

# 散煤清洁化利用政策的费用效益评估（CBA）技术手册

（Version 1.0 版）

生态环境部环境规划院

国家环境保护环境规划与政策模拟重点实验室

**2020年12月**

# 目 录

前 言.....	1
1 基本概念与术语.....	2
1.1 民用散煤.....	2
1.2 煤改气.....	2
1.3 煤改电.....	2
1.4 集中供暖.....	2
1.5 其他清洁能源替代.....	2
1.6 费用效益评估.....	2
2 评估目标、范围和基本原则.....	3
2.1 评估目标.....	3
2.2 评估原则.....	3
2.3 适用范围.....	3
3 评估框架和技术路线.....	4
4 评估准备.....	5
5 评估内容和方法.....	5
5.1 费用效益识别.....	5
5.2 费用评估方法.....	6
5.3 效益评估方法.....	7
5.4 费用与效益比较分析.....	13
5.5 经济社会影响评估.....	13
6 结论分析.....	16
6.1 不确定性分析.....	16
6.2 综合分析和建议.....	16

# 前 言

当前，我国民用散煤主要用于乡村和城乡结合部等居民生活取暖和炊事。据统计，煤炭是我国北方农村主要的生活用能来源，占生活能源消费的一半以上。相对于火电、工业等领域煤炭利用的高效、集约、污染可控，民用燃煤具有量大面广、低空排放、污染物难以控制、难以集中监管等特点。据不完全统计，单位民用散煤燃烧排放的污染物是火电行业的 5-10 倍。在工业源逐步得到有效控制的情况下，民用散煤已成为当前燃煤污染的重要来源，民用散煤清洁化利用也成为大气污染治理的重要措施。

2013 年，国务院发布的《大气污染防治行动计划》提出加快调整能源结构，推进煤炭清洁利用，将高污染燃料禁燃区范围由城市建成区扩展到近邻郊区，结合城中村、城乡结合部、棚户区改造，通过政策补偿和实施峰谷电价、季节性电价、阶梯电价、调峰电价等措施，逐步推行“煤改气”和“煤改电”。2018 年，国务院发布《打赢蓝天保卫战三年行动计划》，提出有效推进北方地区清洁取暖，集中推进京津冀及周边地区、汾渭平原等区域散煤治理，要求在 2020 年采暖季前，在保证能源供应前提下，京津冀及周边地区、汾渭平原地区基本完成生活和冬季取暖散煤替代。

为有效进行民用散煤污染控制，我国北方地区广泛推广民用散煤清洁化利用措施，投入了大量资金，有必要从费用和效益角度，评估民用散煤清洁化利用各项措施的效果，识别出更具高边际收益的措施，在未来大气污染防治中采用更加经济的方法实现民用燃煤污染的控制。

在生态环境部与能源基金会支持下，生态环境部环境规划院国家环境保护环境规划与政策模拟重点实验室、京津冀区域生态环境研究中心承担了《建立中国环境政策的费用效益评估机制》项目，开展了技术方法、案例应用和制度机制研究。本技术手册明确了散煤清洁化利用费用效益评估的基本概念，构建了评估技术框架，推荐了主要方法。本技术手册适用于国家、各地方以及有关部门开展散煤清洁化利用政策制定或实施的费用效益（经济）评估工作。

# 1 基本概念与术语

民用散煤清洁化利用政策是环境政策的一种，是指国家、地方或部门通过民用散煤清洁化利用，以减少环境污染的一切行动和举措，包括煤改气、煤改电、集中供暖和太阳能、地热、生物质等其他清洁能源替代（以下简称“其他清洁能源替代”）等。

## 1.1 民用散煤

民用散煤指城乡居民以家庭为单位，使用常规民用炉（灶）具，用于家庭采暖供热、炊事等用途的煤炭产品。

## 1.2 煤改气

煤改气是指将原有以散煤为能源的供热供暖方式，改造为以天然气（燃气）为燃料提供热能的供热供暖方式。

## 1.3 煤改电

煤改电是指将原有以散煤为能源的供热供暖方式，改造为以电力为能源，采用专用设备将电能转变为热能来满足需要的供热供暖方式。

## 1.4 集中供暖

集中供暖是指集中式供暖，集中供暖系统包括热源、热网和用户三部分。集中供热供暖是我国北方大部分城市居民供热供暖的主要方式。作为工业锅炉的重要组成部分，热电站锅炉供热质量高，易于实现污染集中控制。

## 1.5 其他清洁能源替代

其他清洁能源替代是指将原有以散煤为能源的供热供暖方式，改造为以除电力、天然气、集中供暖的其他清洁能源（如太阳能、生物质、清洁煤等）提供热能的供热供暖方式。

## 1.6 费用效益评估

费用效益评估是指对事物或过程所（可能）产生的费用和收益进行的综合性评估和分析。根据评估对象的发生阶段，可以分为事前、事中和事后费用效益评估。民用散煤清洁化利用政策的费用效益评估是对民用散煤清洁化利用政策制定或实施后对经济社会发展和生态环境所产生的费用及效益进行科学、系统的计算研判。

