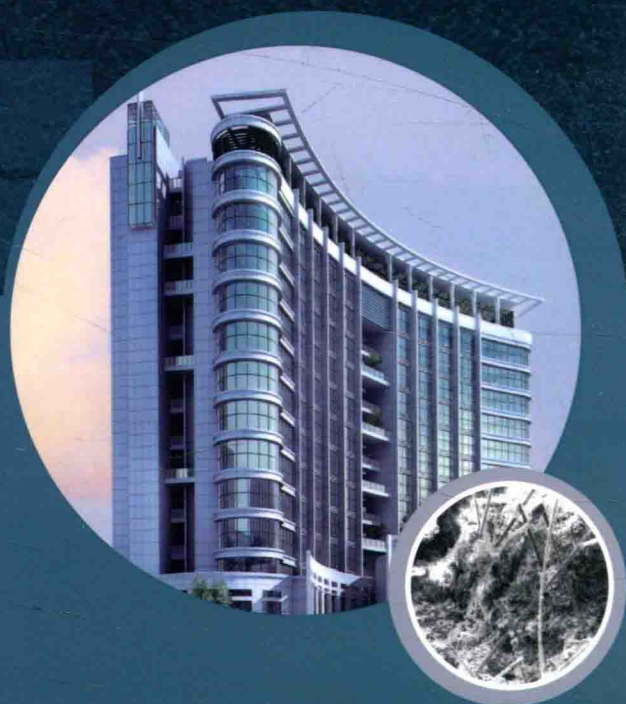


绿色混凝土施工 与质量控制 要点·实例

田洪臣 李勇 李海豹 编著
李继业 主审



化学工业出版社

绿色混凝土施工 与质量控制 要点·实例

田洪臣 李 勇 李海豹 编著
李继业 主审

LUSE HUNNINGTU
SHIGONG
YU ZHILIANG
KONGZHI
YAODIAN SHILI



化学工业出版社

· 北京 ·

本书针对读者需求,按照国家最新绿色混凝土规范及标准要求,以丰富的绿色混凝土实例和最新现场施工技术汇编而成,不仅着重介绍了绿色混凝土结构工程的材料组成、规格要求、配制方法、施工工艺、质量要求、验收标准和检验方法等,而且介绍了绿色混凝土在施工中存在的质量问题和防治措施。本书还给出了大量绿色混凝土工程施工的生动案例,使施工一线人员一看就明白。本书由具有多年工程实践经验的技术人员编写,贴近工程实际,使施工人员很容易理解。

本书具有实用性强、技术先进、使用方便等特点,不仅可以作为建筑、水利、公路、铁路、港口、矿业等行业施工一线人员和技术人员的技术参考书,也可以作为高校及高职高专院校相关专业在校大、中专师生的参考辅导用书。

图书在版编目(CIP)数据

绿色混凝土施工与质量控制要点·实例/田洪臣,李勇,李海豹编著. —北京:化学工业出版社,2016.1
ISBN 978-7-122-25724-6

I. ①绿… II. ①田…②李…③李… III. ①混凝土-施工-无污染技术②混凝土施工-质量控制 IV. ①TU755

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第282274号

责任编辑:朱彤
责任校对:边涛

文字编辑:王琪
装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 装:三河市延风印装有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张13 $\frac{3}{4}$ 字数360千字 2016年1月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:59.00元

版权所有 违者必究

混凝土是在工业与民用工程中应用最广泛的建筑材料之一，具有材料来源广泛、结构性能很好、抗压强度较高、防水性能优良和适合工业化生产等优点。混凝土经过一百多年的发展，已经从一种简单的结构材料转变成为一种富有“诗意”的建筑材料，从一种单一性能的材料发展成为一种多功能材料，从一种低技术含量的材料发展成为一种高技术含量的材料，为人类的幸福和文明做出了巨大贡献。

随着社会经济的高速发展，伴随着混凝土制备和使用过程中因对资源过度开发、能源大量消耗以及造成的环境污染和生态破坏，迫切需要研制和使用具有可持续发展的绿色混凝土材料，以缓解和消除普通混凝土对人类自身的生存环境所构成的严重障碍和威胁。

当前绿色混凝土的研究取得了长足进展，国内外的科研成果层出不穷，工程应用的领域和范围不断扩大。社会发展充分证明：21世纪以后的更长时期，混凝土仍是现代建筑的主要建筑材料。随着现代建筑对功能的更广泛要求，对绿色混凝土施工也提出了一系列更高、更新的要求。

