

ICS

CCS 点击此处添加 CCS 号

DB 21

辽宁省地方标准

DB 21/T XXXX—XXXX

船舶制造业产品碳足迹核算与报告指南

Guidelines for Product Carbon Footprint Accounting and Reporting in the
Shipbuilding Industry

草案版次选择

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

辽宁省市场监督管理局 发布

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 原则 4

 4.1 科学性 4

 4.2 相关性 4

 4.3 完整性 4

 4.4 一致性 4

 4.5 准确性 4

 4.6 透明性 4

5 量化目的和范围的确定 4

 5.1 量化目的 4

 5.2 量化范围 5

 5.2.1 功能单元 5

 5.2.2 系统边界 5

6 生命周期清单分析 5

 6.1 数据收集及要求 6

 6.1.1 数据类别 6

 6.1.2 数据质量要求 6

 6.1.3 数据选择原则 6

 6.1.4 数据质量评价 7

 6.1.5 数据的取舍准则 8

 6.2 数据分配 9

 6.2.1 分配原则 9

 6.2.2 分配程序 9

 6.3 生命周期清单分析 9

 6.3.1 数据收集与审定 9

 6.3.2 生命周期清单计算程序 10

 6.3.3 特定 GHG 排放量和清除量的处理 10

7 产品碳足迹影响评价 11

 7.1 产品碳足迹量化总则 11

 7.2 生物碳影响评价 11

 7.3 产品碳足迹的核算公式 11

 7.3.1 原材料获取阶段 12

 7.3.2 生产制造阶段 12

 7.3.3 交付运输过程 13

7.3.4 运营维护阶段 14

7.3.5 回收处置阶段 14

7.4 产品碳足迹的表征指标和特征化因子 15

8 产品碳足迹结果解释 16

9 产品碳足迹报告 17

10 报告审查 17

附录 A（资料性） 产品碳足迹量化数据收集表 18

附录 B（资料性） 产品碳足迹报告（模板） 21

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。

本文件由××××提出并归口。

本文件由××××归口。

本文件起草单位：大连标准认证研究院有限公司、上海易碳数字科技有限公司、××

本文件主要起草人：××××××××

本文件发布实施后，任何单位和个人如有问题和意见建议，均可通过来电、来函等方式进行反馈，有关单位将及时答复并认真处理，根据实际情况依法进行评估及复审。

归口管理部门通讯地址： ×××× ， 联系电话： ×××× 。

文件起草单位通讯地址： ×××× ， 联系电话： ×××× 。

船舶制造业产品碳足迹核算与报告指南

1 范围

本标准规定了船舶碳足迹量化的术语和定义、原则、量化目的和范围的确定、生命周期清单分析、产品碳足迹影响评价、产品碳足迹结果解释及产品碳足迹报告。

本标准适用于指导辽宁省行政区域内生产或销售的船舶碳足迹全生命周期碳排放的量化和评价活动。

本标准仅针对单一环境影响类型，即气候变化，不评价产品生命周期产生的其他潜在环境影响，也不评价产品生命周期内可能产生的社会和经济影响。

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
- GB/T 24044-2008 环境管理 生命周期评价 要求与指南
- GB/T 24025-2009 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 32150-2015 工业企业温室气体核算和报告通则
- ISO 14067:2018 Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification
- GB/T 34525-2017 船舶能效管理计划
- GB/T 34526-2017 船舶能效设计指数（EEDI）计算方法
- GB/T 34527-2017 船舶能效运营指数（EEOI）计算方法等技术标准

3 术语和定义

GB/T 24040-2008、GB/T 24044-2008、GB/T 24067-2024、ISO 14067界定的术语和定义适用于本文件。

3.1

船舶 boats and ships

航行或停泊于水域进行运输或作业的交通工具。

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。

[来源：GB/T 32150-2015，定义3.1]

注：如无特别说明，本标准中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)、全氟碳化物(PFCs)六氟化硫(SF₆)与三氟化氮(NF₃)。

- 3.3
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 32150-2015, 定义3.6]
- 3.4
温室气体清除量 greenhouse gas removal, GHG removal
在特定时段内从大气中清除的温室气体总量(以质量单位计算)。
[来源: GB/T 24067-2024, 定义3.2.6]
- 3.5
温室气体排放因子 greenhouse gas emission factor, GHG emission factor
活动数据与温室气体排放相关的系数。
[来源: GB/T 24067-2024, 定义3.2.7]
- 3.6
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,以二氧化碳当量表示,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。
[来源: GB/T 24067-2024, 定义3.1.1]
注1: 产品碳足迹可以被分解到其生命周期的各个阶段。
注2: 产品碳足迹研究报告中记录了产品碳足迹的量化结果,以每个功能单位的二氧化碳当量表示。
- 3.7
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: GB/T 32150-2015, 定义3.15]
- 3.8
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。
[来源: GB/T 32150-2015, 定义3.16]
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。
- 3.9
生命周期 life cycle
产品系统中前后衔接的一系列阶段,从自然界或从自然资源中获取原材料,直至最终处置。
[来源: GB/T 24044-2008, 定义3.1]
- 3.10
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 24044-2008, 定义3.2]
- 3.11
生命周期清单分析 life cycle inventory analysis, LCI
生命周期评价中对所研究产品整个生命周期中输入和输出进行汇编和量化的阶段。
[来源: GB/T 24044-2008, 定义3.3]
- 3.12
生命周期影响评价 life cycle impact assessment, LCIA

生命周期评价中理解和评价产品系统在产品整个生命周期中的潜在环境影响的大小和重要性的阶段。

[来源：GB/T 24044-2008，定义3.4]

