



土木工程专业设计指导手册

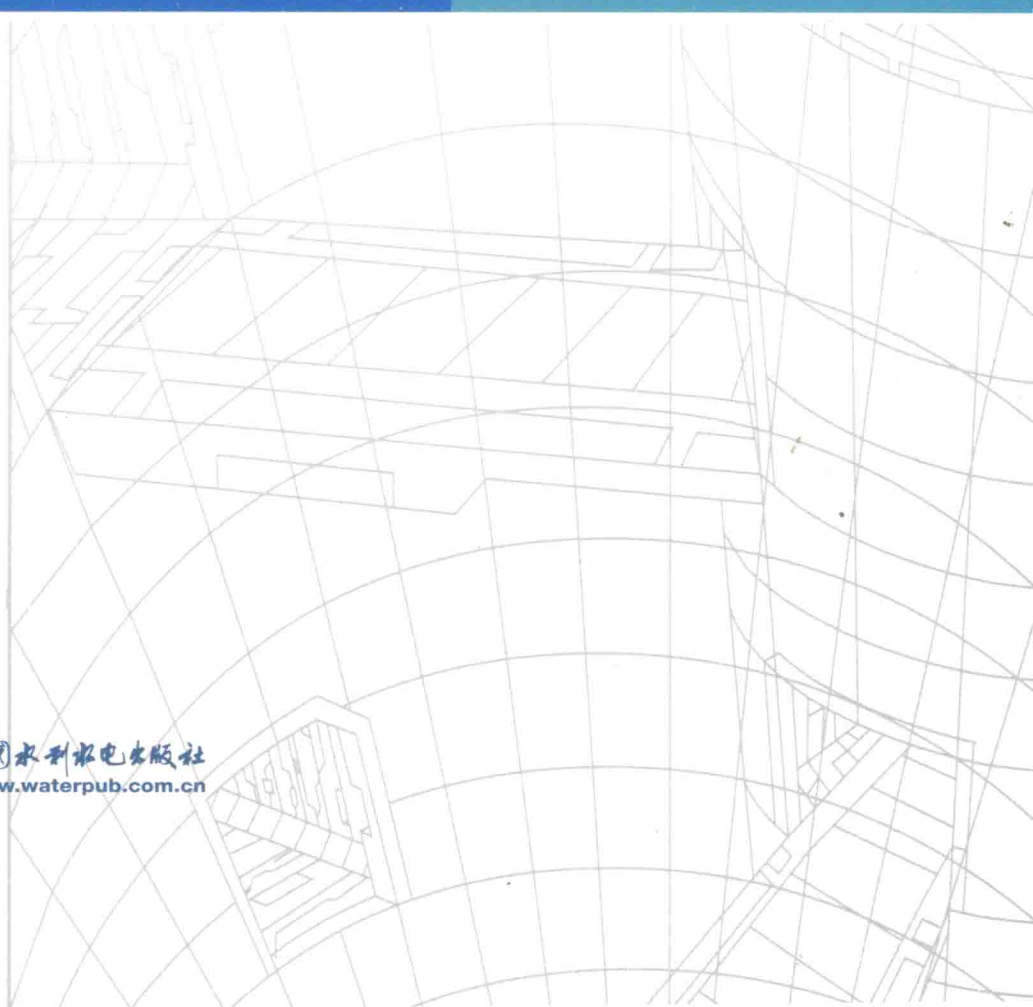
丛书主编 龙炳煌 主编 田水

GANGJIN HUNNINGTU KUANGJIA JIEGOU
SHEJI ZHIDAO SHOUC

钢筋混凝土框架结构 设计指导手册



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



土木工程专业

丛书主编 龙炳煌

主编 田水

副主编 黄婧 李书进 古倩

钢筋混凝土框架结构 设计指导手册



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书涵盖了钢筋混凝土框架结构设计的全过程,内容包括结构平面布置、构件截面尺寸选择、荷载计算、框架内力计算、荷载效应组合、侧移验算、抗震设计以及构件设计等内容。在对规范条文及理论讲解的基础上通过实例对钢筋混凝土框架结构设计过程进行全面演示,具有很强的实用价值和可操作性。

