



**2014** 执业资格考试丛书

# 注册结构工程师 专业考试应试指南 (上册)

施岚青 主编

中国建筑工业出版社

执业资格考试丛书

# 注册结构工程师专业 考试应试指南

(上册)

施岚青 主编

中国建筑工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

注册结构工程师专业考试应试指南 (上、下册)/施岚青主编.

北京: 中国建筑工业出版社, 2014. 5

(执业资格考试丛书)

ISBN 978-7-112-16438-7

I. ①注… II. ①施… III. ①建筑结构-工程师-资格考试-自学

参考资料 IV. ①TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 030550 号

本书是依据“考试大纲”规定的考试要求,按照现行有效的规范内容编写的。本书的主要内容是讲述如何准确应用设计规范进行考前复习,包含了:荷载、地震作用、木结构、钢结构、钢筋混凝土结构、砌体结构、地基与基础、高层建筑结构、桥梁结构九章。全面、系统地讲述了各类问题的解题规律和计算技巧。

本书可供参加一、二级注册结构工程师专业考试的考生考前复习使用。本书应与《注册结构工程师专业考试答题指导》配套使用。

\* \* \*

责任编辑:咸大庆 王 跃

责任校对:张 颖

执业资格考试丛书

注册结构工程师专业考试应试指南

施岚青 主编

\*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京建筑工业印刷厂印刷

\*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:94 字数:2283 千字

2014 年 3 月第一版 2014 年 3 月第一次印刷

定价:198.00 元(上、下册)

ISBN 978-7-112-16438-7

(25266)

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)

# 前 言

《注册结构工程师专业考试应试指南》自 2001 年问世以来已有 14 年了,《注册结构工程师专业考试答题指导》自 2008 年问世以来亦已有 7 年了,在这十多年中每年均要改版,这是反映了“注册考试”的特点。这些特点是:

(1)“专业考试”的考题每年均有新的发展,为了紧跟“考题”的前进步伐,需要不断改进;

(2)“结构设计规范”在不断升级换代,为了紧跟《规范》的改版,需要不断改进;

(3)“考生”的培训需求在调整,为了适应“考生”需求的演变,需要不断改进。

为了适应这些特点、每年考后我均要做下列工作:

(1)对考题进行深入研究,观察考题的发展动向,将研究成果反映到《指南》内;

(2)对考生的答题情况进行调查,了解考生对《指南》的改进意见和修改建议;

(3)认真学习新颁布的“结构设计规范”,将新调整的规定落实成《指南》的内容。

经过十多年连续的不断改进,《应试指南》和《答题指导》已取得良好的教学效果,根据考题的难易程度,一般可将专业注册考试的考题分为“难、中、易”三部分,其大致比例为 20%、60%和 20%。根据多年来考后对考题的分析、《应试指南》和《答题指导》所讲述的内容基本上已能很好地覆盖了难度为“中、易”这两部分的内容。也就是说一份考卷中有 80%的考核知识点能从《应试指南》和《答题指导》找到类似或接近的内容和案例。所以连续几年在我帮助下认真学习《应试指南》和《答题指导》的考生不仅及格率高、而且有半数学员是取得高分。多年的教学实践表明本书编写的方式是成功的,编写的内容是成熟的。

2014 年《应试指南》和《答题指导》的主要修改内容是将《建筑地基处理技术规范》JGJ 79—2012 和新版相关桥梁规范的规定反映到本书内。

# 目 录

(上 册)

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 第一章 荷载            | 1   |
| 第一节 荷载效应组合        | 1   |
| 第二节 楼面和屋面活荷载      | 18  |
| 第三节 吊车荷载          | 37  |
| 第四节 雪荷载           | 52  |
| 第五节 风荷载           | 59  |
| 第二章 地震作用          | 94  |
| 第一节 地震影响与地震作用验算   | 94  |
| 第二节 水平地震作用计算      | 114 |
| 第三节 竖向地震作用计算      | 145 |
| 第四节 各类结构的水平地震作用计算 | 149 |
| 第五节 荷载效应与地震效应的组合  | 165 |
| 第三章 木结构           | 169 |
| 第一节 材料 and 设计指标   | 169 |
| 第二节 构件            | 173 |
| 第三节 连接            | 189 |
| 第四节 构造            | 202 |
| 第五节 防火与防护         | 206 |
| 第四章 钢结构           | 210 |
| 第一节 基本设计规定        | 210 |
| 第二节 连接计算          | 219 |
| 第三节 轴心受力构件的计算     | 266 |
| 第四节 受弯构件的计算       | 307 |
| 第五节 拉弯、压弯构件的计算    | 341 |
| 第六节 构件的连接计算       | 379 |
| 第七节 钢结构的疲劳计算      | 409 |
| 第八节 塑性设计          | 417 |
| 第九节 钢与混凝土组合梁      | 424 |
| 第十节 钢管结构          | 428 |
| 第五章 钢筋混凝土结构       | 432 |
| 第一节 一般规定          | 432 |

|     |                      |     |
|-----|----------------------|-----|
| 第二节 | 受弯构件 .....           | 456 |
| 第三节 | 受压构件 .....           | 484 |
| 第四节 | 受拉、受扭、受冲切和局部受压 ..... | 544 |
| 第五节 | 其他结构构件 .....         | 587 |
| 第六节 | 正常使用极限状态 .....       | 636 |
| 第七节 | 混凝土结构构件抗震设计 .....    | 648 |
| 第八节 | 预应力混凝土结构构件 .....     | 651 |