本书根据国家最新颁布的《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2002) (2011年版)、《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2001)、《建筑工程绿色施工评价标准》(GB 50640—2010)、《混凝土质量控制标准》(GB 50164—2011)、《混凝土结构工程施工规范》(GB 50666—2011)、《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007/XG1—2009)、《混凝土外加剂应用技术规范》(GB 50119—2013)、《建设用砂》(GB/T 14684—2011)和其他有关最新标准、规程等编写而成，使混凝土具体施工人员不仅详细了解混凝土结构工程的材料组成、规格要求、配制方法、施工工艺、质量要求、验收标准和检验方法等，而且了解混凝土在施工中存在的质量问题和防治措施。另外，还介绍了在建筑工程中最常用的几种新型混凝土。

本书参考有关施工企业的施工经验，突出理论与实践结合、实用与实效并重、文字与图表并茂，内容先进、全面、简洁、实用，完全满足生产第一线技术人员工作中的实际需要，是一本实用性很强的技术工具参考书。

本书由田洪臣、李勇、李海豹担任主编，康梅林、张金才、王增奇参加了编写。田洪臣负责全书的统稿。具体分工如下：田洪臣撰写第一章、第七章；李勇撰写第二章；康梅林撰写第三章；李海豹撰写第四章；

张金才撰写第五章；王增奇撰写第六章。

本书由李继业教授担任主审，他对全书的结构和内容都提出了很多宝贵的修改意见，在此表示衷心感谢。本书在编写过程中，得到有关单位的大力支持，在此也表示衷心感谢！

由于编者水平所限，疏漏之处在所难免，敬请有关专家、学者和广大读者给予批评指正。

编著者
2015年12月

第一章 绿色混凝土概述

1

第一节 绿色混凝土的组成材料	1
一、绿色混凝土优点	1
二、绿色混凝土的组成材料	2
第二节 绿色混凝土的发展趋势	6
一、绿色建筑材料快速发展	7
二、混凝土的发展趋势	9
第三节 绿色混凝土的基本特性	10
一、混凝土的绿色化	10
二、绿色混凝土的评价体系	15
第四节 绿色混凝土的优越性	17

第二章 再生骨料混凝土

19

第一节 混凝土废弃物循环利用	19
一、建筑废弃物的现状和综合利用	19
二、建筑固体废物循环利用可行性	21
三、废弃混凝土材料完全循环再利用	22
第二节 再生骨料及其制备技术	24
第三节 再生混凝土性能及配合比设计	28
一、再生骨料混凝土的性能	28
二、再生混凝土粉用于建筑砂浆	31
三、再生骨料混凝土配合比设计	34
第四节 再生混凝土的环境评价	37
一、再生混凝土的组成及 LCA 参数确定	37
二、再生骨料混凝土的环境评价	40

第三章 环保型混凝土

42

第一节 低碱性混凝土	42
一、多孔混凝土	43
二、植被混凝土	45
三、护坡植被混凝土	47
第二节 透水性混凝土	49
一、透水混凝土的优点	50

二、透水混凝土的种类	51
三、透水混凝土砖的透水性能	51
四、透水混凝土的施工方法	55
五、透水混凝土配合比设计	55
第三节 光催化混凝土	56
一、光催化 NO_x 的原理	57
二、净化性能计算及试验装置	60
三、光催化混凝土的制备	60
四、光催化混凝土的工程应用	61
五、光催化混凝土应用中存在的问题	62
第四节 生态净水混凝土	62
一、生态混凝土的净水机理	63
二、生态净水混凝土的透水性和耐酸性	65
三、生态净水混凝土的装置	66
四、生态净水混凝土的试验及应用	67
五、无砂大孔生态混凝土	70

第四章 高强度和高性能混凝土

72

第一节 高强度混凝土	72
一、高强混凝土的基本概念	72
二、普通高强度混凝土	74
三、普通高强粉煤灰混凝土	88
四、硅灰粉高强混凝土	97
五、高强混凝土的施工要点	101
第二节 高性能混凝土	102
一、绿色高性能混凝土的材料组成	102
二、高性能混凝土配合比设计	109
三、高性能混凝土参考配合比	116

第五章 机敏混凝土

118

第一节 混凝土的多功能化	118
一、自诊断智能混凝土	118
二、自调节机敏混凝土	122
三、自修复机敏混凝土	123
四、机敏混凝土的发展趋势	124
第二节 性能自感知混凝土	125
一、机敏混凝土的制备和电学性能的测定	126
二、机敏混凝土的力-阻效应	133

三、机敏混凝土的温-阻效应	137
四、机敏混凝土的赛贝克 (Seebeck) 效应	141
第三节 性能自调节混凝土	143
一、机敏混凝土的焦耳效应	143
二、内埋碳纤维水泥基材料的可调节混凝土结构	146
第四节 损伤自修复混凝土	149
一、混凝土损伤的自然愈合	149
二、电沉积修复混凝土裂缝	155

