



高等学校经典教材配套辅导丛书



# 钢结构 第二版

## 同步辅导及习题精解

邬建华 袁小军 龚华栋 戴银所 编著

- ★ 主要概念原理归纳
- ★ 重点难点内容精讲
- ★ 教材习题详细解答
- ★ 全真试题精选精练



陕西师范大学出版社  
SHAANXI NORMAL UNIVERSITY PRESS



高等学校经典教材配套辅导丛书

# 钢结构

## 同步辅导及习题精解

邬建华 袁小军 编著  
龚华栋 戴银所



本书适用于：  
武理工大学出版社·魏明钟主编·《钢结构》第二版



陕西师范大学出版社  
SHAANXI NORMAL UNIVERSITY PRESS

地址：西安市雁塔区雁塔南路100号  
电话：(029) 82307884 82323723 82321040 (传真)  
E-mail: tj-centre@snnu.cn

图书代号:JF6N0937

图书在版编目(CIP)数据

钢结构同步辅导及习题精解/邬建华主编. —西安:陕西师范大学出版社,2006.9  
(高等学校经典教材配套辅导丛书)

ISBN 7-5613-3732-9/T·20

I. 钢… II. 邬… III. 钢结构—高等学校—教学参考资料 IV. TU391

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 114178 号

本书是针对武汉理工大学出版社出版的魏明钟主编的《钢结构》这本教材而编著的一本学习辅导用书。全书共 8 章,内容有:绪论、钢结构的材料、钢结构的连接、轴心受力构件、受弯构件、拉弯和压弯构件、疲劳计算、屋盖结构等。

本书不仅可作为高等院校土木类专业教学的辅导用书;也可作为报考相关专业研究生的学生复习备考的辅导用书;还可作为报考注册结构工程师的人员进行专业知识强化时的参考用书。

---

责任编辑 陈光明 彭 青

装帧设计 王静婧

出版发行 陕西师范大学出版社

社 址 西安市陕西师大 120<sup>#</sup> (邮政编码:710062)

网 址 <http://www.snuph.com>

经 销 新华书店

印 刷 南京金阳彩色印刷有限公司

开 本 787×960 1/16

印 张 15

字 数 294 千

版 次 2006 年 9 月第 1 版

印 次 2006 年 9 月第 1 次印刷

定 价 19.50 元

---

开户行:光大银行西安电子城支行 账号:0303080-00304001602

读者购书、书店添货或发现印装问题,请与本社营销中心联系、调换。

电 话:(029)85307864 85233753 85251046(传真)

E-mail:if-centre@snuph.com

# 前 言

钢结构这门课程和教材的内容具有基本概念多、计算公式多、构造要求多等特点,学生在学习中普遍感到概念抽象难以理解、内容太多难以记忆。为了帮助学生学好这门核心课程,我们针对课程的教学要求编写了这本辅导用书。

本书主要以武汉理工大学出版社出版的魏明钟主编的《钢结构》这本教材为蓝本,根据课程的教学要求而编写。在本书中,作者首先概括和讲解了每个章节的重点和难点内容;其次以提出问题、解答问题的方式对这本教材中的主要概念、原理进行了讲解,以加强学生对主要概念、主要原理的理解;另外,我们在本书中介绍了各种类型的试题并对其作了详细的分析解答,旨在进一步强化学生对基本理论的学习和巩固。

全书的例题和习题均选自于近几年相关专业的教材、部分院校课程考试试题、注册结构工程师复习参考题以及考研试题。编者尽可能给出了各种计算类型的解题要点,较全面地覆盖了课程内容的知识点,这对于学生理解重点知识、掌握知识难点,具有重要的指导作用。

本书作者在编写过程中广泛参阅了国内相关专业的教材、规范及辅导用书,其中主要有:魏明钟主编的《钢结构》、国家有关标准《钢结构设计规范(GB50017—2003)》、建筑结构相关教材等,其他参阅资料限于篇幅,不再一一注明,在此一并致谢。

