

建筑结构设计系列手册

混凝土结构构造手册

HUNNINGTU JIEGOU GOUZAO SHOUCHE

(第三版)

■ 中国有色工程设计研究总院 主编

中国建筑工业出版社

TU37-62
2003344

建筑结构设计系列手册

混凝土结构构造手册

(第三版)

主编单位 中国有色工程设计研究总院
主 编 王文栋
编 著 者 殷芝霖 沙志国 孙金墀
魏植椿 姜维山 王文栋

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构构造手册/王文栋主编. —3版. —北京:
中国建筑工业出版社, 2003
(建筑设计系列手册)
ISBN 7-112-05675-6

I. 混… II. 王… III. 混凝土结构-手册
IV. TU37-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 010972 号

本书为原北京有色金属设计研究总院主编的混凝土结构构造手册新版本,根据最新颁布的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ3—2002)等国家标准及行业标准的规定,结合近年来国内外工程实践及最新科技成果进行重新编制。内容包括:总则、板、梁、单层厂房柱、现浇框架梁柱及节点、高层建筑、装配式结构连接、基础、预应力结构构件、挡土墙及深基坑支护、混凝土结构加固补强、后锚固建筑锚栓连接等共十五章,其中短柱、扁梁、开孔梁、高层建筑地下室及高强混凝土结构轴压比设计与构造,系遵循规范精神,按实践经验对规定的延伸补充。不少章节均附有计算方法与应用实例。

本书可供土建结构设计、施工、监理、研究人员及大专院校土建专业师生使用及参考。

建筑设计系列手册 混凝土结构构造手册 (第三版)

主编单位 中国有色工程设计研究总院
主 编 王文栋
编 著 者 殷芝霖 沙志国 孙金墀
魏植椿 姜维山 王文栋

*

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

北京中科印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 47¼ 字数: 1192 千字

2003年6月第三版 2003年6月第九次印刷

印数: 35,401—45,400 册 定价: 65.00 元

ISBN 7-112-05675-6

TU·4988(11314)

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>

第三版前言

新版《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)及《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002)已批准施行。为配合上述规范、规程的全面实施并适应当前建筑结构发展需要,我们对混凝土结构构造手册第二版进行了全面的修订与扩充。

本版(第三版)的修订是在中国建筑科学研究院国家标准《混凝土结构设计规范》编制组的支持下,经国内专家审查后定稿的。内容严格遵照新版规范在构造上的各项要求与规定。对于工程中经常会遇到而新规范又无明确规定的构造问题,除遵循工程惯例外均由手册编者与规范编制组主要成员研究确定。

本手册第一版出版后已重印七次,深受广大建筑结构设计人员、施工人员及监理人员的欢迎。本版(第三版)将继续保持第一、二版原有的特点:选材的实用性、内容的可操作性以及技术的先进性,以便于设计、施工人员的直接使用。

为满足建筑结构在新形势下飞速发展的需要,这次修订在广泛征求广大读者意见的基础上,将原有的十二章扩充至十五章,增加了挡土墙及深基坑支护(第十二章)、混凝土结构加固与补强(第十三章),以及后锚固建筑锚栓连接(第十五章)三章。

第六章中关于高层建筑地下室抗震设计,以及附录 B 中根据最新试验研究成果提出的高强混凝土结构轴压比设计与构造等内容,均系根据规范规定作出的补充与延续。

第十三章是根据多年的加固设计工程经验并参照《混凝土结构加固技术规范》编写的,供读者参考。

手册中用黑体字排的内容表示直接引自规范中强制性的条文,是必须严格执行的;用楷体字排的内容表示是按规范强制性条文编写的,含有强制性的意义,也应在使用时对照规范相关的强制性条文严格执行。

本书编制依据的国家标准规范已颁布执行,但大量的行业标准规范、规程正在编制与修订中,为了让读者掌握了解相关规范、规程的修订要点与动态,本书已将有关内容列入相关章节,以供读者参考,但其中有关的规定与数据,尚应待该规范、规程正式颁布后,方可使用。

手册主编单位为中国有色工程设计研究总院,并由院副总工程师王创时负责组织领导工作。

修订编写分工如下:

| | |
|-----------------|-------------|
| 第三、五、十四、十五章 | 殷芝霖 李贵芬 殷 健 |
| 第二、十、十一章 | 沙志国 |
| 第六、七章 | 孙金墀 |
| 第十三章 | 魏植椿 |
| 第一、四、八、十二章 | 王文栋 |
| 第五章第九节“短柱”及附录 B | 姜维山 |

