



中华人民共和国国家标准

GB/T 45646—2025

温室气体 产品碳足迹量化方法和要求 内燃机

Greenhouse gases—The quantification method and requirement for carbon
footprint of products—Internal combustion engines

2025-04-25 发布

2025-11-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 原则 2

 4.1 生命周期的视角 2

 4.2 相对的方法和功能单位 3

 4.3 迭代的方法 3

 4.4 相关性 3

 4.5 完整性 3

 4.6 一致性 3

 4.7 统一性 3

 4.8 准确性 3

 4.9 透明性 3

 4.10 避免重复计算 3

5 内燃机产品碳足迹或产品部分碳足迹的量化方法 3

 5.1 概述 3

 5.2 目的和范围的确定 4

 5.3 生命周期清单分析 8

 5.4 产品碳足迹影响评价 11

 5.5 产品碳足迹结果解释 15

6 内燃机产品碳足迹报告 15

附录 A（规范性） 基于不同产品的内燃机产品碳足迹比较 17

 A.1 通则 17

 A.2 比较要求 17

附录 B（规范性） 数据质量等级 18

附录 C（规范性） 零部件排放因子数据收集流程 20

附录 D（资料性） 温室气体全球增温潜势 21

附录 E（规范性） 燃料使用的温室气体排放计算方法 22

附录 F（规范性） 零部件的温室气体排放计算 25

 F.1 外购零部件生产的温室气体排放计算 25

 F.2 自制零部件生产的温室气体排放计算 27

 F.3 内燃机产品生产制造过程中使用再制造零部件 27

附录 G（资料性） 内燃机产品碳足迹报告（模板） 28

参考文献 31

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国内燃机标准化技术委员会(SAC/TC 177)和全国碳排放管理标准化技术委员会(SAC/TC 548)共同归口。

本文件起草单位：上海交通大学、中国汽车工程研究院股份有限公司、中国内燃机学会、上海机动车检测认证技术研究中心有限公司、中国内燃机工业协会、中远海运重工有限公司、上海船舶运输科学研究所有限公司、上海新动力汽车科技股份有限公司、中国船舶集团有限公司第七一一研究所、潍柴动力股份有限公司、广西玉柴机器股份有限公司、重庆长安汽车股份有限公司、安徽全柴动力股份有限公司、广州汽车集团股份有限公司、哈尔滨东安汽车动力股份有限公司、昆明云内动力股份有限公司、一汽解放汽车有限公司无锡柴油机厂、江苏上交碳中和科技有限公司、极光湾科技有限公司、中车资阳机车有限公司、襄阳达安汽车检测中心有限公司、天津内燃机研究所(天津摩托车技术中心)。

本文件主要起草人：谢晓敏、张庭婷、黄震、余浩、李树生、计维斌、邢敏、宫宝利、钱小龙、陈应战、贾滨、朱磊、瞿锋、具德浩、王德成、班智博、段红、余磊、吴广权、刘科研、彭鹄、刘建勇、王一江、林赫、孙旭东、李廉枫、郭华、郑巍、杨国峰、冉栳义、王佳怡、肖进、占文峰、丁倩岚。



温室气体 产品碳足迹量化方法和要求 内燃机

1 范围

本文件规定了内燃机产品碳足迹量化的原则、量化方法以及碳足迹报告的要求。
本文件适用于内燃机产品全生命周期和部分生命周期碳足迹的核算、评价与报告。

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 1147.1 中小功率内燃机 第1部分：通用技术条件
- GB/T 1147.2 中小功率内燃机 第2部分：试验方法
- 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 28239 非道路用柴油机燃料消耗率限值及试验方法
- GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则
- GB/T 37692 非道路移动机械用小型点燃式发动机工况法燃料消耗率限值与测量方法
- CB/T 3254.1 船用柴油机台架试验 第1部分：标准基准状况及功率燃油消耗和机油消耗的

标定

ISO/TS 14027:2017 环境标志和声明 产品种类规则的制定 (Environmental labels and declarations—Development of product category rules)

3 术语和定义

GB/T 24040、GB/T 24044、GB/T 32150 和 GB/T 24067 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

内燃机 internal combustion engine

通过使燃料在机器内部燃烧，并将燃烧产生的热能转换为机械能的热力发动机。

3.2

产品碳足迹 carbon footprint of a product; CFP

产品系统中的温室气体排放量和温室气体清除量之和，以二氧化碳当量表示，并基于气候变化这一单一影响类型的生命周期评价。

注1：产品碳足迹见 GB/T 24067—2024 表1，用不同的图例区分和标示具体的温室气体排放量和清除量，产品碳足迹也能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碳足迹的量化结果，以每个功能单位的二氧化碳当量(CO₂e)表示。

[来源：GB/T 24067—2024, 3.1.1, 有修改]

3.3

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温室气体排放量和温室气体清除量之和,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,是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,以每个声明单位的二氧化碳当量表示。

[来源:GB/T 24067—2024,3.1.2]

3.4

初级数据 primary data

通过直接测量或基于直接测量的计算得到的过程或活动的量化值。

注 1: 初级数据并非来自所研究的产品系统,因为初级数据可能涉及其他与所研究的产品系统不同但具有可比性的产品系统。

注 2: 温室气体排放因子或温室气体活动数据是初级数据。

[来源:GB/T 24067—2024,3.6.1]

3.5

次级数据 secondary data

不符合初级数据(3.4)要求的数据。

注: 次级数据是经权威机构验证且具有可信度的数据,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,推荐使用本土化数据库。

[来源:GB/T 24067—2024,3.6.3]



3.6

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,但并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]

3.7

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]

3.8

生命周期清单分析 life cycle inventory analysis; LCI

生命周期评价中对所研究产品整个生命周期中输入和输出进行汇编和量化的阶段。

[来源:GB/T 24044—2008,3.3]

3.9

单元过程 unit process

进行生命周期清单分析时为量化输入和输出数据而确定的最基本部分。

[来源:GB/T 24044—2008,3.34]

4 原则

4.1 生命周期的视角

核算内燃机产品的碳足迹宜考虑产品的生命周期,包括生产制造阶段、使用阶段和生命末期阶段。

4.2 相对的方法和功能单位

内燃机产品碳足迹量化是围绕功能单位构建的一个相对方法,结果是与功能单位相对应。

4.3 迭代的方法

对于内燃机产品碳足迹量化,宜反复评估生命周期评价的四个步骤(研究目的和范围的确定、生命周期清单分析、产品碳足迹影响评价和产品碳足迹结果解释,见 5.2~5.5)。迭代的方法有助于产品碳足迹研究和报告结果的一致性。

4.4 相关性

在内燃机产品碳足迹量化中,所选择的数据和方法适用于所研究系统引起的温室气体排放量和清除量的评价。

4.5 完整性

在内燃机产品碳足迹量化中,所有对产品系统有显著贡献的温室气体排放量和清除量都包括在内,显著程度取决于取舍准则(见 5.2.5.5)。

4.6 一致性

保证内燃机产品碳足迹量化的全过程用相同的假设、方法和数据,以得到与目的和范围一致的结论。

4.7 统一性

采用国际上已认可并已应用于具体产品种类的方法、标准和指南,以提高内燃机产品种类中碳足迹之间的可比性。

4.8 准确性

内燃机产品碳足迹或产品部分碳足迹的量化是准确的、可核查的、相关的、无误导性的,并尽可能地减少偏差和不确定性。

4.9 透明性

以公开、全面和可理解的信息表述方式处理和记录所有相关问题,披露所有相关假设,并适当引用所使用的方法和数据来源。

4.10 避免重复计算

相同的温室气体排放量和清除量仅分配一次,以避免温室气体排放量和清除量的重复计算。

5 内燃机产品碳足迹或产品部分碳足迹的量化方法

5.1 概述

内燃机产品碳足迹或产品部分碳足迹量化包括生命周期评价的四个步骤,即目的和范围的确定(见 5.2)、生命周期清单分析(见 5.3)、产品碳足迹影响评价(见 5.4)和产品碳足迹结果解释(见 5.5)。

5.2 目的和范围的确定

5.2.1 量化目的

- 开展内燃机产品碳足迹量化的目的包括：
- 评价内燃机产品生命周期内相关活动引起的温室气体排放；
 - 识别内燃机产品的关键排放环节，挖掘减排潜力；
 - 为内燃机产品碳足迹标识提供依据。

5.2.2 量化范围

在确定内燃机产品碳足迹量化范围时，应系统识别并清晰界定以下关键要素：

- a) 产品系统(见 5.2.3)；
- b) 功能单位(见 5.2.4)；
- c) 系统边界(见 5.2.5)；
- d) 数据和数据质量要求(见 5.2.6)；
- e) 对使用阶段和生命末期阶段的情景假设(见 5.2.7 和 5.2.8)；
- f) 数据分配(见 5.3.3)；
- g) 内燃机产品碳足迹报告(见第 6 章)；
- h) 内燃机产品碳足迹量化的局限性。

如开展比较，应遵循附录 A 的要求。

5.2.3 产品系统

内燃机产品碳足迹量化是将内燃机产品的生命周期作为产品系统进行模拟，该系统具有一个或多个特定功能。内燃机产品系统可再分为多个单元过程(见图 1)，有助于识别系统的物质流的输入和输出。单元过程之间通过中间产品流和(或)待处理的废物质流相联系，与其他产品系统之间通过产品流相联系，与环境之间通过使用的资源或温室气体排放相联系。构成内燃机产品系统的单元过程应按生命周期阶段进行分组，例如生产制造阶段、使用阶段和生命末期阶段。产品生命周期中的温室气体排放量和清除量应分配到发生温室气体排放和清除的生命周期阶段中。在按照相同时间范围采用相同方法进行量化且不存在缺项或交叉的前提下，产品碳足迹可由产品部分碳足迹相加得到。

