

团 体 标 准

T/TMAC ×××—202X

公路工程 产品碳足迹量化方法与要求

Highway engineering—Quantification method and requirement
of product carbon footprint

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

已授权的专利证明材料为专利证书复印件或扉页，已公开但尚未授权的专利申请证明材料为专利公开通知书复印件或扉页，未公开的专利申请的证明材料为专利申请号和申请日期。

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中国技术市场协会 发布

中国技术市场协会（TMAC）是科技领域内国家一级社团，以宣传和促进科技创新，推动科技成果转化，规范交易行为，维护技术市场运行秩序为使命。为满足市场需要，做大做强科技服务业，依据《中华人民共和国标准化法》《团体标准管理规定》，中国技术市场协会有序开展标准化工作。本团体成员和相关领域组织及个人均可提出制修订 TMAC 标准的建议并参与有关工作。TMAC 标准按《中国技术市场协会团体标准管理办法》《中国技术市场协会团体标准工作程序》制定和管理。TMAC 标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议多数专家、成员的同意，方可予以发布。

在本文件实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料反馈至中国技术市场协会，以便修订时参考。

本文件著作权归中国技术市场协会所有。除了用于国家法律或事先得到中国技术市场协会正式授权或许可外，不许以任何形式复制本文件。第三方机构依据本文件开展认证、评价业务，须向中国技术市场协会提出申请并取得授权。

中国技术市场协会地址：北京市海淀区复兴路甲 23 号城乡华懋大厦 12 层 1217 室。

邮政编码：100036 电话：010-68270447 传真：010-68270453

网址：www.ctm.org.cn 电子信箱：136162004@qq.com

目 次

前言 2

1 范围 3

2 规范性引用文件 3

3 术语和定义 3

4 基本规定 4

5 量化目的 5

6 系统边界 5

 6.1 边界设定 5

 6.2 原辅料和能源获取阶段 5

 6.3 原辅料的运输阶段 5

 6.4 生产加工阶段 5

 6.4.1 预处理环节 5

 6.4.2 外加剂配置及物料混合环节 6

 6.4.3 成型与养护环节 6

7 数据和数据质量 6

 7.1 数据的描述 6

 7.2 数据的质量要求 6

 7.3 次级数据收集 7

 7.4 数据审定 7

 7.5 数据取舍原则 7

8 生命周期清单分析 7

 8.1 原辅材料和能源获取阶段 7

 8.2 运输阶段 8

 8.3 预处理环节 8

 8.4 外加剂配置及物料混合环节 8

 8.5 成型阶段环节 8

9 产品碳足迹影响评价 9

 9.1 一般规定 9

 9.2 产品碳足迹计算方法公式 9

10 产品碳足迹结果解释 12

11 产品碳足迹报告 12

附录 A（资料性） 产品生产工艺流程图 14

附录 B（资料性） 二氧化碳排放因子 15

附录 C（资料性） 全球升温潜势 GWP 表 16

附录 D1（资料性） 燃料排放因子的计算公式 17

附录 D2（资料性） 参数推荐值表 1

附录 E（资料性） 产品碳足迹报告模板 29

参考文献 22

公路工程 产品碳足迹量化方法与要求

1 范围

本文件规定了公路工程基础设施产品碳足迹量化目的和范围、数据和数据的质量、生命周期清单分析、产品碳足迹影响评价、产品碳足迹结果解释及产品碳足迹报告。

本文件适用于公路工程基础设施产品的碳足迹量化方法。

2 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 24067-2024 温室气体 产品碳足迹量化要求和指南

GB/T 32150-2015 工业企业温室气体排放核算和报告通则

GB/T 44905-2024 温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 电解铝

JTG B01-2014 公路工程技术标准

JTG 002-87 公路工程名词术语

ISO 14064-1:2018 温室气体排放核算与报告规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 产品碳足迹的量化

3.1.1

产品碳足迹 carbon footprint of a product ; CFP

产品系统中的 GHG 排放量和 GHG 清除量之和，以二氧化碳当量表示，并基于气候变化这一单一环境影响类型进行生命周期评价。

[来源：ISO/TS 14067-2018，3.1.1]

3.1.2

产品部分碳足迹 partial carbon footprint of a product ; partial CFP

在产品系统生命周期内的一个或多个选定阶段或过程中的 GHG 排放量和 GHG 清除量之和，并以二氧化碳当量表示。

3.1.3

产品碳足迹系统方法 carbon footprint of a product systematic approach ; CFP systematic approach

