

水利水电工程施工废弃物资源化利用技术及效益评价

刘佳佳

太和水利水电建筑工程有限公司, 安徽 阜阳 236600

[摘要] 水利水电工程普遍存在施工规模大、建设周期长的特点, 在施工的过程中会产生大量的固体废弃物, 而传统的粗放处置模式不仅会影响生态环境, 同时也会造成资源过度消耗与浪费。基于此, 文中充分围绕水利水电工程施工废弃物的物料特性, 对资源化利用技术体系进行系统性的梳理, 并从物理再生、化学改性以及生态协同三类路径, 对关键工艺要点进行深入剖析, 在此基础上构建效益评价指标体系, 评价其综合应用价值。研究结果表明, 通过规范化的推进水利水电工程废弃物的资源化利用, 不仅能够有效提高资源循环利用率, 而且可以降低工程的综合投入成本, 从而推进水利工程绿色低碳转型, 以供参考。

[关键词] 水利水电工程; 施工废弃物; 资源化利用; 技术体系; 效益评价; 绿色施工

DOI: 10.33142/hst.v9i3.19343

中图分类号: TV51

文献标识码: A

Resource Utilization Technology and Benefit Evaluation of Construction Waste in Water Conservancy and Hydropower Projects

LIU Jiajia

Taihe Water Conservancy and Hydropower Construction Engineering Co., Ltd., Fuyang, Anhui, 236600, China

Abstract: Water conservancy and hydropower projects generally have the characteristics of large construction scale and long construction period. During the construction process, a large amount of solid waste will be generated. The traditional extensive disposal mode not only affects the ecological environment, but also causes excessive consumption and waste of resources. Based on this, the article fully focuses on the material characteristics of construction waste in water conservancy and hydropower projects, systematically sorts out the resource utilization technology system, and deeply analyzes the key process points from three paths: physical regeneration, chemical modification, and ecological synergy. On this basis, a benefit evaluation index system is constructed to evaluate its comprehensive application value. The research results indicate that by promoting the standardized utilization of waste resources in water conservancy and hydropower projects, not only can the resource recycling rate be effectively improved, but the comprehensive investment cost of the project can also be reduced, thereby promoting the green and low-carbon transformation of water conservancy projects, for reference.

Keywords: water conservancy and hydropower engineering; construction waste; resource utilization; technical system; benefit evaluation; green construction

引言

水利水电工程主要承担着水资源调配、防洪抗旱、生态修复、清洁能源供给等功能。在施工的过程中会涉及到混凝土浇筑、土石方的开挖等过程, 在施工期间会产生大量的固体废弃物。在生态文明建设的刚性约束下, 传统的填埋外运处理方式已经无法适应绿色发展需求, 推进施工废弃物资源化循环利用已经成为目前行业转型的重要方向。水利水电工程施工过程中产生的废弃物具备组分复杂、体量庞大、堆放分散等特点, 进而提高了资源化分选加工

以及高效利用难度。目前国内相关研究尚未形成标准化、系统化的全流程技术体系, 同时也缺乏科学量化的效益评估模型。因此, 本文通过系统性的分析, 水利水电施工废弃物资源化技术的特点, 对各类技术的适用场景、边界条件进行分析, 搭建多维度的效益综合评价体系, 从而规范行业资源化的处理流程, 促进水利水电工程绿色、低碳、高质量的发展。

1 水利水电工程施工废弃物分类及特性分析

1.1 废弃物主要分类

结合水利水电工程施工工序与废弃物产出源头, 将施

工废弃物划分为四大核心类别,各类别特征与产出环节清晰明确,是资源化技术选型的核心依据:

土石方弃渣:工程开挖、场地平整、隧洞掘进过程中产生的岩石碎块、土方、砂砾石等,是水利水电工程产量最大的废弃物,占比可达施工废弃物总量的 70%以上,粒径跨度大、硬度差异显著。

