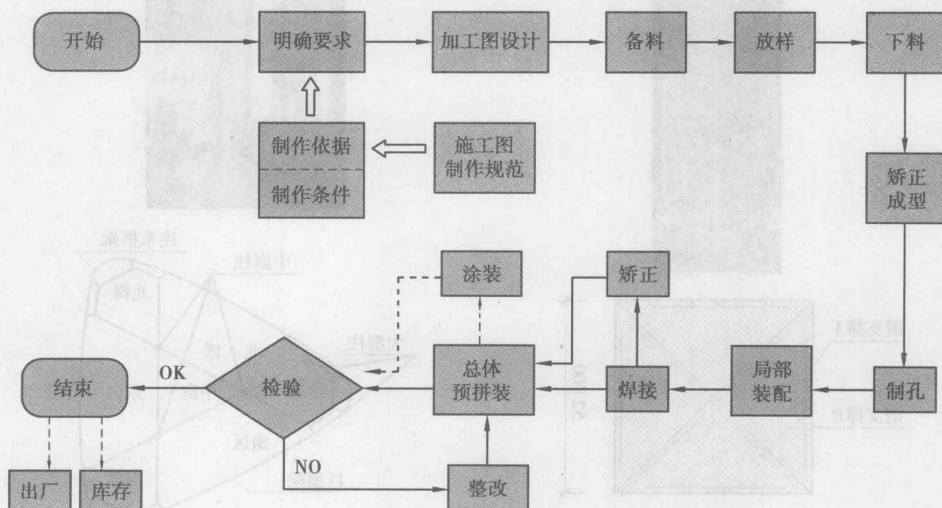


图 1.8 钢结构制作过程框图

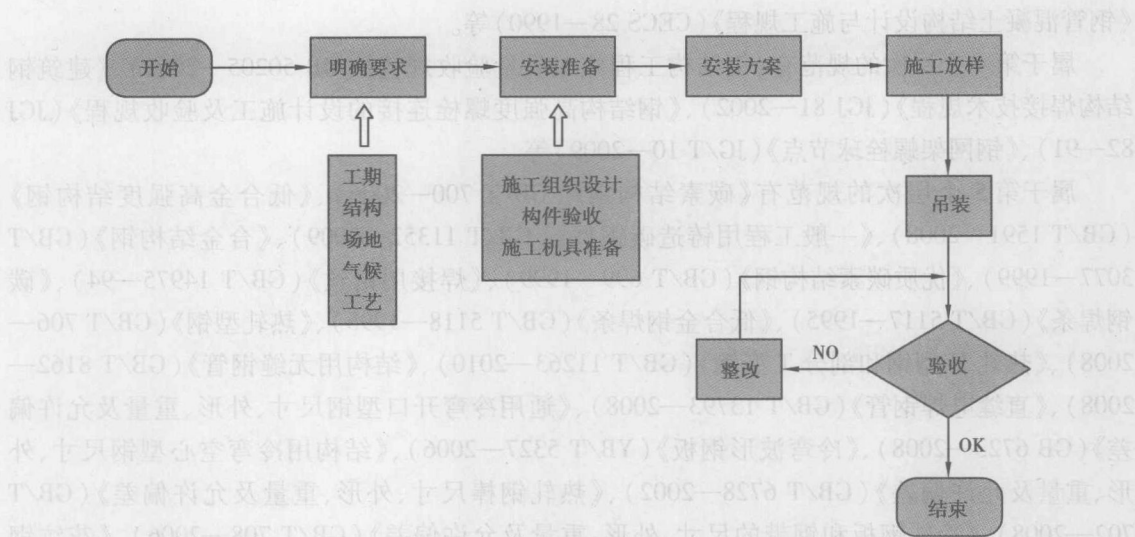


图 1.9 钢结构安装过程框图

1.3 钢结构设计的依据与成果

1.3.1 规范体系与法规性文件

钢结构设计、施工标准、规范、规程同其他材料的结构规范、规程一样,是技术性法律文件,是广大设计、施工工程技术人员必须共同遵守的规则。因此,对从事钢结构设计与施工的技术人员来说,学习和掌握钢结构设计与施工规范就显得十分必要。只有充分理解和掌握规范,方能准确地执行和贯彻规范。

我国钢结构工程所涉及的标准、规范、规程从总体上可划分为 5 个层次。第 1 个层次为规范制定的原则;第 2 个层次为荷载代表值的取用;第 3 个层次为各种结构设计规范;第 4 个层次为与设计规范配套的施工规范;第 5 个层次为与设计、施工相配套的各种材料、连接方面的规程及标准等。另外,根据工程所处的环境条件,还将涉及防火、防腐、防震等方面的有关标准、规范、规程等。

属于第 1 层次的规范有《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)、《工程结构可靠度设计统一标准》(GB 50153—2008)、《建筑结构设计术语和符号标准》(GB/T 50083—97)、《建筑结构制图标准》(GB/T 50105—2010)。