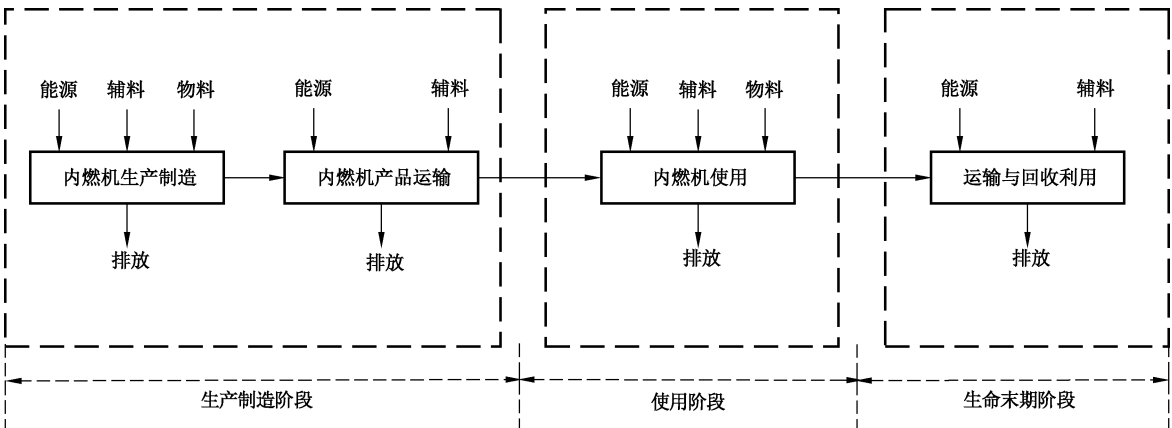


图 1 内燃机产品碳足迹量化的单元过程和生命周期阶段

5.2.4 功能单位

内燃机产品应采用每千瓦动力作为功能单位。

5.2.5 系统边界

5.2.5.1 通用要求

系统边界的选择应与内燃机产品碳足迹量化的目的保持一致,应确定并说明系统边界中包括的生命周期阶段和单元过程。

5.2.5.2 生产制造阶段系统边界设定

内燃机产品生产制造阶段的碳排放核算系统边界如图 2 所示。系统边界包括:

- a) 内燃机生产制造过程:应包括生产制造过程中因消耗能源引起的温室气体排放、使用辅料引起的温室气体排放、零部件带来的温室气体排放和因焊接等工序产生的逸散排放(如有)。其中:
 - 1) 生产制造过程消耗的能源包括但不限于电力、柴油、汽油等;
 - 2) 生产制造过程使用的辅料包括但不限于密封胶、润滑油、冷却液等;
 - 3) 生产制造过程所用的零部件包括但不限于气缸体、气缸盖、气缸盖罩、曲轴、凸轮轴、活塞、连杆、齿轮、飞轮、进气歧管、排气歧管、油底壳、轴承、水泵、机油泵、起动电机(如有)、发电机(如有)、火花塞(如有)、节气门体等全部零部件。根据零部件的来源,分为自制零部件和外购零部件。
- b) 内燃机产品运输过程:应包括运输过程因消耗能源引起的温室气体排放。

系统边界中不包括:设备、机器、厂房、道路等基础设施的生产制造、安装和维护;厂区内人员及生活设施;行政、管理、研发、市场部门的活动;员工的交通。

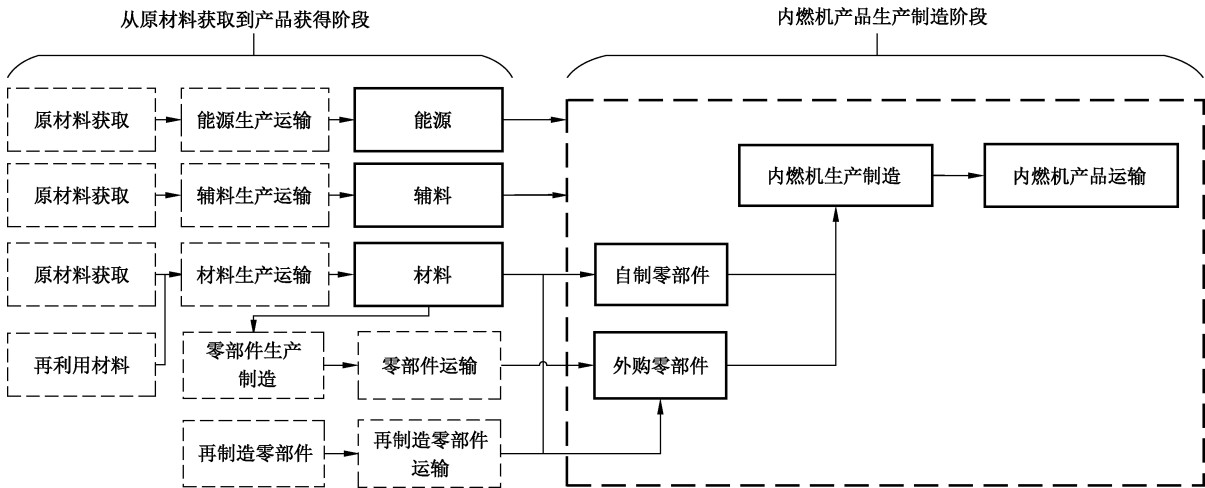


图 2 内燃机产品生产制造阶段碳排放核算的系统边界

5.2.5.3 使用阶段系统边界设定

内燃机产品使用阶段碳排放核算的系统边界如图 3 所示。系统边界包括:

- a) 内燃机使用过程:包括内燃机消耗燃料引起的温室气体排放、内燃机使用过程中产生的非燃烧逸散排放(如有),内燃机使用的燃料包括但不限于柴油、汽油、天然气等;
- b) 内燃机维修保养过程:包括内燃机维修保养过程中更换的零部件、液体辅料等带来的温室气

体排放。

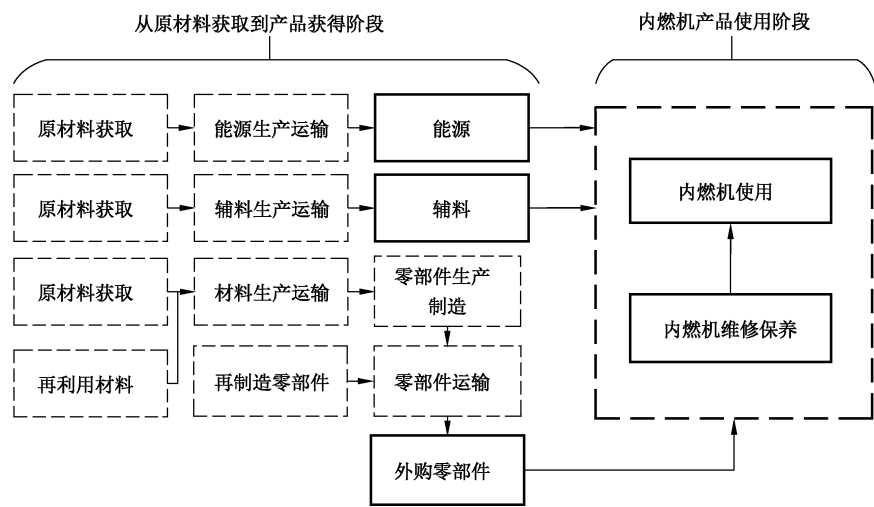


图 3 内燃机产品使用阶段碳排放核算的系统边界

5.2.5.4 生命末期阶段系统边界设定

内燃机产品生命末期阶段碳排放核算的系统边界如图 4 所示,始于内燃机产品经回收运输至报废处理工厂,进行拆解分离出可用于再制造的零部件和再利用的材料。系统边界包括:

- a) 回收运输过程:内燃机产品报废过程的收集、包装和运输过程产生的温室气体排放;
- b) 拆解过程:内燃机产品在回收处理工厂中的拆解、破碎、清洗、筛分等过程产生的温室气体排放;
- c) 零部件再制造过程:零部件再制造过程因能源使用等产生的温室气体排放;
- d) 材料再利用过程:材料再利用过程因能源使用等产生的温室气体排放;
- e) 再制造零部件和再利用材料运输过程产生的温室气体排放。

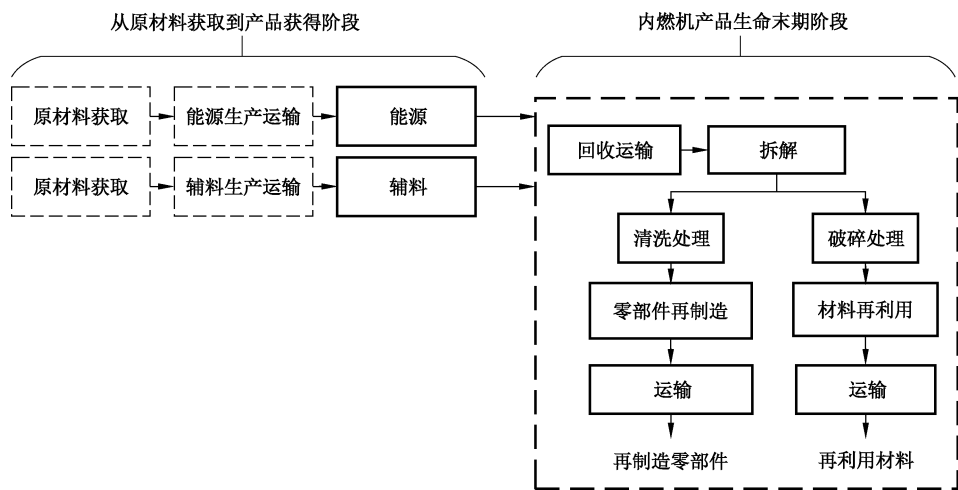


图 4 内燃机产品生命末期阶段碳排放核算的系统边界

5.2.5.5 取舍准则

内燃机产品碳足迹量化应包括系统边界内的所有单元过程。量化时可舍弃产品碳足迹影响小于

1%的生命周期阶段、过程、输入和输出等环节,但舍弃环节总的影响不应超过产品碳足迹总量的5%。舍去部分应有书面数据记录并说明取舍原因。

5.2.6 数据和数据质量要求

5.2.6.1 通用要求

量化内燃机产品碳足迹时,应根据系统边界和包括的生命周期阶段和功能单元进行数据收集,并明确记录数据的收集过程、收集时间和地理信息。

5.2.6.2 数据描述

内燃机产品碳足迹的量化应优先收集现场数据。现场数据是指内燃机产品的生命周期单元过程中产生的温室气体直接排放量(通过直接监测、化学计量、质量平衡或类似方法确定)、活动水平数据(导致温室气体排放或清除的过程的输入和输出)或排放因子。如内燃机产品生产制造过程的能源消耗量、内燃机产品的运输方式和运输距离等。可从一个特定的地点收集现场数据,也可选取该系统内所有地点现场数据的平均值。只要其结果是针对产品生命周期中的单元过程,即可对其进行测量或建模。现场数据均为初级数据。

