

团 体 标 准

T/GDLC —2026

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 锂离子 电池硅碳负极材料

Greenhouse Gases — Quantification Methods and Requirements for Product Carbon
Footprint — Silicon-Carbon Anode Materials for Lithium Ion Batteries

2026- - 发布

2026- - 实施

广东省低碳发展促进会 发 布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 量化目标 2

5 量化范围 3

6 数据要求 4

7 量化方法 5

8 结果解释 6

9 报告编制 6

10 声明标识 7

附 录 A （资料性） 锂离子电池硅碳负极材料产品碳足迹量化数据收集表 8

附 录 B （资料性） 产品碳足迹报告模板 10

参 考 文 献 14

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 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： 。

本文件主要起草人： 。

温室气体 产品碳足迹 量化方法与要求 锂离子电池硅碳负极材料

1 范围

本文件规定了锂离子电池硅碳负极材料产品碳足迹的核算原则、核算边界、数据质量要求、生命周期清单分析以及评价报告。

本文件适用于作为锂离子电池负极材料使用的硅碳材料产品的碳足迹核算与报告。

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 温室气体 产品碳足迹 量化要求与指南

GB/T 24025 环境标志和声明 III型环境声明 原则和程序

ISO 14026 环境标签和声明 足迹信息沟通的原则、要求和指南 (Environmental labels and declarations. Principles, requirements and guidelines for communication of footprint information)

GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

锂离子电池硅碳负极材料 Silicon carbon negative electrode materials for lithium ion

锂离子电池硅碳负极材料是将硅或硅的化合物沉积、复合于碳基体（如石墨、软碳、硬碳、碳纳米管、石墨烯等）上，通过机械混合法、化学气相沉积、溶胶-凝胶法等方法，形成的具有纳米结构特征的复合负极材料。该材料与正极材料在一定体系下协同作用实现锂离子电池多次充电和放电，在充电过程中，硅碳负极通过硅的合金化反应与碳的嵌入反应共同接受锂离子，而在放电过程中，实现锂离子的脱出。

3.2

功能单位 functional unit

用来量化产品系统功能的基准单位。

[来源：GB/T 24067-2024，3.3.7]

3.3

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]

3.4

全生命周期产品碳足迹 life cycle CFP

产品系统包括原材料获取、生产制造、运输、使用及废弃处置等过程产生的以二氧化碳当量表示的温室气体净排放量的总和。

[来源：ISO 14067，3.1.1.1]

3.5

数据质量 data quality

数据在满足所声明的要求方面的能力特性。

[来源：GB/T 24044-2008，3.19]

3.6

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]

3.7

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]

3.8

分配 allocation

将过程或产品系统中的输入和输出流划分到所研究的产品系统以及一个或更多的其他产品系统中。

[来源：GB/T 24044-2008，3.17]

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

二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent

在辐射强度上与某种温室气体质量相当的二氧化碳的量。

[来源：GB/T 32150-2015，3.16]

注：温室气体二氧化碳当量等于给定气体的质量乘以它的全球增温潜势。

3.11

排放因子 emission factor

表征单位生产或消费活动量的温室气体排放的系数。

[来源：GB/T 32150-2015，3.13]

3.12

全球增温潜势 global warming potential

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

[来源：GB/T 32150-2015，3.15]

3.13

再生材料 recycled materials

对失去原使用价值的材料经过加工处理使其重新获得使用价值的材料。

[来源：GB/T 26989—2011，2.4.10]

4 量化目标

4.1 应用意图

为实施锂离子电池硅碳负极材料产品碳足迹量化及报告提供方法依据，从而为锂离子电池硅碳负极材料产品研究和开发、技术改进、产品碳足迹绩效追踪和信息交流参考。

4.2 目标受众

锂离子电池硅碳负极材料产品碳足迹量化研究结果的接收者,包括锂离子电池硅碳负极材料产品生产企业、回收企业等行业上下游相关企事业单位、第三方服务机构、行业协会及政府管理部门等。