(下 册)

|            |                        |             |
|------------|------------------------|-------------|
| <b>第六章</b> | <b>砌体结构 .....</b>      | <b>679</b>  |
| 第一节        | 房屋的静力计算 .....          | 679         |
| 第二节        | 无筋砌体构件的承载力计算 .....     | 694         |
| 第三节        | 砌块砌体构件的承载力计算 .....     | 734         |
| 第四节        | 构造要求 .....             | 751         |
| 第五节        | 圈梁、过梁、墙梁和挑梁 .....      | 769         |
| 第六节        | 配筋砖砌体构件的承载力计算 .....    | 795         |
| 第七节        | 配筋砌块砌体构件的承载力计算 .....   | 814         |
| <b>第七章</b> | <b>地基与基础 .....</b>     | <b>824</b>  |
| 第一节        | 地基设计原则 .....           | 824         |
| 第二节        | 地基岩土的工程特性指标 .....      | 831         |
| 第三节        | 土中应力计算 .....           | 845         |
| 第四节        | 地基承载力 .....            | 864         |
| 第五节        | 土的压缩性与地基沉降计算 .....     | 883         |
| 第六节        | 挡土墙与稳定性验算 .....        | 903         |
| 第七节        | 浅基础设计 .....            | 923         |
| 第八节        | 桩基础 .....              | 967         |
| 第九节        | 软弱地基处理 .....           | 1013        |
| 第十节        | 场地、液化土和地基基础的抗震验算 ..... | 1047        |
| <b>第八章</b> | <b>高层建筑结构 .....</b>    | <b>1069</b> |
| 第一节        | 结构设计的基本规定 .....        | 1069        |
| 第二节        | 结构计算分析 .....           | 1095        |
| 第三节        | 框架结构 .....             | 1121        |
| 第四节        | 剪力墙结构 .....            | 1163        |
| 第五节        | 框架-剪力墙结构 .....         | 1221        |
| 第六节        | 筒体结构 .....             | 1250        |
| 第七节        | 底层大空间剪力墙结构 .....       | 1269        |
| <b>第九章</b> | <b>桥梁结构 .....</b>      | <b>1298</b> |
| 第一节        | 桥梁结构的总体布置 .....        | 1298        |
| 第二节        | 桥梁上的作用和作用效应组合 .....    | 1313        |

|     |                    |      |
|-----|--------------------|------|
| 第三节 | 行车道板的计算 .....      | 1334 |
| 第四节 | 钢筋混凝土简支梁桥的计算 ..... | 1346 |
| 第五节 | 拱桥 .....           | 1381 |
| 第六节 | 桥梁墩台 .....         | 1406 |
| 第七节 | 桥梁钢筋混凝土结构 .....    | 1463 |
| 第八节 | 桥梁抗震 .....         | 1478 |
| 后记  | .....              | 1491 |

# 第一章 荷 载

《考试大纲》的要求

|    | 一 级                                                                  | 二 级                                                               |
|----|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 掌握 | 建筑结构、桥梁结构和高耸结构的荷载分类和组合及常用结构的静力计算方法<br>掌握风荷载的取值标准和计算方法<br>掌握荷载效应的组合方法 | 建筑结构及一般高耸结构的荷载分类和组合及常用结构的静力计算方法<br>掌握风荷载的取值标准和计算方法<br>掌握荷载效应的组合方法 |
| 了解 | 了解竖向荷载、风荷载对高层建筑结构和高耸结构的影响                                            | 了解竖向荷载、风荷载高层建筑结构和高耸结构的影响                                          |

本章所用《规范》除另有说明外，均指《建筑结构荷载规范》。

## 第一节 荷载效应组合

当整个结构或结构的一部分进入某一特定状态，而不能满足设计规定的某种功能要求时，则称此特定状态为结构对该功能的极限状态。结构的极限状态往往以结构的某种荷载效应，如内力、应力、变形等超过规定的标志值为依据。根据设计中要考虑的结构功能，结构的极限状态在原则上可分为承载能力极限状态和正常使用极限状态两类。对承载能力极限状态，一般是以结构内力超过其承载能力为依据；对正常使用极限状态，一般是以结构的变形、裂缝超过设计允许的限值为依据。有时在设计中也经常采用结构内的应力控制来保证结构满足正常使用的要求。

《荷载规范》规定：

**3.2.1** 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组合，并应取各自的最不利的效应组合进行设计。

### 一、承载能力极限状态的荷载效应组合

《荷载规范》规定：

**3.2.2** 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计算荷载组合的效应设计值，并应采用下列设计表达式进行设计：

$$\gamma_0 S \leq R_d \tag{3.2.2}$$

式中  $\gamma_0$ ——结构重要性系数，应按各有关建筑结构设计规范的规定采用；  
 $S$ ——荷载组合的效应设计值；  
 $R_d$ ——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. 结构重要性系数 $\gamma_0$

