

钢结构学习指导

程瑞棣 编

(修订本)

中央广播电视大学出版社

钢结构学习指导

(修订本)

程瑞棣 编



中央广播电视大学出版社

钢结构学习指导

(修订本)

程瑞棣 编

*

中央广播电视大学出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京印刷二厂印装

*

开本 787×1029 1/16 印张 7.75 千字 190

1988年4月第1版

1990年5月第2版 1990年5月第1次印刷

印数 1—16000

定价: 1.70 元

ISBN 7-304-00514-9/TU·20

前 言

本书是为中央广播电视大学土木建筑工程类学生学习钢结构课程而编写的。

本书的编写目的是指导和帮助学生在学习钢结构课程,明确应重点掌握的基础知识、基本概念和基本公式,并通过例题分析,帮助学生掌握正确的解题思路和方法。每章均包括内容概要、学习指导、例题分析、小结及复习题等部分。

编写本书所依据的教材是中央广播电视大学出版社出版、钟善桐教授编写的《钢结构》。

为避免重复和节省篇幅,本书阐述过程中需参考教材的图时,用“见教材图……”的方法表示。本书应与《钢结构》教材配套使用。

本书第一章至第五章由程瑞棣编写,第六章由鄢小平编写。

由于编者初次编写钢结构课程的教学参考书,教学经验和水平有限,错误和不当之处在所难免,欢迎广大读者和有关教师提出宝贵意见或批评指正。

本书是在中央广播电视大学主讲教师、哈尔滨建筑工程学院钟善桐教授热情关怀和指导下编写的,并由钟教授审定。在1990年再版时,得到清华大学瞿履谦教授的热情指正。在此,一并致以衷心的感谢!

编 者

目 录

钢结构课程教学大纲	(1)
I 课程内容	(1)
II 大纲说明	(2)
钢结构课程教学进度表	(3)
第一章 概述	(6)
I 内容概要	(6)
II 学习指导	(6)
III 本章小结	(10)
IV 复习题	(10)
第二章 钢结构的材料	(11)
I 内容概要	(11)
II 学习指导	(11)
III 本章小结	(18)
IV 复习题	(19)
第三章 钢结构的连接	(20)
I 内容概要	(20)
II 学习指导	(20)
III 例题分析	(30)
IV 本章小结	(39)
V 复习题	(39)
第四章 受拉、受压构件和柱	(41)
I 内容概要	(41)
II 学习指导	(41)
III 例题分析	(58)
IV 本章小结	(71)
V 复习题	(72)
第五章 梁	(73)
I 内容概要	(73)
II 学习指导	(73)
III 例题分析	(82)
IV 本章小结	(93)
V 复习题	(93)
第六章 屋盖结构	(95)
I 内容概要	(95)
II 学习指导	(95)
III 例题分析	(104)
IV 本章小结	(115)
V 复习题	(115)
附 《钢屋盖》课程作业的计算任务书	(117)

