

团体标准

T/CTAPI 006—2024

纸浆、纸及纸板、纸制品 碳足迹核算 方法与报告指南

Guideline for carbon footprint accounting and reporting for pulp, paper,
paperboard and paper products

(2024年7月版本, 发布稿)

2024-07-02 发布

2024-07-08 实施

中国造纸学会 发布

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。

本文件由中国造纸学会提出并归口。

本文件起草单位：中国制浆造纸研究院有限公司、中国轻工业上海工程咨询有限公司、华南理工大学、牡丹江恒丰纸业股份有限公司、海南金海浆纸业有限公司、岳阳林纸股份有限公司、福建青山纸业股份有限公司、金红叶纸业集团有限公司、保定市港兴纸业有限公司、亚太森博（广东）纸业有限公司、山东博汇纸业股份有限公司、四川环龙新材料有限公司、福建南王环保科技股份有限公司、山西云冈纸业有限公司、浙江华凯纸业有限公司、江苏王子制纸有限公司、上海轻良实业有限公司、香港品质保证局、深圳市计量质量检测研究院、造纸工业生产力促进中心、造纸产业双碳战略发展中心。

本文件主要起草人：蔡慧、黄举、葛继明、张升友、刘俊杰、曹宝萍、邱文伦、张园、韩蕾、满奕、李恩双、谢勤、易利华、郑承凤、王英、张三套、楚西庆、徐海军、沈根莲、张成生、梁洁、程益民、蔡浩仁、陈锴、诸德臻、吴庆胜、祝金侠、邝仕能、蒋婷、徐碧珊、张权。

引 言

本文件制定过程参考了 PAS 2050《商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》、欧洲造纸工业联合会（CEPI）《纸和纸板产品的碳足迹框架》及国内相关标准法规，旨在建立一个科学、统一、可操作性强的适合造纸产品碳足迹核算的方法，从而为企业和相关机构开展碳足迹核算提供指引，促进行业低碳发展，引导绿色消费。由于造纸工业产品碳足迹核算目前在国家层面还没有一个顶层指导性文件，相关部委正在推进出台相关文件，因此本文件内容将根据国家最新法规、标准及时调整修改，以体现其时效性和适用性。在使用本文件时请注意确认是否为最新版本。

纸浆、纸及纸板、纸制品 碳足迹核算方法与报告指南

1 范围

本文件规定了纸浆、纸及纸板、纸制品碳足迹的核算原则、核算量化范围、核算方法、数据收集、排放分配、不确定性评价和报告要求，界定了相关术语和定义。

本文件适用于核算和报告纸浆、纸及纸板、纸制品的碳足迹。

本文件不适用于纸尿裤、卫生巾等一次性卫生用品碳足迹的核算与报告。

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。

IPCC2006年国家温室气体清单指南（2019修订版）

省级温室气体清单编制指南（试行）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

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。

注：与本文件相关的生命周期阶段包括原材料获取、加工制造、销售及使用、废弃处理。

[来源：GB/T 24040—2008，3.1]

3.2

产品碳足迹（CFP） carbon footprint of a product

基于生命周期评价，产品系统中的温室气体排放量和温室气体清除量之和，以二氧化碳当量为单位表示。

注1：可将 CFP 分解为一组数字，确定具体的温室气体排放量和清除量。CFP 也可以分解为生命周期各个阶段的碳足迹。

注2：CFP 量化结果记录在 CFP 研究报告中，以每个功能单元的二氧化碳当量表示。

注3：温室气体排放量为正值，温室气体清除量为负值。

3.3

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 24044—2008，3.32]

3.4

温室气体 (GHG) 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。

[来源: GB/T 32150—2015, 3.1]

3.5

全球变暖潜能值 (GWP) global warming potential

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

3.6

二氧化碳当量 (CO₂e) carbon dioxide equivalent

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: 温室气体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能值 (3.5)。

3.7

排放因子 (EF) 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: GB/T 32150—2015, 3.13]

3.8

产品系统 product system

拥有基本流和产品流,同时具有一种或多种特定功能,并能模拟产品生命周期的单元过程的集合。

[来源: GB/T 24040—2008, 3.28]

3.9

功能单位 functional unit

用来作为基准单位的量化的产品系统性能。

[来源: GB/T 24040—2008, 3.20]

3.10

分配 allocation

将过程或产品系统中的输入和输出分配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 24044—2008, 3.17]

3.11

活动数据 activity data

导致温室气体排放的生产或消费活动强度的表征。

3.12

碳存储 carbon storage

从大气层中清除并储存在产品中的碳。

[来源: ISO 14067, 3.1.3.3]

4 核算原则

4.1 相关性

选择适合评估产品整个或部分过程所产生的温室气体排放量、清除量的数据和方法。

4.2 完整性

包括所有对评估产品的碳足迹有实质性贡献的温室气体排放和清除。

4.3 一致性

采用统一的核算和报告方法，能够对温室气体排放、清除进行有意义的比较。

4.4 准确性

对产品温室气体排放和清除进行准确的核算，尽可能地减少误差和不确定性。

4.5 透明性

披露碳足迹核算相关信息，具有明确的数据收集方法和核算过程，并对数据来源及核算方法给予充分说明。

4.6 可操作性

确保核算及报告的各环节具有明确的指导性和可行性。

4.7 数据可得性

确保所使用的初级数据及相关次级数据均有明确的来源，对不可获得的数据给予说明。

5 核算量化范围

5.1 系统边界

产品碳足迹核算系统边界如图1所示，包括原材料获取阶段、加工制造阶段、销售及使用时阶段、废弃处理阶段。可根据核算目的选择相应的系统边界，如果核算摇篮到大门，系统边界包括原料获取阶段、加工制造阶段；如果核算摇篮到坟墓，系统边界包括原料获取阶段、加工制造阶段、销售及使用时阶段、废弃处理阶段。

