

强等构筑物和制品之中。

五、亟待解决的问题——教育与人才

鉴于混凝土用量的庞大，科技问题的复杂，和发展前景的宽广，各国学者一致提出加强智力投资的迫切性。与全世界混凝土工程的总投资（美国1981年即超过5000亿美元）和综合经济效益相比，用于混凝土科技教育方面的投资实在太少了，以致造成人才奇缺，水平不高的现状。如果近期再不重视加强教育与人才培养，一、二十年后将带来更大的损失。上面列举的课题解决得好坏、迟早，将为国计民生带来截然不同的后果；而其关键在于科技人员的质量与数量上。有些高性能材料，高效率工艺以及有希望的苗头，早在几十年以前就已被前辈学者所预见甚至有了一定程度的认识，就是因为人才不足，至今尚未进一步研究和开发；甚至还因性能差距、用途不当、工艺不妥、预见性不足等带来了巨大的损失。例如耐久性问题引起的桥梁、水坝、房屋的倒塌，海港和公用设施的失修等。高效能水泥基材料的早日开发推广则可以代用成本高、能耗大的材料，甚至在某些用途方面取得更好的效果。

面临新技术革命浪潮的冲击与其他材料的竞争，水泥混凝土科学技术必须在下面5个方面加强教育，急起直追。

- （1）数学模型与大型电子计算机的应用；
- （2）邻近科学的协同攻关，向兄弟材料引进技术，扩大知识面；
- （3）测试技术与自动控制；
- （4）信息、数据贮存与转换；
- （5）开发技术与技巧。

总之，必须加紧培养有预见、思考、探索、创造发明和开拓能力的人才。

内 容 提 要

本手册是全面介绍混凝土学科知识的实用性工具书。其中包括混凝土基础理论、科研、设计、生产、试验、施工、管理等方面的系统技术资料和数据。全书共计六分册，12篇 75 章。可供建工、建材、冶金、化工、铁道、交通、水利、电力、港口、航运、地质、军工等部门，从事与混凝土有关的科研、设计、生产、施工、管理的人员以及大专院校师生参阅。

混 凝 土 手 册

第 一 分 册

主编 王 异 周兆桐

*

吉林科学技术出版社出版 吉林省新华书店发行

长春科技印刷厂印刷

*

787×1092毫米16开本 24.25印张 564,000字

1985年10月第1版 1985年10月第1次印刷

印数:1—20,000册

统一书号:15376·23 定价:5.35元

(共分六册)

编委会成员

主审：吴中伟

主编：王 异 周兆桐 副主编：杨伯科

成员：	王 异	王春发	王足献	刘良季	刘巽柏	邓成华	杜 砺	汤德永	周兆桐
	周云麟	吴正直	杨伯科	张文涛	胡士科	徐福才	雍 本	蔡锐华	隋仲仁
	马鄂清	王 志	王 铎	王索非	王福川	冯乃谦	冯 浩	许钟秀	陆廷超
	沈六如	李云秀	李秀英	李雄创	杨震林	杨长友	杨仲学	张余金	张云理
	张志权	张 涛	明士义	金孝贞	苑晴明	柯 维	柯子封	贾鹤鸣	赵桂春
	娄贤能	徐家保	徐定华	袁忠淮	唐明贤	黄 磊	游宝坤	傅加荣	蔡正詠
	滕家禄								

前 言

混凝土是用量最大、用途最广的建筑材料。由混凝土与增强材料组合而成的钢筋混凝土、预应力混凝土以及其他加筋混凝土，更加扩展了混凝土的应用领域。

随着混凝土科学技术的进展，又相继出现了许多特种混凝土，开发了许多新的施工方法。因此，在诸如工业与民用建筑、交通与桥梁、海工与大坝、原子能与军事等工程中，混凝土都获得了最广泛的应用；此外，在输油输气管道、大型贮罐、船舶以及工业窑炉中的应用，也日渐增多。据八十年代初的估算，全世界混凝土年使用量已突破60亿吨，平均每人每年达1.5吨。预计到本世纪末，混凝土年用量将达100亿吨。在我国，混凝土的发展也很迅速，年浇灌量已超过2亿吨，对我国现代化建设起到了无可估量的作用。

混凝土学科经过一百多年的发展，已经形成一门独立而完整的体系，既有丰富的理论基础，又有先进的工艺技术，也有可靠的测试手段，而且正在不断发展、完善和创新中。对于这样一门应用科学技术，许多国家都投入很大的研究力量，也编有十分完备的工具书。

为了加快我国混凝土学科的发展，为了便于本专业和其他各行业人员学习、查找有关混凝土方面的科技知识，我们不揣孤陋，特编写了本手册，以应急需。

本手册尽力采择国内外混凝土科学技术最新资料，力求全面介绍混凝土领域的各项知识，并以简明扼要、通俗易懂、系统实用为宗旨，俾能真正成为一部实用性的混凝土知识指南。

囿于编者水平以及篇幅的限制，加之时间仓促，本手册实难包罗万象，疏漏和不当之处在所难免，尚望广大热心的读者和我们一起，不断予以修正和充实，为今后编出更新、更完善的混凝土知识大全而努力。

