

# 团 体 标 准

T/CAAMTB XXXX—2023

## 动力蓄电池碳足迹计算评价方法

Carbon Footprint Calculation Standard for EV batteries

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

## 目 次

前 言.....	II
1 范围.....	3
2 规范性引用文件.....	3
3 术语和定义.....	3
4 符号和缩略语.....	8
5 功能单元和总能量.....	8
6 碳足迹核算边界和数据收集.....	8
7 碳足迹核算方法.....	13
8 报告.....	16
附录 A (规范性) 动力蓄电池碳足迹计算系统边界.....	18
附录 B (规范性) 数据收集要求.....	19
附录 C (资料性) 能源或燃料碳排放因子默认值.....	24
附录 D (资料性) 主要原材料生产过程碳排放因子默认值.....	<b>错误! 未定义书签。</b>
附录 E (资料性) 电池退役和回收阶段使用的默认值.....	25
附录 F (规范性) 数据质量评级.....	23
参 考 文 献.....	26

## 前 言

本文件按照GB/T1.1给出的规则起草。

本标准参照JRC的CFB-EV文件翻译，并按照国内标准的规则进行起草，与JRC的CFB-EV相比，有以下几个地方进行了调整：

——乘用车电池，乘用车电池是指纯电动乘用车用动力蓄电池、插电式混合动力乘用车、燃料电池乘用车用动力蓄电池（见3.3）；

——商用车电池，商用车电池是指N1类小型商用车用动力蓄电池、M2、M3、N2和N3类中型和重型商用车用动力蓄电池、O类商用车用动力蓄电池（见3.4）；

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。

本文件中国汽车工业协会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

# 动力蓄电池碳足迹计算评价方法

## 1 范围

本文件规定了电动汽车动力锂电池用上游原材料、电池材料、电芯、模组和电池系统的碳足迹的计算要求、计算原则、计算范围、计算方法以及报告要求。

本文件适用于装载在电动汽车上的动力用锂离子电池，其他类型电池参照执行。

本文件不适用于经过二次加工的梯次利用电池。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 15089 机动车辆及挂车分类

GB/T 19000 质量管理体系 基础和术语

GB/T 19596 电动汽车术语

GB/T 24040 环境管理 生命周期评估原则和框架

GB/T 24044 环境管理 生命周期评价要求和导则

GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则

ISO 14064-1 Greenhouse gases — Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals

ISO 14067 Greenhouse gases – Carbon footprint of products- Requirements and guidelines for quantification

JRC Science for Policy Report-Rules for the calculation of the Carbon Footprint of Electric Vehicle Batteries(CFB-EV)

Euro 7 Reform of vehicle emission standards (Euro 7)

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**功能单位** Functional unit

功能单位是指用来作为基准单元的量化的产品系统性能。

[来源：GB/T24044-2008，定义 3.20]

### 3.2

**总能量** Total energy

总能量是指电池系统在整个使用周期内提供的总电量（kWh）。

### 3.3

**乘用车电池** Batteries for passenger car

乘用车电池是指纯电动乘用车用动力蓄电池、插电式混合动力乘用车、混合动力乘用车、燃料电池乘用车用动力蓄电池。

### 3.4

#### 商用车电池 Batteries for commercial vehicles

商用车电池是指N1类小型商用车用动力蓄电池、M2、M3、N2和N3类中型和中重型商用车用动力蓄电池、O类商用车用动力蓄电池。

### 3.5

#### 摩托车用电池 Batteries for Motor

摩托车用电池是指L类摩托车用动力蓄电池。

### 3.6

#### 认证能源状态 State of Certified Energy

认证能源状态是指当前电池单体、模块、电池包或系统中按照制造商规定的放电条件可以释放的放电能量占初始放电能量的百分比。

### 3.7

#### 使用寿命 Service life

乘用车电池和N1类小型商用车用动力蓄电池，使用寿命是指在电池达到认证能源状态(SOCE)之前行驶的公里数(km)。

摩托车蓄电池，使用寿命是指制造商所声明的车辆寿命(km)。

M2、M3、N2和N3类商用车电池，使用寿命指的是汽车制造商标称的循环次数。

### 3.8

#### 放电能量 Discharge energy

放电能量(Wh)是指室温下完全充电的蓄电池以 $1I_f$ (A)电流放电，达到终止电压时所放出的能量(Wh)。

### 3.9

#### 输出能量 Delivered energy

乘用车电池和N1类小型商用车用动力蓄电池，输出的能量(为Wh/km)，是指采用WLTP类型批准测试(类型I)时直接测量的电池放电能量(Wh)，除以WLTP测试距离(km)。所提供能量的最低精度为0.1 Wh/km。

摩托车用电池，输出能量(kWh/km)是指采用WMTC的型式认可试验测试得到的。

M2、M3、N2和N3类商用车电池，输出能量(kWh)等于额定容量(Ah)乘以额定电压(V)。该参数对应于电池从100%SOC到0%SOC的初始能量。

### 3.10

#### 额定容量 Rated capacity

额定容量是指室温下完全放电的蓄电池以  $I_I$  (A) 电流放电, 达到终止电压时所放出的容量 (Ah)。

3.11

**额定电压 Rated voltage**

额定电压是指电池正常工作的电压 (V)

3.12

**系统边界 System boundary**

系统边界是指通过一组规则确定哪些单元过程属于产品系统的一部分。

[来源: GB/T24044-2008, 定义 3.20]

3.13

**从摇篮到大门 Cradle-to-gate**

从原材料获取及加工到产品出库的生命周期阶段。

[来源: GB/T24044-2008, 定义 3.20]

3.14

**从摇篮到坟墓 Cradle-to-grave**

从原材料获取及加工到废物回收和处理的生命周期阶段。

[来源: GB/T24044-2008, 定义 3.20]

3.15

**生命周期评价 Life cycle assessment (LCA)**

对产品在其整个生命周期各阶段中的输入、输出和潜在环境影响进行计算和评估。

3.16

**中间产品 Intermediate products**

中间产品指的是一种产品从初级产品加工到提供终端产品经过一系列生产过程中, 没有成为最终产品之前处于加工过程的产品统称。

3.17

**终端产品 End products**

终端产品指的是脱离企业生产或加工过程而入库或等待销售的产品。

3.18

**过程 Process**

过程是利用输入实现预期结果的相互关联或相互作用的一组活动。

[来源：GB/T19000-2016，定义 3.4.1]

3.19

**多功能 Multifunction**

多功能指的是一个工艺或设施提供不止一种功能，即它提供多种产品（或副产品）和/或服务。

3.20

**企业特定活动数据 Mandatory company-specific processes data**

企业特定活动数据，指的是特定于公司实际采集的数据，所有数据(即活动数据和基本流)都应是公司特定的生产流程信息，并应对应到特定制造工厂生产的特定电池型号。

3.21

**非企业特定活动数据 Non-Mandatory company-specific processes data**

非企业特定活动数据，是指除企业特定活动数据以外，对碳足迹核算有影响的过程，可以引用因子库数据核算。

3.22

**温室气体（碳） Greenhouse gas**

大气中自然存在的和由于人类活动产生的吸收和散发由地球表面、大气层和云层所阐述的、波长在红外光谱内的辐射和气态成分。

注 1: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) 和六氟化硫 (SF<sub>6</sub>)