仅在收集初级数据不可行时,或对于重要性较低的过程,次级数据才能用于输入和输出。应记录和证明次级数据的适用性,并注明参考文件。

5.2.6.3 数据质量要求

内燃机产品碳足迹量化应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维度。数据质量的相关特性描述应涉及以下方面:

- 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:为实现产品碳足迹量化目的,所收集的单元过程数据的地理覆盖范围;
- c) 技术覆盖范围:具体的技术和技术组合;
- 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) 可重现性: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(例如数据、模型和假设)。

5.2.6.4 数据质量评价

开展内燃机产品碳足迹量化的组织应建立数据管理系统,保留相关文件和记录,进行数据质量评价,持续提高数据质量。

数据质量评估应采用两步法:

- 根据 5.2.6.3 中 a)~d) 项的要求,对内燃机产品碳足迹量化所需的活动水平、排放因子等数据的数据质量进行分析;
- 根据 5.2.6.3 中 a)~d) 项的要求,构建数据质量等级(DQR)对内燃机产品碳足迹量化所需的活动水平、排放因子等数据的数据质量进行评价,应符合附录 B 的要求;初级数据满足数据质量等级(DQR)≤2,其他次级数据满足数据质量等级(DQR)≤4。



5.2.7 使用阶段和使用情景

内燃机产品碳足迹量化范围(见 5.2.2)包括使用阶段时,应包括内燃机产品使用阶段产生的温室气体排放量和清除量,并在产品碳足迹量化报告中具体说明产品使用者和产品使用情景。

注:使用阶段从该用户拥有产品时开始,到产品废弃、重新用于不同功能、回收或能量回收时结束。

内燃机产品使用寿命信息应包括预期使用条件和产品相关功能并可验证。使用情景应代表选定市场的实际使用情况。

在没有其他证明的情况下,应根据以下公布的技术资料来确定使用情景(即使用寿命和选定市场场景):

- a) 产品碳足迹-产品种类规则;
- b) 已发布的国际标准;
- c) 已发布的国家标准;
- d) 已发布的行业指南;
- e) 由制造厂家自主选定代表使用情景。



5.2.8 生命末期阶段

内燃机产品碳足迹量化范围(见 5.2.2)应包括产品生命末期阶段产生的所有温室气体排放量和清除量,可包括如下内容:

- a) 生命末期内燃机产品的收集、包装和运输;
- b) 回收和再利用预处理;
- c) 生命末期产品组件的拆解;
- d) 破碎和分选;
- e) 材料回收等。

5.3 生命周期清单分析

5.3.1 数据收集

5.3.1.1 时间边界

内燃机产品碳足迹的量化宜以一个自然年为数据收集周期。

5.3.1.2 收集流程

对于内燃机产品系统边界内的所有单元过程,应收集纳入生命周期清单中的定性和定量数据。数据包括初级数据和次级数据,应对数据的获得方式和来源、数据时间、数据类型等均予以说明。初级数据主要指内燃机生命周期各阶段的现场数据,如内燃机产品生产制造过程的能源消耗、零部件投入、辅料消耗量等数据。次级数据主要包括各类材料、能源、辅料的生命周期清单数据等。对于可能对结论有显著影响的数据,应说明相关数据的收集过程、收集时间以及数据质量的详细信息。如果这些数据不符合数据质量要求(见 5.2.6),也应作出说明。

数据收集流程如下:

- a) 根据内燃机产品系统边界,确立系统边界内的各单元过程,识别各单元过程的排放源,明确数据需求范围;
- b) 根据数据需求编制单元过程输入和输出数据列表;
- c) 根据数据列表收集初级数据和次级数据;
- d) 评估收集的活动的水平数据和排放因子;

- e) 审查数据收集过程中出现的特殊情况、异常点等问题,识别可能产生的数据误差风险。

5.3.1.3 数据种类

5.3.1.3.1 通则

内燃机产品碳足迹量化相关的数据应包括:

- a) 产品数据:包括内燃机产品名称、产品型号、额定功率、产品净重等;
- b) 能量数据:包括燃料、电力等能源类数据;
- c) 材料数据:包括原材料、半成品、外协件、外购件、辅料等输入数据和废料、成品等输出数据;
- d) 排放数据:包括燃料使用相关的直接排放、过程中非燃烧排放等数据;
- e) 其他无法归类的数据。

5.3.1.3.2 内燃机产品生产制造阶段数据

内燃机产品生产制造阶段收集的数据宜包括:

- a) 内燃机产品的基本信息,如型号、产品净重、额定功率、制造厂家、制造日期等;
- b) 包含内燃机产品全部零部件的物料清单,包括零部件种类、零部件来源(区分外购零部件和自制零部件)、零部件数量、零部件质量、零部件材料组成、再制造零部件的使用情况等;
- c) 内燃机装配过程中的单位产品能耗、能源消费种类、能源消费数量、辅料种类、辅料使用量、废弃物产生量及其他排放;
- d) 内燃机产品运输分销过程中的单位产品能耗、能源消费种类、能源消费量及非燃烧排放。

5.3.1.3.3 内燃机产品使用阶段数据

内燃机产品使用阶段收集的数据宜包括:

- a) 内燃机使用过程的燃料消耗率;
- b) 内燃机使用寿命;
- c) 内燃机维护期的更换零部件种类与数量、更换液体种类与数量等。

5.3.1.3.4 内燃机产品生命末期阶段数据

内燃机产品生命末期阶段收集的数据宜包括:

- a) 回收过程中产品拆解、破碎、分拣、材料再利用、零部件再制造等过程消耗的能源种类、能源数量、非燃烧排放以及产品回收利用率;
- b) 产品废弃回收过程的运输数据,包括运输方式、运输距离、运输重量、运输工具能源消耗种类与消耗量等。

5.3.1.3.5 其他数据

内燃机产品系统边界内无法从现场直接获得的初级数据和次级数据主要包括:

- a) 外购能源(包括柴油、汽油、天然气、电力等)的生命周期清单数据(如排放因子);
- b) 运输工具所耗能源的生命周期清单数据(如排放因子);
- c) 材料和辅料的 Lifecycle Inventory 数据(如排放因子),材料包括钢、铁、铝、铜等金属材料,塑料、橡胶等非金属材料,辅料包括润滑油、密封胶、冷却液等;
- d) 外购零部件的生命周期清单数据(如排放因子)等。

5.3.1.4 数据来源

活动水平等初级数据宜来源于企业的生产台账或统计报表、采购记录、发票、原始记录表格等现场

数据,在现场数据不能获得的情况下,宜使用国家最新公布的数据或经评估的次级数据。引用次级数据宜考虑数据地理范围、时间范围和技术范围的优先性,宜证明其适用性和可信度,并注明数据来源。

排放因子数据按照以下方法收集:

- 应优先使用现场数据或供应商提供的排放因子数据(内燃机零部件的排放因子数据收集流程应符合附录 C 的规定);
- 在现场数据不能获得的情况下,宜使用国家最新公布的数据和经评估的相关数据库数据;
- 在国家已公布数据不能获得时,宜使用公开发表的文献数据和行业统计推荐值等。

注:在某些情况下,作为次级数据的默认排放因子不是基于生命周期的排放因子,根据具体情况进行调整或修改。

5.3.2 数据审定

在数据收集过程中应对数据的有效性进行检查,以确认并提供证据证明数据质量要求符合 5.2.6 的规定。

数据审定可通过建立质量平衡、能量平衡或排放因子的比较分析或其他适当的方法。由于每个单元过程都遵守质量和能量守恒定律,因此质量和能量平衡方法能作为单元过程数据审定的有效手段。

5.3.3 数据分配

5.3.3.1 分配方法

生命周期清单是以输入和输出之间的物质平衡为基础的。产品生产工序中可能存在一个单元过程同时产出两种或多种产品,而投入的材料和能源又无法区分开的情况,也可能存在一个单元过程有多个输入和一个输出的情况。在这些情况下不能直接得到清单计算所需的数据,应根据一定的关系对这些单元过程的输入输出数据进行分配。内燃机产品生命周期系统边界内的数据分配优先顺序如下。