## 2 评估目标、范围和基本原则

### 2.1 评估目标

民用散煤清洁化利用政策费用效益评估的目的，在于通过评估民用散煤清洁化利用政策制定或实施可能造成的经济、社会和生态环境影响大小，准确把握政策的实施效率，为下一阶段散煤污染治理政策的调整、改进或制定新的政策提供科学依据。

### 2.2 评估原则

（1）整体性原则。对民用散煤清洁化利用政策要从社会经济整体角度分析效益和费用，凡政策实施可带来的生态环境、经济和社会正贡献，如污染减排、空气质量改善、健康效益、产业结构优化、GDP 增加、就业增加、税收增加等，均计为效益。凡带来的经济支出或占用社会资源均计为费用。费用和效益都需要考虑由该政策实施引起的整体系统性影响。

（2）持续性原则。民用散煤清洁化利用政策的实施可持续性的发挥效益，因此，对民用散煤清洁化利用政策进行费用效益评估时，不能简单的以当年全部支出和当年取得的效益进行评价，还要考虑政策生态环境和经济社会的延续影响，进行折旧或折现计算。

（3）数据可得性原则。评估要综合考虑大气环境监测数据、主要大气污染物排放数据、成本数据、环境健康等必要数据的可获取性，明确评估范围、方法、数据来源，确保民用散煤清洁化利用政策的费用效益评估过程和结果的科学性、规范性和可靠性。

### 2.3 适用范围

本手册明确了民用散煤清洁化利用政策的费用效益评估技术路线图和技术方法,适用于指导各省或城市开展民用散煤清洁化利用政策的费用效益评估工作或预评估工作。

### 3 评估框架和技术路线

民用散煤清洁化利用政策的费用效益评估一般要经过评估准备、实施评估、结论分析三个步骤,具体包括政策解读与资料收集、确定基准年和目标年、费用效益识别、费用分析、效益分析、费用效益比较、经济影响分析、不确定性分析、结论与建议等九个方面。

