

工科课程**提高与应试**丛书

- 涵盖课程重点及难点
- 精设典型题详解及评注
- 选配课程考试模拟及全真试卷

颜卫亨 主编

钢 结 构

典型题解析及自测试题



西北工业大学出版社

【内容简介】 本书以土木工程专业应掌握的钢结构基本原理为基准,从钢结构的特点、应用现状及发展趋势入手,对钢结构的材料、连接方式、轴心受力构件、受弯构件、拉弯和压弯构件和桁架等基本构件和结构形式通过典型题进行解析。

本书可作为大学本科土木工程专业钢结构习题课教材和函授学生、自考学生的辅导教材,也可供报考结构工程和相关专业硕士研究生考前参考书和从事钢结构设计、制作和施工工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

钢结构典型题解析及自测试题/颜卫亨主编. —西安:西北工业大学出版社,2002.8

(工程课程提高与应试丛书)

ISBN 7-5612-1493-6

I. 钢… II. 颜… III. 钢结构-高等学校-教学参考资料
IV. TU391-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 037351 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072 电话:(029)8493844

网 址: <http://www.nwpup.com>

印 刷 者:陕西天元印务有限公司

开 本:850mm×1168mm 1/32

印 张:14.375

字 数:374 千字

版 次:2002 年 10 月第 1 版 2002 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~6 000 册

定 价:18.00 元

前 言

为了使广大读者能更好的掌握土木工程专业的专业基础课——钢结构基本原理的内容,培养分析问题和解决工程实际问题的能力,配合钢结构设计规范的修订和钢结构学科的发展,更新教学内容,而编写了《钢结构典型题解析及自测试题》一书,奉献给广大读者。

本书编写的宗旨是以建立基本概念,阐述基本理论为重点来取舍编写内容,目的是使读者能够深入系统、全面地掌握钢结构基本原理、基本理论和钢结构设计规范、设计原理和方法。因此,编写时力求做到,其一是内容精炼、份量适当、主次分清、重点突出、文字简明、语言通俗;其二是在典型题解析中,对教学的基本要求、重点及难点作精辟论述。典型题多选自工程实例,从实例到力学模型、解题方法及思路等进行阐述,且题后有著者“评注”,着重指出在学习中容易出现错误和应注意的问题,是教师们多年的教学经验的结晶。

本书可作为大学本科土木工程专业钢结构习题课教材和函授学生,自考学生的辅导教材,也可以供报考结构工程及相关专业硕士研究生考前参考书和从事钢结构设计,制作和施工工程技术人员参考书。

本书由颜卫亨主编。第一部分中的第一、二、三、七章由颜卫亨编写,第四章由吴东红编写,第五章由颜卫亨和周天华编写,第六章由袁卫宁编写;第二部分自测试卷及第三部分附录由李新忠和颜卫亨编写。

在编写过程中,引用了有关的资料,谨致谢意。

本书难免有不足之处,敬请读者批评指正。

编 者

2002 年 3 月

目 录

第一部分 典型题解析

第一章 概述	1
一、内容提要	1
二、典型题解析	1
三、习题一	10
第二章 钢结材的材料	12
一、内容提要	12
二、典型题解析	12
三、习题二	17
第三章 钢结构的连接	19
一、内容提要	19
二、典型题解析	19
三、习题三	92
第四章 轴心受力构件	94
一、内容提要	94
二、典型题解析	95
三、习题四	165

第五章 受弯构件	167
一、内容提要	167
二、典型题解析	168
三、习题五	250
第六章 拉弯和压弯构件	252
一、内容提要	252
二、典型题解析	253
三、习题六	327
第七章 桁架及屋盖结构	331
一、内容提要	331
二、典型题解析	332

第二部分 自测试题

自测试卷一.....	381
自测试卷二.....	389
自测试卷三.....	496
自测试卷四.....	403
自测试卷五.....	410

附录 习题、试题答案及设计资料

附录一 习题答案.....	417
附录二 自测试题答案.....	422
附录三 设计强度.....	427

附录四	结构和构件(或紧固体)的容许值·····	431
附录五	截面塑性发展系数 r_x, r_y ·····	435
附录六	轴心受压构件的截面分类·····	436
附录七	梁的整体稳定系数·····	438
附录八	轴心受压构件的稳定系数·····	444
参考文献	·····	449

