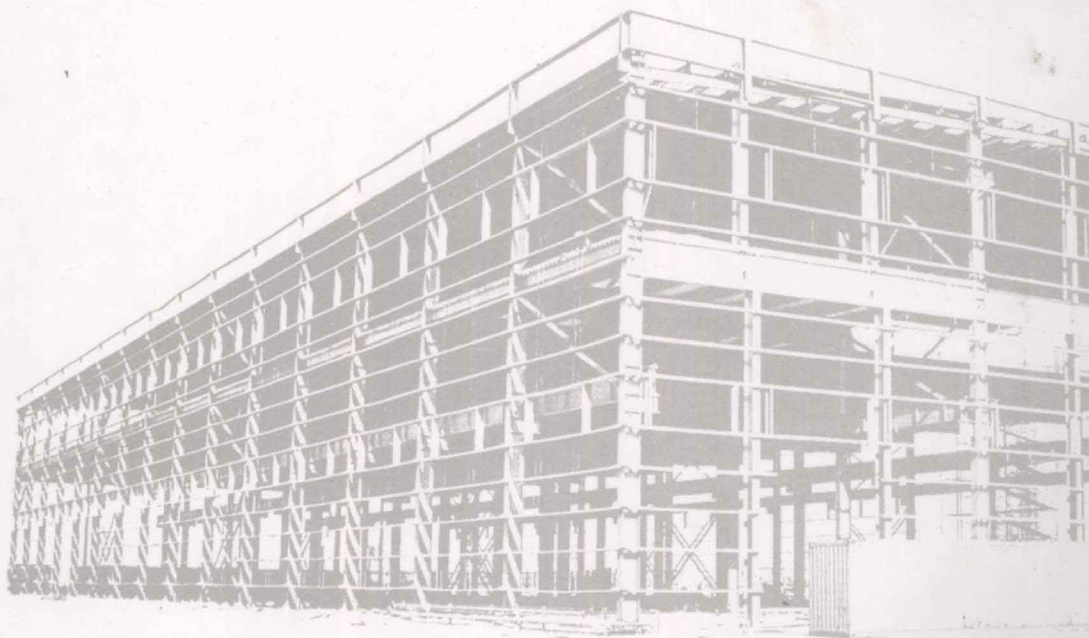


普通高等学校土建类专业实践教学规划教材  
中国土木工程学会教育工作委员会 审订

# 钢结构 课程设计指导与设计范例

G J G K C S J Z D Y S J F L

王静峰 主编



WUTP

武汉理工大学出版社

普通高等学校土建类专业实践教学规划教材  
中国土木工程学会教育工作委员会 审订

# 钢 结 构

## 课程设计指导与设计范例

主 编 王静峰  
副主编 杨卫忠 周焕廷

武汉理工大学出版社

## 【内容简介】

“钢结构课程设计”是高等学校土木工程及相关专业必备的教学实践环节,是“钢结构”课程教学的重要组成部分。本书是依据国家最新的相关规范与标准编写的课程设计指导教材,全书分为:“钢结构课程设计原则和计算理论”、“钢结构课程设计常用国家标准”、“钢结构课程设计范例”等三部分,共 12 章内容。

本书的编写内容突出了“工程性”、“应用性”和“实践性”特色,可作为高等学校土木工程及相关专业实践教学环节的教材,也可作为土建类工程技术人员的参考资料。

### 图书在版编目(CIP)数据

钢结构课程设计指导与设计范例/王静峰主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2010.9  
ISBN 978-7-5629-3326-7

I. 钢… II. 王… III. 钢结构-课程设计-高等学校-教学参考资料 IV. ① TU391-41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 195282 号

出版发行:武汉理工大学出版社(武汉市洪山区珞狮路 122 号 邮编 430070)

<http://www.techbook.com.cn> 理工图书网

经 销 者:各地新华书店

印 刷 者:武汉理工大印刷厂

开 本:880×1230 1/16

印 张:24.75

插 页:3

字 数:814 千字

版 次:2010 年 9 月第 1 版

印 次:2010 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~3000 册

定 价:40.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:(027)87394412 87383695 87384729

版权所有,盗版必究。

## 前 言

钢结构具有强度高、重量轻、塑性和韧性好、抗震性能优越、运输快捷、工业化程度高、施工周期短、造型优美、可回收循环利用、综合性能优越等诸多优点。因此,使用以可循环利用、相对节材、节能、环保、安全的钢材为基本承重骨架的建筑钢结构体系完全符合国家的节约型社会思路。

随着科学技术的飞速发展及人们对物质和文化生活要求的不断提高,人们对各类建筑也提出了更新、更高的要求。建筑钢结构由于钢材的优异性能,制作安装的高度工业化以及结构体形的新颖和灵巧,已越来越广泛地得到应用。新的结构型式、新的设计计算理论以及新的制作安装工艺层出不穷,特别是计算机技术和工程力学理论的飞速发展,更为建筑钢结构的发展提供了前提和保证。

随着钢结构经济指标的不断优化,中国钢结构应用政策自新中国成立以来发生了巨大的变化,从 20 世纪 50 年代的“节约用钢”,到 80 年代的“合理用钢”,再到 90 年代的“提倡用钢”。1999 年《国家建筑钢结构产业“十五”计划和 2010 年发展规划纲要》中明确表示“十五”期间在全国范围大力推广建筑钢结构。十几年来,合理、健康地发展建筑钢结构产业一直是国家的基本战略政策。1996 年,我国钢材年产量超过 1 亿吨,跃居世界第一。2008 年,我国钢材年产量超过 5 亿吨,钢材质量及钢材规格已能满足建筑钢结构的的要求。但与发达国家相比,我国钢材的人均产量并不高,钢材年总产量的提升仍有较大的上升空间。市场经济的发展和不断成熟更为钢结构的发展创造了条件。钢结构在大跨度空间结构、复杂建筑结构、高层及超高层建筑、工业厂房、大型综合交通枢纽、千米级输电塔、轻型通信塔等实际工程中应用日益普遍。因此,我国钢结构正处于迅速发展的前期。可以预见,我国建筑钢结构将进入下一个飞速发展时期。

