

ICS 13.020.10  
CCS Z 04

# DB32

## 江苏省地方标准

DB32/T 5306—2025

### 温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 车用锂离子电池

Greenhouse gases—Quantification methods and requirements for carbon  
footprint of products—Lithium ion batteries used for vehicles

2025-12-30 发布

2026-01-30 实施

江苏省市场监督管理局 发布  
中国标准出版社 出版

## 目 次

前言 .....	III
引言 .....	IV
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 功能单位 .....	3
4.1 产品描述 .....	3
4.2 功能单位和基准流 .....	3
5 系统边界 .....	3
5.1 系统边界的确定 .....	3
5.2 原材料获取和预处理 .....	4
5.3 电池制造 .....	4
5.4 分销 .....	5
5.5 生命末期 .....	5
6 取舍准则 .....	5
7 数据和数据质量 .....	6
7.1 数据收集 .....	6
7.2 数据质量要求 .....	7
7.3 分配 .....	8
8 计算方法 .....	8
8.1 通则 .....	8
8.2 量化方法一 .....	9
8.3 量化方法二 .....	12
9 数据质量评估 .....	13
10 产品碳足迹量化报告 .....	14
10.1 量化报告内容 .....	14
10.2 量化结果的发布 .....	14
附录A(规范性) 车用锂离子电池使用寿命总能量计算方法 .....	15
A.1 计算方法 .....	15
A.2 参数选取 .....	15
附录B(资料性) 数据收集清单 .....	16
附录C(资料性) 产品碳足迹量化方法案例 .....	24

**DB32/T 5306—2025**

C.1 概述·····	24
C.2 产品描述·····	24
C.3 碳足迹量化·····	24
C.4 量化结果·····	29
参考文献·····	30

## 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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由江苏省市场监督管理局提出并组织实施。

本文件由江苏省碳达峰碳中和标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：方圆标志认证集团江苏有限公司、方圆标志认证集团有限公司、江苏省特种设备安全监督检验研究院、江苏省市场监督管理局、常州市发展和改革委员会、常州市市场监督管理局、江苏省产品质量监督检验研究院、江苏省计量科学研究院、江苏省质量和标准化研究院、中创新航科技集团股份有限公司、蜂巢能源科技股份有限公司、贝特瑞(江苏)新材料科技有限公司。

本文件主要起草人：顾正、王靖东、马歆、徐新宇、刘伟、陈玉明、金玲、赵伟、冯清影、刘颖佳、郭宁、杨淑娟、高国晓、戚志超、田智宏、周鼎、张小顺、张文、徐刚、朱嫫、冯倩、邓佳、张威、郑隼、王乾、李臣、孙志辉、黄湘琦、杜思媛、方春香。

## 引 言

本文件立足于国内车用锂离子电池全产业链,根据国内车用锂离子电池行业碳足迹量化需求的实际情况进行编制,与《欧盟电池和废电池法规》[(EU)2023/1542]的核心内容保持一致。

本文件充分响应企业开展车用锂离子电池碳足迹量化的实际需求,一方面为了向下游采购商提供产品碳足迹信息,作为下游产品的输入,另一方面源于企业自身降碳目标与欧盟电池法规要求的双重驱动,对产品的碳排放情况进行摸底,提前作出应对措施。因此,本文件中规定了两种可选的功能单位,便于企业根据具体需求进行选择。

本文件采用生命周期评价方法将气候变化作为单一环境影响类型进行量化,有利于:

- 促进产品碳足迹绩效提升;
- 确定温室气体清除增加和温室气体减排的潜在环节;
- 促进产品全生命周期的温室气体管理策略和计划的制定和实施,发现供应链中额外降碳效益;
- 促进对替代产品设计和采购方案、生产和制造方法、原材料选择、运输、回收和其他生命末期处置过程的评估。

# 温室气体 产品碳足迹量化方法与要求

## 车用锂离子电池

### 1 范围

本文件规定了车用锂离子电池产品碳足迹量化的功能单位、系统边界、取舍准则、数据和数据质量、量化方法、数据质量评估、产品碳足迹量化报告等内容。

本文件适用于为动力系统提供能源的车用锂离子电池的碳足迹量化和报告。车用锂离子电池的核心组件及材料和其他类型的电池可参考使用。

本文件不适用于再使用和修复再制造的电池的碳足迹量化和报告。

### 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 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 24067 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南

### 3 术语和定义

GB/T 24040、GB/T 24044 和 GB/T 24067 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

##### 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由地球表面、大气层和云层所产生的波长在红外光谱内的辐射的气态成分。

注:本文件涉及的温室气体包括二氧化碳(CO<sub>2</sub>)、甲烷(CH<sub>4</sub>)、氧化亚氮(N<sub>2</sub>O)、氢氟碳化物(HFCs)、全氟碳化物(PFCs)、六氟化硫(SF<sub>6</sub>)和三氟化氮(NF<sub>3</sub>)。

[来源:GB/T 24067—2024,3.2.1]

#### 3.2

##### 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。

注1:产品碳足迹可用不同的图例区分和标示具体的 GHG 排放量和清除量,产品碳足迹也可被分解到其生命周期的各个阶段。

注2:产品碳足迹研究报告中记录了产品碳足迹的量化结果,以每个功能单位的二氧化碳当量表示。

[来源:GB/T 24067—2024,3.1.1]

3.3

**车用锂离子电池 lithium ion battery used for vehicles**

依靠锂离子在正极和负极之间移动实现化学能与电能相互转化、可充电,并用于为车辆动力系统提供能源的装置。

3.4

**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 24040—2008,3.20]

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

**活性物质 active material**

在电池放电时发生化学反应以产生电能的物质。

注:蓄电池中的活性物质在充电时能恢复到其初始的状态。

[来源:GB/T 2900.41—2008,482-02-33]

3.7

**基准流 reference flow**

在给定产品系统中,为实现一个功能单位的功能所需的过程输出量。

[来源:GB/T 24044—2008,3.29]

3.8

**初级数据 primary data**

通过直接测量或基于直接测量的计算得到的过程或活动的量化值。

注1:初级数据并非必须来自所研究的产品系统,因为初级数据可能涉及其他与所研究的产品系统具有可比性的产品系统。

注2:初级数据可以包括温室气体排放因子或温室气体活动数据。

[来源:GB/T 24067—2024,3.6.1]

3.9

**次级数据 secondary data**

不符合初级数据要求的数据。

注1:次级数据是经权威机构验证且具有可信度的数据,可来源于数据库、公开文献、国家排放因子、计算估算数据或其他具有代表性的数据,推荐使用本土化数据库。

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]

3.10

**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]

3.11

**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]

## 3.12

**再生材料 recycled material**

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 功能单位

## 4.1 产品描述

产品描述应能够使相关方明确地识别产品,包括但不限于以下内容:

- a) 电池名称;
- b) 型号、规格;
- c) 电池简易构造图;
- d) 电池参数,如额定容量、标称电压、最大放电深度(SOC)、额定能量、SOC误差、充/放电温度范围、充/放电次数、储存温度等;
- e) 电池分类和用途。

## 4.2 功能单位和基准流

## 4.2.1 功能单位的确定

功能单位的确定应与碳足迹研究的目的保持一致。车用锂离子电池的功能单位可以选择:

- a) 1块额定容量为 $\times\times$  Ah的车用锂离子电池;
- b) 在使用寿命内为车辆提供总能量的1 kWh。车用锂离子电池使用寿命总能量按照附录A计算。

注:研究目的可以包括根据采购商的要求进行碳足迹量化、识别产品碳排放降低的路径和潜力、对比分析不同产品的温室气体排放量,以及满足相关法规要求等。

## 4.2.2 基准流的确定

基准流是实现定义功能所需的过程输出量。针对不同的功能单位,应确定不同的基准流。

## 5 系统边界

## 5.1 系统边界的确定

当功能单位确定为4.2.1中的a)时,系统边界应至少包括原材料获取和预处理、电池制造阶段;当功能单位确定为4.2.1中的b)时,系统边界应包括原材料获取和预处理、电池制造、分销、生命末期阶段。电池的使用阶段不包含在系统边界中。

