

全国一、二级 注册结构工程师 专业考试教程

住房和城乡建设部执业资格注册中心
宋玉普

组编
主编

2009



全国一、二级注册结构 工程师专业考试教程

住房和城乡建设部执业资格注册中心 组编

宋玉普 主编



机械工业出版社

本书由住房和城乡建设部执业资格注册中心组织，由大连理工大学土木水利学院承担具体的编写任务。

本书在编写过程中，紧密结合全国一、二级注册结构工程师的考试大纲，突出了考试的基本要求和考试导向，并对每节的内容配以相应的例题，以便考生在熟练掌握考点的同时熟悉解题思路，从而提高实际的应考能力。全书共七章，主要内容为荷载和地震作用，钢筋混凝土结构，钢结构，砌体结构和木结构，地基与基础，高层建筑结构，桥梁结构。

本书是参加一、二级注册结构工程师考试人员的必备参考书，同时由于内容的全面性和实用性，也可供土木工程方面的设计、施工和监理人员在工作中参考使用。

图书在版编目（CIP）数据

全国一、二级注册结构工程师专业考试教程/住房和城乡建设部执业资格注册中心组编. 宋玉普主编. —北京：机械工业出版社，2008.4

ISBN 978 - 7 - 111 - 23693 - 1

I. 全… II. ①住…②宋… III. 建筑结构 - 工程师 - 资格考核 - 教材 IV. TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2008）第 032009 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

责任编辑：薛俊高 版式设计：霍永明 责任校对：张莉娟 吴美英

封面设计：张 静 责任印制：邓 博

北京京丰印刷厂印刷

2009 年 1 月第 1 版 · 第 1 次印刷

184mm × 260mm · 58.5 印张 · 1451 千字

标准书号：ISBN 978 - 7 - 111 - 23693 - 1

定价：108.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

销售服务热线电话：（010）68326294

购书热线电话：（010）88379639 88379641 88379643

编辑热线电话：（010）68327259

封面无防伪标均为盗版

本书编写人员

主 编 宋玉普

副 主 编 王清湘 张 哲

参编人员 殷福新 郭 莹 车 轶 胡安妮

前 言

为了指导参加全国注册结构工程师执业资格考试的考生系统地复习有关专业知识和标准规范,住房和城乡建设部执业资格注册中心依据《一、二级注册结构工程师专业考试大纲》组织编写了本书。本书的最大特点是将标准规范与例题相结合,重点介绍标准规范内容,例题多选用历年考试的类似试题,通过例题解析,使考生加深对标准规范的理解和运用,以巩固考生的专业知识,达到举一反三的目的。书中例题既标明本书的节号,同时标明相应规范的节号,以便对照理解规范。复习中应以标准规范为重点,同时注意掌握解题的关键思路。

全书共7章,第1章荷载和地震作用,主要介绍荷载分类和荷载效应组合,楼面和屋面活荷载,吊车荷载,雪荷载,风荷载;抗震设计的基本要求,地震作用和结构抗震验算;内力分析方法。第2章钢筋混凝土结构,主要介绍基本设计规定,材料,钢筋混凝土受弯构件正截面承载力计算,钢筋混凝土受压构件正截面承载力计算,钢筋混凝土受拉构件正截面承载力计算,斜截面承载力计算,扭曲截面承载力计算,受冲切承载力计算,局部受压承载力计算,疲劳验算,正常使用极限状态验算,构造规定,结构构件的基本规定,预应力混凝土结构,混凝土结构构件抗震设计,梁板结构,单层厂房。第3章钢结构,主要介绍钢结构的基本设计规定,受弯构件的强度及其整体和局部稳定计算,轴心受力构件和拉弯、压弯构件的计算,构件的连接计算,构造要求及其连接材料的选用,钢与混凝土组合梁的特点及其设计原理,钢结构的疲劳计算及其构造要求,塑性设计的适用范围和计算方法,钢管结构计算,钢结构的防锈、隔热和防火措施,钢结构的制作、焊接、运输和安装。第4章砌体结构与木结构,主要介绍块体材料和砂浆的种类及其力学性能,设计原则及房屋的静力计算,无筋砌体构件的承载力计算,圈梁、过梁、墙梁及挑梁的设计方法,配筋砖砌体的设计方法,配筋砌块砌体的设计方法,砌体结构的构造要求,砌体结构的抗震设计方法及构造措施,常用木结构的构件、连接计算和构造要求。第5章地基与基础,主要介绍岩土工程勘察简介,土的工程性质指标和岩土的分类,土中应力计算,土的压缩性与地基最终变形量计算,挡土墙土压力与稳定性分析,地基承载力,地基基础设计原则,天然地基上的浅基础设计,桩基础设计,软弱地基处理,场地、液化与地基基础的抗震验算。第6章高层建筑结构,主要介绍高层建筑结构设计的基本规定,高层结构计算分析,框架结构设计,剪力墙结构设计,框架—剪力墙结构设计,筒体结构设计,复杂高层建筑结构设计,高耸结构设计,多层和高层建筑钢结构设计。第7章桥梁结构,主要介绍桥梁结构设计荷载及荷载组合,基本构件的设计与计算,钢筋混凝土构件的承载力计算,钢筋混凝土梁式桥的设计计算,桥梁墩台的设计,桥梁支座设计与计算,桥梁抗震设计。

