

固体废物环境管理丛书
GUTI FEIWU HUANJING GUANLI CONGSHU

建筑垃圾处理与处置

JIANZHU LAJI CHULI YU CHUZHI

总主编 陈昆柏 郭春霞
本册主编 卢洪波 廖清泉 司常钧



中原出版传媒集团
大地传媒

河南科学技术出版社

固体废物环境管理丛书
GUTI FEIWU HUANJING GUANLI CONGSHU

建筑垃圾处理与处置

JIANZHU LAJI CHULI YU CHUZH

总主编 陈昆柏 郭春霞
本册主编 卢洪波 廖清泉 司常钧

河南科学技术出版社
· 郑州 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑垃圾处理与处置/卢洪波, 廖清泉, 司常钧编. —郑州: 河南科学技术出版社, 2016. 11
(固体废物环境管理丛书)
ISBN 978-7-5349-8475-4

I. ①建… II. ①卢… ②廖… ③司… III. ①建筑垃圾—垃圾处置
IV. ①TU746.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 278892 号

出版发行: 河南科学技术出版社

地址: 郑州市经五路 66 号 邮编: 450002

电话: (0371) 65737028

网址: www.hnstp.cn

策划编辑: 李肖胜 冯俊杰

责任编辑: 樊晓辉 张 恒 冯俊杰

责任校对: 柯 姣

封面设计: 张 伟

版式设计: 栾亚平

责任印制: 张艳芳

印 刷: 河南日报报业集团有限公司彩印厂

经 销: 全国新华书店

幅面尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 16 字数: 303 千字

版 次: 2016 年 11 月第 1 版 2016 年 11 月第 1 次印刷

定 价: 70.00 元

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与出版社联系并调换。

“固体废物环境管理丛书”

编委会

- 主 任 储亚平（河南省人大常委会副主任）
- 副主任 王 群（河南省人大环境与资源保护委员会原主任）
郭豫生（中原大地传媒股份有限公司总经理）
- 编 委 陈昆柏（浙江博世华环保科技有限公司董事长）
全 浩（中国环境科学学会固体废物分会名誉会长）
耿相新（中原大地传媒股份有限公司总编辑）
赵由才（同济大学教授、博士生导师）
冯建勋（河南省人大环境与资源保护委员会副巡视员）
黄启飞（中国环境科学研究院研究员、博士生导师）
郭春霞（河南省固体废物管理中心副主任）
黄朝雄（中国光大绿色环保有限公司投资发展部总经理）
李顺灵（河南金谷环保工程设备有限公司董事长）
钱云才（河南天辰环保科技股份有限公司董事长）
李肖胜（河南科学技术出版社有限公司副总编辑）

总 主 编：陈昆柏 郭春霞

参编人员：（按姓氏笔画排序）

马腾才 王 翌 卢洪波 田 晖 李世义
杨春平 金 均 赵由才 郝永利 黄启飞
温俊明 薛智勇

《建筑垃圾处理与处置》

编者名单

主 编 卢洪波 廖清泉 司常钧
参编人员 马军涛 李克亮 王慧贤 张旭芳
 傅炳煌 徐祥来 傅国华 邱志辉
 徐 锋 卢 鹏 李中林 孟 威
 刘 俊

参编单位 郑州鼎盛工程技术有限公司
 华北水利水电大学
 福建泉工股份有限公司
 江苏晨日环保科技有限公司

总 序 言

环境污染已成为人类社会面临的重大威胁，为了更好地控制和解决环境污染问题，我国已将环境保护列为基本国策。尤其是党的十八大以来，生态文明建设受到党中央、国务院高度重视，体现了党和政府对新世纪、新阶段我国发展呈现的一系列阶段性特征的科学判断和对人类社会发 展规律的深刻把握，是对人类文明发展理论的丰富和完善，是对人与自然和谐发展的深刻洞察，是实现我国全面建设小康社会宏伟目标的基本要求，也是对日益严峻的环境问题国际化主动承担大国责任的庄严承诺。