第一部分 典型题解析

第一章 概 述

一、内 容 提 要

本章首先论述了钢结构的特点和目前国家对采用钢结构的政策,在此基础上介绍了钢结构的发展方向以及钢结构设计计算方法和其设计表达式的应用。

二、典型题解析

例 1.1 钢结构是用钢板、热轧型钢或冷加工成型的薄壁型钢制造而成的结构。钢结构和其它材料的结构相比,钢结构具有哪些特点。

分析 要能够抓住钢结构的特点,就必须掌握目前常用的砼结构、砌体结构及钢—砼组合结构等特点,从而掌握钢结构的特点。

解 钢结构具有强度高、自重轻、抗震性能好、施工速度快、地基费用省、工业化程度高、外形美观等一系列优点,与砼结构和砌体结构相比它是环保型的和可再次利用的,也是易于产业化的结构。但是钢结构所用的钢材也存在耐腐蚀性差和耐热不耐火的

问题。

【评注】在钢结构特点中,优点是明显的,也是钢结构得到迅速发展,开创了钢结构在建筑中应用的新时期所在。应用钢结构时,要对钢结构注意防护。在有侵蚀性介质的环境中要采用具有较好的抗锈性能钢材;在温度达到 150℃ 以上的环境,要对钢结构采用隔热层加以保护。

例 1.2 积极、合理、较快地发展钢结构。发展钢结构主要应考虑哪些综合经济效益。

分析 要真正评判一个结构系统的优势,需全面、系统地考虑问题,考查其综合效益。

解 尽管我国的钢产量在 1996 年已达到年产 1 亿吨,在世界上位居第一,但近年来钢结构的采用量仍然有限,这除了受过去政策的影响外,还有一个直接的原因就是,在建设单位(业主)和设计人员的理念中钢结构要比砼结构贵,造价高。的确,仅就高层建筑的上部结构而言,钢结构的造价约比砼结构高 2 倍,比钢—砼组合结构高 1.5 倍。但是,仅以上部结构的造价作为是否选用钢结构的依据,在许多情况下是片面的。分析结构综合经济效益宜从结构造价占工程总投资比例、结构经济性能和结构性能等三方面研究。据对高层建筑研究分析,当计入地基基础造价和装修、设备、征地、动建等费用后,上部结构造价仅占工程总投资的 7.5% ~ 10.5%,因而钢结构与砼结构造价的差额一般只占总投资的 4% 左右,显然这是一个不能作为重要决策依据的数额;如果进一步考虑到钢结构自重比砼结构轻 $1/2 \sim 2/5$ 而带来的地基基础造价降低和地震作用减小,钢柱比砼柱截面减小而带来的房屋建筑面积增加 3% ~ 5%,钢结构因便于穿越各种水平管道而可使建筑层高降低,以及钢结构制作安装速度快,工期短和对环境污染小等因素,则上部结构 4% 的造价差更不会成为主要问题。

【评注】在我国实行社会主义市场经济体制下,结构的综合经济效益将逐步代替习惯上采用的单位面积用钢量,成为评价一种结构类型是否具有生

命力的主要指标。今后,随着市场经济的深入发展,对结构的营造速度必然会提出更高的要求,因为速度影响资金周转,关系到经济效益和产品在市场的占有量。

例 1.3 我国建筑技术政策明确提出了积极发展钢结构的方针,其主要精神有哪些。

分析 《中国建筑技术政策》(1996~2010)的公布,钢结构得到迅速发展,开创了钢结构应用的新时期。

解 在《中国建筑技术政策》(1996~2010)中,明确提出了积极发展钢结构的方针,其主要精神是:①积极开展对超高层建筑结构体系的研究,重点发展钢—砼组合结构体系,积极发展钢结构;②单层房屋建筑要努力改进板、梁、柱体系,积极发展各种新型建筑结构体系,推广定型化的轻型钢结构房屋体系;③大跨屋盖采用钢结构和钢与砼的混合结构,推广应用网架、悬索、网壳等空间结构体系;④研究解决钢结构制造和现场施工中的电脑放样、切割、焊接、除锈、涂漆等先进工艺与设备,发展高效的自动和半自动焊接设备和各种先进的检测设备。在关于“建筑结构与工艺体系”的7项政策条文中,发展钢结构占了4条,充分说明国家对此问题的重视,同时国家钢产量过亿吨,也为积极、合理、较快发展钢结构创造了条件。

【评注】 根据当前我国的物质技术条件以及国民经济发展的需要,从政策上变“节约用钢”为“合理使用钢材”,并实行积极、合理、较快地发展钢结构的方针,是十分必要的、正确的。

例 1.4 我国钢结构设计方法的发展经过哪几个阶段,结构设计准则是什么?

