

团 体 标 准

T/CIN XXX—202X

集装箱港口装卸作业碳足迹核算指南

Guidelines for Carbon Footprint Accounting of Container Handling Operations in
Ports

征求意见稿

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国航海学会 发布

目 次

前言	II
引言	III
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	3
8 数据获取	4
9 核算方法	5
附录 A	9
附录 B	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

本标准旨在应对全球气候变化，服务于国家碳达峰与碳中和战略。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。

集装箱在港口环节的碳足迹数据，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，为识别关键排放环节、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。

本文件参照现有生命周期评价相关国际标准和国家标准GB/T 24067确定的原则、要求和指南，为集装箱港口装卸作业碳足迹核算提供相关指导和建议。

集装箱港口装卸作业碳足迹核算指南

1 范围

本文件提供了集装箱港口装卸作业碳足迹核算的总则、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期间产生的碳足迹核算。

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
- PAS 2050 商品和服务的生命周期温室气体排放评价规范

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

集装箱港口装卸作业碳足迹 port container carbon footprint

基于生命周期评价，单个集装箱在岸边装卸、水平运输、堆场堆存和装卸（含冷藏箱存放、倒箱作业等）过程中各环节（含水水中转、铁水联运等工艺流程）装卸作业产生的碳排放之和，再加上原辅材料获取阶段和生命末期阶段相关的碳排放。

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，用于比较不同温室气体对温室效应影响的度量单位。

[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：本指南指导致二氧化碳排放或清除的生产活动、辅助生产活动和附属生产活动的移动源和固定源化石燃料消耗量、外购的电量和蒸汽量、外供的电量和蒸汽量、逸散源如制冷剂、灭火器消耗量等。

[来源：GB/T 32150—2015，3.12]

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：GBT 24067—2024, 3.2.4]

4 总则

4.1 集装箱港口装卸作业碳足迹核算（以下简称“碳足迹核算”）符合 GB/T 24040、GB/T 24044、GB/T 24067 和 PAS 2050 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) 评价集装箱港口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) 为集装箱港口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，包括活动数据和碳足迹因子数据；
- d) 开展碳足迹核算。

6 核算范围

6.1 地理边界

核算前明确核算的地理边界，一般为集装箱从船上卸下，再到外集卡在堆场完成装车的整个过程，或相反生产工艺流程，或集装箱水水中转、铁水联运等生产工艺流程。

6.2 港口生产信息

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

6.3 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。

6.4 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)。

6.5 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：集装箱港口装卸作业生产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岸边装卸、水平运输、堆场堆存和装卸（包括冷藏箱存放、倒箱作业等）、水水中转、铁水联运等过程中各环节装卸运输集装箱作业和辅助生产过程；
- 生命末期阶段：集装箱港口装卸作业生产相关的污染物处置和回收等过程。

