



中华人民共和国国家标准

GB/T 47933—2026

温室气体 产品碳足迹量化 方法与要求 工业车辆

Greenhouse gases—Quantification methods and requirements for
carbon footprint of products—Industrial trucks

2026-07-30 发布

2027-02-01 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 量化目的 3

5 量化范围 3

 5.1 产品说明 3

 5.2 功能单位或声明单位 3

 5.3 系统边界 3

6 清单分析 5

 6.1 数据收集 5

 6.2 分配原则 6

 6.3 数据管理 7

 6.4 定期更新 7

7 影响评价 7

 7.1 工业车辆碳足迹量化 7

 7.2 工业车辆生命周期各阶段的温室气体排放 7

8 结果解释..... 12

9 产品碳足迹研究报告..... 12

10 产品碳足迹声明 13

附录 A（资料性） 工业车辆相关参数缺省值 14

附录 B（资料性） 工业车辆碳足迹研究报告(模板) 19

参考文献 24

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。

本文件由全国工业车辆标准化技术委员会(SAC/TC 332)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：杭叉集团股份有限公司、北京起重运输机械设计研究院有限公司、安徽合力股份有限公司、林德(中国)叉车有限公司、北京科正平工程技术检测研究院有限公司、浙江加力仓储设备股份有限公司、太原科技大学、诺力智能装备股份有限公司、韶关比亚迪实业有限公司、宁波如意股份有限公司、中国海关科学技术研究中心、湖州市特种设备检测研究院(湖州市电梯应急救援指挥中心)、天津港股份有限公司、龙工(上海)叉车有限公司、三一机器人科技有限公司、徐州徐工特种工程机械有限公司、浙江省特种设备科学研究院、湖南中联重科智能高空作业机械有限公司、中国石化润滑油有限公司、山东肯石重工机械有限公司、广东省特种设备检测研究院中山检测院、浙江尤恩叉车股份有限公司、河南嘉晨智能控制股份有限公司。

本文件主要起草人：孙银旭、赵春晖、杨馨蕾、徐征宇、张金侠、许乃江、路建湖、高有山、吴元柱、毛英、刘志刚、尚士进、叶青云、阮红伟、吴强、张晨飞、冯振礼、王晔旻、蒋剑锋、任会礼、周波、元建培、刘相坤、姚欣、吴鹏。

温室气体 产品碳足迹量化 方法与要求 工业车辆

1 范围

本文件规定了工业车辆碳足迹的量化目的、量化范围、清单分析、影响评价、结果解释、产品碳足迹研究报告和产品碳足迹声明。

本文件适用于工业车辆碳足迹或部分碳足迹的量化、报告与声明。

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 6104.1 工业车辆 术语 第1部分：工业车辆类型
- GB/T 24025 环境标志和声明 III型环境声明 原则和程序
- GB/T 24067—2024 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南
- GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则
- GB/T 32151.29—2024 温室气体排放核算与报告要求 第29部分：机械设备制造企业
- ISO 14026 环境标志和声明 足迹信息通信的原则、要求和指南 (Environmental labels and declarations—Principles, requirements and guidelines for communication of footprint information)

3 术语和定义

GB/T 6104.1、GB/T 24067—2024 和 GB/T 32150 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

工业车辆 industrial truck

至少具有三个车轮，带有动力或非动力驱动装置，设计用于搬运、牵引、推顶、起升、堆垛或在货架上分层堆垛各种货物，并由一名操作者控制或无人驾驶自动控制的轮式车辆（轨道上运行的车辆除外）。

注：工业车辆指 GB/T 6104.1 中界定的各类工业车辆。

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由地球表面、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。

[来源：GB/T 32150—2025, 3.1, 有修改]

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，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：产品碳足迹以二氧化碳当量表示。

[来源:GB/T 24067—2024,3.1.1,有修改]

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。

注：产品部分碳足迹以二氧化碳当量表示。

[来源:GB/T 24067—2024,3.1.2,有修改]

3.5

二氧化碳当量 **carbon dioxide equivalent**

CO₂e

在辐射强迫上与某种温室气体质量相当的二氧化碳的量。

注：二氧化碳当量等于给定温室气体的质量乘以它的全球变暖潜势值。

[来源:GB/T 32150—2025,3.16]

3.6

温室气体排放量 **greenhouse gas emission;GHG emission**

在特定时段内释放到大气中的温室气体总量(以质量单位计算)。

[来源:GB/T 24067—2024,3.2.5]

3.7

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。

[来源:GB/T 24067—2024,3.3.4]

3.8

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]

3.9

声明单位 **declared unit**

用来量化产品部分碳足迹的基准单位。

[来源:GB/T 24067—2024,3.3.8,有修改]

3.10

生命周期 **life cycle**

产品相关的连续且相互连接的阶段,包括原材料获取或从自然资源中生成原材料至生命末期处理。

[来源:GB/T 24067—2024,3.4.2,有修改]

3.11

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]

3.12

活动数据 **activity data**

导致温室气体排放的生产或消费活动量的表征值。

注：如各种化石燃料的消耗量、原材料的使用量、购入的电量、购入的热量等。

[来源:GB/T 32150—2025,3.12,有修改]

3.13

取舍准则 **cut-off criteria**

对与单元过程或产品系统相关的物质和能量流的数量或环境影响重要性程度是否被排除在研究范

围之外所作出的规定。

[来源:GB/T 24067—2024,3.4.1,有修改]

3.14

过程排放 process emission

除化石燃料燃烧之外的物理或化学变化造成的温室气体排放。

[来源:GB/T 32150—2025,3.8]

3.15

分配 allocation

将过程或产品系统中的输入和输出流划分到所研究的产品系统以及一个或更多的其他产品系统中。

[来源:GB/T 24040—2008,3.17]

4 量化目的

开展工业车辆碳足迹量化的目的包括:

- a) 评价工业车辆生命周期或部分生命周期内相关活动引起的温室气体排放;
- b) 识别工业车辆关键排放环节,挖掘减排潜力;
- c) 为工业车辆碳足迹标识提供依据。

5 量化范围

5.1 产品说明

工业车辆主要用于货物的搬运、牵引、推顶、起升、堆垛或在货架上分层堆垛各种货物,主要技术参数包括动力方式、额定起重量、运行速度、起升速度和能耗等。

5.2 功能单位或声明单位

功能单位或声明单位应与工业车辆碳足迹研究的目的保持一致,其定义如下:

