****

T/CECS×××-202X

中国工程建设标准化协会标准

建筑幕墙碳排放计算标准

**Standard for carbon emission calculation of building curtain wall**

**（征求意见稿）**

（提交反馈意见时，请将有关专利连同支持性文件一并附上）

\*\*\*出版社

中国工程建设标准化协会标准

建筑幕墙碳排放计算标准

Standard for carbon emission calculation of building curtain wall

（征求意见稿）

**T/CECS xxx- xxxx**

主编单位：中国建筑科学研究院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X年 月 日

\*\*\*出版社

202X年 北京

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2022年第一批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字〔2022〕13号）文件要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外标准，并在广泛征求意见的基础上，制订本标准。

本标准共分6章和6个附录，主要技术内容是：总则、术语、基本规定、数据收集、幕墙碳排放计算、碳排放通报。

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化协会建筑幕墙门窗专业委员会归口管理，由中国建筑科学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，请反馈给中国建研院建科环能科技有限公司（地址：北京市北三环东路30号，邮政编码：100013，邮箱：cecs@cabr-bctc.com）。

**主 编 单 位：**中国建筑科学研究院有限公司

**参 编 单 位：**

**主要起草人：**

**主要审查人：**

**目 次**

[1 总则 1](#_Toc131517099)

[2 术语 2](#_Toc131517100)

[3 基本规定 4](#_Toc131517101)

[3.1 一般规定 4](#_Toc131517102)

[3.2 功能单位 4](#_Toc131517103)

[3.3 系统边界 4](#_Toc131517104)

[4 数据收集 7](#_Toc131517105)

[4.1 一般规定 7](#_Toc131517106)

[4.2 活动水平数据采集 7](#_Toc131517107)

[4.3 碳排放因子数据采集 8](#_Toc131517108)

[4.4 分配 9](#_Toc131517109)

[5 幕墙碳排放计算 10](#_Toc131517110)

[5.1 幕墙材料获取阶段的碳排放 10](#_Toc131517111)

[5.2 幕墙加工生产阶段的碳排放 11](#_Toc131517112)

[5.3 安装施工阶段的碳排放 13](#_Toc131517113)

[5.4 运输阶段的碳排放 14](#_Toc131517114)

[5.5 使用和维护阶段的碳排放 14](#_Toc131517115)

[5.6 拆除阶段的碳排放 16](#_Toc131517116)

[5.7 建筑幕墙碳排放计算 16](#_Toc131517117)

[5.8 不确定性分析 17](#_Toc131517118)

[6 碳排放通报 19](#_Toc131517119)

[6.1 一般规定 19](#_Toc131517120)

[6.2 评价报告 19](#_Toc131517121)

[附录A 材料碳排放因子推荐值 20](#_Toc131517122)

[附录B 能源碳排放因子推荐值 21](#_Toc131517123)

[附录C 运输碳排放因子推荐值 23](#_Toc131517124)

[附录D 常用机械台班能源用量 24](#_Toc131517125)

[附录E 建筑玻璃碳排放因子估算 25](#_Toc131517126)

[用词说明 26](#_Toc131517127)

[引用标准名录 27](#_Toc131517128)

[条文说明 28](#_Toc131517129)

[参考文献 48](#_Toc131517150)

**Content**

[1 General Provisions 1](#_Toc16599)

[2 Terms 2](#_Toc27160)

[3 Basic Regulation 4](#_Toc14450)

[3.1 General requirements 4](#_Toc1712)

[3.2 Functional unit 4](#_Toc1712)

[3.3 System boundary 4](#_Toc1712)

[4 Data acquisition 7](#_Toc8961)

[4.1 General requirements 7](#_Toc1712)

[4.2 Activity data acquisition 7](#_Toc17657)

[4.3 Carbon emission factor acquisition 8](#_Toc5071)

[4.4 Allocation 9](#_Toc31023)

[5 Carbon emission calculation 10](#_Toc18069)

[5.1 Carbon emissions of material acquisition stage 10](#_Toc19521)

[5.2 Carbon emissions of product manufacturing stage 11](#_Toc32346)

[5.3 Carbon emissions of installation and construction phase 13](#_Toc2604)

[5.4 Carbon emissions of usage and maintenance stage 14](#_Toc32199)

[5.5 Carbon emissions of transport stage 14](#_Toc14502)

[5.6 Carbon emissions of abandonment stage 16](#_Toc28190)

[5.7 Carbon emission calculation of building curtain wall 16](#_Toc28817)

[5.8 Uncertainty analysis 17](#_Toc6582)

[6 Carbon emission calculationt Bulletin 19](#_Toc28462)

[6.1 General requirements 19](#_Toc22281)

[6.2 Assessment report 19](#_Toc26337)

[Appendix A  [Carbon emission factor for material](#_Toc498) 20](#_Toc22329)

[Appendix B  [Carbon emission factor for energy](#_Toc498) 21](#_Toc22329)

[Appendix C  [Carbon emission factor for transportation](#_Toc498) 23](#_Toc22329)

[Appendix D  [Fuel consumption per machine per team](#_Toc498) 24](#_Toc22329)

[Appendix E  [Estimation for emission factor of glass](#_Toc498) 25](#_Toc22329)

[Description of words used in this procedure 26](#_Toc8335)

[List of referenced standards 27](#_Toc14743)

[Addition:[Article description](#_Toc498) 28](#_Toc22329)

[Addition: [References](#_Toc498) 48](#_Toc22329)

1. 总则

**1.0.1** 为规范建筑幕墙碳排放的数据收集、计算和通报，做到方法科学、数据可靠、流程清晰、操作简便，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于新建和既有建筑的幕墙、金属屋面、采光顶的碳排放计算和通报。

**1.0.3** 建筑幕墙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和现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

1. 术语

**2.0.1** 建筑幕墙碳排放计算 carbon emission calculation of building curtain wall

建筑幕墙、采光顶、金属屋面在其生命周期内产生的温室气体排放总和的计算，以二氧化碳当量表示。

**2.0.2** 建筑幕墙生命周期 life cycle of building curtain wall

建筑幕墙生命周期从自然界或自然资源中获取原材料时起，直至拆除后的垃圾外运到处置点或可回收材料运到回收站时终止，包括幕墙材料获取阶段、加工生产阶段、安装施工阶段、运输阶段、使用和维护阶段、拆除阶段。

**2.0.3** 系统边界 system boundary

建筑幕墙碳排放计算的边界，用来确定哪些过程属于其生命周期或生命周期中某一阶段的一部分。

**2.0.4** 功能单位 functional unit

用来作为具有某特定技术参数的建筑幕墙的碳排放量的基准单位。

**2.0.5** 碳排放因子 emission factor

单位活动的温室气体排放量，用二氧化碳当量来表征。

**2.0.6** 二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent，CO2e

与某种温室气体的辐射强度相当的二氧化碳的量。

**2.0.7** 活动水平数据 activity data

反映人为活动导致温室气体排放情况的定量数据，针对建筑幕墙、采光顶、金属屋面的碳排放计算，主要包括材料、能源以及资源的消耗量。

**2.0.8** 初级活动水平数据 primary activity data

对于建筑幕墙、采光顶、金属屋面生命周期活动中材料、能源以及资源消耗量的定量测量数据。

**2.0.9** 次级数据 secondary data

从建筑幕墙、采光顶、金属屋面生命周期活动中获得的除直接测量以外的材料、能源以及资源消耗量数据。

**2.0.10** 排放源 emission source

向大气中排放温室气体的过程或活动。

**2.0.11** 不确定性分析 uncertainty analysis

用来量化由于模型的不准确性、输入的不确定性和数据变动的累积而给生命周期清单分析结果带来的不确定性的系统化程序。

1. 基本规定

3.1 一般规定

**3.1.1** 建筑幕墙碳排放计算应遵守相关性、完整性、一致性、准确性和透明性的原则。

**3.1.2** 建筑幕墙碳排放计算应以单栋建筑或建筑群中的幕墙为计算对象。

**3.1.3** 建筑幕墙碳排放计算可用于设计阶段对碳排放量进行计算，也可用于幕墙建成后进行碳排放量核算。

**3.1.4** 建筑幕墙碳排放计算应按生命周期各阶段进行分别计算，并可将分阶段计算结果累计为建筑幕墙生命周期的碳排放。

**3.1.5** 建筑幕墙生命周期各阶段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。

**3.1.6** 建筑幕墙碳排放计算应按下列步骤进行：

1. 确定功能单位；
2. 界定建筑幕墙碳排放计算时的系统边界；
3. 采集功能单位建筑幕墙所需的材料、能源的输入及运输等初级活动水平数据或次级数据；
4. 采集与幕墙材料、能源、运输相关的碳排放因子；
5. 按照本标准规定的方法计算碳排放；
6. 按照本标准规定的报告格式对外发布计算结果。

3.2 功能单位

**3.2.1** 建筑幕墙碳排放计算的功能单位应包括基准单位及技术参数两部分。

**3.2.2** 建筑幕墙碳排放计算功能单位的基准单位为平方米。

**3.2.3** 建筑幕墙碳排放计算功能单位的技术参数包括但不限于：抗风压性能、气密性能、水密性能、层间变形性能、保温性能、空气声隔声性能、面板、框架等。

3.3 系统边界

**3.3.1** 建筑幕墙碳排放计算的系统边界应覆盖建筑幕墙生命周期，包括幕墙材料获取阶段、加工生产阶段、安装施工阶段、运输阶段、使用和维护阶段、拆除阶段，如图3.3.1。



图3.3.1 建筑幕墙生命周期碳排放计算的系统边界

**3.3.2** 建筑幕墙碳排放计算采用的设计工作年限应与设计文件一致，当设计文件不能提供时，应按25年计算。

**3.3.3** 幕墙材料获取阶段系统边界从自然界材料提取开始，到材料运出材料加工厂时终止。包括：

1. 幕墙材料生产涉及原材料的开采、生产过程中的碳排放；
2. 幕墙材料生产涉及原材料的运输过程中的碳排放；
3. 幕墙材料生产、深加工过程的碳排放；
4. 幕墙材料在材料加工厂内储存、包装等过程中的碳排放。

**3.3.4** 幕墙加工生产阶段系统边界从幕墙材料进入幕墙加工厂开始，到幕墙半成品运出幕墙加工厂时终止。包括：

1. 幕墙加工厂内构件加工过程中的碳排放；
2. 幕墙加工厂内幕墙半成品装配过程中的碳排放；
3. 幕墙加工厂内幕墙材料、半成品的运输过程中的碳排放；
4. 幕墙加工厂内幕墙材料、半成品的清洁、存储、包装过程中的碳排放。

