

建筑施工废弃物减量化与资源化技术路径研究

何湫伟

江西商赣建设工程有限公司 江西南昌 330000

摘 要：本文系统研究了建筑施工废弃物减量化与资源化的技术路径及支撑体系。研究以循环经济、清洁生产及全生命周期理论为基础，构建了涵盖源头减量、过程控制与末端资源化的全链条技术路径，明确了设计优化、精益施工、分类回收及再生利用等关键技术环节。同时，从政策法规、管理机制与市场驱动三个维度，剖析了保障技术路径有效落地的支撑体系，并结合实例验证了其有效性。研究表明，技术与制度的协同创新是实现废弃物高效管理、推动建筑业绿色转型的核心关键。

关键词：建筑废弃物；减量化；资源化

引言

随着我国城镇化进程的快速推进，建筑施工废弃物产生量巨大，其处置不当不仅占用土地、污染环境，更造成了巨大的资源浪费，已成为制约建筑业可持续发展的突出瓶颈。传统的“产生—运输—填埋”线性处理模式已难以为继，向“减量化—资源化”的循环模式转型迫在眉睫。尽管相关技术与管理实践不断涌现，但现有研究多侧重于单一技术或局部环节，缺乏对全链条技术路径及其系统性支撑体系的整合性分析。

一、建筑施工废弃物减量化与资源化的内涵与理论基础

（一）基本概念界定

建筑施工废弃物是指在建筑工程施工过程中产生的、不再具有原有使用价值或被施工方主动废弃的固体物质，其范围涵盖土方、混凝土块、砖石、砂浆、木材、金属、塑料、玻璃、包装材料等多种类型。根据其来源与性质，可将其分为工程渣土、建筑垃圾、装修垃圾、包装废弃物等类别。其中，工程渣土主要来源于基坑开挖与场地平整；建筑垃圾包括混凝土构件、砖墙砌体、砂浆层等结构性与非结构性废弃物；装修垃圾则产生于室内外装修过程，包含边角料、破损材料及装饰废料；包装废弃物则主要来自建材运输与存储过程中的包装材料，如木箱、塑料薄膜、泡沫填充物等。

“减量化”是指在建筑施工过程中通过技术与管理手段，从源头减少废弃物的产生量，强调在设计与施工阶段即对材料使用、工艺选择、施工组织进行优化，最大限度地降低废弃物生成强度。其核心在于提高资源利

用效率，减少不必要的材料消耗与浪费。“资源化”是指对已经产生的施工废弃物进行回收、处理、再利用，使其转化为再生资源或再生产品，实现废弃物价值的二次挖掘。资源化包括物质回收（如钢筋、木材、模板的再利用）与能量回收（如废弃木材的焚烧发电）两种形式。在废弃物管理策略中，减量化优先于资源化，即源头控制是最高效、最根本的废弃物管理策略，资源化则是对不可避免产生的废弃物进行末端治理的补充手段^[1]。

（二）理论基础

支撑建筑施工废弃物减量化与资源化研究的主要理论包括循环经济理论、清洁生产理论和全生命周期理论。这些理论从不同层面为构建技术路径提供了宏观指导和方法论支撑。

循环经济理论强调经济系统应模仿自然生态系统的物质循环模式，以“资源—产品—再生资源”的闭环流动替代传统“资源—产品—废弃物”的线性经济模式。在建筑施工领域，循环经济理论要求从设计、施工、拆除全过程实现材料的高效循环利用，推动建筑行业从高消耗、高排放向低消耗、低排放转型。该理论为废弃物减量化与资源化提供了系统性框架，强调通过产业链协同、再生产品市场培育、政策激励等手段，构建建筑废弃物循环利用体系。

清洁生产理论则侧重于在生产过程中减少污染物的产生与排放，强调通过工艺改进、设备更新、管理优化等手段，实现源头削减与过程控制。在建筑施工中，清洁生产理论指导施工企业采用标准化设计、工厂化生产、装配化施工等现代化建造方式，减少现场湿作业与材料浪费；同时，通过精细化施工组织与材料管理，降低废

弃物产生强度。该理论为施工废弃物的减量化提供了具体的技术路径与管理方法,强调全过程控制与持续改进。

全生命周期理论则要求从建筑材料的开采、加工、运输、施工、使用、维护到拆除、废弃的全过程进行系统分析,评估各阶段的环境影响与资源消耗。在废弃物管理中,全生命周期理论强调不能仅关注施工阶段的废弃物产生,而应综合考虑材料生产阶段的废弃物、施工阶段的废弃物、拆除阶段的建筑垃圾等全生命周期的废弃物问题。该理论为建筑施工废弃物的减量化与资源化提供了系统评估方法,通过生命周期评价(LCA)等工具,识别废弃物产生的关键环节与影响因素,为制定针对性的减量化与资源化策略提供科学依据。