钢结构课程教学大纲

I 课程内容

一、概述

钢结构在我国的发展概况及其在社会主义建设事业中的作用。钢结构的特点及其合理应用范围。

钢结构的计算方法。新型钢结构在我国的应用和发展。

二、钢结构的材料

建筑钢材的两种破坏形式。

正常情况下建筑钢材的基本性能——一次拉伸时的应力应变关系；钢材的韧性性能。连续反复荷载作用下钢材的疲劳强度，多轴应力状态下钢材的屈服条件。

影响钢材主要性能的因素：化学成分的影响；钢材的冷作硬化和时效；应力集中及温度对钢材性能的影响。

钢材的脆断及防止脆断的措施。

建筑钢材的种类和标号。合理的选择。钢材规格。

三、钢结构的连接

对接焊缝及采用对接焊缝连接的工作和计算。角焊缝的工作性能。采用贴角焊缝连接的工作性能和计算。

螺栓连接中普通螺栓和摩擦型高强螺栓传递剪力的工作性能和计算。螺栓连接偏心受剪、受拉及拉剪共同作用时的工作和计算。

焊接应力和焊接变形的成因和影响。减少和消除焊接应力和变形的措施。

连接在连续反复荷载作用下疲劳强度的验算。

四、拉、压杆和柱

受拉、压构件的种类和截面型式。受拉、压构件的极限状态和强度承载力。

实腹式和格构式轴心受压构件的整体稳定和截面选择。

实腹式和格构式偏心受压构件的整体稳定和截面选择。

实腹式受压构件的局部稳定。常用的柱头和柱脚的型式和计算。

五、梁

梁的种类和截面型式。实腹梁的工作性能、强度和刚度的计算。

梁整体稳定的基本概念及验算。实腹梁的局部稳定验算，保证稳定的措施。

焊接组合梁的截面选择，变截面及梁端设计。

六、屋盖结构

钢屋盖的组成。屋盖支撑的种类、作用和布置原则。

轻钢檩条的型式和设计。

轻钢屋架和普通屋架的型式和特点。钢屋架的内力计算和杆力组合。杆件的计算长度和截面的合理型式。屋架节点的构造和设计。轻钢屋架的设计。

七、钢结构的制造

钢结构的生产准备和零件加工。构件装配。气割和焊接。钢结构制造对设计的要求。

八、习题和作业

第三至第五章每章完成习题 6~10 题。

作业:单层厂房钢屋盖设计。

II 大纲说明

一、课程的性质与任务

本课程是工业与民用建筑专业教学计划中的主要专业课之一。材料力学是它的主要技术基础课。课程的任务是使学生掌握钢结构的特点、一般钢结构基本理论的一般概念及其基本知识,会设计一般的钢构件和普通钢屋架。

二、课程的基本要求和重点

1. 能正确地选用钢材及提出相应的物理力学性能指标要求。
2. 在了解焊接和螺栓连接的工作和破坏性质的基础上,能正确计算和设计连接。
3. 了解钢结构的主要问题是稳定问题。对钢构件的各种稳定问题应建立起较为清晰的概念。
4. 能计算一般钢结构的构件:钢拉杆、钢压杆、轴心受压柱、偏心受压柱、热轧工字钢梁、一般焊接组合梁、槽钢檩条和轻钢檩条。能设计一般钢屋架及屋盖支撑的布置。

三、各章内容说明

(一)概述

1. 结合钢结构的特点及我国基本建设的方针政策,阐述钢结构的合理应用范围。
2. 介绍现行规范中钢结构的设计方法。
3. 介绍一些新型钢结构的应用和发展。

(二)钢结构的材料

1. 对钢材两种破坏形式建立较为明确的概念。
2. 要求掌握钢材物理力学性能五项指标的意义和作用,对一般钢构件能提出相应的合理的指标要求。

3. 钢材的疲劳强度只要求作一般概念的介绍。

(三)钢结构的连接

1. 介绍各种连接的破坏形式。
2. 阐明各种连接的内力传递过程及计算方法。
3. 讲清焊接应力和变形产生的原因及其对构件工作的影响,只有在弄清产生原因的基础上才能理解减少和消除的一些措施。

4. 疲劳计算限于规范公式的应用和介绍。

(四)受拉、压杆和柱

1. 要求讲清轴心受拉、受压杆件和柱子的设计,包括实腹式和格构式以及常见的柱头和柱

脚。

2. 关于偏心受压构件,限于桁架中的偏压杆件和一般偏心受压支柱,包括实腹式和格构式,介绍一些简单的柱头和柱脚。

3. 稳定问题只列出公式,讲清物理概念,达到会正确运用公式进行验算的要求。

(五)梁

1. 要讲清型钢梁、槽钢梁及简单的焊接组合梁,达到会设计这些构件的要求。

2. 关于稳定问题的要求和柱子一章相同。

(六)屋盖结构

1. 讲清整个屋盖支撑体系的作用和布置,建立整体概念。

2. 重点讲清普通钢屋架的设计,达到会设计中等跨度钢屋架的要求。

(七)钢结构制造

如当地有条件,可组织参观。

(八)作业

单层厂房钢屋盖设计。

内容要求:

1. 屋盖支撑布置——说明布置原则和根据。

2. 设计一个普通钢屋架:杆力计算,杆力组合,杆件截面选择,设计四个典型结点,附全部计算书。

3. 画一张图,内容包括屋架单线图,支撑单线布置图,图中注明计算杆力和选定截面;四个典型节点大样图(支座节点,上、下弦杆节点及屋脊节点)。

要求辅导教师讲解桁架内力图解法。

钢结构课程教学进度表

次序	讲 授 内 容	教材章节	习题
1	概述 钢结构在我国的发展概况 钢结构的特点和合理应用范围	第一章 第一节 第二节	
2	钢结构的设计方法 新型钢结构在我国的应用和发展	第一章 第三节 第四节	
3	建筑钢材的两种破坏形式 建筑钢材在单轴应力作用下的工作性能	第二章 第一节 第二节	
4	在多轴应力作用下的工作性能 建筑钢材的动力工作性能	第二章 第三节 第四节	

5	各种因素对钢材性能的影响 钢材的种类和规格	第二章	第五节 第六节	
6	钢结构连接的种类和特点	第三章	第一节	
7	焊缝及其连接的型式 直角角焊缝的工作性能与计算	第三章	第二节 第三节	
8	例题 3.1 和 3.2 直角角焊缝受 N 、 M 、 V 共同作用的计算 围焊缝受扭计算	第三章	第三节	3.3~3.4
9	斜角角焊缝 对接焊缝及其连接的计算	第三章	第三节 第四节	3.1~3.2
10	焊接应力和焊接变形	第三章	第五节	
11	例题 3.3、3.4 和 3.5	第三章		3.5~3.6
12	螺栓连接的构造和计算 螺栓群抗剪工作性能和计算	第三章	第六节	
13	例题 3.7 螺栓群抗拉计算 高强度螺栓连接的计算 连接的疲劳强度计算 例题 3.12	第三章	第六节~ 第八节	3.7~3.9
14	受拉、受压构件种类和截面型式 受拉、受压构件的极限状态	第四章	第一节 第二节	
15	受拉和受压构件的强度 轴心受压构件的整体稳定	第四章	第三节 第四节	
16	缺陷对理想轴心受压杆临界力的影响 例题 4.4	第四章	第四节	4.1~4.3
17	格构式轴心受压构件的整体稳定	第四章	第五节	
18	实腹式偏心受压构件在弯矩作用平面内的整体稳定	第四章	第六节	
19	实腹式偏压构件在弯矩作用平面外的稳定 例题 4.5	第四章	第六节	4.4~4.5
20	格构式偏心受压构件的整体稳定 例题 4.7 薄板稳定的基本概念	第四章	第七节 第八节	4.6~4.7
21	轴心受压构件的局部稳定	第四章	第八节	

22	偏心受压构件的局稳定 例题 4.8	第四章	第八节	4.8
23	轴心受压柱柱头 偏心受压柱柱头	第四章	第九节	
24	轴心受压柱柱脚	第四章	第九节	
25	偏心受压柱柱脚	第四章	第九节	
26	例题 4.11 第四章小结	第四章		4.9~4.10
27	梁的种类和截面型式 梁的强度和刚度计算	第五章	第一节~ 第三节	
28	例题 5.1、5.2 和 5.3	第五章	第四节	5.1~5.2
29	梁的整体稳定	第五章	第五节	
30	梁的整体稳定	第五章	第五节	
31	梁的局部稳定 受压翼缘板的局部稳定	第五章	第六节	
32	腹板的局部稳定 腹板在几种应力联合作用下的屈曲	第五章	第六节	
33	梁腹板上、下板段的局部稳定 加劲肋设计	第五章	第六节	5.1~5.3
34	梁与梁的连接 翼缘和腹板的连接 梁截面的改变 梁的拼接	第五章	第七节	
35	梁端构造和支承加劲肋的计算	第五章	第七节	
36	例题 5.4、5.5 和 5.6			5.4~5.5
37	钢结构制造	第七章		
38	钢屋盖的应用和组成 屋盖上、下弦支撑布置	第六章	第一节 第二节	
39	屋盖竖向支撑 系杆和柱间支撑 支撑计算	第六章	第二节	
40	实腹檩和平面桁架式檩条	第六章	第三节	
41	普通钢屋架形式和尺寸、荷载汇集	第六章	第四节	
42	杆件计算 内力组合、杆件计算长度和截面型式	第六章	第四节	
43	钢屋架设计例 桁架杆力图解法 内力组合杆件截面选择	第六章	第六节 及附件	
44	节点设计 施工图绘制 天窗架计算 轻钢屋架设计特点	第六章	第五节	钢屋架计算 绘图作业
45	总复习			

