

基于LCA的建筑碳排放计算及减排策略研究

——以某住宅工程为例

赵苏苏, 朱建国, 王泽, 许可, 朱凯薇, 陈昕霄

(江苏海洋大学, 江苏 连云港 222000)

摘要: 借鉴LCA原则与框架及相关学者的研究成果, 将建筑整个生命周期划分为建材生产及运输、施工建造、建筑物运行及拆除处理四个阶段, 并界定建筑全生命周期各阶段的主要碳排放来源。运用东禾建筑碳排放计算软件, 以江苏地区某高层钢筋混凝土结构住宅楼为例, 计算其各阶段及全生命周期的碳排放量, 并提出相应的碳减排对策, 为建筑行业实现“双碳”目标提供借鉴和参考。

关键词: 住宅楼工程; 全生命周期; 碳排放计算; 减排策略

中图分类号: TU111.195 文献标识码: A 文章编号: 1002-851X(2023)S1-0371-08

DOI: 10.14181/j.cnki.1002-851x.2023S1371

Research on Building Carbon Emission Calculation and Emission Reduction Strategies Based on LCA: Taking a Residential Project as an Example

ZHAO Susu, ZHU Jianguo, WANG Ze, XU Ke, ZHU Kaiwei, CHEN Xinxiao

(Jiangsu Ocean University, Lianyungang 222005, China)

Abstract: Based on the principles and framework of Life Cycle Assessment (LCA) and the research results of scholars, the whole life cycle of a building is divided into four stages: building material production and transportation, construction, operation and maintenance and demolition treatment, and defines the main carbon emission sources of each stage of the building life cycle. Secondly, using Donghe building carbon emission calculation software, taking a multi-storey reinforced concrete residential building in Jiangsu as a case building, the carbon emission of the whole life cycle and each stage of the residential building are calculated, the corresponding emission reduction countermeasures are put forward, which providing reference for the construction industry to achieve the “double carbon” goal.

Keywords: residential building project; whole life cycle; carbon emission calculation; implementation path

1 引言

目前, 我国正处在城市化快速发展的重要阶段, 建筑业作为影响国民经济的支柱产业, 其规模正持续扩大, 能源消耗也持续提高。国家鼓励各地、各行业采取节能减排相关措施, 转变能源消耗结构, 加速形成低碳

的生活方式和产业结构。建筑行业作为用能大户, 如何在建筑领域实现碳达峰、碳中和对我国双碳目标的实现具有重要意义。

为了降低碳排放, 保护环境, 减少资源的消耗, 顺利完成双碳目标, 我国开始发展低碳经济、实施节能减排计划, 但面临着很大的挑战。建筑业能源消耗高, 节能减排潜力大, 因此研究建筑的碳减排已成为必然趋势。为了总体达成碳减排目标, 全面系统地研究建筑全生命周期内的碳排放总量、构成特点及减排

作者简介: 赵苏苏, 硕士研究生, 研究方向: 工程管理。

朱建国(通讯作者), 硕士, 副教授, 研究方向: 工程管理。

措施至关重要。因此,本文基于LCA理论,对江苏某住宅楼全生命周期碳排放进行系统研究,详细阐述从建材生产及运输到拆除处理阶段碳排放量的计算,以及全生命周期的碳排放状况,并以此提出相应的减排对策。

2 建筑碳排放全生命周期评价必要性及碳排放来源分析

2.1 LCA的定义

二十世纪九十年代,美国第一次提出了“LCA”(Life Cycle Assessment)的概念,并定义为,量化评价某种产品系统或人类活动相关的环境负荷的工具,它首先辨识整个生产过程所需求的能源、材料量以及对环境排放的污染物种类和数量,然后评价这些能源及材料等的使用及排放对环境造成的影响,据之提出改善的对策。随着生命周期评价技术的进一步发展,生命周期评价的内涵更加广泛。国际化标准组织在2006年对生命周期评价的定义为,汇编和评估一个产品系统在整个生命周期内的投入、产出和潜在的环境影响。现在,许多国家已将生命周期评价作为一项重要技术,应用于企业环境管理、环境政策制定之中,成为未来包括建筑与施工在内的各个领域可持续发展与环境保护评价的重要工具。

2.2 建筑碳排放采用全生命周期评价的必要性

城市是由建筑构成的,建筑在其生命周期中以及建筑相关行业在其生产过程中所造成的环境问题有很多,如大气污染、噪声污染和土地污染等。其中,温室气体排放是建筑造成的环境问题之一,民用和商业住宅因消耗能源所引起的碳排放约占全社会碳总排放的33%,如果加上建造和运输建筑材料过程产生的温室气体排放,这个比重还会增加。因此,在建筑中采用LCA的方法,评估建筑生命周期各阶段污染物的情况和对环境的影响是十分必要的。