分析 影响结构功能的诸因素都具有不定性,应是随机变量(或随机过程),因此,荷载效应可能大于设计抗力,结构不可能百分之百的可靠,而只能对其作出一定的概率保证。在设计中如何对待影响功能的诸因素就出现了不同的设计方法。

解 我国钢结构设计方法的发展经过四个阶段,即传统的容许应力法、三系数极限状态法、半概率极限状态设计法和概率极限状态设计法。

如果将影响结构设计的诸因素取为定值,而用一个凭经验判定的安全系数来考虑设计诸因素变异的影响,衡量结构的安全度。这种方法称为定值法,它包括容许力法和最大荷载法。其设计式为

$$\sigma \leq [\sigma] \quad (1.1)$$

式中, σ 为由标准荷载与构件截面公称尺寸(设计尺寸)所计算的应力; $[\sigma]$ 为容许应力, $[\sigma] = f_K / K$, f_K 为材料的标准强度,对于钢材 $f_K = f_y$, K 为大于 1 的安全系数,用以考虑各种不定性,凭工程经验取值。若考虑材料的塑性性能,材料强度改用破坏抗力,即为 20 世纪 30 年代提出的最大荷载法。对于线性弹性理论,容许应力和最大荷载这两种设计方法是等效的,但考虑材料塑性发展,则最大荷载设计法显然优于传统的容许应力法。

三系数极限状态法是前苏联 20 世纪 50 年代中期提出的计算极限状态设计法。该方法的特点是在结构安全度问题上引进了概率概念;明确提出了极限状态的概念;采用三个系数——分项安全系数的方法以避免单一安全系数的缺点。三系数是以超载系数考虑各种荷载可能的变动,以材料匀质系数考虑材料性能的均匀性,以工作条件系数考虑结构及构件的工作特点和假定的计算模式与实际情况不完全相符的因素。

如果考虑荷载和材料强度的不定性,用概率方法确定他们的取值,根据经验确定分项安全系数,仍然没有将结构可靠度与概率连系起来,故称为半概率法。我国 1974 年修订的《钢结构设计规范》就是采用该方法。

概率极限状态设计法的研究,在 20 世纪 60 年代末期有了重大突破,才有可能将概率设计法应用于我国现行结构设计规范。

这个重大突破就是提出了一次二阶矩法,该法既有确定的极限状态,又可给出不超过该极限状态的概率(可靠度),因而是一种较完善概率极限状态设计方法,把结构可靠度的研究由以经验为基础的定性分析阶段推进到以概率论和数理统计为基础的定量分析阶段。

一次二阶矩法虽然已经是一种概率设计法,但由于在分析中忽略或简化了基本变量随时间变化的关系,确定基本变量的分布时有一定的近似性,且为了简化计算而将一些复杂关系进行了线性化,所以还只是一种近似概率设计法。完全的、真正的全概率法,有待于继续深入和完善。

结构设计准则为:结构由各种荷载所产生的效应(内力或变形)不大于结构(包括连接)由材料性能和几何因素等所决定的抗力或规定限值。

【评注】容许应力法计算简单,但不能从定量上度量结构的可靠度,更不能使各类结构的安全度达到同一水准。有人往往从定值概念出发,常常误认为采用了某一给定的安全系数,结构就百分之百的可靠,将结构的安全度与安全系数等同起来。安全系数大结构安全度就高,没有与抗力及作用力的变异性联系起来。

现行结构设计规范采用的是分项系数概率极限状态设计法,尽管形式与我国以前采用的三系数半概率法相同,但其实质是二阶矩法。荷载分项系数和抗力分项系数是作整体用优化方法确定的,二者联系起来使结构构件的可靠指标与目标可靠指标最为接近。

例 1.5 图 1-1 为冶炼车间操作平台的横向剖面图,平台检修材料所产生的平均活荷载标准值为 $q_K = 20 \text{ kN/m}^2$,平台结构自重为 $G_K = 2 \text{ kN/m}^2$ (含平台柱自重),梁跨度为 9 m,纵向柱距为 5 m,各列柱纵向均没有柱间支撑,平台面铺钢板梁,横梁跨中设有检修单轨吊车,其作用荷载标准值为 $F = 100 \text{ kN}$,每框架承受的水平活载标准值为 $H = 50 \text{ kN}$,平台结构采用 Q235-B·F 钢,柱截面如图 1-1,试计算:(1),在永久荷载作用下,柱 AB 的轴