3.13

生命周期解释 life cycle interpretation

生命周期评价中根据规定的目的和范围要求对清单分析和(或)影响评价的结果进行评估以形成结论和建议的阶段。

[来源：GB/T 24044-2008，定义3.5]

3.14

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，定义3.3.4]

3.15

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，定义3.34]

3.16

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，定义3.20]

3.17

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：GB/T 32150-2015，定义3.12]

3.18

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据或环境影响重要性程度是否被排除在研究范围之外所作的规定。

[来源：GB/T 24040-2008，定义3.18]

3.19

初级数据 primary data

对单元过程或活动进行直接测量的数据或基于原始来源的直接测量数据进行计算而得到的数据。

[来源：ISO 14067:2018，定义3.1.6.1，有修改]

3.20

次级数据 secondary data

从直接测量或基于直接测量计算以外的来源获得的数据。

[来源：ISO 14067:2018，定义3.1.6.3，有修改]

3.21

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，定义3.17]

3.22

数据质量 data quality

数据在满足所声明的要求方面的能力特性。

[来源：GB/T 24040-2008，定义3.19]

4 原则

以下原则是基本要求，同时也是本文件后续要求的基础。在对船舶产品生命周期内温室气体排放进行核算和评估时，应遵循以下原则：

4.1 科学性

以生命周期评价方法为依据，按照船舶产品碳足迹核算流程，科学划分核算的系统边界、明确所需数据收集要求和核算方法。

4.2 相关性

核算信息必须与既定的碳足迹目标相关，并全面涵盖所有关键排放源，以确保核算结果的完整性和准确性，满足决策需求。

4.3 完整性

在产品生命周期温室气体排放评估中，应明确界定产品系统边界，并将临时边界内对温室气体排放具有实质性贡献的所有生命周期阶段纳入核算范围。

4.4 一致性

为确保碳足迹核算结果的可靠性和可比性，应采用统一的核算方法和数据标准，以便在不同时间周期或不同实体之间进行有效的对比分析。

4.5 准确性

应采取科学严谨的方法和措施，最大限度地减少核算中的不确定性和误差，确保数据的准确性和可靠性。

4.6 透明性

应确保核算方法和流程的公开性与透明度，详细记录并公开数据来源、计算模型、假设条件及核算步骤等关键信息，便于第三方机构进行独立的验证和审查。

5 量化目的和范围的确定

船舶产品碳足迹量化评价基本程序包括：目的和范围的确定，生命周期清单分析，生命周期影响评价，生命周期结果解释。

5.1 量化目的

进行产品碳足迹量化的主要目的是，根据取舍准则，通过量化产品生命周期或选定过程中的所有重要温室气体排放量和清除量，计算产品对全球变暖的潜在影响，以二氧化碳当量（CO₂e）表示。

在确定产品碳足迹核算的目的时，应明确说明以下事项：

- 预期应用；
- 开展产品碳足迹量化的原因；

——目标受众。

5.2 量化范围

5.2.1 功能单元

船舶产品的功能单位设为：一艘船舶生命周期内（寿命）内货物单位周转量（吨公里）产生的碳排放量。

5.2.2 系统边界

本标准界定的船舶产品生命周期系统边界为从摇篮到坟墓，分为原材料获取阶段、生产制造阶段、交付运输阶段、运营维护阶段和回收处置阶段。具体如图1所示：

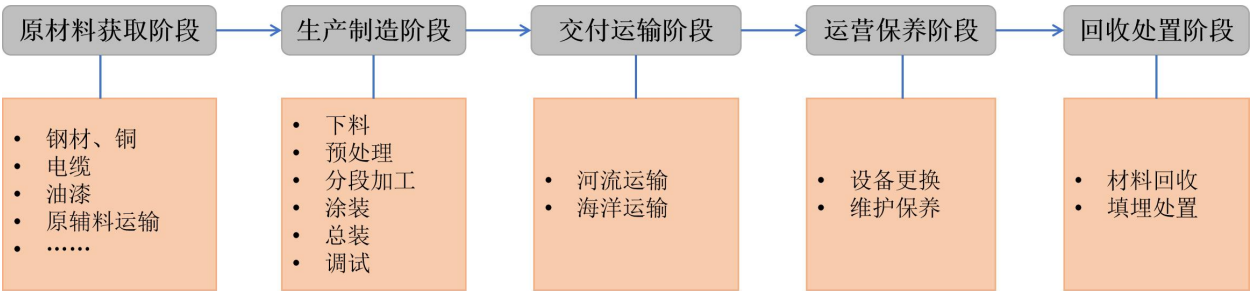


图 1 船舶产品生命周期系统边界图

5.2.2.1 原材料获取阶段

原材料获取阶段指从自然界提取材料（或获取再生材料）并经加工，得到用于生产船舶设备的工业初产品，如钢板、型材、主机、发电机、锅炉、电缆、涂装材料等。包括原材料运输到工厂的过程。

5.2.2.2 生产制造阶段

生产制造阶段指从产品原材料进入工厂开始，到船舶产品离开工厂终止。包括材料数切下料、分段建造、分段管电涂舾装、船台（船坞）合拢、密性和强度试验、机管电舾设备安装、下水前涂装扫尾等生产过程。

