

中华人民共和国国家生态环境标准

HJ XXXX—XXXX

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 轻型电动汽车

Greenhouse gases — Quantitative methods and requirements for carbon
footprint of products — Light-duty electric vehicle

(征求意见稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

生态环境部 发布

目 次

前 言	iii
1 适用范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 量化目的和范围	2
5 清单分析	5
6 影响评价	8
7 结果解释	14
8 产品碳足迹报告	15
附录 A（资料性附录） 数据收集清单	16
附录 B（规范性附录） 数据质量评价方法	20
附录 C（资料性附录） 碳足迹因子缺省值	22
附录 D（资料性附录） 温室气体全球变暖潜势	24
附录 E（资料性附录） 产品碳足迹报告模板	25

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》，指导和规范轻型电动汽车产品碳足迹量化工作，推动轻型电动汽车产品碳减排，制定本标准。

本标准规定了轻型电动汽车产品碳足迹量化方法和要求。

本标准的附录 A、附录 C、附录 D 和附录 E 为资料性附录，附录 B 为规范性附录。

本标准首次发布。

本标准由生态环境部应对气候变化司、法规与标准司组织制订。

本标准起草单位：中国环境科学研究院、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。

本标准生态环境部 2020 年 00 月 00 日批准。

本标准自 2020 年 00 月 00 日起实施。

本标准由生态环境部解释。

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 轻型电动汽车

1 适用范围

本标准规定了轻型电动汽车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。

本标准适用于最大设计总质量不超过 3500 kg 的电动汽车，其他类型汽车可以参照使用。

本标准仅针对单一影响类型，即气候变化，不评价产品生命周期产生的其他方面环境潜在影响，也不评价产品生命周期可能产生的社会和经济影响。

2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。其他文件被新文件废止、修改、修订的，新文件适用于本标准。

GB 18352	轻型汽车污染物排放限值及测量方法
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 24067	温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南
GB/T 26989	汽车回收利用 术语
HJ 1350	机动车环保信息公开技术规范

3 术语和定义

GB/T 24067界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

轻型电动汽车 light-duty electric vehicle

最大设计总质量不超过3500 kg的电动汽车，包含可外接充电式混合动力电动汽车（OVC-HEV）、不可外接充电式混合动力电动汽车（NOVC-HEV）及纯电动汽车（BEV）。

3.2

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地球表面、大气层和云层所产生的、波长在红外光谱内辐射的气态成分。

注：本标准涉及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）和三氟化氮（NF₃）。

3.3

产品碳足迹 carbon footprint of a product (CFP)

产品系统中的GHG排放量和GHG清除量之和，以二氧化碳当量表示，并基于气候变化这一单一环境影响类型进行生命周期评价。

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

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

3.4

产品部分碳足迹 partial carbon footprint of a product (partial CFP)

在产品系统生命周期内的一个或多个选定阶段或过程中的GHG排放量和GHG清除量之和，并以二氧化碳当量表示。

注1：产品部分碳足迹是基于或由与特定过程或足迹信息模型有关的数据汇集而成，这些数据是产品系统的一部分，可作为产品碳足迹量化的基础。

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

3.5

产品碳足迹因子 carbon footprint factor

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。

3.6

数据质量 data quality

数据在满足所声明的要求方面的能力特性。

3.7

原生材料 virgin material

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。

3.8

再生材料 recycled material

对失去原使用价值的材料经过加工处理使其重新获得使用价值的材料。

3.9

数据质量等级 data quality rating (DQR)

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。

3.10

全球统一的轻型车测试循环 worldwide harmonized light vehicles test cycle (WLTC)

M₁类、N₁类和最大设计总质量不超过3500 kg的M₂类车辆使用的全球统一测试循环，包含低速段（low），中速段（medium），高速段（high）和超高速段（extra high）四部分，持续时间共计1800 s。

3.11

中国工况 China light-duty test cycle (CLTC)

M₁类、N₁类和最大设计总质量不超过3500 kg的M₂类车辆使用的中国汽车行驶工况总称，包含低速（1部）、中速（2部）和高速（3部）3个速度区间，工况时长共计1800 s。

3.12

物料清单 bill of material (BOM)

制造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。

4 量化目的和范围

4.1 量化目的

开展轻型电动汽车产品碳足迹研究的总体目的是结合取舍准则（见4.3），通过量化轻型电动汽车产品全生命周期所有显著的温室气体排放量和清除量，计算产品对全球变暖的潜在影响（以二氧化碳当

量表示)。轻型电动汽车产品碳足迹量化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。

4.2 量化范围

4.2.1 一般要求

在确定轻型电动汽车产品碳足迹核算范围过程中，应考虑并描述下列各项：

——产品（系统）范围：明确产品名称（如轻型电动汽车）、功能单位（见 4.2.2）和系统边界（见 4.2.3）。

——时间范围：选择核算碳足迹有代表性的时间段（一般为企业一个日历年，特殊情况下可根据企业实际运营情况予以确定）。

注：与轻型电动汽车产品生命周期中具体单元过程相关的温室气体排放量和清除量随时间变化，选择的时间范围应可以确定产品生命周期中温室气体排放量和清除量的平均值。

4.2.2 功能单位

本标准定义的功能单位为“一辆轻型电动汽车生命周期内提供 1 km 的运输服务”，生命周期行驶里程按 2×10^5 km 计算。

4.2.3 系统边界

本标准提供部分生命周期和全生命周期两种碳足迹量化的系统边界，其中部分生命周期包含原材料获取及零部件生产阶段（A1-A3）、整车生产阶段（B1）、分销阶段（C1）和使用阶段（D1-D3）四个阶段；全生命周期包含原材料及零部件生产阶段（A1-A3）、整车生产阶段（B1）、分销阶段（C1）、使用阶段（D1-D3）和生命末期阶段（E1-E2）五个阶段，如图 1 所示。