本书由解放军理工大学工程兵工程学院邬建华担任主编。参与编写的有:袁小军、龚华栋、戴银所。限于作者水平,有错误和疏漏之处,望读者不吝赐教。

编 者

2006年8月于南京

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	( 1 )
本章学习重点.....	( 1 )
主要学习内容.....	( 1 )
§ 1.1 概述 .....	( 1 )
§ 1.2 钢结构的设计方法 .....	( 3 )
§ 1.3 练习题 .....	( 7 )
<b>第 2 章 钢结构的材料</b> .....	( 10 )
本章学习重点.....	( 10 )
主要学习内容.....	( 10 )
§ 2.1 钢材的主要性能 .....	( 10 )
§ 2.2 钢结构对材料的要求 .....	( 13 )
§ 2.3 各种因素对钢材主要性能的影响 .....	( 14 )
§ 2.4 钢材的种类及选用 .....	( 16 )
§ 2.5 练习题 .....	( 19 )
<b>第 3 章 钢结构的连接</b> .....	( 22 )
本章学习重点.....	( 22 )
主要学习内容.....	( 22 )
§ 3.1 钢结构的连接方法 .....	( 22 )
§ 3.2 焊接方法、焊缝形式和质量级别.....	( 23 )
§ 3.3 角焊缝的构造与计算 .....	( 31 )
§ 3.4 对接焊缝的构造与计算 .....	( 39 )
§ 3.5 焊缝残余应力和焊缝变形 .....	( 42 )
§ 3.6 螺栓连接的构造 .....	( 45 )
§ 3.7 普通螺栓连接的工作性能和计算 .....	( 48 )

§ 3.8 高强度螺栓连接的工作性能和计算 .....	(54)
§ 3.9 练习题 .....	(58)
<b>第4章 轴心受力构件</b> .....	(66)
本章学习重点 .....	(66)
主要学习内容 .....	(66)
§ 4.1 概述 .....	(66)
§ 4.2 轴心受力构件的强度和刚度 .....	(68)
§ 4.3 轴心受压构件的稳定 .....	(70)
§ 4.4 轴心受压柱的设计 .....	(76)
§ 4.5 柱头和柱脚 .....	(83)
§ 4.6 练习题 .....	(86)
<b>第5章 受弯构件</b> .....	(91)
本章学习重点 .....	(91)
主要学习内容 .....	(91)
§ 5.1 概述 .....	(91)
§ 5.2 梁的强度和刚度 .....	(92)
§ 5.3 梁的整体稳定 .....	(98)
§ 5.4 梁的局部稳定 .....	(103)
§ 5.5 梁的设计 .....	(107)
§ 5.6 梁的拼接和连接 .....	(110)
§ 5.7 练习题 .....	(112)
<b>第6章 拉弯和压弯构件</b> .....	(118)
本章学习重点 .....	(118)
主要学习内容 .....	(118)
§ 6.1 概述 .....	(118)
§ 6.2 拉弯和压弯构件的强度和刚度 .....	(119)
§ 6.3 实腹式压弯构件的稳定计算 .....	(120)
§ 6.4 格构式压弯构件的稳定计算 .....	(124)

---

---

§ 6.5 压弯构件的计算长度 .....	(126)
§ 6.6 压弯构件的设计 .....	(130)
§ 6.7 练习题 .....	(131)
<b>第 7 章 疲劳计算</b> .....	<b>(137)</b>
本章学习重点 .....	(137)
主要学习内容 .....	(137)
§ 7.1 疲劳计算 .....	(137)
§ 7.2 练习题 .....	(143)
<b>第 8 章 屋盖结构</b> .....	<b>(146)</b>
本章学习重点 .....	(146)
主要学习内容 .....	(146)
§ 8.1 屋盖结构的组成和布置 .....	(146)
§ 8.2 屋架的杆件设计 .....	(154)
§ 8.3 屋架的节点设计 .....	(158)
§ 8.4 练习题 .....	(165)
<b>参考答案</b> .....	<b>(169)</b>
<b>附录</b> .....	<b>(214)</b>
<b>参考文献</b> .....	<b>(231)</b>

# 第1章 绪论

## 本章学习重点

1. 掌握钢结构的定义和主要优缺点；
2. 了解钢结构的应用范围；
3. 了解结构的功能要求以及结构可靠性的定义；
4. 了解极限状态的定义及分类；
5. 了解结构可靠度和可靠指标的基本概念；
6. 掌握荷载的分类、荷载的代表值、荷载分项系数的概念及其确定方法；
7. 熟练掌握荷载、材料强度标准值与设计值之间的转化；
8. 熟练掌握承载力极限状态、正常使用极限状态的实用设计表达式。

## 主要学习内容

### § 1.1 概 述

#### 1. 什么是钢结构？

钢结构是用钢板、热轧型钢(角钢、工字钢、H型钢、槽钢、钢管)和圆钢等钢材,通过焊接等有效连接方式所组成的结构,如钢屋架、钢框架、钢塔架等都是常见的钢结构。

#### 2. 钢结构与其它材料的结构相比有哪些优缺点？

钢结构与其它材料的结构相比,有以下主要优点:

