

团 体 标 准

T/CIN 099—2026

港口集装箱装卸作业碳足迹核算指南

Guidelines for carbon footprint accounting of container handling operations in ports

2026-01-26 发布

2026-04-26 实施

中国航海学会 发 布

目 次

前言 I

引言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总则 2

5 核算流程 2

6 核算范围 2

7 系统边界 2

8 数据获取 4

9 核算方法 5

附录 A （资料性）主要排放来源及排放节点识别 9

附录 B（资料性） 碳足迹因子推荐值 10

参考文献 12

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。

本文件由中国航海学会提出并归口。

本文件起草单位：青岛新前湾集装箱码头有限责任公司、青岛港国际股份有限公司、交通运输部水运科学研究院。

本文件主要起草人：吴宇震、胡立军、刘彩霞、许浩然、李波、代伟军、崔艳、张峰、修方强、齐斌、李海波、孙正文、刘方超、颜克甲、徐永宁、刘汪洋。

引 言

本文件旨在应对全球气候变化，服务于国家碳达峰碳中和战略。港口作为国际物流与供应链的核心枢纽，其作业活动产生的碳排放，是构成整个物流链碳足迹的重要组成部分。为准确量化集装箱在港口装卸运输环节的碳足迹，并统一行业内的核算方法，特制定本文件。

集装箱在港口装卸作业的碳足迹数据，是核算全链条产品碳足迹的关键环节。本文件提出有助于规范港口企业的碳足迹核算活动，为识别关键排放节点、挖掘减排潜力提供方法论依据，并为后续实施港口作业碳足迹标识及相关产品的碳足迹核算提供可靠数据支撑。

港口集装箱装卸作业碳足迹核算指南

1 范围

本文件提供了港口集装箱装卸作业碳足迹的核算总则、核算流程、核算范围、系统边界、数据获取、核算方法等方面的建议和要点信息。

本文件适用于集装箱在港口装卸作业过程中产生的碳足迹核算。

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 21339 港口能源消耗统计及分析方法
- 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 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则
- GB/T 32151.30 温室气体排放核算与报告要求 第30部分：水运企业

3 术语和定义

GB/T 32150界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

港口集装箱装卸作业碳足迹 carbon footprint of container handling operations in ports

基于生命周期评价，单个集装箱在港口岸边装卸、水平运输、堆场装卸（含冷藏箱存放）、火车装卸等环节产生的温室气体排放，以及原辅材料获取阶段和生命末期阶段相关的温室气体排放的累加。

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、波长在红外光谱内的辐射的气态成分。

注：本文件的温室气体包括二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化物（HFCs）、全氟化碳（PFCs）、六氟化硫（SF₆）和三氟化氮（NF₃）等。

[来源：GB/T 32150—2015，3.1]

3.3

二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent; CO₂e

在辐射强度上与某种温室气体质量相当的二氧化碳的量。

注：二氧化碳当量等于温室气体的质量乘以其全球变暖潜能值。

[来源：GB/T 32150—2015，3.16]

3.4

活动数据 activity level data

导致温室气体排放的生产或消费活动量的表征值。

注：本文件指导致温室气体排放或清除的生产活动和辅助生产活动的耗材消耗量和运输距离、移动源和固定源化石燃料消耗量和运输距离、外购的电量和蒸汽量、外供的电量和蒸汽量、生产用水、逸散源如制冷剂、灭火器消耗量、一般固体废弃物和危险废物处置量、可回收废弃物资源化回收量等。

[来源：GB/T 32150—2015，3.12，有修改]

3.5

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影响与等量二氧化碳辐射强迫影响相关联的系数。

[来源：GB/T 24067—2024，3.2.4]

4 总则

4.1 港口集装箱装卸作业碳足迹核算（以下简称“碳足迹核算”）宜符合 GB/T 24040、GB/T 24044 和 GB/T 24067 的相关建议。

4.2 碳足迹核算参照下列原则：

- a) 全链条性：考虑生命周期评价，包括原辅材料获取阶段、生产阶段、生命末期阶段等；
- b) 完整性：将所有具有显著贡献的温室气体排放包括在内，显著程度取决于取舍原则；
- c) 一致性：碳足迹计算的全过程，使用相同的假设、方法和数据；
- d) 准确性：相关数据和碳足迹计算宜是准确的、可核查的、相关的、无误导性的，并减少偏差和不确定性；
- e) 透明性：以公开、全面和可理解的信息表达方式处理和记录相关问题。

