



道路工程材料资源 循环利用技术

张金喜 著



科学出版社

www.sciencep.com

道路工程材料资源 循环利用技术

张金喜 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是关于各类产业废弃物在道路工程中再生利用的理论、方法和技术的专著,系统介绍了产业废弃物再生利用发展规划、废弃物再生利用方法、废弃物再生利用工艺、废弃物再生利用试验技术等。在沥青混凝土和水泥混凝土废物的“有效”再生利用,水泥混凝土厂废弃物的分类和再生利用及贝壳、废发泡塑料、废橡胶、低品质集料等废弃物的再生利用方面提出了新方法和新技术,填补了我国在这一研究领域的空白。本书共分四篇,包括废旧沥青混凝土再生利用、废旧水泥混凝土再生利用、水泥混凝土厂废物特性及其再生利用和产业废弃物特性及其再生利用。

本书可作为道路与土木建筑工程设计、施工和科研院所等单位的工作人员及道路与铁道工程、建筑材料、土木工程等相关专业教师和研究生的参考书,同时也是政府相关管理部门管理人员的必备参考书。

图书在版编目(CIP)数据

道路工程材料资源循环利用技术/张金喜著. —北京:科学出版社,2008
ISBN 978-7-03-021113-2

I. 道… II. 张… III. 道路工程-建筑材料-废物综合利用 IV. X734

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 035244 号

责任编辑:周 炜 王志欣 王向珍/责任校对:包志虹

责任印制:刘士平/封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

深 海 印 刷 有 限 责 任 公 司 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008年4月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2008年4月第一次印刷 印张: 17

印数: 1—3 000 字数: 331 000

定 价: 50.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

前 言

我国每年生产土木建筑材料所消耗的各种矿产资源为 70 多亿 t, 其中大部分是不可再生的矿石、化石类资源, 人均年消耗量达 5.3t。预计 2010 年全国的水泥混凝土用量将达到 25 亿 m^3 , 砂石需要量将达到 63 亿 t, 其他建筑材料资源的消耗量也同样非常庞大。另一方面, 我国每年产生废旧建筑塑料 300 多万 t、淤泥废物 7000 多万 t、废旧水泥混凝土和沥青混凝土各数亿吨、钢渣和铁矿渣 6000 多万 t、粉煤灰 1.6 亿 t。目前, 全国有煤矸石山 1500 多座, 累计堆存量为 40 多亿 t, 占地 1.3 亿 m^2 以上。目前, 我国上述废弃物的再生利用率非常低, 废建筑塑料再生利用率只有 5%, 其他废弃物的再生利用率大体与此相同甚至更低。大量废弃物被堆积、存放起来, 不仅占用了大量的土地, 而且会对自然环境产生多种恶劣影响, 部分废弃物含有有害物质, 通过渗入地下或在空气中传播, 造成地下水和空气的污染, 直接威胁人类的生活。

产业废弃物是人类生产和生活活动带来的副产品, 是各个国家必须面对的问题。大量废弃物的产生一方面是人类对自然资源的大量和无序使用的结果; 另一方面是人类技术发展程度和认识程度还处于低水平的表现。同时, 产生的废弃物对人类生活环境造成的污染和危害可能是永远也无法弥补的, 甚至会成为关系人类生存和发展的关键问题。无论是发达国家还是发展中国家, 废弃物的产生是不可避免的, 解决这个问题关键是如何减少废弃物的产量和如何对产生的废弃物进行再生利用。建设节约型社会、实现资源的循环再生利用是人类必须坚持的发展道路, 土木建筑行业也是如此。土木建筑行业是资源消耗大户和废弃物排放大户, 同时也为大量消纳再生建筑材料资源提供了途径。开发和利用各种废旧资源在土木建筑工程中再生利用的技术和方法, 有助于促进土木建筑行业的可持续发展和节约型社会的建设, 为人类的繁荣和持续进步做出贡献。

