附件6

HJ

中华人民共和国国家环境保护标准

HJ □□□-20□□

环境空气　颗粒物来源解析　基于受体模型法的源解析技术规范

Ambient air—Source apportionment on particulate matter—Technical specification for source apportionment by receptor models

（征求意见稿）

202□-□□-□□发布　　202□-□□-□□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 2
4　基本原则 3
5　工作程序 4
6　基本情况调查 4
7　污染源和环境空气质量调查 6
8　环境受体和污染源颗粒物监测 6
9　环境受体成分库和源成分谱库的构建分析 10
10　模型计算 11
11　综合解析评估 13
12　报告编制 13
13　质量保证和质量控制 13
附录 A（资料性附录）　环境空气颗粒物来源解析工作方案编制要求 15
附录 B（资料性附录）　一次颗粒物排放源分类 16
附录 C（资料性附录）　颗粒物分析项目及标准方法 17
附录 D（资料性附录）　环境受体成分库、颗粒物源成分谱库及源标识组分 18

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》，加强空气污染防治，保护和改善生态环境，保障人体健康，规范基于受体模型法的环境空气颗粒物来源解析工作，制定本标准。

本标准规定了基于受体模型法的环境空气颗粒物来源解析技术规范。

本标准的附录A、B、C和D为资料性附录。

本标准属于环境空气颗粒物来源解析系列标准之一。

本标准为首次发布。

本标准由生态环境部大气环境司、法规与标准司组织制订。

本标准起草单位：中国环境监测总站、山东省济南生态环境监测中心、福建省福州环境监测中心站、南开大学。

本标准生态环境部20□□年□□月□□日批准。

本标准自20□□年□□月□□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　基于受体模型法的源解析技术规范

1　适用范围

本标准规定了基于现场采样-实验室分析-受体模型法的环境空气颗粒物来源解析主要工作环节的技术要求，包括方案制定、基本情况调查、污染源和环境空气质量调查、污染源和环境空气颗粒物监测、环境受体成分库和颗粒物排放源成分谱库的构建和分析、模型计算、综合解析评估等。

本标准适用于城市的环境空气颗粒物来源解析工作。

2　规范性引用文件

本标准内容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，凡是未注明日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB 3847　柴油车污染物排放限值及测量方法（自由加速法及加载减速法）

GB 18285　汽油车污染物排放限值及测量方法（双怠速法及简易工况法）

GB 18352.6　轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）

GB/T 16157　固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法

HJ/T 55　大气污染物无组织排放监测技术导则

HJ 93　环境空气颗粒物（PM_{10}和$PM_{2.5}$）采样器技术要求及检测方法

HJ/T 166　土壤环境监测技术规范

HJ 194　环境空气质量手工监测技术规范

HJ/T 393　防治城市扬尘污染技术规范

HJ/T 397　固定源废气监测技术规范

HJ 618　环境空气　PM_{10}和$PM_{2.5}$的测定　重量法

HJ 630　环境监测质量技术管理技术导则

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 664　环境空气质量监测点位布设技术规范（试行）

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 836　固定污染源废气　低浓度颗粒物的测定　重量法

HJ □□□　环境空气　颗粒物来源解析　受体模型法监测数据处理与检验技术规范

HJ □□□　环境空气　颗粒物来源解析　正定矩阵因子分解（PMF）模型计算技术指南

HJ □□□　环境空气　颗粒物来源解析　化学质量平衡（CMB）模型计算技术指南

HJ □□□　环境空气　颗粒物来源解析　固定污染源废气颗粒物（$PM_{2.5}$和PM_{10}）稀释通道采样技术导则

HJ □□□　环境空气　颗粒物来源解析　开放源颗粒物（$PM_{2.5}$和PM_{10}）再悬浮采样技术导则

HJ □□□　环境空气　颗粒物来源解析　开放源扬尘采样技术规范（试行）

HJ □□□　环境空气　颗粒物来源解析　颗粒物滤膜自动称量技术规范（试行）

HJ □□□　环境空气　颗粒物来源解析　颗粒物中左旋葡聚糖、甘露聚糖和半乳聚糖的测定 离子色谱法（试行）

HJ □□□　环境空气　颗粒物来源解析　颗粒物中左旋葡聚糖、甘露聚糖和半乳聚糖的测定　衍生化气相色谱-质谱法（试行）

《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）

《环境空气颗粒物来源解析技术路线（试行）》（环办函[2015] 191号）

《大气细颗粒物一次源排放清单编制技术指南（试行）》（环境保护部公告 2014年第55号）

《大气可吸入颗粒物一次源排放清单编制技术指南（试行）》（环境保护部公告 2014年第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

颗粒物排放源　Particulate matter emission sources

向大气环境排放颗粒物及其气态前体物的污染源。

3.3

源标识组分　Tracer Species

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。标识组分在该源成分谱中的含量，比在其他源类中高。

3.4

一次颗粒物　Primary particulate matter

污染源直接排放到大气环境中的颗粒物，又称一次粒子。

3.5

二次颗粒物　Secondary particulate matter

排放到大气环境中的气态污染物经过大气化学反应、气固转化形成的颗粒物，又称二次粒子。

3.6

颗粒物源成分谱　Source chemical profile

特定污染源类排放的相对稳定的颗粒物化学组分信息，简称颗粒物源谱。颗粒物源谱需包含该类污染源的标识组分。

3.7

环境空气颗粒物来源解析　Source apportionment on ambient particulate matter

通过化学、物理学、数学等方法定性或定量识别环境受体中不同粒径颗粒物（$PM_{2.5}$、PM_{10}等）的排放来源，简称颗粒物来源解析。颗粒物来源解析方法主要包括现场采样-实验室分析-受体模型法（简称受体模型法）、现场调查-统计分析-源清单法（简称源清单法）和污染源监测-模拟分析-源模型法（简称源模型法）等。

3.8

正定矩阵因子分解模型　Positive matrix factorization model（PMF）

一种多元因子分析类模型，将样本数据的矩阵（X）分解为因子贡献矩阵（G）和因子谱矩阵（F），对因子谱矩阵进行识别，并定量计算样本的因子贡献。在环境空气颗粒物来源解析中，应用正定矩阵因子分解模型（PMF）计算是通过对环境样品（受体）的化学组分数据进行分析，提取若干因子，利用标识组分将因子识别为不同的源类，再通过多元线性回归计算不同因子（源类）对环境样品的贡献。

