



中国城市科学研究会
Chinese Society for Urban Studies



中国房地产业协会
CHINA REAL ESTATE ASSOCIATION

建筑碳排放分析报告质量要求

Quality Specification on Carbon Emissions Analysis Report for Buildings

中国城市科学研究会

中国房地产业协会

北 京
2022 年 9 月

一、采用标准

- ISO 21930: 2017 Sustainability in buildings and civil engineering works -- Core rules for environmental product declarations of construction products and services
《建筑和土木工程工程的可持续性——建筑产品和服务的环境产品申报的核心规则》
- GB/T 51366-2019 《建筑碳排放计算标准》

二、系统边界

根据 ISO 21930：2017《建筑和土木工程工程的可持续性——建筑产品和服务的环境产品申报的核心规则》，建筑全生命周期可划分为五个阶段（见图 1）：建材生产阶段 A1-A3、建造阶段 A4-A5、使用阶段 B1-B7、寿命终止阶段 C1-C4 和再利用、回收阶段 D。

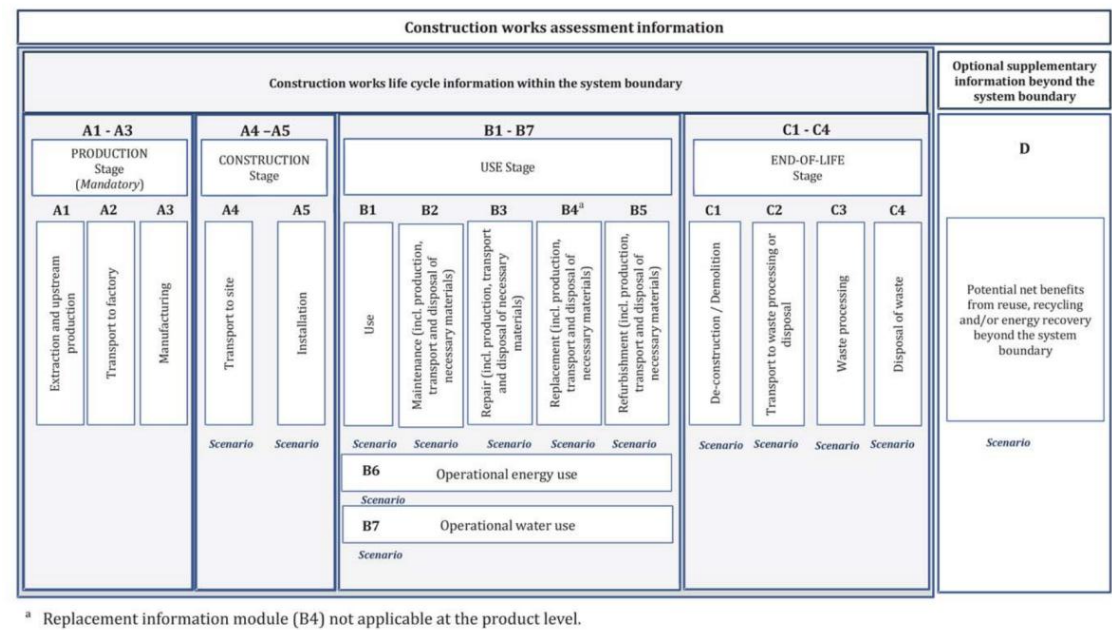


图 1 建筑系统边界

*图片来自 ISO 21930:2017

报告应使用 ISO 21930 确定建筑系统边界。对于运行碳排放分析计算，对应使用阶段 B 模块，对于全生命期碳排放分析计算，应包含从建材生产阶段到再利用、回收阶段共五个阶段，即 A-D 模块。

各阶段模块的进一步拆分如下：

（1）建材生产阶段包含 3 个过程（A1-A3）：原材料提取和加工、二次材料输入的加工（如回收加工）A1、运输到制造商处 A2、制造 A3；

(2) 建造阶段包含 2 个过程 (A4-A5)：运输至建筑工地 A4、施工 A5；

(3) 使用阶段包含 7 个过程 (B1-B7)：使用 B1、维护 B2、修理 B3、更换 B4、翻新 B5、运行能源消耗 B6、运行水消耗 B7，其中 B1-B5 可以合并成 1 个模块；

