

建筑废弃材料的回收利用技术与环境影响评估

江金平

江西凌格建设工程有限公司 江西南昌 330000

【摘要】针对建筑废弃材料回收利用过程中的技术应用和环境影响问题，通过建立废弃材料力学性能分析模型，研究了其抗拉强度与混凝土建筑材料的对比关系。实验结果表明，建筑废弃材料具有良好的力学性能，其抗拉强度与混凝土建筑材料相当，在30-60MPa强度等级范围内的剩余抗拉强度影响系数为0.60-0.70。通过环境影响评估发现，废弃材料的回收利用可减少60%以上的填埋量，显著降低环境污染。现场应用证明，再生混凝土的性能可满足建筑工程要求，为建筑废弃材料的资源化利用提供了理论依据和技术支撑。

【关键词】建筑废弃物；回收利用；力学性能；环境影响；资源化

引言：

随着城市化进程加快，建筑业呈现线性增长趋势，建筑废弃材料的产生量急剧增加。这些废弃材料若得不到合理处置，不仅造成资源浪费，还会对环境造成严重污染。将建筑废弃材料进行回收利用，既可节约资源、降低成本，又能减少环境污染，对实现建筑业可持续发展具有重要意义。德国等发达国家在废弃混凝土回收利用方面已取得显著成效，开发出如Plattenba板材等再生产品。因此，深入研究建筑废弃材料的回收利用技术及其环境影响，对推进建筑废弃材料资源化利用具有重要的理论价值和实践意义。

1 工程概况

1.1 废弃材料来源与分类

建筑废弃材料来源广泛，主要来自建筑物拆除、装修和维修过程，包括混凝土构件、砖块、钢筋、木材、玻璃和陶瓷等。建筑工程施工过程中产生的边角料和施工废料也是重要来源。工业生产和农业生产过程中产生的矿渣、粉煤灰、煤矸石和废砖等副产品同样构成废弃建材的重要组成部分。按照材料性质和用途，建筑废弃材料可分为金属类、非金属类和复合材料类。金属类废弃材料包括钢铁、铝合金及铜材等，因其较高的强度和耐腐蚀性在建筑结构中发挥重要作用，广泛用于梁柱、桁架等承重构件。非金属类废弃材料主要包括砖块、水泥和木材等，是建筑结构的基础材料。砖块主要用于墙体建设，水泥用于混凝土制备，木材则因其良好的加工性能和保温性能用于建筑装饰。复合材料类废弃建材包括玻璃钢、碳纤维增强复合材料等，具有强度高、重量轻等特点，在现代建筑工程中应用范围不断扩大^[1]。这些复合材料主要用于建筑外墙、防水

层和装饰层等部位。对于这些不同类型的废弃材料，需要建立科学合理的分类回收体系，按照材料属性和再利用价值进行分级处理，实现资源的最大化利用。

1.2 废弃材料基本特性

建筑废弃材料普遍具有较好的力学性能和耐久性。废弃混凝土经力学性能分析，其剩余抗拉强度与新混凝土材料具有同等水平，抗拉能力良好，在30-60MPa强度等级范围内的剩余抗拉强度影响系数为0.60-0.70。废弃钢材经过适当处理后仍保持较高的强度和韧性，屈服强度达到原材料的85%以上，延伸率保持在15%以上，满足建筑结构用钢要求。废弃木材具有较好的加工性能和保温隔热性能，含水率控制在12%-15%范围内，抗弯强度可达45MPa，适合制作装饰材料和家具^[2]。废弃玻璃具有较高的透光性和耐腐蚀性，透光率可达85%以上，莫氏硬度在6-7之间，经过回收处理可用于制作新型建材。废弃陶瓷材料具有较高的强度和耐磨性，抗压强度可达60MPa，莫氏硬度达到7-8，适合制作路面材料和装饰材料。复合材料类废弃建材保持了较好的力学性能，玻璃钢抗拉强度可达200MPa以上，碳纤维增强材料的抗拉强度超过500MPa。这些废弃材料经过合理回收和加工处理，均可作为再生建材使用。

1.3 回收利用现状分析

国内外建筑废弃材料的回收利用技术已取得显著进展。德国在废弃混凝土回收利用领域处于领先地位，开发出Plattenba板材等再生产品，建立了完善的回收处理体系。该技术通过高效分离工艺，使再生骨料的回收率达到95%，再生混凝土强度等级可达C40以上。日本将建筑废弃材料应用于艺术设计领域，如村井正诚美术馆采用废旧木材制作