3.9

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。

4　基本原则

4.1　科学性原则

选择科学的技术方法体系开展颗粒物来源解析，所获得的结果能够准确客观地反映当地环境空气颗粒物的主要来源及其时空变化的特征和规律。

4.2　实用性原则

从当地环境管理的迫切需求出发，制定工作目标和方案，优先解决当地大气污染防治

亟需解答的突出问题。

4.3 可行性原则

从当地工作基础和实际能力出发，选择切实可行的颗粒物来源解析技术方法，制定合理的颗粒物来源解析工作方案，使颗粒物来源解析工作在经济上合理，技术上可行，具有可操作性。

4.4 前瞻性原则

既要围绕当前环境保护的工作目标，又要结合环境保护的发展战略；既要考虑当地颗粒物来源解析工作的现状和技术水平，又要考虑未来颗粒物来源解析技术方法发展。

5 工作程序

5.1 应围绕当地环境空气颗粒物污染防治目标，确定颗粒物来源解析工作目标，并根据当地环境空气颗粒物污染防治需求、颗粒物来源解析工作条件以及经费情况等，选择适合的技术路线，制定科学可行的颗粒物来源解析工作方案，编制要求参见附录 A。

5.2 根据当地颗粒物来源解析需求和工作条件制定的颗粒物来源解析工作方案，开展基本情况调查、污染源和环境空气质量调查、环境受体和污染源颗粒物监测、源成分谱库和环境受体成分库构建及特征分析、受体模型计算等工作，进行颗粒物来源综合解析，分析主要污染原因，提出颗粒物污染防治对策和建议，编制颗粒物来源解析报告。颗粒物来源解析工作程序见图 1。

6 基本情况调查

6.1 自然条件

6.1.1 调查城市地理位置及地貌特点。

6.1.2 收集城市近五年的气温、湿度、风向、风速、降水量、大气能见度、大气边界层厚度等气象历史数据，分析气象条件的现状及总体变化趋势、季节性变化趋势等。

6.1.3 根据自然条件的特点，综合分析自然因素对城市环境空气质量的影响。

6.2 经济社会情况

6.2.1 收集城市近五年的人口历史数据，分析人口数量和结构现状及变化趋势。

6.2.2 收集城市近五年的经济历史数据，包括GDP，第一产业、第二产业、第三产业等，分析现状及变化趋势和产业结构情况。

6.2.3 收集城市近五年的机动车、船舶、非道路车辆等移动源保有量历史数据，包括移动源保有量、车型、燃料类型、排放标准、环保标志与各类移动源使用频次等情况，分析现状及变化趋势。

6.2.4 收集城市近五年的城镇化率、城市建成区绿化覆盖率、森林覆盖率、裸露土地面积、城市建设面积、道路面积及房屋建筑施工面积等历史数据，分析城市建设现状及变化趋势。

