

建筑结构设计新规范 综合应用手册

- 结构计算
- 构造规定
- 综合五种新规范

陈富生 编著

中国建筑工业出版社

目 录

前言

第一章 荷载组合公式 1

说明 1

第一节 验算结构构件及地基承载力

的荷载组合一般式 1

一、非抗震建筑结构的荷载组合

一般式 2

二、抗震建筑结构的荷载组合一般式 3

第二节 验算结构及构件和地基变形

的荷载组合一般式 3

一、验算梁板挠度及裂缝宽度的

荷载组合一般式 3

二、验算结构水平位移的荷载组合 3

三、验算基础沉降及倾斜的荷载

组合一般式 4

第三节 荷载分项系数及荷载组合值

系数 4

第四节 地震作用组合中关于风荷载

及竖向地震作用的考虑 5

一、抗震规范的规定 5

二、高层规程的规定 5

第五节 荷载组合的直接算式 6

一、验算承载力时荷载组合的直接

算式 6

二、验算变形时荷载组合的直接

算式 6

第二章 风荷载及地震作用标准值

的计算和水平位移限值 9

说明 9

第一节 风荷载标准值计算 11

第二节 抗震建筑的分类及需作地震

作用计算的建筑 14

一、抗震建筑的分类 14

二、需作地震作用计算的建筑 15

第三节 建筑场地类别的确定 15

一、建筑场地类别的确定 15

二、场地上类型的确定 15

第四节 多遇地震作用（小震）下

水平地震作用的计算方法及

地震影响系数 17

一、水平地震作用的计算方法 17

二、水平地震影响系数 α 17

第五节 底部剪力法计算水平地震

作用标准值 20

一、底部总水平地震作用标准值 F_{EK} 20

二、质点 i 处的水平地震作用标准

值 F_i 21

三、小塔楼的水平地震作用标准值

F_n' 21

第六节 振型分解反应谱法计算水平

地震作用标准值 22

一、不考虑扭转耦连振动的影响 22

二、考虑扭转耦连振动影响 23

第七节 弹性时程分析法计算水平

地震作用标准值 25

一、宜用弹性时程分析法计算的抗震

建筑 25

二、弹性时程分析法的最小底部剪力 25

第八节 多遇地震（小震）作用下

的竖向地震作用标准值 27

一、要考虑竖向地震作用的建筑 27

二、高层建筑的竖向地震作用标准值 27

三、8度和9度的大跨度及长悬臂

结构的竖向地震作用标准值 28

第九节 风载及水平地震作用下的

弹性水平位移限值 29

第十节 罕遇地震作用（大震）下弹

塑性层间位移计算及其限值 29

一、宜验算薄弱层及弹塑性层间

位移的结构 29

二、结构薄弱层层间弹塑性位移的

限值 31

三、层间弹塑性位移 Δu_p 的计算	31
第三章 结构计算的一般原则和计算方法	36
说明	36
第一节 结构计算的一般原则及基本假定	36
第二节 各类结构的简化计算方法	39
一、简化算法的计算假定	39
二、框架结构的简化算法	40
三、剪力墙结构的等效刚度法及各类单片剪力墙的等效刚度	40
四、底层大空间剪力墙结构及框支剪力墙的计算方法	46
五、框架—剪力墙结构的简化算法	48
六、筒体结构的简化算法	51
第三节 空间协同工作法	55
第四节 空间分析法	58
第五节 有限元组合分析法	62
第六节 高层建筑结构的整体稳定和倾覆验算	64
一、高层建筑结构的整体稳定验算	64
二、高层建筑结构的倾覆验算	65
第四章 结构及构件内力的增大和调整	66
说明	66
第一节 结构抗震等级的划分及划分时设防烈度的调整	67
一、确定结构抗震等级时的设防烈度调整	67
二、结构抗震等级的划分	67
第二节 非抗震及抗震结构通用性的内力增大和调整	68
一、框架结构梁端弯矩的调幅及跨中最小正弯矩的调整	68
二、错位剪力墙的内力增大系数	69
三、剪力墙连梁弯矩的调幅系数	69
四、落地剪力墙及框支柱的内力增大及调整	69
第三节 抗震框架的梁柱内力增大和调整	70
一、按强柱根要求增大框架柱柱根弯矩	70

二、高层框架角柱的内力增大系数	70
三、按强柱弱梁要求增大框架柱柱端弯矩	71
四、按强剪弱弯要求增大框架柱及框支柱的剪力	72
五、按强剪弱弯要求增大框架梁的剪力	73
六、按强节点要求计算框架节点的剪力设计值	74
第四节 抗震剪力墙结构的墙肢和连梁的内力增大	76
一、双肢剪力墙的受压墙肢内力增大系数	76
二、按强剪弱弯要求增大剪力墙底部加强区的剪力	76
三、按强剪弱弯要求增大连梁的剪力	78
第五节 抗震框剪结构及构件的内力增大和调整	78
一、框架楼层总剪力 V_{Fi} 的增大和调整	78
二、框剪结构中框架梁柱、剪力墙及连梁的内力增大和调整	79
第六节 抗震底层大空间剪力墙结构及构件的内力增大和调整	80
一、框支承柱两端的弯矩设计值的增大系数	80
二、落地剪力墙底部弯矩的增大系数	80
三、落地双肢剪力墙中受压墙肢的剪力增大系数	80
第七节 抗震的筒体结构及构件内力的增大和调整	81
第五章 非抗震及抗震构件截面的配筋面积计算公式	82
说明	82
第一节 构件截面承载力的基本表达式及系数 γ_0 及 γ_{RE} 值	83
一、构件截面承载力的基本表达式	83
二、建筑物的安全等级及重要性系数 γ_0	84
三、承载力抗震调整系数 γ_{RE} 值	85
第二节 梁的纵向钢筋和箍筋面积计算	85