**3.3.5** 幕墙安装施工阶段系统边界从幕墙材料或半成品进入工地材料库房或施工现场开始，到幕墙产品系统交付使用时终止。包括：

1. 幕墙材料或半成品在工地的储存、运输过程中的碳排放；
2. 幕墙安装施工过程中，采用的机械设备、小型机具、临时设施等使用过程中所消耗能源的碳排放；
3. 幕墙安装施工过程中，采用的吊篮、脚手架、环形轨道、防护网、成品保护等措施项目施工、拆除、使用过程中所消耗能源的碳排放；当措施项目中所用材料不可循环利用时，尚应计入此部分材料消耗所产生的碳排放；
4. 幕墙交付前清洁过程中所消耗材料及能源的碳排放；
5. 幕墙安装施工过程中所使用办公用房、生活用房和材料库房等临时设施的施工和拆除可不计入。

**3.3.6** 幕墙运输阶段包括幕墙材料运输、幕墙半成品运输，其中：

1. 幕墙材料运输的系统边界从其运出材料加工厂开始，到幕墙材料进入幕墙加工厂或工地时终止；
2. 幕墙半成品运输的系统边界从其运出幕墙加工厂开始，到幕墙半成品进入工地材料库房或施工现场时终止。

**3.3.7** 幕墙使用和维护阶段系统边界从幕墙交付使用开始，到幕墙达到设计工作年限时终止。包括：

1. 幕墙使用过程中因电动控制、内循环呼吸式幕墙热通道内通风等控制系统消耗能源所产生的碳排放；
2. 幕墙维护和保养过程中所消耗材料或能源产生的碳排放；
3. 幕墙使用和维护阶段因光伏幕墙产生电能的减碳量。

**3.3.8** 幕墙拆除阶段系统边界从幕墙开始拆除时起，到拆除后的垃圾外运到处置点或可回收材料运到回收站时终止。包括：

1. 幕墙拆除过程中，采用的机械设备、小型机具、临时设施等使用过程中所消耗能源的碳排放；
2. 幕墙拆除过程中，采用的围挡、防护网等措施项目施工、使用、拆除过程中所消耗能源的碳排放；当措施项目中所用材料不可循环利用时，尚应计入此部分材料消耗所产生的碳排放；
3. 幕墙拆除后垃圾或可回收物运送到垃圾站或处置点过程中消耗能源所产生的碳排放。
4. 数据收集

4.1 一般规定

**4.1.1** 初级活动水平数据的收集宜以前一年度的生产区间为统计周期。

**4.1.2** 取舍准则：若某排放源的碳排放量估测值小于或等于产品生命周期内的碳排放量估测值的1%，则可进行删减，辅助材料质量小于材料总消耗质量0.1%的项目可删减。所有删减项目的碳排放量合计不得超过产品生命周期内碳排放量估测值的5%。

4.2 活动水平数据采集

 **4.2.1** 活动水平数据的采集方式包括仪表监测、资料查询和分析测算，应根据活动水平数据的类型、重要性、采集条件等因素，按下列规定合理选用：

1. 当活动水平数据具备自动监测条件时，宜采用仪表监测方式进行采集，保证数据的完整性、连续性和准确性；
2. 当活动水平数据不具备自动连续监测条件时，应通过查询相关技术资料、缴费账单、财务报表等资料进行采集；
3. 当活动水平数据无法通过仪表检测和资料查询的方式采集获取时，可按相关公式分析测算得到。

**4.2.2** 初级活动水平数据的质量应满足以下要求：

1. 代表性：初级数据应按照企业申请单元收集评价期内的生产统计数据，如果申请单元包括多项生产技术，则初级数据应为多项技术的产量加权平均值；
2. 完整性：初级活动水平数据应完整覆盖本标准中确定的所有需要企业填报的数据；
3. 准确性：初级活动水平数据中的资源、能源消耗数据应来自于申请单元的实际生产统计记录和现场测试报告；所有初级数据均须转换为功能单位，且需要详细记录相关的原始数据、数据来源、计算过程等；
4. 可再现性：有关方法和数据值的信息应能允许独立的专人再现研究的结果。为了保证再现性，除了提供初级数据结果外，企业还应提交初级数据相关的原始数据、折算系数、计算过程等证明材料。
5. 一致性：数据收集时应保持相同的数据来源、统计口径、处理规则。

**4.2.3** 建筑幕墙生命周期各阶段的主要活动水平数据包括：

1. 幕墙材料获取阶段：包括组成幕墙的各类材料的用量以及其对应的包装材料的用量；
2. 幕墙加工生产阶段：包括加工生产过程中消耗能源的用量以及该过程中因清洁、包装等活动消耗的材料用量；
3. 安装施工阶段：包括安装施工过程中消耗能源的用量以及该过程中消耗的安装用辅助材料、措施用耗材、成品保护用耗材、清洁用清洁剂和自来水等用量；
4. 运输阶段：包括需进行场外运输的幕墙材料及半成品的数量、运输方式及运输距离；
5. 使用和维护阶段：包括使用和维护过程中消耗能源的用量以及该过程中因维护和保养而消耗的清洁剂和自来水的用量；
6. 拆除阶段：包括拆除过程中消耗能源的用量、措施用耗材用量、拆除后垃圾数量和运输方式及距离、拆除后可回收物数量和运输方式及距离。

4.3 碳排放因子数据采集

**4.3.1** 碳排放因子数据采集，所有数据应予以详细说明，包括数据的获取方式、所用的数据库和出版物（或参考书目）年代、地域代表性、技术代表性等。

**4.3.2** 碳排放因子的收集方法应按数据优先级进行收集，可参考表4.3.2。

表4.3.2 碳排放因子收集的数据优先级

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 数据类型 | 释义 | 优先级 |
| 测量或质能平衡所得排放因子 | 通过直接测量或采用质能平衡方法得到的排放因子 | 高————低 |
| 相同工艺或设备的经验排放因子 | 针对具体设备的排放因子，但没有经过直接测量 |
| 设备制造商提供的排放因子 | 基于制造厂层面获得的排放因子 |
| 区域排放因子 | 基于区域特征获得的排放因子 |
| 国家排放因子 | 基于国家特征获得的排放因子 |
| 国际排放因子 | 国际通用的排放因子 |

**4.3.3** 碳排放因子质量应满足以下要求：

1. 代表性：企业的原材料供应商提供的符合GB/T 24044标准要求的、经第三方独立验证的上游产品碳排放数据，可以优先考虑作为碳排放因子；
2. 完整性：碳排放因子应该尽可能完整覆盖所有背景过程；
3. 一致性：碳排放数据更新，碳排放信息应同时保持更新。

4.4 分配

**4.4.1** 在边界设置或数据收集时，若发现至少有一个过程的输入和输出包含多个产品，则总排放量需要在产品生命周期内进行分配。

**4.4.2** 分配的原则如下：

1. 尽量避免进行数据分配；
2. 优先使用物理关系参数包括但不限于生产量、生产工时等进行分配；
3. 无法找到物理关系时，则依经济价值进行分配；
4. 若使用其他分配方法，须提供所使用参数的基础及计算说明。
5. 幕墙碳排放计算

5.1 幕墙材料获取阶段的碳排放

**5.1.1** 幕墙材料获取阶段的活动水平数据收集内容应符合表5.1.1的要求。

表5.1.1 幕墙材料活动水平数据收集清单

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 幕墙材料名称① | 技术参数② | 数值 | 单位 | 数据质量② |
| 时间跨度 | 地域范围 |
| 框架 |  |  | kg/m2 |  |  |
| 面板 |  |  | m2/m2或kg/m2 |  |  |
| 防火保温材料 |  |  | kg/m2 |  |  |
| 密封材料 |  |  | kg/m2 |  |  |
| 紧固件 |  |  | kg/m2 |  |  |
| 五金材料 |  |  | kg/m2 |  |  |
| 埋件 |  |  | kg/m2 |  |  |
| 辅助材料 |  |  | kg/m2 |  |  |
| 包装材料 |  |  | kg/m2 |  |  |
| 注：①幕墙材料名称，如：框架：铝合金型材、钢材等；面板：中空玻璃、夹层玻璃、铝板、石材，陶板等；防火保温材料：60mm厚保温岩棉、100mm厚防火岩棉；密封材料：三元乙丙胶条、硅酮密封胶等；紧固件：M12×120不锈钢(316)螺栓、M12不锈钢(316)螺母等；五金材料：316不锈钢执手等；埋件：300×200×10镀锌预埋件、6根$∅$12mm×240mm锚筋；辅助材料：$∅$15mm聚乙烯泡沫棒、8mm厚×10mm宽双面贴；包装材料：塑料膜、木箱、纸箱等。②技术参数，如：80系列穿条隔热铝合金型材，粉末喷涂；6双银Low-E+12A+6钢化中空玻璃-均质处理；100mm厚防火岩棉，密度为110kg/m3；25HM硅酮密封胶等；③数据质量填写，如：时间跨度：2021.8.1~2022.7.31；地域范围：\*\*\*\*\*公司，地址为\*\*\*\*。 |

**5.1.2** 幕墙材料获取阶段的碳排放因子数据收集内容应符合表5.1.2的要求。

表5.1.2 幕墙材料碳排放因子收集清单

| 幕墙材料名称 | 技术参数 | 数值 | 单位 | 包含的生命周期阶段① | 数据来源② |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 框架 |  |  | kgCO2e/kg |  |  |
| 面板 |  |  | kgCO2e/m2或kgCO2e/kg |  |  |
| 防火保温材料 |  |  | kgCO2e/kg |  |  |
| 密封材料 |  |  | kgCO2e/kg |  |  |
| 紧固件 |  |  | kgCO2e/kg |  |  |
| 五金材料 |  |  | kgCO2e/kg |  |  |
| 埋件 |  |  | kgCO2e/kg |  |  |
| 辅助材料 |  |  | kgCO2e/kg |  |  |
| 包装材料 |  |  | kgCO2e/kg |  |  |
| 注：①包含的生命周期阶段，如对应玻璃面板：从原材料开采时起到玻璃完成深加工运出玻璃厂止；②数据来源，如：测量、制造厂提供的碳排放因子、区域碳排放因子等。 |

**5.1.3** 单位面积幕墙材料获取阶段的碳排放量，应按公式（5.1.3）计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5.1.3) |

式中：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | — | 单位面积幕墙材料获取阶段的碳排放量，kgCO2e/m2； |
|  | — | 单位面积幕墙材料获取阶段第*i*类材料的消耗量，材料消耗量/m2； |
|  | — | 第*i*类材料的碳排放因子，kgCO2e/单位材料。基于 GB/T 24044 计算得到，推荐值见附录A。 |

5.2 幕墙加工生产阶段的碳排放

**5.2.1** 幕墙加工生产阶段所消耗能源的活动水平数据收集内容应符合表5.2.1-1和5.2.1-2的要求。

表5.2.1-1 电力活动水平数据收集清单

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 能源名称 | 数值 | 单位 | 所属电网区域 |
| 电力 |  | kWh/m2 |  |

