团　体　标　准

T/CECRPA 016-2025

基于运输结构调整的大气污染物与二氧化碳减排量评估技术指南

Technical guideline for assessment of air pollutants and carbon dioxide emission reductions from freight transport modal shift

2025-05-19 发布　　2025-05-19 实施

中国生态文明研究与促进会　发布

目　次

前言 III

引言 III

1　范围 1

2　规范性引用文件 1

3　术语和符号 1

4　核算方法 2

4.1　核算步骤 2

4.2　核算边界 2

4.3　选择核算方法 2

4.4　活动数据获取 6

4.5　排放因子数据及来源 6

4.6　不确定性分析 6

5　数据质量管理 8

6　减排量评估报告的编制 8

6.1　概述 ..... **错误!未定义书签。**

6.2　评估报告内容 ..... **错误!未定义书签。**

前　言

本标准按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》给出的规则起草。

本标准由中国生态文明研究与促进会提出并归口。

本标准起草单位：交通运输部规划研究院、清华大学、中国环境科学研究院、生态环境部环境规划院、北京交通发展研究院、中汽研汽车检验中心（天津）有限公司

本标准主要起草人：吴睿、杨道源、常兴、杨孝文、李晓易、吴烨、王军方、钟悦之、何巍楠、汪晓伟、徐洪磊、黄全胜、刘胜强、李悦、高美真、宋媛媛、邢有凯、李明君、王人洁、谭晓雨、张永林、刘洁、张少君、吴潇萌、黄志辉、何卓识、宋晓晖、程颖、高涛

引　言

运输结构调整是交通运输绿色发展和高质量发展的关键抓手，如何评价运输结构调整的环境效益，是科学制定运输结构调整措施的工作重点。为统一并规范运输结构调整措施各实施方在计算其大气污染物与二氧化碳减排量时的核算边界、核算方法和排放因子取值，制定本标准。

基于运输结构调整的大气污染物与二氧化碳减排量评估技术指南

1 范围

本标准规定了基于运输结构调整的大气污染物与二氧化碳减排量评估的术语和定义、基本原则、要求和方法。

本标准适用于指导交通运输主管部门制定或评估运输结构调整政策、企业实施运输结构调整项目的大气污染物与二氧化碳减排量评估和报告编制。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则

GB/T 33760 基于项目的温室气体减排量评估技术规范通用要求

GA 802 道路交通管理 机动车类型

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 **大气污染物** air pollutants

指二氧化硫（SO_2）、氮氧化物（NO_X）、一氧化碳（CO）、挥发性有机物（VOCs）、氨（NH3）、总悬浮颗粒物（TSP）、可吸入颗粒物（PM10）、细颗粒物（PM2.5）、黑碳（BC）和有机碳（OC）。

3.2 **基准线情景** baseline scenario

用来提供参照的，在不实施运输结构调整的情景下可能发生的假定情景。

[GB/T 33760-2017，定义 3.4]

3.3 **大气污染物与二氧化碳减排量** air pollutants and carbon dioxide emission reductions

经计算得到的一定时期内运输结构调整所产生的大气污染物与二氧化碳排放量相比基准线情景排放量的减少量。

3.4 **活动数据** activity data

导致大气污染物与二氧化碳排放的生产或消费活动量的表征值。

[GB/T 32150-2015，定义 3.12]

3.5 **排放因子** emission factors

表征单位生产或消费活动量的大气污染物与二氧化碳排放的系数。

[GB/T 32150-2015，定义 3.13]

3.6 **大气污染物与二氧化碳信息体系** air pollutants and carbon dioxide information system

用来建立、管理和保持大气污染物与二氧化碳信息的方针、过程和程序。

[GB/T 33760-2017，定义 3.9，有修改]

3.7 **项目报告人** project owner

编制运输结构调整项目大气污染物与二氧化碳减排量评估报告的主体，如实施运输结构调整项目的企业或交通运输主管部门。

4 核算方法

4.1 核算步骤

基于运输结构调整项目的大气污染物与二氧化碳减排量评估程序包括以下步骤：

a） 项目边界的确定；

b） 基准线情景的确定；

c） 基准线情景下大气污染物与二氧化碳源的识别；

d） 收集活动数据；

e） 选择和获取排放因子数据；

f） 计算运输结构调整项目下对应的大气污染物与二氧化碳排放量；

g） 计算运输结构调整项目的大气污染物与二氧化碳减排量。

4.2 核算边界

运输结构调整项目包括货物运输由公路转移至铁路或水路或皮带管道、或调整公路运输车队组成（如纯电动车辆比例增加）的过程。基准线情景应设置为项目实施前的公路运输车队状态和项目实施后转移至铁路或水路的货物运输需求、或公路车队组成调整后承担的货物运输需求。每个运输结构调整项目需根据项目边界重新确定基准线情景。

