

陕西省工程建设标准

居住建筑全生命周期碳排放计算标准

Standard of Carbon Dioxide Emission Calculation for Residential Building in
Full Life Cycle

(征求意见稿)

居住建筑全生命周期碳排放计算标准编制组

2021 年 4 月

前言

本标准根据陕西省住房和城乡建设厅“关于印发 2019 年陕西省工程建设标准、建筑标准设计立项计划的通知”（陕建标发【2019】1034 号）中第 11 项《居住建筑碳排放技术计算标准》编制立项批复文的要求编制。由西安建筑科技大学负责，协同中建西北建筑设计研究院有限公司、西安建筑科技大学建筑设计研究院等有关单位编制而成。

为贯彻国家有关应对气候变化和节能减排的方针政策。本标准参照住房和城乡建设部《建筑碳排放计算标准》GB/T51366，结合陕西省居住建筑的实际情况，标准编制组经广泛调查、分析研究和查阅相关资料，借鉴有关国际标准，广泛征求多方意见的基础上，并对主要问题进行了专题论证，具体内容进行了反复讨论、协调和修改的基础上，编制了本标准。

本标准的主要内容是：1.总则；2.术语和符号；3.基本规定；4.计算方法；5.物化阶段碳排放计算；6.使用维护阶段碳排放计算；7.拆解阶段碳排放计算等；附录；本标准用词说明；引用标准目录。

本标准无强制性条文。

本标准由西安建筑科技大学负责管理和具体技术内容的解释。本标准执行过程中如有意见或建议，请将有关反馈寄送至西安建筑科技大学（地址：西安市碑林区雁塔路中段 13 号，邮政编码：710055，电话：13032993416，邮箱 liyueyan@xauat.edu.cn），以供修订时参考。

本标准主编单位：西安建筑科技大学

本标准参编单位：中建西北建筑设计研究院有限公司

西安建筑科技大学建筑设计研究院

本标准主要起草人员：李岳岩、闫增峰、周敏、陈静、董凯丽、李敏、薛强、燕练武、刘茵、王相焕、杨春方、田一辛、张凯、王瑶

本标准主要审查人员：暂略

目 录

1 总则.....	1
2 术语和符号.....	2
2.1 术语.....	2
2.2 符号.....	4
3 基本规定.....	7
4 计算方法.....	9
4.1 一般规定.....	9
4.2 计算边界.....	9
4.3 计算方法.....	10
5 物化阶段碳排放计算.....	12
5.1 一般规定.....	12
5.2 计算方法.....	12
5.3 建材生产.....	13
5.4 建材运输.....	13
5.5 施工建造.....	13
5.6 施工临时设施.....	14
6 使用维护阶段碳排放计算.....	15
6.1 一般规定.....	15
6.2 计算方法.....	15
6.3 暖通空调.....	16
6.4 制冷剂碳排放量.....	16
6.5 照明及设施设备.....	17
6.6 生活热水.....	19
6.7 可再生能源.....	21

7 拆解阶段碳排放计算	26
7.1 一般规定	26
7.2 计算方法	26
7.3 拆解施工	26
7.4 建材回收	26
附录 A 主要建筑物碳排放计算	27
附录 B 建材运输碳排放因子	28
附录 C 施工设施碳排放计算	29
附录 D 临时设施碳排放计算	30
附录 E 建筑物运行特征	31
附录 F 各类碳排放因子	32
附录 G 维护阶段碳排放计算	33
附录 H 建材回收碳排放	34
本标准用词说明	35
引用标准名录	36
附：条文说明	37

Contents

1 General Provisions	1
2 Terms and Symbol	2
2.1 Terms	2
2.2 Symbol	4
3 Basic Rules	7
4 Method of Calculation	9
4.1 General Requirement.....	9
4.2 Boundary Calculation	9
4.3 Method of Calculation.....	10
5 Carbon dioxide emission Calculation for Embodies Period	12
5.1 General Requirements	12
5.2 Method of Calculation.....	12
5.3 Building Material Production.....	13
5.4 Building Material Transportation.....	13
5.5 Building Construction	13
5.6 Temporary Structures	14
6 Carbon Dioxide Emission Calculation for Operation and Maintenance Period	15
6.1 General Requirements	15
6.2 Method of Calculation.....	15
6.3 Building HVAC System.....	16
6.4 Carbon Emission of Refrigerants	16
6.5 Lighting and Facility System	17
6.6 Domestic Hot Water System	19
6.7 Renewable Energy System.....	21
7 Carbon Dioxide Emission Calculation for Demolition Period.....	26
7.1 General Requirements	26
7.2 Method of Calculation.....	26
7.3 Building Demolition.....	26
7.4 Recovery of building materials	26
AppendixA Main Energy Carbon Dioxide Emission Factor	27

AppendixB Carbon Dioxide Emission Factor for Building Material Transportation	28
AppendixC Carbon Dioxide Emission Calculation for Construction	29
AppendixD Carbon Dioxide Emission Calculation for Temporary Facilities	30
Appendix E Building Using Characteristics	31
Appendix F Various Carbon Dioxide Emission Factor	32
Appendix G Carbon Dioxide Emission Calculation for Maintenance Period.....	33
Appendix H Carbon Dioxide Emission from Building Materials Recovery.....	34
Explanation of Wording in This Standard	35
List of Quoted Standards	36
Explanation of Provisions.....	37

1 总则

1.0.1 为贯彻落实国家有关应对气候变化和节能减排的方针政策，规范建筑碳排放计算方法，节约资源，保护环境，制定本标准。

【条文说明】1.0.1 根据联合国环境规划署计算，建筑行业消耗了全球大约 30%~40% 的能源，并排放了几乎占全球 30% 的温室气体，如果不提高建筑能效，降低建筑用能和碳排放，到 2050 年建筑行业温室气体排放将占总排放量的 50% 以上。

随着我国城镇化进程的不断深入和人民生活水平的日益提高，建筑能耗不断攀升。提升建筑能效，降低建筑能耗，发展清洁能源、可再生能源在建筑中的应用技术是未来建筑领域低碳减排的必要途径，也将是我国实现碳减排目标的重要手段。中国应对气候变化国家自主贡献文件《强化应对气候变化行动——中国国家自主贡献》确定二氧化碳排放 2030 年前实现碳排放达峰，单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 60%~65%；2060 年前实现碳中和。

通过本标准相关计算方法和计算因子规范建筑碳排放计算，引导建筑物在设计阶段考虑其全生命周期节能减碳，增强建筑及建材企业对碳排放核算、报告、监测、核查的意识，为未来建筑物参与碳排放交易、碳税、碳配额、碳足迹，开展国际比对等工作提供技术支撑。

1.0.2 本标准适用于陕西省新建、改建和扩建的居住建筑全生命周期碳排放计算。

【条文说明】1.0.2 通过对不同建筑设计方案的全生命周期碳排放量进行计算比较，可优选建筑设计方案、能源系统方案和低碳建材，为建筑物低碳建造和运行提供技术依据。

1.0.3 建筑碳排放计算除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 建筑全生命周期 building life cycle

建筑全生命周期是指建筑物从规划与设计、材料生产、构件加工、建材运输、施工建造、运行维护直到拆解处理（废弃、再循环和再利用等）的全过程。

【条文说明】2.1.1 建筑生命周期主要包含的过程有规划设计、建筑材料与设备的生产与运输，建筑施工，建筑使用与维护，建筑拆除，废弃物处理，可再生材料回收等过程；而在具体的阶段划分上，从3阶段到9阶段不等。其中3各阶段和4个阶段的划分方法应用较广泛。基于LCA理论，将建筑全生命周期划分为三个阶段：物化阶段、使用维护阶段及拆解回收阶段。

2.1.2 建筑碳排放 building carbon emission

碳排放是关于温室气体排放的一个总称或简称。建筑碳排放是指建筑全生命周期内产生的温室气体排放的总和，以二氧化碳当量表示。

【条文说明】2.1.2 建筑建造、运行、拆除过程中产生的温室气体主要为CO₂，其计算结果通常使用kgCO₂；建材生产和运输及制冷剂排放的温室气体包括各种温室气体，其碳排放强度通常使用二氧化碳当量(kgCO₂e)表示。CO₂为人类活动最常产生的温室效应气体，为了统一度量整体温室效应的结果。规定以kgCO₂e为度量温室效应的基本单位。二氧化碳当量(kgCO₂e)指与一定质量的某种温室气体具有相同温室效应的CO₂的质量，是可用于比较不同温室气体对温室效应影响的度量单位。