本书对各类产业废弃物在道路工程中的再生利用问题进行了广泛、深入的探讨, 所涉及的废弃物不仅包括道路工程本身产生的产业废弃物, 还包括其他行业产生的废弃物; 不仅探讨了废弃物在道路工程中的再生利用技术, 而且以“有效再生利用”为理念, 探讨了废弃物的收集和处理、再生材料生产工艺、废弃物再生利用的经济和社会效益等问题, 书中所介绍的废弃物再生利用技术大部分在实际工程中得到推广应用, 部分项目由于技术及成本的限制尚未在实际工程中得到广泛应用, 但其研究思路为今后废弃物的再生利用研究提供了指导和方向。

本书总结了作者近 10 年来在废弃物再生利用, 特别是在道路工程中的再生

利用方面的研究成果，在废弃物的分类、研究方法、试验技术及工程应用等方面具有一定的创新性。希望本书的出版能够为从事道路工程、建筑材料、土木工程、废弃物处理等相关领域工作的技术和管理人员提供借鉴，为促进我国节约型社会的建设做出应有的贡献。

北京工业大学硕士研究生杜辉、李娟、张建华、郭明洋为本书的撰写提供了部分基础试验数据，博士研究生金珊珊参与了第四篇的撰写，并为书稿的整理做了大量工作。日本岩手大学博士生导师藤原忠司教授对作者的研究工作给予了无私的指导和热情的帮助。在此，一并表示衷心的感谢。

由于作者水平所限，书中难免有疏漏及不足之处，敬请读者批评指正。

作者

2008年1月

目 录

前言

第一篇 废旧沥青混凝土再生利用

第 1 章 我国废旧沥青混凝土再生利用的研究现状	3
1.1 引言	3
1.2 废旧沥青混凝土再生利用及其历史	3
1.2.1 废旧沥青混凝土的产生	3
1.2.2 再生利用历史	4
1.2.3 再生利用方法概述	4
1.3 国外沥青混凝土再生的发展和现状	5
1.3.1 美国	6
1.3.2 日本	7
1.3.3 欧洲	8
1.4 我国沥青混凝土再生的历史和现状	8
1.4.1 我国道路建设的基本状况	8
1.4.2 废旧沥青混凝土再生利用现状和存在的问题	9
1.5 当前我国废旧沥青混凝土再生利用的研究	11
第 2 章 北京市沥青混凝土回收利用情况的调研	13
2.1 引言	13
2.2 调查结果	14
2.3 结论	18
第 3 章 道路废旧沥青混凝土再生利用试验分析	19
3.1 引言	19
3.2 废旧沥青混凝土热再生试验研究	20
3.2.1 旧料的破碎筛分及旧沥青的抽提与指标测定	20
3.2.2 再生沥青混凝土配合比设计	21
3.2.3 再生沥青混凝土路用性能的试验验证	23
3.3 效益分析	24
3.3.1 经济效益	24
3.3.2 社会和环境效益	25

3.4	结论	25
第4章	再生沥青混凝土的设计针入度对其使用性能的影响	27
4.1	引言	27
4.2	使用材料及试验方法	28
4.2.1	新沥青混凝土	28
4.2.2	现场采取的旧沥青混凝土	28
4.2.3	再生混凝土的沥青设计针入度及新、旧沥青混凝土配合比	29
4.2.4	试验项目和方法	30
4.3	试验结果及讨论	30
4.3.1	再生沥青混凝土的基本性能	30
4.3.2	再生沥青混凝土的耐水性	32
4.3.3	再生沥青混凝土的高温稳定性	32
4.3.4	抗低温开裂性能	33
4.3.5	弹性模量的变化	34
4.3.6	脆性的变化	34
4.4	结论	35

