



# 湖北省地方计量技术规范

JJF（鄂）xxxx—202x

## 湖北省锂离子电池产业链产品 碳足迹核算数据质量管理规范

（征求意见稿）

20XX-XX-XX

发布 20XX-XX-XX 实施

湖北省市场监督管理局 发布



# 湖北省锂离子电池产业链产品 碳足迹核算数据质量管理规范

JJF (鄂) xxxx—202x

归口单位：湖北省市场监督管理局

主要起草单位：湖北省计量测试技术研究院荆门分院

参加起草单位：惠州亿纬锂能股份有限公司

湖北金泉新材料有限公司

本规范委托湖北省计量测试技术研究院荆门分院负责解释



**本规程主要起草人：**

陈谊丽（湖北省计量测试技术研究院荆门分院）

吕锦洲（湖北省计量测试技术研究院荆门分院）

彭昊东（湖北省计量测试技术研究院荆门分院）

肖忠湘（惠州亿纬锂能股份有限公司）

雷梦茹（湖北金泉新材料有限公司）

**参加起草人：**

吴迦南（湖北省计量测试技术研究院荆门分院）

柯 丽（惠州亿纬锂能股份有限公司）

洪 玖（惠州亿纬锂能股份有限公司）

蔡鸿任（惠州亿纬锂能股份有限公司）

于 进（湖北金泉新材料有限公司）

黄 炼（湖北金泉新材料有限公司）

黎 娟（湖北金泉新材料有限公司）



# 目 录

|                                                   |     |
|---------------------------------------------------|-----|
| 引 言 .....                                         | III |
| 锂离子电池产业链产品碳足迹核算数据质量管理规范 .....                     | 1   |
| 1 范围 .....                                        | 1   |
| 2 规范性引用文件 .....                                   | 1   |
| 3 术语和定义 .....                                     | 1   |
| 3.1 产品碳足迹 (Product Carbon Footprint, PCF) .....   | 1   |
| 3.2 生命周期评价 (Life Cycle Assessment, LCA) .....     | 2   |
| 3.3 系统边界 (System Boundary) .....                  | 2   |
| 3.4 功能单位与声明单位 (Functional Unit) .....             | 2   |
| 3.5 分配 (Allocation) .....                         | 2   |
| 3.6 全球变暖潜能值 (Global Warming Potential, GWP) ..... | 2   |
| 3.7 活动数据 (Activity Data) .....                    | 2   |
| 3.8 排放因子 (Emission Factor) .....                  | 3   |
| 3.9 初级数据 (Primary Data) .....                     | 3   |
| 3.10 次级数据 (Secondary Data) .....                  | 3   |
| 3.11 数据质量 (Data Quality) .....                    | 3   |
| 3.12 不确定性分析 (Uncertainty Analysis) .....          | 3   |
| 3.13 锂离子电池产业链 .....                               | 3   |
| 3.14 碳足迹核算数据 .....                                | 3   |
| 3.15 数据质量等级 (DQR) .....                           | 3   |
| 3.16 数据追溯 .....                                   | 4   |
| 3.17 再生锂离子电池材料 .....                              | 4   |
| 3.18 绿色电力凭证 (PPA / 绿证) .....                      | 4   |
| 4 数据质量管理核心要求 .....                                | 5   |
| 4.1 数据分类与来源 .....                                 | 5   |
| 4.2 数据收集要求 .....                                  | 6   |
| 4.3 数据确认 .....                                    | 9   |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 4.4 数据质量评估 .....                  | 10 |
| 4.5 数据存储与追溯 .....                 | 12 |
| 4.6 数据更新与维护 .....                 | 14 |
| 5 碳足迹核算特殊要求 .....                 | 14 |
| 5.1 系统边界确定 .....                  | 14 |
| 5.2 计算方法规范 .....                  | 14 |
| 6 组织与实施保障 .....                   | 19 |
| 6.1 组织架构与职责 .....                 | 19 |
| 6.2 过程控制 .....                    | 21 |
| 6.3 技术支持 .....                    | 22 |
| 7 验证与改进机制 .....                   | 23 |
| 7.1 数据质量评估 .....                  | 23 |
| 7.2 报告与信息披露 .....                 | 24 |
| 7.3 持续改进 .....                    | 25 |
| 附录 A（规范性附录）数据收集清单模板 .....         | 27 |
| 附录 B（规范性附录）锂离子电池产品碳足迹报告标准模板 ..... | 33 |
| 附录 C（资料性附录）锂电核算常用碳排放因子取值指引 .....  | 40 |

# 引 言

本规范按照 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》规定起草。

随着全球气候变化管控趋严，产品碳足迹（PCF）核算已成为进出口、绿色制造、ESG 披露通用环境管理工具，欧盟新电池法案、国内动力电池碳足迹相关标准对锂离子电池全链条数据真实性、可追溯性、质量管控提出强制合规要求。

为统一湖北省锂离子电池产业链碳足迹核算的数据收集、校验、评估、存储、追溯管理要求，提升碳足迹数据区域可比性、国际互认度，兼顾原生材料与再生回收材料全流程数据管控，特制定本规范。

本规范融合 ISO 14067、GB/T 24040、GB/T 24044、GB/T 32150 等标准框架，建立覆盖原材料、制造、运输、使用、报废回收全生命周期的数据质量管理体系，适用于省内锂离子电池上下游企业、第三方 LCA 核算与验证机构开展碳足迹数据管控工作。

本规范为首次发布。



# 锂离子电池产业链产品碳足迹核算数据质量管理规范

## 1 范围

本规范规定了锂离子电池产业链产品碳足迹核算数据质量管理的基本要求、数据质量维度标准、全生命周期数据管理、碳足迹核算特殊要求、组织与实施保障、验证与改进机制等内容。

本规范适用于车用锂离子电池、储能锂离子电池、消费类锂离子电池及其产业链包含的相关产品（隔膜、再生正极、再生负极、再生电解液等回收材料）的碳足迹核算数据质量管理，涵盖原材料获取、生产制造、运输、使用及报废回收等全产业链环节，核算过程涉及绿电直购、绿证、PPA 购电场景的数据质量管控，均应遵循本规范要求。

## 2 规范性引用文件

本规范引用下列文件：

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 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 电力采购相关量化要求

ISO 14067:2018 温室气体-产品碳足迹-量化要求与指南

PAS 2050:2011 商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范

DB32/T 5306-2025 车用锂离子动力电池碳足迹量化与报告技术规范

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本规范。

### 3.1 产品碳足迹（Product Carbon Footprint, PCF）

量化产品系统中一个或多个选定过程的温室气体排放量和温室气体去除量之和，

表示为二氧化碳当量 (CO<sub>2</sub>e)，并基于使用气候变化单一影响类别的生命周期评估。

### 3.2 生命周期评价 (Life Cycle Assessment, LCA)

对一个产品系统的生命周期中输入、输出及其潜在环境影响的汇编和评价。

### 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。对于电池，需明确是“从摇篮到大门”“从摇篮到坟墓”或其他界定方式。

### 3.4 功能单位与声明单位 (Functional Unit)

功能单位：用来作为基准单位的量化的产品系统性能。必须能够反映产品在使用阶段提供的服务，并以可测量的数值表达，通常锂离子电池使用功能单位，推荐以“1 千瓦时 (kWh) 的电池容量”作为核心功能单位，并辅以“1 千克 (kg) 的电池重量”作为参考单位。

声明单位：用于量化研究系统中产品输入和输出的基准物理单位。声明单位不涉及使用功能，电池上游原材料通常使用声明单位，推荐使用“1kg”作为原材料的声明单位。

### 3.5 分配 (Allocation)

将过程或产品系统的输入和输出流划分到所研究的产品系统以及一个或多个其他产品系统之间。某一单元流程中分配的投入和产出之和须等于分配前该单元流程投入和产出之和。首要原则要尽可能避免分配，否则使用“避免负担法”（或称“回收内容法”和“末端回收法”）进行处理，并明确说明所选择的分配方法及其理由。

### 3.6 全球变暖潜能值 (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的影响与等量二氧化碳辐射强迫影响相关联的系数。本规范默认采用联合国政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 第六次评估报告 (AR6) 提供的 100 年时间尺度的 GWP 值作为换算标准；同时兼容欧盟电池法规指定 GWP 取值，内外销产品核算可根据对应法规要求选择适用 GWP 值。

### 3.7 活动数据 (Activity Data)

导致温室气体排放或清除的生产或活动量的定量数据，例如能源消耗量、物料消耗量、产品产量、运输距离等。

### 3.8 排放因子 (Emission Factor)

将活动数据与温室气体排放量联系起来的系数，例如消耗单位电力的二氧化碳排放量 ( $\text{kgCO}_2\text{e/kWh}$ )。

### 3.9 初级数据 (Primary Data)

通过直接测量、监测或基于供应商提供的特定信息获得的、代表所研究系统内过程的数据，指来自企业自身生产环节，如原材料消耗、能源使用、物流记录、实验结果等方法或通过审核调查首次收集到的原始数据。

