

混凝土结构设计 计算算例

(第二版)

王依群 编著

中国建筑工业出版社

混凝土结构设计计算算例 (第二版)

王依群 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土结构设计计算算例/王依群编著. —2 版. —北京:
中国建筑工业出版社, 2013. 12
ISBN 978-7-112-15942-0

I. ①混… II. ①王… III. ①混凝土结构-结构设计
IV. ①TU370.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 231739 号

本书主要根据《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 及相关设计规范编写。引导读者正确理解和使用规范关于结构构件的设计原理、计算方法和构造措施的规定。

全书共二十一章, 分别介绍钢筋混凝土材料强度标准; 钢筋混凝土结构计算的一般规定和构造要求; RCM 软件的功能和使用方法; 梁正截面、斜截面配筋原理及算例; 偏心受压柱配筋原理及算例; 偏心受拉柱配筋; 轴心受压柱的配筋及算例; 柱斜截面受剪承载力计算及算例; 梁柱节点的配筋及算例; 矩形、T 形截面受扭构件承载力计算及算例; 剪力墙配筋计算; 正常使用极限状态验算; 牛腿配筋原理及算例; 预埋件计算原理及算例; 柱、剪力墙边缘构件配箍率和配箍特征值计算; 叠合梁承载力计算及算例; 梁疲劳应力验算方法及算例; 局部受压承载力计算; 腹板具有孔洞的梁承载力计算。

书中有针对性地编写了 160 余个算例, 每个算例除给出了详细的手算过程外, 还列出了混凝土构件计算软件 RCM 的中间计算结果, 两种方法结果得到相互验证。书中还介绍了实现“强柱弱梁”的实用有效方法等, 具有很强的实用性。

本书可供结构设计人员、审图人员、研究人员、土建专业学生阅读。

* * *

责任编辑: 郭 栋 万 李

责任校对: 姜小莲 党 蕾

混凝土结构设计计算算例 (第二版)

王依群 编著

*

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

北京千辰公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 27½ 字数: 680 千字

2014 年 1 月第二版 2014 年 1 月第二次印刷

定价: 65.00 元

ISBN 978-7-112-15942-0

(24727)

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)



第二版前言

本书 2012 年第一版很快售罄，表明本书编写主导思想：“依据规范设计原则，将规范条文细化、补充，并做到容易操作的程度”得到读者的认可，书及介绍的软件 RCM 受到欢迎。

第二版秉承第一版的主导思想，将内容扩展到混凝土构件承载力计算的各个方面，即相对于第一版增加了下列内容：梁正截面、斜截面承载力复核；轴心受压柱承载力复核；连续螺旋式配筋圆柱承载力计算及复核；矩形截面非对称配筋单向偏心受拉柱计算、单向偏心受压柱设计及复核；工字形截面对称配筋柱单向偏心受压（拉）承载力计算；矩形、工字形单向偏心受压排架柱承载力计算；矩形截面纯扭构件承载力复核；受冲切板承载力复核；钢筋混凝土和素混凝土局部承压计算；按《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3—2010 方法计算剪力墙受压弯承载力；叠合梁承载力计算及正常使用极限状态验算；牛腿和预埋件计算；框架柱、剪力墙边缘构件配箍率和配箍特征值计算；工字形或倒 T 形截面受弯构件裂缝宽度验算等。

书中近 160 个算例均用手工和软件两种方法计算，降低了出错的概率，也展示了 RCM 软件广泛的适用范围。

本书引用了大量参考文献及其中算例，谨向这些文献的作者表示衷心感谢。

对本书第一版提出意见和建议的读者表示感谢。部分意见和建议在本版中得到采纳。

受作者水平所限，书中有不妥或疏忽之处，敬请读者指正。作者信箱：yqwangtj@hotmail.com。

第一版前言

为帮助结构设计人员学习《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 和《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 中的钢筋混凝土结构抗震设计理论，熟悉具体计算步骤和方法，学会使用一种软件工具，以便遇到工程实际问题时能快速正确地解决而编写此书。对规范有设计要求的构件几乎都提供了算例，对近年工程中会遇到的但规范中提及很少（如考虑楼板内钢筋对梁受弯承载力贡献）或根本未提及（如细长柱）的构件也提供了计算方法和算例。对两本规范规定不一致之处，通过算例表明了结果的差异性，并提出作者的观点和解决方案。