本书作为一、二级注册结构工程师专业考试的参考书,同时对从事工程设计、施工及管理的技术人员以及高等院校的师生理解、掌握和运用土木工程中的基本规范也有积极的参考

作用。

参加本书编写工作的有大连理工大学宋玉普（前言，第1、2章）、王清湘（第2章）、殷福新（第3章）、胡安妮（第4章）、郭莹（第5章）、车轶（第6章）、张哲（第7章）。全书由宋玉普任主编，王清湘、张哲任副主编。

本书编写、审校过程中得到了清华大学建筑设计研究院副总工程师马宝民、北京凯帝克建筑设计有限公司总工程师王昌兴、中冶京诚工程技术有限公司教授级高工薄占秀、辽宁省建筑设计研究院总工程师李庆钢、中国建筑西北设计研究院副总工程师杨琦、北京市建筑设计研究院副总工程师薛慧立、北京市政工程设计研究院副总工程师贾引、住房和城乡建设部执业资格注册中心副处长王平以及机械工业出版社建筑分社领导的指导和帮助，他们为本书提出了许多宝贵意见，在此表示衷心感谢。对于书中存在的不足之处，热忱地希望读者批评指正。

编 者

于大连理工大学

目 录

前言

第1章 荷载和地震作用

1.1 荷载分类和荷载效应组合	1
1.1.1 荷载分类和荷载代表值	1
1.1.2 荷载组合	2
1.2 楼面和屋面活荷载	7
1.2.1 民用建筑楼面均布活荷载	7
1.2.2 工业建筑楼面活荷载	14
1.2.3 屋面活荷载	14
1.2.4 屋面积灰荷载	15
1.2.5 施工和检修荷载及栏杆 水平荷载	16
1.2.6 动力系数	16
1.3 吊车荷载	16
1.3.1 吊车竖向和水平荷载	16
1.3.2 多台吊车的组合	17
1.3.3 吊车荷载的动力系数	17
1.3.4 吊车荷载的组合值、频遇值 及准永久值	17
1.4 雪荷载	23
1.4.1 基本雪压及雪荷载标准值	23
1.4.2 屋面积雪分布系数	24
1.5 风荷载	28
1.5.1 风荷载标准值及基本风压	28
1.5.2 风压高度变化系数	29
1.5.3 风荷载体型系数	31
1.5.4 顺风向风振和风振系数	31
1.5.5 阵风系数	33
1.5.6 横风向风振	34
1.6 抗震设计的基本要求	38
1.6.1 建筑抗震设防分类和设防 标准	38
1.6.2 地震影响	39
1.6.3 场地和地基	39
1.6.4 建筑设计和建筑结构的 规则性	41
1.6.5 结构体系	42
1.6.6 结构分析	43

1.6.7 非结构构件	43
1.6.8 隔震和消能减震设计	44
1.6.9 结构材料与施工	44
1.7 地震作用和结构抗震验算	46
1.7.1 一般规定	46
1.7.2 水平地震作用计算	49
1.7.3 竖向地震作用计算	52
1.7.4 截面抗震验算	53
1.7.5 抗震变形验算	54
1.8 内力分析方法	62
1.8.1 力法	62
1.8.2 力矩分配法	64
1.8.3 静定桁架的计算方法	68
参考文献	69
第2章 钢筋混凝土结构	70
2.1 基本设计规定	70
2.1.1 一般规定	70
2.1.2 承载力极限状态计算规定	71
2.1.3 正常使用极限状态验算规定	71
2.1.4 耐久性规定	73
2.2 材料	74
2.2.1 混凝土	74
2.2.2 钢筋	76
2.3 钢筋混凝土受弯构件正截面承载力 计算	78
2.3.1 受弯构件正截面承载力计算的 基本假定	78
2.3.2 单筋矩形截面正截面受弯承载 力计算	81
2.3.3 双筋矩形截面正截面受弯承载 力计算	84
2.3.4 T形截面正截面受弯承载力 计算	86
2.4 钢筋混凝土受压构件正截面承载力 计算	91
2.4.1 概述	91
2.4.2 轴心受压构件正截面承载力 计算	92