第十一章第三节

杨宗放

参加手册审稿的有：胡庆昌、徐云扉、张祖涛、沙志国、魏植椿、杜戡、叶裳、盛吉鼎、胡少兵、刘茂盛、张应之。

参加本书工作的还有张贺、任卫东。

手册在编制过程中得到李明顺、徐有邻、白生翔研究员及白绍良教授的关心和支持，在此一并表示衷心谢意。

本书一些章节编写中尚得到北京市建筑设计研究院顾问总工程师、国家设计大师胡庆昌的悉心指教，提出宝贵意见，深表感谢。

书中不当之处，恳请广大读者批评指正。

目 录

| | | | |
|----------------------------------|-----|---------------------------------|-----|
| 第一章 总则、材料及一般构造要求 | 1 | 第七节 梁的折角处配筋 | 127 |
| 第一节 总则 | 1 | 第八节 悬臂梁及连续梁的支托 | 129 |
| 第二节 水泥 | 4 | 第九节 圈梁 | 130 |
| 第三节 外加剂 | 6 | 第十节 梁垫 | 134 |
| 第四节 混凝土 | 15 | 第十一节 受扭及受弯剪扭作用的梁 | 135 |
| 第五节 钢筋 | 29 | 第十二节 梁腹具有矩形孔洞的梁 | 137 |
| 第六节 钢筋的锚固与连接 钢筋的绑扎 搭接接头 | 48 | 第十二节 梁腹具有圆形孔洞的梁 | 143 |
| 第七节 钢筋的机械连接接头 | 54 | 第十四节 缺口梁 | 148 |
| 第八节 钢筋的焊接接头 | 59 | 第十五节 深受弯构件中的深梁 | 152 |
| 第九节 钢筋的弯钩和弯折 | 72 | 第十六节 开洞深梁 | 157 |
| 第十节 混凝土保护层 | 74 | 第十七节 变高度简支深梁 | 163 |
| 第十一节 配筋百分率 | 75 | 第十八节 深受弯构件中的短梁 | 165 |
| 第十二节 伸缩缝、沉降缝、防震缝、 施工缝 | 79 | 第十九节 折梁 | 165 |
| 第二章 板 | 86 | 第二十节 水平曲梁 | 170 |
| 第一节 板的厚度 | 86 | 第二十一节 密肋梁 | 175 |
| 第二节 现浇板的受力钢筋 | 87 | 第四章 单层厂房柱 | 180 |
| 第三节 分布钢筋 | 90 | 第一节 铰接排架柱的选型 与截面尺寸 | 180 |
| 第四节 构造钢筋 | 90 | 第二节 铰接排架柱的纵向 钢筋与箍筋 | 187 |
| 第五节 现浇单向板的配筋 | 94 | 第三节 铰接排架柱的细部配筋 | 191 |
| 第六节 普通双向板的配筋 | 96 | 第四节 管柱 | 199 |
| 第七节 悬臂板的配筋 | 100 | 第五章 现浇框架梁、柱及框架节点 | 202 |
| 第八节 提高板受冲切承载力的配筋 | 101 | 第一节 框架结构一般规定 | 202 |
| 第九节 板上开洞时的配筋 | 102 | 第二节 框架梁 | 205 |
| 第十节 板上小型设备基础 | 105 | 第三节 框架柱 | 209 |
| 第十一节 板的支承长度 | 106 | 第四节 框架节点 | 217 |
| 第十二节 现浇无梁楼板 | 107 | 第五节 梁宽大于柱宽的框架 扁梁结构 | 223 |
| 第十三节 升板 | 109 | 第六节 钢筋纤维混凝土框架节点 | 230 |
| 第三章 梁 | 114 | 第七节 改善节点性能的构造措施 | 232 |
| 第一节 梁的截面选择 | 114 | 第八节 短柱 | 235 |
| 第二节 梁的纵向受力钢筋 | 115 | 第六章 高层建筑 | 246 |
| 第三节 箍筋 | 121 | 第一节 高层建筑结构设计准则及抗震 概念设计 | 246 |
| 第四节 纵向构造钢筋 | 123 | 第二节 各种结构体系的适用范围 | 266 |
| 第五节 附加横向钢筋 | 124 | | |
| 第六节 梁的支承长度 | 126 | | |