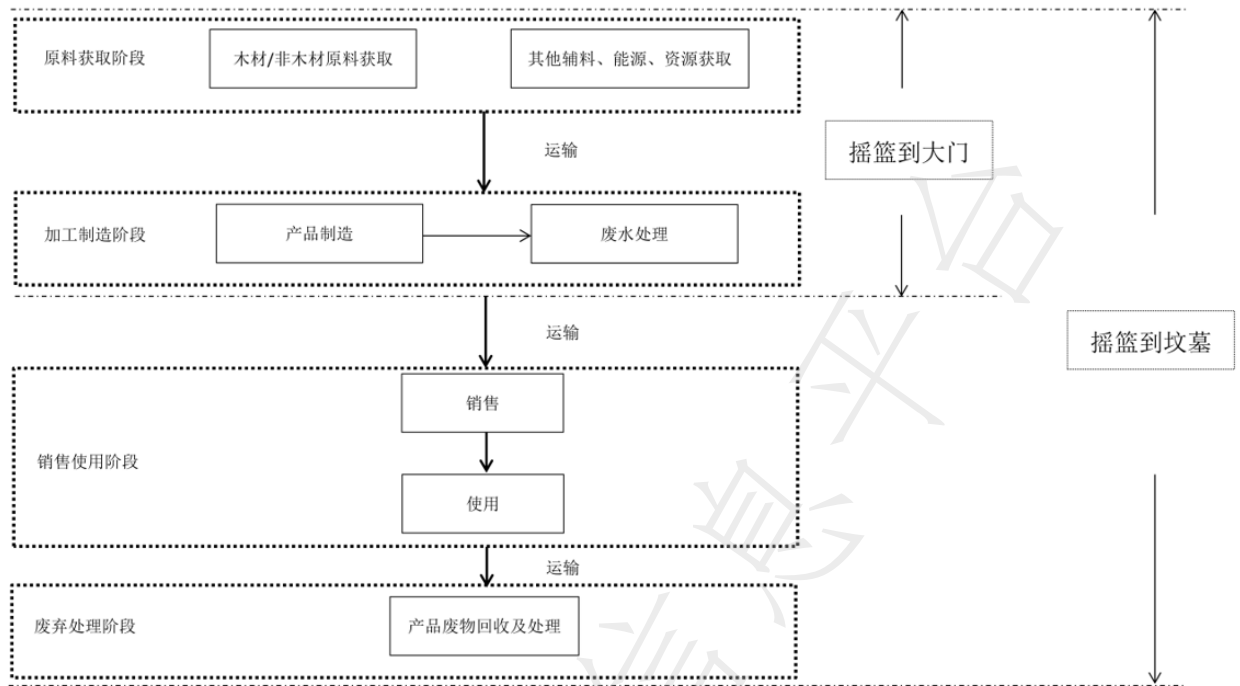


图1 系统边界图

5.2 阶段描述

5.2.1 原材料获取阶段

原材料获取阶段包括以下过程：

——林业或农业种植：包括种苗的种植（采伐后清理作业、整地、栽种、施肥）、伐木或收割、场内运输和新的种苗种植；

——林业或农业种植所用化肥和农药的生产；

——林业或农业种植及产品制造阶段所用能源的生产；

——废纸的回收；

——填料、添加物或其他化学品等原辅材料的生产；

——包装物的生产；

——原材料获取的运输。

注：不是所有的产品都包括以上全部过程，根据产品具体情况进行选择。

5.2.2 制造阶段

制造阶段包括以下过程：

——由外部到制造阶段的运输（原辅材料运送到工厂）；

——纸浆的生产；

——纸及纸板、纸制品的生产；

——纸及纸板的整饰、浸渍、印刷和涂布；

——纸及纸板、纸制品的分切和包装；

——纸及纸板、纸制品生产过程中产生的废气、废水、固体废物的处理过程；

——制造阶段内的运输。

注：不是所有的产品都包括以上全部过程，根据产品具体情况进行选择。

5.2.3 销售及使用阶段

5.2.3.1 产品分销与贮存阶段

产品分发给用户，存储在供应链的各个点。分销与贮存应包括与分发、存储相关的过程，如仓库照明和供暖的能源输入、在仓库和运输车辆中使用制冷剂、车辆的燃料使用等。

5.2.3.2 使用阶段

消费使用产品的过程。

5.2.4 废弃处理阶段

废弃处理阶段包括产品、包装物废弃后的处理过程。

5.3 系统边界取舍原则

在确定系统边界时，应列入所有的实质性排放，即产品在生产、使用、处置或再利用的过程中直接或间接产生的，超过该产品生命周期预期排放总量1%的任一来源的排放；低于预期排放总量1%的非实质性排放可以舍弃，但舍弃的非实质性排放的总比例不得超过5%。除此以外，以下情况可不列入系统边界：

- 输入过程的人力；
- 消费者到零售点的交通；
- 动物提供的运输；
- 行政管理和维护；
- 营销和销售。

5.4 核算温室气体类别

产品生命周期内排放核算评价的气体包括CO₂、CH₄和N₂O。

5.5 排放核算评价期

对产品生命周期内GHG排放的影响进行评价，为该产品形成后100年内GHG排放的CO₂当量影响，即100年的评价期。

5.6 温室气体排放源

产品在生命周期内各个过程、输入或输出所产生的温室气体排放，包括但不限于：

- a) 林地的管理、采伐、削片和农作物生产、纤维回收等过程产生的温室气体排放；
- b) 产品制造过程产生的温室气体排放，主要包括：
 - 能源利用，包括外购或自产的电力、热能和能源转换等过程产生的温室气体排放；
 - 燃烧过程，如化石燃料等燃烧产生的排放；
 - 生产加工设施（制浆、造纸、碱回收及后加工等过程（如涉及））产生的温室气体排放；
- c) 原材料（包括化工原料、包装材料等）生产所产生的温室气体排放；
- d) 原材料、燃料、中间产品和最终产品等运输所产生的温室气体排放；
- e) 废弃物（如废水、废气、固废等）处理所产生的温室气体排放；
- f) 产品使用产生的排放。

5.7 功能单位

功能单位一般为1t产品。如果产品以不同的形式包装（如卷、包、箱等），可以按每包装单位产品产生的CO₂质量的方式进行报告，但需同时说明每包装单位产品的质量。

6 核算方法

6.1 核算通则

产品碳足迹包括温室气体排放量和温室气体清除量两部分，其中温室气体排放量为整个产品生命周期中所有活动的材料、能源和废物乘其排放因子之和，每项活动的温室气体排放量计算出来后，再利用全球变暖潜能值（GWP）将其换算为二氧化碳当量；温室气体清除量主要包括土地碳存储变化量、产品的碳存储。

