

附件11

《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 动力电池（征求意见稿）》

编制说明

标准编制组

二〇二五年三月

目 录

1 项目背景.....	1
1.1 任务来源.....	1
1.2 工作过程.....	1
2 行业概况及标准制定必要性.....	2
2.1 行业概况.....	2
2.2 标准制订必要性.....	4
3 国内外相关标准情况的研究.....	5
3.1 主要国家、地区及国际组织相关标准.....	5
3.2 国内动力电池碳足迹标准.....	7
3.3 本标准与国内外同类标准或技术法规的对比.....	7
4 标准制订的基本原则和技术路线.....	8
4.1 标准制订的基本原则.....	8
4.2 标准制订的技术路线.....	9
5 标准主要技术内容.....	9
5.1 标准适用范围.....	9
5.2 标准结构框架.....	10
5.3 术语和定义.....	10
5.4 标准主要技术内容确定的依据.....	10
5.5 企业案例试算.....	16
6 标准实施建议.....	16

1 项目背景

1.1 任务来源

根据《2030年前碳达峰行动方案》《关于加快建立统一规范的碳排放统计核算体系实施方案》关于探索建立重点产品全生命周期碳足迹标准有关要求，生态环境部印发《关于建立我国碳足迹管理体系的实施方案》（环气候〔2024〕30号），明确提出优先聚焦电力、煤炭、水泥、玻璃、锂电池、新能源汽车、光伏和电子电器等重点产品制定发布产品碳足迹核算规则标准。为此生态环境部立项编制《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 动力电池》，项目编号为2024-63。项目由中国环境科学研究院承担，联合绿色汽车与低碳交通联合研究中心、国家机动车质量检验检测中心（重庆）、厦门环境保护机动车污染控制技术中心、清华大学、江西省生态环境监测中心开展标准编制工作。

1.2 工作过程

（1）成立标准编制组

2024年4月，按照《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 动力电池》标准总体研究计划，召集来自检测机构、科研院所等多领域的专业人员，组成标准制定核心编制组并分别对国内外相关标准法规、原材料及零部件加工、电池生产、使用阶段、电池生命末期阶段与数据质量评价等方面开展全面研究。

（2）碳足迹标准现状和行业概况调研

2024年4~5月，编制组广泛搜集国内外关于碳足迹的相关政策法规、标准体系、核算方法，如ISO 14067、GHG Protocol、GB/T 24040、GB/T 24044等，对其中的关键技术参数和要求进行比对，并结合国内实际情况，确认了原材料获取及零部件加工、电池生产、电池分销、电池使用和电池生命末期阶段的动力电池碳足迹核算主要技术指标，初步建立动力电池产品碳足迹核算方法。通过会议、访谈等方式与联合国世界车辆法规协调论坛汽车全生命周期评价小组（WP29 GRPE A-LCA）、生态环境部环境工程评估中心、宁德时代、比亚迪、国轩高科、蜂巢能源、丰田中国、宝马中国、大众中国、沃尔沃、华友钴业等机构及企业开展动力电池碳足迹核算相关座谈与交流。

（3）编制开题论证报告和标准草案

2024年5月，通过查阅相关领域的文献，了解现有的动力电池碳足迹研究成果、方法论和数据来源，同时编制组组织召开标准内部研讨会就标准主要内容进行研讨，形成了标准开题论证报告和标准草案。

（4）开题论证

生态环境部环境标准研究所组织召开标准开题论证会，组织相关专家对开题论证报告和标准草案进行了论证，会议通过了该标准的开题论证，并提出了下一步的工作建议。

（5）企业调研与碳足迹因子研究

2024年6~8月，标准编制组开展碳足迹因子研究工作，通过文献及企业调研梳理动力

电池碳足迹核算所需的原材料、能源、运输等碳足迹因子并进行优化。同时，完成电池企业动力电池产品的碳足迹核算案例，并将草案向有关动力电池企业小范围征求意见，企业对取舍准则、数据质量评价等方面提出了反馈意见和建议。

(6) 编制标准征求意见稿及编制说明

2024年9月~10月，标准编制组多次组织召开内部研讨会，就标准的主要技术内容、碳足迹因子缺省值等关键问题进行研讨，并形成了标准征求意见稿初稿及征求意见稿编制说明初稿。

(7) 召开标准征求意见稿技术审查会

2024年10月31日，组织召开征求意见稿技术审查会。来自生态环境部应对气候变化司、中国环境科学研究院、国家应对气候变化战略中心、中国环保产业协会、中环联合认证中心、各行业协会及标准编制单位等30余家单位参会。审查专家组听取了标准编制单位对标准文本和编制说明的介绍后，一致同意通过该标准征求意见稿技术审查。

2024年11月-至今，根据标准技术审查会的意见，进一步修改完善，形成《温室气体产品碳足迹量化方法与要求 动力电池》（征求意见稿）及编制说明，向社会公开征求意见。

2 行业概况及标准制订必要性

2.1 行业概况

我国新能源汽车市场总量居于国际领先地位，动力电池销量也高速增长、国际竞争力持续提升。自2015年起新能源汽车保有量保持全球第一，2022年中国新能源汽车保有量约1310万辆，占汽车总量的4.10%。2023年我国动力电池累计销量为616.3GWh，累计同比增长32.4%，动力电池累计出口127.4GWh（动力电池及其他电池合计出口152.6GWh），占比83.5%，同比增长87.1%。2023年全球动力电池装机量超过707.5GWh，其中宁德时代市场占有率为35.9%、比亚迪为16.9%。

动力电池对整车碳足迹贡献较大，成为新能源汽车碳管控重点。许多研究机构探讨了电动汽车的生命周期碳排放，并将其与传统的内燃机汽车进行了比较，发现电池制备过程中的高能耗和高排放使得电动汽车在生产阶段的碳排放量高于传统内燃机汽车。此外，电池作为电动汽车的核心部件，对电动汽车的碳排放有显著影响。当前我国动力电池碳排放平均水平在83.5 kgCO₂e/kWh，中国汽车动力电池产业创新联盟数据显示，2023年我国动力电池累计产量778.1GWh，造成的碳排放量约6497万吨。整车制造碳排放中，续航超过500 km的动力电池碳排放占比超过40%，已成为新能源汽车碳管控重点。

