

# 装配式建筑全生命周期碳排放量计算 技术规程

Technical Specification for Carbon Emission Calculation of  
Prefabricated Buildings in the Whole Life Cycle

# 目 次

1 总 则 .....	1
2 术语和符号 .....	2
2.1 术语 .....	2
2.2 符号 .....	2
3 基本规定 .....	9
4 全生命周期设计碳排放量算 .....	10
4.1 装配式全生命周期划分 .....	10
4.2 构件及构件系统碳排放性能优化 .....	10
4.3 碳排放关联库 .....	11
4.4 全生命周期碳排放数据技术 .....	11
5 建造阶段碳排放量算 .....	13
5.1 材料制备碳排放量算 .....	13
5.2 构件生产碳排放量算 .....	13
5.3 构件转运碳排放量算 .....	14
5.4 构件装配碳排放量算 .....	15
5.5 建造阶段碳排放性能优化 .....	17
6 运维阶段碳排放量算 .....	18
6.1 运行维护碳排放量算 .....	18
6.2 暖通空调系统 .....	18
6.3 生活热水系统 .....	20
6.4 照明和电梯系统 .....	21
6.5 可再生能源系统 .....	22
6.6 运维阶段碳排放性能优化 .....	24

7 再利用阶段量算 .....	25
7.1 更新再利用 .....	25
7.2 拆除再利用 .....	25
8 信息化技术 .....	28
8.1 模型和数据全生命周期调用 .....	28
8.2 计算工具 .....	28
8.3 设计工具 .....	28
8.4 数据技术 .....	29
附录 A 装配式建筑碳排放因子表 .....	30
附录 B 装配式建筑碳排放计算报告模板 .....	30
B.1 建筑概况 .....	31
B.2 编制依据 .....	31
B.3 计算分析 .....	31
B.4 建筑全生命周期碳排放量构成分析 .....	36
用词说明 .....	38
引用标准名录 .....	39
条文说明 .....	40
制定说明 .....	41
4 全生命周期设计碳排放量算 .....	42
5 建造阶段碳排放量算 .....	59
6 运维阶段碳排放量算 .....	63
7 再利用阶段量算 .....	65
8 信息化技术 .....	66

# 1 总 则

1.0.1 为规范装配式建筑全生命周期碳排放量计算的方法和过程，提高计算结果的可靠性和一致性，为装配式建筑的低碳环保和可持续发展做出贡献，编制本技术规程。

1.0.2 本标准适用于新建、扩建和改建的民用装配式建筑的材质制备、构件生产、施工装配、运行维护、更新再利用、拆除再利用以及各阶段中转运的碳排放计算。

主要适用于五类对象：装配式建筑设计单位、装配式建筑施工单位、装配式建筑运行单位、装配式建筑评价机构和装配式建筑相关研究机构

1 装配式建筑设计单位：为装配式建筑的设计提供碳排放量的计算指导，推动低碳环保和可持续发展。

2 装配式建筑施工单位：为装配式建筑的施工提供碳排放量的计算指导，促进施工过程的低碳环保和可持续发展。

3 装配式建筑运行单位：为装配式建筑的运行提供碳排放量的计算指导，推动低碳环保和节能减排。

4 装配式建筑评价机构：为装配式建筑的评价提供碳排放量的计算指导，促进评价体系的健全和完善。

5 装配式建筑相关研究机构：为装配式建筑的相关研究提供碳排放量的计算指导，推动行业技术和管理水平的不断提高。

1.0.3 装配式建筑全生命周期碳排放量计算技术除应符合本标准外，尚应符合国家及行业现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 装配式建筑 prefabricated building

结构系统、外围护系统、设备与管线系统、内装系统的主要部分采用预制部品部件集成的建筑。。

#### 2.1.2 建筑全生命周期 whole life cycle of building

建筑的物质的全生命周期主要包括: 材质制备、构件生产、构件转运、施工装配、运行维护、更新再利用和拆除再利用。

#### 2.1.3 建筑信息模型 (BIM) building information modeling

一种数字化的建筑设计、施工和管理工具, 它基于三维模型, 将建筑物的各个方面 (如建筑结构、机电设备、管道、建筑材料等) 集成到一个完整的数据模型中。BIM 不仅仅是一个三维模型, 还包括了建筑物的各项属性信息, 如构件尺寸、材料、重量、表面积、施工日期、维护周期等。这些信息可以直接在三维模型中获取和更新, 且能够在建筑物全生命周期内被使用。