本手册系集体之作，除编委会成员编写和提供素材外，尚得到从事本学科的众多学者、专家的通力协助。特别是混凝土界前辈吴中伟教授作了纲领性的“代序”，使本手册得以增色。在此，我们衷心地对上述人员致以谢忱。

编 者

1985年1月

混凝土科学技术的发展前景（代序）

吴 中 伟

一、混凝土科学技术发展的总目标——最大的综合经济效益

混凝土科学是一门应用科学。应用科学是以取得最大经济效益为目标的。因此混凝土科学技术的发展也应紧紧围绕着经济效益。随着时代的前进，人们对于经济效益的理解有很大改变，从以往为一个企业或一个行业谋取利润，提高到为一个国家以至全人类谋利益。水泥混凝土由于原料丰富、能耗与成本较低、适用性强、耐久性好，并能够消纳工业废渣等特点；在今后相当长时期内仍将是一种用途最广、用量最多的建筑材料，与国计民生，关系十分密切；因此混凝土科技的进步将为广大人民带来巨大的综合经济效益。例如降低建设和维修费用、加快建设速度、提高建筑物的质量、延长其安全使用期、减轻劳动强度、保护和美化环境等等。这些经济效益，统称为综合经济效益。只有从最大综合经济效益这个总目标出发，才能正确提出混凝土科技发展的方向和预测其发展前景。因此，混凝土科学技术，包括原料的选择、性能的提高、工艺的变革、能耗料耗的节约、使用范围的扩大，以至机理的探索、理论的建立等，都应取得最大综合经济效益为目标。

二、当前混凝土性能与使用要求之间的差距

近20多年内，混凝土用量与用途得到十分迅速的增加，但混凝土材料性能的提高幅度并不大，阻滞了这种主要建筑材料的进一步发展。因此必须作出很大的努力来提高性能，及早弥补当前的和可以预见的用途的性能差距，增强与其他材料的竞争能力，为国民经济取得更大的综合经济效益。

美国国家材料顾问局（NMAB）于1980年提出的“美国水泥混凝土研究发展的现状”报告中，根据当前混凝土21种主要用途，提出各种用途要求改进的性能，也就是混凝土的性能差距。兹择要摘引于下表中。

混凝土的主要用途与要求改进的性能 (根据 NMAB—361)

要求改进的性能			(根据 NMAB-361)																								
主要用途			估计水泥用量%	抗压强度	抗折、抗拉强度	粘聚力	体积稳定性	外观均匀性	低比重	流动性	弹性模量	抗冲击性	延性	能量吸收	断裂韧性	早期强度	快凝	低热	低渗透率	抗冻性	抗盐类侵蚀	低热胀系数	耐磨性	防玷污性	低导热性	耐火性	低成本
工厂预制:	大砌块	块块	4	✓			✓	✓	✓			✓				✓			✓							✓	
			0.2	✓			✓	✓	✓			✓							✓							✓	
	管板梁		2	✓	✓		✓	✓	✓			✓				✓	✓									✓	
	瓦		2		✓		✓	✓	✓			✓				✓	✓							✓			
	乳(挤)品		2	✓			✓	✓	✓			✓				✓	✓										
	纤维增强		0.5		✓		✓	✓	✓			✓				✓	✓							✓			
	纤维增强		0.2		✓		✓	✓	✓			✓				✓	✓							✓			
	纤维增强		2		✓		✓	✓	✓			✓				✓	✓										
	纤维增强		0.1		✓		✓	✓	✓			✓				✓	✓										
轨枕	枕	0.5		✓							✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓					✓	
现浇:	基础	柱	40*	✓	✓						✓							✓									✓
		柱板	8	✓	✓								✓														✓
			15	✓	✓			✓	✓										✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	公路	隧道	15		✓		✓	✓	✓										✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	桥梁	梁	2.5	✓	✓		✓	✓	✓					✓		✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
			2	✓	✓		✓	✓	✓										✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
			1.5		✓		✓	✓	✓										✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		坝	0.7	✓	✓		✓	✓	✓										✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	海工	工程	1.1	✓	✓		✓	✓	✓										✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	原子能		0.1	✓	✓		✓	✓	✓										✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	饰面	浆	0.5		✓		✓	✓	✓															✓			✓
	砂井	修	4.5	✓			✓	✓	✓										✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	油抢	修	1.4		✓		✓	✓	✓										✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	屋架	面	0.1		✓		✓	✓	✓										✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	高架铁路	地	0.1		✓		✓	✓	✓										✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
火箭基地		0.5	✓	✓		✓	✓	✓										✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
		(大量)	✓	✓		✓	✓	✓										✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

*. 基础耗用水泥量占总数40%，可能偏高，原文水泥用量累计数超过100%。

从美国广泛调研的结论中可以看出，当代混凝土的性能差距是十分明显的，急需改进的性能为数较多，其中以抗折与抗拉强度、体积稳定性和各种耐久性包括抗冻性、耐蚀性、抗冲性等最为迫切，此外高流动性、低渗透率与低热胀系数也须及早解决。