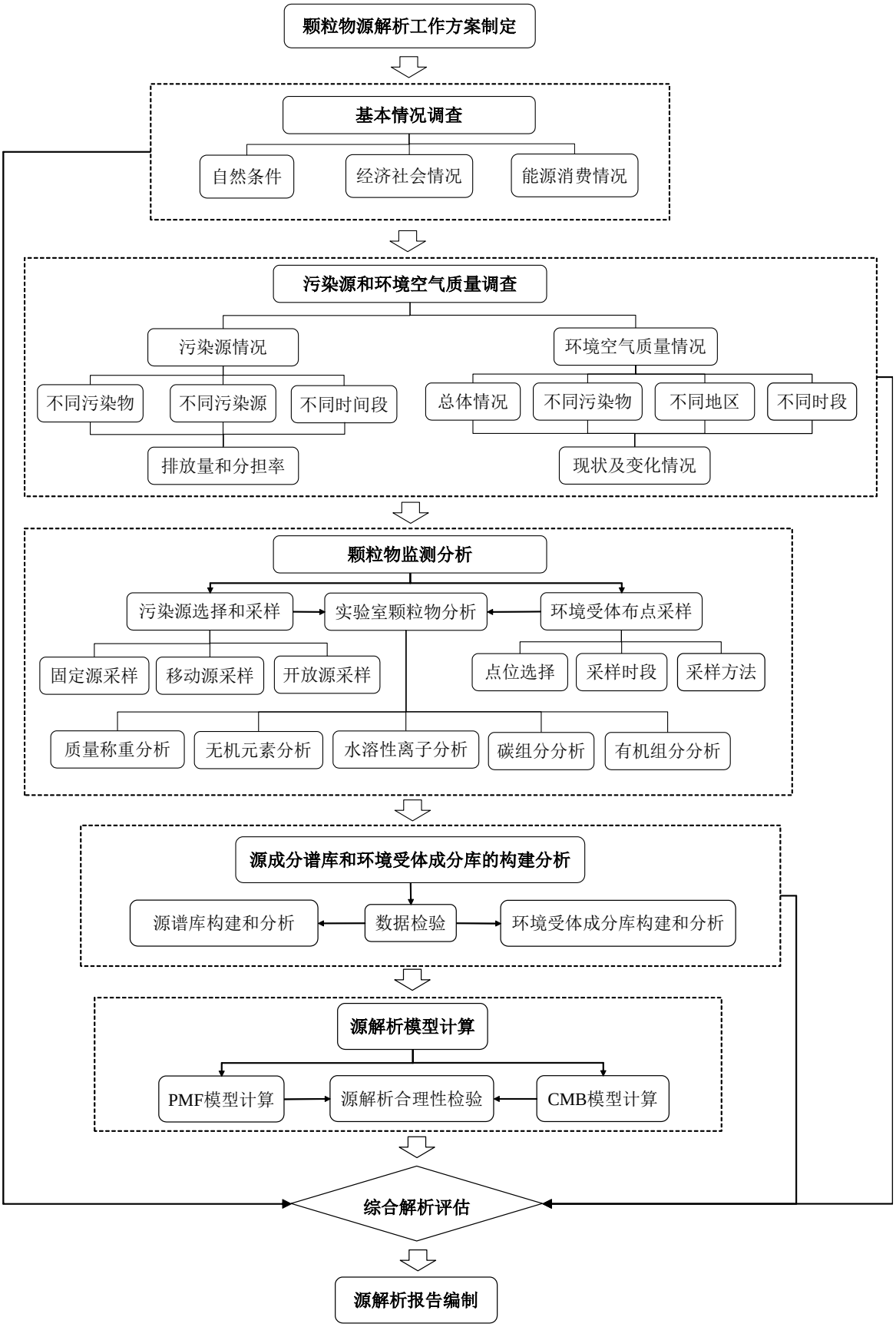

图1　颗粒物来源解析工作程序

6.3 能源消费情况

6.3.1 收集城市近五年的各类能源消耗历史数据，包括煤炭、天然气、汽油、柴油等，分析能源消耗结构和来源分布等的现状及变化趋势。

6.3.2 收集城市近五年的单位GDP能耗历史数据，分析城市能源利用效率情况现状及变化趋势。

6.3.3 收集城市近五年的工业能源消费和民用生活能源消费历史数据，重点分析工业能源消费中高能耗行业现状及变化趋势。

7 污染源和环境空气质量调查

7.1 污染源调查

7.1.1 收集城市最新的大气污染源排放清单，分析城市主要污染源类以及排放情况、时空分布特征。

7.1.2 统计分析城市大气污染物（包括SO_2、NO_x、PM_{10}、$PM_{2.5}$、VOCs和NH_3等）的排放量，计算不同污染物主要一次排放源的排放分担率。

7.1.3 统计分析各类污染源不同污染物在城市不同区县中分布情况，确定每个区县的主要污染源及污染物。统计分析城市重点排污单位的分布情况，按照污染物，分别确定重点点源的排放量和分担率。

7.1.4 重点统计分析特定时间段（比如环境受体采样的时间段、重污染过程、采暖期/非采暖期）颗粒物及相关前体污染物的排放情况、特定污染源的不同污染物及细分污染源（如机动车的柴油车和汽油车）排放情况。

7.2 环境空气质量调查

7.2.1 收集城市近五年首要污染物、达标率等空气质量相关的历史数据，评价空气质量现状，分析空气质量总体变化趋势和首要污染物情况。

7.2.2 收集城市近五年的常规环境质量监测历史数据，包括6项污染物（SO_2、NO_2、PM_{10}、$PM_{2.5}$、O_3和CO）浓度、降尘量、降水中阴阳离子（SO_4^{2-}、NO_3^-、Cl^-、K^+、Na^+、Ca^{2+}、Mg^{2+}、NH_4^+等）含量、挥发性有机物含量等，分析其时空变化特征。

7.2.3 计算近五年主要污染物浓度之间的比值（如，SO_2/NO_2、$PM_{2.5}/PM_{10}$等）、不同污染物相关性，分析其变化趋势特征，初步识别不同污染时段的主要污染源类。

8 环境受体和污染源颗粒物监测

8.1 环境受体布点和采样

8.1.1 基本要求

根据当地颗粒物污染状况、自然条件和工作条件等，按照所采用的颗粒物来源解析技术方法的要求，制定环境受体采样方案。采集的颗粒物至少包括当地的首要污染颗粒物。采集的样品要具有代表性，满足颗粒物组分分析要求和受体模型计算数量要求。

8.1.2 点位布设

a）原则上选择按HJ 664确定的环境空气质量自动监测点位作为环境受体采样点位。比较邻近点位近两年环境空气6项污染物自动监测数据，经论证可合并的，可选择其一作为环境受体采样点位。一个城市布设的环境受体采样点位数量一般不少于3个。

b）综合考虑工作目的、城市面积、城市功能区划分、人口密度、环境敏感程度、主导风向上下游以及经费情况等，优先选择从国家、省和市级环境空气监测点中选择确定环境受体采样点位以及清洁对照点、区域传输点等。

8.1.3 采样时间

a）每个点位在春、夏、秋、冬四季分别进行采样，并且每个季节采集的有效样品数量不少于25个。

b）按实际情况选择均匀间隔采样（如每3天采样1次）方式进行或持续采样（如每个季节持续采样 1 个月）；均匀间隔采样按照常规采样方法和污染时段加密方法结合方式进行，持续采样采用常规采样时段与污染时段采样相结合方式进行。

c）对预报为中度及以上污染天气，监测频次按每天采样 1 次；对采暖、风沙、生物质燃烧等特殊影响的时期，监测频次按每天采样1次。

d）考虑颗粒物浓度、排放源的季节性变化特征及气象条件等，根据颗粒物监测的历史数据（7.1.2）规律分析确定采样时段，应覆盖颗粒物质量浓度变化的波峰和波谷。

8.1.4 采样方法

a）采样方法参照 HJ 656、HJ 194、《环境空气颗粒物来源解析监测技术方法指南》执行。

b）受体样品的采集以日为单位，每日采样时间一般不少于22 h，采样起止时间为整点时间。

c）根据颗粒物浓度等因素，可调整采样时间或每日采样数量。当颗粒物浓度过低时，可连续采集 48 h 作为 1 个样品；当颗粒物浓度过高时，每日可分别采集昼间（12 h）和夜间2个样品。

8.2 污染源选择和采样

8.2.1 基本要求

根据当地污染源调查情况（7.1）和工作条件等，结合所采用的颗粒物来源解析方法，确定污染源采样方案。污染源颗粒物采样需采集污染源排放到空气中较稳定存在的颗粒物，可利用特定装置（稀释通道采样装置、再悬浮采样装置等）进行采样。采集的样品要具有污染源排放的代表性，满足颗粒物组分分析要求。

8.2.2 污染源分类

a）根据环境管理需求和污染程度，参考源清单（7.1.1）中的污染源分类方式，在满足受体模型解析方法的前提下，对城市一次颗粒物排放源进行分类。

b）颗粒物排放源一般分为燃煤源、移动源、扬尘、工业工艺过程源、其他源等一级污

染源类；颗粒物来源解析基础较好的可以增加污染源类别。

c）根据污染源调查情况（7.1），确定与本地颗粒物来源相关的主要污染源类别，并根据行业等划分为二级污染源类，参见附录 B 附中表 B.1；必要时，可对污染源进行三级污染源类划分。

d）颗粒物污染源分别按照环境监测中固定源、开放源和移动源的分类采样要求进行采样。

8.2.3 固定源采样

a）固定源选择

根据二级污染源类划分，选择 2 个有代表性并在源清单（7.1.1）中该源类别排放量占比大于 60%的污染源进行采样，当 2 个有代表性的二级污染源的排放量占比小于 60%时，应适当增加同类污染源的采样。

b）固定源采样方法

1）每个污染源需采集 3 组有效样品；对于燃料或生产工艺等存在显著季节性变化的污染源，需要按季节分别采样。

2）固定源采样时，污染源应处于正常工况条件（即日常生产保持稳定的工况条件）。

3）固定源的采样方法优先选择稀释通道法。如果受现场条件或设备条件限制，可采用烟道直接采样方法或再悬浮采样方法。相关方法参照 GB/T 16157 以及《环境空气颗粒物来源解析监测技术方法指南》。

