

ICS 号

CCS 号

# 团体标准

团体标准编号

代替团体标准编号

## 工业化建筑施工阶段碳排放计算标准

Standard for carbon emission calculation in the construction stage  
of industrialized building

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国建筑节能协会 发布

# 前 言

根据《中国建筑节能协会团体标准管理办法（试行）》（国建节协（2017）40号）及《关于印发<2019年度第一批团体标准制修订计划>的通知》（国建节协[2020]22号）的要求，由中国建筑第二工程局有限公司会同有关单位组建编制组，经广泛的调查研究，认真总结实践经验，考察有关国内外标准和先进经验，并在广泛征求意见的基础上，共同编制了本标准。

本标准的主要内容包括：1总则；2术语；3基本规定；4施工阶段碳排放核减计算；5工厂化生产阶段碳排放计算；6物流阶段碳排放计算；7现场施工阶段碳排放计算。

本标准由中国建筑节能协会标准化管理办公室负责管理（联系电话：010-57811483，邮箱：biaoban@cabee.org），由中国建筑第二工程局有限公司负责具体内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送至中国建筑第二工程局有限公司（地址：北京市丰台区新村街道盈坤世纪E座中建二局大厦，邮编：100160）

本标准主编单位：

本标准参编单位：

本标准主要起草人员：

本标准主要审查人员：

# 目次

1 总 则 .....	1
2 术语 .....	2
3 基本规定 .....	4
4 施工阶段碳排放核减计算 .....	5
4.1 一般规定 .....	5
4.2 碳排放核减量计算 .....	6
5 工厂化生产阶段碳排放计算 .....	9
5.1 一般规定 .....	9
5.2 工厂化生产阶段 .....	10
5.3 预制混凝土构件生产 .....	10
5.4 预制钢构件生产 .....	13
5.5 工厂运营 .....	16
6 物流阶段碳排放计算 .....	18
6.1 一般规定 .....	18
6.2 预制构件和建材的运输 .....	19
7 现场施工阶段碳排放计算 .....	21
7.1 一般规定 .....	21
7.2 预制构件施工 .....	22
7.3 现浇结构施工 .....	24
7.4 措施项目 .....	25
附录 A 主要能源碳排放因子 .....	33
附录 B 常用施工机械台班能源用量 .....	30
附录 C 建筑垃圾再利用材料碳排放因子 .....	28
附录 D 常用施工机械设备单位台班能源用量 .....	34
附录 E 运输碳排放因子 .....	35
本标准用词说明 .....	28
引用标准名录 .....	37

附：条文说明.....38

# Contents

1	General provisions .....	1
2	Terms .....	2
3	Basic Requirements .....	4
4	Calculation of carbon emission reduction during the construction stage .....	5
4.1	General Requirements .....	5
4.2	Calculation of carbon emission reduction .....	6
5	Calculation of carbon emissions in factory production stage .....	9
5.1	General Requirements .....	9
5.2	Factory production stage .....	10
5.3	Production of precast concrete components .....	10
5.4	Production of prefabricated steel components .....	13
5.5	Factory operations .....	16
6	Calculation of carbon emissions in Logistics stage .....	18
6.1	General Requirements .....	18
6.2	Transportation of precast components and building materials .....	19
7	Calculation of carbon emissions during the construction phase on site .....	21
7.1	General Requirements .....	21
7.2	Prefabricated components construction .....	22
7.3	Cast-in-situ structure construction .....	24
7.4	Measures item .....	25
Appendix A	Major energy carbon emission factors .....	33
Appendix B	Energy Consumption of common construction machinery per shift .....	30
Appendix C	Carbon emission factor of construction waste reuse materials .....	28
Appendix D	Energy consumption unit shift of common construction machinery and equipment .....	34
Appendix E	Transport carbon emissions factors .....	35
	Explanation of wording in this standard .....	28
	List of quoted standrads .....	37

Addition: Explanation of provisions .....38

# 1 总 则

**1.0.1** 为贯彻国家有关应对气候变化和节能减排的方针政策，规范工业化建筑施工阶段碳排放计算方法，节约资源，保护环境，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于新建、改建和扩建的工业化建筑的构件工厂化生产阶段、物流运输阶段和现场施工阶段碳排放计算。

**1.0.3** 工业化建筑施工阶段碳排放计算除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术语

### 2.1.1 工业化建筑 industrialized building

采用标准化设计、工厂化生产、装配化施工、一体化装修、信息化管理的生产方式建造的建筑。

### 2.1.2 工业化建筑施工阶段碳排放/温室气体排放 carbon emissions/greenhouse gas emissions during industrial building construction

建筑预制构件工厂化生产、构件和建材运输、现场施工阶段产生的温室气体排放的总和，以二氧化碳当量表示。

### 2.1.3 可再生能源 renewable energy

在自然界可以循环再生，取之不尽，用之不竭，是清洁、绿色、低碳的能源，包括太阳能、水能、风能、生物质能、地热能等。

### 2.1.4 碳捕集、利用与封存 carbon dioxide capture, utilization and storage (CCUS)

将二氧化碳从大气、工业或能源相关的排放源中分离或直接加以利用或封存，以实现二氧化碳减排或消除的工业过程。

### 2.1.5 绿电 green electricity

在生产电力的过程中，产生的二氧化碳排放量为零或趋近于零，因相较于其他方式（如火力发电）所生产的电力，对环境的冲击影响较低。绿电的主要来源一般为太阳能、风力、生物质能、地热等。

### 2.1.6 碳配额 carbon emissions allowances

指政府分配给重点排放单位指定时期内的碳排放额度，是碳排放权的凭证和载体。1 单位配额相当于 1 吨二氧化碳当量。

### 2.1.7 国家核证自愿减碳量 Chinese certified emission reduction (CCER)

指我国依据国家发展和改革委员会发布施行的《温室气体自愿减排交易管理暂行办法》的规定，经其备案并在国家注册登记系统中登记的温室气体自愿减排量。

### 2.1.8 碳信用 carbon credit

又称碳权，指在经过联合国或联合国认可的减排组织认证的条件下，国家或



企业以增加能源使用效率、减少污染或减少开发等方式减少碳排放，因此得到可以进入碳交易市场的碳排放计量单位。

#### **2.1.9 碳普惠 carbon inclusion**

对小微企业、社区家庭和个人的节能减碳行为进行具体量化和赋予一定价值，并建立起以商业激励、政策鼓励和核证减排量交易相结合的正向引导机制。

#### **2.1.10 太阳能光伏系统 solar photovoltaic system**

利用太阳能电池板将太阳能转化为直流电能的系统设施。

#### **2.1.11 风力发电系统 wind power generation system**

利用风力发电机将风能转化为机械功最终输出交流电的电气设备系统。

#### **2.1.12 二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent**

用作比较不同温室气体对温室效应影响的量度单位，其数值等于温室气体的质量乘以其产生温室效应的指数，单位为 CO<sub>2e</sub>。

#### **2.1.13 碳排放因子 carbon emission factor**

每一种能源燃烧或使用过程中单位能源所产生的碳排放数量，包括二氧化碳、一氧化碳、二氧化氮等温室气体。

#### **2.1.14 施工定额法 construction quota method**

以排放因子法为基础，通过施工定额数据确定各阶段的材料消耗、机械能耗等碳排放活动数据，再依据碳排放因子计算碳排放的方法。

#### **2.1.15 能源实测法 energy measurement method**

以排放因子法为基础，通过实测数据确定各阶段材料消耗、机械能耗等碳排放活动数据，再依据碳排放因子计算碳排放的方法。

### 3 基本规定

**3.0.1** 工业化建筑施工阶段分为构件工厂化生产阶段、物流运输阶段和现场施工阶段，工业化建筑施工阶段碳排放计算应根据不同需求按阶段进行计算，并将各阶段的碳排放计算结果进行累计。

**3.0.2** 工业化建筑施工阶段碳排放的主要计算对象为装配式混凝土结构、钢结构和现浇混凝土结构。

**3.0.3** 本标准采用排放因子法和物料平衡法计算工业化建筑施工阶段碳排放量，应根据实际情况选择碳排放计算方法。

**3.0.4** 工业化建筑施工阶段采用施工定额法和能源实测法获取材料消耗、机械能耗等活动数据，宜根据需求优先选择实测法。

**3.0.5** 工业化建筑施工阶段碳排放计算包括建材产品的碳排放，工业化建筑施工阶段应优先选择节材、节能、减碳技术与工艺。

**3.0.6** 工业化建筑施工阶段中因电力消耗造成的碳排放计算，应根据所在区域采用由国家机构公布的当年区域电网平均碳排放因子。

**3.0.7** 碳排放计算结果应以千克二氧化碳（ $\text{kgCO}_2$ ）为单位表示，其他温室气体计量结果应以千克二氧化碳当量（ $\text{KgCO}_{2e}$ ）表示。

## 4 施工阶段碳排放核减计算

### 4.1 一般规定

4.1.1 施工阶段碳排放核减计算边界和范围应符合以下规定：

- 1 本节计算内容适用于本标准计算的各个阶段；
- 2 在本标准计算的范围内，采用清洁能源发电、建筑垃圾再利用、外购绿电、碳捕获技术（固碳技术）、购买碳配额等方式或技术手段，所产生的碳排放抵消量均应予以核算；
- 3 消耗比常规方法更少的能源或材料的绿色工艺或技术产生的碳减排量，在计算过程中不应予以核减；