- a) 应通过以下方式避免分配:
 - 1) 细分法:将拟分配的单元过程划分为两个或多个子过程,并收集与这些子过程相关的输入输出数据;
 - 2) 扩展法:将产品系统进行扩展,使其包括共生产品相关的附加功能,从而抵扣功能单位等同产品生产造成的环境影响。
- b) 若无法避免分配,则宜将系统的输入输出以能反映它们之间潜在物理关系的方式,划分到不同产品或功能中,如产品的质量、体积、数量等物理量。
- c) 当物理关系无法建立或无法用来作为分配基础时,则以反映它们之间其他关系的方式将输入输出在产品或功能之间进行分配。例如可以根据产品的经济价值等按比例将输入输出数据分配到共生产品。

当产出包括共生产品和废物时,应确定两者的比例,并将投入和产出仅分配给副产品。对系统中相似的输入输出,应采用同样的分配程序。例如,离开系统的可用产品(例如中间产品或废弃产品)的分配方法应和进入系统的同类产品的分配方法相同。

5.3.3.2 回收利用的分配方法

5.3.3.1 中的分配方法也适用于内燃机产品生命末期阶段的回收利用。在确立回收利用的分配方法时,应对回收利用材料固有属性的变化予以考虑。

在闭环产品系统或回收利用材料固有属性未发生变化的开环产品系统中,由于再生材料替代原生材料,无需进行分配。

开环产品系统中,材料被回收利用到其他产品系统且固有属性发生改变,此时共享单元过程宜采用以下分配顺序:

- 物理属性(例如质量、数量、工时等);
- 经济价值(例如废料和再生利用物质的市场价值与初级材料市场价值的比值等);
- 回收材料的后续使用的次数(见 ISO/TR 14049:2012)。

5.4 产品碳足迹影响评价

5.4.1 通则

应通过排放或清除的温室气体的质量乘以政府间气候变化委员会(IPCC)给出的 100 年全球变暖潜势(GWP)(见附录 D),来计算内燃机产品系统每种温室气体排放和清除的潜在气候变化影响,单位为千克二氧化碳当量每千克排放量。产品碳足迹为所有温室气体潜在气候变化影响的总和。若 IPCC 修订了 GWP,应使用最新数值,否则应在报告中说明。

5.4.2 产品碳足迹计算方法

内燃机产品碳足迹按公式(1)进行计算,计算结果圆整(四舍五入)至小数点后两位:

$$CF_{ICE} = \frac{C_{ICE-pro} + C_{ICE-use} + C_{ICE-eol}}{P_{ICE}} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- CF_{ICE} ——产品碳足迹,以千克二氧化碳当量每千瓦(kgCO₂e/kW)计;
- $C_{ICE-pro}$ ——生产制造阶段的温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台内燃机产品(kgCO₂e/台)计;
- $C_{ICE-use}$ ——使用阶段的温室气体排放总量,以千克二氧化碳当量每台内燃机产品(kgCO₂e/台)计;
- $C_{ICE-eol}$ ——生命末期阶段的温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台内燃机产品(kgCO₂e/台)计;
- P_{ICE} ——额定功率,根据内燃机使用场景确定额定功率值,以千瓦每台(kW/台)计。

5.4.3 生产制造阶段

5.4.3.1 生产制造阶段温室气体排放

生产制造阶段的温室气体排放按公式(2)进行计算:

$$C_{ICE-pro} = C_{ICE-en} + C_{ICE-fu} + C_{ICE-parts} + C_f + C_{ICE-trans} \dots\dots\dots(2)$$

式中:

- C_{ICE-en} ——能源消耗引起的温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台内燃机产品(kgCO₂e/台)计;
- C_{ICE-fu} ——焊接等过程产生的二氧化碳逸散排放量,以千克二氧化碳当量每台内燃机产品(kgCO₂e/台)计,逸散排放根据实际生产情况进行统计,应按照 5.3.3 的原则对逸散排放进行分配;
- $C_{ICE-parts}$ ——零部件的温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台内燃机产品(kgCO₂e/台)计;
- C_f ——润滑油等辅料的温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台内燃机产品(kgCO₂e/台)计;
- $C_{ICE-trans}$ ——内燃机产品运输过程产生的温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台内燃机产品(kgCO₂e/台)计。



5.4.3.2 能源消耗引起的温室气体排放

能源消耗引起的温室气体排放按公式(3)~公式(6)计算:

$$C_{\text{ICE-en}} = C_{\text{ICE-fuel}} + C_{\text{ICE-el}} + C_{\text{ICE-heat}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$C_{\text{ICE-fuel}} = \sum (M_k \times \text{LHV}_k \times \text{EF}_k + M_k \times \text{EF}'_k) \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$C_{\text{ICE-el}} = M_{\text{el}} \times \text{EF}'_{\text{el}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$C_{\text{ICE-heat}} = M_{\text{heat}} \times \text{EF}'_{\text{heat}} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

$C_{\text{ICE-fuel}}$ ——燃料消耗引起的温室气体排放,以千克二氧化碳当量每台($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{台}$)计;

$C_{\text{ICE-el}}$ ——电力消耗引起的温室气体排放,以千克二氧化碳当量每台($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{台}$)计;

$C_{\text{ICE-heat}}$ ——热力消耗引起的温室气体排放,以千克二氧化碳当量每台($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{台}$)计;

M_k ——第 k 种燃料的消耗量,固体燃料和液体燃料以千克每台($\text{kg}/\text{台}$)计,气体燃料以立方米每台($\text{m}^3/\text{台}$)计;

LHV_k ——第 k 种燃料的低位热值,固体燃料和液体燃料以吉焦每千克(GJ/kg)计,气体燃料以吉焦每立方米(GJ/m^3)计,应按照附录 E 中表 E.1 执行;

EF_k ——第 k 种燃料使用的温室气体排放因子,以千克二氧化碳当量每吉焦燃料($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{GJ}$)计;

EF'_k ——第 k 种燃料生产的温室气体排放因子,固体燃料和液体燃料以千克二氧化碳当量每千克($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kg}$)计,气体燃料以千克二氧化碳当量每立方米($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^3$)计;

M_{el} ——电力消耗量,以千瓦时每台($\text{kWh}/\text{台}$)计;

EF'_{el} ——电力生产的温室气体排放因子,以千克二氧化碳当量每千瓦时($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kWh}$)计;

M_{heat} ——热力消耗量,以吉焦每台($\text{GJ}/\text{台}$)计;

EF'_{heat} ——热力生产的温室气体排放因子,以二氧化碳当量每吉焦($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{GJ}$)计。

应将工厂内固定源(如柴油机械设备等)和移动源(如厂内作业车辆工具等)消耗能源引起的温室气体排放都计入生产制造过程。能源生产的温室气体排放因子应为该能源从原材料获取到能源产品获得阶段的排放因子,宜根据 5.3.1.4 的方法确立能源生产的温室气体排放因子。燃料使用的温室气体排放因子计算按照附录 E 执行,且数据质量要求应与 5.2.6 一致。电力消耗量统计可扣除企业生产过程中自发自用的绿电量。

5.4.3.3 零部件的温室气体排放

内燃机产品零部件的温室气体排放量按公式(7)计算:

$$C_{\text{ICE-parts}} = \sum (m_i \times C_{\text{parts},i}) \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

m_i ——零部件 i 的数量,以个每台(个/台)计;

$C_{\text{parts},i}$ ——零部件 i 的温室气体排放因子,以千克二氧化碳当量每个($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{个}$)计。

外购零部件根据 5.3.1.4 的方法确立排放因子。外购零部件的温室气体排放因子数据宜优先采用供应商提供的该零部件从原材料获取到零部件产品获取阶段的排放因子,且数据质量应符合 5.2.6 的要求。若供应商提供的零部件排放因子数据不能获得时,零部件的温室气体排放因子计算按附录 F 执行。

若能统计到自制零部件生产过程的能源消耗,则自制零部件的温室气体排放按公式(F.11)计算。若自制零部件生产过程的能源消耗、辅料等数据不能获得时,自制零部件生产过程消耗的能源和辅料等数据并入内燃机生产制造环节的能源消耗和辅料消耗,这种情况下自制零部件的温室气体排放按公

式(F.12)计算。

内燃机产品生产过程中使用了再制造零部件时,再制造零部件的温室气体排放因子按公式(F.13)计算。

5.4.3.4 辅料的温室气体排放

内燃机产品生产制造过程所需润滑油等辅料的温室气体排放按公式(8)计算:

$$C_f = \sum (m_{ICE,s} \times C_{f,s}) \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

$m_{ICE,s}$ ——第 s 种辅料的质量,以千克每台(kg/台)计;

$C_{f,s}$ ——第 s 种辅料的温室气体排放,以千克二氧化碳当量每千克(kgCO₂e/kg)计。

其中,第 s 种辅料的温室气体排放计算按公式(9)计算:

$$C_{f,s} = C_{f-en,s} + C_{f-fu,s} + C_{f-sup,s} \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

$C_{f-en,s}$ ——第 s 种辅料生产过程中消耗的各类能源的温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每千克(kgCO₂e/kg)计;

$C_{f-fu,s}$ ——第 s 种辅料生产过程中因焊接等过程产生的二氧化碳逸散排放量,以千克二氧化碳当量每千克(kgCO₂e/kg)计;

$C_{f-sup,s}$ ——第 s 种辅料生产过程中因添加其他辅料产生的温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每千克(kgCO₂e/kg)计。

辅料生产过程中消耗的各类能源的温室气体排放可参考 5.4.3.2 计算,辅料生产过程中的逸散排放根据实际生产情况进行统计,辅料生产过程中因添加其他辅料产生的温室气体排放按 5.3.1.4 方法确立排放因子。遵循 5.3.3 的原则对辅料生产的温室气体排放进行分配。