钢结构的迅速发展推动了我国高等院校对钢结构研究和教学的不断认识和学习。高等学校土木工程专业是培养土建类专业人才的摇篮,目前钢结构行业蓬勃发展,需要高校为企业输送大批有质量保证的钢结构设计、加工制作和施工等工程技术人员。与混凝土结构领域相比,国内在建筑钢结构领域的建筑与结构设计人员队伍整体相对较弱,建筑钢结构的迅速推广应用,使得过去一直以混凝土结构设计为主的绝大多数设计人员的设计能力和经验表现出不适应。这也促进了钢结构课程的教学改革,学校更加重视钢结构课程设计,使学生在学校就能在钢结构设计方面得到比较全面的训练,毕业以后能较快胜任钢结构的设计和施工工作,以适应新形势的要求。

本书由合肥工业大学王静峰担任主编,郑州大学杨卫忠、武汉理工大学周焕廷担任副主编。全书共分 3 部分,共计 12 章;其中,第 1 章由合肥工业大学宋满荣编写,第 2 章由郑州大学杨卫忠、张俊峰编写,第 3 章、第 11 章由武汉理工大学周焕廷编写,第 4 章由合肥工业大学高鹏编写,第 5 章、第 6 章、第 7 章、第 8 章由合肥工业大学王静峰编写,第 9 章由合肥工业大学陈志敏编写,第 10 章由合肥工业大学王波编写,第 12 章由合肥工业大学种迅编写。本书大纲的拟定及全书统稿和修改由王静峰负责。此外,研究生陈馨怡、张琳、蒋志、姜涛、邢文彬、曹文文、王茜协助本书手稿的编排及插图的绘制,在此衷心致谢。

由于编者水平有限,书中有不妥和疏漏之处敬请读者批评指正,请将意见寄至合肥工业大学土木与水利工程学院建筑工程系。

编 者  
2010 年 1 月

# 目 录

第一部分 钢结构课程设计原则和计算理论 .....	(1)
1 课程设计指导原则 .....	(1)
1.1 课程设计目的 .....	(1)
1.2 课程设计内容 .....	(1)
1.3 课程设计步骤 .....	(2)
1.4 课程设计考核 .....	(3)
1.4.1 课程设计的成果要求 .....	(3)
1.4.2 课程设计的业绩评定 .....	(4)
2 课程设计基础理论 .....	(6)
2.1 钢结构设计基本理论 .....	(6)
2.1.1 基本设计规定 .....	(6)
2.1.2 受弯构件 .....	(15)
2.1.3 轴心受力构件和拉弯、压弯构件 .....	(26)
2.1.4 连接类型 .....	(42)
2.1.5 钢与混凝土组合梁 .....	(54)
2.2 门式刚架设计理论 .....	(60)
2.2.1 门式刚架结构的组成与布置 .....	(60)
2.2.2 荷载与荷载效应组合 .....	(63)
2.2.3 计算假定和计算简图 .....	(65)
2.2.4 内力和变形计算 .....	(65)
2.2.5 主刚架梁柱设计 .....	(66)
2.2.6 节点设计 .....	(72)
2.2.7 支撑构件、次结构及维护结构设计 .....	(75)
2.3 多、高层房屋钢结构设计基本理论 .....	(79)
2.3.1 多层及高层房屋钢结构体系的组成和类型 .....	(79)
2.3.2 结构的平面和竖向布置 .....	(80)
2.3.3 荷载和荷载效应组合 .....	(84)
2.3.4 计算模型与分析方法 .....	(90)
2.3.5 作用效应验算 .....	(94)
2.3.6 构件设计 .....	(96)
2.3.7 节点设计 .....	(102)
2.4 网架设计理论 .....	(106)
2.4.1 网架结构的几何不变性分析 .....	(106)
2.4.2 网架的类型和构造 .....	(106)
2.4.3 网架的选型 .....	(111)
2.4.4 网架的尺寸和高度 .....	(111)

2.4.5	荷载和荷载效应组合 .....	(111)
2.4.6	结构内力分析方法 .....	(113)
2.4.7	内力和位移计算 .....	(114)
2.4.8	杆件设计 .....	(114)
2.4.9	节点设计 .....	(115)
<b>3</b>	<b>课程设计计算书编制和设计图绘制 .....</b>	<b>(125)</b>
3.1	课程设计计算书编制 .....	(125)
3.1.1	编制课程设计计算书的目的 .....	(125)
3.1.2	如何编制设计计算书 .....	(125)
3.2	设计施工图绘制 .....	(125)
3.2.1	绘图依据 .....	(125)
3.2.2	制图基本规定 .....	(125)
3.2.3	比例设置 .....	(126)
3.2.4	字体设置 .....	(126)
3.2.5	图线的宽度 .....	(126)
3.2.6	基本符号 .....	(127)
3.2.7	钢结构制图 .....	(127)
3.3	螺栓与焊缝的表示方法 .....	(127)
3.3.1	螺栓、孔、电焊的表示方法 .....	(127)
3.3.2	常用焊缝的表示方法 .....	(127)
<b>4</b>	<b>钢结构设计软件简介 .....</b>	<b>(129)</b>
4.1	PKPM 系列软件 STS 模块介绍 .....	(129)
4.2	MTS 软件介绍 .....	(132)
4.3	MSTCAD 软件介绍 .....	(134)
4.4	3D3S 软件介绍 .....	(136)
<b>第二部分 钢结构课程设计常用国家标准 .....</b>		<b>(138)</b>
<b>5</b>	<b>《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)节选 .....</b>	<b>(138)</b>
<b>6</b>	<b>《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)节选 .....</b>	<b>(168)</b>
<b>7</b>	<b>《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》(CECS 102—2002)节选 .....</b>	<b>(227)</b>
<b>8</b>	<b>网架结构标准节选 .....</b>	<b>(250)</b>
8.1	《网架结构设计施工规程》(JGJ 7—1991)节选 .....	(250)
8.2	《钢网架螺栓球节点》(JG/T 10—2009)节选 .....	(260)
8.3	《钢网架焊接空心球节点》(JG/T 11—2009)节选 .....	(267)
<b>第三部分 钢结构课程设计范例 .....</b>		<b>(272)</b>
<b>9</b>	<b>三角形(或梯形)钢屋架设计范例 .....</b>	<b>(272)</b>
9.1	课程设计任务书 .....	(272)
9.1.1	设计资料 .....	(272)
9.1.2	设计内容 .....	(272)
9.1.3	设计要求 .....	(272)
9.2	三角形钢屋架设计 .....	(277)