4.3 碳足迹核算的目的包括：

- a) 评价港口集装箱装卸作业生命周期内相关活动导致的温室气体排放；
- b) 识别关键排放环节，挖掘减排潜力；
- c) 为港口集装箱装卸作业碳足迹标识提供依据；
- d) 为集装箱装运货物的产品碳足迹核算提供数据支撑。

5 核算流程

碳足迹核算的核算流程如下：

- a) 识别核算范围；
- b) 确定系统边界；
- c) 获取数据；
- d) 开展碳足迹核算。

6 核算范围

6.1 核算边界

核算边界包括港口范围内集装箱从船上卸下，再到外集卡在堆场完成装车、火车装车的整个过程，或相反过程。

6.2 时间范围

港口宜实时采集温室气体排放源活动数据进行单箱碳足迹核算，核算期为集装箱在港时间。不具备实时获取温室气体排放源活动数据条件的港口宜选择有代表性的时间段，核算期宜为一年，通过年度活动数据统计，并根据吞吐量进行单箱碳足迹核算。

6.3 温室气体范围

温室气体范围包括二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化合物（HFCs）、全氟碳化合物（PFCs）、六氟化硫（SF₆）和三氟化氮（NF₃）。

6.4 功能单位

核算前确定功能单位，功能单位为装卸1个标准箱（TEU）或1个自然箱。

7 系统边界

7.1 生命周期阶段

7.1.1 通则

碳足迹核算的系统边界为“摇篮到大门”，见图1，生命周期阶段涵盖：

- 原辅材料获取阶段：港口集装箱装卸作业相关的原辅材料获取和运输、能源获取和运输等；
- 生产阶段：装卸生产和辅助生产过程，包括集装箱在港岸边装卸、水平运输、堆场装卸（含冷藏箱存放）、火车装卸等环节；
- 生命末期阶段：港口集装箱装卸作业相关的污染物处置和回收等过程。

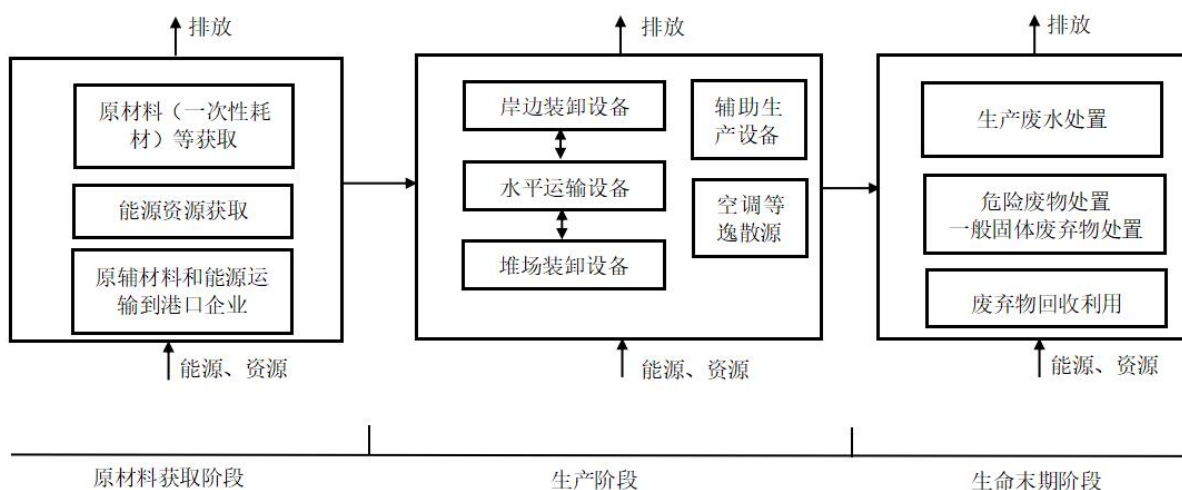


图1 港口集装箱装卸作业系统边界示意图

7.1.2 原辅材料获取阶段

原辅材料获取阶段包括港口集装箱装卸作业相关所有原辅材料和能源的获取和加工过程，碳足迹核算纳入下列过程：

- 生产环节设备相关耗材的生产与运输过程的碳足迹，包括钢丝绳、钢丝绳托辊套、集电器碳刷、乙炔、丙烷、氧气、氮气、润滑油、润滑脂等。消耗量少的耗材，可不计入系统边界；
- 能源的开采生产与运输过程的碳足迹，包括柴油、汽油和液化天然气等化石燃料。加油站在厂区周边，可忽略运输过程。