2.1.3 碳排放强度 carbon dioxide emission intensity

单位建筑面积的建筑全生命周期碳排放量，用于衡量不同规模建筑的碳排放情况，单位为kgCO₂e/m²。

【条文说明】2.1.3 在计算建筑全生命周期碳排放总量的基础上，考虑建筑规模因素，将总量折合成碳排放强度，有利于比较同类型建筑碳排放强度。建筑全生命周期碳排放强度是建筑全生命周期碳排放总量除以建筑面积折合成建筑全生命周期碳排放强度。通常可采用建筑碳排放强度对不同建筑设计方案 and 不同建筑物之间的碳排放进行比较。

2.1.4 年均碳排放强度 annual average carbon emission intensity

单位建筑面积的建筑年均碳排放量，用于衡量不同规模建筑的碳排放情况，单位为kgCO₂e/m²·a。

2.1.5 温室气体 greenhouse gas

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

【条文说明】2.1.5 温室气体是指大气层中自然存在的和由于人类活动产生的能够吸收和散发由地球表面、大气层和云层所产生的、波长在红外光谱内的辐射波的气态成分。温室气体包括但不限于二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亚氮(N₂O)、氢氟碳化物(HF-Cs)、全氟碳化物(PFCs)和六氟化硫(SF₆)。

2.1.6 二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent

在辐射强度上与某种温室气体质量相当的二氧化碳的量,用于比较不同温室气体对温室效应影响的度量单位,单位为CO₂e,其数值等于温室气体的质量乘以其全球变暖潜能值。

【条文说明】2.1.6 不同温室气体对地球温室效应的贡献程度不同。联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)第四次评估报告指出,在温室气体的总增温效应中,二氧化碳(CO₂)贡献约占63%,甲烷(CH₄)贡献约占18%,氧化亚氮(N₂O)贡献约占6%,其他贡献约占13%。为统一度量整体温室效应的结果,需要一种能够比较不同温室气体排放的量度单位,由于CO₂增温效益的贡献最大,因此规定二氧化碳当量为度量温室效应的基本单位。二氧化碳当量是指在辐射强度上与某种温室气体质量相当的二氧化碳的量,用于比较不同温室气体对温室效应影响的度量单位。

2.1.7 计算边界 accounting boundary

与建筑物建材生产与运输、建造与拆除、建筑物运行维护等活动相关的温室气体排放的计算范围。

【条文说明】2.1.7 建筑物从建材原料开采到寿命完结,时间周期长,产业链长。为保证在建筑碳排放计算过程中,不出现与建材工业碳排放计算、交通运输碳排放计算等重叠,本标准对建材生产及运输、建造及拆解、建筑物运行三个阶段进行了明确的边界划分。

2.1.8 碳排放因子 carbon emission factor

将能源与材料消耗量与二氧化碳排放相对应的系数,用于量化建筑物不同阶段相关活动的碳排放。

【条文说明】2.1.8 建筑物类型多样,建材数量众多,建造方式种类多,能源系统多样,有着“非标准化、难以复制重现”的特点,因此本标准选择相对普遍和通用的建材、建造方法,给出其碳排放因子,便于统一计算基准并进行结果比较。

2.2 符号

2.2.1 几何尺寸

A——建筑面积 (m^2) ;

A_c ——太阳集热器面积(m^2) ;

A_i ——第 i 种区域的面积 (m^2) ;

A_P ——光伏系统光伏面板净面积(m^2)。

2.2.2 碳排放量

C_A ——建筑全生命周期年均碳排放强度 ($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2$) ;

C_a ——建筑全生命周期单位建筑面积碳排放量 ($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2$) ;

C_{cj} ——拆解阶段碳排放量(kgCO_2e) ;

C_{gk} ——暖通空调系统的碳排放量 (kgCO_2e) ;

C_{hs} ——建材回收的碳排放减量 (kgCO_2e)

C_{jc} ——建材生产的碳排放 (kgCO_2e) ;

C_{kz} ——可再生能源系统的碳排放量 (kgCO_2e) ;

C_{LC} ——建筑全生命周期碳排放总量(kgCO_2e) ;

C_{ls} ——施工临时设施的碳排放 (kgCO_2e) ;

C_M ——建筑使用维护阶段某环节单位建筑面积碳排放量 (kgCO_2/m^2) ;

C_r ——建筑使用制冷剂产生的碳排放量 (kgCO_2e) ;

C_{sg} ——建造施工的碳排放 (kgCO_2e) ;

C_{sr} ——生活热水系统的碳排放量 (kgCO_2e) ;

C_{sy} ——使用维护阶段碳排放量(kgCO_2e) ;

C_{wh} ——物化阶段碳排放量(kgCO_2e) ;

C_{ys} ——建材运输的碳排放 (kgCO_2e) ;

C_{zs} ——照明及设施设备的碳排放量 (kgCO_2e) ;

2.2.3 能源供给、消耗量

AD_i ——回收材料的数量 (t)

E_l ——照明系统年能耗(kWh/a) ;

E_e ——年电梯能耗(kWh/a) ;

EF_i ——第 i 类能源的碳排放因子，按本标准附录 A 取值；
 E_i ——建筑第 i 类能源年消耗量（单位/a）；
 $E_{i,j}$ —— j 类系统的第 i 类能源消耗量（单位/a）；
 $ER_{i,j}$ —— j 类系统消耗由可再生能源系统提供的第 i 类能源量（单位/a）；
 E_{pv} ——光伏系统的年发电量(kWh)；
 $E_{standby}$ ——电梯待机时能耗(W)；
 E_w ——生活热水系统年能源消耗(kWh/a)；
 M_i ——第 i 种主要建材的消耗量（单位）；
 Q_r ——生活热水年耗热量(kWh/a)；
 Q_{rp} ——生活热水小时平均耗热量(kWh/h)；
 $Q_{s,a}$ ——太阳能热水系统的年供能量(kWh)；

2.2.4 计算系数

C_e ——电力系统碳排放因子（kgCO_{2e}/kwh）；
 F_{HS-i} ——回收材料的碳排因子（kgCO_{2e}/单位）
 F_i ——第 i 种材料的碳排放因子（kgCO_{2e}/单位材料数量）；
 F_{sg-i} ——第 i 种工程机械的碳足迹因子（kgCO_{2e}/台班）；
 F_{ys-i} ——第 i 种建材的运输方式下，单位重量运输距离的碳排放因子（kgCO_{2e}/t×km）；
 GWP_r ——制冷剂 r 的全球变暖潜值；
 I ——光伏电池表面的年太阳辐射照度(kWh/m²)；
 J_T ——太阳集热器采光面上的年平均太阳辐射量(MJ/m²)；
 K_E ——光伏电池的转换效率(%)；
 K_S ——光伏系统的损失效率(%)；
 m_r ——设备的制冷剂充注量(kg/台)；
 P ——特定能量消耗(mWh/kgm)；
 $P_{i,j}$ ——第 i 种区域中的第 j 种能耗密度（W/m²）；
 P_p ——应急灯照明功率密度(W/m²)；
 q_r ——热水用水定额(L/人)；
 η_{cd} ——基于总面积的集热器平均集热效率(%)；

η_L ——管路和储热装置的热损失率(%)；

η_r ——生活热水输配效率(%)；

η_w ——生活热水系统热源年平均效率(%)；

α_i ——材料的回收利用率(%)；

2.2.5 其他

D_i ——第 i 种建材的平均运输距离 (km)；

L ——建筑寿命 (a)；

m ——用水计算的单位数(人数)；

N_i ——第 i 种工程机械的台班数据量；

T_{ij} ——第 i 种区域中的第 j 种能耗时间，根据工期等因素确定 (h)；

T ——年生活热水使用小时数(h)；

t_a ——电梯年平均运行小时数(h)；

t_s ——电梯年平均待机小时数(h)；

V ——电梯速度(m/s)；

W ——电梯额定载重量(kg)；

y_e ——设备使用寿命(a)；

ρ_r ——热水密度(kg/L)。

3 基本规定

3.0.1 建筑物碳排放计算应以单栋建筑或建筑群为计算对象，并覆盖建筑全生命周期。建筑碳排放计算方法可用于建筑设计阶段对建筑的全生命周期碳排放量计算，或在建筑物建造后对碳排放量进行核算。建筑全生命周期碳排放计算应根据物化阶段、使用维护阶段和拆解阶段等分段进行计算，并应将分段计算结果累计为建筑全生命周期碳排放。