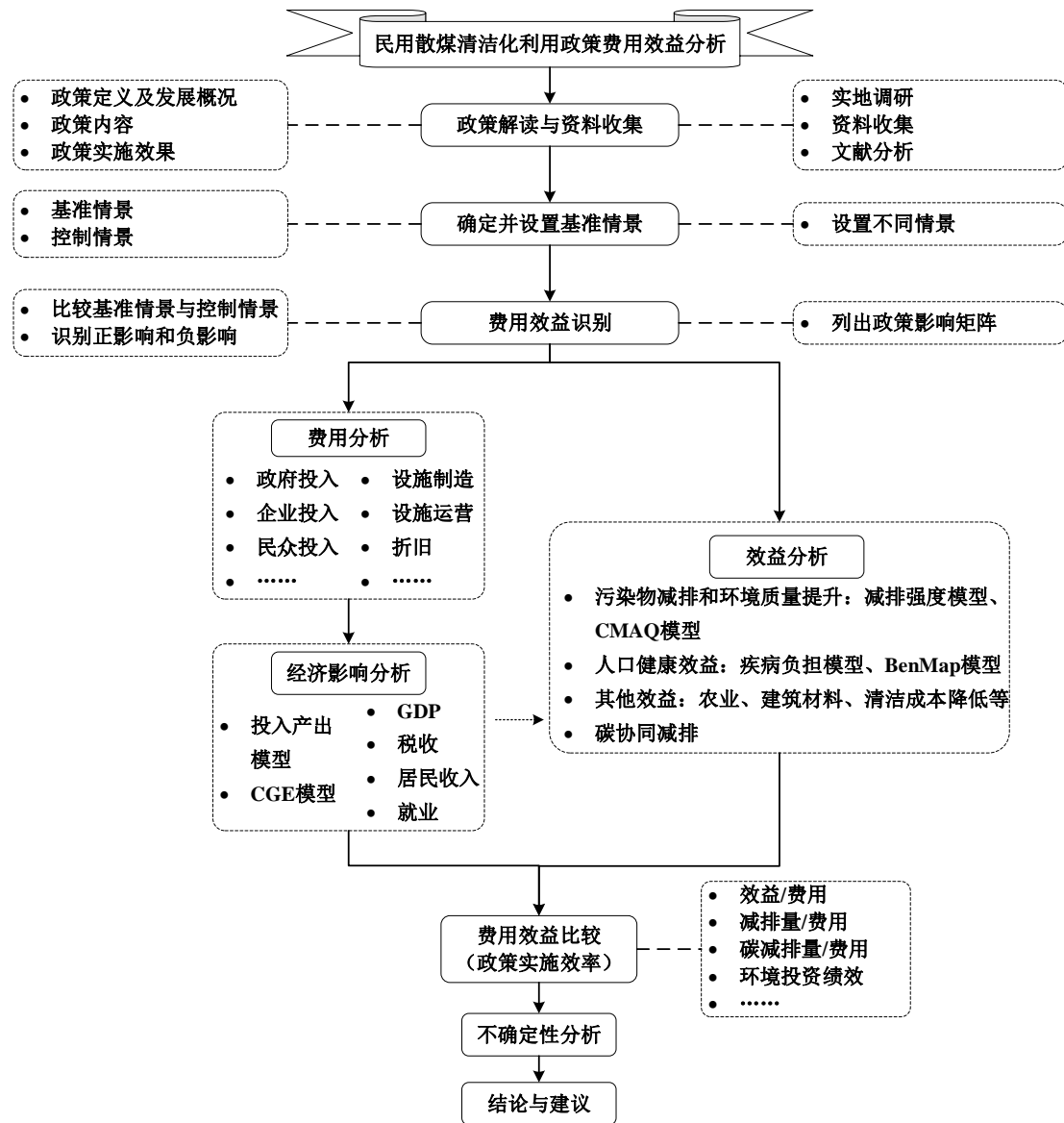


图 3-1 民用散煤清洁化利用政策的费用效益评估技术路线

## 4 评估准备

### （1）明确评估对象

选定一项或多项民用散煤清洁化利用政策作为评估对象，明确评估的区域范围和时间跨度。

### （2）开展政策解读

对选定的民用散煤清洁化利用政策开展政策解读，包括政策细分、政策目标、政策框架、政策手段、责任分担、决策机制、管理机制等。

### （3）广泛收集资料

收集民用散煤清洁化利用政策实施的相关信息，包括涉及的各类社会、经济、环境等要素信息，如 GDP、人口、能源消耗量、涉及居民户数、设施投资、设施运行费用、政府补贴额度等。可采用查询资料法、实地调查法、个案法、调研问卷等，不同方法交叉使用，相互配合，务求所获得信息具有广泛性、系统性和准确性。

### （4）确定不同情景

情景方案主要包括不实施该政策的情景（基准情景）和实施该政策的情景（控制情景）两种。对基准情景的描述应尽可能详细，并解释情景设定背后的不确定性和假设，一般可根据该政策实施前的污染物排放情况、环境质量状况、散煤污染控制技术水平等作为基础，假设人口、经济活动的地理分布和增长模式保持不变，并假设在政策实施期间没有进一步实施对相关污染物的控制措施。对控制情景的描述同样需要尽可能详尽，为比较基准情景和控制情景，分析政策实施后各要素的变化情况提供支持。

## 5 评估内容和方法

### 5.1 费用效益识别

民用散煤清洁化利用政策的实施，改变了城乡居民的能源消费结构，对政府、个人、全社会都将产生影响，需要通过比较政策实施对不同利益相关者的影响，并列岀民用散煤清洁化利用政策的费用效益影响矩阵。

表 5-1 民用散煤清洁化利用政策的费用效益影响矩阵（参考）

对象	效益	费用
政府	.....	增加补贴支出 增加管理成本 增加基建投入 .....
居民	补贴收入 幸福感增加 .....	增加旧取暖、炊事设施拆除成本 增加新能源设施和维护成本 增加新能源消费成本 .....
全社会	环境（健康）效益 污染物减排效益 碳协同减排效益 .....	增加管理成本 增加基建投入 增加能源设备运行成本 技术升级改造投入 .....

费用评估范围包括：用于民用燃煤器具的煤改气、煤改电、集中供暖和其他清洁能源替代等措施可能增加投入的成本，包括设备投资、基建成本、设备运行等投入。

效益评估范围包括：政策措施实施后可能产生的各类生态环境、健康效益，包括污染物减排、环境质量改善、碳协同减排、环境健康效益等方面。

## 5.2 费用评估方法

民用散煤清洁化的总费用可采用每户改造成本和运行增加成本的加和进行计算。若无详细到每户的数据，可采用平均成本与改造户数的乘积替代。公式如下：

$$C_i = H \times (cf_i + gf_i) \times \frac{Year_{use_i}}{Year_{dep_i}} + cu_i \times Year_{use_i}$$

式中，

$C_i$ —措施  $i$  实施的费用（元）， $i$ =煤改电、煤改气、集中供暖、其他清洁能源替代；

$H$ —户数；

$cf_i$ —单位户数设备成本（元）， $cf_{煤改电}$  为单位电锅炉成本， $cf_{煤改气}$  为单位燃气锅炉成本， $cf_{集中供暖}$  为单位户数燃气管道改造成本， $cf_{其他清洁能源替代}$  为单位清洁燃料炉



成本;

$gf_i$ —单位户数基建成本 (元),  $cf_{煤改气}$  为单位户数燃气管道改造成本, 其他措施暂无此项;

$Year_{use_i}$ —使用年限 (年);

$Year_{dep_i}$ —折旧年限 (年);

$cu_i$ —每年每户运行增加成本 (不含折旧, 元)。

其中, 投资、运行成本可以分为政府补贴、公众投入两个主体。

表 5-2 民用散煤清洁化的费用调查参数 (示例, 供参考) 单元: 元

采暖方式	设备投资	管道投资	运行增加成本	总投资
煤改电	5000		1000	6000
煤改气	8000	12000	1000	21000
集中供暖		12000	1000	13000
清洁能源替代	4000		1000	5000