本书适合土木工程专业及相关专业本、专科学生及设计人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

钢筋混凝土框架结构设计指导手册 / 田水主编. —
北京: 中国水利水电出版社, 2014.4
(土木工程专业设计指导手册 / 龙炳煌主编)
ISBN 978-7-5170-1879-7

I. ①钢… II. ①田… III. ①钢筋混凝土结构—框架
结构—结构设计—手册 IV. ①TU375.4-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第070349号

书 名	土木工程专业设计指导手册 钢筋混凝土框架结构设计指导手册
作 者	丛书主编 龙炳煌 主编 田水
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 13.5印张 320千字
版 次	2014年4月第1版 2014年4月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	28.00元



凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

编 委 会

主 编 田 水

副主编 (以姓氏拼音为序)

谷 倩 黄 婧 李书进

编 委 (以姓氏拼音为序)

孔亚美 童小龙 王笑杰 杨世杰

前 言

近几年我国建筑结构的有关规范及规程又经历了新一轮修改，对钢筋混凝土框架结构设计的相关内容进行了较多补充与更新。本书详细讲解了广泛应用于多层房屋建筑中的现浇钢筋混凝土框架结构设计的全过程，内容包括结构布置、构件截面尺寸选择、计算简图选取、荷载计算和框架内力计算、荷载效应组合、框架的抗震设计、构件配筋设计等。

钢筋混凝土框架设计涵盖了《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)、《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)等内容。内容多且涉及面广，对于刚开始从事钢筋混凝土框架设计的人员及在校学生要全面了解钢筋混凝土框架设计的理论，熟练应用规范、规程条文及了解规范之间、条文之间的内在联系尚有一定困难。为帮助大家深入理解钢筋混凝土框架结构设计的理论及规范条文，系统、全面地掌握钢筋混凝土框架结构的设计方法，本书结合现行规范对钢筋混凝土框架结构设计方法进行了全面、系统、详细地阐述，以钢筋混凝土框架设计为主线，讲解相关规范条文，通过将不同规范的相应条文放在一起讲解使大家更深入地理解规范条文的含义，了解不同规范之间的衔接，形成钢筋混凝土框架结构设计整体思路。通过对不同规范的相关条文对比，指出其异同及适用条件，达到深刻理解并能正确运用规范条文的目的，最后通过一个设计实例，使理论和实践紧密结合。通过手算与电算的讲解，使大家对手算和计算机操作均有了解。

本分册共分10章，由田水、黄婧、李书进、谷倩、孔亚美、童小龙、杨世杰、王笑杰共同编写，由龙炳煌审阅。

限于编者的水平，书中不可避免的存在着疏漏和错误，敬请读者批评指正。

编者

目 录

前言

第 1 章 钢筋混凝土框架结构设计步骤概述	1
1.1 建筑设计	1
1.2 结构设计	1
第 2 章 框架结构设计规范基本规定	3
2.1 适用范围	3
2.2 材料选用	5
2.3 设计原则和基本要求	7
2.4 抗震等级及调整	11
2.5 水平位移限值及变形验算	14
2.6 结构稳定	17
第 3 章 钢筋混凝土框架结构设计的前期工作	18
3.1 结构方案与布置	18
3.2 材料及截面尺寸选择	24
3.3 计算简图	26
第 4 章 框架结构分析	46
4.1 框架内力计算	46
4.2 考虑重力二阶效应的框架内力调整	56
4.3 水平荷载下侧移及薄弱层验算	59
第 5 章 荷载效应组合	62
5.1 弯矩调幅	62
5.2 荷载效应组合	63
5.3 控制截面及最不利内力	66
第 6 章 钢筋混凝土框架构件设计	68
6.1 框架梁设计	68
6.2 框架柱设计	75
6.3 框架节点设计	84
第 7 章 楼梯及基础设计	89
7.1 楼梯设计	89