5.4.3.5 运输过程的温室气体排放

内燃机产品出厂后运输过程产生的温室气体排放按公式(10)~公式(12)计算。若运输工具消耗气体燃料(如天然气),此时运输工具所用燃料产生的温室气体排放按公式(13)计算。

$$C_{ICE-trans} = C_{ICE-trans_fuel} + C_{ICE-trans_el} \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$C_{ICE-trans_fuel} = \sum [D_{ICE,r} \times FC_{ICE,r,k} \div 100 \times \rho_{r,k} \times (EF_{r,k} \times LHV_k + EF'_k)] \quad \dots\dots (11)$$

$$C_{ICE-trans_el} = \sum (D_{ICE,r} \times FC_{ICE,r-el} \div 100 \times EF'_{el}) \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$C_{ICE-trans_fuel} = \sum [D_{ICE,r} \times FC_{ICE,r,k} \div 100 \times (EF_{r,k} \times LHV_k + EF'_k)] \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中:

$C_{ICE-trans_fuel}$ ——运输工具所用燃料消耗引起的温室气体排放,以千克二氧化碳当量每台(kgCO₂e/台)计;

$C_{ICE-trans_el}$ ——运输工具所用电力消耗引起的温室气体排放,以千克二氧化碳当量每台(kgCO₂e/台)计;

$D_{ICE,r}$ ——每台内燃机采用第 r 种运输方式的距离,以千米每台(km/台)计;

$FC_{ICE,r,k}$ ——第 r 种运输方式所用运输工具的燃油经济性,液体燃料以升每百千米(L/100 km)计,气体燃料以立方米每百千米(m³/100 km)计;

$\rho_{r,k}$ ——第 r 种运输方式所消耗燃料 k 的密度,液体燃料以千克每升(kg/L)计,气体燃料以千克每立方米(kg/m³)计;

$EF_{r,k}$ ——第 r 种运输方式所消耗燃料 k 在使用时的温室气体排放因子,以千克二氧化碳当量

每吉焦(kgCO₂e/GJ)计；

LHV_k ——第 *k* 种燃料的低位热值,固体燃料和液体燃料以吉焦每千克(GJ/kg)计,气体燃料以吉焦每立方米(GJ/m³)计,应按照表 E.1 执行；

EF'_k ——第 *k* 种燃料生产的温室气体排放因子,液体燃料以千克二氧化碳当量每千克(kgCO₂e/kg)计,气体燃料以千克二氧化碳当量每立方米(kgCO₂e/m³)计；

FC_{ICE,r-el} ——第 *r* 种运输方式采用电力作为动力时的电力消耗,以千瓦时每百千米(kWh/100 km)计；

EF'_{el} ——电力生产的温室气体排放因子,以千克二氧化碳当量每千瓦时(kgCO₂e/kWh)计。

内燃机产品运输过程应统计内燃机产品出厂运输所采用的运输方式、运输距离、运输工具的燃油经济性等数据。燃料使用的温室气体排放因子按照公式(E.1)计算,且数据质量应符合 5.2.6 的要求。燃料和电力生产的温室气体排放因子应为从原材料获取到燃料和电力产品获得阶段的排放因子,应按 5.3.1.4 的方法确立。若运输过程中存在同时运输多个商品的情况,应按照 5.3.3 的原则对零部件运输产生的温室气体排放进行分配。

5.4.4 使用阶段

5.4.4.1 使用阶段温室气体排放

使用阶段的温室气体排放按公式(14)进行计算：

$$C_{\text{ICE-use}} = C_{\text{use}} + C_{\text{main}} \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中：

C_{use} ——因使用燃料产生的温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台内燃机产品(kgCO₂e/台)计；

C_{main} ——使用期间维修保养产生的温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台内燃机产品(kgCO₂e/台)计。

5.4.4.2 燃料使用

因使用燃料产生的温室气体排放按公式(15)计算：

$$C_{\text{use}} = (\text{FC}_{\text{ICE}}/1\,000) \times P_{\text{ICE}} \times T_{\text{ICE}} \times (\text{EF}_k \times \text{LHV}_k + \text{EF}'_k) \quad \dots\dots\dots (15)$$

式中：

FC_{ICE} ——燃料消耗率,以克每千瓦时(g/kWh)计；

P_{ICE} ——额定功率,根据内燃机使用场景确定额定功率值,以千瓦每台(kW/台)计；

T_{ICE} ——使用寿命,以小时(h)计；

EF_k ——第 *k* 种燃料使用的温室气体排放因子,以千克二氧化碳当量每吉焦(kgCO₂e/GJ)计；

EF'_k ——第 *k* 种燃料生产的温室气体排放因子,以千克二氧化碳当量每千克(kgCO₂e/kg)计。

燃料消耗率根据 GB/T 28239、GB/T 37692 和 CB/T 3254.1 进行确定。使用寿命按照 GB/T 1147.1、GB/T 1147.2 进行确定。燃料使用的温室气体排放因子按附录 E 计算,且数据质量应符合 5.2.6 的要求。燃料生产的温室气体排放因子是燃料从原材料获取到燃料产品获得阶段的排放因子,应按 5.3.1.4 的方法确立。

注：使用阶段的温室气体的数据选取,生产企业根据具体的应用场景,选取第三方直接监测的现场数据。如车用依据 GB 17691—2018 中 6.2 给出的型式检验项目的 WHTC 和 WHSC 循环中监测的 CO₂ 排放量。

5.4.4.3 维修保养

使用阶段由于更换液体等辅料及零部件产生的温室气体排放按公式(16)计算：

$$C_{\text{main}} = \sum (N_i \times C_{\text{parts},i} + M_s \times C_{f,s}) \dots\dots\dots (16)$$

式中：
 N_i ——维修保养过程中使用的零部件 i 的数量，以个每台(个/台)计；
 $C_{\text{parts},i}$ ——零部件 i 的温室气体排放因子，以千克二氧化碳当量每个(kgCO₂e/个)计；
 M_s ——维修保养过程中使用的第 s 种辅料的用量，以千克每台(kg/台)计；
 $C_{f,s}$ ——第 s 种辅料生产过程的温室气体排放，以千克二氧化碳当量每千克(kgCO₂e/kg)计。

维修保养过程中的零部件替换个数优先选用现场数据，如 N_i 和 M_s 的取值可使用企业出厂的三包维修手册中更换的零部件数量和辅料质量来计算。若数据无法获得，可选用次级数据，零部件的温室气体排放参考 5.4.3.3，所有数据应遵循 5.2.6 的要求。

5.4.5 生命末期阶段

生命末期阶段的温室气体排放按公式(17)计算：

$$C_{\text{ICE-eol}} = C_{\text{ICE-eol;en}} + C_{\text{ICE-eol;trans}} \dots\dots\dots (17)$$

式中：
 $C_{\text{ICE-eol;en}}$ ——内燃机拆解处理过程中能源消耗引起的温室气体排放，以千克二氧化碳当量每台(kgCO₂e/台)计；
 $C_{\text{ICE-eol;trans}}$ ——运输过程的温室气体排放，以千克二氧化碳当量每台(kgCO₂e/台)计。
 $C_{\text{ICE-eol;en}}$ 的计算可参考 5.4.3.2。 $C_{\text{ICE-eol;trans}}$ 涉及的运输过程包括但不限于内燃机产品生命末期阶段的产品回收运输和回收后零部件及材料再利用等过程的运输，其计算规则可参考 5.4.3.5。

生命末期阶段涉及的数据宜优先选取初级数据，若无法获得，可采用次级数据，数据应遵循 5.2.6 的要求。

5.5 产品碳足迹结果解释

5.5.1 内燃机产品碳足迹量化的生命周期解释应包括以下步骤：

- a) 根据生命周期清单分析和生命周期影响评价的内燃机产品碳足迹的量化结果，识别关键环节（可包括生命周期阶段、单元过程或流）；
- b) 完整性、一致性和敏感性分析；
- c) 结论、局限性和建议的编制。

5.5.2 应按照产品碳足迹量化的目的和范围，对生命周期清单分析或生命周期影响评价的产品碳足迹的量化结果进行解释，解释应包括以下内容：

- a) 对产品碳足迹和各生命周期阶段碳足迹进行说明；
- b) 不确定性分析，包括取舍准则的应用或范围；
- c) 详细记录选定的分配方法；
- d) 说明产品碳足迹量化的局限性。

5.5.3 结果解释宜包括以下内容：

- a) 分析重要输入、输出和方法学选择（包括分配方法）的敏感性，以理解结果的敏感性和不确定性；
- b) 评估替代使用情景对最终结果的影响；
- c) 评估建议对结果的影响。

6 内燃机产品碳足迹报告

内燃机产品碳足迹报告应包括但不限于以下内容(报告格式见附录 G)。

- a) 基本情况：
 - 1) 委托方和评价方信息,包括公司全称、统一社会信用代码、地址、联系人、联系方式等;
 - 2) 报告信息,包括报告编号、编制人员、审核人员、发布日期等;
 - 3) 产品信息,在报告中标注内燃机产品的信息,包括产品型号、产品用途、燃料类型等;
 - 4) 依据的标准;
 - 5) 使用的产品种类规则或其他补充要求的参考资料(如有)。
- b) 目的：
 - 1) 开展研究的目的;
 - 2) 预期用途。
- c) 范围。报告中详细描述核算的内燃机产品,绘制并说明内燃机产品的核算边界,具体包括：
 - 1) 产品说明,包括型号、额定功率和使用场景等;
 - 2) 功能单位以及基准流;
 - 3) 核算边界包括基本流中的系统输入和输出类型,以及有关单元过程处理的决策准则(考虑其对产品碳足迹的重要性);
 - 4) 取舍准则;
 - 5) 内燃机产品生产制造阶段、使用阶段和生命周期阶段的描述。
- d) 清单分析：
 - 1) 数据收集信息,包括数据来源;
 - 2) 温室气体排放和清除时间;
 - 3) 代表性的时间段;
 - 4) 分配方法;
 - 5) 数据说明,包括有关数据的决定和数据质量评价。
- e) 影响评价,报告中提供按本文件碳足迹的量化方法量化的碳足迹。
- f) 结果解释：
 - 1) 结论和局限性;
 - 2) 敏感性分析和不确定性分析结果;
 - 3) 范围和修改后的范围(如适用),并说明理由和排除的情况。
- g) 其他：
 - 1) 研究中使用的产品种类规则或其他补充要求的参考资料(如有);
 - 2) 产品碳足迹比较(如适用)。