8.2.4 开放源采样

a）开放源选择

城市中开放源主要包括各类扬尘，如土壤扬尘、道路扬尘、施工扬尘、堆场扬尘、二次扬尘等。根据城市扬尘清单（7.1.1），参照 HJ/T 393 的有关要求，对产生扬尘的场所和活动进行调查，识别与本地区颗粒物来源相关的主要扬尘类别。

b）扬尘现场采样的点位设置

1）土壤扬尘现场采样需选择距城市建成区 10~20 km 的东、南、西、北 4 个方向以及主导风向上风向的郊区，每个方向布设至少 3 个采样点，均匀布点，点位之间距离不小于 500 m。

2）道路扬尘现场采样需选择城市主要道路类型（主干道、次干道、支路和快速路），至少选择 2 条同种类型道路，每条道路间隔 800 m 设置 3 个采样区域。

3）施工扬尘现场采样需选择至少 4 个正在作业的施工现场（如建筑主体施工现场、装饰现场和拆除现场等），同时根据城市施工使用调查情况，选择采集 4 个消耗量较大的不同品牌的水泥样品。

4）二次扬尘现场采样需在环境空气来源解析工作中设立的环境受体采样点位的周边，选择至少 2 栋居住区、商业区、工业区等区域的建筑物。

c）扬尘采样方法

1）扬尘采样方法优先选择现场采集粗颗粒-实验室再悬浮采样的方法。在现场采用铁锹（铲）、竹片、毛刷或吸尘器等收集相关扬尘的包含全粒径粗颗粒物，带回

实验室进行样品制备后再采用再悬浮装置采集一定粒径大小的颗粒物样品。相关方法参照《环境空气颗粒物来源解析监测技术方法指南》。

2）扬尘现场采样应远离其他污染源或其他扬尘子源，减少不同源类之间的交叉影响。在实验室再悬浮采样过程中，要防止不同扬尘之间的交叉污染。

3）对于扬尘不同子源的样品，甚至更细分的源类样品，采样中应谨慎对待样品的混合。

8.2.5 移动源

a）移动源选择

根据城市移动源清单（7.1.1），识别与本地区颗粒物来源相关的主要移动源类别。

机动车是城市中对颗粒物贡献大的移动源。根据所用燃料种类，可将机动车分为汽油车、柴油车、其他机动车等子源类。根据应用场景，可进一步为重型、中型、小型的卡车和客车，摩托车等。

b）移动源采样方法

优先选用稀释通道法进行采样。对于机动车可选择在机动车排放检验机构、实际道路等开展，相关方法参照《环境空气颗粒物来源解析监测技术方法指南》。必要时，可进行工程机械、农用机械、船舶等非道路移动源的采样。

c）机动车采样工况要求

在机动车排放检验机构采样，参照 GB 3847、GB 18285、GB 18352.6 规定的工况要求进行采样。在实际道路采样，选择接近于车辆正常使用时的路况分别进行采样。

8.3 实验室颗粒物分析

8.3.1 基本要求

根据所采用的颗粒物来源解析方法的需求，以及当地污染源颗粒物组分特征，结合实际具备的监测分析条件，科学选择监测项目和分析方法。石英滤膜和有机滤膜样品均需要进行称重计算颗粒物质量浓度，石英滤膜样品用于碳组分、有机物等分析，有机滤膜样品用于无机元素、水溶性阴阳离子等分析。

8.3.2 分析项目

a）颗粒物来源解析中必测的项目包括颗粒物质量浓度、颗粒物无机元素质量浓度、颗粒物水溶性阴阳离子质量浓度、颗粒物碳组分质量浓度；根据实际工作条件和提高颗粒物来源解析精度的需要，可增加选测项目。

b）颗粒物质量浓度项目包括当地首要颗粒物（如 $PM_{2.5}$ 或 PM_{10}）。

c）颗粒物无机元素项目包括 Si、Al、Ca、Mg、Ti、Fe、Zn、Mn、Ba、Ni、Pb、Se、As、V、Cu 等。

d）颗粒物水溶性阴阳离子项目包括 SO_4^{2-}、NO^{3-}、NH^{4+}、Cl^-、K^+、Na^+、Mg^{2+}、Ca^{2+} 等。

e）颗粒物碳组分包括有机碳（OC）和元素碳（EC）等。

f）选测的项目包括各类有机物等，比如多环芳烃、左旋葡聚糖、正构烷烃、水溶性有

机碳、有机酸、脂肪酸、甾醇类等。

8.3.3 分析方法

a）必测项目的分析方法采用现行国家标准方法和《环境空气颗粒物来源解析监测技术方法指南》方法，参见附录 C。

b）选测项目采用国家标准分析方法及 ISO 等国际标准方法，以及经过验证的文献方法。

c）污染源样品和环境受体样品中化学组分的分析方法（含样品前处理方法）应保持一致，在使用时需预先考察分析方法的性能和适用性。

9 环境受体成分库和源成分谱库的构建分析

9.1 数据检验

9.1.1 检查每一个颗粒物样品的分析结果，其中源标识组分不可缺失。对于非标识组分，如未检出，可用1/2检出限代替。

9.1.2 采用统计学方法（如4d法、Q检验法）以及根据污染源和环境受体中颗粒物组成规律，对数据进行检验分析。

9.1.3 颗粒物质量浓度重构。将颗粒物部分化学组分，如有机碳（OC）、元素等，进行转化计算，得到颗粒物质量浓度重构结果。每个样品的颗粒物质量浓度重构结果与实际分析得到的颗粒物质量浓度的偏差一般应小于20%。

9.1.4 颗粒物电荷平衡检验。将颗粒物阴离子（NO_3^-、SO_4^{2-}、F^-、Cl^-等）和阳离子（NH_4^+、K^+、Ca^{2+}、Na^+、Mg^{2+}等）转换为电荷摩尔数，分别得到阴离子总电荷和阳离子总电荷。每个颗粒物样品的阴离子总电荷和阳离子总电荷的偏差一般应小于20%。