| | | | | | |
|------|------------------------|-----|------|-------------------|-----|
| 第三节 | 剪力墙结构的设计和构造要求 | 269 | 第十二章 | 挡土墙及深基坑支护 | 486 |
| 第四节 | 框架-剪力墙结构的设计和构造要求 | 281 | 第一节 | 挡土工程结构选型 | 486 |
| 第五节 | 部分框支剪力墙结构的设计和构造要求 | 286 | 第二节 | 重力式挡土墙 | 487 |
| 第六节 | 筒体结构设计和构造要求 | 296 | 第三节 | 钢筋混凝土悬臂式和扶壁式挡土墙 | 500 |
| 第七章 | 装配式结构的连接 | 306 | 第四节 | 悬臂式围护结构 | 504 |
| 第一节 | 装配式结构设计的基本准则 | 306 | 第五节 | 内支撑式围护结构 | 511 |
| 第二节 | 材料和施工要求 | 307 | 第六节 | 拉锚式围护结构 | 521 |
| 第三节 | 装配式结构设计的一般规定 | 308 | 第七节 | 水泥土墙 | 524 |
| 第四节 | 柱与柱连接设计和构造 | 312 | 第八节 | 地下连续墙 | 526 |
| 第五节 | 梁柱节点的设计和构造 | 316 | 第九节 | 土钉墙 | 533 |
| 第八章 | 楼梯 | 336 | 第十三章 | 混凝土结构加固 | 537 |
| 第一节 | 概述 | 336 | 第一节 | 加固基本原则 | 537 |
| 第二节 | 板式及梁式楼梯 | 343 | 第二节 | 材料和施工要求 | 539 |
| 第三节 | 悬挑式楼梯 | 347 | 第三节 | 板的加固 | 551 |
| 第四节 | 螺旋板式楼梯 | 361 | 第四节 | 现浇梁的加固 | 558 |
| 第五节 | 有中柱螺旋楼梯 | 370 | 第五节 | 现浇柱和剪力墙的加固 | 592 |
| 第九章 | 支撑 | 376 | 第六节 | 基础的加固 | 611 |
| 第一节 | 一般要求 | 376 | 第七节 | 单层厂房结构的加固 | 615 |
| 第二节 | 屋盖支撑布置 | 380 | 第八节 | 混凝土缺陷的处理 | 638 |
| 第三节 | 柱间垂直支撑 | 390 | 第十四章 | 预埋件及吊环 | 645 |
| 第四节 | 支撑设计 | 392 | 第一节 | 预埋件分类 | 645 |
| 第五节 | 支撑的连接 | 395 | 第二节 | 预埋件的一般构造要求 | 646 |
| 第十章 | 基础 | 403 | 第三节 | 锚筋锚固长度不足时采取的措施 | 651 |
| 第一节 | 一般规定 | 403 | 第四节 | 锚筋至构件边缘尺寸不足时采取的措施 | 653 |
| 第二节 | 无筋扩展基础 | 404 | 第五节 | 预埋件计算 | 655 |
| 第三节 | 扩展基础 | 405 | 第六节 | 吊环 | 676 |
| 第四节 | 柱下条形基础 | 412 | 第十五章 | 后锚固建筑锚栓连接 | 678 |
| 第五节 | 多层砌体房屋墙下筏板基础 | 415 | 第一节 | 后锚固建筑锚栓分类 | 678 |
| 第六节 | 高层建筑箱形基础 | 415 | 第二节 | 建筑锚栓设计 | 682 |
| 第七节 | 高层建筑筏形基础 | 421 | 第三节 | 建筑锚栓承载力计算 | 688 |
| 第八节 | 桩基础 | 423 | 第四节 | 构造要求 | 700 |
| 第十一章 | 预应力混凝土结构构件 | 443 | 第五节 | 锚固抗震设计 | 702 |
| 第一节 | 一般构造规定 | 443 | 第六节 | 建筑锚栓的产品规格及性能 | 704 |
| 第二节 | 现浇无粘结预应力混凝土楼板的配筋及构造 | 467 | 第七节 | 计算实例 | 735 |
| 第三节 | 现浇后张部分预应力混凝土框架结构的配筋及构造 | 475 | 附录 A | 地下工程混凝土结构节点防水构造 | 745 |
| 第四节 | 预应力混凝土井式梁板结构 | 483 | 附录 B | 框架柱轴压比设计 | 752 |
| | | | 附录 C | 结构常用表 | 756 |

第一章 总则、材料及一般构造要求

第一节 总 则

一、编制依据及内容

为确保建筑结构在规定的时间内,能完成所赋予的各项功能,结构构件的承载力和刚度虽属第一位,但为保证构件承载力能得到充分发挥,对结构的选型、选材、布置、连接更为重要;也就是说,要采取措施,以保证各构件之间和内部传力直接、明确、合理,并具有足够的耐久性。这些问题统属构造问题,也称构造措施。它是从科学试验和工程实践中总结出来的宝贵经验,对保证工程质量具有十分重要的意义。

本版手册的主要依据是新颁布的国家及行业标准:

- (1)《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002);
- (2)《建筑地基基础设计规范》(GB 5007—2002);
- (3)《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001);
- (4)《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002);
- (5)《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2002)。

为了满足使用者的要求,本版手册补充了一些新的科研成果,这些科研成果均通过有关专家的鉴定或审定,具有一定的代表性、实用性、安全性。

本版手册的内容重点放在工业与民用建筑结构方面,并尽量用图或表阐述,对做过试验的结构,补充其传力机理,以便于掌握。

我国是一个多地震的国家,地震基本烈度6度区以上的面积占全国总面积约60%,故结构抗震措施是一个重要问题。因此,本版手册各章的内容都把抗震和非抗震的要求有机的联系在一起,以便于工程技术人员应用。

二、抗震构造措施及抗震等级

1. 人们总结历次大地震灾害经验,发现一个合理的抗震设计,不能仅仅依赖于“结构计算”,很大程度上取决于合理的抗震构造措施。这些措施包括以下几点:

- (1) 建筑的体型力求简单、规则、对称,质量刚度变化均匀;
- (2) 抗震结构体系应具有以下要求:

具有明确的计算图形和合理的地震作用传递途径;

宜有多道抗震防线,避免因部分结构或构件破坏而导致整个体系丧失抗震能力或承重能力;

具有合理的刚度和强度分布,避免因局部削弱或突变形成薄弱部位,产生过大的应力集中或塑性变形集中。

- (3) 抗震结构的各类构件应具有必要的强度和变形能力。

(4) 抗震结构各类构件之间应具有可靠的连接。

(5) 抗震结构的支撑系统应能保证地震时结构稳定。

(6) 非结构构件(围护墙、隔墙、填充墙等)应考虑对抗震结构的不利或有利影响,避免不合理设置而导致主体结构构件的破坏。

2. 房屋适用的最大高度应符合表 1.1.1 的要求。对平面和竖向均不规则的结构或 IV 类场地上的结构,房屋适用的最大高度应适当降低。

现浇钢筋混凝土房屋适用的最大高度(m)