#### 2.1.4 装配式建筑碳排放量 prefabricated building carbon emissions

装配式建筑在全生命周期各阶段产生的温室气体排放的总和, 以二氧化碳当量表示。

#### 2.1.5 碳排放强度 carbon emission intensity

单位经济产出或单位能源消耗所排放的二氧化碳 (CO<sub>2</sub>) 等温室气体的量。

#### 2.1.6 碳排放计算软件工具 carbon calculation software tool

一种基于计算机技术和数据统计的工具, 用于帮助个人、组织或国家计算和管理其碳排放量。这些工具通常可以帮助用户收集和分析能源消耗、交通运输、废弃物处理等数据, 通过计算和分析这些数据来确定其碳排放量, 并提供相应的减排建议和管理措施。

## 2.2 符号

### 2.2.1 材料制备

$C_{m1}$ ——建材开采和生产阶段碳排放, kg

$C_{m2}$ ——建材运输碳排放, kg

$M_c$ ——第  $c$  种建材的碳排放因子, t/t、t/m<sup>2</sup>、t/m<sup>3</sup>;

$Q_c$ ——第  $c$  种建材用量, t、m<sup>2</sup>、m<sup>3</sup>。

$D_{c,i}$ ——第  $c$  种建材  $i$  种运输方式下的转运距离, m、km;

$T_{c,i}$ ——第  $c$  种建材  $i$  种运输方式下, 单位重量运输距离的建材碳排放因子  
kgCO<sub>2</sub>/kg·m、tCO<sub>2</sub>/t·m;

$Q_c$ ——第  $c$  种建材用量, t、m<sup>2</sup>、m<sup>3</sup>。

### 2.2.2 构件生产

$C_{c1}$ ——材料制备阶段构件加工(包含辅料)过程碳排放, kg;

$C_{c2}$ ——材料制备阶段人员碳排放, kg;

$C_{c3}$ ——材料制备阶段构件加工辅料运输碳排放, kg

$E_{c,i}$ ——加工第  $c$  种构件的第  $i$  种加工机械单位台班的能源用量, kWh/台班;

$n_{c,i}$ ——加工第  $c$  种构件的第  $i$  种加工机械单位台班数量, 台班;

$F_i$ ——第  $i$  类能源的碳排放因子, kgCO<sub>2</sub>/kWh;

$V_c$ ——第  $c$  种构件重量, t、kg;

$M'_c$ ——加工第  $c$  种构件的辅料碳排放因子, t、kg;

$Q_c$ ——加工第  $c$  种构件的辅料重量, t、m<sup>2</sup>、m<sup>3</sup>。

$P_a$ ——本阶段加工第  $c$  类构件时工序  $a$  所需的工人人数, 人;

$T_{p,a}$ ——本阶段加工第  $c$  种构件时工序  $a$  所需的工人工时, min、h。

$F_p$ ——人员的标准时间碳排放因子(人员碳排放因子取值同材料碳排放因子)  
kgCO<sub>2</sub>/人;

$E_{c,i}$ ——加工第  $c$  种构件的第  $i$  种加工机械单位台班的能源用量, kWh/台班;

$n_{c,i}$ ——加工第  $c$  种构件的第  $i$  种加工机械单位台班数量, 台班;

$F_i$ ——第  $i$  类能源的碳排放因子, kgCO<sub>2</sub>/kWh;

$V_c$ ——第  $c$  种构件重量, t、kg;

$M'_c$ ——加工第  $c$  种构件的辅料碳排放因子, t、kg;

$Q_c$ ——加工第  $c$  种构件的辅料重量, t、 $m^2$ 、 $m^3$ 。

$T_{p,a}$ ——本阶段加工第  $c$  种构件时工序  $a$  所需的工人工时, min、h。

$F_p$ ——人员标准时间碳排放因子(人员碳排放因子取值同材料碳排放因子)  
kgCO<sub>2</sub>/人;

$D_{c,i}$ ——加工第  $c$  种构件的辅料在  $i$  种运输方式下的转运距离, m、km;

$T_{c,i}$ ——加工第  $c$  种构件的辅料在  $i$  种运输方式下, 单位重量运输距离的辅料  
碳排放因子/kgm;