车用锂离子电池生命周期系统边界示意图如图1所示。

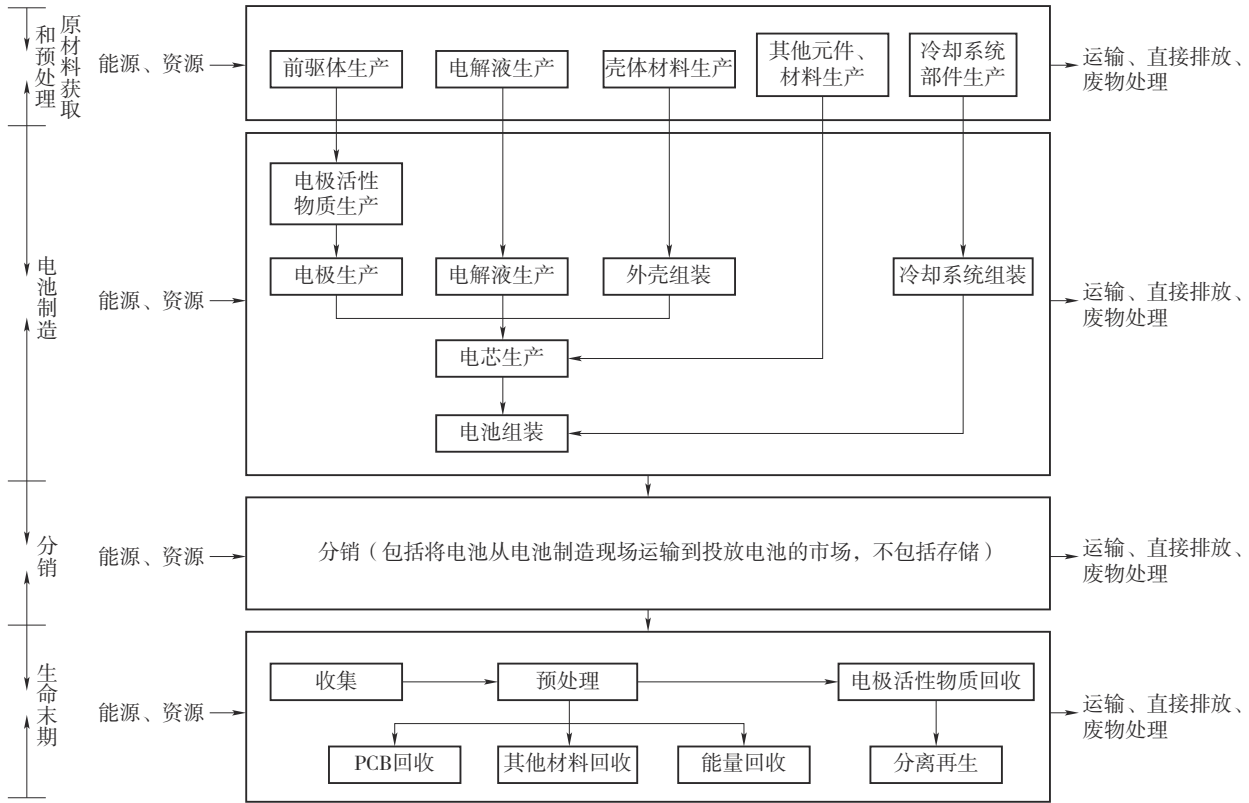


图1 车用锂离子电池生命周期系统边界示意图

### 5.2 原材料获取和预处理

原材料获取和预处理阶段覆盖电池制造阶段之前的所有活动,包括原生材料从自然界中获取资源、进行预处理,以及再生材料的获取和预处理,直到进入电池制造阶段的产品组件(包括电极活性物质、电极、电解液、外壳、冷却系统、电芯等)为止。

主要包括以下原材料的获取和预处理:

- 与电极活性物质生产过程有关的材料,包括电极活性物质前驱体、相关黏结剂、添加剂、溶剂、金属箔;
- 与电解液生产过程有关的材料,包括电解液盐;
- 与壳体材料生产过程有关的材料,包括金属板、塑料、碳纤维等;
- 与冷却系统材料生产过程有关的材料,包括电池冷却系统管道、泵、冷却液等;
- 电池制造阶段使用的其他元件、材料:包括印刷线路板(PCB)、连接器、电缆和其他用于电芯生产的电子元件等;
- 从自然界提取的资源和预处理设施内及之间的原材料和中间产品运输,直到电池制造阶段的运输过程。

原材料获取和预处理过程中产出废物的废弃处置应包含在该阶段。

不包括以下原材料的获取和预处理:

- 固定资产和设备的制造;
- 包装材料。

### 5.3 电池制造

电池制造阶段包括从电池生产所需物料进厂,直到电池出厂的过程。主要包括:

- a) 电极活性物质生产；
- b) 正极和负极生产,包括浆料混合、浆料在集流体上的涂布、干燥、压延和分切；
- c) 电解液生产,包括电解质(液盐)、溶剂等混合配置过程；
- d) 外壳和冷却系统组装；
- e) 电芯生产:包括电池正极、负极材料和隔膜的堆叠/缠绕,组装到电芯壳体中,注入电解液,化成、封装和测试过程；
- f) 电池组装:包括电芯、电子元件、外壳和其他相关部件组装成电池的过程；
- g) 电池制造阶段涉及中间产品的运输过程,包括不同厂区中间产品的运输、同一厂内材料的运输(如厂内叉车、皮带运输等)。

电池制造过程中产出废物的废弃处置应包含在该阶段。

电池制造阶段不包括：

- a) 冷却系统任何未物理包含在外壳中或永久连接到外壳的部分；
- b) 与电池制造不存在直接关系的辅助投入(如相关办公室的供暖和照明、二次服务、销售流程、行政和研究部门等)。

#### 5.4 分销

电池分销阶段包括将电池从电池制造厂运输到安装电池的地点,如车辆装配工厂、车辆服务中心等,不包括存储过程以及汽车制造厂将电池安装在电动汽车内的过程。

#### 5.5 生命末期

生命末期阶段从用户处置或丢弃电池或包含电池的电动汽车开始,到电池作为废弃物进入自然环境或回收进入另一产品的生命周期(即作为回收输入)时结束,主要包括：

- a) 废电池收集:废电池从分散的用户处的收集以及废电池进入回收厂前所涉及各类运输过程；
- b) 电池拆解,包括人工拆解和机械拆解等；
- c) 热处理和机械预处理(例如:废电池粉碎)；
- d) PCB回收:拆解后废旧PCB进入后续回收流程,以提取有价金属等；
- e) 电极活性物质回收:包括电极活性物质的分离与再生(例如:电池湿法冶金、火法冶金提取废电池组件中的金属元素等)；
- f) 其他材料回收:其他有回收价值或可再生材料,进入后续回收流程以生产再生材料；
- g) 能量回收:拆解后废电池塑料部件等有机物燃烧的能量回收；
- h) 废弃处置:其他产出废物的处理和处置。

## 6 取舍准则

产品制造阶段的每个系统组件的原材料输入宜采用 $\leq 1\%$ 质量的通用取舍值进行处理(例如,可能会忽略占外壳总质量不到 $1\%$ 的外壳的输入流和输出流),总体部件舍去不超过 $1\%$ 。为了实现质量平衡,应该舍弃部分添加到同一系统中最高单位贡献占比组件的输入中。

## 7 数据和数据质量

### 7.1 数据收集

#### 7.1.1 基本要求

车用锂离子电池生命周期阶段中,电池制造阶段应使用初级数据,其他阶段优先采用初级数据,初级数据无法获取的情况下可使用次级数据(数据库、公开文献等)。

#### 7.1.2 电池制造阶段数据

电池制造阶段数据收集清单参见附录 B。

以下数据应收集初级数据,包括:

- a) 正负极活性物质生产:原材料消耗量、能源消耗量、活性物质产量和废弃物排放量;
- b) 正负极生产:活性物质等原材料消耗量、能源消耗量、电极产量和废物排放量;
- c) 电解液生产:电解液盐等原材料消耗量、能源消耗量、电解液产量和废物排放量;
- d) 外壳组装:壳体等原材料消耗量、能源消耗量、外壳产量和废物排放量;
- e) 冷却系统组装:冷却系统材料消耗量、能源消耗量、冷却系统产量和废物排放量;
- f) 电芯生产:电极材料等原材料消耗量、能源消耗量、电芯产量和废物排放量;
- g) 电池组装:电芯等原材料消耗量、能源消耗量、电池产量、废物排放量。

电极活性物质等同于活性物质前驱体(例如:天然石墨、硬碳、锂金属、硅),电极活性物质生产可视为活性物质前驱体生产,可采用次级数据进行量化。

#### 7.1.3 其他阶段数据

除 7.1.2 中的数据外,其他数据可收集次级数据。

根据与电池制造的相关程度,分为核心过程和非核心过程,其中核心过程包括:

- a) 正极活性物质前驱体的生产数据或碳足迹量化结果,包括:钴、镍、铁和锂(金属或盐)等;
- b) 负极活性物质前驱体的生产数据或碳足迹量化结果,包括:石墨、锂金属、硬碳、硅等;
- c) 电解液盐和其前驱体的生产数据或碳足迹量化结果,包括:六氟磷酸锂(LiPF<sub>6</sub>)等;
- d) 收集器、母线和电缆中铜的生产数据或碳足迹量化结果;
- e) 收集器、母线、电缆和外壳中铝的生产数据或碳足迹量化结果;
- f) 外壳中钢、铝的生产数据或碳足迹量化结果。

对于核心过程中次级数据需选择最具代表性的次级数据集,且对该次级数据集进行数据质量评估,评估技术代表性结果进行说明。

非核心过程包括阴极和阳极生产中需要的溶剂的生产,外壳生产中需要的碳纤维,PCB、集电极或外壳的塑料制造等。对于非核心过程中次级数据使用需对该次级数据集进行数据质量评估,评估技术代表性结果进行说明。

#### 7.1.4 电力数据建模

##### 7.1.4.1 通则

电力数据应根据实际使用情况进行数据收集和建模,包括现场发电、电网供电、特定供应商直接供电、混合消费电力组合、未知来源等。可不考虑电力电压转化过程中损耗。

#### 7.1.4.2 现场发电

生产过程消耗的电力来自自发电,并直接供应给产品生产,应按照现场发电情况进行数据收集。当现场发电供应不足,难以满足生产需要,消耗的额外电力应按照其他发电情况进行数据收集。具备自发电能力,但发电量并网出售,未直接供应产品生产时,不应按照现场发电进行数据收集。

#### 7.1.4.3 电网供电

产品生产消耗的电力来自于电网电,且具备相关证明文件(用电许可、缴费清单等)时,可使用相关电网碳足迹结果数据。

#### 7.1.4.4 特定供应商直接供电

产品生产消耗的电力来自于特定供应商,且具备相关证明文件(供电合同、缴费清单等)时,电力数据需收集经第三方核查的相应供应商发电碳足迹结果数据。

#### 7.1.4.5 混合电力消费组合

产品生产消耗的电力来自于多种发电方式,应按照各种电力消耗比例进行数据收集(例如,消耗火电占 $X\%$ ,水电占 $Y\%$ )。

#### 7.1.5 数据与单元过程和功能单位的关联

对于每一个单元过程都应确定一个合适的流。单元过程中定量的输入和输出数据应以和这条流的关系为依据来进行计算。

以流程图和各单元过程间的流为基础,所有单元过程的流都与基准流建立了联系。计算宜以功能单位为基础得出系统中所有的输入和输出数据。

#### 7.1.6 数据审定

在数据收集的过程中应对数据的有效性进行检查,以确保数据的质量要求符合其应用意图,并可以提供相应的证据予以证实。

有效性的确认可以包括建立如物质平衡、能量平衡和(或)进行排放因子的比较分析。由于每个单元过程都遵循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的有效性提供有用的检查。数据审定过程中,如发现明显异常的数据需用其他数据替换,这些数据的选择应符合7.2中的规定。

### 7.2 数据质量要求

#### 7.2.1 初级数据采集质量要求

初级数据采集质量要求如下。

- a) 完整性。初级数据宜采集企业1个自然年内的生产统计数据,特殊情况下可根据企业实际运营情况予以确定,根据数据第6章取舍准则的要求,检查是否有缺失的单元过程或输入输出物质。
- b) 准确性。初级数据中的能源、原材料消耗数据应来自企业实际生产统计记录,能源和原材料获取数据优先来自上游供应商。所有初级数据均应转换为以功能单位为基准,且应详细记录相关的初级数据、数据来源和计算过程等。
- c) 一致性。初级数据采集时同类数据应保持相同的数据来源、统计口径、处理规则等。

7.2.2 次级数据采集质量要求

次级数据采集质量的要求如下。

- a) 代表性。优先选择与评估产品系统的时间代表性、区域代表性、技术代表性相近的数据；其次选择近年代表国内及行业平均生产水平公开的生命周期评价数据；最后选择国外同类技术数据。
- b) 完整性。应涵盖系统边界规定的所有未使用初级数据的单元过程。
- c) 一致性。同一机构对同类产品次级数据的选择应保持一致。

7.3 分配

7.3.1 多产品分配原则

针对多产品的单元过程,分配原则按照以下步骤进行处理。

- a) 优先进行细化单元过程避免分配。
- b) 当无法避免分配时,按以下顺序进行分配:
  - 1) 可基于相关的潜在物理关系进行分配;
  - 2) 当至少两个不同产出之间的价差高于10倍时,使用经济价值分配,并根据以下数值进行经济价值计算:
    - 金属、矿石和金属盐的10年全球平均价格,
    - 所有其他大宗商品的5年期全球平均价格,
    - 工厂特有的5年平均收入,
    - 回收和废物处理过程的5年平均处理成本。

7.3.2 能源消耗分配原则

一个工厂的多条生产线共用一个计量仪表(如电表),或者一个单元过程(如干燥室)处理来自不同生产线的产品,消耗的能源可按照以下顺序进行分配:

- a) 按质量(或其他物理属性)进行分配;
- b) 使用装机容量(或其他适当的标准)进行分配。

符合并使用这种分配方法时,产品(包括中间产品)的生产步骤、生产设备和产品本身应相似(例如,具有相同几何形状但性能不同的电池),分配给各产品能源消耗量的总和应等于总能源消耗量。

8 计算方法

8.1 通则

应通过排放或清除的温室气体的质量乘以联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)最新发布的100年全球变暖潜势值(GWP),来计算产品系统每种温室气体排放和清除的潜在气候变化影响,单位为kgCO<sub>2</sub>e。产品碳足迹为所有温室气体潜在气候变化影响的总和。

车用锂离子电池碳足迹按照公式(1)量化:

$$CFP_{FU} = C_{Rmat} + C_{Prod} + C_{Trap} + C_{Eol} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- CFP<sub>FU</sub>——车用锂离子电池规定功能单位下产品碳足迹量化结果;
- C<sub>Rmat</sub>——车用锂离子电池规定功能单位下原材料获取和预处理阶段的温室气体量化结果,量化方法见公式(2);
- C<sub>Prod</sub>——车用锂离子电池规定功能单位下电池制造阶段的温室气体量化结果,量化方法见

公式(5)；

$C_{Trap}$  —— 车用锂离子电池规定功能单位下分销阶段的温室气体量化结果,量化方法见公式(6)；

$C_{Eol}$  —— 车用锂离子电池规定功能单位下生命末期阶段的温室气体量化结果,量化方法见公式(7)。

可选择 8.2 或 8.3 对各生命周期阶段温室气体进行量化。

注：附录 C 中给出了车用锂离子电池产品碳足迹计算方法一的量化案例。

## 8.2 量化方法一

### 8.2.1 原材料获取及预处理

原材料获取及预处理阶段的温室气体排放可按照公式(2)量化：

$$C_{Rmat} = (1 - R) \times C_{Rmat,p} + R \times \left[ A_{Mat} \times C_{Rmat,r} + (1 - A_{Mat}) \times C_{Rmat,p} \times \frac{Q_{Sin\_Mat}}{Q_{p\_Mat}} \right] \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$R$  —— 特定材料的再生材料使用比例；

$C_{Rmat,p}$  —— 车用锂离子电池规定功能单位下的原材料获取和预处理阶段的碳足迹量化结果,量化方法见公式(3)；

$C_{Rmat,r}$  —— 车用锂离子电池规定功能单位下的再生材料获取和预处理阶段的碳足迹量化结果,量化方法见公式(4)；

$A_{Mat}$  —— 材料的特定分配系数；

$Q_{Sin\_Mat}$  —— 输入的再生材料的品质；

$Q_{p\_Mat}$  —— 输入的原生材料的品质。

注： $\frac{Q_{Sin\_Mat}}{Q_{p\_Mat}}$  为再生材料的品质与原生材料的品质之比,可通过再生材料能够替代原生材料所实现的功能进行量化,