表5.2.1-2 化石能源活动水平数据收集清单

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 能源种类 | 能源名称① | 数值 | 单位 |
| 固体燃料 |  |  | kg/m2 |
| 液体燃料 |  |  | kg/m2 |
| 气体燃料 |  |  | m3/m2 |
| 注：①能源名称详细列出，如：固体燃料的无烟煤、液体燃料的汽油、气体燃料的天然气等。 |

**5.2.2** 幕墙加工生产阶段所消耗材料的活动水平数据收集内容应符合表5.2.2的要求。

表5.2.2 材料活动水平数据收集清单

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 材料名称① | 技术参数② | 数值 | 单位 | 数据质量③ |
| 时间跨度 | 地域范围 |
| 包装材料 |  |  | kg/m2 |  |  |
| 清洁材料 |  |  | kg/m2 |  |  |
| 注：①材料名称，如：包装材料：塑料膜、木箱、纸箱等。清洁材料：清洁剂、自来水等。②技术参数，如：PE型材保护膜等；③数据质量，如： 时间跨度：2021.8.1~2022.7.31；地域范围：\*\*\*\*\*公司，地址为\*\*\*\*。 |

**5.2.3** 幕墙加工生产阶段所消耗材料的碳排放因子数据收集内容应符合表5.2.3的要求。

表5.2.3 材料的碳排放因子数据收集清单

| 幕墙材料名称 | 技术参数 | 数值 | 单位 | 包含的生命周期阶段① | 数据来源② |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 包装材料 |  |  | kgCO2e/kg |  |  |
| 清洁材料 |  |  | kgCO2e/kg |  |  |
| 注：①包含的生命周期阶段，如对应PE型材保护膜：从原材料开采时起到PE型材保护膜运出加工厂止；②数据来源，如：测量、制造厂提供的碳排放因子、区域碳排放因子等。 |

**5.2.4** 单位面积幕墙加工生产阶段的碳排放量，应按公式（5.2.4-1）和（5.2.4-2）计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5.2.4-1) |
|  | (5.2.4-2) |

式中：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | — | 单位面积幕墙加工生产阶段的碳排放量，kgCO2e/m2； |
|  | — | 单位面积幕墙加工生产阶段消耗化石能源燃烧产生的二氧化碳排放量，kgCO2e/m2； |
|  | — | 单位面积幕墙加工生产阶段第*i*类材料或能源的消耗量，包括材料、化石能源和电力，材料或能源消耗量/m2； |
|  | — | 第*i*类材料或能源的碳排放因子，kgCO2e/单位材料或能源。基于 GB/T 24044 计算得到，推荐值见附录A和附录B； |
|  | — | 单位面积幕墙加工生产阶段第*i*类化石能源的消耗量，能源消耗量/m2； |
|  | — | 第*i*种燃料的平均低位发热量，GJ/单位燃料； |
|  | — | 第*i*种燃料的单位热值含碳量，单位为kgC/GJ； |
|  | — | 第*i*种燃料的碳氧化率，%。 |

宜采用企业实际的测量数据，企业实测数据无法获取，可采用附录B的推荐值，、、的缺省值可采用附录B的推荐值。

5.3 安装施工阶段的碳排放

**5.3.1** 幕墙安装施工阶段所消耗材料的活动水平数据及材料碳排放因子可按第5.1节的规定收集。

**5.3.2** 幕墙安装施工阶段所消耗能源的活动水平数据可按表5.2.1-1和5.2.1-2收集。

**5.3.3** 幕墙安装施工阶段的碳排放量，应按公式(5.3.3)计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5.3.3) |

式中：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | — | 单位面积幕墙安装施工阶段的碳排放总量，kgCO2e/m2； |
|  | — | 单位面积幕墙安装施工阶段第*i*类材料或能源的消耗量，材料或能源消耗量/m2； |
|  | — | 第*i*类材料或能源的碳排放因子，kgCO2e/单位材料或能源。基于 GB/T 24044 计算得到，推荐值见附录A和附录B； |
|  | — | 单位面积幕墙安装施工阶段消耗化石能源燃烧产生的二氧化碳排放量，按公式5.2.4-2计算，kgCO2e/m2。 |

5.4 运输阶段的碳排放

**5.4.1** 幕墙运输过程的活动水平数据收集内容应符合表5.4.1的要求。

表5.4.1 运输过程的活动水平数据收集清单

| 运输产品① | 数值(kg/m2) | 距离（km） | 运输方式② |
| --- | --- | --- | --- |
| 幕墙材料 | 框架 |  |  |  |
| 面板 |  |  |  |
| 防火保温材料 |  |  |  |
| 密封材料 |  |  |  |
| 紧固件 |  |  |  |
| 五金材料 |  |  |  |
| 埋件 |  |  |  |
| 辅助材料 |  |  |  |
| 包装材料 |  |  |  |
| 幕 墙半成品 | 单元体 |  |  |  |
| 开启扇 |  |  |  |
| 铝合金百叶 |  |  |  |
| 其他组装件 |  |  |  |
| 注：①运输产品应详细列出；②运输方式：轻型汽油货车运输（载重2t）、铁路运输、集装箱货船运输（载重200TEU）等。 |

**5.4.2** 单位面积幕墙运输阶段的碳排放量，应按公式（5.4.2）计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5.4.2) |

式中：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | — | 单位面积幕墙运输阶段的碳排放量，kgCO2e/m2； |
|  | — | 单位面积幕墙第*j*种运输方式的第*i*种幕墙材料或半成品的数量，kg/m2； |
|  | — | 第*i*种幕墙材料或半成品第*j*种运输方式的运输距离，km； |
|  | — | 不同运输模式的碳排放因子，kgCO2e/(kg•km)，缺省值可采用附录C的推荐值。 |

5.5 使用和维护阶段的碳排放

**5.5.1** 幕墙使用和维护阶段因电动控制、内循环呼吸式幕墙热通道内通风等控制系统所消耗能源的活动水平数据可按表5.2.1-1和5.2.1-2收集。

**5.5.2** 幕墙维护和保养过程所消耗能源的活动水平数据可按表5.2.1-1和5.2.1-2收集。

**5.5.3** 幕墙清洗过程所消耗材料的活动水平数据可按表5.5.3收集。清洗频次可按幕墙每年清洁1次。

表5.5.3 幕墙清洗过程消耗材料的活动水平数据收集清单

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 材料名称 | 数值 | 单位 |
| 自来水 |  | kg/m2 |

**5.5.4** 幕墙清洗过程消耗材料的碳排放因子收集清单见表5.5.4。

表5.5.4 幕墙清洗过程消耗材料的碳排放因子收集清单

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 名称 | 数值 | 单位 |
| 自来水 |  | kgCO2e/kg |

**5.5.5** 幕墙使用和维护阶段因光伏幕墙发电所产生能源的活动水平数据可按表5.5.5收集。

表5.5.5 电力活动水平数据收集清单

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 能源名称 | 数值 | 单位 | 所属电网区域 |
| 电力 |  | kWh/m2 |  |

**5.5.6** 幕墙使用和维护阶段的碳排放计算，应按公式(5.5.6-1)和(5.5.6-2)计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5.5.6-1) |
|  | (5.5.6-2) |

式中：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | — | 幕墙使用和维护阶段的碳排放量，kgCO2e/m2； |
|  | — | 幕墙使用和维护阶段因维护和保养消耗材料或能源所产生的碳排放量，按5.5.6-2计算，kgCO2e/m2； |
|  | — | 幕墙使用和维护阶段因电动控制、内循环呼吸式幕墙热通道内通风等控制系统消耗能源所产生的碳排放，按5.5.6-2计算，kgCO2e/m2； |
|  | — | 幕墙使用和维护阶段因光伏幕墙发电所产生能源的减碳量，按5.5.6-2计算，kgCO2e/m2； |
|  | — | 单位面积幕墙使用和维护阶段第*i*类材料或能源的消耗量，材料或能源消耗量/m2； |
|  | — | 第*i*类材料或能源的碳排放因子，kgCO2e/单位材料或能源。基于 GB/T 24044 计算得到，推荐值见附录A和附录B。 |

5.6 拆除阶段的碳排放

**5.6.1** 幕墙拆除阶段所消耗能源的活动水平数据可按表5.2.1-1和5.2.1-2收集。

**5.6.2** 幕墙拆除过程中，所消耗材料的活动水平数据可按表5.1.1收集，所消耗材料的碳排放因子可按表5.1.2收集。

**5.6.3** 幕墙拆除阶段运输过程的活动水平数据可按表5.6.3收集。

表5.6.3 拆除阶段运输过程的活动水平数据收集清单

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 运输项目 | 数量（kg/m2） | 距离（km） | 运输方式① |
| 拆除现场到垃圾处理场 |  |  |  |
| 垃圾处理场到回收利用场 |  |  |  |
| 注：1 运输方式：轻型汽油货车运输（载重2t）、铁路运输等。 |

**5.6.4** 幕墙拆除阶段的碳排放量，应按公式(5.6.4)计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5.6.4) |

式中：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | — | 单位面积幕墙拆除阶段的碳排放量，kgCO2e/m2； |
|  | — | 单位面积幕墙拆除阶段第*i*类材料或能源的消耗量； |
|  | — | 单位面积幕墙第*j*种运输方式的第*i*种垃圾的数量，kg/m2； |
|  | — | 第*i*种垃圾第*j*种运输方式的运输距离，km； |
|  | — | 不同运输模式的碳排放因子，kgCO2e/(kg•km)，推荐值见附录C。 |

5.7 建筑幕墙碳排放计算

**5.7.1** 功能单位建筑幕墙生命周期的碳排放量，应按下式计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5.7.1) |

式中：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | — | 生产功能单位建筑幕墙的碳排放量，kgCO2e/m2； |
|  | — | 幕墙材料获取阶段的碳排放量，kgCO2e/m2； |
|  | — | 幕墙加工生产阶段的碳排放量，kgCO2e/m2； |
|  | — | 安装施工阶段的碳排放量，kgCO2e/m2； |
|  | — | 运输阶段的碳排放量，kgCO2e/m2； |
|  | — | 使用和维护阶段的碳排放量，kgCO2e/m2； |
|  | — | 幕墙拆除阶段的碳排放量，kgCO2e/m2。 |

**5.7.2** 单栋建筑或建筑群在设计阶段进行碳排放计算时，建筑生命周期内幕墙的碳排放总量可按下式计算：

|  |  |
| --- | --- |
| $$GHG\_{cw\\_T}=\sum\_{i}^{n}GHG\_{cw,i}A\_{i}\left(N\_{i}+1\right)$$ | (5.7.2) |

式中：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | — | 单栋建筑或建筑群生命周期内建筑幕墙碳排放总量，kgCO2e； |
|  | — | 单栋建筑或建筑群中某幕墙生命周期内功能单位碳排放量，kgCO2e/m2； |
|  | — | 单栋建筑或建筑群中某类建筑幕墙面积，m2； |
| $$N\_{i}$$ | — | 单栋建筑或建筑群生命周期内幕墙*i*更换次数。 |

