

HJ

中华人民共和国国家生态环境标准

HJ 1354—2024

环境空气 颗粒物来源解析 化学质量 平衡模型计算技术指南

Ambient air—Source apportionment on particulate matter—Technical
guide on chemical mass balance model calculation

本电子版为正式标准文本，由生态环境部环境标准研究所审校排版。

2024-02-18 发布

2024-05-01 实施

生态环境部 发布

目 次

前 言.....	ii
1 适用范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 模型原理和计算流程.....	2
5 数据准备.....	3
6 模型运算.....	4
7 模型诊断.....	6
8 穷举法.....	8
9 结果报告.....	8
附录 A（资料性附录） CMB 模型输入数据模板.....	9
附录 B（资料性附录） 主要污染源标识组分.....	10
附录 C（资料性附录） CMB 模型计算记录表.....	11
附录 D（资料性附录） 代表性源成分谱.....	14



前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国大气污染防治法》，加强大气污染防治，保护和改善生态环境，保障人体健康，规范环境空气颗粒物来源解析工作中化学质量平衡（CMB）模型计算，制定本标准。

本标准属于环境空气颗粒物来源解析系列标准之一，规定了 CMB 模型计算方法。

本标准的附录 A～附录 D 为资料性附录。

本标准首次发布。

本标准由生态环境部大气环境司、法规与标准司组织制订。

本标准主要起草单位：中国环境监测总站、南开大学、中国环境科学研究院。

本标准生态环境部 2024 年 2 月 18 日批准。

本标准自 2024 年 5 月 1 日起实施。

本标准由生态环境部解释。



环境空气 颗粒物来源解析 化学质量平衡模型计算技术指南

1 适用范围

本标准规定了化学质量平衡（CMB）模型计算中模型原理、数据准备、模型运算和模型诊断等主要技术环节的要求。

本标准适用于应用 CMB 模型对环境空气颗粒物进行来源解析相关的计算工作。

2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

HJ 194	环境空气质量手工监测技术规范
HJ 618	环境空气 PM ₁₀ 和 PM _{2.5} 的测定 重量法
HJ 646	环境空气和废气 气相和颗粒物中多环芳烃的测定 气相色谱-质谱法
HJ 647	环境空气和废气 气相和颗粒物中多环芳烃的测定 高效液相色谱法
HJ 656	环境空气颗粒物（PM _{2.5} ）手工监测方法（重量法）技术规范
HJ 657	空气和废气 颗粒物中铅等金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法
HJ 777	空气和废气 颗粒物中金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法
HJ 799	环境空气 颗粒物中水溶性阴离子（F ⁻ 、Cl ⁻ 、Br ⁻ 、NO ₂ ⁻ 、NO ₃ ⁻ 、PO ₄ ³⁻ 、SO ₃ ²⁻ 、SO ₄ ²⁻ ）的测定 离子色谱法
HJ 800	环境空气 颗粒物中水溶性阳离子（Li ⁺ 、Na ⁺ 、NH ₄ ⁺ 、K ⁺ 、Ca ²⁺ 、Mg ²⁺ ）的测定 离子色谱法
HJ 829	环境空气 颗粒物中无机元素的测定 能量色散 X 射线荧光光谱法
HJ 830	环境空气 颗粒物中无机元素的测定 波长色散 X 射线荧光光谱法
HJ 1352	环境空气 颗粒物来源解析 基于手工监测的受体模型法监测数据处理与检验技术规范

《环境空气颗粒物来源解析监测技术方法指南》（监测函〔2020〕8号）

《大气颗粒物来源解析技术指南（试行）》（环发〔2013〕92号）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

环境受体 ambient receptor

受到污染源排放影响的环境空气，简称受体。

3.2

化学质量平衡模型 chemical mass balance model (CMB)

一种“源已知”类受体模型，即模型需要输入源成分谱的数据，通过在源和受体之间建立质量平衡关系来构建线性方程组，利用有效方差最小二乘的迭代计算方法得出各污染源对受体的贡献值。

3.3

受体化学组成 ambient receptor chemical species

环境空气颗粒物样品的化学组分及其浓度或占比。

3.4

污染源化学成分谱 source chemical profile

特定污染源类排放颗粒物的相对稳定的化学组分信息（g/g），简称源成分谱。源成分谱应包含该类污染源的标识组分。

3.5

污染源贡献 source contribution

通过受体模型计算得到的污染源对环境空气颗粒物的贡献，用贡献浓度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）或贡献占比（%）表示。

3.6

污染源标识组分 source chemical tracer

污染源化学成分谱中对该源类有指示作用的一种或多种颗粒物化学成分，又称示踪组分。源标识组分是区别该源类与其他源类的重要标识物，每种污染源有各自的标识组分。

4 模型原理和计算流程

4.1 模型原理

CMB 模型是基于质量守恒定律建立的受体模型。

$$C_i = \sum_{j=1}^J F_{ij} S_j \quad (1)$$

式中： C_i ——受体中所测的第 i 个组分的浓度， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

F_{ij} ——第 j 个排放源排放的物质中第 i 个组分占的比例，g/g；

S_j ——第 j 个排放源的贡献， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

i ——化学物质的数目；

j ——污染源类型的数目。

当组分的数量等于或大于源的数量时，该方程组有解。 C_i 和 F_{ij} 值作为模型输入； C_i 和 F_{ij} 的测量误差也作为输入数据输入模型中，用于计算有效方差，在模型迭代过程中对浓度数据进行加权；源贡献 S_j 及其标准偏差由模型计算得到；此外，模型诊断可以对解析结果进行评估。