固体废物是主要的环境污染源。生活垃圾、农业固体废物、工业固体废物特别是危险废物除了直接污染外，还经常以水、大气和土壤为媒介污染环境，并且对人体健康也造成严重危害。为了让更多人了解固体废物环境管理方面的法规政策、工程技术和基本知识，帮助环境管理人员、行业从业人员、大学生、环保爱好者等解决工作之急需，真正实现固体废物的“减量化、资源化、无害化”，变有害为有利，上市文化企业——中原大地传媒股份有限公司的全资子公司河南科学技术出版社有限公司联合全国各地的科研院所、高校和企业界专家编写和出版了“固体废物环境管理丛书”，体现了出版社、行业专家和企业家的社会责任感，这一项目不但填补了国内固体废物环境管理领域的空白，而且对我国今后固体废物环境管理知识普及、科学处理和处置具有指导意义。

该丛书根据固体废物的类型及目前国内最新成熟技术编写，具体分为《固体废物鉴别与管理》《重金属污染项目环境监理》《生活垃圾处理与处置》《建筑垃圾处理与处置》《危险废物处理与处置》《污泥处理与处置》《传染性固体废物处理与处置》《农业固体废物处理与处置》《工业固体废物处理与处置》《电子废物处理与处置》《环境工程项目管理》《污染场地调

查与修复》《火电厂废烟气脱硝催化剂处理与处置》《等离子体技术与固体废物处理》《固体废物环境管理法规汇编》等十五个分册。

这套丛书根据各类固体废物的来源、特性、危害等，详细介绍了如何进行行业管理，如何防控污染，如何把成熟的处理处置技术应用到项目工程上，以最大限度地消除、减少和控制固体废物造成的环境污染。全国近 200 名专家学者和企业家在收集和参考了大量国内外资料的基础上，结合自己的研究成果和实际操作经验，编写了这套具有内容广泛、结构严谨、实用性强、新颖易读等特点的丛书，具有较高的学术水平和环保科普价值，是一套贴近实际、层次清晰、可操作性强的知识性读物，适于从事固体废物管理、固体废物处理施工、技术研发、培训教学等人员阅读参考。相信该丛书的出版对我国固体废物的环境管理、环境教育、污染防控、资源利用、无害化处置等工作会起到一定的促进作用。

全国人大环境与资源保护委员会副主任委员
中国工程院院士 中国环境科学研究院院长



2014 年 12 月

前 言

自 20 世纪 90 年代以来，世界上许多国家，特别是发达国家，已把城市建筑垃圾减量化和资源化处理作为环境保护和可持续发展战略目标之一。在综合利用建筑垃圾方面，欧美许多发达国家和亚洲的日本、韩国等开展得较早，经过了数十年的发展和完善，有些发达国家建筑垃圾的再生利用率已在 90% 以上。

我国建筑垃圾管理起步于 20 世纪 80 年代末，由于法律和法规不够健全，配套制度、管理政策的不完善，绝大部分建筑垃圾未经任何处理，便被运往郊外或乡村，采用露天堆放或者简易填埋的方式进行处置。同时，在清运和堆放过程中，遗撒、粉尘和灰砂飞扬等又造成了严重的环境污染。日益严峻的环境问题、日趋紧张的土地供给、日渐耗尽的矿产资源是我们生存与发展的现状，建筑垃圾的产生无疑又加剧了人、环境、资源之间的矛盾，影响了城市生态环境的协调发展。因此建筑垃圾处理日益受到人们的重视，发展建筑垃圾资源化利用产业，是建筑业可持续发展的重要出路之一。

开展建筑垃圾资源化利用工作有利于减少建筑垃圾的排放量，降低废弃物带来的严重环境问题，改善城市的建设环境和人民的生活环境，在环境 and 经济都可行的条件下尽可能的提高建筑垃圾的再生利用率，减缓建筑垃圾无处处置的趋势。

基于此，特组织了多位有丰富经验的建筑垃圾资源化利用科研工作者和企业管理者，将积累多年的宝贵经验与建筑垃圾行业发展变化相结合，编写了《建筑垃圾处理与处置》一书。希望本书能对已经从事及即将涉足建筑垃圾资源化利用的企业和从业人员有所帮助和借鉴。鉴于编者水平有限，本书中难免有不妥之处，欢迎行业同仁批评指正。

