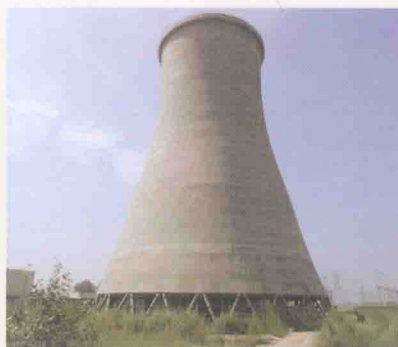


混凝土新技术丛书

绿色

李秋义 高 嵩 薛 山 著

混凝土技术



中国建材工业出版社

绿色混凝土技术

李秋义 高嵩 薛山 著

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

绿色混凝土技术 / 李秋义, 高嵩, 薛山著. —北京:
中国建材工业出版社, 2014. 9
(混凝土新技术丛书)
ISBN 978-7-5160-0918-5

I. ①绿… II. ①李… ②高… ③薛… III. ①混凝土
—无污染技术 IV. ①TU528

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 167256 号

绿色混凝土技术

李秋义 高嵩 薛山 著

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 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: 710mm × 1000mm 1/16

印 张: 15.5

字 数: 300 千字

版 次: 2014 年 9 月第 1 版

印 次: 2014 年 9 月第 1 次

定 价: 65.00 元



本社网址: www.jcbs.com.cn 公众微信号: zgjcgychs

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 88386906

前 言

随着全球人口快速增长和经济的高速发展,地球承受的负担剧增,资源枯竭和环境严重破坏威胁着人类社会的可持续发展。混凝土作为用量最大的人工合成材料,每年不仅消耗大量的矿产资源和能源,同时还排放大量的二氧化碳。混凝土能否长期作为最重要的建筑结构材料,关键在于能否成为低资源消耗、环境友好、高耐久性和可循环利用的绿色材料。我国目前每年生产水泥已超过 24 亿吨,消耗原材料超过 30 亿吨,排放的二氧化碳约 16 亿吨,可用于生产混凝土 80 亿立方米,需要消耗砂石骨料约 140 亿吨。可见混凝土的绿色化对于社会、经济的可持续发展和环境保护具有重要意义。

本书所述绿色混凝土是指生产时资源和能源消耗低,使用时环境相容性好、高性能和长寿命,解体后可再生利用的一系列混凝土的统称。本书的主要内容包括:大掺量矿物掺合料混凝土、海洋环境混凝土、高性能自密实混凝土、再生混凝土、透水生态混凝土以及环境修复型海工生态混凝土等。

本书有关内容获得国家“十一五”科技支撑计划课题“建筑垃圾再生产品的研制开发”(2006BAJ02B05)、国家“十五”科技攻关项目子课题“再生集料及其配制新混凝土的研究”(2004BA809B0305)、国家自然科学基金“再生骨料品质控制及再生混凝土配合比设计理论研究”(51378270)、海洋公益性科研专项基金资助项目(201005007)、国家“十二五”科技支撑计划课题“固体废弃物本地化再生建材利用成套技术”(2011BAJ04B05)、山东省高校优秀科研创新团队计划、山东省“蓝色经济区工程建设与安全协同创新中心”项目以及校企合作项目等的资助。书中的部分相关内容源于本人指导的研究生的学位论文,他们是王坤、刘建敏、岳公冰、朱亚光、李云霞、张健、秦原和汲博生等,对他们付出的辛勤劳动表示衷心地感谢!

