

混凝土结构

主编 郭佳宁

厉 华

砌体结构设计常见问题解析

HUNNINGTU JIEGOU QITI
JIEGOU SHEJI
CHANGJIAN WENTI JIEXI



黑龙江科学技术出版社

混凝土结构砌体结构设计 常见问题解析

主编 郭佳宁 厉 华

黑龙江科学技术出版社

中国·哈尔滨

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构砌体结构设计常见问题解析/郭佳宁等主编.
—哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,2008.4
ISBN 978-7-5388-5765-8

I.混… II.郭… III.①混凝土结构-结构设计-基本知识②砌块结构-结构设计-基本知识 IV.TU37 TU36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 051731 号

责任编辑 张向红

封面设计 刘 洋

混凝土结构砌体结构设计常见问题解析

HUNNINGTU JIEGOU QITI JIEGOU SHEJI CHANGJIAN WENTI JIEXI

主编 郭佳宁 厉华

出 版 黑龙江科学技术出版社

(150001 哈尔滨市南岗区建设街 41 号)

电话 (0451)53642106 电传 53642143(发行部)

印 刷 哈尔滨市工大节能印刷厂

发 行 黑龙江科学技术出版社

开 本 787×1092 1/16

印 张 14.5

字 数 335 000

版 次 2008 年 6 月第 1 版·2008 年 6 月第 1 次印刷

印 数 1-1 000

书 号 ISBN 978-7-5388-5765-8/TU·606

定 价 28.00 元

前 言

在建筑结构设计、施工、科研、教学及工程管理过程中，经常会遇到一些疑难问题。虽然有些问题通过学习规范标准可以找出答案，但有一些问题规范标准中阐述的并不非常清楚，因此工程设计中疑难问题不断出现。本书由长期从事工程设计和科研教学人员，对混凝土结构、砌体结构，在设计中的常见和疑难问题，进行了部分的分类解析。

本书中所阐述的问题，是作者长期从事建筑结构设计工作的经验总结。因此本书所汇集的问题尽量做到精炼、清晰、详尽，希望通过本书的编著，对工程结构设计具有实用价值，对工程设计、科研、教学、施工工程管理人员有所帮助。

本书分为两编，由郭佳宁、厉华主编。具体编写分工如下：

上编第一章至第四章由哈尔滨理工大学建筑设计研究院郭佳宁编写；第五章至第六章由大连海事大学郭沛编写，下编第一章至第五章由山东临沂市建筑安全工程质量管理处厉华编写；第六章由哈尔滨理工大学建筑工程学院卢成红编写。本书编写过程中参考了有关的规范标准和文献资料，在此一并感谢。书中不当之处，敬请指正。

作 者

2008 年 3 月

上编 混凝土结构

第一章 设计基本规定	(1)
第二章 基本构件	(32)
第三章 框架结构	(52)
第四章 剪力墙结构	(75)
第五章 框架-剪力墙结构	(89)
第六章 筒体结构	(99)

下编 砌体结构

第一章 砌体材料及力学性能	(110)
第一节 砌体材料	(110)
第二节 砌体的强度	(114)
第二章 静力设计原则与计算规定	(123)
第一节 设计原则	(123)
第二节 计算规定	(126)
第三章 无筋砌体构件的承载力计算	(135)
第一节 受压构件	(135)
第二节 局部受压	(141)
第三节 轴心受拉、受弯、受剪构件	(147)
第四章 砌体结构静力设计的构造要求	(149)
第一节 墙、柱的高厚比验算	(149)
第二节 一般构造要求	(152)
第三节 防止或减轻墙体开裂的主要措施	(155)
第五章 圈梁、过梁、墙梁及挑梁	(161)
第一节 圈梁	(161)
第二节 过梁	(162)
第三节 墙梁	(165)
第四节 挑梁	(173)
第六章 砌体结构抗震设计	(178)
第一节 多层砌体房屋	(178)
第二节 底部框架-抗震墙房屋	(203)
第三节 配筋砌块砌体剪力墙房屋	(217)

上编 混凝土结构

第一章 设计基本规定

1 设计基准期和设计使用年限有什么区别？若建筑结构的设计使用年限为 100 年，如何确定其设计荷载和地震动参数

【解析】 所谓设计基准期，是为确定可变作用及与时间有关的材料性能取值而选用的时间参数，一般情况下不可随意更改。我国建筑工程的设计基准期为 50 年，即建筑设计所考虑的荷载统计参数都是按 50 年确定的。

设计使用年限是指设计规定的结构或结构构件不需进行大修即可按其预定目的使用的时间，结构在此年限内应具有足够的可靠度，满足安全性、适用性和耐久性的要求。设计使用年限应是建筑结构在正常设计、正常施工、正常使用和维护下所应达到的使用年限，如达不到这一年限，则意味着在设计、施工、使用和维护的某一环节上出现了非正常情况，应查找原因。

当某建筑结构达到或超过设计使用年限，不等于该建筑结构不能再使用了，而只是说明它完成结构功能的能力降低了。

若建设单位提出更高要求，也可按建设单位的要求确定。但不能低于规范规定的要求。

设计使用年限应按《建筑结构可靠度设计统一标准》（GB50068—2001）确定，见表 1-1-1。

表 1-1-1 设计使用年限分类

类 别	设计使用年限（年）	示 例	γ_0
1	5	临时性结构	≥ 0.9
2	25	易于替换的结构构件	
3	50	普通房屋和构筑物	≥ 1.0
4	100	纪念性建筑和特别重要的建筑结构	≥ 1.1

