

高层建筑结构构造

资料集

ZILIAOJI

主 编 程懋堃
副主编 莫沛锵
汪大绥
傅学怡

中国建筑工业出版社
CHINA ARCHITECTURE & BUILDING PRESS

TU973
31

高层建筑结构构造资料集

主 编 程懋堃
副主编 莫沛锵 汪大绥 傅学怡



北方工业大学图书馆



00590779

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

高层建筑结构构造资料集/主编程懋堃. —北京:
中国建筑工业出版社, 2004
ISBN 7-112-06833-9

I. 高… II. 程… III. 高层建筑—建筑结构
IV. TU973

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 102172 号

本资料集收集了有关高层建筑结构构造设计的各种基本数据资料、有关规范规程规定的指令性意见,以及国内各大设计院积累的经实践可行的构造做法,包括应用材料的基本数据、结构设计的一般规定、基坑支护、天然地基、复合地基、桩基、框架结构、框剪结构、剪力墙结构、框筒结构、板柱结构、巨型结构、预应力结构、钢结构、钢-混凝土混合结构、带加强层或转换层的复杂结构、电梯和自动扶梯的支承围护结构以及建筑结构减震抗风控制等结构构造做法和规定。

本书可供高层建筑结构构造设计人员参考使用,也可供大专院校土木建筑学专业师生学习和应用参考。

责任编辑:赵梦梅

责任设计:郑秋菊

责任校对:刘梅 王金珠

高层建筑结构构造资料集

主 编 程懋堃

副主编 莫沛镛 汪大绥 傅学怡

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本:880×1230毫米 1/16 印张:28 $\frac{3}{4}$ 插页:1 字数:1000千字

2005年1月第一版 2005年1月第一次印刷

印数:1—5,000册 定价:76.00元

ISBN 7-112-06833-9

TU·6080(12787)

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)

本社网址:<http://www.china-abp.com.cn>

网上书店:<http://www.china-building.com.cn>

前 言

本书是高层建筑结构的资料集，又是实用的结构构造手册。它主要供给设计人员在实际工程设计中随时查用，书中较详尽地列出了高层建筑结构的各种体系、各个部位、各种构件的结构构造的各种规定以及实用可行的做法。资料集内容包括：基坑支护，天然地基，复合地基，桩基，框架结构，框剪结构，剪力墙结构，框筒结构，板柱结构，巨型结构，预应力结构，钢结构，钢-混凝土混合结构，带加强层、转换层的复杂结构，电梯和自动扶梯的支承围护结构以及建筑结构减震抗风控制等结构构造做法和规定。由于内容丰富，以实用为主，也可作为大专院校土木建筑结构专业师生学习与实用参考资料。

本资料集是以《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)，《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)，《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)，《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002)，《高层民用建筑钢结构技术规程》(JGJ 99—98)，《型钢混凝土组合结构技术规程》(JGJ 138—2001)等作为主要依据。它包括各种有关规范、规程中关于高层建筑结构构造部分的各种内容，还根据已有的实践经验对规范、规程的应用加以深化和具体化。资料分析以按有关规范规程的规定提出指令性意见(具体的并有助于工程设计的意见)为主，参考性意见为辅；叙述简单扼要，能用图、表表示的，尽量用图、表表示，而辅以文字说明；不过多地列出各种构件的计算公式，只在必要时，才列出个别简单的公式。

本资料集收集了国内各大设计院多年来行之有效的构造做法，有些虽与现行规范、规程有某些出入，但经过科学试验或大量工程实践证明为合理、可行的做法，也列入本资料集。本资料集中也列入一些外国规范、资料中确有参考价值，又符合我国具体情况的构造做法，供读者酌情选用。

由于涉及内容广泛，编写时间仓促，谬误之处，恐在所难免，请读者及时指正。本资料集参编单位有：

北京市建筑设计研究院
华东建筑设计院
上海建筑设计研究院
广东省建筑设计研究院
中南建筑设计院
天津市建筑设计院
中国建筑西北建筑设计研究院
深圳大学建筑设计院
同济大学建筑设计研究院
广州大学
广州军区建筑设计院
北京星胜建筑设计公司

