



普通高等教育“十二五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU "12·5" GUIHUA JIAOCAI

# 土木工程专业 课程设计

主编 陈安英 陈昌宏



冶金工业出版社  
Metallurgical Industry Press

## 内 容 提 要

本书通过工程设计实例详细阐述了土木工程专业课程设计的目的、要求及内容。主要包括：土木工程专业课程设计概述，钢结构课程设计、混凝土结构课程设计以及土木工程施工课程设计基础知识，钢屋架结构、钢平台结构以及吊车梁设计，楼梯结构、钢筋混凝土楼盖以及单层工业厂房设计，多层混凝土框架结构施工组织设计及钢结构工程施工组织设计。

本书为高校土木工程专业的教材，也可供从事土木工程工作的工程技术人员参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

土木工程专业课程设计 / 陈安英, 陈昌宏主编. —北京:  
冶金工业出版社, 2012. 2

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5024-5812-6

I. ①土… II. ①陈… ②陈… III. ①建筑工程—课程  
设计—高等学校—教材 IV. ①TU-41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 012194 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjchs@cnmip.com.cn

责任编辑 杨 敏 美术编辑 李 新 版式设计 孙跃红

责任校对 王永欣 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5812-6

北京百善印刷厂印刷; 冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销

2012 年 2 月第 1 版, 2012 年 2 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 13.25 印张; 1 插页; 317 千字; 199 页

29.00 元

冶金工业出版社投稿电话:(010)64027932 投稿邮箱:tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

# 前 言

土木工程专业是一个理论与实践紧密结合的工程应用型专业，不仅要求学生掌握扎实的基础理论知识，还要求具有较强的应用基础理论知识解决工程实际问题的能力，为毕业后走向一线工作岗位或继续深造打下坚实的基础。

土木工程专业课程设计在本专业培养中具有重要地位，也是土木工程专业指导委员会新制定的《土木工程专业规范》和教育部“卓越工程师计划”要求的一个重要教学环节，目的是通过课程设计，培养学生应用专业基础知识解决实际工程问题的能力，使学生将来在工作岗位上能够尽快地胜任土木工程结构设计、施工等专业性工作。

本书从土木工程专业培养目标入手，安排了钢结构课程设计、混凝土结构课程设计以及土木工程施工课程设计三大主干课程设计，目的是使学生在了解和掌握混凝土结构设计、钢结构设计、土木工程施工等课程相关理论的基础上，有机地将理论知识和工程设计任务紧密联系起来，结合本书中的基本知识和实例，很好地完成课程设计任务，并使学生进一步掌握土木工程专业主干课程的理论知识，能应用基本理论解决钢结构、混凝土结构中常见的设计及施工问题。

本书由陈安英、陈昌宏担任主编，林基础、黄莺担任副主编。编写分工为：第1章、第12章由陈安英、陈云钢编写，第2章、第5章~第7章由林基础、余波、魏金涛编写，第3章、第8章~第10章由陈昌宏、黄莺、曲海龙编写，第4章、第11章由陈云钢编写。陈安英、陈云钢负责本书大纲的拟定及统稿。

由于编写时间仓促，加之编者水平有限，疏漏之处敬请读者批评指正。

编 者  
2011年10月

# 目 录

<b>1 土木工程专业课程设计概述</b> .....	1
1.1 课程设计的目的和内容 .....	1
1.2 课程设计的成果要求 .....	2
1.3 课程设计的考核 .....	3
<b>2 钢结构课程设计基础知识</b> .....	5
2.1 钢结构的设计理论基础 .....	5
2.1.1 钢结构的发展史 .....	5
2.1.2 钢结构的特点 .....	5
2.1.3 钢结构的适用范围 .....	6
2.1.4 钢结构设计基本原则 .....	6
2.1.5 钢结构设计的基本要求及表示形式 .....	6
2.2 设计计算书的编制 .....	9
2.3 施工图的绘制 .....	10
<b>3 混凝土结构课程设计基础知识</b> .....	12
3.1 混凝土结构课程设计理论基础 .....	12
3.1.1 钢筋的分类 .....	12
3.1.2 钢筋性能 .....	15
3.1.3 混凝土保护层 .....	17
3.1.4 钢筋的锚固 .....	17
3.1.5 适筋梁、超筋梁和少筋梁 .....	19
3.2 计算书的编制 .....	19
3.3 施工图的绘制 .....	20
<b>4 土木工程施工课程设计基础知识</b> .....	21
4.1 施工组织课程设计理论基础 .....	21
4.1.1 施工组织设计概述 .....	21
4.1.2 土木工程施工组织课程设计的目的和内容 .....	24
4.2 施工方案的编制 .....	24
4.2.1 确定施工流向 .....	24
4.2.2 确定施工顺序 .....	25