如再生金属产物的品质与原生金属相比未发生变化,则  $\frac{Q_{Sin\_mat}}{Q_{p\_mat}}$  为 1。

$$C_{Rmat,p} = \sum(M_{FU,i} \times CFP_{once,i}) + \sum(M_{FU,i} \times D_{i,j} \times CFP_{once,t,j}) \dots\dots\dots (3)$$

$$C_{Rmat,r} = \sum(M_{FU,r} \times CFP_{once,r}) + \sum(M_{FU,r} \times D_{r,j} \times CFP_{once,t,j}) \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$M_{FU,i}$  —— 车用锂离子电池规定功能单位下第  $i$  种原材料及预加工需求量,单位为千克(kg)等,视不同材料统计量纲确定；

$CFP_{once,i}$  —— 第  $i$  种原材料获取阶段排放的各类温室气体之和(折算为二氧化碳当量),单位为千克二氧化碳当量每千克(kgCO<sub>2</sub>e/kg)等,视不同材料统计量纲确定；

$D_{i,j}$  —— 第  $i$  种原材料的第  $j$  种运输方式的运输距离,单位为千米(km)；

$CFP_{once,t,j}$  —— 第  $j$  种运输方式每单位运输距离因消耗的能源获取、能源使用产生的二氧化碳当量,单位为千克二氧化碳当量(kgCO<sub>2</sub>e)；

$M_{FU,r}$  —— 车用锂离子电池规定功能单位下的第  $r$  种再生材料及预加工需求量,单位为千克(kg)等,视不同材料统计量纲确定；

$CFP_{once,r}$  —— 第  $r$  种再生材料获取阶段产生的各类温室气体之和(折算为二氧化碳当量),单位为千克二氧化碳当量每千克(kgCO<sub>2</sub>e/kg)等,视不同材料统计量纲确定；

$D_{r,j}$  —— 第  $r$  种再生材料的第  $j$  种运输方式的运输距离,单位为千米(km)。

8.2.2 电池制造

电池制造阶段碳足迹按照公式(5)量化:

$$C_{Prod} = \sum(E_{m,k} \times CFP_{once,k}) + \sum(E_{m,k} \times CFP_{once,f,k}) + CFP_{dir} + \sum(M_{FU,m} \times D_{m,j} \times CFP_{once,t,j}) \dots\dots\dots(5)$$

式中:

- $E_{m,k}$  —— 制造阶段生产得到第  $m$  种中间产品的第  $k$  种能源的消耗量,单位为千克(kg)、立方米( $m^3$ )等,视不同能源统计量纲确定;
- $CFP_{once,k}$  —— 第  $k$  种能源在获取阶段产生的各类温室气体之和(折算为二氧化碳当量),单位为千克二氧化碳当量每千克( $kgCO_2e/kg$ )等,视不同能源统计量纲确定;
- $CFP_{once,f,k}$  —— 第  $k$  种能源燃烧所排放的各类温室气体之和(折算为二氧化碳当量),单位为千克二氧化碳当量每千克( $kgCO_2e/kg$ )等,视不同能源统计量纲确定;
- $CFP_{dir}$  —— 在生产、废弃物处置过程中除能源燃烧之外的物理和化学变化造成的温室气体排放(折算为二氧化碳当量),单位为千克二氧化碳当量( $kgCO_2e$ );
- $M_{FU,m}$  —— 车用锂离子电池规定功能单位下第  $m$  种中间产品需求量,单位为千克(kg)等,视不同材料统计量纲确定;
- $D_{m,j}$  —— 第  $m$  种原材料的第  $j$  种运输方式的运输距离,单位为千米(km)。

电池制造阶段产生的回收物和废弃物处理引起的温室气体排放应包含在电池制造阶段,按照 8.2.4 中相应的公式计算。

8.2.3 分销

分销阶段碳足迹按照公式(6)量化:

$$C_{Trap} = \sum(M_{FU,p} \times D_{p,j} \times CFP_{once,t,j}) \dots\dots\dots(6)$$

式中:

- $M_{FU,p}$  —— 车用锂离子电池规定功能单位下产品  $p$  的分销量;
- $D_{p,j}$  —— 产品  $p$  的第  $j$  种运输方式的运输距离,单位为千米(km)。

8.2.4 生命末期

8.2.4.1 概述

生命末期阶段的温室气体排放按照循环足迹公式(CFF)中废弃处置项进行量化,方法模型如图 2 所示。

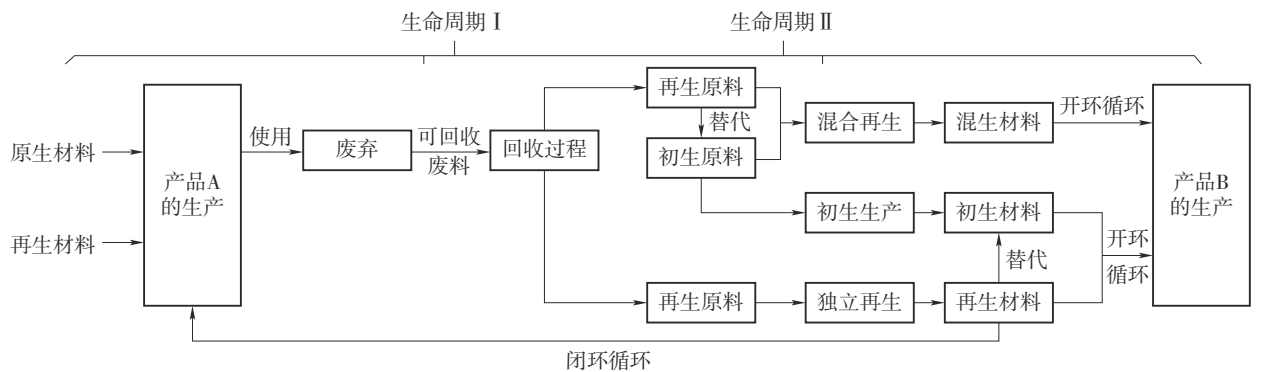


图 2 CFF 模型图

生命末期阶段碳足迹计算分为收集和预处理、PCB 回收、电极活性物质回收、其他材料回收、能量回收和生命末期其他过程,按照公式(7)量化,量化公式涉及碳足迹量化结果均为车用锂离子电池规定功能单位下的排放值,单位为千克二氧化碳当量(kgCO<sub>2</sub>e):

$$C_{EoL} = C_{r, coll} + C_{r, PCB} + C_{r, cell} + C_{r, oth} + C_{r, eng} + C_{r, dis} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

$C_{r, coll}$  ——生命末期收集和预处理阶段的温室气体量化结果,量化方法见公式(8);

$C_{r, PCB}$  ——生命末期 PCB 回收的温室气体量化结果,量化方法见公式(9);

$C_{r, cell}$  ——生命末期电池活性物质回收的温室气体量化结果,量化方法见公式(10);

$C_{r, oth}$  ——生命末期其他材料回收的温室气体量化结果,量化方法见公式(11);

$C_{r, eng}$  ——生命末期能量回收的温室气体量化结果,量化方法见公式(12);

$C_{r, dis}$  ——生命末期其他过程的温室气体量化结果,量化方法见公式(13)。

电池各生命周期阶段产生的回收物和废弃物处理引起的温室气体排放应包含在相应的阶段,可按照 8.2.4.2~8.2.4.7 相应的公式计算。

**8.2.4.2 收集和预处理过程的碳足迹量化**

收集和预处理过程碳足迹量化方法见公式(8):

$$C_{r, coll} = R_{coll} \times (1 - A_{Mat}) \times C_{rec, c, coll} \dots\dots\dots (8)$$

式中:

$R_{coll}$  ——电池收集率,即社会平均退役电池进入电池专用报废、回收流程的比例;

$C_{rec, c, coll}$  ——收集和预处理过程各类温室气体之和。

**8.2.4.3 PCB 回收过程的碳足迹量化**

PCB 回收过程主要针对从 PCB 中回收提取再生材料包括 PCB 中的铜、金、银和钯,量化方法见公式(9):

$$C_{r, PCB} = R_{coll} \times \left\{ (1 - A_{PCB}) \times C_{recEoL\_PCB} - \sum_{Mat} \left[ (1 - A_{Mat}) \times \left( R_{rec, c, Mat} \times C_{V\_Mat}^* \times \frac{Q_{Sout\_Mat}}{Q_{\rho\_Mat}} \right) \right] \right\} \dots\dots\dots (9)$$

式中:

$A_{PCB}$  ——PCB 特定分配系数;