4.1.2 施工阶段碳排放核减计算方法应符合以下规定：

- 1 施工阶段碳排放核减计算方法以实际产生量的监测统计为主；
- 2 对于自建太阳能光伏系统和风力发电系统，也可采用计算理论发电量的方法进行核算；
- 3 施工阶段碳排放核减总量应按照下式计算：

$$C_{dx} = C_{qj} + C_{lj} + C_{ld} + C_{gt} + C_{pe} \quad (4.1.2)$$

式中： $C_{dx}$  ——施工阶段碳排放核减总量（ $\text{kgCO}_2$ ）；

$C_{qj}$  ——清洁能源发电产生的碳抵消量（ $\text{kgCO}_2$ ）；

$C_{lj}$  ——采用建筑垃圾再利用产生的碳抵消量（ $\text{kgCO}_2$ ）；

$C_{ld}$  ——外购绿电等产生的碳抵消量（ $\text{kgCO}_2$ ）；

$C_{gt}$  ——采用碳捕获技术产生的碳抵消量（ $\text{kgCO}_2$ ）；

$C_{pe}$  ——购买碳配额等产生的碳抵消量（ $\text{kgCO}_2$ ）。

## 4.2 碳排放核减量计算

4.2.1 使用清洁能源发电的碳排放核减量计算应符合以下规定：

1 清洁能源碳核减应包括工厂内或施工现场采用光伏发电系统和风力发电系统等产生的电能所抵消的碳排放量；

2 清洁能源产生的发电量宜采用能耗实测法计算，在相应发电系统安装独立电表进行统计核算；

3 当采用理论值估算时，清洁能源发电产生减碳量应按照下式计算：

$$C_{qj} = C_{gf} + C_{fd} \quad (4.2.1-1)$$

式中： $C_{gf}$ ——采用光伏发电系统产生的减碳量（kgCO<sub>2</sub>）；

$C_{fd}$ ——采用风力发电系统产生的减碳量（kgCO<sub>2</sub>）。

4 采用光伏系统发电所产生的年减碳量应按下列式计算：

$$C_{gf} = \sum_{i=1} E_{pv} EF_i \quad (4.2.1-2)$$

$$E_{pv} = IK_E(1 - K_S)A_p \quad (4.2.1-3)$$

式中： $EF_i$ ——第  $i$  种化石能源的排放因子（kgCO<sub>2</sub>/kg），碳排放因子取值根据发电能源确定，一般按燃煤发电进行折减；

$E_{pv}$ ——光伏系统的年发电量（kWh），光伏系统的年发电量可按（4.2.1-3）计算；

$I$ ——当地光伏电池表面的年太阳辐射照度（kWh / m<sup>2</sup>）；

$K_E$ ——光伏电池的转换效率（%）；

$K_S$ ——光伏系统的损失效率（%）；

$A_p$ ——光伏系统光伏面板净面积（m<sup>2</sup>）。

5 采用风力发电系统发电所产生的年减碳量应按下列式计算：

$$C_{fd} = \sum_{i=1} E_{wt} EF_i \quad (4.2.1-4)$$

式中： $EF_i$ ——第  $i$  种化石能源的排放因子 ( $\text{kgCO}_2/\text{kWh}$  或  $\text{kgCO}_2/\text{kg}$ )，碳排放

因子取值根据发电能源确定，一般按燃煤发电进行折减。

$E_{\text{wt}}$ ——风力发电机组的年发电量 ( $\text{kWh}$ )，风力发电机组年发电量可按下列公式计算：

$$E_{\text{wt}} = 0.5\rho C_{\text{R}}(z)V_0^3 A_{\text{w}} \rho \frac{K_{\text{WT}}}{1000} \quad (4.2.1-5)$$

$$C_{\text{R}}(z) = K_{\text{R}} \ln(z / z_0) \quad (4.2.1-6)$$

$$A_{\text{w}} = 5D^2 / 4 \quad (4.2.1-7)$$

$$EPF = \frac{APD}{0.5\rho V_0^3} \quad (4.2.1-8)$$

$$APD = \frac{\sum_{i=1}^{8760} 0.50\rho V_i^3}{8760} \quad (4.2.1-9)$$

式中： $E_{\text{wt}}$ ——风力发电机组的年发电量 ( $\text{kWh}$ )；

$\rho$ ——空气密度，取  $1.225 \text{ kg} / \text{m}^3$ ；

$C_{\text{R}}(z)$ ——依据高度计算的粗糙系数；

$K_{\text{R}}$ ——场地因子；

$z_0$ ——地表粗糙系数；

$z$ ——某一高度粗糙度；

$V_0$ ——年可利用年平均风速 ( $\text{m} / \text{s}$ )；

$A_{\text{w}}$ ——风机叶片迎风面积 ( $\text{m}^2$ )；

$D$ ——风机叶片直径 ( $\text{m}$ )；

$EPF$ ——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 ( $\text{W} / \text{m}^2$ )；

$V_i$ ——逐时风速 ( $\text{m} / \text{s}$ )；

$K_{\text{WT}}$ ——风力发电机组的转换效率。

#### 4.2.2 采用建筑垃圾资源化利用技术产生的碳排放抵消量核减应符合下列规定：

1 建筑垃圾资源化利用过程包含直接利用的和加工再利用两种方式，建筑垃

圾再利用主要方式见附录 A 表 A.0.1;

2 采用实测法测算碳排放时,按照实际消耗的建材计算,不再单独进行建筑垃圾碳减排抵消核算;

3 采用定额计算时,当确定采用场外由建筑垃圾资源化技术加工得到的绿色建材后,碳排放量应当予以核减;

4 采用定额计算时,当确定采用施工现场旧建筑物拆除的垃圾资源化利用后,碳排放量应当予以核减;

5 建筑垃圾再利用碳排放核减量应按照下式计算:

$$C_{lj} = \sum_i Q_{ci} \cdot MF_i \quad (4.2.2)$$

式中:  $Q_{ci}$ ——建筑垃圾所替代的在定额法中核算的第  $i$  种材料的数量 (kg);

$MF_i$ ——第  $i$  种回收材料的碳排放因子 (kgCO<sub>2</sub>/kg) 可回收利用建筑材料的

碳排放因子详见附录 A 表 A.0.2;

$i$ ——材料的种类。

**4.2.3** 通过外购可再生能源进行的碳抵消量 ( $C_{ld}$ ) 应符合以下规定:

1 外购可再生能源绿电应包括国内绿电交易、国内绿证交易、国际绿证交易、直接绿电供应,以及其他可证明消耗的绿电;

2 碳抵消量应按照实际购买的电量,采用碳排放因子法计算。

**4.2.4** 通过碳捕获、利用与封存 (CCUS)、基于自然的解决方案等技术手段获取的固碳量 ( $C_{gt}$ ), 包括:

1 通过 CCUS 等负碳技术获取的固碳量;

2 通过开展造林、森林经营活动、生态修复等,产生的碳汇量;

3 碳抵消量应按照实际固碳量核算。

**4.2.5** 通过碳配额、CCER、地方碳普惠开发碳信用等方式购买的碳减排量、碳信用额度 ( $C_{pe}$ ), 应符合以下规定:

1 通过购买试点碳市场和全国碳市场配额进行抵消;

2 通过购买 CCER 自愿减排量进行抵消;

3 通过购买地方碳普惠开发碳信用额进行抵消。

## 5 工厂化生产阶段碳排放计算

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 工厂化生产阶段应指预制混凝土构件和预制钢构件从原材料开采到构件生产完成的所有活动，包含原材料的生产与运输过程、预制构件的生产过程以及预制构件厂场内运输堆放的过程。

**5.1.2** 工厂化生产阶段的碳排放应包括构件生产原材料碳排放、构件生产设备运行碳排放以及工厂运营碳排放。

**5.1.3** 工厂化生产阶段碳排放计算方法宜采用碳排放因子法和物料平衡法，活动数据获取宜采用施工定额法和能源实测法。

## 5.2 工厂化生产阶段

**5.2.1** 预制混凝土构件生产的碳排放计算范围应包括生产预制混凝土构件过程中因原材料获取、设备运行、模具使用等活动产生的碳排放。

**5.2.2** 预制钢构件生产的碳排放计算范围应包括生产预制钢构件过程中因原材料获取、工艺过程、设备运行等活动产生的碳排放。

**5.2.3** 工厂生产配套的碳排放计算范围应包括工厂办公楼、生活配套设施运行消耗能源产生的碳排放。

**5.2.4** 工厂内使用可再生能源的应计入碳抵消量，碳排放核减量按 4.2 条进行计算。

## 5.3 预制混凝土构件生产

**5.3.1** 预制混凝土构件生产阶段碳排放应为工厂碳排放与办公楼、生活配套碳排放的总和减去碳排放的抵消量，应按下式计算：

$$C_{HSC} = C_{SCL} + C_{SB} + C_{MJ} + C_{YY} - C_{DX} \quad (5.3.1)$$

式中： $C_{HSC}$ ——预制混凝土构件生产阶段碳排放（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；

$C_{SCL}$ ——构件生产所需原材料碳排放（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；

$C_{SB}$ ——构件生产设备运行碳排放（ $\text{kgCO}_2$ ）；

$C_{MJ}$ ——构件生产模具碳排放（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；

$C_{YY}$ ——工厂运营产生的碳排放（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ），其计算方法引用 5.5 节；

$C_{DX}$ ——碳排放抵消量（ $\text{kgCO}_2$ ）。

**5.3.2** 构件生产原材料的碳排放计算应符合下列规定：

1 构件生产原材料计算应按下式计算：

$$C_{SCL} = C_{YC} + C_{YS} \quad (5.3.2-1)$$

式中： $C_{SCL}$ ——构件生产所需原材料碳排放（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；

$C_{YC}$ ——原材料生产碳排放（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；

$C_{YS}$ ——原材料运输碳排放（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）。



2 构件原材料生产碳排放，应按以下公式计算：

$$C_{YC} = \sum_{i=1}^n M_{sc,i} \times F_{sc,i} \quad (5.3.2-2)$$

式中： $M_{sc,i}$ ——第  $i$  种主要原材料的消耗量；

$F_{sc,i}$ ——第  $i$  种主要原材料的碳排放因子（ $\text{kgCO}_2\text{e}/$ 单位原材料数量），可按现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366-2019 中附录 D 规定进行取值。

3 构件生产原材料运输碳排放，应按以下公式计算：

$$C_{YS} = \sum_{i=1}^n M_{sc,i} \times D_{sc,i} \times T_{sc,i} \quad (5.3.2-3)$$

式中： $M_{sc,i}$ ——第  $i$  种主要原材料的消耗量（t）；

$D_{sc,i}$ ——第  $i$  种主要原材料的平均运输距离（km）；

$T_{sc,i}$ ——第  $i$  种主要原材料的运输方式下，单位重量运输距离碳排放因子 [ $\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{t}\cdot\text{km})$ ]；

4 纳入计算的构件生产所需主要原材料的总重量不应低于构件重量的 95%，重量比小于 0.1% 的原材料可忽略不计算。

5 构件生产原材料的碳排放因子宜选用经第三方审核的建材碳足迹数据。当无第三方提供时，缺省值可按现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366-2019 中附录 C 规定进行取值。

6 构件生产所需原材料的运输碳排放因子应包含建材从生产地到工厂的运输过程的直接碳排放。建材运输阶段的碳排放因子可按现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366-2019 中附录 E 规定进行取值。