4.2.3	确定施工方法	27
4.2.4	选择施工机械	28
4.2.5	施工方案的技术经济比较	29
<b>5</b>	<b>钢屋架结构设计</b>	<b>31</b>
5.1	钢屋架结构设计基本知识	31
5.1.1	屋架的基本形式	31
5.1.2	屋架的主要尺寸	32
5.2	钢屋架结构设计步骤和内容	32
5.2.1	计算假定	32
5.2.2	节点荷载计算	33
5.2.3	屋架杆件内力计算方法	34
5.2.4	屋架杆件的截面设计	34
5.2.5	钢屋架的支撑	40
5.3	梯形钢屋架设计实例	44
5.3.1	设计资料	44
5.3.2	屋盖支撑布置	45
5.3.3	荷载计算与组合	45
5.3.4	内力计算	46
5.3.5	杆件截面选择	47
5.3.6	节点设计	51
<b>6</b>	<b>钢平台结构设计</b>	<b>56</b>
6.1	钢平台结构设计基本知识	56
6.1.1	钢平台结构应用与分类	56
6.1.2	钢平台结构的组成和布置	56
6.2	钢平台结构设计步骤和内容	57
6.3	钢平台结构设计实例	57
6.3.1	设计资料	57
6.3.2	结构布置方案及结构布置形式	58
6.3.3	平台铺板设计	58
6.3.4	平台次梁设计	60
6.3.5	平台主梁设计	61
6.3.6	平台柱设计	69
6.3.7	平台柱柱头设计	71
6.3.8	平台柱柱脚设计	72
<b>7</b>	<b>吊车梁设计</b>	<b>75</b>
7.1	吊车梁设计基本知识	75

7.1.1	吊车梁结构的特点	75
7.1.2	吊车梁结构体系的组成	75
7.1.3	吊车梁的形式	76
7.2	吊车梁设计步骤和内容	76
7.3	吊车梁设计实例	78
7.3.1	设计资料	78
7.3.2	材料与焊接方法的选用	79
7.3.3	荷载与内力计算	79
7.3.4	截面选择	82
7.3.5	截面验算	84
7.3.6	腹板中间加劲肋设计	87
7.3.7	梁端支承加劲肋设计	89
7.3.8	连接焊缝的计算	90
7.3.9	疲劳计算	91
<b>8</b>	<b>楼梯结构设计</b>	<b>93</b>
8.1	楼梯结构基本知识	93
8.2	板式楼梯结构设计	94
8.2.1	基本资料	94
8.2.2	计算过程	94
8.2.3	计算结果	95
8.2.4	示意图	96
8.3	梁式楼梯结构设计	96
8.3.1	基本资料	96
8.3.2	计算过程	97
8.3.3	计算结果	98
8.3.4	示意图	100
<b>9</b>	<b>钢筋混凝土楼盖设计</b>	<b>101</b>
9.1	钢筋混凝土楼盖基本知识	101
9.1.1	楼盖结构分类	101
9.1.2	楼盖结构设计注意事项	101
9.2	设计任务书	102
9.2.1	设计资料	102
9.2.2	设计要求	103
9.2.3	参考资料	104
9.3	设计计算书	104
9.3.1	楼盖结构平面布置	104
9.3.2	构件截面尺寸选择	104

