

附件 2

# 环 境 保 护 技 术 文 件

## 大气细颗粒物(PM<sub>2.5</sub>)源排放清单编制 技术指南（试行） （征求意见稿）

# 目 次

前言.....	I
1 总 则.....	1
1.1 适用范围.....	1
1.2 术语与定义.....	1
2 PM <sub>2.5</sub> 排放源分类分级体系.....	1
2.1 固定燃烧源的分类.....	2
2.2 工业过程源的分类.....	3
2.3 流动源的分类.....	4
3 PM <sub>2.5</sub> 排放清单编制的技术流程和方法.....	5
3.1 排放源分类分级体系的确定.....	5
3.2 排放清单计算空间尺度的确定.....	5
3.3 一次 PM <sub>2.5</sub> 排放量的计算方法.....	6
3.4 数据调查收集和质量控制.....	6
4 PM <sub>2.5</sub> 排放量计算参数获取方法和途径.....	6
4.1 活动水平数据的获取.....	6
4.2 排放因子获取途径.....	8
5 PM <sub>2.5</sub> 源排放清单的应用与评估.....	10
5.1 PM <sub>2.5</sub> 源排放清单的应用.....	10
5.2 PM <sub>2.5</sub> 源排放清单的评估与验证.....	10

# 前言

为贯彻落实《国务院关于加强环境保护重点工作的意见》和《大气污染防治行动计划》，推进我国大气污染防治工作的进程，增强大气细颗粒物污染防治工作的科学性、针对性和有效性，根据《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》、《环境空气质量标准》(GB 3095-2012)及相关法律、法规、标准、文件，编制《大气细颗粒物(PM<sub>2.5</sub>)源排放清单编制技术指南(试行)》(以下简称“指南”)。

本指南可作为大气污染防治工作的参考技术资料。

本指南由环境保护部科技标准司提出并组织制订。

本指南起草单位：清华大学。

本指南 2014 年 月 日由环境保护部批准、发布。

本指南由环境保护部解释。

## 1 总 则

### 1.1 适用范围

本指南规定了大气细颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）源排放清单编制的技术流程、技术方法、质量控制等内容。

本指南适用于指导人为源一次 PM<sub>2.5</sub> 排放清单编制工作，但不包括各类露天扬尘和生物质开放燃烧过程的 PM<sub>2.5</sub> 排放清单编制。

本指南适用于指导在城市、城市群及区域尺度开展 PM<sub>2.5</sub> 源排放清单编制工作。本指南规定了大气细颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）源排放清单编制的技术流程、技术方法、质量控制等内容。

### 1.2 术语与定义

#### 1.2.1 细颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）

是指环境空气中空气动力学当量直径小于等于 2.5 微米的颗粒物。

#### 1.2.2 PM<sub>2.5</sub> 排放源

是指向大气环境直接排放一次 PM<sub>2.5</sub> 的排放源。

#### 1.2.3 排放清单

是指各种排放源在一定的时间跨度和空间区域内向大气中排放的大气污染物的量的集合。

#### 1.2.4 活动水平

是指大气污染物排放相关的生产或消费活动的定量数值。

#### 1.2.5 排放因子

是指单位活动水平的大气污染物排放量。

## 2 PM<sub>2.5</sub> 排放源分类分级体系

本指南涵盖的我国 PM<sub>2.5</sub> 人为排放源包括固定燃烧源、工业过程源和流动源三大类。编制 PM<sub>2.5</sub> 排放清单时应当首先确定排放源的分类分级体系。

针对 PM<sub>2.5</sub> 产生机理和排放特征的差异，应当按照部门/行业、燃料/产品、燃烧/工艺技术以及颗粒物末端控制技术的差异，将一次 PM<sub>2.5</sub> 排放源分为四级，自第一级至第四级逐级建立完整的排放源分类分级体系，以第四级作为排放清单的基本计算单元。对于 PM<sub>2.5</sub> 排放水平受燃烧技术和工艺技术影响不大的燃料和产品，第三级层面可不再细分，在第二级下直接建立第四级分类。

## 2.1 固定燃烧源的分类

固定燃烧源是指利用燃料燃烧时产生的热量，为发电、工业生产和生活提供热能和动力的燃烧设备。

固定燃烧源的第一级分类包括电力、供热、工业和民用四个部门；第二级分类包括煤炭、生物质、以及各种气体和液体燃料；第三级分类下则涵盖了各种具体的燃烧设备。完整的固定燃烧源第一至第三级源分类列表见表 1。

