

江西万年青水泥股份有限公司
2022 年度产品
碳足迹评价报告

第三方机构名称（公章）：北京和碳环境技术有限公司

报告签发日期：2023 年 3 月 22 日

江西万年青水泥股份有限公司

2022 年度产品

碳足迹评价报告

第三方机构名称（公章）：北京和碳环境技术有限公司

报告签发日期：2023 年 3 月 22 日

目 录

前 言	1
1. 企业概况	2
2. 目的与范围	8
2.1. 评价目的.....	8
2.2. 评价范围.....	8
2.2.1. 产品信息.....	8
2.2.2. 功能单位.....	8
2.2.3. 系统边界.....	9
2.2.4. 取舍原则.....	9
2.2.5. 多产品分配.....	10
2.2.6. 环境影响类型.....	10
2.2.7. 数据质量要求.....	10
3. 碳排放量化	12
3.1. 量化方法.....	12
3.2. 直接温室气体排放的量化.....	12
3.2.1. 直接温室气体排放源.....	12
3.2.2. 具体量化方法.....	12
3.2.3. 数据收集.....	14
3.2.4. 量化结果.....	16
3.3. 能源间接温室气体排放的量化.....	16
3.3.1. 能源间接温室气体排放源.....	16

3.3.2. 具体量化方法.....	16
3.3.3. 数据收集.....	17
3.3.4. 量化结果.....	17
3.4. 其他间接温室气体排放的量化.....	18
3.5. 碳排放总量.....	18
4. 产品碳足迹计算与结论.....	19
4.1. 单位产品碳足迹计算.....	19
4.2. 单位产品碳足迹分析.....	19
4.3. 结论.....	20
4.3. 评价建议.....	20

前言

近年来，温室效应、气候变化已成为全球关注的焦点，“碳足迹”这个新的术语越来越广泛地为全世界所使用。碳足迹通常分为项目、组织、产品这三个层面。其中，产品碳足迹（Carbon Footprint of Products, CFP）是指衡量某个产品或服务在其生命周期各阶段的温室气体排放量总和，即从原材料开采、产品生产（或服务提供）、分销、使用到最终处置/再生利用等多个阶段的各种温室气体排放的累加。温室气体主要包括二氧化碳、甲烷、氧化亚氮、氢氟碳化物、全氟化碳等。

目前广泛使用的碳足迹评估标准有三种：

①《PAS2050：2011商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》，此标准是由英国标准协会（BSI）与碳信托公司（Carbon Trust）、英国食品和乡村事务部（Defra）联合发布，是国际上最早的、具有具体计算方法的标准，也是目前使用较多的产品碳足迹评价标准；

②《温室气体核算体系：产品寿命周期核算与报告标准》，此标准是由世界资源研究所(World Resources Institute)和世界可持续发展工商理事会(World Business Council for Sustainable Development)发布的产品和供应链标准；

③《ISO/TS 14067：2013温室气体——产品碳足迹——量化和信息交流的要求与指南》，此标准以PAS 2050为种子文件，由国际标准

化组织（ISO）编制发布。产品碳足迹核算标准的出现目的是建立一个一致的、国际间认可的评估产品碳足迹的方法。

1. 企业概况

1.1. 企业简介

江西万年青水泥股份有限公司位于江西省万年县大源镇，始建于1958年，生产的“万年青”牌系列硅酸盐水泥，广泛应用于机场、高楼、桥梁、隧道、高等级公路等国家大型重点工程。

2018年，为响应省委省政府号召，优化产能布局，推动转型升级，股份公司以“产能置换”的方式实施异地技改环保搬迁，在万年县大源镇荷溪村南侧建设2×5100t/d熟料水泥生产线及配套建设2×9MW余热发电系统项目。总投资21.78亿元，年产水泥400万吨。8#窑于2020年11月点火试生产，7#窑于2021年9月底点火试生产，建成后的新厂成为“两化融合”的现代化园林式工厂。

公司现有员工475人，其中管理人员25人，技术人员21人。2022年公司生产水泥358.72万吨，熟料364.29万吨，工业总产值为138420万元，固定资产总值290843万元，实现净利润21178万元。

公司通过了质量管理体系、测量管理体系、环境管理体系认证、职业健康安全体系认证和清洁生产审核，水泥产品通过了产品质量认证，并且取得产品低碳认证，国家工信部核定颁发的《两化融合管理体系评定证书》，公司环保技改搬迁建厂初期按照一级安全生产标准化模式建设运行，目前正积极开展二级安全生产标准化申报。

2023年公司被推荐为江西省减污降碳协同增效试点单位，获得

2022年上饶市工业高质量发展十强企业，2022年上饶市节水型企业等荣誉称号。

目前，走过 63 年光辉历程的万年厂在公司的正确领导下，正按照原江西省委书记刘奇来新厂调研时提出的“打造环境和谐友好型绿色工厂，让厂在山中、山在厂里，碧水环绕、鱼翔浅底，充分展示江西绿色发展的魅力”的指示精神，抢抓工期，大干巧干，聚力攻坚，以崭新的姿态和昂扬的斗志，在生产经营、环保搬迁和改革发展的征途中不忘初心，砥砺前行，为推动公司又好又快发展谱写新的篇章，为推动万年乃至上饶的经济社会高质量发展做出新的更大贡献。

1.2. 主营产品

万年青水泥主营产品主要包括其中：强度等级 42.5 普通硅酸盐水泥、强度等级 42.5 普通硅酸盐水泥（R 型）、强度等级 52.5 普通硅酸盐水泥（R 型）、强度等级 32.5 砌筑水泥、强度等级 42.5 复合硅酸盐水泥。

1.3. 主要生产工艺

江西万年水泥厂水泥生产过程可概括为三个阶段：生料制备、熟料烧成、水泥粉磨。

1、生料制备

（1）矿山开采、原料破碎、输送及均化

石灰石在矿区开采后进行一级破碎和二级破碎，破碎后的石灰石由火车送至厂区石灰石卸料坑，经长带式输送机送到厂区圆形石灰石

预均化堆场。预均化后的石灰石由带式输送机送至石灰石配料仓。

千枚岩、砂岩由汽车运输进厂卸入堆场，由装载机铲入板式喂料机喂入破碎机破碎，经破碎后的千枚岩、粉砂由带式输送机送入均化库。均化库内各物料由悬臂取料机将各物料送至各自的配料仓。各物料由各自的定量给料机计量后，由带式输送机送入生料磨。

（2）生料粉磨

原料粉磨采用管磨或立磨系统，利用窑尾废气作为烘干热源。在原料调配站仓底调配好的原料，经胶带输送机和锁风阀进入原料磨，物料在磨内进行烘干粉磨。粉磨后的生料随烘干废气进入旋风分离器，分离出的生料成品经空气输送斜槽、提升机进入连续式生料均化库。

（3）生料均化及生料入窑

生料均化库内分区卸料，生料按一定顺序分别由各自的卸料区卸出进入均化小仓，由库内重力切割和均化小仓的搅拌实现均化，均化后的生料经流量控制阀、冲击式流量计计量后由空气斜槽和斗式提升机送入窑尾预热器的进口。

2、熟料烧成

（1）原煤预均化及输送

由火车、汽车运输进厂的原煤经螺旋卸车机卸到煤露天堆场，再由龙门吊抓到胶带上，送至原煤破碎车间，经筛分破碎后的原煤被送至煤预均化堆场。在预均化堆场内煤由顶部卸料小车堆料，由桥式刮板取料机取料，经出料胶带输送机送至煤粉制备磨头仓。

（2）煤粉制备及输送

煤粉制备采用立式辊磨。来自煤预均化堆场的原煤经原煤仓、定量给料机喂入立式辊磨，原煤在立磨内进行烘干、粉磨，出磨物料和气体经动态选粉机选粉后，粗粉回磨继续粉磨，细粉随气体进入袋收尘器，收下的煤粉由螺旋输送机送入粉煤仓储存。煤粉仓下设两套煤粉计量输送装置，计量后的煤粉由罗茨风机分别送入窑头和分解炉煤粉燃烧器。煤粉制备系统利用窑头高温废气作为烘干热源。

（3）熟料煅烧

熟料烧成系统采用高效低压损旋风预热器和分解炉，分解炉用三次风从窑头罩上抽取，通过三次风管直接送至分解炉。在分解炉内，物料有强烈的旋转和喷腾运动，停留时间长，窑头均采用多通道喷煤管并备有燃油辅助装置，保证无烟煤的正常稳定燃烧。熟料冷却采用蓖式冷却机，出冷却机熟料温度为 65℃。冷却机出口设有熟料破碎机，出破碎机的熟料经槽式输送机进熟料库。

（4）熟料储存、输送及散装

熟料经库底卸出后，由带式输送机分别送往水泥磨头仓和熟料散装库。熟料散装库顶采用多点盘式输送机卸料。

3、水泥粉磨

（1）混合材备料

由汽车运送进厂的石膏、煤矸石、炉渣等混合料进入堆棚内储存，经铲车装卸入破碎机进行破碎后，由带式输送机送入水泥磨头仓。粉煤灰由专用罐车运进厂后送入粉煤灰配料库储存。

（2）水泥配料及粉磨

按照不同产品种类，设定相应的物量配比，经定量给料机配好的物料由带式输送机输送至水泥磨。水泥磨采用磨机和选粉机组成的闭路粉磨系统。出磨物量由斗式提升机送入 O—Sepa 选粉机中分选，粗粉返回磨内再次粉磨，成品随出选粉机气流进入袋收尘器后被收集下来，由斜槽、提升机送至水泥库储存。

（3）水泥储存、散装、包装

水泥由库底充气卸料系统卸出后经由空气输送斜槽送往包装车间包装或送入散装机进行汽车散装，包装成的袋装水泥直接装车（包括火车）发送或送成品库储存。

主要工艺流程如下：

2. 目的与范围

2.1. 评价目的

摸清江西万年青水泥股份有限公司在产品层面的碳排放情况，为江西万年青水泥股份有限公司开展更全面的温室气体管理绩效提供依据，进一步促进江西万年青水泥股份有限公司可持续发展。

2.2. 评价范围

根据本项目评价目的，按照《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，确定本项目的评价范围，包括功能单位、系统边界、取舍原则、环境影响类型和数据质量要求等。

2.2.1. 产品信息

本项目的评价对象为：强度等级 42.5 普通硅酸盐水泥、强度等级 42.5 普通硅酸盐水泥（R 型）、强度等级 52.5 普通硅酸盐水泥（R 型）、强度等级 32.5 砌筑水泥、强度等级 42.5 复合硅酸盐水泥。

根据通用硅酸盐水泥（《GB 175-2007》），具体信息如下：

规格型号：硅酸盐水泥的强度等级分为 42.5、42.5R、52.5R、M32.5、P.C42.5。

产品类别：水泥

2.2.2. 功能单位

本项目以生产 1 吨水泥为功能单位。

2.2.3. 系统边界

本项目评价的系统边界为产品生命周期中的产品制造阶段，即从原材料进厂到水泥成品出厂。

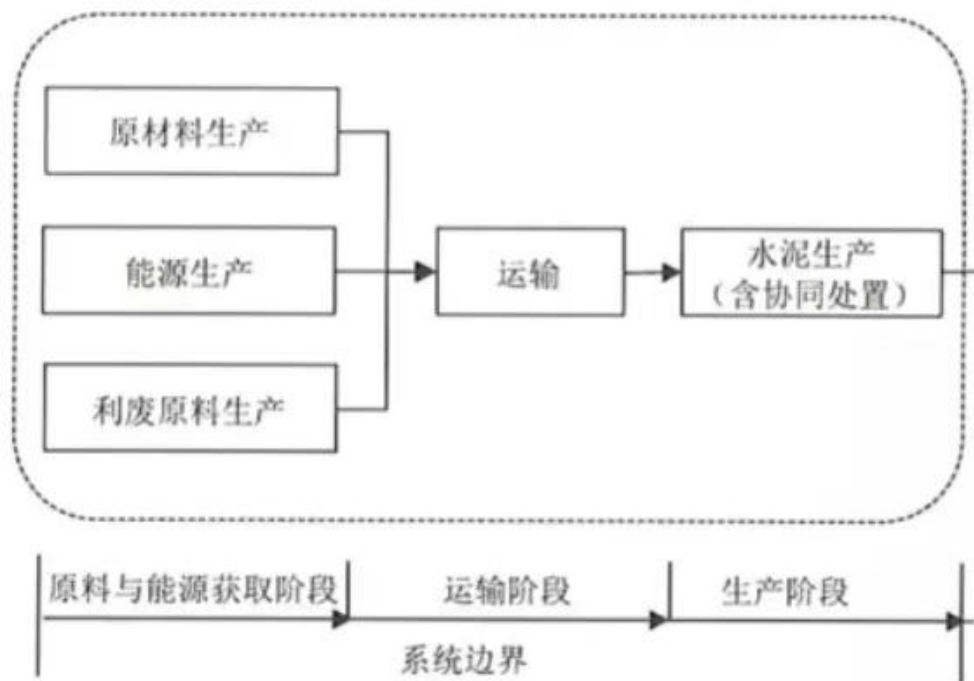


图 2-1 产品生命周期图

2.2.4. 取舍原则

本项目评价采用的取舍原则设为 1%，即若某个过程的碳排放量对产品碳足迹的贡献小于 1%，则此过程可忽略，总共忽略的碳排放量不超过 5%。

具体如下：

- 大多数情况下，生产设备、厂房、生活设施等可以忽略；
- 空调制冷剂、灭火器等逸散导致的温室气体排放可以忽略；
- 在选定环境影响类型范围内的已知排放数据不应忽略。

2.2.5. 多产品分配

本项目评价的主产品为水泥，但基于万年青水泥的主要次级用能单位及主要耗能设备层级的计量器具配备率，其水泥产品生产过程消耗的能源、资源数据不可明确计量或分摊。

2.2.6. 环境影响类型

基于本项目评价目的，本项目只选择气候变化这一种影响类型，即温室气体排放。按相关标准规范要求识别与本项目相关的温室气体排放，并按直接温室气体排放、能源间接温室气体排放、其他间接温室气体排放进行分类。

2.2.7. 数据质量要求

数据质量代表了本项目评价的目标代表性与数据实际代表性之间的差异，本项目的数据质量要求如下：

(1) 本项目评价需要的水泥产品生产过程能源、资源消耗等数据应采用企业的实际生产数据；

(2) 数据时间代表性：2022年1月1日至12月31日；

(3) 数据地理代表性：江西省上饶市万年县大源镇；

(4) 数据技术代表性，包括以下方面：

- 生产工艺：原燃材料进入生产厂区均化，熟料生产原燃料及生料制备、熟料烧成、熟料到熟料库，水泥粉磨到水泥库等过程；
- 生产规模：2×5100t/d 新型干法熟料水泥，设计年产熟料为 306

万吨，年产水泥 400 万吨；

- 主要原料：石灰石、黏土、铁矿石及煤等；
- 主要能耗：烟煤、柴油、电力。

3. 碳排放量化

3.1. 量化方法

本项目相关温室气体排放的具体量化方法主要依据国家发改委发布的《中国水泥生产企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》（以下简称“核算指南”）。

3.2. 直接温室气体排放的量化

3.2.1. 直接温室气体排放源

根据文件评审及现场走访，参考《中国水泥生产企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》，确定本项目系统边界内的直接温室气体排放源如表 3-1 所示。

表 3-1 直接温室气体排放源识别表

序号	排放类别	温室气体排放种类	能源/物料品种	设备名称
1	化石燃料燃烧排放	CO ₂	烟煤	回转窑
		CO ₂	柴油	窑炉点火
2	原料分解产生的排放温室气体	CO ₂	/	回转窑
3	生料中非燃料碳煅烧	CO ₂	/	回转窑

3.2.2. 具体量化方法

根据《核算指南》，直接温室气体排放的具体量化方法如下。

$$E_{\text{CO}_2} = E_{\text{燃烧}_1} + E_{\text{燃烧}_2} + E_{\text{过程}_1} + E_{\text{过程}_2} + E_{\text{电和热}}$$

式中：

E_{CO2} 企业温室气体排放总量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；

- E_{燃烧1}** 企业所消耗的化石燃料燃烧活动产生的二氧化碳排放量（tCO_{2e}）；
- E_{燃烧2}** 企业所消耗的替代燃料或废弃物燃烧产生的二氧化碳排放量（tCO_{2e}）；
- E_{过程1}** 企业在生产过程中原料碳酸盐分解产生二氧化碳排放量（tCO_{2e}）；
- E_{过程2}** 企业在生产过程中生料中的非燃料碳煅烧产生的二氧化碳排放量(tCO_{2e})；
- E_{电和热}** 企业净购入电力和热力所隐含的二氧化碳排放量（tCO_{2e}）；

(1) 化石燃料燃烧二氧化碳排放

受核查方生产过程消耗烟煤燃烧产生的排放采用《水泥企业核算指南》中的如下核算方法：

$$E_{\text{燃烧}1} = \sum_{i=1}^n (AD_i \times EF_i)$$

式中：

- E_{燃烧}** 企业所有净消耗的各种化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放量（tCO₂）；
- AD_i** 核算和报告期内消耗的第 i 种化石燃料的活动水平（GJ）；
- EF_i** 第 i 种燃料的二氧化碳排放因子（tCO₂/GJ）；
- FC_i** 核算和报告期内化石燃料 i 的净消耗量（t，万 Nm³）；
- NCV** 核算和报告期内化石燃料 i 的平均低位发热值（GJ/t，GJ/万 Nm³）
- i** 化石燃料的种类

(2) 替代燃料或废弃物中非生物质碳的燃烧排放

$$E_{\text{燃烧}2} = \sum_i Q_i \times HV_i \times EF_i \times \alpha_i$$

- E_{燃烧2}** 核算和报告期内替代燃料或废弃物中非生物质碳燃烧所产生的 CO₂ 排放量(tCO_{2e})；
- Q_i** 各种替代燃料或废弃物的用量（t）；
- HV_i** 各种替代燃料或废弃物的加权平均低位发热量（GJ/t）；
- EF_i** 各种替代燃料或废弃物燃烧的 CO₂ 排放因子（tCO₂/GJ）；
- α_i** 各种替代燃料或废弃物中非生物质碳的含量%；

企业不涉及替代燃料或废弃物中非生物质碳的燃烧排放。

(3) 原料分解产生的排放

$$E_{\text{工艺1}} = \sum_i (Q_i + Q_{\text{ckd}} + Q_{\text{bpd}}) \times [(FR_1 - FR_{10}) \times \frac{44}{56} + (FR_2 - FR_{20}) \times \frac{44}{40}]$$

E_{工艺1} 核算和报告期内，原料碳酸盐分解产生的二氧化碳（CO₂）排放量(tCO₂e)；

Q_i 生产的水泥熟料产量（t）；

Q_{ckd} 窑炉排气筒（窑头）粉尘的重量（t）；

Q_{bpd} 窑炉旁路放风粉尘的重量（t）；

FR₁ 熟料中氧化钙（CaO）的含量%；

FR₁₀ 熟料中不是来源于碳酸盐分解的氧化钙（CaO）的含量%；

FR₂ 熟料中氧化镁（MgO）的含量%；

FR₂₀ 熟料中不是来源于碳酸盐分解的氧化镁（MgO）的含量%。

(4) 生料中非燃料碳煅烧的排放

$$E_{\text{工艺2}} = Q \times FR_0 \times \frac{44}{12}$$

E_{工艺2} 核算和报告期内生料中非燃料碳煅烧产生的排放量(tCO₂e)；

Q 生料的数量，单位为吨（t）；

FR₀ 生料中非燃料碳含量，单位为%。

3.2.3. 数据收集

根据上述量化方法要求，直接温室气体排放涉及的活动水平数据、排放因子/计算系数如下表所示。

表 3-2 直接温室气体排放活动水平数据、排放因子/计算系数清单

排放类型	活动水平数据	排放因子/计算系数
化石燃料燃烧 排放	烟煤消耗量	烟煤单位热值含碳量
	烟煤低位发热量	烟煤碳氧化率
	柴油消耗量	柴油单位热值含碳量

	柴油低位发热量	柴油碳氧化率
工业过程燃烧 排放	原料分解排放量	熟料产量 窑炉排气筒粉尘重量
	生料中非燃料碳煅烧排放量	生料消耗量

直接温室气体排放涉及的活动水平数据、排放因子/计算系数等数据收集情况如下表所示。

表 3-3 直接温室气体排放的活动水平数据收集表

活动水平数据	数值	单位	数据来源
烟煤消耗量	478369.96 其中 7#; 245711.22 t 8#; 232658.74 t	t	《原燃材料库存、消耗平衡表》
烟煤低位发热量	7#; 21.487 8#; 21.127	GJ/t	《入磨原煤氧弹仪热值记录》
柴油消耗量	256.89 其中 7#; 127.86 8#; 84.03	t	《柴油出库明细表》
柴油低位发热量	42.652	GJ/t	《核算指南》缺省值
熟料产量	3642878.00 其中 7#; 1872278.00 8#; 1770600.00	t	《生产综合月报》
窑炉排气筒粉尘重量	2.71 其中 7#; 1.12 8#; 1.59	t	《2022 年废气污染源监测报告》
生料消耗量	其中 5537174.56 7#; 2845862.56 8#; 2691312.00	t	《生产综合月报》

表 3-4 直接温室气体排放的排放因子/计算系数收集表

排放因子/计算系数	数值	单位	数据来源
烟煤单位热值含碳量	0.02618	tC/GJ	《核算指南》缺省值

排放因子/计算系数	数值	单位	数据来源
烟煤碳氧化率	98	%	《核算指南》缺省值
柴油单位热值含碳量	0.0202	tC/GJ	《核算指南》缺省值
柴油碳氧化率	98	%	《核算指南》缺省值
熟料中氧化钙含量	7#窑 CaO:65.49;MgO:1.53	%	《2022年熟料质量台账》
熟料中氧化镁含量	8#窑 CaO:65.53;MgO:1.58		
熟料中不是来源于碳酸盐分解的氧化钙氧化镁的含量	7#窑 CaO:0.24;MgO:0.10 8#窑 CaO:0.32;MgO:0.11	%	《原材料化学分析台账》
生料中非燃料碳含量	0.3	%	《生产配比分析表》 生料中 2022 年掺加煤矸石配料

3.2.4. 量化结果

根据上述量化方法要求,化石燃料燃烧排放量为 959880.36 tCO₂,工业过程排放量 1986060.91tCO₂,直接温室气体排放量合计 2945941.27 tCO₂。

3.3. 能源间接温室气体排放的量化

3.3.1. 能源间接温室气体排放源

根据文件评审及现场走访,参考《核算指南》,确定本项目系统边界内的能源间接温室气体排放源主要为生产消耗的外购电力,来自公共电网。

3.3.2. 具体量化方法

根据《核算指南》,外购电力消费产生排放的具体量化方法如下。

$$E_{电} = AD_{电力} \times EF_{电力}$$

其中：

$E_{电}$ 电力消费所对应的电力生产环节二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（ tCO_2 ）；

$AD_{电力}$ 核算和报告年度内的净外购电量，单位为兆瓦时（MWh）；

$EF_{电力}$ 电力消费的排放因子，单位为吨二氧化碳/兆瓦时（ tCO_2/MWh ）。

3.3.3. 数据收集

根据上述量化方法要求，外购电力消费产生排放涉及的活动水平数据、排放因子如下表所示。

表 3-5 外购电力消费产生排放的活动水平数据、排放因子清单

排放类型	活动水平数据	排放因子
外购电力消费产生的排放	外购电力消费量	外购电力排放因子

外购电力消费产生排放涉及的活动水平数据、排放因子等数据收集情况如下。

表 3-6 外购电力消费产生排放的活动水平数据收集表

活动水平数据	数值	单位	数据来源
外购电力消费量	182853.000	MWh	《生产统计月报》

表 3-7 外购电力消费产生排放的排放因子收集表

活动水平数据	数值	单位	数据来源
外购电力排放因子	0.5257	tCO_2 / MWh	《2011 年和 2012 年中国区域电网平均二氧化碳排放因子》华中区域电网 2012 年平均排放因子

3.3.4. 量化结果

根据量化方法要求，外购电力消费产生排放量为 96125.82 tCO_2 。

3.4. 其他间接温室气体排放的量化

对于其他间接温室气体排放，因无法掌控其活动及温室气体排放量，本项目暂不考虑。

3.5. 碳排放总量

综上所述，本项目评价的江西万年青水泥股份有限公司水泥产品系统边界内 2022 年的碳排放总量为 3042067 tCO₂。

4. 产品碳足迹计算与结论

4.1. 单位产品碳足迹计算

根据企业《2022 年质量月报》2022 年万年青水泥强度等级 42.5 普通硅酸盐水泥（R 型）、强度等级 52.5 普通硅酸盐水泥（R 型）、强度等级 52.5 普通硅酸盐水泥、强度等级 32.5 砌筑水泥总产量、强度等级 42.5 复合硅酸盐水泥为 3918620t。

经核算，得到江西万年青水泥股份有限公司 2022 年在制造阶段生产 1t 水泥的碳排放量为 0.7763 tCO₂。

4.2. 单位产品碳足迹分析

水泥产品生产过程各项消耗排放对碳足迹的贡献见表 4-1 和图 4-1。

表 4-1 水泥产品生产过程各项排放的碳足迹贡献情况

排放过程	碳排放量 (tCO ₂ /t 水泥)	占比 (%)
烟煤燃烧排放	0.2447	31.53
柴油燃烧排放	0.0002	0.03
生料中非燃料碳煅烧	0.0155	2.00
原料分解排放量	0.4913	63.28
外购电力消费产生排放	0.0245	3.16
合计	0.7763	100

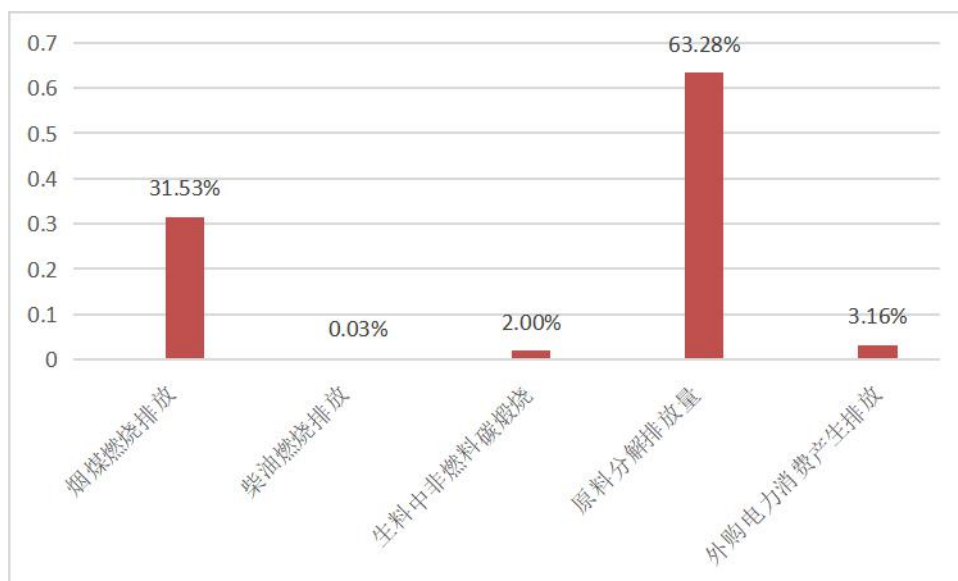


图 4-1 水泥产品生产过程各项排放的碳足迹贡献占比

根据表 4-1 和图 4-1 可知，在水泥产品制造阶段，原料分解排放量对水泥产品碳足迹的贡献最大，为 $0.4913\text{tCO}_2/\text{t}$ 水泥，占比为 63.28%，其次是烟煤燃烧排放的碳足迹贡献，为 $0.2447\text{tCO}_2/\text{t}$ 水泥，占比 31.53%。

4.3. 结论

江西万年青水泥股份有限公司委托北京和碳环境技术有限公司对该公司 2022 年 1 月 1 日至 2022 年 12 月 31 日期间水泥产品碳足迹进行评价，评价程序遵照 PAS 2050 等相关规定。

根据产品碳足迹评价结果，确认 2022 年的温室气体排放是在没有实质性偏差的情况下以保守和适当的方式计算出来的。本报告中，北京和碳环境技术有限公司确认：江西万年青水泥股份有限公司 2022 年在产品制造阶段生产 1t 水泥的碳排放量为 0.7763tCO_2 。

4.4. 评价建议

基于江西万年青水泥股份有限公司 1t 普通硅酸盐水泥碳足迹的分析结果，对企业减少碳排放提出以下建议：

- 1) 建议就近选择原物料，减少运输过程排放。
- 2) 建议选取对环境影响较小可回收的包装袋，减少包装材料的排放。
- 3) 建议加强对烟煤的控制，开展节能减煤措施，减少生产过程中的烟煤消耗，减少生产阶段的产品碳足迹。
- 4) 加强对生料的原料配比控制，减少碳酸盐的使用，降低生产过程中碳排放。

水泥行业碳排放分为直接排放和间接排放，直接排放包括燃料燃烧排放和生产过程（碳酸盐分解）排放两部分；间接排放包括水泥生产环节中的电力消耗所折合的二氧化碳排放。万年青水泥二氧化碳排放主要源于熟料生产过程，其中碳酸盐分解所排放的二氧化碳，约占碳排放总量的 63.28%；燃料燃烧产生的二氧化碳，约占排放总量的 31.53%；电力消耗间接产生的二氧化碳，约占排放总量的 3.16%。

对照碳排放产生环节和影响因素，可以从提升能效技术、原燃料替代技术、低碳水泥技术、碳捕集封存技术五个方面入手：

① 提升能效技术

旨在提高现有水泥工业设备的性能和效率，通过技术优化和局部改进降低系统能耗，达到碳减排的目的，水泥企业可根据实际使用的设备及工艺状况组合使用。

② 原燃料替代技术

用垃圾衍生燃料（RDF）、生物质燃料、塑料、橡胶、皮革、废弃轮胎等替代燃料来替代化石能源，可减少燃料产生的碳排放。另一方面用钙质工业固废来替代石灰石，可显著减少碳酸盐分解的碳排放。该技术方向旨在从原、燃料替代出发，通过采用不同的原料或燃料，从工艺角度减少水泥系统的碳排放量，需要企业根据环境条件、自身情况，在国家鼓励政策下选择使用。

③ 低碳水泥技术

低碳水泥旨在降低生产水泥熟料所用碳酸盐，或减少熟料用量。

④ 碳捕集封存技术

碳捕集封存技术直接将水泥生产过程中产生的 CO₂ 进行捕集提纯，用于其他工业领域或食品加工、化学利用或者直接封存等，直接减少了水泥企业的 CO₂ 排放。

表 4-2 水泥行业节能降碳技术清单

	技术清单
提升能效技术	<ol style="list-style-type: none">1.水泥窑炉用耐火材料整体提升技术2.预热器分离效率提升及降阻优化技术3.五级预热器改造低能耗六级预热器技术4.分解炉自脱硝及扩容优化技术5.冷却机升级换代技术（三代更换为四代）

	6.冷却机更换为中置辊破技术 7.富氧燃烧技术 8.窑头燃烧器优化改造 9.生料易烧性和操作管理提升技术 10.立式辊磨生料外循环技术 11.辊压机生料终粉磨技术 12.水泥粉磨优化提升技术 13.钢渣/矿渣辊压机终粉磨技术 14.钢渣立磨终粉磨技术 15.风机效率提升节能技术 16.水泥工业智能化技术
原燃料替代技术	1.替代燃料协同处置技术 2.替代燃料预煅烧装备及技术 3.新能源替代技术 4.电石渣替代石灰石质原料生产水泥熟料技术 5.超细冶金渣立式磨粉磨装备技术
低碳水泥技术	1.高贝利特硫铝酸硅酸盐（铁铝酸硅酸盐）水泥技术 2.低热硅酸盐水泥与中热硅酸盐水泥及其制备技术 3.分级分别水泥粉磨技术 4.高岭土煅烧生产低碳水泥 5.工业副产石膏制硫酸联产水泥成套技术
碳捕集封存技术	1.全氧燃烧耦合低能耗碳捕集技术

术

2.水泥窑炉烟气捕集 CO₂ 技术