5.2.2.3 交付运输阶段

交付运输阶段包括将船舶产品从生产商运输至客户指定地点。不包括生产船舶产品原材料的运输和场内生产过程运输。

5.2.2.4 运营维护阶段

运营维护阶段是运营和维修保养的整个阶段，包括对变压器油、润滑油、防冻液、水资源、电能等能源资源的消耗和船舶零件设备的维修更换。不包括出于运营和维护目的材料运输。

5.2.2.5 回收处置阶段

回收处置阶段包括船舶组件的拆解施工、废弃材料的焚烧和填埋处理、金属等材料的回收利用等。

6 生命周期清单分析

6.1 数据收集及要求

6.1.1 数据类别

调研的数据包括初级数据和次级数据。

初级数据包括船舶产品生产阶段的原材料消耗、能耗、污染物排放以及运输（包括运输形式、运输距离和运输量）等数据，对数据的获得方式和来源均应予以说明。

次级数据包括原辅材料与能源开采生产的生命周期清单数据以及原材料运输所需的运输生命周期清单数据。所有数据应予以详细说明，包括数据来源、数据时间、数据类型等。

6.1.2 数据质量要求

6.1.2.1 初级数据的质量要求

- a) 代表性：初级数据应按照企业生产单元收集所确定范围内的生产统计数据。现代造船模式船舶建造周期的时间约 2 年时间，建议按照生产周期的统计数据。
- b) 完整性：初级数据应按 6.1.3.1 的原则，采集生产初级数据。
- c) 准确性：初级数据应根据排放类别的不同，分别进行数据收集，如原材料消耗、能源使用、运输方式、废物处理等活动数据，数据应该来自于生产单元的实际生产统计记录；环境排放数据优先选择相关的环境监测报告，或由排污因子或物料平衡公式计算获得。所有初级数据均应转换为单位产品，且需要详细记录相关的原始数据、数据来源、计算过程等。
- d) 一致性：初级数据收集时应保持相同的数据来源、统计口径、处理规则等。

6.1.2.2 次级数据的质量要求

- a) 代表性：在初级数据无法获取的情况下，可按照以下优先级顺序使用次级数据，并注明数据来源。优先选择企业的原材料供应商提供的符合 GB/T 24044 标准且第三方独立验证的上游产品生命周期评价报告中的数据。若无，应优先选择代表中国国内平均生产水平的公开统计数据，数据的参考年限应优先选择近年数据。在缺乏公开统计数据的情况下，可参考同类技术和区域的文献数据。若仍无合适数据，可以选择国外同类技术数据进行推到估算，作为次级数据补充。
- b) 完整性：次级数据的系统边界应该从资源开采到这些原辅材料或能源产品出厂为止。
- c) 一致性：所有被选择的次级数据应完整覆盖本标准确定的生命周期清单因子（见 6.3.2），并且应将次级数据转换为一致的物质名录后再进行计算。同一第三方机构对同类产品生命周期评价的次级数据选择应该保持一致，如果次级数据更新，则产品碳足迹核算报告也应更新。

6.1.3 数据选择原则

6.1.3.1 初级数据选取原则

在开展产品碳足迹核算的组织拥有财务或运营控制权的情况下，应收集现场数据。所收集的过程数据应具有代表性。对于最重要的单元过程，即使没有财务或运营控制权，也宜使用现场数据。

注：最重要的单元过程是那些对产品碳足迹贡献度不低于50%的单元过程。

在收集现场数据不可行的情况下，宜使用经第三方评审的非现场数据的初级数据。

仅在收集初级数据不可行时，或对于重要性较低的过程，次级数据才可用于输入和输出。

6.1.3.2 排放因子选取原则

在选择排放因子时，若可直接从原材料和能源供应商处或通过内部流程获得原始排放因子，则应使用此类因子，供应商或企业提供的具体排放因子，应经过质量评估和检查，以确定其是否合适；若无法获得原始排放因子，则应选择最适合的次级排放因子。

电力排放因子的选取原则如下：

- a) 内部发电：当产品消耗的电为内部发电（例如现场发电），且未向第三方出售，则应该将该电力的生命周期碳排放单独核算并计入该产品的产品碳足迹量化。
- b) 直供电力：如果企业与发电站之间具有专门的输电线路，且所消耗的电未向第三方出售，则优先使用供应商提供的电力 GHG 排放因子。
- c) 电网电力：针对电网电力排放因子，当供应商能够通过合同工具的形式保证电力供应则应优先使用供应商特定电力生产的生命周期数据形成排放因子，当无法获得供应商的具体电力信息时应使用由国家或政府发布的电力碳排放因子；若国家或政府尚未发布电力碳排放因子，则可选取国内或国际权威数据库的中国电网电力因子。

注1：根据《温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南》（GB/T 24067-2024）规定和核算需要，可将绿色电力证书或电力交易合同中的非化石能源使用量，作为产品碳足迹核算的依据，并与国际规则做好衔接。如果可再生能源电力证书在出售时不直接与电力本身关联，来自可再生能源的部分电力作为可再生能源电力出售，但没有被排除在电网组合排放因子之外，在这种情况下，应使用电力跟踪系统开展消费电网组合分析，并在产品碳足迹报告中单独报告，以此来展示结果的差异。

注2：当电力碳排放因子选择国家或政府发布的碳排放因子时必须确保这些因子“从摇篮到大门”的全过程排放因子，包括燃烧的排放量和使用一次能源载体的排放量。如果无法提供生命周期的排放因子，则需要附加额外信息，例如使用的一次能源载体及其各自的比例。根据这些信息，必须计算供给能源载体的上游排放量，用于补充燃烧产生的二氧化碳排放因子。

原材料排放因子的选取原则如下：

- a) 在已知供应原材料的生产地（区域或国家）和生产技术，则选择具体的区域或国家/技术的排放因子。
- b) 若已知供应原材料的生产地（区域或国家），但不知生产技术，选择具体区域或国家的产品排放因子混合因子。
- c) 若原材料生产地未知，选择产品生产所在地的具体区域或国家的消费混合因子。
- d) 若缺少区域或国家的具体数据集，则选择同样的生产原材料，该材料应来自其它温室气体排放情况尽量相似的国家和地区。
- e) 若缺少具体的生产材料数据，则选择适当的代用材料数据，例如，来自同一化学族的化学物质。

