

团 体 标 准

T/GDCPA XXXX—2025

重点行业减污降碳协同调控效应定量评估 技术规范

Technical specification for quantitative assessment of synergistic pollution and
carbon emission reduction control in key industries

征求意见稿

2025 - XX - XX 发布

2025 - XX - XX 实施

发 布

GDCPA

目 录

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本原则 2

 4.1 科学性原则 2

 4.2 系统性原则 2

 4.3 可操作性原则 2

5 评估范围 2

6 评估数据收集与处理 2

 6.1 数据来源 2

 6.2 数据处理 3

 6.3 技术流程 3

7 评估方法 3

 7.1 构建环境拓展的多区域投入产出（EE-MRIO）表 3

 7.2 供应链隐含排放计算 6

 7.3 协同调控效应评估 6

附录 A 8

附录 B 9

前 言

本文件按照GB/T1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由_____提出。

本文件由_____归口。

本文件起草单位：中国科学院城市环境研究所、生态环境部华南环境科学研究所、国网福建综合能源服务有限公司、创昕数智（厦门）能源科技有限公司、厦门天卫科技有限公司、绿普惠科技（北京）有限公司、上海碳索能源服务股份有限公司、厦门是能环保科技有限公司。

本文件主要起草人：林剑艺、尹晶晶、林泽坤、刘明亮、于锡军、王一超、王炜彬、姜远峰、陈明、游琴、王炜彬、陶岚、马利英、王敏锋、王碧文、寇丽敏、林云晓、林志伟。

GDCPA

重点行业减污降碳协同调控效应定量评估技术规范

1 范围

本文件规定了重点行业（附录 A）供应链的温室气体与大气污染物协同调控效应定量评估的原则、评估范围、数据收集与处理、评估方法等内容。

本文件适用于指导重点行业的供应链环境管理，以及政府部门制定减污降碳政策。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 4754-2017 国民经济行业分类

GB/T 32150-2015 工业企业温室气体排放核算和报告通则

GB/T 18354-2021 物流术语

T/CFIE 001-2024 工业行业减污降碳协同增效评价 总则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

供应链 supply chain

生产及流通过程中，涉及将产品或服务提供给最终用户的上游与下游行业所形成的网链结构。

[来源：GB/T 18354-2021, 3.1，有修改]

3.2

投入产出表 input-output table

以矩阵形式定量描述经济体各部门间货物服务流动及收入分配的结构化平衡表，包含中间投入矩阵、最终需求矩阵和增加值矩阵。

3.3

多区域投入产出表 multi-regional input-output table, MRIO table

将多个地区的投入产出表连接起来的经济分析工具。它通过量化不同地区之间的商品和服务流动，系统地反映各区域行业间的经济联系，基于该表可追踪供应链引致的资源环境影响及转移。

3.4

环境卫星账户 environmental satellite accounts

在投入产出表基础上扩展的补充核算体系，整合经济活动数据与环境压力指标（如温室气体排放），支持环境经济综合分析。

3.5

环境拓展的多区域投入产出表 environmental extended multi-regional input-output table, EE-MRIO table

将环境卫星账户（如资源消耗、污染物排放）嵌入多区域投入产出（MRIO）框架的定量分析工具，用于分析经济活动的跨区域、跨行业的环境效应。

3.6

隐含温室气体/大气污染物排放 embodied GHG/air pollutant emissions

满足某一经济体最终需求的所有生产阶段（包括直接及间接活动）所引致的供应链温室气体或

大气污染物排放总量。

3.7

直接消耗系数 direct requirement coefficient

某一区域特定行业单位产出对另一区域特定行业的中间产品的直接需求量。

3.8

减污降碳协同调控效应 synergistic effect of carbon-pollutant co-control

通过实施特定政策或技术措施，在减少温室气体排放的同时，同步降低大气污染物排放的协同作用效果。其核心是通过优化资源配置、技术创新或管理手段，实现污染物与碳排放的双重削减，避免单一减排措施可能导致的治理成本增加或效率损失。

4 基本原则

4.1 科学性原则

基于国际公认的环境经济核算方法（如 EE-MRIO 表），采用权威数据源（如国家统计局部门、国际权威机构数据库），确保分析结果的客观性和可验证性。

4.2 系统性原则

覆盖所关注时间段内的重点行业的供应链，结合直接排放与隐含排放的评估，系统分析温室气体与大气污染物之间的协同调控效应。

4.3 可操作性原则

优先选用公开可获取的投入产出表和环境卫星账户数据，若研究时间范围内无对应投入产出表，可采用相近年份数据作为替代；若研究空间范围内无对应投入产出表，可选用覆盖该空间范围的更高层级数据基于区域经济特征进行比例拆分（如基于 GDP 将省级数据拆分为市级数据）。若环境卫星账户的产业部门分类与投入产出表不完全一致，应对投入产出表的产业部门进行合并或拆分，确保两者分类逻辑统一。

