

**T/CECS XXX-2024**

中国工程建设标准化协会标准

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

（征求意见）

XXXX出版社

**中国工程建设标准化协会标准**

**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

**T/CECS 1XXX-202X**

 **主编单位：**

 **批准单位：中国工程建设标准化协会**

 **施行日期：20XX年X月X日**

**中国XX出版社**

**202X 北 京**

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2020 年第二批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字〔2020〕23 号）的要求，编制组经过充分调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本标准共分8章，主要技术内容包括：总则、术语和符号、基本规定、全生命周期设计碳排放量算、建造阶段碳排放量算、运维阶段碳排放量算、再利用阶段碳排放量算、信息化技术。

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。

本标准由中国工程建设标准协会建筑归口管理，由东南大学负责具体技术内容的解释。本标准在执行过程中，如有需要修改或补充之处，请将有关资料和建议寄送东南大学（地址：江苏省南京市四牌楼2号，邮政编码：210096），以供修订时参考。

主编单位：

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

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

**Contents**

1 General 1

2 Terminology and symbols 2

2.1 Terminology 2

2.2 Symbols 2

3 Basic Provisions 9

4 Carbon Emission Calculation for Whole Life Cycle Design 10

4.1 Assembly full life cycle segmentation 10

4.2 Carbon Performance Optimization of Components and Component Systems 10

4.3 Carbon Emission Database 11

4.4 Whole Life Cycle Carbon Emission Data Technology 11

5 Construction Stage Carbon Emission Calculation 13

5.1 Material Preparation Carbon Emission Calculation 13

5.2 Carbon Emission Calculation of Component Production 13

5.3 Carbon Emission Calculation for Transportation of Components 14

5.4 Carbon Emission Calculation for Assembly of Components 15

5.5 Construction Stage Carbon Emission Performance Optimization 17

6 Carbon Emission Calculation in Operation and Maintenance Stage 18

6.1 Carbon Emission Calculation for Operation and Maintenance 18

6.2 HVAC System 18

6.3 Domestic Hot Water System 20

6.4 Lighting and elevator system 21

6.5 Renewable Energy System 22

6.6 O&M Carbon Performance Optimization 24

7 Reuse Stage Calculation 25

7.1 Renewal Reuse 25

7.2 Dismantling and reuse 25

8 Information Technology 28

8.1 Full life cycle modeling and data access 28

8.2 Calculation tools 28

8.3 Design tools 28

8.4 Data Technology 29

Appendix A Carbon Emission Factor Table for Assembled Buildings 30

Appendix B Assembly Building Carbon Calculation Report Template 30

B.1 Building Overview 31

B.2 Basis of Preparation 31

B.3 Calculation Analysis 31

B.4 Component analysis of carbon emissions of the whole life cycle of the building 36

Glossary 38

List of referenced standards 39

Article Description 40

Formulation Note 41

4 Life Cycle Design Carbon Emission Calculation 42

5 Carbon emission calculation in construction phase 59

6 Calculation of carbon emissions during operation and maintenance 63

7 Calculation of Reuse Stage 65

8 Information Technology 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（CO2）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

Cm1 ——建材开采和生产阶段碳排放，kg

Cm2——建材运输碳排放，kg

Mc ——第c种建材的碳排放因子，t/t、t/m2、t/m3；

Qc ——第c种建材用量，t、m2、m3。

Dc,i ——第c种建材i种运输方式下的转运距离，m、km；

Tc,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kgCO2/kg·m、tCO2/t·m；

Qc ——第c种建材用量，t、m2、m3。

2.2.2 构件生产

Cc1 ——材料制备阶段构件加工（包含辅料）过程碳排放，kg；

Cc2——材料制备阶段人员碳排放，kg;

Cc3——材料制备阶段构件加工辅料运输碳排放，kg

*Ec,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；

*nc,i*——加工第c种构件的第i种加工机械单位台班数量，台班；

*Fi*——第i类能源的碳排放因子，kgCO2/kWh；

*Vc*——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；

*Qc* ——加工第*c*种构件的辅料重量，t、m2、m3。

*Pa*——本阶段加工第c类构件时工序a所需的工人人数，人；

*Tp,a*——本阶段加工第c种构件时工序a所需的工人工时，min、h。

*FP*——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）kgCO2/人；

*Ec,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；

*nc,i*——加工第c种构件的第i种加工机械单位台班数量，台班；

*Fi*——第i类能源的碳排放因子，kgCO2/kWh；

*Vc*——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；

*Qc* ——加工第*c*种构件的辅料重量，t、m2、m3。

*Tp,a*——本阶段加工第c种构件时工序a所需的工人工时，min、h。

*FP*——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）kgCO2/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、m2、m3。

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；

*Wi*——该阶段c类构件的总重量，kg、t；

*Dc,j*——该阶段c类构件在j种运输方式下的转运距离，m、km；

*Tc,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kgCO2/kg·km、tCO2/t·km；

2.2.4 构件装配

*Ca*——该阶段c类构件装配碳排放量，kg、t；

*Cl*——该阶段c类构件吊装定位碳排放量，kg、t；

*Ccon*——该阶段c类构件连接碳排放量，kg、t；

*GEa*——该阶段处理c类构件时工序a所需的吊装机械比油耗，kWh；

*Lm*——该阶段吊装机械额定功率，kW；

*Tm·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；

*ρm·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；

*Fp*——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）。

*CONa*——该阶段连接机械设备额定功率kW；

*Tm·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；

*Pa*——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

*Puse* ——建筑运行阶段的碳排放量，t；

*Pupd* ——建筑维护更新阶段的碳排放量，t。

*PCH* ——暖通空调能耗产生的碳排放量，t；

*PR* ——生活热水系统产生的碳排放量，t；

*PI* ——照明和电梯系统产生的碳排放量，t；

*PRE* ——可再生能源系统产生的碳排放量，t；

*N* ——建筑物的使用年限；

*θ* ——时间加权因子，取0.745。

2.2.6 暖通空调系统

*ECY* ——建筑物年总冷负荷，kWh；

*ηC* ——空调设备效率，EER；

*Ee* ——电力碳排放系数，t/kWh；

*EHY* ——建筑物年总热负荷，kWh；

*ηH* ——采暖设备系统效率；

*Rm* ——标煤的燃烧热值（取29306 kJ/kg）；

*Em* ——标煤的碳排放系数（取2.69×10-3 t/kg）。

*Cr* ——建筑使用制冷剂产生的碳排放量，tCO2e/a；

*r* ——制冷剂类型；

*mr* ——设备的制冷剂充注量，kg/台；

*ye* ——设备的使用寿命，a；

*GWPr* ——制冷剂r的全球变暖潜值。

2.2.7 生活热水系统

*Ew* ——生活热水系统年能源消耗，kWh/a；

*Qr* ——生活热水年耗热量，kWh/a；

*Qs* ——太阳能系统提供的生活热水热量，kWh/a；

*ηr* ——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，%；

*ηw* ——生活热水系统热源平均效率，%

*Qrp* ——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）；

*qr* ——热水用水定额，按现行国家标准《民用建筑节水设计标准》GB 50555确定，L/人；

*ρr ——*热水密度，kg/L；

*tr* ——设计热水温度，℃；

*tl* ——设计冷水温度，℃。

2.2.8 照明和电梯系统

*PI*1——照明系统产生的碳排放量，t；

*PI*2——电梯系统产生的碳排放量，t；

*WT* ——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/m2计算），W/m2；

*Af* ——各房间或通道的地板面积，m2；

*Tf* ——各房间或通道的照明时间（可按每天3h计算），h；

*Wp* ——应急灯照明功率密度值，W/m2；

*A* ——建筑面积，m2。

*ELe* ——年电梯能耗，kWh/a；

*PLe* ——特定能量消耗，mWh/kgm；

*ta* ——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；

*Estandby* ——电梯待机时能耗，W；

*ts* ——电梯年平均待机小时数，h

2.2.9 可再生能源系统

*PRE*1——太阳能生活热水系统产生的碳排放量，t；

*PRE*2——光伏系统产生的碳排放量，t；

*PRE*3 ——地源热泵系统产生的碳排放量，t；

*PRE4* ——风力发电系统产生的碳排放量，t。

*Qs,a*1——太阳能热水系统的年供能量，kWh；

*Qs,a*2——太阳能热水系统的年供能量，MJ；

*Ac* ——太阳集热器面积，m2；

*JT* ——太阳集热器采光面上的年平均太阳辐照量，MJ/ m2；

*ηcd* ——基于总面积的集热器平均集热效率，%；

*ηL*——管路和储热装置的热损失率，%。

*Epv* ——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/m2；

*KE* ——光伏系统的转换效率，%；

*KS* ——光伏系统的损失效率，%；

*Ap* ——光伏系统光伏面板净面积，m2。

*Ewt* ——风力发电机组年发电量，kWh；

ρ ——空气密度，取1. 225kg/m3；

*CR*(*z*) ——依据高度计算的粗糙系数；

*KR* ——场地因子；

*z*0 ——地表粗糙系数；

*V0* ——年可利用平均风速，m/s；

*Aw* ——风机叶片迎风面积，m2；

*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岀的因子；

*APD* ——年平均能量密度，W/m2；

*Vi* ——逐时风速，m/s；

*KWT* ——风力发电组的转换效率。

2.2.10 拆除再利用

*P6* ——建筑拆除再利用阶段的碳排放量，t；

*Pi6* ——建筑拆除再利用阶段的直接空间碳排放量，t；

*Pj6* ——建筑拆除再利用阶段的间接空间碳排放量，t；

*Ek* ——第*k*种能源碳排放系数，t/t、t/L、t/m3；

*Qk* ——建筑拆除再利用阶段第*k*种能源用量，t、L、m3；

*QRk* ——第*k*种建筑垃圾的重量，t；

*ηj* ——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·km)；

*Lkj* ——第*k*种建筑垃圾第*j*种运输方式的运输距离，km。

*Rk'* ——第*k'* 种可回收建材的回收碳排放系数，t/t；

*Qk'*——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。

*ED* ——建筑拆除阶段的耗电量，kWh；

*Pdis* ——建筑拆除阶段的碳排放量，t；

*Pdis-lev* ——建筑拆除物运输阶段的碳排放量，t；

*Prec* ——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式计算：

 (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式计算：

公式 (5.1.4)

式中：*M*c ——第*c*种建材的碳排放因子，t/t、t/m2、t/m3；

*Qc* ——第*c*种建材用量，t、m2、m3。

5.1.5 建材运输碳排放应按下式计算：

 (5.1.5)

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kgCO2/kg·m、tCO2/t·m；

*Qc* ——第*c*种建材用量，t、m2、m3。

## **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，应按下式计算：

 (5.2.2)

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：

 (5.2.3)

式中：*Ec,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；

*nc,i*——加工第c种构件的第i种加工机械单位台班数量，台班；

*Fi*——第i类能源的碳排放因子，kgCO2/kWh；

*Vc*——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；

*Qc* ——加工第*c*种构件的辅料重量，t、m2、m3。

5.2.4 该阶段人员碳排放应按下式计算：

 (5.2.4)

式中：

*Pa*——本阶段加工第c类构件时工序a所需的工人人数，人；

*Tp,a*——本阶段加工第c种构件时工序a所需的工人工时，min、h。

*FP*——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）kgCO2/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：

 (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、m2、m3。

## **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：

 (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；

*Wi*——该阶段c类构件的总重量，kg、t；

*Dc,j*——该阶段c类构件在j种运输方式下的转运距离，m、km；

*Tc,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kgCO2/kg·km、tCO2/t·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：

 (5.4.3)

式中：*Ca*——该阶段c类构件装配碳排放量，kg、t；

*Cl*——该阶段c类构件吊装定位碳排放量，kg、t；

*Ccon*——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：

 (5.4.4)

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

*Lm*——该阶段吊装机械额定功率，kW；

*Tm·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；

*ρm·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；

*Pa*——该阶段吊装c类构件时工序a所需人员数量；

*Fp*——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：

 (5.4.5)