表 1.1.1

| 结构体系 | 非抗震设计 | 设防烈度 | | | | |
|----------|-----------|------|-----|-----|------|------|
| | | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| 框架结构 | 70 | 60 | 55 | 45 | 25 | |
| 框架-剪力墙结构 | 140 | 130 | 120 | 100 | 50 | |
| 剪力墙结构 | 全部落地剪力墙结构 | 150 | 140 | 120 | 100 | 60 |
| | 部分框支剪力墙结构 | 130 | 120 | 100 | 80 | 不应采用 |
| 筒体结构 | 框架-核心筒结构 | 160 | 150 | 130 | 100 | 70 |
| | 筒中筒结构 | 200 | 180 | 150 | 120 | 80 |
| 板柱-剪力墙结构 | 70 | 40 | 35 | 30 | 不应采用 | |

注: 1. 房屋高度指室外地面到主要屋面板板顶的高度(不考虑局部突出屋顶部分);

2. 框架-核心筒结构指周边稀柱框架与核心筒组成的结构;

3. 部分框支剪力墙结构指首层或底部两层为框架和落地剪力墙组成的框支剪力墙结构;

4. 甲类建筑应按本地区的设防烈度提高一度确定房屋最大高度,9度设防烈度时应专门研究;乙、丙类建筑应按本地区的设防烈度确定房屋最大高度;

5. 超过表内高度的房屋结构,应按有关标准进行设计,采取有效的加强措施。

3. 混凝土结构构件的抗震设计,应根据设防烈度、结构类型、房屋高度,按表 1.1.2 采用不同的抗震等级,并应符合相应的计算要求和抗震构造措施。

混凝土结构的抗震等级

表 1.1.2

| 结构体系与类型 | | 设防烈度 | | | | | | |
|----------|----------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 6 | | 7 | | 8 | | 9 |
| 框架结构 | 高度(m) | ≤30 | >30 | ≤30 | >30 | ≤30 | >30 | ≤25 |
| | 框架 | 四 | 三 | 三 | 二 | 二 | — | — |
| | 剧场、体育馆等大跨度公共建筑 | 三 | | 二 | | — | | — |
| 框架-剪力墙结构 | 高度(m) | ≤60 | >60 | ≤60 | >60 | ≤60 | >60 | ≤50 |
| | 框架 | 四 | 三 | 三 | 二 | 二 | — | — |
| | 剪力墙 | 三 | 三 | 二 | 二 | — | — | — |
| 剪力墙结构 | 高度(m) | ≤80 | >80 | ≤80 | >80 | ≤80 | >80 | ≤60 |
| | 剪力墙 | 四 | 三 | 三 | 二 | 二 | — | — |

续表

| 结构体系与类型 | | 设 防 烈 度 | | | | | | |
|-----------------|---------------|---------|---|---|---|---|------|------|
| | | 6 | | 7 | | 8 | | 9 |
| 部分框支剪力 墙 结 构 | 框支层框架 | 二 | 二 | 二 | — | — | 不应采用 | 不应采用 |
| | 剪力墙 | 三 | 二 | 二 | 二 | — | | |
| 筒体结构 | 框架-核心筒 结 构 | 框 架 | 三 | | 二 | | — | — |
| | | 核 心 筒 | 二 | | 二 | | — | — |
| | 筒中筒 结 构 | 内 筒 | 三 | | 二 | | — | — |
| | | 外 筒 | 三 | | 二 | | — | — |
| 板柱-剪力 墙 结 构 | 板柱的柱 | 三 | | 二 | | — | 不应采用 | |
| | 剪力墙 | 二 | | 二 | | 二 | | |
| 单层厂房结构 | 铰接排架 | 四 | | 三 | | 二 | — | |

注：1. 丙类建筑应按本地区的设防烈度直接由本表确定抗震等级；其他设防类别的建筑，应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011—2001 的规定调整设防烈度后，再按本表确定抗震等级；

2. 建筑场地为 I 类时，除 6 度设防烈度外，应允许按本地区设防烈度降低一度所对应的抗震等级采取抗震构造措施，但相应的计算要求不应降低；

3. 框架-剪力墙结构，当按基本振型计算地震作用时，若框架部分承受的地震倾覆力矩大于结构总地震倾覆力矩的 50%，框架部分应按框架结构相应的抗震等级设计；

4. 部分框支剪力墙结构中，剪力墙加强部位以上的一般部位，应按剪力墙结构中的剪力墙确定其抗震等级。

4. 钢筋混凝土高层建筑结构的最大适用高度分为 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见表 1.1.1。当框架-剪力墙、剪力墙及筒体结构超出表 1.1.1 的高度时，则列入 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 1.1.3 的规定。

B 级高度钢筋混凝土高层建筑的最大适用高度(m)

表 1.1.3

| 结构体系 | | 非抗震设计 | 抗震设防烈度 | | |
|--------|---------|-------|--------|-----|-----|
| | | | 6 度 | 7 度 | 8 度 |
| 框架-剪力墙 | | 170 | 160 | 140 | 120 |
| 剪 力 墙 | 全部落地剪力墙 | 180 | 170 | 150 | 130 |
| | 部分框支剪力墙 | 150 | 140 | 120 | 100 |
| 筒 体 | 框架-核心筒 | 220 | 210 | 180 | 140 |
| | 筒中筒 | 300 | 280 | 230 | 170 |