运输结构调整项目的空间范围包括项目货物的运输所涉及的整个运输路线，从起点到目的地。其中包括一些辅助运输模式，即从工厂到港口或火车站，反之亦然。项目边界不包含货物的生产工厂及使用这些货物的工厂，只有货物的运输被包含在项目边界内。项目排放包括，货车的燃料消耗或电力消耗、火车/船舶的燃料消耗或电力消耗、管道/皮带等电力消耗、辅助路线使用货车的燃料消耗或电力消耗产生的排放。其中，电力消耗仅考虑二氧化碳排放。如果项目运输方式在返程（从目的地（地点 B）到起点（地点 A））运输其他货物，那么返程运输货物涉及的排放不必考虑。

4.3 选择核算方法

4.3.1 概述

运输结构调整项目产生的减排量由式（1）计算：

$$E = E_b - E_p \quad \text{（1）}$$

式中：

E ——运输结构调整项目大气污染物或二氧化碳减排量，单位为吨（t）；

E_b ——大气污染物或二氧化碳基准线排放量，单位为吨（t）；

E_p ——运输结构调整项目下大气污染物或二氧化碳排放量，单位为吨（t）。

4.3.2 基准线排放

4.3.2.1 概述

基准线大气污染物与二氧化碳排放量由式（2）计算：

$$E_b = E_{b,road} \quad \text{（2）}$$

式中：

E_b——基准线大气污染物或二氧化碳排放量，单位为吨（t）；

$E_{b.road}$——基准线公路大气污染物或二氧化碳排放量，单位为吨（t）；

4.3.2.2 基准线公路大气污染物与二氧化碳排放

4.3.2.2.1 基准线公路大气污染物排放

本方法利用运输结构调整前项目货物运输需求的车辆单位行驶里程大气污染物排放因子数据、运输距离统计数据及车辆数量来核算大气污染物排放量，其排放量按式（3）计算：

$$E_{b,road,j} = \sum_a \sum_i VKT_{i,a} \times VK_{i,a} \times EF_{a,i,j} \times 10^{-6} \quad \text{（3）}$$

式中：

$E_{b,road,j}$——基准线下项目大气污染物排放量，单位为吨（t）；

$VKT_{i,a}$——基准线下项目货物运输需求的第 a 类燃料第 i 类运输装备类型单台运输距离数据，单位为公里（km）；

$VK_{i,a}$——基准线下项目货物运输需求的第 a 类燃料第 i 类运输装备类型数量；

$EF_{a,i,j}$——基准线下项目货物运输需求的第 a 类燃料第 i 类运输装备类型第 j 类污染物排放因子数据，单位为克每公里(g/km)；

i——运输装备类型；

a——燃料类型；

j——污染物类型。

4.3.2.2.2 基准线公路二氧化碳排放

本方法利用运输结构调整前项目货物运输需求的车辆单位行驶里程能源消费强度数据、运输距离统计数据及车辆数量来核算二氧化碳排放量，其排放量按式（4）计算：

$$E_{b,road,CO_2} = \sum_a \sum_i \left[\left(FE_{i,a} \times VKT_{i,a} \times VK_{i,a} \right) \times EF_a \right] \quad \text{（4）}$$