一、梁的纵向受拉钢筋面积计算	85
二、梁的抗剪箍筋面积计算	87
三、弯剪扭梁的抗剪扭箍筋面积及抗扭纵向钢筋面积计算	89
第三节 剪力墙连梁的抗剪箍筋面积计算	91
一、连梁的最小受剪截面面积	91
二、抗剪箍筋面积计算	91
第四节 柱的纵向钢筋面积和抗剪箍筋面积计算	92
一、轴心受压柱的受压钢筋面积计算	92
二、框架柱的计算长度 l_0 及偏心距增大系数 η	92
三、对称配筋矩形截面偏心受压柱的纵向钢筋面积及抗剪箍筋面积计算	93
四、圆形截面偏心受压柱的纵向钢筋面积计算	95
五、对称配筋矩形截面双向偏心受压柱的纵向钢筋面积计算	97
六、轴心受拉柱的全部受拉钢筋面积计算	99
七、对称配筋矩形截面偏心受拉柱的纵向钢筋面积及抗剪箍筋面积计算	99
八、对称配筋矩形截面双向偏心受拉柱的纵向钢筋面积计算	100
第五节 一、二级抗震框架节点的抗剪箍筋面积计算	101
一、框架节点的最小抗剪水平截面面积	101
二、框架节点的抗剪箍筋面积计算	101
第六节 剪力墙端部纵向钢筋面积及分布筋面积计算	102
一、对称配筋矩形截面偏心受压剪力墙端部纵向钢筋面积计算	102
二、对称配筋 I 字形截面偏心受压剪力墙端部纵向钢筋面积计算	103
三、偏心受压剪力墙的抗剪水平分布筋面积计算	104
四、对称配筋矩形截面偏心受拉剪力墙端部纵向钢筋面积计算	105

五、偏心受拉剪力墙的抗剪水平分布筋面积计算	106
六、一级抗震剪力墙在施工缝处的竖向钢筋面积计算	106
七、框支梁上剪力墙的配筋计算	106
第七节 叠合梁及叠合板的组合内力及承载力计算	107
一、叠合梁	107
二、叠合板	109
第八节 深梁的纵向钢筋及水平分布筋面积计算	109
一、深梁的定义及内力计算方法	109
二、深梁的纵向受拉钢筋面积计算	109
三、深梁的抗剪水平分布筋面积计算	110
第六章 梁板的挠度及构件的裂缝宽度计算	111
说明	111
第一节 梁板的挠度计算及允许挠度值	111
一、梁板的长期刚度 B_t 计算	111
二、梁板的允许挠度值	113
第二节 构件的最大裂缝宽度计算及其允许值	113
一、构件的最大裂缝宽度 $w_{\max}$ 计算	113
二、裂缝控制等级	115
三、最大裂缝宽度允许值	115
第七章 地基及基础计算	116
说明	116
第一节 验算地基承载力和变形时的荷载及荷载组合	117
一、验算地基承载力时的荷载及荷载组合	117
二、验算地基变形时的荷载及荷载组合	118
第二节 天然地基承载力设计值计算	118
一、地基土承载力设计值	118
二、岩石地基承载力设计值	119
第三节 地基承载力验算	120
一、非抗震结构的地基承载力验算	120
二、抗震结构的地基承载力验算	120
三、基础底面的压力设计值 p 及 $p_{\max}$ 计算	120

四、软弱下卧层顶面的承载力验算	122	二、沉降缝的设置	155
第四节 地基变形验算	123	第三节 现浇板	157
一、需作地基变形验算的建筑	123	一、现浇板的配筋	157
二、建筑物地基变形的控制特征及地基变形允许值	123	二、板的抗冲切钢筋	158
三、地基最终沉降量计算	125	第四节 一般梁及框架梁	159
第五节 基础计算	130	一、梁的纵向钢筋	159
一、矩形独立柱基	130	二、梁的抗剪箍筋及抗扭箍筋	162
二、墙下条形基础在墙边的弯矩设计值	132	三、框架梁的截面	165
三、柱下条形基础	132	四、框架梁纵向钢筋的配置及锚固	166
四、墙下筏板基础	133	第五节 叠合梁及叠合板	167
五、箱形基础	139	一、叠合梁	167
第六节 桩基计算	140	二、叠合板	167
一、单桩竖向承载力标准值 R_K 的确定	140	第六节 深梁	168
二、桩基(群桩)的竖向抗压承载力	143	一、深梁的截面及与柱子和楼板的连接	168
三、桩顶外力设计值及单桩承载力验算	144	二、深梁的配筋	168
四、单桩及桩基的水平承载力	145	第七节 柱及框架柱	170
五、桩身强度和抗裂度验算	146	一、框架柱的截面	170
六、承受拔力的桩基	146	二、柱及框架柱的纵向钢筋及箍筋	170
七、桩侧的负摩擦力	146	三、顶层框架柱纵向钢筋的锚固	171
八、大直径扩底墩计算	146	第八节 剪力墙结构	171
第七节 桩基承台计算	147	一、剪力墙的截面高度及最小厚度	171
一、柱下桩基承台板的弯矩计算	147	二、剪力墙分布筋的加强区	172
二、承台的受冲切及受弯强度验算	148	三、剪力墙的配筋	173
第八章 非抗震建筑上部结构构造规定	149	四、剪力墙连梁的配筋	175
说明	149	五、剪力墙的洞边配筋	175
第一节 一般规定	149	第九节 框架—剪力墙结构	176
一、混凝土保护层厚度	149	一、有边框剪力墙的截面及配筋	176
二、纵向受拉钢筋的锚固长度及搭接长度	150	二、框剪结构中的其他构件及其他构造规定	176
三、纵向受拉及受压钢筋的截断位置和延伸长度	150	第十节 底层大空间剪力墙结构	177
四、纵向钢筋的接头	151	一、转换层的楼板及其配筋	177
五、纵向钢筋的最小配筋率	153	二、框支梁的截面及配筋	177
第二节 伸缩缝及沉降缝的设置和做法	154	三、框支柱的截面及配筋	178
一、伸缩缝最大间距及做法	154	四、框支梁上部墙体开洞时的加强措施及分布筋配置	178
		五、落地剪力墙的分布筋	179
		六、底层大空间剪力墙结构的加强区范围	179
		七、底层大空间剪力墙结构的其他构件及其他构造规定	179
		第十一节 筒体结构	179