注：1. 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；

2. 部分框支剪力墙结构指地面上有部分框支剪力墙的剪力墙结构；

3. 平面和竖向均不规则的建筑或位于 IV 类场地的建筑，表中数值应适当降低；

4. 甲类建筑，6、7 度时应按本地区设防烈度提高一度后符合本表的要求，8 度时应专门研究；

5. 当房屋高度超过表中数值时，结构设计应有可靠依据，并采取有效措施。

5. 抗震设计时，B 级高度丙类建筑钢筋混凝土结构的抗震等级应按表 1.1.4 确定。

B级高度的高层建筑结构抗震等级

表 1.1.4

| 结构类型 | | 烈 度 | | |
|--------|------------|-----|-----|-----|
| | | 6 度 | 7 度 | 8 度 |
| 框架-剪力墙 | 框 架 | 二 | — | — |
| | 剪 力 墙 | 二 | — | 特一 |
| 剪 力 墙 | 剪 力 墙 | 二 | — | — |
| 框支剪力墙 | 非底部加强部位剪力墙 | 二 | — | — |
| | 底部加强部位剪力墙 | — | — | 特一 |
| | 框 支 框 架 | — | 特一 | 特一 |
| 框架-核心筒 | 框 架 | 二 | — | — |
| | 筒 体 | 二 | — | 特一 |
| 筒 中 筒 | 外 筒 | 二 | — | 特一 |
| | 内 筒 | 二 | — | 特一 |

注：底部带转换层的筒体结构，其框支框架和底部加强部位筒体的抗震等级应按表中框支剪力墙结构的规定采用。

6. 考虑地震作用组合的混凝土结构构件，其截面承载力应除以承载力抗震调整系数 γ_{RE} ，承载力抗震调整系数 γ_{RE} 应按表 1.1.5 采用。

当仅考虑竖向地震作用组合时，各类结构构件均应取 $\gamma_{RE} = 1.0$ 。

承载力抗震调整系数

表 1.1.5

| 结构构件类别 | 正截面承载力计算 | | | | 斜截面承载力计算 | 局部受压承载力计算 |
|---------------|----------|-------|--------|-------|-----------|-----------|
| | 受弯构件 | 偏心受压柱 | 偏心受拉构件 | 剪 力 墙 | 各类构件及框架节点 | |
| γ_{RE} | 0.75 | 0.8 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 1.0 |

注：1. 轴压比小于 0.15 的偏心受压柱的承载力抗震调整系数应取 $\gamma_{RE} = 0.75$ ；

2. 预埋件锚筋截面计算的承载力抗震调整系数应取 $\gamma_{RE} = 1.0$ 。

第二节 水 泥^①

一般土木建筑工程常用的水泥有：硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥等。

一、硅酸盐水泥

1. 主要成分 由硅酸盐水泥熟料加入少量石灰石或粒化高炉矿渣及适量石膏磨细而成，为水硬性胶凝材料。

2. 强度等级 分 42.5、52.5、62.5 三种普通型及 42.5R、52.5R、62.5R 三种早强型。

3. 特性 优点是：强度高，快硬、早强，抗冻性和耐磨性好。缺点是：水化热高，耐蚀性差。

4. 适用范围 适用于配制高强度等级混凝土、先张法预应力制品、道路及低温下施工的工程。不适用于大体积混凝土、受化学及海水侵蚀的工程。

^① 本节内容引自国家标准《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》(GB 175—1999)、《矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥》(GB 1344—1999)、《复合硅酸盐水泥》(GB 12958—1999)。

二、普通硅酸盐水泥(简称普通水泥)

1. 主要成分 由硅酸盐水泥熟料加6%~15%混合材料与适量石膏磨细而成,是最常用水硬性胶凝材料。
2. 强度等级 分32.5、42.5、52.5三种普通型及32.5R、42.5R、52.5R三种早强型。
3. 特性 与硅酸盐水泥相比无根本区别,但以下性能有所改变:早期强度增进率有减少,抗冻性、耐磨性稍有下降,低温凝结时间有所延长,抗硫酸盐侵蚀能力有所增强。
4. 适用范围 适应性较强,无特殊要求的工程都可使用。

三、矿渣硅酸盐水泥(简称矿渣水泥)

1. 主要成分 由硅酸盐水泥熟料加粒化高炉矿渣及适量石膏磨细而成,为水硬性胶凝材料,是我国产量最大的水泥品种。
2. 强度等级 分32.5、42.5、52.5三种普通型及32.5R、42.5R、52.5R三种早强型。
3. 特性 优点有:水化热低,抗硫酸盐侵蚀性好,蒸汽养护有较好的效果,耐热性能较普通硅酸盐水泥高。缺点是:早期强度低,后期强度增进率大,保水性差,抗冻性差。
4. 适用范围 适用于地面、地下水中各种混凝土工程,高温车间建筑。不适用于需要早强和受冻融循环或干湿交替的工程。

四、火山灰质硅酸盐水泥(简称火山灰水泥)

1. 主要成分 由硅酸盐水泥熟料加入火山灰质混合材料及适量的石膏磨细而成,属水硬性胶凝材料。
2. 强度等级 分32.5、42.5、52.5三种普通型及32.5R、42.5R、52.5R三种早强型。
3. 特性 优点有保水性好、水化热低、抗硫酸盐侵蚀能力强。缺点是早期强度低,但后期强度增进率大;需水性大,干缩性大,抗冻性差。
4. 适用范围 适用于地下、水下工程,大体积混凝土工程,一般工业和民用建筑。不适用于需要早强、冻融循环或干湿交替的工程。

五、粉煤灰硅酸盐水泥(简称粉煤灰水泥)