SC/H/01/08

各章编写人为：

第一章、第二章、第二十六章 蒋志贤 陆秀丽 张晓光 郑毅敏 熊跃华
孙品华 巢 斯

第三章、第十章、第十二章、第二十三章 莫沛锵

第四章、第五章、第二十七章、第二十八章、第二十九章 陆祖欣 徐厚军

第六章、第九章、第十六章 杨 琦 陶晞暝 郑永强

第七章 程懋堃 沈 莉

第八章 陈宗弼

第十一章 孙金樨

第十三章 侯家健

第十四章、第十五章 傅学怡 王绍豪

第十七章 董乐民 杨福海 陈 勇

第十八章至第二十二章 梁继恒 王平山

第二十四章 霍啓联 余正庚 曾繁禹

第二十五章 王绍豪 刘卫华

第二十六章 宋昭煌

第三十章 周福霖 沈巧玲

本资料集由下列人员组成编辑委员会(以姓氏笔画为序)：

王绍豪 汪大绥 杨 琦 周福霖 陈宗弼 陈 勇 陶晞暝 陆祖欣

莫沛锵 梁继恒 程懋堃 傅学怡 蒋志贤 董乐民 霍啓联

主 编：程懋堃 副主编：莫沛锵(常务) 汪大绥 傅学怡

编 委：王绍豪 杨 琦 周福霖 陈宗弼 陈 勇 陶晞暝 陆祖欣
梁继恒 蒋志贤 董乐民 霍啓联

本资料集还特邀陶学康、闫明礼、朱伯龙、韦承基、李荣强等专家对有关章节进行审稿，在此表示衷心感谢。

目 录

第一篇 高层钢筋混凝土结构

第一章 材料	3
第一节 常用水泥品种及适用范围	3
第二节 混凝土	3
第三节 外加剂种类及性能	7
第四节 钢筋	15
第二章 一般规定	19
第一节 混凝土保护层厚度	19
第二节 钢筋的锚固	19
第三节 钢筋的连接	20
第四节 钢筋的弯钩	24
第五节 房屋适用高度和高宽比	25
第六节 钢筋混凝土结构的抗震等级	26
第七节 高层建筑的楼层层间位移、顶点位移	26
第三章 框架结构体系	28
第一节 框架结构体系的构成	28
第二节 适用范围	29
第三节 变形要求	29
第四节 一般布置原则	29
第五节 工程实例	32
第四章 框架-剪力墙结构	34
第一节 框架-剪力墙结构的构成	34
第二节 适用范围	34
第三节 结构布置及设计要点	34
第四节 工程实例	36
第五章 剪力墙结构	39
第一节 剪力墙结构的构成	39
第二节 适用范围	39
第三节 结构布置及设计要求	39
第四节 工程实例	41
第六章 板柱结构	44
第一节 板柱结构的构成及适用范围	44
第二节 结构布置及设计要求	44
第三节 工程实例	46

第七章 筒体结构体系	48
第一节 筒体结构的定义及分类	48
第二节 设计要求	48
第三节 工程实例	49
第八章 巨型结构	60
第一节 巨型结构的构成	60
第二节 适用范围	60
第三节 结构布置及设计要求	61
第四节 工程实例	61

第二篇 高层钢筋混凝土结构构造

第九章 板	71
第一节 现浇楼盖、屋盖	71
第二节 现浇板的厚度	71
第三节 现浇单向板配筋	72
第四节 双向板配筋	74
第五节 现浇密肋板	75
第六节 悬臂板	76
第七节 受力钢筋	76
第八节 分布钢筋	77
第九节 构造钢筋(与梁整浇的现浇板)	77
第十节 屋盖的特殊处理	77
第十一节 板上开洞时的配筋	77
第十二节 板上小型设备基础	79
第十三节 现浇挑檐转角及翻板配筋	80
第十四节 叠合板	81
第十五节 预制板	82
第十章 梁	85
第一节 梁的截面形式	85
第二节 梁的截面尺寸	85
第三节 梁的挠度最大值	85
第四节 纵向受力钢筋	85
第五节 纵向构造钢筋	87
第六节 纵向钢筋锚固及弯起	87
第七节 受力钢筋的接头位置	91

第八节 梁的箍筋	91
第九节 受扭及受弯剪扭作用的梁	93
第十节 主梁与次梁的连接及构造	93
第十一节 折角梁的配筋	94
第十二节 梁翼缘钢筋的配置	95
第十三节 悬臂梁	95
第十四节 加腋梁	96
第十五节 缺口梁	96
第十六节 梁上开洞处理	96
第十七节 深梁	98
第十一章 框架结构梁柱节点构造	102
第一节 非抗震框架结构设计及构造要求	102
第二节 抗震框架结构设计及构造要求	105
第十二章 柱	122
第一节 柱的截面形式	122
第二节 柱的截面尺寸	122
第三节 柱的混凝土强度等级及轴压比	122
第四节 柱的纵向钢筋	123
第五节 纵向钢筋的接头与锚固	124
第六节 柱的箍筋形式	125
第七节 箍筋的加密	127
第八节 剪跨比 λ 小于 2 的柱	128
第九节 柱箍筋留出浇筑混凝土的空间	128
第十三章 剪力墙	129
第一节 结构布置	129
第二节 墙厚度的要求	129
第三节 墙的配筋构造	131
第四节 墙内配筋的连接和锚固	133
第五节 连梁的配筋构造	134
第六节 墙上洞口的构造	135
第七节 框架-剪力墙结构的剪力墙	135
第十四章 带转换层高层建筑结构	137
第一节 定义和类型	137
第二节 设计原则	137
第三节 带转换层高层建筑结构的适用高度和抗震等级	138
第四节 构件设计要求	139
第五节 构件构造要求	141
第六节 工程实例	143
第十五章 带加强层高层建筑结构	149
第一节 定义和类型	149
第二节 设计原则	150
第三节 带加强层高层建筑结构适用高度和抗震等级	150
第四节 带加强层高层建筑结构构件设计要求	150
第五节 带加强层高层建筑结构构件构造要求	151

第十六章 板柱结构构造	153
第一节 一般构造	153
第二节 板柱结构计算方法	157
第十七章 预应力构件	160
第一节 基本要求	160
第二节 一般构造规定	160
第三节 预应力构件常用形式及构造措施	166
第四节 节点构造	169
第五节 减少整体结构对预应力构件的约束力设计	171
第六节 预应力结构抗震要求	173
第七节 设计方法及计算步骤	173
第八节 工程实例	176

第三篇 高层钢结构及钢-混凝土混合结构

第十八章 钢结构材料及连接	183
第一节 一般规定	183
第二节 材料设计指标	183
第三节 连接	192
第十九章 结构体系及布置	199
第一节 结构体系	199
第二节 结构布置	202
第二十章 钢结构和混合结构构件设计与构造	207
第一节 一般规定	207
第二节 组合板	208
第三节 钢梁	210
第四节 组合梁	213
第五节 钢柱	214
第六节 型钢混凝土结构	216
第七节 中心支撑	218
第八节 偏心支撑	219
第九节 钢板剪力墙	220
第十节 内藏钢板支撑剪力墙	220
第十一节 带竖缝混凝土剪力墙	222
第十二节 钢结构节点设计及构造	223
第十三节 型钢混凝土节点设计及构造	236
第十四节 钢管混凝土节点设计及构造	238
第二十一章 钢结构的防护	241
第一节 防火设计	241
第二节 防锈构造要求	242
第二十二章 工程实例	245