废弃混凝土:主体结构拆模余料、围堰拆除料、试验废弃试块、破损混凝土构件等,强度较高、成分相对稳定,含少量钢筋、外加剂等杂质,资源化利用价值突出。

工程泥浆:基础钻孔灌注桩、防渗墙施工、河道清淤产生的高含水率泥浆,含水率通常达 60%~85%,流动性强、易污染周边水体与土壤,处置难度较大。

其他废旧建材:废旧模板、废旧钢筋、废弃管材、包装废料、施工废料等,种类繁多、分散性强,部分可直接回收再利用,部分需改性处理后复用。

1.2 废弃物核心特性

水利水电工程施工废弃物主要体现在产量规模、物理性质、环境影响、利用价值四个维度,如表 1 所示。

表 1 水利水电工程施工废弃物核心特性

废弃物类别	产量占比	物理特性	环境影响	资源化利用价值
土石方弃渣	70%~85%	粒径不均、硬度差异大、含泥量可控	堆存占地、水土流失、植被破坏	极高,可做填料、骨料、护坡材料
废弃混凝土	10%~20%	强度高、密实性好、含少量杂质	占用土地、碱性污染	高,可做再生骨料、路基材料
工程泥浆	3%~8%	高含水率、流动性强、颗粒细腻	水体污染、土壤淤积、周边环境破坏	中等,固化后可做回填土、绿化土
其他废旧建材	1%~5%	种类杂、分散性强、材质单一	少量污染、视觉污染	中高,可直接回收或改性复用

2 水利水电工程施工废弃物资源化利用技术体系

2.1 物理资源化技术

在固体废物资源化利用中,物理资源化技术是最基础、应用最广泛的资源化方式。该技术不需要通过改变废弃物的化学组分,仅需要通过物理破碎、筛分、分选、压实、脱水等工艺就可以改变物料粒径级配以及物料形态,使其满足工程复用要求。物理智能化技术具有诸多优势,例如无二次污染、工艺简单、成本较低等,在废旧建材、废弃混凝土、土石方弃渣等类别中应用价值显著。

2.1.1 破碎筛分分级技术

针对土石方弃渣与废弃混凝土,采用颚式破碎、圆锥

破碎、反击破碎组合工艺,结合多级振动筛分设备,将大块废弃物破碎至指定粒径,按照粒径大小分级分类,分离出粗骨料、细骨料、石粉等不同规格物料。该技术可精准控制粒径精度,分离杂质,处理后的物料可直接替代天然砂石,用于混凝土配制、路基填筑、场地回填等工序,是实现弃渣减量化、资源化的核心工艺。

2.1.2 脱水固结技术

专属用于高含水率工程泥浆与淤泥,通过机械脱水、自然晾晒相结合的方式,将泥浆含水率从 60%~85%降至 25%以下,去除多余水分,形成固结土料。脱水后的土料无流动性、强度提升,可直接用于工程回填、土地复垦、场地平整,彻底解决泥浆外运与堆存难题。

2.1.3 分选回收技术

针对混杂的废旧建材与含钢筋废弃混凝土,采用人工分选、磁选、风选等工艺,分离废旧金属、木材等不同材质物料,实现单一材质物料的分类回收。废旧钢筋、钢材可直接回炉冶炼;废旧木材、模板可加工为生物质燃料或再生板材;塑料管材可熔融再生,实现各类废旧建材的闭环回收。

2.2 化学改性资源化技术

化学改性资源化技术针对物理处理后仍无法满足工程性能要求的废弃物,通过添加固化剂、胶凝材料、改性剂等化学试剂,改变废弃物内部结构与物理力学性能,提升其强度、稳定性、耐久性,使其适配高要求工程场景,核心适配工程泥浆、低品质弃渣、废弃混凝土等。

2.2.1 泥浆固化改性技术

在脱水后的泥浆固结土中,添加水泥、石灰、粉煤灰等无机固化剂,或专用有机高分子固化剂,通过化学反应提升土料的无侧限抗压强度、抗渗性能与抗风化能力,改性后的固化土可用于堤坝填筑、路基基层、护坡垫层等,大幅拓宽泥浆资源化利用场景。

2.2.2 再生骨料强化技术

废弃混凝土破碎后的再生骨料,表面附着水泥砂浆,孔隙率高、吸水率大、强度低于天然骨料,通过掺入硅灰、矿渣粉、减水剂等改性材料,对再生骨料进行表面强化与密实处理,降低吸水率、提升压碎指标,使其满足水利工程混凝土配制、防渗结构施工的性能要求,实现再生骨料的高附加值利用。