1. 主要成分 由硅酸盐熟料与粉煤灰和适量石膏细磨而成,为水硬性胶凝材料。
2. 强度等级 分32.5、42.5、52.5三种普通型及32.5R、42.5R、52.5R三种早强型。
3. 特性 优点有:保水性好,水化热低,抗硫酸盐侵蚀能力强,后期强度发展高,需水性及干缩率较小,抗裂性较好。早期强度增进率比矿渣水泥还低,其余缺点同火山灰水泥。
4. 适用范围 适用于大体积混凝土工程、地下工程、一般工业和民用建筑。适用范围与矿渣水泥相同。

六、复合硅酸盐水泥(简称复合水泥)

1. 主要成分 由硅酸盐水泥熟料和两种或两种以上规定的混合材料加入适量石膏磨细制成,为水硬性胶凝材料。
2. 强度等级 分32.5、42.5、52.5三种普通型及32.5R、42.5R、52.5R三种早强型。
3. 特性 复合水泥比矿渣水泥、火山灰水泥和粉煤灰水泥有较高的早期强度,比普通水泥有较好的和易性,易于成型、捣实,需水性较大,配制的混凝土耐久性不及普通水泥配制的混凝土。
4. 适用范围 适用于一般混凝土工程以及工业与民用建筑工程。不适用于耐腐蚀工程。

第三节 外加剂

在混凝土拌合时或拌合前掺入适量外加剂,能改善混凝土的工艺性能,加速工程进度,节约水泥或提高混凝土的强度。

外加剂的掺量,应按其品种并根据使用要求、施工条件、混凝土原材料等因素通过试验确定,并以水泥重量的百分率表示,称量误差不应超过规定计量的2%。

外加剂按其使用效果分类如表1.3.1所示。

外加剂的分类

表 1.3.1

| 类 别 | | 使用效果 |
|-----|------------------|-------------------|
| 减水剂 | 普通减水剂 | 减水,提高强度或改善和易性 |
| | 高效减水剂(流化剂或称超塑化剂) | 配制流动混凝土,或早强、高强混凝土 |
| 引气剂 | | 增加含气量,改善和易性,提高抗冻性 |
| 调凝剂 | 缓凝剂 | 延缓凝结时间,降低水化热 |
| | 早强剂(促凝剂) | 提高混凝土早期强度 |
| | 速凝剂 | 速凝,提高早期强度 |
| 防冻剂 | | 使混凝土在负温下水化,达到预期强度 |
| 阻锈剂 | | 减缓、抑制钢筋锈蚀 |
| 防水剂 | | 提高混凝土抗渗性,防止潮气渗透 |
| 膨胀剂 | | 减少干缩 |

一、减水剂

在不影响混凝土和易性条件下,具有减水及增强作用的外加剂称为减水剂。减水剂按功能又可分为普通减水剂(具有5%以上减水、增强作用的减水剂)和高效减水剂(又称超塑化剂、流化剂,为具有12%以上减水、增强作用的减水剂)。

(一) 适用范围

1. 减水剂可用于现浇或预制的混凝土、钢筋混凝土及预应力混凝土。
2. 普通减水剂宜用于日最低气温5℃以上施工的混凝土,不宜单独用于蒸养混凝土。
3. 高效减水剂可用于日最低气温0℃以上施工的混凝土,并适用于制备大流动性混凝土、高强混凝土以及蒸养混凝土。

4. 在用硬石膏或工业废料石膏作调凝剂的水泥中,掺用木质素磺酸盐减水剂时应先作水泥适应性试验,合格后方可使用。

(二) 主要品种

1. 木质素磺酸盐类:如木质素磺酸钙、木质素磺酸钠;
2. 多环芳香族磺酸盐类:如萘和萘的同系磺化物与甲醛缩合的盐类;
3. 水溶性树脂磺酸盐类:如磺化三聚氰胺树脂、磺化古玛隆树脂;
4. 其他如腐殖酸等。

(三) 施工

1. 普通减水剂的适宜掺量为水泥重量的0.2%~0.3%,随着气温的高低,掺量可适当增

减,但不得大于0.5%。高效减水剂的适宜掺量为0.5%~1.0%,根据工程需要可适当增减。

2. 减水剂宜以溶液掺加,溶液中的水量应从拌合水量中扣除。减水剂宜与拌合水同时加入搅拌机内。用搅拌车输送混凝土时,可在卸料前将减水剂加入搅拌车内,经搅拌均匀后出料。

3. 掺减水剂混凝土的拌合物,自搅拌机卸出到浇注完毕的这段时间内,浇注和振捣方法等与不掺减水剂的混凝土相同。

4. 根据工程需要,减水剂可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,应分别配制减水剂与其他外加剂的溶液并分别加入搅拌机内。

5. 掺减水剂的混凝土采用自然养护时,应加强初期养护;掺高效减水剂的混凝土采用蒸汽养护时,应待混凝土达到必要的结构强度时才能升温,蒸养制度应通过试验确定。

二、引气剂及引气减水剂

掺入混凝土中的外加剂,经搅拌能在混凝土拌合物中引入大量分布均匀的微小气泡,以改善其和易性,并在其硬化后仍能保留微小气泡以改善其抗冻融耐久性的,称为引气剂。

(一) 适用范围

引气剂及引气减水剂,可用于抗冻混凝土、防渗混凝土、抗硫酸盐混凝土、泌水严重的混凝土、贫混凝土、轻骨料混凝土以及对饰面有要求的混凝土,引气剂不宜用于蒸养混凝土及预应力混凝土。

(二) 主要品种

1. 引气剂

松香树脂类:如松香热聚物 松香皂等;

