

通用混凝土 生产

GENERAL CONCRETE
PRODUCTION

全|国|建|材|行|业|创|新|规|划|教|材

配套动画视频二维码

主 编 韩长菊 周 红

副主编 刘雪娥 沈永麟 祁会军

主 审 张育才 李永庆

中国建材工业出版社

全国建材行业创新规划教材

通用混凝土生产

主 编 韩长菊 周 红
副主编 刘雪娥 沈永麟 祁会军
主 审 张育才 李永庆

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

通用混凝土生产/韩长菊,周红主编.--北京:
中国建材工业出版社,2022.1
全国建材行业创新规划教材
ISBN 978-7-5160-3041-7

I. ①通… II. ①韩… ②周… III. ①混凝土—生产
工艺—教材 IV. ①TU528.06

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2020) 第 164724 号

内 容 提 要

本书以工学结合、能力为本、注重实用为编写宗旨,内容涵盖从混凝土原材料到施工的各个环节,主要内容包括混凝土基本知识、通用混凝土的原材料、通用混凝土的性能、通用混凝土生产与质量控制、通用混凝土施工、通用混凝土的养护、通用混凝土常见质量问题及其防治、通用混凝土绿色生产和安全生产。

本书主要面向职业院校建筑材料类、非金属材料类专业,可作为材料相关专业教材,也可作为企业职工培训、继续教育教材,亦可供水泥和混凝土企业的管理人员、技术人员、岗位操作人员阅读。

通用混凝土生产

Tongyong Hunningtu Shengchan

主 编 韩长菊 周 红

出版发行:中国建材工业出版社

地 址:北京市海淀区三里河路1号

邮 编:100044

经 销:全国各地新华书店

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:14.5

字 数:350千字

版 次:2022年1月第1版

印 次:2022年1月第1次

定 价:52.80元

本社网址:www.jcbs.com, 微信公众号:zgjcgychs

请选用正版图书,采购、销售盗版图书属违法行为

版权专有,盗版必究。本社法律顾问:北京天驰君泰律师事务所,张杰律师

举报信箱:zhangjie@tiantailaw.com 举报电话:(010) 68343948

本书如有印装质量问题,由我社市场营销部负责调换,联系电话:(010) 88386906

《全国建材行业创新规划教材》 丛书编委会

- 编委会主任 李江 全国建材职业教育教学指导委员会秘书长
佟令玫 中国建材工业出版社总编辑
- 编委会副主任 李坚利 全国建材职业教育教学指导委员会副主任委员
- 执行副主任 胡京平 中国建材工业出版社教材教辅编辑部负责人
- 丛书编委 (排名顺序不分先后)
- 魏茜茜 建筑材料工业技术情报研究所
- 王廷举 博努力(北京)仿真技术有限公司
- 韩长菊 昆明冶金高等专科学校
- 杨晓杰 昆明冶金高等专科学校
- 周红 山西职业技术学院
- 贾陆军 绵阳职业技术学院
- 乔欢欢 绵阳职业技术学院
- 刘文斌 常州工程职业技术学院
- 杨旗 重庆建筑工程职业学院
- 陈国能 贵州建设职业技术学院
- 高淑娟 常州工程职业技术学院
- 高建荣 山西职业技术学院
- 周慧 常州工程职业技术学院
- 张春丽 重庆建筑工程职业学院
- 伍朝阳 重庆建筑工程职业学院

《通用混凝土生产》

编 委 会

- 主 编** 韩长菊 昆明冶金高等专科学校
周 红 山西职业技术学院
- 副主编** 刘雪娥 昆明冶金高等专科学校
沈永麟 云南省建筑材料产品质量检验研究院
祁会军 山西职业技术学院
- 主 审** 张育才 昆明冶金高等专科学校
李永庆 云南建投绿色高性能混凝土股份有限公司
- 参 编** 姚通稳 山西职业技术学院
钟 蓉 江西现代职业技术学院
曹良桂 云南建投绿色高性能混凝土股份有限公司
杨晓杰 昆明冶金高等专科学校
刘宗飞 中建西部建设云南公司
许加达 博努力（北京）仿真技术有限公司