[来源：ISO14064-1:2018，定义 3.1.1]

3.23

**温室气体（碳）排放 Greenhouse gas emissions**

在特定时段内释放到大气中的温室气体总量（以质量单位计算）。

[来源：ISO14064-1:2018，定义 3.1.5]

3.24

**碳排放因子 Carbon emission factor**

碳排放因子是指单位生产或者消费活动量的碳（温室气体）排放的系数。

注：例如，生产/供应每千瓦时电量所对应的碳排放。

[来源：GB/T32150-2015，定义 3.13]

3.25

**全球变暖潜值 Global warming potential (GWP)**

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

[来源：ISO14064-1，定义 3.1.12]

### 3.26

#### 二氧化碳当量 CO<sub>2</sub> 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。

注：二氧化碳当量等于给定温室气体的质量乘以它的全球变暖潜值。

[来源：ISO14064-1，定义 3.1.13]

### 3.27

#### 产品系统 Product system

拥有基本流和产品流，同时具有一种或多种特定功能，并能模拟产品全生命周期的单元过程的集合。

[来源：GB/T 24044-2008，定义 3.28]

### 3.28

#### 产品碳足迹 Carbon footprint of a product

产品系统中的温室气体排放量，以二氧化碳当量为单位表示。

[来源：ISO14047-2018，定义 3.1.1.1]

### 3.29

#### 低位发热量 Net calorific value

燃料完全燃烧，其燃烧产物中的水蒸气以气态存在时的发热量。

### 3.30

#### 公告机构 Notified body

由欧盟委员会认定的发放碳足迹标识的认证或者认可机构。

### 3.31

#### 碳足迹申报人 Carbon footprint declarant

直接向公告机构申报产品碳足迹的企业或机构。

### 3.32

#### 正确收集 Properly collected

废电池可以通过人工拆解，并拆解出电池单体和组件，并进行分类进行能源回收，其余部分被填埋的过程。

### 3.33

#### 非正确收集 Non-Properly collected

废电池进行了粗略的拆解，不进行电路板的回收，直到电池单体被填埋的过程。

## 4 符号和缩略语

下列缩略语适用于本文件。

WLTP: 全球轻型车测试规范

WMTC: 世界摩托车测试循环

BoL: 生命开始阶段

EF: 环境足迹

LCDN: 生命周期数据网

ILCD: 国际生命周期数据

DQR: 数据质量要求

LCA: 生命周期评价

LCIA: 生命周期影响评价

BOM: 物料清单

GHG: 温室气体

CFF: 循环足迹公式

SOC: 荷电状态

PEFCR: 产品环境足迹种类规则

GO: 原产地保证

## 5 功能单元和总能量

### 5.1

#### 功能单元

动力蓄电池的功能是在所需的电压范围内提供电流，主要用作电能储存和传递。

动力蓄电池的功能单元是指电池系统在使用寿命内，提供的总能量中的1 kWh（千瓦时），单位为kWh”。

### 5.2

#### 总能量

总能量，是指电池系统在整个使用周期内提供的总电量，kWh。具体的计算公式如下：

$$c = a * b \quad (1)$$

式中：

$c$ ——动力蓄电池提供的总能量，单位为千瓦时（kWh）；

$a$ ——使用寿命，单位为 km 或者循环次数，对于乘用车用动力蓄电池的使用寿命可采用默认值 160000 km，也可以是乘用车用动力蓄电池达到 SOCE 状态（乘用车用动力蓄电池为初始能量的 70%，N1 类小型商用车为初始能量的 65%，假设默认值为 160000km）；

$b$ ——输出能量，kWh/km、kWh。

## 6 碳足迹核算边界和数据收集

### 6.1

#### 系统边界

本文件动力蓄电池碳足迹核算方法基于生命周期评价（LCA），包括了从电池原材料获取及加工、电池的生产、电池分销、电池退役及回收的全过程。

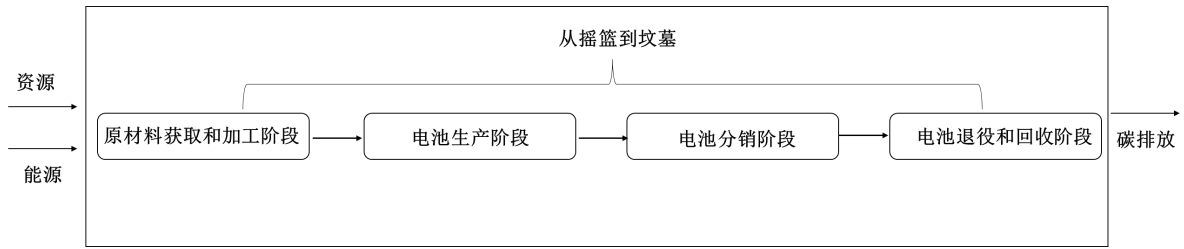


图1 动力蓄电池全生命周期的系统边界

6.1.1

原材料获取及加工阶段边界

原材料获取及加工阶段，是指从自然界中获取原材料及其预处理，以及过程中所涉及到的运输，直到电池生产制造的阶段。

原材料获取及加工阶段包括：

- a. 正极用前驱体生产；
- b. 负极前驱体生产；
- c. 电解液盐生产；
- d. 粘结剂材料生产；
- e. 箔材生产；
- f. 添加剂材料生产；
- g. 电解液用溶剂生产；
- h. 隔膜用前驱体及隔膜生产；
- i. PWB、电子器件、金属板、塑料、碳纤维等的生产；
- j. 管材、泵、冷却液、电缆、连接器、塑料泵等的生产；
- k. 其他材料的生产。