9.2.1	工程概况 .....	(277)
9.2.2	钢材和焊条牌号的选择 .....	(277)
9.2.3	屋架形式及几何尺寸 .....	(277)
9.2.4	支撑布置 .....	(277)
9.2.5	檩条布置 .....	(277)
9.2.6	屋架节点荷载 .....	(278)
9.2.7	屋架杆件内力计算 .....	(278)
9.2.8	杆件截面选择 .....	(279)
9.2.9	节点设计 .....	(282)
9.2.10	三角形钢屋架施工图绘制 .....	(285)
9.3	梯形钢屋架设计 .....	(286)
9.3.1	工程概况 .....	(286)
9.3.2	钢材和焊条的选用 .....	(286)
9.3.3	屋架形式、尺寸及支撑布置 .....	(286)
9.3.4	荷载和内力计算 .....	(287)
9.3.5	杆件截面选择 .....	(289)
9.3.6	节点设计 .....	(291)
9.3.7	梯形钢屋架施工图绘制 .....	(295)
10	网架设计范例 .....	(296)
10.1	课程设计任务书 .....	(296)
10.1.1	设计资料 .....	(296)
10.1.2	设计内容 .....	(296)
10.1.3	设计要求 .....	(297)
10.2	网架设计 .....	(297)
10.2.1	工程概况 .....	(297)
10.2.2	结构选型 .....	(297)
10.2.3	确定网架的几何尺寸和边界条件 .....	(297)
10.2.4	荷载计算及荷载组合 .....	(298)
10.2.5	内力计算 .....	(299)
10.2.6	杆件截面选择 .....	(301)
10.2.7	节点设计 .....	(304)
10.2.8	结构施工图绘制 .....	(309)
10.3	电算 .....	(311)
11	门式刚架设计范例 .....	(318)
11.1	课程设计任务书 .....	(318)
11.1.1	设计资料 .....	(318)
11.1.2	设计内容 .....	(319)
11.1.3	设计要求 .....	(320)
11.2	门式刚架设计 .....	(320)
11.2.1	构件截面确定及截面特性 .....	(320)
11.2.2	荷载计算 .....	(320)
11.2.3	刚架内力计算 .....	(321)

11.2.4	内力组合	(322)
11.2.5	截面验算	(323)
11.2.6	梁柱节点连接计算	(325)
11.2.7	柱脚设计	(326)
11.2.8	结构施工图绘制	(329)
11.3	电算	(329)
<b>12</b>	<b>钢框架设计范例</b>	<b>(345)</b>
12.1	课程设计任务书	(345)
12.1.1	设计资料	(345)
12.1.2	设计内容	(345)
12.1.3	设计要求	(346)
12.2	钢框架设计	(346)
12.2.1	截面初选	(346)
12.2.2	横向框架重力荷载计算	(346)
12.2.3	横向框架侧移刚度计算	(347)
12.2.4	横向水平地震作用下框架的内力和侧移计算	(348)
12.2.5	横向风荷载作用下框架结构内力计算	(351)
12.2.6	竖向荷载作用下框架结构的内力计算	(353)
12.2.7	横向框架内力组合	(355)
12.2.8	构件截面验算	(356)
12.2.9	节点设计	(361)
12.2.10	柱脚设计	(362)
12.2.11	组合次梁计算	(363)
12.2.12	结构施工图绘制	(367)
12.3	电算	(369)
12.3.1	启动钢框架程序	(369)
12.3.2	主菜单1“三维模型与荷载输入”	(369)
12.3.3	主菜单2“结构楼面布置信息”	(375)
12.3.4	主菜单3“楼面荷载传导与计算”	(375)
12.3.5	SAT-8 主菜单1“接PM生成SATWE数据”	(377)
12.3.6	SAT-8 主菜单2“结构内力,配筋计算”	(381)
12.3.7	SAT-8 主菜单4“分析结果图形和文本显示”	(381)
	<b>参考文献</b>	<b>(386)</b>



# 第一部分 钢结构课程设计原则和计算理论

## 1 课程设计指导原则

### 1.1 课程设计目的

“钢结构”课程是土木工程专业及相关专业的主干课程之一,也是一门重要的专业课,是研究工业与民用建筑钢结构设计的一门工程技术型课程。

“钢结构课程设计”是土木工程专业必备的教学实践环节,是“钢结构”课程教学的重要组成部分。“钢结构课程设计”不仅要求学生深刻理解、巩固、掌握钢结构课程的基本理论和基本知识,而且要求学生对所学知识能融会贯通,学会使用相关规范、规程和图集,能查阅设计手册和资料,建立钢结构设计的概念,进行钢结构设计计算与施工图绘制。“钢结构课程设计”重在培养学生综合运用所学理论知识,独立分析和解决钢结构工程实际问题的能力,让学生得到工程设计能力的初步培养和训练,提高动手能力,为后续课程的学习和毕业设计打下基础,有助于毕业后能够较快地胜任钢结构设计和钢结构施工工作。

### 1.2 课程设计内容

钢结构课程设计旨在了解钢结构设计的基本程序,掌握一般的设计方法,熟悉国家的有关设计规范、规程和图集,学习施工图的绘制方法。

目前钢结构课程设计的发展形势是:

(1) 从目前的社会发展和工程应用来看,钢结构课程设计的题目应多样化,要结束过去所有学生同做一个题目的现象,同时布置几个不同的设计选题,如给出三角形钢屋架、梯形钢屋架、人字形屋架等。每种屋架形式再赋予不同的恒荷载和活荷载、不同的跨度尺寸等。

(2) 钢结构课程设计的题目应该力求工程化。钢结构课程设计的选题要尽量结合工程实际,培养学生工程设计的实战能力和思维方式。

(3) 钢结构课程设计应培养学生使用现代钢结构设计软件进行设计的能力。目前设计单位都已采用专用钢结构设计软件,如 PKPM 系列的 STS、MTS、3D3S 等进行钢结构设计。为了尽快适应以后的工作需要,钢结构课程设计中应创造条件让学生使用相关软件进行结构计算和绘图。

(4) 钢结构课程设计必须学习与钢结构设计相关的规范、标准和图集,指导学生如何查阅相关设计资料。本书第 5~8 章节选了与钢结构课程设计有关的现行钢结构设计国家规范和行业标准。