7.1.3 生产阶段

7.1.3.1 生产阶段包括集装箱在港装卸和堆存过程的 GB/T 21339 中的装卸生产和辅助生产，碳足迹核算纳入下列过程：

- 岸边装卸；
- 水平运输；
- 堆场装卸（含冷藏箱堆存）；
- 火车装卸；
- 辅助生产过程，包括直接为装卸生产服务的港作车辆、港区内自有铁路机车运输、机修、候工楼、冷藏箱、给排水、环保设施等辅助设施设备作业过程。

7.1.3.2 生产阶段涵盖生产和辅助生产过程的直接排放（柴油、汽油、液化天然气、逸散源等）和间接排放（国网电、光伏电、风电、热力、水等）。

7.1.3.3 生产阶段的主要排放来源及排放节点识别参照附录 A。

7.1.4 生命末期阶段

生命末期阶段即污染物处置阶段，包括污水处理过程、一般固体废弃物和危险废物处置过程和可回收废弃物资源化回收过程，具体为：

- 污水处理过程，包括生产废水等；
- 一般固体废弃物和危险废物处置过程，包括废电缆、废钢丝绳、废轮胎、废矿物油、废油桶、废电池等。

- c) 可回收废弃物资源化回收过程, 包含废钢丝绳、废轮胎等。

7.2 取舍原则

7.2.1 系统边界的取舍准则符合 GB/T 24067 和 GB/T 24044 的相关建议。

7.2.2 碳足迹核算系统边界包括所研究系统的所有生命周期阶段或单元过程, 宜根据由敏感性分析所判定的重要性来决定数据的取舍。排除被判定为不具有显著性影响的生命周期阶段或单元过程; 排除对港口集装箱装卸作业碳足迹研究结果不具有显著性影响的输入和输出数据; 纳入具有显著性影响的新单元过程、输入和输出。

7.2.3 在碳足迹核算过程中, 可舍弃港口集装箱装卸作业碳足迹影响小于 1% 的环节, 但舍弃环节总的影响不超过碳足迹总量的 5%。

8 数据获取

8.1 活动数据采集

8.1.1 通则

8.1.1.1 数据采集宜采用实时获取数据, 如不能实时获取, 采用一定时间内统计数据平均分配的方法获取。

8.1.1.2 对于原辅材料、化石燃料消耗、污染物量等活动数据, 根据港口吞吐量进行平均分配。

8.1.1.3 数据分配的输入和输出的总和与其分配前的输入和输出相等。

8.1.1.4 数据采集统计方法参考 GB/T 21339 中的相关指导。

8.1.1.5 核算前宜明确集装箱所在港口名称、地址、泊位、吞吐量、生产工艺流程、港口机械、主要能源品种、主要原辅材料等。

8.1.2 原辅材料获取阶段

原辅材料获取阶段数据包括:

- a) 原辅材料获取和运输: 通过采购记录、库存量、更换使用记录、供应商提供等方式, 获取装卸作业生产相关的耗材和设备更换零部件等原辅材料的上游采购和运输数据, 包括名称、消耗量、产地、运输方式和运输距离等。
- b) 能源获取和运输: 通过采购记录、供应商提供等方式, 获取柴油、汽油和液化天然气等化石燃料的上游采购和运输数据, 包括名称、消耗量、产地、运输方式和运输距离等。

8.1.3 生产阶段

8.1.3.1 化石燃料活动数据

化石燃料消耗量或碳排放量宜通过加装在水平运输及装卸设备上的流量计、液位计等方式实时采集获取, 不具备实时采集功能的码头, 通过企业台账、统计报表及结算凭证等方式进行活动数据获取。

8.1.3.2 电力、热力和生产用水活动数据

建设能源在线监测系统的码头宜通过系统实时采集电力、热力和生产用水的消耗量, 实时获取方式获取单机用电量情况下, 采用电力机械装卸作业1个集装箱的实时电力数据。不具有实时采集系统的码头, 电力、热力和水消费量通过查读电表、热计量表、水表, 以及电力、热力、水供应部门结算凭证等方式获取。港口风电和光伏消费量宜通过系统实时采集发电量、上网量、使用量, 不具有实时采集功能的根据统计报表及结算凭证等方式获取。