9.3.3	板的设计计算 .....	105
9.3.4	次梁的设计计算 .....	106
9.3.5	主梁的设计计算 .....	108
9.3.6	施工图 .....	110
<b>10</b>	<b>单层工业厂房设计 .....</b>	<b>114</b>
10.1	排架结构基本知识 .....	114
10.2	设计任务书 .....	116
10.2.1	设计资料 .....	116
10.2.2	课程设计要求 .....	117
10.2.3	参考资料 .....	117
10.3	设计计算书 .....	118
10.3.1	厂房的平面布置和支撑布置 .....	118
10.3.2	结构构件选型及柱截面尺寸确定 .....	119
10.3.3	荷载计算 .....	120
10.3.4	排架内力分析 .....	123
10.3.5	内力组合 .....	131
10.3.6	柱截面设计 .....	131
10.3.7	基础设计 .....	136
<b>11</b>	<b>多层混凝土框架结构施工组织设计 .....</b>	<b>141</b>
11.1	混凝土结构施工组织设计编制步骤和重点内容 .....	141
11.1.1	工程概况和施工特点 .....	141
11.1.2	施工方案 .....	141
11.1.3	施工进度计划的编制 .....	145
11.1.4	施工平面图设计 .....	147
11.1.5	多层混凝土框架结构的施工特点和施工组织设计的要点 .....	150
11.2	混凝土框架结构单位工程施工组织设计实例 .....	151
11.2.1	工程概况及编制依据 .....	151
11.2.2	混凝土工程项目实施的重点、难点及组织措施 .....	152
11.2.3	总体施工部署与施工准备 .....	152
11.2.4	施工总平面图布置 .....	155
11.2.5	分部分项工程施工方案 .....	156
11.2.6	施工进度计划及保证措施 .....	166
11.2.7	施工保证措施 .....	168
<b>12</b>	<b>钢结构工程施工组织设计 .....</b>	<b>172</b>
12.1	钢结构工程施工组织设计编制步骤和重点内容 .....	172
12.1.1	编制步骤 .....	172

12.1.2	工程概况及施工条件 .....	172
12.1.3	钢构件加工制作技术 .....	173
12.1.4	钢结构现场安装 .....	177
12.2	钢结构单位工程施工组织设计实例 .....	179
12.2.1	工程概况 .....	179
12.2.2	编制依据 .....	179
12.2.3	施工准备 .....	180
12.2.4	施工总体部署 .....	182
12.2.5	施工进度计划及保证措施 .....	183
12.2.6	钢构件加工制作施工工艺 .....	186
12.2.7	单层工业厂房现场安装 .....	189
12.2.8	施工保证措施 .....	195
<b>参考文献 .....</b>		<b>199</b>



# 1 土木工程专业课程设计概述

## 1.1 课程设计的目的和内容

土木工程专业是一个理论与实践紧密结合的工程应用型专业，要求本科毕业生既有扎实的专业基础理论知识，又具有能够解决土木工程实际问题的能力。一个合格的土木工程专业本科毕业生，应当是具有扎实的基础理论知识、较全面的专业知识和良好的工程实践能力与一定创新能力的高级专门人才。

课程设计作为土木工程专业教学中必不可少的一个重要环节，是落实贯彻土木工程专业培养计划和卓越工程师计划，培养学生成为具有创新意识的工程师的重要手段。课程设计的目的是通过模拟工程实际情况的设计工作，培养学生应用基本原理和基础理论知识解决实际工程问题的能力，为学生将来适应土木工程设计、施工等专业性工作打下坚实的基础。

钢结构课程设计、混凝土结构课程设计以及土木工程施工课程设计是土木工程专业课程设计体系中的三大主干课程设计，有助于学生掌握主干课程理论知识，应用基本理论知识解决钢结构、混凝土结构中常见的设计及施工问题。

钢结构课程设计的主要内容包括：钢屋架结构设计、钢平台结构设计、吊车梁设计。要求学生进行钢结构选型，荷载取值和组合计算，受拉、受压、受弯、压弯构件、构件连接节点设计，施工图绘制等工作。期望学生通过钢结构课程设计能掌握钢结构设计的基本原理和方法，同时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，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。