9.1.5 异常值处理。对于异常数据，需仔细核查样品采集和测试过程中的原始记录，查找产生原因。如有必要，可对留存的样品重新检测分析，经过再次检验仍旧为异常值，则舍去。

9.2 环境受体成分库的构建和分析

9.2.1 环境受体成分库是由每个环境受体颗粒物样品的分析结果组成。环境受体成分库数据格式参考附录D中表D.1。根据环境受体的变化情况，定期补充更新环境受体成分库。

9.2.2 采用颗粒物质量重构方法，将颗粒物化学组成分为有机物、元素碳、硫酸盐、硝酸盐、铵盐、地壳物质、微量元素及其他类别，分析城市颗粒物化学组分的构成占比情况。

9.2.3 颗粒物化学组分的时间分布特征分析。①全年平均化学组成：将全部有效的受体样品数据平均，得到城市全年化学组分的平均质量浓度和百分比含量，分析颗粒物主要化学组成。②季节及特定污染过程化学组成：比较颗粒物各化学组分、物质构成在不同季节（如春、夏、秋、冬）以及特定污染过程的质量浓度和百分含量，分析与相关排放源之间的关系。

9.2.4 颗粒物化学组分的空间分布特征分析。比较不同采样点位的颗粒物各化学组分、物质构成以及特定污染过程的质量浓度和百分含量，分析其与排放源空间分布之间的关系。

9.2.5 颗粒物化学组分的比值特征分析。通过颗粒物特定化学组分的比值，可进一步分析

颗粒物污染的特征，比如采用OC/EC的比值判断二次有机物的生成特征，SO_4^{2-}/NO_3^-的比值判断固定源（如燃煤源）和移动源之间相对贡献。

9.3 源谱库构建和分析

9.3.1 颗粒物来源解析工作要建立本地化源谱库，并根据源排放清单（7.1.1）中主要污染源类别变化情况，对源谱进行定期动态更新。如果某一类污染源类中存在明显不同的子源类，应分别构建子源类的源谱。

9.3.2 受体模型源解析中，源谱库涵盖颗粒物的一次颗粒物排放源（简称一次源）和二次颗粒物（简称二次源），其中颗粒物一次源分别与污染源分类（8.2.2）对应，二次源包括二次硫酸盐、二次硝酸盐、二次有机物等。

9.3.3 源谱构建时需要涵盖各类主要排放源的标识组分。源谱中的标识组分是某类源区别于其它源的重要标志。颗粒物主要排放源类的标识组分可参见附录D中表D.2。

9.3.4 对于不同特点的颗粒物一次源类，采用排放源的颗粒物排放量加权平均（如燃煤源、移动源、工业工艺过程源）或算术平均（如扬尘、生物质燃烧源）的方法构建颗粒物源谱，具体包括各成分的含量（g/g）及标准偏差等信息。对于硫酸盐和硝酸盐等二次无机源类，使用纯硫酸铵（$(NH_4)_2SO_4$）和纯硝酸铵（NH_4NO_3）的化学组成分子量占比作为其源成分谱，偏差取10%。颗粒物排放源谱数据的示例可参见附录D中表D.3。

9.3.5 根据以往源谱以及文献数据，对源谱数据进行合理性检验，避免异常值的干扰。对于不同子源谱，需要分析组分差异，确定是否进行源谱合并。

9.3.6 将已构建的源谱，结合往年构建的源谱或文献中源谱，比较分析不同源类的特征组分。

10 模型计算

10.1 基本要求

10.1.1 受体模型主要包括CMB模型和PMF模型。CMB模型计算需要输入涵盖城市主要污染源类的本地化源谱库。PMF模型计算仅需环境受体样本观测数据，可利用文献或源谱库中源标识组分信息判断因子对应的污染源类。

10.1.2 受体模型解析的颗粒物来源需与颗粒物排放源分类（8.2.2）、构建的源谱类别（9.3.2）对应，一般包括燃煤源、移动源、扬尘、工业工艺过程源等一次来源和二次硫酸盐、二次硝酸盐、二次有机物等二次来源。如有条件，可进一步细分颗粒物来源。

10.1.3 对于环境受体采用四个季节持续采样方式的，优先使用CMB模型计算，采用全年均匀间隔采样方式的，则优先使用PMF模型计算。对于受体采样数据量较大的城市，宜采用PMF模型计算解析；对于已经有本地化源谱，受体点位数据量较少的城市，宜采用CMB模型计算解析。

10.1.4 模型计算基础好的城市可同时采用CMB模型和PMF模型，在识别污染源的变化趋势、确定主要污染源的贡献顺序等方面进行相互印证。

10.2 PMF模型计算

10.2.1 根据PMF模型需要，每个环境受体采样点位输入至少100个有效样品的环境空气颗

粒物质量浓度、化学组分浓度数据以及相应的不确定度。根据颗粒物数据种类、不确定度大小等，确定相应的计算权重。对于污染源标识组分或者不确定度小的组分，应选择较高的计算权重。

10.2.2　通过分析不同组分时间变化情况、不同组分之间相关性等，对输入的数据进一步检验，对于异常值进行剔除或降低计算权重。

10.2.3　采用基础模型计算，得到初步结果。通过分析计算得到的“因子谱”，识别出污染源类。通过分析“因子贡献”矩阵，得到相应源类的贡献。通过“残差分析”、“预测值与观测值对比分析”等评估结果误差，判断颗粒物来源解析结果的优劣程度。

10.2.4　当基础模型计算得到的“因子谱”难以有效识别为实际源类时，可使用模型旋转计算对计算结果进行优化，比如使因子谱中标识组分的占比更加突出，使其更符合实际源谱特征，从而更利于将因子识别为实际源类。

10.2.5　通过分析模型的模拟值与实测值差异、主要组分或标识组分的残差大小、Q 计算值与 Q 理论值差异等，判断模型模拟结果的好坏。如果模拟值与实测值越接近、组分残差越小、Q 计算值与 Q 理论值越接近，则表明模拟计算结果更合理。

10.2.6　对于城市多个受体采样点位数据，分别按照采样时间全部输入至 PMF 模型，通过选择单个点位数据进行模型计算，先得到单个点位的源解析结果，再进行平均得到城市颗粒物来源解析结果。

10.2.7　通过分析所解析的因子谱特征及其源贡献等，包括对比解析的因子谱与实测源谱、平均源贡献与CMB解析结果，分析源贡献变化趋势及其日变化趋势等，判断解析结果的合理性。结合城市的污染特征、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，综合确定合理的颗粒物来源解析结果。