压力设计值；(2)在水平可变荷载作用下，柱 AB 的弯矩设计值；
(3)在可变荷载作用下，柱 AB 的轴压力设计值。

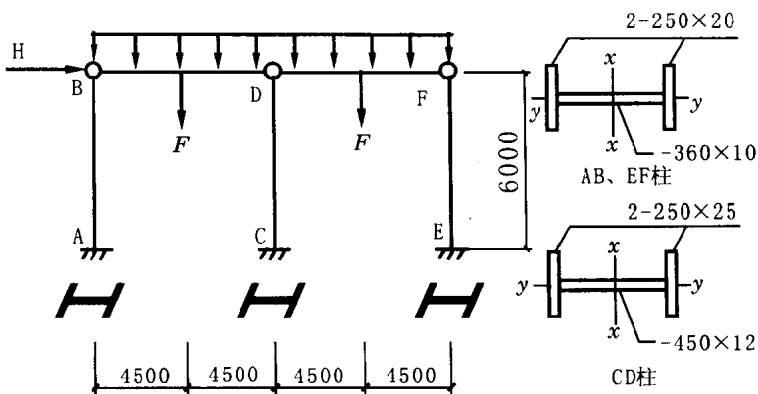


图 1-1

分析 采用常用的结构静力计算方法,按照现行的《建筑结构荷载规范》和《钢结构设计规范》计算荷载效应 S 。

解 (1)按静定梁的支座反力得竖向均布荷载作用下柱 AB 的荷载效应系数 C_G 为

$$C_G = 5 \times 4.5 = 22.5 \text{ m}^2$$

别在永久荷载作用下柱 AB 的轴压力设计值为

$$N = \gamma_G C_G G_K = 1.2 \times 22.5 \times 2 = 54 \text{ kN}$$

(2)按位移法可得水平荷载作用下柱 AB 的荷载效应系数 C_Q

$$C_Q = \frac{j_{AB}}{h_{AB}} / \sum \frac{j}{h^2} \quad (1.2)$$

$$\text{其中 } j_{AB} = j_{EF} = \frac{E}{h} \left[2 \times 350 \times 20 (180 + 10)^2 + \frac{10 \times 360^3}{12} \right]$$

$$j_{CD} = \frac{E}{h} \left[2 \times 250 \times 25 (225 + 12.5)^2 + \frac{12 \times 450^3}{12} \right]$$

$$h = h_{AB} = h_{EF} = h_{CD} = 6000 \text{ mm}$$

将上述数值代入式(1.2)得

$$C_Q = 0.25h$$

则在水平可变荷载作用下柱 AB 的弯矩设计值为(其中 $Q_K = H = 50 \text{ kN}$)

$$M_{AB} = \gamma_Q C_Q Q_K = 1.4 \times 0.25 \times 6 \times 50 = 105 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

(3)在水平荷载作用下,柱 AB 不产生轴力,只有竖向力产生轴力。在竖向均布荷载作用下柱 AB 的荷载效应系数 $C_{Q1} = C_G$,在竖向集中力作用下柱 AB 的荷载效应系数 $C_{Q2} = 0.5$,则在可变荷载作用下柱 AB 的轴压力设计值为

$$N = \gamma_{Q1} C_{Q1} Q_{1K} = \gamma_{Q2} C_{Q2} Q_{2K}$$

其中 $Q_{1K} = 0.75 \times q_K$, $Q_{2K} = F$,故

$$N = 1.4 \times 22.5 \times 0.75 \times 20 + 1.4 \times 0.5 \times 100 = 542.5 \text{ kN}$$

【评注】 在进行荷载效应 S 的计算中,要掌握荷载效应组合的设计值

计算公式 $S = \gamma_G C_G G_K + \gamma_{Q1} C_{Q1} Q_{1K} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} C_{Qi} \varphi_{Ci} Q_{iK}$ 中各符号的真正含义,并要能够正确取值;按现行《钢结构设计规范》,对于检修材料所产生的荷载,可乘以折减系数,对于主梁为 0.85;对于柱(包括基础)为 0.75;冶炼车间操作平台不是一般楼面结构,检修材料活荷载也不是一般活荷载,因此当平均活荷载大于 4 kN/m^2 时;也要取 $\gamma_Q = 1.4$ 而不取 $\gamma_Q = 1.3$ 。

