



T/CECS XX—202X

中国工程建设标准化协会标准

城区碳排放计算标准

Standard for calculation standards of carbon emissions in
urban areas

中国 XX 出版社

中国工程建设标准化协会标准

城区碳排放计算标准

Standard for calculation standards of carbon emissions in
urban areas

T/CECS XX—202X

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XX月XX日

中国计划出版社

202X 北 京

前 言

《城区碳排放计算标准》（以下简称“标准”）根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2023 年第二批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2023〕50 号）的要求进行编制。编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共分 9 章，主要技术内容包括：总则、术语和符号、基本规定、能源系统、建筑系统、交通系统、水系统、固废系统和碳汇系统等。

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绿色建筑与生态城区分会归口管理，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。实施过程中如有意见和建议，请反馈至中国建筑科学研究院有限公司（地址：北京市朝阳区北三环东路 30 号，邮编：100013，邮箱：zsds9091@163.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	6
2	术语和符号	7
2.1	术语	7
2.2	符号	9
3	基本规定	16
4	能源系统	22
4.1	一般规定	22
4.2	碳排放核算	23
4.3	碳排放预测	25
5	建筑系统	28
5.1	一般规定	28
5.2	碳排放核算	29
5.3	碳排放预测	30
6	交通系统	33
6.1	一般规定	33
6.2	碳排放核算	34
6.3	碳排放预测	36
7	水系统	41
7.1	一般规定	41
7.2	碳排放核算	42
7.3	碳排放预测	43
8	固废系统	46
8.1	一般规定	46
8.2	碳排放核算	47
8.3	碳排放预测	49
9	碳汇系统	51
9.1	一般规定	51
9.2	碳汇核算	52

9.3 碳汇预测	53
用词说明	55
引用标准名录	错误！未定义书签。
附：条文说明	错误！未定义书签。

Contents

1	General provisions	6
2	Terms and symbols	7
2.1	Terms	7
2.2	Symbols	9
3	Basic requirements	16
4	Energy system	22
4.1	General provisions	22
4.2	Carbon emission accounting	23
4.3	Carbon emission prediction	25
5	Building system	28
5.1	General provisions	28
5.2	Carbon emission accounting	29
5.3	Carbon emission prediction	30
6	Transportation system	33
6.1	General provisions	33
6.2	Carbon emission accounting	34
6.3	Carbon emission prediction	36
7	Water system	41
7.1	General provisions	41
7.2	Carbon emission accounting	42
7.3	Carbon emission prediction	43
8	Solid waste system	46
8.1	General provisions	46
8.2	Carbon emission accounting	47
8.3	Carbon emission prediction	49
9	Carbon sink system	51
9.1	General provisions	51
9.2	Carbon sink accounting	52
9.3	Carbon sink prediction	53
	Explanation of wording	55

List of quoted standards 错误！未定义书签。

Addition: Explanation of provisions 错误！未定义书签。

1 总 则

1.0.1 为贯彻国家碳达峰碳中和战略，规范城区碳排放计算方法，推动碳排放计算工作，制订本标准。

【条文说明】人们对于全球气候变暖问题的关注度越来越高，全球各国政府纷纷在政策、技术等方面采取措施，力图减缓变暖趋势。全球城市作为温室气体排放的主要来源，越来越多的成为专家学者关注与研究的对象。据相关研究表明，我国地级以上城市的碳排放量占全国碳排放总量的54.84%，控制城市碳排放是控制碳排放总量的关键。城区作为城市宏观层面构成单元，是执行减碳措施，落实减碳效果的主体，城区的低碳化进程，对我国实现双碳目标具有重要意义。

目前国内已有的低碳城区研究，对于城区碳排放量的核算方法研究不足，无法较为准确的确定不同规划期限的碳排放量，难以预估总体规划方案是否能实现减排目标、达到减排效果。为此，在广泛调研国内外相关研究成果、对标国际先进标准的基础上，编制了本标准。

1.0.2 本标准适用于城区范围内碳排放量的计算。

【条文说明】本条参考自然资源部发布的《城区范围确定规程》，规定了标准的适用范围，即城区实际建成的空间范围，是城市实际开发建设、市政公用设施和公共服务设施基本具备的空间地域范围中建筑、工业、市政设施、交通等方面直接或间接造成CO₂和其他温室气体的排放。

1.0.3 城区碳排放计算除应符合本标准规定外，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。

【条文说明】符合国家法律法规和有关标准要求进行城区碳排放计算的前提条件。本标准重点在于对城区建筑、工业、市政设施、交通、绿色碳汇六个方面进行碳排放的计算，并未涵盖城区应有的全部要素，故进行碳排放计算的城区尚应符合国家现行有关标准的规定。本标准给出了引用标准的名录，但城区在碳排放计算中不应局限于这些标准。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 城区 urban area

城市辖区内，具有典型城市特征的和清晰物理边界的地理范围。

2.1.2 城区碳排放 urban area carbon emissions

城区划定边界内能源系统、建筑系统、交通系统、水系统、固废系统、碳汇系统等产生和减少的温室气体的总和。

2.1.3 碳排放计算 carbon emission calculation

指通过统一性方法，对城区各系统产生的温室气体排放量或者碳减排量进行科学量化的过程，包括碳排放核算和碳排放预测。

2.1.4 碳排放核算 carbon emission accounting

在城区系统建设完成并投入使用后，对碳排放实际发生量进行定量分析和计算的一系列活动。

2.1.5 碳排放预测 carbon emission prediction

在城区某系统完成规划并未投入建设或使用前，对碳排放可能发生量进行定量分析和计算的一系列活动。

2.1.6 计算边界 calculation boundary

与城区相关的碳排放的计算范围。

2.1.7 排放源 emission source

向大气中排放二氧化碳的过程或活动。

2.1.8 城区直接碳排放 direct carbon emission

城区各系统的排放源在城区划定边界内的碳排放过程。

2.1.9 城区间接碳排放 indirect carbon emission

城区各系统的排放源在城区划定边界外碳排放过程。

2.2 符号

2.2.1 基本规定中的符号

- $E_{\text{城区},\text{CO}_2}$ ——城区碳排放量, tCO₂;
- AD ——活动水平数据, 计量单位;
- EF ——排放因子, 即与活动水平数据对应的排放量;
- $E_{\text{能源},\text{CO}_2}$ ——能源系统产生的二氧化碳排放总量, tCO₂;
- $E_{\text{建筑},\text{CO}_2}$ ——建筑系统产生的二氧化碳排放总量, tCO₂;
- $E_{\text{交通},\text{CO}_2}$ ——交通系统产生的二氧化碳排放总量, tCO₂;
- $E_{\text{水},\text{CO}_2}$ ——水系统产生的二氧化碳排放总量, tCO₂;
- $E_{\text{固废},\text{CO}_2}$ ——固废系统产生的二氧化碳排放总量, tCO₂;
- $E_{\text{能源消耗},\text{CO}_2}$ ——城区总体能源消耗产生的二氧化碳排放总量, tCO₂;
- $E_{\text{水处理},\text{CO}_2}$ ——给排水处理过程产生的二氧化碳排放总量, tCO₂;
- $E_{\text{固废处理},\text{CO}_2}$ ——固体废弃物处理过程产生的二氧化碳排放总量, tCO₂;
- $C_{\text{城区},\text{CO}_2}$ ——城区碳减排量, tCO₂;
- $C_{\text{碳汇},\text{CO}_2}$ ——碳汇系统碳减排量, tCO₂;
- $C_{\text{可再生能源},\text{CO}_2}$ ——可再生能源系统碳减排量, tCO₂。

2.2.2 能源系统中的符号

- $E_{\text{能源},\text{化石燃料},\text{CO}_2}$ ——能源系统化石燃料燃烧产生的碳排放量, tCO₂;
- $C_{\text{电},\text{CO}_2}$ ——输出电力抵消的碳排放量, tCO₂;
- $C_{\text{热},\text{CO}_2}$ ——输出热力抵消的碳排放量, tCO₂;
- $AD_{\text{化石燃料},i}$ ——第 i 类化石燃料消耗量, 计量单位;
- $EF_{\text{化石燃料},i}$ ——第 i 类化石燃料碳排放因子, tCO₂/计量单位;
- i ——燃料类型, 包括燃煤、燃气或燃油;
- $C_{\text{能源},\text{电},\text{CO}_2}$ ——能源系统外输出电量减碳量, tCO₂;
- $AD'_{\text{电力}}$ ——能源系统外输出的电量, kWh;
- $EF_{\text{电力}}$ ——当地电力碳排放因子, tCO₂/kWh;
- $C_{\text{能源},\text{热},\text{CO}_2}$ ——能源系统外输出热量减碳量, tCO₂;
- $AD'_{\text{热力}}$ ——输出的热量, kJ;
- $EF_{\text{热力}}$ ——当地热力碳排放因子, tCO₂/kJ;

$C_{\text{可再生能源电力},\text{CO}_2}$ ——不上网可再生能源电力减碳量, tCO_2 ;
 $AD_{\text{可再生能源电力}}$ ——可再生能源自产自用电量, kWh ;
 $C_{\text{可再生能源热力},\text{CO}_2}$ ——可再生能源热力抵消碳排放量, tCO_2 ;
 $AD_{\text{可再生能源热力}}$ ——可再生能源自产自用电量, kJ ;
 $E_{\text{能源,化石燃料},\text{CO}_2}^{\text{预测}}$ ——能源系统化石燃料燃烧产生的碳排放预测量, tCO_2 ;
 P ——城区常住人口, 人;
 $e_{\text{per},i}$ ——第 i 类化石燃料人均年消耗量, 计量单位/人;
 $C_{\text{能源,电},\text{CO}_2}^{\text{预测}}$ ——输出电力抵消的碳排放预测量, tCO_2 ;
 $AD_{\text{电力}}^{\text{预测}}$ ——预计输出的电量, kWh ;
 $C_{\text{能源,热},\text{CO}_2}^{\text{预测}}$ ——输出热力抵消的碳排放预测量, tCO_2 ;
 $AD_{\text{热力}}^{\text{预测}}$ ——预计输出的热量, kJ ;
 $C_{\text{可再生能源电力},\text{CO}_2}^{\text{预测}}$ ——可再生能源电力减碳预测量, tCO_2 ;
 $AD_{\text{可再生能源电力}}^{\text{预测}}$ ——自发自用可再生能源发电预测量, kWh ;
 $C_{\text{可再生能源热力},\text{CO}_2}^{\text{预测}}$ ——可再生能源热力减碳预测量, tCO_2 ;
 $AD_{\text{可再生能源热力}}^{\text{预测}}$ ——自发自用可再生能源发热预测量, kJ 。

2.2.3 建筑系统中的符号

$E_{\text{建筑,化石燃料},\text{CO}_2}$ ——建筑系统化石燃料燃烧产生的碳排放量, tCO_2 ;
 $E_{\text{建筑,外购电},\text{CO}_2}$ ——建筑系统消耗城区外购电力产生的碳排放量, tCO_2 ;
 $E_{\text{建筑,外购热},\text{CO}_2}$ ——建筑系统消耗城区外购热力产生的碳排放量, tCO_2 ;
 $AD_{\text{建筑,化石燃料},i}$ ——建筑系统消耗第 i 类化石燃料的量, 计量单位;
 EF_i ——第 i 类化石燃料的碳排放因子, $\text{tCO}_2/\text{计量单位}$;
 $E_{\text{建筑,外调电力},\text{CO}_2}$ ——建筑系统消耗外购电力产生的间接碳排放核算量, kWh ;
 $AD_{\text{建筑,外调电力}}$ ——建筑系统消耗城区外调电力的量, kWh ;
 $EF_{\text{电}}$ ——电力来源地的碳排放因子, tCO_2/kWh ;
 $E_{\text{建筑,外调热力},\text{CO}_2}$ ——建筑系统消耗外购热力产生的间接碳排放核算量, MJ ;
 $AD_{\text{建筑,外调热力}}$ ——建筑系统消耗城区外调热力的量, MJ ;
 $EF_{\text{热}}$ ——热力来源地的碳排放因子, tCO_2/MJ ;
 $E_{\text{建筑,化石燃料},\text{CO}_2}^{\text{预测}}$ ——建筑系统化石燃料产生的直接碳排放预测量, tCO_2 ;
 $A_{\text{建筑}}^{\text{预测}}$ ——预测的建筑面积, m^2 ;

$f_{fuel,i}^{预测}$ ——消耗第 i 类化石燃料的强度，计量单位/ m^2 ；

$E_{建筑,外调电力,CO_2}^{预测}$ ——建筑系统外购电力产生的间接碳排放核算量，kWh；

$A_{建筑}^{预测}$ ——预测的建筑面积， m^2 ；

$f_{电}^{预测}$ ——消耗外调电力的强度，kWh/ m^2 ；

$E_{建筑,外调热力,CO_2}^{预测}$ ——建筑系统外购热力产生的间接碳排放核算量，kWh；

$f_{热}^{预测}$ ——消耗外调热力的强度，MJ/ m^2 。

2.2.4 交通系统中的符号

$E_{燃油交通,CO_2}$ ——燃油交通工具产生的碳排放量，tCO₂；

$E_{新能源交通,CO_2}$ ——新能源交通工具产生的碳排放量，tCO₂；

$E_{公共燃油交通,CO_2}$ ——公共燃油交通工具消耗燃油产生的碳排放量，tCO₂；

$AD_{公共燃油}$ ——公共交通工具燃油消耗量，升；

$EF_{公共燃油}$ ——公共燃油交通工具的碳排放因子，tCO₂/升；

$E_{非公共燃油交通,CO_2}$ ——非公共燃油交通工具消耗燃油产生的碳排放量，tCO₂；

$AD_{非公共燃油}$ ——非公共交通工具燃油消耗量，升；

$EF_{非公共燃油}$ ——非公共交通工具燃油的碳排放因子，tCO₂/升；

$E_{交通,电力,CO_2}$ ——电力交通工具产生的碳排放量，tCO₂；

$AD_{交通,外调电力}$ ——公共充电桩的外调电力消耗量，kWh；

$E_{交通,燃气,CO_2}$ ——燃气交通工具产生的碳排放量，tCO₂；

$A_{交通,燃气}$ ——交通系统加气站点的燃气消耗量，t；

$EF_{交通燃气}$ ——交通燃气的碳排放因子，tCO₂/t；

$E_{交通,照明,CO_2}$ ——交通照明产生的碳排放量，tCO₂；

ZM ——市政照明消耗的外购电量，kWh；

$E_{公共燃油交通,CO_2}^{预测}$ ——公共燃油交通工具产生的碳排放预测量，tCO₂；

$P_{公共交通}$ ——公共燃油交通工具载客量，人；

$p_{公共交通}$ ——单辆公共燃油交通工具载客量，人/辆；

$L_{公共交通载客出行}$ ——公共燃油交通工具规划载客出行距离，km；

$k_{载客公共交通工具}$ ——载客交通工具单位里程碳排放，tCO₂/km；

$H_{公共交通}$ ——公共燃油交通工具载货量，t；

$h_{\text{公共交通}}$ ——单辆公共燃油交通工具载货量, t/辆;
 $L_{\text{公共交通载货出行}}$ ——公共燃油交通工具规划载货出行距离, km;
 $k_{\text{载货公共交通工具}}$ ——公共燃油载货交通工具单位里程耗油量, 升/km;
 $j_{\text{公共交通工具}}$ ——公共燃油交通工具占比, %;
 $EF_{\text{燃油}}$ ——燃油碳排放因子, tCO₂/升;
 $E_{\text{预测}}^{\text{非公共燃油交通,CO}_2}$ ——非公共燃油交通工具产生的碳排放预测量, tCO₂;
 $P_{\text{非公共交通}}$ ——非公共燃油交通工具载客量, 人;
 $p_{\text{非公共交通}}$ ——单辆公共燃油交通工具载客量, 人/辆;
 $L_{\text{非公共交通载客出行}}$ ——非公共燃油交通工具规划载客出行距离, km;
 $k_{\text{载客非公共交通工具}}$ ——载客交通工具单位里程碳排放, tCO₂/km;
 $H_{\text{非公共交通}}$ ——非公共燃油交通工具载货量, t;
 $h_{\text{非公共交通}}$ ——单辆公共燃油交通工具载货量, t/辆;
 $L_{\text{非公共交通载货出行}}$ ——非公共燃油交通工具规划载货出行距离, km;
 $k_{\text{载货非公共交通工具}}$ ——非公共燃油载货交通工具单位里程耗油量, 升/km;
 $j_{\text{非公共交通工具}}$ ——非公共燃油交通工具占比, %;
 $E_{\text{预测}}^{\text{电力交通,CO}_2}$ ——电力交通工具产生的碳排放预测量, tCO₂;
 $P_{\text{电力交通}}$ ——电力交通工具载客量, 人;
 $p_{\text{电力交通}}$ ——单辆电力交通工具载客量, 人/辆;
 $L_{\text{电力交通载客出行}}$ ——电力交通工具规划载客出行距离, km;
 $k_{\text{载客电力交通工具}}$ ——载客电力交通工具单位里程碳排放, tCO₂/km;
 $H_{\text{电力交通}}$ ——电力交通工具载货量, t;
 $h_{\text{电力交通}}$ ——单辆电力交通工具载货量, t/辆;
 $L_{\text{电力交通载货出行}}$ ——电力交通工具规划载货出行距离, km;
 $k_{\text{载货电力交通工具}}$ ——电力载货交通工具单位里程耗电量, kWh/km;
 $j_{\text{电力交通工具}}$ ——电力交通工具占比, %;
 $E_{\text{预测}}^{\text{燃气交通,CO}_2}$ ——燃气交通工具产生的碳排放预测量, tCO₂;
 $P_{\text{燃气交通}}$ ——燃气交通工具载客量, 人;
 $p_{\text{燃气交通}}$ ——单辆燃气交通工具载客量, 人/辆;
 $L_{\text{燃气交通载客出行}}$ ——燃气交通工具规划载客出行距离, km;
 $k_{\text{载客燃气交通工具}}$ ——载客燃气交通工具单位里程耗气量, t/km;