模型假设化学组分在排放源和环境受体（污染源样品和环境颗粒物样品）之间存在化学质量平衡，即污染物在从源到受体的传输过程中组分质量没有损失，那么受体上测量的化学组分浓度就是每一源类所贡献的该化学组分浓度值的线性相加。此时，模型满足以下几个假设条件：

- 各污染源排放的颗粒物化学组成有明显差别；
- 各污染源所排放的颗粒物化学组成相对稳定；
- 各污染源所排放的颗粒物之间没有相互作用，在传输过程中的变化可以被忽略；
- 测量结果的不确定度是独立且随机的、符合正态分布；
- 污染源的不确定性之间相互独立，没有相关关系；
- 模型计算包含了所有对受体具有明显贡献的源类。

4.2 计算流程

应用 CMB 模型进行颗粒物来源解析的计算流程，包括受体化学组成和源成分谱的数据准备、数据导入、模型参数选择、模型计算结果评估等环节，见图 1。

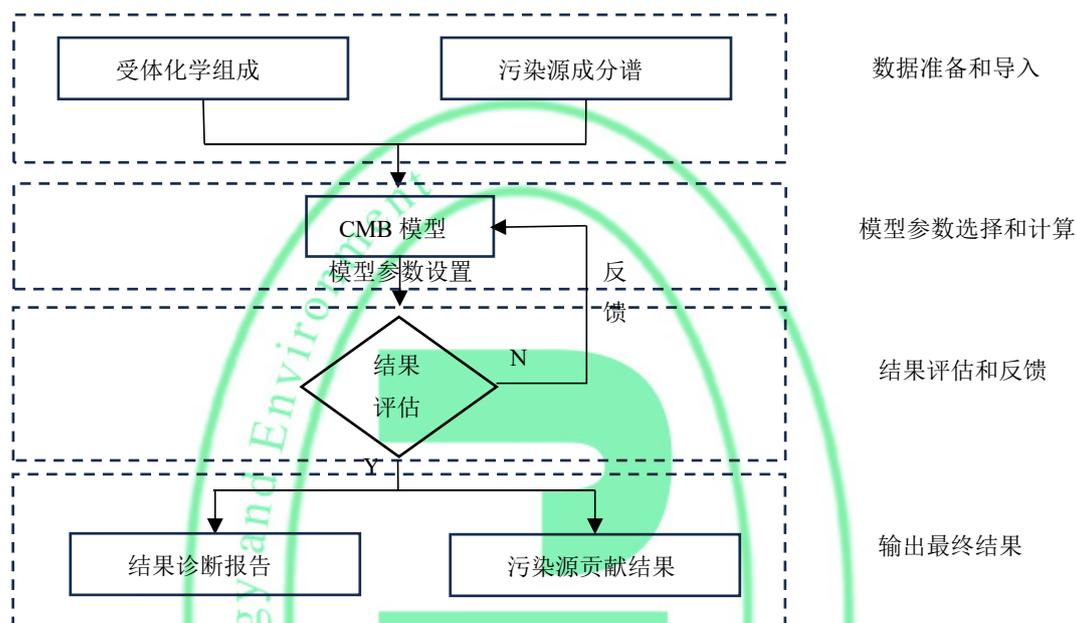


图 1 CMB 模型的计算流程

5 数据准备

5.1 数据构建

5.1.1 化学组分数据

CMB 模型需要输入源成分谱数据和受体化学组成的数据。源成分谱是 CMB 受体模型区分不同排放源、计算不同源贡献的关键数据，主要包括各化学组分的占比（g/g 或 $\mu\text{g}/\mu\text{g}$ ）信息，即单位源样品中所含不同化学组分的质量（g 或 μg ）。受体化学组成主要包括各化学组分的平均值（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 或%）、标准偏差（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 或%）等信息。受体组分的数量要大于或等于源组分的数量。

环境受体样品通常由无机滤膜（石英滤膜等）和有机滤膜（特氟龙膜、聚丙烯滤膜等）平行采集得到，参考 HJ 194、HJ 618 和 HJ 656 对滤膜样品进行采集、称量并计算颗粒物的质量浓度。源成分谱和环境受体的化学组分主要包括无机元素、碳组分、水溶性离子等，无机滤膜常用于分析有机组分，有机滤膜常用于分析无机组分，这些组分涵盖了主要污染源的标识组分。其中：

- a) 无机元素测定 Al、Si、Ca、K、Na、Mg、Fe、Mn、As 等，选测 Co、Mo、Ag、Sc、Tl、Pd、Br、Te、Ga、Cs、Se、Hg、Cr、Pb、Cd、Zn、Cu、Ni、Ti、Sb、Sn、V、Ba 等，测定方法可参考 HJ 657、HJ 777、HJ 829 和 HJ 830；
- b) 碳组分测定有机碳（OC）和元素碳（EC）；

HJ 1354—2024

- c) 水溶性离子测定 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NH_4^+ 、 Cl^- 等，选测 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 F^- 等，测定方法可参考 HJ 799 和 HJ 800。

