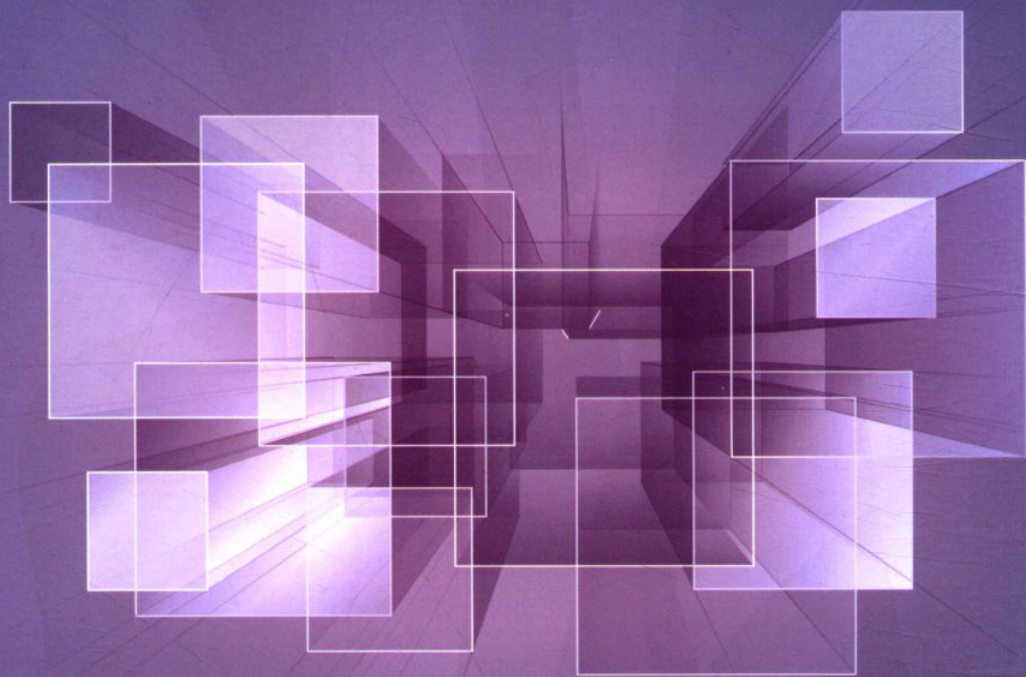


《《《 建筑垃圾及工业固废资源化利用丛书 》》》

建筑垃圾及工业固废 —— 筑路材料 ——

总主编◎ 卢洪波 张海淼 廖清泉

本册主编◎ 杜晓蒙



中国建材工业出版社

建筑垃圾及工业固废资源化利用丛书

图例 (T1) 目录表并图

建筑垃圾及工业固废筑路材料

总 主 编 卢洪波 张海森 廖清泉
本册主编 杜晓蒙

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑垃圾及工业固废筑路材料/杜晓蒙主编. --北京: 中国建材工业出版社, 2019. 11

(建筑垃圾及工业固废资源化利用丛书/卢洪波, 张海森, 廖清泉主编)

ISBN 978-7-5160-2723-3

I. ①建… II. ①杜… III. ①建筑垃圾—固体废物利用 ②工业固体废物—筑路材料—固体废物利用 IV. ①X799.1 ②X705

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 253046 号

建筑垃圾及工业固废筑路材料

Jianzhu Laji Ji Gongye Gufei Zhulu Cailiao

总 主 编 卢洪波 张海森 廖清泉

本册主编 杜晓蒙

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: 北京雁林吉兆印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 12.5