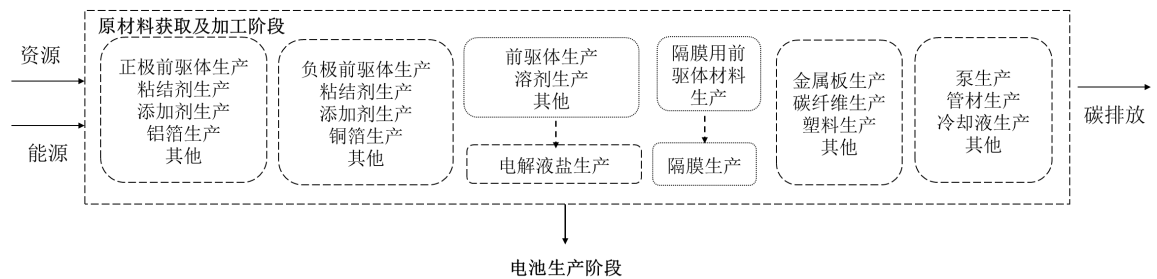


图2 原材料获取及加工阶段的系统边界

6.1.2

电池生产阶段边界

电池生产阶段，指的是原材料获取及加工阶段结束后，原材料进入电芯生产制造，直至形成电池系统。

生产阶段包含：

- a. 正极材料生产；
- b. 负极材料生产；
- c. 正极和负极的生产，包括匀浆、涂布、干燥、辊压和分切。
- d. 电解液生产；

- e. 壳体和冷却系统组装；
- f. 电芯的生产制造；
- g. 模组组装；
- h. 电池系统的组装；
- i. 所有对终端产品和中间产品的场内运输。

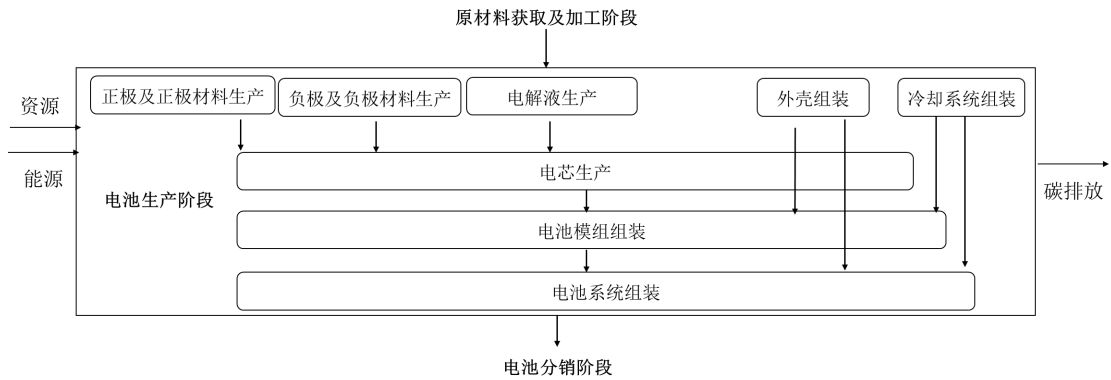


图3 电池生产阶段的系统边界

### 6.1.3

#### 电池分销阶段边界

电池分销阶段指的是电池产品（指电池系统）从生产地运输到电池最终组装地。

### 6.1.4

#### 电池退役及回收阶段边界

电池退役及回收阶段指的是电池产品使用结束后退役，废弃产品进入环境或者循环处理后作为其他产品原材料的阶段。电池退役及回收阶段需要包括以下环节的能耗和污染物排放。

- a. 废电池收集；
- b. 电池产品拆解；
- c. 热处理或机械预处理；
- d. 分离和转化为再生材料；
- e. 能源回收和废弃物处理。

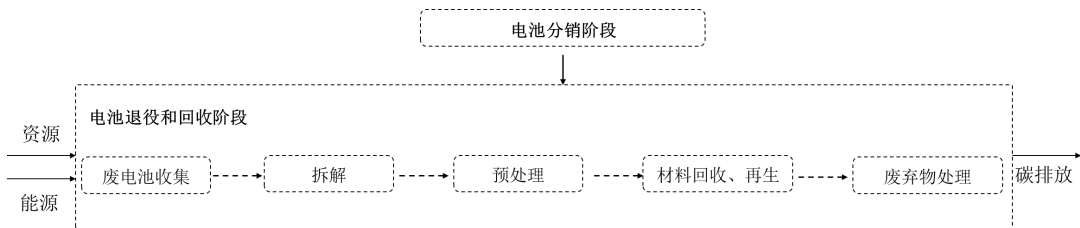


图4 电池退役及回收阶段的系统边界

## 6.2

#### 数据取舍原则

以下类别不需要纳入电池的碳足迹计算：

- a. 电池使用阶段；
- b. 电池生产设备的制造；
- c. 汽车制造商在电动汽车中安装成品电池的过程；
- d. 包装产品的制造；
- e. 物理上没有包含在外壳内或永久附着在外壳上的冷却系统的任何部分；
- f. 与电池生产过程不直接相关的制造工厂的辅助投入，如相关办公用房的供暖和照明、二次服务、销售流程、行政和研究部门等；
- g. 在电池分销过程中涉及到的存储过程；
- h. 电池废弃物收集的影响、废电池预处理的影响（如从电动汽车中拆卸、放电、分类），电池及其组件拆卸的影响、以及电池退役及回收阶段的运输。

对于系统部件，可以使用通用的物料取舍规则，可忽略总质量的 1% 的材料（比如：壳体部件，可以忽略输入和输出物质少于壳体总质量 1% 的部分），但总体部件忽略不超过 5%。为接近物料平衡，将忽略的材料中最高的碳足迹值加入到系统中，并在碳足迹报告中说明这部分取舍规则的情况。

### 6.3

#### 数据收集

电池碳足迹计算过程，需要根据各个阶段设计的活动过程，收集企业特定活动数据和非企业特定数据

#### 6.3.1 企业特定活动数据收集

##### 6.3.1.1 收集方式

企业特定活动数据是企业根据特定的生产流程收集的信息，具体的提供方法分以下三种：

- a. 供应商向碳足迹申报人提供所有活动数据以及用于核验所需的所有信息；
- b. 供应商与碳足迹申报人同时向公告机构提供所有活动数据、基本流以及用于核验所需的所有信息，符合碳足迹核算要求；
- c. 供应商与碳足迹申报人同时将所有活动数据以及用于核验所需的所有信息提供给第三方，由第三方提交给公告机构，用于碳足迹核算。

##### 6.3.1.2 企业特定活动数据收集内容

企业特定活动内容数据是按照企业实际生产情况来收集，是基于年度生产情况（最近的日历年或者财年），取年度平均值用于计算。如果产品生产少于 12 个月，则数据需要从该年度最初生产收集到最终生产。若有其他特殊情况，如数据收集时间较短（或不同）的时间段。在这些情况下，应在报告中说明此情况的原因。

企业特定活动包括：

- a. 正极材料的生产；
- b. 负极材料的生产；
- c. 电解液的生产；
- d. 正极的生产；
- e. 负极的生产；
- f. 电芯的生产；
- g. 外壳的组装；
- h. 冷却系统的组装；
- i. 电池模组的组装；
- j. 电池系统的组装。

主要收集的内容包括：

- a. 生产过程所需原材料的量：如矿物、金属、半成品材料、化学品等的需求量；
- b. 生产过程中的能耗：电力、蒸汽、其他热能以及厂区内运输车辆的能耗；
- c. 辅料的用量；

- d. 运输距离和方式；
- e. 主产品和副产品的量；
- f. 废弃物的量，如废水、废气、废渣。

### 6.3.2 非企业特定活动数据收集

非企业特定活动，根据其于整体碳足迹计算的相关性，分为最相关活动和非相关活动。

最相关过程包括：

- a. 正极前驱体材料的生产，如钴、镍、铁和锂(金属或盐)；
- b. 负极前体材料的生产，如石墨、锂金属、硬质碳、硅等；
- c. 电解液盐的生产：如  $\text{LiPF}_6$ 、其他添加剂等；
- d. 铜的生产，如铜箔、母线和电缆中；
- e. 铝的生产，如铝箔，母线，电缆和壳体；
- f. 钢材的生产，例如用于壳体。