注：如果无机元素未测 K、Ca、Na、Mg，则水溶性离子必测 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Na^+ 、 Mg^{2+} ；如果当地有某种组分的排放源，则该组分为必测组分。

为解析更多的源类，可增加多环芳烃、左旋葡聚糖、正构烷烃、有机酸、脂肪酸、甾醇类等有机标识组分，测定方法可参考 HJ 646、HJ 647 和《环境空气颗粒物来源解析监测技术方法指南》等。

5.1.2 数据初步检验

数据在输入模型前需要进行初步检验。对于每个颗粒物样品的质量浓度和化学组分浓度数据，需要按照 HJ 1352，进行颗粒物化学组分质量平衡、阴阳离子电荷平衡等数据检验。颗粒物化学组分质量平衡检验要求每个颗粒物样品的化学组分质量加和与颗粒物质量浓度的比值一般在 0.5~0.8 之间，颗粒物阴阳离子电荷平衡检验要求每个颗粒物样品的阴离子总电荷与阳离子总电荷的比值一般在 0.7~1.2 之间。每个颗粒物样品各化学组分占比加和原则上需小于 1。

5.2 输入文件格式

不同版本的模型输入和操作有所差异，通常输入文件是 excel 格式的数据文件，包含了源成分谱和受体化学组成的均值数据、标准偏差数据。数据模板文件包含了两个工作表，即“源”和“受体”工作表。

“源”工作表包含了所有源成分谱数据信息（见附录 A 表 A.1），其中序号、名称、粒径以及日期等信息不参与计算，为源成分谱的注释信息；还包括各源类化学组分的数据，即源谱数据，包含均值和标准偏差两个部分。工作表中上半部分为各组分含量的均值（g/g 或 $\mu\text{g}/\mu\text{g}$ ），下半部分为各组分含量的偏差（g/g 或 $\mu\text{g}/\mu\text{g}$ ）。

注：由于不同组分是采用不同材质的滤膜进行分析的，因此进行组分的含量与百分占比转换时需要一一对应，即各组分需要按照相应滤膜的质量浓度进行含量与百分占比的转换。

“受体”与“源”工作表相似（见附录 A 表 A.2），其中序号、名称、粒径、日期、采样时长、采样开始时间等信息不参与计算，“TOT”（Total mass）代表了颗粒物的质量浓度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 或 ng/m^3 ）或占比（100%），受体的化学组分数据包含各组分含量的均值和偏差（单位与质量浓度单位保持一致）。化学组分数据的个数可以依据实际情况进行调整，但是源和受体、各组分均值与偏差需要一一对应。

注：工作表的格式不可改动。化学组分浓度和标准偏差之间空一行。

6 模型运算

6.1 数据输入和参数选择

在计算模型中导入“源”和“受体”工作表中的数据，在模型运算之前，选择参与拟合的参数，主要包括以下三类：

- “选择源”，选择参与计算的源类；
- “选择组分”，选择参与计算的组分；
- “选择受体”，选择参与计算的受体。

参与计算源类的选择，需要参考当地实际情况，以排放源清单和污染源调查情况为基础，一般包括机动车源、燃煤源、扬尘源等一次源；二次硫酸盐、二次硝酸盐、二次有机物等二次源；对于特定的城市，还需要考虑工业源（如钢铁）和生物质燃烧（如秸秆燃烧）等。

参与计算组分的选择，原则上勾选典型源类的标识组分，标识组分在该源成分谱的含量较其他源类

高，不同源类的标识组分可能有重合，主要污染源的标识组分可参考附录 B。
参与计算受体的选择，勾选需要参与计算的所有受体数据。

6.2 运算结果

模型运算结果包含以下部分：

- a) 源贡献计算结果，包括源贡献均值和标准偏差、T 统计结果；
- b) 源解析结果诊断指标，包括百分含量 (PM)、残差平方和 (X^2)、拟合优度 (R^2) 和自由度 (df)。穷举法默认推荐值 PM 为 80%~120%， X^2 为 0~4， R^2 为 0.8~1， df 为 0~100，可根据实际情况进行调整；
- c) 灵敏度矩阵，反映在计算过程中对各源类起重要作用的化学组分，帮助判断输入的源谱及选择的拟合组分是否合适；
- d) 组分拟合矩阵，显示受体中各化学组分拟合计算的结果信息，包括受体中各化学组分的监测浓度和标准偏差、模型计算出来相应组分的浓度和标准偏差以及计算值和测量值的比率。

运算结果还包括迭代过程、批量计算的结果等，并输出源解析结果饼状图。在实际工作中，由于共线性及不确定性等因素的存在，拟合优度、残差平方和、百分质量需要重点关注；T 统计结果可以作为参考。

6.3 结果选择

6.3.1 模型内诊断

模型内诊断指标是模型的数学诊断指标，主要包括 T-统计、拟合优度 (R^2)、残差平方和 (X^2)、灵敏度矩阵 ($MPIN$)、计算组分/测量浓度比 (C/M) 等。如果解析结果满足了模型内诊断指标，表明该结果在数学意义上是可接受的，并不代表结果是最优解析结果，需要进一步结合模型外诊断来判断。