### 5.3 效益评估方法

#### (1) 大气污染物减排

民用散煤清洁化利用措施的污染物减排量估算是以实施燃煤措施的排放状况作为参照背景 (即基准情景), 通过比较基准情景与现实情景, 计算主要污染物减排量。对于“电代煤”, 终端用能不再排放大气污染物, 主要大气污染物  $SO_2$ 、 $NO_x$ 、 $PM_{2.5}$  减排量按照用户数乘以户均用煤数, 再乘以  $SO_2$ 、 $NO_x$ 、 $PM_{2.5}$  的排放系数计算; 对于“气代煤”, 终端燃烧天然气时会继续向空气中排放  $NO_x$ 、 $PM_{2.5}$ , 在计算减排量时需要扣除掉天然气使用过程中的排放量。具体计算公式如下:

$$R_{SO_2} = A \times H \times S \times \frac{0.8}{100}$$

$$R_{NO_x} = A \times H \times \frac{pf}{1000} - B \times \frac{8}{1000}$$

$$R_{PM_{2.5}} = A \times H \times e_{coal} - B \times e_{gas}$$

式中,

$R_{SO_2}$ — $SO_2$  的消减量 (吨);

$A$ —户均耗煤量（吨/户/年）；

$H$ —改造户数（户）；

$S$ —煤中硫分（%）；

$R_{NO_x}$ — $NO_x$ 的消减量（吨）；

$pf$ —煤中氮氧化物排放系数，取 1.6；

$B$ —天然气消耗量（万立方米/年），“电代煤”用户中  $B$  值为 0；

$R_{PM_{2.5}}$ — $PM_{2.5}$ 的减排量（吨）；

$e_{coal}$ —燃煤的  $PM_{2.5}$ 排放系数，按 9.41 千克/吨；

$B$ —天然气消耗量（万立方米/年），“电代煤”用户中  $B$  值为 0；

$e_{gas}$ —燃烧天然气的  $PM_{2.5}$ 排放系数，按 1.14 千克/万立方米；

## （2）碳协同减排效益

大气污染物与碳排放同根同源，大气污染物减排的同时也带来了碳排放的减少，但可能也带来碳排放的增加。碳协同减排可以分两部分计算，一是利用散煤变化量与对应散煤的碳排放系数相乘，从中推算出政策未实施时的二氧化碳减排量，二是计算清洁能源燃烧增加的二氧化碳的排放量，用前者减去后者即为民用散煤清洁化利用带来的碳协同减排量。计算公式如下：

$$CO2_{cte_i} = CO2_c - CO2_{e_i}$$

$$CO2_c = AL_c * F_c$$

$$CO2_{e_i} = Q_{e_i} * F_{e_i}$$

式中，

$CO2_{cte_i}$ —通过措施  $i$  减少的二氧化碳排放（t）， $i$ =煤改电、煤改气、集中供暖、其他清洁能源替代；

$CO2_c$ —被替代烟煤排放的二氧化碳（t），本手册界定燃煤为烟煤；

$AL_c$ —被替代烟煤的活动水平（GJ），活动水平计算方法如下表所示；

$F_c$ —烟煤的二氧化碳排放因子（tCO<sub>2</sub>/GJ）；

$CO2_{e_i}$ —措施  $i$  替代燃料排放的二氧化碳（t），煤改电为电，煤改气、集中供暖为天然气，可再生能源为 0；

$Q_{ei}$ —措施  $i$  替代燃料的活动水平，其中，代替的电能单位  $\text{kw} \cdot \text{h}$ 、天然气的活动水平单位  $\text{GJ}$ ，活动水平计算方法如下表所示；

$F_{ei}$ —措施  $i$  替代燃料的二氧化碳排放因子，活动水平计算公式如下表所示。

表 5-3 散煤清洁化碳减排参数表（供参考）

燃 料	烟 煤	电	天然气
活动水平	被代替的烟煤量 (吨) $\times 19.57$ (吉 焦/吨) *	代替的电能 (千瓦·时)	代替的天然气体积 (标准 立方米) $\times 348.5$ (吉焦 /10 <sup>4</sup> 标准立方米) ***
二氧化碳排 放因子	0.089 * (吨 CO <sub>2</sub> /吉焦)	0.68 ** (千克 CO <sub>2</sub> /千瓦·时)	0.056 *** (吨 CO <sub>2</sub> /吉焦)
采暖方式	散煤	煤改电	煤改气、集中供暖

\* 参数来源：中国质量认证中心. 中国钢铁生产企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）解析[M]. 北京：煤炭工业出版社.2017.5. 本手册将未经洗选的煤界定为烟煤，洗选后的煤为洗精煤。

\*\* 参数来源：选取 2012 年 6 个中国区域及省级电网平均二氧化碳排放因子的平均数，数据来源：国家气候战略中心. 2011 年和 2012 年中国区域电网平均二氧化碳排放因子[R].2014.9.

\*\*\* 参数来源：中国质量认证中心. 中国发电企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）解析[M]. 煤炭工业出版社.2017.5.