10.3　CMB模型计算

10.3.1　通过算术平均法或按采样时段加权平均法处理环境受体成分数据，得到CMB模型所需的各化学组成的质量浓度（μg/m^3）及标准偏差等。CMB模型计算选择的参与拟合的受体组分数量要大于等于源的数量。

10.3.2　根据当地实际情况，以排放源清单和污染源调查情况为基础，选择参与计算的源类。一般包括移动源、燃煤源、扬尘、工业工艺过程源等一次来源，以及二次硫酸盐、二次硝酸盐、二次有机物等二次来源。二次有机物难以直接使用CMB模型得到，可使用OC/EC比值法或CMB-Iteration模型等方法计算得到。

10.3.3　参与计算组分的选择，原则上选择所输入源类的标识组分。标识组分在该源成分谱的含量较其他源类为高，不同源类的标识组分会有重合。主要污染源的标识组分可参考附录D中表D.2。

10.3.4　对于道路扬尘、城市扬尘等共线性较强的源类，可采用二重源解析技术或NCPCRCMB模型等方法进行解析。

10.3.5　根据CMB模型输出的T-统计（TSTAT）、拟合优度回归系数（R^2）、残差平方和（chi或χ^2）、自由度（n）、百分质量（PM）以及灵敏度矩阵（MPIN）、计算组分/测量浓度比（C/M））等模型数学诊断指标，结合城市的污染特征、气象条件、当地工业特征、机动车保有量、建筑施工情况、燃煤量情况等当地实际情况信息，筛选合理的颗粒物来源解析

结果。

11 综合解析评估

11.1 如有条件，可采用多种受体模型进行解析，比较不同模型得到的解析结果；可采用源模型法进行模拟分析，区分本地贡献和外来传输贡献。

11.2 通过PMF或CMB模型解析得到的二次来源需要进一步解析为一次源类。比如通过二次组分和排放清单组合拆分法进行分解，将颗粒物中硫酸根、硝酸根、铵根和二次有机物通过一次源清单的相应气态污染物排放比例进行拆分组合，获得不同一次源类对二次颗粒物的初步排放贡献。

11.3 综合解析得到的颗粒物一级源类分为燃煤源、移动源、工业工艺过程源、扬尘等。根据源清单，进一步细化颗粒物来源解析结果的源类，比如电厂燃煤源、民用燃煤源、柴油车源、汽油车源、钢铁源、建材源、道路扬尘、施工扬尘、生物质燃烧源、餐饮源等。

11.4 将颗粒物来源解析结果与城市自然条件（6.1）、经济社会情况（6.2）、能源消费情况（6.3）、大气污染源排放量和排放分担率（7.1）、颗粒物及气态污染物的时空变化特征（7.2）等调查结果进行综合分析，从宏观上评估颗粒物来源解析结果的合理性。

11.5 咨询环境管理部门对颗粒物来源解析结果的意见，将本次颗粒物来源解析结果与以往的颗粒物来源解析结果进行比较分析，评估各项环保措施及效果，与管理部门会商提出因地制宜、切实可行的大气污染防治对策建议。

12 报告编制

颗粒物来源解析报告应包括但不限于以下内容：任务来源、工作目标、工作区域、工作内容、技术路线、自然条件分析、经济社会发展分析、污染源调查分析、环境空气质量特征分析、颗粒物及组分监测分析方法、模型计算方法、颗粒物来源解析结果、大气污染防治对策建议等。

13 质量保证和质量控制

13.1 由专门质控人员进行监督检查和质量审核，核实相关质控记录是否完善，是否符合源解析质控要求。邀请相关专家对颗粒物来源解析工作关键技术环节的科学性和规范性进行论证。

13.2 基本情况调查收集的数据要求应来源于官方公开发布的数据，比如国民经济和社会发展统计年鉴。在录入时应严格审核以及随机抽查核对，确保数据准确。

13.3 污染源和环境空气质量调查收集的数据应来源于生态环境部门审核后的数据，与公开发布的数据保持一致。污染源数据为动态更新后的数据，选择的优先顺序是城市大气污染物排放清单编制数据、全国污染源普查数据、环境统计数据。环境空气质量数据为经过生态环境监测部门审核入库的数据，需要进行随机抽查核对。

13.4 环境空气颗粒物采样参照 HJ 656、HJ 618 和《环境空气颗粒物来源解析监测技术方法指南》要求。污染源颗粒物样品采集参照 HJ □□□《环境空气 颗粒物来源解析 固定污

染源废气颗粒物（$PM_{2.5}$ 和 PM_{10}）稀释通道采样技术导则》、HJ □□□《环境空气 颗粒物来源解析 开放源颗粒物（$PM_{2.5}$ 和 PM_{10}）再悬浮采样技术导则》、HJ □□□《环境空气 颗粒物来源解析 开放源扬尘采样技术规范（试行）》、HJ/T 397、HJ 836、HJ/T 393、HJ/T 166 和《环境空气颗粒物来源解析监测技术方法指南》等要求。

13.5　颗粒物分析需参照 HJ 618、HJ 656、HJ 657、HJ 777、HJ 829、HJ 830、HJ 799、HJ 800、HJ 646、HJ 647、HJ □□□《环境空气 颗粒物来源解析 颗粒物滤膜自动称量技术规范（试行）》、HJ □□□《环境空气 颗粒物来源解析 颗粒物中左旋葡聚糖、甘露聚糖和半乳聚糖的测定 离子色谱法（试行）》、HJ □□□《环境空气 颗粒物来源解析 颗粒物中左旋葡聚糖、甘露聚糖和半乳聚糖的测定 衍生化气相色谱-质谱法（试行）》和《环境空气颗粒物来源解析监测技术方法指南》等要求。在校准曲线、空白样品、平行双样、加标样或质控样等方面符合相应的技术要求。颗粒物分析方法优先选用国家环保标准方法，并且同一项目的分析方法需保持一致。

13.6　环境受体成分库和源成分谱库的构建需参照 HJ □□□《环境空气 颗粒物来源解析 受体模型法监测数据处理与检验技术规范》要求。对于疑似异常数据需查明原因，如有必要可重新分析，经确认后再决定取舍并填写相应的记录。

