

浙 江 省 团 体 标 准

20XX—XXXX

装配式建筑构件碳足迹核算与碳标签评价 标准

(征求意见稿)

Code for carbon footprint accounting and carbon label evaluation of
prefabricated building components

20XX - XX - XX 发布

20XX - XX - 实施

浙江省勘察设计行业协会 发布

前 言

根据浙江省勘察设计行业协会《关于编制〈装配式建筑构件足迹核算与碳标签评价标准〉的通知》(浙设协[2023]20号)的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国内标准,并在广泛征求各方意见的基础上,编制了本标准。

本标准共分6章,主要技术内容包括:总则、术语和定义、基本规定、核算方法、碳标签等级、结果报告。请注意本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利,本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由浙江省勘察设计行业协会提出并归口管理,由浙江宝业建筑设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送解释单位(地址:杭州市上城区凤凰山脚路7号凤凰文创园1138园区7幢;邮政编码:310003)

本标准主编单位:浙江宝业建筑设计研究院有限公司

中国国检测试控股集团股份有限公司

宣城开盛新能源科技有限公司

中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司

本标准参编单位:九郡绿建管理技术(嘉兴)有限公司

宝业(浙江)绿色建筑研究开发有限公司

贝恩永道(杭州)设计咨询有限公司

合肥宝德建筑工业化有限公司

浙江省绿色建筑与建筑工业化行业协会“双碳”服务促进分会

本标准主要起草人:赵文冰 刘亮俊 王正文 卢迪凯

闫浩春 金 律 余亚超 余雪婧

李 潇 杨 剑 黄 铖 徐 勇

张铭军 杨晓龙 汤飘飘 王 雪

连重炎 胡鸿雁 李建来

本标准主要审查人:曹跃进 游劲秋 林 奕 丁 德

余子华

目 次

1 总则	1
2 术语和定义	2
3 基本规定	4
4 核算方法	5
5 碳标签等级	12
6 结果报告	133
附录A 建材碳排放因子	14
附录B 主要能源碳排放因子	15
附录C 运输碳排放因子	17
本标准用词说明	18
引用标准名录	19
附：条文说明	20

Contents

1	General Provisions.....	1
2	Terms and Definitions.....	2
3	Basic Requirements.....	4
4	Accounting Method.....	5
5	Carbon Label Grade.....	12
6	Result Report.....	133
	Appendix A Carbon Emission Factor for Building Material.....	144
	Appendix B Main Energy Carbon Emission Factor.....	155
	Appendix C Carbon Emission Factor for Building Material Transportation.....	17
	Explanation of Wording in This Standard.....	18
	List of Quoted Standards.....	19
	Addition: Explanation of Provisions.....	20

1 总 则

1.0.1 为贯彻国家和浙江省有关应对气候变化和节能减排的方针政策，规范装配式建筑构件碳足迹核算与碳标签评价，节约资源，保护环境，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于装配式建筑构件生产的碳足迹的核算和碳标签的评价。

1.0.3 装配式建筑构件碳足迹核算与碳标签评价除应符合本标准外，尚应符合国家、行业、地方现行有关标准的规定。

2 术语和定义

2.0.1 装配式建筑 prefabricated building

由预制部品部件在工地装配而成的建筑。

【来源：GB/T 51129-2017，2.0.1】

2.0.2 装配式建筑构件 prefabricated building elements

是指装配式建筑的预制部品部件。

2.0.3 产品部分生命周期 product part life cycle

指装配式建筑构件产品系统中前后衔接的一部分阶段，指原材料获取、原材料运输、利用原材料进行构件产品生产的三个阶段。

【参考：GB/T 24040-2008，3.1】

2.0.4 产品碳足迹 carbon footprint of the product

某个产品功能单位的生命周期内各种温室气体排放量。

2.0.5 温室气体 greenhouse gas (GHG)

大气层中自然存在的和由于人类活动产生的能够吸收和散发由地球表面、大气层和云层所产生的、波长在红外光谱内的辐射的气态成分。

【来源：GB/T32150-2015，3.1】

2.0.6 二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent (CO₂e)

在辐射强度上与某种温室气体质量相当的二氧化碳的量。

注：二氧化碳当量等于给定温室气体的质量乘以它的全球变暖潜势值。

【来源：GB/T32150-2015，3.16】

2.0.7 活动数据 activity data

导致温室气体排放的生产或消费活动量的表征值。

注：本文件活动数据为各种燃料的消耗量、原料的使用量、产品产证量、外购电力量、外购蒸汽量等。

【来源：GB/T32150-2015，3.12】

2.0.8 温室气体排放因子 greenhouse gas emission factor

单位活动水平数据产生的温室气体量，用二氧化碳当量与相关的活动单位表示。

2.0.9 可再生能源 renewable energy

从自然界获取的、可以再生的非化石能源，包括太阳能、风能、水能、生物质能、地热能、空气源和海洋能等。

【来源：DBJ33/T1105-2022，2.0.1】

2.0.10 再生利用 recycling

装配式建筑构件生产企业生产过程中产生的物料经过回收后，通过环保的方式进行再造，成为可利用的再生资源。

【参考：GB/T50743-2012，2.1.7】

2.0.11 碳标签 carbon label

原材料获取、运输、构件生产等过程中所消耗的二氧化碳量，在产品包装上以量化指标进行标识，以推广低碳排放技术，并以标签形式告知使用者该产品的碳信息。

2.0.12 功能单位 functional unit

用来作为基准单位的量化的产品系统性能。

【来源：GB/T 24044-2008，3.20】

3 基本规定

3.0.1 装配式建筑构件碳排放量应包含《IPCC国家温室气体清单指南》中列出的各类温室气体。

3.0.2 装配式建筑构件生产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。

3.0.3 在对装配式建筑构件碳足迹计算和碳标签评价时，应遵循以下原则：

1 相关性：应选择与选定评估的装配式建筑构件所产生的碳排放相关的碳排放源、数据和方法。

2 完整性：装配式建筑构件碳足迹系统边界及临时边界内对碳排放有实质性贡献的所有生命周期阶段的排放都应纳入指定产品生命周期碳排放评估中。

3 一致性：在碳排放评估中的方法和数据需以同样的方式贯穿于整个计算过程，且能够用于支持可重现、可比较的结果。

4 准确性：避免装配式建筑构件中碳排放的重复计算,尽可能地减少误差和不确定性。

5 透明性：如果依照本标准开展碳标签评估的结果需要通报给第三方，那么与温室气体排放相关的所有信息，都应公开披露。

4 核算方法

4.0.1 依据国际标准化组织定义，核算方法参考国家标准《环境管理 生命周期评价 要求与指南》GB/T 24044-2008，进行优化后得出本标准公式。

4.1 目标和范围

4.1.1 本标准目标为装配式建筑建设所需的预制构件产品。

4.1.2 本标准规定的装配式预制构件产品碳足迹核算范围包括了构件产品生产的碳排放，以及构件生产所需原材料的生产、运输，但不包括产品的出厂运输和使用阶段。即本文件核算范围为产品部分生命周期，仅包括产品从构件原材料获取、运输，到构件产品生产三个阶段。

4.2 核算单元

4.2.1 对于同一企业不同规格的产品、或同一规格但不同产地的产品，应分别核算碳足迹。

4.2.2 对于同一企业同一产地生产的同一规格的产品，如果采用的工艺技术、生产设备、原燃料种类和供应商有差异时，在进行数据调查时原则上应按产证比例进行平均。

4.3 产品碳足迹核算

4.3.1 预制构件产品碳排放量应按下式计算：

$$\text{GHG}_{\text{产品碳排放}} = \text{GHG}_{\text{原料}} + \text{GHG}_{\text{原料运输}} + \text{GHG}_{\text{能源}} + \text{GHG}_{\text{过程}} + \text{GHG}_{\text{废弃物处理}} - \text{GHG}_{\text{可再生能源}} - \text{GHG}_{\text{回收利用}} \quad (4.3.1)$$