6.1.3.3 缺失数据选取原则使用

对于缺乏足够代表产品生命周期中特定工艺的初级数据和次级数据时，应该代用数据和估算数据填补数据缺口。

- a) 代用数据：代用数据可以来自类似工艺的数据，作为缺失数据的填补。
- b) 估算数据：当无法收集原始数据或次级数据或代用数据，以填补数据缺口时，必须进行合理的数据估算，确定其对产品碳足迹的影响重要性，并应详细提供估算数据的说明。

6.1.4 数据质量评价

本标准采用数据质量评价体系对数据质量进行评价，见表1。

表 1 数据质量评价体系表

指标值	5	4	3	2	1
可靠性	现场测量	计算数据	平均数据	量化评估	不合格评估
时间代表性	与研究目标时间差距小于3年	与研究目标时间差距小于6年	与研究目标时间差距小于10年	与研究目标时间差距小于15年	与研究目标时间差距大于15年
地理代表性	企业数据	省内数据	国内数据	亚洲数据	全球数据, 但根据专家判断, 估计有足够的相似性
技术代表性	使用的技术与数据集范围内的技术完全相同	使用的技术包括在数据集范围内的技术组合中	使用的技术仅部分包含在数据集范围内	使用的技术与数据集范围中包含的技术类似	使用的技术不同于数据集范围中包含的技术

该评价体系的数据评价指标有4个：可靠性、时间代表性、地理代表性、技术代表性，并用5级分制来定义数据质量。该方法以计算每个数据的得分来判断数据质量，以计算单元过程所有数据的平均得分来判断工序数据的评价质量。对于质量较差的数据应进行敏感性分析或不确定性分析，检查说明产品生命周期忽略的过程、忽略的现场数据、以及主要的假设等相关因素可能对最终结果造成的影响，说明次级数据选择、初级数据收集与处理是否符合本标准的要求。

注：敏感性分析或不确定性分析详细要求见GB/T 24040和GB/T 24044。

数据质量标准评分（DQR）计算公式见公式（1），整体DQR计算见公式（2）。整体DQR根据表2种列出的五个级别进行评级。

DQR公式：

$$DQR_i = \frac{DQR_{可靠性} + DQR_{技术代表性} + DQR_{地理代表性} + DQR_{时间代表性}}{4} \dots\dots\dots (1)$$

$$DQR = \sum \frac{DQR_{活动数据} + DQR_{排放因子}}{2} \times 排放量占比_i \dots\dots\dots (2)$$

表 2 整体数据质量标准的数据质量等级评分（DQR）

整体DQR	总体数据质量水平
DQR>4	卓越品质
3<DQR≤4	质量很好
2.0<DQR≤3	质量好
1.5<DQR≤2.0	质量一般
DQR≤1.5	质量差

6.1.5 数据的取舍准则

单元过程数据种类很多，应对数据进行适当的取舍，取舍原则如下：

- a) 所有累计总量超过单元过程 95%总质量输入的物料输入都必须纳入计算，且单个物料舍弃小于 1%；
- b) 可以舍弃产品碳足迹影响小于 1%的环节,但舍弃环节总的影响不应超过产品碳足迹总量的 5%；
- c) 上游碳足迹影响较高的原材料及辅料输入（例如，贵金属，含有铂类金属的催化剂），即使输入质量≤总质量的 1%，也应纳入产品碳足迹计算；
- d) 员工通勤、道路与厂房的基础设施、投资所需物资及设备的生产、厂区内人员及生活设施的消耗和排放，均可排除在外。

6.2 数据分配

6.2.1 分配原则

船舶生产工序中存在一个单元过程同时产出两种或多种产品，而投入的原材料和能源又没有分开的情况。在这种情况下，不能直接得到清单计算所需的数据，应根据一定的关系对这些过程的数据进行分配。清单是建立在输入与输出的物质平衡的基础上，分配关系需反映出这种输入与输出的基本关系与特性。分配的主要原则如下：

- a) 应根据明确规定的分配程序将输入和输出分配到不同的产品中。
- b) 单元过程中分配前与分配后的输入与输出的总和应相等。
- c) 如果存在若干个可采用的分配程序，应进行敏感性分析，以说明采用其它方法与所选用方法在结果上的差别。

6.2.2 分配程序

处理数据分配问题一般按照以下程序进行：

- a) 步骤 1：在可能的情况下，应通过以下方式避免分配：
 - 1) 将待分配的单元过程分别划分为两个或多个子过程，并收集与这些子过程有关的输入和输出数据；
 - 2) 扩展产品系统，使其包括与共生产品相关的附加功能。
- b) 步骤 2：在无法避免分配的情况下，系统的输入和输出应在其不同产品或功能之间进行划分，以反映它们之间的潜在物理关系。
- c) 步骤 3：如果不能单独建立物理关系或将其用作分配的基础，则宜在产品和功能之间以反映它们之间其他关系的方式分配输入。例如，输入和输出数据可以按照产品的经济价值比例在共生产品之间进行分配。