##### (1) 强度高,自重轻

与混凝土、砖、石和木材等相比,虽然其密度最大,但是由于其强度高得多,因此,在跨度和荷载相同的条件下,以钢结构的截面为小,重量为轻。由此带来的优点是:基础和地基处理的费用和工程量也可大大减少。

##### (2) 质地均匀、性能好,结构可靠性高

由于钢材的内部组织比较均匀,接近于各向同性体,能较好符合材料力学的基本假定,采用力学原理计算的钢结构具有计算结果精度高(能够较好地反映钢结构的实际工作性能),可靠性强的特点。

##### (3) 施工简便、工期短

钢结构的构件可在金属结构厂进行制做加工,采用机械化程度高的专业化生产。钢结构材料皆可轧成各种型材,加工简易而迅速。钢构件较轻,连接简便,安装方便,施工工期短。



#### (4) 延性好,抗震能力强

由于钢材具有较好的塑性和韧性,加之结构自重轻,结构体系柔软,在地震时,地震作用小,结构耗能能力强,损坏小。因而合理设计的钢结构具有较强的抗震能力。

#### (5) 易于拆迁、改造和加固

由于钢材具有较好的加工性能,连接措施又比较简单,因此,与其它材料的结构相比,对已建成的钢结构易于进行拆迁、改造和加固。

#### (6) 密闭性好

焊接的钢结构可以做到完全密闭,因此适宜于建造要求气密性和水密性好的气罐、油罐和高压容器。

主要缺点如下:

#### (1) 耐腐蚀性差

由于钢材容易锈蚀,因此钢结构耐腐蚀性差。对于钢结构需采取防护措施,如除锈、刷油漆、镀锌等。

#### (2) 防火性能差

当温度低于  $150^{\circ}\text{C}$  时,钢材的主要性能变化很小;但当温度达到  $300^{\circ}\text{C}$  以上时,强度将迅速下降;达到  $600^{\circ}\text{C}$  时钢材的强度将降为零,结构会瞬时崩溃。一旦发生火灾,钢结构耐火时间不长,因而钢结构防火性能差。

### 3. 在建筑结构领域中,钢结构主要应用于哪些范围?

钢结构具有一些较为优越的特点,因而是一种比较理想的结构。其应用范围,按照合理使用、充分发挥钢结构优点的原则,当前钢结构的应用范围大致如下:

#### (1) 重型厂房结构

重型厂房结构一般荷载大,具有动荷载,适宜采用钢结构。

#### (2) 大跨度结构

钢材强度高,钢结构自重轻,适用于大跨度结构。结构跨度越大结构本身自重与跨度增长的矛盾越明显,对于大跨度结构减轻自重可以获得明显的经济效益。

#### (3) 高层建筑

房屋高度越大,所受侧向水平荷载如风荷载及地震作用的影响也越大,所需柱截面也大大加大,采用钢结构可减小柱截面而增大建筑物的使用面积和提高房屋抗震性能。

#### (4) 高耸构筑物

高耸构筑物同样由于风荷载和地震作用随高度的加大而增大,也适用采用钢结构。包括塔架和桅杆结构,如电视塔、输电线塔、钻井塔等。

#### (5) 密闭较高的板壳结构

如冶金及石油化工企业的油罐、高炉、煤气罐等。

#### (6) 轻型钢结构

对于使用荷载小的结构,结构自重成为设计中应考虑的重要因素,当跨度较小时采用轻型钢结构较为合理。

#### (7) 可拆卸和移动的结构

流动式展览馆和活动式房屋,最宜采用装配式钢结构。对于各种运输机械的骨架、起重臂杆等宜采用钢结构。如:塔式起重机和采油井架等。

## § 1.2 钢结构的设计方法

1. 我国采用的建筑结构设计使用年限是多少年?设计基准期和设计使用年限有何不同?

结构的设计使用年限是指结构在正常施工、正常使用和维护的条件下,不需要进行大修,即可达到的预定使用年限。各类工程结构的设计使用年限见表 1-1:

表 1-1 设计使用年限分类

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

注:当建设单位提出比标准更高的要求时,可按其要求确定,但低于以上规定则是不允许的。

在《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB50068—2001)中,我国结构的设计基准期定为 50 年,即以此作为确定设计荷载最大值取值的期限。设计基准期是确定可变作用及与时间有关的材料性能等取值而选用的时间参数,它不等同于建筑结构的设计年限。

2. 结构可靠性的含义是什么?它包含哪些功能要求?