混凝土结构课程设计的主要内容包括：楼梯结构设计、混凝土楼盖设计、单层工业厂房设计。楼梯结构设计要求学生进行板式楼梯、梁式楼梯结构设计计算与施工图绘制，通过最基本的楼梯构件设计与施工图绘制打下混凝土结构设计的基础。混凝土楼盖设计要求学生确定楼盖结构布置方案，进行板、次梁、主梁的内力分析及截面设计，绘制楼盖结构施工图；掌握楼盖梁板结构体系的荷载计算、组合，梁式构件内力计算和调幅，梁抗弯、抗剪结构设计，梁、板钢筋布置构造。单层工业厂房设计要求学生进行排架结构布置，各种工况下的排架内力计算和组合，设计排架柱（包括牛腿）、柱下独立基础；掌握单层厂房排架内力分析、内力组合的原则和方法，柱、基础设计。

土木工程施工课程设计是在钢结构课程设计和混凝土结构课程设计基础上开展的专业课程设计，主要内容包括：多层混凝土框架结构施工组织设计、钢结构施工组织设计。多层混凝土框架结构施工组织设计，要求学生根据拟建工程特点和项目环境进行施工总体部署，进行基础工程、混凝土结构工程等分部分项工程方案设计，进行施工进度计划、现场平面布置、项目机构组织设计等施工组织设计；掌握现浇钢筋混凝土框架结构施工组织设计。

计的方法和步骤,掌握施工进度计划的编制,掌握混凝土框架结构的施工顺序和关键分部分项工程施工技术。钢结构施工组织设计要求学生进行钢结构工程施工总体部署、钢构件工厂制作、钢结构现场安装等分部分项工程方案设计,根据工程量编制施工进度计划等施工组织设计;掌握钢结构制作和安装等关键技术,掌握钢结构施工组织编制方法和技巧。

## 1.2 课程设计的成果要求

课程设计成果是反映学生课程设计任务完成情况和完成效果的表现形式,也是评定课程设计成绩的重要依据。

(1) 钢结构课程设计和混凝土结构课程设计的成果主要以计算书和施工图的形式反映,具体要求如下:

1) 计算书。课程设计计算书反映了具体的课程设计计算过程,也是结构选型、构件选择和设计的直接依据,设计计算书内容应完整、简洁,主要内容包括:标题、目录、摘要、关键词、正文、谢辞以及参考文献。

标题:要求简洁、确切、鲜明。

目录:写出计算书标题目录,标明页码。

摘要:扼要叙述本设计的主要内容、特点。

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:设计方案论证,具体设计计算过程,结论。

谢辞:简述自己通过设计的体会,并对指导教师和协助完成设计的有关人员表示谢意。

参考文献:列出所参考的主要规范、专著、论文及其他资料。

课程设计计算书应书写工整,并附有必要的图片、表格,图片、表格应简洁明了。

2) 施工图。施工图是结构设计的最终结构体现,主要表示承重结构的布置情况,构件的类型、大小以及构造方法等,基本图纸包括结构设计说明、结构布置图、构件大样图等。

结构施工图的绘制应符合《总图制图标准》(GB50103—2001)、《建筑制图标准》(GB50104—2001)、《建筑结构制图标准》(GB50105—2001)、《房屋建筑制图CAD统一规则》(GB/T18112—2000)的要求。

(2) 土木工程施工课程设计的成果主要以方案文本和附图表(也可放在文本里面)的形式反映,具体要求如下:

1) 方案文本。方案文本是反映土木工程施工课程设计成果的主要形式,一般应包括以下内容:

工程概况:包括建设工程的名称、建设地点、建筑结构设计概况、建设场地周围环境等。

施工方案总体部署:包括施工目标确定、总体施工方案比选、规划等内容。

分部分项工程施工方案:反映拟建工程涉及的分部分项工程施工技术措施、关键施工工艺、施工计算等内容。

主要施工组织措施:主要包括工程质量、工程进度、工程安全与文明保证措施。

2) 附图表。附图表是为了形象反映施工组织设计成果, 一般包括以下内容:

施工进度计划: 综合考虑工期、成本、资源等通过优化满足总工期要求, 合理安排施工进度, 并通过横道图或网络图的形式反映。

施工平面布置图: 图纸应能反映工程投入的各种材料堆场、机械设施行进路线与操作空间、办公场地等临时设施布置。

附图表: 一般可附项目组织机构图、安全保证体系、质量保证体系、施工机械计划表、劳动力投入计划表等内容, 可结合方案文本合理编排。

### 1.3 课程设计的考核

土木工程专业课程设计的考核在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。考核主要应从四个方面进行: 第一, 设计计算书(设计方案)质量, 包括概念是否清楚、计算是否正确、计算书(方案)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、计算的准确性等。