第一章 概 述

I 内 容 概 要

本章内容主要包括两大部分:第一部分为钢结构在我国的发展概况,钢结构的特点、合理应用范围和发展方向;第二部分为钢结构的设计方法,主要讨论极限状态设计法。

II 学 习 指 导

1.1 钢结构在我国的发展概况

应了解古代、近代、现代(特别是最近)各个不同历史时期钢结构的发展概况,如钢的产量、钢结构的结构型式、跨度、高度以及应用范围等。

1.2 钢结构的特点和合理应用范围

为加深理解,学习时应注意以下几点:

1. 应把钢结构的特点与钢材的特点相联系

钢材强度高,因此,钢结构自重轻,承载力高;钢材的塑性和韧性好,因而钢结构对动载的适应性强;钢材具有不渗漏性,因而钢结构可以做密闭容器,钢材耐热不耐高温、易锈蚀,故钢结构耐热性好,但防火性差,为了防锈蚀,需经常维护。

2. 应把钢结构的特点与混凝土结构的特点进行比较

钢材的容重为 7850kg/m^3 ,是混凝土容重的 3.28 倍;而钢材的强度为 $235\text{N/mm}^2(\text{A3})$,是混凝土强度的 11 倍;钢材材质均匀,而混凝土的材质不均匀;钢材的弹性模量为 $206 \times 10^3 \text{N/mm}^2$,而混凝土的变形模量为 $29.5 \times 10^3 \text{N/mm}^2(\text{C30})$ 等等。因此,钢结构自重轻、构件小,便于工业化制作、运输、安装和现场装配,工期短,且实际受力状态比较符合力学计算的假设状态,使用安全可靠;而混凝土结构构件大,自重重,不便于工厂制作和运输,且工期长。

3. 应把钢结构的合理应用范围与其特点相联系

钢结构的承载力大,因此适用于承受荷载大的大跨度结构及高层建筑结构;钢结构对动载的适应性强,故适用于直接承受动载的结构,如吊车梁等;钢结构的密闭性好,故适用于制作容器和管道;钢结构的自重轻,故适用于制作移动式结构等。

4. 应全面认识钢结构的优点和缺点

钢结构的优点是强度高、重量轻、材质均匀、抗震性能好、计算结果可靠、制作工业化程度高、密闭性好、耐热等;缺点是价格贵、不耐高温、易锈蚀等。

5. 贯彻党的基本建设方针和政策

设计中采用钢结构时,应结合我国国情、工程的实际需要与可能条件,贯彻党的基本建设

方针和政策。钢结构具有很多优点,但设计中采用时,应注意结构的功能要求是否属于钢结构的合理应用范围。我国钢材产量虽然比过去有较大提高,但人均产量仍然较少,钢材在我国国民经济中属于较贵重的材料,设计时应通过综合经济效益比较,决定结构的方案。注意节约钢材,只有在十分必要的情况下,才全部采用钢结构(如跨度大、高度高和振动大的建筑结构),在大量中小型建筑结构中,常采用钢筋混凝土柱和钢屋盖或轻型钢屋盖的结构型式。使用钢和混凝土的组合结构,是节约钢材的重要途径。

