

面向生命周期全过程的建筑物碳排放计算及评价

常涛 张思戡 姚珂涵 魏金戈 王旭辉

(陕西省土地工程建设集团有限责任公司, 陕西 西安 710075)

摘要:以建筑物生命周期理论为基础构建碳排放模型, 计算秦创原创新驱动平台某科研工坊项目下大型建筑物全生命周期内各阶段的碳排放量, 与2011~2018年陕西省建筑行业单位面积的年碳排放强度进行比较。结果显示: 该大型建筑物单位面积年碳排放量位于陕西省中等水平, 建筑物化、运营阶段是该大型建筑物全生命周期内的主要碳排放途径, 对建造方法、使用方式进行节能减排控制可以有效降低大型建筑物全生命周期碳排放强度。

关键词:秦创原创新驱动平台; 碳排放; 碳中和; 全生命周期

中图分类号: X322

文献标志码: A

文章编号: 1004-7948 (2024) 04-0088-03

doi: 10.3969/j.issn.1004-7948.2024.04.024

引言

全球气候变暖的主要影响因素是人类生产活动产生的温室气体排放^[1-2]。工业、交通、建筑行业是温室气体排放的三大重点领域。根据中国建筑能耗与碳排放数据专业委员会计算^[3], 2020年全国建筑与建造能耗总量占全国能源消费比重的45.5%, 其中建筑物化阶段能耗占全国能源消费比重的24.2%, 建筑运行阶段能耗占全国能源消费比重的21.3%。我国经济发展正处在由高速发展阶段向高质量发展阶段的转变, 建筑行业尽快完成碳达峰是实现我国2030年国内生产总值二氧化碳排放比2015年下降60%~65%的重要一环^[4]。

文中选取秦创原驱动创新平台某科研工坊项目下的大型建筑物作为研究对象, 计算其在全生命周期各阶段的碳排放量, 将建筑物的单位面积年碳排放强度与2011~2018年陕西省部分城市建筑行业的单位面积年碳排放强度进行对比。

1 项目概况

以秦创原驱动创新平台科研工坊项目下的一座大型建筑物作为研究实例, 该建筑物位于陕西咸阳, 结构形式为框架核心筒, 建筑面积29 230 m², 建筑高度89 m, 共16层。

2 碳排放计算

2.1 碳排放计算范围

建筑物全生命周期指建筑物从设计、建造到运营、拆除的整体过程, 包括建设原料的生产、建设材料的运

输、建设工程的实施、建筑日常的运营、建筑拆除的循环利用等阶段^[5]。对大型建筑物的碳排放强度进行计算时, 应统计建筑物整个生命周期内所有阶段的碳排放量总和^[6]。但考虑大型项目的建设实施过程具有一定的特殊性与保密性, 材料生产运输与招投标等阶段的数据存在不可得的情况。因此, 文中以对大型建筑碳排放数据影响较大的阶段为计算的主要内容, 建筑全生命周期碳排放计算范围如图1所示。

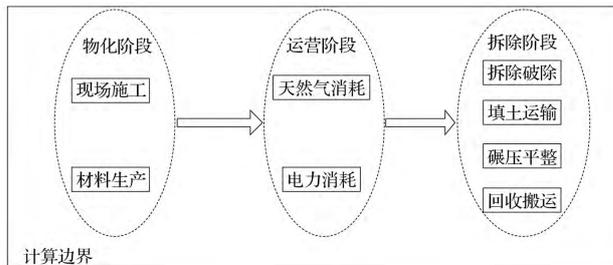


图1 建筑全生命周期碳排放计算范围

2.2 碳排放计算单位

计算建筑物碳排放量时, 各阶段碳排放量的数据单位不一致, 且受到建筑规模、材料类型、机械设施等不同类型的影 响, 因此需选取适合的功能单位以反映大型建筑物全生命周期的碳排放量强度。