字 数: 260 千字

版 次: 2019 年 11 月第 1 版

印 次: 2019 年 11 月第 1 次

定 价: 78.00 元

本社网址: www.jcbs.com, 微信公众号: zgjcgycbs

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

建筑垃圾及工业固废资源化利用丛书

编 委 会

主 任 杨朝飞（中华环保联合会副主席、生态环境部原总工程师）

副 主 任 王 群（河南省人大环境与资源保护委员会原主任）

冯建勋（河南省人大环境与资源保护委员会副巡视员）

尹伯悦（中华人民共和国住房和城乡建设部教授级高工）

马书勇（河南省生态环境厅副巡视员）

王争亚（河南省环保联合会会长）

解 伟（华北水利水电大学原副校长）

郭春霞（河南省固体废物管理中心主任）

翟 滨（中国环保产业研究院常务副院长）

侯建群（清华大学建筑设计研究院副院长）

蒋立群（美国哈斯科集团来亚太区总裁）

康智明（中国电建集团西北勘测设计研究院副总工、副院长）

编委 杨留栓 (河南城建学院副院长)
尹青亚 (河南建筑材料研究设计院有限责任公司
董事长)
张新中 (华北水利水电大学土木与交通学院院长)
范红军 (郑州工程技术学院土木工程学院院长)
李蕾蕾 (中国电建集团西北勘测设计研究院副所长)
朱建平 (河南理工大学材料与工程学院副院长)
张春季 (郑州市科技局社会发展科技处处长)
尹国军 (清华大学建筑设计研究院副研究员)
徐 剑 (湖南建工环保有限公司董事长)
王广志 (万科集团万创青绿环境科技有限公司董
事长)
雷永智 (中国电建集团西北勘测设计研究院交通
工程院副院长)
康 抗 (中国电建集团西北勘测设计研究院交通
工程院副主任)

总主编 卢洪波 张海森 廖清泉

参编人员 李克亮 徐开东 李战东 先光明 卢 鹏
杜晓蒙 罗 晔 刘应然 张 腾

《建筑垃圾及工业固废筑路材料》

编者名单

主 编 杜晓蒙

参编人员 邱志辉 段玉忠 李 敏 乔辽军 张东胜

谭忠奇 王 玮 韩根想 董 森

参编单位 中原环保鼎盛郑州固废科技有限公司

郑州鼎盛工程技术有限公司

郑州革新水工机械有限公司

山东弘衡再生资源科技有限公司

总 序 言

随着社会和经济的蓬勃发展,大规模的现代化建设已使我国建材行业成为全世界资源、能源用量最大的行业之一,因此人们越来越关注建材行业本身资源、能源的可持续发展和环境保护问题。而工业化的迅速发展又产生了大量的工业固体废弃物,建筑垃圾和工业固体废弃物虽然在现代社会的经济建设发展中必然产生,但是大部分仍然具有资源化利用价值。科学合理地利利用其中的再生资源,可以实现建筑废物的资源化、减量化和无害化,也可以减少对自然资源的过度消耗,同时还保护了生态环境,美化了城市,更能够促进当地经济和社会的良好发展,具有较大的经济价值和社会效益,是我国发展低碳社会和循环经济的不二之选。

我国早期建筑垃圾处理方式主要是堆放与填埋,实际资源化利用率较低。现阶段建筑垃圾资源化利用,比较成熟的手段是将其破碎筛分后生成再生粗细骨料加以利用,制备建筑垃圾再生制品,而工业固体废弃物由于内部具有大量的硅铝质成分,经碱激发之后可以作为绿色胶凝材料辅助水泥使用,用以制备再生制品。

为了让更多人了解建筑垃圾及工业固废资源化利用方面的政策法规、工程技术和基本知识,帮助从事建筑垃圾及工业固废资源化利用人员、企业管理者、大学生、环保爱好者等解决工作之急需,真正实现建筑垃圾及工业固废的“减量化、资源化、无害化”,变有害为有利。中原环保鼎盛郑州固废科技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《建筑垃圾及工业固废资源化利用丛书》,体现了公司、行业专家、企业家和高校学者的社会责任感,这一项目不但填补了国内建筑垃圾及工业固废资源化利用领域的空白,而且对我国今后建筑垃圾及工业固废资源化利用知识普及、科学处理和处置具有指导意义。