三、从国内外近期的研究课题看混凝土科技的发展趋势

近年来，国内外混凝土科技工作者围绕着最大综合经济效益这个总目标，提出不少研究课题，进行着大量的工作，并取得了一定的成绩。对上列某些性能差距也提出了一些改善的方法和途径。

1983年笔者曾参照1980年第七届国际水泥化学会议的论文主题和同年美国国家材料顾问局水泥委员会提出的报告，根据我国具体情况，提出22个水泥混凝土研究课题，其中大半与混

凝土科技有关。其后,1983年英国伦敦皇家学会组织国际著名学者讨论水泥混凝土工艺问题,提出9个课题。1984年美国材料研究学会年会中以高强度水泥基材料的发展为主题,讨论5个主要内容。1986年将在巴西召开的第八届国际水泥化学会议,计划讨论下列有关混凝土科技的问题:

1. 混凝土外加剂,微结构的影响;
2. 水泥浆与集料、钢筋和纤维之间的粘结;
3. 混合材料与特种水泥混凝土;
4. 孔结构、渗透性、扩散性对耐久性的影响;
5. 化学与物理因素的腐蚀作用;
6. 水泥浆与集料、钢筋的适应问题,包括碱-集料反应。

1985年5月在我国举行的国际水泥混凝土学术讨论会中有关混凝土科技的题目有:

1. 混凝土外加剂;
2. 混凝土的耐久性;
3. 膨胀混凝土;
4. 纤维增强混凝土与钢丝网水泥;
5. 混凝土工艺中的节能问题;
6. 工业废料的利用;
7. 加气混凝土。

综合上面这些内容,可以提出下面14个方向性课题。从这些课题能够看出混凝土科学技术的发展趋势。

(1) 水泥混凝土在硬化过程中的水化产物,尤其是结晶相的发展与水泥混凝土性能之间关系的研究。

(2) 水泥基材料中各相界面的研究,首先是水泥浆与集料、增强材料之间也就是大中心质与大介质之间的界面研究。

(3) 水泥基材料中孔结构的研究,包括孔隙率、孔径分布、孔几何学以及低孔隙率与高孔隙率、低渗透系数、低比重的混凝土的研究。

(4) 混凝土耐久性的系统研究,包括各种抗性以及水泥浆与集料、增强材料之间的适应问题。

(5) 混凝土体积稳定性与变形行为的系统研究,包括收缩、徐变、膨胀等对体积稳定性的影响。

(6) 高强度、超高强($>75\text{MPa}$)混凝土直到特高强(以提高抗折、抗拉强度为主)的水泥基材料的研究与探索。

(7) 混凝土和易性的系统研究,包括水泥浆与新拌混凝土的流变学、和易性指标与测试技术的研究。

(8) 以超塑化剂为主的高效外加剂的研究,通过复合来减免某几种外加剂单独应用时的缺点的研究。

(9) 工业废渣的利用,包括大量掺加粉煤灰以及利用废渣作集料的研究。

(10) 高效率混凝土工艺及其节能的研究,包括流态、泵送以及养护节能的研究。

(11) 开发水泥基材料的使用范围, 发挥其低能耗、低成本与某些特性的优越性, 代替金属、木材、聚合物材料与陶瓷材料。

(12) 混凝土构筑物补强方法以及利用聚合物、金属等材料的组合以弥补水泥基材料的弱点, 从而最有效地改善某些特性的研究。

(13) 混凝土主要性能的测试技术与评价标准的研究。

(14) 混凝土工业的技术经济分析方法的研究。

通过上述14个课题的研究, 混凝土的性能差距可以得到改善, 应用范围必将迅速扩大, 从而取得最大的综合经济效益, 同时也加速了混凝土科学技术的发展。

四、混凝土科学技术的发展方向与前景

综上所述, 近期内混凝土科技将朝着下列七个方向发展:

1. 向改善性能, 不断缩小应用中的性能差距, 尤其在抗折与抗拉强度, 耐久性、体积稳定性、流动性等方面;

2. 向提高某些新用途所要求的特殊性能, 不断增加新品种以开辟新用途, 在代替金属、木材、聚合物、陶瓷等材料上取得显著效果;

3. 向降低总能耗, 包括从水泥生产到构筑物使用的各个环节的能耗。例如房屋长时期隔热保温的能耗等;

4. 向利用工业废料, 扩大原料来源, 既能节省能耗, 降低成本, 又能改善环境, 例如国外正对核工业废料的利用与处理进行大量工作;

5. 向合理工艺方案, 提高工效, 减少能耗料耗, 改善劳动条件, 以及适应特殊用途与特殊环境的需要;

6. 向新的测试技术与质量控制方法, 以保证高质量与均匀性;

7. 向电子计算机与模型研究的采用。

随着混凝土科学技术的发展, 在可以预见的将来有可能达到下列水平:

(1) 强度 混凝土抗压强度在100MPa以上, 甚至某些水泥基材料的抗折强度也有可能达到100~200MPa, 并在用途、设计方法与应用技术上将有相应的变革;

(3) 耐久性 混凝土建筑物的安全使用期, 将从现在的50~120年增加到300~500年;

(3) 轻质 由于强度与耐久性的大幅度增加, 混凝土构筑物的自重将随之大幅度下降; 还由于聚合物以及人工或天然轻质材料的利用;