根据纸浆、纸及纸板、纸制品的特点，本文件从土地碳存储变化量、产品的碳存储、产品制造过程的温室气体排放、与纤维原料有关的温室气体排放、纤维原料以外的原材料和燃料产生的温室气体排放、运输相关的温室气体排放、产品使用产生的温室气体排放、生命周期终期的温室气体排放 8 个方面分别进行碳足迹核算。

6.2 土地碳存储变化量

土地碳存储包括地上部和地下部的生物质、死有机质和土壤有机质中的碳量。土地碳存储变化量是指由于土地类别之间或类别内的土地转换导致该土地碳存储量的变化。若原料获取涉及土地利用变化，相应的土地碳存储变化量按公式（1）计算。

$$G_c = \sum_{i=1}^n (C_{2i} - C_{1i}) \times 44/12 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

G_c ——土地碳存储变化量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；

C_{2i} ——核算时间周期末该区域第*i*种原料（木、竹、农作物）对应的土地碳存储量，单位为吨碳（tC）；

C_{1i} ——核算时间周期初该区域第*i*种原料（木、竹、农作物）对应的土地碳存储量，单位为吨碳（tC）。

根据欧洲造纸协会（CEPI）提出的建议，可持续森林管理有利于土地碳存储量保持稳定。因此，本标准规定经由可持续森林认证的木材、经由竹林可持续经营认证的竹材可认为不产生额外的土地利用变化碳排放，即土地的碳存储变化量为零。另外，农作物对应的土地碳存储变化量可默认为零。

6.3 产品碳存储

6.3.1 产品使用中的碳存储

产品使用过程中的碳存储量按公式（2）计算：

$$G_0 = m_0 \times (1 - h) \times C_0 \times n \times 44/12 \dots\dots\dots (2)$$

式中：

G_0 ——产品使用中的碳存储量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；

m_0 ——产品产量，单位为吨（t）；

h ——产品的水分含量，单位为百分数（%）；

C_0 ——产品的碳含量，单位为百分数（%）；

n ——产品评价期内CO₂延迟排放的加权系数。

产品评价期内CO₂延迟排放的加权系数按公式（3）计算：

$$n = 0.76 \times t_0/100 \dots\dots\dots (3)$$

式中：

t_0 ——为造纸产品的寿命，单位为年，本文件推荐 t_0 为2年。

注1：根据IPCC推荐纸及纸制品水分含量为7%、碳含量为46%。若有原始数据证明产品的水分含量和碳含量，则使用原始数据进行计算。

注2：如果产品的寿命为2年，产品的水分含量为7%，则延迟排放的加权系数为 $0.76 \times 2/100 = 0.0152$ ，则100年评

价期内1t产品使用中的碳存储量为： $1 \times (1-0.07) \times 46\% \times 0.0152 \times 44/12=0.02384 \text{ tCO}_2$ 。

6.3.2 产品填埋中的碳存储

造纸产品废弃物填埋处置的碳存储量按公式（4）计算。

$$G_1 = m_1 \times t_0 \times C_1 \times (1 - C_2) \times 44/12 \dots \dots \dots (4)$$

式中：

G_1 ——产品废弃物填埋处置的碳存储量，单位为吨二氧化碳（ tCO_2 ）；

m_1 ——产品废弃物的总量，单位为吨（t）；

t_0 ——废弃物填埋处置占废弃物总量的比例，%；

C_1 ——可降解有机碳比例，单位为吨碳/吨废弃物（ tC/t废弃物 ）；

C_2 ——可降解有机碳的降解比例。

6.4 产品制造过程的温室气体排放

6.4.1 产品制造过程温室气体排放

产品制造过程中温室气体的排放量按公式（5）计算：

$$G_m = G_b + G_e + G_h + G_w + G_g + G_s \dots \dots \dots (5)$$

式中：

G_m ——产品制造过程中温室气体排放总量，单位为吨二氧化碳当量（ tCO_2e ）；

G_b ——产品制造过程中所消耗的化石燃料燃烧产生的 CO_2 排放量，单位为吨二氧化碳（ tCO_2 ）；

G_e ——产品制造过程中净购入的电力所对应的 CO_2 排放量，单位为吨二氧化碳（ tCO_2 ）；

G_h ——产品制造过程中净购入的热力所对应的 CO_2 排放量，单位为吨二氧化碳（ tCO_2 ）；

G_w ——产品制造过程中废水厌氧处理产生的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（ tCO_2e ）；

G_g ——产品制造过程中消耗的石灰石分解/反应产生的 CO_2 排放量，单位为吨二氧化碳（ tCO_2 ）；

G_s ——产品制造过程中固体废弃物处置产生的 CO_2 排放量，单位为吨二氧化碳（ tCO_2 ）。

注1：生物质燃烧产生的 CO_2 排放不包括在产品碳足迹核算范围内。

注2：产品的制造包括多个过程如制浆、抄纸、碱回收、辅料的制备、后加工等，可对各个过程分别进行碳足迹的评价和报告，有利于识别GHG减排的目标。

注3：同时生产多种产品或副产品，GHG排放需分配到不同的产品。

6.4.2 化石燃料燃烧产生的温室气体排放

产品制造过程消耗的煤、柴油、天然气、汽油等燃烧产生的二氧化碳排放量按公式（6）计算：

$$G_b = \sum_{i=1}^n (AD_i \times EF_i) \dots \dots \dots (6)$$

式中：

G_b ——核算和报告期内消耗的化石燃料燃烧产生的 CO_2 排放量，单位为吨二氧化碳（ tCO_2 ）；

i ——净消耗的化石燃料的类型；

AD_i ——核算和报告期内消耗的第 i 种化石燃料的活动水平，单位为吉焦（GJ）；

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吉焦（ tCO_2/GJ ）。

核算和报告期内第 i 种化石燃料的活动水平 AD_i 按公式（7）计算：

$$AD_i = NCV_i \times FC_i \dots \dots \dots (7)$$

式中：

NCV_i ——核算和报告期内第 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，单位为吉焦每万立方米（ GJ/万m^3 ）；

