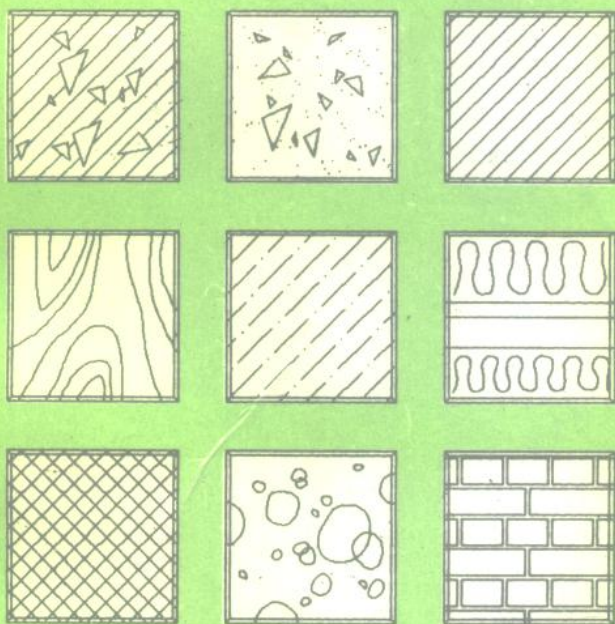


新型建筑材料

王 政 战宇亭 主编



哈尔滨工程大学出版社

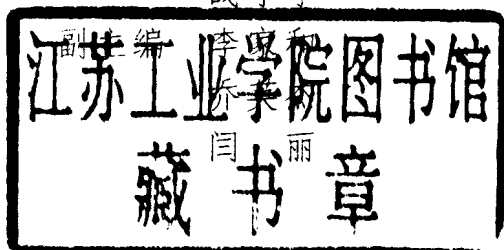
FJ5
W49

459291

新型建筑材料

主 编 王 政

战 宇 亭



哈尔滨工程大学出版社

111 63/12
内 容 简 介

本书介绍了目前常用的各种新型建筑材料的生产与施工方法。从机理分析入手,详细地论述了多种新型建筑材料的生产工艺、配方组成及施工,并对施工中常见故障进行了分析。

本书不仅可作为建材专业、土建专业学生的教材,也可作为建材企业、建筑施工企业技术人员的参考书。

新型建筑材料

主编 王政 战宇亭等

责任编辑 张彦

※

哈尔滨工程大学出版社出版

新华书店首都发行所发行

哈尔滨市红岩印刷厂印刷

※

开本 850×1168 1/32 印张 10.5625 字数 270 千字

1996 年 4 月第 1 版 1996 年 4 月第 1 次印刷

印数:1~5000 册

ISBN 7-81007-628-0
TU·6 定价:18.00 元

前 言

我国的建材工业与发达国家相比还很落后,尤其是适合现代建筑体系需要的新型建筑材料从品种、质量到技术水平都有很大差距。这极大地限制了建筑业的发展,可以说,新型建筑材料的研究和生产在制约着建筑工业的发展速度。目前,建筑体系在向轻质高强高性能方向发展。因此,新型的轻质高强墙体、新型的防水屋面、新型的装饰材料是当前急待解决的应用上量大面广的三大类材料。

近年来我国这几大类材料的生产有了很大发展,产量迅速增加。但是,一方面由于大部分生产企业的技术比较落后,另一方面由于施工业对新型建材的性能,还不十分熟悉,因此导致了许多工程上达不到的效果。为了满足上述工程技术人员对新材料生产及施工知识的需要,同时也为了满足土建及建材类学生教学需要,我们编写了这本书。

介绍建材的书藉很多,本书考虑到读者的特点,除介绍必要的理论外,主要阐述生产工艺及施工方法,书中许多内容为作者多年科研成果,具有一定的理论性和实用性,相信能为生产及施工业起到直接的指导作用。