式中：*CONa*——该阶段连接机械设备额定功率kW；

*Tm·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；

*Pa*——该阶段吊装c类构件时工序a所需人员数量；

*Fp*——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。

# 6 运维阶段碳排放量算

## **6.1 运行维护碳排放量算**

6.1.1  装配式建筑运行和维护更新阶段碳排放包括两部分，建筑运行阶段碳排放和维护更新阶段碳排放。

6.1.2 建筑运行阶段碳排放计算范围应包括暖通空调、生活热水、电器、照明和电梯、新能源系统在建筑运行期间的碳排放量。

6.1.3 碳排放计算中采用的建筑设计寿命应与设计文件一致，当设计文件不能提供时，应按50年计算。

6.1.4 装配式建筑运行和维护更新阶段碳排放应按下式计算：

 (6.1.4)

式中：*Puse* ——建筑运行阶段的碳排放量，t；

*Pupd* ——建筑维护更新阶段的碳排放量，t。

6.1.5 建筑运行阶段碳排放应按下式计算：

 (6.1.5)

式中：*PCH* ——暖通空调能耗产生的碳排放量，t；

 *PR* ——生活热水系统产生的碳排放量，t；

*PI* ——照明和电梯系统产生的碳排放量，t；

*PRE* ——可再生能源系统产生的碳排放量，t；

*N* ——建筑物的使用年限；

*θ* ——时间加权因子，取0.745。

## **6.2 暖通空调系统**

6.2.1 暖通空调系统能耗应包括冷源能耗、热源能耗、输配系统及末端空气处理设备能耗。建筑碳排放计算模型中建筑分区应考虑建筑物理分隔、建筑区域功能、为分区提供服务的暖通空调系统、区域内采光（通过外窗或天窗）情况。建筑碳排放计算气象参数的选取应符合现行行业标准《建筑节能气象参数标准》JGJ/T 346的规定。

6.2.2 暖通空调系统能耗计算方法应符合下列规定：

1 应采用月平均方法计算年累计冷负荷和累计热负荷；

2 应分别设置工作日和节假日室内人员数量、照明功率、设备功率、室内设定温度、供暖和空调系统运行时间；

3 应根据负荷计算结果和室内环境参数计算供暖和供冷起止时间；

4 应反映建筑外围护结构热惰性对负荷的影响；

5 负荷计算时应能够计算不少于10个建筑分区；

6 应计算暖通空调系统间歇运行对负荷计算结果的影响；

7 应考虑能源系统形式、效率、部分负荷特性对能耗的影响；

8 计算结果应包括负荷计算结果、按能源类型输出系统能耗计算结果；

9 建筑运行参数可参照本标准附录建筑物运行特征确定。

6.2.3 建筑碳排放计算中的累积冷热负荷应根据下列内容确定：

1 通过围护结构传入的热量；

2 透过透明围护结构进入的太阳辐射热量；

3 人体散热量；

4 照明散热量；

5 设备、器具、管道及其他内部热源的散热量；

6 食品或物料的散热量；

7 渗透空气带人的热量；

8 伴随各种散湿过程产生的潜热量。

6.2.4 根据建筑年供冷负荷和年供暖负荷计算暖通空调系统终端能耗时应根据下列影响因素分别进行计算：

1 供冷供暖系统类型；

2 冷源和热源的效率；

3 泵与风机的能耗情况；

4 末端类型；

5 系统控制策略；

6 系统运行内部冷热抵消等情况；

7 暖通空调系统能量输送介质的影响；

8 冷热回收措施。

6.2.5 暖通空调能耗产生的碳排放应按下式计算：

 (6.2.5)

式中：*ECY* ——建筑物年总冷负荷，kWh；

 *ηC* ——空调设备效率，EER；

 *Ee* ——电力碳排放系数，t/kWh；

*EHY* ——建筑物年总热负荷，kWh；

*ηH* ——采暖设备系统效率；

*Rm* ——标煤的燃烧热值（取29306 kJ/kg）；

*Em* ——标煤的碳排放系数（取2.69×10-3 t/kg）。

6.2.6 暖通空调系统中由于制冷剂使用而产生的温室气体排放，应按下式计算：

 (6.2.6)

式中：*Cr* ——建筑使用制冷剂产生的碳排放量，tCO2e/a；

  *r* ——制冷剂类型；

*mr* ——设备的制冷剂充注量，kg/台；

*ye* ——设备的使用寿命，a；

*GWPr* ——制冷剂r的全球变暖潜值。

## **6.3 生活热水系统**

6.3.1 装配式建筑生活热水系统碳排放计算应按下式计算：

 (6.3.1)

式中：*Ew* ——生活热水系统年能源消耗，kWh/a；

6.3.2 建筑生活热水系统能耗应按下式计算，且计算采用的生活热水系统的热源效率应与设计文件一致。

 (6.3.2)

式中：*Qr* ——生活热水年耗热量，kWh/a；

 *Qs* ——太阳能系统提供的生活热水热量，kWh/a；

*ηr* ——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，%；

*ηw* ——生活热水系统热源平均效率，%

6.3.3 建筑物生活热水年耗热量的计算应根据建筑物的实际运行情况，并应按下式计算：

 (6.3.3-1)

 (6.3.3-2)

式中：*Qrp* ——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）；

*qr* ——热水用水定额，按现行国家标准《民用建筑节水设计标准》GB 50555确定，L/人；

*ρr ——*热水密度，kg/L；

*tr* ——设计热水温度，℃；

*tl* ——设计冷水温度，℃。

## **6.4 照明和电梯系统**

6.4.1 装配式建筑照明和电梯系统碳排放计算包括照明系统和电梯系统碳排放两部分，其碳排放计算应按下式计算：

 (6.4.1)

式中：*PI*1——照明系统产生的碳排放量，t；

*PI*2——电梯系统产生的碳排放量，t；

6.4.2 照明系统无光电自动控制系统时，其碳排放计算可按下式计算：

 (6.4.2)

式中：*WT* ——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/m2计算），W/m2；

 *Af* ——各房间或通道的地板面积，m2；

*Tf* ——各房间或通道的照明时间（可按每天3h计算），h；

*Wp* ——应急灯照明功率密度值，W/m2；

*A* ——建筑面积，m2。

6.4.3 电梯系统碳排放计算中采用的电梯速度、额定载重量、特定能量消耗等参数应与设计文件或产品铭牌一致，其碳排放计算应按下式计算：

 (6.4.3-1)

 (6.4.3-2)

式中：*ELe* ——年电梯能耗，kWh/a；

*PLe* ——特定能量消耗，mWh/kgm；

*ta* ——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；

*Estandby* ——电梯待机时能耗，W；

*ts* ——电梯年平均待机小时数，h。

## **6.5 可再生能源系统**

6.5.1 可再生能源系统应包括太阳能生活热水系统、光伏系统、地源热泵系统和风力发电系统。

6.5.2 装配式建筑可再生能源系统产生的碳排放应按下式计算：

 (6.5.2)

式中：*PRE*1——太阳能生活热水系统产生的碳排放量，t；

*PRE*2——光伏系统产生的碳排放量，t；

*PRE*3 ——地源热泵系统产生的碳排放量，t；

*PRE4* ——风力发电系统产生的碳排放量，t。

6.5.3 太阳能热水系统产生的碳排放量不应计入生活热水系统产生的碳排放量中。

6.5.4 地源热泵系统的节能减排量应计算在暖通空调系统能耗与碳排放量内。

6.5.5 太阳能热水系统提供了建筑运行所需要的能量，其碳排放计算可按下式计算：

 (6.5.5-1)

 (6.5.5-2)

或 (6.5.5-3)

 (6.5.5-4)

式中：*Qs,a*1——太阳能热水系统的年供能量，kWh；

*Qs,a*2——太阳能热水系统的年供能量，MJ；

*Ac* ——太阳集热器面积，m2；

*JT* ——太阳集热器采光面上的年平均太阳辐照量，MJ/ m2；

*ηcd* ——基于总面积的集热器平均集热效率，%；

*ηL*——管路和储热装置的热损失率，%。

6.5.6 光伏系统的年发电量所节省的碳排放可按下式计算：

 (6.5.6-1)

 (6.5.6-2)

式中：*Epv* ——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/m2；

*KE* ——光伏系统的转换效率，%；

*KS* ——光伏系统的损失效率，%；

*Ap* ——光伏系统光伏面板净面积，m2。

6.5.7 风力发电机组年发电量所节省的碳排放可按下式计算：

 (6.5.7-1)

 (6.5.7-2)

 (6.5.7-3)

 (6.5.7-4)

 (6.5.7-5)

 (6.5.7-6)

式中：*Ewt* ——风力发电机组年发电量，kWh；

*ρ ——*空气密度，取1. 225kg/m3；

*CR*(*z*) ——依据高度计算的粗糙系数；

*KR* ——场地因子；

*z*0 ——地表粗糙系数；

*V0* ——年可利用平均风速，m/s；

*Aw* ——风机叶片迎风面积，m2；

*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岀的因子；

*APD* ——年平均能量密度，W/m2；

*Vi* ——逐时风速，m/s；

*KWT* ——风力发电组的转换效率。

## **6.6 运维阶段碳排放性能优化**

6.6.1 设备选择。在运维阶段，选择高效能源设备，如节能照明、能效空调等，利用可再生能源，考虑在装配式建筑中引入可再生能源，如太阳能、风能等，用于供电和取暖，有助于减少依赖传统能源，降低能源消耗和碳排放。

6.6.2 用能结构。明确能源使用的控制目标和策略，其中包括设定合理的温度、照明等条件，以最小化不必要的能源消耗。

# 7 再利用阶段量算

## **7.1 更新再利用**

7.1.1 装配式建筑的更新再利用包括对结构、建筑、水电暖、装修等更新，碳排放计算的边界应以结构、建筑、水电暖、装修中更新的构件为单位进行计算。

7.1.2 更新再利用应编制详细的更新方案，降低构件破坏和重构造成的碳排放量增加，重点结构区域因进行专项方案的编制。

## **7.2 拆除再利用**

7.2.1 装配式建筑拆除和回收再利用阶段主要的能耗来自于施工机械设备的电耗和其他燃料的消耗，运输工具的能耗以及废弃物处理、回收过程中的能耗等，碳排放也主要来自于上述能源消耗。

7.2.2 装配式建筑拆除和回收再利用阶段碳排放计算包括拆除、拆除物运输运输和回收三部分。

7.2.3 对于拆除物考虑了填埋、再利用和再循环3种不同处置方式，拆除物若进行填埋，除运输外不涉及其他能耗；对拆除物进行再利用，相当于减少了与原材料开采生产相关的能源与物料投入，故可回收蕴含在建材中的全部内含能，但从建筑全生命周期角度分析，可能会增加建筑的部分维护能耗；若对拆除物进行再循环处置，可以减少原材料的内含能，但也会增加废弃物的处理能耗，准确评估拆除物回收利用的能源效益是一项异常复杂的研究，本标准采取简化处理：扣除拆除物再利用增加的维护能耗后，再利用方式处置拆除物所获得的能量效益为该建材内含能的30%；扣除再循环中的处理能耗后，再循环处置拆除物所获得的能耗效益为该建材内含能的20%。即采取再利用方式相当于减少了使用全新建材的碳排放的30%，同理采取再循环方式相当于减少了使用全新建材的碳排放的20%。

7.2.4 工业化预制装配模式在工厂阶段集成化的生产方式，因此拆除物中可再利用部分，即在基本不改变制品的原貌，仅简单工序处理后直接回用的部分比重增大，同时可再利用的对象不再仅仅是建材，而是集成化的构件、组件甚至是模块。

7.2.5 工业化预制装配建筑的拆除、拆除物运输、回收共3个阶段均与工厂化生产、物流、装配有着密切的关系，拆除阶段的可逆程度及回收利用的程度直接取决于工业化生产的集成度、完成度和施工阶段的装配化程度。

7.2.6 拆除、拆除物运输以及回收的对象不再是零散的建筑垃圾，而是构件、组件或是模块。

7.2.7 拆除的目的按层级关系，可细分为3个等级：

1 重复利用的构件、组件、模块；

2 回收零部件；

3 破坏性拆除。

对应这3个目的，拆除也可分为3种类型：

1 非破坏性拆除；

2 部分破坏性拆除；

3 破坏性拆除。

而这3种类型的选择取决于工业化装配的连接方式;

7.2.8 装配式建筑拆除再利用阶段碳排放计算应按下式计算：

 (7.2.8-1)