2.4.3 偏心受压构件正截面承载力 计算.....	96	2.9 局部受压承载力计算	157
2.4.4 双向偏心受压构件正截面承 载力计算	119	2.9.1 截面尺寸限制条件	157
2.5 钢筋混凝土受拉构件正截面承载力 计算	120	2.9.2 局部受压承载力计算	157
2.5.1 概述	120	2.10 疲劳验算.....	161
2.5.2 轴心受拉构件承载力计算	121	2.10.1 基本假定	161
2.5.3 大偏心受拉构件正截面承载 力计算	121	2.10.2 钢筋混凝土受弯构件的疲劳 验算.....	161
2.5.4 小偏心受拉构件正截面承载 力计算	123	2.10.3 预应力混凝土受弯构件的疲 劳验算.....	163
2.6 斜截面承载力计算	125	2.11 正常使用极限状态验算.....	164
2.6.1 受弯构件斜截面承载力计算	125	2.11.1 裂缝控制等级	164
2.6.2 偏心受压构件斜截面受剪承 载力计算	140	2.11.2 裂缝宽度计算方法	164
2.6.3 偏心受拉构件斜截面受剪承 载力计算	141	2.11.3 变形验算	169
2.7 扭曲截面承载力计算	142	2.12 构造规定.....	173
2.7.1 受扭构件截面限制条件	142	2.12.1 伸缩缝.....	173
2.7.2 不需进行构件受剪扭承载力 计算的条件	143	2.12.2 混凝土保护层.....	174
2.7.3 受扭构件的截面受扭塑性 抵抗矩	143	2.12.3 钢筋的锚固	175
2.7.4 纯扭构件的受扭承载力计算	144	2.12.4 钢筋的连接.....	177
2.7.5 在轴向压力和扭矩共同作用下 的矩形截面钢筋混凝土构件 的受扭承载力计算	145	2.12.5 纵向受力钢筋的最小配筋率.....	179
2.7.6 在剪力和扭矩共同作用下构件 受剪扭承载力计算	146	2.12.6 预应力混凝土构件的 构造规定.....	180
2.7.7 在弯矩、剪力和扭矩共同作用下 的弯剪扭构件承载力计算	147	2.13 结构构件的基本规定.....	183
2.7.8 多向作用下钢筋混凝土矩形截面 框架柱的承载力计算	147	2.13.1 板.....	183
2.7.9 协调扭转的钢筋混凝土 构件计算	148	2.13.2 梁	186
2.8 受冲切承载力计算	152	2.13.3 柱.....	193
2.8.1 不配置箍筋或弯起钢筋的板受冲 切承载力计算	152	2.13.4 梁柱节点.....	194
2.8.2 配置箍筋或弯起钢筋的板受冲切 承载力计算	153	2.13.5 墙.....	196
2.8.3 矩形截面柱与基础交接处的受冲切 承载力计算	154	2.13.6 叠合式受弯构件.....	199
		2.13.7 深受弯构件.....	205
		2.13.8 牛腿.....	209
		2.13.9 预埋件及吊环.....	213
		2.13.10 预制构件的连接	216
		2.14 预应力混凝土结构.....	217
		2.14.1 一般规定.....	217
		2.14.2 预应力损失值计算.....	222
		2.15 混凝土结构构件抗震设计.....	230
		2.15.1 一般规定.....	230
		2.15.2 材料.....	233
		2.15.3 框架梁.....	233
		2.15.4 框架柱及框支柱.....	236
		2.15.5 铰接排架柱.....	241
		2.15.6 框架梁柱节点及预埋件.....	242
		2.15.7 剪力墙.....	246