设计任何建筑物和构筑物时,必须满足下列功能要求:

(1) 安全性。安全性是指结构在规定的使用期限内,能够承受正常施工、正常使用时可能出现的各种荷载、变形(如基础不均匀沉降、温度变化及收缩受到约束产生的变形)等作用。在偶然事件(如受地震及强风作用)发生后,结构仍能保持整体稳定性,不发生倒塌或连续破坏。

(2) 适用性。适用性是指结构在正常使用荷载作用下具有良好的工作性能,如不发生影响正常使用的过大挠度、永久变形,或水池、水管等产生影响使用的裂缝。

(3) 耐久性。结构在正常使用和正常维护条件下,在规定的使用期限内应有足够的耐久性。如不发生钢材锈蚀,以致影响结构的使用寿命。

安全性、适用性和耐久性,是结构可靠的标志,总称为结构的可靠性。所以,结构的可靠性即:结构在规定的设计使用年限内,在规定的条件(正常设计、正常施工、正常使用和正常维修)下,完成预定功能的能力。

3. 什么是结构的极限状态?结构的极限状态分为几类,其含义各是什么?

结构的极限状态是结构或其构件能够满足某一功能要求的临界状态,超过这一界限,结构或其构件就不能满足设计规定的该项功能要求,而进入失效状态。

结构的极限状态分为两类,它们均有明确的标志或限值:

(1) 承载能力极限状态

结构或其构件达到最大承载能力或达到不适于继续承载的不可恢复的变形状态称为承载能力极限状态。

承载力极限状态包括: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

结构或构件达到正常使用或耐久性的某项规定限值的极限状态称为正常使用极限状态。

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。

## 4. 目前我国钢结构设计采用哪种设计法?概率极限状态设计法的实质是什么?

除疲劳计算外,目前我国钢结构设计采用概率极限状态设计法,用分项系数设计表达式进行计算。

概率极限状态设计法是将影响结构功能的诸因素作为随机变量,因而对所设计的结构的功能亦只作出一定的概率保证,即认为任何设计都不能保证绝对安全,而是存在着一定风险。但是,只要将其失效概率降到人们可以接受的程度,便可认为所设计的结构是安全的。

注:关于钢结构的疲劳计算,由于疲劳极限状态的概念还不确切,对各种有关因素研究不够,只能沿用过去传统的容许应力设计法。容许应力设计法实质是降低材料强度的方法来保证构件的安全性。

5. 什么是结构的可靠度和可靠性指标?什么是结构可靠概率  $P_s$  和失效概率  $P_f$ ?

结构能够完成预定功能的概率称为结构的可靠度,也称为可靠概率,用  $P_s$  表示,它是对结构可靠性的一种定量描述,即概率度量;结构不能完成预定功能的概率称为失效概率,用  $P_f$  表示。显然,  $P_s + P_f = 1.0$ 。因此,结构可靠性也可用结构的失效概率来度量,而且物理意义明确,已为国际上所公认。

但是,计算失效概率  $P_f$  在数学上比较复杂,所以,各国的设计标准都用可靠指标  $\beta$  代替失效概率  $P_f$  来度量结构的可靠性。结构的可靠指标  $\beta$  是具体度量结构可靠性的一个指标,  $\beta$  值越大,结构的可靠度  $P_s$  就越大,失效概率  $P_f$  就越小。

结构的可靠指标  $\beta$  可按下列公式计算:

$$\beta = \frac{\mu_z}{\sigma_z} = \frac{\mu_R - \mu_S}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}} \quad (1.1)$$

式中:  $\mu_z$ 、 $\sigma_z$  分别为功能函数  $Z$  的平均值、标准差;

$\mu_R$ 、 $\sigma_R$  分别为结构抗力  $R$  的平均值、标准差;

$\mu_S$ 、 $\sigma_S$  分别为作用效应  $S$  的平均值、标准差。

可靠指标  $\beta$  与失效概率  $P_f$  的对应关系见表 1-2 所列,由表中可以看出,可靠指标  $\beta$  值越大,失效概率  $P_f$  就越小;  $\beta$  值越小,  $P_f$  就越大。可靠指标  $\beta$  值相差 0.5, 失效概率  $P_f$  大致相差一个数量级。

表 1-2 可靠指标  $\beta$  与失效概率  $P_f$  的对应关系

$\beta$	2.7	3.2	3.7	4.2
$P_f$	$3.5 \times 10^{-3}$	$6.9 \times 10^{-4}$	$1.1 \times 10^{-4}$	$1.3 \times 10^{-5}$