式中：

$\text{GHG}_{\text{产品碳排放}}$ —预制构件产品碳排放量，单位为（ kgCO_2e ）；

$\text{GHG}_{\text{原料}}$ —原料生产碳排放量，单位为（ kgCO_2e ）；

$\text{GHG}_{\text{原料运输}}$ —原料运输碳排放量，单位为（ kgCO_2e ）；

$\text{GHG}_{\text{能源}}$ —预制构件产品生产能源使用过程碳排放量，单位为（ kgCO_2e ）；

$\text{GHG}_{\text{过程}}$ —预制构件产品生产过程碳排放量，单位为（ kgCO_2e ）；

$\text{GHG}_{\text{废弃物处理}}$ —预制构件产品废弃物处理过程碳排放量，单位为（ kgCO_2e ）；

$\text{GHG}_{\text{可再生能源}}$ —可再生能源利用碳减排量，单位为（ kgCO_2e ）；

$\text{GHG}_{\text{回收利用}}$ —装配式建筑构件产品生产过程中产生的废弃物经回收作为生产原料自用或作为产品外供所对应的碳减排量，单位为（ kgCO_2e ）。

4.3.2 原料生产碳排放量应按下式计算：

$$\text{GHG}_{\text{原料}} = \sum_{i=1}^n M_i F_i \quad (4.3.2)$$

式中：

M_i —第*i*种原料的消耗量，单位为（ t ）；

F_i —第*i*种原料的碳排放因子，单位为（ $\text{kgCO}_2\text{e/t}$ ），按本标准附录A取值。

4.3.3 原料运输碳排放量应按下式计算：

$$\text{GHG}_{\text{原料运输}} = \sum_{i=1}^n M_i D_i T_i \quad (4.3.3)$$

式中：

M_i —第*i*种原料的重量，单位为（t）；

D_i —第*i*种原料运输距离，单位为（km），从运料场地到生产所在地；

T_i —第*i*种原料的运输方式下，单位重量运输距离的碳排放因子 [$\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{t}\cdot\text{km})$]，按本标准附录C取值。

4.3.4 装配式预制构件产品生产能源碳排放量应按下式计算：

$$\text{GHG}_{\text{能源}} = \text{GHG}_{\text{燃料}} + \text{GHG}_{\text{电力}} + \text{GHG}_{\text{热力}} + \text{GHG}_{\text{其他}} \quad (4.3.4)$$

式中：

$\text{GHG}_{\text{燃料}}$ —燃料燃烧产生的碳排放量，单位为（ kgCO_2e ）；

$\text{GHG}_{\text{电力}}$ —使用外购电力产生的碳排放量，单位为（ kgCO_2e ）；

$\text{GHG}_{\text{热力}}$ —使用外购热力产生的碳排放量，单位为（ kgCO_2e ）；

$\text{GHG}_{\text{其他}}$ —生产过程中使用其他能源所产生的其他碳排放量，单位为（ kgCO_2e ）。

1 燃料碳排放量应按下式计算：

$$\text{GHG}_{\text{燃料}} = \sum (C_k \times \text{HV}_k \times \text{CPH}_k \times \text{OF}_k \times 44/12) \text{EA} \times \text{EF} \quad (4.3.4-1)$$

式中：

k —不同燃料类型；

C_k —第*k*类燃料的消耗量，单位为（t）或（ m^3 ）；

HV_k —第*k*类燃料的低位热值，单位为（ TJ/t ）或（ TJ/m^3 ）；

CPH_k —第*k*类燃料的单位热值含碳量，单位为（ t/TJ ），按本标准附录B取值；

OF_k —第*k*类燃料的氧化率，%，按本标准附录B取值；

44/12—二氧化碳折减系数。

2 电力碳排放量应按下式计算：

$$\text{GHG}_{\text{电力}} = \text{EA} \times \text{EF} \quad (4.3.4-2)$$

式中：

EA —外购电力活动水平数据，单位为（ kWh ）；

EF —外购电力温室气体排放因子，应采用由政府主管部门公布的区域电网平均碳排放因子。

3 外购热力碳排放量应按下式计算：

$$\text{GHG}_{\text{热力}} = \text{HA} \times \text{HF} \quad (4.3.4-3)$$

式中：

HA—外购热力活动水平数据，单位为（GJ）；

HF—外购热力碳排放因子，单位为（kgCO₂e/GJ）。

4 其他能源碳排放量应按下式计算：

$$GHG_{\text{其他}} = \sum_{i=1}^n E_i EF_i \quad (4.3.4-4)$$

式中：

E_i—第i种能源活动水平数据，单位为（kg）或（kWh）；

EF_i—第i种能源的碳排放因子，单位为（kgCO₂e/kWh）或（kgCO₂e/kg）。

4.3.5 装配式预制构件产品生产过程碳排放量应按下式计算：

$$GHG_{\text{过程}} = \sum (AD_j \times PF_j) \quad (4.3.5)$$

式中：

AD_j—第j类生产过程活动水平数据，单位为（t）或（m³）；

PF_j—第j类生产过程碳排放因子，单位为（kgCO₂e/t）或（kgCO₂e/m³）。

注：生产过程温室气体排放指的是装配式预制构件产品生产过程中，由于能源消耗和物料转化等环节所产生的温室气体的排放。

4.3.6 装配式建筑构件产品生产过程中的废弃物处理应按下式计算：

$$GHG_{\text{废弃物处理}} = WA \times WF \quad (4.3.6)$$

式中：

WA—废弃物处理活动水平数据,单位为（t）或（m³）；

WF—废弃物处理碳排放因子,单位为(t/t)或(t/m)。

4.3.7 可再生能源系统

$$GHG_{\text{可再生能源}} = Q_{Ls} + Q_{Lp} + E_{wt} + Q_{LD} + Q_{LK} + W_K + Q_{Lg} \quad (4.3.7)$$

式中：

Q_{Ls}—太阳能热水系统年能源消耗量，单位为（kWh/a）；

Q_{Lp}—太阳能光伏系统的年发电量，单位为（kWh/a）；

E_{wt}—风力发电机组的年发电量，单位为（kWh/a）；

Q_{LD}—地源热泵年能源消耗量，单位为（kWh/a）；

Q_{LK}—空气源热泵年能源消耗量，单位为（kWh/a）；

W_K—热水需要的热源消耗量，单位为（kWh/a）；

Q_{Lg}—其他可再生能源系统年综合利用量核算值，单位为（kWh/a）。

1 太阳能热水系统应按下列式计算：

$$Q_{LS} = B_S \times A_S \quad (4.3.7-1)$$

式中：

A_S —太阳能集热器面积，单位为（ m^2 ）；

B_S —太阳能热水系统可再生能源综合利用量核算系数，取值 $192kWh/(m^2 \cdot a)$ 。

2 太阳能光伏发电系统的年发电量应按下列式计算：

$$Q_{LP} = B_P \times K_P \times A_P \quad (4.3.7-2)$$

式中：

B_P —光伏组件水平安装时的单位面积年预测发电量，单位为 $[kWh/(m^2 \cdot a)]$ ，应按本标准条文解释 4.3.7 表 1 取值；

K_P —光伏组件的倾角和方位角修正系数，应按本标准条文解释 4.3.7 表 2 取值；

A_P —光伏组件的总面积，单位为（ m^2 ）。

3 风力发电机组的年发电量应按下列式计算：

$$E_{wt} = 0.5\rho C_R(z) V_0^3 A_w \rho \frac{K_{WT}}{1000} \quad (4.3.7-3)$$

$$C_R(z) = K_R \ln(z/z_0) \quad (4.3.7-3.1)$$

$$A_w = 5D^2/4 \quad (4.3.7-3.2)$$

$$EPF = \frac{APD}{0.5\rho V_0^3} \quad (4.3.7-3.3)$$

$$APD = \frac{\sum_{i=1}^{8760} 0.5\rho V_i^3}{8760} \quad (4.3.7-3.4)$$

式中：

ρ —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 —场表粗糙系数；

V_0 —年可利用平均风速，单位为（ m/s ）；

A_w —迎风面积；

D —风机叶片直径；

EPF —根据典型气象数据中逐时风速计算出的因子；

APD —年平均能量密度，单位为（ W/m^2 ）；

V_i —逐时风速，单位为（ m/s ）；

K_{WT} —风力发电机组的转换效率。

4 地源热泵系统应按下列式计算：

$$Q_{LD} = B_d \times W_d \times \eta_d \quad (4.3.7-4)$$

式中：

W_d —地源热泵机组装机功率，单位为（kW）；

η_d —负荷率，如地源热泵按照冬季设计负荷， $\eta_d=1$ ，如按照夏季设计负荷， η_d =冬季设计负荷/夏季设计负荷，单位为（%）；

B_d —地源热泵单位装机功率可再生能源综合利用量核算系数，取值 540 kWh/（kW·a）。

5 空气源热泵系统应按下列式计算：

$$Q_{LK} = B_{KS} \times W_K \times T \times D_a \quad (4.3.7-5)$$

式中：

W_K —空气源热泵机组的输入功率，单位为（kW）；

T —机组每天运行时间，单位为（h/d）；

B_{KS} —空气源热泵系统可再生能源综合利用量输入功率算法核算系数，取值 0.42kW/kW。

6 热水系统应按下列式计算：

$$W_k = (Q / \text{COP} / q / t_1) \times t \quad (4.3.7-6)$$

式中：

Q —热水需要的热量，单位为（kWh/a）；

COP —能效比（不同的气温有不同的 COP ）；

q —电热值 860Kcal/kWh；

t_1 —冬季每日运行时间（不能超过 16h/d）；

t —冬季运行时间。

4.3.8 装配式建筑构件材料回收减碳量应按下列式计算：

$$\text{GHG}_{\text{回收利用}} = \sum_{i=1}^n (M_{Di} \times DF_i \times \eta_i) \quad (4.3.8)$$