**5.3.3 构件生产设备运行消耗能源产生的碳排放量，应符合下列规定：**

1 构件生产所用设备运行碳排放，应按下式计算：

$$C_{SB} = C_{SBD} + C_{SBY} + C_{SBQ} \quad (5.3.3-1)$$

式中： $C_{SB}$ ——构件生产设备运行碳排放（ $\text{kgCO}_2$ ）；

$C_{SBD}$ ——构件生产耗电设备碳排放（ $\text{kgCO}_2$ ）；

$C_{SBY}$ ——构件生产耗油设备碳排放（ $\text{kgCO}_2$ ）；

$C_{SBQ}$ ——构件生产其他设备碳排放（ $\text{kgCO}_2$ ）。

2 构件生产过程中耗电设备碳排放，应按下式计算：

$$C_{SBD} = \sum_{i=1}^n T_{sb,i} \times M_{sb,i} \times F_d \quad (5.3.3-2)$$

式中： $C_{SBD}$ ——构件生产耗电设备碳排放（kgCO<sub>2</sub>）；  
 $T_{sb,i}$ ——第*i*种耗电设备的台班消耗量（台班）；  
 $M_{sb,i}$ ——第*i*种耗电设备单位台班的电力消耗量（kWh/台班）；  
 $F_d$ ——电力的碳排放因子（kgCO<sub>2</sub>/kWh）。

3 构件生产过程中耗油设备碳排放，应按下式计算：

$$C_{SBY} = \sum_{j=1}^n T_{sb,j} \times M_{sb,j} \times F_{sb,j} \quad (5.3.3-3)$$

式中： $C_{SBY}$ ——构件生产耗油设备碳排放（kgCO<sub>2</sub>）；  
 $T_{sb,j}$ ——第*j*种耗油设备的台班消耗量（台班）；  
 $M_{sb,j}$ ——第*j*种耗油设备单位台班的燃油消耗量（kg）；  
 $F_{sb,j}$ ——第*j*种耗油设备单位台班的碳排放因子（kgCO<sub>2</sub>/kg）。

4 构件生产过程中所用其他设备碳排放，应按下式计算：

$$C_{SBQ} = \sum_{k=1}^n T_{sb,k} \times M_{sb,k} \times F_{sb,k} \quad (5.3.3-4)$$

式中： $C_{SBQ}$ ——构件生产其他设备碳排放（kgCO<sub>2</sub>）；  
 $T_{sb,k}$ ——第*k*种设备的台班消耗量（台班）；  
 $M_{sb,k}$ ——第*k*种设备单位台班的煤炭、燃气等其他能源消耗量（kg）；  
 $F_{sb,k}$ ——第*k*种设备煤炭、燃气其他能源碳排放因子（kgCO<sub>2</sub>/kg）。

5 构件生产设备采用能源的碳排放因子宜选用经第三方审核的能源碳足迹数据。当无第三方提供时，缺省值可按现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366-2019 中附录 A 规定进行取值。

**5.3.4 预制混凝土构件生产所用模具碳排放量，应符合以下规定：**

1 预制混凝土构件生产用模具碳排放计算应按下式计算：

$$C_{MJ} = \sum_{i=1}^n R_{mj} \frac{M_{mj}}{U_{mj}} \times F_{mj} \quad (5.3.4)$$

式中： $C_{MJ}$ ——构件生产模具碳排放（kgCO<sub>2</sub>e）；  
 $M_{mj}$ ——构件生产采用模具的消耗量（kg）；  
 $R_{mj}$ ——模具材料的回收利用率；

$U_{mj}$ ——模具周转利用次数；

$F_{mj}$ ——模具的碳排放因子（ $\text{kgCO}_2\text{e/kg}$ ）。

2 构件生产模具的碳排放因子宜选用经第三方审核的建材碳足迹数据。当无第三方提供时，缺省值可根据模具材料按国标《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366 标准附录 C 执行。

## 5.4 预制钢构件生产

5.4.1 预制钢结构构件生产阶段碳排放应为构件生产所需原材料碳排放、生产设备运行碳排放、生产工艺过程碳排放，应按下式计算：

$$C_{HSC} = C_{SCL} + C_{FY} + C_{SB} + C_{YY} - C_{AB} \quad (5.4.1)$$

式中： $C_{HSC}$ ——预制钢构件生产阶段碳排放（ $\text{kgCO}_2$ ）；

$C_{SCL}$ ——构件生产所需原材料碳排放（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；

$C_{SB}$ ——构件生产设备运行碳排放（ $\text{kgCO}_2$ ）；

$C_{FY}$ ——构件生产工艺过程碳排放（ $\text{kgCO}_2$ ）；

$C_{YY}$ ——工厂办公楼、生活配套运行产生的碳排放（ $\text{kgCO}_2$ ）；

$C_{AB}$ ——工厂碳排放抵消量（ $\text{kgCO}_2$ ），见本标准 4.2 节。

5.4.2 构件生产原料碳排放计算应符合下列规定：

1 构件生产原材料的碳排放计算应包括原材料生产碳排放和原材料运输碳排放，应按下式计算：

$$C_{SCL} = C_{YC} + C_{YS} \quad (5.4.2-1)$$

式中： $C_{SCL}$ ——构件生产所需原材料碳排放（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；

$C_{YC}$ ——原材料生产碳排放（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；

$C_{YS}$ ——原材料运输碳排放（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）。

2 构件原材料生产碳排放，应按下式计算：

$$C_{YC} = \sum_i^n \left( \frac{AD_{ZC_i}}{\alpha_{ZC_i}} \cdot F_{ZC_i} \right) + \sum_i^n \left( \frac{AD_{FC_i}}{\alpha_{FC_i}} \cdot F_{FC_i} \right) + \sum_i^n \left( \frac{AD_{HC_i}}{\alpha_{HC_i}} \cdot F_{HC_i} \right) \quad (5.4.2-2)$$

式中,  $C_{YC}$ ——原材料生产阶段碳排放量 (kgCO<sub>2</sub>e);

$AD_{ZC_i}$ ——预制构件主材的净用量 (kg), 包括钢板、型钢等钢结构的主要材料,  $\alpha_{ZC_i}$ 为主材的利用率;

$F_{ZC_i}$ ——预制构件主材的碳排放因子 (kgCO<sub>2</sub>e/kg);

$AD_{FC_i}$ ——预制构件各工序(下料、焊接、组对、打磨、除锈打砂、防腐涂装)用的辅助材料的净用量 (kg), 包括焊丝、焊剂、焊钉、油漆等,  $\alpha_{FC_i}$ 为辅材的利用率;

$F_{FC_i}$ ——预制构件辅材的碳排放因子 (kgCO<sub>2</sub>e/kg);

$AD_{HC_i}$ ——预制构件各工序(下料、焊接、组对、打磨、除锈打砂、防腐涂装)用的消耗性材料的净用量 (kg), 包括气体, 丙烷、乙炔、氩气、打砂用喷丸、打磨用砂轮片、钻孔用钻头、吊装用吊带、钢丝绳等 (kg);  $\alpha_{HC_i}$ 为耗材的利用率;

$F_{HC_i}$ ——预制构件耗材的碳排放因子 (kgCO<sub>2</sub>e/kg)。

3 构件生产原材料运输碳排放, 应按以下公式计算:

$$C_{YS} = \sum_{i=1}^n M_{sc,i} \times D_{sc,i} \times T_{sc,i} \quad (5.4.2-3)$$

式中:  $M_{sc,i}$ ——第  $i$  种主要原材料的消耗量 (t);

$D_{sc,i}$ ——第  $i$  种主要原材料的平均运输距离 (km);

$T_{sc,i}$ ——第  $i$  种主要原材料的运输方式下, 单位重量运输距离碳排放因子 [kgCO<sub>2</sub>e/(t·km)]。

5.4.3 构件生产工艺过程碳排放计算应符合下列规定:

预制构件气体反应及保护气体排放的碳排放量, 主要为火焰切割和预热过程中, 燃气燃烧产生的 CO<sub>2</sub>, 以及气体保护焊焊接过程中保护气体排放的 CO<sub>2</sub>, 预制构件生产期间化学反应及净排放产生的碳排放计算量, 宜按下式计算:

$$C_{FY} = \sum_i^n \varphi_{RS_i} \times M_{RS_i} + \theta_{BH} \times M_{BH} \quad (5.4.3)$$

式中,  $\varphi_{RS_i}$ ——可燃性气体完全燃烧时, CO<sub>2</sub> 质量与可燃性气体质量比, 燃气为乙

炔时 $\varphi_{RS_i}$ 取值为 44/13，燃气为丙烷时为 $\varphi_{RS_i}$ 取值为 1.5；

$M_{RS_i}$ ——可燃性气体的质量 (kgCO<sub>2</sub>) 主要为乙炔 (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) 和丙烷 (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>)；

$\theta_{BH}$ ——保护气体中 CO<sub>2</sub> 占比，如为纯 CO<sub>2</sub> 气体保护， $\theta_{BH}$  取值为 1，若为 Ar-CO<sub>2</sub> 等混合气体保护体系，则 $\theta_{BH}$  为保护体系中 CO<sub>2</sub> 占比；

$M_{BH}$ ——保护气体的使用量(kgCO<sub>2</sub>)，主要为 CO<sub>2</sub> 气体保护焊焊接时消耗。

#### 5.4.4 构件生产设备运行碳排放量计算应符合下列规定：

1 构件生产设备运行消耗能源产生的碳排放量应按下列式计算：

$$C_{SB} = C_{SBD} + C_{SBY} \quad (5.4.4-1)$$

式中： $C_{SB}$ ——构件生产设备运行碳排放 (kgCO<sub>2</sub>)；

$C_{SBD}$ ——构件生产耗电设备碳排放 (kgCO<sub>2</sub>)；

$C_{SBY}$ ——构件生产耗油设备碳排放 (kgCO<sub>2</sub>)。

2 构件生产过程中耗电设备的碳排放量，可按下式计算：

$$C_{SBD} = F_d \mu_D \sum_i^n T_{SBD_i} \times P_{SBD_i} \quad (5.4.4-2)$$

式中： $C_{SBD}$ ——预制构件过程中设备运行过程中碳排放 (kgCO<sub>2</sub>)，包括切割设备，加工设备、组对设备、焊接设备、打砂设备等；

$T_{SBD_i}$ ——预制构件过程中各设备运行时间 (h)；

$P_{SBD_i}$ ——预制构件过程中各设备额定功率 (kW)；

$F_d$ ——电力碳排放因子 (kgCO<sub>2</sub>/kWh)。

3 构件生产过程中耗油设备碳排放,主要为周转车辆等的碳排放量，应按下式计算：

$$C_{SBY} = \sum_{j=1}^n T_{sb,j} \times M_{sb,j} \times F_{sb,j} \quad (5.4.4-3)$$