外墙百叶,实现了废弃材料的艺术价值。内蒙古工业大学建筑馆利用废弃钢板进行改造,采用不规则拼接覆盖新墙面,创造出独特的建筑风格。宁波博物馆采用废弃砖瓦建设外墙,通过创新工艺与细节处理,形成独特的视觉效果和文化内涵。在回收处理技术方面,已形成包括分类、破碎、筛分和加工等完整工艺流程。处理设备配备收尘封、云尘封和抑尘机等环保装置,粉尘排放浓度控制在 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 以下,噪声控制在70分贝以下。建筑废弃材料资源化产业规模不断扩大,年处理能力达5亿吨以上,再生产品应用领域涵盖建筑工程、市政工程和景观工程等多个方面。但在回收标准制定、再生产品质量控制和市场推广等方面仍需进一步完善和提高。

2 技术应用研究

2.1 力学性能测试方法

建筑废弃材料力学性能测试采用应力评估机制和有限元分析方法。通过建立材料弹性变形增量和应力增量模型,对单轴受压条件下的剩余抗拉强度进行静力分析。具体测试过程中,基于废弃材料建筑徐变同性线性强度,构建高斯核函数评估材料力学损失衰减量,切线弹性模应力评估尺度作为材料性能衡量指标。在实际废弃材料结构件模型分析中,运用有限元分析软件测试应力结构,对材料内部结构状态进行三维扫描,获取应力分布云图和位移变形数据。针对材料极限承载力学评估,采用弹塑荷载分布模型计算积分截面数,屈服机制贡献权重系数取0.85。通过等效随机应力补偿确定剩余抗拉强度,建立破坏模式的建筑结构废弃材料结构件受损变换矩阵。利用剩余抗拉强度与承载力之间的关联系数,构建材料循环回收利用机制评估模型^[3]。该测试方法可精确且真实地仿真模拟材料的内部应力特征,模拟精度达95%以上,为废弃材料力学性能分析和再生利用提供了科学依据。测试结果显示,废弃混凝土的抗压强度保持率达到原强度的75%以上,废弃钢材的屈服强度衰减不超过15%,满足工程应用要求。

2.2 回收利用工艺流程

建筑废弃材料回收利用工艺采用三级破碎模式,包括分类收集、加工处理和再生产品制备三个主要阶段。分类收集阶段采用机械化分选技术,将废弃物按金属类、非金属材料类进行分选,去除杂质含量需控制在3%以下。加工处理阶段采用机械破碎、磁选分离和筛分工艺,破碎设备选用颚式破碎机和反击式破碎机,粒径控制精度达 $\pm 5\text{mm}$ 。金属类废弃材料采用磁选分离技术,分离效率达

95%以上;非金属类废弃物采用风选和浮选工艺,纯度可达90%以上;复合材料类采用物理分离技术,分离率达85%。再生产品制备阶段针对不同材料特性采用差异化工艺路线:废弃混凝土经破碎筛分后制备再生骨料,粒度分布符合规范要求;废弃钢材通过切割、修整后直接再利用,变形率控制在2%以内;废弃木材经除虫、熏蒸和打磨处理后用于制作装饰材料,含水率控制在15%以下。整个生产线配备智能化控制系统,实现工艺参数自动调节^[4]。同时安装收尘封、云尘封和抑尘机等环保设备,粉尘排放浓度控制在 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 以下,噪声控制在70分贝以下,确保生产过程绿色环保。

2.3 再生产品性能评价

再生产品性能评价从力学性能、耐久性和环境相容性三个方面进行。力学性能评价包括抗压强度、抗拉强度和弹性模量等指标测试。通过建立应力屈服机制模型,分析再生材料的剩余强度和变形特性。耐久性评价针对材料的抗冻性、抗渗性和抗腐蚀性等性能指标,采用加速试验方法模拟材料在不同环境条件下的性能变化规律。环境相容性评价主要考察再生材料中有害物质含量和环境适应性,包括重金属浸出、放射性等指标检测。研究表明,再生混凝土的抗拉强度与普通混凝土相当,剩余抗拉强度影响系数在0.60-0.70之间。再生钢材经过适当处理后保持了原有的力学性能,满足工程应用要求。再生木材具有良好的物理力学性能,经过防腐、防虫处理后可用于建筑装饰。再生陶瓷制品的强度和耐磨性能符合相关标准规范。环境监测数据显示,再生建材的有害物质含量低于标准限值,对周边环境无不利影响。废弃材料再生产品已在道路工程、建筑装饰、景观设计等多个领域得到成功应用,展现出广阔的发展前景^[5]。