(4) 早强与效率 高强度常与早强相联系, 采用快硬水泥与高效和早强外加剂也将提高工效, 大幅度减少工时;

(5) 能耗与劳动强度 流态混凝土“自流平”浇筑可以不用或少用震捣; 改变养护制度与方法, 至少可节能50%~80%; 缩短工期与轻质高强均能大幅度减少施工与使用能耗; 各种节约措施与高能耗材料的代用, 均能有效地节能;

(6) 代用与新用途 高强、超高强混凝土代替钢铁, 预应力混凝土代替钢材、铝合金等结构材料, 超高强和新型水泥基材料代替金属、聚合物、陶瓷等材料; 以至用特种混凝土代替普通混凝土, 例如膨胀(自应力与补偿收缩)混凝土将大量用于要求防裂、抗渗、早强、高

目 录

第一篇 混凝土概论	(1)
第一章 混凝土的组成	(1)
第一节 混凝土的定义	(1)
第二节 混凝土的材料组成	(1)
第三节 混凝土的分类	(3)
第二章 混凝土的特点	(4)
第一节 混凝土的基本性质概述	(4)
一、容 重 (5) 二、力学性质 (5) 三、热工性能 (6)	
四、吸水、透水性 (6) 五、隔声性 (6) 六、耐久性 (6)	
七、可塑性 (7) 八、经济比较 (7)	
第二节 制取优质混凝土的途径	(8)
第三节 混凝土的增强方法	(9)
一、用钢材增强 (9) 二、用纤维增强 (10) 三、用聚合物增强 (10)	
第四节 混凝土的用途	(10)
一、与强度有关的用途 (10) 二、与重量有关的用途 (11)	
三、与热工有关的用途 (11) 四、与抗渗、防水、耐酸有关的用途 (11)	
五、与声响有关的用途 (12) 六、其他用途 (12)	
第二篇 原材料及配合比	(13)
第一章 水泥	(13)
第一节 概述	(13)
第二节 常用水泥的品种及性质	(14)
第三节 水泥的生产过程	(17)
一、原料 (17) 二、生料的配制与磨细 (17) 三、生料的煅烧 (17)	
四、熟料的磨细 (18)	
第四节 水泥的凝结硬化机理	(18)
第五节 水泥的主要技术性能	(20)
一、比重与容重 (20) 二、细度 (20) 三、需水量 (20)	
四、凝结时间 (21) 五、安定性 (21) 六、强度与标号 (21)	
七、水化热 (22) 八、硬化时体积变化 (23)	
第六节 水泥的腐蚀与防止	(23)
一、水泥腐蚀的原因及其主要类型 (23) 二、防止腐蚀的方法 (23)	
第七节 水泥的应用与保管	(24)
第二章 骨料	(36)
第一节 概述	(36)
第二节 骨料的分类	(36)

一、按颗粒大小分类 (36)	二、按产地及来源分类 (37)
三、按比重分类 (37)	四、按石质分类 (37)
第三节 骨料的采集和生产	(38)
一、骨粒的采集和生产方式 (38)	二、我国骨料的生产和使用概况 (38)
第四节 普通骨料的性能及其意义	(39)
一、含水率 (39)	二、比 重 (40)
三、容重、空隙率 (41)	四、级配、细度模数、粒径、最大粒径 (42)
五、颗粒形状、表面特性 (50)	六、强度、弹性模量 (51)
七、坚固性、耐磨性 (53)	八、热学性能 (55)
九、活 性 (55)	十、有害物质含量 (56)
第五节 各种骨料的特性及应用	(58)
一、(天然)砂、砾石 (58)	二、碎石、石屑(破碎砂) (63)
三、矿渣骨料 (65)	四、轻骨料 (68)
五、防护混凝土骨料 (72)	六、耐热混凝土骨料 (76)
七、耐蚀混凝土骨料 (77)	八、破碎混凝土再生骨料 (79)
第六节 骨料的选择与使用	(81)
一、正确的认识 (81)	二、骨料使用注意事项 (83)
第三章 水	(84)
第一节 概述	(84)
第二节 混凝土用水的技术要求	(85)
一、一般工程中混凝土用水的技术要求 (85)	二、专门工程中混凝土用水的技术要求 (86)
三、国外对搅拌用水质量的要求 (86)	
第三节 海 水	(87)
第四章 外加剂	(88)
第一节 概 论	(88)
一、概 述 (88)	二、外加剂发展概况 (88)
三、外加剂的分类 (89)	四、外加剂的作用和应用范围 (91)
五、外加剂品种的选择 (93)	六、使用外加剂应注意的事项 (95)
七、外加剂的适宜掺量 (96)	八、外加剂掺量的表示方法 (99)
〔附录一〕《混凝土外加剂质量标准》草案	(100)
〔附录二〕各种混凝土外加剂的结构、性能、使用机理及适用范围一览表	(103)
〔附录三〕国内混凝土外加剂产品简介	(106)
第二节 减水剂	(109)
一、概 述 (109)	二、减水剂的作用机理 (111)
三、减水剂的掺加方法 (112)	四、国产减水剂概况 (117)
五、木质素磺酸钙减水剂介绍 (118)	六、掺减水剂混凝土易发生的问题和解决办法 (120)
第三节 高效减水剂	(121)
一、概 述 (121)	二、高效减水剂的性质 (123)
三、使用高效减水剂的混凝土性质 (125)	四、混凝土的制备及养护 (128)
第四节 引气剂	(129)
一、概 述 (129)	二、使用引气剂的未凝固混凝土的性质 (130)
三、使用引气剂的混凝土的强度 (133)	四、抗冻融循环性 (134)
第五节 引气减水剂	(136)