第四篇 高层建筑结构地基基础

第二十三章 天然地基	271
第一节 钢筋混凝土独立基础	272
第二节 混凝土墙下钢筋混凝土条形基础	277

第三节 柱下条形基础	278
第四节 筏板基础	280
第五节 箱形基础	283
第六节 施工缝设置	288
第七节 高层建筑基础的嵌固作用	289
第八节 高层与裙房间的结构处理	289
第九节 地下水作用	292
第十节 基础底板设备基坑的处理	295
第二十四章 桩基	298
第一节 一般规定及资料	298
第二节 钢筋混凝土预制桩	302
第三节 灌注桩	319
第四节 钢桩	328
第五节 承台	335
第二十五章 复合地基	342
第一节 水泥粉煤灰碎石桩	342
第二节 振冲碎石桩	347
第二十六章 基坑支护	355
第一节 基本规定	355
第二节 结构选型及构造	360
第三节 基坑开挖和降水工程	370
第四节 基坑支护的地基处理	371
第五节 坑周变形预估和环境保护	374
第六节 开挖监控	378

第五篇 其他构造

第二十七章 电梯	385
----------------	-----

第一节 乘客电梯及服务电梯	385
第二节 井道的结构形式	386
第三节 电梯基坑的做法	387
第四节 机房结构布置	389
第五节 液压电梯	389
第六节 观光电梯	390
第七节 自动扶梯及自动步梯道	391
第二十八章 变形缝及施工缝	393
第一节 伸缩缝	393
第二节 沉降缝	393
第三节 防震缝	394
第四节 施工缝	394
第五节 后浇带	395
第二十九章 结构特殊构造	396
第一节 跨越通道	396
第二节 旋转餐厅	406
第三节 直升飞机平台	408
第三十章 建筑结构减震抗风控制	410
第一节 建筑结构减震与抗风控制总论	410
第二节 隔震结构	412
第三节 消能减震结构	434
第四节 被动调谐减震结构	446
参考文献	451

第一篇 高层钢筋混凝土结构

第一章 材 料

第一节 常用水泥品种及适用范围

一、常用水泥品种

常用水泥的品种、特性及适用范围见表 1.1.1。

表 1.1.1

水泥名称	强度等级	特 性	适 用 范 围	不适用范围
硅 酸 盐 水 泥 (纯熟料水泥)	32.5, 42.5, 52.5, 62.5	强度等级高、早强、快硬、抗冻性好, 耐磨性和不透水性好。水化热高, 抗水性差, 耐腐蚀性差	快硬、早强工程, 低温下施工的工程。用于配制高强度混凝土	大体积混凝土工程, 地下工程
普 通 硅 酸 盐 水 泥 (普通水泥)	32.5, 42.5, 52.5, 62.5	与硅酸盐水泥相比, 抗硫酸盐能力提高, 但早期强度增加有所减少, 抗冻性、耐磨性稍有下降	地上、地下工程, 包括需要早强、受冻融循环的工程	大体积混凝土工程, 地下工程, 耐热工程
矿 渣 硅 酸 盐 水 泥 (矿渣水泥)	32.5, 42.5, 52.5	与硅酸盐水泥相比, 水化热降低, 耐热性提高, 抗硫酸盐能力增强。但干缩性大, 保水性、抗冻性较差, 早期强度增进率降低	一般地上、地下、水中各种混凝土工程, 大体积混凝土工程, 耐热工程	需要早强、冻融循环或干湿交替的工程
火 山 灰 质 硅 酸 盐 水 泥 (火山灰水泥)	32.5, 42.5, 52.5	与硅酸盐水泥相比, 水化热降低, 保水性提高, 抗硫酸盐能力增强。但干缩性大, 需水量大, 抗冻性较差, 早期强度增进率降低	一般地下、水中各种混凝土工程, 大体积混凝土工程	气候干燥地区工程, 需要早强、冻融循环或干湿交替的工程
粉 煤 灰 硅 酸 盐 水 泥 (粉煤灰水泥)	32.5, 42.5, 52.5	与硅酸盐水泥相比, 水化热降低, 保水性提高, 抗硫酸盐能力增强。同时, 需水性及干缩率较小, 抗裂性好。但早期强度增进率降低较多, 抗碳化能力较差	一般地上、地下、水中各种混凝土工程, 大体积混凝土工程	需要早强、冻融循环或干湿交替的工程

续表

水泥名称	强度等级	特 性	适 用 范 围	不适用范围
无 收 缩 快 硬 硅 酸 盐 水 泥 (浇筑水泥)	42.5, 52.5, 62.5	在水中具有微膨胀性能, 在干空气中具有微小收缩, 但远较一般水泥小。早期强度增长率高, 粘结力强, 抗渗、抗冻性、和易性好, 对钢筋无锈蚀, 能抗硫酸盐、氯化物和机油, 但不宜与其他水泥混用(与一般硅酸盐水泥混用后会失去原有特性)	预制构件节点及梁柱节点的锚固连接, 后张预应力混凝土结构及设备底座地脚螺栓的灌浆材料, 抢修、加固补强工程, 混凝土工程后浇带及施工缝的浇灌	要求膨胀量大的混凝土工程, 低温或高温下的施工工程

二、混凝土强度等级与水泥强度等级之间的关系

混凝土强度等级与水泥强度等级的关系见表 1.1.2。

表 1.1.2

混凝土强度等级	C20	C30	C40	C50	C60	C70	C80
水泥强度等级	32.5	32.5~42.5	32.5~42.5	42.5~52.5	42.5~62.5	42.5~62.5	42.5~62.5

第二节 混 凝 土

一、混凝土的种类及适用范围

混凝土的种类及适用范围见表 1.2.1。

混凝土的种类及适用范围

表 1.2.1

混凝土的种类	组 成	特 性	适 用 范 围
普通混凝土	水 泥, 水, 粗、细骨料	通过添加适量外加剂、控制混凝土配合比及水泥、骨料的品质, 可配制不同强度等级、不同特殊用途的混凝土	适用于建造一般工业、民用建筑及道路、桥梁等各种公用设施
特种性能混凝土	高 强 混 凝 土	水 泥, 水, 粗、细骨料, 细掺料, 高效外加剂	强度等级高于 C60, 力学性能优良, 同时具有高耐久性、高稳定性、高工作性、高适用性
	防 水 抗 渗 混 凝 土	优质水泥(泌水性小、水化热低且具有一定抗侵蚀性的水泥, 优先选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥), 纯净拌和水, 粗、细骨料, 及适量的提高防水抗渗性能的外加剂	混凝土密度高, 抗渗标号大于 0.6MPa
			高层建筑、大跨度桥梁、预应力构件、港口与海洋工程
			地下防水工程、储水构筑物, 处于干湿交替或冻融交替作用的工程, 屋面及其他防水工程