(4) 寿命终止阶段包含 4 个过程 (C1-C4)：拆除 C1、运输到废物处理处 C2、再利用废物处理 C3、废弃物处理 C4；

(5) 建筑拆解后建材的再利用、回收阶段 D。

各阶段过程的系统边界解释如表 1 所示。

表 1 各阶段过程系统边界解释

生命周期阶段		解释	计算说明
建材生产阶段 A1-A3	原材料提取和加工、二次材料输入的加工 A1	原材料开采和加工，如果是回收材料，即为二次材料的加工	建材生产阶段是针对每一种建材而言的，即每一种建材都需要 A1-A3 过程，当非主要建材数据无法获取时，可遵循取舍原则舍去，但应在报告中进行说明。
	运输到制造商处 A2	将原材料运输至建材制造商处	
	制造 A3	建材（组件、构件）的制造、加工过程	
建造阶段 A4-A5	运输至建筑工地 A4	将施工使用的建材从厂家运输至建筑工地	/
	施工 A5	施工过程	
使用阶段 B1-B7	使用 B1	建筑在使用过程中所产生的环境影响，如物质从正面、屋顶、地板覆盖物和其他表面（内部或外部）释放到室内空气、土壤或水中的物质。也包括林植绿化从空气中吸收、固定的物质。	(1) 由于 B1-B5 是建筑使用阶段隐含碳，具有较大的差异性、不确定性，因此可以将 B1-B5 视为一个模块。当该模块数据无法获取时，可遵循取舍原则舍去，但应在报告中进行说明。 (2) B7 过程数据无法获取时，可遵循取舍原则舍去，但应在报告中进行说明。
	维护 B2	建筑维护过程，如清洁，以及磨损、损坏或退化零件的维修、更换或修补	
	修理 B3	通过修理构件的零件以使建筑恢复到可接受的状态，如修理玻璃破碎的窗户	
	更换 B4	通过更换整个建筑构件将建筑产品恢复，如更换使用寿命结束的地毯	
	翻新 B5	使用寿命期间使建筑恢复到能够发挥其所需功能的状态，涵盖了建筑物的重要部分或整个部分的维护、修理和/或更换	
	运行能源消耗 B6	建筑运行期间的能源使用以及相关的环境因素和影响	
	运行水消耗 B7	建筑运行期间的用水以及考虑到水的生命周期（生产、运输和废水处理）的相关环境因素和影响	

寿命 终止 阶段 C1-C4	拆除 C1	建筑解构拆除	由于 C1、C2、C4 是针对除可再利用、再回收之外的废弃建材处理过程，因此可以将 C1、C2、C4 视为一个模块。
	运输到废物处理处 C2	运输作为废物处理的废弃物，如运输至回收点，以及将废物运输至最终处置点	
	再利用废物处理 C3	处理再利用、再循环的废弃物	
	废弃物处理 C4	包括物理预处理和处置场地管理	
建筑拆解后建材再利用、回收阶段 D		再利用、再循环的废弃物的回收	此过程数据无法获取时，可声明未进行该过程碳排放计算。

在上述系统边界内，应计算建筑用地红线内所有的碳源、碳汇，考虑到部分机电设备构成复杂，缺少 EPD 或 CFP 信息（含碳排放因子），难以准确统计，根据取舍原则，可不计算，但舍弃总量应控制在建筑建材总重量占比 5% 以内。

三、计算方法

建筑碳排放计算可采用清单法、经验系数法和比例法。清单法是指借助统计数据，分别计算各个阶段各个过程的碳排放量，计算方法为活动数据乘以单位活动量的碳排放（即碳排放因子、碳排放系数），累加求和得到总碳排放。建筑全生命周期部分阶段过程的活动清单数据复杂且获取困难，现阶段可借鉴理论研究的经验公式，这种方法称为经验系数法，经验公式将碳排放拟合为线性函数，大大简化了计算难度但降低了计算精细度，例如在施工和寿命终止阶段使用中国台湾学者张又升提出的经验公式。比例法是根据相关学者研究，寻找对于计算困难的过程适用的比例，该方法的计算精细度最低。因此，计算方法优先级为：清单法 > 经验系数法 > 比例法，各阶段可接受的计算方法如表 2 所示，各阶段具体计算方法如表 3 所示。

表 2 各计算模块可接受的计算方法

阶段	计算方法		
	清单法	经验系数法	比例法
A1-A3	●		
A4-A5	●	●	
B1-B5	●		
B6	●		
B7	●		
C1、C2、C4	●	●	●
C3	●	●	●
D	●		●