8.1.3.3 逸散源活动数据

装卸作业设备及堆场冷藏箱等空调系统逸散排放的活动数据为制冷剂(氢氟碳化物、氢氯氟碳化合物)充装量, 可通过设备铭牌、说明书等方式获取。灭火系统逸散排放的活动数据为二氧化碳灭火器充装量、灭火系统七氟丙烷(HFC-227ea)等逸散源填充量, 可通过铭牌或填充记录等方式获取。

8.1.4 生命末期阶段

8.1.4.1 污水处理活动数据

核算边界内生产废水的活动数据根据厌氧处理进口与出口化学需氧量(COD)含量之差, 通过COD环境监测值进行采集。

8.1.4.2 固体废弃物活动数据

生产相关的一般固体废弃物和危险废物处置量、可回收废弃物数据，通过污染物处置（或转运处置）及统计报表、台账等方式进行采集。

8.2 碳足迹因子获取

8.2.1 原辅材料获取阶段

原辅材料获取阶段碳足迹因子包括原辅材料获取和运输、化石燃料获取和运输阶段的碳足迹因子，优先采用生态环境部发布的最新碳足迹因子数据库数据，在生态环境部数据库数据缺失的情况下采用国际或者欧盟碳足迹数据库数据。

8.2.2 生产阶段

8.2.2.1 化石燃料温室气体排放因子

8.2.2.1.1 化石燃料二氧化碳排放因子依据 GB/T 32151.30 的指导，按公式（1）计算。

$$EF_i = NCV_i \times CC_i \times OF_i \times 44/12 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

EF_i ——第 i 种化石燃料的二氧化碳排放因子，对固体或液体燃料单位为吨二氧化碳每吨（ tCO_2/t ），对气体燃料单位为吨二氧化碳每万标立方米（ $tCO_2/10^4Nm^3$ ）；

NCV_i ——第 i 种化石燃料的平均低位发热量，对固体或液体燃料单位为吉焦每吨（ GJ/t ），对气体燃料单位为吉焦每万标立方米（ $GJ/10^4Nm^3$ ）；

CC_i ——第 i 种化石燃料的单位热值含碳量，单位为吨碳每吉焦（ tC/GJ ）；

OF_i ——第 i 种化石燃料的碳氧化率，%。

8.2.2.1.2 化石燃料的单位热值含碳量和碳氧化率优先采用实测值，也可采用推荐值，推荐值参照附录 B 的表 B.1。

8.2.2.1.3 化石燃料的甲烷（ CH_4 ）排放因子和氧化亚氮（ N_2O ）排放因子，推荐值参照表 B.2。

8.2.2.2 电力碳足迹因子

电力碳足迹因子优先选用国家主管部门发布的最新区域电力碳足迹因子，以及煤电、气电、水电、核电、风电、光伏发电、光热发电、生物质发电、输配电碳足迹因子，若无区域碳足迹因子，选用全国电力平均碳足迹因子。电力碳足迹因子参照表 B.3。

8.2.2.3 热力供应碳足迹因子

热力供应碳足迹因子采用热力供应商的实际供热碳排放强度数值，在数据不可得的情况下，可参照表 B.3。

8.2.2.4 生产用水碳足迹因子

生产用水的碳足迹因子，可参照表 B.3。

8.2.2.5 逸散源碳足迹因子

空调系统和灭火系统逸散排放的碳足迹因子取逸散源逸散系数，可参照表 B.4。

8.2.3 生命末期阶段

8.2.3.1 生产废水污水池厌氧处理甲烷逸散的排放因子按公式（2）计算。

$$EF_{sewage,i} = B_{O,i} \times MCF_i \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$EF_{sewage,i}$ ——生产废水污水池厌氧处理甲烷逸散的排放因子，单位为千克二氧化碳每千克（ $kgCO_2/kg$ ）；

$B_{O,i}$ ——生产污水池厌氧处理甲烷最大产生能力，单位为千克甲烷每千克COD（ $kgCH_4/kgCOD$ ），优先采用从政府部门、工业组织获得的国家和工业部门特定数据；

MCF_i ——生产污水池厌氧处理甲烷修正因子。

8.2.3.2 一般固体废弃物、危险废物和回收废弃物等污染物处置碳足迹因子，优先采用国家发布的碳足迹数据库数据，国家数据库数据缺失的情况下采用国际或者欧盟碳足迹数据库数据。