李秋义

2014 年 7 月 10 日于青岛



中国建材工业出版社
China Building Materials Press

我们提供

图书出版、图书广告宣传、企业/个人定向出版、设计业务、企业内刊等外包、
代选代购图书、团体用书、会议、培训，其他深度合作等优质高效服务。

编辑部
010-68365565

宣传推广
010-68361706

出版咨询
010-68343948

图书销售
010-88386906

设计业务
010-68343948

邮箱：jccbs-zbs@163.com

网址：www.jccbs.com.cn

发展出版传媒 服务经济建设

传播科技进步 满足社会需求

(版权专有，盗版必究。未经出版者预先书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。举报电话：010-68343948)

目 录

第1章 绪论	1
1.1 绿色建材的定义及其评价方法	1
1.1.1 定义与特征	1
1.1.2 绿色建材的评价方法	2
1.2 绿色混凝土的定义及其分类	3
1.2.1 绿色混凝土的定义	3
1.2.2 混凝土绿色度的评价指标	4
1.2.3 绿色混凝土分类	5
1.2.4 绿色混凝土研究发展动向	6
1.3 本书的主要内容	7
1.3.1 大掺量矿物掺合料混凝土	7
1.3.2 海洋环境混凝土	8
1.3.3 自密实混凝土	8
1.3.4 再生混凝土	8
1.3.5 透水生态混凝土	9
第2章 用于绿色混凝土生产的固体废弃物	10
2.1 粉煤灰	10
2.1.1 粉煤灰的来源与组成	10
2.1.2 粉煤灰的化学活性	10
2.1.3 粉煤灰水泥基材料性能机理的研究现状	12
2.1.4 水泥和混凝土用粉煤灰的分类与技术指标	12
2.2 高炉矿渣	13
2.2.1 矿渣的来源与成分	13
2.2.2 矿渣粉组成、结构与活性	14
2.2.3 矿渣粉作为水泥混凝土掺合料的利用	15
2.2.4 用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉的技术指标	16
2.3 超细矿渣粉	17
2.3.1 超细矿渣粉的磨细与其改性	17

2.3.2	超细矿渣粉的制备	18
2.3.3	超细矿渣粉的水化反应	18
2.4	再生骨料制备技术	19
2.4.1	建筑垃圾	19
2.4.2	再生骨料制备技术	22
2.5	混凝土用再生粗骨料	25
2.5.1	颗粒整形强化对再生骨料性能的影响	25
2.5.2	再生粗骨料分类与规格	28
2.6	混凝土和砂浆用再生细骨料	29
2.6.1	颗粒整形强化对再生细骨料性能的影响	29
2.6.2	再生细骨料分类与规格	31
第3章	大掺量矿物掺合料混凝土	33
3.1	混凝土中胶凝材料使用情况	33
3.1.1	普通混凝土配合比设计原则	33
3.1.2	混凝土中矿物掺合料的主要作用	34
3.1.3	矿物掺合料应用存在的问题	36
3.2	粉煤灰混凝土	37
3.2.1	原材料和研究方案	37
3.2.2	粉煤灰对混凝土强度增长规律的影响	39
3.2.3	粉煤灰混凝土参考配合比	39
3.2.4	粉煤灰对混凝土早期抗裂性能的影响	42
3.2.5	粉煤灰对混凝土抗碳化性能的影响	43
3.3	矿粉混凝土	43
3.3.1	试验原料与研究方案	44
3.3.2	矿粉对混凝土强度增长规律的影响	45
3.3.3	矿粉混凝土参考配合比	46
3.3.4	矿粉对混凝土早期抗裂性能的影响	48
3.3.5	矿粉对混凝土抗碳化性能的影响	49
3.4	粉煤灰-矿粉复掺混凝土	50
3.4.1	粉煤灰-矿粉复掺混凝土研究方案	50
3.4.2	粉煤灰-矿粉复掺对混凝土强度的影响	50
3.4.3	粉煤灰-矿粉混凝土参考配合比	51
3.4.4	粉煤灰-矿粉混凝土抗氯离子渗透性能	54
3.5	超细矿粉混凝土	55