式中：

$E_{b,road,CO_2}$——基准线下项目大气污染物排放量，单位为吨（t）；

$FE_{i,a}$——基准线下项目货物运输需求的车辆第 a 类燃料第 i 类运输装备类型单位行驶里程能源消费强度，单位为吨燃料每公里（t/km）；

$VKT_{i,a}$——基准线下项目货物运输需求的第 a 类燃料第 i 类运输装备类型单台运输距离数据，单位为公里（km）；

$VK_{i,a}$——基准线下项目货物运输需求的第 j 类燃料第 i 类运输装备类型数量；

EF_a ——第 a 类燃料二氧化碳排放因子，单位为吨二氧化碳每吨燃料(tCO_2/t)；

i——运输装备类型；

a——燃料类型。

4.3.3 运输结构调整项目下大气污染物与二氧化碳排放

4.3.3.1 概述

运输结构调整项目下大气污染物与二氧化碳排放量由式（5）计算：

$$E_p = E_{p,road} + E_{p,rail} + E_{p,pipe} \quad \cdots\cdots (5)$$

式中：

E_p ——运输结构调整项目下大气污染物或二氧化碳排放量，单位为吨（t）；

$E_{p.road}$ ——运输结构调整项目下公路大气污染物或二氧化碳排放量，单位为吨（t）；

$E_{p,rail}$ ——运输结构调整项目下铁路/水路大气污染物或二氧化碳排放量，单位为吨（t）；

$E_{p,pipe}$ ——运输结构调整项目下管道/皮带二氧化碳排放量，单位为吨（t）。

4.3.3.2 运输结构调整项目下公路大气污染物与二氧化碳排放

4.3.3.2.1 运输结构调整项目下公路大气污染物排放

本方法利用运输结构调整项目下货物运输需求的车辆单位行驶里程污染物排放因子数据、运输距离统计数据及车辆数来核算大气污染物排放量，其排放量按式（6）计算：

$$E_{p,road,j} = \sum_a \sum_i VKT_{i,a} \times VK_{i,a} \times EF_{a,i,j} \times 10^{-6} \quad \cdots\cdots (6)$$

式中：

$E_{p,road,j}$ ——运输结构调整项目下大气污染物排放量，单位为吨（t）；

$VKT_{i,a}$ ——运输结构调整项目下货物运输需求的第 a 类燃料第 i 类运输装备类型单台运输距离数据，单位为公里（km）；

$VK_{i,a}$ ——运输结构调整项目下货物运输需求的第 a 类燃料第 i 类运输装备类型数量；

$EF_{a,i,j}$ ——运输结构调整项目下货物运输需求的第 a 类燃料第 i 类运输装备类型第 j 类污染物排放因子数据，单位为克每公里(g/km)；

i——运输装备类型；

a——燃料类型；

j——污染物类型。

4.3.3.2.2 运输结构调整项目下公路二氧化碳排放

本方法利用运输结构调整项目下货物运输需求的车辆单位行驶里程能源消费强度数据、运输距离

统计数据及车辆数来核算二氧化碳排放量，其排放量按式（7）计算：

$$E_{p,road,CO_2} = \sum_a \sum_i \left[\left(FE_{i,a} \times VKT_{i,a} \times VK_{i,a} \right) \times EF_a \right] \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (7)$$

式中：

$E_{p,road,CO_2}$——运输结构调整项目下大气污染物排放量，单位为吨（t）；

$FE_{i,a}$——运输结构调整项目下货物运输需求的车辆第 a 类燃料第 i 类运输装备类型单位行驶里程能源消费强度，单位为吨燃料每公里（t/km）；

$VKT_{i,a}$——运输结构调整项目下货物运输需求的第 a 类燃料第 i 类运输装备类型运输单台距离数据，单位为公里（km）；

$VK_{i,a}$——运输结构调整项目下货物运输需求的第 j 类燃料第 i 类运输装备类型数量；

EF_a——第 a 类燃料二氧化碳排放因子，单位为吨二氧化碳每吨燃料(tCO_2/t)；

i——运输装备类型；

a——燃料类型。

4.3.3.3 运输结构调整项目下铁路/水路大气污染物与二氧化碳排放

本方法利用铁路/水路单位运输周转量能源消费强度及运输周转量统计数据来核算运输结构调整项目下铁路/水路运输二氧化碳排放量，其排放量按式（8）计算：

$$E_{p,rail,j} = TR \times EF_{rail,j} \times 10^{-6} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (8)$$

式中：

$E_{p,rail,j}$——运输结构调整项目下铁路/水路大气污染物与二氧化碳排放量，单位为吨（t）；

TR——运输结构调整项目下货物运输需求的铁路/水路周转量，单位为吨公里（tkm）；

$EF_{rail,j}$——单位铁路/水路周转量 j 类污染物和二氧化碳排放因子，单位为克每吨公里（g/tkm）；

j——污染物种类。

4.3.3.4 运输结构调整项目下管道/皮带二氧化碳排放

本方法利用管道/皮带单位运输周转量能源消费强度及运输周转量统计数据来核算运输结构调整项目下管道/皮带运输二氧化碳排放量，其排放量按式（9）计算：

$$E_{p,pipe} = TR \times EF_{pipe} \times 10^{-6} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (9)$$