式中： $C_{SBY}$ ——构件生产耗油设备碳排放 (kgCO<sub>2</sub>)；

$T_{sb,j}$ ——第 j 种耗油设备的台班消耗量 (台班)；

$M_{sb,j}$ ——第 j 种耗油设备单位台班的燃油消耗量 (kg)；

$F_{sb,j}$ ——第 j 种耗油设备单位台班的碳排放因子 (kgCO<sub>2</sub>/kg)。

## 5.5 工厂运营

**5.5.1** 工厂办公楼、生活配套运营产生的碳排放应包含办公室、仓库、生活配套等场所的用电(照明、生活电器、电梯)、采暖、制冷、炊事等需求导致相关设备系统运行而产生的二氧化碳。

**5.5.2** 工厂运营产生的碳排放应按下列式计算:

$$C_{YY} = w_i(C_{DL} + C_{CN} + C_{ZL} + C_{CS}) \quad (5.5.2-1)$$

式中:  $w_i$ ——第 i 类预制构件占工厂所有产品的百分比 (%);

$C_{DL}$ ——工厂运营过程中用电产生的碳排放量 (kgCO<sub>2</sub>);

$C_{CN}$ ——工厂运营过程中采暖产生的碳排放量 (kgCO<sub>2</sub>);

$C_{ZL}$ ——工厂运营过程中制冷产生的碳排放量 (kgCO<sub>2</sub>);

$C_{CS}$ ——工厂运营过程中炊事产生的碳排放量 (kgCO<sub>2</sub>)。

**1** 某类预制构件占工厂所有产品的百分比可按下列式计算:

$$w_i = \frac{M_i}{M} \quad (5.5.2-2)$$

式中:  $M_i$ ——每月第 i 类预制构件的生产量 (m<sup>3</sup>);

$M$ ——每月工厂预制构件的总生产量 (m<sup>3</sup>)。

**2** 工厂运营过程中用电产生的碳排放量计算方法如下:

$$C_{DL} = M_d \times F_d \quad (5.5.2-3)$$

式中:  $M_d$ ——每月办公区及生活区用电量 (kWh);

$F_d$ ——电力的碳排放因子 (kgCO<sub>2</sub>/kWh)。

**3** 工厂运营过程中采暖产生的碳排放应按下列式计算:

$$C_{CN} = T_r \times F_r \quad (5.5.2-4)$$

式中:  $T_r$ ——热力供暖面积 (m<sup>2</sup>);

$F_r$ ——热力供暖单位面积的碳排放因子 (kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>)。

**4** 工厂运营过程中制冷产生的碳排放量应按下列式计算:

$$C_{ZL} = T_l \times F_l \quad (5.5.2-5)$$

式中： $T_l$ ——冷源供冷面积（ $m^2$ ）；

$F_l$ ——冷源供冷单位面积的碳排放因子（ $kgCO_2/m^2$ ）。

**5** 工厂运营过程中炊事产生的碳排放量应按下列式计算：

$$C_{CS} = T_c \times F_c \quad (5.5.2-6)$$

式中： $T_c$ ——每月炊事燃气消耗量（ $m^3$ ）；

$F_c$ ——燃气的碳排放因子（ $kgCO_2/m^3$ ）。

## 6 物流阶段碳排放计算

### 6.1 一般规定

6.1.1 物流阶段碳排放计算边界和范围应符合以下规定：

1 工业化建筑物流阶段的碳排放应包括预制构件的运输和建材的运输过程所产生的碳排放；

2 预制构件物流运输阶段的碳排放计算范围包括预制构件在构件厂装载的碳排放、构件厂和施工现场之间运输的碳排放以及施工现场卸载的碳排放；

3 建材物流运输的碳排放应包括建材由生产地运输至施工现场的直接碳排放和运输过程所消耗能源的生产过程的间接碳排放；

4 建材运输的研究边界为建材由生产地运输到施工现场的过程，加工工厂及施工现场内因建造活动而进行二次运输产生的碳排放不计入物流运输阶段，二次运输产生的碳排放在生产阶段和施工阶段中考虑；

5 采用施工定额计算时，工业化建筑物流运输阶段路况优劣对碳排放的影响及运输人员对运输工具操作方式不同导致的碳排放差异均不计入；

6 采用施工定额计算时，工业化建筑物流运输方式包括铁路运输、水路运输和公路运输三种，不同运输方式的碳排放因子可按本标准附录 E 的缺省值取值。

7 物流运输阶段碳排放测算方法采用碳排放因子法，其计算方式为碳排放量=碳排放因子×∑活动数据。

6.1.2 物流阶段碳排放计算方法应符合以下规定：

1 工业化建筑物流阶段的碳排放量应为预制构件物流阶段碳排放量与建材物流阶段碳排放量之和。

2 物流阶段的碳排放应按下式计算：

$$C_t = C_{tp} + C_{ys} \quad (6.1.2)$$

式中： $C_t$ ——物流阶段总碳排放量( $kgCO_2$ )

$C_{tp}$ ——预制构件物流阶段碳排放量( $kgCO_2$ )

$C_{ys}$ ——建材物流阶段碳排放( $kgCO_2$ )



## 6.2 预制构件和建材的运输

6.2.1 预制构件和建材物流运输阶段的碳排放范围及总公式应符合以下规定：

1 预制构件物流运输阶段的碳排放计算范围包括预制构件在构件厂装载的碳排放、构件厂和施工现场之间运输的碳排放以及施工现场卸载的碳排放；

2 预制构件物流运输阶段的碳排放量应按照下式计算：

$$C_{tp} = C_{ys} + C_{tp1} + C_{tp2} \quad (6.2.1)$$

式中： $C_{ys}$ ——预制构件运输阶段的碳排放量( $kgCO_2$ )；

$C_{tp1}$ ——预制构件装载阶段的碳排放量( $kgCO_2$ )；

$C_{tp2}$ ——预制构件卸载阶段的碳排放量( $kgCO_2$ )；

3 建材物流运输的碳排放应包括建材由生产地运输至施工现场的直接碳排放和运输过程所消耗能源的生产过程的间接碳排放；

6.2.2 预制构件或建材运输过程的碳排放量

$$C_{ys} = \sum_{j=1}^m (\sum_{i=1}^n Q_{Ci} \times D_{Ci,j}) \times EF_{Tj} \quad (6.2.2)$$

式中： $Q_{Ci}$ ——预制构件或建材*i*的需求量( $t$ )；

$D_{Ci,j}$ ——预制构件或建材*i*以运输方式*j*运输的距离( $km$ )；

$j$ ——预制构件或建材运输方式；

$i$ ——预制构件或建材类型；

$EF_{Tj}$ ——运输方式*j*的碳排放因子( $kgCO_2e/(t \cdot km)$ )。

6.2.3 预制构件装、卸载阶段的碳排放量

$$C_{tp1} = C_{tp2} = \sum_{i=1}^n E_{tp1,i} EF_i \quad (6.2.3-1)$$

$$E_{tp1,i} = \sum_{j=1}^m T_{tp1,j} R_j \quad (6.2.3-2)$$

式中： $E_{tp1,i}$ ——预制构件装卸阶段第*i*种能源总用量( $kWh$ 或 $kg$ )；

$EF_i$ ——第*i*种能源碳排放因子( $kgCO_2/kWh$ 或 $kgCO_2/kg$ )，按本标准附

录 A 确定；

$R_j$ ——第 $j$ 种机械设备单位台班的能源消耗量，按本标准附录 D 确定

( $kWh/$ 台班 或  $kg/$ 台班);

$T_{tp1,j}$ ——预制构件装卸阶段使用第 $i$ 种能源的第 $j$ 种机械设备台班消耗量

(台班)。

## 7 现场施工阶段碳排放计算

### 7.1 一般规定

7.1.1 现场施工阶段碳排放计算边界和范围应符合以下规定：

- 1 工业化建筑现场施工阶段的碳排放应包括材料和机械进入施工现场至离开施工现场或完成建造过程所产生的碳排放；
- 2 工业化建筑现场施工阶段的碳排放应包括预制构件施工的碳排放、现浇结构的碳排放、措施项目的碳排放以及碳抵消量；
- 3 工业化建筑现场施工阶段人员活动产生的碳排放不计入；
- 4 现场施工阶段全过程的机械能源消耗量均应计入；
- 5 现场施工阶段使用的材料隐含碳排放应计入在内；现场施工阶段使用的材料是指除预制构件外的其他建筑材料以及施工辅助材料；当辅助材料可进行周转利用时（例如模板、支撑件等），按照行业平均周转次数进行折算材料隐含碳排放量。
- 6 当采用建筑垃圾再利用技术时，再生过程产生的碳排放应计入。

7.1.2 现场施工阶段碳排放计算方法应符合以下规定：

- 1 工业化建筑施工阶段碳排放计算方法包括定额法、能耗实测法。
- 2 工业化建筑施工阶段碳排放计算可按下式计算：

$$C_{sg} = C_{zp} + C_{xj} + C_{cs} - C_{jt} \quad (7.1.2-1)$$

式中： $C_{sg}$ ——现场施工阶段碳排放总量（ $\text{kgCO}_2$ ）；

$C_{zp}$ ——预制构件施工的碳排放量（ $\text{kgCO}_2$ ）；

$C_{xj}$ ——现浇结构施工的碳排放量（ $\text{kgCO}_2$ ）；

$C_{cs}$ ——措施项目的碳排放量（ $\text{kgCO}_2$ ）；

$C_{jt}$ ——现场施工阶段的减碳量（ $\text{kgCO}_2$ ），参考本标准第4章的计算方法。

- 3 单位建筑面积碳排放量可按照下式计算：

$$c_{sg} = \frac{C_{sg}}{A_{jz}} \quad (7.1.2-2)$$

式中： $c_{sg}$ ——施工阶段单位建筑面积碳排放量（ $\text{kgCO}_2/\text{m}^2$ ）；

$A_{jz}$ ——建筑面积（ $\text{m}^2$ ）。

4 采用能耗实测法时，不同机械的能源测算推荐按照以下方法进行数据采集：

1) 对于塔式起重机、施工电梯等可以安装独立电表的施工机械，应安装独立电表，并实时记录施工机械的耗电量；

2) 对于无法安装独立电表消耗电能的施工机械，可以通过施工机械的额定功率×工作时间计算其耗电量；

3) 对于在场内运行时间跨度较长的燃油机械，可通过记录该机械进场前后油表差值计算耗油量；对于临时进场运行时间短的燃油机械，其能耗按照燃油机械的额定功率×进场时间进行计算；