- 功能单位:1 台工业车辆;
- 声明单位:1 台工业车辆。

注:当采用声明单位时,需说明在工业车辆生命周期内选定的阶段。

5.3 系统边界

5.3.1 生命周期系统边界

工业车辆生命周期系统边界包括原材料和外购零部件获得、整车制造、使用和生命末期阶段。生命周期系统各阶段边界(如图 1 所示)相邻阶段及首尾阶段的边界划分需要避免单元过程重合或缺失,可根据实际情况进行细化处理。

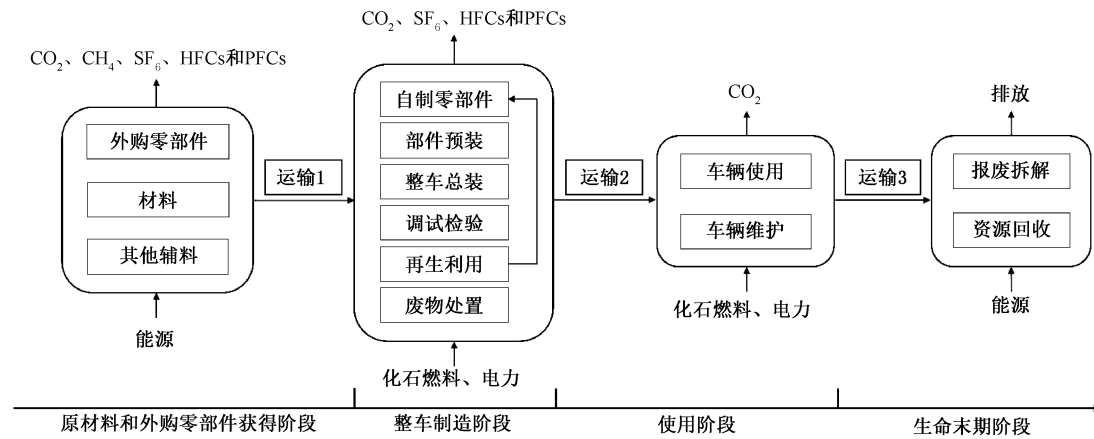


图 1 工业车辆生命周期系统边界图

5.3.2 取舍准则

在量化范围内,按以下准则进行取舍,其中对于舍去部分,应在产品碳足迹报告中记录并说明原因:

- 零部件的包装的温室气体排放可舍去;
- 生产设备设施和人工投入应舍去;
- 可舍去产品碳足迹影响小于 1% 的环节,但舍去环节总的影响不应超过产品碳足迹总量的 5%。

5.3.3 工业车辆生命周期各阶段描述

5.3.3.1 原材料和外购零部件获得阶段

原材料和外购零部件获得阶段的量化范围包括:外购零部件、材料和其他辅料在原材料获取、生产制造和运输过程中因消耗能源、过程排放等引起的温室气体排放。其中:

- 材料包括:碳钢、铸铁、玻璃、塑料和橡胶等;
- 外购零部件:车架、门架、平衡重、驱动桥、转向桥、轮辋、电动机和控制器、蓄电池、金属覆盖件及其他金属主体结构、内燃机、变速器或减速器、多路阀、油泵和液压转向器、护顶架或司机室、塑料覆盖件和司机室玻璃等;
- 其他辅料:油漆、液压油、机油、冷却液、润滑油(脂)、乙炔等。

5.3.3.2 整车制造阶段

整车制造阶段的量化范围包括:自制零部件制造、零部件预装、整车装配、调试检验、场内运输和废弃物处理及回用等过程因消耗能源和过程排放等引起的温室气体排放。

5.3.3.3 使用阶段

使用阶段的量化范围包括:用户使用过程中工业车辆消耗能源以及维护过程中更换的零部件、液压油和机油等引起的温室气体排放。

5.3.3.4 生命末期阶段

生命末期阶段的量化范围包括:报废拆解和废旧材料回收等过程因消耗能源等引起的温室气体排放。

6 清单分析

6.1 数据收集

6.1.1 工业车辆各阶段数据收集

工业车辆生命周期各阶段的活动数据、(部分)碳足迹因子等的收集内容及计量方式见表 1～表 5。

表 1 原材料和外购零部件获得阶段数据收集表

数据内容	活动数据		部分碳足迹因子	
	单位	计量方式或数据来源	单位	选取
外购零部件	个	BOM 清单	kgCO ₂ e/个	供应商提供的符合碳足迹标准的数据、政府官方数据、行业数据、文献数据等
材料	kg、m ³	衡器、统计记录	kgCO ₂ e/kg、	
其他辅料			kgCO ₂ e/m ³	
注 1：若供应商提供的是产品碳足迹因子，则对不必要的量化阶段进行舍弃。				
注 2：产品部分碳足迹因子使用要明确其系统边界，避免温室气体排放量重复计算。				

表 2 整车制造阶段数据收集表

数据内容	活动数据		部分碳足迹因子	
	单位	计量方式或数据来源	单位	选取
化石燃料	kg、m ³	气体或液体流量计、统计记录	kgCO ₂ e/kg、kgCO ₂ e/m ³	政府官方数据、行业数据
购入电力	kWh	电表、统计记录	kgCO ₂ e/kWh	
CO ₂ 保护气	kg	衡器、统计记录	—	—
制冷剂				

表 3 使用阶段数据收集表

数据内容		单位	数据来源
能耗数据	柴油、汽油	L/h	参照 GB/T 43657.2—2024 或 GB/T 43657.3—2024 规定的试验获取能耗数据
	液化气、天然气	kg/h	
	蓄电池	kWh/h	
维保周期		h/次	厂家提供的维护保养手册

表 4 生命末期阶段数据收集表

数据内容	活动数据		部分碳足迹因子		系数
	单位	计量方式或数据来源	单位	选取	选取
化石燃料	kg、m ³	气体或液体流量计、统计记录	kgCO ₂ e/kg、kgCO ₂ e/m ³	政府官方数据、行业数据	—
购入电力	kWh	电表、统计记录	kgCO ₂ e/kWh		
热力消耗	GJ	统计记录	kgCO ₂ /GJ		
回收率	%	—	—	—	政府官方数据、行业数据、经评估过的数据库和文献数据
分配系数	—	—	—	—	

表 5 运输过程数据收集表

数据内容	单位	数据来源
运输距离	km	里程表、导航数据
运输方式	—	统计记录
工业车辆自重	kg	标牌数据
碳足迹因子	kgCO ₂ e/(t·km)	供应商提供的符合碳足迹标准的数据、政府官方数据、行业数据等