6.3 生命周期清单分析

6.3.1 数据收集与审定

6.3.1.1 数据收集范围

数据收集范围应涵盖系统边界中的每一个单元过程，数据来源应注明出处。数据收集包括初级数据和次级数据的收集。数据收集表参考附录A。

6.3.1.2 数据收集步骤

数据收集步骤包括：

- a) 根据评价的目标与范围确定的单元过程，进行数据收集的准备工作数据收集准备工作包括
 - 1) 绘制单元过程的输入输出流程图；
 - 2) 设计统计单元过程的实物流输入输出的数据收集表，以及背景数据收集表；
- b) 对数据收集技术、要求作出表述；
- c) 对报送数据的特殊情况、异常点和其它问题进行明确说明。
- d) 根据数据收集准备的要求，由生产部门的技术人员完成数据收集工作。
- e) 数据审定：收集的单元过程数据需要经过确认程序。

6.3.1.3 数据审定原则

数据审定的原则：

- a) 质量平衡：判断单元过程输入的各类原辅料的总质量与输出的产品、各类排放物和残余物的总质量是否一致；
- b) 碳平衡：碳平衡指判断输入的能源、辅料、主原料等的含碳量与输出的 CO₂、产品与副产品、固体废弃物等含碳量是否平衡；
- c) 单元过程的能耗校验：计算单元过程中使用的能源与历史数据是否存在显著差异；
- d) 水平衡：单元过程输入的水量及输出水量是否平衡。

6.3.2 生命周期清单计算程序

6.3.2.1 数据确认

在数据的收集过程中，应检查数据的有效性。在数据的确认过程中发现明显不合理的数据，应分析原因，予以替换，替换的数据应满足数据质量要求。

6.3.2.2 数据与单元过程的关联

生产工序有多种产品，对一个单元过程确定适宜的基准流，如1kg产品，并计算单元过程的定量输入和输出数据。如果船舶生产中存在多个工序都有多种产品，单元过程数据需要进行分配。分配方法见6.2。

6.3.2.3 数据与功能单位的关联

数据与功能单位的关联的计算方法是将各个工序或单元过程的输入输出数据除以产品的产量，即得到单位产品（功能单位）的原辅材料消耗、能源消耗和环境排放。

6.3.3 特定 GHG 排放量和清除量的处理

6.3.3.1 化石碳和生物碳

化石GHG排放量和清楚量应包括在产品碳足迹或产品部分碳足迹中，并作为最终结果单独记录。生物GHG排放量和清除量应包括在产品碳足迹或产品部分碳足迹中，并分别单独记录。所核算系统中应包括生物质衍生产品生命周期的所有相关单元过程，包括但不限于生物质的栽培、生产和收获。

注：化石GHG清除量的示例：通过非生物过程捕集发电厂的化石排放量，然后进行地质封存进行储存。

6.3.3.2 产品中的生物碳

如果计算产品中的生物碳，应该在产品碳足迹核算报告中单独记录，但不应纳入产品碳足迹或部分产品碳足迹的结果。

在进行碳足迹核算时，应提供有关生物碳含量的信息。

注1：一个产品中包含的生物质成因碳是指这个产品中生物碳的部分。

注2：在含有生物质的产品中，生物碳含量等于植物生长过程中的碳清除量。这部分生物碳将在生命末期阶段可能再次释放。

6.3.3.3 土地利用变化

土地利用变化可能导致大量GHG脉冲式排放。土地利用变化可以分为直接土地利用变化和间接土地利用变化。

直接土地利用变化GHG净排放量和净清除量应在产品碳足迹核算报告中分别记录；如果采用现场数据，则应在产品碳足迹核算报告中予以记录。如果使用国家方法，应基于经核查、同行评审或类似研究的科学性数据，并应在产品碳足迹核算报告中予以记录。

间接土地利用变化宜纳入产品碳足迹核算范围内，必须单独记录。应证明所有选择和假设（包括使用的方法）的合理性，并在产品碳足迹核算报告中记录。

土地利用（不是由于土地管理的变化）而导致的土壤和生物质碳储量变化所产生的GHG排放量和清除量，并宜将其纳入产品碳足迹中。

6.3.3.4 飞机运输 GHG 排放量

飞机运输GHG排放量应纳入产品碳足迹中，并在产品碳足迹核算报告中单独记录。

如果使用了航空因子，该因子的影响不应纳入产品碳足迹中，而应与因子来源一起单独报告。

注：在某些情况下，由于与大气的物理和化学反应，飞机在高海拔地区的GHG排放量会产生额外的气候影响。

7 产品碳足迹影响评价

7.1 产品碳足迹量化总则

在产品碳足迹量化的生命周期影响评价阶段，产品系统排放和清除的每个温室气体的潜在气候变化影响应通过将释放或清除的温室气体质量乘以政府间气候变化专门委员会（IPCC）给出的100年全球变暖潜势值（单位：kgCO₂e/kg排放量）

注：产品碳足迹是这些计算影响的总和。

如果政府间气候变化专门委员会修改了全球变暖潜势值，则应在计算产品碳足迹时使用最新值，除非另有说明和证明。

政府间气候变化专门委员会给出的其他时间范围内的全球变暖潜势和全球温度变化潜力可用于GWP100之外，但应单独报告。

注：100年全球变暖潜势（GWP100）用于表示气候变化的短期影响，反映了变暖的速度。

7.2 生物碳影响评价

当进入产品系统时，在计算产品碳足迹时，生物质二氧化碳清除量应表示为-1kgCO₂e/kgCO₂，生物质二氧化碳排放量应表示为+1kgCO₂e/kgCO₂。

对于化石和生物甲烷，应使用符合最新IPCC报告的特征因子。

注：生物质中吸收的CO₂量和生物质在完全氧化点的等量CO₂排放量会导致随时间累积的净CO₂排放量为零，除非生物质碳转化为甲烷、非甲烷挥发性有机化合物（NMVOC）或其他前体气体。

