

团 体 标 准

T/CIQA—XXXX

# 物流运输链服务温室气体核算方法

Greenhouse Gas accounting method for logistics transport chain service

（征求意见稿）

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国出入境检验检疫协会 发 布

# 目 次

目 次 .....	I
前 言 .....	II
1 范围 .....	3
2 规范性引用文件 .....	3
3 术语和定义 .....	3
4 基本原则 .....	6
5 核算主体与核算边界 .....	7
6 核算步骤 .....	7
7 核算方法 .....	8
7.1 运输链 .....	8
7.2 远洋运输 .....	8
7.3 内河运输 .....	9
7.4 铁路运输 .....	10
7.5 公路运输 .....	10
7.6 航空运输 .....	11
7.7 物流园区运输 .....	11
8 其他核算方法报告要求和格式 .....	13
附录 A 货物质量的计算 .....	14
附录 B 货物运输距离的计算 .....	15
附录 C 碳排放因子确定 .....	16
附录 D 物流园区运输碳排放因子确定 .....	20
附录 E 制冷剂泄漏温室气体排放核算 .....	24
参考文献 .....	28

## 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。

本文件由中国出入境检验检疫协会检验鉴定标准化技术委员会（CIQA/TC1）提出并归口。

本文件起草单位：中远海运物流供应链有限公司 复旦大学 中理检验有限公司。

本文件主要起草人：卞江、孙达、张艳、马蔚纯、熊宇祺、刘关星、夏乙嘉、吴力波、谭新星、王明媛、卢嘉宁、周澍。

# 物流运输链服务温室气体核算方法

## 1 范围

本文件以物流运输链服务温室气体核算为目的，给出了物流运输链服务温室气体排放量的核算基本原则，规定了核算主体与核算边界、核算步骤、核算方法等内容。

本文件适用于物流运输链服务的温室气体排放量的核算。

## 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 24040:2008 环境管理 生命周期评价 原则与框架

ISO 14083:2023 Greenhouse gases — Quantification and reporting of greenhouse gas emissions arising from transport chain operations

WB/T 1135-2023 物流企业温室气体排放核算与报告要求

GB/T 32150-2015 工业企业温室气体排放核算和报告通则

GB/T 18354-2021 物流术语

## 3 术语和定义

ISO 14040、WB/T 1135-2023 界定的以及下列术语和定义适用于本文件

### 3.1

#### **运输链 transport chain**

以货物运输为中心，通过运输链要素连接，实现端到端货物运输服务的链状模式。

[来源：ISO 14083: 2023, 3.1.25, 有修改]

### 3.2

#### **运输链要素 transport chain element**

TCE

构成运输链的基本功能单元，表现为具体的运输活动或枢纽活动。

注 1：本标准中的运输链要素包含远洋运输、内河运输、铁路运输、公路运输、航空运输和物流园区货物中转和存储环节。远洋运输是指货物在海船上部分或全部在海上的运输活动。内河运输是指货物沿着不属于远洋的水域运输活动。铁路运输是指利用铁路运输系统，通过火车将各类货物从起始地点运送到目的地点的运输活动。公路运输是指使用道路车辆在道路网络上从装载地到卸载地之间任何货物的运输活动。航空运输是指使用飞机等飞行器将货物在空中从始发地到目的地转移的运输活动。物流园区运输是指物流园区地理边界范围内

与货物活动相关的所有环节，涉及装货、运输、存储、卸货以及货物中转等。

[来源：ISO 14083: 2023, 3.1.26, 有修改]

### 3.3

**物流运输链服务 logistics transport chain service**

LTCS

由运输链要素整合而成的，具有完整性和连贯性特征的一系列物流运输服务活动。

### 3.4

**温室气体 greenhouse gas**

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、波长在红外光谱内的辐射的气态成分。

注：如无特别说明，本文件中的温室气体包括二氧化碳（CO<sub>2</sub>）、甲烷（CH<sub>4</sub>）、氧化亚氮（N<sub>2</sub>O）、氢氟碳化物（HFCs）、氯氟烃（CFCs）、全氟碳化物（PFCs）和六氟化硫（SF<sub>6</sub>）。

[来源：WB/T 1135-2023, 3.2, 有修改]

### 3.5

**直接温室气体排放 direct greenhouse gas emission**

核算主体拥有或控制的温室气体排放源产生的温室气体排放。

[来源：WB/T 1135-2023, 3.5]

### 3.6

**能源间接温室气体排放 energy indirect greenhouse gas emission**

核算主体所消耗的外部电力、热力或蒸汽的生产而造成的温室气体排放。

[来源：WB/T 1135-2023, 3.6]

### 3.7

**其他间接温室气体排放 other indirect greenhouse gas emission**

因核算主体的活动引起的，而被其他组织拥有或控制的温室气体排放源所产生的温室气体排放，但不包括能源间接温室气体排放。

[来源：WB/T 1135-2023, 3.7]

### 3.8

**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。

[来源：WB/T 32150—2015, 3.12]

### 3.9

**排放因子 emission factor**

表征单位生产或消费活动量的温室气体排放的系数。

[来源：WB/T 32150—2015, 3.13]

## 3.10

**全球变暖潜势 global warming potential**

**GWP**

将单位质量的某种温室气体在给定时间段内辐射强迫的影响与等量二氧化碳辐射强度影响相关联的系数。

[来源：ISO 14083，3.2.4]

## 3.11

**二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent**

**CO<sub>2</sub>e**

在辐射强度上与某种温室气体质量相当的二氧化碳的量。

[来源：ISO 14083，3.2.1]

## 3.12

**能源消耗排放 energy consumption emission**

能源消耗过程中产生的温室气体排放。

## 3.13

**距离校正因子 distance adjustment factor**

**DAF**

表示实际距离与运输活动距离之差的因子。

注：引入是为了确保在排放计算的不同阶段使用不同类型的距离，消除由此产生的计算误差可以消除。

[来源：ISO 14083，3.3.5，有修改]

## 3.14

**大圆距离 great circle distance**

**GCD**

地球表面任意两点之间的最短距离，相对于地球的球面而言。

[来源：ISO 14083，3.1.27.2，有修改]

## 3.15

**最短可行距离 shortest feasible distance**

**SFD**

通常使用路线规划软件发现，考虑到实际操作条件和典型的操作选择(如避开拥堵热点或不合适的限制道路)，最短可行距离往往是最短的距离。

[来源：ISO 14083，3.1.27.3，有修改]