6.1.2 数据质量要求

收集的数据符合以下要求：

- a) 需要进行分配的数据的收集周期不应小于 1 年；
- b) 整车制造阶段所量化工业车辆生产地和收集数据的地理位置保持统一；
- c) 若工艺技术、生产设备、原材料种类和零部件有修改，则数据应重新核算；
- d) 在数据收集过程中，宜对数据的有效性进行检查，可采用质量平衡、能量平衡、与历史数据或相近工艺数据对比等方式。

6.2 分配原则

工业车辆生命周期各个阶段的温室气体排放原则上宜避免分配，当分配不可避免时，宜按以下规定进行分配。

- a) 制造过程的分配。
 - 1) 产线生产的工业车辆，统计每条产线电力使用量和生产工业车辆数量，每台工业车辆平均分配本产线的电力使用量。
 - 2) 非产线生产的工业车辆，统计生产区域电力使用量和工业车辆质量，按工业车辆质量分配生产区域电力使用量。
 - 3) 当仅有厂区某时段内总能源消耗数据和/或过程排放数据时，统计与生产相关的电力使用量、化石燃料消耗量和过程排放量，根据数据统计该时段内的工业车辆生产数量和质量，综合考虑分配能源消耗量，计算方法见公式(1)：

$$AD = AD_i \times K \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- AD ——工业车辆经分配后的电力使用量、化石燃料消耗量或过程排放量,单位为千瓦时(kWh)、千克(kg)或立方米(m³);
- AD_t ——厂区内总电力使用量、化石燃料消耗量或过程排放量,单位为千瓦时(kWh)、千克(kg)或立方米(m³);
- K ——分配系数,计算方法见公式(2):

$$K = \frac{M}{\sum_i M_i \times N_i} \dots\dots\dots (2)$$

- 式中:
- M ——核算的工业车辆的质量,单位为千克(kg);
 - M_i ——统计周期内,生产第*i*种工业车辆的质量,单位为千克(kg);
 - N_i ——统计周期内,生产第*i*种工业车辆的数量,以台计。

b) 其他分配场景应满足 GB/T 24067—2024 中 6.4.6 的分配原则。

6.3 数据管理

各阶段获取的数据应由工业车辆制造商进行存储与保护,并应建立安全的数据存储和保护机制,确保数据的安全性和保密性,同时便于使用和追溯。数据保留时间至少 5 年。

6.4 定期更新

收集的数据应每年进行更新和审核,当涉及技术进步、产线升级等情况时,应及时对相关数据进行更新,以确保使用的数据准确性和适用性,所有数据应保留原始数据来源及计算方法。

7 影响评价

7.1 工业车辆碳足迹量化

单台工业车辆产品碳足迹按公式(3)计算:

$$CFP = E_m + E_p + E_u + E_r + E_t \dots\dots\dots (3)$$

- 式中:
- CFP ——单台工业车辆生命周期碳足迹,以千克二氧化碳当量每台(kgCO₂e/台)计;
 - E_m ——单台工业车辆原材料和外购零部件获得阶段温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台(kgCO₂e/台)计;
 - E_p ——单台工业车辆制造阶段温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台(kgCO₂e/台)计;
 - E_u ——单台工业车辆使用阶段温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台(kgCO₂e/台)计;
 - E_r ——单台工业车辆生命末期阶段温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台(kgCO₂e/台)计;
 - E_t ——单台工业车辆运输过程温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台(kgCO₂e/台)计。

7.2 工业车辆生命周期各阶段的温室气体排放

7.2.1 原材料和外购零部件获得阶段

单台工业车辆原材料和外购零部件获得阶段温室气体排放量,按公式(4)计算:

$$E_m = \sum_i (AD_{m,i} \times EF_{m,i}) \dots\dots\dots (4)$$

式中:

E_m ——单台工业车辆原材料和外购零部件获得阶段温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{台}$)计;

$AD_{m,i}$ ——第 i 类材料或其他辅料的消耗量,以千克每台($\text{kg}/\text{台}$)或立方米每台($\text{m}^3/\text{台}$)计,外购零部件 i 的数量,以个每台($\text{个}/\text{台}$)计;

$EF_{m,i}$ ——第 i 类材料、其他辅料或外购零部件 i 的产品部分碳足迹因子,以千克二氧化碳当量每千克($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kg}$)、千克二氧化碳当量每立方米($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^3$)或千克二氧化碳当量每个($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{个}$)计。

注:材料和其他辅料的部分碳足迹因子缺省值参考附录 A 的表 A.1。

7.2.2 工业车辆整车制造阶段

7.2.2.1 单台工业车辆制造阶段消耗的电力、化石燃料和过程排放产生的温室气体排放量,按公式(5)计算:

$$E_p = E_e + E_f + E_{fp} + E_{td} + E_{wd} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

E_p ——单台工业车辆制造阶段温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{台}$)计;

E_e ——单台工业车辆制造使用电力产生的温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{台}$)计;

E_f ——单台工业车辆制造使用化石燃料燃烧的温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{台}$)计;

E_{fp} ——单台工业车辆制造使用化石燃料生产获取过程的温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{台}$)计;

E_{td} ——单台工业车辆制造使用电气设备或制冷设备气体逸散的温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{台}$)计;

E_{wd} ——单台工业车辆制造使用二氧化碳气体保护焊造成的二氧化碳排放量,以千克二氧化碳每台($\text{kgCO}_2/\text{台}$)计。

7.2.2.2 单台工业车辆制造使用电力产生的温室气体排放量,按公式(6)计算:

$$E_e = \sum_i (AD_{e,i} \times EF_{e,i}) \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

E_e ——单台工业车辆制造使用电力产生的温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{台}$)计;

$AD_{e,i}$ ——第 i 种电力的消耗量,以千瓦时每台($\text{kWh}/\text{台}$)计;

$EF_{e,i}$ ——第 i 种电力的碳足迹因子,以千克二氧化碳当量每千瓦时($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kWh}$)计。

注:全国电力平均和主要电力类型的碳足迹因子参考表 A.2。

7.2.2.3 单台工业车辆使用化石燃料产生的温室气体排放量,按公式(7)计算:

$$E_f = \sum_i (FC_{f,i} \times NCV_i \times CC_i \times OF_i \times 44/12) \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