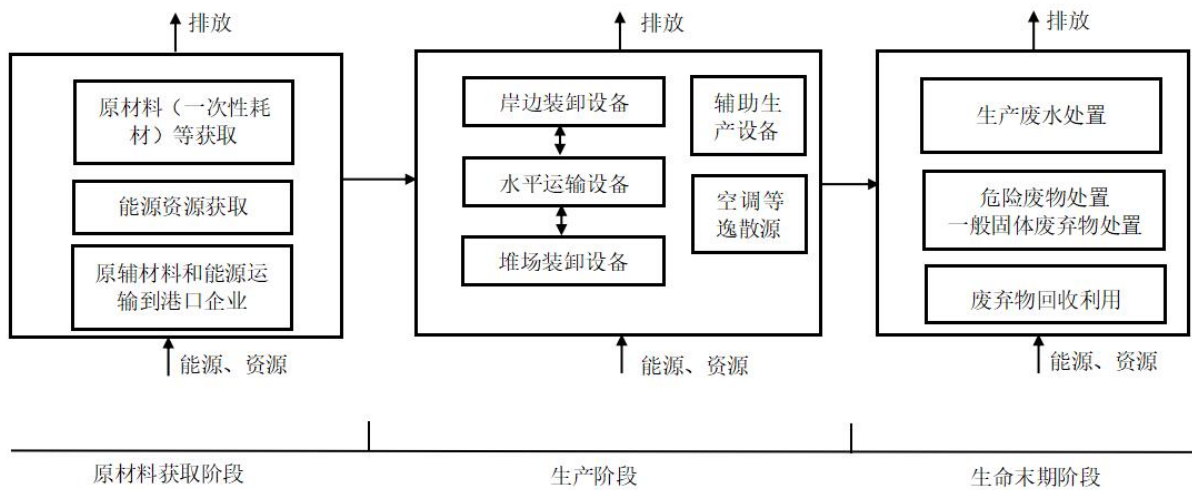


图1 集装箱港口装卸作业系统边界示意图

7.1.2 原辅材料获取阶段

原辅材料获取阶段包括集装箱港口装卸作业的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：

- 装卸生产和辅助生产环节耗材的生产与运输过程的碳足迹，包括钢丝绳托辊套、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。加油站在厂区周边的，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港口装卸和堆存过程的 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；
- 堆场堆存及装卸过程；
- 辅助生产过程。

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）。

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，包括生产废水处理过程、一般固体废弃物和危险废物处置过程，可回收废弃物资源化回收过程，碳足迹核算纳入下列过程：

- a) 污水处理过程，包括生产废水等；
- b) 固体废弃物和危险废物处置过程，包括废矿物油、废油桶、废电池、废电缆、废钢丝绳、废轮胎等。
- 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；排除对集装箱港口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，可舍弃集装箱港口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宜超过碳足迹总量的 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。

8.1.2 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，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获取。港口风电和光伏消费量宜按实时采集发电量、上网量、使用量等数据，不具有实施采集功能的根据装机容量及凭证获取。

8.1.3.3 逸散源活动数据

8.1.3.3.1 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、氢氯氟碳化物）充装量，可通过设备铭牌、说明书获得。灭火系统逸散排放的活动数据为二氧化碳灭火器充装量、FM200 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获得。

8.1.4 生命末期阶段

8.1.4.1 污水活动数据

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数据，通过污染物处置（或转运处置）及回收废弃物台账进行采集。

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。

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/T32151.30 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，单位为吨二氧化碳每吨（ tCO_2/t ）；

NCV_i ——第 i 种化石燃料的平均低位发热量，单位为吉焦每吨（ GJ/t ）；

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，单位为百分比（%）。

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，推荐值参照附录 B 的表 B.2。

8.2.2.2 电力碳足迹因子

电力碳足迹因子选用国家主管部门发布的最新全国电力平均碳足迹因子，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。电力碳足迹因子参照附录 B 的表 B.3。

8.2.2.3 热力供应碳足迹因子

供热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，可参照附录 B 的表 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，可参照附录 B 的表 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，可参照附录 B 的表 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的计算见公式（2）。

$$EF_{iwaste} = B_{oi} \times MCF_i \dots \dots \dots (2)$$

式中：

EF_{iwaste} ——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_{oi} ——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BOD（ $kgCH_4/kgCOD$ ），优先采用从政府部门、工业组织获得的国家和工部门业特定数据，缺省值 $0.25 \text{ kg } CH_4/kg \text{ COD}$ ；

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，参照 GB/T 24067 和 PAS 2050 的相关要求，其计算公式见公式（3）。

$$CFP_{\text{原材料获取阶段}} = \sum_i^n (AD_{iRM} \times EF_{iRM}) + \sum_{ij}^n (AD_{iRMtrans} \times D_{ijRMtrans} \times EF_{jRMtrans}) \dots \dots \dots (3)$$

式中：

- $CFP_{\text{原材料获取阶段}}$ ——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_{iRM} ——第*i*种原辅料或能源的消耗数据，单位为千克（kg）；
- EF_{iRM} ——第*i*种原辅料或能源对应的碳足迹因子，单位为千克二氧化碳当量每千克（kgCO₂e/kg）；
- $AD_{iRMtrans}$ ——第*i*种原辅料或能源的运输数据，单位为千克（kg）；
- $D_{ijRMtrans}$ ——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）；
- $EF_{jRMtrans}$ ——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公里 [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，参照 GB/T 24067 和 GB/T 32151.30 的相关要求，其计算公式见公式（4）。

$$CFP_{\text{生产阶段}} = CFP_{\text{化石燃料}} + CFP_{\text{电力}} + CFP_{\text{热力}} + CFP_{\text{水}} + CFP_{\text{逸散}} \dots \dots \dots (4)$$