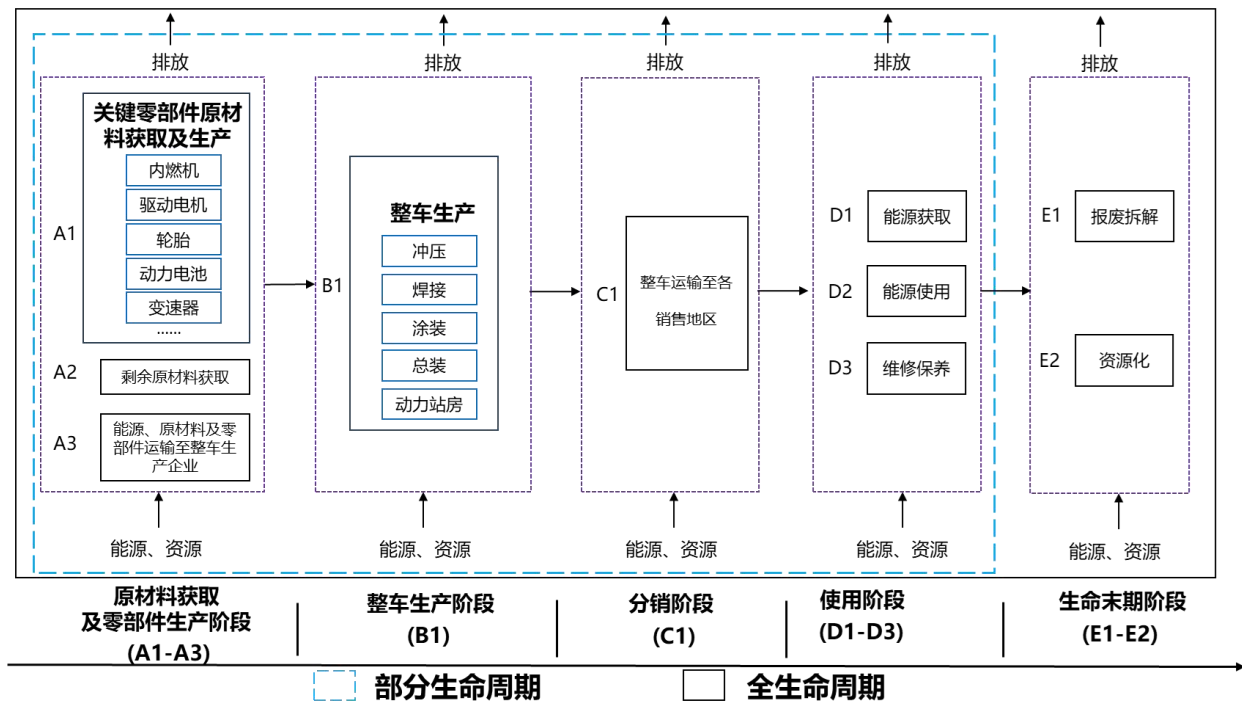


图1 轻型电动汽车产品碳足迹量化系统边界图

4.2.3.1 原材料获取及零部件生产阶段

该阶段包括原材料（包括原生材料和再生材料）和能源获取、原材料生产组装成零部件，以及原材料、能源和零部件运输到整车生产企业的过程。包括以下过程：

——关键零部件原材料获取及生产（A1）：至少包含内燃机（若有）、驱动电机、动力电池、变速器和轮胎的原材料获取、生产和制造过程；

——剩余原材料获取（A2）：除去关键零部件后，整车剩余原材料的获取和生产制造过程；

——能源、原材料及零部件运输（A3）：能源、原材料及零部件运输至整车企业的过程。

关键零部件及剩余原材料的数据收集可参考附录A中的表A.1；能源、原材料及零部件运输的数据收集可参考附录A中的表A.2。

4.2.3.2 整车生产阶段

该阶段从原材料和零部件运输进入整车生产企业开始，到最终产品离开整车生产企业为止，涵盖整车生产的全部工序，包括以下过程：

——生产过程（B1）：包括冲压、焊接、涂装、总装等生产环节及动力站房，涵盖生产过程中整车制造设备所消耗的能源（包括电力、蒸汽等）、物耗、辅助制造设备所消耗的能源（包括VOCs治理等）以及制造过程中的温室气体逸散（如二氧化碳保护焊等）。

整车生产阶段的数据收集可参考附录A中的表A.3。

4.2.3.3 分销阶段

该阶段包括以下过程：

——整车运输至各销售地区（C1）：将整车从整车生产企业运输到各销售地区的过程。

分销阶段的数据收集可参考附录A中的表A.4。

4.2.3.4 使用阶段

该阶段从用户使用车辆开始，直到车辆报废为止，包括以下过程：

——能源获取（D1）：车辆生命周期内行驶所消耗能源的开采、生产和加工过程；

——能源使用（D2）：车辆生命周期内行驶产生直接排放的温室气体的过程；

——维修保养（D3）：车辆生命周期内维修保养所需耗材的原材料开采、生产和加工过程。

该阶段的零部件维护更换，只考虑对应原材料开采、生产和加工过程的温室气体排放，不考虑更换过程的排放，更换的次数以产品维保手册要求为准。使用阶段的数据收集可参考附录A中的表A.5。

4.2.3.5 生命末期阶段

生命末期阶段包括以下过程：

——报废拆解（E1）：包括整车的拆卸、部件和组件拆解、分类、破碎、填埋、焚烧等过程；

——资源化（E2）：包括可再生材料的再使用、再制造、梯次利用等过程；

轻型电动汽车生命末期阶段的数据收集可参考附录A中的表A.6-1~A.6-2。

4.3 取舍准则

本标准规定如下取舍准则：

a) 重量占比小于所在零件的1%的原材料可舍去，舍去的原材料重量应加到该原材料所在零件的碳足迹因子最高的原材料中，舍去部分应有书面记录并说明舍去原因；

b) 零部件的包装原材料及过程，可舍去；

- c) 各生命周期阶段的生产设备制造，可舍去；
 - d) 与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，可以舍去；
 - e) 运输过程中运输用车碳泄漏产生的直接排放（如制冷剂或天然气逸散），整车产品在仓库/零售店的存放、从仓库/零售店交付到用户手中的运输等，可舍去；
 - f) 维修保养过程中所消耗的能源（如零部件更换过程），可舍去；
 - g) 按照部分生命周期核算时，可舍去生命末期阶段以及非关键零部件的制造过程等；
- 对于以上舍去的部分，应在产品碳足迹报告中记录并说明原因。

5 清单分析

5.1 数据收集

应收集轻型电动汽车产品系统边界内所有单元过程的初级数据和次级数据，具体见表1。

表 1 轻型电动汽车生命周期初级数据和次级数据要求

生命周期阶段	过程名称	初级数据	次级数据
原材料获取及 零部件生产阶段	内燃机生产	生产过程的能耗 关键零部件各原材料重量	能源碳足迹因子 原材料碳足迹因子
	变速器生产		
	动力电池生产		
	驱动电机生产		
	轮胎生产		
	剩余原材料生产	原材料重量	原材料碳足迹因子
	运输数据	运输距离、原材料运输重量	运输碳足迹因子
整车生产阶段	冲压生产	各类能耗、物耗及气体逸散重量	能源碳足迹因子 原材料碳足迹因子
	焊接生产		
	涂装生产		
	总装生产		
	其他生产车间		
	动力站房		
分销阶段	运输数据	运输距离、车辆重量	运输碳足迹因子
使用阶段	运行	认证能耗及温室气体排放	能源碳足迹因子
	维保	/	更换次数 润滑油和制冷剂用量 相应维保耗材的碳足迹因子
生命末期阶段	材料回收	/	各种材料回收的重量 回收过程的温室气体排放
	末期处置	/	消耗能源的重量及直接排放量 能源碳足迹因子

5.1.1 初级数据收集

轻型电动汽车关键零部件（总成）的生产、整车生产阶段、分销阶段、使用阶段的活动数据应尽可能收集初级数据；初级数据包括各过程的原材料消耗、能源消耗、废弃物排放、温室气体直接排放以及

运输（包括运输形式、运输距离和运输量）等数据，应尽可能收集一年稳定生产的初级数据，对数据的获得方式和数据来源均应在产品碳足迹报告中说明。

5.1.2 次级数据收集

次级数据包括原材料获取、能源开采及加工、运输过程的碳足迹因子、生命末期处置过程等数据。应在碳足迹核算报告中列出次级数据的时间代表性、地理代表性和技术代表性。若无法获得相关信息，则应在碳足迹核算报告中作出说明。

5.2 数据质量要求

5.2.1 初级数据质量要求

轻型电动汽车产品碳足迹核算中使用的初级数据应满足以下要求：

- a) 代表性。应收集系统边界内单元过程产品（例如整车或关键零部件生产过程）的每年平均统计数据，一般为最近的日历年或财政年度。如果产品的生产时间少于12个月，则应收集产品生产期间或从年初到停产期间的数据。在特殊情况下，数据收集可能指更短（或不同）的时间段。在这些情况下，应书面记录并说明理由。收集的数据应能代表所核算轻型电动汽车产品的实际生命周期各阶段情况；
- b) 完整性。根据数据取舍准则（4.3）的要求，收集轻型电动汽车产品原材料获取及零部件生产、整车生产、运输和生命末期阶段所使用的原材料、能耗以及废弃物处理等过程的数据；
- c) 准确性。初级数据中的能源、原材料消耗数据应来自企业实际生产统计记录，能源和原材料获取数据优先来自上游供应商；碳排放数据优先选择核查报告，或由物料平衡公式计算获得。所有初级数据均应详细记录相关的数据来源和计算过程等；如遇到数据分配，则需采用合理的分配方法并做详细记录；
- d) 一致性。应保持相同的数据来源、统计口径、处理规则等。