便于对同一组织的两个或多个产品碳足迹进行量化的程序。

3.1.4

产品碳足迹研究 carbon footprint of a product study ; CFP study

量化和报告产品碳足迹或产品部分碳足迹所必要的全部活动。

3.1.5

产品碳足迹研究报告 carbon footprint of a product study report ; CFP study report

用于记录产品碳足迹或产品部分碳足迹研究的报告，且说明研究中做出的决策。

3.1.6

产品碳足迹量化 quantification of the carbon footprint of a product ;
quantification of the CFP

确定产品碳足迹或产品部分碳足迹的活动。

3.2

系统边界 system boundary

通过一组准则确定哪些单元过程属于产品系统的一部分。

[来源：GB/T 24044-2008，3.32]

3.3

温室气体 greenhouse gas; GHG

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地球表面、大气层和云层所产生的、波长在红外光谱内辐射的气态成分。

[来源：GB/T 32150-2015，3.1]

3.4

二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent; CO₂e

比较某种温室气体与二氧化碳的辐射强迫的单位。

[来源：GB/T 32150-2015，3.16]

3.5

全球变暖潜势 global warming potential; GWP

将单位质量的某种温室气体在给定时间段内辐射强迫影响与等量二氧化碳辐射强迫影响相关联的系数。

[来源：GB/T 32150-2015，3.15]

4 基本规定

本文件按照公路基础设施产品“从生产到使用”的碳足迹评价方法，建立以全部或部分生命周期为基础的核算边界，包含原材料获取阶段、运输阶段、生产加工阶段、产品包装阶

段，可包括产品的分销阶段、使用阶段和生命末期阶段。产品生命周期中的温室气体排放量应分配到发生温室气体排放的生命周期阶段。在按照相同的时间范围、采用相同方法进行量化且不存在缺项或交叉的前提下，产品碳足迹可由产品部分碳足迹相加得到。

5 量化目的

公路基础设施产品碳足迹量化的总体目的是核算公路基础设施产品系统边界内所有显著温室气体排放量，计算生产 1t 公路基础设施对全球变暖的潜在贡献，单位以二氧化碳当量(CO₂e)表示。

公路基础设施产品的碳足迹量化研究时，应明确说明以下问题：

- 应用意图；
- 开展该项研究的理由；
- 目标受众(即研究结果的接收者)；

6 系统边界

6.1 边界设定

公路基础设施产品系统边界内为从生产到使用，包括原辅料及能源的获取阶段、原辅材料和能源的运输阶段、生产加工阶段和产品包装阶段。附录是粉煤灰制备胶凝材料的碳足迹系统边界图，即从原辅料获取开始到公路基础设施包装结束。

6.2 原辅料和能源获取阶段

计算原辅料从自然界提取资源开始到原辅料及能源离开上游生产商为止产生的碳排放。关键环节如下：

- a) 原辅料的获取（例如粉煤灰、碱激发剂、水等原辅料的获取）；
- b) 能源的获取(例如汽油、柴油、重油、煤炭、天然气、电力、热力等的获取)。

6.3 原辅料的运输阶段

原辅料及能源从获取地（如发电厂）至生产工厂的运输至生产工厂（可通过公路、铁路或者水路运输方式）以及厂内短驳运输产生的碳排放。

关键环节如下：

- a) 原辅料运输：运输工具（货车、船舶等）将所用主要原材料、辅料、能源运输至使用地点过程的燃料消耗（柴油、汽油等）产生的直接碳排放；
- b) 装卸过程：原料在装卸过程中，如叉车、吊车、传送带等设备的运行会的间接碳排放；
- c) 包装材料运输：部分原料在运输时需要包装，包装材料本身也需要运输到原料包装地点产生的碳排放。

6.4 生产加工阶段

6.4.1 预处理环节

直接用作制备产品的材料，预处理技术满足标准要求。开展预处理工作，包含干燥、初步筛选和研磨工序，最后将其储存备用。该过程产生碳排放的主要环节如下：

- a) 热能消耗（天然气/燃煤锅炉）产生的碳排放。
- b) 电力消耗产生的碳排放；

- c) 研磨的能耗（电力/燃料驱动）产生的碳排放；
- d) 传送设备产生的电力消耗产生的碳排放；
- e) 预处理后仓储能耗（通风、温控设备用电）。

6.4.2 外加剂配置及物料混合环节

该阶段是通过化学或物理手段激活潜在活性，主要是将选定的激发剂按照一定的比例，然后与原料混合。其主要产生碳排放的环节如下：

- a) 配置外加剂；
- b) 物料混合搅拌；
- c) 燃料、电力（热力）等能源消耗相关过程。

6.4.3 成型与养护环节

该阶段过程产生碳排放主要环节如下：

- a) 振动辅助：振动/压制成型设备电力消耗；
- b) 模具预热：热能消耗（如电加热或蒸汽）；
- c) 适宜温度养护：
 - 1) 恒温恒湿养护室的能耗（电力/燃料）；
 - 2) 蒸汽养护的锅炉燃料消耗（天然气/煤炭）。

6.4.4 包装阶段

该阶段过程产生碳排放主要环节如下：

- a) 原辅料的获取（例如纸箱的获取）；
- b) 能源的获取(例如汽油、柴油、重油、煤炭、天然气、电力、热力等的获取)。

7 数据和数据质量

7.1 数据的描述

数据包括初级数据和次级数据。

现场数据是公路基础设施产品生产阶段各工序或单元的活动数据，是基于实际测量、统计等方式得到的生命周期清单数据，如产品生产阶段的原辅料和能源消耗量、产品产出量、废弃物排放量以及运输量(包括运输方式、运输距离)等。现场数据均为初级数据，在产品量化过程中优先使用。

背景数据是无法从现有产品系统中获得的，通常来源于现有的本土化或国际 LCA 数据库、经第三方权威机构认证的产品碳足迹(CFP)或环境产品声明(EPD) 报告等。可量化背景数据为初级数据，如供应商或服务商提供基于现场数据计算得到的生命周期清单数据；背景数据不能量化则为次级数据，如外购原辅材料和燃料的上游排放因子、运输排放因子等。

仅在收集初级数据不可行时，次级数据才能用于输入和输出，或用于重要性较低的过程。引用次级数据宜证明其适用性和可信度，并注明数据来源及选取思路。

7.2 数据的质量要求

数据的质量应符合以下要求：

- a) 时间覆盖范围：数据的年份和所收集数据的最小时间长度；
- b) 地理覆盖范围：为实现产品碳足迹研究目的所收集的单元过程数据的地理位置；
- c) 技术覆盖范围：具体的技术或技术组合；

- d) 精度：对每个数据值的可变性的度量(例如方差)；
- e) 完整性：测量或测算的流所占的比例；
- f) 代表性：反映实际关注人群对数据集(即时间覆盖范围、地理覆盖范围和技术覆盖范围等)关注程度的真实情况进行的定性评价；
- g) 一致性：对研究方法学是否能在敏感性分析的不同组成部分中统一应用而进行的定性评价；
- h) 再现性：对其他独立从业人员采用同一方法学和数值信息重现相同研究结果的定性评价；
- i) 数据来源：现场数据来源于测量、工程计算、采购记录等，环境排放数据优先采用环境监测报告，所有数据均有相关的数据来源和数据处理算法；
- j) 信息的不确定性。

7.3 次级数据收集

产品系统边界内应收集的次级数据主要包括：

- a) 外购原辅材料、燃料等上游生命周期清单数据；
- b) 电(热)力等能源的上游生命周期清单数据；
- c) 运输过程的数据清单等。

7.4 数据审定

在数据收集过程中应对数据的有效性进行检查，以确认并提供证据证明数据质量要求符合 7.2 的规定。

数据审定可通过建立质量平衡、能量平衡、碳平衡和(或)排放因子的比较分析或其他适当的方法。由于每个单元过程均遵守物质和能量守恒定律，因此物质和能量的平衡能为单元过程描述的准确性提供有效的检查。

数据审定可参考行业平均值、检验标准值等常规数据进行交叉审定。

7.5 数据取舍原则

本文件涉及的物质和能源数据的取舍原则如下：

- a) 能源的所有输入均需列出；
- b) 原辅材料的所有输入均需列出；
- c) 辅助材料若符合 d)和 e)要求则可忽略；
- d) 忽略的单项物质(能量)流对产品碳足迹的贡献均不应超过 1%；
- e) 所有忽略的物质(能量)流对产品碳足迹贡献总和不应超过 5%,且应在产品碳足迹报告中予以说明；
- f) 道路与厂房等基础设施、各工序设备、厂区内人员办公及生活设施的消耗和排放，均忽略。

8 生命周期清单分析

8.1 原辅材料和能源获取阶段

原辅材料和能源获取阶段数据应包括：

- a) 相关数据：收集上游数据清单，了解其在开采、运输和生产过程中所消耗的能源和产生的碳排放。若粉煤灰为废弃物，仅计算其运输至工厂的排放；
- b) 其他辅助材料相关数据：如果在公路基础设施生产中使用了其他辅助材料，如水泥、

石灰等，也需要收集这些材料的生产厂家、生产工艺、运输方式等信息，以便计算其在生产和运输过程中产生的碳排放；

- c) 电力的获取相关数据：了解生产过程中所使用的电力来源，需记录电力的消耗状况，计算电力消耗所产生的碳排放；
- d) 其他能源获取相关数据：如果在生产过程中还使用了其他能源，如煤炭、天然气、柴油等，需要收集这些能源的消耗量、燃烧效率等信息，以便计算其在使用过程中产生的碳排放。

8.2 运输阶段

运输阶段应包括：

- a) 运输工具信息：收集负责运输原料的各类交通工具的详细信息，涵盖运输车辆（如重型卡车）、船只、火车等的类型，载重量以及能源类型（像柴油、电力等），明确相应能源的关键参数（例如柴油发动机的功率、电力驱动系统的能效比等），从而为运输过程的碳排放核算提供数据支撑；
- b) 运输频次与运输量：记录原辅料、燃料从供应商到生产场地的运输距离、运输频次、运输方式（公路、铁路、水路等），还有每次运输的重量以及运输工具的能源消耗量数据。借助运输工具的能源消耗数据，能够计算出运输环节的碳排放；
- c) 装卸过程：明确装卸设备类型及其能耗，如叉车（柴油/电动）、吊车（柴油/电力）、传送带（电力）的功率（kW）和运行时长（小时/次）。结合装卸量、单位质量原料装卸的能耗（比如每吨原料耗电量（kWh/h）、柴油消耗量），就可以计算装卸过程产生的碳排放；
- d) 包装材料运输：部分原料运输时需要包装，包装材料运输到原料包装地点也会产生碳排放。

8.3 预处理环节

预处理环节应包括：

- a) 预热过程能源消耗和电力消耗情况；
- b) 筛选前后粉煤灰的重量；
- c) 球磨时间、温度、颗粒尺寸；
- d) 球磨机能耗、电力消耗情况。

8.4 外加剂配置及物料混合环节

外加剂配置及物料混合环节应包括：

- a) 激发剂种类、用量及配比（如碱激发剂的浓度、固体/液体质量）；
- b) 激发剂与粉煤灰的混合比例（质量或体积比）；
- c) 混合设备类型（如搅拌机型号）、混合时间、转速及能耗；
- d) 混合过程中的温度控制参数（如环境温度或加热温度）；
- e) 混合后物料的含水率或均匀度检测数据。

8.5 成型阶段环节

成型阶段环节应包括：

- a) 成型设备类型（如压制成型机）及功率；
- b) 成型压力、温度、时间等工艺参数；
- c) 单件产品成型能耗（电力/燃料消耗量）；

- d) 成型模具的材质、尺寸及使用寿命；
- e) 成型合格率及废料产生量（如边角料或不合格品质量）。

9 产品碳足迹影响评价

9.1 一般规定

产品碳足迹为所有 GHG 潜在气候变化影响的总和，通过排放的 GHG 的质量乘以 IPCC 给出的 100 年 GWP(见附录 D)，来计算产品每种 GHG 排放的潜在气候变化影响，以 tCO₂e 为计量单位。

9.2 产品碳足迹计算方法公式

9.2.1 公路基础设施从生产到使用的温室气体排放量按照式（1），将各个过程的二氧化碳当量相加计算得到。

$$GHG_{total} = (C_{byproduct} + C_{trans} + C_{pre} + C_{mix} + C_{cure} + C_{pack}) \times GWP_j \dots\dots (1)$$

式中：

GHG_{total} ——公路基础设施从生产到使用的碳足迹，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e）；

$C_{byproduct}$ ——原料获取阶段碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e）；

C_{trans} ——公路基础设施原辅料、燃料等运输过程的碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e）；

C_{pre} ——原材料预处理阶段产生碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e）；

C_{mix} ——配料混合阶段产生的碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e）；；

C_{cure} ——成型与养护产生的碳排放，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e）；

C_{pack} ——包装过程产生的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e）；

GWP_j ——温室气体 j 的 GWP 值，按附录 C 中的规定取值。

9.2.2 公路基础设施产品从原料获取到产品包装过程产生的碳排放量采用过程分析法，按照式（2）进行计算。

$$C_j = \sum_{i=1}^n (AD_i \times EF_i) \dots\dots\dots (2)$$

式中：

C_j ——功能单位/声明单位产品在第 j 阶段第 i 种原辅料、燃料获取的温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；

AD_i ——统计期内生产目标产品第 i 种原辅料、燃料的消耗量，单位为千克（kg）或立方米（m³）；

EF_i ——第 i 种原辅料、燃料生命周期温室气体排放因子，单位为每千克产品产生的千克二氧化碳当量（kgCO₂e/kg）或每立方米产品产生的千克二氧化碳当量（kgCO₂e/m³）；

9.2.3 产品的获取产生的温室气体按照公式（3）质量分摊法进行计算。

$$C_{\text{byproduct}} = \frac{E_{\text{upstream}} \times M_{\text{gypsum}}}{M_{\text{total}}} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

E_{upstream} ——上游工业副产品排放企业原工艺的温室气体总排放量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e），例如燃煤电厂的原料和能源的获取、运输、工业生产等温室气体总排放量；

M_{gypsum} ——副产品粉煤灰的质量，单位为千克（kg）；

M_{total} ——原工艺所有产出物质的总质量，单位为千克（kg），包括主产品电力（按照等热值法折算为质量进行计算）、粉煤灰、副产品、废弃物（废水、废气等）；

注：若粉煤灰为废弃物，仅计算其运输至工厂的排放；若需预处理，需增加预处理工序的能耗排放。

9.2.4 原料的预处理产生的温室气体按照公式（4）计算。

$$C_{\text{screen-dry}} = E_{\text{screen}} \times EF_{\text{elec}} + F_{\text{dry}} \times EF_{\text{fuel}} + Q_{\text{dry}} \times EF_{\text{heat-loss}} \dots\dots (4)$$

式中：

E_{screen} ——振动筛/分选机电力消耗千瓦时（kWh），通过设备铭牌功率×运行时间计算；

F_{dry} ——干燥燃料（如天然气）消耗量立方米（m³），根据燃烧器流量计记录；

Q_{dry} ——干燥过程散失的热量（MJ），计算公式： $Q_{\text{dry}} = m_{\text{ash}} \times c_p \times (T_{\text{out}} - T_{\text{in}})$ ，其中 c_p 为粉煤灰比热容（约 0.84 kJ/kg·℃）；

EF_{elec} ——2022 年电力二氧化碳排放因子，按附录 B 中的规定取值；

EF_{fuel} ——燃料的排放因子，计算方式见附录 D；

$EF_{\text{heat-loss}}$ ——按热能来源折算（若使用燃煤锅炉余热，取燃煤排放因子的 15%）；

9.2.5 研磨与活化过程产生的碳排放按公式（5）计算。

$$C_{\text{grind-act}} = E_{\text{grind}} \times EF_{\text{elec}} + M_{\text{NaOH}} \times EF_{\text{NaOH}} + M_{\text{water}} \times EF_{\text{water}} \dots\dots (5)$$

式中：

M_{NaOH} ——氢氧化钠用量千克（Kg）,按照粉煤灰质量的 5%-15%计算；

M_{water} ——工艺水消耗量吨（t），根据搅拌槽容积×批次数量统计；

EF_{NaOH} ——氢氧化钠排放因子为 2.1 kg CO₂e/kg（中国化工协会《重点化工产品碳排放因子》，含电解法生产+运输）；

EF_{water} ——水排放因子为 0.37 kg CO₂e/t（市政供水，仅处理与输送，参考《城镇水务系统碳核算标准》）。

9.2.6 原料运输过程产生的碳排放按公式（6）计算。

$$C_{trans} = \sum_{j=1}^n (D_j \times W_j \times EF_{trans-mode,j}) \dots\dots\dots (6)$$

式中：

D_j ——第 j 种原料运输距离千米（km），需区分公路/铁路/水路，企业物流记录或地图软件测算；

$EF_{trans-mode,j}$ ——运输排放因子，重型卡车：0.12 kg CO₂e/(t·km)（柴油车满载）；铁路：0.03 kg CO₂e/(t·km)（电力牵引），来源于生态环境部《道路运输企业温室气体排放核算指南》；

9.2.7 配料的混合产生的碳排放按公式（7）计算。

$$C_{mix} = E_{mixer} \times EF_{elec} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

E_{mixer} ——混合机电力消耗量；

EF_{elec} ——电力排放因子；

9.2.8 成型产生的碳排放按公式（8）计算。

$$C_{press} = E_{press} \times EF_{elec} + M_{mold} \times EF_{steel} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

M_{mold} ——模具钢材料年损耗量千克（kg），按模具总质量×年磨损率（通常 0.5%~1%）；

EF_{steel} ——钢材生产排放因子为 2.3 kg CO₂e/kg（含炼钢+轧制）。

9.2.9 养护工艺产生的碳排放按公式（9）计算。

$$C_{cure} = S_{stream} \times EF_{steam} + Q_{insulate} \times EF_{heat-loss} \dots\dots\dots (9)$$

式中：

S_{steam} ——蒸汽用量 (kg) = 养护窑容积×蒸汽密度×养护时间×换气次数；

EF_{steam} ——燃煤锅炉：0.11 kg CO₂e/kg 蒸汽（1MPa 饱和蒸汽，参考《工业锅炉能效与排放测试规程》）。

注：蒸汽氧护（燃煤锅炉）：蒸汽生产和养护窑保温。

9.2.10 破碎与包装按公式（10）计算。

$$C_{pack} = E_{crusher} \times EF_{elec} + M_{bag} \times EF_{bag} \dots\dots\dots (10)$$

式中：

M_{bag} ——包装袋用量千克 (kg)，按每吨产品需 50 条编织袋（每条 0.1kg）计算；

EF_{bag} ——聚丙烯编织袋排放因子为 3.6 kg CO₂e/kg（含原料+加工）。

10 产品碳足迹结果解释

10.1 产品碳足迹研究的生命周期结果解释阶段应包括以下步骤：

- a) 根据生命周期数据质量要求和产品碳足迹影响评价的量化结果，识别显著碳排放环节；
- b) 对数据的来源一致性和过程的完整性进行评估；
- c) 结论、局限性和建议分析。

10.2 按照产品碳足迹研究的目的和范围，对产品碳足迹影响评价的量化结果进行解释，解释应包括以下内容：

- a) 说明产品碳足迹和各阶段碳足迹；
- b) 分析不确定性，包括取舍准则的应用或范围；
- c) 详细记录选定的分配程序；
- d) 说明产品碳足迹研究的局限性。

10.3 结果解释宜包括以下内容：

- a) 对重要输入、输出和方法学选择（包括分配程序）进行敏感性检查；
- b) 评估建议对结果的影响。

11 产品碳足迹报告

关产品碳足迹评价报告模板，产品碳足迹评价报告（参考格式见附录 E），宜包括以下内容：

- a) 基本情况：
 - 1) 委托方与评价方信息；
 - 2) 报告信息；
 - 3) 依据的标准；
 - 4) 开展研究的目的；
- b) 量化目的：
 - 1) 开展研究的目的；
 - 2) 预期用途。
- c) 量化范围：
 - 1) 产品说明，包括功能和技术参数；

- 2) 声明单位以及基准流;
 - 3) 系统边界;
 - 4) 取舍准则和取舍点, 列出排除在外的单元过程或因素, 并说明理由和其合理性;
 - 5) 生命周期各阶段描述。
- d) 清单分析:
- 1) 数据收集信息, 包括数据来源;
 - 2) 重要的单元过程清单;
 - 3) 纳入范围的温室气体清单;
 - 4) 分配原则与程序;
 - 5) 数据说明.包括有关数据的决定和数据质量评价。
- e) 影响评价:
- 1) 影响评价方法;
 - 2) 特征化因子;
 - 3) 产品碳足迹计算;
 - 4) 结果图示(可选)。
- f) 结果解释:
- 1) 结论和局限性;
 - 2) 敏感性分析和不确定性分析结果;
 - 3) 电力处理, 包括关于电网排放因子计算和相关电网的特殊局限信息;
 - 4) 在产品碳足迹研究中披露和证明相关信息项的选择并说明理由。研究中使用的产品种类规则或其他补充要求的参考资料。

附 录 A
(资料性)
产品生产工艺流程图

粉煤灰胶凝材料生产工艺流程见图 A. 1。

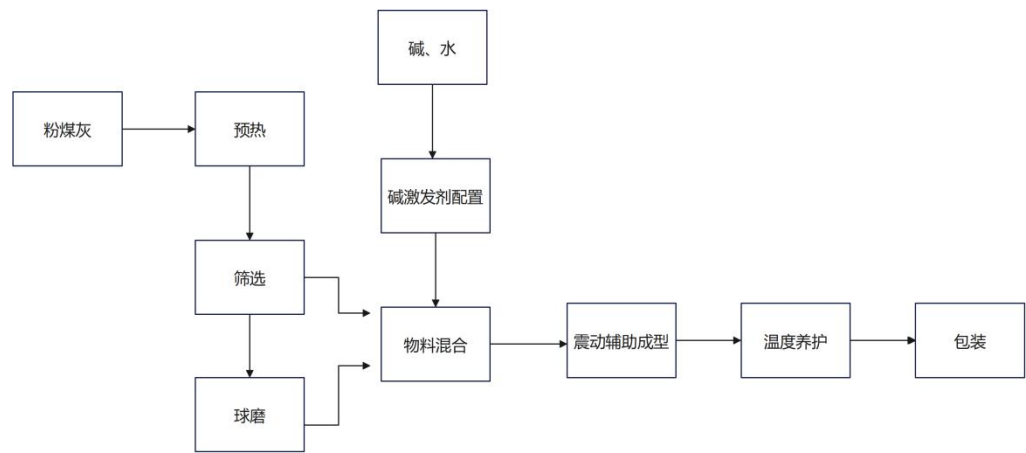


图 A. 1 粉煤灰胶凝材料生产工艺流程图

附 录 B

(资料性)

二氧化碳排放因子

2022 年电力二氧化碳排放因子见表 B.1 和表 B.2。

表 B.1 2022 年全国电力平均二氧化碳排放因子

	因子 (kgCO ₂ /kWh)
全国	0.5366

表 B.2 2022 年省级电力平均二氧化碳排放因子

	因子 (kgCO ₂ /kWh)
北京	0.5580
天津	0.7041
河北	0.7252
山西	0.7096
内蒙古	0.6849
辽宁	0.5626
吉林	0.4932
黑龙江	0.5368
上海	0.5849
江苏	0.5978
浙江	0.5153
安徽	0.6782
福建	0.4092
江西	0.5752
山东	0.6410
河南	0.6058
湖北	0.4364
湖南	0.4900
广东	0.4403
广西	0.4044
海南	0.4184
重庆	0.5227
四川	0.1404
贵州	0.4989
云南	0.1073
陕西	0.6558
甘肃	0.4772
青海	0.1567
宁夏	0.6423
新疆	0.6231

附 录 C
(资料性)
全球升温潜势 GWP 表

全球升温潜势见表 C. 1。

表 C. 1 全球升温潜势 GWP 表

温室气体种类	化学分子式	100 年增温潜势
二氧化碳	CO ₂	1
甲烷	CH ₄	27.9
氧化亚氮	N ₂ O	273
三氟化氮	NF ₃	17400
六氟化硫	SF ₆	25200
HFC-23	CHF ₃	14600
HFC-32	CH ₂ F ₂	771
HFC-41	CH ₃ F	135
HFC-125	C ₂ HF ₅	3740
HFC-134	CHF ₂ CHF ₂	1260
HFC-134a	C ₂ H ₂ F ₄	1530
HFC-143	CH ₂ FCHF ₂	364
HFC-143a	CH ₃ CF ₃	5810
HFC-152a	C ₂ H ₄ F ₂	164
HFC-227ea	C ₃ HF ₇	3600
HFC-236fa	C ₃ H ₂ F ₆	8690
全氟甲烷（四氟甲烷）	CF ₄	7380
全氟乙烷（六氟乙烷）	C ₂ F ₆	12400
全氟丙烷	C ₃ F ₈	9290
全氟丁烷	C ₄ F ₁₀	10000
全氟环丁烷	C ₄ F ₈	10200
全氟戊烷	C ₅ F ₁₂	9220
全氟己烷	C ₆ F ₁₄	8620

注：部分 GHG 的 GWP 来源于 IPCC 《气候变化报告 2021：自然科学基础 第一工作组对 IPCC 第六次评估报告的贡献》。

附 录 D
(资料性)
燃料排放因子的计算公式

D.1 化石燃料燃烧碳排放按公式 (D.1) 计算。

$$E_{fuel} = \sum_i (AD_i \times EF_i) \dots\dots\dots (D.1)$$

E_{fuel} ——化石燃料燃烧的二氧化碳排放量, 单位为 t (吨);

AD_i ——第 i 种化石燃料活动水平以热值表示, 单位为 TJ (太焦), ;

EF_i ——第 i 种燃料的排放因子, 单位为 tCO₂e/TJ(吨二氧化碳/太焦);

i ——化石燃料的种类。

D.2 活动水平的数据核算按公式 (D.2) 计算。

$$AD_i = FC_i \times NCV_i \times 10^{-6} \dots\dots\dots (D.2)$$

AD_i ——第 i 种化石燃料的活动水平,单位为 TJ (太焦);

FC_i ——第 i 种化石燃料的消耗量, 单位为 t 或 10³m³ (吨, 10³ 标准立方米);

NCV_i ——第 i 种化石燃料的平均低位发热值, 单位为 kJ/kg 或 kJ/m³ (千焦/千克, 千焦/标准立方米);

i ——化石燃料的种类。

D.3 排放因子数据来源按公式 (D.3) 计算。

$$EF_i = CC_i \times OF_i \times 44 / 12 \dots\dots\dots (D.3)$$

EF_i ——第 i 种化石燃料的排放因子, 单位为 tCO₂e/TJ (吨二氧化碳/太焦);

CC_i ——第 i 种化石燃料的单位热值含碳量, 单位为 tC/TJ (吨碳/太焦);

OF_i ——第 i 种化石燃料的碳氧化率单位为% (百分数);