《混凝土结构设计规范》的规定：

**3.3.2** 对持久设计状况、短暂设计状况和地震设计状况，当用内力的形式表达时，结构构件应采用下列承载力极限状态设计表达式：

$$\gamma_0 S \leq R \quad (3.3.2-1)$$

$$R = R(f_c, f_s, a_k, \dots) / \gamma_{Rd} \quad (3.3.2-2)$$

式中： $\gamma_0$ ——结构重要性系数：在持久设计状况和短暂设计状况下，对安全等级为一级的结构构件不应小于 1.1，对安全等级为二级的结构构件不应小于 1.0；对安全等级为三级的结构构件不应小于 0.9；对地震设计状况下应取 1.0；

$S$ ——承载力极限状态下作用组合的效应设计值；对持久设计状况和短暂设计状况应按作用的基本组合计算；对地震设计状况应按作用的地震组合计算；

$R$ ——结构构件的抗力设计值；

$R(\cdot)$ ——结构构件的抗力函数；

$\gamma_{Rd}$ ——结构构件的抗力模型不定性系数：静力设计取 1.0，对不确定性较大的结构构件根据具体情况取大于 1.0 的数值；抗震设计应用承载力抗震调整系数  $\gamma_{RE}$  代替  $\gamma_{Rd}$ ；

$f_c$ 、 $f_s$ ——混凝土、钢筋的强度设计值，应根据本规范第 4.1.4 条及第 4.2.3 条的规定取值；

$a_k$ ——几何参数的标准值，当几何参数的变异性对结构性能有明显的不利影响时，应增减一个附加值。

注：公式 (3.3.2-1) 中的  $\gamma_0 S$  为内力设计值，在本规范各章中用  $N$ 、 $M$ 、 $V$ 、 $T$  等表达。

《钢结构设计规范》的规定：

**3.2.1** 设计钢结构时，荷载的标准值、荷载分项系数、荷载组合值系数、动力荷载的动力系数等，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用。

结构的重要性系数  $\gamma_0$  应按现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068 的规定采用，其中对设计使用年限为 25 年的结构构件， $\gamma_0$  不应小于 0.95。

《砌体结构设计规范》的规定：

**4.1.5** 砌体结构按承载力极限状态设计时，应按下列公式中最不利组合进行计算：

$$\gamma_0 (1.2S_{Gk} + 1.4\gamma_L S_{Q1k} + \gamma_L \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} \psi_{ci} S_{Qi k}) \leq R(f, a_k, \dots) \quad (4.1.5-1)$$

$$\gamma_0 (1.35S_{Gk} + 1.4\gamma_L \sum_{i=1}^n \psi_{ci} S_{Qi k}) \leq R(f, a_k, \dots) \quad (4.1.5-2)$$

式中  $\gamma_0$ ——结构重要性系数。对安全等级为一级或设计使用年限为 50a 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 50a 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 1~5a 的结构构件，不应小于 0.9；

$\gamma_L$ ——结构构件的抗力模型不定性系数。对静力设计，考虑结构设计使用年限的荷载调整系数，设计使用年限为 50a，取 1.0；设计使用年限为 100a，取 1.1；

$S_{Gk}$ ——永久荷载标准值的效应；

$S_{Q1k}$ ——在基本组合中起控制作用的一个可变荷载标准值的效应；

$S_{Qi k}$ ——第  $i$  个可变荷载标准值的效应；

$R(\cdot)$ ——结构构件的抗力函数；

$\gamma_{Qi}$ ——第  $i$  个可变荷载的分项系数；

$\psi_{ci}$ ——第  $i$  个可变荷载的组合值系数。一般情况下应取 0.7；对书库、档案库、储藏室或通风机房、电梯机房应取 0.9；

$f$ ——砌体的强度设计值， $f = f_k / \gamma_f$ ；

$f_k$ ——砌体的强度标准值， $f_k = f_m - 1.645\sigma_f$ ；

$\gamma_f$ ——砌体结构材料性能分项系数，一般情况下，宜按施工控制等级为 B 级考虑，取  $\gamma_f = 1.6$ ；当为 C 级时，取  $\gamma_f = 1.8$ ；当为 A 级时，取  $\gamma_f = 1.5$ ；

$f_m$ ——砌体的强度平均值，可按本规范附录 B 的方法确定；

$\sigma_f$ ——砌体强度的标准差；

$\alpha_k$ ——几何参数标准值。

注：1 当楼面活荷载标准值大于  $4\text{kN/m}^2$  时，式中系数 1.4 应为 1.3；

2 施工质量控制等级划分要求，应符合现行国家标准《砌体工程施工质量验收规范》GB 50203 的规定。

《木结构设计规范》的规定：

#### 4.1.7 结构重要性系数 $\gamma_0$ 可按下列规定采用：

- 1 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，不应小于 1.1；对安全等级为一级且设计使用年限又超过 100 年的结构构件，不应小于 1.2；
- 2 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；
- 3 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，对设计使用年限为 25 年的结构构件，不应小于 0.95。

## 2. 基本组合

《荷载规范》的规定：

### 3.2.3 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) 由可变荷载控制的效应设计值，应按下式进行计算：

$$S = \sum_{j=1}^m \gamma_{Gj} S_{Gjk} + \gamma_{Q1} \gamma_{L1} S_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} \gamma_{Li} \psi_{ci} S_{Qi k} \quad (3.2.3-1)$$