E_f ——单台工业车辆制造使用化石燃料产生的温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{台}$)计;

$FC_{f,i}$ ——第 i 种燃料的消耗量,以千克每台($\text{kg}/\text{台}$)或立方米每台($\text{m}^3/\text{台}$)计;

NCV_i ——第 i 种燃料的低位发热量,单位为吉焦每千克(GJ/kg)或吉焦每立方米(GJ/m^3);

CC_i ——第 i 种燃料的单位热值含碳量,以千克碳每吉焦(kgC/GJ)计;

OF_i ——第 i 种燃料的碳氧化率,%;

44/12 ——二氧化碳与碳的相对分子质量之比。

注：常用燃料特性参数缺省值参考表 A.3。

7.2.2.4 单台工业车辆制造使用化石燃料生产获取过程的温室气体排放量，按公式(8)计算：

$$E_{fp} = \sum_i (FC_{f,i} \times EF_{fp,i}) \dots\dots\dots (8)$$

式中：

E_{fp} ——单台工业车辆制造使用化石燃料生产获取过程的温室气体排放量，以千克二氧化碳当量每台(kgCO₂e/台)计；

$FC_{f,i}$ ——第 i 种燃料的消耗量，以千克每台(kg/台)或立方米每台(m³/台)计；

$EF_{fp,i}$ ——第 i 种燃料开采、加工、运输等过程的部分碳足迹因子，以千克二氧化碳当量每千克(kgCO₂e/kg)或千克二氧化碳当量每立方米(kgCO₂e/m³)计。

注：常用燃料开采、加工、运输等过程的部分碳足迹因子缺省值见表 A.4。

7.2.2.5 单台工业车辆制造使用电气设备或制冷设备气体逸散的温室气体排放量，按公式(9)计算：

$$E_{td} = \sum_i [(IB_i + AC_i - IE_i) \times GWP_i] \times K \dots\dots\dots (9)$$

式中：

E_{td} ——单台工业车辆制造使用电气设备或制冷设备气体逸散的温室气体排放量，以单位为千克二氧化碳当量每台(kgCO₂e/台)计；

IB_i ——第 i 种温室气体的期初库存量，以千克每台(kg/台)计；

AC_i ——核算年度内第 i 种温室气体的购入量，以千克每台(kg/台)计；

IE_i ——第 i 种温室气体的期末库存量，以千克每台(kg/台)计；

GWP_i ——第 i 种温室气体的全球变暖潜势；

K ——分配系数。

注：部分温室气体 GWP 值参考表 A.5。

7.2.2.6 单台工业车辆制造使用二氧化碳气体保护焊造成的二氧化碳排放量，按公式(10)计算：

$$E_{wd} = \sum_i \left(\frac{W_i \times P_i}{\sum_j P_j \times M_j} \times 44 \right) \times K \dots\dots\dots (10)$$

式中：

E_{wd} ——单台工业车辆制造使用二氧化碳气体保护焊造成的二氧化碳排放量，以千克二氧化碳每台(kgCO₂/台)计；

W_i ——核算和报告年度内第 i 种保护气的使用量，以千克每台(kg/台)计；

P_i ——第 i 种保护气中二氧化碳的体积百分比，%；

P_j ——混合气体中第 j 种气体的体积百分比，%；

M_j ——混合气体中第 j 种气体的摩尔质量，单位为克每摩尔(g/mol)；

44 ——二氧化碳的摩尔质量，单位为克每摩尔(g/mol)；

K ——分配系数。

7.2.3 工业车辆使用阶段

7.2.3.1 单台工业车辆使用阶段温室气体排放量的计算，其中：

a) 单台电动工业车辆按公式(11)计算：

$$E_u = E_{ue} + E_q \dots\dots\dots (11)$$

b) 单台内燃工业车辆按公式(12)计算：

$$E_u = E_{uf} + E_{ufp} + E_q \dots\dots\dots (12)$$

式中：

E_u ——单台工业车辆使用阶段温室气体排放量,以千克二氧化碳每台($\text{kgCO}_2/\text{台}$)计;

E_{ue} ——单台电动工业车辆使用电力产生的温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{台}$)计;

E_{uf} ——单台内燃工业车辆使用化石燃料产生的温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{台}$)计;

E_{ufp} ——单台工业车辆使用过程化石燃料生产获取过程的温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{台}$)计;

E_q ——单台工业车辆维护产生的温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{台}$)计。

7.2.3.2 单台电动工业车辆运行过程的温室气体排放量,按公式(13)计算:

$$E_{ue} = EC_e / E_{ch} \times H \times EF_e \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中:

E_{ue} ——单台电动工业车辆使用电力产生的温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{台}$)计;

EC_e ——电动工业车辆的能耗数据,以千瓦时每小时台 $[\text{kWh}/(\text{h} \cdot \text{台})]$ 计;

E_{ch} ——充电机效率,当能耗数据包含充电机效率时,数值取 1;

H ——工业车辆使用寿命,单位为小时(h),额定起重量或载重量不大于 10 000 kg 的工业车辆使用寿命取 30 000 h,额定起重量或载重量大于 10 000 kg 的工业车辆使用寿命取 40 000 h;

EF_e ——电力的碳足迹因子,采用全国平均电力碳足迹因子,以千克二氧化碳当量每千瓦时($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kWh}$)计。

注:不同充电机充电效率参考表 A.6。

7.2.3.3 单台内燃工业车辆使用过程的温室气体排放量,按公式(14)计算:

$$E_{uf} = EC_f \times H \times \rho \times NCV \times CC \times OF \times 44/12 \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中:

E_{uf} ——单台内燃工业车辆使用化石燃料产生的温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{台}$)计;

EC_f ——内燃工业车辆的能耗数据,柴油和汽油工业车辆的能耗应以每小时消耗的燃油量计量,以升每小时台 $[\text{L}/(\text{h} \cdot \text{台})]$ 计,对于液化石油气或压缩天然气工业车辆应以每小时的耗气量计量,以千克每小时台 $[\text{kg}/(\text{h} \cdot \text{台})]$ 计;

H ——工业车辆使用寿命,单位为小时(h),额定起重量或载重量不大于 10 000 kg 的工业车辆使用寿命取 30 000 h,额定起重量或载重量大于 10 000 kg 的工业车辆使用寿命取 40 000 h;

ρ ——燃料的密度,柴油和汽油单位为千克每升(kg/L),液化石油气或压缩天然气数值取 1;