2.3 生态化资源化技术

生态化资源化技术兼顾资源利用与生态修复,将施工废弃物转化为生态工程材料,用于水利工程周边生态治理、植被恢复、水土保持,实现工程建设与生态保护的协同,

契合水利水电工程生态化建设需求,核心适配土石方弃渣、固化泥浆、废旧建材等。

2.3.1 生态护坡填料技术

将分级后的弃渣、固化土料按照一定比例混合,制备生态护坡填料,搭配植被种子、保水剂,用于河道边坡、库区岸坡、渣场边坡的生态护坡,既替代天然土料,又能提升边坡稳定性,促进植被生长,遏制水土流失,实现废弃物利用与生态修复双重效益。

2.3.2 渣场生态重构技术

对已堆存的弃渣场,采用分层压实、覆土绿化、截排水工程相结合的方式,将弃渣堆存体改造为生态用地,表层覆盖固化泥浆与种植土混合层,种植适宜植被,实现渣场土地复垦与生态重构,避免渣场长期闲置带来的生态风险。

3 施工废弃物资源化利用效益评价体系构建

3.1 评价体系构建原则

在构建评价体系过程中,严格遵循以下原则:

①量化性原则:体系内的核心评价指标应该依托工程的实测数据,专项监测数据等开展精准的核算,通过核心

评价指标具备可量化的测算标准,可以确保评价过程的客观可控;

②全面性原则:评价体系需要覆盖社会、生态、经济三大核心维度,以此全面的反映水利水电工程的综合应用价值;

③针对性原则:紧密围绕水利水电工程的发电供水、生态修复等特性;

④独立性原则:对于各评价指标的核算范畴以及内涵边界进行严格把控,各指标之间相互独立,确保评价结果精准。

3.2 三维效益评价指标体系

遵循前文评价原则,构建经济效益-生态环境效益-社会效益评价指标体系,具体指标体系见表2。

3.3 效益对比分析

为直观体现资源化利用的价值,将传统填埋处置模式与资源化利用模式进行效益对比,从成本、环境、社会三个维度展开,理论数据对比凸显资源化利用的优势,具体如下表3。

表2 水利水电施工废弃物资源化利用三维效益评价指标体系

一级指标	权重	二级指标	指标量化方向	核心评价标准
经济效益	0.40	材料成本节约率	正向指标,数值越高越好	核算再生材料替代天然建材的成本降幅,测算单位工程材料节约比例
		废弃物处置成本降低额	正向指标,数值越高越好	对比传统填埋、外运成本与资源化处理成本,计算直接成本差额
		资源化投入产出比	正向指标,数值越高越好	资源化总投入与再生产品收益、成本节约总额的比值
		土地占用费用节约值	正向指标,数值越高越好	减少废弃物堆存占地,核算土地租赁、征用费用节约额度
生态环境效益	0.35	废弃物资源化利用率	正向指标,数值越高越好	资源化利用废弃物总量/施工废弃物总产生量×100%
		天然建材开采减少量	正向指标,数值越高越好	再生骨料、回填土替代天然砂石、土料的实际减少量
		碳减排量	正向指标,数值越高越好	核算废弃物处理、建材运输、开采环节的碳减排当量
		生态环境污染降低率	正向指标,数值越高越好	对比传统处置模式,水体、土壤、大气污染风险降低比例
		水土流失防控效率	正向指标,数值越高越好	渣场、边坡治理后水土流失量降低幅度与植被恢复效率
社会效益	0.25	土地资源节约率	正向指标,数值越高越好	节约堆存土地面积/原规划堆存土地面积×100%
		行业绿色发展示范度	正向指标,数值越高越好	技术模式可推广性、行业标准适配性与绿色施工引领性
		周边生态环境满意度	正向指标,数值越高越好	工程周边区域生态环境改善、群众认可度综合评分