6.3.2 模型外诊断

模型外诊断包括监测区域的污染特征、气象条件、当地工业特征、机动车保有量、建筑施工情况、燃煤量情况等，参考了大量的源解析研究工作经验。由于 CMB 模型参与计算的源类不是对受体有贡献的所有源类，且采样和分析过程中又具有不确定性，故源和受体之间不一定有很好的匹配性。此外，源的相似性（共线性）问题，也可导致选择不同组分运算得到不同的源贡献值。因此，需要根据模型内和模型外诊断，共同对结果进行选择。

6.3.2.1 比值法

6.3.2.1.1 $PM_{2.5}/PM_{10}$ 的比值。如果 $PM_{2.5}/PM_{10}$ 的比值较高，表明监测区域二次等细颗粒源类影响可能较高；反之，表明监测区域地壳等粗颗粒源类影响可能较高。通过分析不同季节（或区域）的 $PM_{2.5}/PM_{10}$ 的比值，结合当地排放源、气象特征，可以帮助分析不同时空条件下的粗、细颗粒主导源类。

6.3.2.1.2 SO_2/NO_x 的比值。如果 SO_2/NO_x 的比值较高，表明监测区域燃煤源影响较机动车高；反之，表明监测区域燃煤源影响较机动车低。通过分析不同季节（或区域）的 SO_2/NO_x 的比值，结合当地排放源、气象特征，可以帮助分析不同时空条件下的燃煤源和机动车等源类贡献的高低。

6.3.2.1.3 OC/EC 的比值。 OC/EC 比值能一定程度反映二次有机物的贡献。当 OC/EC 比值较高，表明二次有机物的贡献不可忽视。二次有机物的贡献，可以使用 OC/EC 最小比值法、CMB-iteration 模型等方法进行计算。

6.3.2.2 其他评估方法

6.3.2.2.1 可依据当地燃油机动车保有量分析机动车源的贡献。如果当地燃油机动车保有量高，说明当地机动车排放源贡献可能较高；反之可能较低。

6.3.2.2.2 可依据当地燃煤量信息分析燃煤源的贡献。如果当地燃煤量高，说明当地燃煤源贡献可能较高；反之可能较低。

6.3.2.2.3 可依据当地在建工地、在建道路等施工信息分析城市扬尘、道路尘的贡献。如果当地在建工地、道路等施工作业较多，说明当地扬尘源贡献可能较高；反之可能较低。

6.3.2.2.4 一些特殊源类需结合当地实际情况具体分析。如工业源需要依据当地的工业布局及特点，分析工业源的贡献；生物质燃烧源（如秸秆焚烧）需要考虑季节性等特点；海盐粒子需要考虑监测区域的地理位置等。

6.3.2.2.5 可通过分析环境空气质量在线监测结果的时空序列变化情况，辅助判断不同季节、不同地区某些源类贡献的高低。

6.3.2.2.6 可结合源清单调查结果，共同判断源解析的合理性。

注：模型外诊断是依据大量研究者的源解析经验，用于辅助选择合适的源解析结果，还需要结合当地的实际情况，具体问题具体分析。

7 模型诊断

7.1 源贡献值计算优度回归诊断

7.1.1 T—统计（TSTAT）

$$TSTAT = S_j / \sigma_{S_j} \quad (2)$$

TSTAT 是源贡献计算值 S_j 和 σ_{S_j} (S_j 的标准偏差) 的比值。如果 $TSTAT < 2.0$ ，表示源贡献值低于它的检出限，说明计算结果不理想；反之，如果 $TSTAT \geq 2.0$ 说明计算结果好。在实际解析过程中，尤其是在有共线性源存在的情况下，所有源的 $TSTAT \geq 2.0$ 较难满足。

7.1.2 残差平方和 (χ^2)

$$\chi^2 = I / (I - J) \sum_{i=1}^I \left[\frac{(C_i - \sum_{j=1}^J F_{ij} S_j)^2}{V_{eij}} \right] \quad (3)$$

式中： χ^2 ——计算组分的测量值与计算值之差的平方的加权和；

I ——化学物质的数目；

J ——污染源类型的数目；

C_i ——受体中所测的 i 组分的浓度；

F_{ij} ——第 j 个排放源排放的物质中 i 组分占的比例；

S_j ——第 j 个排放源的贡献；

V_{eij} ——有效方差的对角线矩阵。

$$V_{eij}^k = \sigma_{C_i}^2 + \sum (S_i^k + \sigma_{F_{ij}})^2 \quad (4)$$

式中： V_{eij}^k ——第 k 步迭代中有效方差的对角线矩阵；

$\sigma_{C_i}^2$ —— i 化学组分浓度计算值的标准偏差；

S_i^k ——第 k 步迭代中第 i 个排放源的贡献；

$\sigma_{F_{ij}}$ ——第 j 个排放源排放的物质中 i 组分占比的标准偏差。

如果 $\chi^2 < 1$ ，表示计算结果好； $1 < \chi^2 < 2$ 表示计算结果可以接受；如果 $\chi^2 > 4$ ，表示计算结果差； χ^2 在 2~4 之间视情况而定，建议选择不接受。

7.1.3 自由度 (df)

$$df = I - J \quad (5)$$

式中： df ——自由度；

I ——化学物质的数目；

J ——污染源类型的数目。

自由度等于参与计算的化学组分数目减去参与计算的源的数目。要求 $df \geq 0$ ，即 $I \geq J$ 。

7.1.4 拟合优度 (R^2)

$$R^2 = 1 - [(I - J) \times \chi^2] / [\sum_{i=1}^I C_i / V_{e_{ij}}] \quad (6)$$