### 3.10 次级数据 (Secondary Data)

并非直接测量或基于所研究系统获得的数据，通常来自数据库、文献、行业平均或通用数据。在无法获得初级数据时使用。

### 3.11 数据质量 (Data Quality)

数据在满足所声明要求的方面的能力特性。本规范重点关注代表性（技术、地理、时间）、完整性、一致性、准确性和透明度。

### 3.12 不确定性分析 (Uncertainty Analysis)

系统性地评估和表述碳足迹核算结果中不确定性的过程和结果。

### 3.13 锂离子电池产业链

以锂离子电池及相关产品为核心，涵盖原材料开采与加工、锂离子电池材料生产、锂离子电池及电池组制造、废旧锂离子电池回收与再生利用的完整产业体系。

### 3.14 碳足迹核算数据

在锂离子电池产业链产品碳足迹量化过程中，用于计算温室气体排放量和清除量的各类数据，包括初级数据和次级数据。

### 3.15 数据质量等级 (DQR)

基于时间代表性、技术代表性、地理代表性、数据来源代表性，对碳足迹核算数据质量进行的半定量评估指标，用于衡量数据满足核算要求的能力。

### 3.16 数据追溯

通过记录数据的来源、收集过程、处理方法、使用场景等信息，实现对碳足迹核算数据从产生到应用全流程的追踪与核查。

### 3.17 再生锂离子电池材料

经废旧锂电池拆解、湿法 / 火法冶炼提纯得到的正极、负极、锂盐、铜铝箔等可重新进入电池制造的原材料。

### 3.18 绿色电力凭证（PPA / 绿证）

企业通过直购电协议、国家可再生能源绿证获取的零碳电力证明，用于核算阶段电力排放因子调整。

## 4 数据质量管理核心要求

### 4.1 数据分类与来源

#### 4.1.1 数据分类

碳足迹核算数据分为初级数据和次级数据，具体定义见本规范 3.9、3.10，两类数据的获取优先级及应用场景如下：

初级数据：优先从产业链企业生产系统、监测设备、统计报表中获取，包括现场数据（如企业生产统计的原材料消耗量、电表记录的电力消耗量）和非现场初级数据（如同行业可比产品的实测数据），是核算数据的核心类型，再生材料供应商提供的冶炼能耗、金属回收率、废旧电池来料批次台账、回收处置排放实测数据。

次级数据：不符合初级数据要求，需经权威机构验证且具有可信度，来源于数据库（如国家或行业温室气体排放因子数据库）、公开文献、国家/地方发布的排放因子、计算估算数据等，仅在无法获得初级数据时使用，推荐优先使用本土化数据库（如中国区域电力排放因子数据库）。

#### 4.1.2 不同生命周期阶段重点数据类型

原材料获取阶段：从自然界材料提取时开始，在原材料产品到达电池产品生产工厂时终止。除了提取天然材料，还包括再生材料的获取，将原材料进行预处理以及将原材料投入到生产运输设备，以及原材料运输过程。特殊的，能源的获取和供应也包括在该阶段中，而用于产品生命周期内的资产性商品的获取和供应不应该包括在产品生命周期的任何阶段。该阶段需重点获取原材料的消耗量、运输方式及距离等数据。

制造阶段：从原材料产品进入工厂开始，到最终产品离开工厂终止。该阶段需要重点获取能源消耗数据、制程直接排放数据、辅料及包材耗材消耗数据、副产品产生数据、三废产生量及处置方式、半成品转运数据、厂区绿电采购量、绿证凭证编号、PPA 购电合同、可再生能源装机自发电量等；应重点关注并收集如 NMP 挥发、电解液分解产生的排放等无组织排放数据。

运输阶段：从最终产品离开工厂时开始，到消费者得到产品结束。一个产品在供用和销售阶段可能发生多段式存储、运输和销售，使用情况下包括在物流中心和

零售地点的存储。这个阶段需要重点获取产品运输重量、运输方式、运输距离等数据。

使用阶段：从消费者得到产品开始，到产品废弃后运输到回收处理或处置点时结束。需要重点获取产品额定能量、循环次数、能量效率、辅助设备能耗等数据。

生命末期阶段：从产品废弃后运输到回收处理或处置点开始，到产品回归到自然或分配到另一种产品的生命周期结束。该阶段主要考虑对产品和产品包装采取不同的处理方式，包括填埋、回收、焚化等。需要重点获取废弃产品处置量（焚烧、填埋等）、处置过程能耗、运输数据等。

## 4.2 数据收集要求

### 4.2.1 初级数据收集

数据周期：原则上以一年为统计期，应收集年度平均数据；在无法获取完整 12 个月数据时（例如为新生产线或新产品进行核算），需覆盖一个代表性的时间段（至少 3 个月的稳定生产数据），若过程运行生产未超过一年，文字说明原因并标注数据统计周期。应尽可能使用最新的、可获得的数据。通常，核算年份的前一年数据是最佳选择。数据不应过于陈旧，一般不应使用超过 3 年以上的历史数据，除非能证明生产工艺和技术在此期间没有发生重大变化。

覆盖范围：数据应覆盖核算边界内所有单元过程；对于产品产量、原材料消耗量、运输、能源消耗量等关键数据，需来源于企业实际生产记录（如生产管理系统、采购单据、能耗报表）、在线监测数据或第三方检测报告，推荐优先使用企业生产管理系统（如 SAP、MES）导出的报表、在线监测数据及第三方检测报告，若无系统，需人工统计并经主管部门复核。

产品产量为数据统计期内的总产量。如果在统计期内有相同规格型号在不同产品线生产，需统计每条产品线上目标产品生产时的记录，并进行累加汇总；如果在统计期内有不同规格型号的产品共线生产，则只统计目标产品生产时的记录，或按照各种产品的生产时间或产量来确定分摊比例。

物料消耗指数据统计期内各项主要原料（进入产品的）和辅料（未进入产品的）的消耗量。对于一次性投入的消耗品，按其使用期内对应的产品产量，折算其消耗量；如果在统计期内有相同规格型号在不同产品线生产，需统计每条产品线的物料

消耗，并进行累加汇总；如果在统计期内有不同规格型号的产品共线生产，应按照合理的分摊比例，将各项物料消耗分摊到目标产品上。

运输包括数据统计期内产品、原材料等的运输方式、距离和运输量。应统计主要原材料的厂外运输量（货物周转量，单位：吨·千米）及运输工具类型（运输方式）。如果有多个供应商或多条运输途径，应按运输量平均记录；次要原材料的场外运输距离可按照供应商地址到公司厂界地址估算（可使用地图软件）；生产现场的运输不必记录运输量，将其在工厂能源消耗记录中体现即可；应统计向外运输的废水、一般工业固废、锂电危险废弃物（废电解液、废极片、废有机溶剂、废电池芯等）运输数量，并记录其处理方式；危废运输需额外留存危废转移联单、承运单位道路运输经营许可证（危化品类）、运输车辆 GPS 里程台账作为初级数据佐证材料，危废周转量、运输距离不得估算，必须采用转移联单实测数值。

资源及能源应统计在核算周期内，生产该产品所消耗的水、电力、热能及其他燃料的总量。数据来源应采用企业内部计量仪表的读数记录，并辅证电力公司、水务公司等提供的官方结算单（如发票、结算凭证）。企业外购绿电、自建光伏 / 风电、PPA 直购电需留存电力结算单、绿证核销凭证、购电协议；核算时区分电网常规电力与零碳电力，分别采用对应排放因子，凭证保存期限与碳数据同步。；若生产过程使用热能，除记录消耗量外，还应明确注明其来源，例如：生物质蒸汽、电厂余热蒸汽、工业余热蒸汽或燃气锅炉蒸汽等；对于各类燃料消耗，应同时记录其净消耗量（单位：kg 或 Nm<sup>3</sup>）及对应的燃料低位发热量（热值）。

质量要求：满足代表性（技术、时间、地理）、完整性、准确性、一致性要求。其中，技术代表性需体现实际生产工艺、设备类型、原料能耗类型；时间代表性需反映单元过程实际运行时间；地理代表性需匹配数据产生的地理位置；完整性需覆盖所有必填数据项，缺失数据需在报告中说明；准确性需提供原始数据、来源及计算过程；一致性需保持数据来源、统计口径、处理规则统一。

#### 4.2.2 次级数据收集

来源优先级：优先选择供应商提供的符合 ISO 14067 要求、经第三方验证的评价报告数据；无供应商数据时，国内省级排放因子优先级高于境外同类型数据；属地匹配逻辑：供应商在韩国，工厂在中国，则供应商相关系数优先匹配韩国数据条，

工厂相关系数优先匹配中国数据条；若无属地匹配数据，原则上使用属地所属地区数据（如：无中国或韩国数据条则选择亚洲、无美国数据条则选择北美、无德国数据条则选择欧盟）；若无所属地区数据，则使用全球平均值；若无全球平均值，则使用其他地区平均值（如：某材料对应数据条只有欧盟平均值和欧洲部分国家值，则选用欧盟平均值）；若以上均不符合，则说明对应材料可选数据条稀少，通常仅有少数国家值，此时依据地理位置或能源结构，选择与中国较为接近的国家数据条。行业均值次级数据使用年限不得超过3年，老旧数据需重新评估适用性后方可使用。边界匹配：数据系统边界应与核算范围匹配，如原材料次级数据需覆盖从资源开采到产品出厂阶段，能源次级数据需包含生产、运输及使用环节。