NCV ——燃料的低位发热量,单位为吉焦每千克(GJ/kg)或吉焦每立方米(GJ/m^3);

CC ——燃料的单位热值含碳量,以千克碳每吉焦(kgC/GJ)计;

OF ——燃料的碳氧化率,%;

44/12 ——二氧化碳与碳的相对分子质量之比。

7.2.3.4 单台工业车辆使用过程化石燃料生产获取过程的温室气体排放量,按公式(15)计算:

$$E_{ufp} = EC_f \times H \times \rho \times EF_{fp} \quad \dots\dots\dots (15)$$

式中:

E_{ufp} ——单台工业车辆使用过程化石燃料生产获取过程的温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{台}$)计;

EC_f ——内燃工业车辆的能耗数据,柴油和汽油工业车辆的能耗应以每小时消耗的燃油量计

量,以升每小时台[L/(h·台)]计,对于液化石油气或压缩天然气工业车辆应以每小时的耗气量计量,以千克每小时台[kg/(h·台)]计;

H ——工业车辆使用寿命,单位为小时(h),额定起重量或载重量不大于 10 000 kg 的工业车辆使用寿命取 30 000 h,额定起重量或载重量大于 10 000 kg 的工业车辆使用寿命取 40 000 h;

ρ ——燃料的密度,柴油和汽油单位为千克每升(kg/L),液化石油气或压缩天然气数值取 1;

EF_{fp} ——燃料开采、加工、运输等过程的部分碳足迹因子,以千克二氧化碳当量每千克(kgCO₂e/kg)或千克二氧化碳当量每立方米(kgCO₂e/m³)计。

7.2.3.5 单台工业车辆维护产生的温室气体排放量,按公式(16)计算:

$$E_q = \sum_i \left(\frac{H}{N_i} \times E_{t,i} \right) \dots\dots\dots (16)$$

式中:

E_q ——单台工业车辆维护产生的温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台(kgCO₂e/台)计;

H ——工业车辆使用寿命,以小时每台(h/台)计,额定起重量或载重量不大于 10 000 kg 的工业车辆使用寿命取 30 000 h,额定起重量或载重量大于 10 000 kg 的工业车辆使用寿命取 40 000 h;

N_i ——工业车辆生命周期内第 i 种零件或油料的更换周期,单位为小时(h);

$E_{t,i}$ ——工业车辆生命周期内第 i 种零件或油料的部分碳足迹因子,以千克二氧化碳当量每千克(kgCO₂e/kg)、千克二氧化碳当量每立方米(kgCO₂e/m³)或千克二氧化碳当量每个(kgCO₂e/个)计。

7.2.4 生命末期阶段

单台工业车辆生命末期阶段温室气体排放量,按公式(17)计算:

$$E_r = \sum_i [(m_i \times E_{Vi}) \times (1 - R_i \times A_i) + E_{eol,i}] \dots\dots\dots (17)$$

式中:

E_r ——单台工业车辆生命末期阶段温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台(kgCO₂e/台)计;

$E_{eol,i}$ ——工业车辆的第 i 种材料报废拆解相关的温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台(kgCO₂e/台)计;

R_i ——回收率,%;

A_i ——分配系数;

m_i ——工业车辆的第 i 种材料的质量,以千克每台(kg/台)计;

E_{Vi} ——第 i 种材料的碳足迹因子,以千克二氧化碳当量每千克(kgCO₂e/kg)计。

注:材料回收率和分配系数缺省值参考表 A.7。

其中,工业车辆报废拆解相关的温室气体排放量,按公式(18)计算:

$$E_{eol,i} = E_{e,eol,i} + E_{f,eol,i} + E_{fp,eol,i} + E_{h,i} \dots\dots\dots (18)$$

式中:

$E_{e,eol,i}$ ——第 i 种材料报废拆解过程使用电力产生的温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台(kgCO₂e/台)计,计算按 7.2.2.2;

$E_{f,eol,i}$ ——第 i 种材料报废拆解过程使用化石燃料燃烧的温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台(kgCO₂e/台)计,计算按 7.2.2.3;

$E_{fp,eol,i}$ ——第 i 种材料报废拆解过程化石燃料生产获取过程的温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台(kgCO₂e/台)计,计算按 7.2.2.4;

$E_{h,i}$ ——第 i 种材料报废拆解过程热力消耗引起的温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台

(kgCO₂e/台)计,按 GB/T 32151.29—2024 中的 5.2.4.1.2 计算。

当报废拆解相关温室气体排放数据无法获取时,可按公式(19)进行计算:

$$\sum_i E_{\text{eol},i} = M \times EF_{\text{eol}} \quad \dots\dots\dots (19)$$

式中:

M ——核算的工业车辆的质量,单位为千克(kg);

EF_{eol} ——拆解温室气体排放因子,以千克二氧化碳当量每千克(kgCO₂e/kg)计,缺省值为 0.06 kgCO₂e/kg。

7.2.5 工业车辆运输过程

单台工业车辆运输过程中温室气体排放量,按公式(20)计算:

$$E_t = E_{t1} + E_{t2} + E_{t3} \quad \dots\dots\dots (20)$$

式中:

E_t ——单台工业车辆运输过程温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台(kgCO₂e/台)计;

E_{t1} ——单台工业车辆原材料和外购零部件获得阶段运输过程中温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台(kgCO₂e/台)计;

E_{t2} ——单台工业车辆运输至用户过程中温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台(kgCO₂e/台)计;

E_{t3} ——单台工业车辆生命末期阶段运输过程中温室气体排放量,以千克二氧化碳当量每台(kgCO₂e/台)计;

各阶段运输工具产生的温室气体排放量,按公式(21)计算:

$$E_{ti} = \sum_{i,r} (M \times L_{i,r} \times EF_{i,r}) \quad \dots\dots\dots (21)$$

式中:

E_{ti} ——不同阶段运输过程中温室气体排放量, $i=1,2,3$;

M ——核算的工业车辆的质量,单位为千克(kg);

$L_{i,r}$ ——第 i 阶段第 r 种运输方式的距离,单位为千米(km);

$EF_{i,r}$ ——第 i 阶段第 r 种运输方式的碳足迹因子,以千克二氧化碳当量每千克千米[kgCO₂e/(kg·km)]计。

注:货物运输碳足迹因子推荐值见表 A.8 和表 A.9。

8 结果解释

应按照产品碳足迹量化的目的和范围,对工业车辆产品碳足迹的量化结果进行解释,解释应包括以下内容:

- 说明产品碳足迹和各生命周期阶段的碳足迹;
- 分析不确定性,包括取舍准则的应用或范围;
- 详细记录选定的分配程序;
- 说明产品碳足迹研究的局限性(按照但不限于 GB/T 24067—2024 中附录 A)。

9 产品碳足迹研究报告

应将以下信息(包括但不限于)纳入工业车辆碳足迹研究报告(参考格式见附录 B)。

- a) 基本情况:

- 1) 委托方和评价方信息;
 - 2) 报告信息;
 - 3) 产品信息;
 - 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(如果有)。
- b) 目的:
- 1) 开展研究的目的;
 - 2) 预期用途。
- c) 范围:
- 1) 产品说明,包括功能和技术参数;
 - 2) 功能单位或声明单位以及基准流;
 - 3) 系统边界,包括:
 - i) 作为基本流中的系统输入和输出类型,
 - ii) 有关单元过程处理的决策准则(考虑其对产品碳足迹研究结论的重要性);
 - 4) 取舍准则;
 - 5) 原材料获取到产品获得阶段、制造阶段、使用阶段和生命末期阶段的描述。
- d) 清单分析:
- 1) 数据收集信息,包括数据来源和时间等信息;
 - 2) 代表性的时间边界和地理边界(如适用);
 - 3) 分配方法;
 - 4) 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:
- 1) 影响评价方法;
 - 2) 特征化因子;
 - 3) 清单结果与计算;
 - 4) 结果的图示(可选)。
- f) 结果解释:
- 1) 结论;
 - 2) 局限性(可选);
 - 3) 在产品碳足迹研究中披露和证明相关信息项的选择并说明理由;
- g) 研究中使用的产品种类规则或其他补充要求的参考资料。

10 产品碳足迹声明

如需声明时,按照 GB/T 24025 或 ISO 14026 的规定进行,相关声明可用于具有相同功能的不同产品之间的比较。

附 录 A
(资料性)

工业车辆相关参数缺省值

本附录缺省值并不能代表产品温室气体排放量的真实情况,宜优先自行进行数据收集与核查。在使用表 A.1~表 A.8 的数据时,注意核算边界。

表 A.1 材料和其他辅料的部分碳足迹因子缺省值

序号	名称	部分碳足迹因子 kgCO ₂ e/kg	核算边界
1	钢	2.38	包含资源开采、 加工提纯、 生产制造过程
2	铸铁	1.82	
3	铝及铝合金	16.38	
4	热塑性塑料	3.96	
5	热固性塑料	4.57	
6	橡胶	3.08	
7	织物	5.80	
8	陶瓷/玻璃	0.95	
9	硫酸	0.10	
10	玻璃纤维	8.91	
11	磷酸铁锂	2.93	
12	石墨	5.48	
13	润滑剂	1.20	
14	刹车液	1.20	
15	冷却液	1.85	
16	制冷剂	15.10	
注 1：数据来源于《乘用车生命周期碳排放核算技术规范》。			
注 2：采取行动引导供应商提供零部件、材料和其他辅料的产品部分碳足迹因子等数据,当无法提供时,采用原材料的排放因子。			

表 A.2 全国电力平均和主要电力类型的碳足迹因子

序号	电力类型	碳足迹因子 kgCO ₂ e/kWh	核算边界
1	全国平均	0.577 7	包含序号 2~序号 9 不同电力类型的核算边界
2	燃煤发电	0.924 0	原材料获取和运营维护
3	燃气发电	0.450 3	原材料获取、施工建设、运营维护和退役处理

表 A.2 全国电力平均和主要电力类型的碳足迹因子（续）

序号	电力类型	碳足迹因子 kgCO ₂ e/kWh	核算边界
4	水力发电	0.014 1	前期准备、施工建设、运营维护和退役处理
5	核能发电	0.006 5	核燃料前端、施工建设、运营维护、退役处理和核燃料后端
6	风力发电	0.032 4	设备获取、施工建设、运营维护和退役处理
7	光伏发电	0.052 0	设备获取、施工建设、运营维护和退役处理
8	光热发电	0.031 2	设备获取、施工建设、运营维护和退役处理
9	生物质发电	0.040 4	原材料获取、施工建设、运营维护和退役处理
注：数据来源于《关于发布 2024 年电力碳足迹因子数据的公告》。若有新发布采用最新数据。			

表 A.3 常见燃料特性参数值

燃料品种		低位发热量 固体和液体/(GJ/kg)、气体/(GJ/m ³)	单位热值含碳量 kgC/GJ	燃料碳氧化率
固体燃料	无烟煤	26.700×10 ^{3 a}	27.40 ^b	94%
	烟煤	19.570×10 ^{3 c}	26.10 ^b	93%
	褐煤	11.900×10 ^{3 a}	27.20 ^e	96%
	洗精煤	26.344×10 ^{3 d}	25.20 ^e	90%
	其他洗煤	12.545×10 ^{3 d}	25.40 ^e	90%
	型煤	17.460×10 ^{3 c}	26.60 ^e	90%
	焦炭	28.435×10 ^{3 c}	29.20 ^e	93%
液体燃料	原油	41.816×10 ^{3 d}	20.00 ^e	98%
	燃料油	41.816×10 ^{3 d}	21.20 ^e	98%
	汽油	43.070×10 ^{3 d}	18.90 ^e	98%
	柴油	42.652×10 ^{3 d}	20.20 ^e	98%
	其他煤油	43.070×10 ^{3 d}	19.60 ^e	98%
	液化天然气	51.44×10 ^{3 d}	15.30 ^e	98%
	液化石油气	50.179×10 ^{3 d}	17.20 ^e	98%
	煤焦油	33.453×10 ^{3 d}	22.00 ^a	98%
气体燃料	炼厂干气	45.998×10 ^{-4 d}	15.70 ^e	99%
	焦炉煤气	179.81×10 ^{-4 d}	12.10 ^e	99%
	高炉煤气	33.000×10 ^{-4 c}	70.80 ^a	99%
	转炉煤气	84.000×10 ^{-4 c}	49.60 ^c	99%
	其他煤气	52.270×10 ^{-4 d}	12.10 ^e	99%
	天然气	389.310×10 ^{-4 d}	15.30 ^e	99%

表 A.3 常见燃料特性参数值 (续)