7.2 独立基础设计	91
第8章 设计软件应用	104
8.1 设计软件应用及参数确定	104
8.2 计算结果分析	133
第9章 结构施工图	137
9.1 结构施工图的平法表示方法	137
9.2 结构施工图的主要内容	140
9.3 结构施工图的深度要求	140
第10章 设计实例	144
10.1 计算书要求	144
10.2 结构设计条件	144
10.3 承重方案与结构布置	145
10.4 框架结构侧移刚度计算	146
10.5 重力荷载代表值计算	150
10.6 水平荷载作用下横向框架的内力及侧移计算	155
10.7 竖向荷载作用下横向框架的内力计算	160
10.8 内力组合	167
10.9 构件截面设计	177
10.10 软件计算结果与手算计算结果的对比分析	186
10.11 弹塑性变形验算	188
10.12 楼板设计	192
10.13 楼梯设计	197
10.14 基础设计	199
10.15 基础结构设计	202
10.16 施工图	204
附录	205
参考文献	207

第 1 章 钢筋混凝土框架结构设计步骤概述

钢筋混凝土框架结构设计是土木工程专业学生毕业设计的主要内容，也是从事建筑设计工作的设计人员经常遇到的工作。钢筋混凝土框架结构设计主要包括建筑设计和结构设计两个部分。

1.1 建筑设计

建筑设计的主要内容是在总体规划的前提下，根据设计任务书的要求，综合考虑环境、使用功能、结构选型、施工、材料、设备、建筑经济及建筑艺术等问题，首先进行建筑总平面设计，解决使用功能和使用空间的合理安排，确定与场地和周围环境的关系，以及完成人流、车流、主次出入口布置及环境的美化等；其次，更细化地确定主要功能房间以及辅助房间的平面布置、面积、门窗大小及位置，水平和垂直交通联系，进而进行立面设计和剖面设计等。

1.2 结构设计

结构设计部分为密切结合建筑设计进行结构总体布置，确定结构形式，使建筑物具有良好的受力学性能和合理的传力路线。通过力学计算及合理的构造措施保证结构的安全性、适用性、耐久性。此部分为本书的主要内容。

结构设计是保证结构安全的重要设计过程。结构设计与建筑结构的安全性和可靠性息息相关，做好结构设计不仅需要设计人员具备专业的理论知识和设计经验，还需要严格遵守相关规范、规程的规定。结构设计一般包括：结构方案、内力分析、截面设计、连接构造、耐久性、施工可行性及特殊工程的性能设计等。《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)对混凝土结构设计的内容进行了规定：

3.1.1 混凝土结构设计应包括下列内容：

- 1 结构方案设计，包括结构选型、传力途径和构件布置；
- 2 作用及作用效应分析；
- 3 结构构件截面配筋计算或验算；
- 4 结构及构件的构造、连接措施；
- 5 对耐久性及施工的要求；
- 6 满足特殊要求结构的专门性能设计。