一致性要求：同一组织对同类产品碳足迹核算的次级数据选择应保持一致；若数据更新（如排放因子更新），需同步更新碳足迹核算结果及报告。

#### 4.2.3 数据取舍准则

在对产品能源资源消耗以及环境排放进行系统分析的过程中，为保证结果的有效性，研究分析的范围必须包括产品生命周期中的主要工艺过程，一些不重要的环节可以忽略，取舍判定基准与 GB/T 24067、ISO 14067 保持一致，以物料碳贡献占比作为取舍依据，禁止仅依靠物料重量判定；锂电核心含碳物料必须全额统计，不可随意取舍，避免微量高碳辅料剔除造成碳足迹严重失真。具体细则：

常规辅料、普通工业物料单类碳贡献占产品总 PCF $<1\%$ ，可豁免上游数据核算；锂、钴、镍、锰、稀土等稀贵金属、高纯锂盐材料，单类碳贡献占产品总 PCF $<0.1\%$  方可豁免上游数据；全部豁免物料合计碳贡献不得超过产品总 PCF 5%；再生锂、钴、镍材料无论碳贡献占比高低，均不得直接豁免上游回收冶炼数据，仅当该类材料碳贡献 $<$ 总 PCF 0.5% 时，可在报告中说明后简化核算；粉煤灰、矿渣、工业固废再生填料等低价值原料，可豁免上游开采环节数据。低价值原料，如粉煤灰、矿渣秸秆、生活垃圾等，可忽略其上游生产数据；

大多数情况下，生产设备、厂房、生活设施等可以忽略；

原则上在选定环境影响类型范围内的已知排放数据不应忽略。但在环境排放数据不可得或缺失的情况下，可忽略，但应在报告中解释说明。

### 4.3 数据确认

验证方式：对收集的初级数据，需与企业生产记录（如台账、发票）、监测数据进行交叉验证，确保数据与实际生产活动一致；对次级数据，需核查数据来源的权威性（如数据库是否经国家主管部门认可）、数据适用范围（如排放因子是否匹配核算区域和年份）。

异常处理：发现数据异常（如有统计偏离、逻辑矛盾、计量异常等）时，应及时追溯原因，通过重新测量、核查统计方法等方式修正数据；无法修正的，需在数据记录中注明异常情况及影响范围。

记录留存：数据确认完成后，需填写《锂离子电池产业链碳足迹核算数据收集确认表》，记录数据名称、来源、收集时间、确认结果及确认人信息。

## 4.4 数据质量评估

### 4.4.1 评估指标与分值

数据质量评估从时间代表性（TiR）、技术代表性（TeR）、地理代表性（GeR）、数据来源代表性（SoR）、完整性（DaC）五个维度开展，各指标特征描述见表1 指标代表性，各维度分值设定见表2 各维度分值（总分5分，分值越低质量越高）。

表1 指标代表性

| 指标           | 特征描述                        |
|--------------|-----------------------------|
| 时间代表性（TiR）   | 数据所属的时间范围是否与核算周期匹配。         |
| 技术代表性（TeR）   | 数据反映实际使用的生产技术、工艺流程和装备水平。    |
| 地理代表性（GeR）   | 数据反映活动的实际地理位置的程度(如国家或地点)。   |
| 数据来源代表性（SoR） | 数据获取的来源、数据收集方法和核查程序的可靠程度。   |
| 数据完整性（DaC）   | 数据覆盖完整核算周期，无任何缺失，且包含所有相关参数。 |

表2 各维度分值

| 分值 | 时间代表性（TiR）       | 技术代表性（TeR）            | 地理代表性（GeR）                | 数据来源代表性（SoR）                  | 完整性（DaC）                     |
|----|------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 1  | 数据统计周期与核算基准年完全一致 | 数据对应的技术工艺、设备与核算对象完全匹配 | 数据产生地与核算对象所在区域（国家/省份）完全一致 | 现场调查或直接测量的原始数据（如企业自建监测系统数据）   | 覆盖所有核算单元，无任何遗漏               |
| 2  | 数据统计周期超出核算基准年≤2年 | 数据对应的技术工艺包含在核算对象工艺范围内 | 数据产生地属于核算对象所在地理区域（如亚洲、欧洲） | 权威机构定期更新的数据（如国家统计局、生态环境部发布数据） | 覆盖所有主要过程，次要过程（<0.1%）已合理论证排除。 |

表 2 (续) 各维度分值

|   |                           |                                      |                                              |                          |                                                |
|---|---------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------|
| 3 | 数据统计周期<br>超出核算基准<br>年≤3 年 | 数据对应的技<br>术工艺仅部分<br>包含在核算对<br>象工艺范围内 | 数据产生地覆<br>盖核算对象所<br>在地理区域，<br>或数据集含多<br>区域数据 | 一般文献、专<br>著中不定期更<br>新的数据 | 覆盖所有主要<br>过程，但个别<br>次要过程<br>( <1% ) 缺失<br>已说明。 |
| 4 | 数据统计周期<br>超出核算基准<br>年≤4 年 | 数据对应的技<br>术工艺与核算<br>对象工艺类似           | 数据产生地不<br>在核算对象所<br>在地理区域，<br>但专家判断具<br>有相似性 | 基于文献或经<br>验的推论、估<br>计数据  | 存在个别主要<br>过程数据缺<br>失，或多项次<br>要过程缺失。            |
| 5 | 数据统计周期<br>超出核算基准<br>年>4 年 | 数据对应的技<br>术工艺与核算<br>对象工艺不同           | 数据产生地与<br>核算对象所在<br>国家/区域差异<br>显著            | 无根据的估算<br>与假设数据          | 存在显著的数<br>据缺失，严重<br>影响核算结<br>果。                |

#### 4.4.2 数据质量等级 (DQR) 计算

数据质量等级 (DQR) 按公式 (1) 计算，结果保留一位小数：

$$DQR = (TiR + TeR + GeR + SoR + DaC) / 5 \quad (1)$$

式中：

TiR——时间代表性分值；

TeR——技术代表性分值；

GeR——地理代表性分值；

SoR——数据来源代表性分值；

DaC——数据完整性分值。

#### 4.4.3 质量要求

占 PCF 总量 5% 以上的数据需投入进行数据质量评估。

初级数据的 DQR 应 ≤2.0，其中 TeR ≤2.0，确保数据能真实反映核算对象的实际情况。

次级数据的 DQR 应 $\leq 3.0$ ，其中  $TeR \leq 4.0$ ；若用于关键核算环节（如电力消耗碳排放计算），DQR 宜 $\leq 2.5$ 。

对 DQR 不符合要求的数据，应优先替换为更高质量数据；无法替换时，需在数据评估报告中说明原因，若关键数据  $DQR > 3.0$ ，并通过敏感性分析评估其对核算结果的影响较大，应直接判定该批次核算结果暂不具备对外披露效力。

#### 4.4.4 评估流程与记录

评估流程：

确定评估对象（单条数据或某类数据集）及对应的核算边界、基准年；收集数据的时间、技术、地理、来源信息、完整性，对照表 1 确定各维度分值；

计算 DQR 并判断是否满足质量要求；

形成《数据质量评估报告》，包含评估对象、评估依据、分值计算过程、评估结果及改进建议。

记录留存：评估记录应长期保存，作为碳足迹核算报告的附件，供第三方核查时查阅。

#### 4.5 数据存储与追溯

##### 4.5.1 数据存储

存储内容：组织应存储碳足迹核算全过程的全部相关数据与文档，包括但不限于：

（1）基础数据：原材料采购发票、过磅单、物料消耗台账；能源消耗的计量记录、结算单（电力、天然气、蒸汽等）；辅料、化学品使用记录。

（2）活动水平数据：产品产量、工时记录、设备运行日志、运输单据（里程、重量、方式）。

（3）排放因子数据：采用的排放因子库名称、版本、来源文件及选择理由；自有实测或检测报告（如燃料元素碳含量检测报告）。

（4）核算过程数据：数据收集表、计算过程稿、排放量汇总表、不确定性分析记录。

（5）支撑性文档：碳足迹报告终稿、系统边界图、数据质量评估表、第三方核查报告、方法学选择说明及关键假设文档。

**存储形式与格式：**电子化优先，所有文档和数据应优先以电子形式存储，推荐使用不可编辑格式（如 PDF, PDF/A）进行存档，以确保真实性。格式标准，数据文件应采用通用、可读的格式（如 CSV, XML, XLSX），避免因软件升级或淘汰导致数据无法读取。介质安全，存储介质应安全可靠，建立定期备份与灾难恢复机制，防止数据丢失。

**存储期限：**所有碳足迹核算相关的数据与文档的保存期限不应少于 5 个完整年度。对于投资周期长、产品寿命长的关键材料或电池产品，建议延长至 10 年。保存期限应从核算报告发布的财年结束时起算。

#### 4.5.2 数据追溯

**应建立从最终碳足迹结果到最原始数据来源的完整、清晰的追溯链条。**确保任何一个汇总数据或计算结果，都能被快速、准确地逆向追踪至其构成单元及原始凭证。

**追溯方法：**鼓励组织建立追溯编码，或者建立并维护《数据溯源图》或《数据溯源表》，为关键数据建立追溯通道，建议包含数据类型（如“C”代表初级数据、“Z”代表次级数据）、年份、来源类别（如“Q”代表企业实测、“S”代表数据库）、流水号等，示例：C-2024-Q-001。