式中：

M_{Di} —第*i*类回收材料的回收量，单位为（t）或（m³）；

DF_i —第*i*类回收处理后可利用材料的碳排放因子，单位为（kgCO₂e/t）或（kgCO₂e/m³）；

η_i —第*i*类回收材料可回收比例。

4.3.9 企业碳足迹核算应以二氧化碳当量（CO₂e）为单位量化并报告每个分析单元的总消耗结果，产品碳足迹的计算采用如下方法：

$$E_{\text{产品碳足迹}} = \text{GHG}_{\text{产品碳排放量}} / P \quad (4.3.9)$$

式中：

$E_{\text{产品碳足迹}}$ —装配式建筑构件温室气体每功能单位排放量，即装配式建筑构件碳足迹，单位为 $[\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{t}, \text{m}^3)]$;

P —装配式建筑构件产品年度产量，单位为 (t) 或 (m^3) 。

4.4 数据获取

4.4.1 装配式建筑构件生产企业边界

是指产品构件的生产，但不包含办公、员工生活设施、交通、差旅等非生产过程。

4.4.2 装配式建筑构件生产企业生产过程细分

1 生产过程细分

细分的基本原则是保持核算范围内生产过程的完整性、数据的可获得性和可核查性。对于简单的生产过程可以不划分工序，而把整个企业作为一个工序，但在可能的情况下，应对生产过程进行工序细分，用于支持产品、技术、管理改进。

2 生产过程的边界和工序细分

应画出需要获取的生产单元过程的流程图。流程图是用于企业数据获取和计算的示意图，每个单元过程都应单独收集数据。如果企业认为流程图涉及机密的具体细节，可用简化版本代替，流程图至少应包括以下几点：

- (1) 所定义的各个生命周期阶段；
- (2) 每一个阶段中所包括的输入输出流；
- (3) 从清单中排除的任何过程。

4.4.3 装配式建筑构件生产企业生产数据获取

1 数据获取基本原则

数据获取应详细记录各项数据的计算方法、数据来源和原始凭证，保持其可追溯，便于核查现场数据应收集产品功能单元统计期内的生产数据（见附录表）。

2 数据统计期

进行碳足迹核查的企业原则上以上一年为统计期，个别产品根据具体生产周期决定其统计期。

4.4.4 计算数据库选择的原则

1 完整性

数据库应该涵盖本标准规定的所有温室气体种类；数据库所提供的数据应具有完整的核算范围，应该是从资源开采到物料、能源、出厂为止的生命周期汇总过程数据。

2 一致性

应尽量采用同一数据库的数据，保证背景数据的一致性。

3 公开性

数据库应有公开的数据库指南,用于说明数据库开发的方法。此外，数据库中的每个数据都应有完整的文档，包括模型完整性和数据代表性、数据来源说明和同行评审意见。

5 碳标签等级

5.1 产品碳标签分级

5.1.1 装配式建筑构件的碳标签按照碳足迹分为三个等级，分别是碳披露标签、碳减量标签、碳领跑标签三种。

5.1.2 碳披露标签

装配式建筑构件的温室气体排放量，评估结果经第三方审核通过即可获得核发证书。

5.1.3 碳减量标签

装配式建筑构件产品的碳足迹低于一般产品的碳排放量，减碳成效经第三方核查审查通过后方可核发证书。

5.1.4 碳领跑标签

装配式建筑构件在碳足迹低于一般产品的碳排放量 20%或 20%以上，以实现低碳领先地位，减碳成效经第三方核查审查通过后方可核发证书。

5.2 碳标签的计算

5.2.1 装配式建筑构件碳标签应按下列式计算：

$$E_{\text{产品碳标签}} = E_{\text{产品碳足迹}} \times Q_{\text{构件}} \pm \Delta C_z \quad (5.2.1)$$

式中：

$E_{\text{产品碳标签}}$ —装配式建筑构件碳标签；

$Q_{\text{构件}}$ —装配式建筑构件的体积或重量，单位为（t）或（m³）；

ΔC_z —装配式建筑构件主要材料碳排放增减量，单位为（kgCO_{2e}）。

5.2.2 装配式建筑构件主要材料碳排放增减量计算应按下列式计算：

$$\Delta C_z = \Delta \sum_{i=1}^n M_i F_{1,i} \quad (5.2.2)$$

式中：

ΔC_z —装配式建筑构件主要材料碳排放增减量；

M_i —主要构件第*i*种主要建材的消耗量；

$F_{1,i}$ —主要构件第*i*种主要建材的碳排放因子（kgCO_{2e}/单位建材数量），按标准附录A取值。

6 结果报告

6.0.1 根据碳足迹核算结果，结合企业环境战略目标和产品自身特点，可应用于：

1 经独立第三方机构审核后发布产品碳足迹信息和报告，可用于市场营销、合规声明、企业社会责任报告等；

2 开展其他方核查；

3 实施自我声明；

4 报告中应对装配式建筑构件碳足迹数据进行对比分析；

5 用于鼓励企业的产品、工艺技术、生产管理和供应链管理的改进。从生命周期角度提出温室气体减排改进方案，一般包括清洁生产、供应链管理、绿色采购、使用再生能源等方面。企业在实施改进方案之后，可以评价并对外公布产品碳足迹和减排量，帮助企业实现温室气体减排的目的。

附录 A 建材碳排放因子

建筑材料类别	建筑材料碳排放因子
普通硅酸盐水泥(市场平均)	735 kgCO ₂ e/t
砂 (f=1.6~3.0)	2.51 kgCO ₂ e/t
碎石 (d=10mm~30mm)	2.18 kgCO ₂ e/t
转炉碳钢	1990 kgCO ₂ e/t
电炉碳钢	3030 kgCO ₂ e/t
热轧碳钢小型型钢	2310 kgCO ₂ e/t
热轧碳钢中型型钢	2365 kgCO ₂ e/t
热轧碳钢中厚板	2400 kgCO ₂ e/t
热轧碳钢H钢	2350 kgCO ₂ e/t
热轧碳钢宽带钢	2310 kgCO ₂ e/t
热轧碳钢钢筋	2340 kgCO ₂ e/t
热轧碳钢高线材	2375 kgCO ₂ e/t
焊接直缝钢管	2530 kgCO ₂ e/t
热轧碳钢无缝钢管	3150 kgCO ₂ e/t
冷轧冷拔碳钢无缝钢管	3680 kgCO ₂ e/t
冷轧碳钢板卷	2530 kgCO ₂ e/t
冷硬碳钢板卷	2410 kgCO ₂ e/t
无规共聚聚丙烯管	3.72 kgCO ₂ e/kg
聚乙烯管	3.6 kgCO ₂ e/kg
硬聚氯乙烯管	7.93 kgCO ₂ e/kg
岩棉板	1980 kgCO ₂ e/t
硬泡聚氨酯板	5220 kgCO ₂ e/t
自来水	0.168kgCO ₂ e/t