式中：

$E_{p,pipe}$——运输结构调整项目下管道/皮带二氧化碳排放量，单位为吨（t）；

TR——运输结构调整项目下货物运输需求的管道/皮带周转量，单位为吨公里（tkm）；

EF_{pipe}——单位管道/皮带周转量二氧化碳排放因子，单位为克每吨公里（g/tkm）；

4.4 活动数据获取

4.4.1 运输装备类型和数量

基准线情景和运输结构调整项目下公路运输装备的类型和数量应采用实际统计值。当对尚未实行的运输结构调整项目进行预评估时，运输结构调整项目下公路运输装备的类型和数量应采用预测值。货车的分类标准应与《道路交通管理 机动车类型》（GA 802—2019）一致，对每一类货车的数量分别统计，不应采用汽车当量统计。

4.4.2 公路运输距离

基准线运输路线的距离被认为是基准线情形下，从货物运输的起点（地点 A）到目的地（地点 B）的单程距离。如果存在一个运输结构调整项目活动实施前货物运输采用的路线的历史记录，且这个历史记录是有文件证明的，那么应该考虑这个历史路线。如果历史记录不可得，或者运输结构调整项目活动实施前货物运输采用了多条路线，那么需要提供一条从起点到目的地消耗燃料最少的路线，并给出合理证明。

运输结构调整项目下路线的距离被认为是运输结构调整情景下，从货物运输的起点（地点 A）到铁路/水路接驳目的地（地点 C）的单程距离。利用运输结构调整项目活动实施后货物运输采用的路线的记录，且这个记录是有文件证明的，那么应该考虑这个路线。

4.4.3 铁路/水路/管道/皮带运输周转量

运输结构调整项目下路线的铁路/水路管道/皮带运输周转量被认为是运输结构调整情景下，从货物运输铁路/水路管道/皮带接驳目的地（地点 C）到目的地（地点 B）的货物周转量。利用运输结构调整项目活动实施后货物运输周转量的记录，且这个记录是有文件证明的。当对尚未实行的运输结构调整项目进行预评估时，铁路/水路管道/皮带运输周转量应采用预测值。

对于集装箱货物，应根据其实际货物重量计算运输周转量。

4.5 排放因子数据及来源

燃料消耗的大气污染物与二氧化碳排放因子可由下面三种方式确定：

（1）实测法。运用货车/铁路/水路燃料消耗统计及实际排放测试的历史数据计算各类大气污染物和二氧化碳排放因子。

（2）缺省值。大气污染物排放因子可参考《大气污染物与温室气体融合排放清单编制技术指南（试行）》《道路机动车大气污染物排放清单编制技术指南（试行）》《非道路移动源大气污染物排放清单编制技术指南（试行）》确定。单位燃料消耗的二氧化碳排放因子可参考《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》确定，具体如表 1 所示。可根据单位运输周转量燃料消耗量换算得到单位运输周转量的二氧化碳排放因子。铁路/水路单位运输周转量燃料消耗量宜采用实际调查值，或采用《非道路移动源大气污染物排放清单编制技术指南（试行）》中的推荐值。

表1 常用燃料二氧化碳碳排放因子

燃料类型	二氧化碳排放因子（tCO_2/t）
汽油	2.1186
柴油	2.2438
天然气	1.6300
燃料油	2.3600

（3）比例构成法。对于二氧化硫排放因子，可以采用燃油、燃气等燃料的硫含量和碳含量，由二氧化碳排放因子换算得到。

燃料消耗排放因子优先采用方法（1）确定。当缺乏实际统计和测试的历史数据时，可采用方法（2）和方法（3）。

电力消耗的二氧化碳排放因子，应采用生态环境部最新发布的全国电网排放因子。

4.6 不确定性分析

运输结构调整项目大气污染物与二氧化碳减排量的不确定性主要来自排放因子数据，排放报告编制者应通过提高测量精度，改进数据模型、增大测量样本数量等方法减少不确定性，使所得数据更加精确。

排放报告编制者应分别量化各类大气污染物和二氧化碳减排量的不确定性，并报告95%置信区间的估算结果。

分别确定清单核算过程中用到的每一个排放因子数据的概率分布。常用概率分布类型包括正态分布、对数正态分布、伽马分布、均匀分布等。当排放因子采用实测法时，应在数据样本中抽取随机样本，并利用非参数检验方法对测试样本数据的分布进行检验，确定其概率分布。当排放因子采用缺省值或比例构成法时，可假设其满足正态分布。