### (3) 环境效益分析

目前普遍采用美国环保局提供的第三代空气质量模型系统 Models-3/CMAQ 进行环境效益模拟分析。Models-3/CMAQ 是一个综合的空气质量模型系统，其将整个大气作为研究对象，在各个空间尺度上详尽模拟所有大气物理和化学过程。模型系统通过输入的地形、气象和污染物数据，模拟污染物在大气中的迁移、扩散、转化过程，给出浓度的时空分布。

Models-3/CMAQ 由排放源模式、中尺度气象模型和通用多尺度空气质量模型（CMAQ）三部分组成。排放源模式的主要作用是将初始污染物进行化学物质种类和质量比例分配，以满足空气质量模型对于排放清单在时空分辨率和化学物质方面的高精度要求；中尺度气象模型模拟研究范围内及周围气象场变化情况；CMAQ 是系统的核心，模拟污染物在大气中的扩散和输送过程、气相化学过程、气溶胶化学和动力学过程、液相化学过程以及云化学和动力学过程。

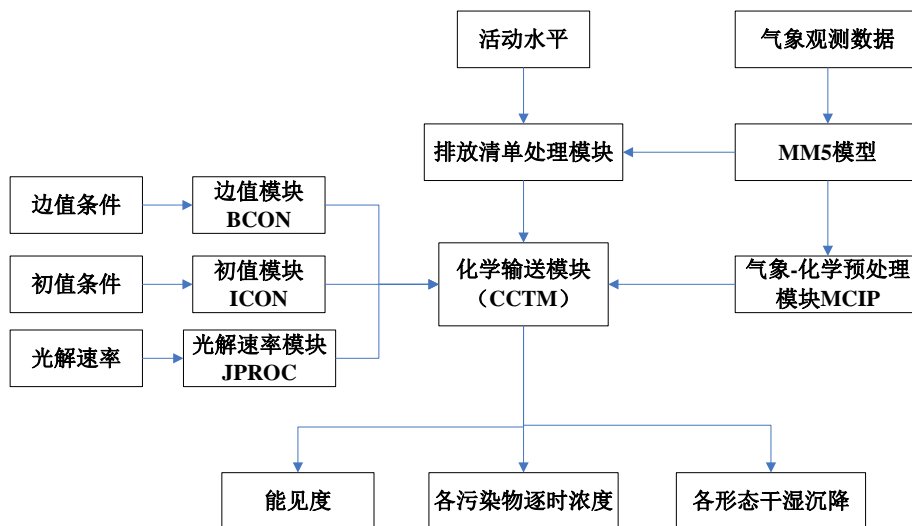


图 5-1 CMAQ 模型的基本结构

民用散煤清洁化利用政策的环境效益，可以通过计算政策实施后的大气排放削减情况，对比分析政策实施与否的环境质量改善效益。环境质量改善效益=基准情景下（基准年）的空气质量-进行散煤清洁化利用后（目标年）的空气质量。在基准情景下的空气质量模拟基础上，利用目标年散煤清洁化利用后的主要污染物减排量更新现有排放清单，构建基于目标年散煤清洁化利用后的网格化排放清单；然后基于此排放清单，利用三维空气质量数值模式进行数值模拟，得到目标年散煤清洁化利用后主要污染物的浓度分布。最后，用基准情景下的空气质量减去进行散煤清洁化利用后的空气质量，得到散煤清洁化利用的环境质量改善效益。

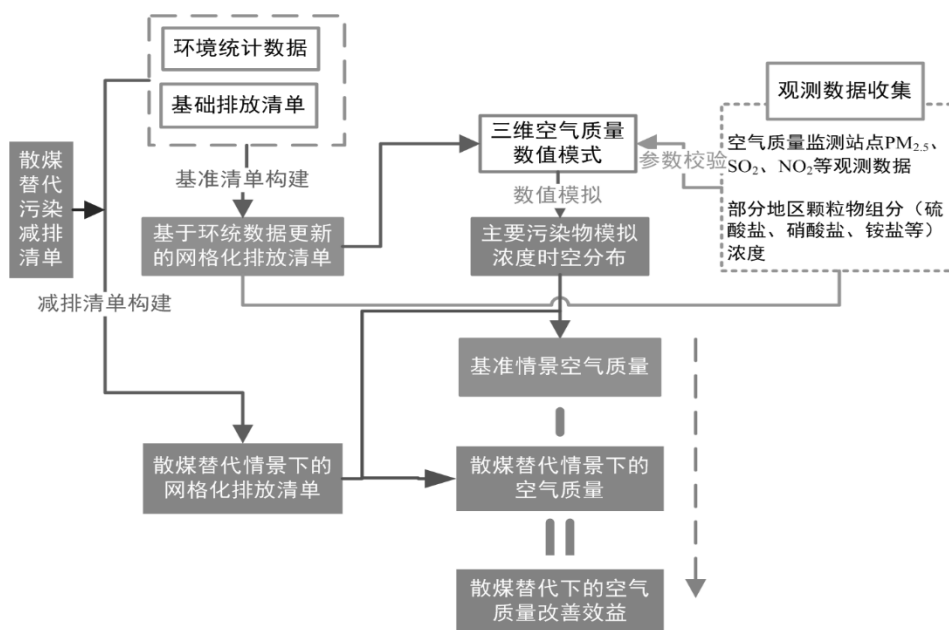


图 5-2 散煤替代空气质量改善效益计算思路

#### (4) 健康效益分析

大气环境质量改善健康效益通过大气环境健康损失减少进行核算。健康效益分析可以采用基于大气污染导致的疾病负担模型、BenMap 等模型进行计算。

##### 1) 大气污染导致的疾病负担模型

当年大气环境质量改善的环境效益通过上年大气环境质量下的环境退化损失减去当年大气环境质量下的环境健康损失。采用疾病负担法，以 PM<sub>2.5</sub> 作为大气污染因子，以心血管疾病和呼吸道疾病作为大气污染健康结局，从大气污染造成的全死因过早死亡损失、大气污染造成的呼吸系统和心血管疾病病人的住院增加和误工损失、大气污染造成的慢性支气管炎的新发病损失三方面进行核算。

