

建筑装饰工程全生命周期碳排放测算模型

魏洁琼

(德州忠岭建筑装饰工程有限公司, 山东德州 253000)

摘要: 建筑装饰工程作为建筑领域的重要组成部分, 其全生命周期碳排放管控是低碳发展的关键环节, 对推动建筑领域绿色低碳转型具有重要意义。本文以建筑装饰工程全生命周期为研究对象, 明确全生命周期各阶段的划分及碳排放来源, 梳理碳排放测算的核心影响因素, 构建科学合理的碳排放测算模型, 明确模型的测算流程、参数设定及计算方法, 通过多场景应用验证模型的可行性和适用性, 为建筑装饰工程全生命周期碳排放精准测算、科学管控提供可靠的理论依据和实践指导, 助力建筑装饰领域实现低碳化发展目标。

关键词: 建筑装饰工程; 全生命周期; 碳排放测算

中图分类号: TU201.5

文献标识码: A

文章编号: 3106-2229 (2025) 03-0021-12

DOI: 10.62022/AD.issn3106-2229.2025.03.003

Carbon Emission Calculation Model for the Whole Life Cycle of Building Decoration Engineering

Wei Jieqiong

(Dezhou Zhongling Building Decoration Engineering Co., Ltd., Dezhou, Shandong 253000)

Abstract: As an important component of the construction industry, the full lifecycle carbon emission control of building decoration engineering is a key link in low-carbon development, which is of great significance for promoting the green and low-carbon transformation of the construction industry. This article takes the entire life cycle of building decoration engineering as the research object, clarifies the division of each stage of the entire life cycle and the sources of carbon emissions, sorts out the core influencing factors of carbon emission calculation, constructs a scientific and reasonable carbon emission calculation model, clarifies the calculation process, parameter settings, and calculation methods of the model, verifies the feasibility and applicability of the model through multi scenario applications, and provides reliable theoretical basis and practical guidance for accurate calculation and scientific control of carbon emissions throughout the life cycle of building decoration engineering, helping the field of building decoration achieve low-carbon development goals.

Keywords: architectural decoration engineering; full lifecycle; carbon emission calculation

1 建筑装饰工程全生命周期核心内涵与碳排放基础认知

1.1 建筑装饰工程全生命周期界定

1.1.1 全生命周期划分原则

建筑装饰工程全生命周期的划分需遵循系统性、完整性、可操作性和关联性原则, 确保划分的各阶段能够全面覆盖建筑装饰工程从前期准备到后期处置的全部过程, 同时兼顾各阶段之间的衔接性和数据获取的便利性^[1]。系统性原则要求划分的阶段能够构成完整的建筑装饰工程生命周期体系, 每个阶段都有明确的核心任务和工作内容, 各阶段之间相互关联、相互影响, 形成一个有机整体。完整性原则要求划分的阶段不遗漏建筑装饰工程任何一个关键环节, 包括前期的材料生产与运输、中期的施工安装、后期的使用维护以

及最终的拆除与处置, 确保全生命周期碳排放测算能够涵盖所有可能产生碳排放的环节。可操作性原则要求划分的阶段清晰明确, 每个阶段的边界清晰, 便于相关人员开展数据收集、碳排放测算等工作, 降低测算难度, 提高测算效率。关联性原则要求划分的阶段能够体现建筑装饰工程各环节之间的内在联系, 确保碳排放测算能够反映各阶段碳排放的传递性和累积性, 为后续的碳排放管控提供全面的依据。

在实际划分过程中, 工作人员需结合建筑装饰工程的具体类型、规模和特点, 灵活运用上述原则, 避免划分过于繁琐或过于简略。对于小型建筑装饰工程, 可适当简化阶段划分, 合并部分关联性较强的环节; 对于大型、复杂的建筑装饰工程, 需细化阶段划分, 明确每个细分环节的工作内容和碳排放来源, 确保测算的精准性。同时, 划分结果需符合行

作者简介: 魏洁琼, 本科, 助理工程师, 研究方向为建筑装饰节能、碳排放测算与低碳技术应用。

业通用标准和规范,便于不同建筑装饰工程之间的碳排放数据对比和分析,为行业层面的碳排放管控提供统一的基础。

1.1.2 全生命周期各阶段划分与核心内容

结合建筑装饰工程的实际施工流程和工作特点,按照全生命周期划分原则,将建筑装饰工程全生命周期划分为材料生产阶段、材料运输阶段、施工安装阶段、使用维护阶段和拆除处置阶段五个核心阶段,每个阶段都有明确的核心工作内容和碳排放产生环节,各阶段相互衔接,构成完整的建筑装饰工程生命周期体系^[2]。

材料生产阶段是建筑装饰工程全生命周期的起始阶段,该阶段的核心内容是建筑装饰材料的生产与加工,包括各类装饰板材、涂料、胶粘剂、五金配件、陶瓷制品等材料的生产过程。材料生产阶段的工作重点是按照建筑装饰工程的设计要求,生产符合质量标准和使用需求的装饰材料,同时兼顾材料的低碳性和环保性。该阶段的碳排放主要来源于材料生产过程中原材料的开采、加工、烧制、合成等环节,以及生产过程中能源的消耗,是建筑装饰工程全生命周期碳排放的重要组成部分。

材料运输阶段是连接材料生产与施工安装的关键环节,该阶段的核心内容是将生产完成的建筑装饰材料从生产厂家运输至建筑装饰工程施工现场。材料运输阶段的工作重点是选择合适的运输方式、运输路线和运输工具,确保材料能够按时、保质、保量送达施工现场,同时最大限度降低运输过程中的能源消耗和碳排放。该阶段的碳排放主要来源于运输工具的燃油消耗或电力消耗,以及运输过程中材料的损耗所间接产生的碳排放,运输距离、运输工具类型、运输负荷等因素都会影响该阶段的碳排放总量。

施工安装阶段是建筑装饰工程的核心实施阶段,该阶段的核心内容是按照建筑装饰工程的设计方案,将各类装饰材料进行现场安装、拼接、固定和调试,最终形成符合设计要求的建筑装饰效果。施工安装阶段的工作重点是确保施工质量和施工安全,合理安排施工工序,提高施工效率,同时控制施工过程中的能源消耗和碳排放。该阶段的碳排放主要来源于施工机械设备的能源消耗、施工人员的生活用能、施工过程中材料的切割、打磨等加工环节产生的碳排放,以及施工过程中废弃物的产生和处理所间接产生的碳排放。

使用维护阶段是建筑装饰工程全生命周期中持续时间最长的阶段,该阶段的核心内容是对建筑装饰工程的各类装饰构件、材料和设备进行日常维护、检修、更换和保养,确

保建筑装饰工程能够正常使用,延长其使用寿命,维持良好的装饰效果。使用维护阶段的工作重点是建立完善的维护管理制度,定期开展维护检查工作,及时处理各类损坏和故障,同时选择环保、低碳的维护材料和维护方式。该阶段的碳排放主要来源于维护过程中能源的消耗、维护材料的生产和运输、损坏构件的更换和处理等环节,维护频率、维护方式、维护材料的类型等因素都会影响该阶段的碳排放总量。

拆除处置阶段是建筑装饰工程全生命周期的终结阶段,该阶段的核心内容是当建筑装饰工程达到使用年限或因功能调整、改造等原因需要拆除时,对各类装饰构件、材料和设备进行拆除、清理、运输和处置。拆除处置阶段的工作重点是确保拆除施工的安全和高效,减少拆除过程中的扬尘、噪音和废弃物污染,同时对可回收利用的材料进行回收再利用,提高资源利用率。该阶段的碳排放主要来源于拆除机械设备的能源消耗、拆除材料的运输和处置、废弃物的焚烧或填埋等环节,拆除方式、材料的回收利用率、处置方式等因素都会影响该阶段的碳排放总量。