第六章 绿色混凝土施工工艺

159

第一节 绿色混凝土的生产工艺	159
一、现场混凝土的拌制	160
二、商品混凝土的质量控制措施	161
三、绿色混凝土的搅拌工艺	169
四、混凝土拌制的安全技术措施	171
第二节 绿色混凝土的浇筑方法	172
一、绿色混凝土浇筑的一般规定	172
二、混凝土泵送设备及管道	174
三、混凝土的运输与浇筑	180
第三节 绿色混凝土的养护工艺	183
一、混凝土的自然养护	183
二、太阳能养护	184
三、混凝土喷塑养护	185
四、商品混凝土的湿养护	185
第四节 绿色混凝土特殊期施工	190
一、混凝土冬期施工	190
二、夏期及雨期施工	195

第七章 绿色混凝土的质量控制

198

第一节 绿色混凝土原材料质量控制	198
一、混凝土原材料送检要求	198
二、混凝土施工缺陷及防治	200
第二节 绿色混凝土的施工过程控制	203
一、原材料的质量控制	203
二、混凝土配合比的质量控制	203
三、混凝土搅拌的质量控制	204
四、混凝土坍落度的质量控制	204
五、混凝土浇捣的质量控制	204

第三节 绿色混凝土验收的质量标准	204
一、现浇混凝土工程的质量验收标准	205
二、混凝土强度试件的质量要求	205
三、现浇结构工程的质量验收标准	207

第一章

绿色混凝土概述

自从混凝土应用于各种工程建设后，一直在现代建筑中占有极其重要的地位，在土木建筑工程领域发挥着其他材料无法替代的作用与功能。预计在今后相当长的时间内，水泥混凝土仍将是应用最广、用量最大的建筑材料。但同时混凝土的大量使用也带来了很多的负面影响，比如说环境问题等。因此混凝土能否长期作为最主要的建筑结构材料，其关键在于能否成为绿色材料，能否坚持可持续发展道路。由此看来，绿色建材已成为土木工程建设材料发展的方向。随着社会的进步、经济的发展，人们越来越关注资源可持续利用与环境保护的问题，混凝土材料的发展也面临同样的问题，绿色混凝土成为商品混凝土材料的主流势在必行。

第一节 绿色混凝土的组成材料

对绿色混凝土的概念目前学术界还没有统一的定义，一般来说，绿色混凝土具有比传统混凝土更高的强度和耐久性，可以实现非再生性资源的可循环使用和有害物质的最低排放，既能减少环境污染，又能与自然生态系统协调共生。1998年吴中伟院士首次提出“绿色高性能混凝土”的概念，其绿色含义可概括为：节约资源、能源；不破坏环境，更应有利于环境；可持续发展，保证人类后代能健康、幸福地生存下去。

早在1972年，在瑞典的斯德哥尔摩会议上与会代表们共同发表的《人类环境宣言》中就指出：“人类是环境的创造者，也是环境的改造者，环境不但提供给人类物质的需要，而且提供人类智慧、道德以及精神上成长的机会。人类必须与大自然协调一致，运用知识建立更好的环境。”绿色混凝土的诞生，完全符合可持续发展的六大原则，即：最小的资源消耗，最大的资源重复利用，使用再生资源，保护自然环境，创造健康、无毒的环境，追求建筑环境的质量。这就是绿色混凝土创新性突破和发展的意义之所在。

一、绿色混凝土优点

绿色混凝土材料在资源和能源的有效利用、减少环境负荷上具有很大的优势，是实现材料产业的可持续发展的一个重要发展方向。与普通混凝土相比，绿色混凝土显示了强大的生命

力和显著的优越性。

(1) 降低混凝土制造时的环境负荷。绿色混凝土大量使用工业废料(如粉煤灰、硅灰和高炉矿渣等)和再生利用固体废弃物(如建筑垃圾、下水道污泥等),既节约了资源,又降低了废弃物和 CO_2 的排放量。

(2) 降低混凝土使用时的环境负荷。大流动性免捣绿色高性能混凝土的使用,减少了环境噪声。超高性能、超长寿命混凝土材料的研制,可以有效降低材料的负荷/寿命比,从总体来看也是降低材料环境负担的一种有效途径。

目前研究较多的多孔混凝土,已应用到实际工程中,这种混凝土内含大量连续空隙、独立空隙或这两种混合的空隙。通过控制不同的空隙特性和不同的空隙量,可以赋予混凝土不同的性能,如良好的透水性、吸声性、散热性、吸附气体的性能。这种利用混凝土本身所具有的独特功能来降低周围环境负荷的方法已开发了许多新产品,如具有排水性铺装用制品,具有吸声性、能够吸收有害气体、具有调湿功能以及能储蓄热量的混凝土制品等。

