

产品的隐含碳排放是碳关税的计算基础。本文参考 Böhringer 等 (2018)，采用多区域投入产出模型 (MRIO) 计算各行业产品隐含碳排放。MRIO 模型假定一国某一行业的隐含碳排放由三方面组成：一是在行业产品生产过程中由于使用化石燃料而直接排放的二氧化碳（也称直接碳排放）；二是在产品生产过程中由于使用国内中间投入品而间接排放的二氧化碳；三是在产品生产过程中由于使用进口的中间投入品而间接排放的二氧化碳。

MRIO 模型囊括的变量众多，变量间关系复杂，为便于分析首先定义一些符号：用 g 和 i 表示某一产品或部门， r 和 s 表示某一国家或地区， j 表示某一国际贸易运输服务；在此基础上，用 x_{gr}^y 表示 r 国家或地区生产的 g 产品的隐含碳强度， x_{ir}^m 表示 r 国家或地区进口 i 产品的隐含碳强度， x_j^t 表示国际贸易运输服务 j 的隐含碳强度；用 vom_{gr} 表示 r 国家或地区 g 产品或部门的产出， CO_2e_{gr} 表示 r 国家或地区 g 产品或部门的直接碳排放， $vd fm_{igr}$ 表示 r 国家或地区生产 g 产品时使用的国内中间投入品 i 的数量， $vifm_{igr}$ 表示 r 国家或地区生产 g 产品时使用的进口中间投入品 i 的数量， vim_{ir} 表示 r 国家或地区对产品 i 的总进口， $vxmd_{isr}$ 表示 s 国家或地区出口至 r 国产品 i 的总量；此外，用 $vtwr_{jsr}$ 表示 s 国家或地区对 r 国贸易运输服务 j 的成本， vtw_j 表示全球贸易运输服务 j 的总运输成本， vst_{jr} 表示 s 国家或地区提供的全球贸易运输服务 j 总成本。

在 MRIO 模型框架下，参考 Böhringer 等 (2018)，运用式 (1) - (3) 描述产品生产、进口、运输过程中的碳排放关系。式 (1) 表明，产品总隐含碳由直接碳排放和使用国内以及进口中间投入品产生的间接碳排放组成；式 (2) 表明，进口产品的隐含碳由原产地产品隐含碳和将产品运往目的地市场的运输服务所释放的碳排放组成；式 (3) 则表明，国际贸易运输服务的隐含碳由运输服务所需中间投入品的隐含碳加总得到。

$$\underbrace{x_{gr}^y vom_{gr}}_{\text{隐含碳排放}} = \underbrace{CO_2e_{gr}}_{\text{直接碳排放}} + \underbrace{\sum_i x_{ir}^y vdfm_{igr}}_{\text{间接排放 (国内中间品)}} + \underbrace{\sum_i x_{ir}^y vifm_{igr}}_{\text{间接排放 (进口中间品)}} \quad (1)$$

$$\underbrace{x_{ir}^m vim_{ir}}_{\text{进口隐含碳}} = \underbrace{\sum_s x_{is}^y vxmd_{isr}}_{\text{商品碳排放}} + \underbrace{\sum_j x_j^t vtwr_{jsr}}_{\text{贸易运输碳排放}} \quad (2)$$

$$\underbrace{x_j^t vtw_j}_{\text{贸易运输的隐含碳}} = \underbrace{\sum_r x_{jr}^y vst_{jr}}_{\text{贸易投入品碳排放}} \quad (3)$$

式 (1)-(3) 可以表示为 $x = b + Ax$ 的向量方程形式。本文使用递归对角化算法对其进行求解，计算各个国家和地区各类产品的隐含碳排放及其组成。