3.5.1	超细矿粉混凝土研究方案	55
3.5.2	超细矿粉混凝土的强度	56
3.5.3	矿物掺合料种类对混凝土抗碳化性能影响	57
3.5.4	超细矿粉混凝土早期开裂性能	58
3.5.5	混凝土开裂面积与强度的关系	59
第4章	海洋环境混凝土	61
4.1	海洋环境对钢筋混凝土的损伤作用	61
4.1.1	氯盐对钢筋混凝土造成的危害	61
4.1.2	硫酸盐对混凝土的侵蚀破坏机理	64
4.1.3	防止氯盐及硫酸盐侵蚀的措施	66
4.2	海洋环境作用等级的划分和海工混凝土制备原则	68
4.2.1	海洋腐蚀环境划分	68
4.2.2	海工混凝土设计、施工与检验	69
4.3	抗硫酸盐混凝土制备技术	74
4.3.1	抗硫酸盐侵蚀混凝土的技术路线	74
4.3.2	防腐剂研发	76
4.3.3	防腐剂配方优化及其对混凝土性能的影响	81
4.4	大掺量矿物掺合料海工混凝土制备技术	87
4.4.1	海工混凝土配制技术	87
4.4.2	海工混凝土的性能	88
4.5	海工混凝土的应用	91
4.5.1	海水冷却塔的国内外研究现状	91
4.5.2	工程条件分析	94
4.5.3	海水冷却塔的环境类别和作用等级分析	97
4.5.4	海水冷却塔混凝土结构耐久性设计参数的确定	99
第5章	自密实混凝土	101
5.1	自密实混凝土简介	101
5.1.1	工作性	101
5.1.2	结构与性能	103
5.1.3	配合比设计基本原则	104
5.2	国内外自密实混凝土研究及应用现状	105
5.2.1	国外研究及应用现状	105
5.2.2	国内研究及应用现状	106
5.3	自密实混凝土工作性评价方法	107

5.3.1	自密实混凝土拌合物流动性评价方法	107
5.3.2	自密实混凝土拌合物抗离析性评价方法	109
5.3.3	自密实混凝土拌合物填充性评价方法	111
5.3.4	自密实混凝土间隙通过性	113
5.4	自密实混凝土的性能研究	117
5.4.1	试验方案	117
5.4.2	自密实混凝土工作性	118
5.4.3	自密实混凝土力学性能试验研究	119
5.4.4	自密实混凝土抗碳化性能试验研究	121
5.4.5	自密实混凝土的抗裂性能试验研究	123
5.4.6	自密实混凝土的抗氯离子渗透性能	124
5.4.7	自密实混凝土水化热	125
5.5	含气量对自密实混凝土性能的影响	126
5.5.1	有害气泡对自密实混凝土强度离散性的影响	127
5.5.2	含气量对自密实混凝土性能影响	129
5.5.3	含气量对抗压强度的影响	131
5.5.4	含气量对自密实混凝土耐久性性能的影响	133
第6章	再生混凝土	139
6.1	再生细骨料混凝土	139
6.1.1	试验原料及方案	139
6.1.2	再生细骨料混凝土的用水量	141
6.1.3	再生细骨料混凝土的抗压强度	142
6.1.4	再生细骨料混凝土的劈裂抗拉强度	143
6.1.5	再生细骨料混凝土的收缩性能	144
6.1.6	再生细骨料混凝土的碳化性能	144
6.1.7	再生细骨料混凝土的抗冻性能	147
6.2	再生粗骨料混凝土	149
6.2.1	试验原料与方案	150
6.2.2	再生粗骨料混凝土的用水量	151
6.2.3	再生粗骨料混凝土的抗压强度	153
6.2.4	再生混凝土的劈裂抗拉强度	154
6.2.5	再生粗骨料混凝土的收缩性能	155
6.2.6	再生粗骨料混凝土的碳化性能	157
6.2.7	再生粗骨料混凝土的抗冻性能	159