(3) 保护生态,美化环境。绿色混凝土中的生态型混凝土指的是能与动植物和谐共生的混凝土。如生态混凝土是利用多孔混凝土的空隙部透水、透气,能够渗透植物所需营养,利用生长植物根系的特点来种植绿草、矮小灌木等植物,用于河川护堤的绿化和美化环境。海洋生物、淡水生物生态型混凝土是将多孔混凝土设置在河川、湖泊和海滨等水域,让陆生和水生小动物附着栖息在其凹凸不平的表面或连续空隙中,通过相互作用或共生作用,形成食物链,为海洋生物和淡水生物生长提供良好条件,保护生态环境。净化水质生态混凝土具有利用多孔混凝土外表面对各种微生物进行吸附,通过生物层的作用间接净化水质的特点,因此将其制成浮体结构或浮岛设置在富营养化的湖泽内,可以净化水质,使草类、藻类生长更加繁茂,从而保护生态环境。

(4) 提高居住环境的舒适和安全性。绿色混凝土中的机敏混凝土融混凝土材料的多种功能与结构性能于一体。利用其电热效应对居住环境进行恒温控制;利用其独特的自感知、自调节和自修复功能可有效地对建筑结构进行健康监测、智能控制和修复,提高结构的安全性和使用寿命。

二、绿色混凝土的组成材料

绿色混凝土是由胶黏料、粗细骨料、外加剂、掺和料和水,按照一定比例配合并搅拌均匀而制成的胶凝性建筑材料。绿色混凝土的胶黏料通常是绿色水泥,也包括活性掺和料。对绿色混凝土组成材料的要求,也就是对胶黏料、粗细骨料、外加剂、掺和料和水的质量要求。

(一) 绿色水泥

水泥作为建筑工程中应用范围最大、使用量最大的胶凝材料,自1824年诞生以来,为人类社会进步和经济发展做出了巨大贡献。在住宅建筑、市政、桥梁、道路、港口、铁路、水利、军事、地下和海洋等工程领域,都发挥着其他材料所无法替代的作用和功能,成为现代社会文明的标志和坚强基石。

1990年,美国国家标准与技术研究院和美国混凝土协会(ACI)首次正式提出高性能混凝土概念,而要获得高性能混凝土的关键必须要有高性能的水泥,这种水泥就是新一代水泥——绿色水泥。从水泥与混凝土的角度,其绿色应含有以下内容:提高水泥的强度和性能,最大限度地节约水泥用量,以减少水泥生产时的资源、能源消耗和对环境的污染;加速水泥生产的科技进步,提高生产效率,减少生产能耗和污染;尽可能多地利用低品位原、燃料和各种

工业副产品及废弃物质,节约资源、节约水泥,治理和保护环境,改善混凝土耐久性,发展和扩大可循环利用率。

据测算,水泥生产过程排放的温室气体,占人类造成的温室气体总排放量的5%~8%,所以根据绿色混凝土对水泥的要求,在不同场合应注重对水泥的选择,以减少水泥的生产和使用对环境的不良影响。水泥的品种和成分不同,其凝结时间、早期强度、水化热和吸水性等性能也不相同,应按照适用范围选用水泥。

水泥分类方法很多,一般按化学成分不同,可分为硅酸盐水泥、铝酸盐水泥、硫铝酸盐水泥、氟铝酸盐水泥等,我国水泥产量90%属于硅酸盐水泥;按水泥用途不同,可分为通用水泥、专用水泥和特种水泥。

通用硅酸盐水泥是各类工程中应用最广泛的一种水硬性胶凝材料,各国对这种水泥的生产 and 性能要求都非常重视。根据国家标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007/XG1—2009)中的规定,以硅酸盐水泥熟料和适量的石膏及规定的混合材料制成的水硬性胶凝材料,称为通用硅酸盐水泥。通用硅酸盐水泥主要包括硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥。

通用硅酸盐水泥的各品种的组分和代号应符合表1-1的规定,通用硅酸盐水泥的技术性能应符合表1-2的规定。

表 1-1 通用硅酸盐水泥的各品种的组分和代号

水泥品种	代号	组分(质量分数)/%				
		熟料+石膏	粒化高炉矿渣	火山灰质混合材料	粉煤灰	石灰石
硅酸盐水泥	P·I	100	—	—	—	—
	P·II	≥95	5	—	—	—
		≥95	—	—	—	≤5
普通硅酸盐水泥	P·O	≥80且<95	>5且≤20			
矿渣硅酸盐水泥	P·S·A	≥50且<80	>20且≤50	—	—	—
	P·S·B	≥30且<50	>50且≤70	—	—	—
火山灰质硅酸盐水泥	P·P	≥60且<80	—	>20且≤40	—	—
粉煤灰硅酸盐水泥	P·F	≥60且<80	—	—	>20且≤40	—
复合硅酸盐水泥	P·C	≥50且<80	>20且≤50			