$C_{recEoL\_PCB}$  ——PCB 回收过程的排放。

**8.2.4.4 电极活性物质回收过程的碳足迹量化**

电极活性物质回收过程主要针对从电池中回收提取再生材料包括电池中的镍、钴、锂等金属盐,量化方法见公式(10):

$$C_{r, cell} = R_{coll} \times \left\{ (1 - A_{cell}) \times C_{recEoL\_Cell} + \sum_{Mat} \left[ (1 - A_{Mat}) \times R_{rec, c, Mat} \times \left( C_{recEoL\_Mat} - C_{V\_Mat}^* \times \frac{Q_{Sout\_Mat}}{Q_{\rho\_Mat}} \right) \right] \right\} \dots\dots\dots (10)$$

式中:

$A_{cell}$  ——电极活性物质特定的分配系数;

$C_{recEoL\_Cell}$  ——电极活性物质回收过程的排放。

8.2.4.5 其他材料回收过程的碳足迹量化

经预处理过程后产出有回收价值的金属和非金属废料,其后续回收过程的碳足迹,量化方法见公式(11):

$$C_{r,oth} = R_{coll} \times \sum_{Mat} \left[ (1 - A_{Mat}) \times R_{rec,c\_Mat} \times \left( C_{recEOL\_Mat} - C_{V\_Mat}^* \times \frac{Q_{Sout\_Mat}}{Q_{p\_Mat}} \right) \right] \dots\dots\dots (11)$$

式中:

$R_{rec,c\_Mat}$  —— 电池回收流程中特定材料的回收率,即回收后产出的特定回收产物(再生材料)与投入回收过程的特定可回收废料之间的质量比;

$C_{recEOL\_Mat}$  —— 回收全部特定材料的二氧化碳当量(以投入回收过程的废料的质量计);

$C_{V\_Mat}^*$  —— 由产出的再生材料可替代初级/原生材料生产的特定排放(以投入回收过程的废料的质量计);

$Q_{Sout\_Mat}$  —— 产出再生材料的品质。

8.2.4.6 能量回收过程的碳足迹量化

能量回收过程主要包括拆解电池塑料部件后处理过程中通过燃烧有机物产热的能量回收,量化方法见公式(12):

$$C_{r,eng} = R_{coll} \times \sum_{Mat} \left[ (1 - B) \times R_{3,c\_Mat} \times (C_{cRMat}) \right] \dots\dots\dots (12)$$

式中:

$B$  —— 能量回收过程的特定分配系数;

$R_{3,c\_Mat}$  —— 塑料聚合物的能量回收比例;

$C_{cRMat}$  —— 拆解电池塑料部件到能量回收过程的排放。

8.2.4.7 其他过程的碳足迹量化

其他过程主要包括电池回收流程中未进行回收部分的排放,量化方法见公式(13):

$$C_{r,dis} = R_{coll} \times \sum_{Mat} C_{D\_Mat} \dots\dots\dots (13)$$

式中:

$C_{D\_Mat}$  —— 生命末期阶段未被回收的废料其处理处置阶段的特定排放。

8.3 量化方法二

8.3.1 原材料获取及预处理

原材料获取及预处理阶段碳足迹可按照公式(14)量化:

$$C_{Rmat} = \sum (M_{FU,i} \times CFP_{once,i}) + \sum (M_{FU,i} \times D_{ij} \times CFP_{once,t,j}) + \sum (M_{FU,r} \times CFP_{once,r}) + \sum (M_{FU,r} \times D_{r,j} \times CFP_{once,t,j}) \dots\dots\dots (14)$$

注:再生材料的获取和预处理包括:再生材料获取、提纯和再生等。

8.3.2 电池制造

电池制造阶段碳足迹可按照公式(5)量化。

8.3.3 分销

分销阶段碳足迹可按照公式(6)量化。

8.3.4 生命末期

生命末期阶段碳足迹可按照公式(15)量化：

$$C_{Eol} = R_{coll} \times (C_{rec,c, coll} + C_{r,c, deal}) \dots\dots\dots(15)$$

式中：

$C_{r,c, deal}$ ——电池专用回收流程中,经过拆解后进入回收再生流程之外的其他材料和物质的处置产生的温室气体排放量,可按照公式(16)量化。

注：回收再生流程产生的排放计入原材料获取及预处理阶段,避免重复计算。

$$C_{r,c, deal} = \sum_{Mat} C_{deal,n} \dots\dots\dots(16)$$

式中：

$C_{deal,n}$ ——电池专用回收流程收集和预处理后其他材料和物质的处置排放。

9 数据质量评估

本文件数据质量评估应按以下步骤进行：

- a) 数据评估:评估计算过程中所有次级数据的技术代表性(TeR)、地理代表性(TiR)、时间代表性(GeR),并按照表 1 进行赋值。

表 1 车用锂离子电池碳足迹评价数据质量要求

质量等级	时间代表性	技术代表性	地理代表性
1	评估数据与研究时间边界(统计/收集数据周期)相一致	评估数据的技术(生产流程、生产材料)与研究技术完全相同	评估数据为正在研究地域、国家的数据
2	评估数据与研究时间边界(统计/收集数据周期)相差 2 年	评估数据的技术(生产流程、生产材料)包含研究技术内容	评估数据包含正在研究地域、国家的数据(如研究所在的洲)
3	评估数据与研究时间边界(统计/收集数据周期)相差 3 年	评估数据的技术(生产流程、生产材料)包含研究技术部分内容	评估数据覆盖正在研究地域、国家的数据(如全球),或覆盖部分研究的有效地理区
4	评估数据与研究时间边界(统计/收集数据周期)相差 4 年	评估数据的技术(生产流程、生产材料)与研究技术内容相似	评估数据不属于正在研究地域、国家的数据,但根据专家判断两者有足够的相似性
5	评估数据与研究时间边界(统计/收集数据周期)相差 5 年	评估数据的技术(生产流程、生产材料)不同于研究技术内容	评估数据不同于正在研究地域、国家

- b) 计算评估数据在量化边界中各自碳足迹贡献值,计算方法见公式(17)：

$$CFP_{DQR,data,i} = M_{FU,data,i} \times CFP_{once,data,i} \dots\dots\dots(17)$$

式中：

- $CFP_{DQR,data,i}$ ——评估数据或结果的碳足迹贡献值；
- $M_{FU,data,i}$ ——评估数据或结果在量化规则中的活动水平数据；
- $CFP_{once,data,i}$ ——评估数据或结果的单位碳足迹结果。

- c) 计算评估数据在量化边界中各自碳足迹贡献比,计算方法见公式(18)：

$$CFP_{Cont,i} = \frac{CFP_{DQR,data,i}}{CFP_{FU}} \dots\dots\dots(18)$$

式中：

$CFP_{Cont,i}$ ——评估数据在量化边界中各自碳足迹贡献比。

d) 计算单一指标评估结果,计算方法见公式(19):

$$DQR_{(TeR,TiR,GeR)} = \sum[(TeR, TiR, GeR)_{,i} \times CFP_{Cont,i}] \dots\dots\dots (19)$$

式中：

$DQR_{(TeR,TiR,GeR)}$  ——单一指标评估结果；

$(TeR, TiR, GeR)_{,i}$ ——评估数据单一指标赋值结果,按照评估步骤 a)进行。

e) 计算综合 DQR 评估结果,计算方法见公式(20):

$$综合DQR = \frac{\sum DQR_{(TeR,TiR,GeR)}}{3} \dots\dots\dots (20)$$

综合 DQR 值根据评价 3 项代表性指标单一评估结果进行计算,取三项指标评估结果平均值表征。根据评估结果对整体数据质量水平进行评估,评估方法见表 2。

表 2 数据质量评估水平表

综合 DQR 值	质量评估水平
$DQR \leq 1.5$	数据质量高
$1.5 < DQR \leq 2$	数据质量较高
$2 < DQR \leq 3$	数据质量一般
$3 < DQR \leq 4$	数据质量较差
$DQR > 4$	数据质量差

## 10 产品碳足迹量化报告

### 10.1 量化报告内容

车用锂离子电池产品生命周期碳足迹量化报告应至少包含如下内容：

- 目标产品及产品描述；
- 评价系统；
- 依据的标准；
- 生命周期阶段确定和描述；
- 系统边界的图示和描述；
- 被排除的过程合理性说明；
- 初级数据的整理和来源；
- 次级数据的整理和来源；
- 取舍准则；
- 分配方法；
- 生命末期情景说明；
- 系统边界内所有过程的当量二氧化碳排放的清单；
- 数据质量分析和说明；
- 产品生命周期碳足迹量化结果。

