

# 混凝土结构构造手册

北京有色冶金设计研究总院主编



1992.5

# 前 言

---

为了配合我国新颁布的《混凝土结构设计规范》(GBJ10—89)、《建筑抗震设计规范》(GBJ11—89)和《建筑地基基础设计规范》(GBJ 7—89)的执行,并保证规范在建筑结构构造方面的条文得到实施,我们在遵守规范规定的基础上,对我们所能收集到的结构构造加以整理并对某些具体作法作适当的补充编成本手册,内容包括抗震和非抗震两部分,目的是供设计和施工人员使用。

本手册由北京有色冶金设计研究总院担任主编,在中国建筑科学研究院结构研究所规范室的支持下,组织混凝土结构设计规范编制组及有关人员共同完成。

参加人员及分工:

周起敬负责编写第一、四、十一章;

沙志国负责编写第二、十章;

殷芝霖负责编写第三、五、九章;

孙金墀负责编写第六、七章;

王文栋负责编写第八章;

全书由周起敬主编。

鉴于参加编写人员的水平所限,恳请广大读者对本手册不足乃至错误之处,提出批评指正。

# 目 录

第一章 总则、材料及一般要求	
第一节 总则	( 1 )
一、编制依据及内容	( 1 )
二、抗震构造措施及抗震等级	( 1 )
三、承载力抗震调整系数	( 2 )
第二节 水泥	( 2 )
一、硅酸盐水泥	( 3 )
二、普通硅酸盐水泥	( 3 )
三、矿渣硅酸盐水泥	( 3 )
四、火山灰质硅酸盐水泥	( 3 )
五、粉煤灰硅酸盐水泥	( 3 )
六、混合硅酸盐水泥	( 4 )
第三节 外加剂	( 4 )
一、减水剂	( 4 )
二、引气剂及引气减水剂	( 6 )
三、缓凝剂及缓凝减水剂	( 7 )
四、早强剂及早强减水剂	( 8 )
五、防冻剂	( 10 )
六、膨胀剂	( 13 )
第四节 混凝土	( 15 )
一、混凝土配合比设计	( 17 )
二、混凝土强度检验	( 20 )
三、混凝土的物理力学指标	( 22 )
四、混凝土强度等级的选用	( 24 )
第五节 钢筋	( 24 )
一、钢筋的机械性能、化学成分和外形尺寸	( 24 )
二、钢筋的设计指标	( 33 )
第六节 钢筋的焊接接头	( 35 )
一、一般规定	( 35 )
二、焊接接头的质量评定	( 37 )
第七节 混凝土保护层	( 43 )
一、混凝土保护层最小厚度	( 43 )
二、几项特殊条件的混凝土保 护层	( 43 )
第八节 钢筋的锚固、接头与延 伸	( 44 )
一、钢筋的锚固	( 44 )
二、钢筋的接头	( 45 )
三、钢筋的延伸	( 47 )
第九节 钢筋的弯钩和弯折	( 47 )
一、钢筋的弯钩	( 47 )
二、钢筋的弯折	( 48 )
三、箍筋的弯钩	( 48 )
第十节 配筋百分率	( 49 )
一、纵向钢筋最小配筋百分率	( 49 )
二、纵向钢筋最大配筋百分率	( 50 )
三、箍筋和分布钢筋的最小配 筋百分率	( 50 )
第十一节 伸缩缝、沉降缝、抗 震缝、施工缝	( 52 )
一、伸缩缝	( 52 )
二、沉降缝	( 53 )
三、抗震缝	( 53 )
四、施工缝	( 54 )
第二章 板	
第一节 板的厚度	( 56 )
一、板的最小厚度	( 56 )
二、现浇板的设计参考厚度	( 56 )
第二节 受力钢筋	( 57 )
一、受力钢筋的直径	( 57 )
二、受力钢筋的间距与面积	( 57 )
三、受力钢筋的锚固	( 58 )
四、受力钢筋的弯起	( 60 )
第三节 分布钢筋	( 60 )
第四节 构造钢筋	( 61 )