序 言

2020年12月，中央经济工作会议将“做好碳达峰、碳中和工作”列为2021年的重点任务之一。2021年1月中国建筑材料联合会为全面提升建筑材料行业绿色低碳发展水平，加快推进建筑材料行业碳减排工作，促进建筑材料行业提前实现碳达峰，向全行业发出《推进建筑材料行业碳达峰、碳中和行动倡议书》（以下简称《倡议》）。《倡议》明确提出“建筑材料行业相关科研院所、大专院校要充分发挥自身的优势，坚持绿色低碳的科技创新方向，加强行业碳减排基础研究工作，为建筑材料行业尽早实现碳达峰提供强大的基础理论和技术支撑”。

2019年2月，国务院印发《国家职业教育改革实施方案》中指出“随着我国进入新的发展阶段，产业升级和经济结构调整不断加快，各行各业对技术技能人才的需求越来越紧迫，职业教育重要地位和作用越来越凸显。但是，与发达国家相比，与建设现代化经济体系、建设教育强国的要求相比，我国职业教育还存在着体系建设不够完善、职业技能实训基地建设有待加强、制度标准不够健全、企业参与办学的动力不足、有利于技术技能人才成长的配套政策尚待完善、办学和人才培养质量水平参差不齐等问题，到了必须下大力气抓好的时候。没有职业教育现代化就没有教育现代化。”该方案中明确提出建立健全教学教材是健全国家职业教育制度框架内容之一。

为有效支撑职业院校教学改革和教材建设，深化人才培养模式和课程体系的改革与创新，进一步探索建筑材料类职业教育发展内涵及特色，加快培养具有理论和实践相结合的高水平专业人才，促进校企、校校、校社的交流与合作，中国建材工业出版社与全国建材职业教育教学指导委员会共同组织编写了《全国建材行业创新规划教材》。系列教材内容突出建筑材料类建筑材料工程技术、建筑材料检测技术、建筑装饰材料技术、建筑材料设备应用、新型建筑材料技术、建筑材料生产与管理专业，非金属材料类材料工程技术等专业特色与科技创新，反映新材料、新技术、新工艺、新标准。

本系列教材以精品化、规范化、系统化、规模化为原则，确保建材类职业教育的高水准，集聚建材行业权威专家、院校资深教师、优秀企业家通力合作、协同推进、联合共编。内容强化科学性、先进性、适用性、实用性，同时配套优质新媒体资源，力图实现良好的职业教育教学效果。

本书编委会
2021年2月

前 言

随着社会的不断进步与时代的不断发展,职业教育的重要性更加凸显,发展职业教育已成为构建和谐社会的重要内容。根据中国特色高水平高职学校和专业建设计划的意见、高等职业学校专业教学标准对课程建设的要求,昆明冶金高等专科学校、山西职业技术学院、江西现代职业技术学院等职业院校联合云南建投绿色高性能混凝土股份有限公司、云南省建筑材料产品质量检验研究院、中建西部建设云南公司等企业共同编写了《通用混凝土生产》一书。

混凝土是当今世界上用量最大、使用最广泛的建筑材料之一,已经与人们日常生活无法分割。我们通过对企业的充分调研,了解通用混凝土生产过程,并以此为主线,介绍了混凝土从原材料到施工的各个环节。参照国家和行业现行标准,我们将通用混凝土生产相关知识进行梳理、整合,力求体现职业教育工学结合、能力为本、注重实用的特点,淡化理论分析,突出实际应用。本书主要内容包括混凝土基本知识、通用混凝土的原材料、通用混凝土的性能、通用混凝土生产与质量控制、通用混凝土施工、通用混凝土的养护、通用混凝土常见质量问题及其防治、通用混凝土绿色生产和安全生产。我们在编写过程中,力求理论联系生产实际,深入浅出,立足我国混凝土生产发展特点,反映国内外混凝土生产现用设备和生产工艺。每章后附有多种类型的习题,便于学习者掌握、巩固相关知识内容。

本书主要面向职业院校建筑材料类、非金属材料类专业,可作为材料相关专业教材,也可作为企业职工培训、继续教育教材,亦可供水泥和混凝土企业的管理人员、技术人员、岗位操作人员阅读。

本书由昆明冶金高等专科学校韩长菊、山西职业技术学院周红担任主编并统稿,昆明冶金高等专科学校张育才、云南建投绿色高性能混凝土股份有限公司李永庆为主审,昆明冶金高等专科学校刘雪娥、云南省建筑材料产品质量检验研究院沈永麟、山西职业技术学院祁会军担任副主编,参加编写的人员还有山西职业技术学院姚通稳、江西现代职业技术学院钟蓉、云南建投绿色高性能混凝土股份有限公司曹良桂、昆明冶金高等专科学校杨晓杰、中建西部建设云南公司刘宗飞、博努力(北京)仿真技术有限公司许加达。

我们在编写过程中参考了大量书籍、论文、标准和网上资料,不能将出处一一列出,在此向所有支持过本书编写的同仁和被引入本书内容的作者表示最真诚的感谢!