5 评估范围

在确定重点行业减污降碳协同调控评估范围的过程中，应考虑包括但不限于下列几项：

——空间范围：基于研究对象的地理边界（如全国、省级、城市群等）。

——时间范围：应结合研究目标和数据可获得性确定，国内投入产出表编制周期通常为 5 年。

——重点行业范围：参照《国民经济行业分类》（GB/T 4754）的行业划分和附录 A 的重点行业筛选原则确定。

——温室气体范围：包括 CO₂、CH₄、N₂O 等，以质量单位（吨）计量，开展协同调控效应评估时参照表 B.6 折算为二氧化碳当量（CO₂-eq）；具体温室气体类型可根据重点行业特征调整，但至少涵盖一种。

——大气污染物范围：包括 SO₂、NO_x、PM₁₀ 等，以质量单位（吨）计量，开展协同调控效应评估时参照表 B.6 折算为污染物当量（AP-eq）；具体污染物类型可根据重点行业特征调整，但至少涵盖一种。

6 评估数据收集与处理

6.1 数据来源

多区域投入产出表：全国不同尺度（省级、城市群等）的多区域投入产出表可以采用各级统计局、环境核算数据库或相关科研团队编制的数据库（数据表示例和数据来源分别见表 B.1 和 B.4），也可基于国家、各省（自治区、直辖市）统计局官网发布的单一区域投入产出表自行编制。

环境卫星账户：环境卫星账户数据通常来源于环境核算数据库、环境统计年鉴、环境公报、投入产出数据库等（数据表示例和数据清单见表 B.2 和 B.5）。

6.2 数据处理

数据匹配：确保环境卫星账户与投入产出表的时间、区域及产业部门分类一致。

缺失数据处理：对于环境卫星账户与投入产出表无法匹配的情况，采用行列平衡法或参考环境统计年鉴、工业统计年鉴、能源统计年鉴、环境公报中的比例插补。

数据验证：通过交叉比对企业实测数据或第三方报告修正异常值。

6.3 技术流程

技术流程见图 1。

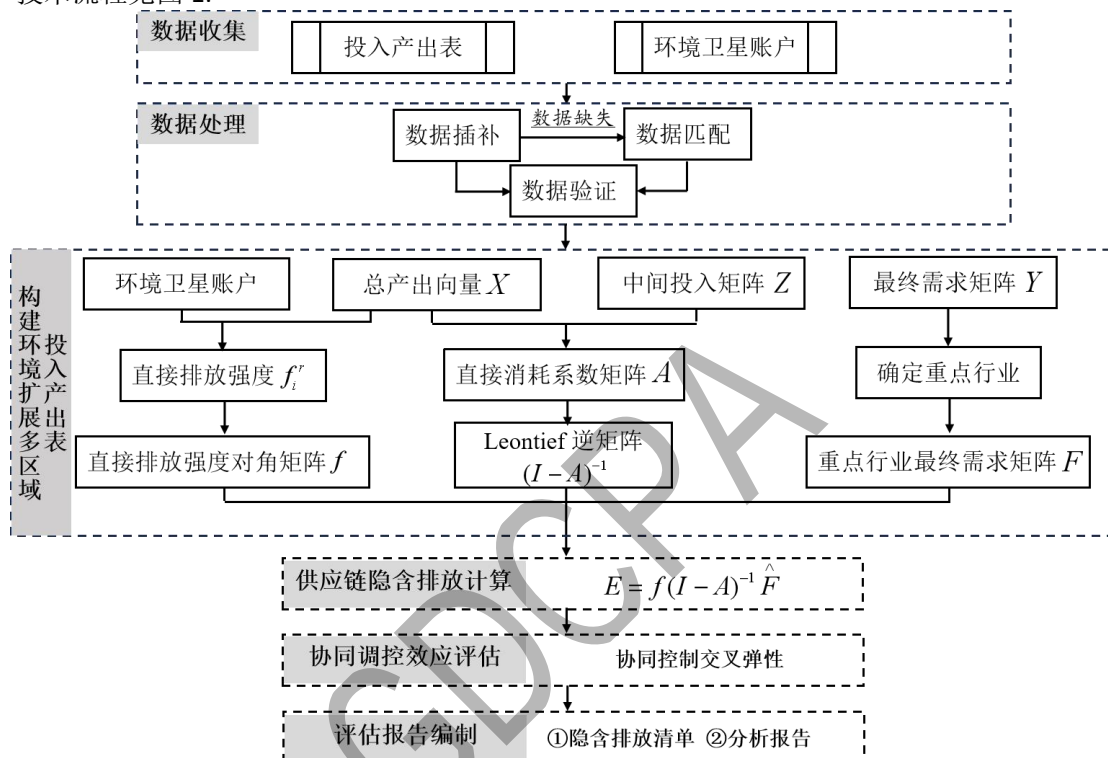


图 1 技术流程图

7 评估方法

7.1 构建环境拓展的多区域投入产出（EE-MRIO）表

针对所评估的重点行业，基于收集到的环境卫星账户和多区域投入产出表，构建环境拓展的多区域投入产出（EE-MRIO）表，系统地追踪重点行业的供应链上各产业部门产生的环境影响。EE-MRIO 表（表 B.3）主要包括以下矩阵的计算：直接排放强度对角矩阵、Leontief 逆矩阵和最终需求矩阵。