2.15.8 预应力混凝土结构构件·····	252	整体稳定计算·····	352
2.16 梁板结构·····	270	3.3.10 压弯构件的局部稳定 计算·····	353
2.16.1 单向板肋梁楼盖·····	270	3.3.11 格构式单向弯曲压弯构件的 整体稳定计算·····	354
2.16.2 双向板肋梁楼盖·····	275	3.3.12 格构式双向弯曲压弯构件的 整体稳定计算·····	355
2.17 单层厂房·····	279	3.3.13 格构式压弯构件的缀件计算·····	356
2.17.1 结构组成·····	279	3.3.14 构件的计算长度·····	356
2.17.2 支撑作用和布置原则·····	280	3.4 构件的连接计算、构造要求及其 连接材料的选用·····	376
2.17.3 排架计算·····	281	3.4.1 焊缝连接的构造要求·····	376
2.17.4 单层厂房柱的设计·····	285	3.4.2 螺栓连接和铆钉连接的 构造要求·····	376
2.17.5 吊车梁设计·····	286	3.4.3 焊缝连接计算·····	377
2.17.6 屋架设计·····	288	3.4.4 螺栓（铆钉）连接计算·····	383
2.17.7 柱下锥形（阶形）单独基础 设计·····	291	3.4.5 组合工字梁翼缘连接·····	389
参考文献·····	300	3.4.6 梁与柱的刚性连接·····	390
第3章 钢结构 ·····	301	3.4.7 连接节点处板件的计算·····	391
3.1 基本设计规定·····	301	3.5 钢与混凝土组合梁的特点及其设计 原理·····	403
3.1.1 设计原则·····	301	3.5.1 钢与混凝土组合梁设计的一般 规定·····	403
3.1.2 荷载和荷载效应计算·····	302	3.5.2 钢与混凝土组合梁设计的构造 要求·····	403
3.1.3 材料选用·····	303	3.5.3 钢与混凝土组合梁抗弯设计·····	404
3.1.4 设计指标·····	304	3.5.4 钢与混凝土组合梁抗剪设计·····	406
3.2 受弯构件的强度及其整体和局部稳定 计算·····	309	3.5.5 抗剪连接件的计算·····	406
3.2.1 受弯构件强度计算·····	309	3.5.6 组合梁挠度计算·····	408
3.2.2 受弯构件整体稳定计算·····	310	3.5.7 压型钢板组合楼板设计·····	409
3.2.3 受弯构件局部稳定计算及加劲肋 设计·····	313	3.5.8 混合结构设计·····	412
3.2.4 梁的刚度·····	320	3.6 钢结构的疲劳计算及其构造要求·····	420
3.2.5 组合梁腹板考虑屈曲后强度的 计算·····	320	3.6.1 钢结构疲劳计算的一般规定·····	420
3.3 轴心受力构件和拉弯、压弯构件的 计算·····	334	3.6.2 钢结构的疲劳计算·····	420
3.3.1 轴心受力构件的强度计算·····	334	3.7 塑性设计的适用范围和计算方法·····	425
3.3.2 轴心受力构件的长细比计算·····	335	3.7.1 塑性设计的一般规定·····	425
3.3.3 轴心受压构件的整体稳定·····	335	3.7.2 塑性设计时构件截面板件宽厚 比限值·····	425
3.3.4 轴心受压构件的局 部稳定·····	340	3.7.3 塑性设计时的允许长细比·····	426
3.3.5 格构式轴心受压构件设计·····	343	3.7.4 构件的计算·····	426
3.3.6 拉弯、压弯构件的强度计算·····	350	3.8 钢管结构计算·····	429
3.3.7 拉弯、压弯构件的长细比 计算·····	350	3.8.1 构造要求及一般规定·····	429
3.3.8 实腹式单向弯曲压弯构件的 整体稳定计算·····	351	3.8.2 支管与主管的连接焊缝计算·····	429
3.3.9 实腹式双向弯曲压弯构件的			

3.8.3 杆件和节点承载力	430
3.9 钢结构的防锈、隔热和防火措施	437
3.10 钢结构的制作、焊接、运输和 安装	437
参考文献	437
第4章 砌体结构与木结构	438
4.1 砌体的分类及其力学性能	438
4.1.1 砌体的分类	438
4.1.2 材料强度等级	440
4.1.3 砌体的计算指标	440
4.2 设计原则及房屋的静力计算	446
4.2.1 设计原则	446
4.2.2 房屋的静力计算	448
4.3 无筋砌体构件的承载力计算	455
4.3.1 受压构件	455
4.3.2 局压构件	460
4.3.3 轴心受拉构件	465
4.3.4 受弯构件	465
4.3.5 受剪构件	466
4.4 圈梁、过梁、墙梁及挑梁的 设计方法	467
4.4.1 圈梁	467
4.4.2 过梁	468
4.4.3 墙梁	470
4.4.4 挑梁	476
4.5 配筋砖砌体的设计方法	479
4.5.1 网状配筋砖砌体构件	479
4.5.2 砖砌体和钢筋混凝土面层或钢筋 砂浆面层的组合砌体构件	482
4.5.3 砖砌体和钢筋混凝土构造柱组成 的组合砖墙	485
4.6 配筋砌块砌体的设计方法	487
4.6.1 正截面受压承载力计算	487
4.6.2 斜截面受剪承载力计算	489
4.6.3 构造规定	490
4.7 砌体结构的构造要求	495
4.7.1 墙、柱的高厚比	495
4.7.2 一般构造要求	497
4.7.3 防止或减轻墙体开裂的 主要措施	498
4.8 砌体结构构件的抗震设计方法及 构造措施	499
4.8.1 砌体房屋抗震构造措施	499
4.8.2 砌体结构构件的抗震承 载力计算	501
4.9 常用木结构的构件、连接计算和构造 要求	509
4.9.1 木结构构件的计算	509
4.9.2 木结构连接的计算	515
参考文献	521
第5章 地基与基础	522
5.1 地基基础设计原则	522
5.1.1 地基基础设计等级	522
5.1.2 地基基础设计内容	522
5.1.3 岩土工程勘察规定	525
5.1.4 荷载规定	526
5.2 土的工程性质指标和岩土的分类	528
5.2.1 土的物理性质指标	528
5.2.2 土的物理状态指标	532
5.2.3 土的其他工程特性指标	535
5.2.4 岩土的工程分类	538
5.3 土中应力计算	541
5.3.1 自重应力	541
5.3.2 基底压力和基底附加压力	542
5.3.3 地基中的附加应力	549
5.4 地基最终变形量计算	556
5.4.1 单一土层的变形计算	556
5.4.2 单向压缩分层总和法	557
5.4.3 《规范》推荐的最终变形 计算法	558
5.5 挡土墙土压力与稳定性分析	571
5.5.1 土压力产生的条件及种类	571
5.5.2 朗肯土压力理论	572
5.5.3 《规范》推荐的土压力 计算方法	584
5.5.4 挡土墙设计	587
5.5.5 地基稳定性计算	590
5.6 地基承载力计算	591
5.6.1 地基承载力的有关概念	591
5.6.2 地基承载力的确定	592
5.6.3 地基承载力的验算	599
5.7 岩土工程勘察简介	607
5.7.1 岩土工程勘探方法	607
5.7.2 岩土工程测试	608
5.8 天然地基上的浅基础设计	610
5.8.1 基础埋置深度	610