【条文说明】3.0.1 本标准适用于单体建筑和同类相似建筑组成的建筑群的碳排放计算。对建筑群，则可通过对各单体建筑碳排放进行合计。本标准强调通过计算得到建筑物的碳排放量，指对设计图纸、施工方案等技术材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，计算得到建筑碳排放量。建筑物实际碳排放量可在建筑物实际运行阶段通过计量获得。

建筑物在材料开发、生产、运输、运行维护、施工及拆解等各阶段均产生碳排放，对环境造成影响，因此通过全生命周期碳排放计算，可全面了解建筑物对气候变化产生的影响。建筑全生命周期有多种不同划分方法，本标准将其划分为建筑物化阶段、使用维护和拆解三个阶段。建筑全生命周期不同阶段的碳排放量，应选择本标准中相应章节规定的计算边界和方法进行计算。需要说明的是，目前国际上建筑碳排放主要指建筑物建造和运行阶段碳排放，本标准考虑建筑全生命周期，将建筑拆解和建材回收也纳入计算当中。

3.0.2 碳排放计算应包含《IPCC2006 年国家温室气体清单指南 2019 修订版》中列出的各类温室气体。

【条文说明】3.0.2 根据《IPCC2006 年国家温室气体清单指南 2019 修订版》，与建筑碳排放相关的活动过程需要评估的温室气体包括二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亚氮(N₂O)、氢氟碳化物(HF-Cs)、全氟化碳(PFCs)和六氟化硫(SF₆)等主要温室气体。

3.0.3 建筑物化阶段、使用维护阶段和拆解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西北区域电网平均碳排放因子。

【条文说明】3.0.3 计算建筑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。西北区域电网边界包括陕西省，即陕西省区域电网平均碳排放因子是 0.9316 kgCO₂/KWh。

3.0.4 建筑碳排放量应按本标准提供的方法和数据进行计算，宜采用基于本标准计算方法和数据开发的建筑碳排放计算软件计算。

【条文说明】3.0.4 为保证建筑物碳排放计算的科学性和一致性，应按本标准提供的方法和要求进行计算，为提高计算效率，也可使用基于本标准方法和数据开发的工具进行计算。为保证结果的时效性，可采用更新的数据进行计算。

3.0.5 建筑碳排放计算可包含碳排放强度和年均碳排放强度两项。

4 计算方法

4.1 一般规定

4.1.1 建筑全生命周期碳排放计算应包括建筑物化阶段、使用维护阶段和拆解阶段的碳排放量。

【条文说明】4.1.1 建筑物全生命周期的碳排放涉及暖通空调、生活热水、照明等系统能源消耗产生的碳排放量及可再生能源系统产能的减碳量。在建筑碳排放边界将不同的能量消耗换算为建筑物的碳排放量，并进行汇总，最终获得建筑物的碳排放量。

4.1.2 碳排放计算中采用的建筑寿命应与设计文件一致，当设计文件不能提供时，应按照《民用建筑设计统一标准》GB50352-2019 第 3.2.1 条规定确定。

【条文说明】4.1.2 现行国家标准《民用建筑设计统一标准》GB_50352 对建筑设计寿命划分为四类，见表 1,其中普通建筑设计寿命为 50 年。

表 1 建筑设计寿命

类别	设计寿命（年）	示例
1	5	临时性建筑
2	25	易替换结构构件的建筑
3	50	普通建筑和构筑物
4	100	纪念性建筑和特别重要的建筑

4.2 计算边界

4.2.1 本规范中建筑全生命周期应包括建筑物化阶段、建筑使用维护阶段和建筑拆解阶段，不应包括场地测绘、勘察、建筑规划、设计等前期工作阶段。

4.2.2 本规范的计算仅涵盖建筑自身全生命周期的碳排放，不应考虑其建设场地生态环境变化引起的碳汇、建筑材料的碳汇以及场地绿化、建筑垂直绿化等产生的碳汇。

4.2.3 本规范的计算不应考虑建筑物运行期间住户个人生活方式产生的碳排放差异。

【条文说明】4.2.3 根据调查研究表明，在住宅建筑碳排放计算中，由于家电使用、炊事等活动与居民个人生活方式密切相关，变化量大，难以界定，因此家庭生活产生的碳排放不应包含在建筑全生命周期碳排放中，应单独纳入个人生活碳排放中。个人碳足迹是指个人日常生活中衣食住行所产生的温室气体排放量，目前网络上提供了很多为宣传低碳生活方式，可简单计算个人或家庭碳足迹的免费计算器。

4.3 计算方法

4.3.1 建筑全生命周期的碳排放总量应按照下式进行计算：

$$C_{LC} = C_{wh} + C_{sy} + C_{cj} \quad (4.3.1)$$

式中： C_{LC} ——建筑全生命周期碳排放总量(kgCO₂e)；

C_{wh} ——物化阶段碳排放量(kgCO₂e)；

C_{sy} ——使用维护阶段碳排放量(kgCO₂e)；

C_{cj} ——拆解阶段碳排放量(kgCO₂e)；

【条文说明】4.3.1 对标建筑全生命周期的碳排放总量为：案例建筑竣工于2007年，至2018年已运行使用11年，期间没有发生建筑主体、保温层、防水层、设备的维护。该建筑全生命周期碳排放量为90,014,327.10 kgCO₂e，见下表2。

表2 对标建筑各环节及全寿命周期碳排放量

阶段/子阶段	碳排放量(kgCO ₂ e)
物化阶段	15336963
使用维护阶段	78114393.7
拆解阶段	-3437029.6
全生命周期碳排放合计(kgCO ₂ e) 90014327.1	

4.3.2 建筑全生命周期每个阶段的碳排放应针对各阶段特点分别展开计算。

4.3.3 建筑全生命周期碳排放强度应按照下式进行计算：

$$C_a = \frac{C_{LC}}{A} \quad (4.3.3)$$

式中： C_a ——建筑全生命周期单位面积碳排放强度(kgCO₂e/m²)；

C_{LC} ——建筑全生命周期碳排放总量(kgCO₂e)；

A——建筑面积（m²）；

【条文说明】4.3.3 以陕西省西安地区主要城镇某典型居住建筑为对标方案。按照本标准规定的计算方法计算标建筑全生命周期碳排放强度为：2297.87 kgCO₂e/m²。对标方案是 32 层板式住宅，总建筑面积是 39173m²；采用钢筋混凝土剪力墙结构，抗震设防烈度 8 度；共 2 个单元，每单元四户，共 240 户；钢筋混凝土剪力墙结构，抗震设防烈度 8 度；设计寿命为 50 年，于 2005 年施工建造，2007 年竣工。2010 年、2014 年和重新计算的 2005 年国家温室气体清单在清单范围口径、编制方法和数据来源方面一致可比。

4.3.4 建筑全生命周期年均碳排放强度应按下式进行计算：

$$C_A = \frac{C_{LC}}{A \times L} \quad (4.3.4)$$

式中：C_A——建筑全生命周期年均碳排放强度（kg CO₂e/m²）；

C_{LC}——建筑全生命周期碳排放总量(kg CO₂e)；

A——建筑面积（m²）；

L——建筑寿命（a）。

【条文说明】4.3.4 对标居住建筑全生命周期年均碳排放强度为：45.96kgCO₂e/（m².a）需要特别说明的是：居住建筑全生命周期碳排放量是针对特定的建筑、在规定的条件下计算得到的。而实际建筑是多种多样、十分复杂的，建筑形式、结构和运行情况也是千差万别的。因此，实际建筑的全生命周期碳排放量与该参考值存在差异。

