

高校土木工程专业学习辅导与习题精解丛书

钢

结构学习辅导 与习题精解

郭成喜 主编

中国建筑工业出版社

高校土木工程专业学习辅导与习题精解丛书

钢结构学习辅导与习题精解

郭成喜 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

钢结构学习辅导与习题精解/郭成喜主编. —北京:
中国建筑工业出版社, 2005

(高校土木工程专业学习辅导与习题精解丛书)

ISBN 7-112-07199-2

I. 钢... II. 郭... 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(2005)第 030050 号

本书以例题和习题的形式诠释土木工程专业钢结构课程的基本内容。
本书主要内容包括:一般理论、钢材、连接计算、轴心受力构件、受弯构件、拉
弯和压弯构件、桁架和网架设计、框架设计。每章都由学习要点、例题精解、
习题和参考答案四部分构成。

本书可供土木工程专业本科或者专科学生和工程技术人员学习钢结构
课程使用。

* * *

责任编辑:吉万旺

责任设计:崔兰萍

责任校对:李志瑛 赵明霞

高校土木工程专业学习辅导与习题精解丛书

钢结构学习辅导与习题精解

郭成喜 主编

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京市彩桥印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 8½ 字数: 210 千字

2005 年 6 月第一版 2005 年 6 月第一次印刷

印数: 1—3 000 册 定价: 14.00 元

ISBN 7-112-07199-2

TU·6427(13153)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

前 言

本书按照土木工程专业现行本科课程钢结构教学大纲和最新修订的国家标准编撰,希望能为读者学习钢结构有所帮助。参与本书编撰工作的有郭成喜(主编,第1章、第2章、第7章和第9章),李峰(第4章、第6章和第8章)和何远宾(第3章和第5章)。

本书附录10简单介绍了在钢结构课程建设中开发的一个命题数据库——钢结构题苑,可用于土木工程专业本专科各个层次的标准化命题工作。

本书的编撰工作得到了中国建筑工业出版社和西安建筑科技大学的大力支持,谨致谢意。

限于水平,加之成稿仓促,书中不妥甚至错误之处在所难免,万望读者不吝赐教。

目 录

第一章 一般理论	1
一、学习要点	1
二、例题精解	3
三、习题	3
四、习题参考答案	4
第二章 钢材	5
一、学习要点	5
二、例题精解	9
三、习题	10
四、习题参考答案	10
第三章 连接计算	12
一、学习要点	12
二、例题精解	15
三、习题	21
四、习题参考答案	23
第四章 轴心受力构件	24
一、学习要点	24
二、例题精解	29
三、思考题和习题	39
四、习题参考答案	43
第五章 受弯构件	46
一、学习要点	46
二、例题精解	50
三、习题	52
四、习题参考答案	53
第六章 拉弯和压弯构件	54
一、学习要点	54
二、例题精解	59
三、习题	69
四、习题参考答案	72
第七章 桁架和网架设计	74
一、学习要点	74
二、例题精解	79
三、习题	85
四、习题参考答案	87

第八章 框架设计	88
一、学习要点	88
二、例题精解	90
三、思考题和习题	94
四、习题参考答案	96
附 录	98
附录 1 钢材的化学成分和机械性能	98
附录 2 强度设计值	100
附录 3 工字形截面简支梁等效弯矩系数和轧制工字钢梁的稳定系数	102
附录 4 轴心受压构件的稳定系数	103
附录 5 框架柱计算长度系数	107
附录 6 疲劳计算的结构和连接分类	111
附录 7 型钢规格表	114
附录 8 螺栓和锚栓规格	126
附录 9 各种截面回转半径的近似值	127
附录 10 “钢结构题苑”简介	128
参考文献	130