式中： R^2 ——拟合优度；

I ——化学物质的数目；

J ——污染源类型的数目；

χ^2 ——计算组分的测量值与计算值之差的平方的加权和；

C_i ——在受体中所测的 i 组分的浓度；

V_e ——有效方差的对角线矩阵。

R^2 取值在 0~1 之间。该值越接近于 1，说明源贡献值的计算值越接近测量值。当 $R^2 < 0.8$ 时，说明计算结果不理想。

7.1.5 百分质量 (PM)

$$PM = 100 \sum_{j=1}^J S_j / C_t \quad (7)$$

式中： PM ——百分质量；

S_j ——第 j 个排放源的贡献；

C_t ——受体总质量浓度。

百分质量 (Percent Mass, PM) 表示各源类贡献计算值之和与受体总质量浓度测量值的百分比。该值理论上应为 100%，在 80%~120% 是可以接受的。

7.2 化学组分计算优度的诊断

CMB 模型不仅给出源贡献浓度计算值，而且还可以给出每种化学组分贡献浓度计算值。化学组分浓度计算值和化学组分浓度测量值计算优劣的诊断指标以 C/M 和 R/U 表示：

- a) C/M ：化学组分浓度计算值 (C) 与化学组分浓度测量值 (M) 之比。 C/M 值应该在 0.8~1.2 范围之内。

$$C/M = C_i / M_i \quad (8)$$

$$\sigma_{C/m} = (\sqrt{M_i^2 \times \sigma_{C_i}^2} + \sqrt{C_i^2 \times \sigma_{M_i}^2}) / \sqrt{(M_i C_i)^2} \quad (9)$$

式中： C_i —— i 化学组分浓度计算值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

σ_{C_i} —— i 化学组分浓度计算值的标准偏差， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

M_i —— i 化学组分浓度测量值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

σ_{M_i} —— i 化学组分浓度测量值的标准偏差， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

C/M 越接近于 1，说明化学组分浓度计算值与测量值越接近。

b) R/U ：计算值和测量值之差 (R) 与二者标准偏差平方和的方根 (U) 之比。一般各化学组分的 $|R/U| \leq 2.0$ 。

$$R/U = (C_i - M_i) / \sqrt{\sigma_{C_i}^2 + \sigma_{M_i}^2} \quad (10)$$

式中： C_i —— i 化学组分浓度计算值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

σ_{C_i} —— i 化学组分浓度计算值的标准偏差， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

M_i —— i 化学组分浓度测量值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

σ_{M_i} —— i 化学组分浓度测量值的标准偏差， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

7.3 其他诊断技术

灵敏度矩阵 (Modified Pseudo-Inverse Matrix, $MPIN$)，是一个归一化的源谱加权伪逆矩阵，反映了每个化学组分对源贡献值和源贡献值标准偏差的灵敏程度。 $MPIN$ 矩阵的表示方式如下：

$$MPIN = (F^T (V_e)^{-1} F)^{-1} F^T (V_e)^{-1/2} \quad (11)$$

式中： V_e ——有效方差的对角线矩阵；

F ——源成分谱矩阵。

该矩阵已经进行了规范化处理，使其取值范围为 ± 1 之间。

8 穷举法

CMB 模型往往无法通过一次计算直接得到符合条件的最终结果，需要参考模型计算结果的模型诊断指标的评估，对模型参数进行不断调试。通过穷举法根据诊断指标设置一定限制条件，利用模型内评估来优化计算结果，重复进行智能批量运算和结果筛选，得到所有可能的合理结果，再对结果进行分类和排序，最终帮助选择合适的源解析结果。

源类、受体、组分的选择与模型选择中要求基本一致。其中组分选择可分为必须组分和去除组分，必须组分原则上选择典型源类的标识性组分，去除组分为标准误差相对较大和浓度过低的非标识性组分。

9 结果报告

包括选择的计算参数 (源类、组分、受体)，诊断指标，源贡献结果等，报告的格式详见附录 C。主要污染源的代表性源成分谱参见附录 D。

附 录 A
(资料性附录)
CMB 模型输入数据模板

源和受体文件的工作表模板参见表A.1和表A.2。

表A.1 模型输入源文件工作表

单位：g/g或 $\mu\text{g}/\mu\text{g}$

序号	名称	粒径	日期				组分1	组分2	组分3	...
1	源1						均值	均值	均值	
2	源2						均值	均值	均值	
3	源3						均值	均值	均值	
4	源4						均值	均值	均值	
5	源5						均值	均值	均值	
序号	名称	粒径	日期				组分1	组分2	组分3	...
1	源1						偏差	偏差	偏差	
2	源2						偏差	偏差	偏差	
3	源3						偏差	偏差	偏差	
4	源4						偏差	偏差	偏差	
5	源5						偏差	偏差	偏差	

表A.2 模型输入受体文件工作表

单位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 或 ng/m^3 或%

序号	名称	粒径	日期	采样时长	采样开始时间	TOT	组分1	组分2	组分3	...
1							均值	均值	均值	
序号	名称	粒径	日期	采样时长	采样开始时间	TOT	组分1	组分2	组分3	...
1							偏差	偏差	偏差	