## 4 基本原则

### 4.1 一致性

在核算过程中采用相同的假设、方法和数据。

### 4.2 相关性

选择适用于物流运输链服务温室气体排放核算需求的温室气体排放源、数据和方法。

### 4.3 完整性

包括对物流运输链服务内全部或部分物流活动温室气体排放有显著影响的所有温室气体的排放。

### 4.4 准确性

确保物流运输链服务温室气体排放核算和报告准确性、可核查和无误导性，减少偏差及不确定性。

### 4.5 透明性

发布充分适用的温室气体信息，使目标用户能够在合理的置信度内做出决策。

## 5 核算主体与核算边界

### 5.1 核算主体

核算主体是货物运输链服务活动中的温室气体排放。

### 5.2 核算边界

核算边界应包括从货物起点到终点的物流运输链服务期间所有物流活动。物流运输链服务温室气体排放包括物流运输链服务活动相关的所有温室气体排放,以及这些活动相关的能源或燃料供应所产生的排放。所有物流运输链服务活动相关的能源消耗排放,包括燃烧、燃料泄漏和制冷剂泄漏,均属于物流运输链服务温室气体排放。核算覆盖运输链能源消耗的全生命周期,包括运输链服务过程中能源使用过程(TTW)排放以及它们供应过程(WTT)排放。

注 1: 制冷剂的生产和供应过程的排放不考虑;

注 2: 运输链要素中运输工具的生产、维护和报废的排放不考虑;

注 3: WTT 是指能源供给过程, TTW 是指能源使用过程。直接温室气体排放包含能源消耗、制冷剂泄漏等所排放的 CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O、HFCs、PFCs、CFCs 等。间接温室气体排放包含燃料生产、燃料运输、电力、热力所排放的 CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O、PFCs、SF<sub>6</sub> 等。

## 6 核算步骤

物流运输链服务温室气体排放的核算应按以下步骤进行:

- 1) 确定核算边界, 识别参与物流运输链服务的运输链要素, 确定完整的物流链运输服务, 包含单一运输链要素或多种运输链要素组合;
- 2) 选择具体核算方法;
- 3) 进行温室气体排放量核算, 包括:
  - 选择与收集物流运输链服务中货物周转量数据;
  - 选择或获取排放因子;
  - 分别核算物流运输链服务中各类排放源所涉及的温室气体排放量;
  - 计算与汇总物流运输链服务温室气体排放量。



## 7 核算方法

### 7.1 运输链

#### 7.1.1 计算范围

物流运输链服务范围内的所有温室气体排放。

#### 7.1.2 计算方法

物流运输链服务范围内的所有温室气体排放主要依据排放因子法，基本核算方程为：

温室气体（GHG）排放=货物周转量（WL）×碳排放因子（EF）

WL 是运输链服务中温室气体排放的货物周转量，EF 是与货物周转量数据对应的碳排放系数，表征单位货物周转量的温室气体排放量。

物流运输链服务范围内所有温室气体排放的计算具体见公式（1）。

$$E_{LTCS} = E_{ST} + E_{IW} + E_{RT} + E_{RDT} + E_{AT} + E_{LH} \quad (1)$$

$E_{LTCS}$ ——核算主体的碳排放总量，t CO<sub>2</sub>e；

$E_{ST}$ ——远洋运输碳排放量，t CO<sub>2</sub>e；

$E_{IW}$ ——内河运输碳排放量，t CO<sub>2</sub>e；

$E_{RT}$ ——铁路运输碳排放量，t CO<sub>2</sub>e；

$E_{RDT}$ ——公路运输碳排放量，t CO<sub>2</sub>e；

$E_{AT}$ ——航空运输碳排放量，t CO<sub>2</sub>e；

$E_{LH}$ ——物流园区运输碳排放量，t CO<sub>2</sub>e。

### 7.2 远洋运输

#### 7.2.1 计算范围

远洋运输是指货物在海船上部分或全部在海上的运输活动。海船包括具有一个或多个水面排水量船体的浮动远洋构筑物。所有以运输货物为主要目的而消耗能源的海运都需要进行排放核算，包括与船舶推进和在特定条件下（冷却或温度控制）下维持货运能源消耗有关的排放。一般包括主机和副机，以及冷藏箱、锅炉和焚烧炉使用的燃料。除燃料燃烧外，还应统计与制冷剂泄漏有关的排放。如果船舶在港口等地使用岸电，不属于远洋运输排放核算的范围。

#### 7.2.2 计算方法

$$E_{ST} = WL_i \times EF_{WLST,i} = \sum_{j=1}^n (W_j \times L_j) \times EF_{WLST,i} \quad (2)$$

$E_{ST}$ ——远洋运输碳排放量，t CO<sub>2</sub>e；

$WL_i$ ——表示运输链活动的货物周转量，t·km 或 TEU·km，非集装箱远洋货运建议使用 t·km 作为计算单位，集装箱远洋货运建议使用 TEU·km 作为计算单位；

$W_j$ ——运输货物的实际质量或 TEU，t 或 TEU；

$L_j$ ——运输的距离，km；

$EF_{WLSI,i}$ ——不同类型远洋运输的碳排放因子，t CO<sub>2</sub>e/t · km。

### 7.2.3 货物周转量数据获取

远洋运输周转量是根据货物质量和货物运输距离来确定。使用货物的实际质量或 TEU 来计算，具体计算见附录 A。

距离数据应取自船舶的航海日志所提供的船舶实际航行距离。在没有实际距离的情况下，距离应使用 SFD；若无法获取 SFD 数据，则使用 GCD 作为替代。当使用 SFD 计算排放强度时，在后续的温室气体排放计算中需要使用 DAF。在没有明确 DAF 的情况下，推荐 DAF=1.15。

### 7.2.4 碳排放因子

远洋运输碳排放因子选择见附录 C.1。

## 7.3 内河运输

### 7.3.1 计算范围

内河运输是指沿着河流、湖泊、运河和河口等不属于远洋的水域运输货物。所有与货物运输有关的船舶排放都应包含在计算范围内。

### 7.3.2 计算方法

$$E_{IW} = WL_i \times EF_{WLIW,i} = \sum_{j=1}^n (W_j \times L_j) \times EF_{WLIW,i} \quad (3)$$

$E_{IW}$ ——内河运输碳排放量，t CO<sub>2</sub>e；

$WL_i$ ——运输链活动的货物周转量，t · km；

$W_j$ ——运输货物的实际质量，t；

$L_j$ ——运输的距离，km；

$EF_{WLIW,i}$ ——不同类型内河运输的碳排放因子，t CO<sub>2</sub>e/t · km。

### 7.3.3 货物周转量数据获取

内河运输货物周转量是根据货物质量和货物运输距离来确定。

使用货物的实际质量。对于以集装箱的形式运输，采用附录 A 中的方法进行货物质量换算。

距离数据应取自船舶的航海日志所提供的船舶实际航行距离。在没有实际距离的情况下，内河运输的距离应使用 SFD（最短可行距离）；若无法获取 SFD 数据，则使用 GCD 作为替代。

### 7.3.4 碳排放因子

当运输发生在中国，使用中国地区碳排放因子，当运输发生在境外地区，使用欧洲地区碳排放因子，具体见附录 C.2。

## 7.4 铁路运输

### 7.4.1 计算范围

铁路运输温室气体排放由用于驱动火车或使用其他铁路车辆运输货物的能源或电力所产生。

### 7.4.2 计算方法

$$E_{RT} = WL_i \times EF_{WLRT,i} = \sum_{j=1}^n (W_j \times L_j) \times EF_{WLRT,i} \quad (4)$$