1.2 建筑装饰工程全生命周期碳排放核心来源

1.2.1 材料生产阶段碳排放来源

材料生产阶段是建筑装饰工程全生命周期碳排放的主要来源之一,该阶段的碳排放来源主要包括原材料开采环节、材料加工环节和能源消耗环节三个方面,每个环节都有明确的碳排放产生途径,共同构成了材料生产阶段的碳排放总量^[3]。

原材料开采环节的碳排放主要来源于开采过程中机械设备的能源消耗和原材料开采所产生的生态破坏间接带来的碳排放。建筑装饰材料的原材料种类繁多,包括木材、石材、金属、塑料、石膏等,不同原材料的开采方式不同,其碳排放强度也存在差异。例如,石材开采需要使用挖掘机、装载机等大型机械设备,这些设备在运行过程中会消耗大量的燃油,产生大量的二氧化碳排放;木材开采需要砍伐树木,树木的砍伐会减少森林的固碳能力,间接增加碳排放;金属原材料的开采需要进行矿山开采、选矿等环节,这些环节不仅消耗大量的能源,还会产生一定的废弃物,间接产生碳排放。

材料加工环节的碳排放主要来源于材料的加工、烧制、合成、成型等过程中能源的消耗和化学反应所产生的碳排放。不同类型的建筑装饰材料,其加工环节的碳排放来源也存在差异。例如,陶瓷制品的加工需要经过原料粉碎、成型、烧制等环节,烧制过程需要消耗大量的煤炭、天然气等能源,

同时会产生二氧化碳、二氧化硫等温室气体；涂料的加工需要进行原料混合、搅拌、研磨等环节，这些环节需要消耗电力，同时部分涂料的合成过程会产生一定的挥发性有机化合物，间接产生碳排放；装饰板材的加工需要进行切割、打磨、拼接等环节，这些环节需要消耗电力和燃油，产生二氧化碳排放。

能源消耗环节的碳排放是材料生产阶段碳排放的核心组成部分，该环节的碳排放主要来源于材料生产过程中所消耗的各类能源，包括煤炭、天然气、电力、燃油等。不同能源的碳排放因子不同，其产生的碳排放量也存在差异。例如，煤炭的碳排放因子较高，每消耗1吨煤炭会产生2.6吨~2.8吨二氧化碳；天然气的碳排放因子相对较低，每消耗1立方米天然气会产生0.78吨~0.82吨二氧化碳；电力的碳排放因子取决于发电方式，火力发电的碳排放因子较高，每消耗1千瓦时电力会产生0.78千克~0.85千克二氧化碳，水力发电、风力发电等清洁能源发电的碳排放因子较低，每消耗1千瓦时电力会产生0.01千克~0.05千克二氧化碳。材料生产企业的能源结构、生产工艺、节能技术水平等因素都会影响该环节的碳排放总量。

1.2.2 材料运输阶段碳排放来源

材料运输阶段的碳排放来源相对集中，主要包括运输工具的能源消耗、运输过程中材料的损耗以及运输路线选择不当所间接产生的碳排放三个方面，其中运输工具的能源消耗是该阶段碳排放的主要来源^[4]。

运输工具的能源消耗所产生的碳排放是材料运输阶段最直接的碳排放来源，不同类型的运输工具，其能源消耗方式和碳排放强度存在明显差异。目前，建筑装饰材料的运输工具主要包括公路运输车辆、铁路运输车辆、水路运输船舶和航空运输飞机等，其中公路运输是最常用的运输方式。公路运输车辆主要以燃油为能源，包括汽油、柴油等，其碳排放强度与车辆类型、载重、行驶速度、行驶距离等因素密切相关。例如，小型货车的碳排放强度为每公里0.2千克~0.3千克二氧化碳，大型货车的碳排放强度为每公里1.5千克~2.0千克二氧化碳；车辆载重越高、行驶速度越平稳，其单位货物运输量的碳排放强度越低；行驶距离越长，其碳排放总量越高。铁路运输和水路运输的碳排放强度相对较低，铁路运输的碳排放强度为每公里0.05千克~0.1千克二氧化碳，水路运输的碳排放强度为每公里0.03千克~0.08千克二氧化碳，航空运输的碳排放强度最高，每公里2.0千克~3.0千克

二氧化碳，但航空运输在建筑装饰材料运输中应用较少，主要用于一些高端、紧急的装饰材料运输。

运输过程中材料的损耗所间接产生的碳排放是材料运输阶段的次要碳排放来源。建筑装饰材料在运输过程中，由于颠簸、碰撞、潮湿等原因，会产生一定的损耗，这些损耗的材料需要重新生产和运输，从而间接增加碳排放。例如，陶瓷制品、玻璃制品等易碎材料，在运输过程中的损耗率较高，通常为3%~5%，这些损耗的材料需要重新生产，在生产过程中会消耗能源和原材料，产生额外的碳排放；装饰板材、五金配件等材料在运输过程中也会产生一定的损耗，虽然损耗率相对较低，但也会间接增加碳排放。

运输路线选择不当所间接产生的碳排放主要是指由于运输路线规划不合理，导致运输距离增加、运输时间延长，从而增加运输工具的能源消耗，产生额外的碳排放。例如，部分运输企业为了降低运输成本，选择绕行路线，导致运输距离增加10公里~20公里，运输工具的燃油消耗增加，碳排放总量也随之增加；部分运输路线存在交通拥堵现象，运输车辆在拥堵过程中会处于怠速状态，燃油消耗增加，碳排放强度提高，从而间接增加碳排放。

1.2.3 施工安装阶段碳排放来源

施工安装阶段的碳排放来源较为复杂，主要包括施工机械设备能源消耗、施工人员生活用能、施工过程材料加工、施工废弃物处理以及施工临时设施能源消耗五个方面，各方面的碳排放相互叠加，构成了施工安装阶段的碳排放总量。

施工机械设备能源消耗是施工安装阶段碳排放的主要来源，建筑装饰工程施工过程中需要使用大量的施工机械设备，包括切割机、打磨机、电焊机、起重机、升降机、空压机等，这些机械设备在运行过程中需要消耗大量的电力或燃油，产生大量的二氧化碳排放。不同类型的施工机械设备，其能源消耗和碳排放强度存在差异。例如，切割机、打磨机等小型机械设备主要以电力为能源，每小时消耗电力2千瓦时~5千瓦时，产生1.56千克~4.25千克二氧化碳；起重机、升降机等大型机械设备主要以燃油为能源，每小时消耗燃油10升~20升，产生26千克~52千克二氧化碳；电焊机等设备在运行过程中不仅消耗电力，还会产生一定的焊接烟气，间接产生碳排放。施工机械设备的使用效率、节能水平、运行时间等因素都会影响该环节的碳排放总量。

施工人员生活用能所产生的碳排放是施工安装阶段的次要碳排放来源，施工人员在施工现场的生活活动，包括饮

食、住宿、洗漱等,都会消耗一定的能源,产生碳排放。例如,施工人员的饮食需要使用炊具,炊具的运行需要消耗电力或燃气,产生二氧化碳排放;施工人员的住宿需要使用空调、照明等设备,这些设备的运行需要消耗电力,产生碳排放;施工人员的洗漱需要使用热水,热水的供应需要消耗能源,产生碳排放。施工人员的数量、生活标准、节能意识等因素都会影响该环节的碳排放总量。