土木工程专业课程设计的考核一般可由以下三部分构成:

- (1) 平时成绩。包括学生独立工作能力、学习态度、平时表现。
- (2) 提交的设计成果。包括设计计算书(设计方案)和设计图纸。
- (3) 答辩成绩。包括自述和回答提问情况。

课程设计成绩最终采用五级记分制: 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)。

(1) 优秀。在课程设计进行期间, 工作刻苦努力, 态度认真, 遵守各项纪律, 表现出色。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能力强, 并在设计某些方面有一定程度的创见或独特见解。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, 计算书书写工整, 图纸编号齐全, 完全符合规范化要求。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。答辩时能简明、准确地表达课程设计的主要内容, 能准确深入地回答主要问题, 有很好的语言表达能力。

(2) 良好。在课程设计进行期间, 工作刻苦努力, 态度认真, 遵守各项纪律, 表现良好。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能力较好。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。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。答辩时能较简明、准确地表达课程设计的主要内容, 能正确地回答主要问题, 有较好的语言表达能力。

(3) 中等。在课程设计进行期间, 工作刻苦努力, 态度比较认真, 遵守各项纪律, 表现一般。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

析问题和解决问题能力一般。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。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。答辩时能阐述课程设计的主要内容，能够比较正确地回答主要问题。

(4) 及格。在课程设计进行期间，基本遵守各项纪律，表现一般。独立工作能力较差，能够在教师指导下，基本上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。设计方案基本正确，论述基本清楚，理论分析和计算无大的错误，文字表达较清楚。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。答辩时能阐述课程设计的主要内容，经答辩教师启发，能够回答主要问题。

(5) 不及格。在课程设计进行期间，态度不够认真，纪律松懈。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。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。图面质量差，文字表达较差，文理不通。答辩时不能正确阐述课程设计的主要内容，经答辩教师启发后仍不能正确回答各种问题。

## 2 钢结构课程设计基础知识

### 2.1 钢结构的设计理论基础

#### 2.1.1 钢结构的发展史

我国是最早用铁建造承重结构的国家之一，早在公元前 200 多年的秦代就在桥梁建造中使用了铁桥墩，在汉明帝时代便建成了世界上第一座深山峡谷上的铁链悬桥，历代还有不少地方用铁建造瞭望高塔。

新中国成立以后，随着社会主义建设的发展，我国钢结构建筑也有了发展，50 年代初期建成的鞍钢、武钢、包钢、长春汽车制造厂等的巨大钢结构厂房，有些在规模上和技术上已达到当时较先进水平。1968 年建成的南京长江大桥，其跨度和难度都远远超过武汉长江大桥，它标志着我国桥梁和钢结构技术水平已接近世界先进行列。近 30 年来，我国在许多大跨度建筑中采用了钢结构，如上海体育馆（110m），南京五台山体育馆（76.8m × 88.7m），北京首都体育馆（112m × 99m），北京工人体育馆（94m），杭州浙江人民体育馆（80m × 60m），北京国家体育场（333m × 294m）等一大批造型独特的建筑物。

#### 2.1.2 钢结构的特点

钢结构与混凝土结构等其他结构相比，具有如下特点：

(1) 钢材强度高，结构重量轻，钢材的屈服强度高，在相同荷载下，钢结构要比其他结构轻，构件也小，例如同样跨度和荷载的建筑物，钢屋架的重量约为钢筋混凝土屋架的三分之一至四分之一。

(2) 钢材质地均匀，是接近各向同性的理想弹塑性体。钢材内部组织较均匀，各向物理力学性能基本相同，在正常使用应力阶段，属于理想弹性体，应力达到屈服点后，又可看作理想塑性体，所以钢结构实际受力情况和力学计算中的假定符合，计算结果可靠。