上述理论相互补充、相互支撑,共同构成了建筑施工废弃物减量化与资源化研究的理论基础,为构建科学、系统、可行的技术路径提供了理论指导与方法论支持。

二、建筑施工废弃物减量化与资源化的技术路径分析

(一) 源头减量技术路径

源头减量是建筑施工废弃物管理的首要环节,其核心在于通过规划、设计、施工准备及施工全过程的技术与管理优化,最大限度地减少废弃物的产生。在项目规划阶段,应综合考虑场地条件、建筑功能、结构形式等因素,采用紧凑型布局与合理空间组织,减少土方开挖与回填量;同时,通过场地平整与土方平衡计算,实现工程渣土的场内消纳,减少外运量。在设计阶段,应推行标准化、模数化设计,减少构件种类与规格,提高材料利用率;采用结构优化设计,减少混凝土与钢材用量;推广可拆卸、可回收的连接方式,为未来建筑拆除时的材料回收创造条件。在绿色建材选用方面,应优先选用高强度、高性能、长寿命的建材,减少材料消耗与更换频率;推广使用再生建材、工业固废资源化产品,如粉煤灰砖、矿渣水泥等,降低天然资源消耗;采用预制构件、装配式装修等工业化建造方式,减少现场湿作业与材料浪费^[2]。

在施工准备阶段,应制定详细的废弃物管理计划,明确各环节的减量目标与责任分工;优化施工组织设计,合理安排施工顺序与工序衔接,减少返工与材料浪费;加强材料采购计划管理,按需采购、减少库存,避免材料过期失效。在施工过程中,应推广精益施工理念,通过精细化管理与技术优化,提高施工效率与材料利用率;采用数字化施工技术,如BIM技术进行施工模拟与碰撞检查,减少设计变更与现场修改;推广使用可周转、可

重复使用的模板与支撑体系,减少一次性模板材料消耗;加强现场材料管理,规范材料堆放与领用制度,减少材料破损与浪费;推行施工现场垃圾分类制度,将可回收物与废弃物分开收集,为后续资源化利用创造条件。源头减量技术路径的实施,可显著降低施工废弃物的产生强度,减轻末端处理压力,是实现建筑施工废弃物可持续管理的根本途径。

(二) 过程控制与末端资源化技术路径

过程控制与末端资源化是建筑施工废弃物管理的重要环节,其核心在于对已产生废弃物进行科学分类、规范收集、合理暂存,并通过资源化利用技术实现废弃物价值的最大化。在过程控制方面,应建立完善的施工现场废弃物分类收集体系,根据废弃物的物理性质、化学成分与资源化潜力,将其分为可回收物、可资源化利用物、有害垃圾与其他垃圾等类别;设置专门的废弃物暂存场地,对不同类别的废弃物进行分区存放,避免混合污染;制定废弃物收集、运输、暂存的操作规程,确保过程管理的规范性与安全性。在末端资源化利用方面,应针对不同类型的废弃物采用相应的资源化技术,实现废弃物的再生利用。

废弃混凝土与砖瓦是建筑施工废弃物的主要组成部分,其资源化利用技术主要包括破碎筛分生产再生骨料、制备再生混凝土与再生砖等。再生骨料可用于道路基层、垫层等非结构部位,也可经强化处理后用于结构混凝土;再生混凝土与再生砖可用于低层建筑、围墙、景观工程等,实现建筑垃圾的高值化利用。金属废弃物主要包括钢筋、型钢、铝合金等,其资源化利用技术主要包括分选、破碎、磁选、熔炼等工序,回收的金属材料可用于生产新的建材产品,实现金属资源的循环利用。木材废弃物主要包括模板、脚手板、包装材料等,其资源化利用技术主要包括破碎、筛分、干燥、热压等工序,可生产人造板、木塑复合材料、生物质燃料等产品,实现木材资源的综合利用。模板废弃物主要包括木模板、竹胶板、塑料模板等,其资源化利用技术主要包括修复、改制、再生利用等,可延长模板使用寿命,减少新材料消耗。

过程控制与末端资源化技术路径的实施,可实现建筑施工废弃物的减量化、无害化、资源化目标,减少对天然资源的消耗,降低对环境的污染,促进建筑行业的绿色转型与可持续发展^[3]。

三、建筑施工废弃物减量化与资源化的支撑体系

(一) 政策法规与标准体系

建筑施工废弃物减量化与资源化推进,需层级清

晰、内容明确的政策法规与标准体系。核心是制度约束明确责任、政策激励引导行为、技术标准规范利用流程。国家层面,《中华人民共和国循环经济促进法》(2018年修订)明确建筑废弃物分类收集、处置,确立“谁产生、谁负责”原则,对减量化成效显著企业给予税收优惠;GB/T 50743-2012《建筑废弃物再生利用技术标准》细化再生产品质量指标,明确应用要求,提供技术依据。