9 核算方法

9.1 各环节碳足迹核算

9.1.1 原辅材料获取阶段

原辅材料获取阶段碳足迹包括原辅材料获取和运输、能源获取和运输的温室气体排放量，依据 GB/T 24067 的相关建议，按公式（3）计算。

$$CFP_{RM} = \sum_i^n (AD_{RM,i} \times EF_{RM,i}) + \sum_{i,j}^n (AD_{RMtrans,i} \times D_{RMtrans,i,j} \times EF_{RMtrans,j}) \dots\dots\dots (3)$$

式中：

CFP_{RM} ——原辅材料获取阶段碳足迹总量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e）；

$AD_{RM,i}$ ——第 i 种原辅料或能源的消耗数据，对固体或液体燃料单位为千克（kg），对气体燃料单位为标立方米（Nm³）；

$EF_{RM,i}$ ——第 i 种原辅料或能源对应的碳足迹因子，对固体或液体燃料单位为千克二氧化碳当量每千克（kgCO₂e/kg），对气体燃料单位为千克二氧化碳当量每标立方米（kgCO₂e/Nm³）；

$AD_{RMtrans,i}$ ——第 i 种原辅料或能源的运输数据，对固体或液体燃料单位为千克（kg），对气体燃料单位为标立方米（Nm³）；

$D_{RMtrans,i,j}$ ——第 i 种原辅料或能源的第 j 类运输方式的运输距离，单位为千米（km）；

$EF_{RMtrans,j}$ ——第 j 类运输方式对应的碳足迹因子，单位为千克二氧化碳当量每千克千米 [kgCO₂e/(kg·km)]。

9.1.2 生产阶段

9.1.2.1 生产阶段碳足迹核算包括化石燃料、电力、热力、水、逸散等产生的温室气体排放量，依据 GB/T 24067 和 GB/T 32151.30 的相关建议，按公式（4）计算。

$$CFP_{prod} = CFP_{fuel} + CFP_{el} + CFP_{heat} + CFP_{water} + CFP_{emission} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

CFP_{prod} ——生产阶段碳足迹总量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e）；

CFP_{fuel} ——使用化石燃料导致的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e）；

CFP_{el} ——使用电力导致的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e）；

CFP_{heat} ——使用热力隐含的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e）；

CFP_{water} ——生产用水隐含的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e）；

$CFP_{emission}$ ——逸散源产生的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e）。

9.1.2.2 化石燃料燃烧活动产生的温室气体是各种化石燃料燃烧产生的温室气体的二氧化碳当量之和，按公式（5）计算。

$$CFP_{fuel} = \sum_i^n (AD_{fuel,i} \times EF_{fuel,i} \times GWP_{fuel,i}) \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$AD_{fuel,i}$ ——第 i 种化石燃料的活动数据，对固体或液体燃料单位为千克（kg），对气体燃料单位为标立方米（Nm³）；

$EF_{fuel,i}$ ——第 i 种化石燃料的温室气体排放因子，对固体或液体燃料单位为千克二氧化碳每千克（kgCO₂/kg），对气体燃料单位为千克二氧化碳每标立方米（kgCO₂/Nm³）；

$GWP_{fuel,i}$ ——第 i 种化石燃料的温室气体全球变暖潜势（GWP100）值；

i ——燃烧的化石燃料类型，汽油、柴油、液化天然气等。

9.1.2.3 电力导致的间接温室气体排放量按公式（6）计算。实时获取方式获取单机用电量情况下，采用电力机械装卸作业 1 个集装箱的实时电力数据；统计方式获取电力情况下，采用核算期（如一年）用电量。

$$CFP_{el} = (AD_{el} - AD_{pv} - AD_{wind}) \times EF_{el} + AD_{pv} \times EF_{pv} + AD_{wind} \times EF_{wind} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

AD_{el} ——用电量，单位为千瓦时（kWh）；

EF_{el} ——电力碳足迹因子，单位为千克二氧化碳当量每千瓦时（kgCO₂e/kWh）；

AD_{pv} ——光伏发电使用量，单位为千瓦时（kWh）；

EF_{pv} ——光伏发电碳足迹因子，单位为千克二氧化碳当量每千瓦时（kgCO₂e/kWh）；

AD_{wind} ——风力发电使用量，单位为千瓦时（kWh）；

EF_{wind} ——风力发电碳足迹因子，单位为千克二氧化碳当量每千瓦时（ $\text{kgCO}_2\text{e/kWh}$ ）。

9.1.2.4 热力（如蒸汽）隐含的温室气体排放量，按公式（7）计算。

$$CFP_{heat} = AD_{heat} \times EF_{heat} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