磷酸铁锂电池和三元锂电池占据我国动力电池市场主导地位。在车载电池中，锂离子电池以其能量密度高、循环寿命长等特点成为新能源车使用的主要动力电池类型，在减少道路交通排放方面发挥着核心作用。其中磷酸铁锂电池（LFP）和三元锂电池（NCM）分别以其成本竞争优势和较高的能量密度优势，占据市场主导地位。根据中国汽车工业协会的数据，2023年我国动力电池累计装车量387.7GWh，同比增长31.6%，其中三元锂电池累计装车量126.2GWh，占总装车量的32.6%，同比增长14.3%；磷酸铁锂电池累计装车

量 261 GWh，占总装车量的 67.3%，同比增长 42.1%。

正极材料制造是动力电池碳足迹的主要贡献者。动力电池产品碳足迹在 60~98 kgCO₂e/kWh 之间，但由于系统边界、取舍准则等核算规则不统一导致产品碳足迹核算结果存在较大差异。对于动力电池碳足迹，正极材料制造是主要碳足迹来源，正极材料碳足迹占比约为 20%~50%，且对不同类型电池的影响程度不同，三元锂电池正极碳排放贡献更为突出，三元锂电池正极更高的碳排放主要来源于金属资源的生产过程，其中锂、镍、钴等原材料获取阶段的碳排放占正极材料的 65%以上。

动力电池是新能源汽车其核心部件，主要由电池单体（电芯）、电池模块（模组）、电池管理系统（BMS）、热管理系统以及高压电气元件等组成。电池单体是最基本的储能单元，包含正负极材料、电解液、隔膜等，通过化学反应存储和释放电能。这些电芯经过串并联组合形成模组，以达到所需的电压和容量，模组间进一步集成并配以管理、散热等辅助系统，封装成电池包（PACK），为车辆提供动力。

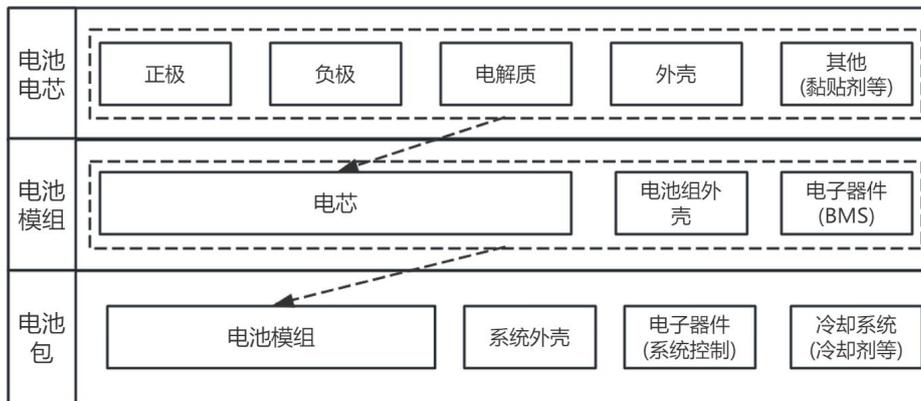


图 2-1 电池主要组成

动力电池的制造是一个复杂的多步骤过程，涵盖了从原材料选择到最终产品测试的各个环节。通过文献及实际调研，总结电池生产工艺流程包括：原材料检验、正负极浆料制备与涂布、极片烘干与辊压、极片切割与分条、电芯卷绕或叠片、电芯注液与密封、化成与容量分选、模块组装、模块检测、电池包总装、电池包性能与安全测试，直至最后的系统集成与整体测试。这一系列工艺步骤确保了电池的安全性、性能一致性和长寿命，支持新能源汽车的高效可靠运行。

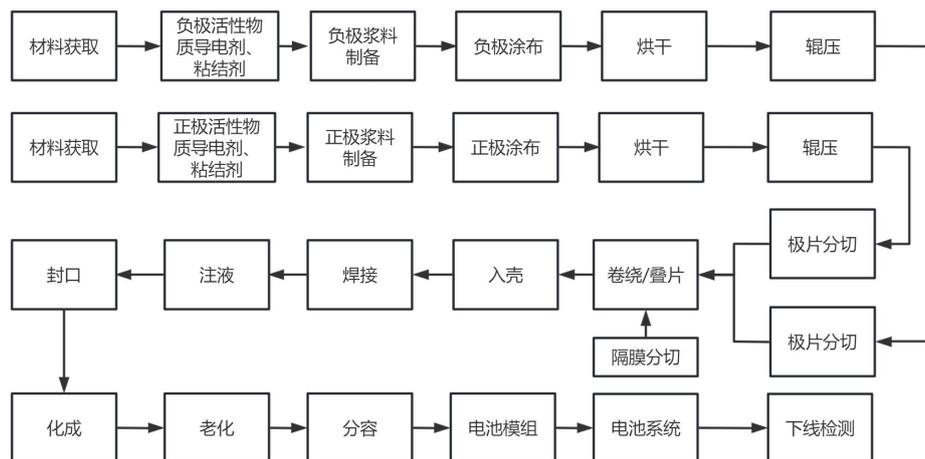


图 2-2 动力电池主要生产工序

电池回收被认为是减少与电池生产相关环境影响的最佳方法，它可能会降低约 50% 的材料生产能源需求，全面降低对环境的污染。退役动力电池资源价值丰富，从资源利用的角度，高效回收利用这些金属资源，能够降低和缓解对矿产资源过度开采和进口的依赖，减少对于锂（Li）、镍（Ni）、钴（Co）等矿产资源的过度开采，能够对全球新能源汽车产业的可持续发展起到促进作用，同时也能大幅削减动力电池全生命周期的碳排放总量。动力电池的回收过程按照回收工艺的不同可分为化学法和物理法，化学法包括湿法和火法，物理法包括机械物理法。目前国内动力电池回收行业中，湿法应用最为广泛。