##### 全死因过早死亡经济损失 (EC<sub>a1</sub>):

$$EC_{a1} = P_{ed} \times VSL = ((RR - 1) / RR) \times f_p \times p_e \times VSL$$

$P_{ed}$  为现状大气污染水平下造成的全死因过早死亡人数； $f_p$  为现状大气污染水平下全死因死亡率（参考值 1/10 万，中国卫生统计年鉴）， $P_e$  为暴露人口； $VSL$  为统计生命价值； $RR$  为大气污染引起的全死因死亡相对危险归因比，公式如下：

$$RR = [C + 1] / [C_0 + 1]^{0.075723}$$

这里  $C$  是某种大气污染物的当前浓度水平， $C_0$  是其基线（清洁）浓度水平，PM<sub>2.5</sub> 基线浓度为 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

##### 相关疾病住院经济损失 (EC<sub>a2</sub>):

$$EC_a = P_{eh} \times (C_h + WD \times C_{wd}) = \left( \sum_{i=1}^n f_{pi} \frac{\Delta c_i \times \beta_i / 100}{1 + \Delta c_i \times \beta_i / 100} \right) \times (C_h + WD \times C_{wd})$$

$n$  为大气污染相关的呼吸系统疾病和心血管疾病； $f_{pi}$  为现状大气污染水平下的住院人次； $\beta_i$  为回归系数，即单位污染物浓度变化引起健康危害  $i$  变化的百分数； $\Delta c_i$  为实际污染物浓度与健康危害污染物浓度阈值（15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）之差； $C_h$  为疾病住院成本，包括直接住院成本和交通、营养等间接住院成本； $WD$  为疾病误工天数； $C_{wd}$  为疾病误工成本，疾病误工成本 = 人均 GDP/365。

##### 慢性支气管炎发病失能经济损失 (EC<sub>a3</sub>):

慢性支气管炎的经济损失以患病失能法来取代一般疾病采用的疾病成本法，

卫生服务调查中只有分年龄组的 COPD 死亡率，以 COPD 死亡率代替慢性支气管炎的死亡率。相关研究表明，患上慢性支气管炎的失能 (DALY) 权重为 40%。

$$EC_{a3} = 0.4 \times (f_{COPD} \times P_e) / t \times \frac{\Delta c \times \beta}{1 + \Delta C \times \beta} \times VSL$$

$f_{COPD}$  为慢性阻塞性肺疾病患病率，我国可取 3.3%， $t$  为大气污染引起的慢性支气管炎早死的平均损失寿命年数，23 年；回归系数  $\beta$  为 0.0048；其他同上。

## 2) BenMAP 模型

BenMAP (Environmental Benefits Mapping and Analysis Program) 是由美国 EPA 开发的健康效益评价模型，主要用来评估周围空气污染变化引起的人类健康效应及其经济价值。该模型通过综合利用空间网格化的人口与空气质量信息来评估空气污染物浓度的改变对急性疾病和死亡率变化的影响，并进一步利用价值衡量函数，估计污染物浓度变化所带来的健康经济效益。BenMap 可提供一种或多种空气污染物浓度变化对特定区域内居民的健康影响（如死亡人数的变化），并根据所选影响的指标，提供不同空气质量场景模拟变化的地理分布。