AD_{heat} ——热力量（如蒸汽量），单位为吉焦（GJ）；

EF_{heat} ——热力二氧化碳排放因子，单位为千克二氧化碳每吉焦（ kgCO_2/GJ ）。

9.1.2.5 生产用水隐含的温室气体排放量，按公式（8）计算。

$$CFP_{water} = AD_{water} \times EF_{water} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

AD_{water} ——生产用水量，单位为千克（kg）；

EF_{water} ——水的碳足迹因子，单位为千克二氧化碳当量每千克（ kgCO_2/kg ）。

9.1.2.6 制冷剂和灭火器等逸散源产生的温室气体排放量，按公式（9）计算。

$$CFP_{emission} = \sum_i^n (AD_{emission,i} \times EF_{emission,i} \times GWP_{emission,i}) \dots\dots\dots (9)$$

式中：

$AD_{emission,i}$ ——第*i*种逸散源的活动数据，单位为千克（kg）；

$EF_{emission,i}$ ——第*i*种逸散源的排放因子，单位为千克逸散源每千克（ kg/kg ）；

$GWP_{emission,i}$ ——第*i*种逸散源的温室气体全球变暖潜势（GWP100）值。

9.1.3 生命末期阶段

9.1.3.1 生命末期阶段碳足迹包括生产废水处理过程和固体废弃物处置过程的温室气体排放量，并扣除实际回收的可回收废弃物所含的温室气体排放量，按公式（10）计算。

$$CFP_{EoL} = CFP_{sewage} + CFP_{solidwaste} - CFP_{rec} \dots\dots\dots (10)$$

式中：

CFP_{EoL} ——生命末期阶段碳足迹总量，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）；

CFP_{sewage} ——生产废水处理产生温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）；

$CFP_{solidwaste}$ ——一般固体废弃物或危险废物处理产生温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）；

CFP_{rec} ——实际回收的可回收废弃物所含的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量（ kgCO_2e ）。

9.1.3.2 生产废水处理产生的温室气体排放量，按公式（11）计算。

$$CFP_{sewage} = [(COD \times EF_{sewage,i}) - R] \times GWP_{CH_4} \dots\dots\dots (11)$$

式中：

COD ——生产废水厌氧处理进口与出口COD含量之差，单位为千克（kg）；

$EF_{sewage,i}$ ——生产废水污水池甲烷逸散的排放因子，单位为千克二氧化碳每千克（ kgCO_2/kg ）；

R ——甲烷回收量，单位为千克（kg）；

GWP_{CH_4} ——甲烷的温室气体全球变暖潜势（GWP100）值。

9.1.3.3 一般固体废弃物和危险废物处理产生的温室气体排放量，按公式（12）计算。

$$CFP_{solidwaste} = AD_{solidwaste} \times EF_{solidwaste} \times GWP_i \dots\dots\dots (12)$$

式中：

$AD_{solidwaste}$ ——一般固体废弃物和危险废物活动数据，单位为千克（kg）；

$EF_{solidwaste}$ ——一般固体废弃物和危险废物碳足迹因子，单位为千克二氧化碳当量每千克（ $\text{kgCO}_2\text{e/kg}$ ）；

GWP_i ——第*i*类温室气体全球变暖潜势（GWP100）值。

9.1.3.4 实际回收的可回收废弃物所含的温室气体排放量，按公式（13）计算。

$$CFP_{rec} = AD_{rec,i} \times EF_{rec,i} \dots\dots\dots (13)$$

式中：

$AD_{rec,i}$ ——实际回收的第*i*种可回收废弃物量，单位为千克（kg）；

$EF_{rec,i}$ ——实际回收的第*i*种可回收废弃物的碳足迹因子，单位为千克二氧化碳当量每千克（ $\text{kgCO}_2\text{e/kg}$ ）。

9.2 单箱碳足迹核算

9.2.1 单箱碳足迹宜优先采用实时获取的单个功能单位活动数据进行核算。在无法实时获取单个功能单位活动数据的情况下,可采用统计方式获取活动数据,再平均分配到每个功能单位,进行单箱碳足迹核算。