表 1-2 通用硅酸盐水泥的技术性能

	水泥品种	代号	质量分数/%				
			不溶物	烧失量	三氧化硫	氧化镁	氯离子
化学指标	硅酸盐水泥	P·I	≤0.75	≤3.0	≤3.5	≤5.0 ^①	≤0.06 ^③
		P·II	≤1.50	≤3.0			
	普通硅酸盐水泥	P·O	—	≤5.0			
	矿渣硅酸盐水泥	P·S·A	—	—	≤4.0	≤6.0 ^②	
		P·S·B	—	—		—	
	火山灰质硅酸盐水泥	P·P	—	—	≤3.5	≤6.0 ^②	
	粉煤灰硅酸盐水泥	P·F	—	—			
复合硅酸盐水泥	P·C	—	—				
碱含量	水泥中碱含量按 Na ₂ O+0.658K ₂ O 计算值表示。若使用活性骨料,用户要求提供低碱水泥时,水泥中的碱含量应不大于 0.60%或由买卖双方协商确定						

续表

物理 指标	凝结时间	硅酸盐水泥初凝时间不小于45min,终凝时间不大于390min;普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥初凝时间不小于45min,终凝时间不大于600min					
	安定性	沸煮法合格					
	强度	水泥品种	强度等级	抗压强度/MPa		抗折强度/MPa	
				3d	28d	3d	28d
		硅酸盐水泥	42.5	17.0	42.5	3.5	6.5
			42.5R	22.0		4.0	
			52.5	23.0	52.5	4.0	7.0
			52.5R	27.0		5.0	
			62.5	28.0	62.5	5.0	8.0
			62.5R	32.0		5.5	
普通硅酸盐水泥		42.5	17.0	42.5	3.5	6.5	
		42.5R	22.0		4.0		
	52.5	23.0	52.5	4.0	7.0		
	52.5R	27.0		5.0			
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	32.5	10.0	32.5	2.5	5.5		
	32.5R	15.0		3.5			
	42.5	15.0	42.5	3.5	6.5		
	42.5R	19.0		4.0			
	52.5	21.0	52.5	4.0	7.0		
	52.5R	23.0		4.5			
细度(选择性指标)	硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥以比表面积表示,不小于300m ² /kg;矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥以筛余量表示,80μm方孔筛的筛余量不大于10%或45μm方孔筛的筛余量不大于30%						

① 如果水泥压蒸的试验合格,则水泥中氧化镁的含量(质量分数)允许放宽至6.0%。

② 如果水泥中氧化镁的含量(质量分数)大于6.0%时,需进行水泥压蒸安定性试验并合格。

③ 当有更低要求时,该指标由买卖双方协商确定。

(二) 混凝土外加剂

在混凝土拌制过程中掺入的,用以改善混凝土性能,在一般情况下掺量不超过水泥质量5%的材料,称为混凝土的外加剂。混凝土外加剂的应用是混凝土技术的重大突破,外加剂的掺量虽然很小,却能显著地改善混凝土的某些性能。

混凝土外加剂的种类很多,在混凝土工程施工中,可根据设计要求和施工条件,选用相应的外加剂,以满足混凝土工程施工质量和使用功能的需要。按主要功能分为四类:①改善混凝土拌和物和易性能的外加剂,包括各种减水剂、引气剂和泵送剂等;②调节混凝土凝结时间、硬化性能的外加剂,包括缓凝剂、早强剂和速凝剂等;③改善混凝土耐久性的外加剂,包括引气剂、防水剂和阻锈剂等;④改善混凝土其他性能的外加剂,包括加气剂、膨胀剂、防冻剂、着色剂、防水剂和泵送剂等。

在一般情况下,常用的混凝土外加剂有减水剂、早强剂、缓凝剂、引气剂、膨胀剂、速凝剂、防水剂、防冻剂等。

用于绿色混凝土中的外加剂,其技术性能必须符合现行国家标准《混凝土外加剂中释放氨的限量》(GB 18588—2001)、《混凝土外加剂应用技术规范》(GB 50119—2013)和《混凝土外加剂》(GB 8076—2008)中的规定。

(三) 混凝土骨料质量控制

1. 粗骨料的质量要求

(1) 粗骨料应符合国家标准《建设用卵石、碎石》(GB/T 14685—2011)和行业标准《普

通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》(JGJ 52—2006)中的规定。

(2) 粗骨料质量主要控制项目包括针片状含量、含泥量、压碎指标和坚固性,用于高强混凝土的粗骨料质量主要控制指标还应包括岩石抗压强度。

(3) 在粗骨料应用方面应符合以下规定。

① 配制混凝土的粗骨料宜采用连续级配。

② 对于混凝土结构,粗骨料最大公称粒径不得大于构件截面最小尺寸的 $1/4$,且不得大于钢筋最小净间距的 $3/4$;对于混凝土实心板,粗骨料最大公称粒径不宜大于板厚的 $1/3$,且不得大于 40mm ;对于大体积混凝土,粗骨料最大公称粒径不宜小于 31.5mm 。