### 10.2 量化结果的发布

量化结果的发布应符合国家和地方的有关规定。

## 附录 A

(规范性)

## 车用锂离子电池使用寿命总能量计算方法

## A.1 计算方法

电池在电池使用寿命内提供的总能量计算方法见公式(A.1):

$$E_{\text{total}} = E_{\text{once}} \times FEqC_{py} \times Y_{\text{Operation}} \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

- $E_{\text{total}}$  —— 电池使用寿命总能量,单位为千瓦时(kWh);
- $E_{\text{once}}$  —— 电池单次使用满状态到极限状态的可能能量,单位为千瓦时每次(kWh/次)或千瓦时每千米(kWh/km);
- $FEqC_{py}$  —— 电池每年满等效充放电循环次数,单位为次每年(次/a)或千米每年(km/a);
- $Y_{\text{Operation}}$  —— 电池保修年份,单位为年(a);

$E_{\text{once}}$  参数可由电池制造商进行充放电测试后给出具体型号参考值, $FEqC_{py}$  和  $Y_{\text{Operation}}$  参数优先选择制造商、销售商和使用消费者实际数据进行计算,其次可采用 A.2 给出的参考值和计算规则进行量化。

## A.2 参数选取

根据电池使用车辆类别的不同,参考 GB/T 15089—2001 中规定车型,对 M1 类和 N1 类;L 类;M2、M3、N2 和 N3 类的  $FEqC_{py}$  参数优先采用消费场景实际数据,在无法获取实际数据时,可参考文件给出默认值。即:

- a) M1、N1 车型使用电池为 60 次/a;
- b) L 车型使用电池为 20 次/a;
- c) M2、M3、N2 和 N3 车型使用电池为 250 次/a。

电池保修年份  $Y_{\text{Operation}}$  由商业保修期决定,按以下规则确定。

- a) 电池保修年有效期。
- b) 如果对电池没有特定的保证,但对将使用电池的车辆或包含电池的车辆的零部件有保证,则保修期限适用。
- c) 如果保证期限以年和公里表示,以最先达到的一个为准,则以两年中最短的数量适用。为此,轻型车辆电池转换里程为 1 年 20 000 km;摩托车电池 1 年 5 000 km;中型和重型车辆 1 年 60 000 km。
- d) 如果电池在多辆车辆中使用,且 b) 和 c) 的接近结果在这些车辆之间会有所不同,则适用最短的保修期。
- e) 只有涉及电池剩余可用能量容量 70% 的保证,才应在 a)~d) 中予以考虑。明确排除电池正常运行所必需的任何单独部件或限制电池的使用或存储的保证不应在 a)~d) 中考虑。
- f) 如果没有保修或只有保修不符合 e) 规定要求,则使用 5 年为保修期,在没有电池或车辆的所有权的转移,在这种情况下,电池的制造商应确定运行年数。

**附 录 B**  
(资料性)  
**数据收集清单**

表B.1~表B.8为电池制造阶段收集清单模板。

**表 B.1 产品基本信息**

产品基本信息	产品名称及型号	
	应用车型	
	统计期内总产量	
	单个电池产品净重	
	电芯数量/单个电芯重量	
	产品制造工艺	
	电池充放电技术参数	
	生产地点	
	销售及使用地点	
	产品分销的主要运输方式	
	产品保修年限	
	数据统计周期	

表 B.2 电极活性物质生产数据收集模板

单元过程名称:电极活性物质生产过程						
数据收集时间段	××年××月××日~××年××月××日					
<b>1 产品产出</b>						
产品类型	单位	数量	数据来源	运输方式	运输距离	备注
电极活性物质	t					标注具体名称,如NCM
<b>2 材料消耗</b>						
材料类型	单位	数量	数据来源	运输方式	运输距离	备注
活性物质前驱体	t					正/负极
铜箔	t					
黏结剂	kg					说明具体种类
溶剂	kg					说明具体种类
其他外加剂	kg					说明具体种类
其他材料						说明具体种类
<b>3 能源消耗</b>						
能源类型	单位	数量	数据来源	运输方式	运输距离	备注
电	kWh					电力来源
天然气	m <sup>3</sup>					标注热值
其他能源						
<b>4 排放到空气</b>						
排放种类	单位	数量	数据来源	备注		
二氧化碳	kg					
甲烷	kg					
氧化亚氮	kg					
其他温室气体	kg			标注具体温室气体种类		
<b>5 废弃物</b>						
排放种类	单位	数量	数据来源	运输方式	运输距离	备注
一般固废	kg					说明固废类型和处理方式
危险废物	kg					说明危废类型和处理方式

表 B.3 电极生产数据收集模板

单元过程名称:电极生产过程						
数据收集时间段	××年××月××日~××年××月××日					
<b>1 产品产出</b>						
产品类型	单位	数量	数据来源	运输方式	运输距离	备注
电极	t					标注具体名称
<b>2 材料消耗</b>						
材料类型	单位	数量	数据来源	运输方式	运输距离	备注
电极活性物质	t					标注具体名称
料浆	kg					
收集器						说明具体种类
黏结剂						
溶剂						
其他外加剂						说明具体种类
其他材料						说明具体种类
<b>3 能源消耗</b>						
能源类型	单位	数量	数据来源	运输方式	运输距离	备注
电	kWh					电力来源
天然气	m <sup>3</sup>					标注热值
其他能源						
<b>4 排放到空气</b>						
排放种类	单位	数量	数据来源	备注		
二氧化碳	kg					
甲烷	kg					
氧化亚氮	kg					
其他温室气体	kg			标注具体温室气体种类		
<b>5 废弃物</b>						
排放种类	单位	数量	数据来源	运输方式	运输距离	备注
一般固废	kg					说明固废类型和处理方式
危险废物	kg					说明危废类型和处理方式

表 B.4 电解液生产数据收集模板

单元过程名称:电解液生产过程						
数据收集时间段		××年××月××日~××年××月××日				
<b>1 产品产出</b>						
产品类型	单位	数量	数据来源	运输方式	运输距离	备注
电解液	t					
<b>2 材料消耗</b>						
材料类型	单位	数量	数据来源	运输方式	运输距离	备注
电解液盐	t					
碳酸丙烯酯	kg					
碳酸二甲酯						
碳酸乙烯酯						
碳酸甲乙酯						
碳酸二乙酯						
其他外加剂						说明具体种类
其他材料						说明具体种类
<b>3 能源消耗</b>						
能源类型	单位	数量	数据来源	运输方式	运输距离	备注
电	kWh					电力来源
天然气	m <sup>3</sup>					标注热值
其他能源						
<b>4 排放到空气</b>						
排放种类	单位	数量	数据来源	备注		
二氧化碳	kg					
甲烷	kg					
氧化亚氮	kg					
其他温室气体	kg			标注具体温室气体种类		
<b>5 废弃物</b>						
排放种类	单位	数量	数据来源	运输方式	运输距离	备注
一般固废	kg					说明固废类型和处理方式
危险废物	kg					说明危废类型和处理方式

表 B.5 外壳组装数据收集模板

单元过程名称:外壳组装过程						
数据收集时间段	××年××月××日~××年××月××日					
<b>1 产品产出</b>						
产品类型	单位	数量	数据来源	运输方式	运输距离	备注
成品外壳	kg					
<b>2 材料消耗</b>						
材料类型	单位	数量	数据来源	运输方式	运输距离	备注
金属板	kg					说明具体金属类型
塑料	kg					
碳纤维						
其他材料						说明具体种类
<b>3 能源消耗</b>						
能源类型	单位	数量	数据来源	运输方式	运输距离	备注
电	kWh					电力来源
天然气	m <sup>3</sup>					标注热值
其他能源						
<b>4 排放到空气</b>						
排放种类	单位	数量	数据来源	备注		
二氧化碳	kg					
甲烷	kg					
氧化亚氮	kg					
其他温室气体	kg			标注具体温室气体种类		
<b>5 废弃物</b>						
排放种类	单位	数量	数据来源	运输方式	运输距离	备注
一般固废	kg					说明危废种类和处理方式
危险废物	kg					说明固废种类和处理方式