一、概 述 (136)	二、引气减水剂的引气量对混凝土性能的影响 (136)	
三、如何控制混凝土的适宜含气量 (141)		
第六节 早强剂		(142)
一、概 述 (142)	二、早强剂对混凝土质量的影响 (143)	三、氯盐早强剂 (143)
四、硫酸盐早强剂 (144)	五、几种含三乙醇胺的复合早强剂 (146)	
第七节 缓凝剂		(149)
一、概 述 (149)	二、缓凝剂对混凝土质量的影响 (150)	
第八节 速凝剂		(151)
一、概 述 (151)	二、速凝剂的使用方法 (152)	
三、速凝剂对混凝土质量的影响 (152)	四、几种速凝剂介绍 (152)	
第九节 防水剂		(154)
一、概 述 (154)	二、各类防水剂特性 (154)	
第十节 抗冻剂		(157)
一、概 述 (157)	二、抗冻剂的作用机理 (157)	三、抗冻剂的分类 (157)
四、抗冻剂的掺量 (159)	五、使用抗冻剂的注意事项 (160)	
第十一节 发气剂、泡沫剂		(161)
一、概 述 (161)	二、发气剂 (162)	三、泡沫剂 (164)
第十二节 混合材		(164)
一、混凝土用混合材的种类 (164)	二、混凝土用混合材的选用原则 (165)	
三、混合材对水泥强度的影响 (166)	四、粉煤灰 (167)	
五、火山灰质混合材的质量标准 (169)	六、水泥混凝土掺用黄土、粘土的技术条件 (170)	
第十三节 膨胀剂、收缩补偿剂		(170)
一、概 述 (170)	二、各类膨胀剂和收缩补偿剂简介 (171)	
第十四节 着色材料		(172)
一、水泥、骨料的色和混凝土的色 (172)	二、水泥用颜料应具备的性质 (172)	
三、适合水泥着色的颜料 (173)	四、颜料使用上的注意事项 (173)	
五、有色骨料 (174)		
第十五节 其他外加剂		(174)
一、助泵剂 (174)	二、增粘剂 (175)	三、减气剂 (175)
四、保水剂 (175)	五、防湿剂 (175)	六、杀霉剂和杀菌剂 (175)
第五章 钢筋		(176)
第一节 概述		(176)
一、钢筋在混凝土中的作用 (176)	二、对钢筋的主要性能要求 (176)	
三、钢筋的分类 (176)	四、混凝土的其它加筋材料 (178)	
第二节 钢筋的机械性能及化学成分		(179)
一、强度及变形性能 (179)	二、冷弯性能 (180)	三、可焊性 (181)
四、疲劳性能 (181)	五、应力松弛 (181)	六、锈蚀及应力腐蚀 (182)
七、低温性能 (182)	八、化学成分 (182)	
第三节 国产钢筋的性能及应用		(183)
一、热轧钢筋 (183)	二、热处理钢筋 (186)	三、冷拉钢筋 (187)
四、碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线 (188)	五、冷拔低碳钢丝及其制品 (190)	
六、绑扎钢筋、钢筋网片、钢筋骨架 (191)		

第四节 几种新型钢筋	(192)
一、精轧螺纹钢 (192)	二、冷轧扭钢筋 (193)
三、双钢筋及双钢筋网片 (194)	
四、防蚀钢筋 (195)	
第五节 国外钢筋简介	(195)
一、概 况 (195)	二、常见国外进口钢筋的品种及性能 (196)
三、常见进口钢筋的使用 (198)	
第六章 混凝土配合比	(200)
第一节 概 述	(200)
第二节 配合比设计——体积法	(200)
一、计算水灰比 (200)	二、确定用水量 (202)
三、计算水泥用量 (203)	
四、确定砂率 (203)	五、计算砂石用量 (203)
六、求得初步配合比 (204)	
七、试配和调整 (204)	八、施工配合比的确定 (206)
第三节 配合比设计——重量法(假定容重法)	(206)
第四节 配合比设计实例	(208)
一、计算水灰比 (208)	二、确定用水量 (208)
三、计算水泥用量 (209)	
四、确定砂率 (209)	五、计算砂石用量 (209)
六、得出初步配合比 (209)	
七、试配和调整 (210)	八、施工配合比的确定 (210)
第五节 掺外加剂的普通混凝土配合比设计	(218)
一、掺引气剂的普通混凝土配合比设计 (218)	二、掺减水剂的普通混凝土配合比设计 (219)
第六节 混凝土配合比计算尺	(220)
一、概 述 (220)	二、参数的确定 (221)
三、计算尺使用实例 (223)	
四、现场调整配合比 (224)	五、必要的折合、修正 (225)
第三篇 混凝土的性质	(227)
第一章 搅拌后的混凝土性质	(227)
第一节 概 述	(227)
第二节 和易性和稠度	(228)
一、和易性 (228)	二、稠度 (233)
第三节 流变特性	(234)
一、流变学概述 (234)	二、理想材料的基本模型和基本流变方程 (235)
三、混凝土拌合物的流变方程 (236)	四、混凝土流变学中重要术语的概念 (237)
第四节 含气量	(239)
第五节 离 析	(241)
一、概 述 (241)	二、粗骨料的离析 (241)
三、水泥浆或水的离析 (241)	
四、离析的防止 (242)	
第六节 振动效果	(242)
一、与振动效果有关的因素 (242)	二、二次振捣的效果 (243)
三、振捣效果的模式 (244)	
第二章 凝结、硬化过程中的混凝土性质	(245)
第一节 概 述	(245)
第二节 凝 结	(245)
一、概 述 (245)	二、影响凝结的因素 (246)
三、“冷接头”的防止 (248)	
第三节 泌水和早期体积变化	(248)