FC_i ——核算和报告期内第*i*种化石燃料的净消耗量，对固体或液体燃料，单位为吨（t）；对气体燃料，单位为万立方米（ 10^4m^3 ）。

化石燃料的二氧化碳排放因子按公式（8）计算：

$$EF_i = CC_i \times OF_i \times 44/12 \dots\dots\dots (8)$$

式中：

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，单位为百分数（%）。

注：常用化石燃料相关参数推荐值参见附录B。

6.4.3 净购入使用的电力对应的温室气体排放

产品生产过程中购入的电力消费所对应的电力生产环节二氧化碳排放量按公式（9）计算：

$$G_e = AD_e \times EF_e \dots\dots\dots (9)$$

式中：

G_e ——净购入的电力所对应的电力生产环节 CO_2 排放量，单位为吨二氧化碳（ tCO_2 ）；

AD_e ——核算和报告期内的净外购电量，单位为兆瓦时（ MWh ）；

EF_e ——区域电网年平均供电排放因子，单位为吨二氧化碳每兆瓦时（ tCO_2/MWh ），参见附录C。

6.4.4 净购入使用的热力对应的温室气体排放

产品生产过程中热力消耗所对应的热力生产环节二氧化碳排放量按公式（10）计算：

$$G_h = AD_h \times EF_h \dots\dots\dots (10)$$

式中：

G_h ——净购入的热力所对应的热力生产环节 CO_2 排放量，单位为吨二氧化碳（ tCO_2 ）；

AD_h ——核算和报告期内的净外购热力，单位为吉焦（ GJ ）；

EF_h ——年平均供热排放因子，单位为吨二氧化碳每吉焦（ tCO_2/GJ ），参见附录C。

6.4.5 废水处理产生的温室气体排放

产品在生产过程中产生的工业废水经厌氧处理导致的温室气体排放量按公式（11）计算：

$$G_w = E_{\text{CH}_4} \times GWP_{\text{CH}_4} \times 10^{-3} \dots\dots\dots (11)$$

式中：

G_w ——废水厌氧处理过程产生的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（ tCO_2e ）；

E_{CH_4} ——废水厌氧处理过程甲烷排放量，单位为千克（ kg ）；

GWP_{CH_4} ——甲烷的全球变暖潜能值，参见附录A。

废水厌氧处理过程甲烷排放量 E_{CH_4} 按公式（12）计算：

$$E_{\text{CH}_4} = (TOW - S) \times EF_{\text{CH}_4} - R \dots\dots\dots (12)$$

式中：

TOW ——废水厌氧处理去除的有机物总量，单位为千克化学需氧量（ kgCOD ）；

S ——以污泥方式清除掉的有机物总量，单位为千克化学需氧量（ kgCOD ）；

EF_{CH_4} ——甲烷排放因子，单位为千克甲烷每千克化学需氧量（ $\text{kgCH}_4/\text{kgCOD}$ ）；

R ——甲烷回收量，单位为千克甲烷（ kgCH_4 ）。

废水厌氧处理去除的有机物总量 TOW 按公式 (13) 计算:

$$TOW = W \times (COD_{in} - COD_{out}) \dots \dots \dots (13)$$

式中:

W ——厌氧处理过程产生的废水量, 采用企业计量数据, 单位为立方米 (m^3);

COD_{in} ——厌氧处理系统进口处废水中的化学需氧量浓度, 采用企业检测值的平均值, 单位为千克化学需氧量每立方米 ($kgCOD/m^3$);

COD_{out} ——厌氧处理系统出口处废水中的化学需氧量浓度, 采用企业检测值的平均值, 单位为千克化学需氧量每立方米 ($kgCOD/m^3$)。

甲烷排放因子 EF_{CH_4} 按公式 (14) 计算:

$$EF_{CH_4} = B_o \times MCF \dots \dots \dots (14)$$

式中:

B_o ——厌氧处理废水系统的甲烷最大产生能力, 单位为千克甲烷每千克化学需氧量 ($kgCH_4/kgCOD$);

MCF ——甲烷修正因子, 无量纲, 表示不同处理和排放的途径或系统达到的甲烷最大产生能力 (B_o) 的程度, 也反映了系统的厌氧程度。

注: 对于废水厌氧处理系统的甲烷最大产生能力, 优先使用国家最新公布的数据, 如果没有则采用本文件附录 C 给出的推荐值。对于甲烷修正因子, 具备条件的企业可开展实测, 或委托有资质的专业机构进行检测, 或采用本文件附录 C 给出的参考值。

6.4.6 石灰石分解/反应产生的温室气体排放

石灰石分解/反应产生的温室气体排放主要包括石灰石 (主要成分为碳酸钙) 煅烧发生分解反应产生的二氧化碳排放量、产品制造过程中废气处理消耗的石灰石发生反应产生的二氧化碳排放量两部分, 按公式 (15) 计算:

$$G_g = L \times EF_{CaCO_3} \dots \dots \dots (15)$$

式中:

G_g ——核算和报告期内的石灰石分解/反应产生的碳排放量, 单位为吨二氧化碳 (tCO_2);

L ——核算和报告期内的石灰石原料消耗量, 单位为吨 (t);

EF_{CaCO_3} ——石灰石的二氧化碳排放因子, 单位为吨二氧化碳每吨石灰石 ($tCO_2/tCaCO_3$), 参见附录C。

6.4.7 固体废物处理产生的温室气体排放

生产过程产生的固体废物处理所造成的二氧化碳排放量按公式 (16) 计算:

$$G_s = \sum_{j=1}^n (AD_j \times R_g \times EF_g) \dots \dots \dots (16)$$

式中:

G_s ——核算和报告期内产生的固体废物所造成的二氧化碳排放总量, 单位为吨二氧化碳 (tCO_2);

AD_j ——第 j 种固体废物, 单位为吨 (t);

R_g ——第 j 种固体废物第 g 种固体废物处理类型所对应的比例, %;

