

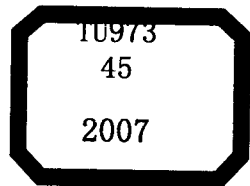
建设工程问答系列丛书

# 高层建筑 结构设计

■ 唐兴荣 编著

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS





建设工程问答系列丛书

# 高层建筑结构设计

唐兴荣 编著

机械工业出版社

本书按照我国《建筑结构荷载规范》(GB50009—2001)、《建筑抗震设计规范》(GB50011—2001)、《混凝土结构设计规范》(GB50010—2002)、《钢结构设计规范》(GB50017—2003)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ3—2002)、《高层民用建筑钢结构技术规程》(JGJ99—1998)、《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2002)等有关最新的规范和规程编写而成。

本书内容包括高层建筑结构设计的设计理念,荷载与地震作用,结构设计的基本规定,结构计算分析,框架结构,剪力墙结构,框架—剪力墙结构,板柱—剪力墙结构,筒体结构,转换层结构,巨型框架结构,加强层结构,错层、错列结构,连体结构,多塔结构,悬挑结构,混合结构,高层建筑钢结构,高层住宅结构,超限高层建筑结构,基础设计等,共21章。

本书重点针对目前结构设计中的—些热点问题、工程实际中常见疑难问题和易犯的—些错误,若干特殊和复杂结构设计问题,采用问答的形式,简明实用,针对性和—实性—强。

本书可供工程结构设计、—施工、—科研人员以及—土建专业师生使用和—参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

高层建筑结构设计/唐兴荣编著.—北京:机械工业出版社,2006.12

(建设工程问答系列丛书)

ISBN 7—111—20362—3

I. 高… II. 唐… III. 高层建筑—结构设计—问答  
IV. TU973—44

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第136034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:姚培新

封面设计:马精明 责任印制:洪汉军

北京京丰印刷厂印刷

2007年1月第1版·第1次印刷

169mm×239mm·16.5印张·624千字

0 001—4 000册

定价:48.00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

# 前 言

20世纪90年代后期以来,国内外高层建筑得到迅速发展,尤其是我国高层建筑建造数量大,发展速度快,建筑高度已跃居世界前列,且结构体系多样,结构布置复杂,建筑体型多变,也是国外所少见。现代高层建筑正向着多功能、多用途及新型造型发展,具有结构的平面布置和体型日益复杂、结构体系日益多样化等特点。目前特殊和复杂高层建筑结构的工程实践较多,这些高层建筑结构设计已超出现行高层建筑结构设计规范、规程的适用范围,设计中会遇到更多的问题急需解决。为此本书在阐述常规结构体系高层建筑结构中常遇的问题和易犯错误的同时,用较大篇幅阐述了特殊和复杂高层建筑结构中遇到的问题。

本书有两个显著特点:一是采用问答的形式,简明实用,针对性和实操性强,着重对目前结构设计中的热点问题、工程实际中常见疑难问题和易犯的错误,特殊和复杂结构设计问题的释疑和正确阐明;二是所选择的问题是编著者多年来从事教学科研、工程技术咨询和工程实践中所积累的,为工程实际中常遇的问题和易犯的错误。本书内容包括高层建筑结构设计概念设计,荷载与地震作用,结构设计的基本规定,结构计算分析,框架结构,剪力墙结构,框架—剪力墙结构,板柱—剪力墙结构,筒体结构,转换层结构,巨型框架结构,加强层结构,错层、错列结构,连体结构,多塔结构,悬挑结构,混合结构,高层建筑钢结构,高层住宅结构,超限高层建筑结构,基础设计等。

本书可供工程结构设计、施工、科研人员以及土建专业师生使用和参考。希望本书能对他们正确理解现行规范、规程中有关高层建筑结构设计条款,正确处理结构设计中偶遇的一些实际问题有一定的帮助。

本书内容涉及的专业技术面广,限于编著者水平,书中论述的内容若有不妥之处,谨望读者予以批评指正。

唐兴荣  
2007年元月

# 目 录

## 前言

## 第一章 概念设计

1. 我国规范对高层建筑是如何界定的? ..... 1
2. 为什么高层建筑结构设计更应重视概念设计? ..... 1
3. 结构抗震概念设计的基本原则有哪些? ..... 2
4. 抗震设计时, 高层建筑结构设计成“刚一些好, 还是柔一些好”? ..... 3
5. 高层建筑抗侧力结构体系有哪些? ..... 4
6. 高层建筑结构体系的适用范围是什么? ..... 18

