

基于BIM的装配式结构物化阶段碳减排策略研究

刘苗苗

安阳职业技术学院 河南 安阳 455000

摘要: 装配式结构物化阶段的碳排放问题日益受到关注。本文详细分析了设计、生产、运输三个主要环节的碳排放情况,并基于BIM技术提出了相应的碳减排策略。通过建立基于BIM的碳排放评估体系,并在设计、生产、运输及施工等多个阶段给出了具体的减排措施,旨在有效降低装配式结构物化阶段的碳排放,推动建筑行业向绿色低碳方向发展。这些策略不仅有助于提升建筑项目的环境效益,还能促进建筑行业的可持续发展。

关键词: BIM; 装配式; 物化阶段; 碳减排策略

引言

全球气候变化带来的挑战日益严峻,建筑行业作为碳排放大户,其绿色低碳转型迫在眉睫。装配式结构凭借其高效、环保的优势,在建筑领域的应用愈发广泛。然而,装配式结构在物化阶段产生的碳排放问题仍是一个亟待解决的难题。本文深入剖析装配式结构物化阶段的碳排放现状,并着眼于BIM技术,探索并提出一系列有效的碳减排策略,以期为推动建筑行业的绿色低碳发展提供有益参考。

1 装配式结构物化阶段碳排放分析

1.1 设计环节碳排放

装配式结构设计环节的碳排放受多种因素作用,结构选型与布局合理性首当其冲,不合理的结构选型,如低、多层建筑采用大跨度、重型结构,会使钢材、混凝土等主要材料用量大增^[1]。钢材生产各环节能耗高、排放大,水泥生产中石灰石分解和燃料燃烧也排放大量二氧化碳,材料用量上升必然在源头引发巨量碳排放。布局不合理同样会导致材料浪费。像功能分区不明晰时,非承重隔墙设置不合理,增加墙体材料用量,这些材料生产过程会产生碳排放。可装配性考虑不足也是碳排放增加的关键。设计若未顾及构件生产工艺和安装便捷性,生产环节中复杂模具设计或特殊要求会增加难度和能耗。在安装过程中,不合理的连接设计往往是碳排放增加的隐患。若连接节点设计不当,可能导致现场需要大量调整,如切割、焊接或额外加固,这些作业不仅耗时费力,还会显著延长施工周期。频繁调整和使用重型设备,如起重机、焊机等,会大幅增加能源消耗。更糟糕的是,不合理的连接设计有时还会导致构件在安装过程中损坏,需要重新生产,这不仅浪费了资源,还增加了生产过程中的碳排放,形成恶性循环。因此,连接设计的合理性至关重要。

1.2 生产环节碳排放

装配式构件生产所需的各类原材料,其开采和加工过程均会消耗大量能源并产生二氧化碳排放。以水泥为例,在其生产过程中,煅烧环节是碳排放的主要来源。石灰石等原材料需在高温下煅烧,这一过程通常依赖煤炭等化石燃料,燃料的燃烧会释放出大量的二氧化碳,从而导致严重的碳排放问题。而对于构件制造环节,工厂的生产设备运行需要消耗电能,这是碳排放的一个重要方面。众多的生产设备在运行过程中持续耗电,其累计的能源消耗不容小觑。生产工艺的效率对碳排放有着显著影响。传统的浇筑工艺与先进的预制工艺相比,就存在明显的碳排放差异。传统浇筑工艺往往需要更多的能源和材料投入。在现场浇筑时,需要搭建大量的模板,模板的制作、安装及后续拆除都需要消耗额外的能源和材料,并且容易造成材料浪费。而且现场搅拌混凝土时,可能因计量不准确、搅拌不均匀等问题,导致需要更多的水泥、砂石等原材料来保证构件质量,进一步增加了能源消耗和碳排放。相反预制工艺在工厂内集中生产,借助精确的模具和高效的生产流程,能够更精准地控制原材料的使用,减少浪费,从而有效降低碳排放,在构件制造过程中展现出更好的环境效益。

1.3 运输环节碳排放

在装配式构件从生产工厂到施工现场的运输过程中,碳排放问题不容忽视。运输工具的燃油消耗是碳排放的直接来源,卡车、轮船等运输工具在运行时燃烧燃油释放二氧化碳。(1) 运输距离是影响碳排放量的关键因素之一。较长的运输距离意味着更多的燃油消耗,从而产生更高的碳排放。远距离运输装配式构件时,运输工具需要长时间运行,这使得燃油持续燃烧,二氧化碳排放量大幅增加。(2) 运输方式也对碳排放有重要影响。不同运输方式的能耗效率不同,如轮船运输相对大