书中还通过算例效果，演示了作者提出的可有效避免“强梁弱柱”震害现象的思想及其计算和实施方法。

全书内容分十四章，分别介绍钢筋混凝土梁，矩形、圆形截面柱，细长柱，框架节点，按梁实配钢筋计算柱和节点，深受弯构件，受冲切的基础板或板柱结构楼板，受扭构件，剪力墙的承载力计算；钢筋混凝土构件裂缝宽度和挠度验算。绝大多数算例来源于实际工程，对设计工作有提示作用。

工程实践（做法和材料）在不断创新，规范滞后是常态。人们总会发现规范有待改进或完善的地方，本书有少量内容就是规范尚未作出规定的，供读者参考，特别是供结构抗震性能设计时参考使用。

由于钢筋混凝土结构构件工作机理复杂、破坏模式多，所以限制条件多、计算参数多，再聪明的行内专家，手算也容易遗漏规范某条规定或写错参数，造成计算结果错误。本书六十余个算例均用手工和软件两种方法计算，起到了相互校核的作用，大大减少了出错的机率，避免误导本科学生或初入门从业者。

编写过程中，本书引用了大量参考文献及其中算例，谨对这些文献的作者表示衷心感谢。

作者水平所限，书中一定有错误之处，敬请读者指正。

目 录

第 1 章 钢筋混凝土材料强度标准	1
1.1 混凝土	1
1.2 钢筋	3
本章参考文献	5
第 2 章 钢筋混凝土结构计算的一般规定和构造要求	6
2.1 一般规定	6
2.2 承载能力极限状态计算	6
2.3 正常使用极限状态验算	9
本章参考文献	10
第 3 章 RCM 软件的功能和使用方法	11
本章参考文献	15
第 4 章 梁正截面、斜截面配筋原理及算例	16
4.1 单筋矩形梁正截面受弯承载力计算	16
【例 4-1】矩形单筋梁正截面设计	17
【例 4-2】悬挑板配筋计算	18
【例 4-3】矩形单筋梁正截面承载力复核	19
4.2 双筋矩形梁正截面受弯承载力计算	19
【例 4-4】双筋梁正截面设计计算	20
【例 4-5】双筋梁受弯承载力复核题 1	21
【例 4-6】双筋梁受弯承载力复核题 2	22
4.3 T 形梁正截面受弯承载力计算	23
【例 4-7】第二种类型 T 形梁正截面设计计算	24
【例 4-8】第一种类型 T 形梁正截面设计计算	25
【例 4-9】T 形梁受弯承载力复核例 1	26
【例 4-10】T 形梁受弯承载力复核例 2	27
4.4 双筋 T 形截面梁正截面受弯承载力计算	28
【例 4-11】双筋 T 形截面梁正截面设计计算	30
【例 4-12】双筋 T 形截面梁正截面承载力复核	31
4.5 梁斜截面受剪承载力计算	33