13.7　模型计算需参照 HJ □□□《环境空气 颗粒物来源解析 正定矩阵因子分解（PMF）模型计算技术指南》、HJ □□□《环境空气颗粒物来源解析 化学质量平衡（CMB）模型计算技术指南》要求。模型计算中需安排不同人员进行验算，保证计算结果的可靠性。对于模型计算结果，需要对模型计算过程，结合实际情况等进行合理性检验。

13.8　综合解析评估中如采用多种受体模型计算，其解析结果应能相互印证，主要源类贡献大小排名、污染源类的变化趋势应基本一致，对存在的差异应有合理解释；综合解析结果需与城市基本情况、源排放和环境质量特征等自洽。

附录A

（资料性附录）

环境空气颗粒物来源解析工作方案编制要求

环境空气颗粒物来源解析工作方案是颗粒物来源解析各项工作的详细说明和安排，一般应包括：

（1）明确任务。包括任务来源、性质、目的、方案编制依据及工作目标。

（2）技术路线。包括总体思路、主要技术以及具体工作流程。

（3）工作内容及技术方法。工作内容包括基本情况调查、污染源和环境空气质量调查、环境受体和污染源颗粒物监测、源谱库和环境受体成分库的构建和分析、源解析模型计算、二次颗粒物来源解析、综合解析评估和对策建议等。技术方法主要为开展环境颗粒物来源解析拟采用的调查方法、监测方法、数据处理和分析方法、模型计算方法、二次颗粒物来源解析方法、综合评估方法等。其中涉及的监测工作内容包括环境受体点位布设和颗粒物样品采集、污染源点位布设和颗粒物样品采集、颗粒物分析测试、样品和仪器设备管理、数据审核等工作；相应的监测分析方法优先参照国家标准方法和行业标准，无国家行业标准的按部门印发的技术文件执行。

（4）组织形式与人员分工。明确承担单位、协作方式以及项目总负责人、各工作组负责人和参加人员。根据项目内容明确各承担单位或岗位的职责和任务，包括单位间的组织分工和单位内各工作岗位的组织分工。确定项目总负责人以及调查、采样、分析、模型计算与验证等工作岗位负责人及其职责任务。明确各个环节的工作流程、注意事项与安全保障要求。对跨区域协作开展采样和分析的，还应明确工作的总协调人及职责。

（5）项目进度及预期成果。明确颗粒物来源解析调查工作、采样工作、实验室分析工作、数据汇总整理、模型计算与验证工作、报告编写工作、成果鉴定或验收工作等各阶段的时间进度安排。明确各项工作的预期成果。注意不同工作的先后衔接关系，确保有序开展。

（6）质量保证和质量控制。按照 HJ 630 建立质量控制相关管理规定的基础上，明确颗粒物来源解析工作全过程质量控制与质量保证要求和负责人，覆盖颗粒物来源解析的主要工作环节。对于监测工作的各个环节，包括采样准备、采样仪器的校准、样品采集、样品保存和运输、样品称重、样品前处理和实验室分析、数据处理、数据审核、监测报告编制等各个环节，需按照监测方法标准和相关标准落实各监测环节的质量控制要求。

（7）经费预算。根据颗粒物来源解析工作目标和内容估算项目所需经费。经费预算一般包括但不限于以下内容：

a）调查和监测用车（含油料消耗）或租用车辆相关费用；

b）调查和监测人员的差旅补贴、伙食、保险等费用；

c）必要的外聘人员的劳务费用等（如无则不列）；

d）监测工作中所需采样工具、滤膜、水电、试剂及标准样品（标准物质）、耗品耗材、设备维修与检定的费用等；

e）数据审核及模型开发调试等相关费用；

f）人员技术培训费用；

g）颗粒物来源解析工作方案、质控方案、项目报告编制与印刷费用；

h）购买相关资料、论文文献查阅等其他不可预计费用等。

附录B

（资料性附录）

一次颗粒物排放源分类

表B.1　一次颗粒物排放源分类

一级源类	二级源类
燃煤源	电厂燃煤源
	供热燃煤源
	工业燃煤源
	民用燃煤源
	其他燃煤源
移动源	汽油车源
	柴油车源
	其他道路移动源
	工程机械源
	农用机械源
	船舶源
	其他非道路移动源
扬尘	道路扬尘
	施工扬尘
	土壤扬尘
	其他扬尘
工业工艺过程源	钢铁源
	有色冶金源
	建材源
	石油化工源
	其他工业工艺过程源
其他源	生物质燃烧源
	餐饮源
	海盐粒子
	其他

附录C

（资料性附录）

颗粒物分析项目及标准方法

表C.1　颗粒物分析项目及分析方法

<table>
<tr><th colspan="2">分析项目</th><th>标准（文件）名称</th><th>标准（文件）编号</th></tr>
<tr><td rowspan="9">必测项目</td><td rowspan="2">颗粒物质量</td><td>环境空气 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 的测定 重量法</td><td>HJ 618</td></tr>
<tr><td>环境空气颗粒物（$PM_{2.5}$）手工监测方法（重量法）技术规范</td><td>HJ 656</td></tr>
<tr><td rowspan="4">无机元素（Si、Al、Ca、Mg、Ti、Fe、Zn、Mn、Ba、Ni、Pb、Se、As、V、Cu 等）</td><td>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</td><td>HJ 657</td></tr>
<tr><td>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</td><td>HJ 777</td></tr>
<tr><td>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</td><td>HJ 829</td></tr>
<tr><td>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</td><td>HJ 830</td></tr>
<tr><td rowspan="2">水溶性阴阳离子（SO_4^{2-}、NO_3^-、NH_4^+、K^+、Na^+、Cl^- 等）</td><td>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</td><td>HJ 799</td></tr>
<tr><td>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</td><td>HJ 800</td></tr>
<tr><td>碳组分（有机碳、元素碳）</td><td>环境空气颗粒物来源解析监测技术方法指南</td><td>监测函[2020]8号</td></tr>
<tr><td rowspan="7">选测项目*</td><td rowspan="2">多环芳烃</td><td>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</td><td>HJ 646</td></tr>
<tr><td>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</td><td>HJ 647</td></tr>
<tr><td>左旋葡聚糖</td><td rowspan="5">环境空气颗粒物来源解析监测技术方法指南</td><td rowspan="5">监测函[2020]8号</td></tr>
<tr><td>正构烷烃</td></tr>
<tr><td>水溶性有机碳</td></tr>
<tr><td>有机酸</td></tr>
<tr><td>脂肪酸</td></tr>
<tr><td>甾醇类</td><td></td></tr>
</table>