编 者

2016 年 4 月

目 录

第 1 章 建筑垃圾概述	(1)
1.1 建筑垃圾的定义、分类和组成	(1)
1.1.1 建筑垃圾的定义	(1)
1.1.2 建筑垃圾的分类和组成	(2)
1.2 建筑垃圾资源化利用的必要性	(4)
1.2.1 国外建筑废弃物资源化利用现状	(4)
1.2.2 国内建筑废弃物资源化利用现状	(8)
1.2.3 建筑垃圾的危害	(9)
1.3 建筑垃圾资源化利用技术简介	(12)
1.3.1 废木材的处理与利用	(12)
1.3.2 废旧塑料的综合利用	(13)
1.3.3 废砖、瓦的综合利用	(14)
1.3.4 废弃混凝土的综合利用	(16)
1.3.5 废旧沥青的综合利用	(18)
第 2 章 建筑垃圾资源化利用设备	(20)
2.1 破碎设备	(20)
2.1.1 设备介绍	(20)
2.1.2 工作原理	(30)
2.2 筛分及辅机设备	(45)
2.2.1 振动筛分喂料机	(45)
2.2.2 胶带输送机	(46)
2.2.3 YKF 圆振动筛	(46)
2.2.4 收尘器	(48)
2.2.5 XS 轮斗式洗砂机、螺旋洗砂机	(49)
2.3 建筑垃圾破碎生产线系统	(51)

2.3.1	概述	(51)
2.3.2	建筑垃圾破碎生产线配置	(53)
2.4	耐磨件产品	(59)
2.4.1	锤头的材质	(59)
2.4.2	典型易损件耐磨材料的选择	(61)
第3章	建筑垃圾资源化利用工艺	(64)
3.1	100t/h 单段式固定破碎工艺	(64)
3.1.1	工艺布置	(64)
3.1.2	建筑垃圾破碎	(66)
3.1.3	破碎后物料筛分	(66)
3.1.4	钢筋处置	(67)
3.1.5	骨料洁净处理	(67)
3.1.6	环保方面设计	(67)
3.1.7	信息化、智能化设计	(68)
3.1.8	定岗定员及主机设备	(69)
3.2	200t/h 两级破碎生产工艺	(70)
3.2.1	工艺布置	(70)
3.2.2	建筑垃圾破碎	(72)
3.2.3	破碎后物料筛分	(73)
3.2.4	钢筋处置	(73)
3.2.5	骨料洁净处理	(74)
3.2.6	环保方面设计	(74)
3.2.7	信息化、智能化设计	(75)
3.2.8	定岗定员及主机设备	(76)
3.3	200t/h 单段式固定破碎工艺	(77)
3.3.1	工艺布置	(77)
3.3.2	建筑垃圾破碎	(79)
3.3.3	破碎后物料筛分	(80)
3.3.4	钢筋处置	(80)
3.3.5	骨料洁净处理	(80)
3.3.6	环保方面设计	(81)
3.3.7	信息化、智能化设计	(82)
3.3.8	定岗定员及主机设备	(82)

第4章 建筑垃圾再生混凝土	(84)
4.1 再生粗骨料混凝土	(84)
4.1.1 再生粗骨料	(84)
4.1.2 再生粗骨料混凝土的工作性能	(89)
4.1.3 再生粗骨料混凝土的力学性能	(94)
4.1.4 再生粗骨料混凝土的收缩性能	(99)
4.1.5 再生粗骨料混凝土的耐久性能	(101)
4.2 再生细骨料混凝土	(108)
4.2.1 再生细骨料	(108)
4.2.2 再生细骨料混凝土的用水量	(108)
4.2.3 再生细骨料混凝土的力学性能	(110)
4.2.4 再生细骨料混凝土的收缩性能	(112)
4.2.5 再生细骨料混凝土的耐久性能	(113)
4.3 再生粉体混凝土	(118)
4.3.1 再生粉体的基本性质	(118)
4.3.2 再生粉体混凝土	(122)
4.3.3 超细再生粉体混凝土	(126)
4.4 《再生骨料应用技术规程》对再生混凝土的基本规定	(130)
4.4.1 一般规定	(130)
4.4.2 技术要求和设计取值	(132)
4.4.3 配合比设计	(132)
4.4.4 制备和运输	(133)
4.4.5 浇注和养护	(133)
4.4.6 施工质量验收	(134)
第5章 建筑垃圾再生砂浆	(135)
5.1 再生骨料砂浆	(135)
5.1.1 砂浆的定义、分类和技术性质	(135)
5.1.2 再生骨料砂浆概述	(136)
5.1.3 再生骨料砂浆的发展历史	(138)
5.1.4 国内外研究现状	(138)
5.2 再生粉体砂浆	(142)
5.2.1 再生粉体砂浆的定义	(142)
5.2.2 再生粉体砂浆的发展历史	(145)