一、嵌固在承重砖墙内的现浇板构造钢筋	( 61 )	第三节 箍筋	( 94 )
二、与梁整浇的现浇板构造钢筋	( 62 )	一、箍筋的设置	( 94 )
三、现浇屋面板的挑檐转角处的构造钢筋	( 62 )	二、箍筋间距	( 94 )
第五节 现浇单向板的配筋	( 63 )	三、箍筋直径	( 94 )
一、分离式配筋	( 63 )	四、箍筋的形式	( 95 )
二、弯起式配筋	( 64 )	五、箍筋的肢数	( 95 )
第六节 双向板的配筋	( 66 )	第四节 纵向构造钢筋	( 95 )
一、一般规定	( 66 )	一、架立钢筋	( 95 )
二、分离式配筋	( 66 )	二、梁侧构造钢筋及拉筋	( 96 )
三、弯起式配筋	( 67 )	第五节 附加横向钢筋	( 96 )
第七节 悬臂板的配筋	( 69 )	一、应用范围及计算方法	( 96 )
第八节 提高板受冲切承载力的配筋	( 70 )	二、附加箍筋及吊筋的选用原则	( 97 )
第九节 板上开洞时的配筋	( 71 )	第六节 梁的支承长度	( 98 )
一、楼板上开孔	( 71 )	第七节 梁的折角处配筋	( 99 )
二、屋面上开孔	( 73 )	第八节 悬臂梁及连续梁的支托	( 100 )
第十节 板上小型设备基础	( 74 )	一、悬臂梁	( 100 )
第十一节 板的支承长度	( 76 )	二、连续梁的支托	( 101 )
第十二节 现浇无梁楼盖	( 76 )	第九节 圈梁	( 101 )
一、一般规定	( 76 )	一、圈梁的形式及连接	( 101 )
二、有柱帽无梁楼盖的配筋	( 77 )	二、圈梁的截面尺寸	( 101 )
三、无柱帽无梁楼盖的配筋	( 78 )	三、圈梁的配筋	( 102 )
第十三节 升板	( 79 )	四、圈梁的配筋构造	( 102 )
第三章 梁		第十节 梁垫	( 102 )
第一节 梁的截面选择	( 85 )	一、设置梁垫的条件	( 102 )
一、梁的截面形式	( 85 )	二、梁垫的构造	( 102 )
二、梁的截面高度	( 85 )	第十一节 受扭及受弯剪扭作用的梁	( 103 )
三、梁的截面宽度	( 86 )	一、箍筋的构造要求	( 103 )
第二节 梁的纵向受力钢筋	( 86 )	二、纵筋的构造要求	( 105 )
一、纵向受力钢筋的直径及数量	( 86 )	三、纵向钢筋与箍筋的关系	( 105 )
二、纵向受力钢筋的排列	( 86 )	四、框架边梁的抗扭配筋构造	( 106 )
三、纵向受力钢筋在支座的锚固	( 88 )	第十二节 梁腹具有矩形孔洞的梁	( 106 )
四、纵向受力钢筋的弯起	( 90 )	一、构造措施	( 106 )
五、支座受力钢筋	( 93 )	二、孔洞周边补强钢筋的计算	( 108 )