式中：*P6* ——建筑拆除再利用阶段的碳排放量，t；

*Pi6* ——建筑拆除再利用阶段的直接空间碳排放量，t；

*Pj6* ——建筑拆除再利用阶段的间接空间碳排放量，t；

1 直接空间碳排放，应按下式计算：

 (7.2.8-2)

式中：*Ek* ——第*k*种能源碳排放系数，t/t、t/L、t/m3；

*Qk* ——建筑拆除再利用阶段第*k*种能源用量，t、L、m3；

2 间接空间碳排放，应按下式计算：

间接空间的碳源主要包括：装配式建筑拆除物的运输、建筑垃圾的处理与回收、建筑拆除用电等排放的温室气体。

 (7.2.8-3)

式中：*Pj6*(1)——建筑拆除物运输的碳排放量，t；

*Pj6*(2)——建筑垃圾的处理和回收的碳排放量，t；

*Pj6*(3)——建筑拆除用电的碳排放量，t；

公式7.2.8-4

式中：*QRk* ——第*k*种建筑垃圾的重量，t；

*ηj* ——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·km)；

*Lkj* ——第*k*种建筑垃圾第*j*种运输方式的运输距离，km。

 (7.2.8-5)

式中：*Rk'* ——第*k'* 种可回收建材的回收碳排放系数，t/t；

*Qk'*——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。

 (7.2.8-6)

式中：*ED* ——建筑拆除阶段的耗电量，kWh；

7.2.9 根据7.1.2款条文，简化的装配式建筑拆除再利用阶段碳排放计算可按下式计算：

 (7.2.9-1)

式中：*Pdis* ——建筑拆除阶段的碳排放量，t；

*Pdis-lev* ——建筑拆除物运输阶段的碳排放量，t；

*Prec* ——建筑回收阶段的碳排放量，t。

 (7.2.9-2)

式中：*P*4——建筑装配阶段的碳排放量，t。

 (7.2.9-3)

式中：*P*3——建筑物流阶段的碳排放量，t。

 (7.2.9-4)

式中：*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。

# 8 信息化技术

## **8.1 模型和数据全生命周期调用**

8.1.1 信息化模型技术在装配式建筑的碳排放计算中发挥着重要的作用，应优先选择BIM工具实现对装配式建筑全生命周期的碳排放进行计算、统计、分析和优化。

8.1.2 在装配式建筑的全生命周期过程中，应保持模型数据的连续性，能够实现将设计的数据延续全生命周期的各阶段，并且能够通过模型的不断复用，数据调整等方式实现全生命周期数据的管理，为后续项目的碳排放计算提供案例支持，实现“一模到底”目标。

## **8.2 计算工具**

8.2.1 碳排放的计算工具应优先选择支持模型创建的BIM工具,并应通过BIM工具实现碳排放数据的计算统计分析。

8.2.2 应将国标及本技术规程中的碳排放计算方法集成到碳排放计算过程中，实现碳排放计算的自动化，并能够通过装配式建筑构件和构件系统的性能优化提示建筑整体的碳排放性能。

## **8.3 设计工具**

8.3.1 控碳设计应通过BIM工具进行标准化设计，应按不同专业分类，宜基于标准化选型库进行选择式设计。

8.3.2 通过设计工具与计算工具进行关联，应具备通过计算工具统计分析的数据实现对设计成果的优化。

8.3.3 应通过统一数据格式实现构件标准化率控碳优化设计。

建筑装配式建筑的构件、连接件的定型选型可以采用信息化手段进行分类和组合，建立构件系统库，能够使建筑设计和建造流程变得更加标准化、理性化、科学化，减少各专业内部、专业之间因沟通不畅或沟通不及时导致的“错、漏、碰、缺”，提升工作效率和质量。

8.3.4 应通过数据库工具建立构件选型库，宜采用标准化数据接口进行通讯。

8.3.5 宜采用BIM工具自动化计算装配式评价指标，并能与控碳优化动态关联。8.3.6 建筑全生命周期碳排放分部定量计算与控碳设计应采用BIM等优化工具。

## **8.4 数据技术**

8.4.1 材料制备阶段应采用数据库工具存储建筑材料库，宜通过挑选合适碳排放材料实现控碳设计目的。

8.4.2 生产阶段应采用制造执行系统（MES）实现物料管理，并可通过开放制造生产流程工具系统为设计师提供标准化产品，实现控碳选型设计。

8.4.3 转运阶段应采用路径优化类工具对转运路线和道路选型等信息进行管理，实现控碳设计优化。

8.4.4 构件装配阶段应采用BIM工具模拟装配过程，构件堆放、构件装配等模拟应满足装配现场堆放及设备等要求。

8.4.5 运行维护阶段宜选用基于智能化运维软件系统工具对建筑运行状态进行监测，可通过系统实现基于建筑使用者行为节能方式，实现减碳。

8.4.6 改造再利用阶段宜采用3D扫描建模实现对现有建筑数据采集，通过BIM工具建立改造后模型，对改造后建筑进行性能模拟，实现控碳设计目标。

8.4.7 拆除再利用阶段宜采用3D扫描建模实现对现有建筑数据采集，实现对现有建筑拆除评估。

# 附录A 装配式建筑碳排放因子表

主要建筑材料碳排放因子参考《建筑碳排放计算标准》（GBT 51366-2019）

# 附录B 装配式建筑碳排放计算报告模板

项目名称:

建设地点:

建设单位:

设计单位:

编制单位:

编制人员: （签名）

校对人员: （签名）

审核人员: （签名）

报告时间:

# **B.1**  建筑概况

B.1.1 建筑基本信息

建筑城市：

建筑类型：

建筑层数：

建筑物高度：

|  |  |
| --- | --- |
| 工程名称 |  |
| 工程地点 |  |
| 地理位置 | 北纬： | 东经： | 海拔： |
| 气候分区 |  |
| 建筑类型 |  |
| 建筑朝向 |  |
| 建筑面积（计算） |  |

B.1.2 标准层信息

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 标准层 | 实际楼层 | 层高(m) |
|  |  |  |

B.1.3 建筑模型三维效果图

# **B.2** 编制依据

《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366-2019

《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019

《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021

《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134-2010

# **B.3** 计算分析

B.3.1 计算条件

1 计算范围

建筑碳排放指建筑物在与其有关的材料制备及运输、建造及拆除、运行阶段产生的温室气体排放的总和，以二氧化碳当量表示，包括建筑的全生命周期碳排放阶段各阶段活动相关的温室气体排放，与建筑相关的绿化作为碳汇抵消建筑活动产生的碳排放，光伏、地热源泵等可再生能源利用所产生的能量按碳排放折减量计入。

2 碳排放因子法

建筑物碳排放计算采用碳排放因子法，将各部分活动形成的能能源与材料消耗量乘以对应的二氧化碳排放因子，计算出建筑物不同阶段相关活动的碳排放。对于制冷剂等特殊物质释放产生的碳排放量，根据其全球变暖潜值转换为二氧化碳当量。采用碳排放因子法得到各单项活动的碳排放量，按照类别进行汇总可分别计算出建筑材料生产与运输、建造阶段、建筑运行使用阶段、建筑拆除阶段各阶段的碳排放量。

3 建筑活动数据

碳排放因子法计算所需要的建筑活动数据及其来源如表所示，为建筑物碳排放计算所需提供的项目资料。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目阶段 | 碳排放活动 | 资料情况 | 备注 |
| 材料制备 | 材料制备过程 | 可研报告及方案阶段：估算混凝土、钢材等主要建材用量；其他各阶段：工程造价概算清单/工程造价预决算文件、建材采购文件、供应商清单等 | 无运输数据时，建材运输过程碳排放量以材料制备阶段的3~5%计入 |
| 材料运输 | 建材运输过程 |  |  |
| 建造阶段 | 建造机械活动 | 工程造价概算清单/工程造价预决算文件、建材采购文件、供应商清单等 | 无概预算是数据时，建造过程碳排放量以材料制备阶段的2%计入 |
| 建筑运行使用 | 热水消耗建筑照明采暖和制冷通风电梯 | 建筑围护结构信息，所在地区气象数据信息；热水用户数量、设备信息；使用空间功能及面积统计数据；室内人员密度及在室时间信息；暖通空调设备信息；电梯参数；可再生能源利用信息。科研报告及方案阶段根据采用上述数据的估算值计算 | 基准公共建筑的参数按照2015年《公共建筑节能设计标准》GB50189-2015中的要求取值，基准居住建筑按照《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134-2010中的要求取值 |
| 回收再利用 |  |  |  |
| 拆除再利用 | 拆除机械活动 | 工程造价概算清单/工程造价预算文件、建材采购文件、供应商清单等 | 无拆除数据时，取建造阶段碳排放量作为拆除阶段的碳排放量 |
| 碳汇 | 绿化 | 绿化种类面积 |  |

B.3.2 材料生产与运输碳排放计算分析

1 材料制备阶段碳排放

材料制备及运输阶段碳排放计算应包括建筑主体结构材料、建筑围护结构材料、建筑构件和部品等，纳入计算的主要建筑材料不应低于建筑中所耗材总重量的95%。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 建材种类 | 用量 | 单位 | 生产因子(tCO2e/单位用量) | 碳排放量(tCO2e) |
| 1 |  |  |  |  |  |

2 建材运输阶段碳排放

建材物流转运阶段的碳排放包含建材从生产地到施工现场的运输过程的直接碳排放和运输过程所耗能源的生产过程的碳排放无运输距离时，混凝土的默认距离为40Km,其他建材的默认运输距离值为500Km。

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 建材种类 | 用量 | 单位 | 运输方式 | 运输因子
[tCO2e/(t\*km)] | 运输距离(km) | 碳排放量(tCO2e) |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |

B.3.3 建造阶段碳排放计算分析

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 建筑面积(m2) | 地上层数 | 单位面积碳排放量
(kgCO2/m2) | 建筑碳排放量(tCO2) |
|  |  |  |  |

B.3.4 建筑运行使用阶段碳排放计算分析

1 建筑运行使用阶段

建筑的使用寿命应符合现行国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366-2019第4.1.2的有关规定。碳排放计算中采用的建筑设计寿命应与设计文件一致，当设计文件不能提供时，应按50年计算。

2 建筑运行阶段能源使用

2.1空调供暖能耗

1. 建筑累计负荷计算结果

根据《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021附录C的要求，设计建筑和参照建筑累计负荷如下：

**累计负荷计算结果**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 建筑类别 | 供冷累计负荷Qc(kWh) | 供暖累计负荷Qh(kWh) |
| 设计建筑 |  |  |
| 参照建筑 |  |  |

1. 建筑全年空调和采暖耗电量计算

**建筑供冷、供暖系统性能参数**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 性能参数 | 设计建筑 | 参照建筑 |
| 供冷系统综合性能参数 |  |  |
| 供暖系统综合性能参数 |  |  |

依据以上建筑全年累计负荷计算结果与所给参数，计算得到该建筑物的全年供冷和供暖耗电量如下：

**耗电量种类**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 性能参数 | 设计建筑 | 参照建筑 |
| 全年供冷耗电量(kWh) |  |  |
| 全年供暖耗电量(kWh) |  |  |

2.2照明能耗

天然光利用及项目实际运行情况，采用了自然采光控制措施—自然光因素DF取0.8，照明能耗计算结果如下：

**照明能耗汇总**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 房间类型 | 房间个数 | 设计建筑 | 基准建筑 |
| 照明功率密度(W/m2) | 房间面积(m2) | 照明功率密度(W/m2) | 房间面积(m2) |
|  |  |  |  |  |  |

2.3电梯能耗

**电梯能耗汇总**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 台数(台) | 单台电梯能耗(kWh/a | 电梯总能耗(kWh/a | 计算依据 |
|  |  |  |  |  |

2.4可再生能源供电量

从原理上来说，太阳能、地热能、风能等可再生能源在建筑供热、制冷、发电等方面的利用，可降低建筑对电网供电的需求，从而降低建筑实际碳排放情况。

**太阳能供暖系统**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年总辐射量（MJ/m2) | 集热器总面积(m2) | 集热器倾角(°) | 集热器方位角(°) | 补偿面积比(%) | 年太阳能供暖等效用电量(kWh) |
|  |  |  |  |  |  |

**光伏发电系统**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 年总辐射量(kWh/m2) | 光伏组件安装面积(m2) | 综合效率系数(0~1) | 年光伏发电量(kWh) |
|  |  |  |  |