7.1.1 MRIO 表基本框架

假设 MRIO 表包括 m 个区域，每个区域包括 n 个产业部门，则 MRIO 表包括以下子矩阵：

$$Z \text{——中间投入矩阵（维度 } mn \times mn \text{）, 其中 } Z^{rs} = \begin{bmatrix} Z_{11}^{rs} & Z_{12}^{rs} & \cdots & Z_{1n}^{rs} \\ Z_{21}^{rs} & Z_{22}^{rs} & \cdots & Z_{2n}^{rs} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_{n1}^{rs} & Z_{n2}^{rs} & \cdots & Z_{nn}^{rs} \end{bmatrix} \text{ 为区域 } r \text{ 对区域 } s$$

的中间投入矩阵（维度 $n \times n$ ）， Z_{ij}^{rs} 为区域 r 产业部门 i 对区域 s 产业部门 j 的中间投入；

Y ——最终需求矩阵（维度 $mn \times m$ ），其中 $Y^{rs} = [Y_1^{rs} \ Y_2^{rs} \ \cdots \ Y_n^{rs}]^T$ 为区域 s 对区域 r 的

最终需求矩阵（维度 $n \times 1$ ）， Y_i^{rs} 为区域 s 对区域 r 产业部门 i 的最终需求；

X ——总产出向量（维度 $mn \times 1$ ），其中 $X^r = [X_1^r \ X_2^r \ \dots \ X_n^r]^T$ 为区域 r 的总产出向量（维度 $n \times 1$ ）， X_i^r 为区域 r 产业部门 i 的总产出；

该表的矩阵形式（对应表 A.1）为：

$$\begin{bmatrix} Z^{11} & Z^{12} & \dots & Z^{1m} \\ Z^{21} & Z^{22} & \dots & Z^{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Z^{m1} & Z^{m2} & \dots & Z^{mm} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y^{11} & Y^{12} & \dots & Y^{1m} \\ Y^{21} & Y^{22} & \dots & Y^{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y^{m1} & Y^{m2} & \dots & Y^{mm} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X^1 \\ X^2 \\ \vdots \\ X^n \end{bmatrix} \quad (1)$$

7.1.2 计算直接排放强度对角矩阵

结合环境卫星账户与总产出数据，计算温室气体/大气污染物的直接排放强度对角矩阵，表示“各区域及产业部门单位总产出所导致的温室气体/大气污染物的直接排放”。计算步骤如下：

① 计算区域 r 产业部门 i 的直接排放强度：

$$f_i^r = \frac{W_i^r}{X_i^r} \quad (2)$$

式中：

f_i^r ——区域 r 产业部门 i 的特定温室气体/大气污染物的直接排放强度；

W_i^r ——区域 r 产业部门 i 的温室气体/大气污染物的直接排放量；

X_i^r ——区域 r 产业部门 i 的总产出。

② 构建直接排放强度对角矩阵 f （维度 $mn \times mn$ ）：

$$f = \begin{bmatrix} f^1 & & & \\ & f^2 & & \\ & & \ddots & \\ & & & f^m \end{bmatrix} \quad (3)$$

式中：

$$f^r = \begin{bmatrix} f_1^r & & & \\ & f_2^r & & \\ & & \ddots & \\ & & & f_n^r \end{bmatrix} \text{——区域 } r \text{ 的直接排放强度对角矩阵（维度 } n \times n \text{）。}$$

7.1.3 计算 Leontief 逆矩阵

由于产业部门的温室气体和大气污染物排放不仅来自直接排放，还来自供应链上游的所有环节（如原材料开采、零部件制造等）的隐含排放，因此需要计算供应链涉及的所有产业部门的间接需求，从而量化完整供应链的影响。Leontief 逆矩阵能够反映为了满足最终需求 Y 的各产业部门所需的总产出（包括所有直接和间接的中间投入）。计算步骤为：

① MRIO 表的每一行具有如下行平衡方程，表明某一区域及产业部门的总产出等于该区域对所有区域及产业部门（包括自身）的中间投入之和与所有区域（包括自身）对其的最终需求之和的总和：

$$X_i^r = \sum_{s=1}^m \sum_{j=1}^n Z_{ij}^{rs} + \sum_{s=1}^m Y_i^{rs} \quad (4)$$

式中：

X_i^r ——区域 r 产业部门 i 的总产出；

Z_{ij}^{rs} ——区域 r 产业部门 i 对区域 s 产业部门 j 的中间投入；

Y_i^{rs} ——区域 s 对区域 r 产业部门 i 的最终需求。

② 引入直接消耗系数 $a_{ij}^{rs} = \frac{Z_{ij}^{rs}}{X_j^s}$ 反映区域 s 产业部门 j 每生产 1 单位总产出需要从区域 r 产业部门 i 投入的中间产品量；

③ 将直接消耗系数代入方程（4）可以得到：

$$x_i^r = \sum_{s=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij}^{rs} X_j^s + \sum_{s=1}^m Y_i^{rs} \quad (5)$$