燃料品种	低位发热量 固体和液体/(GJ/kg)、气体/(GJ/m ³)	单位热值含碳量 kgC/GJ	燃料碳氧化率
^a 数据取值来源于《IPCC 国家温室气体清单指南(2006)》。 ^b 数据取值来源于《省级温室气体清单编制指南(试行)》。 ^c 数据取值来源于《中国温室气体清单研究(2005)》。 ^d 数据取值来源于《中国能源统计年鉴(2019)》。 ^e 数据取值来源于《省级温室气体清单编制指南(修订版)》。			

表 A.4 燃料生产的部分碳足迹因子缺省值

燃料类型	部分碳足迹因子	核算边界
天然气	0.07 kgCO ₂ e/m ³	包括开采、加工、运输等过程， 未考虑生产过程逸散排放
汽油	0.487 kgCO ₂ e/L	
柴油	0.535 kgCO ₂ e/L	
煤	0.08 kgCO ₂ e/kg	
航空煤油	0.49 kgCO ₂ e/kg	
燃料油	0.08 kgCO ₂ e/kg	
注：数据来源于《乘用车生命周期碳排放核算技术规范》。		

表 A.5 部分温室气体的 GWP 参数值

气体名称	化学分子式	100 年的 GWP
二氧化碳	CO ₂	1
甲烷	CH ₄	27.9
氧化亚氮	N ₂ O	273
三氟化氮	NF ₃	17 400
六氟化硫	SF ₆	25 200
氢氟碳化物(HFCs)		
HFC-23	CHF ₃	14 600
HFC-32	CH ₂ F ₂	771
HFC-41	CH ₃ F	135
HFC-125	C ₂ HF ₅	3 740
HFC-134	CHF ₂ CHF ₂	1 260
HFC-134a	C ₂ H ₂ F ₄	1 530
HFC-143	CH ₂ FCHF ₂	364

表 A.5 部分温室气体的 GWP 参数值（续）

气体名称	化学分子式	100 年的 GWP
HFC-143a	CH_3CF_3	5 810
HFC-152a	C_2HF_2	164
HFC-227ea	C_3HF_7	3 600
HFC-236fa	$\text{C}_3\text{H}_2\text{F}_6$	8 690
全氟碳化物(PFCs)		
全氟甲烷(四氟甲烷)	CF_4	7 380
全氟乙烷(六氟乙烷)	C_2F_6	12 400
全氟丙烷	C_3F_8	9 290
全氟丁烷	C_4F_{10}	10 000
全氟环丁烷	C_4F_8	10 200
全氟戊烷	C_5F_{12}	9 220
全氟己烷	C_6F_{14}	8 620
注：部分温室气体的 GWP 来源于 IPCC《气候变化报告 2021：自然科学基础 第一工作组对 IPCC 第六次评估报告的贡献》。		

表 A.6 充电机效率近似值

充电机技术	E_{ch}
高频(HF)	0.88
50 Hz 调节式	0.78
50 Hz 恒压充电	0.73
注：数据来源于 GB/T 43657.1—2024。	

表 A.7 材料的回收率和分配系数缺省值

名称	回收率	分配系数
钢铁	90%	0.9

表 A.8 公路运输温室气体碳足迹因子缺省值

货车类型	单位	区分货车载重的碳足迹因子				不区分货车载重的碳足迹因子
		(16~31)t	(7~12.5)t	(3.5~4.5)t	≤ 1.8 t	
柴油货车	kgCO ₂ e/ (kg · km)	0.097 8×10 ⁻³	0.150 2×10 ⁻³	0.261 1×10 ⁻³	—	0.215 7×10 ⁻³
汽油货车		—	—	0.224 8×10 ⁻³	0.675 8×10 ⁻³	0.225 1×10 ⁻³
纯电动货车		0.107 3×10 ⁻³	0.103 6×10 ⁻³	0.139 1×10 ⁻³	0.217 4×10 ⁻³	0.127 8×10 ⁻³
天然气货车		0.108 8×10 ⁻³	0.163 0×10 ⁻³	0.301 3×10 ⁻³	0.840 5×10 ⁻³	0.247 8×10 ⁻³
注：数据来源于《中国公路运输排放因子(2024)》。						

表 A.9 铁路和海上运输温室气体碳足迹因子缺省值

运输方式类型	碳足迹因子 kgCO ₂ e/(kg·km)
电力机车运输	0.010×10^{-3}
内燃机车运输	0.011×10^{-3}
铁路运输(中国市场平均)	0.010×10^{-3}
液货船运输(载重 2 000 t)	0.019×10^{-3}
干散货船运输(载重 2 500 t)	0.015×10^{-3}
集装箱船运输(载重 200 TEU)	0.012×10^{-3}
注：数据来源于 GB/T 51366—2019。	

附 录 B
(资料性)

工业车辆碳足迹研究报告(模板)

工业车辆碳足迹研究报告格式模板如下：

工业车辆碳足迹研究报告(模板)

产 品 名 称：_____
产品规格型号：_____
制 造 企 业：_____
报 告 编 号：_____

出具报告机构或部门：_____ (盖章)

日期：____年____月____日

一、概况

1.制造企业信息

制 造 企 业 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 及 型 号：_____
产 品 功 能：_____
产 品 介 绍：动力方式、能源类型、主要配置、技术参数和其他信息
产 品 图 片：