一、概 述 (248)	二、泌 水 (249)	三、早期体积变化 (250)
第四节 早期裂缝	(252)	
一、概 述 (252)	二、沉降裂缝 (252)	三、早期干裂 (252)
四、模型变形裂缝 (253)	五、振动裂缝和轻微荷载裂缝 (253)	
第五节 温度上升	(253)	
第六节 早期强度	(256)	
一、概 述 (256)	二、早期抗压强度的推算方法 (256)	
第七节 侧 压	(259)	
一、概 述 (259)	二、最大侧压力计算 (259)	三、影响最大侧压的因素 (260)
第三章 硬化混凝土的力学性质	(261)	
第一节 抗压强度	(261)	
一、概 述 (261)	二、各类强度指标的关系 (261)	三、混凝土的破坏过程 (262)
四、影响混凝土抗压强度的因素 (263)		
第二节 其他强度	(270)	
一、抗拉强度 (270)	二、抗弯强度 (271)	三、抗剪强度 (273)
四、支压强度 (274)	五、组合应力下的强度 (274)	六、粘结强度 (275)
七、抗扭强度 (277)	八、冲击强度 (278)	
第三节 弹 性	(279)	
一、应力—应变曲线 (279)	二、弹性常数 (281)	
第四节 徐 变	(284)	
一、概 述 (284)	二、影响徐变的主要因素及其规律 (286)	
第五节 疲 劳	(290)	
一、概 述 (290)	二、疲劳试验和S—N线图 (290)	三、混凝土的疲劳特性 (291)
四、影响疲劳强度的因素 (292)	五、抗拉疲劳、抗弯疲劳特性 (292)	
第六节 裂 缝	(293)	
一、概 述 (293)	二、常见的混凝土裂缝及其特征 (293)	
三、发生裂缝的原因和防止措施 (294)		
第七节 微裂缝	(294)	
一、概 述 (294)	二、微裂缝试验方法概要 (295)	
三、结构缺陷和微裂缝的种类 (295)	四、混凝土的变形特性和微裂缝 (295)	
第四章 硬化混凝土的物理化学性质	(298)	
第一节 容 重	(298)	
一、概 述 (298)	二、各种混凝土的容重 (298)	
三、混凝土的容重同各种性质的关系 (299)	四、混凝土容重理论计算式 (300)	
第二节 体积变化	(300)	
一、概 述 (300)	二、含水量引起的体积变化 (300)	
三、温度引起的体积变化 (304)	四、碳化引起的体积变化 (304)	
五、其他原因引起的体积变化 (304)		
第三节 抗冻性	(305)	
一、概 述 (305)	二、产生冻害的因素 (306)	三、防止冻害的方法 (309)
第四节 混凝土的碳化	(311)	

一、概 述 (311)	二、影响混凝土碳化的因素 (311)	
三、碳化深度与碳化年限的关系 (313)	四、自然碳化进程的估算 (314)	
五、防止碳化的方法 (315)		
第五节 钢筋的电化学腐蚀		(315)
一、钢筋的电化学腐蚀机理 (315)	二、影响钢筋腐蚀的因素 (316)	
三、根据电位判断钢筋的腐蚀状态 (320)	四、防止钢筋电化学腐蚀的措施 (321)	
第六节 抗化学侵蚀性		(321)
一、概述 (321)	二、化学侵蚀作用 (321)	三、各种化合物的侵蚀作用 (323)
第七节 抗磨损与气蚀性		(329)
一、概 述 (329)	二、影响抗磨性的因素 (330)	三、改善气蚀损害的方法 (331)
第八节 抗渗性		(331)
一、概 述 (331)	二、影响抗渗性的因素 (332)	三、渗透的原理 (334)
第九节 碱—骨料反应		(335)
一、概 述 (335)	二、各类碱—骨料反应的特点 (335)	
三、碱—骨料反应的机理和影响因素 (336)	四、抑制碱—骨料反应的措施 (337)	
第十节 热工性质		(337)
一、体积变化 (337)	二、导热系数、导温系数和比热 (340)	
第十一节 耐火性		(347)
一、概 述 (347)	二、混凝土耐火特性 (348)	三、增强耐火性的措施 (353)
第十二节 耐热性		(353)
第十三节 耐超低温性		(354)
第十四节 有关声和振动的性质		(356)
一、混凝土的声和振动 (356)	二、有关混凝土的声和振动的常数 (356)	
三、混凝土的消声特性 (357)	四、混凝土的隔声特性 (358)	
五、混凝土的板冲击声隔断特性 (360)		
第十五节 有关颜色的性质		(361)
一、混凝土的颜色 (361)	二、水泥的颜色 (361)	三、混凝土颜色的变化 (362)
四、混凝土的本色和美观性 (363)	五、改善混凝土外观的方法 (363)	
第十六节 防污染性		(364)
一、概 述 (364)	二、污染的测定及评价方法 (365)	
第十七节 防放射性		(368)
一、概 述 (368)	二、混凝土对辐射线的防护能力 (368)	
三、辐射线的损伤 (370)	四、由辐射线物质产生的表面污染 (371)	