表3 传统填埋处置模式与资源化利用模式效益对比

评价维度	传统填埋处置模式	资源化利用模式	效益提升幅度
经济效益	处置成本高、材料采购成本高、无收益	处置成本降低40%~60%，材料成本节约20%~35%，产出附加值	综合成本降低30%以上
生态环境效益	占用大量土地、水土流失风险高、污染风险大	资源化利用率达70%~90%，碳减排显著，生态破坏极小	生态风险降低80%以上
社会效益	土地资源浪费、周边环境矛盾突出	节约土地资源、推动绿色施工、提升行业形象	社会认可度大幅提升

4 资源化利用技术推广制约因素与优化建议

4.1 核心制约因素

在水利水电施工废弃资源化利用技术推广以及落地应用过程中目前面临着一些制约因素，因水利水电工程多分布于偏远的河谷地带，偏远山区，设备的布设以及转运实施难度比较大。另外改性处理技术涉及到专业运维精密设备、专用药剂等，成本居高，小规模工程投入产出比偏低。

此外，行业内尚未出台统一、规范的施工资源化产品质量标准，各类资源化再生产品的验收标准质量指标缺乏统一界定，再生材料应用认可度不足。此外，施工单位受到固有施工管理模式以及成本管控惯性的影响，对绿色施工以及循环利用的责任意识薄弱。

4.2 优化对策建议

围绕工程建设废弃物资源化利用现存的制约因素，提出针对性的优化建议。摒弃单一化、固定式的传统处理模式，充分围绕工程的实际情况选择合适的资源化处理工艺方案。对于大型基建项目，通过配置规模化高效处理生产线，在降低场地条件对处理工作的硬性限制的同时可以实现废弃物就地就近资源化处置，减少废弃物长距离转运损耗；对于场地狭小的工地，选择占地面积小的移动式破碎筛分、就地固化处理设备。完善成本管控，推行分级处理模式，优先采用低成本物理资源化技术，控制化学改性投入。加快行业标准制定，针对固化土再生骨料等主流资源化的产品，对其原材料管控要求、力学性能指标、生产工

艺标准等进行明确，提升产品认可度。构建政策引导、强化行业宣贯与技术培训等策略，强化绿色施工意识，将废弃物资源化利用率核心指标纳入工程质量考核评价体系中。

5 结论

本文围绕水利水电工程施工废弃物资源化利用进行研究，得出以下结论：

第一，水利水电工程施工废弃物以土石方弃渣为主，按照物理资源化、化学改性资源化、生态化资源化三大类别，针对性选择处理技术，可以实现不同废弃物的高效转化。

第二，构建经济、生态、社会综合价值的三维效益评价体系可以降低工程成本与生态环境风险。

第三，通过技术优化、成本管控、政策引导等，可以实现技术的规模化、规范化推广，助力工程绿色低碳转型。

[参考文献]

- [1]杜顺明.城市污水处理厂改扩建工程施工重难点与对策[J].新材料 新装饰,2025,7(17):135-138.
- [2]周小平.广州市建筑废弃物资源化利用现状及建议[J].再生资源与循环经济,2025,18(3):47-50.
- [3]汪振双,王宇飞,覃飞,等.建筑废弃物资源化碳减排潜力及影响因素时空异质性[J].工程管理学报,2024,38(6):26-32.
- [4]钱龙.建筑废弃物资源化回收利用技术研究与应[J].建筑技术开发,2024,51(4):143-145.
- [5]俊华.解析建筑工程管理中现场施工管理的要点[J].中华建设,2020(7):56-57.
- [6]周媛.建筑工程项目中的土建施工现场管理优化措施[J].城市建设理论研究(电子版),2025(22):46-48.
- [7]谢秉成.建筑工程项目管理中的施工现场管理优化对策研究[J].房地产世界,2022(19):69-71.
- [8]李巨仁.新时期建筑施工技术及施工现场管理对策浅析[J].建材发展导向,2023,21(17):142-144.
- [9]刘恩资.水利水电工程施工中现代技术应用分析[J].工程与建设,2024,38(1):148-149.

作者简介：刘佳佳（1988.6—），男，安徽太和县人，汉族，大专学历，助理工程师，就职于太和水利水电建筑工程有限公司，从事水利水电施工管理工作。