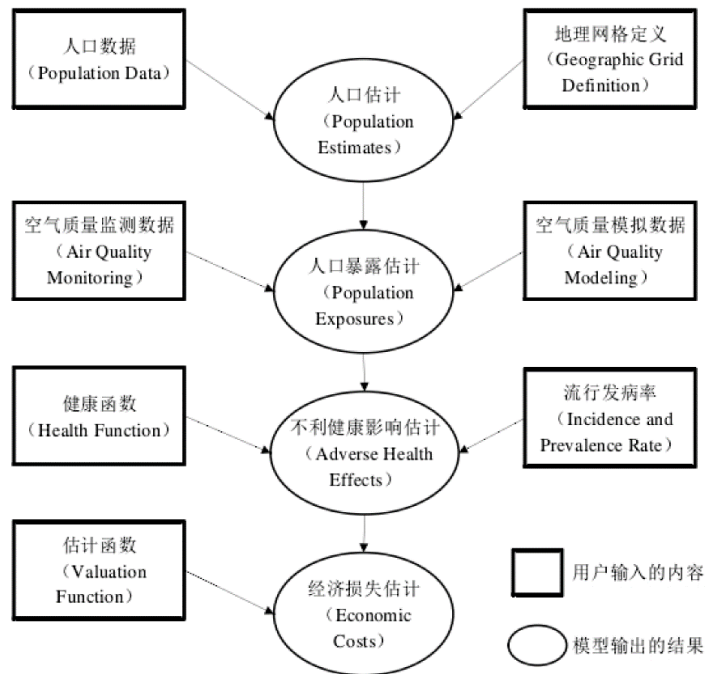


图 5-3 Ben MAP 运算分析流程

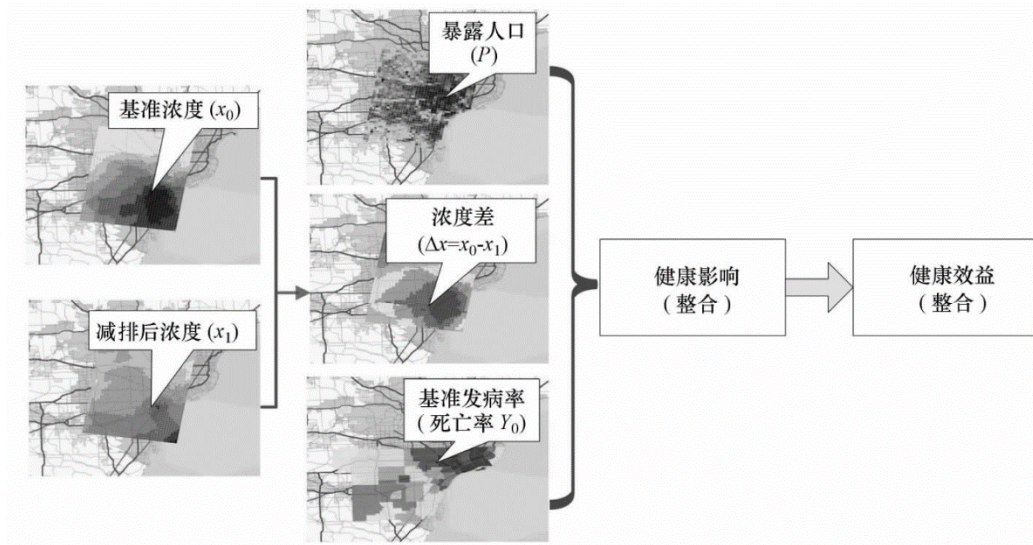


图 5-4 BenMAP 模型评估原理示意图

## 5.4 费用与效益比较分析

对民用散煤清洁化利用政策实施的费用和效益进行比较分析，通常采用的是净效益、效费比等指标和方法。

### (1) 净效益 (NB)

在费用效益评估中最常用的评价公式就是计算政策实施的净效益。净效益的计算方法是用总效益减去总费用，即

$$NB_{\text{净效益}} = TB_{\text{总效益}} - TC_{\text{总费用}}$$

若 NB 净效益大于零，表明效益大于费用。若净效益小于零，则该项政策实施的费用大于效益。

### (2) 效益成本比 (B/C)

$$B/C = TB_{\text{总效益}} / TC_{\text{总费用}}$$

效益成本比 (B/C) 是从净效益的计算公式中推导出来的，即总效益与总费用之比。如果大于 1，说明总效益大于费用，表明效益大于费用；如果小于 1，则该政策实施支出的费用大于所得的效益。

## 5.5 经济社会影响评估

由于民用散煤清洁化利用政策的实施，对家用电器具制造业、通用设备制造业、金属制品业及相关环保产业等产生影响，对产业结构调整、拉动宏观经济、促进就业等有贡献作用。根据民用散煤清洁化利用政策实施的不同情景（基准情景和现实情景），可采用投入产出模型、一般均衡（CGE）模型等，对不同情景下的宏观经济效益（如 GDP、行业增加值、产业结构调整、税收、进出口等指标）进行模拟分析，考虑贴现率，对政策实施的宏观经济影响进行计算。

民用散煤清洁化利用政策的实施还可能对社会造成影响，主要是指由于民用散煤清洁化利用政策实施带来的劳动力就业数量增加、群众投诉减少等，一般通过社会调查或计算评价，进行定性分析。

表 5-4 民用散煤清洁化利用政策实施社会经济影响指标

内容	细化指标
经济影响	GDP 的增长； 带动其他行业的经济增长； 产业结构的优化调整； 价格调整 进出口增加
社会影响	税收增加； 劳动力和就业的增加； 环境事件的减少； .....

### (1) 投入产出模型

投入产出模型是指采用数学方法来表示投入产出表中各部门之间复杂关系，从而用以进行经济分析、政策模拟和经济预测等，投入产出分析通过编制投入产出表来实现。使用投入产出模型开展环境政策的经济影响分析，需要首先将环境政策量化为可以投入产出模型的输入变量，一般需要转变为对最终消耗品的影响，例如增加了清洁能源器具的生产、增加了环保治理设备的生产、减少了某些落后产品的生产等，进而根据投入产出模型基于投入产出表和外部相关系数，获得对总产出、增加值、就业、税收、以及产业结构等方面的影响。表 5-2 是一个简化的价值型投入产出表。