$Q'_c$ ——加工第  $c$  种构件的辅料重量, t、 $m^2$ 、 $m^3$ 。

### 2.2.3 构件转运

$n$ ——该阶段转运构件种类数量;

$m$ ——该阶段运输方式种类数量;

$W_i$ ——该阶段  $c$  类构件的总重量, kg、t;

$D_{c,j}$ ——该阶段  $c$  类构件在  $j$  种运输方式下的转运距离, m、km;

$T_{c,j}$ ——该阶段  $c$  类构件在  $j$  种运输方式下, 单位重量运输距离的构件碳排放  
因子 kgCO<sub>2</sub>/kg·km、tCO<sub>2</sub>/t·km;

### 2.2.4 构件装配

$C_a$ ——该阶段  $c$  类构件装配碳排放量, kg、t;

$C_l$ ——该阶段  $c$  类构件吊装定位碳排放量, kg、t;

$C_{con}$ ——该阶段  $c$  类构件连接碳排放量, kg、t;

$GE_a$ ——该阶段处理  $c$  类构件时工序  $a$  所需的吊装机械比油耗, kWh;

$L_m$ ——该阶段吊装机械额定功率, kW;

$T_{m \cdot a}$ ——该阶段处理  $c$  类构件时工序  $a$  所需的吊装机械工作时间, min, h;

$\rho_{m,a}$ ——该阶段处理  $c$  类构件时工序  $a$  所需的吊装机械耗能系数, kWh/工程  
量;

$E$ ——能源碳排放系数;

$F_p$ ——人的标准时间碳排放因子(人员碳排放因子取值同材料碳排放因子)。

$CON_a$ ——该阶段连接机械设备额定功率 kW;

$T_{m \cdot a}$ ——该阶段处理  $c$  类构件时工序  $a$  所需的吊装机械工作时间, min, h;

$E$ ——能源碳排放系数;

$P_a$ ——该阶段吊装  $c$  类构件时工序  $a$  所需人员数量。

### 2.2.5 运行维护阶段

$P_{use}$ ——建筑运行阶段的碳排放量, t;

$P_{upd}$ ——建筑维护更新阶段的碳排放量, t。

$P_{CH}$ ——暖通空调能耗产生的碳排放量, t;

$P_R$ ——生活热水系统产生的碳排放量, t;

$P_I$ ——照明和电梯系统产生的碳排放量, t;

$P_{RE}$ ——可再生能源系统产生的碳排放量, t;

$N$ ——建筑物的使用年限;

$\theta$ ——时间加权因子, 取 0.745。

### 2.2.6 暖通空调系统

$E_{CY}$ ——建筑物年总冷负荷, kWh;

$\eta_C$ ——空调设备效率, EER;

$E_e$ ——电力碳排放系数, t/kWh;

$E_{HY}$ ——建筑物年总热负荷, kWh;

$\eta_H$ ——采暖设备系统效率;

$R_m$ ——标煤的燃烧热值 (取 29306 kJ/kg) ;

$E_m$ ——标煤的碳排放系数 (取  $2.69 \times 10^{-3}$  t/kg) 。

$C_r$ ——建筑使用制冷剂产生的碳排放量, tCO<sub>2</sub>e/a;

$r$ ——制冷剂类型;

$m_r$ ——设备的制冷剂充注量, kg/台;

$y_e$ ——设备的使用寿命, a;

$GWP_r$ ——制冷剂 r 的全球变暖潜值。

### 2.2.7 生活热水系统

$E_w$ ——生活热水系统年能源消耗, kWh/a;

$Q_r$ ——生活热水年耗热量, kWh/a;

$Q_s$ ——太阳能系统提供的生活热水热量, kWh/a;

$\eta_r$ ——生活热水输配效率, 包括热水系统的输配能耗、管道热损失、生活热水二次循环及储存的热损失, %;

$\eta_w$ ——生活热水系统热源平均效率, %

$Q_{rp}$ ——生活热水小时平均耗热量, Wh/h;



$T$ ——年生活热水使用小时数, h;

$m$ ——用水计算单位数 (人数或床位数, 取其一);

$q_r$ ——热水用水定额, 按现行国家标准《民用建筑节能设计标准》GB 50555 确定, L/人;

$\rho_r$ ——热水密度, kg/L;

$t_r$ ——设计热水温度, °C;

$t_l$ ——设计冷水温度, °C。

### 2.2.8 照明和电梯系统

$P_{I1}$ ——照明系统产生的碳排放量, t;