5 量化范围

5.1 功能单位

本标准定义功能单位为“1kg硅碳负极材料产品”。

5.2 系统边界及生命周期阶段说明

5.2.1 系统边界

锂离子电池硅碳负极材料温室气体排放全生命周期阶段包括原材料获取和产品生产阶段。具体系统边界如图1所示。

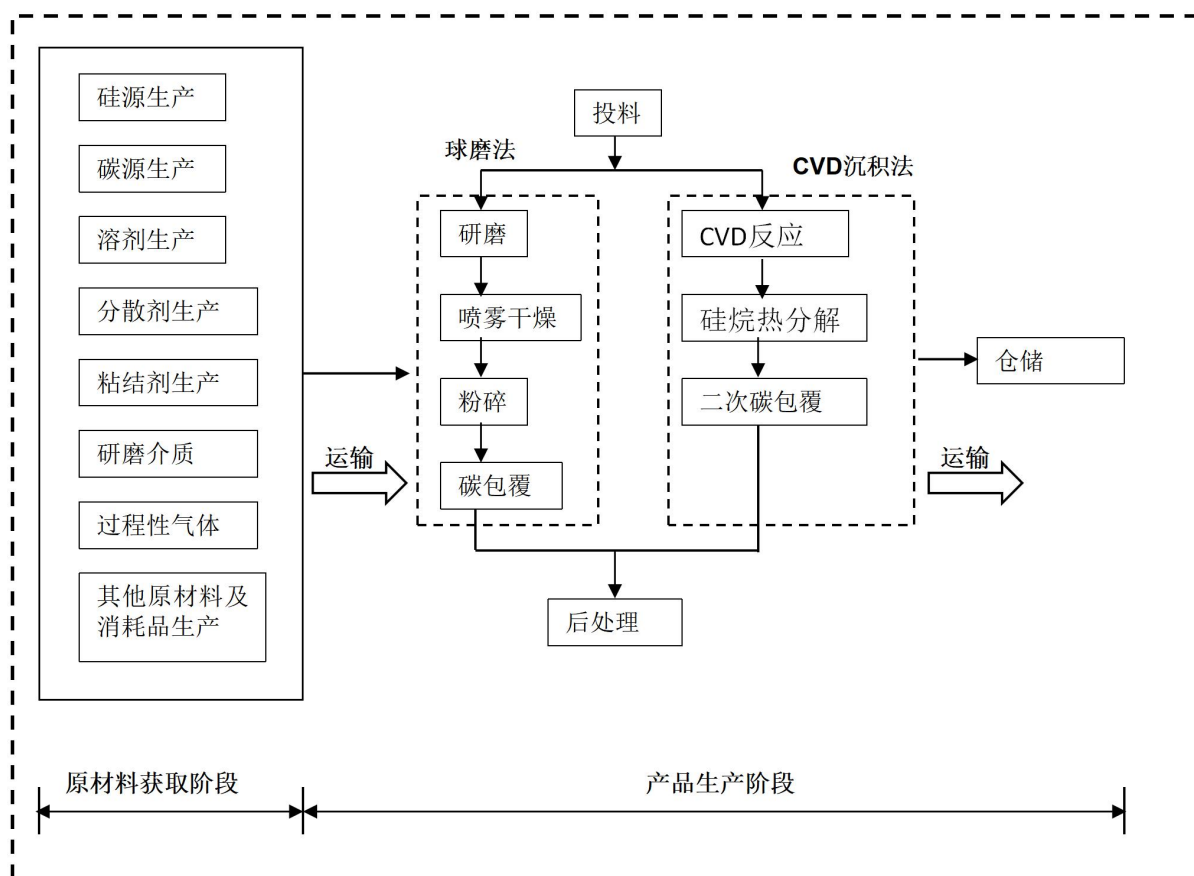


图1 锂离子电池硅碳负极材料产品碳足迹量化系统边界

5.2.2 生命周期阶段说明

5.2.2.1 原材料获取阶段

包括主要原材料（如硅源、碳源、氧化锆珠、乙醇、稀有气体等）及包装材料的生产、加工及其运输至生产厂的过程。

5.2.2.2 产品生产阶段

包括采用球磨法或 CVD 沉积法生产制造过程，以及生产过程中的能源消耗、基础设施运行、废弃物处理和相关厂内运输。

- 硅碳负极材料生产过程；
- 产品装配过程；
- 产品包装过程；
- 基础设施运行过程；
- 可再生能源设施运行过程；
- 生产废弃物处置过程；
- 相关运输过程。

6 数据要求

6.1 质量要求

为确保锂离子电池硅碳负极材料碳足迹量化结果的可靠性与可比性，所收集的初级数据和次级数据应满足以下质量要求：

- 时间代表性：数据应具有适当的时间代表性。初级活动数据（如能源消耗、物料投入）应优先采用核算期内（通常为最近一个完整年度）的实际数据。次级数据（如排放因子）应优先采用最新发布的、具有时效性的数据。
- 地理代表性：数据应反映其来源的地理特征。优先采用与生产活动所在区域（如国家、特定电网或经济区）相匹配的数据。对于具有显著地域特性的过程（如电力生产），应使用反映当地实际情况的数据。
- 技术代表性：数据应能代表所评估产品系统的特定技术条件。优先采用与硅碳负极材料实际生产工艺、能效水平和技术路线相符的数据。