2.3 建筑全生命周期碳排放来源分析

简单来说,碳源是向大气中排放CO₂的来源。建筑生命周期每个阶段的具体碳源分析如下:

(1) 建材生产及运输阶段

1) 建材生产阶段

该阶段的碳源包括建筑原料的开采及加工生产作业中因消耗化石、电力等一次或二次能源造成的间接温室气体排放。还包括加工建材产品过程中利用的能源所直接产生的温室气体排放。

2) 建材运输阶段

该阶段的碳源主要是将建筑材料从生产地运输到施工现场的过程中所产生的碳排放。其中,运输距离、建材数量和运输方式的选择都会影响该阶段的碳排放。

(2) 施工建造阶段

该阶段的碳源包括完成各分部分项工程施工产生的碳排放和各项措施实施过程中产生的碳排放。另外还包括建筑工地居住区的取暖、制冷和照明所产生的碳排放。其中,机械设备能耗产生的碳排放是施工阶段碳排放的主要来源。

(3) 建筑物运行阶段

该阶段碳源包括设备系统因消耗能源产生的碳排放,如供暖系统使用燃煤、空调制冷用电、生活热水、照明系统及电梯用电、可再生能源等。还包括建筑物维护时需要用到的建筑材料、构件、部品生产与施工安装用能和这些部品运输时用能产生的碳排放。

(4) 拆除处理阶段

拆除处理阶段主要分为三个过程,即拆除机械的现场施工、废弃物外运和废弃物回收利用。与之相对应的,该阶段碳源包括因拆除机械作业耗能引起的碳排放、废弃物外运所使用的运输工具耗能产生的碳排放以及可再生建筑废弃物回收利用带来的碳排放减量。

3 建筑全生命周期碳排放量计算

3.1 项目简介

案例建筑物呈南北向布置,建筑面积地下458.44m²,地上4072m²,总建筑面积为4530.44m²,建筑层数为地下一层,地上十五层,建筑高度44.55m。本工程为高层钢筋混凝土剪力墙结构,耐火等级地下为一级,地上为二级,设计使用年限50年。室内地坪以下墙体、阳台砖砌拦河以及天面女儿墙砌体均采用MU10普通砖,M10水泥砂浆砌筑;室内地坪以上墙体采用A5.0加气砼砌块M5专用砌筑砂浆砌筑;本工程窗采用铝合金窗,门采用木门或者金属门,防火门为钢质防火门。屋面保温采用挤塑聚苯板,屋面做法:C20细石混凝土找平层厚度40,1.5厚单面反应粘高分子防水卷材,1.5厚聚合物水泥防水涂料,最薄处20厚1:2.5水泥砂浆找坡。

本文利用东禾建筑碳排放计算分析软件V2.0对该项目全生命周期的碳排放进行计算。

3.2 建材生产及运输阶段碳排放

(1) 建材生产阶段碳排放计算

根据工程量清单,选择本工程建材生产阶段所需建筑材料(表1)。将建材生产阶段所有信息导入东禾软件中,通过软件计算即可得到建材生产阶段的总碳排放量,年均碳排放量及碳排放强度如表1所示。

(2) 建材运输阶段碳排放计算

建材运输阶段的碳排放源主要是将建筑材料从生产地运输到工地的运输工具耗能所产生的碳排放。其中,运输距离、建材数量和运输方式的选择都会影响该阶段的碳排放。根据工程结算书与实地调查,得到本工程建材运输阶段所需建筑材料、数量、运输方式及运输