5 物化阶段碳排放计算

5.1 一般规定

5.1.1 物化阶段碳排放计算应包括以下环节的碳排放量：建材生产、建材运输、建造施工和施工临时设施。

【条文说明】5.1.1 该阶段是指从项目开工建设开始到竣工验收结束，主要包含建筑材料的生产、建材及设备的运输、建筑的施工建造等。建材的选择，运输方式的选择，施工过程所使用的机械设备及现场照明等都会对该阶段碳排放量产生很大影响。

5.1.2 建材生产及运输阶段的碳排放，应按现行国家标准《环境管理生命周期评价原则与框架》GB/T 24040、《环境管理生命周期评价要求与指南》GB/T24044 计算。

【条文说明】5.1.2 建筑物化阶段的计算边界应符合以下规定：

- 1 计算时间应从项目开工起至项目竣工验收止；
- 2 建筑施工区域内所有机械设备的场内移动、使用、维护过程中消耗的电、柴油、汽油等能源的碳排放应计入；
- 3 现场搅拌的混凝土、砂浆，现场制作的构件、部件的生产和加工能耗产生的碳排放应计入；
- 4 施工临时设施的建造、使用所产生的碳排放不计入。
- 5 施工人员劳动产生的碳排放量不计入。

5.1.3 纳入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+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。

5.1.3 物化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。

5.2 计算方法

5.2.1 物化阶段对应碳排放总量应按照下式进行计算：

$$C_{wh}=C_{jc}+C_{ys}+C_{sg}+C_{ls} \quad (5.2.1)$$

式中： C_{wh} ——物化阶段碳排放量(kgCO₂e)；

C_{jc} ——建材生产的碳排放 (kgCO₂e)；

C_{ys} ——建材运输的碳排放（ kgCO_2e ）；

C_{sg} ——建造施工的碳排放（ kgCO_2e ）；

C_{ls} ——施工临时设施的碳排放（ kgCO_2e ）；

5.2.2 每个环节的碳排放，应根据其特点分别展开计算。

5.3 建材生产

5.3.1 建材生产的碳排放计算应包括以下主要建筑材料：混凝土、钢材、木材、门窗、玻璃、保温材料、防水材料、抹灰、饰面材料。

5.3.2 建材生产的碳排放应按照下式计算：

$$C_{jc} = \sum_{i=1}^n M_i \times F_i \quad (5.3.2)$$

式中： C_{jc} ——建材生产的碳排放（ kgCO_2e ）；

M_i ——第 i 种主要建材的消耗量；

F_i ——第 i 种主要建材的碳排放因子（ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{单位建材数量}$ ）（见表 A.0.1）；

5.4 建材运输

5.4.1 建材运输的碳排放应按照下式计算：

$$C_{ys} = \sum_{i=1}^n M_i \times D_i \times F_{ys-i} \quad (5.4.1)$$

式中： C_{ys} ——建材运输的碳排放（ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2$ ）（见表 B.0.1 及表 B.0.2）；

M_i ——第 i 种主要建材的消耗量（ t ）；

D_i ——第 i 种建材的平均运输距离（ km ）；

F_{ys-i} ——第 i 种建材的运输方式下，单位重量运输距离的碳排放因子（ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{t}\times\text{km}$ ）；

5.5 施工建造

5.5.1 施工建造的碳排放应按照下式计算：

$$C_{sg} = \sum_{i=1}^n F_{sg-i} \times N_i \quad (5.5.1)$$

式中：C_{sg}——施工建造的碳排放（kgCO_{2e}）（见表 C.0.1）；

F_{sg-i}——第 i 种工程机械的碳足迹因子（kgCO_{2e}/台班）；

N_i——第 i 种工程机械的台班数据量。

5.6 施工临时设施

5.6.1 施工临时设施的碳排放应按照下式计算：

$$C_{ls} = \sum_{i=1}^n \frac{T_{i,j} \times P_{i,j} \times A_i \times C_e}{1000} \quad (5.6.1)$$

式中：C_{ls}——施工临时设施的碳排放（kgCO_{2e}）（见表 D.0.1 及表 D.0.2）；

T_{i,j}——第 i 种区域中的第 j 种能耗时间，根据工期等因素确定（h）；

P_{i,j}——第 i 种区域中的第 j 种能耗密度（W/m²）（见表 E.0.1）；

A_i——第 i 种区域的面积（m²）；

C_e——电力系统碳排放因子（kgco₂/kwh）（见表 F.0.1）；

i——建筑空间类型，包括办公室、宿舍、食堂、厕所、其他；

j——建筑能耗类型，包括照明、空调供暖、空调制冷；

【条文说明】5.6.1 施工临时设施的碳排放主要包括建筑施工区域内的办公区办公设备、空调、照明（见表 3）消耗电能所产生的的碳排放，生活区内空调和照明产生的的碳排放，食堂消耗电、燃气等能源的碳排放。

其中西安地区临时设施的采暖时间为 11 月 15 日至次年 3 月 15 日，空调制冷时间为 6 月 15 日至 8 月 31 日。其中供暖时间每部每年 960h,制冷时间每部每年 600h。

表 3 建筑各区域的月照明小时数和照明功率密度

临时房屋名称	月照明小时数 h	照明功率密度 w/m ²
一、办公室	294	18
二、宿舍	204	15
三、食堂	75	6
四、厕所	75	6
五、其他合计	15	5

数据来源：《建筑照明设计标准（GN50034-2013）》

6 使用维护阶段碳排放计算

6.1 一般规定

6.1.1 建筑使用维护阶段碳排放计算范围应包括暖通空调、照明和设施设备、生活热水以及可再生能源等在建筑使用维护阶段的碳排放量。

【条文说明】6.1.1 建筑物运行阶段的碳排放量涉及暖通空调、生活热水、照明等系统能源消耗产生的碳排放量及可再生能源系统产能的减碳量的计算。在建筑碳排放边界将不同的能量消耗换算为建筑物的碳排放量，并进行汇总，最终获得建筑物的碳排放量。

6.1.2 碳排放计算中采用的建筑寿命应与设计文件一致，当设计文件不能提供时，按照《民用建筑设计统一标准》GB50352-2019 第 3.2.1 条规定确定。

6.1.3 建筑物碳排放的计算范围应为建设工程规划许可证范围内能源消耗产生的碳排放量和可再生能源的减碳量。

【条文说明】6.1.3 计算范围是指输送到位于建设工程规划许可证中建筑红线证边界，为该建筑提供服务的能量转换与输送系统(如各种形式的发电系统、集中供热系统、集中供冷系统等)的燃煤、燃油、燃气、生物质能源、风能、太阳能等能源所产生的碳排放。

6.2 计算方法

6.2.1 建筑使用维护阶段对应碳排放总量为使用维护阶段各环节的碳排放之和，应按照下式进行计算：

$$C_{sy} = C_{nk} + C_r + C_{zs} + C_{sr} - C_{kz} \quad (6.2.1)$$

式中： C_{sy} ——建筑使用维护阶段的碳排放量（ kgCO_2e ）；

C_{nk} ——暖通空调系统的碳排放量（ kgCO_2e ）；

C_r ——建筑使用制冷剂产生的碳排放量（ kgCO_2e ）；

C_{zs} ——照明及设施设备的碳排放量（ kgCO_2e ）；

C_{sr} ——生活热水系统的碳排放量（ kgCO_2e ）；

C_{kz} ——可再生能源系统的碳排放量（ kgCO_2e ）；

6.2.2 每个环节的碳排放，根据各环节特点分别展开计算。

6.3 暖通空调

6.3.1 暖通空调环节碳排放量可包括冷源、热源、输配系统及末端空气处理设备的能耗产生碳排。

【条文说明】6.3.1 供暖空调系统能耗由冷热源的能耗、输配系统及末端空气处理设备的能耗构成，输配系统包括冷冻水系统、冷却水系统、热水系统和风系统。

6.3.2 暖通空调环节的碳排放应由其能耗和碳排因子计算：

$$C_{nk} = \sum_{i=1}^n E_{nki} \times EF_i \quad (6.3.1)$$

式中： C_{nk} ——建筑暖通空调环节的碳排放量（ kgCO_2e ）；

E_{nki} ——暖通空调环节的第 i 类能源消耗量（单位/a）；

EF_i ——第 i 类能源的碳排放因子（见表 F.0.2）；

i ——建筑消耗终端能源类型，包括电力、燃气、石油、市政热力等；

6.3.3 暖通空调环节能耗的计算参数应按现行国家标准《民用建筑能耗标准》GB51161、《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 26、《西安市居住建筑节能设计标准》DBJ 61-164。