$H_{\text{燃气交通}}$ ——燃气交通工具载货量，t；
 $h_{\text{燃气交通}}$ ——单辆燃气交通工具载货量，t/辆；
 $L_{\text{燃气交通载货出行}}$ ——燃气交通工具规划载货出行距离，km；
 $k_{\text{载货燃气交通工具}}$ ——燃气载货交通工具单位里程耗电量，kWh/km；
 $j_{\text{燃气交通工具}}$ ——燃气交通工具占比，%；
 $E_{\text{照明, CO}_2}^{\text{预测}}$ ——交通照明系统产生的碳排放预测量，tCO₂；
 $S_{\text{交通, 照明}}$ ——交通照明面积，m²；
 zm ——单位面积市政照明消耗的电量，kWh/m²。

2.2.5 水系统中的符号

$E_{\text{给水, CO}_2}$ ——给水过程产生的碳排放量，tCO₂；
 $E_{\text{水处理, CO}_2}$ ——水处理过程产生的碳排放量，tCO₂；
 $E_{\text{热力供水, CO}_2}$ ——热力供水过程产生的碳排放量，tCO₂；
 W ——给水输配量，m³；
 d_i ——单位给水输配量消耗的城区外调电量，kWh/m³；
 L ——污水处理量，m³；
 $EF_{\text{污水}}$ ——污水处理过程碳排放因子，tCO₂/m³；
 $W_{\text{热力}}$ ——热力供水输配量，m³；
 $d_{\text{热力, } i}$ ——输配单位热力水量消耗的外调电量，kWh/m³；
 $E_{\text{给水, CO}_2}^{\text{预测}}$ ——给水过程的碳排放预测量，tCO₂；
 S ——常住人口，人；
 y ——人均用水量，m³/人；
 $h_{\text{雨水}}$ ——雨水回用率，%；
 $h_{\text{中水}}$ ——中水回用率，%；
 $h_{\text{污水}}$ ——污水回用率，%；
 d ——输配单位给水量消耗的外调电量，kWh/m³；
 $d_{\text{雨水}}$ ——输配单位雨水量消耗的外调电量，kWh/m³；
 $d_{\text{中水}}$ ——输配单位中水量消耗的外调电量，kWh/m³；
 $d_{\text{污水}}$ ——输配单位污水量消耗的外调电量，kWh/m³；
 β ——绿电利用百分比；

$E_{\text{水处理},\text{CO}_2}^{\text{预测}}$ ——污水处理过程的碳排放预测量, tCO₂;

f ——人均污水产生量, m³/人;

$E_{\text{热力供水},\text{CO}_2}^{\text{预测}}$ ——热力供水过程的碳排放预测量, tCO₂;

r ——人均热力供水需求量, m³;

$d_{\text{热水}}$ ——输配单位热力水量消耗的外调电量, kWh/m³。

2.2.6 固废系统中的符号

$E_{\text{固体废弃物焚烧},\text{CO}_2}$ ——固体废弃物焚烧产生的碳排放量, tCO₂;

$E_{\text{固体废弃物填埋},\text{CO}_2}$ ——固体废弃物填埋产生的碳排放量, tCO₂;

$E_{\text{垃圾焚烧},\text{CO}_2}$ ——固体废弃物焚烧过程产生的碳排放量, tCO₂;

$E_{\text{燃料},\text{CO}_2}$ ——消耗辅助化石燃料产生的碳排放量, tCO₂;

M ——废弃物焚烧量, t;

FCF ——废弃物中矿物碳比例;

CF ——废弃物中的碳含量;

OF ——氧化因子, 可取缺省值 0.95;

$\frac{44}{12}$ ——碳转化系数;

$E_{\text{垃圾焚烧},\text{燃料},\text{CO}_2}$ ——废弃物焚烧消耗辅助燃料产生的碳排放量, tCO₂;

$AD_{\text{垃圾焚烧},\text{燃料},i}$ ——第 i 种辅助燃料的消耗量, 计量单位;

$EF_{\text{燃料},i}$ ——第 i 种能源碳排放因子, tCO₂/计量单位;

MSW_i ——第 i 种类型固体废弃物填埋处理量, t;

$EF_{\text{垃圾填埋},i}$ ——第 i 种类型固体废弃物填埋二氧化碳因子, tCO₂/t;

R_i ——二氧化碳回收量, tCO₂;

$E_{\text{垃圾焚烧},\text{CO}_2}^{\text{预测}}$ ——固体废弃物焚烧产生的碳排放预测量, tCO₂;

w ——人均垃圾产生量, t;

$r_{\text{垃圾}}$ ——垃圾回收利用率, %;

$b_{\text{垃圾}}$ ——垃圾焚烧率, %;

$EF_{\text{垃圾焚烧}}$ ——垃圾焚烧碳排放因子, tCO₂/t;

$c_{\text{垃圾焚烧}}$ ——垃圾发电减碳系数;

$E_{\text{垃圾焚烧},\text{燃料},\text{CO}_2}^{\text{预测}}$ ——废弃物焚烧消耗辅助燃料产生的碳排放量, tCO₂;

$F_{\text{垃圾焚烧},i}$ ——焚烧单位垃圾的消耗的第 i 类辅助化石能源量, 计量单位;

$EF_{fuel,i}$ ——第 i 类化石能源碳排放因子, tCO_2 /计量单位;

$E_{\text{固体废弃物填埋}, CO_2}^{\text{预测}}$ ——固体废弃物填埋产生的碳排放预测量, tCO_2 ;

$t_{\text{垃圾}}$ ——垃圾填埋率, %;

$EF_{\text{垃圾填埋}}$ ——垃圾填埋碳排放因子, tCO_2/t 。

2.2.7 碳汇系统中的符号

$C_{\text{湿地碳汇}, CO_2}$ ——湿地生态碳汇的碳吸收量, tCO_2 ;

$C_{\text{草地碳汇}, CO_2}$ ——草地生态碳汇的碳吸收量, tCO_2 ;

$C_{\text{湿地生态碳汇}}$ ——湿地生态碳汇的碳吸收核算量, tCO_2 ;

$D_{\text{湿地生态碳汇}}$ ——湿地生态碳汇空间用地面积, m^2 ;

$\alpha_{\text{湿地生态碳汇}}$ ——湿地生态碳汇减碳系数, tCO_2/m^2 ;

$C_{\text{草地生态碳汇}}$ ——草地生态碳汇的碳吸收核算量, tCO_2 ;

$D_{\text{草地生态碳汇}}$ ——草地生态碳汇空间用地面积, m^2 ;

$\beta_{\text{草地生态碳汇}}$ ——草地生态碳汇减碳系数, tCO_2/m^2 ;

$C_{\text{湿地生态碳汇}}^{\text{预测}}$ ——湿地生态碳汇的碳吸收预测量, tCO_2 ;

$D_{\text{湿地生态碳汇}, \text{规划}}$ ——湿地生态碳汇空间用地的规划面积, m^2 ;

$\alpha_{\text{湿地生态碳汇}}$ ——湿地生态碳汇减碳系数, tCO_2/m^2 ;

$C_{\text{草地生态碳汇}}^{\text{预测}}$ ——草地生态碳汇的碳吸收预测量, tCO_2 ;

$D_{\text{草地生态碳汇}, \text{规划}}$ ——草地生态碳汇空间用地的规划面积, m^2 ;

$\alpha_{\text{草地生态碳汇}}$ ——草地生态碳汇减碳系数, tCO_2/m^2 。

3 基本规定

3.0.1 城区碳排放计算方法与数据应满足相关性、一致性、准确性、透明性的要求。

【条文说明】“相关性、一致性、准确性、透明性”是国内外开展碳排放量化和报告的核心要求。“相关性”指应确保核算采用的边界、资料、数据及方法，能反映与城区相关的碳排放状况；“准确性”指应保证用于核算的温室气体排放信息来源和核算过程的可靠和正确；“透明性”指应充足、充分、透明地发布温室气体排放核算的支撑材料；“避免重复核算”指应合理设定核算边界，确保排放源不重叠或重复核算。

3.0.2 城区碳排放计算应以城区划定的实际地理边界作为计算空间边界。城区碳排放计算应以 1 个完整的自然年作为计算时间边界。

【条文说明】本条强调在计算城区碳排放时，必须明确以城区的实际行政或规划地理边界作为核算范围，而非模糊或任意划定的区域。碳排放核算涉及多个排放源（如建筑、交通、工业等），若边界不清晰，可能导致相邻城区对同一排放源（如跨区道路、共享电厂）重复统计，或者部分排放源因边界模糊未被纳入（如城乡结合部的工业设施）。此外，不同城区的碳排放数据需具有可比性，以支持区域减排目标分配（如“碳达峰”责任分解）。若边界不一致，可能导致某些城区通过调整核算范围“虚报”减排成效（如将高排放工业区划出边界），无法科学评估跨区域合作（如生态补偿机制）。

本条规定是为了确保碳排放数据的可比性、完整性和可操作性。自然年（1月1日~12月31日）覆盖完整的四季周期，能反映城区因气候、生产生活节奏（如供暖、用电高峰）导致的碳排放波动。全球碳核算体系（如《IPCC 国家温室气体清单指南》）普遍采用自然年作为报告周期，便于国家/区域碳排放清单的汇总。中国《省级温室气体清单编制指南》等文件也明确要求以自然年为边界。自然年与财政年度、统计年报周期一致，便于整合能源、经济等辅助数据（如统计局年度能源消费数据），简化碳报告流程（与财务审计周期同步）。

3.0.3 城区碳排放计算应包含能源系统、建筑系统、交通系统、水系统、固废系统产生的碳排放量和碳汇系统及可再生能源系统的减碳量。各系统应有明确的计算主体，计算主体应划定清晰的计算边界，不应有漏算和重复计算。

【条文说明】城区碳排放计算需遵循“全系统覆盖”原则，即覆盖所有主要人为排放源和减碳途径，体现“排放”与“抵消”的双向平衡。排放端包括能源、建筑、交通、水、固废等系统，是碳排放的直接贡献者；抵消端包括碳汇（如绿地）和可再生能源可减少净排放量，符合国际碳中和核算标准。通过这种全系统、多维度的核算，城区碳排放管理可从粗放走向精准，为低碳转型提供科学依据。

在计算时应明确计算主体拥有所有权或控制权的设施、子公司、分支机构等（例如股权比例

≥50%的控股企业），也可采用财务控制权或股权比例划分边界，避免将关联企业或外包业务混淆计入。通过严格界定计算主体、科学划分组织与运营边界，并建立防漏算/重复计算机制，可确保能源系统核算结果真实反映责任主体的实际影响，为碳交易、绿色认证等提供可靠数据基础。

3.0.4 城区碳排放计算范围应包括：

1 计算边界内的化石燃料燃烧产生的直接碳排放，包括燃气（天然气、液化石油气、煤气等）、燃油（汽油、柴油、煤油等）、燃煤等化石燃料在空间边界内发生氧化燃烧过程产生的直接碳排放；

2 消耗计算边界内以外的外购电力及外购热力（含冷量）产生的间接碳排放；

3 其他间接碳排放。城区在具体过程中所涉及到的除前述直接排放和间接排放之外的其他间接温室气体排放。如果对其所产生的温室气体进行回收利用，则应在计算结果中予以扣除。

【条文说明】在碳排放计算中，范围一、范围二、范围三是国际通用的分类方法（源自《温室气体核算体系》GHG Protocol），用于明确排放源边界和责任归属。

范围一（Scope 1）直接排放定义：企业或组织直接控制或拥有的排放源产生的温室气体排放。主要排放源：燃料燃烧，如锅炉、窑炉、车辆（自有或控制的车队）使用的化石燃料（柴油、汽油、天然气等）；工艺排放，工业生产过程中的化学反应（如水泥生产的石灰石分解、化工行业的氟化物排放）；无组织排放，设备泄漏、农业活动（如稻田甲烷、牲畜肠道发酵）。

范围二（Scope 2）间接排放（能源相关）定义：外购的电力、热力或蒸汽等能源在生产过程中产生的排放（虽不直接产生，但因其能源消费而间接导致）。范围二仅覆盖外购能源的上游排放（如发电厂的燃煤排放），需根据能源供应商提供的排放因子或区域电网平均因子计算。

范围三（Scope 3）定义其他间接排放（全价值链）未被范围二覆盖的所有间接排放，包括上下游活动。范围三排放源分散且复杂，数据获取难度高（依赖供应链协作），通常占企业总排放的70%以上（尤其是制造业）。

3.0.5 城区碳排放计算的温室气体应包括二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）和氧化亚氮（N₂O）。其他种类温室气体参考本标准执行，并根据其对应的温室气体全球增温潜势换算为相应的二氧化碳当量排放因子进行温室气体排放计算。

【条文说明】在确立计算的温室气体种类时，根据城区各系统特点，本标准选择二氧化碳和甲烷为主要的计算对象。城区地理边界确定后，可按照排放源系统和由边界引申出的范围一、范围二和范围三定义对城区碳排放量进行分类。当有实际需求时，其他温室气体可参照执行。

3.0.6 城区碳排放核算时，自发自用的可再生能源产生的电力和热力已抵消对应的电

力及热力使用量，在进行碳排放核算时不再进行扣减。城区碳排放交易量应单独列出，不应冲抵实际核算的碳排放量。城区碳排放预测时，可再生能源的碳减排量应单独列出。

【条文说明】本条文主要界定了在建筑运行碳排放核算中，可再生能源的边界，即以建筑系统为基础利用可再生能源产生的电力。可再生能源的利用主要包括三种形式：提供生活用热水、空调用冷量和热量以及直接供电。其中，以建筑系统为基础利用可再生能源产生的电力，是指通过安装在建筑物上的可再生能源发电系统，如太阳能光伏发电系统，将太阳能转化为电能供建筑使用。这种电力是直接建筑内部消耗的，因此被纳入建筑运行碳排放核算的范围内。

本条的核心在于强调碳抵消交易与实际碳排放核算的关系，要求两者在报告中独立呈现，避免混淆。实际碳排放量是指城区运营过程中直接或间接产生的温室气体总量（如能源消耗、交通排放等），需通过监测数据精确计算。交易的碳减排量是指通过购买碳配额（如全国碳市场）或碳信用（如 CCER、国际自愿减排项目）获得的减排权益，用于抵消自身排放。若直接冲抵，可能误导决策者或公众认为城区排放已降低，而实际排放可能并未减少（仅通过购买外部权益中和）。