固定燃烧源第四级分类包括袋式除尘、普通电除尘、高效电除尘、湿式除尘和机械式除尘等五种污染控制技术以及无除尘设施的情况。

**表 1 固定燃烧源第 1~3 级分类及对应的 PM<sub>2.5</sub> 产生系数**

行业	燃料	工艺技术	PM <sub>2.5</sub> (g/kg)
电力	柴油		0.50
	燃料油		0.62
	天然气*		0.03
	其他气体*		0.03
供热	柴油		0.50
	燃料油		0.62
	天然气*		0.03
	其他气体*		0.03
工业	柴油		0.50
	燃料油		0.67
	煤油		0.90
	天然气*		0.03
	其他气体*		0.03
民用	原煤	煤炉	7.35
	洗精煤	煤炉	2.97
	其他洗煤	煤炉	2.97
	型煤	煤炉	2.97

	柴油		0.50
	燃料油		0.28
	煤油		0.90
	天然气*		0.03
	液化石油气		0.17
	其他气体*		0.03
	秸秆	煤炉	6.56
	薪柴	煤炉	3.24

\*天然气与其他气体燃料排放因子的单位是  $\text{g/m}^3$

## 2.2 工业过程源的分类

工业过程源是指工业生产和加工过程中,以对工业原料进行物理和化学转化为目的的工业设备。

工业过程源的第一级分类包括钢铁、有色冶金、建材、化工四个行业;第二级分类包括上述行业的各种产品;第三级分类下包括每一种产品的主要工艺技术和设备。完整的工业过程源第一至第三级源分类列表见表 2。

工业过程源的一次  $\text{PM}_{2.5}$  排放分为有组织排放和无组织排放两部分。有组织排放的第四级分类包括袋式除尘、普通电除尘、高效电除尘、湿式除尘、机械式除尘等五种污染控制技术以及无除尘设施的情况。无组织排放的第四级分类包括无控制、一般控制和高效控制三种。

**表 2 工业过程源第 1~3 级分类及对应的  $\text{PM}_{2.5}$  产生系数**

行业	原料/产品	工艺技术	$\text{PM}_{2.5}$ (g/kg)
钢铁	烧结矿	烧结	2.52 (有组织)、0.10 (无组织)
	生铁	炼铁	5.25 (有组织)、0.73 (无组织)
	钢	转炉	10.50
		电炉	6.02
	铸铁	铸造	7.10 (有组织)、1.38 (无组织)
有色冶金	电解铝	一次铝	18.28
		二次铝	5.20
	氧化铝		297.13

	粗铜		263.87
	粗铅		286.67
	粗锌		207.73
建材	水泥	立窑	12.86
		新型干法	28.46
		其他旋窑	23.51
	砖瓦		0.26
	石灰		1.40
	玻璃	浮法平板玻璃	7.92
		垂直引上平板玻璃	10.68
		其他玻璃	2.94
化工	炼焦	机焦	5.20
		土焦	5.20
	原油生产		0.10
	化肥		1.86
	碳素		1.44

### 2.3 流动源的分类

流动源是指由发动机牵引、能够移动的各种客运、货运交通设施和机械设备。

流动源的第一级分类包括道路流动源和非道路流动源两个部门；第二级分类包括汽油、柴油、燃料油、天然气、液化石油气等主要燃料类型；第三级分类包括各种类型的机动车、非道路交通工具和机械等。完整的流动源第一至第三级源分类列表见表 3。

道路流动源的第四级分类包括无控、国 1、国 2、国 3 和国 4 共五种污染控制水平；非道路流动源均按无控情况处理。

**表 3 流动源第 1~3 级分类及对应的 PM<sub>2.5</sub> 产生系数**

行业	燃料	车型/种类	PM <sub>2.5</sub> (g/kg)
道路	汽油	轻型载货汽车	0.76
		微型载货汽车	0.06
		大型载客汽车	0.39
		中型载客汽车	0.47

		小型载客汽车	0.14
		微型载客汽车	0.12
		摩托车	17.42
	柴油	重型载货汽车	6.80
		中型载货汽车	4.61
		轻型载货汽车	5.43
		微型载货汽车	2.18
		大型载客汽车	7.13
		中型载客汽车	4.54
非道路	柴油	铁路	2.70
		内河航运	1.80
		三轮汽车	12.0
		低速货车	5.50
		农用机械	4.0
		建筑机械	6.0