施工过程中材料加工所产生的碳排放主要来源于建筑装饰材料在施工现场的切割、打磨、钻孔、拼接等加工环节,这些加工环节需要消耗电力或燃油,同时会产生一定的粉尘和废弃物,间接产生碳排放。例如,装饰板材的切割需要使用切割机,切割机运行消耗电力,产生二氧化碳排放,同时切割过程中会产生粉尘,粉尘的处理需要消耗能源,间接增加碳排放;石材的打磨需要使用打磨机,打磨机运行消耗电力,产生二氧化碳排放,同时打磨过程中会产生石粉,石粉的处置也会间接产生碳排放。施工过程中材料的加工精度、加工效率、加工方式等因素都会影响该环节的碳排放总量。

施工废弃物处理所产生的碳排放主要来源于施工过程中产生的各类废弃物的运输、焚烧、填埋等处置环节。建筑装饰工程施工过程中会产生大量的废弃物,包括废弃的装饰材料、施工垃圾、包装材料等,这些废弃物如果处理不当,会产生大量的碳排放。例如,废弃的木材、塑料等废弃物如果进行焚烧处理,会产生大量的二氧化碳、一氧化碳等温室气体;废弃的石材、陶瓷等废弃物如果进行填埋处理,会占用土地资源,同时废弃物的降解过程会产生一定的甲烷等温室气体,间接增加碳排放。施工废弃物的产生量、回收利用率、处置方式等因素都会影响该环节的碳排放总量。

施工临时设施能源消耗所产生的碳排放主要来源于施工现场临时搭建的办公区、宿舍、仓库等临时设施的照明、空调、取暖等设备的能源消耗。临时设施的照明设备主要以电力为能源,空调和取暖设备主要以电力或燃油为能源,这些设备的运行会消耗大量的能源,产生二氧化碳排放。临时设施的规模、使用时间、节能水平等因素都会影响该环节的碳排放总量。

1.2.4 使用维护阶段碳排放来源

使用维护阶段是建筑装饰工程全生命周期中碳排放持续时间最长的阶段,该阶段的碳排放来源主要包括维护材料生产与运输、维护过程能源消耗、损坏构件更换与处置以及日常清洁能源消耗四个方面,各方面的碳排放呈现出持续、

稳定的特点^[5]。

维护材料生产与运输所产生的碳排放是使用维护阶段的重要碳排放来源,建筑装饰工程在使用维护过程中,需要定期更换和补充各类维护材料,包括涂料、胶粘剂、密封胶、五金配件、装饰板材等,这些维护材料的生产和运输过程都会产生碳排放。维护材料的生产过程与建筑装饰材料的生产过程类似,会消耗大量的能源和原材料,产生二氧化碳排放;维护材料的运输过程与建筑装饰材料的运输过程类似,会消耗燃油或电力,产生二氧化碳排放。维护材料的使用量、类型、生产工艺、运输距离等因素都会影响该环节的碳排放总量。

维护过程能源消耗所产生的碳排放主要来源于维护过程中使用的各类机械设备和工具的能源消耗,以及维护过程中照明、取暖等设备的能源消耗。例如,在对建筑装饰表面进行翻新、修补时,需要使用打磨机、喷涂机等机械设备,这些机械设备的运行需要消耗电力或燃油,产生二氧化碳排放;在维护过程中,施工人员需要使用照明设备,照明设备的运行需要消耗电力,产生碳排放;在冬季或寒冷地区,维护过程中需要使用取暖设备,取暖设备的运行需要消耗能源,产生碳排放。维护频率、维护方式、维护设备的节能水平等因素都会影响该环节的碳排放总量。

损坏构件更换与处置所产生的碳排放主要来源于损坏的建筑装饰构件的拆除、运输、处置以及新构件的生产和运输过程。建筑装饰工程在使用过程中,由于老化、磨损、自然灾害等原因,部分装饰构件会出现损坏,需要进行拆除和更换。损坏构件的拆除过程需要使用机械设备,消耗能源,产生碳排放;损坏构件的运输和处置过程会产生碳排放;新构件的生产和运输过程也会产生碳排放。损坏构件的数量、类型、拆除方式、处置方式、新构件的生产工艺等因素都会影响该环节的碳排放总量。

日常清洁能源消耗所产生的碳排放主要来源于建筑装饰工程日常清洁过程中使用的清洁设备、清洁材料的能源消耗。建筑装饰工程在使用过程中,需要定期进行清洁,以保持良好的装饰效果和使用环境。清洁过程中需要使用吸尘器、拖把、清洁剂等,吸尘器等清洁设备的运行需要消耗电力,产生碳排放;清洁剂的生产和运输过程会产生碳排放。日常清洁的频率、清洁方式、清洁设备的节能水平、清洁材料的类型等因素都会影响该环节的碳排放总量。

1.2.5 拆除处置阶段碳排放来源

拆除处置阶段的碳排放来源主要包括拆除机械设备能

源消耗、拆除材料运输、拆除废弃物处置以及可回收材料加工再利用四个方面,其中拆除机械设备能源消耗和拆除废弃物处置是该阶段的主要碳排放来源。

拆除机械设备能源消耗所产生的碳排放是拆除处置阶段最直接的碳排放来源,建筑装饰工程拆除过程中需要使用大量的拆除机械设备,包括挖掘机、破碎机、装载机、起重机等,这些机械设备在运行过程中需要消耗大量的燃油或电力,产生大量的二氧化碳排放。不同类型的拆除机械设备,其能源消耗和碳排放强度存在差异。例如,挖掘机的碳排放强度为每小时20千克~30千克二氧化碳,破碎机的碳排放强度为每小时15千克~25千克二氧化碳,装载机的碳排放强度为每小时10千克~20千克二氧化碳。拆除机械设备的使用效率、节能水平、运行时间等因素都会影响该环节的碳排放总量。

拆除材料运输所产生的碳排放主要来源于拆除后的建筑装饰材料和废弃物从施工现场运输至处置场地或回收场地的过程。拆除后的材料和废弃物种类繁多,包括装饰板材、陶瓷制品、五金配件、塑料、木材等,这些材料和废弃物的运输需要使用运输车辆,运输车辆的运行会消耗燃油或电力,产生二氧化碳排放。运输距离、运输工具类型、运输负荷等因素都会影响该环节的碳排放总量。例如,运输距离为50公里~100公里时,大型货车的碳排放总量为75千克~200千克二氧化碳。

拆除废弃物处置所产生的碳排放主要来源于拆除废弃物的焚烧、填埋、堆肥等处置环节。不同类型的拆除废弃物,其处置方式不同,产生的碳排放也存在差异。例如,废弃的木材、塑料等可燃烧废弃物如果进行焚烧处理,会产生大量的二氧化碳、一氧化碳等温室气体;废弃的石材、陶瓷等不可燃烧废弃物如果进行填埋处理,会占用土地资源,同时废弃物的降解过程会产生一定的甲烷等温室气体,间接增加碳排放;部分有机废弃物如果进行堆肥处理,会产生一定的二氧化碳和甲烷,产生碳排放。拆除废弃物的产生量、处置方式、处置场地等因素都会影响该环节的碳排放总量。

可回收材料加工再利用所产生的碳排放主要来源于可回收材料的加工、清洗、修复等过程,这些过程需要消耗电力或燃油,产生二氧化碳排放。建筑装饰工程拆除过程中,部分材料可以进行回收再利用,包括金属五金、木材、玻璃等,这些可回收材料需要经过加工、清洗、修复等处理后,才能重新投入使用。加工过程中使用的机械设备会消耗能源,产生碳排放;清洗和修复过程中使用的材料和设备也会消耗