2.2 标准制订必要性

2.2.1 落实国家相关政策的需要

国家政策推动电池碳足迹标准制订。2021 年 10 月，国务院发布《2030 年前碳达峰行动方案》（国发〔2021〕23 号）要求探索建立重点产品全生命周期碳足迹标准，积极参与国际能效、低碳等标准制定修订，加强国际标准协调。2024 年 6 月，生态环境部等 15 个部委联合印发的《关于建立碳足迹管理体系的实施方案》提出，要建立健全碳足迹管理体系，优先制定发布动力电池等重点产品碳足迹核算规则标准。2024 年 7 月，国务院办公厅关于印发《加快构建碳排放双控制度体系工作方案》的通知，建立健全地方碳考核、行业碳管控、企业碳管理、项目碳评价、产品碳足迹等政策制度和管理机制。2025 年 1 月 2 日，生态环境部等五部委关于印发《产品碳足迹核算标准编制工作指引》的通知，明确指出加快构建产品碳足迹管理体系，按照“急用先行 稳妥推进”的原则，扎实推进重点产品碳足迹核算标准研制，扩大标准供给，提升标准质量，同步开展碳足迹因子研究和测算工作。

2.2.2 行业高质量发展的需要

推动技术创新与产业升级。在当前全球倡导绿色能源转型的大环境下，动力电池行业作为新能源产业的核心支撑，其高质量发展离不开碳足迹标准的有力支撑。从产业升级层

面来看，碳足迹标准为动力电池行业提供了清晰的量化指引。随着技术的飞速发展，行业内企业不断寻求突破，从原材料的选取、电池生产工艺的优化，到电池回收利用环节的完善，每一步都需要精准的碳排放数据作为依据。碳足迹标准能够帮助企业识别出生产过程中的高碳排放环节，进而针对性地投入研发，推动技术创新与产业升级，实现生产流程的绿色化、高效化。促进行业能够有效减少碳排放，降低对环境的影响，推动资源的循环利用，实现经济与环境效益的双赢。这不仅有助于企业树立良好的社会形象，还能促使整个行业形成绿色发展的良性循环，为动力电池行业的高质量、可持续发展奠定坚实基础。

2.2.3 开展国际贸易互联互通的需要

发达国家持续发布电池碳足迹管控政策。2023年8月，欧盟首个针对电池全生命周期管理的法规《电池与废电池法规》作为绿色新政的重要支撑正式生效。法规要求2025年开始，容量超过2 kWh的动力电池必须提供碳足迹声明和标签，动力电池企业需根据相关标准收集并计算包括原材料获取及零部件加工、产品生产、分销、报废和回收的碳排放数据。自2027年起，出口到欧洲的动力电池必须持有符合欧盟要求的“电池护照”，其中要求记录产品碳足迹等详细内容。2024年4月，欧盟基于《电池与废电池法规》发布了二级配套法规《电动汽车电池碳足迹计算和验证方法》的征求意见稿。该配套法规进一步明确了动力电池碳足迹核算方法。日本明确计划要求投放日本市场的电动汽车制造商计算和报告动力电池生产过程中的二氧化碳排放量，并将设定动力电池碳排放量上限，禁止任何超过该限值的车辆获得补贴。法国出台的《新电动乘用车生态基金环境得分计算方法》，电池需单独核算碳足迹。因此应加强碳足迹标准及核算工作，提高我国动力电池产品国际竞争力，提升国际合作的稳定性与持续性，促进全球范围内动力电池产业链上下游企业之间的深度合作与交流。

3 国内外相关标准情况的研究

3.1 主要国家、地区及国际组织相关标准

3.1.1 国际典型的产品碳足迹核算标准

国际典型的产品碳足迹核算和评价标准主要有：（1）英国标准协会（British Standards Institution, BSI）发布的产品碳足迹评价标准 PAS 2050、（2）国际标准化组织 ISO 发布的 ISO 14067、（3）世界资源研究所与世界可持续发展工商理事会共同发布的（GHG Protocol）、（4）欧盟委员会建立的产品环境足迹（Product Environmental Footprint, PEF）。

BSI于2008年发布了PAS 2050《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》，该标准引入生命周期评价（LCA）概念，是世界上首例针对产品碳足迹的核算标准，为企业提供了一个一致的方法评估产品生命周期内温室气体的排放。2011年出台的GHG Protocol《温室气体核算体系：产品生命周期核算与报告标准》，借鉴了PAS2050（2008）的内容，并增添了补充性的条款要求，用于评测产品的生命周期碳排放的报告，旨在帮助

企业或组织针对产品设计、制造、销售、购买以及消费使用等环节制定相应的碳减排策略。国际标准化组织（ISO）以 PAS 2050 为基础，编制了产品碳足迹的国际标准 ISO 14067《温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南》，2013 年发布第一版，2018 年进行了修订。该标准适用于评估所有商品及服务活动生命周期内的碳排放，是有效推动绿色商品或服务评价的工具，其步骤和结构实质上与生命周期评价（LCA）基本一致。2013 年，欧盟委员会发布了新的环保政策通知“建立统一的绿色产品市场”，将采用统一的方法评价，其评价体系称为产品环境足迹，并同时发布了 PEF 方法指南。综合评价包括产品碳足迹在内的 16 种环境影响类型，现已开发包含电池、光伏组件等 PEFCR。

上述标准适用于所有产品的碳足迹核算，但不同产品的生产过程及使用特性差别较大，通用标准无法精确的核算出实际产品碳足迹，因此，需要建立有针对性的产品碳足迹标准。

3.1.2 国外动力电池碳足迹标准

3.1.2.1 欧盟用于移动应用的高比能量可充电电池产品的环境足迹种类规则（PEFCR）

电池 PEFCR 适用电池范围广且碳足迹包括使用阶段。欧盟委员会于 2018 年发布了电池 PEFCR，2020 年 2 月进行更新，于 2021 年 12 月 31 日失效。电池 PEFCR 适用范围不仅包括汽车动力电池还包括集成电路，如平板电脑、手机、电动工具电池等（包含充电装置）。该标准定义功能单位为电池整个使用寿命（以 kWh 计算）中提供 1kWh 电能，总电量计算方式为额定能量、循环次数、能量效率三者乘积。系统边界包括原材料获取与加工阶段、电池制造阶段、分销阶段、使用阶段、回收和最终处置阶段。取舍准则规定原材料运输、产品分销运输或废弃回收阶段的运输可舍去、电池组装和回收阶段的生产设备制造可舍去、次级零部件组装和机械部件的环境影响可舍去。同时要求对碳足迹权重占前 80% 的初级数据及次级数据进行数据质量评价（DQR），评价内容包括技术代表性（TeR）、时间代表性（TiR）、地理代表性（GeR）和精度（P）。回收和最终处置阶段碳足迹需按照循环足迹公式（CFF）进行计算，考虑前后两个产品系统生命周期环境影响环境效益的分配。