由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,恳请广大读者提出批评和建议,以便及时改进。

编 者
2021年12月

目 录

1 混凝土基本知识	1
1.1 混凝土的发展历史	1
1.2 混凝土的分类及特点	2
1.2.1 按表观密度分类	2
1.2.2 按胶凝材料分类	3
1.2.3 按用途分类	3
1.2.4 按强度等级分类	3
1.2.5 按施工工艺分类	3
1.2.6 按混凝土性能分类	3
1.2.7 按配筋方式分类	3
1.2.8 混凝土的特点	4
1.3 混凝土的发展趋势	5
1.3.1 高强、高性能、绿色化	5
1.3.2 轻质混凝土的广泛应用	6
本章小结	7
习题	8
2 通用混凝土的原材料	10
2.1 水泥	10
2.1.1 通用硅酸盐水泥	10
2.1.2 通用硅酸盐水泥的选择	14
2.2 细骨料	15
2.2.1 砂的细度模数和颗粒级配	16
2.2.2 砂的含泥量、石粉含量和泥块含量	18
2.2.3 有害物质	18
2.2.4 砂的坚固性	19
2.3 粗骨料	19
2.3.1 最大粒径和颗粒级配	19
2.3.2 含泥量和泥块含量	20
2.3.3 针、片状颗粒含量	21
2.3.4 卵石、碎石的坚固性	21

2.3.5	强度	21
2.4	混凝土拌和用水	22
2.5	混凝土掺合料	22
2.5.1	粉煤灰	22
2.5.2	硅灰	24
2.5.3	粒化高炉矿渣粉	24
2.5.4	钢渣粉	25
2.5.5	石灰石粉	26
2.5.6	粒化电炉磷渣粉	26
2.6	混凝土外加剂	26
2.6.1	减水剂	27
2.6.2	引气剂	30
2.6.3	早强剂	33
2.6.4	缓凝剂	35
2.6.5	速凝剂	36
2.6.6	防冻剂	38
2.6.7	泵送剂	39
2.6.8	阻锈剂	39
2.7	外加剂的选择与使用	39
2.7.1	外加剂的选择	39
2.7.2	外加剂的掺量	40
2.7.3	外加剂的掺加方法	41
	本章小结	41
	习题	42
3	通用混凝土的性能	45
3.1	新拌混凝土的性能	45
3.1.1	新拌混凝土的和易性	45
3.1.2	新拌混凝土和易性的影响因素	47
3.1.3	新拌混凝土和易性的调整	49
3.1.4	新拌混凝土的可泵性	50
3.2	混凝土的变形性能	50
3.2.1	混凝土的弹性和塑性	50
3.2.2	混凝土的收缩变形	51
3.2.3	混凝土的徐变	52
3.3	混凝土的力学性能	54
3.3.1	混凝土的抗压强度	54
3.3.2	混凝土的抗拉强度	56
3.3.3	混凝土的抗折强度	57

3.3.4	混凝土与钢筋的握裹强度	58
3.3.5	影响混凝土强度的主要因素	58
3.3.6	提高混凝土强度的措施	61
3.4	混凝土的耐久性	62
3.4.1	混凝土的碳化	62
3.4.2	混凝土的抗冻性	63
3.4.3	混凝土的抗渗性	66
3.4.4	混凝土的化学腐蚀	67
3.4.5	碱-骨料反应	69
3.4.6	钢筋锈蚀	70
3.4.7	提高混凝土耐久性的措施	72
	本章小结	72
	习题	73
4	通用混凝土生产与质量控制	76
4.1	混凝土的配合比设计	76
4.1.1	普通混凝土配合比设计	77
4.1.2	抗渗混凝土配合比设计	88
4.1.3	抗冻混凝土配合比设计	89
4.1.4	高强混凝土配合比设计	90
4.1.5	泵送混凝土配合比设计	92
4.1.6	大体积混凝土配合比设计	92
4.2	通用混凝土生产	93
4.2.1	通用混凝土拌合物生产工艺	93
4.2.2	通用混凝土原材料的储存管理及物料计量	95
4.2.3	通用混凝土拌合物的搅拌与运输	97
4.3	通用混凝土的质量控制	107
4.3.1	通用混凝土原材料质量控制	107
4.3.2	通用混凝土搅拌过程质量控制	113
4.3.3	通用混凝土运输过程质量控制	114
4.3.4	通用混凝土泵送过程质量控制	114
	本章小结	116
	习题	117
5	通用混凝土施工	119
5.1	通用混凝土的浇筑	119
5.1.1	通用混凝土浇筑准备	119
5.1.2	通用混凝土浇筑一般要求	120
5.1.3	泵送混凝土浇筑	124