## 第二章 荷载与地震作用

7. 重力荷载的计算方法和计算要点是什么? ..... 22
8. 建筑物的重力荷载代表值、质量各指什么? ..... 23
9. 设计楼面梁、墙、柱及基础时楼面活荷载如何折减? ..... 24
10. 高层建筑屋面直升机停机坪荷载怎样确定? ..... 25
11. 高层建筑基本风压  $w_0$  怎样取值? ..... 26
12. 高层建筑风荷载计算时如何考虑群集建筑的影响? ..... 27
13. 如何确定高层建筑的风载体型系数  $\mu_s$ ? ..... 27
14. 高层建筑风压高度变化系数  $\mu_z$  是如何确定的? ..... 32
15. 何谓风振系数  $\beta_z$ 、阵风系数  $\beta_{gz}$ ? ..... 34
16. 高层建筑结构的重要性是如何划分的? ..... 37
17. 各抗震设防类别建筑的抗震设防标准有哪些? ..... 38
18. 地震作用计算的原则和方法有哪些? ..... 40
19. 6度抗震设计时, 高层建筑结构为何规定计算地震作用和作用效应? ..... 41
20. 水平地震作用影响系数曲线是如何确定的? ..... 41
21. 考虑质量偶然偏心的依据和方法是什么? ..... 45
22. 质量偶然偏心 and 双向地震作用是否同时考虑? ..... 45
23. 如何计算高层建筑突出屋面塔楼的水平地震作用? ..... 46
24. 高层建筑地震反应计算时, 振型选择的原则和方法是什么? ..... 47
25. 反应谱单向、二向及三向地震作用效应如何进行组合? ..... 48
26. 如何按水平地震剪力系数最小值调整地震剪力? ..... 50

27. 哪种情况下楼层剪力可以考虑折减? .....	51
28. 何时需要考虑计算双向地震作用? .....	52
29. 如何计算双向地震作用? .....	52
30. 单向与双向地震作用扭转效应有何区别? .....	53
31. 如何判断结构扭转为主的振型? .....	53
32. 如何考虑竖向地震作用? .....	54
33. 结构自振周期折减系数 $\Psi_T$ 如何取值? .....	55
34. 高层建筑各种非荷载效应的设计原则是什么? .....	55
35. 高层建筑竖向温差效应设计方法的要点是什么? .....	56
36. 高层建筑水平温差收缩效应设计方法的要点是什么? .....	58
37. 高层建筑差异沉降效应设计方法的要点是什么? .....	61

### 第三章 结构设计的基本规定

38. 结构设计使用年限、设计基准期是怎样确定的? .....	63
39. 房屋高度和最大适用高度分别指什么? .....	63
40. 如何判断平面不规则结构? .....	64
41. 如何判断扭转不规则结构? .....	67
42. 楼层扭转位移控制条件能否突破? 楼层扭转位移控制时为何要考虑偶然偏心的影响? .....	70
43. 扭转周期 $T_1$ 与平动周期 $T_2$ 的比值要求, 是否对两个主轴方向平动为主的振型都要考虑? .....	71
44. 如何判断并控制平面凹凸不规则及楼板不连续结构? .....	72
45. 如何判断竖向不规则结构? .....	76
46. “不规则、严重不规则、特别不规则”的不规则程度如何区分? .....	76
47. 伸缩缝、沉降缝和防震缝有何设置要求? .....	77
48. 抗震变形验算中, 任一楼层位移、层间位移、层位移差有何联系和区别? .....	81
49. 为什么采用层间位移角来控制楼层层间最大位移? .....	82
50. 哪些情况要进行薄弱层弹塑性变形验算? .....	84
51. 如何验算高层建筑结构的舒适度? .....	86
52. 建筑抗震设防分类是如何确定的? .....	87
53. 建筑结构抗震等级是如何确定的? .....	89
54. 如何理解和掌握裙房抗震等级不应低于主楼的抗震等级? .....	91
55. 地下室抗震等级是否因上部结构的嵌固部位不同而不同? .....	92
56. 高层建筑结构中, 抗震等级为特一级的钢筋混凝土构件应满足哪些规定? .....	92
57. 如何具体应用乙、丙类建筑的抗震措施和抗震构造措施的规定? .....	93