7.3 产品碳足迹的核算公式

船舶产品碳足迹量化评价采用公式（3）计算：

$$E_{\text{产品碳足迹}} = \sum (E_{\text{原材料获取}} + E_{\text{生产制造}} + E_{\text{交付运输}} + E_{\text{运营维护}} + E_{\text{回收处置}} + E_{\text{清除}}) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

E ——温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；

$E_{\text{产品碳足迹}}$ ——功能单位产品温室气体排放量，单位为 kgCO₂e/功能单位；

$E_{\text{原材料获取}}$ ——统计期内功能单位产品原材料获取阶段温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；

$E_{\text{生产制造}}$ ——统计期内功能单位产品生产制造过程阶段温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；

$E_{\text{交付运输}}$ ——统计期内功能单位产品交付运输阶段过程温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；

$E_{\text{运营维护}}$ ——统计期内功能单位产品运营维护阶段温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；

$E_{\text{回收处置}}$ ——统计期内功能单位产品废弃回收处置阶段温室气体排放量，单位为 kgCO₂e；

7.3.1 原材料获取阶段

原材料获取阶段产生的温室气体排放量按照公式（4）计算：

$$E_{\text{原材料获取}} = \sum(E_i + E_{i\text{运输}}) \quad (1)$$

式中：

i ——不同原材料、辅助材料、燃料等类型；

E_i ——功能单位产品第*i*种原材料、辅助材料、燃料生产的温室气体排放量，单位为tCO₂e；

$E_{i\text{运输}}$ ——功能单位产品第*i*种原材料、辅助材料、燃料运输产生的温室气体排放量，单位为tCO₂e。

原材料生产阶段产生的温室气体排放量按照公式（5）计算：

$$E_i = \sum(AC_i \times EF_i) \quad (2)$$

式中：

AC_i ——统计期内生产目标产品第*i*种原材料、辅助材料、燃料消耗量，单位为t；

EF_i ——第*i*种原材料、辅助材料、燃料温室气体排放因子，单位为tCO₂e/t。

原材料运输阶段产生的温室气体排放量按照公式（6）计算：

$$E_{\text{运输}} = \sum(S_x \times M_x \times EF_x) \quad (3)$$

式中：

x ——不同运输工具类型；

S_x ——统计期内生产目标产品第*x*种原材料、辅助材料运输距离，单位为km；

M_x ——统计期内运输功能单位产品原材料、辅助材料重量，单位为t；

EF_x ——统计期内功能单位产品第*x*类运输排放因子。

7.3.2 生产制造阶段

生产制造阶段产生的温室气体排放量按照公式（7）计算：

$$E_{\text{生产制造}} = \sum(E_{i\text{能源}} + E_{\text{过程排放}}) \quad (1)$$

式中：

$E_{i\text{能源}}$ ——统计期内功能单位产品生产过程中的能源产生的温室气体排放量，单位为tCO₂e；

$E_{\text{过程排放}}$ ——统计期内功能单位产品生产过程中的温室气体排放量，单位为tCO₂e。

能源使用过程产生的温室气体排放量按照公式（8）计算：

$$E_{\text{能源}} = E_{\text{燃料}} + E_{\text{电力}} + E_{\text{热力}} \quad (2)$$

式中：

$E_{\text{燃料}}$ ——统计期内功能单位产品燃料燃烧产生的温室气体排放量，单位为tCO₂e；

$E_{\text{电力}}$ ——统计期内功能单位产品使用外购电力产生的温室气体排放量，单位为tCO₂e；

$E_{\text{热力}}$ ——统计期内功能单位产品使用外购热力产生的温室气体排放量，单位为tCO₂e。

燃料燃烧过程产生的温室气体排放量按照公式（9）计算：

$$E_{\text{燃料}} = \sum (\text{消耗量}_k \times \text{低位热量值}_k \times \text{单位热值含碳量}_k \times \text{氧化率}_k) \times (44 \div 12) \quad (3)$$

式中：

k ——不同燃料类型；

消耗量 ——燃料消耗量，单位为t或m³；

低位热量值 ——单位燃料消耗量的低位发热量，单位为GJ/t或GJ/m³；

单位热值含碳量 ——单位热值燃料所含碳元素质量，单位为t/GJ；

氧化率 ——燃料中的碳在燃烧中被氧化的比例，单位为%。

使用电力/热力产生的温室气体排放量按照公式（10）计算：

$$E_{\text{电力/热力}} = \sum (AC_i \times EF_i) \quad (4)$$

式中：

AC_i ——电力或热力消耗量，单位为万千瓦时或GJ；

EF_i ——电力或热力排放因子，单位为tCO₂e/万千瓦时或tCO₂e/GJ。

生产过程中的温室气体排放量按照公式（11）计算：

$$E_{\text{过程排放}} = \sum (AD_j \times PF_j) \times j \quad (5)$$

式中：

j ——不同过程类型；

AD_j ——第j类过程活动水平数据，单位为t或m³；

PF_j ——第j类过程温室气体排放因子，单位为tCO₂e/t或tCO₂e/m³。

7.3.3 交付运输过程

交付运输阶段产生的温室气体排放量按照公式（12）计算：

$$E_{\text{交付运输}} = \sum (M \times L_u \times EF_u) \quad (1)$$

式中：

u ——不同运输工具类型；

M ——统计期内功能单位产品质量，单位为t；

L_u ——统计期内功能单位产品第u类运输工具运输距离，单位为km；

EF_u ——统计期内功能单位产品第u类运输类型排放因子，单位为tCO₂e/t。

7.3.4 运营维护阶段

运营维护阶段产生的温室气体排放量按照公式（13）计算：

$$E_{\text{运营维护}} = E_{\text{运营过程}} + E_{\text{维修保养}} \quad (1)$$

式中：

$E_{\text{运营过程}}$ ——统计期内功能单位产品运营过程产生的温室气体排放量，单位为tCO₂e；

$E_{\text{维修保养}}$ ——统计期内功能单位产品维修保养产生的温室气体排放量，单位为tCO₂e。

运营过程产生的温室气体排放量按照公式（14）计算：

$$E_{\text{运营}} = \sum(\text{消耗量}_m \times \text{低位热量值}_m \times \text{单位热值含碳量}_m \times \text{氧化率}_m) \times (44 \div 12) \quad (2)$$