表 5-5 一般价值型投入产出表简化框架

投入 \ 产出		中间产品		最终产品			进口	总产出
		部门 1	…	部门 n	最终消费	资本形成		
中间投入	部门 1	$x_{ij}$ I 象限		$Y_i$ II 象限				$X_i$
	…							
最初投入	劳动者报酬	$N_{ij}$ III 象限						
	生产税净额							
	固定资产折旧							
	营业盈余							
总投入		$X_j$						

当最终产出发生变化( $\Delta Y$ )时, 可得其所引起的国民经济总产出增量( $\Delta X$ ):

$$\Delta X = (I - A)^{-1}(I - C(1-t)\hat{h}F\hat{v}(I - A)^{-1})^{-1}\Delta Y_e$$

式中,  $(I - A)^{-1}$  为列昂惕夫逆矩阵,  $I$  为单位对角矩阵,  $C$  为边际消费倾向,  $t$  为边际税收倾向,  $\hat{h}$  为最终产品国内满足率对角矩阵,  $F$  为居民直接消费系数列向量,  $i'$  为单位行向量,  $\hat{v}$  为劳动报酬系数的对角矩阵。最终产品国内满足率是指各行业最终产品中由本国生产的产品所占比例, %; 居民直接消费系数是投入产出表中各行业的居民消费占总居民消费的比重, %; 劳动报酬系数是由投入产出表中各行业劳动报酬除以总产出得到的系数。

## (2) 可计算一般均衡模型 (CGE)

CGE 模型中一般包括企业、居民、政府和国外其他地区等经济主体, 以及商品市场和要素 (如资本、劳动力、土地、水等) 市场。使用 CGE 模型可评估环境政策的经济影响。CGE 模型的评估方法, 首先是将环境政策对社会经济的直接影响转变为可量化的“冲击”(shock), 如煤改气、煤改电的具体措施。其次, 建立符合该冲击的 CGE 数据模型和数据包, 如中国数据包、京津冀多区域数据包等。第三, 将“冲击”量化为模型可用的变量数据 (如价格变化率、税费变化、劳动力结构变化等), 代入模型实现对“冲击”的经济模型。受影响的市场的价格可能会上下波动直到建立起新的平衡。这个新的平衡下的价格和数量可以与原来的平衡下的价格和数量相比。利用前瞻模型也可预测出未来政策对当前决定的影响。

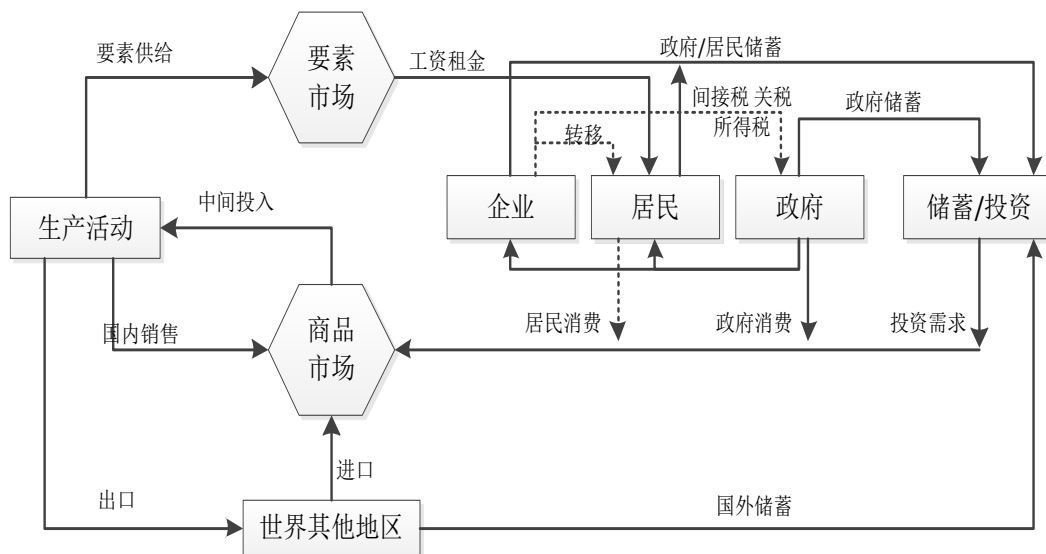


图 5-5 CGE 模型内在经济学逻辑

## 6 结论分析

### 6.1 不确定性分析

在民用散煤清洁化利用政策的费用效益评估中，由于参数系数、计算方法、数据来源等需要开展不确定性分析。不确定性通常包括模型不确定性和数据不确定性。模型不确定性是由对真实物理过程进行必要的简化，模型构建过程中所提到的假设、边界条件以及目前技术水平难以在计算中反应的种种因素，导致理论值与真实值的差异，都归结为模型的不确定性。数据不确定性包括数据来源、数据缺失、测量误差、模型参数系数不确定性以及用于模型校正的观测数据的不确定性。

### 6.2 综合分析与建议

根据民用散煤清洁化利用政策实施的各项费用和效益（效果）等相关方面的分析（从成本与效益、污染物减排、环境质量改善、环境健康、社会经济影响等），得出费用大小、效益大小、经济社会等可行性评估结论，提出改进民用散煤清洁化利用政策的相关建议。