$P_{I2}$ ——电梯系统产生的碳排放量, t;

$W_T$ ——各房间或通道的设计照明功率密度值 (可按现行规范规定限值 7W/m<sup>2</sup> 计算), W/m<sup>2</sup>;

$A_f$ ——各房间或通道的地板面积, m<sup>2</sup>;

$T_f$ ——各房间或通道的照明时间 (可按每天 3h 计算), h;

$W_p$ ——应急灯照明功率密度值, W/m<sup>2</sup>;

$A$ ——建筑面积, m<sup>2</sup>。

$E_{Le}$ ——年电梯能耗, kWh/a;

$P_{Le}$ ——特定能量消耗, mWh/kgm;

$t_a$ ——电梯年平均运行小时数, h;

$V$ ——电梯速度, m/s;

$W$ ——电梯额定载重量, kg;

$E_{standby}$ ——电梯待机时能耗, W;

$t_s$ ——电梯年平均待机小时数, h

### 2.2.9 可再生能源系统

$P_{RE1}$ ——太阳能生活热水系统产生的碳排放量, t;

$P_{RE2}$ ——光伏系统产生的碳排放量, t;

$P_{RE3}$ ——地源热泵系统产生的碳排放量, t;

$P_{RE4}$ ——风力发电系统产生的碳排放量, t。

$Q_{s,a1}$ ——太阳能热水系统的年供能量, kWh;

$Q_{s,a2}$ ——太阳能热水系统的年供能量, MJ;

$A_c$ ——太阳集热器面积， $m^2$ ；  
 $J_T$ ——太阳集热器采光面上的年平均太阳辐照量， $MJ/m^2$ ；  
 $\eta_{cd}$ ——基于总面积的集热器平均集热效率，%；  
 $\eta_L$ ——管路和储热装置的热损失率，%。  
 $E_{pv}$ ——光伏系统的年发电量， $kWh$ ；  
 $I$ ——光伏电池表面的年太阳辐射照度， $kWh/m^2$ ；  
 $K_E$ ——光伏系统的转换效率，%；  
 $K_S$ ——光伏系统的损失效率，%；  
 $A_p$ ——光伏系统光伏面板净面积， $m^2$ 。  
 $E_{wt}$ ——风力发电机组年发电量， $kWh$ ；  
 $\rho$ ——空气密度，取  $1.225kg/m^3$ ；  
 $C_{R(z)}$ ——依据高度计算的粗糙系数；  
 $K_R$ ——场地因子；  
 $z_0$ ——地表粗糙系数；  
 $V_0$ ——一年可利用平均风速， $m/s$ ；  
 $A_w$ ——风机叶片迎风面积， $m^2$ ；  
 $D$ ——风机叶片直径， $m$ ；  
 $EPF$ ——根据典型气象年数据中逐时风速计算出的因子；  
 $APD$ ——年平均能量密度， $W/m^2$ ；  
 $V_i$ ——逐时风速， $m/s$ ；  
 $K_{WT}$ ——风力发电组的转换效率。

### 2.2.10 拆除再利用

$P_6$ ——建筑拆除再利用阶段的碳排放量， $t$ ；  
 $P_{i6}$ ——建筑拆除再利用阶段的直接空间碳排放量， $t$ ；  
 $P_{j6}$ ——建筑拆除再利用阶段的间接空间碳排放量， $t$ ；  
 $E_k$ ——第  $k$  种能源碳排放系数， $t/t$ 、 $t/L$ 、 $t/m^3$ ；  
 $Q_k$ ——建筑拆除再利用阶段第  $k$  种能源用量， $t$ 、 $L$ 、 $m^3$ ；  
 $QR_k$ ——第  $k$  种建筑垃圾的重量， $t$ ；  
 $\eta_j$ ——第  $j$  种运输方式，运输单位质量建筑垃圾单位距离的碳排放， $t/(t \cdot km)$ ；