一、外框筒的裙梁配筋	179
二、内筒剪力墙的配筋	180
三、筒体结构中的其他构件及其他构造规定	181
第十二节 预制板与梁和剪力墙的连接构造	181
一、预制板板缝	181
二、预制板与剪力墙或梁的连接	181
第九章 抗震建筑上部结构构造规定	182
说明	182
第一节 一般规定	182
一、构件混凝土强度等级的采用	182
二、纵向钢筋的锚固长度及搭接长度	182
三、纵向钢筋的焊接接头及机械连接	183
四、箍筋的弯钩	184
第二节 防震缝的设置	184
一、防震缝的设置及做法	184
二、防震缝的最小宽度	185
第三节 预制楼板的现浇层	186
一、现浇层的设置	186
二、预制板的构造连接	186
第四节 框架梁	187
一、框架梁的截面尺寸	187
二、框架梁的纵向钢筋	187
三、框架梁的箍筋	189
第五节 框架柱	199
一、框架柱的截面尺寸	190
二、框架柱的轴压比限值	190
三、框架柱的纵向钢筋	191
四、框架柱的箍筋	192
第六节 剪力墙结构	196
一、剪力墙厚度及端部边缘构件的设置	196
二、剪力墙的开洞及洞边的暗柱和暗梁	196
三、剪力墙的配筋	197
四、剪力墙连梁的配筋	199
五、剪力墙及连梁的小洞口洞边配筋	199
第七节 框架—剪力墙结构	200
一、周边有梁柱的剪力墙配筋	200
二、框剪结构中的其他构件	200

第八节 层底大空间剪力墙结构	200
一、框支柱的截面及配筋	200
二、转换层的楼板及其配筋	201
三、框支梁的截面及配筋	201
四、框支梁上部墙体开洞时的加强措施及分布筋配置	201
五、落地剪力墙的分布筋及加强区	202
六、底层大空间剪力墙结构的其他构件	202
第九节 筒体结构	202
一、框筒角部的楼盖梁布置	202
二、外框筒的裙梁配筋	202
三、筒体结构中的其他构件	202
第十节 砌体填充墙与框架的连接	203
一、起抗侧力作用的粘土砖填充墙	203
二、仅作填充用的砌体填充墙	203
第十章 基础及桩基的构造规定	204
说明	204
第一节 基础的埋置深度及沉降缝	204
一、基础的埋置深度	204
二、沉降缝	205
第二节 各类基础的构造要求	205
一、框架柱基的拉梁(系梁)	205
二、独立柱基及墙下条形基础	206
三、柱下条形基础	206
四、筏板基础	207
五、箱形基础	208
第三节 混凝土预制桩及灌注桩	211
一、预制桩及灌注桩的一般规定	211
二、预制桩的桩身构造及配筋	213
三、灌注桩的选用及配筋	215
四、桩基承台及拉梁	217
第四节 大直径扩底墩	218
一、大直径扩底墩的基本尺寸及进入持力层深度	218
二、扩底墩的配筋	219
三、扩底墩的墩帽	220
四、墩顶拉梁	220
附录一 楼面及屋面活荷载和特殊荷载	222
附录二 计算梁、墙、柱及基础时楼面活荷载标准值的	

折减系数	225	第二节 桩基竖向承载力计算	272
附录三 常用建筑材料重量表	226	一、桩基竖向承载力的极限状态设计	
附录四 混凝土及钢筋的强度设计		表达式	272
值、强度标准值及弹性模		二、桩基竖向承载力设计值 R_d	273
量	228	三、单桩竖向极限承载力标准	
附录五 进口热轧变形钢筋应用若干		值 Q_{uk}	276
规定	229	四、特殊条件下桩基竖向承载力	
附录六 工程建设国家标准局部修订		验算	278
公告第1号及第2号《建筑		第三节 桩基横向承载力与位移计算	283
抗震设计规范》GBJ 11—89		一、桩基横向承载力的设计表达式	283
局部修订内容及《混凝土结		二、单桩横向承载力设计值的	
构设计规范》GBJ 10—89局		确定方法	283
部修订内容	232	三、估算灌注桩及预制桩的单桩横向	
附录七 用 D 值法计算水平荷载作用		承载力设计值	284
下的框架内力及计算图表	250	四、复合基桩的横向承载力设计值	286
一、框架柱的剪力分配	250	五、作用较大横向荷载时的承台及	
二、考虑框架梁刚度及节点转角影响的		桩群和土的共同作用	288
柱子抗推刚度 D 值	250	第四节 桩身强度计算	288
三、框架柱的柱端弯矩及反弯点		第五节 桩基沉降计算	290
高度	251	第六节 桩基承台计算	299
四、框架水平位移计算	252	第七节 桩基构造	306
附录八 连续化法计算框剪结构的		附录十二 《北京地区建筑地基基础	
位移和内力系数图	258	勘察设计规范》(DBJ 01—	
附录九 单片框支剪力墙的内力		501—92) 摘要	310
系数表	263	说明	310
一、垂直荷载作用下框支剪力墙的		第一节 基本规定	312
内力系数表	263	第二节 地基承载力计算	313
二、水平荷载作用下框支梁的剪力及		第三节 地基最终沉降量计算及地基变形	
轴力系数表	265	许可值	315
三、墙体有洞口时框支梁的内力		第四节 桩基计算	317
系数表	266	第五节 高层部分与裙房间的沉降缝	319
附录十 等效角柱法计算框筒翼缘框架		第六节 桩基的持力层及部分构造	
柱轴向力的分配系数表	267	规定	320
附录十一 《建筑桩基技术规范》		附录十三 规范采用的计量单位及	
(报批稿) 摘要	270	结构计算时的运算	
说明	270	单位	322
第一节 桩顶荷载计算	271	附录十四 钢筋的截面面积及	
		重量表	324
		参考文献	326

第一章 荷载组合公式

说明:

一、本章内容选自荷载规范、抗震规范及高层规程。

二、本章综合了上述三本规范及规程的荷载组合公式，为符合规范的计算规定，又便于应用，现作如下编写：

(一) 明确区分计算承载力、变形及裂缝时的两种荷载组合公式，并对各种组合条件分别列出组合公式；

(二) 不采用上述三本规范中的荷载效应系数 C_G 、 C_Q 、 C_{Eh} 、 C_{Ev} 及 C_w ，因这些系数在计算过程中无需确定其数值，仅为公式的表达严谨、确切。因此，本章所列的荷载组合公式不再是一代数式，而是一表意公式，即

内力组合设计值 = 考虑有关系数后各单项荷载作用下的内力设计值之和

变形组合值 = 考虑有关系数后各单项荷载作用下的变形值之和；

(三) 各荷载组合的实用公式中已直接代入荷载分项系数 γ_G 、 γ_Q 、 γ_{Eh} 、 γ_{Ev} 、 γ_w 值，以及荷载组合值系数 ψ_G 、 ψ_w 和组合系数 ψ 等，但计算构件挠度及裂缝时，由于楼面活荷载的准永久值系数随房间用途而变，故未将该系数值代入组合公式内。

