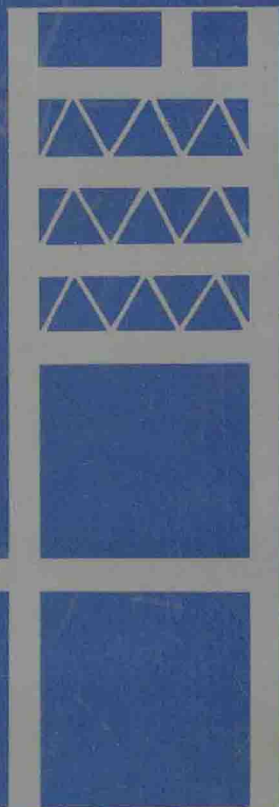


曹平周 著

钢结构 学习指导

GANG JIE GOU XUE XI ZHI
DAO



陕西科学技术出版社

钢结构学习指导

曹平周 编

陕西科学技术出版社

钢结构学习指导

曹平周 编

陕西科学技术出版社出版发行
(西安北大街131号)

西安市莲湖区友谊印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 6 印张 1插页 12.4万字

1990年12月第1版 1990年12月第一次印刷

印数: 1—3,000

ISBN 7—5369—0953—5/TU·42

定 价: 2.60元

编 者 的 话

本书为高等学校工业与民用建筑专业“钢结构”课程的教学参考书。主要是为了帮助学生学习高等学校教材《钢结构》(陈绍藩主编,1988年11月建筑工业出版社出版)的内容而编写的。

全书内容紧密结合“钢结构”课程和《钢结构》教材,主要包括教材中各部分内容的教学基本要求,学习方法指导,学习步骤,重点和难点,疑难问题解释,自我检查题和《钢结构》教材中习题提示和解答,还给出了部分计算例题。

由于该《钢结构》教材既可作为全日制在校学生和函授学生的教材,还被全国高等教育自学考试指导委员会作为本专业的必读教材,所以本书可作为函授和自学考试学生及全日制在校学生的学习参考书,也可供土建工程技术人员参考。

本书曾在西安冶金建筑学院工业与民用建筑专业教学中使用过。在使用过程中老师和学生提出了许多宝贵意见,这次又做了修改。但由于编者水平有限,本书中难免还存在着不少缺点和不当之处,请广大读者将发现问题或改进意见告诉我们,以便今后改进。

本书经郭在田教授审阅,并提出宝贵意见。西安冶金建筑学院成人高等教育处也给予了大力支持。谨在此表示深切的谢意。

编 者

1990年10月

前 言

钢结构是用钢材制造而成的结构，是目前广泛应用的一种建筑结构形式。“钢结构”课程是工业与民用建筑专业的主要专业课之一。本门课程内容丰富，既有对材料和构件及连接性能的理论探讨，又有实验研究，还有设计计算方法等。本课程计算公式和构造规定繁多，即有理论的；又有经验的。各种符号也十分繁杂。学生特别是以自学为主的学生往往感到学习难度大，内容多，概念不易理解；难以抓住重点。本书旨在帮助学生解决上述矛盾，帮助学生掌握正确的学习方法，学好课程内容。现结合本门课程总体内容的学习，做以下几点说明，供学习时参考。

一、学习目的和要求

通过本课程的学习，学生应掌握钢结构的基本性能，掌握钢结构连接和构件的设计原理和设计方法。能够独立地进行一般钢结构的设计，并为较复杂的钢结构设计打下良好基础。

二、学习方法指导

1. 本课程具有较强的系统性，自学时应按章分节通读教材，在了解一章、一节的总内容及各节的相互关系后再读各节和全章。重点和难点要仔细阅读几遍，着重于物理概念的理解和计算准则的建立，并特别注意如何运用所学理论解决实际问题。在此基础上再辅以结论性的记忆。

2. 课程内容主要包括钢结构的性能 and 设计两部分。性能主要讲概念和理论来源及分析，是设计的理论基础，应很好地理解。设计是性能的具体应用，是解决具体问题的方法和手段，必须很好掌握。

3. 应重视构造问题。钢结构构件或结构的组成方式、相互连接的具体做法叫构造问题。如何正确合理地解决构造问题，是钢结构设计的一个重要内容。在构造问题的学习中，不要刻板地记忆一些典型的节点构造和计算，而应仔细揣摩分析典型节点构造中力的传递途径、构造原则、各零件的作用和计算方法。同时也应搞清所连构件的工作性能和受力特点。这样就能比较容易地掌握构造的要领和进行构造设计。