$L_{kj}$  ——第  $k$  种建筑垃圾第  $j$  种运输方式的运输距离, km。  
 $R_{k'}$  ——第  $k'$  种可回收建材的回收碳排放系数, t/t;  
 $Q_{k'}$  ——第  $k'$  种可回收建材的质量, t;  
 $R_{(g,z,m)}$  ——第  $g,z,m$  种构件、组件、模块的回收碳排放系数, t/个;  
 $Q_{(g,z,m)}$  ——第  $g,z,m$  种构件、组件、模块的数量, 个。  
 $E_D$  ——建筑拆除阶段的耗电量, kWh;  
 $P_{dis}$  ——建筑拆除阶段的碳排放量, t;  
 $P_{dis-lev}$  ——建筑拆除物运输阶段的碳排放量, t;  
 $P_{rec}$  ——建筑回收阶段的碳排放量, t。  
 $P_4$  ——建筑装配阶段的碳排放量, t。  
 $P_3$  ——建筑物流阶段的碳排放量, t。  
 $R_{c'}$  ——第  $c'$  种可回收建材的回收碳排放系数, t/t;  
 $Q_{c'}$  ——第  $c'$  种可回收建材的质量, t;  
 $R_{(g,z,m)}$  ——第  $g,z,m$  种构件、组件、模块的回收碳排放系数, t/个;  
 $Q_{(g,z,m)}$  ——第  $g,z,m$  种构件、组件、模块的数量, 个。

### 3 基本规定

3.0.1 装配式建筑碳排放的计算应一栋独立的建筑作为计算单元。

3.0.2 装配式建筑的计算单元不包括地下工程的碳排放，地下工程碳排放计算可参考《建筑碳排放计算标准》（GB/T 51366）等相关规范的计算方法。

3.0.3 碳排放计算应包含《IPCC 国家温室气体清单指南》中列出的各类温室气体。

3.0.4 装配式建筑全生命周期中因电力消耗造成的碳排放计算，应采用由国家相关机构公布的区域电网平均碳排放因子。

3.0.5 装配式建筑碳排放量应按本技术规程提供的方法和数据进行计算宜采用基于本技术规程计算方法和数据开发的碳排放计算软件计算。

## 4 全生命周期设计碳排放量算

### 4.1 全生命周期划分

4.1.1 装配式建筑的全生命周期应划分为材质制备、构件生产、施工装配、运行维护、更新再利用、拆除再利用 6 个阶段。

4.1.2 装配式建筑碳排放的计算边界应以材质制备、构件生产、施工装配、运行维护、更新再利用、拆除再利用 6 个阶段和转运为计算基础。

### 4.2 构件及构件系统碳排放性能优化

4.2.1 装配式建筑构件的分类与分件原则,应能够支持装配式建筑的碳排放计算。

4.2.2 应使用 BIM 工具对装配式建筑构件进行建模和数据传递,模型精细度 LOD3.0,几何模型与信息深度应满足几何表达精度 G3 等级和信息深度 N3 的规定要求,数据中应包括支持装配式建筑碳排放计算的数据和性能优化的条件。

4.2.3 装配式建筑在前期设计时,除应满足构件及构件系统的设计需求外,还应选择碳排放量低、资源利用好、环境优化的构件和构件系统,从而在设计前期就为后续碳排放的降低提供条件。

4.2.4 在进行构件及构件系统选择时,应优先选择材料碳排放量较低、资源利用率高、环境友好的材料,避免使用高碳排放的材料。

4.2.5 构件及构件系统的生产过程中,应采用高效、节能、低碳的制造和加工技术,降低碳排放量。

4.2.6 在构件的转运过程中,应采用低碳、高效的运输和安装方式,减少碳排放量。

4.2.7 在构件的装配施工过程中,应通过前期的方案策划,提升装配施工的效率,采用低碳环保的装配施工技术措施,降低其过程中的碳排放。

4.2.8 构件和构件系统的运行维护过程中,应充分考虑装配式建筑运行维护特点,采用节能、环保、低碳的使用和维护方式,延长构件和构件系统的寿命,减少碳排放量。

4.2.9 构件和构件系统的更新再利用过程中,应形成对构件和构件系统的监测、分析和评估,在构件层级实现对装配式建筑的更新,而非通过将构件降级为材料,提高构件和构件系统的利用率,降低更新过程中的碳排放。

4.2.10 构件和构件系统的拆除再利用过程中,应采用高效、环保、低碳的回收和

再利用方式，降低碳排放。

### 4.3 碳排放关联库

4.3.1 所使用的数据应确定碳排放关联库的数据来源和采集方法，包括对建筑材料、设备、能源、人员等相关数据进行采集和整理，并确保数据的准确性和完整性。

4.3.2 碳排放关联数据库应建立碳排放关联库的分类和编码体系。

4.3.3 装配式建筑的碳排放计算应确定碳排放关联库的数据处理和计算方法，包括对数据的统计、分析和计算，以及建立相应的计算模型和算法，并确保计算方法的准确性和可靠性。