式中：

- $CFP_{\text{生产阶段}}$ ——生产阶段碳足迹总量，单位为千克二氧化碳当量（kgCO₂e）；
- $CFP_{\text{化石燃料}}$ ——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）；
- $CFP_{\text{电力}}$ ——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）；
- $CFP_{\text{热力}}$ ——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）；
- $CFP_{\text{水}}$ ——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）；
- $CFP_{\text{逸散}}$ ——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，其计算公式见公式（5）。

$$CFP_{\text{化石燃料}} = \sum_i^n (AD_{ifuel} \times EFCO_2i \times GWPCO_2i + AD_{ifuel} \times EFCH_4i \times GWPCCH_4i + AD_{ifuel} \times EFN_2O_i \times GWPN_2O_i) \dots \dots \dots (5)$$

式中：

- AD_{ifuel} ——第*i*种化石燃料的活动水平，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）；
- $EFCO_2i$ ——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千克二氧化碳/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）；
- $EFCH_4i$ ——第*i*种化石燃料的甲烷排放因子，对固体或液体燃料单位为千克二氧化碳/千克（kgCO₂/kg），对气体燃料单位为千克二氧化碳当量每标立方米（kgCO₂e/Nm³）；
- EFN_2O_i ——第*i*种化石燃料的氧化亚氮排放因子，对固体或液体燃料单位为千克二氧化碳/千克（kgCO₂/kg），对气体燃料单位为千克二氧化碳当量每标立方米（kgCO₂e/Nm³）；
- $GWPCO_2i$ ——第*i*种化石燃料的二氧化碳温室气体全球变暖潜势（GWP100）值；
- $GWPCCH_4i$ ——第*i*种化石燃料的甲烷温室气体全球变暖潜势（GWP100）值；
- $GWPN_2O_i$ ——第*i*种化石燃料的氧化亚氮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。

$$CFP_{\text{电力}} = AD_e \times EF_e - AD_{pv} \times EF_{pv} - AD_{wind} \times EF_{wind} \dots \dots \dots (6)$$

式中：

- AD_e ——用电量，单位为千瓦时（kWh）；
- EF_e ——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（kgCO₂e/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。

$$CFP_{\text{热力}} = AD_{\text{heat}} \times EF_{\text{heat}} \times 10^{-3} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

AD_{heat} ——热力量（如蒸汽量），单位为吉焦（GJ）；

EF_{heat} ——供热二氧化碳排放因子，单位为吨二氧化碳每吉焦（ tCO_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。

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

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。

$$CFP_{\text{逸散}} = \sum_i^n (AD_i \times EF_i \times GWP_i) \dots\dots\dots (9)$$

式中：

AD_i ——第*i*种逸散源的活动数据，单位为千克（kg）；

EF_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_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中的温室气体排放量，以及固体废弃物处置产生的温室气体排放量和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。

$$CFP_{\text{生命末期阶段}} = CFP_{\text{生产废水}} + CFP_{\text{固废}} - CFP_{\text{回收}} \dots\dots\dots (10)$$

式中：

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

$CFP_{\text{生产废水}}$ ——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 ）；

$CFP_{\text{固废}}$ ——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 ）；

$CFP_{\text{回收}}$ ——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 生产废水产生的温室气体排放量，参考2006年IPCC国家温室气体清单指南，按公式（11）计算。

$$CFP_{\text{生产废水}} = [(COD \times EF_{\text{waste}}) - R] \times GWP_{\text{CH}_4} \dots\dots\dots (11)$$

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COD/年（ $\text{kgCOD}/\text{年}$ ）；

EF_{waste} ——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 ——的甲烷回收量，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，按公式（12）计算。

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

式中：

$AD_{\text{solidwaste}}$ ——一般固体废弃物和危险废物碳产生量，单位为千克（kg）；

$EF_{\text{solidwaste}}$ ——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（ $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kg}$ ）；

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。

$$CFP_{\text{回收}} = AD_{\text{irec}} \times EF_{\text{irec}} \dots\dots\dots (13)$$