可见设计基准期与设计使用年限有联系但不等同。

如建筑结构的设计使用年限为 50 年，可按现行混凝土结构设计规范确定设计荷载和地震动参数（包括反应谱和地震最大加速度），否则，应重新确定。例如若建筑结构的设计使用年限为 100 年，则结构设计应另行确定在其设计基准期内的活荷载、雪荷载、风荷载、地震作用等的取值，确定结构的可靠度指标以及确定混凝土保护层等有关设计参数取值。具体取值建议如下：

- (1) 活荷载按《建筑结构荷载规范》(GB50009-2001) 取用, 但取重要性系数 $\gamma_0 \geq 1.1$ 。
- (2) 雪荷载、风荷载按《建筑结构荷载规范》(GB50009-2001) 取用。
- (3) 计算地震作用的地震加速度峰值见表 1-1-2。

表 1-1-2 设计使用年限为 100 年的地震加速度峰值 (g)

设防烈度	7 度	8 度	9 度
多遇地震	0.049	0.098	0.189
设防烈度地震	0.140	0.280	0.540
罕遇地震	0.308	0.560	0.837

(4) 混凝土保护层按《混凝土结构设计规范》(GB50010—2002) 表 9.2.1 的规定增加 40%。

(5) 混凝土的耐久性的要求见本章第 1.1.3 款有关规定。

2 结构设计时, 应正确判定混凝土结构的环境类别

【解析】 结构设计时, 对混凝土结构的环境类别的判定应根据表 1-1-3 进行。

表 1-1-3 混凝土结构的使用环境类别

环境类别	说 明
一	室内正常环境
二	a 室内潮湿环境; 非严寒和非寒冷地区的露天环境、与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境 b 严寒和寒冷地区的露天环境、与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境
三	使用除冰盐的环境; 严寒及寒冷地区冬季水位变动的环境; 滨海室外环境
四	海水环境
五	受人为或自然的侵蚀性物质影响的环境

表中一类和二 a 类的主要区别在于是否为潮湿环境; 二 a 类和二 b 类的主要区别在于有无冰冻, 与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境, 主要是考虑水池、游泳池等浸水情况及地下室等混凝土结构; 三类环境中的除冰盐环境是指北方城市依靠喷洒盐水除冰化雪的立交桥及类似环境, 滨海室外环境是指在海水浪溅区之外, 但其前面没有建筑物遮挡的混凝土结构; 四类和五类环境的详细划分和耐久性设计方法应按港口工程技术规范及工业建筑防腐蚀设计规范等标准执行。

结构设计时, 一些设计人员对一类还是二 a 类、二 a 类还是二 b 类环境类别划分不清。例如: 建筑物内有游泳池和大型浴室时, 错将游泳池或浴室的环境类别划分为一类。他们习惯将 ± 0.000 以下的基础和构筑物等的环境类别划分为二 b 或二 a 类, ± 0.000 以上结构的环境类别则划分为一类, 忽略了游泳池和大型浴室虽在 ± 0.000 以上但却处于潮湿的环境下, 不属于室内正常环境, 不应将其环境类别划分为一类。又例如: 某地区最冷月平均温度为 -11°C , 日平均温度不高于 5°C 的天数为 150d, 设计时错误确定其露天环境类别为二 a 类。区别露天环境下环境类别是二 a 类还是二 b 类的主要条件是看其是否为严寒和寒地区。根据《民用建筑热工设计规范》(GB50176-2002) 规定, 严寒和寒冷地区的划分见表 1-1-4。累年最冷月平均温度 $\leq -10^{\circ}\text{C}$, 日平均温度不高于 5°C 的天数 $\geq 145\text{d}$ 的地区, 应为严寒地区。因此, 该露天环境下的环境类别应为二 b 类而不应为二 a 类。

表 1-1-4 严寒和寒冷地区的划分

分区名称	最冷月平均温度 (°C)	日平均温度不高于 5°C 的天数 (d)
严寒地区	≤ -10	≥ 145
寒冷地区	-10 ~ 0	90 ~ 145

3 耐久性设计时,对结构混凝土有哪些要求

【解析】 耐久性能是混凝土结构应当满足的基本性能之一,是结构在设计使用年限内正常而安全地工作的重要保证。

影响混凝土结构耐久性能的主要因素有:混凝土的碳化,侵蚀性介质的腐蚀,膨胀及冻融循环,氯盐对钢筋的锈蚀,碱-骨料反应,混凝土内部的不密实。

上述诸多因素中,混凝土的碳化及钢筋的锈蚀是影响混凝土结构耐久性能的最主要的综合因素,而环境又是影响混凝土碳化和钢筋锈蚀的重要条件。

规范提出了混凝土结构耐久性设计的基本原则,按环境类别和设计使用年限进行设计。混凝土结构的环境类别见表 2-1-3。

(1) 一类、二类和三类环境中,设计使用年限为 50 年的混凝土结构应符合表 1-1-5 的规定。

表 1-1-5 结构混凝土耐久性的基本要求

环境类别	最大水灰比	最小水泥用量 (kg/m ³)	最低混凝土 强度等级	最大氯离子含量 (%)	最大碱含量 (kg/m ³)
一	0.65	225	C20	1.0	不限制
二	a 0.60	250	C25	0.3	3.0
	b 0.55	275	C30	0.2	3.0
三	0.50	300	C30	0.1	3.0