第一章 一般理论

一、学习要点

1. 钢结构的特点和应用

◆特点: 钢材轻质高强, 塑性和韧性好; 材质均匀, 一般可作为匀质各向同性材料处理; 制造安装方便, 施工周期短; 耐热不耐火; 耐腐蚀性差。

◆合理应用范围: 大跨度结构, 重型厂房结构, 具有动力荷载作用或受动力荷载影响的结构, 高耸结构和高层建筑, 可拆卸结构, 轻型钢结构, 容器及其他构筑物。

2. 钢结构的建造过程及其初始缺陷

◆钢结构的建造由工厂加工制造和工地安装两个过程组成。

◆工厂加工制造: 原材料的验收, 放样和下料, 冷热加工, 必要的矫正, 除锈和涂漆。

◆工地安装: 拼装子结构, 吊装, 临时固定, 原材料的验收, 放样和下料, 冷热加工, 必要的矫正, 除锈和涂漆。

◆初始缺陷: 几何缺陷(初弯曲、初偏心等)和力学缺陷(弹性模量、极限强度等力学参数的非均匀性, 残余应力等)。

3. 钢结构的组成原理

◆从严格意义上讲, 所有的结构或构筑物本质上都是三维的, 按照构建方式和力学计算模型的不同, 传统上将其分为平面结构和空间结构两大类。

◆当结构或构筑物由平面桁架、平面刚架之类的平面结构和必要的支撑构建而成时, 通常称为平面结构, 其力学计算模型常取为相应的平面结构, 否则, 称为空间结构。单层厂房是典型的平面结构, 网壳是典型的空间结构。

◆从建筑功能上讲, 结构或构筑物可分为跨越结构和高耸结构, 前者以跨越地面上一定的空间为其主要特征, 如桥梁和单层房屋; 后者则以从地面向上发展为其主要特征, 如多高层建筑、塔架等。

4. 钢结构的概率极限状态法

◆作用: 施加在结构上的集中力或分布力(直接作用, 也称为荷载)和引起结构外加变形或约束变形的原因(间接作用)。按作用随时间的变异性可分为永久作用、可变作用和偶然作用; 按作用随空间位置的变异性可分为固定作用和自由作用; 按结构的反应特点可将作用分为静态作用和动态作用。

◆作用效应: 由作用引起的结构或构件的反应(如内力、变形和裂缝等)称为作用效应。当结构的变形对其作用效应的影响不大时, 可按结构的原始位形进行作用效应的分析, 称为一阶分析; 反之, 应在作用效应的分析中计及变形的影响, 称为二阶分析。

◆抗力: 结构或构件承受作用效应的能力(如承载力等)称为抗力。影响构件或结构抗力的随机因素主要有: 加工、承载、环境等因素导致的材质变异(材料性能的变异性); 制作尺

寸偏差和安装误差等因素导致的几何参数的变异(几何参数的变异性);抗力计算所采用的基本假设或计算公式的变异(计算模式的变异性)。

◆在现行极限状态设计法中,由作用效应和抗力的平衡关系,引入两类极限状态:承载能力极限状态和正常使用极限状态。

◆承载能力极限状态: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变形。

◆正常使用极限状态: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。

◆可靠度和失效概率: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称为可靠度(p_s);结构不能完成预定功能的概率称为失效概率(p_f)。

◆可靠指标:在结构的抗力和作用都服从正态分布时,失效概率可表达为

$$p_f = \Phi(-\beta) \quad (1-1)$$

其中 $\Phi(\cdot)$ 为标准正态分布函数,相应于 p_f 的参数 β 称为可靠指标。

◆目标可靠指标:指规范或标准规定的可靠指标。《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068)关于结构构件承载能力极限状态的目标可靠指标规定见下表:

结构构件承载能力极限状态的可靠指标 β 表 1-1

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

钢结构连接的承载能力极限状态常呈强度破坏而非屈服,可靠指标应比构件为高,一般推荐取 4.5。钢结构疲劳破坏虽具有脆性特征,但目前仍采用容许应力法计算。

◆承载能力极限状态设计表达式:

$$\gamma_0 S \leq R \quad (1-2)$$

式中 γ_0 ——结构重要性系数,分别依建筑结构的的安全等级取为:1.1(一级)、1.0(二级)和 0.9(三级);