将方程（5）变形为矩阵形式：

$$X = AX + Y \quad (6)$$

式中：

X ——总产出向量（维度 $mn \times 1$ ）；

$$A = \begin{bmatrix} A^{11} & A^{12} & \dots & A^{1m} \\ A^{21} & A^{22} & \dots & A^{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A^{m1} & A^{m2} & \dots & A^{mm} \end{bmatrix} \quad \text{——直接消耗系数矩阵（维度 } mn \times mn \text{），其中子矩阵}$$

$$A^{rs} = \begin{bmatrix} a_{11}^{rs} & a_{12}^{rs} & \dots & a_{1n}^{rs} \\ a_{21}^{rs} & a_{22}^{rs} & \dots & a_{2n}^{rs} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1}^{rs} & a_{n2}^{rs} & \dots & a_{nn}^{rs} \end{bmatrix} \quad \text{为区域 } s \text{ 对区域 } r \text{ 的直接消耗系数矩阵（维度 } n \times n \text{）；}$$

Y ——最终需求矩阵每行分别求和后得到的向量（维度 $mn \times 1$ ）。

④ 将方程（6）进行矩阵变换计算 Leontief 逆矩阵 $(I - A)^{-1}$ （维度 $mn \times mn$ ）。

$$X = (I - A)^{-1} Y \quad (7)$$

7.1.4 构建评价区域重点行业的最终需求矩阵

构建一个最终需求矩阵 F （维度 $mn \times mn$ ），表示“评价区域重点行业所增加的最终需求”，从而计算该行业需求对全供应链的拉动效应。在构建需求矩阵时，仅保留评价区域目标行业的最终需求矩阵元素，其余位置为 0，计算时，Leontief 逆矩阵会将该行业的最终需求传递至供应链涉及的所有产业部门。区域 s 产业部门 j 的最终需求矩阵 F （维度 $mn \times mn$ ）表示为：

$$F = \begin{bmatrix} 0 & \dots & F^{1s} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \dots & F^{rs} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & F^{ms} & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

式中：

$$F^{rs} = \begin{bmatrix} 0 & & & & \\ & \ddots & & & \\ & & F_j^{rs} & & \\ & & & \ddots & \\ & & & & 0 \end{bmatrix} \quad \text{——区域 } s \text{ 对区域 } r \text{ 的最终需求对角化矩阵（维度 } n \times n \text{）；}$$

F_j^{rs} ——区域 s 对区域 r 产业部门 j 的最终需求。

7.2 供应链隐含排放计算

结合 EE-MRIO 表的直接排放强度对角矩阵、Leontief 逆矩阵和最终需求矩阵，以计算全供应链隐含温室气体/大气污染物排放：

$$E = f(I - A)^{-1} \hat{F} \quad (9)$$

式中：

$$E = \begin{bmatrix} E^{11} & E^{12} & \dots & E^{1m} \\ E^{21} & E^{22} & \dots & E^{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ E^{m1} & E^{m2} & \dots & E^{mm} \end{bmatrix} \quad \text{——重点行业供应链的温室气体/大气污染物排放矩阵（维度 } mn \times mn \text{）；}$$

$\times mn$ ）；

f ——直接排放强度对角矩阵（维度 $mn \times mn$ ）；

$(I - A)^{-1}$ ——Leontief 逆矩阵（维度 $mn \times mn$ ）；

$\hat{F}$ ——重点行业的最终需求矩阵（维度 $mn \times mn$ ）。

7.3 协同调控效应评估

减污降碳协同调控效应由协同控制交叉弹性衡量，基于大气污染物和温室气体排放量变化率作比，具体公式如下：

$$Els_{ri} = \frac{(E_{ri}^{AP'} - E_{ri}^{AP}) / E_{ri}^{AP}}{(E_{ri}^{GHG'} - E_{ri}^{GHG}) / E_{ri}^{GHG}} \quad (10)$$

式中：

Els_{ri} ——区域 r 产业部门 i 的大气污染物和温室气体协同控制交叉弹性（无量纲）；

E_{ri}^{AP} ——实施调控措施前区域 r 产业部门 i 全供应链大气污染物排放当量（单位：t AP-eq）；

$E_{ri}^{AP'}$ ——实施调控措施后区域 r 产业部门 i 全供应链大气污染物排放当量（单位：t AP-eq）；

E_{ri}^{GHG} ——实施调控措施前区域 r 产业部门 i 全供应链温室气体排放当量（单位：t CO₂-eq）；

$E_{ri}^{GHG'}$ ——实施调控措施后区域 r 产业部门 i 全供应链温室气体排放当量（单位：t CO₂-eq）。

基于协同控制交叉弹性取值可判定大气污染物和温室气体协同调控效应效果，不同取值下的含义如表 1 所示：

表 1 减污降碳协同控制交叉弹性值区间及含义

取值区间	含义
≤ 0	不具备协同调控效应
$(0, 0.5)$	协同调控效应一般，温室气体减排表现更优异
$[0.5, 1)$	协同调控效应良好，温室气体减排表现更优异
1	协同调控效应最佳，大气污染物与温室气体表现一致
$(1, 1.5]$	协同调控效应良好，大气污染物减排表现更优异
> 1.5	协同调控效应一般，大气污染物减排表现更优异

