全球物流排放理事会：物流排放核算与报告框架

Global Logistics Emission Council Framework

Smart Freight Centre

BUILT ON GHG PROTOCOL

GLEC Global Logistics Emissions Council

物流排放
核算与报告

V3.1

前言

货物运输和物流活动产生的温室气体排放贡献了全球温室气体排放的8%。根据国际运输论坛的数据，到2050年，全球对货物运输的需求预计将翻一倍[1]。为了实现《巴黎协定》的气候目标，提高货物运输效率、减少运输相关的排放至关重要，需要全球协同努力。《全球物流排放理事会：物流排放核算与报告框架》（简称GLEC框架）支持您通过努力和贡献达成这些目标。

如果不能实现《巴黎协定》的气候目标，可能会对经济产生巨大的影响，而全球升温2°C所带来的预期成本已经占据了全球GDP的11%，更不用说其他预期的剧烈变化，如极端天气条件的增加、农地的损失等[2]。虽然我们仍有时间，但是必须立即采取行动。因此接下来几年显得至关重要。

其中一个关键步骤是改变我们组织供应链和物流的方式。我们必须避免不必要的运输和空载行程，优化现有运力，并利用最可持续的运输解决方案。提高运输系统排放源的透明度对于实现这一目标至关重要。

为了提高该透明度，全球物流排放理事会（GLEC）已经开发了《全球物流排放理事会：物流排放核算与报告框架》（GLEC框架），提供对货物运输系统、运输链及运营的核算与报告的指导。这个框架于2016年首次发布，将全球领先的货物运输温室气体排放的计算方法和相关概念集结在一起。为了应对行业要求，基于GLEC框架的ISO标准工作于2019年开始，旨在提供国际公认的方式方法，用于核算与报告运输相关的温室气体排放。

在接下来3年的时间里，来自世界各地的专家合作开发ISO 14083，该标准于2023年发布，题为

《核算和汇报来自运输链运营过程中的温室气体排放》

在ISO 14083：2023发布后，我们已将其中内容要求整合到GLEC框架中。整合后的结果是现在呈现在您面前的GLEC框架（3.1版）。从GLEC框架（1.0版）和GLEC框架（2.0版）更新到目前的GLEC框架（3.1版），汇集了GLEC框架的步骤方法和ISO 14083的要求（请参见下一页的图1）。

GLEC框架（3.1版）在为企业供应链和物流效率透明度方面提供指导和支持。它为运输相关的温室气体排放提供一个符合ISO 14083标准且简单易用的计算方法，涵盖了包括运输本身和物流枢纽在内的排放，及其与之相关的能源供应排放。在GLEC框架中，您将找到与ISO 14083相关的参考。

第三方对排放报告的审查对于建立信任和信誉至关重要，同时还能凸显企业在运输改进中提升效率和可持续性所做的努力。使用GLEC框架将确保您的温室气体排放报告已准备好接受审查机构的验证。

前言

近年来，许多企业为减少碳足迹、提高运输链的效率和可持续性付出了巨大的努力。他们的努力非常宝贵和重要，GLEC框架将GLEC的行业合作伙伴的意见纳入其中。我们感谢所有贡献了专业知识和经验的朋友。你们使GLEC框架变得更加完整。

为了进一步加速变革，每一家企业都要分析其运输和物流的效率，并采取任何可能和必要的举措优化其运输系统的效率。特别是跨国企业和拥有全球品牌和供应链的企业，他们是实现气候目标的关键。作为货运服务的采购方或供应商，他们有能力改变我们组织物流和供应链的方式。他们可以通过报告碳排放、设定气候目标并与合作伙伴合作实现这些目标，成为行业领袖的角色。

如果您之前采用过GLEC框架，您将在GLEC框架（3.1版）中找到一个单独的章节，其中详细介绍了其与GLEC框架（2.0版）相比的关键变化。如果您之前从未采用过GLEC框架，我们希望这份文件能帮助您提高物流效率并支持您为实现气候目标做出贡献。

如果您有任何问题或建议，请告诉我们。如果您正在寻找一个交流物流碳排放核算、报告和减排经验的平台，请加入智慧货运中心（SFC）的GLEC项目。只有通过您的积极参与，我们才能真正建立低排放货物运输体系。

Alan Lewis
SFC 首席技术官和ISO 14083的项目经理

Verena Ehrler
第一作者、ISO 14083的工作组组长、
法国IÉSEG管理学院供应链管理教授

Andrea Schön
SFC 项目主任、Clean Cargo和Clean Air Transport、ISO 14083的国际委员会专家和作者

图1
GLEC 框架（3.1版）的发展历程



致谢

GLEC框架的（3.1版）在基于GLEC框架（2.0版）的基础上，结合了ISO 14083《温室气体——运输链操作引起的温室气体排放的计量和报告》中的货物运输相关方法。这一成果得益于全球各地的SFC团队以及众多GLEC成员的贡献。

作者感谢众多为本项目提供见解和观点的贡献者，特别感谢来自弗劳恩霍夫物流研究所 (IML) 的 Jan-Philipp Jarmer 和 Kerstin Dobers 在物流场所方面的提供的帮助，Giacomo Lozzi 在运输方式和报告方面做出的贡献，DHL 集团的 Noelle Fröhlich，以及 Smart Freight Centre 的 Adrian Wojnowski 和 Patric Pütz，以及 SFC 董事会成员 Sophie Punte 审阅文件他们以专业知识和技术建议支持这项工作。

特别感谢Suzanne Greene，她与Alan Lewis共同撰写了GLEC框架（2.0版）。GLEC框架（2.0版）是ISO 14083的重要基础，GLEC框架（2.0版）的一些部分以及基本结构都可以在GLEC框架（3.1版）中找到。

此外，我们要感谢全球的专家团队在ISO 14083的开发工作中作出宝贵贡献。还要感谢柏林的DIN团队，特别是ISO工作组秘书处的Angelina Patel、Mayan Rapaport、Lina Molitor和Wiebke Meister。

关于全球物流排放理事会
www.smartfreightcentre.org/en/global-logistics-emissions-council

关于全球物流排放理事会（Global Logistics Emissions Council）是智慧货运中心（SmartFreightCentre）的一个项目，成立于2014年。GLEC是我们致力于推动物流温室气体排放普适、透明和一致计算与报告的组织和非政府组织社群，GLEC致力于发现共同问题、消除障碍，让更多人了解减排在货物运输中的紧迫性。

关于智慧货运中心
www.smartfreightcentre.org

智慧货运中心（Smart Freight Centre），简称SFC，是一家在全球范围内活跃的非营利组织，致力于推动货运行业的气候行动。SFC 的目标是动员全球物流生态系统，特别是其会员和合作伙伴，追踪并减少温室气体排放。SFC 通过加速物流排放的减少，力争在 2050 年或更早实现全球物流行业的零排放，与 1.5°C 路径保持一致。

我们的目标是，以2015年为基准年，到2030年，100多家跨国企业将其全球物流供应链中的物流温室气体排放至少减少30%，并在2050年前实现零排放。

免责声明

本出版物中表达的观点是智慧货运中心及其员工、顾问和管理层的观点，不一定反映智慧货运中心董事会的观点。智慧货运中心不保证本出版物中包含的数据的准确性，并不承担其使用所产生后果的责任。使用本出版物必须遵守当地法规。本出版物不取代任何监管要求。

150+

领先的跨国企业已承诺采纳GLEC框架并加入SFC成员

了解更多关于
SFC community 和
我们的GLEC participants.



本文结构

介绍 —— 7

1. 计算 ——13
2. 排放结果的使用 —— 55
3. 数据 —— 74
4. 附件 ——125

缩略语列表 —— 154
术语表 —— 157









作者
Verena Ehrler、Alan Lewis,
Andrea Schön、Giacomo Lozzi、Jan-Philipp Jarmer、
Kerstin Dobers

© Smart Freight Centre. 2024.
本出版物可以在教育或非营利目的下以整体或部分形式进行复制，无需特别获得版权持有人的许可，但必须注明出处。智慧货运中心希望能收到引用本出版物作为信息来源的材料的副本。未经智慧货运中心事先书面许可，不得将本出版物用于再销售或任何其他商业用途。

推荐引文
Smart Freight Centre.
Global Logistics Emissions Council
Framework for Logistics Emissions
Accounting and Reporting;
v3.1 edition, revised and
updated (2024).

ISBN 978-90-833629-0-8

物流排放核算的介绍

货运物流的气候影响

预计到2050年，全球货物运输需求将翻一倍，需求主要由亚洲、非洲和拉丁美洲推动。到2050年，即使在最乐观的情景下，各种运输方式的运输需求也将翻一番，达到270万亿吨公里。预计最高将达到近350万亿吨公里[3]。

如果不采取措施，到2050年，全球货物运输的排放将增长一倍以上。

物流业的气候影响巨大且在不断增长

物流行业在全球供应链中扮演着至关重要的角色。海运和铁路运输是能源（如石油和天然气）以及商品（如钢铁、化肥和集装箱消费品）运输的重要方式；航空运输在运输高价值的产品和消费品方面发挥着重要作用；公路运输是各地最常见的货物运输方式。所有这些运输方式都通过各种类型的运输枢纽相互连接，这些枢纽主要用于货物的存储、重新包装和分发。

物流和运输行业对气候的影响折算成石油消耗，约占全球石油需求的约60%。COVID-19大流行期间，公路运输和航空运输等运输活动的减少导致了温室气体排放的大规模暂时减少。国际能源署（IEA）估计，其中36%与航空运输需求减少有关。与此同时，全球对低碳能源技术的需求（包括太阳能光伏和风能）达到了前所未有的水平，它们在全球能源结构中的份额提高到20%以上。[4] 事实上，直到2021年，与运输相关的石油需求都低于疫情前水平，导致年度二氧化碳排放量比2019年减少6亿吨。此后，运输需求的增长趋势以及相关的温室气体排放已经恢复并持续增加。[5] 因此，需要进一步采取行动以实现气候目标。[6]

不一定要这样

物流需求的增长不一定意味着排放的增长。事实上，为了实现全球气候目标——相较于工业化前水平，全球的升温幅度控制在1.5°C以内——政府、物流行业及其众多客户需要共同努力，实现低碳排放货物运输。

更高效的运营实践（如货物集拼、运输模式改变和高效驾驶）具有降低排放的潜力，而无需进行资本投资。零排放和低排放的货物运输技术也越来越普遍，并具有降低碳排放的强大潜力，尤其是将可再生能源用于运输和物流枢纽的技术。脱碳政策可以加速行业行动，从而进一步减排。承诺跟踪和报告碳排放是确定我们是否在实现目标的道路上的关键步骤。

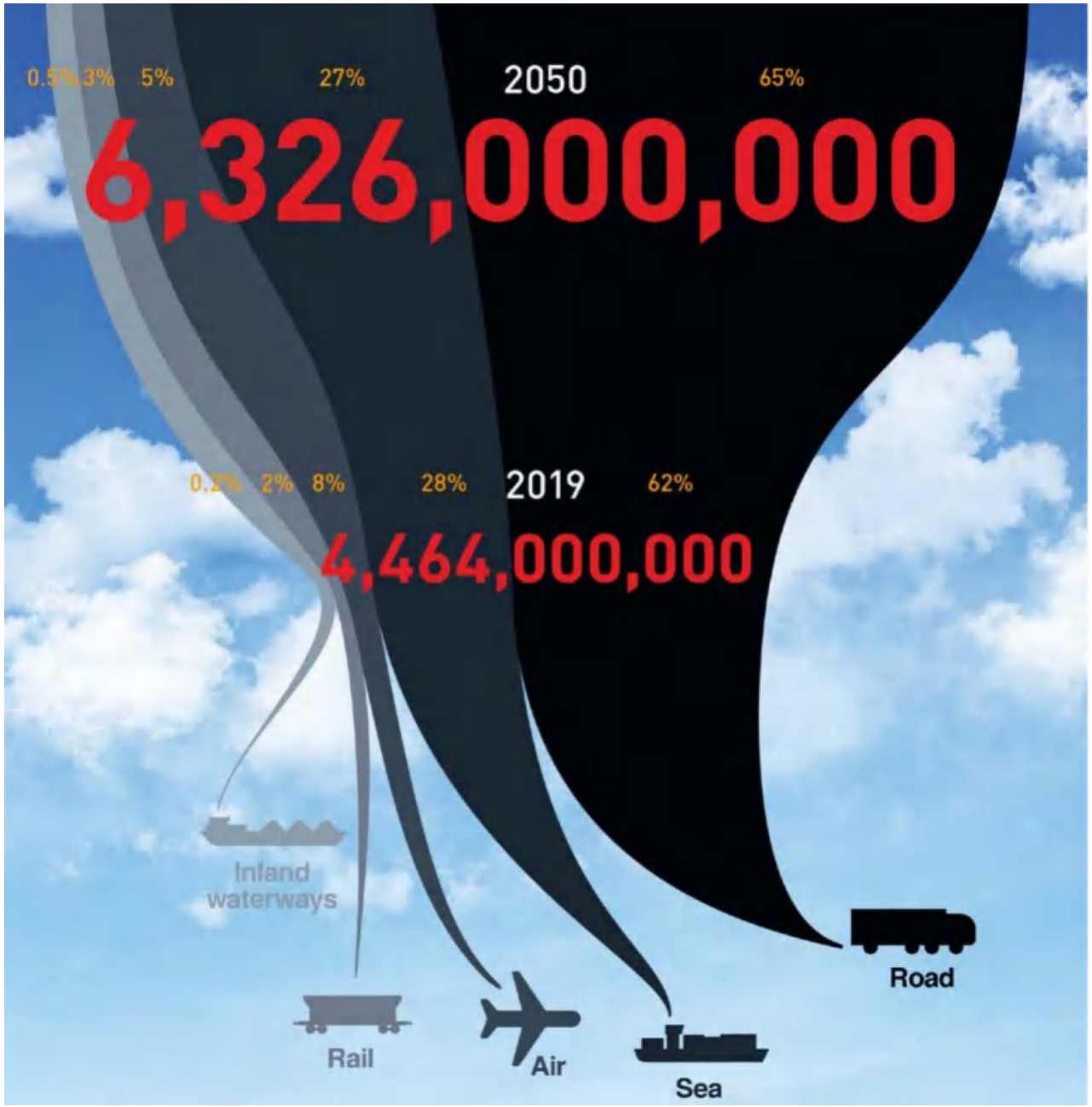


图3
每种运输方式
对物流温室气体排放的贡献程度不同

2015-2025年，物流温室气体排放预计将增加42%，到2050年需要接近零排放！

tCO_2

来源: International Transport Forum Outlook 2023

企业为什么使用 GLEC 框架

温室气体排放已成为买家、供应商、投资者、客户、政府以及更多相关方之间进行气候可持续性沟通的默认指标。随着时间的推移，跟踪温室气体排放使企业能够将总排放和排放强度作为运营和供应链规划以及目标设定的关键绩效指标（KPI）。

尽管如此，物流的碳核算仍然是一个相对新且复杂的领域。我们需要找到一种简单且实用的方法，以便各种规模的企业和机构都能够应用——GLEC框架便提供了这样的方法。

以下是GLEC框架简化物流温室气体排放核算的一些要点：

GLEC框架与行业标准协同

GLEC框架与ISO 14083保持一致，并得到温室气体核算体系（GHGP）的认可。它是向碳披露项目（CDP）报告物流排放以及根据科学碳目标倡议（SBTi）设定目标的推荐方法。

GLEC框架适用于所有运输相关方

涵盖整个运输链，该框架适用于货运企业、物流服务提供商（LSP）和货主，以及政府、投资者和绿色货运项目等排放信息的各种用户。它不仅适用于刚开始核算运输排放的企业，同时也适用于已经完全了解自身运营和供应链排放情况的企业。由于GLEC框架具有全球适用性，它还可以为运输碳核算法规等政策的制定者提供指导。

GLEC框架可以帮助企业负责人作出决策

温室气体排放核算可帮助企业负责人作出投资、采购和销售决策，评估不同情景的影响，预测减碳的投资回报战略，并跟踪决策实施后朝着气候目标的进展情况。这有助于企业提高效率、节省财务支出，同时降低气候和健康影响。

GLEC框架与绿色货运项目合作

绿色货运项目在连接全球货主和货运企业方面起着关键作用。核算和报告货物运输活动是供应链效率和可持续性努力的一部分，而GLEC框架与绿色货运项目合作有助于支持这一过程。

GLEC框架与全球绿色货运项目（如美国国家环境保护局的SmartWay、Clean Cargo、Lean & Green、Clean Air Transport、Sea Cargo Charter、中国智慧货主联盟(Smart Freight Shippers Alliance China)和Programa de Logística Verde等）的合作对于简化全球范围内的碳核算和减排至关重要。

如何使用 GLEC 框架

GLEC框架提供清晰的指导，同时为适应特定情况的需求留出了足够的空间。它提供了整个运输链中从发货人到收货人的边界定义和数据获取要求的相关信息。使用它可以实现不同细化级别的运输链分析。它还详细规划了从基本的“必需”到非常高级的详细信息的报告要求，确保您可以尽可能深入地了解运输和物流服务中的提升潜力。

GLEC框架引入了活动类别、运输活动类别（TOC）和枢纽活动类别（HOC）的概念。这些概念是具有相似特征的活动的组合。也是为识别TOC和HOC提供了一种工具，可以结构化您的运输服务（包括提供和使用的服务），并根据您的公司特定情况明确相关的排放强度。 更多详细信息请参阅第1部分第2节——计算步骤。

所呈现的GLEC框架侧重于最常见的情况，以使其易于使用。为了使应用更加易于理解，示例和企业特定的案例可在第3部分模块4中找到。因此，您可以使用本文了解温室气体排放核算和报告的要求和方法。与此同时，排放核算工具的高级用户将找到ISO 14083的概念和要求的所有必要信息。为了方便查找，每个段落的末尾都引用了相关的ISO章节。

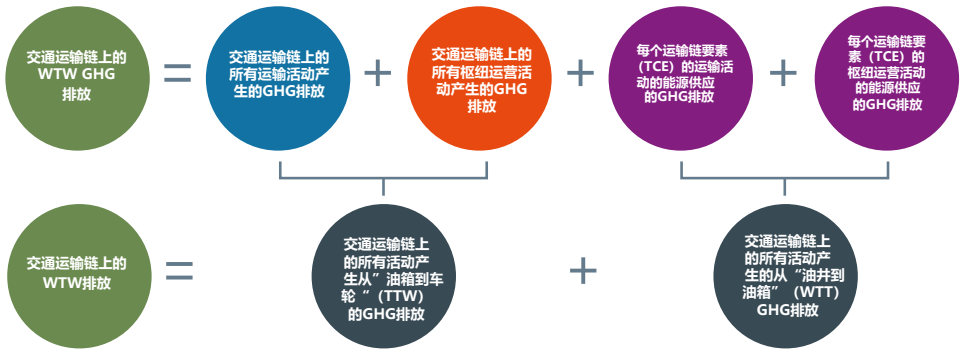
与GLEC框架（2.0版）相比，GLEC框架（3.0版）的变化包括：

GLEC框架（3.0版）与其之前的版本一样，以运输链和运输链要素（TCEs）作为计算的起点。但是，分析和报告的视角略有变化。

GLEC框架（2.0版）将物流排放分为三个范围（范围1、范围2和范围3），遵循温室气体核算体系（GHGP）提出的核算原则。范围1包括报告企业拥有或控制的资产的直接排放；范围2包括报告企业购买的电力、热量和蒸汽的生产和分配的间接排放；范围3包括报告企业供应链的间接排放，如运输排放和产品使用的间接排放。

GLEC框架（3.0版）与ISO 14083一致，将总体温室气体排放分为运输或枢纽活动的能源使用以及能源供给相关的排放。前者构成了“油箱到车轮”（TTW）排放。在适当的情况下也称为“油箱到尾流”排放，后者构成了“油井到油箱”（WTT）排放。“油箱到车轮”排放和“油井到油箱”排放合称“油井到车轮”（WTW）排放，如图4所示。

图 4
GHG “油井到车轮”（WTW）排放



如何使用GLEC框架

这意味着温室气体排放的范围1（Scope 1）、范围2（Scope 2）和范围3（Scope 3）不再是主要的划分。依据（见图5）

在运输和物流枢纽运营中的车辆或设备的所有权对于排放的计算无决定性影响。决定排放属于哪个范围类别的关键因素是报告企业在价值链中的位置。运输服务提供商与其用户的关系是通过供应链合作伙伴之间的报告来建立的。传统的范围3运输服务的使用方需要获得与所进行活动以及相关排放强度的信息，或者来自范围1和范围2运输服务提供者的易于计算的运输链排放数据。（更多详细信息，请参阅第2部分第1节“排放报告”）

TOC和HOC以前统称为运输服务类别（TSCs），现在其概念已经更新并更加突出。TOC和HOC具有两个主要目的：提供计算排放强度值的边界，并为特定TCE分配碳排放强度值。这些TOC和HOC是具有相似性质和排放强度的运输或枢纽活动的集合。有关将运输或枢纽服务分类的指南可以在第1部分第4节“各种运输方式和枢纽的信息和要求”中找到。每个提供运输服务的企业必须根据其特定情况构建TOC和HOC集合，最好与其主要客户的信息需求保持一致（有关TOC和HOC的更多信息，请参阅第1部分第3节”建立TOC或HOC排放强度因子的步骤”）。

进一步的变化包括：

- 添加了额外的运输模式（管道和缆车）。
- 添加了枢纽设备能源供应的过程。
- 添加了能源基础设施的建设和拆除（将嵌入在排放因子内）。
- 添加了车辆、管道、中转和（装卸）装备的启动和怠速。
- 添加了管道的清洗/冲洗操作。
- 添加了车辆和枢纽设备级别的能源载体的燃烧和/或泄漏。
- 添加了车辆和枢纽使用的制冷剂的泄漏。
- 修改了报告要求。

图 5

核算范围

温室气体核算体系将排放分为三个范围，即范围1、范围2和范围3。ISO 14083避免了这种区分方式，因为这种区分方式被认为是商业驱动划分。相反，ISO 14083区分了直接排放和间接排放，更侧重于区分排放的直接性和间接性，而不是遵循温室气体核算体系的范围分类。





范围1排放包括报告企业拥有或控制的资产所产生的直接排放。这包括购买的固体或液体燃料的燃烧，用于产生能量、热量或蒸汽，以供固定或移动设备（如车辆、船舶、飞机、机车、发电机）和/或与物流站点相关的建筑（如仓库）使用。

范围2排放是报告企业购买的用于其自己的物流站点、电动车辆或其他需要电力的资产的电力、热量和蒸汽的生产和运输过程所导致的间接排放。

范围3排放是指来自报告企业供应链的间接排放。其中最重要的包括从供应商到报告企业以及从报告企业到最终客户的运输排放。范围3还涵盖了在范围1中燃烧的燃料的生产和运输等活动。总的来说，温室气体协议规定了15个范围3排放类别，其中许多也有可能包括运输排放，例如购买的货物和服务产生的排放。

GLEC框架的构成



这篇文章分为四个主要部分。**第一部分** 涵盖了排放计算本身。它分为四节，第1节提供了GLEC框架的基础和原则概述；第2节引导您完成排放核算步骤；第3节解释了TOC和HOC的排放强度因子是如何确定的，第4节则提供了与每种运输模式和物流枢纽相关的额外信息。



第二部分包含关于如何报告和使用计算结果的详细信息。这部分内容分为三节，第1节提供了有关报告和披露的信息，第2节讨论了碳排放如何用于决策和目标设定，第3节概述了进一步推进货运运输排放核算与报告的下一步发展目标。



紧接着是**第三部分**，其中包含有关GHG排放数据采集和计算的所有额外信息，包括实际案例。第3部分按模块划分，第1模块列出了燃料排放因子，第2模块列出了默认能效和二氧化碳强度因子，第3模块列出了制冷剂排放因子，第4模块包括计算示例。



前三个部分中，每个部分的末尾都包含有关参考文献的信息。在**第四部分** ，您会找到第5模块，该模块覆盖了有关“计算欧洲化工业行业运输和物流的温室气体排放量”的指南，以及有关单位和转换因子、词汇表和缩写使用概述的更多信息。

在实际操作中，物流核算并不总是一个线性过程。您可能需要在各个部分之间来回查找，查看词汇表或查找数据收集指南，以了解某种特定模式的更多信息。随着新数据的出现，您可能会返回到框架中来对计算进行完善。
无论如何，我们希望您要找的信息都在这里，如果未找到您需要的信息，请您通过以下方式与我们联系： www.smartfreightcentre.org。

1 计算

第1节
GLEC框架的基础

第2节
计算步骤

第3节
建立TOC或HOC排放强度因子的步骤

第4节
各种运输方式和枢纽的信息和要求

参考文献

1 第1节 GLEC框架的基础

GLEC框架的基础是：

1. 涵盖运输链中的所有运营活动。
2. 包含所有政府间气候变化专门委员会（IPCC）规定的温室气体和气候污染物（截至2023年春季的最新数据）。
3. 涵盖了所有形式的燃料与能源的全生命周期排放。
4. 与所有重要的国际标准和温室气体排放报告项目保持一致。

GLEC 框架的应用确保了与物流排放核算的基本的一致性。下一章将介绍该框架的基础（见图1）建立该方法的指导原则和边界。

图 1
GLEC框架（3.0版）的基础



1. 涵盖运输链中的所有操作

GLEC框架旨在覆盖整个运输链上的所有货物运输和枢纽活动。它覆盖了从国内到国际各个地方的运输活动。沿途的中转点（如港口或仓库，货物在这里进行转运、存储或重新包装）它们被归类为枢纽。此外，与ISO 14083的范围一致，GLEC框架（3.0版）还包括使用管道和缆车进行的货物运输（见图2）。

一家企业的货物运输和枢纽活动的碳排放足迹需要计算来自企业自身的运营、购买的能源和外包运营（范围1、范围2和范围3）以及在整个燃料/能源生命周期中的所有运输链的碳排放总和。这同时适用于承运商以及他们的客户。 GLEC框架（3.0版）覆盖了所有上述部分。

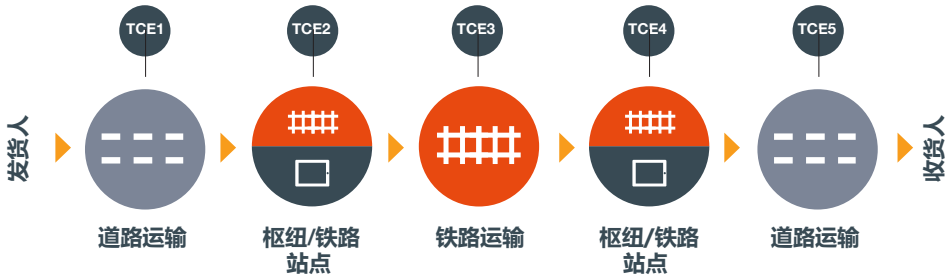
图 2

GLEC框架（3.0版）涵盖的运输方式



图 3

一条运输链与其TCEs的例子



计算基于TCEs的运输链排放

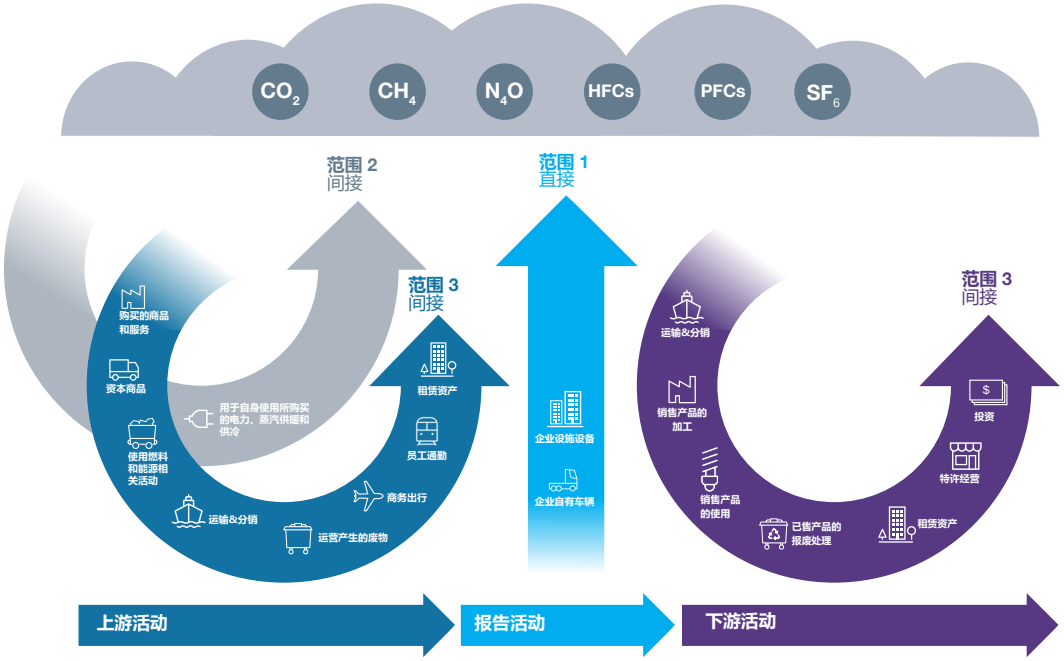
GHG排放的计算始于识别运输链，每条运输链都始于货物离开托运人的地点，即货物的出发点，通常是发货人或托运人。并在货物到达收货人的地点结束，通常是货物的收货人，也被定义为货物上进行第一个非运输相关操作的地点。这些托运人和收货人也可以是批发商、零售商或中间商等。

与ISO 14083一致，GLEC 框架会根据每个运输链计算温室气体排放。为了确保考虑空驶，计算相关排放时应该考虑车辆往返的情况，这也适用于排放的分配。因此，即使货物通常从托运人运送到收货人，其中包括了运输工具的必要回程。这确保了与运输操作相关的所有排放都包括在内。

一旦识别了一条运输链，它将被细分为TCE（运输链要素）。TCE由单一运输工具运输或经由单一枢纽运输的货物定义。因此，每次更换车辆或枢纽都应被识别为一个独立的TCE，需要单独计算其GHG排放。

每个TCE对应的GHG排放相加，将得到整条运输链的排放（见图3）。最后，计算一家公司物流供应链中所有运输链的排放之和，从而得到公司的总货运和物流排放。

图4
根据温室气体核算体系（GHGP）的范围1、范围2排放和范围3排放[7]



计算一个组织的三个范围的排放

温室气体核算体系的关键目标之一是考虑一家企业的所有排放，既有直接的也有间接的（请参阅《物流排放核算简介》信息框《核算范围》）。为此，它区分了组织直接拥有的排放（范围1），间接拥有的排放（范围2）以及间接但非拥有的排放（范围3）。

企业（如LSP或货主）的排放是通过汇总被企业和其分包商使用的运输链的所有排放来计算的。范围1排放或范围3排放的划分取决于公司的角度。对于承运商来说，与运输相关的排放被视为范围1排放，但对于他们的客户（以及LSP或货主）来说，这些排放被纳入范围3排放中。

ISO 参考文献：1. 简介和3. 定义，特别是3.1.25 中的运输链（TC）和 3.1.26 中的运输链要素（TCE）

2. 包含所有IPCC规定的温室气体和气候污染物

我们不断学习温室气体与气候的相关性，温室气体列表因此定期更新。GLEC框架（3.0版）与ISO 14083，温室气体核算体系（GHGP）、SBTi和联合国IPCC中包含的当前温室气体列表完全一致。[8]这些温室气体排放以二氧化碳当量（CO_2e）计量。之所以如此，是因为二氧化碳占物流运营中温室气体排放的大部分，因此是用来计量排放的标准参照。CO_2e是一种通用单位，用来表示各种温室气体根据它们的全球升温潜势（GWP）对全球变暖的影响。因此，与ISO 14083一致，GLEC框架（3.0版）在整个流程中都使用CO_2e。

ISO 14083和GLEC框架（3.0版）中包含的温室气体包括：

- CO_2 二氧化碳
- CH_4 甲烷
- CFCs 氯氟烃
- HFCs 氢氟碳化物
- NF_3 三氟化氮
- N_2O 一氧化二氮
- PFCs 全氟化合物
- SF_6 六氟化硫
- SO_2F_2 硫酰氟

黑碳

黑碳是部分混合碳氢燃料不完全燃烧时生成的颗粒物。在物流运输中经常依赖这种燃料，因此黑碳在这个领域很常见。它是一种短暂气候污染物，具有强烈的全球变暖潜力，并对人类健康产生负面影响。

GLEC框架为计算来自黑碳的排放提供了单独的方法，即“物流行业的黑碳计算方法”。这种方法是由智慧货运中心（SFC）、气候与清洁空气联盟（CCAC）、国际清洁交通委员会（ICCT）和美国国家环境保护局（US EPA）的SmartWay团队共同开发的，作为GLEC框架（2.0版）的可选组成部分，并作为ISO 14083的可选附件（"信息性"附件）包含在内。该方法提供了一种计算黑碳排放的方式，遵循GLEC框架相同的原则。

想要了解更多请登录网站：https://www.ccacoalition.org/en/resources/black-carbon-methodology-logistics-sector

3. 涵盖了所有形式的燃料与能源的全生命周期排放

GLEC框架考虑了与运输活动相关的所有温室气体排放，以及与这些活动相关的能源或燃料供应所产生的排放。它包括所有运输活动相关的能源消耗，无论这种能源消耗是由燃烧、燃料泄漏还是制冷剂泄漏引起的。对于物流枢纽的运营活动，GLEC框架考虑了所有装卸、场内运输、中转以及（装卸）设备和设施，包括加热和温度控制。因此，GLEC框架包括以下内容：

- 车辆运营过程；
- 物流枢纽设备（包括叉车、托盘车等）的运营过程；
- 车辆能源供应过程；
- 物流枢纽设备能源供应过程；*
- 车辆进行的所有满载和空载行程，包括偏离和/或超出路径的距离；
- 能源基础设施的建设和拆卸；*
- 车辆、管道、中转和（卸）载设备的启动和怠速操作；*
- 管道的清洗/冲洗操作；*
- 车辆或物流枢纽设备层面的燃烧和/或燃料泄漏；*
- 车辆和物流枢纽使用的制冷剂泄漏；*

* = GLEC框架（2.0版）以来的新增内容

由于GLEC框架（3.0版）包括所有运输方式以及作为运输链一部分的任何枢纽，承包商和任何形式的分包商的能源消耗以及其燃烧和泄漏都包括在内。

确保能源载体的温室气体排放因子来源

为了确保准确计算能源消耗数据的排放结果，应该使用可获得的或建议的（例如，国家规定的）温室气体排放因子。这可以确保包括由上游过程产生的温室气体排放以及能源载体的排放。因此，在计算各个能源载体的消耗数据时，以下各种活动应被纳入考虑范围：

- 对于固态、液态和气态能源载体：能源基础设施的生产和拆卸；一次能源的提取或培育；化学加工；能源生产所有步骤中的能源运输和分配（包括管道）。
- 对于电力：一次能源的提取、加工和运输；电力的生产；发电基础设施（如太阳能电池板或风力发电机）的制造；与电力传输和分配相关的电网损失。

在排放计算中，不允许省略任何过程。尽管这是通用规则，但如有任何省略，必须在报告中明确说明并提供合理的证明。如果建议或最佳可获得的温室气体排放因子中未涵盖与能源来源的基础设施相关的生产活动和拆除活动，请在排放报告中明确注明。（请参阅第2部分第1节“排放报告”）。

图 5

计算运输链上的WTW排放

GLEC 框架（3.0版）和ISO 14083中的WTT排放被称为能源供应端排放，也称为”油井到油箱“排放，指的是“一种用于从运输燃料（如汽油、柴油、电力、天然气）的生产到燃料供应（在充电或加油站）期间的能源消耗和温室气体排放的计算方法”。[9]
TTW排放，也称为“油箱到车轮”排放，在GLEC框架（3.0版）中被称为运输运营活动排放，还包括枢纽运营活动排放。

TTW是指一种从油箱（在充电站或加油站）到其排放点（在行驶时消耗燃料或电力）的能源消耗和温室气体排放的计算方法。[9]

WTW排放或“从油井到车轮”排放是WTT排放和TTW排放的总和，它们一起组成了TCE的总排放。GLEC 框架（3.0版）与ISO 14083一样，都基于WTW概念，即包括了一个运输链及其组成要素的总排放。



计算燃料/能源全生命周期排放

ISO 14083和GLEC框架（3.0版）要求对运输链的排放进行计算时要覆盖燃料/能源的全生命周期。这包括来自能源和燃料消耗的排放（TTW排放）以及它们的供应端的排放（WTT排放），两者合并在一起即为WTW排放（见图5）。因此，使用GLEC框架（3.0版）的企业需要在所有运输链的排放计算中包括燃料/能源使用的WTW排放，以便综合考虑运输活动和相关的能源供应端排放。

替代能源的特殊考虑

为了全面计算整个运输或枢纽活动的排放，碳排放计算必须包含能源供应端的排放（WTT排放）。然而，对于替代能源而言，这可能是一项具有挑战性的任务。主要与如下两种情况相关：WTT阶段的温室气体排放（如氢能和电力），或可以被固化在生物质中的TTW端的CO2排放（如生物燃料）。

因此，随着生物燃料和可再生能源在市场份额越来越大，ISO 14083为如何纳入能源供应端的排放提供了指导。

生物燃料

由于生物燃料的生产方法因原料和相关过程不同而变化较大，因此不存在标准的公认的能源供应端（WTT）的排放强度值。生物燃料供应商将能够直接提供该值，包括生命周期数据库、政府机构和绿色货运项目。ISO 14083的附件列出了在计算上游过程和排放相关活动时需要考虑的要素。

常规燃料中的生物燃料

常规燃料通常包括少量生物燃料，这可以从在GLEC 框架排放计算中相对低的不确定性体现出来。

电力

在计算电力消耗的排放时，必须考虑用于发电的能源来源。因此，根据用于发电的能源来源不同，采用特定的排放系数将电力使用转换为CO_2e，其排放因子以每千瓦时（kWh）释放的CO_2e质量表示。

通过可再生能源的使用，实现对交通系统进行电气化被认为是交通领域成功且有意义的减碳策略。为了监测电气化设备运营的排放情况，企业必须收集各国或地区的电力排放因子数据。

不断增加的可再生能源技术投资意味着一些国家的电力排放因子在迅速变化。因此，企业的数据库应定期更新。

国际能源署（IEA）每年编制并发布国家电力排放因子的最新列表，我们建议企业使用该信息来源，该列表可以从IEA网站购买。 IEA的电力排放因子包括以下数据：

- 在电力生产期间产生的CO_2排放，以g/kWh表
- 示。在电力生产期间产生的甲烷（CH_4）排放，以gCO_2e/kWh表示
- 在电力生产期间产生的一氧化二氮（N_2O）排放，以gCO_2e/kWh表示
- 针对输配电损失引发的排放修正值，以gCO_2/kWh表示
- 针对电力交易引发的排放进行的修正值，以gCO_2/kWh表示

为确保全生命周期（WTW）的计算原则，所有这些要素必须纳入国家电力排放值的计算中。ISO 14083的附录3中详细介绍了电力排放计算的考虑因素，特别是基于地理位置与基于市场的因素的差异。

氢燃料电池

本框架出版之际，氢燃料电池的WTT排放值尚未得到认可。请咨询生产商以获取有关氢气生产和运输碳排放的更多信息。

4. 与关键的国际标准与基本方法保持一致

GLEC框架的核心是统一全球物流运营碳排放核算标准与方法。它建立在国际标准的基础上，与由全球各领域专业人士共同开展的绿色货运计划的实践和指南相协调。这有助于提高碳计算结果的兼容性和可比性，同时简化了数据收集和报告工作。

表 1 概述了GLEC 框架（3.0版）相一致的关键国际标准和方法。

GLEC框架的排除内容

排除在温室气体排放计算之外的运营活动包括：

- 制冷剂的生产和供应过程；
- 废物产生；
- 与企业的行政（管理）层面相关的过程；
- 车辆和运输或中转设备的制造过程（例如与车辆生产相关的GHG排放）；
- 车辆、中转和装卸设备的维护以及报废；
- 用于车辆运输的基础设施（如道路、内陆水路、铁路基础设施，或中转、装载、卸载基础设施）的建设、服务、维护和拆除过程；
- 位于中转站内的零售和餐饮服务等企业，其功能与中转站的运输操作无关或不直接相关。

注意：任何形式的碳抵消行动或温室气体排放权交易的结果均不包括在内。它们不属于运输链温室气体排放计算的一部分，也不符合追踪运输行业科学碳目标的要求，尽管它们可以被纳入企业的环境报告中。

ISO 参考：5.2 系统边界，特别是 5.2.2 包括的过程，5.2.3 切割标准的应用，5.2.4 不包括的过程，5.2.5 可选的过程，附录J（规范性）温室气体排放因素的附加要求和指导。

表1
与GLEC框架（3.0版）相一致的核算与报告方法

运输方法	规范/标准/体系
参考GLEC框架（3.0版）	ISO 14083
	温室气体排放体系1.0 • 企业核算和报告标准 • 范围2 指南 • 企业价值链（范围 3）核算和报告标准
	国家温室气体清单优良作法指南和不确定性管理（IPCC指南）
	SBTi
航空	国际航空运输协会建议做法 1678（2022 版）[10] 和 RP 1726 2022[11]
	SmartWay Air Cargo 工具[12]
缆车	ISO 14083
枢纽	物流站点温室气体排放核算指南2.0[13]
	货柜码头温室气体排放核算指南[14]
	SmartWay Barge Carrier 工具[15]
内陆水运	内陆水运的温室气体排放因子[16]
	国际海事组织发布的有关船舶能效运营指数[17]
管道	ISO 14083
铁路	EcoTransIT: 方法论和数据2022版[18]
	SmartWay Rail Carrier 工具[19]
道路	4.2 2022 （Europe[20]）、 SmartWay Road Carrier 工具[21]
海运	国际海事组织发布的有关船舶能效运营指数[17]
	货柜船运输温室气体排放的计算方法[22]（目前仅适用于货柜船运输领域）

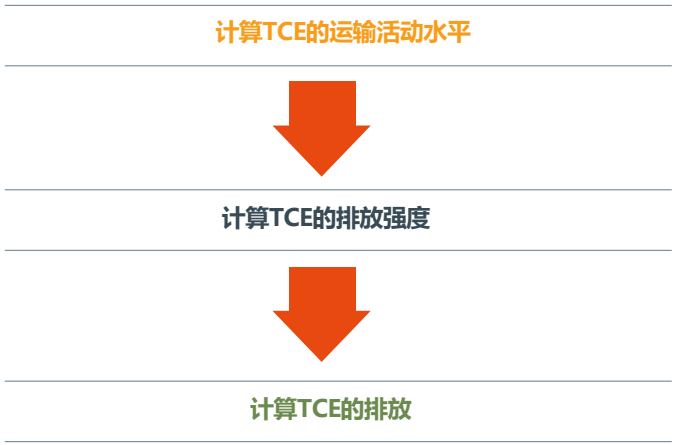
1 第2节 计算步骤

一家企业的货运和物流排放是运输链中的排放的累加，而运输链又包含多个运输链要素（TCE）。GLEC框架（3.0版）采取自下而上的方法，从TCE开始。本章解释了每个TCE的排放计算步骤。

温室气体排放的计算分为三个步骤（见图1）：

1. 计算TCE的运输活动水平。
2. 通过确立相关的TOC和HOC，计算所属TCE的排放强度。
3. 通过将运输活动乘以排放强度值，计算TCE的排放量。

圆1
温室气体排放的计算步骤



这些步骤将在接下来的页面得到详细解释。

计算TCE的运输活动水平

有关运输活动水平的计算

TCE的运输活动水平以吨公里（tonne-kilometers或tkm）表示。因此，要计算TCE的运输活动水平，您需要确定运输的货物质量（通常也称为重量）和距离。货物质量以吨（t，1吨=1000千克）或千克（kg）表示。如果使用其他重量单位，必须在报告中进行说明。在某些情况下，可能需要不同的方法：

- 如果只知道运输货物的重量，并使用20英尺标准集装箱单位（TEUs）而不是使用千克或吨的情况下，可以假定每个标准箱的平均重量为10t。如果集装箱很轻，其平均质量可以按6t计，如果集装箱很重，其平均质量可以按14.5t计。
- 对于特殊运输，例如包裹和邮政运营或其他集装箱化的特殊货物，可以应用不同的重量单位。此类不同方法需要明确记录（参见ISO 14083第5.4.2章节以获取详细信息）。

运输活动的距离以千米为单位，从发货人到收货人。如果在报告中明确注明，也可以使用不同的距离单位。运输活动的距离可以是最短可行距离（SFD）或大圆距离（GCD）（见下页文本框）。

计算TCE的运输活动水平，得到的值以吨公里（tkm）表示，即1t货物移动1km，该单位提供了一种有用和一致的"共同的基准"，用于表达货物运输的效率。如同距离在一些简单的能效指标的意义一样，如“每加仑燃油的行驶里程”或者“百公里油耗”。

通常难以获得运输货物的质量和距离的准确数据，主要是因为目前此概念使用范围还不够广。发货人可能无法从承运人那里获取这些信息，而承运人可能难以将其运输活动与实际能耗相关联。我们通常可以通过以下方法确定货物重量和运输距离。

获取货物质量数据

在GLEC框架中，对货物运输量或货物处理量进行计量的基础是实际发货质量。

在确定运输或物流枢纽操作的活动时，需要采用不同的方法并考虑各种因素。



在整个供应链中，重量可以作为统一的应用标准，因为它与运输活动排放计算的主要方法相符。虽然在一定的情况下，企业可以采用体积、密度或其他指标进行分析和报告，但其中统一的重量数据不可缺失，这样才可以确保多式联运供应链的一致性。

重量计算必须包括由发货人提供的产品和用于运输的包装，但不得包括承运人或LSP使用的额外包装或操作设备，如托盘等用于特定运输操作的容器。重量信息可以在运输管理系统（TMS）等提供的发票或提单中找到。

ISO参考文献：5.4.2 货运运输

图 2
计算一个TCE的运输活动



获取运输距离数据

尽管全球定位系统和遥感技术的发展使得确定运输活动距离变得看似简单，但准确一致地量化距离仍是物流排放计量中最复杂的部分之一。许多货物经过多个运输阶段和模式，并由多家承运商承运。中间停靠站体现了承运商的运输网络，而不是最直接的路径。此外，路线可能会因天气、潮汐、建筑或交通状况而改变，而这些信息不一定被其他各方所知。

在共享运输资源的情况下，这种复杂性更加凸显。货物通过共享运输工具进行运输，虽然可以提高运输工具的装载率和效率，但这也可能导致货物的运输距离比最直接运输路径要长。

GLEC框架基于运输链和TCE（请参阅第1节的运输链）。运输链的距离是从托运人将货物交给承运人的地点开始测量的，因此是从托运人处出发，以货物交给另一家承运人或收货人时结束。

运输TCE的距离由单个运输工具承载的货物来定义（枢纽TCE距离为0），每次更换运输工具或枢纽都需要确定和计算一个单独的TCE。为了确保准确性，必须为每个TCE收集距离信息，这可以通过直接测量或估算的方式完成。GLEC框架内使用了三种常见的建立距离的方法：最短可行距离（SFD）、大圆距离（GCD）和由距离校正因子（DAF）校正的实际距离。

每种运输模式的距离计算指南都在第4章节提供。

一旦确定了每个TCE的运输货物重量和运输距离，就可以计算运输活动，最好以“吨公里”为单位。这是通过将一份货物的重量（以吨为单位）与这份特定货物的运输活动距离（以公里为单位）相乘来完成的。最终的“吨公里”将重量和距离作为货物运输活动的度量标准。重要的是要单独计算每个TCE的每个货物运输活动。根据ISO 14083的规定，货物运输活动的单位是一个“可获取的一单或多单货物的集合从最初的托运人运输到最终的收货人。” 将每个货物运输活动的“吨公里”相加，即可得到整个TCE的运输活动水平，如图2所示。

距离

SFD

SFD代表考虑了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找到。对于大多数情况，推荐以上的计算方法。如果您愿意冒使用不适合您的运输工具类型或承担城市中心典型的拥堵情况的风险，那么它将不体现在SFD中。

GCD

GCD，又称为直接距离，是一种距离测量方法，目前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。尽管这是一种有说服力的选择，可以用于统一多模式供应链中的距离测量，但目前在航空业之外并不被广泛了解或接受。

实际距离校正因子（DAF）在没有最短可行距离（SFD）或直线距离（GCD）的情况下可以结合DAF使用实际距离。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GHG排放计算元素之间的兼容性，特别是当排放强度是基于实际距离计算的，而最终用户只能获得基于SFD的运输活动时。

ISO 参考文献: 1. 引言和3. 定义，3.1.27 运输距离和 3.3.4 距离调整因子。

计算在物流枢纽中的运营活动产生的排放

物流枢纽活动的量化是以从枢纽发出的货物吨位为基础进行的，也就是根据出站货物的重量进行量化。

将包装材料包括在货物重量中

在确定货物的重量时，始终应包括发货人提供的包装材料的重量。

相反，有些重量不应包括运输或枢纽活动所需的包装材料中，例如托盘或容器的重量。但是，请注意，当运输空容器时，它们被视为货物。此时，空容器的重量等于运输和搬运该货物的质量。

识别TCE的排放强度

为了确定适用于特定TCE的排放强度，必须确定该TCE包含哪些TOC或HOC。 TOC是具有相似特征的运输组合，HOC是在定义的周期内（通常是一年，除非另有规定并在相关报告中进行解释）有相似特征的枢纽组合。

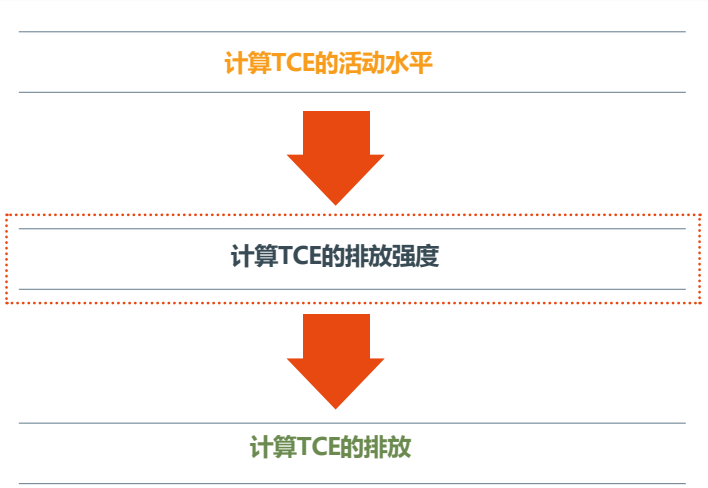
这些相似特征可以基于各种标准，如运输方式、行驶类型、所运送的货物类型、温控运输、特定贸易航线、所承载货物的性质或合同协议性质等（有关建立TOC特征的更多建议，请参阅第1部分第4节的各种运输模式特定章节）。运输很少针对单件货物进行，通常将其捆绑在一起，从而优化运输空间和时间。确定TOC和HOC有助于避免为每个单独的运输活动分别计算排放强度。

TOC和HOC的细化程度可以根据所需分析和可用数据进行调整。（有关TOC和HOC的细化程度，请参阅下页信息框TOC和HOC颗粒度建议）。 ISO 14083提供了一些示例，如下所示（也请参阅信息框关于TOC和HOC的颗粒度建议）：

- 单一行程中的单一运输工具的TOC
- 多个运输规划中单一运输工具的TOC
- 单一行程中特定类型运输工具的TOC
- 多个运输规划中特定类型运输工具的TOC
- 单一运输规划中一组指定运输工具的TOC
- 多个运输规划中一组指定运输工具的TOC
- 具有转运和/或仓储等相关服务的枢纽或节点

基于TOC或HOC的排放强度值，然后可以计算单个TCE运输碳排放。

这些特定TOC或HOC的排放强度可以使用原始数据计算，也可以进行使用模型数据，或者使用默认数据（请参见信息框“数据分类和质量”）。只有高质量的原始数据和模型数据才能代表所分析的运输活动和运输链的实际情况。默认数据只是实际情况的最佳近似值。使用默认数据会限制评估效果。



吨公里（tkm）计算方法的演示

运输	质量（t）	距离（km）	运输活动水平（tkm）
1	10	1,000	10,000
2	40	400	16,000
3	400	300	120,000
4	10	700	7,000
5	60	1,200	72,000
总tkm			225,000

关于TOC和HOC的颗粒度建议

考虑车队的构成

• 如果专门从事温控运输服务的运输企业使用一种40t的卡车车队，可能在其提供的服务中没有太大性能差异。在这种情况下，运输企业可以建立整个车队的统一排放强度，即整个车队代表一个TOC（“单一类型运输工具在多个运输规划中的TOC”）。

• 如果运输企业的车队由不同尺寸的车辆组成，提供不同类型的服务，则需要相应调整车队分类（“多个运输规划中特定类型运输工具的TOC”）。这样的车辆组可以进一步分成不同的集合，例如干线运输和最后一公里物流配送车辆，每个集合仍然包含多个运输规划，但每个运输规划的排放强度相似。如果服务不可比较且包含不同的排放强度的车辆，则需要进一步区分不同的TOC。

与所提供运输服务的主要利益相关者的TOC和HOC定义保持一致。如果客户需要将不同承运商的排放相加，需要所有承运商都使用一致TOC和HOC的定义。

某些客户需要单独的集合。如果客户希望了解更换运输服务的能源对排放的影响，那么需要从特定（一组）运输规划中相关车辆单独划分为一个TOC（或HOC）。这样，可以生成这些特定运输服务的信息，以便了解能源更换对排放的具体影响。这一点在内插项目中尤为重要。

空运中的距离集合。空运的碳强度与空运距离之间并非线性关系。起飞和降落对航空排放具有显著影响，因此，在定义运输操作类别（TOC）时，必须考虑不同的距离集群，包括短途飞行和长途飞行。此外，飞机的尺寸（容量）和类型（货机与客机）也与碳强度相关，因此也需要在分析中予以考虑。最后，如果可持续航空燃料与特定机场或签约航班相关，那么需要进一步细化相关的TOC定义，例如考虑“特定运输规划中的特定类型运输工具”，以确保分析的准确性。

运输活动不能在两个不同的TOC之间拆分。一方面，因为每个运输操作必须分配给一个特定的TOC。另一方面，一个TOC可以包括不同的能源驱动的载具，或者也可以包括不同运输要求的运输活动，例如柴油车辆运营和液化天然气（LNG）车辆运营可以合并在一个TOC中。为了提高透明度，允许存在以下类型的TOC：

- 仅货物的TOC（一般情况）
- 具有多温区运输工具的仅货物的TOC
- 同时包含客运与货运运输工具的TOC（如渡轮）
- 任何其他情况的TOC

TOC应反映车辆的整个往返行程。往返行程不需要立即返回起点，它可以包括起点和终点相同的一组连续行程。

- 包括往返行程中的所有装载和空载行程，以平衡货量不对称运输流程中的温室气体排放。
- 如果代表运输服务采购方运输空集装箱或托盘，例如出于搬迁目的，它们将成为自己的运输货物。
- 一个例外情况是当一辆车或一艘船的单程行程是被协议约定，且运输数据可以在运输运营商的运输网络中以及在运输服务采购方的系统中具体识别。
- 管道运输由于其使用和基础设施的性质，不受往返行程概念的约束。

HOC 因素。在识别HOC时，需要考虑影响规模、构成和运营特征等因素，例如：

- HOC中的枢纽操作数量和类型，如货物处理、装（卸）载、上（下）客、场内运输等；
- 在HOC中的枢纽活动的性质和一致性，如电气化或非电气化；
- 进场出场的运输模式及与多模式运输转换的相关性；
- 维持货物状态或确保乘客健康与安全所必需的过程；
- 货物搬运的性质，如托盘货物、集装箱货物、零散货物；
- 与仓储运营相关的额外导致的能耗和排放的活动，如温度控制、重新包装等。

枢纽活动不能分配给两个不同的HOC，每个枢纽活动必须分配给一个特定的HOC。一个枢纽可能执行属于不同HOC的枢纽活动（有关用于建立HOC的特征的更多建议，请参阅第1部分第4节“各种运输模式和枢纽的信息与要求”）。

ISO 引用：7. 量化行为，特别是7.1 通用，6.3 运输操作类别（TOC）和枢纽操作类别（HOC）6.3.2.1 将运输操作划分为TOC和6.3.3.1 将枢纽操作划分为HOC。

数据分类和质量

计算过程中使用的数据类型直接影响结果的准确性，进而影响结果在提供信息、分析运输操作效率、追踪减排行动等方面的可用程度。因此，收集高质量、高一致的数据并指定所使用的数据类型和计算方法非常重要。有关收集高质量运输数据的具体指导可参考美国（US EPA）的SmartWay计划。[23]

根据ISO 14083的规定，数据可以分为以下类别：

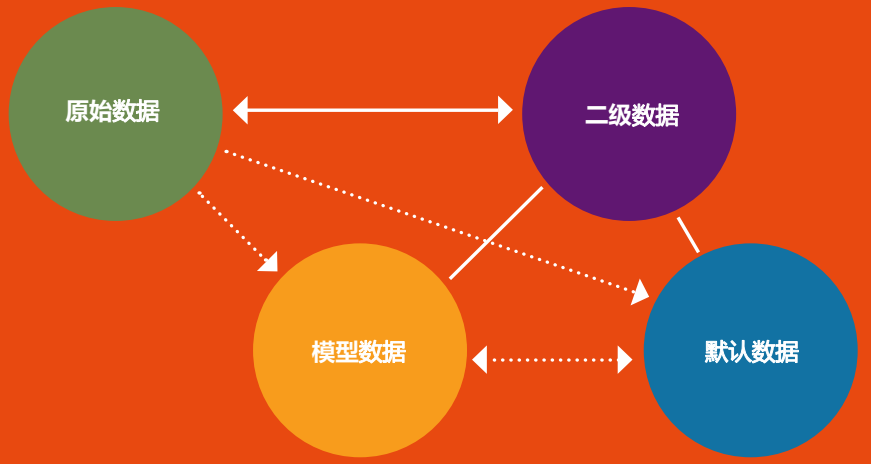
- 原始数据
- 二级数据
  - 模型数据
  - 默认数据

原始数据。原始数据是“基于直接测量或计算得出的过程或活动的量化值”。[9] 运输或物流枢纽运营商应使用高质量的原始（实际）数据来计算其范围1排放。这也是物流服务采购方应该从运营商那里收集的用于计算范围3排放的数据类型。主要数据可能包括高度精确的信息，例如燃料收据或年度能源消耗支出，也可能是一年内车辆行驶的能源消耗或排放强度的汇总值。

二级数据。二级数据是所有原始数据以外的数据，它可分为模型数据和默认数据。

模型数据。模型数据是指使用 "考虑到运输业务或枢纽业务的原始数据和/或温室气体排放相关参数 "的模型建立的数据。[10] 企业和工具提供商利用有关货物托运类型、行程起点、终点和中间处理地点的现有信息，以及有关所用运输工具、负载率等的任何信息，建立能源消耗和排放模型。模型输出的准确性取决于运输活动的详细程度、所做的假设以及模型的算法。一般来说，依赖默认数据而非原始数据做出的假设会增加输出结果的不确定性。重要的是，要确保数据建模工具中嵌入的方法与 GLEC 框架保持一致。

默认数据。如果没有其他数据，最后的办法是使用代表行业平均操作实践的默认数据。默认数据可提供排放量的总体指导，揭示潜在的热点，阐述了行业诉求，为提升数据准确性提供了优化数据的结构化方法，以提高排放量计算的准确性。为了帮助那些刚刚开始进行高质量物流排放计算的企业，本框架第3部分第2模块提供了一系列不同精度的默认数据，这些数据提供了总体碳排放的指导。与供应商的沟通有助于更好地了解实际情况，从而选择最合适的默认数据。有关车队、能源类型、温度控制、地形等的具体信息可以提高准确性。需要注意的是，必须明确说明所使用的默认数据的来源。



GLEC框架希望在方法学方面实现最大程度的统一。温室气体排放计算不仅依赖于合理的方法，还需要高质量的输入数据。所使用的数据类型直接影响结果的准确性，并决定结果在指导和跟踪减排行动中的可用性。因此，明确所使用的数据类型和计算方法是至关重要的。
建议企业考虑指定具有适当资质的独立第三方机构，对计算过程中的输入数据和任何假设进行保证。第三方保证虽然不是必需的，但独立评估，可以建立外部对计算流程和/或声明结果的信心或信任。

为了支持这一进程，SFC与GLEC成员和顾问合作，共同制定了与GLEC框架和ISO14083相配套的保证方案。该计划旨在为运输运营商、其客户以及保证提供商提供一个统一的框架，用于评估有关GLEC框架的采用、实施以及计算结果方面的声明。详细信息请访问 www.smartfreightcentre.org。
ISO 参考文献： 3.3.3 数据类别

计算TCE的排放

计算TCE的活动水平

计算TCE的排放强度

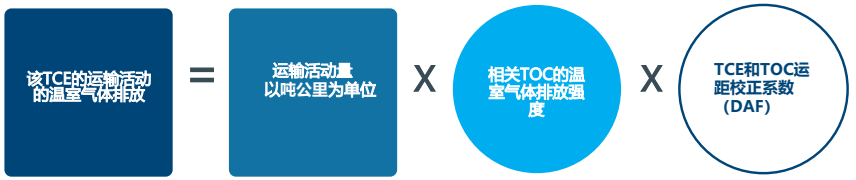
计算TCE的排放

要计算单个TCE的排放量，需要将运输活动或枢纽操作活动乘以相关TOC或HOC的温室气体排放强度：

由于运输操作TCE的排放计算通常需要通过DAF进行校正，因此在这最后一步中，运输活动和枢纽活动的计算方法略有不同。

当对TCE的运输活动进行量化的距离类型与相关TOC的排放强度量化的距离类型不同时，需要使用DAF进行校正。

对于运输活动的TCE：



针对枢纽运行活动的TCE：



运输运营的温室气体排放由两部分组成：能源供应部分和运营部分，这样就可以分别计算两部分的排放量。要获得TCE的温室气体总排放量，需要将运营部分的温室气体排放和能源供应部分的温室气体排放相加。

ISO 参考文献： 10 运输 TCE 的温室气体排放量计算和 11 枢纽 TCE 的温室气体排放量计算

对于运输活动的TCE：



对于枢纽活动的TCE：



颜色和形状的编码
蓝色 - 与运输相关的计算和数值 **橙色** - 与枢纽相关的计算和数值 **黄色** - 与能源供应相关的计算和数值 **绿色** - 与运输链相关的计算和数值 **灰色** - 其他所有颜色：灰色或白色
□ 计算结果与过程 ○ 数据

将运输网络中的运输链加总

运输链的温室气体排放总量是将组成运输链的每一个TCE的温室气体排放量相加计算得出的。将车辆运营的温室气体排放、分配给每个运输链元素（TCE）的车辆能源供应、枢纽设备运营和分配给特定运输链元素的枢纽设备能源供应相加，得出总排放量。

同样，如果要计算整个组织的排放量，则需要将构成运输网络的所有运输链加在一起。

通过汇总不同的运输链和相关要素（即运输和枢纽 TCE），此类计算可用于企业报告或企业的特定子集。重要的是，首先要单独计算每个 TCE 的温室气体排放量。

ISO 参考文献： 12 结果，包括 12.1 一个运输链和 12.2 一组运输链



1 第3节 建立TOC或HOC排放强度的步骤



TOC是一组具有相似特征的运输活动，而HOC是一组具有相似特征的枢纽运营活动。这些运营的定义通常基于一个日历年，除非在相关报告中有另行规定并进行了解释。建立TOC和HOC的排放强度有助于提高运营操作效率的透明度，使企业和相关方能够更好地了解和评估运输活动的环境影响。