③ 对于有抗渗、抗冻、抗腐蚀、耐磨或其他特殊要求的混凝土,粗骨料中的含泥量和泥块含量,分别不应大于 1.0% 和 0.5% ;坚固性检验的质量损失不应大于 8% 。

④ 对于高强混凝土,粗骨料的岩石抗压强度应至少比混凝土设计强度高 30% ,最大公称粒径不宜大于 25mm ,针片状颗粒含量不宜大于 5% 且不应大于 8% ,含泥量和泥块含量分别不应大于 0.5% 和 0.2% 。

⑤ 对于粗骨料或用于制作粗骨料的岩石,应进行碱活性检验,包括碱-硅酸反应活性检验、碱-碳酸盐反应活性检验;对于有预防混凝土碱骨料反应要求的混凝土工程,不宜采用有碱活性的粗骨料。

2. 细骨料的质量要求

(1) 细骨料应符合国家标准《建设用砂》(GB/T 14684—2011)和行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》(JGJ 52—2006)中的规定;混凝土所采用的海砂,应符合现行的行业标准《海砂混凝土应用技术规范》(JGJ 206—2010)中的有关规定。

(2) 细骨料质量主要控制项目包括细度模数、含泥量、泥块含量、坚固性、氯离子含量和有害物质含量,“海砂”主要控制项目除应包括上述指标外,还应包括贝壳含量;人工砂子主要控制项目除应包括上述指标外,还应包括石粉含量和压碎指标,主要控制项目可不包括氯离子含量和有害物质含量。

(3) 在细骨料应用方面应符合以下规定。

① 泵送混凝土宜采用中砂,且 $300\mu\text{m}$ 筛孔的颗粒通过量不宜少于 15% 。

② 对于有抗渗、抗冻或其他特殊要求的混凝土,细骨料中的含泥量和泥块含量,分别不应大于 3.0% 和 1.0% ;坚固性检验的质量损失不应大于 8% 。

③ 对于高强混凝土,砂的细度模数宜控制在 $2.6\sim 3.0$ 范围之内,含泥量和泥块含量分别不应大于 2.0% 和 0.5% 。

④ 钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土用砂的氯离子含量,分别不应大于 0.06% 和 0.02% 。

⑤ 混凝土所采用的海砂,必须经过净化处理。

⑥ 混凝土所采用的海砂,氯离子含量不应大于 0.03% ,贝壳含量应符合表 1-3 中的规定。“海砂”不得用于预应力钢筋混凝土。

表 1-3 混凝土用海砂贝壳含量

混凝土强度等级	$\geq\text{C60}$	$\geq\text{C40}$	C35~C30	C25~C15
贝壳含量(按质量计)/%	≤ 3	≤ 5	≤ 8	≤ 10

⑦ 人工砂中的石粉含量,应符合表 1-4 中的规定。

⑧ 不宜单独采用特细砂作为细骨料配制混凝土。

⑨ 河砂和海砂均应进行碱-硅酸反应活性检验,人工砂子应进行碱-硅酸反应活性检验、碱-碳酸盐反应活性检验;对于有预防混凝土碱骨料反应要求的混凝土工程,不宜采用有碱活

性的细骨料。

表 1-4 人工砂中的石粉含量

混凝土强度等级		≥C60	C55~C30	≤C25
石粉含量/%	MB<1.4	≤5.0	≤7.0	≤10.0
	MB≥1.4	≤2.0	≤3.0	≤5.0

(四) 掺和料质量控制

(1) 用于混凝土中的矿物掺和料可包括粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰、钢渣粉、磷渣粉,可采用两种或两种以上的矿物掺和材料按照一定比例混合使用。粉煤灰,应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》(GB/T 1596—2005)的有关规定;粒化高炉矿渣粉,应当符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》(GB/T 18046—2008)的有关规定;钢渣粉,应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》(GB/T 20491—2006)的有关规定;其他矿物掺和料,应符合现行国家标准的规定并满足混凝土性能要求;矿物掺和料的放射性,应符合现行国家标准《建筑材料放射性核素限量》(GB 6566—2010)中的有关规定。

(2) 粉煤灰的主要控制项目应包括细度、需水量比、烧失量和三氧化硫含量,C类粉煤灰的主要控制项目还应包括游离氧化钙含量和安定性;粒化高炉矿渣粉的主要控制项目应包括比表面积、活性指数和流动度比;钢渣粉的主要控制项目应包括比表面积、活性指数、流动度比、游离氧化钙含量、三氧化硫含量、氧化镁和安定性;磷渣粉的主要控制项目应包括细度、活性指数、流动度比、五氧化二磷和安定性;“硅灰”的主要控制项目应包括比表面积和二氧化硅含量。矿物掺和料的主要控制项目应包括放射性。