本书共分八章,内容包括高强混凝土及施工,轻集料混凝土及制品,硅酸盐混凝土及制品,轻质建筑板材,新型装饰涂料,新型防水材料,新型复合材料及混凝土外加剂等。

本书由王政、战宇亭主编,李家和、乔英杰、闫丽副主编。宋伟国同志参加了部分内容的撰写工作,由于作者水平有限,在编写过程中难免有不妥之处,希读者多提宝贵意见。

编著者

1996年6月

目 录

第一章 高强混凝土	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 高强混凝土的原材料及技术指标	(2)
第三节 高强混凝土配合比设计	(19)
第四节 典型高强混凝土及应用	(25)
第五节 高强混凝土结构施工指南(HSCC93-2)	(45)
第二章 轻集料混凝土	(54)
第一节 概述	(54)
第二节 轻集料分类及轻集料生产	(58)
第三节 轻集料混凝土配合比设计	(73)
第四节 轻集料混凝土性能	(88)
第五节 轻集料混凝土施工	(99)
第六节 轻集料混凝土小型砌块	(104)
第三章 硅酸盐混凝土	(118)
第一节 概述	(118)
第二节 硅酸盐混凝土的原材料	(120)
第三节 灰砂砖	(127)
第四节 粉煤灰砖	(141)
第五节 硅酸盐混凝土砌块	(148)
第四章 轻质建筑板材	(156)
第一节 概述	(156)
第二节 石膏板材	(157)

第三节	石棉水泥板·····	(168)
第四节	GRC 板 ·····	(172)
第五节	水泥刨花板·····	(175)
第六节	稻草板·····	(180)
第七节	麻杆纤维板·····	(182)
第五章	建筑装饰涂料 ·····	(186)
第一节	概述·····	(186)
第二节	外墙涂料·····	(188)
第三节	内墙涂料·····	(219)
第四节	地面涂料·····	(232)
第五节	涂料生产及涂装过程中的病态防治·····	(244)
第六章	新型防水材料 ·····	(249)
第一节	防水涂料·····	(249)
第二节	新型防水卷材·····	(264)
第三节	粉状防水材料·····	(273)
第四节	刚性防水材料·····	(279)
第七章	新型复合材料 ·····	(286)
第一节	玻璃钢制品·····	(286)
第二节	合成人造理石·····	(300)
第三节	木塑复合材料·····	(309)
第八章	混凝土外加剂 ·····	(312)
第一节	外加剂的作用及分类·····	(312)
第二节	减水剂·····	(313)
第三节	调凝剂·····	(321)
第四节	促硬剂·····	(325)
第五节	复合外加剂·····	(327)
主要参考文献	·····	(330)

第一章 高强混凝土

第一节 概 述

近来,随着建筑业的飞速发展,提高工程结构混凝土的强度成为建筑工程界普通重视的课题。在工程中采用高强混凝土可以减小结构断面尺寸,减轻自重,降低材料用量,有效地利用高强钢筋,加快施工速度及满足特种工程的要求。在一个承载能力为 8.5kPa 的18米长格构式的钢筋混凝土桁架中,使用强度为 30MPa 的混凝土约需 3.11m^3 ,而使用强度为 60MPa 的混凝土只需 1.8m^3 ,节约40%的混凝土量;高层框架的普通混凝土柱,底层的配筋高达6.0%,如用强度为 60MPa 的混凝土,可使钢筋用量减少 240kg/m^3 ;混凝土强度由 40MPa 提高到 80MPa ,由于结构断面的减少,可使混凝土体积缩小 $1/3$ 。因此,在结构工程中推广应用高强混凝土具有重大的技术经济意义。

高强混凝土并没有一个确切的定义。在不同的历史发展阶段,高强混凝土的涵义是不同的。

从本世纪30年代以来,随着水泥品种的改善以及化学外加剂(主要是高效减水剂、引气剂等)的使用,工程中应用的混凝土强度等级不断提高。60年代,美国在工程中大量应用的混凝土强度已达 $30\sim 50\text{MPa}$,并且已有强度 $50\sim 60\text{MPa}$ 的商品混凝土,如1967年在芝加哥建成的Lake Point塔楼,总高197m,共70层,底层柱的混凝土强度已达 65MPa 。在同一时期美国有强度 70MPa 的高强混凝土修建核电站工程的报导。用高效减水剂配制高强混凝土

是1964年在日本首先兴起的,到70年代末期,日本工地已能获得强度 $80\sim 90\text{MPa}$ 的高强混凝土。近年来,美国和加拿大等国在工地已能制得强度 $60\sim 100\text{MPa}$ 的高强混凝土。例如80年代末,在西亚图商业大楼的框架柱上采用了设计强度为 100MPa 的现浇高强混凝土。如今国外高强混凝土已广泛应用于桥梁工程、高层建筑、大跨屋盖、港口和海洋工程等方面。

