



中国建材

中国建筑材料科学研究总院有限公司

China Building Materials Academy

建筑废弃物资源化再生利用技术与评价方法

陈继浩/2024.08.21

目录

第1部分 背景

第2部分 建筑废弃物的资源特点

第3部分 建筑废弃物高值化利用

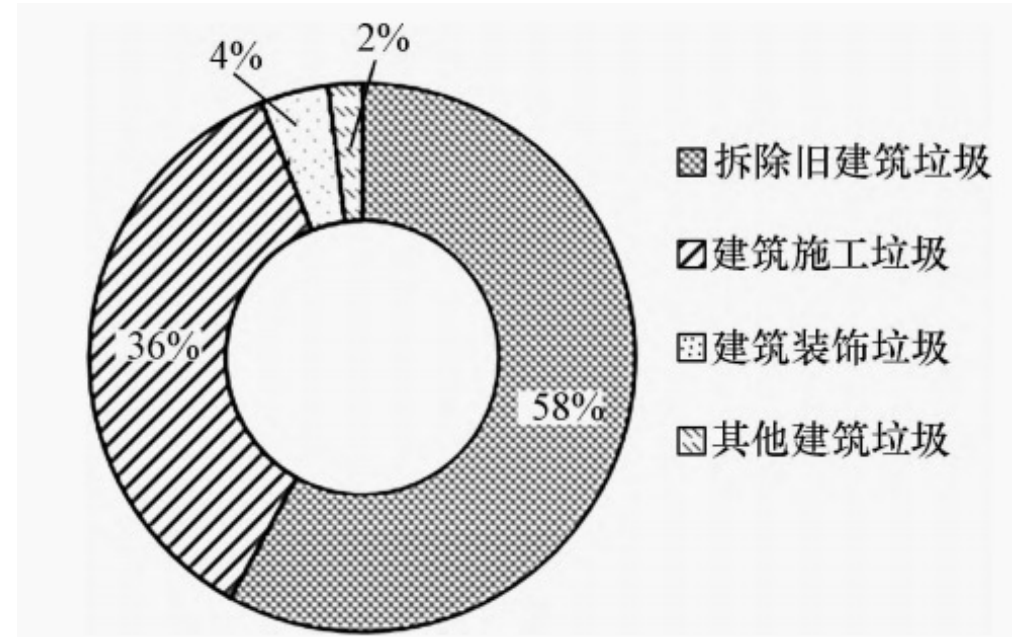
第4部分 建筑再生制品评价

第5部分 展望



研究背景

- 建筑垃圾产量2023年为30亿吨，年产生量以每年3%~5%的速度增加。
- 堆存量超过200亿吨，建筑垃圾资源化利用率低于20%。
- 建筑垃圾的数量已占到城市垃圾总量的40%~50%。
- 由于建筑设计年限和建筑维护阶段的自然损耗，我国已有大量的淘汰建筑进入到建筑垃圾处置阶段。





建筑废弃物的资源特点

➤ 建筑垃圾分类

表1 住建部规范对建筑垃圾的分类

分类	成分
道路开挖垃圾	砂石、水泥、金属、混凝土碎块、沥青等
建筑施工垃圾	碎砖、混凝土、砂浆、桩头、包装材料、屋面材料等
旧建筑物拆除垃圾	废砖瓦、混凝土碎块、金属、玻璃、陶瓷、木块等。
土地开挖垃圾	表层土、深层土等
建材生产垃圾	废料、废渣、碎块、碎片、废弃混凝土、多余混凝土等



建筑废弃物的资源特点

➤ 建筑拆除垃圾成分

表2 拆除垃圾成分

结构	钢筋	混凝土	砖	玻璃	木材	合计
混凝土结构	1.81%	83.8%	9.94%	0.11%	4.13%	100%
钢结构	6.47%	64.89%	18.01%	0.28%	9.24%	100%
砖结构	0.00%	0.00%	70.49%	0.11%	29.37%	100%
砖混结构	0.26%	30.66%	38.32%	0.08%	30.66%	100%

- 拆除建筑中混凝土垃圾为主要成分，利用方式也较多。
- 砖的比例较高，是现阶段的主要特点。



建筑废弃物高值化利用

➤ 再生产品产业发展阶段：

- 第一阶段，以简易小作坊模式为主，规模小、环保差，处置技术简单，再生产品附加值低。
- 第二阶段，以规模化固定设施为主，环保基本达标，粗放式发展阶段，盈利较差。
- 第三阶段，有特许经营许可，进行一定程度的深度资源化利用，简易分离分选，主要靠政府补贴，市场竞争能力一般。
- 第四阶段，多级分离分类工艺和装备，制品种类增多，如再生水泥、砂浆、墙板、砌块等，综合利用率高，规模大，产品开始有市场竞争力。