4) 场内使用的材料，按照工程确认单进行核算。

## 7.2 预制构件施工

7.2.1 预制构件施工碳排放的范围及总公式应符合以下规定：

1 预制构件施工碳排放计算范围包括预制构件堆放及转运碳排放、预制构件施工碳排放。

2 预制构件施工碳排放分为预制混凝土构件施工碳排放、预制钢构件施工碳排放等；主要包含吊装、连接和涂装（预制钢结构）过程中所使用机械和材料等产生的碳排放。

3 预制构件施工阶段的碳排放量应按照下式计算：

$$C_{zp} = C_{df} + C_{ys} \quad (7.2.1)$$

式中： $C_{zp}$ ——预制构件装配施工的碳排放量（ $\text{kgCO}_2$ ）；

$C_{df}$ ——预制构件堆放及转运碳排放量（ $\text{kgCO}_2$ ）；

$C_{ys}$ ——预制混凝土构件施工碳排放量和预制钢构件施工碳排放量的总和

(kgCO<sub>2</sub>)。

**7.2.2** 预制构件堆放及转运碳排放计算应采用能耗实测法，在实施过程中进行监测、统计和计算。

**7.2.3** 预制混凝土构件和预制钢构件的施工碳排放计算均应按照下式计算：

$$C_{ys} = Q_{ys} \left( \sum_i T_i \cdot R_i \cdot EF_i + \sum_j M_{cl,j} \cdot EF_j \right) + E_{ew} \cdot EF_{ew} \quad (7.2.3)$$

式中： $Q_{ys}$ ——预制构件施工的工程量。

$T_i$ ——单位工程量使用第  $i$  种机械台班总量（台班/工程量）；

$R_i$ ——第  $i$  种机械单位机械台班能源消耗（kg/台班，kWh/台班），参考附录 B 取值；

$M_{cl,j}$ ——单位工程量预制构件连接所使用的第  $j$  种直接材料总用量（m<sup>3</sup>/工程量或 kg/工程量）；当该过程为预制混凝土构件施工时，材料主要包括现浇混凝土、套筒灌浆、钢筋等；当该过程为预制钢结构施工时，材料主要包括连接过程的螺栓、焊材、焊接垫板等，以及涂装过程的涂料等。

$EF_i$ ——第  $i$  种机械所对应使用的能源碳排放因子（kgCO<sub>2</sub>/kWh 或 kgCO<sub>2</sub>/kg），按本标准附录 C 确定。

$EF_j$ ——第  $j$  种材料的排放因子（kgCO<sub>2</sub>/ m<sup>3</sup> 或 kgCO<sub>2</sub>/kg），可按现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366-2019 中附录 D 规定进行取值；

$E_{ew}$ ——无台班数据机械能源消耗总量（kg 或 kWh），可采用定额数据，也可以根据实际消耗计算；

$EF_{ew}$ ——无台班数据机械所对应使用的能源碳排放因子（kgCO<sub>2</sub>/kWh 或 kgCO<sub>2</sub>/kg），按本标准附录 C 确定；

$i$ ——第  $i$  种机械；

$j$ ——第  $j$  种材料。

### 7.3 现浇结构施工

7.3.1 现浇结构施工阶段碳排放计算边界应符合下列规定：

1 现浇结构施工阶段的碳排放应包括地基与基础工程施工和主体结构施工两个阶段。

2 现浇结构施工场地区域内使用的施工机械、小型机具以及施工照明等消耗的能源产生的碳排放应计入。

7.3.2 现浇结构施工阶段的碳排放总量，应按下式计算：

$$C_{xj} = \sum_k C_{fx,k} \quad (7.3.1)$$

式中： $C_{xj}$ ——现浇结构施工阶段碳排放总量（ $\text{kgCO}_2$ ）；

$C_{fx,k}$  ——分部分项工程中第  $k$  个项目的碳排放量（ $\text{kgCO}_2$ ）。

7.3.3 分部分项工程能源用量应按下式计算：

$$C_{fx,k} = Q_{fx,k} \left( \sum_i T_{k,i} \cdot R_{k,i} \cdot EF_i + \sum_j M_{cl,k,j} \cdot EF_j \right) + E_{ew} \cdot EF_{ew} \quad (7.3.3)$$

式中： $Q_{fx,k}$  ——分部分项工程中第  $k$  个分项中的工程量；

$T_{k,i}$  ——第  $k$  个项目单位工程量第  $i$  种施工机械台班消耗量（台班/单位工程量）；

$R_{k,i}$  ——第  $k$  个项目第  $i$  种机械单位机械台班能源消耗（ $\text{kg/台班}$ ， $\text{kWh/台班}$ ），按本标准附录 B 确定；

$M_{cl,k,j}$  ——第  $k$  个项目混凝土浇筑所使用的第  $j$  种材料碳排放，不包含施工措施材料（ $\text{kg}$ ）；

$E_{ew}$  ——第  $i$  个项目中，小型施工机具不列入机械台班消耗量，但其消耗的能源列入材料的部分能源用量（ $\text{kWh}$  或  $\text{kg}$ ）；

$EF_i$  ——第  $i$  种机械所使用的能源碳排放因子（ $\text{kgCO}_2/\text{kWh}$  或  $\text{kgCO}_2/\text{kg}$ ），

按本标准附录 C 确定；

$EF_j$ ——第  $j$  种材料的排放因子 ( $\text{kgCO}_2/\text{kg}$ )，可按现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366-2019 中附录 D 规定进行取值；

$EF_{ew}$ ——无定额台班数据机械所对应使用的能源碳排放因子 ( $\text{kgCO}_2/\text{kWh}$  或  $\text{kgCO}_2/\text{kg}$ )，按本标准附录 C 确定；

$i$ ——第  $i$  种机械；

$j$ ——第  $j$  种材料。

**7.3.4** 现浇结构施工阶段各分部分项工程中采用能耗实测法计算碳排放量时，能源总量应根据各类能源实测数据分类加和，具体方法参照本标准 7.1 执行。

## 7.4 措施项目

**7.4.1** 措施项目的计算范围及计算总公式应符合以下规定：

1 措施项目的碳排放应包括施工现场的通用措施项目、临时设施、施工降排水措施等机械运行消耗的电力、燃油及所消耗材料生产过程中产生的碳排放。

2 措施项目的碳排放应按下列公式计算：

$$C_{cs} = \sum_k C_{jx,k} + C_{cl} \quad (7.4.1)$$

式中： $C_{cs}$ ——施工现场措施项目的碳排放量 ( $\text{kgCO}_2$ )；

$C_{jx,k}$ ——措施项目中第  $k$  个项目施工机械运行的碳排放量 ( $\text{kgCO}_2$ )；

$C_{cl}$ ——所消耗材料生产过程中的碳排放量 ( $\text{kgCO}_2$ )。

**7.4.2** 通用措施项目的能耗计算应符合下列规定：

1 脚手架、模板及支架、垂直运输、施工围挡、防尘降噪等可计算工程量的措施项目。

2 措施项目中施工机械的碳排放可按照下列公式计算：

$$C_{jx,k} = Q_{cs,k} \cdot \sum_i T_{k,i} \cdot R_{k,i} \cdot EF_i \quad (7.4.2)$$

式中：  $Q_{cs,k}$ ——措施项目中第  $k$  个项目的工程量；

$T_{k,i}$ ——第  $k$  个措施项目单位工程量第  $i$  种施工机械台班消耗（台班/单位工程量）；

$R_{k,i}$ ——第  $k$  个项目第  $i$  种施工机械单位台班的能源用量（kWh/台班），参考附录 B 取值；

$EF_i$ ——第  $i$  种机械所使用能源的碳排放因子（kgCO<sub>2</sub>/kWh 或 kgCO<sub>2</sub>/kg），按本标准附录 C 确定。

$k$ ——措施项目序号；

$i$ ——施工机械序号。

**7.4.3** 措施项目中所消耗材料生产过程中的碳排放应按照下式计算：

$$C_{cl} = \sum_j \frac{N_{yy,j}}{N_{zz,j}} M_{cl,j} \cdot EF_j \quad (7.4.3)$$

式中：  $M_{cl,j}$ ——措施项目中所消耗的第  $j$  种材料的消耗量；

$N_{zz,j}$ ——第  $j$  种材料的周转次数，当采用周转材料时， $N_{zz,j}$  按照相关材料行业平均周转次数取值，当采用非周转材料时， $N_{zz,j}$  取 1；

$N_{yy,j}$ ——第  $j$  种材料在本项目的周转应用次数，当采用周转材料时， $N_{yy,j}$  按照实际使用次数取值，当采用非周转材料时， $N_{yy,j}$  取 1；

$EF_j$ ——第  $j$  种措施项目中所消耗材料的碳排放因子（kgCO<sub>2</sub>/单位材料数量），可按现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366-2019 中附录 D 规定进行取值。

**7.4.5** 临时设施消耗的能源应根据施工企业编制的临时设施布置方案计算确定。作



业棚、办公室、宿舍、临时道路等临时设施项目，其能耗应按 7.4.2 和 7.4.3 条公式计算。

**7.4.6** 施工降排水措施应包括成井和使用两个阶段，其能源消耗应根据项目降排水专项方案计算确定，可按 7.4.2 和 7.4.3 条公式进行计算。

**7.4.7** 采用实测法测量碳排放时，能源总量应根据各类能源实测数据分类加和，具体方法参照 7.1 执行。

## 附录 A 建筑垃圾再利用材料碳排放因子

表 A.0.1 建筑垃圾再利用主要方式

废弃物类别	利用形式
混凝土块、砖块、砌块、 石材	加固软土地基、做路基垫层、再生骨料、再生混凝土、再生砂浆、再生砖、其他墙体材料等
建筑弃土	堆山造景、园林绿化、回填、道路路基
砂浆	再生砌块
陶瓷、瓦片	再生砌块、地砖、胶凝材料原料等
玻璃	装饰材料、再生玻璃
钢材	回炉生产再生钢材
木材	燃料、复合板材、再生木材
纸	燃料、再生纸
塑料	燃料、生产其他塑料产品