6.2.8	再生粗骨料混凝土抗氯离子渗透性能	162
6.3	高性能再生细骨料混凝土	163
6.3.1	试验原料与试验方案	163
6.3.2	高性能再生细骨料混凝土用水量	165
6.3.3	高性能再生细骨料混凝土强度	165
6.3.4	高性能再生细骨料混凝土的收缩性能	166
6.3.5	再生细骨料混凝土抗氯离子渗透性能	168
6.3.6	再生细骨料混凝土抗冻性能	170
6.4	高性能再生粗骨料混凝土	172
6.4.1	试验原料与试验方案	172
6.4.2	高性能再生混凝土用水量	173
6.4.3	高性能再生粗骨料混凝土强度	173
6.4.4	高性能再生粗骨料混凝土的收缩性能	175
6.4.5	再生粗骨料混凝土抗氯离子渗透性能	176
6.4.6	再生粗骨料混凝土抗冻性能	178
第7章	透水混凝土	181
7.1	透水混凝土简介	181
7.1.1	透水混凝土特点	181
7.1.2	透水混凝土的分类与用途	182
7.1.3	透水混凝土国内外的研究情况	183
7.2	透水混凝土制备方法	184
7.2.1	原料选择	184
7.2.2	透水混凝土性能要求	184
7.2.3	透水混凝土配合比设计	185
7.2.4	透水混凝土结构设计	185
7.2.5	透水混凝土施工要求	187
7.2.6	透水混凝土验收要求	189
7.3	透水混凝土性能评价方法	190
7.3.1	透水系数的测定方法	190
7.3.2	孔隙率测定方法	193
7.3.3	透水混凝土抗冻性测试方法	195
7.3.4	透水混凝土耐磨性测试方法	196
7.4	透水混凝土的应用	197
7.4.1	用于雨水渗透的透水型混凝土材料	197

7.4.2 用于场地透水性铺设的透水混凝土制品	197
第8章 环境修复型海工生态混凝土	199
8.1 试验原料	199
8.1.1 水泥	199
8.1.2 粗骨料	199
8.1.3 细骨料	200
8.1.4 矿物掺合料	200
8.1.5 外加剂	200
8.2 试验方法	200
8.2.1 试样的制备与养护	200
8.2.2 孔隙率的测定方法	201
8.2.3 力学性能测试方法	203
8.2.4 快速冻融试验方法	203
8.2.5 抗硫酸盐腐蚀性能的试验研究方法	205
8.3 粗骨料紧密堆积填充理论的制备技术	205
8.3.1 粗骨料紧密堆积填充理论	205
8.3.2 配合比设计主要参数确定	206
8.3.3 粗骨料紧密堆积填充理论的验证研究	207
8.4 粗骨料包裹厚度的填充理论制备技术	210
8.4.1 粗骨料包裹厚度的填充理论	210
8.4.2 控制技术研究	211
8.4.3 试验验证研究	212
8.5 海工生态混凝土孔隙率和强度	213
8.5.1 海工生态混凝土参考配合比	214
8.5.2 海工生态混凝土试验结果分析	215
8.6 海工生态混凝土的抗冻性能	219
8.6.1 快冻试验结果及分析	219
8.6.2 慢冻试验结果及分析	221
8.7 海工生态混凝土的抗硫酸盐腐蚀性能	224
8.7.1 海工生态混凝土抗硫酸盐腐蚀性能	224
8.7.2 胶凝材料用量对海工生态混凝土抗硫酸盐腐蚀性能的影响	225
8.7.3 孔隙率对抗硫酸盐腐蚀性能的影响	225
8.7.4 矿物掺合料种类对抗硫酸盐腐蚀性能的影响	225
参考文献	227