R ——抗力;

S ——作用效应的组合值,通常应考虑基本组合,必要时尚应考虑偶然组合。

基本组合(强制性要求)包括由可变荷载效应控制的组合和由永久荷载效应控制的组合:

由可变荷载效应控制的组合

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \gamma_{Q1} S_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} \psi_{ci} S_{Qik} \quad (1-3)$$

由永久荷载效应控制的组合

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} \psi_{ci} S_{Qik} \quad (1-4)$$

其中 γ_G, γ_{Qi} ——永久荷载和第 i 个可变荷载的分项系数;

S_{Gk}, S_{Qik} ——相应于永久荷载和第 i 个可变荷载标准值的荷载效应;

n 、 ψ_{ci} ——参与组合的可变荷载数和第 i 个可变荷载的组合值系数。

对于一般排架、框架结构,由可变荷载效应控制的基本组合可采用如下的简化规则:

$$\left. \begin{aligned} S &= \gamma_G S_{Gk} + \gamma_{Q1} S_{Q1k} \\ S &= \gamma_G S_{Gk} + 0.9 \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} S_{Qik} \end{aligned} \right\} \quad (1-5)$$

◆正常使用极限状态设计表达式:

$$S \leq C \quad (1-6)$$

式中 C ——结构或构件达到正常使用要求的规定限值,可以是变形、裂缝、振幅、加速度甚至应力等的限值。

通常应考虑 S 的标准组合,对于钢与混凝土组合梁尚应考虑准永久组合。

标准组合

$$S = S_{Gk} + S_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \psi_{ci} S_{Qik} \quad (1-7)$$

准永久组合

$$S = S_{Gk} + \sum_{i=1}^n \psi_{qi} S_{Qik} \quad (1-8)$$

式中 ψ_{qi} ——第 i 个可变荷载的准永久值系数。

二、例题精解

【例 1-1】 (单选题)在结构设计理论中,荷载分项系数和抗力分项系数一般都取_____,前者通常以形式出现在设计表达式中,后者通常以_____形式出现在设计表达式中。

- (a) <1.0 , 乘积因子, 乘积因子 (b) >1.0 , 倒数乘积因子, 乘积因子
(c) ≤ 1.0 , 乘积因子, 倒数乘积因子 (d) >1.0 , 乘积因子, 倒数乘积因子

【解】 基于可靠性的现代结构设计理论,通常引用大于 1.0 的分项系数考虑概率离散性,在设计表达式中荷载分项系数以乘积因子出现,而抗力分项系数一般以分母形式出现,故应选取(d)。

【例 1-2】 某结构既非排架亦非框架,承受 5 种可变荷载的作用,且不容易判别诸可变荷载作用效应孰轻孰重,试决定在承载能力极限状态的基本组合计算时,按可变荷载效应控制的组合类型数目的最大值 M 。

【解】 在(1-3)式中,取作第 1 种可变荷载的有 5 种选择;第 1 种可变荷载选定后,剩余的 4 种可变荷载具有 $C_4^i (i=0,1,2,3,4)$ 型的组合方式。因此组合类型数目的最大值 M 为