### 第四章 结构计算分析

58. 选择高层建筑结构分析软件时应注意哪些方面? .....	95
---------------------------------	----

## VI 高层建筑结构设计

59. 结构内力和位移计算分析时, 如何正确选择各种计算参数? ..... 99
60. 如何对高层建筑结构电算计算结果进行分析、判断和调整? ..... 108
61. 地下室顶板作为上部结构的计算嵌固部位应满足什么条件? ..... 112
62. 高层建筑结构中, 哪些构件可采用考虑塑性变形引起的内力重分布的分析方法? ..... 114
63. 采用动力弹性时程分析法有哪些规定? ..... 115
64. 多点地震输入分析方法的要点是什么? ..... 116
65. 常规设计法与基于性能设计方法的联系和区别是什么? ..... 119
66. 基于性能设计方法的设计要点是什么? ..... 121
67. 重力二阶效应及结构稳定应如何考虑? ..... 123
68. 高层建筑结构的整体倾覆怎样验算? ..... 130
69. 判断结构侧向位移限制条件时, 要不要考虑不同作用效应的组合? ..... 132
70. 如何进行结构薄弱层弹塑性变形计算? ..... 132
71. 如何正确理解荷载效应和地震作用效应的组合? ..... 134

## 第五章 框架结构

72. 为什么高层建筑的框架结构应设计成双向梁柱抗侧力体系? ..... 137
73. 为什么抗震设计的框架结构不宜采用单跨框架? ..... 138
74. 框架结构设计时, 如何处理框架柱与框架梁中心线间的偏心? ..... 138
75. 为什么框架结构按抗震设计时, 不应采用混合承重形式? ..... 139
76. 柱的计算长度如何确定? ..... 140
77. 框架结构如何实现“强柱弱梁、强剪弱弯、强节点弱构件”的抗震设计原则? ..... 141
78. 剪跨比、剪压比是怎样定义的? ..... 142
79. 一级框架结构的计算和构造要点是什么? ..... 144
80. 二级框架结构的计算和构造要点是什么? ..... 150
81. 三级框架结构的计算和构造要点是什么? ..... 153
82. 四级框架结构的计算和构造要点是什么? ..... 156
83. 梁柱节点区纵向受力钢筋锚固应符合哪些要求? ..... 157
84. 框架结构中非结构构件的设计应注意哪些问题? ..... 160
85. 框架结构中的次梁是否要考虑延性? 其构造与框架梁有何区别? ..... 161
86. 减小柱轴压比有哪些有效措施? ..... 161
87. 为什么框架梁柱纵向钢筋宜优先采用机械连接和绑扎搭接接头, 焊接接头列后? ..... 165
88. 柱采用高强等级混凝土, 梁、板采用较低强度等级混凝土时, 梁柱节点核心区应如何处理? ..... 166
89. 梁上开洞的计算和构造有哪些规定? ..... 168
90. 宽扁梁框架结构设计要点是什么? ..... 170

91. 预应力混凝土框架结构设计的要点是什么? ..... 174
92. 高强度混凝土框架结构设计的要点是什么? ..... 182

## 第六章 剪力墙结构

93. 高层剪力墙的受力特点是什么? 剪力墙是如何分类的? ..... 185
94. 剪力墙截面高度与厚度之比 ( $h_w/b_w$ ) 在 3~5 时应遵守哪些设计规定? ..... 187
95. 剪力墙结构布置有哪些规定? ..... 188
96. 剪力墙的截面尺寸应满足哪些要求? 不满足时应怎样处理? ..... 191
97. 翼墙、端柱、一字墙如何界定? ..... 193
98. 剪力墙的墙肢长度大于 8m 时怎样处理? ..... 194
99. 剪力墙结构底部加强部位的意义是什么? 其高度怎样确定? ..... 195
100. 什么情况下的墙肢要考虑设置约束边缘构件? 剪力墙的  
约束边缘构件有哪些规定? ..... 195
101. 哪些剪力墙应设置构造边缘构件? 剪力墙构造边缘构件有哪些规定? ..... 198
102. 是否要限制剪力墙分布钢筋和边缘构件内纵向钢筋的最大配筋率? ..... 201
103. 剪力墙分布钢筋最小配筋率应满足哪些要求? ..... 201
104. 剪力墙墙面和连梁开洞有哪些构造要求? ..... 202
105. 剪力墙的连梁截面不满足抗剪验算要求时怎样处理? ..... 203
106. 连梁受弯纵向钢筋构造配筋率如何取用? ..... 205

## 第七章 框架—剪力墙结构

107. 框架—剪力墙结构的受力和变形特点是什么? ..... 207
108. 如何分析框架—剪力墙结构顶端效应? ..... 209
109. 框架—剪力墙结构中, 框架部分抗震等级、房屋高度和高宽比如何调整? ..... 214
110. 框架—剪力墙结构中剪力墙的布置有哪些规定? ..... 215
111. 框架—剪力墙结构中剪力墙合理数量怎样确定? ..... 216
112. 框架—剪力墙结构中为何要对框架总剪力进行调整? ..... 219
113. 带边框剪力墙有哪些构造要求? ..... 220
114. 框架—剪力墙结构中的剪力墙部分配筋构造要求与剪力墙  
结构中的剪力墙配筋构造要求是否相同? ..... 221
115. 框架柱与剪力墙相连的梁是否均作为连梁设计? ..... 221