### 3 PM<sub>2.5</sub> 排放清单编制的技术流程和方法

#### 3.1 排放源分类分级体系的确定

编制一次 PM<sub>2.5</sub> 排放清单时，应首先对清单编制区域内的排放源进行初步摸底调查，明确当地排放源的主要构成，在表 1-3 提供的分类分级体系中选取合适的第一、二级排放源类型，以确定源清单编制过程中的活动水平数据调查和收集对象。

在数据调查和收集阶段应当涵盖排放源第三、四级分类中涉及的所有燃烧/工艺技术和颗粒物末端控制技术，在数据整理过程中根据当地排放源的特点确定源清单覆盖的第三、四级分类。

#### 3.2 排放清单计算空间尺度的确定

点源是指可获取固定排放位置及活动水平的排放源，在排放清单中一般体现为单个企业或工厂的排放量；面源是指难以获取固定排放位置和活动水平的排放源的集合，在清单中一般体现为行政区的排放总量。

对于某一个第四级排放源，可以只由点源或面源组成，也可以同时包含点源和面源。编制排放清单时应当明确每一个第四级排放源计算的空间尺度，并对点源和面源进行分别处



理。对于面源，需要确定其参与计算的最小行政区单元。

### 3.3 一次 PM<sub>2.5</sub> 排放量的计算方法

一次 PM<sub>2.5</sub> 排放量的计算应尽可能在第四级排放源层面完成。对于某个给定的第四级排放源，PM<sub>2.5</sub> 的排放量由下式计算：

$$E=A \times EF(1-\eta) \quad (3-1)$$

A 为第四级排放源对应的活动水平，一般为燃料消耗量或产品产量。对于点源，A 为该排放源的活动水平；对于面源，A 为清单中最小行政区单元的活动水平。EF 为一次 PM<sub>2.5</sub> 的产生系数； $\eta$  为污染控制技术对 PM<sub>2.5</sub> 的去除效率。

固定燃烧源中的各类燃煤排放源，除民用部门的煤炉以外，其它排放源的一次 PM<sub>2.5</sub> 产生系数可用下式计算：

$$EF_{PM_{2.5}} = AC \times (1 - ar) \times f_{PM_{2.5}} \quad (3-2)$$

其中，AC 为煤中灰份，ar 为灰份进入底灰的比例， $f_{PM_{2.5}}$  为排放源产生的总颗粒物中 PM<sub>2.5</sub> 所占比例。

### 3.4 数据调查收集和质量控制

编制排放清单时，应当针对第四级排放源逐一制订活动水平调查方案，建立活动水平调查清单，确定调查流程，明确数据获取途径。

编制清单时应当明确数据获取的基准年份，活动水平调查时尽可能收集与基准年份相对应的数据。基准年份数据缺失的，可采用相邻年份的数据，并根据社会经济发展状况决定是否进行适当调整。

数据的调查收集过程应与现有数据统计体系结合，优先从环境统计、污染源普查等数据库中获取相关信息。

获得的活动水平数据应采取统一的数据处理方法和数据存储格式，保证数据收集和传递的质量。应安排专人对数据进行检查和校对，对可疑的异常数据进行核实。

## 4 PM<sub>2.5</sub> 排放量计算参数获取方法和途径

### 4.1 活动水平数据的获取

#### 4.1.1 固定燃烧源

固定燃烧源活动水平数据通过点源和面源结合的方式获取。

电力部门的调查范围包括各类火力发电企业，含热电厂和企业自备电厂；供热部门包括热电厂和各类集中供热企业；工业部门包括使用工业锅炉的各类工业企业；民用部门包括商业、城市居民、农村居民使用的各种固定燃烧设施。

电力、供热和工业部门应尽可能按点源方式获取逐个排污设施的活动水平数据。需获取的活动水平信息包括排污设施的经纬度、燃料类型、锅炉类型、燃料消耗量以及除尘设施的类型。对于每个排污设施，根据其燃料类型、锅炉类型和除尘设施的类型确定其所属的第四级源分类。对于燃煤锅炉需获取燃煤灰分信息。对于热电联产企业，应分别获取其用于发电和供热的燃料消耗量，用于计算电力和供热部分的排放。