烷基苯磺酸盐类:如烷基苯磺酸盐、烷基苯酚聚氧乙烯醚等;

脂肪醇磺酸盐类:如脂肪醇聚氧乙烯醚、脂肪醇聚氧乙烯磺酸钠等;

其他:如蛋白质盐、石油磺酸盐等。

2. 引气减水剂

改性木质素磺酸盐类;

烷基芳香基磺酸盐类:如萘磺酸盐甲醛缩合物;

由各类引气剂与减水剂组成的复合剂。

(三) 施工

1. 抗冻融性要求高的混凝土,必须掺用引气剂或引气减水剂,其掺量应根据混凝土的含气量要求,通过试验确定。

2. 引气剂及引气减水剂混凝土的含气量,不宜超过表 1.3.2 的规定;对抗冻融性要求高的混凝土,宜采用表 1.3.2 规定的含气量数值。

掺引气剂及引气减水剂混凝土的含气量

表 1.3.2

| 粗骨料最大粒径(mm) | 混凝土含气量(%) | 粗骨料最大粒径(mm) | 混凝土含气量(%) |
|-------------|-----------|-------------|-----------|
| 10 | 7.0 | 40 | 4.5 |
| 15 | 6 | 50 | 4.0 |
| 20 | 5.5 | 80 | 3.5 |
| 25 | 5.0 | 150 | 3.0 |

3. 引气剂及引气减水剂,应以溶液掺加,使用时加入拌合水中,溶液中的水量应从拌合水量中扣除。配制溶液时,必须充分溶解,如产生絮凝或沉淀现象,应加热使其溶解后方可使用。

4. 引气剂可与减水剂、早强剂、缓凝剂、防冻剂复合使用,配制溶液时如产生絮凝或沉淀现象,应分别配制溶液并分别加入搅拌机内。

5. 施工时,应严格控制混凝土的含气量。当材料或施工条件变化时,应相应增减引气剂或引气减水剂的掺量。检验引气剂及引气减水剂混凝土的含气量,应在搅拌机出料口进行取样,并应考虑混凝土在运输和振捣过程中含气量的损失。

6. 引气剂及引气减水剂混凝土,必须采用机械搅拌,搅拌时间不宜大于 5min 和小于 3min。出料到浇注的停放时间也不宜过长,采用插入式振捣器时,振捣时间不宜超过 20s。

三、缓凝剂及缓凝减水剂

能延缓混凝土凝结时间,并对其后期强度无不良影响的外加剂称为缓凝剂。

(一) 适用范围

1. 缓凝剂及缓凝减水剂,可用于大体积混凝土、炎热气候条件下施工的混凝土以及需长时间停放或长距离运输的混凝土;

2. 缓凝剂及缓凝减水剂不宜用于日最低气温 5℃ 以下施工的混凝土,也不宜单独用于有早强要求的混凝土及蒸养混凝土。

3. 柠檬酸、酒石酸钾钠等缓凝剂,不宜单独使用于水泥用量较低、水灰比较大的贫混凝土。

4. 在用硬石膏或工业废料石膏作调凝剂的水泥中掺用醚类缓凝剂时,应先作水泥适应性试验,合格后方可使用。

(二) 主要品种

醚类:如糖钙等;

木质素磺酸盐类:如木质素磺酸钙、木质素磺酸钠等;

羟基羧酸及其盐类:如柠檬酸、酒石酸钾钠等;

无机盐类:如锌盐、硼酸盐、磷酸盐等;

其他:如胺盐及其衍生物、纤维素醚等。

(三) 施工

1. 缓凝剂及缓凝减水剂的品种及其掺量,应根据混凝土凝结时间、运输距离、停放时间、强度等要求来确定。常用掺量可按表 1.3.3 的规定采用。

缓凝剂及缓凝减水剂常用掺量

表 1.3.3

| 类 别 | 掺量(水泥重量%) | 类 别 | 掺量(水泥重量%) |
|---------|-----------|--------|-----------|
| 醚 类 | 0.1~0.3 | 羟基羧酸盐类 | 0.03~0.1 |
| 木质素磺酸盐类 | 0.2~0.3 | 无机盐类 | 0.1~0.2 |

2. 缓凝剂及缓凝减水剂,应以溶液掺加,使用时加入拌合水中,溶液中的水量应从拌合水量中扣除。难溶或不溶物较多的缓凝剂及缓凝减水剂,使用时必须充分搅拌均匀。

3. 缓凝剂及缓凝减水剂,可与其他外加剂复合使用,配制溶液时,如产生絮凝或沉淀等现象,应分别配制溶液并分别加入搅拌机内。

4. 掺缓凝剂及缓凝减水剂混凝土的浇筑、振捣及养护,可与不掺外加剂的混凝土相同,但应在终凝以后才能浇水养护。

四、早强剂及早强减水剂

能提高混凝土早期强度并对后期强度无影响的外加剂称为早强剂。

(一) 适用范围

1. 早强剂及早强减水剂,可用于蒸养混凝土及常温、低温和负温(最低气温不低于 -5°C)条件下施工的有早强或防冻要求的混凝土工程。

2. 在下列结构中,不得在钢筋混凝土中采用氯盐、含氯盐的复合早强剂及早强减水剂:

(1) 相对湿度大于80%的环境中使用的结构、处于水位升降部位的结构、露天结构或经常受水淋的结构;

(2) 与镀锌钢材或铝铁相接触部位的结构,以及有外露预埋铁件而无防护措施的结构;

