

植物纤维增强复合材料在临时建筑中的循环利用方案

汪 杨

安徽科技学院 安徽滁州

【摘要】植物纤维增强复合材料因其轻质、高强度、可再生等特性，在临时建筑领域具有显著的应用潜力。针对临时建筑频繁拆建、材料浪费与环境压力等问题，本文提出了一套基于生命周期管理的循环利用方案，从材料回收、性能再生、结构再设计与产业链衔接等方面进行系统探讨。通过建立分级回收体系、优化纤维处理工艺以及引入可拆卸式结构设计，可显著提升材料的重复使用率与结构安全性。结合实际工程案例，验证了该方案在降低碳排放、减少建筑废弃物及提升经济效益方面的可行性与优势，为临时建筑的绿色可持续发展提供了可操作的技术路径与管理模式。

【关键词】植物纤维增强复合材料；循环利用；临时建筑；可持续发展；生命周期管理

【收稿日期】2025 年 3 月 14 日 **【出刊日期】**2025 年 4 月 10 日 **【DOI】**10.12208/j.ace.2025000162

Recycling scheme of plant fiber reinforced composites in temporary buildings

Yang Wang

Anhui University of Science and Technology, Chuzhou, Anhui

【Abstract】 Plant fiber reinforced composites (PFRC) have significant application potential in the field of temporary buildings due to their characteristics of light weight, high strength, and renewability. Aiming at the problems of frequent demolition and reconstruction of temporary buildings, material waste, and environmental pressure, this paper proposes a recycling scheme based on life cycle management, which systematically discusses aspects such as material recycling, performance regeneration, structural redesign, and industrial chain connection. By establishing a hierarchical recycling system, optimizing fiber processing technology, and introducing detachable structural design, the reuse rate of materials and structural safety can be significantly improved. Combined with practical engineering cases, the feasibility and advantages of this scheme in reducing carbon emissions, minimizing construction waste, and enhancing economic benefits are verified, providing an operable technical path and management model for the green and sustainable development of temporary buildings.

【Keywords】 Plant fiber reinforced composites; Recycling; Temporary buildings; Sustainable development; Life cycle management

引言

在临时建筑快速兴建与拆除的背景下，建筑材料的浪费与环境污染问题日益突出。植物纤维增强复合材料凭借来源广泛、可再生性强和性能优异等优势，逐渐成为临时建筑领域的热门材料。然而，现有应用模式中，材料的生命周期利用不足、回收处理体系不完善、重复利用效率低等问题仍较为严重。如何在保证结构安全与功能的前提下，实现材料的高效循环利用，成为亟待解决的关键课题。本文旨在构建一套适用于临时建筑的植物纤维增强复合材料循环利用方案，探索从

设计、施工、使用到回收全流程的技术与管理措施，以期绿色建筑和可持续发展提供可借鉴的实践路径。

1 临时建筑中植物纤维增强复合材料的应用现状与存在问题

植物纤维增强复合材料在临时建筑领域的应用已呈现快速发展态势，其主要原因在于这种材料具备优良的比强度和比模量，且来源广泛、加工能耗低，能够满足临时建筑在短工期、轻结构、环保节能等方面的要求。在具体工程中，植物纤维材料常被用于临时展馆、应急安置房、施工工地办公用房等类型的建筑，其板材、

墙体和屋面结构均可采用该材料制成^[1]。这类复合材料通常以稻草、麻纤维、竹纤维等为增强体,辅以生物基或合成树脂基体,经热压、模压等工艺加工成型,具有良好的韧性、隔热性和防潮性能。在一些大型展会或体育赛事的临时建筑项目中,植物纤维增强复合材料已能实现较高的装配化程度,减少了现场湿作业的比例,为临建施工的工业化和绿色化提供了可能。

尽管这种材料在临时建筑中已具备较高的适用性,但现阶段仍存在一定的技术与管理短板。一方面,原料品质波动较大,由于不同产地、不同品种的植物纤维在纤维素含量、纤维直径、含水率等方面差异明显,直接影响了成品的力学性能和耐久性。另一方面,复合材料在使用寿命结束后回收率偏低,多数临时建筑拆除时缺乏分类回收和再加工环节,导致资源浪费和环境负担。在防火性能方面,由于天然植物纤维本身易燃,虽然在基体中可添加阻燃剂,但在成本控制、阻燃效果持久性及材料物理性能平衡方面仍存在优化空间。