注:1. 氯离子含量系指其占水泥用量的百分率。

2. 预应力构件混凝土中的最大氯离子含量为 0.06%,最小水泥用量为 300kg/m³;最低混凝土强度等级应按表中规定提高两个等级。

3. 素混凝土构件的最小水泥用量不应少于表中数值减 25kg/m³。

4. 当混凝土中加入活性掺和料或能提高耐久性的外加剂时,可适当降低最小水泥用量。

5. 当有可靠工程经验时,处于一类和二类环境中的最低混凝土强度等级可降低一个等级。

6. 当使用非碱活性骨料时,对混凝土中的碱含量可不作限制。

混凝土结构的保护层厚度应符合《混凝土结构设计规范》表 9.2.1 的规定。

(2) 设计使用年限为 100 年时且处于一类环境中的混凝土结构,应符合下列规定:

① 钢筋混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C30,预应力混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C40。

② 混凝土中氯离子含量不得超过水泥用量的 0.06%。

③ 宜使用非碱活性骨料,当使用非碱活性骨料时,混凝土中碱含量不应超过 3.0kg/m³。

④ 混凝土结构保护层厚度按《混凝土结构设计规范》表 9.2.1 的规定增加 40%;当采用有效的表面防护措施时,保护层厚度可适当减少。

⑤ 在使用过程中定期维护。

(3) 对于设计使用年限为 100 年且处于二类、三类环境中的混凝土结构应采取专门有效的措施。

(4) 三类环境中的结构构件，其受力钢筋宜采用环氧树脂涂层带肋钢筋；对预应力钢筋、锚具及连接器，应采用专门防护措施。

(5) 四类和五类环境中的混凝土结构，其耐久性要求应符合有关标准的规定。

(6) 处于寒冷及严寒环境中的混凝土结构，应满足抗冻要求，混凝土抗冻等级应符合有关标准的要求。

(7) 有抗渗要求的混凝土结构，其抗渗等级应符合有关规范的要求。

(8) 对临时性混凝土结构，可不考虑混凝土的耐久性要求。

4 为什么截面长边或直径小于 300mm 的小柱子，承载力计算时混凝土的强度设计值要打 8 折

【解析】 《混凝土结构设计规范》表 4.1.4 注 1 规定：计算现浇钢筋混凝土轴心受压及偏心受压构件时，如截面的长边或直径小于 300mm，则表中混凝土的强度设计值应乘以系数 0.8；当构件质量（如混凝土成型、截面和轴线尺寸等）确有保证时，可不受此限制。这是考虑到由于材料不均匀或施工误差等因素可能造成构件的附加偏心，导致构件承载力的降低，仍取表中的数值而不折减，会使构件偏于不安全。

例如：支承板式楼梯平台梁的小柱子，截面尺寸为 250mm × 250mm，混凝土强度等级为 C30，按轴心受压计算其承载力，在施工质量没有可靠保证时，仍取其轴心抗压强度设计值 $f_c = 14.3\text{N/mm}^2$ ，就不符合规范的规定。因为本例中正方形小柱子截面边长为 250mm，小于 300mm，为安全计，一般情况下应将表中混凝土的强度设计值乘以系数 0.8 来计算构件的承载力。即对混凝土强度等级为 C30 的轴心抗压强度设计值取 $f_c = 14.3 \times 0.8 = 11.44\text{N/mm}^2$ 。

5 在钢筋混凝土构件的承载力计算中有不少系数，它们的应用范围和取值是如何确定的

【解析】 在钢筋混凝土构件的承载力计算中，对不同强度等级的混凝土需乘以不同的强度影响系数，其应用范围及取值可见表 1-1-6。

表 1-1-6 有关混凝土强度的一些系数

系数名称	混凝土强度等级			应用构件
	≤ C50	C55 ~ C75	C80	
α_1	1.0	线性内插	0.94	受弯，偏压，偏拉
β_1	0.80	线性内插	0.74	计算 ξ_b
α	1.0	线性内插	0.85	轴压（考虑间接钢筋对混凝土的约束折减）
β_c	1.0	线性内插	0.80	受剪，受扭，局压（强度影响系数）
β_t		$0.5 \leq \beta_t \leq 1.0$		受扭，弯剪扭（承载力降低系数）
β_h	$\beta_h = (800/h_0)^{1/4}$ ， $h_0 < 800\text{mm}$ 取 $h_0 = 800\text{mm}$ ， $h_0 > 2000\text{mm}$ 取 $h_0 = 2000\text{mm}$			板受剪（高度影响系数）
β_h	$h_0 \leq 800\text{mm}$	$800\text{mm} < h_0 < 2000\text{mm}$	$h_0 \geq 2000\text{mm}$	冲切（高度影响系数）
	1.0	线性内插	0.9	
β_l		$\sqrt{A_b/A_l}$		局压（混凝土强度提高系数）
β_{cor}		$\sqrt{A_{cor}/A_l}$ ， $A_{cor} > A_b$ 取 $A_{cor} = A_b$		局压（配间接钢筋强度提高系数）