附 录 A
(规范性)

基于不同产品的内燃机产品碳足迹比较

A.1 通则

内燃机产品碳足迹的量化方法应遵循本附录的要求进行比较。

比较不同内燃机产品的产品碳足迹,应遵循相同的产品碳足迹量化要求。

内燃机产品碳足迹比较原则上应包括整个生命周期,除非该产品的部分功能已被包含在产品部分碳足迹中,并且在所有被比较的产品系统中省略的单元过程保持一致。

如果采用产品碳足迹-产品种类规则,则所有评价产品都应遵循产品碳足迹-产品种类规则。产品碳足迹-产品种类规则应符合 ISO/TS 14027 的规定。

A.2 比较要求

A.2.1 在进行目标和范围界定时,应遵循以下要求:

- a) 产品类别的定义和描述(例如额定功率、使用场景等)相同;
- b) 功能单位相同;
- c) 系统边界相同;
- d) 数据描述相同;
- e) 输入和输出的取舍准则相同;
- f) 数据质量要求(例如覆盖率、精度、完整性、代表性、一致性和可重复性)相同;
- g) 假设情景相同(例如针对使用阶段);
- h) 单位相同。

A.2.2 在进行生命周期清单分析和生命周期影响评价时,应遵循以下标准:

- a) 数据收集方法和数据质量要求等效;
- b) 计算程序相同;
- c) 使用的 GWP 相同等。



附 录 B
(规范性)
数据质量等级

数据质量等级(DQR)计算见公式(B.1)。

$$DQR = \frac{TeR + GeR + TiR + P}{4} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

TeR ——数据在技术代表维度的分值；

GeR ——数据在地理代表性维度的分值；

TiR ——数据在时间代表性维度的分值；

P ——数据在准确性维度的分值。

表 B.1 为数据在技术、地理、时间和准确性四个维度的质量级别。

表 B.1 单个数据质量级别

数据质量等级(DQR)	数据质量级别
1	优秀
2	很好
3	好
4	一般
5	差

表 B.2 为数据在技术、地理、时间和准确性四个维度的质量总评级。

表 B.2 数据质量总评级

DQR 总评级	数据质量级别
$DQR \leq 1.5$	质量优秀
$1.5 < DQR \leq 2.0$	质量很好
$2.0 < DQR \leq 3.0$	质量好
$3.0 < DQR \leq 4.0$	质量一般
$DQR > 4.0$	质量差

表 B.3 为采用企业初级数据时的数据质量标准评定。

表 B.3 采用企业初级数据时的数据质量标准评定

等级	TeR	GeR	TiR	P
1	基本流和活动水平数据能明确描述新开发数据集的技术	基本流和活动水平数据反映了在新创建的数据集中进行流程建模的确切地理位置	与碳足迹研究报告发布日期最近的年度管理期	经测量/计算并由外部或第三方核查验证

表 B.3 采用企业初级数据时的数据质量标准评定（续）

等级	TeR	GeR	TiR	P
2	基本流和活动数据是新开发的数据集技术的代表	基本流和活动水平数据部分反映了在新创建的数据集中进行流程建模的确切地理位置	与碳足迹研究报告发布日期相隔最多 2 年的年度管理期	经测量/计算并由内部评审员验证
3	不适用	不适用	与碳足迹研究报告发布日期相隔最多 3 年的年度管理期	未经评审员核证其合理性的测量/计算/文献数据
4、5	不适用	不适用	不适用	不适用

表 B.4 为采用企业次级数据时的数据质量标准评定。

表 B.4 采用企业次级数据时的数据质量标准评定

等级	TeR	GeR	TiR
1	碳足迹研究中使用的技术与数据集范围内的技术完全相同	碳足迹研究中建模的过程发生在数据集有效的国家	碳足迹研究报告的发布日期在数据集的有效期内
2	碳足迹研究中使用的技术包括在数据集范围内的技术组合中	碳足迹研究中建模的过程发生在数据集有效的地理区域（如欧洲、美洲、亚洲、非洲等）	碳足迹研究报告的发布日期不迟于数据集有效期后 2 年
3	碳足迹研究中使用的技术仅部分包含在数据集范围内	碳足迹研究中建模的过程发生在数据集有效的地理区域之一，或数据集覆盖多个区域	碳足迹研究报告的发布日期不迟于数据集有效期后 4 年
4	碳足迹研究中使用的技术与数据集范围中包含的技术相似	碳足迹研究中建模的过程发生在一个不包括在数据集有效的地理区域内的国家，但据估计存在基于专家判断的足够的相似性	碳足迹研究报告的发布日期不迟于数据集有效期后 6 年
5	碳足迹研究中使用的技术与数据集范围中包含的技术不同	碳足迹研究中建模的过程发生与数据集有效国家不同的国家	碳足迹研究报告的发布日期超过数据集时间有效期 6 年以上，或未指定时间有效期

附 录 C
(规范性)

零部件排放因子数据收集流程

企业在收集内燃机产品零部件排放因子数据时,应按重点零部件汇总表建立企业内部收集碳排放因子等初级数据的优先排序,优先收集重点零部件对应的各级供应商初级数据,其后逐步推进非重点零部件供应商碳排放因子等初级数据收集工作。碳排放因子等数据的收集流程见表 C.1。

表 C.1 内燃机零部件碳排放因子收集流程

序号	收集步骤	具体流程
1	确定排放因子等数据收集顺序	基于重点零部件,确定碳排放因子等数据收集的优先顺序
2	整理供应商信息	根据重点零部件清单,逐级整理供应商信息
3	供应商参与	采取行动引导相关供应商提供零部件排放因子等数据
4	数据填报	要求相关供应商提供零部件排放因子等数据
5	数据汇总	a) 汇总供应商填报的数据; b) 对于其他供应商未进行填报的碳排放因子,按照数据质量要求,可使用政府主管部门发布的权威数据、缺省值或次级数据
6	碳排放因子等数据更新和升级	a) 根据主管部门或第三方要求定义更新时间和间隔; b) 定期更新碳排放因子等数据; c) 逐步要求非重点零部件供应商提供碳排放因子等数据



附 录 D
(资料性)
温室气体全球增温潜势

表 D.1 为温室气体的全球增温潜势。

表 D.1 温室气体全球增温潜势

温室气体名称	化学分子式	全球变暖潜势(GWP-100)
二氧化碳	CO ₂	1
甲烷	CH ₄	27.9
氧化亚氮	N ₂ O	273
注：数据来源于 IPCC《气候变化报告 2021：自然科学基础》。		



附 录 E
(规范性)

燃料使用的温室气体排放计算方法

第 k 种燃料在固定源和移动源中使用时的温室气体排放因子按照公式(E.1)计算。

$$EF_k = \sum (EF_{k,j} \times GWP_j) \dots\dots\dots (E.1)$$

式中：

- EF_k ——第 k 种燃料使用的温室气体排放因子,以千克二氧化碳当量每吉焦(kgCO₂e/GJ)计；
- $EF_{k,j}$ ——第 k 种燃料使用时产生的第 j 种温室气体的排放因子,以千克每吉焦(kg/GJ)计；
- GWP_j ——第 j 种温室气体的全球变暖潜势值,以千克二氧化碳当量每千克(kgCO₂e/kg)计,见表 D.1。

其中,第 k 种燃料使用的二氧化碳排放因子按照公式(E.2)计算。

$$EF_{k,CO_2} = C_k \times OR_k \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots (E.2)$$

式中：

- C_k ——第 k 种燃料的碳排放系数,以千克碳每吉焦(kgC/GJ)计；
- OR_k ——第 k 种燃料的碳氧化率；
- $\frac{44}{12}$ ——二氧化碳与碳的相对分子质量之比。

燃料品种的单位发热量(如低位热值)、燃料燃烧设备的碳氧化率以及燃料在各类燃烧设备中产生的排放因子原则上应通过实际测试获得,以便正确反映当地燃烧设备的技术水平和排放特点。如无法获得实测数据,按照表 E.1 和表 E.2 给出的推荐值,或采用国家最新公布的数据。

表 E.1 常用化石燃料品种的低位热值和碳氧化率参数

燃料类别	燃料品种	低位热值	碳氧化率
固体燃料/(GJ/kg)	无烟煤	26.700×10 ^{3 a}	0.94 ^a
	烟煤	19.570×10 ^{3 a}	0.93 ^a
	褐煤	11.900×10 ^{3 a}	0.96 ^a
	洗精煤	26.344×10 ^{3 a}	0.90 ^a
	型煤	17.460×10 ^{3 a}	0.90 ^a
	焦炭	28.435×10 ^{3 a}	0.93 ^a
	其他洗煤	12.545×10 ^{3 a}	0.93 ^a
液体燃料/(GJ/kg)	原油	41.816×10 ^{3 a}	0.98 ^a
	燃料油	41.816×10 ^{3 a}	0.98 ^a
	汽油	43.070×10 ^{3 a}	0.98 ^a
	柴油	42.652×10 ^{3 a}	0.98 ^a
	一般煤油	43.070×10 ^{3 a}	0.98 ^a
	液化石油气	50.179×10 ^{3 a}	0.98 ^a