【例 4-13】 均布荷载作用下矩形截面简支梁斜截面设计计算	34
【例 4-14】 有集中荷载作用的矩形截面简支梁斜截面设计计算	35
【例 4-15】 荷载较小的矩形截面梁斜截面设计计算	36
【例 4-16】 矩形截面梁斜截面承载力复核	36
【例 4-17】 有弯起筋的矩形截面梁斜截面承载力复核	37
【例 4-18】 无腹筋厚板斜截面承载力复核	38
4.6 深受弯构件正、斜截面承载力计算	39
【例 4-19】 简支单跨深梁设计计算	41
【例 4-20】 集中荷载为主的简支单跨深梁设计计算	41
4.7 按实配钢筋计算梁及板正截面承载力	43
【例 4-21】 实配钢筋梁及板正截面承载力计算	45
4.8 按实配纵筋计算梁的受剪承载力	46
【例 4-22】 按实配纵筋计算梁的受剪承载力算例	48
本章参考文献	51
第 5 章 偏心受压柱配筋原理及算例	52
5.1 框架柱截面设计	52
5.2 纤维法计算柱截面承载力	53
【例 5-1】 纤维法计算柱截面承载力算例	55
5.3 短柱正截面承载力计算	56
5.4 中长柱正截面承载力计算	57
5.5 非对称配筋单向偏心受压矩形截面柱承载力计算	58
【例 5-2】 大偏心受压柱非对称配筋算例	62
【例 5-3】 小偏心受压柱非对称配筋算例 1	64
【例 5-4】 小偏心受压柱非对称配筋算例 2	67
5.6 对称配筋单向偏心受压柱承载力计算	68
【例 5-5】 对称配筋大偏心受压柱配筋算例 1	69
【例 5-6】 对称配筋大偏心受压柱配筋算例 2	71
【例 5-7】 对称配筋大偏心受压柱配筋算例 3	72
【例 5-8】 对称配筋大偏心受压柱配筋算例 4	74
【例 5-9】 对称配筋小偏心受压柱配筋算例	75
5.7 矩形截面单向偏心受压柱承载力复核	77
【例 5-10】 大偏心受压柱承载力复核 (已知 e_0 求 N)	79
【例 5-11】 小偏心受压柱承载力复核 (已知 e_0 求 N)	81
【例 5-12】 偏心受压柱承载力复核 (已知 N 求 M)	82

5.8 工字形截面单向偏心受压柱承载力计算	84
【例 5-13】大偏心受压工字形柱配筋算例	85
【例 5-14】小偏心受压工字形柱配筋算例	87
5.9 双向偏心受压柱配筋计算	89
5.10 偏心受压短柱、中长柱配筋算例	97
【例 5-15】钢筋混凝土双向偏心受压柱配筋算例 1	97
【例 5-16】钢筋混凝土双向偏心受压柱配筋算例 2	98
【例 5-17】钢筋混凝土单向偏心受压柱配筋算例 1	100
【例 5-18】钢筋混凝土单向偏心受压柱配筋算例 2	102
【例 5-19】钢筋混凝土单向偏心受压柱配筋算例 3	104
5.11 偏心受压构件正截面承载力简捷计算法	106
【例 5-20】简捷法计算大偏心受压柱配筋	109
【例 5-21】简捷法计算双向偏心受压柱配筋算例 1	110
【例 5-22】简捷法计算双向偏心受压柱配筋算例 2	111
【例 5-23】简捷法计算单向偏心受压柱配筋算例 1	111
【例 5-24】简捷法计算单向偏心受压柱配筋算例 2	112
【例 5-25】简捷法计算单向偏心受压柱配筋算例 3	112
5.12 由梁端弯矩导出柱设计弯矩及柱配筋	113
【例 5-26】由梁端弯矩导出柱设计弯矩及配筋计算	115
5.13 偏心受压圆形柱正截面承载力计算	123
【例 5-27】偏心受压圆形柱配筋计算 1	124
【例 5-28】偏心受压圆形柱配筋计算 2	125
5.14 细长柱正截面承载力计算	126
【例 5-29】偏心受压细长矩形柱配筋算例	128
【例 5-30】偏心受压细长圆形柱配筋算例	130
5.15 实配钢筋梁和纤维法计算柱承载力在结构弹塑性时程分析中的应用	132
【例 5-31】实配钢筋梁和柱的承载力在结构时程分析中的例题 1	134
【例 5-32】实配钢筋梁和柱的承载力在结构时程分析中的例题 2	139
5.16 对称配筋单偏压排架柱计算	144
【例 5-33】排架柱配筋计算	144
【例 5-34】地震作用下排架柱配筋	148
本章参考文献	150
第 6 章 偏心受拉柱配筋	153
6.1 柱大小偏心受拉的判断	153
6.2 矩形截面对称配筋双向偏心受拉柱配筋计算	155