表1 建材生产阶段建筑材料

序号	类别	名称	规格型号	单位	数量	因子系数	因子单位	碳排放量 (tCO ₂ e)
1	材	商品混凝土	C30	m ³	2041.34	295	kgCO ₂ e/m ³	602.2
2	材	预拌混凝土	C30	m ³	41.96	295	kgCO ₂ e/m ³	12.38
3	材	预拌混凝土	C35	m ³	3.25	295	kgCO ₂ e/m ³	0.96
4	材	现浇构件钢筋		kg	138970	3	kgCO ₂ e/m ³	416.91
5	材	加气混凝土砌块	A5	m ³	978.74	291	kgCO ₂ e/m ³	284.81
6	材	XPS聚苯乙烯挤塑板		m ³	79.41	669	kgCO ₂ e/m ³	53.13
7	材	聚合物水泥防水涂料		t	5.83	8081.8	kgCO ₂ e/m ³	47.12
8	材	商品混凝土	C40	m ³	96.6	429.78	kgCO ₂ e/m ³	41.52
9	材	现浇直形墙模板		m ²	7340.83	3.977	kgCO ₂ e/m ³	29.19
10	材	复合木门		m ²	453.72	48.3	kgCO ₂ e/m ³	21.91
11	材	橡塑保温板		m ³	84.79	202.95	kgCO ₂ e/m ³	17.21
12	材	防水砂浆	1:2.5	m ³	34.16	478.8	kgCO ₂ e/m ³	16.36
13	材	钢质防火门		m ²	229.34	56.133	kgCO ₂ e/m ³	12.87
14	材	水泥砂浆	1:2.5	m ³	450.47	13	kgCO ₂ e/m ³	5.86
15	材	现浇砼构造柱模板		m ²	1834.05	2.5908	kgCO ₂ e/m ³	4.75
16	材	直螺纹套筒接头	25以内	个	2536	1.23	kgCO ₂ e/m ³	3.12
17	材	室内焊接钢管接头零件		个	3872	0.761	kgCO ₂ e/m ³	2.95
18	材	现浇砼圈梁、压顶模板		m ²	1072.99	2.6513	kgCO ₂ e/m ³	2.84
19	材	普通预拌细石混凝土	C20	m ³	11.86	201.38	kgCO ₂ e/m ³	2.39
20	材	满堂脚手架基础层		100m ²	45.69	47.443	kgCO ₂ e/100m ²	2.17
21	材	现浇砼基础梁模板		100m ²	5.73	336.446	kgCO ₂ e/100m ²	1.93
22	材	现浇砼过梁模板		m ²	341.64	4.7519	kgCO ₂ e/m ²	1.62
23	材	聚合物改性沥青防水卷材		m ²	446.31	2.4	kgCO ₂ e/m ²	1.07
24	材	屋面涂膜防水		m ²	304.33	2.753	kgCO ₂ e/m ²	0.84
25	材	现浇砼矩形柱模板		m ²	333.25	2.2482	kgCO ₂ e/m ²	0.75
26	材	塑钢门		m ²	779.4	0.9	kgCO ₂ e/m ²	0.7
27	材	成品地砖踢脚线		m ²	120.01	5.652	kgCO ₂ e/m ²	0.68
28	材	塑钢窗		m ²	592.9	0.958	kgCO ₂ e/m ²	0.57
29	材	屋面卷材防水		m ²	293.74	1.49	kgCO ₂ e/m ²	0.44
30	材	现浇砼异形柱模板		m ²	118.49	3.5069	kgCO ₂ e/m ²	0.42
31	材	现浇混凝土基础垫层		m ²	1172	0.1893	kgCO ₂ e/m ²	0.22

距离如表2所示。将建材运输阶段有关信息输入东禾软件中,通过软件计算即可得到建材运输阶段的总碳排放量,年均碳排放量及碳排放强度如表2所示。

3.3 施工建造阶段碳排放

建筑建造阶段的碳排放应包括完成各分部分项工程施工产生的碳排放和各项措施项目实施过程产生的碳排放。施工阶段的碳排放主要来源于施工机械的使用所产生的碳排放。跟据工程结算书中的单位工程人材机汇总表,得到所用到的施工机械种类及台班数量如表3所示。将施工建造阶段有关信息输入东禾软件中,