优先采用实地调查的方式获取活动水平数据。无法开展活动水平调查时，可环境统计和污染源普查数据中获取相应信息。

民用部门一般按面源处理。可从当地能源统计数据中获取民用部门分能源品种能源消费量。当地不具备该数据时，可基于上一级行政区域的活动水平数据并利用人口密度等代用参数获得。所获取的数据一般为第二级排放源的活动水平，通过实地抽样调研、类比调查等途径获得第三、四级的技术比例，进而确定第四级排放源的活动水平。

#### 4.1.2 工业过程源

工业过程源活动水平数据推荐按点源方式获取。

工业过程源的调查范围包括钢铁、有色冶金、建材、化工四个行业的生产设施。上述行业的企业中使用的燃煤锅炉按固定燃烧源处理。

需获取的活动水平信息包括排污设施的经纬度、产品产量、生产工艺以及除尘设施的类型。对于每个排污设施，根据其产品、生产工艺和除尘设施的类型确定其所属的第四级源分类。

优先采用实地调查的方式获取活动水平数据。无法开展活动水平调查时，可环境统计和污染源普查数据中获取相应信息。

#### 4.1.3 流动源

流动源活动水平数据一般按面源方式获取。

流动源的调查范围包括汽车、摩托车等道路流动源和农用车、拖拉机、农业机械、工程建设机械、船舶、铁路等非道路流动源。根据排放清单的空间尺度和当地实际情况决定流动源的调查范围。建立城市排放清单时可不考虑铁路、拖拉机、农用车和农业机械。

对于道路流动源，需获取的活动水平数据包括各类机动车的保有量、注册年代分布以及年均行驶里程。进一步根据注册年代分布确定其污染控制水平，根据保有量、年均行驶里程和对应车型的平均百公里油耗水平确定该车型的燃料消耗总量。

道路流动源的活动水平数据可从当地交管部门获得，也可通过调查方式获取。

对于非道路流动源，需获取的活动水平数据包括各类设备的数量以及对应的燃料消耗量，可通过当地交管、农业、建设等相关职能部门获得。

#### 4.2 排放因子获取途径

PM<sub>2.5</sub> 排放因子的获取方法一般包括实测法、物料衡算法、排放因子法。排放因子获取方法优先采用实测法，如没有实测数据，则依次采用物料衡算法与排放因子法。

实测法是指对污染源开展测试，获取实际条件下的排放因子。实测法的优点是能够反映污染源的实际情况，获取的排放因子准确度高；缺点是工作量大，需要的人力和成本较高。有条件的地区可针对当地重点排放源开展实际排放因子测试。

物料衡算法是指通过对输入和输出物质详细分析确定排放因子。对于固定燃烧源中的大型和中型燃煤设备的 PM<sub>2.5</sub> 排放因子可采取物料衡算法，按照煤中灰分含量、灰分进入底灰比例、PM<sub>2.5</sub> 占总排放颗粒物的比例等参数估算排放因子。灰份进入底灰的比例及 PM<sub>2.5</sub> 占总颗粒物的比例推荐值见表 4。

**表 4 固定燃烧源燃煤 PM<sub>2.5</sub> 排放因子计算的相关参数值**

行业	工艺技术	灰分进入底灰比例	烟气中 PM <sub>2.5</sub> 占总颗粒物比例
电力	煤粉炉	0.20	0.06
	流化床炉	0.40	0.05
	层燃炉	0.85	0.14
供热	煤粉炉	0.20	0.06
	流化床炉	0.40	0.05
	层燃炉	0.85	0.14
工业	流化床炉	0.85	0.07
	层燃炉	0.85	0.07
	茶浴炉	0.85	0.07
民用	层燃炉	0.85	0.07

排放因子法是指通过收集整理相近燃料/产品、工艺技术、污染控制技术的排放测试结果，获取对应排放系数的方法。排放因子根据其测量的技术方法、样本数量和质量等因素划分为 A、B、C、D 四个等级。分级目的在于方便使用者了解实测数据的可靠性和准确性，以便正确合理地选择使用。