对于最相关过程，碳足迹申报人可使用企业特定数据进行建模，这种情况下数据质量评估 DQR（根据附录 C 计算）的值需 $\leq 2$ 。申报人也可通过数据优先级原则选取数据集，这种情况下需要说明模型的合理性，电力模型采用国家平均消费因子，不可使用特定供应商外购电力结构。

数据集选取的优先级原则如下：

- a. 选用与 EF 一致的并在 LCDN 数据库中推荐使用的对应的数据集。
- b. 选用与 EF 一致的从其他数据库获得的对应的数据集；
- c. 选用从 LCDN 或任何其他数据库来源最具代表性的 ILCD 入门级兼容数据集。

非最相关的过程，包括比如正极和负极使用的溶剂的生产、隔膜的生产、外壳使用的碳纤维的生产、PWB 的生产、收集器或外壳塑料的制造等通过数据优先原则选取数据集建立模型。数据集选用的优先级原则同上。

### 6.3.3 电力模型

对于电力的使用需要按照电力结构进行建模。以下为电力建模的优先级顺序：

- a. 物理直连的现场发电电力结构；
- b. 特定供应商的外购电力结构；
- c. 国家平均电力消耗结构。

电力建模的情况需要在碳足迹报告中陈述。

#### 6.3.3.1 物理直连的现场发电电力结构

物理直连的现场发电电力结构的情况是指电力是从能源使用工厂内发电，直接向工厂提供的，或者电力生产设备通过直接而专用的连接与能源使用工厂相连，那么可以声明此部分自用的电力为物理直连的现场发电的电力。如果能源使用工厂除了现场发电外还连接到电网并从电网获取电力，或者多余电力输送给电网，则这部分电力需要根据电力模型优先级顺序要求建模。如果现场发电的部分电力已被销售给第三方（有相关的任何类型的合同），则不能在碳足迹报告中申报现场发电电力。

#### 6.3.3.2 特定供应商的外购电力结构

使用特定供应商电力结构，其电力产品的环境完整性取决于确保相关的合同文书(用于跟踪)是可靠和独特的。如果没有合同或者相关证明，碳足迹报告缺乏所需的准确性和一致性，是无法确认采用了特定供应商电力。原产地保证GO是目前唯一符合欧盟最低可靠性标准的合同文书，目前在国内无法使用此场景。

#### 6.3.3.3 国家平均电力消耗结构

在 LCDN 的专用数据库中注册了用于特定国家的平均电力消费结构数据集，则应使用该数据集。优先考虑国家，然后考虑地域。否则，应使用 LCDN 中注册的全球电力消耗混合。

#### 6.3.4 数据分配原则

当一个工艺或者一个设备出现多功能的情况时，与该过程相关的所有相关输入和输出均应按原则在相关产品和其他副产品之间进行分配。分配原则如下：

a. 系统拓展

条件允许情况下，应通过将单元过程划分为两个或多个子过程并收集与这些子过程相关的环境数据，通过系统拓展来避免（重复）分配。

b. 物理分配（重量分配及能源分配）

如多种电池在同一制造厂生产，可根据所生产的电池质量进行分配。如电力、能量消耗、污染物排放等数据。

### 6.3.4.1 能源及辅料的分配规则

对于工厂的多条生产线只有一个计量表，或者工艺步骤处理来自不同生产线的产品，需要进行分配。以下为分配的优先顺序原则：

a. 按质量、电池能量或其他物理属性进行分配，这些属性最能代表相应输入的驱动因素；

b. 使用荷载容量或其他适当的标准进行分配。

### 6.3.4.2 电池壳体的分配规则

电池壳体的功能有：A) 承载电芯或模组 B) 整合电池冷却系统/隔离系统。

若电池壳体承担了上述A, B功能外的其他功能，例如，扭转刚度、抗碰撞性等，则可以按以下方式（按层次结构顺序）对电池外壳/外壳进行建模：

a. 物理分配：A 和 B 功能外的部分从系统边界内排除；

b. 虚拟外壳算法：当物理分配法不可行的情况下，需使用虚拟壳体建模计算，即，外壳的尺寸应根据电池的尺寸和每种材料的参考厚度重新计算。

## 7 碳足迹核算方法

### 7.1

#### 碳足迹计算方法

动力蓄电池碳足迹应按式（2）进行计算，计算结果圆整（四舍五入）至小数点后两位：

$$F = (f_1 + f_2 + f_3 + f_4) / c \dots \dots \dots (2)$$

式中：

$F$ ——锂离子动力蓄电池碳足迹，单位为千克二氧化碳当量每千瓦时（ $\text{kgCO}_2\text{e/kWh}$ ）；

$f_1$ ——原材料获取及加工阶段碳排放，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；

$f_2$ ——电池生产阶段碳排放，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；

$f_3$ ——电池分销阶段碳排放，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；

$f_4$ ——电池退役及回收阶段碳排放，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）

$c$ ——动力蓄电池产品提供的总能量，单位为千瓦时（ $\text{kWh}$ ）。

#### 7.1.1

##### 原材料获取及加工阶段

原材料获取及加工阶段包括原材料获取及加工、原材料运输过程，碳排放应按式（3）进行计算，计算结果圆整(四舍五入)至小数点后两位：

$$f_1 = \sum_i [EF_i \times M_i + M_i \times L_i \times k_i] \dots \dots \dots (3)$$

式中：

$f_1$ ——原材料获取及加工阶段碳排放，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；

$EF_i$ ——原材料  $i$  获取及加工过程的碳排放因子，单位根据具体原材料确定；

$M_i$ ——单个组件产品中第  $i$  种原材料及零部件的消耗量，单位为千克（ $\text{kg}$ ）；

$L_i$ ——第  $i$  种原材料及零部件的运输距离，单位为公里 (km)；

$k_i$ ——第  $i$  种原材料及零部件的运输碳排放因子，单位为千克二氧化碳当量每千克公里 ( $\text{kgCO}_2\text{e} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$ )

### 7.1.2

#### 电池生产阶段

生产阶段碳排放应按式 (4) 进行计算，计算结果圆整 (四舍五入) 至小数点后两位：

$$f_2 = \sum (E_r \times EF_r + E_r \times NCV_r \times EF'_r) + M_{CO_2} \dots \dots \dots (4)$$

式中：

$f_2$ ——电池生产阶段排放，单位为千克二氧化碳当量；

$E_r$ ——投入生产使用的能源或燃料  $r$  的外购量，单位为千瓦时 (kWh)、立方米 ( $\text{m}^3$ ) 或千克 (kg) 等；

$EF_r$ ——投入生产使用的能源或燃料  $r$  生产的碳排放因子，单位为千克二氧化碳当量每千瓦时 ( $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kWh}$ )、千克二氧化碳当量每立方米 ( $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^3$ ) 或千克二氧化碳当量每千克 ( $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kg}$ )；

$EF'_r$ ——投入生产使用的能源或燃料  $r$  使用的碳排放因子，单位为吨二氧化碳当量每吉焦 ( $\text{tCO}_2\text{e}/\text{GJ}$ )，电力使用的碳排放因子为 0；