式中  $\gamma_{Gj}$ ——第  $j$  个永久荷载的分项系数，应按本规范第 3.2.4 条采用；

$\gamma_{Qi}$ ——第  $i$  个可变荷载的分项系数，其中  $\gamma_{Q1}$  为主导可变荷载  $Q_1$  的分项系数，应按第 3.2.4 条采用；

- $\gamma_{Li}$ ——第  $i$  个可变荷载考虑设计使用年限的调整系数, 其中  $\gamma_{L1}$  为主导可变荷载  $Q_1$  考虑设计使用年限的主导可变荷载  $Q_1$  考虑设计使用年限的调整系数;
- $S_{Gjk}$ ——按第  $j$  个永久荷载标准值  $G_{jk}$  计算的荷载效应值;
- $S_{Qik}$ ——按第  $i$  个可变荷载标准值  $Q_{ik}$  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;
- $\psi_{ci}$ ——第  $i$  个可变荷载  $Q_i$  的组合值系数;
- $m$ ——参与组合的永久荷载数;
- $n$ ——参与组合的可变荷载数。

2) 由永久荷载控制的效应设计值, 应按下式进行计算:·

$$S = \sum_{j=1}^m \gamma_{Gj} S_{Gjk} + \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} \gamma_{Li} \psi_{ci} S_{Qik} \quad (3.2.3-2)$$

注: 1 基本组合中的效应设计值仅适用于荷载与荷载效应为线性的情况。

2 当对  $S_{Q1k}$  无法明显判断时, 应轮次以各可变荷载效应为  $S_{Q1k}$ , 选其中最不利的荷载组合的效应设计值。

3.2.4 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:

1) 当其效应对结构不利时:

——一对由可变荷载效应控制的组合, 应取 1.2;

——一对由永久荷载效应控制的组合, 应取 1.35。

2) 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;

——一对标准值大于  $4\text{kN/m}^2$  的工业房屋楼面结构的活荷载应取 1.3。

3 对结构的倾覆、滑移或漂浮验算, 荷载的分项系数应按有关的结构设计规范的规定确定。

3.2.5 可变荷载考虑设计使用年限的调整系数  $\gamma_L$  应按下列规定采用:

1 楼面和屋面活荷载考虑设计使用年限的调整系数  $\gamma_L$  应按表 3.2.5 采用。

楼面和屋面活荷载考虑设计使用年限的调整系数  $\gamma_L$  表 3.2.5

| 结构设计使用年限 (年) | 5   | 50  | 100 |
|--------------|-----|-----|-----|
| $\gamma_L$   | 0.9 | 1.0 | 1.1 |

注: 1 当设计使用年限不为表中数值时, 调整系数  $\gamma_L$  可按线性内插确定;

2 对于荷载标准值可控制的活荷载, 设计使用年限调整系数  $\gamma_L$  取 1.0。

2 对雪荷载和风荷载, 应取重现期为设计使用年限, 按本规范第 E.3.3 条的规定确定基本雪压和基本风压, 或按有关规范的规定采用。

《建筑结构可靠度设计统一标准》的规定:

7.0.4 荷载分项系数应按下列规定采用:

2 第 1 个和第  $i$  个可变荷载分项系数  $\gamma_{Q1}$  和  $\gamma_{Qi}$ , 当可变荷载效应对结构构件的承载能力不利时, 在一般情况下应取 1.4; 当可变荷载效应对结构构件的承载能力有利时, 应取为 0。

《砌体结构设计规范》的规定：

**4.1.5** 注：1 当工业建筑楼面活荷载标准值大于  $4\text{kN/m}^2$  时，式中系数 1.4 应为 1.3；

《建筑地基基础设计规范》的规定：

**3.0.6** 对由永久作用控制的基本组合，也可采用简化规则，荷载基本组合的效应设计值  $S_d$  按下式确定：

$$S_d = 1.35S_k \quad (3.0.6-4)$$

式中  $S_k$ ——标准组合的作用效应设计值。

**【例 1.1.1】** 荷载组合设计值

**条件：**某工厂工作平台静重  $5.4\text{kN/m}^2$ ，活载  $2.0\text{kN/m}^2$ 。

**要求：**荷载组合设计值。

**答案：**(1) 以永久荷载控制，静载分项系数取 1.35，活载分项系数取 1.4，荷载组合系数 0.7

$$1.35 \times 5.4 + 1.4 \times 0.7 \times 2 = 9.25\text{kN/m}^2$$

(2) 以可变荷载控制，荷载组合设计值为静载分项系数取 1.2，活载分项系数取 1.4，

$$1.2 \times 5.4 + 1.4 \times 2 = 9.28\text{kN/m}^2$$

本题关键在于荷载分项系数及组合值系数取值问题，从直观看题，永久荷载值大于可变荷载 2.7 倍，容易误解为当属永久荷载控制。实则不然，经轮次试算对比，本题仍应由可变荷载控制。