5.8 不确定性分析

**5.8.1** 建筑幕墙碳排放计算结果的不确定性应从定性和定量两方面进行分析。

**5.8.2** 定性分析用于解释并记录不确定性的原因，可按表5.8.2中项目逐一分析。

表5.8.2 不确定性产生的原因

| 序号 | 不确定性产生的原因 | 说明 |
| --- | --- | --- |
| 1 | 缺乏完整性 | 由于排放机理未被识别或该排放测量方法还不存在，无法获取测量结果及其他相关数据。 |
| 2 | 模型简化偏差 | 模型是真实系统的简化，因而不是很精确。 |
| 3 | 缺乏数据 | 在现有条件下无法获取或者非常难于获取某排放所必须的数据。这种情况常用相似类别的替代数据，以及使用内推法或外推法作为估算的基础。 |
| 4 | 缺乏代表性 | 例如已有的排放数据是在发电机组满负荷运行时获得的，而缺少机组启动和负荷变化时的数据 |
| 5 | 样品随机误差 | 与样本数多少有关，通常可以通过增加样本数来降低这类不确定性 |
| 6 | 测量误差 | 如测量标准和推导资料的不精确等。 |
| 7 | 错误报告或错误分类 | 由于排放源或吸收汇的定义不完整、不清晰或有错误。 |
| 8 | 丢失数据 | 如低于检测限度的测量数值。 |

**5.8.3** 定量分析中确定单个变量的不确定性，应符合以下规定：

1. 当采用连续测量的数据时，其不确定性应根据测量数据通过估算统计学确定；
2. 当采用间歇测量的数据时，其不确定性应根据测量数据通过估算统计学确定，并乘以1.10的放大系数；
3. 当不能对每个排放源进行测量时，排放数据的不确定性评价可通过经验确定，也可以选择来自公开发布的文件给出的不确定性参考值。

**5.8.4** 定量分析中将单个变量的不确定性合并为清单的总不确定性，应符合以下规定：

1. 当某一估值为n个估值之和或之差时，该估值的不确定性应采用式5.8.4-1计算。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5.8.4-1) |

式中：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | — | n个估值之和或之差的不确定性，%； |
|  | — | 某个估值的不确定性，%； |
|  | — | n个相加减的估计值。 |

1. 当某一估计值为n个估计值之积时，该估计值的不确定性采用式5.8.4-2计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5.8.4-2) |

式中：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | — | n个估值之积的不确定性，%； |
|  | — | 某个估值的不确定性，%。 |

1. 碳排放通报

6.1 一般规定

**6.1.1** 建筑幕墙碳排放通报可采取以下形式：幕墙碳排放评价报告、幕墙碳排放标识或碳排放声明。若采用幕墙碳排放标识或幕墙碳排放声明，须同时出具幕墙碳排放评价报告。

**6.1.2** 建筑幕墙系列产品（如不同规格等）可以包含在同一通报中。

6.2 评价报告

**6.2.1** 幕墙碳排放评价报告应记录幕墙碳排放的量化结果。

**6.2.2** 依据本标准制作的幕墙碳排放评价报告应至少包括以下内容：

1. 基本情况：委托方/评价方基本情况介绍、产品介绍、功能单位等；
2. 系统边界：建筑幕墙生命周期阶段定义及阶段划分、碳排放量化结果 对应的生命周期阶段说明、时间周期、地理范围、排放源类型、排放源排除等内容；
3. 计算方法：各排放源计算公式，如化石燃料燃烧、电耗的排放计算公式等；
4. 产品碳排放计算：各阶段排放源计算程序、活动水平数据收集及排放因子来源说明、产品生命周期碳排放计算结果及说明等内容；
5. 报告管理及保存：对报告的使用者、管理保存方法、有效期、保密性等进行说明；
6. 参考文献：报告涉及的所有参考文献说明；
7. 数据质量评价：排放总量数据质量等级、不确定性分析；
8. 支持性文件：报告涉及的相关支持材料清单及附件。
9. 由认证机构出具幕墙碳排放评价报告时，应注明认证机构的名称、地址、联系人、联系方式等，并提供报告审核过程所遵循的标准、评价报告的有效期等内容。

附录A 材料碳排放因子推荐值

**A.0.1** 材料的碳排放因子推荐值详表A.0.1。

表A.0.1材料碳排放因子推荐值

| 幕墙材料 | 数值 | 单位 | 备注 |
| --- | --- | --- | --- |
| 型材 | 电解铝(全国平均电网电力) | 20300 | kgCO2e/t | （GB/T 51366） |
| 普通碳钢(市场平均) | 2050 | kgCO2e/t | （GB/T 51366） |
| 热轧碳钢小型型钢 | 2310 | kgCO2e/t | （GB/T 51366） |
| 热轧碳钢中型型钢 | 2365 | kgCO2e/t | （GB/T 51366） |
| 热轧碳钢中厚板 | 2400 | kgCO2e/t | （GB/T 51366） |
| 热轧碳钢H型钢 | 2350 | kgCO2e/t | （GB/T 51366） |
| 热轧碳钢钢筋 | 2340 | kgCO2e/t | （GB/T 51366） |
| 热轧碳钢无缝钢管 | 3150 | kgCO2e/t | （GB/T 51366） |
| 冷轧冷拔碳钢无缝钢管 | 3680 | kgCO2e/t | （GB/T 51366） |
| 木材 | 310 | kgCO2e/t |  |
| 面材 | 平板玻璃 | 1130 | kgCO2e/t | （GB/T 51366） |
| 铝板带 | 28500 | kgCO2e/t | （GB/T 51366） |
| 铜单板 | 218 | kgCO2e/m2 | （GB/T 51366） |
| 碳钢热镀锌板卷 | 3110 | kgCO2e/t | （GB/T 51366） |
| 碳钢电镀锌板卷 | 3020 | kgCO2e/t | （GB/T 51366） |
| 铝塑复合板 | 8.06 | kgCO2e/m2 | （GB/T 51366） |
| 铜塑复合板 | 37.1 | kgCO2e/m2 | （GB/T 51366） |
| 防火保温材料 | 岩棉板 | 1980 | kgCO2e/t | （GB/T 51366） |
| 密封材料 | 三元乙丙胶条 | 2670 | kgCO2e/t |  |
| 硅酮密封胶 | 2910 | kgCO2e/t |  |
| 聚氨酯发泡胶 | 4330 | kgCO2e/t |  |
| 紧固件 | 普通碳钢 | 2050 | kgCO2e/t |  |
| 碳素钢 | 1960 | kgCO2e/t |  |
| 不锈钢 | 6800 | kgCO2e/t |  |
| 镀锌钢 | 2487 | kgCO2e/t |  |
| 五金材料 | 普通碳钢 | 2050 | kgCO2e/t |  |
| 碳素钢 | 1960 | kgCO2e/t |  |
| 不锈钢 | 6800 | kgCO2e/t |  |
| 镀锌钢 | 2487 | kgCO2e/t |  |
| 包装材料 | 塑料膜 | 2570 | kgCO2e/t |  |
| 瓦楞纸 | 1230 | kgCO2e/t |  |
| 其他材料 | 自来水 | 0.168 | kgCO2e/t | （GB/T 51366） |
| 高密度聚乙烯 | 2620 | kgCO2e/t | （GB/T 51366） |
| 低密度聚乙烯 | 2810 | kgCO2e/t | （GB/T 51366） |
| 聚氯乙烯(市场平均) | 7300 | kgCO2e/t | （GB/T 51366） |
| 线性低密度聚乙烯 | 1990 | kgCO2e/t | （GB/T 51366） |

附录B 能源碳排放因子推荐值

**B.0.1** 计算因电力消耗造成碳排放时，应采用由国家主管部门公布的区域电网平均碳排放因子。由中华人民共和国生态环境部公布的2019年中国区域电网平均CO2排放因子详表B.0.1，未来当数据有更新时，应选用国家主管部门最近年份公布的数据。

表B.0.1 2019年中国区域电网平均CO2排放因子

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 电网名称 | 电网覆盖地理范围 | 碳排放因子(kgCO2e/kWh) |
| 华北区域电网 | 北京市、天津市、河北省、山西省、山东省、内蒙古自治区 | 0.9419 |
| 东北区域电网 | 辽宁省、吉林省、黑龙江省 | 1.0826 |
| 华东区域电网 | 上海市、江苏省、浙江省、安徽省、福建省 | 0.7921 |
| 华中区域电网 | 河南省、湖北省、湖南省、江西省、四川省、重庆市 | 0.8587 |
| 西北区域电网 | 陕西省、甘肃省、青海省、宁夏回族自治区、新疆维吾尔自治区 | 0.8922 |
| 南方区域电网 | 广东省、广西壮族自治区、云南省、贵州省、海南省 | 0.8042 |

**B.0.2** 化石燃料生产的碳排放因子应按表B.0.2选取。

表B.0.2 化石能源生产的碳排放因子推荐值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 燃料品种 | 数值 | 单位 | 包含的生命周期阶段 |
| 固体燃料 | 原煤 | 0.08329 | kgCO2e/kg | 开采 |
| 无烟煤 | 0.08329 | kgCO2e/kg | 开采 |
| 烟煤 | 0.08329 | kgCO2e/kg | 开采 |
| 褐煤 | 0.08329 | kgCO2e/kg | 开采 |
| 型煤 | 0.08329 | kgCO2e/kg | 开采 |
| 液体燃料 | 原油 | 0.2335 | kgCO2e/kg | 开采 |
| 汽油 | 0.3416 | kgCO2e/kg | 原油开采到产品生产 |
| 柴油 | 0.3383 | kgCO2e/kg | 原油开采到产品生产 |
| 一般煤油 | 0.5823 | kgCO2e/kg | 原油开采到产品生产 |
| 燃料油 | 0.3317 | kgCO2e/kg | 原油开采到产品生产 |
| 液化天然气 | 0.9142 | kgCO2e/kg | 天然气开采到液化 |
| 液化石油气 | 0.6799 | kgCO2e/kg | 原油开采到产品生产 |
| 气体燃料 | 天然气 | 0.0750 | kgCO2e/m3 | 开采 |
| 焦炉煤气 | 0.4866 | kgCO2e/m3 | 原煤开采到烧焦制气 |
| 其他煤气 | 0.4782 | kgCO2e/m3 | 原煤开采到烧焦制气 |
| 炼厂干气 | 0.6225 | kgCO2e/m3 | 原油开采到制气 |