(3) 在矿物掺和料应用方面应符合以下规定。

- ① 掺用矿物掺和料的混凝土,宜采用硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥。
- ② 在混凝土中掺用矿物掺和料时,矿物掺和料的种类和掺量应经试验确定。
- ③ 在配制混凝土时,矿物掺和料与高效减水剂应同时使用。
- ④ 对于高强混凝土或有抗渗、抗冻、抗腐蚀、耐磨或其他特殊要求的混凝土,不宜采用低于Ⅱ级的粉煤灰。
- ⑤ 对于高强混凝土和耐腐蚀要求的混凝土,当需要采用“硅灰”时,宜采用二氧化硅含量不小于90%的“硅灰”。

(五) 混凝土用水质量控制

(1) 混凝土用水应符合现行的行业标准《混凝土用水标准》(JGJ 63—2006)中的有关规定。

(2) 混凝土用水主要控制项目包括 pH 值、不溶物含量、可溶物含量、硫酸根离子含量、氯离子含量、水泥凝结时间差和水泥“胶砂”强度比,当混凝土骨料为碱活性时,主要控制项目还应包括碱含量。

(3) 混凝土用水应符合以下规定。

- ① 未经处理的海水严禁用于钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土。
- ② 当混凝土骨料为碱活性时,混凝土用水不得采用混凝土企业生产设备洗刷水。

第二节 绿色混凝土的发展趋势

随着人口爆炸、生产进步和城市化的快速发展,地球承受的负担剧增,以资源枯竭、环境破坏最为严重,人类生存受到威胁。1992年里约热内卢世界环境发展会议后,绿色事业受到

全世界各国的重视。绿色混凝土和其他绿色建材是土木工程建筑材料发展的方向。在提倡和发展绿色建材的基础上,一些国家已经建成了居住或办公用样板健康建筑,取得了良好的社会和经济效果,受到高度的评价和欢迎。绿色混凝土作为绿色建材的一个分支,自20世纪90年代以来,国内外科技工作者开展了广泛深入的研究。

一、绿色建筑材料快速发展

1992年,国际学术界明确提出绿色材料的定义:绿色材料是指在原料采取、产品制造、使用或者再循环以及废料处理等环节中对地球环境负荷为最小和有利于人类健康的材料,亦称之为“环境调和材料”。建材工业是国民经济非常重要的基础性产业。是天然资源和能源资源消耗最高、破坏土地资源最多、对大气污染最为严重的行业之一。

(一) 绿色建材的基本概念

绿色建材,又称为“健康建材”或“环保建材”,绿色建材不是指单独的建材产品,而是对建材“健康、环保、安全”品性的评价。它注重建材对人体健康和环保所造成的影响及安全防火性能。在国外,绿色建材早已在建筑、装饰施工中广泛应用,在国内它只作为一个概念刚开始为大众所认识。绿色建材是采用清洁生产技术,使用工业或城市固态废弃物生产的建筑材料,它具有消磁、消声、调光、调温、隔热、防火、抗静电的性能,是可以调节人体功能的特种新型功能建筑材料。

现代绿色建材是指具有优异的质量、使用性能和环境协调性的建筑材料。其性能必须符合或优于该产品的国家标准;在其生产过程中必须全部采用符合国家规定允许使用的原、燃材料,并尽量少用天然原、燃材料,同时排出的废气、废液、废渣、烟尘、粉尘等的数量、成分达到或严于国家允许的排放标准;在其使用过程中达到或优于国家规定的无毒、无害标准,并在组合成建筑部品时不会引发污染和安全隐患;其使用后的废弃物对人体、大气、水质、土壤等造成较小的污染,并能在一定程度上可再资源化和重复使用。现代绿色建筑材料种类和数量很多,像现代绿色混凝土材料,混凝土是现代建筑的主要建筑用材,所以发展绿色混凝土材料对于绿色建筑至关重要。

——改革开放以来,随着我国经济、社会的快速发展和生活水平日益提高,人们对住宅的质量与环保要求越来越高,使绿色建材的研究、开发及使用愈来愈深入和广泛。建筑与装饰材料的“绿色化”是人类对建筑材料这一古老的领域的新要求,也是建筑材料可持续发展的必由之路。我国“绿色建材”的发展虽然取得了一些成果,但仍处于初级阶段,今后要继续朝着节约资源、节省能源、健康、安全、环保的方向发展,开发越来越多的、物美价廉的绿色建材产品,提高人类居住环境的质量,保证我国社会的可持续发展。

(二) 绿色建材市场空间巨大

建材工业是国民经济中非常重要的基础产业,又是天然资源消耗最多、破坏土地最多、对大气污染最为严重的行业之一。而我国资源极其紧缺,环境基础脆弱,为实施可持续发展战略,开发和利用绿色建材尤为重要,说明发展绿色建材的市场空间是巨大的。绿色建材采用清洁卫生生产技术,少用天然资源和能源,大量采用工业或城市固态废弃物生产的无毒害、无污染、无放射性、有利于环保和人体健康的建筑材料。