该丛书根据建筑垃圾及工业固废再生制品的类型及目前国内最新成熟技术编写,具体分为《建筑垃圾及工业固废再生砖》《建筑垃圾及工业固废筑路材料》《建筑垃圾及工业固废再生砂浆》《建筑垃圾及工业固废再生墙板》《建筑垃圾及工业固废再生混凝土》《建筑垃圾及工业固废预制混凝土构件》《建筑垃圾及工业固废保温砌块》《城市建筑垃圾治理政策与效能评价方法研究》八个分册。

这套丛书根据各类建筑垃圾及工业固废再生制品的不同,详细介绍了如何利用建筑垃圾及工业固废生产各种再生制品技术,以最大限度地消除、减少和控制建筑

垃圾及工业固废造成的环境污染为目的。全国多名专家学者和企业家在收集并参考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，适合从事建筑垃圾及工业固废行业管理、处置施工、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建筑垃圾及工业固废资源化利用、环境教育、污染防治、无害化处置等工作会起到一定的促进作用。

中华环保联合会副主席
生态环境部原总工程师

杨朝飞

2019年5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,已经把建筑垃圾及工业固体废弃物的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。要处理、处置好建筑垃圾及工业固废,实现高质量的综合利用是关键。我国已开发了大量无害化、资源化处置的技术方案,但从绿色可持续发展的目标要求来看,这些处置方案仍需进一步创新和优化。因此,要大力提倡创新和优化建筑垃圾及工业固废综合利用的工艺技术路线,以最少的能源资源消耗和污染物排放,获得具有高性能、高性价比的再生产品。

我国早期建筑垃圾处理方式主要是堆放与填埋,实际资源化利用率较低。将建筑垃圾用于道路工程中则是现阶段建筑垃圾的重要消纳方式之一,可以将建筑垃圾用于回填路基,作为无机结合料稳定再生粒料应用于底基层中,工业固废根据自身性能、粒径等因素可作为骨料或胶凝材料加以利用等。这样就可以实现建筑垃圾及工业固废的全组分、多层次的综合利用。

基于此,本书特组织了多位有丰富经验的建筑垃圾和工业固废资源化利用的科研工作者和企业管理者,他们将积累多年的宝贵经验与建筑垃圾行业变化相结合,编写了《建筑垃圾及工业固废筑路材料》一书。本书主要介绍了利用建筑垃圾和工业固体废弃物来制备筑路材料,主要从所用原材料、设备、工艺、应用以及工业固体废弃物制备地聚合物基绿色胶凝材料等方面展开研究。

在本书的编写过程中,郑州鼎盛工程技术有限公司提供了破碎分选设备的参数、图片等。编者得到了中国电建集团西北勘测设计研究院交通工程院副院长雷永智、华北水利水电大学土木与交通学院李克亮教授的指导与帮助,特向以上对本书提供技术支持的企业和专家们表示衷心的感谢!

希望本书能对已经从事或即将涉足建筑垃圾及工业固废资源化利用的企业和从业人员有所帮助和借鉴。由于编者水平有限,本书中难免存在不妥之处,希望行业同人批评指正。

编者
2019 年 10 月

目 录

1 建筑垃圾及工业固废概述	1
1.1 建筑垃圾的定义与分类	1
1.1.1 建筑垃圾的定义	1
1.1.2 建筑垃圾的分类	2
1.2 工业固体废弃物概述	3
1.3 资源化利用的背景	5
1.4 建筑垃圾研究与综合利用	6
1.4.1 建筑垃圾综合利用现状	6
1.4.2 国内建筑垃圾在道路工程中的研究现状	9
1.4.3 国外建筑垃圾在道路工程中的研究现状	11
1.5 工业固废的研究与综合利用	12
2 建筑垃圾处理设备及工艺	14
2.1 建筑垃圾处理装备	14
2.1.1 预处理类	14
2.1.2 破碎类	16
2.1.3 筛分类	19
2.1.4 分离类Ⅰ	21
2.1.5 分离类Ⅱ	22
2.1.6 制砂类	24
2.1.7 联合类	25
2.1.8 专用类	26
2.1.9 环保类	29
2.1.10 管理类	31
2.1.11 辅助类	31
2.1.12 选配类	32