1.3 新型钢结构在我国的应用和发展

应了解以下内容:

1. 高效钢材的应用

应了解取代格构式截面的 H 型钢和用于楼盖层中可以代替模板和抗拉钢筋作用的压型钢板的应用。

2. 在大跨度结构和高层建筑结构中的应用

应了解大跨度和高层建筑结构中应用的钢结构的跨度、高度和结构型式,注意网架结构、悬索结构和预应力钢结构的应用。

3. 钢和混凝土组合结构的应用

重点了解充分发挥钢和混凝土两种不同材料各自工作性能的特点,以达到节约钢材的目的。

(1)组合梁。混凝土板和钢梁在构造上形成整体,共同抗弯,充分发挥混凝土板的受压和钢梁的受拉作用,关键在于解决钢梁和混凝土板之间的抗剪连接件问题。

(2)钢管混凝土柱。钢管混凝土柱受纵向压力作用时,钢管的应力状态为异号应力场(纵向、径向受压,环向受拉),纵向应力比单向受力时屈服强度低,塑性好(分析详见第二章);混凝土处于三向受压状态,承载力比单向受压棱柱体强度高,且极限变形大大增加,塑性提高,同时由于钢管的约束提高了混凝土的承载力。因而钢管混凝土柱是钢结构的重要发展方向。

1.4 钢结构的设计方法

1.4.1 结构设计的基本要求

应掌握结构设计的准则,并明确设计工作的主要任务。

1. 设计准则

在充分满足功能要求的基础上,做到安全可靠,技术先进,确保质量和经济合理。

2. 设计工作的主要任务

(1)研究结构的受力体系。如结构的计算简图,内力分析等。

(2)研究作用力和结构抵抗力的取值。外界作用力分直接作用和间接作用两大类。直接作用主要指直接施加于结构上的荷载,如自重、施工或使用时的活荷载、风载和雪载等;间接作用则指引起结构变形从而产生内力的其它作用,如地震、地基沉陷、温度作用和焊接应力等。抵抗力是指组成结构构件截面的材料总强度。

(3)在外界因素作用下,根据结构和构件的材料、尺寸等,对结构或构件及其连接等进行强度、稳定和变形验算。

1.4.2 设计方法

钢结构过去采用容许应力设计法,目前采用极限状态设计法。重点应掌握两种极限状态设计方法的特点。

1. 容许应力设计法

设计表达式 $\sigma = \frac{N}{A} \leq \frac{f_y}{K} = [\sigma]$

特点:用钢材的强度标准值(规定的屈服点值),除以一个统一的安全系数 K ,作为设计时构件所容许的最大应力。此方法计算简单方便,但未考虑荷载和材料的变异性,未能达到等安全度,因此,不够经济合理。目前,除验算疲劳强度外,一般已不采用。

2. 极限状态设计法

考虑不同结构的特点,以及荷载、材料的变异性,建立在概率统计理论基础上的失效概率或可靠度分析的设计方法,较为经济和合理。目前常采用这种方法。

1.4.3 极限状态设计法

重点应搞清极限状态的定义、结构的两种极限状态和第一极限状态的两个准则,并理解极限状态基本要求的表达式,以及建立在设计参数变异性基础上的多系数极限状态设计表达式。

1. 什么是极限状态

整个结构或结构的一部分超过某一特定状态时就不能满足设计规定的某一功能要求,此特定状态称为该功能的极限状态。

2. 结构设计的两种极限状态

(1)承载力极限状态及其两个准则。承载力极限状态:达此极限状态时,结构或构件达到了最大承载能力而发生破坏,或达到了不适合于继续承载的巨大变形。因此,承载力极限状态有两个极限准则:一个是最大承载力,一个是不适合于继续承载的巨大变形。

对于钢结构来说,两个极限准则都采用,且第二准则主要应用于钢结构。因此,应结合以后章节,加深理解。在钢结构的设计计算中,以第一准则为极限状态设计标准的有:焊接连接、轴心受力构件的强度、疲劳强度、轴心受压构件的稳定、板件的局部稳定以及梁的整体稳定等,以第二准则为设计标准的有:拉弯、压弯构件的强度、受弯构件的强度以及压弯构件的稳定等。