表 B.6 冷却系统组装数据收集模板

单元过程名称:冷却系统组装过程						
数据收集时间段	××年××月××日~××年××月××日					
<b>1 产品产出</b>						
产品类型	单位	数量	数据来源	运输方式	运输距离	备注
成品冷却系统						标准换算系数和适用产品型号
<b>2 材料消耗</b>						
材料类型	单位	数量	数据来源	运输方式	运输距离	备注
管道						说明具体泵类型和转换系数
泵						说明具体管道类型和转换系数
冷却液	kg					
其他材料						说明具体种类
<b>3 能源消耗</b>						
能源类型	单位	数量	数据来源	运输方式	运输距离	备注
电	kWh					电力来源
天然气	m <sup>3</sup>					标注热值
其他能源						
<b>4 排放到空气</b>						
排放种类	单位	数量	数据来源	备注		
二氧化碳	kg					
甲烷	kg					
氧化亚氮	kg					
其他温室气体	kg			标注具体温室气体种类		
<b>5 废弃物</b>						
排放种类	单位	数量	数据来源	运输方式	运输距离	备注
一般固废	kg					说明危废种类和处理方式
危险废物	kg					说明固废种类和处理方式

表 B.7 电芯生产数据收集模板

单元过程名称:电芯生产过程						
数据收集时间段		××年××月××日~××年××月××日				
<b>1 产品产出</b>						
产品类型	单位	数量	数据来源	运输方式	运输距离	备注
电芯						
<b>2 材料消耗</b>						
材料类型	单位	数量	数据来源	运输方式	运输距离	备注
正极						说明具体正极名称
负极						说明具体负极名称
外壳						
冷却系统						
其他电子元件						说明电子元件具体名称
<b>3 能源消耗</b>						
能源类型	单位	数量	数据来源	运输方式	运输距离	备注
电	kWh					电力来源
天然气	m <sup>3</sup>					标注热值
其他能源						
<b>4 排放到空气</b>						
排放种类	单位	数量	数据来源	备注		
二氧化碳	kg					
甲烷	kg					
氧化亚氮	kg					
其他温室气体	kg			标注具体温室气体种类		
<b>5 废弃物</b>						
排放种类	单位	数量	数据来源	运输方式	运输距离	备注
一般固废	kg					说明危废种类和处理方式
危险废物	kg					说明固废种类和处理方式

表 B.8 电池组装数据收集模板

单元过程名称:电池组装过程						
数据收集时间段	××年××月××日~××年××月××日					
<b>1 产品产出</b>						
产品类型	单位	数量	数据来源	运输方式	运输距离	备注
电池						
<b>2 材料消耗</b>						
材料类型	单位	数量	数据来源	运输方式	运输距离	备注
电芯						
其他电子元件						说明电子元件具体名称
<b>3 能源消耗</b>						
能源类型	单位	数量	数据来源	运输方式	运输距离	备注
电	kWh					电力来源
天然气	m <sup>3</sup>					标注热值
其他能源						
<b>4 排放到空气</b>						
排放种类	单位	数量	数据来源	备注		
二氧化碳	kg					
甲烷	kg					
氧化亚氮	kg					
其他温室气体	kg			标注具体温室气体种类		
<b>5 废弃物</b>						
排放种类	单位	数量	数据来源	运输方式	运输距离	备注
一般固废	kg					说明危废种类和处理方式
危险废物	kg					说明固废种类和处理方式

附 录 C  
(资料性)  
产品碳足迹量化方法案例

### C.1 概述

本案例涉及数据均为假设数据。

### C.2 产品描述

电池类型:三元动力电池(NCM523);  
应用车型:轻型乘用车(M1类);  
重量:350 kg;  
保修年份:5年;  
每年等效充放电次数:60次/a(默认值)。

### C.3 碳足迹量化

#### C.3.1 功能单位和系统边界

功能单位:车用锂离子电池在使用寿命内提供总能量的1 kWh。  
系统边界:摇篮到坟墓。

#### C.3.2 原材料获取及预加工阶段

三元电池正极材料镍钴锰酸锂(NCM 523)制备过程清单如表C.1所示,以正极材料单位质量计。该过程由镍钴锰金属盐制备三元正极材料前驱体,后加入碳酸锂进行烧结等工序获得成品正极活性物质。

表 C.1 镍钴锰酸锂(NCM 523)正极材料生产清单

类别	项目	单位	输入输出强度
物料输入	硫酸镍	kg/kg	1.62E+00
	硫酸钴	kg/kg	5.77E-01
	硫酸锰	kg/kg	3.50E-01
	碳酸锂	kg/kg	3.90E-01
	新水	kg/kg	3.38E+00
能源输入	电力	kWh/kg	3.68E+00
	蒸汽	kg/kg	2.38E+00

该过程物料输入均为原生材料,不涉及上游回收材料和回收过程, $R=0$ 。三元电池正极材料镍钴锰酸锂(NCM 523)的碳排放被计算为:

$$C_{\text{RNCM 523}} = \sum C_{\text{RNCM 523,p}} = 50.60 \text{ kgCO}_2\text{eq/kg}$$

其他电池制造使用的各类物料均为外购,无法获取具体原材料生产过程数据,在后续计算过程中使用碳排放其他来源数据。

## C.3.3 电池制造阶段

该三元动力电池的电池制造阶段清单如表 C.2 所示,以标准要求的功能单位“车用锂离子电池在使用寿命内提供总能量的 1 kWh”进行了数据细化。该过程从电池生产所需物料进厂,直到成品电池出厂,包括电极生产、电芯生产和电池组装等工序。其他上游生产过程如电解液生产和外壳等数据使用碳排放数据库次级数据。

表 C.2 三元动力电池(NCM523)生产清单(以单位生命周期总能量计)

类别	项目	单位	输入输出强度
正极活性物质	NCM523	kg/kWh	5.97E-03
负极活性物质	石墨	kg/kWh	4.71E-03
正极用粘结剂	PVDF(聚偏氟乙烯)	kg/kWh	2.70E-04
正负极用导电剂	导电炭黑	kg/kWh	2.13E-04
正极溶剂	NMP	kg/kWh	5.90E-03
负极用粘结剂	CMC(羧甲基纤维素钠)	kg/kWh	7.38E-05
	SBR(丁苯橡胶)	kg/kWh	2.10E-04
负极溶剂	纯水	kg/kWh	5.23E-03
电解液	PC(碳酸丙烯酯)	kg/kWh	5.26E-04
	EC(碳酸乙烯酯)	kg/kWh	6.66E-04
	DMC(碳酸二甲酯)	kg/kWh	7.01E-04
	DEC(碳酸二乙酯)	kg/kWh	6.31E-04
	EMC(碳酸甲乙酯)	kg/kWh	4.56E-04
	LiPF <sub>6</sub> (六氟磷酸锂)	kg/kWh	5.26E-04
隔膜	聚乙烯隔膜	kg/kWh	3.45E-04
	聚丙烯隔膜	kg/kWh	7.97E-04
集流体	铜箔	kg/kWh	3.06E-03
	铝箔	kg/kWh	1.49E-03
极耳	镍带	kg/kWh	1.08E-04
	铝带	kg/kWh	3.26E-05
壳体	铝塑膜	m <sup>2</sup> /kWh	1.55E-03
	铝壳	kg/kWh	2.46E-04
电子元件	电池管理系统BMS	kg/kWh	2.75E-04
	铜线	kg/kWh	2.35E-04
能耗	电力	kWh/kWh	4.87E-02

电池制造阶段的碳排放被计算为:

$$C_{\text{Prod}} = 0.5751 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh}$$

C.3.4 电池分销阶段

将电池从电池制造现场运输到投放电池的市场,该电池分销阶段运输距离记为 500 km,运输方式为货运卡车运输。电池分销阶段的碳排放被计算为:

$$C_{\text{Trap}} = 0.0009 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh}$$

C.3.5 生命末期阶段

C.3.5.1 收集和预处理过程

该电池报废后收集和预处理过程主要包括收集运输、预处理和其他主要金属再生工序构成。收集运输至回收厂的清单如表 C.3 所示;预处理工序清单如表 C.4 所示,包括放电、拆解、破碎和多级筛分;其他主要金属再生工序清单如表 C.5 所示,主要涉及废电池中外壳及集流体中铝和铜的回收。

表 C.3 废旧三元动力电池(NCM523)收集运输工序清单(以单位生命周期总能量计)

类别	项目	单位	输入输出强度
公路运输	货运卡车运输	t·km/kWh	2.54E-02

表 C.4 废旧三元动力电池(NCM523)预处理工序清单(以单位生命周期总能量计)