排放因子的具体分级如下：

- (1) A 级：实测是基于非常完善可靠的方法，且具有足够的细节可供充分验证；
- (2) B 级：实测基于一般可靠的方法，而且缺少相关的测试细节供验证；
- (3) C 级：测试方法属于未验证或新的方法，或者缺少重要的背景信息；
- (4) D 级：测试基于未被普遍接受的方法，但此方法可获取近似污染源的排放数据。

清华大学开发的中国多尺度大气污染排放清单模型 (MEIC) 中建立了较为完整的排放因子数据库，可供选用。MEIC 大气污染物排放因子数据库中第 1-3 级分类下的  $PM_{2.5}$  产生系数见表 1-3，各种污染控制技术对于  $PM_{2.5}$  的去除效率见表 5-6。

**表 5 固定燃烧源与工业过程源第 4 级分类的  $PM_{2.5}$  去除效率**

排放形式	污染控制技术	$\eta$ (%)
有组织排放	袋式除尘	99
	电除尘	93
	高效电除尘	96
	湿式除尘	50
	机械式除尘	10
无组织排放	一般控制	10
	高效控制	30

**表 6 道路流动源第 4 级分类的  $PM_{2.5}$  去除效率  $\eta$ (%)**

行业	燃料	车型	国 1	国 2	国 3	国 4
道路	汽油	轻型载货汽车	69	81	87	97
		微型载货汽车	25	25	75	95
		大型载客汽车	17	56	86	96
		中型载客汽车	16	54	86	96
		小型载客汽车	11	32	89	97

		微型载客汽车	11	16	89	97
		摩托车	44	73	72	—
	柴油	重型载货汽车	47	50	80	95
		中型载货汽车	23	20	71	93
		轻型载货汽车	46	57	90	96
		微型载货汽车	0	24	59	90
		大型载客汽车	47	49	80	95
		中型载客汽车	23	18	70	93

## 5 PM<sub>2.5</sub>源排放清单的应用与评估

### 5.1 PM<sub>2.5</sub>源排放清单的应用

用于大气细颗粒物污染特征分析。排放清单作为空气质量模型的输入，可进行时空连续变化的污染特征分析，弥补监测和观测在时空分辨率上的不足。可选用的模型有 Models-3/CMAQ、NAQPMS、CAMx、WRF-chem 等。模型模拟域范围内、计算区域外的排放清单可通过 MEIC 大气污染物排放清单获取。

用于大气细颗粒物污染来源解析。通过细颗粒物排放源清单，得到分区域、分排放源的排放量汇总统计，分析重点排放区域、重点排放源对当地细颗粒物排放总量的分担率和对浓度的贡献率。

用于大气细颗粒物污染控制方案的制定与预评估。通过减排情景设计，借助空气质量模型，对政策实施效果进行预评估，明确细颗粒物污染防治的方向，帮助制定合理有效的控制方案和达标规划。

### 5.2 PM<sub>2.5</sub>源排放清单的评估与验证

PM<sub>2.5</sub>源排放清单的准确性可通过不确定性分析方法评估。不确定性分析可以选用的方法是蒙特卡洛方法，评估的内容是排放总量的置信区间。不确定性分析可用于重要污染源信息的甄别，评估排放清单的可靠性。

排放清单的可靠性还可结合模型、观测等手段进行验证。具体方法是利用空气质量模型模拟并与同时段空气质量观测结果比较，对排放清单进行间接验证。

# 附录

## (资料性附录)

附表 1 固定燃烧源第 1~3 级分类的 PM<sub>2.5</sub> 产生系数

行业	燃料/产品	工艺技术	全国 PM <sub>2.5</sub> g/kg	北京	天津	河北	山西	内蒙古	辽宁	吉林	黑龙江	上海	江苏	浙江	安徽	福建	江西	山东	河南	湖北	湖南	广东	广西	海南	重庆	四川	贵州	云南	西藏	陕西	甘肃	青海	宁夏	新疆		
电力	原煤	煤粉炉	12																																	
		整体煤气化联合循环发电	0																																	
		流化床炉	7.5																																	
		层燃炉	5.25																																	
	洗精煤	煤粉炉	12																																	
		整体煤气化联合循环发电	0																																	
		流化床炉	7.5																																	
		层燃炉	5.25																																	
	其他洗煤	煤粉炉	12																																	
		整体煤气化联合循环发电	0																																	
		流化床炉	7.5																																	
		层燃炉	5.25																																	
	型煤	煤粉炉	12																																	
		整体煤气化联合循环发电	0																																	
		流化床炉	7.5																																	
		层燃炉	5.25																																	