应用推广过程中还面临产业链协同不足的问题。目前国内植物纤维增强复合材料在临时建筑领域的标准体系尚不健全,不同生产企业在原料处理、界面改性、成型工艺等环节存在显著差异,导致材料性能不一致、施工适配性不足。临时建筑项目普遍周期短、预算有限,这对材料的性能稳定性、供应周期和成本控制提出了更高要求。如果不能在原料标准化、生产流程优化、回收体系建设等方面实现突破,将影响该类材料在临时建筑中的长期可持续应用。

2 循环利用体系构建与材料性能再生技术路径

构建适用于植物纤维增强复合材料的循环利用体系,需要从材料全生命周期出发,形成集分类回收、分级利用与再生加工为一体的闭环模式。在回收阶段,可针对不同临时建筑部位采用差异化回收策略,例如对结构完整、性能保持良好的板材和构件,可直接进行二次装配利用;对出现局部损伤或性能衰减的材料,可通过物理分离、热分解等方式回收纤维与基体,再经二次复合制造新产品。为确保循环利用的高效性,应在临时建筑设计之初就融入可拆卸与回收导向的结构构造,并建立材料编码与信息追溯系统,以便拆除后快速分类与流转。

在材料性能再生方面,纤维的界面性能恢复是关键环节。对于使用后回收的植物纤维,可采用碱处理、酶解处理或等离子体表面改性等方法,去除表面杂质与老化产物,恢复纤维表面的活性官能团,从而提升与基体的结合力。在基体树脂的再生中,可通过热解与化

学回收等方式实现单体或低聚物的回收,再经再聚合工艺制备新的基体材料。引入纳米纤维素、石墨烯等功能填料,可在二次加工过程中补偿材料性能衰减,实现强度、耐候性与阻燃性能的再提升。

循环利用体系的有效运转还需要产业链上下游的协作与政策支持。可通过建立区域性材料回收与再制造中心,实现规模化回收与加工,降低单件构件的再生成本。应推动相关行业标准制定,将循环利用率、再生材料性能指标纳入临时建筑材料验收体系^[2]。通过税收优惠、绿色认证等激励措施,促进施工企业优先选用可循环利用的植物纤维增强复合材料,从而形成经济可行、技术先进、环境友好的循环利用产业链闭环。

3 可拆卸与模块化设计在循环利用中的工程实践

在临时建筑中实现植物纤维增强复合材料的高效循环利用,可拆卸与模块化设计是关键技术支撑。这种设计理念要求在建筑初期构造阶段,就将构件的标准化、接口的统一化和连接方式的可逆性作为核心原则。墙板、屋面板、地板等均可采用统一模数尺寸,并配备可快速装配与拆卸的机械连接件,以避免传统焊接、胶接方式造成的材料损伤。模块化单元不仅便于运输与快速搭建,也在拆除时能保持构件的完整性,为材料二次利用创造条件。

在实际工程应用中,模块化结构可与预制化生产相结合,将植物纤维增强复合材料加工成标准化板块、梁柱和节点构件,并在工厂内预制成若干功能模块。现场施工时,只需按设计图纸进行快速拼装即可,大幅度缩短施工周期并减少废料产生。拆除阶段,各模块按照预定顺序和标识进行拆解,经过简单清理后即可进入下一轮使用。此种方式已在部分应急医疗设施、展会临时馆以及大型活动临建中得到应用,证明了可拆卸与模块化设计在循环利用中的可行性与经济性。

工程实践还显示,模块化设计在材料回收质量控制中具有重要作用。通过在构件接口处设置可重复使用的密封与固定装置,可以减少多次装配过程中因界面磨损、受潮等导致的性能下降^[3]。在设计阶段引入建筑信息模型(BIM)技术,可以实现构件从生产、运输、装配到拆除的全生命周期管理,精确记录每一批植物纤维增强复合材料的使用情况与剩余寿命。这种数据化管理手段,不仅优化了施工与拆除过程,还为材料的分级回收与再利用提供了可靠依据。