建筑废弃物的资源特点

➤ 建筑垃圾资源及再利用途径

- 道路基层是最常用的方法，量大，但利用价值低，只是建筑垃圾资源化利用的副产品。
- 再生骨料，是建筑垃圾的初级再生产品，成本高于天然砂石，利润不大；
- 铺道砖、花格砖等市政用途，附加值低，市场难以预测。

表3 建筑垃圾成分

一级分类	二级分类	可行用途
无机非金属	渣土、灰沙	基坑回填等
	混凝土块	再生骨料等
	废砂浆	再生砖、砌块等
	砖瓦砌块	再生砖、砌块等
	陶瓷	再生骨料等
	玻璃	回收再生等
	石膏	石膏纤维板
金属	钢铁	回收再生等
	铝	回收再生等
	铜	回收再生等
	其他金属	回收再生等
其他类	木材竹材	制板、焚烧
	塑料、织物	再生、焚烧
	纸制品	焚烧
	沥青	再生、焚烧



建筑废弃物高值化利用

➤ 再生骨料是初级利用，价值不高。

表4 再生骨料经济性分析

项目	名称	金额（元/t）
1	原材料（建筑垃圾）	
2	动力费	1.5
3	工资和福利	15
4	大修费及维护费	1.5
5	折旧费与摊销费	3
6	管理费用	2
7	销售费用	2
8	税金及附加	2
9	财务费用	2
10	生产成本	29
11	销售价格	35

- 每处理 1t 建筑垃圾可得到的骨料为 0.8t，价值28元，生产成本为29元。
- 未计入原材料价值和运输成本情况下，再生骨料的利润为负，企业无法生存。



建筑废弃物高值化利用

➤ 再生制品是高值化利用方向，再生企业有利润。

表5 可用建筑垃圾再生产品替代建材情况

产品名称	骨料 (配制 C30 以下砼)	干拌砂浆	免烧砖	墙板
市场需求量	750 万 t/年	600 万 t/年	1000 万 m ³ /年 (600 万 t/年)	600 万 m ² (21 万 t/年)
产品名称	水泥添加剂	小型彩色人行道砖	二灰碎石	C20 砼及砼制品
市场需求量	70 万 t/年	/	/	/

表6 建筑垃圾再生骨料对再生产品贡献分析

产品名称	骨料 (配制 C30 以下混凝土)	干拌砂浆	免烧砖	墙板	水泥添加剂
再生骨料含量	100%	67%	70.4%	74.6%	25%
产品名称	人行道砖	二灰碎石	砼 C20 及砼制品	人行道垫层	/
再生骨料含量	63%	80%	52.7%	100%	/



建筑废弃物高值化利用

➤ 高值化利用效益分析

表7 建筑垃圾的处理对利用高级产品效益分析

	再生产品名称	利润率
建筑垃圾主要再生产品的利润贡献	免烧砖	9.4%
	二灰碎石	12.69%
	小型砌块砖	25.17%
	墙板	24.3%
	水泥添加剂	10.3%
	小型彩色人行道砖	25.17%
	干拌砂浆	21.8%
	砼 C20 及砼制品	32.23%

结论:

- 再生干拌砂浆、再生墙板的市场需求量、产品利润率和再生骨料含量都较高，是适当的建筑垃圾再生利用产品；
- 免烧砖虽然总体效益不高，但市场需求量大，市场风险较小，是当前建筑垃圾再生利用和消纳的主导性产品。



建筑废弃物高值化利用

➤ 再生产品企业现状及问题

- 建筑垃圾资源化项目有 200多个，资源化能力为 5.5万 t/a，实际产能3.5万t/a。
- 根据考察情况，除非政府补贴到位，建筑垃圾资源化利用行业，基本上难以持续健康运营。
- 建筑垃圾再生产品单一、缺乏实用性、附加值低，是导致企业难以生产的主要障碍。
- 对高价值利用的评价应充分关注需求，形成以需求为导向的评价指标。



建筑再生制品评价

- **建筑高值化再生制品利益相关者关心或希望了解的关键指标:**
- 服役性能：具有一定使用效用，满足市场需要所需性能；能否符合相关标准，在建筑中使用无障碍；
- 质量因素：再生后能达到的质量和性能(质量稳定性、均一性)，打消应用方顾虑；
- 经济因素：再生产品比新造产品是否具有综合成本优势（是否有市场竞争力）；
- 环境因素：为申请政府补贴提供环保、低碳等标志和性能数据；
- 安全因素：再生产品在建筑中应用时的重金属、污染物释放影响。
- 再制造：材料的可恢复性、可分离性等。