【条文说明】6.3.3 目前常用的逐时建筑能耗模拟工具都较为复杂、涉及的计算因素也很多，对计算工程师的专业素质要求高，计算工作量大，计算结果一致性不高。国际标准化组织发布的《Energy performance of buildings-calculation of energy use for space heating and cooling》ISO13790-2008 提供了简便、准确的月平均负荷计算方法，英国官方提供的建筑能效和碳排放计算软件 SEBM、德国的 WUFI 和 PHPP、我国的爱必宜都采用该方法。在工程应用上具有一致性高和计算简便的优势，能够保证评价结果的一致性和权威性。

6.3.4 空调设备维护以 10 年为年限，其碳排放量见表 G.0.1。

6.4 制冷剂碳排放量

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

$$C_r = \frac{m_r}{y_e} GWP_r \quad (6.4.1)$$

式中： C_r ——建筑使用制冷剂产生的碳排放量($\text{kgCO}_2\text{e/a}$)；

r ——制冷剂类型；

m_r ——设备的制冷剂充注量(kg/台);

y_e ——设备使用寿命(a);

GWP_r ——制冷剂 r 的全球变暖潜值。

【条文说明】6.4.1 假定制冷设备达到使用寿命后, 制冷剂不回收。HCFC-22、HFC-134、HFC-134a 的 GWP 值分别为 1760、1120、1300;其他制冷剂的 GWP 值可参考 IPCC 第五次评估报告。

6.5 照明及设施设备

6.5.1 照明及设施设备环节的碳排放应与其能耗和碳排因子计算:

$$C_{zs} = \sum_{i=1}^n E_{zsi} \times EF_i \quad (6.5.1)$$

式中: C_{zs} ——照明及设施设备环节的碳排放量 (kgCO_{2e});

E_{zsi} ——照明及设施设备环节的第 i 类能源消耗量 (单位/a);

EF_i ——第 i 类能源的碳排放因子 (见表 F.0.2);

i——建筑消耗终端能源类型, 包括电力、燃气、石油、市政热力等;

6.5.2 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。

【条文说明】6.5.2 照明系统应按面积计算建筑物的能量消耗, 进而计算建筑物的照明系统的碳排放。全装修居住建筑每户设计照明功率密度值应满足现行国家标准《建筑照明设计标准》GB50034 规定的现行值。

6.5.3 照明系统无光电自动控制系统时, 其能耗计算应按下式计算:

$$E_1 = \frac{\sum_{j=1}^{365} \sum_i P_{i,j} A_i t_{i,j} + 24P_p A}{1000} \quad (6.5.2)$$

式中: E_1 ——照明系统年能耗(kWh/a);

$P_{i,j}$ ——第 i 种区域中的第 j 种能耗密度(W/m²);

A_i ——第 i 个房间照明面积(m²);

$t_{i,j}$ ——第 i 种区域中的第 j 种能耗时间(h);

P_p ——应急灯照明功率密度(W/m²);

A——建筑面积(m²)。

【条文说明】6.5.3 建筑照明为满足建筑功能提供了必要条件, 良好的建筑照明条件有利于生产、工作、学习和身体健康。与此同时, 为了对建筑物提供必要的照明条件, 照明系统消耗一定的能源并产生碳排放。

建筑物照明能耗是建筑物能源消耗的重要组成部分。准确计算照明系统的能源消耗需要考虑灯具的效率、使用时间、人员、控制策略、自然采光等对照明能耗的影响。

6.5.4 电梯系统能耗应按式(6.5.3)计算，且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。

$$E_e = \frac{3.6P_{ta}VW + E_{standby}t_s}{1000} \quad (6.5.3)$$

式中： E_e ——年电梯能耗(kWh/a)；

P ——特定能量消耗(mWh/kgm)；

t_a ——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)；

$E_{standby}$ ——电梯待机时能耗(W)；

t_s ——电梯年平均待机小时数(h)。

【条文说明】6.5.4 随着社会经济的快速发展，电梯的使用量急剧增长，电梯的能耗强度大，其能耗受使用时间影响较大。随着电梯技术，尤其是驱动技术的发展，除了大吨位货梯，永磁同步曳引机驱动的曳引电梯已经成为新装电梯的标准配置。电梯的能耗情况不仅与电梯自身的配置情况有关，而且还与建筑的结构、电梯的数量和布局、建筑内客流情况以及电梯的调度情况有关，因此电梯的能耗计算复杂，准确计算需要通过建立能耗仿真模型等方式计算电梯的耗电量。本标准为了提高计算效率，参照国际标准 Energy Performance of Lifts , escalators and moving walks ISO 25745-2: 2015 引入简易的估算方式。电梯在使用过程中，能量消耗主要体现在运行能耗和待机能耗两部分。德国标准 Lifts energy efficiency VDI 4707.1 是国际上比较通用的电梯能效标识系统，我国检测机构已经依据该标准开展相关测试和认证工作。标准中待机的能量需求等级和运行时的能量需求等级见表 4 和表 5。

表 4 待机时的能量需求等级

输出 (W)	≤50	(50,100]	(100,200]	(200,400]	(400,800]	(800,1600]	>1600
等级	A	B	C	D	E	F	G

表 5 运行时的能量需求等级

特定能量消耗(mWh/kgm)	≤0.56	(0.56, 0.84]	(0.84, 1.26]	(1.26, 1.89]	(1.89, 2.80]	(2.80, 4.20]	>4.20
-----------------	-------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	-------

等级	A	B	C	D	E	F	G
----	---	---	---	---	---	---	---

同内外学者对电梯的待机时间和运行时间进行了研究和总结，下表 6 中列出了相关研究结果，可供计算时使用。

表 6 常见电梯平均运行时间和平均待机时间

使用种类	1	2	3	4
使用强度	非常低	低	中等	高
/频率	非常少	少	偶尔	经常
平均运行时间(每天的 小时数)(h)	0.2 (≤0.3)	0.5 (0.3~1)	1.5 (1~2)	3 (2~4.5)
平均待机时间(每天的 小时数)(h)	23.8	23.5	22.5	21
典型建筑使用情况	单元住户 6 人以 下的住宅	单元住户 20 人以 下的住宅	单元住户 50 人以 下的住宅	单元住户 50 人以 上的住宅

6.5.5 电梯设备维护以 25 年为年限，其碳排放量见表 G.0.1。

6.6 生活热水

6.6.1 生活热水环节的碳排可由其能耗和碳排因子计算：

$$C_{sr} = \sum_{i=1}^n E_w \times EF_i \quad (6.6.1)$$

式中：C_{sr}——生活热水环节的碳排放量（kgCO_{2e}）；

E_w——生活热水环节的第 i 类能源消耗量（单位/a）；

EF_i——第 i 类能源的碳排放因子，按本标准表 F.0.1 取值；

i——建筑消耗终端能源类型，包括电力、燃气、石油、市政热力等；

【条文说明】6.6.1 生活热水的需求量同室内人员的数量、使用习惯和活动类型有关。生活热水的计算应按室内的人员和房间的类别来计算，而不是按房间面积来确定。这里的生活热水不包括饮用水和炊事用水，仅包括日常洗浴的热水供应。

生活热水消耗的能源是建筑物碳排放的重要组成部分。但生活热水的使用具有很大的随机性，很难找到准确的规律，因此，生活热水的能耗很难准确计算。使用模式对最终的计算结果有很重大的影响。实际使用中，生活热水也有多种供给方式，包括集中生活热水供应和分散式生活热水供应。使用的热源也种类繁多，包括燃煤锅炉、燃气锅炉、空气源热泵、电热水器、燃气热水器等。