表 3 各阶段的具体计算方法

阶段	计算方法	计算公式	补充说明
A1-A3	清单法	A1: 建材原材料开采过程可使用 LCA 数据库碳排放及活动数确定, LCA 数据库如国际上的 ELCD、Ecionvent 等, 国内的北工大 SinoCenter、四川大学 CLCD 等;	(1) 如有已完成的单元过程, 如钢筋、水泥的 EPD 或 CFP 分析, 可直接引用, 计算公式为: $C_{SC} = \sum_{i=1}^n M_i G_i$, 式中 i 指第 i 种建材, M 指建材消耗量 (n 功能单位); G 指 1 功能单位建材的碳排放 (kgCO₂e/1 功能单位); (2) 当数据获取困难相关公式不适用时, 建材生产阶段 A1-A3 碳排放由建材用量和碳排放因子确定, 如下式: $C_{SC} = \sum_{i=1}^n M_i F_i$, 式中 i 指第 i 种建材, M 指建材消耗量 (t) (n 功能单位); F 指建材的碳排放因子 (kgCO₂e/单位建材数量)。 (3) 对于建材生产阶段 A1, 当使用低价值废料作为原料时, 可忽略其上游过程的碳过程。当使用其他再生原料时, 可按其所替代的初生原料的碳排放的 50% 计算。
		A2: 原材料运输过程主要考虑运输过程中的碳排放, 应由能源消耗量及其碳排放因子确定, 若无运输数据, 由下式确定: $C_{ys} = \sum_{i=1}^n m_i D_i T_i$, 式中 i 指某一建材第 i 种材料; m 指材料消耗量 (t), D 指材料平均运输距离 (km), T 指单位重量运输距离的碳排放因子 [kgCO ₂ e/(t · km)]。	
		A3: 加工制造过程为从原材料加工成建材构件的过程中机具运行所产生的碳排放, 由机具的能源消耗量及其碳排放因子确定。	
A4-A5	清单法	A4: 建材运输过程主要考虑运输过程中运输车辆的碳排放, 应由实际能源消耗量及其碳排放因子确定, 计算公式为: $C_{ys} = \sum_{i=1}^n M_i D_i T_i$, 式中 i 指第 i 种建材, M 指建材消耗量 (t); D_i 指第 i 种建材运输距离 (km), T_i 指单位重量 (t) 运输距离的碳排放因子 [kgCO₂e/(t · km)]。当无法确定实际运输距离时, 混凝土运输距离取 40km, 其他建材运输距离取 500km。	

	A5：施工过程碳排放应由能源消耗量及其碳排放因子确定，若无施工能源消耗量数据，能耗数据由施工工序能耗估算法确定，包含分部分项工程总能耗 E_{fx} 和措施项目总能耗 E_{cs}，由下式确定： $E_{fx} = \sum_{i=1}^n Q_{fx,i} (\sum_{j=1}^m T_{i,j} R_j + E_{jj,i}), \quad E_{cs} = \sum_{i=1}^n Q_{cs,i} (\sum_{j=1}^m T_{A-i,j} R_j),$ 式中 i 指第 i 个项目，j 指第 j 种施工机械；Q_{fx} 指分部分项工程量；T 指施工机械台班消耗量（台班）；R 指施工机械单位台班的能源用量（kWh/台班）；E_{jj} 指小型施工机具消耗的能源（kWh）；Q_{cs} 指措施项目工程量；T_{A-i} 指措施项目单位工程量施工机械台班消耗量（台班）。 A5*^①：施工过程包括施工机具运行产生的碳排放和临时设施的碳排放： 施工机具运行产生的碳排放应由能源消耗量及其碳排放因子确定，如无相关能耗数据，由机械台班碳足迹因子确定，如下式：$C_{sg} = \sum_{i=1}^n C_{Bi} \times N$，式中 i 指第 i 种工程机械；C_B 指工程机械的碳足迹因子（kgCO₂e/台班）；N 指工程机械的台班数据量。 临时设施的碳排放主要考虑施工现场办公能耗和生活区的炊事、供暖、制冷及照明能耗。应由实际能源消耗量及其碳排放因子确定，若无临时设施能源消耗量数据，能耗数据由施工组织设计和施工方案确定，包含办公区能耗 E_{bg} 和生活区能耗 E_{sh}，由下式确定： $E_{bg} = A_{bg} (f_{zm} T_1 + f_{gn} T_2 + f_{zl} T_3), \quad E_{sh} = A_{sh} (f_{zm} T_1 + f_{gn} T_2 + f_{zl} T_3),$
--	---