第二篇 废旧水泥混凝土再生利用

第5章	水泥混凝土废料作为道路基层材料的性能研究	39
5.1	引言	39
5.2	试验方案	40
5.3	水泥混凝土废料的基本性质	40
5.4	无侧限抗压强度	41
5.5	结论	42
第6章	再生水泥混凝土性能与微观构造关系的基础研究	43
6.1	引言	43
6.2	试验材料及方法	43
6.2.1	试验材料	43
6.2.2	配合比	44
6.2.3	试验方法及步骤	44
6.3	试验结果及分析	45
6.3.1	基础混凝土的性质	45
6.3.2	再生集料的性质	45
6.3.3	再生混凝土的性能	46
6.3.4	再生混凝土的微观构造	48

6.4	结论	50
第7章	废弃混凝土再生利用的室内试验研究	51
7.1	引言	51
7.2	原材料及其基本性能	51
7.2.1	水泥、水及外加剂	51
7.2.2	集料	51
7.3	再生混凝土基本性能试验	52
7.3.1	配合比设计	52
7.3.2	再生混凝土的拌和与养护	52
7.3.3	试验结果与分析	53
7.4	结论	56
第8章	再生集料混凝土的微观分析	57
8.1	引言	57
8.2	试验方法	57
8.2.1	试验材料	57
8.2.2	原材料的物理性质	57
8.2.3	混凝土配合比	58
8.2.4	不同混凝土的物理性质	58
8.2.5	试验方法	58
8.3	试验结果与分析	59
8.3.1	再生混凝土中孔隙结构参数	59
8.3.2	再生混凝土中孔径分布和总孔隙体积	59
8.3.3	再生混凝土中孔隙结构	60
8.4	结论	61
第9章	再生混凝土抗冻性能及其微观机理的试验研究	62
9.1	引言	62
9.2	试验材料及配合比	62
9.2.1	试验材料	62
9.2.2	配合比设计	63
9.3	再生混凝土的冻融试验	63
9.3.1	试验方法	63
9.3.2	试验结果及分析	64
9.4	再生混凝土气孔特征参数的测试分析	65
9.4.1	试验设备与试验方法	65
9.4.2	试验结果及分析	66

9.5	结论	69
第 10 章	旧水泥混凝土路面板在道路基层中的应用	70
10.1	引言	70
10.2	旧水泥混凝土路面改造原则与改造方法	70
10.2.1	改造原则	70
10.2.2	改造方法分类	70
10.2.3	打裂压稳技术	71
10.3	打裂压稳技术在水泥混凝土路面改造中的应用	73
10.4	经济效益	76
10.5	结论	77
第 11 章	再生混凝土在水泥混凝土路面层中的应用	79
11.1	引言	79
11.2	再生集料制备及其基本性能	79
11.2.1	再生集料的制备	79
11.2.2	再生集料的基本性能	80
11.2.3	其他原材料的基本性能	81
11.3	再生混凝土配合比设计	82
11.4	试验路施工	84
11.5	施工及路面检测	84
11.5.1	再生混凝土的强度	84
11.5.2	路面检测	85
11.6	再生混凝土成本分析	86
11.6.1	再生集料的生产成本	86
11.6.2	再生混凝土的成本	87
11.6.3	再生混凝土的综合成本	87
11.6.4	经济效益分析	88
第 12 章	再生水泥混凝土集料品质试验新方法	89
12.1	引言	89
12.2	再生集料品质试验新方法	90
12.2.1	砂浆附着率	90
12.2.2	贯入量指标	92
12.3	结论	94