6 轴心受拉、小偏心受拉构件钢筋抗拉强度设计值的取用错误

【解析】 轴心受拉或小偏心受拉构件，一般在荷载作用下混凝土均已开裂早早退出工作，由钢筋平衡外荷载。为防止裂缝过大，混凝土规范表 4.2.3-1 注明确指出：在钢筋混凝土结构中，轴心受拉和小偏心受拉构件的钢筋抗拉强度设计值大于 300N/mm^2 时，仍应按 300N/mm^2 取用。但有的设计忽视这一点，如某钢筋混凝土轴心受拉构件，截面尺寸 $b = 300\text{mm}$ ， $h = 300\text{mm}$ ，承受轴向拉力设计值 $N = 890\text{kN}$ ，采用 C30 级混凝土，HRB400 级钢筋，设计时根据混凝土规范式 (7.4.1) 计算，直接查表 4.2.3-1，对 HRB400 级多筋取其抗拉强度设计值为 360N/mm^2 ，故所需钢筋面积为 $A_s = 890000/360 = 2472.2\text{mm}^2$ 。上面的计算不符合规范的规定，可能会使构件裂缝偏大，造成耐久性不满足规范要求，甚至构件偏于不安全。正确的计算是此时应取 HRB400 级钢筋的抗拉强度设计值为 300N/mm^2 ，故所需钢筋面积为 $A_s = 890000/300 = 2966.7\text{mm}^2$ 。

需要注意的是：上述计算的仅仅是杆件的承载能力。实际上，钢筋混凝土桁架的下弦杆为轴心受拉或小偏心受拉构件，部分腹杆为轴心受拉构件，对这类杆件的设计不仅要满足承载能力极限状态，还要满足正常使用极限状态的要求，一般这类杆件受裂缝控制，杆件中钢筋应力均不大，设计时没有必要选用强度等级很高的钢筋。当采用 HRB335 或 HPB235 级钢筋时，就不存在这个问题了。

7 结构设计时，应合理选用现浇楼（屋）面板的混凝土强度等级和钢筋强度等级

【解析】 板的混凝土强度等级和钢筋等级的选用，应使板在安全可靠的前提下尽可能做到经济合理。

一般情况下板为受弯构件，混凝土强度等级的提高对板类构件承载力的提高贡献很小。同时，从混凝土规范对板类构件的最小配筋率规定（ $\rho_{\min} = 0.45f_t/f_y$ ，且不小于 0.20%）可知，配筋率随混凝土强度等级的提高而增大，随钢筋强度等级的提高而降低，因此，当板类构件的配筋由最小配筋率控制时，过高的混凝土强度等级常会使其配筋量增多，既不合理也不经济，特别是采用 HPB235 级钢筋时更为明显。

此外，由于现浇楼（层）面板通常与墙、梁相连并整浇，若混凝土强度等级过高，水泥用量多，混凝土硬化过程中水化热高，收缩大，易产生收缩裂缝。

所以，混凝土强度等级不宜选得过高，比较合适的混凝土强度等级在 C20 ~ C30，一般不超过 C35。

关于钢筋的选用，衡量其经济性的不是钢筋的实际价格而是其强度价格比，即每元钱可购买的单位钢筋的强度。强度价格比高的钢筋经济生较好，不仅可减少配筋率，从而减少配筋量，方便施工，还可减少钢筋在加工、运输和施工等方面的各项附加费用。所以，板类构件的受力钢筋，建议优先选用 HRB400 级或 HRB335 级钢筋，而不宜采用 HPB235 级钢筋。根据市场调查，HRB400 级和 HRB335 级钢筋的强度价格比较好。这两类钢筋除强度高外，延性及锚固性能也很好，无需像 HPB235 级钢筋那样锚固时末端还要加弯钩。当然，采用 HRB400 级或 HRB335 级钢筋做板的受力钢筋时，对大跨度板应注意进行最大裂缝宽度及挠度的验算。

8 正确选用预埋件的锚筋

【解析】 预埋件是构件间相互连接、传力的重要部件，由锚板和锚筋两部分组成。传递的预埋件上的外力主要有剪力、弯矩和轴向力（拉力或压力）。它可能是单独作用，

但更多的情况是共同作用。预埋件涉及的影响因素很多,其应力、应变更复杂,而一旦失效,就会引起结构的过大变形,甚至造成结构解体、倒塌、坠落等严重后果,故应予以充分重视。

受力预埋件的锚筋应具有稳定的强度和较好的延性。混凝土规范规定:受力预埋件的锚筋应采用 HPB235 级、HRB335 级或 HRB400 级钢筋,严禁采用冷加工钢筋,并作为强制性条文。这是由于钢筋经冷加工(冷拉、冷拔、冷轧、冷扭)后,其延性大幅度降低,容易发生脆性断裂破坏而引发恶性事故。此外锚筋与锚板焊接也可能使冷加工后提高的强度因焊接受热“回火”而丧失,造成承载能力降低。

结构设计时,设计人容易忽视这个问题,漏写“严禁采用冷加工钢筋”这句话。建议在结构施工设计总说明中专门作为一条特别注明。另外,在选用 HRB400 级钢筋做锚筋时,根据混凝土规范第 10.9.1 条的规定,HRB400 级钢筋的抗拉强度设计值 f_y 不应取 360N/mm^2 而只能 300N/mm^2 。这是考虑到预埋件的重要性和受力复杂性,对承受拉力这种更不利的受力状态采取的提高安全储备的措施。同时还应注意:抗震设计时,预埋件锚筋计算的承载力抗震调整系数应取 $\gamma_{RE} = 1.0$ (混凝土规范表 11.1.6 注 2)。

9 正确设计预制构件的吊环

【解析】吊环是预制构件中的重要部件,其设计主要应注意以下几点:

(1) 吊环应采用 HPB235 级钢筋制作,严禁使用冷加工(冷拉、冷拔、冷轧、冷扭)钢筋。这是因为吊环承受外荷载的作用,而且荷载往往还具有反复作用或动力的特性,应采用延性较好的钢材。

(2) 吊环每侧钢筋埋入混凝土的深度不应小于 $30d$,并应焊接或绑扎在钢筋骨架上。吊环钢筋的锚固十分重要,过短不仅可能发生钢筋失锚拔出破坏,还可能发生连同锚固混凝土一起锥状拉脱的破坏。

(3) 在构件的自重标准值作用下,每个吊环按两个截面计算的吊环应力不应大于 50N/mm^2 。吊环应具有较多的安全储备,吊环钢筋的抗拉强度设计值应乘以折减系数。

(4) 当在一个构件上设有 4 个吊环时,设计时应仅取三个吊环进行计算。这是考虑到吊索难以均衡受力,故只按三个吊环受力来承担外荷载。

上述 4 点均是规范强制性条文的内容。

10 如何验算受弯构件的挠度

【解析】钢筋混凝土和预应力混凝土受弯构件在正常使用极限状态下的挠度,可根据构件的刚度用结构力学的方法计算,即

$$f = S \frac{M_k l_0^2}{B} \quad (1-1-1)$$

式中 f ——受弯构件计算的最大挠度值;

S ——与构件上的荷载形式、支承条件有关的挠度系数,可按材料力学的方法求得;

l_0 ——受弯构件计算跨的跨度;

M_k ——按荷载效应的标准组合计算的弯矩,取计算区段内的最大弯矩值;

B ——按荷载效应标准组合并考虑荷载长期作用影响的刚度,按混凝土规范第 8.2.2, 8.2.3, 8.2.4, 8.2.5 条计算。

在等截面构件中，可假定各同号弯矩区段内的刚度相等。并取用该区段内最大弯矩处的刚度。当计算跨度内的支座截面刚度不大于跨中截面刚度的两倍或不小于跨中截面刚度的二分之一时，该跨也可按等刚度构件进行计算，其构件刚度可取跨中最大弯矩截面的刚度。

由上式求得的挠度计算值不应超过表 1-1-7 的限值。

表 1-1-7 受弯构件的挠度限值

构件类型	挠度限值
吊车梁：手动吊车	$l_0/500$
电动吊车	$l_0/600$
屋盖、楼盖及楼梯构件：	
当 $l_0 < 7\text{m}$ 时	$l_0/200$ ($l_0/250$)
当 $7\text{m} \leq l_0 \leq 9\text{m}$ 时	$l_0/250$ ($l_0/300$)
当 $l_0 > 9\text{m}$ 时	$l_0/300$ ($l_0/400$)

- 注：1. 表中 l_0 为构件的计算跨度。
2. 表中括号内的数值适用于使用上对挠度有较高要求的构件。
3. 如果构件制作时预先起拱，且使用上也允许，则在验算挠度时，可将计算所得的挠度值减去起拱值；对预应力混凝土构件，尚可减去预加力所产生的反拱值。
4. 计算悬臂构件的挠度限值时，其计算跨度 l_0 按实际悬臂长度的 2 倍取用。

在进行挠度验算时，应特别注意上表中注的文字说明，例如：

有一带悬挑端的单跨楼盖梁如图 1-1-1 所示，使用上对挠度有较高要求，设计中考虑 8m 跨梁施工时按 $l_0/500$ 预先起拱，则跨中挠度的限值 $[f_1]$ 应为：

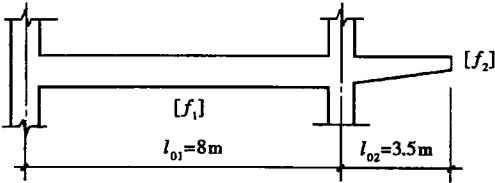


图 1-1-1 带悬臂的单跨梁

(1) 由于该楼盖使用上对挠度有较高要求，

故 $f_1 = \frac{l_{01}}{300} = \frac{8000}{300} = 26.7\text{mm}$

(2) 由于施工时预先起拱，则在验算挠度时，可将计算所得的挠度值减去起拱值，即

$$[f_1] = 26.7 - \frac{8000}{500} = 10.7\text{mm}$$

悬臂自由端的挠度限值 $[f_2]$ 应为

$$[f_2] = \frac{2l_{02}}{300} = \frac{2 \times 3500}{300} = 23.3\text{mm}$$

11 现浇钢筋混凝土梁、板跨度为多少时应起拱？起拱值一般为多少

【解析】 《混凝土结构工程施工质量验收规范》（GB50204—2002）第 4.2.5 条规定：对跨度不小于 4m 的现浇钢筋混凝土梁、板，其模板应按设计要求起拱；当设计无具体要求时，起拱弯度宜为跨度的 1/1 000 ~ 3/1 000。

应注意上述起拱高度，未包括设计起拱值，而仅考虑模板本身在荷载下的挠度。为满足受弯构件梁、板的挠度限值，施工图设计时可根据构件在静载作用下可能产生的挠度值，提出预起拱的数值要求，一般可取跨度的 1/400。