5.1.4	现浇混凝土框架结构浇筑	127
5.2	通用混凝土振捣	140
5.2.1	混凝土振捣的作用	140
5.2.2	混凝土振捣设备	140
5.3	通用混凝土特殊季节施工	144
5.3.1	混凝土高温施工	144
5.3.2	混凝土雨期施工	146
5.3.3	混凝土冬期施工	147
	本章小结	153
	习题	153
6	通用混凝土的养护	156
6.1	通用混凝土养护的方式	156
6.1.1	标准养护	156
6.1.2	自然养护	157
6.1.3	快速养护	161
6.2	通用混凝土特殊养护	164
6.2.1	大体积混凝土的养护	164
6.2.2	冬期施工混凝土的养护	165
6.2.3	高温施工混凝土养护	168
6.2.4	雨期施工混凝土养护	169
	本章小结	170
	习题	170
7	通用混凝土常见质量问题及其防治	173
7.1	混凝土搅拌和运输过程中的质量问题	173
7.1.1	混凝土和易性问题	174
7.1.2	泵送混凝土堵管和堵泵	177
7.2	混凝土表面质量问题	179
7.2.1	混凝土麻面	179
7.2.2	混凝土凹凸错台、外形走样	180
7.2.3	混凝土表面颜色问题	180
7.2.4	混凝土外部露筋	181
7.3	混凝土内部的蜂窝和空洞	182
7.3.1	蜂窝	183
7.3.2	空洞	183
7.4	混凝土裂缝	183
7.4.1	预拌混凝土裂缝的类型和原因	184
7.4.2	与预拌混凝土有直接关系的裂缝原因	189

7.4.3	预拌混凝土裂缝防治措施	189
7.4.4	混凝土裂缝治理方法	191
7.5	混凝土强度不足	192
7.5.1	混凝土强度不足的原因	192
7.5.2	混凝土的强度控制	193
7.5.3	混凝土强度不足事故的处理方法	195
7.6	其他质量问题	196
7.6.1	混凝土凝结时间异常	196
7.6.2	混凝土与钢筋握裹力差	198
7.6.3	混凝土夹渣	199
7.6.4	混凝土内部疏松	199
	本章小结	200
	习题	200
8	通用混凝土绿色生产和安全生产	203
8.1	通用混凝土绿色生产	203
8.1.1	混凝土绿色生产及意义	203
8.1.2	混凝土的绿色生产技术途径	204
8.1.3	混凝土的绿色生产及管理	206
8.2	混凝土安全生产	209
8.2.1	安全生产管理	209
8.2.2	设备及安全设施	209
8.2.3	工艺安全操作	211
8.2.4	作业场所与职业健康安全	211
8.2.5	安全标志及标识管理	212
8.2.6	隐患排查与治理	212
	本章小结	212
	习题	213
	参考文献	215



混凝土
基本知识

1 混凝土基本知识

本章导读

混凝土是指用水泥作胶凝材料，砂、石作骨料，与水、适量外加剂和掺合料，按一定比例配合，经搅拌、成型、养护而得到的工程复合材料的统称。由于它具有工程所需要的强度和耐久性，而且原料易得，造价低廉，工艺简单，特别是能耗较低，使它在工程中有广泛的应用。本章从混凝土的发展历史、分类及发展趋势进行阐述。通过本章的学习，掌握混凝土的概念及分类方法，了解各类混凝土的特点及其发展史和发展趋势。

混凝土是建筑工程中常用的建筑材料，是指由胶凝材料、粗细骨料、水，必要时加入外加剂和矿物掺合料，按一定的比例混合，并在一定条件下经硬化后形成的复合材料。混凝土的出现，极大地改善了人类的居住、工作和出行环境。随着混凝土制备和应用技术的不断进步，混凝土已经成为现代社会的基础，在日常生活的各个方面都直接或间接地涉及混凝土。混凝土是工业与民用建筑、水利水电、道路桥梁、地下工程及国防工程建设的主导材料。