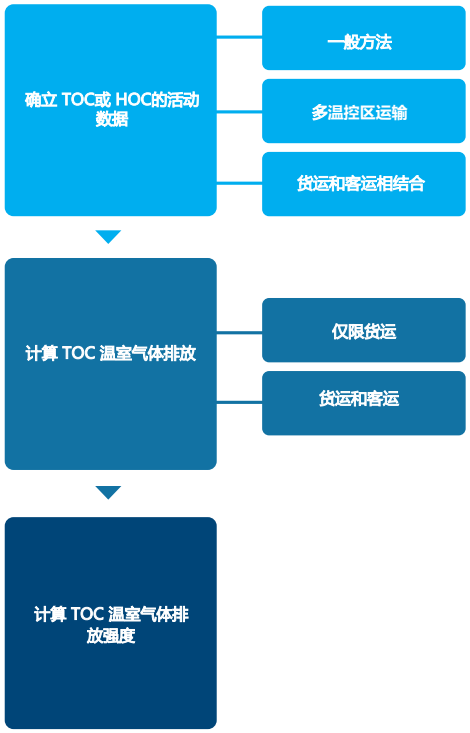
确定 TOC 或 HOC 排放强度的一般考虑因素

为计算 TCE 的温室气体排放量，您需要确定相关的 TOC 或 HOC 排放强度（参见第3章“建立相关的TOC或HOC”）。

温室气体排放强度将温室气体排放与造成排放的运输或枢纽运营活动联系起来。它可以表示为：
- 运输每吨公里的 CO_2e（或等效单位）
- 货运枢纽吞吐量中每吨吞吐量的CO_2e（或等效单位）

确定 TOC 或 HOC 的排放强度需要以下步骤：

1. 确定TOC或HOC的活动数据。
2. 确定TOC或HOC的能源使用情况、相关排放因子，并计算温室气体排放。
3. 计算TOC或HOC的排放强度。



您可以使用以下形式的数据来确定 TOC 或 HOC的排放强度（另请参阅第1章第2节：信息框“数据分类和质量”）：

A. 使用原始数据
B. 使用模型数据
C. 从默认值数据库中选择一个值
D. 从使用原始数据（A）或模型数据（B）的承运商那里收集数据

为了提高运输链透明度，并获得反映TOC或HOC 具体效率和排放量的结果，您应尽可能使用原始数据（选项 A）。运输或枢纽运营商尤其应使用原始数据，以最大限度地提高运营透明度。如果无法获得原始数据，则应优先使用模型数据（选项B），其优先度高于默认数据（选项 C）。由于并非总能获得原始数据，将不同类型的数据结合起来使用的情况非常普遍。在任何情况下，对于TOC或HOC及其使用目的而言，数据都必须具有代表性，并且尽可能具有较高的准确性。

计算排放强度的数据来源

A. 使用原始数据
使用原始数据时，必须执行以下步骤：
1. 需要识别所有与温室气体排放量相关的运输和枢纽运营活动。
2. 必须建立这些运营活动的TOC和HOC。
3. 必须识别、量化每个TOC和HOC的

每个温室气体源（能源消耗量、制冷剂泄漏等）相关的活动数据并将其转化为温室气体排放；所有温室气体源排放的总和等于TOC或HOC的温室气体排放。然后计算TOC或HOC的相应运输或枢纽运营活动，最终计算TOC或HOC的温室气体排放强度。关于各种运输方式在TOC或HOC级别的详细量化操作，请参阅本章第4节“各种运输方式和枢纽的信息与要求”，以获取详细说明。

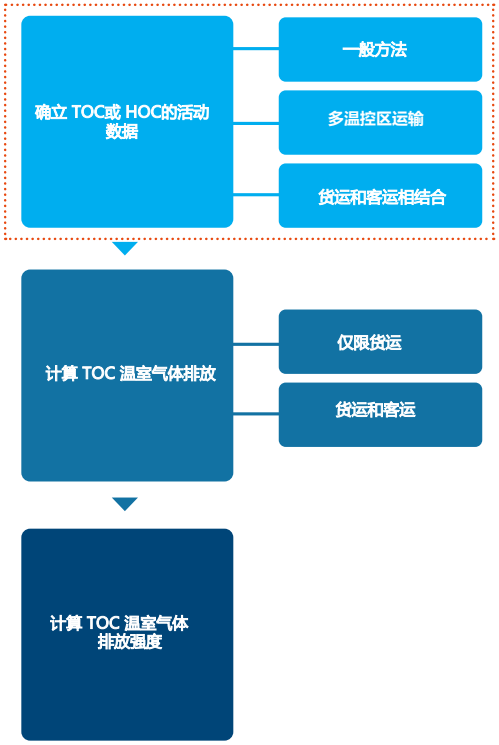
B. 使用模型计算数据
关于通过模型计算温室气体排放强度的详细信息，请参见第3部分第2模块 "默认燃油效率和温室气体排放强度值"。

C. 从默认值数据库中选择一个值
在使用默认数据的情况下，所选择的数据必须与默认温室气体排放分类以及相关TOC或HOC的特征之间具有最接近的匹配。如果无法明确找到清晰的匹配项，必须充分记录用于填补差距的数据来源以及选择这些来源的原因。（参见第2章第1节“报告排放”）。

D. 从已使用原始数据（A）或模型数据（B）的承运商那里收集数据
温室气体排放强度值也可以从采用方案 A 的承运商处收集，最好是使用原始数据，或者采用方案B，使用模型计算数据。

ISO 参考文献： 7.2 确定 TOC 或 HOC 的温室气体排放强度，特别是 7.2.3 使用一手数据计算、7.2.4 使用模式计算、7.2.5 从默认值数据库中选择一个值以及 7.2.6 从承运商处收集一个值

确立TOC或HOC的活动数据



确立TOC的运输活动——通用方法

为了确定TOC在给定时期（通常为一年）的排放强度，首先需要确定该TOC的运输活动，然后是生成排放强度。通常，通过以下方式计算TOC的运输活动：

- 每个运输活动的货物重量与其特定的运输活动距离相乘
- 将给定时期（通常为一年）内该TOC每批货物的上述乘积结果进行累加

另见信息框 "吨公里（tkm）计算方法的演示"。

为多种温度调节运输工具建立 TOC 运输活动

如果一个 TOC 有不同的温度区域，甚至在同一运输工具内也有不同的温度区域，则必须分别计算每种温度条件下的货运活动。因此，首先要计算每个温度条件下的货物运输活动，然后再将不同温度条件下的运输活动相加，得出特定 TOC 的运输活动。



确立客货兼运的TOC活动

对于客货兼运的运输工具的TOC，无论是否包括客运交通工具，运输活动的计算可按以下步骤进行：

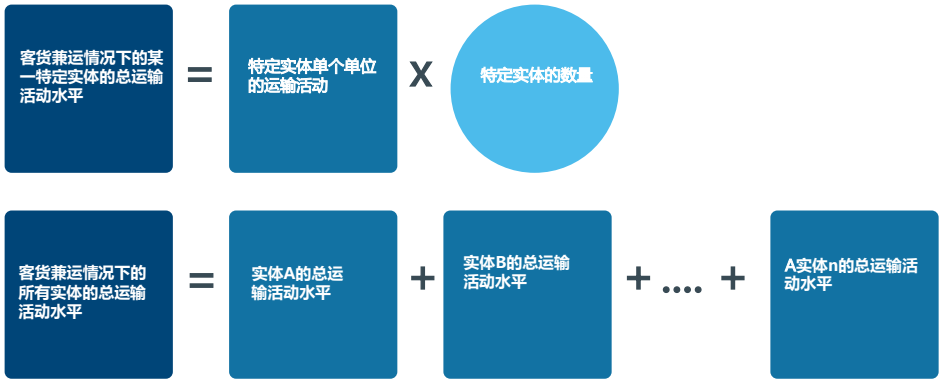
1. 需要确定 TOC 的每个相关子类别，例如乘客及其行李、汽车、摩托车、挂车、有货挂车。

2. 如果可能，这里也应使用乘客和车辆实际质量的原始数据。如果无法做到这一点，您可以采用常规的乘客人均 100kg（包括行李）的等效值。同样，如果无法获得不同交通工具的具体质量，也可以使用默认值（详见第 1 章第4节 "各种运输方式和枢纽的信息与要求"）。

3. 对于每个子类别，需要将运输活动距离乘以该特定类型的实体数量，例如乘客数量乘以相关运输活动数据的数量。结果等于此特定类型实体的运输活动。

4. 最后，将所有类型实体的运输活动相加，形成综合运输的活动水平数值。

ISO 参考文献：8.4计算TOC的运输活动，特别是 8.4.4、8.4.6 使用多温区运输工具的运输企业的运输活动，8.4.7　使用客运和货运（无论是否包括客运交通工具）的运输企业的运输活动。



确立一个 HOC 的运营活动

在确定 HOC 的排放强度时，采用的方法与 TOC 相似。特别关键的是要包括每种能源和制冷剂的总消耗量。如果有不同的枢纽运营活动产生温室气体排放，则必须分别精确量化这些枢纽运营活动的活动数据。一旦确定了单个枢纽运营活动的数据，将它们累加即得到整个 HOC 的活动数据。

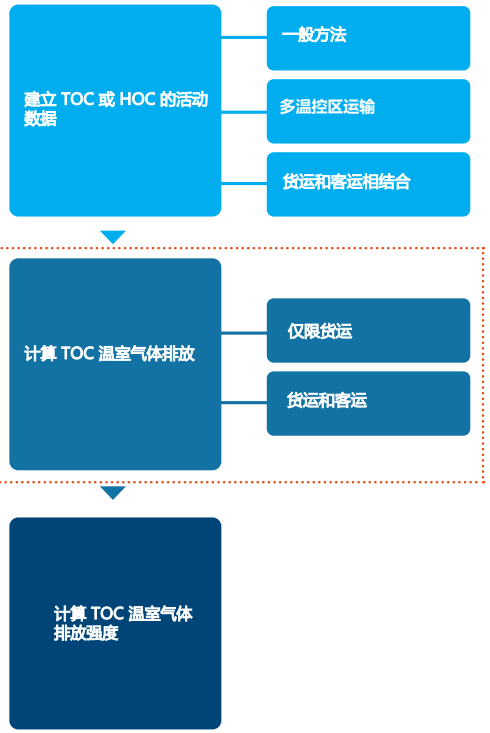
若枢纽包含不同的运营活动，可以区分不同的枢纽活动子类，例如，因不同温度的区域或因 HOC 内货物和乘客的混合运输。这需要分两步进行：首先，确定与特定子类操作相对应的枢纽活动数据；接着，计算每项这些活动的排放强度。

第1部分第4节"单个运输方式和枢纽的信息与要求"给出了为一个 HOC 分配温室气体活动数据的指导。

注意： 运输工具或装载单位（如冷藏集装箱）加注在制冷剂不属于枢纽排放，而被视为相应TOC的温室气体排放活动。

ISO 参考文献： 9.2 温室气体活动数据的量化

计算 TOC 或 HOC 的温室气体排放量



计算 TOC 的温室气体排放量

在计算一种 TOC 的温室气体排放量时，必须确定该 TOC 属于以下两个类别之一：

- 物流运输方式近乎相同，或者至少所有货物都具有相似的特征，并且在 TOC 中不包括客运。
- 物流运输方式不同和/或在TOC 中包括客运。

在第一种情况下，若所有货物运输的运输活动特征相似，可以对 TOC 所有操作的温室气体排放进行统一计算。然而，在第二种情况下，若货物通过不同的运输活动，或者在 TOC 中还包含了客运，您则需要针对每个特定的运输活动，也就是每个子类别，分别计算其排放。

例如，若某次运输既包含温控运输又包含非温控运输，而在其他方面相似，那么您必须为 TOC 分别计算两种温室气体排放：一种是由非温控车辆运输产生，另一种则是由温控车辆运输产生。此外，对于渡轮运输，您还需分别计算客运和货物运输所产生的温室气体排放。

ISO 参考文献： 8.3 计算TOC 的温室气体排放量

计算某一TOC 的特定运输操作的温室气体排放量，方法是将该TOC的运输活动的相关排放因子相乘。

某特定运输活动TOC的温室气体排放 = 该特定运输活动的tkm数值 X 该特定运输活动的温室气体强度因子

计算某一 TOC 的特定运输活动的能源供应端排放，方法是将该TOC的运输活动与其相关的能源供应温室气体排放因子相乘：

特定 TOC 运输活动的能源供应的温室气体排放 = 该特定运输活动的tkm数值 X 该特定运输活动能源供应端的温室气体强度因子

一旦计算了 TOC 所有运输活动的温室气体排放，并确定了 TOC 运输活动的所有能源供应的温室气体排放，它们的总和构成了 TOC 的总温室气体排放：

TOC 总的温室气体排放 = TOC 运输活动环节的所有温室气体排放总和 + TOC 能源供应环节的温室气体排放总和

计算 HOC 的温室气体排放量

同样，在计算某一HOC的温室气体排放量时，必须确定该HOC属于以下两个情况之一：

- 对所有货物的枢纽运营活动基本相同或至少表现出相似的特性，且 HOC 中不包括客运。
- 货物进行的枢纽运营活动不同（例如适用不同的温度条件）和/或客运是 HOC 的一部分。

在第一种情况下，如果HOC内进行的运营活动是同质的，可以同时计算HOC所有操作的排放。在第二种情况下，必须区分活动类型，并分别计算货物和乘客的排放。对于具有不同温控条件的枢纽运营活动，必须针对每种温度条件分别确定其温室气体排放和排放强度。

将特定枢纽的活动水平乘以相关温室气体排放系数，即可计算出枢纽运营活动的温室气体排放。

特定枢纽运行活动HOC的温室气体排放量 = 该枢纽的活动水平的数值 X 该枢纽活动相应的温室气体排放因子

要确定与某一 HOC 的特定枢纽运营活动的能源供应相关温室气体排放，您需要将特定的枢纽运营活动水平乘以相关的能源供应温室气体排放系数：

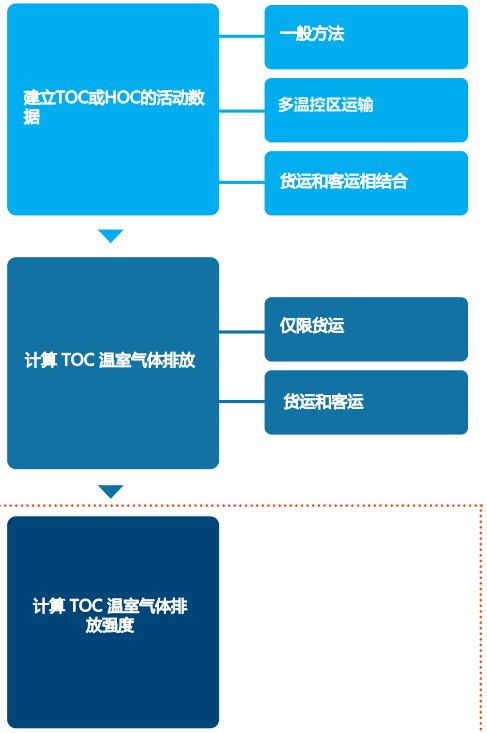
特定HOC枢纽操作活动的能源供应温室气体排放 = 该枢纽的活动水平数值 X 该枢纽活动能源供应端的温室气体排放因子

一旦计算了HOC的所有枢纽活动的温室气体排放，并确定了HOC的所有这些枢纽活动的能源供应端温室气体排放，它们的总和构成了HOC的总温室气体排放：

HOC的总温室气体排放 = HOC的所有枢纽活动的温室气体排放总和 + HOC枢纽活动的能源供应端温室气体排放总和

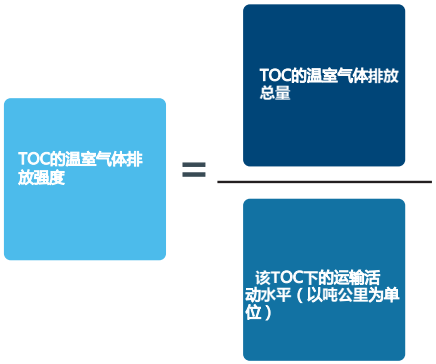
ISO：9.3 HOC 排放量的计算

计算 TOC 或 HOC 的温室气体排放强度

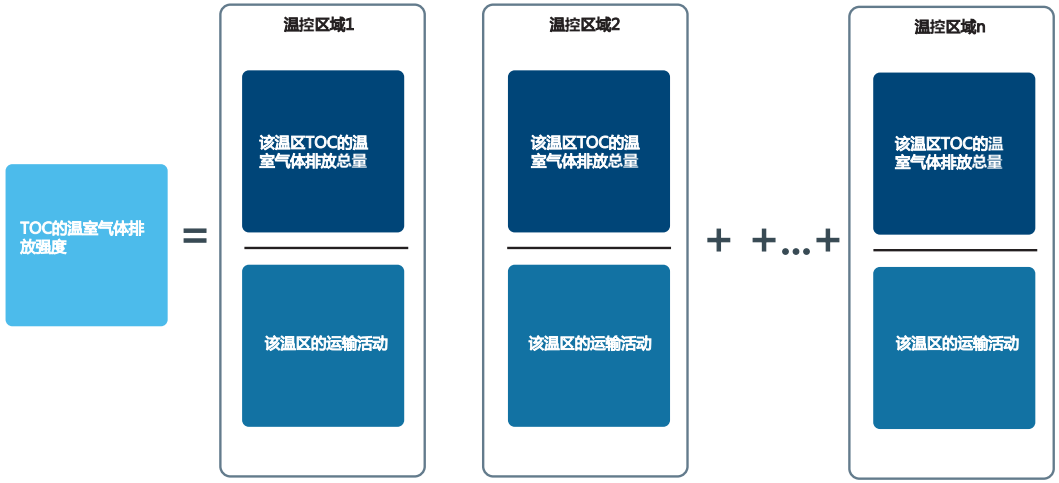


计算 TOC 的温室气体排放强度

要确定某一TOC 的温室气体排放强度，需要用该 TOC 的温室气体排放总量除以该 TOC 的运输活动总量：



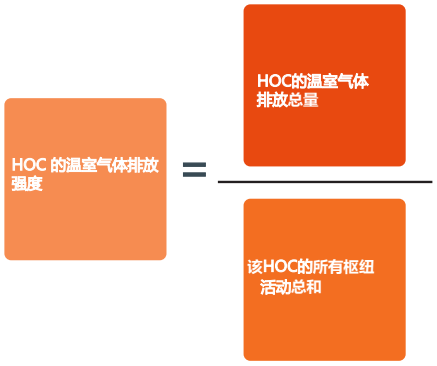
与计算多温度条件运输工具的运输距离一样，您必须为每种温度条件分别计算温室气体排放强度： ISO 参考文献： 8.5 计算TOC的温室气体排放强度



计算 HOC 的温室气体排放强度

计算某一HOC的温室气体排放强度，需要将HOC的总温室气体排放除以HOC的总运营活动。

计算结果以单位枢纽活动产生的二氧化碳当量来表示。



ISO参考文献：9.5 HOC 温室气体排放强度的计算

1 第4节
各种运输方式和枢纽的信息与要求

空运

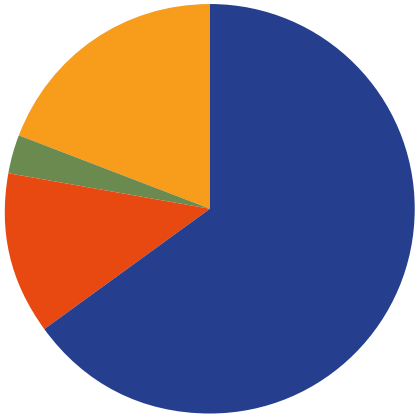
全球影响

全球航空业（包括国内和国际的客运和货运）对温室气体排放总量的贡献率约为1.9%。[24]航空运输与气候的独特关系在于，大部分排放发生在8000m至12000m的巡航高度。[25]IPCC指出，高空中的排放不仅包括二氧化碳，还有氮氧化物、甲烷、水蒸气和臭氧等，这些物质对气候变暖产生影响，并可能形成捕获地表热量的云层（辐射强迫）。[26]

航空是排放强度最高的运输方式，其中大部分排放来自客运，而货运排放约占航空相关排放总量的19%。预计未来几年，航空将是增长最快的运输方式之一，到2040年的年增长率预计约为3%。然而，值得注意的是，在2009年至2017年期间，航空业的能效提高了17%。

我们实现净零排放的策略

为了实现航空业2025年净零排放的目标，我们需要结合多种手段，包括最大限度地减少源头排放、采用碳抵消措施以及应用碳捕获技术。



- 65% 可持续航空燃料（SAF）
- 13% 新技术（电力和氢）
- 3% 基础设施和运营效率
- 19% 抵消和碳捕获

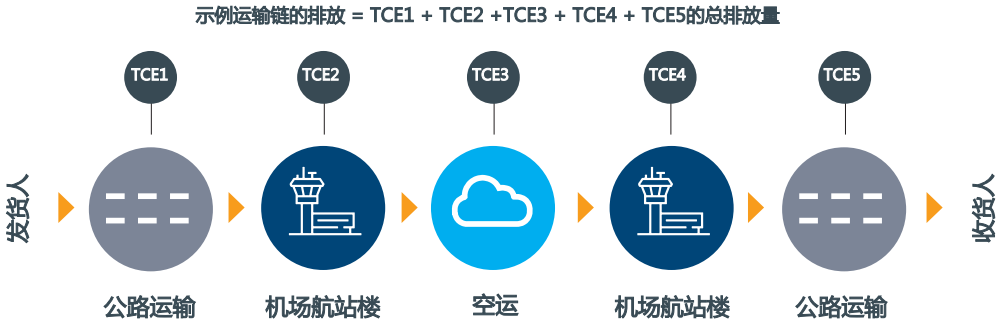
https://www.iata.org/en/programs/environment/flynetzero/

通过采用更高效的机身设计、发动机技术，使用对生命周期影响较低的可再生燃料（通常称为SAFs），改进空中交通管理以及实施其他优化措施，我们可以有效减少航空货运的碳排放。然而，在缺乏根本性新型飞机发动机技术的情况下，实现航空业的完全去碳化仍然是一个巨大的挑战。由于目前缺乏现成的解决方案，国际民用航空组织（ICAO）提出了国际航空碳抵消和减排计划（CORSIA）。该计划旨在利用碳抵消机制来减轻航空业对气候的影响，直到新的低碳技术得以广泛应用。[32]

范围

GLEC框架全面覆盖了所有类型的飞机货物运输，不仅包括专门的货机，还涵盖了带有货舱的客机（“腹舱”）。在评估由航空货运产生的排放时，GLEC框架综合考虑了货运和客运飞机的完整飞行周期。这意味着，从飞机滑行、起飞、巡航到降落等各个飞行阶段，以及与货物装卸相关的所有活动，都被纳入考虑范围。然而，需要注意的是，航空货运的温室气体排放计算并未将飞机制造过程中的排放以及航空公司或机场员工的排放纳入其中。此外，目前也尚未考虑航空燃料在高空燃烧可能带来的额外全球变暖影响。

图 1
包括航空运输TCE（TCE 3）在内的航空运输链的排放计算



航空终端提供的服务（例如装载、卸载、清洁）产生的碳排放被归类在物流站点的排放范围内。

运输活动类别 （TOCs）

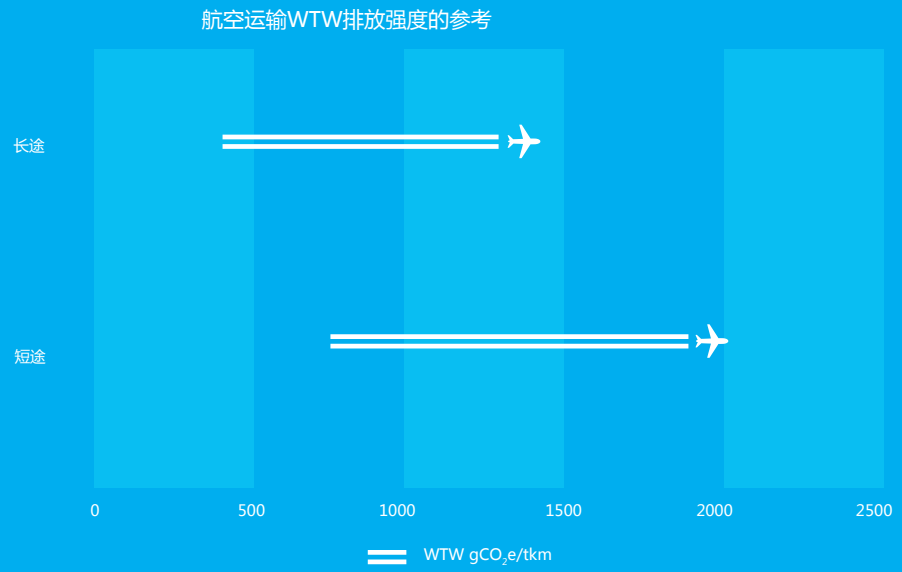
在航空货运的运输链中，航空运输通常是主要环节（见图1）。对于航空运输来说，构建合理的运输活动分类（TOCs）需要考虑距离因素，可以划分为短途（<1500km）和长途（>1500km）。同时，舱位配置也是一个重要因素，可以选择专用货机或带有腹舱货物的客机。定义航空运输TOCs的更细粒度级别可以是：

- 单架飞机或单一型号的飞机在单一航班中：例如，一架B777-F执行法兰克福至纽约再返回法兰克福的航班。
- 单架飞机或单一型号的飞机在多个航班中：例如，一架（或一组）B777-F飞行欧洲至北美洲之间的目的地。
- 同型号飞机组合或混合型号飞机组合在单一航班中：例如，所有货运飞机或所有法兰克福至纽约再返回法兰克福的飞机。
- 同型号飞机组合或混合型号飞机组合在多个航班中：例如，所有货运飞机或所有飞行欧洲至北美洲之间目的地的飞机。

研究方法一致性

GLEC框架通过重量分配航空运输货物排放的方法与国际航空运输协会（IATA）推荐的 RP 1678、美国国家环境保护署（EPA）的SmartWay航空承运人合作伙伴工具以及国际民用航空组织（ICAO）的CORSIA计划完全兼容。

图 2
航空运输"油井到车轮（WTW）"排放强度的示例



IATA RP1678[33] 和RP1726[34]

- 国际航空运输协会（IATA）已更新其“货运排放计算指南”（IATA RP1678），并在2022年增加了“乘客二氧化碳标准方法”（IATA RP1726）。
- IATA的”基于网络的方法“与”运输活动类别（TOC）“方法一致。
- IATA允许根据重量或体积计算排放量；为了与GLEC框架保持一致，应使用重量计算。
- 客运和腹舱之间的分配规则（IATA RP1726）符合ISO 14083标准，且仅按重量平衡。

CORSIA[32]

- 国际民用航空组织（ICAO）的CORSIA碳抵消和减排计划，采用“油井到车轮”（WTW）方法计算航空燃料的排放，并纳入其监测、报告和验证（MRV）程序中。这意味着航空公司必须报告其航空燃料的碳强度。
- “CORSIA实际生命周期排放值计算方法”涵盖了所有与生物能源和化石能源相关的温室气体排放（二氧化碳当量）。

CORSIA计划要求航空公司根据标准计算方法报告其使用航空燃料产生的二氧化碳排放。该方法基于国际民航组织的碳排放计算器，[35]并综合考虑了能源、飞机类型和飞行距离等多种因素。

- CORSIA的值必须从二氧化碳转换为二氧化碳当量（CO_2e）。
- CORSIA并未对化石煤油使用燃料生命周期做出具体规定。

根据CORSIA的规定，航空公司需要购买经过批准的减排项目的碳信用，以抵消其超过2020年基线的任何排放。这项计划从2021年开始分阶段实施，首先是2021年至2026年的自愿参与阶段，然后是从2027年至2035年对大多数国家实施的强制参与阶段[36]。

关于排放因子，您可以参考第3部分第1模块中北美和欧洲地区Jet A/A1燃料的指示因子。

空运计算要求

货物质量

请使用实际托运重量，而不是估算重量，比如计费重量等其他类型的重量。

距离

- 每个飞行段的距离是以出发地机场和目的地机场之间的大圆距离（GCD）来测量的。
- 如果在计算中使用实际距离，则必须应用距离调整因子（DAF）以避免低估。DAF应该使用关于调度、滑行和其他飞行过程的最佳可用数据进行计算，并需在报告中与提供的数值一并公开。若缺少具体的DAF信息，则应采用（GCD + 95km）/ GCD的比率。在此情境下，95km代表了由调度等因素导致的实际距离与运输活动距离之间的差异。
- 起点和终点的经纬度可以从国家航空信息出版物中公布的机场数据中获取，或使用国际民用航空组织的数据。
- 若航程中包含中途停靠，应分别计算每段航程的距离和相关排放，因为整个旅程中的每个航段都被视为一个TCE（运输链要素），然后将其相加以得出总和。
- 在进行范围3的计算时，确定飞行路径中是否存在中途停靠可能较为困难。若仅计算起点和终点之间的距离，而忽略中途停靠，将导致系统性地低估距离和排放。因此，您应尽可能获取每次旅程的航班号，这是最为可靠的方法，尽管获取这些信息可能较为复杂。

默认因子

- GLEC框架提供了以下航空运输的能效和排放强度（有关更多信息，请参见第3部分第2模块“默认燃油效率和温室气体排放强度值”）：

IATA行业整体平均值。
- 显示客机和货机的短途和长途相对应的数值，以及在航空运输性质不明确的情况下可以参考的平均值。

- 如果航班包括中途停靠，您应该对每个航段的起点和终点应用适当的默认因子。

能源来源

- 航空运输的能源来源被假设为是喷气燃料A（煤油）。
- 在某些情况下也使用航空汽油，例如配备活塞发动机的飞机。
- 如果有理由相信使用了其他能源，应选择合适的二氧化碳当量排放因子并记录这一变化。

携带腹舱货物的客机的运输活动

- 在主要功能是客运并在腹舱携带货物运输的运输活动类别（TOCs）情况下，应用ISO关于货物和乘客联合运输的规定计算运输活动（另见第3节计算步骤“确立客货兼运的TOC活动“。）
- 要同时考虑货运和客运，有两种选择：
  - 第一种选择是基于质量，使用包括行李在内的总乘客质量和实际货物质量分配和计算温室气体排放强度。
  - 第二种选择仅适用于第一种选择所需数据不可用时适用。在这种情况下，可以使用100Kg=1乘客当量的换算值，将货物质量转换为乘客当量，然后根据乘客和乘客当量的总数比例分配排放。可以使用已知的货物质量和运输活动距离计算排放强度。
- 乘客质量包括每位乘客及其随身行李的质量；货物质量包括货物本身的质量和发货公司提供的包装的质量。专门用于运输操作的任何额外运输包装、托盘或容器均不包括在内。

缆车



全球影响

缆车是一种用于运输人员、货物或两者结合的交通系统，以悬挂式空中索道或地面捆绑索道的形式存在。空中索道通常有吊舱或桶用于悬挂在缆索上运输乘客和货物，而地面索道则是装备有轮子或轨道的缆车系统或桶式系统。

在所有缆车中，运输单元的移动都是由拉动它的缆索或绳索产生的。这些缆索通常由电动机提供动力，而吊舱或桶可以固定在缆索上，或者根据系统的不同进行拆卸。缆车常用于多山或难以进入的地形。在城市地区，缆车系统被用于货运和客运，对环境和社会产生了积极的影响（例如哥伦比亚的麦德林或奥地利的格拉茨）。以格拉茨使用的双重用途系统为例，它产生了诸如交通联运、避免不必要的行程以及替代效应等协同效应。缆车站可以作为货物物流和乘客交通的多功能操作点。

缆车的温室气体排放量因多种因素而异，如缆车系统的类型、用于给系统供电的能源来源以及运输的材料的体积和重量。如果缆车系统由电力驱动，而电力来自可再生能源，如水电、风能或太阳能，其温室气体排放量将显著低于使用化石燃料能源的系统。

目前，关于缆车温室气体排放的研究较少，尤其是用于货物运输或综合运输的缆车。

因此，缆车的环境影响需要根据具体情况分别评估，并充分考虑到每个系统的特定背景、能源来源和条件。

范围

本节内容适用于所有能源消耗并主要用于货物运输的缆车系统。无论缆车系统由多个车厢还是只由单个车厢组成，都必须将其视为一个统一的运输系统，包括其基础设施。那些虽然在缆索上移动，但不通过至少一根缆索传递运动的车辆，不属于缆车的定义范畴。同样，垂直电梯也不包括在缆车的定义范畴中。

运输活动类别 （TOCs）

架空缆车可进一步分为三种类型:

1. 单向单缆系统：这种系统使用单根缆索在一个方向上运输货物。缆索由塔支撑并由位于缆车线路一端的电机驱动。货物被装载在固定抓手或可拆卸抓手的桶中，沿着缆索行进运输。

2. 单向双缆系统：这种系统使用两根缆索，通过抓手或载体将舱室或集装箱连接在其中一根缆索上。缆索由位于缆车路线两端的电机驱动，舱室或集装箱沿着缆索单向移动。这种系统可以进一步分为物料2S和物料3S两种变体，它们在舱室或集装箱与缆索的连接方式以及缆索本身的配置上有所不同。

3. 可逆双缆（往返式）：这种系统使用两根相互平行的独立缆索。舱室或集装箱通过可拆卸载体连接到缆索上，缆索由位于缆车路线两端的电机驱动。

研究方法的一致性

在评估用于货物运输的缆车的温室气体排放时，可以使用原始数据或模型数据。通常需要并使用这两者的结合。

缆车运输计算要求

距离

- 运输活动的距离应基于最短可行距离（SFD），通常不需要距离调整因子（DAF），因为舱室或桶的路线由绳索定义，且不可能发生偏离。
- 当两个或更多的缆车相互连接形成一个运输系统时，即使它们确保了连接车辆的行程连续性，该系统的每一部分仍应被视为一个独立的缆车。

物流枢纽

全球影响

物流枢纽是乘客和/或货物在运输链的不同运输操作之前、之后或期间，从一种车辆或运输方式转移到另一种的地点。货物枢纽（也被称为物流枢纽）是供应链的重要组成部分。物流枢纽是货物存储和搬运的地方，同时也是各种运输方式交汇的地点。通常，物流枢纽位于人口密集区附近，这凸显了它们对气候和健康影响的重要性。鉴于物流枢纽在快速发展的物流行业中的核心作用，预计它们的影响将在未来几年进一步增长。因此，除了运营方面，物流枢纽生命周期中的其他阶段可持续发展也很重要。

物流枢纽是分布在全球的多样化设施网络，它们整体对环境的影响尚未明确。据世界经济论坛估计，仅仓库和分拣设施的排放就占供应链排放的13%[39]。

针对国家的评估显示：在美国，仓库排放约占交通运输排放的20%；在英国，估计它们占11%至30%[40]。在德国，大约15%的交通运输排放被归因于物流枢纽[41]。

企业对物流枢纽的使用以及由此产生的运营排放会因运输方式、制冷需求和地区的差异而有所不同。因此，物流枢纽排放的相对影响会因企业和产品的不同而有所差异。因此第一步就需要评估物流枢纽运营对环境的影响，提升透明度，并在此之后理解两者之间的相互以来关系。

范围

物流枢纽是连接运输段（在相应运输模式内部和之间）的节点、场所、设施、中心和仓库，或者是运输链的起点或终点[42]。物流枢纽包括仓库、集疏运中心、配送中心、交叉配送或微型仓库/城市枢纽，以及海运或内陆港口的码头、货运和多式联运终端或机场的货运终端。物流枢纽由自身的运输链要素组成。因此，物流枢纽排放的界限始于货物从进场的车辆或船只卸载下来，终止于货物被移交给接收方或重新装载到出场的车辆或船只上。

根据ISO 14083，必须考虑转运过程，而货物存储或重新包装是可选的，与信息和通信技术（ICT）设备及外部服务器提供商提供的数据服务器相关的排放也是如此。如果考虑了这些过程中的任何一个（仓储、重新包装、外部服务器提供商），则应相应地予以标注[9]。

GLEC框架将物流枢纽的排放视为枢纽卸载/装载或移动货物时使用的燃料和电力所产生的排放，以及用于温度控制设备的制冷剂直接损耗。这包括用于现场车辆、搬运货物的技术设备、照明、加热/冷却（设施和冷藏车）、称重站、现场服务器房和与枢纽货物运动相关的行政设施以及其他与货物相关活动的能源使用。此外，还包括用于现场车辆和机械（如起重机、吊车、叉车、运送员工的穿梭车、柴油发电机和对船舶的岸电）的能源供应的排放。物流枢纽排放不包括枢纽的进出场车辆使用的能源和制冷剂，这些属于相应的运输链要素。与基础设施、车辆和物料处理设备相关的上游排放不包括在内，也不包括由员工通勤和商务旅行引起的范围3排放。与自主移动货物相关的排放，例如在滚装（RoRo）码头中的情景，也不包括在物流枢纽的排放中。

为了管理这种多样性，可以使用所谓的枢纽活动类别（HOCs）进行结构化，一方面，考虑到不同层次的细化，例如网络中单个枢纽或特定枢纽类型的HOC；另一方面，考虑到影响货物规模、商品构成和运营特性的因素。因此，任何单一枢纽的操作都应当在其整体系统的背景下加以考虑。最后，HOC是在定义时间内（最长一年）具有相似特征的枢纽运营的结构化汇总。

枢纽活动类别（HOCs）

推荐的HOC分类基于[9]：

- 过程：货物转运、乘客转运、客货联运、货物转运和存储。
- 货物类型：平均/混合、集装箱或可更换车厢、托盘的散装/单件货物、干散货、液态散货、车辆运输等。
- 条件：常温还是控制温度。

研究方法的一致性

弗劳恩霍夫物流研究院的《物流枢纽温室气体排放核算指南》提供了有关物流枢纽核算的详细指导[40]。该方法是与SFC和EcoTransIT World共同合作开发的，符合ISO 14083的要求，并为GLEC框架（3.0版）提供了重要的参考信息。

物流枢纽计算要求

货物重量

物流枢纽的活动数据是基于累计年度吞吐量（单位：吨）计算的，该吞吐量是指离开枢纽的货物，即出站货物。追踪需要特殊处理的吨位数也可能有所帮助，例如温度控制（如冷却或加热）。这种区分可以帮助您更准确地分配排放。对于主要处理集装箱货物的枢纽，如果没有货物质量数据，可能需要将TEU（标准箱）转换为吨，可以使用10t/TEU的平均值进行转换。另外，如果适用的话，对于轻型货物可以使用6t/TEU进行转换，对于重型货物可以使用14.5t/TEU进行。

对于邮件和包裹操作，如果对单个物品的重量无法获取，货物的计量可以以物品的数量为准。

分配

企业应尽可能通过更详细的数据收集避免分配的情况。当多种具有不同特性的服务由一个枢纽完成时，您可能无法获取详细的枢纽运营活动数据。在这种情况下，您可以考虑基于特定的物流特征来分配温室气体排放。

当枢纽同时处理常温和冷藏货物时，要考虑冷却的能耗和制冷剂的泄漏，以便在这两种特性之间合理分配总排放量。

在某些情况下，区分货物相关活动和非货物相关活动的电力和燃料消耗可能较为困难。在这些情况下，我们鼓励物流枢纽运营商根据最佳可用信息进行计算，并在报告时公开记录任何潜在的异常情况。

对于由多个运营商共同运营的物流枢纽，应根据每个运营商各自的吞吐吨位单独计算排放量。

如果无法进行单独的数据采集，可能还需要进一步分配。

所选的分配原则应保持时间上的一致性，并应有据可查，例如，可使用货物量来分配用于特定功能区域照明的电力消耗。

时间段

关于枢纽的运营数据，应将时间段聚合成最长为一年的周期。这样做有助于消除季节性波动的影响，例如加热或照明引起的波动，或任何对长期趋势的短期影响。

默认数据

获取物流枢纽的默认值仍是一个发展中的领域，在历史上一直难以取得进展。此外，物流枢纽在性质上极其多样化。集装箱码头与转运枢纽存在很大差异，即便在物流枢纽的每一个类别中，也可以找到非常不同的服务[38]。弗劳恩霍夫物流研究院通过广泛的行业研究和数据收集，借助REff工具®[43]，推进了对物流枢纽平均排放强度值的理解。GLEC框架（3.0版）受益于他们的研究，为转运站点、仓库和码头提供了一套默认数据，考虑了常温货物以及温度控制货物的处理。默认数据包含在第3部分第2模块中。

对于这些值，电力、热力或其他燃料和制冷剂已经使用相应的区域排放因子（如果有的话）转换为二氧化碳当量，并在全球范围内进行汇总。物流站点的数据来源于全球各地区，但仓库和转运站点的主要默认数据来源目前是欧洲。

内河航运

全球影响

内河货物运输在物流行业中占比相对较小。与公路运输相比，每吨公里的能耗约低50%，在能效方面与铁路运输相当。

内河运输因碳排放强度相对较低以及在缓解道路拥堵方面的作用，被视为一个环保且高效的选择。除此之外，内河运输的安全性较高，特别是在运送危险品时，这一优势尤为明显。然而，尽管内河运输拥有这些优势，与其他运输方式相比，它在运输量和基础设施投资方面增长缓慢，特别是在发展中国家。不过，欧盟已经设定了目标，计划到2030年将内河运输和近海航运量较2015年增加25%，到2050年更是要增加50%。这一宏伟目标预计将在未来几年内推动对内河运输技术的更多投资[45]。

在统计出版物中，内河运输的能源使用和排放数据通常与其他水运模式混合在一起，这使得单独查看其相关信息变得困难。然而，GLEC框架的默认值显示，根据所使用的船只类型，内河运输有潜力成为中长途运输的低能耗、低排放替代方案。

通过采取慢速航行和优化物流操作等措施，可以进一步提高内河运输的效率。近期比较实用的解决方案包括能源高效的动力和推进系统、流线型船体和上部结构，以及生物柴油、电力或氢等替代能源。此外，一些尖端的推进技术（如燃料电池混合动力系统）也可能在不久的将来进入市场[48]。

范围

内河水路运输指的是沿着非海洋水域，如河流、湖泊、运河和河口的货物运输[49]。GLEC框架（3.0版）与ISO 14083一样，包括了所有类型的内河水路船只，如驳船、双推船、推进船队、油轮和集装箱船。同时，该框架也考虑了各种货物类型，包括干货和散货、集装箱货物，以及限重和限体积的普通货物。

在内河运输中，必须考虑排放问题，这与船舶推进所消耗的能源以及维持货物状态和温度所需的能源密切相关。此外，所有与货物运输相关的排放，包括空载回程等，也应纳入考虑范围之内。

此外，任何从岸上供应的能源，尤其是电能，也应包括在船舶运营商的活动数据中。与用于装卸货物的建筑物和设备相关的排放归类为物流站点排放，并包括在HOC排放中。

运输活动类别（TOCs）

为了将排放强度相似的运输服务进行分类，建议根据内河货运的影响因素组合来构建TOCs，这些因素包括船舶大小类别、船舶配置、船舶状况和水路类型[9]：

货物类型

- 干散货
- 液体散货
- 集装箱货物
- 质量限制的普通货物
- 体积限制的普通货物

船舶尺寸类别

- 50 m以下
- 50 m 到 80 m
- 80 m 到 110 m
- 110 m 到 135 m
- 135 m以上

船舶配置
- 单独船舶
- 护船船队

条件
- 环境温度
- 可控温度

水道类型
- 运河
- 河流
- 湖泊

研究方法的一致性

一般而言，内河运输排放核算遵循海事部门制定的规则。GLEC框架与国际海事组织（IMO）能源效率运行指数（EEOI）指南以及美国环保署（US EPA）SmartWay驳船运输工具的原则相一致。

国际海事组织能源效率运行指数（IMO EEOI）[9]
- 国际海事组织能源效率运行指数（IMO EEOI）的排放结果以“油箱到车轮”CO_2排放的形式表达；因此，必须加上“油井到油箱”排放，并将结果转换为二氧化碳当量，以与GLEC框架保持一致。
- SmartWay驳船运输工具[15]
- SmartWay的排放结果以“油箱到车轮”排放的形式表达；因此，必须加上“油井至油箱”排放，并将结果转换为二氧化碳当量（CO_2e）基础，以与GLEC框架保持一致。
- 特定运输企业的数据仅适用于少数在北美运营的企业。
- SmartWay强度值以当量吨英里为单位— 能源消耗已经通过SmartWay提供的标准排放因子转换为CO_2，可能需要从美制吨转换为公制吨，以确保报告的一致性。

内河运输计算要求

货物质量
- 使用货物的实际重量。
- 对于集装箱运输，可以使用TEU等替代货物重量（另见第1部分第2节“计算步骤”）。

距离
- 理想的距离数据取自船舶的航行日志。
- 其他可能包括距离规划软件、远距离通讯数据或其他网络距离数据源。
- 如果实际距离不可用，内河运输的距离应为考虑到内河水路网络的最短可行距离（SFD）或大圆距离（GCD）。
- 内河水路网络中有限的路线选择使得实际距离与最短可行距离（SFD）之间的偏差机会很小。因此，无需应用距离调整因子（DAF）。
- 使用合适的距离计算器可以尽可能准确地确定内河水路的距离。
- 使用第4部分中的单位转换因子可将（海里）英里转换为公里。

默认值
- 智慧货运中心（Smart Freight Centre）和STC-Nestra与GLEC成员紧密合作，共同开发了一套全新的、经过行业审查的默认因子，这些因子能够精确地反映当今内河运输行业的实际虽情然况[16]。
- 我们始终建议您使用运输企业的数据，但第3章第2模块中的默认值在收集和共享各种内河运输船型的一致数据方面确实更具优势。

能源来源
- 内河运输操作的默认能源来源为船用柴油。
- 其他潜在的能源来源包括其他柴油、液化天然气（LNG）和生物柴油。
- 如果通过了解运营情况，有理由相信使用了其他能源，请选择适当的二氧化碳当量排放因子，并记录此偏差。

水流效应
- 对于内河运输而言，水流方向（即顺流或逆流）对能源消耗可能有重要影响。
- 任何排放的计算都应基于往返行程来平均影响，以确保覆盖整个运输操作的排放情况。

管道运输

全球影响

管道运输通过一系列管道将介质（如液体、气体、液化气或浆料）从一个地点运输到另一个地点。管道作为货运行业的重要组成部分，提供了一种高效且环保的运输方式。它们由长钢管或塑料管构成，能够有效地在长距离内运输液体或气体，同时降低对环境的影响。管道既可以在地下，也可以在地面上，其直径可以从几厘米到几米不等，这取决于所运输产品的体积。

管道可以跨越非常长的距离运输大量货物，这使它们非常适合运输如石油、天然气和水等产品。石油和天然气行业中广泛使用管道，将原油、精炼石油产品和天然气从生产地运输到炼油厂和配送中心。除了石油和天然气行业外，管道还在化学工业中用于运输氯气、氨气等化学品。

评估管道运输的环境影响时需要考虑两个方面：建设和运营。研究表明，建设阶段对受影响区域的生态影响更大[50]。这是因为建设管道会干扰该区域，包括清除植被、挖掘、压实土壤和其他活动。

此外，由于管道通常沿直线建造，它们可能会影响具有不同自然和气候带，以及多样地质和水文特征的区域。

然而，管道的运营也不是没有难点的。其中一个主要难点是确保管道的安全，这需要定期维护和检查，以防止泄漏和其他事故。根据美国国家环境保护署的数据，2020年天然气管道的甲烷泄漏导致了大约2100 t 二氧化碳当量的排放[51]。此外，建造和维护管道的成本较高，这可能会限制它们在某些地区的使用。

范围

- 计算管道运输的温室气体排放，应基于管道网络内设备用于移动产品和维持相关压力水平所消耗的能源。此外，还必须考虑如法兰、阀门、接头和螺纹连接等处的直接逃逸温室气体排放。

- 在对比管道运输与其他运输方式时，应综合考虑不同的压缩、冷却或加热过程，以及相关的能源使用和温室气体排放。
- 在生产现场或运输链内的转运点/码头，管道输送所需的介质的初始压缩和泵送不应纳入管道运输的温室气体排放计算中，而应通过HOC计算将其分配给相应的枢纽。
- 当考虑涉及管道运输的运输链要素（TCE）时，建议根据一年内相关管道段或网络的所有操作和运输介质活动来定义管道的运输活动类别（TOC）。
- ISO 14083的系统范围要求在量化运输链的温室气体排放时，需要综合考虑多个运营过程对温室气体排放的影响。例如，除了考虑车辆和枢纽的运营过程外，还需要考虑为其提供能源的过程，包括燃烧或泄漏产生的排放。对于管道运输计算而言，这意味着还需要额外考虑如管道的启动、空转以及为管道维护所需的清洁和冲洗操作等过程。
- 在泥浆管道运输中，货物质量的分配不应包含运输介质（如水）的重量。

管道运输计算要求

重量

除了用重量表示货运数量外，您还可以使用其他参数（如体积）。

距离

- 运输活动的距离应考虑到管道网络的最短可行距离（SFD）或大圆距离（GCD）。
- 在管道运输的情况下，不需要使用距离调整因子（DAF），因为管道网络中可用的路线选择有限，实际距离与最短可行距离（SFD）之间的偏差很小。

铁路

全球影响

与其他运输方式相比，铁路货运对全球排放的影响相对较低。2018年数据显示，铁路货运排放仅占交通领域温室气体排放的1%，而铁路客运排放占比为4%。在运营过程中，客运铁路的电气化率约为80%，而货运铁路约为50%，因此不产生运营阶段的二氧化碳排放。然而，柴油在货运铁路的能源组合中占据更为突出的地位，2021年约占全球货运铁路总能源消耗的三分之二。

为了提高效率和可持续性，铁路货运行业正在积极采用新技术和运营实践，并得到一些国家的资金支持。电气化在这一过程中发挥着重要作用，能够消除铁路运营的直接排放，从而显著减少排放。同时，生物燃料等可持续燃料的使用也在增加。此外，铁路网络的扩张也提高了系统的效率和吸引力，包括建立高速铁路连接、轨道现代化和信号系统数字化等措施。

预计铁路货运在未来几年将会增长。美国联邦铁路管理局致力于通过各种策略减少铁路运输的碳足迹，如推动电气化的扩展和可持续运营、维护和建设过程中的温室气体排放[55]。欧盟设定了雄心勃勃的目标，到2030年铁路货运增长50%，到2050年翻倍，旨在减少温室气体排放并缓解主要道路网络的拥堵[55]。此外，他们旨在扩展铁路网络，以提高客运和货运的效率，并实施措施以减少铁路的燃料使用。

然而，铁路货运市场（特别是在欧盟）可能会直接受到能源价格大幅上涨的影响。那些未能在2022年和2023年确保足够能源采购的铁路货运运营商，可能会面临未来成本大幅上升的风险。这种增加的成本负担可能会迫使一些运营商退出市场，从而对将货物转向铁路运输所取得的进展构成威胁[57]。

范围

对于铁路运输而言，其排放与用于驱动火车或其他铁路车辆运输货物的能源或电力密切相关。这包括由枢纽运营商系统提供的用于火车推进的能源。在GLEC框架（3.0版）中，还综合考虑了电力传输损失（已计入电力温室气体排放因子）以及由刹车能量再生重新注入电网所产生的能源。此外，枢纽边界内的任何内部运动所产生的排放也被纳入考虑范围之内，它们被归类为物流枢纽排放，因此是HOC的一部分。

运输活动类别（TOCs）

铁路运输TOCs的结构应以下列各个影响因素的合理组合为基础。

操作类型：

- 长途货物运输：
  - 集装箱列车
  - 单车运输
  - 联运车
- 短途货物运输（支线服务）

货物种类：

- 平均/混合
- 集装箱/可拆卸货箱
- 干散货
- 液体散货
- 汽车运输
- 半挂车
- 其他

条件：

- 环境温度
- 可控温度

驱动：

- 电力发动机:
  - 固定供电系统
  - 车载电池储能
  - 燃料电池储能
- 内燃机
- 其他

研究方法的一致性

除了ISO 14083外，GLEC框架（3.0版）也与国际铁路联盟（UIC）推荐的EcoTransIT World方法论相兼容。在美国环境保护署的SmartWay铁路运输工具以及美国地面运输委员会在联邦政府层面收集和发布的信息，提供了形式上兼容的另外的信息来源。

EcoTransIT World[58]

- EcoTransIT World工具与“油井到车轮”（WTW）的温室气体排放以及温室气体核算体系价值链核算与报告标准中概述的排放范围相一致。
- EcoTransIT工具允许以CO_2/CO_2e和TTW/WTW的形式报告排放，但需要确保始终使用包含WTW和CO_2e的计算值进行报告。
- EcoTransIT工具根据地区划分地理位置，以模拟电气化与柴油机车的水平，并充分考虑了在国家层面寻找电气化数据所面临的挑战。

SmartWay 铁路运输工具[59]

- SmartWay铁路运输工具无法提供针对不同承运商的二氧化碳强度因子，但它提供了代表北美运营商公司排放强度的年平均值，可能对确定基准点有用。

铁路运输计算要求

货物重量

- 运输活动的计算应使用实际货物重量吨数。如果这不可用，可以基于货物的体积估算重量。对于集装箱运输，货物重量可以基于标准箱（TEU）估算。
- 活动数据应根据标准货物运输规则，在货物运输链的运单级别进行计算。
- 对于铁路运输，由于没有实测数据，平均装载因子的默认值尚未建立。EcoTransITWorld工具基于某些货物类型的净吨公里和毛吨公里（或付费吨公里）以及车厢重量和载荷能力的标准因子估算装载因子[19]。 SmartWay铁路运输工具为北美提供平均铁路车厢容量数据[59]。

距离

- 铁路运输活动应根据行程的起点和终点，基于最短可行距离（SFD）进行计算。
- 如果您使用实际距离来计算运输活动，需要进一步分析任何可能的偏差，以确定正确的距离调整因子（DAF），考虑到铁路运输在路线选择上非常有限，任何偏离计划路线的情况很可能是出于特定原因。
- 铁路运输距离可能难以确定。一些铁路运营商和温室气体排放计算工具为客户提供铁路距离计算器。EcoTransITWorld工具的在线工具也可以免费用于计算铁路运输距离。

关于火车头和能源的考虑

- 铁路运输最重要的区分因素是火车头使用电力还是柴油作为能源。在北美，柴油是最常见的能源，并且在实际条件未知的情况下作为默认的能源类型。
- 关于火车长度、空载重量和容量的信息有助于提高计算准确性。
- 其他潜在的能源包括电力、液化天然气（LNG）和生物柴油。
- 电气化程度因地区而异，在欧洲大陆尤为常见，但如果没有来自承运商的数据，确定电气化程度可能很困难。
- 有关区域电气化的信息可以在国际铁路联盟（UIC）的铁路信息系统和分析（RAILISA）统计数据中找到[60]。
- EcoTransITWorld在其工具中模拟了区域电气化值[58]。
- 如果火车是电力驱动的，建议选择适当的原始能源排放因子（如果已知）和/或电网排放因子，以便更准确地计算排放情况。

道路运输

全球影响

在全球交通排放方面，道路交通是迄今为止最大的排放源，贡献了近四分之三的整体交通排放[61]。2021年，欧洲道路货物运输量较2020年增长了6.5%[62]。然而，预计全球道路货运运输需求增长的大部分将来自非经合组织（non-OECD）国家[63]。

目前，绝大多数公路货运车辆由柴油驱动，大规模转向电气化道路运输被认为是实现全球气候目标的关键[64]。短途道路运输的电气化正成为一个普遍选择，而长途道路运输的电气化仍处于起步阶段，目前其规模在逐步扩大。

效率提升的举措在降低道路运输的排放效果上显示出巨大潜力，车队排放和线路优化以及驾驶行为改善对提高能效而言简单易行。此外，与供应链合作伙伴的协作可以通过并单集货来进一步提高效率，从而进一步降低排放。

公路货运部门高度碎片化。在欧盟，超过90%的道路运输公司员工少于10人，大约85%的道路货运企业拥有的卡车不超过五辆[65]。同样，在美国，大多数公路运输企业（约91%）运营数量不超过6辆的卡车[66]。

跨国货主企业和物流服务提供商（LSPs）可能需要与成百上千家公路运输企业签约，以满足其全球物流需求。这使得公路运输及其网络的效率优化和排放减少变得困难，尽管绿色货运项目有助于简化数据交换过程。

范围

道路运输指的是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过程。道路车辆是指任何用于公路行驶的车辆[67]。在GLEC框架下，道路运输排放仅指用于道路运输车辆运营及其车载系统（用于冷却的系统）的燃料和/或电力产生的排放，而与道路车辆制造、枢纽或道路基础设施建设相关的排放则不包含在内[67]。

运输活动类别（TOCs）

道路货物运输的TOCs的结构应以下列各个影响因素的恰当组合为基础:

货物类型
- 干散货
- 液体散货
- 集装箱
- 托盘化货物
- 汽车
- 质量限制的普通货物（重型货物）
- 容量限制普通货物（轻型货物）

条件
- 环境温度
- 控制温度

行程类型
- 点对点（长途）
- 多点提货与配送

合同类型
- 零担拼货
- 专线整车 (租用)

定义非常具体的运输活动类别（TOC）时，还需考虑其他相关因素，例如地形、公路类型（高速公路、城市、农村）、车辆质量类别、车厢/拖车车身类型。

在计算轴辐式网路的排放时，必须为网络的不同元素确定不同的TOC。例如，从起点到初始枢纽的运输是一个TOC，从最终枢纽到交付点的运输是另一个TOC，从枢纽到枢纽的干线运输又是另一个TOC。

研究方法的一致性

除了ISO 14083，GLEC框架还与美国国家环境保护署的SmartWay 公路运输工具兼容。该工具收集并共享北美数千家公路运输企业的排放数据，这些数据可以与GLEC框架一起使用。

SmartWay公路运输工具[9]

- SmartWay公路运输工具的排放结果以“油箱到车轮”排放的形式表示，因此，必须加上从“油井到油箱”排放，并将结果转换为CO_2e基础，以与GLEC框架保持一致。
- 运输企业数据以平均CO_2/吨英里表示，反映了企业车队的排放。运输企业排放因子可以根据实际情况进行适当转换。
- 可能需要从美制吨转换为公制吨，以确保报告结果的一致性。
- 运输数据在SmartWay公路运输工具中以实际距离报告。有关将实际距离转换为计划距离的信息，请参阅下面的建议。

道路运输计算要求

货物重量和运输活动

- 对于运输活动的计算应使用实际货物重量。如果这不可用，可以基于货物的体积估算重量。
- 对于集装箱运输，重量可以基于标准箱（TEU）使用标准转换因子估算。

距离

- 道路运输活动应基于公路网络的最短可行距离（SFD）或大圆距离（GCD）计算。基于道路网络的SFD值通常可以通过路线规划软件或地图获得。
- 如果实际距离被用作SFD或GCD的替代选项，例如为了避开收费公路或到达休息点，承运商需要相应地通知客户，理想情况下还应将此信息添加到报告中。
- 使用实际距离计算温室气体排放强度时，必须在最终排放计算中应用距离校正因子（DAF）校正偏差。该DAF应基于距离偏差的最准确信息，并应与运输的背景相关。如果没有这样的信息，可以使用一般估计值代替DAF。
- 当从用能运输方式转换到非用能运输方式时，例如用步行或自行车代替面包车/卡车运输邮件和包裹，在计算运输链的运输活动时仍然需要考虑运输活动的全部距离。

时间阶段

- 为了考虑季节性影响，常规运输操作的运营数据应汇总为一个日历年。通过这种方式，可以消除季节性波动和临时影响，并确定长期趋势。
- 数据允许偏离年度汇总的一般规则，但必须记录并报告。由于道路运输操作的短期性和高频率，较短的汇总周期可能更有意义。当运输服务仅在一年中的特定时间提供时，可以选择合适的替代时间段。

能源来源

- 柴油是大多数公路货物运输的假设能源类型，第3部分第2模块中提供的大多数默认排放强度都是以此为基础计算的。
- 在排放计算中反映典型的国家生物燃料混合物是很重要的。
- 其他潜在的能源包括生物柴油、电力、氢气、压缩天然气（CNG）、液化天然气和汽油。

多点提货与配送

许多公路运输运营属于“**多点提货与配送循环**”，这涉及具有多个停靠点和不断变化装载率的拼车运输。对于这些形式的运输，特别是在城市配送中常见的，重要的是每单货物的整体能源消耗和温室气体排放要确保基于该货物的运输活动占比。向可以基于不依赖于实际运输线路，仅为该订单装卸点之间的运输距离去估算运单占整个提货配送全程运输活动的比例，而且这个比例每天都会不同。

邮政及包裹服务

邮政和包裹服务需要采用不同的方法。除了用于跟踪高价值个人物品的系统外，邮件和小包裹通常不会在这种大批量分发系统中进行跟踪。在这种情况下，按件计算排放量是一种更为实际的方法。同样，您必须在报告中说明使用的方法，并详细解释该方法与常用方法的偏差。

海运

全球影响

海运贸易额占全球贸易总额的80%-90%[68]，其排放约占全球物流总排放的30%。随着海运需求的持续增长，温室气体排放显著增加，在2012年至2018年间增长了10.1%，达到惊人的10.76亿吨[69]。尽管在COVID-19疫情期间面临暂时的停摆，但目前已恢复增长趋势，在2020年至2021年间进一步增长了4.7%[71]，其中大部分增长来自集装箱船、干散货船和普货货船[69]。

全球船队平均使用年限的增长是一个日益令人担忧的问题，因为老旧船往往会产生更多的污染。目前，根据现有船只总量，船队的平均年龄为21.9年，基于投入运营的船只，计算则为11.5年。船主之所以犹豫是否投资新设备，归因于对未来技术进步、燃料成本效益、法规和碳定价的不确定性。因此，我们迫切需要新一代船只，能够使用最有效的燃料和无缝集成智能数字系统。

目前正在研发的海运新型能源，如电力、氢燃料电池、创新帆船系统、氨和生物燃料技术，看起来对减少排放和促进海运可持续性有很大帮助。然而，造船量仍然较低，目前减少排放最成功的方法之一是实施慢速航行。将船舶的速度降低10%，排放量可以减少27%[71，72]。

全球集装箱贸易主要由前10大集装箱船运企业控制，它们共同占据着85%以上的市场份额[73]。与公路运输这样拥有众多分散参与者的行业不同，海运行业中几个关键参与者的集体行动具有推动重大变革和倡议的潜力，通过有效减少排放，促进行业内的可持续发展。

范围

海运是指货物全部或部分在海运船舶上的运输方式[74]。海运船舶包括具有一个或多个排水船壳构成的附体结构。普货船运输一般货物，而油轮专门运输液体货物，如石油。集装箱船是为运输标准化集装箱而设计的。散货船负责谷物、煤炭和铁矿石等商品的运输[73]。

所有主要用于海洋货物运输的能源消耗的碳排放计算都符合ISO14083标准。这些包括用于船舶推进动力的能源消耗以及维持货物特定状态（例如，冷却或温度控制）相关的温室气体排放。

无论何时，船只在港口或任何发生货物转移的地点的活动产生的温室气体排放都应该计算在海运TCE中。这意味着从岸上获得的任何能源，特别是电能，如果存储并随后用于推进或维持货物所需状态，必须作为船舶运营商温室气体活动数据的一部分纳入考虑。

此外，在港口补充的与制冷剂泄漏相关的温室气体影响也需要纳入海上运输的温室气体排放计算。另一方面，岸电应计入物流枢纽的计算中，除非与航运企业另有约定。

运输活动类别（TOCs）

为了将排放强度相似的运输服务聚集在一起，建议根据以下各个影响因素的恰当组合来构建海上运输TOCs:

海运TOC特点:

船舶类型:
- 散货船
- 化学品船
- 普货滚装船
- 液化气船
- 油轮
- 其他液体油轮
- 集装箱
- 车辆运输船

运输条件:
- 环境温度与控制温度兼具
- 混合环境和温度控制

服务类型:
- 班轮（按固定出发地和目的地）
- 不定期船（非班轮）

客货混运的TOC的特点:

船舶类型:
- 轮渡(货运和客运结合)

船舶尺寸:
- 因船型不同而不同(参见ISO 14083表G.4)[9]

服务类型:
- 班轮（按固定的出发地和目的地）
- 租赁

方法的一致性

按照ISO 14083标准，我们按两种方式计算温室气体排放：基于船舶的分类和基于服务的分类[9]。

基于船舶的分类

根据国际海事组织的第四次温室气体研究，可以将货物类型、船舶类型、船舶大小类别以及货物状态（对于全温控船舶）等参数结合起来，形成基于船舶的分类的运输活动类别（TOC）。这种基于船舶的分类方法特别适用于合同运输，因为船舶及其特性在合同中已为合同双方所知。在这种情况下，通常可以获取主要数据，因此优先使用它来计算海上运输的温室气体排放。在所有其他情况下，可以使用特定TOC的模型或默认数据。

基于服务的分类

在运输服务用户不知道具体船舶的情况下，可以使用基于服务的分类。这通常适用于集装箱服务、滚装服务（Ro-Ro）或滚装客货服务（Ro-Pax）。在这些情况下，运输操作员通常可以提供基于现有航行计划的、代表特定运输服务的综合信息。

除了ISO 14083之外，GLEC框架还与以下方法保持一致，并进行了修改。

能源来源

IMO能源效率业务指标[17]
- IMO涵盖所有形式的海上运输和货运，并为各种船舶类型和能源提供默认因子。
- IMO的数值必须换算成二氧化碳比例计算CO_2e。
- IMO没有规定使用燃料的生命周期。

Clean Cargo碳核算方法[22]
- Clean Cargo仅适用于集装箱船，但将来可能会扩大适用范围。
- Clean Cargo的会员可获得每条贸易航线的运营商特定数据。
- Clean Cargo对于计算冷藏箱能源消耗有具体的指导。

海运计算要求

船舶

海运可以方便地获得具体船舶的信息，提高排放计算的准确性。与道路货运企业数量众多且市场分散不同，船舶有完善的目录记录和跟踪系统。通过IMO的全球综合船舶信息系统，每艘船舶的公共信息都是可获取的。

在海运供应链中，数字化和数据共享的持续进步使IMO可以更方便地获得实际运输货物的信息。这有能力提高供应链的透明度，并可能促进货运商和LSP改进供应链规划，因为基于运输企业和/或具体船舶信息的精确数据将是追踪海运部门减排目标进展的关键。一家企业希望用数据能够反映其在更先进的船运技术上进行投资或使用低硫能源或采取慢速航行实践。

货物重量

集装箱运输船上可被预定的的标准箱（TEU）舱位数量是主要的限制因素。因此，海运中，TEU是常用的单位，而不是质量或重量。例如，Clean Cargo贸易航线的排放强度值以每TEU的二氧化碳当量（CO2e）表示，也可以转换为吨位。

如果每TEU的实际货物重量未知，可以使用每TEU 10吨的标准转换因子来进行计算。对于轻质货物，可以使用每TEU 6吨的转换因子；对于重质货物，可以使用每TEU 14.5吨的转换因子，并附上理由（参见第1部分第2节＂计算步骤“）。

距离

- 计算海上运输的运输活动距离应使用最短可行距离（SFD）或大圆距离（GCD），具体取决于可获得的信息。
- 有专门的海运距离计算器可用于准确结果计算 。SFD可以通过在线港口到港口的计算器或国际发展与研究中心（CERDI）海运距离数据库等方式估算[76]。
- 实际距离可以在船舶日志中找到。使用实际距离计算排放强度时，需要在随后的温室气体排放计算中应用距离校正因子（DAF）。
- DAF应基于最佳可用信息，并且应与运输实际场景相关。在没有具体的运营DAF的情况下，可以使用默认的全球值。Clean Cargo推荐值为1.15，因为实际海上集装箱运输距离平均比最短可行的港口到港口路线多出15%。最后，应使用附件中的单位转换为公里。

考虑特定运输模式

- 由于每个TCE 必须在汇总到运输链之前单独计算，因此对于具有多个航段的旅程，您还必须分别计算每个航段或要素的温室气体排放，然后再进行汇总。
- 对于高频率、常规、可重复或短期运输，运营商通常会聚合一年内发生的运输操作的运营数据。
- 对于散货运输的租船业务，需要量化并报告特定航次，因为单个航次的数据是可识别的。
- 当运输混合温控托运货物时，将其视为单一的运输活动类别（TOC），并根据运送货物所需能源的份额和用于在所需范围内维持温控的能源，将温室气体排放分配到常温和温控托运货物之间。
- 对于混合客运和货运共存的情况，通常是针对滚装客货渡轮，视为单一的TOC，并使用乘客当量（peq）估算排放的分配。这些乘客当量是基于质量和体积的等效组合计算得出的，以提供合理的结果。

参考反映TOCs特点的peq值如下：

客运：

- 单个旅客（含行李）：peq = 1.0
- 小轿车：peq = 1.3
- 公交车/长途客车: peq = 10.0
- 移动住宅：peq = 3.5
- 摩托车：peq = 0.3

货物运输：

- 小型货车：peq = 1.3
- 中小型货车：peq = 3.5
- 非铰接式卡车：peq = 10
- 铰接式卡车：peq = 18
- 拖车：peq = 14

1 参考文献

1. ITF (2023), ITF Transport Outlook 2023, OECD Publishing, Paris; on https://doi.org/10.1787/b6cc9ad5-en.; last viewed 25/09/2024
2. Swiss Re Institute (2021): The economics of climate change: no action not an option; on https://www.swissre.com/institute/research/topics-and-risk-dialogues/climate-and-natural-catastrophe-risk/expertise-publication-economics-of-climate-change.html ; last viewed 25/09/2024
3. ITF (2023), ITF Transport Outlook 2023, OECD Publishing, Paris; on https://doi.org/10.1787/b6cc9ad5-en.; last viewed 25/09/2024
4. International Energy Agency IEA (2021): Global Energy Review: CO2 Emissions in 2020; Understanding the impacts of Covid-19 on global CO2 emissions; on https://www.iea.org/articles/global-energy-review-co2-emissions-in-2020 ; last viewed 25/09/2024
5. International Energy Agency IEA (2022): Global CO2 emissions rebounded to their highest level in history in 2021; on https://www.iea.org/news/global-co2-emissions-rebounded-to-their-highest-level-in-history-in-2021 ; last viewed 25/09/2024
6. Canadell, P. et al. (2021): We've made progress to curb global emissions. But it's a fraction of what's needed; The Conversation, 03/03/2021; on: https://theconversation.com/weve-made-progress-to-curb-global-emissions-but-its-a-fraction-of-whats-needed-156114 ; last viewed 25/09/2024
7. GHG Protocol: Corporate Value Chain (Scope 3) Standard on: https://ghgprotocol.org/corporate-value-chain-scope-3-standard ; last accessed 25/09/2024
8. Definition used by the EC European Alternative Fuels Observatory; on https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/ ; last accessed 17/07/2023
9. ISO 14083:2023 Greenhouse gases — Quantification and reporting of greenhouse gas emissions arising from transport chain operations (2023) https://www.iso.org/standard/78864.html ; last accessed 25/09/2024
10. IATA (2022): Recommended Practice 1678 for Cargo CO2 Emissions Measurement Methodology; https://www.iata.org/en/programs/cargo/sustainability/carbon-footprint/ ; last accessed 02/10/2024
11. IATA (2022a): Recommended Practice 1726 Passenger CO2 Calculation Methodology, https://www.iata.org/contentassets/139d686fa8f34c4ba7a41f7ba3e026e7/iata-rp-1726_passenger-co2.pdf; last accessed 02/10/2024
12. United States Environmental Protection Agency: SmartWay Air Carriers: Tools and Resources; https://www.epa.gov/smartway/smartway-air-carriers-tools-and-resources ; last accessed 25/09/2024
13. Dobers, K., Jarmer, J.-P. (2023): Guide for Greenhouse Gas Emissions Accounting at Logistics Hubs. doi:10.24406/publica-2261
14. EU Ports European Economic Interest Group: Guidance for Greenhouse Gas Emission Footprinting for Container Terminals (2023); https://www.feport.eu/images/downloads/EEEG_GHG_Footprinting_Guidance Version_2.0.pdf ; last accessed 17/07/2023. Last viewed 17/07/23
15. United States Environmental Protection Agency: SmartWay Barge Carrier: Tools and Resources https://www.epa.gov/smartway/smartway-barge-carrier-tools-and-resources ; last accessed 25/09/2024
16. Smart Freight Centre & STC-NESTRA (2018): GHG Emissions Factors for Inland Waterways Transport; https://smart-freight-centre-media.s3.amazonaws.com/documents/GLEC-report-on-GHG-Emission-Factors-for-Inland-Waterways-Transport-SFC2018.pdf ; last accessed 25/09/2024
17. International Maritime Organization: Guidelines for Voluntary Use of the Ship Energy Efficiency Operational Indicator (2009); https://gmn.imo.org/wp-content/uploads/2017/05/Circ-684-EEOI-Guidelines.pdf ; last accessed 25/09/2024
18. EcoTransIT World: Environmental Methodology and Data Update 2024; https://www.ecotransit.org/wp-content/uploads/20240308_Methodology_Report_Update_2024.pdf; last accessed 25/09/2024
19. United States Environmental Protection Agency: SmartWay Rail Carrier Tools and Resources; https://www.epa.gov/smartway/smartway-rail-carrier-tools-and-resources ; last accessed 25/09/2024
20. HBEFA 4.2 (2022) on https://www.hbefa.net/e/index.htm ; last visited 10/09/2023
21. United States Environmental Protection Agency: SmartWay Truck Carrier Partner Resources; https://www.epa.gov/smartway/smartway-truck-carrier-partner-resources ; last accessed 25/09/2024
22. Clean Cargo Working Group (2015). Clean Cargo Working Group Carbon Emissions Accounting Methodology. https://smart-freight-centre-media.s3.amazonaws.com/documents/Clean_Cargo_Emissions_Calculation_Methods_2015-06_2.pdf ; last accessed 22/08/2023
23. United States Environmental Protection Agency (2013). SmartWay Transport Partnership: Driving Data Integrity in Transportation Supply Chains; on https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-05/documents/smartway_transport partnership_best_practices_in_data_quality_assurance_and_quality_control_.pdf last accessed 25/09/2024
24. Ritchie H. (2020): Sector by sector: where do global greenhouse gas emissions come from? https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector; last accessed 25/09/2024
25. Dessens, O., Köhler, M. O., Rogers, H. L., Jones, R. L. & Pyle, J. A. Aviation and Climate Change. Transp. Policy 34, 14–20 (2014).
26. Intergovernmental Panel on Climate Change. Clouds and Aerosols. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (2013).
27. Graver, B., Zhang, K., & Rutherford, D. (2019). CO2 emissions from commercial aviation, 2018. The International Council of Clean Transportation. Retrieved at: https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_CO2-commercl-aviation-2018_20190918.pdf ; last accessed 25/09/2024
28. IATA (2022): Global Outlook for Air Transport – Times of Turbulence; on https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/airline-industry-economic-performance---june-2022---report/ ; last accessed 02/10/2024

1 参考文献

28 IATA (2022): Global Outlook for Air Transport – Times of Turbulence; on https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/airline-industry-economic-performance---june-2022---report/ ; last viewed on 10/09/2023

29 Air Transport Action Group. (2019). Fact sheet #3 – Tracking aviation efficiency. Retrieved from https://aviationbenefits.org/media/166506/fact-sheet_3_tracking-aviation-efficiency.pdf

30 Energy Transitions Commission. Reaching Zero Carbon Emissions from Aviation. (2018). Retrieved at https://www.energy-transitions.org/publications/mission-possible ; last accessed 17/07/202331

31 European Commission. (2021). Flightpath to 2050: An Aviation Strategy for Europe.

32 Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA) by International Civil Aviation Organisation (ICAO); on https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/pages/default.aspx ; last viewed on 10/09/2023

33 IATA (2022). Recommended Practice 1678 for Cargo CO_2 Emissions Measurement Methodology. https://www.iata.org/en/programs/cargo/sustainability/carbon-footprint ; last accessed 13 May 2023)

34 IATA (2022). Recommended Practice 1726 Per-Passenger CO_2 Calculation Methodology. https://www.iata.org/contentassets/139d686fa8f34c4ba7a41f7ba3e026e7/iata-rp-1726_passenger-co2.pdf ; last accessed 19 March 2023

35 ICAO Carbon Emission Calculator: https://www.icao.int/environmental-protection/Carbonoffset/Pages/default.aspx ; last accessed 17/07/2023

36 Resolution A41-22: Consolidated statement of continuing ICAO policies and practices related to environmental protection — Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA). Retrieved at: https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Documents/Resolution_A41-22CORSIA.pdf ; last accessed 17/07/2023

37 Trummer, W. et al. (2018): New ropeway system for Smart Urban Mobility & Logistics in the City of Graz. In Proceedings of the Transport Research Arena 2018: A Digital Era for Transport, Vienna, Austria, 16–19 April 2018. https://pure.tugraz.at/ws/portalfiles/portal/18089766/TRA2018_10696_Trummer.pdf ; last accessed 28/04/2023

38 Dobers, K., Perotti. S., Wilmsmeier, G., Mauer, G., Jarmer, J.-P., Spaggiari, L., Hering, M., Romano, S. & Skalski, M. (2022): Sustainable logistics hubs: greenhouse gas emissions as one sustainability key performance indicator. Proceedings of the Transport Research Arena (TRA) Conference.

39 World Economic Forum WEF (2009): Supply Chain Decarbonization: The Role of Logistics and Transport in Reducing Supply Chain Carbon Emissions.

40 McKinnon, A.C. (2018): *Decarbonizing Logistics: Distributing goods in a low carbon world*. Kogan Page

41 Rüdiger, D., Dobers, K., Ehrler, V.C. & Lewis, A. (2017): Carbon footprinting of warehouses and distribution centers as part of road freight transport chains. 4th International Workshop on Sustainable Road Freight Transport. Cambridge.

42 Dobers, K., Jarmer, J.-P. (2023): Guide for Greenhouse Gas Emissions Accounting at Logistics Hubs.

43 Reff Assessment Tool®: Resource Efficiency at Logistics Sites. Fraunhofer IML. Available at: https://reff.iml.fraunhofer.de/ ; last accessed 17/07/2023

44 United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) (2020): Review of Maritime Transport 2020. https://unctad.org/publication/review-maritime-transport-2020 ; last accessed 28 April 2023

45 European Commission, Communication from the Commission: Sustainable and Smart Mobility Strategy – putting European transport on track for the future, COM(2020) 789. https://transport.ec.europa.eu/system/files/2021-04/2021-mobility-strategy-and-action-plan.pdf ; last accessed 28 April 2023

46 International Energy Agency IEA (2017): CO_2 Emissions from Fuel Combustion.

47 Energy Transitions Commission (2018). Reaching Zero Carbon Emissions from Shipping.

48 The Business: Inland Water Transport Global Market Report; https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/inland-water-transport-global-market-report ; last accessed 17/07/2023

49 UNECE, ITF and Eurostat (2019). Glossary for Transport Statistics. https://unece.org/transport/publications/glossary-transport-statistics ; last accessed 23 April 2023

50 Tomareva, I. A., et al. (2017). Impact of Pipeline Construction on Air Environment. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 262 012168: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/262/1/012168 ; last accessed 13 May 2023

51 United States Environmental Protection Agency (2020). 2011-2020 Greenhouse Gas Reporting Program Sector Profile: Petroleum and Natural Gas Systems. https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-10/subpart_w_2020_sector_profile.pdf ; last accessed 13 May 2023

52 SLOCAT (2023) : SLOCAT Transport, Climate and Sustainability, Global Status Report; 3rd Edition; on https://tcc-gsr.com/global-overview/global-transport-and-climate-change/ ; last accessed 17/07/2023

53 IEA (2022), Rail. Retrieved at: https://www.iea.org/reports/rail ; last accessed 17/07/2023

54 International Transport Forum ITF (2023), ITF Transport Outlook 2023, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/b6cc9ad5-en ; last accessed 17/07/2023

55 United States: Department of Transportation (2022) - Rail Climate Considerations. https://railroads.dot.gov/rail-network-development/environment/rail-climate-considerations ; last accessed 17/07/2023

56 European Commission (2020), European Sustainable and Smart Mobility Strategy. Retrieved at: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0789 ; last accessed 17/07/2023

57 ERFA (2022), High energy prices could reverse intermodal shift, says ERFA. Retrieved at: https://erfarail.eu/news/press-release-development-of-energy-prices-threaten-competitive-rail-freight-market ; last accessed 17/07/2023

1 参考文献

58 EcoTransIT World Initiative (EWI). (2022). Environmental Methodology and Data Update 2022. https://www.ecotransit.world/wp-content/uploads/20220908_Methodology_Report_Update_2022_Website.pdf ; last accessed 22/08/2023

59 United States Environmental Protection Agency. 2018 SmartWay Rail Carrier Partner Tool: Technical Documentation. (2018)

60 International Union of Railways (2021). RAIL Information System and Analyses: UIC Statistics. https://uic.org/support-activities/statistics/ ; last accessed 22/08/2023

61 International Energy Agency (2022). CO_2 Emissions from Fuel Combustion. https://iea.blob.core.windows.net/assets/3c8fa115-35c4-4474-b237- ;1b00424c8844/CO2Emissionsin2022.pdf ; last accessed 25 May 2023

62 Eurostat (2022): Road freight transport statistics; Data extracted in September 2022 https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=Road_freight_transport_statistics#EU_road_freight_transportincreased_sharply_in_2021 ; last accessed 17/07/2023

63 OECD ILibrary: ITF Transport Outlook (2021): Freight transport: Bold action can decarbonise movement of goods; https://www.oecd-ilibrary.org/sites/0c13b23d-en/index.html?itemId=/content/component/0c13b23d-en#section-d1e21904 ; last accessed 17/07/2023

64 Energy Transitions Commission(2018): Reaching Zero Carbon Emissions from Heavy Road Transport. Retrieved at: https://www.energy-transitions.org/publications/mission-possible ; last accessed 17/07/2023

65 European Commission. (2017). COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT SWD/2017/0184. https://eur lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52017SC0186 ; last accessed 17/07/2023

66 Federal Motor Carrier Safety Administration. (2021). Motor Carrier Management Information System (MCMIS) data snapshot: Carrier demographics. https://www.truckinfo.net/research/trucking-statistics ; last accessed 17/07/2023

67 United Nations Economic Commission for Europe, International Transport Forum & Eurostat Illustrated Glossary for Transport Statistics: 4th Edition (2009)

68 UNCTAD (2022). Review of Maritime Transport. https://unctad.org/rmt2022 ; last accessed 22/08/2023

69 IMO (2020), Fourth IMO GHG Study 2020, IMO, London. Retrieved at: https://wwwcdn.imo.org/localresources/ en/OurWork/Environment/Documents/Fourth%20IMO%20GHG%20Study%202020%20-%20Full%20report%20and%20annexes.pdf ; last accessed 17/07/2023

70 IRENA (2019), Navigating the way to a renewable future: Solutions to decarbonise shipping, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. Retrieved at: https://www.irena.org/publications/2019/Sep/Navigating-the-way-to-a-renewable-future ; last accessed 17/07/2023

71 Transport & Environment (2023): What is the impact of shipping on climate change?; https://www.transportenvironment.org/challenges/ships/greenhouse-gases/ ; last accessed 17/07/2023

72 Ammar, Nader R. (201è): Energy- and cost-efficiency analysis of greenhouse gas emission reduction using slow steaming of ships: case study RO-RO cargo vessel, Ships and offshore structures, 13(8), 868-876. Retrieved at: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17445302.2018.1470920 ; last accessed 17/07/2023

73 Shipfinex (2023): Shipping Industry: A Comprehensive Overview for 2023; https://www.shipfinex.com/shipping-industry ; last accessed 17/07/2023

74 United Nations Economic Commission for Europe, International Transport Forum & Eurostat: (2009): Illustrated Glossary for Transport Statistics: 4th edition. https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-manuals-and- guidelines/-/ks-ra-10-028 ; last accessed 17/07/2023

75 International Maritime Organisation IMO (2023): Global Integrated Shipping Information System https://gisis.imo.org/Public/Default.aspx ; last accessed 17/07/2023

76 Bertoli, S., Goujon, M. & Santoni, O. The CERDI-Seadistance Database. (2017). Retrieved at: https://shs.hal.science/halshs-01288748/file/2016.07.pdf ; last accessed 17/07/2023

2

排放结果的使用

第1节
报告排放

第 2 节
报告之外

第 3 节
展望与全球普及之路

参考文献

2 章节1
报告排放



与温室气体排放计算同样重要的是温室气体排放报告。它是一个组织宣传其温室气体减排努力和成果的工具，目的是提供透明和准确的信息。温室气体核算报告还有助于投资者、客户和监管机构等利益相关者了解组织的环境影响和可持续性绩效。

1. 基本原则概述

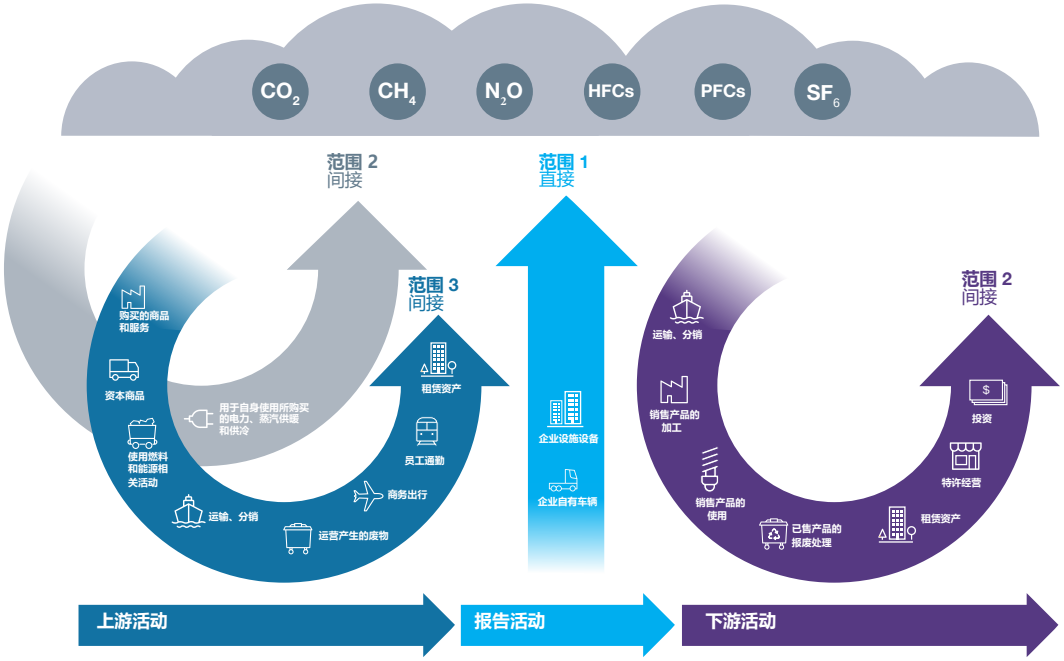
智慧货运中心（SFC）、全球物流排放理事会（GLEC）、世界可持续发展工商理事会（WBCSD）和碳透明伙伴关系（PACT）详细探讨了形成透明且有意义的排放报告的可能性、要求和实施方法。[1] GLEC框架（3.0版）包括了SFC与其合作伙伴组织之间多年合作过程中确定的见解和需求。

GLEC 框架（3.0版）第 2 章以更简洁的形式为企业提供了符合ISO 14083标准的排放标准报告的建议。[2]

希望遵守 GLEC 框架的企业必须至少报告本章所列的最低要素。然而，如果企业有更多愿意分享的温室气体排放信息，可以参考其他报告框架，如《端到端指南》、温室气体核算体系[3]、碳披露项目[4]和科学碳目标倡议[5]的指南。以下各节中列出的报告要求均是指温室气体排放的外部报告。通常情况下，为达到管理目的而进行的内部报告将需要包含更为详尽的细节和规格信息。

请注意，尽管碳抵消可能作为组织整体企业社会责任（CSR）战略的一部分进行购买，但它们不是GLEC框架（3.0版）中温室气体排放计算和报告的一部分。抵消是对排放的理论性补偿，但不是企业温室气体排放的一部分，因此不包括在ISO 14083中。

图1
根据温室气体核算体系[3]，范围 1排放、范围2排放和范围3排放



报告：基础知识

排放报告中应使用两个关键绩效指标（KPIs）：

- 一个指标是总温室气体排放值，它以绝对值显示总体影响的规模
- 另一个指标是温室气体排放强度值，它将排放与运输活动（对于运输运营商或服务提供商）或产品数量（对于制造商或零售商）联系在一起，将这些值相互关联即可确定排放。

若要实现《巴黎协定》为交通部门设定的目标，就必须逐步减少总排放量和排放强度。

总排放

总排放（或绝对排放）对于报告和追踪组织每年的总体排放非常重要。通常以千克或吨为单位，按二氧化碳当量折算，在定义的时间范围内表示。

排放可以分为以下几类：

- “油井到油箱”（WTT）排放，在 GLEC 框架（3.0版） 和ISO 14083 中被称为**能源供应端温室气体排放。**
- “油箱到车轮”（TTW）排放，也称为“油箱到尾流”排放；在GLEC框架（3.0版）和ISO14083中被称为**交通运营端的温室气体排放。**

这两者加在一起构成了“油井到车轮”排放，也称为WTW排放，它们构成了整个TCE的排放。

GLEC框架（3.0版）与ISO14083类似，基于WTW 概念，即包括整个运输链和其元素的全部排放（详见第1章第1节）。

在计算和报告温室气体排放时，还有另一种方法，该方法通常与报告单位的范围相关，包括范围1排放、范围2排放和范围3排放。这是温室气体核算体系用来对排放进行分类的一个基本概念（详见引言和第1章第1节）。

GLEC 框架 （3.0 版）和 ISO14083 中考虑的温室气体排放也包括在温室气体核算体系的范围内。然而，根据组织在价值链中的位置，排放的呈现方式存在差异，因此不可能进行直接比较。

温室气体核算体系考虑来自不同利益相关方的所有组织的相关排放，区分了组织直接拥有的排放（范围1排放）、间接拥有的排放（范围2排放）以及间接的价值链排放（范围3排放）。[3]

从物流服务提供商（LSP）的角度来看，他们自己运营的运输资产和枢纽的排放被归类为范围1排放（用于操作燃料相关排放），或范围2排放（用于与电力相关的排放）与能源供应相关的排放包括在范围3排放的类别3（燃料和能源相关活动）中，而外包运输的操作和能源供应排放则包括在范围3排放的类别4（上游运输和分销）中。从客户的角度来看，所有这些排放都包括在范围3排放的类别4中。

排放强度

排放强度是获取有关物流运输和运输运营效率的KPI。排放强度度量标准提供了一个数值，用于跟踪、分析和制定减少排放的策略。它还为企业提供了一条途径，可以在业务增长的情况下保证效率。例如，一家不断扩张业务的企业可能会出现总排放量增加的情况，但同时降低排放强度，这表明相对于业务增长而言，其效率有所提高。

通常情况下，报告总排放量和排放强度值的KPI组合始终是了解运输效率和可持续性改进程度的最佳方式，例如，在报告总排放量的同时报告基于吨公里的排放强度KPI。

排放强度值作为一个基础数据，为运输企业提供了向客户和利益相关方传达其在一段时间内实现减排目标进展情况的有效手段。例如，当运营商投资于新型电动卡车或整合货物以减少部分负载时，能源效率将得以提升，从而使得二氧化碳当量排放强度相应下降。

图 2

计算运输活动类别的排放强度（TOCs）

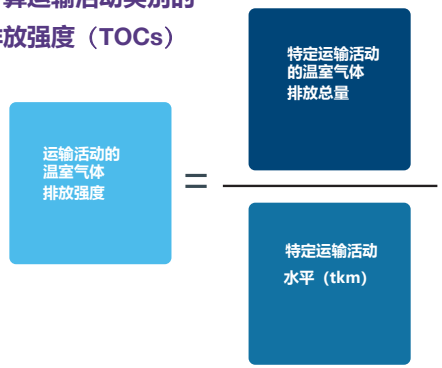
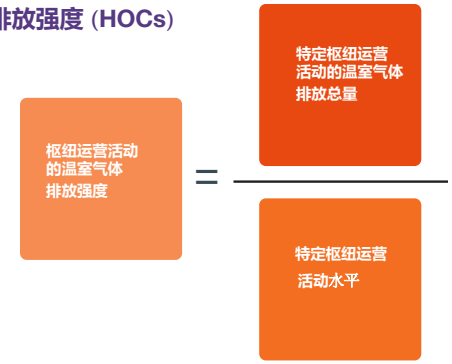


图 3

计算枢纽活动类别的排放强度 (HOCs)



颗粒度

在报告温室气体排放的背景下，颗粒度指的是数据报告或分析的详细程度，即数据被拆分成更小或更具体组件的程度。

例如，在报告运输和枢纽的温室气体排放时，颗粒度可指报告不同运输方式、枢纽类型或特定运输或枢纽服务排放的详细程度。颗粒度高意味着报告的排放量非常具体详细，而颗粒度低则意味着报告所有的排放量较为笼统。

选择颗粒度的标准取决于报告的目标，以及支持决策或与利益相关者沟通所需的详细程度。通常，较高的颗粒度能提供更深入的见解，有助于做出更精确的决策，而较低的颗粒度则可能使报告和分析更加简洁易懂，便于管理和沟通。

2. 报告基本要求

报告的基本要求对于确保所提供信息的准确性、透明度和高质量，以及不同行为者之间的可比性和兼容性是必要的。因此，在发布报告或数据时必须满足这些要求。

符合 ISO 14083 标准

所有计算和报告都要完全符合GLEC框架（3.0版）。如果要符合ISO14083标准，报告中需要明确提及"这些计算结果是根据ISO14083：2023 确定的"[2]。

所有报告应避免与ISO14083和GLEC框架（3.0版）中规定的计算程序存在差异、遗漏或偏差。如果无法避免，则必须在报告中予以强调和说明，并描述其影响。

透明度要求

确保报告的温室气体排放数据可靠、有用非常重要，而提供辅助信息则是实现这一目标的关键。这些辅助信息必须便于所有用户获取和理解。它应清晰解释温室气体排放量的计算方法，同时提及任何被遗漏的温室气体来源、运输和枢纽运营，并对遗漏原因进行合理解释。

此外，报告还需要详细描述如何实施运输和枢纽操作，以及理解该方法所需的任何其他信息。

准确性和数据质量

为确保透明度，排放报告应结构清晰，必须解释数据来源和计算方法。ISO14083要求透明地报告计算中使用的模型数据或默认温室气体排放强度。每份报告应说明所使用数据的质量，指出在温室气体排放计算中使用的原始数据和二级数据的比例[2]。对于二级数据，报告应区分模型数据和默认数据的比例[2]。

如果使用了模型数据，报告必须说明所使用的模型类型和参数。如果作为模型输入的不同TOC参数（如车辆大小类别、装载率和街道类别/地形）所使用的原始数据和二级数据的比例不同，报告应说明每个参数的数据类型的平衡情况。此外，报告应说明每个模型是否包含以下参数[2]。

- 使用基于能源或基于活动水平的模型。
- 车辆相关：车辆类型和车队构成、能源构成、车辆配置（车身类型和空车质量、发动机类型、发动机排放等级、车辆使用的能量载体、能量载体所占比例）。
- 操作：货物类型（货物要求/特点、使用特定集装箱类型、以吨表示的平均负荷系数、服务类型（如整车货物运输、零担货物运输等）、空车行驶的程度）。
- 行程特点：包括中途停靠点的路线（路线特点、位置特点、直达/途径位置/多次收发货点）、行车周期（道路类型、城市/混合/远程、停车频率、速度曲线、地形）、适用的地理区域、洋流/流速、逆流/顺流或侧风和风速等参数。

在使用默认排放强度时，报告必须指定默认数据的来源并证明其使用合理性。

报告的频率和格式

报告应至少每年编制一次，若情况需要，如在变革过程中或评估不同发展方案时，应更频繁地编制。同时，报告必须明确标注所涵盖的具体时间段。

根据组织的目标和受众，可以使用不同的报告格式。ISO14083建议的基本报告格式涵盖了有关运输链的数据、总温室气体排放和温室气体排放强度，以及每种运输方式和枢纽运营的温室气体排放总量和排放强度，下文进一步介绍。根据报告格式的不同，可能需要在报告中包括额外的要素。[2]

对于更全面的报告，组织可以选择遵循智慧货运中心和世界可持续发展工商理事会的End-to-End guide[1]、GHG Protocol、[3] CDP[4]或SBTi[5]。这些框架格式在ISO报告之外提供额外的报告要素（另见信息框“其他标准”的额外报告要求）。

建议组织从基本报告开始，随着在可持续性努力和利益相关者参与方面的成熟，逐步编写更全面的报告。

无论采取哪种形式，根据实际问题，报告可以采用单一长报告的形式，或者采用简短报告，并附有另外提供的其他信息的方式[2]。单一长报告提供了对温室气体排放的全面和详细分析，对于需要更深入了解组织或服务提供者排放情况的利益相关方非常有用。另一种选择是采用简短报告，并附有另外提供的其他信息，这样可以为需要快速了解组织或服务提供者排放情况的利益相关方提供一个更容易理解的温室气体排放摘要。报告的形式和范围应基于组织或服务提供者的目标、报告的预期受众和目的，以及实际考虑因素，如数据可用性。

3. 报告层次

在计算完成后，可以使用结果来报告和声明排放。ISO 14083提供了两种报告层次的选项：[2]

- 组织层次报告
- 运输或枢纽服务层次报告

组织层次报告

组织层次报告的目标是反映由整个组织或其明确界定的部分所使用或提供的运输和枢纽运营所产生的温室气体排放。

这种报告格式既适用于经营其使用的所有运输服务的组织，也适用于购买大量运输服务，并希望报告其整个运输链相关温室气体排放的组织。它可以用于整个组织或其中之一部分，如业务单位、利润中心、运营的地理区域、子公司等。

组织层次报告需要对组织使用的所有运输方式和运营服务的排放进行全面、详细的分析，包括燃料的使用、供应以及所有相关的排放。

报告必须包括以下基本信息：[2]

1. 所涵盖运输链的识别；
2. 所涵盖运输链的温室气体排放总量的绝对值，包括所有相关的能源供应排放；
3. 所涵盖运输链的总温室气体排放强度，包括所有相关的能源供应排放，明确指明所使用的运输活动距离类型；
4. 报告中包括所涵盖运输链的每种运输方式、每个枢纽运营的温室气体排放总量，以及所有相关的能源供应排放；
5. 每种运输方式、每个枢纽运营的运输链要素的总温室气体排放强度，包括所有相关的能源供应，明确指定所使用的运输活动距离类型；
6. 参考文献，说明所有相关辅助信息的出处。

运输或枢纽服务层次报告

运输或枢纽服务层次的报告，适用于希望报告其向服务用户提供的一组特定运输或枢纽服务的温室气体排放量的服务提供商。该报告层次需要所提供的特定服务相关的排放进行更有针对性的分析。

运输或枢纽服务层次报告可以适用于单个运输链要素，也可以适用于一组构成部分或整个运输链的运输链要素。

在确定报告所涵盖的运输或枢纽服务时，既可以列出所有服务，也可以具体说明提供和使用这些服务的时间段。

报告要求与组织层次的报告类似，并必须包括以下基本信息：[2]

1. 所涵盖运输链要素或运输链的识别；
2. 所涵盖运输链要素的温室气体排放总量绝对值，包括所有相关的能源供应排放；
3. 所涵盖运输链要素的总温室气体排放强度，包括所有相关的能源供应排放，明确指明所使用的运输活动距离类型；
4. 参考文献，说明所有相关辅助信息的出处；
5. 报告所涵盖的运输活动，包括所使用的距离类型的具体说明；
6. 报告中所涵盖的枢纽活动；
7. 与所有车辆运营和枢纽运营相关的温室气体排放；
8. 运输运营和枢纽运营的活动温室气体排放强度，以及所使用的运输活动距离，或者使用的任何其他货物运输活动单位（TEU的数量）；
9. 每种运输方式、每个枢纽运营的温室气体排放总量、运输活动和/或温室气体排放强度，明确指定所使用的运输活动距离类型。

此外，运输或枢纽服务层次报告应包括以下细节，以提高透明度、促进可持续运营的效率[2]：

- 按枢纽和运输服务划分：所有提供的信息需要按其与枢纽或运输服务的关系进行划分。
- 将运营和能源供应的温室气体排放总量分开：报告必须将总的温室气体排放分为温室气体排放和能源供应温室气体排放。此外，报告应提供按能源载体分解的温室气体排放。
- 按运输方式和枢纽分割的总温室气体排放强度：在报告温室气体排放强度时，必须提供整个组织的平均排放强度以及每种运输方式和每个枢纽的排放强度。

在报告温室气体排放强度时，应明确说明在一定时期内如何将类似的行程或物流站点进行分组，并确定合适的颗粒度。这样做有助于确保即便存在空载行程，也能将所有产生的排放全面纳入计算。

下表总结了ISO14083对于在组织层次和运输或枢纽服务层次报告温室气体排放的基本要求和**建议要求**：[2]

报告要求	组织层次	运输或枢纽服务层次
识别运输链/服务	报告组织经营或使用的全部或部分运输链	报告所涵盖的TCE或运输链的识别
参考ISO 14083标准	必需	必需
温室气体排放总量	必需	必需
总温室气体排放强度	必需，明确指定所使用的运输活动距离类型	必需，明确指定所使用的运输活动距离类型
每种运输方式和每个枢纽运营的温室气体排放总量	必需	必需
每种运输方式的总温室气体排放强度	必需，明确指定所使用的运输活动距离类型	必需，明确指定所使用的运输活动距离类型
指明支持信息的位置引用	必需	必需
报告频率	至少每年一次，涵盖在12个月期间执行或购买的所有运营	至少每年一次，涵盖在12个月期间执行或购买的所有运营
数据质量	数据类型的说明（原始数据或二级数据，模型数据或默认值）	数据类型的说明（原始数据或二级数据，模型数据或默认值）
对偏离标准流程的情况进行说明	必需，包括对偏离的解释和产生影响的说明	必需，包括对偏离的解释和产生影响的说明
强烈建议提供附加细节	• 按运输方式和枢纽位置对温室气体排放进行细分 • 将温室气体排放总量分解成运营温室气体排放和能源供应温室气体排放 • 能源载体的温室气体排放细分	• 按运输方式和枢纽位置对温室气体排放进行细分 • 将温室气体排放总量分解成运营温室气体排放和能源供应温室气体排放 • 能源载体的温室气体排放细分

4. 在符合ISO 14083标准之外，遵循GLEC原则跟踪减排情况

有多种方法可以计算综合的和特定模式的物流温室气体同比减排量。以下列出并解释了GLEC原则下的关键绩效指标（KPI）：.

- 绝对排放减少
- 相对排放减少
- 在没有可用的运输活动测量数据的情况下，相对排放减少
- 每种运输方式的相对排放减少

KPI: 绝对排放减少

这是一种简单的衡量排放减少的方法，即将前一年与总运输服务相关的温室气体排放（折算成二氧化碳当量并以吨为单位）减去当前年的总排放，得出差值。

绝对的年度温室气体排放变化（YOY）

=当前年度总排放 - 前一年总排放

KPI的信息价值：它传达了一个重要信息，为了实现气候目标，我们必须减少整体运输排放。

信息价值的局限性：这个绝对结果不反映组织排放的相对减少，例如，如果一个组织业务增长的同时也提高了能源效率，那么尽管能源效率有所提高，绝对排放量可能保持不变。

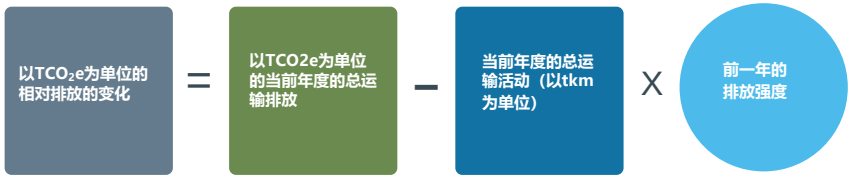
除了计算绝对排放的变化外，考虑相对排放的变化也非常重要。

KPI: 相对排放减少

为了确定结构性减少或避免物流排放，必须将排放与报告实体的实际运输活动（吨公里）或枢纽运营活动联系起来。这对于运输运营商和服务提供商尤为重要。如果当前年度的相对数值（排放强度）低于前一年，则表明物流过程中的结构性排放减少或在总活动增长的情况下避免了排放。

为了计算相对排放的变化，必须执行以下步骤：

1. 获取前一年的排放强度数值（折算每吨公里的二氧化碳当量排放）
2. 获取本年度的总运输活动（以吨公里为单位）
3. 将前一年的排放强度值乘以本年度的总运输活动



4. 计算本年度的温室气体排放总量绝对值（折算每吨公里的二氧化碳当量排放）。
5. 从本年度的实际排放中减去第3步中计算得到的值。结果就是以tCO2e为单位的相对排放变化。

KPI的信息价值：通过计算前一年的排放强度值与本年度总运输活动的乘积，我们可以得出如果本年度排放强度保持不变，那么预计会排放的温室气体总量（折算成二氧化碳当量）。

如果相对排放变化为负值，这表明当前年度的排放强度低于前一年。"相对排放变化"的值表示与前一年相比，当前年度活动中避免排放的温室气体排放量。

如果相对排放变化的值为正值，表明排放强度增加。"相对排放变化"的值表示与排放强度保持不变时，额外产生的温室气体排放，即与前一年相比，当前年度的活动中额外产生的温室气体排放。这意味着排放量增加，与排放强度的增加相关。

信息价值的局限性：这个相对值传达了组织特定的能源效率改善或排放强度降低，但为了实现整体气候目标，还需要减少总的运输排放。

因此，计算绝对排放和相对排放都是重要的。

KPI:在没有可用的运输活动实测数据的情况下，相对减少

基于活动数据的排放强度与运输运营商和物流服务提供商的关联度最高。同时，它也有助于运输服务购买者了解所购运输服务的效率。如果货主无法获取准确运输活动数据，可以采用其他指标（如每吨产品的排放、每吨销售产品的排放，折算成二氧化碳当量）计算排放强度，进而考虑业务活动的变化。这一过程与之前解释的方法类似，即通过将本年度的业务活动数据与前一年的排放强度相乘，计算出本年度的理论基线，并将其与当前年度的总排放量进行比较。

不鼓励使用营业额作为替代指标，因为它与实际物流活动的关联度较低，正如近年来物流服务市场价格的巨大波动也证明了这一点。

KPI的信息价值：通过采用运输货物量等数值来计算排放的年度变化，以替代对运输活动的计算，我们能够更准确地了解指定时期内实际排放强度的发展趋势。

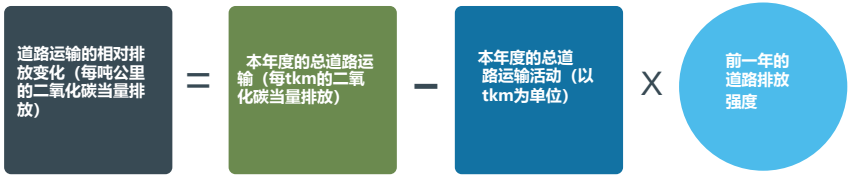
如果供应链重组正在进行，这种方法可能特别有益，因为供应链的缩短或延长对指标没有影响（已从指标中去除了公里数）。然而，这仍然是一个近似值，特别是当涉及货币价值时，通货膨胀和货币价值的变化可能会导致信息失真。

信息价值的局限性：计算得出的值仍然需要与温室气体排放总量进行综合考量，因为它可能受到诸多其他因素的影响，尤其是在采用财务方法时（如汇率变动、货物价值波动、市场可用性变化引发的运输价格变动等）。

KPI: 分不同运输方式的排放

可以运用相似的方法追踪各种运输方式所减少的排放，这需要利用特定于每种运输方式的排放强度和运输活动数据。以下是道路运输的一个示例。

按运输方式进行分析是一个极具价值的额外关键绩效指标（KPI），它可以使运输效率的发展变得透明。这个KPI是通过使用特定于每种运输方式或每个中转站的排放强度和运输活动数据进行计算的。与相对排放的KPI相比，计算方法保持不变：以道路运输为例，前一年的排放强度乘以当前年度的道路特定运输活动。在下一步中，将这个乘积从当前年度的道路运输相关排放中减去。这两个值之间的差异即代表道路运输排放的变化。



KPI的信息值：通过这种分析，我们可以区分不同运输方式排放强度的发展情况。例如，可以确定铁路运输的排放强度是否有所改善，而公路运输的排放强度是否有所恶化。然后可以进一步分析导致这些变化的原因（例如交通拥堵加剧）。因此，这种分析将有助于我们考虑将运输从一种模式转向另一种模式，以期望降低所使用或提供的运输服务的整体排放强度。

如果结果为负数，表明当前年份该特定运输模式的排放强度低于上一年。当前年度特定运输模式的运输活动的排放强度低于以前，并且“排放变化的相对值”表示对应于已避免的温室气体排放。

如果结果为正数，表示特定运输模式的排放强度增加。而“排放变化的相对值”表示相较于排放强度保持不变时额外产生的温室气体排放。

这传达了整体的大局，为实现气候目标，我们需要减少整体运输排放（考虑到CO_2e强度的变化以及与前一年相比的业务和运输活动的变化）。

信息价值的局限性：除了可用数据的质量之外，信息价值没有特定的局限性。

其他标准的额外报告要求

存在一系列被广泛认可的温室气体排放报告方法。这些方法可以区分为三类：

- 全面的全球标准（例如 ISO14064、温室气体协议、欧盟排放交易体系）
- 运输特定标准（例如 GLEC，前身是 EN16258、ISO14083）
- 报告倡议（例如 CDP、SBTi、道琼斯可持续发展指数）

特别是，SBTi[5] 和 CDP[4] 提供了建立有意义的目标以及对运输相关排放进行核算和报告的详细指导，从而支持组织提高其报告的准确性和透明度。

所有这些标准都与 GLEC 框架（3.0版）中概述的原则和最低要求保持一致。因此，遵循标准的企业可以确信他们符合货运相关排放的必要报告标准，同时也在更广泛地改善可持续性报告方面取得了进展。

通过使用这些标准，企业可以确保其报告是可信、可比较和透明的，这有助于提升它们在利益相关方中的声誉，最终促进它们向更可持续的方向转变。

这些不同的方法和框架相互关联，相互支持，推动可持续和低碳的核算和报告实践。

温室气体核算体系（GHGP）协议[3]

GHGP 协议的制定始于1998年，是世界资源研究所（WRI）和世界可持续发展工商理事会（WBCSD）共同努力的结果。第一版于2001年发布，自那时起，它便成为了一个全球认可的框架，用于跨行业测量和管理排放。该协议将排放划分为三个范围，如本文档第1章第4节“各种运输方式和枢纽的信息与要求”所述。

GHGP协议的指南是SBTi标准和建议的一部分，并且也是CDP报告的基本方法论。

《温室气体核算体系 企业核算与报告标准（修订版）》为企业报告其温室气体排放提供指导。

接下页...

要求进行范围1排放和范围2排放的核算和报告，其中包括的信息有：

- 总范围1排放和范围2排放，不涉及温室气体交易
- 各范围单独的排放数据
- 七种温室气体的排放数据（CO_2、CH_4、N_2O、HFCs、PFCs、SF_6、NF_3），以公吨为单位，以及以tCO_2e为单位。GHGP协议要求对这些排放数据进行分解，而其他方法只要求提供综合的CO_2e数据。
- 为了进行比较和设定目标，必须选择一个基准年份，并阐明相关政策措施以及相关的背景情况。这样，才能重新计算与基准年份相关的任何重大排放变化。
- 生物隔离碳直接排放二氧化碳的排放数据
- 用于计算或测量排放的方法，包括所使用的任何计算工具
- 清单中排除的任何来源、设施和/或操作

GHGP协议提供了《企业价值链（范围 3）核算与报告标准补充》。它详细规定了企业在排放报告中必须公开报告的信息和可选择报告的信息。

- 符合GHGP协议企业标准报告的范围1排放和范围2折算成二氧化碳当量排放
- 范围3排放总量的温室气体排放数据，按范围3类别单独报告（有关范围3类别的完整列表，请参阅CDP报告的相关章节）
- 包括和排除的范围3类别和活动清单，排除清单的理由说明
- 对于每个范围3类别：
- 总排放量（CO_2、CH_4、N_2O、HFCs、PFCs、SF_6、NF_3）折算为以二氧化碳当量的以公吨为单位报告，不包括生物源二氧化碳排放，与任何温室气体交易无关
- 生物源二氧化碳排放单独报告
- 用于计算排放量的数据类型和来源的描述，以及报告的排放数据质量描述
- 用于计算范围3排放量的方法、分配方法和假设的描述
- 提供商或其他价值链合作伙伴提供的数据计算的排放占比
- 作为比较和设定目标的基准，必须选择一个基准年份，并说明相关政策措施，描述相关背景情况，以便能重新计算与基准年份相关的任何重大排放变化。

SBTi运输目标设定指南。 SBTi成立于2015年，由碳披露项目（CDP）、世界资源研究（WRI）、世界自然基金会（WWF）和联合国全球契约共同发起，旨在推动企业以科学为基础设定环境目标，使之成为标准的企业实践。SFC与SBTi已达成合作，共同推动温室气体核算的协同合作与标准化，为运输行业设定1.5°C目标。此次合作的目标是更新SBTi运输部门指南，制定新的技术指南，全面更新现有资源，并明确运输排放监测和报告的最佳实践。

该指南涵盖了一系列终端用户，包括客运企业、物流服务提供商、货主企业、运输企业、公路车辆制造商以及价值链中具有较高运输排放的企业。该指南为运输类别提供了全面的指导，包括所需的数据、目标建模以及预期输出。针对不同终端用户，如控制车队的企业或制造公路车辆零部件的企业，也提供了特定的指南。该指南详细阐述了一个组织应如何估算温室气体排放，包括汇总排放范围以获取整车排放、活动单位的定义、设定科学目标的方法，以及使用可持续发展议程（SDA）获得的结果解释。

接下页...

碳披露项目（CDP）[4]

CDP成立于2002年的英国，如今已发展为一个跨国的非政府组织，吸引了数千家企业披露其温室气体排放情况。CDP允许采用各种协议进行报告，而大多数企业会利用GHGP协议或基于该协议的协议向CDP报告其温室气体排放情况。自2018年以来，CDP已将GLEC框架视为计算和报告物流温室气体排放的机制之一，并将其作为更广泛的企业报告的一部分。

CDP在2018年发布了有关创建运输排放强度指标的指南。[8] 除了报告排放量之外，CDP的问卷帮助企业评估各类别排放的相关性、与供应商合作减少排放的潜力，以及与供应链运输排放相关的风险。

CDP的指南包括了如何在范围1排放和范围2排放中考虑交通问题，并为范围3排放中的15个类别提供了详细的报告要求（以下列出）[9]。这些类别中，只有五个类别包括在 ISO 标准中，分别是：购买的商品和服务、燃料和能源相关活动、上游运输和配送、下游运输和配送，以及销售产品生命周期末端的处理。

- **类别1.购买的商品和服务。**包括报告组织购买的商品和服务中嵌入的运输全生命周期排放。

这仅涉及从产品产地到其进入生产环节的排放；供应商到报告组织的运输属于类别4。

- **类别2. 资本品。**与类别1类似，此类别包括报告组织所购资本品中嵌入的运输的 WTW 排放。
- **类别3.燃料和能源相关的排放（不包括在范围1排放或 2 排放中）。**范围 1 排放中的燃料（WTT）的生产和分配所产生的排放属于这一范畴。
- **类别4.上游运输和配送。**此类别包括来自外包的物流服务的 WTW 排放，用于从一级供应商将产品运送或分发至组织设施，或在组织自己的设施之间进行运输。这些物流服务的费用通常由报告组织支付。
- **类别5.运营中产生的废物。**此类别包括与物流活动相关的WTW 排放，这些活动用于处置和处理组织在范围1排放过程中产生的废物。
- **类别6.商务旅行。**虽然运输在此类别中很重要，但商务旅行主要涉及人员的移动，而非货物的运输，它不属于GLEC框架的范围。
- **类别 7. 员工通勤。**和类别 6 一样。
- **类别8.上游租赁资产。**这里包括了从报告组织租赁的设施或车辆的WTW排放，即当报告组织为承租方时，如果尚未在范围1或范围2中报告，则包括在此处。
- **类别9.下游运输和配送。**这一类别包含来自报告组织和最终客户的货物运输和配送的WTW排放。一般来说，这些物流服务的费用通常不由报告组织支付。
- **类别10.销售产品的加工。**这部分涵盖了销售产品的运输和配送所产生的WTW排放，比如由下游价值链中的利益相关者处理的排放。
- **类别11.销售产品的使用。**这包括销售产品使用阶段整个生命周期的运输排放。该类别排放可能与运输设备制造商特别相关。
- **类别12.销售产品生命周期末端的处理。**对于循环经济尤为重要，包括销售产品的处理或处置过程中的运输排放。
- **类别13.下游租赁资产。**这里包括报告组租赁的设施或车辆的WTW排放，即当报告组织为出租方时，包括在此类别中。
- **类别14.特许经营。**与特许经营相关的WTW排放应在此考虑。
- **类别15.投资。**由报告组织所作投资产生的WTW物流排放应在此处计入。

其他在范围3问卷中相关的问题包括以下内容：

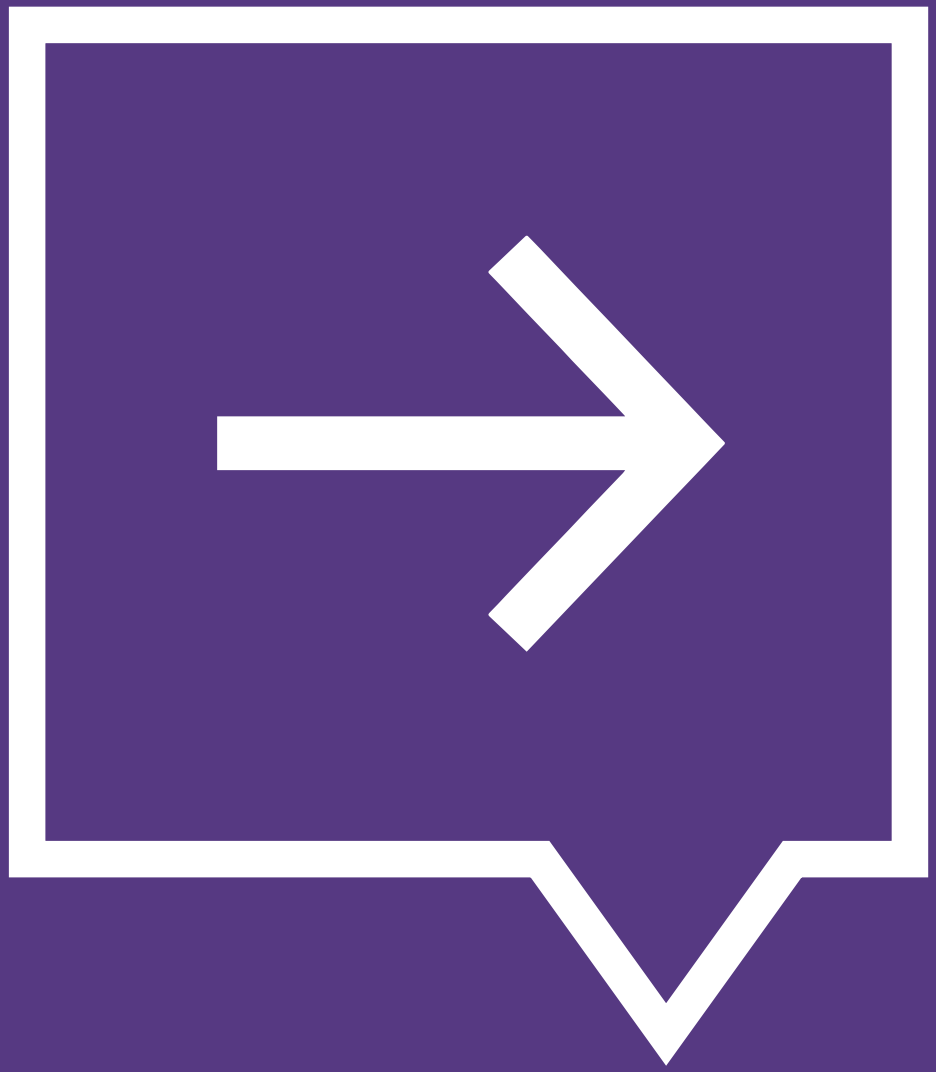
- **评估状态。**根据GHGP协议公司价值链（范围3）排放核算和报告中的标准，确定每个类别排放的相关性，如：

- *影响规模。*使用GLEC框架的默认因素，对需要分销产品的供应链运输进行高层次评估，以发现不同运输方式和地区中的潜在问题。
- *潜在影响减少。*检查与供应商合作减少排放的潜力，特别是在已确认的领域。
- *利益相关者的需求。*供应链合作伙伴、投资者和消费者日益要求提高透明度，了解对公众的环境和社会影响，例如城市地区货运对空气质量和气候的影响。
- *风险。*审视供应链运输排放可能涉及的法规或品牌相关风险。

- **排放计算方法。**让每个人都知道您使用了GLEC 框架，并将其作为计算货运运输排放的方法。
- **供应商或价值链合作伙伴提供的数据占排放量的百分比。**使用与 GLEC 声明相关的输入数据指南来确定百分比。
- **解释。**说明部分可以包括一些额外有用的信息，比如：

- GLEC框架数据类型。
- 默认数据来源。
- 关于术语、计算等的注释。

2 章节 2
报告之外

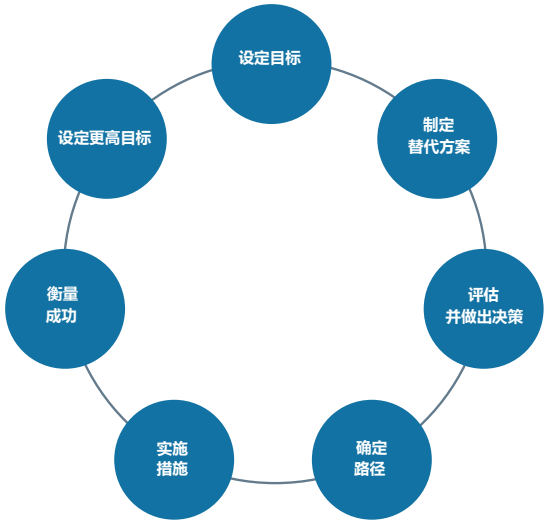


排放核算和报告是一个工具，GLEC框架旨在帮助您充分利用这一工具，无论是为了您自身优化组织活动，还是为了我们共同的气候目标。GLEC框架在所有这些方面都能为您提供支持。您已经投入精力进行排放的计算和报告，并从货物运输活动中获得了关于排放热点的深刻见解，现在:

- **设定目标**
- **将碳排放减少作为一个KPI**
- **制定减排计划**
- **展现努力成果**
- **激励员工**
- **利用销售和采购**
- **倡导政策**

这份列表的各个方面与您的具体情况的相关性可能有所不同。重要的是要先迈出第一步，无论步伐是大是小。

图 1
排放核算改进周期



设定目标

建议的第一步是利用收集的数据建立基线，并根据《巴黎协定》的要求设定目标，即保持全球温升在1.5°C之内。根据总体排放和排放强度，最好在运输模式级别制定目标。这些目标有助于确定排放减少工作的目标值。确立了这些目标后，您可以使用 GLEC 框架的不同替代措施，并估计这些措施中哪些有助于实现您的目标。一旦您确定了要采取的策略， GLEC 框架也是确立中间目标的理想工具，并衡量是否在接近这些目标。一旦达到目标可以继续，就设定更高的目标。重要的是，您设定的目标应成为持续减排过程的起点。

确立2050年的具体目标，以及未来5年、10年或15年的目标，有助于更轻松地检查您的组织是否在正确的轨道上。

将碳排放减少作为一个KPI

减排目标需要整合到组织的管理信息系统中，并得到决策层的支持，贯穿组织各个层面。可持续发展及其伴随的减排行动应成为您愿景和战略的核心部分，并需要得到坚定支持低碳货运和物流的企业政策的推动。精确和定期的排放核算是衡量和优化效率关键绩效指标、减少温室气体排放的重要工具。这使您能够:

- 追踪排放量随时间变化的情况并与目标进行比较，引导排放管理。
- 评估不同的运输和物流解决方案，并进行比较。
- 确定货物运输活动中最需要提高效率或最容易实现减排的部分。
- 通过将碳排放纳入关键绩效指标（KPI），与成本、质量、及时性等指标相结合，以评估新技术、航线、承运商等因素的气候影响，并制定相应的减排策略、碳抵消和其他减缓措施，从而确保物流和运营总监承担起相应的责任。
- 与他人进行比较，找出需要改进的地方，分享经验，或将效率转化为有市场价值的内容。
- 通过为排放设定假设价格或价格范围，将碳价格作为决策中的关键绩效指标之一，为向低碳世界转型做好准备。

制定减排计划

McKinnon教授确定了减少温室气体排放的五种解决方案，包括货运需求、运输方式、资产利用、车队能源效率和能源的碳含量。[29]

GLEC框架支持您确定这些领域中哪些措施有助于实现您的排放目标。它帮助您确定最需要采取行动的领域，优先考虑对供应链、运输和物流网络采取的措施和作出的改变。此外，它有助于确定所选解决方案是否足以共同实现企业减排目标。企业可以实施或影响哪些解决方案，取决于您是货运服务的买方、供应商，或两者兼而有之。

图2
减少货运排放的领域和方法

减少货运需求	优化运输方式	提高资产利用率	提升车队能效	降低能源碳含量
供应链重组	运输方式转换	货物整合	更清洁和高效的技术	更清洁和低碳的燃料
标准模块/箱	多式联运优化	负载整合	高效车辆和船舶	电动化
3D 打印	同步多式运输	物流中心和仓库管理	驾驶行为	燃料管理
软性管理			车队运营	
消费者行为			车队维护	

Source: McKinnon 2018 and GLEC

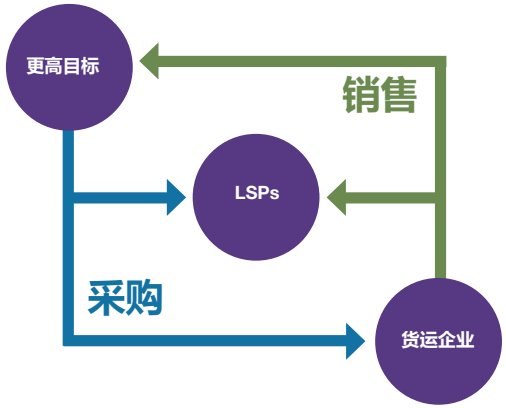
展现努力成果

采用标准化的温室气体排放核算是一项有价值、受尊敬且日益受到企业需求的行动，它使企业的可持续发展努力得以展现，并证明其致力于实现应对气候目标的承诺。在融资、保险以及招标流程等方面，企业的这种承诺会成为评估的考量因素。采用 GLEC框架（3.0版），以及 ISO 14083，确保企业为利益相关者的需求和期望做好准备。它还为企业提供了一个关键绩效指标，可以与他们的客户共享，这些客户越来越希望获得可持续生产的产品和服务。