4.3.4 装配式建筑的碳排放计算应采用数据库技术作为支撑。

4.3.5 应建立碳排放工料机因子库，为建立装配式构件因子库提供基础数据支持。

4.3.6 装配式建筑的设计前期应建立标准构件库，构件库中应包括构件模型、技术属性和碳排放关联数据。

4.3.7 为支持装配式建筑碳排放的快速计算，应建立构件和构件系统的因子库，通过基本工料机、生产、装配施工工序等数据信息，对构件的因子库进行动态更新。

4.3.8 装配式建筑应优先采用基于构件的选择设计，通过从构件库选择适合的构件进行装配设计，并通过构件库中的构件数据实现对碳排放的计算。

4.3.9 装配式建筑的构件和建筑模型应与碳排放关联的数据库数据进行关联，实现数据和模型互通，对模型的调整可以实现对碳排放的实时计算，能够输出所需的碳排放计算报告。

4.3.10 应建立碳排放关联库的维护和更新机制，及时更新数据、修正错误和完善数据，以保证碳排放关联库的及时性和完整性。

4.3.11 应建立碳排放关联库的使用和管理规定，包括对碳排放关联库的使用权限和数据保密性的管理，以及对碳排放关联库的安全性和可靠性的管理。

### 4.4 全生命周期碳排放数据技术

4.4.1 装配式建筑的全生命周期过程中的数据应得到有效保存，并通过数据库技术进行存储，有完善的数据管理、验证和调用方式文档。

4.4.2 装配式建筑的全生命周期的数据至少包括：模型、属性、文档等内容，提

供不少于两重的备份机制。

4.4.3 装配式建筑的全生命周期的数据应建立碳排放数据的标准化和更新机制，及时更新数据、修正错误和完善数据，以保证碳排放数据的及时性和完整性。

4.4.4 应建立碳排放数据的应用和管理规定，包括对碳排放数据的使用权限和数据保密性的管理，以及对碳排放数据的安全性和可靠性的管理。

4.4.5 装配式建筑全生命周期的模型、属性、文档等数据，应通过平台或标准数据格式实现关联，为全生命周期的各阶段对模型中的碳排放数据进行提交和调用。

## 5 建造阶段碳排放量算

### 5.1 材料制备碳排放量算

5.1.1 材料制备应符合现行国家标准《环境管理生命周期评价原则与框架》GB/T 24040 和《环境管理生命周期评价要求与指南》GB/T 24044 的有关规定。

5.1.2 建材开采和生产阶段碳排放的计算对象是“材料”，该阶段计算应包括建材开采生产能耗及生产工艺以及建材运输带来的碳排放，计算方法的基本原理是以“碳排放量=活动数据×碳排放因子”为基础。

5.1.3 材料制备碳排放量算应按下列式计算：

$$C_m = C_{m1} + C_{m2} \quad (5.1.3)$$

式中： $C_{m1}$ ——建材开采和生产阶段碳排放，kg；

$C_{m2}$ ——建材运输碳排放，kg

5.1.4 建材开采和生产阶段碳排放应按下列式计算：

$$C_{m1} = \sum_c (M_c \times Q_c) \text{ 公式} \quad (5.1.4)$$

式中： $M_c$ ——第  $c$  种建材的碳排放因子，t/t、t/m<sup>2</sup>、t/m<sup>3</sup>；

$Q_c$ ——第  $c$  种建材用量，t、m<sup>2</sup>、m<sup>3</sup>。

5.1.5 建材运输碳排放应按下列式计算：

$$C_{m2} = \sum_c \sum_i (D_{c,i} \times T_{c,i} \times Q_c) \quad (0.5)$$

式中： $D_{c,i}$ ——第  $c$  种建材  $i$  种运输方式下的转运距离，m、km；

$T_{c,i}$ ——第  $c$  种建材  $i$  种运输方式下，单位重量运输距离的建材碳排放因子  
kgCO<sub>2</sub>/kg·m、tCO<sub>2</sub>/t·m；