通过软件计算即可得到施工建造阶段的总碳排放量,年均碳排放量及碳排放强度如表3所示。

3.4 建筑物运行阶段碳排放

该阶段的碳排放计算主要包括生活热水、暖通空调、照明及电梯以及可再生能源系统在建筑使用期间的综合碳排放量。

(1) 照明与用电设备系统信息

照明功率密度: 211.25W/m², 生活热水系统能源效率: 电(0.75), 太阳能集热器面积: 60m², 太阳能热水系统模块倾角: 45°。

表2 建材运输阶段所需建筑材料、数量、运输方式及运输距离

序号	类别	名称	规格型号	单位	数量	运输方式	距离 km	因子系数	因子单位	碳排放量 tCO ₂ e
1	材	商品混凝土	C30	m ³	2041.34	轻型柴油货车运输(载重2t)	12	0.286	kgCO ₂ e/(t*km)	19.6165
2	材	加气混凝土砌块	A5	m ³	978.74	轻型柴油货车运输(载重2t)	15	0.286	kgCO ₂ e/(t*km)	11.7566
3	材	现浇构件钢筋		kg	138970	轻型柴油货车运输(载重2t)	200	0.286	kgCO ₂ e/(t*km)	7.9508
4	材	抹灰水泥砂浆		m ³	450.47	轻型柴油货车运输(载重2t)	20	0.286	kgCO ₂ e/(t*km)	4.638
5	材	实心粘土砖	MU10	m ³	70.06	轻型柴油货车运输(载重2t)	40	0.286	kgCO ₂ e/(t*km)	2.1239
6	材	商品混凝土	C40	m ³	96.6	轻型柴油货车运输(载重2t)	20	0.286	kgCO ₂ e/(t*km)	1.3261
7	材	预拌混凝土	C30	m ³	41.96	轻型柴油货车运输(载重2t)	40	0.286	kgCO ₂ e/(t*km)	1.1521
8	材	橡塑保温板		m ³	84.79	轻型柴油货车运输(载重2t)	30	0.286	kgCO ₂ e/(t*km)	0.8366
9	材	细石混凝土	C20	m ³	11.86	轻型柴油货车运输(载重2t)	40	0.286	kgCO ₂ e/(t*km)	0.3799
10	材	预拌混凝土	C35	m ³	3.25	轻型柴油货车运输(载重2t)	40	0.286	kgCO ₂ e/(t*km)	0.1041
11	材	聚合物水泥防水涂料		t	5.83	轻型柴油货车运输(载重2t)	60	0.286	kgCO ₂ e/(t*km)	0.1
12	材	塑钢门		m ²	779.4	轻型柴油货车运输(载重2t)	100	0.286	kgCO ₂ e/(t*km)	0.0682
13	材	塑钢窗		m ²	592.9	轻型柴油货车运输(载重2t)	100	0.286	kgCO ₂ e/(t*km)	0.0519
14	材	XPS聚苯乙烯挤塑板		m ³	79.41	轻型柴油货车运输(载重2t)	30	0.286	kgCO ₂ e/(t*km)	0.0238
15	材	成品地砖踢脚线		m ²	120.01	轻型柴油货车运输(载重2t)	20	0.286	kgCO ₂ e/(t*km)	0.0137
16	材	聚合物改性沥青防水卷材		m ²	446.31	轻型柴油货车运输(载重2t)	40	0.286	kgCO ₂ e/(t*km)	0.0112
17	材	室内焊接钢管接头零件		个	3872	轻型柴油货车运输(载重2t)	45	0.286	kgCO ₂ e/(t*km)	0.0067
18	材	直螺纹套筒接头	25以内	个	2536	轻型柴油货车运输(载重2t)	45	0.286	kgCO ₂ e/(t*km)	0.0044
19	材	复合木门		m ²	453.72	轻型柴油货车运输(载重2t)	10	0.286	kgCO ₂ e/(t*km)	0.0019
20	材	钢质门		m ²	229.34	轻型柴油货车运输(载重2t)	100	0.286	kgCO ₂ e/(t*km)	0.0009
21	材	防水砂浆	1:2.5	m ³	34.16	轻型柴油货车运输(载重2t)	60	0.286	kgCO ₂ e/(t*km)	0.0006
22	材	满堂脚手架基础层		100m ²	45.69	轻型柴油货车运输(载重2t)	20	0.286	kgCO ₂ e/(t*km)	0.0003
23	材	屋面涂膜防水		m ²	304.33	轻型柴油货车运输(载重2t)	60	0.286	kgCO ₂ e/(t*km)	0.0002
24	材	屋面卷材防水		m ²	293.74	轻型柴油货车运输(载重2t)	60	0.286	kgCO ₂ e/(t*km)	0.0002