9.2.2 港口集装箱装卸作业碳足迹总量按公式(14)计算。

$$CFP_{SUM} = CFP_{RM} + CFP_{prod} + CFP_{EoL} \dots\dots\dots (14)$$

式中:

CFP_{SUM} ——碳足迹总量,单位为千克二氧化碳当量(kgCO₂e);

CFP_{RM} ——原辅材料获取阶段碳足迹总量,单位为千克二氧化碳当量(kgCO₂e);

CFP_{prod} ——生产阶段碳足迹总量,单位为千克二氧化碳当量(kgCO₂e);

CFP_{EoL} ——生命末期阶段碳足迹总量,单位为千克二氧化碳当量(kgCO₂e)。

9.2.3 统计方式获取活动数据情况下,装卸一个功能单位的碳足迹量按公式(15)计算。

$$CFP_{unit} = CFP_{SUM}/T \dots\dots\dots (15)$$

式中:

CFP_{unit} ——装卸一个自然箱或一个标准箱的碳足迹量,单位为千克二氧化碳当量每箱(kgCO₂e/自然箱或kgCO₂e/TEU);

T ——核算期内集装箱吞吐量,单位为自然箱或标准箱(TEU)。

9.2.4 实时获取生产阶段主要环节等数据情况下,装卸一个功能单位的碳足迹量,其数值为实时获取环节的一个功能单位的碳足迹量,与其他统计方式获取的活动数据平均分配到每个功能单位的碳足迹量之和,按公式(16)计算。

$$CFP_{unit} = CFP_{RT} + CFP_{stats}/T \dots\dots\dots (16)$$

式中:

CFP_{RT} ——实时获取环节的一个功能单位的碳足迹量,单位为千克二氧化碳当量每箱(kgCO₂e/自然箱或kgCO₂e/TEU);

CFP_{stats} ——除实时获取环节外的统计方式获取的碳足迹总量,单位为千克二氧化碳当量(kgCO₂e)。

附录 A
(资料性)
主要排放来源及排放节点识别

A.1 港口集装箱装卸作业机械数据调查范围

港口机械及辅助作业机械在港区运行作业的陆域地理范围。

A.2 港口集装箱装卸作业机械分类

按照港口集装箱装卸作业分工艺分为岸边装卸作业机械、水平运输机械、堆场装卸作业机械或设备，港口集装箱装卸作业机械类型见表 A.1。

表 A.1 港口集装箱装卸作业机械类型

机械分类	主要港口机械类型
岸边装卸作业机械	岸边集装箱起重机、门座起重机等
水平运输机械	集装箱牵引车、集装箱自动导引车（AGV）等
堆场作业机械或设备	轨道式集装箱门式起重机、轮胎式集装箱门式起重机、空箱堆高机、集装箱正面吊、集装箱调箱门设备等

A.3 排放节点识别与分析

基于港口功能、作业环节、机械功能、用能类别划分的港口集装箱装卸作业机械主要排放节点见表 A.2。

表 A.2 港口集装箱装卸作业机械主要排放节点

机械分类	对象	用能类别
装卸作业机械	岸边集装箱起重机	电力
	门座起重机	电力
	轨道式集装箱门式起重机	电力
	轮胎式集装箱门式起重机	电力、柴油、混合动力
	空箱堆高机	柴油、电力、混合动力
	集装箱正面吊	柴油、电力、混合动力
	集装箱调箱门设备	电力
水平运输机械	集装箱牵引车	柴油、LNG、电力、混合动力
	集装箱自动导引车（AGV）	电力、混合动力
堆场冷藏	冷藏箱	电力
辅助生产车辆	清扫车、洒水车	柴油、LNG、电力、混合动力