目前大多数院校仍在采用传统的钢结构课程设计题目,例如三角形钢屋架和梯形钢屋架设计。该设计题目所涉及的知识点有限,仅涉及轴向受力构件和轴向受力作用下的角焊缝计算,构件类型少,节点单一,重复计算量大,有一定的局限性,不能考察更多的知识点。如受弯构件、拉弯构件、压弯构件、螺栓连接等,对于学生全面掌握计算和设计方法不利。

为适应现代钢结构行业发展的需要,土木工程专业(如建筑工程方向)的毕业设计已经打破以往多层混凝土框架为主要的传统结构设计模式,增加了钢结构方面的设计题目,如多、高层钢结构住宅设计,钢结构工业厂房设计及空间网架结构设计等。因此,钢结构课程设计选题的多样性也势在必行,可以在传统三角形屋架和梯形屋架设计题目的基础上,增加门式刚架、网架、楼梯、广告牌、多层钢框架等内容,既体现课程设计学时短、针对性强的特点,又可以考察学生的专业理论知识和实际动手操作能力。

钢结构课程设计内容包括结构选型、结构和构件布置、尺寸确定、材料选择、计算简图、荷载计算、内力计算、内力组合、构件截面设计、节点设计和施工图的绘制。对计算过程首先要进行手算,然后可按设计条件进行电算,对手算结果和电算结果进行比较,以检验手算的正确性。设计工作结束时要求学生独立完成一份完整的钢结构(钢屋架、网架、门式刚架、钢框架)设计计算书和 1~2 张一号施工图。

以传统的三角钢屋架课程设计为例,其课程设计内容如下:

- (1) 钢屋架的选型,构件尺寸的确定,钢材材质的选择。
- (2) 屋盖支撑体系的设计:支撑的布置与计算。
- (3) 荷载与杆件内力的计算:节间荷载、节点荷载、杆件轴力和局部弯矩的计算。
- (4) 杆件截面的设计:确定各杆件的截面形式、规格。
- (5) 节点设计:确定节点板的形状尺寸、焊缝计算与构造要求。
- (6) 施工图:绘制 1~2 张钢屋架的施工图。

### 1.3 课程设计步骤

在做钢结构课程设计时应根据课程设计任务书中提供的基本信息资料,参考钢结构设计规范和相关书籍,先进行结构选型、结构和构件尺寸布置,确定结构计算简图,再进行荷载组合和内力计算;计算时要考虑结构构件在不同荷载组合情况下的内力计算,然后进行构件截面设计、节点设计和基础设计,最后根据计算结果确定构件尺寸,绘制钢结构施工图。对计算过程首先要进行手算,然后进行电算,将手工计算的结果与电算结果进行比较,分析手工计算的合理值,加深对钢结构设计理论的熟悉程度。

钢结构课程设计的主要步骤包括收集资料、结构选型、结构布置、计算简图、荷载计算、荷载组合、内力计算、内力组合、构件截面设计、构件连接与节点设计、基础设计、施工图绘制。

#### (1) 收集资料

收集资料包括两个部分:一是建筑钢结构设计的要求,包括建筑设计场地周边的环境资料、结构设计地质资料、水文资料、气象资料、地震资料等,这些内容一般在课程设计任务书中已经给出。二是指收集建筑结构设计需要的各种设计手册、设计规范、设计标准、设计图集、设计工具书等,钢结构教科书中的内容往往是有限的,钢结构课程设计不只局限于钢结构教科书中的内容。因此,在设计任务书中应列出主要参考资料,引导学生逐步摆脱对教师的依赖性,培养其独立获取知识的能力,教师应向学生交代查找资料时要注意的有关事项,但在具体设计计算及构造方面不宜作过细的示范。

#### (2) 结构选型

建筑钢结构的分类方法很多。钢结构体系房屋结构形式可分为门式刚架结构、钢框架结构、钢框架—支撑结构、钢框架—混凝土剪力墙结构、交错桁架结构、巨型结构加子结构体系等。门式刚架结构可分为单跨、双跨、多跨刚架带挑檐和带毗屋等形式。

各种结构都有其一定的适用范围,应根据其材料性能、结构形式、受力特点和建筑使用要求及施工条件等因素合理选择。结构选型实际上是选择合理的结构方案,它是一项综合性能很强的技术工作,必须慎重对待。

#### (3) 结构布置

选择好结构形式后,就可以进行结构体系的平面和竖向布置了。有抗震要求的结构平面布置宜简单、规则、对称,应减少偏心;平面长度不宜过长,突出部分长度宜减小,凹角处宜采取加强措施。建筑的立面和竖向剖切面力求规则,结构的侧向刚度均匀变化,避免刚度突变;竖向抗侧力构件截面和材料强度等级自下而上逐渐减小,宜避免抗侧力结构的承载力突变。设计时宜调整平面形状和尺寸,采用构造和施工措施,不设伸缩缝、防震缝和沉降缝。当需要设缝时,应使三缝合一,并将房屋结构划分为独立的结构单元。

例如,门式刚架的结构布置首先要确定合理的跨度、合适的刚架间距,还要确定柱脚连接,梁、柱截面尺寸,最后还有伸缩缝的设置,墙梁布置和支撑布置等。网架结构的结构选型和结构布置则包括网架结构的类型、网格的尺寸、网架的厚度、支座位置及约束形式等内容。

#### (4) 计算简图

结构设计时,做结构计算前需要将复杂的工程结构经过综合分析,抽象为简单合理的力学模型,画出计算简图,以便于分析设计。例如,钢框架结构房屋是由横向和纵向框架组成的空间结构,在手算时,通常近似地按两个方向的平面框架分别计算。钢框架计算简图用梁、柱的轴线表示。

#### (5) 荷载计算

作用在工程结构上的荷载有直接荷载与间接荷载。直接荷载分为竖向荷载和水平荷载。竖向荷载有楼(屋)盖重力荷载、均布活荷载、雪荷载、积灰荷载及悬挂荷载、吊车荷载等;水平荷载有风荷载、地震荷载。间接荷载包括温度作用、地基不均匀沉降变形等。荷载有永久荷载、可变荷载、偶然荷载。例如普通屋架上的荷载包括恒载(屋面重量和屋架自重)、屋面均布活荷载和雪荷载(两者取大值)、风荷载、积灰荷载及悬挂荷载。网架结构设计时,荷载又需考虑温差作用。