在城镇化推进过程中,我国环境问题日益凸显,“环保”成为“新型城镇化”建设关注的热点。目前,我国建筑能耗占全社会能耗30%左右,加上建筑材料的生产能耗13%,建筑总能耗超过全社会总能耗40%,庞大的建筑能耗成为城镇化建设巨大的负担,推行绿色建材势在必行。中信建投经济咨询发布的《2013—2015中国建材行业节能减排投资分析及趋势预测

报告》中指出,我国绿色建材市场整体发展水平较差,绿色建材市场还未形成生产、销售、服务的“一条龙”配套市场体系,绿色建材产品在整个建材市场中所占的比重很小。目前,我国绿色建材的推进主要存在以下问题:一是缺乏相应的强制性法律条款的明确约束;二是在建筑节能领域,缺少统一规范的具有可操作性的具体实施办法;三是缺乏有效的行政监管体系;四是缺少对于相关节能建材产业的政策扶持。

2013年国务院转发《绿色建筑行动方案》,该方案对“十二五”期间新建建筑及既有建筑的绿色行动提出了具体的量化指标。2014年,工信部原材料司同住建部建筑节能与科技司已经完成了《绿色建材发展行动计划》的起草和意见征求,待工信部签署后即将印发出台。《绿色建材发展行动计划》将对到2020年绿色建材的应用比重、绿色建材产值占整个建材工业产值的比重、单位增加值的能耗、碳氧化物的排放总量等提出明确的数字要求。

除出台新政外,工信部将制定首批推广的绿色建材产品技术要求,包括节能玻璃、家具门窗、陶瓷薄砖、地板建材、高性能混凝土、绿色化学建材、绿色墙体材料、外墙保温材料、节水洁具、砂浆混凝土等。开展绿色评价工作、发布绿色建材产品目录也将是今后的工作重点。2014年住建部、工信部发布的《绿色建材评价标识管理办法》中明确规定,绿色建材评价标识由低至高分为一星级、二星级和三星级3个等级,有效期为3年,不得转让、伪造或假冒。出现影响环境的恶性事件和重大质量事故等情况的企业,标识将被撤销,两年内不得再次申请。

绿色建材是健康型、环保型、安全型的建筑材料,不仅能够维护人体健康,而且还能有效地保护环境。随着人们自我保护意识的提高,全民环保意识的逐渐增强,以及对于传统建筑材料中有害物质的认识和对绿色建材认知度的逐渐提高,绿色建材的需求量将不断增长,其需求范围也在不断地扩大,由此可见绿色建材市场空间巨大、前景良好。

(三) 新技术和新工艺为绿色建材发展提供条件

近些年来,随着国家节能减排的要求,建材行业结构不断进行调整,建材生产过程中落后的技术和工艺逐渐被取消淘汰,创新的、先进的、节能的技术和工艺所占的比例不断增大。目前,我国新型干法水泥生产技术在预分解窑节能煅烧工艺、大型原材料均化、节能粉磨、自动控制、余热回收和环境保护等方面,从设计到装备制造都已基本达到世界先进水平。固体废弃物利用、原燃料取代、余热发电等技术工艺,在节能减排、降耗方面都做出巨大贡献。

随着我国对于绿色建材的不断关注与深入研究,越来越先进的新技术、新工艺将会开发出来,这些都将为绿色建材的发展提供良好的条件。

(四) 绿色建材应用领域将会不断扩展

20世纪90年代,我国开始关注并研究绿色建材,与发达国家相比,虽然起步较晚,但是受到高度和广泛的关注,我国绿色建材产品的研发工作发展迅速,各行业不断推陈出新,开发出各种绿色建材新产品,如高性能水泥、生态水泥等绿色水泥;绿色高性能混凝土、再生骨料混凝土、环保型混凝土及机敏型混凝土等绿色混凝土;吸热玻璃、热发射玻璃、中空玻璃、真空玻璃等节能玻璃;大量利用工业废渣或建筑垃圾代替部分或全部天然资源的新型墙体材料;可以代替天然木材的塑木复合材料;还有能降解室内有害物质、抗菌净化空气的新型建筑涂料等。这些新型绿色建材产品的研发和应用,使绿色建材在各工程领域不断拓展,开始从工程使用逐步进入到我们的日常生活,开始从传统的建筑装饰材料延伸到墙体、灯饰、家电等新的领域。

随着人们生活水平的不断提高,自我保护意识的增强以及科学技术的发展,绿色建材以其优良的生态性能而受到人们的关注与青睐,许多国家正在积极开发和推广使用绿色建材,可以