三、配筋表的选用方法·····	(110)	四、屋架与柱的连接·····	(148)
四、修正方法·····	(113)	五、牛腿·····	(150)
五、计算实例·····	(118)	第四节 框架柱的截面尺寸·····	(151)
第十三节 梁腹具有圆形孔洞的梁·····	(119)	一、柱的截面形式·····	(151)
一、构造措施·····	(119)	二、柱的截面尺寸·····	(152)
二、孔洞周边补强钢筋的计算·····	(121)	第五节 框架柱的纵向钢筋与箍筋·····	(153)
三、配筋表的选用方法·····	(122)	一、纵向钢筋·····	(153)
四、修正方法·····	(122)	二、箍筋·····	(155)
五、计算实例·····	(124)	第六节 管柱·····	(160)
第十四节 缺口梁·····	(126)	一、斜腹杆及平腹杆双肢管柱外形要求·····	(160)
一、缺口梁端部尺寸·····	(126)	二、管柱与肩梁连接·····	(161)
二、缺口梁端部的配筋计算·····	(127)	三、管柱与腹杆连接·····	(161)
三、缺口梁端部的配筋构造·····	(129)	四、管柱柱顶构造·····	(162)
第十五节 深梁·····	(131)	五、管柱柱脚构造·····	(162)
一、一般规定·····	(131)	六、离心混凝土管柱的技术要求·····	(162)
二、纵向受拉钢筋的构造要求·····	(131)	第七节 门式刚架·····	(162)
三、水平和竖向分布钢筋的构造要求·····	(133)	一、选型·····	(162)
四、竖向吊筋的构造要求·····	(133)	二、杆件尺寸·····	(163)
第四章 柱		三、门架梁柱节点配筋·····	(164)
第一节 铰接排架柱的选型与截面尺寸·····	(135)	四、顶铰节点·····	(164)
一、柱的截面形式·····	(135)	五、柱脚铰节点·····	(165)
二、柱的截面尺寸·····	(135)	六、两铰门架横梁的连接·····	(165)
三、柱的变形要求·····	(135)	七、门架立柱计算长度·····	(165)
四、工字形柱的外形构造尺寸·····	(139)	第五章 现浇框架梁及框架节点	
五、双肢柱的外形构造尺寸·····	(141)	第一节 框架结构一般规定·····	(168)
第二节 铰接排架柱的纵向钢筋与箍筋·····	(143)	一、设计原则·····	(168)
一、纵向钢筋·····	(143)	二、结构布置·····	(168)
二、箍筋·····	(144)	三、选用材料·····	(168)
第三节 铰接排架柱的细部配筋·····	(146)	第二节 框架梁·····	(168)
一、肩梁·····	(146)	一、框架梁的截面·····	(168)
二、人孔·····	(147)	二、框架梁的纵向钢筋·····	(169)
三、腹杆的配筋构造·····	(148)	三、框架梁的箍筋·····	(169)
		第三节 框架节点·····	(170)
		一、框架节点形式·····	(170)
		二、框架节点的一般配筋构造·····	(170)
		三、框架顶层边节点·····	(170)

四、框架中间层边节点·····	(174)
五、框架顶层中间节点·····	(174)
六、框架中间层中间节点·····	(175)
<b>第六章 高层建筑</b>	
<b>第一节 结构的设计原则</b> ·····	(179)
一、结构布置·····	(179)
二、结构的变形控制·····	(182)
三、抗震结构的承载力和延性 ·····	(183)
四、基础结构·····	(186)
<b>第二节 各种结构体系的适用范围</b> ·····	(187)
一、框架结构体系·····	(187)
二、框架—剪力墙结构体系·····	(187)
三、剪力墙结构体系·····	(188)
四、底层大空间剪力墙结构体 系·····	(188)
五、筒体结构体系·····	(189)
<b>第三节 框架—剪力墙结构的设     计和构造要求</b> ·····	(189)
一、结构设计要求·····	(189)
二、配筋与构造要求·····	(191)
<b>第四节 剪力墙结构的设计和构     造要求</b> ·····	(193)
一、结构设计要求·····	(193)
二、配筋与构造要求·····	(194)
<b>第五节 底层大空间剪力墙结构     的设计和构造要求</b> ·····	(203)
一、结构设计要求·····	(203)
二、框支柱的配筋与构造要求 ·····	(204)
三、框支梁的配筋与构造要求 ·····	(205)
四、框支梁相邻上层剪力墙的 配筋与构造·····	(206)
五、落地剪力墙的配筋与构造 ·····	(208)
<b>第六节 筒体结构的设计和构造     要求</b> ·····	(209)

一、结构设计要求·····	(209)
二、配筋与构造要求·····	(210)
<b>第七章 装配式结构的连接</b>	
<b>第一节 装配式结构设计的基本     原则</b> ·····	(212)
<b>第二节 材料和施工要求</b> ·····	(213)
<b>第三节 柱与柱连接的设计和构     造要求</b> ·····	(213)
一、榫式连接·····	(213)
二、插入式连接·····	(216)
三、浆锚式连接·····	(217)
<b>第四节 梁柱节点的设计和构造     要求</b> ·····	(218)
一、整浇式节点·····	(218)
二、现浇柱预制梁节点·····	(226)
三、暗牛腿式节点·····	(228)
四、叠压浆锚式节点·····	(232)
五、明牛腿式节点·····	(234)
六、齿槽式节点·····	(237)
<b>第五节 梁板连接</b> ·····	(239)
一、叠合梁的设计与构造·····	(239)
二、预制板与梁的连接·····	(239)
<b>第八章 楼梯</b>	
<b>第一节 概述</b> ·····	(242)
一、楼梯的一般类型·····	(242)
二、楼梯的宽度·····	(243)
三、楼梯的坡度·····	(243)
<b>第二节 板式及梁式梯</b> ·····	(244)
一、板式楼梯·····	(244)
二、梁式楼梯·····	(246)
<b>第三节 悬挑式楼梯</b> ·····	(247)
一、截面尺寸·····	(248)
二、计算假定及内力分析·····	(248)
三、承载力计算·····	(253)
四、配筋构造要求·····	(255)
五、计算例题·····	(256)
<b>第四节 螺旋板式楼梯</b> ·····	(263)
一、截面尺寸·····	(263)
二、计算假定及内力分析·····	(263)