续表

混凝土的种类	组 成	特 性	适用 范围
膨胀混凝土	膨胀水泥(或水泥, 适量膨胀外加剂)、水、粗细骨料	依靠膨胀水泥或膨胀外加剂的特殊性能, 减少或消除混凝土的体积收缩, 改善混凝土抗裂性, 从而提高混凝土的防裂、抗裂及防水性能	地下建筑, 储水、防水构筑物, 大体积混凝土、以及施工后浇带的浇筑
耐酸混凝土	胶结料、固化剂、耐酸骨料, 适量外加剂(建筑工程中常用的耐酸混凝土有水玻璃混凝土、硫酸混凝土和沥青混凝土等)	具有优良的耐酸性, 除极强腐蚀性酸外, 能耐几乎所有的无机酸、有机酸及酸性气体的侵蚀。水玻璃混凝土采用耐热骨料时, 可提高混凝土的使用温度	水玻璃混凝土适用于一般工业设备及建筑物的抗酸性构件。硫酸混凝土及沥青混凝土多用于浇筑整体地坪面层、设备基础等
特种性能混凝土	流态混凝土	具有坍落度为 5~10cm 的塑性混凝土的质量, 混凝土坍落度可达 20~22cm, 流动性大, 无离析、泌水现象	制作泵送混凝土及要求运输浇筑方便的混凝土
耐碱混凝土	碳酸盐或硅酸盐水泥及其他耐碱性水泥、水、耐碱骨料	能耐一般碱盐及碱性气体的侵蚀	制作耐碱构件, 碱性环境中的工程
耐火混凝土	耐火胶结料(或掺加适量外加剂)、耐火骨料、水(或其他液体); 可分为重质耐火混凝土与轻质耐火混凝土	耐高温, 性能良好的混凝土能耐 1500℃ 以上高温, 同时具有工艺简单、使用方便、成本低的特点, 可代替耐火混凝土砖以提高机械化施工水平	需防火隔热的一般工业与民用建筑工程
抗冻混凝土	硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥(不得使用火山灰质硅酸盐水泥), 粗、细骨料, 水, 抗冻剂(复合外加剂)	抗冻等级 F50 以上, 耐冻融环境, 可防止混凝土的早期冻害	冬季施工工程
特殊材料混凝土	轻质混凝土	表观干密度小于 19.5kN/m ³ , 骨料中存在大量的孔隙, 自重轻, 保温性能好, 但弹性模量低, 抗拉强度低	工业与民用建筑中的承重结构、围护结构。强度等级高时可用于建造大跨度结构、高层建筑

续表

混凝土的种类	组 成	特 性	适用 范围
无砂混凝土	水泥(常选用普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥)、粗骨料、水。粗骨料可以是碎石、卵石及其他天然或人造轻骨料	密度小, 通常在 14~19kN/m ³ 之间; 干燥及收缩小, 导热系数小, 水泥用量少, 水的毛细现象不显著, 混凝土侧压力小, 但早期需加强养护, 抗压、抗拉及弹性模量较普通混凝土低, 钢筋握裹力小	多层住宅承重结构, 框架墙填充料及抗震混凝土墙
钢纤维混凝土	2%~3% 掺量短而细的钢纤维, 基体混凝土材料	塑性、韧性显著增大, 抗拉、抗弯强度明显提高, 具有较好的抗裂性	结构补强, 桥面、路面混凝土, 防水屋面, 预制混凝土产品, 现浇混凝土和喷射混凝土结构
玻璃纤维混凝土	短且极细的玻璃纤维, 基体混凝土材料	抗拉强度高, 由于玻璃纤维均匀分布, 可以防止收缩龟裂。抗弯强度较高, 极限变形大, 韧性较好, 耐冲击性能良好; 隔声、热工性能及耐燃性良好	制作断面较薄的工厂制品和其他预制构件, 也可用于现场施工(可采用喷射、模压成型、离心浇筑、绕线成型方法)
聚合物水泥混凝土	高分子材料聚合物, 助剂, 基体混凝土材料(与水泥掺和使用的聚合物主要有天然和合成橡胶浆、热塑性及热固性脂乳胶、水溶性聚合物等)	制作简单, 聚合物的使用方法与混凝土外加剂一样。掺加不同的聚合物则混凝土的力学、物理性能有不同程度的改善	地面、路面、桥面, 尤其是有防腐需求的楼面。也可用作衬砌材料、喷射混凝土和新旧混凝土的接头
有机纤维混凝土	有机纤维(植物纤维、聚丙烯等合成纤维), 基体混凝土材料	抗冲击性提高, 抗拉、抗弯、抗裂、韧性等有所改善, 但混凝土和易性及流动性比普通混凝土差	可用于制作预制品, 也可用于现场施工
粉煤灰混凝土	粉煤灰(掺量占总胶凝材料重量的 40% 以上), 水泥, 粗、细骨料, 水	水化热低, 可节约大量水泥, 后期强度较高, 体积稳定性及工作性好。与高效减水剂联合掺用时, 效果更加显著。对混凝土薄型构件, 需控制掺量, 减少碳化影响	大体积混凝土, 水工大坝, 碾压道路混凝土