在部分大型赛事和会展项目中,模块化与可拆卸设计已与智能化管理系统深度融合,实现了从构件生产到回收的全程数字化监管。通过在每个植物纤维增

强复合材料构件上嵌入 RFID 芯片,可实时追踪其位置、使用次数和性能状态,并与 BIM 平台联动,形成动态数据档案。拆除后,系统自动生成回收分类与再利用建议,提高了回收环节的效率和准确性。这种技术手段不仅确保了构件在多轮循环中的质量稳定,还为临时建筑的绿色评价和碳足迹核算提供了精确的数据支持,使循环利用更加科学化与可持续化。

4 循环利用方案的环境与经济效益评估

在环境效益方面,植物纤维增强复合材料循环利用方案显著减少了建筑废弃物的填埋与焚烧量,有效降低了温室气体排放。通过回收再利用,可延长材料的使用寿命,减少对原生植物纤维与树脂的需求,从而降低原料采集与加工过程中的能源消耗与生态破坏^[4]。尤其是在大型临时建筑项目中,材料循环利用可实现吨级二氧化碳减排和显著的固废减量,符合绿色建筑评价标准与“双碳”战略目标。该方案的推广有助于推动可再生资源产业发展,提升社会公众对绿色建材的认知与接受度。

在经济效益方面,循环利用体系降低了新材料采购成本与废弃物处理费用。通过可拆卸、可重复使用的设计,施工企业能够在多个项目间重复利用同批构件,大幅降低单位建筑的材料投入与施工时间。标准化与模块化生产提升了生产效率和物流效率,减少了库存压力与资金占用。再生加工环节可创造新的市场机会,如二手构件交易、再制造产品销售等,为企业开辟新的利润增长点。在政策激励与绿色认证带动下,采用循环利用方案的企业还可能获得财政补贴、税收优惠及市场竞争优势。

综合环境与经济效益评估,植物纤维增强复合材料的循环利用不仅体现了材料回收与再利用的技术优化价值,更关乎建筑行业向绿色低碳转型的战略意义。通过构建覆盖设计、施工、拆除及再制造全流程的回收网络,结合可拆卸与模块化设计理念,以及先进的性能再生与界面改性技术,可在临时建筑领域形成高效、稳定且可持续的绿色供应链与闭环使用模式^[5-8]。这一模式不仅能有效降低原生资源消耗与固废排放,缓解环

境压力,还可提升企业的经济回报与市场竞争力,为推动整个建材行业加速迈向循环经济提供了可验证、可推广的实践路径与工程经验。

5 结语

植物纤维增强复合材料在临时建筑中的循环利用,不仅体现了绿色建材的技术优势,也为建筑行业的可持续发展提供了切实可行的路径。通过构建完善的回收体系、推进可拆卸与模块化设计、结合性能再生技术,能够显著提升材料的重复利用率,降低资源消耗与环境压力。数字化管理手段的引入,使全生命周期管控更加高效与精准。该模式的推广将为临时建筑领域树立绿色、低碳、经济的新范例。

参考文献

- [1] 张克平,陈东胜,杨君乾.超声预处理植物纤维增强木塑复合材料性能进展[J].塑料,2025,54(01):127-132.
- [2] 吕楠,石森昊,李佳逸等.植物纤维增强聚乳酸复合材料的研究进展[J].纺织科技进展,2025,47(01):1-5+9.
- [3] 魏风军,杨雪.植物纤维增强 PHBV 和 PBAT 可降解复合材料研究进展[J].包装工程,2025,46(01):28-39.
- [4] 李羽佳,王喜明,姚利宏等.无机质增强植物纤维高分子复合材料研究进展[J].化工新型材料,2025,53(01):15-20.
- [5] 杨梦豪.退役风电叶片回用纤维/植物纤维增强复合材料的制备及性能研究[D].西安理工大学,2024.
- [6] 刘鹏辉.竹纤维增强树脂复合片材制备及在人造板中的应用研究[D].浙江农林大学,2024.
- [7] 侯景坤.竹纤维束增强聚己内酯复合材料制备与性能研究[D].中南林业科技大学,2024.
- [8] 王明道.模压工艺参数对黄麻/PLA 复合材料力学性能的影响[D].山东理工大学,2024.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS