

团 体 标 准

T/DZJN XXXX—XXXX

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 车用镁铝合金部件

Greenhouse gases—Quantification methodologies and requirements for carbon footprint of
products—Automobile magnesium-aluminum alloy parts

(工作组讨论稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国电子节能技术协会 发布

目次

前 言	3
1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	4
4 原则	6
5 目的和范围	6
6 核算步骤	9
7 数据收集、数据质量和数据保存	10
8 核算方法	11
附录 H	22
产品碳足迹报告（模板）	22

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。

本文件由中国节能技术协会科技创新与安全工作委员提出。

本文件由中国节能技术协会归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求

车用镁铝合金部件

1 范围

本文件确立了车用镁铝合金部件碳足迹核算的原则与目的，规定了核算范围、核算步骤、核算数据以及核算报告的要求，描述了相应的核算方法。

本文件适用于车用镁铝合金部件生命周期温室气体 (GHG) 排放的核算、评价和报告。其他镁铝合金制品可参照执行。

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 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 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则

3 术语和定义

GB/T 24067 和 GB/T 44903-2024 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

车用镁铝合金部件 magnesium-aluminum alloy components for vehicles

由镁铝复合合金制成的，用于汽车整车结构的零部件，如汽车显示屏、底盘、车身等关键部位。

3.2

原生材料 primary material

从原始矿石或自然资源中通过冶炼、精炼等过程首次生产得到的材料。

注：原生材料承担从采矿到初级材料生产的全部碳排放。

3.3

碳足迹碳含量 carbon footprint content

单位质量车用镁铝合金部件在其生命周期内产生的温室气体排放净量，以二氧化碳当量表示。

注：其值为产品碳足迹与产品质量的比值。

3.4

产品碳足迹量化 quantification of carbon footprint of a product

确定产品碳足迹或部分产品碳足迹的活动。

3.5

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]

3.6

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]

3.7

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 24040—2008, 3.20]

3.8

生命周期 life cycle

产品系统中前后衔接的一系列阶段, 从自然界或从自然界中获取原材料, 直至最终处置。

[来源: GB/T 24067—2024, 3.4.2]

3.9

生命周期评价 life cycle assessment (LCA)

对一个产品系统的生命周期中输入、输出及其潜在环境影响的汇编和评价。

[来源: GB/T 24040—2008, 3.2]

3.10

温室气体 greenhouse gas; GHG

大气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、波长在红外光谱内的辐射的气态成分。

注 1: 本文件涉及的温室气体主要包括二氧化碳(CO_2)、甲烷(CH_4)和氧化亚氮(N_2O)等。

注 2: 改写 GB/T 32150—2015, 3.1。

3.11

温室气体排放因子 greenhouse gas emission factor

将活动数据与温室气体排放相关联的系数。

[来源: GB/T 24067—2024, 3.2.7]。

3.12

温室气体排放 greenhouse gas emission

在特定时段内释放到大气中的温室气体总量。

[来源: GB/T 32150—2015, 3.6]

3.13

二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent; CO_2e

给定数量的某种温室气体排放量, 其造成的辐射强迫影响与等量二氧化碳排放所造成的影响相当的量。

注: 二氧化碳当量等于给定温室气体的质量乘以其全球变暖潜势(GWP)。

[来源: GB/T 24067—2024, 3.2.2]

