

团 体 标 准

T/GDLC 020—2024

温室气体 产品碳足迹 量化方法和要求 电动汽车电池

Greenhouse gases—Quantification methodologies and requirements for carbon
footprint of products—Electric vehicle battery

2024 - 12 - 26 发布

2024 - 12 - 26 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

5 量化范围 3

6 清单分析 5

7 影响评价 6

8 结果解释 10

9 产品碳足迹报告 10

10 产品碳足迹声明 11

附 录 A （资料性） 电动汽车电池产品组成及相关工艺 12

附 录 B （资料性） 电动汽车电池碳足迹量化数据收集表 13

附 录 C （资料性） 常用参数参考值 16

附 录 D （资料性） 全球变暖潜势值（GWP） 17

附 录 E （资料性） 电池产品碳足迹报告（模板） 18

参 考 文 献 23

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。

本文件由中国科学院广州能源研究所提出。

本文件由广东省低碳发展促进会归口。

本文件起草单位：中国科学院广州能源研究所，广东省低碳发展促进会，广州赛宝认证中心服务有限公司、惠州亿纬锂能股份有限公司、广东新型储能国家研究院有限公司、珠海冠宇电池股份有限公司、国家碳计量中心(广东)、广州小鹏汽车科技有限公司、SGS通标标准技术服务有限公司、广东省科学院认证有限公司、广州海关技术中心、广汽本田汽车有限公司、广汽埃安新能源汽车股份有限公司、优湃能源科技(广州)有限公司、光华数字能源技术(广东)有限公司、中国质量认证中心广州分中心、广东省环境科学研究院、广东工业大学、广东省能源研究会、广州碳排放权交易中心有限公司、中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司、中国电建集团江西省电力建设有限公司、白云电气集团有限公司、广东省环境监测协会电池回收利用管理与监测专业委员会、广东省国际工程咨询有限公司、广东省突发事件预警信息发布中心、广东省气象服务中心。

本文件主要起草人：成贝贝、吴逸涵、陈春艳、王振凯、卢启付、赵黛青、蔡国田、汪鹏、李宇萍、黄倩茹、谢燕君、李康燕、季艳平、范安成、张彬彬、洪玖、房昊阳、黄荣刚、周小健、陈庆今、邹俊斌、古立然、庄胜加、郝庆治、夏莹、段逸品、肖前、区润桦、常春、李进、唐道平、刘科、郑秋华、刘占军、杨抒、史志呈、沈毅、姚元元、盛健、彭曼、刘剑筠、罗银萍、曾雪兰、张武英、张辰、肖斯锐、黄栩鸿、余欣梅、王一钧、骆跃军、李刚、卢永恒、杜家铭、俞宙、胡洁瑜。

温室气体 产品碳足迹 量化方法与要求 电动汽车电池

1 范围

本文件规定了电动汽车电池产品碳足迹量化方法与要求的术语和定义、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等技术要求。

本文件适用于纯电动汽车、混合动力电动汽车和低压的电动汽车电池产品的碳足迹量化与评价。

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 19596 电动汽车术语

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 24067 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南

GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则

DB/44T 1941 产品碳排放评价技术通则

T/CECA-G 0245 动力蓄电池全生命周期碳排放评价规范

ISO 14027 环境标签和声明—产品类别规则的制定（Environmental labels and declarations Development of product category rules）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电动汽车电池产品 electric vehicle battery products

为电动汽车动力系统提供或储存能量的电池系统，主要组件包含电芯、电池管理系统（BMS）、热管理系统、电气系统与连接件（包括线束、外壳、结构件等）。

[来源：GB/T 19596—2017，3.3.1.1.1.1，有修改]

3.2

电芯 battery cell

将化学能与电能进行相互转换的基本单元装置，通常包括电极、隔膜、电解质、外壳和端子，并被设计成可充电。

[来源：GB/T 19596—2017，3.3.2.1.1，有修改]

3.3

电池系统 battery system

一个或一个以上的电池包及相应附件（管理系统、高压电路、低压电路及机械总成等）构成的能量存储装置。

[来源：GB/T 19596—2017，3.3.2.1.11，有修改]

3.4

电池包 battery pack

包括电池组，电池管理系统，电池箱及相关附件，具有从外部获得电能并对外输出电能的单元。

[来源：GB/T 19596—2017，3.3.2.1.9，有修改]

3.5

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]

3.6

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：如无特别说明，本标准中的温室气体包括二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化物（HFCs）、全氟碳化物（PFCs）、六氟化硫（SF₆）与三氟化氮（NF₃）。

[来源：GB/T 32150-2015,3.1.1]

3.7

产品碳足迹 carbon footprint of a product, CFP

产品系统中的温室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。

[来源：GB/T 24067—2024，3.1.1]

3.8

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]

3.9

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 24040—2008，3.17]

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。

[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。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。

[来源：GB/T 24067—2024，3.6.3]

3.12

现场数据 site-specific data

从产品系统内部获得的初级数据。

注：所有现场数据均为初级数据，但不是所有初级数据都是现场数据，因为数据可能是从不同产品系统内部获得的。

[来源：GB/T 24067-2024，3.6.2]

3.13

规范收集 properly collected

废弃电池通过精细拆解，废钢和废铝回收为钢和铝，电缆和线束中回收铜，电芯采用湿法冶金或火法冶金方式回收材料，印刷线路板中回收金、银、铝、钯等金属材料，塑料焚烧，其余拆解的组件直接填埋的过程。

3.14

非规范收集 non-properly collected

废弃电池进行粗糙拆解，废钢和废铝回收为钢和铝，电缆和线束中回收铜，电芯进行梯次利用，印刷线路板、塑料以及其余拆解的组件直接填埋的过程。

4 量化目的

4.1 应用意图

对电动汽车电池产品原材料获取及预处理、主要组件生产、分销以及报废与回收阶段的温室气体排放数据进行收集，核算和量化其全生命周期碳足迹，通过科学评估和技术创新来减少温室气体排放。

4.2 目标受众

包括电动汽车电池产品生产企业、回收企业等行业上下游相关企事业单位、行业协会及政府管理部门等。

5 量化范围

5.1 功能单位

以一套电池系统全生命周期输出1千瓦时（kWh）提供的供能服务作为量化功能单位。

电动汽车电池的主要组件包含电芯、电池管理系统（BMS）、热管理系统、电气系统与连接件（包括线束、外壳、结构件等）。其中，电芯由正极材料、负极材料、电解液、外壳等组成。具体组成图见附录 A 中图 A.1。

注：电动汽车电池是汽车驱动系统的动力源。常用的参数包括电池的能量密度、功率密度、充放电倍率、荷电状态、电池容量、循环次数等参数。

5.2 系统边界及取舍准则

5.2.1 系统边界

电动汽车电池碳排放生命周期阶段包括原材料获取及预处理、主要组件生产、分销以及报废与回收阶段，不包括使用阶段。具体系统边界如图1所示。

在定义系统边界时，不包括如下内容：

- 在原材料获取及预处理阶段，不包括包装材料的生产和非置于电池外壳内或与外壳物理连接的热调节系统；
- 在主要组件生产阶段，不包括车辆内电池的组装、使用设备的生产以及不直接相关的辅助投入，比如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；
- 在分销阶段，不包括仓储运营过程；
- 在报废与回收阶段，不包括电池废弃物收集过程、电池废弃预处理过程（包括从汽车拆除、放电以及分拣等环节）、电池和组分拆解过程以及此阶段内运输过程。

注：因电动汽车电池使用阶段不消耗额外能源，故忽略其使用阶段过程的碳排放。

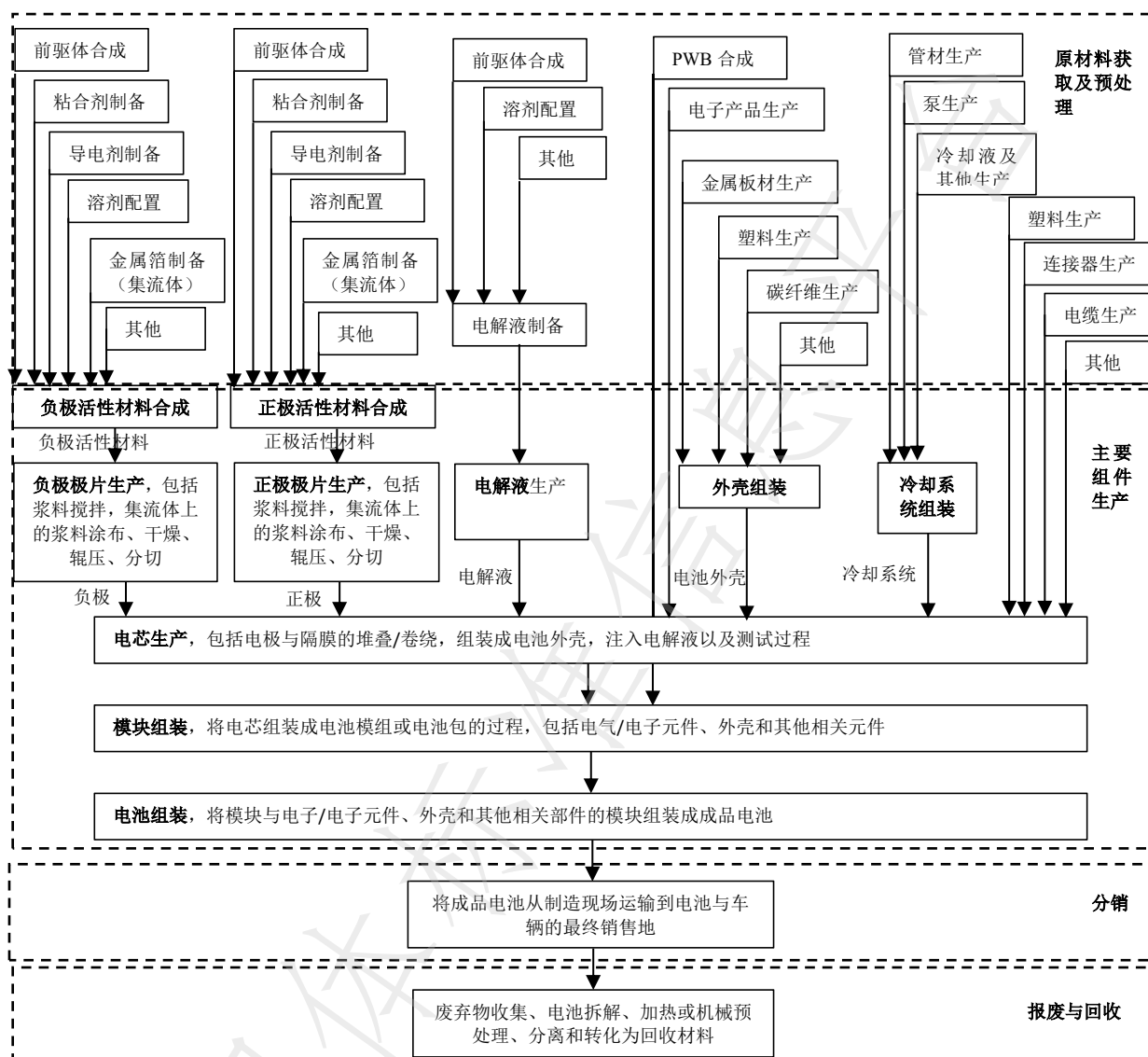


图1 电动汽车电池系统边界图

5.2.2 取舍准则

在产品碳足迹量化过程中，可舍弃产品碳足迹影响小于1%的环节，但舍弃环节总的影响不应超过产品碳足迹总量的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准则的情况。

注：在原材料获取和预处理生命周期阶段，研磨介质即使小于1%的条件下也必须纳入计算。

5.2.3 生命周期阶段说明

5.2.3.1 原材料获取及预处理

主要涉及的流程包括：从环境获取原材料（矿石、化学品等原材料）、预处理（产生能用于加工环节的材料）过程以及原材料和半成品运输过程。

5.2.3.2 主要组件生产

主要涉及的流程包括：

- 正极和负极活性材料的生产环节；
- 正负极片和负极极片生产，包括浆料搅拌、集流体上浆料涂布、干燥、辊压和分切；

- 电解液生产，包括溶剂和电解液盐的混合；
- 外壳和冷却系统组装；
- 电芯生产（即把各个组件组装成电芯），包括电极与隔膜的叠片及卷绕过程，组装成电池外壳，注入电解液和测试过程；
- 模块组装，将电芯组装成包含电气/电子元件、外壳及其他相关元件的电池模组或电池包过程等；
- 电池组装，将模块与电子/电子元件、外壳和其他相关部件的模块组装成成品电池的过程；
- 还包括所有对终端产品和中间产品的运输。

5.2.3.3 分销阶段

主要涉及的流程包括成品电池从制造现场运输到销售点。

5.2.3.4 报废与回收阶段

主要涉及的流程包括：

- 电池废弃物收集环节；
- 电池拆解环节；
- 废弃电池的热处理或物理预处理（如铣削电芯过程）；
- 分离并转化为回收材料（如火法冶金和湿法冶金处理过程）；
- 能源回收和处置。

6 清单分析

6.1 数据收集和评价

6.1.1 数据收集周期

电动汽车电池碳排放生命周期评价应使用最近一年的平均数据。若产品生产不足一年，应使用从生产初始至评价前的累计平均数据。若产品未正式量产，则使用操作规程（SOP）前测试阶段的理论数据。

6.1.2 数据收集要求

数据收集的要求与系统边界里的不同生产过程相关，所有的主要组件生产和分销过程都属于强制性企业特定过程，收集使用初级数据。其余过程为非强制性企业特定过程，使用次级数据。

a) 电动汽车电池产品碳足迹计算需要收集的初级数据包括：

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

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B。

b) 电动汽车电池碳足迹计算需要收集的次级数据包括：

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

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“从摇篮到坟墓”原辅材料和能源资源碳足迹。如果“从摇篮到坟墓”排放因子不可获得，则应从官方出版物、行业报告和文献等符合本文件6.1.3数据质量规则的次级数据。

6.1.3 数据质量

产品碳足迹研究宜通过使用现有最高质量数据，尽可能地减少偏差和不确定性。数据质量的特征应包括定量和定性两个方面，相关特性描述宜涉及以下方面：

- a) 时间覆盖范围：数据的年份和所收集数据的最小时间长度；
- b) 地理覆盖范围：为实现产品碳足迹研究目的，所收集的单元过程数据的地理位置；
- c) 技术覆盖范围：具体的技术或技术组合；
- d) 精度：对每个数据值的可变性的度量（例如方差）；
- e) 完整性：测量或测算的流所占的比例；
- f) 代表性：反映实际关注人群对数据集（即时间覆盖范围、地理覆盖范围和技术覆盖范围等）关注程度的真实情况进行的定性评价；
- g) 一致性：对研究方法学是否能在敏感性分析的不同组成部分中统一应用而进行的定性评价；
- h) 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；
- i) 数据来源；
- j) 信息的不确定性。

数据质量评估应采用两步法：

——应根据上述a)~d)项的要求，对产品碳足迹研究的数据质量进行分析；

——应根据上述a)~d)项的要求，对数据进行评价。

6.2 分配原则

6.2.1 多功能流程的分配

多功能过程根据以下优先级顺序分配其共享的输入输出：

- a) 优先使用拆分法，即将多功能过程拆分成若干提供单一功能的子过程；
- b) 其次使用物理分配法，如质量、能量等基本物理关系进行分配；
- c) 最后使用经济分配法，即根据产品和服务的相对经济价值进行分配。且应提供所使用分配关系的依据及计算说明。

6.2.2 生产线能源及辅助投入的分配

如果从工厂收集能源辅助输入或其他消耗品的公司特定数据，当几条生产线只安装了一个监控设备或电能表，不可能在不同的生产线之间进行细分的情景下，如果生产步骤、生产设备和产品本身相似，例如具有相同几何形状但具有不同属性的电池，应采用以下顺序进行分配：

- a) 按质量或其他最能代表相应输入的驱动因素的物理性质进行分配。对于电池制造工艺，只有当所有电池产品具有相同的几何形状（如圆柱形、方形或软包）和相同的尺寸（如“圆柱形 18650”）时，才按质量分配；
- b) 使用装机容量或其他适当标准进行分配。对于电池制造过程，当a)不适用时，应使用以千瓦时（kWh）表示的电池能量容量；
- c) 对于同一工厂不同生产线，在生产步骤、生产设备和生产环境类似的前提下，生产的电池产品在尺寸、容量和重量等方面有较大差异，按照质量或容量分配均不准确，可按照电池或组件数量分配。

7 影响评价

7.1 产品碳足迹计算方法

对电动汽车电池中每一单元过程的温室气体排放进行量化，汇总以二氧化碳当量（kgCO₂e）表示的电动汽车电池产品碳足迹。

以一套电池系统全生命周期输出1千瓦时（kWh）提供的供能服务作为量化功能单位，其生命周期碳排放根据式（1）计算。

$$C_{total} = (C_1 + C_2 + C_3 + C_4) / E_{total} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

C_{total} ——电动汽车电池全生命周期阶段碳排放，单位为千克二氧化碳当量每千瓦时（kgCO₂e/kWh）；

C_1 ——电动汽车电池原材料获取及预处理阶段碳排放，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e）；

C_2 ——电动汽车电池主要组件生产阶段碳排放，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）；

C_3 ——电动汽车电池分销阶段碳排放，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）；

C_4 ——电动汽车电池报废与回收阶段碳排放，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）；

E_{total} ——电池提供的总能量，单位为千瓦时（ kWh ）。

其中：

E_{total} 电池提供的总能量可采用式（2）计算：

$$E_{total} = E_n \times FEqC \times Y_e \cdots \cdots (2)$$

式中：

E_n ——电池在使用寿命开始时的可用能量容量，单位为千瓦时（ kWh ）；

$FEqC$ ——每年全当量放电循环的典型次数，针对小客车型电动汽车，可参考如下取值：启动电池（ 1kWh 以下）为1200次，小电池（混动电池， $10\text{-}60\text{kWh}$ ）为250次，大电池（ $60\text{-}100\text{kWh}$ ）为60次；

Y_e ——运行年限，可依据电动汽车的保修期确定。如果保修期同时采用年数和公里数表示，则以先达到的年数为准，或以两者中更短的年数为准。具体参考出厂值。

7.1.1 原材料获取及预处理阶段

电池的原材料包括前驱体、粘合剂、添加剂、溶剂等多种原材料的初始材料，如各种矿石、电、燃料、酸及中和剂等多种材料，各类原材料生产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始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。原材料运输到工厂的过程也纳入本阶段排放的计算。

原材料获取及预处理阶段排放根据式（3）计算。

$$C_1 = \sum M_i \times (1 - R) \times EF_i + \sum M_i \times R \times EF_{i,Re} + \sum M_i \times D_i \times EF_{i,j} \cdots \cdots (3)$$

式中：

M_i ——原材料 i 的总质量，单位为千克（ kg ）；

EF_i ——原材料 i 的温室气体排放因子，单位为千克二氧化碳当量每千克（ $\text{kgCO}_2\text{e/kg}$ ）；

R ——再生材料比例，单位为百分比（ $\%$ ）；

$EF_{i,Re}$ ——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每千克（ $\text{kgCO}_2\text{e/kg}$ ）；

D_i ——原材料 i 的运输距离，单位为公里（ km ）；

$EF_{i,j}$ ——原材料 i 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公里（ $\text{kgCO}_2\text{e/(kg*km)}$ ）。

7.1.2 主要组件生产阶段

电池生产阶段主要包括电芯制造、模组生产组装及成品组装，其中电芯主要的工艺流程包括涂布、辊压、分切、卷绕/叠片、烘烤、组装注液、化成测试等过程，电芯通过堆叠、焊接、组装等工序形成模组，最后进行模组电控系统元器件安装，形成电池包。烘烤、化成等工序能够产生逸散的温室气体，具体工艺流程图见附录 A 中图 A.2。本阶段的排放根据电池生产过程的各类能源消耗量和各类能源的温室气体排放因子等进行计算。

主要组件生产阶段排放根据式（4）计算。

$$C_2 = \sum M_j \times EF_j + \sum M_k \times EF_k + \sum M_l \times D_l \times EF_{l,j} + \sum E_r \cdots \cdots (4)$$

式中：

M_j ——电池生产工艺的能源 j 消耗量，单位为千瓦时（ kWh ）、立方米（ m^3 ）或千克（ kg ）等；

EF_j ——能源 j 的温室气体排放因子，单位为千克二氧化碳当量每千瓦时（ $\text{kgCO}_2\text{e/kWh}$ ）、千克二氧化碳当量每立方米（ $\text{kgCO}_2\text{e/m}^3$ ）或千克二氧化碳当量每千克（ $\text{kgCO}_2\text{e/kg}$ ）；

M_k ——生产过程产生的废弃物 k 的质量，单位为千克（ kg ）；

EF_k ——废弃物处置方式 k 的温室气体排放因子，单位为千克二氧化碳当量每千克（ $\text{kgCO}_2\text{e/kg}$ ）；

M_l ——主要组件 l 的质量，单位为千克（ kg ）；

D_l ——主要组件 l 的运输距离，单位为公里（ km ）；

$EF_{l,j}$ ——主要组件 l 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公里（ $\text{kgCO}_2\text{e/(kg*km)}$ ）。

E_r ——生产过程逸散的温室气体的量，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）。

7.1.3 分销阶段

分销阶段从最终产品离开生产地开始，到最终电池销售地得到产品结束。分销阶段主要包括工厂、仓库和销售地点间的各类运输，包括陆运、空运、水运或其它运输。分销阶段碳排放计算方法根据公式（5）计算。

$$C_3 = \sum M_p \times D_p \times EF_{pj} \quad (5)$$

式中：

M_p ——电池产品 p 的质量，单位为千克（ kg ）；

D_p ——电池产品 p 的运输距离，单位为公里（ km ）；

EF_{pj} ——电池产品 p 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公里（ $\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{kg}\cdot\text{km})$ ）。

7.1.4 报废与回收阶段

报废与回收阶段主要包括精细拆解（即规范收集）和粗糙拆解（即未规范收集），拆解工艺可参见附录 A 图 A.3，具体计算方法按照公式(6)计算。

$$C_4 = C_{inp} + C_{dim} + C_{pwb} + C_{cel} + C_{ene} + C_{dip} \quad (6)$$

式中：

C_{inp} ——当生产过程中使用的可再生材料量不为0时，电池生产过程中使用原生材料和再生材料的碳排放，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）；

C_{dim} ——电动汽车电池中拆解产生再生材料（主要是拆解外壳中的钢和铝以及电缆中的铜）过程的碳排放，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）；

C_{pwb} ——电动汽车电池拆解后的印刷线路板中回收再生材料（主要是铜、金、银和钯）过程碳排放，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）；

C_{cel} ——电动汽车电芯回收的再生材料过程碳排放，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）；

C_{ene} ——电动汽车电池焚烧塑料过程碳排放，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）；

C_{dip} ——电动汽车电池其他废弃物处置过程碳排放，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）；

（1）使用原生和再生材料的影响（“材料输入”）：

$$C_{inp} = \sum_{Mat} \left[(1 - R_{1,Mat}) \times E_{V,Mat} + R_{1,Mat} \times (A_{Mat} \times E_{recycled,Mat} + (1 - A_{Mat})) \times E_{V,Mat} \times \frac{Q_{Sin,Mat}}{Q_{P,Mat}} \right] \quad (7)$$

（2）包括规范收集和未规范收集的电池拆解过程中产生的再生材料的碳排放情况，包括外壳中的钢和铝以及电缆中的铜。

$$C_{dim} = R_{Return} \times \sum_{Mat} \left[(1 - A_{Mat}) \times R_{rec,c,Mat} \times (E_{recEOL,Mat} - E_{V,Mat}^* \times \frac{Q_{Sout,Mat}}{Q_{P,Mat}}) \right] + (1 - R_{Return}) \times \sum_{Mat} \left[(1 - A_{Mat}) \times R_{rec,nc,Mat} \times (E_{recEOL,Mat} - E_{V,Mat}^* \times \frac{Q_{Sout,Mat}}{Q_{P,Mat}}) \right] \quad (8)$$

（3）从印刷线路板（PWB）回收生产再生材料的碳排放情况，包括金、银、铜和钯。

$$C_{pwb} = R_{Return} \times (1 - A_{pwb}) \times E_{recEOL,pwb} - \sum_{Mat} \left[(1 - A_{Mat}) \times R_{rec,c,Mat} \times (E_{V,Mat}^* \times \frac{Q_{Sout,Mat}}{Q_{P,Mat}}) \right] \quad (9)$$

（4）从电芯回收中再生材料的碳排放情况。

$$C_{cel} = R_{Return} \times [(1 - A_{Batterycell}) \times E_{recEOL,Batterycell}] + R_{Return} \times \sum_{Mat} [(1 - A_{Mat}) \times R_{rec,c,Mat} \times (E_{recEOL,Mat} - E_{V,Mat}^* \times \frac{Q_{Sout,Mat}}{Q_{P,Mat}})] \quad (10)$$

（5）焚烧塑料产生的碳排放情况

$$C_{ene} = R_{Return} \times \sum_{Mat} [(1 - B) \times R_{3,c,Mat} \times E_{ER,Mat}] \quad (11)$$

注：若未进行塑料焚烧，此项应为0。

（6）对以上途径中未被回收的材料进行处置的碳排放情况

$$C_{dip} = (1 - R_{Return}) \times \sum_{Mat} [(1 - R_{rec,nc,Mat}) \times E_{D,Mat}] + R_{Return} \times \sum_{Mat} [(1 - R_{rec,c,Mat} - R_{3,c,Mat}) \times E_{D,Mat}] \quad (12)$$

式中：

A_{Mat} ——是两个生命周期（供应材料和使用再生材料）之间的负担和信用的特定材料分配因子，具体取值见附录 C；如果材料不包括在附录 C 中，可以使用同一来源的材料特定值。如果所考虑的材料参数数值不可用，则应使用默认值 0.5；

$A_{Batterycell}$ ——电芯特定分配系数，应等于 0.2；

A_{pwb} ——印刷电路板特定分配系数，应等于 0.2；

B ——能源回收过程的分配系数，应等于 0；

R_{Return} ——电池回收率，即被规范收集进行拆解和回收的已注销车辆的比率。默认值为 0.8。

$R_{rec,c,Mat}$ ——规范收集电池拆解材料特定的回收率，具体取值见附录 C；

$R_{rec,nc,Mat}$ ——不规范收集电池的材料特定回收率，具体取值见附录 C；

$R_{3,c,Mat}$ ——规范收集的废弃电池的报废与回收阶段时用于能量回收的材料比例。对于聚合物，应为 100%。对于其他材料，应为 0。

$R_{1,Mat}$ ——是材料特定的回收含量，代表从之前的系统中回收的材料在生产中的比例。对于所有材料均默认为 0，除非能提供其他明确来源的证据。

$E_{V,Mat}$ ——原材料获取与预加工的环境影响；

$E_{recycled,Mat}$ ——是指回收材料的回收过程中所消耗的特定排放和资源，不包括用于生产二次材料的废弃物的收集、分类和运输。

$E_{recEOL,BatteryCell}$ ——规范收集的电芯回收的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再生材料而产生的特定排放和资源消耗；

$E_{recEOL,pwb}$ ——规范收集的电池拆解后，印刷电路板回收的产生的特定排放和资源消耗；

$E_{V,Mat}^*$ ——回收过程中假设被可回收材料替代的原始材料的环境影响，默认等于；

$E_{ER,Mat}$ ——回收聚合物的能量回收产生的特定排放和资源消耗；

$E_{D,Mat}$ ——废弃物填埋产生的特定排放和资源消耗，不包括能量回收；

$Q_{Sin,Mat}$ ——输入再生材料的质量，即回收材料在替代点的质量；

$Q_{Sout,Mat}$ ——输出再生材料的质量，即回收材料在替代点的质量；

$Q_{P,Mat}$ ——原材料的质量；

$Q_{Sin,Mat}/Q_{P,Mat}$ ——输入的再生材料质量与原材料质量之间的比率，取值可参考附录 C；

$Q_{Sout,Mat}/Q_{P,Mat}$ ——输出的再生材料质量与原材料质量之间的比率，取值可参考附录 C。

7.2 特征化因子和全球变暖潜势（GWP）等参数的选取

特征化因子与联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）保持一致。产品碳足迹研究默认选择 IPCC 给出的 GWP100，选择 IPCC 提供的其他时间范围的 GWP 和全球温度变化潜势（GTP）时应单独报告。GWP 参考值见附录 D，若 IPCC 修订了 GWP，应使用最新数值，否则应在报告中说明。

7.3 特定温室气体排放量（GHG）排放量的处理

与用电相关的 GHG 排放量应包括：供电系统生命周期内产生的 GHG 排放量（如矿物开采和运输）、发电过程中的 GHG 排放量（包括输电损耗）以及下游使用过程（如电厂三废的处理）等全生命周期各个阶段的排放。

7.3.1 内部发电

当生产电池消耗的电为内部发电（如现场发电），且未向第三方出售，则将该电力的生命周期数据计入电池的产品碳足迹量化。

7.3.2 直供电力

如果生产企业与发电站之间具有专用输电线路，且所消耗的电未向第三方出售，则可使用该电力供应商提供的电力 GHG 排放因子。

7.3.3 电网电力

当供应商能够通过绿证等合同工具保证电力产品符合以下要求时,应使用供应商特定电力产品的生命周期数据:

- 传达发电特性(例如机组、发电类型、发电容量、供应的可再生能源电量等);
- 确认是发电特性的唯一声明;
- 可进行追踪、赎回或取消;
- 尽可能接近合同工具的使用期限。

在国内生产或在互联电网的市场边界内当无法获得供应商的具体电力信息时,应使用与电力来源相关的电网 GHG 排放量,相关电网 GHG 排放量应反映相关地区电力消耗情况,不包括任何之前已声明归属的电力。如果没有电力追踪系统,所有电网 GHG 排放量应反映该地区的电力消费情况。

如果非化石能源电力证书在出售时不直接与电力本身关联,自非化石能源的部分电力作为非化石电力出售,但没有被排除在电网组合排放因子之外,在这种情况下,应使用电力跟踪系统开展相关消费电网组合分析,并在产品碳足迹报告中单独报告,以此来展示结果的差异。

7.3.4 电力碳排放因子

本标准建议优先采用官方正式发布的碳排放因子进行计算。

8 结果解释

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和内容:

- a) 根据产品碳足迹核算过程清单和量化结果,说明产品碳足迹和各生命周期阶段的碳足迹,识别显著环节(可包括生命周期阶段、单元过程);
- b) 完整性、一致性、局限性和敏感性分析的评估,包括分析不确定性,包括取舍准则的应用或范围,详细记录选定的分配程序,单一环境影响类型、方法的局限性;
- c) 结论和建议的编制。

9 产品碳足迹报告

电动汽车电池产品碳足迹评价报告可包括但不限于以下内容(参考格式见附录E):

- 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

——识别分析碳足迹显著环节；

——完整性、一致性和敏感性分析的评估；

——结论和建议的编制。

g) 其他补充要求的参考资料。如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。

10 产品碳足迹声明

如需声明时，可按照 GB/T 24025 或 ISO14026 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)
电动汽车电池产品组成及相关工艺

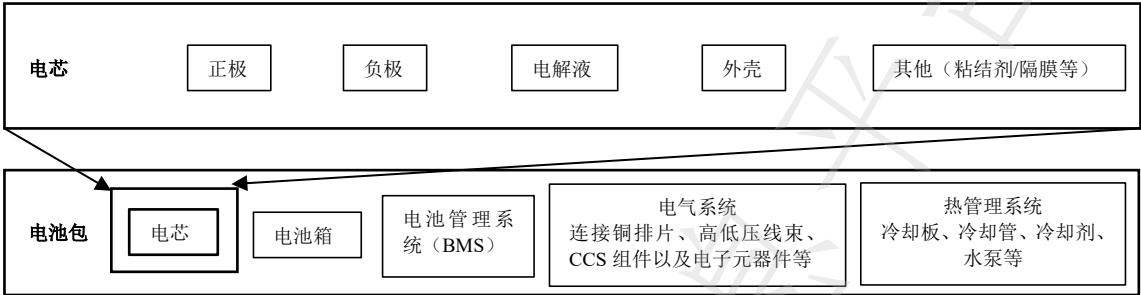


图 A.1 电动汽车电池组成示意图

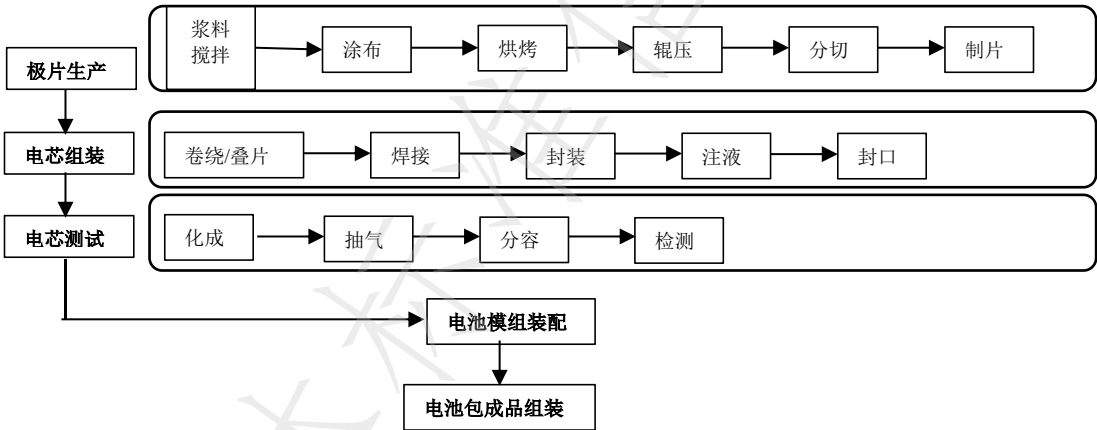


图 A.2 电动汽车电池生产工艺流程参考图（以三元锂电池为例）

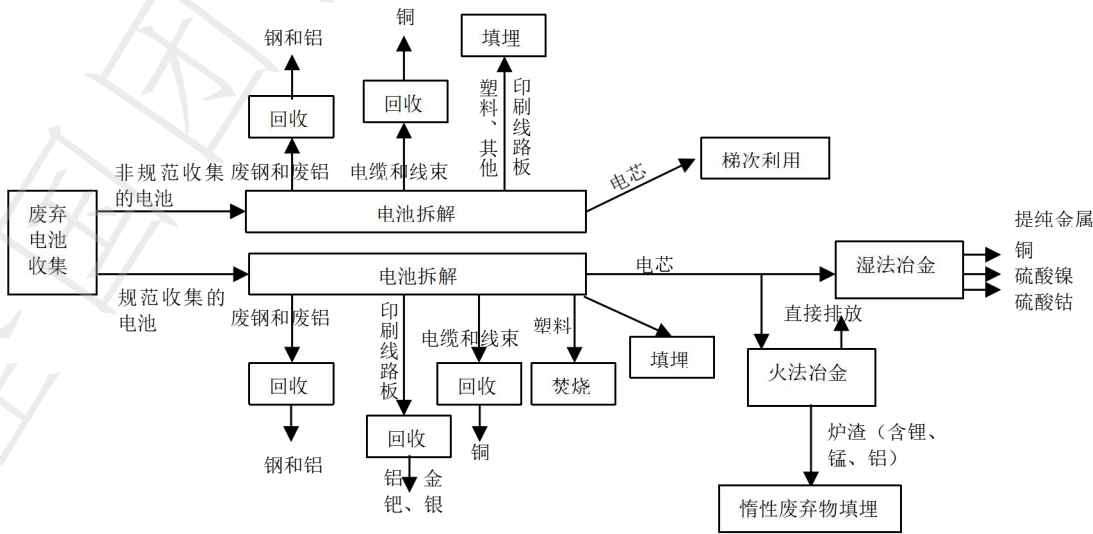


图 A.3 电动汽车电池报废与回收工艺流程图

附 录 B
(资料性)

电动汽车电池碳足迹量化数据收集表

电动汽车电池产品基本信息收集参考表B.1。

表 B.1 电动汽车电池产品基本信息表

产品名称	
产品型号	
产品类别	
统计周期内的总产量	
单个电池产品净重	
电芯数量	
单个电芯重量	
能量容量	
每年全当量放电循环的典型次数	
运行年限	
生产地点	
销售地点	
使用地点	
产品分销的运输方式	
产品寿命	
使用年限	
数据统计周期	
注：若存在多个生产和销售使用地点，应提供各地产量或销量比例，并分别说明运输方式。	

原材料获取及预处理数据收集参考表B.2。

表 B.2 原材料获取及预处理数据收集表

原材料	单位	数量	具体组成	数据来源
输入				
主要投入物料(开采的矿石)	kg			
电	kwh			
运输和机械设备使用燃料（如柴油、液化天然气或氢气）				
发热燃料（如天然气、煤/氢气）				
外部供热（热量和蒸汽）	kg			
爆炸性材料	kg			
填充材料（如用于回填的混凝土）	kg			
酸（如硫酸）	kg			
中和剂或标记剂（如石灰、石灰石、氢氧化钠或氧化镁）	kg			
电极（如石墨电极）	kg			
还原剂（如煤、木炭或氢气）	kg			
化学品（如泡沫剂、分散剂或絮凝剂）	kg			
技术性气体（如氮气或氧气）	kg			
研磨介质（如高强度钢球或钢棒）	kg			
材料运输（如火车、货车、船）	kg			
输出				
主要产品（如金属或金属盐，石墨矿石，中间产品）	kg			
副产品（如硫酸或其他金属或金属盐以外的主要产品）	kg			
废水/滤液	kg			
二氧化碳（化石）和其他温室气体排放	kg			

主要组件生产数据收集参考表B.3。

表 B.3 主要组件生产阶段数据收集表（以三元锂电池电芯生产收集为例）

材料	单位	消耗量	数据来源
输入			
负极			
负极活性材料（石墨）	kg		
粘合剂（碳黑）	kg		
聚偏二氟乙烯（PVDF）	kg		
羧甲基纤维素（CMC）	kg		
丁苯橡胶（SBR）	kg		
负极集流体（铝箔）	kg		
溶剂（N-甲基-2-吡咯烷酮NMP）	kg		
其他负极材料	kg		
正极			
正极材料（NCM/LFP）	kg		
粘合剂（碳黑）	kg		
聚偏二氟乙烯（PVDF）	kg		
正极集流体（铝箔）	kg		
其他材料	kg		
电解液			
六氟磷酸锂	kg		
碳酸盐溶剂(如碳酸二甲酯、碳酸乙 烯酯等)	kg		
隔膜			
聚丙烯薄膜(PP)	kg		
聚乙烯膜(PE)	kg		
电芯外壳			
铝板	kg		
钢板	kg		
铜	kg		
尼龙	kg		
其他聚合物材料	kg		
其他金属材料	kg		
包装材料	kg		
其他组件			
电线	kg		
连接器	kg		
电子元器件	kg		
能源			
电力	kwh		
水	m ³		
三废处理			
废水处理			
废气处理			
固废处理			

注：可采用企业BOM表中的数据对材料进行输入。

分销阶段数据收集参考表B.4。

表 B. 4 分销阶段信息收集

类别	运输量	运输距离（km）	运输工具	燃料类型
产品				
包装材料				
废弃物				

报废与回收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。数据收集参考表B.5。

表 B. 5 报废与回收阶段信息收集

类型		处置方式	数量	数据来源
输入				
回收电池的质量				
消耗的电能				
回收的金属	钢铁			
	铝材			
	铜材			
	金/银/钯			
填埋的金属				
回收处理的塑料				
焚烧处理的塑料				
填埋处理的塑料				
回收的电子器件				
输出				
再生金属				
再生塑料				
其他				

附 录 C
(资料性)
常用参数参考值

报废与回收生命周期阶段参数默认值见表 C.1。

表 C.1 报废与回收生命周期阶段参数的默认值

材料名称	A_{Mat}	$R_{1,Mat}$	$Q_{Sin,Mat}/Q_{P,Mat}$	规范收集		未规范收集	
				$R_{rec,c,Mat}$	$Q_{Sout,Mat}/Q_{P,Mat}$	$R_{rec,nc,Mat}$	$Q_{Sout,Mat}/Q_{P,Mat}$
铝 (来自拆解)	0.2	0*	1	0.9	1	0.9	1
铝 (来自电芯)	0.2	0*	1	0*	1	0	1
铜 (来自拆解)	0.2	0*	1	0.9	1	0.9	1
铜 (来自电芯)	0.2	0*	1	0.9*	1	0	1
铁 (来自拆解)	0.2	0*	1	0.9	1	0.9	1
铁 (来自电芯)	0.2	0*	1	0*	1	0	1
聚合物 (来自拆解)	0.5	0*	1	0	0.8	0	0.8
其他材料 (来自拆解)	0.5	0*	1	0	/	0	/
金 (来自PWB)	0.2	0*	1	$1.4 \times 10^{-5**}$	1	0	1
铜 (来自PWB)	0.2	0*	1	$0.11**$	1	0	1
银 (来自PWB)	0.2	0*	1	$9.77 \times 10^{-4**}$	1	0	1
铂 (来自PWB)	0.2	0*	1	$9.31 \times 10^{-8**}$	1	0	1
钴盐 (来自电芯)	0.2	0*	1	0.9	0.8	0	0.8
镍盐 (来自电芯)	0.2	0*	1	0.9	0.8	0	/
锰盐 (来自电芯)	0.2	0*	1	0	0.8	0	/
锂盐 (来自电芯)	0.2	0*	1	0	0.8	0	/
其他金属和金属盐 (来自电芯)	0.2	0*	1	0	0.8	0	/
石墨/硬质碳 (来自电芯)	0.2	0*	1	0	0.8	0	/
其他材料 (电池)	0.5***	0*	/	0***	0.8***	0	/

注1: *在本节规定的条件下使用。

注2: **适用于每千克印刷电路板回收的材料重量。

注3: ***如果对公司特定的电池回收过程进行建模, 则可以考虑其他材料对应值。

附 录 D
(资料性)
全球变暖潜势值 (GWP)

部分 GWP 参见表 D.1。

表 D.1 部分 GHG 的 GWP

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
部分GHG的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》。		

附录 E
(资料性)
电池产品碳足迹报告 (模板)

电动汽车电池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

☐原材料获取及预处理阶段 ☐主要组件生产阶段

☐分销阶段 ☐报废与回收阶段

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

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)
原材料获取及预处理			
主要组件生产			
分销			
报废与回收			

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		
主要组件生产		
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）

4、假设和局限性说明

结合量化情况，对取舍准则的应用或范围、数据选择、情景设定等相关的假设和局限进行说明。

5、改进建议

参 考 文 献

- [1]EU. 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 (Text with EEA Relevance) [S/OL] . (2023-07-28) [2024-01-29]. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32023R1542&qid=1718445497448>
- [2] COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) .../...OF XXX supplementing Regulation (EU) 2023/1542 of the European Parliament and of the Council by establishing the methodology for the calculation and verification of the carbon footprint of electric vehicle batteries.
- [3]ISO 14027-2017 Environmental labels and declarations - Development of product category rules
- [4]PENNER J.E., LISTER D.H., GRIGGS D.J., DOKKEN D.J., MCFARLAND M. (eds.) IPCC Special Report on Aviation and the Global Atmosphere: Summary for Policymakers. Intergovernmental Panel on Climate Change, 1999
-