3 环境影响评估

3.1 资源节约效益分析

建筑废弃材料回收利用对资源节约效益显著。废弃混凝土再生利用每立方米可节约天然砂石约0.8吨,减少水泥用量约15%。钢材回收再利用可节约铁矿石消耗量85%以上,节能50%以上。木材回收再利用可减少原木消耗约75%,相当于保护森林面积2000公顷。玻璃回收再生每吨可节约原材料0.75吨,节能40%。在整个建筑废弃物回收利用过程中,资源综合利用率达到80%以上(如表1所示)。2023年全国建筑废弃物回收利用率达到5亿吨,实现资源替代效益约150亿元。其中,再生混凝土骨料替代率达45%,再生钢材

使用率超过35%，木材制品再利用率达30%。各类建筑废弃材料资源化利用不仅降低了建筑成本，而且有效缓解了原材料供需矛盾。与传统原材料生产相比，再生建材生产能耗降低了45%，原材料消耗减少了55%，实现了资源的高效循环利用。

表1 建筑废弃材料资源节约效益统计

废弃材料类型	资源利用率(%)	原材料节约率(%)	能源节约率(%)
混凝土	85	80	65
钢材	95	85	50
木材	75	75	45
玻璃	80	70	40

3.2 污染物减排效果

建筑废弃材料资源化利用显著降低了环境污染。废弃混凝土再生利用每吨可减少CO₂排放约0.3吨，NO_x减排约0.8千克，SO₂减排约0.6千克。通过回收处理设备的除尘系统，粉尘排放浓度控制在20mg/m³以下，远低于国家标准限值。废水经处理后循环利用，实现零排放。噪声控制在70分贝以下，符合环保要求。2023年全国建筑废弃物回收处理减少填埋量约3亿吨，节约土地资源2000公顷以上(如表2所示)。与传统处理方式相比，回收利用可减少渗滤液产生量85%，降低地下水污染风险90%。在气候变化影响方面，每回收利用1吨建筑废弃物可减少温室气体排放约0.5吨二氧化碳当量。污染物减排效果达到预期目标，年度环境效益达11000万元，展现出显著的环境价值。

表2 污染物减排效果统计

污染物类型	减排量	减排率(%)	环境效益(万元/年)
CO ₂	150万吨	35	4500
NO _x	80万kg	40	2000
粉尘	60万kg	45	1500
废水	100万t	100	3000

3.3 生态环境影响评价

建筑废弃材料回收利用对生态环境的影响全面评估表明：再生产品生产过程中的环境负荷较低，废气、废水、噪声等污染物排放均符合环保标准。生态影响评价指数为0.85，属于环境友好型产业。通过对再生产品全生命周期分析，其碳足迹比常规建材低35%。土壤环境质量监测显

示，场址周边土壤重金属含量低于背景值，有机物含量符合标准要求。地下水水质监测结果表明，生产活动对地下水环境无明显影响，各项指标均优于III类标准。生态系统评价结果显示，建筑废弃物资源化利用减少了原材料开采对生态环境的破坏，有利于生物多样性保护(如表3所示)。大气环境质量监测表明，场址周边PM_{2.5}、PM₁₀浓度较周边区域降低20%，环境空气质量明显改善。环境风险评估结果显示，生产过程环境风险可控，对周边居民和生态系统安全影响较小。

表3 生态环境影响评价指标

评价指标	监测值	标准值	达标率(%)
土壤质量	优	良	100
地下水质量	优	良	100
大气环境	良	良	100
生态系统	稳定	稳定	100

结语

通过建筑废弃材料力学性能测试和环境影响评估可知，废弃材料具有良好的再利用价值，其力学性能达到建筑材料标准要求。回收利用不仅可以减少资源消耗和环境污染，还能创造可观的经济效益。研究表明，建筑废弃材料的资源化利用是一条实现建筑业可持续发展的有效途径。未来应进一步完善回收利用技术，优化工艺流程，提高再生产品质量。同时，建议加强政策引导和市场机制建设，建立健全回收体系，完善环境监管措施，为推进建筑废弃材料的循环利用和环境保护提供更有力的支撑。

参考文献：

- [1] 张科科. 建筑基坑施工对周边环境影响的分析[J]. 江西建材, 2023, (06): 199-200+203.
- [2] 杨洋, 蔡为民. 基于生态足迹的传统建筑施工阶段环境影响分析[J]. 建筑技术开发, 2021, 48(18): 119-121.
- [3] 刘文竹. 以废弃建筑材料为骨料制备再生混凝土的性能研究[J]. 四川水泥, 2023, (09): 30-32.
- [4] 易舜, 张定邦, 王罗晓轩, 等. 废弃建筑材料在绿道建设中的应用[J]. 湖北理工学院学报, 2022, 38(04): 55-58.
- [5] 李昕. 建筑结构废弃材料性能及其回收利用研究[J]. 工业加热, 2022, 51(05): 41-43+50.