原油		0																												
汽油		0																												
煤油		0.9																												
柴油		0.5																												
燃料油		0.28																												
液化石油气		0.17																												
炼厂干气		0																												
其他石油制品		0																												
天然气		0																												
薪柴	煤炉	5.58																												
秸秆	煤炉	6.98																												
参考文献	Klimont, Z., et al. (2002), Modeling Particulate Emissions in Europe: a Framework to Estimate Reduction Potential and Control Costs, Interim Report, IR-02-076, Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria.																													
	Lei, Y., et al. (2011), Primary anthropogenic aerosol emission trends for China, 1990 - 2005, Atmos. Chem. Phys., 11, 931-954.																													
	Zhao, Y., et al. (2008), Primary air pollutant emissions of coal-fired power plants in China: Current status and future prediction, Atmos. Environ., 42, 8442-8452.																													
	Zhao, Y., et al. (2010), Establishment of a database of emission factors for atmospheric pollutants from Chinese coal-fired power plants, Atmos. Environ., 44, 1515-1523.																													
	Lei, Y., et al. (2011), Primary anthropogenic aerosol emission trends for China, 1990 - 2005, Atmos. Chem. Phys., 11, 931-954.																													
	Lei, Y., et al. (2011), Primary anthropogenic aerosol emission trends for China, 1990 - 2005, Atmos. Chem. Phys., 11, 931-954.																													
	USEPA. (1996). Compilation of air pollutant emission factors (AP-42) Volume 1: point and area sources. Research Triangle Park, NC.																													
	MEP. (2008), Manual of emission factors for China pollution sources census.																													
Klimont, Z., et al. (2002), Modeling Particulate Emissions in Europe: a Framework to Estimate Reduction Potential and Control Costs, Interim Report, IR-02-076, Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria.																														
Lei, Y., et al. (2011), Primary anthropogenic aerosol emission trends for China, 1990 - 2005, Atmos. Chem. Phys., 11, 931-954.																														
备注：固定燃煤源有些炉型已给出PM2.5分省市产生系数，未给出PM2.5分省市产生系数已给出全国平均PM2.5产生系数，各地区应根据当地煤中灰分按照指南公式计算。																														

附表 2 工业工艺源第 1~3 级分类的 PM<sub>2.5</sub> 产生系数

行业	燃料/产品	工艺技术	PM <sub>2.5</sub> (g/kg)
钢铁	烧结矿	烧结	2.517
		烧结（无组织）	0.104
	铁	炼铁	5.27
		炼铁（无组织）	0.732
	钢	平炉	13.8
		转炉	10.45
		电炉	6.023
	铸造铁	铸造	7.096
铸造（无组织）		1.38	
有色金属	铝	一次铝	18.284
		二次铝	5.195
	氧化铝		297.126
	其他		246
建材	水泥	新型干法	28.416
		其他旋窑	23.5133
		立窑	12.816
	砖瓦		0.27
	石灰		1.4
	玻璃	浮法平板玻璃	7.92
		垂直引上平板玻璃	10.69
其他玻璃		2.94	
石化化工	炼焦	机焦	5.22
		土焦	5.22
	原油生产		0.096
	原油加工		0
	原油炼制		0
	天然气生产		0
	天然气输配		0
	汽油库		0
	柴油库		0
	汽油站		0
	柴油站		0
	尿素		1.86
	碳铵		1.86
	其它氮肥		1.86
	除氮肥外其它化肥		1.86
	碳黑		1.44
	硫酸		0
合成氨		0	
纸浆		0	
参考文献	Lei, Y., et al.(2011), An inventory of primary air pollutants and CO <sub>2</sub> emissions from cement production in China, 1990-2020, Atmos.Environ., 45, 147-154.		
	Klimont, Z., et al.(2002), Modeling Particulate Emissions in Europe: a Framework to Estimate Reduction Potential and Control Costs, Interim Report,IR-02-076,Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg,Austria.		
	国家环境保护局科技标准司. (1996). 工业污染物产生和排放系数手册, 北京: 中国环境科学出版社		