**【例 1.1.2】** 屋面板纵肋跨中弯矩的基本组合设计值

**条件：**某厂房采用  $1.5\text{m} \times 6\text{m}$  的大型屋面板，卷材防水保温屋面，设计使用年限 50 年，永久荷载标准值为  $2.7\text{kN/m}^2$ ，不上人的屋面活荷载为  $0.7\text{kN/m}^2$ ，屋面积灰荷载为  $0.5\text{kN/m}^2$ ，雪荷载为  $0.4\text{kN/m}^2$ ，已知纵肋的计算跨度  $l = 5.87\text{m}$ 。

**要求：**求纵肋跨中弯矩的基本组合设计值。

**答案：**(1) 荷载标准值：

① 永久荷载为

$$G_k = 2.7 \times 1.5 / 2 = 2.025\text{kN/m}$$

② 可变荷载为

屋面活荷载（不上人）  $Q_{1k} = 0.7 \times 1.5 / 2 = 0.525\text{kN/m}$

积灰荷载  $Q_{2k} = 0.5 \times 1.5 / 2 = 0.375\text{kN/m}$

雪荷载  $Q_{3k} = 0.4 \times 1.5 / 2 = 0.3\text{kN/m}$

(2) 荷载效应组合。

屋面均布活荷载不应与雪荷载同时组合，5.4.3 条，积灰荷载应与雪荷载或不上人的屋面均布活荷载两者中的较大值同时考虑。故采用以下几种组合方式进行荷载组合，并取其最大值作为设计值。

① 由永久荷载控制的效应设计值

由《规范》式(3.2.3-2)可得纵肋跨中弯矩设计值为

$$\begin{aligned}
M &= \gamma_G M_{G_k} + \gamma_{Q_1} \gamma_{L_1} \psi_{c1} M_{1k} + \gamma_{Q_2} \gamma_{L_2} \psi_{c2} M_{2k} \\
&= 1.35 \times \frac{1}{8} G_{1k} l^2 + 1.4 \times 1.0 \times 0.7 \times \frac{1}{8} Q_{1k} l^2 + 1.4 \times 0.9 \times \frac{1}{8} Q_{2k} l^2 \\
&= \left( 1.35 \times \frac{1}{8} \times 2.025 \times 5.87^2 + 1.4 \times 1.0 \times 0.7 \times \frac{1}{8} \times 0.525 \times 5.87^2 \right. \\
&\quad \left. + 1.4 \times 0.9 \times \frac{1}{8} \times 0.375 \times 5.87^2 \right) \text{kN} \cdot \text{m} \\
&= 16.03 \text{kN} \cdot \text{m}
\end{aligned}$$

② 由可变荷载控制的效应设计值

$$S = \sum_{j=1}^m \gamma_{G_j} S_{G_{jk}} + \gamma_{Q_1} \gamma_{L_1} S_{Q_{1k}} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Q_i} \gamma_{L_i} \psi_{ci} S_{Q_{ik}}$$

由《规范》式(3.2.3-1)并分别采用屋面活荷载与积灰荷载作为第一可变荷载进行组合。计算弯矩设计值如下:

屋面活载为第一可变荷载规范第4.4.1条积灰荷载组合值系数取0.9。

$$\begin{aligned}
M &= \gamma_G M_{G_k} + \gamma_{Q_1} \gamma_{L_1} M_{1k} + \gamma_{Q_2} \gamma_{L_2} \psi_{c2} M_{2k} \\
&= 1.2 \times \frac{1}{8} G_{1k} l^2 + 1.4 \times 1.0 \times \frac{1}{8} Q_{1k} l^2 + 1.4 \times 1.0 \times 0.9 \times \frac{1}{8} Q_{2k} l^2 \\
&= \left( 1.2 \times \frac{1}{8} \times 2.025 \times 5.87^2 + 1.4 \times 1.0 \times \frac{1}{8} \times 0.525 \times 5.87^2 \right. \\
&\quad \left. + 1.4 \times 1.0 \times 0.9 \times \frac{1}{8} \times 0.375 \times 5.87^2 \right) \text{kN} \cdot \text{m} \\
&= 15.67 \text{kN} \cdot \text{m}
\end{aligned}$$

屋面积灰荷载作为第一可变荷载

$$\begin{aligned}
M &= 1.2 \times \frac{1}{8} G_{1k} l^2 + 1.4 \times 1.0 \times \frac{1}{8} Q_{2k} l^2 + 1.4 \times 1.0 \times 0.7 \times \frac{1}{8} Q_{1k} l^2 \\
&= \left( 1.2 \times \frac{1}{8} \times 2.025 \times 5.87^2 + 1.4 \times 1.0 \times \frac{1}{8} \times 0.375 \times 5.87^2 \right. \\
&\quad \left. + 1.4 \times 1.0 \times 0.7 \times \frac{1}{8} \times 0.525 \times 5.87^2 \right) \text{kN} \cdot \text{m} \\
&= 14.94 \text{kN} \cdot \text{m}
\end{aligned}$$

对以上计算结果比较可知,由永久荷载控制的组合弯矩计算结果最大,故将其作为荷载效应的设计值。

### 【例 1.1.3】梁端弯矩组合值计算

**条件:**对位于非地震区的某大楼横梁进行内力分析。已知设计使用年限为50年,求得在永久荷载标准值、楼面活荷载标准值、风荷载标准值的分别作用下,该梁梁端弯矩标准值分别为  $M_{Gk}=10\text{kN}\cdot\text{m}$ 、 $M_{Q_{1k}}=12\text{kN}\cdot\text{m}$ 、 $M_{Q_{2k}}=4\text{kN}\cdot\text{m}$ 。楼面活荷载的组合值系数为0.7,风荷载的组合值系数为0.6。