式中：

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

EF_{irec} ——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 (kgCO₂e/kg)。

9.2 单箱碳足迹核算

9.2.1 通则

9.2.1.1 单箱碳足迹宜采用实时获取数据进行核算，在无法实时获取生产阶段等数据的情况下，可采用统计获取活动数据进行单箱碳足迹核算。

9.2.1.2 统计获取活动数据情况下的碳足迹与实时获取活动数据情况下的碳足迹总量相等。

9.2.2 统计获取活动数据情况下的单箱碳足迹

9.2.2.1 集装箱港口装卸作业碳足迹总量按公式 (14) 计算。

$$CFP_{总} = CFP_{原辅材料获取阶段} + CFP_{生产阶段} + CFP_{生命末期阶段} \dots\dots\dots (14)$$

式中：

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

$CFP_{原辅材料获取阶段}$ ——统计获取的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)；

$CFP_{生产阶段}$ ——统计获取的生产阶段碳足迹总量，单位为千克二氧化碳当量 (kgCO₂e)；

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

9.2.2.2 装卸一个功能单元的碳足迹量按公式 (15) 计算。

$$CFP_{功能单元} = CFP_{总} / T \dots\dots\dots (15)$$

式中：

$CFP_{功能单元}$ ——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 ——为核算时间段内集装箱吞吐量，单位为自然箱或标准箱 (TEU)。

9.2.3 实时获取活动数据情况下的单箱碳足迹

9.2.3.1 装卸一个功能单元的碳足迹量按实时获取的生产阶段碳单箱足迹量 ($CFP_{生产阶段单箱}$) 与统计获取的原材料获取阶段和生命末期阶段的单箱碳足迹量求和计算，各部分的功能单元保持一致，计算公式参照公式 (16)。

$$CFP_{功能单元} = CFP_{生产阶段单箱} + (CFP_{原材料获取阶段} + CFP_{生命末期阶段}) / T \dots\dots\dots (16)$$

式中：

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

$CFP_{生产阶段单箱}$ ——实时获取的生产阶段碳单箱足迹总量，单位为千克二氧化碳当量每箱 (kgCO₂e/自然箱或kgCO₂e/TEU)；

$CFP_{原辅材料获取阶段}$ ——统计获取的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)；

$CFP_{生命末期阶段}$ ——统计获取的生命末期阶段碳足迹总量，单位为千克二氧化碳当量 (kgCO₂e)；

T ——为核算时间段内集装箱吞吐量，单位为自然箱或标准箱 (TEU)。

9.2.3.2 实时获取的生产阶段碳单箱足迹总量按公式 (17) 计算。

$$CFP_{生产阶段单箱} = \sum_i^n (AD_i \times EF_i \times GWP_i) \dots\dots\dots (17)$$

式中：

AD_i ——第 i 种实时获取的生产阶段排放源活动数据 (包括化石燃料、电力、热力、水等)，单位为千克 (kg)；

EF_i ——第 i 种生产阶段排放源的碳足迹因子，单位为千克每千克 (kg/kg)；

GWP_i ——第 i 种生产阶段排放源的温室气体全球变暖潜势 (GWP100) 值。

附录 A
(资料性)
主要排放来源及排放节点识别

A.1 集装箱港口机械数据调查范围

港口机械及辅助作业机械（包括清扫车、洒水车等）在港区运行作业的陆域地理范围。

A.2 集装箱港口机械分类

按照集装箱港口作业分工分为用于岸边和堆场装卸作业的机械和水平运输的机械，集装箱港口机械类型见表 A.1。

表 A.1 集装箱港口机械类型

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、堆高机、正面吊、集装箱调箱设备等

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机械能耗主要排放节点见表 A.2。

表 A.2 港口机械能耗主要排放节点

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
	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
	堆高机	柴油、电力、混合动力
	正面吊	柴油、电力、混合动力
	集装箱调箱设备	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
	大件运输车	柴油、LNG、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/T2589—2020。

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》。

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	0.6205	kgCO ₂ e/kWh
光伏发电	0.0545	kgCO ₂ e/kWh

能源类型	碳足迹因子	单位
风力发电	0.0336	kgCO ₂ e/kWh
热力	0.11	tCO ₂ e/GJ
水	0.000103	kgCO ₂ e/kg

注：根据国家主管部门发布的最新碳足迹因子更新。

B.4 空调及灭火系统温室气体逸散系数及全球变暖潜势

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

参 考 文 献

- [1] 《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）
 - [2] 《省级温室气体清单编制指南（修订版）》（生态环境部）
 - [3] 《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）
 - [4] 《中国能源统计年鉴 2021》（国家统计局能源统计司）
-