**可追溯信息：**通过追溯可查询到数据产生背景（如对应哪个生命周期阶段、哪个核算单元过程）、收集过程（如测量设备型号、测量时间、统计方法）、处理与应用（如数据是否经过换算、用于哪个产品的碳足迹核算、在计算公式中的作用）、质量信息（如质量评估分值、是否存在异常及处理情况）。

#### 4.5.3 数字化系统支持

鼓励组织利用信息化系统（如 ERP、MES、LCA 软件、专用碳管理系统）进行数据管理。系统应具备版本控制、修改日志、权限管理等功能，以自动化方式强化追溯能力。对于年营收低于 2 亿元的企业，过渡期内可采用人工台账 + 第三方辅助校验替代全自动数字化系统；初级数据收集可放宽至覆盖 80% 以上高碳排工序。

## 4.6 数据更新与维护

### 4.6.1 数据更新

定期更新：组织应制定年度碳足迹数据评审计划。即使未发生重大变化，也应对产品碳足迹模型及核心数据进行评审，并根据自身情况定期完成数据更新与核算。

触发式更新：当产品生命周期发生重大变化时，组织应在变化发生后的 6 个月内启动并完成相关数据的更新，并重新进行该产品碳足迹的核算及评价。

更新原则：遵循“先评估、后替换”原则，先评估新数据的质量（DQR）及与核算范围的匹配性，确认符合要求后替换旧数据，并记录更新原因、更新时间、新旧数据对比（如数值差异、对核算结果的影响）。

### 4.6.2 数据维护

定期检查：定期（每季度）对数据库进行检查，清理无效数据（如重复数据、过期且不再使用的数据），修正错误数据（如录入时的数值偏差、单位错误）。

动态调整：跟踪锂离子电池产业链技术发展（如新型正极材料生产工艺）和政策变化（如碳足迹核算标准更新），及时调整数据收集范围和质量要求。

人员培训：对数据管理人员开展定期培训（每年至少 1 次），培训内容包括数据管理规范、核算标准、信息化工具使用等，提升数据管理能力。

## 5 碳足迹核算特殊要求

### 5.1 系统边界确定

#### 5.1.1 生命周期阶段

明确纳入核算的生命周期阶段，主要包括两种界定方式：

从摇篮到坟墓：包括原材料获取、生产、运输、使用和报废回收阶段；

从摇篮到大门：仅包括原材料获取和生产阶段。

### 5.2 计算方法规范

#### 5.2.1 碳足迹总量

锂离子电池产业链产品碳足迹总量应按式（2）计算，计算结果圆整（四舍五入）至小数点后两位：

$$CFP = (CFPA + CFPB + CFPC + CFPD + CFPE) / c \quad (2)$$

式中：

$CFP$ ——锂离子电池产业链产品每功能单位/声明单位的碳足迹，单位为千克二氧化碳当量每千瓦时（ $\text{kgCO}_2\text{e/kWh}$ ）；

$CFPA$ ——锂离子电池产业链产品原材料获取阶段的碳排放，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ），计算公式见式（3）；

$CFPB$ ——锂离子电池产业链产品制造阶段的碳排放，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ），计算公式见式（4）；

$CFPC$ ——锂离子电池产业链产品运输阶段的碳排放，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ），计算公式见式（5）；

$c$ ——锂离子电池产业链产品提供的总能量，单位为千瓦时（ $\text{kWh}$ ），计算公式见式（6）；

$CFPD$ ——锂离子电池产业链产品使用阶段的碳排放，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ），计算公式见式（7）；

$CFPE$ ——锂离子电池产业链产品生命末期阶段的碳排放，单位为千克二氧化碳当量（ $\text{kgCO}_2\text{e}$ ），计算公式见式（8）。

### 5.2.2 原材料获取阶段

原材料获取阶段相关的碳排放按式（3）计算，计算结果圆整（四舍五入）至小数点后两位：

$$CFPA = \sum_{i,j} (M_{1,j} \times M_{1,j} EF_i \times GWP_i) + \sum_{i,j} [E_{1,j} \times (E_{1,j} EF_i + F_{1,j} EF_i) \times [GWP_i] + \sum_i (S_{1,i} \times GWP_i) + \sum_{i,j} (W_{1,j} \times W_{1,j} EF_i \times GWP_i) + \sum_{i,j,k} (C_{1,j} \times D_{1,j,k} \times TEF_{i,k} \times GWP_i)] \quad (3)$$

式中：

$M_{1,j}$ ——原材料获取阶段第  $j$  种原材料的消耗量，单位为千克（ $\text{kg}$ ）、立方米（ $\text{m}^3$ ）等，视不同原材料统计量纲确定；

$M_{1,j} EF_i$ ——原材料获取阶段第  $j$  种原材料生产的第  $i$  种温室气体排放因子，单位与原材料的单位相匹配；

$E_{1,j}$ ——原材料获取阶段第  $j$  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；

$E_{1,j}EF_i$ ——原材料获取阶段第  $j$  种能源生产的第  $i$  种温室气体排放因子，单位与能源的单位相匹配；

$F_{1,j}EF_i$ ——原材料获取阶段第  $j$  种能源燃烧的第  $i$  种温室气体排放因子，单位与能源的单位相匹配；

$S_{1,i}$ ——原材料获取阶段除能源燃烧之外的第  $i$  种温室气体的直接排放，单位为千克 (kg) 等；

$W_{1,j}$ ——原材料获取阶段第  $j$  种废弃物的排放量，单位为千克 (kg) 等；

$W_{1,j}EF_i$ ——原材料获取阶段第  $j$  种废弃物处置产生的第  $i$  种温室气体排放因子，单位为千克每千克 (kg/kg)。

$C_{1,j}$ ——原材料获取阶段第  $j$  种物料或能源的消耗量，单位视物料或能源的种类而定；

$D_{1,j,k}$ ——原材料获取阶段第  $j$  种原料或能源的第  $k$  种运输方式的运输距离，单位为千米 (km) 等；

$TEF_{i,k}$  ——第  $k$  种运输方式的第  $i$  种温室气体排放因子，单位为千克每吨千米 (kg/t·km)；

$GWP_i$ ——第  $i$  类温室气体的 GWP 值，采用 IPCC 给出的 100 年 GWP 值。

### 5.2.3 制造阶段

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

$$CFPB = \sum_{i,j} [E_{2,j} \times (E_{2,j}EF_i + F_{2,j}EF_i) \times GWP_i] + \sum_i (S_{2,i} \times GWP_i) + \sum_{i,j} (W_{2,j} \times W_{2,j}EF_i \times GWP_i) + \sum_{i,k} (C_{2,k} \times D_{2,k} \times TEF_{i,k} \times GWP_i)$$

(4)

式中：

$E_{2,j}$ ——制造阶段第  $j$  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厂区自建光伏、PPA 绿电、核销绿证对应的零碳电力，可在能源消耗量中单独拆分，采用 0 排放因子核算，需附凭证支撑；

$E_{2,j}EF_i$ ——制造阶段第  $j$  种能源生产的第  $i$  种温室气体排放因子，单位与能源的单位相匹配；

$F_{2,j}EF_i$ ——制造阶段第  $j$  种能源燃烧的第  $i$  种温室气体排放因子，单位与能源的单位相匹配； $S_{2,i}$ ——制造阶段除能源燃烧之外的第  $i$  种温室气体的直接排放，单位为千克 (kg)；

$W_{2,j}$ ——制造阶段第  $j$  种废弃物的排放量，单位为千克 (kg)；

$W_{2,j}EF_i$ ——制造阶段第  $j$  种废弃物处置产生的第  $i$  种温室气体排放因子，单位为千克每千克 (kg/kg)；

$C_{2,k}$ ——制造阶段与第  $k$  种运输方式的运输质量，单位视物料的种类而定；

$D_{2,k}$ ——制造阶段第  $k$  种运输方式的运输距离，单位为千米 (km)。

#### 5.2.4 运输阶段

运输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：

$$CFPC = \sum_{i,k} (M_3 \times D_k \times TEF_{i,k} \times GWP_i) \quad (5)$$

式中：

$M_3$ ——电池或电池组产品重量，单位为千克 (kg) 等；

$D_k$ ——运输阶段第  $k$  种运输方式的运输距离，单位为千米 (km) 等。

#### 5.2.5 使用阶段

使用阶段碳排放量应按式 (6) 和 (7) 进行计算，计算结果圆整 (四舍五入) 至小数点后两位：

$$c = Renergy \times \eta_{count} \times K_{SOH} \times K \times K_{Attenuation} \times T - M_{Auxiliary} \quad (6)$$

$$CFPD = \left\{ \left( \text{Renergy} / (K \times K_{\text{Attenuation}}) \right) \right\} \times \eta_{\text{count}} \times K_{\text{SOH}} \times (1 - K \times K_{\text{Attenuation}}) \times T \\ \times C_4 \text{EF}_i \times \text{GWP}_i + M_{\text{Auxiliary}} \times C_4 \text{EF}_i \times \text{GWP}_i \quad (7)$$