式中：

m ——船舶运营阶段使用的不同燃料类型；

消耗量 ——燃料消耗量，单位为t或m³；

低位热量值 ——单位燃料消耗量的低位发热量，单位为GJ/t或GJ/m³；

单位热值含碳量 ——单位热值燃料所含碳元素质量，单位为t/GJ；

氧化率 ——燃料中的碳在燃烧中被氧化的比例，单位为%。

维修保养产生的温室气体排放量按照公式（15）计算：

$$E_{\text{维修保养}} = \sum(Q_o \times L_o \times EF_o) \quad (3)$$

式中：

o ——不同维修保养零部件类型；

Q_o ——统计期内功能单位产品第 o 类零部件质量，单位为t；

L_o ——统计期内功能单位产品零部件更换次数；

EF_o ——第 o 类零部件温室气体排放因子，单位为tCO₂e/t。

7.3.5 回收处置阶段

回收处置阶段产生的温室气体排放量按照公式（16）计算：

$$E_{\text{回收处置}} = (E_{\text{回收过程}} + E_{\text{拆解过程}} + E_{\text{处置过程}}) - E_{\text{回收替代}} \quad (1)$$

式中：

$E_{\text{回收过程}}$ ——统计期内功能单位产品回收过程产生的温室气体排放量，单位为tCO₂e；

$E_{\text{拆解过程}}$ ——统计期内功能单位产品拆解过程产生的温室气体排放量，单位为tCO₂e；

$E_{\text{处置过程}}$ ——统计期内功能单位产品处置过程产生的温室气体排放量，单位为tCO₂e；

$E_{\text{回收替代}}$ ——统计期内功能单位产品废弃回收的材料替代原生材料生产过程的温室气体排放量，单位为tCO₂e。

回收过程产生的温室气体排放量按照公式（17）计算：

$$E_{\text{回收过程}} = \sum (AD_n \times EF_n) \quad (2)$$

式中：

n ——不同回收物类型；

AD_n ——第 n 类回收物活动水平数据，单位为t或 m^3 ；

EF_n ——第 n 类回收物过程温室气体排放因子，单位为 $\text{tCO}_2\text{e/t}$ 或 $\text{tCO}_2\text{e/m}^3$ 。

拆解过程产生的温室气体排放量按照公式（18）计算：

$$E_{\text{拆解过程}} = \sum (AD_l \times EF_l) \quad (3)$$

式中：

l ——不同拆解物类型；

AD_l ——第 l 类拆解物活动水平数据，单位为t或 m^3 ；

EF_l ——第 l 类拆解物温室气体排放因子，单位为 $\text{tCO}_2\text{e/t}$ 或 $\text{tCO}_2\text{e/m}^3$ 。

处置过程产生的温室气体排放量按照公式（19）计算：

$$E_{\text{处置过程}} = \sum (AD_w \times EF_w) \quad (4)$$

式中：

w ——不同处置物类型；

AD_w ——第 w 类处置物活动水平数据，单位为t或 m^3 ；

EF_w ——第 w 类处置物温室气体排放因子，单位为 $\text{tCO}_2\text{e/t}$ 或 $\text{tCO}_2\text{e/m}^3$ 。

回收替代产生的温室气体排放量按照公式（20）计算：

$$E_{\text{回收替代}} = \sum (AD_y \times EF_y) \quad (5)$$

式中：

y ——不同回收替代物类型；

AD_y ——第 y 类回收替代物活动水平数据，单位为t或 m^3 ；

EF_y ——第 y 类回收替代物温室气体排放因子，单位为 $\text{tCO}_2\text{e/t}$ 或 $\text{tCO}_2\text{e/m}^3$ 。

清除的温室气体排放量按照公式（21）计算：

$$E_{\text{清除}} = \sum (AC_r \times EF_r) \quad (6)$$

式中：

y ——不同清除类型；

AC_r ——第 r 类清除活动水平数据，单位为t或 m^3 ；

EF_r ——第 r 类清除温室气体排放因子，单位为 $\text{tCO}_2\text{e/t}$ 或 $\text{tCO}_2\text{e/m}^3$ 。

7.4 产品碳足迹的表征指标和特征化因子

船舶产品碳足迹量化值用全球变暖潜势（Global Warming Potential, GWP）100年来表征，部分温室气体的全球变暖潜势特征化因子值如表3所示。