注：1、本标准附录A来源于《建筑碳排放计算标准》GB/T51366-2019，附录D。
2、如附录中无相关数据，宜采用权威机构第三方核查数据。

附录 B 主要能源碳排放因子

表B.0.1 化石燃料碳排放因子

分类	燃料类型	单位热值含碳量 (tC/TJ)	碳氧化率 (%)	单位热值 CO ₂ 排放因子 (tCO ₂ /TJ)
固体燃料	无烟煤	27.4	0.94	94.44
	烟煤	26.1	0.93	89.00
	褐煤	28.0	0.96	98.56
	炼焦煤	25.4	0.98	91.27
	型煤	33.6	0.90	110.88
	焦炭	29.5	0.93	100.60
	其他焦化产品	29.5	0.93	100.60
液体燃料	原油	20.1	0.98	72.23
	燃料油	21.1	0.98	75.82
	汽油	18.9	0.98	67.91
	柴油	20.2	0.98	72.59
	喷气煤油	19.5	0.98	70.07
	一般煤油	19.6	0.98	70.43
	NGL 天然气凝液	17.2	0.98	61.81
	LPG 液化石油气	17.2	0.98	61.81
	炼厂干气	18.2	0.98	65.40
	石脑油	20.0	0.98	71.87
	沥青	22.0	0.98	79.05
	润滑油	20.0	0.98	71.87
	石油焦	27.5	0.98	98.82
	石化原料油	20.0	0.98	71.87
其他油品	20.0	0.98	71.87	
气体燃料	天然气	15.3	0.98	55.54

B.0.2 其他能源碳排放因子应按表B.0.2选取。

表B.0.2 其他能源碳排放因子

能源类型	缺省碳含量 (tC/TJ)	缺省氧化因子	有效 CO ₂ 排放因子 (tCO ₂ /TJ)		
			缺省值	95%置信区间	
				较低	较高
城市废弃物 (非生物量比例)	25.0	1	91.7	73.3	121
	39.0	1	143.0	110.0	183.0
	20.0	1	73.3	72.2	74.4
	28.9	1	106.0	100.0	108.0

续表B.0.2

固体生物燃料	木材/木材废弃物	30.5	1	112.0	95.0	132.0
	亚硫酸盐废液（黑液）	26.0	1	95.3	80.7	110.0
	木炭	30.5	1	112.0	95.0	132.0
	其他主要固体生物燃料	27.3	1	100.0	84.7	117.0
液体生物燃料	生物汽油	19.3	1	70.8	59.8	84.3
	生物柴油	19.3	1	70.8	59.8	84.3
	其他液体生物燃料	21.7	1	79.6	67.1	95.3
气体生物燃料	填埋气体	14.9	1	54.6	46.2	66.0
	污泥气体	14.9	1	54.6	46.2	66.0
	其他生物气体	14.9	1	54.6	46.2	66.0
	城市废弃物（生物量比例）	27.3	1	100.0	84.7	117.0

注：1、本标准附录B来源于《建筑碳排放计算标准》GB/T51366-2019，附录A。

2、如附录中无相关数据，宜采用权威机构第三方核查数据。

附录 C 运输碳排放因子

运输方式类别	碳排放因子 kgCO ₂ e/ (t · km)
轻型汽油货车运输 (载重2t)	0.334
中型汽油货车运输 (载重8t)	0.115
重型汽油货车运输 (载重10t)	0.104
重型汽油货车运输 (载重18t)	0.104
重型柴油货车运输 (载重18t)	0.0495
中型柴油货车运输 (载重12t)	0.0425
轻型柴油货车运输 (载重4.5t)	0.0835
微型柴油货车运输 (载重1.8t)	0.125
电力机车运输	0.010
内燃机车运输	0.011
铁路运输 (中国市场平均)	0.010
液货船运输 (载重2000t)	0.019
干散货船运输 (载重2500t)	0.015
集装箱船运输 (载重200TEU)	0.012

注：1、1、本标准附录C数据中，除重型柴油货车运输（载重18t）、中型柴油货车运输（载重12t）、轻型柴油货车运输（载重4.5t）、微型柴油货车运输（载重1.8t）碳排放因子取自《中国分省道路交通二氧化碳排放因子》2021年最新数据外，其余数据来源于《建筑碳排放计算标准》GB/T51366-2019，附录E。

2、如附录中无相关数据，宜采用权威机构第三方核查数据。

本标准用词说明

1 为了便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件允许时首先这样做的。

正面词采用“宜”反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 标准中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 GB/T 24025-2009 环境标志和声明 III型环境声明 原则和程序
- 2 GB/T 24040-2008 环境管理 生命周期评价 原则与框架
- 3 GB/T 24044-2008 环境管理 生命周期评价 要求与指南
- 4 GB/T 32150-2015 工业企业温室气体排放核算和报告通则
- 5 GB/T 50743-2012 工程施工废弃物再生利用技术规范
- 6 DB33/T1165-2019 装配式建筑评价标准
- 7 DBJ33/T 1105-2022 民用建筑可再生能源应用核算标准

浙江省团体标准

装配式建筑构件碳足迹核算与碳标签评价标准

--2023

条文说明

编制说明

《装配式建筑构件碳足迹核算与碳标签评价标准》--2023，经浙江省勘察设计行业协会浙设协[2023]20号文批准发布。

本标准制订过程中，编制组进行了广泛深入的调查研究，总结了我省装配式建筑碳排放计算和部品部件碳足迹核算的实践经验，同时参考了国内外相关先进技术法规、技术标准，通过现场勘察和产品核算取得了相关装配式部品部件体系的碳足迹重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《装配式建筑构件碳足迹核算与碳标签评价标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。但条文说明不具备与标准正文同等的效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总则	23
2	术语和定义	24
4	核算方法	26
5	碳标签等级	39
6	结果报告	40

1 总则

根据国际标准化组织的定义，碳足迹的全生命周期评价指的是对一个产品系统的生命周期中输入、输出及其潜在环境影响的汇编和评价,其核算阶段包括完整的全生命周期，即原材料获取、制造、配送销售、使用、废弃等五个阶段；以及部分生命周期，其中仅包括原材料获取、运输和产品的制造三个阶段。

由于装配式建筑构件产品生命周期的使用和废弃已经在建筑全生命周期相关标准里涉及，因此本标准选用的装配式建筑构件生产的碳排放的核算为部分生命周期碳排放的核算和量化指标评估。

2 术语和定义

2.0.1 装配式建筑是一个系统工程，是将预制部品部件通过系统集成的方法在工地装配，实现建筑主体结构构件预制，非承重围护墙和内隔墙非砌筑并全装修的建筑。装配式建筑包括装配式混凝土建筑、装配式钢结构建筑、装配式木结构建筑等。

2.0.2 装配式建筑构件是指在工厂内预制建筑所需要的部分构件和所有构件，然后把生产好的构件运到施工现场进行组装。本标准装配式建筑构件种类主要有装配式混凝土构件：外墙板，内墙板，叠合板，阳台，空调板，楼梯，预制梁，预制柱等，装配式钢结构：钢梁、钢柱、钢楼梯等。

2.0.3 生命周期是指产品系统中前后衔接的一系列阶段，从自然界或从自然资源中获取原材料，直至最终处置。本标准规定的部分生命周期是生命周期评价中根据规定的目的和范围要求对清单分析和(或)影响评价的结果进行评估以形成结论和建议的阶段。

2.0.4 碳足迹是指对某一产品或活动在生命周期内直接及间接引起的温室气体排放量，以二氧化碳当量为单位，简而言之是指个人或企业的“碳耗用量”。其核算阶段包括完整的全生命周期（从摇篮到坟墓，B2C），即原材料获取、制造、配送销售、使用、废弃等五个阶段；以及部分生命周期（从摇篮到大门，B2B），其中仅包括原材料获取、原材料运输、产品生产三个阶段。装配式建材碳足迹是部分生命周期阶段的温室气体排放之和。

建筑工程的功能单位是指工程单位制中力的主单位。kg、t、m²、m等。

2.0.5 温室气体是指大气层中自然存在的和由于人类活动产生的能够吸收和散发由地球表面、大气层和云层所产生的、波长在红外光谱内的辐射波的气态成分。温室气体包括但不限于二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化物（HFCs）、全氟碳化物（PFCs）和六氟化硫（SF₆）。

装配式建筑建造、运行、拆除过程中产生的温室气体主要为CO₂，其计算结果通常使用kgCO₂e；建材生产和运输及制冷剂排放的温室气体包括各种温室气体，其碳排放强度通常使用二氧化碳当量(kgCO₂e)表示。CO₂为人类活动最常产生的温室效应气体，为了统一度量整体温室效应的结果，规定以kgCO₂e为度量温室效应的基本单位。二氧化碳当量(kgCO₂e)指与一定质量的某种温室气体具有相同温室效应的CO₂的质量，是可用于比较不同温室气体对温室效应影响的度量单位。