型构件可能在单位能耗上有一定优势,但对于一些需要快速运输或距离较近的情况,卡车运输更为常用,不过其能耗和碳排放相对较高。(3)构件的重量和体积因素也不容忽视。如果构件重量大、体积大且装载不合理,会导致运输效率降低。不合理的装载方式可能无法充分利用运输空间,使得每次运输的构件数量减少,增加运输次数,进而增加能源消耗和碳排放量。优化运输环节对于减少装配式结构在物化阶段的碳排放至关重要。

2 基于 BIM 的装配式结构物化阶段碳减排策略

2.1 建立基于BIM的碳排放评估体系

对于碳排放计算参数的确定,要充分考虑装配式结构物化阶段的复杂特性,在材料生产方面,不同材料在不同生产工艺下的碳排放因子各异^[2]。以水泥为例,新型干法水泥生产工艺与传统工艺相比,二氧化碳排放系数不同,需要准确区分。每立方米混凝土的碳排放受水泥、骨料、外加剂等多种因素影响,且不同配合比会导致不同的排放结果。钢材的生产工艺无论是长流程还是短流程,其每吨的二氧化碳排放系数也有差别。在运输环节,要明确运输工具油耗与碳排放的关系,不同的卡车、轮船等运输工具,其燃油效率和碳排放系数不同,而且运输距离、路况等因素也会影响油耗和碳排放。对于施工设备,其能耗与碳排放转换系数是关键,设备的功率、运行效率、新旧程度等都会影响能耗,进而影响碳排放量。将碳排放计算功能嵌入BIM软件,可使BIM模型发挥强大的碳排放量计算功能。BIM模型中包含丰富的构件信息,如材料类型、数量、运输距离和施工工艺等。通过智能算法对这些信息进行提取和深入分析,并与前面确定的碳排放计算参数相结合,就能实现对装配式结构物化阶段各个环节碳排放量的实时评估。在一个装配式建筑项目中,可以准确计算出构件生产中材料生产的碳排放、运输过程中的碳排放以及施工时设备运行和工艺实施产生的碳排放,为碳减排提供精准的数据支持。

2.2 设计阶段碳减排策略

在装配式结构的设计阶段,采取有效的碳减排策略对于整个项目的低碳化发展至关重要。(1)基于性能的设计方法,将建筑功能需求和碳排放目标作为设计导向。在保障结构安全和正常使用功能的基础上,充分发挥BIM模型的优势来优化设计。从空间布局来看,合理规划不同功能区域的位置和大小,可避免不必要的空间浪费。比如在商业建筑设计中,合理设置店铺、通道、休息区等的布局,使空间利用更加紧凑高效。对于结构形式,借助BIM模型进行力学性能分析和模拟,精准确定构件尺寸和形式。以建筑体型系数为例,设计合理的系

数值,使建筑在采光、通风良好的减少外立面面积。通过优化空间分隔,减少不必要的围护结构,如减少室内非承重隔墙数量或采用轻质隔墙材料,降低材料用量,从而减少材料生产环节的碳排放。(2)设计方案的多目标优化方面,BIM技术与优化算法相结合为设计方案的优化提供了有力支持。传统设计中,结构性能和成本是重点考虑因素,但现在碳排放也不容忽视。利用BIM模型强大的信息整合能力,生成多种设计方案。比如在住宅设计中,不同户型组合会产生不同的空间利用效率和结构复杂度。通过改变户型数量、房间朝向和大小等参数,生成多种户型组合方案;同时考虑不同结构体系,如框架结构、剪力墙结构等。然后对每个方案进行碳排放评估,综合考虑结构性能和成本因素,选择碳排放最低的方案。这种多目标优化方法能够在设计源头把控碳排放,为后续施工和使用阶段的低碳运行奠定基础。