#### (6) 荷载组合

根据荷载规范,须考虑各种不同工况下的荷载组合,以最不利的荷载组合来控制结构设计。

#### (7) 内力计算

计算出结构构件每种荷载下控制截面可能的内力(弯矩、剪力、轴力或其中某一项)。

#### (8) 内力组合

按照不同工况下,每种荷载组合对应的内力进行组合。

#### (9) 构件截面设计

取结构构件控制截面最不利的一种或几种内力组合值进行截面设计。

#### (10) 构件连接与节点设计

钢结构构件连接与节点设计是结构设计的重要部分。在设计时,学生容易产生只重视钢结构计算,而忽视钢结构构造措施要求的倾向。构造连接处理不当的构件、节点往往会造成工程事故隐患,因此在设计过程中,必须重视构造连接的正确选择。例如,钢梁的横向加劲肋应切角,以防三向焊缝相交造成应力集中过分严重;实腹式柱腹板高厚比大于 80 时,应设置横向加劲肋等。

#### (11) 施工图绘制

施工图绘制是钢结构课程设计的一个重要环节。学生不仅要能看懂钢结构设计图纸的细部构造,而且要学会用工程语言规范表达,并要保持图面整洁,便于指导教师审核,同时让施工人员容易理解其设计意图。

## 1.4 课程设计考核

钢结构课程设计的考核在课程设计中具有举足轻重的地位,不仅有利于调动学生的积极性、主动性,而且有利于提高钢结构课程设计的质量。考核应力求公平、公开、全面、合理。考核主要应从以下 4 个方面进行:第一,设计说明书质量,包括概念是否清楚、计算是否正确、说明书是否完整、层次是否分明、文字是否流畅等;第二,施工图纸质量,包括图面整洁性、制图规范性、布局合理性、尺寸标注全面性等;第三,平时表现,包括学习态度,出勤率,设计的主动性、独立性等;第四,课程设计答辩情况,包括自述表达情况、问题回答的完整性、计算准确性等。

钢结构课程设计期间,需要加强过程管理。设计前要科学、详细地制定设计进度,列出每天应完成的工作量,让学生做到心中有数。设计过程中,指导教师应随时检查学生的设计进展情况,掌握每个人的学习态度和综合表现。

钢结构课程设计需要完成以下 3 个方面的工作:① 记录每个学生在课程设计工作期间的平时表现,包括出勤和完成进度;② 要求学生提交设计成果;③ 组织课程设计答辩工作。

### 1.4.1 课程设计的成果要求

钢结构课程设计结束时,每个学生应绘制出 1~2 张施工图,并整理出一份完整的计算书。具体要求如下:

(1) 课程设计计算书应书写工整,并附有必要的简图。插图应按一定比例绘制,图文并茂,纸张规格为 A4。

① 课程设计计算书的内容要求:有标题、目录、摘要、关键词、正文、谢词、参考文献、附录(可以没有)。

标题:要求简洁、确切、鲜明。字数不宜超过 20 个字。

目录:应写出目录,标明页码。

摘要:扼要叙述本设计的主要内容、特点,文字要精练。

关键词:挑选 3~5 个最能表达主要内容的词作为关键词。

正文:包括设计方案论证、计算部分、结构设计部分和结论。

谢词:简述自己的设计体会,并对指导教师和协助其完成设计的有关人员表示谢意。

参考文献:列出论文中所参考的专著、论文及其他资料,所列参考文献应按论文参考或引证的先后顺序排列。

附录:篇幅较大的图纸、数据表格、计算机程序等材料可附于计算书的谢词之后。

② 课程设计计算书的其他要求

课程设计计算书的文字要求用规范的简化字,应保证字面清晰。

课程设计计算书中所有的插图、表格都必须有名称和编号,编号可以统一排序,也可以逐章单独排序。编号必须连续,不得重复或跳跃。表格的结构应简洁,表格中各栏都应标注数量和相应的单位。表格内的数字须上下对齐,相邻栏内的数值相同时,不能用“同上”、“同左”和其他类似用词,应一一重新标注。表名和表号置于表格上方的中间位置。图号和图名置于图下方的中间位置。

课程设计计算书中重要的或者后文中须重新提及的公式应标注序号并加圆括号,序号一律用阿拉伯数字按章编序,如(6.10),序号排在版面右侧,且与右边距离相等。公式与序号之间不加任何线段(如直线、虚线、点线)。

课程设计计算书中数字的用法:公历世纪、年代、年、月、日、时间和各种计数、计量,均用阿拉伯数字。年份不能简写,如 1999 年不能写成 99 年。数值的有效数字应全部写出,如 0.50 : 2.00 不能写作 0.5 : 2。

(2) 图纸应符合《总图制图标准》(GB 50103—2001)、《建筑制图标准》(GB 50104—2001)、《建筑结构制图标准》(GB 50105—2001)、《房屋建筑 CAD 制图统一规则》(GB/T 18112—2000)的要求。

① 图纸应按《房屋建筑制图统一标准》(GB/T 50001—2001)规定的图纸幅面,采用 A2 号或 A1 号。

A1 号图纸——841 mm×594 mm    A2 号图纸——594 mm×420 mm

A2 号加长图纸——(594 mm+594 mm/3)×420 mm 或 (594 mm+594 mm/2)×420 mm

② 定稿图用铅笔按比例绘制于白色绘图纸上,设计成果图用针管笔绘制于硫酸图纸上,图幅尺寸规范,图签格式正确,图面布置均衡,标注完整,线型等级清晰,字体采用工程仿宋体,各种制图符号及字体大小符合制图规范。

(3) 为使设计规范统一,结构施工图具体要求如下:

① 结构布置图采用大比例(1 : 150)~(1 : 200);

② 详图比例:轴线(1 : 20)~(1 : 30);截面、节点(1 : 10)~(1 : 15);