^① “A5*” 表示提供另一种清单法计算方法，方法来自于《建筑全生命周期的碳排放》。

			式中 A_{bg} 指办公区用房面积 (m^2) ; f_{zm} 指每平方米用房照明能耗数, W/m^2 ; T_1 指每平方米用房照明时间 (h) ; f_{gn} 指每平方米用房供暖能耗数, W/m^2 ; T_2 指每平方米用房供暖时间 (h) ; f_{zl} 指每平方米用房制冷能耗数, W/m^2 ; T_3 指每平方米用房制冷时间 (h) ; A_{sh} 指生活区用房面积 (m^2) 。
	经验系数法	A5: 施工过程如无相关数据, 可采用经验系数法, 如下式: $C_{sg} = (S+1.99) \times A^{\textcircled{2}}$, 式中, S 指建筑地上层数; A 指建筑面积 (m^2) 。	
B1-B5	清单法	B1: 建材设备的碳释放量基本公式为 $C_r = \frac{m_r}{y_e} GWP_r / 1000$, 式中 m_r 指建材设备在生命周期内的温室气体填充或释放总量, y_e 指建材设备的预期使用寿命, GWP_r 指温室气体的全球变暖潜值; 林植绿化的碳固定量基本公式为 $C_p = A_p EF_p$, 式中 A_p 指建筑计算边界内林植绿化面积或某类型植物的数量, EF_p 指林植绿化或某类型植物的年固碳量。 B2-B5: 建筑维护、修理、更新、更换的碳排放应由详细活动清单确定, 计算公式为 $C_{SY.yh} = \sum_{i=1}^n (CM_{ri} + CM_{ti} + CM_{ci}) \times M_i \times \left[\frac{n}{r_i} \right]$, 式中 i 指第 i 种建材或设备; CM_{ri} 指建材或设备生产的碳排放因子 ($kgCO_2e/\text{单位}$) ; CM_{ti} 指建材或设备运输的碳排放因子 ($kgCO_2e/\text{单位}$) ; CM_{ci} 指建材或设备加工和施工安装的碳排放因子 ($kgCO_2e/\text{单位}$) ; M_i 指建材或设备的重量 (t) ; $\left[\frac{n}{r_i} \right]$ 指建材或设备的更换次数, 应取整数。	
B6	清单法	B6: 建筑使用阶段能源消耗碳排放应由能源消耗量及其碳排放因子确定, 若建筑尚无实际能源消耗量数据, 运行能耗可由模拟确定, 模拟计算应满足行业标准《民用建筑绿色性能计算标准》JGJ / T 449-2018 的要求。	
B7	清单法	B7: 应由实际水耗和水碳排放因子确定, 如无实际水耗数据, 可根据建筑给排水设计图及其他相关设计文件估算。	
C1、	清单法	C1: 建筑拆除过程碳排放应由能源消耗量及其碳排放因子确定, 如无	(1) 经验系数法和比例法中 C_{zz} 包含 C1、C2、C3、C4 四

^② 该公式出自中国台湾学者张又升论文《建筑物生命周期二氧化碳减量评估》。

C2、C4		相关能耗数据，计算可参考 A5 或 A5*。若项目有爆破拆除、静力破坏拆除或机械整体性拆除，应根据拆除专项方案确定。	部分。
		C2：废弃物运输碳排放应由能源消耗量及其碳排放因子确定，如无相关能耗数据，计算可参考 A4。	
		C4：废弃物处理过程碳排放应由能源消耗量及其碳排放因子确定。	
	经验系数法	寿命终止阶段如无相关数据，可经验系数法，如下式： $C_{ZZ} = (0.06S + 2.01) \times A^{\textcircled{3}}$ ，式中， S 指建筑地上层数； A 指建筑面积 (m^2)。	
	比例法	寿命终止阶段如无相关数据，可比例法，如下式： $C_{ZZ} = 0.9C_{sg}^{\textcircled{4}}$	
C3	清单法	C3：针对再利用、再循环和回收的材料，对其进行处理过程产生的碳排放，如再生骨料、再生水泥、金属再利用等处理过程。应由实际能源消耗量及其碳排放因子确定。	
	经验系数法	/	
	比例法	/	
D	清单法	D：应由回收利用过程清单数据确定。	
	比例法	D：如无详细清单数据，可再生、可回收建材的回收过程 D 的减碳效益由回收建材的回收率确定，可再利用建材 100%减碳，可再循环建材 50%减碳。	