## 6. 什么是目标可靠性指标?

《建筑结构可靠度设计统一标准》规定了一般工业与民用建筑作为设计依据的可靠指标,称为目标可靠指标。当结构构件属延性破坏时,取  $[\beta] = 3.2$ ; 当结构构件属脆性破坏时,取  $[\beta] = 3.7$ , 因脆性破坏比较突然,缺乏足够的预兆,目标可靠指标应取得高一些。

根据建筑物的重要性不同,即一旦结构发生破坏,对生命财产的危害程度及社会影响不同,《建筑结构可靠度设计统一标准》将建筑结构分为三个安全等级,并对其目标可靠指标作适当调整。这三个安全等级是:

一级——破坏后果很严重的重要建筑物;

二级——破坏后果严重的一般工业与民用建筑物;

三级——破坏后果不严重的次要建筑物。

对于承载力极限状态,上述三个安全等级的目标可靠指标 $[\beta]$ 见表1-3:

表1-3 结构构件承载力极限状态的目标可靠性指标 $[\beta]$

破坏类型	安全等级		
	一级	二级	三级
延性破坏	3.7	3.2	2.7
脆性破坏	4.2	3.7	3.2

注:对一般工业和民用建筑钢结构,按我国已建成的房屋,用概率设计方法分析的结果,安全等级多为二级,但对跨度等于或大于60m的大跨度结构的安全等级宜取为一级。

7. 荷载分为哪几类?荷载的代表值有哪些?荷载设计值与标准值有什么关系?

荷载被分为:

(1) 永久荷载(恒荷载或恒载),是指在设计使用期间内,其值不随时间变化,或其变化的数值与平均值相比可以忽略不计的荷载。比如:结构自重、土压力、预应力等。

(2) 可变荷载(活荷载),是指在设计使用期间内,其值随时间而变化,或其变化的数值与平均值相比不可以忽略的荷载。楼面(屋面)活荷载、风荷载、雪荷载、吊车荷载等。

(3) 偶然荷载,在设计使用期间内,不一定出现,而一旦出现则量值很大,且持续的时间也较短的作用。比如:撞击力、爆炸力等。

一般荷载有标准值、组合值、频遇值和准永久值四种代表值。其中标准值是荷载的基本代表值,其他三种代表值是以标准值乘以相应的系数后得到的。对于永久荷载而言,只有一个代表值,这就是它的标准值。对于可变荷载有标准值、组合值、频遇值和准永久值四种代表值。

(1) 荷载标准值,是指结构构件在使用期间的正常情况下可能出现的最大荷载值。

对于构件自重,可由构件的设计尺寸与材料单位体积(或单位面积)的自重计算确定。对于某些自重变异较大的材料(如现场制作的保温材料、防水材料、找平等)和构件(如混凝土薄壁构件),考虑到结构的可靠性,在设计中应根据该荷载对结构有利或不利,分别取其自重的下限值或上限值。

对于民用建筑楼面均布活荷载标准值可由《建筑结构荷载规范》(GB50009—2001)查得。

(2) 荷载组合值

当结构承受两种或两种以上的可变荷载,且承载力极限状态按基本组合设计或正常使用极限状态按荷载标准组合设计时,考虑到这两种或两种以上可变荷载同时达到最大值的可能性较小,因此,可以将它们的标准值乘以一个小于或等于1的荷载组合系数。这种将可变荷载标准值乘以荷载组合系数以后的数值,称为可变荷载的组合值。因此,可变荷载的组合值是当结构承受两种或两种以上的可变荷载时的代表值。

(3) 荷载频遇值

为确定可变荷载代表值而选用的时间参数称为设计基准期。设计基准期一般为50年。对可变荷载,在设计基准期内,其超越的时间为规定的较小比率或超越频率为规定频率的荷载值,称为可变荷载的频遇值。可变荷载的频遇值等于可变荷载的标准值乘频遇值系数。民用建筑楼面均布活荷载的频遇值系数见《建筑结构荷载规范》(GB50009—2001)。

(4) 荷载准永久值

可变荷载虽然在设计基准期内其值会随时间而发生变化,但是,研究表明,不同的可变荷载在结构上的变化情况不一样。以住宅楼面的活荷载为例,人群荷载的流动性较大,家具荷载的流动性则相对较小。可变荷载中在整个设计基准期(50年)内总持续时间超过50%的可变荷载值,称为该可变荷载的准