激励你的员工

在进行排放核算的数据收集过程中，了解企业内部的流程和程序所带来的影响不容忽视。许多已经引入温室气体排放核算的企业报告称，他们通过分析与数据收集相关的运输和物流流程，已经深刻认识到效率低下的问题以及改进潜力。

图 3
销售和采购——减排的有力杠杆



利用销售和采购

销售和采购是利用碳减排的两个重要商业机制，而可靠的排放数据对这两个机制来说至关重要。

- **销售。**如果您的企业正在进行可持续投资，比如购置电动车辆、为司机提供培训和采用燃油高效路线，这些信息可用于提升其作为可持续交通提供者或使用者的品牌价值。排放强度KPI（每吨公里的二氧化碳当量排放）所提供的信息，可以让您的投资得到展示和赞誉。这些信息可以进一步在物流规划活动中作为关键绩效指标使用，例如用于选择运输模式、路线或车辆。
- **采购。**就像您可以为客户提供温室气体排放核算信息一样，您也可以在采购中使用GLEC框架，以确保您购买的服务与您的企业价值观一致。《智慧货运采购指南》提供了如何将气候因素融入货运和物流采购实践的实用指导。[10]指南建议在不同的采购阶段（即计划阶段、招标阶段、合同订立阶段和基于合同的供应商管理阶段）中采取几项措施来减少温室气体排放，包括与运输链供应商（如货运代理商、货运企业和LSPs）合作。

政策倡导

企业主动处理物流排放的主要驱动因素是避免政府强制性要求。企业可以利用排放计算的结果证明减排努力是成功的。最好的方式是通过自愿报告计划或绿色货运计划。美国环境保护署的SmartWay、法国的ObjectifCO_2和英国的低排放减排方案是其中一些例子。

随着ISO 14083的出台，现在有一项可以在全球范围内应用的标准。这个国际适用的标准使得企业可以在全球范围内采用同一种温室气体排放和报告方法。

因此，使用与这一标准和倡议（如CDP和SBTi）完全一致的GLEC框架（3.0版），也是倡导采用普遍一致的温室气体排放计算格式的一种方式。

排放数据的另一种用途是为制定国家气候计划提供信息。实施《巴黎协定》的国家负责制定并实施减排计划，以共同实现2050年全球温度目标：与工业化前相比升温不超过1.5°C。同时大多数在其国家自主贡献（NDCs）中明确了整体交通，但通常不会明确提及货运，也没有设定特定的目标。[11,12]

尽管上述情况正在逐渐发生变化，但仍存在巨大的潜力。利用行业在物流排放方面的专业知识和数据，我们可以帮助更多的国家、地区和城市更好地了解其物流排放情况，并采取措施减少排放。通过共享数据，并遵循GLEC框架和GLEC声明的原则采用最佳实践，政府和行业可以携手合作，追踪并实现2050年气候目标。

2 章节 3
展望与全球普及之路



ISO 14083是迈向全球标准化运输链温室气体排放核算和报告的关键步骤。随着其发布，全球协调减排工作的基础已经奠定。此外，作为行业和专家的平台，GLEC框架（3.0版）促进了ISO 14083的进一步实施所需的合作，并对所有人开放。 接下来的重要步骤有：

- **数据质量保障**
- **数据交换**
- **进一步统一排放工具和方法**
- **可持续性倡议**
- **认证**
- **政策**
- **研究和发展**

数据质量保障

随着排放核算和报告标准的制定，下一步的重要工作是建立数据质量的指导和认证流程。这种数据质量认证由认证机构推动，旨在防止“漂绿”现象。这两个步骤对于全球推广至关重要，并且相互支持。可靠且经过认证的数据质量是数据交换的基础，而数据交换和大数据对于建立有意义的缺省值数据基础也是必不可少的。

数据交换

改进对可靠数据的访问将有助于企业和政府更好地做出决策，共同实现气候目标。为了实现这一目标，改进数据交换以及支持性的计划、工具、倡议、标准、政策并进行研究至关重要。获取高质量、最好是经过独立验证的数据是运输运营商及其客户最大程度发挥 GLEC 框架作用的必要条件。目前已有数据收集和共享倡议，如 Clean Cargo 和 SmartWay。对于承运商，特别是在道路货运部门的承运商、他们的客户、信息技术系统提供商以及能效和排放数据平台的运营商，需要进一步努力：

- 总结收集全面且有意义的货运排放关键绩效指标所需数据的方法。
- 制定统一的格式，可互操作的平台网络之间实现数据共享。
- 纳入一致的碳排放报告，从而制定和实施广泛的温室气体减排战略。

我们已经进入了一个大数据的世界，数字技术每天协调着数百万吨货物的复杂流动，数据量只会持续增加。数字化为设计基于数据的脱碳战略创造了沃土。要实现这一目标，需要进行数据收集和交换。

Smart Freight Centre 正在运行 iLEAP 项目（整合物流排放与产品碳足迹），旨在标准化物流中排放和活动相关数据交换的属性。一旦这一工作成熟并被广泛采用作为语义蓝图，GLEC 框架的使用也将在多个地域和行业中自然地得到更广泛的扩展。

此外，为了研究 B2B 数据交换如何实现规模化，SFC 交换网络项目的报告总结了在建立一个技术、治理和保障兼备的可互操作、去中心化的行业数据交换网络时所需的条件。

进一步统一排放工具和方法

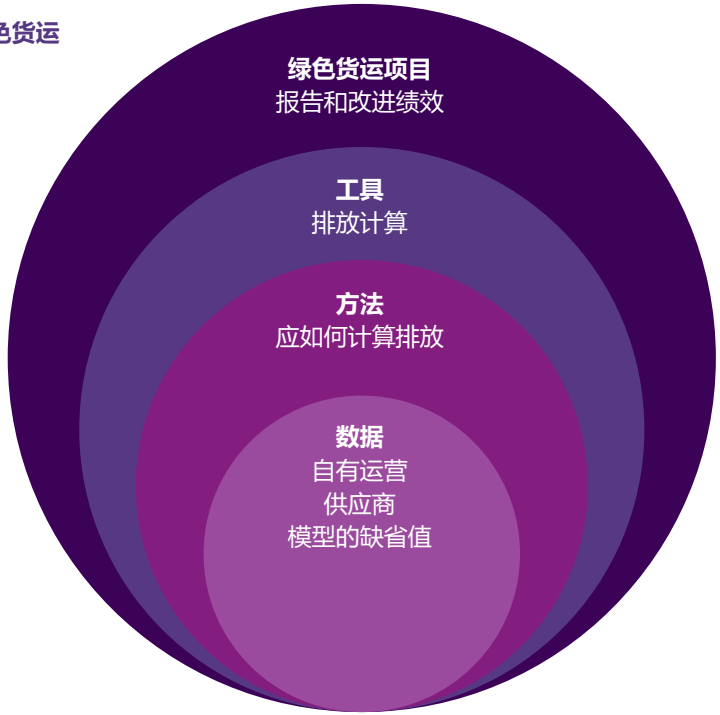
在统一和认证数据质量之外，进一步统一调整排放工具和方法也是向全球推广迈出的重要一步。程序越统一，公司就越容易改善其核算和报告，根据不同的要求进行调整。全面协调确保了排放核算和报告要求的透明度。作为其中的一步，GLEC框架支持ISO 14083的制定，并在第三版中完全与该标准保持一致。

GLEC框架是一种方法论，而不是一个计算工具或程序。绿色货运项目通常通过运输供应商和购买方推动物流领域的可持续发展。[13] 这些项目为行业提供了一条协作的道路，通过共享数据和进行绩效基准测试来促进合作。奖励、评级和标签等激励措施吸引了对良好绩效的关注，鼓励积极性不高的企业对进一步可持续性物流进行投资。

有些项目有自己的工具，如SmartWay，而另外一些则规定一种方法供成员企业使用，例如Green Freight Asia。

使用外部工具或项目的公司和其他人应该与其提供者核实他们的方法是否符合GLEC框架（3.0版）和 ISO 14083的要求。符合要求的可以通过智慧货运中心的认证标签予以认可。

图 1
数据、方法、工具和绿色货运项目共同支持减排



可持续性倡议

将气候和可持续性倡议扩展到货运部门之外，是实现GLEC框架广泛应用的一种有效方式。

CDP已经建议向该计划报告物流排放的企业使用GLEC框架。[14] 该框架还是科学碳目标倡议（SBTi）对交通部门的指导的基础，允许企业将物流纳入其目标。[15] GLEC框架是全球气候变化框架下的“全球绿色货运行动计划”的一项举措，该计划是《联合国气候变化框架公约》下的“马拉喀什全球气候行动伙伴关系”的一项交通倡议。[16]所有关注气候或可持续性的举措，包括社会责任投资基金在内，都被鼓励效仿。

货运部门并不能掌握自己的命运，而只是对市场需求做出回应。因此，将符合GLEC框架和ISO14083核算标准的物流温室气体排放值纳入行业可持续性计划，是至关重要的。电子行业通过将GLEC框架纳入绿色电子理事会的电子产品环境评估工具（EPEAT）标准，引领潮流。[17] 同样，它已被纳入集装箱港口终端的指导方针中。[18]理想情况下，产品标签，如棉花、食品和林业产品等，都将评估物流排放是否存在盲点。通过这种方式，GLEC框架可以促进更广泛的气候行动和可持续性发展。

认证

许多公司已开始在年度报告或企业间声明中披露可持续发展信息，例如温室气体（GHG）排放数据。对于这些公司来说，通过对企业排放计算和声明的验证以及对计算工具方法论的认证来提供保证，具有两方面的重要意义：对外的透明性以及对内的清晰性和可靠性。

关于透明性，独立的保证可向外部合作伙伴和利益相关方确认，企业的核算和报告是依据特定规范可靠执行的。这种保证不仅是对组织努力的认可，也让客户更加信任所报告的排放数据，并为政府制定政策措施提供基础支持。

同时，保证还可确认GHG排放报告是基于已批准的方法编制的。由于排放核算是管理层制定重要战略决策的基础，确保方法的正确性以及结果经过验证至关重要。

SFC 和 GLEC 在推动行业保障方面提供支持，通过以下措施帮助企业：

· 帮助组织找到有资质的验证机构；
· 提供涵盖 ISO 14083 的实用排放报告模板（包括 GLEC 框架 指导）；
· 针对货运行业提供高质量的排放核算与报告培训。

政策

支持性政策对于企业至关重要。为确保广泛的可接受性，我们与政府、行业和民间社会代表协商制定了一套连贯的政策建议，至今已有10年。[19]这些建议是及时且相关的，围绕着核算和报告的四个“关键因素”进行分组：

- 物流排放核算方法论的制定。
- 数据收集和交换。
- 物流排放数据及相关信息的认证。
- 企业、政府和其他利益相关方的使用结果。

该目标旨在通过推荐政策优先事项，促进制定与高层次目标以及行业需求和活动相一致的政策。该目标可供世界各国政府、欧洲委员会以及参与制定或执行政策议程的相关组织（如开发银行和非政府组织）使用。

方法论的制定

- 支持 GLEC 框架和现在的 ISO 14083标准。
- 支持一个全球统一的燃料排放因子，包括替代燃料。
- 支持提升行业的意识和信息宣传水平。

认证

- 为企业提供激励，帮助其收集高质量数据并获得认证。
- 探讨在强制性报告或碳定价情况下的认证需求。
- 支持标准化的认证指南和报告模板。

数据收集和交换

- 支持并对标国际海事组织（IMO）/国际航空运输协会（IATA）的协议。
- 支持全球（或欧盟）数据交换协议的制定。
- 探讨建立一个与运输管理系统（TMS）链接的中立平台和IT架构，更加积极地参与数据交换。
- 在数据交换中发挥更加核心的作用。

使用结果

- 建立国家绿色货运项目。
- 使政府目标与该行业相关。
- 支持行业调查和认可。
- 将基础设施、车辆/船舶及其运营纳入国家自主贡献/国家规划中。

研究和发展

在过去的几年中，行业与研究机构之间的密切合作已经取得了许多显著的成就。然而，随着气候变化及其影响的日益明显，我们正处于一个不 断学习的阶段，从过去的合作与发展中汲取经 验，同时审视我们的行动与不作为所带来的后果。在这个过程中，支持性研究在提供信息和推动行业行动方面发挥着至关重要的作用。尽管如此，目前在排放核算和报告方面所需的研究仍不明确。为此，我们制定了一个研究议程，建议在以下五个领域进行深入的研究：[19]

- 完善不同模式、国家和行业部门的输入数据、排放计算和披露情况。
- 规范各方之间数据交换的方式、使用的协议和平台并更新运输管理系统，解决各方之间的信任问题。
- 将排放计算扩展到包括信息和通信技术（ICT）、基础设施、包装和空气污染物。
- 允许在项目和基础设施规划以及物流供应链组织的过程中进行排放计算。

该研究议程旨在为决定开展或资助新研究时提供必要的信息。它可供政府、研究机构、产业界以及民间社会参考和使用。我们特别强调产业界的参与，并倡导与研究机构合作开展试点项目，以进行测试和验证。

结论

追踪和减少货运碳排放是社会和组织业务发展的要求。我们坚信，GLEC框架在提供共同语言以追踪气候影响方面发挥着至关重要的作用。因此，我们强烈建议您立即采用GLEC框架和ISO 14083标准！

2 参考文献

1 Smart Freight Centre & WBCSD (2023): End-to-End GHG Reporting Guidance; on https://smartfreightcentre.org/en/about-sfc/news/new-guidance-developed-by-30-global-companies-to-support-ghg-emissions-data-sharing-across-the-logistics-value-chain/ ; last visited 02/10/2024

2 ISO 14083:2023 Greenhouse gases — Quantification and reporting of greenhouse gas emissions arising from transport chain operations (2023); https://www.iso.org/standard/78864.html ; last accessed 02/10/2024

3 GHG Protocol: Corporate Value Chain (Scope 3) Standard on: https://ghgprotocol.org/corporate-value-chain-scope-3-standard last accessed 02/10/2024

4 CDP on https://www.cdp.net/en

5 Science Based Targets Initiative on https://sciencebasedtargets.org/

6 McKinnon, A.C.(2018): *Decarbonizing Logistics: Distributing goods in a low carbon world*. Kogan Page

7 SBTi and SFC (2023): Smart Freight Centre and the Science Based Targets initiative join forces to further drive transport sector decarbonization on: https://sciencebasedtargets.org/news/smart-freight-centre-and-the-science-based-targets-initiative-join-forces-to-further-drive-transport-sector-decarbonization ; last viewed 02/10/2024

8 CDP Technical Note: Measuring emissions intensity of transport movements; on https://cdn.cdp.net/cdp-production/cms/guidance_docs/pdfs/000/001/690/original/CDP-technical-note-emissions-intensity-of-transport.pdf?1610104669 ; last viewed 02/10/2024

9 GHG Protocol Scope 3 Calculation Guidance; on https://ghgprotocol.org/scope-3-calculation-guidance-2 ; last viewed on 02/10/2024

10 Smart Freight Centre and WBCSD: Smart Freight Procurement Guidelines (2019). ISBN 978-90-82-68790-3 on: https://smart-freight-centre-media.s3.amazonaws.com/documents/Smart_Freight_Procurement_Guidelines_2019_-_FINAL_Ob2JR8g.pdf ; last viewed on 02/10/2024

11 Gota, S. and Peet, K.: Proposed Avenues for NDCs (2016)

12 International Transport Forum ITF: How serious are countries about decarbonising transport?; on: https://www.itf-oecd.org/ndc-tracker/en ; last viewed on 02/10/2024

13 Smart Freight Centre: Green Freight Programms Worldwide (2017)

14 CDP Climate Change Scoring Methodology (2018)

15 SBTi Science Based Targets initiative: Transport Science-Based Target Setting (2018)

16 Paris Process on Mobility and Climate: Marrakesh Partnership for Global Climate Action Transport Initiatives: Stock-take on Action Toward Implementation of the Paris Agreement and the 2030 Agenda on Sustainable Development: Overview of Process (2018)

17 National Science Foundation, and American National Standard NSF/ANSI 429:2018 Environmental Leadership and Corporate Social Responsibility Assessment of Servers (2018)

18 EU Ports European Economic Interest Group: Guidance for Greenhouse Gas Emissions Footprinting for Container Terminals (2019)

19 Smart Freight Centre: Policy Recommendations for Logistics Emissions Accounting and Reporting (2019)

20 Logistics Emission Accounting and Reduction Network (LEARN) project: Research and Development Agenda Towards Eco-Labelling for Transport Chains (2018)

21 Smart Freight Centre, Think-it and British Standards Institution. SFC Exchange Network – Proof of Concept Evaluation Report (2023); https://smart-freight-centre-media.s3.amazonaws.com/documents/SFCExchangeNetwork_PoC_Evaluation_Report_2023.pdf; last accessed 02/10/2024

3

数据

第1模块
排放因子

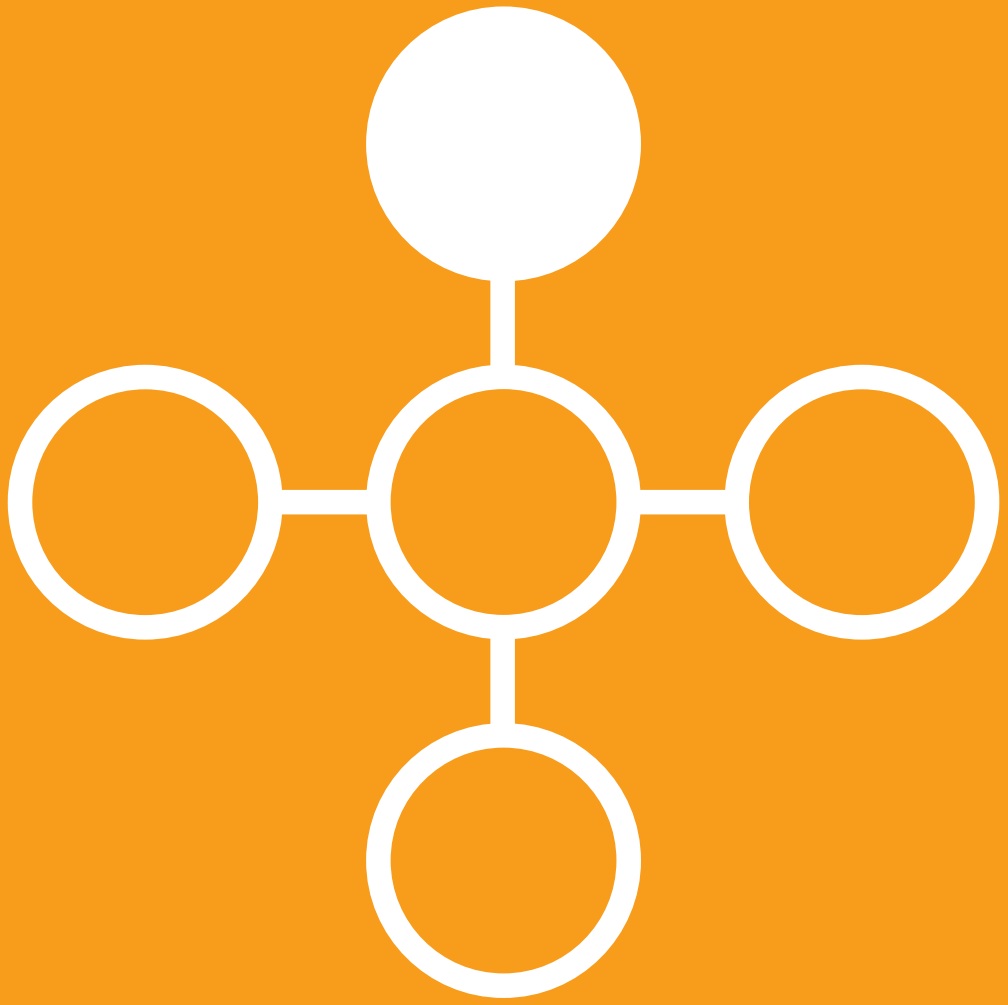
第2模块
燃油效率和温室气体排放强度默认值

第3模块
制冷剂排放因子

第4模块
排放计算示例——逐步演示

参考文献

3 第1模块
排放因子



排放因子在计算交通排放和碳足迹方面起着至关重要的作用。它们提供了统一的度量标准，将驱动货运运输的燃料和能源转化为温室气体排放值。

大多数人可能会认为，同一类型的燃料总是导致相同的排放，但实际上情况并非如此。如果我们进行详细追踪，就会发现某一天在某一地点购买的燃料相关的排放因子存在自然的差异。这是因为排放因子会受到多种因素的影响，如原始原料的性质、生产和消费地点、使用的分配机制、生产过程的能源投入和性质等。通常情况下，传统燃料（即化石燃料）往往是来自多个来源和多年来发展的多种工艺的混合物，以确保它们符合当地燃料质量标准的容许范围。因此，尝试在每批燃料上确定精确数值并非标准做法。相反，通常的做法是使用代表性数值，并理解排放将随时间平均化并与该代表值相匹配（假设该值确实有代表性）。某些国家排放因子数据库中引用的数据反映了国家燃料标准和地方工业能源效率的变化。

通常情况下，传统燃料的潜在原料和生产工艺相对较为成熟，因此这些变化往往较小。相比之下，所谓的“新型燃料”（包括可再生燃料和据称具有低生命周期温室气体排放的燃料）的生产过程往往不甚成熟。这导致在整个生命周期内，它们展现出更大的变异性和更广泛的潜在原料范围。因此，在当前市场条件下，对生物燃料的排放因子进行统一化可能不太适用，并可能引发更大的不确定性和不准确性。鉴于此，充分考虑“新型燃料”的排放因子可能是必要的，尽管这可能需要一个费时且昂贵的过程。这一考虑适用于纯生物燃料以及混合了较高比例生物燃料的产品。然而，对于掺杂了相对较低比例（5%～10%）生物燃料的传统燃料混合物而言，这一过程并非必须，因为这种情况较为常见。

我们如何获取排放因子

排放因子必须基于最可信赖的来源，并由专家开发，这一点至关重要。全面开发排放因子超出了GLEC框架（3.0版）的技术范围。我们遵循ISO 14083中的附录J所制定和描述的方法，并依赖于最佳可用来源。ISO 14083的方法建议涵盖了与燃料和能源生产基础设施相关的排放，尽管这种方法在排放因子来源中尚不普遍。我们致力于利用这些最佳实践来确保准确计算和报告排放。

这个GLEC框架模块中引用的排放因子的呈现方式与ISO 14083保持一致。表格中展示了燃料周期的不同阶段，包括“油井到油箱”（WTT）、“油箱到车轮”（TTW）以及完整的“油井到车轮”（WTW）阶段的二氧化碳当量（CO_2e）排放。这些数值以质量和能量含量的形式 呈现，以便在适当情况下计算每单位体积的排放。考虑到传统液体燃料通常按体积销售，我们还包含了非二氧化碳温室气体在运输运营阶段的温室气体排放数值。非CO_2温室气体包括甲烷 (CH_4）、一氧化二氮(N2O)、氢氟碳化合物(HFCs)、氟碳化合物(PFCs)、六氟化硫(SF_6)和其他含氟温室气体。

输入数据来自相同来源的最新更新（写作时的时间点）。在ISO 14083草拟和GLEC 3.0 制定期间，其中两个来源发生了重大修订，即ecoinvent （3.9.1版）发布和GREET 2022年度更新。

此外，最新的全球变暖潜势 (GWP), 即政府间气候变化专门委员会（IPCC）AR6,将所有燃料排放因子转换为当前的CO_2e值。这些值是基于IPCC AR6的新的温室气体排放值，而ISO 14083里面Annex K中的值是基于IPCC AR5.2。

使用ecoinvent （3.9.1版）尤其重要，因为其内容经过更新，发现了以前未知/未量化的在化石燃料开采阶段直接排放到大气中的甲烷高浓度情况。结果是，对于化石燃料和化石衍生燃料，能源生产端的排放（WTT）明显更高，有些情况下高达50%。

我们已经采取了一切可能的措施，确保那些希望以统一且具代表性的方式计算排放量的企业能够有一个完善的开始。然而，值得注意的是，由于ecoinvent的更新，能源供给端的排放（WTT）数值有所上升，这凸显了一个重要问题：在达成共识之前，不同来源的排放因子之间可能会存在明显的不一致性。

由于可再生燃料的排放因子具有较大的差异，因此这里所引用的数值通常是偏保守的，即处于可能范围的较高端。为了更准确地计算，我们鼓励您在识别所使用的能源载体并获得权威机构（如RSB、国际可持续性与碳认证等）提供的该产品认证排放因子后，遵循ISO 14083中附录J所设定的排放因子指南，使用具体的排放因子，并提供相关文档作为支持。

甲烷泄漏

甲烷是一种强效的温室气体。因此，在计算压缩天然气（CNG）和液化天然气（LNG）燃料的整体“油井到车轮”（WTW）排放时，必须考虑在上游链路、加注和发动机等方面有可能产生的的甲烷泄漏。总排放系数中的“油井到油箱”WTT部分考虑了从油箱到油箱供应链上游各点排出的甲烷。

TTW排放的考虑方式相较于其他燃料更为复杂。释放到大气中的未燃尽燃料所产生的影响，即“甲烷泄漏”，是通过使用甲烷的GWP以及大部分燃料燃烧产生的排放来计算的。甲烷泄漏的程度因车辆技术和减排技术而异。此外，适用于不同情境下使用的发动机的相关规定也各不相同，不同的应用、地点和模式对甲烷排放有不同的限制。因此，很难明确确定LNG或CNG使用排放的确切数值。在可能的情况下，我们根据引擎技术提供了对甲烷泄漏及其对TTW排放影响的初步估计。

国家、地区和国际数值

排放因子的选择旨在最大程度地与各国公布的数值、现有的交通标准以及联合国机构在航空和水运使用的数值保持一致。然而，包括法国、英国、日本、澳大利亚和加拿大在内的一些国家已经发布了国家级的排放因子。

对于航空运输，国际航空碳抵消与减排计划（CORSIA)提供了排放因子指导，而国际海事组织（IMO）预计将在不久的将来发布自己的WTW排放因子。这些工作在很大程度上是独立进行的，缺乏整体的协作与沟通。这种情况可能会在短期内造成数值选择上的混乱和不确定性，给相关领域的决策和实践带来困扰。

随着对温室气体排放问题的日益重视，未来可能会加大协调力度，制定一套全面且一致的温室气体排放因子，为全球物流行业提供一致性报告的支持。在此之前，如果国家或国际法规已经规定了具体的排放因子，那么应当优先使用这些数值，并在相关说明中明确标注。需要强调的是，GLEC框架（3.0版）并不鼓励或建议企业违反当地法律。

对于尚未明确规定排放因子的国家，建议采用北美洲和欧洲表格中引用的较高燃料数值，避免低估实际排放情况。

随着对该领域认知的不断深入，GLEC框架的后续版本将不断更新和完善所有排放因子，以适应行业发展和环境保护的需求。

排放因子：欧洲

能源载体	应用案例	低位发热值 MJ/kg	密度 kg/l	温室气体排放 (运输运营阶段/TTW) g CO_2e/MJ	温室气体排放 (总体/WTW) g CO_2e/MJ	温室气体排放 (运输运营阶段/TTW) kg CO_2e/kg	温室气体排放 (总体/WTW) kg CO_2e/kg	非CO2温室气体排放 emissions (运输运营阶段/TTW) g CO_2e/MJ	生物源温室气体排放 (运输运营阶段/TTW) g CO2e/g	来源
汽油		42.5	0.74	75.0	99.0	3.19	4.21	0.14	n.a.	ecoinvent v3.9.1[3]
乙醇（40%玉米、35%甜菜、25% 小麦）		27.0	0.78	0.1	48.0	0.00	1.30	0.14	1.91	ifeu, infras & Fraunhofer IML, 2024[18]
柴油		42.8	0.83	75.3	97.8	3.22	4.19	1.16	n.a.	ecoinvent v3.9.1 cut-off[3]
生物柴油（50% 菜籽油、40% 废食用油、10% 大豆）		37.0	0.89	1.2	35.4	0.04	1.31	1.16	2.83	ifeu, infras & Fraunhofer IML, 2024[18]
液化石油气 (LPG)		45.5	0.55	67.0	90.1	3.05	4.10	0.23	n.a.	ecoinvent v3.9.1 cut-off[3]
氢 (来自 SMR)		120.0	n.a.	0.0	101.3	0.00	12.16	0	n.a.	ifeu, infras & Fraunhofer IML, 2024[18]
HVO/HEFA (SAF) (50% 菜籽油，50% 废弃食用油)		44.0	0.77	1.2	29.7	0.05	1.31	1.16	3.12	ifeu, infras & Fraunhofer IML, 2024[18]
欧洲平均电力（2021年欧盟27国，包括平均损失）		n.a.	n.a.	0.0	99.0	n.a	n.a	n.a	n.a.	ifeu, infras & Fraunhofer IML, 2024[18]
压缩天然气(CNG)	欧洲点燃式引擎卡车	49.2	n.a.	56.1	77.1	2.76	3.79	0.94	n.a.	ifeu, infras & Fraunhofer IML, 2024[18]

Continued on next page

排放因子：欧洲

能源载体	应用示例	低位发热值 MJ/kg	密度 kg/L	温室气体排放 (运输运营阶段/ TTW) g CO_2e /MJ	温室气体排放 (总体/WTW) g CO_2e /MJ	温室气体排放 (运输运营阶段 / TTW) kg CO_2e/kg	温室气体排放 (总体/WTW) kg CO_2e/kg	非CO_2 温室气体排放 (运输运营阶段 /TTW) g CO_2e/MJ	生物源温室气体排放 (运输运营阶段/TTW) g CO2e/g	来源
液化天然气 (LNG)	欧洲点燃式引擎卡车	48.0	n.a.	57.4	83.1	2.75	3.99	0.93	n.a.	ifeu, infras & Fraunhofer IML, 2024[18]
生物甲烷 (40 % 玉米、 40% 肥料、20 % 生物废弃料)	欧洲点燃式引擎卡车	50.0	n.a.	0.9	25.7	0.05	1.28	0.93	2.86	ifeu, infras & Fraunhofer IML, 2024[18]
生物液化天然气(40% 玉米、 40% 肥料、20 % 生物废弃料)	欧洲点燃式引擎卡车	50.0	n.a.	0.9	29.8	0.05	1.49	0.93	2.86	ifeu, infras & Fraunhofer IML, 2024[18]
液化天然气 (LNG)	奥托循环发动机双燃料船（中速）	48.0	n.a.	77.6	96.1	3.73	4.61	20.33	n.a.	IMO MEPC 81[28]
液化天然气(LNG)	奥托循环发动机双燃料船（低速）	48.0	n.a.	67.5	86.0	3.24	4.13	10.20	n.a.	IMO MEPC 81[28]

^ 仅基于远距离/重型道路运输的因素，因为LNG不建议用于轻型/城市配送。

- 生物燃料的温室气体排放因子可能会因原料混合和生产工艺的差异而产生显著变化。在某些特定情境下，采用经过认证的废弃物流原料可能会导致较低的排放因子，甚至有可能实现负排放。在这种情况下，我们必须谨慎审查排放因子，以避免潜在的意外后果，并防止对减排效益的过度乐观估计。
- 根据温室气体减排门槛，计算符合《可再生能源指令（第二版）》（RED II）要求的生物甲烷和生物液化天然气。
- 欧盟海运燃料提及了一种液化天然气应用，据称该技术能显著降低甲烷排放。然而，由于相关技术定义尚不明确，因此在此我们未进行深入探讨。
- 从ecoinvent （3.9.1版）获取的排放因子和上述的欧洲电力排放因子是目前唯一确认在“油井到油箱” （WTT）阶段中包含了能源与燃料生产基础设施排放的数据，因为这是一个新的要求。
- 上述的电力排放因子来源于与计算欧盟铁路默认排放强度不同的数据源，因为在此情况下，我们无法引用IEA的数据。
- 所引用的非二氧化碳温室气体排放数据来自GREET[9]，因为这些数据包含在ecoinvent的数值中，但没有明确说明。

排放因子：北美洲

能源载体	低位发热值 MJ/kg	密度 kg/l	温室气体排放 (运输运营阶段/TTW) g CO_2e/MJ	温室气体排放 (总体WTW) g CO_2e/MJ	温室气体排放 (运输运营阶段/TTW) kg CO_2e/kg	温室气体排放 （总体/WTW） kg CO_2e/kg	非CO2 温室气体排放(运输运营阶段/TTW) g CO_2e/MJ	生物源温室气体排放(运输运营阶段/TTW) g CO_2e/g	来源
汽油	41.7	0.749	73	89.6	3.04	3.74	0.30	n.a.	GREET 2023[9]
乙醇（玉米）	27	0.789	0.33	55.9	0.01	1.51	0.33	1.91	GREET 2023[9]
柴油	42.6	0.847	75.7	90.9	3.22	3.87	0.82	n.a.	GREET 2023[9]
生物柴油（大豆）	37.7	0.881	0.78	22.0	0.03	0.83	0.78	2.83	GREET 2023[9]
HVO （氢化植物油）	44	0.779	0.78	18.3	0.03	0.80	0.78	3.12	GREET 2023[9]
液化石油气 (LPG)	46.6	0.508	64.8	77.8	3.02	3.63	0.30	n.a.	GREET 2023[9]
美国平均电力（含平均损耗）	n.a	n.a.	0	104.3	n.a	n.a	n.a	n.a.	USEPA eGRID Summary Tables, 2022[10]
压缩天然气（CNG）— 北美点燃式引擎卡车	47.1	n.a.	57.4	74	2.70	3.49	1.20	n.a.	GREET 2023[9]
液化天然气（LNG）— 北美点燃式引擎卡车	48.6	n.a.	57.6	76.6	2.80	3.72	1.10	n.a.	GREET 2023[9]

排放因子：中国

能源载体	低位发热值 *MJ/kg*	密度 *kg/l*	温室气体排放 (运输运营阶段/TTW) *g CO_2e/MJ*	温室气体排放 (总体WTW) *g CO_2e/MJ*	温室气体排放 (运输运营阶段/TTW) *kg CO_2e/kg*	温室气体排放 （总体/WTW） *kg CO_2e/kg*	非CO2 温室气体排放(运输运营阶段/TTW) *g CO_2e/MJ*	生物源温室气体排放(运输运营阶段/TTW) g CO_2e/g
汽油	43.1	0.74	69.8	92.0	3.01	3.96	1.86	n.a.
柴油	42.7	0.83	73.8	96.2	3.15	4.10	1.18	n.a.
液化石油气	50.2	0.54	63.7	85.7	3.20	4.30	1.90	n.a.
电力-中国平均	n.a	n.a	n.a.	158.4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
液化天然气（LNG）——中国点燃式引擎卡车	44.2	0.42	65.4	93.2	2.89	4.12	3.56	n.a.

- 中国燃料排放因子主要基于官方数据计算，并与最新的 IPCC第六次评估报告（AR6）中的全球变暖潜势（GWP100）保持一致。
  电力值基于中国的电网排放因子。
- 使用了来自GLEC框架3.0的欧洲燃料排放因子 (从TTW到WTW的比例) 来提升中国排放因子的行驶到使用值（TTW到WTW的值）。

电力温室气体排放

电力温室气体排放因子的构成，主要基于ISO 14083的要求，可以参见图1。这涉及上游（燃料生产）和燃烧（发电）阶段的不同电力排放。如图所示，一部分电力用于自用、负载平衡（例如：通过调整水泵运行实现电力负载平衡）和交易；图中箭头大小代表电力流量规模，而颜色深浅则对应碳排放强度值。传输和分配损失是供电和实际消耗电力之间的差异。

对于欧洲，图2展示了不同类型能源来源的温室气体排放因子。以化石燃料为基础的电力混合的排放因子会高于可再生和核能电力。该图提供了有关化石燃料上游排放的更多信息（高达100 gCO_2 e/kWh），这些排放应计入计算中（占总排放的10%至20%）。另一方面，可再生能源发电基础设施的排放范围为10至40 gCO_2 e/kWh。只有在可再生能源比例较高时，这些发电基础设施排放才会在总排放中占据明显比例。例如，如果能源消耗是以50%的天然气和50%的太阳能光伏为基础，基础设施的排放将占总排放的9%。(SFC. Measuring and Reporting the Carbon Footprint of Electric Freight Vehicle Operations: Whitepaper. 2024.)[35]

考虑到电力贸易，这会极大地改变消费排放因子，具体取决于出口国和进口国的平均发电排放因子。例如，2019年，爱沙尼亚的电力排放因子由于进口主要为低碳电力而下降了三分之一。交易的能源数量和类型每年可能发生显著变化，例如在天然气短缺时。

平均传输和分配（T&D）损失因电压分配类型（即低压到高压电网连接）而异。在高压和中压站点的最终消费大约比低压站点低1%到10%，反映出每千瓦时的CO2排放约为1到78克，而欧盟的平均值为3%到4%和每千瓦时消费15到19克CO2。大多数数据库通常提供国家平均的T&D损失，这适用于排放披露。

图1
上游活动到最终消耗的碳强度 (Moro & Lonza, 2018)

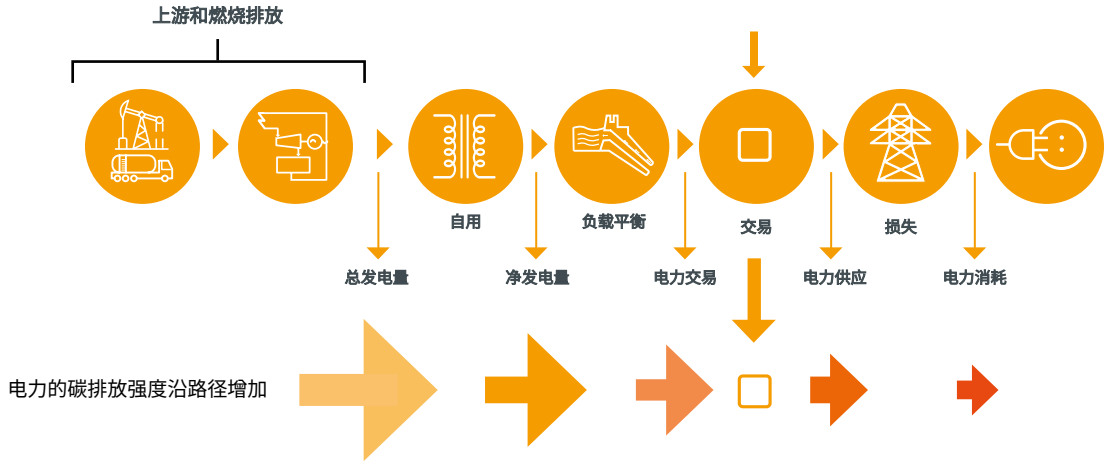
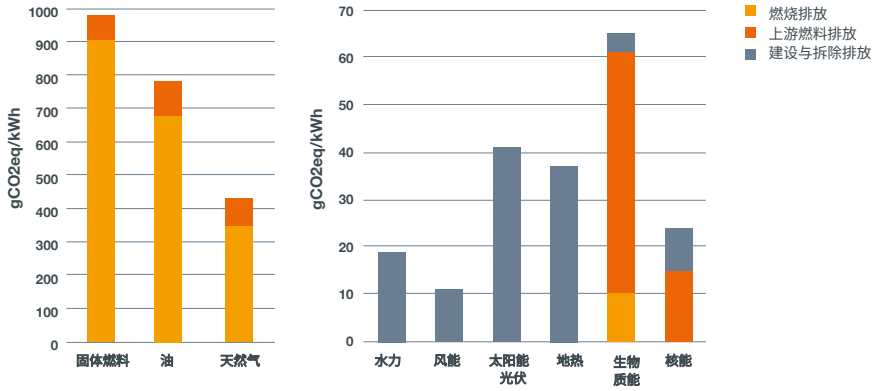


图2
欧盟27国电力生产设施的温室气体排放因子



最终消费排放因子为比较电动汽车和柴油卡车的排放强度提供了最合适的基础参考。图3展示了2019年欧洲国家电力消费的排放对比（Scarlat et al., 2022），以及与柴油卡车排放强度的对比（Smart Freight Centre, 2019）[38]。这些数值包括燃料生产、发电、基础设施、贸易以及传输与分配损失。其中，733克二氧化碳当量/千瓦时的数值基于第3部分第2模块表11中各类电动卡车排放强度值的平均值。分析显示，欧盟国家中约三分之一的国家电力排放因子高于柴油卡车。若一辆电动汽车在欧盟27国范围内运行，其排放强度将降低16%。在美国，根据2021年的eGRID子区域数据（不包括燃料生产和基础设施的影响），在27个区域中只有3个区域实现了超过25%的排放减少。

图3
2019 年欧洲国家的全电力排放系数
(数据来源 Scarlat et al., 2022)

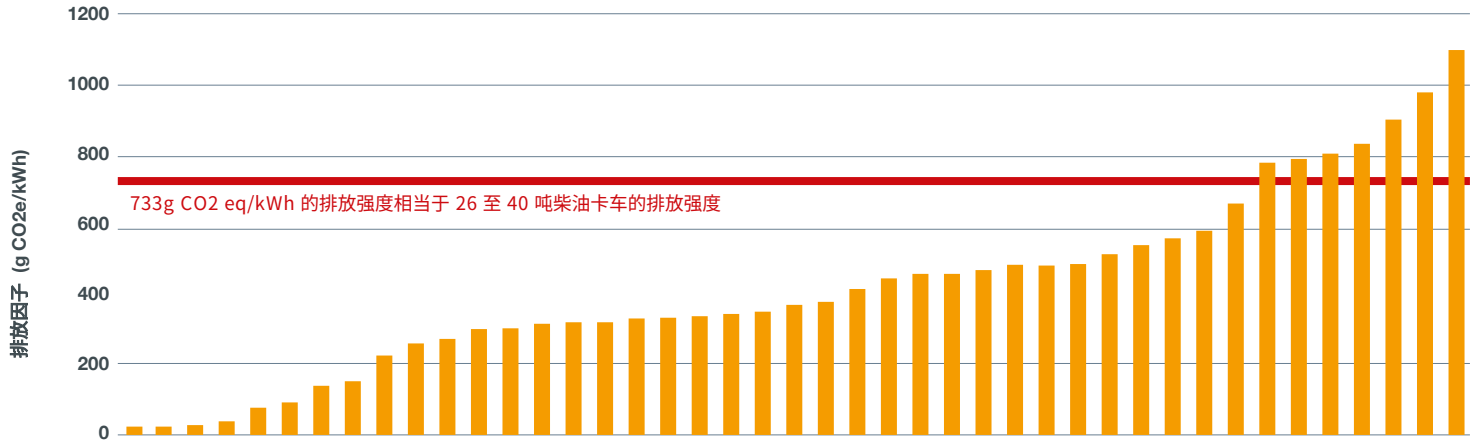


表1比较了几个主要数据库。ISO 14083建议使用可用的国家温室气体排放因子。在考虑电力全球足迹的报告时，国际能源署（IEA）的排放因子数据库每年更新，可以满足大部分需要。

然而，根据表1，该数据库并未涵盖电力的所有排放类别，例如燃料生产的排放。其他国家的数据库或排放因子，例如荷兰、英国和美国政府提供的，包含发电、贸易影响和传输与分配损失。荷兰数据库提供了燃料生产排放因子，并参考了CE Delft（2022）的基础设施排放。[40]

EcoTransIT World（2024）和Ecoinvent v3.9.1提供了基于发电和一些损耗的电力混合的国家层面排放因子。

表1
选定排放因子来源的比较

排放因子来源	范围	排放因子单位	燃料生产	发电	发电装置	运输和配送损失	包括交易过程
IEA Emission Factors (annual)[39]	全球范围、地区和国家层面	gCO_2e/kWh	否	是	否	是	是
Netherlands Government's CO2 Emissiefactoren	荷兰	gCO_2e/kWh	是	是	是	是	是
UK Government's Greenhouse gas reporting conversation factors 2023	英国	gCO_2e/kWh	否	是	否	是	是
eGrid 2022[10]	美国，eGrid 地区	Lb or kg $gCO_2e/kWhh$	否	是	否	是	是
EcoTransIT 2024	全球范围、地区和国家层面	gCO_2e/kWh	是	是	是	是	是
Ecoinvent v3 9.1	全球范围、地区和国家层面，按低、中、高电压网络划分	$kgCO_2e/kWh$	是	是	是	是	是

船舶燃料排放系数

能源载体	应用案例	低位发热值 MJ/kg	温室气体排放(运输运营阶段 /TTW) g CO_2e/MJ	温室气体排放(总体/WTW) g CO_2e/MJ	温室气体排放(运输运营阶段/TTW) kg CO_2e/kg	温室气体排放(总体/WTW) kg CO_2e/kg	非CO2 温室气体排放(运输运营阶段/TTW) g CO_2e/MJ	生物源温室气体排放(运输运营阶段/TTW) g CO_2e/g	来源
HFO (VLSFO)		40.2	78.7	95.5	3.16	3.84	1.26	n.a.	IMO MEPC 81[28]
HFO (HSHFO)		40.2	78.7	92.8	3.16	3.73	1.26	n.a.	IMO MEPC 81[28]
LFO (ULSFO)		41.2	77.7	90.9	3.20	3.75	1.23	n.a.	IMO MEPC 81[28]
LFO (VLSFO)		41.2	77.7	90.9	3.20	3.75	1.23	n.a.	IMO MEPC 81[28]
MDO/MGO (ULSFO)		42.7	76.3	94.0	3.26	4.01	1.19	n.a.	IMO MEPC 81[28]
MDO/MGO (VLSFO)		42.7	76.3	90.7	3.26	3.87	1.19	n.a.	IMO MEPC 81[28]
液化石油气（丙烷）		46.3	65.9	73.7	3.05	3.41	1.10	n.a.	IMO MEPC 81[28]
液化石油气（丁烷）		46.3	66.5	74.3	3.08	3.44	1.10	n.a.	IMO MEPC 81[28]
液化天然气	Otto 双燃料（中速）	48.0	77.6	96.1	3.73	4.61	20.33	n.a.	IMO MEPC 81[28]
液化天然气	Otto 双燃料（低速）	48.0	67.5	86.0	3.24	4.13	10.20	n.a.	IMO MEPC 81[28]
液化天然气	液化天然气柴油	48.0	58.8	77.3	2.82	3.71	1.47	n.a.	IMO MEPC 81[28]
液化天然气	LBSI	48.0	72.6	91.1	3.48	4.37	15.26	n.a.	IMO MEPC 81[28]
液化天然气	蒸汽涡轮机和锅炉	48.0	58.0	76.5	2.78	3.67	0.68	n.a.	IMO MEPC 81[28]
生物液化天然气	Otto 双燃料（中速）	50.0	19.6	48.5	0.98	2.43	19.62	2.86	IMO MEPC 81[28] and ifeu, infras & Fraunhofer IML, 2024[18]
生物液化天然气	Otto 双燃料（低速）	50.0	9.8	38.7	0.49	1.94	9.84	2.86	IMO MEPC 81[28] and ifeu, infras & Fraunhofer IML, 2024[18]
生物液化天然气	液化天然气柴油	50.0	1.4	30.3	0.07	1.52	1.42	2.86	IMO MEPC 81[28] and ifeu, infras & Fraunhofer IML, 2024[18]
生物液化天然气	LBSI	50.0	14.7	43.6	0.74	2.18	14.73	2.86	IMO MEPC 81[28] and ifeu, infras & Fraunhofer IML, 2024[18]
生物液化天然气	蒸汽涡轮机和锅炉	50.0	0.7	29.6	0.03	1.48	0.65	2.86	IMO MEPC 81[28] and ifeu, infras & Fraunhofer IML, 2024[18]

船舶燃料排放系数

能源载体	应用案例	低位发热值 *MJ/kg*	温室气体排放(运输运营阶段 /TTW) g CO_2e/MJ	温室气体排放(总体/WTW) g CO_2e/MJ	温室气体排放(运输运营阶段/TTW) *kg CO_2e/kg*	温室气体排放(总体/WTW) *kg CO_2e/kg*	非CO2 温室气体排放(运输运营阶段/TTW) *g CO_2e/MJ*	生物源温室气体排放(运输运营阶段/TTW) g CO_2e/g	来源
生物柴油(FAME)		37.2	1.4	22.2	0.05	0.82	1.36	2.83	Fuel.EU Maritime amended[7] & RED II[8]
HVO		44.0	1.2	16.1	0.05	0.71	1.15	3.12	Fuel.EU Maritime amended[7] & RED II[8]
氢气	来自天然气	120.0	0.0	132.0	0.00	15.84	0.00	n.a.	Fuel.EU Maritime amended[7] & RED II[8]
氨气	来自天然气	18.6	0.0	121.0	0.00	2.25	0.00	n.a.	Fuel.EU Maritime amended[7] & RED II[8]
甲醇	来自天然气	19.9	68.3	100.6	1.36	2.00	-0.81	n.a.	Fuel.EU Maritime amended[7]; RED II[8]; & ifeu, infras & Fraunhofer IML, 2024[18]
生物甲醇		19.9	0.2	16.4	0.00	0.33	0.19	1.38	Fuel.EU Maritime amended[7]; RED II[8]; & ifeu, infras & Fraunhofer IML, 2024[18]
生物乙醇		26.8	0.1	48.0	0.00	1.29	0.14	1.91	Fuel.EU Maritime amended[7]; RED II[8]; & ifeu, infras & Fraunhofer IML, 2024[18]

所呈现的温室气体排放因子基于最新的国际海事组织（IMO）温室气体数据，发布于MEPC81的成果中。如果MEPC81未提供必要的数据作为计算输入，则已从最终的Fuel.EU法规中获取这些数据。如果仍存在数据缺口，则所需数据来自其他经过同行评审的、建立良好的温室气体排放因子来源，这些来源遵循ISO 14083中规定的方法，并在GLEC框架中使用。

· 此计算使用的是最新的IPCC全球变暖潜势（GWP）100临时评估报告（AR 6）2023，与IMO和Fuel.EU的计算相比，我们相信IMO将在某个时候更新为最新值。

· 浓度是IMO燃料油分类中定义燃料的主要变量。在每个浓度类别内，根据硫含量存在子分类，这就是为什么ULSFO和VLSFO等术语在燃料名称中反复出现。如果IMO能理顺这种命名规范将会很有帮助。

· 由于WTT对总排放的贡献较低，LFO和LPG的排放因子较低，这可能是因为新的来源（Fuel.EU）在承认生产阶段甲烷排放的最新知识有滞后性。

· 在双燃料中速发动机中，LNG和生物LNG的排放因子较高，因为最新的IMO值高于早期草案或Fuel.EU中的值。生物柴油（FAME）和HVO的排放因子较低，因为IMO现在包括了以前未出现的WTT值，而这些值低于之前包含的RED II值。

· IMO或Fuel.EU并没有完整的非化石燃料来源的氢或氨生产的排放因子估算，同时对甲醇或乙醇的排放因子估算也有限。

航空燃料排放因子

能源载体	低位发热值 *MJ/kg*	密度 kg/l	温室气体排放(运输运营阶段 /TTW) g CO_2e/MJ	温室气体排放 (总体/WTW) g CO_2e/MJ	温室气体排放 (运输运营阶段/TTW) *kg CO_2e/kg*	温室气体排放 (总体/WTW) *kg CO_2e/kg*	非CO2 温室气体排放(运输运营阶段/TTW) *g CO_2e/MJ*	生物源温室气体排放(运输运营阶段/TTW) g CO_2e/g	来源
Jet Kerosene (Jet A1 and Jet A)	43.1	0.802	73.9	89.0	3.18	3.84	0.74	n.a.	Revised Calculations

在航空运输的背景下，温室气体排放因子提供了一个一致的指标，将机上用于运输货物或乘客的燃料/能源转换为温室气体排放值。之前的努力旨在使GLEC框架和相关国际航空运输协会（IATA）推荐实践之间的排放因子保持一致。这是基于油箱到车轮（TTW或运营排放）的方式，仅涵盖温室气体排放中的二氧化碳成分。然而，随着对从源头到使用/整个生命周期的CO_2e报告的更广泛认可，例如通过ISO 14083的发布，以及可持续航空燃料（SAF）在航空部门的应用，现在是重新调整GLEC框架与IATA推荐实践之间的排放因子的时机。

北美和欧洲的排放因子之间存在明显差异，这源于多个因素，可能反映了输入数据和燃料生产过程的地理差异，以及方法上的不同。在短期内，我们认为在航空领域，采用一套统一的排放因子，不论地理位置，是一种务实的做法，同时在国际层面上努力对齐不同模式间的排放因子数据库的范围、输入数据和方法。

主要来源说明

Ecoinvent

Ecoinvent是一个总部位于瑞士苏黎世的非营利协会。其主要活动是发布ecoinvent数据库，该数据库被全球广泛用作生命周期评估（LCA）和其他环境评估中的背景数据库，包括一系列能源载体的全面排放因子。最新版本的数据库3.9.1包含了各种更新，也包括对全球天然气和原油生产的扩展数据。该更新还整合了来自世界银行全球天然气燃烧减排伙伴关系（GGFR）的天然气焚烧数据，以及来自国际能源机构（IEA）2022年甲烷追踪器的气体排放和逸散排放源的甲烷排放数据。结合对北美和欧洲原油区域消费混合的更新，化石燃料的能源生产排放发生了显著变化。

GREET

北美绝大多数数据来源于2023年由阿贡国家实验室发布的GREET模型。GREET中的数值涵盖了各种燃料生产和使用阶段，适用于广泛的车辆类型。

IFEU/EcoTransIT

所应用的计算方法紧密遵循可再生能源指令（RED）和RED II的逻辑规则，扩展了范围，从温室气体排放到包括非温室气体污染物。为此创建的工具是BioEm项目的一部分，并根据数据库目的进行了调整。该工具包括了从原材料的种植、加工和运输到中间产品和生物燃料加油站的直接和上游排放。BioEm工具还可以纳入土地利用变化产生的排放，不过这里确定的排放因子不包括这一点，因为专家之间缺乏对一致方法论的共识。未来的更新中必须对此进行修订，因为土地利用变化的相关因子最近已与CORSIA排放因子一起发布，这意味着此类因子现已开始普遍使用。

IMO MEPC 81

此指南提供了所有燃料和其他能源载体（如电力）在船上使用的温室气体强度评估，旨在覆盖燃料生命周期的整个过程（具有特定边界），包括原料的提取/种植/回收、原料转化为燃料产品、运输以及分销/加油和船上燃料的使用。其范围包括从源头到油箱（WTT）、油箱到尾气（TTW）以及从源头到尾气（WTW）。温室气体排放以二氧化碳当量（CO_2e）计算，采用IPCC第五次评估报告中的全球变暖潜能值（GWP100）。

生物燃料

在许多国家，法规规定了与化石燃料混合使用的生物燃料的最低和/或最高含量。在计算这类燃料的温室气体排放因子时，建议燃料的百分比成分进行计算。这可以根据当地法规按照能量含量、体积或质量来定义。由于不同国家之间法规的差异，无法提供此类排放因子的综合列表。不过，下表提供了柴油/生物柴油混合物计算方法的示例。

能源载体	低位发热值 *MJ/kg*	密度 *kg/l*	体积能量密度 *MJ/l*	温室气体排放（能源供应端 / WTT) *g CO_2e/MJ*	温室气体排放（运输运营阶段 /TTW) *g CO_2e/MJ*	温室气体排放 (总体/WTW) *g CO_2e/MJ*	温室气体排放 (能源供应端/ WTT) *kg CO_2e/kg*	温室气体排放(运输运营阶段/TTW) *kg CO_2e/kg*	温室气体排放 (总体/WTW) *kg CO_2e/kg*
柴油-生物混合燃料排放因子： 欧洲									
100% 柴油	42.8	0.832	35.6	22.6	75.3	97.8	0.97	3.22	4.19
99% 柴油，1% 生物柴油	42.7	0.833	35.6	22.7	74.5	97.2	0.97	3.19	4.15
98% 柴油，2% 生物柴油	42.7	0.833	35.6	22.8	73.8	96.6	0.97	3.15	4.12
95% 柴油，5% 生物柴油	42.5	0.835	35.5	23.1	71.6	94.7	0.98	3.04	4.03
93% 柴油，7% 生物柴油	42.4	0.836	35.4	23.4	70.1	93.4	0.99	2.97	3.96
90% 柴油，10% 生物柴油	42.2	0.838	35.4	23.7	67.9	91.6	1.00	2.86	3.87
80% 柴油，20% 生物柴油	41.6	0.844	35.1	24.9	60.4	85.3	1.04	2.52	3.55
50% 柴油，50% 生物柴油	39.9	0.862	34.4	28.4	38.2	66.6	1.13	1.52	2.66
100% 生物柴油 (50% 菜籽油，40%废弃食用油，10% 大豆)	37.0	0.892	33.0	34.2	1.2	35.4	1.27	0.04	1.31

能源载体	低位发热值 MJ/kg	密度 kg/l	体积能量密度 MJ/l	温室气体排放（能源供应端/WTT） g CO_2e/MJ	温室气体排放（运输运营阶段/TTW） g CO_2e/MJ	温室气体排放（总体/WTW） g CO_2e/MJ	温室气体排放（能源供应端/WTT） kgCO_2e/kg	温室气体排放(运输运营阶段/TTW) kgCO_2e/kg	温室气体排放(总体/WTW) kg CO_2e/kg
汽油-乙醇混合燃料排放因子： 欧洲									
100% 汽油	42.5	0.743	31.6	24.0	75.0	99.0	1.02	3.19	4.21
99% 汽油，1% 乙醇	42.3	0.743	31.5	24.2	74.2	98.5	1.03	3.14	4.17
98% 汽油，2% 乙醇	42.2	0.744	31.4	24.5	73.5	98.0	1.03	3.10	4.13
95% 汽油，5% 乙醇	41.7	0.745	31.1	25.2	71.2	96.4	1.05	2.97	4.02
93 % 汽油，% 乙醇	41.4	0.746	30.9	25.7	69.7	95.4	1.06	2.89	3.95
90% 汽油，10%乙醇	41.0	0.747	30.6	26.4	67.5	93.9	1.08	2.76	3.84
80% 汽油，20% 乙醇	39.4	0.750	29.6	28.8	60.0	88.8	1.13	2.36	3.50
50% 汽油，50% 乙醇	34.8	0.762	26.5	36.0	37.6	73.5	1.25	1.30	2.55
100% 乙醇 (40% 玉米、35% 甜菜、25% 小麦)	27.0	0.780	21.1	47.9	0.1	48.0	1.29	0.00	1.30
柴油-HVO混合燃料排放因子： 欧洲									
100% 柴油	42.8	0.832	35.6	22.6	75.3	97.8	0.97	3.22	4.19
90% 柴油, 10% HVO	42.9	0.826	35.4	23.2	67.9	91.0	0.99	2.91	3.91
80% 柴油, 20% HVO	43.0	0.820	35.3	23.8	60.4	84.2	1.02	2.60	3.62
50% 柴油, 50% HVO	43.4	0.801	34.8	25.6	38.2	63.8	1.11	1.66	2.77
100% HVO*/ HEFA (SAF) (50% 油菜籽，50% 使用过的食用油)	44.0	0.770	33.9	28.6	1.2	29.7	1.26	0.0510	1.31
柴油-HVO混合燃料排放因子： 北美洲									
100% 柴油	42.6	0.847	36.1	15.2	75.7	90.9	0.65	3.22	3.87
90% 柴油，10% HVO	42.7	0.826	35.3	15.4	68.2	83.6	0.66	2.92	3.57
80% 柴油，20% HVO	42.9	0.820	35.1	15.7	60.7	76.4	0.67	2.60	3.27
50% 柴油，50% HVO	43.3	0.801	34.7	16.3	38.2	54.6	0.71	1.66	2.36
100% HVO （动物油脂）	44.0	0.779	34.3	17.5	0.8	18.3	0.77	0.0343	0.80

能源载体	低位发热值 MJ/kg	密度 kg/l	体积能量密度 MJ/l	温室气体排放（能源供应端 /WTT） g CO_2e/MJ	温室气体排放（运输运营阶段 /TTW） g CO_2e/MJ	温室气体排放（总体 / WTW） g CO_2e/MJ	温室气体排放（能源供应端 /WTT） kgCO_2e/kg	温室气体排放(运输运营阶段/ TTW) kgCO_2e/kg	温室气体排放(总体/WTW) kg CO_2e/kg
生物混合燃料排放因子： 北美洲									
100% 柴油	42.6	0.847	36.1	15.2	75.7	90.9	0.65	3.22	3.87
99%柴油，1% 生物柴油	42.6	0.833	35.4	15.3	75.0	90.2	0.65	3.19	3.84
98% 柴油，2% 生物柴油	42.5	0.833	35.4	15.3	74.2	89.5	0.65	3.15	3.80
95% 柴油，5% 生物柴油	42.4	0.835	35.4	15.5	72.0	87.5	0.66	3.05	3.70
93% 柴油，7% 生物柴油	42.3	0.836	35.3	15.6	70.5	86.1	0.66	2.98	3.64
90% 柴油，10% 生物柴油	42.1	0.838	35.3	15.8	68.2	84.0	0.67	2.87	3.54
80% 柴油，20% 生物柴油	41.6	0.844	35.1	16.4	60.7	77.1	0.68	2.53	3.21
50% 柴油，50%生物柴油	40.2	0.862	34.6	18.2	38.2	56.5	0.73	1.54	2.27
100% 生物柴油（大豆）	37.7	0.881	33.2	21.2	0.8	22.0	0.80	0.0294	0.83
柴油-乙醇混合燃料排放因子： 北美洲									
100% 柴油	41.7	0.749	31.2	16.6	73.0	89.6	0.69	3.04	3.74
99% 柴油，1% 乙醇	41.6	0.743	30.9	17.0	72.3	89.3	0.71	3.00	3.71
98% 柴油，2% 乙醇	41.4	0.744	30.8	17.4	71.5	88.9	0.72	2.96	3.68
95% 柴油，5% 乙醇	41.0	0.745	30.5	18.5	69.4	87.9	0.76	2.84	3.60
93 % 柴油，7% 乙醇	40.7	0.746	30.3	19.3	67.9	87.2	0.79	2.76	3.55
90% 柴油，10% 乙醇	40.2	0.747	30.0	20.5	65.7	86.2	0.82	2.64	3.47
80% 柴油，20% 乙醇	38.8	0.750	29.1	24.4	58.5	82.9	0.95	2.27	3.21
50% 柴油，50% 乙醇	34.4	0.762	26.2	36.1	36.7	72.8	1.24	1.26	2.50
100% 乙醇（玉米）	27.0	0.789	21.3	55.6	0.3	55.9	1.50	0.0089	1.51

排放因子的调整：GLEC 3.0 到GLEC 3.1

由于每年更新与来源的修订方法和数据库一致的值，这可能给已经承诺某些减排轨迹的公司带来重大问题。调整这些新值可能需要时间，因为修订排放基线并重新调整未来的目标和轨迹并非一件简单的事。
因此，提供以下近似的缩放因子，以帮助那些使用最新欧洲和北美值计算其排放的公司将新值置于其先前基线的上下文中。

欧洲表格

燃料	WTT % 增长	TTW % 增长	WTW % 增长
柴油	1%	2%	1%
汽油	0%	0%	0%
液化石油气	-1%	0%	0%
Jet A	-24%	1%	-5%
HFO	21%	3%	6%
液化天然气	4%	2%	3%
压缩天然气	-1%	-1%	-1%

基于上述内容：

- 一家以航空排放为主的公司报告所有燃料的 WTW 排放量可能会减少5%；
- 一家公路运输排放为主的公司报告所有燃料的WTW排放量可能会增加1%；
- 一家海洋运输为主的公司报告所有燃料的WTW排放量可能会增加6%。