本计算方法中对生活热水的计算针对单栋建筑物，采用准静态计算方法计算建筑物的生活热水的能量消耗，最终计算出建筑物的生活热水产生的碳排放。

水的比热容是 4.187，单位为 KJ/(kg · K)。

6.6.2 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，并按下列公式计算：

$$Q_{rp} = 4.187 \frac{mq_r C_r (t_r - t_1) \rho_r}{1000} \quad (6.6.2-1)$$

$$Q_r = T Q_{rp} \quad (6.6.2-2)$$

式中： Q_r ——生活热水年耗热量(kWh/a)；

Q_{rp} ——生活热水小时平均耗热量(kWh/h)；

T ——年生活热水使用小时数(h)；

m ——用水计算的单位数(人数)；

q_r ——热水用水定额(L/人)，按现行国家标准《民用建筑节能设计标准》GB50555 确定；

ρ_r ——热水密度(kg/L)

t_r ——设计热水温度(°C)，集中生活热水加热器的设计热水温度不应高于 60°C；

t_1 ——设计冷水温度(°C)；

【条文说明】6.6.2 准确计算生活热水在储存、输配过程中的各项热损失，包括生活热水输配热损失、储热水箱热损失和二次循环能耗损失是生活热水系统能耗计算的难点，这些损失通过生活热水输配效率(η_h)综合考虑。

生活热水系统的热源包括电热水器、燃气热水器、热泵热水器等类型，电热水器和燃气热水器的效率较为稳定，可直接按额定功率进行计算，但热泵型热水器的效率受环境因素影响较大，应采用年系统平均效率进行计算。

影响建筑物生活热水系统综合效率的其他因素主要有储水罐的热损失、配水管网的热损失、水温不稳定产生的热损失、热水循环导致的热损失等，这些都与生活热水的系统形式等有关。

6.6.3 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。

$$E_w = \frac{Q_r}{\eta_r \eta_w} \quad (6.6.3)$$

式中： E_w ——生活热水系统年能源消耗(kWh/a)；

Q_r ——生活热水年耗热量(kWh/a)；

η_r ——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(%)；

η_w ——生活热水系统热源年平均效率(%)。

6.7 可再生能源

6.7.1 可再生能源包括太阳能热水系统、光伏系统、地源热泵系统和风力发电系统。

【条文说明】6.7.1 现行国家标准《绿色建筑评价标准》GB/T 50378 对可再生能源的三种形式进行了规定，可再生能源提供的生活用热水，可再生能源提供的空调用冷量和热量，可再生能源提供的电量。这三种形式分别对应的是太阳能光热系统、地源热泵系统(包括地埋管式及水井式)、太阳能光伏发电系统等。

从应用范围及技术成熟角度出发，规定建筑物碳排放计算的可再生能源包括太阳能光热系统、太阳能光电系统、地源热泵系统及风力发电系统。

可再生能源系统的碳减排量受资源和能源系统的实际用能量影响，计算建筑物碳排放时，应考虑可再生能源供应与建筑能源消耗的匹配性，计算建筑实际消耗的可再生能源产生的能源并在对应的建筑能源系统的能源消耗量中直接扣除。

6.7.2 太阳能热水系统提供能量可按下式计算：

$$Q_{s,a} = \frac{A_c J_T (1 - \eta_L) \eta_{cd}}{3.6} \quad (6.7.2)$$

式中： $Q_{s,a}$ ——太阳能热水系统的年供能量(kWh)；

A_c ——太阳集热器面积(m²)；

J_T ——太阳集热器采光面上的年平均太阳辐射量(MJ/m²)；

η_{cd} ——基于总面积的集热器平均集热效率(%);

η_L ——管路和储热装置的热损失率(%).

【条文说明】6.7.2 太阳能生活热水系统是一项比较成熟的技术,目前已大面积推广使用。住宅设置太阳能集热器的位置主要为屋顶和南向阳台。如果为全楼所有用户提供生活热水,当建筑层数不超过 12 层时,能够设置太阳能集热器的屋顶有效面积基本能够满足要求,因此不高于 12 层的住宅建筑都应采用太阳能热水系统。

本条文是依据《西安市民用建筑节能条例》及西安市住房和城乡建设委员会文件(市建发[2017]73 号)“关于进一步规范优化办事程序,做好建筑节能和绿色建筑相关工作的通知”中有关可再生能源在建筑中的应用要求确定的。太阳能热水系统应与建筑一体化设计,其设计应满足《西安市民用建筑太阳能热水系统应用技术规范》DBJ61 70-2012 要求。

6.7.3 地源热泵系统的节能量应计算在暖通空调系统能耗内。

【条文说明】6.7.3 地源热泵系统的供暖效率较高,在暖通空调系统的能耗计算中已经考虑在内,不应再单独计算其节能量而产生的减碳量。

6.7.4 光伏系统的年发电量可按下式计算:

$$E_{pv} = IK_E(1 - k_S)A_p \quad (6.7.4)$$

式中: E_{pv} ——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);

K_E ——光伏电池的转换效率(%);

K_S ——光伏系统的损失效率(%);

A_p ——光伏系统光伏面板净面积(m²)。

【条文说明】6.7.4 居住区有条件时宜设置太阳能光伏发电系统。居住区宜利用屋面设置光伏建筑一体化产品,有条件时可采用建材型光伏构件。室外道路及庭院照明灯具,宜优先选用光伏产品。

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

当前的太阳能电池种类包括晶体硅电池、薄膜电池及其他材料电池。其中硅电池又分为单晶电池、多晶电池和元定形硅薄膜电池等。对太阳能电池而言,最重要的参数是光电转换效率,在实验室所研发的硅基太阳能电池中,单晶硅电池效率为 25.0%,多晶硅电池效率为 20.4%,铜铟镓硒薄膜(CIGS)电池效率达

19.6% ，碲化镉(CdTe)薄膜电池效率达 16.7%，非晶硅(无定形硅)薄膜电池的效率为 10.1%，而在实际应用中效率略低这一水平。表 7 提供了一些常见的光伏电池的转换效率 (K_E)。

表 7 光伏电池转换效率

组件类型	效率
单晶硅	15%
多晶硅	12%
无定形硅	6%
其他非晶硅薄膜	8%

光伏发电系统在光电转换和输配过程中存在能量的损失，表 8 列出了常见环节的损失效率。光伏系统光伏面板的净面积计算时不包括支撑结构。

表 8 光电系统损失效率

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

6.7.5 太阳能光伏板维护以 25 年为年限，其碳排放量见表 G.0.1。

6.7.6 风力发电机组年发电量可按下列公式计算：

$$E_{wt} = 0.5\rho C_R(z)V_0^3 A_w \rho \frac{K_{wr}}{1000} \quad (6.7.6-1)$$

$$C_R(z) = K_R \ln(z/z_0) \quad (6.7.6-2)$$

$$A_w = 5D^2/4 \quad (6.7.6-3)$$

$$EPF = \frac{APD}{0.5\rho V_0^3} \quad (6.7.6-4)$$

$$APD = \frac{\sum_{i=1}^{8760} 0.50\rho V_i^3}{8760} \quad (6.7.6-5)$$

式中： E_{wt} ——风力发电机组的年发电量(kWh)；

ρ ——空气密度，取 1.225kg/m^3 ；

$C_R(z)$ ——依据高度计算的粗糙系数；

K_R ——场地因子；

z_0 ——地表粗糙系数；

V_0 ——年可利用平均风速 (m/s) ；

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出的因子；

APD ——年平均能量密度 (W/m^2) ；

V_i ——逐时风速 (m/s) ；

K_{wr} ——风力发电机组的转换效率。

【条文说明】6.7.6 本条提供了电力发电系统年发电量的简化计算公式。地形类别和相关系数见表 9，风力涡轮机效率见表 10。年可利用平均风速为风速大于 0m/s 时刻的风速的平均值。8760 为一年中的小时数。

表 9 地形类别和相关系数

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

表 10 风力涡轮机效率

年可利用平均风速 (m/s)	小型涡轮机 (<80kW)	中型涡轮机 (≥80kW)
(0,3]	0%	0%
(3,4]	20%	36%
(4,5]	20%	35%

(5,6]	19%	33%
(6,7]	16%	29%
(7,8]	15%	26%
(8,9]	14%	23%
>9	14%	23%

6.7.7 其他未计入可再生能源按实际产生值对应其碳排量扣除。

7 拆解阶段碳排放计算

7.1 一般规定

7.1.1 拆解阶段碳排放计算应包括建筑拆解施工、建材回收。

【条文说明】7.1.1 该阶段主要包含建筑物的拆除、拆解，废旧物的处理及回收利用。建筑使用多年后，由于材料和设备的老化，建筑结构性能的下降等，建筑会达到其生命终点而被拆除。不同的拆除方式会对拆除时间、工人用量和能源消耗产生很大的影响，从而影响碳排放。同时废旧物的运输方式的选择和处理方式的选择及废旧物的回收利用也会对建筑碳排放量产生很大的影响。