三、当考虑风荷载及水平地震作用时，所列的荷载组合公式尚应按正、反两个方向进行组合，或取内力的绝对值进行组合。

四、高层规程允许将楼面活荷载视为恒载，即在计算构件内力时可不作最不利布置。对此，编者建议对于较大跨度的框架梁宜考虑其不利分布。在一些计算机程序中，虽不考虑楼面活荷载的不利分布，但设置框架梁跨中弯矩的增大系数1.0~1.3，故可利用该系数反映活荷载不利分布对跨中弯矩的影响。

五、应用计算机计算时，应注意输入的荷载是标准值还是设计值。计算多层及高层建筑结构时，多数程序是由用户输入荷载标准值，由计算机算得相应的内力标准值，在进行荷载组合时，再分别乘以荷载分项系数值及组合值系数值后得内力设计值，必要时再乘内力增大系数及调整系数。

六、荷载规范规定的楼面活载，由楼板传给梁、柱及剪力墙和基础时，应乘以不同的折减系数。实际应用中，多数结构电算程序未设置可供择用的折减系数，又因柱、剪力墙及基础不能采用与框架梁相同的折减系数，故当框架梁不乘折减系数时，柱及剪力墙也不再乘该系数。对于高层建筑的基础计算，上述折减系数可在手算基础及其作用力时一并考虑。

七、荷载规范及抗震规范的基本荷载组合公式(2.2.3-1)^[1]及(4.4.1)^[2]，均是很严谨的公式，需对各类可变荷载工况进行多次组合运算。应用计算机计算时，即使作适当简化，仍需进行9~33次的组合运算^[17]。因此，本章中推荐一些结构电算和手算时的荷载组合简化公式，供应用时参考。

第一节 验算结构构件及地基承载力的荷载组合一般式

验算结构构件及地基承载力时，应根据是否考虑风荷载及地震作用，取用下列三种荷载组合产生的构件不利内力及地基基础上的作用力：

1. 重力荷载(恒载+楼面活荷载)组合；

2. (重力荷载+风荷载)组合;

3. (重力荷载+地震作用+风荷载)组合。

在进行非抗震与抗震建筑、以及多层建筑与高层建筑(≥ 8 层)的结构计算时,均可将荷载规范、抗震规范及高层规程所列的荷载组合公式改写为下列的表意公式,下列各式中已删去规范中实际不应用的荷载效应系数 C_G 、 C_Q 、 C_{Eh} 、 C_{Ev} 、及 C_W 等。

一、非抗震建筑结构的荷载组合一般式

(一)非抗震的多层建筑

对于非抗震的低、多层建筑,验算构件及地基承载力设计值的荷载组合,应按式(1.1)及(1.1A)进行计算:

$$\text{非抗震的多层建筑} \quad S = \gamma_G G_K + \gamma_Q Q_K + \psi_c \gamma_W W_K \quad (1.1)$$

$$S = \gamma_G G_K + \gamma_W W_K + \psi_c \gamma_Q Q_K \quad (1.1A)$$

对 S 值应取按(1.1)及(1.1A)算得的较大值。式(1.1)及(1.1A)分别表示楼面活荷载及风荷载为第一个可变荷载时的荷载组合一般式。

对于一般排架及框架结构,可采用下列简化公式,式中不区分何者为第一个可变荷载:

$$\text{非抗震的排架、框架结构} \quad S = \gamma_G G_K + \psi(\gamma_Q Q_K + \gamma_W W_K) \quad (1.2)$$

式(1.1)、(1.1A)及(1.2)中:

S ——经荷载组合后的结构构件的内力设计值及地基基础的作用力设计值(弯矩、轴向力、剪力及扭矩设计值);

G_K 、 Q_K 、 W_K ——分别为恒载标准值、楼面活荷载标准值及风荷载标准值;

γ_G 、 γ_Q 、 γ_W ——分别为恒载、楼面活荷载及风荷载的荷载分项系数;

ψ_c ——考虑楼面活荷载与风荷载组合时,两者中第二个可变荷载的组合值系数;

ψ ——应用简化公式(1.2)时,楼面活荷载与风荷载的组合系数, $\psi = 0.85$ 。

注:

1. 仅作用一个可变荷载时,应按式(1.1)和(1.1A)计算,即

$$\text{仅作用楼面活荷载} \quad S = \gamma_G G_K + \gamma_Q Q_K$$

$$\text{仅作用风荷载} \quad S = \gamma_G G_K + \gamma_W W_K$$

2. 规范之所以列出简化公式(1.2),是为减少计算工作量;

3. 当可变荷载 Q_K 及 W_K 所产生的内力比值接近1.0时,用式(1.1)和(1.2)算得的内力设计值,基本上是相等;否则,按式(1.2)算得的结果将小于(1.1)及(1.1A)的结果;

4. 上述三式中的 ψ_c 及 ψ 的主要含义,是类似老规范《建筑结构荷载规范》(TJ9—74)中的附加组合系数0.9,即同时考虑风荷载及楼面活荷载时,可降低内力设计值,相应地在混凝土规范中可不再规定该荷载组合下承载力设计值的提高系数。

(二)非抗震的高层建筑

对于非抗震的高层建筑,验算构件及地基承载力设计值的荷载组合,应按式(1.3)进行计算:

$$\text{非抗震的高层建筑} \quad S = \gamma_G G_K + \gamma_Q Q_K + \psi_W \gamma_W W_K \quad (1.3)$$

式中 ψ_W ——风荷载组合值系数⁽²⁾⁽¹⁴⁾,按表1.2取用(非抗震的高层建筑 $\psi_W = 1.0$,因风荷载是高层建筑的主要荷载——编者注)。

二、抗震建筑结构的荷载组合一般式

(一) 抗震的多层建筑

对于抗震的低、多层建筑, 验算构件及地基承载力设计值的荷载组合一般式为

$$S = \gamma_G G_E + \gamma_{Eh} F_{EK} \quad (1.4)$$

(二) 抗震的高层建筑

对于抗震的高层建筑, 验算构件及地基承载力设计值的荷载组合一般式为

$$S = \gamma_G G_E + \gamma_{Eh} F_{EK} + \gamma_{EV} F_{EVK} + \psi_W \gamma_W W_K \quad (1.5)$$