永久值。可变荷载准永久值为可变荷载标准值乘以荷载准永久值系数。由于可变荷载准永久值只是可变荷载标准值的一部分,因此,可变荷载准永久值系数小于或等于 1.0。《建筑结构荷载规范》(GB50009—2001)中给出了各种可变荷载的准永久值系数取值,设计时可以查用。

荷载标准值乘以荷载分项系数,称为荷载设计值。

设计过程中,只是在按承载力极限状态计算荷载效应组合设计值的公式中引用了荷载分项系数。因此,只有在按承载力极限状态设计时才需要考虑荷载分项系数和荷载设计值。在按正常使用极限状态设计中,当考虑荷载标准组合时,恒载和活荷载都用标准值;当考虑荷载频遇组合和准永久组合时,恒载用标准值,活荷载用频遇值和准永久值或只用准永久值。

8. 钢材强度的标准值、设计值之间有什么关系?它们是如何确定的?

钢材强度标准值的取值原则是:在符合规定质量的钢材强度实测总体中,标准强度应具有不小于 95% 的保证率,即钢材的实际强度小于强度标准值的可能性只有 5%。

钢材强度标准值除以钢材抗力分项系数,称为钢材强度设计值。《钢结构设计规范》(B50017—2003)中钢材强度的标准值以符号  $f_y$  表示,设计值用  $f$  表示,即

$$f = \frac{f_y}{\gamma_R} \quad (1.2)$$

对 Q235 钢

取抗力分项系数  $\gamma_R = 1.087$ ;

对 Q345 钢、Q390 钢和 Q420 钢

取抗力分项系数  $\gamma_R = 1.111$ 。

9. 我国《钢结构设计规范》(B50017—2003)承载力极限状态和正常使用极限状态的设计表达式分别采用何种形式?

(1) 承载力极限状态

当采用荷载效应的基本组合(即只考虑永久荷载和可变荷载的组合,不考虑偶然荷载参与组合)时,其设计表达式取下列各式的最不利者:

① 由可变荷载效应控制的组合

$$\gamma_0(\gamma_G S_{Gk} + \gamma_{Q1} S_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} \psi_{ci} S_{Qik}) \leq R_k / \gamma_R \quad (1.3)$$

式中: $\gamma_0$ —结构重要性系数;当安全等级为一级或设计使用年限为 100 年及以上的结构构件时, $\gamma_0$  不应小于 1.1;当安全等级为二级或设计使用年限为 50 年的结构构件时, $\gamma_0$  不应小于 1.0;当安全等级为三级或设计使用年限为 5 年及以下的结构构件时, $\gamma_0 = 0.9$ ;对于设计使用年限为 25 年的结构构件,不应小于 0.95;

$\gamma_G$ —永久荷载的分项系数;

$\gamma_{Qi}$ —第  $i$  个可变荷载的分项系数,其中  $\gamma_{Q1}$  为可变荷载  $Q_1$  的分项系数;

$S_{Gk}$ —永久荷载标准值引起的荷载效应;

$S_{Q1k}$ 、 $S_{Qik}$ —第 1 个和其他第  $i$  个可变荷载标准值引起的荷载效应, $S_{Q1k}$  大于其它任意第  $i$  个可变荷载标准值的效应  $S_{Qik}$ ;

$\psi_{ci}$ —第  $i$  个可变荷载的组合系数;

$n$ —参与组合的可变荷载数。

② 由永久荷载效应控制的组合

$$\gamma_0(\gamma_G S_{Gk} + \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} \psi_{ci} S_{Qik}) \leq R_k / \gamma_R \quad (1.4)$$

当为永久荷载控制时,如只按(1.3)式进行计算,可能导致可靠指标偏低,因而增补(1.4)式。在钢

结构中,此种情况出现较少。

当考虑以竖向的永久荷载效应控制组合时,参与组合的可变荷载可仅限于竖向荷载。

对工程中常用的一般排架、框架结构,可采用简化规则,并按下列组合中最不利值确定:

① 由可变荷载效应控制的组合

$$\gamma_0(\gamma_G S_{GK} + \gamma_{Q1} S_{Q1k}) \leq R_k / \gamma_R \quad (1.5)$$

$$\gamma_0(\gamma_G S_{GK} + 0.9 \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} \psi_{ci} S_{Qi k}) \leq R_k / \gamma_R \quad (1.6)$$

② 由永久荷载效应控制的组合仍按式(1.4)采用。

基本组合的荷载分项系数,应按下列规定采用:

① 永久荷载的分项系数

当荷载效应对结构不利时:

对由可变荷载效应控制的组合,取  $\gamma_G = 1.2$ ;