参考熊辉^[7]等的研究过程, 综合考虑归一化的难易程度, 采用单位面积碳排放量作为建筑物全生命周期碳排放计算单位, 从而减少因建筑规模、材料类型、机械设施不同而产生的影响, 降低建筑物运营阶段内碳排放量

作者简介: 常涛 (1980—), 男, 本科, 高级工程师, 研究方向为绿色建筑外环境优化。

基金项目: 陕西省土地工程建设集团有限责任公司内部项目“基于物联网技术的建筑碳排放核算与碳减排路径研究”(项目编号: DJNY-YB-2023-54)

收稿日期: 2023-07-19

引用本文: 常涛, 张思戡, 姚珂涵, 等. 面向生命周期全过程的建筑物碳排放计算及评价[J]. 节能, 2024, 43(4): 88-90.

的计算难度,使得建筑物间的碳排放量计算结果具有一致性和可比性。

2.3 碳排放计算模型

$$C_t = C_a + C_b + C_d \quad (1)$$

式中: C_t ——建筑物全生命周期总碳排放量; C_a ——物化阶段碳排放量; C_b ——运营阶段碳排放量; C_d ——拆除阶段碳排放量。

$$C_a = C_{a1} + C_{a2} \quad (2)$$

式中: C_{a1} ——物化阶段不同建材生产产生的碳排放量; C_{a2} ——物化阶段施工过程产生的碳排放量。

$$C_b = C_{b1} + C_{b2} \quad (3)$$

式中: C_{b1} ——运营阶段天然气消耗产生的碳排放量; C_{b2} ——运营阶段电力消耗产生的碳排放量。

$$C_d = C_{d1} + C_{d2} + C_{d3} + C_{d4} \quad (4)$$

式中: C_{d1} ——拆除阶段破除产生的碳排放量; C_{d2} ——拆除阶段填土运输产生的碳排放量; C_{d3} ——拆除阶段碾压平整产生的碳排放量; C_{d4} ——拆除阶段回收搬运产生的碳排放量。

各阶段不同因素的碳排放量 V_n 为:

$$V_n = T \cdot S \quad (5)$$

式中: V_n ——某因素的碳排放量; T ——某因素的使用量; S ——某因素的碳排放因子,参考 IPCC 2006 年排放系数中 95% 信赖区间计算。

建筑物的单位面积年碳排放量 C 为:

$$C = C_t / (S \cdot Y) \quad (6)$$

式中: S ——建筑物的总建筑面积; Y ——建筑物的使用年限,根据我国建筑行业一般标准,取 50 年。

3 数据清单及计算

3.1 数据清单

该建筑物物化阶段各物料数据源自实测实量与施工方案,选取其中 9 种施工用量最大的建筑材料进行计算。建筑物物化阶段材料消耗量如表 1 所示。

表 1 建筑物物化阶段材料消耗量

材料	消耗量	材料	消耗量
混凝土	35 384 m ³	玻璃	14 633 m ²
钢筋	4 371 474 kg	铝材	3 392 m ²
抹灰	168 370 m ²	涂料	732 m ²
砌体	4 450 m ³	瓷砖	2 106 m ²
模版	142 077 m ²		

现场施工过程中,机械主要以柴油与电力为驱动手段,采用基于物联网技术的碳排放检测系统进行监测,得到大型建筑物现场施工阶段的碳排放量。柴油碳排放量为 110 457 kg CO₂ eq, 电力碳排放量为 15 844.52 kg CO₂ eq。

该建筑运营阶段的碳排放量主要以照明、采暖、空调等设备的日常运营维护与工作生活所需能源消耗为主,

相关数据主要源自建筑使用过程中产生的能耗数据,以 50 年为使用上限。该建筑物运营阶段的天然气消耗量为 73 507.63 m³, 电力消耗量为 1 894 445 kWh。