第1章 绪 论

人类社会面临资源短缺和环境恶化的危害。臭氧层破坏、温室效应、酸雨等全球性环境问题日益加剧。随着我国城市化和房地产业的高速发展,环境保护、资源利用、能源供应方面的压力也日益增大。全社会的环保意识不断增强,营造绿色建筑、健康住宅已成为越来越多的开发商、建筑师追求的目标。人们不但注重单体建筑的质量,也关注小区的环境;不但注重结构安全,也关注室内空气的质量;不但注重材料的坚固耐久和价格低廉,也关注材料消耗对环境 and 能源的影响。每年城乡新建房屋建筑面积超过 20 亿平方米,绝大多数为高耗能建筑。在建筑领域落实可持续发展观,建筑“绿色化”之路,是我国建筑行业必然的发展趋势。狭义的“绿色”是指能把太阳能转化为生物能、把无机物转化为有机物的植物的颜色。广义的“绿色”是指人类对已有的文明与技术重新审视,以不耗竭资源、保持生态平衡的方式求得发展。

《中国住宅产业技术》中提到 5 个方面、24 项与绿色建材相关的关键技术,主要包括:居住环境保障技术、住宅结构体系与住宅节能技术、智能型住宅技术、室内空气与光环境保障技术以及保温、隔热、防水技术等。这些建筑技术的发展必然以材料为基础。建筑材料中的大宗产品如钢材、水泥、砖、墙地砖、木材、玻璃、铝合金、塑料等其生产过程大多包含高温工序,都是高消耗能源的材料。材料工业消耗的矿产资源、土地资源、能源和森林资源的数量是惊人的。这些矿产资源是有限的,只有把开发利用的强度限制在其再生速率的限度内,才能维护地球的生命支撑体系,保持资源利用的可持续性。建筑材料在生产、使用过程中消耗大量的能源,产生大量的粉尘和有害气体,污染大气和环境。建筑材料是建筑的基础,建筑物的功能通过建筑材料来实现。要实现建筑绿色化,必须积极研究和应用绿色建筑材料。

1.1 绿色建材的定义及其评价方法

1.1.1 定义与特征

目前对绿色建材较为全面的定义是:采用清洁生产技术,不用或少用天然资源和能源,大量使用工农业或城市固态废弃物生产的无毒害、无污染、无放射

性,达到使用周期后可回收利用,有利于环境保护和人体健康的建筑材料。绿色建材围绕原料采用、产品制造、使用和废弃物处理4个环节,并实现对地球环境负荷最小和有利于人类健康两大目标,达到“健康、环保、安全及质量优良”4个目的。

绿色建材区别于传统建材的基本特征主要包括:

(1) 以相对最低的资源 and 能源消耗、环境污染为代价生产的高性能传统建筑材料,如用现代先进工艺和技术生产的高质量水泥;

(2) 能大幅度地降低建筑能耗(包括生产和使用过程中的能耗)的建材制品,如具有轻质、高强、防水、保温、隔热、隔声等功能新型墙体材料;

(3) 具有更高的使用效率和优异的材料性能,从而能降低材料的消耗,如高性能水泥混凝土、轻质高强混凝土;

(4) 具有改善居室生态环境和保健功能的建筑材料,如抗菌、除臭、调温、调湿、屏蔽有害射线的多功能玻璃、陶瓷、涂料等;

(5) 能大量利用工业废弃物的建筑材料,如净化污水、固化有毒有害工业废渣的水泥材料,或经资源化和高性能化后的矿渣、粉煤灰、硅灰、沸石等水泥组分材料。

1.1.2 绿色建材的评价方法

广义上讲,绿色建材不是单独的建材品种,而是对建材“健康、环保、安全”属性的评价,包括对生产原料、生产过程、施工过程、使用过程和废弃物处置五大环节的分项评价和综合评价。绿色建材的基本功能除作为建筑材料的基本实用性外,就在于维护人体健康、保护环境。随着可持续发展战略的提出以及对人居环境质量要求的日益提高,建筑与建材绿色化得到了重视,目前普遍以绿色度表示建筑和建材与环境的关系。

绿色建材的评价是指通过确定和量化相关的资源、能源消耗、废弃物排放来评价某种建筑材料的环境负荷,评价过程涵盖该建筑材料的寿命周期全过程,即原料采集、产品生产、运输、使用、再生利用整个生命循环过程。目前我国有关绿色建材的评估标准大致根据以下3个方面确定。