表 A.0.2 各类建筑材料的碳排放因子

建材名称	单位	碳排放因子
再生骨料	KgCO <sub>2</sub> e/kg	0.0175
再生骨料混凝土 C25	KgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	313.490
再生骨料混凝土 C30	KgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	334.550
再生骨料混凝土 C35	KgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	348.500
天然骨料混凝土 C25	KgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	331.230
天然骨料混凝土 C30	KgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	347.160
天然骨料混凝土 C35	KgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	360.750
水泥	KgCO <sub>2</sub> e/t	977.000
砂	KgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	3.490
石料	KgCO <sub>2</sub> e/t	3.170
加气混凝土砌块	KgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	327.000
平板玻璃, 3mm	KgCO <sub>2</sub> e/t	1860.000
钢化玻璃, 12mm	KgCO <sub>2</sub> e/t	2470.000
铝合金门窗	KgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>	46.300
钢材	KgCO <sub>2</sub> e/t	2190.000
标准砖	KgCO <sub>2</sub> e/千块标准砖	349.000

## 附录 B 常用施工机械台班能源用量

### 表 B.0.1 常用工程机械碳排放因子表

序号	机械名称	性能规格		能源用量		
				汽油 (kg)	柴油 (kg)	电 (kWh)
1	履带式推土机	功率	75kW	-	56.50	-
2			105kW	-	60.80	-
3			135kW	-	66.80	-
4	履带式单斗液压挖掘机	斗容量	0.6m <sup>3</sup>	-	33.68	-
5			1m <sup>3</sup>	-	63.00	-
6	轮胎式装载机	斗容量	1m <sup>3</sup>	-	52.73	-
7			1.5m <sup>3</sup>	-	58.75	-
8	钢轮内燃压路机	工作质量	8t	-	19.79	-
9			15t	-	42.95	-
10	电动夯实机	夯击能量	250N·m	-	-	16.6
11	强夯机械	夯击能量	1200kN·m	-	32.75	-
12			2000kN·m	-	42.76	-
13			3000kN·m	-	55.27	-
14			4000kN·m	-	58.22	-
15			5000kN·m	-	81.44	-
16	锚杆钻孔机	锚杆直径	32mm	-	69.72	-
17	履带式柴油打桩机	冲击质量	2.5t	-	44.37	-
18			3.5t	-	47.94	-
19			5t	-	53.93	-
20			7t	-	57.40	-
21			8t	-	59.14	-
22	轨道式柴油打桩机	冲击质量	3.5t	-	56.90	-
23			4t	-	61.70	-
24	步履式柴油打桩机	功率	60kW	-	-	336.87
25	振动沉拔桩机	激振力	300kN	-	17.43	-
26			400kN	-	24.90	-
27	静力压桩机	压力	900kN	-	-	91.81
28			2000kN	-	77.76	-
29			3000kN	-	85.26	-
30			4000kN	-	96.25	-
31	汽车式钻机	孔径	1000mm	-	48.80	-

序号	机械名称	性能规格		能源用量		
				汽油 (kg)	柴油 (kg)	电 (kWh)
32	回旋钻机	孔径	800mm	-	-	142.5
33			1000mm	-	-	163.72
34			1500mm	-	-	190.72
35	螺旋钻机	孔径	600mm	-	-	181.27
36	冲孔钻机	孔径	1000mm	-	-	110.00
37	履带式旋挖钻机	孔径	1000mm	-	146.56	-
38			1500mm	-	164.32	-
39			2000mm	-	172.32	-
40	三轴搅拌桩基	轴径	650mm	-	-	126.12
41			850mm	-	-	156.42
42	电动灌浆机	-	-	-	-	16.20
43	履带式起重机	提升质量	5t	-	18.42	-
44			10t	-	23.56	-
45			15t	-	29.52	-
46			20t	-	30.75	-
47	履带式起重机	提升质量	25t	-	36.98	-
48			30t	-	41.61	-
49			40t	-	42.46	-
50			50t	-	44.03	-
51			60t	-	47.17	-
52	轮胎式起重机	提升质量	25t	-	46.26	-
53			10t	-	62.76	-
54			50t	-	64.76	-
55	汽车式起重机	提升质量	8t	-	28.43	-
56			12t	-	30.55	-
57			16t	-	35.85	-
58			20t	-	38.41	-
59			30t	-	42.14	-
60			40r	-	48.52	-
61	叉式起重机	提升质量	3t	26.46	-	-
62	自升式塔式起重机	提升质量	400t	-	-	164.31
63			60t	-	-	166.29
64			800t	-	-	169.16
65			1000t	-	-	170.02
66			2500t	-	-	266.04
67			3000t	-	-	295.60
68	门式起重机	提升质量	10t	-	-	88.29

序号	机械名称	性能规格		能源用量		
				汽油 (kg)	柴油 (kg)	电 (kWh)
69	载重汽车	装载质量	4t	25.18	-	-
70			6t	-	33.24	-
71			8t	-	35.49	-
72			12t	-	46.27	-
73			15t	-	56.74	-
74			20t	-	62.56	-

## 附录 C 主要能源碳排放因子

**表 C.0.1 化石燃料碳排放因子**

分类	燃料类型	单位热值含碳 (tC/TJ)	碳氧化率 (%)	单位热值CO <sub>2</sub> 排放因子 (tCO <sub>2</sub> /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
	NL 天然气凝液	17.2	0.98	61.81
	LP 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	0.99	55.51

**[条文说明]:**

C.0.1 单位热值含碳量、碳氧化率数据来源与《省级温室气体清单编制指南（试行）》。

根据《IPCC 国家温室气体清单指南(2006 年)》:

$$\text{CO}_2 \text{ 碳排放因子} = \text{碳含量} \times \text{氧化因子} \times 44/12$$

故:

$$\text{单位热值 CO}_2 \text{ 碳排放因子} = \text{单位热值含碳量} \times \text{碳氧化率} \times 44/12$$

## 附录 D 常用施工机械设备单位台班能源用量

**D.0.1** 常用施工机械的单位台班的能源消耗量可按表 D.0.1 选用。

**表 D.0.1 常用施工机械设备单位台班能源用量**

序号	机械名称	性能规格		能源用量		
				汽油(kg)	柴油(kg)	电(kWh)
1	履带式起重机	提升质量	5t	-	18.42	-
2			10t	-	23.56	-
3			15t	-	29.52	-
4			20t	-	30.75	-
5			25t	-	36.98	-
6			30t	-	41.61	-
7			40t	-	42.46	-
8			50t	-	44.03	-
9			60t	-	47.17	-
10	轮胎式起重机	提升质量	25t	-	46.26	-
11			40t	-	62.76	-
12			50t	-	64.76	-
13	汽车式起重机	提升质量	8t	-	28.43	-
14			12t	-	30.55	-
15			16t	-	35.85	-
16			20t	-	38.41	-
17			30t	-	42.14	-
18			40t	-	48.52	-
19	叉式起重机	提升质量	3t	26.46	-	-
20	门式起重机	提升质量	10t	-	-	88.29



## 附录 E 运输碳排放因子

**E.0.1** 预制构件同城运输的默认距离值应为 40km，异城运输的默认距离值应为 150km，混凝土的默认运输距离值应为 40km，其他建材的默认运输距离值应为 500km。各类运输方式的碳排放因子应按表 E.0.1 选取。

**表 E.0.1 各类运输方式的碳排放因子**[kgCO<sub>2</sub>e/(t·km)]

运输方式类别	碳排放因子
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
轻型柴油货车运输（载重 2t）	0.286
重型柴油货车运输（载重 8t）	0.179
重型柴油货车运输（载重 10t）	0.162
重型柴油货车运输（载重 18t）	0.129
重型柴油货车运输（载重 30t）	0.078
重型柴油货车运输（载重 46t）	0.057
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

## 本标准用词说明

1 为便于在执行本导则条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

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用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

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 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 1 《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366
- 2 《用能单位能源计量器具配备和管理通则》GB 17167
- 3 《温室气体排放核算与报告要求 第1部分：发电企业》GB/T32151.1

中国建筑节能协会团体标准

# 工业化建筑施工阶段碳排放计算标准

T/CABEE XXX-2020

条文说明

## 编制说明

《工业化建筑施工阶段碳排放计算标准》T/CABEE 00X-2021 经中国建筑节能协会 2021 年 11 月 16 日以第 50 号公告批准发布。

本标准是专门针对装配式建筑施工阶段碳排放计算的规范，指导装配式建筑的绿色设计和施工，为装配式建筑的进一步推广提供参考依据。在编写过程中，编写组进行了广泛的调查研究，总结了国内外碳排放计算方法，同时参考了国外相关法规、标准，许多单位和学者进行了卓有成效的试验和研究，为标准编制提供了极有价值的参考资料。

为了便于广大施工、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，《工业化建筑施工阶段碳排放计算标准》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、依据及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

# 目 次

2 术语和符号.....	41
2.1 术语.....	41
3 基本规定.....	42
4 施工阶段碳排放核减计算.....	43
4.2 碳排放核减量计算.....	43
5 工厂化生产阶段碳排放计算.....	45
5.1 一般规定.....	45
5.2 工厂化生产阶段.....	46
5.3 预制混凝土构件生产.....	47
5.4 预制钢构件生产.....	48
5.5 工厂运营.....	49
6 物流阶段碳排放计算.....	50
6.1 一般规定.....	50
6.2 预制构件和建材的运输.....	50
7 现场施工阶段碳排放计算.....	51
7.1 一般规定.....	51
7.2 预制构件施工.....	52
7.3 现浇结构施工.....	52
7.4 措施项目.....	53

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

**2.1.1** 固碳指增加除大气之外的碳库碳含量的措施，也称为碳封存。

**2.1.2** 质量平衡法又称（物料平衡法），利用替换思想，将新化学物质或设备量，替换计算为可抵消相应气体或新设备能力所必须使用的相应化学物质的数量，计算期限通常为一年。

### 3 基本规定

**3.0.2** 本标准工厂化生产阶段碳排放的主要计算对象为工业化建筑用预制混凝土构件和预制钢构件。

**3.0.4** 施工定额法获取的活动数据为估算值，碳排放计算过程中，在条件容许的情况下优先采用实测法获取真实的活动数据。



## 4 施工阶段碳排放核减计算

### 4.2 碳排放核减量计算

**4.2.1** 我国在发电方面将逐步减少对于传统发电方式的依赖，增加光伏、风电等清洁能源的发电量。清洁能源绿色工艺的减碳量计算可依据光伏系统、风力发电机组的年发电量等核算其碳排放量的具体折减量，且包含清洁能源系统在建筑寿命周期内衰减过程所抵消的碳排放量。太阳能光伏发电系统中的光伏组件设计使用寿命应高于 25 年，系统中多晶硅、单晶硅、薄膜电池组件自系统运行之日起，一年的衰减率应分别低于 2.5%、3%、5%，之后每年衰减应低于 0.7%。