表 3 部分温室气体的全球变暖潜势

温室气体名称	化学分子式	全球变暖潜势GWP100
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	17400
六氟化硫	SF ₆	25200
氢氟碳化物（HFCs）		
HFC-23	CHF ₃	14600
HFC-32	CH ₂ F ₂	771
HFC-41	CH ₃ F	135
HFC-125	C ₂ HF ₅	3740
HFC-134	CHF ₂ CHF ₂	1260
HFC-134a	C ₂ H ₂ F ₄	1530
HFC-143	CH ₂ FCH ₂ F	364
HFC-1453a	CH ₃ CF ₃	5810
HFC-152a	C ₂ H ₄ F ₂	164
HFC-227ea	C ₃ HF ₇	3600
HFC-226fa	C ₃ H ₂ F ₆	8690
全氟碳化物（PFCs）		
全氟甲烷（四氟甲烷）	CF ₄	7380
全氟乙烷（四氟乙烷）	C ₂ F ₆	12400
全氟丙烷	C ₃ F ₈	9290
全氟丁烷	C ₄ F ₁₀	10000
全氟环丁烷	C ₄ F ₈	10200
全氟戊烷	C ₅ F ₁₂	9220
全氟己烷	C ₆ F ₁₄	8620
注：部分温室气体的全球变暖潜势来源于气候变化专门委员会（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》；如果IPCC修改了全球变暖潜势值，则应在计算产品碳足迹时使用最新值，除非另有说明和证明。		

8 产品碳足迹结果解释

船舶产品碳足迹结果的生命周期解释阶段应包括以下步骤：

- a) 根据生命周期清单分析和产品碳足迹影响评价阶段量化产品碳足迹的结果识别重大问题；
- b) 考虑完整性、一致性和敏感性分析的评估；
- c) 结论、局限性和建议的制定。

根据生命周期清单分析或产品碳足迹影响评价阶段量化产品碳足迹的结果应按照产品碳足迹量化的目的和范围进行解释。解释应包括：

——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（如单一环境影响类型、方法的局限性等）。

注：有关更多信息，请参见GB/T 24044，4.5和GB/T 24044附件B。

9 产品碳足迹报告

船舶产品碳足迹报告的目的是描述船舶产品碳足迹量化的过程和结果，并证明已满足本标准的规定。详细船舶产品碳足迹报告请参见附录B。

10 报告审查

在编制船舶产品碳足迹报告时，严格审查有助于理解和提高产品碳足迹的可信度。应根据ISO/TS 14071对产品碳足迹的量化进行严格审查（如有）。

附录 A
(资料性)
产品碳足迹量化数据收集表

各阶段数据清单参见表A. 1、表A. 2、表A. 3、表A. 4、表A. 5、表A. 5。

图 A. 1 原材料获取及加工阶段数据清单

序号	设备名称	原材料	材料成分	活动数据	数据类型	数据时间	排放因子	数据类型
1	船壳板	环氧树脂			测量值			测量值
2	龙骨	钢			计算值			计算值
		铁			缺省值			缺省值
3	横梁	碳钢						
		高强度钢						
4	发电机	铜						
		钢						
		铁						
		二氧化硅						
5	螺旋桨	钢						
		铁						
6	发动机	钢						
		铁						
7	涡轮增压器	钢						
		铁						
		铜						
8	舵叶	钢						
		铁						
		铜						
9	锚	钢						
		铁						
.....								

注：设备材料数据明细根据实际情况收集，可优先选择经第三方认证的设备碳足迹数据。

图 A. 2 原材料获取及加工阶段数据清单

序号	设备名称	设备数量	能源种类	活动数据	数据类型	数据时间	排放因子	数据类型
1	船体结构							
2	推进系统							
3	动力系统							
4	锚和系泊设备							
5	甲板设备							
6	载重汽车							

序号	设备名称	设备数量	能源种类	活动数据	数据类型	数据时间	排放因子	数据类型
7	汽车起重机							
8	履带起重机							
9	叉式起重机							
.....								

图 A.3 原材料获取及加工阶段数据清单

序号	运输对象	运输方式（供 应商信息）	运输重量	运输距离	数据类型	碳排放因子	数据类型
1	船体结构						
2	推进系统						
3	动力系统						
4	锚和系泊设 备						
.....							

图 A.4 原材料获取及加工阶段数据清单

序号	运营维护类 型	设备对象	功能模块	活动数据	数据类型	排放因子	数据类型
1	设备更换	船体结构	原材料获取				
			设备制造				
			设备运输				
		其他					
2	设备运营	所有设备	材料运输	燃油消耗量			
			巡检交通				
3	设备维护	所有设备	润滑油				
			液压油				
			防冻液				
			其他（SF ₆ ）				
.....							

注：因替换或更新设备产生的原材料获取、设备制造和设备运输所对应的核算可参考附录A表A. 1~A表A. 6。

图 A.5 原材料获取及加工阶段数据清单

序号	单元模块	对象	数量	活动数据	数据类型	排放因子	数据类型
1	拆解	电力					
		其他					
2	填埋处置（按 重量统计）	树脂					
		玻璃纤维					
		二氧化硅					
		其他					
3	焚烧处置	其他（固废、 危废、其他）					

序号	单元模块	对象	数量	活动数据	数据类型	排放因子	数据类型
4	回收利用	钢					
		铁					
		铜					
		铝					
		镀					
		其他					
.....							

图 A.6 原材料获取及加工阶段数据清单

序号	生命周期阶段	碳排放量（tCO ₂ e）	百分比（%）	碳排放强度（kgCO ₂ e/（kW·h））
1	原材料获取			
2	生产制造			
3	交付运输			
4	运营维护			
5	回收处置			
合计	全生命周期阶段			

附 录 B
(资料性)
产品碳足迹报告（模板）

产品碳足迹或产品部分碳足迹报告（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、生产制造阶段、交付运输阶段、运营维护阶段、回收处置阶段系统边界图：

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 (t/功能单位或声明单位)
原材料获取			
生产制造			
交付运输			
运营维护			
回收处置			

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tCO₂e。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（t CO ₂ e/功能单位）	百分比（%）
原材料获取		
生产制造		
交付运输		
运营维护		
回收处置		

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、不确定性分析、敏感性分析

考虑完整性、一致性、不确定性和敏感性分析的评估。

3、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。

4、改进建议