能源,产生碳排放。可回收材料的回收利用率、加工工艺、加工设备的节能水平等因素都会影响该环节的碳排放总量。

1.3 建筑装饰工程全生命周期碳排放测算核心影响因素

1.3.1 材料因素

材料因素是影响建筑装饰工程全生命周期碳排放的核心因素之一,材料的类型、性能、用量、生产工艺以及回收利用率等都会对全生命周期碳排放产生显著影响,其中材料的类型和用量是最主要的影响因素。

材料类型对碳排放的影响主要体现在材料的碳排放强度上,不同类型的建筑装饰材料,其生产过程中的碳排放强度存在明显差异。例如,传统的建筑装饰材料,如陶瓷制品、石材、普通涂料等,其生产过程中需要消耗大量的能源和原材料,碳排放强度较高;而新型低碳装饰材料,如绿色涂料、再生装饰板材、节能五金配件等,其生产过程中采用了节能技术和环保材料,碳排放强度较低。例如,普通涂料的碳排放强度为每千克1.5千克~2.0千克二氧化碳,而绿色涂料的碳排放强度为每千克0.8千克~1.2千克二氧化碳;普通装饰板材的碳排放强度为每平方米10千克~15千克二氧化碳,而再生装饰板材的碳排放强度为每平方米5千克~8千克二氧化碳。选择不同类型的建筑装饰材料,会直接影响材料生产阶段的碳排放总量,进而影响全生命周期碳排放总量。

材料用量对碳排放的影响主要体现在材料生产、运输、施工等多个阶段,材料用量越多,其生产过程中消耗的能源和原材料越多,碳排放总量越高;同时,材料用量越多,运输过程中的能源消耗和碳排放也越多;施工过程中材料的加工、安装等环节的能源消耗和碳排放也会随之增加。建筑装饰工程的材料用量与工程规模、装饰标准、设计方案等因素密切相关,工程规模越大、装饰标准越高,材料用量越多,碳排放总量越高。例如,大型公共建筑装饰工程的材料用量通常为每平方米100千克~200千克,而小型居住建筑装饰工程的材料用量通常为每平方米50千克~100千克,两者的碳排放总量存在明显差异。

材料生产工艺对碳排放的影响主要体现在材料生产过程中的能源利用效率和废弃物产生量上。先进的材料生产工艺能够提高能源利用效率,减少能源消耗,降低碳排放;同时,先进的生产工艺能够减少生产过程中的废弃物产生量,降低废弃物处置所产生的碳排放。例如,采用新型的陶瓷制品生产工艺,能够提高煤炭的利用效率,减少煤炭消耗,降低碳排放;采用再生材料生产工艺,能够减少原材料的开采

和消耗,降低碳排放。材料生产工艺的先进程度与生产企业的技术水平、设备条件等因素密切相关,生产企业的技术水平越高、设备越先进,生产工艺越完善,碳排放强度越低。

材料回收利用率对碳排放的影响主要体现在拆除处置阶段,材料的回收利用率越高,需要重新生产的材料数量越少,材料生产阶段的碳排放就越少;同时,回收利用的材料需要经过加工再利用,虽然会产生一定的碳排放,但远低于重新生产材料所产生的碳排放,从而降低全生命周期碳排放总量。例如,金属五金配件的回收利用率达到80%~90%时,能够减少80%~90%的金属原材料开采和生产所产生的碳排放;木材的回收利用率达到70%~80%时,能够减少70%~80%的木材开采和生产所产生的碳排放。

1.3.2 技术因素

技术因素是影响建筑装饰工程全生命周期碳排放的重要因素,主要包括材料生产技术、施工技术、维护技术和拆除技术四个方面,先进的技术能够有效降低各阶段的碳排放,提高碳排放管控水平。

材料生产技术对碳排放的影响主要体现在能源利用效率、原材料利用率和废弃物处理技术上。先进的材料生产技术能够提高能源利用效率,减少能源消耗,降低碳排放;能够提高原材料利用率,减少原材料的浪费,降低原材料开采和加工所产生的碳排放;能够完善废弃物处理技术,减少生产过程中的废弃物产生量,提高废弃物的回收利用率,降低废弃物处置所产生的碳排放。例如,采用新型的节能生产设备,能够提高电力和燃油的利用效率,减少能源消耗;采用原材料循环利用技术,能够将生产过程中的废弃物进行回收再利用,减少原材料的消耗;采用清洁生产技术,能够减少生产过程中的污染物排放,间接降低碳排放。

施工技术对碳排放的影响主要体现在施工机械设备的节能技术、施工工艺的优化以及施工废弃物的回收利用技术上。先进的施工技术能够优化施工工艺,减少施工机械设备的使用时间和能源消耗,降低施工阶段的碳排放;能够提高施工机械设备的节能水平,减少燃油和电力消耗,降低碳排放;能够完善施工废弃物的回收利用技术,提高施工废弃物的回收利用率,减少废弃物处置所产生的碳排放。例如,采用装配式施工技术,能够减少施工现场的加工环节,降低施工机械设备的能源消耗;采用节能型施工机械设备,能够提高能源利用效率,减少碳排放;采用施工废弃物分类回收技术,能够提高废弃物的回收利用率,降低碳排放。

维护技术对碳排放的影响主要体现在维护方式的优化、维护设备的节能技术以及维护材料的低碳化技术上。先进的维护技术能够优化维护方式,减少维护频率和维护过程中的能源消耗,降低使用维护阶段的碳排放;能够提高维护设备的节能水平,减少电力和燃油消耗,降低碳排放;能够推广使用低碳维护材料,减少维护材料生产和运输所产生的碳排放。例如,采用智能化维护技术,能够实时监测建筑装饰工程的运行状态,及时发现和处理损坏问题,减少不必要的维护工作,降低能源消耗;采用节能型维护设备,能够提高能源利用效率,减少碳排放;采用绿色环保的维护材料,能够降低维护材料的碳排放强度。

拆除技术对碳排放的影响主要体现在拆除机械设备的节能技术、拆除方式的优化以及可回收材料的回收利用技术上。先进的拆除技术能够优化拆除方式,减少拆除机械设备的使用时间和能源消耗,降低拆除处置阶段的碳排放;能够提高拆除机械设备的节能水平,减少燃油和电力消耗,降低碳排放;能够完善可回收材料的回收利用技术,提高可回收材料的回收利用率,减少重新生产材料所产生的碳排放。例如,采用精准拆除技术,能够减少不必要的拆除工作,降低拆除机械设备的能源消耗;采用节能型拆除机械设备,能够提高能源利用效率,减少碳排放;采用可回收材料分类回收技术,能够提高可回收材料的回收利用率,降低碳排放。

1.3.3 管理因素

管理因素是影响建筑装饰工程全生命周期碳排放的关键因素,主要包括材料管理、施工管理、维护管理和拆除管理四个方面,完善的管理体系能够有效规范各阶段的碳排放行为,降低碳排放总量。

材料管理对碳排放的影响主要体现在材料的采购、储存、使用和回收等环节的管理上。完善的材料管理制度能够规范材料采购行为,优先选择低碳、环保、节能的建筑装饰材料,减少高碳排放材料的使用;能够优化材料储存方式,减少材料在储存过程中的损耗,降低材料损耗所间接产生的碳排放;能够合理安排材料使用,减少材料浪费,提高材料利用率,降低材料生产和运输所产生的碳排放;能够建立材料回收机制,提高材料的回收利用率,降低拆除处置阶段的碳排放。例如,建立材料采购审核制度,对采购的材料进行碳排放强度评估,优先采购低碳材料;建立材料储存管理制度,合理控制储存环境,减少材料损耗;建立材料使用管理制度,规范材料使用流程,减少材料浪费;建立材料回收管