EF_g ——第 j 种固体废物第 g 种固体废物处理类型对应的二氧化碳排放因子, 单位为吨二氧化碳每吨 (tCO_2/t)。

6.5 与纤维原料有关的温室气体排放

6.5.1 原生植物纤维原料有关的温室气体排放

原生植物纤维原料有关温室气体排放量按公式（17）计算：

$$G_{\text{fiber}} = G_f + G_{\text{cd}} + G_{\text{cp}} + G_{\text{other1}} \cdots \cdots \cdots (17)$$

式中：

- G_{fiber} ——原生植物纤维有关的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；
 G_f ——纤维原料种植使用化肥产生的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂e）；
 G_{cd} ——采伐设备的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；
 G_{cp} ——削片设备的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；
 G_{other1} ——原生植物纤维原料其他相关排放源的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）。
 植物纤维原料种植使用化肥产生的温室气体排放量 G_f 按公式（18）计算：

$$G_f = E_{\text{N}_2\text{O}} \times GWP_{\text{N}_2\text{O}} \cdots \cdots \cdots (18)$$

式中：

- $E_{\text{N}_2\text{O}}$ ——纤维原料种植使用化肥产生的N₂O排放量，单位为吨（t）；
 $GWP_{\text{N}_2\text{O}}$ ——N₂O全球变暖潜能值（参见附录A）。

6.5.2 回用纤维原料有关的温室气体排放

回用纤维有关二氧化碳排放量按公式（19）计算：

$$G_{\text{r-fiber}} = G_{\text{co}} + G_{\text{sc}} + G_{\text{pa}} + G_{\text{other2}} \cdots \cdots \cdots (19)$$

式中：

- $G_{\text{r-fiber}}$ ——回用纤维有关的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；
 G_{co} ——纤维回收过程中收集设备产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；
 G_{sc} ——纤维回收过程中分选设备产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；
 G_{pa} ——纤维回收过程中打包机产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；
 G_{other2} ——其他与回用纤维有关的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）。

注：与制造、购买电力和运输排放相比，回用纤维有关温室气体排放较小，在满足取舍准则的情况下可以舍弃。

6.5.3 其他纤维原料有关的温室气体排放

其他纤维原料（如涉及）生产产生的温室气体排放量，具体参照6.4计算。

6.6 纤维原料以外的原材料和燃料产生的温室气体排放

该部分排放主要包括淀粉、氯酸钠、外购的O₂和O₃，酸、碱、碳酸钙、TiO₂和瓷土等非纤维原料（如涉及）生产产生的排放，具体参照6.4计算。

注：此部分排放通常远远小于制浆造纸过程、运输所产生的排放，在满足取舍准则的情况下可以舍弃。

6.7 运输相关的温室气体排放

运输产生的二氧化碳排放量按公式（20）计算：

$$G_t = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_5 + G_6 + G_7 + G_8 \cdots \cdots \cdots (20)$$

式中：

- G_t ——运输产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；
 G_1 ——采伐的木材或竹材到削片厂运输过程中产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；

G_2 ——料片到制浆厂运输过程中产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（ tCO_2 ）；

G_3 ——购买的纸浆和其他重要原辅料到工厂运输过程中产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（ tCO_2 ）；

G_4 ——成品从工厂到再加工厂运输过程中产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（ tCO_2 ）；

G_5 ——最终产品运输到分销中心，零售商和最终消费者运输过程中产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（ tCO_2 ）；

G_6 ——消费的产品运输到废物回收和处理中心运输过程中产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（ tCO_2 ）；

G_7 ——回收的废纸运至工厂运输过程中产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（ tCO_2 ）；

G_8 ——工厂产生的废物运输过程中产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（ tCO_2 ）。

运输分自有运输设备运输和其他运输（上下游运输），二氧化碳排放量分别按下面公式计算。

自有运输设备运输所产生二氧化碳排放量按公式（21）计算：

$$G_{ot} = AD_f \times EF_f \dots \dots \dots (21)$$

式中：

G_{ot} ——所有或控制的车辆和设备运输和配送产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（ tCO_2 ）；

AD_f ——自有运输设备燃料的活动水平，单位为千克（kg）；

EF_f ——所用燃料的排放因子，单位为吨二氧化碳每千克（ tCO_2/kg ）。

上下游运输所产生的二氧化碳排放按公式（22）（23）计算：

$$R_{ef} = \sum_{i,j,t} [C_{i,j,t} \times L_{i,j,t} \times R_{i,j,t}] \dots \dots \dots (22)$$

式中：

R_{ef} ——根据行驶距离数据估算的燃料使用总量，单位为千克（kg）；

i ——车辆类型（如轿车、公共汽车）；

j ——燃料类型（例如汽油、柴油、天然气、LPG）；

t ——道路类型（如城市、乡村）；

$C_{i,j,t}$ ——车辆类型 i 的数量，对于道路类型 t 使用燃料 j ；

$L_{i,j,t}$ ——每种车辆类型 i 每年行驶的公里数（km），对于道路类型 t 使用燃料 j ；

$R_{i,j,t}$ ——车辆类型 i 的平均燃料消耗（L/km），对于道路类型 t 使用燃料 j 。

$$G_{ef} = R_{ef} \times EF_{fuel} \dots \dots \dots (23)$$

式中：

G_{ef} ——上下游运输所产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（ tCO_2 ）；

EF_{fuel} ——所用燃料对应的排放因子，单位为吨二氧化碳每千克（ tCO_2/kg ）。

注：木材、竹材和商品浆的运输是产品链中的上游排放，远远大于其他原料运输产生的排放。在一些情况下，只计算原生纸浆和回收废纸的运输，以及最终产品的运输即可。生命周期评价研究表明，内部运输与其他排放源相比非常小，可以舍弃。

6.8 产品使用产生的温室气体排放

产品使用过程产生碳排放的情况非常少见，在满足取舍原则的情况下可以舍弃。另外，造纸产品通常用于制造其他功能的产品，制造这些产品会导致温室气体排放，如纸张经过印刷形成书籍，由于产品的属性已经发生变化，这部分的排放不再计入造纸产品的排放。

6.9 生命周期终期的温室气体排放

6.9.1 通则

产品使用后一部分会回收利用，一部分会废弃。废弃纸张处理方式主要有焚烧、填埋和自然降解，产品废弃产生的温室气体排放主要来源于废纸填埋后在厌氧条件下降解产生的 CH_4 、产品堆肥处理和焚烧产生的温室气体排放，需根据产品废弃处理方式选择相应公式进行核算。