第三篇 水泥混凝土厂废物特性及其再生利用

第 13 章 水泥混凝土厂废物的发生及其处理现状	97
13.1 引言	97
13.2 水泥混凝土厂废物的一般处理方法	99
13.3 水泥混凝土厂废物发生量	101
13.4 水泥混凝土厂废物处理的难点和再生利用情况	103
第 14 章 水泥混凝土厂淤泥废物的基本性质	104
14.1 引言	104
14.2 水泥混凝土厂淤泥废物的常规性质	104
14.2.1 自然含水量和密度	104
14.2.2 颗粒级配	105
14.2.3 干燥淤泥粉末的密度	106
14.2.4 强热损失	106
14.3 水泥混凝土厂淤泥粉末与其他粉末性能对比	106
14.3.1 密度	107
14.3.2 比表面积和孔隙量	107
14.3.3 矿物成分	108
14.3.4 微观构造	109
14.4 关于淤泥粉末基本特性的结论	112
第 15 章 水泥混凝土厂淤泥用于水泥混凝土生产的再生利用方法研究	113
15.1 引言	113
15.2 试验	113
15.2.1 材料	113
15.2.2 砂浆与水泥的混合比	114
15.2.3 砂浆和混凝土搅拌程序	116
15.2.4 试验内容	117
15.3 试验结果及分析	117
15.3.1 砂浆试验	117
15.3.2 混凝土试验 (系列一)	119
15.3.3 混凝土试验 (系列二)	122
15.3.4 分析和讨论	126
15.4 结论	127
第 16 章 水泥混凝土厂淤泥粉末用于沥青混凝土生产的应用研究	129
16.1 引言	129

16.2	试验材料及试验方法	129
16.2.1	基础试验材料	129
16.2.2	试验项目和方法	131
16.3	干燥淤泥粉末的性能	132
16.3.1	物理性质	132
16.3.2	化学元素组成	133
16.3.3	电子扫描显微镜照片	133
16.3.4	粉末特性小结	135
16.4	含淤泥粉末的沥青混凝土路用性能	135
16.4.1	最佳沥青含量	136
16.4.2	马歇尔稳定度	137
16.4.3	残留稳定度	137
16.4.4	抗磨耗耐久性	138
16.4.5	高温稳定性	139
16.5	淤泥粉末作为沥青混凝土填料再生利用的方法和途径	140
第 17 章	水泥混凝土厂淤泥粉末稳定湿软土基的再生利用技术	141
17.1	引言	141
17.2	使用材料及其基本性质	141
17.2.1	淤泥	142
17.2.2	土	142
17.2.3	生石灰	142
17.3	试验步骤及方法	143
17.4	试验结果及考察	144
17.4.1	淤泥粉末作为稳定材料的性质	144
17.4.2	稳定土塑性指数的变化	145
17.4.3	系列试验 1 情况下的改善效果	146
17.4.4	系列试验 2 情况下的改善效果	148
17.4.5	试验结果的讨论	149
17.5	淤泥粉末稳定湿软土基的再生利用方法的可行性和效益分析	151
第 18 章	流动化回填土技术中水泥混凝土厂废物的应用效果研究	152
18.1	引言	152
18.2	试验材料	153
18.3	配合比和试验方法	154
18.3.1	系列试验 1: 黏性土流动化土	154
18.3.2	系列试验 2: 砂性土流动化土	157

18.4	试验结果及讨论	157
18.4.1	系列试验 1	157
18.4.2	系列试验 2	161
18.5	淤泥在流动化土施工中的应用	163
第 19 章	淤泥粉末稳定旧沥青混凝土废料的研究	165
19.1	引言	165
19.2	试验材料及试验方法	166
19.3	再生基层材料试验结果与讨论	167
19.3.1	液限和塑限试验	167
19.3.2	级配	167
19.3.3	击实试验	168
19.3.4	修正 CBR 试验	168
19.4	再生道路基层材料的应用	169
第 20 章	利用水泥混凝土厂废物开发新型再生路基材料	171
20.1	引言	171
20.2	再生道路基层材料生产方法	171
20.3	再生道路基层材料的基本性质试验	173
20.3.1	试验概况	173
20.3.2	淤泥的特性	174
20.3.3	淤泥与混凝土的混合物的特性	175
20.3.4	混合物破碎物的特性	176
20.3.5	再生道路基层材料的承载能力	177
20.3.6	特殊环境下的稳定性	182
20.3.7	再生道路基层材料的生产和应用	185
20.4	试生产及试验路施工	186
20.4.1	再生道路基层材料的生产	186
20.4.2	再生道路基层材料的性质	187
20.4.3	试验路施工	188
20.4.4	试验路性能检测	189
20.5	工程中的推广应用	189
第 21 章	水泥混凝土厂废物的综合处理及再生利用的方法和流程	192
21.1	水泥混凝土厂废物处理和再生利用的重要性与可行性	192
21.2	水泥混凝土厂废物处理和再生利用工艺流程	193
21.3	再生利用方法的选择	195