$NCV_r$ ——投入生产使用的能源或燃料  $r$  的平均低位发热量。单位为吉焦每吨 (GJ/t)、吉焦每万立方米 ( $\text{GJ}/10^4\text{m}^3$ )；

$M_{CO_2}$ ——生产过程中产生的  $\text{CO}_2$  逸散的量，单位为千克二氧化碳当量 ( $\text{kgCO}_2\text{e}$ )。

电池生产阶段的碳排放量，企业须收集具体场地数据。核算电池生产的碳排放量时，功能单位、系统边界应保持一致，燃料或能源的碳排放因子按照附录 C 执行。

### 7.1.3

#### 电池分销阶段

电池分销阶段碳排放量应按式 (5) 进行计算，计算结果圆整 (四舍五入) 至小数点后两位：

$$f_3 = \sum [M_i \times L_i \times K_i] \dots \dots \dots (5)$$

式中，

$f_3$ ——电池分销阶段的碳排放，单位为千克二氧化碳当量 ( $\text{kgCO}_2\text{e}$ )；

$M$ ——电池分销的第  $i$  种产品的重量，单位为千克 (kg)；

$L_i$ ——电池分销的第  $i$  种产品的运输距离，单位为千米 (km)；

$K_i$ ——运输碳排放因子，单位为千克二氧化碳每 kg 货物运输每 km ( $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kg} \cdot \text{km}$ )。

### 7.1.4

#### 电池退役及回收阶段

电池退役及回收阶段的碳排放计算应使用循环足迹公式 CFF 来对回收量和产生的废物进行建模计算，模型见图 5。

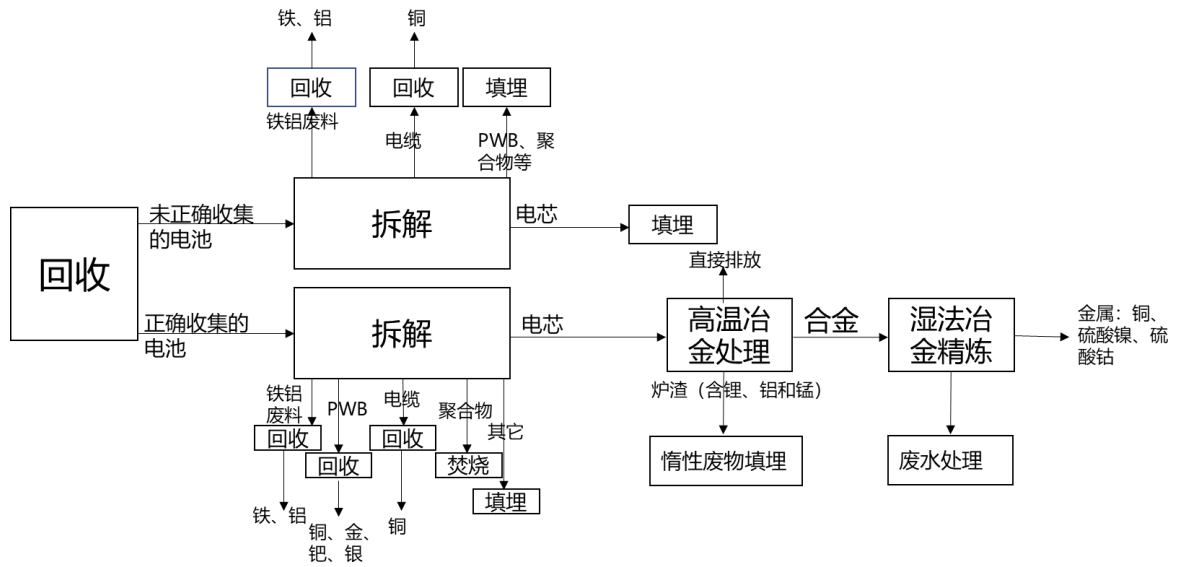


图5 电池退役及回收阶段的模型图

电池退役及回收阶段的碳排放的计算公式具体如下：

$$f_4 = f_{4,DM} + f_{4,ELR} + f_{4,CR} + f_{4,ER} + f_{4,DP} \dots \dots \dots (6)$$

式中，

$f_4$ ——电池退役及回收阶段的碳排放，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；

$f_{4,DM}$ ——从拆解中生产二次材料（铜、铝、金、银和钯）的碳排放，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；

$f_{4,ELR}$ ——电子产品回收中生产二次材料的碳排放，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；

$f_{4,CR}$ ——从电芯回收中生产二次材料的碳排放，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；

$f_{4,ER}$ ——拆解塑料的能量回收产生的碳排放，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；

$f_{4,DP}$ ——填埋过程的碳排放，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ）；

**a.拆解：** 从拆解中生产二次材料的碳排放（计算外壳中的钢和铝、电缆中的铜）

$$f_{4,DM} = R_{coll} \times \sum_{Mat} [(1 - A_{Mat}) \times R_{rec, c_{Mat}} \times (E_{recEoL_{Mat}} - E_{v_{Mat}}^* \times \frac{Q_{Sout_{Mat}}}{Q_{P_{Mat}}})] + (1 - R_{coll}) \times \sum_{Mat} [(1 - A_{Mat}) \times R_{rec, nc_{Mat}} \times (E_{recEoL_{Mat}} - E_{v_{Mat}}^* \times \frac{Q_{Sout_{Mat}}}{Q_{P_{Mat}}})] \dots \dots \dots (7)$$

**b.电子产品回收：** 电池拆解后从 PWB 回收中生产二次材料的碳排放（计算铜、金、银和钯）

正确收集部分

$$f_{4,ELR} = R_{coll} \times [(1 - A_{PWB}) \times E_{recEoL_{PWB}} - \sum_{Mat} [(1 - A_{Mat}) \times (R_{rec, c_{Mat}} \times E_{v_{Mat}}^* \times \frac{Q_{Sout_{Mat}}}{Q_{P_{Mat}}})]] \dots \dots \dots (8)$$

**c.电芯回收：** 从电芯回收中生产二次材料的碳排放（在默认的生命周期阶尾端计算铜、硫酸镍和硫酸钴）

$$f_{4,CR} = R_{coll} \times [(1 - A_{Battery}) \times E_{recEoL_{Bat}}] + R_{coll} \times \sum_{Mat} [(1 - A_{Mat}) \times R_{rec, c_{Mat}} \times (E_{recEoL_{Mat}} - E_{v_{Mat}}^* \times \frac{Q_{Sout_{Mat}}}{Q_{P_{Mat}}})] \dots \dots \dots (9)$$

**d.焚烧：** 焚烧塑料的产生的碳排放

$$f_{4,ER} = R_{coll} \times \sum_{Mat} [(1 - B) \times R_{3, c_{Mat}} \times (E_{ER_{Mat}})] \dots \dots \dots (10)$$

e. 填埋：填埋的碳排放影响

$$f_{4,DP} = (1 - R_{coll}) \times \sum_{Mat} [1 - R_{rec, nc_{Mat}} \times E_{D_{Mat}}] + R_{coll} \times \sum_{Mat} [1 - R_{rec, c_{Mat}} \times E_{D_{Mat}}] \dots \dots \dots (11)$$