式中：

*Renergy*——电池和电池组提供的额定能量，单位为千瓦时（kWh）等；

$\eta_{\text{count}}$ ——制造商规定的电池和电池组每年完全等效充放电循环的典型次数；

$K_{\text{SOH}}$ ——电池健康状态衰减率，即随着在一定条件下使用，额定能量会逐步降低，直至生命终止，单位为%；

$K$ ——能量效率，即电池放电时输出的能量与此前充电时输入的能量之比的百分数，单位为%；

$K_{\text{Attenuation}}$ ——能量效率衰减率，即随着在一定条件下使用，能量效率会逐步降低，直至生命终止，单位为%；

$C_4 \text{EF}_i$ ——使用阶段第  $i$  种温室气体排放因子，单位为千瓦时每千瓦时（kWh/kWh）；

$M_{\text{Auxiliary}}$ ——为保证电池组按预期目标运行，产品的相关辅助设备如空调、风扇等的能源消耗，单位为千瓦时（kWh）等；

$T$ ——时间，单位为年。

### 5.2.6 生命末期阶段

生命末期阶段碳排放量应按式（8）进行计算，计算结果圆整（四舍五入）至小数点后两位：

$$CFPE = \sum_{i,j} [E_{5,j} \times (E_{5,j} \text{EF}_i + F_{5,j} \text{EF}_i) \times \text{GWP}_i] + \sum_{i,k} (M_5 \times D_{5,k} \times \text{TEF}_{i,k} \times \text{GWP}_i) + \sum_{i,j} (M_5 \times C_5 \text{EF}_i \times \text{GWP}_i) \quad (8)$$

式中：

$E_{5,j}$ ——生命末期阶段第  $j$  种能源的消耗量，单位视能源种类而定；

$E_{5,j} \text{EF}_i$ ——生命末期阶段第  $j$  种能源生产的第  $i$  种温室气体排放因子，单位视不同能源种类确定；

$F_{5,j}EF_i$ ——生命末期阶段第  $j$  种能源燃烧的第  $i$  种温室气体排放因子，单位视不同能源种类确定；

$D_{5,k}$ ——生命末期阶段第  $k$  种运输方式的运输距离，单位为千米 (km) 等；

$M_5$ ——生命末期阶段最终处置量 (焚烧、填埋等)，单位为千克 (kg) 等；

$C_5EF_i$ ——生命末期阶段需要进行最终处置 (焚烧、填埋等) 的第  $i$  种温室气体排放因子，单位为 千克每千克 (kg/kg)。

## 6 组织与实施保障

### 6.1 组织架构与职责

#### 6.1.1 管理机构

必须设立数据质量管理委员会，具体要求如下：

组成：由企业高层管理者担任主任，各部门负责人为成员；

职责：明确各部门在数据质量管理中的职责，统筹协调数据质量管理工作，审批数据质量管理相关制度与计划。

#### 6.1.2 专职人员

指定数据质量负责人，具体要求如下：

资质：具备碳足迹核算和数据管理专业知识；人员配置、持证资质符合 JJF 2309 规范要求，匹配湖北省锂电计量配套通则统一标准，重点排放单位需配备注册计量师持证人员；

权限：赋予其停止不合格数据使用的权力；

职责：负责数据质量管理的日常工作，包括数据收集监督、质量核查、跨部门协调等。

#### 6.1.3 各角色/部门职责分工

各角色/部门职责分工见表 3 各角色/部门职责分工。

表3 各角色/部门职责分工

| 角色/部门        | 主要职责                                                                                                                                  |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 最高管理者/决策层    | 1. 承诺支持碳足迹核算与数据质量管理工作，制定相关战略方针；2. 确保提供必要的人力、财务和技术资源；3. 批准发布碳足迹报告和数据质量管理规范。                                                            |
| 碳足迹项目经理      | 1. 整体负责碳足迹核算项目的规划、执行、监控和完成；2. 协调内外部资源，管理项目进度和预算；3. 组织内外部沟通，负责最终碳足迹报告的编制与提交。                                                           |
| 可持续发展/ESG 部门 | 1. 作为碳管理的归口部门，推动建立数据质量管理体系；2. 跟踪国内外相关法规、政策和标准动态；3. 负责对外碳信息披露和应对客户审核。                                                                  |
| 生产运营/车间      | 1. 提供准确、及时的生产活动数据（如工时、产量、物料消耗记录）；2. 确保生产现场计量仪表（电表、水表、气表）的完备与正常读数；3. 执行与节能降碳相关的生产操作规程。                                                 |
| 采购部          | 1. 向供应商传递本规范要求，收集关键原材料（尤其是正负极、铝箔铜箔）的初级碳足迹数据；2. 将供应商碳表现纳入供应商评估体系。3. 建立再生材料供应商碳数据准入机制，将再生料初级 PCF 数据提交情况纳入供应商考核 4. 收集上游绿电采购凭证、碳足迹验证报告归档。 |
| 设备/能源部       | 1. 负责全厂能源数据的统计、核查与报告（外购电、蒸汽、天然气等）；2. 负责厂内动力设备（空压机、制冷机）的能耗监测与记录。                                                                       |
| 研发/技术部       | 1. 提供产品 BOM（物料清单）及工艺流程图；2. 提供特定化工过程（如烧结、反应）的物料平衡和能量平衡信息。                                                                              |
| 质量保证/内审部     | 1. 负责建立数据内部审核程序，定期对数据流进行抽查与校验；2. 配合第三方验证机构的审核工作。                                                                                      |
| IT/数据管理部门    | 1. 负责碳足迹数据管理平台的建设和维护，确保数据安全与可追溯。                                                                                                      |

## 6.2 过程控制

### 6.2.1 PDCA 循环管理

采用“策划-实施-检查-改进”（PDCA）循环开展数据质量管理，具体要求如下：

策划阶段：结合企业实际与本规范要求，制定数据质量管理计划和目标，明确数据收集、验证、评估的标准与流程；

实施阶段：按照计划执行数据收集、处理、存储等活动，确保各环节符合质量要求；

检查阶段：定期监控数据质量指标，评估数据收集与处理过程的合规性，识别数据质量问题；

改进阶段：针对检查中发现的问题，采取纠正措施（解决已发生问题）和预防措施（避免问题再次发生），持续优化数据质量管理流程。

### 6.2.2 关键控制点

制定关键控制点检查清单，重点监控以下内容：

数据采集点设置：是否覆盖核算边界内所有单元过程，采集点位置是否能准确反映生产活动；

计量仪器检定或校准：电表、气表、地磅等计量仪器是否按期检定/校准，检定/校准记录是否完整；

数据记录完整性：原始数据记录是否包含数据名称、数值、单位、收集时间、收集人等关键信息；

数据传输可靠性：数据从采集端到存储端的传输过程是否存在丢失、篡改风险，是否有传输校验机制。

### 6.2.3 风险预警

实施数据质量风险预警机制，具体要求如下：

警戒指标：设立数据质量警戒指标，如数据缺失率 $>5\%$ 、DQR 超标数据占比 $>10\%$ 等；

报警系统：建立异常数据自动报警系统，当数据超出警戒指标时，实时向数据质量负责人发送报警信息；

应急预案：制定应急预案，明确异常数据的处理流程（如追溯原因、重新采集、替代数据选择等），确保问题快速解决。

## 6.3 技术支持

### 6.3.1 核算平台

建议建立碳足迹核算平台，需具备以下功能：

内置数据质量检查规则：可自动对照本规范数据质量要求（如 DQR 计算、数据完整性标准），对录入数据进行质量初步判定；

支持多种核算方法和分配规则：内置“从摇篮到大门”“从摇篮到坟墓”等边界核算逻辑，提供“避免负担法”等分配方法模板，可根据需求选择并自动套用计算。

### 6.3.2 质量管控工具

采用专业数据质量管控技术与工具，具体包括：

数据清洗工具：通过异常值检测（如基于标准差、箱线图法）、重复值剔除、缺失值补全（如基于同类型数据均值、回归分析）等功能，识别和纠正错误数据；

一致性校验工具：检查数据间逻辑关系（如原材料消耗量与产品产量的物料平衡、能源消耗量与生产工时的匹配性），定位矛盾数据；

统计分析工具：支持对数据分布（如能耗数据正态分布检验）、离散程度（如标准差计算）进行分析，评估数据稳定性与可靠性。

### 6.3.3 可视化监控

开发数据质量可视化监控界面，实现以下功能：

实时显示数据质量指标：以仪表盘、折线图等形式，展示数据完整率、准确率、DQR 达标率等核心指标的实时数据；

动态展示碳足迹计算结果：按生命周期阶段（原材料、制造、运输等）拆分碳足迹贡献占比，支持点击查看对应阶段数据来源与质量评估；

生成数据质量分析报告：可自动生成日报、月报，包含数据质量趋势、异常数据处理记录、改进建议等内容，支持导出 PDF/Excel 格式。

## 7 验证与改进机制

### 7.1 数据质量评估

#### 7.1.1 评估指标

制定量化评估指标体系，覆盖数据全生命周期质量维度，具体指标如下：

数据准确率：核算期内准确数据（与实际生产活动一致、无计算/录入错误）数量占总数据量的比例，要求 $\geq 95\%$ ；

数据完整率：实际收集到的必填数据项数量占应收集必填数据项总数的比例，要求 $\geq 98\%$ ；

数据及时率：在规定时限内（如月度数据需次月 5 日前收集完成）完成收集的数据量占总数据量的比例，要求 $\geq 95\%$ ；

误差范围分层要求：一级计量设备关键活动数据重复测量误差 $\leq \pm 1\%$ ；二级计量误差 $\leq \pm 2\%$ ；三级计量误差 $\leq \pm 3\%$ ；