(2)正常使用极限状态(也可称变形极限状态)。变形极限状态:达此极限状态时,结构或构件的变形达到正常使用规定的限值。

对于钢结构的轴心受力构件和偏心受力构件,由于构件细长而易弯曲或振动,对结构或构件的连接和受力都不利。因此,通过限制长细比来限制其屈曲变形。

3. 极限状态基本要求的表达式

$$R - S \geq 0$$

此公式可用图 1-1 表示。

4. 设计参数的变异性

作用效应 S ,即各种作用(包括荷载、温度变化和地震等)引起的结构中的各种内力,因荷载的变异性等原因,是随机变量。

结构或构件的承载力 R ,因材料的抗力和构件截面的几何因素(如截面面积、截面抵抗矩和截面惯性矩等)与实际数值是有差异的,也是随机变量。

在极限状态设计方法中考虑了各种参数的变异性,采用概率统计的方法确定它们的设计取值。

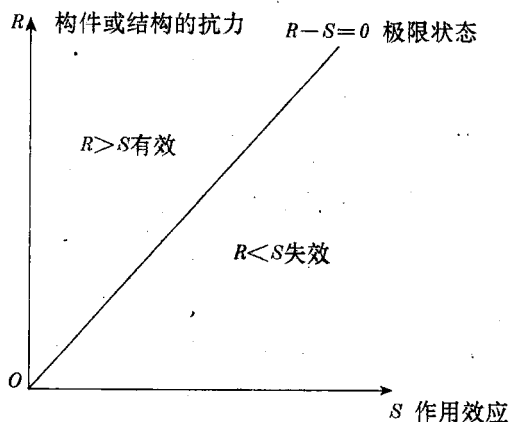


图 1-1

5. 近似概率极限状态的设计方法及多系数极限状态的设计表达式

S 和 R 不但是若干随机变量的总和,本身也是独立的随机变量。在对结构失效过程进行概率运算的基础上,提出了失效概率的概念。现在规定的钢结构设计的失效概率约为 $\frac{1}{10000} \sim \frac{6.9}{10000}$ (具体数值与钢材的种类有关)。

为了便于设计计算,按照规定的失效概率要求,校准了各随机变量的分项系数,采用多系数的极限状态设计表达式。

对于承载力极限状态,表达式为

$$\gamma_0(\gamma_G C_G G_K + \gamma_{Q1} C_{Q1} Q_{1K} + \sum_{i=2}^n \psi_{Ci} \gamma_{Qi} C_{Qi} Q_{iK}) \leqslant f_d A$$

一般排架、框架结构,可采用以下简化表达式

$$\gamma_0(\gamma_G C_G G_K + \psi \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} C_{Qi} Q_{iK}) \leqslant f_d A$$

或表示为

$$\gamma_0(\sigma_{Gd} + \psi \sum_{i=1}^n \sigma_{Qid}) \leqslant f_d \quad \text{其中 } \sigma = \frac{S}{A} \leqslant f_d$$

对于变形极限状态,表达式为

$$v = v_{GK} + v_{Q1K} + \sum_{i=2}^n \psi_{Ci} v_{QiK} \leqslant [v]$$

简化表达式为

$$v = v_{GK} + \psi \sum_{i=1}^n v_{QiK} \leqslant [v]$$

以上诸表达式中,不等号左面的部分表示荷载效应(包括永久荷载和可变荷载)或荷载效应引起的变形;不等号右面的部分,在承载力表达式中表示结构抗力,在变形表达式中表示规范规定的容许限值。