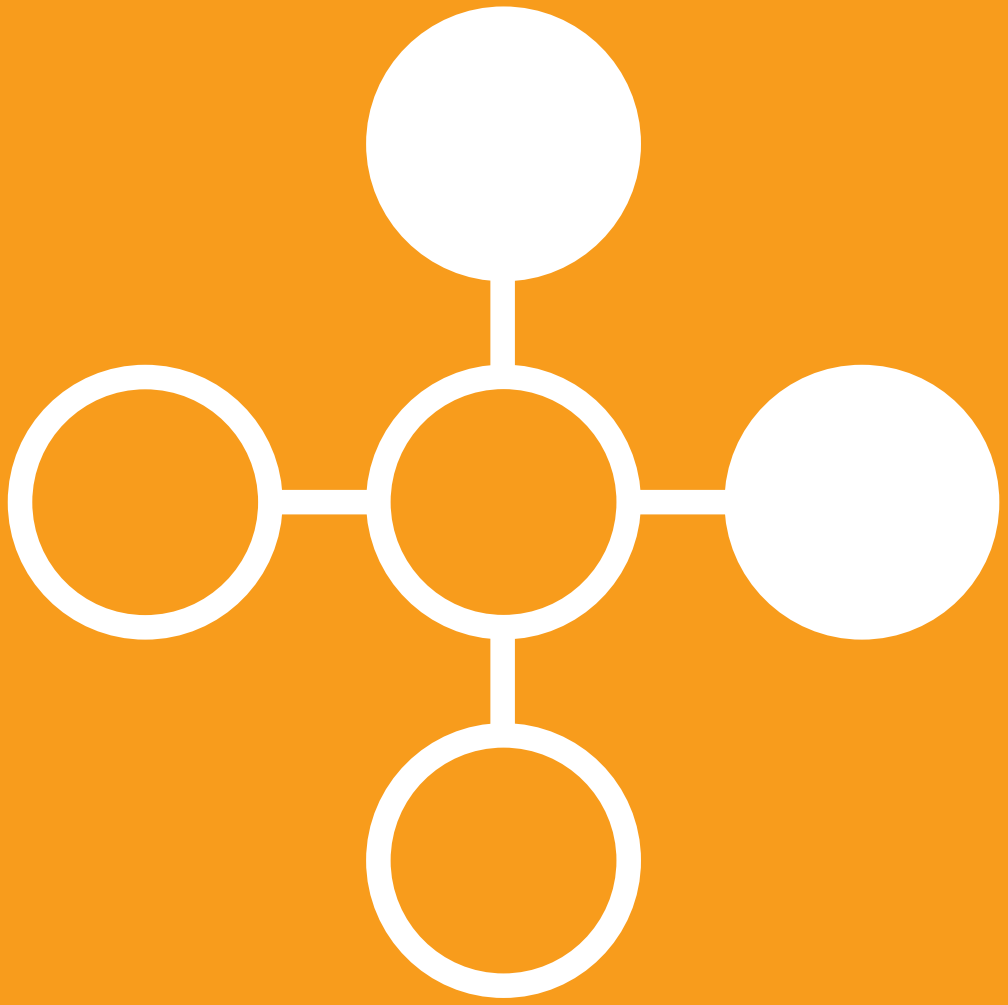
北美洲表格

燃料	WTT % 增长	TTW % 增长	WTW % 增长
柴油	-6%	0%	-1%
汽油	15%	0%	-1%
液化石油气	69%	0%	-1%
Jet A	-7%	1%	5%
HFO	88%	0%	-1%
液化天然气	14%	0%	-1%
压缩天然气	5%	0%	-1%

基于上述内容：

- 一家以航空排放为主的公司报告所有燃料的 WTW 排放量可能会增加 5%；
- 一家公路运输排放为主的公司报告所有燃料的WTW排放量可能会减少1%；
- 一家海洋运输为主的公司报告所有燃料的WTW排放量可能会减少1%。

3 第2模块
燃油效率和温室气体排放强度默认值



正如在 GLEC 框架的主体部分所解释的那样，仍然需要默认值作为“备用”选项，以便处理外包运输服务中详细信息有限或未知的情况。在某些运输方式中，存在大量的参考数据和默认的排放强度值，这可能会引发可比性问题。而在其他运输方式中，参考数据和默认数据可能较为稀缺，从而导致难以生成具有代表性的输出。为此，我们设计了这个模块，其中涵盖了几乎所有运输方式的默认燃料效率和温室气体排放强度数值，旨在支持一致且可比的报告。

本模块旨在为货主或物流服务提供商（LSPs）的报告提供信息，这些公司希望在进一步采用更准确的方法之前，估算并减少其作为进场或者出场供应链的一部分的货物所产生的范畴3温室气体排放量。

排放量计算结果以一组分层的详细级别呈现，旨在与不同潜在用户的理解水平相匹配。对于每种运输方式，我们提供了最多三个详细级别以供选择。

1. 一个保守值，适用于用户知识非常有限的情况，通常仅涉及运输方式，并且几乎没有额外信息。
2. 基本分解级别，其中已知服务类型，但车辆或运营特性的详细信息仍然未知，这些信息可以帮助用户细化使用的数值。
3. 更详细的一组数值，适用于已了解一些有关车辆类型、车辆尺寸和燃料的情况的用户。

从技术层面出发，理论上我们可以提供一个极其详尽的默认值集，涵盖负载因子、货物类型、燃料构成、地区变化诸多因素。然而，这种详尽程度可能会给用户带来误导，因为它可能无法与实际使用情况相符。默认值只能提供一个大致的排放参考，依赖这些数值生成的结果可能会对企业或组织的效率和排放情况产生误导。此外，过度依赖默认值还可能阻碍企业或组织逐步采用更高质量的模型数据，或者更适合支持减排决策的高质量原始数据。

因此，我们的目标是随着时间的推移，逐渐减少对这些默认值的依赖。我们希望越来越多的企业或组织能够拥有足够的信息，利用高质量的排放建模或经过验证的原始数据来源，支持更精确的报告和更明智的减排决策。GLEC框架（3.0版）在设定默认因子时，已经充分考虑到一些限制因素：

- 我们引用的默认值在大多数情况下都偏高，这是为了确保当企业或组织转向使用更精确的输入数据时，不会因报告的排放增加而受到惩罚。
- 全球不同地理区域的排放计算方法或可用数据存在一些差异。
- 多年来已发布的众多默认值集合中，有一些具有法律约束力，例如法国的Base Carbone数据和日本的“货主节能行动指南”。这些集合包含了嵌入国家排放报告立法中的能源强度数值，要求在这些国家的企业估算国内运输的排放时使用。
- 这些数值通常只用有限的有效数字表示，以强调它们只是范围3排放的估算值。正如GLEC框架主体部分所述，对于范围1排放或尝试计算精确的范围3排放数值，应该采用更复杂的方法，例如使用经过验证的原始数据和/或经过认证的计算工具。
- 对于数据来源、运营假设和选择方案，我们已经提供了合理的说明，并达到了业界主导的倡议所认为适当的水平。需要强调的是，GLEC的默认因子并非经同行评审的科学出版物，而是我们尽最大努力提供的可靠估计值，旨在作为企业迈向包容、高质量温室气体排放报告的第一步。未来，随着新数据集的纳入、标准的采纳以及理解的提高，我们将继续更新这个模块。
- 除非另有规定，这些数值具有全球适用性。

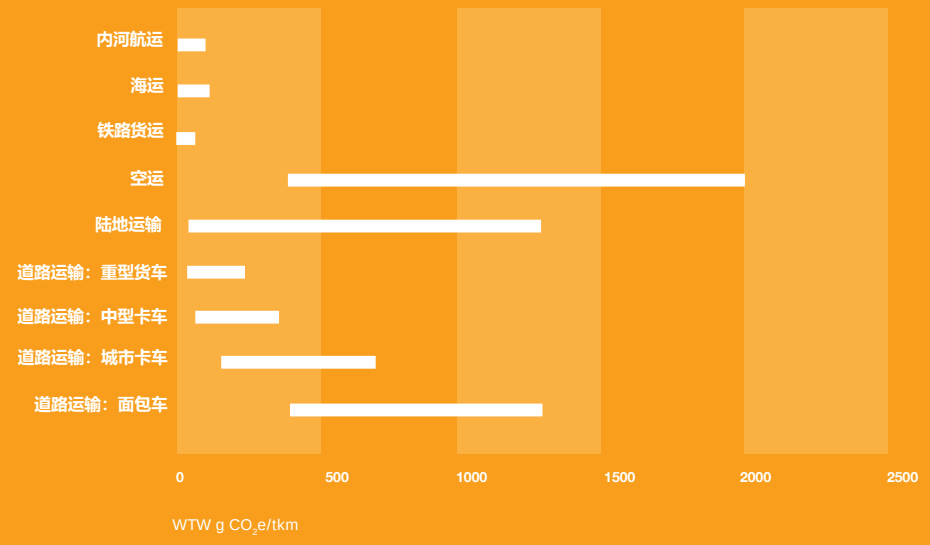
采用这种方法，我们还能够在宏观层面对各种运输方式内外的代表性数值进行比较。图表 1 显示不同运输方式相关的排放强度可能范围的高级比较。

这些数值取自范围更广的数据库，为后续页面中每种模式的数值提供了依据，因此仅供参考。

每种交通模式内都可能存在较大的差异，这取决于各个独立交通工具的具体运营和技术特性，但总体趋势仍然清晰可见。

为了更深入地展示公路运输子类内部可能存在的广泛差异，我们特别补充了四个更具体的案例。这些例子进一步强调了一个关键点：要确保结果的准确性，就必须对传输的具体性质进行尽可能精确的定义和描述。

图 1
根据2019年GLEC默认因子，不同类型货物运输WTW排放强度值的示例



航空运输

许多因素影响空运排放，其中最重要的包括飞机类型和详细的航线，这可能不会立即显现出来。以下默认的排放强度数值是为了为LSPs和货主提供指导性数值，用于报告范围3排放，当航空公司没有可用的主要数据，或者信息不足（例如，具体飞机类型或负载因子未知）以对排放的模型进行详细解释。

自2019年发布GLEC框架（2.0版）以来，国际航空运输协会（IATA）已更新其排放划分方法指南，以使IATA RP 1678、ISO 14083和欧洲联盟排放交易体系（EU ETS）目前保持一致。尽管关于这是否可能进一步更新仍存在一些争论，但这是反映在GLEC排放强度中的方法。排放以“油井到油轮”（WTW）二氧化碳当量基础进行报告，使用框架的第1模块中给出的航空燃料排放因子。

在编制以下空运货物的默认数值时，确定了几个可能的数据来源，这些来源产生或引用了差异较大的数值。根据与各方利益相关者的讨论，采用了以下方法：

对于具有短途和长途空运特征的航线，根据基于科学碳目标倡议（SBTi）和ISO 14083中使用的定义，使用国际民航组织（ICAO）碳排放计算器方法第11版中提供的信息，计算了货机和客机的燃油消耗值。[12] 此外，还为那些无法确定其空运货物是作为客机腹舱货物还是在货机上运输的公司提供了一组数值。这被计算为客机腹舱货物和货机值的加权平均，比例为55%客机腹舱货物，45%货机。

使用最新的国际航空运输协会（IATA）乘客和货物装载因子的平均值，已将燃油消耗转换为每种飞机类型和航线组合的排放强度值。

为了避免在航空公司能够报告基于已知可持续航空燃料（SAF）使用情况的主要数据时发生双重计数，即使存在边际风险，我们目前未将SAF含量低于平均值的航空燃料纳入计算。

这些数值随后通过与GLEC成员企业的私下沟通得到了验证，这些企业经营着自己的机队。我们理解这是一种简化方法，因为对于任何特定的飞机和装载条件，总体燃料消耗和排放强度会随着飞行距离的增加而逐渐变化。同时，我们也意识到“短途”和“长途”这些术语并没有一个确切的定义。

考虑到所有这些因素，我们更推荐使用经过验证的航空公司数据或来自可靠来源的详细建模，而不是依赖这些缺省数据。

在充分考虑所有因素的前提下，我们提出了以下航空部门的缺省值：

表 1
航空运输排放强度因子

		WTT g CO_2e/t-km	TTW g CO_2e/t-km	WTW g CO_2e/t-km
货运飞机	短途（< 1500 km）	261	1255	1516
	长途 （> 1500 km）	105	503	608
腹仓货物	短途（< 1500 km）	213	1026	1239
	长途（> 1500 km）	161	775	936
未知	短途（< 1500 km）	234	1129	1363
	长途（> 1500 km）	135	653	788

内河航运

尽管提议的排放强度是全球性的，但其主要依据是欧洲主要内河水道的运营信息，并根据常见船舶类别的加权平均值进行了汇总。

水路系统的特性对船舶的航行和通行便利性有重要影响，包括船舶类型和大小、船闸的普及、水下空间的清理以及流速等因素。因此，一般性信息可能无法准确反映具体情况。为了确保准确性，基于高质量的原始数据进行计算是至关重要的。如果无法实现这一点，建议尽量寻找特定内河水道或国家的数据作为参考。

表2中最小船舶尺寸类别的数值来源于碳基准数据库[13] 该数据库采用了法国的国家运营数据。这些数据通常表明，与表中其余部分的一般欧洲数据相比，其能源和排放强度较高。

表 2
内河航运排放强度数值

船舶特性和大小	装载基础：负载因子与空驶率的复合因子	燃料类型	燃料强度（kg/tkm）	燃料强度（l/tkm）	排放强度（g CO_2e /tkm）		
					WTT	TTW	WTW
动力船 < 50 m （< 650 t）	N/A	柴油	0.0184	0.0221	17.8	59.2	77.1
动力船 < 50~80 m （650 ~1000 t）	55%	柴油	0.0081	0.0097	7.9	26.1	33.9
动力船 85~110 m （1000~2000 t）	52%	柴油	0.0051	0.0062	4.9	16.4	21.4
动力船 135 m （2000~3000 t）	50%	柴油	0.0052	0.0063	5.0	16.7	21.8
联运船队 （163~185 m)）	61%	柴油	0.0047	0.0056	4.6	15.1	19.7
顶推船队——顶推船 + 2 驳船	70%	柴油	0.0048	0.0057	4.7	15.5	20.1
顶推船队——顶推船 + 4/5 驳船	70%	柴油	0.0027	0.0032	2.6	8.7	11.3
顶推船队——顶推船 + 6 驳船	70%	柴油	0.0020	0.0024	1.9	6.4	8.4
油轮	65%	柴油	0.0059	0.0070	5.7	19.0	24.7
集装箱船 110 m	75%	柴油	0.0070	0.0084	6.8	22.5	29.3
集装箱船 135 m	75%	柴油	0.0054	0.0065	5.2	17.4	22.6
集装箱船—— 联运船队	68%	柴油	0.0054	0.0065	5.2	17.4	22.6

顶推船队数据适用于美国运营。

物流枢纽

物流枢纽默认排放强度的制定工作目前仍处在早期阶段。为了填补这一领域的数据空白，GILA项目的国际合作伙伴——弗劳恩霍夫物流研究院、米兰理工大学、格林路由以及安第斯大学——联手开展了市场研究，旨在更新关于物流枢纽温室气体排放强度的数据库。[14]

基于这一合作及先前的工作成果，我们制定了一组更为细分的物流枢纽默认排放强度数值，详见表3。

各机构收集的基础数据涵盖每年的能源消耗、制冷剂补充和吞吐量信息。这些数据经过处理与匿名化后，被整合至一个统一的数据库中。由此，我们得以计算出每个物流枢纽的排放强度。该数据库对五种物流中心类型进行了区分：

1. 主要提供转运服务的枢纽（货物处理量占80%以上）。

2. 同时提供转运和仓储服务的枢纽。

3. 主要提供仓储服务的枢纽（货物处理量占80%以上）。

4. 液体散装货物码头。

5. 海运集装箱码头。

此外，作为附加分类，站点条件被细分为常温、温控或混合等类型。

表3汇总了各类定义明确的物流枢纽的当前平均排放强度数值。每种物流枢纽类型的样本数量在括号内标示。虽然码头相关的数据来源于世界各地的不同地区，但我们的主要关注点集中在欧洲的仓库和中转站。关于计算方法的更多背景信息，可在REff Tool®网站上查阅，网址为：https://s.fhg.de/reff。

所引用的数值为每个样本的中位数。由于样本量较小、数据间存在较大差异以及一些明显的离群值，我们认为中位数相比均值更具代表性。物流枢纽的规模范围从几吨到超过100万吨不等，其中存储和中转站的中位值为5.2万吨，液体散装货物码头的规模介于250吨至1.7亿吨之间，中位值为80万吨。40%的运营商提供了特定站点的电力比例信息。然而，在计算表中所列的平均排放强度时，我们仅采用了相关年份的平均国家排放因子。

表 3
物流枢纽排放强度数值

站点类型	常温	样本量	温控	样本量	混合	样本量
转运 kg CO_2e / t	1.3	(99)			2.5	(8)
仓储 + 转运 kg CO_2e / t	5.6	(57)			18.4	(10)
仓库 kg CO_2e / t	45.5	(67)			≧50.0	由Fraunhofer IML估算
液体散装货物码头 kg CO_2e / t	3.3	(23)			7.2	(23)
海运集装箱码头 kg CO_2e / 集装箱	10.7	(15)	12.6	(15)		

天然气是主要的供暖能源，而液体散装货物码头则额外使用蒸汽进行加热。非电气化装卸设备采用的能源包括柴油、生物柴油、液化天然气（LNG）或液化石油气（LPG）。在参与站点中，主要指定的制冷剂类型为R-717、R-404A和R-410A。

当前，这些数值的样本量相对较小，但我们预计随着更多优质数据的收集和与弗劳恩霍夫物流研究院的共享，这些数值将不断得到更新。这将有助于提高准确性，并扩展所提供的默认值范围。例如，我们可以为物流枢纽提供更多定义和规模分类，或者针对特定地区，其中环境气候条件对供暖或制冷需求有很大影响，提供相应的数值。与所有默认值一样，表3中的数据应作为在没有原始数据可用时的备选方案，或者作为未来基于原始数据进行计算的起点。

作为物流枢纽的运营商，如果您不希望您的客户使用引用的数值，那么您有责任向他们提供更准确的信息。这些信息应基于原始数据，并遵循弗劳恩霍夫物流研究院的《物流中心温室气体排放核算指南》。[15]

未来发展

弗劳恩霍夫物流研究院正在与SFC和其他组织合作，旨在建立一个更全面的物流枢纽排放数据库。这将有助于我们深入了解减排机会，并获得更广泛的默认值，例如从区域差异的角度进行考虑。这一目标的实现将通过使用在线提供的REff Tool®工具来完成，您可以通过访问https://s.fhg.de/reff来获取更多信息。如果您希望参与这项工作，请通过电子邮件（contact-reff@iml.fraunhofer.de）联系或直接联系SFC，与我们讨论如何提供物流枢纽活动数据，以共同促进这个知识库的扩展。

铁路运输

地区：欧洲

欧盟平均值（牵引能源类型未知*）：18.5g CO_2e/tkm (油井到车轮)

欧盟平均值（柴油牵引）：31 g CO_2e/tkm (油井到车轮)

欧盟平均值（电力牵引）：11g CO_2e/tkm (在2020年欧盟的平均发电结构中**)

* 《UIC铁路手册（2017年版）》提到欧盟铁路轨道电气化率为62%，这不一定指的是相对流量，但被用作默认值的替代指标。[16]

** 2020年欧盟电力发电混合的平均值来源于IEA全球电力排放因子（2022年）。[17]

地区：北美

在北美，一级铁路公司需遵循特定格式，向美国地面运输委员会汇报相关数据。美国铁路协会负责收集、整合这些信息，并按照每加仑燃料所对应的营业吨英里产出进行发布。这一流程遵循东部地区技术咨询委员会（ERTAC）确立的方法论。我们将数据转换为GLEC框架中的标准单位，并采用最新的GREET燃料排放因子进行转换，得到了“油井到车轮”(WTW)的排放强度的平均值：

美国平均值（柴油）：16.1 g CO_2e/tkm
WTT排放：2.7 g CO_2e/tkm
TTW 排放：13.4 g CO_2e/tkm
许多北美铁路运输企业都配备了专门的计算器，这些计算器采用ERTAC方法，可在线访问并进行计算。

欧洲柴油牵引车

EcoTransIT 2024的方法论更新中，包含了针对不同商品类型的典型列车、货车及运营特性的详细信息，有助于提供更精确的默认因子。

关于负载因子、空驶及列车特性的数据，均来源于EcoTransIT World Methodology and Data Update，2024。[18]

对于铁路装载的牵引车与挂车组合以及单独的挂车，我们已得出派生平均值。这些数值考虑了无回程货物的情况，以34～40吨的牵引式牵引车/挂车组合为基础，综合了平均负载和空载运行特性。在此情境下，“吨公里”专指车辆内的净载荷。

表 4
欧洲铁路柴油牵引排放强度数值

负载特性	基准		燃料强度		排放强度 (g CO_2e/t-km)		
	负载因子	空驶率	(kg/t-km)	(l/t-km)	WTT	TTW	WTW
平均/混合	60%	33%	0.0073	0.0088	7.1	23.6	30.7
集装箱	50%	17%	0.0068	0.0082	6.6	21.9	28.5
车辆	85%	33%	0.0158	0.0189	15.3	50.7	66.0
化学品	100%	50%	0.0063	0.0076	6.1	20.3	26.4
煤炭和钢铁	100%	50%	0.0049	0.0059	4.7	15.7	20.4
建筑材料	100%	50%	0.0061	0.0073	5.9	19.7	25.6
制造产品	75%	38%	0.0064	0.0077	6.2	20.7	26.9
谷物	100%	38%	0.0048	0.0058	4.7	15.5	20.2
牵引车+挂车在列车上	85%	33%	0.015	0.018	13.9	49.0	62.9
仅挂车在列车上	85%	33%	0.010	0.011	8.7	30.8	39.4

欧洲电力牵引

EcoTransIT 2024 方法更新提供了不同商品类型列车、车厢及运营特性的详细信息，可用于提供更细化的默认因子。负载系数、空驶情况和列车特性数据来源于EcoTransIT World 方法与数据更新（2024）。火车上的卡车+拖车和仅拖车的组合提供了平均值，其中包括对零负载返程的调整。基于34-40吨的铰接式卡车/卡车拖车组合，包含了平均负载和空驶的特性。在这些情况下的吨公里指卡车内的净载重。

欧盟电力火车的平均能耗数据源自EcoTransIT World: Environmental Methodology and Data Update 2024[18]。

温控铁路货运

在缺乏铁路特定数值的情况下，根据建议，欧洲、南美、亚洲和非洲的温控铁路货运应适用12%的上调系数，此系数基于温控公路货运的上调比例。

表 5
欧洲铁路电力牵引排放强度数值

负载特性	基准		排放强度（g CO_2e/t-km）@ 2024年欧洲电力发 电混合平均		
	负载因子	空载率	配电损耗	运营排放	总排放
平均/混合	60%	33%	0.4	11.0	11.5
集装箱	50%	17%	0.4	10.3	10.7
车辆	85%	33%	0.9	23.8	24.7
化学品	100%	50%	0.4	9.5	9.9
煤炭和钢铁	100%	50%	0.3	7.4	7.6
建筑材料	100%	50%	0.4	9.2	9.6
制造产品	75%	38%	0.4	9.7	10.1
谷物	100%	38%	0.3	7.3	7.6
牵引车+挂车在列车上	85%	33%	0.9	14.6	15.5
仅挂车在列车上	85%	33%	0.6	9.2	9.7

道路运输

这一部分详细阐述了当前GLEC框架中道路运输所采用的默认数值，主要涵盖北美和欧洲地区的数据集。由于主要输入数据的排列方式不同，这些数据集将分别进行呈现。

以下是所使用的主要数据来源：

1. 2023年北美地区的SmartWay卡车数据。[19]
2. 《HBEFA排放因子手册》数据库数值，[20] 由SFC内部处理，可近似作为2024年各种卡车类型和尺寸的典型运营参数。
3. 英国政府发布的公司报告中的温室气体转换因子。[21]
4. Base Carbone数据，用于《法国交通法典》第L.1431-3条的应用（2018年9月）。[13]
5. 运输措施网络（NTM）[22]。

公路货运排放强度值包含了+5%的距离转换，以校正实际行驶距离与最短可行距离之间的差异。

表 6
北美道路排放强度数值

SmartWay 类别*	燃料强度 (kg/t-km)	燃料强度 (l/t-km)	排放强度（g CO_2e/t-km）		
			WTT	TTW	WTW
面包车 （<3.5 t）	0.22	0.26	153	756	909
一般车辆	0.027	0.031	18	91	110
汽车运输车辆	0.028	0.033	19	96	115
短距离运输货车	0.024	0.028	17	82	98
加急运输	0.177	0.209	123	607	730
平板车	0.020	0.024	14	70	84
重型散货	0.023	0.027	16	77	93
零担 / 干货厢车	0.056	0.067	39	194	233
综合运输	0.027	0.031	18	91	110
货物搬运	0.097	0.114	67	332	399
包裹	0.237	0.280	164	815	979
冷链运输	0.023	0.027	16	80	96
特种车辆	0.032	0.038	22	111	133
油罐车	0.017	0.020	12	58	70
整车 / 干货厢车	0.023	0.027	16	79	95

* 每个车队的 SmartWay 分类是由运输企业在将数据输入SmartWay数据库时，根据其特定的运营和车辆类型选项确定的。数据主要来源于美国国家环境保护局（US EPA）的SmartWay项目，而面包车（van）的数据则来源于Network for Transport Measures（NTM）。车队的特征主要包括以下几点：

1. 业务类型：包括承运车队和私有车队。相较于承运车队，私有车队数量较少。通常，私有车队被广泛使用，因此如果与承运车队一同包含在内，对整体分析没有负面影响。为简便起见，我们没有对此进行区分。
2. 运营类型：涵盖整车（FTL）、零担（LTL）、拖运（dray）、加急（expedited）或包裹（package）等多种运输方式。
3. 货物类型：包括干货卡车（或厢车）、温控卡车（或厢车）、平板车、底盘（集装箱）、重型/散装、汽车运输车、以及搬运和专业车辆（如卸料器、牲畜运输车）等。

当车队在某一特定服务或设备类别外的运营里程超过一定百分比时，可将其归类为“混合”类型。

4. 基于承运商输入SmartWay工具的原始数据，我们计算当前年度的平均值，这包括空驶率和负载因子等关键指标。由于这些数据不公开，因此无法直接获取。
在SmartWay分类中，干货卡车类别和底盘（或集装箱）类别合并，因为它们的运营特性相似。

考虑到大多数温控车队采用整车运输方式，而零担运输相对较少，因此这一类别也被合并。

地区：欧洲和南美洲

对于对车辆类型了解较少的用户，当使用没有温控功能的车辆时，可以参考以下数值作为起点：

- 面包车（总车重小于3.5t）：840g/tkm（WTW）
- 城市货车（总车重为3.5～7.5t）：335 g/tkm（WTW）
- 中型货车(7.5-20 t GVW): 210 g CO_2e/t-km (WTW)
- 重型货车 (>20 t GVW): 125 g CO_2e/t-km (WTW)

以上数值是基于一组特定假设得出的，并从完整数据集中选择了可能性较大的数值。虽然这些数值对于大多数情况来说可能不是绝对准确的，但在对情况缺乏详细了解的前提下，可以作为一个合适的起点。当用户对车辆和燃料类型有更深入的了解时，可以使用更详细的数值。道路货运的排放强度值包含了+5%的距离转换，用来计入因绕行和/或偏离路线而产生的排放。

表 7
欧洲和南美洲的道路排放强度值

运输模式	车辆特征及其大小	负载因子与空驶率的复合因子	燃料	燃料强度因子 (kg/t-km)	燃料强度因子 (l/t-km)	排放强度 (g CO_2e/t-km)		
						WTT	TTW	WTW
道路运输	面包车（< 3.5 t）	36%	柴油	0.201	0.242	195	647	842
		24%	汽油	0.239	0.322	244	763	1007
		36%	CNG	0.235	-	243	648	892
		36%	LPG	0.234	0.425	246	713	959

表 8
欧洲和南美洲的道路排放强度值

* LNG/bio-LNG 消耗量　　# 柴油消耗量

车辆特征及其大小	负载特性	基准		燃料	燃料强度 (kg/tkm)	燃料强度 (l/tkm)	排放强度 (g CO_2e/t-km)		
		负载系数	空驶率				WTT	TTW	WTW
货车（3.5~7.5t）	平均/混合	60%	17%	柴油	0.080	0.096	78	258	335
				CNG	0.084	-	86	231	317
货车（7.5~12t）	平均/混合	60%	17%	柴油	0.053	0.064	52	172	223
				CNG	0.056	-	58	154	211
货车（12~20t）	平均/混合	60%	17%	柴油	0.046	0.055	44	147	191
				CNG	0.048	-	49	131	181
货车（20~26t）	平均/混合	60%	17%	柴油	0.033	0.040	32	107	139
				CNG	0.036	-	37	99	136
				LNG	0.037	-	47	105	152
货车（26~32t）	平均/混合	60%	17%	柴油	0.030	0.036	29	96	125
	集装箱	72%	30%		0.029	0.035	29	95	123
牵引车（不超过34t）	平均/混合	60%	17%	柴油	0.030	0.036	29	95	124
	集装箱	72%	30%		0.029	0.035	29	95	123
牵引车（34-40t）	平均/混合	60%	17%	柴油	0.024	0.029	23	78	101
	集装箱	72%	30%		0.024	0.029	23	78	101
牵引车（34-40t，SI 引擎）	平均/混合	60%	17%	LNG	0.025		31	71	102
				CNG	0.025		25	71	96
				Bio-LNG	0.024		35	3	38
	集装箱	72%	30%	LNG	0.025		31	71	102
				CNG	0.025		25	71	96
				Bio-LNG	0.024		35	3	38
牵引车（34-40t，HPDI）	平均/混合	60%	17%	LNG/柴油	0.020*	0.002#	27	64	91
				CNG/柴油	0.020*	0.002#	23	64	87
				Bio-LNG/柴油	0.020*	0.002#	31	9	39
	集装箱	72%	30%	LNG/柴油	0.020*	0.002#	27	64	91
				CNG/柴油	0.020*	0.002#	23	64	87
				Bio-LNG/柴油	0.020*	0.002#	31	9	39

道路货运运输的默认排放强度是采用与国家参考数据库（如HBEFA、[法国]和英国）相同的方法计算的。也就是说，对于给定的驾驶循环，车辆在空载和满载时的燃料消耗被作为两个极值，并根据负载情况在两者之间呈线性关系。我们为每种车辆尺寸类别选择了一个典型的驾驶循环及其相应的燃料消耗，使用HBEFA数据库作为欧洲最全面和有代表性的参考选项。

计算中考虑了表格7-11中显示的典型负载水平和空驶情况。每种车辆类型的使用年限为5年，以避免使用新车的燃料消耗数据过于乐观，从而无法代表整个车队的实际情况。

下一页继续

表 9

欧洲和南美洲道路排放强度数值（续）

表示LNG/bio-LNG 消耗，# 柴油消耗

车辆特征及其大小	负载特性	基准		燃料	燃料强度系数	燃料强度系数	排放强度（g CO_2e/t-km）		
		负载因子	空驶率		（kg/tkm）	（l/tkm）	WTT	TTW	WTW
牵引车（ 40 t，包括轻型拖车）	重型	100%	38%	柴油	0.019	0.023	19	62	80
牵引车（最大44t）	轻型	30%	9%	柴油	0.034	0.041	33	110	143
	平均/混合	60%	17%	柴油	0.021	0.026	21	69	89
	重型	100%	38%	柴油	0.018	0.022	18	59	77
	集装箱	72%	30%	柴油	0.021	0.026	21	69	90
牵引车（最大60t）	平均/混合	60%	17%	柴油	0.017	0.020	16	54	70
	重型	100%	38%	柴油	0.014	0.017	14	46	60
	集装箱	72%	30%	柴油	0.017	0.020	16	54	70
牵引车（最大72t）	重型	100%	38%	柴油	0.012	0.014	11	36	47
	集装箱	72%	30%		0.014	0.016	13	42	54

基于其温室气体减排阈值，生物液化天然气（Bio-LNG）将被视为符合RED II标准的合格能源。[8] 原料、生产途径及混合来源的不同，可能会带来更低的排放数值，这些数值在获得可靠认证后将被采纳使用。

HBEFA是欧洲数据的主要来源，[19]该数据反映了当前车队的平均年龄，并根据每辆车的典型运营情况进行了调整。需要注意的是，这并不是对HBEFA中单一场景的直接展现。特别是，该数据并未采用最新的车辆规格，因为这将扭曲事实——实际运营中仍存在大量老旧车辆。排放量的计算是基于本章 第一模块中提供的最新欧洲排放因子。

表 10

欧洲和南美洲道路排放强度数值

车辆特征及其大小	负载因子与空驶率的复合因子	燃料	燃料强度系数（kWh/tkm）
面包车（ < 3.5 t）	31%	电力	1.2

表 11

欧洲和南美洲道路排放强度值

车辆特征和尺寸	负载特性	基准		燃料	燃料强度系数
		负载因子	空载运行		(kWh/tkm)
货车（非铰接，3.5~7.5 t）	轻型	30%	9%	电力	0.86
	平均/混合	60%	17%		0.44
货车（非铰接，7.5~12 t）	轻型	30%	9%	电力	0.65
	平均/混合	60%	17%		0.34
货车（非铰接，12~20t ）	轻型	30%	9%	电力	0.40
	平均/混合	60%	17%		0.22
货车（非铰接， 26-40t ）	轻型	30%	9%	电力	0.28
	平均/混合	60%	17%		0.16

以下中国道路排放强度默认值首次发布于《中国温室气体排放默认值 V1.0 报告（2024）》[30]。在GLEC框架3.1的更新中，我们应用了+5%的距离进行转换，以修正实际距离与最短可行距离之间的差异。

燃料效率、运输活动和绩效数据（如距离、负载系数、空驶率）的主要来源是西安交通大学的报告《货运行业初步调查与研究》[31]。道路排放强度因子的计算主要依据《2006年 IPCC 指南》[32]、温室气体核算议定书 (GHG Protocol)、GLEC框架，以及中国关于运输温室气体核算和报告的国家和行业标准，例如《陆路运输企业温室气体核算方法与报告指南》[33]。与计算相关的其他来源包括《物流企业温室气体排放核算与报告要求》 (WB/T 1135-2023, 2023.7)、《省级温室气体清单编制指南（试行）》[35]，以及《IPCC 第六次评估报告》。

表 12
中国道路排放强度值

车辆特征及其大小	负载特性	基准		燃料	燃料强度 (kg/tkm)	燃料强度 (l/tkm)	排放强度 (g CO_2e/t-km)		
		负载系数	空驶率				WTT	TTW	WTW
货车 (3.5-4.5 t LDT)	平均	93%	19.50%	柴油	0.113	0.136	109.61	360.83	470.44
货车 (4.5-5.5 t MDT)	平均	93%	19.50%	柴油	0.101	0.121	97.15	319.79	416.94
货车 (5.5-7.0 t MDV)	平均	93%	19.50%	柴油	0.097	0.117	93.37	307.37	400.74
货车 (7.0-8.5 t MDV)	平均	93%	19.50%	柴油	0.075	0.091	72.33	238.08	310.41
货车 (8.5-10.5t MDV)	平均	93%	19.50%	柴油	0.063	0.076	60.88	200.39	261.27
货车 (10.5-12.5t MDV)	平均	93%	19.50%	柴油	0.056	0.068	53.99	177.72	231.7
货车 (12.5-16.0 t HDV)	平均	93%	19.50%	柴油	0.052	0.062	49.39	162.57	211.96
货车 (16.0-20.0 t HDV)	平均	93%	19.50%	柴油	0.037	0.045	35.5	116.85	152.34
货车 (20.0-25.0 t HDV)	平均	93%	19.50%	柴油	0.026	0.031	24.85	81.81	106.67
货车 (25.0-31.0 t HDV)	平均	93%	19.50%	柴油	0.022	0.027	21.25	69.96	91.21
货车 (>31.0 t HDV)	平均	93%	19.50%	柴油	0.023	0.028	22.24	73.2	95.44
铰接式卡车 (<18.0 t HDV)	平均	93%	19.50%	柴油	0.038	0.046	36.7	120.81	157.51
铰接式卡车 (18.0-27.0 t HDV)	平均	93%	19.50%	柴油	0.026	0.032	24.99	82.26	107.25
铰接式卡车 (27.0-35.0 t HDV)	平均	93%	19.50%	柴油	0.024	0.029	22.54	74.21	96.75
铰接式卡车 (35.0-40.0 t HDV)	平均	93%	19.50%	柴油	0.02	0.024	18.84	62.02	80.86

下一页继续

表 12
中国道路排放强度值（续）

车辆特征及其大小	负载特性	基准		燃料	燃料强度 (kg/tkm)	燃料强度 (l/tkm)	排放强度 (g CO_2e/t-km)		
		负载系数	空驶率				WTT	TTW	WTW
铰接式卡车 (40.0-43.0 t HDV)	平均	93%	19.50%	柴油	0.019	0.023	18.22	59.96	78.18
铰接式卡车 (43.0-46.0 t HDV)	平均	93%	19.50%	柴油	0.018	0.022	17.49	57.57	75.05
铰接式卡车 (46.0-49.0 t HDV)	平均	93%	19.50%	柴油	0.018	0.022	17.34	57.09	74.43
铰接式卡车 (>49.0 t HDV)	平均	93%	19.50%	柴油	0.018	0.022	17.22	56.67	73.89
自卸卡车 （3.5-4.5 t LDT)	平均	93%	19.50%	柴油	0.135	0.162	130.16	428.46	558.61
自卸卡车 （4.5-5.5 t MDT)	平均	93%	19.50%	柴油	0.1	0.121	96.73	318.43	415.16
自卸卡车 （5.5-7.0 t MDV)	平均	93%	19.50%	柴油	0.095	0.114	91.62	301.6	393.22
自卸卡车 （7.0-8.5 t MDV)	平均	93%	19.50%	柴油	0.074	0.089	71.07	233.96	305.04
自卸卡车 （8.5-10.5 t MDV)	平均	93%	19.50%	柴油	0.064	0.077	61.12	201.19	262.31
自卸卡车 （10.5-12.5 t MDV)	平均	93%	19.50%	柴油	0.055	0.066	52.39	172.48	224.87
自卸卡车 （12.5-16.0 t HDV)	平均	93%	19.50%	柴油	0.05	0.06	48.04	158.14	206.18
自卸卡车 （16.0-20.0 t HDV)	平均	93%	19.50%	柴油	0.037	0.045	35.6	117.21	152.81
自卸卡车 （20.0-25.0 t HDV)	平均	93%	19.50%	柴油	0.024	0.029	23.28	76.63	99.91
自卸卡车 （25.0-31.0 t HDV)	平均	93%	19.50%	柴油	0.023	0.027	21.47	70.68	92.15
自卸卡车 （>31.0 t HDV)	平均	93%	19.50%	柴油	0.02	0.024	18.62	61.3	79.92
铰接式卡车 (14.0-24.0 t)	平均	93%	19.50%	LNG	0.062	0.148	74.95	175.72	250.67
铰接式卡车 (24.0-25.0 t)	平均	93%	19.50%	LNG	0.03	0.071	35.84	84.02	119.85
铰接式卡车 (25.0-29.0 t)	平均	93%	19.50%	LNG	0.025	0.059	29.84	69.95	99.79

下一页继续

表 12
中国道路排放强度值（续）

车辆特征及其大小	负载特性	基准		燃料	燃料强度 (kg/tkm)	燃料强度 (l/tkm)	排放强度 (g CO_2e/t-km)		
		负载系数	空驶率				WTT	TTW	WTW
铰接式卡车 (29.0-31.0 t)	平均	93%	19.50%	LNG	0.021	0.049	24.66	57.83	82.49
铰接式卡车 (31.0-60.0 t)	平均	93%	19.50%	LNG	0.017	0.04	19.87	46.58	66.45
自卸卡车 (14.0-24.0 t)	平均	93%	19.50%	LNG	0.048	0.114	57.89	135.72	193.61
自卸卡车 (24.0-25.0 t)	平均	93%	19.50%	LNG	0.024	0.056	28.63	67.12	95.75
自卸卡车 (25.0-29.0 t)	平均	93%	19.50%	LNG	0.02	0.049	24.69	57.88	82.57
自卸卡车 (29.0-31.0 t)	平均	93%	19.50%	LNG	0.017	0.04	20.38	47.79	68.17
自卸卡车 (31.0-60.0 t)	平均	93%	19.50%	LNG	0.014	0.032	16.4	38.44	54.83
刚性卡车 (14.0-24.0 t)	平均	93%	19.50%	LNG	0.048	0.114	58.28	136.64	194.92
刚性卡车 (24.0-25.0 t)	平均	93%	19.50%	LNG	0.024	0.056	28.63	67.12	95.75
刚性卡车 (25.0-29.0 t)	平均	93%	19.50%	LNG	0.02	0.048	24.14	56.59	80.73
刚性卡车 (29.0-31.0 t)	平均	93%	19.50%	LNG	0.017	0.041	20.49	48.04	68.53
刚性卡车 (31.0-60.0 t)	平均	93%	19.50%	LNG	0.014	0.033	16.52	38.74	55.26
卡车 <4.5 t LDV	平均	93%	19.50%	电力	-	-	135.44	-	135.44
卡车 (4.5-12.0 t MDV)	平均	93%	19.50%	电力	-	-	74.87	-	74.87
卡车 >12.0 t HDV	平均	93%	19.50%	电力	-	-	145.25	-	145.25
卡车 <4.5 t LDV	平均	93%	19.50%	氢能	0.03	-	328.1	-	328.1
卡车 (4.5-12.0 t MDV)	平均	93%	19.50%	氢能	0.016	-	173.1	-	173.1
卡车 >12.0 t HDV	平均	93%	19.50%	氢能	0.018	-	198.86	-	198.86

地区：亚洲（除了中国地区）和非洲*

对于总重3.5t及以下的小型货车，其排放强度数值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，其排放强度数值在欧洲和南美地区数值基础上将增加22%。

温控道路货运**

对于总重3.5t及以下的小型货车，其排放强度数值在欧洲、南美地区数值基础将增加15%；

对于总重超过3.5t的货车，其排放强度数值在欧洲、南美地区数值基础上将增加12%。

* 这些结论是基于NTM的分析得出的，详细的文献综述可访问theicct.org网站获取，具体网址是：https://www.theicct.org/publications/literaturereview-real-world-fuel-consumptionheavy-duty-vehicles-united-states-china。其中涵盖了关于美国和中国的重型车辆燃油消耗的研究。

** 我们通过与TK'Blue的交流验证了这些数据，并参考了USEPA 2019 SmartWay Truck Carrier Partner Tool的技术文档。

海运排放强度

数据基于《IMO 第四次温室气体研究》[23]中的信息。起始点为各尺寸类别的燃料消耗中位数，加上10%，相当于上下四分位值之间的范围，以避免低估风险。排放基于模块1中提供的最新北美排放因子。

油轮、普通货船和散货船的数值来自《IMO 第四次温室气体研究》。

滚装船（Ro-Ro）：在此情况下，吨公里指卡车及所载货物的总重，因为这是由船舶运输的货物。这些排放将需由货主重新分配至卡车中的货物。

非集装箱航运货运排放强度值包括+15%的距离转换，以修正实际距离与最短可行距离之间的差异。

表 13
海运排放强度值——非集装箱船舶

船舶特征与尺寸		燃料		排放强度（g CO_2e/t-km）			包含15% DAF
				WTT	TTW	WTW	WTW
散货船	*0-9999*	dwt	HFO	4.7	26.5	*31.2*	*35.9*
			VLSFO	5.6	26.5	*32.1*	*36.9*
			MDO	4.8	25.7	*30.5*	*35.0*
	10000-34999	dwt	HFO	1.3	7.3	*8.6*	*9.8*
			VLSFO	1.5	7.3	*8.8*	*10.1*
			MDO	1.3	7.0	*8.4*	*9.6*
	35000-59999	dwt	HFO	0.9	5.3	*6.3*	*7.2*
			VLSFO	1.1	5.3	*6.5*	*7.4*
			MDO	1.0	5.2	*6.1*	*7.0*
	60000-99999	dwt	HFO	0.8	4.4	*5.2*	*5.9*
			VLSFO	0.9	4.4	*5.3*	*6.1*
			MDO	0.8	4.2	*5.0*	*5.8*
	100000-199999	dwt	HFO	0.5	3.0	*3.5*	*4.0*
			VLSFO	0.6	3.0	*3.6*	*4.1*
			MDO	0.5	2.9	*3.4*	*3.9*
	200000-+	dwt	HFO	0.5	2.7	*3.1*	*3.6*
			VLSFO	0.6	2.7	*3.2*	*3.7*
			MDO	0.5	2.6	*3.1*	*3.5*

dwt = 载重吨

下一页继续

表 13

海运排放强度值——非集装箱船舶（续）

船舶特征与尺寸		燃料		排放强度（g CO_2e/t-km）			包含15% DAF
				WTT	TTW	WTW	WTW
化学品船	0-4999	dwt	HFO	9.1	51.2	60.3	69.3
			VLSFO	10.9	51.2	62.1	71.4
			MDO	9.3	49.6	58.9	67.7
	5000-9999	dwt	HFO	4.0	22.7	26.7	30.7
			VLSFO	4.8	22.7	27.5	31.6
			MDO	4.1	22.0	26.1	30.0
	10000-19999	dwt	HFO	2.8	15.4	18.2	20.9
			VLSFO	3.3	15.4	18.7	21.5
			MDO	2.8	15.0	17.8	20.4
	20000-39999	dwt	HFO	1.7	9.4	11.1	12.8
			VLSFO	2.0	9.4	11.4	13.2
			MDO	1.7	9.2	10.9	12.5
	40000-+	dwt	HFO	1.3	7.2	8.5	9.8
			VLSFO	1.5	7.2	8.8	10.1
			MDO	1.3	7.0	8.3	9.6
普货船	0-4999	dwt	HFO	4.0	22.4	26.4	30.4
			VLSFO	4.8	22.4	27.2	31.3
			MDO	4.1	21.8	25.8	29.7
	5000-9999	dwt	HFO	3.2	18.1	21.3	24.5
			VLSFO	3.9	18.1	21.9	25.2
			MDO	3.3	17.5	20.8	23.9
	10000-19999	dwt	HFO	2.9	16.1	18.9	21.8
			VLSFO	3.4	16.1	19.5	22.4
			MDO	2.9	15.6	18.5	21.3
普货船（续）	20000-+	dwt	HFO	1.5	8.3	9.8	11.3
			VLSFO	1.8	8.3	10.1	11.6
			MDO	1.5	8.1	9.6	11.0
液化气体船	0-49999	cbm	HFO	7.2	40.2	47.4	54.5
			VLSFO	8.6	40.2	48.8	56.1
			MDO	7.3	39.0	46.3	53.2
	50000-99999	cbm	HFO	2.1	11.7	13.7	15.8
			VLSFO	2.5	11.7	14.1	16.3
			MDO	2.1	11.3	13.4	15.4
	100000-199999	cbm	HFO	1.6	9.2	10.8	12.5
			VLSFO	2.0	9.2	11.2	12.8
			MDO	1.7	8.9	10.6	12.2
	200000-+	cbm	HFO	1.7	9.7	11.5	13.2
			VLSFO	2.1	9.7	11.8	13.6
			MDO	1.8	9.4	11.2	12.9
油轮	0-4999	dwt	HFO	13.0	73.0	86.1	99.0
			VLSFO	15.6	73.0	88.6	101.9
			MDO	13.3	70.8	84.1	96.7
	5000-9999	dwt	HFO	7.2	40.1	47.2	54.3
			VLSFO	8.5	40.1	48.6	55.9
			MDO	7.3	38.8	46.1	53.1
	10000-19999	dwt	HFO	5.6	31.4	37.0	42.5
			VLSFO	6.7	31.4	38.1	43.8
			MDO	5.7	30.4	36.1	41.5

dwt = 载重吨
cbm=立方米

GT = 总吨

下一页继续

表 13

海运排放强度值——非集装箱船舶（续）

船舶特征与尺寸		燃料		排放强度（g CO_2e/t-km）			包含15% DAF
				WTT	TTW	WTW	WTW
油轮（续）	20000-59999	dwt	HFO	2.7	15.3	18.1	20.8
			VLSFO	3.3	15.3	18.6	21.4
			MDO	2.8	14.9	17.7	20.3
	60000-79999	dwt	HFO	1.6	8.8	10.3	11.9
			VLSFO	1.9	8.8	10.6	12.2
			MDO	1.6	8.5	10.1	11.6
	80000-119999	dwt	HFO	1.2	6.9	8.1	9.3
			VLSFO	1.5	6.9	8.4	9.6
			MDO	1.3	6.7	7.9	9.1
	120000-199999	dwt	HFO	0.9	5.1	6.0	6.9
			VLSFO	1.1	5.1	6.1	7.1
			MDO	0.9	4.9	5.8	6.7
	200000-+	dwt	HFO	0.6	3.1	3.7	4.2
			VLSFO	0.7	3.1	3.8	4.3
			MDO	0.6	3.0	3.6	4.1
其他液体运输船	0-999	dwt	HFO	185.4	1038.3	1223.6	1407.2
			VLSFO	221.4	1038.3	1259.7	1448.7
			MDO	188.4	1006.8	1195.2	1374.6
	1000-+	dwt	HFO	5.0	27.8	32.8	37.7
			VLSFO	5.9	27.8	33.8	38.8
			MDO	5.1	27.0	32.0	36.9
渡轮——滚装客货船	0-1999	GT	HFO	80.9	453.0	533.8	613.9
			VLSFO	96.6	453.0	549.6	632.0
			MDO	82.6	439.2	521.4	599.7
渡轮——滚装客货船	2000-4999	GT	HFO	39.1	218.8	257.9	296.6
			VLSFO	46.7	218.8	265.5	305.3
			MDO	39.7	212.2	251.9	289.7
	5000-9999	GT	HFO	30.3	169.5	199.7	229.7
			VLSFO	36.1	169.5	205.6	236.5
			MDO	30.8	164.3	195.1	224.4
	10000-19999	GT	HFO	19.3	108.3	127.7	146.8
			VLSFO	23.1	108.3	131.5	151.2
			MDO	19.7	105.1	124.7	143.4
	20000-+	GT	HFO	14.6	81.8	96.4	110.9
			VLSFO	17.5	81.8	99.3	114.2
			MDO	14.8	79.3	94.2	108.3
冷链散货船	0-1999	dwt	HFO	24.0	134.4	158.4	182.2
			VLSFO	28.7	134.4	163.1	187.6
			MDO	24.4	130.4	154.7	178.0
	2000-5999	dwt	HFO	11.6	65.1	76.8	88.3
			VLSFO	13.9	65.1	79.0	90.9
			MDO	11.8	63.2	75.0	86.2
	6000-9999	dwt	HFO	8.7	48.8	57.5	66.1
			VLSFO	10.4	48.8	59.2	68.0
			MDO	8.8	47.3	56.1	64.6
	10000-+	dwt	HFO	6.4	35.9	42.3	48.7
			VLSFO	7.7	35.9	43.6	50.1
			MDO	6.5	34.8	41.3	47.5

dwt = 载重吨
GT = 总吨

下一页继续

表 13
海运排放强度值——非集装箱船舶（续）

船舶特征与尺寸		燃料		排放强度（g CO_2e/t-km）			包含15% DAF
				WTT	TTW	WTW	WTW
滚装船	0-4999	dwt	HFO	30.7	172.2	202.9	233.4
			VLSFO	36.7	172.2	208.9	240.2
			MDO	31.2	167.0	198.2	228.0
	5000-9999	dwt	HFO	6.7	37.7	44.4	51.0
			VLSFO	8.0	37.7	45.7	52.6
			MDO	6.8	36.5	43.4	49.9
	10000-14999	dwt	HFO	5.6	31.3	36.9	42.5
			VLSFO	6.7	31.3	38.0	43.7
			MDO	5.7	30.4	36.1	41.5
	15000+	dwt	HFO	2.9	16.5	19.5	22.4
			VLSFO	3.5	16.5	20.0	23.0
			MDO	3.0	16.0	19.0	21.8
运车船	0-29999	GT	HFO	14.9	83.7	98.7	113.5
			VLSFO	17.9	83.7	101.6	116.8
			MDO	15.2	81.2	96.4	110.8
	30000-49999	GT	HFO	7.1	39.9	47.1	54.1
			VLSFO	8.5	39.9	48.5	55.7
			MDO	7.2	38.7	46.0	52.9
	50000+	GT	HFO	5.8	32.5	38.3	44.0
			VLSFO	6.9	32.5	39.4	45.3
			MDO	5.9	31.5	37.4	43.0

dwt = 载重吨
GT = 总吨

集装箱运输

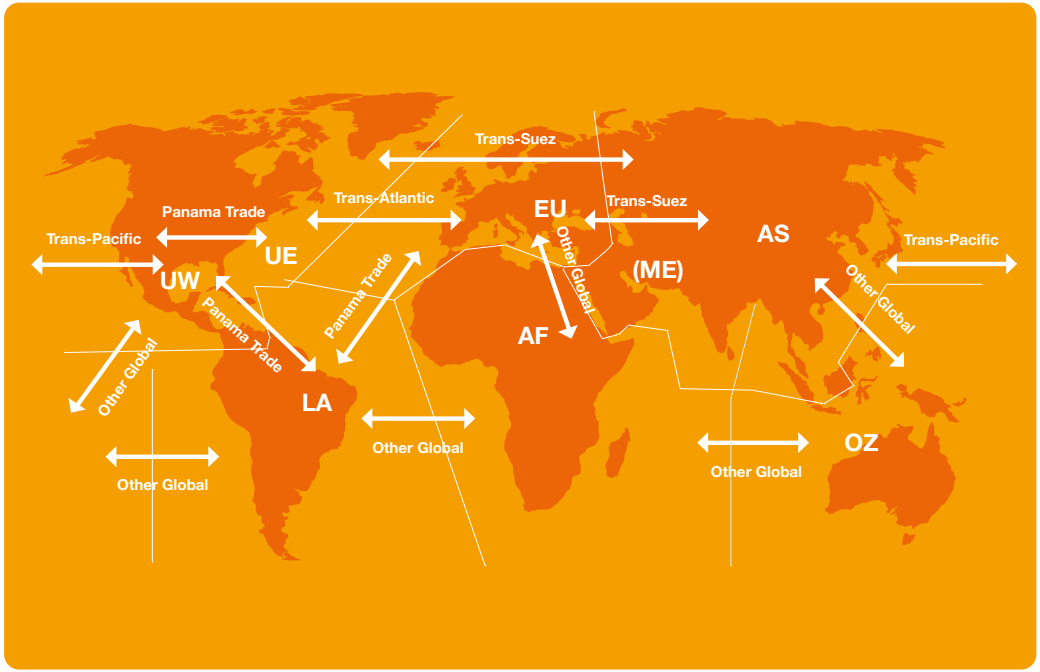
默认的海运集装箱最终用户因子来自2022年最新的Clean Cargo项目贸易航线温室气体排放因子报告。该项目根据用户对起点和终点信息的了解程度，提供了三个不同层次的详细信息：

- Clean Cargo工作组（CCWG）的行业平均值。
- 五组主要贸易航线分组的聚合数据，基于每个分组内包含的详细贸易航线上的货流量的加权平均值（详见图1）。
- “CCWG 贸易航线”的完整集合。

所有集装箱海运的最终用户值均依据CCWG方法中提出的阶段进行计算。[24] 这些数值基于“油井到车轮”的二氧化碳当量，以70%的行业平均负载系数为基准。同时，最终用户因子还包括+15%的距离转换，以校正实际距离与最短可行距离之间的差异。

为确保准确性，我们已根据本章第1模块中提供的最新北美排放因子对这些数值进行了调整。因此，这些数值略高于Clean Cargo 2022年年度报告中给出的数值。

图 1
海运常见的贸易航线 [18]



来源: EcoTransIT

表 14

海运排放强度值——集装箱船舶

贸易航线		贸易航线排放强度的综合平均值	最终用户排放强度		
		g CO_2e/TEU-km	WTT g CO_2e/TEU-km	TTW g CO_2e/TEU-km	WTW g CO_2e/TEU-km
行业平均值（适用于起点和终点未知的情况）	干货	63.7	11.0	61.7	72.7
	冷藏	129.7	22.4	125.6	148.0
聚合的主要贸易航线					
巴拿马贸易航线	干货	80.4	13.9	77.9	91.8
	冷藏	148.8	25.7	144.1	169.8
跨大西洋航线	干货	74.2	12.8	71.9	84.7
	冷藏	141.7	24.5	137.2	161.6
跨苏伊士运河航线	干货	41.0	7.1	39.7	46.8
	冷藏	104.7	18.1	101.3	119.4
跨太平洋航线	干货	55.7	9.6	53.9	63.5
	冷藏	117.6	20.3	113.8	134.1
其他国际贸易航线	干货	77.4	13.4	74.9	88.3
	冷藏	143.6	24.8	139.0	163.9
详细贸易航线					
亚洲-非洲航线	干货	72.3	12.5	70.0	82.5
	冷藏	140.6	24.3	136.1	160.4
亚洲-地中海/黑海航线	干货	42.1	7.3	40.8	48.0
	冷藏	109.0	18.8	105.5	124.3
亚洲-中东/印度航线	干货	64.2	11.1	62.1	73.2
	冷藏	127.9	22.1	123.8	145.9
亚洲-北美东海岸 /墨西哥湾航线	干货	54.1	9.3	52.4	61.7
	冷藏	114.0	19.7	110.4	130.1
亚洲-北美西海岸航线	干货	56.8	9.8	55.0	64.8
	冷藏	120.7	20.9	116.8	137.7
亚洲-北欧航线	干货	38.7	6.7	37.5	44.1
	冷藏	100.6	17.4	97.4	114.8
亚洲-大洋洲航线	干货	85.0	14.7	82.3	97.0
	冷藏	152.4	26.3	147.5	173.9
亚洲-南美（包括中美洲）航线	干货	61.0	10.5	59.0	69.6
	冷藏	120.7	20.9	116.8	137.7
欧洲（北部和地中海）-非洲航线	干货	89.4	15.4	86.5	102.0
	冷藏	163.9	28.3	158.7	187.0
欧洲（北部和地中海）-南美洲（包括中美洲）航线	干货	71.7	12.4	69.4	81.8
	冷藏	138.3	23.9	133.9	157.8
欧洲（北部和地中海）-中东/印度航线	干货	54.6	9.4	52.9	62.3
	冷藏	121.1	20.9	117.2	138.2
欧洲（北部和地中海）-大洋洲（通过苏伊士/通过巴拿马）航线	干货	78.6	13.6	76.1	89.7
	冷藏	139.6	24.1	135.1	159.3
地中海/黑海-北美东海岸/墨西哥湾航线	干货	80.4	13.9	77.8	91.7
	冷藏	152.0	26.3	147.1	173.4
地中海/黑海-北美西海岸航线	干货	56.4	9.7	54.6	64.3
	冷藏	130.6	22.6	126.4	149.0
北美东海岸/墨西哥湾/西海岸-非洲航线	干货	111.3	19.2	107.7	127.0
	冷藏	180.1	31.1	174.3	205.5
北美东海岸/墨西哥湾/西海岸-大洋洲航线	干货	74.1	12.8	71.7	84.5
	冷藏	133.1	23.0	128.8	151.8
北美东海岸/墨西哥湾/西海岸-南美（包括中美洲）航线	干货	84.1	14.5	81.4	95.9
	冷藏	152.6	26.4	147.7	174.1

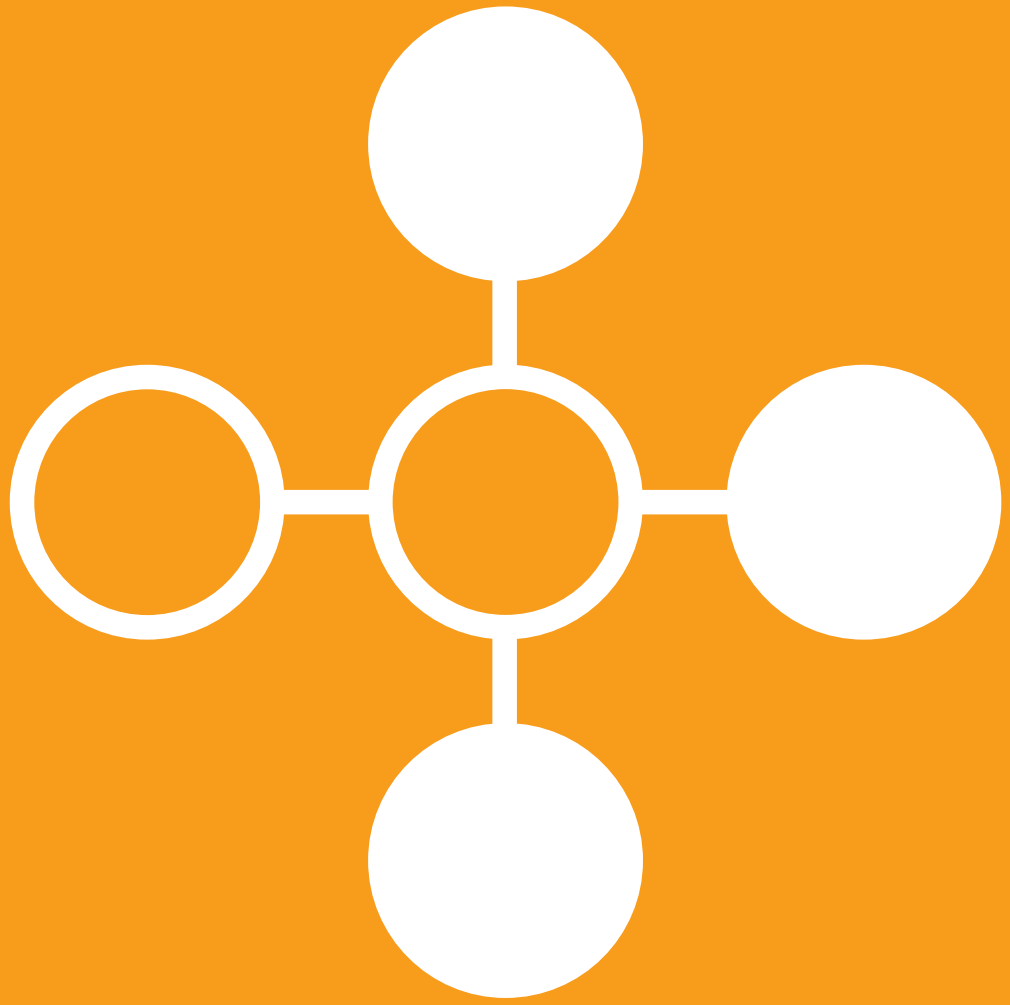
表 15

海运排放强度值——集装箱船舶

贸易航线		贸易航线排放强度的综合平均值	最终用户排放强度		
		g CO_2e/TEU-km	WTT g CO_2e/TEU-km	TTW g CO_2e/TEU-km	WTW g CO_2e/TEU-km
东南亚-东北亚、墨西哥湾/西海岸-中东/印度航线	干货	72.8	12.6	70.5	83.1
	冷藏	135.0	23.3	130.7	154.0
北欧-北美东海岸/墨西哥湾航线	干货	78.0	13.5	75.5	89.0
	冷藏	143.6	24.8	139.0	163.8
北欧-北美西海岸航线	干货	-	-	-	-
	冷藏	-	-	-	-
南美（包括中美洲）-非洲航线	干货	101.0	17.5	97.8	115.2
	冷藏	174.9	30.2	169.3	199.5
非洲内部航线	干货	115.1	19.9	111.4	131.3
	冷藏	214.0	37.0	207.2	244.1
北美内部东海岸/墨西哥湾/西海岸航线	干货	214.5	37.1	207.6	244.7
	冷藏	294.5	50.9	285.1	336.0
南美内部航线	干货	100.1	17.3	96.9	114.2
	冷藏	176.3	30.5	170.7	201.1
东南亚-东北亚航线	干货	90.1	15.6	87.2	102.8
	冷藏	157.8	27.3	152.8	180.0