## 第八章 板柱—剪力墙结构

116. 板柱—剪力墙结构的受力特点是什么? ..... 222
117. 板柱—剪力墙结构布置有哪些规定? ..... 223
118. 板柱—剪力墙结构计算的要点是什么? ..... 224
119. 板柱—剪力墙结构中, 板的构造有哪些规定? ..... 231



120. 如何计算板柱节点考虑受剪传递不平衡弯矩的受冲切承载力? .....	232
121. 板柱节点采用型钢剪力架时, 应满足哪些规定? .....	241
122. 无梁板开洞应满足哪些规定? .....	242

## 第九章 筒体结构

123. 怎样理解框筒结构的剪力滞后现象? .....	245
124. 框架—核心筒结构设计的要点是什么? .....	247
125. 筒中筒结构设计要点是什么? .....	248
126. 筒体结构楼盖梁系布置及主梁与筒体连接时应注意什么? .....	252
127. 带转换层筒中筒结构设计的要点是什么? .....	254
128. 交叉暗撑配筋连梁设计的要点是什么? .....	255
129. 筒体结构截面设计时内力应如何调整? .....	257
130. 框架—核心筒结构的周边柱间为何要求设置框架梁? .....	259
131. 高度小于 60m 的框架—核心筒结构可否按框架—剪力墙结构确定抗震等级? .....	260

## 第十章 转换层结构

132. 转换结构构件的主要形式有哪些? .....	261
133. 带转换层的高层建筑设计时应遵循哪些原则? .....	263
134. 带转换层的高层建筑结构布置有哪些规定? .....	264
135. 如何确定带转换层高层建筑的抗震等级? .....	270
136. 框支梁与一般转换梁有何区别和联系? .....	271
137. 如何确定转换梁内力计算的有限元模型? .....	274
138. 框支梁设计中有哪些规定? .....	278
139. 框支柱设计有哪些规定? .....	280
140. 转换梁设计有哪些规定? .....	283
141. 框支梁上部剪力墙、筒体设计中有哪些规定? .....	285
142. 落地剪力墙、筒体设计中有哪些规定? .....	286
143. 如何选择转换梁的截面设计方法? .....	289
144. 《规程》(JGJ3—2002) 对带转换层结构底部加强部位结构内力 调整增大系数与《规程》(JGJ3—1991) 相比较有哪些不同? .....	291
145. 《规程》(JGJ3—2002) 对带转换层结构底部加强部位结构构造措施与 《规程》(JGJ3—1991) 相比较有哪些不同? .....	294
146. 当框支层同时含有框支柱和框架柱时, 如何执行《规程》(JGJ3—2002) 第 10.2.7 条的框架剪力调整要求? .....	295
147. 框支层楼板设计有哪些规定? .....	296
148. 转换桁架的结构形式有哪些? .....	297
149. 带桁架转换层高层建筑设计的原则有哪些? .....	298

150. 转换斜杆桁架设计和构造要求有哪些规定? .....	299
151. 转换空腹桁架的设计和构造要求有哪些规定? .....	302
152. 转换厚板设计有哪些规定? .....	304
153. 箱形转换梁设计和构造要求有哪些规定? .....	306
154. 预应力混凝土转换结构设计的要点是什么? .....	307
155. 搭接柱转换结构设计的要点是什么? .....	310
156. 宽扁梁转换结构设计的要点是什么? .....	315

## 第十一章 巨型框架结构

157. 如何进行巨型框架结构的内力分析? .....	317
158. 巨型框架结构的构造要求有哪些? .....	320
159. 巨型框架结构的设计要点是什么? .....	322

## 第十二章 加强层结构

160. 伸臂、环向构件、腰桁架和帽桁架分别有哪些作用? .....	328
161. 伸臂为什么可以加大框架—筒体结构的刚度, 减小侧移? .....	331
162. 如何选择加强层的刚度和结构布置? .....	333
163. 带加强层高层建筑结构抗震等级如何确定? .....	335
164. 带加强层高层建筑结构设计有哪些规定? .....	336
165. 带加强层高层建筑结构的构造要求有哪些? .....	337