表 E.1 常用化石燃料品种的低位热值和碳氧化率参数（续）

燃料类别	燃料品种	低位热值	碳氧化率
液体燃料/(GJ/kg)	炼厂干气	45.998×10^3 ^a	0.99 ^a
	石脑油	44.500×10^3 ^a	0.98 ^a
	石油焦	31.998×10^3 ^b	0.98 ^b
	其他石油制品	41.031×10^3 ^b	0.98 ^b
气体燃料/(GJ/m ³)	焦炉煤气	173.54×10^{-4} ^b	0.99 ^b
	高炉煤气	33.00×10^{-4} ^b	0.99 ^b
	转炉煤气	84.00×10^{-4} ^b	0.99 ^b
	其他煤气	52.27×10^{-4} ^b	0.99 ^b
	天然气	389.31×10^{-4} ^b	0.99 ^b
上述参数优先适用各具体行业产品中的缺省值,若企业有实测值且该实测值符合相应国家标准要求,按照实测值进行核算			
^a 数据来源于 GB/T 32151.5—2015。			
^b 数据来源于《中国石油和天然气生产企业温室气体排放核算方法与报告指南(试行)》(2014)。			

表 E.2 常用化石燃料分部门分品种碳排放系数

燃料品种	固定源										移动源			
	能源加工转换				工业						交通运输			
	煤炭开采加工	油气开采加工	公共电力与热力	炼焦、煤制气等	钢铁	有色	化工	建材	建筑	其他	公路	铁路	水运	航空
无烟煤	—	27.34	27.49	—	27.40	26.80	27.65	27.29	—	—	—	—	—	—
烟煤	25.77	27.02	26.18	25.77	25.80	26.59	25.77	26.24	25.77	25.77	—	—	—	—
褐煤	28.07	28.53	27.97	—	27.07	28.22	28.15	28.05	—	—	—	—	—	—
洗精煤	25.41	25.41	25.41	25.41	25.41	25.41	25.41	25.41	25.41	25.41	—	—	—	—
其他洗煤	25.41	25.41	25.41	25.41	25.41	25.41	25.41	25.41	25.41	25.41	—	—	—	—
型煤	—	—	33.56	—	33.56	33.56	33.56	33.56	—	33.56	—	—	—	—
焦炭	29.42	29.42	29.42	29.42	29.42	29.42	29.42	29.42	29.42	29.42	—	—	—	—
原油	—	20.08	20.08	20.08	20.08	20.08	20.08	20.08	20.08	20.08	—	—	—	—
燃料油	—	21.10	21.10	21.10	21.10	21.10	21.10	21.10	21.10	21.10	—	—	—	—
汽油	18.90	18.90	18.90	18.90	18.90	18.90	18.90	18.90	18.90	18.90	18.90	—	—	—
柴油	20.20	20.20	20.20	20.20	20.20	20.20	20.20	20.20	20.20	20.20	20.20	20.20	20.20	—
喷气煤油	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19.50
一般煤油	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19.60	—	—	—	—
NGL	—	17.20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
液化石油气	—	17.20	—	17.20	—	—	—	—	—	17.20	—	—	—	—

表 E.2 常用化石燃料分部门分品种碳排放系数（续）

燃料 品种	固定源										移动源			
	能源加工转换				工业						交通运输			
	煤炭开 采加工	油气开 采加工	公共电力 与热力	炼焦、煤 制气等	钢铁	有色	化工	建材	建筑	其他	公路	铁路	水运	航空
炼厂干气	18.20	18.20	18.20	18.20	18.20	18.20	18.20	18.20	18.20	18.20	18.20	—	—	—
其他石 油制品	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	—	—	—	—
天然气	15.32	15.32	15.32	15.32	15.32	15.32	15.32	15.32	15.32	15.32	15.32	—	—	—
焦炉煤气	13.58	13.58	13.58	13.58	13.58	13.58	13.58	13.58	13.58	13.58	—	—	—	—
其他	12.20	12.20	12.20	12.20	12.20	12.20	12.20	12.20	12.20	12.20	—	—	—	—
注：数据来源于《省级温室气体清单编制指南（试行）》。														



附录 F

(规范性)

零部件的温室气体排放计算

F.1 外购零部件生产的温室气体排放计算

F.1.1 外购零部件生产的温室气体排放

外购零部件生产的生命周期温室气体排放按公式(F.1)计算：

$$C_{\text{parts},i} = C_{\text{parts-pro},i} + C_{\text{parts-trans},i} + C_{\text{parts-ma},i} + \sum (m_{\text{parts},i,s} \times C_{f,i,s}) \dots\dots\dots (F.1)$$

式中：

$C_{\text{parts-pro},i}$ ——零部件 i 生产制造过程的温室气体排放，以千克二氧化碳当量每个(kgCO₂e/个)计；

$C_{\text{parts-trans},i}$ ——零部件 i 运输过程的温室气体排放，以千克二氧化碳当量每个(kgCO₂e/个)计；

$C_{\text{parts-ma},i}$ ——构成零部件 i 的各类材料的温室气体排放，以千克二氧化碳当量每个(kgCO₂e/个)计；

$m_{\text{parts},i,s}$ ——生产零部件 i 所需的第 s 种辅料的质量，以千克每个(kg/个)计；

$C_{f,i,s}$ ——生产零部件 i 所需的第 s 种辅料生产过程的温室气体排放量，以千克二氧化碳当量每千克(kgCO₂e/kg)计。

F.1.2 零部件生产制造过程的温室气体排放

零部件 i 生产制造过程的温室气体排放按公式(F.2)计算：

$$C_{\text{parts-pro},i} = C_{\text{parts-en},i} + C_{\text{parts-fu},i} \dots\dots\dots (F.2)$$

式中：

$C_{\text{parts-en},i}$ ——能源消耗引起的温室气体排放量，以千克二氧化碳当量每个(kgCO₂e/个)计；

$C_{\text{parts-fu},i}$ ——焊接等过程产生的二氧化碳逸散排放量，以千克二氧化碳当量每个(kgCO₂e/个)计。

能源消耗引起的温室气体排放按 5.4.3.2 计算，逸散排放优先采用现场数据，现场数据无法获得时，可采用次级数据。若同时生产多种商品，应按照 5.3.3 的原则对零部件生产制造过程的温室气体排放进行分配。

F.1.3 零部件运输过程的温室气体排放

零部件 i 运输过程的温室气体排放按公式(F.3)～公式(F.5)计算。若运输工具消耗气体燃料(如天然气)，此时运输工具所用燃料产生的温室气体排放按公式(F.6)计算。

$$C_{\text{parts-trans},i} = C_{\text{parts-trans},i,\text{fuel}} + C_{\text{parts-trans},i,\text{el}} \dots\dots\dots (F.3)$$

$$C_{\text{parts-trans},i,\text{fuel}} = \sum [D_{\text{parts},r} \times FC_{\text{parts},r,k} \div 100 \times \rho_{r,k} \times (EF_{r,k} \times LHV_k + EF'_k)] \dots\dots (F.4)$$

$$C_{\text{parts-trans},i,\text{el}} = \sum (D_{\text{parts},r} \times FC_{\text{parts},r,\text{el}} \div 100 \times EF'_{\text{el}}) \dots\dots\dots (F.5)$$

$$C_{\text{parts-trans},i,\text{fuel}} = \sum [D_{\text{parts},r} \times FC_{\text{parts},r,k} \div 100 \times (EF_{r,k} \times LHV_k + EF'_k)] \dots\dots\dots (F.6)$$

式中：

$C_{\text{parts-trans},i,\text{fuel}}$ ——运输工具所用燃料消耗引起的温室气体排放，以千克二氧化碳当量每个(kgCO₂e/个)计；

$C_{\text{parts-trans},i,\text{el}}$ ——运输工具所用电力消耗引起的温室气体排放，以千克二氧化碳当量每个(kgCO₂e/个)计；

- $D_{\text{parts},r}$ ——每个零部件采用第 r 种运输方式的距离,以千米每个(km/个)计;
- $FC_{\text{parts},r,k}$ ——第 r 种运输方式所用运输工具的燃油经济性,液体燃料以升每百千米(L/100 km)计,气体燃料以立方米每百千米($\text{m}^3/100 \text{ km}$)计;
- $\rho_{r,k}$ ——第 r 种运输方式所消耗燃料 k 的密度,液体燃料以千克每升(kg/L)计,气体燃料以千克每立方米(kg/m^3)计;
- $EF_{r,k}$ ——第 r 种运输方式所消耗燃料 k 在使用时的温室气体排放因子,以千克二氧化碳当量每吉焦($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{GJ}$)计;
- EF'_k ——第 k 种燃料生产的温室气体排放因子,液体燃料以千克二氧化碳当量每千克($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kg}$)计,气体燃料以千克二氧化碳当量每立方米($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^3$)计;
- $FC_{\text{parts},r-\text{el}}$ ——第 r 种运输方式采用电力作为动力时的电力消耗,以千瓦时每百千米($\text{kWh}/100 \text{ km}$)计;
- EF'_{el} ——电力生产的温室气体排放因子,以千克二氧化碳当量每千瓦时($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kWh}$)计。

零部件运输过程应统计零部件运输所采用的运输方式、运输距离、运输工具的燃油经济性等数据。燃料使用的温室气体排放因子按照公式(E.1)计算,且数据质量应符合 5.2.6 的要求。燃料和电力生产的温室气体排放因子应为从原材料获取到燃料和电力产品获得阶段的排放因子,宜根据 5.3.1.4 的方法确立。若运输过程中存在同时运输多个商品的情况,应按照 5.3.3 的原则对零部件运输产生的温室气体排放进行分配。