注：协同调控效应最佳、良好和一般的状态仅适用于温室气体与大气污染物排放均下降的情况。
温室气体排放当量按照各类温室气体的当量值（表 B.6）折算后求和，具体公式如下：

$$E^{GHG} = \sum_{i=1}^n E_i^{GHG} \times GWP_i^{GHG} \tag{11}$$

式中：
 E^{GHG} ——重点行业全供应链温室气体排放当量（单位：t CO₂-eq）；
 E_i^{GHG} ——第 i 种温室气体排放量（单位：t）；
 W_i^{GHG} ——第 i 种温室气体的折算当量系数（单位：t CO₂-eq/t）。
大气污染物排放当量按照各类大气污染物的当量值（表 B.6）折算后求和，具体公式如下：

$$E^{AP} = \sum_{i=1}^n \frac{E_i^{AP}}{W_i^{AP}} \times 1000 \tag{12}$$

式中：
 E^{AP} ——重点行业全供应链大气污染物排放当量（单位：t AP-eq）；
 E_i^{AP} ——第 i 种大气污染物排放量（单位：t）；
 W_i^{AP} ——第 i 种大气污染物的折算当量系数（单位：t/t AP-eq）。

附录 A
(资料性)
重点行业筛选原则及示例

符合以下一个及以上属性的行业可作为重点行业，并应用本指南开展减污降碳协同调控评估。
包括：

A.1 高排放与高污染贡献行业

温室气体和大气污染物排放总量或强度高的行业，如电力、钢铁、水泥、化工、有色金属等。

A.2 供应链网络影响力高的行业

- a) 前向关联度高的行业，即行业产品作为其他行业的关键投入，其减排可能产生链式效应，如电力、钢铁、有色金属行业等；
- b) 后向关联度高的行业，即行业对上游原材料的高需求，可能通过供应链倒逼上游清洁化，如汽车制造、建筑、化工行业等；
- c) 区域间碳泄露或污染转移高发行业，即随着地区的产业升级和环境政策趋严，部分高耗能、高污染行业向能源丰富或环保政策较松的地区转移，导致碳排放和污染在区域间重新分配，如钢铁、石油、煤化工、纺织业等。

A.3 政策与战略导向性行业

- a) 对标政策层面国家、地区关注的碳-污排放重点行业，如《减污降碳协同增效实施方案》中的钢铁、水泥、建材、石化化工等；
- b) 需考虑国际贸易隐含碳责任的涉及全球供应链的行业，如钢铁、水泥、电子设备制造、纺织行业等。

附录 B
(资料性)
参考示例、数据来源及参数推荐

B.1 多区域投入产出表示例表

假设包括 m 个区域和 n 个产业部门，多区域投入产出表的结构见表 B.1。

表 B.1 多区域投入产出表示例

			中间需求									最终需求					总产出		
			区域 1			区域 2			...	区域 m			区域 1	区域 2	...	区域 m		出口	
			部门 1	...	部门 n	部门 1	...	部门 n	...	部门 1	...	部门 n							
中间投入	区域 1	部门 1	Z_{ij}^{rs}											Y_i^{rs}					X_i^r
		...																	
		部门 n																	
	区域 2	部门 1																	
		...																	
		部门 n																	
	...	...																	
	区域 m	部门 1																	
		...																	
		部门 n																	
增加值	劳动者报酬		V_j^s																
	生产税净额																		
	固定资产折旧																		
	营业盈余																		
总投入			X_j^s																

B.2 环境卫星账户示例表

假设包括 m 个区域和 n 个产业部门，环境卫星账户的结构见 B.2。

表 B.2 环境卫星账户示例

	排放量(t)	区域 1			区域 2			...	区域 m		
		部门 1	...	部门 n	部门 1	...	部门 n	...	部门 1	...	部门 n
温室 气体	CO ₂										
	CH ₄										
	N ₂ O										
	...										
大气 污染物	SO ₂										
	NO _x										
	PM ₁₀										
	...										

B.3 环境拓展的多区域投入产出表

假设包括 m 个区域和 n 个产业部门，环境拓展的多区域投入产出表的结构示例见表 B.3。

表 B.3 环境拓展的多区域投入产出表示例

			中间需求									最终需求					总产出						
			区域 1			区域 2			...	区域 m			区域 1	区域 2	...	区域 m		出口					
			部门 l	...	部门 n	部门 l	...	部门 n	...	部门 l	...	部门 n											
中间投入	区域 1	部门 l	Z_{ij}^{rs}									Y_i^{rs}					X_i^r						
		...																					
		部门 n																					
	区域 2	部门 l																					
		...																					
		部门 n																					
	...	...																					
	区域 m	部门 l																					
		...																					
		部门 n																					
增加值	劳动者报酬		V_j^s																				
	生产税净额																						
	固定资产折旧																						
	营业盈余																						
总投入			X_j^s																				
温室气体排放			GHG_i^r																				
大气污染物排放			AP_i^r																				