4. 在整个学习中，还要注意如何处理好安全可靠与经济合理之间的关系。应使得设计既安全可靠，又经济合理。

5. 注意规范的学习和使用。教材中只列出了部分规范内容，因此，如果条件许可，学习时应备有《钢结构设计规范》(GBJ17—88)结合教材内容同时学习。学习中不要求完全了解规范条文的来龙去脉，但应该了解其具体规定和要求，并能正确地使用规范进行设计。

6. 作好读书笔记。笔记中应为各章学习后的小结和体会，可包括：重点内容的摘要、归纳及理解体会，做到重点突出，思路清楚；各类习题或设计题目的特点、求解原则和解题步骤；难点的补充资料，必要的推导和体会。

7. 认真完成课程作业。要学好钢结构课，必须抓好理论与实践这两个环节。而实践环节主要是做作业。通过做作业，可以检验对学习内容的掌握程度，加深对理论的理解，

锻炼和提高分析问题能力和设计计算能力。教材中给出了较多的例题，应主要学习例题分析和解决问题的方法。学生应完成本学习指导要求的必做习题，且最后应完成一个题目为焊接钢屋架设计的课程设计。本书还给出了各习题的参考答案，供学生对照检查。

8. 争取多参观几处钢结构建筑物和钢结构的制造和安装过程。在参观中应着重观察和了解结构的布置、构件之间的连接、构造，分析构件的受力情况，了解制造和安装方法。探讨它们的特点。

三、本课程与其他课程的联系与分工

本课程的先修课为：建筑材料、房屋建筑学、材料力学、结构力学和钢筋混凝土结构的基本构件部分。凡涉及先修课程的内容，本课程一般不要求重复推导，但要会利用其结论，必要时应适当复习先修课程中有关内容。凡大纲中强调或加深的内容，则要求学习时更为注意。

四、本书的章节与《钢结构》教材的章节相应。

目 录

第一章：概述	1
一、目的要求.....	1
二、重点.....	1
三、难点.....	1
四、学习步骤.....	1
五、学习方法指导.....	1
六、问题解释.....	3
七、自我检查题.....	10
第二章：钢结构的材料	12
一、目的要求.....	12
二、重点.....	12
三、难点.....	12
四、学习步骤.....	12
五、学习方法指导.....	13
六、问题解释.....	14
七、自我检查题.....	21
第三章：钢结构的连接	26
一、目的要求.....	26
二、重点.....	26
三、难点.....	26

四、学习步骤	26
五、学习方法指导	27
六、问题解释	29
七、自我检查题	44
八、习题提示	47
九、习题参考答案	48
第四章：轴心受力构件	49
一、目的要求	49
二、重点	49
三、难点	49
四、学习步骤	50
五、学习方法指导	50
六、问题解释	52
七、自我检查题	73
八、习题提示	75
九、习题参考答案	76
第五章：受弯构件	78
一、目的要求	78
二、重点	78
三、难点	78
四、学习步骤	79
五、学习方法指导	80
六、问题解释	81
七、自我检查题	98
八、习题提示	98
九、习题参考答案	99

第六章：拉弯和压弯构件	101
一、目的要求	101
二、重点	101
三、难点	101
四、学习步骤	101
五、学习方法指导	102
六、问题解释	103
七、自我检查题	120
八、习题提示	121
九、习题参考答案	122
第七章：桁架及屋盖结构	124
一、目的要求	124
二、重点	124
三、难点	124
四、学习步骤	124
五、学习方法指导	125
六、问题解释	126
七、自我检查题	141
八、钢结构课程设计任务书	142
附：计算例题	147
一、在弯矩、剪力和轴向力共同作用下的角焊缝计算	147
二、在扭矩、剪力和轴向力共同作用下的摩擦型高强度螺栓计算	148
三、轴心受压格构式缀条柱设计	152
四、檩条设计	156