5.8.2	无筋扩展基础设计	614
5.8.3	扩展基础——墙下条形 基础设计	616
5.8.4	扩展基础——柱下独立 基础设计	621
5.8.5	钢筋混凝土联合基础设计	629
5.8.6	柱下钢筋混凝土条形基础 设计	634
5.8.7	高层建筑筏形基础设计	635
5.9	桩基础设计	645
5.9.1	桩基础的基本概念	645
5.9.2	桩的竖向承载力的确定	646
5.9.3	桩基础的承载力验算	648
5.9.4	桩基沉降计算	650
5.9.5	桩基承台设计与计算	653
5.9.6	岩石锚杆基础	661
5.10	软弱地基处理	661
5.10.1	土的击实性与压实填土	662
5.10.2	地基处理后地基承载力特 征值的修正	663
5.10.3	换填垫层法	664
5.10.4	预压法	666
5.10.5	强夯法和强夯置换法	671
5.10.6	振冲法	673
5.10.7	砂石桩法	676
5.10.8	水泥粉煤灰碎石桩法	677
5.10.9	夯实水泥土桩法	680
5.10.10	水泥土搅拌法	680
5.10.11	高压喷射注浆法	684
5.10.12	石灰桩法	684
5.10.13	灰土挤密桩法和土 挤密桩法	685
5.10.14	柱锤冲扩桩法	686
5.10.15	复合地基的概念和各种方法 汇总	687
5.11	场地、液化与地基基础的抗震 验算	689
5.11.1	场地、地基和基础	689
5.11.2	天然地基和基础	691
5.11.3	液化土与软土地基	692
5.11.4	低承台桩基础抗震承载力 验算	697
	参考文献	699

第6章 高层建筑结构和高耸结构 700

6.1	高层建筑结构设计的基本规定	700
6.1.1	一般规定	700
6.1.2	房屋适用高度与高宽比	701
6.1.3	结构布置	703
6.1.4	楼盖结构	708
6.1.5	水平位移要求和位移限值	709
6.1.6	构件承载力设计表达式	710
6.1.7	结构的设防要求和抗震等级	711
6.1.8	特一级钢筋混凝土构件	714
6.1.9	构造要求	715
6.2	高层结构计算分析	715
6.2.1	一般规定	715
6.2.2	荷载效应组合	718
6.2.3	构件内力的调整	720
6.2.4	重力二阶效应与结构整体 稳定	722
6.2.5	结构变形验算	725
6.3	框架结构设计	726
6.3.1	框架结构设计的一般规定	726
6.3.2	框架梁设计	728
6.3.3	框架柱设计	733
6.3.4	框架梁柱节点核心区截面 抗震验算	738
6.3.5	钢筋的锚固和连接	742
6.4	剪力墙结构设计	744
6.4.1	一般设计原则	744
6.4.2	剪力墙设计	746
6.4.3	连梁的设计	756
6.5	框架及板柱—剪力墙结构设计	758
6.5.1	框架—剪力墙结构设计	758
6.5.2	板柱—剪力墙结构设计	761
6.6	筒体结构设计	764
6.6.1	一般规定	764
6.6.2	框架—核心筒结构	765
6.6.3	筒中筒结构	765
6.7	复杂高层建筑结构设计	767
6.7.1	一般规定	767
6.7.2	带转换层高层建筑结构	767
6.7.3	带加强层高层建筑结构	773
6.7.4	错层结构	774
6.7.5	连体结构	774
6.7.6	多塔楼结构	774