5.2.2 次级数据质量要求

轻型电动汽车产品碳足迹核算中使用的次级数据应满足以下要求：

- a) 代表性。优先选择与评估产品系统的时间代表性、地理代表性、技术代表性相近的次级数据，其次选择近年代表国内及行业平均生产水平公开的生命周期评价数据，最后选择国外同类技术数据；
- b) 完整性。需提供完整的次级数据信息，次级数据的系统边界应该从资源开采到这些原材料产品出厂为止；
- c) 一致性。对同类产品碳足迹的次级数据选择应保持一致。

5.2.3 数据质量评价

在开展轻型电动汽车产品碳足迹核算时，宜使用高质量的初级数据和次级数据，尽可能地减少偏差和不确定性。开展轻型电动汽车产品碳足迹核算的组织宜建立数据管理系统，保留相关文件和记录，进行数据质量评价，并持续提高数据质量。

本标准主要对钢铁及其合金、铝及其合金材料以及整车生产过程的次级数据做数据质量评价，数据质量评价应从时间代表性、技术代表性和地理代表性三个维度进行评价（其他原材料和生产过程企业可根据实际情况开展），数据质量等级（DQR）计算方法见附录 B。轻型电动汽车产品生命周期内钢铁及其合金、铝及其合金材料以及整车生产过程所有次级数据根据其碳足迹加权后总的 DQR 宜 ≤ 3.0 。

5.3 数据选择要求

5.3.1 初级数据获取原则

初级数据优先采用直接计量、检测获得的初级数据；其次可采用通过初级数据计算获得的数据（如根据年度购买量及库存量的变化确定的数据，根据财务数据折算的数据等）。针对轻型电动汽车产品不同生命周期阶段的活动数据获取，设置优先级，具体如下：

- a) 原材料获取及零部件生产阶段数据获取优先级：
 - 1) 用于统计和管理零部件及其构成材料重量信息的平台或数据库；
 - 2) 车型零部件设计发布工程师或相关重量属性开发工程师提供的数据；
 - 3) 产品设计开发阶段设定的目标值。
- b) 生产阶段数据获取优先级：
 - 1) 同一生产基地对应的单一车型的场地数据；
 - 2) 同一生产基地的平均值；
 - 3) 企业所有生产基地的平均值。
- c) 分销阶段数据获取优先级：
 - 1) 统计不同生产基地所有相关货运的类型、使用燃料、运输重量及运输距离；
 - 2) 统计或估算上一条所有情况下的平均值。
- d) 使用阶段数据获取优先级：
 - 1) 能源消耗量优先采用车型实际运行值；
 - 2) 其次采用车型对应的型式认证申报值；
 - 3) 如果无申报值可采用开发阶段设定的目标值。

5.3.2 次级数据获取原则

- a) 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；
- b) 代表供应商所在省市平均生产水平的数据；
- c) 代表供应商所在国家平均生产水平的数据；
- d) 其他文献、生命周期数据库中代表中国地区的数据；
- e) 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 数据审定

数据采集过程中，应验证数据的有效性，采用物料平衡、能量平衡、与历史数据和相近工艺数据对比等方式，确认数据合理性。数据应满足5.2数据质量要求。

5.5 数据分配

5.5.1 分配原则

轻型电动汽车数据分配的总体原则参照 GB/T 24040 及 GB/T 24044 中相关规定执行。

如果一个单元过程产出两种及以上产品时，需要对单元过程的输入和输出进行分配，分配应考虑以下方面：

- a) 应尽量避免数据的分配；

- b) 若无法避免分配，收集数据时可先收集某条生产线、某车间或运输的数据，并将数据划分到所核算的轻型电动汽车产品上，此时宜优先根据物理关系（如质量或能量）进行分配；
- c) 当物理关系不能作为分配依据时，可以根据产品的经济价值按比例进行输入输出数据的分配；
- d) 若使用其他分配方法时，须提供所使用参数的基础及计算说明；
- e) 本产品碳足迹计算涉及分配的重点阶段或环节包括零部件与整车生产阶段（共线生产）、原材料运输阶段（不同车型原材料混合运输）、生命末期阶段（再生材料和回收材料在材料阶段和回收阶段的环境效益分配）。

5.5.2 再利用和回收分配原则

生命末期的回收运输、拆卸和粉碎等处置过程产生的环境影响划分给所核算的轻型电动汽车产品，材料回收产生的环境效益的一部分划分给所核算的轻型电动汽车产品。

6 影响评价

6.1 产品部分碳足迹核算

轻型电动汽车产品部分碳足迹核算应按公式（1）进行计算，计算结果圆整（四舍五入）至小数点后三位：

$$CFP_{\text{部分}} = \frac{(E_{\text{原材料及零部件}} + E_{\text{整车生产}} + E_{\text{分销}} + E_{\text{使用}})}{L} \times 1000 \quad (1)$$

式中：

- $CFP_{\text{部分}}$ ——轻型电动汽车产品部分碳足迹，gCO₂e/km；
- $E_{\text{原材料及零部件}}$ ——原材料获取及零部件生产阶段的碳足迹，kgCO₂e；
- $E_{\text{整车生产}}$ ——整车生产阶段的碳足迹，kgCO₂e，整车生产阶段碳足迹因子缺省值见附录C；
- $E_{\text{分销}}$ ——分销阶段的碳足迹，kgCO₂e；
- $E_{\text{使用}}$ ——整车使用阶段的碳足迹，kgCO₂e；
- L ——车辆生命周期行驶里程，km。

6.1.1 原材料获取及零部件生产阶段碳足迹核算

原材料获取及零部件生产阶段的核算范围包括原材料获取及加工过程、关键零部件生产过程的碳足迹。在进行核算时，先核算关键零部件的原材料获取和生产过程，再核算除去关键零部件后，整车剩余原材料获取的碳排放，按公式（2）计算，计算结果圆整（四舍五入）至小数点后三位：

$$E_{\text{原材料及零部件}} = \sum E_{m,p} + \sum E_{p,p} + \sum E_{m,r} + \sum E_t \quad (2)$$

式中：

- $E_{m,p}$ ——关键零部件原材料生产的碳足迹，kgCO₂e；
- $E_{p,p}$ ——关键零部件生产过程的碳足迹，kgCO₂e；
- $E_{m,r}$ ——除关键零部件外剩余构成汽车原材料的生产过程的碳足迹，kgCO₂e；
- E_t ——能源、原材料及零部件运输至整车生产企业的碳足迹，kgCO₂e。

关键零部件的原材料获取 $E_{m,p}$ 和剩余原材料获取 $E_{m,r}$ 碳足迹按公式（3）~公式（5）进行计算，计算结果圆整（四舍五入）至小数点后三位：

$$E_{m,x} = \sum [R_{r,i} \times E_{r,i} + (1 - R_{r,i}) \times E_{v,i}] \quad (3)$$

$$E_{v,i} = \frac{M_i}{\mu_i} \times CFF_{v,i} \quad (4)$$

$$E_{r,i} = \frac{M_i}{\mu_i} \times CFF_{r,i} \quad (5)$$

式中：

$E_{m,x}$ ——构成汽车原材料获取过程的碳足迹， x 为 p 时为关键零部件的原材料获取过程的碳足迹， x 为 r 时为剩余原材料获取过程的碳足迹， kgCO_2e ；

$E_{v,i}$ ——原生材料 i 的碳足迹， kgCO_2e ；

$E_{r,i}$ ——再生材料 i 的碳足迹， kgCO_2e ；

M_i ——零部件中原材料 i 的重量， kg ；

μ_i ——零部件加工过程中原材料 i 的利用率，%；

$R_{r,i}$ ——再生材料 i 的投入比例，%；

$CFF_{v,i}$ ——原生材料 i 的碳足迹因子， $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kg}$ ；

$CFF_{r,i}$ ——再生材料 i 的碳足迹因子， $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kg}$ 。