(3) 钢材有良好的塑性和韧性。钢材塑性好，一般情况下不会因偶然超载或局部荷载而发生突然断裂破坏；钢材韧性好，对动力荷载适应性强。

(4) 制作工业化程度高，施工周期短。钢结构件在专业化工厂中生产，质量易保证，现场拼装方便。

(5) 密闭性好。钢材组织紧密，不渗漏，焊接连接密封，所以适合高压容器。

(6) 钢材可焊性强。钢结构可采用焊接连接使连接大为简化，适应各种复杂结构形状需要。

(7) 钢材具有一定耐热性，但防水性差。钢材在 200℃ 内时，材质变化较小，300℃ 以后，钢材强度明显下降，在 500 ~ 600℃ 时钢材强度几乎完全丧失，所以在热源附近的钢

结构,要用混凝土等阻燃材料包起来。

(8) 钢材易锈蚀。钢材最大缺点是易锈蚀,尤其在腐蚀性介质或潮湿环境下,所以钢结构都需要仔细除锈,刷防锈涂料,过段时间又要重新刷防锈涂料,维护费用较高。

### 2.1.3 钢结构的适用范围

钢结构一般用在大跨度、异形结构,或抗振动性能要求高,密封要求高的结构中,例如:

(1) 重型工业厂房承重结构。这类结构特点是跨度较大,吊车吨位较大,厂房檐口标高较高。

(2) 大跨度建筑结构。建筑结构跨度越大,减轻结构自重越重要,结构自重轻,将具有明显的经济效果。该类结构的主要结构形式有拱、网架、悬索、索网和预应力空间钢结构。

(3) 高层建筑和高耸塔桅结构。该类结构特点是除自重外,主要承受风载,而钢结构自重轻,截面小对承受风载是有利的。

(4) 可拆卸的移动式结构。钢结构特别适合需要装拆的结构使用,不但装拆方便,运输重量也轻。

(5) 轻型钢结构建筑。中小型房屋和一些基础设施,钢结构自重小又轻巧,适宜应用于这类结构。轻钢结构比普通钢结构自重减小 20% ~ 50%,与钢筋混凝土结构相比,在用钢指标接近的情况下,结构自重可减轻 70% 左右。

(6) 容器、管道、栈桥和支架等。

### 2.1.4 钢结构设计基本原则

钢结构与其他材料的结构相比,具有强度高、结构重量轻,材料的塑性、韧性较好,制造简单,施工周期短,便于工厂化制作等优点。钢结构设计的基本原则是:贯彻目前的技术政策,做到技术先进、经济合理、安全适用和确保质量。

在设计钢结构时,应当从工程的实际出发,合理选用钢材,选择高强度且具有较好经济指标的钢材;在结构方案选择上,应尽可能采用标准化、模数化的结构布置;在节点连接设计中,应选用构造简单、传力直接的节点形式,并应满足规范构造要求;另外,在钢结构设计中,还应保证钢结构在加工、运输、安装和使用过程中的强度、刚度和稳定性要求,并应针对钢结构工程的实际,满足防火、防腐的要求;宜优先选用通用的和标准化的结构和构件,减少制作、安装工作量;钢结构的设计、加工、安装均应在国家的法律、法规下进行。

### 2.1.5 钢结构设计的基本要求及表示形式

#### 2.1.5.1 建筑结构的设计使用年限和安全等级

钢结构建筑的设计首先应根据建筑结构的使用年限,建筑结构的安全等级以及需要抗震建筑结构的抗震设防类别确定其设计基本要求。

钢结构设计是依据可靠度设计的要求进行的,结构可靠是指结构在规定的时间内,在规定的条件下,完成预定功能的概率。建筑结构设计使用年限对于不同的建筑是不一样的。

的,在《建筑结构可靠度统一设计标准》(GB50068—2001)中,规定的不同建筑结构的设计使用年限如表2-1所示。

表 2-1 建筑结构设计使用年限

类别	设计使用年限/年	示例
1	5	临时性结构
2	25	易于替换的结构构件
3	50	普通房屋和建筑物
4	100	纪念性建筑和特别重要的建筑

建筑结构的等级是根据结构破坏后可能产生的后果(危及人的生命、造成经济损失、产生的社会影响等)的严重性加以规定的,建筑结构的等级见表2-2。

表 2-2 建筑结构安全等级

安全等级	破坏后果	建筑物的安全等级
一级	很严重	重要房屋
二级	严重	一般房屋
三级	不严重	次要房屋

当建筑工程位于地震设防6度及以上地区时,应进行抗震设计。抗震设防的目标是:当遭受低于本地区抗震设防烈度的多遇地震影响时,一般不受损坏或不需修理可继续使用;当遭受相当于本地区抗震设防烈度的地震影响时,可能损坏,经一般修理或不需修理仍可继续使用;当遭受高于本地区抗震设防烈度的预估的罕遇地震影响时,不致倒塌或发生危及生命的严重破坏。