2.3 生产阶段碳减排策略

(1)在装配式构件的生产阶段,绿色材料的选择与管理是碳减排的重要途径。BIM模型在此过程中发挥了关键作用,通过它可以对材料信息进行详细标注和有效管理。在选择材料时,将绿色环保、低碳排放作为首要标准。再生骨料混凝土的使用,它是将废弃混凝土经过加工处理后得到的骨料制成的混凝土,与传统混凝土相比,大大减少了对天然骨料的开采,降低了生产过程中的能耗和碳排放。高强度钢材的应用也是如此,其在满足结构强度要求的可减少钢材的使用量,进而降低钢材生产环节的碳排放。BIM模型为材料的来源和质量追溯提供了便利。通过记录材料从原材料采集到加工生产的各个环节信息,能够确保材料的可持续性。这不仅保证了材料的质量可靠,还能让生产者 and 使用者清楚了解材料的环保属性,进一步推动绿色材料在装配式构件生产中的广泛应用。(2)精益生产理念对于构件生产企业的碳减排意义重大。借助BIM模型,可以对生产流程进行深度优化。在生产过程中,浪费现象是碳排放增加的重要因素,无论是材料浪费还是能源浪费,都需要加以控制。通过优化生产流程,可以精确计算材料用量,避免过度生产造成的材料剩余,同时提高生产效率,保证产品质量。(3)建立与BIM模型集成的能源管理系统是必不可少的。这个系统能够实时监控生产设备的能源消耗情况。对于搅拌机、起重机等设备的能耗数据进行实时采集和分析,一旦发现能耗异常,就可以及时采取节能措施。像对设备进行智能控制,根据生产任务合理调整设备的运行状态,或者对设备进行节能改造,更换节能电机等,从而有效降低生产过程中的能源消耗,实现碳减

排目标。

2.4 运输阶段碳减排策略

第一，在装配式构件运输阶段，集中配送与联合运输是降低碳排放的有效策略，借助BIM模型和物流管理系统，能够对运输过程进行精细化规划，通过统筹多个项目或同一项目内不同构件的运输需求，可实现资源的优化配置^[1]。选择恰当的运输时间，避开交通高峰期等拥堵时段，能减少运输过程中的燃油消耗和尾气排放。合理选择运输方式，如根据构件的重量、体积、运输距离等因素确定是采用陆运还是水运。提高运输工具的满载率意义重大。通过联合运输，可将装配式构件与其他建筑材料供应商的货物共同运输，充分利用运输空间，避免运输资源浪费。这样一来，减少了运输次数，从而有效降低了因运输产生的碳排放，提高了运输效率和经济性。第二，运输设备的性能直接影响碳排放。鼓励运输企业对设备进行低碳化升级是必要之举。采用新能源车辆，如电动卡车、电动轮船等，可大幅减少甚至消除燃油燃烧产生的碳排放。对于传统车辆，优化发动机性能，提高燃油效率，也能降低能耗和排放。利用BIM模型记录和分析运输设备的碳排放信息，有助于企业选择碳排放更低的设备和运输方案，实现运输环节的碳减排目标。

2.5 施工阶段碳减排策略

(1) 绿色施工技术应用。在施工阶段，应用绿色施工技术是实现碳减排的关键，借助BIM模型模拟和评估施工技术，可挑选出最优方案。预制装配化施工技术是很好的例子，它取代传统现场浇筑工艺，能显著减少施工现场的噪声污染、粉尘污染。而且，这种工艺避免了现场大量搅拌、振捣等能耗高的工序，有效降低了能源消耗。积极推广节能型施工设备，像新型节能起重机、电

焊机等，它们能在保证施工效率的同时减少电能或燃油消耗。利用可再生能源也至关重要，例如在施工现场设置太阳能照明设备，白天储存太阳能，夜晚为施工场地提供照明，减少对传统电能的依赖，从而降低因发电产生的碳排放。(2) 施工废弃物管理。施工废弃物管理对于碳减排意义重大，通过BIM模型预测和分析施工废弃物的产生量和种类，以此制定科学的管理计划。采取分类回收和再利用措施，能减少废弃物填埋量。比如对于废弃混凝土构件，可将其破碎处理成再生骨料，用于生产新的混凝土制品，这样不仅减少了废弃物处理过程中的碳排放，还节约了生产新骨料所需的资源和能源，实现了资源的循环利用，促进施工阶段的低碳化发展。

结语

综上，本文深入探讨了基于BIM的装配式结构物化阶段碳减排策略，从设计、生产、运输到施工各个环节，均提出了针对性的减排措施。通过建立基于BIM的碳排放评估体系，我们能够更精准地量化碳排放，为制定减排策略提供科学依据。未来，随着BIM技术的不断成熟和应用深化，装配式结构物化阶段的碳减排将更加高效、精准，为建筑行业的绿色低碳转型注入强劲动力。我们相信，通过持续努力，建筑行业将为全球应对气候变化作出更大贡献。

参考文献

- [1]刘莹.装配式建筑物化阶段碳排放计量研究[J].北方建筑,2020,5(05):40-43.
- [2]宝塔娜.装配式技术对建筑物化阶段碳排放的影响研究[D].长安大学,2020,3(11):21-22.
- [3]张守超.基于BIM的建筑碳排放计量方法与减排策略分析[D].辽宁:辽宁工程技术大学,2023.58-59.