式中：

$A_{Mat}$ ——将环境负担和信用在两个生命周期（即供应材料和使用再生材料的生命周期）之间进行特定材料的分配因子。如果考虑的材料参数 " $A_{Mat}$ " 的数值不可用，则应使用默认值 0.5；

$A_{Battery}$ ——电池特定分配因子，应等于 0.2；

$A_{PWB}$ ——印刷电路板特定分配因子，应等于 0.2；

$B$ ——能源回收过程的分配因子，应等于 0；

$R_{coll}$ ——正确收集回收的注销车辆的比率，用于拆解和回收。默认的  $R_{coll}$  值为 0.7；

$R_{rec, c_{Mat}}$ ——材料特定的回收率；

$R_{rec, nc_{Mat}}$ ——材料特定的回收率；

$R_{3, c_{Mat}}$ ——正确回收的废弃电池在生命周期末端用于能量回收的材料比例；

$E_{v_{Mat}}$ ——由于获取和预处理原材料而产生的特定排放和资源消耗；

$E_{recycled_{Mat}}$ ——回收材料的过程产生的特定排放和资源消耗；

$E_{recEoL_{Bat}}$ ——从电池单体回收过程中产生的特定排放和资源消耗；

$E_{recEoL_{Mat}}$ ——由于需要进行其他回收过程来生产二次材料而产生的特定排放和资源消耗；

$E_{recEoL_{PWB}}$ ——由适当回收的电池拆解后进行 PWB 回收产生的特定排放和资源消耗；

$E_v^*$ ——由可回收材料替代的原材料的获取和预处理而产生的特定排放和资源消耗， $E_v^*$  应等于  $E_v$ ；

$Q_{Sin}$ ——进入的二次材料的品质，即替代点处回收材料的品质；

$Q_{Sout}$ ——产出的二次材料的品质，即替代点处可回收材料的品质；

$Q_P$ ——初级材料的品质；

$\frac{Q_{Sin}}{Q_P}$ ——进入的二次材料品质与初级材料品质之间的比率；

$\frac{Q_{Sout}}{Q_P}$ ——产出的二次材料品质与初级材料品质之间的比率；

$E_{ER}$ ——由手动拆解的聚合物的能量回收产生的特定排放和资源消耗；

$E_D$ ——废弃物填埋产生的特定排放和资源消耗，不包括能量回收。

## 8 报告

报告包括但不限于：

产品的基本信息：企业名称、产品型号、生产地；

碳足迹核算所需的条件：核算周期、系统边界；

分析条件：数据取舍规则、数据分配原则、数据输入、电力模型、引用数据库等；

结果：碳足迹值、数据质量的评定、贡献度分析等；

本文件中未包括但会影响分析结果的其他内容。

附录 A  
(规范性)  
动力蓄电池碳足迹计算系统边界

A.1 动力蓄电池碳足迹计算的系统边界图

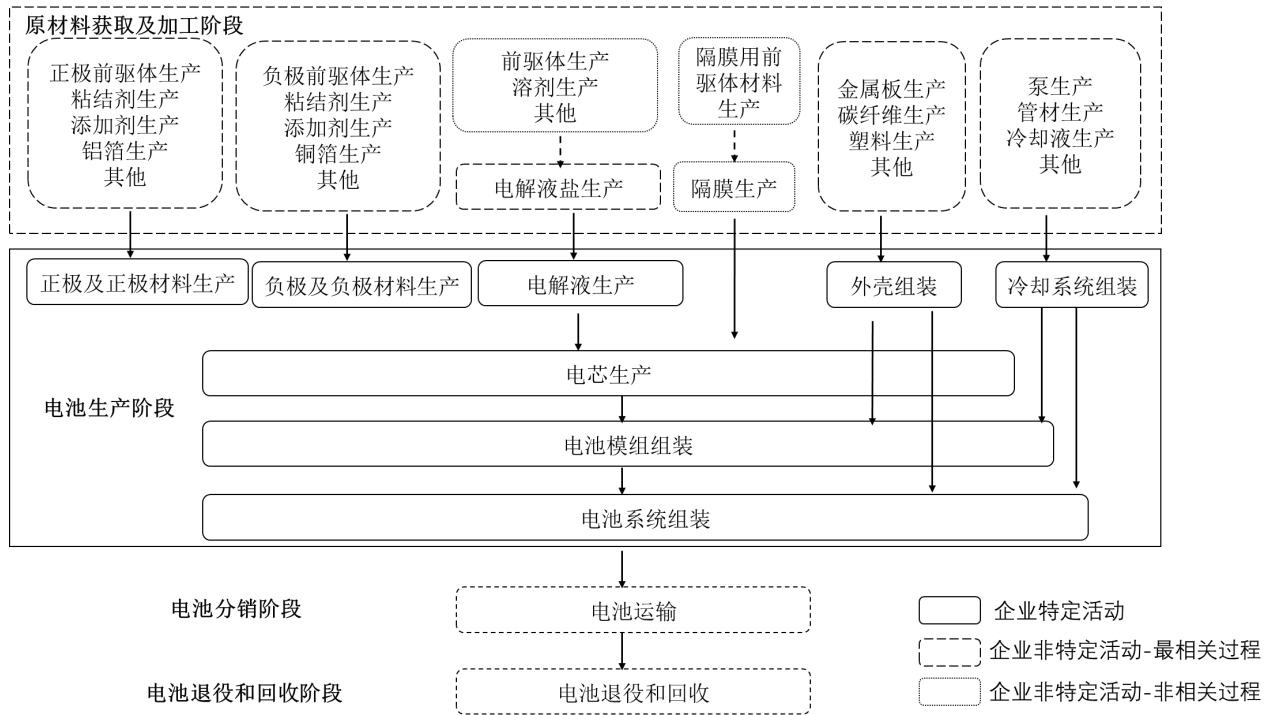


图 A.1 动力蓄电池碳足迹的系统边界图

附录 B  
(规范性)  
数据收集要求

### B.1 原材料开采和预处理数据收集

表 B.1 原材料开采和预加工通用性表单

部件	单位	数值	具体名称
<b>输入</b>			
主要投入物料（矿产，等）	kg		开采出的矿产物质、
电	kwh		
运输及机械设备使用的燃料			柴油，汽油，氢能等
自发热能使用的燃料			天然气，煤炭，氢气等
外购热能			
爆炸用材料	kg		
填充用物料	kg		如混凝土用于回填
化学品	kg		酸碱类物质，分散剂，等
<b>输出</b>			
主产品	kg		
副产品	kg		