对由永久荷载效应控制的组合,取  $\gamma_G = 1.35$ 。

当永久荷载起有利作用时:

一般情况下取  $\gamma_G = 1.0$ ;

在验算倾覆和滑移时,取  $\gamma_G = 0.9$ 。

② 可变荷载的分项系数

一般情况下,可变荷载分项系数取为 1.4;当楼面均布活荷载值  $\geq 4\text{kN/m}^2$  时,可变荷载分项系数取为 1.3。

(2) 正常使用极限状态

正常使用极限状态的设计表达式为:

$$S \leq C \quad (1.7)$$

式中:  $S$ —正常使用极限状态的荷载效应组合值;

$C$ —结构或结构构件达到正常使用要求的规定值,例如变形、裂缝、振幅、加速度等的限值。

① 标准组合

$$S = S_{GK} + S_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \psi_{ci} S_{Qi k} \quad (1.8)$$

② 准永久组合

$$S = S_{GK} + \sum_{i=2}^n \psi_{Qi} S_{Qi k} \quad (1.9)$$

式中:  $\psi_{Qi}$ —可变荷载的准永久值系数。

注:在钢结构设计中,使用最多的是标准组合。

## § 1.3 练习题

### 一、选择题

1. 现行《钢结构设计规范》所采用的结构设计方法是( )。

A. 半概率、半经验的极限状态设计法

B. 容许应力法

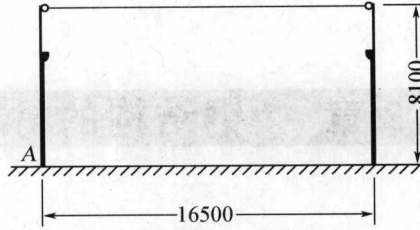
C. 以概率理论为基础的极限状态设计方法

- D. 全概率设计法
2. 按极限状态法对承重结构进行设计时,下列( )说法符合《钢结构设计规范》要求。
- A. 应按承载力极限状态进行设计  
B. 应按正常使用极限状态进行设计  
C. 应按承载力极限状态和正常使用极限状态进行设计  
D. 应按变形极限状态进行设计
3. 结构重要性系数  $\gamma_0$ ,对安全等级为一级、二级、三级的结构构件,应分别取为( )。
- A. 一级 1.2,二级 1.1,三级 1.0  
B. 一级 1.3,二级 1.2,三级 1.1  
C. 一级 1.0,二级 0.9,三级 0.8  
D. 一级 1.1,二级 1.0,三级 0.9
4. 对吊车梁进行刚度验算时,应采用( )。
- A. 荷载取最大值  
B. 荷载取标准值  
C. 荷载取设计值  
D. 荷载取组合值
5. 钢结构计算结构或构件的强度、稳定性以及连接强度时,应采用( )。
- A. 荷载取最大值  
B. 荷载取标准值  
C. 荷载取设计值  
D. 荷载取组合值
6. 关于钢构件材料的抗拉、抗压和抗弯强度,正确说法是( )。
- A. 与厚度成反比,但与质量等级无关  
B. 与厚度成正比,且随质量等级(A—D)逐级提高  
C. 与厚度成正比,且随质量等级(A—D)逐级降低  
D. 与厚度成反比,且随质量等级(A—D)逐级提高
7. 钢材的强度设计值为( )。
- A. 抗拉极限强度标准值  
B. 屈服强度标准值  
C. 屈服强度标准值除以抗力分项系数  
D. 抗拉极限强度标准值除以抗力分项系数
8. 下列几种厚度不同的 Q235 钢,强度最高的是( )。
- A. 16mm  
B. 24mm  
C. 30mm  
D. 45mm
9. 下列几种厚度不同的 Q345 钢,强度最低的是( )。
- A. 10mm  
B. 16mm  
C. 20mm  
D. 30mm
10. 某屋架,采用的钢材为 Q235—BF,型钢及节点板厚度均不超过 16mm,钢材的抗压强度设计值是( )。
- A. 200kN/mm<sup>2</sup>  
B. 205kN/mm<sup>2</sup>  
C. 215kN/mm<sup>2</sup>  
D. 235kN/mm<sup>2</sup>

## 二、计算题

1. 某结构平台,主梁上结构自重  $6\text{kN/m}^2$ ,活荷载按最大检修所产生的荷载  $20\text{kN/m}^2$ ,主梁间距  $6\text{m}$ ,跨度  $9\text{m}$ ,按简支条件,求梁跨中弯矩设计值。