$$M = 5 \times \sum_{i=0}^4 C_4^i = 5 \times 2^4 = 5 \times 16 = 80$$

三、习题

习题 1-1 (单选题)决定结构或构件的目标可靠指标既要考虑_____,又应考虑_____。

- (a) 材料性能,施工质量的离散性 (b) 安全等级,破坏后果的严重性
(c) 作用类别,抗力特性的离散性 (d) 力学模型,几件尺寸的离散性

习题 1-2 某结构承受 6 种可变荷载的作用,试决定在承载能力极限状态的基本组合计算时,按永久荷载效应控制的组合类型数目的最大值 M 。

四、习题参考答案

习题 1-1 (b)。

习题 1-2 $M = 64$ 。

第二章 钢 材

一、学习要点

1. 钢结构用材的要求

较高的强度,足够的变形能力,良好的加工性能,价格便宜。

2. 钢材的主要性能及其鉴定

◆单向拉伸特性:依次历经比例极限、弹性极限、屈服极限、抗拉强度诸特征点。

◆伸长率 δ_{10} 或 δ_5 :表征钢材断裂前塑性变形能力的指标。

◆三项重要力学性能指标:屈服极限、抗拉强度和伸长率。

◆冷弯性能:判别钢材塑性变形能力及冶金质量的综合指标。

◆冲击韧性:度量钢材断裂时吸收机械能的能力。国际通用夏比试验法作冲击韧性,更全面刻画材料韧性的是断裂韧性指标。钢材韧性受温度影响,低于某个温度值时,韧性急剧下降,故对于在低温环境下承受动载的结构,要提出与环境温度(如 $20 \pm 5^\circ\text{C}$, 0°C , -20°C , -40°C)相应的冲击韧性保证要求。

◆可焊性:采用一般工艺就可以完成合格焊缝的性质;是判别钢材塑性变形能力及冶金质量的综合指标。国际焊接学会以下列公式表达的碳当量 C_E 来评估钢材的可焊性:

$$C_E = C + \text{Mn}/6 + (\text{Cr} + \text{Mo} + \text{V})/5 + (\text{Ni} + \text{Cu})/15 \quad (2-1)$$

$C_E \leq 0.38\%$:可焊性很好(Q235 和 Q345 钢属于这一类);

$0.38\% < C_E \leq 0.45\%$:需要采取适当的预热措施并注意控制施焊工艺;

$C_E > 0.45\%$:需要采取较高的预热温度和严格的工艺措施。

一般而言,厚度不超过 40mm 的 Q235 钢和厚度不超过 25mm 的 Q345 钢,环境温度不低于 0°C 时,不需预热处理。

◆钢材性能的鉴定:根据《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205)的规定,对进入工程实施现场的主要钢材需作进场验收,包括检查钢材的质量合格证明文件、中文标识及检验报告,确认钢材的品种、规格、性能,在一些情况下(如进口钢材,钢材混批等),还应进行抽样复验。

◆钢材试件取样:原则上应在翼缘上取样;钢板、钢带的拉伸和弯曲试验取横向试件,冲击韧性试验则取纵向试件。

3. 影响钢材性能的因素

◆化学成分的影响:碳元素含量提高,则强度提高,但塑性、韧性、冷弯性能、可焊性及抗锈蚀能力下降。含碳量小于 0.25% 的钢材为低碳钢(除高强度螺栓和高强钢丝外,建筑用钢基本属于这一类),含碳量介于 0.25% 和 0.6% 之间的钢材为中碳钢,含碳量大于 0.6% 的钢材为高碳钢。

锰(Mn)、硅(Si)、钒(V)、铌(Nb)、钛(Ti)、铝(Al)、铬(Cr)和镍(Ni)基本上属于有益元

素,一般都有提高钢材强度、塑性和韧性的效能,但锰或硅的含量过高,则可导致可焊性降低。铝用于补充脱氧,铬和镍用于 Q390 和 Q420 钢材。

硫(S)、磷(P)、氧(O)和氮(N)基本上属于有害元素,一般都使钢材的韧性降低。硫和氧易导致热脆,磷和氮则易导致冷脆。

◆成材过程的影响:冶炼过程决定了钢的化学成分和金相组织结构,因而确定了钢种和钢材牌号。浇铸过程中脱氧程度的不同导致形成镇静钢、半镇静钢与沸腾钢之分野。冶炼过程中产生的冶金缺陷(如偏析、非金属夹杂、气孔及裂纹等)均将影响钢材的力学性能。