《建筑工程抗震设防分类标准》(GB50223—2008)规定,根据建筑的使用功能的重要性,建筑的抗震设防分为以下四个抗震设防类别:

(1) 特殊设防类。指使用上有特殊设施,涉及国家公共安全的重大建筑工程和地震时可能发生严重次生灾害等特别重大灾害后果,需要进行特殊设防的建筑,简称甲类。

(2) 重点设防类。指地震时使用功能不能中断或须尽快恢复的生命线相关建筑,以及地震时可能导致大量人员伤亡等重大灾害后果,需要提高设防标准的建筑,简称乙类。

(3) 标准设防类。指大量的除(1)、(2)、(4)条以外按标准要求要求进行设防的建筑,简称丙类。

(4) 适度设防类。指使用上人员稀少且震损不致产生次生灾害,允许在一定条件下适度降低要求的建筑,简称丁类。

### 2.1.5.2 钢结构的极限状态和概率极限状态法

(1) 钢结构的极限状态。和其他建筑结构一样,钢结构的极限状态分为承载能力极限状态和正常使用极限状态两大类。前者对应于结构或构件达到最大承载能力或出现不适于继续承载的变形,包括倾覆、强度破坏、疲劳破坏、丧失稳定、结构变为机动体系或出现过度的塑性变形;后者对应于结构或构件达到正常使用或耐久性能的某项规定限值,包括出现影响正常使用(或外观)的变形、振动和局部破坏等。

钢构件因材料强度高而截面往往较小,且组成构件的板件厚度较薄,这使失稳成为承载能力极限状态的极为重要的方面,承受压应力是使构件失稳的原因,除轴心受拉杆外,压杆、梁和压弯构件都在不同程度上存在压应力,因此,稳定问题在钢结构中具有普遍性。钢结构稳定性包括整体稳定和局部稳定两个方面,这都有可能使结构达到承载能力极限状态,不过,有些局部性的失稳现象并不一定构成承载能力的极限。

钢结构的另一类破坏就是在反复循环荷载作用下,有可能出现疲劳破坏。这在建筑结构中主要是吊车梁以及直接承受动力荷载重复作用的构件,一般采用允许应力法表示疲劳破坏所对应的极限状态。

承载能力极限状态绝大多数发生了不可恢复的塑性变形或断裂,一旦发生就导致结构失效,造成安全事故,因而必须有足够的保证率。正常使用极限状态中的变形和振动限制,通常都在弹性范围内,并且一般是难以恢复的,对于正常使用极限状态,可靠度方面的要求可以放宽一些。

(2) 概率极限状态设计法。以概率理论为基础的极限状态设计方法,简称概率极限状态设计法。对于结构或构件的极限状态,简单地可以用结构的抗力  $R$  和荷载对结构的综合效应  $S$  来描述,定义  $Z$  为结构的功能函数,即  $Z = R - S$ 。这一函数为正值时结构可以满足使用功能要求,为负值时则不能满足,可用式 2-1 表示:

$$Z = R - S \begin{cases} > 0 & \text{结构处于可靠状态} \\ = 0 & \text{结构处于极限状态} \\ < 0 & \text{结构处于失效状态} \end{cases} \quad (2-1)$$

所以结构或构件极限状态方程定义为:  $Z = g(R, S) = R - S = 0$ 。

由于抗力  $R$  与作用效应  $S$  都是随机变量,所以,须用概率方法来度量结构或构件的可靠性。按照可靠度设计方法的要求,结构应该在规定的时间内,在规定的条件下,达到完成预定功能的概率要求。这里所说“完成预定功能的概率”就是对于规定的某种功能来说结构不失效 ( $Z \geq 0$ ) 概率的大小。这样,若以  $p_s$  表示结构的可靠概率,则可表达为:

$$p_s = p(Z \geq 0) \quad (2-2a)$$

结构的失效概率记为  $p_f$ , 则有:

$$p_f = p(Z < 0) \quad (2-2b)$$

并有:  $p_s = 1 - p_f$ 。因此,结构可靠度的计算可以转换为结构失效概率的计算,可靠的结构设计是指使失效概率  $p_f$  小到可以接受的程度,但并不意味着结构绝对可靠。