3.16

初级数据 primary data

通过直接测量或基于直接测量值计算得到的过程或活动的量化值。

注 1: 初级数据不一定来自所研究的产品系统, 因为初级数据可能与所研究的产品不同, 但具有可比性。

注 2: 初级数据可以包括温室气体排放因子和 (或) 温室气体活动水平数据。

3.17

现场数据 site-specific data

从产品系统内部获得的初级数据。

注 1: 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。

注 2: 现场数据包括场地内一个特定单元过程的温室气体排放量和温室气体清除量。

3.18

次级数据 secondary data

不符合初级数据 (3.16) 要求的数据。

注 1: 次级数据可包括来自数据库和已发表文献的数据、来自国家清单的默认排放因子、计算数据、估计数据或其他经主管部门验证的代表性数据。

注 2: 次级数据也可以是类似过程或估算获得的数据。

3.19

取舍原则 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做出的规定。

4 原则

4.1 相关性

选择适合车用镁铝合金部件产品系统GHG排放和清除量评价的数据和方法。

4.2 完整性

核算应包括所有对系统有显著贡献的GHG排放量和清除量。

4.3 一致性

使用相同的假设、方法和数据, 确保结果可比。

4.4 准确性

尽可能减少偏差和不确定性, 确保量化结果准确、可核查。

4.5 透明性

公开、全面地披露所有相关假设、方法和数据来源。

4.6 避免重复计算

相同的GHG排放量和清除量仅分配一次。

5 目的和范围

5.1 核算目的

旨在从生命周期评价的角度出发,向经营活动涉及的利益相关方揭示车用镁铝合金部件原材料生产与获取阶段、产品生产阶段的碳足迹(摇篮到大门),具体目的包括:

- a) 评价车用镁铝合金部件生命周期内相关活动带来的 GHG 排放;
 - b) 识别部件生产关键排放环节, 挖掘减排潜力;
 - c) 为部件碳足迹标识、绿色采购和低碳产品认证提供依据。
 - d) 为下游用户评估温室气体排放水平提供数据支撑

5.2 确定产品碳足迹的目的时,应明确说明下列内容:

- a) 应用意图;
 - b) 核算理由;
 - c) 核算报告的接收者。

5.3 产品系统及核算范围

车用镁铝合金部件碳足迹核算将其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。包括但不限于以下单元过程（见图 1）：

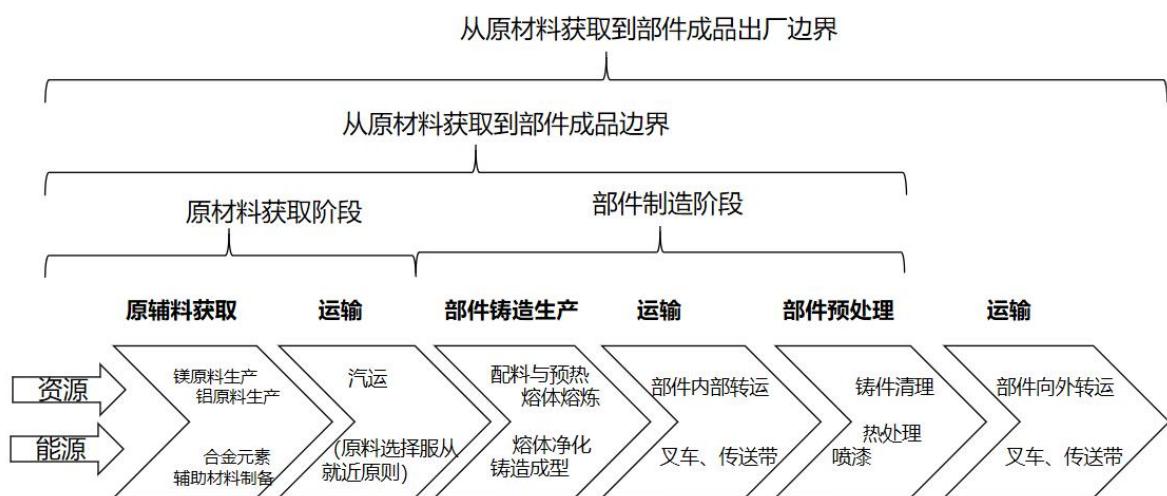


图 1 车用镁铝合金部件碳足迹核算的单元过程、生命周期阶段和系统边界

- a) 原材料获取阶段: 包括镁锭、铝锭等原生金属材料的生产、合金元素(如锰、锌、稀土等)的生产、辅助材料(如熔剂、保护气体、模具材料等)的生产。
 - b) 部件制造阶段: 包括熔炼、铸造(压铸、低压铸造等)、成形(挤压、轧制、锻造等)、机加工(车、铣、钻等)、热处理、表面处理(喷涂、微弧氧化、电镀等)、检测等。
 - c) 运输阶段: 包括原材料运输、部件内部转运。

5.4 功能单位

产品碳足迹分析中，功能单位是对产品系统中输出功能的度量。功能单位的基本作用是在进行碳足迹分析时为软件提供一个统一计量输入和输出的基准。

根据 ISO 14067:2018《温室气体—产品碳足迹—量化要求和指南》的要求，本报告以 1kg 产品为评价目标产品的功能单位。

5.5 系统边界

5.4.1 通用要求

系统边界的选择应与核算目的保持一致，并说明包括的生命周期阶段和单元过程。

5.4.2 系统边界设置

通常采用“从摇篮到大门”的边界，即从原材料获取到部件出厂（包括原材料获取、制造、厂内运输和厂内废弃物处理）：

a) 原材料获取阶段：应包括所有主要原材料、辅助材料、能源载体的上游生产排放。

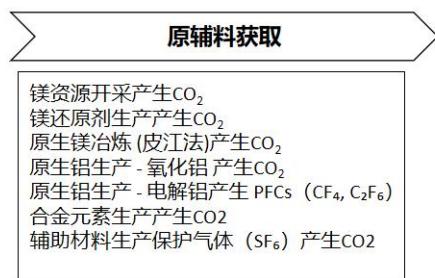


图 2 原辅料获取阶段主要产生碳源

b) 部件制造阶段：应包括所有制造过程的直接排放（如燃料燃烧）和间接排放（如外购电力、热力）。



图 3 部件制造阶段碳源

c) 运输分销阶段：应包括所有物料和成品运输的排放。

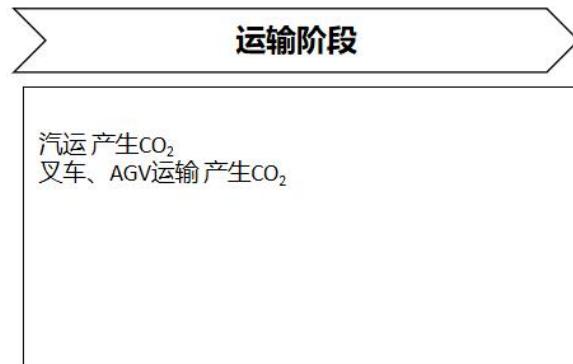


图 4 运输阶段碳源

d) 基础设施: 厂房、设备等资本品的建造和维护排放可忽略, 除非其对结果有显著影响 (>1%)。

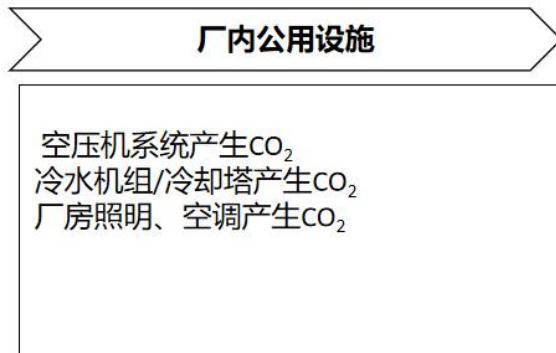


图 5 厂区公共设施碳源

5.4.3 取舍准则

一般而言, 应包括分析系统的所有过程和流程。如果发现个别物质流或能量流对特定过程的碳足迹不重要, 出于实际原因, 可以将其排除在外, 并未考虑的过程。

本报告设定的实质性门槛是 5%。其中单个物质流或能量流的排除门槛是 1%, 排除总量不超过总排放量的 5%。由于就某些可能产生环境影响的过程, 在出现以下情况时, 对应的过程将会被排除。

- (1) 技术上无适当核算及量化方法;
- (2) 虽然量化过程可行但不符合经济效益, 且排放量占总体排放量的比例小于 1%。

5.4.4 时间边界

数据应具有代表性, 优先使用核算期 (通常为一年或连续的 12 个自然月) 内的平均数据。

6 核算步骤

- a) 确定核算目的、系统边界和功能单位;

- b) 绘制产品生命周期流程图，识别单元过程；
- c) 收集系统边界内各单元过程的活动数据；
- d) 选择和获取相应的排放因子数据；
- e) 确定共生产品和再生材料的分配方法；
- f) 计算各单元过程的 GHG 排放量和清除量；
- g) 计算产品碳足迹；
- h) 编写碳足迹核算报告。

7 数据收集、数据质量和数据保存

7.1 数据收集要求及内容

数据应涵盖系统边界内所有单元过程，包括：

- a) 原材料消耗量（各类镁锭、铝锭、合金元素、辅助材料等，区分原生和再生）；
- b) 能源消耗量（电力、天然气、柴油、煤炭、蒸汽等，记录详细用途）；
- c) 生产过程直接排放（如 SF6 使用量、碳酸盐分解量）；
- d) 运输数据（运输方式、距离、货物重量）；
- e) 产品产量、合格率、共生产品产量；
- f) 废弃物产生量及处理方式。

7.2 数据质量要求

在计算产品碳足迹时，本报告所收集的数据质量符合 ISO 14067:2018 标准要求：

- a) 时间范围：所收集的活动数据发生连续的 12 个月；
- b) 地理范围：背景过程和参数优先选用物料的主要产地或过程的发生地数据，由先到后依次考虑区域数据、国家数据、国际数据；
- c) 技术范围：背景过程和参数优先选取与目标产品工艺、技术或技术组合一致的数据；
- d) 信息精度：选择最准确的数据；
- e) 完整性：所有活动数据都被测量，不存在数据缺失或者代表性不够等问题；
- f) 代表性：定性评价数据集，能代表所研究产品的平均生产水平及相应排放；
- g) 一致性：各相关数据按照一致的质量要求和资料选取顺序进行搜集和统计；
- h) 再现性：评价报告的数据、方法及过程均可在 LCA 软件中再现（因原理问题，量化不确定性的蒙特卡罗模拟每次数值有所不同），计算结果单独导出为 EXCEL 文件；
- i) 数据来源：本报告的现场数据由生产企业各部门协同参与，根据实际生产情况提供。报告的背景数据来源于 Ecoinvent 3.10 数据库中适用于中国区域或适用于全球的数据和其他权威文献调研数据；
- j) 不确定性：针对活动数据来源质量及计算结果进行不确定分析。

其他有关数据质量的工作内容如下所述：

- a) 产品生命周期碳足迹清单质量管理：在活动数据收集中，每一项数据的收集都对应着相应的数据质量，尽量使用经过测量的数据质量较高的原始数据，但由于产品系统不可避免的需要进行分配，会影响最终的数据质量；
- b) 产品生命周期碳足迹清单质量管理人员：工作小组保留了各部门收集信息获取数据的责任人联系方式。

7.3 数据保存

应建立数据管理系统，保存所有原始数据、计算过程和报告，纸质记录至少保存 5 年，电子记录至少保存 10 年。

8 核算方法

8.1 通用公式

总碳足迹 (CFP) 按生命周期阶段累加：

$$CFP = \sum_{i=1}^n (AD_i \times EF_i)$$

其中：

- CFP：产品碳足迹，单位为 kg CO₂ e
- AD_i：第 i 项活动数据（如用电量、运输量）
- EF_i：对应排放因子（如 kg CO₂ e/kWh）

8.2 分阶段计算模型

(1) 原材料阶段

$$CFP_{材料} = m_{Al} \times CF_{Al} + m_{Mg} \times CF_{Mg} + \sum (m_{合金元素} \times CF_{元素})$$

其中 CF_{Al}, CF_{Mg} 为原生/再生金属碳足迹因子（区分再生含量）

(2) 制造阶段

$$CFP_{制造} = \sum (E_j \times EF_{energy,j}) + \sum (m_k \times EF_{chemical,k}) + \sum (t_l \times d_l \times EF_{transport})$$

涵盖电、天然气、压缩空气、切削液、辅材及厂内运输。

(3) 运输阶段

运输阶段涵盖产品系统边界内所有原材料、半成品、成品及废弃物在不同地理节点之间的移动所产生的温室气体排放。

运输阶段的碳足迹 (CFP_{运输}) 采用活动水平与排放因子相乘的方法计算:

$$CFP_{\text{运输}} = \sum_l (t_l \times d_l \times EF_{\text{transport},l})$$

式中:

$CFP_{\text{运输}}$: 运输阶段的总碳足迹, 单位为千克二氧化碳当量 (kg CO₂ e) ;

t_l : 第 l 次运输的货物质量, 单位为吨 (t) ;

d_l : 第 l 次运输的距离, 单位为公里 (km) ;

$EF_{\text{transport},l}$: 第 l 次运输所采用运输方式的碳排放因子, 单位为千克二氧化碳当量每吨公里 (kg CO₂ e / t·km) ;

l : 运输活动的序号, 用于区分不同的运输批次或方式。

关键参数说明

运输方式 (Mode of Transport) :

- 明确区分公路 (卡车、货车) 、铁路、水路 (海运、内河航运) **和空运**。
- 不同运输方式的能效和排放因子差异显著, 应分别核算。例如:
 - 公路货运 (柴油中型卡车) : 排放因子较高
 - 铁路货运: 排放因子较低
 - 海运: 单位排放因子最低, 但距离长
- 若使用多式联运, 应分段计算。

货物质量 (t_l) :

- 指单次运输中车用镁铝合金部件或其原材料的净质量。
- 若为整车或混合装载, 需按质量比例分摊。
- 单位应统一为吨 (t), 注意与部件质量单位 (kg) 的换算。

运输距离 (d_l) :

- 采用实际物流路径的里程，优先使用 GPS 记录、物流系统数据或地图测距工具（如百度地图 API、Google Maps）获取。
- 可使用“直线距离×1.3”作为估算，但推荐使用实际路径距离以提高准确性。

碳排放因子 ($EF_{transport,l}$) :

- 优先使用本地化或行业实测数据（如物流公司提供的碳报告）。
- 次选权威数据库：如《中国产品全生命周期温室气体排放系数集》（CLCD）、Ecoinvent、DEFRA、EPA 等。
- 典型参考值（示例，需根据最新数据更新）：
 - 柴油中型卡车 (<16t) : 0.18 - 0.25 kg CO₂ e / t·km
 - 柴油重型卡车 (>16t) : 0.12 - 0.18 kg CO₂ e / t·km
 - 铁路货运（电力牵引）: 0.02 - 0.05 kg CO₂ e / t·km
 - 内河航运: 0.03 - 0.08 kg CO₂ e / t·km
 - 海运（集装箱船）: 0.01 - 0.03 kg CO₂ e / t·km
 - 空运（货运飞机）: 0.80 - 1.20 kg CO₂ e / t·km
- 注意：排放因子应包含燃料燃烧的直接排放（Tank-to-Wheel）和燃料/电力生产的间接排放（Well-to-Tank），即采用全生命周期（Well-to-Wheel）排放因子。

系统边界内的运输活动

运输类型	起点	终点	是否纳入
原铝/原镁运输	冶炼厂	合金厂或部件厂	是（上游运输）
再生铝/再生镁运输	回收中心	再生厂或部件厂	是（上游运输）
镁铝合金锭/坯料运输	合金厂	部件制造厂	是（上游运输）
部件厂内物流	原材料库	压铸车间	是（计入制造阶段）
成品部件运输	部件厂	整车厂或仓库	是（下游运输，Cradle-to-Gate 需包含）
报废部件回收运输	拆解厂	再生金属厂	是（Cradle-to-Grave 需包含）

注意事项

- 避免重复计算：若上游供应商（如合金厂）已在其 PCF 中包含了“出厂至部件厂”的运输排放，则部件制造商在核算“Cradle-to-Gate”时不应重复计算此段运输，除非实际路径不同。
- 空载率：理想情况下应考虑车辆的平均装载率或空载率，对排放因子进行修正。若数据不可得，可假设标准装载率（如公路货运按 70% 利用率估算）。
- 包装物运输：若包装物（如木箱、金属架）需单独运输或循环运输，其质量和运输距离也应纳入核算。

附录A 相关参数值推荐

A1 原材料获取阶段

原材料阶段, 碳排放因子主要指单位质量原材料在生产过程中所产生的温室气体排放量, 单位为 $\text{kg CO}_2 \text{ e} / \text{kg}$ 材料。这些因子通常是全生命周期 (从摇篮到大门, Cradle-to-Gate) 的排放因子, 包含了从资源开采、加工到材料出厂的所有环节。

A1.1 主要金属材料的碳排放因子

材料	典型碳排放因子 ($\text{kg CO}_2 \text{ e} / \text{kg}$)	数据来源与说明	关键影响因素
原生镁	25 - 35	中国主流采用皮江法 数据来源: CLCD, Ecoinvent, 行业研究报告	能源结构: 中国主要依赖煤电和煤炭加热, 导致排放极高。若使用天然气或绿电, 可降至 15-20 $\text{kg CO}_2 \text{ e/kg}$ 。 工艺效率: 还原炉热效率、白云石/硅铁利用率。
再生镁	3 - 8	数据来源: CLCD, 欧盟 ELCD, 供应商声明	回收率与分选精度: 废料纯净度影响熔炼能耗。 熔炼工艺: 保护气体 (SF_6 vs. 替代品)、炉型 (电炉 vs. 燃气炉)。 运输距离: 废料收集的物流排放。
原生铝	16 - 22	中国平均水平 (煤电为主) 数据来源: IAI, CLCD	电力来源: 决定性因素! 煤电地区: ~18-22 $\text{kg CO}_2 \text{ e/kg}$ 水电地区 (如云南): ~8-12 $\text{kg CO}_2 \text{ e/kg}$ 国际平均 (含水电): ~15 $\text{kg CO}_2 \text{ e/kg}$ 阳极效应: PFCs 排放控制水平。
再生铝	0.8 - 1.5	数据来源: IAI, CLCD, 欧盟 ELCD	废料类型: 干净的铝废料 (如生产边角料) vs. 混合废料 (需复杂分选)。

			熔炼技术: 炉型、热效率、覆盖剂使用。 能源类型: 燃气或电力。
镁铝合金	加权平均值	计算方法: $EF_{alloy} = w_{Mg} \times EF_{Mg} + w_{Al} \times EF_{Al} + \sum (w_{element} \times EF_{element})$ w 为质量分数	必须基于所用原生/再生材料的实际比例计算。 例如: AZ91D (90%Mg, 9%Al) 使用中国原生 Mg 和再生 Al 时: $EF \approx 0.9 \times 30 + 0.09 \times 1.0 = 27.09 \text{ kg CO}_2 \text{ e/kg}$

A1.2 合金元素与中间合金的碳排放因子

材料	典型碳排放因子 (kg CO ₂ e / kg)	说明
锌	2.5 - 4.0	电解锌能耗较高。
锰	3.0 - 5.0	电解锰是高耗能产业。
铜	4.0 - 7.0	原生铜冶炼能耗高。
硅	5.0 - 10.0	工业硅 (金属硅) 生产是高耗能过程。
铝-锰中间合金	~8 - 12	包含铝和锰的生产排放, 以及中间合金制备的能耗。

A1.3 辅助材料的碳排放因子

材料	典型碳排放因子 (kg CO ₂ e / kg)	特别说明
脱模剂 (Release Agent)	5.0 - 15.0	取决于基础油 (矿物油/合成油) 和添加剂。水性脱模剂通常低于油性。
切削液 (Cutting Fluid)	8.0 - 20.0	油基切削液碳足迹远高于水基。包含生产和包装。

保护气体 (SF ₆)	23,500	注意: 这不是单位质量的 CO ₂ e, 而是其全球变暖潜势 (GWP) ! 实际排放按 泄漏质量 (kg) × GWP 计算。例如, 泄漏 1kg SF ₆ = 23,500 kg CO ₂ e。必须严格管控泄漏。
涂料/油漆	5.0 - 25.0	差异巨大。溶剂型 > 水性 > 粉末涂料。
包装材料		
纸板箱	1.5 - 3.0	
塑料袋 (PE)	3.0 - 6.0	
木托盘	0.5 - 1.5	可重复使用可显著降低单位排放。
金属架	2.0 - 4.0 (每次使用)	需按使用次数分摊总碳足迹。

A2 部件制造阶段: 关键碳排放因子

A2.1. 能源消耗的碳排放因子

源类型	典型碳排放因子	数据来源与说明	关键影响因素
电力	0.550 - 0.580 kg CO ₂ e / kWh	中国全国平均值 (基于 2023-2024 年数据) 数据来源: 《中国区域电网基准线排放因子》、CLCD	地域差异巨大: 华北、西北 (煤电为主) : > 0.800 kg CO ₂ e/kWh 西南 (水电为主) : ~0.300 - 0.400 kg CO ₂ e/kWh 时间因素: 未来可考虑分时因子 (但目前核算多用年均值)。
绿电	0.000 - 0.100 kg CO ₂ e / kWh	通过绿证 (Green Certificate) 或直购可再生能源 (如光伏、风电) 实际因子取决于发电技术的上游排	认证要求: 必须提供有效的绿电使用证明 (如绿证、购电合同)。

源类型	典型碳排放因子	数据来源与说明	关键影响因素
		放 (制造、安装)	
天然气	2.00 - 2.10 kg CO ₂ e / m ³	基于天然气热值 (约 35.2 MJ/m ³) 和碳含量计算 包含燃烧排放和上游 (Well-to-Tank) 排放	相对稳定, 是较清洁的化石燃料。
柴油	2.68 - 2.78 kg CO ₂ e / L	主要用于叉车、备用发电机等	包含燃烧排放和上游排放 (WTW)。

A2.2. 辅助材料/化学品的碳排放因子

辅助材料	典型碳排放因子 (kgCO ₂ e/kg)	说明
切削液	8.0 - 20.0	油基切削液: 碳足迹高 (~15-20), 可生物降解性差。 水基切削液: 碳足迹较低 (~8-12), 更环保。 包含: 生产、包装、处置 (废液处理) 的排放。
脱模剂	5.0 - 15.0	水性脱模剂: 通常低于 10 kg CO ₂ e/kg。 油性/溶剂型脱模剂: 高于 12 kg CO ₂ e/kg, 且含 VOC。 用量: 对总排放影响显著, 需优化喷雾参数。
保护气体 (SF ₆)	23,500 kg CO ₂ e / kg	注意: 这不是传统意义上的“生产排放”, 而是其全球变暖潜势 (GWP) ! 实际排放 = 泄漏质量 (kg) × GWP。 关键: 必须采用替代气体 (如 SO ₂ , CO ₂ , 氟碳气体) 或真空技术, 严格杜绝 SF ₆

辅助材料	典型碳排放因子 (kgCO ₂ e/kg)	说明
		使用。
涂料/油漆	5.0 - 25.0	粉末涂料: ~5-10 kg CO ₂ e/kg (无 VOC, 利用率高)。 水性涂料: ~8-15 kg CO ₂ e/kg。 溶剂型涂料: ~15-25 kg CO ₂ e/kg (高 VOC, 碳足迹高)。
阳极氧化化学品		
硫酸 (H ₂ SO ₄)	1.5 - 2.5	包含生产能耗和运输。
铬酸 (H ₂ CrO ₄)	5.0 - 10.0	含有毒重金属, 生产和处置排放高, 正被无铬工艺替代。
清洗剂	3.0 - 10.0	水基清洗剂通常低于溶剂型。
包装材料	(同原材料阶段, 但用于成品包装)	
纸板箱	1.5 - 3.0	
塑料袋 (PE)	3.0 - 6.0	
木托盘 / 金属架	0.5 - 4.0	按使用次数分摊。

A3 运输阶段:关键碳排放因子

A3.1. 按运输方式划分的关键排放因子

运输方式	典型碳排放因子	数据来源与说明	关键影响因素

	(kg CO ₂ e / t·km)		
公路货运 (Road Freight)			
柴油中型卡车 (<16t)	0.18 - 0.25	中国主流车型, 用于中短途运输 数据来源: CLCD, DEFRA, 行业报告	车辆载重与利用率: 满载 vs. 空载影响巨大。 车辆技术: 国六标准 vs. 老旧车辆。 驾驶行为: 急加速、急刹车增加油耗。 路况与拥堵: 城市拥堵路段排放更高。
柴油重型卡车 (>16t)	0.12 - 0.18	长途干线运输主力 因载重大, 单位吨公里排放较低	同上, 但规模效应更明显。
电动卡车 (中/重卡)	0.06 - 0.12	计算基于电力消耗和电网排放因子 $EF \approx \text{能耗 (kWh/t·km)} \times \text{电网因子 (kg CO}_2 \text{ e/kWh)}$ 假设能耗 1.2 kWh/t·km, 电网 0.570 kg CO ₂ e/kWh → EF ≈ 0.68 kg CO ₂ e/t·km, 但这是总能耗, 需按有效载荷折算。实际 EF 可低至 0.06-0.12 kg CO ₂ e/t·km。	电网碳强度: 决定性因素! 使用绿电时, EF 可接近 0。 电池生产排放: 通常不计入运营阶段, 但全生命周期评估需考虑。
铁路货运			
电力牵引 (中国)	0.02 - 0.05	中国铁路已高度电气化 数据来源: CLCD, Ecoinvent	电网碳强度: 同电动卡车。 线路利用率: 货运密度影响单位排放。

柴油机车	0.08 - 0.12	用于非电气化线路	车辆效率、载重。
水路运输			
内河航运 (驳船)	0.03 - 0.08	适用于长江、珠江等流域	船型、载重、航速、水流。
海运 (集装箱船)	0.01 - 0.03	长距离国际/沿海运输最低碳方式 数据来源: IMO, CLCD	船舶大小 (规模效应) 、航速 (“慢航”可降耗) 、燃料类型 (重油 vs. LNG) 。
航空货运			
货运飞机	0.80 - 1.20	碳强度最高, 仅用于高价值、紧急货物	飞机型号、航程、载重率。

附录 B (资料性) 产品碳足迹报告 (模板)

产品碳足迹报告格式模板如下。

产品碳足迹报告 (模板)

产 品 名 称 :

产 品 规 格 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、功能单位或声明单位

以_____为功能单位或声明单位。

2、系统边界

- 原材料获取阶段 生产阶段 运输（交付）阶段 使用阶段
 生命末期阶段

系统边界图:

图 1 **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、分配原则与程序

分配依据: _____；

分配程序: _____。

具体分配情况如下：

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	活动数据	排放因子	温室气体量 (kg/功能单位或声明单位)
原材料获取			

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)
生产				
运输/交付	输 运			
	储 仓			
使用				
生命末期				

4、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。

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 2 和图 2 所示。

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 (%)
--------	--------------------------------	---------

生命周期阶段	碳足迹 (kgCO ₂ e/功能单位)	百分比 (%)
原材料获取		
生产		
运输 (交付)		
使用		
生命末期		
总计		

图 2 _____各生命周期阶段碳排放分布图

注：具体产品生命周期阶段碳排放分布图一般以饼状图或是柱形图表示各生命周期阶段的碳排放情况。

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

参考文献

- [1] 铝产品碳足迹核算及报告方法学——基于国际实践.落基山研究所, 中汽碳, 中国有色金属工业协会绿色产品评价中心
- [2] 废铝隐含碳足迹计算参考文件和工具.国际铝协