**要求:**确定该横梁在按承载力极限状态基本组合时的梁端弯矩设计值  $M$ 。

**答案:**当可变荷载效应起控制作用时

$$M = 1.2 \times 10 + 1.4 \times 1.0 \times 12 + 1.4 \times 0.6 \times 4 = 32.16 \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{或} \quad M = 1.2 \times 10 + 1.4 \times 1.0 \times 0.7 \times 12 + 1.4 \times 4 = 29.36 \text{kN} \cdot \text{m}$$

当永久荷载效应起控制作用时

$$M=1.35 \times 10 + 1.4 \times 1.0 \times 0.7 \times 12 + 0.6 \times 1.4 \times 4 = 28.62 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

取大值

$$M=32.16 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

#### 【例 1.1.4】 轴压力组合值计算

条件：有一在非地震区的办公楼顶层柱，设计使用年限 100 年。经计算，已知在永久荷载标准值、屋面活荷载标准值、风荷载标准值及雪荷载标准值分别作用下引起的该柱轴向压力标准值为  $N_{\text{GK}}=40\text{kN}$ 、 $N_{\text{QK}}=12\text{kN}$ 、 $N_{\text{WK}}=4\text{kN}$  和  $N_{\text{SK}}=1\text{kN}$ 。屋面活荷载、风荷载和雪荷载的组合值系数分别为 0.7、0.6、0.7。

要求：确定该柱在按承载能力极限状态基本组合时的轴向压力设计值  $N$ 。

答案：屋面活荷载不与雪荷载同时组合。可变荷载起控制作用

$$N=1.2 \times 40 + 1.4 \times 1.1 \times 12 + 0.6 \times 1.4 \times 4 = 69.84 \text{ kN}$$

永久荷载效应起控制作用

$$N=1.35 \times 40 + 1.4 \times 1.1 \times 0.7 \times 12 + 0.6 \times 1.4 \times 4 = 70.296$$

本题是永久荷载起控制作用，取  $N=70.296$ 。

#### 【例 1.1.5】 弯矩设计值计算

条件：一梁设计使用年限 100 年，跨中截面在永久荷载和楼面活荷载（楼面活荷载标准值为  $6\text{kN/m}^2$ ）作用下的效应标准值为： $M_{\text{GK}}=200\text{kN} \cdot \text{m}$ ， $M_{\text{QK}}=150\text{kN} \cdot \text{m}$ ，组合系数 0.7

要求：确定弯矩的组合设计值。

答案：（1）当楼面为民用建筑楼面时

$$M=1.2 \times 200 + 1.4 \times 1.1 \times 150 = 471 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M=1.35 \times 200 + 1.4 \times 1.1 \times 0.7 \times 150 = 431.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

取  $M=450\text{kN} \cdot \text{m}$ 。

（2）当楼面为工业建筑楼面时，根据《荷载规范》3.2.5 条及条文说明， $\gamma_L$  取 1.0，

$$M=1.2 \times 200 + 1.3 \times 1.0 \times 150 = 435 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M=1.35 \times 200 + 1.3 \times 1.0 \times 0.7 \times 150 = 406.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

取  $M=435\text{kN} \cdot \text{m}$ 。

#### 【例 1.1.6】 剪力设计值计算

条件：一梁设计使用年限 50 年，支座截面在永久荷载和楼面活荷载（楼面活荷载标准值为  $4\text{kN/m}^2$ ）作用下的效应标准值为  $V_{\text{GK}}=100\text{kN}$ ， $V_{\text{QK}}=35\text{kN}$ 。

要求：确定剪力的组合设计值。

答案：（1）当楼面为民用建筑楼面时  $V=1.2 \times 100 + 1.4 \times 1.0 \times 35 = 169\text{kN}$

$$V=1.35 \times 100 + 1.4 \times 1.0 \times 0.7 \times 35 = 169.3\text{kN}$$

取  $V=169.3\text{kN}$ 。

（2）当楼面为工业建筑楼面时

$$V=1.2 \times 100 + 1.4 \times 1.0 \times 35 = 169.3\text{kN}$$

$$V=1.35 \times 100 + 1.4 \times 1.0 \times 0.7 \times 35 = 169.35\text{kN}$$

取  $V=169.3\text{kN}$ 。

【例 1.1.7】悬臂外伸梁的跨中最大弯矩计算

条件：某悬臂外伸梁(图 1.1.1)，设计使用年限 50 年，跨度  $l=6\text{m}$ ，伸臂的外挑长度  $a=2\text{m}$ ，截面尺寸  $b\times h=250\text{mm}\times 500\text{mm}$ ，承受永久荷载标准值  $g_k=20\text{kN/m}$ ，可变荷载标准值  $q_k=10\text{kN/m}$ 。组合值系数  $\psi_c=0.7$ 。