2.1.13	制品类	33
2.2	建筑垃圾破碎生产线	34
2.2.1	固定式建筑垃圾生产线	34
2.2.2	移动式建筑垃圾生产线	35
2.3	建筑垃圾处理工艺	37
2.3.1	工艺布置	37
2.3.2	建筑垃圾破碎	38
2.3.3	破碎后物料筛分	38
2.3.4	钢筋处置	39
2.3.5	骨料洁净处理	39
2.3.6	环保方面设计	39
2.3.7	信息化、智能化设计	40
2.4	国内外建筑垃圾再生骨料生产工艺流程	41
3	建筑垃圾再生骨料	43
3.1	建筑垃圾再生骨料概述	43
3.2	建筑垃圾再生骨料物理性能研究	43
3.2.1	外观分析	43
3.2.2	颗粒筛分	44
3.2.3	表观密度	45
3.2.4	吸水率	46
3.2.5	杂物含量	46
3.2.6	粒径小于 4.75mm 颗粒含量	47
3.2.7	坚固性	47
3.3	建筑垃圾再生骨料力学性能研究	49
3.3.1	压碎值	49
3.3.2	磨耗度	49
4	建筑垃圾应用于回填路基的研究	52
4.1	建筑垃圾填料性能试验研究	52
4.1.1	筛分试验	53
4.1.2	标准击实试验	54
4.1.3	承载比试验	54
4.2	建筑垃圾填筑路基施工工艺研究	55
4.2.1	施工准备	56

4.2.2	试验路填筑	57
4.2.3	施工质量控制要点	61
4.3	施工质量检测方法与标准	63
4.3.1	施工过程质量控制方法	63
4.3.2	工后质量检测方法	65
4.4	建筑垃圾填筑路基后期观测	66
4.4.1	路基沉降观测	66
4.4.2	路基内部应力观测	67
4.4.3	孔隙水压力观测	70
5	建筑垃圾及工业固废应用于路面基层的研究	72
5.1	建筑垃圾再生骨料在底基层中的研究概述	72
5.1.1	水泥稳定再生骨料无机混合料	72
5.1.2	石灰粉煤灰稳定再生骨料无机混合料	74
5.1.3	水泥粉煤灰稳定再生骨料无机混合料	76
5.1.4	工业废渣稳定材料	77
5.2	再生骨料在水泥稳定碎石基层中的路用性能研究	79
5.2.1	水泥稳定再生骨料基层混合料配合比设计	79
5.2.2	路用性能研究	86
5.2.3	试验段的观测与评价	94
5.3	水泥钢渣土应用于公路底基层的试验研究	98
5.3.1	钢渣特性研究	98
5.3.2	水泥钢渣土研究方案设计	99
5.3.3	水泥钢渣土混合料的力学性能研究	100
5.3.4	水泥钢渣土混合料的收缩性能研究	103
5.3.5	水泥钢渣土混合料的生产应用	109
5.4	装配式混凝土预制块在路面基层的应用	111
5.4.1	技术借鉴与结构创新	112
5.4.2	道路基层用预制块——基块	114
5.4.3	施工工艺与工程应用实例	118
5.4.4	三维嵌挤预制混凝土路基块的结构特点及生产工艺	120
5.4.5	效益分析与发展现状	121
6	建筑垃圾及工业固废应用于路面面层的研究	126
6.1	海绵城市中透水混凝土在面层的应用	126