12 为什么箍筋、拉筋及预埋件等不应与框架梁、柱的纵向受力钢筋焊接

【解析】 箍筋、拉筋及预埋件等不应与框架梁、柱的纵向受力钢筋焊接。这是因为

梁、柱中的预埋件，大多用于和其他受力构件的连接，若预埋件仅和梁（或柱）中的某根纵向受力钢筋焊接，则在其他受力构件的荷载作用下，梁（或柱）中的这根纵向受力钢筋就可能失锚拔出或首先屈服，从而导致该梁（或柱）的破坏。

但是，若用于防雷接地的梁（或柱）中的预埋件，其作用仅是构成电路通路，并没有什么荷载，是可以与框架梁（或柱）中的纵向受力钢筋焊接的。

13 抗震设计时，为什么设防烈度为 9 度时，混凝土强度等级不宜超过 C60，设防烈度为 8 度时，混凝土强度等级不宜超过 C70

【解析】 混凝土强度等级越高，其抗压强度越大，但其延性越差。构件的抗震性能也越差。基于高强度混凝土的脆性性质，规范对地震高烈度区高强度混凝土的应用做了必要的限制，即：设防烈度为 9 度时，混凝土强度等级不宜超过 C60，设防烈度为 8 度时，混凝土强度等级不宜超过 C70。以保证构件在地震力作用下有必要的承载力和延性。

14 抗震设计时，为什么对设计抗震等级为一、二级的钢筋混凝土框架纵向受力钢筋，当采用普通钢筋时，其检验所得的强度实测值提出如下要求：

钢筋的抗拉强度实测值与屈服强度实测值的比值不应小于 1.25；

钢筋的屈服强度实测值与强度标准值的比值不应大于 1.3

【解析】 抗震设计时，要求结构及构件具有较好的延性，在地震作用下当结构达到屈服后，利用结构的塑性变形吸收能量，削弱地震反应。这就要求结构在塑性铰处有足够的转动能力和耗能能力，能有效地调整构件内力，实现“强柱弱梁、强剪弱弯、更强节点、强底层柱（墙）底”的抗震设计原则。

钢筋混凝土结构及构件延性的大小，与配置其中的钢筋的延性有很大关系，在其他情况相同时，钢筋的延性好则构件的延性也好。规范规定普通纵向受力钢筋抗拉强度实测值与屈服强度实测值比值的最小值，目的是使结构某个部位出现塑性铰后，塑性铰处有足够的转动能力和耗能能力；而规定钢筋屈服强度实测值与强度标准值比值的最大值，是为了有利于强柱弱梁、强剪弱弯所规定的内力调整得以实现。显然，这些对提高结构及构件的延性是十分必要和重要的。

需要注意的是：混凝土规范规定的是一，二级框架，而抗震规范则指的是一，二级框架结构。个人认为，应按一，二级框架执行，即不管是什么结构体系，只要其中的框架部分抗震等级为一，二级，就应按混凝土规范第 11.2.3 条规定执行。

结构设计时，可在结构设计文件中（一般在结构设计总说明中），根据混凝土规范第 11.2.3 条规定明确注明此项要求。

15 施工中，当缺乏设计规定的钢筋型号（规格）时，可否用强度等级较高的钢筋替代原设计中强度等级较低的钢筋或用直径较大的钢筋替代原设计中直径较小的钢筋

【解析】 用强度等级较高的钢筋替代原设计中强度等级较低的钢筋或用直径较大的钢筋替代原设计中直径较小的钢筋，一般都会使替代后的纵向受力钢筋的总承载力设计值大于原设计的纵向受力钢筋总承载力设计值，甚至会大较多。抗震设计时，这就有可能造成构件抗震薄弱部位转移，也可能造成构件在有影响的部位发生混凝土的脆性破坏（混凝土压碎、剪切破坏等）。例如将抗震设计的框架梁用强度等级较高、直径较大的纵向受力钢筋替代原设计中的钢筋，则在地震作用下，与此梁相接的框架柱有可能先出现铰，或梁受剪破坏先于受弯破坏，而这都是不符合强柱弱梁的抗震设计原则的。

结构设计时，可在结构设计文件中（一般在结构施工设计总说明中），应根据《建筑抗震设计规范》第3.9.4条的规定，明确注明当需要以强度等级较高的钢筋替代原设计中强度等级较低的钢筋或用直径较大的钢筋替代原设计中直径较小的钢筋时，应按照钢筋受拉承载力设计值相等的原则换算。

还应注意的是：由于钢筋的强度等级和直径的改变会影响正常使用阶段的挠度和裂缝宽度，同时还应满足最小配筋率和钢筋间距等构造要求。

16 如何选择合理经济的结构体系

【解析】（1）合理经济的结构体系的选择，是一个多因素的复杂的系统工程，应从建筑、结构、施工技术条件、建材、经济、机电等各专业综合考虑。

从结构专业设计的角度出发，主要考虑以下两个方面的问题：

①尽可能满足建筑功能要求，一般商场、车站、展览馆、餐厅、停车库等多层房屋用框架结构较多；高层住宅、公寓、宾馆等用剪力墙结构较多；酒店、写字楼、教学楼、科研楼、病房楼等以及综合性公共建筑用框架-剪力墙结构、框架-核心筒结构较多。

②按结构设计要求，低层、多层建筑可选用砌体结构或钢筋混凝土结构，高层建筑可选用钢筋混凝土结构或混合结构或钢结构。对钢筋混凝土结构，一般多、高层建筑结构可根据房屋高度和高宽比、抗震设防类别、抗震设防烈度、场地类别、结构材料和施工技术条件等因素初步选择结构体系。