类别	项目	单位	输入输出强度
物料输入	废旧电池	kg/kWh	2.85E-02
	新水	kg/kWh	1.88E-03
	氧化钙	kg/kWh	4.46E-04
能源输入	电力	kWh/kWh	7.39E-02
物料输出	正极粉末	kg/kWh	1.21E-02
	废铝	kg/kWh	2.07E-03
	废铜	kg/kWh	3.29E-03
	废隔膜	kg/kWh	1.14E-03
	废旧线路板	kg/kWh	2.34E-04
	废渣	kg/kWh	8.99E-05

电池生产企业建立了完备的生产者责任制下的回收系统,假定该电池确定性地进入正规回收流程, $R_{\text{coll}}$ 为 1,下同。

收集和预处理过程的碳排放被计算为:

$$C_{\text{r,coll}} = C_{\text{r,c,coll}} = 0.0712 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh}$$

C.3.5.2 PCB 回收过程

该电池 PCB 回收过程应用湿法回收流程,产出产物主要为金属铜、金和钯,过程清单如表 C.5 所示。

产出的再生金属产物品质与原生金属相比未发生变化, $Q_{\text{Sout\_mat}}/Q_{\text{P\_mat}}$ 均为 1;PCB 回收过程金属回收率均为 95%,即  $R_{\text{rec,c\_Mat}}$ 为 0.95; $A_{\text{PCB}}$ 为 0.2。PCB 回收过程碳排放被计算为:

$$C_{r,PCB} = -0.0127 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh}$$

表 C.5 废旧三元动力电池(NCM523)中 PCB 再生过程清单(以单位生命周期总能量计)

类别	项目	单位	输入输出强度
物料输入	废旧线路板	kg/kWh	2.34E-04
	液氧	kg/kWh	1.38E-05
	硫酸	kg/kWh	1.14E-04
	纯水	kg/kWh	1.98E-04
	新水	kg/kWh	9.63E-04
	石灰石	kg/kWh	5.33E-05
	煤油	kg/kWh	2.29E-06
	盐酸	kg/kWh	3.02E-06
	氯酸钠	kg/kWh	7.62E-07
	锌粉	kg/kWh	1.43E-07
	亚硫酸钠	kg/kWh	2.85E-07
能源输入	电力	kWh/kWh	2.14E-04
物料输出	金属铜	kg/kWh	5.21E-05
	金属金	kg/kWh	1.82E-07
	金属钯	kg/kWh	8.65E-08

### C.3.5.3 电极活性物质回收过程

该电池电极活性物质回收过程为湿法冶金回收流程,经预处理过程获取的电池正极黑粉在该过程中经金属分离提纯及相应金属盐的生产,产出硫酸镍、硫酸钴、硫酸锰和碳酸锂产物,该过程清单如表 C.6 所示。

产出的再生金属产物品质与原生金属相比未发生变化, $Q_{\text{Sout\_mat}}/Q_{\text{P\_mat}}$ 均为1;回收过程镍、钴、锰元素的回收率为90%,锂元素的回收率为80%; $A_{\text{cell}}$ 为0.2。电极活性物质回收过程碳排放被计算为:

$$C_{r,\text{cell}} = -0.0799 \text{ kgCO}_2\text{eq/kWh}$$

表 C.6 废旧三元动力电池(NCM523)浸出萃取过程清单(以单位生命周期总能量计)

类别	项目	单位	输入输出强度
物料输入	正极粉末	kg/kWh	1.21E-02
	新水	kg/kWh	5.57E-02
	硫化钠	kg/kWh	7.08E-06
	硫酸	kg/kWh	3.34E-02
	双氧水	kg/kWh	1.73E-02
	铁粉	kg/kWh	6.45E-05

表 C.6 废旧三元动力电池（NCM523）浸出萃取过程清单（以单位生命周期总能量计）（续）

类别	项目	单位	输入输出强度
物料输入	次氯酸钠	kg/kWh	7.33E-04
	液碱	kg/kWh	3.56E-02
	氟化钠	kg/kWh	2.73E-03
	液氧	kg/kWh	2.25E-02
	纯水	kg/kWh	1.42E-01
	煤油	kg/kWh	1.21E-05
	P204	kg/kWh	2.03E-06
	P507	kg/kWh	2.01E-06
	盐酸	kg/kWh	2.86E-03
	碳酸钠	kg/kWh	8.44E-03
能源输入	电力	kWh/kWh	1.90E-02
物料输出	硫酸镍	kg/kWh	8.55E-01
	硫酸钴	kg/kWh	5.48E-01
	硫酸锰	kg/kWh	3.32E-01
	碳酸锂	kg/kWh	3.32E-01

## C.3.5.4 其他材料回收过程

经预处理后产出的铝壳、铝粉、铜粉等废料被外运至相应的金属回收再生厂,该过程的清单如表 C.7 所示。

表 C.7 废旧三元动力电池(NCM523)其他主要金属再生工序清单(以单位生命周期总能量计)

类别	项目	单位	输入输出强度
工序输入	再生铝生产	kg/kWh	2.07E-03
	再生铜生产	kg/kWh	3.29E-03
产品产出	金属铝	kg/kWh	1.96E-03
	金属铜	kg/kWh	3.13E-03

产出的再生产物上,经查询,铜和铝金属的循环分配因子  $A_{Mat}$  均为 0.2;产出的再生金属产物品质与原生金属相比未发生变化,  $Q_{Sout\_mat}/Q_{P\_mat}$  均为 1;再生铜和再生铝的过程回收率均为 95%,即  $R_{rec,c\_Mat}$  为 0.95;特定材料的再生生产的排放量  $C_{rec,c\_Mat}$  和回收产出的再生产物替代原生生产的排放量  $C_{V\_Mat}^*$ ,均以进入回收流程的所有金属废料质量计(即以电池中涉及回收产物的金属在电池/组件中的总含量计),例如,若电池中铝金属量为 1 kg,在再生铝生产过程的排放值直接调用产出 1 kg 再生铝的生产过程排放值,产出再生铝产物所替代原生生产的排放量(亦可理解为减排效益)直接调用 1 kg 原生金属铝的排放值。电极活性物质回收过程碳排放被计算为:

$$C_{r,cell} = -0.0381 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh}$$

#### C.3.5.5 能量回收过程

能量回收过程一般针对于电池中各可燃有机物,被燃烧以热量形式进行回收。出于环保合规和经济性等考量,该电池回收过程中未含有有机物燃烧的能量回收过程,隔膜等相关有机物被外运至处理商集中处置。

#### C.3.5.6 处置过程

该电池回收过程中,外运至处理商集中处置的固体废弃物总量为0.0159 kg/kWh,电极活性物质回收过程碳排放被计算为:

$$C_{r,dis} = C_{r,c,dis} = 0.0089 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh}$$

进而,电池生命末期阶段的整体碳排放被计算为:

$$C_{EoL} = C_{r,cell} + C_{r,PCB} + C_{r,dis} = -0.0648 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh}$$

### C.4 量化结果

综合上述量化结果,该电池以功能单位“车用锂离子电池在使用寿命内提供总能量的1 kWh”,系统边界为“摇篮到坟墓”量化的全生命周期碳排放被计算为:

$$CFP_{kWh} = CR_{mat} + CR_{Prod} + CR_{Trap} + CR_{EoL} = 0.5111 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh}$$

参 考 文 献

- [1] GB/T 2900.41—2008 电工术语 原电池和蓄电池
  - [2] GB/T 15089—2001 机动车辆及挂车分类
  - [3] GB/T 26989—2011 汽车回收利用 术语
  - [4] GB/T 32150—2015 工业企业温室气体排放核算和报告通则
  - [5] GB 38031—2025 电动汽车用动力蓄电池安全要求
  - [6] GB/T 43695—2024 锂离子电池和电池组能源转换效率要求和测量方法
  - [7] T/CIAPS0011—2021 锂离子电池制造术语
  - [8] T/DZJN 77—2022 锂离子电池产品碳足迹评价导则
  - [9] T/SQIA 059—2023 碳足迹评价技术要求 锂电池电芯
  - [10] 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories
  - [11] Suggestions for updating the Product Environmental Footprint(PEF) method
  - [12] REGULATION (EU) 2023/1542 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 12 July 2023 concerning batteries and waste batteries, amending Directive 2008/98/EC and Regulation (EU) 2019/1020 and repealing Directive 2006/66/EC
-