【例 6-1】 偏心受拉矩形柱配筋算例	156
【例 6-2】 偏心受拉圆形柱配筋算例	159
6.3 矩形截面非对称配筋单向偏心受拉柱配筋计算	160
【例 6-3】 矩形水池壁配筋算例	161
【例 6-4】 矩形截面非对称配筋单向偏心受拉构件算例	163
6.4 矩形截面对称配筋单向偏心受拉柱配筋计算	164
【例 6-5】 矩形截面对称配筋单向偏心受拉杆配筋算例	165
6.5 矩形截面单向偏心受拉构件承载力复核	166
【例 6-6】 单向大偏心受拉构件复核算例	166
本章参考文献	167
第 7 章 轴心受压柱的配筋及算例	168
7.1 采用普通配筋方式的矩形、圆形截面轴心受压柱承载力计算及复核	168
【例 7-1】 轴心受压柱配筋算例	168
【例 7-2】 轴心受压圆形截面柱配筋算例	171
【例 7-3】 小截面轴心受压矩形柱正截面承载力复核	172
【例 7-4】 轴心受压矩形柱正截面承载力复核	173
7.2 采用螺旋式配筋的圆形截面轴心受压柱承载力计算及复核	173
【例 7-5】 配置螺旋式间接钢筋的圆截面柱轴心受压承载力计算例 1	174
【例 7-6】 配置螺旋式间接钢筋的圆截面柱轴心受压承载力计算例 2	176
【例 7-7】 配置螺旋式间接钢筋的圆截面柱轴心受压承载力复核题	178
本章参考文献	179
第 8 章 柱斜截面受剪承载力计算及算例	180
8.1 柱剪力设计值	180
8.2 柱斜截面受剪承载力计算	182
【例 8-1】 非抗震设计柱斜截面双向受剪配筋算例	185
【例 8-2】 非抗震设计柱斜截面单向受剪配筋算例	187
【例 8-3】 抗震设计柱斜截面单向受剪配筋算例	188
【例 8-4】 抗震设计柱斜截面双向受剪配筋算例	190
【例 8-5】 受拉剪构件配筋算例	192
本章参考文献	193
第 9 章 按梁实配钢筋计算柱纵筋和箍筋及算例	194
9.1 按单向梁实配钢筋计算柱配筋及算例	194
【例 9-1】 按单向梁实配钢筋计算柱配筋算例	195
【例 9-2】 按考虑梁侧楼板内钢筋的单侧梁实配钢筋计算柱配筋算例	199
9.2 按双向梁实配钢筋计算柱配筋	201

本章参考文献	201
第 10 章 梁柱节点的配筋及算例	202
10.1 9 度设防烈度的一级框架中的梁柱节点	202
【例 10-1】中间楼层边柱节点配筋算例	203
【例 10-2】9 度抗震设防一级抗震等级框架节点配筋算例	204
10.2 一般情况的梁柱节点承载力计算及算例	206
【例 10-3】二级抗震等级框架中节点配筋算例	206
【例 10-4】二级抗震等级框架边节点配筋算例	210
【例 10-5】偏心梁柱节点配筋算例	211
【例 10-6】框架梁柱节点配筋算例	215
10.3 圆柱框架的梁柱节点承载力计算及算例	216
【例 10-7】圆截面柱框架顶层边节点配筋算例	217
【例 10-8】圆截面柱框架首层中节点配筋算例	220
本章参考文献	221
第 11 章 矩形、T 形截面受扭构件承载力计算及算例	222
【例 11-1】受纯扭矩形截面构件配筋算例	225
【例 11-2】受压扭矩形截面构件配筋算例	227
【例 11-3】受拉扭矩形截面构件配筋算例	228
【例 11-4】受纯扭 T 形截面构件配筋算例	230
【例 11-5】受剪扭矩形截面构件配筋算例	232
【例 11-6】受弯剪扭矩形截面构件配筋算例	235
【例 11-7】受弯剪扭 T 形截面构件配筋算例	236
【例 11-8】受纯扭矩形截面构件配筋复核算例	240
本章参考文献	242
第 12 章 受冲切构件承载力计算及算例	243
12.1 受冲切平板构件承载力计算规定	243
【例 12-1】楼盖受冲切配筋算例	245
【例 12-2】圆形柱楼板冲切算例	246
【例 12-3】柱旁带孔洞楼板受冲切配筋算例	247
【例 12-4】无腹筋板受冲切承载力复核算例	249
12.2 矩形柱阶形基础受冲切承载力计算规定	250
【例 12-5】矩形柱阶形基础受冲切承载力算例	252
12.3 板柱节点受冲切承载力计算	254
【例 12-6】板柱节点受冲切承载力算例	258
本章参考文献	261