注：此部分具有非常高的不确定性，可以在确定系统边界时排除生命周期末期。如果包括在内，需采用产品可能被处理的地区的平均数据进行评价。

6.9.2 产品填埋处理产生的温室气体排放

产品填埋处理温室气体排放量按公式（24）计算：

$$G_p = (MSW_T \times MSW_F \times L_0 - R) \times (1 - OX) \times GWP_{\text{CH}_4} \dots \dots \dots (24)$$

式中：

- G_p ——产品填埋处理温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（ tCO_2e ）；
- MSW_T ——废弃产品的总量，单位为吨（t）；
- MSW_F ——城市废弃物填埋处置占废弃物总量的比例，单位为百分数（%）；
- L_0 ——各管理类型垃圾填埋场的甲烷产生潜力，单位为吨甲烷每吨废弃物（ tCH_4/t 废弃物）；
- R ——甲烷回收量，单位为吨（t）；
- OX ——氧化因子，IPCC 推荐氧化因子为 0.1%。
- GWP_{CH_4} ——甲烷的全球变暖潜能值，参见附录 A。

其中各管理类型垃圾填埋场的甲烷产生潜力 L_0 按公式（25）测定：

$$L_0 = MCF \times DOC \times DOC_F \times F \times 16/12 \dots \dots \dots (25)$$

式中：

- MCF ——各管理类型垃圾填埋场的甲烷修正因子（比例）；
- DOC ——可降解有机碳，单位为吨碳每吨废弃物（ tC/t 废弃物）；
- DOC_F ——可分解的 DOC 比例，单位为百分数（%）；
- F ——垃圾填埋气体中的甲烷比例，单位为百分数（%）。

注：以上各值可参照《省级温室气体清单编制指南》中第五章废弃物处理中国体废弃物处理给出的公式获取。

6.9.3 产品堆肥处理产生的温室气体排放

产品废弃物堆肥所产生的温室气体排放总量等于堆肥过程产生的各温室气体所对应的二氧化碳当量之和，按公式（26）计算：

$$G_{pc} = \sum_{i=1}^n (T \times P \times EF_{gi} \times GWP_{gi} \times DWF_g) \dots \dots \dots (26)$$

式中：

- G_{pc} ——产品废弃物堆肥所产生的温室气体排放总量，单位为吨二氧化碳当量（ tCO_2e ）；
- T ——产品废弃物的总质量，单位为吨（t）；
- P ——城市废弃物堆肥处置量占废弃物总量的比例，单位为百分数（%）；
- EF_{gi} ——第 i 种温室气体在堆肥处置中的排放因子，单位为吨气体每吨（t 气体/t）（IPCC 2006 默认比例是 50%干堆肥，50%湿堆肥）；
- GWP_{gi} ——第 i 种温室气体的全球变暖潜能值，参见附录 A；
- DWF_g ——一般延迟加权系数。

6.9.4 产品焚烧处理产生的温室气体排放

产品焚烧处理产生的二氧化碳排放量按公式（27）计算：

$$G_{wi} = \sum_{i=1}^n (IW_i \times CCW_i \times FCF_i \times EW_i \times 44/12) \dots \dots \dots (27)$$

式中：

G_{wi} ——废弃物焚烧处理的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳（tCO₂）；

i ——分别表示城市固体废物（废纸和纸制品、包装物等）；

IW_i ——第 i 种类型废弃物的焚烧量，单位为吨（t）；

CCW_i ——第 i 种类型废弃物中的碳含量比例，单位为百分数（%）；

FCF_i ——第 i 种类型废弃物中矿物碳在碳总量中比例，单位为百分数（%）；

EW_i ——第 i 种类型废弃物焚烧炉的燃烧效率。

7 数据收集

7.1 活动水平数据和排放因子

活动水平数据是指产品生命周期中涉及到的所有材料和能源（物料输入和输出、能源使用、运输等）数量。排放因子是一种联系，可将这些数量转换成温室气体排放量。

7.2 数据质量规则

在收集数据时，应考虑以下质量规则：

- a) 收集包括该产品系统边界范围内的所有温室气体排放。
- b) 时间期限：数据能代表声明报告期的活动水平，一般收集声明报告期上一年的活动水平数据；最短期限不少于一年，最长不超过3年。土地碳存储变化量时间期限可适当延长。
- c) 地理范围：优先考虑收集数据所在的地理区域（如区、国家、区域），以及针对具有地理特性的产品的具体数据。
- d) 技术覆盖面：优先考虑采用与产品生命周期内所使用的技术具有一致性的数据。

7.3 数据来源

活动水平数据和排放因子可来自初级或次级活动水平数据。

初级活动水平数据指针对具体产品生命周期由内部或者是由供应链中供应商等所做的直接测量，可由内部团队或由第三方（如顾问）对整个供应链进行收集。收集初级活动水平数据需要安装新的数据收集仪器，如测量仪表。一般情况下，尽可能多地使用初级活动数据，因为这类数据可更好地了解实际排放情况。

次级活动水平数据是一种对同类过程或材料的平均或通用测量（如行业协会的行业报告或汇总数据）；凡无法获得初级活动数据或者初级活动数据质量有问题（例如没有相应的测量仪表）时，需要使用直接测量以外其他来源的次级活动数据。次级活动数据来源于以下方面：

- 使用经同行评审过出版物中的数据，以及其他合格来源（如国家政府、联合国正式出版物和由联合国支持的机构的出版物）的数据；
- 多行业生命周期数据库，既有商业的，也有公开提供的；
- 行业数据库；
- 国家数据来源，例如政府机构。

8 排放分配

在产品生命周期碳足迹核算中，当一种生产工艺过程产出多种产品时，应根据某一分配参数把物流、能流和环境排放等合理地分配到各个产品中，分配参数可以采用产品的质量、体积、能量等物理参数。