我国用高效减水剂配制高强混凝土的研究是从70年代开始的。70年代初,清华大学土木工程系首先研制出NF高效减水剂,并投入生产。高效减水剂的发展,为推广应用高强混凝土创造了条件,并使高强混凝土成功地应用于建筑工程中。如1988年在沈阳建成的18层的辽宁省工业技术交流馆,首次在高层建筑的柱子中采用了 60MPa 混凝土。1990年北京四川饭店也局部应用了 60MPa 混凝土。1990年上海海伦宾馆工程已成功地采用了 $50\sim 60\text{MPa}$ 的泵送高强混凝土。1993年哈尔滨森融大厦采用了强度为 50MPa 的负温泵送混凝土。上述工程实例,无一不说明了高强混凝土在建筑工程中的优势。

《高强混凝土结构设计与施工指南》(HSCC93-1)给出了采用水泥、砂、石原料按常规工艺配制出的强度为 $50\sim 80\text{MPa}$ 的高强混凝土的技术规定。从国内目前的设计施工技术水平出发,一般认为强度达到或超过 45MPa 的混凝土为高强混凝土,强度 $30\sim 40\text{MPa}$ 的混凝土为中强混凝土,强度 25MPa 以下的混凝土为低强混凝土。因此在工程中采用 $50\sim 60\text{MPa}$ 的高强混凝土是符合我国国情的。

第二节 高强混凝土的原材料及技术指标

高强混凝土的原料主要包括水泥、砂石骨料、化学外加剂(高效减水剂及其复合剂)、矿物外加剂、水等。原料的正确选择,对于

配制高强混凝土是至关重要的。

一、水泥

配制高强混凝土用的水泥宜选用 525 或更高标号的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。如混凝土强度等级不超过 C60,也可用 425 号水泥。根据高强混凝土的使用要求,选用水泥时必须考虑以下技术条件:水泥标号;在正常养护条件下,水泥早期和后期强度发展规律;在混凝土的使用环境中,水泥的稳定性;各种水泥的其它特殊要求,如水化热的限制,凝结时间、耐久性等。

1. 水泥的成分

水泥熟料的矿物成分和细度是影响高强混凝土早期强度和后期强度的主要因素。 C_3S 对早期和后期强度发展都有利。 C_2S 水化较慢,但对后期强度起相当大的作用,而 C_3A 主要影响混凝土的早期强度。硅酸盐水泥的主要矿物成分列于表 1-1。其中各种成分的比例可在较大范围内变化,细度也有很大差别,所以同样标号的硅酸盐水泥,按照同一配合比得到的混凝土强度仍会有较大的变化。

表 1-1 硅酸盐水泥的主要矿物成分

矿物成分	硅酸盐水泥 (含量%)	快硬硅酸盐水泥 (含量%)
C_3S	30~60	50~60
C_2S	15~17	
C_3A	7~15	8~14
C_4AF	10~18	
比表面积(cm^2/g)	2 500~3 500	3 000~4 000

一般来说,如果不需要高的早期强度,使用含 C_3S (尤其是 C_2S)高,含 C_3A 低的水泥将得到较高后期强度的混凝土;高细度水泥能获得早强,但后期强度很少增加,而且水化热严重,所以单

纯增加水泥的细度并不合适。

2. 水泥用量

配制高强混凝土的水泥用量较多,一般在 $450 \sim 550 \text{ kg/m}^3$ 的范围内,具体数量与水泥的品种、细度、质量、坍落度大小、骨料的级配与形状、混凝土强度、外加剂品种与掺量有关。日本的一项资料表明:当用高效减水剂配制高强混凝土时,水泥用量超过 450 kg/m^3 时对混凝土强度增长的作用不显著。因此,在确定水泥用量时,最好根据试验结果而定。

如果混凝土强度等级较低(C50~C60),水泥用量通常可取 $400 \sim 500 \text{ kg/m}^3$ 。高等级(C100 以上)混凝土的水泥用量最好也能控制在 550 kg/m^3 以内,这时可通过掺加硅粉等矿物料来提高混凝土强度。如果水泥用量多,则水化热高,导致温度应力,还会使混凝土产生较大的收缩等问题。