属于第 2 层次的规范有《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)。

属于第 3 层次的规范有《钢结构设计规范》(GBJ 50017—2003)、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GBJ 50018—2002)、《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》(CECS 102—2002)、《高层民用建筑钢结构技术规程》(JGJ 99—98)、《空间网格结构技术规程》(JGJ 7—2010)、《钢管混凝土结构设计规程》(YB 9082—2006)、《型钢混凝土组合结构技术规程》(JGJ 138—2001)。

《钢管混凝土结构设计与施工规程》(CECS 28—1990)等。

属于第4个层次的规范有《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205—2001)、《建筑钢结构焊接技术规程》(JGJ 81—2002)、《钢结构高强度螺栓连接的设计施工及验收规程》(JGJ 82—91)、《钢网架螺栓球节点》(JG/T 10—2009)等。

属于第5个层次的规范有《碳素结构钢》(GB/T 700—2006)、《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591—2008)、《一般工程用铸造碳钢件》(GB/T 11352—2009)、《合金结构钢》(GB/T 3077—1999)、《优质碳素结构钢》(GB/T 699—1999)、《焊接用钢丝》(GB/T 14975—94)、《碳钢焊条》(GB/T 5117—1995)、《低合金钢焊条》(GB/T 5118—1995)、《热轧型钢》(GB/T 706—2008)、《热轧H型钢和剖分T型钢》(GB/T 11263—2010)、《结构用无缝钢管》(GB/T 8162—2008)、《直缝电焊钢管》(GB/T 13793—2008)、《通用冷弯开口型钢尺寸、外形、重量及允许偏差》(GB 6723—2008)、《冷弯波形钢板》(YB/T 5327—2006)、《结构用冷弯空心型钢尺寸、外形、重量及允许偏差》(GB/T 6728—2002)、《热轧钢棒尺寸、外形、重量及允许偏差》(GB/T 702—2008)、《冷轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》(GB/T 708—2006)、《花纹钢板》(GB/T 3277—91)、《建筑用压型钢板》(GB/T 12755—2008)、《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》(GB 3098.1—2010)、《普通螺纹公差》(GB 197—2003)、《六角头螺栓C级》(GB/T 5780—2000)、《六角头螺栓》(GB/T 5782—2000)、《六角螺母C级》(GB/T 41—2000)、《I型六角螺母》(GB/T 6170—2000)、《C级平垫圈》(GB/T 95—2002)、《A级平垫圈》(GB/T 97.1—2002)、《A级平垫圈倒角型》(GB/T 97.2—2002)、《工字钢用方斜垫圈》(GB/T 852—88)、《槽钢用方斜垫圈》(GB/T 853—88)、《止动垫圈技术条件》(GB/T 98—88)、《标准型弹簧垫圈》(GB/T 93—87)、《轻型弹簧垫圈》(GB/T 859—87)、《弹性垫圈技术条件 鞍形、波形弹性垫圈》(GB/T 94.3—2008)、《钢结构用高强度大六角头螺栓》(GB/T 1228—2006)、《钢结构用高强度大六角螺母》(GB/T 1229—2006)、《钢结构用高强度垫圈》(GB/T 1230—2006)、《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》(GB/T 3632—2008)、《电弧螺栓焊用圆柱头焊钉》(GB/T 10433—2002)、《气焊、焊条、电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口》(GB/T 985.1—2008)、《埋弧焊的推荐坡口》(GB/T 985.2—2008)。

对有抗震设防要求的钢结构建筑,其设计和施工尚应符合《建筑抗震设计规范》(附条文说明)(GB 50011—2010)。对有防火要求的建筑,尚应符合《建筑设计防火规范》(GB 50016—2006)和《高层民用建筑设计防火规范》(GB 50045—1995)等防火规范中对钢结构构件的要求。在防腐方面,尚应满足《建筑防腐蚀工程施工及验收规范》(GB 50212—2002)和《工业建筑防腐蚀设计规范》(GB 50046—2008)的要求。各层次规范的相互关系如图1.10所示。

在现行规范体系中,《建筑结构可靠度设计统一标准》(以下简称《统一标准》)是最高层次的标准。它不仅是制定《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012,以下简称《荷载规范》)、钢结构设计的各种规范应遵守的准则,也是制定《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)、《木结构设计规范》(GB 50005—2003)、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)、《建筑抗震设计规范(附条文说明)》(GB 50011—2010,以下简称《抗震规范》)等应遵守的原则。它不仅适用于建筑物(包括一般构筑物)的整个结构以及组成结构的构件和基础的设计,而且还适用于结构的使用阶段以及结构构件的制作、运输与安装等施工阶段。因此,有关的建筑结构施工及验收规范以及其他标准均是按照其规定的原则制定的。