续表

混凝土的种类	组 成	特 性	适用范围
特殊施工方法混凝土	泵送混凝土 水泥(水泥用量应不小于300kg/m ³),连续级配的粗骨料,中砂(0.315mm粒径以下的细骨料应占15%以上),水,减水剂,适量掺合料(一般为粉煤灰)	混凝土具有较大的流动性和较好的粘塑性,泌水少,不易分离,泵送过程中不易堵塞	高层建筑,大体积混凝土结构,商品混凝土
喷射混凝土	早强、速凝水泥(或与外加剂匹配的普通水泥)、细度模数大于2.5的坚硬的中、粗砂,小粒径的卵石或碎石,洁净水,适量外加剂(速凝剂、减水剂、早强剂)。喷射混凝土按水灰比及制作方式不同可分为干式喷射混凝土与湿式喷射混凝土	不使用模板,可加快施工进度。强度增长快、密实性好、抗渗性好,施工准备简单、适应性强,但施工厚度不易掌握,回弹量较大,表面粗糙,施工劳动条件较差	矿山、竖井、隧道等工程的壁衬砌、坡面护面,也可用于补强工程、旧建筑物加固及储液构筑物的抗渗混凝土施工
碱矿渣高强混凝土	磨细的矿渣,碱性组分(如粒化高炉矿渣,粒化电炉磷渣等),粗、细骨料,水	高强、快硬、高抗渗、高抗冻、低热、高耐久性;细观结构与普通混凝土有很大不同:结构致密、孔隙率低,但孔隙多为封闭的微孔,水泥石与骨料的粘结十分牢固。施工工艺与普通混凝土相同,只需将合适的原料根据选定的配比磨细到规定细度即可	大跨、高耸等建筑结构,抢修工程,由于其成本低、早强及快硬,适用于有各种特殊要求的混凝土工程
超细矿渣高强混凝土	高掺量超细水泥矿渣粉,水泥,粗、细骨料,水	泌水量小,强度高,特别是早期强度增长快。随着矿渣的细度增大,对混凝土的增强效果越明显。应在水中或潮湿的环境中养护	配制低热混凝土,高流态混凝土,水下混凝土,高密度高强混凝土

续表

混凝土的种类	组 成	特 性	适用范围
F矿粉高强、高流态混凝土	5%~10%水泥置换率的F矿粉,水泥,优质粗、细骨料,洁净水,高效减水剂	和易性、保水性好,水泥浆-骨料界面结构改善,大孔隙率降低,低水灰比的混凝土增强明显,抗渗性提高。宜在潮湿环境中养护	配制高强高流态混凝土,泵送高强混凝土
高性能混凝土	普通或新型水泥,超细矿粉,硅灰掺合料,优质粗、细骨料,洁净水,高性能外加剂	易于浇筑、捣实,不易离析,具有高的、能长期保持的力学性能。强度高,韧性、体积稳定性及耐久性好	特种结构、大跨度结构、高层建筑及其他需高强、耐久混凝土构件的构筑物
高性能粉煤灰渣-碱混凝土	以沸磷水化硅铝酸盐为主体的胶结料,粗、细骨料,水	施工制作简单,成本低。在常温下可制取50MPa以上的混凝土。抗冻、抗碳化能力强,耐化学侵蚀和耐久性十分良好,耐火、热稳定性较好	制作各种耐腐蚀混凝土,可广泛应用于各建筑工程及普通混凝土不能胜任的工程

二、混凝土强度等级及力学性能

1. 混凝土的强度等级及其划分

我国规范规定混凝土强度等级是按立方体抗压强度标准值确定的。立方体抗压强度标准值是指边长为150mm的立方体试块。按标准方法制作,在温度为20±3℃、相对湿度大于90%的环境下养护28d,用标准试验方法测得的具有95%保证率的抗压强度,单位为N/mm²。

根据国家标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010),混凝土的强度分为C15、C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50、C55、C60、C65、C70、C75、C80等十四个等级,其中的数值即为混凝土的强度标准值,单位为N/mm²。

2. 混凝土强度标准值

混凝土强度标准值应按表1.2.2-1采用。

混凝土强度标准值(N/mm²) 表 1.2.2-1

强度种类	符号	混凝土强度标准值(N/mm ²)				
		C15	C20	C25	C30	C35
轴心抗压	f_{ck}	10.0	13.4	16.7	20.1	23.4
轴心抗拉	f_{tk}	1.27	1.54	1.78	2.01	2.20

强度种类	符号	混凝土强度等级								
		C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
轴心抗压	f_{ck}	26.8	29.6	32.4	35.5	38.5	41.5	44.5	47.4	50.2
轴心抗拉	f_{tk}	2.39	2.51	2.64	2.74	2.85	2.93	2.99	3.05	3.11

3. 混凝土强度设计值

表 1.2.2-1 中各项混凝土强度标准值除以混凝土材料分项系数，即是相应的混凝土强度设计值。混凝土强度设计值应按表 1.2.2-2 采用。

混凝土强度设计值(N/mm²) 表 1.2.2-2

强度种类	符号	混凝土强度设计值(N/mm ²)				
		C15	C20	C25	C30	C35
轴心抗压	f_c	7.2	9.6	11.9	14.3	16.7
轴心抗拉	f_t	0.91	1.10	1.27	1.43	1.57

强度种类	符号	混凝土强度等级								
		C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
轴心抗压	f_c	19.1	21.1	23.1	25.3	27.5	29.7	31.8	33.8	35.9
轴心抗拉	f_t	1.71	1.80	1.89	1.96	2.04	2.09	2.14	2.18	2.22

4. 混凝土弹性模量

混凝土受压或受拉的弹性模量 E_c 应按表 1.2.2-3 确定。

混凝土弹性模量 $E_c(\times 10^4 \text{ N/mm}^2)$ 表 1.2.2-3

混凝土强度等级	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45
E_c	2.20	2.55	2.80	3.00	3.15	3.25	3.35

混凝土强度等级	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
E_c	3.45	3.55	3.60	3.65	3.70	3.75	3.80

三、混凝土配比

混凝土的配合比应根据混凝土的强度要求、施工要求，进行试验及试配，在使用过程中，再根据原材料情况及实际试验结果予以调整。

(一) 混凝土配合比中基本参数的选取

1. 每立方米混凝土用水量的确定。

当水灰比在 0.4~0.8 范围时，干硬性和塑性混凝土的用水量应根据粗骨料品种、粒径及施工要求的混凝土拌合物稠度，按表 1.2.3-1 选取。

干硬性和塑性混凝土的用水量(kg/m³) 表 1.2.3-1

拌合物稠度		卵石最大粒径(mm)			碎石最大粒径(mm)		
项 目	指 标	10	20	40	16	20	40
维勃稠度 (s)	15~20	175	160	145	180	170	155
	10~15	180	165	150	185	175	160
	5~15	185	170	155	190	180	165
坍落度 (mm)	10~30	190	170	150	200	185	165
	30~50	200	180	160	210	195	175
	50~70	210	190	170	220	205	185
	70~90	215	195	175	230	215	195