第 13 章 剪力墙配筋计算	262
13.1 剪力墙正截面承载力计算	262
13.2 剪力墙斜截面承载力计算	264
13.3 墙肢构造要求	266
【例 13-1】大偏心受压剪力墙配筋算例	270
【例 13-2】小偏心受压剪力墙配筋算例	272
【例 13-3】带边框柱剪力墙小偏心受压正截面承载力算例	274
【例 13-4】偏心受拉剪力墙正截面承载力算例	277
【例 13-5】剪力墙斜截面承载力算例	279
【例 13-6】剪力墙正截面承载力高规方法算例 1	280
【例 13-7】剪力墙正截面承载力高规方法算例 2	282
13.4 剪力墙连梁承载力计算	285
【例 13-8】剪力墙连梁承载力算例	287
【例 13-9】小跨高比连梁承载力算例	288
本章参考文献	289
第 14 章 正常使用极限状态验算	290
14.1 裂缝宽度计算	290
【例 14-1】轴心受拉构件裂缝宽度算例	293
【例 14-2】偏心受拉构件裂缝宽度算例	294
【例 14-3】矩形截面受弯构件裂缝宽度算例	295
【例 14-4】T 形截面受弯构件裂缝宽度算例	296
【例 14-5】工形截面受弯构件裂缝宽度算例	297
【例 14-6】矩形截面偏心受压构件裂缝宽度算例 1	299
【例 14-7】矩形截面偏心受压构件裂缝宽度算例 2	300
【例 14-8】工形截面偏心受压构件裂缝宽度算例	301
14.2 受弯构件挠度计算	303
【例 14-9】矩形截面受弯构件挠度算例	304
【例 14-10】I 形截面受弯构件挠度算例	306
【例 14-11】I 形截面双筋受弯构件挠度算例	307
本章参考文献	309
第 15 章 牛腿配筋原理及算例	310
15.1 柱牛腿的截面尺寸与纵向受力钢筋的计算	310
15.2 柱牛腿钢筋配置及构造要求	311
15.3 柱牛腿配筋算例	312
【例 15-1】柱牛腿配筋算例 1	312