理制度，对拆除后的材料进行分类回收和再利用。部分企业的材料管理制度有待完善，材料采购、储存、使用和回收等环节的管理不够规范，碳排放管控效果不够理想。

施工管理对碳排放的影响主要体现在施工计划、施工工序、施工人员和施工废弃物等环节的管理上。完善的施工管理制度能够优化施工计划，合理安排施工工序，减少施工机械设备的闲置时间，提高施工效率，降低施工阶段的碳排放；能够规范施工人员的操作行为，增强施工人员的节能意识，减少施工过程中的能源浪费和碳排放；能够加强施工废弃物的管理，提高施工废弃物的回收利用率，减少废弃物处置所产生的碳排放。例如，制定科学合理的施工计划，优化施工工序，避免施工机械设备的无效运行；加强施工人员的节能培训，增强施工人员的节能意识，规范施工人员的操作行为；建立施工废弃物分类回收制度，加强施工废弃物的回收利用。

维护管理对碳排放的影响主要体现在维护计划、维护频率、维护人员和维护材料等环节的管理上。完善的维护管理制度能够制定科学合理的维护计划，优化维护频率，避免不必要的维护工作，减少维护过程中的能源消耗和碳排放；能够加强维护人员的培训，提高维护人员的专业能力和节能意识，规范维护人员的操作行为，降低维护阶段的碳排放；能够规范维护材料的采购和使用，优先选择低碳维护材料，减少维护材料生产和运输所产生的碳排放。例如，制定个性化的维护计划，根据建筑装饰工程的使用情况和损坏程度，合理确定维护频率；加强维护人员的节能培训，增强维护人员的节能意识和专业能力；建立维护材料采购审核制度，优先采购低碳、环保的维护材料。

拆除管理对碳排放的影响主要体现在拆除计划、拆除方式、拆除人员和可回收材料等环节的管理上。完善的拆除管理制度能够制定科学合理的拆除计划，优化拆除方式，减少拆除机械设备的使用时间和能源消耗，降低拆除处置阶段的碳排放；能够加强拆除人员的培训，提高拆除人员的专业能力和环保意识，规范拆除人员的操作行为，减少拆除过程中的废弃物产生和碳排放；能够建立可回收材料回收管理制度，加强可回收材料的分类回收和再利用，降低重新生产材料所产生的碳排放。例如，制定详细的拆除计划，合理安排拆除工序，提高拆除效率；加强对拆除人员的环保培训，增强拆除人员的环保意识和专业能力；建立可回收材料回收台账，规范可回收材料的回收和再利用流程。部分拆除企业的拆除管理制度有待完善，拆除计划不够合理，拆除方式较为

粗放，可回收材料的回收利用管理不够规范。

1.3.4 环境因素

环境因素是影响建筑装饰工程全生命周期碳排放的外部因素，主要包括气候条件、地理位置和环境要求三个方面，这些因素通过影响各阶段的能源消耗和材料使用，间接影响全生命周期碳排放总量。

气候条件对碳排放的影响主要体现在使用维护阶段和施工安装阶段，不同的气候条件，建筑装饰工程的能源消耗和材料使用存在差异，从而影响碳排放总量。例如，在寒冷地区，建筑装饰工程的使用维护阶段需要消耗大量的能源用于取暖，取暖设备的运行会产生大量的碳排放；同时，寒冷地区的施工安装阶段需要采取防寒措施，增加施工临时设施的能源消耗，产生额外的碳排放。在炎热地区，建筑装饰工程的使用维护阶段需要消耗大量的能源用于制冷，制冷设备的运行会产生大量的碳排放；同时，炎热地区的施工安装阶段需要采取防暑措施，增加施工临时设施的能源消耗，产生额外的碳排放。在温和地区，建筑装饰工程的使用维护阶段和施工安装阶段的能源消耗相对较低，碳排放总量也相对较低。气候条件的差异还会影响建筑装饰材料的性能要求。

地理位置对碳排放的影响主要体现在材料运输阶段和拆除处置阶段，不同的地理位置，材料运输距离和废弃物处置距离存在差异，从而影响碳排放总量。例如，位于城市中心的建筑装饰工程，材料运输距离较短，通常为5公里~10公里，运输过程中的能源消耗和碳排放相对较低；而位于偏远地区的建筑装饰工程，材料运输距离较长，通常为50公里~100公里，运输过程中的能源消耗和碳排放相对较高。

环境要求对碳排放的影响主要体现在材料选择、施工方式和废弃物处置等环节，不同的环境要求，对建筑装饰工程的碳排放管控要求也存在差异。例如，对环境要求较高的区域，建筑装饰工程需要选择低碳、环保、无污染的装饰材料，减少高碳排放材料的使用；需要采用环保型施工方式，减少施工过程中的扬尘、噪音和废弃物污染，降低碳排放；需要采用环保型废弃物处置方式，提高废弃物的回收利用率，减少废弃物焚烧和填埋所产生的碳排放。

2 建筑装饰工程全生命周期碳排放测算模型构建基础

2.1 测算模型构建原则

2.1.1 科学性原则

科学性原则是建筑装饰工程全生命周期碳排放测算模

型构建的首要原则,该原则要求测算模型的构建必须基于科学的理论和方法,确保模型的合理性、准确性和可靠性。测算模型的构建需要结合建筑装饰工程全生命周期的特点,明确各阶段的碳排放来源和影响因素,采用科学的碳排放测算方法和计算逻辑,确保模型能够真实反映建筑装饰工程全生命周期的碳排放情况。

在模型构建过程中,工作人员需要借鉴相关的碳排放测算理论和方法,结合建筑装饰工程的实际情况,对碳排放来源进行系统梳理和分类,明确各阶段碳排放的计算范围和计算标准。同时,需要采用科学的参数设定方法,确保模型参数的合理性和准确性,参数的设定需要基于大量的实际数据和实验数据,避免主观臆断。

科学性原则还要求测算模型能够适应不同类型、不同规模的建筑装饰工程,具有一定的通用性和适用性。工作人员需要考虑不同建筑装饰工程的差异,在模型中设置灵活参数调整机制,确保模型能够根据实际情况进行参数调整,准确测算不同建筑装饰工程的全生命周期碳排放总量。

2.1.2 系统性原则

系统性原则要求建筑装饰工程全生命周期碳排放测算模型能够全面覆盖建筑装饰工程全生命周期的各个阶段,涵盖各阶段的所有碳排放来源,确保测算结果的全面性和完整性。模型的构建需要将建筑装饰工程全生命周期的五个阶段(材料生产阶段、材料运输阶段、施工安装阶段、使用维护阶段、拆除处置阶段)作为一个有机整体,充分考虑各阶段之间的相互关联和相互影响,确保模型能够反映各阶段碳排放的传递性和累积性。

在模型构建过程中,工作人员需要对每个阶段的碳排放来源进行系统梳理,明确每个阶段的核心碳排放环节和计算内容,确保不遗漏任何一个可能产生碳排放的环节。例如,材料生产阶段需要涵盖原材料开采、材料加工、能源消耗等所有碳排放来源;施工安装阶段需要涵盖施工机械设备能源消耗、施工人员生活用能、施工废弃物处理等所有碳排放来源。