B.4 部分多区域投入产出表来源及内容

部分多区域投入产出表来源及内容见表 B.4。

表 B.4 部分多区域投入产出表来源及内容

区域	数据来源	数据内容
中国	国家统计局	涵盖 31 个省份 42 个产业部门的投入产出关系，每隔 5 年编制一版，目前覆盖 1987、1990、1992、1997、2002、2007、2012 和 2017 年。
城市群	主要来自 CEADs 数据库 https://www.ceads.net.cn/	涵盖城市群所有城市 42 个产业部门的投入产出关系，目前覆盖 2015 和 2017 年。
省级	各省统计局	通常涵盖省内所有地级市、42 个或更多产业部门的投入产出关系，编制时间通常与全国投入产出表一致。
市级	各市统计局	通常涵盖市内所有市辖区、42 个或更多产业部门的投入产出关系，编制时间通常与全国投入产出表一致。

B.5 部分环境账户数据来源及内容

部分环境账户数据来源及内容见表 B.5。

表 B.5 部分环境账户数据来源及内容

	数据来源	数据内容
GHG 排放	CO₂:来自 CEADs 或 Eora、EXIOBASE、GTAP 数据库; CH₄:来自 Eora 或 EXIOBASE、GTAP 数据库; N₂O:来自 Eora 或 EXIOBASE、GTAP 数据库。	① CEADs 数据库(https://www.ceads.net.cn/)涵盖国家、省、市多个层级、47 个产业部门 (1997-2021 年) 的 CO₂ 排放数据; ② Eora 数据库(https://worldmrio.com/)涵盖我国 26 个产业部门 (Eora26) 或 123 个产业部门 (Full Eora) (1990—2023 年) 的 CO₂、CH₄ 和 N₂O 排放数据; ③ EXIOBASE 数据库(https://www.exiobase.eu/) 涵盖我国 163 个产业部门 (1995—2022 年) 的 CO₂、CH₄ 和 N₂O 排放数据; ④ GTAP 数据库(https://www.gtap.agecon.purdue.edu/) 涵盖我国 65 个产业部门的 (2004、2007、2011、2014 和 2017 年) CO₂、CH₄ 和 N₂O 排放数据。 注: 省级、市级数据需根据环境统计年鉴, 工业统计年鉴、能源统计年鉴中的相关比例进一步分配。
大气污染物 排放	SO₂:来自《中国生态环境统计年鉴》(原《中国环境统计年鉴》), 或 Eora、EXIOBASE 数据库; NO_x:来自《中国生态环境统计年鉴》(原《中国环境统计年鉴》), 或 Eora、EXIOBASE 数据库; PM₁₀:来自《中国生态环境统计年鉴》(原《中国环境统计年鉴》), 或 Eora、EXIOBASE 数据库。	《中国生态环境统计年鉴》(原《中国环境统计年鉴》) (http://www.stats.gov.cn) 涵盖中国 31 个省份 (各类大气污染物涵盖产业部门、覆盖年份不同) 的 SO₂、NO_x 和 PM₁₀ 排放数据; Eora 数据库(https://worldmrio.com/) 涵盖 26 个产业部门 (Eora26) 或 123 个产业部门 (Full Eora) (1990—2023 年) 的 SO₂、NO_x 和 PM₁₀ 排放数据; EXIOBASE 数据库(https://www.exiobase.eu/) 涵盖我国 163 个产业部门 (1995—2022 年) 的 SO₂、NO_x 和 PM₁₀ 排放数据。 注: 省级、市级数据需根据环境统计年鉴, 工业统计年鉴、能源统计年鉴中的相关比例进一步分配。

B.6 主要温室气体和大气污染物当量值

主要温室气体和大气污染物当量值见表 B.6。

表 B.6 主要温室气体和大气污染物当量值

	类型	当量值
温室气体	CO ₂	1 (t CO ₂ -eq /t)
	CH ₄	28 (t CO ₂ -eq /t)
	N ₂ O	273 (t CO ₂ -eq /t)
大气污染物	SO ₂	0.95 (t/t AP-eq)
	NO _x	0.95 (t/t AP-eq)
	PM ₁₀	2.18 (t/t AP-eq)