（1）若排放因子数据均满足正态分布，可采用*t*值查表与误差传递的方法，计算得到最终结果的不确定性范围。

95%置信区间下的*t*值与测量样本数的对应关系见下表2。

表2　*t*值与测量样本数的对应关系

测量样本数 *n*	3	5	8	10	50	100	∞
95%置信度下 *t* 值	4.30	2.78	2.37	2.26	2.01	1.98	1.96

计算平均值 $\overline{X}$ 以及标准偏差*S*：

$$\overline{X} = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} X_k \quad \text{……（10）}$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{k=1}^{n}(X_k - \overline{X})^2} \quad \text{……（11）}$$

其中，X_k 为第*k*个样本。

计算样本数量为 *n* 时的相关区间为：

$$[\overline{X} - \frac{S \cdot t}{\sqrt{n}}; \overline{X} + \frac{S \cdot t}{\sqrt{n}}] \quad \text{……（12）}$$

以上区间可转换成不确定性范围，并以±百分比来表示。

合并不确定性时主要应用两个误差传递公式，一是加减运算的误差传递公式，二是乘除运算的误差传递公式。当某一估计值为*n*个估计值之和或差时，该估计值的不确定性采用下式计算：

$$U_c = \frac{\sqrt{(U_{s1} \cdot \mu_{s1})^2 + (U_{s2} \cdot \mu_{s2})^2 + \cdots + (U_{sn} \cdot \mu_{sn})^2}}{|\mu_{s1} + \mu_{s2} + \cdots + \mu_{sn}|} = \frac{\sqrt{\sum_{n=1}^{N}(U_{sn} \cdot \mu_{sn})^2}}{\left|\sum_{n=1}^{N}\mu_{sn}\right|} \quad \text{……（13）}$$

式中：

U_c——n个估计值之和或差的不确定性(%)；

$U_{s1}\ldots U_{sn}$——n个相加减的估计值的不确定性(%)；

$\mu_{s1}\ldots\mu_{sn}$——n个相加减的估计值

当某一估计值为n个估计值之积时，该估计值的不确定性采用下式计算：

$$U_c=\sqrt{U_{s1}{}^2+U_{s2}{}^2+\cdots+U_{sn}{}^2}=\sqrt{\sum_{n=1}^{N}U_{sn}{}^2} \tag{14}$$

式中：

U_c——n个估计值之积的不确定性(%)；

$U_{s1}\ldots U_{sn}$——n个相乘的估计值的不确定性(%)

（2）可采用蒙特卡洛数值分析方法估算最终结果的不确定性范围。拟合各排放因子数据的概率密度函数，并在概率密度函数上随机抽样，然后基于抽样产生的每个随机值计算减排量最终结果，并统计不同抽样组合计算输出的减排量最终结果。经过n次重复抽样（n>1000），当输出结果的平均值趋于平稳时，结束重复计算，根据n个计算输出结果构成的概率分布，量化最终结果的不确定性。

5 数据质量管理

项目业主应对运输结构调整项目和基准线情景有关的数据和信息进行管理，包括但不限于：

a）建立并保持一个完整的大气污染物与二氧化碳信息体系；

b）对准确性进行常规检查。定期对计量器具、监测设备和在线监测仪表进行维护管理，并记录存档；

c）定期进行内部审核和技术评审。定期对大气污染物与二氧化碳排放数据进行校验，对可能产生的数据误差风险进行识别，并提出相应的解决方案；

d）对项目成员进行培训；

e）按本标准4.6节方法进行不确定性分析。

6 减排量评估报告的编制

运输结构调整项目减排量报告包括但不限于：

a）项目报告人的信息；

b）项目的目的；

c）对项目的简述，包括规模、地点、持续时间等；

d）对基准线情景的说明；

e）计算项目的大气污染物与二氧化碳减排量所采用的准则、程序、数据及数据来源的说明，包括运输装备类型和数量的补充证明材料；

f）报告的日期及其所覆盖的时间段；

g）说明在相关时间段内，项目大气污染物与二氧化碳排放源引起的排放量的分别总计；

h）说明在相关时间段内，基准线情景下大气污染物与二氧化碳排放源所引起的大气污染物与二氧化碳排放量的分别总计；

i）大气污染物与二氧化碳的减排量；

j）项目有关的数据和信息不确定性的评估。