表3 施工机械种类及台班数量

序号	类别	名称	规格型号	单位	数量	因子系数	因子单位	碳排放量 (tCO ₂ e)
1	机	平台作业升降车	20m	台班	140	0.1613	tCO ₂ e/台班	0.02
2	机	木工平刨床	500mm	台班	90	0.0102	tCO ₂ e/台班	0.918
3	机	电钻	1000Wh	台班	225	0.0063	tCO ₂ e/台班	1.4175
4	机	电渣焊机	电流1000A	台班	35	143.5	kgCO ₂ e/台班	5.0225
5	机	木工圆锯机	直径500mm	台班	150	23.43	kgCO ₂ e/台班	3.51
6	机	石料切割机	9A151	台班	15	32.43	kgCO ₂ e/台班	0.49
7	机	交流弧焊机	32kV·A	kWh	108	0.8676	kgCO ₂ e/台班	0.09
8	机	干混砂浆罐式搅拌机		kWh	80	0.8676	kgCO ₂ e/台班	0.07
9	机	螺栓套丝机	39mm	kWh	80	0.8676	kgCO ₂ e/台班	0.07
10	机	直流电焊机	30kW	台班	117	0.048	tCO ₂ e/台班	0.01
11	机	塔式起重机	起重力矩Kn-m: 60	台班	160	0.029	tCO ₂ e/台班	4.64
12	机	轮胎压路机	9t	台班	5	0.1101	tCO ₂ e/台班	0.55
13	机	电动夯实机(打夯)	夯击能量Kn-m: 20~62	台班	10	0.009	tCO ₂ e/台班	0.09
14	机	轮胎式装载机	斗容m ³ : 1.5	台班	6	0.182	tCO ₂ e/台班	1.09
15	机	螺旋钻孔机	直径(mm): 1000	台班	8	0.096	tCO ₂ e/台班	0.77
16	机	自卸汽车	装载质t: 15	台班	8	0.164	tCO ₂ e/台班	1.31
17	机	洒水车	罐容量L: 4000	台班	20	0.088	tCO ₂ e/台班	1.76
18	机	混凝土振捣器	插入式/平板式	台班	428	0.002	tCO ₂ e/台班	8.56
19	机	钢筋调直机	直径mm: 40	台班	180	0.006	tCO ₂ e/台班	1.08
20	机	履带式单斗液压挖掘机	斗容量m ³ 0.6	台班	12	0.104	tCO ₂ e/台班	1.25
21	机	履带式起重机	提升质量t: 15	台班	20		tCO ₂ e/台班	2
22	机	钢筋切断机	直径mm: 40	台班	255		tCO ₂ e/台班	4.34

(2) 电梯系统信息

电梯数量: 2; 电梯速度: 1.5m/s; 电梯载重量: 1150kg; 运行时间: 0.5h; 待机时间: 23.5h; 运行能量性能等级: 3。

(3) 采暖空调系统信息

供暖形式: 锅炉; 供热系统性能参数COP: 0.9kW/kW; 制冷形式: 离心机冷水机组; 满负载下制冷系统ERR: 4.7kW/kW。

(4) 通风系统信息

通风类型: 机械送风; 机械通风送风风量: 62.5liter/s; 机械通风排风量: 100liter/s; 热回收类型: 用空调制冷; 风机功率系统: 0.864W (1/s)。

(5) 建筑碳汇信息

绿化面积: 208.36m²; 种植方式: 大小乔木、灌木、

花草密植混种区。

将运行阶段有关信息输入东禾软件中, 通过软件计算即可得到运行阶段照明系统、热水系统、电梯系统、采暖空调系统以及通风系统总碳排放量, 年均碳排放量及碳排放强度(如表5所示)。

3.5 拆除处理阶段碳排放

建筑拆除阶段的碳排放应包括人工拆除和使用小型机具机械拆除使用的机械设备所消耗的各种能源动力产生的碳排放。该阶段碳排放主要是拆除机械及运输设备耗能产生的。大多数拆除工程采用的是人工拆除和机械拆除。由于该住宅楼未进行拆除, 无法统计拆除过程中能源消耗量, 因此基于工程结算书中的分部分项工程量清单, 按国家定额《房屋建筑与装饰工程消耗量定额》

表4 拆除工程所需的人机用量信息

序号	类别	名称	规格型号	单位	数量	因子系数	因子单位	碳排放量 (tCO ₂ e)
1	人	技工		工日	67858.98	0.73	kgCO ₂ e/工日	49.5371
2	机	电		kW·h	8344.23	0.7921	kgCO ₂ e/kWh	6.6095
3	机	汽车起重机	8t	台班	12	0.095	tCO ₂ e/台班	0.0011
4	机	自卸汽车	5/装载质量 (t)	台班	5	0.127	tCO ₂ e/台班	0.0006
5	机	双笼施工电梯	提升高度: 100	台班	5	0.043	tCO ₂ e/台班	0.0002

TY01-31-2015中“拆除工程”一章内容，整理出该住宅楼拆除阶段的分部分项工程量。然后按定额中规定的每单位分部分项工程拆除使用的人工、材料、机械用量，整理计算出拆除工程所需的人材机用量（表4）。将拆除阶段有关信息输入东禾软件中，通过软件计算即可得到拆除阶段总碳排放量，年均碳排放量及碳排放强度如表4所示。