注：其余温室气体当量值见《IPCC 第六次评估报告》，其余大气污染物当量值见《中华人民共和国环境保护税法》附件 2《应税污染物和当量值表》

参 考 文 献

- [1] GB/T 18354-2021, 物流术语, 中国国家标准化管理委员会, 2021.
- [2] ISO 14064-1:2018 Greenhouse gases-Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals
- [3] 联合国, 国民账户体系 2008 (SNA 2008), 纽约: 联合国出版司, 2009.
- [4] 中国碳核算数据库 (CEADs), <https://www.ceads.net.cn/>, 2022.
- [5] 联合国, 环境经济核算体系中心框架 (SEEA CF 2012), 纽约: 联合国出版司, 2014.
- [6] Miller R. E., Blair P. D. Input-output analysis: Foundations and extensions (2nd ed.), Cambridge University Press, 2009.
- [7] IPCC, 2006 年国家温室气体清单指南, 日内瓦: IPCC 秘书处, 2006.
- [8] 联合国, 投入产出表编制与分析手册, 纽约: 联合国统计司, 1999.
- [9] Suh S. Handbook of input-output economics in industrial ecology, Springer, 2009.
- [10] ISO 3534-1:2006, 统计学—词汇与符号—第 1 部分: 一般统计术语, 国际标准化组织, 2006.
- [11] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). Sixth assessment report: The physical science basis. Cambridge University Press.
- [12] 毛显强, 邢有凯, 高玉冰等. 温室气体与大气污染物协同控制效应评估与规划[J]. 中国环境科学, 2021, 41(7): 3390-3398.
- [13] 中华人民共和国环境保护税法 (中华人民共和国主席令第 61 号).

《重点行业减污降碳协同调控效应定量评估技术规范》

团体标准编制说明

一、任务来源

2022年9月，科技部批准实施国家重点研发计划子课题“城市群全过程环境治理与碳减排协同调控技术与示范”（2022YFF1301204），其中提出了“编制重点行业减污降碳协同调控效应定量评估技术规范或标准”的任务。中国科学院城市环境研究所承担该标准的主要编制工作，参编单位有生态环境部华南环境科学研究所、国网福建综合能源服务有限公司、创昕数智（厦门）能源科技有限公司、厦门天卫科技有限公司、绿普惠科技（北京）有限公司、上海碳索能源服务股份有限公司、厦门是能环保科技有限公司。

二、立项的必要性

现有标准多聚焦单一污染物或温室气体核算，缺乏对二者协同作用的系统性评估，亟需通过本标准填补技术空白，推动产业升级与绿色供应链管理。本标准的制定旨在为重点行业提供科学、统一的减污降碳协同效应评估方法，量化分析温室气体与大气污染物在供应链中的关联性，评估调控措施在减污降碳方面的协同效应，支撑政策制定与产业部门行动的系统性优化。标准的制定不仅是对国家“双碳”目标与《减污降碳协同增效实施方案》的积极响应，促进环境治理与气候行动的统筹；也可破解传统单一污染物或温室气体管控的局限性，通过多区域投入产出分析，实现跨行业、跨区域的全链条影响追踪。

三、标准编制原则

（一）规范性原则。本标准遵从相关法律法规、规章制度及标准要求：

——《减污降碳协同增效实施方案》（环综合〔2022〕42号）

——《中华人民共和国环境保护税法》

——GB/T 4754-2017《国民经济行业分类》

——GB/T 32150-2015《工业企业温室气体排放核算和报告通则》

——T/CFIE 001-2024《工业行业减污降碳协同增效评价总则》

（二）科学性原则。以国际公认的环境经济核算方法（如EE-MRIO模型）为核心框架，结合权威数据源（国家统计局、CEADs数据库等）验证模型适用性，确保评估方法在理论逻辑和实证分析上的科学支撑。通过专家论证与案例模

拟，优化直接排放强度计算、Leontief 逆矩阵构建等关键环节，避免主观偏差。

（三）系统性原则。注重覆盖重点行业全供应链的跨区域、跨行业关联影响，通过整合多层级投入产出表与环境卫星账户，明确隐含排放的核算边界与数据匹配规则，避免评估盲区。同时，强化温室气体与大气污染物的协同分析维度，平衡减排目标与行业实际需求。

（四）可操作性原则。针对数据获取难、分类不一致等实际问题，提出主要数据源和替代性数据插补方法，优先采用公开数据源降低实施门槛。此外，通过简化协同弹性计算流程（如附表参数预设）和提供典型案例参考，提升标准对地方及企业的指导适配性。

四、标准主要内容

本标准共 7 章，标准结构如下所示：

（一）范围。本文件规定了重点行业供应链的温室气体与大气污染物协同调控效应定量评估的原则、评估范围、数据收集与处理、评估方法等内容。本文件适用于指导重点行业的供应链环境管理，以及政府部门制定减污降碳政策。

（二）规范性引用文件。GB/T 4754-2017 《国民经济行业分类》、GB/T 32150-2015 《工业企业温室气体排放核算和报告通则》、GB/T 18354-2021 《物流术语》、T/CFIE 001-2024 《工业行业减污降碳协同增效评价 总则》等。

（三）术语和定义。本文件界定了供应链、投入产出表、多区域投入产出表、环境卫星账户、环境拓展的多区域投入产出表、隐含温室气体/大气污染物排放、直接消耗系数、减污降碳协同调控效应等的术语和定义。

（四）基本原则。本章规定了重点行业减污降碳协同调控效应定量评估需遵循的原则，包含科学性、系统性、可操作性等。

（五）评估范围。本章规定了重点行业减污降碳协同调控效应定量评估的空间范围、时间范围、重点行业范围、温室气体范围、大气污染物范围等。

（六）评估数据收集与处理。本章规定了重点行业减污降碳协同调控效应定量评估所采用的数据的来源、处理方法和技术流程。

（七）评估方法。本章规定了重点行业减污降碳协同调控效应定量评估的主要方法步骤，包括构建环境拓展的多区域投入产出（EE-MRIO）表、开展供应链隐含排放计算、开展协同调控效应评估。