5.2.3	国内外研究现状	(145)
5.3	《再生骨料应用技术规程》对再生骨料砂浆的基本规定 ...	(147)
5.3.1	一般规定	(147)
5.3.2	技术要求	(148)
5.3.3	配合比设计	(148)
5.3.4	制备和施工	(149)
5.3.5	施工质量验收	(149)
第6章	建筑垃圾再生墙体材料	(151)
6.1	建筑垃圾再生砌块	(151)
6.1.1	概述	(151)
6.1.2	砌块的分类	(151)
6.1.3	建筑垃圾再生砌块的原料	(152)
6.1.4	建筑垃圾再生砌块的生产工艺	(154)
6.1.5	建筑垃圾再生砌块的主要性能	(163)
6.2	再生骨料砖	(167)
6.2.1	再生骨料砖的原材料	(167)
6.2.2	再生骨料砖的性能要求	(168)
6.2.3	再生骨料砖的试验研究	(170)
6.3	建筑垃圾再生墙板	(175)
6.3.1	概述	(175)
6.3.2	再生混凝土墙板的性能	(175)
6.4	工程应用实例	(176)
6.4.1	建筑垃圾再生骨料砌块的工程应用	(176)
6.4.2	建筑垃圾再生骨料砖的工程应用	(177)
6.4.3	再生混凝土墙板的工程应用	(181)
第7章	城市固废协同资源化利用	(182)
7.1	城市固体废弃物概况	(182)
7.1.1	城市固体废弃物的分类及组成	(182)
7.1.2	淤泥、污泥的危害性	(183)
7.1.3	资源化背景	(183)
7.1.4	资源化意义	(184)
7.1.5	淤泥、污泥的处理、再利用和研究现状	(185)
7.2	资源化利用产品技术分析	(187)

7.2.1	淤泥-渣土烧结砖	(187)
7.2.2	污泥-渣土烧结陶粒	(191)
7.3	产品生产线及主要设备	(192)
7.3.1	生产线系统	(192)
7.3.2	生产线工艺	(192)
第8章	建筑垃圾中有机物质的再生利用	(212)
8.1	有机物质再生利用的必要性	(212)
8.1.1	有机物质的分类	(212)
8.1.2	有机物质的危害	(212)
8.2	废弃有机物质的综合利用	(213)
8.2.1	概述	(213)
8.2.2	垃圾衍生燃料分类组成及特性	(214)
8.2.3	垃圾衍生燃料的生产工艺	(216)
8.2.4	产品的性质与燃烧性能及排放指标	(219)
第9章	建筑垃圾的其他再生利用	(222)
9.1	建筑垃圾在载体桩复合地基中的应用	(222)
9.1.1	复合载体桩简介	(222)
9.1.2	建筑垃圾在复合载体桩中的应用	(222)
9.1.3	建筑垃圾复合载体桩的性能	(224)
9.1.4	建筑垃圾复合载体桩工程案例	(225)
9.2	建筑垃圾在路面基层中的应用	(226)
9.2.1	西安市某 I 级公路	(227)
9.2.2	开兰路和国道 310 线	(227)
9.2.3	上海市某城郊公路	(227)
9.3	建筑垃圾透水砖的生产应用	(228)
9.3.1	透水混凝土路面砖及其透水机理	(228)
9.3.2	透水混凝土路面砖的分类	(228)
9.3.3	透水混凝土路面砖的原材料	(229)
9.3.4	再生混凝土透水砖的性能	(229)
9.3.5	工程实例	(231)
9.4	建筑垃圾在水泥生产中的应用	(231)
9.4.1	建筑垃圾用于水泥生产的可行性	(231)
9.4.2	建筑垃圾作为水泥混合材的试验研究	(231)