【例 15-2】柱牛腿配筋算例 2	314
【例 15-3】柱牛腿配筋算例 3	316
【例 15-4】柱牛腿配筋算例 4	318
【例 15-5】柱牛腿配筋算例 5	320
【例 15-6】柱牛腿配筋算例 6	322
【例 15-7】柱牛腿配筋算例 7	324
【例 15-8】柱牛腿配筋算例 8	326
【例 15-9】柱牛腿配筋算例 9	328
【例 15-10】柱牛腿配筋算例 10	330
【例 15-11】柱牛腿配筋算例 11	332
【例 15-12】柱牛腿配筋算例 12	334
【例 15-13】柱牛腿配筋算例 13	336
【例 15-14】柱牛腿配筋算例 14	338
【例 15-15】柱牛腿配筋算例 15	340
【例 15-16】柱牛腿配筋算例 16	342
【例 15-17】柱牛腿配筋算例 17	343
本章参考文献	345
第 16 章 预埋件计算原理及算例	346
16.1 由锚板和对称配置的直锚筋所组成的受力预埋件	346
【例 16-1】受拉直锚筋预埋件算例	348
【例 16-2】受剪直锚筋预埋件算例	349
【例 16-3】受拉剪直锚筋预埋件算例	350
【例 16-4】受拉弯直锚筋预埋件算例	351
【例 16-5】受压弯直锚筋预埋件算例	352
【例 16-6】受弯剪直锚筋预埋件算例	353
【例 16-7】受拉弯剪直锚筋预埋件算例	355
【例 16-8】受压弯剪直锚筋预埋件算例	357
【例 16-9】受压弯剪的直锚筋预埋件算例	358
16.2 由锚板和对称配置的弯折锚筋及直锚筋共同承受剪力的预埋件	360
【例 16-10】受剪弯折锚筋及直锚筋预埋件计算例题	360
【例 16-11】受剪弯折锚筋及直锚筋预埋件复核例题	361
本章参考文献	362
第 17 章 柱、剪力墙边缘构件配箍率和配箍特征值计算	363
17.1 矩形截面柱体积配箍率及配箍特征值计算	363
【例 17-1】方形截面柱体积配箍率及配箍特征值算例	365

【例 17-2】矩形箍加菱形箍小截面矩形柱体积配箍率及配箍特征值算例	366
17.2 剪力墙边缘构件体积配箍率及配箍特征值计算	367
【例 17-3】剪力墙约束边缘构件(暗柱)体积配箍率及配箍特征值算例	371
【例 17-4】剪力墙约束边缘构件(翼墙)体积配箍率及配箍特征值算例	372
【例 17-5】剪力墙约束边缘构件(转角墙)体积配箍率及配箍特征值算例	374
【例 17-6】剪力墙构造边缘构件(转角墙)面积算例	375
本章参考文献	377
第 18 章 叠合梁承载力计算及算例	378
18.1 叠合式受弯构件的类型	378
18.2 叠合式受弯构件的计算与构造规定	378
18.3 施工阶段有可靠支撑的叠合梁板计算	379
18.4 叠合式受弯构件的正截面受弯承载力计算	381
18.5 叠合构件钢筋应力计算	382
【例 18-1】钢筋混凝土叠合梁算例	384
本章参考文献	392
第 19 章 梁疲劳应力验算方法及算例	393
19.1 基本假定和计算原则	393
19.2 钢筋混凝土受弯构件正截面应力计算	393
19.3 钢筋混凝土受弯构件斜截面应力计算	395
19.4 简支梁疲劳验算算例	396
【例 19-1】矩形截面简支梁疲劳验算算例 1	396
【例 19-2】T 形截面简支梁疲劳验算算例	398
本章参考文献	401
第 20 章 局部受压承载力计算	402
20.1 配置间接钢筋的混凝土局部受压承载力	402
【例 20-1】矩形截面局部受压承载力验算	404
【例 20-2】圆形截面局部受压承载力验算	405
20.2 素混凝土构件局部受压承载力计算	406
【例 20-3】矩形截面素混凝土局部受压计算	406
【例 20-4】素混凝土局部受压算例 2	407
本章参考文献	409
第 21 章 腹板具有孔洞的梁承载力计算	410
21.1 梁腹开有矩形孔洞的梁	410
【例 21-1】腹板具有矩形孔洞梁配筋算例	414
21.2 梁腹开有圆形孔洞的梁	417

【例 21-2】腹板有圆孔的矩形梁配筋算例	420
【例 21-3】腹板有圆孔的 T 形梁配筋算例	422
本章参考文献	424
附表 1 钢筋的公称直径、计算截面面积及理论重量	425
附表 2 钢筋混凝土板每米宽的钢筋截面面积 (mm²)	426

第1章 钢筋混凝土材料强度标准

1.1 混凝土

《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010^[1]规定：

混凝土强度等级应按立方体抗压强度标准值确定。立方体抗压强度标准值系指按标准方法制作、养护的边长为150mm的立方体试件，在28d或设计规定龄期用标准试验方法测得的具有95%保证率的抗压强度值。