$E_{RT}$ ——铁路运输碳排放量, t CO<sub>2</sub>e;

$WL_i$ ——运输链活动的货物周转量, t • km;

$W_j$ ——运输货物的质量, t;

$L_j$ ——运输的距离, km;

$EF_{WLRT,i}$ ——不同类型铁路运输的碳排放因子, t CO<sub>2</sub>e / t • km。

### 7.4.3 货物周转量数据获取

铁路运输周转量是根据货物质量和货物运输距离来确定。货物质量应使用以吨为单位,详细计算规则见附录 A。

铁路运输距离应使用 SFD 的计算逻辑来计算,当无法使用该方法进行计算时,使用 GCD 来替代。

### 7.4.4 碳排放因子

铁路运输碳排放因子区分欧洲地区和中国地区,见附录 C.3。当运输发生在中国,使用中国地区排放因子,当运输发生在境外地区,使用境外对应地区排放因子。

## 7.5 公路运输

### 7.5.1 计算范围

公路运输温室气体排放仅涉及用于运营道路货运车辆及其车载系统(例如用于冷却,净化尾气等)的燃料和电力所产生的温室气体排放。如果公路运输中包含冷链运输,制冷剂逸出温室气体的排放核算方法见附录 E。

### 7.5.2 计算方法

$$E_{RDT} = WL_i \times EF_{WLRDT,i} = \sum_{j=1}^n (W_j \times L_j) \times EF_{WLRDT,i} \quad (5)$$

$E_{C3,RDT}$ ——公路运输碳排放量, t CO<sub>2</sub>e;

$WL_i$ ——运输链活动的货物周转量, t • km;

$W_j$ ——运输货物的质量, t;

$L_j$ ——运输的距离, km;

$EF_{WRDT,i}$ ——不同类型公路运输的碳排放因子, t CO<sub>2</sub>e / t • km。

### 7.5.3 货物周转量数据获取

公路运输周转量是根据货物质量和货物运输距离来确定。对于公路运输活动碳排放的计算，应使用以吨为单位的实际质量。如果没有，则使用货物的估计质量。

公路运输距离应使用 SFD 的计算逻辑来计算，当无法使用该方法进行计算时，使用 GCD 来替代。

### 7.5.4 碳排放因子

公路运输的能源类型包括柴油、电力、氢气、压缩天然气（CNG）、液化天然气（LNG）和汽油等。具体碳排放因子见附录 C.4。

## 7.6 航空运输

### 7.6.1 计算范围

航空运输碳排放的计算是指货物在飞机在始发机场和目的机场之间运输活动所产生的温室气体排放，不包括生产飞机本身的排放，也不包括航空公司或机场工作人员运营工作产生的相关排放。整个飞行周期包括：滑行、起飞、巡航、着陆，以及与货物装卸有关的任何其他运动。航空燃料在高空燃烧造成的任何额外的全球变暖影响都不包括在内。

### 7.6.2 计算方法

$$E_{AT} = WL_i \times EF_{WLAT,i} = \sum_{j=1}^n (W_j \times L_j) \times EF_{WLAT,i} \quad (6)$$

$E_{AT}$ ——航空运输碳排放量，t CO<sub>2</sub>e；

$WL_i$ ——运输链的货物周转量，t · km；

$W_j$ ——运输货物的质量，t；

$L_j$ ——运输的距离，km；

$EF_{WLAT,i}$ ——不同类型航空运输的碳排放因子，t CO<sub>2</sub>e / t · km。

### 7.6.3 货物周转量数据获取

航空运输货物周转量是根据货物质量和货物运输距离来确定。货物质量使用实际装运重量。货物运输距离应使用 GCD。

### 7.6.4 碳排放因子

航空运输的主要能源为航空煤油，具体碳排放因子见附录 C.5。

## 7.7 物流园区货物中转和存储活动（需要根据马老师团队另外一个标准进一步更新）

### 7.7.1 计算范围

物流园区碳排放核算范围包括所核算的物流园区地理边界范围内货物装货、运输、存储、卸货以及货物中转的所有直接温室气体排放、能源间接温室气体排放和其他间接温室气体排放。

### 7.7.2 计算方法

$$E_{HUB} = E_A + E_S + E_{PL}$$

$$= TP \times CF_A \times 10^{-6} + 10^{-6} \times \sum_{k=1}^n (Q_{avg,k} \times D \times CF_{S,k}) + 10^{-3} \times \sum_{i=1}^n (AD_{PL,i} \times EF_{PL,i}) \quad (7)$$

$E_{LH}$ ——物流园区运输碳排放量，单位 t CO<sub>2</sub>e；

$E_A$ ——物流园区货物仓储活动碳排放量，t CO<sub>2</sub>e；

$E_S$ ——物流园区货物仓储存储碳排放量，t CO<sub>2</sub>e；

$E_{PL}$ ——包装材料的使用导致的温室气体排放，t CO<sub>2</sub>e；

$TP$ ——货物吞吐量，t；

$CF_A$ ——物流园区货物仓储活动碳排放因子，g CO<sub>2</sub>e/t。

$Q_{avg,k}$ ——第 k 个仓库的平均存储量，t；

$D$ ——核算期的时间，d；

$CF_{S,k}$ ——第 k 个仓库的货物仓储存储碳排放因子，g CO<sub>2</sub>e/t·d；

$k$ ——园区内某一类别的单个仓库 k。

$AD_{PL,i}$ ——包装材料的使用量，kg；

$EF_{PL,i}$ ——包装材料的碳排放因子，kg CO<sub>2</sub>e /kg；

$i$ ——包装材料的种类 i。

### 7.7.3 数据获取

对于物流园区碳排放核算需要获取核算期内物流园区内货物吞吐量、物流园区各仓库的平均存储量以及货物在物流园区内的停留时间。

包装材料根据核算期内园区购销记录、购货发票、台账记录查询包装用品的种类、规格及实际消耗情况。

### 7.7.4 碳排放因子

物流园区在性质上丰富且多样，不同物流园区的运营模式可能存在较大差异，可参照附录 D 中给出的核算方法进行计算。

因不同包装材料在原产材料生产和产品生产过程中产生排放不同，由原材料排放因子和生产过程排放因子组成，部分温室气体排放因子可参考附录 F。

8 其他核算方法报告要求和格式

如果能获取到物流运输链服务中的能源消耗数据或由实际情况计算得出的碳排放因子，进行温室气体的排放核算时，可参照下表的格式进行报告。

表 8.1 其他核算方法温室其他排放量报告表

运输链要素 序号	运输链要素类别 <sup>a</sup>	能源			排放因子			排放量 /tCO <sub>2</sub> e
		能源类别 <sup>b</sup>	消耗量	单位	数值	单位	来源	
1								
2								
3								
...								
n								
<b>注：</b> <sup>a</sup> 本标准中运输链要素类别指远洋运输、内河运输、铁路运输、公路运输、航空运输、物流园区运输。 <sup>b</sup> 能源包括电力、热力、化石燃料和生物燃料等。								

附录 A 货物质量的计算  
(资料性)

货物质量计算考虑集装箱和非集装箱，具体计算规则如下：

使用货物的实际质量。货运质量以公吨(1 公吨=1000 公斤)或公斤为单位进行量化。如果使用其他重量单位，必须进行说明。

对于以集装箱的形式运输，使用 TEU 来代替货物质量。TEU 转化规则见表 A.1 和表 A.2。如果货物以非集装箱形式运输，而又无法获得货物实际质量数据，需采用实际数据的统计分析结果。

表 A.1 GLEC 中的集装箱货物质量计算默认值

货物类型	t/TEU
轻型货物	6
中型货物	10
重型货物	14.5
空箱	2

表 A.2 GLEC 中的集装箱换算系数

集装箱尺寸	TEU 换算系数
20 英尺长和高型集装箱	1.0
40 英尺长标准集装箱	2.0
40 英尺高型集装箱	2.25

## 附录 B 货物运输距离的计算 (资料性)

### B.1 SFD 定义

SFD 为考虑实际运输条件的两个地点之间的最短实际路线，例如运输工具的实际限制（例如重量和高度）、道路类型、地势和拥堵情况，并通常使用路线规划软件计算得出的距离。如果使用不符合当前的运输工具类型或具有城市中心典型的拥堵情况，这种货物运输距离的计算不属于 SFD。

### B.2 GCD 定义

GCD 主要应用于航空运输领域。它是两个地点之间的最短距离，且已考虑地球曲率的影响。GCD 的计算公式为：

$$d = \arccos (\sin (\text{lat1}) \sin (\text{lat2}) + \cos (\text{lat1}) \cos (\text{lat2}) \cos (\text{lon2} - \text{lon1})) R$$

$d$ ——两点之间的距离；

$\text{lat1}$ ——第一个点的纬度；

$\text{lon1}$ ——第一个点的经度；

$\text{lat2}$ ——第二个点的纬度；

$\text{lon2}$ ——第二个点的经度；

$R$ ——地球半径。

### B.3 DAF 定义

DAF 为距离校正因子。在无法得到 SFD 或 GCD 的情况下，应结合 DAF 使用实际距离进行计算。通常只有承运商才知道根据里程表读数或实际路线的实际距离。在大多数情况下，发货人或物流服务提供商无法获得其分包承运商行驶的实际距离。DAF 的应用有助于提高不同运输链要素温室气体排放计算之间的兼容性。没有特定 DAF 的情况下，使用默认的全局值，即  $\text{DAF} = 1.15$ 。



附录 C 碳排放因子确定  
(资料性)

C.1 远洋运输碳排放因子

当运输工具未知时，使用表 C.1 中的碳排放因子计算远洋运输的温室气体排放。由于当前远洋运输船舶主要以散货船为主，远洋运输的默认的排放因子采用行业平均值（GLEC，Table14- Industry Average-Dry）。

当所有运输工具参数已知时，远洋运输碳排放因子均参考 GLEC(V3.1 版本中的 Table13、Table14)。

表 C.1 世界远洋运输默认碳排放因子

地区	碳排放因子 (g CO <sub>2</sub> e/t·km)		
	WTT	TTW	WTW
行业平均	11	61.7	72.7

C.2 内河运输碳排放因子

当运输工具未知时，通过文献调研出目标内河水域的主要船舶类型，然后参考 GLEC 等权威数据库，使用该类型船舶在数据库中对应的碳排放因子，具体选择依据见下表 C.2。当运输工具已知时，内河运输的碳排放因子均参考 GLEC、WB/T 1135-2023 等提供的碳排放因子。

表 C.2 世界内河运输默认碳排放因子

地区	一般运输工具类型或依据	运输工具对应（欧洲）
欧洲	欧洲内河货运主要发生在莱茵河水系，莱茵河最多的船为货物运输船舶，其中驳船的数量占比最大	顶推船+4/5 驳船
南美洲	根据《Joint paper on inland waterways classification for South America》，Brazil 和 Ecuador 主要是 35m 的船舶，Paraguay 主要是 110（12000t）和 140m（6000t）的船舶，因此选择 Motor vessels (动力船) 135m(2000-3000 吨)。	Motor vessels (动力船) 135m(2000-3000 吨)。
北美洲	GLEC 中推荐顶推船舶的数据适用于美国，且美国的顶推船和驳船的数量比接近 1:4，建议选择 GLEC 内河船舶类型中“顶推船+4/5 驳船”作为默认船舶类型。	Motor vessels (动力船) 135m(2000-3000 吨)。
非洲	根据《Truck freight》里 Water Transportation in Africa ，典型的内河驳船长 200 英尺，载货能力为 1500 吨，因此选择动力船舶 <50-80m(650-1000 吨)作为默认船舶类型。	顶推船+4/5 驳船
亚洲	亚洲的内河运输以中国为代表。中国水路货运平均碳排放因子为 12gCO <sub>2</sub> e/t·km，与 GLEC 中顶推船队——顶推船+4/5 驳船的排放因子差距较小，故选此作为默认船舶类型。	顶推船+4/5 驳船

C.3 铁路运输碳排放因子

当运输工具信息未知，欧洲地区参考 GLEC 给出的欧盟平均值：18.5 g CO<sub>2</sub>e/t·km (WTW)；柴油牵引：31 g CO<sub>2</sub>e/t·km (WTW)；电力牵引：11 g CO<sub>2</sub>e/t·km (WTW)。北美地区依据 GLEC

给出的美国柴油货运平均值；WTW = 16.1 g CO<sub>2</sub>e/t·km；WTT = 2.7 g CO<sub>2</sub>e/t·km；TTW = 13.4 g CO<sub>2</sub>e/t·km。南美、大洋洲、非洲、亚洲地区（除中国外）、中国的铁路运输根据 Environmental Methodology and Data Update 2025, Version 4.（以下简称 EMDU）给出的默认列车型或是运输货物类型（区别电力和柴油）进行换算得出。通过 EMDU 提供的电力和柴油列车的排放因子（Wh/t·km），以及柴油和电力（区别地区）的温室气体排放系数（gCO<sub>2</sub>e/MJ），进而得到各个地区的铁路运输碳排放因子。详见表 C.3-1 和表 C.3-2。

运输工具信息已知时，欧洲地区碳排放因子参考 GLEC。南美、大洋洲、非洲、亚洲地区（除中国外）、中国的铁路运输碳排放因子根据 EMDU 给出的默认列车型或是运输货物类型（区别电力和柴油）进行换算得出。通过 EMDU 提供的电力和柴油列车的碳排放因子（Wh/t·km），以及柴油和电力（区别地区）的温室气体排放系数（gCO<sub>2</sub>e/MJ），进而得到各个地区的铁路运输碳排放因子。

表 C. 3-1 世界铁路柴油牵引碳排放因子

列车类型	碳排放因子 (g CO <sub>2</sub> e/t·km)		
	WTT	TTW	WTW
普通列车 - 轻型 (500 吨)	9.11	30.40	39.51
普通列车 - 平均型 (1000 吨)	6.62	22.08	28.70
普通列车 - 大型 (1500 吨)	4.85	16.17	21.02
普通列车 - 特大型 (2000 吨)	3.87	12.92	16.80
普通列车 - 重型 (2500 吨)	3.73	12.44	16.16

表 C. 3-2 世界铁路电力牵引碳排放因子

地区	负载特性	碳排放因子 (g CO <sub>2</sub> e/t·km)
非洲	汽车	50.72
非洲	化学制	20.86
非洲	集装箱	23.15
非洲	煤炭/钢铁	15.46
非洲	建筑材	20.20
非洲	工业制	21.27
非洲	粮食谷物	15.79
中国	汽车	60.51
中国	化学制	24.89
中国	集装箱	27.62
中国	煤炭/钢铁	18.45
中国	建筑材	24.11
中国	工业制	25.38
中国	粮食谷物	18.84
亚洲（除中国外）	汽车	58.90
亚洲（除中国外）	化学制	24.23
亚洲（除中国外）	集装箱	26.89
亚洲（除中国外）	煤炭/钢铁	17.96
亚洲（除中国外）	建筑材	23.47
亚洲（除中国外）	工业制	24.70

亚洲（除中国外）	粮食谷物	18.34
北美	汽车	33.05
北美	化学制	13.59
北美	集装箱	15.08
北美	煤炭/钢铁	10.07
北美	建筑材	13.17
北美	工业制	13.86
北美	粮食谷物	10.29
大洋洲	汽车	54.75
大洋洲	化学制	22.52
大洋洲	集装箱	24.99
大洋洲	煤炭/钢铁	16.69
大洋洲	建筑材	21.81
大洋洲	工业制	22.96
大洋洲	粮食谷物	17.04
南美洲	汽车	40.92
南美洲	化学制	16.83
南美洲	集装箱	18.68
南美洲	煤炭/钢铁	12.47
南美洲	建筑材	16.30
南美洲	工业制	17.16
南美洲	粮食谷物	12.74

#### C.4 公路运输碳排放因子

当运输工具未知时，根据文献调查各地区运输工具的一般类型，匹配 GLEC 中欧洲地区的运输工具类型及对应的碳排放因子，见表 C.4。

表 C.4 运输工具选择

地区	一般运输工具类型或依据	运输工具对应（欧洲）
欧洲	Truck（26-40t）	Rigid Truck（26-32t, Average/Mixed, Diesel）
南美洲	Truck（26-40t）	欧洲地区 Rigid truck（26-32t, Average/Mixed, Diesel）
北美洲	Truck>33,000-80,000lbs (articulated)	欧洲地区 Rigid truck（26-32t, Average/Mixed, Diesel）
非洲	Truck（20-26t）和 Truck（26-40t）	欧洲地区 Rigid truck（26-32t, Average/Mixed, Diesel）
大洋洲	Truck（26-40t）	欧洲地区 Rigid truck（26-32t, Average/Mixed, Diesel）
中国	Truck（26-40t）	中国地区 Artic Truck（27-35t, Average/Mixed, Diesel）

运输工具信息已知时，欧洲、南美洲、北美洲、中国根据 GLEC 选取因子。亚洲（除中国）、非洲地区根据 GLEC 建议，亚洲和非洲地区车辆区别为 Vans（≤3.5t）和 Heavier vehicles（>3.5t），在欧洲和南美洲基础上增加 13%和 22%，这里统一默认燃料类型为柴油。选取车型为 Vans（≤3.5t, Diesel）和 Rigid truck（diesel, Average/Mixed, 26-32t）；大洋洲根据 EMDU

提供的卡车的默认尺寸选取 26-40t 作为默认车型，参考欧洲地区因子 Rigid truck (diesel/electric, Average/Mixed, 26-32t)。

如果公路运输发生在亚洲（中国除外）和非洲地区，对于总重 3.5 吨及以下的小型货车，其碳排放因子在欧洲和南美地区数值基础上将增加 13%。对于总重超过 3.5t 的货车，其碳排放因子在欧洲和南美地区数值基础上将增加 22%。如果是冷藏厢式公路运输，对于总重 3.5t 及以下的小型货车，其碳排放因子在欧洲、南美地区数值基础将增加 15%。对于总重超过 3.5t 的货车，其碳排放因子在欧洲、南美地区数值基础上将增加 12%。

C.5 航空运输碳排放因子

运输工具已知或未知时，航空运输碳排放因子参考表 C.5.

表 C.5 航空运输碳排放因子

运输方式	运输距离	WTT g CO <sub>2</sub> e/t · km	TTW g CO <sub>2</sub> e/t·km	WTW g CO <sub>2</sub> e/t·km
货机	短途 (<1500km)	261	1255	1509
	长途 (>1500km)	105	503	629
腹部载货	短途 (<1500km)	213	1026	1237
	长途 (>1500km)	161	775	971
未知	短途 (<1500km)	234	1129	1359
	长途 (>1500km)	135	646	817

说明：表数据代表国际航空运输协会的整体行业平均水平。如果航空运输包含中转环节，应该为每个航段的出发地和目的地应用适当的默认碳排放因子。

## 附录 D 物流园区货物储运碳排放因子确定 (资料性)

### D.1 物流园区货物储运碳排放量

物流园区货物储运碳排放量包括 16 个排放源项，分别为：

- 1、各种装卸、搬运机械(非道路移动设备)化石燃料燃烧产生的温室气体排放( $E_{V1, HEO}$ )；
- 2、各种装卸、搬运机械(非道路移动设备)所使用的化石燃料供应端温室气体排放( $E_{V1, HEEP}$ )；
- 3、物流园区内移动的水平运输工具(道路移动设备)化石燃料燃烧产生的温室气体排放( $E_{V2, HEO}$ )；
- 4、物流园区内移动的水平运输工具(道路移动设备)化石燃料供应端温室气体排放( $E_{V2, HEEP}$ )；
- 5、电动装卸、搬运机械(非道路移动设备)电耗产生的间接温室气体排放( $E_{V3}$ )；
- 6、物流园区内移动的电动水平运输工具(道路移动设备)电耗产生的间接温室气体排放( $E_{V4}$ )；
- 7、物流园区内仓储区照明、信息处理等电力消耗导致的间接温室气体排放( $E_{Se}$ )；
- 8、物流园区内仓储区用于供暖热力消耗所需导致的间接温室气体排放( $E_{Sh}$ )；
- 9、物流园区仓储区恒温库和冷藏库制冷剂泄露的温室气体排放( $E_R$ )；
- 10、物流园区内恒温库、冷藏库制冷或加热保温电力消耗导致的间接温室气体排放( $E_{Re}$ )；
- 11、物流园区内消防设施设备温室气体逸散导致的温室气体排放( $E_g$ )；
- 12、物流园区内服务于办公区和生活服务区的固定设施化石燃料燃烧(例如锅炉、自备燃油发电机、食堂等)产生的温室气体排放( $E_{W, HEO}$ )；
- 13、物流园区内服务于办公区和生活服务区的固定设施(例如锅炉、自备燃油发电机、食堂等)化石燃料供应端温室气体排放( $E_{W, HEEP}$ )；
- 14、物流园区内办公区和生活服务区电力消耗导致的间接温室气体排放，包括照明、空调、办公设备、生活设施耗电等( $E_{We}$ )；
- 15、物流园区内办公区和生活服务区热力消耗导致的间接温室气体排放( $E_{Wh}$ )；
- 16、包装材料的使用导致的温室气体排放( $E_{PL}$ )。

以上排放源项采用“排放因子法”进行碳排放量核算，各排放源项的核算公式可统一为以下公式：

$$E_n = \sum_i (Q_{n, A_i} \times EF_{n, A_i})$$

式中，

$E_n$ ——核算期内，第  $n$  个排放源项的碳排放量，t CO<sub>2</sub>e；

$Q_{n, A_i}$ ——物流园区运营过程中，该排放源项使用第  $i$  种能源或制冷剂的使用量(单位：kWh, L, kg 等)；

$EF_{n, A_i}$ ——该排放源项第  $i$  种能源或制冷剂使用过程中的温室气体排放因子(单位：kgCO<sub>2</sub>e/kWh, L, kg 等)；

$A_i$ ——第  $i$  种能源或制冷剂类型。

### D.2 货物仓储活动碳排放因子

物流园区内货物仓储活动碳足迹因子  $CF_A$  通过获取物流园区在上一个核算周期内的温室气体排放量及物流园区的基础信息，并按照以下公式计算得出：

$$CF_A = 10^6 \times \left( \frac{E_{V1, HEO} + E_{V1, HEEP} + E_{V2, HEO} + E_{V2, HEEP} + E_{V3} + E_{V4}}{S_{\text{仓}}} + \frac{E_{V3} + E_{V4}}{S_{\text{仓}}} \right) \div \left( \frac{TP}{S_{\text{仓}}} \right)$$

其中,

$CF_A$ ——某一物流园区的货物仓储活动碳排放因子,  $\text{gCO}_2\text{e/t}$ ;

$E_{V1, HEO}$ ——核算周期内, 在货物装卸、搬运、进出库过程中, 物流园区各种装卸、搬运机械(非道路移动设备)化石燃料燃烧产生的温室气体排放,  $\text{t CO}_2\text{e}$ ;

$E_{V1, HEEP}$ ——核算周期内, 在货物装卸、搬运、进出库过程中, 物流园区各种装卸、搬运机械(非道路移动设备)所使用的化石燃料供应端温室气体排放,  $\text{t CO}_2\text{e}$ ;

$E_{V2, HEO}$ ——核算周期内, 物流园区内移动的水平运输工具(道路移动设备)化石燃料燃烧产生的温室气体排放,  $\text{t CO}_2\text{e}$ ;

$E_{V2, HEEP}$ ——核算周期内, 物流园区内移动的水平运输工具(道路移动设备)化石燃料供应端温室气体排放,  $\text{t CO}_2\text{e}$ ;

$E_{V3}$ ——核算周期内, 在货物装卸、搬运、进出库过程中, 物流园区内电动装卸、搬运机械(非道路移动设备)电耗产生的间接温室气体排放,  $\text{t CO}_2\text{e}$ ;

$E_{V4}$ ——核算周期内, 物流园区内移动的电动水平运输工具(道路移动设备)电耗产生的间接温室气体排放,  $\text{t CO}_2\text{e}$ ;

### D.3 仓储存储碳排放因子

物流园区内货物仓储活动碳足迹因子以仓库为单位计算, 即根据仓库类型得到各仓库的仓储活动碳足迹因子。通过获取物流园区在上一个核算周期内的温室气体排放量及物流园区的基础信息, 并按照以下公式计算得出:

普通仓库中的货物仓储存储碳足迹因子 $CF_{SP}$ 通过获取物流站点在上一个核算周期内的碳排放量及物流站点的基础信息, 并按照以下公式计算得出:

$$CF_{SP} = 10^6 \times \frac{\left[ E_{Se, P, j} + \frac{(E_g + E_{W, HEO} + E_{W, HEEP} + E_{We} + E_{Wh}) \times S_{P, j}}{\sum_{j=1}^m S_{P, j} + \sum_{k=1}^o S_{L, k} + \sum_{l=1}^p S_{H, l}} \right]}{S_{P, j}} \div \frac{Q_{avg, P, j}}{S_{P, j}} \div D$$

制冷仓库中的货物仓储存储碳排放因子 $CF_{SL}$ 通过获取物流站点在上一个核算周期内的碳排放量及物流站点的基础信息, 并按照以下公式计算得出:

$$CF_{SL} = 10^6 \times \frac{\left[ E_{Se, L, k} + E_{Re, L, k} + E_{R, L, k} + \frac{(E_g + E_{W, HEO} + E_{W, HEEP} + E_{We} + E_{Wh}) \times S_{L, k}}{\sum_{j=1}^m S_{P, j} + \sum_{k=1}^o S_{L, k} + \sum_{l=1}^p S_{H, l}} \right]}{S_{L, k}} \div \frac{Q_{avg, L, k}}{S_{L, k}} \div D$$

恒温仓库中的货物仓储存储碳排放因子 $CF_{SH}$ 通过获取物流站点在上一个核算周期内的碳排放量及物流站点的基础信息, 并按照以下公式计算得出:

$$CF_{SH} = 10^6 \times \frac{\left[ E_{Se, H, l} + E_{Re, H, l} + E_{R, H, l} + \frac{(E_g + E_{W, HEO} + E_{W, HEEP} + E_{We} + E_{Wh}) \times S_{H, l}}{\sum_{j=1}^m S_{P, j} + \sum_{k=1}^o S_{L, k} + \sum_{l=1}^p S_{H, l}} \right]}{S_{P, j}} \div \frac{Q_{avg, H, l}}{S_{H, l}} \div D$$

$CF_{SP}$ ——某一普通库的货物存储碳足迹因子,  $\text{gCO}_2\text{e/t} \cdot \text{d}$ ;

$CF_{SL}$ ——某一冷藏库的货物存储碳足迹因子,  $\text{gCO}_2\text{e/t} \cdot \text{d}$ ;

$CF_{SH}$ ——某一恒温库的货物存储碳足迹因子,  $\text{gCO}_2\text{e/t} \cdot \text{d}$ ;

- $E_g$ ——物流园区内消防设施设备温室气体逸散导致的温室气体排放，t CO<sub>2</sub>e；
- $E_{W,HEO}$ ——物流园区内服务于办公区和生活服务区的固定设施化石燃料燃烧（例如锅炉、自备燃油发电机、食堂等）产生的温室气体排放，t CO<sub>2</sub>e；
- $E_{W,HEEP}$ ——物流园区内服务于办公区和生活服务区的固定设施（例如锅炉、自备燃油发电机、食堂等）化石燃料供应端温室气体排放，t CO<sub>2</sub>e；
- $E_{We}$ ——物流园区内办公区和生活服务区电力消耗导致的间接温室气体排放，包括照明、空调、办公设备、生活设施耗电等，t CO<sub>2</sub>e；
- $E_{Wh}$ ——物流园区内办公区和生活服务区热力消耗导致的间接温室气体排放，t CO<sub>2</sub>e；
- $E_{Se,P,j}$ ——核算周期内，第 j 个普通库照明、信息处理等电力消耗导致的间接温室气体排放，t CO<sub>2</sub>e；
- $E_{Se,L,k}$ ——核算周期内，第 k 个冷藏库照明、信息处理等电力消耗导致的间接温室气体排放，t CO<sub>2</sub>e；
- $E_{Se,H,l}$ ——核算周期内，第 l 个普通库照明、信息处理等电力消耗导致的间接温室气体排放，t CO<sub>2</sub>e；
- $S_{P,j}$ 、 $S_{L,k}$ 、 $S_{H,l}$ ——分别是第 j 个普通仓库、第 k 个冷藏库、第 l 个恒温仓库的可用面积，m<sup>2</sup>；
- $E_{Re,L,k}$ ——核算周期内，第 k 个冷藏库制冷或加热保温电力消耗导致的间接温室气体排放，t CO<sub>2</sub>e；
- $E_{Re,H,l}$ ——核算周期内，第 l 个恒温库制冷或加热保温电力消耗导致的间接温室气体排放，t CO<sub>2</sub>e；
- $E_{R,L,k}$ ——核算周期内，第 k 个冷藏库制冷剂泄露导致的直接温室气体排放，t CO<sub>2</sub>e；
- $E_{R,H,l}$ ——核算周期内，第 l 个恒温库制冷剂泄露导致的直接温室气体排放，t CO<sub>2</sub>e；
- $Q_{avg,P,j}$ 、 $Q_{avg,L,k}$ 、 $Q_{avg,H,l}$ ——分别是第 j 个普通仓库、第 k 个冷藏库、第 l 个恒温仓库的年平均存储量；
- $D$ ——核算周期，d；
- m、o、p——分别是普通仓库、制冷仓库、恒温仓库的数量。

考虑到物流园区实际运行状态下制冷剂的使用可能是统一加注与管理的，这里给出有关制冷剂泄露导致的直接温室气体排放分摊至单个冷藏库和恒温库的计算公式

$$E_{R,L,k} = \frac{E_R \times S_{L,k}}{\sum_{k=1}^o S_{L,k} + \sum_{l=1}^p S_{H,l}}$$

$$E_{R,H,l} = \frac{E_R \times S_{H,l}}{\sum_{l=1}^o S_{L,l} + \sum_{l=1}^p S_{H,l}}$$

- $E_{R,L,k}$ ——核算周期内，第 k 个冷藏库制冷剂泄露导致的直接温室气体排放，t CO<sub>2</sub>e；
- $E_{R,H,l}$ ——核算周期内，第 l 个恒温库制冷剂泄露导致的直接温室气体排放，t CO<sub>2</sub>e；
- $S_{L,k}$ 、 $S_{H,l}$ ——分别是第 k 个冷藏库、第 l 个恒温仓库的可用面积，m<sup>2</sup>；
- o、p——制冷仓库、恒温仓库的数量。

对于与货物仓储间接相关的排放源，在进行计算时推荐先进行整体区域的计算，随后参照面积分摊方式分摊至各仓库。分摊方式如以下公式所示：

$$E_{W,P,j} = \frac{(E_g + E_{W,HEO} + E_{W,HEEP} + E_{We} + E_{Wh}) \times S_{P,j}}{\sum_{j=1}^m S_{P,j} + \sum_{k=1}^o S_{L,k} + \sum_{l=1}^p S_{H,l}}$$

$$E_{W,L,k} = \frac{(E_g + E_{W,HEO} + E_{W,HEEP} + E_{We} + E_{Wh}) \times S_{L,k}}{\sum_{j=1}^m S_{P,j} + \sum_{k=1}^o S_{L,k} + \sum_{l=1}^p S_{H,l}}$$

$$E_{W,H,l} = \frac{(E_g + E_{W,HEO} + E_{W,HEEP} + E_{We} + E_{Wh}) \times S_{H,l}}{\sum_{j=1}^m S_{P,j} + \sum_{k=1}^o S_{L,k} + \sum_{l=1}^p S_{H,l}}$$

$E_{W,P,j}$ ——核算周期内，分摊到第  $j$  个普通库的与货物仓储存储间接相关的温室气体排放量，  
t CO<sub>2</sub>e；

$E_{W,L,k}$ ——核算周期内，分摊到第  $k$  个普通库的与货物仓储存储间接相关的温室气体排放量，  
t CO<sub>2</sub>e；

$E_{W,H,l}$ ——核算周期内，分摊到第  $l$  个普通库的与货物仓储存储间接相关的温室气体排放量，  
t CO<sub>2</sub>e；

$S_{P,j}$ 、 $S_{L,k}$ 、 $S_{H,l}$ ——分别是第  $j$  个普通仓库、第  $k$  个冷藏库、第  $l$  个恒温仓库的可用面积，  
m<sup>2</sup>；

$m$ 、 $o$ 、 $p$ ——分别是普通仓库、制冷仓库、恒温仓库的数量。



附录 E 制冷剂泄漏温室气体排放核算  
(资料性)