三、承载力计算·····	(268)	五、弯剪预埋件·····	(299)
四、配筋构造要求·····	(269)	六、拉弯剪预埋件·····	(301)
五、计算例题·····	(269)	七、压弯剪预埋件·····	(206)
第五节 有中柱螺旋楼梯·····	(273)	八、梁(板)端预埋件·····	(310)
一、截面形式与构造·····	(273)	第六节 吊环·····	(313)
二、中柱的弯矩计算·····	(274)	一、吊环形式·····	(313)
三、计算例题·····	(276)	二、吊环的制作及构造要求··	(313)
第九章 预埋件及其他		三、吊环计算·····	(313)
第一节 预埋件分类·····	(279)	第七节 YG型胀锚螺栓·····	(314)
一、预埋件按使用材料和形式		第十章 基础	
分类·····	(279)	第一节 一般规定·····	(318)
二、预埋件按受力情况分类··	(279)	一、材料·····	(318)
第二节 预埋件的一般构造要求		二、基础钢筋的保护层厚度··	(318)
·····	(281)	三、基础顶面或基础梁顶面的	
一、预埋件的构造形式及位置		标高·····	(319)
·····	(281)	四、柱内纵向受力钢筋在基础	
二、预埋件选用材料·····	(281)	内的锚固长度·····	(319)
三、预埋件锚筋的直径及数量		第二节 刚性基础·····	(319)
·····	(281)	一、刚性基础的适用条件····	(319)
四、锚筋的锚固长度·····	(281)	二、刚性基础的柱脚高度····	(319)
五、锚板厚度及锚筋配置要求		三、刚性基础台阶的宽高比··	(320)
·····	(282)	四、刚性基础的底面宽度····	(320)
六、锚筋的焊接要求·····	(283)	第三节 扩展基础·····	(320)
七、预埋件的附加构造措施··	(284)	一、柱下钢筋混凝土独立基础	(320)
第三节 锚筋锚固长度不足时采		二、墙下钢筋混凝土条形基础	
取的措施·····	(285)	·····	(326)
一、要求充分发挥直锚筋受拉		第四节 柱下条形基础·····	(327)
强度的方法·····	(285)	一、柱下条形基础的外形尺寸要求	
二、采用锚筋强度折减的方法		·····	(327)
·····	(287)	二、柱下条形基础的配筋····	(328)
第四节 锚筋至构件边缘尺寸不		第五节 墙下筏板基础·····	(329)
足时采取的措施·····	(288)	一、墙下筏板基础的外形尺寸	
一、锚筋预埋件·····	(288)	要求·····	(329)
二、角钢锚筋预埋件·····	(289)	二、墙下筏板基础的配筋····	(329)
第五节 预埋件计算·····	(289)	第六节 壳体基础·····	(330)
一、计算原则·····	(289)	一、壳体基础的型式及外形尺	
二、轴心受拉预埋件·····	(290)	寸要求·····	(330)
三、受剪预埋件·····	(293)	二、壳体基础的配筋·····	(331)
四、偏心受拉预埋件·····	(298)	第七节 箱形基础·····	(332)