通常可采用单位面积装配式建筑碳排放量对不同建筑设计方案和不同建筑物之间的碳排放进行比较，单位面积装配式建筑碳排放量由装配式建筑碳排放总量除以建筑面积得到。

2.0.6 二氧化碳当量是一种用作比较不同温室气体排放的量度单位，各种不同温室效应气体对地球温室效应的贡献度皆有所不同。为了统一度量整体温室效应的结果，又因为二氧化碳是人类活动产生温室效应的主要气体，因此，规定以二氧化碳当量为度量温室效应的基本单位。

2.0.7 温室气体活动数据是指在活动过程中产生的温室气体排放量，包括各种化石燃料消耗量、化石燃料低位发热量、购入使用电量等。这些数据可以用来计算温室气体排放量，从而更好地了解人类活动对气候变化的影响。

2.0.8 温室气体排放因子是指每一种能源燃烧或使用过程中单位能源所产生的温室气体排放数量。

2.0.9 可再生能源是指风能、太阳能、水能、生物质能、地热能等非化石能源，是清洁能源。可再生能源是绿色低碳能源，对于改善能源结构、保护生态环境、应对气候变化、实现经济社会可持续发展具有重要意义。按照国家标准《绿色建筑评价标准》GB/T 50378的定义，可再生能源系统应包括太阳能光热系统、地源热泵系统、太阳能光伏发电系统、风力发电系统等。

在计算产品碳足迹时，若采用了可再生能源，需计算可再生能源固碳量，从而降低产品碳足迹中的温室气体排放量。

2.0.10 再生利用是指建筑建造和拆除阶段产生的可再生利用的建筑废料，按其可替代的初生原料的碳排放的相关比例计算。

2.0.11 “碳标签”，也就是“碳足迹计算”，通过对产品全生命周期碳排放的计算分析，企业可将其产品的碳足迹以贴上“碳标签”的方式告知消费者，从而引导消费者的市场购买行为。所以说，碳标签就是产品碳足迹的量化标注，“碳”耗用得越多，导致地球暖化的二氧化碳也制造得越多，碳足迹就大，标注在产品上的碳标签也就越大，反之，碳标签就小。

4 核算方法

4.2 核算单元

本标准根据装配式建筑构件产品的碳足迹过程，梳理出下列核算单元，也可以根据实际情况选择核算单元。

- (1) 对于不同企业不同规格的装配式建筑构件产品，可分别核算碳足迹。
- (2) 对于同一企业不同规格的装配式建筑构件产品，可分别核算碳足迹。
- (3) 对于同一企业同一规格不同产地的装配式建筑构件产品，可分别核算碳足迹。
- (4) 对于同一企业同一规格同一产地不同原料来源的装配式建筑构件产品，可分别核算碳足迹。
- (5) 对于同一企业同一规格同一产地同一原料来源不同工艺流程的装配式建筑构件产品，可分别核算碳足迹。

4.3 产品碳足迹核算

4.3.2 本条提供了原料生产排放量的计算公式。

(1) 装配式建筑构件的原材料主要消耗量通过查询设计图纸、工程量定额、配料清单等构件加工相关技术资料确定。

(2) 装配式建筑构件原材料获取企业向构件厂提供原材料数据时，应提供第三方认证机构为原材料企出具碳足迹证书，证书应提供产品碳足迹值。

4.3.3 本条提供了原料运输排放量的计算公式。主要考虑装配式构建原材料运输阶段碳排放计算，理论上应包含：原材料从生产地运到构建加工厂的运输过程。考虑到目前运输工具的生产、运输道路等基础设施建设等过程的基础数据尚不完善，且此类过程分摊到建材运输上的环境影响较小，可忽略不计。

4.3.4 本条提供了能源碳排放量的计算公式。装配式建筑构件生产阶段碳能源碳排放量主要是生产阶段天然气、汽油、柴油、燃气等能源的消耗量的碳排放量。

2 本条提供了电力排放量的计算公式。计算电力消耗造成碳排放时，应采用由生态环境部公布的区域电网平均碳排放因子，2022年公布全国统一电力排放因子为0.5810kgCO₂e/kWh，2023年公布全国统一电力排放因子为0.5703kgCO₂e/kWh。

3 本条提供了外购热力排放量的计算公式。计算外购消耗造成碳排放时，应采用外购热力厂提供的核查数据，也可以根据温室气体核查报告中的净购入热力活动水平数据进行核算。

4.3.5 本条提供了生产过程中的排放量的计算公式。考虑到过程排放涉及工艺排放、逸散排放，类型比较多，包括乙炔、空调制冷剂、灭火器二氧化碳等排放，本标准暂不提供过程温室气体排放因子。企业在计算该项温室气体排放时，可根据具体情况查阅引用其他标准文献，也可根据排放量1%进行取舍。

4.3.7 可再生能源

1 太阳能系统在生活热水中的广泛应用，需扣除太阳能系统对生活热水热量的贡献，再考虑不同生活热水热源效率，计算生活热水总能耗。

计算生活热水在储存、输配过程中的各项热损失，包括生活热水输配热损失、储热水箱热损失和二次循环能耗损失是生活热水系统能耗计算的难点，这些损失通过生活热水输配效率(η)综合考虑。

2 光伏系统的发电量是动态变化的，太阳能资源逐时变化，且系统效率也受资源因素的影响。在设计阶段可以通过太阳能资源情况、系统形式等信息计算其发电量。

当前的太阳能电池种类包括晶体硅电池、薄膜电池及其他材料电池。其中硅电池又分为单晶电池、多晶电池和无定形硅薄膜电池等。对太阳能电池而言，最重要的参数是光电转换效率，在实验室所研发的硅基太阳能电池中，单晶硅电池效率为 20.0%，多晶硅电池效率为 18.4%，铜铟镓硒薄膜(CIGS)电池效率达 16%，碲化镉(CdTe)薄膜电池效率达 15%，而在实际应用中效率略低这一水平。表 1 提供了一些光伏组件水平安装时的单位面积年预测发电量。

表 1 光伏组件水平安装时的单位面积年预测发电量

光伏组件类型		光伏组件的光电转化效率 η_p (%)	光伏组件水平安装时的单位面积年预测发电量 B_p 【kWh/ (m ² · a)】
晶体硅	多晶硅	18.4	179
	单晶硅	20	194
薄膜	钙钛矿	16	155
	铜铟镓硒	16	155
	碲化镉	15	146
	其他	14	136

注：双面组件按正面效率计算。

表 2 光伏组件的倾角和方位角修正系数

倾角	方位角											
	-150°	-120°	-90°	-60°	-30°	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°
110°	0.31	0.37	0.41	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.41	0.37	0.31	0.29
100°	0.35	0.42	0.47	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.48	0.41	0.35	0.32
90°	0.39	0.47	0.54	0.59	0.6	0.59	0.6	0.59	0.55	0.47	0.39	0.35
80°	0.44	0.53	0.61	0.67	0.69	0.69	0.7	0.67	0.62	0.53	0.44	0.39
70°	0.5	0.6	0.69	0.75	0.78	0.79	0.79	0.75	0.69	0.59	0.5	0.46

60°	0.57	0.66	0.75	0.82	0.86	0.88	0.87	0.82	0.75	0.66	0.57	0.53
50°	0.65	0.73	0.82	0.89	0.93	0.95	0.93	0.89	0.82	0.73	0.65	0.62
40°	0.73	0.8	0.87	0.94	0.98	1	0.98	0.94	0.88	0.8	0.73	0.7
30°	0.81	0.86	0.92	0.98	1.02	1.03	1.02	0.98	0.92	0.86	0.81	0.79
20°	0.89	0.92	0.96	1	1.03	1.04	1.03	1	0.96	0.92	0.89	0.88
10°	0.95	0.97	0.99	1.01	1.02	1.03	1.02	1.01	0.99	0.97	0.95	0.95
0°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

注：1 光伏组件的倾角指光伏组件向阳面的法向量与水平面法向量的夹角；

2 光伏组件的方位角指光伏组件向阳面的法向量在水平面上的投影与正南方向的夹角，水平面内正南方向为 0°，向西为正，向东为负；

3 当光伏组件的倾角和方位角与表中给出的数值不同时，修正系数可采用插值法确定。

光伏发电系统在光电转换和输配过程中存在能量的损失，表3列出了常见环节的损失效率。

表3 光电系统损失效率

类型	损失效率
转换器损失	7.5%
组件遮光	2.5%
组件温度	3.5%
遮光	2.0%
失配和直流损失	3.5%
最大功率点失配误差	1.5%
交流损失	3.0%
其他	1.5%
总损失	25.0%