**4.2.2** 根据建筑垃圾的产生来源，把建筑垃圾分为新建建筑施工现场垃圾和建筑拆除垃圾两大类。建筑施工垃圾主要产生于两个方面，一方面出现在建筑工程中的地基开挖和市政工程中的道路开挖中，主要包括土、砂砾石等，一般可以用来种植植被或者回填；另一方面，产生于建筑的施工现场活动中，包括碎砖、混凝土、木材、颜料、陶瓷、砂浆、塑料、玻璃、金属、电线等等，以及施工现场建材生产和运输过程中，包括一些废料、废渣和材料碎块等。建筑拆除垃圾主要产生于旧建筑物的拆除和改造，建筑物拆除过程中可回收利用的建筑材料主要为钢材、混凝土、砖、水泥、砂石、玻璃等。施工现场应开展建筑垃圾减量化与资源再利用管控，从源头减少建筑垃圾产生量，对产生的建筑垃圾进行分类、处理与再利用，就地消纳利用，减少原料开采环节产生的碳排放量，从而节材、减碳。

**4.2.3** 外购可再生能源应用温室气体排放抵消主要包括通过国内绿电和绿证交易、国际绿证交易等获得的绿电交易量，可用于抵消核算边界内消耗电力产生的排放量。用于抵消的绿电量消耗量可来源于以下凭证：绿电、绿证交易凭证；绿电直供的可采用可再生能源电力供应合同及结算凭证。

**4.2.4** 负碳技术产生的排放量抵消主要包括核算边界内 CCUS 项目产生的温室气体减排量和基于自然的解决方案产生的生态碳汇量。可通过森林经营、造林、生态修复等方式提高生态系统的碳汇量用于抵消温室气体排放量。通过 CCUS 项

目产生的固碳量优先采用经第三方核算的固碳量；也可来源于实际统计的固碳量。生态系统碳汇量核算可依据 CCER 方法学或其他公开的核算方法开展碳汇量评估，也可根据文献调研的方式，评估年碳汇量。

**4.2.5** 工厂可以通过购买碳配额和碳信用的方式用于抵消特定时期的温室气体排放量，被用于抵消的碳信用应在相应的管理机构处被注销，根据注销凭证获得碳信用抵消量。

## 5 工厂化生产阶段碳排放计算

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 工厂化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”的计算模型，即从构件上游的原材料、能源生产开始，到构件出厂为止；包含构件生产所涉及原材料的开采、生产及运输过程，预制构件生产所涉及的能源开采、生产及运输过程、加工工艺过程、生产设备的能源使用过程，以及构件生产工厂场内运输过程。

**5.1.2** 构件生产原材料碳排放应包含构件生产所需原材料的生产碳排放及运输至构件工厂仓库产生的碳排放；构件加工工艺碳排放应包含构件加工工艺期间因化学反应产生的碳排放量；构件生产设备运行碳排放应包含工厂生产构件和部品所需要的机械设备，在使用过程中消耗能源产生的碳排放；工厂运营碳排放应包含工厂办公楼、生活配套在运行中因消耗能源产生的碳排放量及工厂内使用可再生能源的碳抵消量。

**5.1.3** 碳排放因子法是适用范围最广、应用最为普遍的一种碳核算办法；采用碳排放因子法计算公式如下：

$$C_{GHC} = AD \times EF \times GWP \quad (5.1.3-1)$$

式中： $C_{GHC}$ ——碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（ $tCO_2e$ ）；

$AD$ ——碳排放活动数据，单位根据具体排放源确定；

$EF$ ——碳排放因子，单位与活动数据的单位相匹配；

$GWP$ ——全球变暖潜势，数值可参考政府间气候变化专门委员会（IPCC）提供的数据。

注：在计算燃料燃烧排放二氧化碳时，碳排放因子也可为含碳量、碳氧化率及二氧化碳折算系数（44/12）的乘积。此方法来源于《工业企业温室气体排放核算和报告通则》GB/T 32150。

物料平衡法，基于具体设施和工艺流程的碳质量平衡法计算排放量，可以反映碳排放发生地的实际排放量。仅适用于含碳温室气体的计算。如需计算其他温室气体排放量，可根据具体情况确定计算公式。

使用物料平衡法计算时，根据质量守恒定律，用输入物料中的含碳量减去输出物料中的含碳量进行平衡计算得到二氧化碳排放量，见下式：

$$E_{GHC} = [\sum(M_1 \times CC_1) - \sum(M_0 \times CC_0)] \times w \times GWP \quad (5.1.3-2)$$

式中： $E_{GHC}$ ——碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO<sub>2</sub>e）；

$M_1$ ——输入物料的量，单位根据具体排放源确定；

$M_0$ ——输出物料的量，单位根据具体排放源确定；

$CC_1$ ——输入物料的含碳量，单位与输入物料的量单位相匹配；

$CC_0$ ——输出物料的含碳量，单位与输出物料的量单位相匹配；

$w$ ——碳质量转化为温室气体质量的转换系数；

$GWP$ ——全球变暖潜势，数值可参考政府间气候变化专门委员会（IPCC）提供的数据。

## 5.2 工厂化生产阶段

**5.2.1** 工厂化预制构件碳排放计算分为生产工艺过程碳排放和生产过程中机械设备、周转设备的碳排放。

构件预制过程机械设备、周转车辆的碳排放使用碳排放系数法进行计算。预制混凝土构件生产过程包括原材料获取阶段的厂外生产与运输活动，及构件的厂内生产等活动，其碳排放主要包括原材料获取、设备运行、模具使用等活动产生的碳排放，具体如下：

**1** 原材料获取碳排放应包括工厂生产构件和部品所需要的混凝土、钢筋、钢材、水泥、铝材、木材，以及辅料（包括灌浆套筒、墙体连接件、支撑套筒、线盒、线管等）等生产碳排放，及运输至厂域内产生的运输碳排放；

**2** 设备运行碳排放应包括工厂生产构件和部品所需要的机械设备（包括起重设备、混凝土生产、运输设备、钢筋加工设备等）、构件成型设备、运输设备、其他设备等使用过程中消耗的能源产生的碳排放；

**3** 模具使用碳排放应包括工厂生产构件和部品所需要的模板、模具（包括底模平台、叠合楼板模具、阳台板模具、楼梯模具、内墙板模具和外墙板模具等）

等辅助周转材料使用碳排放。

**5.2.2** 预制钢构件生产过程包括原材料的厂外生产与运输活动，及构件的厂内制作等活动，其碳排放应包括原材料获取、工艺过程、设备运行等活动产生的碳排放，具体如下：

**1** 原材料获取碳排放主要包括预制构件所需要主材（钢板、型材等）以及预制构件过程中所需辅助材料包括气体（切割、焊接、预热和矫正等工艺，常见为乙炔和丙烷）、焊条、焊丝（CO<sub>2</sub> 气体保护焊、埋弧焊和电渣焊）、焊剂（埋弧焊和电渣焊）、焊钉（抗剪键）、套筒和涂装材料等辅助性物料的生产碳排放，及运输至厂域内产生的运输碳排放；

**2** 工艺过程碳排放主要包括预制钢构件工厂生产期间因化学反应及净排放产生的主要为火焰切割和预热过程中，燃气燃烧产生的碳排放，以及气体保护焊接过程产生的碳排放；

**3** 设备运行碳排放主要包括预制钢构件工厂生产所需设备（包括加工设备、吊装设备和辅助工艺设备等）运行过程中消耗的能源以及工作环境必须照明所使用的电能，切割、焊接辅助工艺（如预热使用的乙炔（C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>）、丙烷（C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>）和氧气（O<sub>2</sub>）等），周转车辆使用的能源（如汽油、柴油等）等产生的碳排放。

**5.2.3** 工厂运营的碳排放主要由工厂内部用于辅助生产活动消耗的能源所产生的，包括工厂办公楼、生活配套设施运行消耗能源产生的碳排放量，主要包括为维持工厂生产及办公生活配套设施（包括暖通空调、生活热水、照明及电梯等）正常运转消耗能源产生的碳排放。

**5.2.4** 工厂屋顶有大量的面积可布置可再生能源，鼓励在屋顶设置光伏等可再生能源。工厂化生产阶段可利用的碳抵消量主要包括工厂使用的可再生能源或外购绿电产生的碳减排量。

### 5.3 预制混凝土构件生产

**5.3.1** 本条规定了预制混凝土构件生产阶段碳排放应至少包括构件生产原材料碳排放、构件生产过程中使用设备消耗的能源产生的碳排放、使用的模具产生的碳排放以及工厂办公楼、生活配套运行产生的碳排放。

**5.3.2** 构件生产原材料的工程量可通过查询设计图纸、采购清单等项目建设相关的技术资料获得数据。原材料应至少包括主体结构材料、围护结构材料、粗装修材料如水泥、混凝土、墙体材料、保温材料、玻璃、铝型材、石材等主要建材。

原材料运输过程碳排放应包含建材从生产地到预制构件生产厂的运输过程消耗的能源产生的碳排放。

**5.3.3** 生产过程中使用的机械设备和小型机具能源主要有电、汽油和柴油等，用电量以千瓦时（kWh）为计量单位，汽油和柴油以千克（kg）为计量单位。

**5.3.4** 模具的工程量计算可参考国家定额《房屋建筑与装饰工程消耗量定额》TY01-31 和《通用安装工程消耗量定额》TY02-31，根据施工方案计算。周转次数参考行业数据，对于金属模具，根据通用性程度，一般对于型号差异不大的构件，可通过工厂或模具制作厂改模实现模具的重复利用，难以改模的被回收利用，因此，对于模具周转利用次数，在此考虑改模后使用次数。