一、箱形基础的各部尺寸要求 ..... ( 332 )	二、屋架端部垂直支撑..... ( 360 )
二、箱形基础的配筋..... ( 333 )	三、柱间垂直支撑..... ( 361 )
第八节 桩基础..... ( 335 )	第四节 支撑设计..... ( 363 )
一、桩..... ( 335 )	一、支撑杆件的截面形状..... ( 363 )
二、承台..... ( 345 )	二、支撑的长细比..... ( 363 )
第十一章 支撑	三、支撑杆件的计算长度..... ( 363 )
第一节 一般要求..... ( 347 )	四、屋盖支撑..... ( 364 )
一、支撑内容、作用及要求... ( 347 )	五、柱间支撑..... ( 365 )
二、无檩(大型屋面板)屋盖 ..... ( 347 )	六、支撑强度计算..... ( 367 )
三、天窗..... ( 350 )	(一)交叉支撑..... ( 367 )
四、支撑形式..... ( 350 )	(二)人字形支撑..... ( 368 )
第二节 屋盖支撑布置..... ( 351 )	(三)其它形式支撑..... ( 369 )
一、支撑布置..... ( 351 )	第五节 支撑的连接..... ( 369 )
二、支撑布置细则..... ( 353 )	一、天窗支撑..... ( 369 )
(一)上弦横向水平支撑 ..... ( 353 )	二、屋盖支撑..... ( 371 )
(二)下弦横向水平支撑 ..... ( 353 )	三、柱间支撑..... ( 373 )
(三)垂直支撑和水平系 杆..... ( 354 )	附录
(四)纵向水平支撑..... ( 358 )	一、规范TJ10—74的混凝土标号与规范 GBJ10—89的混凝土强度等级换算 表。
第三节 垂直支撑布置..... ( 359 )	二、非法定计量单位与法定计量单位换 算关系表
一、天窗架垂直支撑..... ( 359 )	三、每米板宽内的钢筋截面面积表
	四、钢筋的截面面积、质量、周边长度、 弯钩长度及排一行时的最小梁宽度



# 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，结构构件的强度和刚度虽属第一位，但为保证构件强度能得到充分发挥，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。

本手册修订的主要依据是新颁布的国家标准：

- (1) 《混凝土结构设计规范》 GBJ10—89
- (2) 《建筑地基基础设计规范》 GBJ 7—89
- (3) 《建筑抗震设计规范》 GBJ11—89
- (4) 《钢筋混凝土工程施工及验收规范》 GBJ204—83

为了满足使用者的要求，本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，本手册各章的内容都把抗震和非抗震的要求有机的连系在一起，以便于工程技术人员执行。

### 二、抗震构造措施及抗震等级

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，它包括以下几点：

- (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)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。

钢筋混凝土结构构件的抗震设计,应根据结构类型、房屋高度、设防烈度采用不同的抗震等级,并应符合相应的计算和构造措施的要求。

结构抗震等级的划分宜符合表1.1.1的规定。

钢筋混凝土结构的抗震等级

表1.1.1

结构类型		设防烈度								
		6		7		8		9		
框架结构	房屋高度(m)	≤25	>25	≤35	>35	≤35	>35	≤25		
	框架	四	三	三	二	二	—	—		
框架剪力墙结构	房屋高度(m)	≤50	>50	≤60	>60	<50	50~80	>80	≤25	>25
	框架	四	三	三	二	三	二	—	二	—
	剪力墙	三	三	二	二	二	—	—	—	—
剪力墙结构	房屋高度(m)	≤60	>60	≤80	>80	<35	35~80	>80	≤25	>25
	一般剪力墙	四	三	三	二	三	二	—	二	—
	框支落地剪力墙底部加强区	三	二	二	二	二	—	不宜采用	不应采用	
	框支层框架	三	二	二	—	二	—	不宜采用	不应采用	
单层厂房结构	铰接排架	四		三		二			—	

注:①设防烈度为6度的建筑(建造于Ⅳ类场地上较高的高层建筑除外)可不进行截面抗震验算,但应符合本书有关的抗震构造要求;

②框架剪力墙结构中,当剪力墙部分承受的结构底部由地震作用产生的弯矩值小于结构底部由地震作用产生的总弯矩值的50%时,其框架部分应按框架结构的抗震等级采用;

③有框支层的剪力墙结构,除落地剪力墙底部加强区外,均可按一般剪力墙结构的抗震等级取用;

④房屋高度指室外地面至檐口的高度;

### 三、承载力抗震调整系数

考虑地震作用组合的钢筋混凝土结构构件,其截面承载力应除以承载力抗震调整系数 $\gamma_{RE}$ ,承载力抗震调整系数应按表1.1.2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取用1.0。