贸易航线		贸易航线排放强度的综合平均值	最终用户排放强度		
		g CO_2e/TEU-km	WTT g CO_2e/TEU-km	TTW g CO_2e/TEU-km	WTW g CO_2e/TEU-km
东北亚内部航线	干货	100.7	17.4	97.5	114.9
	冷藏	177.1	30.6	171.4	202.0
东南亚内部航线	干货	116.1	20.1	112.4	132.4
	冷藏	195.2	33.7	189.0	222.7
北欧-地中海/黑海航线	干货	64.4	11.1	62.3	73.5
	冷藏	131.0	22.6	126.8	149.4
地中海/黑海内部航线	干货	137.5	23.8	133.1	156.9
	冷藏	240.2	41.5	232.5	274.0
北欧内部航线	干货	141.3	24.4	136.8	161.2
	冷藏	234.9	40.6	227.4	268.0
中东/印度内部航线	干货	106.3	18.4	102.9	121.3
	冷藏	187.2	32.3	181.2	213.6
其他航线	干货	84.9	14.7	82.2	96.9
	冷藏	162.9	28.2	157.7	185.8

3 第3模块
制冷剂排放因子



制冷剂的排放因子会因化学配方的差异而有所不同。本模块阐述了如何考虑不同配方的制冷剂排放因子。

表 1
移动空调和温控货运装置的制冷剂损失排放因子

	在商用货车中的移动空调装置	温控移动货运单元（例如，带有运输制冷装置的拖车）
制冷剂充注容量	1.5 kg	5.5 kg
年泄漏率	15%	32.5%
年泄漏产品	1.5 kg×15% = 0.225 kg	5.5 kg×32.5% = 1.7875 kg

表 2

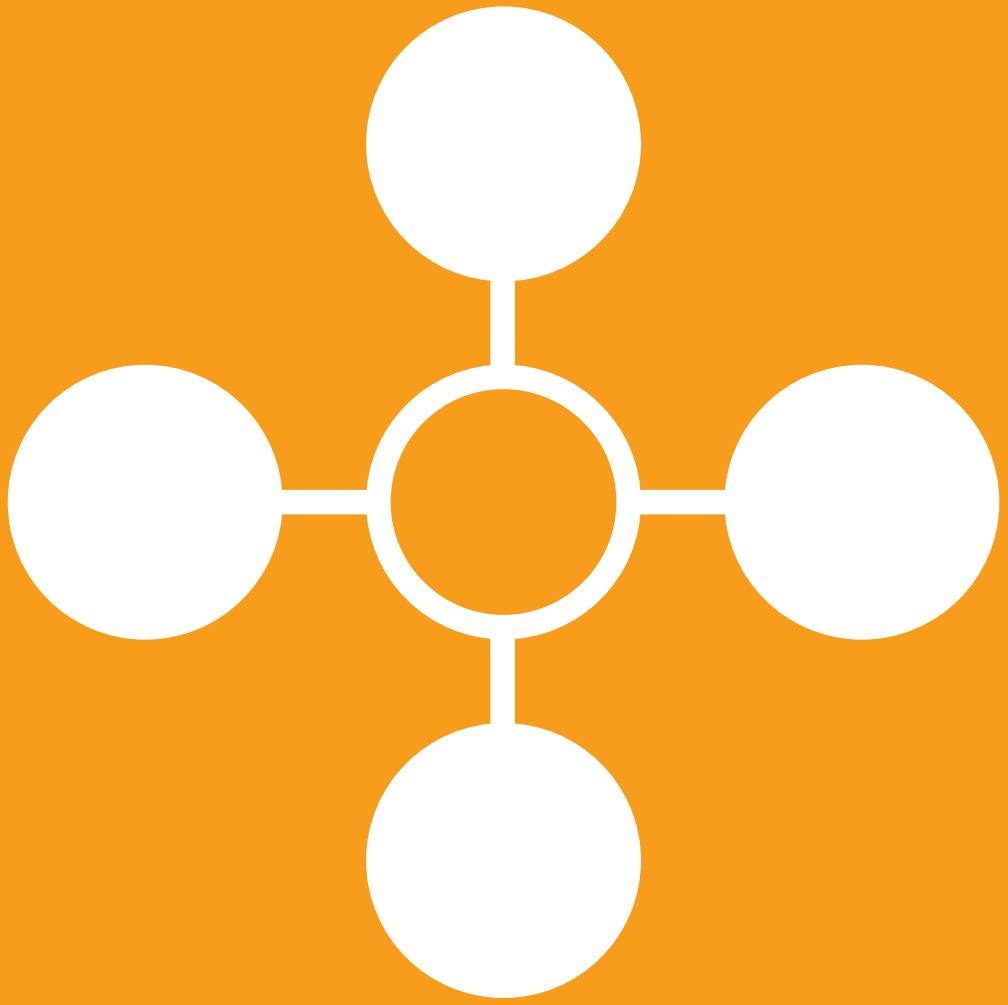
制冷剂排放因子[24]

类型	化学式	中文名	GWP100, AR6 (g CO_2e/ g)
R-12	CF_2Cl_2 // CCl_2F_2	二氯二氟甲烷	12,500.0
R-22	$CHClF_2$	氯二氟甲烷	1,960.0
R-23	CHF_3	三氟甲烷	14,600.0
R-32	CH_2F_2	二氟甲烷	771.0
R-115	$CClF_2CF_3$	氯五氟乙烷	9,600.0
R-124	C_2HF_4Cl // $CHClFCF_3$	1-氯-1,2,2,2-四氟乙烷	597.0
R-125	CHF_2CF_3	五氟乙烷	3,740.0
R-134a	CH_2FCF_3	1,1,1,2-四氟乙烷	1,530.0
R-142b	$C_2H_3F_2Cl$	1-氯-1,1-二氟乙烷	2,300.0
R-143a	CH_3CF_3	1,1,1-三氟乙烷	5,810.0
R-152a	$C_2H_4F_2$ // CH_3CHF_2	1,1-二氟乙烷	164.0
R-218	C_3F_8	八氟丙烷	9,290.0
R-290	C_3H_8	丙烷	0.02
R-401A	混合物，自行计算：53% R-22、13% R-152A,、34% R-124		1,263.1
R-402A	混合物，自行计算：60% R-125、 2% R-290、38% R-22		2,988.8
R-404A	混合物，自行计算：44% R-125、4% R-134a、52% R-143a		4,728.0
R-407A	混合物，自行计算：20% R-32、40% R-125、40% R-134a		2,262.2
R-407C	混合物，自行计算：23% R-32、25% R-125、52% R-134a		1,907.9
R-407F	混合物，自行计算：30% R-32、30% R-125、 40% R-134a		1,965.3
R-408A	混合物，自行计算：7% R-125、46% R-143a、 47% R-22		3,855.6
R-409A	混合物，自行计算：60% R-22、25% R-124、15% R-142b		1,670.3
R-410A	混合物，自行计算：50% R-32、50% R-125		2,255.5
R-413A	混合物，自行计算：88% R-134a、9% R-218、3% R-600a		2,182.5
R-417A	混合物，自行计算：46.6% R-125、50% R-134a、3.4% R-600		2,507.8
R-417C	混合物，自行计算：19.5% R-125、 78.8% R-134a、 1.7% R-600		1,934.9

类型	化学式	中文名	GWP100, AR6 (g CO_2e/ g])
R-422A	混合物，自行计算：85.1% R-125、11.5% R-134A、 3.4% R-600a		3,358.7
R-422D	混合物，自行计算：65.1% R-125、31.5% R-134a、3.4% R-600a		2,916.7
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）		1,494.4
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		1,504.5
R-450A	混合物，自行计算：42% R-134a、58% R-1234ze（E）		643.4
R-452a	混合物，自行计算：11% R-32. 59% R-125、30% R-1234yf		2,291.6
R-502	混合物，自行计算：48.8% R-22、51.2% R-115		5,871.7
R-504	混合物，自行计算：48.2% R-32、51.8% R-115		5,344.4
R-507	混合物，自行计算：50% R-125、50% R-143a		4,775.0
R-507A	混合物，自行计算：50% R-125、50% R-143a		4,775.0
R-509A	混合物，自行计算：44% R-22、56% R-218		6,064.8
R-513A	混合物，自行计算：44% R-134a、56% R-1234yf		673.5
R-600	C_4H_{10}	正丁烷	0.01
R-600a	C_4H_{10}	异丁烷	0.01
R-717	NH_3	氨	-
R-744	CO_2	二氧化碳	1.0
R-1234ze（E）	$C_3H_2F_4$//trans-CF_3CH=CHF	（E）-1,3,3,3-四氟丙烯	1.4
R-1234yf	$C_3H_2F_4$//CF_3CF=CH_2	2,3,3,3-四氟丙烯	0.5
ISCEON 89	混合物，自行计算：86% R-125、9% R-218、5% R-290		4,052.5
FX 100（R-427A）	混合物，自行计算：50% R-134a、25% R-125、15% R-32、10% R-143a		2,396.7

ISO 14083 提供了制冷剂充填量和年泄漏率的默认值（见第1章第3节）用于评估制冷剂损失。[25]

3 第4模块
排放示例- 逐步演示



这个模块展示了运输链的实例，并详细阐述了如何计算其排放。通过采用最常见的运输模式及其组合（多式联运）作为示例，我们引导您熟悉GLEC框架的使用。

这些示例旨在满足不同供应链角色在计算方面的需求，同时考虑了获取原始数据的能力差异。在选择这些示例时，我们考虑了不同规模的参与者，他们在运输链整体碳足迹中的排放占比不同，对计算的详细程度也有不同的要求。这确保了您能够获得尽可能真实的场景体验。

此外，这些示例还涵盖了不同的计算用例：它们可能是企业碳足迹的一部分，或者是指定的项目、影响分析、目标设定和跟踪评估的一部分。

GLEC框架中多次强调，我们首选直接测量的（原始）数据，而不是使用默认值。对于距离的计算，我们应始终尽可能使用最短可行距离（SFD）或大圆距离（GCD）。

1. 道路运输温室气体排放的计算

在运输领域，道路运输常作为含有多个运输链要素(简称TCEs)的复杂运输链的重要组成部分。这些TCEs可能与其他运输模式（如铁路运输、航空运输等）相互衔接，道路运输主要负责首段的提货和末段的配送服务。此外，道路TCE也可能是由多个纯粹的道路运输环节组成的更为复杂或简化的运输网络的一部分。

在计算温室气体排放时，我们遵循ISO 14083标准以及GLEC框架第1部分规定的基础计算步骤。为了确保准确性，每一份运单所涉及的TCEs都需要被单独识别和计算。考虑到道路运输网络中运单数量庞大且复杂，我们强烈推荐使用运输管理系统（TMS）来有效管理和追踪运输线路信息。在TMS中，运输流量、距离等关键数据得以存储，并且通常通过在物流枢纽或终端扫描货物生成的事件数据来准确界定每一个TCE的开始和结束。因此，TMS为我们提供了运单级别下精确的运输距离数据。在GLEC框架下，优先选择的运输距离计算方式是最短可行距离（SFD），这一数据可以直接从TMS或路径规划工具中针对每个TCE进行提取。在某些特殊情况下，如果SFD数据不可用，我们也可以选择使用大圆距离（GCD）作为替代（具体细节请参阅第1部分的相关说明）。

在计算每个运单的温室气体排放时，我们首先将货物的总质量与其所经过的TCE距离相乘，得出该运单的总运输活动量。接着，我们将所有相关运单的运输活动量累加起来，得出某一特定运输活动类别（TOC）下的总运输活动量。

最后，我们可以根据已知的排放因子计算TOC的温室气体排放强度。

示例：

假设在某个TOC下，每吨公里的平均柴油消耗量为0.15L，并且我们使用的是考虑了5%生物柴油混合比例的欧洲典型“油井到车轮”（WTW）柴油排放因子，那么我们就可以根据这些参数计算出该TOC下每吨公里货物运输所对应的温室气体排放量：

0.15L×3.32 kg/L= 0.498 kg

为了准确计算在上述TOC中特定货物在TCE上产生的温室气体排放，我们需要采用一个简单而有效的方法：将已知的温室气体排放强度与TCE中特定货物的质量以及实际运输距离相乘。这种方法能够确保我们考虑到货物运输过程中所有相关的排放因素。举个例子来说，假设有一批货物，其质量为450kg，需要通过道路运输从A地运送到B地，运输距离为20km。那么，在计算这批货物在TCE上的总温室气体排放量时，我们只需将前面提到的排放强度（折算成二氧化碳当量，以千克或吨为单位）与货物的质量（450kg）和运输距离（20km）相乘即可。

0.45 t×20 km×0.498 kg/tkm =4.48 kg

以下提供的计算示例旨在从不同层面和实际应用场景出发，展示温室气体排放计算的通用逻辑。我们从基础情形入手，全面囊括了所有与温室气体排放相关的活动数据，如燃料消耗、制冷剂使用等核心要素。随着分析的深入，我们逐步拓展到更为错综复杂的运输操作，即便在这些情况下，原始数据的获取可能相对有限，但我们的计算逻辑始终保持一致性和准确性。

图 1
道路运输链的示例：



1.1 企业自有车队排放的计算及其对应的排放强度

在此示例中，企业旨在精确计量其自有车队的碳足迹。这份详尽的报告不仅服务于企业内部，帮助其深化对碳足迹的了解，同时也将提供给供应商和客户，以便他们将企业的排放数据整合至各自的供应链排放报告中，共同致力于实现更全面的碳排放管控。

鉴于道路运输的复杂性，尤其是在处理大量运单时，我们特将TCE界定为沿着特定路线的运输段。这些运输段自起点至终点，由运输企业在其车队运营中精心组织，涵盖终端/枢纽处理及转运等关键环节。

值得注意的是，在计算货物运单时，我们依据的是实际质量而非计费重量。这意味着包装重量被纳入计算范畴，但单独的货载器具（如托盘、金属笼等）则不计入内，除非它们自发货人处便与货物紧密结合。

得益于运输管理系统（TMS）或规划系统的支持，我们能够轻松获取各条路线和行程的详细信息。因此，在特定时间段内（通常为一年），每条路线的行驶距离均可得知。通过将这些距离（以千米为单位）与对应货物的质量（以吨为单位）相乘，我们能够准确计算出每个TCE的运输活动量（以吨公里为单位）。这一关键数据为我们进一步计算自有车队的排放强度及总排放量奠定了坚实基础。

示例：

在汉堡至慕尼黑的路线上，一年内共运输了1,200t货物。根据TMS提供的数据，起点到终点的SFD为658km。因此，我们可以计算出这条路线的总运输活动量（以千吨公里为单位）：

658km×1,200t = 789,600tkm

如果无法从TMS中获取这些数据，我们可以采用另一种方法。首先，获取每条路线的总行驶距离以及每个车辆类别的平均负载（以吨为单位）。以40t货车为例，假设平均每辆车实际负载为15t，且这些货车（比如10辆）一年内总行驶距离为1,000,000km。那么，这些货车的总运输活动量可计算为：

1,000,000km × 15t = 15,000,000tkm

这样，我们就能够估算出在没有TMS数据支持的情况下，特定车辆类别在一年内的总运输活动量。

运输活动类别（TOC）是由一组具有共同特征的车辆及其相关操作所构成的集合，这些特征包括但不限于相同的车辆大小类别和相同的温度控制条件。TOC的设计旨在精确反映每个TCE的独特运输需求。

为了确保TOC的选择既有实际意义，又能紧密契合自身决策框架和客户具体需求，运输运营商在确定TOC时必须审慎考虑。为了达到最佳效果，建议运输运营商与其最重要的客户共同审议和验证TOC的建立过程及细分层次，从而确保双方对运输活动的理解和期望能够得到有效统一。

此外，为了准确计算不同服务的碳强度并确保其透明度，我们强烈建议始终将不同温度条件下的运输活动及其相关排放进行分离处理。这种做法不仅有助于满足客户的信息需求，还能提升您自身效率控制的精确性。在创建TOC及其细分层次时，我们提供了一些示例参数作为参考。然而，这些示例并非一成不变，而是可以根据实际计算需求和所需的数据颗粒度进行灵活调整，包括合并或进一步细分等操作，以适应不同的场景和要求。

表 1

在道路运输中 TOC 颗粒度的例子

TOC 示例和颗粒度水平	车辆尺寸类别	服务类型	汉堡-法兰克福-汉堡	一个国家内的所有运输	一个地区内的所有运输（例如欧洲）	所有地区的所有运输（总运营活动）
常温	<3.5t 3.5 ~ 7.49t 7.5 ~ 11.99t … 40 ~ 50t	提货与配送城市配送 干线配送	可以细分为不同的大小或服务类型，也可以视为单一的服务类型，选择需明确说明。	可以细分为不同的大小或服务类型，也可以视为单一的服务类型，选择需明确说明。	可以细分为不同的大小或服务类型，也可以视为单一的服务类型，选择需明确说明。	在所有相同温控下的运输活动
温度条件 I	如上所述	如上所述	如上所述	如上所述	如上所述	如上所述
温度条件 II	如上所述	如上所述	如上所述	如上所述	如上所述	如上所述

在道路运输领域，我们可以根据多种因素来划分不同的TOC。以下是一些具体的示例：

- 特定路线上的单程或往返运输的单独车辆。
- 在特定网络中运营，且具有相似或相同特征的车辆，如特定路线上的温控车辆等。
- 在某一运输企业的全部运营路线上，具有一致特征的特定类型车辆。

针对每个TOC，我们需要独立计算其运输活动量（以吨公里为单位），因为不同类型的运输活动可能对应不同的排放强度。这些排放强度取决于多种因素，包括车辆大小、路线类型、环境条件和温控需求等。
为了简化计算流程，我们可以对具有相似特征的TOC进行聚类处理，并对它们的能源使用情况进行累加。例如：

- 对于某一尺寸的车辆，在不考虑特殊条件的情况下，其总能源使用量等于消耗的燃料总量。
- 对于另一尺寸的车辆，如果在运输过程中需要特定的温度控制，则其能源使用量可能会因额外消耗的燃料（如柴油）而增加。

确定所有相关能源的使用情况后，我们可以根据所需的详细程度或数据颗粒度，将这些信息分配给相应的TOC。在本书的第3章第1模块中，我们提供了关于柴油和电力等不同能源的排放因子数据，供您参考和使用。

最后，通过将每个TOC的运输活动量与对应的能源使用和相关排放进行匹配计算，我们可以得出每个TOC的排放强度和总排放量。具体来说：

排放强度 (CO_2e/tkm) = 在所选择的TOC颗粒度水平上，每个tkm的温室气体排放。

总排放 (CO_2e) = 每个 TOC 的温室气体排放 = 每个 TOC 的所有能源使用乘以相应的排放因子。

不同能源使用的示例计算

• 柴油车辆的总排放量计算：
首先，确定所有消耗的柴油燃料总量（以L为单位）。接着，查找每升柴油的温室气体排放因子（单位为kg CO_2e/L）。这一数据通常可以在本章第1模块中找到，该模块提供了遵循ISO14083标准的示例数值。将燃料总量与排放因子相乘，即可计算出总温室气体排放量，单位为kg CO_2e。

示例：
假设在欧洲消耗了100,000L柴油与5%生物柴油的混合燃料。根据本章第1部分提供的数据，每升燃料的排放因子为3.36kg/L。因此，总排放量计算如下：100,000L × 3.36kg/L = 336,000kg（或336t）
这意味着该燃料量的总温室气体排放量为336,000kg（或336t）二氧化碳当量。

电池电动车的总排放：

首先，确定电池电动车消耗的所有电量（以kWh为单位）。然后，查找适用于所在国家（基于地理位置）或市场的绿电温室气体排放因子（以kgCO_2e/kWh为单位）。将电量与排放因子相乘，即可得出总温室气体排放量，单位为kg CO_2e。

示例：

假设在欧洲消耗了100,000kWh的电量。根据本章第1模块提供的数据，每千瓦时的排放因子为356.4g CO_2e/ kWh。因此总排放量计算如下：
100,000kWh × 356.4g/kWh CO_2e= 35,640kgCO_2e这意味着该电量消耗的总温室气体排放量为35640kg。请注意，任何基于市场的不同排放因子都需要经过独立验证以确保准确性。同时，在最终结果的表述中，单位应为千克而非千克每升，这一点在上述计算中已得到更正。

混合动力车辆的总排放量计算：

混合动力车辆的总排放是由其柴油消耗和电力消耗共同决定的。具体计算方法为：将柴油消耗量（以L为单位）乘以相应的柴油排放因子，得出柴油部分的排放量；再将电力消耗量（以kWh为单位）乘以相应的电力排放因子，得出电力部分的排放量。两者相加，即可得到混合动力车辆的总排放量。

示例：
混合能源使用包括10万升的柴油/5%生物柴油的混合燃料和10万千瓦时的电力。使用上述欧洲柴油和电力的排放因子，计算方法与之前相同，柴油消耗产生336,000kgCO_2e，电力使用产生35,640kgCO_2e，总计371,640kgCO_2e。

1.2 电动车运营排放强度 TOC

电动车运营的计算应考虑电力排放因子及特定充电地点的潜在损耗，如图1所示。

在电动车队运营中，充电通常在不同地点进行，需考虑区域和长途场景。例如，在长途运营中，承运商预计会在夜间于卡车停放的车库内充电，但为延长行驶里程，可能在目的地装卸货时、途中或在公路充电站进行额外充电，并且可能涉及不同国家的充电地点。

电动车运营TOC包括：
- 充电活动所在国家的平均电网电力组合
- 由场外发电供电的平均能源贡献，例如设施的太阳能板
- 场内电气及充电基础设施布局。

考虑到这些因素，我们建议在计算中加入两个附加变量：

净电力排放因子：与充电地点相关，代表充电站所使用的所有电力来源的加权平均排放因子。

$$\text{Net emission factor} = \frac{Energy_{grid} * Emission\ factor_{grid} + \sum Energy_{BTM} * Emission\ factor_{BTM}}{Energy_{grid} + \sum Energy_{BTM}}$$

BTM 是指电表后的本地发电 ("Behind-the-Meter" power generation)。

充电地点的能量校正因子：该数值表示传输到车辆的电力（千瓦时）与电表测量的电力之间的比率。由于缺乏足够的实证数据来提供行业范围的估算，我们建议使用保守值 1.11，以表示从电表到车辆的 90% 电力损耗。

与充电地点相关的校正排放因子是净电力排放因子和充电地点校正因子的乘积。

$$Corrected\ emission\ factor = Net\ emission\ factor * Energy\ correction\ factor$$

$$TOC\ Emission\ Intensity = \frac{\sum_i (Energy_i * Corrected\ emission\ factor)}{tkm}$$

$$= Energy\ intensity\ factor * \sum_i Charging\ activity\ share_i * Corrected\ Emission\ factor_i$$

示例：
表格中展示了按地点划分的年度充电活动份额，包括净电力排放因子和充电地点能量校正因子。

充电地点	电网排放因子 (g/kWh 在表)	净排放因子 (g/kWh 在表)	充电校正因子 (kWh在车/kWh 在表)	校正排放因子 (g/kWh 在车)	充电份额 (%)
国内 A	100	84	1.11	93	40%
国内 B	100	100	1.11	111	30%
国际 C	250	135	1.05	142	10%
国际 D	250	204	1.09	222	20%

根据上述数据，计算结果为 129 克/千瓦时。如果车队的能量强度为 0.17 千瓦时/吨公里，则 TOC 排放强度可计算为 22 克/吨公里。在承运人或托运人通常使用的方法中，取报告的 TOC 排放强度并将其乘以该 TOC 的年度运输活动，以计算电动车运营的年度排放量。

图 1
从电网电表到车辆的电力传输路径和各种数据的说明



1.3 制冷剂

在计算基于能源的温度控制服务的温室气体排放时，必须考虑制冷剂的任何损失及其补充。因此，我们的计算范围将覆盖两大方面：

所有燃料消耗对应的“油井到车轮”排放（以二氧化碳当量表示）和与制冷剂损失直接相关的所有温室气体排放（单位为吨或千克）。您可以在本章第1模块中找到相应的排放因子进行具体计算。如果制冷剂的类型未知，建议您使用提供的默认因子进行计算。

当不同的温度条件导致不同的燃料消耗速率时（可能还会涉及不同的制冷剂类型），我们需要针对每个运输活动在不同温度条件下的情况分别进行详细运算。

示例：
在温控条件 A 的 TOC 中，10 辆带有移动制冷单元的卡车完成了 6,000,000 吨公里的运营。根据 ISO 14083 的默认因素，用于空调单元的制冷剂平均充注量为 1.5 公斤，默认损耗为 15%，即每个单元损耗 0.225 公斤；而用于温控移动货运单元的默认充注量为 5.5 公斤，默认损耗为 32.5%，即每个单元损耗 1.787 公斤。对于 10 辆卡车，这导致的制冷剂损耗为：

2.25 公斤 + 17.87 公斤 = 20.12 公斤

这 20.12 公斤的损耗需要分摊到 6,000,000 吨公里的运输活动中，以确保因温控条件 A 导致的额外温室气体排放被包含在内。如果使用相同的制冷剂，则适用相同的排放因子：

如果使用的是制冷剂 R-134a，排放因子为1,430 公斤 CO_2e/公斤，这将导致每个空调单元产生 321.75 公斤 CO_2e 的排放，每个温控移动货运单元则会额外产生 2,555.41 公斤 CO_2e 的排放。

10 辆卡车的制冷剂损耗总计产生 28,771.6 公斤 CO_2e 排放，相当于每吨公里增加 0.0048 公斤 CO_2e 的温室气体排放。

注意：如果在一次运输中使用了不同的制冷剂，则必须针对每种制冷剂类型应用对应的排放因子来进行计算

1.4 包含HOC 排放

为了整合 HOC（集散中心）排放，需要根据不同类型的 HOC（例如，常温 vs. 温控终端空间）识别所有与集散中心运营活动相关的能源消耗。

在计算整个运输链的总排放时，需要将所有运输和集散中心相关的 TCE（运输链排放）相加。

1.5 往返多点提货与配送的排放计算

往返式多点提货与配送（又称“milkrun”）虽然看似与其他运输方式无异，但实际上涉及多个停靠点和复杂的路线规划。而且，每个停靠点间的实际距离、货物负载量等信息并非总是容易获得。此外，日常运输还会受到停靠点需求、道路状况等诸多因素的影响。

在数据完备的情况下，我们可以采用一种更精确的排放分配方法：根据往返行程所替代的点对点运输活动的比例进行计算。这种方法能更好地反映实际运输活动的排放情况。

示例：
一辆货车从基地满载出发，沿途在五个停靠点卸货后空车返回基地（见表2）。

该例子表明，这种往返式运输方式的累计驾驶距离（共计30km）可能远低于多个单独的点对点运输行程的总距离，从而有效提高了运输效率并降低了总体排放。

在往返运输中，为了分配“公平”的排放份额，优选的方式是根据每次送货的名义点对点运输活动份额，分配整个往返运输的总温室气体排放量。在上述例子中，这意味着基于往返行程替代的名义点对点运输活动，分配30公里往返行程引起的排放量。这样做的好处是使计算保持稳定，不会对在送货轮次末尾进行的送货造成不利影响，并且消除了由于每日变动的排程而导致的可变性。

在无法跟踪每个送货地点或物品质量的情况下，可以选择基于燃料消耗计算往返行程的排放量，然后根据特定操作中的典型物品质量分配排放量（如果实际质量未知）；或者采用逐件分配排放量的方法，这对投递密集的邮政行业更为合适，因为邮政的配送网络通常无法跟踪单次配送。

表 2
道路运输路径的示例

开始						返回起始点
A点	B点 客户1	C点 客户2	D点 客户 3	E点 客户4	F点 客户5	A点
满载（12.6 t）						(0t)
配送（t）	5	2	1	4	0.6	
每段实际驾驶距离（km）	5	2	8	5	4	6
累积驾驶距离（km）	5	7	15	20	24	30
SFD (A点到 X点）（km）	5	6	10	8	6	35
用于分配目的的理论运输活动（tkm）	5 x 5 = 25	2 x 6 = 12	1 x 10 = 10	4 x 8 = 32	0.6 x 6 = 3.6	82.6
用于分配目的的理论运输活动比例	25 / 82.6 = 3 %	12 / 82.6 = 15%	10 / 82.6 = 12%	32 / 82.6 = 39%	3.6 / 82.6 = 4%	

1.6 特殊案例：邮件和包裹服务的排放计算

邮件和包裹服务作为一种特殊的运输方式，具有其独特性。在这类服务中，信件和包裹通常不是单独进行运输的，而是采用灵活的运输路线，并在途中进行多次合并与分拣。这种运输方式非常复杂，很难对每封信件或包裹进行精确的距离追踪。邮件物品的质量通常很小（0.02-0.1千克），但它们的质量可能从20克到32千克不等，这使得对单个托运物品的实际质量进行准确追踪变得困难。

因此，在计算邮件和包裹服务的温室气体排放时，需要采用一种既能反映实际情况又易于操作的方法。目前，邮件和包裹行业正在积极探索适用于这类服务的排放计算类别和方法。

在找到更符合ISO14083标准的解决方案之前，可以采用一种简便的估算方法：将一个温室气体活动（TCE）的总排放量除以运输的物品数量，得出每件物品的碳强度。这种方法虽然不够精确，但在缺乏详细数据的情况下仍具有一定的参考价值。

如果包裹的质量已知，我们可以采取更精确的基于重量的方法计算排放量。通过考虑包裹的实际质量，可以更准确地估算运输过程中产生的温室气体排放。这种方法对于提高排放计算的准确性和可靠性具有重要意义。

以下是一个具体的示例（基于GLEC框架2.0，并已更新以考虑修订后的排放因子），展示了如何应用基于重量的方法来计算邮件和包裹服务的排放量。假设一个重250 g 的包裹从寄件人处被提取，并入一个国际邮件和包裹网络进行运输和配送。从提取点到配送点的整个运输链的综合计算框架如下所述。关于从物流中心2（提取地点）到物流中心8（配送地点）的TCE（总碳排放量）的初步数据已经预先填入表3中。

图 2
邮件和包裹运输链的例子

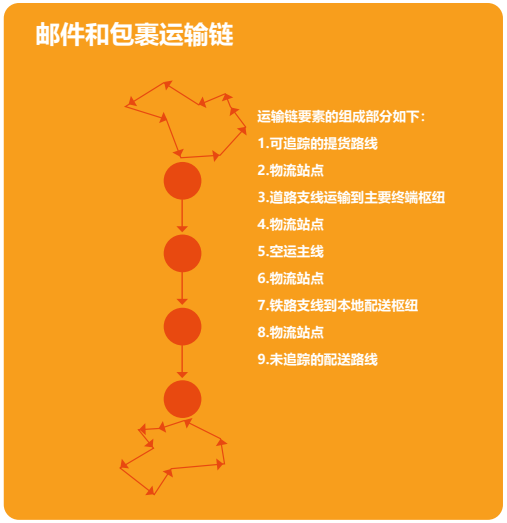


表 3
邮件和包裹运输链数据来源的示例

			WTW 排放强度	单位	数据类别	运输活动距离 (km)	运输活动 (tkm)	WTT 排放 (kg CO_2e)	TTW 排放 (kg CO_2e)	WTW 排放 (kg CO_2e)
1	可追踪的提货路线	自有交通工具			原始数据	-	-	A	A	A
2	物流站点	自有场地	4.1	kg CO_2e/t	原始数据	-	-			0.0010
3	道路支线运输到主要终端枢纽	自有交通工具	0.11	kg CO_2e/t-km	原始数据	120	0.030	0.0006	0.0027	0.0033
4	物流站点	自有场地	4.6	kg CO_2e/t	原始数据	-	-			0.0012
5	空运主线	自有飞机	0.563	kg CO_2e/t-km	原始数据	4,800	1.200	0.1452	0.5304	0.6756
6	物流站点	外包共享场地	1.3	kg CO_2e/t	默认数据*	-	-			0.0003
7	铁路支线到本地配送枢纽	外包服务	0.03	kg CO_2e/t-km	默认数据**	400	0.100	0.0007	0.0023	0.0030
8	物流站点	外包共享场地	1.3	kg CO_2e/t	默认数据*	-	-			0.0003
9	未追踪的配送路线	自有交通工具			原始数据	-	-	B	B	B

数据类别中，“原始数据” 表示数据来源于运输管理系统（TMS），“默认数据” 表示数据来源于 GLEC 框架默认值列表。
*表示物流中心默认值，常温中转中心。
**表示欧洲柴油铁路运输一般货物的默认值。

无论提货和配送的轮次如何调整，上述信息均保持适用。

最终环节是计算TCE 1和TCE 9的具体数值，这些值在表3中分别用A和B表示。下面的计算过程将展示在两种不同情境下如何完成这一任务：一是有追踪数据的提货环节，二是无追踪数据的配送环节。

TCE1：可追踪的提货路线：

我们假设已经获取或能够通过原始数据计算出以下关键信息：

- 提货路线的总燃料消耗量。
- 物流站点至各单独提货点的最短可行距离。
- 每个单独物品（含包装）的质量。
- 用于将燃料消耗转换为温室气体排放的排放因子。

表4详细列出了14次提货的相关数据。此处，我们重点关注的是第7次提货的250g物品。

排放的分配基于各提货物品的直接吨公里占比。因此，第7次提货的250g物品占总排放量的比例约为0.0024/0.3631，即0.7%。

此外，我们将4.8L的燃料消耗转换为15.734 kg的温室气体排放，这一转换采用了第1模块中提及的美国柴油燃料的“油井到车轮”（WTW）排放因子。

表 4
邮件和包裹运输链排放计算示例

14次提货	提货点到中心枢纽的直线距离 (km)	点对点行驶距离 (km)	物品重量 (kg)	总燃料 (L)	直接运输活动 (tkm)	分配 (%)	WTT 排放 (kg CO_2e)	TTW 排放 (kg CO_2e)	WTW 排放 (kg CO_2e)
枢纽									
1	8	7	4		0.0280	7.7%	0.204	1.010	1.213
2	2	7.2	1		0.0072	2.0%	0.052	0.260	0.312
3	4	9	0.25		0.0023	0.6%	0.016	0.081	0.098
4	0.5	8.9	2		0.0178	4.9%	0.130	0.642	0.771
5	3	8.6	20		0.1720	47.4%	1.252	6.202	7.453
6	1	9	2		0.0180	5.0%	0.131	0.649	0.780
7	**2**	**9.5**	**0.25**		**0.0024**	**0.7%**	0.017	0.086	0.103
8	0.5	9.5	3		0.0285	7.8%	0.207	1.028	1.235
9	4	7	0.1		0.0007	0.2%	0.005	0.025	0.030
10	2	6	7		0.0420	11.6%	0.306	1.514	1.820
11	6	8	2		0.0160	4.4%	0.116	0.577	0.693
12	1	7.7	3		0.0231	6.4%	0.168	0.833	1.001
13	2	8.3	0.2		0.0017	0.5%	0.012	0.060	0.072
14	4	7	0.5		0.0035	1.0%	0.025	0.126	0.152
枢纽	**4**	**3.5**							
总计	**44**			**4.8**	**0.3631**		**2.643**	**13.091**	**15.734**

TCE 9: 未追踪的配送路线

未进行追踪的配送路线所需的数据相对直接且简洁，主要包括以下几点信息：

- 配送路线整体消耗的燃料总量。
- 实际交付给客户的物品总数。
- 用于将燃料量转换为对应温室气体排放量的排放因子。

在本例中，有一个250g的物品作为整批邮件配送中的一部分被成功送达客户手中，整批邮件共计有275件物品，配送过程中消耗的燃料总量为7.3L。因此，我们可以计算出每件物品平均消耗的燃料量，即7.3L除以275，得出每件物品约消耗0.02655L燃料。

接下来，我们进一步计算每个物品在配送过程中产生的温室气体排放量：

- 在能源供应端产生的排放（WTT）：每件物品约排放0.0220 kg CO_2e。
- 在实际运营过程中产生的排放（TTW）：每件物品约排放0.0659 kg CO_2e。
- 综合计算得出的总排放（WTW）：考虑到此次使用的是柴油和7%生物柴油的混合燃料，参照欧盟的平均WTW值标准，我们计算出每件物品的总排放量约为0.0870 kg CO_2e。

现在，我们已经得出了TCE1（标记为A）和TCE9（标记为B）的具体数值，接下来将这些数据代入到整体的计算框架中，以得出最终的计算结果（详细数据请参见表5）。计算结果显示，在这个具体案例中，一个250g的包裹在其整个运输和配送过程中产生的总WTW排放量约为0.875 kg CO_2e，其中高达77.2%的排放量来自于航空运输过程。

表 5
邮件和包裹运输链示例

			WTW 排放强度	单位	数据类型	运输活动距离 (km)	运输活动 (tkm)	WTT 排放 (kg CO_2e)	TTW 排放 (kg CO_2e)	WTW 排放 (kg CO_2e)
1	可追踪的提货路线	自有交通工具			原始数据		-	0.0173	0.0856	0.1029
2	物流站点	自有场地	4.1	kg/t	原始数据	-	-	0.0006	0.0027	0.0010
3	道路支线运输到主要终端枢纽	自有交通工具	0.11	kg/ tkm	原始数据	120	0.030			0.0033
4	物流站点	自有场地	4.6	kg/t	原始数据	-	-	0.1452	0.5304	0.0012
5	空运主线	自有飞机	0.563	kg/ tkm	原始数据	4800	1.200			0.6756
6	物流站点	外包共享场地	1.3	kg/t	默认数据*	-	-	0.0007	0.0023	0.0003
7	铁路支线到本地配送枢纽	外包服务	0.03	kg/ tkm	默认数据**	400	0.100			0.0030
8	物流站点	外包共享场地	1.3	kg/t	默认数据*	-	-			0.0003
9	未追踪的配送路线	自有交通工具			原始数据		-	0.0220	0.0659	0.0879
	总计									**0.8756**

* 物流枢纽默认为常温转运中心。
** 默认为运送一般货物的欧洲柴油铁路。

1.7 数据可得性受限与原始数据和二级数据的混合使用

在实际操作中，我们并不总能以原始数据的形式获取到所有必需的信息。当无法直接获取关于能源消耗或运输活动（如货物质量和运单尺度的运输距离）的原始数据时，这些数据就需要通过模型推导或采用默认数据进行补充。

示例：
假设某运输企业在长途干线运输方面拥有完善的数据记录，但在最后一公里的配送环节却缺乏相应数据。为了填补这一空白，该企业可以尝试从合同承运商处获取这些数据，或者至少获取一个具有代表性的样本作为建模的基础。如果合同承运商无法提供足够的数据（数据的充足性取决于其对最终排放结果影响的评估），企业则需要寻找替代性数据，例如国家管理机构或公认数据库中的车队构成信息。至于平均装载率的数据，企业可以根据运输的货物组合，参考本章第2模块中的缺省数据进行估算。

如果企业在没有交通流量运营统计数据的国家开展业务，并且其基础设施无法与那些数据公开且充足的国家相媲美，那么企业就需要获取有关该国交通结构和平均交通流量的研究资料或数据（例如，可以从国际交通论坛（ITF）或国际清洁交通委员会（ICCT）获取）。如果这些研究表明该国 的基础设施类似于10年前的某个发达国家， 那么企业可以查阅HBEFA的旧版本以获取相关数据。

在某些情况下，可能需要追踪本地数据，这可能需要开展专门的项目来实现。如果没有可用的燃料消耗数据，那么燃料/能源消耗以及相关的温室气体排放就需要仅从运输活动中推导出来：

- 货物质量（吨）乘以活动距离（公里）乘以模型TOC的排放强度。

如果这些数据也不可得，那么可以使用最合适的默认排放强度进行估算。

示例：
HBEFA提供了一个非常详尽的缺省值数据库，涵盖了各种车辆燃料消耗的情况。这个数据库考虑了对排放最敏感的参数。这些条件可以通过工具进行重新建模，而实际的活动（例如在X地区的路线、街道类别为Y等）则由数据库中相应的参数组合来反映。例如，如果需要对从慕尼黑到汉堡的运输进行建模，那么在该路线上运行的平均车辆尺寸（如40t卡车、符合欧洲6级排放标准）就被视为基本参考，并选择相关参数：60%的装载率、17%的空驶率、95%的高速公路份额、中等拥堵程度以及多山地形等。这个参数组合会对应一定的燃料/能量消耗，然后使用它来计算TOC排放强度值，单位为g/tkm，即“油井到车轮” （WTW）排放。

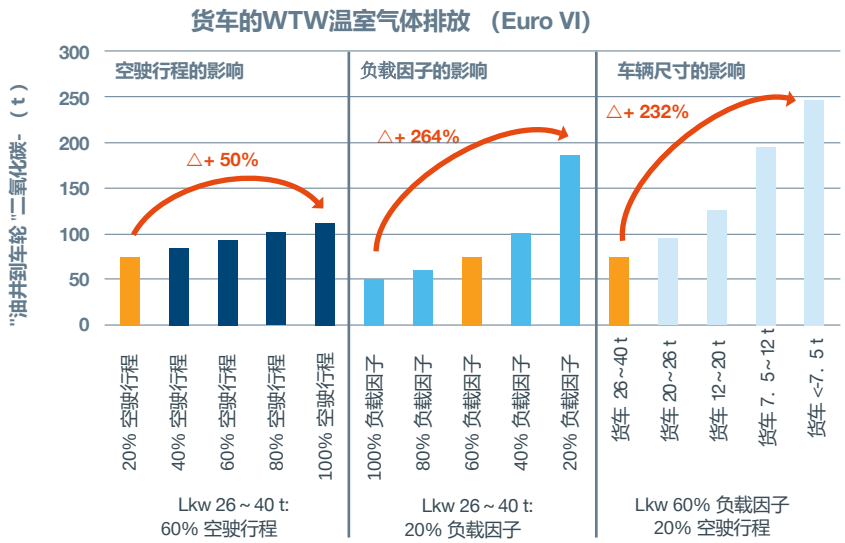
当用于排放强度建模的原始数据不可得时，或者相应的工具无法逐个案例自上而下地组合这些参数时，使用缺省值是一种可行的选择。

在选择默认值时，重要的是要确保实际运输的特征与计算缺省值时所依据的假设尽可能匹配。

图3展示了车辆大小、负载因子和空驶率对最终排放强度的影响，这进一步说明了选择合适的缺省值对于生成代表实际运输情况的结果的重要性。

因此，在根据对排放敏感的参数选择缺省值时，最好在报告中明确说明使用这些缺省值的假设条件。在许多情况下，将测得的原始数据与二级数据结合使用是一种有效的做法。

图 3
空驶率、负载率和车辆尺寸对排放的影响 [26]



来源: Darstellung auf Basis von EcoTransIT （2017）

示例：

在货运网络中，运输距离的规划都依赖于所使用的运输管理系统（TMS）。对于起始地至目的地的每一组合（即TCE），我们只能获取到车队运行的大致情况：提货与配送行程通常由载重小于40t的货车承担，而干线行程则主要依靠载重大于40t的货车。

针对这种情形，可以创建两个独立的运输活动类别（TOC）：一个针对提货与配送行程，另一个针对干线行程。对于每个TOC，需要明确指出所使用的原始数据的占比。对于剩余部分的数据，可以基于已有的原始数据进行建模，或者采用所在国家和地区的行业平均值作为替代方案。对运输网络中所有车辆进行计算的过程必须透明，并且需要接受验证。

以欧洲为例，其平均负载率通常为60%，空载率为17%（具体可参见本章第2模块中 的默认数据）。如果能够获得一定比例的车队负载率原始数据，建模时可以考虑将这些数据纳入考量。

任何与默认负载率和空载率的偏差都需要通过实际测量来证实。例如，如果在提货前对所有货物都进行了称重，并且已知某一运输活动中每个尺寸类别的货车数量，那么可以根据这些数据准确地计算出平均负载率。

关于货车的尺寸和排放标准，如果大部分车队（例如80%）的原始数据都是可用的，那么可以将温室气体排放强度数据应用于剩余的车队。

然而，如果某些TOC的车辆在原始数据中完全没有出现，或者对于某个特定的TOC只有极少部分车辆的数据可用，就必须采用自下而上的方法或使用默认数据来对该TOC的温室气体排放强度进行建模。因为不能简单地假设一个小样本就能准确地反映整个TOC车队的温室气体排放强度。

所有与排放相关的敏感参数都需要谨慎且透明地进行建模，这样才能确保最终结果的准确性和可靠性。

2. 铁路运输温室气体排放的计算方法

在计算铁路运输的温室气体排放时，我们通常可以借鉴道路运输的计算逻辑，即根据排放敏感的参数来确定TOC，进而应用于不同的TCE。然而，铁路运输具有一些独特的 特征，需要在计算中予以考虑。

- 大多数铁路服务都遵循固定的时刻表进行运营。但值得注意的是，即便是在相同的时刻表下，列车的长度也可能存在差异。
- 列车的类型也因其配置的不同而有所区 别。例如，专为运输汽车设计的列车会在底盘上搭载一定数量的车辆；货车列车则由特定尺寸的货车组成；而集装箱列车则负责携带可用起重机装卸的道路和海运集装箱。
- 当列车跨越国界时，其能源构成可能会发生变化。这种变化取决于各个国家的电气化程度以及与各国电力结构相关的具体电网排放因子。因此，在计算过程中需要充分考虑这些变化对温室气体排放的影响。

因此，需要建立TOC以反映不同的列车类型和能源来源，使用可得的原始数据、模型数据和默认数据的组合。

无论列车的推进系统是什么或地理位置在哪里，计算铁路货运的温室气体排放的原则始终相似。

虽然运营列车系统的铁路承 运商可以基于更详细且通常是原始的数据来计算排放，但托运人通常只能使用承运商提供的数据或一般铁路运输的默认数据。因此，托运人可以在审查铁路承运商提供的数据时使用图4所示过程。

图 4
铁路运输的数据流 - 从铁路承运商到货主 [27]



示例：
为了详细阐述铁路温室气体排放的计算方法，我们参考了两个典型案例（基于美国EPA26标准），这些案例的数据来源于GaBi*与U.S. EPA在2022年联合进行的研究，计算过程中使用了GaBi软件的10.0.1.92版本。

1. 欧洲传统电气化铁路车辆运营
2. 美国柴油联运铁路运营

示例1：欧洲传统电气化铁路车辆运营

本案例主要关注欧洲传统电气化铁路的运营情况，特别是其在南北往返运输中的应用。解决方案采用了平均排放因子来计算温室气体排放，这主要是考虑到运输过程中存在的不确定性。对于托运人而言，使用这些数据时，应重视平均排放因子的应用，以确保排放估算的准确性和全面性。

从火车运营商的角度看，排放：

表 6
在欧洲进行传统铁路运输的计算

电气化货运列车	单位	南部	北部	往返平均
长度	m	630	630	630
机车数量	n	1	1	1
机车	t	78	78	78
列车车厢	t	22	22	22
车厢	t	30	30	30
货车容量	t	60	60	60
最大总重量	t	2,058	2,058	2,058
货物容量	t	1,320	1,320	1,320
空车总重	t	738	738	738
负载系数	%	100	60	80
货物重量	t	1,320	792	1,056
毛重	t	2,058	1,530	1,794
电力配电损耗	%	10%	10%	10%
每车公里测得的电能消耗，包括配电损耗	kWh/vkm	27	23	25
欧洲平均CO_2e wtw	g/kWh	322	322	322
每公里净电能消耗，包括配电损耗	kWh/tkm	0.021	0.030	0.024
温室气体 (每车公里CO_2 排放量)	g/vkm	8,765	7,557	8,183
距离	km	400	400	
温室气体 排放量 wtw	kg	3,506	3,023	
运输活动				
温室气体 (CO_2e wtw 每 tkm)	g/tkm	6.64	9.53	7.75

当从货主的角度看：

货物重量	t	50
距离	km	400
运输活动	tkm	20,000
排放因子	g/tkm	7.75
温室气体 (CO_2e wtw)	kg	155

*GaBi已经更名为Product Sustainability Solution Software

示例2：美国柴油联运铁路运营

本案例则聚焦于美国柴油联运铁路的运营情况。解决方案基于一个东西往返的行程进行计算，并假设平均利用率为70%。在这一场景中，使用数据的货主也应采用平均排放因子进行估算。这样做能够更合理地反映运输效率对温室气体排放的影响，从而提高排放计算的准确性。

从火车运营商的角度看，排放：

表 7
在美国进行柴油火车运营的计算

柴油联运列车	单位	东部	西部	往返平均	注解
允许的长度	ft	6,000	10,000	15,000	更多信息
机车长度	ft	76	76	76	更多信息
机车数量	辆	3	4	6	更多信息
总车厢长度	ft	5,772	9,696	14,544	
车厢长度	ft	53	53	53	
车厢使用	%	80	80	80	
车厢数量	个	109	183	274	
每节车厢的TEU数量	个	4	4	4	假设为40ft双层集装箱
总TEU数量	个	436	732	1098	
空车重	t	30	30	30	
空箱（TEU）重量	t	4	4	4	
机车重量	t	645	860	1,290	更多信息
总空车重	t	3,928	6,364	9,538	
TEU重量容量	t	29	29	29	
负载系数	%	70	70	70	更多信息
总货物重量	t	8,843	14,855	22,283	
列车总重量	t	12,771	21,219	31,821	
燃料消耗	gal/m	12.78	21.24	31.85	基于2020年R1数据的燃油效率为999.1吨tm/gal
温室气体 wtw	g/gal	11,898	11,898	378,940	
温室气体 wtw	g/m	152,087	252,690	378,940	
温室气体 wtw	g/tm	17.2	17.0	17.0	
能源	MJ/m	1,744	2,897	4,345	
能源	MJ/tm	0.20	0.20	0.19	
能源	kWh/tm	0.05	0.05	0.05	

从货主的角度看：

货物重量	t	50
距离	m	2,672
运输活动	tm	133,595
排放因子	g/tm	17.0
温室气体(CO_2e wtw)	kg	2,273

3. 航空运输温室气体排放的计算方法

在计算航空货物运输过程中产生的温室气体排放时，应特别注意参考第1部分第4节中关于运输模式 的详细考量。以下是关于该计算过程的简要概述：

- 所考虑的活动范围包括从飞机滑行开始到确保货物维持所需状态（包括易腐货物和/或空调使用的制冷剂）的所有过程，涵盖所有燃料使用及其他相关的温室气体排放活动。
- 通过明确界定和使用适当的枢纽活动类别（HOCs），我们能够将机场货运站或仓库中处理货物时产生的排放纳入计算范围。在特定的运输链中，枢纽活动的排放计算应基于每个HOC的排放强度，并将其应用于运输链中每个枢纽的吞吐量。
- 旅客和货物的排放是基于它们各自的质量进行分配的。旅客的质量包括旅客本身的质量和附带行李的质量，若缺乏原始数据，将采用默认质量（100kg）进行计算。货物的质量则不包括载货工具的质量，这一规定遵循ISO 14083中关于货物质量和载货工具的定义。
- 如果TCE的计算是基于实际飞行距离自下而上进行的，而不是基于个别航段的大圆航线距离（GCD），则需要在计算过程中应用95km的距离校正因子（DAF）。

3.1 基于原始数据的计算

由于飞机运行过程中的严格记录要求，航空公司通常能够获得原始数据。因此，航空公司可以通过简单地将一年内所有飞行排放相加的方式，计算自身的碳足迹。

然而，对于客户而言，情况则有所不同。在碳足迹计算的范围3（涉及货运代理和货主）中，排放是针对客户预订的行程（TCEs）进行计算的。这样的计算应该基于一种合理的TOC选择，以帮助客户做出明智的决策：

- 如果客户希望在特定航线（起降机场固定的航线）上使用可持续航空燃料（SAF）替代化石煤油，他们需要收集到颗粒度细化到起降机场层级的排放数据。这意味着至少需要计算夏季和冬季时间表上在起降机场运行的飞机的平均排放量。

为了支持SAF替代煤油的计算，需要应用与方向和季节无关的聚集水平，因为符合ISO 14083标准的计算需要平衡方向性影响。例如，从法兰克福到纽约的特定航线的排放不应因方向（顺风或逆风）或实际飞行发生的季节而变化，以确保不同客户的计算口径一致。

此外，建议不要将季节数据分开计算，即夏季和冬季应采用相同的数据。

- 如果客户拥有年度碳减排预算的自有目标，他们需要获得一份完整真实的排放报告，该报告应反映航线的具体情况，并对航空公司正在进行的任何操作或改进及时更正。然而，对于航空公司无法控制的条件或其运输模式下的条件（如天气条件或临时飞行限制），报告也应该具有相应的灵活度。

需要注意的是，决定流行病或战争状况是否被视为“临时”是一个共同的决策过程。如果行业在中期甚至长期范围内有可能未能达到其气候目标，那么这显然不应被视为“临时”状况。

最佳的方式始终是在整个年度的每个服务（端口）上使用的组合方式。

建议应用的最大整合TOC是飞机类型在远程和短程距离集群中的温室气体活动。这些活动可以按客机和货机分开计算，在无法分开或不明确的情况下可以进行合并计算。在进行合并时，需要明确指明两种相应飞机类型的运输活动（RTK/tkm）各自所占的百分比。如果没有此类信息可用，则需要进行基于合理假设的估计，并且这些假设应该在报告中披露。

示例计算

考虑一个由不同飞机类型组成的TOC，该TOC在一年内运营同时搭载乘客和腹舱货物。本章第2模块的表1提供了一个TOC运输活动计算的示例，以乘客等效单位（peq）表示。所使用的等效值是每位乘客和行李100kg，因此1t货物等于10个peq。这个例子的假设是：平均每趟飞行1000km，共计400次飞行。总运输活动的百分比显示了TOC内乘客和货物之间温室气体排放的比例。

表 8

带有腹舱货物的客机排放份额计算示例

类别	单位	飞机的平均容量	平均占座率（或负载率）（%）	运输活动（tkm）	每单位质量（吨）	运输活动（tkm）	每个类别的运输活动比例
乘客	人	180	80%	57,600,000	0.1	5,760,000	80%
货物	吨	5	70%	1,400,000	1	1,400,000	20%
整体	乘客等效单位peq	230	77.8%	71,600,000	0.1	7,160,000	100%

假设在该TOC内，平均每飞行1000km的报告主要燃料消耗为7000kg航空燃料，那么对于一份275kg的货物，计算如下：

能源供应端的（WTT）TOC温室气体排放强度 =（400 × 7000kg × 0.66）/ 7160000 tkm = 0.258 kg CO_2e/tkm
运输活动端的（TTW）TOC温室气体排放强度 =（400 × 7000kg × 3.18）/ 7160000 tkm = 1.244 kg CO_2e/ tkm
总（WTW）TOC温室气体排放强度 =（400 × 7000kg × 3.84）/ 7160000 tkm = 1.502 kg CO_2e/ tkm

用于TCE（总成本等值）计算：
运输活动 = 275kg × 1000km = 275 tkm
能源供应端的（WTT）温室气体排放 = 275 tkm × 0.258 kg /tkm = 71.0 kg CO_2e
运输活动端的（TTW）温室气体排放 = 275 tkm × 1.244 kg /tkm = 342.1 kg CO_2e
总（WTW）温室气体排放 = 275 tkm × 1.502 kg /tkm = 413.1 kg CO_2e

以上内容仅供参考，具体计算方法和数据可能因实际情况而有所不同。在进行实际计算时，应根据具体情况进行调整和修正。

3.2 基于二级数据的计算建议

在航空领域，详细记录航班信息至关重要，因此通常应避免使用默认数据。然而，在无法获取主要数据的情况下，可以参考本章第2模块中提供的有限航空运输TOC的默认排放强度作为备选方案。

需要注意的是，这些默认值建立在特定假设基础之上，尽管它们对于典型的行业条件具有一定的代表性，但由于关键影响参数存在较大的不确定性，因此可能与特定航班的实际排放强度存在显著差异。实际排放强度与默认值之间的偏差可能高达±50%。例如，若默认排放强度为800 g/tkm，则实际值可能在400～1200 g/tkm之间波动。

为了更准确地评估空运排放对货主（托运人）碳足迹的贡献，建议在没有原始数据的情况下采用自下而上的计算方法（工具）进行排放建模。该模型应考虑以下关键因素：

- 为了更准确地评估空运排放对货主（托运人）碳足迹的贡献，建议在没有原始数据的情况下采用自下而上的计算方法（工具）进行排放建模。该模型应考虑以下关键因素：
- 在整个航线计划期间内预定的航班数量，包括考虑某些时段与飞机实际运行可能出现的偏差。

- 针对不同飞机类型的模拟燃料消耗进行计算，特别是与引擎类型密切相关的燃料消耗。在此过程中应透明地使用制造商提供的数据或通过对大量原始数据集进行评估得出结果。
- 根据行业平均值计算每种机型在规定时间段内的负载情况，并至少区分客机和货机之间的平均值差异。此外，为了确保计算的一致性和准确性，应在一年内将排放计算均匀分布。

除了上述基本因素外，还可以考虑以下额外参数以进一步完善模型：

- 飞机类型的具体配置信息，包括座椅数量、货舱容量以及相关的载重量等。
- 对飞机类型实际运营情况的了解，特别是它们实际飞往的地点可能与计划存在偏差的情况。

需要特别注意的是，所有与温室气体活动相关的参数（例如机型、负载因素、相关燃料消耗以及航线细节等）在建模和聚合过程中必须保持与飞行方向和季节无关的特性。这意味着在航线的两个方向以及夏季与冬季的计划中，应确保这些参数均匀分布，避免在不同客户和范围3排放报告实体之间出现计算输出差异的情况。尤其是对于在一年中不同时间或不同方向（FRA–NYC与NYC–FRA），且由相同的舰队组成运营的机场。

3.3 除燃料消耗外的温室气体活动

在评估航空领域的温室气体排放时，除了考虑燃料消耗这一主要因素外，还需关注其他与飞行活动相关的排放源，特别是制冷剂的使用。以下是关于制冷剂使用及其相关排放的具体考虑因素：

- 飞行过程中，飞机空调系统的运行会产生相应的温室气体排放，为了准确评估这部分排放，需要将其与每吨公里的排放强度相结合进行计算。同时，考虑到客机与货机以及不同飞行距离在制冷剂使用方面可能存在的显著差异，我们需要在相关的TOC内按比例对这些排放进行分配，确保能够真实反映其最终使用情况。
- 在建立温室气体排放模型时，如果缺乏原始数据支持，我们可以采用行业平均值作为特定输入参数的替代值。为了确保数据的可靠性和透明度，在采用行业平均值时应明确标注数据来源和参考文献。此外，这些参数应被视为每千吨公里或每千克货物的额外温室气体排放量，并在模型中单独列出，以便于后续进行分析和比较。
- 针对需要温度控制的货物（如鲜鱼、鲜花等），我们应单独追踪其在运输过程中所使用的制冷剂类型和数量，并将由此产生的排放分配给相应的货物。

此外，在计算过程中还需注意以下几点：一是与货物相关的额外配件（如冰袋或类似物品）的重量应计入货物的总重量中，因为这些配件会增加燃料的消耗和与之相关的排放；二是用于温度控制的设备（如冰床）在运行过程中所消耗的能量也应纳入考虑范围，其产生的排放同样会对整体环境影响产生贡献。

4. 海运温室气体排放的计算方法

由于海运涉及多种类型的船舶（如散货船、集装箱船、滚装船、滚装客船、轮渡等），其温室气体排放的计算方法（尤其是针对不同货物类型的排放分配）可能会有所差异。因此，选择适合特定服务类型的计算方法至关重要。

4.1 集装箱运输

在全球航运中，一种主要类型是海运集装箱船。相关的方法论已经由CCWG（现在是清洁货物，参见第2.3章）在多年的发展和修订中制定，该组织涵盖了全球85%的集装箱船的数据。

对于非Clean Cargo成员，将按年度提供特定贸易航线碳强度数据，该数据是对所有报告的运输企业的数据进行平均得出的（参见本章第2模块）。用户需要注意，排放强度是基于70%的行业平均负载率和在相应贸易航线停靠不同数量港口的情况计算的。这些值可以应用于任意港口之间的航程。集装箱航运的最终用户因素是根据CCWG方法[24]中呈现的阶段进行计算的，该方法目前已提升至更高颗粒度级别的TOC。

目前，我们为用户提供了三个层次的信息选项，这些选项对应于不同的TOC种类。用户在选择时，应基于自身对所需信息的起点和终点水平的了解。为了更好地理解和选择适合的信息层次，请参阅本章第2模块中的表16和表17，它们将为您提供详细的指导和参考。这些层次包括：

- CCWG整体行业平均水平。
- 针对主要贸易航线分组的五组数据，每组数据都是基于其内部详细贸易航线的流量加权平均得出（详见下文）。
- CCWG贸易航线的完整集合。

与相较于复杂的工具，这些因素在计算时可能会呈现出较低的颗粒度。然而，鉴于该方法在Clean Cargo用户群中的广泛接受度及持续的发展，我们推荐应用这些因素，以确保运输链中不同参与者之间计算的一致性。

若服务购买方（例如货运代理企业、货主）选择不使用现有的TOC强度因素，他们还可以选择采用获得SFC认证的排放计算工具。这些工具的原始排放强度是基于实际距离来计算的。因此，用户需要应用一个15%的距离校正因子（DAF），以弥补实际距离与大圆航线距离之间的差异。但请注意，本章第2模块的表16 和表17中所列的最终用户因素已经预先进行了相应调整，用户在进行计算时可以直接使用计划距离，无须再次调整。

示例：
一位货主计划将10个TEU的集装箱的货物从汉堡运往上海。他可以应用亚洲至北欧贸易航线的最终用户排放强度值，该值为49.9 g /TEU-km。海运工具提供的信息显示港口之间的距离为21,000km。因此，这10个集装箱的总排放量计算如下：

10 TEUs × 21,000 km × 44.1 g /TEU-km = 9.26 t

如果这10个集装箱中有5个是冷藏集装箱，那么在这条贸易航线上，冷藏运输的排放强度为114.8 g/TEU-km。因此，需要应用该值来计算这5个集装箱的总排放量，即：

5TEU×21,000 km×114.8 g/TEU-km =12.05 tCO_2e

4.2 使用原始数据

Clean Cargo为其成员提供了基于不同TOC颗粒度级别的温室气体排放强度原始数据。这些数据详尽且具体，充分考虑了成员的实际运营情况。其中，最高颗粒度级别的数据涵盖了Clean Cargo中所有运输企业特定的贸易航线，为计算海运集装箱排放提供了全面而准确的信息。这些每年发布的数据旨在满足那些需要计算和报告范围3海运集装箱排放的企业的需求。

在根据原始数据输入计算其排放强度时，承运人面临的挑战有：

- 基于TCE的实际情况，准确计算环线服务中装货港和卸货港之间的距离；
- 确定每个TCE的实际集装箱负载也是一项关键任务，这要求承运人详细了解每个集装箱的装载情况；
- 明确相关的运输活动类别（TOC）及其特征；
- TOC的冷藏集装箱装载比例（即两个港口之间冷藏槽位的使用容量）；
- 明确每种类型燃料的实际燃料消耗情况（对应于TOC）；
- TOC的辅助引擎能耗；
- 在每个港口停泊期间岸电的能耗（应将其转换为温室气体排放并加到TOC的总排放量中）；
- 与TOC相关的每艘船的制冷剂使用情况。

为了创建准确的排放强度指标，承运人需要按照每个标准箱公里（TEU-km）和吨公里（tkm）进行计算。在实际操作中，他们可以使用实际的TEU填充率或每TEU10t的标准转换来进行计算。在某些特定情况下，如果合理且适用，承运人还可以选择使用6t的轻型货物或14.5t的重型货物作为计算基准。

可以从这些数据中得出有用的聚合水平。这些都对承运人可用，但不应在同一系统中合并：

- 所有往返港口的排放，包括在港停留期间的排放，可以按照g/TEU-km和g/tkm的排放强度在整个船舶往返航程上进行聚合，适用于该往返航程内的所有港口对，并由此得出。
- 如果服务中的船舶在发动机设计（燃料类型）和尺寸级别上差异不大，那么可以在聚合服务水平上对多艘船舶的排放进行聚合。

无论情况如何，承运人都应提供符合ISO 14083标准的基于TOC和TCE的原始数据。

4.3 使用二级（模型）数据

在海运业中，存在多种工具可以对数据进行建模，以呈现从详细到概括的不同颗粒度级别的信息。其中，高级别的工具能够通过GPS精确追踪船舶位置，并提供关于引擎功率、船舶吃水深度，以推算负载率乃至燃料类型组成的详尽数据。而相对简单的工具则可能采用平均参数来估算距离、船舶尺寸、装载率和燃料类型等要素。为确保不同工具产生的计算结果具有一致性，我们必须对这些工具在各种颗粒度级别下的表现进行细致入微的审查。

无论使用何种建模方法，都必须严格遵循ISO 14083标准，采纳符合规定的TOC集合。在计算TOC的排放强度时，应以SFD作为基准参数。若该数据无法获取，我们必须应用适当的DAF，调整TCE的运输活动数据。此外，任何空驶情况也应被纳入运输活动类别的计算范畴之内。

尽管精细化的建模方法使用的频率很高，但在实际应用中很容易偏离这些既定原则。因此，在进行范围3排放的计算时，必须排除那些由于天气条件恶劣、港口拥堵等不可抗力因素导致的额外绕行情况。这类绕行会违背ISO 14083标准的核心原则，即确保计算结果的准确性、公正性和可比性。我们的目标是得出范围3排放者应当考虑的实际排放量，特别是在考虑到碳定价机制和替代化石燃料所需的高昂投资成本时。

4.4 散货海运

在散货海运领域，尤其是短期租赁操作中，ISO 14083标准设定了一项特定例外：不要求强制实施往返逻辑来划定运输活动类别（TOC）。尽管如此，将空载情况纳入TOC定义仍然至关重要，因为这有助于全面评估运输活动的环境影响。当存在前置调配航段时，其相关排放也应纳入整体考量，以确保排放计算的完整性和准确性。

示例

为了更直观地理解这一标准在实践中的应用，我们可以参考一个虚构的例子：

某航运企业租用了一艘散货船，计划从亚洲运送货物至南美。同时，该企业还将部分舱位分租给了其他两个客户，用于从南美的不同地点运输货物至亚洲。在这样的操作模式下，承租方与各方客户达成了一致，将单次航程作为定义运输活动类别（TOC）的基础。

在确定运输链要素时（见表9），我们注意到TOC涵盖了运输链中的关键环节，包括装载、运输和卸载等过程。

排放和强度的计算均基于TOC的框架进行，并应用于每个TCE。同时，与每个枢纽相关的装卸活动所产生的排放则根据HOC进行计算。

在这个例子中，承租方能够获取关于运输TCEs的详细原始数据。然而，对于枢纽TCEs的排放情况，由于枢纽运营商未能提供相关数据或进行相应计算，承租方只能依赖于默认数据估算其排放影响。

接下来是具体的TOC计算过程：

根据已知的运营特性（见表10），货主A的货物在B地装载后一直保持在船上，直至抵达D地；而货主B的货物则在C地装载并同样保持在 船上直至E地。

表 9
散货海运TCE的示例

地点	航段描述	地点	航段描述	地点	航段描述	地点	航段描述	地点
A （亚洲）	A > B	B （S. Am.）	B > C	C （S.Am.）	C > D	D （亚洲）	D > E	E （亚洲）
	TCE1	TCE2	TCE3	TCE4	TCE5	TCE6	TCE7	TCE8
	空载航段	枢纽（装载）	载货航段 1	枢纽（装载）	载货航段 2	枢纽（卸货）	载货航段 3	枢纽（卸货）

表 10
散货海运租船运输TCE特征的示例

	TCE1	TCE3	TCE5	TCE7	总计
燃料 （超低硫燃油） 消耗 （t）	381.27	83.75	780.2	82.26	1327.48
燃料 （船用柴油）消耗（t）	1.02	0.36	15.4	3.10	19.88
距离 （km）	7,565	1,458	11,844	1,432	22,299
总货重（t）	0	39,369	56,855	17,486	113,719
总活动 （tkm）	0	57,400,002	673,390,620	25,039,952	755,830,574
货主A的货重 （t）	0	39,369	39,369	0	78,738
货主A的运输活动（tkm）	0	57,400,002	466,286,436	0	523,686,438
货主B的货重（t）			17,486	17,486	34,972
货主B的运输活动（tkm）	0	0	207,104,184	25,039,952	232,144,136

运输活动类别（TOC）排放量基于使用的每种燃料的总和，具体如下：

超低硫油 (VLSFO)
能源生产阶段的温室气体排放：1327.48 × 1000 × 0.68 = 902,686 kg CO_2e
运营阶段的温室气体排放：1327.48 × 1000 × 3.16 = 4,194,837 kg CO_2e
总温室气体排放：1327.48 × 1000 × 3.79 = 5,097,523 kg CO_2e

船用柴油(MGO)
能源生产阶段的温室气体排放：19.88 × 1000 × 0.61 = 12,127 kg CO_2e
运营阶段的温室气体排放：19.88 × 1000 × 3.26 = 64,809 kg CO_2e
总温室气体排放：19.88 × 1000 × 3.87 = 76,936 kg CO_2e

从模块1中获取的北美地区超低硫油（VLSFO）和船用柴油（MGO）的排放因子。
总 TOC 能源生产阶段的温室气体排放：902,686 + 12,127 = 914,813 kg CO_2e
总 TOC 运营阶段的温室气体排放： 4,194,837 + 64,809 = 4,259,646 kg CO_2e
总 TOC 温室气体排放：5,097,523 + 76,936 = 5,174,459 kg CO_2e

温室气体排放强度 = 总温室气体排放量除以总运输活动量。
TOC能源生产阶段的温室气体排放强度： 914,813 / 755,830,574 = 0.00121kg CO_2e / tkm
TOC运营阶段的温室气体排放强度：4,259,646 / 755,830,574 = 0.00564 kg CO_2e / tkm
TOC 总体温室气体排放强度：5,174,459 / 755,830,574 = 0.00685 kg CO_2e / tkm

枢纽活动类别（HOC）特性

因为承租人必须依赖于枢纽操作的默认数据，而所有的枢纽都被视为通用的散装货物码头，所以他们使用了一个默认值1.3 kg CO_2e / t。

货主A整个运输链的计算：
该计算适用于运输链要素（TCE），其中货主A的货物被运输或处理（即装载运输链要素2和卸载运输链要素6）。

表 11 散货海运租船运输的TCE特征示例

	TCE1	TCE2	TCE 3	TCE4	TCE5	TCE6	TCE7	TCE 8
TOC活动	0	0	57,400,002		466,286,436		0	
HOC活动		39,369		0		39,369		0
能源生产阶段的温室气体强度(kg CO_2e / tkm)	0.00121	0	0.00121	0	0.00121	0	0.00121	0
能源生产阶段的温室气体排放(kg CO_2e)	0	0	69,474	0	564,366	0	0	0
运营阶段的温室气体强度 (kg CO_2e / tkm)	0.00564	1.3	0.00564	1.3	0.00564	1.3	0.00564	1.3
运营阶段的温室气体排放 (kg CO_2e)	0	51,180	323,490	0	2,627,857	51,180	0	0
整体温室气体强度 (kg CO_2e / tkm)	0.00676	1.3	0.00676	1.3	0.00676	1.3	0.00676	1.3
总温室气体排放 (kg CO_2e)	0	51,180	392,964	0	3,192,223	51,180	0	0

注意：运输链要素1，即空载航段的温室气体排放为零，因为该航段的实际排放被重新分配到运输链的其他部分的运输活动中。

货主A的运输链的总温室气体排放量是每个运输环节的温室气体排放量之和，即：
总的TCE能源生产阶段的温室气体排放：633,839 kg CO_2e
总的TCE运营阶段的温室气体排放：3,053,707 kg CO_2e
总的TCE温室气体排放量：3,687,546 kg CO_2e

货主A的运输链总体温室气体排放强度是通过总温室气体排放量除以总运输活动来计算的：
3,687,546 / 523,686,438 = 0.00704 kg CO_2e / tkm.