轧制过程在使钢材晶粒变细和改善钢材性能的同时,亦使其产生明显的各向异性。

热处理只对某些高强度钢材进行,目的是在能够取得高强度的同时,使其保持良好的塑性和韧性。常见的热处理方法包括正火、回火、淬火及调质处理(淬火加回火)。

◆影响钢材性能的其他因素:冷加工(常温下的冷拉、冷弯、冲孔、机械剪切等加工)通常使钢材产生应变硬化,其表现在钢材的屈服点和强度提高的同时,伴随着塑性和韧性的降低,称为冷加工硬化。在冷弯薄壁型钢构件的设计中通常利用这种强度提高。在普通的钢结构设计中则不仅不利用这种强度提高,且对一些重要结构还要消除塑性和韧性的不利影响。随着时间推移钢材转脆的现象,称为时效硬化;而应变硬化和时效硬化的综合效应,称为应变时效。人为地加速时效硬化的过程,称为人工时效。

在正温范围,随着温度的升高,钢材的强度降低,变形增大,但在 200℃ 以内,性能变化较小,故 GB 50017 规定:结构表面长期受 150℃ 以上的辐射热时,应采取隔热防护措施;钢材在 250℃ 附近呈现兰脆现象,在温度区间 250~320℃ 内产生徐变现象;钢材在 600℃ 以上几乎丧失承载力。

在负温范围内,钢材表现为屈服点和强度均提高,而塑性和韧性降低,对冲击韧性的影响尤其突出。通常存在一个温度区域,在这个区域内钢材完成韧性破坏到脆性破坏的转变,这一区域称为温度转变区;温度转变区内相应于冲击韧性变化率最大的温度,称为转变温度。显然,要完全避免脆性破坏,结构所处温度必须大于温度转变区的下限。

三向应力同号且数值接近时,钢材不易屈服,可能导致脆性破坏。应力集中区域(尤其是板厚较大时)常处于三向应力状态,因此,结构设计要关注应力集中区域的脆性断裂问题。

4. 钢材的延性破坏和非延性破坏、循环加载和快速加载的效应

◆延性破坏和非延性破坏:破坏前产生较大变形的破坏,称为延性破坏,反之称为脆性破坏。所有的结构设计都应当力求在结构破坏时呈延性破坏形式,以避免产生严重的破坏后果。塑性和韧性好的材料亦可发生非延性破坏。

◆循环荷载的效应:循环荷载常导致结构的疲劳断裂。在循环荷载作用下,结构或构件在低于抗拉强度,甚至低于屈服强度的应力状态断裂,称为疲劳断裂。疲劳断裂常呈脆性破坏。疲劳断裂本质上是微裂纹缓慢扩展和最后迅速断裂的过程。钢结构中除原材料的缺陷是断裂源之外,焊接缺陷经常是主要的断裂源。

影响焊接结构疲劳强度的重要因素是应力幅 $\Delta\sigma$, 因此常以 $\Delta\sigma - n$ 曲线表达结构的疲劳性能。 $\Delta\sigma - n$ 曲线在双对数坐标系中通常呈线性形式:

$$\log n = b - m \log \Delta\sigma \quad (2-2)$$

试验表明,应力循环次数(疲劳寿命)大于一定数值后,应力幅 $\Delta\sigma$ 不再下降,通常将这个应力幅称为疲劳极限。

◆快速加荷的效应:加荷速率的增加通常可导致钢材屈服点和抗拉强度的提高,同时引发韧性降低。

一般按应变速率($\xi = d\varepsilon/dt$)将加荷速率分为缓慢加荷($\xi = 10^{-5}/s$)、中速加荷($\xi = 10^{-3}/s$)和动力加荷($\xi = 10/s$)三级。