光伏系统光伏面板的净面积计算时不包括支撑结构。

3 本条提供了风力发电系统年发电量的简化计算公式。地形类别和相关系数见表3，风力涡轮机效率见表4。年可利用平均风速为风速大于0m/s时刻的风速的平均值。8760为一年中的小时数。

表3 地形类别和相关系数

地形类别	场地因子	地表粗糙系数
开阔平地	0.17	0.01
有护栏的农村, 临时的农村建筑、房屋或数目	0.19	0.05
郊区, 厂区	0.22	0.30
平均高度超过15m的建筑占15%面积以上的市区	0.24	1.00

表4 风力涡轮机效率

年可利用平均风速 (m/s)	小型涡轮机 (<80KW)	中型涡轮机 (≥80KW)
(0,3]	0%	0%
(3,4]	20%	36%
(4,5]	20%	35%
(5,6]	19%	33%
(6,7]	16%	29%
(7,8]	15%	26%
(8,9]	14%	23%
>9	14%	23%

4.3.8 本条提供了装配式建筑构件材料回收利用减碳排放量的计算公式。材料回收系数可根据生产企业当地核查数据, 也可以参考下表(李岳岩、陈静《建筑全生命周期的碳足迹》):

表5 建材回收系数

材料名称	回收利用率	回收后材料种类
混凝土	0.7	骨料、砾石
钢筋	0.9	粗钢
各种型钢	0.9	粗钢

4.3.9 装配式建筑构件碳排放已核查数据及案例计算

表6 装配式建筑构件碳排放已核查数据

建筑材料分类	建筑材料类别	碳足迹	来源	
钢结构	钢结构构件	2685.51kgCO ₂ e/t	浙江大东吴建筑科技有限公司碳足迹第三方核查报告	
	钢结构	2638kgCO ₂ e/t	河北中顺基润环保科技有限公司碳足迹第三方核查报告	
	钢梁	2579.70kgCO ₂ e/t		
	钢柱	2579.73 kgCO ₂ e/t		
	钢管束	2579.60 kgCO ₂ e/t		
	装配式光伏压型钢板	3110 kgCO ₂ e/t	宣城开盛新能源科技有限公司	
PC构件	预制构件	533.89kgCO ₂ e/m ³	宝业西伟德混凝土预制件(合肥)有限公司碳足迹第三方核查报告	
	预制构件	464.26kgCO ₂ e/m ³	霍邱宝业建筑工业化有限公司碳足迹第三方核查报告	
	梁	632 kgCO ₂ e/m ³	金强(福建)建材科技股份有限公司产品碳足迹第三方核查报告	
	叠合楼板	623 kgCO ₂ e/m ³		
	楼梯	524 kgCO ₂ e/m ³		
		空调板	1566 kgCO ₂ e/m ³	
		预制构件	514.99kgCO ₂ e/m ³	浙江省建材集团有限公司碳足迹第三方核查报告
	预制构件	785.46kgCO ₂ e/m ³	浙江大东吴建筑科技有限公司碳足迹第三方核查报告	

算例：

项目名称：宝业西伟德混凝土预制件(合肥)有限公司预制构件产品碳足迹评价

核算数据日期：2022年1月-2022年12月

产品产量：企业2022年预制构件产量为41035.53m³

1. 原材料获取阶段碳排放

原料生产碳排放量应按下列式计算：

$$GHG_{\text{原料}} = \sum_{i=1}^n M_i F_i \quad (4.3.2)$$

式中：

M_i —第*i*种原料的消耗量，单位为（t）；

F_i —第*i*种原料的碳排放因子，单位为（kgCO₂e/t）。

引用原料生产碳排放量计算公式计算过程：

项目	产品原材料/能源消耗量	碳排放因子 kgCO ₂ e/t	
原材料消耗	水泥	13939.063t	735
	河沙	27225.209t	2.51
	石子	39045.426t	2.18
	外加剂	215.76081t	720
	煤灰	2970.125t	34.5
	钢筋	4102.298t	2375
	型钢 钢板	9.712t	2400
	灌浆套筒	40.09192t	2310
	吊钉	16.6023t	2310
	螺栓	52.91163t	2310
	PVC线盒	42.311t	7930
	JDG线盒	7.95t	3150
	PVC罗接	16.965t	7930
	JDG罗接	4.3755t	3150
扎丝	11.008t	2340	

$$GHG_{\text{原料}} = \sum_{i=1}^n M_i F_i$$

$$= 13939.063 \times 735 + 27225.209 \times 2.51 + 39045.426 \times 2.18 + 215.76081 \times 720 + 2970.125 \times 34.5 + 4102.298 \times 2375 + 9.712 \times 2400 + 40.09192 \times 2310 + 16.6023 \times 2310 + 52.91163 \times 2310 + 42.311 \times 7930 + 7.95 \times 3150 + 16.965 \times 7930 + 4.3755 \times 3150 + 11.008 \times 2340 = 21210582.12 \text{kgCO}_2\text{e}$$

注：数据中，除外加剂、煤灰碳排放因子取自《碳足迹与绿色建材》外，其余材料排放因子取自 GB/T 51366-2019 附录 D。

2. 原材料运输阶段碳排放

原料运输碳排放量应按下列式计算：

$$GHG_{\text{原料运输}} = \sum_{i=1}^n M_i D_i T_i \quad (4.3.3)$$

式中：

M_i —第*i*种原料的重量，单位为（t）；

D_i —第*i*种原料运输距离，单位为（km），从运料场地到生产所在地；

T_i —第*i*种原料的运输方式下，单位重量运输距离的碳排放因子，单位为 [kgCO₂e/（t·km）]。

引用原料运输碳排放量计算公式计算过程：

生命周期阶段	影响项目	产品原材料/能源消耗量	单位重量运输距离的碳排放因子	运输距离/km
原材料运输阶段	水泥	13939.063t	0.0495	160
	河沙	27225.209t	0.0495	120
	石子	39045.426t	0.0495	120
	外加剂	215.76081t	0.0495	50
	煤灰	2970.125t	0.0495	30
	钢筋	4102.298t	0.0495	160
	型钢 钢板	9.712t	0.0495	40
	灌浆套筒	40.09192t	0.0495	1100
	吊钉	16.6023t	0.0495	600
	螺栓	52.91163t	0.0495	400
	PVC线盒	42.311t	0.0495	100
	JDG线盒	7.95t	0.0495	100
	PVC罗接	16.965t	0.0495	100
	JDG罗接	4.3755t	0.0495	100
扎丝	11.008 t	0.0495	1100	

$$\begin{aligned}
 GHG_{\text{运输}} &= \sum_{i=1}^n M_i D_i T_i \\
 &= 13939.063 \times 0.0495 \times 160 + 27225.209 \times 0.0495 \times 120 + 39045.426 \times 0.0495 \times 120 \\
 &+ 215.76081 \times 0.0495 \times 50 + 2970.125 \times 0.0495 \times 30 + 4102.298 \times 0.0495 \times 160 + 9.712 \times 0.0495 \times 40 \\
 &+ 40.09192 \times 0.0495 \times 1100 + 16.6023 \times 0.0495 \times 600 + 52.91163 \times 0.0495 \times 400 + 42.311 \times 0.0495 \times 100 \\
 &+ 7.95 \times 0.0495 \times 100 + 16.965 \times 0.0495 \times 100 + 4.3755 \times 0.0495 \times 100 + 11.008 \times 0.0495 \times 1100 \\
 &= 546176.5957 \text{kgCO}_2\text{e}
 \end{aligned}$$

3. 装配式预制构件产品生产阶段能源碳排放

装配式预制构件产品生产能源碳排放量应按下列式计算：

$$GHG_{\text{能源}} = GHG_{\text{燃料}} + GHG_{\text{电力}} + GHG_{\text{热力}} + GHG_{\text{其他}} \quad (4.3.4)$$

式中：

$GHG_{\text{燃料}}$ —燃料燃烧产生的碳排放量，单位为（kgCO₂e）；

$GHG_{\text{电力}}$ —使用外购电力产生的碳排放量，单位为（kgCO₂e）；

$GHG_{\text{热力}}$ —使用外购热力产生的碳排放量，单位为（kgCO₂e）；

$GHG_{\text{其他}}$ —生产过程中使用其他能源所产生的其他碳排放量，单位为（kgCO₂e）。

燃料碳排放量应按下式计算：

$$GHG_{\text{燃料}} = \sum (C_k \times HV_k \times CPH_k \times OF_k \times 44/12) EA \times EF \quad (4.3.4.1)$$