4.5 滚装客船运输的温室气体排放计算

某滚装客船航线运营商希望详细计算和报告其船舶在特定时段内货物运输所产生的温室气体排放，以下是具体的计算实例和结果：

例子：
在某一时段内，该船舶在其常规航线上使用了4000t超低硫燃油（VLSFO），航行距离为120 km。根据适用于北美地区的VLSFO排放因子，我们得出了以下计算结果：
能源生产阶段的温室气体排放：4000× 1000× 0.68 = 2,720,000 kg CO_2e
运营阶段的温室气体排放：4000t × 1000 × 3.16 = 12,640,000 kg CO_2e
总温室气体排放：4000× 1000 × 3.84 = 15,360,000 kg CO_2e

表 12
滚装客船的不同运输活动示例

	数量	乘客等效人数	总乘客等效人数	运输活动份额 (%)
乘客和行李	478500	1	478500	37.5
乘用车	90000	1.3	117000	9.2
公共汽车	1000	10	10000	0.8
房车（小型）	500	1.1	550	0.0
房车（中型）	500	2.3	1150	0.1
房车（大型）	500	3.5	1750	0.1
摩托车	1000	0.3	300	0.0
无人伴随重型货车拖车	4000	14	56000	4.4
重型货车	34000	18	612000	47.9
总计			**1277250**	**100**

参考船舶的实际运营数据（见表12），我们进一步细分了货运部分不同类型车辆的温室气体排放：

无人伴随重型货车（HGV）拖车：
能源生产阶段的温室气体排放：0.044 x 2,720,000 = 119,256 kg CO_2
运营阶段的温室气体排放： 0.044 × 12,640,000 = 554,191 kg CO_2e
总温室气体排放：0.044 × 15,360,000 = 673,447 kg CO_2e

重型货车:
能源生产阶段的温室气体排放：0.479 x 2,720,000 = 1,303,300kg CO_2e
运营阶段的温室气体排放：0.479 × 12,640,000 = 6,056,512 kg CO_2e
总温室气体排放：0.479 × 15,360,000 = 7,359,812 kg CO_2e

为了更好地了解排放强度，我们设定典型重型货车的平均质量为29.6t（空载车辆质量为14t，货物质量为15.6t），并进行了如下计算：

整体载货车辆的温室气体排放强度：
能源生产阶段的温室气体排放强度：1,303,00/（34,000 x 120 x 29.6）= 0.0108 kg CO_2e /tkm
运营阶段的温室气体排放强度：6,056,512/（34,000 x 120 x 29.6）= 0.0502 kg CO_2e/tkm
总温室气体排放强度：7,359,812 /（34,000 x 120 x 29.6）= 0.0610 kg CO_2e/tkm

如果仅考虑货物部分的温室气体排放，我们得到以下结果：
货物部分的温室气体排放强度：
能源生产阶段的温室气体排放强度: 1,303,00kg/（34,000km x120 x15.6t）= 0.0108 kg CO_2e/tkm
运营阶段的温室气体排放强度：6,056,512kg/（34,000km x120 x15.6t）= 0.0952 kg CO_2e/tkm
总温室气体排放强: 7,359,812kg/（34,000km x 120 x 15.6t）= 0.0610 kg CO_2e/tkm

以上计算结果提供了该滚装客船航线运营商货物运输部分的详细温室气体排放情况，有助于其了解并优化运营过程中的环境影响。请注意，以上数据仅为示例，实际计算中应使用实际航次、燃油消耗量等准确数据以确保结果的可靠性。

表 13
用于枢纽计算示例的排放因子

能源载体（地区）	"油箱到车轮" （HEO）	"油井到油箱" （HEEP）	总计	来源
电力（德国）	-	**0.44 kg CO_2e/kWh**	**0.44 kg CO_2e/kWh**	**EcoTransIT World [24]**
柴油（欧洲）	**2.68 kg CO_2e /L**	**0.8 kg CO_2e/L**	**3.48 kg CO_2e/L**	**ecoinvent 3.9.1 节选**
柴油（含5%生物柴油）（欧洲）	**2.54 kg CO_2e/L**	**0.82 kg CO_2e/L**	**3.36 kg CO_2e/L**	**计算基于ecoinvent 3.9.1 节选 和 ETW 2022 EU Mix, 修正**
天然气（欧洲）	**0.21 kg CO_2e/kWh**	**0.08 kg CO_2e/kWh**	**0.29 kg CO_2e/kWh**	**ecoinvent 3.9.1 节选**

5. 枢纽运营中的温室气体排放计算

在物流运输中，枢纽运营是一个关键环节，它通常涉及货物从一种运输方式或运输工具转移到另一种。在这一过程中，不可避免地会产生温室气体排放。这些排放主要由两部分组成：一是枢纽设备操作（如装卸、搬运等）所产生的排放（TTW或HEO）；二是为这些设备提供能源（如电力、燃料等）所产生的排放（WTT或HEEP）。

为了准确计算枢纽运营的温室气体排放，我们需要从实际情况出发，基于可获取的数据进行计算。以下是一个基本案例的计算示例，该示例假设我们能够获取与温室气体排放直接相关的活动数据，如电力消耗、燃料使用等。

在这个示例中，我们考虑了两种不同情景下的排放计算：

- 具有一个枢纽和一个平均排放强度值的HOC。
- 具有一个枢纽和两个排放强度值的HOC。

然而，在实际应用中，我们可能无法总是获取到完整和准确的原始数据。为了解决这个问题，我们建议采用物流枢纽的默认值作为估算依据（具体参考本章第2模块）。

最后，为了方便读者查阅和对照，我们在表13中提供了本示例中所使用的排放因子的概览。

表 14
示例数据: 具有一个枢纽和一个平均排放强度值的HOC

排放源	不同能源的温室气体活动数据		每个活动的温室气体排放
装卸集装箱	电力	1,100,000 kWh	484,400 kg CO_2e
	柴油	75,000 l	261,000 kg CO2e
	柴油（含5% 生物柴油）	30,000 l	100,800 kg CO_2e
一般操作	天然气	32,000 l	9,319 kg CO2e
	电力	160,000 l	70,400 kg CO2e
冷藏站	电力	150,000 kWh	66,000 kg CO_2e
HOC的总温室气体排放			**991,519 kg CO_2e**

5.1 货运枢纽案例分析——具有单一枢纽和统一平均排放强度的HOC

本案例以德国某集装箱码头为研究对象，该码头专注于处理干货和冷藏货物的集装箱。已知的总年度枢纽活动数据为4,250,000t。基于这些数据，我们推导出了一个统一的平均排放因子。

在计算过程中，我们首先估算了由集装箱处理、一般操作以及冷藏站运营所产生的总温室气体排放量。随后，我们结合总年度枢纽活动量，计算出了枢纽运营的平均温室气体排放强度值。

为了简化计算和分析过程，本案例仅展示了温室气体活动数据与总温室气体排放因子之间的乘积关系。然而，如果需要进行更深入的分析，我们可以考虑使用针对HOC（TTW）和HEEP（WTT）的特定排放因子，以获取更精确的结果。

通过将HOC的总温室气体排放量除以总年度枢纽活动量，我们得到了以下结果：

平均温室气体排放强度值：991,519 kg CO_2e / 4,250,000 t = 0.23 kg CO_2e/t

需要注意的是，由于缺乏更详细的数据支持，我们无法对枢纽活动进行更细致的划分。因此，在使用这种平均排放强度值的情况下，对于某些类型货物排放估算值可能会存在一定的误差。例如，常温货物的排放可能被高估，而冷藏货物的排放则可能被低估。为了改进这一情况，我们建议在未来收集更详细的数据，以便对不同枢纽运营活动的温室气体排放进行更准确的评估。

尽管如此，基于现有数据得出的HOC温室气体排放强度因子仍然具有一定的参考价值。供应链客户可以将这一因子应用于其运输链中，初步评估自身环境影响。

5.2 货物运输枢纽案例——具有单一枢纽和双排放强度值的HOC

本案例依然以德国的同一集装箱码头为研究对象，但与之前案例的不同之处在于，我们现在掌握了关于年度枢纽活动的更详细数据。该集装箱码头分别处理干货4,200,000 t和冷藏货物50,000 t。

鉴于数据的细化，我们现在可以识别出两个不同的排放强度值：一个针对常温货物的枢纽运营，另一个针对冷藏货物的枢纽运营。

因此，我们区分了与所有类型货运相关的通用流程（如集装箱装卸和一般操作，其温室气体排放归纳为“通用组”）以及专门针对冷藏货物的流程（如冷藏站操作，其温室气体排放归纳为“冷藏货物组”）。对于仅涉及常温货运的流程，我们也进行了相应识别。

为了简化分析，本案例仅展示了温室气体活动数据与总温室气体排放因子之间的乘积关系。如果需要进行更深入的分析，我们可以考虑使用针对HEO（TTW）和HEEP（WTT）的特定排放因子。

表 15
示例数据：具有一个枢纽和两个排放强度值的HOC

排放源	不同能源的温室气体活动数据		每个活动的温室气体排放
装卸集装箱	电力	1,100,000 kWh	484,000 kg CO_2e
	柴油	75,000 L	261,000 kg CO2e
	柴油（含5% 生物柴油混合物）	30,000 L	100,800 kg CO2e
一般操作	天然气	32,000 kWh	9,319 kg CO_2e
	电力	160,000 kWh	70,400 kg CO2e
	HOC的温室气体排放“通用组”		925,519kg CO2e
冷藏站	电力	150,000 kWh	66,000 kg CO2e
HOC的温室气体排放特定组	“冷藏货物”		66,000 kg CO2e
HOC的总温室气体排放			**991,519 kg CO_2e**

接下来，我们计算了适用于常温货物和冷藏货物装卸和操作的通用排放强度：

通用温室气体排放强度：
925,519 kg/ 4,250,000 t = 0.218 kg/t

对于仅与50,000 t冷藏货物枢纽运营活动相关的冷藏站排放（即“冷藏货物”组的温室气体排放），我们进行了如下计算：

冷藏货物温室气体排放强度：
66,000 kg/ 50,000 t = 1.32 kg/t

现在，我们可以推导出处理常温货物和处理冷藏货物的相应排放强度值。由于没有为常温货物进行特定的额外操作，其温室气体排放强度值等于通用温室气体排放强度值。

常温货物的温室气体排放强度值：
0.218 kg/t

对于冷藏货物，其温室气体排放强度值则是通用温室气体排放强度与冷藏货物温室气体排放强度的总和：

冷藏货物的温室气体排放强度值：
0.218 kg/t + 1.32 kg/t = 1.54 kg/t

这些HOC温室气体排放强度值可以为供应链客户提供有价值的参考信息。客户可以将这些强度值应用于他们自己的运输链或总体碳排放评估中。例如，要计算一批87t集装箱干货的客户特定转运排放，只需将货物量乘以常温货物的温室气体排放强度值：

常温货物的客户特定计算：
87t ×0.218 kg/t = 19.0kg

同样地，要计算100t冷藏货物的排放，可以使用相应的冷藏货物温室气体排放强度值：

冷藏货物的客户特定计算：
100 t ×1.54 kg/t = 154 kg

3 参考文献

1. Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC(2023): AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023; on https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/ ; last accessed 24/09/2024
2. Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC (2014): AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014; on https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/ ; last accessed 24/09/2024
3. https://ecoquery.ecoinvent.org/3.9.1/cutoff/search
4. www.ifeu.de, Infras & Fraunhofer EcoTransIT World: Environmental Methodology and Data; on https://www.ecotransit.org/en/ ; last accessed 30/09/2024
5. CORSIA 2019: CORSIA supporting document: CORSIA Eligible Fuels – Life Cycle Assessment Methodology. 2019
6. JEC 2020: Prussi, M., Yugo, M., De Prada, L., Padella, M., Edwards, R., Lonza, L. JEC Well-to-Tank report v5,EUR 30269 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020, ISBN 978 92 76-19926-7, doi: 10 .2760/ 959137, JRC119036 https://joint-research-centre.ec.europa.eu/welcome-jec-website/jec-publications/jec-version-5-2020_en ; last accessed 30/09/2024
7. European Commission Fuel EU Maritime Annex COM(2021) 562 final, July 2021
8. REDII (2018): Renewable Energy – Recast to 2030 (RED II); on https://joint-research-centre.ec.europa.eu/welcome-jec-website/reference-regulatory-framework/renewable-energy-recast-2030-red-ii_en ; last viewed 30/09/20249. Argonne National Laboratory (2022): The Greenhouse Gases, Regulated Emissions, and Energy Use in Transportation Model (GREET); on https://www.anl.gov/topic/greet ; last accessed 23/03/2023
9. Argonne National Laboratory (2023): The Greenhouse Gases, Regulated Emissions, and Energy Use in Transportation Model (GREET); on https://greet.anl.gov/index.php; last accessed 12/09/2024
10. US EPA eGRID 2022 Summary Tables on: https://www.epa.gov/system/files/documents/2024-01/egrid2022_summary_tables.pdf ; last accessed 12/09/2024
11. BioEm project report; on: https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/aktualisierung-der-eingangsdaten-emissionsbilanzen; last accessed 02/10/2024
12. ICAO Carbon Emissions Calculator Methodology Version 11 Methodology ICAO Carbon Calculator_v11.1-2018.pdf ; last accessed 02/10/2024
13. Base Carbone: https://bilans-ges.ademe.fr/
14. GILA - German, Italian & Latin American consortium for resource efficient logistics hubs & transport -Fraunhofer IML; on https://www.iml.fraunhofer.de/gila ; last accessed 02/10/2024
15. Dobers, K., Jarmer, J.-P. (2023): Guide for Greenhouse Gas Emissions Accounting at Logistics Hubs. doi:10.24406/publica-2261
16. UIC Railway handbook 2017 ; on: https://uic.org/IMG/pdf/handbook_iea-uic_2017_web3.pdf; last accessed 02/10/2024
17. International Energy Agency IEA: Annual GHG emission factors for World countries from electricity and heat generation; https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/emissions-factors-2022 ; last accessed 02/10/2024
18. EcoTransIT World: Environmental Methodology and Data Update 2024; on: https://www.ecotransit.org/wp-content/uploads/20240308_Methodology_Report_Update_2024.pdf; last viewed 12/09/2024
19. SmartWay 2024 SmartWay Online Shipper Tool: Technical Documentation - U.S. Version 1.0 (Data Year 2023) ; last accessed 22/08/2024
20. Handbook of Emission Factors HBEFA www.hbefa.net
21. UK Government GHG Conversion Factors for Company Reporting: Greenhouse gas reporting: conversion factors 2022 - GOV.UK (www.gov.uk) ; last accessed 02/10/2024
22. Network for Transport Measures: Network for Transport Measures
23. International Maritime Organisation IMO (2020): Fourth Greenhouse Gas Study 2020; ; last accessed 02/10/2024
24. Clean Cargo Working Group (2015). Clean Cargo Working Group Carbon Emissions Accounting Methodology. Clean_Cargo_Emissions_Calculation_Methods_2015-06_2.pdf (smart-freight-centre-media.s3.amazonaws.com)
25. ISO 14083:2023 Greenhouse gases — Quantification and reporting of greenhouse gas emissions arising from transport chain operations (2023); https://www.iso.org/standard/78864.html ; last accessed 25/09/2024
26. Schmied, M. (2017): Umweltorientierte Logistikstrategien – Beweggründe, Ansatzpunkte, Instrumente; Presentation at Hochschule für Technik Stutgart, 18/12/2017
27. US EPA Rail : SmartWay Rail Carrier Tools and Resources ; on https://www.epa.gov/smartway/smartway-rail-carrier-tools-and-resources; last accessed 02/10/2024
28. International Maritime Organisation IMO (2024): Resolution MEPC.391(81); 2024 Guidelines on Life Cycle GHG Intensity of Marine fuels on https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.391(81).pdf; last accessed 12/09/2024
29. ifeu 2021: ifeu refinery model. https://www.ifeu.de/en/project/modellierung-von-raffinerie-und-petrochemischer-industrie?sword_list%5B0%5D=refinery&sword_list%5B1%5D=model
30. China Default GHG Emission Values V1.0– Complementing GLEC Framework v3.0 (2024): https://smart-freight-centre-media.s3.amazonaws.com/documents/GLEC3.0_China_Default_GHG_Emission_Values_V1.0.pdf; last accessed 12/09/2024
31. 西南交通大学交通运输与物流学院, 综合交通大数据应用技术国家工程实验室-智慧物流大数据应用 技术实验室. Preliminary Investigation and Research on Freight Industry. 2019; https://www.efchina.org/Attachments/Report/report-ctp-20201103/Preliminary-Investigation-and-research-on-freight-industry.pdf/view; last accessed 02/10/2024
32. IPCC. 2006 IPCC Guidelines: V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.Pdf.; 2006. Accessed June 9, 2023. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf; last accessed 02/10/2024
33. 陆上交通运输企业 温室气体排放核算方法与报告指南 （试行）. https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/201511/W020190905506438255108.pdf; last accessed 02/10/2024
34. NDRC. 报批稿《物流企业温室气体排放核算与报告要求).pdf. Published online 2023

3 参考文献

35. NDRC. 省级温室气体清单编制指南（试行）. 2011; http://www.cbcsd.org.cn/sjk/nengyuan/standard/home/20140113/download/shengjiwenshiqiti.pdf; last accessed: 02/10/2024
36. Smart Freight Centre. Measuring and Reporting the Carbon Footprint of Electric Freight Vehicle Operations: Whitepaper. 2024. https://smart-freight-centre-media.s3.amazonaws.com/documents/240129_EV_Emissions_reporting_v3.0_FINAL.pdf. ; last accessed: 02/10/2024
37. Scarlat, N., Prussi, M., & Padella, M. (2022). Quantification of the carbon intensity of electricity produced and used in Europe. Applied Energy, 305, 117901. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117901; last accessed" 02/10/2024
38. Moro, A., & Lonza, L. (2018). Electricity carbon intensity in European Member States: Impacts on GHG emissions of electric vehicles. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 64, 5–14. https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.07.012; last accessed: 02/10/2024
39. Smart Freight Centre. (2019). Global Logistics Emissions Council Framework for Logistics Emissions Accounting and Reporting. Version 2.0.
40. IEA. (2023). CO2 Emissions in 2022.; https://iea.blob.core.windows.net/assets/3c8fa115-35c4-4474-b237-1b00424c8844/CO2Emissionsin2022.pdf; last accessed: 02/10/2024
41. CE Delft. (2022). Ketenemissies elektriciteit: Actualisatie elektriciteitsmix 2019. Rijkswaterstaat; Ministerie van Infrastructuur en Waterstaa; https://ce.nl/wp-content/uploads/2022/01/CE_ Delft_210436_Ketenemissies_elektriciteit_Def.pdf ; last accessed: 02/10/2024

4

附件



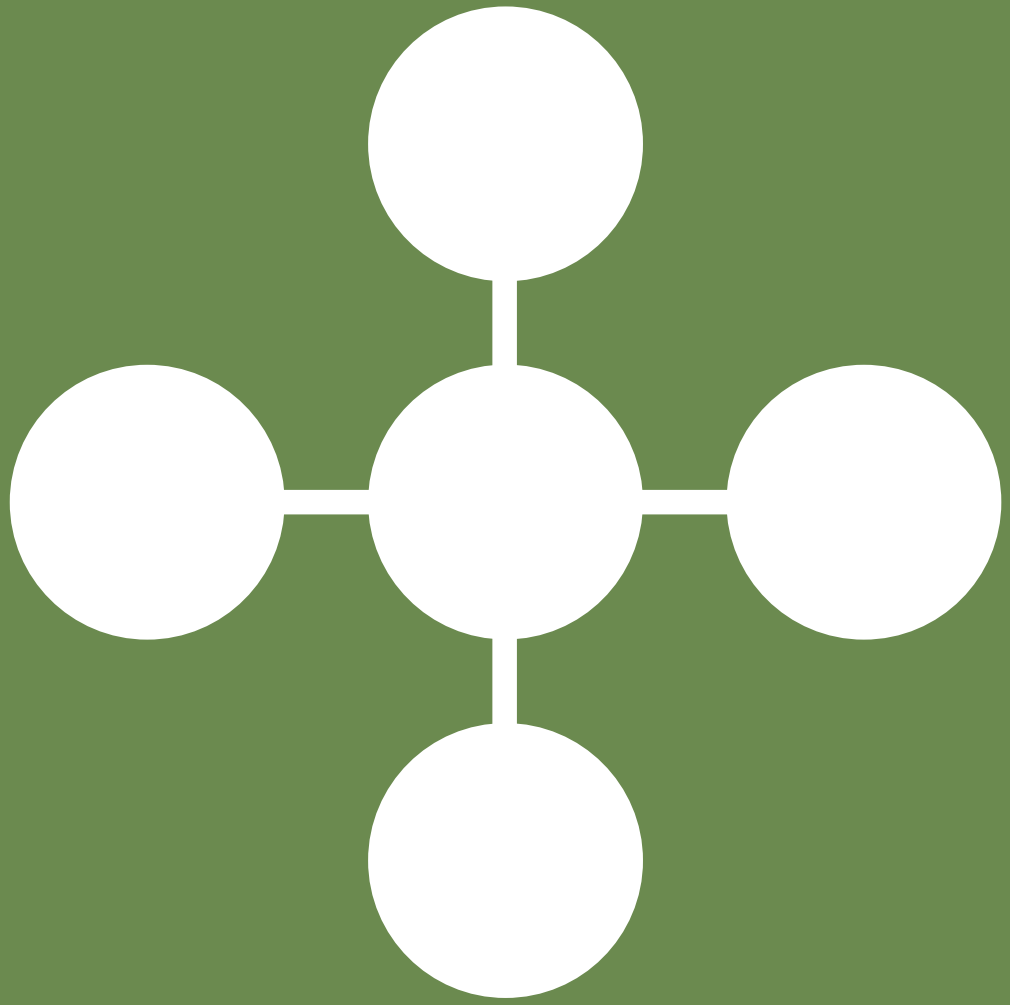
第5模块
计算欧洲化工行业运输和物流的温室气体排放量



单位换算

缩略语表
术语表

4 第5模块
计算欧洲化工行业运输和物流的温室气体排放量



1.介绍

欧洲化学工业委员会（Cefic）代表着欧洲化工行业的主导力量，其成员已深刻认识到减少货运对环境的全面影响的重要性。因此，了解供应链内货物运输所产生的温室气体排放对他们而言至关重要，这涉及从进场到面向客户的整个运输流程。借助相关指导方针，他们能够获取必要的知识，进而采取有效措施降低温室气体排放所带来的影响。

Cefic与欧洲化学品运输协会（ECTA）作为代表化学品生产商的专业运输机构，于2011年3月联合发布了首个适用于欧洲化学品行业的货运操作指南，该指南专注于“油箱到车轮”（TTW）的温室气体排放计算。自此以后，温室气体排放计算领域取得了显著进展，不仅涵盖了通用标准(如2012年发布的EN16258标准)，还针对货运业务推出了专门框架（如2016年首次发布的GLEC框架以及2023年发布的ISO14083标准）。值得注意的是，自2021年9月GLEC框架更新以来，大多数化石燃料的“油井到油箱”（WTT）排放因子出现了显著增长。有关此方面的更多详细信息，可在GLEC框架的本章第1模块中查阅。

尽管存在各种变化，但整个计算过程的基本原理始终如一：

- 首先，明确运输过程中所使用的燃料数量及其种类。
- 接着，将这些燃料消耗转化为“油井到车轮”（WTW）的温室气体排放，折算成二氧化碳当量，以质量表示。
- 然后，将涉及清洁和仓储服务的温室气体排放与运输及物流活动相关联，以吨公里为单位进行衡量。
- 最终，得出温室气体排放的总量和强度，以每吨公里的二氧化碳当量（CO_2e）表示。

该过程在GLEC框架第1部分第4节中有更详细的说明。

这份最新报告揭示了过去12年间的行业变革，并为该行业提供了一个契机，以回应投资者、立法机构及客户在减少货运环节温室气体排放方面日益增强的要求。鉴于货运被视为“难以减碳”的环节，采纳本指南意味着该行业正在采纳当前最佳实践，专门针对化工行业的特点进行调整，并为应对未来几年愈发严峻的脱碳挑战做好准备。

本报告在计算温室气体排放时，涵盖了与化工供应链直接相关的运输和物流活动。重点关注企业在合同中承担的运输和物流责任，特别是将成品运送至客户的过程。此外，企业也可对供应链中由其他实体负责的运输活动进行估算，例如原材料的场内运输。然而，由于对某些参数的了解有限，这些估算在很大程度上依赖于假设。这些假设不可避免地会受到更大不确定性的影响。因此，我们强烈建议将运输排放数据纳入合同方的排放报告中，以提高透明度和准确性。

活动包括：

- 运输本身，包括为完成服务所进行的车辆调度。
- 物流站点的货物装卸和短期储存，包括货物在物流站点或仓库内的移动、储存以及装卸设备所产生的能源消耗。
- 车辆的储罐清洗作业。
- 在运输过程中调节产品所需的温度（无论是制热还是制冷）。

需要特别排除的项目有：

- 与产品中间加工相关的活动，包括产品性质发生根本改变的情况。
- 运输企业的行政工作，即使这些工作与物流站点同地协作。
- 场地或车辆的维护。
- 车辆或运输基础设施。

报告的结构如下：

- 第2节列出了化工行业物流运作的一些具体特点，这些特点会影响温室气体排放的计算方式。
- 第3节列出了一些典型或有代表性的数值，欧洲化工企业在开始计算温室气体排放量或由于某种原因无法获得更具体的运输数据时，可将这些数值作为默认值。
- 第4节为货运企业和物流服务提供商(LSP)提供了关于这些准则的解释。
- 第5节介绍了化工企业实施GLEC框架以及行业特定指南会产生的影响。
- 第6节指出关于温室气体排放影响和计算的知识在不断发展，企业(包括化工行业)可以获得的潜在低排放解决方案清单也在不断发展。本节还指出了在不远的的将来最有可能需要更新的领域，并在本框架的未来版本中予以反映。
- 附件 1 列出了基于现有的载重与空驶信息的道路运输默认温室气体排放强度汇总表，附件 2 则列出了多式联运的补充信息。

2. 化工行业的特点

本节描述了化学工业运输和物流业务的具体特点，这些特点在现有的GLEC框架中没有详细列出。尽管如此，核心方法不受影响，即确定运输过程中的所有单个要素，包括任何相关的空驶，然后收集计算排放量所需的信息。

不过，其中一些特点确实影响了化学品运输活动类别(TOC)的定义方式。其结果是比GLEC框架主体中定义的一般运输类别更详细、具体。

2.1货物运输的特点

化工行业运输的货物包括固体、液体和气体等化工原料和化工产品。运输规模往往比一般的运输行业要大，这导致散货运输的占比更大，以及更大的载重量(特别是在以运输吨数为单位表示的情况下)，化工行业有更大的使用多式联运和重载运输方式的潜力，如铁路、内河水路和海运。

化工行业有些货物有非常特殊的储存或装卸要求，这对运输过程的安排方式有影响，也可能对所使用设备的性质和业务关系产生影响，比如更多地依赖油轮或可承受高压的设备。这些问题在下文也有所反映。ECTA收集的数据表明，当被归类为干散货、液体散货或装在较小集装箱中的货物时，确实会对平均载荷和空驶程度产生影响。结合从化工企业(Cefic成员)收集到的信息，我们编制了用于定义本报告第3部分中默认值的输入参数。

2.2 共享运输——定义和使用

在整个货运行业内，甚至在化学品运输行业内，相关术语也会有所不同。 以下术语用于确定化工行业的默认排放强度：

- 整车运输 (FTL): 一家化工企业有足够的托运产品，按重量或其他参数装满一辆车或接近该车的法定载重量。由该车从一个起运点开往一个目的地，运送这批货物。
- 零担运输(LTL): 一家化工企业有一批或多批货物，按重量或其他参数计算，不足以装满车辆或达到车辆的法定负载重量。一般而言，满载和零担以±60%的负载重量。零担运输可以分为许多不同的子类别，其特点也大相径庭。本文使用了以下两个类别:

- 直发零担: 单个LTL货物，其本身的重量或其他参数不足以装满一辆车从一个起点单独运输到一个目的地。原因可能是时间紧急或与其他产品不兼容。
- 集拼模式：将多个来自不同化工企业和发货地的LTL货物，通过LSP进行合并，以达到比单独运输更高的负载率。这些合并后的货物可以被有效地运送到一个或多个最终目的地。在这种运输模式中，托运规模、经营方式以及总负载量等方面都存在着很大的差异。使用集拼模式在货物运输中尤为常见，尤其是对于包装货。根据货物的特性，可能需要选择专业的运输供应商。这些供应商具备处理（或者获得授权处理）具有特殊属性的货物的能力。从温室气体排放的角度来看，集拼模式的好处在于运输供应商能够通过单次行程运送来自不同供应商的多批货物，从而提高整体运输效率，使得负载系数最大化，并减少空驶情况。尽管目前关于集拼模式运营和实际温室气体排放的数据相对较少，但随着对透明度和减排的日益关注，我们预计这一现状未来可能会有所改变。对于运输企业而言，采用集拼模式并不会增加比专用运输更多的工作量，因为所有客户将共享一个网络平均排放强度，该强度能够体现共享运输带来的整体效益和相关效率的提升。

2.3 专业运输

专业运输服务是运输企业为满足特定产品（和企业）的独特需求而提供的专门设计的运输服务。在化工行业中，由于设备、货物及清洁标准的高度专业性，这种运输方式的应用尤为广泛。然而，这也可能导致空运的频率上升。因此，在签署专用运输合同时，必须仔细权衡整体系统效率的降低与温室气体排放的增加之间的关系。

有鉴于此，化工企业及其运输供应商在符合商业模式要求的前提下，应积极寻求减少专业运输使用频率的策略。例如，可以考虑运输相互兼容的货物，或选择靠近卸货点的清洁设施，以避免空载返回基地，从而提高整体运输系统的效率。

根据ECTA收集的数据，不同运输企业之间的平均负载率，特别是空载量，呈现出显著的差异。然而，仅仅通过分析运输业务的性质，我们无法确切地判断专用运输是否是造成这种差异的主要因素。尽管人们普遍认为专业运输的空驶率会高于共享运输，但不同运输企业的操作方式也可能存在差异。因此，在计算温室气体排放时，我们强调应以原始数据为基础，确保准确性和可靠性。

2.4 有效载荷

如前所述，由于货物往往较为密集且体积较大，因此负载量通常更接近车辆的有效载荷限制，而非整个行业的平均水平。然而，与个别化工企业的磋商结果显示，不同企业间的平均有效载荷数字存在显著差异。

尽管高载荷会稍稍增加单位车公里的燃油消耗水平，但在单次行程中运输更多货物所带来的好处远远超过了这种影响，从而使得排放强度大幅降低。

不同企业之间的差异强调了使用原始数据计算公司或产品层面的排放量的重要性，以及监测供应链中负载系数和空驶程度等因素的重要性。

1. 坚持准确性原则
2. 帮助企业确定在哪些方面可以提高效率，从而减少排放

只有采取这些切实可行的步骤，才能以相对较低的成本轻松实现短期减排，并为有关各方和更广泛的社会带来实实在在的益处。

以下是化学运输中道路运输的默认温室气体排放强度所对应的典型有效载荷数据：

表 1
用于生成默认排放强度的典型有效载荷

市场细分	数据源	值（t）
行业平均值	从下面更详细的信息中推断	18
包装货运输		
包装货平均值	从下面更详细的信息中推断	15
包装货：整车运输	Cefic项目成员数据；已确认的ECTA成员调查结果	21
包装货：零担运输	Cefic项目成员数据	8
包装货：集拼模式	ECTA秘书处	15
散装货运输		
散装货平均值	ECTA会员调查；已确认的Cefic项目成员数据	22
散装货：油罐车	ECTA会员调查；已确认的Cefic项目成员数据	21
散装货：料斗/筒仓	ECTA会员调查；已确认的Cefic项目成员数据	26
散装货：罐式集装箱	ECTA会员调查；已确认的Cefic项目成员数据	24

2.5 空驶

最大限度地减少空驶现象是所有货运相关方提高效率的关键途径。尽管如此，一定程度的空驶是不可避免的，特别是在整车运输中，因为下一批货物往往无法在卸载前一批货物时立即准备就绪。

集拼模式允许LSP在其网络和能够生成的业务限制下尽可能减少空驶。空驶程度对温室气体排放强度有显著影响。 本文档中使用了表2中所列的数据。

通过采取这些简便措施，各方能够以较低的成本迅速实现短期减排目标，从而为更广泛的社会带来实益。

表1显示了化学有效载荷运输中默认的温室气体排放强度。

在ECTA调查报告的调研中，结合与Cefic成员的讨论，我们针对专业运输服务设定了更高的空驶值。

2.6 清洁操作

在货物运输过程中，确保货物的纯度对于满足严格的产品标准至关重要。为了避免在连续运输过程中发生交叉污染，必须对运输设备进行彻底的清洁。

表 2
用于生成默认排放强度的空驶值

市场细分	数据源	值 (总距离的百分比)
行业平均值	从下面更详细的信息中推断	22
包装货运输		
包装货平均值	从下面更详细的信息中推断	22
包装货：整装运输	ECTA成员的调查结果	22
包装货：零担运输	ECTA成员的调查结果	22
包装货：集拼模式	GLEC 零担运输平均值	17
散装货运输		
散装货平均值	从下面更详细的信息中推断	22
散装货：油罐车	ECTA成员的调查结果	19
散装货：料斗/筒仓	ECTA成员的调查结果	22
散装货：罐式集装箱	ECTA成员的调查结果（假设和油罐车一样）	19

清洁操作需按照行业标准在专用设备中进行。这些设备可能位于靠近下一批货物卸货地点的区域，也可能不在。若附近没有清洁设施，运输工具在完成卸货后可能需要额外行驶至清洁设施进行清洁，从而增加空驶里程。在极端情况下，如果卸货地点没有清洁设施，运输工具甚至可能需要返回基地进行清洁，这将进一步增加空驶和运输成本。

根据从Cefic和ECTA成员处收集的反馈和数据，我们已经将清洁操作对空驶的影响纳入默认值计算中。
在已知需要清洁作业的情况下，计算运输过程中的温室气体排放量时，应综合考虑运输本身和清洁作业所产生的排放量。具体清洁作业产生的温室气体排放量默认值可参见第3.10节。

然而，该默认值受到多种因素的影响，包括当地电网的排放系数、蒸汽机的效率以及能源使用情况等。深入了解这些因素可能有助于通过优化负载选择来减少排放，甚至可能减少公司专用运输。

由于选择清洁还是专业运输是运输供应商运营决策的一部分，并且可能会随着产量和业务发展而变化。因此，化工企业应与服务提供商密切合作，确保在决策过程中充分考虑这一选择。鉴于清洁排放的高度可变性，建议提供清洁服务的供应商根据自身情况尽可能使用每次清洁操作的温室气体排放量的实际值。进一步的指南可以在 https://www.eftco.org/safe-cleaning/emission-guideline找到。

2.7 罐式集装箱运输

在采用温室气体计算方法时，罐式集装箱运输液体与其他类型的货车车身（例如标准拖车）之间并不存在显著的差异。与其他运输方式一致，我们在计算运输活动时，应当仅考虑负载的净重，而不包括罐式集装箱本身的重量。为了确保计算的准确性，当存在任何不确定性时，建议与承运人进行确认，以确保罐式集装箱的重量未被错误地计入温室气体排放强度的计算之中。

2.8 管道运输

管道运输作为化工行业高度专用的运输方式，在GLEC框架的主体内容中并未得到充分体现，仅在导言中有所提及。因此，本报告特别补充了有关管道运输的详尽资料。这一现象说明，尽管管道运营商掌握相关排放信息，但迄今为止，管道运输产生的温室气体排放数据的共享和计算仍然非常有限。

项目组讨论认为，影响管道运输排放强度的因素包括:

- 管道长度
- 管道直径
- 产品性质（液体或气体）
- 产品的黏度
- 管道系统内的压力，可能会根据所需的流量而变化

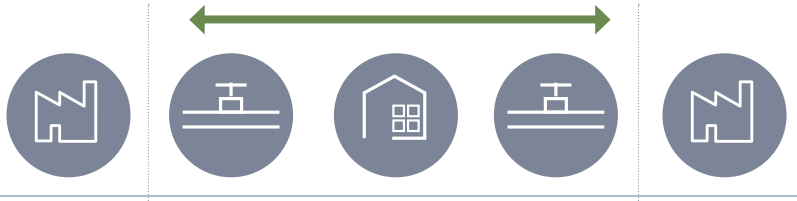
某些产品，尤其是气体，在生产工厂中可能以高压形态存在。如果能够记录这种压力，那么在特定情况下，产品可能凭借原有压力流动，无需额外能量即可实现运输。为确保项目整体一致性以及生产工厂和物流场所的排放范围界定清晰，我们就以下范围达成了共识：

- 不包括“在生产现场范围内”的泵站使用的能量，即仅计算产品在运输过程中泵站消耗的能量作为管道运输排放。
- 如果产品已经在运输途中，例如从船舶或驳船转移，那么船舶或驳船上的任何泵站使用都将计入船舶或驳船的排放，而与管道相连的任何泵站使用则将计入管道排放。

如图1所示。

鉴于管道排放强度具有潜在的可变性，我们建议化工企业要求管道运营商提供以每年每吨公里产品的平均温室气体排放量表示的排放强度数据。这将有助于以与其他运输方式有可比性的方式计算具有代表性的排放量。

图 1
哪些地方应计入泵站能源使用和排放



在哪里	工厂	运输	中间站	运输	目的地
是什么	泵站	泵站	泵站	泵站	泵站
是否计入	否	是	是	是	否



在哪里	船	运输	中间站	运输	目的地
是什么	泵站	泵站	泵站	泵站	泵站
是否计入	否	是	是	是	否

3. 化工行业的具体情况对默认值的影响

3.1 不同运输模式的运输活动类别（TOC）

本节将详细阐述项目组内部讨论的成果，具体涉及如何根据不同运输模式划分TOC，并确定相应的温室气体排放强度默认值。

与GLEC框架主体部分的默认值表示方法一致，我们采用了三层级的层次结构展示这些默认值。这一结构从化工企业对货物或运输方式了解甚少的高度通用情况出发，逐步过渡到对货物和具体运输方式有更为详尽了解的情况。

所有排放强度均以"油井到车轮"的值表示，单位为g CO_2e/tkm。

表 3
道路运输TOC的特点

TOC		空驶率（空驶距离占总运输距离的比例）	典型载荷 (t)	排放强度 (g CO_2e/tkm)		
				WTT	TTW	WTW
一级						
	行业平均值	22	18	21	66	87
包装货（二级）						
	平均值，环境温度	22	15	21	76	100
	平均值，控制温度	22	15	24	85	112
包装货（三级）						
整车运输	环境温度	22	21	19	58	77
	控制温度	22	21	21	65	86
零担运输	环境温度	22	8	41	127	168
	控制温度	22	8	46	142	188
集拼模式	环境温度	17	15	23	72	95
	控制温度	17	15	26	80	106
散装货物（二级）						
	平均值，环境温度	22	22	18	57	75
	平均值，控制温度	22	22	20	64	84
散装货物（三级）						
罐式车	环境温度	19	21	18	57	75
	控制温度	19	21	20	64	84
	专用的，环境温度	50	21	27	82	109
	专用的，控制温度	50	21	30	92	122
料斗/筒仓	环境温度	22	26	16	51	67
	控制温度	22	26	18	57	75
	专用的，环境温度	50	26	22	70	92
	专用的，控制温度	50	26	25	78	103
罐式集装箱	环境温度	19	24	17	52	69
	控制温度	19	24	19	58	77
	专用的，环境温度	50	24	24	74	98
	专用的，控制温度	50	24	27	83	110

3.2 道路运输

GLEC框架主体部分第3部分第2模块中的方法为 道路运输提供了三个温室气体默认排放强度级别：

一级：仅在化工企业对产品类型或运输服务的组织方式一无所知的特殊情况下使用。

二级：当化工企业了解产品类型，但对运输服务的具体组织方式不清楚时使用。

三级：在化工企业了解产品类型和运输服务的一般性质，但承运人未提供其原始数据时，可用于计算温室气体排放量。

默认的道路运输温室气体排放强度是基于使用“柴油（含5%生物柴油）”且“总重量不超过40t的铰接式货车”进行计算的。根据行业数据，这是最主要的车辆类别。

专业运输的排放强度值是在假设有50%空驶运行的极端保守情况下得出的。如果想得到更贴近您实际服务的准确数值，请咨询您的供应商。

对于非专业运输，如果需要进行清洁作业以确保运输操作的顺利进行并降低空驶率，则每次清洁操作应额外增加86.6 kg CO_2e排放（详见第3.10节）。

3.3 铁路运输

注:
单节车厢铁路运输涉及必要的短途运输环节，这包括在起始主要运输点进行整列火车的组装工作，以及在目的地完成最终的配送任务。

电力牵引主要假定应用于主牵引环节。在进行现场调车或短途运输以组装单节车厢列车时，我们通常假定会采用柴油牵引方式。

关于电力干线，我们设定欧盟和亚洲地区的平均电力排排放因子为356g CO_2e/kWh。但值得注意的是，由于各国能源结构和使用情况的差异，特别是那些已经实现电力高度脱碳的国家，其实际排放值可能会有显著不同。

表 4
铁路运输TOC的特点

TOC	空驶率（%）（空驶距离占总运输距离的比例）	负载系数（%）	牵引动力	WTW 温室气体排放强度 (g CO_2e/tkm)
一级				
行业平均值	33	40	平均值	23
二级：集装箱到列车（多式联运）				
平均值	17	50	平均值	17
柴油列车	17	50	柴油	28
电动列车	17	50	电力	10
二级：区块列车（RTC）				
平均值	50	100	平均值	16
柴油列车	50	100	柴油	26
电动列车	50	100	电力	10
二级：单节车厢列车（RTC）				
平均值	50	100	平均值	22
柴油列车	50	100	柴油	36
电动列车	50	100	电力	14

3.4 内河运输

内河运输尤其适合化工行业的大宗货物运输。因此，GLEC主体框架中针对内河运输所设定的默认排放强度，可直接应用于化工行业。

表 5
内河运输TOC的特点

TOC	总利用率 (%)	温室气体排放强度 (g CO_2e/tkm)		
		WTT	TTW	WTW
散装罐（平均值）	65	5.7	19	24.7
罐式驳船（液体）	65	5.7	19	24.7
罐式驳船（气体）	65	5.7	19	24.7
集装箱船（平均值）	75	6.8	22.5	29.3
集装箱船（110m）	75	6.8	22.5	29.3
集装箱船 （135m）	75	5.2	17.4	22.6
干散货驳船（平均值）	50	4.9	16.74	21.4

3.5 近海与远洋运输

国际海上运输的框架——涵盖远洋及近海（沿海）运输——现由国际海事组织（IMO）的第四次温室气体研究报告所确立。该研究的核心在于按照通用类型及尺寸类别对船舶进行细致分类。这一方法论已被有效应用于确定化学品油轮、气体运输船及普通货船在近海与远洋运输中的排放数值。这些数值以各类尺寸船舶的中位燃油消耗值为基础，同时在下四分位值与上四分位值之间增设了10%的缓冲区间，旨在降低低估风险，并严格遵循审慎采用默认温室气体排放强度的指导原则。需特别指出的是，尽管相关数据在同一表格中统一呈现，但欧洲内部的近海运输往往依赖于较小尺寸的船舶，而远洋运输则更倾向于使用更大尺寸的船舶。

在计算海上运输排放时应注意将距离单位从海里转为公里，以消除可能产生的系统性误差。

表 6
海上运输TOC的特点

船舶类型	载重量或容积		温室气体排放强度（g CO_2e/tkm）		
			WTT	TTW	WTW
化学品油轮	0～4999	dwt	9.3	49.6	58.9
	5000～9999	dwt	4.1	22.0	26.1
	10000～19999	dwt	2.8	15.0	17.8
	20000～39999	dwt	1.7	9.1	10.9
	40000以上	dwt	1.3	7.0	8.3
普货船	0～4999	dwt	4.1	21.7	25.8
	5000～9999	dwt	3.3	17.5	20.8
	10000～19999	dwt	2.9	15.6	18.5
	20000～+	dwt	1.5	8.1	9.6
气罐船	0～49999	m^3	7.3	39.0	46.3
	50000～99999	m^3	2.1	11.3	13.4
	100000～199999	m^3	1.7	8.9	10.6
	200000～+	m^3	1.8	9.4	11.2

dwt = 载重吨

3.5.1 海上集装箱运输

最新数据源自Clean Cargo项目，并已成功运用于集装箱运输行业。Clean Cargo项目致力于为业界提供以贸易航线为基础的平均数据，并采用ISO罐式集装箱、20英尺集装箱及40英尺集装箱的指示性有效载荷值，将其转换为以吨公里为单位的数据。

表 7

海上集装箱运输TOC的特点

TOC	集装箱类型	温度条件	温室气体排放强度（g CO_2e/tkm）		
			WTT	TTW	WTW
一级					
行业平均值	ISO 罐式集装箱	环境温度	0.5	2.6	3
		控制温度	0.9	5.2	6.2
	20英尺集装箱	环境温度	0.5	2.8	3.3
		控制温度	1	5.8	6.8
	40英尺集装箱	环境温度	0.8	4.6	5.4
		控制温度	1.7	9.4	11.1
二级					
欧洲西北部内部航线	ISO 罐式集装箱	环境温度	1	5.7	6.7
		控制温度	1.7	9.5	11.2
	20英尺集装箱	环境温度	1.1	6.3	7.4
		控制温度	1.9	10.5	12.3
	40英尺集装箱	环境温度	1.8	10.2	12.1
		控制温度	3	17	20.1
地中海内部航线	ISO 罐式集装箱	环境温度	1	5.5	6.5
		控制温度	1.7	9.7	11.4
	20英尺集装箱	环境温度	1.1	6.1	7.2
		控制温度	1.9	10.7	12.6
	40英尺集装箱	环境温度	1.8	10	11.8
		控制温度	3.1	17.4	20.5
欧洲西北部-地中海	ISO 罐式集装箱	环境温度	0.5	2.6	3.1
		控制温度	0.9	5.3	6.2
	20英尺集装箱	环境温度	0.5	2.9	3.4
		控制温度	1	5.8	8.1
	40英尺集装箱	环境温度	0.9	6	6.9
		控制温度	1.7	9.5	11.2
欧洲西北部-亚洲	ISO 罐式集装箱	环境温度	0.3	1.6	1.8
		控制温度	0.7	4.1	4.8
	20英尺集装箱	环境温度	0.3	1.7	2
		控制温度	0.8	4.5	5.3
	40英尺集装箱	环境温度	0.5	2.8	3.3
		控制温度	1.3	7.3	8.6
欧洲西北部-非洲	ISO 罐式集装箱	环境温度	0.6	3.6	4.2
		控制温度	1.2	6.6	7.8
	20英尺集装箱	环境温度	0.7	4	4.7
		控制温度	1.3	7.3	8.6
	40英尺集装箱	环境温度	1.2	6.5	7.6
		控制温度	2.1	11.9	14

下一页继续

表 8
海上集装箱运输TOC的特点（续）

TOC	集装箱类型	温度条件	温室气体排放强度(g CO_2e/tkm)		
			WTT	TTW	WTW
欧洲西北部 – 中美和南美	ISO 罐式集装箱	环境温度	0.5	2.9	3.4
		控制温度	1	5.6	6.6
	20′	环境温度	0.6	3.2	3.8
		控制温度	1.1	6.2	7.3
	40′	环境温度	0.9	5.2	6.1
		控制温度	1.8	10	11.8
欧洲西北部 – 中东/印度	ISO 罐式集装箱	环境温度	0.4	2.2	2.6
		控制温度	0.9	4.9	5.8
	20′	环境温度	0.4	2.4	2.9
		控制温度	1	5.4	6.4
	40′	环境温度	0.7	4	4.7
		控制温度	1.6	8.8	10.3
欧洲西北部 - 大洋洲	ISO 罐式集装箱	环境温度	0.6	3.2	3.7
		控制温度	1	5.6	6.6
	20′	环境温度	0.6	3.5	4.1
		控制温度	1.1	6.2	7.3
	40′	环境温度	1	5.7	6.7
		控制温度	1.8	10.1	11.9
欧洲西北部 – 北美东海岸/墨西哥湾	ISO 罐式集装箱	环境温度	0.6	3.1	3.7
		控制温度	1	5.8	6.8
	20′	环境温度	0.6	3.5	4.1
		控制温度	1.1	6.4	7.5
	40′	环境温度	1	5.7	6.7
		控制温度	1.9	10.4	12.3

3.6 空运

在化工行业中，空运因其高昂的成本和特定的运输需求而相对罕见。因此，对于温室气体排放的评估，我们推荐采用GLEC框架中指定的一般值，以确保准确性和一致性。

3.7 管道运输

当前数据显示，不同管道的特性和性能存在显著的差异，这使得我们难以通过单一的温室气体排放强度准确反映其真实状况。众多管道归属于化工企业，我们可以依据这些企业所提供的能源消耗数据，详细计算其排放量。具体的计算方法如下所示（也可参考131页第2.8节的相关内容）：

总排放量 = 站点边界外消耗的电力 × 电力排放因子电力排放因子可根据国家特定数据或欧盟平均数据（349kg CO_2e/kWh）确定。同时，我们引入 了“总吨公里”这一概念，其计算方式是将最新年度内通过管道运输的总质量与管道的长度（以公里为单位）相乘。

值得注意的是，在正常情况下，大多数管道的温室气体排放量都控制在1~50g CO_2e/tkm的范围内。然而，在某些极端情况下(如短距离上坡等特殊组合)，我们发现了排放量高达360g CO_2e/ tkm的案例。

表 9
多式联运TOC的特点

主要运输方式	总距离（km）	主要运输工具距离的百分比	温室气体排放强度（g CO_2e/tkm）
铁路运输	1000	85	32.5
内河运输	110	85	53.2
近海集装箱运输	1100	85	16.9
远洋集装箱运输	7600	90	9.7

3.8 多式联运

多式联运是一种涉及至少两种不同运输方式联合运输货物的复杂模式。由于这些运输方式各自具有独特的运营特性，每当转换运输方式时，都需要在物流节点进行相应的处理操作。因此，为多式联运确定一个统一的温室气体排放强度要比为单一运输方式复杂得多。这不仅因为每个独立运输环节的不确定性假设，还因为整个运输过程中每个阶段的相对贡献和假设的时长。
鉴于此，以下情景可被视为一个具有代表性的案例：我们假设货物的装载和运输将主要通过公路运输方式进行。此外，在计算排放强度时，我们还采用了GLEC框架中的默认值，即每移动一个集装箱会产生0.6 kg CO_2e的温室气体排放。

注释：

本表中所列示的总距离数据专门针对欧洲地区，并依据Cefic所开展的调查结果得出。对于远洋运输，我们选取了跨大西洋的多式联运作为典型案例进行分析。此外，所计算的温室气体排放量已涵盖与主运输路线两端的两次转运操作相关的排放。

附录2则提供了进一步的信息，详细说明了如何根据运输距离计算多式联运的温室气体排放强度。该附录通过阐述总距离和各个运输阶段距离份额的变动情况，结合相应的计算公式，深入探讨了在其他所有假设条件保持不变的情况下，这两个关键距离参数的变化对温室气体排放强度所产生的具体影响。

附录3展示了一个在不同信息层级下的工作实例，通过采集更加精确的数据，并详细计算多式联运链中每一环节（含转运过程）的温室气体排放量，从而实现了对排放量的深入细致分析与准确计算。此外，该方法的应用不仅局限于四种默认运输组合，还可灵活扩展至其他运输模式组合的计算，如公路运输与铁路运输组合、驳船运输与远洋运输组合等。

3.9 物流站点

物流站点有关温室气体排放的信息很有限。因此，在化工行业中，使用默认的温室气体排放数据并不可行。相反，我们建议使用本章第2模块中规定的一般值作为起点，并鼓励企业向物流站点的运营商请求更具体的排放数据，以便更准确地反映其特定情况下的温室气体排放情况。

表 10
基于欧洲罐装清洁组织联盟（EFTCO）提供的数据的罐装清洗计算（参见 www.eftco.org/emission-guideline）

电力（kg CO_2e/KWh）	柴油（g CO_2e/MJ）
0.349	95.4

能耗类型	能耗	产生的温室气体排放（kg CO_2e）
燃气能耗（MJ）	881.6	68.6
柴油能耗（MJ）	12.77	1.2
总电力消耗（KWh）	48.0	16.8
总计	-	**86.6**

3.10 清洁操作

在表10中，我们已经详细阐述了确定罐装清洁代表性价值的计算方法。特别指出，在每次清洁操作中，产生的温室气体排放量为86.6 kg，这一关键数据已在本文档后续的多个实例中加以应用，以确保分析的一致性和准确性。

注：在界定运输过程边界时，我们严格将电力消耗范围限定在与清洗操作直接相关的部分。这样做旨在更精确地反映清洗操作对温室气体排放的实际贡献。

注：在计算过程中，我们采用了蒸汽发生器加热效率为90%的假设。对于其他可能影响计算结果的假设条件，前文提及的EFTCO网页中有详细说明。

4运输企业与LSP的通用操作指南

本节旨在为运输企业和LSP提供实用的操作指南，确保它们符合GLEC框架的要求。这些指南将重点关注运营商在收集和处理操作数据时的关键步骤，并针对分包操作等常见情况提供补充指导，如集成的多式联运和专业运输等。

4.1 操作数据收集与处理

根据GLEC框架第2部分的规定，无论采用何种运输方式，操作者都应能够准确获取必要的能源/燃料消耗数据。这些数据是用于计算总排放量的基础，计算公式如下：

温室气体排放量（CO_2e的质量）= 燃料/电力消耗量（每单位能量）×“油井到车轮”排放因子（每消耗一单位燃料所产生的CO_2e）

为了确保运输企业能够向其客户（例如LSP）提供准确、有意义的信息报告，建议运输企业遵循以下简化步骤，并根据客户的具体需求定制信息内容。

其目的在于提高运输企业在为用户提供运输服务时所产生的温室气体（GHG）排放的透明度，进而降低以下风险：

- 错误报告的风险。
- 因报告错误或不完整而造成的时间浪费，同时增加发现排放热点的机率。
- 通过共同决策来提升效率并减少排放。

第一步：对您的总运输进行分类

为了确保信息的针对性和实用性，建议您将整体的运输活动划分为不同的类别，然后基于与客户紧密相关的类别来编制详尽的报告。在进行分类时，应尽量确保同一类别内的行程具有相似的特征（如运输工具类型、运输路线、行驶距离、货物种类等），以便能够围绕一个代表性的数值对性能进行评估。

为了进行计算，您需要准确识别与每个类别相关的产品净重和行驶的总里程（包括装载和空载状态），并确定该类别的总燃料消耗量。

在这一步骤中，与客户保持沟通至关重要，以确保您所划分的类别能够满足他们的实际需求。作为备选方案，在最不利的情况下，您可以将所有内容整合到一个涵盖整个业务的类别中，并计划在下一报告期间制定更为细致的分类方案。