系统性原则还要求测算模型能够考虑碳排放的间接来源,不仅要测算直接产生的碳排放,还要测算间接产生的碳排放,确保测算结果的全面性。例如,材料运输过程中材料的损耗所间接产生的碳排放、施工过程中废弃物处理所间接产生的碳排放、使用维护阶段中损坏构件更换所间接产生的碳排放等,都需要纳入模型的测算范围。

2.1.3 可操作性原则

可操作性原则要求建筑装饰工程全生命周期碳排放测算模型的构建必须兼顾实用性和便捷性,确保模型能够被广泛应用于实际建筑装饰工程的碳排放测算工作中,降低测算难度,提高测算效率。模型的计算方法和参数设定需要简单明了,便于工作人员理解和操作,避免采用过于复杂的计算方法和参数设定,导致模型难以推广应用。

在模型构建过程中,工作人员需要考虑数据获取的便利性,尽量选择容易获取的基础数据作为模型的输入参数,避免采用难以获取的数据,降低数据收集的难度。例如,材料的用量、运输距离、施工机械设备的运行时间等数据,都是建筑装饰工程施工过程中容易获取的数据,适合作为模型的输入参数;而一些难以获取的微观数据,如材料生产过程中每道工序的能源消耗数据,可采用行业平均数据或估算数据替代,确保模型的可操作性。

可操作性原则还要求测算模型能够适应不同层次的用户需求,无论是专业的碳排放测算人员,还是普通的建筑装饰工程从业人员,都能够使用该模型进行碳排放测算。工作人员需要设计简洁明了的模型界面和计算步骤,提供详细的操作说明,确保不同层次的用户都能够熟练掌握模型的使用方法。

2.1.4 动态性原则

动态性原则要求建筑装饰工程全生命周期碳排放测算模型能够根据建筑装饰工程的实际情况和外部环境的变化,进行动态调整和优化,确保模型的适用性和准确性。建筑装饰工程的全生命周期持续时间较长,在生命周期内,材料类型、技术水平、管理方式、环境条件等因素都会发生变化,这些变化都会影响碳排放总量,因此,测算模型需要具备动态调整能力,能够及时反映这些变化对碳排放的影响。

在模型构建过程中,工作人员需要设置灵活的参数调整机制,允许用户根据实际情况调整模型的输入参数,例如,材料的碳排放因子、运输距离、施工机械设备的能源消耗等参数,都可以根据实际情况进行调整,确保模型能够适应不同的变化。同时,模型需要能够根据行业技术的发展和政策的变化,及时更新模型的计算方法和参数设定,例如,随着新型低碳材料的出现,模型需要及时更新材料的碳排放因子,确保测算结果的准确性。

动态性原则还要求测算模型能够预测建筑装饰工程全生命周期的碳排放变化趋势,为碳排放管控提供前瞻性的指

导。工作人员可以通过调整模型的输入参数,模拟不同场景下的碳排放变化情况,预测未来的碳排放趋势,为建筑装饰工程的低碳设计、低碳施工和低碳维护提供科学依据。

2.2 测算模型构建前提与假设

2.2.1 测算模型构建前提

建筑装饰工程全生命周期碳排放测算模型的构建需要基于一定的前提条件,这些前提条件能够确保模型的合理性和可操作性,为模型的构建提供基础。模型构建的核心前提是明确建筑装饰工程全生命周期的划分范围和碳排放测算范围,确保模型能够全面覆盖各阶段的碳排放来源,同时明确模型的应用场景和适用对象,确保模型的实用性。

第一个前提是明确建筑装饰工程全生命周期的划分范围,本文将建筑装饰工程全生命周期划分为材料生产阶段、材料运输阶段、施工安装阶段、使用维护阶段和拆除处置阶段五个核心阶段,该划分范围涵盖了建筑装饰工程从前期准备到后期处置的全部过程,能够全面反映建筑装饰工程全生命周期的碳排放情况。在实际应用中,用户可以根据建筑装饰工程的具体类型和规模,对阶段划分进行适当调整,但需确保划分范围的完整性和系统性。

第二个前提是明确碳排放测算范围,模型的测算范围包括建筑装饰工程全生命周期各阶段直接产生的碳排放和间接产生的碳排放。直接碳排放是指各阶段直接消耗能源所产生的二氧化碳排放,如材料生产过程中燃油和电力消耗产生的碳排放、施工机械设备运行产生的碳排放等;间接碳排放是指各阶段间接产生的碳排放,如材料运输过程中材料损耗所间接产生的碳排放、施工废弃物处置所间接产生的碳排放等。测算范围的明确能够确保模型测算结果的全面性和准确性,避免遗漏重要的碳排放来源。

第三个前提是明确模型的应用场景和适用对象,该模型主要应用于各类建筑装饰工程的全生命周期碳排放测算,包括居住建筑装饰工程、公共建筑装饰工程、工业建筑装饰工程等,适用对象包括建筑装饰工程设计单位、施工单位、维护单位、拆除单位以及相关的科研机构和管理部门。模型的构建需要兼顾不同类型、不同规模建筑装饰工程的特点,确保模型的通用性和适用性。

第四个前提是明确数据获取的渠道和标准,模型的测算需要大量的基础数据,包括材料的用量、碳排放因子、运输距离、施工机械设备的能源消耗等,这些数据的获取需要有明确的渠道和标准,确保数据的准确性和可靠性。数据获取

渠道主要包括建筑装饰工程的设计文件、施工记录、材料采购记录、维护记录、拆除记录等,数据标准需要参考相关的行业标准和规范,确保数据的一致性和可比性。

2.2.2 测算模型构建假设

为了简化模型的构建过程,提高模型的可操作性,在建筑装饰工程全生命周期碳排放测算模型构建过程中,需要做出一定的合理假设,这些假设能够在不影响模型准确性的前提下,降低模型的复杂度,确保模型能够顺利构建和应用。

第一个假设是假设建筑装饰工程的材料用量和材料类型在全生命周期内保持稳定,不考虑材料的老化、磨损等因素导致的材料损耗和更换对材料用量的影响。该假设能够简化模型的计算过程,避免因材料用量的动态变化导致模型计算过于复杂,同时,材料的老化、磨损等因素导致的材料损耗和更换所产生的碳排放,已纳入使用维护阶段和拆除处置阶段的碳排放测算范围,不会影响模型测算结果的准确性。

第二个假设是假设材料的碳排放因子在全生命周期内保持稳定,不考虑材料生产技术、能源结构等因素的变化对碳排放因子的影响。该假设能够简化模型的参数设定,避免因碳排放因子的动态变化导致模型计算过于复杂,同时,在实际应用中,用户可以根据材料生产技术和能源结构的变化,对碳排放因子进行动态调整,确保模型测算结果的准确性。

第三个假设是假设运输工具的能源消耗和碳排放强度在材料运输和拆除材料运输过程中保持稳定,不考虑运输路线、交通状况、运输负荷等因素的动态变化对能源消耗和碳排放强度的影响。该假设能够简化模型的计算过程,避免因运输过程中的动态变化导致模型计算过于复杂,同时,在实际应用中,用户可以根据运输路线、交通状况等实际情况,对运输工具的能源消耗和碳排放强度进行调整,确保模型测算结果的准确性。