6.1.1	海绵城市概述	126
6.1.2	透水混凝土在海绵城市中的应用	127
6.1.3	透水沥青混凝土	134
6.2	钢渣尾渣应用于沥青混凝土面层	138
6.2.1	钢渣尾渣研究背景	138
6.2.2	钢渣尾渣全组分利用技术	140
6.2.3	钢渣尾渣应用于沥青混凝土	140
6.2.4	工程实例与实践	143
7	工业固废制备地聚合物基绿色胶凝材料	146
7.1	地聚合物介绍	146
7.2	一块一路试验研究	149
7.2.1	原材料的检测及预处理	149
7.2.2	绿色胶凝材料配方优化	150
7.2.3	混凝土试验	152
7.2.4	项目成果支持“一块一路”建设	155
7.3	典型工程实例介绍	159
7.3.1	西藏邦达机场	159
7.3.2	西藏日喀则机场	160
7.3.3	新疆某直升机机场	161
7.3.4	乌鲁木齐地窝堡国际机场	162
7.3.5	新疆武警直升机机场	163
8	海内外新产品与新技术	166
8.1	湿法成型路面板	166
8.1.1	一种湿法成型的仿石抛光路面板	166
8.1.2	解决湿法压制混凝土面板的养护变形问题	167
8.2	新型透水气候路面板	169
8.3	可镶嵌“花”的混凝土路面板	170
8.4	勿以“缝”小而不为——预埋装配式伸缩缝	171
9	文献导读及专利介绍	175
9.1	文献导读	175
9.2	专利介绍	177
	参考文献	181

1 建筑垃圾及工业固废概述

1.1 建筑垃圾的定义与分类

1.1.1 建筑垃圾的定义

当今社会建筑垃圾的类别，与建筑时间、建筑要求、建筑材料、建筑商的实力、消费者的实力、建筑中的无用成分等有关。依据建筑时间的不同，我国的建筑结构在以下几个时期呈现明显的不同：

第一个时期，指 1949 年以前的时期。在这个时期，由于我国的经济发展水平很低，社会的整体生产能力也不高，因此建筑材料都非常简单。比如农村的房屋主要以土坯和草土结合的建筑材料为主。部分农村，富裕的家庭可以在墙体中置入少量的砖，在屋顶上置入少量的瓦，门窗改换成相对简单的木质门窗。而城镇的建筑材料则相对好一些，其房屋材料采用了黏土青砖等较好的材料，甚至有些地方，如部分公共设施，则用上了钢筋、混凝土等在当时非常先进的材料。

第二个时期，指新中国成立以后到 20 世纪 80 年代中期。这个时期主要是因为新中国成立以后，国家经济建设有了统一的调度，可以集中力量办大事，在全国范围内进行了各个层面的改造，作为面貌工程的建筑改造，就成了重中之重。此时全国的经济发展重生产，所以很多建筑是对大型工厂的改造和重新建设。由于受限于当时的经济条件和建筑因素，可用于建筑的材料通常是多层混合结构。这个时期的建筑通常是以黏土砖和混凝土作为支柱，以空心楼板作为建筑的外部，而建筑的防水措施，以沥青为首选材料。这个时期的门窗也出现了不锈钢制成的门窗。室内的墙表面以水泥浆为主。相对落后的地区，则多使用石灰黄土泥浆做墙面。

第三个时期，指从 20 世纪 80 年代中期开始，到 21 世纪第一个十年中期。这个时期，得益于改革开放，中国的经济有了快速的发展，因此全国的建筑行业也发生了翻天覆地的变化。建筑行业的要求越来越高，技术进步越来越快，能够使用的建筑材料日新月异，建筑结构变得更加复杂，也更加稳定。比如除了以前的砖混结构以外，还有浇筑这种新的、快速构建建筑的方式。而更多种类的建筑材料也参与到建筑物的建造中来，如聚氯乙烯（PVC）、聚丙烯（PP）、聚乙烯（PE）、聚丁二烯（PB）、硅酮、聚硫、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物（ABS）、三聚氰胺、各类纤维素等；也有很多无

机墙体材料、五花八门的装修材料等参与建筑物^[1]。

随着经济的持续增长,人口的急剧增加,建筑物的形态、结构都在发生改变,旧的建筑物不断被拆除、更替,各种类型的建筑活动使建筑垃圾量也与日剧增。

现行中国法律法规中对建筑垃圾有明确的定义,即机构或者个体由于对与建筑相关的部分实施拆建或者维修因而导致的无用物,或者对有居民入住的建筑物进行拆建或者维修而出现的无用物。