3. 普通硅酸盐水泥的强度规定

根据抗压和抗折强度,将普通水泥划分为 325, 425, 525, 625 及 425R, 525R, 625R 等 7 个称号。各龄期强度不得低于表 1-2 中的数值。

表 1-2 普通硅酸盐水泥各标号、各龄期强度数值(GB175-92)

标 号	抗压强度(MPa)		抗折强度(MPa)	
	3d	28d	3d	28d
325	12.0	32.5	2.5	5.5
425	16.0	42.5	3.5	6.5
425R	21.0	42.5	4.0	6.5
525	22.0	52.5	4.0	7.0
525R	26.0	52.5	5.0	7.0
625	27.0	62.5	5.0	8.0
625R	31.0	62.5	5.5	8.0

二、骨料

骨料是混凝土的重要组成材料,它占混凝土总体积的 $3/4$ 以上。骨料在混凝土中即有技术上的作用,又有经济上的意义。在技术上,骨料的存在使混凝土比单纯使用水泥浆具有更高的体积稳定性和更好的耐久性;在经济上,它比水泥便宜得多,使混凝土的成本降低。

1. 粗集料

粗集料的性能对高强混凝土的抗压强度及弹性模量起到决定性的制约作用,如果集料强度不足,其它提高混凝土强度的手段都将起不到任何作用。

(1)粗集料强度及压碎值指标

粗集料的强度越高,在其它条件不变的情况下,配制的混凝土强度越高。一般要求 $50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 50\text{mm}$ 立方体的集料的抗压强度(饱水状态)与混凝土的设计强度之比值,对于强度大于 30MPa 的混凝土推荐值为 2。在一般情况下,火成岩试件的强度不宜低于 80MPa ,变质岩不宜低于 60MPa 。对经常性的工程及生产质量控制用压碎指标较为方便。碎石或卵石的压碎指标可参照表 1—3 的规定采用。

表 1—3 碎石或卵石的压碎指标值

岩石品种	混凝土强度等级	压碎指标值(%)	
		碎石	卵石
水成岩	C40~C60	10~12	≤ 9
变质岩或深成的火成岩	C40~C60	12~19	12~18
喷出的火成岩	C40~C60	≤ 13	不限

注:1. 水成岩包括石灰岩、砂岩、变质岩等。变质岩包括石英岩等,深成的火成岩包括花岗岩、正长岩和橄榄岩,喷出的火成岩包括玄武岩和辉绿岩等

2. 压碎指标值中,接近较小值适用于较高强度等级的混凝土。

若配制强度大于 60MPa 的混凝土,压碎指标越小越好,而且卵石配制的高强混凝土强度明显小于碎石,因此,最好不用卵石来配制高强混凝土。

(2) 粗集料的最大粒径

对于普通混凝土,适当加大粗集料的最大粒径可在同一坍落度下稍许减少水的用量,因而对混凝土的强度有利。但对高强混凝土来说,加大骨料尺寸可使混凝土强度下降,其原因可能是由于骨料尺寸愈大强度愈低,这是所有不均质脆性材料的共同特点。大颗粒的骨料存在更多的内在薄弱弊病,而颗粒较小的骨料存在内在薄弱弊病的机率要小,内部更加致密。此外,较小的骨料能够增加与水泥浆的粘结面积,界面强度提高。《普通混凝土配合比设计规程》(征求意见稿 1994)建议:对 C60 级及其以上强度等级的混凝土,其粗骨料的最大粒径不宜超过 31.5 mm。试验表明,大于 25 mm 的粗骨料不能用于配制抗压强度超过 70 或 80MPa 的高强混凝土。骨料的最大粒径为 12~15 mm 时能获得最高的混凝土强度,所以配制高强混凝土时,通常将骨料的最大粒径限制在 20 mm 以内。但如果岩石质地均匀坚硬,或者要求的混凝土强度等级不高时,则 20~25 mm 的最大粒径也可采用。