③ 标题栏:如图 1.1 所示。

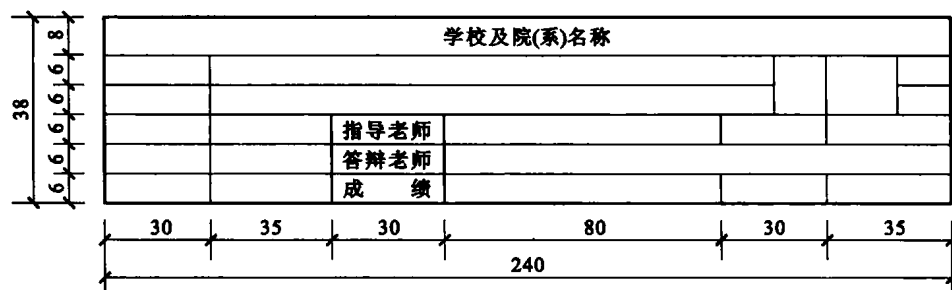


图 1.1 图例

#### 1.4.2 课程设计的业绩评定

钢结构课程设计的业绩由 3 部分构成:(1) 平时成绩,包括学生独立工作的能力、科学态度和工作作

风,占20%;(2)提交的设计成果,包括设计计算书和设计图纸,占70%;(3)答辩成绩,包括自述和回答提问情况,占10%。

课程设计成绩最终采用五级记分制给出:优秀(90~100分),良好(80~89分),中等(70~79分),及格(60~69分),不及格(60分以下)。优秀的比例一般控制在15%左右,良好的比例控制在40%以内,不及格的比例一般在5%左右。

#### 1.4.2.1 优秀

(1) 在课程设计期间,工作刻苦努力,态度认真,遵守各项纪律,表现出色。

(2) 能按时、全面、独立地完成设计任务书所规定的各项任务,综合运用所学知识独立分析问题和解决问题的能力较强,并在设计的某些方面有一定程度的创见或独特见解。

(3) 方案合理,计算正确,受力概念清楚,分析透彻,论证充分,计算正确,文字通顺,结构严谨,计算书写工整,图纸编号齐全,完全符合规范化要求。

(4) 设计图纸符合国家标准,图面整洁,布局合理,尺寸标注正确,符合技术用语要求。具有较强的计算机绘图能力。

(5) 答辩时能简明、准确地表达论文的主要内容,能准确深入地回答主要问题,有很好的语言表达能力。

#### 1.4.2.2 良好

(1) 在课程设计期间,工作刻苦努力,态度认真,遵守各项纪律,表现良好。

(2) 能按时、全面、独立地完成设计任务书所规定的各项任务,综合运用所学知识独立分析和解决问题的能力较好。

(3) 方案基本合理,计算正确,对方案论述比较充分,理论分析和计算能力较强。文理通顺,概念清楚,符合规范化要求。

(4) 设计图纸符合国家标准,图面整洁,布局合理,书写工整,具有一定的计算机绘图能力。

(5) 答辩时能较简明、准确地表达论文的主要内容,能正确地回答主要问题,有较好的语言表达能力。

#### 1.4.2.3 中等

(1) 在课程设计期间,工作刻苦努力,态度比较认真,遵守各项纪律,表现一般。

(2) 能按时、全面、独立地完成设计任务书所规定的各项任务,综合运用所学知识分析问题和解决问题的能力一般。

(3) 设计方案比较合理,论述清楚,理论分析和计算基本正确,文字表达清楚,设计无原则性错误。

(4) 设计图纸符合国家标准,图面较整洁,布局较合理,书写一般,计算机绘图能力尚可。

(5) 答辩时能阐述论文的主要内容,能够比较正确地回答主要问题。

#### 1.4.2.4 及格

(1) 在课程设计期间,基本遵守各项纪律,表现一般。

(2) 独立工作能力较差;在教师指导下,基本上能够按时和全面地完成设计任务书所规定的各项任务,有一定分析问题和解决问题的能力。

(3) 设计方案基本正确,论述基本清楚,理论分析和计算无大错误,文字表达较清楚。

(4) 设计图纸基本符合国家标准,图面质量较差,书写较工整,计算机绘图能力较差。

(5) 答辩时能阐述论文的主要内容,经答辩老师启发后能够回答主要问题。

#### 1.4.2.5 不及格

(1) 在课程设计期间,态度不够认真,纪律松懈。

(2) 独立工作能力较差,在教师指导下,仍不能按时和全面地完成设计任务书所规定的各项任务,课程设计未达到最低要求。

(3) 设计方案有原则性错误,结构计算存在严重错误,缺乏必要的理论基本知识和专业基本知识。

(4) 图面质量差,文字表达较差,文理不通。

(5) 答辩时不能正确阐述论文的主要内容,经答辩教师启发后仍不能正确回答各种问题。

## 2 课程设计基础理论

### 2.1 钢结构设计基本理论

#### 2.1.1 基本设计规定

##### 2.1.1.1 设计原则

###### (1) 设计方法

在钢结构的设计中,除疲劳计算外,一般采用以概率理论为基础的极限状态设计方法,用分项系数设计表达式进行计算。承重钢结构应按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计。

① 承载能力极限状态包括:构件和连接的强度破坏、疲劳破坏和因过度变形而不适于继续承载,结构和构件丧失稳定,结构转变为机动体系和结构倾覆。

② 正常使用极限状态包括:影响结构、构件和非结构构件正常使用或外观的变形,影响正常使用的振动,影响正常使用或耐久性能的局部损坏(包括混凝土裂缝)。

设计钢结构或钢构件时,一般应先按承载能力极限状态设计以确保安全,再按正常使用极限状态进行验算以保证适用性。

###### (2) 安全等级

设计钢结构时,应根据结构破坏可能产生的后果,采用不同的安全等级。一般工业与民用建筑钢结构的安全等级应取为二级,其他特殊建筑钢结构的安全等级应根据具体情况另行确定。

###### (3) 荷载组合

按承载能力极限状态设计钢结构时,应考虑荷载效应的基本组合,必要时尚应考虑荷载效应的偶然组合。按正常使用极限状态设计钢结构时,应考虑荷载效应的标准组合,对钢与混凝土组合梁尚应考虑准永久组合。

###### (4) 荷载设计值与标准值

计算结构或构件的强度、稳定性以及连接的强度时,应采用荷载设计值(荷载标准值乘以荷载分项系数);计算疲劳时,应采用荷载标准值。

###### (5) 结构重要性系数

对安全等级为一级、二级和三级的结构构件,结构重要性系数 $\gamma_0$ 分别为1.1、1.0和0.9。一般结构构件, $\gamma_0=1.0$ ;对设计使用年限为25年的结构构件, $\gamma_0$ 不应小于0.95。