该建筑拆除阶段的碳排放量主要以建筑废弃物处理、可回收物运输及碾压平整为主,该阶段数据主要是不同因素的工程量。拆除工程量为 29 230 m², 填土工程量为 28 652 m³, 碾压平整工程量为 2 019 m², 回收工程量为 18 991 m²。

3.2 碳排放计算

3.2.1 计算方法

文中采取排放因子法与实测实量法进行计算。排放因子法是在正常的经济和管理条件下,根据计算对象单位产品所排放的气体数量的统计平均值计算碳排放量,该方法适用于国家、省份、城市等较为宏观的核算层面,可以粗略地对特定区域的整体情况进行宏观把控,但在实际工作中,由于地区能源品质差异、机组燃烧效率不同等原因,各类能源消费统计及碳排放因子测度容易出现偏差,如式(5)。实测法基于排放源实测基础数据,采用二氧化碳监测系统实时对计算对象进行碳排放检测,汇总得到相关碳排放强度,具有较高的准确性。

根据建筑实际情况,物化阶段现场机械的碳排放量采用实测实量法计算,其他内容碳排放量采用排放因子法计算。

3.2.2 计算结果

大型建筑物全生命周期内各阶段的碳排放如表 2 所示。科研工坊项目下该大型建筑物的碳排放总量为 2 062.57 万 t, 单位面积年碳排放强度为 705.64 kg/(a·m²), 其中,运营阶段的碳排放量为 1 920.15 万 t, 在全生命周期中占比最多, 单位面积年碳排放量为 656.84 kg/(a·m²), 占比为 93.08%; 物化阶段的碳排放量为 125.98 万 t, 在全生命周期中的占比为 6.12%, 单位面积年碳排放量为 43.17 kg/(a·m²); 拆除阶段碳排放量最少, 仅占建筑全生命周期的 0.8%。

表 2 大型建筑物全生命周期内各阶段的碳排放

阶段	碳排放量/万 t	单位面积年碳排放量/[kg/(a·m ²)]
物化阶段	125.98	43.17
运营阶段	1 920.15	656.84
拆除阶段	16.44	5.63

3.2.3 结果分析

引用吴建新^[8]等、张波^[9]等计算全国 286 个地级市碳排放强度时采用的连续性动态分布法,结合陕西省 2011~2018 年统计年鉴面板数据,计算陕西省 10 个地级市的建筑行业碳排放量,2011~2018 年陕西省部分地级市建筑行业碳排放量如图 2 所示。陕西省整体建筑行业碳排放量逐年递增。为了方便后续进行对比,将各地级市建筑行业碳排放量换算为单位面积碳排放强度。

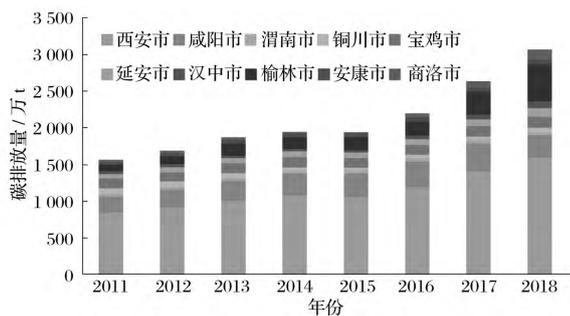


图2 2011~2018年陕西省部分地级市建筑行业碳排放量

2011~2018年陕西省部分地级市建筑行业单位面积碳排放强度如表3所示。

将2011~2018年陕西省部分地级市建筑行业碳排放量平均值与科研工坊项目进行对比,结果如图3所示。

该大型建筑物的单位面积年碳排放强度在陕西省10个地级市中排名第五,处于中游水平,远小于西安、咸阳、榆林的建筑行业单位面积年碳排放量,接近延安市的建筑行业单位面积年碳排放量,稍高于宝鸡、渭南两市。

表3 2011~2018年陕西省部分地级市建筑行业单位面积碳排放强度

/[kg/(a·m²)]