混凝土强度等级采用符号C和立方体抗压强度标准值表示，共划分为十四个强度等级，即C15、C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50、C55、C60、C65、C70、C75、C80。如C35表示立方体抗压强度标准值 $f_{cu,k} = 35\text{N/mm}^2$ 的混凝土强度等级。

素混凝土结构的强度等级不应低于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。

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。

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。

混凝土轴心抗压的标准值 f_{ck} 应按表1-1采用；轴心抗拉强度的标准值 f_{tk} 应按表1-2采用。

混凝土轴心抗压强度标准值 (N/mm²)

表 1-1

强度种类	混凝土强度等级													
	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
f_{ck}	10.0	13.4	16.7	20.1	23.4	26.8	29.6	32.4	35.5	38.5	41.5	44.5	47.4	50.2

混凝土轴心抗拉强度标准值 (N/mm²)

表 1-2

强度种类	混凝土强度等级													
	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
f_{tk}	1.27	1.54	1.78	2.01	2.20	2.39	2.51	2.64	2.74	2.85	2.93	2.99	3.05	3.11

混凝土轴心抗压强度的设计值 f_c 应按表1-3采用；轴心抗拉强度的设计值 f_t 应按表1-4采用。

混凝土轴心抗压强度设计值 (N/mm²)

表 1-3

强度种类	混凝土强度等级													
	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
f_c	7.2	9.6	11.9	14.3	16.7	19.1	21.1	23.1	25.3	27.5	29.7	31.8	33.8	35.9

混凝土轴心抗拉强度设计值 (N/mm^2)

表 1-4

强度种类	混凝土强度等级													
	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
f_t	0.91	1.10	1.27	1.43	1.57	1.71	1.80	1.89	1.96	2.04	2.09	2.14	2.18	2.22

混凝土受压和受拉的弹性模量 E_c 应按表 1-5 采用。

混凝土的剪变模量 G_c 可按相应弹性模量值的 40% 采用。

混凝土泊松比 ν_c 可按 0.20 采用。

混凝土弹性模量 ($\times 10^4 \text{N}/\text{mm}^2$)

表 1-5

强度等级	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
E_c	2.20	2.55	2.80	3.00	3.15	3.25	3.35	3.45	3.55	3.60	3.65	3.70	3.75	3.80

注: 1. 当有可靠试验依据时, 弹性模量值也可根据实测数据确定。

2. 当混凝土中掺有大量矿物掺合料时, 弹性模量可按规定龄期根据实测值确定。

《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 对钢筋混凝土结构弹塑性时程分析要求采用材料强度的平均值, 例如本书 4.6 节介绍的按实配钢筋计算梁及板正截面承载力, 5.2 节用纤维法计算柱截面承载力, 就是对钢筋混凝土结构(杆端塑性铰模型的)弹塑性时程分析准备梁、柱端屈服承载力。下面列出各混凝土强度等级的强度平均值, 供使用时参考。

根据《混凝土结构设计规范》附录 C, 混凝土抗压强度的平均值 f_{cm} 可按下列公式计算确定:

$$f_{cm} = f_{ck} / (1 - 1.645\delta_c) \quad (1-1)$$

式中 f_{cm} 、 f_{ck} ——混凝土抗压强度的平均值、标准值;

δ_c ——混凝土强度的变异系数, 宜根据试验统计确定。

对于还没有进行试验确定 δ_c 的工程, 试算时可先采用表 1-6 的数据。表 1-6 中 δ_c 的多数数据引自《混凝土结构设计规范》附录 C 的条文说明 (C55 的数据由邻近的数据内插得到), C65 ~ C80 的数据引自过镇海《混凝土的强度和本构关系——原理与应用》。表中的 f_{cm} 由式 (1-1) 算得。

混凝土抗压强度平均值 (N/mm^2)