关键零部件生产过程的碳足迹 $E_{p,p}$ 按公式 (6) 计算，计算结果圆整（四舍五入）至小数点后三位：

$$E_{p,p} = \sum (M_j \times CFF_j) + E_{CO_2} \quad (6)$$

式中：

M_j ——零部件加工过程中第 j 种辅料或能源的消耗量， kWh 、 kg 或 Nm^3 等；

CFF_j ——零部件加工过程中第 j 种辅料或能源的碳足迹因子， $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kWh}$ 、 $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kg}$ 或 $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{Nm}^3$ 等；

E_{CO_2} ——生产过程中的温室气体直接排放（如二氧化碳保护焊造成的 CO_2 逸散等）， kgCO_2e 。

注：若内燃机、动力电池、驱动电机、变速器和轮胎等零部件已根据相应的产品碳足迹核算标准，且经过具有资质的第三方机构核查验证后，其摇篮到大门的碳足迹结果可直接引用。

能源、原材料及零部件运输至整车生产企业的碳足迹 E_t 按公式 (7) 计算，计算结果圆整（四舍五入）至小数点后三位。

$$E_t = \sum \frac{(M_j \times D_j \times TFF_j)}{1000} \quad (7)$$

式中：

M_j ——采用运输方式 j 的原材料、零部件或者产品重量， kg ；

D_j ——采用运输方式 j 的零部件或产品的运输距离， km ；

TFF_j ——运输方式 j 的碳足迹因子， $\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{t} \cdot \text{km})$ 。

6.1.2 整车生产阶段碳足迹核算

整车生产阶段的核算范围包括冲压、焊接、涂装、总装等生产制造环节和动力站房所消耗的能源、辅料消耗及逸散的碳排放，该阶段碳足迹按公式 (8) 计算，计算结果圆整（四舍五入）至小数点后三位：

$$E_{\text{整车生产}} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (M_{i,j} \times CFF_{i,j} + E_{i,CO_2}) \quad (8)$$

式中：

$M_{i,j}$ ——整车生产第 i 个制造环节中第 j 种辅料或能源的消耗量， kWh 、 kg 或 Nm^3 等；

$CFF_{i,j}$ ——整车生产过程中第 i 个制造环节中第 j 种辅料或能源的碳足迹因子， $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kWh}$ 、

kgCO₂e/kg或kgCO₂e/Nm³等；

E_{i,CO_2} ——生产过程第*i*个制造环节中的温室气体直接排放（如二氧化碳保护焊造成的CO₂逸散等），kgCO₂e。

6.1.3 分销阶段碳足迹核算

分销阶段的核算范围仅包括整车产品运输到销售终端所消耗能源产生的碳排放，包含能源的生产和能源使用过程，按公式（9）计算，计算结果圆整（四舍五入）至小数点后三位：

$$E_{\text{分销}} = \sum (M_i \times CFF_i) \quad (9)$$

式中：

M_i ——运输过程中能源*i*的消耗量，kWh、kg或Nm³等；

CFF_i ——能源*i*的碳足迹因子，kgCO₂e/kWh、kgCO₂e/kg或kgCO₂e/Nm³等。

如果该阶段的部分或全部过程无法直接获取运输的能源消耗量，可按照公式（10）计算，计算结果圆整（四舍五入）至小数点后三位：

$$E_{\text{分销}} = \sum \frac{(M_j \times D_j \times TFF_j)}{1000} \quad (10)$$

式中：

M_j ——采用运输方式*j*的整车产品重量，kg；

D_j ——采用运输方式*j*的整车产品的运输距离，km；

TFF_j ——运输方式*j*的碳足迹因子，kgCO₂e/(t·km)，运输碳足迹因子缺省值见附录C。

6.1.4 使用阶段碳足迹核算

车辆使用阶段的核算范围包含能源消耗和产品生命周期内零部件更换（不包括更换过程能源消耗）等的碳排放，按公式（11）计算，计算结果圆整（四舍五入）至小数点后三位：

$$E_{\text{使用}} = E_{\text{能源}} + E_{\text{耗材}} \quad (11)$$

式中：

$E_{\text{能源}}$ ——使用阶段能源消耗的碳足迹，kgCO₂e；

$E_{\text{耗材}}$ ——使用阶段维护保养物耗（轮胎、非动力蓄电池、润滑剂、制冷剂等）的碳足迹，kgCO₂e。

a) 不同轻型电动汽车在使用过程中能源消耗产生的碳足迹计算如下：

1) 对于纯电车辆，能源消耗产生的碳足迹仅包括电力生产过程产生的碳足迹，按公式（12）计算，计算结果圆整（四舍五入）至小数点后三位：

$$E_{\text{能源}} = EC \times (1 + \beta_e) \times L \times \frac{EFF_n}{100} \quad (12)$$

式中：

EC ——电力消耗量，kWh/100km，纯电动车辆的耗电量按WLTC循环进行测定，如无法提供WLTC循环的电力消耗量，可根据CLTC工况电力消耗量乘以1.45进行转化；

EFF_n ——电力的碳足迹因子，*n*代表不同区域，kgCO₂e/kWh；

β_e ——基于车辆实际运行得到的电耗修正因子， β_e 默认为0.2，生产企业也可根据自身实际情况确定电耗修正因子，但需提供数据或者证明材料，说明修正因子的合理性；

L ——车辆生命周期行驶里程，km。

2) 对于插电式混合动力车辆，能源消耗产生的碳足迹，按公式（13）计算，计算结果圆整（四舍五入）至小数点后三位：

$$E_{\text{能源}} = E_{\text{能源生产}} + E_{\text{能源使用}} \quad (13)$$

式中：

$E_{\text{能源生产}}$ ——能源生产的碳足迹，kgCO₂e；

$E_{\text{能源使用}}$ ——能源使用的碳足迹，kgCO₂e。

能源生产的碳足迹 $E_{\text{能源生产}}$ 按公式（14）计算，计算结果圆整（四舍五入）至小数点后三位：

$$E_{\text{能源生产}} = \left(EC_Z \times \frac{EFF_n}{100} + FC_Z \times \frac{CFF_j}{100} \right) \times (1 + \beta_p) \times L \quad (14)$$

式中：

EC_Z ——插电混合动力车辆综合电耗，kWh/100km；

EFF_n ——电力的碳足迹因子， n 代表不同区域的电力因子，kgCO₂e/kWh；

FC_Z ——插电混合动力车辆综合油耗，L/100km；

CFF_j ——燃料生产的碳足迹因子，kgCO₂e/L；

β_p ——基于车辆实际运行得到的能耗修正因子。 β_p 默认为0.2，生产企业也可根据自身实际情况确定能耗修正因子，但需提供数据或者证明材料，说明修正因子的合理性；

L ——车辆生命周期行驶里程，km。

车辆综合电耗 EC_Z ，按公式（15）计算，计算结果圆整（四舍五入）至小数点后三位：

$$EC_Z = EC_{CD} \times UF_{CD} \quad (15)$$

式中：

EC_{CD} ——电量消耗模式试验的电量消耗量，kWh/100km；

UF_{CD} ——电量消耗模式试验的纯电利用系数。

电量消耗模式试验的电量消耗量 EC_{CD} ，按公式（16）计算，计算结果圆整（四舍五入）至小数点后三位：

$$EC_{CD} = \frac{\sum_{j=1}^k (UF_j \times EC_{CDj})}{\sum_{j=1}^k UF_j} \quad (16)$$

式中：

UF_j ——循环 j 的纯电利用系数，按照GB 18352中混合动力电动汽车试验附录进行计算；

EC_{CDj} ——电量消耗模式试验循环 j 循环的电量消耗量，kWh/100km。

电量消耗模式试验的纯电利用系数 UF_{CD} ，按公式（17）计算，计算结果圆整（四舍五入）至小数点后三位：

$$UF_{CD} = 1 - \exp \left\{ - \sum_{i=1}^k \left[C_i \times \left(\frac{d_{CD}}{d_n} \right)^{i-1} \right] \right\} \quad (17)$$