附录 B
(资料性附录)
主要污染源标识组分

在CMB模型计算过程中，通常选择标识组分作为参与计算的组分，可参考表B.1。

表B.1 颗粒物主要污染源的参考标识组分

一级源类	二级源类	无机特征组分	有机特征组分
燃煤源	电厂燃煤源、供热燃煤源、工业燃煤源、民用燃煤源等	EC、Al、As、Ca (或 Ca ²⁺)、SO ₄ ²⁻ 、Cl ⁻	OC、藿烷、甾烷、烷基芘、多环芳烃
移动源	汽油车源、柴油车源等	EC、Cu、Zn	OC、藿烷、甾烷、晕苯、荧蒽、芘
扬尘	混合扬尘	Si、Al、Ca (或 Ca ²⁺)	/
	施工扬尘	Ca (或 Ca ²⁺)	/
	土壤扬尘	Si	/
工业工艺过程源	钢铁源	Fe、Mn、Cr、Ni	/
其他一次源	生物质燃烧源	K (或 K ⁺)、EC	OC、左旋葡聚糖、植物甾醇、萜类物质
	餐饮源	/	OC、胆固醇、十六烷酸、十八烷酸、豆甾醇、β-谷甾醇、壬醛、9-十六烯酸
	海盐	Na (或 Na ⁺)、Mg (或 Mg ²⁺)、Cl ⁻	/
	烟花爆竹燃放源	Sr、K (或 K ⁺)、Ba、Cu、Mg (或 Mg ²⁺)	OC
二次源类	二次硫酸盐	SO ₄ ²⁻ 、NH ₄ ⁺	/
	二次硝酸盐	NO ₃ ⁻ 、NH ₄ ⁺	/
	二次有机物	/	OC、乙二酸、有机硫酸酯

附 录 C
(资料性附录)
CMB 模型计算记录表

表 C.1 CMB 模型计算记录表 (一)

项目名称:		模型版本:	
样品分析方法	OC/EC:	水溶性离子:	无机元素:
输入数据 (见附件)	采样点位:	采样日期和时段:	颗粒物粒径:
	受体数量 (行):	组分数量 (列):	受体组分单位:
	纳入受体时间跨度和分辨率:		
	纳入解析源类:		
计算参数 设置	一般拟合源类选择:		拟合组分选择:
	穷举法拟合源类:	必须组分: 去除组分:	PM : R^2 : χ^2 :
输出记录	源类及其贡献 (%):		
	源类 1:	,	%
	源类 2:	,	%
	源类 3:	,	%
	源类 4:	,	%
	源类 5:	,	%
	其他:	,	%

记录人:
年 月 日

校核人:
年 月 日

审核人:
年 月 日

附录 D
(资料性附录)
代表性源成分谱

基于颗粒物产生原理和产生过程，将一级源类分为固定燃烧源、工艺过程源、移动源、扬尘源和其他源。其中，其他源包括生物质燃烧、餐饮源、海洋粒子等。附D.1~D.5给出了5个一级源代表性源成分谱。

注：图片来源于《大气重污染成因与治理攻关项目研究报告》（国家大气污染防治攻关联合中心主编，北京：科学出版社，2021年6月，70-74页，ISBN：978-7-03-069119-4）