在城区碳排放预测中，“可再生能源的碳减排量应单独列出”这一要求是为了清晰量化可再生能源对城区低碳发展的贡献，并确保预测结果的透明性和科学性。通过单独列示，明确区分可再生能源（如风电、光伏、生物质能等）替代传统化石能源（如煤、石油）所避免的碳排放量，直观体现其环境效益。许多地区将可再生能源占比或减排量纳入低碳发展规划（如“双碳”目标），单独统计可为政策效果评估提供数据支撑。在综合碳排放预测中，若可再生能源减排量与其他减排措施（如能效提升）混合计算，可能导致数据失真，影响决策。

3.0.7 城区碳排放计算可根据不同目的，以单个系统的下属工程项目为计算边界，进行核算与预测。

【条文说明】城区是一个复杂系统，可能包含能源、交通、建筑、市政等多个子系统。以单个工程项目为边界，便于量化具体措施的减排效果，但在计算过程中，需符合法规要求的边界（如行业碳配额分配以企业或设施为单位）。通过这种分层、分目的的分析，能够更科学地支持城区低碳规划与管理的决策。

3.0.8 城区碳排放计算应采用排放因子法，按下式计算：

$$E_{\text{城区},\text{CO}_2} = AD \times EF \quad (3.0.8)$$

式中： $E_{\text{城区},\text{CO}_2}$ ——城区碳排放量，tCO₂；

AD ——活动水平数据，计量单位；

EF ——排放因子，即与活动水平数据对应的排放量。

【条文说明】排放因子法将计量获取的活动数据通过排放因子换算成对应的温室气体排放量，以二氧化碳当量表示。这里的排放因子在一般情况下默认为涵盖了全部温室气体，如仅针对部分温室气体（如仅二氧化碳）或特定的技术条件（如特定环境下的效率）需要加以说明。需要注意所采用排放因子的技术条件与活动数据是否匹配，同时还需要注意活动数据的单位与排放因子单位的统一。碳排放因子是与活动水平数据对应的系数，包括单位热值含碳量或元素碳含量、氧化率等，表征单位生产或消费活动量的温室气体排放系数。

3.0.9 城区碳排放总量应按式计算：

$$E_{\text{城区},\text{CO}_2} = E_{\text{能源},\text{CO}_2} + E_{\text{建筑},\text{CO}_2} + E_{\text{交通},\text{CO}_2} + E_{\text{水},\text{CO}_2} + E_{\text{固废},\text{CO}_2} \quad (3.0.9)$$

式中： $E_{\text{城区},\text{CO}_2}$ ——城区碳排放总量，tCO₂；

$E_{\text{能源},\text{CO}_2}$ ——能源系统产生的二氧化碳排放总量，tCO₂；

$E_{\text{建筑},\text{CO}_2}$ ——建筑系统产生的二氧化碳排放总量，tCO₂；

$E_{\text{交通},\text{CO}_2}$ ——交通系统产生的二氧化碳排放总量，tCO₂；

$E_{\text{水},\text{CO}_2}$ ——水系统产生的二氧化碳排放总量，tCO_{2e}；

$E_{\text{固废},\text{CO}_2}$ ——固废系统产生的二氧化碳排放总量，tCO_{2e}。

3.0.10 城区碳减排量应按式计算：

$$C_{\text{城区},\text{CO}_2} = C_{\text{碳汇},\text{CO}_2} + C_{\text{可再生能源},\text{CO}_2} \quad (3.0.10)$$

式中： $C_{\text{城区},\text{CO}_2}$ ——城区碳减排量，tCO₂；

$C_{\text{碳汇},\text{CO}_2}$ ——碳汇系统碳减排量，tCO₂；

$C_{\text{可再生能源},\text{CO}_2}$ ——可再生能源系统碳减排量，tCO₂。

【条文说明】本条给出了城区碳排放总量的计算公式，参考了《工业企业温室气体排放核算和报告通则》GB/T 32150-2015、《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366-2019和《省级温室气体清单编制指南》。其中，能源活动是温室气体排放的主要来源，城区各领域需对不同类型的能源使用量进行汇总，然后结合不同能源的碳排放因子，计算出各领域由能源活动引起的碳排放。过程排放则是指除能源活动温室气体排放之外的其他化学反应过程或物理变化过程的温室气体排放，典型的如水泥制造企业在熟料生产过程中碳酸盐高温分解产生的二氧化碳排放和污水处理过程中碳源转化引起的二氧化碳排放等，由于不同领域的过程排放源的差异较大，各领域在计算过程排放前需识别排放源，然后依据反应原理，对关键参数数据进行采集和统计，进而计算过程排放。城区碳减排总量计算采用“碳汇+可再生能源”两部分的方法，该方法通过量化城区内两大主要减排途径的贡献来评估总体

减排效果。这样计算的优势在于：1）全面性：涵盖自然碳吸收和能源结构调整两大减排路径；2）可操作性：各部分均有成熟的计量方法和参数体系；3）可比性：便于不同城区间减排效果的横向比较；4）政策导向性：直接对应城市低碳发展的主要政策措施。

需要注意的是：1）在计算过程中，需建立统一的计算边界和基准年；2）应采用本地化参数以提高计算准确性；3）需要定期更新数据以反映动态变化；4）应考虑碳泄漏等间接影响。

3.0.11 数据收集应针对确定核算边界内的碳排放系统，收集内容为系统中反映材料（设备）、能源和水资源消耗特征的活动水平数据以及相应的碳排放因子。

【条文说明】数据采集是碳排放核算的关键步骤，需系统化、结构化地执行以确保数据完整性和准确性。针对城区各系统具体碳排放核算环节，依据碳排放核算目的选择预测和核算中的一种方法，采集对应的能源、材料、人工消耗等活动水平数据，以及相对应的碳排放因子数据。

3.0.12 碳排放预测的活动水平数据应依据规划或设计文件、造价文件、施工组织文件等材料获取；也可根据往年收集到的数据，按相关定额的消耗量确定活动水平数据。碳排放核算的活动水平数据应按核算边界对实际活动的直接计量或监测数据、原始单据凭证和台账记录进行分类、分项计量和统计，统计周期宜采用月或年。核算的活动水平数据有不同来源时，应进行交叉验证。

【条文说明】本条明确了碳排放预测和核算在数据来源和应用目标上的差异，强调了不同阶段的数据需求及其指导作用。碳排放预测的数据来源包括规划文件（如城区总体规划）、专项规划（交通、能源等）中的规模、布局、技术路线等、设计方案（建筑能效标准）、设备选型（如是否采用光伏系统）、材料清单（如低碳混凝土用量）和施工组织方案（施工周期、机械使用计划、临时设施能耗等），主要用于指导优化，通过预测碳排放，对比不同规划或设计方案的碳足迹，选择更低碳的路径；还用于预防性减排：在项目落地前调整设计，避免高碳锁定效应（如避免使用高耗能建材）。

碳排放核算的数据来源，实际消耗数据（能源：电力、燃气、燃油的计量账单）、材料（运营维护中更换的建材）、设备数量（如玻璃幕墙更换量）、资源（水资源、废弃物处理量等）和统计报表（如企业能源审计报告、市政公用事业部门的年度消耗统计）。主要用于精准管理，通过核算真实排放量，识别高碳环节并制定针对性措施；以及绩效评估，验证减排措施效果（如对比改造前后的排放数据），支撑碳交易或碳中和认证。

碳排放核算的活动水平数据应按核算边界对实际活动的计量数据、原始单据凭证和台账进行记录和核算。具体来说，碳排放核算的活动水平数据包括计量数据、原始单据凭证和台账，这些数据应按照国家核算边界进行记录和核算。核算边界是指确定排放源和排放量的地理范围和时间范围，通常包括企业的生产设施、辅助设施、存储设施等。核算时，为确保数据的真是可靠性，对于同一个活动水

平数据可能有不同来源，如电力的缴费凭证和抄表记录等，需要进行对比验证后确认正确数值。具体的优先级顺序在后面数据获取部分做了具体规定。

3.0.13 城区碳排放计算时，应对碳排放因子来源进行说明。碳排放因子应收集自具有公信力的可靠来源，根据活动水平数据清单对应取值，优先采用实测值、测算值或国内最新发布的数据。所有可再生能源的碳排放因子应取 0。

【条文说明】碳排放因子是碳排放核算的重要基础数据。应首选经权威机构认证的最新发布的数据，如 IPCC 或国家标准。其次，可从本标准附录中引用相关碳排放因子。另外，针对原材料、构件、部品、设备的碳排放因子的选用，应当注意排放因子边界的统一。由于数据来源的多样性，各类因子边界范围可能存在差异，例如，钢材碳排放因子数值的高低，除了与生产工艺、生产水平相关外，还与生产钢材的原材料（例如：铁矿石或废钢）密切相关。可通过分析所采集数据或碳排放量的不确定性，以提高所采集数据的质量，以及碳排放量的准确性。

4 能源系统

4.1 一般规定

4.1.1 能源系统碳排放应对计算周期内的能源生产或转化设施的化石燃料燃烧产生的直接碳排放进行计算，并扣除能源系统输出到城区以外的电力和热力抵消的碳排放量，按下式计算：

$$E_{\text{能源},CO_2} = E_{\text{能源,化石燃料},CO_2} - C_{\text{电},CO_2} - C_{\text{热},CO_2} \quad (4.1.1)$$

式中： $E_{\text{能源},CO_2}$ ——能源系统产生的二氧化碳排放总量，tCO₂；

$E_{\text{能源,化石燃料},CO_2}$ ——能源系统化石燃料燃烧产生的碳排放量，tCO₂；

$C_{\text{电},CO_2}$ ——输出电力抵消的碳排放量，tCO₂；

$C_{\text{热},CO_2}$ ——输出热力抵消的碳排放量，tCO₂。

【条文说明】规定周期指特定时间段（如年度、项目周期），需在此时间框架内核算碳排放。移动设施通常包括船舶、飞机、移动发电机组等，通过燃烧化石燃料直接产生碳排放；固定设施通常包括发电厂、工厂等固定位置的能源生产或转化设备，同样因化石燃料燃烧产生直接碳排放。对于输出电力和热力的抵消量，若能源系统输出的电力和热力被其他用户使用，替代了原本需通过高碳方式（如燃煤发电）生产的能源，则此部分可视为减少的碳排放，需从总排放中扣除。本条旨在通过“直接排放扣除外供清洁能源的替代效应”，反映能源系统的净碳足迹。其核心在于系统边界的合理划定与抵消量的科学量化，需结合具体核算标准（如 ISO 14064、GHG Protocol）执行，以确保结果的可信度与可比性。

4.1.2 对外出售电量和热量应根据结算凭证数据和计量表数据获得。如果自发电或自发热全部为城区自用，则自发电量及自发热量以城区可以采信的记录或统计报表为准。

【条文说明】本条涉及能源管理中电量和热量的计量与报告规范，其核心在于区分对外销售和自用情况下的数据来源要求，以确保数据的准确性与可靠性。结算凭证数据指交易中的合同、发票、收据等书面证明文件，用于确认交易的真实性和金额。计量表数据指电表、热力表等物理测量设备的实际读数，提供客观的能源使用量记录。之所以结合使用，是因为对外销售涉及交易双方利益，需同时依赖交易凭证（法律依据）和计量数据（物理依据），以避免争议或虚报。这种双重验证确保了数据的透明性和可追溯性，符合财务和监管要求。

自发电或自发热全部自用：指能源生产后完全用于城区内部消耗，无对外销售。可信记录或统计报表要求使用内部管理系统的记录（如能源台账、生产日志）或定期报表（如月度统计），但这

些数据需满足以下条件：1）可采信性：需通过内部审核、标准化流程或符合行业规范（如 ISO 50001 能源管理体系）；2）可验证性：可能需定期校准计量设备，或由第三方验证数据准确性。

自用无外部交易方，故无需结算凭证，但需通过严格内部管理确保数据真实，避免因自用量的误报影响能源效率评估或碳排放核算。涉及经济利益和合规风险，需严格依据外部可验证的数据，满足审计和税务要求。自产自用的能源侧重内部管理规范，通过可信记录支持能源审计、节能减排目标达成（如“双碳”政策）或政府补贴申请。

4.1.3 以绿色电力交易、绿色电力证书交易直供方式购入电力时，不计电力生产过程二氧化碳排放；明确以外部可再生能源生产并供应的热力时，不计热力生产过程二氧化碳排放。

【条文说明】该条体现了碳排放核算中“谁消费、谁负责”的延伸原则，但通过绿色能源的环境权益归属调整责任边界。绿色电力/热力的环境权益（如零碳属性）被购买方获得，因此其生产环节的碳排放不再重复计入消费方；而传统能源电力的碳排放由消费方承担（范围 2 排放），而绿色能源通过交易机制将排放责任保留在生产端（已实现零碳）。在使用时，应注意几点：1）数据可追溯性，需保留购电合同、绿证交易记录、热力来源证明等文件，以备核查；2）地域政策差异：部分地区可能对绿证适用范围（如是否跨省/跨国）或绿电类型（如水电是否纳入）有特殊规定；3）与碳市场衔接：绿电消费可能影响企业参与碳市场时的配额分配或抵消机制使用（如避免重复抵扣）。

4.2 碳排放核算

4.2.1 化石燃料燃烧产生的碳排放量应按下式核算：

$$E_{\text{能源, 化石燃料, CO}_2} = \sum_i AD_{\text{化石燃料, } i} \times EF_{\text{化石燃料, } i} \quad (4.2.1)$$

式中： $E_{\text{能源, 化石燃料, CO}_2}$ ——能源系统化石燃料燃烧产生的碳排放核算量，tCO₂；

$AD_{\text{化石燃料, } i}$ ——第 i 类化石燃料消耗量，计量单位；

$EF_{\text{化石燃料, } i}$ ——第 i 类化石燃料碳排放因子，tCO₂/计量单位。

i ——燃料类型，包括燃煤、燃气或燃油。

【条文说明】化石燃料燃烧产生的碳排放量采用排放因子法是指通过计算燃料消耗量与其对应的碳排放因子（即单位燃料燃烧产生的二氧化碳量）的乘积，估算碳排放量的方法。这一方法广泛应用于碳排放核算，其核心逻辑是结合燃料类型、燃烧效率和碳含量等参数进行量化。排放因子法关键步骤包括燃料类型识别、消耗量统计、排放因子选择、计算与验证等。

4.2.2 能源系统输出电力或热力的碳减排量应按下式核算：

$$C_{\text{能源,电},\text{CO}_2} = AD'_{\text{电力}} \times EF_{\text{电力}} \quad (4.2.2-1)$$

$$C_{\text{能源,热},\text{CO}_2} = AD'_{\text{热力}} \times EF_{\text{热力}} \quad (4.2.2-2)$$

式中： $C_{\text{能源,电},\text{CO}_2}$ ——能源系统外输出电量减碳量，tCO₂；

$AD'_{\text{电力}}$ ——能源系统外输出的电量，kWh；

$EF_{\text{电力}}$ ——当地电力碳排放因子，tCO₂/kWh；

$C_{\text{能源,热},\text{CO}_2}$ ——能源系统外输出热量减碳量，tCO₂；

$AD'_{\text{热力}}$ ——输出的热量，kJ；

$EF_{\text{热力}}$ ——当地热力碳排放因子，tCO₂/kJ。

【条文说明】采用排放因子法计算输出电力或热力减碳量，是为了可以满足标准化需求，排放因子法是国际通用的核算方法（如 IPCC 指南、ISO 14064 标准），便于不同系统或国家间的碳排放数据对比；另外，排放因子法的数据可得性较高，能源系统的输出量（如发电量）通常容易获取，且排放因子可通过权威数据库（如政府或国际机构发布的默认值）直接引用，降低核算成本；排放因子法政策合规性强，许多国家或地区的碳核算法规（如中国《企业温室气体排放核算指南》）明确要求采用排放因子法，以确保透明性和一致性。采用排放因子法的实质是通过标准化方法量化能源系统的碳排放，其核心优势在于简化核算流程、确保结果可比性，并为政策制定（如碳定价、减排目标）提供科学依据。实际应用中需结合具体能源类型、技术水平和数据质量，选择合理的排放因子以提高准确性。

4.2.3 可再生能源电力碳减排核算量应按下式计算：

$$C_{\text{可再生能源电力},\text{CO}_2} = AD_{\text{可再生能源电力}} \times EF_{\text{电力}} \quad (4.2.3)$$