承载力抗震调整系数

表1.1.2

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	
	梁	偏心受压柱	偏心受拉构件	剪力墙	牛腿	各类构件及框架节点		结构的局部受压部位	
$\gamma_{RE}$	0.75	0.8	0.85	0.85	1.0	0.85		1.0	

注:轴压比小于0.15的偏心受压柱,其承载力抗震调整系数按梁取用。

## 第二节 水泥

一般土木建筑工程通常用的水泥有: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、混合硅酸盐水泥等；为水硬性胶凝材料。

### 一、硅酸盐水泥——又名纯熟料水泥

1、主要成份 由硅酸盐水泥熟料加入少量石膏磨细而成。

2、标号 分425、525、625、725等四种。

3、特性 优点是：标号高，快硬、早强，抗冻性好，耐磨性和不透水性好。缺点是：水化热高，抗水性差，耐腐蚀性差。

4、适用范围 适用于：配制高标号混凝土，先张法预应力制品，道路、低温下施工的工程。不适用于：大体积混凝土，地下工程。

### 二、普通硅酸盐水泥——又名普通水泥

1、主要成份 由硅酸盐水泥熟料加少量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、标号 分275、325、425、525、625、725等六种。

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——又名矿渣水泥

1、主要成份 由硅酸盐水泥熟料加粒化高炉渣及适量石膏磨细而成，是我国产量最大的水泥品种。

2、标号 分275、325、425、525、625等五种。

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——又名火山灰水泥

1、主要成份 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，也属水硬性胶凝材料。

2、标号 分275、325、425、525、625等五种。

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——又名粉煤灰水泥

1、主要成份 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、标号 分275、325、425、525、625等五种。

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和地下工程和一般工业、民用建筑。不适用范围同矿渣水泥。

### 六、混合硅酸盐水泥——又名混合水泥

1、主要成份 由硅酸盐水泥熟料和非活性混合材料加入适量石膏磨细制成，为水硬性胶凝材料。

2、标号 分225、275、325、425等四种。

3、特性 混合水泥比矿渣水泥、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，需水性一般较大，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°C以上施工的混凝土，不宜单独用于蒸养混凝土。

普通型减水剂

表1.3.2

序号	类别	产品名称	主要成分	掺量 (占水泥重量%)	研制、生产单位
1	木质素类	M型	木质素磺酸钙	0.2~0.3	全国M型减水剂协作组, 吉林开山屯化钎厂
2		JM-I	碱木素	0.3 (以固体计)	四川省建科所、四川省建十二公司、成都木棕厂
3		WN-I	碱木素	0.2~0.3	福建省建研所、漳平造纸厂
4		MY	木质素磺酸钠	0.3~0.5	交通部四航局、广州造纸厂
5		棉浆	碱木素	0.25	铁道兵科学技术研究所、保定造纸厂
6		TRB	烤胶, 磺化酸焦油	0.2~0.75	中国林业科学院林产化学工业研究所、黑龙江省交通科研所
7	腐植酸类	长城牌	磺化腐植酸钠	0.2~0.3	北京建材所、延庆腐植酸厂
8		天山I型	磺化腐植酸钠	0.2~0.3	新疆建科所、新疆梧桐化工厂