3.1.2.2 欧盟电动汽车电池碳足迹计算和验证方法

为支撑《电池与废电池法规》中对于电池碳足迹声明的要求，2024 年 4 月欧盟发布二级配套法案《电动汽车电池碳足迹计算和验证方法》和《电池碳足迹声明》的征求意见稿，以指导相关企业开展电动汽车电池碳足迹核算及碳足迹申报工作，并于 2024 年 5 月 28 日完成意见征集。从发布内容看，该项法案沿袭了欧盟联合研究中心（JRC）发布的《电动汽车电池碳足迹核算方法（CFB-EV）》草案的整体框架，系统边界涵盖原材料获取和预处理阶段、生产阶段、分销阶段和生命末期阶段，未包含使用阶段，采用循环足迹公式（CFF）核算生命末期阶段碳排放，并给出了相关参数的缺省值。但考虑到成本和实施等因素，在总能量计算、数据收集、电力建模等方面进行了调整。

总能量的计算方法不区分类型。对轻型电动汽车电池、电动摩托车电池、中重型电动汽车电池等其他电动车电池，总能量计算方式统一为电池初始可用能量容量、年等效充放电次数和运行年数三者乘积。

分销阶段需要提供公司特定数据且核算范围有所扩大。一方面，分销阶段数据收集和

建模应按照强制性公司特定过程进行，包括运输距离和运输方式等公司特定数据输入。另一方面，分销阶段由原来 CFB-EV 中规定的电池制造厂到电池安装地调整为电池制造厂到投入欧盟市场的运输过程，意味着国际货运产生的碳排放也需要计算。

仅对次级数据进行数据质量评价。数据质量评价包含时间代表性、技术代表性以及地理代表性，每个评价分为 5 个等级。

电力建模方式只保留了直连电力模型和国家平均电力消费组合模型。保留 CFB-EV 草案中第 1 种（直连电力模型）和第 4 种（国家平均电力消费组合模型）电力模型，未采纳第 2 种（具体供应商电力产品模型）和第 3 种（剩余消费组合模型），说明通过签订绿电购买协议将无法使用对应的绿电碳排放因子。

3.2 国内动力电池碳足迹标准

国内动力电池碳足迹标准起步较晚，目前尚无动力电池产品碳足迹国家标准或生态环境标准，已发布或者征求意见的动力电池碳足迹核算标准以团标和行标为主，主要有《碳足迹量化方法 车用锂离子电池》（T/CAS 878-2024）、《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 锂离子电池》（T/CQAE 12002-2024）、《动力蓄电池产品碳足迹量化方法与要求》、《碳足迹评价技术要求 动力电池》（T/SQIA 023-2023）等。

3.3 本标准与国内外同类标准或技术法规的对比

动力电池产品碳足迹主要技术内容包括功能单位、系统边界、数据质量评价等，本标准以上述技术内容与国内外相关标准进行了对比。

表 3-1 本标准与国内外同类标准主要技术内容对比表

标准内容	PEFCR	《电动汽车电池碳足迹计算和验证方法》	国内标准	本标准
功能单位	电池整个使用寿命中提供 1kWh 电能，总电量为每次充放电所耗电量、充放电次数和每次充电容量乘积	动力电池在其使用寿命期间内向车辆提供 1kWh 的能量，总能量为可用能量容量、每年等效充放电次数、质保期乘积，并详细规定了不同类型的车辆的充放电次数和质保期的具体要求	大多定义为“动力电池在其使用寿命期间内向车辆提供 1kWh 的能量”或“使用寿命提供 1kWh 电量”	动力电池在其使用寿命期间内向车辆提供 1kWh 的能量，在每年等效充放电次数细分轻型营运及非营运车辆
系统边界	涵盖了从原材料获取到废弃回收的完整生命周期，包括使用阶段	原材料获取及零部件加工、电池生产、电池分销和电池生命末	大多包含使用阶段	原材料获取及零部件加工、电池生产、电池分销和电

标准内容	PEFCR	《电动汽车电池碳足迹计算和验证方法》	国内标准	本标准
		期阶段，不包括电池使用阶段		池生命末期阶段，不包括电池使用阶段
取舍准则	基于环境重要性的所有影响类别的1%取舍，详细列出了可以忽略的具体过程和组件	材料重量占比小于各部分的1%的材料可舍去，舍去的材料重量应加到该材料所在部分的碳排放因子最高的输入材料中，及其他详细取舍内容	大多按照重量或碳排放贡献1%占比进行取舍，总共取舍的比例不超过5%，以及舍去生产设备、辅助投入等	材料重量占比小于各部分的1%的材料可舍去，舍去的材料重量应加到该材料所在部分的碳排放因子最高的输入材料中等
数据质量评价（DQR）	包含4个指标，技术代表性、地理代表性、时间代表性、数据精度	包括3个指标，时间代表性、地理代表性及技术代表性	部分标准未包括数据质量评价内容，部分标准评价包含4个指标，技术代表性、时间代表性、地理代表性、数据来源代表性	包括时间代表性、地理代表性及技术代表性

4 标准制订的基本原则和技术路线

4.1 标准制订的基本原则

本标准的制定严格遵循生命周期的核心理念，通过整理融合与动力电池行业碳排放相关的政策、法规、技术指南和标准等资料，在充分考虑我国动力电池行业的现状的基础上，标准编制组遵循以下原则：

（1）注重标准的科学性。本标准基于国内外碳足迹核算方法相关内容，在数据质量评价体系、总能量计算等方面进行了优化，确保最终核算结果和报告的科学性。

（2）注重标准的系统性。本标准遵循 ISO 14067、PAS2050、GB/T 24067 等产品碳足迹标准通则的框架，在功能单位、系统边界、取舍准则等重要内容方面注重与国际动力电池碳足迹标准的协调衔接。