误差范围和置信区间：对关键活动数据，通过重复测量计算分层误差限值；对次级数据，明确其置信区间（如 90% 置信度下的行业均值范围）；

数据来源等级评分：按数据来源权威性（如企业实测、国家数据库、行业文献）赋予 1-5 分（分值越低来源越优），计算平均得分，要求平均得分 $\leq 2.5$  分。

#### 7.1.2 质量审计

定期开展数据质量审计，具体要求如下：

内部审计：按核算周期开展内审，每个核算周期内由质量保证/内审部牵头，抽取不少于 15% 的核算数据并应当覆盖整个核算周期，核查数据来源真实性、处理过程合规性、质量评估准确性，形成《内部数据质量审计报告》；

第三方审计：每年委托具备碳足迹核算资质的第三方机构开展审计，审计范围包括数据收集记录、质量评估报告、核算计算过程，审计结果需出具正式《第三方数据质量审计报告》；

审计整改：对审计中发现的问题（如数据来源不清晰、DQR 计算错误），明确整改责任人与时限，整改完成后进行验证闭环。

#### 7.1.3 第三方验证

按相关审查监管部门要求，实施第三方验证制度，确保核算结果公信力，具体要求如下：

机构选择：选择具备碳足迹验证资质、拥有锂离子电池碳足迹验证经验的第三方机构开展验证工作；

验证范围：覆盖数据质量（如初级数据占比、DQR 达标情况）和核算结果（如各阶段碳排放计算准确性、公式套用正确性）；

报告公开：第三方验证通过后，需在企业官网或行业平台公开验证报告关键信息（如验证结论、主要数据质量指标），公开时限不少于 1 年。

## 7.2 报告与信息披露

### 7.2.1 报告格式

规定产品碳足迹报告的标准格式，需包含以下核心章节：

报告封面和签署页：封面注明报告名称、核算产品型号、核算基准年、编制单位；签署页需有编制人、审核人、批准人签字及日期；

核算目标和方法说明：明确核算目标（如合规性报告、客户披露）、系统边界（如“从摇篮到坟墓”）、功能单位（如“1kWh 电池容量”）、核算方法（如依据 ISO 14067）；

数据来源和质量评估：按生命周期阶段列出主要数据来源（如企业实测、国家电力排放因子数据库），附《数据质量评估汇总表》；开展敏感性分析（如关键数据波动  $\pm 10\%$  对总结果的影响）开展不确定性评估，评估方法与附录 A.3.3 保持一致；

碳足迹结果和不确定性分析：呈现各阶段碳排放量、总碳足迹值（以 CO<sub>2e</sub> 为单位），通过敏感性分析评估不确定性，明确不确定性范围；

改进措施和建议：基于数据质量问题和碳足迹热点环节，提出优化措施；

### 7.2.2 发布流程

明确碳足迹量化结果的发布流程，确保合规性与严谨性：

内部审核：报告编制完成后，先由碳足迹项目经理审核数据准确性，再由可持续发展/ESG 部门审核合规性（如是否符合欧盟新电池法案要求）；

高层批准：验证通过后，报最高管理者/决策层批准，确认报告内容真实、合规；

发布渠道：根据发布范围要求，通过企业官网（对外公开）、客户专属平台（客户定制报告）、行业协会平台（行业数据报送）等渠道发布；

报告存档：将最终报告及相关支撑材料（如数据收集记录、验证报告）存档，保存期限不少于 5 年。

### 7.2.3 披露审核

制定对外披露数据的审核机制，防范信息风险：

审核流程：披露数据需先经技术审核（由研发/技术部核查数据计算准确性），再经法律审核（由法务部门核查是否符合数据隐私、行业监管要求）；

高层审批：涉及重大数据（如企业年度总碳足迹、核心产品碳足迹排名），需经最高管理者审批后才可披露；

记录档案：建立《信息披露记录档案》，记录披露数据内容、披露时间、披露渠道、审核人员、审批人员，档案保存期限不少于 5 年。

## 7.3 持续改进

### 7.3.1 问题反馈

建立问题反馈和纠正预防措施（CAPA）流程，实现问题闭环管理：

反馈渠道：设立线上反馈入口（如企业 OA 系统）、线下反馈邮箱，鼓励员工（如生产车间人员、数据录入员）反馈数据质量问题（如计量仪器故障导致数据不准）；

问题处理：收到反馈后，数据质量负责人需在 2 个工作日内组织核查，明确问题原因（如仪器未校准、流程漏洞），制定纠正措施（如立即校准仪器）和预防措施（如增加仪器校准频次），形成《CAPA 记录表》；

效果验证：纠正措施实施后 1 个月内，验证问题是否解决（如数据准确性是否恢复）；预防措施实施后 3 个月内，评估是否避免同类问题再次发生，结果记入《CAPA 记录表》。

### 7.3.2 方法更新

定期更新核算方法和背景数据库，确保与行业标准同步：

背景数据更新：每年由可持续发展/ESG 部门跟踪国内外数据库动态（如国家生态环境部更新的排放因子、IPCC 最新 GWP 值），评估对核算结果的影响，更新企业数据库；

核算方法更新：每两年组织研发/技术部、第三方机构专家，评估国际标准（如 ISO 14067）、国内规范（如 GB/T 32150）的更新内容，调整企业核算方法（如分配方法、公式参数），并开展内部培训；

更新记录：所有更新需形成《核算方法/背景数据更新报告》，说明更新原因、内容、对历史核算结果的影响（如是否需要追溯调整）。

### 7.3.3 体系优化

开展年度质量评审和管理体系优化，持续提升管理水平：

管理评审会议：每年年底由数据质量管理委员会组织召开，参会人员包括各部门负责人、第三方机构代表（可选），评审内容包括数据质量目标完成情况、审计发现的问题、CAPA 实施效果、外部法规变化影响；

体系评估：基于评审结果，评估现有数据质量管理体系（如流程、工具、人员能力）的适宜性，识别改进空间（如需新增数据采集点、升级核算平台功能）；

改进计划：制定下年度《数据质量管理体系改进计划》，明确改进项目（如“提升初级数据占比至 80%”）、责任人、完成时限、资源需求，报最高管理者批准后实施。

附录 A（规范性附录）数据收集清单模板

A.1 原材料数据收集表

| 序号  | 材料名称   | 规格<br>型号 | 数量<br>（单位） | 供应<br>商名称   | 供应商<br>生产地点 | 生产工艺<br>（如正极材料：烧<br>结法/溶胶-<br>凝胶法） | 生产能耗<br>（如电力：kWh/<br>吨，天然气：m³/<br>吨） | 运输<br>方式<br>（如公路/铁<br>路） | 运输<br>距离<br>（km） | 收集<br>人 | 收集<br>时间 | 数据<br>类型<br>（初级/<br>次级） | 备注  |
|-----|--------|----------|------------|-------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|------------------|---------|----------|-------------------------|-----|
| 1   | 三元正极材料 | NCM811   | 500<br>（t） | XX<br>新材料公司 | 湖南长沙        | 烧结法                                | 电力：800kWh/t<br>天然气：200m³/t           | 公路                       | 1200             | 张三      | 2024.03  | 初级                      |     |
| ... | ...    | ...      | ...        | ...         | ...         | ...                                | ...                                  | ...                      | ...              | ...     | ...      | ...                     | ... |

A.2 生产过程数据收集表

| 序号  | 工序名称 | 核算周期<br>（如2024年Q1） | 产品产量<br>（如电池芯：万只） | 原材料消耗量<br>（如正极材料：t） | 能源消耗量<br>（电力：kWh，天然气：m³） | 辅助材料消耗量<br>（如隔膜：万m²） | 废水产生量<br>（m³） | 废气排放量<br>（万Nm³） | 固废产生量<br>（t） | 内部转运距离<br>（km） | 收集人 | 收集时间    | 数据类型<br>（初级/次级） | 备注  |
|-----|------|--------------------|-------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|---------------|-----------------|--------------|----------------|-----|---------|-----------------|-----|
| 1   | 正极匀浆 | 2024年Q1            | 100<br>（万只）       | 450（t）              | 电力：<br>50000kWh<br>天然气：0 | 粘结剂：5<br>（t）         | 120           | 8               | 2            | 0.5            | 李四  | 2024.04 | 初级              |     |
| ... | ...  | ...                | ...               | ...                 | ...                      | ...                  | ...           | ...             | ...          | ...            | ... | ...     | ...             | ... |