1.1 混凝土的发展历史

混凝土的出现可以上溯几千年，所用的胶凝材料为黏土、石灰、石膏、火山灰等。如我国的万里长城、古埃及的金字塔、古罗马的建筑都已使用了以石灰、石膏或天然火山灰为胶凝材料的混凝土。虽然早期的混凝土凝结硬化缓慢，强度较低，但典型建筑经历 2000 多年的流水、雨雪、海水等自然因素作用至今仍然保存完整。

自 19 世纪 20 年代出现了波特兰水泥后，由于用它配制成的混凝土具有工程所需要的强度和耐久性，具有优良的建筑性能，而且原料易得，造价较低，因此用途极为广泛。

1824 年英国工程师阿斯普丁 (J. Aspdin) 用石灰石和黏土为原料，按一定比例配合后，在类似于烧石灰的立窑内煅烧成熟料，再经磨细制成水泥。因水泥硬化后的颜色与英格兰岛上波特兰地方用于建筑的石头相似，被命名为波特兰水泥，获得了第一份水泥专利，标志着水泥工业的开端。此后水泥和混凝土的生产技术得以迅速发展，混凝土的强度及其性能也都有了很大的提高，混凝土的用量急剧增加。时至今日，混凝土材料已经成为世界上用量最大、用途最广的人造材料。

1850 年法国人朗波 (J. L. Lambat) 研究出使用钢筋混凝土的方法，并首次制成了钢丝网水泥船，使得混凝土的使用范围更加扩大。1861 年钢筋混凝土得到了第一次的

应用，首先建造的是水坝、管道和楼板。1867年法国技师 Joseph Monier 取得了用格子状配筋制作桥面板的专利，钢筋混凝土工艺迅速向前发展。1867年是全世界公认的最早的钢筋混凝土桥架设的一年。

20世纪初，艾布拉姆斯 (D. A. Abrams) 及利滋 (Lyse) 发表了水灰比学说，初步奠定了混凝土强度的理论基础。1928年法国的佛列西涅 (E. Freyssinet) 提出混凝土的收缩和徐变理论，发明了预应力钢筋混凝土施工工艺。钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土解决了混凝土抗压强度高、抗折和抗拉强度较低的问题，为钢筋混凝土结构在大跨度桥梁、高层建筑，以及在抗裂、防裂等方面的应用开辟了新的途径。

1960年前后，混凝土外加剂的出现，尤其是高效减水剂的大量使用，不仅改善了混凝土的各种性能，而且为混凝土施工工艺的发展创造了良好的条件。在混凝土拌合物中掺入减水剂，可以大幅度地降低水灰比、提高强度或拌合物的流动性，使拌合物在搅拌运输浇筑和成型等工艺过程变得容易操作。目前，混凝土外加剂已经成为混凝土原材料中不可或缺的部分。

由于混凝土材料具有原材料来源广、便于施工、可灌注任何形状、能适应各种环境、经久耐用等特点，因此，混凝土材料被广泛地应用于工业与民用建筑、城市建设、水利工程、地下工程、国防工业等国民经济的各个方面。

1.2 混凝土的分类及特点

随着科学技术的进步和经济的不断发展，社会对水泥和混凝土用量的需求越来越大，性能要求越来越高，满足各种工程需要的混凝土的品种也越来越多。因此，其分类方法也是多种多样，较常用的几种分类方法如下：

1.2.1 按表观密度分类

混凝土按表观密度大小不同可分为以下三类：

1. 重混凝土

重混凝土是指干表观密度大于 $2600\text{kg}/\text{m}^3$ 的混凝土，通常是采用高密度集料（如重晶石、铁矿石、钢屑等）或同时采用重水泥（如钡水泥、锶水泥等）制成的混凝土。因为它主要用作核能工程的辐射屏蔽结构材料，又称为防辐射混凝土。

2. 普通混凝土

普通混凝土是指干表观密度为 $1950\sim 2600\text{kg}/\text{m}^3$ 的混凝土，通常是以水泥为胶凝材料，以天然砂、石为骨料配制而成的混凝土。普通混凝土是建筑工程中最常用的混凝土。