- 注：1. 本表用水为采用中砂时的平均取值，采用细砂时，每立方米混凝土用水量可增加 5~10kg，采用粗砂则可减少 5~10kg。
2. 掺用各种外加剂或掺合料时，用水量应相应调整。水灰比小于 0.4 或大于 0.8 的混凝土以及采用特殊成型工艺的混凝土用水量应通过试验确定。

2. 混凝土砂率的确定

混凝土的砂率(%) 表 1.2.3-2

水灰比 (W/C)	卵石最大粒径(mm)			碎石最大粒径(mm)		
	10	20	40	16	20	40
0.40	26~32	25~31	24~30	30~35	29~34	27~32
0.50	30~35	29~34	28~33	33~38	32~37	30~35
0.60	33~38	32~37	31~36	36~41	35~40	33~38
0.70	36~41	35~40	34~39	39~44	38~43	36~41

- 注：1. 本表数值系中砂的选用砂率，对细砂或粗砂，可相应地减小或增大砂率；
2. 只用一个单粒级粗骨料配制混凝土时，砂率应适当增大；
3. 对薄壁构件砂率取偏大值；
4. 本表中的砂率指砂与骨料总量的重量比。

坍落度等于或大于 100mm 的混凝土砂率，应在表 1.2.3-2 的基础上，按坍落度增大 20mm、砂率增大 1% 的幅度予以调整。

坍落度大于 60mm 或小于 10mm 的混凝土及掺用外加剂和掺合料的混凝土，其砂率应经试验确定。

坍落度不大于 60mm，且不小于 10mm 的混凝土砂率，可根据粗骨料品种粒径及水灰比按表 1.2.3-2 选取。

3. 浇筑混凝土时坍落度的确定

根据不同的构件及配筋情况，混凝土的坍落度可按表 1.2.3-3 选取。

混凝土的坍落度(mm) 表 1.2.3-3

结 构 种 类	坍 落 度
基础或地面等的垫层，配筋稀疏的结构	10~130
板、梁和大型及中型截面的柱子等	30~130
配筋密集的结构	50~180
配筋特密的结构	70~180

注：上列数据适用机械振捣混凝土时的坍落度，当采用人工捣实时，其值可适当增大。

4. 混凝土施工参考配合比见表 1.2.3-4。

混凝土施工参考配合比 表 1.2.3-4

混凝土强度等级	水泥强度等级	坍落度	W (kg)	C (kg)	S (kg)	G (kg)	掺合料 (kg)	外加剂 (kg)
C20	32.5 矿渣水泥	160	183	320	730	1063	40	4.0
C25	32.5 矿渣水泥	160	196	350	708	1032	50	4.0
C30	32.5 矿渣水泥	160	200	375	683	1025	62	5.0
C35	32.5 矿渣水泥	160	200	395	671	1007	72	5.0
C40	42.5 普通硅酸盐水泥	160	200	430	654	980	80	6.0

续表

混凝土强度等级	水泥强度等级	坍落度	W (kg)	C (kg)	S (kg)	G (kg)	掺合料 (kg)	外加剂 (kg)
C45	42.5 普通硅酸盐水泥	160	190	460	640	974	80	6.0
C50	42.5 硅酸盐水泥	160	190	480	668	1055	50	7.0
C55	42.5 硅酸盐水泥	160~180	180	490	638	1085	50	7.0
C60	52.5 硅酸盐水泥	180~220	172	450	600	1230	40 (硅粉)	8.0 (高效)
C70	52.5 硅酸盐水泥	180~220	160	480	542	1265	45 (硅粉)	8.0 (高效)
C80	62.5 硅酸盐水泥	180~220	150	500	537	1254	50 (硅粉)	9.0 (高效)

注：W—水，C—水泥，S—细骨料，G—粗骨料。

(二) 特殊要求混凝土的配合比

1. 抗渗混凝土

抗渗等级不小于 S6 级的混凝土称为抗渗混凝土。用于浇筑抗渗混凝土的水泥强度等级不宜小于 32.5 级；当有抗渗要求时，应优先选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥；粗骨料的粒径不宜大于 40mm；外加剂宜用防水剂、膨胀剂、引气剂或减水剂。

每立方米混凝土中的水泥用量(含掺合料)不宜小于 320kg；砂率宜为 35%~40%；灰砂比宜为 1:2~1:2.5。最大水灰比应符合表 1.2.3-5。

抗渗混凝土最大水灰比 表 1.2.3-5

抗 渗 等 级	最大水灰比	
	C20~C30	C30 以上混凝土
S6	0.60	0.55
S8~S12	0.55	0.50
>S12	0.50	0.45

2. 抗冻混凝土

抗冻等级不低于 F50 的混凝土称为抗冻混凝土。水泥应选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，不得使用火山灰硅酸盐水泥。抗冻等级 F100 及以上的混凝土所用的粗骨料和细骨料均应进行坚固性试验，其结果应符合国家现行有关标准。供试配用的最大水灰比应符合表 1.2.3-6 的要求。

抗冻混凝土的最大水灰比 表 1.2.3-6

抗 冻 等 级	无引气剂时	掺引气剂时
F50	0.55	0.60
F100	—	0.55
F150 及以上	—	0.50

3. 高强混凝土

强度等级在 C60 以上的混凝土称为高强混凝土，配制高强混凝土时，水泥等级不低于 42.5 级，并应选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，其活性不宜低于 57MPa；所用粗骨料最大粒径不应大于 31.5mm。针片状颗粒含量不宜大于 5.0%。对粗骨料应进行压碎指标试验和碎石的岩石立方体抗压强度试验。其结果不应小于要求配制的混凝土抗压强度标准值的 1.5 倍；所用砂宜用中砂，其细度模数宜大于 2.60。高强混凝土设计配合比提出后，尚应用该配合比进行 6~10 次重复试验进行验证。