(3) 注重标准的适用性。本标准借鉴国内外碳足迹核算方法的同时，充分考虑行业实际情况，在功能单位、系统边界、计算公式等内容进行完善，确保标准的可操作性和适用性。

(4) 注重标准的规范性。本标准按照 HJ-565 《环境保护标准编制出版技术指南》的要求和规定编写。

4.2 标准制订的技术路线

本标准编制采用如下图 4-1 所示技术路线。通过国内外相关文献和标准的调研以及行业企业交流等，初步形成标准制订原则和框架结构，确定标准主要技术内容，包括碳足迹量化核算的功能单位、系统边界、核算方法、数据质量评价以及碳足迹因子缺省值等，编制形成标准草案，邀请企业根据本标准草案进行案例试算，将试算过程的问题及建议反馈给标准编制组，根据企业反馈情况，优化完善标准草案，形成标准征求意见稿和编制说明。

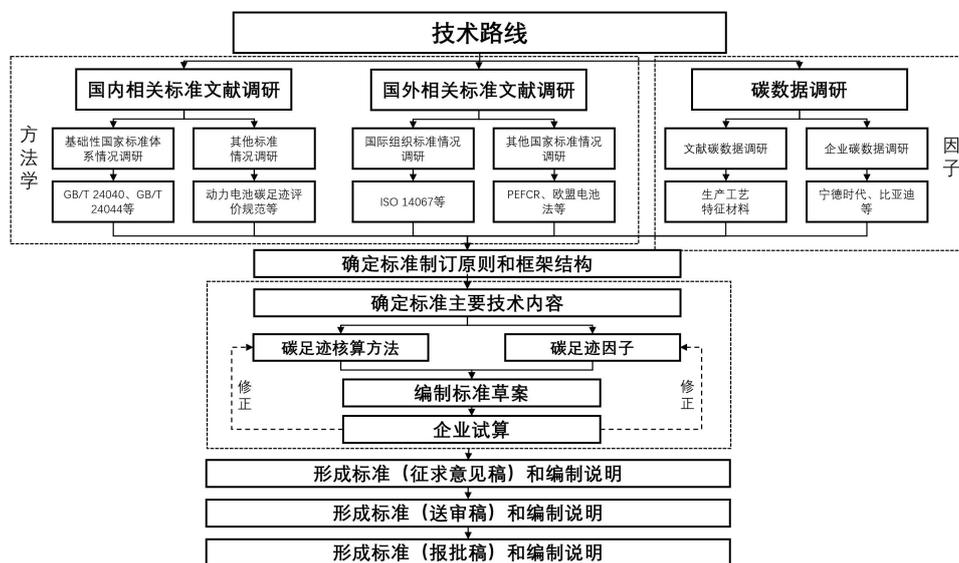


图 4-1 主要技术路线

5 标准主要技术内容

5.1 标准适用范围

本标准规定了动力电池产品碳足迹量化的方法与要求，包括量化目的和范围、清单分析、影响评价、结果解释、产品碳足迹报告等内容。本标准适用于磷酸铁锂蓄电池、镍钴锰酸锂蓄电池、镍钴铝酸锂蓄电池、锰酸锂蓄电池、钴酸锂蓄电池、钠离子蓄电池和镍氢蓄电池等动力电池，其他类型电池可参照使用。考虑到国家对碳足迹管理工作的需要，本标准可以支撑产品碳足迹绩效评价、产品碳足迹信息披露、环保信息公开等工作。

5.2 标准结构框架

本标准分为正文和附录两部分。正文包括适用范围、规范性引用文件、术语和定义、量化目的和范围、清单分析、影响评价、结果解释、产品碳足迹报告 8 个章节，附录对数据收集清单、碳足迹因子缺省值、数据质量评价方法、温室气体全球变暖潜势、产品碳足迹报告模板进行了规范和说明。

量化目的和范围、清单分析、影响评价为标准的核心内容，其中量化目的和范围明确了量化目的、量化范围、功能单位、取舍准则等，清单分析定义了数据收集、数据质量要求、数据选择要求、数据审定、分配等，影响评价详细说明了动力电池产品部分碳足迹核算及动力电池产品碳足迹核算的计算方法及公式。

5.3 术语和定义

本标准术语与定义中，温室气体、产品碳足迹、产品部分碳足迹从 GB/T 24067 标准中摘录，数据质量从 GB/T 24044 标准中摘录，再生材料来源于 GB/T 26989 标准，并定义动力电池、产品碳足迹因子、原生材料、数据质量等级、物料清单相关术语。

动力电池指为动力系统提供能量的蓄电池，包括磷酸铁锂蓄电池、镍钴锰酸锂蓄电池、镍钴铝酸锂蓄电池、锰酸锂蓄电池、钴酸锂蓄电池、钠离子蓄电池和镍氢蓄电池等动力电池；产品碳足迹因子是指单位产品在系统边界内的生命周期温室气体排放量和温室气体清除量之和，以二氧化碳当量每单位产品表示，由于因子通常理解为单位产品污染物或温室气体排放量，故本标准结合产品碳足迹核算工作的实际需要，重点增加了系统边界、全生命周期两个限制性描述，增强了核算工作的统一性、可比性和可操作性；原生材料指未经回收再利用的全新材料，即从自然界中直接提取，尚未投入过任何生产循环或消费过程中的材料；数据质量等级（DQR）指的是基于时间代表性、技术代表性、地理代表性对数据质量进行的半定量评估；物料清单（BOM）指一个产品所需要的所有物料、零件和组件的清单和说明，BOM 表通常包括以下关键信息：物料编号、物料名称、物料成分、物料数量和单位、供应商信息等。

5.4 标准主要技术内容确定的依据

5.4.1 功能单位

国内外动力电池碳足迹标准功能单位基本为“动力电池在其使用寿命期间内向车辆提供 1 千瓦时（kWh）的能量”，欧盟电动汽车电池碳足迹核算方法使用寿命期间总能量的计算方式为可用能量容量、年等效充放电次数、使用年限三者相乘。其中年等效充放电次数轻型车为 60 次，中重型车为 250 次。

本标准功能单位及总能量计算方式与欧盟电动汽车电池碳足迹核算方法基本保持一致，总能量=可用能量容量×年等效充放电次数×质保期。年等效充放电次数优先使用电池制造商提供的对应车型的次数，电池制造商未能提供的采用默认值，并对轻型车年等效充放电次数轻型车进一步细分为非营运车 60 次、营运车 360 次。营运车辆年等效充放电次数参考

《道路机动车排放清单编制技术指南（试行）》年均行驶里程推荐值（120000km）计算。欧盟电动汽车电池碳足迹核算方法中将公里数转化为年（使用年限）的换算系数为轻型车20000公里/年（对应60次），故取360次。