**可再生能源利用汇总表**

|  |  |
| --- | --- |
| 类别 | 可再生能源年供电量(kWh) |
| 太阳能 | 太阳能热水 |  |
| 太阳能供暖系统 |  |
| 光伏发电系统 |  |
| 风能 |  |
| 热电联产CHP |  |
| 地热及其尾水梯级利用 |  |
| 其他可再生能源 |  |

B.3.5 拆除再利用阶段碳排放计算分析

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 建筑面积(m2) | 地上层数 | 单位面积碳排放量
(kgCO2/m2) | 拆除碳排放量(tCO2) |
|  |  |  |  |

B.3.6 建筑碳汇

绿化碳汇碳减排量计算如下表所示：

本工程场地面积4156.00㎡，绿化率31.60%。绿化碳汇碳减排计算如下表所示：

**绿化碳汇减排量计算结果表**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 绿化类型 | 绿化类型年CO2固定量[tCO2/(m2\*a)] | 种类占比(%) | 绿化面积m2 | 种植时长(年) | 减排量(tCO2) |
|  |  |  |  |  |  |  |

# **B.4** 建筑全生命周期碳排放量构成分析

B.4.1 建筑全生命周期碳排放总量及分阶段碳排放构成比例分析

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 碳排放量(tCO2) | 全生命周期单位面积碳排放量(kgCO2/m2) | 全生命周期单位面积年均碳排放量(kgCO2/m2•a) |
| 建材生产阶段 |  |  |  |
| 建材运输阶段 |  |  |  |
| 建造阶段 |  |  |  |
| 运行阶段 |  |  |  |
| 建筑维护 |  |  |  |
| 拆除阶段 |  |  |  |
| 回收阶段 |  |  |  |
| 绿化碳汇 |  |  |  |
| 合计 |  |  |  |

B.4.2 建筑全生命周期碳排放总量构成图示

各阶段碳排放占比

B.4.3结论

本建筑碳排放强度为 tCO2e/a。

# 用词说明

为便于在执行本规程条款时区别对待，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，在条件许可时首先应这样做的：

 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”。

# 引用标准名录

**中国工程建设标准化协会标准**

**装配式建筑全生命周期碳排放量计算**

**技术规程**

**T/CECS 1XXX-202X**

# 条 文 说 明

# 制定说明

目 次

4 全生命周期设计碳排放量算....................................................43

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

# 4 全生命周期设计碳排放量算

4.1.1 装配式建筑的全生命周期划分为6个阶段：材质制备、构件生产、施工装配、运行维护、更新再利用、拆除再利用以及每个阶段均存在的转运。

1材料制备：是指为实现装配式建筑的生产、建造所需要的材料的准备阶段。

2构件生产：是指进行装配式构件的生产的阶段，这些构件包括但不限于：结构构件、外围护构件、设备管线构件、内装修构件、景观装饰构件等。

3施工装配：是指在施工和构件装配成建筑的阶段。

4运行维护：是指在装配式建筑交付运行后以及在运行过程中的阶段。

5更新再利用：是指装配式建筑在局部或整理进行更新改造的阶段。

6拆除再利用：是指装配式建筑因某种原因（使用寿命、安全等）需要进行拆除的阶段。

7转运在全生命周期各阶段均存在，并分别对应着材质制备转运、构件生产转运、施工装配转运、运行维护转运、更新再利用转运和拆除再利用转运。

4.1.2 以装配式建筑的全生命周期为计算边界进行碳排放量的计算，从而形成对建筑碳排放性能的优化。

4.2.1 装配式建筑分类、分件方法及编码方式应符合国家现行标准《建筑信息模型分类和编码标准》GB/T 51269和《建筑产品分类与编码》JG/T 151的有关。

4.2.2 BIM工具是实现碳排放高效计算的手段，需要通过BIM工具建立构件模型实现装配式建筑的碳排放自动计算，模型精细度、几何表达精度和信息深度应满足《建筑信息模型设计交付标准》GB/T 51301中的表4.2.2、表4.3.5和表4.3.7中相关要求，同时需要考虑能够支持碳排放计算所需的几何和信息需求。

4.2.3 装配式建筑的设计对后续各阶段的碳排放装配有较深入的影响，良好的设计可以有效的降低全生命周期的碳排放量，设计人员应强化对低碳设计的认识，编制专门的低碳设计专篇，对装配式建筑的低碳设计提供有效的策略，并进行碳排放量的估算和概算量统计，明示可能存在的碳排放量巨增的点或者阶段。

4.2.4 以选择构件为设计方法的装配式建筑的设计，可以有效的提升设计的精度。通过选择材料碳排放量较低、资源利用率高、环境友好的构件，避免使用高碳排放的材料构件。

4.2.5 构件及构件系统的生产过程中的高效、节能和低碳的制造加工技术，主要包括：

1数字化设计和预制：利用建筑信息模型（BIM）和计算机辅助设计（CAD）技术，进行构件的精确设计和模拟，以减少材料浪费和构件制造过程中的错误。预制技术可以在工厂环境中进行构件的生产，提高生产效率和质量控制。

2智能制造和自动化：引入智能制造技术，例如机器人和自动化设备，在构件生产过程中实现自动化操作和流程控制，减少人力成本，提高生产效率。这可以减少能源消耗和碳排放。

3精确切割和加工：采用先进的切割和加工技术，例如激光切割、水刀切割和数控机床，可以实现构件的精确尺寸和形状加工，减少材料浪费和能源消耗。

4环保材料选择：选择环保材料，例如可再生材料、低能耗材料和可回收材料，以减少资源消耗和环境影响。同时，避免使用有害物质和高碳排放材料。

5能源管理和节能措施：在构件生产过程中采用节能措施，例如优化设备运行参数、热回收利用、节能照明和高效能源管理系统，以减少能源消耗和碳排放。

6循环利用和废弃物管理：设计构件时考虑到可拆卸和可重用性，以便在建筑使用寿命结束后，构件可以进行循环利用或回收利用。同时，采取有效的废弃物管理措施，将废弃物最小化并进行合理处理。

7过程优化和持续改进：采用持续改进和优化策略，例如精益生产和六西格玛方法，以提高生产效率、质量和资源利用效率，减少浪费和碳排放。

4.2.6 构件各阶段的转运过程，需要考虑各阶段的特点进行碳排放的优化，主要包括：

1智能物流规划：利用物流规划软件和技术，进行智能路线规划和货物搭载优化，以减少运输距离和时间。通过优化物流过程，可以减少燃料消耗和碳排放。

2多式联运：采用多式联运方式，例如结合公路、铁路和水路运输，根据不同的距离和地理条件选择最佳的运输方式。水路运输和铁路运输通常比公路运输更为节能和低碳。

3轻型运输工具：选择轻型运输工具，例如高效的货车、货运列车和船舶，以减少能源消耗和碳排放。优化运输工具的装载率，确保运输过程中货物的充分利用，减少空载和零载的情况。

4现场装配和模块化设计：将构件部分或完全在工厂中预制，并进行模块化设计，以减少现场施工时间和运输量。这样可以降低碳排放量，减少现场施工所需的能源消耗。

5预装配和快速安装：在工厂中进行预装配，将构件组装为较大的模块或单元，以减少现场的安装时间和人力成本。采用快速安装技术，例如现场吊装和机器辅助安装，能够加快施工速度并减少碳排放。

6碳排放监测和抵消：跟踪和监测运输和安装过程中的碳排放量，并采取相应的措施进行减排。同时，可以考虑进行碳抵消，例如通过植树造林项目或购买碳排放减少配额来抵消运输和安装过程中产生的碳排放。

4.2.7 构件的装配施工过程中，需要编制低碳施工方案专篇，其中包括：

1标准化设计：采用标准化设计，将构件划分为标准化的模块或单元，以便在工厂中进行预制和装配。这样可以提高施工效率，减少现场加工和调整的需要，从而降低碳排放。

2精准制造和预装配：在工厂中进行精准制造和预装配，确保构件的尺寸和质量符合要求。这样可以减少现场的测量和调整工作，提高施工效率，同时减少能源消耗和碳排放。

3现场组装和吊装技术：采用现场组装和吊装技术，例如使用吊装设备和机械辅助装配工具，能够加快装配速度，减少人力成本，并减少碳排放。确保吊装过程中的安全和高效，避免物料的二次搬运和多次搬动。

4碳排放监测和管理：对装配施工过程中的碳排放进行监测和管理，确保施工过程中的能源消耗和排放控制。定期进行碳排放评估，寻找和改进碳排放热点，采取有效的措施降低碳排放。

5低能耗施工设备和工具：选择低能耗的施工设备和工具，例如使用高效的电动工具和设备，减少燃油消耗和碳排放。优化施工设备的能源效率，减少能源浪费。

6碳减排材料选择：选择低碳的建筑材料，例如使用可再生材料、回收材料和低能耗材料。避免使用高碳排放的材料，降低碳排放。

7废弃物管理和资源循环利用：采取有效的废弃物管理措施，将废弃物最小化，并进行合理处理和循环利用。回收和再利用废弃材料，减少资源消耗和环境污染。

8节能照明和临时设施：在施工现场采用节能照明设备，例如LED灯，减少能源消耗。合理规划和管理临时设施，减少临时设施的能源使用和碳排放。

4.2.8 构件和构件系统的运行维护过程，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，主要包括：

1定期维护和检查：定期进行构件和构件系统的维护和检查，确保其正常运行和高效性能。及时修复漏水、漏气、能量损失等问题，减少能源的浪费和碳排放。

2能源管理和优化：实施有效的能源管理措施，例如安装智能能源管理系统、定时启停设备、合理调整温度和湿度等，以减少能源消耗和碳排放。优化能源利用效率，降低供暖、制冷、通风和照明系统的能源需求。

3使用高效设备和系统：选择高效的设备和系统，例如高效照明设备、节能空调和供暖系统、智能控制系统等，以减少能源消耗和碳排放。使用节能灯具、节水器具等环保设备，降低资源消耗。

4废弃物管理和循环利用：建立有效的废弃物管理系统，包括分类收集、回收和再利用废弃物。将废弃材料进行循环利用，减少资源消耗和环境污染。

5优化运行策略：优化构件和构件系统的运行策略，例如合理控制空调温度、调整照明亮度、定期清洁和维护设备等，以减少能源浪费和碳排放。

6培训和教育：提供员工培训和教育，增加其对节能环保的意识和知识。通过培训员工合理使用设备、节约能源等方式，减少不必要的能源浪费和碳排放。

7碳排放监测和减排计划：建立碳排放监测系统，跟踪和记录构件和构件系统的碳排放量。制定减排计划，采取相应措施减少碳排放，例如通过能源替代、能效改进、碳补偿等方式降低碳排放。

8持续改进和创新：不断进行技术改进和创新，寻找更加节能环保的解决方案。关注新的技术和材料，积极采用可再生能源、绿色材料等低碳技术，推动构件和构件系统的可持续发展。

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，对既有建筑的状态和构件进行详细分析，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,可以采用以下方式：

1延长使用寿命：通过采用高质量的原材料和施工技术，以及定期维护和修复，可以延长装配式构件和构件系统的使用寿命。这样可以减少新建筑或项目所需的构件数量和能源消耗。

2可再生能源：在构件系统的更新和再利用过程中，考虑使用可再生能源来满足能源需求。采用太阳能、风能或其他可再生能源来供应装配式构件和构件系统所需的电力，可以降低碳排放。

3节能设计：在更新和再利用过程中，采用节能设计原则。通过改善绝缘材料、优化建筑外观、改善采光和通风等措施，减少能源消耗，降低碳排放。

4材料选择：在装配式构件和构件系统的更新和再利用过程中，选择低碳材料。例如，使用可再生材料、回收材料或低能耗材料可以减少碳排放。此外，考虑使用材料的生命周期分析，选择对环境影响较小的材料。