式中： $C_{\text{可再生能源电力},\text{CO}_2}$ ——不上网可再生能源电力减碳量，tCO₂；

$AD_{\text{可再生能源电力}}$ ——可再生能源自产自用电量，kWh；

$EF_{\text{电力}}$ ——当地电力碳排放因子，tCO₂/kWh。

【条文说明】可再生能源电力的减排本质是替代化石能源。排放因子法的优势在于：1）标准化：使用统一基准（如区域电网平均排放因子），避免因项目个体差异（如技术、效率）导致核算结果不可比；2）可操作性：无需监测实际替代的化石能源电厂排放，仅需计算理论替代量；3）国际认可：符合 IPCC（联合国政府间气候变化专门委员会）及《温室气体议定书》的核算标准，适用于碳交易、绿证等市场机制。值得注意的是，不同地区电网排放因子差异显著（如欧洲电网因子低于

亚洲），需按项目所在地选择；电网排放因子随能源结构变化（如煤电占比下降），需定期更新；若可再生能源项目已享受补贴或政策支持，其减排量是否具有“额外性”可能影响核算结果。

4.2.4 可再生能源热力碳减排核算量应按下式计算：

$$C_{\text{可再生能源热力},\text{CO}_2} = AD_{\text{可再生能源热力}} \times EF_{\text{热力}} \quad (4.2.4)$$

式中： $C_{\text{可再生能源热力},\text{CO}_2}$ ——可再生能源热力抵消碳排放量，tCO₂；

$AD_{\text{可再生能源热力}}$ ——可再生源自产自用热量，kJ；

$EF_{\text{热力}}$ ——当地热力碳排放因子，tCO₂/kJ。

【条文说明】可再生能源热力指通过太阳能、生物质能、地热能等可再生能源直接产生的热能，用于替代传统化石燃料（如煤炭、天然气）的供热或工业热力需求。碳减排核算可以量化因使用可再生能源热力而减少的温室气体排放量。同样值得注意的是，若需严谨核算，应考虑可再生能源设备制造、运输等全过程的间接排放；减排量高度依赖被替代的传统能源类型（如替代燃煤减排量高于替代天然气）；若传统锅炉效率较低，需按实际能源投入量修正排放因子；部分标准可能仅要求核算直接排放，而忽略间接排放。

4.3 碳排放预测

4.3.1 化石燃料燃烧产生的碳排放预测量应按下式计算：

$$E_{\text{能源},\text{化石燃料},\text{CO}_2}^{\text{预测}} = \sum_i P \times e_{\text{per},i} \times EF_i \quad (4.3.1)$$

式中： $E_{\text{能源},\text{化石燃料},\text{CO}_2}^{\text{预测}}$ ——能源系统化石燃料燃烧产生的碳排放预测量，tCO₂；

P ——城区规划常住人口，人；

$e_{\text{per},i}$ ——第 i 类化石燃料人均能源消耗量，计量单位/人；

i ——化石燃料类型，包括燃煤、燃气或燃油。

【条文说明】人口数量直接影响能源消费总量。更多人口意味着对交通、住房、工业品、食品等需求的增加，这些活动大多依赖化石燃料（如煤炭、石油、天然气）。在碳排放模型中，人口通常是基础乘数。例如，若人均碳排放相对稳定，总排放量会随人口增长线性上升。不同地区的人均碳排放差异显著（如发达国家人均排放通常高于发展中国家），预测时需结合人口分布与区域发展特征。发达国家人均碳排放可能高于发展中国家数倍，因此在全球减排责任分配中，人口常被用于平衡历史责任与未来发展权。即使人口增长，若清洁能源技术（如可再生能源、碳捕获）快速普及，碳排放可能不会同步上升。因此预测需综合多变量。人口作为基数，可以放大或缩小其他变量（如能源结构、经济水平）的影响。人口变化驱动社会需求、政策调整和技术发展，间接改变碳排放轨迹。

因此，需结合人口增长速率、结构、区域差异等多维度分析，而非简单线性外推。

4.3.2 输出电力或热力抵消的碳排放预测量应按下式计算：

$$C_{\text{能源, 电}, \text{CO}_2}^{\text{预测}} = AD_{\text{电力}}^{\text{预测}} \times EF_{\text{电力}} \quad (4.3.2-1)$$

$$C_{\text{能源, 热}, \text{CO}_2}^{\text{预测}} = AD_{\text{热力}}^{\text{预测}} \times EF_{\text{热力}} \quad (4.3.2-2)$$

式中： $C_{\text{能源, 电}, \text{CO}_2}^{\text{预测}}$ ——输出电力抵消的碳排放预测量，tCO₂；

$AD_{\text{电力}}^{\text{预测}}$ ——预计输出的电量，kWh；

$EF_{\text{电力}}$ ——当地电力碳排放因子，tCO₂/kWh；

$C_{\text{能源, 热}, \text{CO}_2}^{\text{预测}}$ ——输出热力抵消的碳排放预测量，tCO₂；

$AD_{\text{热力}}^{\text{预测}}$ ——预计输出的热量，kJ；

$EF_{\text{热力}}$ ——当地热力碳排放因子，tCO₂/kJ。

【条文说明】在预测城区碳排放时，若考虑输出电力或热力产生的“抵消”效应（即通过输出低碳能源减少其他地区的化石能源消耗），需注意以下关键问题：1）明确系统边界与责任划分：需界定城区输出的电力或热力覆盖的范围（本地、区域或跨区域），并明确碳排放责任归属（生产者责任、消费者责任）；2）输出的电力/热力若来自可再生能源或低碳能源（如风电、核电、余热回收），需计算其全生命周期碳排放因子，避免仅考虑直接排放而忽略上游（如设备制造、燃料开采）或下游（如输电损耗）的隐含排放；3）避免双重计算：若输出能源的减排效益被本地和接收方同时计入抵消量，会导致碳减排量虚增，需通过统一核算标准规避。

4.3.3 可再生能源电力碳减排预测量应按下式计算：

$$C_{\text{可再生能源电力}, \text{CO}_2}^{\text{预测}} = AD_{\text{可再生能源电力}}^{\text{预测}} \times EF_{\text{电力}} \quad (4.3.3)$$

式中： $C_{\text{可再生能源电力}, \text{CO}_2}^{\text{预测}}$ ——可再生能源电力减碳预测量，tCO₂；

$AD_{\text{可再生能源电力}}^{\text{预测}}$ ——自发自用可再生能源发电预测量，kWh；

$EF_{\text{电力}}$ ——当地电力 CO₂ 排放因子，tCO₂/kWh。

【条文说明】在预测城区可再生能源电力碳减排时，需综合考虑技术、数据、政策和实际应用场景的复杂性。确保城区可再生能源（如太阳能、风能、地热能）的本地资源数据（如日照时长、风速、地热梯度）足够精确，避免因资源潜力误判导致预测偏差。结合历史发电数据和实时监测数据，分析可再生能源的出力波动性（如昼夜、季节变化）。准确掌握城区电力负荷曲线，考虑人口增长、产业发展、电动汽车普及等动态需求因素。除碳减排外，需兼顾空气质量改善、就业创造、能源安全等协同效益，避免因过度依赖单一技术（如仅发展光伏）导致系统韧性下降。

4.3.4 可再生能源热力碳减排预测量应按下式计算：

$$C_{\text{可再生能源热力,CO}_2}^{\text{预测}} = AD_{\text{可再生能源热力}}^{\text{预测}} \times EF_{\text{热力}} \quad (4.3.4)$$

式中： $C_{\text{可再生能源热力,CO}_2}^{\text{预测}}$ ——可再生能源热力减碳预测量，tCO₂；
 $AD_{\text{可再生能源热力}}^{\text{预测}}$ ——自发自用可再生能源发热预测量，kJ；
 $EF_{\text{热力}}$ ——当地热力 CO₂ 排放因子，tCO₂/kJ。

【条文说明】预测城区可再生能源热力碳减排量时，需综合考虑技术、环境、经济和社会等多方面因素。需准确计算传统供热方式（如燃煤、天然气）的碳排放量，作为对比基准。不同可再生能源（如地源热泵、生物质能、太阳能供热）的碳排放系数和减排潜力差异较大，需分类统计。依赖权威统计数据（如能源消耗量、供热面积、气候数据），避免估算偏差。长期运行中的性能衰减需纳入生命周期评估。

5 建筑系统

5.1 一般规定

5.1.1 建筑系统碳排放量应以城区内所有公共建筑、居住建筑的建筑群为计算对象。

【条文说明】本标准适用于单体建筑和同类相似建筑组成的建筑群施工的碳排放计算。建筑群是碳排放的基本单元。城区建筑并非孤立存在，而是通过能源系统、交通网络、基础设施等紧密关联。例如，集中供暖、区域供冷、共享电力网络等系统将建筑群作为一个整体进行能源调配，单独计算单个建筑可能忽略系统间的协同效应。建筑群可能共享公共设施（如地下车库、社区服务中心）或采用区域能源管理技术（如分布式能源站），碳排放需从群体层面统筹计算，避免重复或遗漏。

5.1.2 建筑系统碳排放应包括规定周期内的建筑群的消耗化石燃料产生的直接碳排放和消耗城区外购电力或热力产生的间接碳排放，按下式进行计算：

$$E_{\text{建筑},\text{CO}_2} = E_{\text{建筑},\text{化石燃料},\text{CO}_2} + E_{\text{建筑},\text{外购电},\text{CO}_2} + E_{\text{建筑},\text{外购热},\text{CO}_2} \quad (5.1.2)$$

式中： $E_{\text{建筑},\text{CO}_2}$ ——建筑系统产生的二氧化碳排放总量，tCO₂；

$E_{\text{建筑},\text{化石燃料},\text{CO}_2}$ ——建筑系统化石燃料燃烧产生的碳排放量，tCO₂；

$E_{\text{建筑},\text{外购电},\text{CO}_2}$ ——建筑系统消耗城区外购电力产生的碳排放量，tCO₂；

$E_{\text{建筑},\text{外购热},\text{CO}_2}$ ——建筑系统消耗城区外购热力产生的碳排放量，tCO₂。

【条文说明】直接碳排放指建筑群在运行阶段直接消耗化石燃料产生的温室气体排放，包括供暖系统设备燃烧产生的二氧化碳、炊事燃气灶具、生活热水燃气设备等燃料燃烧排放、医院蒸汽发生器、酒店中央厨房等固定燃烧设备的碳排放。间接碳排放涵盖建筑运行所需外购能源的生产环节排放，包括电力消费产生的碳排放、热力输入对应的碳排放。

5.1.3 建筑系统碳排放量不应包括建材生产阶段、建材运输阶段、拆除物运输和处理阶段产生的碳排放量，也不应包括市政给排水输配和市政热力输配过程产生的碳排放量。

【条文说明】建筑系统碳排放量的界定需明确核算边界与责任归属，其排除建材生产、运输等环节主要基于责任主体分离和建筑系统的物理边界。建材生产阶段碳排放属于钢铁、水泥等工业领域，拆除物处理属于固废管理范畴，市政输配系统归口市政公用事业，均不属于建筑本体运行管理的责任范围，建筑系统碳排放聚焦于建筑所有者或使用者直接控制的能源消耗活动。以建设用地红线为界，仅核算建筑本体及附属设备产生的排放，市政管网（如热力输配主干网）属于城市基础设施，

超出单体建筑管控能力。

5.1.4 建筑系统进行碳排放量核算时，不应纳入自发自用的可再生能源碳排放量；建筑系统进行碳排放量预测时，应扣除自发自用的可再生能源减碳量。

【条文说明】根据《加快推动建筑领域节能降碳工作方案》，建筑碳排放核算以能源消费总量控制为基准，而自发自用的光伏、地热能等可再生能源属于非化石能源，依法不纳入能源消费总量统计范畴。建筑运行阶段碳排放计算标准要求单独核算可再生能源系统的碳抵消量，确保核算对象仅为建筑实际消耗的化石能源及外购能源对应的排放量。预测建筑碳达峰路径时，扣除自发自用可再生能源贡献量，可量化建筑清洁能源替代潜力，引导投资向分布式光伏、储能系统等低碳技术倾斜。扣除可再生能源减碳量后，可更精准预测建筑净碳排放曲线，为制定阶梯式碳配额分配方案提供数据支撑。

5.2 碳排放核算

5.2.1 建筑系统消耗化石燃料产生的直接碳排放核算量应按下列式计算：

$$E_{\text{建筑,化石燃料,CO}_2} = \sum_i AD_{\text{建筑,化石燃料},i} \times EF_i \quad (5.2.1)$$

式中： $E_{\text{建筑,化石燃料,CO}_2}$ ——建筑系统化石燃料产生的直接碳排放核算量，tCO₂；

$AD_{\text{建筑,化石燃料},i}$ ——建筑系统消耗第 i 类化石燃料的量，计量单位；

EF_i ——第 i 类化石燃料的碳排放因子，tCO₂/计量单位。

【条文说明】化石燃料燃烧产生的碳排放量采用排放因子法是指通过计算燃料消耗量与其对应的碳排放因子（即单位燃料燃烧产生的二氧化碳量）的乘积，估算碳排放量的方法。这一方法广泛应用于碳排放核算，其核心逻辑是结合燃料类型、燃烧效率和碳含量等参数进行量化。排放因子法关键步骤包括燃料类型识别、消耗量统计、排放因子选择、计算与验证等。

5.2.2 建筑系统消耗城区外购电力产生的间接碳排放核算量应按下列式计算：

$$E_{\text{建筑,外调电力,CO}_2} = AD_{\text{建筑,外调电力}} \times EF_{\text{电}} \quad (5.2.2)$$

式中： $E_{\text{建筑,外调电力,CO}_2}$ ——建筑系统消耗外购电力产生的间接碳排放核算量，kWh；

$AD_{\text{建筑,外调电力}}$ ——建筑系统消耗城区外调电力的量，kWh；

$EF_{\text{电}}$ ——电力来源地的碳排放因子，tCO₂/kWh；

【条文说明】城区外购电力产生的碳排放属于能源供应端（如发电厂）的直接排放，但因建筑消耗电能而转移为建筑系统的间接排放责任。这种转移符合《IPCC 国家温室气体清单指南》的“消费端核算”原则。以建筑系统用电计量表为界，仅核算表后消耗的电力对应的排放，不计入输电网损

耗（归市政系统统计）。《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 明确要求将外购电力间接排放纳入建筑碳排放强制计算范围，作为能效测评与碳配额分配的基础数据。

5.2.3 建筑系统消耗城区外购热力产生的间接碳排放核算量应按下列式计算：

$$E_{\text{建筑,外调热力,CO}_2} = AD_{\text{建筑,外调热力}} \times EF_{\text{热}} \quad (5.2.3)$$

式中： $E_{\text{建筑,外调热力,CO}_2}$ ——建筑系统消耗外购热力产生的间接碳排放核算量，MJ；

$AD_{\text{建筑,外调热力}}$ ——建筑系统消耗城区外调热力的量，MJ；

$EF_{\text{热}}$ ——热力来源地的碳排放因子，tCO₂/MJ；

【条文说明】外购热力产生的碳排放属于热力供应端的直接排放（如区域锅炉房、热电联产厂），但因建筑消耗热能而转移为建筑系统的间接排放责任，符合全生命周期碳排放核算原则。热力生产端的碳排放已纳入能源供应企业统计范畴，建筑端仅承担消费侧间接责任。与电力间接排放并列构成建筑运行阶段主要间接排放源。

5.2.4 临时办公用房、生活用房和材料库房等临时设施产生的碳排放量以及制冷剂逸散产生的碳排放量可不纳入核算范围。

【条文说明】建筑碳排放核算边界通常以建筑物全生命周期为主线，但临时设施属于施工阶段的附属设施，未被纳入永久性建筑功能体系。施工临建房的使用周期较短（一般不超过 5 年），其能耗排放属于临时性、非持续性排放源，与建筑本体长期运行产生的碳排放性质不同。临时设施（如工地办公室、工人宿舍）的能耗数据具有分散性和短期性特点，实际计量难度较大。现行标准基于可操作性考量，允许对此类排放进行豁免。这种计算规则既避免了过度增加核算成本，又确保了碳排放数据的横向可比性。但需注意，随着碳核算精细化要求提升，未来可能通过补充清单方式完善此类排放的计量规则。

5.3 碳排放预测

5.3.1 建筑系统消耗化石燃料产生的直接碳排放预测量应按下列式计算：

$$E_{\text{建筑,化石燃料,CO}_2}^{\text{预测}} = A_{\text{建筑}}^{\text{预测}} \times f_{\text{fuel},i}^{\text{预测}} \times EF_i \quad (5.3.1)$$

式中： $E_{\text{建筑,化石燃料,CO}_2}^{\text{预测}}$ ——建筑系统化石燃料产生的直接碳排放预测量，tCO₂；

$A_{\text{建筑}}^{\text{预测}}$ ——预测的建筑面积，m²；

$f_{\text{fuel},i}^{\text{预测}}$ ——消耗第 i 类化石燃料的强度，计量单位/m²；

EF_i ——第 i 类化石燃料的碳排放因子，tCO₂/计量单位。

【条文说明】建筑面积是衡量建筑体量的基础指标，能够直观反映能源消耗与碳排放的空间承载范

围。通过将碳排放总量与建筑面积关联，可消除建筑规模差异对数据可比性的干扰，便于横向对比不同建筑或区域的碳排放效率。例如，公共建筑运行阶段的暖通空调、照明等系统能耗均与建筑空间体量呈正相关。建筑碳排放计算需覆盖建造、运行、拆除等全生命周期阶段，而各阶段活动（如建材用量、设备运行时长）均与建筑面积存在量化关系。以单位面积碳排放强度为基准，可实现不同阶段碳排放数据的整合分析。

碳排放强度（单位面积碳排放量）直接反映建筑能源利用效率。例如，采用高性能围护结构与高效暖通系统的建筑，其单位面积碳排放强度可降低 30%-40%。该指标既是节能技术应用效果的度量工具，也是碳配额分配的重要依据。现行标准如《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 明确要求新建公共建筑碳排放强度需控制在基准值 72% 以下。通过建筑面积与碳排放强度的乘积预测总量，可量化评估政策执行效果，并指导碳减排路径优化。

5.3.2 建筑系统消耗城区外购电力产生的间接碳排放预测量应按下式计算：

$$E_{\text{建筑,外调电力},CO_2}^{\text{预测}} = A_{\text{建筑}}^{\text{预测}} \times f_{\text{电}}^{\text{预测}} \times EF_{\text{电}} \quad (5.3.2)$$

式中： $E_{\text{建筑,外调电力},CO_2}^{\text{预测}}$ ——建筑系统外购电力产生的间接碳排放核算量，kWh；

$A_{\text{建筑}}^{\text{预测}}$ ——预测的建筑面积，m²；

$f_{\text{电}}^{\text{预测}}$ ——消耗外调电力的强度，kWh/m²；

$EF_{\text{电}}$ ——电力来源地的碳排放因子，tCO₂/kWh。

【条文说明】不同区域电网的能源结构（如煤电、水电占比）差异显著，导致外调电力的碳排放强度系数存在空间异质性。例如华东电网的电力碳排放系数较西南水电富集区高约 40%。外调电力碳排放强度需采用区域电网年均排放因子，而非全国统一值。电力消耗强度（单位面积用电量）是衡量建筑能源利用效率的核心指标，直接关联外调电力碳排放强度。采用高效设备或智能调控系统可降低电力消耗强度，进而减少间接碳排放。

5.3.3 建筑系统消耗城区外购热力产生的间接碳排放预测量应按下式计算：

$$E_{\text{建筑,外调热力},CO_2}^{\text{预测}} = A_{\text{建筑}}^{\text{预测}} \times f_{\text{热}}^{\text{预测}} \times EF_{\text{热}} \quad (5.3.3)$$

式中： $E_{\text{建筑,外调热力},CO_2}^{\text{预测}}$ ——建筑系统碳排放预测量，tCO₂；

$A_{\text{建筑}}^{\text{预测}}$ ——预测的建筑面积，m²；

$f_{\text{热}}^{\text{预测}}$ ——消耗外调热力的强度，MJ/m²；

$EF_{\text{热}}$ ——热力来源地的碳排放因子，tCO₂/MJ。

【条文说明】热力间接碳排放需匹配实际供热网络的排放因子。不同区域的热力生产方式（如燃煤

锅炉、燃气热电联产、工业余热利用等）直接影响外调热力的碳排放强度系数。例如采用燃煤锅炉供热的区域，其热力碳排放因子显著高于地源热泵供热系统。单位面积热力消耗强度是评估围护结构保温性能的核心指标。通过提升建筑气密性、采用辐射供暖等技术，可显著降低热力消耗强度。IPCC 指南将外购热力碳排放归类为范围二间接排放，需基于实际消耗量与热源排放因子计算。我国《完善碳排放统计核算体系工作方案》遵循该原则，确保国际碳市场数据互认。

6 交通系统

6.1 一般规定

6.1.1 城区交通系统产生的碳排放量应包括燃油交通工具产生的碳排放量、新能源交通工具产生的碳排放量和交通照明产生的碳排放量。不应包括低空交通产生的碳排放量、航运交通产生的碳排放量和水运交通产生的碳排放量，也不应包括跨境交通产生的碳排放量。

【条文说明】应纳入交通系统计算的碳排放源包括燃油交通工具直接排放（例如汽油车、柴油车等燃油车辆的尾气排放）、新能源交通工具间接排放（例如电动车辆电力碳排放）以及交通基础设施能耗（包含道路照明、信号灯等固定设施能耗产生的排放）。通过上述核算规则，既能完整覆盖城区交通系统核心排放源，又可避免与其他系统或区域核算产生冲突。

6.1.2 燃油交通工具产生的碳排放量应以燃油交通工具消耗燃料产生的碳排放量为计算对象，应包括公共燃油交通工具产生的碳排放量和非公共燃油交通工具产生的碳排放量。

【条文说明】根据《省级温室气体清单编制指南》，城区交通碳排放核算需包含所有移动源燃料燃烧排放，包括公共运营车辆（如公交车、出租车）和非公共车辆（私家车、企事业单位用车）。例如某城区公交车年耗柴油 200 万升，私家车年耗汽油 500 万升，均需计入总排放量。本条计算规则，既满足国际核算规范对排放源完整覆盖的要求，又可精准反映城区交通系统的真实碳排放结构。

6.1.3 新能源交通工具产生的碳排放量应包括电力交通工具产生的碳排放量、燃气交通工具产生的碳排放量和氢能源交通工具产生的碳排放量。

【条文说明】新能源交通工具产生的碳排放量应包括电力交通工具产生的碳排放量和燃气交通工具产生的碳排放量。电力交通工具的碳排放主要来源于电力生产过程中的排放，而燃气交通工具的碳排放则直接来源于燃料燃烧。

电力生产可能使用化石燃料（如煤炭、天然气等），这些燃料的燃烧会产生二氧化碳等温室气体。因此，电力交通工具的碳排放量与电力生产的方式和来源密切相关。例如，使用煤炭发电的电力交通工具碳排放量会高于使用清洁能源（如风能、太阳能）发电的交通工具。燃气交通工具的碳排放量直接来源于燃料燃烧。燃气交通工具通常使用天然气、液化石油气等燃气作为燃料，这些燃料的燃烧会产生二氧化碳等温室气体。燃气交通工具的碳排放量与其燃料消耗量和燃料燃烧效率有关。

6.1.4 交通系统产生的碳排放量应按式核算：

$$E_{\text{交通},\text{CO}_2} = E_{\text{燃油交通},\text{CO}_2} + E_{\text{新能源交通},\text{CO}_2} + E_{\text{交通,照明},\text{CO}_2} \quad (6.1.4)$$

式中： $E_{\text{交通},\text{CO}_2}$ ——交通系统产生的碳排放量，tCO₂；

$E_{\text{燃油交通},\text{CO}_2}$ ——燃油交通工具产生的碳排放量，tCO₂；

$E_{\text{新能源交通},\text{CO}_2}$ ——新能源交通工具产生的碳排放量，tCO₂；

$E_{\text{交通,照明},\text{CO}_2}$ ——交通照明产生的碳排放量，tCO₂。

【条文说明】城区交通系统碳排放需涵盖所有移动源能源消耗，包括传统燃油车辆的直接燃烧排放和新能源交通工具的间接排放。综合核算燃油与新能源交通工具碳排放，既可避免因技术路线差异导致的统计漏洞，又能为城区交通系统低碳转型提供精准数据支撑。

6.2 碳排放核算

6.2.1 公共燃油交通工具产生的碳排放量应以空间边界内销售的所有公共交通工具燃油产生的碳排放量为核算对象，按下式进行核算：

$$E_{\text{公共燃油交通},\text{CO}_2} = AD_{\text{公共燃油}} \times EF_{\text{公共交通燃油}} \quad (6.2.1)$$

式中： $AD_{\text{公共燃油}}$ ——销售的公共交通工具燃油量，升；

$EF_{\text{公共交通燃油}}$ ——公共燃油交通工具的碳排放因子，tCO₂/升。

【条文说明】在计算城区交通系统碳排放时，明确公共燃油交通工具的碳排放应以燃油消耗量为核心核算对象。根据温室气体核算体系，公共燃油交通工具的碳排放属于直接排放，需以燃料消耗数据为基础，涵盖车辆运行全过程的直接燃烧排放，通过燃料燃烧量×排放因子精确量化。例如公交车柴油消耗量可直接通过企业台账获取，避免因统计模型推算导致的误差。通过以燃油消耗量为核算核心，既可满足国际规范对排放源追溯的要求，又能为制定公共交通工具电动化替代策略提供可信数据支撑。

6.2.2 非公共燃油交通工具应包括城区内注册登记的私人燃油交通工具和团体机构燃油交通工具，应以空间边界内销售的所有非公共交通工具燃油产生的碳排放量为核算对象，按下式进行核算：

$$E_{\text{非公共燃油交通},\text{CO}_2} = AD_{\text{非公共燃油}} \times EF_{\text{非公共交通燃油}} \quad (6.2.2)$$

式中： $AD_{\text{非公共燃油}}$ ——销售的非公共交通工具燃油量，升；

$EF_{\text{非公共交通燃油}}$ ——非公共交通燃油的碳排放因子，tCO₂/升。

【条文说明】非公共燃油交通工具（私家车、企业通勤车等）属于城区交通系统的重要移动源，其碳排放应纳入核算体系以符合国际规范与国家政策。根据《省级温室气体清单编制指南》，交通碳

排放核算需覆盖辖区内所有注册登记车辆的燃料消耗，包括私人车辆和团体机构车辆的直接燃烧排放。非公共燃油交通工具的碳排放属于直接排放，需通过燃料消耗量×排放因子的方式精确计算，避免采用保有量或里程估算导致的误差。

6.2.3 电力交通工具产生的碳排放量应以消耗城区外调电力产生的碳排放量为核算对象，按下式进行核算：

$$E_{\text{交通, 电力, CO}_2} = AD_{\text{交通, 外调电力}} \times EF_{\text{电力}} \quad (6.2.3)$$

式中： $E_{\text{交通, 电力, CO}_2}$ ——电力交通工具产生的碳排放量，tCO₂；

$AD_{\text{交通, 外调电力}}$ ——公共充电桩的外调电力消耗量，kWh；

$EF_{\text{电力}}$ ——电能来源地的电力碳排放因子，tCO₂/kWh。

【条文说明】电力交通工具的碳排放属于间接排放，需追溯至电力生产端。由于城区内电力生产设施有限，交通工具消耗的电力通常依赖区域电网或外调电力，其碳排放产生于发电端（如燃煤电厂）而非使用端，需通过电网排放因子折。根据《省级二氧化碳排放达峰行动方案编制指南》，碳排放核算以地理区域为边界，但电力消费的碳排放需归属至实际消费端。城区作为能源消费主体，需对其消耗的所有能源（包括外调电力）承担环境责任。通过将外调电力碳排放纳入核算体系，可完整反映城区交通系统的真实碳足迹，为制定清洁能源替代策略（如提高绿电消纳比例）提供量化依据。

6.2.4 社区充电桩或私人充电桩消耗的所有交通电力产生的碳排放量已经在建筑领域进行核算，不再纳入交通领域。

【条文说明】根据《省级二氧化碳排放达峰行动方案编制指南》，交通领域碳排放核算仅包含直接化石燃料燃烧排放（如燃油车消耗汽油/柴油），而电力和热力消费产生的间接排放归属至能源生产部门或终端用能部门。社区充电桩、私人充电桩的电力消耗属于建筑配套设施用电，其碳排放已计入建筑领域的能源消费统计，避免跨系统重复核算。

6.2.5 燃气交通工具产生的碳排放量应以空间边界内销售的所有交通工具燃气产生的碳排放量为核算对象，按下式进行核算：

$$E_{\text{交通, 燃气, CO}_2} = A_{\text{交通, 燃气}} \times EF_{\text{交通燃气}} \quad (6.2.5)$$

式中： $E_{\text{交通, 燃气, CO}_2}$ ——燃气交通工具产生的碳排放量，tCO₂；

$A_{\text{交通, 燃气}}$ ——交通系统加气站点的燃气消耗量，t；

$EF_{\text{交通燃气}}$ ——交通燃气的碳排放因子，tCO₂/t。

【条文说明】交通碳排放核算通常以车辆运行阶段为边界，排除燃料开采、车辆制造等上游环节的

间接排放。该设定符合国际通行方法中对移动源碳排放的界定标准。直接计量交通工具在实际运行中消耗的燃气总量，作为碳排放计算的核心输入参数。直接关联燃料消耗数据，完整反映交通系统运行产生的直接碳排放。而且，燃料消耗数据可通过加油/气记录、智能终端等渠道准确获取，也有助于统一核算口径便于跨时期的碳排放数据对比分析。

6.2.6 氢能交通工具在运行过程产生的碳排放量应为零。生产及运输等其他过程产生的碳排放量不应纳入城区碳排放量的核算范围，可根据实际需求单独核算。

【条文说明】氢燃料电池车辆在运行过程中仅排放水蒸气，无二氧化碳及其他温室气体产生，因此其运行阶段直接碳排放量为 0。这一特性使其区别于燃油车（直接排放）和电动车（间接排放需追溯电力生产端）。根据国际通行的“地理边界+终端排放”核算规则，城区交通碳排放仅统计发生在本行政区域内的直接排放或终端能源消费对应的间接排放。氢能生产（如电解水制氢、天然气重整制氢）通常发生在城区外能源生产部门，其碳排放归属生产端核算，无需纳入城区交通系统责任范围。《2030 年前碳达峰行动方案》要求交通领域重点管控移动源直接排放，氢能交通工具的运行特性完美契合该要求，而其上游碳排放可通过跨部门数据共享实现全局管控。

6.2.7 交通照明产生的碳排放核算量应以照明设施消耗城区外购电力产生的碳排放量为对象，按下式计算：

$$E_{\text{交通,照明,CO}_2} = ZM \times EF_{\text{电力}} \quad (6.2.7)$$

式中： $E_{\text{交通,照明,CO}_2}$ ——交通照明产生的碳排放量，tCO₂；

ZM ——市政照明消耗的外购电量，kWh；

$EF_{\text{电力}}$ ——电力来源地的电网碳排放因子，tCO₂/kWh。

【条文说明】电力消耗属于典型的间接排放源，其碳排放实际产生于发电端的能源转换过程。依据《IPCC 2006 年国家温室气体清单指南》对核算边界的定义，城区交通系统碳排放核算需聚焦于行政辖区内直接可控的排放源，而外购电力对应的排放虽发生于发电企业，但属于城区能源消费活动的间接责任范畴，需纳入核算体系。我国《省级二氧化碳排放达峰行动方案编制指南》明确指出，地方行政区域内化石能源消费产生的 CO₂ 直接排放需独立核算，电力和热力虽为间接排放但仍需单独报送，以符合国家碳达峰路径的统筹管理需求。不同于交通工具燃料燃烧产生的直接排放（需采用燃料消耗量×排放因子），交通照明碳排放属于能源间接排放，其核算需严格区分电力生产端与消费端的责任归属，避免重复计算或漏算。

6.3 碳排放预测

6.3.1 公共燃油交通工具产生的碳排放预测量应按下式进行计算：

$$E_{\text{公共燃油交通,CO}_2}^{\text{预测}} = \sum [(P_{\text{公共交通}} / p_{\text{公共交通}} \times L_{\text{公共交通载客出行}} \times k_{\text{载客公共交通工具}}) + (H_{\text{公共交通}} / h_{\text{公共交通}} \times L_{\text{公共交通载货出行}} \times k_{\text{载货公共交通工具}})] \times j_{\text{公共交通工具}} \times EF_{\text{燃油}} \quad (6.3.1)$$

式中： $E_{\text{公共燃油交通,CO}_2}^{\text{预测}}$ ——公共燃油交通工具产生的碳排放预测量，tCO₂；

$P_{\text{公共交通}}$ ——公共燃油交通工具载客量，人；

$p_{\text{公共交通}}$ ——单辆公共燃油交通工具载客量，人/辆；

$L_{\text{公共交通载客出行}}$ ——公共燃油交通工具规划载客出行距离，km；

$k_{\text{载客公共交通工具}}$ ——载客交通工具单位里程碳排放，tCO₂/km；

$H_{\text{公共交通}}$ ——公共燃油交通工具载货量，t；

$h_{\text{公共交通}}$ ——单辆公共燃油交通工具载货量，t/辆；

$L_{\text{公共交通载货出行}}$ ——公共燃油交通工具规划载货出行距离，km；

$k_{\text{载货公共交通工具}}$ ——公共燃油载货交通工具单位里程耗油量，升/km；

$j_{\text{公共交通工具}}$ ——公共燃油交通工具占比，%；

$EF_{\text{燃油}}$ ——燃油碳排放因子，tCO₂/升。

【条文说明】公共燃油交通工具（如公交车、货运卡车）的碳排放与其运输效率直接相关。同一车辆空载行驶时单位乘客/货物的碳排放显著高于满载状态。载客量或载货量增加会提升车辆单位里程能耗量，但分摊到单个乘客/货物时碳排放强度反而降低。满载公交车能耗系数比空载状态高15%-20%；货运卡车载货量每增加10%，单位里程油耗约上升8%。国家《2030年前碳达峰行动方案》要求区分不同运输场景的碳排放强度，避免采用固定排放系数导致的误差。通过综合载客量、载货量与单位里程能耗量，可构建精细化碳排放预测模型，既满足政策对定量减碳的要求，又为交通运营优化提供数据驱动支持。

6.3.2 非公共燃油交通工具产生的碳排放预测量应按式(6.3.2)进行计算：

$$E_{\text{非公共燃油交通,CO}_2}^{\text{预测}} = \sum [(P_{\text{非公共交通}} / p_{\text{非公共交通}} \times L_{\text{非公共交通载客出行}} \times k_{\text{载客非公共交通工具}}) + (H_{\text{非公共交通}} / h_{\text{非公共交通}} \times L_{\text{非公共交通载货出行}} \times k_{\text{载货非公共交通工具}})] \times j_{\text{非公共交通工具}} \times EF_{\text{燃油}} \quad (6.3.2)$$

式中： $E_{\text{非公共燃油交通,CO}_2}^{\text{预测}}$ ——非公共燃油交通工具产生的碳排放预测量，tCO₂；

$P_{\text{非公共交通}}$ ——非公共燃油交通工具载客量，人；

$p_{\text{非公共交通}}$ ——单辆公共燃油交通工具载客量，人/辆；

$L_{\text{非公共交通载客出行}}$ ——非公共燃油交通工具规划载客出行距离，km；

$k_{\text{载客非公共交通工具}}$ ——载客交通工具单位里程碳排放，tCO₂/km；

$H_{\text{非公共交通}}$ ——非公共燃油交通工具载货量，t；

$h_{\text{非公共交通}}$ ——单辆公共燃油交通工具载货量，t/辆；

$L_{\text{非公共交通载货出行}}$ ——非公共燃油交通工具规划载货出行距离，km；

$k_{\text{载货非公共交通工具}}$ ——非公共燃油载货交通工具单位里程耗油量，升/km；

$j_{\text{非公共交通工具}}$ ——非公共燃油交通工具占比，%；

$EF_{\text{燃油}}$ ——燃油碳排放因子。

【条文说明】在计算城区非公共燃油交通工具碳排放预测量时，综合考虑载客量、载货量与单位里程能耗量是合理的。车辆实际运行中，载客/货量直接影响燃料消耗效率—满载状态下单位里程油耗通常较空载状态增加 15%-30%。通过引入载客/货量参数，可精确量化单位运输服务碳排放强度（如吨公里碳排放量），实现交通效率与排放水平的协同评估。该指标是国际通行的交通碳绩效评价基准，有助于识别载货量波动显著的货运通道，针对性布局新能源充电/换电设施，也可为个人出行碳账户提供精细化核算基准，支撑碳积分兑换场景落地。

6.3.3 电力交通工具产生的碳排放预测量应按下式进行计算：

$$E_{\text{电力交通,CO}_2}^{\text{预测}} = \sum [(P_{\text{电力交通}} / p_{\text{电力交通}} \times L_{\text{电力交通载客出行}} \times k_{\text{载客电力交通工具}}) + (H_{\text{电力交通}} / h_{\text{电力交通}} \times L_{\text{电力交通载货出行}} \times k_{\text{载货电力交通工具}})] \times j_{\text{电力交通工具}} \times (1-\beta) \times EF_{\text{电力}} \quad (6.3.3)$$

式中： $E_{\text{电力交通,CO}_2}^{\text{预测}}$ ——电力交通工具产生的碳排放预测量，tCO₂；

$P_{\text{电力交通}}$ ——电力交通工具载客量，人；

$p_{\text{电力交通}}$ ——单辆电力交通工具载客量，人/辆；

$L_{\text{电力交通载客出行}}$ ——电力交通工具规划载客出行距离，km；

$k_{\text{载客电力交通工具}}$ ——载客电力交通工具单位里程碳排放，tCO₂/km；

$H_{\text{电力交通}}$ ——电力交通工具载货量，t；

$h_{\text{电力交通}}$ ——单辆电力交通工具载货量，t/辆；

$L_{\text{电力交通载货出行}}$ ——电力交通工具规划载货出行距离，km；

$k_{\text{载货电力交通工具}}$ ——电力载货交通工具单位里程耗电量，kWh/km；

$j_{\text{电力交通工具}}$ ——电力交通工具占比，%；

$EF_{\text{电力}}$ ——电力碳排放因子，tCO₂/kWh。

【条文说明】电力交通工具（如电动公交车、新能源货车）的碳排放预测需通过单位运输效率分摊实现精准核算。载客量或载货量直接影响单车碳排放强度，例如满载电动公交车的人均碳排放量仅为空载状态的 1/5。运输效率提升可降低单位乘客/货物的隐含碳排放，需结合实时调度数据动态修正模型。通过整合载客量、载货量与单位里程能耗量参数，电力交通工具的碳排放预测可更精准反

映运输效率和能源利用水平，为制定电动化交通网络优化策略（如动态充电调度、需求响应式线路规划）提供量化支撑。

6.3.4 燃气交通工具产生的碳排放预测量应按下式进行计算：

$$E_{\text{燃气交通,CO}_2}^{\text{预测}} = \sum [(P_{\text{燃气交通}} / p_{\text{燃气交通}} \times L_{\text{燃气交通载客出行}} \times k_{\text{载客燃气交通工具}}) + (H_{\text{燃气交通}} / h_{\text{燃气交通}} \times L_{\text{燃气交通载货出行}} \times k_{\text{载货燃气交通工具}})] \times j_{\text{燃气交通工具}} \times EF_{\text{燃气}} \quad (6.3.4)$$

式中： $E_{\text{燃气交通,CO}_2}^{\text{预测}}$ ——燃气交通工具产生的碳排放预测量，tCO₂；

$P_{\text{燃气交通}}$ ——燃气交通工具载客量，人；

$p_{\text{燃气交通}}$ ——单辆燃气交通工具载客量，人/辆；

$L_{\text{燃气交通载客出行}}$ ——燃气交通工具规划载客出行距离，km；

$k_{\text{载客燃气交通工具}}$ ——载客燃气交通工具单位里程耗气量，t/km；

$H_{\text{燃气交通}}$ ——燃气交通工具载货量，t；

$h_{\text{燃气交通}}$ ——单辆燃气交通工具载货量，t/辆；

$L_{\text{燃气交通载货出行}}$ ——燃气交通工具规划载货出行距离，km；

$k_{\text{载货燃气交通工具}}$ ——燃气载货交通工具单位里程耗电量，kWh/km；

$j_{\text{燃气交通工具}}$ ——燃气交通工具占比，%；

$EF_{\text{燃气}}$ ——燃气碳排放因子，tCO₂/t。

【条文说明】燃气车辆的燃料消耗量与载客/货量呈正相关。研究表明，城市货运车辆载货量每增加1吨，单位里程燃气消耗量提升8%~12%。通过引入载客/货量参数，可动态修正理论能耗值，提升预测精度。通过分析载客/货量时空分布特征，可针对性优化限行政策与新能源车推广策略。载客量关联的碳排放强度指标可作为共享出行碳积分核算依据，激励低碳出行选择。需要注意的是，预测模型需定期结合道路实测数据（如车载排放检测系统 PEMS）进行验证校准，误差应控制在±15%以内。

6.3.5 交通照明产生的碳排放预测量应按下式计算：

$$E_{\text{照明,CO}_2}^{\text{预测}} = S_{\text{交通,照明}} \times zm \times EF_{\text{电力}} \quad (6.3.5)$$

式中： $E_{\text{照明,CO}_2}^{\text{预测}}$ ——交通照明系统产生的碳排放预测量，tCO₂；

$S_{\text{交通,照明}}$ ——交通照明面积，m²；

zm ——单位面积市政照明消耗的电量，kWh/m²；

$EF_{\text{电力}}$ ——当地电网碳排放因子，tCO₂/kWh。

【条文说明】考虑到能耗与排放的直接关联性，交通照明系统的碳排放源于电力消耗，其总量由照

明面积×单位面积能耗量×电网排放因子构成。照明面积反映交通路网规模及设施密度，而单位面积能耗量体现照明技术效率（如 LED 灯具能耗较传统灯具降低 50%以上）。两者结合可定位高排放区域：快速路因连续照明导致单位面积能耗高，而支路因间歇照明可能单位能耗低但总面积大。通过对比不同区域单位面积能耗量，可识别低效照明设施。结合照明面积增长趋势（如新建道路规划）与能耗强度目标，可设定分阶段减排路径。需要补充说明的是，对立体交通系统（如高架桥、地下通道）需额外核算垂直空间照明面积。

7 水系统

7.1 一般规定

7.1.1 水系统产生的碳排放量应包括给水过程产生的碳排放量、水处理产生的碳排放量和热力供水产生的碳排放量，应按下式核算：

$$E_{\text{水系统}, CO_2} = E_{\text{给水}, CO_2} + E_{\text{水处理}, CO_2} + E_{\text{热力供水}, CO_2} \quad (7.1.1)$$

式中： $E_{\text{给水}, CO_2}$ ——给水过程产生的碳排放量，tCO₂；

$E_{\text{水处理}, CO_2}$ ——水处理过程产生的碳排放量，tCO₂；

$E_{\text{热力供水}, CO_2}$ ——热力供水过程产生的碳排放量，tCO₂。

【条文说明】给水系统碳排放主要来源于取水设施（如深井泵站）和输水管网的电力消耗，其中长距离输水能耗占比可达系统总排放的 60%-80%。热力供水系统（如区域供热管网）通过锅炉或热泵加热循环水，其碳排放包括燃料直接燃烧排放、外购热力的间接排放以及输水能耗。其中燃料直接燃烧排放、外购热力在其它系统已经包含，所以只考虑热水输配能耗碳排放。采用分层核算方法，城区水系统碳排放量可精准反映实际能源与资源消耗水平，为优化管网压力调控（如变频泵站改造）、推广低碳药剂（如生物基絮凝剂）提供量化依据。

7.1.2 给水过程产生的碳排放量应以向边界内所有用水末端输配过程的给水动力设施消耗电力产生的碳排放量以及处理给水过程产生的碳排放量为对象。

【条文说明】输配过程电力消耗指向边界内所有用水末端供水时，水泵、加压站等动力设施运行所消耗的电力产生的间接碳排放。此类排放需基于实际用电量与区域电网排放因子计算。处理过程直接与间接排放涵盖水源净化、消毒等处理环节产生的碳排放，包括处理过程中化学药剂反应释放的温室气体（如消毒副产物）、水处理设施能耗（电力、燃气等）对应的碳排放。通过分解输配与处理环节的碳排放占比（如输配占 60%、处理占 35%），有助于识别高耗能设备并制定替换计划。但是，核算边界需严格限定为供水企业实际管控的设施范围，外包运营的二次供水设施需通过协议约定碳排放责任归属。

7.1.3 水处理产生的碳排放量应以处理边界范围内消耗的各类用水产生的碳排放量为对象。

【条文说明】水处理过程的碳排放核算对象应为处理设施物理边界内所有与水质净化直接相关的活动，包括预处理、生化反应、深度处理、污泥处置等全流程。通过明确处理边界内的直接与间接排放源，并针对不同水体类型、工艺路径建立差异化核算模型，水处理过程碳排放量可精准反映实际

环境负荷，为优化工艺能效（如推广厌氧氨氧化技术）、实施碳补偿（如沼气发电）提供科学依据。

7.1.4 热力供水产生的碳排放量应以向计算边界内所有热力用水末端输配过程的动力设施消耗电力产生的碳排放量为对象。

【条文说明】根据法人或独立核算单位的管理范围划定核算边界，确保热力输配设施（如循环泵、换热站）的能耗数据归属清晰，避免跨区域排放责任混淆。例如，某城区供热企业管理的二次管网泵站电力消耗需全部计入其碳排放清单，而外包运营的末端设备则需通过协议明确责任归属。热力供水碳排放的核心对象为输配过程中驱动热媒循环的电力消耗，包括水泵运行、压力调节等环节，排除热源生产（如锅炉燃烧）等非输配相关排放。然而，若热力供水系统同时涉及燃气驱动设备（如燃气锅炉辅助加压），需按能源类型分别核算直接燃烧排放与电力间接排放。

7.1.5 跨区域水系统产生的碳排放量不应纳入计算范围。建筑物内部的供水设施产生的碳排放量也不应纳入计算范围。

【条文说明】城区水系统碳排放核算应以本地运营单位实际控制的设施边界为核算范围，跨区域水系统（如其他行政区管网、水源地取水设施）的碳排放应由对应区域责任主体独立核算，避免因管理权属交叉导致重复计算或统计遗漏。跨区域水系统涉及不同行政区的碳排放配额分配机制，纳入本地核算会破坏碳排放“双控”政策的区域公平性。根据《加快构建碳排放双控制度体系工作方案》，碳排放核算需严格遵循“谁运营、谁负责”原则，强化属地管理责任。通过明确跨区域设施与建筑内部系统的核算边界，城区水系统碳排放核算可精准聚焦于市政公共设施的能源与环境影响，为实施管网漏损控制（降低无效输水电耗）、推广低碳处理工艺（如厌氧氨氧化技术）提供靶向数据支撑。

7.2 碳排放核算

7.2.1 给水过程产生的碳排放核算量应按下式计算：

$$E_{\text{给水},\text{CO}_2} = W \times d_i \times EF_{\text{电力}} \quad (7.2.1)$$

式中： $E_{\text{给水},\text{CO}_2}$ ——给水过程产生的碳排放核算量，tCO₂；

W ——给水输配量，m³；

d_i ——单位给水输配量消耗的城区外调电量，kWh/m³；

$EF_{\text{电力}}$ ——电力来源地的电网碳排放因子，tCO₂/kWh。

【条文说明】给水过程的碳排放核算以输配水量（m³）为核心参数，直接反映系统服务规模与能源消耗总量。输水量越大，泵站运行时长与功率需求同步增加，导致电力消耗总量上升。输配过程中

漏损水量（如老旧管网渗漏）导致的无效能耗需计入核算。通过精准计量输配水量与单位能耗，可识别高碳排环节（如漏损率高区域、低效泵站），为制定管网更新计划（如替换 20 年以上老旧管道）、推广智能调度系统（如水压自适应调控）提供量化支撑。

7.2.2 水处理产生的碳排放核算量应按式(7.2.2)计算：

$$E_{\text{水处理}, CO_2} = L \times EF_{\text{水处理}} \quad (7.2.2)$$

式中： $E_{\text{水处理}, CO_2}$ ——水处理产生的碳排放量，tCO₂；

L ——水处理的总量，m³；

$EF_{\text{水处理}}$ ——水处理的碳排放因子，tCO₂/m³。

【条文说明】污水量是碳排放核算的活动数据（Activity Data），直接反映处理规模与工艺负荷。可以通过进水管道超声波流量计实时记录实际处理量，避免设计规模与运行负荷偏差导致的核算误差，结合管网漏损率调整实际进入处理厂的污水量，确保核算边界完整性。污水处理排放因子表征单位污水量处理过程中产生的温室气体量，需优先采用区域实测数据或国家指南推荐值（如《省级温室气体清单编制指南》），避免直接套用 IPCC 国际参数导致核算偏差。需要注意，核算时需区分生活污水与工业废水排放因子差异，工业废水可能含特殊污染物需采用针对性因子。

7.2.3 热力供水产生的碳排放核算量应按式(7.2.3)计算：

$$E_{\text{热力供水}, CO_2} = W_{\text{热力}} \times d_{\text{热力}} \times EF_{\text{电力}} \quad (7.2.3)$$

式中： $E_{\text{热力供水}, CO_2}$ ——热力供水产生的碳排放量，tCO₂；

$W_{\text{热力}}$ ——热力供水输配量，m³；

$d_{\text{热力}, i}$ ——输配单位热力水量消耗的外调电量，kWh/m³；

$EF_{\text{电力}}$ ——电力来源地的电网碳排放因子，tCO₂/kWh。

【条文说明】热力供水过程碳排放核算需限定在市政热网与集中供热设施的直接控制范围，包括热源厂（如锅炉房、余热回收站）、输配管网及热力站等公共设施，排除建筑内部末端供热设备（如户内循环泵）的排放。输配热量反映热力系统的服务规模与能源需求总量，直接影响泵站运行时长和能耗。输水量越大，管网循环泵、补水泵的电耗与热能损失同步增加。同时，热水泄漏（如老旧管网渗漏）会导致无效热能损失，需通过漏损率修正实际有效输水量。通过精准量化输配热量与单位耗电量，可识别高碳排节点（如高漏损率管网段、低效循环泵），为实施管网改造（如更换 30 年以上老旧保温管道）、推广分布式热泵技术提供数据支撑。

7.3 碳排放预测

7.3.1 给水过程的碳排放预测量应按下式计算：

$$E_{\text{给水,CO}_2}^{\text{预测}} = S \times y \times [(1 - h_{\text{雨水}} - h_{\text{中水}} - h_{\text{污水}}) \times d + (h_{\text{雨水}} \times d_{\text{雨水}} + h_{\text{中水}} \times d_{\text{中水}} + h_{\text{污水}} \times d_{\text{污水}})] \times (1 - \beta) \times EF_{\text{电力}} \quad (7.3.1)$$

式中： $E_{\text{给水,CO}_2}^{\text{预测}}$ ——给水过程的碳排放预测量，tCO₂；

S ——常住人口，人；

y_i ——人均用水量，m³/人；

$h_{\text{雨水}}$ ——雨水回用率，%

$h_{\text{中水}}$ ——中水回用率，%

$h_{\text{污水}}$ ——污水回用率，%

d ——输配单位给水量消耗的外调电量，kWh/m³；

$d_{\text{雨水}}$ ——输配单位雨水量消耗的外调电量，kWh/m³；

$d_{\text{中水}}$ ——输配单位中水量消耗的外调电量，kWh/m³；

$d_{\text{污水}}$ ——输配单位污水量消耗的外调电量，kWh/m³；

β ——绿电利用百分比；

$EF_{\text{电力}}$ ——电力来源地的电网碳排放因子，tCO₂/kWh。

【条文说明】在计算城区水系统（尤其是给水过程）的碳排放时，雨水回用率、污水回用率和中水回用率（再生水回用率）是核心参数，其作用主要体现在减少传统水源依赖、优化处理能耗和降低输配碳足迹三个方面。雨水通过自然渗透或简单处理后回用（如绿化、冲厕），无需传统水厂的复杂处理流程（混凝、过滤、消毒等），可降低单位水量的处理能耗；雨水回用减少了市政管网对地表水/地下水的抽取需求，降低长距离输水泵站的能耗。尽管污水再生处理（如MBR膜、臭氧消毒）的单位能耗较高（约0.4-0.6 kWh/m³），但其替代的是需长距离输送或高能耗的传统水源。当雨水、污水、中水回用率提升时，传统水厂的处理规模可缩减，避免低负荷运行造成的能源浪费。雨水、污水、中水回用率通过减少高碳水源需求和优化系统运行效率双重路径降低碳排放，其核算需结合区域水文条件、处理工艺和输配能耗动态调整。未来城区水系统需通过水源结构低碳化和管网智慧化调控实现深度脱碳。

7.3.2 水处理产生的碳排放预测量应按下式计算：

$$E_{\text{水处理,CO}_2}^{\text{预测}} = S \times [y + f \times (1 - h_{\text{污水}})] \times EF_{\text{水处理}} \quad (7.3.2)$$

式中： $E_{\text{水处理,CO}_2}^{\text{预测}}$ ——水处理的碳排放预测量，tCO₂；

S ——常住人口，人；

y ——人均用水量， $\text{m}^3/\text{人}$ ；

f ——人均污水产生量， $\text{m}^3/\text{人}$ 。

$h_{\text{污水}}$ ——污水回用率，%

$EF_{\text{水处理}}$ ——水处理的碳排放因子， tCO_2/m^3 。

【条文说明】常住人口与人均用水量是计算城区总用水量的核心参数，直接影响水处理工艺规模与能耗需求，避免因人口动态变化导致用水量低估或高估，影响碳排放预测精度。人均用水量反映区域用水强度和节水潜力，优化预测模型，可参考《城市居民生活用水量标准》（GB/T 50331）基准值，结合本地节水政策与用水习惯调整（如超大城市下浮 5%-10%）。要注意，需区分生活污水与工业废水人均产污系数差异，工业废水需单独核算并叠加至总预测值。

7.3.3 热力供水产生的碳排放量应按下式计算：

$$E_{\text{热力供水,CO}_2}^{\text{预测}} = S \times r \times d_{\text{热水}} \times (1 - \beta) \times EF_{\text{电}} \quad (7.3.3)$$

式中： $E_{\text{热力供水,CO}_2}^{\text{预测}}$ ——热力供水过程的碳排放预测量， tCO_2 ；

S ——常住人口，人；

r ——人均热力供水需求量， m^3 ；

$d_{\text{热水}}$ ——输配单位热力水量消耗的外调电量， kWh/m^3 ；

β ——绿电利用百分比；

$EF_{\text{电}}$ ——电力来源地的电网碳排放因子， tCO_2/kWh 。

【条文说明】热力供水过程的碳排放预测需结合需求侧基数与能源结构优化，常住人口、人均热力供水需求量、绿电利用系数三者分别对应服务规模量化、单耗强度基准和清洁能源替代潜力。常住人口规模决定热力供水系统的服务基数，直接影响供热总量。住人口分布密度影响热网布局与输送能耗。高密度区域可通过集中供热降低单位碳排放，而分散区域可能依赖分布式热源（如燃气锅炉），碳排放强度差异显著。通过耦合人口规模、能效基准与绿电替代参数，可精准评估热力供水系统的碳减排路径，并为差异化政策（如人口密集区优先推广余热回收、高绿电区域试点全电供热）提供量化支撑。

8 固废系统

8.1 一般规定

8.1.1 固废系统产生的碳排放量应包括固体废弃物焚烧产生的碳排放量和固体废弃物填埋/堆肥产生的碳排放量，按下式计算：

$$E_{\text{固废系统},\text{CO}_2} = E_{\text{固体废弃物焚烧},\text{CO}_2} + E_{\text{固体废弃物填埋堆肥},\text{CO}_2} \quad (8.1.1)$$

式中： $E_{\text{固废系统},\text{CO}_2}$ ——固废系统产生的碳排放量，tCO₂；

$E_{\text{固体废弃物焚烧},\text{CO}_2}$ ——固体废弃物焚烧产生的碳排放量，tCO₂；

$E_{\text{固体废弃物填埋堆肥},\text{CO}_2}$ ——固体废弃物填埋/堆肥产生的碳排放量，tCO₂。

【条文说明】城区固废系统碳排放核算需涵盖焚烧与填埋两大核心处理环节的直接排放，因其分别对应化石碳氧化和有机物厌氧分解的温室气体释放机制。焚烧碳排放的直接排放主体为垃圾焚烧过程中含化石碳成分（如塑料、橡胶）的燃烧释放 CO₂，属于不可再生碳源排放，需全额计入碳排放总量；核算范围包括焚烧烟气中 CO₂ 的直接排放（范围 1）及辅助燃料燃烧（如天然气助燃）的间接排放（范围 2）。填埋碳排放主要是甲烷主导释放，填埋场有机废弃物（如厨余、纸张）在厌氧条件下分解产生 CH₄，其全球增温潜势（GWP）是 CO₂ 的 28-36 倍（以 100 年计），需通过排放因子转换为 CO₂ 当量。填埋气（CH₄ 和 CO₂ 混合物）排放周期可达数十年，需基于降解模型分阶段核算。

8.1.2 固体废弃物焚烧产生的碳排放量应包括边界内产生的固体废弃物在焚烧过程中产生的碳排放量以及焚烧过程消耗辅助燃料产生的碳排放量。

【条文说明】废弃物处理过程直接碳排放主要包括废弃物中化石碳（如塑料、合成纤维）燃烧释放的 CO₂ 及不完全燃烧产生的 CH₄、N₂O 等非 CO₂ 温室气体。核算时需基于废弃物组分实测数据，区分生物物质碳（如厨余垃圾）与化石碳（如塑料），仅后者计入碳排放总量。焚烧厂为维持炉温或处理低热值垃圾需添加天然气、柴油等辅助燃料，其燃烧产生的 CO₂ 需按燃料类型对应的排放因子计算。若焚烧厂协同处理工业固废（如含氯塑料），需额外核算二噁英等污染物影响，并采用更高排放因子。

8.1.3 固体废弃物填埋/堆肥产生的碳排放量应包括边界内产生的固体废弃物在填埋/堆肥过程中产生的碳排放量。

【条文说明】计算固体废弃物填埋碳排放时，需明确填埋过程直接排放的范畴与时间空间边界，确保核算覆盖填埋全周期内的有机质降解与温室气体释放机制。填埋场边界内产生的固废在填埋过程中，因有机质厌氧分解释放的甲烷和二氧化碳，需全部计入碳排放总量。当年填埋的垃圾会持续降

解数十年，需基于一阶衰减模型（FOD）分阶段核算历史填埋量的累计排放。在核算时，仅核算填埋场物理边界内的废弃物处理活动，包括填埋作业区覆盖的垃圾堆体、填埋气主动收集管网覆盖范围。排除外包运输、渗滤液外处理等边界外活动的碳排放（由其他责任主体核算）。若填埋气被收集并用于发电或提纯，其替代化石能源的减排效益需单独计算，不与填埋直接排放抵消。通过精准界定填埋碳排放的时空边界与核算参数，可支撑固废系统低碳转型决策，避免因边界模糊导致的碳泄漏或减排效益高估。

8.1.4 回收利用的固体废弃物不应纳入计算范围。不在本地进行处理的固废系统产生的碳排放量也不应纳入计算范围。

【条文说明】回收利用的固体废弃物通过再生加工替代原生材料生产，其减排效益已体现在资源开采与制造环节的碳排放削减中。例如，废塑料再生利用可减少石油开采与塑料生产环节的碳排放，这一贡献应归属于再生资源产业而非固废处理系统。若重复计算回收过程的碳排放，将导致减排量“双重抵扣”，违背碳核算的“唯一归属”原则。回收利用属于废弃物循环利用链条中的资源再生环节，而固废处理系统的碳排放核算边界应限于收集、运输、处理（焚烧/填埋）等直接活动。例如，废电池回收后交由专业企业再生，其后续加工能耗与排放应由再生企业承担，而非原始固废管理系统。若固废循环利用项目涉及碳普惠或碳交易（如废塑料化学再生制燃料），其碳抵消量需通过独立方法学核定，避免与固废系统基础核算冲突。

8.2 碳排放核算

8.2.1 固体废弃物焚烧产生的碳排放核算量应按下列式计算：

$$E_{\text{固体废弃物处理, CO}_2} = E_{\text{垃圾焚烧, CO}_2} + E_{\text{燃料, CO}_2} \quad (8.2.1)$$

式中： $E_{\text{固体废弃物焚烧, CO}_2}$ ——固体废弃物焚烧产生的碳排放量，tCO₂；

$E_{\text{垃圾焚烧, CO}_2}$ ——固体废弃物焚烧过程产生的碳排放量，tCO₂；

$E_{\text{燃料, CO}_2}$ ——消耗辅助化石燃料产生的碳排放量，tCO₂。

【条文说明】固体废弃物焚烧产生的碳排放核算需同时覆盖直接燃烧排放（垃圾自身成分氧化）和辅助燃料排放（维持焚烧工艺的能源消耗），两者共同构成焚烧环节的完整碳足迹。垃圾焚烧过程中化石碳成分（如塑料、橡胶等石油基材料）完全氧化释放 CO₂，属于不可再生碳源排放，需全额计入排放。焚烧炉需通过外部能源（如天然气、柴油）维持高温环境（通常≥850℃），其燃烧产生的 CO₂ 也需全额计入排放。通过同时核算燃烧过程与辅助燃料排放，可全面评估焚烧技术的碳影响，为城区固废系统低碳转型提供科学依据。

8.2.2 固体废弃物焚烧过程产生的碳排放核算量应按下列式计算：

$$E_{\text{垃圾焚烧,CO}_2} = M \times FCF \times CF \times OF \times \frac{44}{12} \quad (8.2.2)$$

式中：
 M ——废弃物焚烧量，t；
 FCF ——废弃物中矿物碳比例；
 CF ——废弃物中的碳含量；
 OF ——氧化因子，可取缺省值 0.95；
 $\frac{44}{12}$ ——碳转化系数。

【条文说明】废弃物中源自化石燃料的碳（如塑料、合成橡胶）称为矿物碳，其燃烧释放的 CO_2 属于净新增碳排放，需全额计入核算范围；而生物质碳（如厨余垃圾、木制品）燃烧产生的 CO_2 被视为“碳中和”，通常不计入碳排放总量。废弃物碳含量指单位质量废弃物中总碳的质量占比，直接影响潜在碳排放量上限。通过实验室检测或行业平均值确定，例如生活垃圾平均碳含量约为 20%~30%。碳转化系数表征废弃物中碳在焚烧过程中实际转化为 CO_2 的比例，受燃烧效率、温度及烟气处理技术影响。理想条件下（完全燃烧）系数为 1.0，但实际运行中因不完全燃烧可能降至 0.9~0.95，并伴随 CH_4 、 N_2O 等非 CO_2 温室气体排放。

8.2.3 消耗辅助燃烧能源产生的碳排放核算量应按下列式计算：

$$E_{\text{垃圾焚烧,燃料,CO}_2} = \sum_i AD_{\text{垃圾焚烧,燃料},i} \times EF_{\text{燃料},i} \quad (8.2.3)$$

式中： $E_{\text{垃圾焚烧,燃料,CO}_2}$ ——废弃物焚烧消耗辅助燃料产生的碳排放量， tCO_2 ；

$AD_{\text{垃圾焚烧,燃料},i}$ ——第 i 种辅助燃料的消耗量，计量单位；

$EF_{\text{燃料},i}$ ——第 i 种能源碳排放因子， $\text{tCO}_2/\text{计量单位}$ 。

【条文说明】辅助燃烧能源碳排放指维持固废焚烧工艺所需的外部燃料消耗（如天然气、柴油等）产生的温室气体排放，其核算需结合能源类型、消耗量及排放因子。辅助燃料主要用于焚烧炉点火启动、维持高温（ $\geq 850^\circ\text{C}$ 以确保二噁英分解）及烟气再加热等环节，其碳排放需单独计入固废系统总排放中。排放因子优先采用实测值（如燃料供应商提供的含碳量数据）；若无实测条件，参考《IPCC 清单指南》或国家缺省值。通过精准核算辅助燃料碳排放并实施低碳替代，可有效降低固废处理系统的碳足迹强度。

8.2.4 固体废弃物填埋/堆肥产生的碳排放核算量应按下列式计算：

$$E_{\text{垃圾填埋,CO}_2} = \sum MSW_i \times EF_{\text{垃圾填埋堆肥},i} - R_i \quad (8.2.4)$$