**B.0.3** 化石能源低位发热量、含碳量、碳氧化率应按表B.0.3选取。

表B.0.3 化石能源低位发热量、含碳量、碳氧化率推荐值

| 燃料品种 | 计量单位 | 低位发热量（GJ/t或GJ/104Nm3） | 单位热值含碳量（tC/GJ） | 燃料碳氧化率 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 固体燃料 | 无烟煤 | t | 26.7③ | 27.4×10-3② | 98%(窑炉)，95(工业锅炉)，91%(其他燃烧设备) |
| 烟煤 | t | 19.570④ | 26.1×10-3② |
| 褐煤 | t | 11.9③ | 28.0×10-3② |
| 洗精煤 | t | 26.334① | 25.4×10-3④ |
| 其他煤制品 | t | 17.460④ | 33.6×10-3④ |
| 石油焦 | t | 32.5③ | 27.5×10-3② | 100% |
| 焦炭 | t | 28.435① | 29.5×10-3② | 98% |
| 液体燃料 | 原油 | t | 41.816① | 20.1×10-3② | 99% |
| 汽油 | t | 43.070① | 18.9×10-3② | 99% |
| 柴油 | t | 42.652① | 20.2×10-3② | 99% |
| 煤油 | t | 43.070① | 19.6×10-3② | 99% |
| 燃料油 | t | 41.816① | 21.1×10-3② | 99% |
| 液化天然气 | t | 44.2③ | 17.2×10-3② | 98% |
| 液化石油气 | t | 50.179① | 17.2×10-3② | 99.5% |
| 焦油 | t | 33.453① | 22.0×10-3③ | 99.5% |
| 其他石油产品 | t | 40.2③ | 20.0×10-3③ | 98% |
| 气体燃料 | 天然气 | 104Nm3 | 389.31① | 15.3×10-3② | 99.5% |
| 焦炉煤气 | 104Nm3 | 179.81① | 13.58×10-3② | 99.5% |
| 高炉煤气 | 104Nm3 | 33.000④ | 70.8×10-3③ | 99.5% |
| 转炉煤气 | 104Nm3 | 84.000④ | 49.6×10-3④ | 99.5% |
| 其他煤气 | 104Nm3 | 52.270④ | 12.2×10-3④ | 99.5% |
| 注：数据来源：①《中国能源统计年鉴2020》；②《省级温室气体清单编制指南（试行）》；③《2006年IPCC国家温室气体清单指南》。 |

附录C 运输碳排放因子推荐值

**C.0.1** 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C.0.1选取。

表C.0.1 各类运输方式的碳排放因子推荐值

|  |  |
| --- | --- |
| 运输方式类别 | 运输方式碳排放因子 |
| 数值 | 单位 |
| 轻型汽油货车运输（载重2t） | 0.334 | kgCO2e/t·km |
| 中型汽油货车运输（载重8t） | 0.115 | kgCO2e/t·km |
| 重型汽油货车运输（载重10t） | 0.104 | kgCO2e/t·km |
| 重型汽油货车运输（载重18t） | 0.104 | kgCO2e/t·km |
| 轻型柴油货车运输（载重2t） | 0.286 | kgCO2e/t·km |
| 中型柴油货车运输（载重8t） | 0.179 | kgCO2e/t·km |
| 重型柴油货车运输（载重10t） | 0.162 | kgCO2e/t·km |
| 重型柴油货车运输（载重18t） | 0.129 | kgCO2e/t·km |
| 重型柴油货车运输（载重30t） | 0.078 | kgCO2e/t·km |
| 重型柴油货车运输（载重46t） | 0.057 | kgCO2e/t·km |
| 电力机车运输 | 0.010 | kgCO2e/t·km |
| 内燃机机车运输 | 0.011 | kgCO2e/t·km |
| 铁路运输（中国市场平均） | 0.010 | kgCO2e/t·km |
| 液货船运输（载重2000t） | 0.019 | kgCO2e/t·km |
| 干散货船运输（载重2500t） | 0.015 | kgCO2e/t·km |
| 集装箱货船运输（载重200TEU） | 0.012 | kgCO2e/t·km |
| 注：数据来源：GB/T 51366 |

附录D 常用机械台班能源用量

表D.1常用机械台班能源用量

| 序号 | 机械名称 | 性能规格 | 能源用量 |
| --- | --- | --- | --- |
| 汽油(kg) | 柴油(kg) | 电(kWh) |
| 1 | 汽车式起重机 | 提升质量 | 8t | - | 28.43 | - |
| 2 | 12t | - | 30.55 | - |
| 3 | 16t | - | 35.85 | - |
| 4 | 20t | - | 38.41 | - |
| 5 | 30t | - | 42.14 | - |
| 6 | 40t | - | 48.52 | - |
| 7 | 载重汽车 | 装载质量 | 4t | 25.48 | - | - |
| 8 | 6t | - | 33.24 | - |
| 9 | 8t | - | 35.49 | - |
| 10 | 12t | - | 46.27 | - |
| 11 | 15t | - | 56.74 | - |
| 12 | 20t | - | 62.56 | - |
| 13 | 叉起式起重机 | 提升质量 | 3t | 26.42 | - | - |
| 14 | 电动单筒快速卷扬机 | 牵引力 | 10kN | - | - | 32.90 |
| 15 | 电动单筒慢速卷扬机 | 牵引力 | 10kN | - | - | 126.00 |
| 16 | 30kN | - | - | 28.76 |
| 17 | 单笼施工电梯 | 提升质量1t | 提升高度75m | - | - | 42.32 |
| 18 | 提升高度100m | - | - | 45.66 |
| 19 | 双笼施工电梯 | 提升质量2t | 提升高度100m | - | - | 81.86 |
| 20 | 提升高度200m | - | - | 159.94 |
| 21 | 平台作业升降车 | 提升高度 | 20m | - | 48.25 | - |
| 22 | 管子切断机 | 管径 | 150mm | - | - | 12.90 |
| 23 | 200mm | - | - | 22.50 |
| 24 | 型钢剪断机 | 剪断宽度 | 500mm | - | - | 53.20 |
| 25 | 交流弧焊机 | 容量 | 21kV.A | - | - | 60.27 |
| 26 | 32kV.A | - | - | 96.53 |
| 27 | 40kV.A | - | - | 132.23 |
| 28 | 点焊机 | 容量 | 75kV.A | - | - | 154.63 |
| 29 | 对焊机 | 容量 | 75kV.A | - | - | 122.00 |
| 30 | 氩弧焊机 | 容量 | 500A | - | - | 70.70 |
| 注：数据来源：GB/T 51366 |

附录E 建筑玻璃碳排放因子估算

**E.0.1** 建筑玻璃深加工阶段消耗材料的活动水平数据可按表E.0.1收集。

表E.0.1玻璃深加工阶段材料的活动水平数据收集清单

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 材料名称① | 数值 | 单位 |
| 平板玻璃 |  | kg/m2 |
| 间隔条 |  | m/m2 |
| 夹层胶片 |  | kg/m2 |
| 密封材料 |  | kg/m2 |
| 注：①材料名称应详细列出，如：平板玻璃：6mm厚平板玻璃；间隔条：12mm铝间隔条；夹层胶片：1.52mm厚聚乙烯醇缩丁醛(PVB)胶片；密封材料：硅酮结构胶。 |

**E.0.2** 建筑玻璃深加工阶段涉及工序的碳排放因子数据收集内容应符合表E.0.2的要求。

表E.0.2玻璃深加工阶段涉及工序的碳排放因子数据收集清单

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 工序名称 | 数值 | 单位 | 备注 |
| 1 | 半钢化 |  | kgCO2e/t |  |
| 2 | 钢化 |  | kgCO2e/t |  |
| 3 | 均质处理 |  | kgCO2e/t |  |
| 4 | 在线镀膜-热喷涂法 |  | kgCO2e/m2 |  |
| 5 | 离线镀膜-真空磁控溅射法 |  | kgCO2e/m2 |  |
| 6 | 夹层加工-干法 |  | kgCO2e/m2 |  |
| 7 | 合中空 |  | kgCO2e/m2 |  |

**E.0.3** 建筑玻璃的碳排放因子可按下式估算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (E.0.3) |

式中：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | — | 某玻璃的碳排放因子值，kgCO2e/m2； |
|  | — | 玻璃加工时第*i*类材料用量，材料用量/m2； |
|  | — | 第*i*类材料的碳排放因子，kgCO2e/单位材料用量； |
|  | — | 第*j*类加工工序的碳排放因子，kgCO2e/t； |
|  | — | 第*k*类加工工序的碳排放因子，kgCO2e/m2； |
| $$t\_{g}$$ | — | 各单片玻璃的厚度之和，mm； |
|  | — | 玻璃密度，按2560kg/m3采用。 |

用词说明

为便于在执行本标准条款时区别对待，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

本标准引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本标准；不注日期的，其最新版适用于本标准。

《环境管理 生命周期评价 要求与指南》 GB/T 24044-2008

《建筑碳排放计算标准》 GB/T 51366-2019

《Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services》PAS 2050:2011

**中国工程建设标准化协会标准**

**建筑幕墙碳排放计算标准**

**T/CECS XXXX-202×**

条文说明

**目 次**

[1 总则 30](#_Toc126599477)

[2 术语 31](#_Toc126599478)

[3 基本规定 32](#_Toc126599479)

[3.1 一般规定 32](#_Toc126599480)

[3.2 功能单位 32](#_Toc126599481)

[3.3 系统边界 32](#_Toc126599482)

[4 数据收集 35](#_Toc126599483)

[4.1 一般规定 35](#_Toc126599484)

[4.4 分配 35](#_Toc126599485)

[5 幕墙碳排放计算 36](#_Toc126599486)

[5.2 幕墙加工生产阶段的碳排放 36](#_Toc126599487)

[5.3 安装施工阶段的碳排放 38](#_Toc126599488)

[5.5 使用和维护阶段的碳排放 41](#_Toc126599489)

[5.6 拆除阶段的碳排放 42](#_Toc126599490)

[5.7 建筑幕墙碳排放计算 44](#_Toc126599491)

[6 碳排放通报 47](#_Toc126599492)

[6.1 一般规定 47](#_Toc126599493)

[参考文献 48](#_Toc126599494)

1. 总则

**1.0.2** 本条明确了本标准的适用范围为建筑幕墙、金属屋面和采光顶，其他外围护结构的碳排放计算可参考本标准。

1. 术语

**2.0.1** 温室气体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。包括但不限于二氧化碳（CO2）、甲烷（CH4）、氧化亚氮（N2O）、氢氟碳化物（HF-CS）、全氟碳化物（PFCS）和六氟化硫（SF6）。

建筑幕墙生产加工、使用和维护、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kgCO2；幕墙材料生产、运输过程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。

1. 基本规定

3.1 一般规定

**3.1.3** 本标准强调通过计算得到建筑幕墙的碳排放量，指对设计图纸、施工方案等技术资料中与碳排放有关的数据进行统计、计算和汇总，使用本标准给出的方法和因子，计算得到建筑幕墙碳排放量。建筑幕墙实际碳排放量可在建筑实际运行阶段通过计量获得。