式(1.4)及(1.5)中

G_E ——重力荷载代表值, 它是楼面活荷载与恒载的组合, 其中楼面活荷载可乘组合值系数 ψ_Q (见表1.2), 即

$$G_E = G_K + \psi_Q Q_K$$

F_{EK} 、 F_{EVK} ——分别为水平地震作用及竖向地震作用的标准值(本手册取用高层规程的符号, 抗震规范采用 E_{hK} 及 E_{vK});

γ_G ——重力荷载的分项系数, 它不区分恒载及楼面活荷载;

γ_{Eh} 、 γ_{EV} ——分别为水平地震作用及竖向地震作用的分项系数, 按表1.1取用。

注:

1. 关于验算构件及地基的承载力设计值时, 要否考虑地震作用及与风荷载的组合, 见第二章和第七章中的有关规定, 以及表1.4;

2. 式(1.4)及(1.5)中, 抗震规范没有设置考虑地震作用的组合系数, 但在验算构件承载力设计值时, 另设置承载力抗震调整系数 γ_{RE} , 其值为0.75~0.85, 故 γ_{RE} 的基本含义, 是等同于老的抗震规范《工业与民用建筑抗震设计规范》(TJ11-78)中安全系数 K 或组合内力的降低系数0.8, 相应地 γ_{RE} 也可视为内力设计值的降低系数; 验算地基承载力设计值时, 抗震规范规定了地基承载力设计值的调整系数 ζ 。(见第七章)。

第二节 验算结构及构件和地基变形的荷载组合一般式

一、验算梁板挠度及裂缝宽度的荷载组合一般式

重力荷载作用下验算梁(板)的挠度及裂缝宽度时, 将述及梁的短期刚度及长期刚度, 相应地要考虑短期荷载组合及长期荷载组合, 即

$$\text{短期荷载组合} \quad S_s = G_K + Q_K \quad (1.6)$$

$$\text{长期荷载组合} \quad S_l = G_K + \psi_q Q_K \quad (1.7)$$

式中 S_s 、 S_l ——分别为短期重力荷载及长期重力荷载组合产生的梁的挠度和裂缝宽度值;

ψ_q ——楼面活荷载的准永久值系数, 按附录一取用。

二、验算结构水平位移的荷载组合

非抗震及抗震建筑的结构水平位移的荷载组合, 分别按式(1.8)及(1.9)计算, 但抗震建筑还需考虑式(1.8)的组合;

$$\text{风荷载作用下} \quad S_s = W_K \quad (1.8)$$

$$\text{水平地震作用下} \quad S_s = F_{EK} \quad (1.9)$$

式中 S_s ——风荷载或水平地震作用下的结构水平位移。

注:

高层规程规定的结构水平位移限值(表2.24), 是对应于仅作用风荷载或水平地震作用下的结构水平位移, 故即使不对称的结构, 也不考虑重力荷载产生的结构水平位移。

三、验算基础沉降及倾斜的荷载组合一般式

验算非抗震及抗震建筑的基础沉降及倾斜时, 其荷载组合一般式均按式(1.10)进行计算, 即不考虑风荷载及地震作用的影响^[5]:

$$\text{非抗震及抗震建筑} \quad S_l = G_K + \psi_q Q_K \quad (1.10)$$

式中 S_l ——长期重力荷载组合产生的基础沉降及倾斜变形。

第三节 荷载分项系数及荷载组合值系数

式(1.1)~(1.10)中各种情况下的荷载分项系数, 以及荷载组合值系数的数值见表1.1~1.3。

验算承载力时的荷载分项系数 γ_G 、 γ_Q 、 γ_W 、 γ_{Eh} 、 γ_{Ev} 值 表 1.1

非抗震及抗震时恒载的 γ_G		楼 面 活 荷 载 的 γ_Q			风荷载的	水平地震 作 用 的	竖向地震作用的 γ_{EV}	
取大值不利时	土 重	非 抗 震 时		抗 震 时			不与水平 地震作用 组合时	与水平地 震作用组 合时
		$Q_k \leq 4$ kN/m ²	$Q_k > 4$ kN/m ²	取大值不利时 (取小值不利时)				
(取小值不利时)		kN/m ²	kN/m ²	(取小值不利时)	γ_w	γ_{Eh}		
1.2 (1.0)	1.0	1.4	1.3	1.2 (1.0)	1.4	1.3	1.3	0.5

验算承载力时的荷载组合值系数 ψ_c 、 ψ_w 、 ψ_q 值 表 1.2

非 抗 震		抗 震				
楼面活荷载与风荷载组合时		风荷载的 ψ_w	等效均布活荷载的 ψ_q			按实际情况考 虑楼面活荷载的 ψ_q
多层建筑的 ψ_c	高层建筑的 ψ_w		雪荷载、屋面 活 荷 载	藏书库及档案库	其他民用建筑	
0.6 (用于第二个 可变荷载)	1.0	0.2	0.5	0.8	0.5	1.0

计算高层建筑稳定力矩及挡土墙土压力时的 γ_G 及 γ_Q 值 表 1.3

验算高层建筑倾覆时的稳定力矩 ^[4]		计算挡土墙土压力、地基稳定及滑坡推力
恒载的 γ_G	楼面活荷载的 γ_Q	时的 γ_G 、 γ_Q ^[5]
0.9	0.5	1.0

注:

- 1.表1.3中计算挡土墙土压力时 $\gamma_G = \gamma_Q = 1.0$, 这不适用于挡土墙的强度验算,此时,宜取 $\gamma_G = 1.2$, $\gamma_Q = 1.4$, 以使与之相当的安全系数 $K \approx 1.4$;
- 2.验算挡土墙的倾覆和滑移时, 尚应考虑不存在活荷载的工况以及 $\gamma_G = 0.9$ 。

第四节 地震作用组合中关于风荷载及竖向地震作用的考虑

抗震规范及高层规程对地震作用组合中, 要否计及风荷载及竖向地震作用作如下规定:

一、抗震规范的规定

- (1) 9度时的高层建筑, 应考虑竖向地震作用;
- (2) 8度和9度时的大跨度结构、长悬臂结构, 应考虑竖向地震作用;
- (3) 一般结构可不考虑风荷载与地震作用组合, 烟囱、较高的水塔和高层建筑需考虑风荷载, 此时风荷载的组合值系数 $\psi_w = 0.2$ 。