地方层面,各地出台配套政策。如北京2018年《建筑废弃物资源化利用管理办法》要求新建超10万平方米项目编制《废弃物减量化专项方案》,明确控制目标,竣工提交验收报告,未达标不得通过验收;上海2020年《关于进一步推进建筑废弃物资源化利用工作的实施意见》规范资源化市场,规定企业资质和产品标识。

当前政策体系发挥了关键作用:法律约束施工企业处置行为,税收优惠降低资源化成本,技术标准消除质量顾虑。但仍有不足:一是部分地方执行细则不统一,缺乏减量化考核指标;二是再生产品应用强制比例不足,市场接受度低;三是跨区域协同机制缺失,存在跨区域转移倾倒现象,影响资源化效率^[4]。

(二) 管理机制与市场驱动

建筑施工废弃物有效管理,需在项目与企业层面闭环管理机制,借市场手段激活资源化产业内生动力。项目层面,构建“事前规划-事中管控-事后评估”全流程管理体系。施工单位成立专职废弃物管理小组,术前结合图纸与工艺制定《废弃物减量化专项方案》,明确各工序废弃物产生量目标;施工中分类收集、台账管理,设三类收集容器,专人记录产生、清运、处置情况,每周对比偏差并调整超标环节;竣工后委托第三方评估成效与利用率,结果纳入项目考核。企业层面,建立内部考核与研发激励机制。将废弃物减量化、资源化指标纳入项目负责人KPI考核,达标给予绩效奖金,未达标扣减;设专项基金研发技术、开发产品,提升收益。市场驱动机制解决“资源化无利可图”痛点,从三方面发力:一是再生产品定价引导,政府发布指导价降低采购成本;二是税收与财政激励,对生产企业税收优惠,对使用项目给予财政补贴;三是绿色采购强制化,明确政府投资项目再生建材应用率,优先选使用再生建材的投标单位,带动市场规模扩张。

2021年,深圳市依托完善的支撑体系推进建筑施工废弃物管理,政策层面出台《建筑废弃物减量与资源化

利用实施细则》,明确项目减量化验收标准与再生建材应用强制比例(政府项目不低于35%);管理层面要求全市建筑面积超5万平方米的项目必须配备智能分拣设备与废弃物管理台账系统;市场层面建立“深圳绿色建材采购平台”,对再生建材生产企业给予增值税即征即退政策,对应用再生建材的项目给予最高3%的财政补贴。根据深圳市住建局2021年公开的《建筑废弃物管理年度报告》,当年全市建筑施工废弃物产生量较2020年减少18.5%,降至1800万吨;再生建材应用量达1200万吨,占全市建材总用量的32%,较2020年提升8个百分点;再生建材生产企业数量从2020年的42家增至53家,行业产值增长22%,税收优惠政策为企业减免税额超1.2亿元。该实例充分验证,完善的政策法规、规范的管理机制与有效的市场驱动,能显著提升建筑施工废弃物减量化与资源化水平,为行业规模化推进提供可复制的制度与市场路径^[5]。

结语

建筑施工废弃物的减量化与资源化是实现建筑业可持续发展的的重要途径。通过源头减量、过程控制与末端资源化相结合的技术路径,可显著减少废弃物的产生并提升资源利用效率。同时,政策法规、管理机制与市场驱动共同构成的支撑体系,为技术路径的实施提供了制度保障与经济激励。未来,需进一步完善法律法规的执行细则,强化跨区域协同机制,并通过技术创新与市场培育扩大再生产品的应用范围,从而推动建筑行业向绿色低碳方向转型,助力生态文明建设目标的实现。

参考文献

- [1] 权宗刚.建筑废弃物资源化全产业链标准体系研究[C]//第五届全国建筑垃圾资源化综合利用经验交流会.中华环保联合会;中国环保产业研究院,2020.
- [2] 李程.新时期绿色施工中的建筑垃圾减量化技术管理探讨[J].四川建筑,2021(S01):041.
- [3] 周强富.建筑施工垃圾减量与利用策略研究[J].市场周刊·理论版,2019.
- [4] 陈蕾.施工现场建筑垃圾减量化的思考[J].施工技术,2021,50(13):6.DOI:10.7672/sjgs2021130091.
- [5] 阳凡,彭琳娜.以湖南省为例浅析建筑垃圾减量化与资源化发展问题与建议[J].绿色建造与智能建筑,2021(12):55-58.