第四篇 产业废物特性及其再生利用

第 22 章 低品质粗集料的抗冻性	199
22.1 引言	199
22.2 试验内容和方法	199
22.2.1 粗集料基本性质试验	199
22.2.2 微观孔隙分布试验	200
22.2.3 粗集料冻融试验	200
22.3 试验结果与分析	200
22.3.1 粗集料基本性质	200
22.3.2 粗集料的冻融敏感性	201
22.3.3 粗集料的绝干密度和吸水率与其抗冻性能的关系	202
22.3.4 粗集料强度与抗冻性能的关系	203
22.4 粗集料微观孔隙结构对其抗冻性能影响	204
22.4.1 粗集料结冰的临界孔径	204
22.4.2 粗集料孔径分布	204
22.4.3 各种粗集料毛细孔隙比较	205
22.5 结论	206
第 23 章 低品质集料混凝土冻融特性及机理研究	207
23.1 引言	207
23.2 试验材料特性	207
23.2.1 集料性能	207
23.2.2 砂浆配合比	208
23.2.3 混凝土配合比	208
23.3 试验方案	209
23.3.1 混凝土冻融耐久性试验	209
23.3.2 集料和砂浆冻融残留变形试验	209
23.3.3 集料内部构造分析	209
23.4 试验结果分析	210
23.4.1 混凝土冻融试验	210
23.4.2 冻融残留变形试验	211
23.5 结论	215
第 24 章 废发泡塑料集料作为道路防冻胀材料的试验研究	217
24.1 引言	217
24.2 室内试验材料及试验方案	218

24.2.1	试验材料	218
24.2.2	配合比	219
24.2.3	试验内容	220
24.3	试验结果及分析	221
24.3.1	最佳含水量和最大干密度	221
24.3.2	CBR 试验结果及分析	222
24.3.3	隔温性能试验	223
24.4	废发泡塑料集料基层试验路	224
24.5	结论	226
第 25 章 废橡胶作为弹性沥青混凝土路面材料的室内试验研究		228
25.1	引言	228
25.2	废橡胶的基本性质	228
25.3	试验方法概述	229
25.3.1	集料	229
25.3.2	沥青	229
25.3.3	混合料种类	229
25.3.4	试验内容及方法	230
25.4	试验结果及讨论	230
25.4.1	混合料的常规特性	230
25.4.2	混合料的动稳定度	231
25.4.3	GB 反弹系数	232
25.4.4	抗剥离飞散性能	232
25.4.5	摩擦系数	233
25.4.6	低温下的防冻结性能 (路面冰层破坏性能)	234
25.5	结论	235
第 26 章 贝壳集料透水水泥路面的试验和应用研究		237
26.1	引言	237
26.2	研究与试验概要	237
26.2.1	试验材料	238
26.2.2	配合比及试验项目	238
26.3	室内试验结果及分析	241
26.3.1	配合比的影响	241
26.3.2	水泥用量的影响	242
26.3.3	贝壳集料使用量的影响	243
26.3.4	用水量的影响	243

26.4	试验路铺筑及其性能	244
26.5	结论与推广应用	247
第 27 章 贝壳集料作为沥青混凝土集料的再生利用方法		249
27.1	引言	249
27.2	试验材料及配合比	249
27.2.1	贝壳集料	249
27.2.2	集料	250
27.2.3	沥青	250
27.2.4	配合比	250
27.3	试验内容	251
27.4	试验结果及分析	252
27.5	贝壳集料沥青混凝土的应用	253
参考文献		254

第一篇

废旧沥青混凝土再生利用