6.8 高耸结构设计	775	7.4 钢筋混凝土构件的承载力计算	836
6.8.1 基本规定	775	7.4.1 材料	836
6.8.2 荷载与作用	779	7.4.2 承载力计算	836
6.8.3 钢塔架和桅杆结构	781	7.5 钢筋混凝土梁式桥的设计计算	845
6.8.4 混凝土圆筒形塔	789	7.5.1 行车道板计算	845
6.9 多层和高层建筑钢结构设计	794	7.5.2 钢筋混凝土主梁的计算	856
6.9.1 结构体系和布置	794	7.5.3 挠度、预拱度计算	877
6.9.2 作用效应计算	796	7.6 桥梁墩台的设计	878
6.9.3 钢构件设计	799	7.6.1 桥梁墩台上的作用和作用 组合	878
6.9.4 节点设计	804	7.6.2 重力式桥墩计算	887
参考文献	816	7.6.3 桩柱式桥墩的计算	894
第7章 桥梁结构	817	7.6.4 柔性墩计算	900
7.1 概述	817	7.7 桥梁支座设计与计算	905
7.2 桥梁结构设计荷载及荷载组合	818	7.7.1 支座的布置	905
7.2.1 永久作用	819	7.7.2 支座的计算	906
7.2.2 可变作用	820	7.8 桥梁抗震设计	913
7.2.3 偶然作用	827	7.8.1 桥梁抗震重要性分类	913
7.2.4 荷载组合	829	7.8.2 桥梁抗震设计设防烈度规定	913
7.3 钢桥基本构件的设计与计算	831	7.8.3 地震荷载的计算	913
7.3.1 钢桥的材料	831	7.8.4 抗震强度和稳定性验算	916
7.3.2 设计方法	832	7.8.5 抗震措施和对策	918
7.3.3 结构构件的强度计算	833	参考文献	920
7.3.4 构件的疲劳验算	835		

第 1 章

荷载和地震作用

1.1 荷载分类和荷载效应组合

1.1.1 荷载分类和荷载代表值

1. 荷载分类

结构上的荷载可分为下列三类：

(1) 永久荷载 在结构使用期间，其值不随时间变化，或其变化与平均值相比可以忽略不计，或其变化是单调的并能趋于限值的荷载，例如结构自重、土压力、预应力等。

(2) 可变荷载 在结构使用期间，其值随时间变化，且其变化与平均值相比不可以忽略不计的荷载，例如楼面活荷载、屋面活荷载和积灰荷载、吊车荷载、风荷载、雪荷载等。

(3) 偶然荷载 在结构使用期间不一定出现，一旦出现，其值很大且持续时间很短的荷载，例如爆炸力、撞击力等。

2. 荷载代表值

荷载代表值为设计中用以验算极限状态所采用的荷载量值，例如标准值、组合值、频遇值和准永久值。

(1) 设计基准期 为确定可变荷载代表值而选用的时间参数。

(2) 标准值 荷载的基本代表值，为设计基准期内最大荷载统计分布的特征值，例如均值、众值、中值或某个分位值。

永久荷载标准值，对结构自重可按结构构件的设计尺寸与材料单位体积的自重计算确定。对于自重变异较大的材料和构件（如现场制作的保温材料、混凝土薄壁构件等），自重的标准值应根据对结构的不利状态，取上限或下限值。

可变荷载的标准值，应根据不同类型的可变荷载，按荷载规范的相应章节的规定采用。

(3) 组合值 对可变荷载，使组合后的荷载效应在设计基准期内的超越概率，能与该荷载单独出现时的相应概率趋于一致的荷载值；或使组合后的结构具有统一规定的可靠指标

的荷载值。

(4) 频遇值 对可变荷载,在设计基准期内,其超越的总时间为规定的较小比率或超越频率为规定频率的荷载值。

可变荷载频遇值应取可变荷载标准值乘以荷载频遇值系数。

(5) 准永久值 对可变荷载,在设计基准期内,其超越的总时间约为设计基准期 1/2 的荷载值。

可变荷载准永久值应取可变荷载标准值乘以荷载准永久值系数。

建筑结构设计时,对不同荷载应采用不同的代表值。

对永久荷载应采用标准值作为代表值。

对可变荷载应根据设计要求采用标准值、组合值、频遇值或准永久值作为代表值。

对偶然荷载应按建筑结构使用的特点确定其代表值。

3. 极限状态

极限状态 整个结构或结构的一部分超过某一特定状态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。极限状态分为以下两类:

(1) 承载能力极限状态 结构或结构构件达到最大承载力、出现疲劳破坏或不适于继续承载的变形。

(2) 正常使用极限状态 结构或结构构件达到正常使用或耐久性能的某项规定限值,如裂缝限值、挠度限值等。

【例 1.1-1】 下列哪项验算不属于正常使用极限状态 ()。

(A) 疲劳验算 (B) 变形验算 (C) 抗裂性验算 (D) 裂缝宽度验算

答案: (A)