要求：AB 跨中的最大弯矩。

答案：AB 跨的荷载： $1.35\times 20+1.4\times 1.0\times 0.7\times 10=36.8\text{kN/m}$

$1.2\times 20+1.4\times 1.0\times 10=38\text{kN/m}$ ，取  $38\text{kN/m}$

BC 跨的荷载：取  $1.0\times 20+0\times 10=20\text{kN/m}$

$$R_A = \frac{\frac{1}{2} \times 38 \times 6^2 - \frac{1}{2} \times 20 \times 2^2}{6} = 107.33\text{kN}$$
$$x = \frac{R_A}{38} = \frac{107.33}{38} = 2.824\text{m}$$

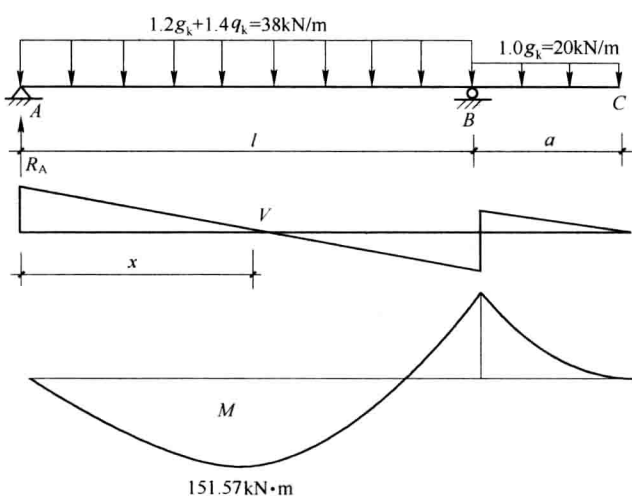


图 1.1.1

$$M_{\max} = R_A x - \frac{1}{2} \times 38 x^2$$
$$= 107.33 \times 2.824 - \frac{1}{2} \times 38 \times 2.824^2$$
$$= 151.57\text{kN} \cdot \text{m}$$

【例 1.1.8】弯矩和轴力组合值

条件：某框架设计使用年限 50 年，各种荷载作用下产生的横向框架柱柱顶截面的弯矩和轴向力标准值汇总于表 1.1.1 内。

柱顶截面弯矩和轴力 表 1.1.1

| 项次 | 荷载名称  |          | $M(\text{kN} \cdot \text{m})$ | $N(\text{kN})$ |
|----|-------|----------|-------------------------------|----------------|
| 1  | $G_k$ | 恒荷载      | -123.7                        | +148.2         |
| 2  | $Q_k$ | 屋面均布活荷载  | -17.6                         | +16.8          |
| 3  | $W_k$ | 风荷载(左来风) | -8.2                          | +1.3           |
| 4  |       | 风荷载(右来风) | +8.2                          | -1.3           |

要求：内力组合值

分析：(1) 内力组合值应考虑下列四种基本组合

① $-M_{\max}$ 及相应 $N$ ；② $+M_{\max}$ 及相应 $N$ ；③ $N_{\max}$ 及相应 $-M$ ；④ $N_{\max}$ 及相应 $+M$

(2) 可能出现的对结构不利的组合式

1) 由永久荷载效应控制的组合

a)  $1.35S_{GK}$

b)  $1.35S_{GK}+1.4\times1.0\times0.7S_{QK}$

c)  $1.35S_{GK}+1.4\times0.6S_{WK}$

d)  $1.35S_{GK}+1.4\times1.0\times0.7S_{QK}+1.4\times0.6S_{WK}$

2) 由可变荷载效应控制的组合

a)  $1.2$  (或  $1.0$ )  $S_{GK}+1.4\times1.0\times S_{QK}$

b)  $1.2$  (或  $1.0$ )  $S_{GK}+1.4S_{WK}$

c)  $1.2$  (或  $1.0$ )  $S_{GK}+1.4\times1.0S_{QK}+1.4\times0.6S_{WK}$

d)  $1.2$  (或  $1.0$ )  $S_{GK}+1.4S_{WK}+1.4\times1.0\times0.7S_{QK}$

(3) 分析表 1.1.1 内数据知

1) 下列二种效应组合情况完全相同：① $-M_{\max}$ 及相应 $N$ 、③ $N_{\max}$ 及相应 $-M$ ，下列二种效应组合可不考虑：② $+M_{\max}$ 及相应 $N$ 、④ $N_{\max}$ 及相应 $+M$

2) 永久荷载效应控制的组合：

对左来风，组合 d) 为最不利。

对右来风，组合 b) 为最不利。

3) 可变荷载效应控制的组合：恒荷载的荷载分项系数取  $\gamma_G=1.2$  为最不利。

对左来风，组合 c)、组合 d) 均可能成为最不利。

对右来风，组合 b) 为最不利。

答案：(1) 左来风

1) 由永久荷载效应控制的组合：

$$-M_{\max}=-1.35\times123.7-1.4\times1.0\times0.7\times17.6-1.4\times0.6\times8.2=-191.1\text{kN}\cdot\text{m}$$

$$N=1.35\times148.2+1.4\times1.0\times0.7\times16.8+1.4\times0.6\times1.3=217.6\text{kN}$$