高效减水剂

表1.3.3

序号	名称	主要成分	掺量 (占水泥重量%)	研制、生产单位
1	NNO	甲基萘磺酸钠	0.5~0.75	交通部协作组、天津合成材料厂、江苏省江都县染料化工厂、吉林市第四化工厂、北京市朝阳染料厂
2	JN	多萘磺酸盐	0.5	冶建院、江苏镇江焦化厂
3	HN	萘磺酸盐	0.5	浙江水力水电研究所、杭州建筑涂料厂
4	MF	萘磺酸盐	0.5~0.7	建材院、北京建研所、江都染料厂
5	建1	萘磺酸盐	0.3~0.7	建材院、北京建研所、上海染涂所、江都县染料化工厂、北京焦化厂
6	NF	萘磺酸盐	0.5	清华大学、淮南矿务局合成材料厂、大连红卫化工厂
7	FDN	萘磺酸盐	0.2~1.0	一冶建研所、湛江外加剂厂
8	FDN-S	萘磺酸盐	0.2~1.0	一冶建研所、湛江外加剂厂
9	FFT	萘磺酸盐缩合物+氧化羧酸碱金属物	0.2~1.0	一冶建研所、湛江外分剂厂
10	SN-V	多萘磺酸钠	0.5~1.0 1.5~2.5	上海五四农场助剂厂、上海建研所
11	UNF-2 UNF-5A	萘磺酸盐	0.3~0.7 0.3~0.7	天津建科所、自强化工厂
12	磺化洗油碱水剂 (Cu)	聚烷基芳基磺酸钠	0.75~1.5 1.5~3.0	上海建研所、上海五四农场助剂厂
13	NF-S	$\beta$ -萘磺酸甲醛缩合物钠盐		沈阳铁路局工程处第五工程段、沈阳铁路工程处试验室
14	DH-3	萘磺酸甲醛缩合物	0.5	河北省水利工程局外加剂厂
15	NHJ	$\beta$ -萘磺酸甲醛缩合物钠盐	0.5~1	铁道部第三工程局科研所
16	AF	萘系	0.5~1	建材院、北京建研所、北京焦化厂、江都减水剂厂
17	CRS	古玛隆-蒟树脂	0.8~1	交通部二航局科研所、武汉四新助剂厂
18	水溶性树脂 SM(277)	磺化三聚氰胺甲醛树脂		苏州混凝土水泥制品研究院、上海新华树脂厂

3、高效减水剂可用于日最低气温 $0^{\circ}\text{C}$ 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：如萘和蒽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、其它如腐植酸等。

我国生产的减水剂主要品种及研制、生产单位见表1.3.2至表1.3.3。

### (三) 施工

1、普通减水剂的适宜掺量为水泥重量的 $0.2\sim 0.3\%$ ，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 $0.5\sim 1.0\%$ ，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气养护时，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；

其它：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。

我国生产引气剂的部份单位及品种见表1.3.4

引气剂品种掺量及生产单位

表1.3.4

序号	名称	主要成分	一般掺量 (占水泥重量%)	研制、生产单位
1	PC-2	松香热聚物	0.005~0.01	青岛交通部一局二处、 十三冶金建设公司、 山西万荣县坑西建材化工厂
2	CON-A	松香皂	0.005~0.01	
3	801	高级脂肪醇衍生物	0.01~0.03	水电部水电科学研究院 各化工厂
4	OP乳化剂	烷基酚环氧乙烷缩合物	0.06	
5	ABS	烷基苯磺酸钠	0.008~0.01	铁道研究院、水科院、洗涤剂厂
6	AS	烷基磺酸钠	0.008~0.01	
7	木质素磺酸钙	木质素磺酸盐	0.3~0.5	开山屯化学纤维浆厂
<b>砂 浆 微 沫 剂</b>				
	KF砂浆微沫剂	松香酸钠复合外加剂	0.005~0.01	冶建院、冶金部华北矿建公司

### (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 1.3.5 的规定；对抗冻融性要求高的混凝土，宜采用表 1.3.5 规定的含气量数值。

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 5 min 和小于 3 min。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

掺引气剂及引气减水剂混凝土的含气量

表1.3.5

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

### 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 $5^{\circ}\text{C}$ 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剂的水泥中掺用糖类缓凝剂时，应先作水泥适应性试验，合格后方可使用。

### (二) 主要品种

糖类：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；

其它：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1.3.6的规定采用。

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，可与其它外加剂复合使用，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注、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。

缓凝剂及缓凝减水剂常用掺量

表1.3.6

类 别	掺量 (水泥重量%)	类 别	掺量 (水泥重量%)
糖 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

## 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 $-5^{\circ}\text{C}$ ）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%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60°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、中级和重级工作制吊车的吊车梁、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；以及有外露钢筋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它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；

其它：如甲酸盐等。

### (三) 施工

1、常用早强剂的掺量，不应大于表1.3.7的规定。

**早 强 剂 掺 量**

**表1.3.7**

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
钢 筋 混 凝 土	干燥环境	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
	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，由于其它原材料带入的氯盐总量，不应大于水泥重量的0.1%；在潮湿环境下的钢筋混凝土中，不应大于水泥重量的0.25%。

②表中氯盐含量，以无水氯化钙计。