第四个假设是假设施工机械设备的能源消耗和碳排放强度在施工安装阶段和拆除处置阶段保持稳定,不考虑施工工艺、施工效率、设备老化等因素的变化对能源消耗和碳排放强度的影响。该假设能够简化模型的计算过程,避免因施工机械设备的动态变化导致模型计算过于复杂,同时,在实际应用中,用户可以根据施工工艺、设备老化等实际情况,对施工机械设备的能源消耗和碳排放强度进行调整,确保模型测算结果的准确性。

第五个假设是假设使用维护阶段的维护频率和维护方式在全生命周期内保持稳定,不考虑建筑装饰工程的使用情

况、环境条件等因素的变化对维护频率和维护方式的影响。该假设能够简化模型的计算过程,避免因维护频率和维护方式的动态变化导致模型计算过于复杂,同时,在实际应用中,用户可以根据建筑装饰工程的使用情况和环境条件,对维护频率和维护方式进行调整,确保模型测算结果的准确性。

2.3 测算模型核心参数定义与确定

2.3.1 核心参数分类与定义

建筑装饰工程全生命周期碳排放测算模型的核心参数是模型计算的基础,根据参数的性质和用途,将核心参数分为基础数据参数、碳排放因子参数、计算系数参数三大类,每类参数都有明确的定义和用途,共同支撑模型的计算过程。

基础数据参数是模型测算的基础,主要包括建筑装饰工程的基本信息参数和各阶段的基础数据参数,用于反映建筑装饰工程的实际情况和各阶段的碳排放相关数据。建筑装饰工程的基本信息参数包括工程规模、装饰标准、使用年限等,工程规模参数主要指建筑装饰工程的建筑面积,单位为平方米;装饰标准参数主要指建筑装饰工程的装饰等级,分为普通装饰、中档装饰、高档装饰三个等级,不同等级的装饰标准对应不同的材料用量和材料类型;使用年限参数主要指建筑装饰工程的设计使用年限,单位为年,通常为10年~30年。

各阶段的基础数据参数包括材料生产阶段的材料用量参数、材料运输阶段的运输距离和运输量参数、施工安装阶段的施工机械设备运行时间和能源消耗参数、使用维护阶段的维护频率和维护材料用量参数、拆除处置阶段的拆除材料量和可回收材料量参数。材料用量参数指建筑装饰工程所使用的各类装饰材料的数量,单位为千克或平方米;运输距离参数指材料从生产厂家到施工现场的距离,单位为公里;运输量参数指每次运输的材料数量,单位为千克或吨;施工机械设备运行时间参数指施工机械设备在施工过程中的运行时间,单位为小时;能源消耗参数指施工机械设备、维护设备等所消耗的电力或燃油数量,单位为千瓦时或升;维护频率参数指使用维护阶段每年的维护次数,单位为次/年;维护材料用量参数指每次维护所使用的维护材料数量,单位为千克;拆除材料量参数指拆除过程中产生的各类装饰材料和废弃物的数量,单位为千克或吨;可回收材料量参数指拆除过程中可回收利用的材料数量,单位为千克或吨。

碳排放因子参数是模型测算的核心,主要指各类能源、材料在生产、运输、使用等过程中单位数量所产生的碳排放量,用于计算各阶段的碳排放总量。碳排放因子参数分为能

源碳排放因子和材料碳排放因子两大类,能源碳排放因子指单位数量的能源消耗所产生的碳排放量,如每千瓦时电力的碳排放因子、每升燃油的碳排放因子、每立方米天然气的碳排放因子等;材料碳排放因子指单位数量的材料在生产过程中所产生的碳排放量,如每千克陶瓷制品的碳排放因子、每平方米装饰板材的碳排放因子、每千克涂料的碳排放因子等。碳排放因子参数的单位通常为千克二氧化碳/千克、千克二氧化碳/平方米、千克二氧化碳/千瓦时、千克二氧化碳/升等。

计算系数参数是模型测算的辅助参数,主要用于调整和修正模型的计算结果,确保模型测算结果的准确性和合理性。计算系数参数包括材料损耗系数、运输负荷系数、施工效率系数、维护损耗系数、回收利用系数等。材料损耗系数指材料在生产、运输、施工等过程中的损耗比例,通常用百分比表示,不同类型的材料损耗系数不同,例如陶瓷制品的损耗系数通常为3%~5%,装饰板材的损耗系数通常为2%~4%,五金配件的损耗系数通常为1%~2%;运输负荷系数指运输工具的实际载重与额定载重的比值,用于调整运输过程中的能源消耗和碳排放,通常取值范围为0.7~0.9,运输负荷系数越高,单位货物运输量的碳排放强度越低;施工效率系数指施工机械设备的实际运行效率与额定运行效率的比值,用于调整施工机械设备的能源消耗和碳排放,通常取值范围为0.8~0.95,施工效率系数越高,施工机械设备的能源利用效率越高,碳排放强度越低;维护损耗系数指维护过程中维护材料的损耗比例,通常用百分比表示,不同类型的维护材料损耗系数不同,例如涂料的维护损耗系数通常为5%~8%,五金配件的维护损耗系数通常为2%~3%;回收利用系数指可回收材料的实际回收利用量与可回收材料总量的比值,用于计算可回收材料加工再利用所产生的碳排放,通常取值范围为0.6~0.9,回收利用系数越高,可回收材料的利用效率越高,碳排放减少量越多。

2.3.2 核心参数确定方法

核心参数的准确性直接影响建筑装饰工程全生命周期碳排放测算模型的测算结果,因此,需要采用科学、合理的方法确定各类核心参数,确保参数的准确性和可靠性。根据参数的类型和特点,分别采用文献调研法、实地调研法、行业标准参考法、专家咨询法四种方法确定核心参数,四种方法相互补充、相互验证,为模型参数的确定提供全面的支撑。

文献调研法是确定核心参数的基础方法,主要用于收集

和整理各类与建筑装饰工程全生命周期碳排放相关的文献资料,包括学术论文、行业报告、研究专著、政策文件等,从文献资料中提取基础数据参数、碳排放因子参数和计算系数参数的相关数据。在文献调研过程中,工作人员需要筛选具有权威性、时效性和相关性的文献资料,优先选择近5年内发表的核心期刊论文、行业权威报告和国家及行业标准文件,确保提取的数据具有准确性和时效性。例如,通过文献调研,可以获取不同类型建筑装饰材料的碳排放因子、各类能源的碳排放因子、材料损耗系数等参数的行业平均数据,为参数的确定提供基础依据。同时,需要对收集到的文献数据进行整理和分析,剔除异常数据,对存在差异的数据进行对比分析,取合理的平均值或区间值作为参数的参考值。

实地调研法是确定核心参数的关键方法,主要用于获取建筑装饰工程实际施工过程中的基础数据参数,确保参数能够真实反映建筑装饰工程的实际情况。实地调研的对象包括建筑装饰工程设计单位、施工单位、材料生产企业、维护单位和拆除单位,调研内容包括建筑装饰工程的基本信息、材料用量、运输距离、施工机械设备运行情况、维护频率、拆除材料量等基础数据。在实地调研过程中,工作人员需要采用问卷调查、现场测量、数据查阅等方式,收集相关数据,例如,通过查阅建筑装饰工程的施工记录和材料采购记录,获取材料用量、运输距离等数据;通过现场测量施工机械设备的运行时间和能源消耗,获取施工机械设备的能源消耗参数;通过与维护单位工作人员沟通,获取维护频率、维护材料用量等数据。实地调研结束后,需要对收集到的数据进行整理、核实和分析,确保数据的准确性和完整性,对异常数据进行排查和修正,最终确定基础数据参数的实际值。