制冷剂泄漏所产生的温室气体排放量由以下公式计算

$$E_{\text{制冷剂},a} = M_a \times GWP_a / 1000$$

其中，

$E_{\text{制冷剂},a}$ ——制冷剂 a 泄漏所产生的碳排放量，单位为 t CO<sub>2</sub>e；

$M_a$ ——制冷剂 a 泄露的质量，单位为千克 (kg)；

$GWP_a$ ——制冷剂 a 的全球变暖潜值，单位为 g CO<sub>2</sub>e/g，制冷剂的全球变暖潜势见表 F.1。

表 F. 1 制冷剂的全球变暖潜势表

类型	化学式	中文名	GWP100 (g CO <sub>2</sub> e/ g)
R-12	CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> //CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	二氯二氟甲烷	12500.00
R-22	CHClF <sub>2</sub>	氯二氟甲烷	1960.00
R-23	CHF <sub>3</sub>	三氟甲烷	14600.00
R-32	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	二氟甲烷	711.00
R-115	CClF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	氯五氟乙烷	9600.00
R-124	C <sub>2</sub> HF <sub>4</sub> Cl// CHClF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	1-氯-1,2,2,2-四氟乙烷	597.00
R-125	CHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	五氟乙烷	3740.00
R-134a	CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub>	1,1,1,2-四氟乙烷	1530.00
R-142b	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> F <sub>2</sub> Cl	1-氯-1,1-二氟乙烷	2300.00
R-143a	CH <sub>3</sub> CF <sub>3</sub>	1,1,1-三氟乙烷	5810.00
R-152a	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> F <sub>2</sub> //CH <sub>3</sub> CHF <sub>2</sub>	1,1-二氟乙烷	164.00
R-218	C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	八氟丙烷	9290.00
R-290	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	丙烷	0.02
R-401A	混合物,自行计算:53% R-22、13% R-152A、34%R-124		1263.10
R-402A	混合物,自行计算:60%R-125、2%R-290、38%R-22		2988.80
R-404A	混合物,自行计算:44% R-125、4% R-134a、52% R-143a		4728.00
R-407A	混合物,自行计算:20% R-32、40% R-125、40% R-134a		2262.20
R-407C	混合物,自行计算:23%R-32、25%R-125、52%R-134a		1907.90
R-407F	混合物,自行计算:30%R-32、30%R-125、40%R-134a		1965.30
R-408A	混合物,自行计算:7%R-125、46%R-143a、47% R-22		3855.60
R-409A	混合物,自行计算:60%R-22、25%R-124、15%R-142b		1670.30
R-410A	混合物,自行计算:50%R-32、50%R-125		2255.50
R-413A	混合物,自行计算:88% R-134a、9%R-218、3% R-600a		2182.50
R-417A	混合物,自行计算:46.6%R-125、50%R-134a、3.4% R-600		2507.80
R-417C	混合物,自行计算:19.5%R-125、78.8% R-134a、1.7% R-600		1934.90
R-422A	混合物,自行计算:85.1% R-125、11.5% R-134A、3.4%R-600a		3358.70
R-422D	混合物,自行计算:65.1%R-125、31.5% R-134a、3.4% R-600a		2916.70

R-448a	混合物,自行计算:26%R-32、26%R-125、20% R-1234yf、21%R-134a、 7% R-1234ze (E)		1494.40
R-449A	混合物,自行计算:25.7%R-134a、 25.3%R-1234yf、24.7%R-125、24.3% R-32		1504.50
R-450A	混合物,自行计算:42%R-134a、58%R-1234ze (E)		643.40
R-452a	混合物,自行计算:11% R-32、59%R-125、 30%R-1234yf		2291.60
R-502	混合物,自行计算: 48.8% R-22、 51.2% R-115		5871.70
R-504	混合物,自行计算:48.2% R-32、51.8%R-115		5344.40
R-507	混合物,自行计算:50%R-125、50%R-143a		4775.00
R-507A	混合物,自行计算:50%R-125、50%R-143a		4775.00
R-509A	混合物,自行计算:44%R-22、56%R-218		6064.80
R-513A	混合物,自行计算:44%R-134a、56%R-1234yf		673.50
R-600	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	正丁烷	0.01
R-600a	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	异丁烷	0.01
R-717	NH <sub>3</sub>	氨	-
R-744	CO <sub>2</sub>	二氧化碳	1.00
R-1234ze (E)	C <sub>3</sub> H <sub>2</sub> Fe//trans-CF <sub>3</sub> CH=CHF	(E) -1,3,3,3-四氟丙烯	1.40
R-1234yf	C <sub>3</sub> H <sub>2</sub> F <sub>4</sub> //CF <sub>3</sub> CF=CH <sub>2</sub>	2,3,3,3-四氟丙烯	0.50
ISCEON 89	混合物,自行计算:86%R-125、9%R-218、5% R-290		4052.50
FX 100 (R-427A)	混合物,自行计算:50%R-134a、25%R-125、 15% R-32、10% R-143a		2396.70

附录 F 包装材料排放因子  
(资料性)  
附表 F.1 中国包装材料排放因子

包装材料名称	生产过程排放因子	原材料排放因子	总排放因子
	tCO <sub>2</sub> e/t	tCO <sub>2</sub> e/t	tCO <sub>2</sub> e/t
运单	0.372	1.5	1.87
封套	0.008	2.52	2.53
塑料缠绕膜	0.56	2.18	2.74
塑料薄膜包装袋	0.56	2.68	3.24
塑料编织布包装 袋	0.537	1.97	2.51
胶带	0.795	1.97	2.77
纸质包装箱	0.257	0.88	1.14
其他塑料包装材 料	0.56	2.053	2.61

来源：《中国产品全生命周期温室气体排放系数集（2022）》，部分原材料生产过程排放因子来自 Ecoinvent 5.1 数据库，生产过程排放因子来自 TZ/T 0135—2014。

附表 F.2 欧洲包装材料排放因子

材料	具体分类	原材料生产 kg CO <sub>2</sub> e/t	“闭环来源（材料由回收材料制成，之前的产品与新产品相同。）kg CO <sub>2</sub> e/t
塑料	塑料：普通塑料	3164.78049	1566.38638
	塑料：普通塑料薄膜	2910.46529	1094.58257
	塑料：平均塑料刚性	3345.30837	1906.70384
	塑料：HDPE（包括成型）	3086.39038	1761.80819
	塑料：LDPE 和 LLDPE（包括成型）	2959.31834	1088.91851

	塑料：PET（包括成型）	3854.91851	2204.91851
	塑料：PP（包括成型）	2568.58892	1303.58892
	塑料：PS（包括成型）	4367.44048	2660.39912
	塑料：PVC（包括成型）	2935.77335	1838.83987
纸类	纸和纸板：纸板	1193.96586	1092.35486
	纸和纸板：混合	1282.74402	1063.01519
	纸和纸板：纸	1339.31834	1044.31834
来源：英国环境署-英国政府公司报告的温室气体转换系数（UK Government GHG Conversion Factors for Company Reporting）			

附表 F.3 美国包装材料排放因子

种类	制造工艺	单位	CO <sub>2</sub> 排放因子	范围
纸浆、纸张和木制品	层压板制造	磅/烘干吨 (lb/Oven-dried Ton)	920	生产过程排放
来源：美国国家环境保护局（USEPA）-AP-42，固定污染源大气污染物排放因子汇编（AP-42, Compilation of Air Pollutant Emissions Factors from Stationary Sources ）				

## 参考文献

- [1] GB/T24001-2016 环境管理体系 要求及使用指南
- [2] GB/T 24040 环境管理 生命周期评价 原则与框架
- [3] GB/T 24044 环境管理 生命周期评价 要求与指南
- [4] GB/T 32151.6—2015 温室气体排放核算与报告要求 第6部分：民用航空业
- [5] GB/T 32151.27—2024 温室气体排放核算与报告要求 第27部分：陆上交通运输企业
- [6] GB/T 32151.30—2024 温室气体排放核算与报告要求 第30部分：水运企业
- [7] ISO 14083:2023 Greenhouse gases — Quantification and reporting of greenhouse gas emissions arising from transport chain operations
- [8] 中国产品全生命周期温室气体排放系数库，中国环境出版集团，中国城市温室气体工作组，2022
- [9] GHG Protocol:A Corporate Accounting and Reporting Standard (Revised Edition).World Resource Instituteand World Business Council for Sustainable Development).
- [10] Recommended Practice 1678 for Cargo CO2 Emissions Measurement Methodology, International Air Transport Association.
- [11] ICAO Carbon Emissions Calculator Methodology Version 13.1, International Civil Aviation Organization.
- [12] Environmental Methodology and Data Update 2025, ISO 14083 Version 4.0, EcoTransIT World.
- [13] Framework for Logistics Emissions Accounting and Reporting, Version 3.1, Global Logistics Emissions Council. Smart Freight Centre, 2025.