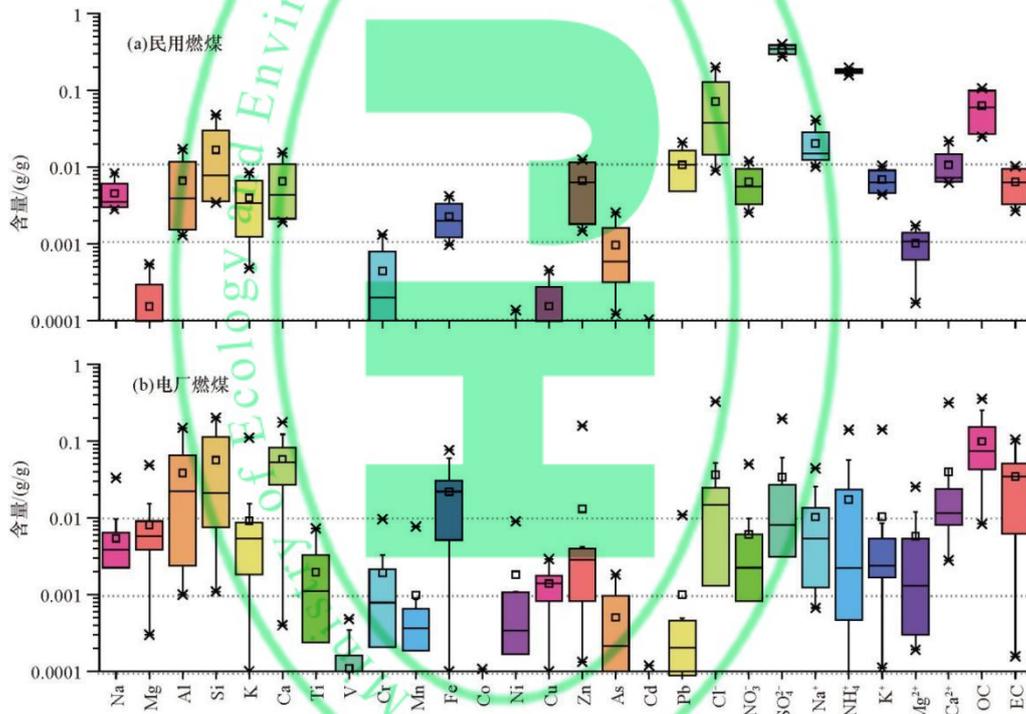


图 D.1 民用燃煤和电厂燃煤排放的 PM_{2.5} 成分谱

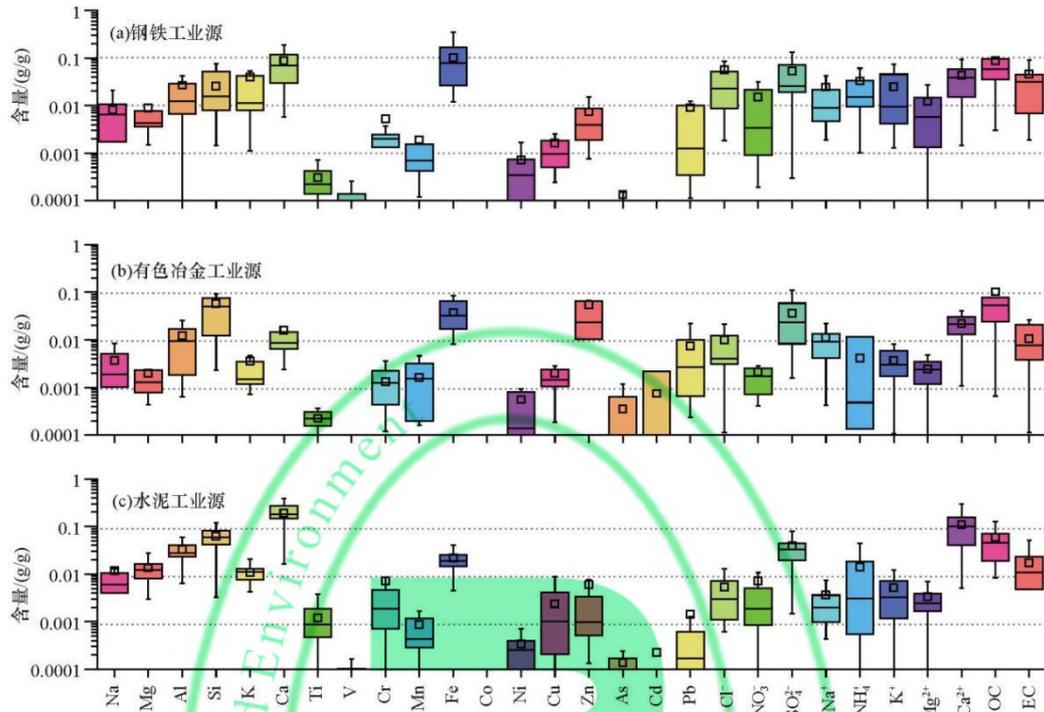


图 D.2 工艺过程源（钢铁、有色冶金、水泥）排放的 PM_{2.5} 成分谱

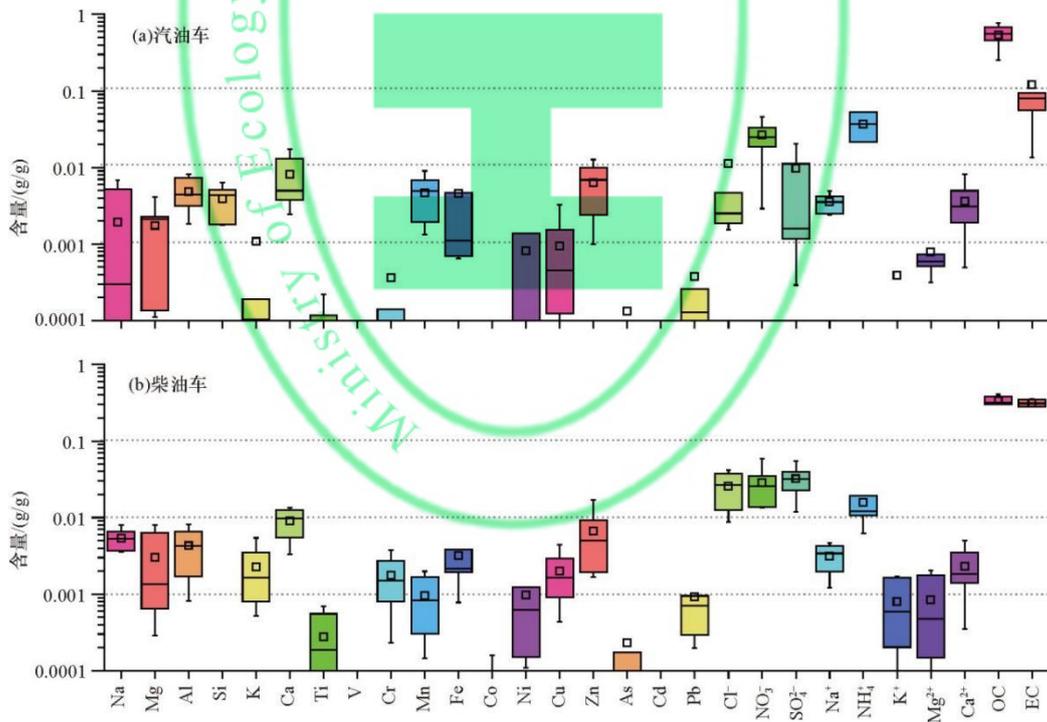