式中：

k—不同燃料类型；

C_k —第k类燃料的消耗量，单位为（t）或（ m^3 ）；

HV_k —第k类燃料的低位热值，单位为（TJ/t）或（TJ/ m^3 ）；

CPH_k —第k类燃料的单位热值含碳量，单位为（t/TJ）；

OF_k —第k类燃料的氧化率，%；

44/12—二氧化碳折减系数。

电力碳排放量应按下式计算：

$$GHG_{\text{电力}} = EA \times EF \quad (4.3.4.2)$$

式中：

EA—外购电力活动水平数据，单位为（kWh）；

EF—外购电力温室气体排放因子，应采用由政府主管部门公布的区域电网平均碳排放因子。

外购热力碳排放量应按下式计算：

$$GHG_{\text{热力}} = HA \times HF \quad (4.3.4.3)$$

式中：

HA—外购热力活动水平数据，单位为（GJ）；

HF—外购热力碳排放因子，单位为（ $kgCO_2e/GJ$ ）。

其他能源碳排放量应按下式计算：

$$GHG_{\text{其他}} = \sum_{i=1}^n E_i EF_i \quad (4.3.4.4)$$

式中：

E_i —第i种能源活动水平数据，单位为（kg）或（kWh）；

EF_i —第i种能源的碳排放因子，单位为（ $kgCO_2e/kWh$ ）或（ $kgCO_2e/kg$ ）。

引用装配式预制构件产品生产能源碳排放量计算公式计算过程：

生命周期阶段	影响项目	能源消耗量	碳排放量 kgCO ₂ e/m ³
产品生产	电力消耗	70143.49kWh	40002.832
	柴油消耗	34278.72kg	109006.33
	水消耗	17504t	2940.672
总计			151949.834

查条文解释 4.3.4.2：2023 年公布全国统一电力排放因子为 0.5703kgCO₂e/kwh。

$$GHG_{\text{电力}} = EA \times EF$$

$$=70143.49 \times 0.5703=40002.832\text{kgCO}_2\text{e}$$

$$GHG_{\text{燃料}} = \sum (C_K \times HV_K \times CPH_K \times OF_K \times 44/12)$$

$$=34278.72 \times 0.0438 \times 20.2 \times 0.98 \times 44/12$$

$$=109006.33\text{kgCO}_2\text{e}$$

注：本项目使用燃料仅有柴油，国家规定柴油低位热值必须大于43.5MJ/kg，而IPCC公布的柴油低位热值缺省值为43.8MJ/kg，因此，此处取43.8MJ/kg。

$$GHG_{\text{其他}} = \sum_{i=1}^n E_i EF_i$$

$$GHG_{\text{水}} = 17504 \times 0.168$$

$$=2940.672\text{kgCO}_2\text{e}$$

$$GHG_{\text{能源}} = GHG_{\text{燃料}} + GHG_{\text{电力}} + GHG_{\text{热力}} + GHG_{\text{其他}}$$

$$=40002.832+109006.33+2940.672$$

$$=151949.834\text{kgCO}_2\text{e}$$

4. 装配式预制构件产品生产过程碳排放量

$$GHG_{\text{过程}} = \sum (AD_j \times PF_j) \quad (4.3.5)$$

式中：

AD_j—第j类生产过程活动水平数据，单位为（t）或（m³）；

PF_j—第j类生产过程碳排放因子，单位为（kgCO₂e/t）或（kgCO₂e/m³）。

注：生产过程温室气体排放指的是装配式预制构件产品生产过程中，由于能源消耗和物料转化等环节所产生的温室气体的排放。

企业生产过程中未使用乙炔、氧气，故该过程无排放。

5. 装配式建筑构件产品生产过程中的废弃物处理

$$GHG_{\text{废弃物处理}} = WA \times WF \quad (4.3.6)$$

式中：

WA—废弃物处理活动水平数据,单位为(t)或(m³)；

WF—废弃物处理碳排放因子,单位为(t/t)或(t/m)。

企业生产过程中未进行废弃物处理，故该过程无排放。

6. 可再生能源系统

$$GHG_{\text{可再生能源}} = Q_{Ls} + Q_{Lp} + E_{wt} + Q_{LD} + Q_{LK} + W_K + Q_{Lg} \quad (4.3.7)$$

式中：

Q_{Ls}—太阳能热水系统年能源消耗量，单位为(kWh/a)；

Q_{Lp}—太阳能光伏系统的年发电量，单位为(kWh/a)；

E_{wt}—风力发电机组的年发电量，单位为(kWh/a)；

Q_{LD}—地源热泵年能源消耗量，单位为(kWh/a)；

Q_{LK}—空气源热泵年能源消耗量，单位为(kWh/a)；

W_K—热水需要的热源消耗量，单位为(kWh/a)；

Q_{Lg}—其他可再生能源系统年综合用量核算值，单位为(kWh/a)。

1 太阳能热水系统应按下式计算：

$$Q_{Ls} = B_s \times A_s$$

(4.3.7-1)

式中：

A_s—太阳能集热器面积，单位为(m²)；

B_s—太阳能热水系统可再生能源综合用量核算系数，取值192kWh/(m²·a)。

2 太阳能光伏发电系统的年发电量应按下式计算：

$$Q_{Lp} = B_p \times K_p \times A_p \quad (4.3.7-2)$$

式中：

B_p —光伏组件水平安装时的单位面积年预测发电量，单位为[kWh/ (m² · a)]，可按本标准条文解释 4.3.7 表 1 取值；

K_p —光伏组件的倾角和方位角修正系数，可按本标准条文解释 4.3.7 表 2 取值；

A_p —光伏组件的总面积，单位为 (m²)。

3 风力发电机组的年发电量应按下式计算：

$$E_{wt} = 0.5\rho C_R(z) V_0^3 A_w \rho \frac{K_{WT}}{1000} \quad (4.3.7-3)$$

$$C_R(z) = K_R \ln(z/z_0) \quad (4.3.7-3.1)$$

$$A_w = 5D^2/4 \quad (4.3.7-3.2)$$

$$EPF = \frac{APD}{0.5\rho V_0^3} \quad (4.3.7-3.3)$$

$$APD = \frac{\sum_{i=1}^{8760} 0.5\rho V_i^3}{8760} \quad (4.3.7-3.4)$$

式中：

ρ —空气密度，取1.225kg/m³；

$C_R(z)$ —依据高度计算的粗糙系数；

K_R —场地因子；

z_0 —场表粗糙系数；

V_0 —年可利用平均风速，单位为 (m/s)；

A_w —迎风面积；

D —风机叶片直径；

EPF —根据典型气象数据中逐时风速计算出的因子；

APD —年平均能量密度，单位为 (W/m²)；

V_i —逐时风速，单位为 (m/s)；

K_{WT} —风力发电机组的转换效率。

4 地源热泵系统应按下列式计算：

$$Q_{LD} = B_d \times W_d \times \eta_d \quad (4.3.7-4)$$

式中：

W_d —地源热泵机组成装机功率，单位为 (kW)；

η_d —负荷率，如地源热泵按照冬季设计负荷， $\eta_d=1$ ，如按照夏季设计负荷， η_d =冬季

设计负荷/夏季设计负荷，单位为（%）；

B_d —地源热泵单位装机功率可再生能源综合利用量核算系数，取值 540 kWh/（kW·a）。

5 空气源热泵系统应按下式计算：

$$Q_{LK} = B_{KS} \times W_K \times T \times D_a \quad (4.3.7-5)$$

式中：

W_K —空气源热泵机组的输入功率，单位为（kW）；

T —机组每天运行时间，单位为（h/d）；

B_{KS} —空气源热泵系统可再生能源综合利用量输入功率算法核算系数，取值 0.42kW/kW。

6 热水系统应按下式计算：

$$W_k = (Q / \text{COP} / q / t_1) \times t \quad (4.3.7-6)$$

式中：

Q —热水需要的热量，单位为（kWh/a）；

COP —能效比（不同的气温有不同的 COP ）；

q —电热值 860Kcal/kWh；

t_1 —冬季每日运行时间（不能超过 16h/d）；

t —冬季运行时间。

企业未使用可再生能源，故该过程无减碳量。

7. 装配式建筑构件材料回收减碳量

$$\text{GHG}_{\text{回收利用}} = \sum_{i=1}^n (M_{Di} \times DF_i \times \eta_i) \quad (4.3.8)$$