(3) 针、片状颗粒含量

针状或片状粒形的粗骨料,其比表面积大,特别是它们的内摩擦力大,含量多时会增大粗骨料的表面积和空隙率,从而会降低混凝土拌合物的流动性,或增加用水量和水泥用量,或降低混凝土的强度和耐久性,增大变形。而在高强混凝土配制时要严格控制它们的含量。一般粗集料针片状含量不宜超过 5%。

(4) 杂质

粘土等粉状物会降低混凝土拌合物的流动性,或增加用水量,同时,由于它们对骨料的包复,可大大降低骨料与水泥石间的界面

粘结强度,从而使混凝土强度和耐久性降低。故在配制高强混凝土时,要严格控制其含量在1%以内。

云母、轻物质等本身强度低,并增加混凝土的用水量,对混凝土的和易性、强度、耐久性、变形等均不利。

粗骨料和细骨料中含有的活性氧化硅易与水泥或混凝土中的碱(Na_2O 、 K_2O)起反应,即碱骨料反应。该反应生成吸水膨胀的凝胶,使混凝土产生开裂。因此在配制高强混凝土时,要参照有关标准选择无碱骨料反应的粗集料。

硫酸盐、硫化物、有机物对水泥石具有腐蚀作用,碎石或卵石中的硫化物和硫酸盐含量以及卵石中有机杂质含量,应符合表1-4的规定。

表 1-4 碎石或卵石中的有害物质含量

项 目	质 量 标 准
硫化物和硫酸盐(折算为 SO_3)含量不大于(%)	1
卵石中有机质含量(用比色法试验)	颜色不应深于标准色,如深于标准色则应以混凝土进行强度对比,予以复核

(5) 坚固性

有腐蚀介质作用经常处于水位变化区的地下结构或有抗疲劳、耐磨、抗冲击、抗冻等要求的混凝土中使用的粗集料的坚固性应符合表1-5的规定。

碎石或卵石的坚固性用硫酸钠饱和溶液法检验。

表 1-5 碎石、卵石的坚固性指标

混凝土所处的环境	在硫酸钠溶液中的循环次数	循环后的重量损失不宜大于(%)
在干燥条件下使用的混凝土	5	12
在寒冷地区室外使用,并经常处于潮湿或干湿交替状态下的混凝土	5	5
在严寒地区室外使用,并经常处于潮湿或干湿交替状态下的混凝土	5	3

注:严寒地区系指最寒冷月份里的月平均温度低于 -15°C 的地区。寒冷地区则指处在 $-5\sim-15^{\circ}\text{C}$ 之间的地区。

(6) 颗粒级配

集料的颗粒级配对混凝土混合料的工作性产生很大的影响,进而影响混凝土的强度。良好的颗粒级配可用较少的加水量制得流动性好、离析泌水少的混合料,并能在相应的成型条件下,得到均匀致密的混凝土,同时达到节约水泥的效果。用于高强混凝土的粗颗粒级配应满足表 1-6 的规定。

表 1-6 碎石、卵石的颗粒级配范围(JGJ53-92)

级配情况	公称粒级 (mm)	累计筛余、按质量计(%)						
		筛孔尺寸(圆孔筛)(mm)						
		2.50	5.00	10.0	16.0	20.0	25.0	31.5
连续级配	5~10	95~100	80~100	0~15	0	—	—	—
	5~16	95~100	90~100	30~60	0~10	0	—	—
	5~20	95~100	90~100	40~70	—	0~10	—	—
	5~25	95~100	90~100	—	30~70	—	0~5	—
	5~31.5	95~100	90~100	70~90	—	15~45	—	0~5

连续级配适合配制各种流动性的高强混凝土。

级配不合格的粗骨料应进行调整,即以二种或二种以上的骨料按适当比例混合,使级配合格,方可使用。

2. 砂

高强混凝土对细骨料的要求比较一般,但其中的粘土及云母含量尽量低,最好用纯净的砂。粘土不但降低强度,并且使拌合物的需水量增加。细骨料的级配用级配区来表示,并主要以 0.63mm 筛的累计筛余百分率划分有三个级配区列于表 1-7。

表 1-7 砂颗粒级配区(JGJ52-92)