4 建筑全生命周期碳排放量构成分析

4.1 建筑全生命周期碳排放分阶段构成分析

由表5可知，该住宅楼全生命周期碳排放总量为7661.01tCO₂e，碳排放强度为33.82kgCO₂e/(m²·a)。其中建筑运行阶段的碳排放强度最高，为26.16kgCO₂e/(m²·a)，建筑运行阶段碳排放量占比最大的为采暖空调耗能产生的碳排放量；其次是建材生产及运输阶段，为7.24kgCO₂e/(m²·a)，建材生产及运输阶段碳排放量占比最大的为建材生产产生的碳排放量，由于建材生产

周期较短，产生集中碳排放。因此，主要在建筑物运行阶段与建材生产阶段采取合适的优化措施，将会有效提升建筑能效，助力低碳发展。

4.2 建筑全生命周期碳排放总量构成

由图1-图4的分析结果可知，该住宅楼建材生产

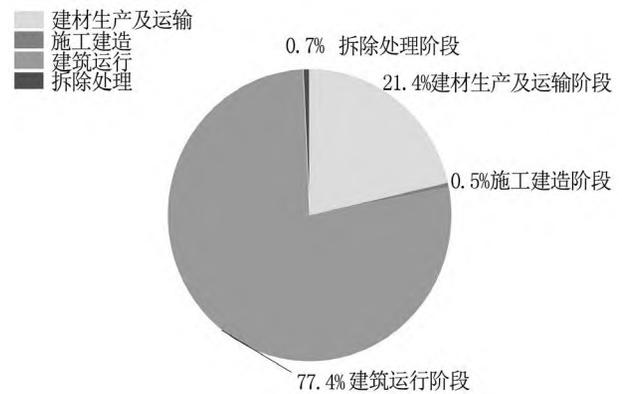


图1 各阶段碳排放占比

表5 建筑全生命周期碳排放量汇总表

活动阶段	碳排放阶段来源	总碳排放量 (tCO ₂ e)	年均碳排放量kgCO ₂ e/a	碳排放强度kgCO ₂ e/(m ² ·a)	碳排放量占比%
建材生产及运输	阶段合计	1640.06	32801.20	7.24	21.41
	建材生产	1589.89	31797.80	7.02	20.75
	建材运输	50.17	1003.40	0.22	0.65
施工建造	建造	39.06	781.2	0.17	0.51
建筑运行	阶段合计	5925.74	118514.8	26.16	77.36
	照明	1.4	28	0.01	0.02
	热水	-760.57	-15211.40	-3.36	-9.93
	电梯	140.66	2813.20	0.62	1.84
	采暖空调	6825.59	136511.80	30.13	89.10
	通风	5.16	103.20	0.02	0.07
拆除处理	碳汇	-286.50	-5730.00	-1.26	-3.74
	拆除	56.15	1123	0.25	0.73
合计		7661.01	153220.2	33.82	100