5废弃物管理：在装配式构件和构件系统的更新和再利用过程中，进行有效的废弃物管理。通过回收、再利用和正确处理废弃物，减少对环境的负面影响，并减少碳排放。

6交通和物流优化：优化物流和运输方式，减少更新和再利用过程中的运输距离和燃料消耗。选择合适的运输工具和路线，以降低碳排放。

7教育和宣传：提高人们对装配式构件和构件系统更新和再利用的认识，促进可持续建筑的发展。教育和宣传可以帮助人们更好地理解如何降低碳排放，并采取相应的措施。

4.3.1 获取准确的数据是实现建筑碳排放的基础，因此，应该采用科学的方法进行数据采集，并将采集的数据存储到数据库中，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、能源等相关数据进行采集和整理，能够借助信息化管理系统，对采集的数据进行分析和处理，应用数据库的索引特征，快速获取所需的数据集。

4.3.2 建立碳排放关联数据库是为了支持碳排放的快速计算，因基于构件和构件系统对构建的碳排放因子以及其组成的建材等相关因素的碳排放数据进行分类、归纳和管理。主要可以采用以下策略：

1确定分类层次结构：根据你的需求和数据的复杂性，确定适当的分类层次结构。例如，可以从大的行业或部门开始，然后进一步细分为不同的活动、过程或源头。

2制定主要分类：根据你所研究或关注的行业和活动，制定主要的分类。例如，工业生产、交通运输、能源消耗、农业等。这些主要分类应该涵盖大部分碳排放的来源。

3制定子分类：在每个主要分类下，制定适当的子分类，以更细致地描述碳排放的来源和属性。这些子分类可以根据行业标准、数据可用性和重要性来确定。

4分配编码：为每个主要分类和子分类分配唯一的编码。编码可以采用数字、字母或它们的组合。建议使用层次结构的编码方式，以表示不同层级之间的关系。

5标准化和规范化：确保数据库中的数据采用统一的标准和规范进行记录和描述。这包括单位的统一、数据格式的规范、数据采集方法的一致性等。可以参考现有的标准和指南，如单位的国际标准化组织（SI）单位。

6定期评估和更新：建立分类和编码体系后，定期评估其实用性和有效性。根据新的行业发展和需求，更新和调整分类和编码体系，以确保其与时俱进。

4.3.3 装配式建筑的碳排放计算方法按本规程中全生命周期的计算方法，确定碳排放关联库的数据处理和计算方法主要可以从以下六个方面进行操作：

1数据收集和整合：收集与碳排放相关的数据，包括碳排放源的活动数据、能源消耗数据、排放因子数据等。整合不同来源的数据，确保数据的准确性和完整性。

2碳排放计算方法：使用适当的碳排放计算方法，根据数据进行碳排放的计算。具体的计算方法取决于数据的可用性和精确度，可以包括直接排放和间接排放的计算。例如，对于直接排放，可以使用排放因子乘以活动数据来计算；对于间接排放，可以使用相关的能源消耗数据和相应的排放因子进行计算。

3标准化和单位转换：对于数据的标准化，确保数据采用统一的标准和单位进行表示。例如，将能源消耗从不同的单位（如千克煤当量、千瓦时等）转换为碳排放的标准单位（如千克二氧化碳当量）。

4不确定性估计：在进行碳排放计算时，考虑不确定性因素，并进行不确定性估计。这可以包括数据的误差范围、排放因子的不确定性等。通过对不确定性的估计，可以提供可靠的碳排放数据的范围和置信度。

5数据分析和报告：对碳排放数据进行分析，生成相关的报告和指标。这可以包括总体碳排放量、碳强度、碳足迹等指标的计算和分析。数据分析可以帮助理解和评估碳排放的趋势、影响因素和改进潜力。

6数据更新和追踪：定期更新数据，确保碳排放关联库中的数据保持最新和准确。追踪数据的变化，比较不同时间段的数据，分析和评估碳排放的变化和趋势。

4.3.4 装配式建筑的构件和构件系统数据量较大，应采用成熟且稳定的数据库技术，可以采用的数据库技术主要包括：

1关系型数据库（RDBMS）：关系型数据库是一种常见的数据库技术，如MySQL、Oracle、Microsoft SQL Server等。它们提供结构化数据存储和查询功能，适用于存储和管理碳排放相关的数据，如活动数据、能源消耗数据、排放因子等。

2时间序列数据库：时间序列数据库专门用于处理时间相关的数据，如时间戳、测量数据序列等。在碳排放计算中，可以使用时间序列数据库来存储和管理时间相关的数据，如每小时或每日的排放数据，以便进行趋势分析和计算。

3大数据技术：当需要处理大规模的碳排放数据时，可以利用大数据技术来处理和分析数据。例如，Apache Hadoop和Apache Spark等大数据平台可以用于分布式存储和处理大规模数据集，以提高计算效率和处理能力。

4图数据库：图数据库适用于处理复杂的关系网络数据。在碳排放计算中，可以使用图数据库来建模和分析碳排放源、碳排放路径和相关因素之间的复杂关系，以便进行更深入的分析和优化。

5开放数据接口（API）和云服务：利用开放数据接口和云服务，可以与外部碳排放相关数据源进行集成和交互。例如，使用碳排放数据库提供的API，可以获取外部数据源的排放因子、能源消耗数据等，以补充和丰富本地数据。

4.3.5 支持装配式建筑碳排放计算的工料机因子库，装配式建筑构件和构件系统因子主要有：人工、建材和机械设备为基础表，还包括对应所使用的时长、消耗量等数据存储表，同时还具备关联这些基础表和存储表之间的关联表。

4.3.6 建立装配式建筑的构件和构件系统需要进行以下7个步骤操作：

1明确目标和需求：明确建立标准构件库的目标和需求，例如提高设计效率、优化构件选择、降低碳排放等。这有助于指导后续的工作和确保构件库的建立与预期目标一致。

2收集现有构件信息：收集和整理已有的装配式建筑构件信息。这可以包括供应商提供的构件目录、技术规格、CAD图纸、BIM模型等。同时，也可以参考相关的行业标准和规范等。

3分析和筛选构件：对收集到的构件进行分析和筛选，根据设计需求和性能要求进行评估。考虑构件的适用性、可重复性、标准化程度、供应链可靠性、可持续性等因素，选择具有较高价值和广泛适用性的构件纳入标准构件库。

4制定构件规范和技术要求：为每个选定的标准构件制定规范和技术要求，包括尺寸、材料、性能指标、施工要求等。这有助于确保在设计和施工阶段使用标准构件时的一致性和质量控制。

5创建构件库数据库：建立一个构件库数据库来存储和管理标准构件的信息。可以使用BIM软件或其他专门的数据库工具来创建构件库。数据库中应包含每个标准构件的详细信息，如构件名称、规格、CAD图纸、BIM模型、技术要求、供应商信息等。

6维护和更新构件库：定期维护和更新构件库，确保其中的信息和数据保持最新和准确。这可以包括添加新的标准构件、更新现有构件的技术要求、替换不再适用的构件等。同时，与供应商和行业组织保持合作和信息交流，获取最新的构件信息和技术发展。

7提供易于访问和使用的界面：为设计团队提供易于访问和使用的界面，使其能够方便地浏览、搜索和选择标准构件。这可以包括构件库的在线平台、BIM插件、设计软件的集成等，以提高设计效率和一致性。

4.3.7 装配式建筑碳排放的构件和构件系统的因子库是实现装配式碳排放的基础，而基本工料机、生产、装配施工工序等数据信息是实现构件和构件系统碳排放因子的条件，建立构件和构件系统碳排放因子库可以按照以下步骤进行：

1收集数据：收集与装配式建筑构件和构件系统相关的碳排放数据。这可以包括构件材料的生命周期排放数据、制造过程的排放数据、运输排放数据等。数据可以来自已有的研究文献、行业报告、供应商提供的数据、生命周期评估数据库等。

2确定边界：确定构件和构件系统的碳排放计算边界。这包括确定考虑的生命周期各阶段。确保边界的一致性和可比性，以便进行有效的碳排放比较和分析。

3进行生命周期评估：使用生命周期评估方法对每个构件和构件系统进行碳排放计算。生命周期评估涉及数据收集、数据处理、排放计算、结果分析等步骤。可以借助生命周期评估工具和软件来简化计算过程，并确保结果的准确性和一致性。

4建立因子库：将计算得到的构件和构件系统的碳排放数据整理并建立因子库。库中应包括每个构件和构件系统的唯一标识符、相关的材料和组成信息、碳排放数据、计算方法和假设等。可以使用电子表格、数据库或专门的软件工具来组织和管理因子库。

5校准和验证：对因子库中的数据进行校准和验证。这可以包括与实际测量数据进行对比、与其他独立研究或数据库进行比较，以确保因子库中的数据准确可靠。

6持续更新：定期更新因子库，以反映新的材料、技术和研究成果。保持与行业发展和最新碳排放计算方法的接轨，以确保因子库的可靠性和实用性。

4.3.8 装配式建筑的构件和构件系统也是实现装配式建筑设计并进行碳排放优化的基础，首先应该从构件库中选择碳排放合理的构件，通过软件工具实时统计装配式建筑的碳排放量，并能够以构件清单的形式统计碳排放估算量，再对完成的装配式建筑方案进行优化和调整。

4.3.9 要实现装配式建筑的构件和建筑模型与碳排放关联的数据库数据进行关联需要进行以下操作：

1数据准备：准备装配式建筑的构件和建筑模型数据以及与之相关的碳排放数据。构件数据可以包括构件名称、尺寸、材料信息、构件类型等，而碳排放数据可以是每个构件的碳排放量或碳排放因子。

2数据标识符匹配：确保构件和建筑模型数据与碳排放数据之间存在可以匹配的唯一标识符。这有助于确保准确地将构件和建筑模型与碳排放数据关联起来。例如，可以使用构件的名称、编码或ID作为匹配标识符。

3数据库创建：创建一个数据库来存储和管理构件和建筑模型的数据以及碳排放数据。可以使用关系型数据库或其他适合的数据存储方案。确保数据库结构能够容纳和组织构件和建筑模型数据以及碳排放数据。

4数据导入和关联：将构件和建筑模型数据以及碳排放数据导入数据库中。确保导入的数据格式和结构与数据库的要求相匹配。然后，根据标识符将构件和建筑模型与相应的碳排放数据进行关联。

5数据查询和分析：利用数据库的查询功能和分析工具，可以根据特定的查询条件和需求进行数据检索和分析。例如，可以查询特定构件或建筑模型的碳排放量，或者比较不同构件类型的碳排放差异。

6数据更新和维护：定期更新和维护数据库中的构件和建筑模型数据以及碳排放数据。这可以包括添加新的构件和建筑模型数据，更新已有数据的属性和参数，以及更新碳排放数据以反映最新的研究和测量结果。

7接口和集成：为设计团队和相关利益相关者提供一个易于访问和使用的接口，使其能够方便地使用数据库中的数据。可以是一个在线平台、BIM软件插件、API接口等，以根据需要提供数据的可视化、导出和共享功能。

4.3.10 建立碳排放关联库的维护和更新机制可以按以下步骤操作：

1确定责任和角色：指定负责维护和更新碳排放关联库的责任人或团队。他们应具备相关领域的专业知识，并负责库的管理、数据更新和维护工作。

2建立更新频率：确定更新碳排放关联库的频率。这可以是定期的更新计划，例如每季度、每半年或每年进行一次更新。根据行业发展和可用数据的变化，确保库中的数据保持最新和可靠。

3数据收集和验证：定期收集新的碳排放数据，并对其进行验证和审核。这可以包括与供应商、研究机构或行业组织合作，获取最新的数据和研究成果。同时，确保数据的准确性和可靠性，可能需要进行校准和验证的过程。

4数据审查和更新：进行定期的数据审查，检查和验证已有数据的准确性和完整性。修正错误或过期的数据，并添加新的数据，以确保库中的数据始终保持最新和全面。

5更新通知和交流：确保库的用户获得及时的更新通知和交流渠道。通过电子邮件、网站公告、内部通知或在线平台等方式，向用户提供关于数据更新的信息，并解答可能的疑问和反馈。

6数据质量控制：实施数据质量控制措施，确保库中的数据质量。这可以包括数据清洗、去重、规范化和一致性检查等步骤，以提高数据的一致性和可比性。

7用户反馈和需求：鼓励用户提供反馈和需求，以改进碳排放关联库的内容和功能。收集用户的意见和建议，并根据需要进行库的调整和改进。

8持续学习和更新：跟踪行业发展和技术进展，持续学习和更新碳排放关联库的知识和方法。参加相关培训、研讨会或行业会议，与专业人士和学术界保持联系，以保持库的最新性和前沿性。