式中：

M_{Di} —第*i*类回收材料的回收量，单位为（t）或（m³）；

DF_i —第*i*类回收处理后可利用材料的碳排放因子，单位为（kgCO₂e/t）或（kgCO₂e/m³）；

；

η_i —第*i*类回收材料可回收比例。

企业未进行装配式建筑构件材料回收，故该过程无减碳量。

8. 碳足迹计算

$$E_{\text{产品碳足迹}} = \text{GHG}_{\text{产品碳排放量}} / P \quad (4.3.9)$$

式中：

$E_{\text{产品碳足迹}}$ —装配式建筑构件温室气体每功能单位排放量，即装配式建筑构件碳足迹，单位为 $(\text{kgCO}_2\text{e}/\text{t})$ 或 $(\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^3)$ ；

P —装配式建筑构件产品年度产量，单位为 (t) 或 (m^3) 。

$$\begin{aligned} E_{\text{产品碳足迹}} &= \text{GHG}_{\text{产品碳排放量}} / P \\ &= (\text{GHG}_{\text{原料}} + \text{GHG}_{\text{原料运输}} + \text{GHG}_{\text{能源}} + \text{GHG}_{\text{过程}} + \text{GHG}_{\text{废弃物处理}} - \text{GHG}_{\text{可再生能源}} - \\ &\quad \text{GHG}_{\text{回收利用}}) / P \\ &= (21210582.12+546176.5957+151949.834) / 41035.53 \\ &= 533.89\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^3 \end{aligned}$$

4.4 数据获取

4.4.1 装配式建筑构件生产企业边界

通过查询设计图纸、采购清单等工程建设相关技术资料，可获得建筑的工程量清单、材料清单等数据，即建筑建造所需要的各种建筑材料的消耗量。

建材生产阶段碳排放计算的生命周期边界可采用“从摇篮到大门”的模型，即从建筑材料的上游原材料、能源生产开始，到建筑材料出厂为止；包含建筑材料生产所涉及原材料的开采、生产过程，建筑材料生产所涉及能源的开采、生产过程，建筑材料生产所涉及原材料、能源的运输过程和建筑材料生产过程。当其中某一过程碳排放缺失或被忽略时，应予以说明。

4.4.2 装配式建筑构件生产企业生产过程细分

1 生产过程细分

产品生产过程的细分是指将产品生产过程中的各个部分（生产技术准备过程、基本生产过程、辅助生产过程、生产服务过程，生产过程的各个工艺阶段、基本工序和辅助工序）之间的组成情况和相互联系进行划分。这个过程可以帮助企业更好地了解产品生产过程中的各个环节，从而更好地控制成本、提高效率和质量。生产过程中，对于选取企业数据的需确保该数据的真实性，可参考性。

2 生产过程的边界和工序细分

根据核算单元选取的级别不同，企业需提供不同的数据支持。核算边界的确定宜参考设施和业务范围及生产工艺流程图。核算边界应包括：燃料燃烧排放，过程排放，购入的电力、热力产生的排放，输出的电力、热力产生的排放等。其中，生物质燃料燃烧产生的温室气体排放，应单独核算并在报告中给予说明，但不计入温室气体排放总量。

核算的温室气体范围宜包括：二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化物（HFC_s）、全氟碳化物（PFC_s）、六氟化硫（SF₆）、和三氟化氮（NF₃）。报告主体应根据行业实际排放情况确定温室气体种类。

4.4.3 装配式建筑构件生产企业生产数据获取

1 数据获取基本原则

装配式建筑构件原材料获取企业向构件厂提供原材料数据时，应提供第三方认证机构为原材料获取企业出具的碳足迹证书，证书应提供产品碳足迹值。

装配式建筑构件厂应提供核算碳足迹相关的台账、发票、监测数据等资料，并保证资料的准确性。

2 数据统计期

在获取温室气体排放因子时，应考虑时效性，原则上选取企业上一年度产品的碳足迹核查，当没有内勤度数据时，应不少于6个月。

4.4.4 数据库选择的原则

数据库宜优先选用经第三方审核的建材碳足迹数据。当无第三方提供时，宜选用国家标准中的数据，其次是《中国产品全生命周期温室气体排放系数集（2022）》，《IPCC 温室气体清单指南（2006）》，最后是各类文献中的数据，文献按时间先后选取。

5 碳标签等级

5.1 产品碳标签分级

5.1.1 碳标签按照碳足迹可分为以下三个等级：

- (1) 碳披露标签：声明产品或服务产生的温室气体排放量。
- (2) 碳减量标签：在碳排放的基线水平上减碳一定比例，或达到低于同类一般产品的碳排放量。
- (3) 碳领跑标签：在碳排放控制方面处于领先水平（如减量20%或20%以上）。

6 结果报告

6.0.1 就结果报告应对各阶段的碳排放进行分析。

1 各个阶段分析

生命周期阶段	碳排放量 (kgCO ₂ e/m ³)	贡献值/%
原材料获取阶段		
原材料运输阶段		
产品生产阶段		
总计		

2 独立阶段分析

产品生产阶段碳排放量

产品生产阶段	影响项目	碳排放量 (kgCO ₂)	贡献值/%
燃料	天然气		
	柴油		
	汽油		
	外购电		
	外购热		
	其他能源		
可再生能源	太阳能热水系统		
	太阳能光伏发电		
	风力发电系统		
	地源热泵系统		
可回收材料利用			
总计			

3 生产工艺过程碳排放量分析

PC构件产品

产品生产阶段	影响项目	碳排放量 (kgCO ₂)	贡献值/%	备注
混凝土生产阶段	电			
	水			
	柴油			短驳
钢筋加工阶段	电			
	散逸			电焊
构件制作阶段	电			
构件养护	电			
	外购热			
	天然气			
	柴油			短驳
总计				

钢构件产品

产品生产阶段	影响项目	碳排放量 (kgCO ₂)	贡献值/%	备注
切断	电			
	散逸			乙炔
	柴油			短驳
钢结构加工阶段	电			
	散逸			电焊、乙炔
喷漆、堆场	电			
	散逸			油漆喷涂
	柴油			短驳
总计				

钢结构构件产品现场数据收集表

数据时间：2022年度													制表人：				
产品年产量t：													产品型号：				
功能单位t：																	
(一) 原辅材料消耗量清单																	
序号	名称	2022年数量												单位	运输方式	运输距离	备注
	月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月				
	月度总产值																
1	钢板													吨			
2	型钢													吨			
3	钢管													吨			
4	焊材													吨			
5	铆钉													吨			
6	油漆													吨			
7	机物料													吨			
(二) 能源消耗量清单																	
序号	能源	数量												单位	用途	备注	
	月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月				
1	外购电力													kWh	生产用电	外购电力提供生产用电，若有生活用电则需将生产与生活用电区分开，无法分开则提供宿舍与办公室面积与人数	
2	柴油													t	叉车		
3	光伏													kWh	节电		
备注：1、表中所有数据注意填报单位（可修改），原材料与能源根据实际情况增减，缺少的需补充。 2、提供企业介绍、企业生产流程图。																	

预制构件产品现场数据收集表

数据时间：xx年xx月-xx年xx月														制表人：				
产品年产量m ³ ：														产品型号：PC构件				
功能单位：m ³																		
(一) 原辅材料消耗量清单																		
序号	名称	数量												单位	运距（产地）	运输方式	备注	
	月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月					合计
	产量（t）																	
1	水泥														t			
2	河沙														t			
3	石子														t			
4	瓜子片														t			
5	外加剂														t			
6	煤灰														t			
7	钢筋														t			
8	型钢 钢板														t			
9	螺纹钢套筒														个			
10	吊钉														个			
11	螺栓														个			
12	PVC线盒														个			
13	JDG线盒														个			
14	PVC罗接														个			
15	JDG罗接														个			
16	扎丝														kg			
(二) 能源消耗量清单																		
序号	能源	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合计	单位	来源	用途	备注
1	电力														kWh			外购电力提供生产用电，若
2	光伏发电														kWh			

3	柴油															t	有生活用电则需将生产与生活用电区分开，无法分开则提供宿舍与办公室面积与人数
4	水															t	
5	天然气															m ³	
6	蒸汽															m ³	
7	盐															t	
<p>备注：1、表中所有数据注意填报单位（可修改），原材料与能源根据实际情况增减，缺少的需补充。 2、提供企业介绍、企业生产工艺流程图。</p>																	