注*：选测项目包括但不局限于表中项目

附录D

（资料性附录）

环境受体成分库、颗粒物源成分谱库及源标识组分

环境受体成分库和颗粒物源成分谱库的参考示例见表 D.1 和表 D.3，颗粒物主要源类的参考标识组分见表 D.2。

表D.1　环境受体成分库参考示例（μg/m^3）*

日期	$PM_{2.5}$	Al	Si	K	Ca	Cr	Mn	Fe	Zn	OC	EC	NH_4^+	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}
2020/5/22	25.36	0.4864	0.9483	0.1126	0.1557	0.0429	0.0297	0.2482	0.6795	4.9543	2.0194	1.2518	0.6649	3.1421	3.6590
2020/5/23	26.32	0.3287	0.7596	0.0678	0.0788	0.0406	0.0466	0.1784	0.3283	6.8348	2.9964	0.8168	0.6253	2.8873	3.2841
2020/5/24	30.73	0.2972	0.7324	0.0578	0.0639	0.0336	0.0351	0.1375	0.2604	9.5681	3.7934	0.9007	0.5876	2.7058	3.3278
2020/5/25	19.65	0.2969	0.7315	0.0443	0.0583	0.0442	0.0109	0.2096	0.2916	4.1730	1.1161	0.7730	0.5817	2.8005	3.3187
2020/5/26	23.11	0.4782	0.8903	0.0494	0.0742	0.0533	0.0599	0.3497	0.3264	4.2305	1.1436	1.4074	0.5918	3.3676	3.7970
2020/5/27	25.13	0.6369	1.0909	0.0748	0.0856	0.0462	0.0402	0.4645	0.4941	3.7071	1.2043	1.3761	0.6040	3.4873	4.3349
2020/5/28	24.50	0.5342	1.1792	0.1021	0.0828	0.0332	0.0249	0.2555	0.6496	3.5460	1.2702	1.3194	0.5647	3.5381	4.4325
2020/5/29	24.46	0.5683	0.9701	0.1010	0.0857	0.0269	0.0394	0.2203	0.7171	3.1090	1.3673	1.6452	0.5671	3.6985	4.5629
2020/5/30	24.89	0.6486	0.9902	0.0826	0.0823	0.0298	0.0782	0.3092	0.5142	2.7296	1.0645	2.0430	0.5704	3.9182	4.9718
2020/5/31	30.77	0.6573	1.0480	0.0856	0.0937	0.0321	0.0768	0.3232	0.6198	6.2191	2.2405	2.2427	0.6141	4.0362	5.1514
2020/6/1	37.76	0.5792	1.1982	0.0927	0.1265	0.0651	0.2930	0.4161	0.8429	9.1706	4.2705	2.1409	0.5560	4.6790	5.2700
2020/6/2	41.23	0.5651	1.5325	0.1180	0.0848	0.0550	0.1710	0.3753	0.8611	10.2851	3.9319	2.1257	0.5876	5.6202	6.4934
2020/6/3	43.13	0.5101	1.6875	0.0174	0.0670	0.0547	0.1478	0.2794	0.1738	10.1153	2.7142	1.8978	0.5894	5.1857	6.3928
2020/6/4	33.12	0.6419	1.5389	0.0126	0.0926	0.1280	0.2126	0.4140	0.0813	4.7453	1.7760	2.5436	0.5857	4.8918	6.4168

*注：本表仅作为格式参考，表中的化学组分种类和数值大小不具参考意义

表D.2　颗粒物主要源类的参考标识组分

一级源类	二级源类	无机特征组分	有机特征组分
燃煤源	/	EC、Ca（或 Ca^{2+}）、SO_4^{2-}、Cl^-	OC、藿烷、甾烷、烷基芘、多环芳烃
移动源	机动车源	EC、Zn	OC、藿烷、甾烷、晕苯、荧蒽、芘
扬尘	二次扬尘	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^+）	左旋葡聚糖、植物甾醇、萜类物质
	餐饮源	/	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
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

表D.3　颗粒物源成分谱库参考示例（%）*

排放源	Al		Si		K		Ca		Cr		Mn		Fe		Zn		OC		EC		NH_4^+		Cl^-		NO_3^-		SO_4^{2-}	
	平均值	标准偏差	平均值	标准偏差	平均值	标准偏差	平均值	标准偏差	平均值	标准偏差	平均值	标准偏差	平均值	标准偏差	平均值	标准偏差	平均值	标准偏差	平均值	标准偏差	平均值	标准偏差	平均值	标准偏差	平均值	标准偏差	平均值	标准偏差
燃煤源	5.70	3.68	10.90	2.13	0.95	1.05	4.03	1.17	0.04	0.00	0.03	0.02	0.55	0.53	0.62	1.10	10.26	12.00	4.32	3.57	3.22	0.47	4.85	0.49	1.47	0.32	16.67	17.37
扬尘	6.16	2.74	13.80	1.51	0.49	0.19	7.70	2.92	0.28	0.15	0.05	0.02	2.36	0.88	0.11	0.07	8.84	2.60	3.20	0.94	0.08	0.02	1.06	0.73	1.89	0.39	5.11	2.79
机动车源	0.30	0.28	0.62	0.06	0.01	0.00	0.43	0.04	0.02	0.00	0.25	0.03	0.24	0.02	0.25	0.03	52.54	4.88	32.45	3.61	2.12	1.56	3.06	1.54	3.47	1.89	3.27	1.47
钢铁源	4.27	0.22	2.49	0.62	0.83	0.33	2.73	1.38	0.20	3.45	2.84	2.23	6.70	13.63	1.17	0.79	11.60	0.01	2.70	0.01	7.10	1.30	11.10	0.03	2.03	0.02	9.73	1.81
生物质燃烧源	0.94	0.99	0.73	0.49	12.02	4.62	1.86	1.85	0.00	0.01	0.00	0.01	0.22	0.16	0.03	0.05	31.15	9.39	6.45	4.99	2.65	1.68	9.38	5.99	0.11	0.07	0.19	0.06
二次硫酸	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.30	2.73	0.00	0.00	0.00	0.00	72.70	7.27
二次硝酸	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.50	2.25	0.00	0.00	77.50	7.75	0.00	0.00

*注：本表仅作为格式参考，表中的化学组分种类和数值大小不具参考意义