例 1.6 图示 1-2 为一外伸钢梁,跨度 $l = 5 \text{ m}$,外伸长 $a = 1.5 \text{ m}$,承受永久荷载(标准值) $g_K = 25 \text{ kN/m}$,可变荷载(标准值) $q_K = 15 \text{ kN/m}$ 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。

分析 结构设计应根据使用过程中结构上可能同时出现的荷载,按最不利组合进行设计。

解 (1)荷载如图 1-2(a)布置,且永久荷分项系数在跨中为 1-2,在外伸部分为 1.0(因其效应对跨中弯矩有利),跨中 x 处弯

矩最大。

由 $\sum M_B = 0$, 得

$$R_A \times 5 = \frac{5^2}{2} (1.2 \times 25 + 1.4 \times 15) = 1.0 \times 25 \times 1.5^2 / 2$$

$$R_A = 121.88 \text{ kN}$$

计算跨中剪力 $V=0$ 的位置为

$$x(1.2 \times 2.5 + 1.4 \times 15) = R_A$$

$$x = 121.88 / 51 = 2.39 \text{ m}$$

则跨中最大弯矩设计值 $M_{\max}$ 为

$$M_{\max} = 12x - (1.2 \times 25 + 1.4 \times 15)x^2 / 2$$

$$= 121.88 \times 2.39 - 51 \times 2.39^2 / 2 = 145.64 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

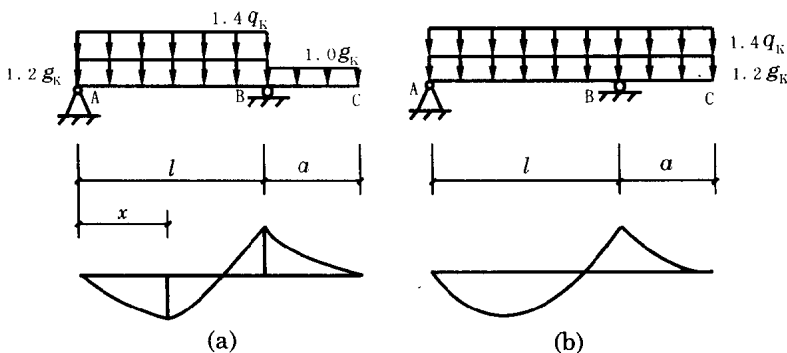


图 1-2

(2) 荷载如图 1-2(b) 布置, 故 B 支座截面处的弯矩最大设计值为

$$M_{\max} = (1.2 \times 25 + 1.4 \times 15) \times 1.5^2 / 2 = 57.38 \text{ kN} \cdot \text{M}$$

【评注】若求跨中最大弯矩设计值, 外伸部分永久荷载分项系 γ_G 取 1.2, 则求出的跨中弯矩设计值不是最大值; 同时在外伸部分布置可变荷载, 将减小跨中弯矩, 则求出的跨中弯矩设计值也不是最大值。

例 1.7 下列钢结构计算所取荷载设计值和标准值, 哪一组

符合现行钢结构设计规范。

A. 计算结构或构件的强度、稳定性以及连接的强度时,应采用荷载标准值;

B. 计算结构或构件的强度、稳定性以及连接的强度时,应采用荷载设计值;

C. 计算疲劳和正常使用极限状态时,应采用荷载标准值;

D. 计算疲劳和正常使用极限状态时,应采用荷载设计值。

A. A, C B. B, C C. A, D D. B, D

分析 疲劳计算方法采用容许应力法,而不是像静力强度和稳定以及连接那样采用“以概化理论为基础的极限状态设计法”。对于正常使用极限状态,应使结构构件在荷载标准值及其组合值作用下产生的变形和裂缝等不超过相应的容许值。

解 正确答案为 B。

【评注】 计算结构或构件强度、稳定性以及连接的强度时,应采用荷载设计值(荷载标准值乘以荷载分项系数);计算疲劳和正常使用极限状态的变形时,应乘以荷载标准值。对于直接承受动力荷载的结构,在计算强度和稳定性时动力荷载设计值应采用动力系数;计算疲劳和变形时,动力荷载标准值不应乘以动力系数。

例 1.8 结构重要性系数 γ_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 1.3,二级 1.2,三级 1.1