101	五、压弯实腹柱截面设计	159
101	六、刚接梯形钢屋架设计计算	164
101	点重	二
101	点重	三
101	震区	四
101	震区	五
101	震区	六
101	震区	七
101	震区	八
101	震区	九
101	震区	十
101	震区	十一
101	震区	十二
101	震区	十三
101	震区	十四
101	震区	十五
101	震区	十六
101	震区	十七
101	震区	十八
101	震区	十九
101	震区	二十
101	震区	二十一
101	震区	二十二
101	震区	二十三
101	震区	二十四
101	震区	二十五
101	震区	二十六
101	震区	二十七
101	震区	二十八
101	震区	二十九
101	震区	三十
101	震区	三十一
101	震区	三十二
101	震区	三十三
101	震区	三十四
101	震区	三十五
101	震区	三十六
101	震区	三十七
101	震区	三十八
101	震区	三十九
101	震区	四十
101	震区	四十一
101	震区	四十二
101	震区	四十三
101	震区	四十四
101	震区	四十五
101	震区	四十六
101	震区	四十七
101	震区	四十八
101	震区	四十九
101	震区	五十

第一章 概 述

一、目的要求

通过本章学习，应掌握钢结构的特点和应用范围。了解建筑钢结构的组成和钢结构的发展方向。理解钢结构设计计算原理，掌握设计表达式的应用。

二、重 点

1、钢结构的特点和应用范围；

2、钢结构的计算方法。

三、难 点

钢结构的计算方法。

四、学习步骤

读本书中的编者的话和前言。

精读教材第一节，读本书本章中学习方法指导 1～3。

读教材第二节和本书本章中学习方法指导 4。有条件者可参观一些钢结构建筑物。

精读教材第三节，读本书本章中学习方法指导 5 和问题解释 1～14。

读教材第四节和本书本章中学习方法指导 6 和问题解释 15～16。

回答自我检查题。

五、学习方法指导

1、钢结构是目前广泛应用的一种建筑结构。大型工业

生产现代化,对厂房结构提出了新的要求,有些厂房要求采用钢结构。在海洋采油平台、油气输送管道方面需大量采用钢结构。大型公共建筑和在软弱地基上建设高层建筑,也趋向于采用钢结构。钢结构本身性能好,在基本建设中逐步扩大钢结构的使用是一种必然趋势。因此,应努力把这门课程学好。

2、钢结构在工程中得到广泛应用和迅速发展,是由于钢结构与其他结构相比有自己的特点。这些特点主要反映出来的是材料和加工特点。学习时应与其他结构对比学习。注意归纳共同点与不同点。

3、如何合理地应用钢结构,这主要取决于钢结构本身的特点,应扬长避短。同时也必须考虑到材料供应和施工技术状况等具体条件。学习时应注意综合分析。设计时应十分注意合理地使用钢材,尽量节约钢材。

4、学习钢结构的组成时,应抓住各种结构的构成和受力特点来学习。尽管结构体系是多种多样的,但就组成结构的构件按受力性质来分,则不外乎是:(1)轴心受拉和受压构件;(2)受弯构件;(3)拉弯和压弯构件(即偏心受力构件)。本教材主要讲述上述各类基本构件及连接的性能和设计。只要掌握了上述内容,通过适当的连接设计,就可设计成各类结构。

5、学习钢结构的计算方法——概率极限状态设计法,应在钢筋混凝土结构学习基础上,了解作为单一材料的钢结构的计算特点和计算方法。

掌握两种极限状态的定义,了解概率极限状态设计法的分析过程和意义。掌握设计公式的应用。

6、钢结构是随着生产的发展而发展的。虽然我国在这

方面已取得了巨大成就，但还存在着许多课题需要人们去探索。应明了发展方向，以便更好地投身到钢结构的科研中去。

六、问题解释 结构的计算方法应符合基本设计原则。一个结构能否安全可靠地工作，涉及许多因素，如作用荷载、材料性能和施工质量等，而这些因素都是随机变量。如何处理这些变量，将导致不同的设计计算方法。

(1) 容许应力法：这种方法将上述各因素的影响用一个由经验定出的所谓安全系数 K 来考虑，将钢材可以使用的最大强度（一般取屈服点 f_y ）除以 K 作为结构计算时容许达到的最大应力——容许应力 $[\sigma]$ 。计算应力 σ 应满足下式

$$\sigma \leq [\sigma] = \frac{f_y}{K} \quad (1-1)$$

式中的 f_y 及求 σ 时的荷载取值由经验定出。这种方法采用了笼统的 K ，整个结构的安全度一般取决于安全度最小的构件，不能做到经济合理。但是，它的表达形式简单，便于应用。