A.3 产品碳足迹计算表

A.3.1 活动数据收集表

| 序号  | 生命周期阶段 | 活动名称<br>(如原材料运输、电力消耗) | 活动数据<br>(单位) | 数据来源<br>(如电表记录、供应商报告) | 数据类型<br>(初级/次级) | DQR值 | 收集人 | 收集时间    | 备注  |
|-----|--------|-----------------------|--------------|-----------------------|-----------------|------|-----|---------|-----|
| 1   | 原材料获取  | 三元正极材料公路运输            | 500t×1200km  | 运输合同、地图估算             | 初级              | 1.5  | 张三  | 2024.03 |     |
| ... | ...    | ...                   | ...          | ...                   | ...             | ...  | ... | ...     | ... |

A.3.2 排放因子选择表

| 序号  | 排放因子类型<br>(如电力、公路运输) | 排放因子数值<br>(单位: kgCO <sub>2</sub> e/单位活动数据) | 来源 (如《省级温室气体排放因子报告 2024》) | 适用区域<br>(如江苏省) | 适用年份 | 选择理由       | 收集人 | 收集时间    | 备注  |
|-----|----------------------|--------------------------------------------|---------------------------|----------------|------|------------|-----|---------|-----|
| 1   | 江苏省电网电力排放因子          | 0.582 kgCO <sub>2</sub> e/kWh              | 《2024 年中国区域电力排放因子报告》      | 江苏省            | 2024 | 核算对象生产地为江苏 | 王五  | 2024.02 |     |
| ... | ...                  | ...                                        | ...                       | ...            | ...  | ...        | ... | ...     | ... |

A.3.3 计算结果汇总表

| 序号 | 生命周期阶段 | 碳排放量<br>(kgCO <sub>2</sub> e) | 占总碳足迹比例<br>(%) | 计算依据<br>(如式 2、式 3) | 关键数据来源<br>(如 A.1 表、A.3.2 表) | 不确定性<br>(±%) | 备注 |
|----|--------|-------------------------------|----------------|--------------------|-----------------------------|--------------|----|
| 1  | 原材料获取  | 120000                        | 35             | 式 (2)              | A.1 表、A.3.2 表               | ±5           |    |
| 2  | 制造     | 180000                        | 52             | 式 (3)              | A.2 表、A.3.2 表               | ±3           |    |
| 3  | 运输     | 8000                          | 2.3            | 式 (4)              | A.3.1 表、A.3.2 表             | ±8           |    |
| 4  | 使用     | 25000                         | 7.2            | 式 (6)              | 产品规格书、A.3.2 表               | ±10          |    |
| 5  | 生命末期   | 12000                         | 3.5            | 式 (7)              | A.3.1 表、A.3.2 表             | ±12          |    |
| -  | 总计     | 345000                        | 100            | 式 (1)              | -                           | ±4.8         |    |

A.3.4 不确定性分析表

| 序号  | 不确定性来源<br>(如数据质量、方法选择) | 影响因素<br>(如次级数据占比高、分配方法差异)  | 影响程度<br>(高/中/低) | 应对措施<br>(如增加初级数据收集、sensitivity分析) | 备注  |
|-----|------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------------------------|-----|
| 1   | 数据质量                   | 使用阶段次级数据占比 80%，<br>DQR=2.8 | 中               | 后续收集典型应用场景实测数据，降低次级数据占比           |     |
| 2   | 方法选择                   | 回收阶段分配方法若改用“物理分配法”，结果差异±6% | 低               | 在报告中说明方法选择理由及差异范围                 |     |
| ... | ...                    | ...                        | ...             | ...                               | ... |

## 附录 B（规范性附录）锂离子电池产品碳足迹报告标准模板

本附录为湖北省锂离子电池产业链产品碳足迹报告的强制统一编制框架，所有核算主体出具的正式碳足迹报告应完整覆盖以下章节内容，不得缺项；可根据产品类型（电芯 / 电池组 / 正负极材料等）补充专项内容，但不得删减核心要素。

### B.1 报告封面

报告封面应至少包含以下信息：

1. 报告名称：《XX 产品碳足迹核算报告》
2. 核算产品全称及规格型号
3. 核算系统边界（从摇篮到大门 / 从摇篮到坟墓）
4. 核算基准年
5. 报告版本号、报告编号
6. 编制单位全称（加盖公章）
7. 报告发布日期

### B.2 报告签署页

签署页需明确三级审核责任，包含：

| 岗位          | 姓名 | 部门 / 资质         | 签字      | 日期 |
|-------------|----|-----------------|---------|----|
| 编制人         |    | 碳核算专员 / 数据管理员   |         |    |
| 审核人         |    | 数据质量负责人 / 注册计量师 |         |    |
| 批准人         |    | 企业最高管理者 / 分管负责人 |         |    |
| 第三方验证机构（如有） |    | 机构名称 + 验证人员资质   | 盖章 + 签字 |    |

### B.3 目录

按正文章节自动生成目录，标注对应页码。

### B.4 核算概述

#### B.4.1 核算目标

明确本次碳足迹核算的用途：包括但不限于欧盟电池法规合规申报、客户供应链披露、企业内部碳管理、绿色产品认证、行业监管报送等。

#### B.4.2 核算对象基本信息

列明产品核心参数：

电池类产品：额定容量、额定能量、重量、循环寿命、应用场景（车用 / 储能 / 消费类）

材料类产品：核心成分、规格参数、单位产品重量

#### B.4.3 功能单位与声明单位

电池成品：主功能单位为 **1kWh 电池容量**，辅助声明单位为 **1kg 电池重量**

上游原材料：声明单位为 **1kg 产品重量**

#### B.4.4 核算基准年

明确数据统计的基准年份，说明数据统计周期（如 202X 年 1 月 1 日 - 202X 年 12 月 31 日）。

### B.5 方法学与规范性引用文件

#### B.5.1 核算方法依据

列明本次核算遵循的标准规范，至少包含：

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》

ISO 14067:2018 《温室气体 - 产品碳足迹 - 量化要求与指南》

JJF（鄂）XXXX-202X 《湖北省锂离子电池产业链产品碳足迹核算数据质量管理规范》

### B.5.2 GWP 取值说明

明确采用 IPCC 第六次评估报告（AR6）100 年时间尺度全球变暖潜能值作为换算标准。

## B.6 系统边界与分配规则说明

### B.6.1 生命周期边界

以文字 + 系统边界流程图形式，明确纳入核算的全生命周期阶段：

1. 原材料获取阶段（含原生 / 再生材料开采、冶炼、预处理）
2. 生产制造阶段（含所有核心工序、辅助工序、无组织排放）
3. 运输阶段（含原材料入厂、成品出厂运输）
4. 使用阶段（仅“从摇篮到坟墓”边界需列明）
5. 生命末期阶段（含回收、拆解、处置）

### B.6.2 分配规则

明确多产品共线生产、副产品、回收材料的分配方法：

优先采用避免负担法处理再生材料碳排放分配

共线生产采用产量占比 / 生产工时占比分配，说明分配依据及计算过程

明确副产品、废弃物的碳排放分摊规则

## B.7 活动数据收集与数据质量评估

### B.7.1 数据来源总体说明

列明初级数据、次级数据占总碳足迹的比例，说明数据收集范围及覆盖度。

### B.7.2 分阶段活动数据明细

按生命周期阶段逐一系列明核心活动数据：

原材料阶段：区分原生 / 再生材料，列明主材名称、消耗量、供应商、运输方式及距离

制造阶段：列明能源消耗、物料消耗、NMP 挥发量、电解液无组织排放量、三废处置量

运输阶段：列明运输重量、运输方式、运输距离

### B.7.3 数据质量（DQR）评估结果

1. 列明所有占总碳足迹 5% 以上的关键数据的 DQR 分值，附 5 维度分项得分
2. 说明初级数据、次级数据 DQR 达标情况，不达标数据需说明替代原因及对结果的影响
3. 附《数据质量评估汇总表》，格式对应本规范 4.4 章节要求

## B.8 排放因子选取说明

### B.8.1 因子选取原则

明确排放因子优先级：企业实测数据 > 供应商验证数据 > 国家 / 湖北省官方发布因子 > 行业数据库因子 > 本附录参考因子。

### B.8.2 核心排放因子明细

以表格形式逐一系列明所有核算使用的排放因子，格式如下：

| 序号 | 排放因子类型        | 数值 | 单位                      | 数据来源名称 | 发布版本 / 年份 | 适用区域 | 选取理由          |
|----|---------------|----|-------------------------|--------|-----------|------|---------------|
| 1  | 湖北电网电力排放因子    |    | kgCO <sub>2</sub> e/kWh |        |           | 湖北省  | 核算工厂位于湖北省内    |
| 2  | NMP 挥发无组织排放因子 |    | kgCO <sub>2</sub> e/kg  |        |           |      | 无实测数据，采用行业基准值 |

## B.9 碳足迹核算结果

### B.9.1 总碳足迹结果

明确单位功能单位、单位声明单位的总碳足迹数值，保留两位小数，单位为 kgCO<sub>2</sub>e / 功能单位。

### B.9.2 分阶段碳排放明细

以表格 + 饼图形式展示各生命周期阶段碳排放量及占比：

| 生命周期阶段    | 碳排放量（kgCO <sub>2</sub> e） | 占总碳足迹比例（%） |
|-----------|---------------------------|------------|
| 原材料获取阶段   |                           |            |
| 其中：原生材料贡献 |                           |            |
| 其中：再生材料贡献 |                           |            |
| 生产制造阶段    |                           |            |
| 其中：能源消耗排放 |                           |            |
| 其中：无组织排放  |                           |            |
| 运输阶段      |                           |            |
| 使用阶段      |                           |            |
| 生命末期阶段    |                           |            |
| 总计        |                           | 100        |