默认的温室气体排放强度细分遵循以下建议的运输操作类别结构：

道路运输：

一级：

- 总体平均值

二级：

- 包装货平均值（环境温度）
- 包装货平均值（控制温度）
- 散装货平均值（环境温度）
- 散装货平均值（控制温度）

三级：

包装货物：

- 整车运输（环境温度）
- 整车运输（控制温度）
- 零担运输（环境温度）
- 零担运输（控制温度）
- 集拼模式（环境温度）
- 集拼模式（控制温度）

散装货物：

- 罐式车（环境温度）
- 罐式车（控制温度）
- 罐式车（专门用途，环境温度）
- 罐式车（专门用途，控制温度）
- 料斗/筒仓（环境温度）
- 料斗/筒仓（控制温度）
- 料斗/筒仓（专门用途，环境温度）
- 料斗/筒仓（专门用途，控制温度）
- 罐式集装箱（环境温度）
- 罐式集装箱（控制温度）
- 罐式集装箱（专门用途，环境温度）
- 罐式集装箱（专门用途，控制温度）

多式联运

- 公路+铁路干线运输
- 公路+内河干线运输
- 公路+近海海运集装箱干线运输
- 公路+远洋海运集装箱干线运输

铁路运输

一级：

- 行业总体平均值

二级：

- 轨道集装箱
- 轨道RTC区块列车
- 轨道RTC（单车厢）

内河运输

- 散装罐
- 集装箱船
- 油轮驳船（液体）
- 油轮驳船（气体）
- 干货驳船
- 集装箱船 110m
- 集装箱船 135m

海运

- 化学品油轮
- 普货船
- 气体油轮
- 滚装船（Ro-Ro）
- 集装箱运输：行业平均水平
- 集装箱运输：按贸易航线

以上是对不同运输方式和操作类别的温室气体排放强度进行的详细细分，旨在提供一个清晰、系统的分类框架。

第二步：精确计算各类别的燃料消耗

为了精确计算与您及您的客户息息相关的各类运输活动所产生的温室气体排放量，关键是要详尽掌握在特定时期内各类别燃料的实际消耗量。

所采用的方法应基于您企业的实际运营情况。这可能涉及对总体燃料采购量的分析、车（船、机）队中不同类型货车平均燃料消耗的评估，或是利用遥测系统和加油记录实时监测燃料的实际使用情况。

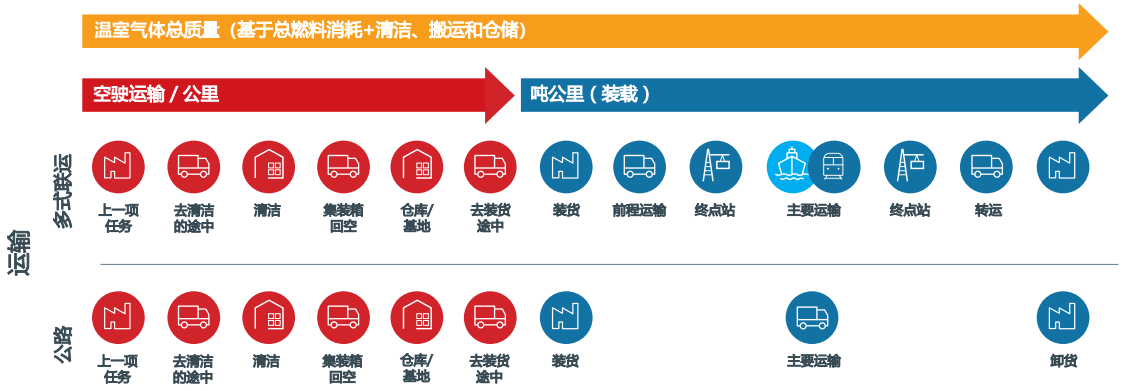
在理想情况下，若能获取每辆运输工具具体的燃料消耗数据（以升为单位），将极大提升分配行驶里程、运输货物量及其对应类别燃料消耗的精准度。虽然多数情况下，单个运输工具通常只执行单一类别的运输任务，但在面对复杂多变的运营场景时，我们需根据运输工具的实际使用情况，将其燃料消耗合理分配到相应的运输类别中。此外，在计算过程中，请务必全面考虑运输工具空驶返回基地、空集装箱运输、清洗行程以及前往下一个装载点等所有环节的燃料消耗，以确保最终结果的全面性和准确性。

图 2

空驶运输的示例及其与排放计算的关系

在图2中，蓝色条形图表示从装货地点到卸载地点之间，装载货物的质量与运输距离的乘积。黄色条形图则展示了整个运输链中，所有运输方式和活动所产生的二氧化碳排放总量。

排放强度是通过将黄色条形图的总排放量除以蓝色条形图的总运输量进行计算的。红线标注了“空驶运输/公里”的数据，用于突出显示空驶运输对整体排放强度的影响。



在无法获取理想的细分层面原始燃料数据的情况下，您需要采取以下策略之一进行应对：

- 首先，您可以考虑使用不同类型运输工具的平均燃料消耗数据。为了确保准确性，您需要掌握每个操作类别中各种运输工具实际行驶的总里程，这包括空驶和满载两种情况。您可以参考表11获取相关数据。
- 其次，您也可以采用自上而下的估算方法。这要求您对企业运输工具活动的比例有一定了解，以便估算不同运行类别燃料消耗量的相对份额。表12提供了相关的参考数据。

在使用这些近似值时，务必进行验证，即所有类别的燃料消耗量之和应与企业的总燃料消耗量保持一致。这一步骤至关重要，因为它能确保所有相关的燃料消耗都已被纳入计算范围，从而避免遗漏。

此外，还需要注意一个细节问题：在同一操作类别中，可能会使用多种不同类型的燃料，如柴油、生物柴油和液化天然气（LNG）等。针对这种情况，您需要分别确定各种燃料的实际消耗量。这一步骤对于确保在步骤3中能够准确计算温室气体排放量至关重要。

第三步：精确计算温室气体排放总量

在掌握了各操作类别的实际燃料消耗量之后，您将能够利用相应的排放因子，准确地计算出每种燃料所产生的温室气体排放量。这些排放因子是基于燃料类型确定的，并可能因地域不同而有所差异。GLEC框架为广大用户提供了包含大多数常见燃料的标准排放因子表，这些因子经过严格筛选和定期更新，以确保其准确性和可靠性。因此，在进行温室气体排放量的计算时，我们强烈建议您参考GLEC框架的最新版本（第3章第1模块）。

此外，对于一些创新型的燃料，如高混合比生物燃料等，您的燃料供应商可能会提供经过权威机构认证的特定排放因子值。在使用这些特定排放因子时，请注意确保其与您的燃料类型相匹配，并遵循供应商提供的使用说明。

以某个操作类别中使用了三种不同燃料等级的情况为例，您可以按照表13所示的计算方法，将每种燃料的消耗量与其对应的排放因子相乘，再将得到的结果相加，从而得出该操作类别的总温室气体排放量。

表 11
基于平均燃料消耗的计算

类别： 散货车	每种车型的总行驶里程km	平均油耗（L/km）	每种车型的消耗（L）
车型 A	10,000,000	0.26	2,600,000
车型 B	5,000,000	0.30	1,500,000
各类别的总燃料消耗			**4,100,000**

表 12
基于燃料消耗的份额的计算

运输类别	总燃料消耗的百分比	燃料消耗量（L）
企业燃料总消耗量		**200,000,000**
散货车（液体/固体）	40%	80,000,000
集装箱货车	30%	60,000,000
冷藏车	30%	60,000,000

表 13

燃料类型	消耗量 (L)	WTW排放因子 （kg CO_2e/L)	总排放量（t）CO_2e
柴油	**80,000,000**	3.48	**278,400**
柴油（含5% 生物柴油混）	**20,000,000**	3.36	**67,200**
纯生物柴油混合	**1,000,000**	1.17	**1,170**
各类别的总排放量			**346,770**

第4步：精确计算排放强度

在与客户共享信息时，您可以收集并与他们共享您的主要数据（使用的燃料和产生的排放）。这样做可以让客户全面了解并审核第3步中的计算结果。对于专用运输合同而言，这种做法尤为适用，因为这类合同通常涉及固定且可预测的运输量。此外，您还可以选择分享代表客户执行运输业务时的具体排放强度数据。要准确计算排放强度，您需要掌握两个核心数据点：一是温室气体排放总量（根据第3步的计算得出），二是以吨公里为单位的运输活动量。

在这一步骤中，您需要针对每个类别下的所有装载行程进行详细的运输活动计算，并将各行程的运输活动量进行累加，从而得出该类别的总运输活动量。同样地，您也可以为单个客户精确计算其特定的运输活动量。关于运输活动计算的详细指导，请参阅GLEC框架的第25页表3。同时，表14提供了一个简洁明了的示例，帮助您正确理解并应用计算方法。

表 14
运输活动的计算

行程	客户	每段行程的载重量（t）	每段行程的载重行驶距离（tkm）	运输活动量（tkm）
1	客户A	20	150	3,000
2	客户B	19	100	1,900
3	客户B	22	200	4,400
该类别在所要求时间段内的总周转量				**9,300**

排放强度的计算方法是将某一TOC中的总排放量除以该类别中的总运输量（以吨公里为单位）。利用这些关键数据，您可以轻松地计算出每个类别的排放量，具体示例请参见表15。

通过将总排放量合理地分配到各个运输活动类别中，并除以相应的装载运输活动量，您可以得出一个综合考虑空驶、清洁、调度等相关排放因素的温室气体强度系数。这一系数能够更全面地反映运输活动的环境影响。如需了解更多详细的计算示例和指导，请查阅附件3。

表 15

类别	总排放 (kg CO_2e)	运输活动总量（tkm）	温室气体排放强度 (kg CO_2e /tkm)
散货车	7,680	128,000	0.060
集装箱载货车	5,280	6,0000	0.088

第5步：承运人向直接客户报告

请遵循第2部分第1节中有关报告的指南。您应当直接向每位客户报告所提供的运输活 动及相关的排放数据。

此示例清晰地呈现了您的散装货车类别和集装箱运输货车类别，有助于您更直观地了解和比较不同类型的运输方式。

表 16
承运商给客户的报告范例

项目	温室气体强度（WTW）(kg CO_2e/tkm)	针对该客户的运输活动量*** (tkm)	WTW 温室气体强度 (kg CO_2e)
散货车类别	0.060	50,000	3,000
集装箱货车类别	0.088	10,000	880
总排放（kg CO_2e）			3,880
输入数据类型**	100% 原始数据		
运输方式*	道路运输		
数据验证声明***	数据未经第三方独立核实		
时间跨度	2020年1月1日至12月31日		

*在此类情境中，排放量的计算范畴仅限于道路运输。通过这一界定，我们确保了评估的准确性和专注性。
**鉴于您所采用的是自身的实际燃料消耗和运输活动量，本次计算被认定为基于原始数据。若您从分包商处采纳了相关信息，请明确标注，以便将他们的总排放量单独列示于本概览之中。对于缺乏实际消耗数据的业务环节，若您选用了默认值进行填补，请务必注明这些默认值所占的比重或具体应用于哪些业务领域，以确保透明度和准确性。
***为了进一步提升数据的可信度和公信力，我们建议您邀请独立的第三方机构对您的数据和计算结果进行验证。
****在计算过程中，请明确区分实际行驶的里程与预先规划的里程，并注明您所采用的是哪一种数据。这一区分对于确保计算的准确性和可靠性至关重要。

注意：在为多个客户提供具备共通特性的运输服务（例如集拼模式）时，您可以选择汇总计算这些服务的排放强度，并向所有享受该服务的客户统一报告相同的排放数据。这样的做法不仅简化了报告流程，还确保了数据的一致性和准确性。有关具体的计算方法和报告格式，请参阅附件3中的详细示例。

4.2 管理分包服务的数据

在运输业务的实际操作中，运输企业经常与中间商合作，为其提供专项服务。这些中间商进而整合多项运输和物流业务，为化工企业等最终客户提供整体合同服务。这一模式导致部分业务被分包，从而对数据在合同链中的透明度和最终计算结果的提交方式产生了特定影响。一般有三种情况：

- 承运商本身不直接运营任何输服务，而是通过一个或多个运输企业完成所有环节，这些环节可能涉及多种运输方式。
- 承运商主要专注于一种运输方式，并在必要时将其他运输方式分包出去，以完成全部运输业务，如多式联运服务。
- 承运商主要经营一种运输服务，但有时也将某些业务分包出去，以便管理总体需求的波动，或在更大范围合同中需要特殊车辆的情况。

主承包商在与运输企业合作时，应遵循第4章节第5模块中的第4.1节所规定的信息请求格式，并确保这些信息能够准确反映在自己的报告中。尽管当前这种做法并不普遍，但随着数据和信息技术的不断进步，其应用前景日益广阔。在主承包商未能获取共享数据的情况下，他们需要依靠详细的建模分 析（第4章节第5模块第5.3.2节）或参考行业默认值（第4章节第5模块第3节）估算分包服务的影响。

针对多式联运服务，主承包商有责任按照第2章第1节的规定，全面报告整个联运过程中产生的温室气体排放总量和排放强度。

物流服务提供商（LSP）向化工企业报告

此外，物流服务提供商（LSP）在向化工企业等最终客户提交报告时，必须严格遵循GLEC框架内的报告指导原则，即“GLEC声明”。无论LSP是使用自有资产还是依赖分包运输和物流运营商的资产，他们都必须全面、准确地报告合同范围内的所有活动。有关多式联运服务的详细报告示例，请参阅附件3。

表 17
主要承包商向客户报告的多式联运服务的排放

类别	温室气体排放（WTW）（kg CO_2e/tkm）	与该客户相关的运输活动量（tkm）	WTW 温室气体排放（kg CO_2e）
多尔马根至意大利的铁路联运	0.0181	222,000	4,007
总排放（kg CO_2e）			4,007
输入数据类型*	道路运输使用原始数据；铁路、转运和油罐清洗使用默认数据		
运输模式	道路（运输前和运输中）、转运、铁路（主要运输）罐体清洗		
	温室气体强度（WTW）（kg CO_2e/tkm）	与该客户相关的运输活动量（tkm）	WTW 温室气体强度（kg CO_2e）
铁路运输	0.0100		2,109
道路运输	0.0883		980
数据验证声明	数据未经第三方独立核实		
时间跨度	2020年1月1日至12月31日		

*自有车辆业务使用原始数据，分包业务使用默认数据。

5. 化工企业运输方式操作指南

根据第4章第5模块的规定，合同承运商有责任递交一份详尽的报告，准确反映在前文界定的各运输活动类别中，其所提供的运输服务所引发的温室气体排放情况。该报告应囊括化工企业所需的关键信息，以便对来自所有承运商和涵盖所有运输活动类别的申报排放量进行全面汇总，从而精确计算出每个运输活动类别对应的货物运输温室气体排放总量。

在物流服务提供商未能提交完整报告或数据缺失的情况下，我们将遵循以下程序进行处理：

1. 数据补全要求
对于未报告的数据，我们将要求按照第4章第5模块所规定的格式进行补全。

2. 总量数据细化
a. 若物流服务供应商仅提供了所有运输活动类别（TOC）的温室气体排放总量（即CO_2或CO_2e的总量），我们将要求其按照第4章第5模块所要求的格式，进一步提供每个TOC的详细排放数据。
b. 若无法满足上述细化要求，我们将依据第5模块第5.1节的规定，自行计算每个TOC的温室气体排放量。

3. 排放强度与活动数据要求

a. 对于仅提供每个TOC温室气体排放总量的物流服务供应商，我们将按照第4章第5模块的规定，要求其提供每种TOC的排放强度及相应的运输活动数据。

b. 若上述数据无法获得，则计算温室气体排放量。根据 5.1，对承运商提供的各 TOC 的温室气体排放总值进行审查。 如有疑问，请使用您自己的计算结果，并与承运商接触，尝试确定他们难以全面报告的原因。

4. 排放强度数据验证与处理

a. 当物流服务供应商仅提供每个TOC的温室气体排放强度时，我们将请求其按照第4章第5模块所规定的格式，一并提供相关的温室气体排放强度和运输活动数据。

b. 若该要求无法满足，我们将对所提供的温室气体排放强度与相应TOC的默认排放强度进行对比验证。若认为承运商提供的数据可信，则将依据第5模块第5.1节的规定，采用其提供的排放强度计算温室气体排放量；若存在疑虑，则将使用默认排放强度进行计算，并与运输企业进行沟通，了解其难以提供完整报告的具体原因。

5.1 化工企业计算方法说明

在涉及物流服务供应商提供数据不完整的情况下，化工企业将采用以下公式计算每种TOC的温室气体排放量：

温室气体排放量（CO_2e质量）= 温室气体排放强度（CO_2e的质量/吨公里）x 运输活动（tkm）

在进行计算时，若信任运输企业提供的温室气体排放强度数据，则直接采用该数据；若存在疑虑，则使用相应TOC的默认行业排放强度作为替代。需要注意的是，若运输企业提供了温室气体排放强度但未提供相应的实际运输活动数据（tkm），则可能导致总排放量被低估。为避免此类情况发生，应采用 5%的额外距离调整系数，以考虑车辆实际行驶的典型额外距离，而不是路线规划者计算的计划距离。

温室气体排放量 （CO_2e质量）= 温室气体排放强度 × 化工企业估计的运输活动量 × 1.05

对于集拼模式等其他运输方式，同样可以用1.05的距离校正因子来考虑潜在的额外运输距离因素。

5.2 数据审查与错误处理

鉴于当前阶段运输商与客户之间在温室气体排放报告方面的沟通尚不普遍和完善，所提交的报告数据中可能存在错误或遗漏，客户在审查数据时应特别关注以下可能影响运输商排放量计算准确性的常见错误：

- 报告不完整：客户应仔细核对承运商报告中提供的吨公里值等关键数据是否完整。由于化工企业通常掌握合同运输的具体数量信息，因此可以通过对比实际运输量与报告数据，迅速发现任何潜在的漏报情况。
- 运输活动计算错误：这类错误往往会导致排放强度计算不准确。为避免此类问题发生，请务必遵循GLEC框架第2部分中提供的详细指导，进行计算和审查工作。
  需要注意的是，在实际运营过程中承运商报告的运输活动量略高于化工企业的预期属于正常现象。这主要是由于实际运输距离通常会比规划运输距离稍长一些，即使起点、终点和路线已知无变化。然而对于集拼或零担运输等复杂运输模式而言，差异可能会更加显著。因为化工企业往往无法准确掌握承运商网络的具体细节，以及中间转运地点和仓库位置对总运输距离产生的潜在影响。

- 使用了错误的排放因子，这通常表现为使用了“油箱到车轮”的排放因子，而实际上应该是“油井到车轮”排放因子。这种错误可以通过总排放量和排放强度的不准确（可能低于预期）进行识别。
- 计算中未包含空驶产生的排放量，这会导致总排放量和排放强度系统性地低于实际水平。在空驶率较高的专用运输中，这种低估尤为显著。
- 将运输设备（如集装箱或罐式集装箱）的重量错误地计入装载重量，从而影响了运输活动量（以吨公里为单位）的计算。这也会导致总排放量和排放强度的低估。

随着数据共享的日益普及，未来很可能会出现具有成本效益的商业数据核查服务，以提高排放报告的准确性和可靠性。

5.3 其他计算方法

除了使用承运商提供的汇总数据作为报告的标准方法，以及本报告中提供的化工行业默认排放强度作为备选方案外，还可以考虑采用其他计算方法。

5.3.1 运单层级的数据

如第5模块第4.4节所述，承运商可能愿意与您分享原始信息，这样您就能查看整个计算过程，从而消除对计算方法和所用数据的疑虑。在专线运输中，这种数据共享尤为可行，因为长期合同为双方提供了深入合作、共同提高运营效率的机会。然而，在共享运输方案中，这种方法不太可能被采用，因为它可能会涉及商业机密。

这种数据透明度有益于深入了解影响温室气体性能的核心问题。然而，由于企业报告通常基于年度数据，因此它更有助于通过共享收益来积极发现提升操作效率和减排的机遇。

当您与承运商合作获取到运单级别的数据时，务必注意不要忽略与空驶相关的排放。对于道路运输而言，最普遍认可的方法是，首先计算整个运输活动类别中的平均空驶水平，随后按照吨公里的比例将这一数值应用于装载行程所产生的排放。

5.3.2 排放建模

温室气体排放建模是一种有效的选择。智慧货运中心已经对几种此类计算工具进行了审查和认证，认为它们符合GLEC框架的要求。要了解更多最新详情，请访问www.smartfreightcentre.org。

使用此类模型的好处在于，它能够根据具体的运输特性量身定制出精确的数值，而非简单地依赖于仅具有一般代表性的默认值。此外，建模作为一种初步步骤，能在实际投资试验之前，有效地评估不同方案的减排潜力，为决策者提供更加全面和准确的信息支持。

6. 关于更新默认值的建议

全球气候危机的严重性日益受到关注，准确、透明的温室气体报告对于跟踪部门和公司减排目标进展情况至关重要，整个温室气体计算和报告主题在不断进行技术和流程更新。因此，可以预期GLEC框架和这些指南的更新，在未来会影响到方法论和排放强度默认值的处理方式。

这方面的例子包括：

- 随着获取原始数据途径的改善和行业标准的不断演变，空驶和典型负载因子的水平可能会得到相应的修订。
- 随着更新的柴油排放因子的发布，以及新型、更低排放燃料在化学品运输中的逐渐普及，默认的温室气体排放强度也可能会进行调整。
- 可能会对承运商和/或货主提出更为详尽的报告要求，例如需要将整体排放值细分为“油井到油箱”和“油箱到车轮”两个部分进行报告。
- 立法机构可能会改进特定领域的基线数据管理方式。以国际海事组织（IMO）为例，他们已经意识到不同船舶类别之间存在一定的重叠，尤其是涉及使用不同尺寸分类的化学品船和油船时，尽管有些船舶可能可以互换使用。因此，有呼声呼吁从单纯的船舶尺寸类别使用转变为考虑船舶尺寸与预期排放之间的连续关系。这些问题正在IMO层面进行研究，讨论的结果可能会导致修订计算排放强度默认值的方法。

附件1:
道路运输： 默认值的完整列表

表 18
标准铰接式货车的排放强度（即无特殊设备），使用 B5 柴油/生物柴油混合燃料

货车空驶里程百分比	默认排放强度（单位：g CO_2e/tkm，基于从“油井到车轮”排放的计算）										
	有效载重（吨）										
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
0%	136	113	98	87	79	72	67	63	60	57	54
2%	138	115	99	88	80	73	68	64	60	57	55
4%	141	117	101	90	81	74	69	65	61	58	56
6%	143	119	103	91	82	76	70	66	62	59	56
8%	146	121	104	93	84	77	71	67	63	60	57
10%	149	123	106	94	85	78	72	68	64	61	58
12%	152	126	108	96	87	79	74	69	65	62	59
14%	155	128	110	98	88	81	75	70	66	62	60
16%	158	131	112	99	90	82	76	71	67	63	60
18%	161	133	115	101	91	84	77	72	68	64	61
20%	165	136	117	103	93	85	79	74	69	66	62
22%	168	139	119	105	95	87	80	75	70	67	63
24%	172	142	122	108	97	88	82	76	72	68	65
26%	176	145	125	110	99	90	83	78	73	69	66
28%	180	149	127	112	101	92	85	79	74	70	67
30%	185	152	131	115	103	94	87	81	76	72	68
32%	190	156	134	118	106	96	89	83	78	73	70
34%	195	160	137	121	108	99	91	85	79	75	71
36%	200	165	141	124	111	101	93	87	81	77	73
38%	206	169	145	127	114	104	95	89	83	78	74
40%	212	174	149	131	117	106	98	91	85	80	76
42%	219	179	153	134	120	109	100	93	87	82	78
44%	226	185	158	138	124	112	103	96	90	84	80
46%	233	191	163	143	127	116	106	99	92	87	82
48%	242	198	168	147	132	119	110	102	95	89	84
50%	250	205	174	152	136	123	113	105	98	92	87

附件 2：
多式联运中排放强度与距离的关系

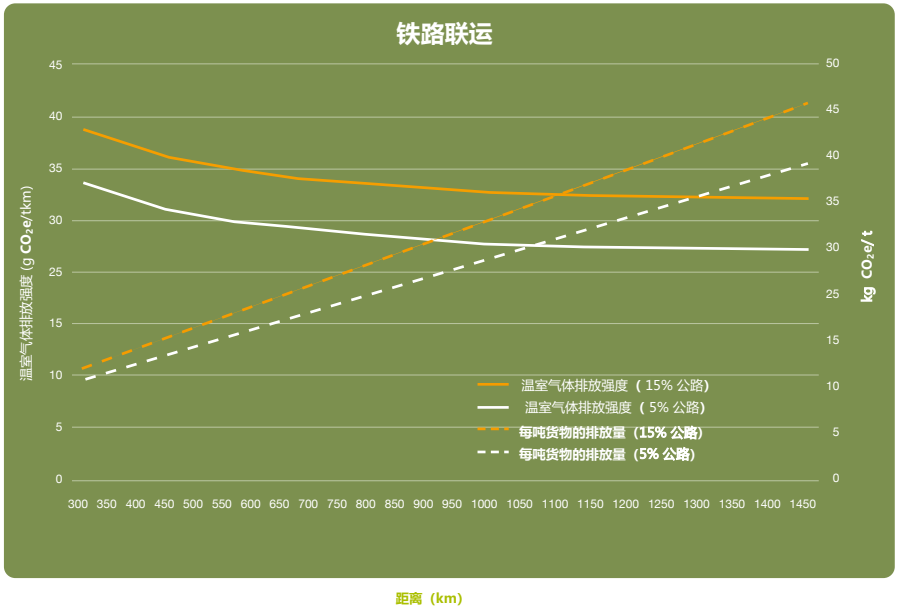
下图详细描绘了在第5模块第3.8节中探讨的四种多式联运方式下，温室气体排放强度与运输距离之间所展现的复杂关联。鉴于多式联运涉及运输方式的多样性和众多变量的相互影响，为其确定一个统一的温室气体排放强度标准相较于为单一运输模式分配更具挑战性，不确定性也更为显著。

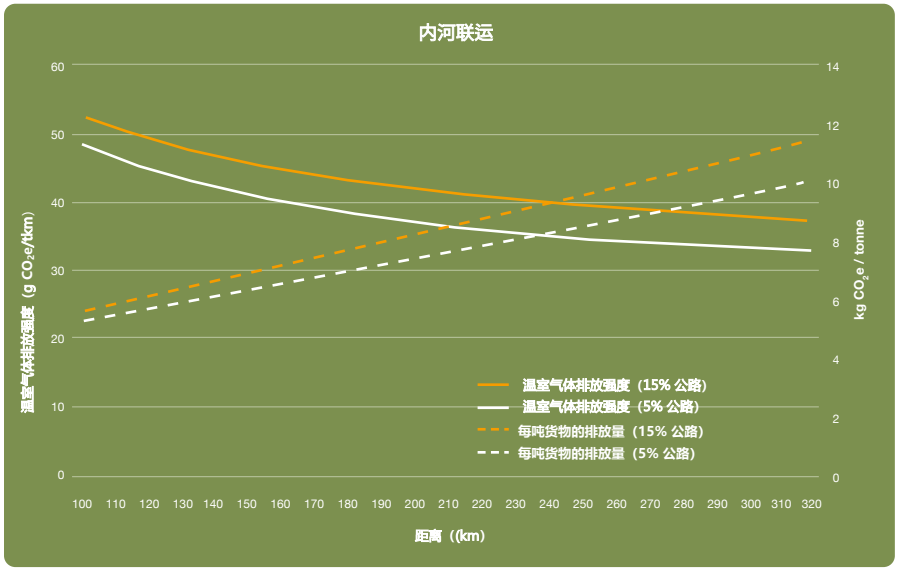
在此背景下，图中所呈现的数据仅限于一个具体实例：即在运输前、主要运输阶段以及运输过程中涉及的装载和空驶环节。然而，这一实例仍为我们提供了宝贵的启示——随着物流排放逐渐分散到更广泛的运输网络中，排放强度呈现出轻微的下降趋势。同时，不容忽视的是，每运输一吨产品所产生的总排放量与运输距离之间存在着近似的线性增长关系。这一发现表明，即便借助多式联运这一高效的物流解决方案，供应链距离的增加依然会对温室气体排放总量产生显著影响。

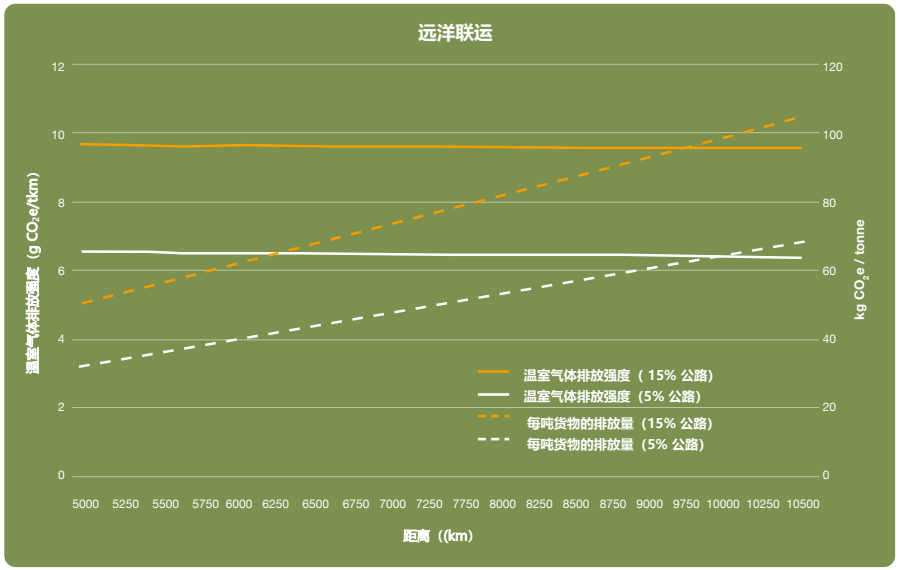
此外，图表还进一步揭示了减少道路运输距离在多式联运组合中的关键作用。需要注意的是，图中所标示的距离范围仅为示意，旨在为每种联运组合提供一个大致的预期范围，在实际应用中，这一范围可能会根据具体情况有所调整。

针对每种运输情况，我们采用以下公式计算总体排放强度：

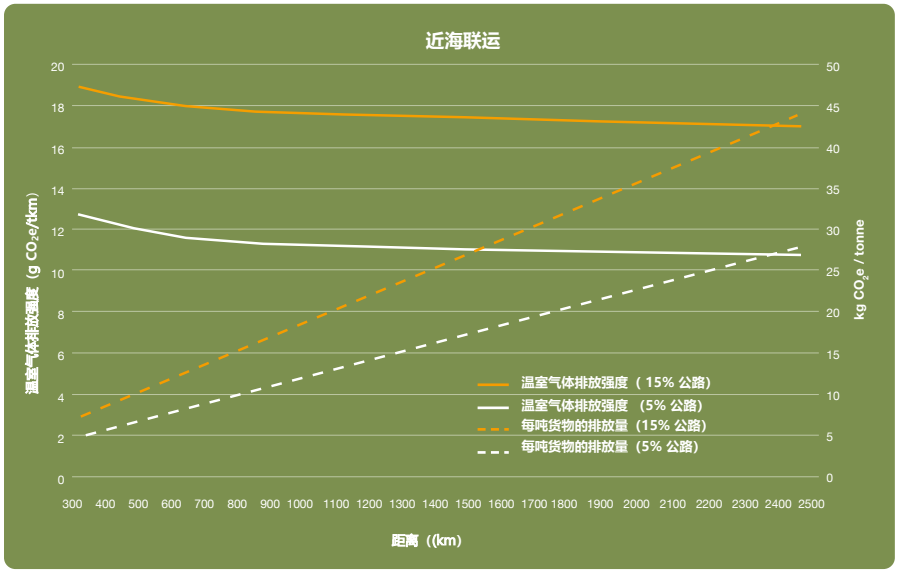
总体排放强度 =（主要运输方式距离占比 × 主要运输方式排放强度）+（道路运输距离占比 × 道路排放强度）+（2 × 装卸场地排放强度 / 总距离）

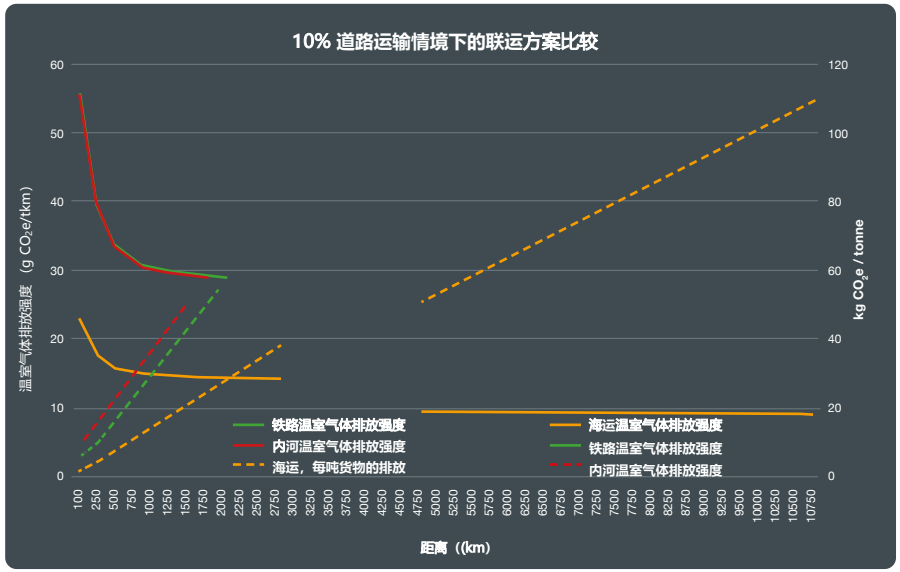






下图呈现了公路运输前后各占10%的典型情境下，各种运输方式之间的细致比较。值得特别留意的是，短途海运的实际距离在某些情况下可能会显著超过铁路或内河航道的距离，这完全取决于具体的运输路径选择。因此，在确定最终运输方式时，我们必须进行全面而具体的分析，而不能仅仅依赖于一般性的排放强度数据。





附件 3:
计算示例

公路运输

化工企业计算

公路示例2

第 3 级计算

根据公路运输的最短可行距离，计算在相距250公里的两点之间运输10吨包装货物的拼箱集运温室气体排放量。

如果客户知道货物是通过拼箱集运运输的，那么起点就是第3.2节表格中的第3级 WTW 温室气体排放强度 95g CO_2e/tkm。

利用第 5.1 节中的公式可以估算出温室气体排放量为：

温室气体排放量 (CO_2e的质量)= 温室气体排放强度 × 货物质量 × 运输距离 × 距离调整系数

(距离调整系数的应用是由于缺乏有关这种拼箱集运运输货物实际运输距离的信息）。

温室气体排放量 (CO_2e的质量)= 95 gCO_2e/tkm × 10 t × 250 km × 1.05 = 249.38 kg CO_2e

使用运营商/LSP 提供的信息进行计算

运输服务提供商能够提供以下与此次运输有关的信息：

报告涵盖当月所有客户的拼箱集运业务。 运输活动值是该特定客户的运输活动量。 如果不确认与该特定托运货物相关的吨公里数，计算结果将是：

温室气体排放量 = 61.7 g CO_2e/tkm × 10 t × 250 km × 1.05 = 161.96 kg CO_2e

(采用了 1.05 的距离调整系数，因为如果没有特别说明，所提供的温室气体强度假定是基于实际距离)

但是，如果运输经营者确认这批货物的实际运输活动为 2600 吨公里，那么计算结果可以细化为：

温室气体排放量 = 61.7 gCO_2e/tkm × 2600 tkm= 160.42 kg CO_2e

表 19
道路运输报告示例

项目	温室气体强度 （WTW）（kg CO_2e/tkm ）	该客户相关的运输活动量（ tkm）	WTW温室气体排放（kg CO_2e）
常温集拼模式运输	0.0617	28,600	160.42
总排放（kg CO_2e）			160.42
输入数据类型	100% 原始数据		
运输方式	道路运输		
数据验证声明	数据未经第三方独立核实		
时间跨度	2021年3月		

道路运输示例 2

第3级计算

本示例旨在详细阐述如何计算相距510km的两点间，通过集拼模式运输8t包装货物所产生的温室气体排放量。计算应依据道路运输的最短可行距离。

若客户明确知悉货物将采用集拼模式运输，我们将引用第5模块第3.2节表3中列出的第3级WTW温室气体排放强度 (95g CO_2e/tkm)，作为此次计算的起始点。

利用模块5第5.1节中的公式可以估算出温室气体排放量为：

温室气体排放量（CO_2e的质量）= 温室气体排放强度 x 客户对运输活动的估算 x 1.05

(由于缺乏有关此次拼箱集运货物实际运输距离的信息，因此采用了距离调整系数)

温室气体排放量= 95 g CO_2e/tkm × 8 t × 510 km × 1.05 = 406.98 kg CO_2e

使用运营商/LSP 提供的信息进行计算

运输服务提供商能够提供以下与此次运输有关的信息：

该报告涵盖了该季度所有客户的拼箱集运业务。 运输活动值是该特定客户的运输活动量。 如果不确认与该特定托运货物相关的吨公里数，计算结果将是：

温室气体排放量 = 54.9 g CO_2e/tkm × 8 t × 510 km × 1.05 = 235.19 kg CO_2e

需要注意的是，如果承运商无法确认这批货物的实际运输活动量，则上述基于LSP提供数据的计算结果可被视为客户可获得的最佳估算值。

表 20
道路运输报告示例

项目	温室气体强度（WTW）（kg CO_2e/tkm ）	该客户相关的运输活动量（tkm）	WTW温室气体排放（kg CO_2e）
常温集拼模式运输	0.0549	4,284	235.19
总排放（kg CO_2e）			235.19
输入数据类型	100%原始数据		
运输方式	道路运输		
数据验证声明	数据尚未由第三方进行独立验证		
时间跨度	2021年3月		

表 21
多要素运输链实例

起点	终点	负载（t）	距离（km）	活动水平（tkm）	燃料消耗 （L）
仓库	A	0	30	0	8
A	B	10	20	200	6
B	C	23	240	5520	79
C	仓库	0	260	0	65
仓库	A	0	30	0	8
A	B	10	20	200	6
B	C	23	240	5520	79
C	仓库	18	260	4680	83
仓库	E	18	40	720	13
E	仓库	12	40	480	12
仓库	A	12	30	360	9
A	C	25	255	6375	87
C	仓库	18	260	4680	83
仓库	E	18	40	720	13
E	仓库	0	40	0	10
总计				**29455**	**561**
总体燃料强度					**0.0190L/tkm**
总体温室气体排放强度 （基于 3.48 kg/L的柴油排放因子）					**66.12 g CO_2e/tkm**

运输企业计算

道路运输实例1

为了更直观地展示运输企业如何评估其集拼模式运输业务中的温室气体排放强度，我们提供了一个简化的计算实例。值得注意的是，实际中的全面网络计算将更为复杂，涵盖更多细节数据，因此往往需借助专业的软件工具辅助完成。

关于本次计算中涉及的运输链各环节运输工具运行具体信息，详见表21。

对于从A地经B地运往C地的10t货物，其运输活动量为：10 × （20 + 240） = 2600 tkm

对于从C地经仓库再运往E地的18t货物，其运输活动量为：18 × （260 + 40） = 5400 tkm

表 22
复杂的多要素运输链实例

起点	终点	载重（t）	距离（km）	活动水平（tkm）	燃料消耗（L）
枢纽 A	O	24	20	480	8
O	P	18	4	72	1
P	Q	6	15	90	4
Q	R	14	20	280	6
R	S	8	4	32	1
S	T	12	18	216	5
T	U	18	16	288	5
U	枢纽 A	22	9	198	3
在枢纽A装卸产生的排放: 1.3 kg/t = 1.3 x 22 = 28.6kg					
枢纽 A	枢纽 B	22	485	10670	160
在枢纽B装卸产生的排放: 1.3kg /t =1.3x 22 = 28.6 kg					
枢纽 B	C	22	12	264	4
C	D	14	16	224	5
D	E	17	5	85	1
E	F	11	14	154	4
F	G	16	23	368	7
G	H	8	8	64	2
H	I	12	20	240	2
I	枢纽 B	20	8	160	3
枢纽 B	枢纽 A	20	485	9700	158
总计				**23585**	**379**
总体燃料强度					**0.0161 L/tkm**
总体运输排放量					**379 x 3.48 = 1318.92 kg CO_2e**
总排放量					**1318.92 + 2 x 13.2 = 1376.12 kg CO_2e**
总体温室气体排放强度					**1376.12 / 23585 = 58.3 g CO_2e/tkm**

运输企业计算

道路运输实例2

本示例旨在为运输企业提供一个简化的计算框架，以评估其枢纽式集拼运输过程中的温室气体排放强度。需要明确的是，在实际操作中，全面的网络计算将涉及更为广泛和复杂的数据集，因此可能需要依赖专业的软件解决方案，确保计算的准确性和完整性。

关于运输链中各个环节的运输工具运行详细信息，请参见表22。这些数据将为后续的温室气体排放计算提供必要的基础。

在枢纽式集拼运输模式下，为了更准确地反映排放情况，我们建议将提货与配送环节与主干线运输环节分开进行计算。对于提货与配送环节，我们将依据每个提货点与配送点至枢纽之间的直接距离，为每批货物分配相应的排放量。这样做有助于消除因货物在特定轮次订单中位置不同而产生的排放计算差异。

在实际应用中，运输企业可以利用上述计算框架得出的结果，向客户展示其整体温室气体排放强度。同时，为了校正可能存在的计算偏差，客户可以考虑引入一个5%的距离校正因子，以更准确地反映实际运输过程中的温室气体排放情况。

多式联运温室气体排放计算

在计算从德国多尔马根到意大利总长为1850 km的ISO集装箱公路/铁路联运的温室气体排放量时，我们考虑了一个涉及7批货物、共计120 t的订单。

化工企业的计算

对于化工企业而言，选择合适的计算等级至关重要。这些等级遵循第5模块第3节中介绍的规范，并基于可获取的信息量。

第1级：基于有限信息的计算

在仅掌握最基本信息的情况下，化工企业应参考第5模块第3.8节中的表9。这里，我们采用32.5g CO_2e/tkm的铁路联运通用默认值 (基于15%的公路运输距离)。
将此默认值与7批货物的总运输量(120 t x 1850 km = 222,000tkm)相结合，我们得到初步的排放估算。此外，还需加上7批油罐清洗产生的排放，以86.6 kg CO_2e作为标准因子。因此，一级温室气体排放总量估计为:
32.5 g CO_2e/tkm × 222,000 tkm + 7 × 86,600 g = 7,821,200 g CO_2e（7.82t CO_2e）

第2级：基于中级信息的计算

在获得更多信息的情况下，化工企业可以改进计算方法，使用附件2中的公式和第3部分中的一些默认值。 例如：

- 化工企业可能知道，公路运输仅占总距离的5%。
- 化工企业可以选择在道路运输环节使用环境温度下罐式集装箱的平均值，即75g CO_2e/tkm。
- 化工企业可能选择使用铁路段集装箱的平均温室气体排放强度，即17 g CO_2e/tkm。
- 化工企业可以使用 GLEC框架中每个主要运输段两端在公路和铁路之间的转运的平均转运排放强度，为1300 g/t。

根据这些参数，总排放强度计算为:
总排放强度 = 0.95 x 17 + 0.05 x 75 + (2 x 1300/ 1850) = 21.305 g CO2e/tkm。

加上7批油罐清洗的排放量（使用86.6 kg CO_2e的标准系数），二级温室气体排放总量估计为:

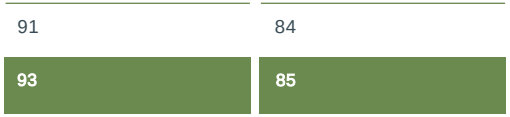
21.305 x 222000 + 7 x 86600 = 5,336,000 g CO_2e or 5.34 t CO_2e.

第3级：基于详细信息的计算

如果化工企业拥有每个运输段的详细信息，可以进一步优化计算。

公路段1（前程运输）

已知距离为40 km，7次托运的产品总重量为120 t。根据所提到的条件（货物质量为17.1吨，平均罐式集装箱空驶率19%），详细的排放强度应该在附件1的表18中的以下4个值之间:



可以计算出详细的排放强度（约为88.3 g CO_2e/tkm）。
因此，公路段1的总运输温室气体排放为:
120×40×88.3= 823,840 g CO_2e。

转运 1

公路和铁路之间的平均转运排放强度为 1300g/t。
公路段1和铁路运输之间的排放= 1300 g/t x 120 t =156,000 g CO_2e。

铁路段（主要运输）

已知距离为1757.5km
主要运输的牵引力类型为电力牵引。
根据第3.3节的表格，电力牵引轨道集装箱的温室气体排放强度为10克CO_2e/tkm

铁路段1的总运输温室气体排放量= 120t x 1757.5km x 10gCO_2e/tkm = 2109000克CO_2e

转运2

转运2的排放估计与转运1相同。

公路段2（后续运输）

已知距离为52.5km
在没有承运人特定数据的情况下，公路段2的排放强度与公路段1相同，即88.3gCO_2e/tkm

公路段2的总运输温室气体排放量= 120t x 52.5km x 88.3gCO_2e/tkm = 556,290gCO_2e

联运行程的温室气体排放总量计算
三级温室气体排放的总量是对各段行程的排放量进行累加得出的总和。

运输段	温室气体排放总量 （t CO_2e）
道路运输段1	0.42
转运1	0.16
铁路运输段	2.11
转运 2	0.16
道路运输段2	0.56
油罐清洗	0.61
总计	4.01

利用物流服务供应商所提供的数据，我们可以生成如第5模块第4.2节所示详尽的物流服务供应商报告。

表23

主要承运商向客户汇报的多式联运排放

项目	温室气体排放强度（WTW）（CO_2e kg/tkm）	客户特定的（tkm）	温室气体排放（WTW）（kg CO_2e）
铁路联运：从德国的多尔马根到意大利	0.0181	222,000	4,007
总排放（kg CO_2e）			4,007
输入数据类型	道路运输使用的原始数据；铁路运输、转运和油罐清洗的默认数据		
运输模式	运输使用（运输前和运输中）、转运、铁路运输（主程运输）和油罐清洗		
	温室气体（WTW）（kg CO_2e/tkm）	客户相关的 tkm	WTW 温室气体排放（kg CO_2e）
铁路	0.0100	210,900	2,109
公路	0.0883	11,100	980
数据验证声明	数据未经第三方独立核实		
时间跨度	2020年1月1日至12月31日		

附录 4:
合作伙伴

4 附件 单位换算

集装箱运输专用换算

（以下信息来源于ISO 14083:2023，最初来源于IMO和EcoTransIT。）

表 1
距离

从	到	乘以
英尺（ft）	米（m）	0.304,8
码（yd）	m	0.914,4
英里（mi）	m	1.609,344
海里（nmi）	千米（km）	1.852

表 2
重量

从	到	乘以
短吨（2000 lb）	公吨（t）	0.907,184,74
长吨或英吨（2240 lb）	t	1.016,047
美磅（lb）	t	0.000,453,592
千克（kg）	t	0.001
美制加仑	升（L）	3.785,411,784
短吨英里 （ton-mi）	吨公里（tkm）	1.46

表 3
20英尺标准集装箱（TEU）

货物类型	质量（t/TEU）
轻型货物	6
中等货物	10
重型货物	14.5
空集装箱	2

表 4
其他集装箱类型

货物类型	TEU 转换系数（TEU 当量）
20英尺标准集装箱和高集装箱	1.0
40英尺标准集装箱	2.0
40英尺高集装箱	2.25

缩写一览表

CCAC	气候与清洁空气联盟
CC	清洁货运工作组
CDP	碳披露项目
CH_4	甲烷
CNG	压缩天然气
CO_2	二氧化碳
CO_2e	二氧化碳当量
CORSIA	国际航空碳抵消和减排计划
COVID-19	新冠肺炎
CSR	企业社会责任报告
DQA	数据质量保证
DAF	距离校正因子
DJSI	道琼斯可持续性指数
EC	欧盟委员会
EEDI	船舶能效设计指数
EEOI	船舶能效运营指标
eGRID	排放与发电资源综合数据库
ERTAC	东部地区技术顾问委员会欧
EU	欧洲联盟
EU ETS	欧洲联盟排放交易体系
FTL	整车运输
GCD	大圆航线距离
GHG	温室气体
GIS	地理信息系统
GLEC	全球物流排放理事会
GPS	全球定位系统
GVW	车辆总重
GWP	全球增温潜势
HBEFA	道路运输排放因子手册
HFCs	氢氟碳化物
HFO	重油
HGV	重型货车
HOC	枢纽活动类别
HPDI	高压直喷
IATA	国际航空运输协会
ICAO	国际民用航空组织
ICC	国际商会
ICT	信息和通信技术
IEA	国际能源署
IMO	国际海事组织

缩写一览表

IPCC	政府间气候变化专门委员会
ISO	国际标准化组织
ITF	国际运输论坛
kg	千克
kJ	千焦耳
KPI	关键绩效指标
kWh	千瓦时
LEARN	物流排放核算与减排网络
LNG	液化天然气
LPG	液化石油气
LSP	物流服务提供商
LTL	零担运输
MDO	船用柴油
MIT	麻省理工学院
N_2O	一氧化二氮
NDCs	国家自主贡献
NF_3	三氟化氮
NGO	非政府组织
NOx	氮氧化物
NTM	运输措施网络
OECD	经济合作与发展组织
peq	乘客当量
PFCs	全氟化碳
RAILISA	铁路信息系统和分析
RED2	可再生能源指令（欧盟）
REff Tool®	资源效率工具
RP	推荐实践
SAF	可持续航空燃料
SBTi	科学碳目标倡议
SDA	可持续发展议程
SF_6	六氟化硫
SFC	智慧货运中心
SFD	最短可行距离
SI engine	火花点火发动机
t	吨 = 1000 千克
T&D	输电与配电
TCE	运输链要素
TEU	20英尺标准集装箱
t-km	吨公里
TMS	运输管理系统

缩写一览表

TOC	运输活动类别
TSC	运输服务类别
TTW	“油箱到车轮”
UIC	国际铁路联盟
UN	联合国
UNGC	联合国全球契约
US EPA	美国国家环境保护署
VLSFO	超低硫燃油
WBCSD	世界可持续发展工商理事会
WRI	世界资源研究所
WTT	“油井到油箱”
WTW	“油井到车轮”
WWF	世界自然基金会

术语表

实际距离（Actual distance）	实际距离是指货物运输过程中实际行驶的距离，这一数据通常基于里程表读数或对实际路线的了解来确定。
腹舱货物（Belly cargo）	腹仓货物特指在客机腹舱内运输的货物，这类货物与乘客随身携带或托运的行李有所不同。
日历年（Calendar year）	日历年通常指的是从每年的1月1日起至12月31日止的时间段。相对地，十二个月的周期则指的是任意连续的十二个月，其起始日期并不固定于1月1日。
压缩天然气（CNG）	压缩天然气是一种能源载体，它是通过将天然气压缩至其标准大气压力下体积的1%以下而制成的，主要作为汽油的环保替代品使用。
托运的货物（Consignment）	托运的货物是指那些可以明确界定为单个单位、数量可确定的货物。这些货物由发件人或发货人负责运送，最终交付给收件人或收货人，期间可能采用各种运输方式。
二氧化碳（CO_2）	二氧化碳是一种在地球大气中自然存在的气体，呈无色、无味状态，并且是造成温室效应的主要气体之一。
二氧化碳当量（CO_2e）	二氧化碳当量是一个用于量化不同温室气体对全球变暖潜在影响的数值，它提供了一个与二氧化碳引起的总体全球辐射强迫相关的单一度量标准。
二氧化碳当量的排放强度（CO_2e intensity）	二氧化碳当量的排放强度是指单位运输活动（通常以吨公里为单位）所产生的二氧化碳当量排放量，这一指标用于评估运输过程的环保效率。
国际航空碳补偿和减排计划(CORSIA)	国际航空碳补偿和减排计划是由国际民用航空组织（ICAO）制定的一项全球性计划，旨在通过一系列措施减少和抵消国际航班的碳排放，以应对航空业对环境的影响。
新冠肺炎(COVID-19)	新冠肺炎是一种由新型冠状病毒SARS-CoV-2引起的呼吸道传染病，具有高度传染性，自2019年首次发现以来已在全球范围内广泛传播。
距离校正因子（DAF）	距离校正因子用于反映实际距离与运输活动距离之间的差异。在排放计算的多个阶段中，当涉及不同类型的距离时，距离调整因子的引入有助于消除或最小化计算误差。
燃油效率因子（Fuel efficiency factor）	燃油效率因子是评估运输过程中燃油利用效率的关键指标，可通过将总燃油消耗与所完成的运输活动量相比较进行确定。
隐含排放量（Embedded emissions）	隐含排放量是指商品从原材料获取、加工、运输到成为消费者手中购买的产品等整个过程中，产业部门所直接或间接产生的二氧化碳排放。
空载行程（Empty trip）	空载行程指的是运输过程中未携带任何货物的情况。但需要注意的是，容器、托盘或其他运输载体的移动并不视为空载行程，因为此时这些载体本身就充当了货物的角色。
能源（Energy）	电力、燃油、蒸汽、热能、压缩气体等类似媒介。
能源载体（Energy carrier）	能源载体指的是在能源领域中承担能量传递和转换功能的物质或装置。
能源消耗（Energy consumption）	能源消耗是指能源的使用。
欧盟排放交易体系(EU ETS)	欧盟碳排放权交易体系是欧盟为调控行业温室气体排放而实施的一项重要政策工具，旨在推动欧盟向低碳经济转型。
车队（Fleet）	车队指的是承运商所拥有的全部车辆的集合体，根据运营需要，这些车辆可以进一步细分为不同的子车队。
货机（Freighter）	货机是专为货物运输而设计的飞机，不搭载乘客，以高效、快捷的空中运输服务满足全球物流需求。

术语表

燃料全生命周期（Fuel life cycle）	燃料全生命周期涵盖了从化石燃料及替代燃料的初始生产阶段到最终使用阶段的所有环节。
蒸发性排放或逃逸（Fugitive or evaporative emissions）	蒸发性排放或逃逸指的是由于设备、管道、密封件、阀门或电站等设施的泄漏，导致有害污染物被释放至大气中的现象。
大圆距离（GCD）	大圆航线距离指的是地球表面上任意两点之间遵循球面特性所形成的最短路径距离。
温室气体（GHG）	根据最新IPCC评估报告的界定，温室气体指的是那些能够引发温室效应的气体。
温室气体活动（Greenhouse gas activity）	温室气体活动泛指任何能够直接导致温室气体排放至大气中的活动或过程。
温室气体排放强度（Greenhouse gas emission intensity）	温室气体排放强度是一个衡量指标，用于量化温室气体排放与导致这些排放的具体活动之间的关系。
全球变暖潜势（GWP）	作为一个指数，全球变暖潜势用于衡量在特定时间段内，温室气体相对于二氧化碳的辐射强迫潜力，即评估温室气体对全球变暖的长期贡献程度。
枢纽（Hub）	在物流运输链中，枢纽指的是货物在运输途中进行转运、换装或暂存的关键节点，这些节点可能包括仓库、物流中心、车站、港口、机场等各类设施。
枢纽活动（Hub activity）	枢纽活动是指在枢纽内部进行的一系列操作活动，包括但不限于货物的装卸、分拣、中转等，这些活动可以通过枢纽的吞吐量进行衡量。
枢纽设备能源供应温室气体排放（Hub equipment energy provision GHG emission）	枢纽设备能源供应温室气体排放是指与枢纽日常运营直接相关的温室气体排放，主要来源于枢纽内设备运转所消耗的能源在生产、输送、储存和使用过程中产生的排放。
枢纽设备运营的温室气体排放（Hub equipment operation GHG emissions）	枢纽设备运营的温室气体排放是指与枢纽设备运行直接相关的温室气体排放。
枢纽活动类别（HOC）	枢纽活动类别是对具有相似特征的枢纽运营活动进行的分组划分。
一体化运输（Intermodal freight transport）	一体化运输是指通过连续使用不同的运输方式，将货物运送至一种多式联运单元中，在更换运输方式时，无需对货物本身进行处理。一体化运输单元可以是集装箱、交换箱、公路车辆、铁路列车以及船舶等。
国际标准化组织（ISO）	国际标准化组织是一个负责制定和发布各种行业标准的国际标准制定机构。
液化天然气（LNG）	液化天然气是一种将天然气冷却至液态的能源载体，以便更易于储存和运输。
液化石油气（LPG）	液化石油气是一种易燃的碳氢化合物，常被用作加热设备、烹饪设备和车辆的能源载体。
装载率（Load factor）	装载率是指运输工具所承载的总货物质量与运输工具的法定最大有效负载能力的比率。
物流服务提供商（LSP）	物流服务提供商是专门提供物流和供应链管理服务的企业。
边际核算模式（Marginal accountingModes）	边际核算模式是一种分配方法，它仅将额外的排放量分配给额外的负荷，而不是按比例分配全部份额。
多模式运输（Multimodal freight transport）	多模式运输涉及使用多种运输方式或类型（例如铁路、海运、公路等），通过至少两种不同的运输方式将货物从一个地点运送到另一个地点。一体化运输或多式联运是多模式运输的一种特殊类型，通常基于规范全程的多式联运合同。
网络距离（Network distance）	网络距离实际上是计划距离的一种变体，用于在可采取的路线选择有限的情况下，例如在铁路或内陆水路网络中，确定实际的运输距离。

术语表

氮氧化物（NO_x）	氮氧化物包括多种含氮氧化物，这些化合物对空气污染和雾霾的形成具有显著贡献，是重要的空气污染物之一。
单程（One way trip）	单程指的是旅行或运输过程中只有去程而没有回程的情况。
规划距离（Planned distance）	规划距离是通过使用路线规划软件或工具确定的预期行程距离，它反映了运输工具计划完成的路线长度，但并不一定与最短可行距离完全相同。
前段运输（Pre-carriage）	前段运输是指在集装箱正式抵达港口或码头之前，通过内陆运输方式将货物运送到指定地点的过程。
原始数据（Primary data）	原始数据也称为实际数据或直接测量数据，是直接来源于观测、实验或测量活动的未经处理的数据，具有真实性和原始性。（来源：ISO 14083：2023）
滚装船舶（Ro-Ro）	滚装船舶是一种专门设计用于运输带有轮子的货物（如汽车、卡车、摩托车等）的船只，其特点是通过滚装方式快速装卸货物。
往返行程（Round trip）	往返行程指的是从同一地点出发，经过一段旅程后返回原出发点的完整行程。
二级数据（Secondary Data）	二级数据是指任何非主要数据。有关更多细节，请参阅第1部分。
可持续航空燃料（SAF）	可持续航空燃料是一种由可再生资源制成的航空燃料，相比传统喷气燃料，其碳排放量更低。
装运（Shipment）	装运是指在商业交易中，将货物从卖方运送到买方的过程中所涉及的一系列活动，包括货物的装载、运输、卸载和交付等环节。
托运人（Shipper）	托运人是指将货物委托给运输企业或个人进行运输的一方。
最短可行距离（SFD）	最短可行距离是指在考虑实际运营条件及典型操作选择（如避开交通拥堵热点或不适用的受限道路）后，通过路线规划软件计算得出的实际最短距离。
点燃式发动机（Spark Ignition engine）	点燃式发动机作为内燃机的一种类型，其工作原理是通过火花塞点燃燃料与空气的混合物，从而产生推动力。
分包商（Subcontractors）	分包商是指为承包商提供专业化运输服务的企业或个人。
“油箱到车轮”（TTW）	“油箱到车轮”是一个描述能源在生命周期中从储存状态到最终被用作动力能的过程的术语。对于空运和海运而言，这一过程也可被称为“油箱到尾流”。
吞吐量（Throughput）	吞吐量是在一个枢纽处理的货物量。最佳的测量方式是测量从枢纽出发的货物或商品的数量。
吨（Tonne）	吨作为质量的公制单位，等于1000千克。
吨公里（Tonne-kilometer）	吨公里是衡量货物运输量的综合性指标，表示一吨货物被运输一公里的距离。
贸易航线（Trade lanes）	贸易航线是指连接主要贸易伙伴之间的重要交通线路，这些线路上运输工具高度集中、交通量巨大。作为货物运输的主动脉，贸易航线在全球贸易中发挥着举足轻重的作用。
转运（Transshipment）	转运是指将货物从一种运输工具转移到另一种运输工具上的过程，旨在实现不同运输方式之间的有效衔接。
运输活动（Transport activity）	运输活动是指货物在运输过程中的实际移动或其数量的变化。为了量化运输活动，通常采用吨公里（tkm）作为衡量单位。
运输链（Transport chain）	运输链是指将货物从起点运送到目的地所使用的一系列相互衔接的运输方式和环节。一个完整的运输链通常由多个运输链要素（TCEs）组成，包括起点、终点、中转站以及各种运输工具和服务提供商等。在运输链中，货物可能会经历多次装卸、转运等操作，且不一定始终保持在同一装载单元中。

术语表

运输链要素 (TCE)	运输链要素是构成运输链的基础组成部分，可以包含各种运输活动或枢纽活动。
运输距离（Transport distance）	在货物运输的全程中，运输距离是指货物从其起始点被运送到最终目的地所经过的实际路径长度。
运输网络（Transport network）	运输网络是一个复杂而广泛的系统，由众多相互连接的运输链组成，涵盖了所有与货物运输相关的活动和环节。
运输操作（Transport operation）	运输操作涉及为了将货物从一个地点转移到另一个地点而进行的各种运输工具活动，包括货物的装载、运输、卸载以及在管道中的输送等。
运输活动类别（TOC）	运输活动类别是根据运输活动的共同特征和属性进行划分的一组类型。
20英尺标准集装箱 (TEU)	20英尺标准集装箱是一种国际标准集装箱，其长度为20 ft（约合6.1m），是衡量集装箱数量的通用单位。
价值链（Value chain）	价值链是负责将产品从原材料阶段传递到最终消费者的整个流程系而价值链则关注于在这个流程中为产品增加价值的各个环节。
车辆的能源供应相关的温室气体排放（Vehicle energy provision GHG emissions)	车辆的能源供应相关的温室气体排放主要源于车辆运行所使用的能源载体的生产过程，包括能源的开采、加工、储存和分配等环节。
车辆运行（Vehicle operation)	车辆运行是指所有涉及车辆部署和使用的运输活动，无论车辆是采用自动驾驶、有人驾驶、引导驾驶还是远程控制等方式。
车辆运行温室气体排放（Vehicle operation GHG emissions)	车辆运行温室气体排放是指在车辆运行过程中产生的温室气体排放，如二氧化碳、甲烷等。
“油井到油箱”（WTT)	“油井到油箱”是能源载体生命周期中的一个重要阶段，涵盖了从原油开采到提炼成燃料并供应给运输工具使用的整个过程。
“油井到车轮”（WTW)	油井到车轮（或空中和海上运输的“油井到尾流”）是指完整的能源载体生命周期； 即 WTT 和 TTW 阶段的总和。
同比（YOY）	同比分析是通过比较同一时间段内不同年份的数据或绩效指标，揭示趋势和变化的一种方法。

版本历史

版本	年份	更新总结
1.0	2016	初始版本
2.0	2019	v1.0的主要修订，包括设计更新；与温室气体议定书对齐；加入了物流站点的内容，更新了内陆水道的处理，数据收集和报告指南；增加了排放报告的信息；为邮件和包裹行业提供了具体指导。
3.0	2023	更新设计，专有名词与ISO 14083对齐，第3节模块1中实施了更新的排放因子。
3.1	2024	更新了数据模块3，包含最新来源，添加了中国的数值，集成了电动汽车核算白皮书，并进行了小幅修改。

ISBN 9789083362908