图 1 产品铭牌	图 2 轴测图
图 3 主视图	图 4 侧视图

3.量化方法

依 据 标 准:_____

二、量化目的

三、量化范围

1.功能单位或声明单位

以_____为功能单位或声明单位。

2.系统边界

☐原材料和外购零部件获得阶段 ☐制造阶段 ☐使用阶段 ☐生命末期阶段
系统边界图：

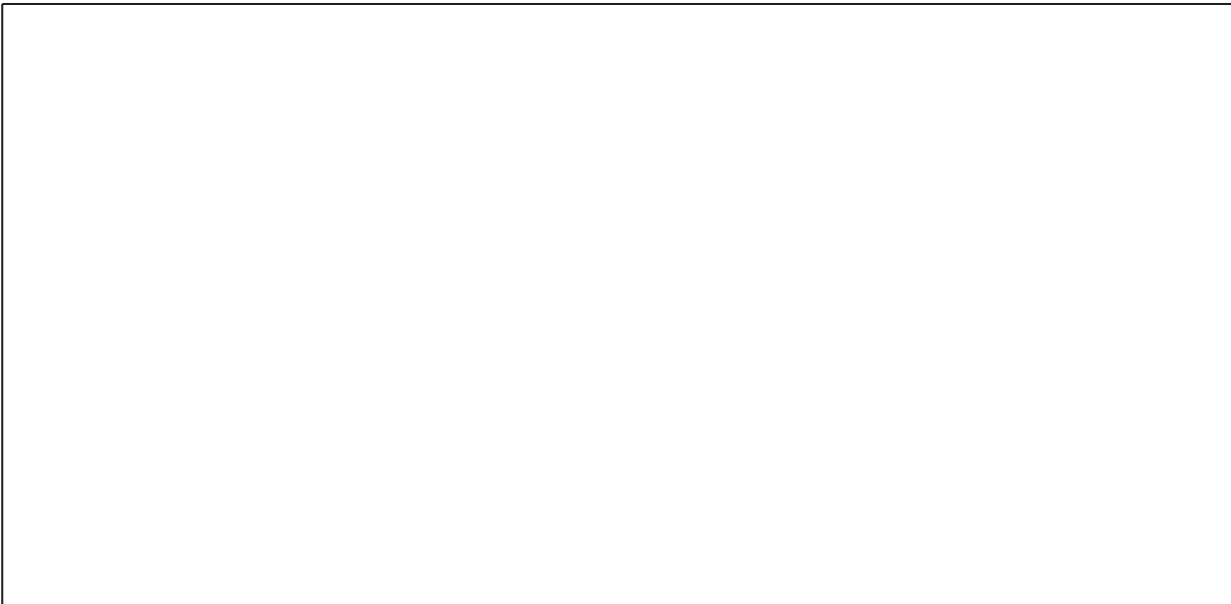


图 5 工业车辆碳足迹量化系统边界图

3.取舍准则

4.时间范围

四、清单分析

1.数据来源及分配方法

生命周期各个阶段数据来源及分配方法见表 1。

表 1 数据来源及分配方法

生命周期阶段		数据来源	分配方法
原材料和外购 零部件获得阶段			
整车制造阶段			
使用阶段			
生命末期阶段			
运输过程			

2.清单结果及计算

生命周期各个阶段碳排放计算说明见表 2。

表 2 工业车辆生命周期碳排放清单说明

生命周期阶段		活动数据	排放因子	温室气体量 kg/功能单位或声明单位
原材料和外购 零部件获得阶段				
整车制造阶段				
使用阶段				
生命末期阶段				
运输过程				

3.数据质量评价(可选项)

数据质量可从定性和定量两个方面对报告使用的初级数据和次级数据进行评价,具体评价内容包括数据来源、完整性、数据代表性(时间、地理、技术)和准确性。

五、影响评价

1.影响类型和特征化因子选择

(一般选择 IPCC 给出的 100 年 GWP)

表 3 温室气体的 GWP 取值

气体名称	化学分子式	100 年的 GWP
二氧化碳	CO ₂	
甲烷	CH ₄	
三氟化氮	NF ₃	
六氟化硫	SF ₆	
氢氟碳化物	HFCs	
全氟碳化物	PFCs	

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。

各生命周期阶段的温室气体排放情况如表 4 所示。

表 4 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(%)
原材料和外购零部件获得阶段		
制造阶段		
使用阶段		
生命末期阶段		
总计		

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

(结合碳足迹结果,提出减少 GHG 排放的改进建议)

参 考 文 献

- [1] GB 17930—2016 车用汽油
- [2] GB 19147—2016 车用柴油
- [3] GB/T 24040—2008 环境管理 生命周期评价 原则与框架
- [4] GB/T 24044—2008 环境管理 生命周期评价 要求与指南
- [5] GB 27999—2025 乘用车燃料消耗量评价方法及指标
- [6] GB/T 32150—2025 工业企业温室气体排放核算和报告通则
- [7] GB/T 43657.1—2024 工业车辆能效 试验方法 第1部分:总则
- [8] GB/T 43657.2—2024 工业车辆能效 试验方法 第2部分:操作者控制的自行式车辆、牵引车和载运车
- [9] GB/T 43657.3—2024 工业车辆能效 试验方法 第3部分:集装箱搬运车
- [10] GB/T 44361—2024 工业车辆 检查与维护规范
- [11] GB/T 44679—2024 叉车禁用与报废技术规范
- [12] GB/T 45646—2025 温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 内燃机
- [13] GB/T 51366—2019 建筑碳排放计算标准
- [14] JB/T 3300—2024 平衡重式叉车 整机试验方法
- [15] REGULATION (EU) 2023/1542 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL
- [16] 高有山,李兴虎.大型客车柴油燃料生命周期分析[J].北京航空航天大学学报,2009,35(11):1349-1352.
- [17] 生态环境部办公厅.大气污染物与温室气体融合排放清单编制技术指南(试行)[Z].北京:中华人民共和国生态环境部,2024.
- [18] 国家应对气候变化战略研究和国际合作中心.工业其他行业企业温室气体排放核算方法与报告指南(试行)[Z].北京:中华人民共和国国家发展和改革委员会,2015.
- [19] 中国汽车技术研究中心有限公司.乘用车生命周期碳排放核算技术规范.
- [20] 生态环境部、国家统计局和国家能源局.关于发布2024年电力碳足迹因子数据的公告[EB/OL].2025.https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk01/202510/t20251024_1130734.html.
- [21] IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. EGGLESTON H.S, BUENDIA L MWA K, NGARAT and TANABE K.(eds).IGES, Japan, 2006.
- [22] 国家发展和改革委员会应对气候变化司.中国温室气体清单研究(2005)[M].北京:中国环境出版社,2014.
- [23] 国家统计局能源统计司.中国能源统计年鉴(2019)[M].北京:中国统计出版社,2020.
- [24] 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(修订版)[Z].北京:中华人民共和国国家发展和改革委员会,2025.
- [25] IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Richard P. Allan., Paola A.Arias., Sophie Berger., Josep G. Canadell., Christophe Cassou., Deliang Chen., Annalisa Cherchi., Sarah L. Connors., Erika Coppola., Faye Abigail Cruz., et al, Cambridge University Press 2021, pp7SM24-35.
- [26] 零碳实验室.(2025).GHG S3.4&3.9 中国公路运输排放因子(2024).

- [27] 政府间气候变化专门委员会(IPCC).2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南及 2019 修订版.
- [28] IPCC 第六次评估报告第一工作组报告《气候变化 2021:自然科学基础》.
-