附 录 B (资料性) 碳足迹因子推荐值

B.1 港口常见化石燃料二氧化碳排放因子计算参数

港口常见化石燃料二氧化碳排放因子计算参数见表B.1。

表 B.1 港口常见化石燃料二氧化碳排放因子计算参数

燃料品种		计量单位	低位发热量	单位热值含碳量	燃料碳氧化率	二氧化碳排放因子
			GJ/t 或 GJ/10 ⁴ Nm ³	10 ⁻³ tC/GJ	%	tCO ₂ /t 或 tCO ₂ /10 ⁴ Nm ³
固体燃料	无烟煤	t	26.7 ^a	27.4 ^b	94 ^b	2.522
	烟煤	t	19.570 ^c	26.1 ^b	93 ^b	1.742
	褐煤	t	11.9 ^a	28 ^b	96 ^b	1.173
	焦炭	t	28.435 ^d	29.5 ^b	93 ^b	2.860
液体燃料	原油	t	41.816 ^d	20.1 ^b	98 ^b	3.020
	燃料油	t	41.816 ^d	21.1 ^b	98 ^b	3.170
	汽油	t	43.070 ^d	18.9 ^b	98 ^b	2.925
	柴油	t	42.652 ^d	20.2 ^b	98 ^b	3.096
	液化天然气	t	51.498 ^e	15.3 ^b	98 ^b	2.831
	液化石油气	t	50.179 ^d	17.2 ^b	98 ^b	3.101
气体燃料	天然气	10 ⁴ Nm ³	389.31 ^d	15.3 ^b	99 ^b	21.622

^a数据取值来源为《2006年IPCC国家温室气体清单指南》及2019修订版。

^b数据取值来源为《省级温室气体清单指南（试行）》。

^c数据取值来源为《2005中国温室气体清单研究》。

^d数据取值来源为《中国能源统计年鉴2021》。

^e数据取值来源为GB/T 2589—2020。

注：本表推荐值应随国家或行业主管部门最新发布数据及时更新。

B.2 港口常见化石燃料温室气体排放因子

港口常见化石燃料温室气体排放因子见表B.2。

表 B.2 港口常见化石燃料温室气体排放因子

能源类型	CO ₂ 排放因子	单位	CH ₄ 排放因子	单位	N ₂ O排放因子	单位
汽油	2.925	kgCO ₂ /kg	0.00016387	kgCH ₄ /kg	0.00024581	kgN ₂ O/kg
柴油	3.096	kgCO ₂ /kg	0.0001772	kgCH ₄ /kg	0.0012214	kgN ₂ O/kg
燃料油	3.170	kgCO ₂ /m ³	0.000125	kgCH ₄ /m ³	0.000025	kgN ₂ O/m ³
液化天然气	2.831	kgCO ₂ /kg	0.000154	kgCH ₄ /kg	0.000031	kgN ₂ O/kg
乙炔	3.385	kgCO ₂ /kg	/	/	/	/

注：数据取值来源为《2006年IPCC国家温室气体清单指南》及2019修订版、《省级温室气体清单编制指南（修订版）》《2005中国温室气体清单研究》《中国能源统计年鉴2021》。本表推荐值应随国家或行业主管部门最新发布数据及时更新。

B.3 电力、热力和水碳足迹因子

电力、热力和水碳足迹因子见表B.3。

表 B.3 电力、热力和水碳足迹因子

能源类型	碳足迹因子	单位
全国电力	0.5777	kgCO ₂ e/kWh
光伏发电	0.0520	kgCO ₂ e/kWh
风力发电	0.0324	kgCO ₂ e/kWh
热力	110	kgCO ₂ e/GJ
水	0.000103	kgCO ₂ e/kg
注：本表推荐值应随国家或行业主管部门最新发布数据及时更新。		

B.4 空调及灭火系统温室气体逸散系数及全球变暖潜势值

港口常见空调及灭火系统温室气体逸散系数及全球变暖潜势（GWP100）值见表 B.4。

表 B.4 空调及灭火系统温室气体逸散系数及全球变暖潜势（GWP100）值

温室气体种类	用途	逸散系数	全球变暖潜势（GWP100）
R410A	制冷剂	0.055	2255.5
HCFC-22（R22）	制冷剂	0.055	1960
R32	制冷剂	0.055	771
R134a	制冷剂	0.055	1530
R32	制冷剂	0.055	771
CO ₂	灭火器	0.04	1
HFC-227ea	灭火器	0.02	3350
注：数据来源于《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》及 2019 年修订版。本表推荐值应随国家或行业主管部门最新发布数据及时更新。			

参 考 文 献

- [1] GB/T 2589—2020 综合能耗计算通则
 - [2] 《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》（2019 年修订版，政府间气候变化专门委员会 IPCC）
 - [3] 《省级温室气体清单编制指南（修订版）》（生态环境部）
 - [4] 《2005 中国温室气体清单研究》（国家发展改革委应对气候变化司）
 - [5] 《中国能源统计年鉴 2021》（国家统计局能源统计司）
-