第一篇 混凝土概论

第一章 混凝土的组成

第一节 混凝土的定义

我们通常所谓的混凝土，大都是指水泥混凝土而言。大约在二十世纪初就有了混凝土的名称，它指的就是由普通硅酸盐水泥和水组成的水泥净浆，同砂子和石子胶结成的岩石状块体。然而，从混凝土材料历史看，就可以追溯到很古老的年代了。

古代人们曾将粘土固结砂石使用，这可称得上是最原始的混凝土；后来人们还曾利用石膏、气硬性石灰；随后又采用过火山灰、火山灰加上气硬性石膏、水硬性石膏等。

在中世纪，人们就将属于天然沥青、混有岩石的岩沥青和来自原油沉淀物的湖沥青经加热、硬化成型而加以使用。从十九世纪中叶开始，沥青已经用于铺路，到二十世纪初，通过重油的蒸馏，已可大量获得沥青，特别是伴随汽车工业的不断发展，沥青混凝土的使用量也获得大幅度增长。从强度、耐久性、经济等方面考虑，开始使用卵石、碎石等粗骨料，这就形成了名副其实的沥青混凝土。在这过程中，作为胶结料沥青的性能也大为改善。

直到1824年发明普通硅酸盐水泥（波特兰水泥）之后，混凝土才相对定型。经过漫长的年月，当前混凝土才有了较明确的定义。

所谓混凝土，是指胶结料（如水泥）、水、细骨料（如砂子）、粗骨料（如石子）以及必要时掺入化学外加剂与矿物混合材，按一定比例配合，通过搅拌成为塑性状态的拌合物。此时的拌合物一般称作未凝固混凝土，未凝固混凝土在一定条件下，随着时间逐渐硬化成具有强度和其它性能的块体，则称作硬化混凝土。混凝土中没有粗骨料的称作砂浆；砂浆中没有细骨料的称作水泥净浆。

混凝土是一种复合材料，复合材料一般可分为分散强化型和纤维强化型两类。混凝土系由多种材料所组成，故属于多相分散强化型复合材料。若把钢筋混凝土和预应力混凝土中的混凝土作为均质材料看待，则它们就可看做是由混凝土和钢筋所组成的二相纤维强化型复合材料。

第二节 混凝土的材料组成

由于当今混凝土的含义是颇为广泛的，可以说，凡使用胶结材料同骨料相互结合而制成的复合体，都可称为混凝土。若以这种广义的混凝土作为对象，那末所使用的胶结材料、骨

料以及外加剂、混合材等是多种多样的。

如表1-1-1所示,胶结材料可分为无机物和有机物两大类。又可按组成和硬化的机理加以区分。当然,普通硅酸盐水泥是使用最多的,通常所说的水泥,就是指它而言。

胶 结 材 料 分 类 表1-1-1

种	类	示 例
无 机 胶 结 材 料	硅酸盐水泥类	普通、早强、中热、超早强、耐硫酸盐、 白色、矿渣、硅质、粉煤灰硅酸盐水泥
	铝 酸 钙 类	高铝、超快硬水泥
	硫 酸 钙 类	石膏、石膏和水淬矿渣的无熟料水泥
	石 灰 类	灰 泥
	石灰硅质类	蒸压养护制品
	硫 磺 类	硫 磺
有 机 胶 结 材 料	合成树脂类	环氧树脂、甲醛树脂
	天然树脂类	松 脂
	其 他	淀粉糊类

骨料可分无机骨料及有机骨料两类。无机骨料中包含重骨料（重晶石、磁铁矿等）、普通骨料（河砂、卵石、碎石、矿渣等）和轻骨料（陶粒、膨珠、珍珠岩、蛭石、浮石等）；合成树脂（如泡沫苯乙烯颗粒）、木质类骨料（木片、锯末）等属于有机骨料。就骨料形状来说，有颗粒状、片状、纤维状等。

混凝土无论由何种胶结材料和骨料组成，在制备过程中大体可分为两种状态：一是未凝固和硬化过程的状态；一是硬化后状态。前者根据成型的条件要求具备某些特殊性能；后者对应于硬化后的条件也要求具备各种各样的性能。根据有关要求，可以使用特定的外加剂或混合材来单独改善前者的性能；也可同时改善两者的性能。