二、高层规程的规定

- (1) 对高层建筑的房高 H 值, 划分为 $H \leq 60\text{m}$ 及 $H > 60\text{m}$ 两类, 以区别对待考虑风荷载(表1.4);
 - (2) 8度及9度的长悬臂结构, 要考虑风荷载及竖向地震作用。
- 现对上述规范及规程的规定, 给予综合表示在表1.4内。

关于风荷载及竖向地震作用的组合 表 1.4

高 层 建 筑 (≥ 8 层)				长悬臂及大跨度结构要考虑风荷载及竖向地震作用时的设防烈度
设 防 烈 度	房高 $H(\text{m})$	风 荷 载	竖向地震作用	
7、8	>60	✓	不考虑	8、9
9	$\geq 8\text{层}, \leq 60$	不考虑	✓	
	>60	✓	✓	

- 注: 1.表中各种情况均应考虑水平地震作用;
- 2.对于大跨度结构, 高层规程未作规定; 抗震规范未规定要组合风荷载, 编者建议宜加考虑, 故表1.4中已列为与长悬臂结构等同规定。

第五节 荷载组合的直接算式

一、验算承载力时荷载组合的直接算式

为便于设计及计算应用，现综合荷载组合的一般式、荷载分项系数及荷载组合值系数，对于多层及高层民用建筑，验算承载力时的荷载组合的直接算式列于表1.5中，验算变形时荷载组合的直接算式列于表1.6中。

验算承载力时荷载组合的直接算式
 表 1.5

荷载组合类别	设防烈度	房高 H	公式编号	组合公式	注 解
重力荷载	均应作验算		(1)	$S = 1.2G_k + 1.4Q_k$	用于 $Q_k \leq 4 \text{ kN/m}^2$
重力荷载 + 风荷载	均应作验算	<8层	(2)	$S = 1.2(G_k + Q_k + W_k)$	荷载规范的简化公式(1.2)
		≥ 8 层	(3)	$S = 1.2G_k + 1.4Q_k + 1.4W_k$	高层规程的规定
重力荷载 + 风荷载 + 地震作用	7、8	$\leq 60\text{m}$	(4)	$S = 1.2G_E + 1.3F_{Ek}$	不计风荷载及竖向地震作用
		$> 60\text{m}$	(5)	$S = 1.2G_E + 1.3F_{Ek} + 0.28W_k$	不计竖向地震作用
	9	$\leq 60\text{m}$	(6)	$S = 1.2G_E + 1.3F_{Ek} + 0.5F_{EVk}$	不计风荷载
		$> 60\text{m}$	(7)	$S = 1.2G_E + 1.3F_{Ek} + 0.5F_{EVk} + 0.28W_k$	

注：1.表中荷载组合，尚应考虑 G_k 及 G_E 中的 G_k 的荷载分项系数 $\gamma_G = 1.0$ 的不利组合；

2.表中 $G_E = G_k + 0.5 Q_k$ ，这适用于一般民用建筑，其楼面活荷载的组合值系数 $\psi_Q = 0.5$ ，否则 ψ_Q 改用相应房间用途的数值(表1.2)；

3.重力荷载组合公式(1)，也可适用于 $Q_k > 4 \text{ kN/m}^2$ 的情况，这是偏于安全的；

4.表中式(5)及(7)中的系数0.28，是风荷载分项系数 $\gamma_W = 1.4$ 与组合值系数 $\psi_W = 0.2$ 的乘积；

5.表中各组合公式不是代数运算式，而是表意算式，因已删去荷载效应系数 C_G 、 C_Q 、 C_{Ek} 、 C_{EV} 、及 C_W 。

二、验算变形时荷载组合的直接算式

验算变形时荷载组合的实用公式
 表 1.6

荷载类别	验 算 项 目	实用组合公式	注 解
重力荷载	梁的挠度、裂缝，地基沉降	短期荷载 $S_S = G_k + Q_k$	ψ_Q 值见附录一，一般为0.5
		长期荷载 $S_l = G_k + \psi_Q Q_k$	
风 荷 载	结构水平位移	短期荷载 $S_S = W_k$	$G_E = G_k + 0.5 Q_k$
水平地震作用	结构水平位移	$S_S = F_{Ek}$	

注：

按表1.5所列的荷载组合公式，计算结构构件的组合内力设计值时，对电算及手算常需进行适当简

化, 现分述如下:

一、电算时的荷载及荷载组合的简化

现有一些电算程序已作如下简化:

1. 输入荷载的标准值, 由程序在组合时算得内力设计值;
2. 将楼面活荷载视为恒载, 计算时不考虑活荷载在框架梁上的不利分布, 但程序设置供用户选用的梁的跨中弯矩增大系数, 系数值为1.0~1.3;
3. 计算梁、柱、剪力墙上的活荷载时, 不考虑活荷载的折减系数;
4. 对重力荷载组合(恒载+楼面活荷载), 两者的荷载分项系数取其平均值, 即 $\gamma_G = 1.25$;
5. 考虑荷载的小值对结构不利时, 对恒载及楼面活荷载的分项系数均取1.0(荷载规范规定仅对恒载取 $\gamma_G = 1.0$);
6. 计算(重力荷载+地震作用)组合时, 重力荷载产生的内力, 以及计算地震作用时, 所取用的重力荷载代表值 $G_E = G_K + Q_K$, 而未取用抗震规范规定的 $G_E = G_K + \psi_Q Q_K$, 这是偏于安全的; 但在计算水平地震作用时, 程序设置供用户选择的楼层总重力荷载的折减系数, 其用意是对楼层活荷载可进行折减, 即考虑组合值系数 ψ_Q 的影响;
7. 仅在9度抗震及房高 $H > 60\text{m}$ 时, 才考虑X向及Y向的风荷载与Y向及X向的水平地震作用进行交叉组合。