## 5.4 预制钢构件生产

**5.4.1** 本条规定了预制钢结构构件生产阶段碳排放应至少包括构件生产原材料碳排放、构件生产过程中使用设备消耗的能源产生的碳排放、生产过程中工艺生产的碳排放，以及工厂办公楼、生活配套运行产生的碳排放。

**5.4.2** 构件生产原材料的工程量可通过查询设计图纸、采购清单等项目建设相关的技术资料获得数据。原材料应至少包括主体结构材料，如钢板和型材；构件预制过程中消耗的辅材和消耗性材料，如焊丝、焊剂、焊钉、油漆和气体，丙烷、乙炔、氩气、打砂用喷丸、打磨用砂轮片、钻孔用钻头、吊装用吊带、钢丝绳等材料；原材料运输过程碳排放应包含建材从生产地到预制构件生产厂的运输过程消耗的能源产生的碳排放。本条中，主材的利用率可采用行业的平均利用率指标，亦可按照下式计算：

$$\alpha_{ZC_i} = 1 - \frac{AD_{ZC_i}}{AD_{ZCZ_i}} \quad (5.4.1)$$

式中， $\alpha_{ZC_i}$ ——主材的利用率；

$AD_{ZC_i}$ ——主材料的净用量（kg）；

$AD_{ZCZ_i}$ ——主材料的总用量（kg）。

**5.4.3** 预制钢构件生产过程中的工艺涉及预热、切割（火焰切割）、开坡口，此过程主要为可燃气体燃烧产生的碳排放；焊接过程中使用 CO<sub>2</sub> 气体保护焊时，保护气体的直接排放量应计入总排放量。

**5.4.4** 构件生产设备运行消耗能源产生的碳排放量应包括生产过程中耗电和耗油设备的碳排放量。

## 5.5 工厂运营

**5.5.1** 为了维持工厂的正常生产运营，工厂办公楼、生活配套设施都会产生能耗并产生碳排放。本条规定了工厂办公楼、生活配套运行产生的碳排放计算的边界，包括用电（照明、生活电器、电梯）、采暖、制冷、炊事等需求导致相关设备系统运行而产生的二氧化碳。

**5.5.2** 规范规定了工厂生产运营过程中，办公楼、生活配套运行产生的碳排放计算方法。对于工厂运营过程中用电产生的碳排放量计算中，用电量是指工厂外购的电力，若办公及生活区设有分布式光伏系统，该部分用电量作为绿色电力，不产生碳排放，因此不在计算范围之内。

## 6 物流阶段碳排放计算

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 计算边界和范围是指工业化建筑在物流运输阶段所产生的碳排放量的范围，考虑建材运输和预制构件运输两部分。

应注意区分生产阶段和物流运输阶段涉及的运输碳排放量。在工业化生产阶段涉及的运输碳排放为：（1）构件生产所需原材料从生产地到工厂的运输过程的直接碳排放（2）构件生产所需原材料从生产地到预制构件生产厂的运输过程中消耗能源产生的碳排放（3）构件生产场内运输到工厂仓库的碳排放。

物流阶段存在因道路拥堵导致的运输时间延长和运输耗能增大的问题及人工操作差异的问题，但其对碳排放量的影响较小，因此在此标准中忽略此原因。由于航空运输成本过高，一般不予采用，故本规范运输方式仅考虑铁路、水路和公路三种运输方式。

**6.1.2** 建材的物流运输阶段的碳排放量为建材运输过程的碳排放量，即 $C_{ys}$ 。预制构件物流运输阶段的碳排放量包含预制构件运输过程、装载过程和卸载过程的碳排放量之和。其中预制构件和建材运输过程的计算公式一致，均采用 $C_{ys}$ 表示。

### 6.2 预制构件和建材的运输

**6.2.1** 预制构件物流运输的碳排放计算要综合考虑运输交通工具的碳排放量以及用于装卸载的机械设备的能源消耗量。建材物流运输阶段为建材由生产地至施工现场的运输，不考虑原材料开采场运输至材料加工场所产生的碳排放量。路况和运输人员对运输工具操作导致的碳排放差异不予考虑。

**6.2.2** 预制构件和建材运输的运输距离宜优先采用实际运输距离，若距离未知，可按附录 E 取值。预制构件和建材的平均运输距离为具有相同经济供应条件下的同一种材料、不同料场运输距离的加权平均值。

**6.2.3** 预制构件垂直运输（装载和卸载）时产生的机械设备主要为汽油、柴油和电能的消耗，能耗主要来自于构件厂的龙门吊和施工现场的塔吊。



## 7 现场施工阶段碳排放计算

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 计算边界与范围是指工业化建筑在现场施工阶段所产生的碳排放量的范围,考虑在施工现场的材料和机械。人员活动所产生的碳排放量并非施工活动所特有的,因此不计入在内。计算范围中的表述,将预制构件施工所产生的碳排放独立计算能够清晰地表达工业化建筑碳排放和常规现浇建筑碳排放的差异性。周转材料的行业平均周转次数可按照

**7.1.2** 现场施工阶段的计算方法采用定额法和能耗实测法,分别适用于建筑设计阶段和建筑建造过程施工阶段。本文基于碳排因子法,对两种计算方法均以材料和能源为统计出口统计材料和能源消耗活动数据,再乘以相应的碳排放因子,最终得到碳排放量。

预制构件装配施工过程碳排放采用实测法计算时,能源总量根据各能源实测数据分类加和计算碳排放量:

$$C_{zp} = \sum_i E_{zp,i} \cdot EF_i + \sum_j M_{cl,j} \cdot EF_j \quad (7.1.2)$$

式中:  $E_{zp,i}$ ——预制构件施工过程第  $i$  种能源总用量 (kWh 或 kg);

$M_{cl,j}$ ——预制构件装配施工所使用的第  $j$  种材料,其中包括混凝土、焊材、涂料等直接材料 ( $m^3$  或 kg)。

$EF_i$ ——第  $i$  种能源的排放因子 ( $kgCO_2/kWh$  或  $kgCO_2/kg$ ),按本标准附录 C 确定。

$EF_j$ ——第  $j$  种材料的排放因子 ( $kgCO_2/m^3$ ,  $kgCO_2/kg$ ),可按现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366-2019 中附录 D 规定进行取值。

## 7.2 预制构件施工

**7.2.1** 本方法针对工业化建筑将预制构件（预制混凝土构件和预制钢构件）的施工现场内的耗能过程进行单独核算。

**7.2.2** 预制构件堆放及转运过程能源总用量包含构件进场、堆放、转运至安装前所消耗的燃油、电等能源。

**7.2.3** 预制构件施工碳排放包括预制混凝土构件施工碳排放、预制钢构件施工碳排放；主要包含吊装、链接和涂装（预制钢结构）过程使用机械和材料所产生的碳排放。吊装过程的机械根据国家定额《房屋建筑与装饰工程消耗量定额》TY01-31-2015 确定机械和材料消耗。吊装过程若采用塔式起重机则划归至措施项目中统一计算。预制构件连接过程包括预制钢构件和预制混凝土构件的连接。采用定额法时，直接材料的总用量根据图纸确定。采用实测法时，直接材料的总用量根据现场实际用量核算。预制钢构件涂装过程主要机械消耗主要包括涂装设备在涂装过程中的燃油、电等能源的消耗。

## 7.3 现浇结构施工

**7.3.1** 装配式混凝土建筑的现浇结构施工主要包括地基与基础工程施工和主体结构施工两个阶段，本标准主要考虑这两个阶段施工过程碳排放。现浇结构施工的能耗是在建造阶段各种施工机械、机具和设备使用的能耗，主要包括构成工程实体的分部分项工程的建造能耗以及施工照明的能耗。相应地，现浇结构施工阶段碳排放分为分部分项工程施工过程消耗的燃料、动力产生的碳排放以及施工照明消耗的能源的碳排放。

**7.3.2** 建造阶段碳排放的关键在于确定施工阶段的电、汽油、柴油、燃气等能源的消耗量。一是定额法，根据各分部分项工程的工程量、单位工程的机械台班消耗量和单位台班机械的碳排放因子逐一计算，汇总得到现浇结构施工阶段碳排放总用量。二是能耗实测法，即通过现场电表、汽油和柴油的计量进行统计，汇总得到建造阶段的实测总能耗。

**7.3.3** 本条给出了依据国家消耗量定额估算建筑建造阶段各分部分项工程的能源用

量估算方法,即:根据国家定额《房屋建筑与装饰工程消耗量定额》TY 01-31 -2015、《通用安装工程消耗量定额》TY 02-31 -2015、《装配式建筑工程消耗量定额》TY 01 -01(01) - 2016 相应的工程量计算规则,按设计图纸和施工方案计算分部分项工程中每个项目的工程量,并查出每个项目单位工程量消耗的机械台班消耗量和不列入机械台班消耗量,但其消耗的能源列入材料的用电量,并根据施工机械单位台班的能源用量,逐一计算。

**7.3.4** 通过现场电表、汽油和柴油的计量进行统计,汇总得到建造阶段的实测总能耗。

## 7.4 措施项目

**7.4.2** 施工措施项目是指为了完成工程施工,发生于工程施工前和施工过程中的技术、生活、安全、环境保护等方面的不构成工程实体的项目。通常包括下列内容:环境保护措施、文明施工措施、安全施工措施、临时设施、夜间施工措施(包括施工照明)、大型机械设备进出场及安拆、模板及支架、脚手架、垂直运输机械、建筑物超高、二次搬运、已完工程及设备保护、施工排水和降水、冬雨期施工等。以上措施项目中,消耗能源较大的项目有:脚手架、模板及支架和垂直运输、建筑物超高、施工降排水、临时设施等。参考国家定额《房屋建筑与装饰工程消耗量定额》TY01-31-2015 和《通用安装工程消耗定额》TY02-31-2015,模板及支架、脚于架、垂直运输机械、建筑物超高等措施项目根据施工方案可计算出对应的工程量,因此,这几项措施项目可采用定额法计算其能源消耗。

措施项目中所消耗材料生产过程中的碳排放是指在措施项目中所消耗掉的各种材料的碳排放,对于重复周转使用的材料,可以按照其折旧情况,或者根据工程使用次数与可周转次数比例计算。对于本工程措施项目中消耗掉的材料,应计算该材料生产中的全部碳排放。

**7.4.5** 临时设施是指施工企业为保证施工和管理的进行而建造的各种简易设施,包括现场临时作业棚、机具棚、材料库、办公室、休息室、厕所、化灰池、储水池、锅炉、节水节能设施等设施;临时道路;临时给水排水、供电、供热等管线;临时性简易周转房,及现场临时搭建的职工宿舍、食堂、浴室、医务室、理发室、

托儿所等临时福利设施。因施工临时设施没有统一的建设标准，通常由施工企业根据需求自行搭建，且施工临时设施具有体量小、种类多的特点，其搭建、使用和拆除阶段的能源消耗没有参考数据，难以准确计算。可以根据实际工程情况，参照通用措施项目碳排放技术方法计算确定施工临时设施消耗能源用量。

**7.4.6 施工降水和排水措施**与项目所在地的工程地质、水文地质条件、气候降雨条件密切相关，应根据施工降排水专项方案确定的降水方式和降水周期计算。其能源消耗应根据项目降排水专项方案计算，按《房屋建筑与装饰工程消耗量定额》TY01-31 对应的降排水机械类别及其台班消耗量、计划的降排水周期进行计算确定。