4. 泵送混凝土

泵送混凝土拌合物的坍落度不应小于 80mm，水灰比不宜大于 0.6，水泥和矿物掺合料的总量不宜小于 300kg/m³。泵送混凝土应选用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥和粉煤灰硅酸盐水泥，不宜采用火山灰硅酸盐水泥。用于泵送混凝土的粗骨料的粒径与输送管径之比不宜大于表 1.2.3-7。

泵送粗骨料最大粒径与输送管径之比值 表 1.2.3-7

泵 送 高 度	粗 骨 料 种 类	
	碎 石	卵 石
50m 以下	1:3.0	1:2.5
50~100m	1:4.0	1:3.0
100m 以上	1:5.0	1:4.0

粗骨料应采用连续级配，且针片状颗粒含量不宜大于 10%，泵送混凝土宜用中砂，其通过 0.315mm 筛孔的颗粒含量不应小于 15%，通过 0.160mm 筛孔的含量不应小于 5%。

泵送混凝土入泵坍落度可按表 1.2.3-8 选用。

混凝土入泵坍落度选用表 表 1.2.3-8

泵送高度(m)	<30	30~60	60~100	>100
坍落度(mm)	100~140	140~160	160~180	180~200

5. 大体积混凝土

混凝土结构中实体最小尺寸大于或等于 1m 的部位所用的混凝土称为大体积混凝土。用于大体积混凝土中的水泥应选用水化热低、凝结时间长的水泥，优先选用矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、火山灰硅酸盐水泥。粗骨料宜采用连续级配，细骨料宜用中砂，在保证混凝土强度及坍落度要求的前提下，应提高掺合料及骨料的含量，以降低单方混凝土的水泥用量。

第三节 外加剂种类及性能

一、各类混凝土外加剂的主要功能及适用范围

各类混凝土外加剂的主要功能及适用范围见表 1.3.1。

各类混凝土外加剂的主要功能及适用范围

表 1.3.1

外加剂类型	主要功能	适用范围
普通减水剂	在保证混凝土工作性能及水泥用量不变的条件下,具有5%以上减水功能,混凝土强度提高10%左右	日最低气温+5℃以上各种混凝土的施工
高效减水剂	在保证混凝土工作性能及水泥用量不变的条件下,具有12%以上减水功能,混凝土强度提高20%左右	日最低气温0℃以上高强混凝土、早强混凝土、高流动性混凝土的施工
引气剂及引气减水剂	通过引入大量分布均匀的微小气泡,减少混凝土拌合物泌水离析,改善和易性,并显著提高混凝土的耐久性、抗渗性、抗冻性;但抗压强度有所降低,钢筋握裹力有所下降。 引气减水剂还有减水剂的功能	抗冻融混凝土、防水混凝土、抗盐类结晶及耐碱混凝土、泵送混凝土、流态混凝土
早强剂及早强减水剂	提高混凝土的早期强度,并对后期强度无明显不利影响。 早强减水剂还具有减水剂功能	日最低气温-5℃以上及有早强或防冻要求的混凝土
缓凝剂及缓凝减水剂	延缓混凝土的凝结时间,降低水泥初期水化热,并对后期强度无不利影响。缓凝减水剂还具有减水剂功能	大体积混凝土,商品混凝土,泵送混凝土,以及炎热地区施工、滑模施工的混凝土
防冻剂	在一定的负温下施工而使混凝土不受冻害并达到预期强度	负温下施工的混凝土
膨胀剂	使混凝土在水化、硬化过程中产生一定的体积膨胀,减少混凝土干缩裂缝,提高抗裂与抗渗性能	用于配制补偿收缩混凝土、填充用膨胀混凝土、自应力混凝土;也用于屋面防水、地下防水、基础后浇带及防水堵漏等
速凝剂	使混凝土砂浆在1~5min之间初凝,2~10min终凝	喷射混凝土、喷射砂浆、临时性堵漏用砂浆及混凝土
防水剂	使混凝土的抗渗性能显著提高	防水、防潮混凝土
泵送剂	使混凝土有良好的流动性及在压力条件下较好的稳定性	高层建筑混凝土及其他需泵压输送的混凝土

注:各种外加剂如与其他外加剂复合使用,其掺量必须根据试验确定。配制溶液时,如产生絮凝或沉淀等现象,应分别配制溶液加入搅拌机内。

二、常用混凝土外加剂的主要成分及特点

常用混凝土外加剂的主要成分及特点见表 1.3.2-1。

常用混凝土外加剂主要成分及特点

表 1.3.2-1

外加剂类型	产品名称	主要成分	掺量(%)	特点	生产、研制单位
普通减水剂	SL	(不含氯盐和铬盐)	2~3	适用于-5℃以上的施工温度,改善混凝土的其他物理力学性能,对钢筋无锈蚀危害	北京市三联混凝土公司
	JH-A	多元醇类复合物	0.05~0.3	减水率10%以上,延缓混凝土凝结时间,收缩率小,对钢筋无锈蚀,含气量适中	北京市丰台区京华混凝土外加剂厂
	JM3	多元醇	0.1~0.2	减水率8%~10%,延缓混凝土凝结时间约6h,混凝土早期强度提高明显,水泥适应性好	湖北省荆门市外加剂厂
	MG	木质素磺酸钙	0.2~0.3	减水率10%左右,早期及后期强度有所增加,和易性改善,有一定引气性,混凝土凝结时间延缓,水化热峰推迟	广州造纸厂
	M	木质素磺酸钙	0.25	减水率10%左右,引气型。能改善混凝土的和易性,缓凝作用明显,同时抗渗、抗冻、耐久性性能明显提高	吉林省开山屯化学纤维浆厂
	JD103	木质素磺酸钙	0.3~0.6	减水率8%~15%,引气量小。能改善混凝土的和易性,缓凝、早强、增强,并改善其他物理力学性能	北京市建筑材料科学研究所
	MZ	木质素磺酸钙+粉煤灰	1~1.2	减水率8%~12%,抗渗标号提高3倍,和易性改善,缓凝并推迟水化热峰	四川省双流县化工厂
	PT	蔗糖化钙	0.1~0.2	减水率6%~10%,早期强度有所提高,抗冻性、抗渗性及抗冲刷性能有所改善,适用于大体积混凝土,夏季施工混凝土及有缓凝和降低初期水化热要求的混凝土	浙江水电部十二局科研所混凝土外加剂厂