### B.2 生产数据收集

生产阶段包括正极和负极，电芯（和其他主要材料或部件包括电解液、隔膜、铝塑膜、外壳等），及最终电池包的组装。需反映每款产品及中间产品的实际生产情况。

每个阶段产生的废品率需要考虑进去。

#### B.2.1 正极和负极的生产

正极和负极（活性材料）的生产活动数据需根据下表进行收集：

表 B.2.1 正负极材料通用性表单

部件	单位	数值	具体名称
<b>输入</b>			
正极前驱体材料	kg		e.g. 硫酸镍 (NiSO <sub>4</sub> x 6H <sub>2</sub> O)、硫酸钴 (CoSO <sub>4</sub> x 7H <sub>2</sub> O)、硫酸锰 (MnSO <sub>4</sub> x H <sub>2</sub> O)
正极材料原材料	kg		e.g. 碳酸锂 (Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ), 氢氧化锂 (LiOH x H <sub>2</sub> O)
其他化学物质	kg		e.g. 氢氧化钠, 碳酸钠, 氢氧化铵等
负极前驱体材料	kg		e.g. 石油焦、煤油焦
负极活性材料	kg		e.g. 天然石墨, 人工石墨
粘结剂	kg		e.g. 聚偏氟乙烯 (PVDF), CMC, SBR
添加剂	kg		e.g. 炭黑, 硅, 碳纳米管 (CNT)
辅料			e.g. 水, 氧气
电	kWh		
化石燃料	MJ		e.g. 天然气, 煤

外部供热	MJ		
<b>输出</b>			
主产物	kg		e.g. 正极材料, 如 NMC666, LFP, 负极 LTO 等
副产物	kg		e.g. 硫酸钠
回收使用的废弃物	kg		由外部机构回收处理部分
非回收废弃物	kg		包括填埋, 焚烧部分
温室气体排放	kg CO <sub>2</sub> e		在生产反应过程和燃油燃烧过程中的直接排放

### B.2.2 电芯生产

电芯生产通常分为三个主要步骤:

- a. 电极生产
- b. 电芯组装
- c. 成品制成

电芯生产阶段需要收集的数据在下表中给出:

表 B.2.2 电芯生产通用性表单

部件	单位	数值	具体名称
<b>输入</b>			
正极材料	kg		
负极材料	kg		
正极集流体	kg		e.g. 铝箔
负极集流体	kg		e.g. 铝箔, 铜箔
隔膜	kg		
电解液	kg		
电解质盐	kg		e.g. LiPF <sub>6</sub>
壳体	kg		e.g. 电芯壳体如铝箔, 钢, 聚合物 (PP,PE,尼龙等...)
壳盖	kg		e.g. 铝
溶剂	kg		
辅料	kg		e.g. 胶水
电	kWh		
热能	MJ		
化石燃料			e.g. 天然气, 汽油, 柴油
<b>输出</b>			
主产品	kg		电芯
废弃物	kg		流入废弃物处理站的生产过程产生的废弃物
边角料	kg		可以再循环的生产废弃物

对于特定的电池, 其物料清单 BoM 表若与上表有一定的差异, 则建议使用 BoM 数据对材料进行输入, BoM 表单需展示产品的特定生产信息, 如具体物料投入, 能耗使用, 废品率等。

电池组装阶段数据收集如下表中给出:

表 B.2.3 电池组装通用性表单

部件	单位	数值	具体名称
<b>输入</b>			
电芯/模组	kg		来自电芯生产阶段
壳体	kg		e.g. 钢, 铝, 聚合物
填充料	kg		e.g. 铝
结构件	kg		e.g. 钢, 铝, 聚合物
冷却板/热交换器	kg		e.g. 钢, 铝, 铜
电缆/电线	kg		e.g. 铜, 聚合物(绝缘材料, 如 PVC 或硅胶)
母线/终端	kg		e.g. 铝, 铜, 聚合物(绝缘材料, 如 PVC 或硅胶)
连接器	kg		
固定(螺钉、螺母、螺栓、夹子等)	kg		e.g. 钢, 铝, PP
绝缘体	kg		e.g. PU 泡沫, 云母
冷却液	kg		e.g. 乙二醇、水
电池管理系统	kg		e.g. 印刷线路板, 单片机
电子器件	kg		e.g. 电力电子、继电器、熔断器、晶体管、电阻、电容器、
热管理系统	kg		
冷却系统	kg		
其他	kg		
电	kWh		
热能	MJ		
化石燃料	MJ		
辅料	kg		e.g. 水, 溶剂
<b>输出</b>			
电池模组/电池包	kg		
废弃物	kg		流入废弃物处理站的生产过程产生的废弃物
边角料	kg		可以再循环的生产废弃物
温室气体排放	kg CO <sub>2</sub> eq		在生产反应过程和燃油燃烧过程中的直接排放

### B.3 电池退役及回收

电池退役及回收阶段包含废弃电池的运输, 及其在回收站的处理和回收过程。通常, 此阶段过程涵盖电池拆解, 再通过特定的回收工艺(湿法冶金或火法冶金)对电池进行处理, 并将获得的材料精炼成新的电池材料或新产品, 以其他方式在市场上销售。回收处理大体的流程如下图:

电池拆解回收模型按照下表进行填写:

表 B.3 电池拆解回收通用性表单

部件	单位	默认数值	具体名称
<b>输入</b>			
退役的电池	kg		
电	kWh		
辅料	kg		
回收处理的金属	kg		
填埋处理的金属	kg		
焚烧处理的金属	kg		
回收处理的聚合物	kg		
填埋处理的聚合物	kg		
焚烧处理的聚合物	kg		
退役的电子零部件	kg		
<b>输出</b>			
再生金属	kg		
再生聚合物	kg		
其他	kg		
电子零部件	kg		
电芯			

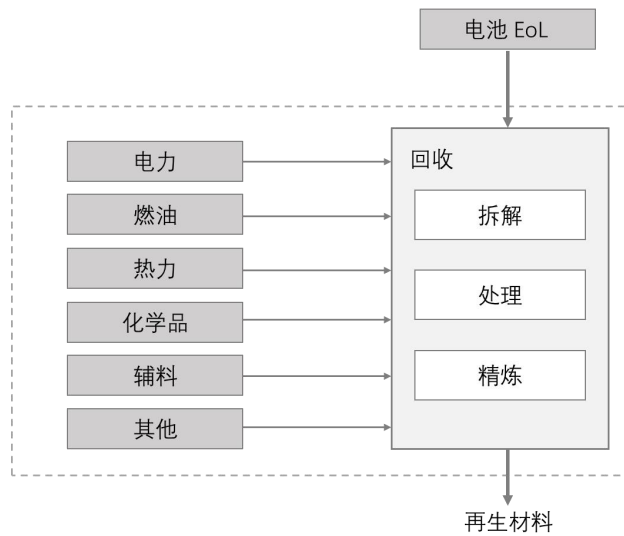


图 B.3 回收处理流程图

## 附录 C (规范性) 数据质量评级

### C.1 数据质量评级DQR

对所有背景数据（包括公司特定数据和非特定数据）都需要通过技术代表性（TeR）、地理代表性（GeR）、时间代表性（TiR）三个维度来评估数据质量，具体按照以下步骤来计算背景数据的DQR：

（1）评估所有背景数据集（包括公司特定和非特定数据集）的3个DQR标准，即技术代表性（TeR）、地理代表性（GeR）和时间相关性（TiR），每个标准的值应根据表1进行分配。