9.5	建筑垃圾在人工造景工程中的应用	(234)
9.5.1	建筑垃圾在人工造景中利用的可行性	(234)
9.5.2	利用过程中所遇到的技术难题及解决方法 ...	(235)
参考文献		(236)

第 1 章 建筑垃圾概述

1.1 建筑垃圾的定义、分类和组成

1.1.1 建筑垃圾的定义

不同国家和地区对建筑垃圾有不同的定义，例如：

(1) 日本对建筑垃圾的定义是：“伴随拆迁构筑物产生的混凝土破碎块和其他类似的废弃物，是稳定性产业废弃物的一种。”在厚生省指南中，更具体化为“混凝土碎块”“沥青混凝土砂石凝结块废弃物”等，而木制品、玻璃制品、塑料制品等废材并不包括在“建筑废材”中。

(2) 美国环保署对建筑垃圾的定义是：“建筑垃圾是在建筑新建、扩建或拆除过程中产生的废弃物质。”这里的建筑物包括各种形态和用途的建筑物和构筑物。根据生产建筑垃圾的建筑活动的性质，通常将其分为五类，即交通工程垃圾、挖掘工程垃圾、拆卸工程垃圾、清理工程垃圾和扩建翻新工程垃圾。

(3) 我国原建设部颁布的《城市垃圾产生源分类及垃圾排放》(CJ/T 3033—1996) 将城市垃圾按其产生源分为九大类，这些产生源包括垃圾产生场所、清扫垃圾产生场所、商业单位、行政事业单位、医疗卫生单位、交通运输垃圾产生场所、建筑装修场所、工业企业单位和其他垃圾产生场所。建筑垃圾即为在建筑装修场所产生的城市垃圾，建筑垃圾通常与工程渣土归为一类。根据原建设部 2003 年颁布的《城市建筑垃圾和工程渣土管理规定》，建筑垃圾、工程渣土，是指建设、施工单位或个人对各类建筑物、构筑物等进行建设、拆迁、修缮及居民装饰房屋过程中所产生的余泥、余渣、泥浆及其他废弃物。建筑垃圾按照来源可分为土地开挖、道路开挖、旧建筑物拆除、建筑施工和建材生产垃圾五类。自 2005 年 6 月 1 日起施行的《城市建筑垃圾管理规定》所称建筑垃圾，是指建设单位、施工单位新建、改建、扩建和拆除各类建筑物、构筑物、管网等以及居民装饰装修房屋过程中所产生的弃土、弃料及其他废弃物。

1.1.2 建筑垃圾的分类和组成

1. 按照建筑废弃物的来源分类

建筑废弃物按照来源可分为土地开挖废弃物、道路开挖废弃物、旧建筑物拆除废弃物、建筑工地废弃物和建材生产废弃物五类，主要由渣土、砂石块、废砂浆、砖瓦碎块、混凝土块、沥青块、废塑料、废金属料、废竹木等组成。

(1) 土地开挖废弃物。分为表层土和深层土，前者可用于种植，后者主要用于回填、造景等。

(2) 道路开挖废弃物。道路开挖分为混凝土道路开挖和沥青道路开挖，其废弃物包括废混凝土块、沥青混凝土块。

(3) 旧建筑物拆除废弃物。主要分为砖、石头、混凝土、木材、塑料、石膏、灰浆、屋面废料、钢铁和非铁金属等几类。

(4) 建筑施工废弃物。分为剩余混凝土、建筑碎料以及房屋装修产生的废料。剩余混凝土是指工程中没有使用掉而多余出来的混凝土，也包括由于某种原因（如天气变化）暂停施工而未及时使用的混凝土。建筑碎料包括凿除、抹灰等产生的旧混凝土、砂浆等矿物材料，以及木材、纸、金属和其他废料等类型。房屋装修产生的废料主要有：废钢筋、废铁丝和各种非钢配件、金属管线废料，废竹木、木屑、刨花，各种装饰材料的包装箱、包装袋，散落的砂浆和混凝土、碎砖和碎混凝土块，搬运过程中散落的黄沙、石子和块石等。其中，主要成分为碎砖、混凝土、砂浆、桩头、包装材料等，约占建筑施工废弃物总量的 80%。