续表

外加剂 类型	产品 名称	主要成分	掺量 (%)	特 点	生产、 研制单位
普通 减水剂	ZT	果糖 化钙, 葡萄 糖化钙	0.1 ~ 0.2	减水率 6% ~ 10%, 早期强度略 有提高, 抗冻性、 抗渗性及抗冲磨性 能有所改善, 适应 于需要少缓凝或不 缓凝的混凝土施工	浙江水电 部十二局科 研所混凝土 外加剂厂
	TG	糖钙	0.15 ~ 0.25	缓凝型, 减水率 8%~12%。适用于 大体积和炎热季节 施工的混凝土	重庆长江 混凝土外加 剂厂、内江 市内华混 凝土外加剂厂
	ST-1, ST-2	蔗糖 化钙	0.2 ~ 0.25	减水率 6% ~ 10%, 早期强度略 有提高, 抗冻性及 抗渗性能有所改善。 凝结时间延长。适 用于大体积和炎热 季节施工的混凝土	瑞安市桐 溪建筑材 料厂
	天山 牌, 长 城牌	腐植 酸钠	0.2 ~ 0.3	减水率 8% ~ 13%, 早期强度有 所增长, 引气量 1%~2%, 抗冻及抗 渗性能提高。可延 缓水泥初期水化速 度, 延缓热峰出现 时间, 适于配制防 水、大体积、夏季 施工混凝土	延庆县腐 植酸厂、新 疆煤灰科 研所及梧桐 化工厂
高效 减水剂	SM	磺化 三聚氰 胺甲醛 树脂	0.5 ~ 1.0	减水率 15% ~ 25%, 早强显著, 其他性能有所改善。 适用于配制早强、 耐热、流态混凝土	建材局苏 州混凝土水 泥制品研究 院
	SP-40	密胺 类组分	0.25 ~ 1.5	减水率 12% ~ 20%, 早强显著, 改善混凝土的和 易性, 适用于配制 早强、耐热、流 态混凝土	上海申立 新型建材添 加剂厂
	AF	聚次 甲基多 环芳烃 磺酸钠	0.5 ~ 0.7	低引气型, 减水 率 15%~25%, 早 期强度提高明显, 混凝土凝结时间基 本不变, 热峰出现 时间延迟, 增加对 钢筋握裹力, 对 各种水泥适应性强, 有适当的引气性	江苏省江 都县减水剂 厂、建材局 苏州水泥制 品研究院
	JM 系列	萘磺 酸钠甲 醛缩合 物或聚 次甲基 磺酸钠	0.5 ~ 1.5	减水率 15% ~ 25%, 早强明显, 水泥适应性强, 对 钢筋无锈蚀。可用 于泵送混凝土	湖北省荆 门市外加剂 厂

续表

外加剂 类型	产品 名称	主要成分	掺量 (%)	特 点	生产、 研制单位
高效 减水剂	JH-B	萘磺 酸钠甲 醛缩合 物	0.5 ~ 0.7	减水率 15% 以上, 增强效果明显, 大 幅度提高混凝土的 流动性, 对钢筋无 锈蚀	北京市丰 台区京华混 凝土外加 剂厂
	N 型	萘系 复合物	0.5 ~ 0.8	减水率 15%, 早 强明显, 引气量约 1%~2%, 对水泥 有良好的适应性	中国建 筑材料科学 研究院、水 泥研究所
	FE	β -萘 磺酸钠 甲醛缩 合物	0.5 ~ 0.7	非引气型, 减水 率 15%~20%, 早 期强度增加明显, 对钢筋无锈蚀, 制 剂本身热稳定性 良好	北京市四 洋有机化工 厂、江都县 减水剂厂
	NF	聚次 甲基萘 磺酸钠	0.5 ~ 1.0	非引气型, 减水 率 15%~25%, 早 期强度显著提高, 抗拉、抗折和后期 强度也提高, 钢筋 粘结力、抗碳化能 力、抗渗性及抗冻 性能改善。可用于 配制高强混凝土	宁夏灵武 建筑材料试 验厂、建材 局苏州水泥 制品研究院、 淮南矿务局 合成材料厂
	TNF	聚次 甲基萘 磺酸钠 及其他 组分	0.6 ~ 1.2	减水率 15% ~ 23%, 初、终凝 时间延迟, 可用于 配制高流态混凝土	宁夏灵武 建筑材料试 验厂
	建 1	聚次 甲基萘 磺酸钠 和硫酸 钠	0.5 ~ 1.0	减水率 15% ~ 20%, 早期强度显 著提高, 混凝土和 易性改善, 含气量 增加约 3%, 抗渗、 抗冻融能力提高	北京建材 院, 北京建 研所, 上海 染料厂, 北 京焦化厂, 江都县染料 化工厂, 宁 夏灵武建 材厂
	FDN-S	β -萘 磺酸甲 醛缩聚 物	0.4 ~ 1.0	非引气型, 减水 率 14%~25%, 早 强作用明显, 对水 泥的水化热有延时、 降峰作用。对各种 水泥适应性好, 不 含氯盐, 对钢筋无 锈蚀作用	湛江外加 剂厂、四川 省双流县化 工厂
	FFT	聚次 甲基萘 磺酸盐 与氧化 羧酸盐	0.5 ~ 1.0	减水率 14% ~ 22%, 早期效果好, 低引气型, 早期稍 缓凝, 有良好的塑 化作用。对各种水 泥适应性好, 不含 氯盐, 对钢筋无锈 蚀作用	湛江外加 剂厂