## 第十三章 错层、错列结构

166. 什么是错层结构? 其适用范围是什么? .....	340
167. 错层结构设计的要点是什么? .....	340
168. 错列桁架结构设计有哪些规定? .....	341
169. 错列桁架结构的构造要求有哪些规定? .....	344
170. 错列墙梁结构设计和构造有哪些规定? .....	345
171. 错列剪力墙结构的受力特征是什么? .....	347
172. 错列剪力墙结构设计中有哪些规定? .....	348
173. 错列剪力墙结构构造要求有哪些规定? .....	352

## 第十四章 连体结构

174. 强连接体结构分析时应注意哪些方面? .....	355
175. 强连接体结构布置有哪些规定? .....	358
176. 弱连接体结构设计的要点是什么? .....	359

## 第十五章 多塔结构

177. 多塔结构是如何定义的? .....	362
------------------------	-----

178. 大底盘多塔楼结构的抗震设计方法有哪些? .....	362
179. 多塔结构布置有哪些规定? .....	364
180. 多塔结构应有哪些加强措施? .....	365
181. 带底盘单塔楼高层建筑结构的设计与构造要求有哪些? .....	365

## 第十六章 悬挑结构

182. 悬挑结构的受力特点是什么? .....	369
183. 悬挑高层建筑结构设计的关键要点是什么? .....	370
184. 避免上、下层悬挑梁长期挠度不等引起裂缝的措施是什么? .....	373
185. 悬挑深梁设计和构造的关键要点是什么? .....	375

## 第十七章 混合结构

186. 混合结构体系有哪些形式? .....	379
187. 混合结构的适用范围是什么? .....	379
188. 混合结构体系的受力特点是什么? .....	381
189. 混合结构布置有哪些要求? .....	382
190. 高层混合结构体系的设计要求是什么? .....	384
191. 型钢混凝土梁、柱有哪些构造要求? .....	386
192. 型钢混凝土柱框架节点有哪些构造要求? .....	390
193. 钢管混凝土柱框架节点的构造要求有哪些? .....	393
194. 不同结构构件之间的连接和转换时应注意什么问题? .....	396
195. 钢筋混凝土剪力墙与钢梁的连接构造要求有哪些? .....	397

## 第十八章 高层建筑钢结构

196. 高层建筑钢结构房屋体系的适用范围是什么? .....	399
197. 高层钢结构的结构布置有哪些规定? .....	400
198. 多高层钢结构的计算要点有哪些? .....	403
199. 钢框架结构设计和构造有哪些要求? .....	405
200. 钢框架—中心支撑结构的设计和构造有哪些要求? .....	408
201. 钢框架—偏心支撑结构的设计和构造有哪些要求? .....	411
202. 钢结构构件连接设计和构造有哪些要求? .....	414
203. 多层钢结构厂房抗震设计中有哪些规定? .....	417

## 第十九章 高层住宅结构

204. 高层住宅建筑的结构体系有哪些? .....	420
205. 如何判别短肢剪力墙? 短肢剪力墙设计有哪些规定? .....	422
206. 异型柱框架结构设计的关键要点是什么? .....	424

207. 多层剪力墙结构的设计要点是什么? .....	429
208. 框架—壁式框架结构体系设计的要点是什么? .....	433
209. 居住建筑结构设计中的常遇问题应如何处理? .....	439

## 第二十章 超限高层建筑结构

210. 哪些建筑工程属于超限高层建筑工程? .....	442
211. 哪些工程属于特别不规则的高层建筑? .....	443
212. B级高度高层建筑是否属于超限高层建筑范围? .....	443
213. 超限高层建筑工程的抗震设防专项审查内容包括哪些? .....	444
214. 高度和高宽比超限结构的抗震计算要点是什么? .....	444
215. 平面规则性超限结构的抗震设计要点是什么? .....	446
216. 立面规则性超限结构的设计要点是什么? .....	448
217. 超限高层建筑结构审查的申报材料应包括哪些基本内容? .....	451
218. 各类超限高层建筑结构专项审查的内容有哪些? .....	455

## 第二十一章 基础设计

219. 如何选择高层建筑的基础形式? .....	459
220. 如何确定高层建筑基础的埋置深度? .....	459
221. 地基基础设计有哪些规定? .....	461
222. 高层建筑主楼与裙房之间基础是否应设置沉降缝? .....	463
223. 减小主楼与裙房之间基础沉降差可采取哪些措施? .....	465
224. 与主楼相通的地下停车库设计时应注意哪些问题? .....	466
225. 地基承载力应如何确定? .....	468
226. 柱下条形基础内力计算要点是什么? .....	470
227. 筏形基础底板平面应满足哪些要求? 筏形基础的板厚如何确定? .....	478
228. 如何选择筏板基础的内力计算方法? .....	483
229. 箱形基础设计中应注意哪些问题? .....	484
230. 如何选择桩基的类型? .....	493
231. 桩基础中, 桩的布置有哪些原则? .....	496
232. 单桩竖向静载荷试验的要点是什么? .....	496
233. 如何计算桩基础的最终沉降量? .....	498
234. 如何确定阶梯形承台及锥形承台斜截面受剪的截面宽度? .....	502
235. 单独柱基础板什么情况下应设置拉梁? 拉梁内力采用什么方法计算? .....	503
236. 地下室外墙的设计要点有哪些? .....	504
<b>参考文献</b> .....	508