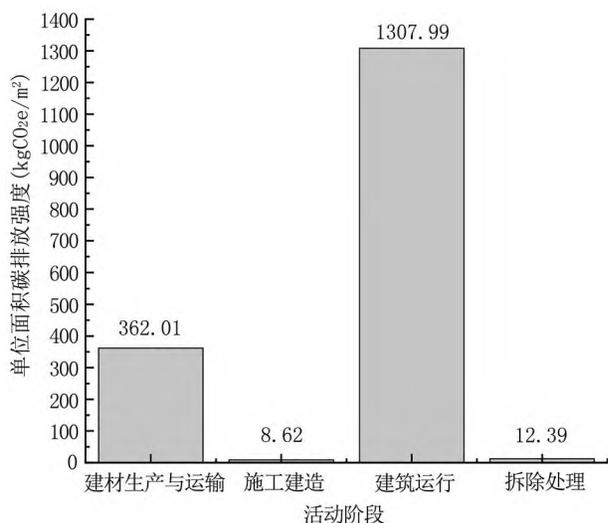


图2 单位面积碳排放强度kgCO₂e/m²

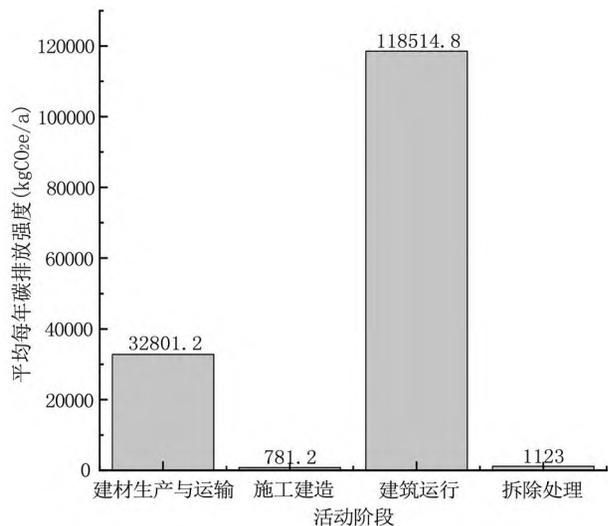


图3 平均每年碳排放强度kgCO₂e/a

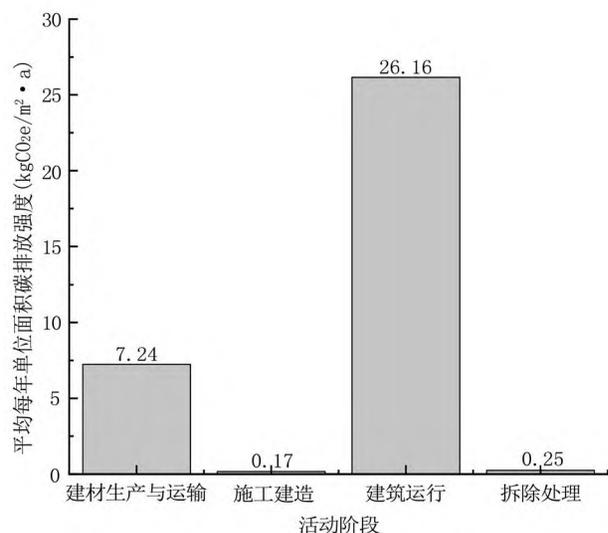


图4 平均每年单位面积碳排放强度kgCO₂e/(m²·a)

与运输阶段碳排放量为362.01kgCO₂e/m², 施工建造阶段碳排放量为8.62kgCO₂e/m², 建筑运行阶段碳排放量为1307.99kgCO₂e/m², 拆除处理阶段碳排放量为12.39kgCO₂e/m²。

其中, 建筑运行阶段的碳排放量占比最高, 为77.4%, 其次是建材生产与运输阶段, 占比为21.4%, 拆除处理阶段的占比为0.7%, 施工建造阶段占比最少为0.5%。其中, 建材生产与运输阶段, 建材生产的碳排放量最大, 为350.94kgCO₂e/m², 占该阶段碳排放量比为96.94%。

5 碳减排对策研究

(1) 在建材生产阶段, 提高建筑材料的回收利用效率

提高建筑材料的回收利用效率, 例如利用废弃建筑混凝土和废弃砖石生产粗细骨料, 可用于生产相应强度等级的混凝土、砂浆或制备诸如砌块、墙板、地砖等建材制品。粗细骨料添加固化类材料后, 也可用于公路路面基层。对于废弃木材类建筑垃圾, 尚未明显破坏的木材可以直接再用于重建建筑, 破损严重的木制构件可作为木制再生板材的原材料等。表6显示了一些常用材料的回收利用率。

表6 常用材料的回收利用率

建材种类	回收利用率%	建材种类	回收利用率%
钢材	95	废铁金属	90
钢	90	玻璃	80
混凝土	60	木材	65
碎石	60	塑料	25
门窗	80	PVC管材	35

据相关专家统计分析, 将矿渣、建筑垃圾作为骨料的“再生骨料混凝土”用做主要建材代替普通混凝土, 可节约大约2/3的混凝土使用量。以混凝土为例, 假设将该住宅楼的混凝土都替换为可再生混凝土新料, 可以减少碳排放约97.04kgCO₂e/m²。

(2) 在建材运输阶段, 尽量使用本地建材, 秉持“就地取材”原则

最大限度使用当地建材企业生产的材料, 这样可以缩短运输距离, 从而降低运输工具消耗能源产生的碳排放。提升本地建材生产企业的生产质量, 鼓励在建筑中使用当地企业生产的建筑材料, 增大建筑中使用的当地建筑材料的比例。假设, 该住宅楼24种主要建材的运输距离都减少10km, 则该阶段碳排放量可减少