式中：

d_{CD} ——电量消耗模式循环总里程，km；

C_i ——第 i 个UF确定系数，见GB 18352中混合动力电动汽车试验附录；

d_n ——两次充电间最大里程，km，见GB 18352中混合动力电动汽车试验附录；

k ——指数参数的个数；

i ——涉及系数的编号。

综合燃料消耗量 FC_Z 按式（18）计算，计算结果圆整（四舍五入）至小数点后三位：

$$FC_Z = \left(\frac{X}{\rho}\right) \times \frac{[(0.866 \times M_{HC,w}) + (0.429 \times M_{CO,w}) + (0.273 \times M_{CO_2,w})]}{10} \quad (18)$$

式中：

- $M_{HC,w}, M_{CO,w}, M_{CO_2,w}$ ——OVC-HEV车辆使用纯电利用系数加权后的HC、CO、CO₂的综合排放值，g/km，按GB 18352中混合动力电动汽车试验程序进行测试并计算；
- ρ ——燃料密度，kg/L；
- X ——燃料分子式中碳元素的摩尔质量占比的倒数，其中汽油为1.155，柴油为1.156，其他燃料根据实际分子式计算。

能源使用过程中的碳足迹仅考虑燃料燃烧过程产生的碳足迹，按公式(19)计算，计算结果圆整(四舍五入)至小数点后三位：

$$E_{\text{能源使用}} = (M_{CO_2,w} + M_{CH_4,w} \times GWP_{CH_4} + M_{N_2O,w} \times GWP_{N_2O}) \times (1 + \beta_p) \times L \quad (19)$$

式中：

- $M_{CO_2,w}, M_{CH_4,w}, M_{N_2O,w}$ ——OVC-HEV车辆使用纯电利用系数加权后排气中CO₂、CH₄和N₂O的综合排放值，g/km，按照GB 18352中混合动力电动汽车测试程序进行测试并计算；
- GWP_{CH_4} ——CH₄的全球变暖潜势，见附录D；
- GWP_{N_2O} ——N₂O的全球变暖潜势，见附录D；
- β_p ——基于车辆实际运行得到的能耗修正因子。 β_p 默认为0.2，生产企业也可根据自身实际情况确定能耗修正因子，但需提供数据或者证明材料，说明修正因子的合理性；
- L ——车辆生命周期行驶里程，km。

3) 对于不可外接充电式混合动力车辆，能源消耗产生的碳足迹包括能源生产和使用过程产生的碳足迹，按公式(20)、公式(21)及公式(22)计算，计算结果圆整(四舍五入)至小数点后三位：

$$E_{\text{能源}} = E_{\text{能源生产}} + E_{\text{能源使用}} \quad (20)$$

$$E_{\text{能源生产}} = FC_{CS} \times (1 + \beta_h) \times L \times \frac{CFF_j}{100} \quad (21)$$

$$E_{\text{能源使用}} = (M_{CO_2} + M_{CH_4} \times GWP_{CH_4} + M_{N_2O} \times GWP_{N_2O}) \times (1 + \beta_h) \times L \quad (22)$$

式中：

- $M_{CO_2}, M_{CH_4}, M_{N_2O}$ ——NOVC-HEV车辆电量保持模式下排气中CO₂、CH₄和N₂O的排放值，根据GB 18352中混合动力电动汽车测试程序进行测试并计算，g/km；
- FC_{CS} ——NOVC-HEV车辆电量保持模式下的燃料消耗量，单位为升每百公里(L/100km)，按照GB 18352中混合动力电动汽车测试程序进行测试并计算；
- CFF_j ——燃料生产碳足迹因子，kgCO₂e/L；
- β_h ——基于车辆实际运行得到的能耗修正因子。 β_h 默认为0.2，生产企业也可根据自身实际情况确定能耗修正因子，但需提供数据或者证明材料，说明修正因子的合理性；
- L ——车辆生命周期行驶里程，km。

b) 轻型电动汽车生命周期内维修更换的零部件和物耗包含轮胎、非动力蓄电池、润滑剂和制冷剂

四种，更换次数根据生命里程和车辆维修保养手册计算得到，该过程引起的碳足迹按公式（23）进行计算，计算结果圆整（四舍五入）至小数点后三位：

$$E_{\text{耗材}} = \sum (N_i \times EF_i) + \sum (M_j \times EF_j) + \sum (M_k \times GWP_k) \quad (23)$$

式中：

- N_i ——生命周期内轮胎、非动力蓄电池的更换数量，更换数量参照产品维保手册确定；
- EF_i ——单位轮胎或非动力蓄电池的碳足迹因子， $\text{kgCO}_2\text{e/件}$ ；
- M_j ——生命周期内更换润滑剂 j 的重量， kg ；
- EF_j ——单位润滑剂 j 的碳足迹因子， $\text{kgCO}_2\text{e/kg}$ ；
- M_k ——生命周期内加注制冷剂 k 的总重量， kg ；
- GWP_k ——制冷剂 k 的全球变暖潜势，见附录D。

6.2 全生命周期碳足迹核算

轻型电动汽车产品全生命周期碳足迹应按公式（24）进行计算，计算结果圆整（四舍五入）至小数点后两位：

$$CFP = \frac{E_{\text{零部件生产}} + E_{\text{整车生产}} + E_{\text{分销}} + E_{\text{使用}} + E_{\text{原材料获取及末期}}}{L} \times 1000 \quad (24)$$

式中：

- CFP ——轻型电动汽车全生命周期的产品碳足迹， $\text{gCO}_2\text{e/km}$ ；
- $E_{\text{零部件生产}}$ ——零部件生产过程的碳足迹， kgCO_2e ；
- $E_{\text{整车生产}}$ ——整车生产制造阶段的碳足迹， kgCO_2e ；
- $E_{\text{分销}}$ ——分销阶段运输的碳足迹， kgCO_2e ；
- $E_{\text{使用}}$ ——使用阶段的碳足迹， kgCO_2e ；
- $E_{\text{原材料获取及末期}}$ ——与原材料获取、末期处置、材料回收和能量回收相关的碳足迹总和， kgCO_2e ；
- L ——车辆生命周期行驶里程， km 。

6.2.1 零部件生产阶段碳足迹核算

轻型电动汽车零部件生产阶段涉及的所有单元过程的碳足迹按公式（25）进行计算。

$$E_{\text{零部件生产}} = \sum (M_i \times CFF_i) + \sum \frac{(M_i \times D_{i,k} \times TFF_k)}{1000} + E_{\text{CO}_2} \quad (25)$$

式中：

- M_i ——第 i 种原材料或能源的消耗量， kWh 、 kg 或 Nm^3 等；
- CFF_i ——生产过程中第 i 种原材料或能源的碳足迹因子， $\text{kgCO}_2\text{e/kWh}$ 、 $\text{kgCO}_2\text{e/kg}$ 或 $\text{kgCO}_2\text{e/Nm}^3$ 等；
- $D_{i,k}$ ——第 i 种原材料或能源第 k 种运输方式的加权运输距离， km ；
- TFF_k ——第 k 种运输方式的碳足迹因子， $\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{t}\cdot\text{km})$ ；
- E_{CO_2} ——生产过程中的温室气体直接排放（如二氧化碳保护焊造成的 CO_2 逸散等）， kgCO_2e 。

6.2.2 整车生产阶段碳足迹核算

轻型电动汽车整车生产阶段涉及的所有单元过程的碳足迹按公式（8）进行计算。

6.2.3 分销阶段碳足迹核算

分销阶段核算按公式（9）或公式（10）进行计算。

6.2.4 使用阶段碳足迹核算

轻型电动汽车使用阶段涉及的所有单元过程的碳足迹按公式（11）~公式（23）进行计算。

6.2.5 原材料获取及生命末期阶段碳足迹核算

轻型电动汽车产品原材料获取和生命末期阶段的温室气体排放包括原生和再生材料生产（含效益分配）和末期处理等，其中环境影响和环境效益应在前后两个生命周期之间进行分配，按公式（26）~（28）计算，计算结果圆整（四舍五入）至小数点后三位：

$$E_{\text{原材料获取及末期}} = E_{\text{原材料获取}} + E_{\text{末期处置}} \quad (26)$$

$$E_{\text{原材料获取}} = \sum [E_{m,x} + (R_i - C_i) \times A \times E_{v,i} + E_{p,p} + E_t] \quad (27)$$

$$E_{\text{末期处置}} = \sum [(M_i \times CFF_i) + \frac{M_j \times D_{j,k} \times TFF_k}{1000}] \quad (28)$$

式中 $E_{m,x}$ 、 $E_{v,i}$ 、 $E_{p,p}$ 、 E_t 分别见 6.1.1 节中式（3）~（7）的计算及对应公式解释，其余解释如下：

- R_i ——再生材料 i 的投入比例，%；
- A ——分配系数，默认取 0.5，生产企业也可根据自身实际情况选取分配系数，但需提供数据或者证明材料，说明分配系数的合理性；
- C_i ——对于将要在下一系统回收（重复利用）的材料 i ，该材料在产品中所占的比例；
- M_i ——末期处置过程第 i 种能源的消耗量，kWh、kg 或 Nm^3 等；
- M_j ——末期处置过程第 j 种材料或能源的消耗量，kWh、kg 或 Nm^3 等；
- CFF_i ——末期处置过程中第 i 种材料或能源的碳足迹因子， $\text{kgCO}_2\text{e/kWh}$ 、 $\text{kgCO}_2\text{e/kg}$ 或 $\text{kgCO}_2\text{e/Nm}^3$ 等；
- $D_{j,k}$ ——第 j 种材料或能源第 k 种运输方式的加权运输距离，km；
- TFF_k ——第 k 种运输方式的碳足迹因子， $\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{t}\cdot\text{km})$ 。

7 结果解释

7.1 结果解释的步骤

轻型电动汽车产品碳足迹结果解释应包括以下步骤：

- a) 应根据轻型电动汽车产品碳足迹的量化结果，识别显著的生命周期阶段、单元过程或基本流；
- b) 完整性、一致性和敏感性分析的评估；
- c) 结论、局限性和建议的编制。

7.2 结果解释的内容

应根据轻型电动汽车产品碳足迹研究的目的和范围进行结果解释，解释应包括以下内容：

- a) 说明轻型电动汽车产品各生命周期阶段的碳足迹；

- b) 分析数据及碳足迹结果的不确定性，包括取舍准则的应用或范围；
- c) 详细记录选定的分配程序；
- d) 说明轻型电动汽车产品碳足迹研究的局限性。

结果解释宜包括以下内容：

- 分析重要输入、输出和方法学选择（如分配程序）的敏感性，以了解结果的敏感性和不确定性。
- 应说明轻型电动汽车产品碳足迹核算过程中对电力的处理。

8 产品碳足迹报告

轻型电动汽车产品碳足迹报告可参考附录E编制。

附录 A
(资料性附录)
数据收集清单

轻型电动汽车数据收集清单见表A.1~表A.6。

表A.1 零部件及原材料数据收集表

零部件名称	类型	重量 (kg)	数据来源
内燃机	钢铁		
	铸铁		
	铝合金		
	镁及镁合金		
	铜及铜合金		
	塑料		
	橡胶		
...			
变速器	钢铁		
	铸铁		
	铝合金		
	镁及镁合金		
	铜及铜合金		
	塑料		
	橡胶		
...			
驱动电机	钢及其合金		
	铝及铝合金		
	铜		
	钕铁硼		
	钴磁体		
	玻璃/陶瓷		
	绝缘材料		
...			
动力电池	磷酸铁锂		
	NCA		
	NMC111		
	NMC811		
	石墨		
	六氟磷酸锂		
	铝合金		
	铜合金		
	碳钢		
	聚乙烯		

	合成橡胶		
	...		
轮胎	橡胶		
	钢铁		
	塑料		
	...		
剩余原材料	钢铁		
	铸铁		
	铝合金		
	镁及镁合金		
	铜及铜合金		
	热塑性塑料		
	热固性塑料		
	玻璃/陶瓷		
	橡胶		
	石墨		
	制冷剂		
	铅		
	织物		
	电路板		
	润滑剂		
	制动液		
	冷却液		
	传动液（变速器油）		
	合成纤维		
	...		
注 1：原材料包含原生材料和再生材料；			
注 2：数据来源如内燃机 BOM、变速器 BOM 等。			

表A.2 能源、原材料及零部件入厂运输数据收集表（根据实际情况调整）

主要零部件		每辆车零部件采购重量 (kg)	平均运输距离 (km)	运输方式	入厂运输
/		年度采购数量/产品产量	主要供应商与公司货运距离	公路、铁路、航空、海运	重量×距离
1	原材料/零部件 1				入厂物流运输量 (t·km)
2	原材料/零部件 2				
3				

表A.3 整车生产阶段数据收集表（根据实际情况调整）

类别	耗能设备	XX年年度数据		数据来源
		M_j 汇总	M_j 单位	
燃料燃烧	动力站房、工艺燃烧炉			
VOCs焚烧	VOCs 焚烧炉		kg	
制冷剂泄漏	空调机组、车辆加注冷媒		kg	
CO ₂	CO ₂ 保护焊		kg	
外购电力	电器设备		kWh	
.....				

注1：数据来源如发票、计量表测量等。

表A.4 整车分销数据收集表（根据实际情况调整）

运输类型	重量 (t)	平均运输距离 (km)	分销运输 (t·km)
/	整车重量	整车企业与销售地区距离	重量×距离
公路			
水运			
铁路			
航空			
.....			

表A.5 使用阶段数据收集表（根据实际情况调整）

使用阶段	参数	单位	数据来源
百公里电耗		kWh/100km	信息公开
百公里能耗			信息公开
寿命里程	2×10 ⁵	km	
生命周期消耗电量		kWh	理论工况电耗×最大寿命里程
轮胎更换次数		次	产品手册
非动力蓄电池更换次数		次	
制冷剂更换次数		次	
润滑剂更换次数		次	
其他请注明		次	

表A.6-1 生命末期阶段数据收集表（根据实际情况调整）—报废拆解

报废拆解使用能源类型	用量	单位	数据来源
电力			
柴油			
汽油			
...			

表A.6-2 生命末期阶段数据收集表（根据实际情况调整）—材料回收

回收过程材料类型	重量	单位	数据来源	分配系数
钢				
铝				
铜				
...				

附录 B
(规范性附录)
数据质量评价方法

数据质量等级（DQR）评价主要从数据的时间代表性、地理代表性和技术代表性三个维度进行评价，各个维度的数据质量等级见表B.1所示，各维度的数据质量标准都按照五个等级进行评分，分数越小则质量水平越好，详见表B.2。本标准主要对钢铁及其合金、铝及其合金材料以及整车生产过程的数据做数据质量评价。

各个数据集的数据质量等级（ DQR_i ）具体计算公式如下：

$$DQR_i = \frac{(TeR_i + GeR_i + TiR_i)}{3} \quad (1)$$

式中：

- DQR_i ——数据集 i 的数据质量结果；
- TeR_i ——数据集 i 技术代表性得分；
- GeR_i ——数据集 i 地理代表性得分；
- TiR_i ——数据集 i 时间相关代表性得分。