造纸产品生产中涉及分配时可采用如下方法：

——各个单元过程如制浆、抄纸、后加工等过程，可以根据各个过程的输入量（如能源、原料、水等）或输出量（如产品产量、废水产生量、废渣产生量等）进行分配；

——在造纸产品生产过程中，同一生产设施生产不同的产品其温室气体排放可以根据不同产品的产量进行分配；

——企业的污水处理过程的数据应当包含在碳足迹评价的生命周期范围内，污水处理过程中不同来源废水的污染负荷根据废水量及污染物浓度进行分配；如果企业的生产现场没有污水处理设施，应当从相关污水处理站获取相关数据；

——如果企业的原材料存在多家供应商，则应收集供应商的相关数据，并按照实际使用比例进行分配。

9 不确定性评价

在获取活动水平数据和相关参数时可能存在不确定性。排放主体应对活动水平数据和相关参数的不确定性以及降低不确定性的相关措施进行说明。不确定性产生的原因一般包括以下几方面：

a) 参数不确定性。不同数据的收集方法差异，测量仪器的差异等；样本各数据时间不一致性；样本自身数据受时间跨度、地域范围、技术水平、管理水平等影响；样本的代表性不足（样本的时间跨度、地域范围、技术覆盖面不足以代表总体），利用收集规模较小的工厂能耗数据不足以代表全行业能耗数据；研究人员执行数据收集的能力（数据收集者对核算方法、过程、分配原则、假设等知识的认知程度）；所有的二手数据涉及估计和判断，每个模型的输入在一定程度上具有与之相关的不确定性等。

b) 方法不确定性。全生命周期评估数据的难获取性，方法允许略去产品终期的温室气体排放，以及小于1%的非实质性排放。

c) 情景不确定性。供应可能意外中断，计划的过程改进，或者是不同的季节造成的原材料和运输线路发生变化，种种原因都会导致供应链的变化。

10 核算报告

10.1 概述

产品碳足迹包括碳排放量和碳清除量，可根据需要参照附录D进行报告，温室气体排放量按每功能单位产品产生的CO₂e质量的方式进行报告。

核算报告应是一份说明文件，结果、数据、方法、过程和局限性应是透明的，并且有足够详细的说明，结果和解释可被用在与核算目的相一致的其他方面。报告可包括如下内容：

- a) 碳足迹核算的结果、数据、方法和结论等应该完整、准确地呈现给目标受众。
- b) 核算涉及的数据清单和数据来源。
- c) 核算结果的解释。
- d) 可行的改善意见。

10.2 报告具体内容

报告应包括以下内容：

- a) 核算的基本信息
 - 1) 核算的委托方和受托方基本信息；
 - 2) 报告的日期；
 - 3) 本文件的编号；
 - 4) 报告的真实性陈述；
 - 5) 核算对象的基本信息；
 - 6) 核算对象的照片；

- 7) 核算对象生产周期内主副产品的产量。
 - b) 核算范围
 - 1) 功能单位;
 - 2) 系统边界。
 - c) 数据清单分析
 - 1) 能源燃烧/消耗清单;
 - 2) 物料耗用清单;
 - 3) 制造阶段(污水处理)清单。
 - d) 核算结果
 - 1) 排放因子选择;
 - 2) 核算结果展示(产品碳足迹信息表, 参见附录D);
 - 3) 结果分析。
 - e) 相关说明
 - 1) 减排建议;
 - 2) 排除在清单外温室气体排放源说明;
 - 3) 核算过程说明;
 - 4) 分配方法解释说明;
 - 5) 具体核算过程;
 - 6) 其他说明内容;
 - 7) 不确定性分析, 数据的可信度分析, 包括数据的质量要求、数据的质量核算以及缺失数据的处理(可选);
 - 8) 参考文献。
- 报告格式可参照附录D。

附录 A
(资料性)
可供参考的温室气体全球变暖潜能值

表A.1列出了可供参考的温室气体全球变暖潜能值。

表A.1 可供参考的温室气体全球变暖潜能值

序号	温室气体名称	化学分子式	全球变暖潜能值
1	二氧化碳	CO ₂	1
2	甲烷	CH ₄	27
3	氧化亚氮	N ₂ O	273

注：数据来源于2023年IPCC第六次报告第七章。在相关机构公布最新数据后采用最新公布的数据。

附录 B
(资料性)
常用化石燃料相关参数推荐值

表B.1给出了常用化石燃料相关参数的推荐值。

表B.1 常用化石燃料相关参数的推荐值

燃料品种	计量单位	低位发热量 (GJ/t, GJ/× 10 ⁴ Nm ³)	单位热值含碳量 (tC/GJ)	燃料碳氧 化率	
固体 燃料	无烟煤	t	26.7 ^c	27.4 ^b ×10 ⁻³	94%
	烟煤	t	19.570 ^d	26.1 ^b ×10 ⁻³	93%
	褐煤	t	11.9 ^c	28.0 ^b ×10 ⁻³	96%
	洗精煤	t	26.334 ^a	25.41 ^b ×10 ⁻³	90%
	其他洗煤	t	12.545 ^a	25.41 ^b ×10 ⁻³	90%
	其他煤制品	t	17.460 ^d	33.60 ^d ×10 ⁻³	90%
	石油焦	t	32.5 ^c	27.5 ^b ×10 ⁻³	100%
	焦炭	t	28.435 ^a	29.5 ^b ×10 ⁻³	93%
液体 燃料	原油	t	41.816 ^a	20.1 ^b ×10 ⁻³	98%
	燃料油	t	41.816 ^a	21.1 ^b ×10 ⁻³	98%
	汽油	t	43.070 ^a	18.9 ^b ×10 ⁻³	98%
	柴油	t	42.652 ^a	20.2 ^b ×10 ⁻³	98%
	煤油	t	43.070 ^a	19.6 ^b ×10 ⁻³	98%
	液化天然气	t	44.2 ^c	17.2 ^b ×10 ⁻³	98%
	液化石油气	t	50.179 ^a	17.2 ^b ×10 ⁻³	98%
	炼厂干气	t	45.998 ^a	18.2 ^b ×10 ⁻³	98%
气体 燃料	焦炉煤气	10 ⁴ Nm ³	179.81 ^a	13.58 ^b ×10 ⁻³	99%
	高炉煤气	10 ⁴ Nm ³	33.000 ^d	70.8 ^c ×10 ⁻³	99%
	转炉煤气	10 ⁴ Nm ³	84.000 ^d	49.60 ^d ×10 ⁻³	99%
	其他煤气	10 ⁴ Nm ³	52.270 ^a	12.2 ^b ×10 ⁻³	99%
	天然气	10 ⁴ Nm ³	389.31 ^a	15.3 ^b ×10 ⁻³	99%