# 第一章 概念设计

## 1. 我国规范对高层建筑是如何界定的？

### (1) 高层建筑混凝土结构

近年来，我国高层建筑发展十分迅速，各地兴建的高层建筑层数已普遍增加，房屋高度在 150m 以上的高层建筑已超过 100 幢。国际上诸多国家和地区对高层建筑的界定多在 10 层以上。为了适应我国高层建筑发展的形势并与国际诸多国家的界定相适应，《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ3—2002) 适用范围定为 10 层及 10 层以上的高层民用建筑结构，其房屋的最大适用高度和结构类型应符合《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ3—2002) 的专门条款。考虑到有些钢筋混凝土结构建筑，其层数虽然并未达到 10 层，当其房屋高度较高，为适应设计需要，《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ3—2002) 中将房屋高度超过 28m 的民用建筑也纳入了使用范围。

对于不超过 10 层或房屋高度不超过 28m 但接近 10 层或 28m (如 8 层或 24m) 的混凝土民用建筑可参照《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ3—2002) 的相关规定执行。对于层数较少、房屋高度较矮的混凝土房屋，《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ3—2002) 的某些规定可根据具体情况适当放松；《混凝土结构设计规范》(GB50010—2002)、《建筑抗震设计规范》(GB50011—2001) 对有关多层建筑也有一些规定。

今后，随着规范的不完善，对于多层混凝土结构房屋的结构设计宜有更详细的专门规定。

### (2) 高层建筑钢结构

为促进多层钢结构的发展，使小高层钢结构设计较为方便，又不违背防火规范关于高度划分的规定，对不超过 12 层的建筑抗震设计适当放宽要求，在《建筑抗震设计规范》(GB50011—2001) 中采用不超过 12 层和超过 12 层的划分方法。

## 2. 为什么高层建筑结构设计更应重视概念设计？

建筑抗震概念设计 (seismic concept design of buildings) 是指根据地震灾害和工程经验等所形成的基本设计原则和设计思想，进行建筑和结构总体布置并确定

## 2 高层建筑结构设计

细部构造的过程。概念设计涉及从方案、结构布置到计算简图的选取，从截面配筋到构件的配筋构造等都存在概念设计的内容。基本设计原则和设计思想可以通过力学规律、震害教训、试验研究、工程实践经验等多种渠道建立。

强调结构概念设计的重要性，旨在要求建筑师和结构工程师在建筑设计中应特别重视规范、规程中有关结构概念设计的各条规定，设计中不能陷于只凭计算的误区。若结构严重不规则、整体性差，则按目前的结构设计及计算技术水平，很难保证结构的抗震、抗风性能，尤其是抗震性能。

高层建筑设计（尤其高层建筑抗震设计）中应非常重视概念设计。这是由于高层建筑结构的复杂性，发生地震时地震动的不确定性，人们对地震时结构响应认识的局限性与模糊性，高层结构计算尤其是抗震分析计算的精确性，材料性能与施工安装时的变异性以及其他不可预测的因素，致使设计计算结果可能和实际相差较大，甚至有些作用效应至今尚无法定量计算出来。因此在设计中，虽然分析计算是必须的，也是设计的重要依据，但仅此往往不能满足结构安全性、可靠性的要求，不能达到预期的设计目标。从某种意义上说，概念设计甚至比分析计算更为重要。

### 3. 结构抗震概念设计的基本原则有哪些？

(1) 高层建筑结构水平荷载是控制结构内力和变形的决定性因素，因此除考虑建筑功能要求外，结构单元抗侧力结构的布置宜规则、对称，受力明确、力求简单，传力合理、途径不间断，并应具有良好的整体性。

1) 合理布置抗侧力构件，在一个独立的结构单元内，应避免应力集中的凹角和狭长的缩颈部位；避免在凹角和端部设置楼梯、电梯间；减少地震作用下的扭转效应。竖向体型尽量避免外挑，内收也不宜过多、过急，结构刚度、承载力沿房屋高度宜均匀、连续分布、避免造成结构的软弱或薄弱部位。