总体来说，在满足建筑方案和能保证结构安全的基础上，结构设计应在以构件设计为主的基础上扩展到考虑整个结构体系的设计。

对于一般的钢筋混凝土框架结构的设计，其步骤见图 1.1.1。

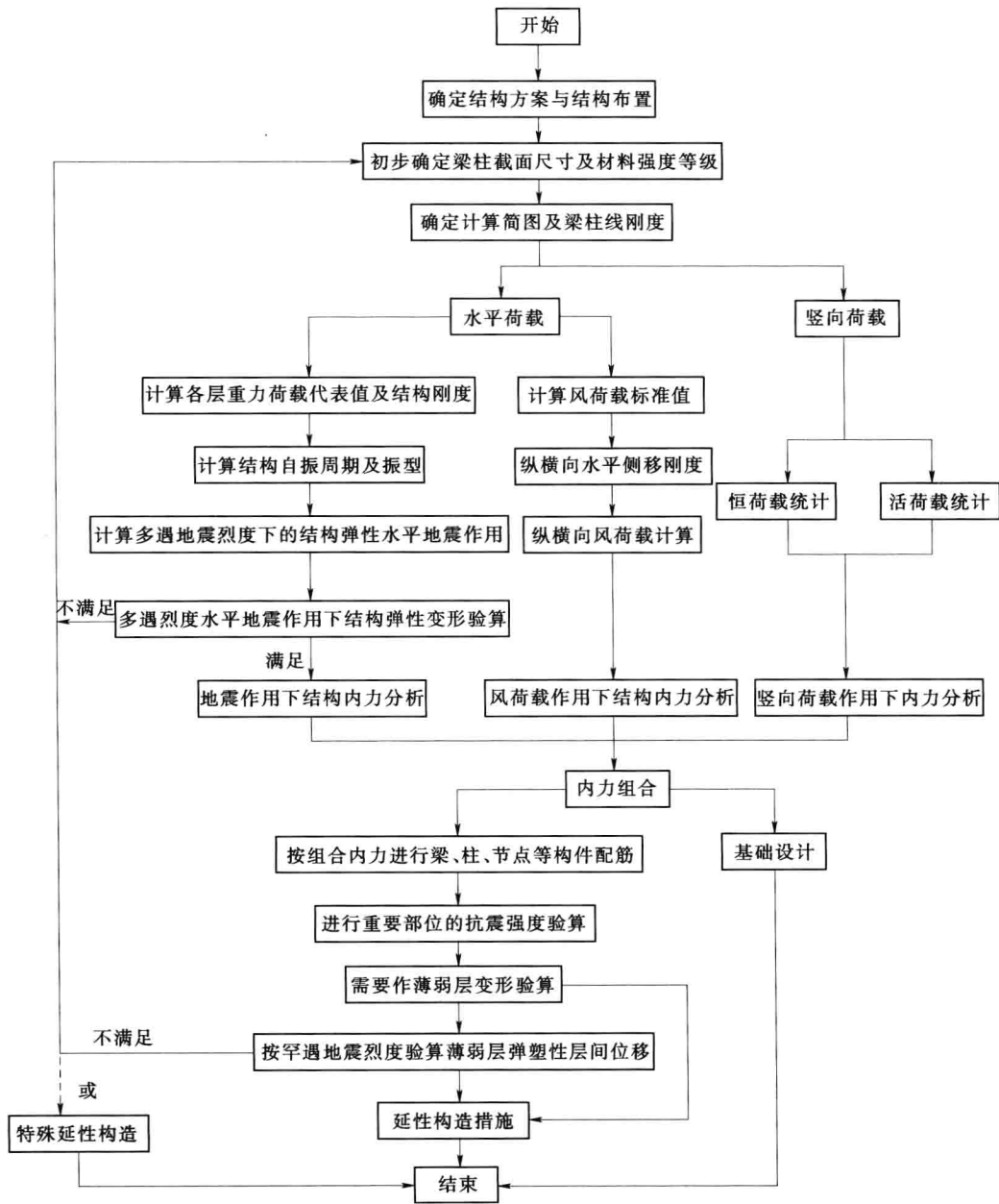


图 1.1.1 钢筋混凝土框架结构设计步骤框图

第 2 章 框架结构设计规范基本规定

2.1 适用范围

2.1.1 房屋适用高度

每一种结构体系均有其最佳的适用高度范围，在其最佳适用高度范围内结构体系受力合理、建筑材料能得到充分应用，结构效能能得到充分发挥，这时结构具有良好的经济性。钢筋混凝土框架结构体系也有其适用高度，我国规范从安全、结构效能和经济性等诸方面综合考虑对其适用的最大高度进行限制，规定了钢筋混凝土框架结构体系的最大适用高度。

(1)《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010) 规定：

6.1.1 本章适用的现浇钢筋混凝土房屋的结构类型和最大高度应符合表 6.1.1 的要求。平面和竖向均不规则的结构，适用的最大高度宜适当降低。一般减少 10% 左右。

表 6.1.1 现浇钢筋混凝土房屋适用的最大高度 (m)

结 构 类 型	烈 度				
	6	7	8(0.2g)	8(0.3g)	9
框 架	60	50	40	35	24

注 1. 房屋高度指室外地面到主要屋面板板顶的高度 (不包括局部突出屋顶部分)；
2. 表中框架，不包括异形柱框架；
3. 乙类建筑可按本地区抗震设防烈度确定其适用的最大高度；
4. 超过表内高度的房屋，应进行专门研究和论证，采取有效地加强措施。