(3) 与含有酸、碱或硫酸等侵蚀性介质相接触的结构;

(4) 经常处于环境温度为 6°C 以上的结构;

(5) 使用冷拉钢筋或冷拔低碳钢丝配筋的结构;

(6) 给排水构筑物、薄壁结构、工作级别A4~A8级吊车的吊车梁、屋架、落锤或锻锤基础等结构;

(7) 电解车间和距高压直流电源100m以内的结构;

(8) 靠近高压电源,如电站、变电所的结构;

(9) 预应力混凝土结构;

(10) 含有活性骨料的混凝土结构。

3. 含有强电解质无机盐类的早强剂,如硫酸盐等早强减水剂,不得用于下列结构:

(1) 与镀锌钢材或铝铁相接触部位的结构,以及有外露预埋铁件而无防护措施的结构;

(2) 使用直流电源的工厂及使用电气化运输设施的钢筋混凝土结构;

(3) 含有活性骨料的混凝土结构。

4. 对混凝土的耐久性或其他性能有特殊要求的混凝土工程,选择早强剂或早强减水剂品种及掺量,应通过试验确定。

(二) 主要品种

氯盐类:如氯化钙、氯化钠等;

硫酸盐类:如硫酸钠、硫代硫酸钠等;

有机胺类:如三乙醇胺、三异丙醇胺等;

其他:如甲酸盐等。

(三) 施工

1. 常用早强剂的掺量,不应大于表1.3.4的规定。

早强剂掺量

表 1.3.4

| 混凝土种类及使用条件 | 早强剂品种 | 掺量(水泥重量%) |
|------------|-------|-----------|
| 预应力混凝土 | 硫酸钠 | 1 |
| | 三乙醇胺 | 0.05 |

续表

| 混凝土种类及使用条件 | | 早强剂品种 | 掺量(水泥重量%) |
|------------|------------|---------------|-----------|
| 钢筋混凝土 | 室内正常环境 | 氯 盐 | 1 |
| | | 硫酸钠 | 2 |
| | | 硫酸钠与缓凝减水剂复合使用 | 3 |
| | | 三乙醇胺 | 0.05 |
| | 二类环境(潮湿环境) | 硫酸钠 | 1.5 |
| | | 三乙醇胺 | 0.05 |
| 有饰面要求的混凝土 | | 硫酸钠 | 1 |
| 无筋混凝土 | | 氯 盐 | 3 |

注: 1. 在预应力混凝土中,由于其他原材料带入的氯离子含量,不应大于水泥用量的 0.06%;在潮湿环境下的钢筋混凝土中,尚应满足表 1.4.19 的规定。

2. 表中氯盐含量,以无水氯化钙计。

2. 常用复合早强剂及早强减水剂的组分与剂量,可按表 1.3.5 选用。

常用复合早强剂、早强减水剂的组分与剂量

表 1.3.5

| 类 型 | 外 加 剂 组 分 | 常用剂量(以水泥重量%) |
|-------|------------------|-----------------------------------|
| 复合早强剂 | 三乙醇胺+氯化钠 | (0.03~0.05)+0.5 |
| | 三乙醇胺+氯化钠+亚硝酸钠 | 0.05+(0.3~0.5)+(1~2) |
| | 硫酸钠+亚硝酸钠+氯化钠+氯化钙 | (1~1.5)+(1~3)+(0.3~0.5)+(0.3~0.5) |
| | 硫酸钠+氯化钠 | (0.5~1.5)+(0.3~0.5) |
| | 硫酸钠+亚硝酸钠 | (0.5~1.5)+1.0 |
| | 硫酸钠+三乙醇胺 | (0.5~1.5)+0.05 |
| | 硫酸钠+二水石膏+三乙醇胺 | (1~1.5)+2+0.05 |
| | 亚硝酸钠+二水石膏+三乙醇胺 | 1+2+0.05 |
| 早强减水剂 | 硫酸钠+萘系减水剂 | (1~3)+(0.5~1.0) |
| | 硫酸钠+木质素减水剂 | (1~3)+(0.15~0.25) |
| | 硫酸钠+糖钙减水剂 | (1~3)+(0.05~0.12) |

注: 1. 早强减水剂用来提高混凝土早期抗冻害能力时,硫酸钠的用量可取 3%,减水剂掺量应取表中的上限值;

2. 使用复合早强剂及早强减水剂的剂量,尚应满足表 1.4.19 的规定。

3. 氯盐、结晶硫酸钠以及有机胺类等早强剂,可配成溶液使用,需要时可用 40℃~70℃ 的热水加速溶解,溶质必须充分溶解,溶液应保持均匀。硫酸钠溶液宜随配随用,溶液浓度不得大于 20%,使用前如有结晶沉淀现象,应加热搅拌使其完全溶解。

4. 以粉剂掺加的复合早强剂、早强减水剂如有受潮结块,应通过 0.63mm 筛孔筛后方可使用。

5. 掺早强剂及早强减水剂混凝土的搅拌和振捣方法,可与不掺外加剂的混凝土相同,如以粉剂加入搅拌机时,应与水泥、骨料干拌后再加水,搅拌时间不得少于 3 分钟。

6. 掺早强剂及早强减水剂混凝土,采用自然养护时,应用塑料薄膜覆盖;低温时,应用保温材料覆盖。采用蒸汽养护时,其养护制度应根据外加剂和水泥品种及浇筑温度等条件