**3.1.5** 计算建筑幕墙因电力消耗造成碳排放时，应采用由国家发展和改革委员会(以下简称国家发改委)公布的区域电网平均碳排放因子。当数据有更新时，应选用国家主管部门最近年份公布的数据。

3.2 功能单位

**3.2.2** 本条明确了建筑幕墙碳排放计算功能单位的基准单位为平方米，可按幕墙立面展开面积计量。

**3.2.3** 建筑幕墙功能单位的技术参数描述示例：

示例一：抗风压性能3级、气密性能3级、水密性能3级、层间变形性能2级、保温性能6级、遮阳性能5级、空气声隔声性能2级、8双银Low-E+12A+8钢化中空玻璃-均质处理、140×80穿条隔热铝合金型材(氟碳喷涂)、80×80铝合金隐框横梁(氟碳喷涂)。

示例二：抗风压性能3级、气密性能3级、水密性能3级、层间变形性能2级、保温性能8级（*K*值0.5 W/(m2·K)）、20mm厚蜂窝铝板、80×60×4镀锌钢立柱、50×4镀锌钢横梁。

3.3 系统边界

**3.3.2** 受建筑规划及经济发展等因素的影响，建筑幕墙实际的使用寿命存在较大的差异，且难以预测。为统一计算基准，在确定建筑幕墙生命周期时，其使用和维护阶段时间可结合设计工作年限确定。

根据现行标准《建筑幕墙》GB/T 21086-2007第5.2.1条及《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102-2003第5.1.6条条文说明，幕墙的设计使用寿命一般可考虑为不低于25年。为保证与现行幕墙标准的协调统一，本标准中幕墙设计工作年限采用25年。

幕墙材料的使用寿命一般小于建筑幕墙的使用寿命，在建筑幕墙生命周期内存在更换的可能。幕墙材料达到设计使用寿命进行更换额外产生的碳排放应采用材料换算的方法考虑，材料更换次数为N时，材料换算放大系数取N+1。材料获取阶段、生产加工、运输、安装施工、拆除阶段碳排放计算时的材料用量也应采用换算材料用量。

某幕墙设计工作年限为25年，其中三元乙丙胶条使用寿命为10年，则其生命周期内需要更换2次。根据设计图纸等技术资料统计的每平米建筑幕墙三元乙丙胶条使用量为1.5 kg，则：

三元乙丙胶条折算用量=1.5×(2+1)=4.5 kg/m2。

幕墙材料的更换，通常会改变建筑幕墙的性能及碳排放强度，但是在设计阶段难以预测，因此在计算过程中不考虑建筑幕墙材料改变对建筑幕墙碳排放强度的影响。

**3.3.3** 幕墙材料生产阶段使用了可回收材料时，其碳排放量的减少在幕墙材料的碳排放因子中体现。为避免重复计算，本工程幕墙材料具有可回收属性时，其减碳量不在本工程体现，而应在采用其回收材料生产的幕墙工程中体现。

计算材料用量时，应按3.3.2条条文说明根据建筑幕墙生命周期及材料使用寿命采用折算材料用量。

**3.3.4** 本条所述幕墙加工厂包括幕墙公司的加工基地或租赁的加工厂或工地的临时加工厂。

**3.3.5** 当某些过程的系统边界难以界定时，在报告中应予以单独说明。比如在工地有临时加工厂时，应明确临时加工厂内加工生产阶段和安装施工阶段系统边界如何界定。

**3.3.6** 运输阶段主要指幕墙材料、幕墙半成品的场外长途运输。材料加工厂、幕墙加工厂、施工现场内幕墙材料及半成品运输所产生的碳排放分别在幕墙材料获取阶段、幕墙加工生产阶段、幕墙安装施工阶段计入；使用和维护过程中的材料、幕墙半成品的运输所产生的碳排放在使用和维护阶段计入；拆除后垃圾外运过程中所产生的碳排放在拆除阶段计入。

理论上尚应包括运输阶段消耗化石能源的运输，但考虑到运输汽车等一般为顺道加油、化石能源运输距离数据难以统计，且此过程摊到每平米幕墙上的碳排放量占比很小，故本条中未统计化石能源运输的活动水平数据。

**3.3.7** 由于幕墙损坏的机率较小且不可预见，因其导致的幕墙材料更换所产生的碳排放可不计入。使用和维护阶段因幕墙材料达到使用寿命而更换产生的碳排放，应按幕墙折算材料用量分别计入材料获取阶段、加工生产阶段、安装施工阶段、运输阶段，使用和维护阶段不再计入。

幕墙使用和维护阶段耗能与建筑其他专业交叉较多，因此本条第2项、第3项指标应单独列项计算，以便建筑其他专业查阅、避免重复计算。

1. 数据收集

4.1 一般规定

**4.1.2** 辅助材料指泡沫棒、单面贴、双面贴等材料。

4.4 分配

**4.4.1~4.4.2** 当某过程涉及多个产品时，该过程的碳排放需要各产品间进行分配。如，加工生产阶段某叉车在一个工作台班内同时为某建筑幕墙生产线和某窗生产线运送材料，则其在该工作台班内产生的碳排放需在该幕墙和窗之间进行分配。优先根据该工作台班内幕墙和窗的生产量或工时分配。

以某幕墙加工厂内某1.5吨电瓶叉车为例，工作期间同时为组装线1和组装线2工作，一个台班内消耗电能46kWh，组装线1生产幕墙A面积为100平米，组装线2生产幕墙B面积为1300平米，则该电瓶叉车工作台班内消耗的电能分配到幕墙A的用量为46×100/(100+1300)=3.28kWh、分配到幕墙B的用量为46×1300/(100+1300)=42.72kWh。

1. 幕墙碳排放计算

5.1 幕墙材料获取阶段的碳排放

**5.1.1** 幕墙材料获取阶段的材料活动水平数据可根据设计文件计算得到，计算时尚应考虑材料损耗，并根据材料使用寿命及幕墙设计工作年限进行折算。

例，某幕墙设计工作年限为25年，采用的硅硐结构密封胶使用寿命为15年，幕墙设计工作年限内密封胶需更换1次，按设计文件计算得到的硅硐结构密封胶理论用量为0.6kg/m2,密封胶使用过程中的损耗率为50%，则其折算材料用量为：0.6×（1+1）×（1+50%）=1.8 kg/m2。

**5.1.3** 某幕墙材料获取阶段活动水平数据如表5.1-1，碳排放因子数据如表5.1-2。

表5.1-1 材料获取阶段活动水平数据

| 幕墙材料名称 | 技术参数 | 数值 | 单位 | 数据质量 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 时间跨度 | 地域范围 |
| 铝合金型材 | 穿条隔热铝合金型材、粉末喷涂 | 10 | kg/m2 | 2022.1.1~2022.12.31 | 某公司，地址为某省某市 |
| 中空玻璃1 | 10双银Low-E+12A+10钢化中空玻璃-均质处理 | 0.36 | m2/m2 | 2022.1.1~2022.12.31 | 某公司，地址为某省某市 |
| 中空玻璃2 | 6双银Low-E +12A+6钢化中空玻璃-均质处理 | 0.64 | m2/m2 | 2022.1.1~2022.12.31 | 某公司，地址为某省某市 |
| 铝板1 | 2mm铝板、粉末喷涂 | 0.29 | m2/m2 | 2022.1.1~2022.12.31 | 某公司，地址为某省某市 |
| 防火保温材料 | 100mm保温岩棉、密度100kg/m3 | 2.90 | kg/m2 | 2022.1.1~2022.12.31 | 某公司，地址为某省某市 |
| 钢加工件 | 热浸镀锌钢加工件 | 0.9 | kg/m2 | 2022.1.1~2022.12.31 | 某公司，地址为某省某市 |
| 密封材料1 | 三元乙丙胶条 | 1.6 | kg/m2 | 2022.1.1~2022.12.31 | 某公司，地址为某省某市 |
| 密封材料2 | 硅硐密封胶 | 1.8 | kg/m2 | 2022.1.1~2022.12.31 | 某公司，地址为某省某市 |
| 紧固件 | 不锈钢紧固件 | 0.15 | kg/m2 | 2022.1.1~2022.12.31 | 某公司，地址为某省某市 |
| 辅助材料 | 聚乙烯泡沫棒 | 0.04 | kg/m2 | 2022.1.1~2022.12.31 | 某公司，地址为某省某市 |

表5.1-2材料的碳排放因子数据收集清单

| 幕墙材料名称 | 技术参数 | 数值 | 单位 | 包含生命周期阶段 | 数据来源 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 铝合金型材 | 穿条隔热铝合金型材、粉末喷涂 | 20.3 | kgCO2e/kg | 从原材料开采时起到运出型材厂止 | 行业经验数据 |
| 中空玻璃1 | 10双银Low-E+12A+10钢化中空玻璃-均质处理 | 57.9 | kgCO2e/m2 | 从原材料开采时起到完成深加工运出玻璃厂止 | 行业经验数据 |
| 中空玻璃2 | 6双银Low-E +12A+6钢化中空玻璃-均质处理 | 34.7 | kgCO2e/m2 | 从原材料开采时起到完成深加工运出玻璃厂止 | 行业经验数据 |
| 铝板1 | 2mm铝板、粉末喷涂 | 159.6 | kgCO2e/m2 | 从原材料开采时起到完成深加工运出铝板加工厂止 | 行业经验数据 |
| 防火保温材料 | 100mm保温岩棉、密度100kg/m3 | 1.98 | kgCO2e/kg | 从原材料开采时起到完成深加工运出岩棉生产厂家止 | GB/T 51366 |
| 钢加工件 | 热浸镀锌钢加工件 | 2.4 | kgCO2e/kg | 从原材料开采时起到完成深加工运出钢件加工厂止 | GB/T 51366 |
| 密封材料1 | 三元乙丙胶条 | 2.67 | kgCO2e/kg | 从原材料开采时起到完成深加工运出胶条生产厂家止 | 行业经验数据 |
| 密封材料2 | 硅硐密封胶 | 2.91 | kgCO2e/kg | 从原材料开采时起到完成深加工运出胶生产厂家止 | 行业经验数据 |
| 紧固件 | 不锈钢紧固件 | 6.8 | kgCO2e/kg | 从原材料开采时起到完成深加工运出紧固件生产厂家止 | 行业经验数据 |
| 辅助材料 | 低密度聚乙烯泡沫棒 | 2.81 | kgCO2e/kg | 从原材料开采时起到完成深加工运出泡沫棒生产厂家止 | GB/T 51366 |