5.4.2 系统边界

本标准借鉴国际研究经验，同时考虑到国内回收阶段数据及出口企业满足国外要求，提供了“部分生命周期”和“全生命周期”两种系统边界。部分生命周期包含原材料获取及零部件加工、电池生产和电池分销3个阶段；全生命周期包含原材料获取及零部件加工、电池生产、电池分销、电池生命末期4个阶段，系统边界见图5-1。

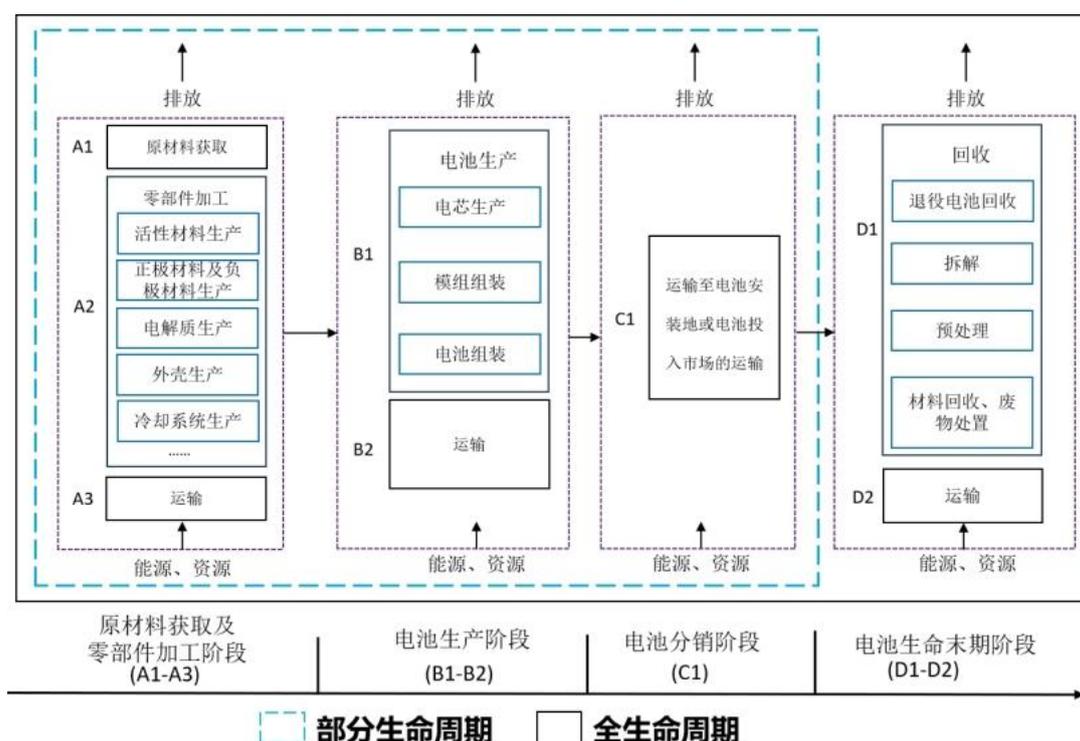


图 5-1 动力电池产品系统边界示意图

(1) 原材料获取及零部件加工阶段

本标准部分生命周期只考虑使用再生材料再生过程的环境影响而不考虑再生材料在收集之前的环境效益与环境影响。原材料获取包括原生材料与再生材料，其中再生材料的碳排放包括可再生废料回收、处理和再生的过程。全生命周期综合考虑再生材料的环境效益。

零部件加工阶段碳足迹核算范围与国内外标准保持一致，应考虑所有过程的输入和输出，包括原材料及辅料消耗、能源消耗、工艺过程产生的直接温室气体排放等。

(2) 电池生产阶段

电池生产阶段碳足迹核算范围与国内外保持一致，主要包括电芯生产、模组组装、电池组装。

(3) 电池分销阶段

本标准电池分销碳足迹核算范围包括从电池制造厂到电池安装地的运输或电池投入市场的运输，与欧盟《电动汽车电池碳足迹计算和验证方法》不同，欧盟电动汽车电池碳足迹核算方法规定的电池分销核算范围为电池制造厂到投入欧盟市场的运输。本标准的电池分销核算范围更加符合我国实际情况，同时适用于进口到国内的动力电池产品，保证方法的公平性。

(4) 电池生命末期阶段

本标准电池生命末期阶段包括退役电池拆卸、再利用和回收利用准备、电池拆解、热或机械预处理、破碎和分选、分离和转化为可再利用或可用于生产再生材料的物料、对于不可进行再利用的材料进行焚烧或填埋的过程。

5.4.3 取舍准则

国内外标准取舍准则有所不同，国内标准取舍准则要求对零部件重量（同类物料的合计重量）小于产品重量 1% 的排放可舍弃，但总共舍弃重量不得超过产品重量的 5%。欧盟《电动汽车电池碳足迹计算和验证方法》则规定了设备制造、包装材料的生产、不与动力电池整体永久相连或被包含的冷却系统、与电池生产没有直接关系的辅助投入、电池装配到整车、分销阶段的存储、废旧车辆运输至拆解地、废旧电池从车辆拆解地运输至电池拆解现场、电池拆解可以舍去，材料重量占比小于各零部件重量 1% 的材料均可舍去，但需要将舍去质量添加到碳足迹因子最高的材料质量中。

本标准取舍准则总体原则基于 GB/T 24044 及 GB/T 24047，取舍内容包括材料重量占比小于各零部件的 1% 的材料可舍去，为满足质量平衡，舍去的材料重量应加到该材料所在零部件的碳足迹因子最高的输入材料中。舍去部分应有书面记录并说明舍去原因。动力电池各生命周期阶段生产设备制造、不与动力电池整体永久相连或被包含的冷却系统、与动力电池生产没有直接关系的辅助投入，如办公用供暖照明、行政和研究部门的用电等、包装材料、将电池成品安装在电动汽车上的过程、运输过程的储存、分销阶段的储存、电池回收运输、退役电池拆解可以舍去。

5.4.4 数据收集要求

本标准规定应收集动力电池产品系统边界内所有单元过程的初级数据和次级数据并细化初级及次级数据收集要求。初级数据包括各过程的原材料和零部件消耗、能源消耗、废弃物排放、温室气体排放以及运输（包括运输形式、运输距离和运输量）等数据，次级数据包括原材料获取、能源开采及加工、最终处置等数据。

动力电池关键零部件加工、电池生产阶段、电池分销阶段和电池生命末期阶段应收集初级数据，原材料获取可使用次级数据。如果零部件加工、动力电池生命末期阶段的初级数据无法获得，可以根据要求选择合适的次级数据。初级数据优先选择实际测量值、BOM 数据、计算值，其次为相同工艺/设备的经验排放数据。次级数据优先选择供应商提供的符合相关碳足迹标准的碳足迹结果或经第三方专业机构验证获得的数据，其次代表供应商所在省市平均生产水平的数据、代表供应商所在国家平均生产水平的数据、其他文献、生命

周期数据库中代表中国地区的数据，以上数据均不可获得时可采用国外数据库的替代数据，同时论证数据的可行性。在同一优先顺序中的次级数据，应优先选择与目标产品供应商生产工艺一致的次级数据。

5.4.5 数据质量评价

本标准 DQR 方法与《电动汽车电池碳足迹计算和验证方法》数据质量评价指标相同，将评价指标分为时间代表性、技术代表性、地理代表性，仅要求评价次级数据的数据质量，并参考欧盟 PEF 体系数据质量等级（DQR < 1.5 表示优秀；1.5~2.0 表示很好；2.0~3.0 表示好；3.0~4.0 表示普通；DQR > 4.0 表示差），建议动力电池产品生命周期内所有过程的所有次级数据根据其碳足迹加权后总的 DQR 宜 ≤ 3.0。考虑到本地数据库可能存在未定义数据集有效期的情况，为鼓励使用本地数据库同时也为了增加实际评分过程的可操作性，在时间代表性评分表中增加官方数据集最新发布年相关要求。同时根据中国实际情况调整地理代表性评分标准，以相同地理区域（华东、华南等）作为最优评分。

5.4.6 影响评价

5.4.6.1 动力电池产品部分碳足迹核算

产品部分碳足迹核算仅包括原材料获取及零部件加工、电池生产及电池分销碳足迹之和与总能量的比值。除原材料获取外，其他阶段计算方式与国外标准保持一致。计算方式如下：

$$CFP = \frac{(E_{\text{原材料获取及零部件加工}} + E_{\text{生产}} + E_{\text{分销}})}{P_T} \quad (1)$$

5.4.6.2 动力电池产品碳足迹核算

动力电池碳足迹包括原材料获取及末期、零部件加工、电池生产、电池分销和与总能量的比值。除原材料获取及生命末期，其他阶段计算方式与国外标准保持一致。

$$CFP = \frac{(E_{\text{原材料获取及生命末期}} + E_{\text{零部件加工}} + E_{\text{生产}} + E_{\text{分销}})}{P_T} \quad (2)$$

原材料获取及生命末期公式如下：

$$E_{\text{原材料获取及生命末期}} = \sum \left\{ \begin{array}{l} R_{r,i} \times A \times E_{v,i} + R_{r,i} \times E_{r,i} + (1 - R_{r,i}) \times E_{v,i} \\ + E_{EOL} - R_{r,i}^* \times A \times E_{v,i} \end{array} \right\} \quad (3)$$

式中：

- A ——分配系数，取值为 0.5，若使用其他数值，需提供相应证明材料并记录在动力电池产品碳足迹报告中；
- $E_{v,i}$ ——原生材料 i 的碳足迹，kgCO₂e/kg；
- $E_{r,i}$ ——再生材料 i 的碳足迹，kgCO₂e/kg；
- E_{EOL} ——生命末期处置的碳足迹，kgCO₂e；

$R_{r,i}^*$ ——材料回收率，对于将要在下一产品系统回收（重复利用）的材料，该材料在产品中所占的比例，%。

5.4.6.3 碳足迹因子获取

(1) 特征材料碳足迹因子缺省值

特征材料碳足迹因子选取方面，通过查阅文献和企业调研，首先整理了动力电池所涉及的材料大类约为 17 种。同时，深度调研典型动力电池的主要材料类型及碳足迹占比，进一步研究表明，动力电池中碳足迹累积占比高达前 95% 的材料主要为活性材料（磷酸铁锂/镍钴锰酸锂）、铝、石墨、六氟磷酸锂、铜。不同类型动力电池各材料碳排放及累积占比如图 5-2、图 5-3 所示。

根据原材料碳足迹占比，标准编制组选取磷酸铁锂、镍钴锰酸锂进行碳足迹因子开发工作。标准编制组调研了 15 家磷酸铁锂企业，得到磷酸铁锂碳足迹因子推荐缺省值 7.9 kgCO₂e/kg。调研了 6 家镍钴锰酸锂企业，得到镍钴锰酸锂碳足迹因子推荐缺省值为 22.5 kgCO₂e/kg。