图 D.3 汽油车和柴油车排放的 PM_{2.5} 成分谱

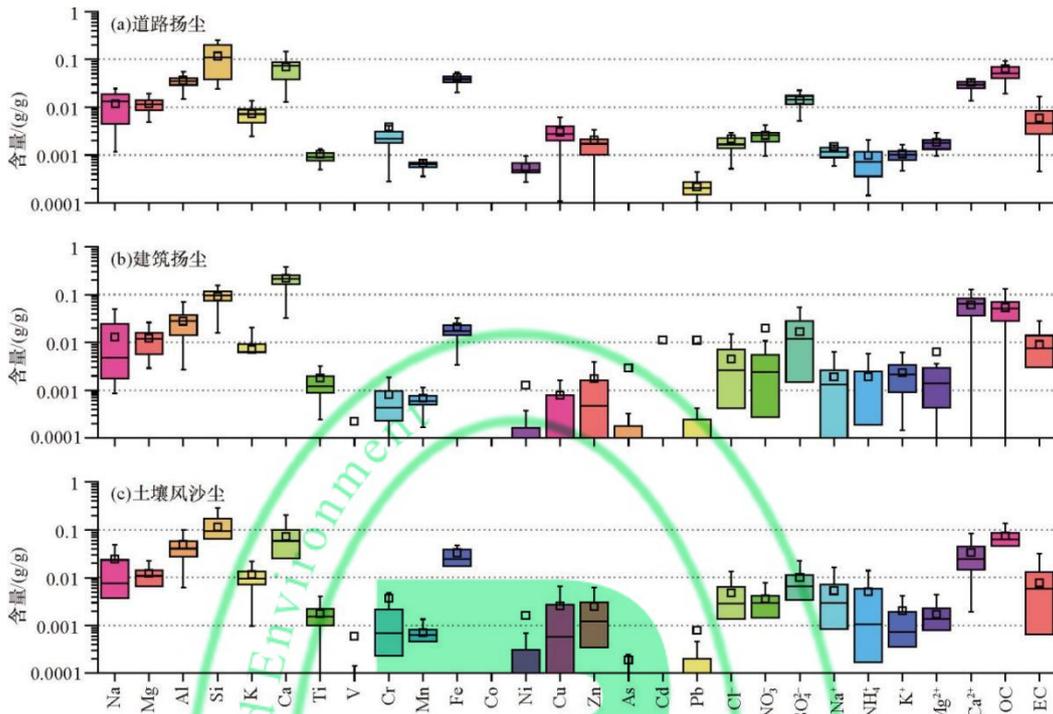


图 D.4 道路扬尘、建筑扬尘和土壤沙尘 PM_{2.5} 成分谱

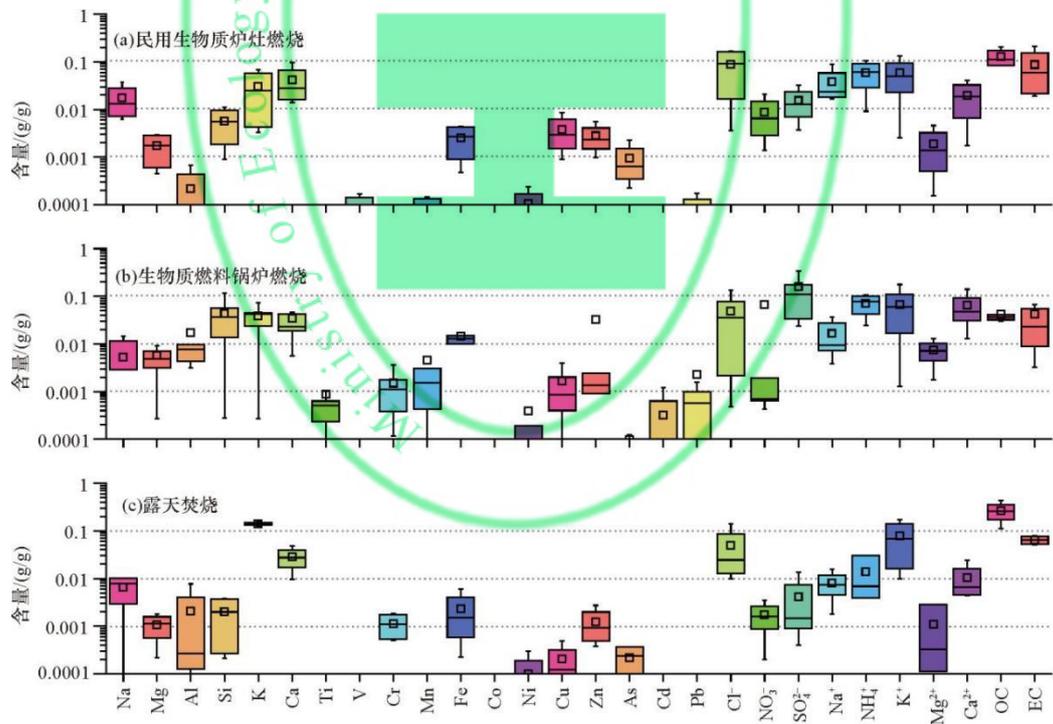


图 D.5 民用生物质炉灶燃烧、生物质燃料锅炉燃烧和露天焚烧 PM_{2.5} 成分谱