当 B6 阶段有碳排放核算、计量的结果时，可直接采信。

③ 该公式出自中国台湾学者张又升论文《建筑物生命周期二氧化碳减量评估》。

④ 该比例出自中国台湾学者 Lin S L 论文“LCA-based energy evaluating with application to school buildings in Taiwan”——“建筑拆除阶段的能耗约占施工过程的 90%”。

四、清单法数据来源

建筑碳排放清单法计算数据来源有建材 EPD 或 CFP、可更新的碳排放数据库和可信标准附录，优先级为：建材 EPD 或 CFP > 可更新的碳排放数据库 > 可信标准附录，清单法各阶段数据来源如下表所示：

表 4 清单法数据来源

阶段	数据类型	数据来源		
		建材 EPD 或 CFP	可更新的碳排放数据库	可信标准附录
A1-A3	活动用量	工程预算清单或工程决算清单		
	碳排放系数	●	●	●
A4-A5	活动用量	根据工程预算清单或决算清单的数据折算为重量		
	碳排放系数		●	●
B1-B5	活动用量	根据工程实际清单数据		
	碳排放系数	●	●	●
B6	活动用量	实际账单数据/能耗模拟		
	碳排放系数		●	●
B7	活动用量	实际账单数据/给排水系统设计文件		
	碳排放系数		●	●
C1、C2、C4	活动用量	实际账单数据		
	碳排放系数		●	●
C3	活动用量	工程预算清单或工程决算清单		
	碳排放系数		●	●
D	活动用量	工程预算清单或工程决算清单		
	碳排放系数	●	●	●

说明：

- 1、采用建材 EPD 或 CFP 应注意分析的系统边界，避免重复计算。
- 2、采用可更新的碳排放数据库时，应注明数据库版本或更新时间。

五、结果表述

建筑碳排放分析结果应以可视化图形（如柱状图、饼图）方式展示各阶段碳排放情况，识别主要碳排放影响因素，并通过关键指标分析碳排放水平。可采用的关键指标如下：

建筑隐含碳排放量，单位 tCO_2e ；

建筑隐含碳排放强度，单位 $\text{tCO}_2\text{e}/\text{m}^2$ 或 $\text{tCO}_2\text{e}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ ，按使用年限平均；

建筑运行碳排放量，单位 tCO_2e ；

建筑运行碳排放强度，单位 $\text{tCO}_2\text{e}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ ；

全生命期碳排放量，单位 tCO_2e ；

全生命期碳排放强度，单位 $\text{tCO}_2\text{e}/\text{m}^2$ 或 $\text{tCO}_2\text{e}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ ，按使用年限平均。

使用年限可分为预计使用年限、实际使用年限以及更新使用年限。

六、应用场景

- 碳中和建筑评价标识申请
- 低碳建筑评价标识申请
- 建筑全生命期碳排放分析
- 建筑运行阶段碳排放计算、核算
- 建筑碳排放施工图审查
- 建筑碳排放声明
- 建筑碳管理
- 气候相关财务信息（TCFD）中的资产碳排放分析

七、人员能力

建筑碳排放分析人员应进行相应的培训，包括碳中和建筑评价导则、碳中和建筑评价与管理、建筑碳排放计算与核查、建筑碳足迹核算、建筑碳交易体系及建筑绿色低碳相关标准体系等内容。碳中和建筑评价认可的培训证书如下：

- | | |
|---------------|------------------|
| ● 《碳资产管理》 | 北京绿色交易所有限公司 |
| ● 《碳中和资产管理》 | 上海环境能源交易所股份有限公司 |
| ● 《建筑碳管理》 | 友绿（北京）数字科技有限责任公司 |
| | 北京绿色交易所有限公司 |
| ● 《碳中和建筑评价导则》 | 中国城市科学学会绿色建筑研究中心 |

本报告编写人员：

郭振伟 周海珠 孟 冲 高雪峰 王新雨 李海龙 赵 江 季 亮 孙大明
朱峰磊 邓高峰 朱 滨 许远超 周立宁 张永炜 王宇翔

本报告参与编写单位：

中国建筑科学研究院有限公司
中国生态城市研究院有限公司
中国建筑技术集团有限公司
中国建筑标准设计研究院有限公司
中国电子工程设计院有限公司
上海市建筑科学研究院有限公司
中建研科技股份有限公司
北京构力科技有限公司

版本号：V1.0

发布时间：2022.9.23

问询与意见反馈：

联系人：王新雨

010-58933142

wangxinyu356533529@126.com