结构的可靠度通常受荷载、材料性能、几何参数和计算公式精确性等因素的影响。这些具有随机性的因素称为“基本变量”。对于一般建筑结构,可以归并为上面所说的两个基本变量,即荷载效应  $S$  和结构抗力  $R$ , 并设二者都服从正态分布,这样  $Z = R - S$  也是正态随机变量。以  $u$  代表平均值,  $\sigma$  代表标准差,则根据平均值和标准差的性质可知:

$$u_z = u_R - u_S \quad (2-3)$$

$$\sigma_z^2 = \sigma_R^2 + \sigma_S^2 \quad (2-4)$$

已知结构的失效概率表达为  $p_f = p(Z < 0)$ , 由于标准差都取正值,则失效概率可改写为:  $p_f = p\left(\frac{Z}{\sigma_z} < 0\right)$  或  $p_f = p\left(\frac{Z - \mu_z}{\sigma_z} < \frac{-\mu_z}{\sigma_z}\right)$ , 因为  $\frac{Z - \mu_z}{\sigma_z}$  服从标准正态分布, 所以又



可写成:

$$p_f = \Phi\left(-\frac{\mu_Z}{\sigma_Z}\right) \quad (2-5a)$$

式中,  $\Phi(\dots)$  为标准正态分布函数。令:

$$\beta = \frac{\mu_Z}{\sigma_Z}$$

$$p_f = \Phi(-\beta) \quad (2-5b)$$

将式 (2-3) 和式 (2-4) 的值代入, 则有:

$$\beta = \frac{\mu_R - \mu_S}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}} \quad (2-6)$$

因为是正态分布,  $\beta$  和  $p_f$  具有数值上的一一对应关系, 已知  $\beta$  后即可由标准正态分布函数值的表或图中查得  $p_f$ 。图 2-1 给出了  $\beta$  和  $p_f$  之间的对应关系, 图中  $f_x(Z)$  是  $Z$  的概率密度函数, 阴影面积的大小就是  $p_f$ 。

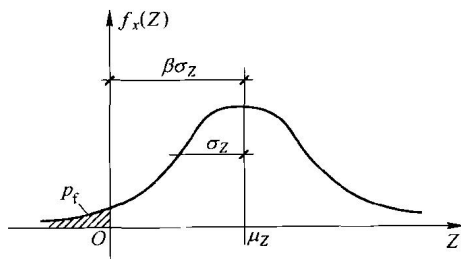


图 2-1  $Z = R - S$  的正态分布图

由于  $\beta$  越大  $p_f$  就越小, 也就是结构越可靠, 所以称  $\beta$  为可靠指标。确定  $\beta$  并不要求知道  $R$  和  $S$  的概率分布, 只要知道它们的平均值和标准差, 就可以由式 (2-6) 算得。由于  $R$  和  $S$  的实际分布规律相当复杂, 这需要将实际分布作近似处理, 知道了关于  $R$  和  $S$  的均值和方差, 就可以计算构件的可靠性指标。可见该方法将作用效应和抗力的概率分析联系起来, 以可靠性指标作为构件可靠性的标准, 可以较合理地各类构件可靠性做出定量分析, 以达到安全、适用的设计目的; 但这种设计方法比较复杂, 难以被工程设计人员掌握。因此, 在应用中, 一般将上述计算转化为工程人员熟悉的分项系数设计表达式。

## 2.2 设计计算书的编制

钢结构课程设计应编制完整的计算书, 反映主要结构、构件的计算过程和计算依据:

(1) 采用手算的结构计算书, 应给出构件平面布置简图和计算简图、荷载取值的计算或说明; 结构计算书内容宜完整、清楚, 计算步骤要条理分明, 引用数据有可靠依据, 采用计算图表及不常用的计算公式, 应注明其来源出处, 构件编号、计算结果应与图纸一致。