4.3.11 建立碳排放关联库使用和管理规定是保障正确使用、保护数据的安全性和维护数据准确性，可以通过以下策略操作：

1访问权限和控制：确定谁有权访问碳排放关联库以及不同用户的权限级别。根据用户的需求和角色，设定适当的访问权限，以确保数据的安全性和保密性。

2数据使用目的：明确规定碳排放关联库的数据仅用于特定的目的，例如碳排放评估、设计优化或决策制定。禁止将数据用于其他目的或未经授权的用途。

3数据共享和传播：规定数据共享的方式和范围。确定是否允许用户在特定条件下共享数据，以及如何进行数据传播和引用。确保数据的正确使用和合法传播。

4数据更新和维护责任：明确指定数据更新和维护的责任人或团队，并规定他们的职责和义务。确保及时更新和维护数据，并保持数据的准确性和完整性。

5数据质量和准确性：规定用户对于数据质量和准确性的要求和期望。鼓励用户反馈错误或不准确的数据，并制定纠错和数据修正的机制。

6数据备份和恢复：确保对碳排放关联库的数据进行定期备份，以防止数据丢失或损坏。建立数据恢复计划和措施，以便在需要时能够迅速恢复数据。

7违规行为和制裁：明确规定违反使用和管理规定的行为和相应的制裁措施。这可以包括警告、暂停访问权限、终止使用权等，以防止滥用数据或违反规定。

8培训和指导：提供用户培训和指导，确保他们了解使用和管理规定，并正确使用碳排放关联库的数据。定期组织培训或提供用户手册和指南，以解答用户的疑问和提供支持。

9审查和改进：定期审查使用和管理规定的有效性，并根据需要进行改进和更新。收集用户的反馈和建议，并考虑在规定中进行相应的修订和调整。

4.4.1 结合装配式建筑构件和构件系统特点，根据全生命周期过程中产生的数据类型和数据量，通过数据库技术进行存储、管理、验证和调用，可以采取以下步骤：

1数据定义和结构设计：根据装配式建筑碳特点确定需要保存的数据类型和字段，包括构件信息、建筑模型、碳排放数据等。设计数据库表结构，确保适当的数据关联和一致性。

2数据库选择和设置：选择适合装配式建筑数据管理的数据库系统，如关系型数据库（如MySQL、PostgreSQL）或NoSQL数据库（如MongoDB）。安装和配置数据库，确保满足数据存储和性能需求。

3数据导入和录入：将装配式建筑相关数据导入数据库中。这可以通过批量导入、数据转换工具或手动录入等方式完成。确保数据的准确性和完整性，进行必要的数据验证和清洗。

4数据管理和验证：建立数据管理流程和规范，包括数据更新、修改和删除的权限控制机制。实施数据验证机制，确保数据的合法性、一致性和准确性。使用数据库约束、触发器、存储过程等技术进行数据验证和约束。

5数据调用和查询：使用数据库查询语言（如SQL）或编程接口，实现对数据库中装配式建筑数据的调用和查询。定义查询接口和参数，以支持用户根据特定条件检索和访问数据。

5数据备份和恢复：定期进行数据备份，以防止数据丢失或损坏。建立数据恢复策略和机制，确保在需要时能够快速恢复数据。

6文档编制和维护：编写详细的数据管理、验证和调用方式文档。包括数据库架构、数据字典、数据更新和验证流程、查询示例等。确保文档的及时更新和维护，以反映数据库和数据管理的最新状态。

7培训和支持：为用户提供培训和支持，使其能够正确使用数据库和数据管理工具。提供用户手册、培训课程、在线支持等，解答用户的问题和提供帮助。

4.4.2 1装配式建筑的全生命周期的数据主要包括，如下表：

| 数据类型 | 描述 |
| --- | --- |
| 模型 | 装配式建筑的三维模型数据，包括构件和系统的几何信息 |
| 属性 | 装配式建筑构件和系统的属性信息，如材料、尺寸、重量等 |
| 文档 | 装配式建筑项目相关的文档，包括设计文件、合同、规范、报告等 |
| 施工计划和进度 | 装配式建筑项目的施工计划和进度信息，包括工期安排、资源分配等 |
| 质量检测和测试数据 | 装配式建筑构件和系统的质量检测和测试结果，如材料检验报告、尺寸测量数据等 |
| 施工日志和报告 | 记录装配式建筑项目的施工过程中的事件、问题、解决方案和决策等 |
| 检查和验收记录 | 装配式建筑项目的检查和验收记录，包括安全检查、质量验收、环境保护检查等 |
| 维护和保养记录 | 装配式建筑的维护和保养记录，包括定期维护、设备检修、故障修复等 |
| 使用和能耗数据 | 装配式建筑的使用情况和能耗数据，如能源消耗、室内环境参数、设备运行数据等 |
| 报废和拆除记录 | 装配式建筑构件或系统的报废和拆除记录，包括拆除过程、材料回收、废弃物处理等 |

2 数据和数据库的备份有多种形式，可以选择多种形式的备份技术或软件工具，主要包括：

（1）完全备份（Full Backup）：完全备份是指将所有数据和文件都复制到备份介质中的过程。这种方式能够提供最全面的数据备份，但备份时间和占用存储空间较大。

（2）增量备份（Incremental Backup）：增量备份是指仅备份自上次备份以来发生变化的数据部分。在增量备份中，只有新增或修改的数据会被备份，这样可以节省备份时间和存储空间。恢复时需要先还原完全备份，再依次应用增量备份。

（3）差异备份（Differential Backup）：差异备份是指备份自上次完全备份以来发生变化的数据部分。与增量备份不同的是，差异备份会备份自上次完全备份以来的所有变化数据，而不仅仅是自上次备份以来新增或修改的数据。恢复时只需要还原完全备份和最近的差异备份。

（4）增强备份（Incremental Forever Backup）：增强备份是一种结合增量备份和差异备份的方式。它基于完全备份创建一个初始备份点，然后使用增量备份方式备份自该备份点以来的变化数据。这样可以保留完整的备份链，同时减少备份恢复时的工作量。

（5）远程备份（Offsite Backup）：远程备份是将数据备份复制到位于不同地理位置的远程存储设备或云服务中。这样即使发生本地数据丢失、损坏或灾难性事件，仍能够恢复数据。远程备份提供了数据的额外保护层，并增加了数据的安全性和可靠性。

（6）冗余备份（Redundant Backup）：冗余备份是指将数据备份存储在多个独立的备份介质或存储设备中。这样即使某个备份设备出现故障，仍然可以从其他备份设备中恢复数据。冗余备份提供了高可用性和容错性，确保数据的安全性和可靠性。

4.4.3 建立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，需要采取以下策略：

1制定标准和指南：制定装配式建筑碳排放数据的标准和指南，确立数据收集、计算和报告的方法和规范。

2数据收集和监测：建立数据收集和监测系统，涵盖装配式建筑全生命周期的各个阶段，包括设计、生产、施工、使用和拆除。确保收集相关数据，如材料生产过程的碳排放数据、能源消耗数据、施工过程的排放数据等。

3数据计算和验证：利用标准化的计算方法和工具，对收集到的数据进行计算和验证，生成装配式建筑各个阶段的碳排放数据。确保计算方法的准确性和一致性，避免数据误差和不一致。

4数据更新和修正：建立数据更新和修正机制，定期检查和更新装配式建筑碳排放数据。随着科技进步和新数据的出现，及时对数据进行修正和完善，确保数据的准确性和最新性。

5数据质量管理：建立数据质量管理体系，包括数据审核、验证和纠错机制。对收集到的数据进行审核和验证，确保数据的合理性和可靠性。修正数据错误和缺失，完善数据的完整性。

6合作与信息共享：促进行业内企业和机构的合作与信息共享，共同提高装配式建筑碳排放数据的标准化和更新水平。通过行业组织、研究机构和政府部门等平台，共同制定标准和指南，分享最佳实践和数据更新的信息。

7技术支持和培训：提供技术支持和培训，确保相关人员具备正确的数据收集、计算和报告技能。通过培训和指导，提高数据管理和更新的能力，保证碳排放数据的及时性和完整性。

4.4.4 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，可以采用以下策略：

1制定数据使用政策：制定明确的数据使用政策和规定，明确谁有权访问、使用和分享碳排放数据。确保只有授权人员可以获取和使用数据，并明确数据的合法用途和范围。

2数据访问和权限控制：建立数据访问和权限控制机制，设置适当的访问权限和身份验证措施，确保只有授权人员可以访问和使用碳排放数据。使用身份验证、加密和访问控制等技术手段确保数据的安全性。

3数据保密性管理：确保碳排放数据的保密性，建立数据保密机制和保密协议，限制数据的传播和分享。明确数据的保密级别和保密期限，并采取相应的技术和操作措施，如加密、安全传输和安全存储等，防止未经授权的访问和泄露。

4数据安全管理：建立数据安全管理措施，包括防止数据丢失、损坏和篡改的措施。采用恰当的存储介质和备份策略，确保数据的完整性和可恢复性。定期进行数据备份、灾难恢复测试和安全漏洞扫描，确保数据安全性的持续监控和改进。

5数据质量管理：建立数据质量管理体系，确保碳排放数据的准确性和可靠性。包括数据验证、校正和纠错机制，以及数据审查和审核程序。及时修正数据错误和缺失，确保数据的质量和可信度。

6培训和意识提升：提供相关人员培训和意识提升，使其了解数据使用和管理规定，并具备正确的数据处理和保护意识。培训包括数据隐私保护、信息安全意识、数据合规性等内容，确保相关人员遵守规定并正确处理碳排放数据。

7合规监督和审计：建立合规监督和审计机制，定期检查和审计数据的使用和管理情况。通过内部审计、第三方审核或合规性评估等方式，确保数据使用符合规定，并发现和纠正潜在的安全风险和违规行为。

4.4.5 通过建立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，并实现装配式建筑全生命周期的模型、属性、文档等数据管理，需要采取以下的策略:

1建立统一平台：建立一个统一的数据管理平台，用于收集、存储和管理装配式建筑全生命周期的各类数据，包括碳排放数据、模型数据、属性数据以及相关文档等。该平台可以是一个在线系统或数据库，能够支持数据的集中管理和访问。

2制定数据标准和格式：制定统一的数据标准和格式，确保各类数据的一致性和互操作性。例如，可以采用行业标准的数据交换格式，如IFC（Industry Foundation Classes）标准，用于建筑模型的数据交换。对于碳排放数据和其他属性数据，可以采用统一的数据格式，如XML或JSON等。

3数据提交和调用接口：为数据管理平台设计数据提交和调用的接口，使各阶段的系统和工具能够与平台进行数据交互。例如，设计阶段的建筑信息模型（BIM）软件可以通过接口将模型数据和属性数据提交到平台。施工阶段的工地管理系统可以调用平台的数据接口，获取相关数据进行分析和管理。

4数据关联和集成：建立数据关联和集成机制，将不同阶段的数据进行关联，实现全生命周期的数据管理。通过建立数据关系和标识，将碳排放数据与模型数据、属性数据等进行关联，确保数据的一致性和完整性。例如，可以将碳排放数据与建筑模型的构件进行关联，使得可以根据模型的结构自动获取碳排放数据。

5数据权限和访问控制：在数据管理平台中实施数据权限和访问控制机制，确保数据的安全和合规性。根据用户角色和权限，限制对数据的访问和操作。敏感数据如碳排放数据可以设置更高的访问权限，确保只有授权人员可以访问和修改。

6文档管理和版本控制：在数据管理平台中建立文档管理和版本控制机制，确保文档的版本管理和更新。所有相关文档如设计文件、施工图纸、能耗报告等应与数据关联，并按照统一的规定进行命名、存储和管理，便于查找和追踪。

7数据备份和恢复：建立定期的数据备份和恢复机制，确保数据的安全性和可恢复性。定期将数据进行备份，并设置灾难恢复计划，以防止数据丢失或损坏。

# 5 建造阶段碳排放量算

5.1.5 建材开采和生产阶段纳入碳排放计算的主要建筑材料的确定应符合下列规定：

1所选主要建筑材料的总重量不应低于建筑中所耗建材总重量的95%；

2当符合本条第1款的规定时，重量比小于0.1%的建筑材料可不计算。

主要建材消耗量Qc应通过查询设计图纸、采购清单等工程建设相关技术资料确定。1.1.1 建材开采和生产阶段以及运输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，缺省值可按本标准附录执行。3.0.2 烟囱水塔类构筑物爆破拆除工程需进行工程等级分级的规定是依据现行国家标准《爆破安全规程》GB6722的有关规定制定的。

5.2.5 构件生产阶段纳入碳排放计算的主要建筑构件的确定应符合下列规定：

1所选加工后的建筑构件应分为建筑结构构件、围护构件、内装构件、环境构件等，所选主要建筑构件的总重量（包含辅料）不应低于建筑中所耗建材总重量的95%；

2当符合本条第1款的规定时，重量比小于0.1%的建筑辅料可不计算。

主要建材Qc与辅料Q’c应通过查询设计图纸、采购清单等工程建设相关技术资料确定。

5.3.3 构件转运阶段纳入碳排放计算的转运过程应区别于材料制备阶段的建材从原产地运往制备工厂的运输过程，区别于构件生产阶段辅料从原产地运往加工工厂的运输过程，构件转运阶段为构件从工厂运往装配现场的运输过程。

当符合5.3.3规定时，重量比小于0.1%的建筑构件可不计算。

5.4.5 1装配阶段的能源总用量宜采用施工工序能耗估算法计算.