	Klimont, Z., et al.(2002), Modeling Particulate Emissions in Europe: a Framework to Estimate Reduction Potential and Control Costs, Interim Report,IR-02-076,Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg,Austria.
	Lei, Y., et al. (2011), Primary anthropogenic aerosol emission trends for China, 1990–2005, Atmos. Chem. Phys., 11, 931-954.
	国家环境保护局科技标准司. (1996). 工业污染物产生和排放系数手册, 北京: 中国环境科学出版社
	Lei, Y., et al. (2011), Primary anthropogenic aerosol emission trends for China, 1990–2005, Atmos. Chem. Phys., 11, 931-954.
	Klimont, Z., et al.(2002), Modeling Particulate Emissions in Europe: a Framework to Estimate Reduction Potential and Control Costs, Interim Report,IR-02-076,Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg,Austria.
	焦永道. (2006), 水泥工业大气污染治理. 北京: 化学工业出版社.
	Lei, Y., et al. (2011), Primary anthropogenic aerosol emission trends for China, 1990–2005, Atmos. Chem. Phys., 11, 931-954.
	张人为. (2005). 循环经济与中国建材产业发展. 北京: 中国建材工业出版社
	国家环境保护局科技标准司. (1996). 工业污染物产生和排放系数手册, 北京: 中国环境科学出版社.
	USEPA. (1996). Compilation of air pollutant emission factors (AP-42) Volume 1: point and area sources . Research Triangle Park, NC. USA.
	Lei, Y., et al. (2011), Primary anthropogenic aerosol emission trends for China, 1990–2005, Atmos. Chem. Phys., 11, 931-954.
	Klimont, Z., et al.(2002), Modeling Particulate Emissions in Europe: a Framework to Estimate Reduction Potential and Control Costs, Interim Report,IR-02-076,Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg,Austria.
	Lei, Y., et al. (2011), Primary anthropogenic aerosol emission trends for China, 1990–2005, Atmos. Chem. Phys., 11, 931-954.
	Klimont, Z., et al.(2002), Modeling Particulate Emissions in Europe: a Framework to Estimate Reduction Potential and Control Costs, Interim Report,IR-02-076,Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg,Austria.
	国家环境保护局科技标准司. (1996). 工业污染物产生和排放系数手册, 北京: 中国环境科学出版社
	Lei, Y., et al. (2011), Primary anthropogenic aerosol emission trends for China,1990–2005, Atmos. Chem. Phys., 11, 931–954.
	Zhao, B., et al. (2012), A high-resolution emission inventory of primary pollutants for the Huabei region, China, Atmos. Chem. Phys., 12, 481–501.
	Lei, Y., et al. (2011), Primary anthropogenic aerosol emission trends for China, 1990–2005, Atmos. Chem. Phys., 11, 931-954.

附表3 道路流动源第1~4级分类的PM<sub>2.5</sub>排放因子

行业	燃料/产品	车型/种类	PM <sub>2.5</sub> 排放因子 (g/kg)				
			无控	国1	国2	国3	国4
道路	汽油	轻型载货车	0.76	0.23	0.14	0.10	0.07
		微型载货车	0.06	0.08	0.08	0.02	0.02
		大型载客车	0.39	0.32	0.20	0.05	
		中型载客车	0.47	0.40	0.25	0.06	
		小型载客车	0.14	0.15	0.15	0.02	0.02
		微型载客车	0.12	0.14	0.14	0.01	0.01
		摩托车	20.87	9.29	4.59	4.65	
	柴油	重型载货车	6.80	3.58	3.47	1.35	
		中型载货车	4.61	3.54	3.77	1.36	

		轻型载货车	5.43	2.91	2.36	0.56	0.20
		微型载货车	2.18	2.18	1.82	0.89	0.86
		大型载客车	7.13	3.76	3.64	1.46	
		中型载客车	4.54	3.49	3.72	1.38	
<b>参 考 文 献</b>	基于中国道路实测修正的 IVE Model						

**附表 4 非道路流动源第 1~3 级分类的 PM<sub>2.5</sub> 排放因子**

行业	燃料/用途	车型/种类	PM <sub>2.5</sub> (g/kg)
非道路	交通	铁路	2.7
		水运	1.8
	农业	拖拉机	12
		农用车	5.5
		农用机械	4
	建筑	建筑机械	6
<b>参考文献</b>	Bond, T.C., et al. (2004), A technology-based global inventory of black and organic carbon emissions from combustion, J. Geophys. Res., 109, D14203, doi:10.1029/2003JD003697.		