功能单位该幕墙材料获取阶段的碳排放量：

$GHG\_{mine}=10×20.3+0.36×57.9+0.64×34.7+0.29×159.6+$

$2.9×1.98+0.9×2.4+1.6×2.67+1.8×2.91+0.15×6.8$

$+0.04×2.81=310.9 kgCO\_{2}e/m^{2}$

5.2 幕墙加工生产阶段的碳排放

**5.2.1** 幕墙材料、半成品在幕墙加工场内一般采用叉车、桁吊等运输，其消耗的能源在表5.2.1-1和5.2.1-2中计入，故公式5.2.4-1中不再单独列项计算场内运输的碳排放。

**5.2.2** 本条中清洁指加工生产阶段对幕墙材料、半成品的清洁，如玻璃注胶前对玻璃表面的清洁。加工生产阶段机器的磨损未计入。

**5.2.4** 消耗化石能源产生的碳排放量包括化石能源生产、化石能源燃烧、化石能源运输产生的碳排放量。考虑到加工生产阶段涉及的化石能源运输过程摊到每平米幕墙上的碳排放量占比很小，可忽略不计。附录B中各类化石能源的碳排放因子仅包含化石能源生产的碳排放，其燃烧产生的碳排放量应按本条公式单独计算。当采用其他来源的碳排放因子时，应明确其是否包含化石能源燃烧产生的碳排放量，以免重复计算。

例，某幕墙加工生产阶段电力活动水平数据如表5.2-1，材料活动水平数据如表5.2-2，材料碳排放因子数据如表5.2-3、电力碳排放因子数据如表5.2-4。

表5.2-1 电力活动水平数据收集清单

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 能源名称 | 数值 | 单位 | 所属电网区域 |
| 电力 | 0.9 | kWh/m2 | 华北区域电网 |

表5.2-2 材料活动水平数据收集清单

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 材料名称 | 技术参数 | 数值 | 单位 | 数据质量 |
| 时间跨度 | 地域范围 |
| 包装材料 | 瓦楞纸 | 0.2 | kg/m2 | 2022.1.1~2022.12.31 | 某公司，地址为某省某市 |

表5.2-3 材料的碳排放因子数据收集清单

| 幕墙材料名称 | 技术参数 | 数值 | 单位 | 包含的生命周期阶段① | 数据来源② |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 包装材料 | 瓦楞纸 | 1.41 | kgCO2e/kg | 从原材料开采时起到完成深加工运出材料加工厂止 | 行业经验数据 |

表5.2-4 电力碳排放因子数据收集清单

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 电网名称 | 电网覆盖地理范围 | 碳排放因子(kgCO2e/kWh) |
| 华北区域电网 | 北京市、天津市、河北省、山西省、山东省、内蒙古自治区 | 0.9419 |

功能单位该幕墙加工生产阶段的碳排放量：

$GHG\_{manu}=0.9×0.9419+0.2×1.41=1.13 kgCO\_{2}e/m^{2}$

5.3 安装施工阶段的碳排放

**5.3.1** 幕墙安装施工阶段消耗的材料包括安装用辅料、措施用耗材、成品保护用耗材、自来水等。可周转使用的脚手架等只收集其搭建、使用、拆除过程中所消耗能源的活动水平数据、其材料不在统计范围。

**5.3.2** 幕墙安装施工阶段消耗的能源包括施工场地内运输、储存、安装过程中的耗能，未考虑消耗的人工对碳排放强度的影响。

由于场内的水平和垂直运输所消耗的能源在本条中计入，故公式5.3.3中不再单独列项计算场内运输的碳排放。场内运输采用的载重汽车、叉车、吊车等消耗的能源用量可根据机械台班用量以及台班能源用量计算得到，常见机械台班能源用量详附录D。

**5.3.3** 例，某幕墙安装施工阶段电力活动水平数据如表5.3-1，化石能源活动水平数据如表5.3-2，材料活动水平数据如表5.3-3，电力碳排放因子数据如表5.3-4、化石能源碳排放因子数据如表5.3-5、材料碳排放因子数据如表5.3-6。

表5.3-1 电力活动水平数据收集清单

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 能源名称 | 数值 | 单位 | 所属电网区域 |
| 电力 | 2 | kWh/m2 | 华北区域电网 |

表5.3-2 化石能源活动水平数据收集清单

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 能源种类 | 能源名称① | 数值 | 单位 |
| 液体燃料 | 柴油 | 0.36 | kg/m2 |

表5.3-3 材料活动水平数据收集清单

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 材料名称 | 技术参数 | 数值 | 单位 | 数据质量 |
| 时间跨度 | 地域范围 |
| 普碳钢 | 碳素结构钢、Q235B、热浸镀锌 | 0.6 | kg/m2 | 2022.1.1~2022.12.31 | 某公司，地址为某省某市 |
| 自来水 | 自来水 | 0.03 | kg/m2 | 2022.1.1~2022.12.31 | 某公司，地址为某省某市 |

表5.3-4 电力碳排放因子数据收集清单

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 电网名称 | 电网覆盖地理范围 | 碳排放因子(kgCO2e/kWh) |
| 华北区域电网 | 北京市、天津市、河北省、山西省、山东省、内蒙古自治区 | 0.9419 |

表5.3-5 化石能源生产的碳排放因子数据收集清单

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 燃料品种 | 数值 | 单位 | 包含的生命周期阶段 |
| 液体燃料 | 柴油 | 0.3383 | kgCO2e/kg | 原油开采到产品生产 |

表5.3-6 材料的碳排放因子数据收集清单

| 幕墙材料名称 | 技术参数 | 数值 | 单位 | 包含的生命周期阶段① | 数据来源② |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 普碳钢 | 碳素结构钢、Q235B、热浸镀锌 | 2.05 | kgCO2e/kg | 从原材料开采时起到完成深加工运出钢材加工厂止 | GB/T 51366 |
| 自来水 | 自来水 | 0.168 | kgCO2e/kg | 从原材料开采时起到自来水运送到用户端止 | GB/T 51366 |

柴油燃烧的产生的碳排放量根据公式(5.2.4-2)计算：

$E\_{燃烧manu}=0.36×10^{-3}×42.652×20.2×99\%×\frac{44}{12}=1.13 kgCO\_{2}e/m^{2}$

功能单位该幕墙安装施工阶段的碳排放量：

$GHG\_{cons}=2×0.9419+0.36×0.3383+0.6×2.05+0.03×0.168+1.13$

$=4.37 kgCO\_{2}e/m^{2}$

5.4 运输阶段的碳排放

**5.4.2** 运输阶段碳排放量根据材料或半成品数量、运输距离、运输方式和对应的碳排放因子计算。

例，某幕墙运输阶段活动水平数据如表5.4。

表5.4 运输过程的活动水平数据收集清单

| 运输产品① | 数值(kg/m2) | 距离（km） | 运输方式② |
| --- | --- | --- | --- |
| 幕墙材料 | 铝合金型材 | 10 | 500 | 中型柴油货车运输（载重8t） |
| 玻璃 | 40 | 400 | 中型柴油货车运输（载重8t） |
| 钢加工件 | 0.9 | 300 | 轻型汽油货车运输（载重2t） |
| 其他材料 | 10 | 300 | 轻型汽油货车运输（载重2t） |
| 幕 墙半成品 | - | 60 | 80 | 重型柴油货车运输（载重10t） |
| 说明：返程均为空载。 |

采用中型柴油货车运输（载重8t）的碳排放量：

$GHG\_{tran1}=\left(10×500×2+50×400×2\right)×0.179×10^{-3}$

$ =8.95 kgCO\_{2}e/m^{2}$

轻型汽油货车运输（载重2t）的碳排放量：

$GHG\_{tran2}=\left(0.9×300×2+10×300×2\right)×0.286×10^{-3}$

$ =1.87 kgCO\_{2}e/m^{2}$

采用重型柴油货车运输（载重10t）的碳排放量：

$GHG\_{tran3}=60×80×2×0.162×10^{-3}=1.56 kgCO\_{2}e/m^{2}$

功能单位该幕墙运输阶段的碳排放量：

$GHG\_{tran}=8.95+1.87+1.56=12.38 kgCO\_{2}e/m^{2}$

以上案例中，按照返程空载率为100%、空载时碳排放量与载重运输时碳排放量相同（参《PAS 2050》使用指南中案例）计算。当有实际的空载率及空载时碳排放统计数据时，可按实际数据采用，但应注明数据来源及数据统计的地点、周期等信息。

5.5 使用和维护阶段的碳排放

**5.5.2** 设计阶段碳排放计算时，幕墙维护和保养频次可按现行规范中要求。根据《玻璃幕墙工程技术规范》 JGJ 102-2003第12.2.2条，幕墙竣工验收后一年时应进行一次全面检查，此后每五年检查一次；施加预拉力的拉杆或拉索结构在竣工验收后六个月时进行一次全面检查，此后每三年检查一次；幕墙使用十年后，应对该工程不同部位的结构硅硐密封胶进行粘接性能的抽样检查，此后每三年宜检查一次。

**5.5.3** 根据《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ 102-2003第12.3.1条，业主应根据幕墙表面积灰污染程度，确定其清洗次数，但不应少于每年一次。

**5.5.5** 幕墙使用和维护阶段因光伏幕墙发电所产生能源数据收集周期从幕墙交付使用开始，到幕墙达到设计使用寿命时终止。

**5.5.6** 幕墙使用和维护阶段产生的碳排放按公式(5.5.6-1)和(5.5.6-2)计算，计算周期根据幕墙设计工作年限确定。

例，某光伏幕墙设计工作年限为25年，使用和维护阶段电力活动水平数据如表5.5-1，材料活动水平数据如表5.5-2，电力碳排放因子数据如表5.5-3、材料碳排放因子数据如表5.5-4。

表5.5-1 电力活动水平数据收集清单

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 能源名称 | 数值 | 单位 | 所属电网区域 |
| 电力-每年维护和保养耗电 | 0.5 | kWh/m2 | 华北区域电网 |
| 电力-每年控制系统耗电 | 0.01 | kWh/m2 | 华北区域电网 |
| 电力-每年光伏幕墙产电 | 100 | kWh/m2 | 华北区域电网 |

表5.5-2 材料活动水平数据收集清单

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 材料名称 | 技术参数 | 数值 | 单位 | 数据质量 |
| 时间跨度 | 地域范围 |
| 自来水 | 自来水 | 1.5 | kg/m2 | 2022.1.1~2022.12.31 | 某公司，地址为某省某市 |
| 清洁剂 | 玻璃清洁剂 | 0.1 | kg/m2 | 2022.1.1~2022.12.31 | 某公司，地址为某省某市 |

表5.5-3 电力碳排放因子数据收集清单

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 电网名称 | 电网覆盖地理范围 | 碳排放因子(kgCO2e/kWh) |
| 华北区域电网 | 北京市、天津市、河北省、山西省、山东省、内蒙古自治区 | 0.9419 |

表5.5-4 材料的碳排放因子数据收集清单

| 幕墙材料名称 | 技术参数 | 数值 | 单位 | 包含的生命周期阶段① | 数据来源② |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 自来水 | 自来水 | 0.168 | kgCO2e/kg | 从原材料开采时起到自来水运送到用户端止 | GB/T 51366 |
| 清洁剂 | 玻璃清洁剂 | 2.0 | kgCO2e/kg | 从原材料开采时起到运出生产厂家止 | 行业经验数据 |