44/22——二氧化碳与碳的分子量之比。

附录 E
(资料性)
参数推荐值表

表 E.1 参数推荐值表

燃料品种		计量单位	低位发热量 GJ/t 或 GJ/10 ⁴ Nm ³	单位热值含碳量 tC/GJ	燃料碳氧化率
固体 燃料	无烟煤	t	26.7 ^c	27.4×10 ^{-3b}	94%
	烟煤	t	19.570 ^d	26.1×10 ^{-3b}	93%
	褐煤	t	119 ^c	28×10 ^{-3b}	96%
	洗精煤	t	26.334 ^a	25.41×10 ^{-3b}	90%
	其他洗煤	t	12.545 ^a	25.41×10 ^{-3b}	90%
	其他煤制品	t	17.460 ^d	33.60×10 ^{-3d}	90%
	石油焦	t	32.5 ^c	27.5×10 ^{-3b}	100%
	焦炭	t	28.435 ^a	29.5×10 ^{-3b}	93%
液体 燃料	原油	t	41.816 ^a	20.1×10 ^{-3b}	98%
	燃料油	t	41.816 ^a	21.10×10 ^{-3b}	98%
	汽油	t	43.070 ^a	18.90×10 ^{-3b}	98%
	柴油	t	42.652 ^a	20.20×10 ^{-3b}	98%
	煤油	t	43.070 ^a	19.6×10 ^{-3b}	98%
	液化天然气	t	44.2 ^c	17.20×10 ^{-3b}	98%
	液化石油气	t	50.179 ^a	17.20×10 ^{-3b}	98%
	炼厂干气	t	45.998 ^a	18.20×10 ^{-3b}	98%
	焦油	t	33.453 ^a	22.00×10 ^{-3c}	98%
气体 燃料	焦炉煤气	10 ⁴ Nm ³	167.26 ~ 179.81 ^a	13.58×10 ^{-3b}	99%
	高炉煤气	10 ⁴ Nm ³	33.000 ^d	70.8×10 ^{-3c}	99%
	转炉煤气	10 ⁴ Nm ³	84.000 ^d	49.60×10 ^{-3d}	99%
	其他煤气	10 ⁴ Nm ³	52.270 ^a	12.2×10 ^{-3b}	99%
	天然气	10 ⁴ Nm ³	322.38 ~ 389.31 ^a	15.3×10 ^{-3b}	99%
注：部分 GHG 的 GWP 来源于 IPCC 《气候变化报告 2021：自然科学基础 第一工作组对 IPCC 第六次评估报告的贡献》。					

附录 F
(资料性)
产品碳足迹报告模板

产品碳足迹报告（模板）

产品名称：

产品规格型号：

生产者名称：

报告编号：

出具报告机构：（盖章）

日期： 年 月 日

- 一、概况
- 1、生产者信息

生产者名称：

地址：

法定代表人：

授权人（联系人）：

联系电话：

公司概况：
- 2、产品信息

产品名称：

产品功能：

产品介绍：

产品图片：
- 3、量化方法

依据标准：
- 二、量化目的
- 三、量化范围
- 1、功能单位或声明单位

2、系统边界

3、取舍准则

4、时间范围

- 四、清单分析
- 1、数据来源说明

初级数据：

次级数据：
- 2、分配原则与程序

分配依据：

分配程序：

具体分配情况如下：
- 3、清单结果及计算

生命周期各个阶段碳排放计算说明见表 E. 1。
表 E. 1 粉煤灰胶凝材料产品生命周期碳排放清单示例

生命周期各阶段	基本流	活动数据	排放因子	GHG 排放量
原辅料获取	粉煤灰 (工业副产)			
	水			
	燃料			
	电力			
	碱激发剂			
	粉煤灰预处理 (预热)			
	粉煤灰预处理 (筛分)			
	粉煤灰预处理 (破碎)			
	粉煤灰的运输			
	燃料运输			

运输阶段	碱激发剂			
	水的运输			
	场内运输			
	传送运输			
生产加工过程	配料混合			
	压制成型			
	氧护工艺			
包装阶段	机械包装			
	包装耗材			

4、数据质量评价

数据质量可从定性和定量两个方面对报告使用的初级数据和次级数据进行评价，具体评价内容包括：数据来源、完整性、数据代表性（时间、地理、技术）和准确性。

五、影响评价

1、影响类型和特征化因子选择

选择（IPCC）给出的 100 年全球变暖潜势（GWP）。

2、产品碳足迹结果计算

六、结果解释

1、结果说明

_____公司生产的_____（填写所评价的产品名称），从_____（填写某生命周期阶段）到_____（填写某生命周期阶段）生命周期碳足迹为_____ kgCO₂e。各生命周期阶段的温室气体排放情况如表 E. 2。

表 E. 2 粉煤灰胶凝材料产品生命周期各阶段碳排放情况

生命周期阶段		碳足迹（kg CO ₂ e/t）	百分比（%）	备注说明
原辅材料和能源获取阶段				
原辅材料运输阶段				
产品生产加工阶段				

2、假设和局限性说明（可选项）

结合量化情况，对范围、数据选择、情景设定等相关的假设和局限进行说明。

3、改进建议