五、与法律法规、现行强制性标准的关系

1、法律法规依据

符合《减污降碳协同增效实施方案》等国家政策导向，支撑重点行业环境管理及政策制定；大气污染物当量值引用《中华人民共和国环境保护税法》附件中的污染物当量值，确保排放核算与该文件要求一致。

2、与现行标准的协调性

基础标准衔接：引用 GB/T 4754-2017《国民经济行业分类》、GB/T 32150-2015《工业企业温室气体排放核算和报告通则》等国家标准，确保行业划分和排放核算方法的一致性。

技术方法扩展：在 T/CFIE 001-2024《工业行业减污降碳协同增效评价总则》框架下，细化供应链协同调控效应的定量评估方法，补充了隐含排放计算和协同弹性分析等创新内容。

六、先进性和特色

1、方法学创新

环境拓展的多区域投入产出模型（EE-MRIO）：整合经济数据与环境压力指标，支持跨区域、跨行业的供应链隐含排放追踪，突破传统单一区域或单一污染物的评估局限。

协同控制交叉弹性指标：通过公式量化减污与降碳的协同效应（如弹性值Els），为政策效果提供直观判定依据（如最佳协同、一般协同等）。

2、数据整合能力

兼容国内外权威数据库（如 CEADs、Eora、EXIOBASE），覆盖国家、省级、城市群等多层级数据，支持动态更新和区域差异化分析。

提出缺失数据处理技术（行列平衡法、比例插补），增强数据适用性和研究灵活性。

3、行业筛选与政策导向

附录 A 明确重点行业筛选原则，涵盖高排放行业（如电力、钢铁）、供应链关键节点行业（如汽车制造）及政策导向行业（如《减污降碳协同增效实施方案》中的钢铁、水泥、建材、石化化工），强化标准的战略性和针对性。

七、标准的制定过程

2024 年 11 月，课题承担单位中国科学院城市环境研究所牵头成立标准编制组。编制组基于国家重点研发项目子课题研究成果，走访调研部分产业部门，收集行业碳-污排放特征与协同调控诉求，形成标准编制大纲，启动标准编制工作。

2024 年 12 月-2025 年 2 月，编制组针对标准主体内容开展了关键体系方法研究、应用验证、商讨咨询，完成标准（草案）编制。

2025 年 3 月-4 月，编制组联系并咨询行业内专家，多次内部研讨和修改，形成标准征求意见稿。

2025 年 5 月，广东省清洁生产协会正式将标准立项，标准名称为《重点行业减污降碳协同调控效应定量评估技术规范》。

八、技术指标设置的科学性和可行性

本标准未设置技术指标。

九、与国际、国家、行业、其他省同类标准技术内容的对比情况

1、国际标准对比

技术方法：本标准采用的环境拓展多区域投入产出模型（EE-MRIO）与国际主流方法（如欧盟环境经济核算体系 SEEA、美国投入产出数据库 Eora）基本一致，均强调供应链隐含排放的追踪和协同效应评估。但本标准进一步细化了协同控制交叉弹性指标（Els），量化减污与降碳的协同效果，而国际标准多聚焦单一污染物或碳排放核算。

覆盖范围：国际标准如 ISO 14064 侧重企业层面的碳核算，而本标准覆盖重点行业全供应链，包括跨区域经济关联与隐含排放，系统性更强。

2、国家标准对比

衔接性：本标准严格引用 GB/T 32150-2015《工业企业温室气体排放核算和报告通则》等国家标准，确保核算方法一致。同时，新增的隐含排放计算和协同弹性分析填补了现有国标在供应链协同效应评估方面的空白。

创新性：相较于《重点行业建设项目环评审批原则》（如生态环境部 2023 年文件），本标准不仅强调项目准入，还提出动态评估机制和全生命周期管理，更具前瞻性。

3、行业标准对比

行业适用性：相较于《石油化学工业减污降碳协同技术指南》《污水处理全过程减污降碳技术评价规范》等行业标准，本标准更具有普适性，更注重供应链上下游协同，适用于国民经济行业分类的关键行业，特别是高耗能高排放行业以及上下游产业链延伸较长的行业。

十、涉及专利的有关说明

本标准不涉及专利。

十一、贯彻标准的要求和措施建议

本标准主要目的是为全国重点行业减污降碳协同管理提供基础性技术支撑，通过规范评估方法统一行业实践，推动环境治理与碳减排目标的协同推进。标准发布后建议重点行业企业参照标准开展供应链排放核算。探索建立行业协作机制，促进技术经验共享与共性难题攻关，逐步完善配套支持措施。同时建议根据实际应用反馈定期优化标准内容，确保其适应行业发展需求，为减污降碳目标的长期实现提供灵活、务实的指导框架。

十二、其他情况的说明

本标准没有引用或参照国外标准。

本标准推荐性标准。

本标准第一次编制，没有涉及废止现行有关的标准。