（2）通过将背景数据的值乘以相应实景数据，计算每个过程的碳足迹绝对值。

注：如果一个过程消耗3kWh的电力，并且电力背景数据集的碳足迹等于0.6 kg CO<sub>2</sub>eq/kWh，则0.6 kg CO<sub>2</sub> eq/kWh应乘以相应的活动数据（在这种情况下为3kWh），以获得该过程的碳足迹的绝对值，为1.8 kg CO<sub>2</sub> eq。

（3）计算每个过程的碳足迹占比（%）。碳足迹占比是每个过程的碳足迹值与所有过程碳足迹之和的比。

（4）分别计算最终电池碳足迹对应DQR三个标准（TeR、GeR、TiR）的加权平均值，例如，最终电池碳足迹结果的TeR为单个过程数据TeR的加权平均，权重为每个过程数据碳足迹的绝对值。

（5）计算最终电池碳足迹的DQR。

$$DQR = \frac{TeR + GeR + TiR}{3}$$

表1 DQR 各维度评价

质量评价	TiR	TeR	GeR
1	碳足迹数据发布的日期在（数据集/CFB）的有效期内。	建模技术与（数据集/CFB）范围内的技术完全相同。	建模过程与（数据集/CFB）为同一个国家。
2	碳足迹数据发布的日期不超过（数据集/CFB）有效期的2年。	建模技术包含在（数据集/CFB）范围内的技术组合中	建模过程与（数据集/CFB）为同一个地理区域。（例如，欧洲、亚洲、北美、非洲）。
3	碳足迹数据发布的日期不超过（数据集/CFB）有效期的3年	建模技术仅部分包含在数据集/CFB 的范围内。	（数据集/CFB）覆盖了多个地理区域，建模过程发生在这些区域中。
4	碳足迹数据发布的日期不超过（数据集/CFB）有效期的4年	建模的技术与数据集/CFB 范围内的技术相似。	建模过程发生在一个不属于（数据集/CFB）所覆盖地理区域的国家，但根据专家判断，有足够的相似性。
5	碳足迹数据发布的日期超过（数据集/CFB）有效期的4年	建模的技术与数据集/CFB 范围内的技术不同。	建模过程发生在一个不属于（数据集/CFB）所覆盖地理区域的国家。

附录 D  
(资料性)  
能源或燃料碳排放因子默认值

D.1 能源或燃料碳排放因子默认值

材料名称	$EF_r$	单位	$NCV_r$	单位	$EF'_r$	单位
原油	3.02	t CO <sub>2</sub> -eq/t	41.8	GJ/t	0.020	tCO <sub>2</sub> e/GJ
燃料油	3.17	t CO <sub>2</sub> -eq/t	41.8	GJ/t	0.021	tCO <sub>2</sub> e/GJ
汽油	2.93	t CO <sub>2</sub> -eq/t	43.1	GJ/t	0.019	tCO <sub>2</sub> e/GJ
柴油	3.10	t CO <sub>2</sub> -eq/t	42.7	GJ/t	0.020	tCO <sub>2</sub> e/GJ
煤油	3.03	t CO <sub>2</sub> -eq/t	43.1	GJ/t	0.020	tCO <sub>2</sub> e/GJ
液化天然气	2.73	t CO <sub>2</sub> -eq/t	44.2	GJ/t	0.017	tCO <sub>2</sub> e/GJ
液化石油气	3.10	t CO <sub>2</sub> -eq/t	50.2	GJ/t	0.017	tCO <sub>2</sub> e/GJ
石脑油	3.20	t CO <sub>2</sub> -eq/t	44.5	GJ/t	0.020	tCO <sub>2</sub> e/GJ
其他石油制品	2.89	t CO <sub>2</sub> -eq/t	40.2	GJ/t	0.020	tCO <sub>2</sub> e/GJ

附录 E  
(资料性)  
电池退役和回收阶段使用的默认值

材料名称	A <sub>Mat</sub>	R <sub>I_Mat</sub>	Q <sub>sin</sub> /Q <sub>p</sub>	正确收集部分		非正确收集部分	
				R <sub>rec,c_Mat</sub>	Q <sub>sout_c</sub> /Q <sub>p</sub>	R <sub>rec,nc_Mat</sub>	Q <sub>sout_nc</sub> /Q <sub>p</sub>
铝金属 (来自拆解)	0.2	0 <sup>a</sup>	1	0.9	1	0.9	1
铝金属 (来自电芯)	0.2	0 <sup>a</sup>	1	0	1	0	1
铜金属 (来自拆解)	0.2	0 <sup>a</sup>	1	0.9	1	0.9	1
铜金属 (来自电芯)	0.2	0 <sup>a</sup>	1	0.9 <sup>a</sup>	1	0	1
铁金属 (来自拆解)	0.2	0 <sup>a</sup>	1	0.9	1	0.9	1
铁金属 (来自电芯)	0.2	0 <sup>a</sup>	1	0 <sup>a</sup>	1	0	1
聚合物 (来自拆解)	0.5	0 <sup>a</sup>	1	0	0.8	0	0.8
其它材料(来自拆解)	0.5	0 <sup>a</sup>	1	0	N/A	0	N/A
金 (来自 PWB)	0.2	0 <sup>a</sup>	1	1.4E-5 <sup>b</sup>	1	0	1
铜 (来自 PWB)	0.2	0 <sup>a</sup>	1	0.11 <sup>b</sup>	1	0	1
银 (来自 PWB)	0.2	0 <sup>a</sup>	1	9.77E-4 <sup>b</sup>	1	0	1
钯 (来自 PWB)	0.2	0 <sup>a</sup>	1	9.31E-8 <sup>b</sup>	1	0	1
钴盐 (来自电芯)	0.2	0 <sup>a</sup>	1	0.9 <sup>a</sup>	0.8 <sup>a</sup>	0	0.8
镍盐 (来自电芯)	0.2	0 <sup>a</sup>	1	0.9 <sup>a</sup>	0.8 <sup>a</sup>	0	N/A
锰盐 (来自电芯)	0.2	0 <sup>a</sup>	1	0 <sup>a</sup>	0.8 <sup>a</sup>	0	N/A
锂盐 (来自电芯)	0.2	0 <sup>a</sup>	1	0 <sup>a</sup>	0.8 <sup>a</sup>	0	N/A
其它盐(来自电芯)	0.2	0 <sup>a</sup>	1	0.85 <sup>a</sup>	0.8 <sup>a</sup>	0	N/A
石墨/硬质碳(电芯)	0.2	0 <sup>a</sup>	1	0 <sup>a</sup>	0.8 <sup>a</sup>	0	N/A
其它材料	c	0 <sup>a</sup>	c	c	c	0	N/A

注释：a—特定活动数据；

b—从每公斤PWB回收的材料的重量。

c—如果对公司特定的电池回收过程进行建模，则回收其他材料对应的值。

### 参 考 文 献

[1]ISO 14040:2006+A1:2020 Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework

[2]ISO 14044:2006+A1:2018+A2:2020 Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines

[3]Harmonised rules for the calculation of the Carbon Footprint of Electric Vehicle Batteries (CFB-EV); JRC Science For Policy Report

[4]REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL concerning batteries and waste batteries, repealing Directive 2006/66/EC and amending Regulation (EU) No 2019/1020