(2)《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010) 将钢筋混凝土结构抗侧力体系的最大适用高度分成 A 级、B 级两类。A 级高度钢筋混凝土高层建筑是目前应用最广泛的建筑，A 级的钢筋混凝土框架结构体系的高度应符合《高层建筑混凝土结构技术规程》的规定：

3.3.1 钢筋混凝土高层建筑结构的最大适用高度应区分为 A 级和 B 级。A 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 3.3.1-1 的规定。

平面和竖向均不规则的高层建筑结构，其最大适用高度宜适当降低。

表 3.3.1-1 A 级高度钢筋混凝土高层建筑的适用高度 (m)

结构体系	非抗震设计	抗震设防烈度				
		6	7	8		9
				0.20g	0.30g	
框架	70	60	50	40	35	—

- 注 1. 表中框架不含异形柱框架;
 2. 甲类建筑, 6~8 度时宜按本地区抗震设防烈度提高一度后符合本表的要求, 9 度时应专门研究;
 3. 当房屋高度超过本表数值时, 结构设计应有可靠依据, 并采取有效地加强措施。

可以看出《建筑抗震设计规范》和《高层建筑混凝土结构技术规程》规定的结构最大适用高度在抗震设防烈度 8 度及以下时是相同的, 9 度时钢筋混凝土框架不能应用于高层建筑结构。表中的房屋高度均是指室外地面到主要屋面板板顶的高度, 不包括电梯机房、水箱、构架等局部突出屋顶的部分。当钢筋混凝土框架结构房屋的高度超过最大适用高度时, 应通过专门研究, 采取有效加强措施, 并进行专项审查。

注意: 表 3.3.1-1 为乙类和丙类建筑的最大适用高度, 甲类建筑在抗震设防烈度 6~8 度时宜按本地区抗震设防烈度提高一级后符合表的要求。

2.1.2 房屋适用高宽比

房屋高宽比是影响结构效能及经济性的另一个重要影响因素。当建筑高宽比达到一定值后, 随着建筑高宽比的增加, 结构的侧向位移、倾覆力矩均将迅速增大, 高层建筑结构的侧向位移常常成为高层结构设计的主要控制因素, 因此, 建筑物的高宽比不宜过大。为了使设计者在初步设计阶段就能在宏观上控制结构的刚度、整体稳定、承载能力和经济合理性, 确定经济、合理的结构体形, 充分利用钢筋混凝土框架结构的受力性能, 《高层建筑混凝土结构技术规程》规定了钢筋混凝土框架结构的高宽比限值:

3.3.2 钢筋混凝土高层建筑结构的高宽比不宜超过表 3.3.2 的规定。

表 3.3.2 钢筋混凝土高层建筑结构适用的最大高宽比

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	5	4	3	—

计算房屋的高宽比时, 房屋的高度是指室外地面到主要屋面板板顶的高度, 宽度是指房屋平面轮廓边缘的最小尺寸。

《高层建筑混凝土结构技术规程》第 3.3.2 条的条文说明了控制高宽比的目的:

3.3.2 (条文说明) 高层建筑的高宽比, 是对结构刚度、整体稳定、承载能力和经济合

理性的宏观控制；在结构设计满足本规程规定的承载力、稳定、抗倾覆、变形和舒适度等基本要求后，仅从结构安全角度讲高宽比限值不是必须满足的，主要影响结构设计的经济性。

《高层建筑混凝土结构技术规程》第 3.3.2 条的条文说明介绍了复杂体型建筑高宽比计算的原则：

3.3.2 （条文说明）在复杂体型的高层建筑中，如何计算高宽比是比较难以确定的问题。一般情况下，可按所考虑方向的最小宽度计算高宽比，但对突出建筑物平面很小的局部结构（如楼梯间、电梯间等），一般不应包含在计算宽度内；对于不宜采用最小宽度计算高宽比的情况，应由设计人员根据实际情况确定合理的计算方法；对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，计算高宽比的房屋高度和宽度可按裙房以上塔楼结构考虑。