1.1.2.1 ISO14000 体系认证

ISO14000 系列标准是由国际化组织(ISO)第207技术委员会组织制定的环境管理体系标准,由环境管理体系(EMS)、环境行为体系(EPE)、生命周期评价(LCA)、环境管理(EM)、产品标准中环境因素(SAPS)等部分组成,共包括100个标准号,统称为ISO14000系列标准。ISO14000适用于任何性质和规模的组织,用于证明其产品或服务能达到相关方和环保法规的要求,为环境管理提供一个系统化的管理思想和方法。

1.1.2.2 环境标志产品认证

环境标志产品技术要求规定,获得环境标志的产品必须是质量优、环境行为优的双优产品,二者相辅相成,共同决定了环境标志产品双优特性这一基本特征。该认证具有权威性,但只是产品性能标准和环境标准简单结合,难以在通过认证的产品中定量评价哪种性能指标和安全性更好。

1.1.2.3 国家相关安全标准体系

国家质检总局委托相关单位起草制定了《室内装饰装修材料有害物质限量》等10项国家标准,这些标准部分现已强制实施。

上述3种评价体系在评价建材的过程中,内容上各有侧重,很难以一种体系对绿色建材进行全面综合评价。国际上公认为ISO14000标准中全生命周期理论评价材料的环境负荷性能是最好的,能够量化地研究能量和资源利用及由此造成的废弃物的环境排放来对产品进行综合、整体、全面的评价。

我国现阶段绿色建材评价使用十个指标对材料进行评价:(1)执行标准。(2)资源消耗。(3)能源消耗。(4)废弃物排放。(5)工艺技术。(6)本地化。(7)材料特性。(8)洁净施工。(9)安全使用性。(10)再生利用性。

1.2 绿色混凝土的定义及其分类

1992年,联合国环境与发展大会在巴西召开,人类社会从此进入了以“保护自然,崇尚自然,促进持续发展”为核心的绿色时代。混凝土作为目前应用最广的人工合成材料,随着社会经济以及生产力的提高,经历了从普通混凝土发展到高强混凝土,进而发展到绿色高性能混凝土的过程。混凝土能否长期作为最重要的建筑结构材料,关键在于其能否成为高耐久性的、环境友好型的绿色材料。我国目前仍处在大规模基础建设时期,每年需要消耗大量的混凝土材料,开采大量自然资源。由于混凝土材料质量、生产工艺控制难度较大,混凝土质量难以控制,目前我国混凝土生产企业普遍提高水泥用量,严格控制粉煤灰、矿渣等的掺量。生产中并没有大规模地将绿色混凝土推广应用。

1.2.1 绿色混凝土的定义

一般认为,绿色混凝土是混凝土绿色化的发展趋势,绿色混凝土一般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利用和有害物质的低排放,既能减少环境污染,又能与自然生态系统协调共生。“绿色”的涵义可理解为:节约资源、能源;不破坏环境,更有利于环境;可持续发展,既满足当代人的需求,又不危害子孙后代。

因此,绿色混凝土是指既能减少对地球环境的负荷,又能与自然生态系统协

调共生, 为人类构造舒适环境的混凝土材料。减少对地球环境的负荷, 是指最大限度地综合利用自然资源和能源, 在尽可能高的生产效率下降低能耗和各项物耗, 消除或最低限度地产生“三废”(废渣、废气和废水)。与自然生态系统协调共生, 是指竭力保护自然环境, 维护生态平衡, 消除或尽量减少环境污染, 组织无废生产, 或使“三废”再资源化。

目前, 我国混凝土的绿色化主要包括以下几个方面:

- (1) 大量地利用工业废料(粉煤灰、矿粉等), 降低混凝土中水泥使用量;
- (2) 要有比传统混凝土更好的力学与耐久性能;
- (3) 建筑废弃物的再生利用, 再生混凝土的使用和研究;
- (4) 具有与自然环境的协调性, 功能性的混凝土;
- (5) 机敏混凝土、智能化混凝土(自感知、自调节、自修复混凝土)。

1.2.2 混凝土绿色度的评价指标

绿色高性能混凝土应该具有比传统混凝土更高的强度和更好的耐久性, 可以实现工业废弃物、建筑废弃物的合理再生利用, 以及非再生性资源的循环使用和有害物质的低排放。目前, 绿色高性能混凝土的研究主要是集中在如下的两方面的研究: 一是如何较大幅度地实现混凝土的绿色化; 二是建立切实可行的绿色混凝土的评价体系。

1.2.2.1 绿色度的概念

国内对于混凝土绿色度还没有一个系统的评价标准。一般认为, 若一种产品对资源和能源的消耗最少, 利用率最高, 对环境的危害最小或无危害, 则该产品被称为“绿色产品”。产品在其整个生命周期中对资源和能源的消耗及利用率、对环境危害程度大小(即产品对环境的友好程度)的综合评价指标, 称为产品的“绿色度”。

混凝土绿色度的综合评价指标一般包括以下几个方面:

- (1) 单方混凝土不可再生能源的消耗(包括水泥生产时消耗的能量) EDP (energy depletion potential);
- (2) 单方混凝土不可再生原料的消耗 ADP (abiotic depletion potential);
- (3) 单方混凝土的环境污染综合指数 EII (environment impact comprehensive index)

在保证混凝土的强度和工作性条件下, 减少能源和原材料的消耗, 特别是水泥的消耗, 同时尽可能多的掺入各种工业废渣或固体废弃物, 可以有效提高混凝土的绿色度。

1.2.2.2 绿色混凝土评价体系

绿色混凝土是与环境相适应性的混凝土材料。如何综合评价其与环境的相容

性和协调性,是避免传统方法所造成的因系统中某一过程环境负荷改善而造成另一过程环境负荷加重的污染转嫁的关键。目前,借鉴环境材料的寿命周期评价法(LCA)是较为常用的研究方法。1990年国际标准化组织(ISO)对其进行了规范。在此基础上,还有材料的环境协调性评价(MLCA),对典型材料进行MLCA可以减少评价的重复。

1.2.3 绿色混凝土分类

从对自然环境影响的效果来看,绿色混凝土可分为两大类,即减轻环境负荷型混凝土和生态环境友好型混凝土。减轻环境负荷型混凝土的组成与传统混凝土的最大区别在于:采取响应的技术措施,掺入大量的固体废弃物和以工业废液为原料的外加剂,实现了各类废弃物的再资源化,起到利废、减少环境污染的双重作用。包括绿色高性能混凝土、节能型混凝土、再生混凝土、自密实混凝土等;生态环境友好型混凝土是为满足人类生产、生活的需要,又不破坏生态平衡而开发的一种新型绿色混凝土。根据使用功能的不同,生态环境友好型混凝土可以分为植被混凝土、透水性混凝土以及生态修复混凝土等。

1.2.3.1 绿色高性能混凝土

1997年3月的“高强与高性能混凝土”会议上,吴中伟院士首次提出“绿色高性能混凝土”的概念,将高性能混凝土与环境保护、生态保护和可持续发展结合起来考虑,则成为绿色高性能混凝土(GHPC)。绿色高性能混凝土所使用的水泥必须为绿色水泥。绿色水泥可以循环利用生产和生活中的废渣和废料,提高资源利用率和二次能源回收率,达到节能、节约资源的目的。此外,普通混凝土的使用寿命相对较低,在水工、港口及桥梁建筑中,许多混凝土结构在建成后不久即出现材质劣化,导致混凝土开裂,承载力降低,甚至倒塌破坏,这与长期只强调强度而忽视耐久性有关。优质的绿色高性能混凝土可保证重要建筑物在不利环境中维持较好的耐久性,提高服役期限。