表 5-1 动力电池碳排放累积占比 95% 的材料种类

序号	磷酸铁锂电池	三元锂电池
1	磷酸铁锂	镍钴锰酸锂
2	铝	铝
3	石墨	石墨
4	六氟磷酸锂	铜
5	铜	六氟磷酸锂

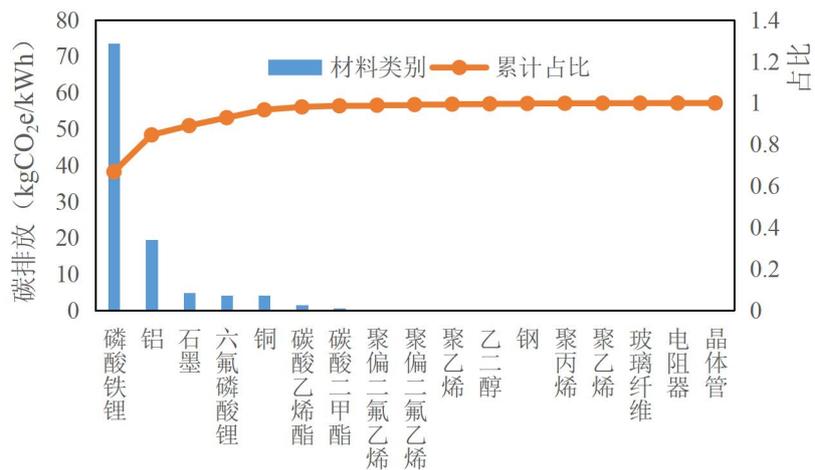


图 5-2 磷酸铁锂电池不同原材料碳排放及累积占比

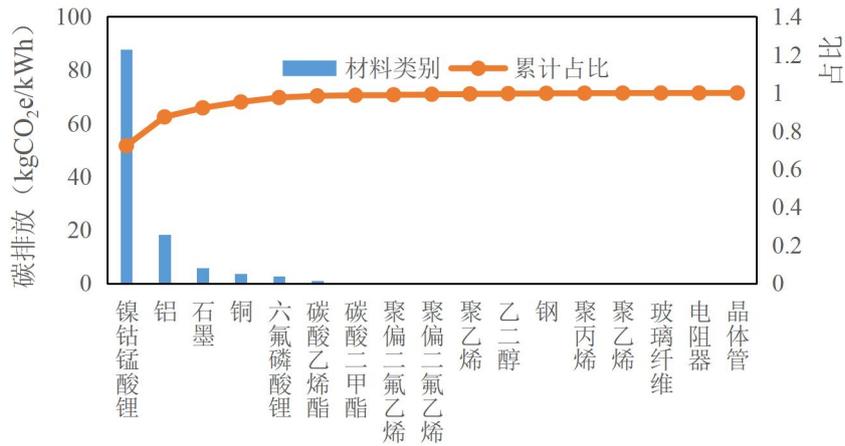


图 5-3 三元锂电池不同原材料碳排放及累积占比

(2) 运输碳足迹因子缺省值

运输过程碳足迹主要考虑运输设备使用过程中消耗的柴油、燃气、航空煤油、燃料油、电力等的碳足迹。运输过程碳足迹计算公式如下：

$$E_{运输} = E_{公路} + E_{铁路} + E_{水路} + E_{航空} \quad (4)$$

公路运输设备主要包括柴油、燃气货车等。按质量段划分的柴油和燃气货车燃料消耗量采用近 400 万辆重型车排放远程在线监控数据和部分车载排放测试数据；按质量段划分的柴油和燃气货车保有构成采用 500 万辆重型货车环保信息公开数据；公路货运周转量采用交通运输部官方发布数据；铁路运输设备主要包括柴油内燃机车和电力机车等；水路运输主要使用柴油和燃料油、航空运输主要使用航空煤油。基于生态环境部机动车排污监控中心的公路、铁路、水路和航空当量碳排放量和交通运输部发布的货运周转量计算形成运输基础因子，见表 5-2。

表 5-2 运输过程碳足迹因子推荐缺省值及对比

序号	类型	单位	推荐缺省值	法国生态基金
1	公路运输	kgCO ₂ e/(t·km)	0.076	0.377
2	铁路运输	kgCO ₂ e/(t·km)	0.003	0.041
3	水路运输	kgCO ₂ e/(t·km)	0.020	0.010
4	航空运输	kgCO ₂ e/(t·km)	1.404	1.210

5.4.7 电力建模

欧盟《电动汽车电池碳足迹计算和验证方法》的电力建模更新后仅包括直连电和国家平均电力消费组合，中国当前电力结构虽以火电为主，水电为辅，但风能、太阳能等可再生能源近年来迅速发展，清洁绿色电力占比正在逐步提升，动力电池产品碳足迹核算过程中应详细说明对电力的处理。

5.5 企业案例试算

为了验证标准的可行性和实用性，编制组邀请电池企业开展案例试算工作，现将案例说明结果展示如下。

(1) 基本信息

表 5-3 电池基本信息

案例试算代表电池信息	
产品名称	镍钴锰酸锂三元锂电池
系统边界	部分生命周期（包括原材料获取及零部件加工、电池生产、电池分销）
功能单位	动力电池在其使用寿命期间内向车辆提供 1 kWh 的能量
覆盖时间	2023 年 1 月 1 日-2023 年 12 月 31 日
额定能量	100 kWh
每年充放电次数	60 次
质保期	8 年
使用寿命期间总能量	48000 kWh

(2) 碳足迹结果

锂离子动力电池包从原材料获取到电池分销的碳足迹为 7392 kgCO_{2e}，每功能单位的碳足迹为 0.154 kgCO_{2e}/kWh（按总能量 48000 kWh 计算），其中原材料获取及零部件加工占比最高，为 82.4%，电池生产阶段次之，占比为 14.3%。各生命周期阶段的碳足迹情况如图 5-4 所示。

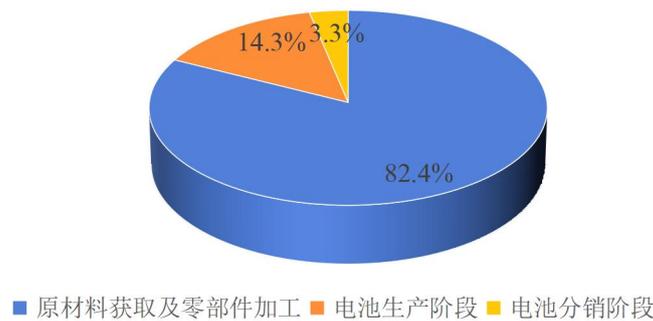


图 5-4 动力电池生命周期各阶段碳足迹分布图

6 标准实施建议

本标准作为重点产品碳足迹核算方法体系中的重要部分，为动力电池碳足迹量化提供

了科学的核算方法，其结果可作为产品碳足迹绩效评价、产品碳足迹信息披露、环保信息公开等不同应用的依据。

本标准中制定的系统边界为部分生命周期和全生命周期，鉴于当前报废阶段数据收集困难且数据质量不高，可采用部分生命周期核算产品碳足迹。随着电池报废回收阶段数据质量的提升，核算碳足迹时应采用全生命周期。本标准提供的碳足迹因子缺省值将随着基础材料行业碳核算体系的不断完善而更新和调整。

建议本标准尽快发布实施，同时以本标准为指导，应建立监测、报告和核查（MRV）体系，以确保碳排放数据的准确性。建议对动力电池碳足迹进行先声明、后定级、再限值的管理，即企业先开展碳足迹自愿性声明，企业提交并披露相关数据，其次，基于实际情况划分碳足迹等级，最后，待碳足迹等级实施后根据行业情况再设定具体的碳足迹限值要求。