《高层建筑混凝土结构技术规程》（JGJ3—2002）（以下简称高规）将钢筋混凝土高层建筑结构的房屋高度分为A级高度和B级高度。A级高度是各结构体系比较合适的房屋高度。B级高度比A级高度要高，其结构受力、变形、整体稳定、承载能力等更复杂，故其结构抗震等级、有关的计算和构造措施应相应加严，并应符合抗震规范及高规有关条文的规定。

（2）房屋的最大适用高度和高宽比。

①最大适用高度。

A级高度乙类和丙类钢筋混凝土高层建筑的最大适用高度应符合表1-1-8的规定。

表 1-1-8 A级高度钢筋混凝土高层建筑的最大适用高度 (m)

结 构 体 系	非抗震设计	抗震设防烈度			
		6度	7度	8度	9度
框 架	70	60	55	45	25
框架-剪力墙	140	130	120	100	50
全部落地剪力墙	150	140	120	100	60
剪力墙 部分框支剪力墙	130	120	100	180	不应采用
短肢剪力墙结构	130	120	100	60	不应采用
筒 体 框架-核心筒	160	150	130	100	70
筒中筒	200	180	150	120	80
板柱-剪力墙	70	40	35	30	不应采用

注：1. 表中框架不含异型柱框架结构。

2. 部分框支剪力墙结构指地面以上有部分框支剪力墙的剪力墙结构。

3. 7度和8度抗震设计时，剪力墙结构错层高层建筑房屋高度分别不宜大于80m和60m；框架-剪力墙结构错层高层建筑房屋高度分别不宜大于80m和60m。

框架－剪力墙、剪力墙和筒体结构高层建筑，其高度超过表 1－1－8 规定时为 B 级高度高层建筑。B 级高度钢筋混凝土乙类和丙类高层建筑的最大适用高度应符合表 1－1－9 的规定。

表 1－1－9 B 级高度钢筋混凝土高层建筑的最大适用高度 (m)

结 构 体 系	非抗震设计	抗震设防烈度		
		6 度	7 度	8 度
剪 力 墙	框架－剪力墙	170	160	140
	全部落地剪力墙	180	170	150
	部分框支剪力墙	150	140	120
筒 体	框架－核心筒	220	210	180
	筒中筒	300	280	230

一点说明。

* 房屋高度指室外地面至主要屋面高度，不包括局部突出屋面的电梯机房、水箱、构架等高度；

* 平面和竖向均不规则的建筑或位于Ⅳ类场地的建筑，表 1－1－8、表 1－1－9 中数值应适应降低；

* A 级高度高层建筑结构的甲类建筑，6，7，8 度抗震设防时宜按本地区抗震设防烈度提高 1 度后符合表 1－1－8 的要求，9 度时应专门研究；

* A 级高度高层建筑结构 9 度抗震设防、房屋高度超过表 1－1－8 数值时，结构设计应有可靠依据，并采取有效措施；

* B 级高度高层建筑结构甲类建筑，6，7 度时宜按本地区设防烈度提高一度后符合表 1－1－9 的要求，8 度时应专门研究；

* 底部带转换层的筒中筒结构 B 级高度高层建筑，当外筒框支层以上采用由剪力墙构成的壁式框架时，其最大适用高度比表 1－1－9 规定的数值适当降低；

* 抗震设计时，B 级高度高层建筑不宜采用连体结构；

* B 级高度高层建筑结构当房屋高度超过表 1－1－9 中数值时，结构设计应有可靠依据，并采取有效措施。

②高宽比。

A 级高度钢筋混凝土高层建筑结构的高宽比不宜超过表 1－1－10 的数值。

表 1－1－10 A 级高度钢筋混凝土高层建筑结构适用的最大高度比

结 构 体 系	非抗震设计	抗震设防烈度		
		6 度、7 度	8 度	9 度
框架－剪力墙	5	4	3	2
框架－剪力墙	5	5	4	3
剪力墙	6	6	5	4
筒中筒、框架－核心筒	6	6	5	4

B级高度钢筋混凝土高层建筑物的高宽比不宜超过表 1-1-11 的数值。

表 1-1-11 B级高度钢筋混凝土高层建筑物适用的最大高宽比

非抗震设计	抗震设防烈度	
	6度、7度	8度
8	7	6

无论采用何种结构体系，都应使结构具有合理的刚度和承载能力，避免产生软弱层或薄弱层，保证结构的稳定和抗倾覆能力；应使结构具有多道防线，提高结构和构件的延性，增强其抗震能力。

17 如何确定建筑物的高宽比

【解析】 高层建筑物高宽比的规定，是对结构整体刚度、抗倾覆能力、整体稳定、承载能力以及经济合理性的宏观控制指标，是长期工程经验的总结，从目前大多数 A 级高度高层建筑来看，这一限值是比较适用、比较经济合理的。

实际上高规对侧向位移、结构稳定、抗倾覆能力、承载能力等性能的规定，也体现了对结构高宽比的要求。当满足这些规定时，高宽比的规定不是一个必须满足的条件，也不是判别结构规则与否并作为超限高层建筑抗震专项审查的一个指标，注意规范的用词是“不宜超过”。实际工程已有一些超过高宽比限值的例子（如上海金茂大厦 88 层 420m，为 7.6；深圳地王大厦 81 层 320m，为 8.8）。当超过限值时，应对结构进行更准确更符合实际受力状态的计算分析和切实可行的构造措施。

