

零碳目标下临时木结构建筑降碳策略与LCA碳排放研究

王 岐

新疆生产建设兵团第二师三十三团城镇管理中心 新疆 铁门关 841505

摘 要：本文探讨了零碳目标下临时木结构建筑的降碳策略及LCA碳排放研究方法。概述了临时木结构建筑的定义、特点及环保优势，分析了LCA方法在临时木结构建筑碳排放核算中的应用步骤，包括确定范围、清单分析、影响评估及结果改进。文章还提出了多维度降碳策略，如原材料优化、生产加工降碳、运输安装降碳、使用维护至拆除回收降碳等。通过案例分析，展示了LCA方法的有效性，为实现零碳目标提供支持。

关键词：零碳目标；临时木结构建筑；降碳策略；LCA碳排放研究

1 零碳目标下临时木结构建筑概述

1.1 临时木结构建筑的定义

临时木结构建筑，顾名思义，是那些为满足特定、短期需求而建造的，以木材为主要承重和构造材料的建筑。这类建筑通常具有明确且有限的使用期限，多用于展览、活动、工程施工、临时办公或居住等目的。一旦使用期限届满，它们可能会被拆除或转换用途。临时木结构建筑不仅遵循了常规木结构建筑的设计原则，还融入了临时性建筑的特点，包括易于搭建、拆卸和搬运，以及结构上的灵活性和可重组性。从材料角度来看，临时木结构建筑大量使用木材，这得益于木材作为一种天然、可再生且环境友好的建筑材料^[1]。木材不仅具有良好的力学性能，能够承受一定的荷载，还具有优异的加工性能和可塑性，便于切割、拼接和塑形。此外，木材的轻质特性使得运输和安装过程更加便捷，降低了整体的建设成本。在法律和规划层面，临时木结构建筑的建设需经过相关部门的审批和许可，确保其结构安全、符合城乡规划要求，并且不占用规划确定的公共空间或影响周边环境。使用期限到期后，建筑所有者需遵守规定进行拆除或转换用途，以确保城市的整体规划和美观。

1.2 临时木结构建筑的特点

临时木结构建筑具有多方面的显著特点，使其在零碳目标下成为极具潜力的建筑类型。第一，从环保性角度来看，木材作为可再生资源，其生长过程能够吸收并储存二氧化碳，具有显著的碳封存能力。这一特性使得木结构建筑在建造和使用过程中能够减少碳排放，符合零碳目标的要求，木材的加工和回收过程对环境的影响相对较小，减少建筑垃圾的产生，有利于循环经济的发展。第二，临时木结构建筑具有高度的灵活性和可重组性。由于其结构相对简单，且构件易于拆卸和搬运，因此可以根据实际需求进行快速搭建和调整。这种灵活

性不仅满足短期、临时性的使用需求，还降低建设成本和时间成本。第三，临时木结构建筑在节能方面表现出色。木材具有良好的保温隔热性能，能够有效减少建筑内部的能量损失。同时，木结构建筑的设计通常注重自然采光和通风，减少对照明和空调系统的依赖，进一步降低了能源消耗。第四，临时木结构建筑还具有良好的抗震性能。木材作为轻质材料，具有良好的弹性和韧性，能够在地震等自然灾害中起到有效的缓冲作用，保护建筑内部的人员和设备安全。

2 临时木结构建筑 LCA 碳排放研究

2.1 LCA碳排放研究边界确定

在进行临时木结构建筑的LCA（生命周期评估）碳排放研究时，首先需要明确研究边界。根据ISO14040标准，LCA方法框架主要分为四个阶段：目标和范围定义、库存清单分析、影响评估和结果解释。在本研究中，我们的目标是量化临时木结构建筑在其全生命周期内的碳排放，并评估其环境影响。研究边界涵盖了从材料生产与加工、材料运输、施工建造、运行维护到拆除处理的所有阶段。具体而言，材料生产与加工阶段包括木材采伐、加工和制造构件的过程；材料运输阶段考虑了木材及构件从产地到施工现场的运输过程；施工建造阶段则涵盖了现场组装和搭建的过程；运行维护阶段包括建筑使用期间的能源消耗和维护活动；最后，拆除处理阶段包括建筑拆除和废弃物的处理过程。这一边界的确定确保了研究的全面性和准确性，能够真实反映临时木结构建筑在其全生命周期内的碳排放情况^[2]。

2.2 碳排放计算方法与数据收集

在确定了研究边界后，采用了排放因子法来计算碳排放量。排放因子法是最常用的一种方法，通过活动数据和排放因子来计算碳排放量。公式为：温室气体（GHG）排放=活动数据（AD）×排放因子（EF）。