欧洲标准委员会制订的钢结构设计规范将加荷速率分为 R1 和 R2 两级,R1 级指静力和缓慢加荷,适合于承受自重、楼面荷载、车辆荷载、风及波浪荷载和提升荷载的结构;R2 级指冲击荷载,适合于高应变速率(如爆炸和冲击荷载)。

5. 疲劳验算

◆《钢结构设计规范》GB 50017 规定,应力循环次数 $n > 10^4$ 时应当作疲劳验算。目前,疲劳验算一般按容许应力法进行。

◆常幅(所有应力循环内的应力幅保持常量)疲劳验算按下式进行:

$$\Delta\sigma \leq [\Delta\sigma] \quad (2-3)$$

式中 $\Delta\sigma$ ——只由重复作用的可变荷载标准值产生的应力幅,对于焊接部位: $\Delta\sigma = \sigma_{\max} - \sigma_{\min}$;

对于非焊接部位: $\Delta\sigma = \sigma_{\max} - 0.7\sigma_{\min}$;

$\sigma_{\max}$ ——计算部位应力循环中的最大拉应力(取正值);

$\sigma_{\min}$ ——计算部位应力循环中的最小拉应力(取正值)或压应力(取负值);

$[\Delta\sigma]$ ——常幅疲劳的容许应力幅(N/mm^2),按下式计算,

$$[\Delta\sigma] = \left(\frac{C}{n} \right)^{1/\beta} \quad (2-4)$$

n ——应力循环次数;

C, β ——参数,依照附表 6-1 规定的类别,按表 2-1 选用。

参数 C 和 β

表 2-1

构件和连接类别	1	2	3	4	5	6	7	8
$C(\times 10^{12})$	1940	861	3.26	2.18	1.47	0.96	0.65	0.41
β	4	4	3	3	3	3	3	3

◆变幅(应力循环内的应力幅随机变化)疲劳验算可引进设计应力谱的等效常幅疲劳 $\Delta\sigma_e$ 按下式计算:

$$\Delta\sigma_e \leq [\Delta\sigma] \quad (2-5)$$

式中 $\Delta\sigma_e$ ——按线性累积损伤原理导出的变幅疲劳等效应力幅

$$\Delta\sigma_e = \left[\frac{\sum n_i (\Delta\sigma_i)^\beta}{\sum n_i} \right]^{1/\beta} \quad (2-6)$$

$\sum n_i$ ——以应力循环次数表示的结构预期使用寿命;

n_i ——预期寿命内应力水平达到 $\Delta\sigma_i$ 的应力循环次数,可用水库计数法等方法决定。

◆重级工作制吊车梁和重级、中级工作制吊车桁架可作为常幅疲劳,按下式作疲劳验算

$$\alpha_f \Delta\sigma \leq [\Delta\sigma]_{2 \times 10^6} \tag{2-7}$$

式中 α_f ——欠载效应的等效系数,见表 2-2;

等 效 系 数 表 2-2

吊 车 类 别	α_f
重级工作制硬钩吊车	1.0
重级工作制软钩吊车	0.8
中级工作制吊车	0.5

$[\Delta\sigma]_{2 \times 10^6}$ ——循环次数 n 为 2×10^6 次的容许应力幅,按表 2-3 采用。

循环次数 n 为 2×10^6 次的容许应力幅(N/mm²) 表 2-3

构件和连接类别	1	2	3	4	5	6	7	8
$[\Delta\sigma]_{2 \times 10^6}$	176	144	118	103	90	78	69	59

注:表中的容许应力幅是按式(2-4)计算的。

6. 建筑钢材的类别及选用

◆建筑钢材的类别:碳素结构钢、低合金高强度结构钢和高耐候性结构钢(腐蚀介质中使用)。

◆碳素结构钢:含有 Q195、Q215、Q235、Q255 和 Q275 五种牌号,其概况见表 2-4。

碳素结构钢概况 表 2-4

牌 号	屈服点 (N/mm) $\geq$	抗拉强度 (N/mm)	伸长率 δ_5 (%) $\geq$	冲 击 试 验			脱氧方法
				等 级	温 度 (℃)	冲击功 (J) $\geq$	
Q195	195	315~430	33	—	—	—	F、b、Z
Q215	215	335~450	31	A B	— 20	— 27	F、b、Z
Q235	235	375~500	26	A B C D	— 20 0 -20	— 27 27 27	F、b、Z F、b、Z Z TZ
Q255	255	410~550	24	A B	— 20	— 27	F、b、Z
Q275	275	490~630	20	—	—	—	b、Z

表中屈服点和伸长率均指钢材厚度(直径) $\leq 16\text{mm}$ 的情形。现行国家规范推荐 Q235 为建筑结构用钢。

◆低合金高强度结构钢:亦含有五种牌号 Q295、Q345、Q390、Q420 和 Q460,其概况见表 2-5。

低合金高强度结构钢概况

表 2-5

牌 号	等 级	屈服点 (N/mm)	抗拉强度 (N/mm)	伸长率 δ_5 (%) $\geq$	冲击试验		脱氧方法
					温 度 ($^{\circ}\text{C}$)	冲击功 (J) $\geq$	
Q295	A	295	390~570	23	—	—	Z
	B			23	20	34	Z
Q345	A	345	470~630	21	—	—	Z
	B			21	20	34	Z
	C			22	0	34	TZ
	D			22	-20	34	TZ
	E			22	-40	27	TZ
Q390	A	390	490~650	19	—	—	Z
	B			19	20	34	Z
	C			20	0	34	TZ
	D			20	-20	34	TZ
	E			20	-40	27	TZ
Q420	A	420	520~680	18	—	—	Z
	B			18	20	34	Z
	C			19	0	34	TZ
	D			19	-20	34	TZ
	E			19	-40	27	TZ
Q460	C	460	550~720	17	0	34	TZ
	D			17	-20	34	TZ
	E			17	-40	27	TZ

表中屈服点均指钢材厚度(直径) $\leq 16\text{mm}$ 的情形。现行国家规范推荐 Q345、Q390 和 Q420 为建筑结构用钢。

◆钢材选择:选择钢材应考虑构件或结构的重要性、荷载的作用性质(静载或动载)、构件连接方法(焊接、铆接或螺栓连接)和环境条件(高、低温,腐蚀介质)等因素。对于重要结构、直接承受动载的结构、处于低温条件下的结构及焊接结构,一般应选用质量较高的钢材。

二、例题精解

【例 2-1】(多选题)钢材的质量等级与_____有关。

(a)抗拉强度 (b)屈服点 (c)脱氧要求 (d)伸长率

【解】 同一牌号的同一尺寸钢材具有相同的抗拉强度、屈服点和伸长率时,亦可具有不同的质量等级,因此选项应为(c)。

【例 2-2】 疲劳破坏的特征是什么?

【解】 疲劳破坏的特征是,在循环荷载作用下,结构或构件在低于抗拉强度,甚至低于屈服强度的应力状态断裂,疲劳断裂常呈脆性破坏。

【例 2-3】 在校核翼缘和腹板厚度不同的焊接工字形截面受弯构件的强度时,如何选取其钢材设计指标?