《建筑抗震设计规范》及《混凝土结构设计规范》均未有控制建筑结构高宽比的条文。这表明仅在设计高层建筑结构时要验算高宽比。

2.2 材料选用

2.2.1 钢筋选择

1. 无抗震设防要求时

《混凝土结构设计规范》规定无抗震设防要求时：

4.2.1 混凝土结构的钢筋应按下列规定选用：

1 纵向受力普通钢筋宜采用 HRB400、HRB500、HRBF400、HRBF500 钢筋，也可采用 HPB300、HRB335、HRBF335、RRB400 钢筋；

2 梁、柱纵向受力普通钢筋应采用 HRB400、HRB500、HRBF400、HRBF500 钢筋；

3 箍筋宜采用 HRB400、HRBF400、HPB300、HRB500、HRBF500 钢筋，也可采用 HRB335、HRBF335 钢筋。

2. 有抗震设防要求时

为保证按一、二、三级抗震等级设计的各类框架构件在出现较大塑性变形或塑性铰后，钢筋具有必要的耗散地震作用的潜力，保证构件的基本抗震承载力；保证“强柱弱梁”、“强剪弱弯”设计要求的效果不致因钢筋屈服强度离散性过大而受到干扰；保证在抗震大变形条件下，钢筋具有足够的塑性变形能力，《混凝土结构设计规范》规定按一、二、

三级抗震等级设计的各类框架构件中钢筋应满足抗震所需要的强度及变形要求：

11.2.3 按一、二、三级抗震等级设计的框架和斜撑构件，其纵向受力普通钢筋应符合下列要求：

- 1 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；
- 2 钢筋的屈服强度实测值与屈服强度标准值的比值不应大于 1.30；
- 3 钢筋最大拉力下的总伸长率实测值不应小于 9%。

该要求与《高层建筑混凝土结构技术规程》的第 3.2.3 条要求相一致。

为保证当构件某个部位出现塑性铰以后，塑性铰处有足够的转动能力与耗能能力以及纵向钢筋具有足够的延性和伸长率和实现强柱弱梁、强剪弱弯所规定的内力调整，《建筑抗震设计规范》对钢筋的选材也做了如下规定：

3.9.2 结构材料性能指标，应符合下列最低要求：

2) 抗震等级为一、二、三级的框架和斜撑构件（含梯段），其纵向受力钢筋采用普通钢筋时，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屈服强度标准值的比值不应大于 1.3，且钢筋在最大拉力下的总伸长率实测值不应小于 9%。

3.9.3 结构材料性能指标，尚宜符合下列要求：

1 普通钢筋宜优先采用延性、韧性和焊接性较好的钢筋；普通钢筋的强度等级，纵向受力钢筋宜选用符合抗震性能指标的不低于 HRB400 级的热轧钢筋，也可采用符合抗震性能指标的 HRB335 级热轧钢筋；箍筋宜选用符合抗震性能指标的不低于 HRB335 级的热轧钢筋，也可选用 HPB300 级热轧钢筋。

注：钢筋的检验方法应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定。

2.2.2 混凝土强度等级的选用

1. 无抗震设防要求时

根据混凝土耐久性的基本要求，《混凝土结构设计规范》规定：

4.1.2 素混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C15；钢筋混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C20；采用强度等级 400MPa 及以上的钢筋时，混凝土强度等级不应低于 C25。

预应力混凝土结构的混凝土强度等级不宜低于 C40，且不应低于 C30。

承受重复荷载的钢筋混凝土构件，混凝土强度等级不应低于 C30。

2. 有抗震设防要求时

由于混凝土强度对保证构件塑性铰区发挥延性能力具有较重要作用，故抗震设计时混

凝土强度等级不能太低；但因高强度混凝土表现出的明显脆性，以及因侧向变形系数偏小而使箍筋对它的约束效果受到一定削弱，故对地震高烈度区混凝土强度也不能太高。因此《混凝土结构设计规范》提出了有抗震设防要求的混凝土结构最高和最低强度等级的限制。