对“建筑垃圾”相对狭义的定义是:人们在从事拆迁、建设、装修、修缮等建筑业的生产活动中产生的渣土、废旧混凝土、废旧砖石及除此之外的无用物的总称。对“建筑垃圾”相对广义的定义是:移除旧的建筑以后剩余的一些碎砖,包括对以后建筑没有任何作用的东西,也包括在施工过程中出现的无法再利用的材料,比如碎木屑、废砂浆、碎钢材和塑料制品、开挖地基时被挖出的土和碎石、居民装修时的废弃物、城市道路修复时产生的所有无用物等。

被移除的建筑所产生的垃圾,其成分与原建筑所用建筑材料的类别有很大的关系。比如,旧的供人居住的建筑,它的建筑材料中大约 80%是砖瓦,其他部分则通常是碎玻璃、碎木屑、碎砖块。而在已经不再使用的工业厂房中,约一半是钢筋混凝土的结构。移除建筑物所产生的建筑垃圾的种类常常与原建筑物的内部结构有关,其产生的建筑垃圾的量的多少也因施工队的水平和当时一些具体条件的不同而有所差异。

因此,在研究、分析建筑垃圾时,着眼点应该立足于我国的可持续发展战略和循环经济战略,充分考虑建筑垃圾的使用价值。生活当中接触到的建筑垃圾,一般都是固体。这一类垃圾主要产生在建筑的建、维、拆、修过程中。虽然在移除建筑过程中由于建筑本身结构的不同,而产生了不同种类的垃圾,然而构成这些垃圾的成分却大体相同,主体还是砖、石、土的碎屑碎块,装饰材料的废弃物以及小块儿砂浆等。

很多建筑由于建设时间长、使用时间长、维修时间长而产生了大量的垃圾,这一类垃圾其实是非常宝贵的资源,应该根据垃圾成分的种类以及需求对其进行处理,进而减少资源的浪费。由建筑物的建拆所导致的垃圾主体是砖、瓦、砂浆、混凝土以及废弃的生活用品等,尽管这些垃圾的量很大,但处理起来还是比较方便的。

1.1.2 建筑垃圾的分类

依据分类方法的不同,建拆建筑时会产生各种类型的垃圾。如果可以优化分类方法,就能找到处理垃圾的更好方法。

依据垃圾来源的不同,垃圾处理确定了不同的分类方法。这些分类方法可以用于对建筑垃圾的处理。对建筑垃圾,依据其来源的不同,可以将其划分为五类,分别是土地开挖垃圾、道路开挖垃圾、旧建筑物拆除垃圾、建筑施工垃圾和建材生产垃圾。下面对这些垃圾进行详细定义^[2]。

(1) 土地开挖垃圾

土地开挖垃圾,根据开挖深度可以划分为深层土垃圾和表层土垃圾。这类垃圾的产量一般非常大。但是,由于这一类垃圾的成分都不复杂,所以它的危害性一般不高。对于这些垃圾的预防,主要是防尘和防抛撒。

(2) 道路开挖垃圾

产生道路开挖垃圾的道路,从整体上看可以划分为两类:一类是沥青道路;一类是混凝土道路。道路开挖垃圾包括混凝土块、石材和废电线等。对道路开挖垃圾的预防和处理措施是:提高平常所用建筑材料的质量,并优化管理。这一类垃圾的再利用价值非常高,因此要注意对其的回收和再利用。

(3) 旧建筑物拆除垃圾

旧建筑物拆除垃圾的主要成分包括砖石、混凝土、灰浆以及其他金属类物质等。它的成分非常复杂。因此,对它的处理,需要非常大的投入,包括用于研究的大量资金和精力。在日常也要做好对它们的循环利用,进而实现对它们造成的污染的控制。

(4) 建筑施工垃圾

建筑施工垃圾可以细分为碎屑、剩余建筑材料、装修带来的废弃物。所谓的碎屑,是指碎砖、碎石、碎混凝土以及水泥砂浆等。所谓的剩余建筑材料,是指进行建筑的建设时超额的建筑材料,当然包含因为建筑物的未完工而产生的过剩建筑材料。装修带来的废弃物有废金属、废装饰材料以及碎石灰等。建筑施工垃圾中绝大部分是碎屑、散落的砂浆和其他材料等。