1.2.3.2 节能型混凝土

采用无熟料水泥或免烧水泥配制混凝土,能显著降低能耗,达到节能的目的。利用碱矿渣水泥配制的混凝土是一种典型的节能型混凝土。碱矿渣水泥生产工艺相对简单,将硅酸盐水泥的“两磨一烧”工艺简化为“一磨”,是低能耗、低成本的水泥。由于其耐热性好,碱矿渣水泥混凝土还可作为耐热混凝土用于800℃以下的环境。

1.2.3.3 节材型混凝土

利用再生骨料配制再生混凝土已被看作是发展绿色混凝土的主要措施之一,也称再生骨料混凝土,可节省建筑原材料的消耗,保护生态环境,有利于混凝土工业的可持续发展。另外,利用工业固体废弃物如锅炉煤渣、煤矿的煤矸石、钢

铁厂的矿渣等工业废料作为骨料,采取一定技术措施制备的轻质混凝土,密度较小、相对强度高、保温、抗冻性能好,还降低了混凝土的生产成本,是另一种形式的节材型混凝土。在混凝土中添加以工业废液如黑色纸浆废液为主要原料改性制造的各种外加剂,采用磨细矿渣、优质粉煤灰、硅灰和稻壳灰等作为活性掺合料等方法也可配制混凝土,可以进一步提高混凝土的绿色度。综合利用工业废料生产绿色混凝土的途径是多种多样的,它较好地解决了建筑垃圾和其他废弃物的出路问题,既变废为宝,节约了资源,又减少了对环境的污染,产生了良好的生态效应。

1.2.3.4 绿色自密实混凝土

自密实混凝土不需机械振捣,而是依靠自重使混凝土密实。由于这种混凝土要有足够的粘聚性,以保证其浇筑过程中不致离析,故粉体用量较大;若全用水泥易导致开裂,因此粉煤灰、矿渣或石灰石粉的掺量通常较高。高性能自密实混凝土通常也是绿色度较高的混凝土。自密实混凝土的优点是在施工现场无振动噪声,不扰民,可进行夜间施工;钢筋布置较密或构件体形复杂时也易于浇筑,混凝土质量均匀、耐久;施工速度快,现场劳动量小。

1.2.3.5 植被混凝土(生态混凝土)

植被混凝土利用特殊配合比的混凝土形成植物根系可生长的空间,并采用化学和植物生长技术,创造出能使植物生长的条件。植被混凝土一般由植物、泥土、多孔渗水混凝土、肥料和保水材料组成,可用于堤防迎水面植被护坡、植被型路面砖、植被型墙体、植被型屋顶压载材料、绿色停车场等。植被混凝土可以增加城市的绿色空间,吸收噪声和粉尘,对城市气候的生态平衡起积极作用。生态混凝土的开发和应用在我国还刚刚起步,随着人们对生活质量要求的提高和对生态环境的重视,混凝土结构的美化、绿化,人造景观与自然景观的协调成为混凝土学科的又一个重要课题,植被混凝土必将成为混凝土发展的一个重要方向。

1.2.3.6 透水混凝土

与传统混凝土相比,透水性混凝土最大的特点是具有 15%~30% 的连通孔隙,具有透气性和透水性。用于铺筑道路、广场、人行道等,能扩大城市的透水、透气面积,增加行人、行车的舒适性和安全性,减少交通噪声,对调节城市空气的温度和湿度、维持地下土壤的水位和生态平衡具有重要作用。

1.2.4 绿色混凝土研究发展动向

从混凝土的发展过程以及从环境意识角度出发,绿色混凝土研究的动向如下:

(1) 开展混凝土的高强、高耐久性研究,利用矿物掺合料多元复合技术制备高性能混凝土是实现混凝土绿色化的一个重要研究方向。