$Q_c$ ——第  $c$  种建材用量，t、m<sup>2</sup>、m<sup>3</sup>。

### 5.2 构件生产碳排放量算

5.2.1 装配式建筑构件生产阶段构件碳排放数据中的主要材料部分已在材料制备阶段统计过，仅需计入构件生产阶段中加工辅料的碳排放量。

5.2.2 构件生产阶段碳排放应包括构件加工过程（包含辅料），人员碳排放和运输碳排放，应按下列式计算：

$$C_c = C_{c1} + C_{c2} \quad (0.2)$$

式中： $C_{c1}$ ——该阶段构件加工（包含辅料）过程碳排放，kg；



$C_{c2}$ ——该阶段人员碳排放，kg;

$C_{c3}$ ——构件加工辅料运输碳排放，kg

5.2.3 构件加工过程（包含辅料）碳排放应按下式计算：

$$C_{c1} = \sum_i (n \times E_{c,i} \times V_c \times F_i) + \sum_c (M'_c \times Q_c) \quad (0.3)$$

式中： $E_{c,i}$ ——加工第  $c$  种构件的第  $i$  种加工机械单位台班的能源用量，kWh/台班；

$n_{c,i}$ ——加工第  $c$  种构件的第  $i$  种加工机械单位台班数量，台班；

$F_i$ ——第  $i$  类能源的碳排放因子，kgCO<sub>2</sub>/kWh；

$V_c$ ——第  $c$  种构件重量，t、kg；

$M'_c$ ——加工第  $c$  种构件的辅料碳排放因子，t、kg；

$Q_c$ ——加工第  $c$  种构件的辅料重量，t、m<sup>2</sup>、m<sup>3</sup>。

5.2.4 该阶段人员碳排放应按下式计算：

$$C_{c2} = \sum_{a=1}^n (P_a \times T_{p,a} \times F_{cp}) \quad (5.2.4)$$

式中：

$P_a$ ——本阶段加工第  $c$  类构件时工序  $a$  所需的工人人数，人；

$T_{p,a}$ ——本阶段加工第  $c$  种构件时工序  $a$  所需的工人工时，min、h。

$F_P$ ——人员标准时间碳排放因子（人员碳排放因子取值同材料碳排放因子）  
kgCO<sub>2</sub>/人；

5.2.5 该阶段运输碳排放主要为构件加工的辅料运输过程，主要建材运输已在 5.1.5 中进行计算，辅料运输碳排放应按下式计算：

$$C_{c3} = \sum_c \sum_i (D_{c,i} \times T_{c,i} \times Q'_c) \quad (5.2.5)$$

式中： $D_{c,i}$ ——加工第  $c$  种构件的辅料在  $i$  种运输方式下的转运距离，m、km；

$T_{c,i}$ ——加工第  $c$  种构件的辅料在  $i$  种运输方式下，单位重量运输距离的辅料碳排放因子/kgm；

$Q'_c$ ——加工第  $c$  种构件的辅料重量，t、m<sup>2</sup>、m<sup>3</sup>。

### 5.3 构件转运碳排放量算

5.3.1 装配式建筑构件转运阶段构件碳排放数据中不包括生产与加工构件所需建材部分，该部分已在 5.1 建材开采和生产阶段和 5.2 构件生产阶段统计过。

5.3.2 构件转运碳排放应按下式计算：

$$C_T = \sum_{j=1}^m (\sum_{i=1}^n W_i \times D_{i,j}) \times T_{i,j} \quad (5.3.2)$$

式中： $n$ ——该阶段转运构件种类数量；

$m$ ——该阶段运输方式种类数量；

$W_i$ ——该阶段  $c$  类构件的总重量，kg、t；

$D_{c,j}$ ——该阶段  $c$  类构件在  $j$  种运输方式下的转运距离，m、km；

$T_{c,j}$ ——该阶段  $c$  类构件在  $j$  种运输方式下，单位重量运输距离的构件碳排放因子  $\text{kgCO}_2/\text{kg} \cdot \text{km}$ 、 $\text{tCO}_2/\text{t} \cdot \text{km}$ ；