III 本章小结

1. 了解钢结构在我国的发展概况以及目前在我国的应用情况。

2. 认识钢结构的特点、在我国的合理应用范围以及发展方向;应能够结合我国基本建设中的实际工程,掌握应用钢结构的方针政策。

3. 在掌握一般结构极限状态设计方法中的两种极限状态以及结构或构件第一极限状态的两个极限准则的基础上,重点应掌握极限状态设计方法在钢结构设计计算中的应用;搞清钢结构、构件或连接的承载能力设计时采用的不同极限准则的情况和原因,搞清第二极限状态设计时对钢结构中轴心和偏心受力构件限制长细比的原因。

以上要求,可结合第三、四、五章的学习逐步达到。

4. 理解极限状态设计总的表达式及多系数设计表达式的意义,认识式中各符号的意义,记住常用荷载及材料强度分项系数的数据。

IV 复习题

1. 试了解你所在地区(省、市或县)钢结构发展的概况(钢产量,使用钢结构的情况——建设钢结构的时期、钢结构的型式、高度、跨度及用途,目前使用钢结构的可能性——钢材的供应、钢结构的加工制造以及施工条件等)。

2. 钢结构的特点和合理应用范围是什么?怎样对应理解?结合你地区使用钢结构的特点,你认为你地区钢结构的发展方向是什么?

3. 采用极限状态设计方法时,规范规定的极限状态有几种?

4. 什么是第一极限状态的两个设计准则?这两个设计准则的依据是什么?根据钢结构受力的特点,怎样理解第二个设计准则主要用于钢结构?试举例说明两个设计准则各应用于哪些结构或构件的何种受力状态。

5. 试说明钢结构的受弯和轴心受力构件变形极限状态控制条件的意义有何不同?为什么?

6. 试写出极限状态设计方法总的表达式以及第一极限状态和第二极限状态用多系数表示的设计表达式,并说明各表达式以及其中各符号的意义。

第二章 钢结构的材料

I 内容概要

本章内容属于钢结构的基本知识,是以后各章的基础,也是重点章之一。内容主要包括三部分:第一部分为建筑钢材的两种破坏形式;第二部分为建筑钢材在各种条件下的工作性能(力学性能)以及强度设计指标;第三部分为建筑钢材的种类和规格。

II 学习指导

2.1 建筑钢材的两种破坏形式

本节是本章的重点,应掌握以下内容:

1. 两种对比试件

一种是标准试件,一种是带刻槽的试件(见教材图 2.1)。应搞清两种对比试件的材料、计算面积是相同的,而构造均匀性是不同的:一种是等截面、均匀光滑的标准试件,一种是截面变化,带有刻槽的试件。

2. 两种破坏形式

一种是塑性破坏,一种是脆性破坏(见教材图 2.2)。应牢固掌握塑性破坏和脆性破坏两种破坏现象的区别和设计钢结构的要求,并初步认识产生这两种破坏现象的原因。

(1)塑性破坏。标准试件在破坏前,拉伸变形大,截面变细,有颈缩现象,变形时间长,有明显的塑性变形;断裂时,断口呈纤维状,色发暗,有时能看到滑移的痕迹,断口与作用力的方向约成 45° (见教材图 2.2a)。

(2)脆性破坏。带刻槽的试件,在破坏前长度、截面粗细没有明显变化,没有颈缩现象,变形时间短,承载力较标准试件有提高,断裂时,断口平齐,呈有光泽的晶粒状,破坏发生在瞬时(见教材图 2.2b)。这种破坏称脆性破坏。

在区别塑性破坏和脆性破坏时,除掌握断口、色泽的区别外,还应牢固掌握塑性破坏在破坏前变形大,有一变形发展过程,破坏时有预兆,易及时发现和补救,较安全等特点。因此塑性破坏是设计钢结构所要求的破坏形式。而脆性破坏在破坏前变形小,无变形发展过程,破坏突然发生,无预兆,危险性大,因此,设计钢结构时,应特别注意防止发生脆性破坏。

构造均匀性不同,是这两种破坏现象的重要条件。标准试件,截面均匀,应力分布均匀,试验结果为塑性破坏;而带刻槽的试件,在截面突变处,有严重的应力集中现象,是脆性破坏的主要原因。两种破坏的拉伸图,见图 2-1。