活动数据包括各阶段中能源消耗量、材料使用量等,这些数据通过实地考察、施工单位提供的资料以及行业平均数据获取。排放因子则参考了国际组织、国家机构发布的标准值或平均值,并根据实际情况进行了适当的调整。例如,在材料生产与加工阶段,考虑木材采伐过程中的能源消耗和排放、木材加工过程中的机械能耗和排放等因素。在材料运输阶段,根据运输距离、运输方式和运输工具的能效等因素计算了运输过程中的碳排放。在施工建造阶段,考虑现场施工的机械能耗、电力消耗等因素。在运行维护阶段,主要考虑建筑使用期间的能源消耗,如照明、空调等设备的能耗。在拆除处理阶段,考虑拆除过程中的机械能耗和废弃物处理过程中的排放。

2.3 碳排放计算结果与分析

经过数据收集和计算,我们得出了临时木结构建筑在其全生命周期内的碳排放量。以某个具体项目为例,该项目总建筑面积为1000平方米,采用异形胶合木结构。研究结果显示,该建筑在全生命周期内的碳排放量为每平方米350kgCO₂e(二氧化碳当量)。材料生产与加工阶段的碳排放占比最高,约为55%,这主要是由于木材采伐和加工过程中的能源消耗和排放所致。其次是运行维护阶段,占比约为25%,这主要反映了建筑使用期间的能源消耗情况。材料运输阶段和施工建造阶段的碳排放占比相对较低,分别为10%和8%。拆除处理阶段的碳排放占比最小,约为2%。与同体量的轻钢结构建筑相比,该临时木结构建筑在采取了源头减碳、过程降碳、末端消碳等策略后,实现约40%的碳减排。这一结果表明,临时木结构建筑在零碳目标下具有显著的碳排放优势。

3 零碳目标下临时木结构建筑降碳策略

3.1 原材料选择与优化

木材作为临时木结构建筑的核心材料,其碳汇能力与碳排放强度直接影响建筑全生命周期的碳平衡。研究表明,采用经FSC(森林管理委员会)认证的木材,可确保森林碳储量年增长率不低于0.5%,同时减少因非法砍伐导致的碳泄漏。此外,再生木材的应用是降碳的关键技术之一。据测算,每使用1吨再生木材替代原木,可减少碳排放约0.8吨CO₂e(含砍伐、加工及运输阶段)。在材料创新层面,工程木产品(如胶合木、层积材)通过工业化生产提升了木材利用率,同时降低单位体积碳排放。例如,胶合木的碳排放强度较实木低15%-20%,且其模块化设计便于运输与组装,进一步减少现场施工能耗^[3]。未来,生物基复合材料(如木材-聚乳酸复合材料)的研发将进一步拓展低碳材料的应用边界。

3.2 生产加工环节降碳

生产加工阶段的碳排放主要源于能源消耗与材料损耗。传统木材加工设备以化石能源为主,其碳排放因子高达2.68kgCO₂e/L(柴油)。通过引入高效电动化设备与可再生能源(如太阳能、生物质能),可显著降低生产能耗。例如,某胶合木工厂采用光伏发电系统后,其电力碳排放强度从0.58kgCO₂e/kWh降至0.03kgCO₂e/kWh,年减排量达120吨CO₂e。数字化生产技术(如BIM、机器人加工)的应用,可优化材料利用率并减少废料产生。以某临时展馆项目为例,通过BIM技术进行构件预制设计,木材损耗率从15%降至8%,对应减少碳排放45吨CO₂e。此外,建立区域性木材加工中心,实现集中化生产与规模化运输,可降低单位产品的运输碳排放。

3.3 运输与建造安装降碳

运输与建造安装阶段的碳排放受运输距离、运输方式及施工效率共同影响。以某2000m²临时木结构建筑为例,运输阶段碳排放占全生命周期的15%,其中木材运输占比达60%。通过优化物流网络,采用“区域化供应+多式联运”模式,可将运输碳排放降低30%-40%。例如,将木材加工厂选址于距离项目500公里范围内,并采用铁路-公路联运替代单一公路运输,可减少碳排放0.12kgCO₂e/t·km(铁路碳排放因子)。施工环节的降碳需聚焦于机械化与模块化技术。采用预制构件现场拼装,可减少现场湿作业与施工能耗。数据显示,模块化施工的碳排放强度较传统现浇施工低25%-30%。此外,引入轻型起重设备与智能装配系统,可缩短施工周期15%-20%,进一步降低施工阶段能耗。