- 数据完整性：系统边界内所有对产品碳足迹有显著贡献（通常认为贡献率超过 1%）的温室气体排放源和碳汇过程均应纳入核算，确保无重大遗漏。
- 数据一致性：在碳足迹量化的全过程（包括数据收集、计算和报告）中，所采用的假设、方法、分配原则及数据来源应保持一致。若发生变更，需在报告中予以说明并评估其影响。
- 数据准确性：数据应力求准确，核算方法应科学、可重现。数据来源、计算过程和结果应具备可追溯性，便于第三方核查验证，并尽可能减少偏差和不确定性。

6.2 初级数据

6.2.1 初级数据包括但不限于以下内容：

- 各类原材料（如硅粉、石墨粉、硬脂酸、氧化锆球、乙醇等）的数量、构成、重量与再生材料比例；
- 再生材料加工处理过程的能耗；
- 硅碳负极材料生产过程中各类能源消耗量和产量；
- 硅碳负极材料废弃处置阶段的废弃物质量、废弃处置方式；
- 各类原材料（含组件和零部件）、能源和废弃物等运输方式、运输质量和运输距离。

6.2.2 初级数据应主要从企业拥有、运行或控制的生产过程中收集，并建立物料平衡和能量平衡，以确保数据符合 6.1 要求。对于从能源供应商外购的非可再生能源电力、蒸汽等能源，应收集各类能源生产的能耗结构和计算外购能源排放因子，并优先使用。如果无法获得外购能源生产过程的能耗结构数据，则选择适合的次级数据和确定排放因子。硅碳负极材料生命末期阶段的废弃物质量优先从正规回收处置企业获取，如果无法获得，则通过从生产企业收集硅碳负极材料的可再生利用率数据确定硅碳负极材料的废弃物质量。各类初级数据的收集示例见附录 A。

6.3 次级数据

6.3.1 次级数据包括但不限于以下内容：

- 各类原材料生产的温室气体排放因子；
- 各类能源生产、运输和使用的温室气体排放因子；
- 各类废弃处置方式对应的温室气体排放因子；
- 硅碳负极材料生产所在地区电网电力生产的温室气体排放因子；
- 各类运输方式的温室气体排放因子。

