中国工程建设标准化协会团体标准

**T/CECS** XXXX**—**202X

水泥基材料碳汇核算方法

Accounting method for carbon sequestration of cement-based materials

（**征求意见稿）**

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX - XX实施

中国工程建设标准化协会 发布

目次

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本规定 1

5 核算边界 2

6 混凝土碳汇核算 2

7 砂浆碳汇核算 4

附 录 A 混凝土碳化深度检测方法 5

1. 前言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件按中国工程建设标准化协会《关于印发<2023年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2023〕10号）的要求制定。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国工程建设标准化协会混凝土结构专业委员会归口。

本文件负责起草单位：

本文件参加起草单位：

本文件主要起草人：

本文件审查人：

水泥基材料碳汇核算方法

* 1. 范围

本标准规定了水泥基材料碳汇核算的术语和定义、基本规定、核算边界、混凝土碳汇核算和砂浆碳汇核算。

本标准适用于普通混凝土和砂浆的全生命周期碳汇核算。

* 1. 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 50784-2013 混凝土结构现场检测技术标准

* 1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

* + 1. 碳汇核算边界 Building operating carbon emission boundary

不同阶段碳汇核算时所要明确的时间核算边界和空间核算边界。

* + 1. 全生命周期混凝土碳汇核算 Full life carbon sequestration accounting for concrete

在建筑运行阶段、拆除及再利用阶段混凝土因为碳化产生的二氧化碳吸收量的核查计算活动。

* + 1. 混凝土碳化 concrete carbonation

大气中的二氧化碳与混凝土中强氧化钙等碱性物质反应并固化在混凝土中的过程。

* + 1. 普通混凝土 ordinary concrete

干表观密度为2000 ~ 2800kg/m3的混凝土。

* + 1. 部分碳化区 partial carbonization zone

混凝土中pH在9 ~ 12.5范围的部分。

* 1. 基本规定
		1. 混凝土核算范围

混凝土碳汇核算范围仅包括普通混凝土。

* + 1. 建筑全生命周期碳汇核算

建筑全生命周期碳汇核算包括混凝土碳汇核算与砂浆碳汇核算，混凝土碳汇核算应对使用阶段、拆除再利用阶段分别进行碳汇核算，将全部水泥砂浆视为完全碳汇进行碳汇核算。

* + 1. 碳化区

建筑使用阶段碳汇核算应分别进行完全碳化区域碳汇核算、部分碳化区碳汇核算。

* + 1. 数据准确性

在对建筑进行碳汇核算前应对建筑的尺寸、建造使用的原材料进行信息采集工，保证数据的准确性。

* 1. 核算边界
		1. 碳汇核算对象

混凝土碳汇核算应以单栋建筑或建筑群中普通混凝土构件为核算对象，处于不同暴露条件的构件表面应分别进行核算；水泥砂浆碳汇核算应以使用的全部砂浆作为核算对象。

* + 1. 碳汇核算物理边界

建筑运行碳汇核算应以建筑或建筑群的竣工图建筑红线为核算物理边界。

* + 1. 混凝土碳汇核算时间边界

建筑使用阶段混凝土最大碳汇时间应以碳化深度与混凝土的钢筋保护层相等所对应的时间作为最大核算时间边界。

* + 1. 砂浆碳汇核算时间边界

早期水泥砂浆碳化计算视为低强度混凝土计算，计算时以砂浆的厚度作为最大碳化深度，在此后时间内碳汇量不再增加。

* 1. 混凝土碳汇核算
		1. 混凝土碳化深度检测

6.1.1 混凝土完全碳化区深度计算

6.1.1.1 在建筑使用阶段，随着时间的增加，混凝土的碳化深度增大，碳化深度的平方与时间成正比的关系，这种关系的比例主要与混凝土成分，所处环境的温度、湿度、二氧化碳浓度，以及表面处理方式等多种因素有关。

6.1.1.2 利用已有碳化模型，按照如下方法计算完全碳化区深度：

1） 测定构件混凝土实际的完全碳化区深度D0和构件的碳化时间t0，将碳化深度D0与碳化时间t0带入碳化模型中，按照式（1）计算得到混凝土碳化参数:

$k=\frac{\sqrt{t\_{0}}}{D\_{0}}$ （1）

式中k——碳化参数，通过计算得到；

t0——构件碳化深度测试时的碳化时间，由混凝土构件成型后开始碳化时开始计算，单位为年；

D0——构件实际碳化深度，碳化深度的测试方法参照现行国家标准《混凝土结构现场检验技术标准》GB/T 50784，按照本标准附录A中规定的方法进行测定，单位为mm。

2） 对长期观察构件的碳化模型进行校准，检测时间与t0至少相隔一年以上，测定长期观察构件的完全碳化区深度D1与碳化试件t1，按式（2）计算预测碳化深度Dpre。

$D\_{pre}=k\sqrt{t\_{1}}$ （2）

式中Dpre——碳化时间t1时根据模型计算得到的理论碳化深度，单位为mm；

t1——对长期观察构件检测时的碳化时间，由混凝土构件成型后开始碳化时开始计算，单位为年；

3） 按式（3）计算∆D

$∆\_{D}=|D\_{pre}−D\_{1}|$ （3）

当∆D≤2或∆D≤0.1D1两个条件之一得到满足时，可利用该模型推断剩余时间碳化深度，当两个条件均不能满足时，可将碳化时间t0、t1与碳化深度D0、D1带入到碳化模型中，计算得到修正后的混凝土的碳化参数k与指数参数n：

$D=k\_{c}×t^{n}$ （4）

式中D——构件实际碳化深度，分别取D0、D1带入模型中，单位为mm；

kc——校准后的碳化参数，通过计算得到，表达如式（5）；

t——构件碳化深度测试时的碳化时间，由混凝土构件成型后开始碳化时开始计算，分别对应碳化深度D0、D1时带入t0、t1，单位为年。

n——校准后的指数参数，通过计算得到，表达如式（6）；

$k=\frac{D\_{0}}{t\_{0}^{n}}$ （5）

$n=\frac{lnD\_{0}−lnD\_{1}}{lnt\_{0}−lnt\_{1}}$ （6）

4） 对于同一建筑处于室内、室外环境，遮挡、掩埋、暴露环境的不同区域必须分别进行碳化深度的测量与碳汇的计算。

6.1.2 混凝土部分碳化区深度计算

在建筑使用阶段，混凝土部分碳化区的深度在一段时间后保持不变，其宽度与环境相对湿度及混凝土的水灰比有关，当相对湿度在60%以上时相对碳化区深度可以忽略不计，当相对湿度在60%以下时，部分碳化区深度按公式（7）计算：

$D\_{p}=1.017×10^{4}×(0.7−RH)^{1.82}×\sqrt{\frac{W/C−0.31}{C}}$ （7）

式中Dp——混凝土部分碳化区深度，单位为mm；

RH——环境平均相对湿度，单位为%；

W——单位体积混凝土用水量，单位为kg/m3；

C——单位体积混凝土水泥用量，单位为kg/m3；

* + 1. 使用阶段混凝土碳汇计算

建筑使用阶段混凝土碳汇总量是在建筑核算时间内混凝土由于碳化在完全碳化区与部分碳化区吸收的CO2总量，按式（8）计算：

$α\_{CO\_{2}}=（D+γ×D\_{p}）×10^{−3}×A\_{S}×m\_{C}×f\_{CaO}×λ×M\_{r}$（8）

式中αCO2——建筑使用阶段混凝土的碳汇量，单位为kg；

D——混凝土完全碳化区深度，单位为mm；

γ——部分碳化区混凝土相较于完全碳化区碳吸收的校正系数，取值为 0.5；

Dp——混凝土部分碳化区深度，单位为mm；

As ——混凝土构件的总暴露面积，单位为m2；

mc——单位体积混凝土中水泥的质量，单位为kg/m3；

fCaO——水泥中氧化钙的质量分数，取值为65%；

λ——CaO完全碳化转化为CaCO3碳化的比例，取值为75%；

Mr——CO2与CaO的摩尔质量之比，取值为0.7843。

* + 1. 拆除再利用阶段混凝土碳汇计算

1）对于混凝土拆除再利用后碳化深度计算如式（9）所示：

$D\_{E}=k\_{E}×\sqrt{t\_{E}}$ （9）

式中 DE——混凝土拆除再利用阶段完全碳化区深度，单位为mm；

tE——混凝土拆除后碳化时间，从破碎完成后开始计算，单位为年。

kE——混凝土拆除阶段碳化参数，选取方法如表1所示。

1. 拆除阶段混凝土碳化参数

| 暴露环境 | 混凝土强度 |
| --- | --- |
| <15MPa | 15-20MPa | 25-35MPa | >35MPa |
| 填埋 | 3.00 | 1.50 | 1.00 | 0.75 |
| 露天堆放 | 5.00 | 2.50 | 1.50 | 1.00 |

2） 建筑拆除、再利用阶段混凝土由于表面积的突然增加，会带来大量的碳汇量，计算方法如式（10）所示：

$α\_{E}=γ\_{E}×M\_{d}×f\_{CaO}×λ×M\_{r}$（10）

式中；

αE——拆除阶段混凝土的碳汇量，单位为kg；

γE——不同粒径等级混凝土碳化体积校正系数，计算方式如式（11）；

Md——拆除的混凝土质量，单位为kg。

$γ\_{E}=1−\frac{（R/2−D\_{E}）^{3}}{（R/2）^{3}} （R>D\_{E}）$ （11）

式中；

R——拆除混凝土平均粒径，单位为mm。

* 1. 砂浆碳汇核算

水泥砂浆的碳化速度快，最迟几年之内可完成全部碳化，碳汇的核算应将砂浆视为全部已经完成碳化，碳汇总量作为固定值采用，按式（12）计算：

$α\_{S}=m\_{S}×f\_{CaO}×λ×M\_{r}$（12）

式中；

mS——砂浆中使用的水泥总量，单位为kg；

αS——砂浆混凝土碳汇总量，单位为kg。

1.
2. （规范性）
混凝土碳化深度测定方法

A.0.1 本测试方法适用于水泥基材料碳化深度的测定，分为原位检测碳化深度与取样检测。

A.0.2 原位检测碳化深度通过在构件上开孔，根据受碳化层pH值的变化，检测碳化深度，测试方法可按下列步骤操作：

1 在选定的检测部位将混凝土凿孔，根据判断碳化深度的大小选择测孔直径；

2 使用压缩空气清扫孔内碎屑和粉末；

3 向孔内喷洒浓度为1%的酚酞酒精溶液（酒精溶液含20%的蒸馏水），喷洒量以表面均匀湿润但不流淌；



图A.0.1 碳化深度测孔示意图

4 喷洒酚酞后，经过30s后，未碳化的混凝土变为砖红色，测量变色混凝土前缘至混凝土表面的垂直距离即为碳化深度，读数精确至0.5mm；

5 每个测试区域布置若干个测区，每个测区布置3个测点，取3个测点碳化深度的算术平均值作为碳化深度的代表值。

A.0.3 取样测定采用的芯样钻取方法参照《钻芯法检测混凝土抗压强度技术规程》CECS03进行，采样法检测碳化深度的测试方法可按照下列步骤操作：

1 将取出的芯样进行冲洗、擦干后，用塑料薄膜包裹；

2 将芯样对中劈开，在两个新劈开面的中间部位喷洒浓度为1%的酚酞试液，喷洒量以表面均匀湿润但不流淌；

3 量测每个劈开面的中间及两侧各1/4半径对应部位的碳化深度；

4 取两个新劈开面共6个测点的碳化深度算术平均值作为该芯样碳化深度的代表值。