1) 碎砖（砌块）。砖（砌块）主要用于建筑物承重和围护墙体。产生碎砖（砌块）的主要原因是：①组砌不当、设计不符合建筑模数或选择砖（砌块）规格不当、砖（砌块）尺寸和形状不准等原因引起的砍砖；②运输破损；③设计选用过低强度等级的砖（砌块）或砖（砌块）本身质量差；④承包商管理不当；⑤订货过多等。

2) 砂浆。砂浆主要用于砌筑和抹灰。产生砂浆废料的主要原因是：①在施工操作过程中不可避免的散落；②拌和过多、运输散落等也是造成砂浆废料的原因。

3) 混凝土。混凝土是重要的建筑材料，用于基础、构造柱、圈梁、柱、楼板和剪力墙等结构部位施工。产生混凝土废弃物废料的主要原因是：①浇注时的散落和溢出、运输时的散落；②订货过多；③由于某种原因（如天气变化）暂停施工而未及时使用。

4) 桩头。对于预制桩,达到设计标高后,将尺寸过长的桩头部分截去;对于灌注桩,开挖后要将上部浮浆层截去。截下的桩头成为施工废弃物废料。

5) 包装材料。施工现场的各类建筑材料使用后的包装材料也是废弃物废料的一部分。

(5) 建材生产废弃物。主要是指为生产各种建筑材料所产生的废料、废渣,也包括建材成品在加工和搬运过程中所产生的碎块、碎片等。如在生产混凝土过程中难免产生的多余混凝土以及因质量问题不能使用的废弃混凝土。经测算,平均每生产 100m^3 的混凝土,将产生 $1\sim 1.5\text{m}^3$ 的废弃混凝土。

2. 按照建筑废弃物的材料分类

除了按建筑废弃物的来源分类之外,也可以根据建筑废弃物的主要材料类型将其分成三类:可直接利用的材料,可作为材料再生或可以用于回收的材料,以及没有利用价值的废料。例如在旧建筑材料中,可直接利用的材料有窗、梁、尺寸较大的木料等,可作为材料再生的主要是矿物材料、未处理过的木材和金属,经过再生后其形态和功能都和原先有所不同。

3. 按照建筑废弃物的强度分类

将剔除金属类和可燃物后的建筑废弃物(混凝土、石块、砖等)按强度分类:标号大于 C10 的混凝土和块石,命名为 I 类建筑废弃物;标号小于 C10 的废砖块和砂浆砌体,命名为 II 类建筑废弃物;为了更好地利用建筑废弃物,还将 I 类细分为 I a 类和 I b 类。各类建筑废弃物的分类标准及用途见表 1-1 所示。

表 1-1 各类建筑废弃物的分类标准及用途

大类	亚类	标号	标志性材料	用途
I	I a	$\geq \text{C}20$	4 层以上建筑的梁、板、柱	C20 混凝土骨料
	I b	C10~C20	混凝土垫层	C10 混凝土骨料
II	II a	C5~C10	砂浆或砖	C5 砂浆或再生砖骨料
	II b	< C5	低标号砖	回填料

4. 按照可资源化程度分类

《中华人民共和国固体废物污染环境防治办法》确立了我国固体废物污染防治的三化原则,即固体废物污染防治的减量化、资源化、无害化原则,这也是我国废弃物管理的基本政策。

(1) 减量化。建筑废弃物减量化是指减少建筑废弃物的产生量和排放量,是对建筑废弃物的数量、体积、种类、有害物质的全面管理,亦即开展