6.3.2 用于碳足迹核算的各类原材料和能源排放因子应优先采用基于生命周期量化或产品碳足迹量化得到的“从摇篮到大门”原材料和能源碳足迹。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 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。只有在以下两个条件都得到证明的情况下，使用可再生能源电力的单元过程才能采用可再生能源电力特有的排放因子：使用了可再生能源现场生产的电力，或使用了能源输送网提供的外部生产的可再生能源电力，即确保可再生能源电力的可追溯性；可再生能源电力的生产不影响使用同类能源的其它过程或组织的排放因子，即确保可再生能源电力产品环境属性不被重复计算。

6.4 分配原则

6.4.1 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。

6.4.2 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（如最大功率、面积、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他关系进行分配，且应提供所使用分配关系的依据及计算说明。

6.5 数据取舍准则

可采用一般质量临界值原则，即舍弃占系统部件总质量不到1%的原材料输入。如采用一般质量临界值原则，应将缺失质量添加到该系统部件具有最高碳足迹的材料输入流中，缩小质量平衡误差。

7 量化方法

7.1 产品碳足迹计算方法

硅碳负极材料产品全生命周期产品碳足迹计算方法如下：

$$CFP_{GHG} = E_y + E_c \quad (1)$$

式中：

CFP_{GHG} ——产品全生命周期碳足迹，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）；

E_y ——原材料获取与生产阶段的温室气体排放，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）；

E_c ——产品生产阶段的温室气体排放，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）。

7.2 原材料获取阶段

原材料包括硅源、碳源、氧化锆珠、乙醇、稀有气体和各类消耗品等，原材料生产过程的温室气体排放根据原材料的消耗量和原材料生产的温室气体排放因子进行计算，如产品使用了再生材料，则需要计算满足替代原生材料所需质量要求而对再生材料加工处理产生的温室气体排放。公式如下：

$$E_y = \sum M_i \times (1 - R) \times EF_{i^*} + \sum M_{i^*} \times R \times EF_{i_Re} + \sum M_i \times D_{i'} \times EF_{i'}$$

式中：

M_i ——原材料 i 重量, 单位为千克 (kg);

EF_i ——原材料 i 生产的温室气体排放因子, 单位为千克二氧化碳当量 (kgCO₂e);

R ——再生材料比例, 单位为百分比 (%);

EF_{iRe} ——再生材料 i 加工处理的温室气体排放因子, 单位为千克二氧化碳当量 (kgCO₂e);

$D_{i'}$ ——采用运输方式 i' 的运输距离, 单位为千米 (km);

$EF_{i'}$ ——运输方式 i' 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 生产阶段

生产阶段的温室气体排放, 应根据硅碳负极材料生产过程中各类能源的消耗量及其对应的温室气体排放因子, 以及产生的废弃物质量、所采用的废弃物处置方式及其对应的温室气体排放因子进行计算。

$$E_c = \sum M_j \times EF_{j*} + \sum M_p \times EF_{p*} + \sum E_e$$

式中:

M_j ——产品生产阶段的能源 j 消耗量, 单位为千瓦时 (kWh)、立方米 (m³) 或千克 (kg) 等;

EF_{j*} ——能源 j 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;

M_p ——采用废弃处置方式 p 的废弃物质量, 单位为千克 (kg);

EF_{p*} ——废弃处置方式 p 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_e ——各类逸散排放, 例如厂内空调的冷媒逸散排放, 单位为千克二氧化碳当量每千克 (kgCO₂e/kg)。

8 结果解释

8.1

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 (可包括生命周期阶段、单元过程);

——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和范围进行结果解释, 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 (如单一环境影响类型、方法的局限性等)。

9 报告编制

根据本文件所计算的碳足迹结果有效期最长为两年, 如产品碳足迹量化边界内的单元过程发生变化且导致量化结果增加了 5%或以上, 量化结果时效则终止。产品碳足迹报告可包括且不限于以下内容 (参见附录 B):