3.4 使用维护与拆除回收降碳

临时木结构建筑的使用阶段需通过智能化运维与低碳改造实现降碳。例如,采用被动式设计(如自然通风、遮阳系统)可减少空调与照明能耗,结合光伏屋顶与储能系统,可实现建筑运营阶段的零碳排放。某展览馆项目通过上述措施,年减碳量达50吨CO₂e。拆除回收阶段是碳循环的关键环节。木材的再利用与再循环可实现“负排放”。数据显示,1吨再生木材的碳储量相当于吸收0.9吨CO₂,若将拆除木材的80%用于生物质能源或再生材料生产,可抵消建筑全生命周期碳排放的10%-15%。此外,建立木材碳信用交易机制,将碳汇价值纳入建筑成本,可激励产业链各环节参与低碳实践。

4 LCA方法在临时木结构建筑碳排放核算中的应用

4.1 LCA方法应用步骤

4.1.1 确定目标与范围

LCA方法的第一步是明确目标与范围,这包括确定

评价的具体产品（在此为临时木结构建筑）、评价的环境影响类型（如碳排放）、系统边界（涵盖建筑的原材料提取、生产加工、运输、建造、使用、拆除回收等全生命周期各阶段）以及评价的深度和广度。

4.1.2 清单分析

清单分析阶段需要收集并量化建筑全生命周期各阶段所涉及的资源消耗、能源使用以及排放物排放等数据，对于临时木结构建筑，这包括但不限于木材的采伐与加工、运输车辆的油耗、建筑现场施工的能耗、建筑运行期间的能源消耗以及拆除阶段的废弃物处理等数据^[4]。

4.1.3 影响评估

影响评估阶段将清单分析阶段的数据转化为环境影响指标，如碳排放量。这一步骤需要选择合适的评估模型和方法，如IPCC碳排放计算指南等，来计算各阶段的环境影响。对于碳排放核算，应重点关注二氧化碳、甲烷等温室气体的排放量。

4.1.4 结果解释与改进建议

结果解释阶段将影响评估的结果进行汇总和分析，以图形、表格等形式直观展示建筑的碳排放情况。在此基础上，可以提出针对性的改进建议，如优化材料选择、提高生产效率、改进运输方式、加强建筑运营管理以及提高拆除回收率等，以进一步降低建筑的碳排放。

4.2 案例分析：以某临时木结构建筑为例

4.2.1 案例背景

本案例选取某临时木结构建筑作为研究对象，该建筑主要用于展览和临时办公，采用层压胶合木结构，建筑面积约为500平方米，使用寿命预计为5年。

4.2.2 LCA应用过程

（1）目标与范围确定：本案例旨在评估该临时木结构建筑全生命周期的碳排放情况，系统边界涵盖从木材采伐与加工、运输、建造、使用到拆除回收等全生命周期各阶段。

（2）清单分析：收集并分析该建筑各阶段的资源消耗、能源使用以及排放物排放等数据。例如，木材采伐与加工阶段的碳排放主要包括木材采伐过程中的能耗和

排放、木材加工厂的能耗和排放；运输阶段的碳排放包括运输车辆的油耗和排放；建造阶段的碳排放包括施工机械的能耗和排放等。

（3）影响评估：利用碳排放计算模型和方法，计算该建筑各阶段的碳排放量。结果显示，木材采伐与加工阶段的碳排放占比最高，约为总排放量的50%以上；其次是运输和建造阶段，占比分别为约20%和15%；使用阶段和拆除回收阶段的碳排放相对较少。

（4）结果解释与改进建议：根据影响评估结果，提出针对性的改进建议。例如，优化木材采伐与加工过程，采用更环保的采伐技术和加工设备；改进运输方式，提高运输效率并减少排放；加强建筑运营管理，提高能源利用效率；提高拆除回收率，减少废弃物处理等。

4.2.3 案例启示

通过本案例的分析可以看出，LCA方法在临时木结构建筑碳排放核算中具有重要应用价值。它不仅能够帮助我们全面了解建筑的碳排放情况，还能够提供针对性的改进建议，为实现零碳目标提供有力支持。

结束语

综上所述，临时木结构建筑在零碳目标下展现出巨大的发展潜力。通过采用科学的降碳策略和严谨的LCA碳排放研究方法，可以全面了解临时木结构建筑在其全生命周期内的碳排放情况，并有针对性地提出改进建议。这不仅有助于降低建筑的碳排放，实现可持续发展，还能其他建筑类型的零碳化转型提供宝贵经验。

参考文献

- [1]张婧,秦颖,马乐.碳中和背景下我国零碳建筑发展现状 & 标准体系浅析[J].建筑与装饰,2023(20):142-144.
- [2]高鹏.碳中和目标下"零碳"网络与"零碳"数据中心的构建方法探讨[J].电信工程技术与标准化,2022,35(1):5-7.
- [3]孙明明.上海市某典型建筑企业碳排放现状与减排路径研究[J].绿色建筑.2024,(5).DOI:10.3969/j.issn.1004-1672.2024.05.018.
- [4]孙启明,黄琼.重型木结构建筑资源化利用研究[J].建筑创作.2022,(5).164-169.