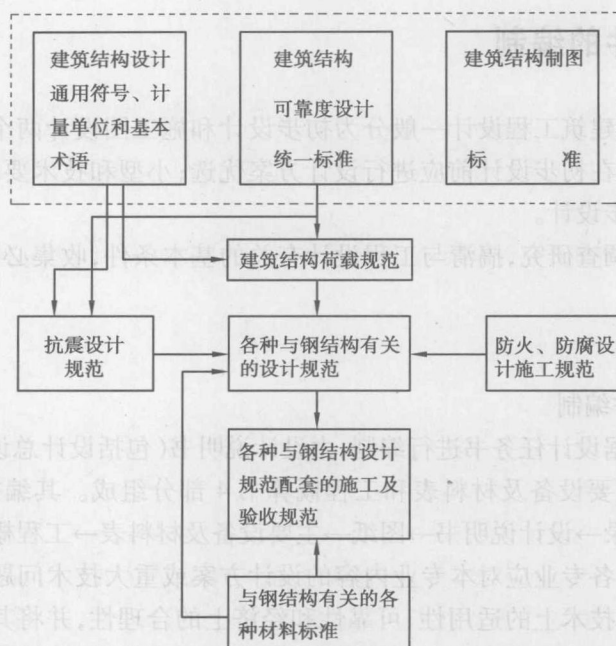


图 1.10 各种规范之间的相互关系

由于《荷载规范》是按《统一标准》规定的原则制定的,因此在施行时,必须与根据《统一标准》编制的各项建筑结构设计国家标准、规范配套使用,不得与未按《统一标准》编制的各项建筑结构设计国家标准混用。如《工业与民用建筑灌注桩基础设计与施工规程》(JGJ PDF 4—80)、《高层建筑箱形基础设计与施工规程》(JGJ PDF 6—80)、《烟囱设计规范》(GB 50051—2002)、《钢筋混凝土筒仓设计规范》(GB 50077—2003)等均未根据《统一标准》制定,所以不能与《荷载规范》配套使用。第3层次中所列几种钢结构规范,都是以《统一标准》规定的原则制定的,可以与《荷载规范》配套使用。《荷载规范》依据第1层次的标准制定,同时又为第3层次的规范提供了荷载代表值及其组合方式,所以称其为第2层次的规范。

本节所列第3、第4层次的规范、规程是在第1层次所列标准的指导下,采用第2层次规范规定的荷载代表值及其组合方式、第5层次规范中所规定的材料,为不同类型钢结构的设计与施工而制定的规范、规程。

第5个层次的标准,既是制定各种钢结构规范的依据,又是施工现场材料检验的标准。

《抗震规范》是根据《统一标准》修订的,可以与钢结构设计与施工方面的规范、规程配套使用。该规范是各类建筑抗震设防的依据。

《建筑防火规范》和《高层民用建筑防火规范》对房屋的耐火等级及钢构件的耐火极限作了规定,它是我国建筑钢结构防火设计的依据。

建筑防腐设计在《钢结构设计规范》(GBJ 50017—2003)、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GBJ 50018—2002)中均有相应的规定。防锈等级及钢基层的处理等规定于《工业建筑防腐蚀设计规范》(GB 50046—2008)、《建筑防腐蚀工程施工及验收规范》(GB 50212—2002)中。

1.3.2 设计文件的编制

在项目决策以后,建筑工程设计一般分为初步设计和施工图设计两个设计阶段。大型和重要的民用建筑工程,在初步设计前应进行设计方案优选;小型和技术要求简单的建筑工程,可以方案设计代替初步设计。

在设计前应进行调查研究,搞清与工程设计有关的基本条件,收集必要的设计基础资料,并进行认真分析。

1) 初步设计

(1) 初步设计文件编制

初步设计文件根据设计任务书进行编制,由设计说明书(包括设计总说明和各专业的设计说明书)、设计图纸、主要设备及材料表和工程概算书4部分组成。其编排顺序为:封面→扉页→初步设计文件目录→设计说明书→图纸→主要设备及材料表→工程概算书。

在初步设计阶段,各专业应对本专业内容的设计方案或重大技术问题的解决方案进行综合技术经济分析,论证技术上的适用性、可靠性和经济上的合理性,并将其主要内容写进本专业初步设计说明书中;设计总负责人对工程项目的总体设计在设计总说明中予以论述。

为编制初步设计文件,应进行必要的内部作业。有关的计算书、计算机辅助设计的计算资料、方案比较资料、内部作业草图、编制概算所依据的补充资料等,均须妥善保存。

(2) 初步设计文件的深度

初步设计文件的深度应满足审批的要求,即:

- ①应符合已审定的设计方案;
- ②能据以确定土地征用范围;
- ③能据以准备主要设备及材料;
- ④应提供工程设计概算,作为审批确定项目投资的依据;
- ⑤能据以进行施工图设计;
- ⑥能据以进行施工准备。

2) 施工图设计

(1) 设计根据

施工图设计应根据已批准的初步设计进行编制,内容以图纸为主,应包括:封面、图纸目录、设计说明(或首页)、图纸、工程预算书等。

施工图设计文件一般以子项为编排单位,各专业的工程计算书(包括计算机辅助设计的计算资料)应经校审、签字后,整理归档。

(2) 施工图设计文件的深度

施工图设计文件的深度应满足以下要求:

- ①能据以编制施工图预算;
- ②能据以安排材料、设备订货和非标准设备的制作;
- ③能据以进行施工和安装;