按下式计算所有需要评价的次级数据总的的数据质量等级DQR，DQR宜 ≤ 3.0 ：

$$DQR = \frac{\sum (DQR_i \times CFP_i)}{\sum CFP_i} \quad (2)$$

式中：

- DQR ——数据最终质量评价结果；
- CFP_i ——对应数据项 i 的碳足迹， kgCO_2e 。

表B.1 数据的DQR评级

评分	TiR	TeR	GeR
1	产品碳足迹的基准年在数据集有效期内；产品碳足迹的基准年与数据集最新发布年/基准年相差 ≤ 3 年	核算过程技术与数据集代表的技术一致	核算过程发生在数据集代表的省市或区域内，如中国华东、中国华南等
2	产品碳足迹的基准年超过数据集有效期 ≤ 2 年；产品碳足迹的基准年与数据集最新发布年/基准年相差 ≤ 4 年	核算过程技术包含在数据集组合技术中，但在生产工艺上存在一定差异	核算过程发生在数据集代表的国家
3	产品碳足迹的基准年超过数据集有效期 ≤ 3 年；产品碳足迹的基准年与数据集最新发布年/基准年相差 ≤ 5 年	核算过程技术包含在数据集组合技术中，但在生产工艺上差异显著	核算过程发生在数据集代表的地理区域之一，如代表全球平均的数据集
4	产品碳足迹的基准年超过数据集有效期 ≤ 4 年；产品碳足迹的基准年与数据集最新发布年/基准年相差 ≤ 6 年	核算过程技术与数据集代表的技术相似	核算过程与数据集所代表的地理区域在能源结构上相似
5	产品碳足迹的基准年超过数据集有效期 > 4 年；产品碳足迹的基准年与数据集最新发布年/基准年相差 > 6 年	核算过程技术与数据集代表的技术不同	核算过程不满足上述情况

表B.2 数据质量评级和水平对照表

数据质量标准(TeR, GeR, TiR)的质量评级	数据质量水平
1	卓越
2	非常好
3	良好
4	一般
5	差

附录 C
(资料性附录)
碳足迹因子缺省值

碳足迹因子缺省值见表 C.1~表 C.2。

表C.1 整车生产碳足迹因子缺省值

方式	工艺与工序		缺省值	单位
方式 1	焊接	电阻点焊	0.025	kgCO ₂ e/个
		二氧化碳气体 保护焊	0.016	kgCO ₂ e/个
		弧焊	0.029	kgCO ₂ e/个
		钎焊	0.011	kgCO ₂ e/m
		激光焊	0.085	kgCO ₂ e/m
	涂装	电泳工序	0.256	kgCO ₂ e/m ²
		中涂工序	1.463	kgCO ₂ e/m ²
		色漆工序	0.803	kgCO ₂ e/m ²
		清漆工序	0.999	kgCO ₂ e/m ²
		冲压 ^a		0.213
	总装		33.96	kgCO ₂ e/辆
方式 2	冲压		76.58	kgCO ₂ e/辆
	焊接		87.25	kgCO ₂ e/辆
	涂装		191.80	kgCO ₂ e/辆
	总装		33.96	kgCO ₂ e/辆

注 1：整车生产阶段在缺乏 6.1.2 节中公式 (8) 所需要的现场数据时，可选用本标准提供的缺省值进行如下计算：
方式 (1)：

对四大工艺中碳排较大的涂装、焊接工艺和冲压工艺，分别采用基于涂装面积、焊点数量以及冲压重量的计算方式，对于碳排较小的工艺采用整体计算的方式。涂装工艺的缺省因子见上表方式 1 中“涂装”部分，焊接工艺的缺省因子见上表方式 1 中“焊接”部分。

焊接工艺碳足迹计算方式如下：

$$E_{\text{焊接}} = \eta \times \sum (N_i \times DF_i)$$

式中：

- $E_{\text{焊接}}$ ——焊接工艺的碳足迹，kgCO₂e；
- N_i ——第 i 种焊接工艺的整车使用量，个或 m；
- DF_i ——第 i 个焊接工艺的缺省因子，kgCO₂e/个或 kgCO₂e/m；
- η ——调整系数，取值 1.6。

涂装工艺碳足迹计算方式如下：

$$E_{\text{涂装}} = \sum (A_i \times DF_i)$$

式中：

- $E_{\text{涂装}}$ ——涂装工艺的碳足迹， kgCO_2e ；
 A_i ——第 i 种涂装工序的涂装面积， m^2 ；
 DF_i ——第 i 个涂装工序的缺省因子， $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2$ 。

最终，整车制造碳足迹为：

$$E_{\text{整车生产}} = E_{\text{冲压}} + E_{\text{焊接}} + E_{\text{涂装}} + E_{\text{总装}}$$

$E_{\text{冲压}}$ 以及 $E_{\text{总装}}$ 取值见表中“整车制造”部分。以该方式计算，数据的 DQR 评级中的技术等级（TeR）为第 3 级。

方式（2）：

对四大工艺全部采用整体计算的方式，其公式为：

$$E_{\text{整车生产}} = E_{\text{冲压}} + E_{\text{焊接}} + E_{\text{涂装}} + E_{\text{总装}}$$

式中各分项取值见表方式 2 中各部分。以该方式计算，数据的 DQR 评级中的技术等级（TeR）为第 4 级。

注 2：根据国家对能源和材料工业等基础碳足迹因子库建设的不断完善以及汽车生产技术的不断迭代，缺省因子将适时更新。

^a 方式 1 冲压功能单位以白车身重量计。

表C.2 运输过程碳足迹因子缺省值

运输方式	缺省值	单位
运输过程-公路	0.076	$\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{t}\cdot\text{km})$
运输过程-铁路	0.003	$\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{t}\cdot\text{km})$
运输过程-水路	0.020	$\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{t}\cdot\text{km})$
运输过程-航空	1.404	$\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{t}\cdot\text{km})$

附录 D
(资料性附录)
温室气体全球变暖潜势

全球变暖潜势见表D.1。

表D.1 部分温室气体的全球增温潜势

温室气体名称	分子式	全球变暖潜势值
二氧化碳	CO ₂	1
氧化亚氮	N ₂ O	273
甲烷	CH ₄	27.9
三氟化氯	NF ₃	17400
六氟化硫	SF ₆	24300
氢氟碳化物(HFCs)		
HFC-23	CHF ₃	14600
HFC-32	CH ₂ F ₂	771
HFC-41	CH ₃ F	135
HFC-125	CHF ₂ CF ₃	3740
HFC-134	CHF ₂ CHF ₂	1260
HFC-134a	CH ₂ FCF ₃	1530
HFC-143	CH ₂ FCHF ₂	364
HFC-143a	CH ₃ CF ₃	5810
HFC-152a	CH ₃ CHF ₂	164
HFC-227ea	CF ₃ CHFCF ₃	3600
HFC-236fa	C ₃ H ₂ F ₆	8690
全氟碳化物		
全氟甲烷(四氟甲烷)	CF ₄	7380
全氟乙烷(六氟乙烷)	C ₂ F ₆	12400
全氟丙烷	C ₃ F ₈	9290
全氟丁烷	C ₄ F ₁₀	10000
全氟环丁烷	C ₄ F ₈	10200
全氟戊烷	C ₅ F ₁₂	9220
全氟己烷	C ₆ F ₁₄	8620
注：数据取值来源于气候变化专门委员会（IPCC）《气候变化报告2021：自然科学基础 第一工作组对政府间气候变化专门委员会第六次评估报告的贡献》		

附录 E
(资料性附录)
产品碳足迹报告模板

轻型电动汽车产品碳足迹报告模板如下。

轻型电动汽车产品碳足迹报告（模板）

产品名称：_____

产品型号：_____

生产者名称：_____

报告编号：_____

出具报告机构：（若有）_____（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

企业可选择其中一种核算的系统边界开展碳足迹核算：

部分生命周期

全生命周期

部分生命周期包含原材料获取及零部件生产阶段、整车生产阶段、分销阶段和使用阶段四个阶段；全生命周期包含原材料获取及零部件生产阶段、整车生产阶段、分销阶段、使用阶段和生命末期阶段五个阶段。