(2) 半经验半概率的极限状态算法：这种方法以结构的极限状态为依据，对影响结构安全度的诸因素以数理统计的方法，并结合工程实践经验进行多系数分析（材料强度和荷载取值分别采用概率分析定出，而附加安全系数凭经验确定）。求出单一的安全系数，按容许应力法的计算式来表达。这是《钢结构设计规范》(TJ17—74)采用的方法。这种方法对一些参数运用了概率法来确定设计采用值，因而比只采用一个无所不包的统一安全系数 K 的容许应力法前进了

一大步。但是，还有一些参数是依设计经验来确定设计采用值的。因此，这种方法还很不完善。

(3) 概率极限状态设计法：由于涉及结构安全工作的因素都是随机变量，所以运用概率分析法综合分析它们的变异性来确定设计采用值才是合理的。由此产生了以概率论为基础的极限状态设计法，简称概率极限状态设计法。这是我国《钢结构设计规范》(GBJ17—88)采用的方法，也是许多国家已经采用或者正准备采用的方法。但是，由于目前还有不少随机变量缺乏统计资料，所以我国新规范采用的方法只能称为近似概率极限状态设计法。更高水准的是全概率极限状态设计法。

2. 《建筑结构设计统一标准》(GBJ68—84)的主要特点

它使得我国的建筑结构设计基本原则更为合理并开始走向统一。具体表现在：

(1) 引进了现代的结构可靠性设计理论——概率极限状态设计法。改变以直观经验为主来确定安全系数的定值设计法，为系统地运用数理统计方法进行设计的概率设计法，使得结构设计更符合实际情况。这是设计理论的一大进步。

(2) 明确了衡量结构可靠性的度量

以与结构失效概率相联系的可靠指标 β 作为度量结构可靠度的具体指标，它不受特定条件限制，较好地反映了结构可靠度的实质。

(3) 统一了结构设计的基本原则

①材料强度取值：标准强度取强度概率分布的0.05分位数，保证率为95%。

②荷载系数依荷载性质和作用效果取定值。

③规定了各类构件的可靠指标（教材中表1—3）。

④各种构件的基本设计表达式都采用多系数表达式。

⑤提出了保证结构可靠度的质量控制措施

规定材料和构件的质量控制和验收要以与设计要求、可靠指标 β 相联系的合格质量水平为依据，从而使设计与施工验收规范在可靠度上相一致。

3. 结构的可靠性和可靠度

结构的可靠性包括安全性、适用性和耐久性，可靠度是可靠性的概率度量。结构的可靠度定义为：“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。”这里所说规定时间”指的是设计基准期50年；“规定条件”是指正常设计、正常施工、正常使用条件，不包括人为的过失影响。

4. 影响结构可靠度的主要因素

影响结构可靠度的因素很多，且为随机因素。在设计中要考虑的主要因素有：

①荷载：各种荷载的大小及其组合值主要随时间发生变异，都是随机变量。

②荷载效应：同时作用于结构或构件的若干种荷载（包括各种荷载以及温度变化和地震等对结构的作用，统一简称为荷载）引起结构或构件中产生的内力总和称为荷载效应。荷载取值与结构形式和材料种类无关，但荷载效应受内力分析的不定性影响，与结构形式和材料种类有关。

③材料强度：材料强度本身存在不定性，试验和统计上也不存在不定性，试件强度与构件材料强度间也有差异等。

④施工误差：包括在制作和安装过程中产生的结构和截面的几何形状和尺寸的不定性，以及其他影响结构抗力的因素。

⑤抗力分析：主要考虑结构计算抗力与实际抗力间的差异。由于人为的过失所造成的重大失误，是不允许的，不属于结构可靠度所考虑的范围。

概率极限状态设计法应对上述五个主要因素统一进行数理分析。

5. 结构抗力 R ：即结构或构件的承载力。它取决于材料的性能、构件的截面等几何特征和计算模式等因素。这些因素都是随机变量。

6. 当一数量受到众多相互独立的随机因素的影响，且每一个别因素的影响都是微小的，可认为此数量服从正态分布。因此，可假定结构抗力 R 和荷载效应 S 都服从正态分布，从而得出功能函数 Z 也服从正态分布。

7. 结构的可靠指标 β

令 μ_z 、 σ_z 分别表示 z 的平均值和标准差。由概率论得出的 z 的概率计算公式可以写为：

$$P(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_z} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{(t-\mu_z)^2}{2\sigma_z^2}} dt \quad (1-2)$$

引入标准化变量 $\mu = \frac{t-\mu_z}{\sigma_z}$ ，经积分变换后上式可以写为：