因维护和保养消耗材料或能源产生的碳排放量：

$GHG\_{use,1}=\left(0.5×0.9419+1.5×0.168×10^{-3}+0.1×2.0\right)×25$

$ =16.78 kgCO\_{2}e/m^{2}$

因控制系统消耗能源产生的碳排放量：

$GHG\_{use,2}=0.01×0.9419×25=0.24 kgCO\_{2}e/m^{2}$

因光伏幕墙发电产生电力的减碳量：

$GHG\_{use,3}=100×0.9419×25=2354.75 kgCO\_{2}e/m^{2}$

功能单位该幕墙使用和维护阶段的碳排放量：

$GHG\_{use}=16.78+0.24-2354.75=-2337.73 kgCO\_{2}e/m^{2}$

5.6 拆除阶段的碳排放

**5.6.1** 幕墙拆除过程消耗的能源以及措施项目施工、拆除、使用过程消耗能源的活动水平数据应计入。

**5.6.2** 幕墙拆除时措施项目中所用材料不可循环利用时，其活动水平数据应计入。

**5.6.3** 为避免重复计算，拆除阶段不考虑材料回收的减碳量。幕墙材料生产阶段使用了回收材料时，其减碳量在幕墙材料碳排放因子中体现。

**5.6.4** 拆除阶段的碳排放包括拆除过程中消耗的能源，措施项目施工、拆除、使用过程消耗的材料和能源，拆除后材料运输到垃圾处理场或回收处置点消耗的能量。

例，某幕墙拆除阶段电力活动水平数据如表5.6-1，化石能源活动水平数据如表5.6-2，材料活动水平数据如表5.6-3，运输过程活动水平数据如表5.6-4电力碳排放因子数据如表5.6-5、化石能源碳排放因子数据如表5.6-6、材料碳排放因子数据如表5.6-7。

表5.6-1 电力活动水平数据收集清单

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 能源名称 | 数值 | 单位 | 所属电网区域 |
| 电力 | 1.8 | kWh/m2 | 华北区域电网 |

表5.6-2 化石能源活动水平数据收集清单

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 能源种类 | 能源名称① | 数值 | 单位 |
| 液体燃料 | 柴油 | 0.35 | kg/m2 |

表5.6-3 材料活动水平数据收集清单

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 材料名称 | 技术参数 | 数值 | 单位 | 数据质量 |
| 时间跨度 | 地域范围 |
| 普碳钢 | 碳素结构钢、Q235B、热浸镀锌 | 0.3 | kg/m2 | 2022.1.1~2022.12.31 | 某公司，地址为某省某市 |

表5.6-4 运输过程的活动水平数据收集清单

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 运输项目 | 数量（kg/m2） | 距离（km） | 运输方式 |
| 拆除现场到垃圾处理场 | 61 | 80 | 中型柴油货车运输（载重8t） |
| 垃圾处理场到回收利用场 | 14 | 20 | 轻型汽油货车运输（载重2t） |
| 说明：返程均为空载。 |

表5.6-5 电力碳排放因子数据收集清单

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 电网名称 | 电网覆盖地理范围 | 碳排放因子(kgCO2e/kWh) |
| 华北区域电网 | 北京市、天津市、河北省、山西省、山东省、内蒙古自治区 | 0.9419 |

表5.6-6 化石能源生产的碳排放因子数据收集清单

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 燃料品种 | 数值 | 单位 | 包含的生命周期阶段 |
| 液体燃料 | 柴油 | 0.3383 | kgCO2e/kg | 原油开采到产品生产 |

表5.6-7 材料的碳排放因子数据收集清单

| 幕墙材料名称 | 技术参数 | 数值 | 单位 | 包含的生命周期阶段 | 数据来源 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 普碳钢 | 碳素结构钢、Q235B、热浸镀锌 | 2.05 | kgCO2e/kg | 从原材料开采时起到完成深加工运出钢材加工厂止 | GB/T 51366 |

柴油燃烧的产生的碳排放量根据公式(5.2.4-2)计算：

$E\_{燃烧aban}=0.35×10^{-3}×42.652×20.2×99\%×\frac{44}{12}=1.09 kgCO\_{2}e/m^{2}$

采用中型柴油货车运输（载重8t）的碳排放量：

$GHG\_{tran1}=61×80×2×0.179×10^{-3}=1.75 kgCO\_{2}e/m^{2}$

轻型汽油货车运输（载重2t）的碳排放量：

$GHG\_{tran2}=14×20×2×0.286×10^{-3}=0.16 kgCO\_{2}e/m^{2}$

功能单位该幕墙拆除阶段的碳排放量：

$GHG\_{aban}=1.8×0.9419+0.35×0.3383+0.3×2.05+1.09+1.75+0.16$

$=5.43 kgCO\_{2}e/m^{2}$

以上案例中，按照返程空载率为100%、空载时碳排放量与载重运输时碳排放量相同（参《PAS 2050》使用指南中案例）计算。当有实际的空载率及空载时碳排放统计数据时，可按实际数据采用，但应注明数据来源及数据统计的地点、周期等信息。

5.7 建筑幕墙碳排放计算

**5.7.1** 功能单位建筑幕墙生命周期的碳排放量由各阶段的碳排放量累加得到。

例，功能单位某幕墙生命周期各阶段的碳排放量为：

材料获取阶段的碳排放量：$310.9 kgCO\_{2}e/m^{2}$

加工生产阶段的碳排放量：$1.13 kgCO\_{2}e/m^{2}$

安装施工阶段的碳排放量：$4.61 kgCO\_{2}e/m^{2}$

运输阶段的碳排放量：$12.38 kgCO\_{2}e/m^{2}$

使用和维护阶段的碳排放量：$17.02 kgCO\_{2}e/m^{2}$

拆除阶段的碳排放量：$5.43 kgCO\_{2}e/m^{2}$

功能单位该幕墙生命周期的碳排放量按5.7.1计算：

$GHG\_{cw}=310.9+1.13+4.37+12.38+17.02+5.43$

$ =351.23 kgCO\_{2}e/m^{2}$

**5.7.2** 当幕墙的设计工作年限小于建筑的设计工作年限时，设计阶段进行建筑生命周期内幕墙碳排放估算时，幕墙更换时可按所有材料全部拆除重建考虑。使用和维护阶段，已知幕墙更换方案时，幕墙碳排放量可按更换方案据实计算。

例，某建筑设计工作年限50年，框架式玻璃幕墙8000平米、设计工作年限25年、功能单位该幕墙生命周期碳排放量$350 kgCO\_{2}e$，光伏幕墙1000平米、设计工作年限25年、功能单位该幕墙生命周期碳排放量$-2000 kgCO\_{2}e$，则该建筑生命周期内幕墙的碳排放量为：

$GHG\_{cw\_{T}}=\left(350×8000+\left(-2000\right)×1000\right)×2=1600000 kgCO\_{2}e$

单栋建筑或建筑群中建筑幕墙生命周期某个阶段的碳排放总量可参考5.7.2式计算，但式中$GHG\_{cw,i}$应换成对应阶段碳排放因子，以使用和维护阶段建筑幕墙碳排放总量可按下式计算：

|  |  |
| --- | --- |
| $$GHG\_{cw\\_use}=\sum\_{i}^{n}GHG\_{use,i}A\_{i}$$ |  |

式中：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| $$GHG\_{cw\\_use}$$ | — | 单栋建筑或建筑群中建筑幕墙使用和维护阶段碳排放总量，kgCO2e； |
| $$GHG\_{use,i}$$ | — | 单栋建筑或建筑群中某类建筑幕墙使用和维护阶段功能单位碳排放，kgCO2e/m2； |
| $$A\_{i}$$ | — | 单栋建筑或建筑群中某类建筑幕墙面积，m2。 |

5.8 不确定性分析

**5.8.3** 单个变量由测量数据确定时，其不确定性应通过估算统计学确定。

例，每平米某单元式幕墙，铝型材加工的电力消耗数据统计如下表：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 统计样本数量 | 1 | 3 | 4 | 2 |
| 每平米幕墙铝型材加工的耗电量(kWh) | 0.25 | 0.28 | 0.30 | 0.31 |

每平米幕墙铝型材加工的电力消耗平均值为：

$$\overline{X}=\frac{1×0.25+3×0.28+4×0.30+2×0.31}{1+3+4+2+1}=0.291$$

标准偏差为：

$$s=\sqrt{\frac{\left(0.25-0.291\right)^{2}+3×\left(0.28-0.291\right)^{2}+4×\left(0.30-0.291\right)^{2}+2×\left(0.31-0.291\right)^{2}}{10-1}}$$

$=$0.019

其不确定性为：

$$U=\frac{0.019}{0.291}×100\%=6.53\%$$

每平米幕墙铝型材加工消耗的电力为：0.291 kWh ±6.53%。

**5.8.4** 合并不确定性主要有两种方法，一是使用简单的误差传递公式，二是使用蒙特卡罗或类似技术。蒙特卡罗主要适用于模型方法，本标准中参照《省级温室气体清单编制指南(试行)》采用误差传递公式方法。误差传递公式方法主要有加减运算的误差传递公式（如公式5.8.4-1）以及乘除运算的误差传递公式（如公式5.8.4-2）。

1）加减运算的误差传递公式示例，某单元式幕墙加工生产阶段消耗电力数据如下：每平米幕墙铝型材加工消耗电力为0.3kWh±7%，组装消耗电力为0.6 kWh±12%。

加工生产阶段消耗电力产生碳排放量的不确定性为：

$$U=\frac{\sqrt{\left(0.3×0.07\right)^{2}+\left(0.6×0.12\right)^{2}}}{0.3+0.6}=8.33\%$$

每平米该单元式幕墙加工生产阶段消耗电力产生的碳排放量为：0.9 kWh±8.33%。

2）乘除运算的误差传递公式示例，每平米某幕墙安装施工阶段消耗电力为2kWh±15%，电力的碳排放因子为0.9419 kgCO2e/kWh±5%。

安装阶段消耗电力产生碳排放量的不确定性为：

$$U=\sqrt{\left(15\%\right)^{2}+\left(5\%\right)^{2}}=15.81\%$$

每平米该幕墙安装阶段消耗电力产生的碳排放量为：1.88 kgCO2e±15.81%。

1. 碳排放通报

6.1 一般规定

**6.1.1** 建筑幕墙碳排放通报可以为生命周期的碳排放总量通报，也可根据需求进行生命周期中各阶段碳排放的通报。

参考文献

[1] 国家统计局能源统计司.中国能源统计年鉴2020.中国统计出版社

[2] 国家发展和改革委员会.省级温室气体清单编制指南（试行）

[3] IPCC2006，《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》，国家温室气体清单计划编写，编辑：Eggleston H.S.， Buendia L.， Miwa K.， Ngara T. 和 Tanabe K.。