不包括道路与厂房等基础设施建设、各工序的设备制造、厂区内人员及生活设施的碳排放。

系统边界图：

图1 轻型电动汽车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

_____年度。

四、清单分析

1. 数据来源说明

初级数据：_____；

次级数据：_____。

2. 分配原则

分配依据：_____；

分配程序：_____。

具体分配情况如下：

3. 清单结果及计算

3.1 原材料获取及零部件生产阶段

原材料获取及零部件生产阶段核算主要包含内燃机、动力电池、驱动电机、变速器、轮胎和其他剩余原材料，该阶段始于从大自然提取资源和废料加工，截止于各系统进入产品生产设施。

列出系统边界内的原材料数据，并没有遗漏。

注明轻型电动汽车组成材料及零部件制造过程能源使用的数据等信息。

列出系统边界内的原生材料数据和再生材料数据，并没有遗漏，格式参照表1。

表1 原材料获取及零部件生产阶段碳排放清单说明

类别	原材料类型	重量 (kg)	数据 来源	碳足迹因子 (kgCO ₂ e/kg)	因子来源	碳足迹 (kgCO ₂ e)
内燃机	钢铁					
	铸铁					
	铝合金					
	镁及镁合金					
	铜及铜合金					
	塑料					
	橡胶					

类别	原材料类型	重量 (kg)	数据 来源	碳足迹因子 (kgCO ₂ e/kg)	因子来源	碳足迹 (kgCO ₂ e)
	...					
变速器	钢铁					
	铸铁					
	铝合金					
	镁及镁合金					
	铜及铜合金					
	塑料					
	橡胶					
	...					
驱动电机	钢铁					
	铝及铝合金					
	铜					
	钕铁硼					
	钴磁体					
	玻璃/陶瓷					
	绝缘材料					
	...					
动力电池	磷酸铁锂					
	NCA					
	NMC111					
	NMC811					
	石墨					
	六氟磷酸锂					
	铝合金					
	铜合金					
	碳钢					
	聚乙烯					
	合成橡胶					
	...					
轮胎	橡胶					
	钢					
	塑料					
	...					
剩余原材料	钢铁					
	铸铁					
	铝合金					
	镁及镁合金					
	铜及铜合金					
	热塑性塑料					

类别	原材料类型	重量 (kg)	数据 来源	碳足迹因子 (kgCO ₂ e/kg)	因子来源	碳足迹 (kgCO ₂ e)
	热固性塑料					
	玻璃/陶瓷					
	橡胶					
	石墨					
	制冷剂					
	铅					
	织物					
	电路板					
	润滑剂					
	制动液					
	冷却液					
	传动液（变速器油）					
	合成纤维					
	...					
总计	/	/	/	/	/	

生产阶段的能源、原材料及零部件入厂运输的数据应选具有代表性的现场数据，格式参照表2。

表2 入厂运输碳排放清单说明

主要零部件		每辆车零部件采购 重量 (kg)	平均运输距离 (km)	运输类型	碳足迹 因子	因子来源	碳足迹 (kgCO ₂ e)
1	原材料/零部件 1						
2	原材料/零部件 2						
3						
总计		/	/	/	/	/	

3.2 整车生产阶段

该阶段始于汽车原生材料、零部件、半成品进入生产场址，结束于汽车成品离开生产工厂。整车生产阶段核算冲压、焊接、涂装、总装等生产环节及动力站房的温室气体排放。

整车生产阶段的数据应选具有代表性的现场数据，包括生产阶段主要工艺流程，生产阶段能源资源的输入数据，及向空气排放的温室气体数据等，并没有遗漏，格式参照表3。

表3 整车生产阶段碳排放清单说明

类别	活动数据	单位	数据来源	碳足迹 因子	因子来源	碳足迹 (kgCO ₂ e/功能单位)
燃料燃烧			燃料发票			
VOCs焚烧		kg	涂装工艺废气检测报告折算			

制冷剂泄漏		kg	制冷剂发票			
CO ₂		kg	购买数量与重量折算			
外购电力		kWh	计量表实时测量			
外购能源						
总计	/	/	/	/	/	

3.3 轻型电动汽车分销阶段

整车产品分销运输产生的碳足迹，统计格式参照表4。

表4 分销阶段碳排放清单说明

运输类型	整车重量 (t)	平均运输距离 (km)	分销运输 (t·km)	碳足迹因子	因子来源	碳足迹 (kgCO ₂ e)
公路						
水运						
铁路						
航空						
...						
总计	/	/	/	/	/	

3.4 轻型电动汽车使用阶段

使用阶段主要是包括整车使用过程中消耗的能源、轮胎、润滑剂更换以及制冷剂加注等的温室气体排放。统计产品的燃料消耗量、轮胎、非动力蓄电池、制冷剂更换次数，格式参照表5。

表5 使用阶段碳排放清单说明

使用阶段	活动数据	单位	数据来源	碳足迹因子	因子来源	碳足迹 (kgCO ₂ e)
百公里电耗		kWh/100km	理论工况电耗			
寿命里程		km	最大寿命里程			
生命周期消耗电量		kWh	理论工况电耗×最大寿命里程			
轮胎更换次数		次	使用寿命内需要换件次数平均值			
非动力蓄电池更换次数		次				
制冷剂更换次数		次				
润滑剂更换次数		次				
其他请注明		次				
总计	/	/	/	/	/	

3.5 轻型电动汽车生命末期阶段

说明整车生命末期各个过程的能源消耗量以及直接产生的温室气体排放。
收集生命末期阶段产生的所有能源消耗，格式参照表6~表7。

表6 生命末期阶段数据收集清单—报废拆解

能源类型	活动数据	单位	数据来源	碳足迹因子	因子来源	碳足迹 (kgCO ₂ e)
电力						
柴油						
汽油						
...						
总计	/	/	/	/	/	

表7 生命末期阶段数据收集清单—材料回收

回收类型	活动数据	单位	数据来源	碳足迹因子	因子来源	碳足迹 (kgCO ₂ e)
钢						
铝						
铜						
...						
总计	/	/	/	/	/	

4. 数据质量评价

本报告主要对钢铁及其合金、铝及其合金材料以及整车生产过程的数据做数据质量评价，数据质量评价从时间代表性、技术代表性、地理代表性三个维度进行评价，数据质量评价结果为DQR=_____。

五、影响评价

1. 影响类型和特征化因子选择

一般选择政府间气候变化专门委员会（IPCC）给出的100年全球变暖潜势（GWP）（参考附录D）。

2. 产品碳足迹结果计算

说明轻型电动汽车产品应用本标准计算公式进行碳足迹计算的核算结果。

六、结果解释

1. 结果说明

_____公司（填写轻型电动汽车产品生产者的全名）生产的_____（填写所评价的轻型电动汽车产品名称，每功能单位的产品），采用 部分生命周期边界 / 全生命周期边界 进行核算，生命周期碳足迹为_____kgCO₂e/km。车辆生命周期各阶段的碳足迹及占比如表8和图2所示。车辆各关键零部件碳足迹及占比如表9和图3所示。

表8 轻型电动汽车生命周期各阶段碳排放情况

生命周期阶段	碳足迹 (kgCO ₂ e/km)	百分比 (%)
原材料获取及零部件生产阶段		
整车生产阶段		
分销阶段		
使用阶段		
生命末期阶段		
总计		

(图略)

图2 轻型电动汽车各生命周期阶段碳排放分布图

统计关键零部件温室气体排放占比情况，参照表9和图3。

表9 主要零部件碳足迹分布

主要零部件	碳足迹 (kgCO ₂ e)	百分比 (%)
内燃机		
动力电池		
驱动电机		
变速器		
轮胎		
其他		
总计		

(图略)

图3 主要零部件碳足迹分布示意图

2. 假设和局限性说明 (可选项)

结合量化情况，对范围、数据选择、情景设定等相关的假设和局限进行说明。

3. 改进建议

针对碳足迹核算结果，提出产品减碳改善建议。