3. 轻质混凝土

轻质混凝土是指干表观密度小于 $1950\text{kg}/\text{m}^3$ 的混凝土，通常采用陶粒、浮石、火山渣等轻质多孔的骨料，或者不用骨料而掺入加气剂或泡沫剂等形成多孔结构的混凝土。根据其性能与用途的不同又可分为结构用轻质混凝土、保温用轻质混凝土和结构保温轻质混凝土等。

1.2.2 按胶凝材料分类

1. 无机胶凝材料混凝土

(1) 水泥混凝土。以硅酸盐水泥以及各种水泥为胶凝材料，可用于各种混凝土结构。

(2) 硅酸盐混凝土。由石灰和各种含硅原料（砂及工业废渣）以水热合成方法来产生水化胶凝物质，可用于制作各种硅酸盐砌块等。

(3) 石膏混凝土。以各种石膏作为胶凝材料，可制作顶棚、内隔墙等。

(4) 水玻璃混凝土。以水玻璃为胶凝材料，可制作耐酸混凝土结构物。

2. 有机胶凝材料混凝土

(1) 沥青混凝土。用天然或人造沥青为胶凝材料制成，可用于道路工程。

(2) 聚合物胶结混凝土（又称树脂混凝土）。以聚酯树脂、环氧树脂、脲醛树脂等为胶凝材料制成，适用于有侵蚀介质的环境中使用。

3. 无机有机复合胶凝材料混凝土

(1) 聚合物水泥混凝土。以水泥为主要胶凝材料，掺入少量聚合物或用掺有聚合物的水泥制成，适用于路面、桥梁及修补工程。

(2) 聚合物浸渍混凝土。以水泥混凝土为基材，用有机单体液浸渍和聚合制成，适用于耐磨、抗渗、耐腐蚀等混凝土工程。

1.2.3 按用途分类

按混凝土在工程中的用途不同可分为结构混凝土、水工混凝土、海洋混凝土、道路混凝土、防水混凝土、补偿收缩混凝土、装饰混凝土、耐热混凝土、耐酸混凝土、防辐射混凝土等。

1.2.4 按强度等级分类

按混凝土的抗压强度可分为低强混凝土、中强混凝土、高强混凝土及超高强混凝土等。

1.2.5 按施工工艺分类

根据混凝土施工工艺的不同又可分为两大类：一类是现浇混凝土，通过在现场组装模板，然后进行混凝土的浇筑。另一类是预制混凝土，指混凝土梁、板、柱等构件在工厂浇筑生产，然后运至工程现场组装。

1.2.6 按混凝土性能分类

按混凝土的性能分类有早强混凝土、补偿收缩混凝土、高强混凝土、高性能混凝土等。

1.2.7 按配筋方式分类

按混凝土配筋方式分类有素混凝土、钢筋混凝土、预应力混凝土、纤维增强混凝土等。

1.2.8 混凝土的特点

混凝土材料之所以能够得到不断发展，主要是因为它具有一系列的优良性能和特点。

1. 混凝土的优点

(1) 原材料来源丰富。混凝土中约 70% 以上的材料是砂石料，属地方性材料，可就地取材，避免远距离运输，因而价格低廉。

(2) 施工方便。混凝土拌合物具有良好的流动性和可塑性，可根据工程需要浇筑成各种形状和尺寸的构件及构筑物，既可现场浇筑成型，也可预制。

(3) 性能可根据需要设计调整。通过调整各组成材料的品种和数量，特别是掺入不同外加剂和掺合料，可获得不同施工和易性、强度、耐久性或具有特殊性能的混凝土，满足工程上的不同要求。

(4) 抗压强度高。混凝土的抗压强度一般在 7.5~60MPa。当掺入高效减水剂和掺合料时，强度可达 100MPa 以上。而且，混凝土与钢筋具有良好的匹配性，浇筑成钢筋混凝土后，可以有效地改善抗拉强度低的缺陷，使混凝土能够应用于各种结构部位。

(5) 耐久性好。木材容易腐朽，钢材容易生锈，而混凝土在自然环境下使用的耐久性要比木材和钢材优越得多。原材料选择正确、配比合理、施工养护良好的混凝土具有优异的抗渗性、抗冻性和耐腐蚀性能，且对钢筋有保护作用，可保持混凝土结构长期使用性能稳定。