城市	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
西安	1 213.53	1 190.88	1 219.70	1 035.21	966.54	884.43	994.32	1 041.61
咸阳	900.73	984.05	1 056.78	999.62	946.11	1 007.47	1 068.84	1 153.12
渭南	500.66	546.20	517.30	577.78	588.64	488.55	706.65	605.07
铜川	262.77	242.56	225.88	169.42	99.53	86.73	102.48	130.88
宝鸡	708.56	797.94	704.84	630.24	658.61	542.20	560.69	569.94
延安	786.05	808.80	866.32	915.75	763.33	836.28	734.55	624.35
汉中	388.83	380.18	428.58	238.01	229.19	226.37	280.81	453.25
榆林	779.77	854.24	889.88	1058.79	974.27	781.18	722.98	892.99
安康	802.16	758.21	775.55	773.47	673.59	550.48	515.46	516.41
商洛	213.86	198.29	192.50	197.66	245.60	249.97	755.63	700.88

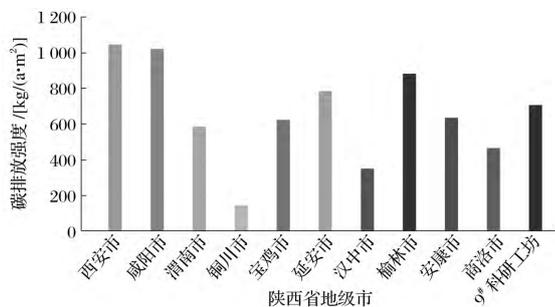


图3 建筑行业碳排放强度对比结果

4 结语

对秦创原驱动创新平台科研工坊项目下的大型建筑物进行全生命周期的碳排放量计算,运用连续性动态分布法测算2011~2018年陕西省10个地级市在建筑行业的年碳排放量,将两次计算结果进行对比。结果表明,该大型建筑物的单位面积年碳排放量在全省处于中游水平。

大型建筑物的碳排放量主要集中于物化与运营阶段,即建筑物的建造与使用过程。针对这两个阶段,可以对建筑总体设计进行提前布局,采用在前期建筑建造中增加装配式建筑构件数量、设计一定数量的光伏顶板与绿色植物装饰区域、现场施工采用绿色环保新能源施工机械等手段,达到减少碳排放的目的。

参考文献

[1] 高项荣,李春丽.基于BIM-LCA的建筑物碳排放测算与实例研究[J].山西能源学院学报,2023,36(1):87-89.

[2] 丁晓欣,徐熙震,王群.基于系统动力学的近零能耗建筑推广效果提升机理研究[J].施工技术:中英文,2023,52(17):116-122.

[3] WANG Z H, HOA L T P, SUN K N, et al. The moderating role of financial development in the renewable energy consumption—CO₂ emissions linkage: The case study of Next-11 countries [J]. Energy, 2022, Doi: 10.1016/j.energy.2022.124386.

[4] OLEKSII M, ISMAËL A, BROWN D J, et al. Reducing CO₂ emissions of existing ethylene plants: Evaluation of different revamp strategies to reduce global CO₂ emission by 100 million tonnes [J]. Journal of Cleaner Production, 2022, Doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2022.132127.

[5] 张孝存,郑荣跃,王凤来.清单选择对乡村建筑物碳排放的影响分析[J].工程管理学报,2020,34(3):51-55.

[6] 仓玉洁,罗智星,杨柳,等.城市住宅建筑物化阶段建材碳排放研究[J].城市建筑,2018(17):17-21.

[7] 熊辉,林万宏.建筑物装修期内碳排放的评估模型[J].江西建材,2018(2):209-210.

[8] 吴建新,郭智勇.基于连续性动态分布方法的中国碳排放收敛分析[J].统计研究,2016,33(1):54-60.

[9] 张波,李德智,崔鹏,等.国外建筑物碳排放数据库引介研究[J].建筑,2015(14):30-32.