式中： MSW_i ——第 i 种类型固体废弃物填埋处理量，t；

$EF_{\text{垃圾填埋堆肥},i}$ ——第 i 种类型固体废弃物填埋/堆肥的碳排放因子， tCO_2/t ；

R_i ——二氧化碳回收量，tCO₂。

【条文说明】固体废弃物填埋的碳排放核算需综合填埋处理量、填埋二氧化碳因子和二氧化碳回收量。填埋处理量表征填埋场实际接收的固体废弃物总量，是碳排放量化基础。需通过垃圾进场记录或地磅数据统计，避免估算误差；若填埋场接收跨区域垃圾，需按来源区分责任归属（如外运垃圾仅核算本地处理环节）。填埋二氧化碳因子反映单位质量废弃物在填埋过程中释放的二氧化碳当量，与废弃物组分及降解特性相关。填埋气体（LFG）收集与利用系统捕获的温室气体量，可直接抵消碳排放。

8.3 碳排放预测

8.3.1 固体废弃物焚烧过程产生的碳排放预测量应按下式计算：

$$E_{\text{垃圾焚烧}, \text{CO}_2}^{\text{预测}} = S \times w \times (1 - r_{\text{垃圾}}) \times b_{\text{垃圾}} \times EF_{\text{垃圾焚烧}} \times (1 - c_{\text{垃圾焚烧}}) \quad (8.3.1)$$

式中： $E_{\text{垃圾焚烧}, \text{CO}_2}^{\text{预测}}$ ——固体废弃物焚烧产生的碳排放预测量，tCO₂；

S ——常住人口，人；

w ——人均垃圾产生量，t；

$r_{\text{垃圾}}$ ——垃圾回收利用率，%；

$b_{\text{垃圾}}$ ——垃圾焚烧率，%；

$EF_{\text{垃圾焚烧}}$ ——垃圾焚烧碳排放因子，tCO₂/t；

$c_{\text{垃圾焚烧}}$ ——垃圾发电减碳系数，取 0.2 或根据本地实际情况计算。

【条文说明】在预测固体废弃物焚烧碳排放量时，常住人口、人均垃圾产生量及回收利用率是构建预测框架的核心参数，直接影响垃圾处理量、焚烧规模及碳释放强度。人均垃圾产量与经济发展水平、消费习惯强相关，如一线城市人均日产量可达 1.5t，而三四线城市可能低于 0.8t。需结合历史数据或区域统计年鉴校准参数。垃圾回收利用率可提高回收率（如塑料、纸张分类回收）可直接减少焚烧处理量，从而降低碳排放基数；回收材料替代原生资源生产（如再生塑料替代新塑料），可减少全生命周期碳排放。通过耦合人口动态、回收政策与焚烧工艺参数，可精准预测城区固废系统碳排放趋势，为制定“控量降碳”目标提供量化支撑。

8.3.2 消耗辅助燃烧能源产生的碳排放预测量应按下式计算：

$$E_{\text{垃圾焚烧}, \text{燃料}, \text{CO}_2}^{\text{预测}} = S \times w \times F_{\text{垃圾焚烧}, i} \times EF_{\text{fuel}, i} \times (1 - c_{\text{垃圾焚烧}}) \quad (8.3.2)$$

式中： $E_{\text{垃圾焚烧}, \text{燃料}, \text{CO}_2}^{\text{预测}}$ ——废弃物焚烧消耗辅助燃料产生的碳排放量，tCO₂；

w ——人均垃圾产生量，t；

$r_{\text{垃圾}}$ ——垃圾回收利用率，%；

$b_{\text{垃圾}}$ ——垃圾焚烧率，%；

$EF_{\text{垃圾焚烧}}$ ——垃圾焚烧碳排放因子，tCO₂/t；

$F_{\text{垃圾焚烧},i}$ ——焚烧单位垃圾的消耗的第*i*类辅助化石能源量，计量单位；

$EF_{\text{fuel},i}$ ——第*i*类化石能源碳排放因子，tCO₂/计量单位；

$c_{\text{垃圾焚烧}}$ ——垃圾发电减碳系数，取 0.2 或根据本地实际情况计算。

【条文说明】预测辅助燃烧能源碳排放时需综合人均垃圾产生量、垃圾回收利用率、垃圾焚烧率和垃圾焚烧碳排放因子，以精确反映城区固废系统处理效率与能源消耗的关联性。人均垃圾产生量决定城区垃圾总量基数，直接影响焚烧处理需求，可通过人口普查与生活垃圾清运量统计关联推算，需结合季节性波动修正（如节假日垃圾增量）。回收率提升可减少进入焚烧环节的垃圾量，间接降低辅助能源消耗，需区分可回收物类型：高价值材料（如金属）回收率高，而低值塑料回收率低，需针对性调整核算权重。焚烧率越高，辅助能源消耗总量越大；但焚烧工艺优化（如提高炉温）可降低单位垃圾的辅助能源需求。焚烧率需基于实际处理能力与垃圾热值调整，高热值垃圾（如塑料占比高）可减少辅助燃料用量。垃圾焚烧碳排放因子包含辅助燃料（如天然气、柴油）的碳排放系数，需按燃料类型与消耗量分项核算。

8.3.3 固体废弃物填埋/堆肥产生的碳排放预测测量应按式计算：

$$E_{\text{固体废弃物填埋堆肥},\text{CO}_2}^{\text{预测}} = S \times w \times [(1 - r_{\text{垃圾}}) \times t_{\text{垃圾}} \times EF_{\text{垃圾填埋堆肥}}] \quad (8.3.3)$$

式中： $E_{\text{固体废弃物填埋},\text{CO}_2}^{\text{预测}}$ ——固体废弃物填埋产生的碳排放预测测量，tCO₂；

$t_{\text{垃圾}}$ ——垃圾填埋/堆肥率，%；

$EF_{\text{垃圾填埋堆肥}}$ ——垃圾填埋/堆肥碳排放因子，tCO₂/t。

【条文说明】在预测固体废弃物填埋产生的碳排放时，填埋率与填埋碳排放因子是核心参数，直接影响垃圾填埋量及碳释放强度。填埋率指垃圾最终进入填埋场的比例，填埋率降低可减少直接碳排放基数。随着“无废城市”建设推进，部分城市通过强制分类和焚烧替代填埋，填埋率已降至 20% 以下，显著降低碳排放压力。填埋碳排放因子表示每吨垃圾填埋产生的 CO₂ 当量（考虑甲烷转化效应），其计算需整合甲烷生成潜力和填埋气收集效率。通过精准量化填埋率与碳排放因子的耦合作用，可为城区固废系统碳足迹评估提供科学支撑，并引导低碳管理策略制定。

9 碳汇系统

9.1 一般规定

9.1.1 碳汇系统应包括湿地碳汇和绿地碳汇，按下式计算：

$$C_{\text{碳汇系统}, CO_2} = C_{\text{湿地碳汇}, CO_2} + C_{\text{绿地碳汇}, CO_2} \quad (9.1.1)$$

式中： $C_{\text{碳汇系统}, CO_2}$ ——碳汇系统的碳吸收量，tCO₂；

$C_{\text{湿地碳汇}, CO_2}$ ——湿地碳汇的碳吸收量，tCO₂；

$C_{\text{草地碳汇}, CO_2}$ ——绿地碳汇的碳吸收量，tCO₂。

【条文说明】在计算城区碳汇时，湿地与草地生态碳汇是核心组成部分，其固碳机制与功能互补性决定了二者缺一不可。湿地生态系统通过植物光合作用吸收二氧化碳，并将有机碳长期封存于土壤（沉积物）中。其单位面积碳储量远高于森林、草地等其他陆地生态系统。湿地厌氧环境抑制微生物分解，使得有机碳分解速率仅为森林土壤的 1/10，长期保存能力突出。退化湿地（如若尔盖湿地退化为草地）会导致土壤有机碳损失约 4 吨/公顷。草地作为陆地生态系统的重要组成部分，覆盖面积约占全球陆地面积的 40%，其固碳总量虽低于森林，但通过广域分布形成规模碳汇效应。通过系统纳入湿地与草地生态碳汇，可全面反映城区碳汇的真实潜力，并为生态修复与低碳规划提供科学依据。

9.1.2 湿地碳汇应包括自然或人工形成的、常年或季节性积水地带或水域碳汇。绿色碳汇应包括公园绿地碳汇、防护绿地碳汇、广场绿地碳汇和附属绿地碳汇等。

【条文说明】湿地是指具有显著生态功能的自然或人工形成的、常年或季节性积水的地带、水域，包括低潮时水深不超过 6 米的海域（水田及养殖用人工水域和滩涂除外）。这一定义源自《中华人民共和国湿地保护法》（2022 年施行）和《湿地公约》的国际共识，强调湿地的过渡性特征——介于陆地与水域之间的独特生态系统。城市绿地是指以自然植被和人工植被为主要存在形态的城市用地。它包含两个层次的内容：一是城市建设用地范围内用于绿化的土地；二是城市建设用地之外，对城市生态、景观和居民休闲生活具有积极作用、绿化环境较好的区域。

9.1.3 城区碳汇系统不应包括农田碳汇和森林碳汇。

【条文说明】城区碳汇核算聚焦于“人工管理边界内的绿地”，要求主体具备明确的法人权属证明（如不动产权证、市政管理协议）。农田通常属于农业用地，其管理主体多为农户或农业合作社，碳汇权益归属分散且缺乏统一核算体系，不符合城区碳汇的法人主体要求。森林碳汇多涉及自然林地或生态保护区，其权属通常归属国家或集体，管理主体为林业部门，与城区行政管理边界不重

叠。农田碳汇核算需考虑作物轮作、施肥等农业活动对土壤碳库的动态影响，方法学复杂且数据获取难度高（如需长期监测土壤有机碳含量）；森林碳汇侧重自然生长过程的固碳能力评估（如光合作用固碳量），需采用卫星遥感、激光雷达等技术监测，与城区人工绿地的碳汇计量标准不兼容。农田碳汇被纳入农业减排范畴，需通过“耕地保护与质量提升行动”专项管理，与城区碳汇的市政减排目标分属不同政策框架；森林碳汇归属生态系统碳汇总量，用于抵消区域工业碳排放，而城区碳汇主要用于抵消城市交通、建筑等领域的直接排放，两者在碳交易市场中的抵消范围严格区分。

9.1.4 城区碳汇系统的碳吸收量宜采用碳汇系数法进行计算。也可采用其他合适的方法进行计算。

【条文说明】在城区碳汇计算中，生态碳汇系统的碳吸收量推荐采用碳汇系数法，同时允许结合其他方法以提高精度或适应特定场景。这一原则的合理性源于不同方法的互补性与适用性差异。碳汇系数法通过预设单位面积或单位生物量的碳吸收系数（如吨碳/公顷·年）估算碳汇量，可对城区大范围绿地、湿地等生态系统的碳汇能力进行初步评估；也可在缺乏详细监测数据时，通过标准化参数完成基线测算。碳汇系数法需依赖区域化参数（如深圳市规范中城市森林碳汇系数取值），若本地数据库缺失，需通过实测或模型校准补充。通过灵活选择碳汇系数法与其他方法，可在效率与精度间取得平衡，为城区碳汇管理提供可靠的数据支撑。

9.2 碳汇核算

9.2.1 湿地碳汇的碳吸收核算量应按下式计算：

$$C_{\text{湿地碳汇}} = D_{\text{湿地碳汇}} \times a_{\text{湿地碳汇}} \quad (9.2.1)$$

式中： $C_{\text{湿地碳汇}}$ ——湿地碳汇的碳吸收核算量，tCO₂；

$D_{\text{湿地碳汇}}$ ——湿地碳汇空间用地面积，m²；

$a_{\text{湿地碳汇}}$ ——湿地碳汇减碳系数，tCO₂/m²。

【条文说明】在计算城区湿地生态碳汇时，空间用地面积与减碳系数是核心核算参数，二者共同构建了碳吸收量的量化框架。湿地面积直接决定碳封存潜力，湿地单位面积碳储量可达森林的3~5倍。面积数据需精确到功能湿地边界（如泥炭层分布范围、植被覆盖区），避免将非碳汇区域（硬化驳岸、建筑设施）纳入计算。通过精准测算用地面积与科学校准减碳系数，可显著提升城区湿地碳汇核算的可靠性与政策应用价值。

9.2.2 绿地碳汇的碳吸收核算量应按下式计算：

$$C_{\text{绿地碳汇}} = D_{\text{绿地碳汇}} \times \beta_{\text{绿地碳汇}} \quad (9.2.2)$$

式中： $C_{\text{绿地碳汇}}$ ——绿地碳汇的碳吸收核算量，tCO₂；

$D_{\text{绿地碳汇}}$ ——绿地碳汇空间用地面积， m^2 ；

$\beta_{\text{绿地碳汇}}$ ——绿地碳汇减碳系数， tCO_2/m^2 。

【条文说明】草地生态碳汇的碳吸收核算需综合空间用地面积与减碳系数，二者共同构成碳汇量化的核心参数体系。草地碳汇总量直接受有效面积影响，需精准界定功能性草地边界（如自然草坪、人工绿化带），排除硬化地表或建筑设施占地；草地面积动态变化（如退草还林或修复工程）需通过遥感技术周期性更新。碳系数表征单位面积草地年均净碳吸收能力，包括植被固碳速率和土壤固碳封存能力。通过精准界定草地空间用地面积并科学校准减碳系数，可显著提升城区碳汇核算的准确性与政策应用价值。

9.3 碳汇预测

9.3.1 湿地碳汇的碳吸收预测量应按下式计算：

$$C_{\text{湿地碳汇}}^{\text{预测}} = D_{\text{湿地碳汇, 规划}} \times a_{\text{湿地碳汇}} \quad (9.3.1)$$

式中： $C_{\text{湿地碳汇}}^{\text{预测}}$ ——湿地碳汇的碳吸收预测量， tCO_2 ；

$D_{\text{湿地碳汇, 规划}}$ ——湿地碳汇空间用地的规划面积， m^2 ；

$a_{\text{湿地碳汇}}$ ——湿地碳汇减碳系数， tCO_2/m^2 。

【条文说明】在城区湿地生态碳汇的碳吸收预测中，空间用地规划面积与减碳系数是核心参数，二者共同构建了碳汇潜力的测算框架。湿地规划面积直接决定碳封存上限，有效湿地面积需排除硬化设施（如堤岸固化区、建筑侵占区），仅预测具有碳汇功能的区域（如芦苇带、泥炭层分布区）；规划面积需考虑未来土地利用变化（如退耕还湿、修复工程新增面积）。减碳系数反映单位面积湿地的年均净碳吸收能力，其构成包括植被固碳速率（如植被光合固碳速率）和土壤固碳封存能力（抑制有机质分解，提升碳封存稳定性）。通过精准划定规划面积并动态校准减碳系数，可增强城区湿地碳汇预测的科学性，为碳中和目标下的土地利用优化提供决策支撑。

9.3.2 绿地碳汇的碳吸收预测量应按下式计算：

$$C_{\text{绿地碳汇}}^{\text{预测}} = D_{\text{绿地碳汇, 规划}} \times a_{\text{绿地碳汇}} \quad (9.3.2)$$

式中： $C_{\text{绿地碳汇}}^{\text{预测}}$ ——绿地碳汇的碳吸收预测量， tCO_2 ；

$D_{\text{绿地碳汇, 规划}}$ ——绿地碳汇空间用地的规划面积， m^2 ；

$a_{\text{绿地碳汇}}$ ——绿地碳汇减碳系数， tCO_2/m^2 。

【条文说明】草地生态碳汇的碳吸收预测需基于空间用地规划面积与减碳系数两大核心参数。草地碳汇总量受规划面积直接影响，需明确功能性草地边界（如自然草坪、人工绿化带），剔除无效硬化

地表（道路、建筑设施）；规划面积应包含未来新增修复区域（如退耕还草地块）的动态调整，并通过遥感技术定期更新数据。草地碳库中土壤有机碳占比达 90%以上，根系生物量贡献超 50%；退化草地（如过度放牧区）土壤碳储量可能比原生草地低 30%-50%，需通过规划修复提升有效面积。减碳系数表征单位面积草地的年均净碳吸收能力，其构成包括植被固碳速率和土壤固碳封存能力。通过精准划定规划面积并动态校准减碳系数，可提升城区草地碳汇预测的科学性与政策应用价值，为碳中和目标下的土地利用优化提供决策依据。

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”。