建筑再生制品评价

➤ 建筑再生制品服役性能评价

- 服役性能：包括力学性能、特征参数等，根据再生制品的不同，有不同参数。与类似非再生产品相比，是否在性能上接近或有优势。
- 对策：1) 制定标准，并与现行应用标准协调。
2) 进行检验测试，对其各参数性能进行评价。



建筑再生制品评价

➤ 服役性能：再生利用标准存在的问题

- 标准体系不成体系，支撑和覆盖范围不足，尤其是高附加值的再生产品标准缺失。
- 缺乏高附加值产品标准（砌块、3D 打印材料、陶粒等）。
- 缺少相关再生处理设备标准、资源化企业管理行为的评价标准。
- 与工程应用标准不协调。
- 例：虽然根据GB/T 25176—2010《混凝土和砂浆用再生细骨料》、GB/T 25177—2010《混凝土再生粗骨料》中针对不同等级的再生骨料可应用于不同强度等级混凝土中，但在GB 50164—2011《混凝土质量控制标准》中明确规定预拌混凝土用粗、细应符合JGJ 52—2006《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》，受到标准要求的限制，再生骨料由于本身的各项检测指标不满足要求，因此无法大范围应用于混凝土中。



建筑再生制品评价

➤ 建筑再生制品质量因素

- 质量因素：产品的均一性、耐久性、质量稳定性等，打消应用方顾虑。
- 对策：建立质量保证评价和追溯机制。

- 建筑再生制品质保追溯评价程序：
 - 原材料评价（杂质含量、污染物）；
 - 中间产品质量评价（骨料粒度分布、骨料力学性能等）；
 - 再生产品评价（力学、质量）；
 - 收集、分析与处理试验数据；
 - 评定：做出定性或定量评定。
 - 环保标志或认证。
 - 信息化追溯平台。



建筑再生制品评价

➤ 建筑再生制品经济因素

- 经济因素：再生产品比新造产品是否具有综合成本优势（是否有市场竞争力）。
- 对策：1) 对替代竞争力进行经济分析和评价；
2) 给出建筑垃圾含量。
- 建立类似碳交易的规则：谁产生建筑垃圾谁付费，谁使用建筑垃圾可根据用量进行税收减免或补贴。

表1 不同骨料制品成本对比表

制品种类	强度等级 (MPa)	天然砂石骨料制品成本 (元/m ³)	再生骨料制品成本 (元/m ³)	节约成本 (元/m ³)
砌块	MU5.0	130	117	13
混凝土	C30	245	201	44
路面砖	CC40	45	40.2	4.8
砌筑砂浆	M10.0	365	312	53
干混砂浆	M5.0	295	241	54



建筑再生制品评价

➤ 建筑再生制品环境因素

- 环境因素：提供环境负荷、低碳等标志和性能数据。
- 对策：对低碳性能、环境负荷等进行评价，给出环境、低碳标签，将环境性能、低碳性能等转化为附加价值。
- 重建企业激励法则：政府根据碳标签、环境负荷性能等对企业进行补贴，促进低碳、环境负荷低的再生制品的发展。

➤ 建筑再生制品环境负荷评价内容：

- 不可再生资源消耗；
- 温室效应；
- 环境酸化；
- 光化学烟雾效应；
- 土地占用。



建筑再生制品评价

➤ 建筑再生制品安全因素

- 安全因素：再生产品在建筑中应用时的重金属、污染物释放影响。

安全性标准缺失，当制成再生产品时，建筑垃圾中有害物质若未完全消除，存在安全隐患，可能对环境和人体造成一定危害，使得人们对再生产品的产品质量、安全性存在顾虑。

- 对策：
 - 1) 制定相应标准；
 - 2) 进行重金属、污染物释放等检测。

建筑再生制品评价



中国建材

➤ 建筑再生制品安全因素

➤ 再制造：再生制品的可恢复性、可分离性。

符合3R原则，最好能经过简单处理即可重复利用。

➤ 对策：设计再生产品时即对上述因素进行评价；

展 望



中国建材

- 建筑垃圾的信息化平台建设，将全生命周期信息化管理、质保追溯、环境性能等内容整合在一起，提高建筑垃圾利用效率，促进产业发展。
- 建筑垃圾的拆除决策优化、智能化分拣、精细化分拣、分级分类技术将对再生产品品质提升、提高再生制品附加价值发挥关键作用。
- 再生产品的评价和认证认可、标识将推动具有市场竞争力的再生产品发展。



中国建材

中国建筑材料科学研究总院

Thanks

2024.08.21 陈继浩