——产品碳足迹研究报告的委托人和量化方;

——产品信息 (产品名称、产品的生产企业和地址等);

——量化依据;

——初级数据覆盖时间;

- 功能单位；
- 系统边界（量化涉及的阶段和单元过程、产品系统的产品和副产品产出）；
- 副产品分配方法及理由；
- 使用的初级和次级数据清单和数据来源；
- 数据取舍准则；
- 数据核算方法；
- 碳足迹分析。

10 声明标识

如需声明时，可按照GB/T 24025或ISO 14026的规定进行，确保声明的科学性与规范性；同时，也可遵循《广东产品碳足迹评价与标识管理暂行办法》的要求开展工作。

附录 A
(资料性)

锂离子电池硅碳负极材料产品碳足迹量化数据收集表

产品碳足迹量化数据收集表见表A.1至表A.5。

表 A.1 各类原材料、零部件的构成、数量、重量与再生材料比例

原材料类型	原材料名称	规格/材质	单件产品重量 (kg)	重量 (kg)	再生材料比例 (%)	备注
硅源	硅粉 (微米级)					
	硅粉 (纳米级)					
	硅烷 (SiH ₄)					
碳源	葡萄糖					
	酚醛树脂					
	沥青					
研磨介质	氧化锆珠					
工艺介质	乙醇					
	氮气					
	氩气					
	乙炔					
包装	纸箱					
	包装袋					
	胶袋					
..... ^a						
^a 根据实际情况自行增减。						

表 A.2 再生材料加工处理过程的能耗

能耗类型	消耗量/产量	单位
电		千瓦时 (kWh)
天然气		立方米 (m ³)
柴油		升 (L)
..... ^a		
再生材料加工处理量		吨 (t)
^a 根据实际情况自行增减。		

表 A.3 生产阶段能源消耗量

能源类型	消耗量/产量	单位
电		千瓦时 (kWh)
天然气		立方米 (m ³)
柴油		升 (L)
..... ^a		
^a 根据实际情况自行增减。		

表 A.4 生产阶段的废弃物质量、废弃处置方式

类型	质量 (kg)	回收率 (%)	不可回收的废弃量 (kg)	废弃处置方式
----	---------	---------	---------------	--------

废钢球				
CVD尾气（含硅烷、氢气等）				
含硅烷废水				
其他废弃物				
..... ^a				
^a 根据实际情况自行增减。				

表 A. 5 原材料运输过程的运输质量和运输距离

名称	运输质量	运输距离（km）	运输工具	燃料类型
原材料				
..... ^a				
废弃物				
..... ^b				
^{a, b} 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：_____

法定代表人：_____

授权人（联系人）：_____

联系电话：_____

企业概况：_____

2、生产者信息

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、量化目标

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 ☐产品生产阶段 ☐分销阶段 ☐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、数据要求

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、清单计算及结果

生命周期各个阶段碳排放计算说明表1。

表1 _____生命周期碳排放清单说明

生命周期阶段	活动数据	排放因子	温室气体量 (kg功能单位)
原材料获取			
产品生产			
分销			
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量化，具体量化内容包括：数据来源、完整性、数据代表性（时间、地理、技术）和准确性。

五、量化方法

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、产品碳足迹结果分析

_____。

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 _____生命周期各阶段排放情况

生命周期阶段	碳足迹（kgCO ₂ e/功能单位）	百分比（%）
原材料获取		
产品生产		
分销		
使用		
生命末期		
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）

参 考 文 献

- [1] GB/T 24040 环境管理 生命周期评价 原则与框架
 - [2] GB/T 24044 环境管理 生命周期评价 要求与指南
 - [3] GB/T 24050 环境管理术语
 - [4] GB/T 24067 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南
 - [5] GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则
 - [6] GB/T 4754-2017 国民经济行业分类
 - [7] GB/T 24067-2024 《温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南》
-