### B.9.3 关键贡献源分析

列明排名前 5 的碳排放热点环节，说明主要成因。

### B.10 不确定性与敏感性分析

#### B.10.1 不确定性分析

说明数据质量、方法选择、参数取值带来的不确定性范围，明确总结果的置信区间。

#### B.10.2 敏感性分析

对电力排放因子、主材消耗、再生材料占比等关键参数开展  $\pm 10\%$  波动测试，说明对总碳足迹结果的影响程度。

### B.11 碳减排改进措施

结合碳足迹热点环节，提出针对性减排方案，包括但不限于：

1. 原材料端：提升再生材料占比、低碳供应商替代
2. 制造端：工艺节能、绿电替代、NMP 回收效率提升
3. 运输端：低碳运输方式切换、本地化采购
4. 数据质量提升计划：次级数据替代为初级数据的时间表

### B.12 信息披露声明

声明本次核算数据真实、完整，符合本规范要求，对数据真实性承担相应责任；涉及对外披露的报告需明确披露范围与使用限制。

### B.13 附件清单

报告需附以下支撑材料，作为第三方核查、监管查验的必备文件：

1. 原材料采购台账、能源结算凭证复印件
2. 计量器具校准证书清单
3. 关键供应商碳足迹报告（如有）
4. 数据质量评估全套表格
5. 核算过程计算底稿
6. 绿证、PPA 购电凭证（如有）
7. 第三方验证报告（如有）

## 附录 C（资料性附录）锂电核算常用碳排放因子取值指引

本附录为湖北省内锂离子电池产业链碳足迹核算提供通用参考排放因子，优先级低于企业实测数据、供应商经第三方验证的初级数据、国家 / 湖北省生态环境部门最新发布的官方因子；仅当无更高质量数据时，可参照本附录取值，并在碳足迹报告中明确标注来源。

## C.1 电力类排放因子

| 因子名称          | 参考数值   | 单位                      | 适用场景                       | 数据来源说明                                        |
|---------------|--------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------|
| 湖北区域电网平均排放因子  | 0.5702 | kgCO <sub>2</sub> e/kWh | 湖北省内企业外购电网电力核算             | 参考生态环境部最新年度全国电网排放因子，结合湖北省电源结构调整取值，每年随官方发布动态更新 |
| 自建光伏自发自用电量    | 0      | kgCO <sub>2</sub> e/kWh | 企业屋顶光伏、分布式电站自用电力           | 需留存发电量台账、并网证明，对应电量不得重复申领绿证                    |
| 绿证 / PPA 直购绿电 | 0      | kgCO <sub>2</sub> e/kWh | 经国家可再生能源信息管理平台核销的绿证、合规直购绿电 | 需留存绿证核销凭证、购电协议，一证不得重复使用                       |

## C.2 化石燃料与热力类排放因子

| 因子名称       | 参考数值   | 单位                                 | 适用场景           | 数据来源说明                                   |
|------------|--------|------------------------------------|----------------|------------------------------------------|
| 天然气燃烧排放因子  | 2.1622 | kgCO <sub>2e</sub> /m <sup>3</sup> | 厂区锅炉、烘干工序天然气燃烧 | 《省级温室气体清单编制指南（试行）》                       |
| 柴油燃烧排放因子   | 3.1604 | kgCO <sub>2e</sub> /kg             | 厂内叉车、柴油设备燃烧排放  | 《省级温室气体清单编制指南（试行）》                       |
| 汽油燃烧排放因子   | 2.9251 | kgCO <sub>2e</sub> /kg             | 厂内机动车汽油消耗      | 《省级温室气体清单编制指南（试行）》                       |
| 工业普通蒸汽（燃煤） | 0.11   | kgCO <sub>2e</sub> /kg             | 外购蒸汽核算         | 华中区域工业蒸汽平均基准值，若为生物质 / 余热蒸汽需单独标注，采用对应排放因子 |

## C.3 货物运输类排放因子

| 运输方式       | 参考数值   | 单位                         | 适用场景         | 数据来源说明                      |
|------------|--------|----------------------------|--------------|-----------------------------|
| 重型货车（公路运输） | 0.135  | kgCO <sub>2e</sub> /t · km | 原材料、成品公路干线运输 | 交通运输部《公路货物运输温室气体排放核算指南》平均水平 |
| 铁路运输       | 0.0312 | kgCO <sub>2e</sub> /t · km | 大宗原材料长距离铁路运输 | 国家铁路集团货运平均排放因子              |
| 水路运输       | 0.022  | kgCO <sub>2e</sub> /t · km | 沿江大宗材料水路运输   | 国内内河航运平均排放基准值               |

## C.4 核心原辅材料基准排放因子（参考值）

## C.4.1 原生材料类

| 材料名称           | 参考数值 | 单位                     | 适用场景        | 备注                 |
|----------------|------|------------------------|-------------|--------------------|
| 三元正极材料（NCM811） | 11.2 | kgCO <sub>2</sub> e/kg | 正极材料上游碳排放核算 | 行业平均水平，优先采用供应商实测数据 |
| 磷酸铁锂正极材料       | 5.8  | kgCO <sub>2</sub> e/kg | 正极材料上游碳排放核算 | 行业平均水平，优先采用供应商实测数据 |
| 人造石墨负极材料       | 5.2  | kgCO <sub>2</sub> e/kg | 负极材料上游碳排放核算 | 含石墨化工序全流程排放        |
| 电解液（常规体系）      | 12.5 | kgCO <sub>2</sub> e/kg | 电解液上游碳排放核算  | 含溶剂、锂盐全流程生产        |
| 基膜（干法）         | 7.3  | kgCO <sub>2</sub> e/kg | 隔膜上游碳排放核算   |                    |
| 铜箔             | 3.5  | kgCO <sub>2</sub> e/kg | 负极集流体核算     |                    |
| 铝箔             | 7.9  | kgCO <sub>2</sub> e/kg | 正极集流体、铝壳核算  |                    |
| 碳酸锂（原生）        | 12.8 | kgCO <sub>2</sub> e/kg | 锂盐原材料核算     | 矿石法治炼平均水平          |

## C.4.2 再生材料类

| 材料名称     | 参考数值 | 单位                     | 适用场景        | 备注                  |
|----------|------|------------------------|-------------|---------------------|
| 再生碳酸锂    | 3.2  | kgCO <sub>2</sub> e/kg | 回收锂盐核算      | 湿法冶炼回收平均水平，需附回收来源证明 |
| 再生三元正极材料 | 4.7  | kgCO <sub>2</sub> e/kg | 再生正极材料核算    | 废旧电池回收再造全流程         |
| 再生铜      | 2.1  | kgCO <sub>2</sub> e/kg | 再生铜箔核算      |                     |
| 再生铝      | 1.9  | kgCO <sub>2</sub> e/kg | 再生铝箔 / 铝壳核算 |                     |

## C.5 锂电制造特有排放因子

| 排放源名称                    | 参考数值 | 单位                                      | 适用场景            | 备注                                 |
|--------------------------|------|-----------------------------------------|-----------------|------------------------------------|
| NMP 溶剂挥发无组织排放            | 2.62 | kgCO <sub>2</sub> e/kg                  | 匀浆、涂布工序 NMP 挥发  | 优先采用企业 VOCs 实测排放数据；无实测时按挥发量 × 因子核算 |
| 电解液溶剂分解排放                | 2.35 | kgCO <sub>2</sub> e/kg                  | 注液、化成工序电解液无组织挥发 | 优先采用厂界废气监测数据                       |
| 污水处理站 CH <sub>4</sub> 排放 | 0.25 | kgCO <sub>2</sub> e/kgCO <sub>2</sub> D | 生产废水处理排放        | 按废水 COD 削减量核算                      |

## C.6 废弃物处置类排放因子

| 处置方式      | 参考数值  | 单位                     | 适用场景           |
|-----------|-------|------------------------|----------------|
| 一般工业固废填埋  | 0.035 | kgCO <sub>2</sub> e/kg | 普通固废填埋处置       |
| 危险废物焚烧    | 0.82  | kgCO <sub>2</sub> e/kg | 废电解液、废有机溶剂焚烧处置 |
| 废电池物理回收拆解 | 0.38  | kgCO <sub>2</sub> e/kg | 废旧电池拆解工序       |

### C.7 因子使用规则

1. 优先级原则：所有因子使用严格遵循 “实测＞供应商验证数据＞官方发布数据＞本附录参考值” 的顺序，使用本附录因子必须在报告中明确标注 “采用湖北省锂电碳足迹规范附录 C 参考值”。
  2. 更新要求：本附录因子每 2 年更新一次；若国家、湖北省发布最新官方排放因子，以官方数值为准，企业应同步更新核算结果。
  3. 溯源要求：所有引用因子需留存数据源文件、版本号，纳入数据追溯体系，满足第三方核查与监管查验要求。
  4. 偏差说明：使用本附录参考因子核算的结果，需在不确定性分析中说明参考因子带来的结果偏差范围。
-