2.2 建筑钢材在单轴应力 作用下的工作性能

2.2.1 标准拉伸试验的四个条件

1. 含碳量为 $0.1\% \sim 0.3\%$ (建筑钢材为 0.2%);
2. 缓慢加载, 一次拉伸到破坏;
3. 截面光滑, 应力分布均匀;
4. 室温 $+20^{\circ}\text{C}$ 。

应牢固掌握试验的四个条件和试验结果以及和钢材工作性能之间的关系。在四个条件中的任何一个条件发生变化时, 钢材的工作性能和破坏形式会发生变化, 如截面构造不均匀, 有应力集中时, 破坏过程将没有四个阶段, 结果为脆性破坏。在学习各种因素对钢材工作性能的影响时, 应和这四个条件及破坏形式相联系, 以加深对这四个条件的意义及其与破坏形式之间关系的认识。

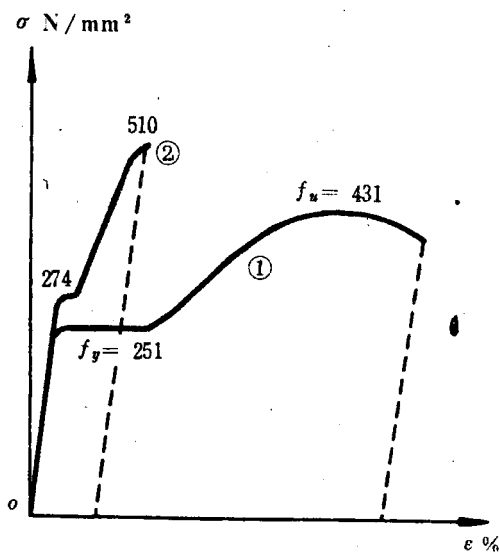


图 2-1

- ① 标准试件的拉伸图
- ② 带刻槽试件的拉伸图

2.2.2 标准拉伸试件一次拉伸的工作阶段和工作性能

1. 四个阶段

应搞清标准试件一次拉伸四个工作阶段的应力、应变关系的变化, 各阶段应力所达到的极限, 以及设计钢结构时如何利用各阶段的力学特点。

(1) 弹性阶段 (见教材图 2.4b I)。应力和应变为线性关系, 应力达比例极限 f_p , $[f_p = (0.7 \sim 0.8)f_y]$, 弹性模量很大 ($E = 206 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$), 应变很小, 试件变形很小, 因此, 对钢构件进行内力分析时, 可以忽略尺寸变化的影响, 利用力的叠加原理。

(2) 弹塑性阶段 (见教材图 2.4b II)。因存在残余应力, 应力和应变为曲线关系, 应力达屈服点强度 f_y 。因上屈服点应力值和加荷速度有关, 应力值不稳定, 因此取稳定的下屈服点应力为屈服强度极限 f_y 。

(3) 塑性阶段 (见教材图 2.4b III)。应力保持 f 不变, 应变由 $(0.1 \sim 0.2\%)$ 到 $(2 \sim 3\%)$; 利用应力不变, 应变可以增加的性能, 在变形过程中构件截面的应力由不均匀分布逐渐趋于均匀分布。因此, 设计时可以考虑截面应力重分布。

(4) 强化阶段 (见教材图 2.4b IV)。应力又随应变增加而上升, 直至发生颈缩而断裂破坏。这种破坏为塑性破坏。所达到的最高应力为抗拉强度 f_u , $f_u = (1.6 \sim 2.0)f_y$ 。

建筑钢材的标准拉伸图见教材图 2.4a。

2. 建筑钢材的静力强度设计指标

应牢固掌握屈服点 f_y 是建筑钢材的静力强度设计指标, 以屈服点作为建筑钢材静力强度设计指标的理由以及钢结构设计时反映建筑钢材应力应变关系的简化曲线。

(1) 有明显屈服点的钢材 (或软钢), 以屈服点 f_y 作为静力强度设计指标。其原因是: