

团 体 标 准

T/GDLC 023—2025

温室气体 产品碳足迹 量化方法与要求 磷酸铁锂

Greenhouse gases—Quantification methodologies and requirements for carbon
footprint of products—Lithium iron phosphate

2025 - 1 - 9 发布

2025 - 1 - 9 实施

广东省低碳发展促进会 发 布

目 次

前 言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 量化目的 2

 4.1 应用意图 2

 4.2 目标受众 2

5 量化范围 2

 5.1 声明单位 2

 5.2 系统边界及阶段说明 2

6 清单分析 3

 6.1 数据收集和确认 3

 6.2 分配原则 4

 6.3 取舍准则 4

7 影响评价 4

 7.1 产品碳足迹计算方法 4

 7.2 原材料获取阶段温室气体排放 4

 7.3 生产制造阶段温室气体排放 5

8 结果解释 5

9 产品碳足迹研究报告 6

10 产品碳足迹声明 6

附 录 A （资料性） 磷酸铁锂产品碳足迹评价数据收集表示例 7

附 录 B （资料性） 产品碳足迹报告（模板） 8

附 录 C （资料性） 全球变暖潜势参考值 12

参 考 文 献 13

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。

本文件由广东省环境科学研究院提出。

本文件由广东省低碳发展促进会归口。

本文件起草单位：广东省环境科学研究院、广东光华科技股份有限公司、中国科学院广州能源研究所、广东省低碳发展促进会。

本文件主要起草人：朱倩茹、李易熹、廖程浩、王霄、刘剑筠、姚嘉毅、吴东丽、成贝贝、李宇萍、吴逸涵。

温室气体 产品碳足迹 量化方法与要求 磷酸铁锂

1 范围

本文件规定了磷酸铁锂产品碳足迹量化目的、量化范围、清单分析、影响评价、结果解释、产品碳足迹报告及声明。

本文件适用于碳热还原工艺生产制造的磷酸铁锂产品的碳足迹量化与分析,其他生产工艺生产制造的磷酸铁锂产品可参照使用。

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 24025 环境标志和声明 III型环境声明 原则和程序

GB/T 24050 环境管理术语

GB/T 24040 环境管理 生命周期评价原则与框架

GB/T 24044 环境管理 生命周期评价要求与指南

GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则

GB/T 24067 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南

ISO 14067 温室气体 产品碳足迹 量化要求与指南 (Greenhouse gases - Carbon footprint of products -Requirements and guidelines for quantification)

3 术语和定义

GB/T 24067界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用,以下重复列出GB/T 24067中某些术语与定义。

3.1

磷酸铁锂 Lithium iron phosphate

化学式为 LiFePO_4 , 一种橄榄石结构的磷酸盐, 主要用作锂离子电池的正极材料。

3.2

产品碳足迹 carbon footprint of a product; CFP

产品系统中的温室气体净排放量总和,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: GB/T 24067—2024, 3.1.1, 有修改]

3.3

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 24067—2024, 3.1.4, 有修改]

3.4

二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent; CO_2e

比较某种温室气体与二氧化碳的辐射强迫的单位。

注: 给定温室气体的二氧化碳当量等于该温室气体质量乘以它的全球变暖潜势值。

[来源: GB/T 24067—2024, 3.2.2]

3.5

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 24067—2024，3.3.4]

3.6

单元过程 unit process

进行生命周期清单分析时为量化输入和输出数据而确定的最基本部分。

[来源：GB/T 24067—2024，3.3.6]

3.7

声明单位 declared unit

用来量化产品部分碳足迹的基准单位。

[来源：GB/T 24067—2024，3.3.8]

3.8

“从摇篮到大门”产品碳足迹 “from cradle to gate” carbon footprint of a product, “from cradle to gate” CFP

原材料获取到产品生产阶段的温室气体净排放量。

3.9

取舍准则 cut-off criteria

对与单元过程或产品系统相关的物质和能量流的数量或环境影响重要性程度是否被排除在评价范围之外所作的规定。

[来源：GB/T 24067—2024，3.4.1]

3.10

初级数据 primary data

通过直接测量或基于直接测量的计算而得到的过程或活动的量化值。

注1：初级数据可来自所评价的产品系统或其他与所评价的产品系统具有可比性的产品系统。

注2：初级数据可包含温室气体排放因子和/或温室气体活动数据。

[来源：GB/T 24067—2024，3.6.1]

3.11

次级数据 secondary data

不符合初级数据要求的数据。

注1：次级数据可包括数据库和公开文献中的数据、国家清单中的缺省排放因子、计算数据、估计值或其他经主管部门验证的代表性数据。

注2：次级数据可包括从代替过程或估计获得的数据。

[来源：GB/T 24067—2024，3.6.3]

4 量化目的

4.1 应用意图

为实施磷酸铁锂产品碳足迹量化及报告提供方法依据，从而为磷酸铁锂产品研究和开发、技术改进、产品碳足迹绩效追踪和信息交流提供参考。

4.2 目标受众

磷酸铁锂产品碳足迹量化研究结果的接收者包括磷酸铁锂产品生产企业的决策者、下游客户和量化研究的评审方等。

5 量化范围

5.1 声明单位

以1kg磷酸铁锂作为量化声明单位。

5.2 系统边界及阶段说明

5.2.1 系统边界

磷酸铁锂产品的系统边界包括原材料获取阶段、生产制造阶段。具体系统边界如图1所示。

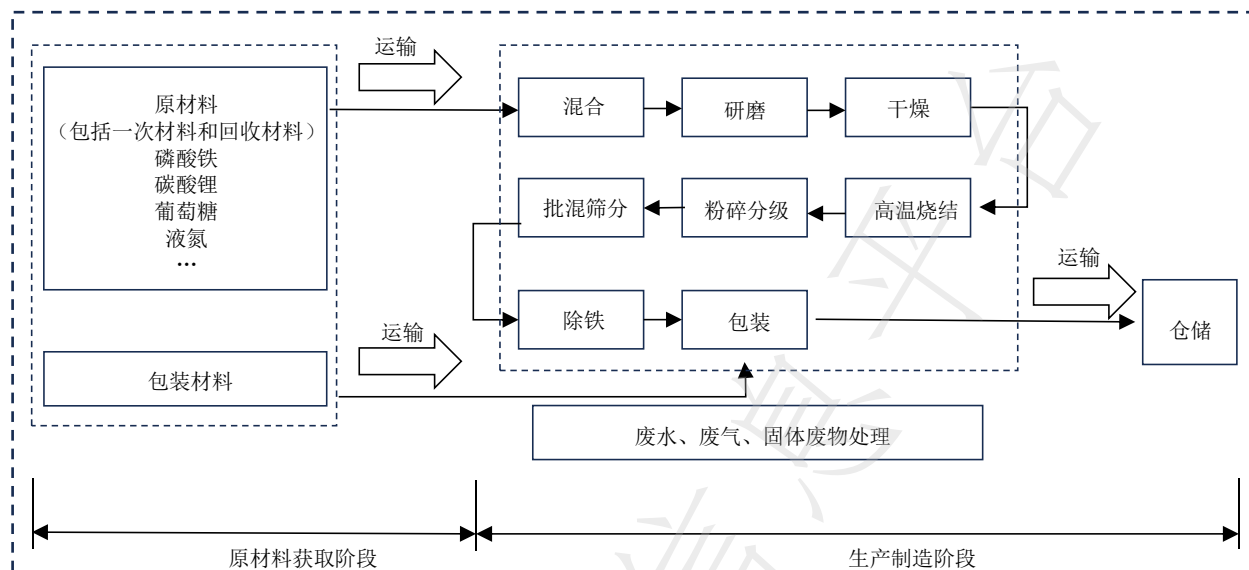


图1 系统边界

5.2.2 生命周期阶段说明

5.2.2.1 原材料获取阶段

原材料（包括一次材料和回收材料）获取阶段，即资源的获取和材料的生产、处理阶段。

若使用的原材料为一次材料，系统边界包括资源开采、交通运输、加工提纯、原材料生产制造等过程产生的温室气体排放。

若使用的原材料为回收产品，应包括原材料的回收过程引起的温室气体排放以及回收处理场所到原材料使用场所运输引起的温室气体排放。

5.2.2.2 生产制造阶段

包括投料混料、研磨分散、干燥、高温烧结、粉碎分级、批混筛分、除铁、包装以及运输等相关过程。生产阶段产品碳足迹评价中应纳入下列过程：

- 产品生产过程；
- 产品包装过程；
- 生产废弃物处理过程；
- 相关运输过程。

6 清单分析

6.1 数据收集和确认

6.1.1 初级数据

6.1.1.1 磷酸铁锂产品碳足迹计算需要收集的初级数据包括：

- 各类原辅材料投入量及回收材料比例；
- 回收材料加工处理过程的辅料投入量及能耗；
- 化石燃料、电力、热力、水等能源、资源投入量；
- 产品产量；
- 废物产生量及对应处置方式；
- 原辅料、产品、废物的运输方式、运输量和运输距离。

6.1.1.2 应主要从企业拥有、运行或控制的生产过程中收集初级数据，并对数据的有效性进行检查，包括建立物料平衡和能量平衡等，以确保数据质量符合要求。各类初级数据收集示例见附录A。

6.1.2 次级数据

6.1.2.1 磷酸铁锂产品碳足迹计算需要收集的次级数据包括：

- 各类原辅材料的温室气体排放因子；
- 各类能源资源生产、运输和使用的温室气体排放因子；
- 各类废物处置方式对应的温室气体排放因子；
- 各类运输方式的温室气体排放因子。

6.1.2.2 用于碳足迹核算的各类原辅材料、能源资源的排放因子应优先采用基于生命周期评价或产品碳足迹评价得到的“从摇篮到大门”原辅材料和能源资源碳足迹。如果“从摇篮到大门”排放因子不可获得，则应从官方出版物、行业报告和文献等收集符合本文件 6.1.3 数据质量规则的次级数据，并分析次级数据包括的具体过程（排放因子可能仅包括产品生命周期中的单个过程，也可能是多个过程的总和），如果排放因子包含的过程不符合“从摇篮到大门”的要求，则应进一步估算得到符合要求的排放因子。

6.1.3 数据质量

磷酸铁锂产品碳足迹评价过程中使用的数据应满足以下要求：

- 完整性：涵盖对评价的产品系统有实质性贡献的所有温室气体的排放；
- 代表性：使用对评价产品而言具有时间、地理及技术针对性的数据；
- 一致性：评价方法学在整个评价过程中都保持一致；
- 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；
- 准确性：避免非必要偏差和不确定度；
- 使用最近至少一年的数据，若产品生产不足一年，使用从生产初始至评价前的累计数据；
- 优先使用初级数据，若无法获取初级数据，可使用次级数据，并进行书面记录，解释数据来源和使用理由。

6.2 分配原则

一个单元过程分配前后的输入或输出总和应相等。当不同型号产品间存在分配时，应描述不同型号产品间共有的单元过程，给出相关数据的分配规则、分配步骤及其依据。

对包含多个产品的系统进行分配应考虑以下方面：

- 单独计量各类产品的输入及输出数据，尽可能避免分配；
- 优先使用物理关系（如数量、质量、工时等）进行分配；
- 若无法建立物理关系，宜根据经济价值或其它关系进行分配，且应提供所使用分配关系的依据及计算说明。

6.3 取舍准则

不应将对产品碳足迹有实质性贡献的温室气体排放排除在外。如某一单元生产过程温室气体排放数据出于实际原因不可获取，可采用类似工艺的单元过程替代（系统边界扩展方法），替代单元过程对产品碳足迹的累计贡献不得超过5%。如果找不到类似替代单元过程，对于温室气体排放量小于所评价产品温室气体总排放1%的可予以舍去，但累计不应超过5%。

7 影响评价

7.1 产品碳足迹计算方法

碳足迹计算包括原材料获取阶段和生产制造阶段，汇总获得以二氧化碳当量（kgCO₂e）表示的磷酸铁锂产品碳足迹。计算方法见公式（1）。

$$CFP = E_1 + E_2 \dots \dots \dots (1)$$

式中：

CFP ——产品碳足迹，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e）；

E_1 ——原材料获取阶段温室气体排放，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e）；

E_2 ——产品生产制造阶段温室气体排放，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e）；

7.2 原材料获取阶段温室气体排放

磷酸铁锂的原材料获取阶段温室气体排放量按式（2）进行计算：

$$E_1 = \sum M_i \times (1 - R) \times EF_i + \sum M_i \times R \times EF_{i,Re} + E_{trans} \quad (2)$$

式中：

M_i ——原辅材料 i 的重量，单位为千克（kg）；

EF_i ——一次材料 i 的温室气体排放因子，单位为千克二氧化碳当量每千克（kgCO₂e/kg）；

R ——投入本产品生产的原辅材料中，回收材料的比例，单位为百分比（%）；

$EF_{i,Re}$ ——为满足替代原始材料的品质要求，对回收材料 i 进行加工处理的温室气体排放因子，单位为千克二氧化碳当量每千克（kgCO₂e/kg）；

E_{trans} ——原辅材料运输过程中产生的温室气体排放，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e）；

（2）式中，运输过程排放 E_{trans} 按式（3）进行计算：

$$E_{trans} = \sum M_j \times D_j \times EF_j \quad (3)$$

式中：

M_j ——采用运输方式 j 的运输量，单位为千克（kg）；

D_j ——采用运输方式 j 的运输距离，单位为千米（km）；

EF_j ——运输方式 j 的温室气体排放因子，单位为千克二氧化碳当量每千克千米（kgCO₂e/（kg·km））。

7.3 生产制造阶段温室气体排放

磷酸铁锂的原材料获取阶段温室气体排放量按式（4）进行计算：

$$E_2 = \sum M_k \times EF_k + E_{produce} + \sum M_{waste,l} \times EF_{waste,t} \quad (4)$$

式中：

M_k ——产品生产阶段能源、资源 k 的消耗量，单位为千瓦时（kWh）、立方米（m³）或千克（kg）等；

EF_k ——能源、资源 k 生产的温室气体排放因子，单位为千克二氧化碳当量每千瓦时（kgCO₂e/kWh）、千克二氧化碳当量每立方米（kgCO₂e/m³）或千克二氧化碳当量每千克（kgCO₂e/kg）等；

$E_{produce}$ ——各生产工艺过程含碳原辅料分解产生的温室气体排放，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e）；

$M_{waste,l}$ ——生产过程废物 l 的产生量，单位为立方米（m³）或千克（kg）等；

$EF_{waste,t}$ ——废物处置方式 t 的温室气体排放因子，单位为千克二氧化碳当量每立方米（kgCO₂e/m³）或千克二氧化碳当量每千克（kgCO₂e/kg）等。

（4）式中，工艺过程温室气体排放 $E_{produce}$ 主要为含碳原辅料煅烧分解产生的温室气体，采用物料平衡法按式（5）计算：

$$E_{produce} = \sum M_i \times N \times \frac{44}{n_i} \times GWP \quad (5)$$

式中：

M_i ——第 i 种含碳原辅料的使用量，单位为千克（kg）；

N ——第 i 种含碳原辅料的碳原子数；

n_i ——第 i 种含碳原辅料的分子量。

GWP ——全球变暖潜势，默认选择 IPCC 给出的 GWP100，选择 IPCC 提供的其他时间范围的 GWP 时应单独报告。GWP 参考值见附录 C，若 IPCC 修订了 GWP，应使用最新数值，否则应在报告中说明。

8 结果解释

8.1 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：

- 根据生命周期清单分析和生命周期影响评价的产品碳足迹和产品部分碳足迹的量化结果，识别显著环节；
- 完整性、一致性和敏感性分析的评估；
- 结论、局限性和建议的编制。

8.2 应根据产品碳足迹研究的目的是范围进行结果解释，解释应包括以下内容：

- 说明产品碳足迹和各生命周期阶段的碳足迹；
- 分析不确定性，包括取舍准则的应用或范围；
- 详细记录选定的分配程序；
- 说明产品碳足迹研究的局限性。

9 产品碳足迹研究报告

根据本文件所计算的碳足迹结果有效期最长为两年，在此期间内如产品碳足迹评价边界内的单元过程发生变化且导致评价结果增加了 5%或以上，评价结果时效则提前终止。产品碳足迹评价报告可包括且不限于以下内容（参考附录 B）：

- a) 基本情况
 - 委托方和评价方信息；
 - 报告信息；
 - 依据标准。
- b) 目的
 - 开展研究的目的
 - 预期用途。
- c) 范围
 - 产品功能和技术参数说明；
 - 功能单位；
 - 系统边界；
 - 取舍准则；
 - 生命周期各阶段描述。
- d) 清单分析
 - 数据收集信息；
 - 重要的单元过程清单；
 - 代表性的时间边界和地理边界；
 - 分配原则与程序；
 - 数据说明。
- e) 影响评价
 - 影响评价方法；
 - 特征化因子；
 - 清单结果与计算。
- f) 结果解释
 - 结论和局限性；
 - 敏感性分析和不确定性分析；
 - 电力处理；
 - 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。
- g) 其他补充要求的参考资料

10 产品碳足迹声明

如需声明时，可按照GB/T 24025或ISO 14026的规定进行，相关声明可用于具有相同功能的不同产品之间的比较。

附录 A

(资料性)

磷酸铁锂产品碳足迹评价数据收集表示例

磷酸铁锂产品碳足迹量化数据收集见表A.1至表A.5。

表 A.1 产品基本信息收集表

产品名称	生产厂家	产量 (含包装)	产量 (不含包装)	计量单位
磷酸铁锂				

表 A.2 各类原辅材料的数量及质量与回收材料比例

材料名称	规格材质	材料用量 (kg)	回收材料比例 (%)
磷酸铁			
碳酸锂			
葡萄糖			
……a			

表 A.3 回收材料加工处理过程的能耗及辅料投入

类别	消耗量	单位
电		千瓦时 (kWh)
天然气		立方米 (m ³)
……a		
辅料		kg
……a		

表 A.4 产品生产阶段数据收集

能耗类型	投入量	单位
电		千瓦时 (kWh)
天然气		立方米 (m ³)
柴油		升 (L)
水		
……a		

表 A.5 废物处理数据收集

废物	产生量	处理方式	能源资源投入
废物			
……a			

表 A.6 运输过程数据收集

类别	运输量	运输起点	运输终点	运输距离 (km)	运输工具	燃料类型
原辅材料						
……a						
包装						
……a						
废物						
……a						

注：*根据实际情况自行增减。

附 录 B
(资料性)
产品碳足迹报告 (模板)

产品碳足迹报告模板如下。

产品碳足迹报告

产品名称: _____

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：_____

企业概况：_____

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

以_____为功能单位。

2、系统边界

☐原材料获取阶段 ☐生产阶段 ☐运输阶段 ☐使用阶段 ☐生命末期阶段

系统边界图：

图 1 **产品碳足迹量化系统边界图

3、取舍准则

采用的取舍准则以_____为依据，具体规则如下：

4、时间范围

_____年 月 至 _____年 月。

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 1。

表1 _____ 生命周期碳排放清单说明

生命周期阶段	初级数据/次级数据	排放因子	温室气体量 (kg/功能单位)
原材料获取			
产品生产			
运输			
使用			
生命末期			

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

一般选择 IPCC 给出的 100 年 GWP。

2、产品碳足迹结果计算

_____。

3、结果说明

_____公司生产的_____（每功能单位的产品），从_____（某生命周期阶段）到_____（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 2 和图 2 所示。

表 2 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/功能单位)	百分比 (%)
原材料获取及预处理		
主要产品生产		
分销		
报废与回收		
总计		

图 2 **各生命周期阶段碳排放分布图（柱状图或饼状图）

六、假设和局限性说明

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。

七、改进建议

八、参考文献（如有）

附 录 C
(资料性)
全球变暖潜势参考值

部分 GWP 参见表 C.1。

表 C.1 产品基本信息收集表

温室气体名称	分子式	全球变暖潜势 (GWP100)
二氧化碳	CO ₂	1
甲烷	CH ₄	27.9
氧化亚氮	N ₂ O	273
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》。		

参 考 文 献

- [1] DB 44/T 1941 产品碳排放评价技术通则
 - [2] T/GDES 20001 产品碳足迹 评价技术通则
 - [3] 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
-