###### (6) 动力系数

对于直接承受动力荷载的结构,在计算强度和稳定时,动力荷载设计值应乘以动力系数;在计算疲劳和变形时,动力荷载标准值不乘以动力系数。计算吊车梁或吊车桁架及其制动结构的疲劳和挠度时,吊车荷载应按作用在跨间内荷载效应最大的一台吊车确定。

##### 2.1.1.2 荷载

设计钢结构时,荷载的标准值、荷载分项系数、荷载组合值系数、动力荷载的动力系数等应按《建筑结构荷载规范》(以下简称荷载规范)的规定采用。

###### (1) 永久荷载

一般为楼(屋)面结构自重,按材料密度乘以设计截面面积计算。

###### (2) 可变荷载

一般包括楼(屋)面的活荷载、雪荷载、风荷载、积灰荷载、吊车荷载、地震作用等。

① 屋面活荷载分上人屋面和不上人屋面,一般按水平投影面积计算。它不与雪荷载同时考虑,但可与积灰荷载同时考虑。对支承轻型屋面的构件或结构(如檩条、屋架、框架等),当仅有一个可变荷载且受

荷水平投影面积超过 60 m<sup>2</sup> 时,屋面均布活荷载标准值可取为 0.3 kN/m<sup>2</sup>。

② 设计屋面板和檩条时,应考虑施工或检修集中荷载。

③ 地震作用应按《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)的规定计算。

④ 吊车荷载除按荷载规范的规定计算外,计算重级工作制(A6~A8级)吊车梁(或吊车桁架)及其制动结构的强度、稳定性以及连接(吊车梁或吊车桁架、制动结构、柱相互间的连接)的强度时,应考虑由吊车摆动引起的横向水平力(此水平力不与荷载规范规定的横向水平荷载同时考虑)。作用于每个轮压处的水平力标准值可由式(2.1)进行计算:

$$H_k = \alpha P_{k,\max} \quad (2.1)$$

式中  $P_{k,\max}$ ——吊车最大轮压标准值;

$\alpha$ ——系数,对一般软钩吊车宜采用 0.1,抓斗或磁盘吊车宜采用 0.15,硬钩吊车宜采用 0.2。

⑤ 计算屋盖桁架考虑悬挂吊车和电动葫芦的荷载时,在同一跨间每条运行线路上的台数:对梁式吊车不宜多于 2 台,对电动葫芦不宜多于 1 台。

⑥ 计算冶炼车间或其他类似车间的工作平台结构时,由检修材料所产生的荷载,可乘以折减系数 0.85(主梁)或 0.75(柱和基础)。

### (3) 偶然作用

其他意外事故产生的荷载。

#### 2.1.1.3 荷载效应计算

##### (1) 计算原则

① 结构的计算模型和基本假定应尽量与构件连接的实际性能相符合。

② 建筑结构的内力一般按结构静力学方法进行弹性分析,对于不直接承受动力荷载的固端梁、连续梁及由实腹构件组成的单层和两层框架结构等超静定结构,可采用塑性分析。采用弹性分析的结构中,构件截面允许有塑性变形发生。

③ 框架结构中,梁与柱的刚性连接应符合受力过程中梁柱间交角不变的假定,同时连接应具有充分的强度承受交汇构件端部传递的所有最不利内力。梁与柱铰接时,应使连接具有充分的转动能力,且能有效地传递横向剪力与轴心力。梁与柱的半刚性连接具有有限的转动刚度,在承受弯矩的同时会产生相应的交角变化,在内力分析时,必须预先确定连接的弯矩—转角关系曲线,以便考虑连接变形的影响。

##### (2) 框架结构

框架结构内力分析宜符合下列规定:

① 框架结构可采用一阶弹性分析。

② 对  $\frac{\sum N \cdot \Delta u}{\sum H \cdot h} > 0.1$  的框架结构,宜采用二阶弹性分析,此时需在每层柱顶附加考虑由式(2.2)计

算的假想水平力  $H_{ni}$ 。

$$H_{ni} = \frac{\alpha_y Q_i}{250} \sqrt{0.2 + \frac{1}{n_s}} \quad (2.2)$$

式中  $Q_i$ ——第  $i$  楼层的总重力荷载设计值;

$n_s$ ——框架总层数,当  $\sqrt{0.2 + 1/n_s} > 1$  时,取此根号值为 1.0;

$\alpha_y$ ——钢材强度影响系数,Q235 钢取 1.0,Q345 钢取 1.1,Q390 钢取 1.2,Q420 钢取 1.25。

对无支撑的纯框架结构,当采用二阶弹性分析时,各杆件杆端的弯矩  $M_i$ ,可用下列近似公式进行计算:

$$M_i = M_{ib} + \alpha_{2i} M_{ia} \quad (2.3)$$

$$\alpha_{2i} = \frac{1}{1 - \frac{\sum N \cdot \Delta u}{\sum H \cdot h}} \quad (2.4)$$

式中  $M_{ib}$ ——假定框架无侧移时按一阶弹性分析求得的各杆件端弯矩;

$M_{ia}$ ——假定框架有侧移时按一阶弹性分析求得的各杆件端弯矩;

$\alpha_{2i}$ ——考虑二阶效应第  $i$  层杆件的侧移弯矩增大系数；

$\sum N$ ——所计算楼层各柱轴心压力设计值之和；

$\sum H$ ——产生层间侧移  $\Delta u$  的所计算楼层及以上各层的水平力之和；

$\Delta u$ ——按一阶弹性分析求得的所计算楼层的层间侧移，当确定是否采用二阶弹性分析时， $\Delta u$  可近似采用层间相对位移的容许值  $[\Delta u]$ ， $[\Delta u]$  见 2.1.1.6 节框架柱的规定；

$h$ ——所计算楼层的高度。

当按公式(2.4)计算的  $\alpha_{2i} > 1.33$  时，宜增大框架结构的刚度。

本条规定不适用于山形门式刚架或其他类似的结构以及考虑塑性设计的框架结构。

### (3) 桁架

① 分析桁架杆件内力时，可将节点视为铰接。对用节点板连接的桁架，当杆件为 H 形、箱形等刚度较大的截面，且在桁架平面内的杆件截面高度与其几何长度(节点中心间的距离)之比大于 1/10(对弦杆)或大于 1/15(对腹杆)时，应考虑节点刚度所引起的次弯矩。