11.2.1 混凝土结构的混凝土强度等级应符合下列规定：

- 1 9 度时不宜超过 C60，8 度时不宜超过 C70。
- 2 一级抗震等级的框架梁、柱及节点，不应低于 C30；其他各类结构构件，不应低于 C20。

在抗震设计中考虑到高强度混凝土具有脆性性质，且随强度等级提高其脆性明显增加，根据现有的试验研究和工程经验，《建筑抗震设计规范》也限制了混凝土材料的强度等级，规定如下：

3.9.2 结构材料性能指标，应符合下列最低要求：

- 1) 混凝土的强度等级，抗震等级为一级的框架梁、柱、节点核心区，不应低于 C30；其他各类构件不应低于 C20；

3.9.3 结构材料性能指标，尚宜符合下列要求：

- 2 混凝土结构的混凝土强度等级，抗震墙不宜超过 C60，其他构件，9 度时不宜超过 C60，8 度时不宜超过 C70。

在高层建筑中，由于房屋高度大、层数多、柱距大，单柱轴向力很大，因轴压比限制而使柱截面尺寸过大，加大了自重和材料消耗，并且妨碍建筑功能、浪费有效面积。因此《高层建筑混凝土结构技术规程》在《混凝土结构设计规范》和《建筑抗震设计规范》规定的基础上规定：

3.2.1 高层建筑混凝土结构宜采用高强高性能混凝土。

3.2.2 各类结构用混凝土的强度等级均不应低于 C20，并应符合下列规定：

- 3 作为上部结构嵌固部位的地下室楼盖的混凝土强度等级不宜低于 C30；
- 4 转换层楼板、转换梁、转换柱、箱形转换结构以及转换厚板的混凝土强度等级均不低于 C30；

2.3 设计原则和基本要求

建筑结构设计要满足安全性、适用性及耐久性的要求，结构设计时必须根据相关规范、规程的规定。现行规范、规程对建筑结构设计的原则和要求有：

3.1.5 混凝土结构的安全等级和设计使用年限应符合现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 的规定。

表 3.1.5

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

混凝土结构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。对于结构中重要构件和关键传力部位，宜适当提高其安全等级。

2.3.1 承载力极限状态计算

《混凝土结构设计规范》规定：

3.3.1 混凝土结构的承载力极限状态计算应包括下列内容：

- 1 结构构件应进行承载力（包括失稳）计算；
- 2 直接承受重复荷载的构件应进行疲劳验算；
- 3 有抗震设防要求时，应进行抗震承载力计算；
- 4 必要时尚应进行结构的倾覆、滑移、漂浮验算；
- 5 对于可能遭受偶然作用，且倒塌可引起严重后果的重要结构，宜进行防连续倒塌设计。

3.3.2 对持久设计状况、暂短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：

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

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

式中 γ_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；对地震设计状况下不应小于 1.0；

S ——承载力极限状态下作用组合的效应设计值：对持久设计状况和暂短设计状况按作用的基本组合计算；对地震设计状况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；

γ_{Rd} ——结构构件的抗力模型不定性系数：对静力设计，一般结构构件取 1.0，重要结构构件或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；对抗震设计，采用承载力抗震调整系数 γ_{RE} 代替 γ_{Rd} 的表达形式；

f_c 、 f_s ——混凝土、钢筋的强度设计值；

a_d ——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，可另增减一个附加值。

公式 (3.3.2-1) 中的 $\gamma_0 S$, 在本规范各章中用内力值 (N 、 M 、 V 、 T 等) 表达。

《高层建筑混凝土结构规程》规定:

3.8.1 高层建筑结构构件的承载力应按下列公式验算:

持久设计状况、短暂设计状况

$$\gamma_0 S_d \leq R_d \quad (3.8.1-1)$$

地震设计状况

$$S_d \leq R_d / \gamma_{RE} \quad (3.8.1-2)$$

式中 γ_0 ——结构重要性系数, 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;

S_d ——作用组合的效应设计值;

R_d ——构件承载力设计值;

γ_{RE} ——构件承载力抗震调整系数。

3.8.2 抗震设计时, 钢筋混凝土构件的承载力抗震调整系数应按表 3.8.2 采用。当仅考虑竖向地震作用组合时, 各类结构构件的承载力抗震调整系数均应取为 1.0。