筛孔尺寸(mm) \ 累计筛余(%) \ 级配区	I 区	II 区	III 区
10.0	0	0	0
5.00	10~0	10~0	10~0
2.50	35~5	25~0	15~0
1.25	65~35	50~10	25~0
0.630	85~71	70~41	40~16
0.315	95~80	92~70	85~55
0.160	100~90	100~90	100~90

砂子的细度模数宜大于 2.4,最好在 2.7~3.1 范围内。当混凝土的用灰量增大时,砂子的细度对混凝土强度的影响变得不明显。

砂的含泥量(即粒径小于 0.08 mm 的尘屑、淤泥和粘土的总含量)不宜超过 2%。

有害物质(云母、轻物质、有机质、硫化物)必须严格限制。云母含量按重量计不宜大于 2%,轻物质含量按重量计不宜大于 1%,硫化物及硫酸盐(折算成 SO_3)含量按重量计不大于 1%,有机质含

量按比色法评价,颜色不应深于标准色。

三、高效减水剂

1. 高效减水剂的类型

根据我国混凝土外加剂质量标准(表 1-8),高效减水剂的减水率应大于 12%。常用的高效减水剂按其化学成分可分为 4 大类,即萘系、多羧酸系、三聚氰胺系、氨基磺酸盐系。

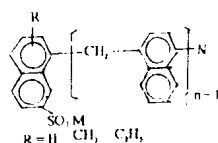
表 1-8 混凝土外加剂质量标准(GB8076--87)

外加剂种类 性能指标		普通减水剂		高效减水剂		早强减水剂		缓凝减水剂		引气减水剂	
		一等品	合格品	一等品	合格品	一等品	合格品	一等品	合格品	一等品	合格品
试验项目											
减水率(%)		≥8	≥5	≥12	≥10	≥8	≥5	≥8	≥5	≥10	≥8
泌水率比(%)		≤95	≤100	≤100	≤100	95	≤100	≤95	≤100	≤70	≤80
含气量(%)		≤3.0	≤4.0	≤3.0	≤4.0	3.0	≤4.0	≤3.0	≤4.0	3.5~5.5	3.5~5.5
凝结时间之差 (min)	初凝	-60~+90	-60~+120	-60~+90	-60~+120	-60~+90	-60~+120	+60~+210	+60~+210	-60~+90	-60~+120
	终凝	-60~+90	-60~+120	-60~+90	-60~+120	-60~+90	-60~+120	≤+210	≤+210	-60~+90	-60~+120
抗压强度比 (%)	1D	—	—	≥140	≥130	≥140	≥130	—	—	—	—
	3D	≥115	≥110	≥130	≥125	≥135	≥120	≥110	≥100	115	≥110
	7D	≥115	≥110	≥125	≥120	≥120	≥115	≥110	≥110	≥110	≥110
	28D	≥110	≥105	≥120	≥115	≥110	≥105	≥110	≥105	≥110	≥110
	90D	≥100	≥100	≥100	≥100	≥100	≥100	≥100	≥100	≥100	≥100
收缩率比(%) (90D)		≤120		≤120		≤120		≤130		≤120	
相对耐久性指标 (%)										200次 ≥80	≥300
钢筋锈蚀		应说明对钢筋有无锈蚀危害									

这四类高效减水剂的化学结构式如图 1-1。

(1) 萘系

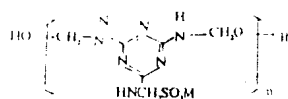
β -萘磺酸盐甲醛缩合物



(a)

(2) 三聚氰胺系

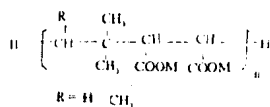
三聚氰胺磺酸盐甲醛缩合物



(b)

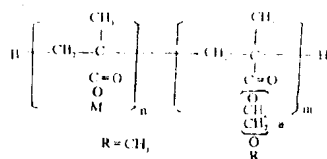
(3) 多羧酸系

烯烃、马来酸盐共聚物



(c)

丙烯酸丙烯酸酯系(多羧酸醚)

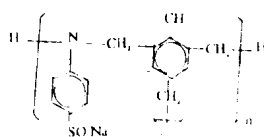


(d)

丙烯酸丙烯酸酯系(多元聚合物)

其分子结构式同多羧酸醚。

(4) 氨基磺酸盐系芳香族氨基磺酸盐聚合物



(e)

图 1-1 高效减水剂的分子结构