② 跨度大于 36 m 的两端铰支承的托架，在竖向荷载作用下下弦杆弹性伸长对支承构件产生水平推力时，应考虑其影响。

#### 2.1.1.4 材料选用

##### (1) 结构材料

为保证承重结构的承载能力和防止在一定条件下出现脆性破坏，应根据结构的重要性、荷载特征、结构形式、应力状态、连接方法、钢材厚度和工作环境等因素综合考虑，选用合适的钢材牌号和材料性能。

① 承重结构的钢材宜采用 Q235 钢、Q345 钢、Q390 钢和 Q420 钢，其质量应分别符合现行国家标准《碳素结构钢》(GB/T 700—2006)和《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591—2008)的规定。当采用其他牌号的钢材时，尚应符合有关标准的规定和要求。

② 下列情况的承重结构和构件不应采用 Q235 沸腾钢：

A. 焊接结构：a. 直接承受动力荷载或振动荷载且需要验算疲劳的结构；b. 工作温度低于  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  时的直接承受动力荷载或振动荷载，但可不验算疲劳的结构以及承受静力荷载的受弯及受拉的重要承重结构；c. 工作温度等于或低于  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  的所有承重结构。

B. 非焊接结构：工作温度等于或低于  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  的直接承受动力荷载且需要验算疲劳的结构。

③ 承重结构采用的钢材应具有抗拉强度、伸长率、屈服强度和硫磷含量的合格保证。对焊接结构尚应具有碳含量的合格保证。焊接承重结构以及重要的非焊接承重结构采用的钢材还应具有冷弯试验的合格保证。

④ 对于需要验算疲劳的焊接结构的钢材，应具有常温冲击韧性的合格保证。当结构工作温度不高于  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  但高于  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  时，Q235 钢和 Q345 钢应具有  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  冲击韧性的合格保证；对 Q390 钢和 Q420 钢应具有  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  冲击韧性的合格保证。当结构工作温度不高于  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  时，对 Q235 钢和 Q345 钢应具有  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  冲击韧性的合格保证；对 Q390 钢和 Q420 钢应具有  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  冲击韧性的合格保证。

对于需要验算疲劳的非焊接结构的钢材亦应具有常温冲击韧性的合格保证。当结构工作温度不高于  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  时，对 Q235 钢和 Q345 钢应具有  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  冲击韧性的合格保证，对 Q390 钢和 Q420 钢应具有  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  冲击韧性的合格保证。

注：当吊车起重量不小于 50t 的中级工作制(A4~A5)吊车梁，对钢材的冲击韧性的要求应与需要验算疲劳的构件相同。

⑤ 建筑结构用钢铸件采用的铸钢材质应符合现行国家标准《一般工程用铸造碳钢件》(GB/T 11352—2009)的规定。

⑥ 当焊接承重结构为防止钢材的层状撕裂而采用 Z 向钢时，其材质应符合现行国家标准《厚度方向性能钢板》(GB/T 5313)的规定。

⑦ 对处于外露环境，且对防腐蚀有特殊要求的或在腐蚀性气态和固态介质作用下的承重结构宜采用耐候钢，其质量要求应符合现行国家标准《耐候结构钢》(GB/T 4171)的规定。

##### (2) 连接材料

钢结构的连接材料应符合下列要求：



① 手工焊接采用的焊条,应符合现行国家标准《碳钢焊条》(GB/T 5117—1995)或《低合金钢焊条》(GB/T 5118—1995)的规定。选择的焊条型号应与主体金属力学性能相适应。对直接承受动力荷载或振动荷载且需要验算疲劳的结构,宜采用低氢型焊条。

② 自动焊接或半自动焊接采用的焊丝和相应的焊剂应与主体金属力学性能相适应,并应符合现行国家标准的规定。

③ 普通螺栓应符合现行国家标准《六角头螺栓 C 级》(GB/T 5780—2000)和《六角头螺栓》(GB/T 5782—2000)的规定。

④ 高强度螺栓应符合现行国家标准《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)、《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》(GB/T 1231—2006)或《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》(GB/T 3632—2008)、《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副技术条件》(GB/T 3633—2008)的规定。

⑤ 圆柱头焊钉(栓钉)连接件的材料应符合现行国家标准电弧螺柱焊《圆柱头焊钉》(GB/T 10433—2002)的规定。

⑥ 铆钉应采用现行国家标准《标准件用碳素钢热轧圆钢及盘条》(YB/T 4155—2006)中规定的 BL2 或 BL3 号钢制成。

⑦ 锚栓可采用现行国家标准《碳素结构钢》(GB/T 700)中规定的 Q235 钢或《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591)中规定的 Q345 钢制成。

#### 2.1.1.5 设计指标

##### (1) 钢材的强度设计值

钢材的强度设计值应根据钢材的厚度或直径按表 2.1 采用。铸件的强度设计值应按表 2.2 采用。连接的强度设计值应按表 2.3~表 2.5 采用。

表 2.1 钢材的强度设计值(N/mm<sup>2</sup>)

钢 材		抗拉、抗压和抗弯 $f$	抗剪 $f_v$	端面承压 (刨平顶紧) $f_{ce}$
牌 号	厚度或直径(mm)			
Q235 钢	$\leq 16$	215(205)	125(120)	325(310)
	$> 16 \sim 40$	205	120	
	$> 40 \sim 60$	200	115	
	$> 60 \sim 100$	190	100	
Q345 钢	$\leq 16$	310(300)	180(175)	400
	$> 16 \sim 35$	295	170	
	$> 35 \sim 50$	265	155	
	$> 50 \sim 100$	250	145	
Q390 钢	$\leq 16$	350	205	415
	$> 16 \sim 35$	335	190	
	$> 35 \sim 50$	315	180	
	$> 50 \sim 100$	290	170	
Q420 钢	$\leq 16$	380	220	440
	$> 16 \sim 35$	360	210	
	$> 35 \sim 50$	340	195	
	$> 50 \sim 100$	325	185	

注:① 表中厚度指计算点的钢材厚度,对轴心受拉和轴心受压构件是指截面中较厚板件的厚度。

② 括号内的数值适用于薄壁型钢。