表 3.8.2 承载力抗震调整系数

构件类别	梁	轴压比小于 0.15 的柱	轴压比不小于 0.15 的柱	各类构件	节点
受力状态	受弯	偏压	偏压	受剪、偏拉	受剪
γ_{RE}	0.75	0.75	0.80	0.85	0.85

2.3.2 正常使用极限状态的验算

3.4.1 混凝土结构构件应根据其使用功能及外观要求, 进行正常使用极限状态的验算。混凝土结构构件正常使用极限状态的验算应包括下列内容:

- 1 对需要控制变形的构件, 应进行变形验算;
- 2 对不允许出现裂缝的构件, 应进行混凝土拉应力验算;
- 3 对允许出现裂缝的构件, 应进行受力裂缝宽度验算;
- 4 对有舒适度要求的楼盖结构, 应进行竖向自振频率验算。

3.4.2 对于正常使用极限状态, 钢筋混凝土构件应分别按荷载的准永久组合并考虑长期作用的影响或标准组合并考虑长期作用的影响, 采用下列极限状态设计表达式进行验算:

$$S \leq C$$

式中 S ——正常使用极限状态的荷载组合效应设计值;

C ——结构构件达到正常使用要求所规定的变形、应力、裂缝宽度和自振频率等的限值。

3.4.3 钢筋混凝土受弯构件的最大挠度应按荷载的准永久组合, 预应力混凝土受弯构件的最大挠度应按荷载的标准组合, 并均应考虑荷载长期作用的影响进行计算, 其计算

值不应超过表 3.4.3 规定的挠度限值。

表 3.4.3 受弯构件的挠度限值

构 件 类 型		挠 度 限 值
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；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；
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；
4. 构件制作时的起拱值不宜超过构件在相应荷载组合作用下的计算挠度值；
5. 当构件对使用功能和外观有较高要求时，设计可对挠度限值适当加严。

在正常使用极限状态验算中，我国规范参考工程实践经验及国内常用构件的设计状况及实际效果的调查统计、耐久性专题研究以及长期暴露试验与快速试验的结果、国外规范的有关规定，提出了构件裂缝控制等级的划分和裂缝宽度限值，《混凝土结构设计规范》规定：

3.4.4 结构构件正截面的受力裂缝控制等级分为三级。在直接作用下，结构构件的裂缝控制等级划分及要求应符合下列规定：

一级——严格要求不出现裂缝的构件，按荷载标准组合计算时，构件受拉边缘混凝土不应产生拉应力。

二级——一般要求不出现裂缝的构件，按荷载标准组合计算时，构件受拉边缘混凝土拉应力不应大于混凝土抗拉强度的标准值。

三级——允许出现裂缝的构件：对钢筋混凝土构件，按荷载准永久组合并考虑长期作用影响计算时，构件的最大裂缝宽度不应超过最大裂缝宽度限值。

3.4.5 结构构件应根据结构类型和本规范第 3.5.2 条规定的环境类别，按表 3.4.5 的规定选用不同的裂缝控制等级及最大裂缝宽度限值 w_{lim} 。

表 3.4.5 结构构件的裂缝控制等级及最大裂缝宽度的限值 (mm)

环 境 类 别	钢筋混凝土结构	
	裂缝控制等级	w_{lim}
一	三级	0.30(0.40)
二 a		0.20
二 b		
三 a、三 b		

- 注 1. 表中的规定适用于采用热轧钢筋的钢筋混凝土构件；当采用其他类别的钢丝或钢筋时，其裂缝控制要求可按专门标准确定；
2. 对处于年平均相对湿度小于 60% 地区一级环境下的受弯构件，其最大裂缝宽度限值可采用括号内的数值；
3. 在一类环境下，对钢筋混凝土屋面梁和托梁，其最大裂缝宽度限值应取为 0.30mm；
4. 在一类环境下，对双向板体系，应按二级裂缝控制等级进行验算；对一类环境下的单向板，按表中二 a 级环境的要求进行验算；
5. 对于处于四、五类环境下的结构构件，其裂缝控制要求应符合专门标准的有关规定；
6. 混凝土保护层厚度较大的构件，可根据实践经验对表中最大裂缝宽度限值适当放宽。