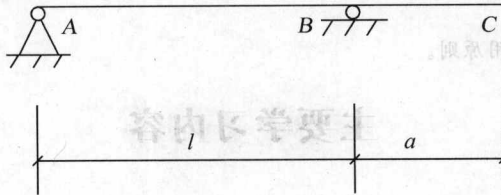
2. 某有吊车的单层工业厂房,计算简图如图。在左边柱柱底截面 A 处,屋面恒荷载、柱自重、吊车梁重等永久荷载标准值产生的弯矩为  $-2.15\text{kN}\cdot\text{m}$ (+ 表示柱的左侧纤维受拉, - 表示柱的右侧纤维受拉),屋面活荷载标准值产生的弯矩为  $-0.15\text{kN}\cdot\text{m}$ ,左来风荷载标准值产生的弯矩为  $60.55\text{kN}\cdot\text{m}$ ,吊车最大轮压作用于 A 柱时荷载标准值产生的总弯矩为  $20.80\text{kN}\cdot\text{m}$ ,荷载组合系数取为 0.6,安全等级二级。试求该截面在这些荷载作用下弯矩的组合设计值。



题 2

3. 图示为一外伸钢梁, 跨度  $l = 4.5\text{m}$ , 外伸长  $a = 2\text{m}$ , 承受永久荷载  $g_k = 24\text{kN/m}$ , 可变荷载  $q_k = 16\text{kN/m}$  的作用。试计算:

- (1) AB 跨中的最大弯矩设计值?
- (2) B 支座截面处的最大弯矩设计值?



题 3

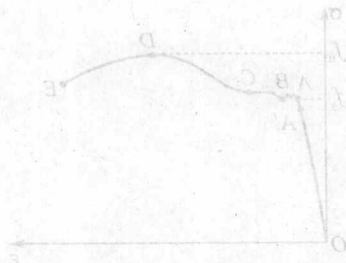


图 2-1 有明显屈服点的材料应力-应变曲线

(1) 弹性阶段: 在弹性阶段, 应力与应变呈线性关系, 其关系式为  $\sigma = E\varepsilon$ , 其中  $E$  为材料的弹性模量, 单位为  $\text{N/mm}^2$ 。在弹性阶段, 材料的变形是完全可逆的, 即当外力卸除后, 材料将恢复到原来的形状和尺寸。

(2) 屈服阶段: 当应力达到屈服点  $A$  后, 进入屈服阶段  $AB$ , 此时应力几乎不再增加, 而应变却显著增加, 这种现象称为屈服。屈服阶段的特点是应力在很小的范围内波动, 而应变却显著增加。



## 第 2 章 钢结构的材料

### 本章学习重点

1. 掌握钢材的主要力学性能(强度、塑性和韧性);
2. 了解钢结构的破坏形式;
3. 掌握各种因素对钢材性能的影响;
4. 了解钢材的种类;
5. 熟练掌握钢材的选用原则。

### 主要学习内容

#### § 2.1 钢材的主要性能

1. 钢材的应力—应变关系曲线特征是什么?简化模式是什么?

在正常情况下,钢材的强度和变形性能主要由钢材在单向拉伸实验得到的应力—应变曲线来表述。实验表明,钢材的应力—应变曲线可以分成两类:有明显流幅的(如图 2-1 所示)和没有明显流幅的(如图 2-2 所示)。在图 2-1 和图 2-2 中,横坐标为钢材的应变,纵坐标为钢材的应力。从图 2-1 所示的有明显流幅钢材的应力—应变关系曲线可以看出,有明显流幅钢材的工作特性可以分成以下几个阶段:

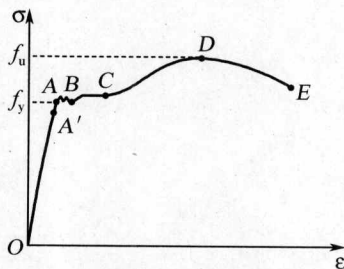


图 2-1 有明显流幅钢材的应力—应变曲线

(1) 弹性阶段。在弹性阶段(OA段), $\sigma$ 与 $\varepsilon$ 呈线性关系,该直线的斜率称为钢材的弹性模量,用 $E$ 表示。在钢结构设计中,所有钢材统一取 $E = 2.06 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 。在该阶段卸除荷载后试件的变形将完全恢复,称为弹性阶段。

(2) 屈服阶段。当应力超过弹性极限A后,进入屈服阶段(ABC),应力与应变不成正比关系,应变增加很快,甚至出现应力不增加,应变不断发展的现象。此时,钢材的应变包括弹性应变和塑性应变两部