2) 应避免因部分结构或构件破坏而导致整个结构丧失抗震能力或对重力荷载的承载能力。

3) 根据具体情况，结构单元之间应遵守牢固连接或有效分离的方法。高层建筑的结构单元宜采取加强连接的方法。

(2) 结构构件应具有必要的承载力、刚度、稳定性、延性等方面的性能。

1) 构件设计应遵守“强柱弱梁、强剪弱弯、强节点弱构件、强底层柱（墙）底”的原则。

2) 对可能造成结构的相对薄弱部位，应采取措施提高抗震能力。

3) 承受竖向荷载的主要构件不宜作为主要耗能构件。

(3) 尽可能设置多道抗震防线。

1) 一个抗震结构体系应由若干个延性较好的分体系组成,并由延性较好的结构构件连接协同工作。例如框架—剪力墙结构是由延性框架和剪力墙两个分体系组成,双肢或多肢剪力墙由若干个单肢剪力墙体系组成。

2) 强烈地震之后往往伴随多次余震,如只有一道防线,则在第一次破坏后再遭余震,将会因损伤积累而导致倒塌。抗震结构体系应有最大可能数量的内部、外部冗余度,有意识地建立起一系列分布的屈服区,主要耗能构件应有较高的延性和适当刚度,以使结构能吸收和耗散大量的地震能量,提高结构抗震性能,避免大震倒塌。

3) 适当处理结构构件的强弱关系,同一楼层内宜使主要耗能构件屈服后,其他抗侧力构件仍处于弹性阶段,使“有约束屈服”保持较长阶段,保证结构的延性和抗倒塌能力。

4) 在抗震设计中某一部分结构设计超强,可能造成结构的其他相对薄弱部位,因此在设计中不合理的加强以及在施工中以大代小,改变抗侧力构件配筋的做法,都需要慎重考虑。

(4) 对可能出现的薄弱部位,应采取措施提高其抗震能力。

1) 结构在强烈地震下不存在强度安全储备,构件的实际承载力分析是判断薄弱层(部位)的基础。

2) 要使楼层(部位)的实际承载力和设计计算的弹性受力之比在总体上保持一个相对均匀的变化,一旦楼层(或部位)的这个比例有突变时,会由于塑性内力重分布导致塑性变形的集中。

3) 要防止因在局部上加强而忽视了整个结构各部位刚度、承载力的协调。

4) 在抗震设计中有意识、有目的地控制薄弱层(部位),使之有足够的变形能力又不使薄弱层发生转移,这是提高结构总体抗震性能的有效手段。

(5) 考虑上部结构嵌固于基础结构或地下室结构之上时,应使基础结构或地下室结构保持弹性工作状态,使塑性铰出现在结构嵌固部位。

#### 4. 抗震设计时,高层建筑结构设计成“刚一些好,还是柔一些好”?

结构的地震反应和变形的大小不仅与结构刚度有关,还与场地土类别有关,当结构的自振周期( $T_1$ )与场地土的卓越周期( $T_0 = \sum_{i=1}^n 4d_i/v_{si}$ )接近时,建筑物的振动变形和地震作用都会加大。

因此,对于高层建筑抗震设计,不能一概做出“刚一些好”,还是“柔一些好”的简单结论,应根据结构的高度、体系和场地条件等进行综合判断。抗震设计时,重要的是要进行变形控制,将变形控制在《高层建筑混凝土结构技术规

## 4 高层建筑设计

程》(JGJ3—2002)允许的范围内,为使结构具有足够的刚度,设置部分剪力墙有利于减小结构变形和提高结构承载力;同时,应根据场地条件来设计结构,硬土地基上的结构可柔一些,软土地基上的结构可刚一些。可通过改变高层建筑的刚度来调整结构的自振周期,使其偏离场地的卓越周期,较为理想的结构是自振周期比场地卓越周期更长,否则应使其比场地的卓越周期短得较多。因为考虑到结构进入开裂和弹塑性状态时,结构的自振周期会加长(见图1-1)。因此,高层建筑设计前应取得场地土动力特性的勘测资料。

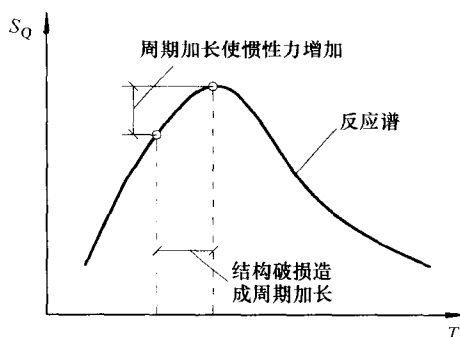


图 1-1 结构自振周期加长后与场地的卓越周期关系

## 5. 高层建筑抗侧力结构体系有哪些?

### (1) 高层建筑混凝土结构体系

目前实际工程中,高层和超高层钢筋混凝土结构体系主要有:

① 框架结构 框架结构包括:传统框架结构、异形柱框架结构、错列桁架结构、错列墙梁结构、巨型框架结构等。

② 剪力墙结构 剪力墙结构包括:普通剪力墙结构、脊骨结构、全部落地剪力墙结构、部分框支剪力墙结构、短肢剪力墙结构、错列剪力墙结构等。

③ 框架—剪力墙结构

④ 筒体结构 筒体结构包括:框架—核心筒结构、框筒和桁架筒、筒中筒结构、多束筒结构等。

⑤ 复杂高层建筑结构 复杂高层建筑结构包括:带转换层结构、带加强层结构、连体结构、错层结构、多塔结构、悬挑结构、竖向收进结构、平面不规则结构等。

⑥ 其他结构 多、高层建筑结构还可以采用板柱结构、板柱—剪力墙结构、框架—壁式框架结构等。

### 1) 框架结构

① 传统框架结构 (Frame Structure) 由梁、柱组成的结构称为框架结构(图1-2a),框架结构的柱距大约为4~10m,具有建筑平面布置灵活的特点,可以取得较大的使用空间。按照抗震设计要求的钢筋混凝土框架结构都可以成为延性



大,耗能能力强的延性框架结构,具有较好的抗震性能。但框架结构的抗侧刚度较小,用于比较高的建筑时,需要截面较大的钢筋混凝土梁、柱才能满足变形限值的要求,减小了有效空间,经济指标也不好,非结构的填充墙和装饰材料容易损坏,修复费用高。在水平荷载作用下框架结构的侧向变形特征为剪切型。

② 巨型框架结构 (Mega-Frame Structure) 巨型框架结构是一种与传统框架不同的结构体系。该结构体系是把结构体系中的框架部分设计成主框架和次框架。主框架是一种大型的跨层框架,每隔 6~10 层设置一根巨型框架梁,每隔 3~4 个开间设置一根巨型框架柱 (图 1-2b)。巨型框架梁之间的几个楼层,则另设置柱网尺寸较小的次框架。次框架的主要作用是将各楼层的竖向荷载可靠地传递给主框架的巨型梁和巨型柱 (当次框架采用有柱方案时),或将竖向荷载直接传递给巨型柱 (当次结构采用无柱方案时)。因为次框架的柱距小、荷载小,又不承担水平荷载,因而梁、柱截面可以做得很小,有利于楼面的合理使用。巨型框架梁之间的各个次框架是相互独立的,因而柱网的形式和尺寸均可互不相同,某些楼层也可以按照使用空间的需要抽去一些柱子,扩大柱网。当次框架采用有柱方案时,直接位于巨型梁下面的一层可以不设柱,形成完全无柱的楼盖,用作大会议室或展览厅。

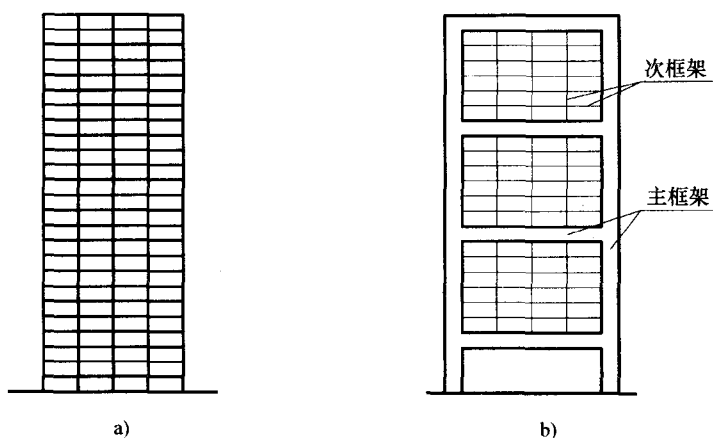


图 1-2 巨型框架结构体系比较

a) 传统框架结构体系 b) 巨型框架结构体系

巨型柱可采用由电梯井和楼梯间井筒构成,也可采用矩形截面巨型柱。而巨型梁可采用一般矩形截面或箱形截面梁,有时则可采用桁架。巨型框架梁本身就构成了结构转换层,因此,巨型框架结构是一种复杂的转换层结构。

③ 脊骨结构 (Spine Structure) 脊骨结构是在矩形框架的基础上进一步发展