(5) 建材生产垃圾

所谓的建材生产垃圾,在现在来看,就是指工厂在生产建筑材料时所产生的所有的无用物。而建筑材料在储存以及运输过程中所产生的无用物,也被视为建材生产垃圾。如混凝土在被生产的时候,很难保证百分之百的合格。那些不合格的混凝土,常常会浪费工厂的大量财物,是工厂管理的一个关键。这些垃圾主要是生产工具或者生产方式、生产条件的不完善而产生的。虽然不可能实现资源的百分之百利用,但是改进生产方式,发明创造新的生产工具会大大减少此类垃圾的产生。

1.2 工业固体废弃物概述

(1) 定义与分类

工业固体废弃物(以下简称工业固废)是在工业生产过程中排出的采矿废石、选矿尾矿、燃料废渣、冶炼及化工废渣等固体废弃物。工业固废的主要组成为粉煤灰、炉渣、矿渣、钢渣、铅锌渣、铁合金渣、发电煤矸石渣等,这类废渣的共同特点是以硅铝为主要成分,有一定活性,可经 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 及活性剂激发以后产生胶凝强度,从而成为新型胶凝材料,以替代水泥,节约产品成本。工业固废中的铁尾矿砂还可作为细

骨料用来制备混凝土。

近几年的国家大数据显示，我国的工业固废主要源于五大重工业作业。采矿业的废弃石料、冶炼金属的燃烧残留等都是目前我国工业固废的重要组成部分。我国地大物博，有着丰富的矿产资源，所以工业固废的来源相对稳定。由于我国有着丰富的矿产资源作为后盾，所以矿产开采量也逐年增加。而作为工业固废主要来源的五类企业，所使用的矿产资源都可以回收再利用。如果能对其在生产过程中产生的工业固废进行合理的回收利用，一方面可以改善生态环境，建立可持续发展的生态系统；另一方面可以使我国的矿产资源利用率得到充分提升，进一步有效解决工业固废浪费的问题。主要工业固废的来源和分类见表 1-1。

表 1-1 主要工业固废的来源和分类

来源	产生过程	分类
矿业	矿石开采和加工	废石、尾矿
冶金	金属冶炼和加工	高炉渣、钢渣、铁合金渣、赤泥、铜渣、铅锌渣、汞渣等
能源	煤炭开采和使用	煤矸石、粉煤灰、炉渣等
石化	石油开采和加工	油泥、焦油页岩渣、废催化剂、酸渣、碱渣、盐泥等
轻工	食品、造纸等加工	废果壳、废烟草、动物残骸、污泥、废纸、废织物等
其他		金属碎屑、电镀污泥、建筑废料等

(2) 工业固废总量与堆放情况分析

2005—2018 年，我国工业固废的产生量呈现增长趋势，污染环境现象日益凸显。在 2011 年，工业固废年产生量达到 32.28 亿吨，此后一直高居不下。2018 年，我国一般工业固废年产生量达到 33.16 亿吨。另据工业和信息化部统计，当前我国工业固废的历史累计堆存量超过 600 亿吨，占地超过 200 万公顷。据原环保部统计，2017 年我国危险废弃物共 46 类 460 种，产生量为 5480 万吨。其中可无害化、资源化处置量约占 1/4，未经无害化和资源化处置的危险废弃物环境危害巨大。2018 年，据测算国内危险废弃物年产生量为 6000 万~1 亿吨，但综合利用率不足 50%，无害化处置能力“散小弱低”，非法转移、处置、倾倒现象严重，环境危害很大。为实现工业固废综合利用产业健康发展，相关企业一定要找准产业定位，行业应加强自律，政府则要严格监管，多方合力才能有效提高工业固废的综合利用率。

(3) 工业固废的分布

我国的工业固废分布有着极强的规律性。工业固废最主要的产地集中在我国的中部和西部。其中，东北三省加上山西、山东、河南、河北等共 10 余省份，占全国工业固废总产生量的 3/5 以上。主要原因是这些省份的经济结构不合理，重工业集