B. 一级 1.2,二级 1.1,三级 1.0

C. 一级 1.1,二级 1.0,三级 0.9

D. 一级 1.0,二级 0.9,三级 0.8

分析 建筑结构设计时,根据结构破坏可能产生的后果(危及人的生命、造成经济损失、产生社会影响)的严重性,采用不同的安全等级。重要的工业与民用建筑物一级;一般的工业与民用建筑物为二级;次要的建筑物为三级。结构重要性系数 γ_0 ,对安全

等级为一级、二级、三级的结构构件可分别取为 1.1, 1.0, 0.9。

解 正确答案为 C。

【评注】建筑物中各类结构构件的安全等级,宜与整个结构安全等级相同,对其中部分结构构件的安全等级可进行调整,但不得低于三级。结构重要性系数 γ_0 应按结构的安全等级确定。

例 1.9 某屋架,采用的钢材为 Q235-B·F,型钢及节点板厚度均不超过 16 mm,钢材的抗压强度设计值是()

A. 200 N/mm²

B. 205 N/mm²

C. 215 N/mm²

D. 235 N/mm²

分析 钢材的强度设计值 f 应为材料强度的标准值 f_y 除以抗力分项系数 γ_R ,同时要考虑钢材厚度或直径对标准值的影响。对于厚度不超过 16 mm, Q235-B·F 钢的 $f_y = 235$ N/mm, Q235-B·F 钢的 $\gamma_R = 1.087$,故 $f = f_y / \gamma_R = 235 / 1.087 \approx 215$ N/mm。

解 正确答案为 C。

【评注】钢材强度设计值受厚度或直径的影响,随厚度或直径的增大,钢材的抗拉、抗压、抗弯、抗剪强度均下降,同时钢材的抗拉、抗压及抗弯的强度设计值是相同的,均是 f ,仅抗剪强度设计值 $f_v = 0.58f$ (该值是根据能量强度理论推导而得)。

三、习题一

1.1 图 1-3 为冶炼车间工作平台梁,平台上堆放检修材料的均布荷载标准值为 $q_k = 15$ kN/m²,平台结构自重为 $g_k = 1.8$ kN/m²,梁端与钢柱简支,梁跨度为 6 m,间距为 6 m。梁跨中设有检修单轨吊车,荷载标准值 $F = 120$ kN,试计算:1)在永久荷载作用下,梁的变矩设计值;2)在可变荷载作用下,梁的弯矩设计值。

1.2 平台柱网为 6 m×8 m,即主梁间距为 6 m,跨度为 8 m,梁与柱铰接图 1-4。平台密肋铺板面层和结构自重为 6 kN/m²,堆放检修材料的荷载标准值为 27 kN/m²。试计算主梁跨中弯矩设计值。

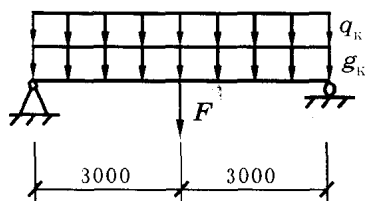


图 1-3

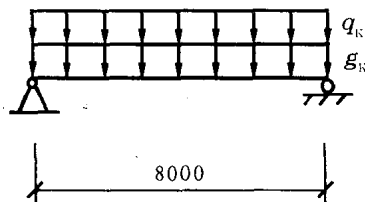


图 1-4

1.3 下列关于荷载分项系数的论叙()不正确。

- A. γ_G 不分场合均取为 1.2
- B. γ_G 为结构自重分项系数
- C. γ_Q 用于计算活荷载效应的设计值

D. γ_Q 一般情况取 1.4; 对标准大于 4 kN/m^2 的工业房屋楼面结构的活荷载取 1.3。

1.4 在进行钢结构设计时,关于其安全等级的确定,正确的论述是()。

- A. 一般工业与民用建筑钢结构的安全等级可取一级
- B. 一般工业与民用建筑钢结构的安全等级可取二级
- C. 一般工业与民用建筑钢结构的安全等级可取三级
- D. 特殊建筑钢结构的安全等级可根据具体情况另行确定

1.5 验算型钢梁正常使用极限状态的变形时,用荷载()。

- A. 标准值
- B. 设计值
- C. 组合值
- D. 最大值

1.6 结构钢的强度设计值()。

- A. 随厚度增大而降低,并且与质量等级(A,B,C,D)无关
- B. 随厚度增大而降低,并且随质量等级从 A 到 D(或 E)逐级提高
- C. 随厚度增大而降低,并且随质量等级从 A 到 D(或 E)逐级降低
- D. 随厚度增大而提高,并且随质量等级从 A 到 D 逐级提高