注：a：《中国能源统计年鉴 2013》；b：《省级温室气体清单指南（试行）》；c：《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》；d：行业经验数据

附录 C
(资料性)
其他排放因子

表C.1给出了其他排放因子。

表C.1 其他排放因子

参数名称	单位	排放因子
石灰石分解/反应过程的二氧化碳排放因子	tCO ₂ e/ t石灰石	0.405
废水厌氧处理系统的甲烷最大产生能力	kgCH ₄ / kgCOD	0.25
甲烷修正因子	—	0.5
电力消费的排放因子	tCO ₂ e/ MWh	采用国家最新发布值
热力消费的排放因子	tCO ₂ e/ GJ	0.11

附录 D
(资料性)
报告格式

表D.1给出了报告格式。

表 D.1 报告格式

1. 委托方信息
(1) 单位名称
(2) 单位地址
(3) 负责人姓名
(4) 负责人联系方式
2. 受托方信息
(1) 单位名称
(2) 单位地址
(3) 负责人姓名
(4) 负责人联系方式
(5) 填表时间
3. 对于本报告的真实性陈述声明
<p>本产品碳足迹核算报告依据 T/CTAPI XXXX—20XX《纸浆、纸及纸板、纸制品 碳足迹核算方法与报告指南》编制，报告完整、真实、合法。如有不实之处，本单位愿负相应法律责任，并承担由此产生的一切后果。特此声明。</p> <p style="text-align: right;">受托方签名： 盖章：</p>

委托方签 名： 盖章：	
4. 评估对象/产品信息	
产品名称	
规格	
产品产量（单位：t/年）	
产品介绍及示意图展示：	
5. 报告期： 年 月 日 — 年 月 日，共 天。	
6. 同时段生产其他产品信息	
产品名称	总产量， t
7. 系统边界说明	
(1) 系统边界范围（文字说明）	
(2) 产品生命周期流程图	
(3) 功能单位：1t	
(4) 功能单位换算过程（将所有产品的核算单位换算成 t）	

单位换算依据：		
单位换算过程：		
8. 温室气体排放源确定（文字说明）		
9. 数据清单收集汇总（在报告覆盖的时间范畴内评估对象相关数据总量）		
(1) 产品名称及产量信息（见表 D.2）		
(2) 系统边界内能源消耗统计（见表 D.3）		
(3) 系统边界内物料消耗统计（见表 D.4）		
(4) 系统边界内废水处理统计（见表 D.5）		
(5) 系统边界内废弃物统计（见表 D.6）		
(6) 其他统计参照以上表格制作		
10. 产品碳足迹核算结果		
产品碳足迹 8 个方面	碳排放/ (tCO ₂ e/t)	碳清除/ (tCO ₂ e/t)
1 土地碳存储变化量		
2 产品的碳存储		
碳清除总量（为负值）		Σ_{1-2}
3 产品制造过程的温室气体排放		
4 与纤维原料有关的温室气体排放		
5 纤维原料以外的原材料和燃料产生的温室气体排放		
6 运输相关的温室气体排放		
7 产品使用产生的温室气体排放		
8 生命周期终期的温室气体排放		
碳排放总量（为正值）	Σ_{3-8}	
产品碳足迹	Σ_{1-8} 或 $\Sigma_{1, 3-8}$ （根据现行的碳足迹核算规则，产品碳存储可单独核算并报告，不算入产品碳足迹。但为了体现造纸产品的特点，本标	

	准推荐在核算产品碳足迹时纳入产品碳存储， 但需在报告时进行说明。)
11. 相关说明	
(1) 对于该产品的减排建议	
(2) 对排除在清单外的温室气体排放源解释说明	
(3) 核算过程说明（包括所采用的排放因子来源、核算方法，选用的理由，参考资料）	
(4) 分配办法的解释	
(5) 其他说明内容	
(6) 不确定性分析报告（可选）	
(7) 参考文献	

表 D.2 产品名称及产量信息

____年产量统计		
序号	产品名称	总产量 t/年

1		
2		
3		

表 D.3 系统边界内能源消耗统计

____年____流程能源消耗统计			
序号	能源名称	数值	排放因子
1	煤, t		
2	油, t		
3	天然气, m ³		
4	外购电, MWh		
5	外售电, MWh		
6	外购热力, GJ		
7	外销热力, GJ		
8	石灰石, t		
注: 按照边界内流程统计能源消耗。			

表 D.4 系统边界内物料消耗统计

____年____流程物料消耗统计			
序号	物料名称	数值	排放因子
1	烧碱, t		
2	助剂, t		
3	化肥, t		
4	包装, t		
5	其他物料, t		
注: 按照边界内流程统计物料消耗。			

表 D.5 系统边界内废水处理统计

____年____流程废水统计			
序号	名称	单位	数值
1	厌氧处理过程产生的废水量	m ³	
2	厌氧处理系统进口处 COD	kgCOD/m ³	
3	厌氧处理系统出口处 COD	kgCOD/m ³	
4	以污泥方式清除掉的有机物总量	kgCOD	
5	甲烷回收量	kg	
注：按照边界内流程统计废水。			

表 D.6 系统边界内废弃物统计

____年____流程废弃物统计			
序号	名称	单位	数值
1	产品废弃物质量	t	
2	包装废弃物质量	t	
注：按照边界内流程统计废物。			

参 考 文 献

- [1] PAS 2050 商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范（2011修订版）
 - [2] GB/T 24040—2008 环境管理 生命周期评价 原则与框架
 - [3] GB/T 24044—2008 环境管理 生命周期评价 要求与指南
 - [4] GB/T 32150—2015 工业企业温室气体排放核算和报告通则
 - [5] CEPI: Framework for Carbon Footprints for Paper and Board Products
 - [6] ISO 14067—2018 Greenhouse gases Carbon footprint of products Requirements and guidelines for quantification
-