

六安海螺水泥有限责任公司 产品碳足迹报告

委托方：六安海螺水泥有限责任公司

核查方：安徽省云马工程技术有限公司



2024年5月

前 言

本报告基于《ISO/TS 14067-2013《温室气体.产品的碳排放量.量化和通信的要求和指南》、PAS2050:2011《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》的要求中规定的碳足迹核算方法编写。

报告编写单位：安徽省云马工程技术有限公司

报告主要编写人：王雷、戴阳安

编制日期：2024 年 5 月 22 日

报告审核人：冯欢

审核日期：2024 年 4 月 20 日

报告申请者信息

公司名称：六安海螺水泥有限责任公司

组织机构代码：91341500675857889F

地址：安徽省六安市裕安区分路口镇

联系人：余 勇

联系方式：15956446105



目 录

1、执行摘要	1
2、 执行标准	2
2.1 执行标准	2
2.2 取舍原则	2
3、目标与范围定义	3
3.1 企业及产品介绍	3
3.2 研究目的	4
3.3 研究的边界	4
3.4 功能单位	5
3.5 生命周期流程图的绘制	5
3.7 影响类型和评价方法	7
3.8 软件和数据库	7
4、过程描述	8
水泥产品生产过程：	8
5、碳足迹计算	9
5.1 碳足迹识别	10
5.2 计算表格	10
6、数据计算	11
6.1 计算公式	11
6.2 计算结果	12
7、不确定分析	14
8、结语	15

1、执行摘要

受六安海螺水泥有限责任公司委托,由中国节能协会碳中和专委会执行完成六安海螺水泥有限责任公司水泥产品的碳足迹的核查工作。研究的目的是以生命周期评价方法为基础,采用《ISO/TS 14067:2013《温室气体.产品的碳排放量.量化和通信的要求和指南》、PAS2050:2011《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》的要求中规定的碳足迹核算方法,计算得到六安海螺水泥有限责任公司水泥产品的碳足迹。

为了满足碳足迹第三方认证以及与各相关方沟通的需要,本报告的功能单位定义为生产 1 吨水泥产品。系统边界为“从摇篮到大门”类型,现场调研了从原材料运输、产品生产、产品包装、产品运输到一级分销商的生命过程,其中也调查了其他物料、能源获取的排放因子数据来源于中国产品全生命周期温室气体排放系数库 (CLCD) 和瑞士的 Ecoinvent 数据库。

研究过程中,数据质量被认为是最重要的考虑因素之一。本次数据收集和选择的指导原则是:数据尽可能具有代表性,主要体现在生产商、技术、地域、时间等方面。生产生命周期主要过程活动数据来源于企业现场调研的初级数据,大部分国内生产的原材料的排放因子数据来源于 IPCC 数据库,以及中国产品全生命周期温室气体排放系数库 (CLCD) 和瑞士的 Ecoinvent 数据库,本次评价选用的数据在

国内外 LCA 研究中被高度认可和广泛应用。此外，通过 eBalance 软件实现了产品的生命周期建模、计算和结果分析，以保证数据和计算结果的可溯性和可再现性。

2、执行标准

2.1 执行标准

《ISO/TS 14067-2013《温室气体产品的碳排放量 量化和通信的要求和指南》；

PAS2050:2011《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》；

2.2 取舍原则

为满足数据质量要求，在本研究中主要考虑了以下几个方面：

- 数据准确性：实景数据的可靠程度；
- 数据代表性：生产商、技术、地域以及时间上的代表性；
- 模型一致性：采用的方法和系统边界一致性的程度；

为了满足上述要求，并确保计算结果的可靠性，在研究过程中首先选择来自生产商和供应商直接提供的初级数据，其中企业提供的经验数据取平均值，本研究在 2024 年 4 月 10 日进行企业现场数据的调查、收集和整理工作。当初级数据不可得时，尽量选择代表区域平均和特定技术条件下的次级数据，次级数据大部分选择来自 IPCC 数据库；当目前数据库中没有完全一致的次级数据时，采用近似替代的方式选择 IPCC 数据库中数据。数据库的数据是经严格审查，并广泛应

用于国际上的 LCA 研究。各个数据集和数据质量将在第 4 章对每个过程介绍时详细说明。

3、目标与范围定义

3.1 企业及产品介绍

六安海螺成立于 2008 年 5 月，是安徽海螺水泥股份有限公司的全资子公司，项目规划建设 3 台水泥磨机生产线，年产 330 万吨水泥。项目同步规划，分步实施，1 号生产线投产日期为 2010 年 1 月 4 日、2 号生产线投产日期为 2009 年 10 月 21 日、3 号生产线投产日期为 2010 年 3 月 16 日，目前系统运行稳定。

水泥生产线采用直径 4.2*13 米磨机+RP1.7*1.2 米辊压机双闭路联合粉磨系统，是目前水泥行业最先进的粉磨技术工艺，采用中央控制室集中控制及一流的质量检测设备，生产现场环保设备配置先进，环保指标、生产技术指标均达到国际先进水平，在实现就业和推动当地相关行业社会经济发展、消化利用工业废渣方面产生了较大的社会效益和经济效益。公司自投产以来，累计消纳粉煤灰、石膏、炉渣等工业固废 800 余万吨，投入环保专项资金近 2000 万元用于噪音治理、收尘升级等改造，同时，大力推动节能降耗等技改工作，单位能耗较设计指标降低 9KWh/t，累计减少 18 万吨二氧化碳排放，有效履行国有企业环保责任。

企业 2023 年度生产经营情况如下表所示：

表 2-1 2023 年度生产经营情况汇总表

数据源	工业产销总值及主要产品产量表		
年度	主要产品名称	年产量（吨）	年产值（万元）
2023 年	水泥	2068149	59051

3.2 研究目的

本研究的目的是获得企业生产的水泥产品全生命周期过程的碳足迹，为第三方碳足迹认证提供详细信息和数据支持。

碳足迹核算是企业水泥产品实现低碳、绿色发展的基础和关键，披露产品的碳足迹是六安海螺水泥有限责任公司环境保护工作和社会责任的一部分，本项目的研究结果将为企业水泥产品采购商和第三方的有效沟通提供良好的途径，对促进产品全供应链的温室气体减排具有一定积极作用。

本项目研究结果的潜在沟通对象包括两个群体：一是企业内部管理人员及其他相关人员，二是企业外部利益相关方，如上游供应商、地方政府和环境非政府组织等。

3.3 研究的边界

根据本项目研究目的，按照 ISO/TS 14067：2013《温室气体-产品的碳排放量-量化和通信的要求和指南》、PAS2050：2011《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》的相关要求本次碳足迹评价的边界为六安海螺水泥有限责任公司水泥产品产品 2023 年全年

生产活动及非生产活动数据。

因此，确定本次评价边界为：产品的碳足迹=原料生产运输+过程生产+包装运输。

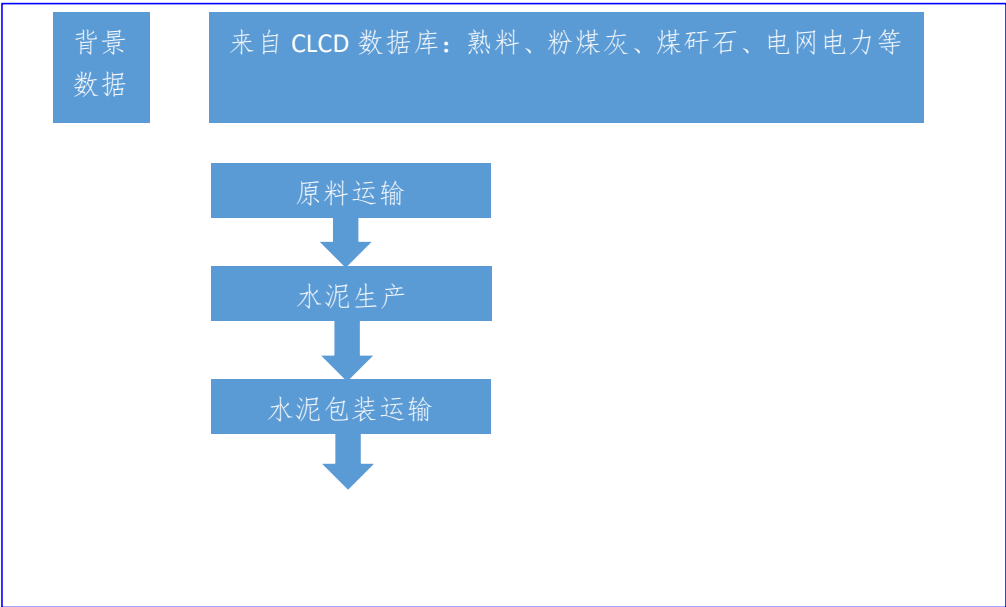


图 2-1 水泥产品“摇篮到大门”系统边界图

3.4 功能单位

为方便系统中输入/输出的量化，功能单位被定义为生产每吨水泥产品。

3.5 生命周期流程图的绘制

根据 PAS2050:2011 《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》绘制水泥产品的生命周期流程图，其碳足迹评价模式为从商业到消费者（B2C）评价：包括从原料运输、产品制造、包装、运

输到一级分销商。

在这项研究中，产品的系统边界属“从摇篮到大门”的类型，为了实现上述功能单位，水泥产品的系统边界见下表：

表 2.1 包含和未包含在系统边界内的生产过程

包含的过程	未包含的过程
1 水泥产品生产的生命周期过程包括：原材料获取运输→产品生产→产品包装	1 资本设备的生产及维修
2 中国的电力、水生产	2 产品的使用
3 其他辅料的生产与运输	3 产品回收
4 产品包装运输	

3.6 取舍准则

本研究采用的取舍规则以各项原材料投入占产品重量或过程总投入的重量比为依据。具体规则如下：

- 普通物料重量<1%产品重量时，以及含稀贵或高纯成分的物料重量<0.1%产品重量时，可忽略该物料的上游生产数据；总共忽略的物料重量不超过 5%；
- 大多数情况下，生产设备、厂房、生活设施等可以忽略；
- 在选定环境影响类型范围内的已知排放数据不应忽略。

本报告所有原辅料和能源等消耗都关联了上游数据，部分消耗的上游数据采用近似替代的方式处理。

3.7 影响类型和评价方法

基于研究目标的定义，本研究只选择了全球变暖这一种影响类型，并对产品生命周期的全球变暖潜值（GWP）进行了分析，因为 GWP 是用来量化产品碳足迹的环境影响指标。

评价过程中统计了各种温室气体，包括二氧化碳（CO₂），甲烷（CH₄），氧化亚氮（N₂O），四氟化碳（CF₄），六氟乙烷（C₂F₆），六氟化硫（SF₆）和氢氟碳化物（HFC）等。并且采用了 IPCC 第四次评估报告(2007 年)提出的方法来计算产品生产周期的 GWP 值。该方法基于 100 年时间范围内其他温室气体与二氧化碳相比得到的相对辐射影响值，即特征化因子，此因子用来将其他温室气体的排放量转化为 CO₂ 当量（CO₂eq）。例如，1kg 甲烷在 100 年内对全球变暖的影响相当于 25kg 二氧化碳排放对全球变暖的影响，因此以二氧化碳当量（CO₂eq）为基础，甲烷的特征化因子就是 25kg CO₂eq^[1]。

3.8 软件和数据库

本评价采用 eBalance 软件系统，建立了水泥产品生命周期模型，并计算得到 LCA 结果。eBalance 软件系统是一款在线 LCA 分析软件，支持全生命周期过程分析，并内置了中国产品全生命周期温室气体排放系数库（CLCD）、欧盟 ELCD 数据库和瑞士的 Ecoinvent 数据库。

评价过程中用到的数据库，包括 CLCD 和 Ecoinvent 数据库，数据库中生产和处置过程数据都是“从摇篮到客户”的汇总数据，分别介

绍如下：

中国产品全生命周期温室气体排放系数库（CLCD）是一个基于中国基础工业系统生命周期核心模型的行业平均数据库。CLCD 数据库包括国内主要能源、交通运输和基础原材料的清单数据集，其中电力（包括火力发电和水力发电以及混合电力传输）和公路运输相关基础数据被本评价所采用。2009 年，CLCD 数据库研究被联合国环境规划署(UNEP)和联合环境毒理学与化学协会（SETAC）授予生命周期研究奖。

Ecoinvent 数据库由瑞士生命周期研究中心开发，数据主要来源于瑞士和西欧国家，该数据库包含约 4000 条的产品和服务的数据集，涉及能源、运输、建材、电子、化工、纸浆和纸张、废物处理和农业活动等。

4、过程描述

水泥产品生产过程：

（1）过程基本信息

过程名称：水泥产品生产

过程边界：从原料运输到水泥的生产

（2）数据代表性

主要数据来源：企业 2023 年实际生产数据

企业名称：六安海螺水泥有限责任公司

产地：中国安徽六安

基准年：2023 年

主要原料：熟料、煤矸石、粉煤灰等；

主要能耗：电力

生产主要工艺介绍如下：

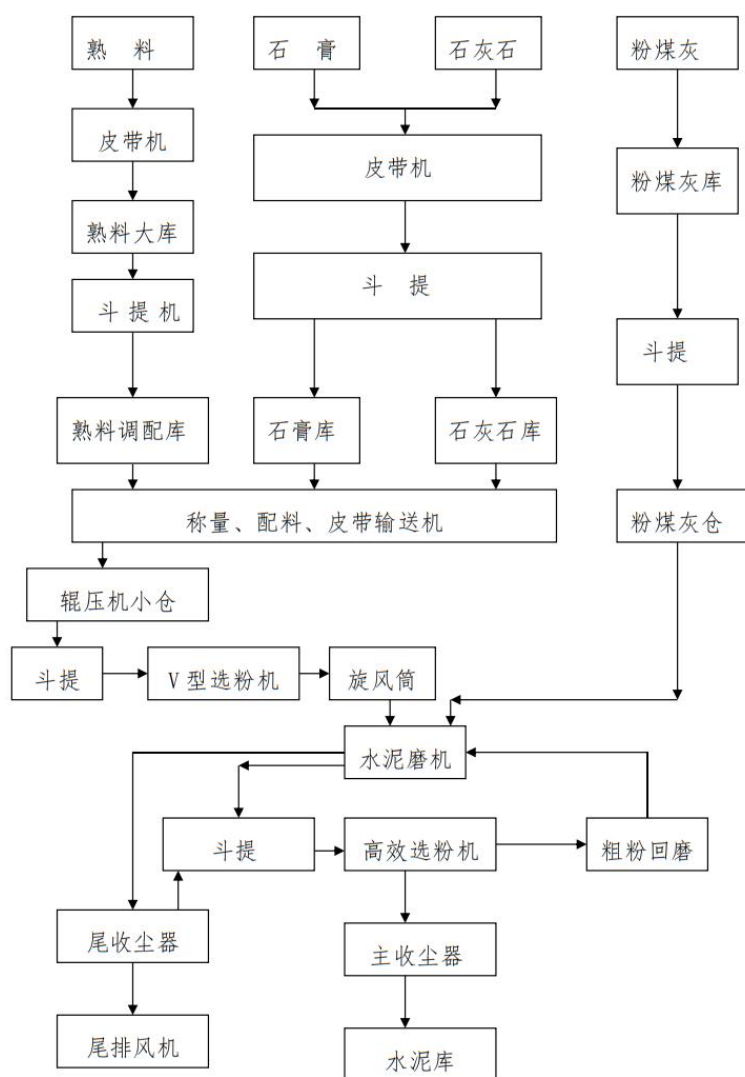


图 1 水泥工艺流程

5、碳足迹计算

5.1 碳足迹识别

表 5.1 碳足迹过程识别表

序号	主体	活动内容	备注
1	原料运输	运输排放	/
2	水泥产品生产过程	原料、能源	/
3	产品包装	运输排放	/

5.2 计算表格

5.2.1 节能水泥产品生产过程数据清单

表 5.2 每吨节能水泥产品生产过程数据清单

类型	清单	用途	生产/消耗	单位	排放因子来源
产品	水泥	产品	1	吨	/
消耗	煤矸石	原料	0.016	吨/ 吨	CLCD
	粉煤灰	原料	0.179	吨/ 吨	CLCD
	碎石（石灰石）	原料	0.019	吨/ 吨	CLCD
	电力	能源	22.77	kWh/吨	CLCD
排放	废气	排放	0	t	企业监测

5.2.2 主要原材料运输

表 5.3 主要原材料运输

原材料名称	运输方式	运输工具	运输距离 km
煤矸石	道路运输	重型货车	50
粉煤灰	道路运输	重型货车	50
碎石（石灰石）	道路运输	重型货车	50
熟料	道路运输	重型货车	176

5.2.3 产品及材料运输

表 5.4 单位产品包装材料用量

类型	清单	用途	包装/消耗	单位	排放因子来源
产品	水泥	产品	1	吨	/

6、数据计算

6.1 计算公式

1. 二氧化碳排放当量是排放因子和基于该因子下活动水平的乘积：

$$E_i=A_i\times EF_i \tag{1}$$

公式中，

E_i 为第 i 种活动的二氧化碳排放量，t；

A_i 为第 i 种活动的活动水平(如电耗量，kWh)；

E_i 为第 i 种活动的排放因子,即单位电量生产下二氧化碳排放量,不同的活动水平排放因子的单位有所不同。

表 6.1 CO₂、CH₄、N₂O 的增温潜势

名称	化学式	GWP
二氧化碳	CO ₂	1
甲烷	CH ₄	25
氧化亚氮	N ₂ O	298

2. 二氧化碳排放总当量计算公式为:

$$E = \sum_i A_i \times EF_i \quad (2)$$

甲烷和氮氧化物排放当量是排放因子、基于该因子下活动水平和增温潜势的乘积:

$$E_{ij} = A_{ij} \times EF_{ij} \times GWP_j \quad (3)$$

公式中,

E_{ij} 为第 i 种活动的 j 种温室气体的排放量(t);

A_{ij} 为第 i 种活动第 j 种温室气体的活动水平(如耗电量, kWh);

EF_{ij} 为第 i 种活动的第 j 种温室气体的排放因子,即单位活动下二氧化碳排放量,不同的单位活动排放因子的单位有所不同;

GWP_j 为第 j 种温室气体的增温潜势。

二氧化碳排放总当量:

$$E = \sum_i \sum_j A_{ij} \times EF_{ij} \times GWP_j \quad (4)$$

6.2 计算结果

基于以上调研数据和计算公式，录入各个过程输入、输出清单数据等工作，结合背景数据，在 eFootprint 软件中建立产品 LCA 模型并计算得到生产每吨水泥的碳足迹为 $1.20\text{E}+02\text{kg CO}_2\text{e}$ ，碳足迹如下表所示：

表 5-1 生产 1 吨水泥产品排放量表

序号	名称	碳 足 迹 （ kg CO ₂ e）	占比
1	产品全生命周期排放	1.20E+02	100%
2	原材料生产运输	3.98E+01	33.23%
3	产品生产	7.94E+01	66.38%
4	产品包装运输	4.72E-01	0.39%

根据公式（4）可以计算出每吨节能水泥产品的碳足迹 $e=1.20\text{E}+02\text{kgCO}_2\text{eq}$ ，从节能水泥产品生命周期累计碳足迹贡献比例的情况，可以看出其碳排放环节主要集中在原材料生产及运输环节。

所以为了减小水泥产品碳足迹，应重点考虑减少原材料生产及运输的碳足迹，主要削减对象为原料的使用上。在企业可行的条件下，可考虑调查生产的 GWP，提高水泥产品碳足迹数据准确性。

为减小产品碳足迹，建议如下：

1) 进一步提高原辅材料利用的效率，可以从全生命周期降低排放足迹；

2) 开发替代性原材料如：采用固废资源回收的煤矸石、粉煤灰作为原料；

3) 加强对产品及原材料运输车辆的管理, 减少化石能源车辆的使用, 厂内运输采用电动运载车辆或新能源运输车辆; 使用公铁联运, 减少运输过程中化石能源消耗;

4) 开展生产过程的节能技术改造以及管理层面提升能源效率, 减少能源投入, 使用可再生能源电力以减少温室气体排放;

5) 在分析指标的符合性评价结果以及碳足迹分析、计算结果的基础上, 结合环境友好的设计方案采用、落实生产者责任延伸制度、绿色供应链管理等工作, 提出产品生态设计改进的具体方案。

6) 继续推进绿色低碳发展意识

坚定树立企业可持续发展原则, 加强生命周期理念的宣传和实践。运用科学方法, 加强产品碳足迹全过程中数据的积累和记录, 定期对产品全生命周期的环境影响进行自查, 以便企业内部开展相关对比分析, 发现问题。在生态设计管理、组织、人员等方面进一步完善。

7) 推进产业链的绿色设计发展

制定生态设计管理体制和生态设计管理制度, 明确任务分工; 构建支撑企业生态设计的评价体系; 建立打造绿色供应链的相关制度, 推动供应链协同改进。

7、不确定分析

不确定性的主要来源为初级数据存在测量误差和计算误差。减少不确定性的方法主要有:

使用准确率较高的初级数据；

对每一道工序都进行能源消耗的跟踪监测，提高初级数据的准确性。

8、结语

六安海螺水泥有限责任公司每生产 1 吨水泥产品产生 $1.20\text{E}+02\text{kgCO}_2\text{eq}$ ，其中原材料生产占比最大。企业可以通过绿色物料或再循环利用原材料进行替代，开展产品轻量化设计，提高原材料利用率，减少能源\原材料的消耗，采用清洁能源运输生产，以达到产品的碳足迹下降的目的。

低碳是企业未来生存和发展的必然选择，企业进行产品碳足迹的核算是企业实现温室气体管理，制定低碳发展战略的第一步。通过产品生命周期的碳足迹核算，企业可以了解排放源，明确各生产环节的排放量，为制定合理的减排目标和发展战略打下基础。