常用的外加剂主要有以下几类：

- ① 根据表面活性作用，用于改善和易性、抗冻融性能等：减水剂、减水促凝剂、减水缓凝剂、引气剂等。
- ② 调节凝结、硬化时间：促凝剂、缓凝剂、早强剂等。
- ③ 提高防水效能：防水剂。
- ④ 根据气泡的作用，改善填充性和调节重量：起泡剂、发泡剂。
- ⑤ 其他：保水剂、粘结剂、钢筋防锈剂等。

常用的混合材如下：

- ① 具有火山灰性质的粉煤灰、矿渣、硅酸白土。
- ② 在硬化过程中会产生膨胀的膨胀性混合材。
- ③ 用蒸压釜养护时能获得高强度的硅酸质粉末。
- ④ 以着色为目的的着色剂。
- ⑤ 聚合物、填充材料等。

根据所要求的未凝固状态和硬化后的条件，混凝土的各项组成——胶结材料、水、细骨料、粗骨料和外加剂等的组成比例是不相同的。有的由和易性等决定；有的受强度、弹性模量、容重等支配。

普通水泥混凝土的组成，即原材料所占绝对体积的比例，从宏观看大体是：水——16～22%；水泥——9～15%；砂子——20～30%；石子——35～48%；空气——1～3%。若进一步细分，硬化混凝土的组成则如图1-1-1所示。

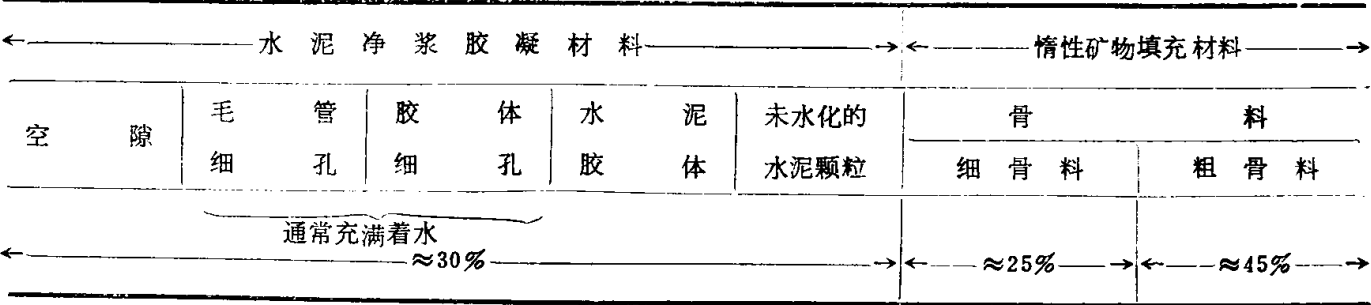


图 1-1-1 硬化混凝土的组成

从图1-1-1可以看出，由粗细骨料组成的惰性矿物填充材料约占70%左右；水泥净浆组成的胶凝材料约占30%左右。水泥净浆又可分为水泥胶体、胶体细孔、空隙、毛细孔和未水化的水泥颗粒等，胶体细孔和毛细孔通常充满着自由水。

第三节 混凝土的分类

当前混凝土的品种日益增多，它们的性能和应用也各不相同。使用各种胶结材料和骨料，可制得不同种类的混凝土。混凝土可根据各种特点加以分类，如胶结材料种类、骨料种类、容重、强度、水泥用量、和易性、施工方法（搅拌、运输、浇灌、成型等）、施工场地和季节以及用途等。

1. 根据胶结材料分类

根据胶结材料分类的混凝土，通常在混凝土前面冠以主要胶结材料的名称。以无机和有机胶结材料组成的各类混凝土参见表1-1-2。

混凝土根据不同胶结材料的分类 表1-1-2

胶 结 材 料		概 要	混 凝 土 名 称
材 质	名 称		
无机胶结材料	水 泥 类	包括普通硅酸盐水泥、混合硅酸盐水泥、矾土水泥等的全部硅酸盐类及铝酸盐类水泥	水泥混凝土
	石 灰 类	天然水泥、含粘土的不纯石灰的烧成熟化物、火山灰或岩石风化物等活性硅、含铝化合物和消石灰的混合物	石灰-硅质胶结材料混凝土（硅酸盐混凝土）
	石 膏 类	天然石膏及其副产品和加工改性产品	石膏混凝土
	镁质水泥	在轻烧苦土中加入氯化镁	镁质水泥混凝土
	硫 磺	硫磺加热融熔后再冷却硬化	硫磺混凝土
有机胶结材料	沥 青 类	天然沥青（岩沥青及湖沥青）、人造沥青	沥青混凝土
	聚合物+水泥	将乳状或水溶性聚合物掺入水泥中	聚合物水泥混凝土
	树 脂	粘结力强的天然或合成树脂（热硬性）	树脂混凝土
	聚合物（浸渍）	将水泥混凝土基材在低粘度单体中浸渍，用热或射线使表面固化	聚合物浸渍混凝土