F.1.4 零部件材料的温室气体排放

构成零部件 i 所需材料的温室气体排放按公式(F.7)计算:

$$C_{\text{parts-ma},i} = \sum (M_{\text{ma},j} \times U_{\text{ma},j} \times EF_{\text{ma},j}) \dots\dots\dots (\text{F.7})$$

式中:

- $M_{\text{ma},j}$ ——材料 j 的质量,以千克每个零部件(kg/个)计;
- $U_{\text{ma},j}$ ——加工零部件时所用材料 j 的使用系数,即加工制作零部件时材料 j 占该零部件的百分比,当考虑加工损耗后该数值大于或等于 100%,若无法获得材料使用系数的初级数据,可使用次级数据;
- $EF_{\text{ma},j}$ ——材料 j 从原材料获取到材料获得阶段的温室气体排放因子,以千克二氧化碳当量每千克($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kg}$)计。

当零部件加工过程中使用了再生材料时,所需材料的温室气体排放按公式(F.8)进行计算。

$$C_{\text{parts-ma},i} = \sum [(1 - R_{1,j}) \times C_{\text{V},j} + R_{1,j} \times C_{\text{R},j} + C_{\text{eol-ma},j}] \dots\dots\dots (\text{F.8})$$

式中:

- $R_{1,j}$ ——再生材料 j 的投入比例;
- $C_{\text{V},j}$ ——全部由原生材料组成时,组成材料 j 的温室气体排放,以千克二氧化碳当量每个零部件($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{个}$)计;
- $C_{\text{R},j}$ ——全部由再生材料组成时,组成材料 j 的温室气体排放,以千克二氧化碳当量每个零部件($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{个}$)计;
- $C_{\text{eol-ma},j}$ ——材料 j 在回收处理过程中相关的温室气体排放,以千克二氧化碳当量每个零部件($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{个}$)计。

当全部由原生材料组成时,组成材料 j 的温室气体排放按公式(F.9)计算:

$$C_{\text{V},j} = M_{\text{ma},j} \times U_{\text{ma},j} \times EF_{\text{ma-V},j} \dots\dots\dots (\text{F.9})$$

式中:

- $EF_{\text{ma-V},j}$ ——全部由原生材料组成的材料 j 的温室气体排放因子,以千克二氧化碳当量每千克

(kgCO₂e/kg)计。

当全部由再生材料组成时,组成材料 j 的温室气体排放按公式(F.10)计算:

$$C_{R,j} = M_{ma,j} \times U_{ma,j} \times EF_{ma-R,j} \dots\dots\dots (F.10)$$

式中:

$EF_{ma-R,j}$ ——全部由再生材料组成的材料 j 的温室气体排放因子,以千克二氧化碳当量每千克(kgCO₂e/kg)计。

组成零部件的材料质量宜优先选用初级数据,回收材料在回收处理过程中相关的温室气体排放、原生材料和再生材料的温室气体排放因子应按 5.3.1.4 的方法确立。

F.1.5 零部件生产所需辅料的温室气体排放

零部件生产所需辅料的温室气体排放参照 5.4.3.4 计算。

F.2 自制零部件生产的温室气体排放计算



F.2.1 自制零部件生产过程的能源消耗、辅料等数据能获得时,自制零部件生产的温室气体排放按公式(F.11)计算:

$$C_{parts,i} = C_{parts-pro,i} + C_{parts-ma,i} + \sum (m_{parts,i,s} \times C_{f,i,s}) \dots\dots\dots (F.11)$$

式中:

- $C_{parts-pro,i}$ ——零部件 i 生产制造过程的温室气体排放,以千克二氧化碳当量每个(kgCO₂e/个)计;
- $C_{parts-ma,i}$ ——构成零部件 i 的各类材料的温室气体排放,以千克二氧化碳当量每个(kgCO₂e/个)计;
- $m_{parts,i,s}$ ——生产零部件 i 所需的第 s 种辅料的质量,以千克每个(kg/个)计;
- $C_{f,i,s}$ ——生产零部件 i 所需的第 s 种辅料生产过程的温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每千克(kgCO₂e/kg)计。

自制零部件生产制造过程的温室气体排放参照 F.1.2 计算,组成自制零部件的各类材料的温室气体排放参照 F.1.4 计算,自制零部件生产所需辅料的温室气体排放参照 F.1.5 计算。

F.2.2 自制零部件生产过程的能源消耗、辅料等数据不可获得时,自制零部件生产过程消耗的能源和辅料等数据并入内燃机生产制造环节的能源消耗和辅料消耗,这种情况下自制零部件的温室气体排放仅与构成该零部件的材料有关,按公式(F.12)计算:

$$C_{parts,i} = C_{parts-ma,i} \dots\dots\dots (F.12)$$

$C_{parts-ma,i}$ 的计算参照 F.1.4。

F.3 内燃机产品生产制造过程中使用再制造零部件

内燃机产品生产制造过程中使用再制造零部件时,再制造零部件的温室气体排放按公式(F.13)计算:

$$C_{parts-r,i} = C_{eol-parts,i} \dots\dots\dots (F.13)$$

式中:

- $C_{parts-r,i}$ ——再制造零部件 i 的温室气体排放,以二氧化碳当量每个(kgCO₂e/个)计;
- $C_{eol-parts,i}$ ——再制造零部件 i 在回收处理、加工过程和运输过程中相关的温室气体排放,以千克二氧化碳当量每个(kgCO₂e/个)计。

$C_{eol-parts,i}$ 应按 5.3.1.4 的方法确立。当零部件再制造过程涉及分配的情况时,应按 5.3.3.2 的分配方法进行分配。

附 录 G
(资料性)
内燃机产品碳足迹报告(模板)

内燃机产品碳足迹报告模板见图 G.1 和图 G.2。

内 燃 机 产 品 碳 足 迹 报 告 (模 板)

产品名称: _____

规格型号: _____

生产厂家: _____

报告编号: _____

出具报告机构:(若有) _____ (盖章)

日期: 年 月 日

图 G.1 内燃机产品碳足迹报告封面

一、概况

1. 生产者信息

生产厂家： _____

地址： _____

法定代表人： _____

授权人(联系人)： _____

联系电话： _____

2. 企业概况

3. 产品信息

(包括产品名称、产品功能、产品介绍和产品图片等。)

二、量化目的

- 三、量化范围
1. 功能单位
2. 系统边界
- (需附上系统边界图)
3. 取舍准则
4. 时间范围

- 四、清单分析
1. 数据来源说明
2. 分配方法
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		活动水平数据	排放因子	碳足迹(kgCO ₂ e/功能单位)
生产制造	能源消耗			
	零部件			
	辅料			
	运输			
			
使用	燃料使用			
	维修保养			
生命末期				

图 G.2 内燃机产品碳足迹报告正文

4. 数据质量评价(可选项)

(数据质量评价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、数据代表性和准确性。)

五、影响评价

1. 影响类型


2. 产品碳足迹结果计算

六、结果解释

1. 结果说明

_____公司(填写产品生产者的全名)生产的_____ (填写所评价的产品名称,每功能单位的产品),从_____ (填写某生命周期阶段)到_____ (填写某生命周期阶段)生命周期碳足迹为_____ kgCO₂e/kW。各生命周期阶段的碳排放情况见表 2。

表 2 _____生命周期各阶段碳排放情况

生命周期阶段	碳足迹(kgCO ₂ e/功能单位)	百分比(%)
生产制造		
使用		
生命末期		
总计		

2. 假设和局限性说明(可选)

(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性进行说明。)

3. 改进建议

(结合碳足迹结果,提出相应的改进建议。)

图 G.2 内燃机产品碳足迹报告正文(续)

参 考 文 献

- [1] GB 17691—2018 重型柴油车污染物排放限值及测量方法(中国第六阶段)
 - [2] GB 22128—2019 报废机动车回收拆解企业技术规范
 - [3] GB/T 24025—2009 环境标志和声明 III型环境声明 原则和程序
 - [4] GB/T 26989—2011 汽车回收利用 术语
 - [5] GB/T 30052—2013 钢铁产品制造生命周期评价技术规范(产品种类规则)
 - [6] GB/T 32151.5—2015 温室气体排放核算与报告要求 第5部分:钢铁生产企业
 - [7] GB/T 32813—2016 绿色制造 机械产品生命周期评价 细则
 - [8] GB/T 35119—2017 产品生命周期数据管理规范
 - [9] GB/T 39259—2020 绿色制造 制造企业绿色供应链管理 物料清单要求
 - [10] ISO 14026:2017 Environmental labels and declarations—Principles, requirements and guidelines for communication of footprint information
 - [11] ISO/TR 14049:2012 Environmental management—Life cycle assessment—Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to goal and scope definition and inventory analysis
 - [12] ISO 14064-1:2018 Greenhouse gases—Part 1:Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals
 - [13] ISO 14064-2:2019 Greenhouse gases—Part 2:Specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emission reductions or removal enhancements
 - [14] ISO 14064-3:2019 Greenhouse gases—Part 3:Specification with guidance for the verification and validation of greenhouse gas statements
 - [15] ISO 14067:2018 Greenhouse gases—Carbon footprint of products—Requirements and guidelines for quantification
 - [16] 中华人民共和国国家发展和改革委员会.中国石油和天然气生产企业温室气体排放核算方法与报告指南(试行)[Z].2014.
 - [17] 国家发展和改革委员会应对气候变化司.省级温室气体清单编制指南(试行)[Z].北京:国家发展和改革委员会,2011.
 - [18] IPCC.气候变化报告 2021:自然科学基础[R].IPCC.Climate Change 2021:The Physical Science Basis.Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [R].Cambridge University Press,Cambridge,United Kingdom and New York,NY,USA,2021.
-