2同时施工降排水应包括成井和使用两个阶段，其能源消耗应根据项目将排水转向方案计算.

3施工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和工期计算确定。

5.5.1 装配式建筑构件材料制备碳排放性能优化包括低碳材料选择、高效工厂预制等方面：

低碳材料选择：

1木材及木材衍生物：木材是一种可再生的低碳材料，木材衍生物，如纤维板、刨花板、胶合板等，可用于墙板、屋顶、地板等构件。

2生物基复合材料：由可再生资源（如竹子、麻类、生物聚合物）制成，结合了生物基材料的可持续性和复合材料的性能，可用于墙板、隔断、天花板等构件。

3混凝土替代材料：传统混凝土的制备需要大量能源和产生大量碳排放。使用低碳混凝土、高性能混凝土或其他替代材料（如碳化渣、粉煤灰等）可以减少碳足迹。

4可回收材料：使用可回收材料，如回收金属、塑料和玻璃等，有助于降低对新材料的需求

高效工厂预制：

1模块化制造：将建筑构件按照标准化模块进行预制，如墙板、楼层、屋顶等。这些模块可在工厂中进行制造，然后在现场组装，减少施工时间。

2平板化制造：这是一种将墙体、楼板等构件平铺在生产线上进行预制的方法。这种方法可以实现批量生产和高度标准化，从而提高效率。

3立体交叉制造：在工厂中，不同构件的生产线交叉进行，以实现多种构件的同时生产，减少生产周期。

4精密加工技术：使用精密加工技术，如数控切割、激光切割等，实现高精度的构件制造。

5.5.2 目前已有的装配式建筑构件生产优化技术及其使用范围：

| 生产优化技术 | 适用范围 |
| --- | --- |
| 数控切割机 | 适用于精确切割构件所需的材料，如金属、木材、混凝土等 |
| 自动化钻孔和铆接设备 | 用于钻孔、螺纹切割和铆接，减少人工操作 |
| 自动化焊接设备 | 用于焊接构件的连接部分，提高连接强度和效率 |
| 机器人装配系统 | 通过机器人进行构件的装配和连接，提高装配一致性和速度 |
| 模具加工设备 | 用于制造构件所需的各种模具，如模板、模具等。 |
| 3D打印设备 | 用于生产适用于装配式建筑的定制构件，可以快速制造复杂形状。 |
| 精密测量和检测设备 | 用于测量和检测构件的尺寸、形状和质量，确保符合规格要求。 |
| 智能监控和控制系统 | 用于实时监测和控制生产过程，优化生产流程。 |

5.5.3 装配式建筑构件的高效运输方式和距离优化方案取决于构件的性质、目的地位置以及运输条件。以下是一些可用于装配式建筑构件运输方式和距离优化方案：

构件运输方式：

1平板车运输：使用平板卡车，将预制构件从工厂运送到现场。这是一种常见的运输方式，适用于不同类型的构件。

2集装箱运输：将构件放置在标准集装箱中，通过船运、铁路运输或卡车运输进行长距离运输，减少搬运次数。

3模块化运输：将构件进行模块化设计，以适应不同尺寸的运输工具，减少运输空间浪费。

4专用运输车辆：根据构件的特点设计专用的运输车辆，以确保安全和高效的运输。

5运输容器和支架设计：设计合适的运输容器和支架，保护构件在运输过程中不受损害。

距离优化方案：

1就近生产原则：在靠近建筑现场的地方设立预制工厂，以减少长距离运输。这样可以降低运输成本、减少能源消耗，并缩短交货时间。

2就近运输原则：将预制构件分段运输到临近的集散点，然后再由集散点运输到建筑现场，以减少长距离运输。

3运输容器最大化利用：合理利用运输容器的空间，确保每次运输能够装载最大数量的构件，减少运输次数。

4智能运输规划：使用智能化的运输规划系统，考虑交通流量、交通状况和天气等因素，选择最优的运输路径和时间。

5节约能源运输方案：选择高效的能源型号运输工具，减少能源消耗，如使用油电混合动力车辆等。

6夜间运输：在交通流量较少的夜间进行运输，避免交通拥堵，提高运输效率。

5.5.4 高效装配技术和流程，可以显著缩短施工周期，提高质量和效率，并降低建筑项目的总成本。以下是一些可提高装配式建筑构件施工效率的施工技术方法：

1提前施工准备：提前准备好所需的构件和材料，确保现场施工不会因缺乏材料而中断。

2平行施工：在不同区域同时进行多项施工作业，避免等待时间，提高施工效率。

3并行施工：将不同构件的装配任务分配给不同施工小组，以并行施工的方式提高效率。

4模块预装装配：在工厂中进行模块预装，然后将装配好的模块运输到现场，减少现场装配时间。

5预制连接系统：在工厂中预先制作连接系统，如螺栓、膨胀螺栓等，以减少现场连接时间。

6智能施工技术：利用智能设备、机器人和自动化系统进行施工，提高施工效率和准确性。

7现场管理和协调：实施有效的现场管理和协调，确保施工进程有序进行，避免冲突和延误。

8使用现代工具和设备：采用先进的工具和设备，如激光测量仪、模拟仿真软件等，提高施工效率和精度，提前识别施工中的问题，减少调整和修复时间。

# 6 运维阶段碳排放量算

6.1.5 建筑维护更新阶段碳排放是指构件、组件、模块在功能置换的过程中，工厂化生产、物流、装配三阶段产生的碳排放，该阶段可以与P2、P3、P4合并考虑。在建筑运行中，因部分材料或构件达到自然寿命（结构、围护、设备不同体系，不同的自然寿命）需要对其进行维护或更新。考虑到建筑维护修缮频数低，持续时间短等特点，假定建筑的主体材料和构件在设计基准期内都满足其功能，进行维护或更新的只是自然寿命比较短的围护体部分（包括外墙、门窗等）或是功能改的需要对设备体部分做出的更换。

6.2.6 1年供暖（供冷）负荷应包括围护结构的热损失和处理新风的热（冷）需求；处理新风的热（冷）需求应扣除从排风中回收的热量（冷量）。

2建筑碳排放计算应定义建筑围护结构，围护结构的热工性能及构造做法应与设计文件一致。

3建筑物碳排放计算采用的冷热源及相关用能设备的性能参数应与设计文件一致。

4建筑冷热源的能耗计算应计入负载、输送过程和末端的冷热量损失等因素的影响。

5输送系统的能耗计算应计入水泵与风机的效率、运行时长、实际工作状态点的负载率、变频等因素的影响。

6建筑碳排放计算时应计算气密性、风压和热压的作用、人员密度、新风量、热回收系统效率对通风负荷的影响。

7建筑累积冷负荷和热负荷应根据建筑物分区的空调系统计算，同一暖通空调系统服务的建筑物分区的冷负荷和热负荷应分别进行求和计算。

6.4.3 1建筑碳排放计算采用的照明功率密度值应同设计文件一致。

2照明系统能耗计算应将自然采光、控制方式和使用习惯等因素影响计人。

6.6.1 选择高能效设备（具有能效标志的设备）可以显著降低运维阶段碳排放。以下是目前常用的高能效设备示例：

1高效照明设备：LED照明、紧凑荧光灯等能够提供高亮度并显著降低能耗。

2高效空调系统：使用能源标准较高的空调系统，如变频空调，以减少制冷和制热时的能源消耗。

3热水供应设备：选择高效的太阳能热水系统或热泵系统，以减少热水的能源消耗。

4高效暖通设备：采用高效的供暖、通风和空气调节系统，以降低冬季供暖和夏季冷却的能耗。

5低碳供热系统：使用地源热泵、空气源热泵等低碳供热系统，减少供暖能耗。

6太阳能发电系统：安装太阳能光伏发电系统，将太阳能转化为电能，减少用电的碳排放。

7智能家居控制系统：利用智能家居系统管理能源使用，根据需要自动调整设备的运行状态，实现智能化控制和优化能源消耗。

6.6.2 以下是从用能结构方面优化装配式建筑运维阶段碳排放性能的常用措施：

1能源审查和监测：进行能源审查，了解能源消耗情况，建立能源监测体系，实时监测能源使用情况。

2能源效率改进：根据能源审查结果，识别能源效率低下的领域，采取改进措施，减少能源浪费。

3高效设备更新：定期评估设备的能效，及时更新老化设备，采用更高效的替代品。

4节能灯具：替换传统照明设备为LED等节能灯具，降低用电消耗。

5可再生能利用：安装太阳能光伏板、太阳能热水系统等，将太阳能转化为电能和热能。

6能源回收利用：利用废热回收系统，将设备排放的废热用于供暖、热水等。

智能控制系统：采用智能控制系统，根据需求自动调整设备的运行状态，减少能源浪费。

7碳足迹测算：进行碳足迹测算，评估碳排放情况，寻找进一步优化的机会。

# 7 再利用阶段量算

7.2.2 1拆除阶段：该阶段碳排放来自于各种拆除工法与拆除机具的能耗，由于采用预制装配模式，工业化拆除过程可视为“工业化装配阶段P4”的逆过程，有研究表明，建筑在拆除阶段的能源消耗大约占到施工过程能耗的90%，可以根据这一比例进行估算，即“工业化拆除阶段的碳排放量=P4×90%”。

2拆除物运输阶段：对于装配式建筑来说，拆除物的形式是多元的，可以是建材，或是构件、组件，甚至是模块。其中，对于不可回收部分，该阶段的碳排放量主要来自废旧部分运往垃圾处置场过程中的碳排放；对于可回收的部分，则要考虑将该部分运输至（再生产）工厂过程中的碳排放。而在碳排放计算中，为简化计算过程并达到预估的目的，可将该部分视作“工业化物流阶段P3”的逆过程，即“拆除物运输阶段的碳排放量=P3×90%”。

3拆除物回收阶段：该阶段的研究对象除了传统建造模式下的材料再生利用、循环再利用；还包括构件、组件或是模块的再循环、再利用。5.0.3、5.0.4 两条的规定内容是根据现行国家标准《爆破安全规程》GB6722的有关规定做出的。

# 8 信息化技术

8.3.1 1控碳设计的建模工具，主要采用BIM类软件，能够附着构件所需属性。

2在建筑设计时，结构构件的标准化是实现标准化设计的基础，因优先计算结构构件标准化率。在结构构件标准化率基础上，可计算其他构件类型的标准化率，且在设计中选用标准化程度较高的构件类型，以提高构件标准化率。

3在建筑设计方案设计阶段，设计师可以选用或设计构件种类少、构件标准化率高的构件，种类少及标准化率高的碳排放量相对较少，在建筑的控碳设计前期，进行构件标准化率的计算，且构件标准化率的比例控制在80%以上，以实现降低碳排放的目的。

8.3.3 各类选型库采用统一通用的数据格式，建议采用IFC、3dm等通用数据标准格式。

控碳优化设计需采用BIM软件进行建模，并建立符合标准化率和控碳优化设计的信息数据。BIM建模过程中，采用以构件为单元的方式进行建立，构件应至少包括属性数据可参考表7构件建模必须属性名称和类型。