根据上述简化假定, 一般多层及高层建筑电算程序采用如表1.7所示的荷载组合公式。

验算承载力时电算程序中荷载组合的实用公式 表 1.7

荷载组合类别	设 防 度	房 高 H	公 式 号	实 用 组 合 公 式	注 解
重力荷载	均应作验算		(1)	$S = 1.25(G_K + Q_K)$	1.25为平均荷载分项系数
重力荷载 + 风荷载	均应作验算		(2)	$S = 1.25(G_K + Q_K) + 1.4W_K$	对于<8层的多层建筑的 γ_W 取值偏大
重力荷载 + 风荷载 + 水平地震作用	7、8	$\leq 60\text{m}$	(3)	$S = 1.2(G_K + Q_K) + 1.3F_{EK}$	不计风载
		$> 60\text{m}$	(4)	$S = 1.2(G_K + Q_K) + 1.3F_{EK} + 0.28W_K$	
重力荷载 + 风荷载 + 水平地震作用 + 竖向地震作用	9	$\leq 60\text{m}$	(5)	$S = 1.2(G_K + Q_K) + 1.3F_{EK} + 0.5F_{EVK}$	不计风载
		$> 60\text{m}$	(6)	$S = 1.2(G_K + Q_K) + 1.3F_{EK} + 0.5F_{EVK} + 0.28W_K$	

注: 高层建筑电算程序中考虑 G_K 的 $\gamma_G = 1.0$ 时的组合, 乃将式(1)~(6)中的系数1.25及1.2均用1.0置换。

二、手算多层框架结构时的荷载组合

手算多层框架结构时, 可选用下列三种荷载组合公式中的一种:

(一) 采用表1.5中的公式(1)、(2)及(4)

采用表1.5中的荷载组合公式时, 需分别对恒载 G_K 、楼面活荷载 Q_K 、风荷载 W_K 及水平地震作用 F_{EK} 算得四组内力标准值, 而后进行组合可得三组内力设计值。

(二) 视楼面活荷载为恒载的荷载组合实用公式

将楼面活荷载视为恒载, 并为考虑其不利分布的影响, 可将按表1.8算得的框架梁跨中弯矩乘以增大系数1.1~1.3。按表1.8的荷载组合公式进行计算时, 可计算三组荷载 $1.25(G_K + Q_K)$ 、 $1.2W_K$ 及 $1.3F_{EK}$ 作用的内力设计值, 经组合后得三组内力设计值。由于先乘荷载分项系数, 故便于组合。

(三) 考虑活荷载不利分布的荷载组合实用公式

重力荷载作用下的多层框架, 通常采用二次弯矩分配法, 该法可对恒载和楼面活荷载只进行一轮计

算，并可算得活荷载不利分布时的梁、柱内力 M 、 N 、 V ，其荷载组合公式可用表1.9所示的公式。

活荷载视为恒载的荷载组合实用公式 表 1.8

荷载组合类别	公 式 号	实 用 组 合 公 式	注 解
重力荷载	(1)	$S = 1.25(G_K + Q_K)$	直接算得内力设计值
重力荷载 + 风荷载	(2)	$S = 1.25(G_K + Q_K) + 1.2W_K$	直接用重力荷载组合算得的内力设计值；
重力荷载 + 水平地震作用	(3)	$S = 1.25(G_K + Q_K) + 1.3F_{EK}$	计算 F_{EK} 时，可用 $G_E = G_K + 0.5 Q_K$

考虑活荷载不利分布的荷载组合实用公式 表 1.9

荷载组合类别	公 式 号	实 用 组 合 公 式	注 解
重力荷载	(1)	$S = 1.2G_K + 1.4Q_K$	直接算得内力设计值
重力荷载 + 风荷载	(2)	$S = (1.2G_K + 1.4Q_K) + 1.2W_K$	直接用重力荷载组合算得的内力设计值；
重力荷载 + 水平地震作用	(3)	$S = (1.2G_K + 1.4Q_K) + 1.3F_{EK}$	计算 F_{EK} 时，可用 $G_E = G_K + 0.5 Q_K$

三、手算多层框架时 $\gamma_G = 1.0$ 的荷载组合

关于恒载分项系数取 $\gamma_G = 1.0$ 的荷载组合，在混凝土规范条文说明中，谓对于有经验和有可靠措施的设计单位，在设计一般排架及框架时，可不予考虑。

编者建议对框架柱有可能产生轴向拉力、或由小偏压变为大偏压受力时，宜考虑 $\gamma_G = 1.0$ 的荷载组合。如图1.1a所示的框架，其高宽比(H/B)较大，左侧的边柱所承担的轴向力很小，水平荷载作用下将出现拉力，此时宜考虑 $\gamma_G = 1.0$ 的组合。对于图1.1b所示的跨度及荷载基本上相同的多跨框架，其 H/B 值也小，可不考虑 $\gamma_G = 1.0$ 的荷载组合。

对于连续梁可不考虑 $\gamma_G = 1.0$ 的荷载组合。

考虑 $\gamma_G = 1.0$ 时的荷载组合公式，宜选用表1.8及表1.9所列的公式，并将按表1.8或表1.9算得的重力荷载(式1)作用下的柱轴力除以1.25，这样可省却一轮计算过程。上述计算中，由于活荷载 Q_K 产生的柱轴力也被1.25除后，使轴力更有可能出现受拉或变为大偏压受力及偏拉受力。

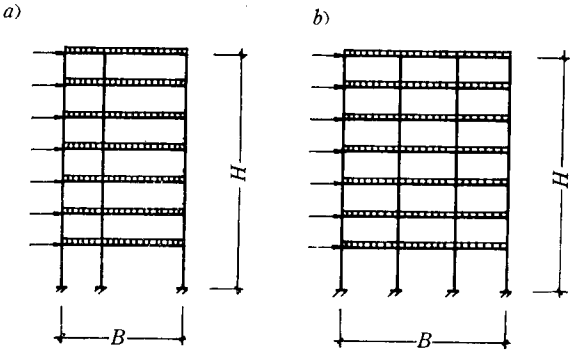


图 1.1 判别框架考虑 $\gamma_G = 1.0$ 的荷载组合

第二章 风荷载及地震作用标准值的计算 和水平位移限值

说明:

一、本章内容选自荷载规范、抗震规范及高层规程。

二、关于风荷载标准值计算

(一) 荷载规范及高层规程均规定高层建筑(≥ 8 层)的基本风压要乘增大系数。对于一般高层建筑的增大系数为1.1(相当于50年一遇),特别重要的高层建筑为1.2(相当于100年一遇),这在老的荷载规范中无此规定。

(二) 荷载规范对风压高度变化系数 μ_z ,要求根据A、B、C三种地面粗糙度类别分别取值。A类的 μ_z 值相对于B和C类有较大的增值,但对相距海岸、湖岸多少距离才归属A类中的海岸建筑和湖岸建筑,未给予明确规定。因此,对海岸和湖岸附近又属大城市郊区或市区的建筑,需在设计时确定合适的地面粗糙度类别及其相应的 μ_z 值。