7.01kgCO₂e/m²。

(3) 在施工建造阶段,采用绿色施工

《建筑工程绿色施工规范》中对绿色施工定义为在保证质量、安全等基本要求的前提下,通过科学管理和技术进步,最大限度地节约资源,减少对环境的负面影响,实现节能、节材、节水、节地和环境保护的建筑工程施工活动。做到绿色施工,可从组织与管理、资源节约和环境保护等角度采取相应的对策,如施工单位应强化施工现场与技术的管理,制定合理的绿色施工组织设计,对工程材料和机械设备定期保养维修等。

有学者对一写字楼项目采用绿色施工措施,从节能减碳的视角对节约资源和能源带来的经济效益进行了量化研究。研究结果显示,采取绿色施工措施后,该项目可节约电能1890991kWh,约每建筑平米节约电能11kWh。

(4) 在建筑物运行阶段,合理选择绿化种植方式

对建筑物所处环境及建筑物本身进行绿化可降低建筑物周围微环境的温度、改善空气相对湿度,降低噪音危害,从而延长建筑物通过自然通风降温的时间,改善室内空气品质,降低建筑物能耗,减少建筑物碳排放量,而绿化种植方式的不同对其所净化的碳排放量也有所不同。假设,该住宅楼绿化种植方式选择大小乔木、灌木、花草密植混种比大小乔木密植混种的碳排放量减少11.5kgCO₂e/m²。

(5) 在拆除处理阶段,合理选择建筑拆除方案

上世纪九十年代,国外学者就提出在建筑拆除中使用建筑拆解技术能大大提高废旧材料的再利用率。建筑拆解是以回收废旧材料为目的,将建筑不同类型的构件逐一从主体结构中分离,使之方便再利用的系统性拆除过程。

我国现阶段建筑工程的拆除方式有人工拆除、机械拆除和爆破拆除等,而采用推倒或爆破拆除的方式会使本来具有一定回收价值的建筑废料在短时间内变得混乱破碎,成为只能填埋的垃圾,因此本质上都是对建筑的拆毁。而选择建筑拆解技术拆除建筑主体则是需要花费更多的人力,采用人工与机械相结合,尽可能使用小型机具将部件与主体结构逐步分离。

6 结 论

基于以上分析研究可得出以下结论:

(1) 对于江苏地区的住宅建筑,建筑物运行阶段碳排放量所占比例最高,达75%-80%,其次为建材生产与运输阶段,该阶段碳排放量所占比例约20%,两阶段碳排放量之和占总量的90%以上,因此,二者是降低碳排放的关键。

(2) 在建材生产阶段使用可再生混凝土新料,在建材运输阶段,尽量使用本地建材,将建材的运输距离均减少10km,在建筑物运行阶段,绿化种植方式选择大小乔木、灌木、花草密植混种,则该楼可减少碳排放量115.55kgCO₂e/m²。

(3) 对于碳排放占比较小的建筑施工(建造、拆除)阶段,可以通过推行绿色施工技术来降低相关碳排放,如预制装配式技术的应用、BIM智慧化施工技术等措施;在建筑设计规划阶段要充分考虑当地的特色,将绿色理念与当地的风土人情进行结合,同时听取多名设计师的设计建议,在其中选择一个既环保又能保证工程质量的可靠方案。

本研究依据案例得出建筑全生命周期的碳排放构成的分析结果,分别从规划设计阶段、建材准备阶段、施工建造阶段、运行维护阶段、拆除处理阶段来总结建筑碳减排对策。研究结论对低碳建筑的发展、建筑业的可持续发展及我国建筑业尽快实现碳达峰、碳中和目标具有一定的现实意义。▲

参考文献

- [1] 林宪德.建筑碳足迹[M].台北:詹氏书局,2015.
- [2] 宋金昭,郭芯羽,王晓平,等.中国建筑业碳排放效率区域差异及收敛性分析——基于SBM模型与面板单位根检验[J].西安建筑科技大学学报(自然科学版),2019(2): 301-308.
- [3] 张春晖,林波荣,彭渤.我国寒冷地区住宅生命周期能耗和CO₂排放影响因素研究[J].建筑科学,2014(10): 76-83.
- [4] 汪涛.建筑生命周期温室气体减排政策分析方法及应用[D].北京:清华大学,2012.
- [5] 李麟凯,龙雄军.绿色建材在生态建筑中的应用初探[J].低碳世界,2017(18): 159-160.
- [6] 李思璇.基于碳减排视角的建筑工程绿色施工增量成本及效益评价研究[D].成都:四川农业大学,2019.
- [7] 贡小雷.建筑拆解及材料再利用技术研究[D].天津:天津大学,2010.