7.2 计算方法

7.2.1 拆解阶段对应碳排放总量应为拆解阶段各环节的碳排放总和，按照下式进行计算：

$$C_{cj} = C_{sg} - C_{hs} \quad (7.2.1)$$

式中： C_{cj} ——拆解阶段的碳排放量（ kgCO_2e ）；

C_{sg} ——拆解施工的碳排放量（ kgCO_2e ）；

C_{hs} ——建材回收的碳排放量（ kgCO_2e ）。

7.3 拆解施工

7.3.1 拆解施工的碳排放，应按照建造施工过程 5.5 计算。

7.4 建材回收

7.4.1 建材回收的碳排放应按照下式计算：

$$C_{hs} = \sum_{i=1}^n AD_i \times \alpha_i \times F_{hs-i} \quad (7.5.1)$$

式中： C_{hs} ——建材回收的碳排放（ kgCO_2e ）（见表 H.0.1 及表 H.0.2）；

AD_i ——回收材料的数量（t）

α_i ——材料的回收利用率（%）；

F_{hs-i} ——回收材料的碳排因子（ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{单位}$ ）；

i ——材料的种类。

附录 A 主要建筑物碳排放计算

A.0.1 建筑材料碳排放因子应按表 A.0.1 填写计算。其中碳排放量等于材料量乘以该材料对应的碳排因子

表 A.0.1 主要建筑物碳排放计算表

建材类别	名称规格	单位	材料量	碳排因子	碳排放量
					(kgCO ₂ e)
水泥	普通硅酸盐水泥（市场平	t		735kgCO ₂ e/t	
	碳排放合计(kgCO ₂ e)				
砂石	石灰（市场平均）	t		1190kgCO ₂ e/t	
	砂（f=1.6-3.0）	t		2.51kgCO ₂ e/t	
	碎石（d=10mm-30mm）	t		2.18kgCO ₂ e/t	
	碳排放合计(kgCO ₂ e)				
木材	东北松、进口松木	m ³		139kgCO ₂ e/m ³	
	规格料	m ³		139kgCO ₂ e/m ³	
	碳排放合计(kgCO ₂ e)				
建筑陶瓷	面砖 0.015 m ² 以内	m ²		19.5kgCO ₂ e/m ³	
	碳排放合计(kgCO ₂ e)				
保温材料	聚苯乙烯泡沫板	t		5020kgCO ₂ e/t	
	岩棉板	t		1980kgCO ₂ e/t	
	碳排放合计(kgCO ₂ e)				
铜芯导线 电线电缆	铜芯导线	t		9410kgCO ₂ e/t	
	铜管	t		2190kgCO ₂ e/t	
	碳排放合计(kgCO ₂ e)				
防水材料	氯聚乙炔（市场平均）	t		7300kgCO ₂ e/t	
	高密度聚乙烯	t		2620kgCO ₂ e/t	
	普通聚苯乙烯	t		4620kgCO ₂ e/t	
	碳排放合计(kgCO ₂ e)				
商品砼	C50 混凝土	m ³		385kgCO ₂ e/m ³	
	C30 混凝土	m ³		295kgCO ₂ e/m ³	
	碳排放合计(kgCO ₂ e)				
砌体材料	混凝土砖	m ³		336kgCO ₂ e/m ³	
	烧结粉煤灰实心砖	m ³		134kgCO ₂ e/m ³	
	页岩空心砖	m ³		204kgCO ₂ e/m ³	
	页岩实心砖	m ³		292kgCO ₂ e/m ³	
	碳排放合计(kgCO ₂ e)				
钢	普通碳钢（市场平均）	t		2050kgCO ₂ e/t	
	热轧碳钢	t		2337kgCO ₂ e/t	
	铁件	t		2190kgCO ₂ e/t	
	热轧碳钢无缝钢管	t		3150kgCO ₂ e/t	
	冷轧碳钢板卷	t		2530kgCO ₂ e/t	
	碳排放合计(kgCO ₂ e)				
门窗	断桥铝合金窗（100%原生铝	m ²		254kgCO ₂ e/m ²	
	断桥铝合金窗（原生铝：再	m ²		194kgCO ₂ e/m ²	
	铝木复合窗（100%原生铝型	m ²		147kgCO ₂ e/m ²	
	铝木复合窗（原生铝：再生	m ²		122.5kgCO ₂ e/m ²	
	铝塑共挤窗	m ²		129.5kgCO ₂ e/m ²	
	塑钢窗	m ²		121kgCO ₂ e/m ²	
碳排放合计(kgCO ₂ e)					
化学类和塑胶 类管材	聚乙烯管	kg		3.6kgCO ₂ e/kg	
	硬聚氯乙烯管	kg		7.93kgCO ₂ e/kg	
	碳排放合计(kgCO ₂ e)				

附录 B 建材运输碳排放因子

B.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应为 500km。各类运输方式的碳排放因子应该按表 B.0.1 选取。

表 B.0.1 各类运输方式的碳排放因子 [kgCO_{2e}/ (t.km)]

运输方式类别	碳排放因子
轻塑柴油货车运输(载重 2t)	0.286
中型柴油货车运输(载重 8t)	0.179
重型柴油货车运输(载重 10t)	0.162
重型柴油货车运输(载重 18t)	0.129
重型柴油货车运输(载重 30t)	0.078
重型柴油货车运输(载重 46t)	0.057
铁路运输(中同市场平均)	0.01
液货船运输(载重 2000t)	0.019
干散货船运输(载重 2500t)	0.015
集装箱船运输(载重 200TEU)	0.012

表 B.0.2 运输碳排放量计算表

材料名称	单位	材料量	运输方式 (见表 C.0.1 选择)	运输距离	建材运输碳排放量(kgCO _{2e})
				(单位: km)	
钢材	t				
石灰	t				
水泥	t				
木材	t				
砂石	t				
砖	t				
门窗	t				
陶瓷	t				
涂料	t				
保温材料	t				
石板材	t				
塑料水管	t				
铜芯电缆	t				
商品砼	t				
碳排放合计(kgCO _{2e})					

附录 C 施工设施碳排放计算

C.0.1 施工碳排放计算见表 C.0.1

表 C.0.1 施工设施碳排放计算表

名称及规格	单位	数量	碳排放因子 (kgCO ₂ e/台班)	碳排放量 (kgCO ₂ e) (数量乘以碳排放因子)
履带式单斗挖掘机 (液压)	台班		156	
履带式起重机 15t	台班		100	
轮胎式起重机 20t	台班		129	
汽车式起重机 16t	台班		111	
汽车式起重机 5t	台班		72.5	
载重汽车 8t	台班		110	
载重汽车 6t	台班		97.7	
机动翻斗车 1t	台班		18.8	
洒水车 4000L	台班		88.1	
推土机 (综合)	台班		184	
电动卷扬机 (单筒慢速) 50kN	台班		28.6	
双锥反转出料混凝土搅拌机	台班		37.1	
灰浆搅拌机 200L	台班		7.34	
石料切割机	台班		11	
钢筋切断机 φ40mm	台班		27.3	
钢筋调直机 φ14mm	台班		10.1	
木工圆锯机 Φ600mm	台班		23.4	
木工压刨床(单面) 600mm	台班		12.6	
长螺旋钻孔机 Φ400mm	台班		105	
短螺旋钻孔机 Φ1200mm	台班		227	
混凝土震捣器 (插入式)	台班		11.7	
混凝土震捣器 (平板式)	台班		5.86	
对焊机 75kV·A	台班		105	
电渣焊机 1000A	台班		125	
交流弧焊机 30kV·A	台班		82.2	
交流弧焊机 32kV·A	台班		82.2	
直流电焊机 30kW	台班		82.2	
电钻	台班		6.33	
电锤 (小功率) 520W	台班		4.06	
木工平刨床 500mm	台班		12.6	
木工开榫机 160mm	台班		26.4	
木工裁口机 (多面) 400mm	台班		30.7	
木工打眼机 MK212	台班		4.6	
夯实机 (电动) 20~62N·m	台班		16.2	