表7 构件建模必须属性名称和类型

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 属性名称 | 值类型 |
| 1 | 构件编号 | 字符型 |
| 2 | 构件类型 | 字符型 |
| 3 | 长 | 整型 |
| 4 | 宽 | 整型 |
| 5 | 高 | 整型 |
| 6 | 面积 | 浮点型 |
| 7 | 体积 | 浮点型 |
| 8 | 材质 | 字符型 |
| 9 | 计量单位 | 字符型 |
| 10 | 碳排放因子 | 浮点型 |
| 11 | 所属房间 | 整型 |
| 12 | 应用阶段 | 字符型 |

标准化率计算优先选用BIM数据进行计算，并能够实现自动化计算，建立标准化率与控碳优化设计之间的联动。

8.3.4 1标准构件库基本构架，构件信息至少包括表8的信息内容。

表8 标准构件数据库架构

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 字段 | 字段类型 | 位数 |
| 1 | Id | 字符型 | 9 |
| 2 | 构件类型 | 字符型 | 2 |
| 3 | 所属项目 | 整型 | 9 |
| 4 | 所属楼栋 | 整型 | 9 |
| 5 | 构件编号 | 字符型 | 60 |
| 6 | 计量单位 | 字符型 | 9 |
| 7 | 碳排放因子 | 浮点型 | 60 |
| 8 | 应用阶段 | 字符型 | 2 |

2在建筑设计各阶段工具应用说明

（1）在建筑设计的策划阶段，根据项目的特征选择合适的结构类型，可选用碳排放低或者固碳类的材料以降低碳排放。

（2）在建筑设计方案设计阶段，在进行预制装配率统计时，进行碳排放量算，其量算值与装配式评价指标相匹配，在满足项目规定指标的条件下，尽量降低选用高碳排放类构件。

（3）在建筑设计扩初阶段，实现根据方案及装配式评价指标动态碳排放的优化调整，降低建筑的碳排放。

3提高装配式建筑构件选用工业化产品，建议采用装配化装修，管线分离等建造技术。

8.3.5 各类选型库应采用统一通用的数据格式，建议采用ifc、3dm等开放模型格式。

控碳优化设计工具需要采用BIM软件进行建模，并建立符合装配式评价指标和控碳优化设计的信息数据。

在进行BIM建模时，建议采用以构件为单元的方式进行建立，构件至少包括属性数据可参考表7构件建模必须属性名称和类型。

装配式评价指标计算应优先选用BIM数据进行计算，并能够实现通过自动化软件工具建立装配式评价指标与控碳优化设计之间联动。

建筑装配式建筑的构件、连接件的定型选型可以采用信息化手段进行分类和组合，建立构件系统库，能够使建筑设计和建造流程变得更加标准化、理性化、科学化，减少各专业内部、专业之间因沟通不畅或沟通不及时导致的“错、漏、碰、缺”，提升工作效率和质量。

8.3.6 1优化软件工具清单如表8.3.1

表8.3.1 控碳设计软件清单

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 软件分类 | 软件名称 | 国家 | 功能概述 | 应用阶段或场景 |
| 建模软件 | Revit系列 | 美国 | Autodesk公司产品，提供支持建筑设计、结构设计及MEP设计的全套设计工具，市场普及度高。 | 全阶段建筑、构件建模、自动建模等功能 |
| Revit插件 | 鸿业BIMSpace | 中国 | 基于Revit软件平台，包含建筑、结构、给排水、暖通及电气等功能，可以为用户提供完整的施工图解决方案。 |
| 橄榄山快模 | 中国 | 基于Revit软件平台，可以快速将DWG格式施工图快速转换成Revit三维模型。 |
| 红瓦系列 | 中国 | 基于Revit软件平台，便捷的工程管理客户端，简单高效地将全专业CAD图转化为REVIT模型。 |
| isBIM | 中国 | 基于Revit软件平台，它扩展并增强了Revit建模、修改、出图等功能，可以为BIM全过程、全专业提供高效的解决方案。 |
| Bentley系列 | 美国 | Bentley系列软件能够实现各类建筑的设计、建造与运维。它拥有完整的软件体系、统一的数据平台，并能进行项目和相关文档的管理。 | 全阶段建筑设计、建造与运维，数据管理 |
| ArchiCAD | 奥地利 | ArchiCAD简化了建筑的建模和文档过程，自始至终的BIM工作流程，使得模型可以一直使用到最后。 | 全阶段建筑建模和设计流程数据管理 |
| Digital Project | 法国 | 强大的3D建筑信息模型和管理工具，是全新的数字化建模软件平台，从设计、项目管理到现场施工，为项目提供完整的全生命周期数字化环境。 | 全阶段建模、项目管理及现场装配 |
| Rhinoceros | 美国 | 美国Robert McNeel & Assoc开发的PC上强大的专业3D造型软件，它可以广泛地应用于三维动画制作、工业制造、科学研究以及机械设计等领域。 | 全阶段 |
| Sketchup | 美国 | 一套直接面向设计方案创作过程的设计工具，其创作过程不仅能够充分表达设计师的思想而且完全满足与客户即时交流的需要，它使得设计师可以直接在电脑上进行十分直观的构思，是三维建筑设计方案创作的优秀工具。 | 全阶段 |
| BIMmake | 中国 | BIMMAKE是基于广联达自主知识产权图形和参数化建模技术，为BIM工程师/技术工程师全新打造的聚焦于施工全过程的BIM建模及专业化应用软件。 | 装配阶段施工现场建模与数据管理 |
| BIMbase | 中国 | 构力科技研发，国内首款实现建筑信息模型（BIM）关键核心技术自主研发和安全可控的BIM平台和软件。 | 全阶段设计阶段建模 |
| XKool | 中国 | 由小库科技研发，基于web端的设计软件，将新科技转化为建筑产业底层新语言ABC（AI-driven BIM on Cloud云端智能建筑信息模型）及相应云端工具，打造覆盖产业全周期的智能设计与管理平台。 | 全阶段方案策划与建筑设计 |
| 深化设计软件 | Tekla Structure | 芬兰 | Trimble公司的钢筋混凝土深化设计软件，具有强大的钢筋编辑功能。 | 全阶段钢筋混凝土深化设计 |
| BeePC | 中国 | 基于Revit软件平台，结合图集、项目的内置规则、智能化的批量操作，最终可生成满足工厂要求的项目图纸及构件料表。 | 全阶段预制构件深化设计 |
| 分析软件 | ETABS | 美国 | 系统利用图形化的用户界面来建立一个建筑结构的实体模型对象，通过先进的有限元模型和自定义标准规范接口技术来进行结构分析与设计。 | 结构分析与设计 |
| STAAD | 美国 | 本身具有强大的三维建模系统及丰富的结构模板，用户可方便快捷地直接建立各种复杂的三维模型。 | 结构分析与设计 |
| PKPM | 中国 | 是一套集建筑设计、结构设计、设备设计、节能设计于一体的大型建筑功能综合CAD系统。 | 建筑设计、结构设计、设备设计、节能设计等 |
| energyplus | 美国 | 由美国能源部（Department of Energy，DOE）和劳伦斯·伯克利国家实验室（Lawrence Berkeley National Laboratory，LBNL）共同开发的一款建筑能耗模拟引擎，是较为流行的一款建筑能耗模拟免费软件，可以用来对建筑的采暖、制冷、照明、通风以及其他能源消耗进行全面能耗模拟分析和经济分析 | 能耗模拟分析和经济分析 |
| WUFI | 德国 | WUFIPlus是WUFI系列软件中功能最齐全的模拟工具，除了可以模拟建筑构件中和室内环境的热湿条件，还可以解决舒适性和能耗方面的问题。在外界气象条件、使用习惯和暖通系统的共同影响下，软件可以定量计算出不同情况中，建筑结构和建筑空间中的温度和湿度关系。通过模拟建筑、使用者、使用习惯和暖通系统间的相互作用，可以得出在室内环境、卫生条件、热舒适度、室内空气品质等相应条件下制冷供暖加湿除湿所需的能耗。在WUFIPlus中还可以分析动态三维热桥模型，并计算出各分区与外部的空气交换。除了建筑动态热湿模拟，还可使用WUFIPlus进行完整的被动式房屋的设计和认证，并根据DIN4108-2进行夏季隔热性能验证。 | 被动式建筑设计、认证和验证 |
| 项目管理软件 | Navisworks | 美国 | 设计和施工管理专业人员使用的一款全面审阅解决方案，用于保证项目顺利进行，软件将精确的错误查找和冲突管理功能与动态的四维项目进度仿真和照片级可视化功能完美结合。 | 构件转运、装配阶段对项目的实施过程进行模拟 |
| Synchro 4D | 英国 | 工程人员可以利用软件进行施工过程可视化模拟、施工进度计划安排、高级风险管理、设计变更同步、供应链管理以及造价管理。 |
| ProjectWise Navigator | 美国 | 它拥有完整的软件体系、统一的数据平台，并能进行项目和相关文档的管理。 |
| 广联达BIM5D | 中国 | 以BIM平台为核心，集成各专业模型，关联施工过程中的进度、合同、成本、质量、安全、图纸、物料等信息。 |
| Fuzor | 美国 | 包含VR、多人网络协同、4D施工模拟、5D成本追踪几大功能板块，您可以直接加载进度计划表，也可在Fuzor中创建，还可以添加机械和工人，以模拟场地布置及现场物流方案。 |
| 其他相关软件 | Lumion | 美国 | 不同厂商的可视化软件，与Revit可以进行实时交互，提供三维可视化表达场景。 | 全阶段三维可视化表达场景 |
| Twinmotion | 美国 |
| Enscape | 美国 |
| ARCHIBUS | 美国 | 包括了资产设施管理相关的广泛内容，提供了完整配套的集成软件产品，有效管理不动产、设施、设备、基础建设等有形资产，是全球最强大的被广泛使用的TIFM系统。 |

8.4.1 1数据库工具选用mysql、sqlite等关系型数据库类型。

2采用BIM模型工具实现在材料制备阶段自动附着低碳材料或负碳材料属性数据，在满足指标的前提下，可通过BIM模型软件工具实现计算建筑构件的标准化率和房间边数率指标，通过指标控制碳排放比例。

8.4.2 1制造执行系统（manufacturing execution system，简称MES）为生产阶段内容管理系统（content management system，简称CMS），至少包括制造数据管理、计划排程管理、生产调度管理、库存管理、质量管理、人力资源管理、工作中心/设备管理、工具工装管理、采购管理、成本管理、项目看板管理、生产过程控制、底层数据集成分析、上层数据集成分解等管理模块。

2构件生产阶段也可以通过企业资源计划系统（Enterprise Resource Planning，简称ERP）提供生产单位的生产设备、构件生产流程、尺寸规格等信息，可为设计师在控碳设计时，提供满足生产规格构件产品类型或能够高效低碳生产的构件设计产品。

8.4.3 1优化软件工具主要包括电子地图系统、转运数据管理、物流管理等功能模块。

2转运组织单位通过自动派车软件系统，实现对运输构件类型、尺寸规格等信息，提高转运效率，降低转运阶段的碳排放。

8.4.4 1装配阶段模拟软件可参考9中软件工具。

2需选择数据库对模拟的基本参数进行存储，可以通过接口的方式调用，供设计师在控碳设计时使用。

8.4.5 1智能化运维软件系统主要包括信息实时报、数据可视化、监控便捷性、管理直观化等功能。

2以系统化的管理思想，为结构安全检测、设备维护、后续设计、管理决策、空间管理提供了技术支持和保障。

3运维系统能够进行功能扩展，接入不同运维阶段传感器，并能够对建筑的运维状态进行监测，辅助发现控碳的点，提高控碳效率。

8.4.6 1改造再利用阶段软件工具可参考9中软件工具。

2采用BIM建模工具实现与扫描模型的拟合，并通过BIM建模软件对改造部分进行建模，优化改造区域，提高改造效率。

8.4.7 1拆除再利用阶段软件工具可参考表9中软件工具。

2采用BIM模型工具模拟现有建筑的模型拟合，提高构件在拆除再利用阶段的循环使用，减少构件在拆除再利用阶段降解为材料。