5.3.3 装配式建筑构件转运阶段碳排放计算应包括建筑结构构件、建筑围护构件、建筑内装构件，建筑环境构件，纳入计算的主要建筑构件的确定应符合以下规定：

1 结构构件包括但不限于，基础构件、主体结构构件、屋顶结构构件、太阳能架构件等；

2 围护构件包括但不限于，外围护构件、内围护构件、内分隔构件等；

3 内装构件包括但不限于，整体厨房、整体卫浴、设备管线、家具等；

4 环境构件包括但不限于，入口构件、景观构件等。

当符合本条第 1 款的规定时，重量比小于 0.1% 的建筑构件可不计算。

## 5.4 构件装配碳排放量算

5.4.1 建筑构件装配阶段的碳排放应包括完成构件定位与连接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。建筑构件拆除再利用阶段的碳排放数据已在 7 建筑构件再利用阶段统计，不需要计入构件装配阶段的碳排放量计算。

5.4.2 建筑构件装配阶段碳排放的计算边界应符合下列规定：

1 装配阶段碳排放计算时间边界应从构件转运至施工场地起至项目竣工验收止；

2 建筑施工场地区域内的机械设备，小型机具、临时设施等使用过程中消耗的能源产生的碳排放应计入；

3 现场制作构件所需人工产生的碳排放应计入，所需机械设备等消耗的能源产生碳排放应符合第 2 款规定；

4 装配阶段使用的办公用房、生活用房和材料库房等临时设施的施工可不计入。

5.4.3 建筑构件装配阶段碳排放由构件定位碳排放与构件连接碳排放组成，应按下式计算：

$$C_a = C_{cl} + C_{con} + C_{cT} \quad (5.4.3)$$

式中： $C_a$ ——该阶段 c 类构件装配碳排放量，kg、t；

$C_T$ ——该阶段 c 类构件吊装定位碳排放量，kg、t；

$C_{con}$ ——该阶段 c 类构件连接碳排放量，kg、t；

5.4.4 建筑构件装配碳排放量应按下式计算：

$$C_{cl} = \sum_{a=1}^n (GE_a \times L_m \times T_{m \cdot a} / \rho_{m \cdot a} \times E \times (P_m \times F_p)) \quad (5.4.4)$$

式中： $GE_a$ ——该阶段处理 c 类构件时工序 a 所需的吊装机械比油耗，kWh；

$L_m$ ——该阶段吊装机械额定功率，kW；

$T_{m \cdot a}$ ——该阶段处理 c 类构件时工序 a 所需的吊装机械工作时间，min，

h；

$\rho_{m \cdot a}$ ——该阶段处理 c 类构件时工序 a 所需的吊装机械耗能系数，kWh/

工程量；

E——能源碳排放系数；

$P_a$ ——该阶段吊装 c 类构件时工序 a 所需人员数量；

$F_p$ ——人的标准时间碳排放因子（人员碳排放因子取值同材料碳排放因子）。

5.4.5 建筑构件连接碳排放量应按下式计算：

$$C_{con} = \sum_{a=1}^n (CON_a \times T_{m \cdot a} \times E \times (P_m \times F_p)) \quad (5.4.5)$$

式中： $CON_a$ ——该阶段连接机械设备额定功率 kW；

$T_{m \cdot a}$ ——该阶段处理 c 类构件时工序 a 所需的吊装机械工作时间，min，

h；

E——能源碳排放系数；

$P_a$ ——该阶段吊装 c 类构件时工序 a 所需人员数量；

$F_p$ ——人的标准时间碳排放因子（人员碳排放因子取值同材料碳排放因子）。

## 5.5 建造阶段碳排放性能优化

5.5.1 材料制备优化。在建造阶段，对于装配式建筑的不同构件，需要对材料进行碳排放性能的评估和选择。应当考虑使用低碳材料、可再生材料以及具有较低碳排放的构件制造方法，从而降低建造阶段的碳排放。

5.5.2 构件生产优化。通过优化工厂生产过程，可以减少能源消耗和碳排放。采用高效设备、节能技术以及工艺创新，以此降低构件生产过程中的碳足迹。同时，减少生产废弃物和材料浪费也是降低碳排放的一项重要措施。

5.5.3 构件运输优化。选择合适的运输方式、优化运输方案，减少运输距离，以此降低运输过程中的碳排放。此外，对于运输过程构件绑扎和保护也要进行优化，以减少损耗和废弃物。

5.5.4 构件装配优化。选择高效的施工装配计划，以减少装配过程能源消耗和碳排放。合理安排施工流程，优化施工顺序，减少不必要的能源浪费。此外，亦可采用数字化建模和智能控制系统，提高装配的效率和精度。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/638142020052006070>