【解】 校核焊接工字形截面受弯构件的抗弯强度时,应根据翼缘板的厚度选取钢材设计指标;而校核其抗剪强度时,则应按腹板的厚度选取钢材设计指标。

【例 2-4】 某双轴对称焊接工字形截面梁(几何尺寸见图 2-1),板件均经刨边处理,翼板与腹板系手工焊缝连接,且符合二级焊缝外观质量标准;承受交变弯矩 $-43\text{kN}\cdot\text{m} \leq M \leq$

127kN·m 作用,预期寿命 $n = 2 \times 10^6$ 次。试对该构件作基本疲劳校核。

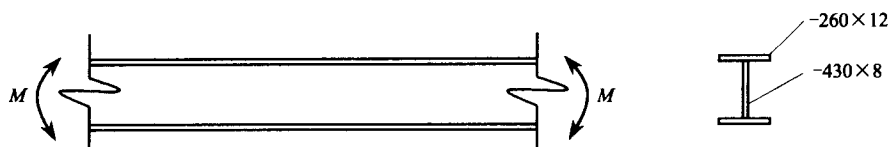


图 2-1 双轴对称焊接工字形截面梁

【解】 截面惯性矩

$$I = 2 \times 260 \times 12 \times (215 + 6)^2 + 430^3 \times 8 / 12 = 357772506.7 \text{ mm}^4$$

该构件的基本疲劳校核包括:无连接处的主体金属、连接焊缝附近主体金属以及连接焊缝三部分。连接焊缝的剪应力幅很小,常可忽略。依照附表 6-1 项次 1,无连接处的主体金属系类别 1,由表 2-3 得容许应力幅 $[\Delta\sigma] = 176 \text{ N/mm}^2$,故

$$\Delta\sigma = (127 + 43) \times 10^6 / [357772506.7 / (215 + 6)] = 105.01 < 176 \text{ N/mm}^2$$

依照附表 6-1 的项次 5,连接焊缝附近主体金属系类别 4,由表 2-3 得容许应力幅 $[\Delta\sigma] = 103 \text{ N/mm}^2$,故

$$\Delta\sigma = (127 + 43) \times 10^6 / [357772506.7 / 215] = 102.16 < 103 \text{ N/mm}^2$$

三、习题

习题 2-1 (多选题)含碳量影响钢材的_____。

- (a)强度和韧性
- (b)抗锈蚀能力
- (c)可焊性和冷弯性能
- (d)轧制生产工艺

习题 2-2 韧性本质上是度量材料的什么力学性能?

习题 2-3 如果例 2-4 中的梁配置有横向加劲肋(在离下翼缘适当距离处终止),且翼缘变厚度(用对接焊缝连接)时,基本疲劳校核包括哪些内容?

习题 2-4 某连接节点如图 2-2 所示,构件由 $2 \times \text{L } 45 \times 6$ 组成,节点板厚 8mm, Q235 钢材,承受 $0.0 \text{ kN} \leq P \leq 73 \text{ kN}$ 的力作用,预期寿命 $n = 10^6$,试作构件及连接的基本疲劳校核。

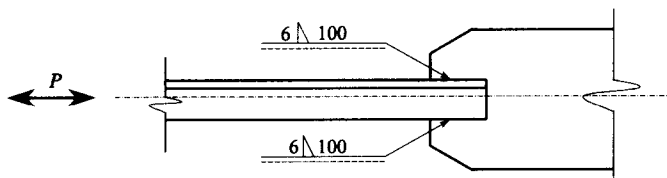


图 2-2 节点连接

四、习题参考答案

习题 2-1 (a)、(b)和(c)。

习题 2-2 吸收能量。

习题 2-3 除进行例 2-4 的校核外,还要进行横向加劲肋终止附近主体金属(附表 6-1 的项次 6)以及翼缘对接焊缝附近主体金属(附表 6-1 的项次 3)的校核。

习题 2-4 ①构件按类别 8 校核(附表 6-1 项次 11): $\Delta\sigma = 71.85 < [\Delta\sigma] = 74.3\text{N/mm}^2$ 。

②节点板按类别 7 校核(附表 6-1 项次 13): $\Delta\sigma = 56.86 < [\Delta\sigma] = 86.6\text{N/mm}^2$ 。

③角焊缝按类别 8 校核(附表 6-1 项次 16): $\Delta\sigma = 60.83 < [\Delta\sigma] = 74.3\text{N/mm}^2$ 。