(6) 耐火性好。作为建筑材料，混凝土比木材、塑料、钢材等具有更好的耐火性能，高温下仍然可以保持一定的强度。

(7) 与其他材料的复合能力强。作为基材，混凝土可以与钢筋、纤维、聚合物等复合，制成钢筋混凝土、纤维增强混凝土、聚合物混凝土等，融合钢筋、纤维和聚合物的优点，弥补混凝土的脆性大的弱点，提高混凝土的抗裂性，并且可利用混凝土的碱性特点弥补钢筋和钢纤维生锈的问题。

(8) 有利于工业利废。混凝土行业可以有效地消纳工业废渣，如粉煤灰、矿渣、尾矿粉等，减轻工业废渣对环境的污染。

2. 混凝土的缺点

混凝土材料也有其缺点，限制了它的使用范围。其主要有如下几点：

(1) 自重大。1m³ 混凝土重约 2400kg，故结构物自重较大，导致地基处理费用增加。

(2) 混凝土的脆性大，抗拉强度低，抗裂性差。混凝土的抗拉强度一般只有抗压强度的 1/10~1/20，易开裂。

(3) 收缩变形大。水泥水化凝结硬化引起的自身收缩和干燥收缩达 $500 \times 10^{-6} \text{ m/m}$ 以上，易产生混凝土收缩裂缝。

(4) 混凝土保温隔热性差，导热系数约为 1.4W/(m·K)，约为黏土砖的 2 倍。

(5) 混凝土受力破坏呈现明显的脆性，抗冲击能力较差，不适合高层有抗震性能要求的结构物。

混凝土的上述问题，可以通过合理的设计、适当的选材以及严格的质量管理控制来加以弥补。而近年来各种新型、特种混凝土的出现正逐渐完善混凝土的性能，扩大混凝土使用范围。

1.3 混凝土的发展趋势

《混凝土与水泥制品行业“十三五”发展规划》提出预拌混凝土领域的发展重点是：推广应用高性能混凝土，包括推广应用高强高性能混凝土和普通强度混凝土的高性能化；通过技术手段，积极推进消纳固废，减少自然资源的开发和利用，保护环境，使混凝土产业成为“资源的再生器”。故今后混凝土材料技术将主要沿着高强、高性能、轻质、复合、经济耐久及环保等方向发展。

1.3.1 高强、高性能、绿色化

1. 向高强度发展

随着市场经济快速发展，在建筑工程领域，越来越重视高强混凝土的应用。高强混凝土具有强度高、变形小并且耐久性好等特点。高强混凝土通过优质的原材料配比和高质量的施工管理，比普通混凝土更加适用于现代化发展的需要。

在国外，高强混凝土的应用较早，施工技术也比较成熟。美国的高强混凝土建筑相对其他国家应用得更早，尤其是在芝加哥，20世纪70年代前后兴建起大量高层建筑，大部分是以高强混凝土作为结构受力材料，加拿大多伦多市56层大楼也用了高强混凝土。日本在20世纪40年代就已经实现了混凝土强度等级达到100MPa的突破，但由于日本特殊的抗震和延性要求，规定所使用的混凝土强度等级不宜超过60MPa。在法国的Catenom核电站，使用了2000根高强钢筋混凝土预应力梁，抗压强度达到了250MPa。马来西亚的吉隆坡石油大厦采用了高强混凝土建筑结构，使其成为当时世界上第二高的建筑物。在德国的混凝土结构设计规范中，混凝土的强度等级达到了C110，是当前世界范围内强度等级最高的。挪威仅次于德国，其规范中的混凝土最高强度设计等级为C105。

目前我国高强混凝土的应用越来越广泛，尤其是在超高层建筑中。我国最早应用高强混凝土的建筑为1977年建成的毛主席纪念堂，其全部混凝土构件均采用60MPa的高强混凝土。近年来由于我国对高强混凝土的研究逐渐深入，对高效减水剂的研发和生产不断扩大，促进了高强混凝土在实际工程中的应用。然而在我国，高强混凝土的应用主要集中在发达城市的高层建筑、大跨桥梁和海上建筑中，其中最高强度等级在实际工程中达到了C130。

2. 向高性能发展

高性能混凝土（HPC）是一种新型的高技术混凝土，是在大幅度提高常规混凝土性能的基础上，采用现代混凝土技术，选用优质原材料，在妥善的质量控制下制成的。除采用优质水泥、水和骨料以外，必须采用低水胶比和掺加足够数量的矿物细掺合料与高效外加剂。

随着现代化进程的加快，我国的建设规模日益扩大，如何保证建筑工程安全长久受