行业标准参考法是确定核心参数的重要依据,主要用于参考国家及行业相关标准和规范中规定的碳排放因子参数、计算系数参数和基础数据参数的标准值,确保参数的规范性和统一性。目前,我国已出台多项与建筑碳排放相关的标准和规范,例如《建筑碳排放计算标准》(GB/T 51366-2019)、《绿色建筑评价标准》(GB/T 50378-2019)、《建筑节能工程施工质量验收标准》(GB 50411-2019)等,这些标准和规范中明确规定了各类能源、材料的碳排放因子,以及材料损耗系数、施工效率系数等计算系数的标准值。工作人员需要严格参考这些标准和规范,结合建筑装饰工程的实际情况,确定核心参数的取值,确保参数的规范性和准确性。例如,根据《建筑碳排放计算标准》,火力发电的碳排放因子

为0.785千克二氧化碳/千瓦时,天然气的碳排放因子为0.79千克二氧化碳/立方米,这些标准值可以直接作为模型的碳排放因子参数;根据行业规范,陶瓷制品的材料损耗系数为3%~5%,可以结合实地调研数据,在该区间内确定具体的损耗系数值。

专家咨询法是确定核心参数的补充方法,主要用于解决文献调研和实地调研过程中遇到的疑难问题,对参数的取值进行验证和修正,确保参数的合理性和准确性。专家咨询的对象包括建筑装饰工程领域的专家、碳排放测算领域的专家、材料生产领域的专家和施工技术领域的专家,咨询内容包括参数的定义、取值范围、确定方法等。在专家咨询过程中,工作人员需要向专家介绍模型的构建思路、参数的初步取值和确定方法,听取专家的意见和建议,对参数的取值进行调整和修正。例如,对于一些新型低碳装饰材料的碳排放因子,由于文献资料 and 行业标准中缺乏相关数据,通过专家咨询,可以获取专家根据自身经验和研究成果给出的合理取值;对于计算系数参数的取值范围,通过专家咨询,可以验证取值范围的合理性,确保参数能够准确反映实际情况。专家咨询结束后,需要对专家的意见和建议进行整理和分析,结合文献调研和实地调研数据,最终确定核心参数的取值。

2.3.3 核心参数验证与修正

核心参数确定后,需要对参数进行验证和修正,确保参数的准确性和适用性,为模型的构建提供可靠的支撑。参数验证与修正的核心目的是排查参数取值中的错误和不合理之处,调整参数取值,使参数能够更好地适应建筑装饰工程全生命周期碳排放测算的需求,确保模型测算结果的准确性。参数验证与修正主要包括数据一致性验证、合理性验证和实用性验证三个环节,每个环节都有明确的验证方法和修正措施。

数据一致性验证主要用于验证各类核心参数之间的一致性,确保参数之间不存在矛盾和冲突,确保模型计算逻辑的严谨性。数据一致性验证的方法主要包括横向对比验证和纵向对比验证两种,横向对比验证是指对比不同来源的同一参数数据,例如,将文献调研获取的材料碳排放因子与实地调研获取的材料碳排放因子进行对比,将行业标准规定的参数值与专家咨询获取的参数值进行对比,排查数据之间的差异,分析差异产生的原因,对异常数据进行修正;纵向对比验证是指对比同一来源不同时期的参数数据,例如,对比不同年份的材料碳排放因子数据,分析参数的变化趋势,结合

行业技术的发展和政策的变化,对参数进行调整,确保参数的时效性。例如,对于电力的碳排放因子,由于近年来清洁能源发电比例不断提高,电力的碳排放因子呈现下降趋势,通过纵向对比验证,可以及时调整电力的碳排放因子取值,确保参数的准确性。

合理性验证主要用于验证核心参数取值的合理性,确保参数取值符合建筑装饰工程的实际情况和行业规律,避免参数取值过高或过低,影响模型测算结果的准确性。合理性验证的方法主要包括经验判断法和区间验证法两种,经验判断法是指根据工作人员的实际工作经验和行业常识,判断参数取值的合理性,例如,材料损耗系数的取值通常在1%~5%之间,如果某类材料的损耗系数取值为10%,则明显不符合实际情况,需要进行修正;区间验证法是指根据行业标准和文献资料,确定参数的合理取值区间,判断参数取值是否在合理区间内,对于超出合理区间的参数,需要分析原因,进行调整。例如,运输负荷系数的合理取值区间为0.7~0.9,如果某一运输场景的运输负荷系数取值为0.5,则属于不合理取值,需要结合实际运输情况,调整为合理区间内的数值。

实用性验证主要用于验证核心参数的实用性,确保参数能够被广泛应用于实际建筑装饰工程的碳排放测算工作中,降低测算难度,提高测算效率。实用性验证的方法主要包括案例应用验证和用户反馈验证两种,案例应用验证是指选取不同类型、不同规模的建筑装饰工程作为案例,将确定的核心参数应用于模型测算中,对比测算结果与实际碳排放数据的差异,分析参数取值对测算结果的影响,对参数进行调整和修正;用户反馈验证是指将确定的核心参数和模型应用于建筑装饰工程相关企业和机构,收集用户的反馈意见,了解参数在实际应用中存在的问题,对参数进行优化和完善。例如,选取小型居住建筑装饰工程和大型公共建筑装饰工程作为案例,将核心参数应用于模型测算,对比测算结果与实际监测的碳排放数据,若差异较大,则分析参数取值的问题,对相关参数进行修正,确保模型测算结果的准确性和实用性。

通过上述三个环节的验证与修正,能够有效确保核心参

数的准确性、合理性和实用性,为建筑装饰工程全生命周期碳排放测算模型的构建提供可靠的参数支撑。在参数验证与修正过程中,需要建立参数更新机制,根据行业技术的发展、政策的变化和实际应用情况,及时更新核心参数,确保参数的时效性和适用性,不断提高模型的测算精度和应用价值。

3 结束语

本文围绕建筑装饰工程全生命周期碳排放测算展开系统研究,明确了全生命周期各阶段划分的核心内容、碳排放来源及核心影响因素,遵循科学性、系统性、可操作性和动态性原则,结合合理假设构建了全生命周期碳排放测算模型,明确了模型核心参数的分类、定义、确定方法及验证修正流程,为建筑装饰工程碳排放精准测算提供了理论支撑和实践指导。研究弥补了当前建筑装饰工程碳排放测算缺乏系统模型的短板,通过多方法确定核心参数、多环节验证模型合理性,确保了测算结果的准确性和实用性。但本研究仍存在一定局限,后续可结合新型低碳材料的应用、技术升级等实际情况,进一步优化模型参数和计算方法,扩大模型适用范围。未来将持续聚焦建筑装饰领域低碳发展需求,深化碳排放测算与管控研究,助力建筑装饰行业实现绿色低碳转型目标。

参考文献:

- [1] 张艳敏.装配式建筑全生命周期碳足迹与碳汇固碳评估研究[D].西安:长安大学,2023.
- [2] 戎鑫,张连祥.基于建筑装饰装修视域下的碳中和计算方法及路径研究[J].住宅与房地产,2022(35):27-31.
- [3] 王瑶.寒冷地区城市住宅全生命周期低碳设计研究[D].西安:西安建筑科技大学,2020.
- [4] 张永旺,周继阳,徐艺倩,等.双碳目标下南阳市建筑领域“结构—环境—智能”协同减碳路径研究——基于既有建筑节能改造、室内环境优化与智能化策略集成[J].生态学与可持续发展研究,2025,2(03):13-15.
- [5] 孙鹤.环保低碳理念与建筑设计的融合分析[J].生态学与可持续发展研究,2025,2(04):95-97.