表 1-6

强度等级	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
δ_c (%)	23.3	20.6	18.9	17.2	16.4	15.6	15.6	14.9	14.5	14.1	10.0	10.0	10.0	10.0
f_{cm}	16.2	20.3	24.2	28.0	32.0	36.1	39.8	42.9	46.6	50.2	54.1	58.0	61.8	65.5

混凝土轴心抗压疲劳强度设计值 f_c^f 、轴心抗拉疲劳强度设计值 f_t^f 应分别按表 1-1、表 1-2 中的强度设计值乘疲劳强度修正系数 γ_p 确定。混凝土受压或受拉疲劳强度修正系数 γ_p 应根据疲劳应力比值 ρ_c^f 分别按表 1-7、表 1-8 采用; 当混凝土承受拉-压疲劳应力作用时, 疲劳强度修正系数 γ_p 取 0.6。

疲劳应力比值 ρ_c^f 应按下列公式计算:

$$\rho_c^f = \frac{\sigma_{c,\min}^f}{\sigma_{c,\max}^f} \quad (1-2)$$

式中 $\sigma_{c,\min}^f$ 、 $\sigma_{c,\max}^f$ ——构件疲劳验算时, 截面同一纤维上混凝土的最小应力、最大应力。

混凝土受压疲劳强度修正系数 γ_p

表 1-7

ρ_c^f	$0 \leq \rho_c^f < 0.1$	$0.1 \leq \rho_c^f < 0.2$	$0.2 \leq \rho_c^f < 0.3$	$0.3 \leq \rho_c^f < 0.4$	$0.4 \leq \rho_c^f < 0.5$	$\rho_c^f \geq 0.5$
γ_p	0.68	0.74	0.80	0.86	0.93	1.00

混凝土受拉疲劳强度修正系数 γ_p

表 1-8

ρ_c^f	$0 < \rho_c^f < 0.1$	$0.1 \leq \rho_c^f < 0.2$	$0.2 \leq \rho_c^f < 0.3$	$0.3 \leq \rho_c^f < 0.4$	$0.4 \leq \rho_c^f < 0.5$
γ_p	0.63	0.66	0.69	0.72	0.74
ρ_c^f	$0.5 \leq \rho_c^f < 0.6$	$0.6 \leq \rho_c^f < 0.7$	$0.7 \leq \rho_c^f < 0.8$	$\rho_c^f \geq 0.8$	—
γ_p	0.76	0.80	0.90	1.00	—

注：直接承受疲劳荷载的混凝土构件，当采用蒸汽养护时，养护温度不宜高于 60°C。

混凝土疲劳变形模量 E_c^f 应按表 1-9 采用。

混凝土的疲劳变形模量 ($\times 10^4$ N/mm²)

表 1-9

强度等级	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
E_c^f	1.30	1.40	1.50	1.55	1.60	1.65	1.70	1.75	1.80	1.85	1.90

1.2 钢 筋

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；
4. 预应力筋宜采用预应力钢丝、钢绞线和预应力螺纹钢筋。

钢筋的强度标准值应具有不小于 95% 的保证率。

普通钢筋屈服强度标准值 f_y 、极限强度标准值 f_{stk} 应按表 1-10 采用。

普通钢筋强度标准值及极限强度时的均匀应变

表 1-10

牌号	符号	公称直径 d (mm)	屈服强度标准值 f_{yk} (N/mm ²)	极限强度标准值 f_{stk} (N/mm ²)	最大力下总伸长率 δ_{gt} (%)
HPB300	Φ	6 ~ 22	300	420	不小于 10.0
HRB335 HRBF335	Φ Φ^F	6 ~ 50	335	455	不小于 7.5
HRB400 HRBF400 RRB400	Φ Φ^F Φ^R	6 ~ 50	400	540	
HRB500 HRBF500	Φ Φ^F	6 ~ 50	500	630	

注：当采用直径大于 40mm 的钢筋时，应有可靠的工程经验。

普通钢筋的抗拉强度设计值 f_y 、抗压强度设计值 f_y' 应按表 1-11 采用。