附录 D 临时设施碳排放计算

D.0.1 临时房屋面积计算见表 D.0.1

表 D.0.1 临时房屋面积计算表

临时房屋名称	指标使用方法	参考指标 (m ² /人)	人数 (按实际填写)	总面积 (参考指标乘以人数)
一、办公室	按管理人员人数	3.5		
二、宿舍	按高峰年平均职工	3		
三、食堂	按高峰年平均职工	0.65		
四、厕所	按高峰年平均职工	0.07		
五、其他合计	按高峰年平均职工	0.55		

表 D.0.2 临时设施碳排放计算表

	种类	时间 (h)	能耗密度 (W/m ²)	面积 (m ²)	总耗电 (kwh) (前面三项相乘/1000)	电力因子	碳排放量 (总耗电年*电力因子)
办公室	照明能耗		6			0.9578	
	空调供暖		9.3			0.9578	
	空调制冷		9.3			0.9578	
宿舍	照明能耗		6			0.9578	
	空调供暖		12.7			0.9578	
	空调制冷		12.7			0.9578	
食堂	照明能耗		6			0.9578	
	空调供暖		9.3			0.9578	
	空调制冷		9.3			0.9578	
厕所	照明能耗		6			0.9578	
	空调供暖		9.3			0.9578	
其他	照明能耗		6			0.9578	
	空调供暖		9.3			0.9578	
碳排放合计(kgCO ₂ e)							

附录 E 建筑物运行特征

E.0.1 计算建筑物碳排放时建筑物运行特征应符合表 E.0.1 的规定

表 E.0.1 建筑物运行特征

建筑类型	房间类型	是否空调	是否供暖	夏季设计温度 (°C)	夏季设计相对湿度 (%)	冬季设计温度 (°C)	冬季设计相对湿度 (%)	设计照度 (lux)	设备能耗密度 (W/m ²)	月照明小时数 (h)	照明功率密度 (W/m ²)	人均新风量 [m ³ /(h·人)]
居住建筑	起居室	是	是	26	65	18	—	100	9.3	165	6	70
	卧室	是	是	26	65	18	—	75	12.7	135	6	20
	餐厅	是	是	26	65	18	—	150	9.3	75	6	20
	厨房	否	是	30	70	15	—	100	48.2	96	6	20
	洗手间	否	是	26	70	18	—	100	0	165	6	20
	储物间	否	是	26	65	5	—	0	0	0	0	20
	车库	否	是	26	65	5	—	30	0	30	2	20

附录 F 各类碳排放因子

F.0.1 各类碳排放因子见表 F.0.1 及 F.0.2

表 F.0.1 电力供应碳排放因子

2014 年中国区域电网基准线排放因子	覆盖省市	电力碳排放因子 kgCO ₂ /KWh
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	0.9316
全国平均值		0.9413

注：本表数据来源于《2016 中国区域电网基准线排放因子（征求意见稿）》，以当时可获得的最新公布数据为准，以公开的电厂汇总数据为基础计算得出。

表 F.0.2 能源燃烧的碳排放因子

分类	燃料类型	单位热值含碳量 (tC/TJ)	碳氧化率(%)	单位热值 CO ₂ 排放因子(tCO ₂ /TJ)
固体燃料	无烟煤	27.4	0.94	94.44
	烟煤	26.1	0.93	89
液体燃料	原油	20.1	0.98	72.23
	燃料油	21.1	0.98	75.82
	汽油	18.9	0.98	67.91
	柴油	20.2	0.98	72.59
	喷气煤油	19.5	0.98	70.07
	一般煤油	19.6	0.98	70.43
	NC;L 天然气凝液	17.2	0.98	61.81
	LP(;液化石油气	17.2	0.98	61.81
气体燃料	天然气	15.3	0.99	55.54

附录 G 维护阶段碳排放计算

G.0.1 各类需要维护的设施碳排放量见表 G.0.1

表 G.0.1 维护设施碳排放

空调设备维护碳排放量表（一次年限 10 年）			
材料种类	材料量 (kg)	碳排放因子(kgCO ₂ e/t)	碳排放量(kgCO ₂ e)
钢材	28459.2	2190	62610.24
铜材	5336.1	9410	50212.701
铝材	1778.7	2150	3824.205
总计	35574	/	116647.146
本研究根据学者董蕾 的研究，采暖空调设备材料组成的比例按照 80%的钢材，15%的铜材以及 5%的铝材来近似估算。			

电梯设备维护碳排放量（一次年限 25 年）			
材料种类	材料量 (kg)	碳排放因子(kgCO ₂ e/t)	碳排放(kgCO ₂ e)
钢材	5200	2190	11440

太阳能光伏板维护碳排放量（一次年限 25 年）			
建筑材料名称	材料量 (kwp)	碳排放因子 (kgCO ₂ e/wp)	碳排放量 (kgCO ₂ e)
太阳能光伏板	14.7	0.77	11319

附录 H 建材回收碳排放

H.0.1 各类建材回收利用率及回收后的碳排放减量见表 H.0.1

表 H.0.1 建材回收率及碳减量

回收建材种类	回收利用率	回收后的材料种类	单位建材回收后的碳排放减量
废弃混凝土	70%	骨料、砾石	6.43kgCO ₂ e/t
废弃砖、砌块	70%	砖、骨料	290kgCO ₂ e/千块标准砖
废弃钢材	90%	粗钢	1942.5kgCO ₂ e/t
废弃铜芯导线电	90%	粗铜	7.92kgCO ₂ e/kg
玻璃	80%	玻璃原料	252.1kgCO ₂ e/t
废弃铝合金中空窗	80%	玻璃原料	10.9kgCO ₂ e/m ²

H.0.2 各类建材回收利用及回收后的碳排放减量计算见表 H.0.2

表 H.0.2 建材回收碳减量计算表

废旧建材种类	废旧建材产生量	回收利用率	建材回收量 (回收利用率乘以建材生产量)	回收后的材料种类	碳排放因子	碳排放减量 (kgCO ₂ e) (建材回收量乘以碳排放因子)
混凝土 (t)		0.7		骨料、砾	6.4kgCO ₂ e/t	
砖 (千块)		0.7		砖	290kgCO ₂ e/千块	
各种型钢 (t)		0.9		粗钢	1942.5kgCO ₂ e/t	
钢筋 (t)		0.9		粗钢	1942.5kgCO ₂ e/t	
铜芯电线电缆 (kg)		0.9		粗铜	7.92kgCO ₂ e/kg	
门窗		0.8		门窗	10.9kgCO ₂ e/m ²	
铝合金中空窗 (m ²)						
木材 (m ³)		0.65		木材	139kgCO ₂ e/m ³	
PVC 管材 (kg)		0.25		再生料	9.74kgCO ₂ e/kg	
合计碳排放减量 (kgCO ₂ e)						

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1)表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2)表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3)表示允许稍有选择，在条件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”。

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

引用标准名录

- 《西安市居住建筑节能设计规范》 DBJ61-146
- 《陕西省居住建筑绿色设计标准》 DBJ81-65
- 《民用建筑节能设计标准 陕西省实施细则》 DBJ24-8
- 《建筑碳排放计量标准》 CECS374
- 《建筑碳排放计算标准》 GB/T51366
- 《严寒和寒冷地区居住节能设计标准》 JGJ26
- 《绿色建筑评价标准》 GB/T 50378
- 《北京低碳建筑（运行）评价技术导则》 DB11/T
- 《民用建筑绿色设计规范》 JGJ/T229
- 《民用建筑节水设计标准》 GB50555
- 《环境管理 生命周期评价 原则与框架》 GB/T 24040
- 《环境管理 生命周期评价 要求与指南》 GB/T 24044
- 《建筑节能气象参数标准》 JGJ/T 346

陕西省工程建设标准

居住建筑全生命周期碳排放计算标准

DB xx/xxx-2021

备案号：J xxxxx-2021

条文说明

(每条条文说明暂时均附在正条文后，为了方便编写及征求意见，待最后统一撤出再总编入条文说明章节中)