(三) 高层规程对荷载规范中的风振系数 β_z 的算式,以及该式中的 φ_z 及 ν 值均已作适当简化。

(四) 本章中所列的高层建筑体型系数 μ_s 值(表2.8),也可适用于多层建筑。对于建筑物各墙的细部体型系数,可按高层规程的附录一取值。

(五) 目前的多层建筑计算,常采用高层建筑结构的计算程序。由于多层建筑(< 8 层)无需考虑基本风压的增大系数;此外,式(1.3)荷载组合中的组合值系数 $\psi_w = 1.0$,而多层建筑的荷载组合公式(1.2)中 $\psi = 0.85$;因此,如采用高层建筑结构计算程序,多层建筑的风荷载被增大约30%,对此,可按程序使用说明的约定条件,对要输入的基本风压 w_0 作适当调整。

三、关于地震作用及其标准值计算

(一) 抗震规范规定抗震建筑设计,要符合抗震设防的三水准要求,即小震不坏、中震可修、大震不倒,并规定在结构选型、结构布置、地震作用计算及抗震措施等方面予以体现(表2.1)。实现三水准时,可分为二阶段设计。第一阶段设计是强度验算,对于大多数结构,只需进行该阶段设计,并通过概念设计和抗震构造措施以满足大震不倒的要求。第二阶段设计是弹塑性变形验算,对于特殊要求的建筑和地震时易倒塌的结构,需要作该阶段的验算,并采取相应的构造措施,以期实现大震不倒的要求。上述的大震,是指比设防烈度约高一度的地震烈度(表2.1)。

(二) 关于要考虑远震的城镇,在抗震规范条文说明^[11]中已列出大致的城镇(表2.2),并谓我国绝大多数地区只需考虑近震。实际工程设计中,必要时应由当地地震部门予以确定。

(三) 为便于理解和应用,本章中已接近震和远震,分别绘制了I~IV类场地的四条地震影响系数 α 的曲线,也可供手算时取用。

(四) 高层规程对抗震规范已作如下补充规定:

1. 对水平地震作用下的层间位移限值,两本规范规定了基本上相等的限值,但高层规程还规定了顶点位移限值的要求。因此,对多层建筑(< 8 层)仅需符合抗震规范关于层间位移限值的要求;

2. 对应用底部剪力法计算水平地震作用时,除列出结构自振周期 T 的简化公式外,对于突出屋面小塔楼的水平地震作用,采用可变的增大系数 $\beta_n = 1.5 \sim 6.6$ (表2.20),而抗震规范采用数值不变的增大系数 $\beta_n = 3.0$;

3.用振型分解反应谱法计算带有小塔楼的建筑时,如取作单独的质点并取用3个振型时,高层规程规定水平地震作用要乘以放大系数1.5,取6个振型时地震作用可不放大,抗震规范对此不作规定。

(五)关于多层与高层建筑需作地震作用计算的差别见表2.10,地震作用组合项目的差别见式(1.4)和(1.5)。除大跨度结构和长悬臂结构外,其主要差别在于多层建筑如为9度设防也不需要考虑竖向地震作用(表1.4)。

(六)抗震规范及高层规程对需作弹性时程分析(小震)和弹塑性时程分析(大震)时,均未规定小震和大震的地震波峰值加速度。对此,本章中引用文献[16]的数据,供计算参考。

(七)弹塑性时程分析(大震)时,抗震规范及高层规程均未列出框剪结构、剪力墙结构和筒体结构等的层间弹塑性位移角 $[\theta_p]$ 的限值。对此,建议根据结构的重要性及其抗震特性,在 $[\theta_p]=\frac{1}{50}\sim\frac{1}{100}$ 之间择用。

(八)现已有较多的结构计算程序,可接续作弹性时程分析,但需结合场地条件选用适宜的地震波^[21]并作比较,以使获得较适用的结果。

作弹塑性时程分析时,除要选用适宜的地震波外,目前,一些结构计算模型及杆件的恢复力模型的应用,正处于实践和趋向成熟的过程中,因此,可根据现有条件并结合工程情况,选用较合适的计算模型。对此,本章中对已有的计算模型作简要介绍,供择用时参考。

(九)自振周期 T_1 较长的高层建筑,当其 $\alpha_1=0.2\alpha_{max}$ 时,则7度、8度及9度的 α_1 值(也可谓基底剪力系数)相应为0.016、0.032及0.064,其值偏小,必要时可根据场地土类型,参照 α_1 值为0.025、0.05及0.10作适当调整。更需注意有些计算程序未判别规范规定的最小 α_1 值,故设计者应予校核。

三水准抗震设防要求与抗震设计 表 2.1

三水准	与基本烈度 I_0 的关系式	水平地震影响系数最大值 α_{max}			地面运动峰值加速度 $\ddot{u}_{0max}(g)$			承载力验算	水平位移验算		抗 震 措 施
		7 度	8 度	9 度	7 度	8 度	9 度		变 形	验算公式	
	小震不坏 (多遇地震)	$I_0-1.55$ 度	0.08	0.16	0.32	0.035	0.07	0.14	作验算	弹 性	
中震可修 (设防烈度)	I_0	0.23	0.45	0.9	0.1	0.2	0.4	不作验算	弹塑性	不另作验算	
大震不倒 (罕遇地震)	I_0+1 度左右	0.5	0.9	1.4	0.21	0.4	0.62		弹塑性	$\Delta u_p \leq [\theta_p]H$	

注:表中以第一水准(小震不坏)验算结构承载力的 α_{max} 值,内含已乘老的抗震规范中的结构影响系数 $C \approx 0.35$ 。
第二水准(中震可修)的 α_{max} 值为老的抗震规范规定的数值。

要考虑远震的大致城镇^[11] 表 2.2

远震的设防烈度	城 镇 名 称
8度	独山子、泸定、石棉
7度	侯马、连云港、徐州、淮阴、蚌埠、德州、枣庄、五原、南投、乌鲁木齐、喀什、伊宁、渡口、拉萨、高雄
6度	赤峰、济宁、青岛、济南、泰安、潍坊、阳泉、安丘、商丘、盐城、滁县、盐津、招远、承德、本溪、哈密、库尔勒、永昌、武威、托克逊、吐鲁番、景洪、景谷、定西、雅安、株洲、湘潭、益阳、莆田