一般情况下高层建筑高宽比的计算可按下述方法进行：

房屋高度指室外地面上至主楼屋面高度，不包括突出屋面的电梯机房、水箱、构架等高度。

宽度按所考虑方向的最小投影宽度作为建筑物的计算宽度，但对突出建筑物平面很小的局部结构（如楼梯间、电梯间等），一般不作为建筑物的计算宽度。

对 L 形、II 形等平面，若平面上伸出的长宽比不大于 3，不应以伸出的宽度作为建筑物计算宽度（图 1-1-2a、图 1-1-2b）；

对口形平面，若 a/b 不大于 6，不应以 b 作为建筑物计算宽度（图 1-1-2c）；

对弧形建筑平面，不应以弧形的径向宽度作为建筑物计算宽度（图 1-1-2d），此时应根据具体情况，一般建筑物的计算宽度应大于弧形的径向宽度。

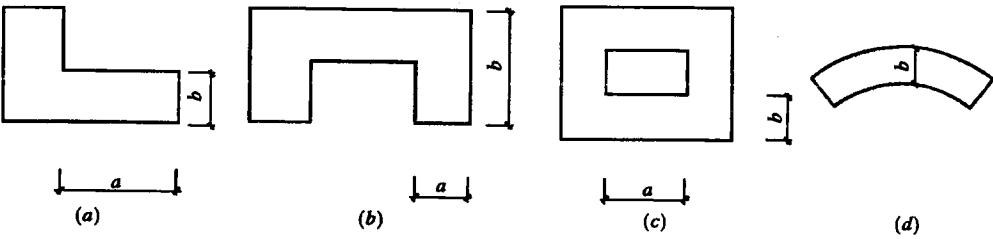


图 1-1-2 部分复杂建筑平面示意

带有裙房的高层建筑，当裙房的面积和刚度相对于其上部塔楼的面积和刚度较大时（建议面积为 2.5 倍，刚度为 2.0 倍），宜取裙房以上部分的房屋高度和宽度计算高宽比。

大底盘结构的高宽比，可对整个结构和底盘上的塔楼部分分别进行计算。

对于不宜采用最小投影宽度计算高宽比的情况，应根据工程实际确定合理的计算方法。

《广东省实施〈高层建筑混凝土结构技术规程〉（JGJ3—2002）补充规定》提出：“当建筑平面非矩形时，可取平面的等效宽度 $B = 3.5r$ ， r 为建筑平面（不计外挑部分）最小回转半径。”可供参考。

18 如何界定建筑结构的不规则

【解析】（1）下列情况之一应视为平面不规则：

①结构的平面尺寸超过表 1-1-12 的限值（图 1-1-3）。

表 1-1-12 L 、 l 的限值

设防烈度	L/B	$L/B_{\max}$	l/b
6、7 度	≤ 6.0	≤ 0.35	≤ 2.0
8、9 度	≤ 5.0	≤ 0.30	≤ 1.5

注： L 为建筑物总长度。

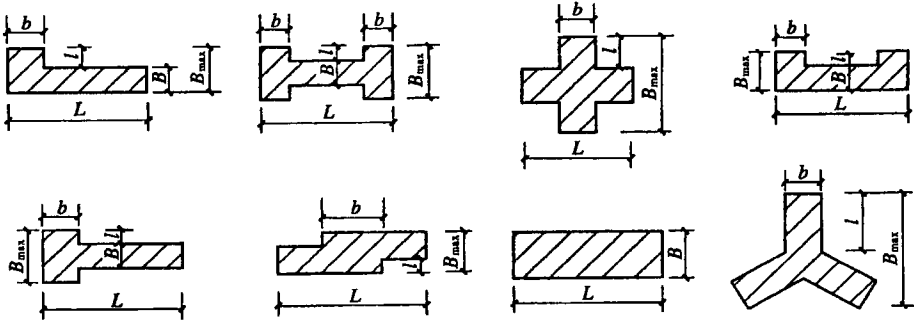


图 1-1-3 结构平面尺寸的限值

②楼板局部不连续。

楼板的尺寸和平面刚度急剧变化，有效楼板宽度小于该层楼板典型宽度的 50%，或开洞面积大于该层楼面面积的 30%；在扣除凹入或开洞后，楼板在任一方向的最小净宽度小于 5m，且开洞后每一边的楼板净宽度小于 2m；或较大的楼层错层，错层面积大于该层总面积的 30%。

③扭转不规则。

按刚性楼板假定进行结构整体计算时，在考虑偶然偏心影响（对多层建筑可不考虑偶然偏心影响）的地震作用下，楼层竖向构件的最大水平位移和层间位移，A 级高度高层建筑大于该楼层平均值的 1.2 倍。B 级高度高层建筑及高规第 10 章所指的复杂高层建筑大于该楼层平均值的 1.2 倍。建设部建质 [2006] 220 号文件指出“规则性要求的严格程度，可依设防烈度不同有所区别。当计算的最大水平位移、层间位移很小时，扭转位移比的控制可略有放宽。”一般当计算层间位移角小于规范限值的 1/2 000 时，此比值可以适当放松。

结构扭转为主的第一自振周期 T_1 与平动为主的第一自振周期 T_1 之比，A 级高度高层建筑不应大于 0.9，B 级高度高层建筑及高规第 10 章所指的复杂高层建筑不应大于 0.85。