2) 由可变荷载效应控制的组合： $\gamma_G=1.2$

$$-M_{\max}=-1.2\times123.7-1.4\times1.0\times17.6-0.6\times1.4\times8.2=-180.0\text{kN}\cdot\text{m}$$

$$N=1.2\times148.2+1.4\times1.0\times16.8+0.6\times1.4\times1.3=202.5\text{kN}$$

$$-M_{\max}=-1.2\times123.7-1.4\times1.0\times0.7\times17.6-1.4\times8.2=-177.2\text{kN}\cdot\text{m}$$

$$N=1.2\times148.2+1.4\times1.0\times0.7\times16.8+1.4\times1.3=196.1\text{kN}$$

取  $M=-191.1\text{kN}\cdot\text{m}$ 、 $N=217.6\text{kN}$

(2) 右来风

1) 由永久荷载效应控制的组合：

$$-M_{\max}=-1.35\times123.7-1.4\times1.0\times0.7\times17.6=-184.2\text{kN}\cdot\text{m}$$

$$N=1.35\times148.2+1.4\times1.0\times0.7\times16.8=216.5\text{kN}$$

2) 由可变荷载效应控制的组合： $\gamma_G=1.2$

$$-M_{\max} = -1.2 \times 123.7 - 1.4 \times 1.0 \times 17.6 = -173.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N = 1.2 \times 148.2 + 1.4 \times 1.0 \times 16.8 = 201.4 \text{ kN}$$

取  $M = -184.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 、 $N = 216.5 \text{ kN}$

讨论:

各种荷载作用下产生的横向框架柱柱顶截面弯矩和轴向力标准值调整后汇总于表 1.1.2 内。由风荷载产生的轴力  $N=0$  外, 其他数据和上题完全相同。

柱顶截面弯矩和轴力

表 1.1.2

| 项次 | 荷载名称  |           | $M$ (kN·m) | $N$ (kN) |
|----|-------|-----------|------------|----------|
| ①  | $G_k$ | 恒荷载       | -123.7     | 148.2    |
| ②  | $Q_k$ | 屋面均布活荷载   | -17.6      | 16.8     |
| ③  | $W_k$ | 风荷载 (左来风) | -8.2       | 0.0      |

①由永久荷载效应控制的组合:

$$-M_{\max} = -1.35 \times 123.7 - 1.4 \times 1.0 \times 0.7 \times 17.6 - 0.6 \times 1.4 \times 8.2 = -191.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N = 1.35 \times 148.2 + 1.4 \times 1.0 \times 0.7 \times 16.8 + 0.6 \times 1.4 \times 0 = 216.5 \text{ kN}$$

②由可变荷载效应控制的组合:  $\gamma_G = 1.2$

$$-M_{\max} = -1.2 \times 123.7 - 1.4 \times 1.0 \times 17.6 - 0.6 \times 1.4 \times 8.2 = -180.0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N = 1.2 \times 148.2 + 1.4 \times 1.0 \times 16.8 + 0.6 \times 1.4 \times 0 = 201.4 \text{ kN}$$

$$-M_{\max} = -1.2 \times 123.7 - 1.4 \times 1.0 \times 0.7 \times 17.6 - 1.4 \times 8.2 = -177.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N = 1.2 \times 148.2 + 1.4 \times 1.0 \times 0.7 \times 16.8 + 1.4 \times 0 = 194.3 \text{ kN}$$

取  $M = -191.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 、 $N = 216.5 \text{ kN}$

应该注意的是最后一项计算、公式  $1.2S_{GK} + 1.4 \times 1.0 \times 0.7S_{QK} + 1.4 \times 0.6S_{WK}$  中的  $S_{WK} = 0$ , 实际进入运算的内容是  $1.2S_{GK} + 1.4 \times 1.0 \times 0.7S_{QK}$ , 但式中的组合式系数  $\psi_c = 0.7$  是不能遗忘的。

【例 1.1.9】排架柱底弯矩的基本组合设计值(一)

条件: 某单跨厂房排架, 设计使用年限 100 年, 有桥式吊车(中级工作制), A 柱柱底在几种荷载作用下的弯矩标准值为: 恒载  $M_{GK} = 23 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ; 风荷载  $M_{1K} = 107 \text{ kN} \cdot \text{m}$  (在几种可变荷载中, 风荷载在 A 柱柱底产生的效应最大); 屋面活荷载  $M_{2K} = 2 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ; 吊车竖向荷载  $M_{3K} = 13 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ; 吊车水平荷载  $M_{4K} = 36 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 。

要求: 试求 A 柱柱底基本组合弯矩设计值。

答案: (1) 由永久荷载控制的组合

由《规范》式(3.2.3-2)及 3.2.5 条可得 A 柱柱底组合弯矩值为

$$M = [1.35 \times 23 + 1.4 \times 0.7 \times (1.1 \times 2 + 13 + 36) + 1.4 \times 0.6 \times 107] \text{ kN} \cdot \text{m} = 171.11 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

(2) 由可变荷载控制的组合

① 风荷载作为第一可变荷载

$$M = [1.2 \times 23 + 1.4 \times 107 + 1.4 \times 0.7 \times (1.1 \times 2 + 13 + 36)] \text{ kN} \cdot \text{m} = 227.58 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

② 吊车水平荷载作为第一可变荷载

$$M = [1.2 \times 23 + 1.4 \times 36 + 1.4 \times 0.7 \times (1.1 \times 2 + 13) + 1.4 \times 0.6 \times 107] \text{ kN} \cdot \text{m}$$