解答: 第 1.1.1 节 3 (《混凝土规范》^①第 3.1.2 条)“承载能力极限状态:结构或结构构件达到最大承载力,出现疲劳破坏或不适于继续承载的变形”。

4. 可变荷载的代表值和组合值

(1) 承载能力极限状态设计或正常使用极限状态按标准组合设计时,对可变荷载应按组合规定采用标准值或组合值作为代表值。

可变荷载组合值,应为可变荷载标准值乘以荷载组合值系数。

(2) 正常使用极限状态按频遇组合设计时,应采用频遇值、准永久值作为可变荷载的代表值;按准永久组合设计时,应采用准永久值作为可变荷载的代表值。

1.1.2 荷载组合

1. 基本概念

(1) 荷载组合 按极限状态设计时,为保证结构的可靠性而对同时出现的各种荷载设计值的规定。

(2) 荷载设计值 荷载代表值与荷载分项系数的乘积。

(3) 荷载效应 由荷载引起结构或结构构件的反应,例如内力、变形和裂缝等。

(4) 基本组合 承载能力极限状态计算时,永久作用和可变作用的组合。

① 《混凝土结构设计规范》GB50010—2002 的简称,本章下同。

(5) 偶然组合 承载能力极限状态计算时, 永久作用、可变作用和一个偶然作用的组合。

(6) 标准组合 正常使用极限状态计算时, 采用标准值或组合值为荷载代表值的组合。

(7) 频遇组合 正常使用极限状态计算时, 对可变荷载采用频遇值或准永久值为荷载代表值的组合。

(8) 准永久组合 正常使用极限状态计算时, 对可变荷载采用准永久值为荷载代表值的组合。

(9) 建筑结构的等级 根据建筑结构破坏后果的严重程度, 建筑结构划分为三个安全等级。设计时应根据具体情况, 按照表 1.1-1 的规定选用相应的安全等级。

建筑物中各类结构构件的安全等级, 宜与整个结构的安全等级相同, 对其中部分结构构件的安全等级, 可根据其重要程度适当调整, 但不得低于三级。

2. 荷载(效应)组合

建筑结构设计应根据使用过程中在结构上可能同时出现的荷载, 按承载能力极限状态和正常使用极限状态分别进行荷载(效应)组合, 并应取各自的最不利的效应组合进行设计。

3. 承载能力极限状态

对于承载能力极限状态, 应按荷载效应的基本组合或偶然组合进行荷载(效应)组合, 并应采用下列设计表达式进行设计:

$$\gamma_0 S \leq R \quad (1.1-1)$$

式中 γ_0 ——结构重要性系数: 对安全等级为一级或使用年限为 100 年及以上的结构构件, 不应小于 1.1; 对安全等级为二级或设计使用年限为 50 年的结构构件, 不应小于 1.0; 对安全等级为三级或设计使用年限为 5 年的结构构件, 不应小于 0.9; 在抗震设计中, 不考虑结构构件的重要性系数;

S ——荷载效应组合的设计值;

R ——结构构件抗力的设计值, 应按各有关建筑结构设计规范的规定确定。

(1) 对于基本组合, 荷载效应组合的设计值 S 应从下列组合值中取最不利值确定:

1) 由可变荷载效应控制的组合:

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \gamma_{Q1} S_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} \psi_{ci} S_{Qik} \quad (1.1-2)$$

式中 γ_G ——永久荷载的分项系数;

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

S_{Gk} ——按永久荷载标准值 G_k 计算的荷载效应值;

S_{Qik} ——按可变荷载标准值 Q_{ik} 计算的荷载效应值, 其中 S_{Q1k} 为诸可变荷载效应中起控制作用者;

ψ_{ci} ——可变荷载 Q_i 的组合值系数;

n ——参与组合的可变荷载数。

2) 由永久荷载效应控制的组合:

表 1.1-1 建筑结构的等级

安全等级	破坏后果	建筑物类型
一级	很严重	重要的建筑物
二级	严重	一般的建筑物
三级	不严重	次要的建筑物

注: 1. 对特殊的建筑物, 其安全等级应根据具体情况另行确定。

2. 地基基础设计安全等级及按抗震要求设计时, 建筑结构的等级, 尚应符合国家现行有关规范的规定。

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} \psi_{ci} S_{Qik} \quad (1.1-3)$$

基本组合中的设计值仅适用于荷载与荷载效应为线性的情况。

当对 S_{Q1k} 无法明显判断时, 轮次以各可变荷载效应为 S_{Q1k} , 选其中最不利的荷载效应组合。

3) 对于一般排架、框架结构, 基本组合可采用简化规则, 并按下列组合值中取最不利值确定:

①由可变荷载效应控制的组合:

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \gamma_{Q1} S_{Q1k}$$

$$S = \gamma_G S_{Gk} + 0.9 \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} S_{Qik} \quad (1.1-4)$$

②由永久荷载效应控制的组合仍按式 (1.1-3) 式采用。

4) 基本组合的荷载分项系数

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:

a. 当其效应对结构不利时

对由可变荷载效应控制的组合, 应取 1.2。

对由永久荷载效应控制的组合, 应取 1.35。

b. 当其效应对结构有利时的组合, 应取 1.0。

②可变荷载的分项系数:

一般情况下应取 1.4;

对标准值大于 4kN/m^2 的工业房屋楼面结构的活荷载应取 1.3。

对于某些特殊情况, 可按建筑结构有关设计规范的规定确定。

(2) 对于偶然组合, 荷载效应组合的设计值宜按下列规定确定:

偶然荷载的代表值不乘分项系数;

与偶然荷载同时出现的其他荷载可根据观测资料和工程经验采用适当的代表值。

各种情况下荷载效应的设计值公式, 可由有关规范另行规定。

4. 正常使用极限状态

对于正常使用极限状态, 应根据不同的设计要求, 采用荷载的标准组合、频遇组合或准永久组合, 并按下列设计表达式进行设计:

$$S \leq C \quad (1.1-5)$$

式中 C ——结构或结构构件达到正常使用要求的规定限值, 例如变形、裂缝、振幅、加速度、应力等的限值, 应按各有关建筑结构设计规范的规定采用。

(1) 对于标准组合, 荷载效应组合的设计值 S 应按下列式采用:

$$S = S_{Gk} + S_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \psi_{ci} S_{Qik} \quad (1.1-6)$$

组合中的设计值仅适用于荷载与荷载效应为线性的情况。

(2) 对于频遇组合, 荷载效应组合的设计值 S 应按下列式采用:

$$S = S_{Gk} + \psi_{f1} S_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \psi_{qi} S_{Qik} \quad (1.1-7)$$

式中 ψ_n ——可变荷载 Q_1 的频遇值系数;

ψ_{qi} ——可变荷载 Q_i 的准永久值系数。

组合中的设计值仅适用于荷载与荷载效应为线性的情况。

(3) 对于准永久组合, 荷载效应组合的设计值 S 可按式采用:

$$S = S_{Gk} + \sum_{i=1}^n \psi_{qi} S_{Qik} \quad (1.1-8)$$

组合中的设计值仅适用于荷载与荷载效应为线性的情况。

【例 1.1-2】 下列叙述何项为错误 ()

- (A) 建筑物中各类结构构件的安全等级, 必须与整个结构的安全等级相同
- (B) 对于承载能力极限状态, 结构构件应按荷载效应的基本组合或偶然组合
- (C) 对于正常使用极限状态, 结构构件应分别按荷载效应的标准组合、频遇组合或准永久组合
- (D) 对于正常使用极限状态应包括结构或结构构件达到正常使用或耐久性能的某项规定限值

答案: (A)

解答: 据 1.1.2 节 1 (《混凝土规范》第 3.2.2 条) 规定 “……对其中部分结构的安全等级, 可根据其重要程度适当调整”。

【例 1.1-3】 一商城的中厅上空采用钢空腹桁架, 其计算跨度 $l_0 = 21.0\text{m}$, 桁架高度 $h = 3.2\text{m}$ (图 1.1-1)。桁架上弦与下弦杆采用相同的 H 型钢截面尺寸, 竖腹杆也均采用相同的 H 型钢截面尺寸。该桁架上弦节点 10~15 均作用 2 个节点集中荷载 P_{gk} 及 P_{qk} , P_{gk} 为按永久荷载标准值算得的节点荷载, P_{qk} 为按屋面上人活荷载标准值 2.0kN/m^2 算得的节点荷载, $P_{gk} = 30\text{kN}$, $P_{qk} = 60\text{kN}$, 由此算得桁架下弦杆 4-5 的轴向拉力设计值 $N_{4-5} = \underline{\hspace{1cm}} \text{kN}$ 。

- (A) 540 (B) 675 (C) 690 (D) 720

答案: (B)

解答: 空腹桁架属超静定结构, 不易采用手算法计算桁架各杆件的内力。但是, 由于本题仅计算下弦杆 4-5 (或上弦杆 12-13) 的内力, 且本桁架是奇数孔数的空腹桁架, 故可采用手算法计算该杆的内力。

本题由于 $P_{qk}/P_{gk} = 60/30 = 2.0$, 故可判定属于可变荷载效应控制的组合。

由于本题中空腹桁架的上下弦杆及竖腹杆均是左右对称, 可知桁架整体剪力图 (图 1.1-1c) 中的上弦杆 12-13 及下弦杆 4-5 的竖向剪力 $V_{12-13} = V_{4-5} = 0.0$, 相应地上下弦杆 12-13 及 4-5 在左端点 12 及 4 的杆端弯矩也等于零, 即 $M_{12-13} = M_{4-5} = 0.0$, 则下弦杆 4-5 的轴向拉力设计值可由隔离体 (图 1.1-1d) 中对节点 12 的弯矩平衡条件算得。即当支座点 1 处的竖向反力设计值 $R_1 = 3 (1.2P_{gk} + 1.4P_{qk})$

则对节点 12 的弯矩平衡条件算式为:

$$R_1 \times 9.0 - (1.2P_{gk} + 1.4P_{qk})(6.0 + 3.0) = N_{4-5} \times 3.2$$

$$N_{4-5} = \frac{1}{3.2} \times 18(1.2P_{gk} + 1.4P_{qk}) = \frac{1}{3.2} \times 18 (1.2 \times 30 + 1.4 \times 60) \text{kN} = 675 \text{kN}$$