

扬尘源颗粒物排放清单编制技术指南

(试 行)

第一章 总 则

1.1 编制目的

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，增强扬尘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》及相关法律、法规、标准、文件，编制《扬尘源颗粒物排放清单编制技术指南(试行)》(以下简称“指南”)。

1.2 适用范围

本指南明确了扬尘源(土壤扬尘源、道路扬尘源、施工扬尘源、堆场扬尘源)颗粒物排放清单编制的技术方法、技术流程、质量管理等内容。

本指南适用于指导在城市、城市群及区域尺度开展扬尘源颗粒物(TSP、PM₁₀、PM_{2.5})排放清单编制工作，本指南是对《大气可吸入颗粒物一次源排放清单编制技术指南(试行)》和《大气细颗粒物一次源排放清单编制技术指南(试行)》的补充。

1.3 编制依据

《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》

《国务院办公厅转发环境保护部等部门关于推进大气污染联防联控工作改善区域空气质量的指导意见的通知》

《大气污染防治行动计划》

《重点区域大气污染防治“十二五”规划》

《防治城市扬尘污染技术规范》

《城市道路设计规范》

《建筑施工现场环境与卫生标准》

《城市道路管理条例》

《建设项目环境保护管理条例》

《环境空气细颗粒物污染综合防治技术政策》

《大气可吸入颗粒物一次源排放清单编制技术指南（试行）》

《大气细颗粒物一次源排放清单编制技术指南（试行）》

当上述标准和文件被修订时，使用其最新版本。

1.4 术语与定义

下列术语和定义适用于本指南。

扬尘：是指地表松散颗粒物在自然力或人力作用下进入到环境空气中形成的一定粒径范围的空气颗粒物。

扬尘源：是指在自然力或人力作用下各种不经过排气筒、无组织、无规则排放地表松散颗粒物的颗粒物排放源。

扬尘源颗粒物排放清单：是指各种排放源在一定的时间跨度和空间范围内以扬尘形式向大气中排放的颗粒物的量的集合。

土壤扬尘源：是指直接来源于裸露地面(如农田、裸露山体、滩涂、干涸的河谷、未硬化或未绿化的空地等)的颗粒物在自然力或人力的作用下形成的扬尘。

道路扬尘源：是指道路积尘在一定动力条件（风力、机动车碾压、人群活动等）作用下进入环境空气中形成的扬尘。

施工扬尘源：是指城市市政基础设施建设、建筑物建造与拆迁、设备安装工程及装饰修缮工程等施工场所在施工过程中产生的扬尘。

堆场扬尘源：是指各种工业料堆、建筑料堆、工业固体废弃物、建筑渣土及垃圾、生活垃圾等由于堆积、装卸、输送等操作以及风蚀作用造成的扬尘。此外，采石、采矿等场所和活动中产生的扬尘也归为堆场扬尘。

铺装道路：是指以水泥、混凝土、沥青或砾石等材料铺筑的道路。

非铺装道路：是指仅铺筑碎石或未铺筑任何路面材料的道路。

活动水平：是指用于描述与扬尘源排放相关的各类起尘活动的定量数值。

排放系数：是指单位活动水平的扬尘排放量。

表面积尘负荷：是指道路或地面等下垫面单位面积（ m^2 ）上能够通过 200 目标准筛（相当于几何粒径 $<75\mu m$ ）的积尘的质量。

表面有效积尘率：是指利用 200 目标准筛筛分尘样品，得到的几何粒径 $<75\mu m$ 的干燥颗粒物在路面或地面积尘中所占比例。

粒径分布：是指扬尘某一粒径范围内颗粒个数（或质量）占颗粒总个数（或质量）的比例。

1.5 编制原则

(1) 因地制宜原则:扬尘污染防治是一项需要多部门协同、全社会参与的综合性工作。应遵循因地制宜的原则,根据当地污染特征、气候条件、生态环境建设、经济发展水平、环境管理需求等实际情况,结合本指南要求,对主要的土壤扬尘源、道路扬尘源、施工扬尘源和堆场扬尘源进行颗粒物排放清单编制。

(2) 科学实用原则:扬尘源颗粒物排放清单的编制工作要严格按照相关科学方法的要求,科学有序地开展;同时,所编制的扬尘源颗粒物排放清单要具有较强的可操作性,能够为扬尘源的综合整治工作提供实用信息。

(3) 与时俱进原则:与其它源类相比,扬尘源颗粒物排放的动态变化较大。环境保护行政主管部门要根据本地扬尘污染源特点、技术条件和管理需求,定期对扬尘源颗粒物进行动态调查,建立相应的动态污染源数据库,持续更新扬尘污染源信息。

1.6 组织编制单位

本指南由环境保护部科技标准司组织,南开大学起草编制。

第二章 扬尘源分类分级体系

本指南涵盖的扬尘排放源包括土壤扬尘源、道路扬尘源、施工扬尘源和堆场扬尘源四大类。针对扬尘产生机理和排放特征差异,在编制扬尘源颗粒物排放清单时,不同的扬尘源需要考虑的影响因素不同。在进行排放系数和排放量计算时,应当基于四大类扬尘排放源各自的特征进行分级,选择对应的计算方法,结合编制区域的实际情况,确定相关参数取值。

扬尘源的第一级依据各源类的基本属性与排放特征进行分类，分为土壤扬尘源、道路扬尘源、施工扬尘源和堆场扬尘源四大类；第二级依据各子源类的主要类型进行分类；第三级依据各子源类的排放特性进行分类；第四级依据各子源类的精细化分类进行划分。表 1 给出了各类扬尘源的一至三级分类。对于土壤扬尘源，还包括第四级分类：砂土可分为砂地和壤质砂土；壤土可分为壤土、沙壤土、砂质粘壤土、粉质壤土、粘壤土、粉砂质粘壤土和粉土；粘土可分为粘土、粉砂质粘土和砂质粘土。对于道路扬尘源，城市道路还可细分为快速路、主干道、次干道和支路。

表 1 扬尘源分类分级体系

第一级	第二级	第三级
土壤扬尘源	农田 荒地 裸露山体 滩涂 干涸河谷 未硬化或未绿化空地	砂土
		壤土
		粘土
道路扬尘源	铺装道路 未铺装道路	城市道路
		公路
		工业区道路
		林区道路
		乡村道路
施工扬尘源	城市市政基础设施建设 建筑物建造与拆迁 设备安装工程 装饰修缮工程	土方开挖
		地基建设
		土方回填
		主体建设
		装饰装修

堆场扬尘源	工业原料堆 建筑原料堆 工业固体废弃物 建筑渣土及垃圾 生活垃圾	装卸与输送
		堆放

第三章 扬尘源颗粒物排放清单编制的技术流程

3.1 排放源分类及影响因素的确定

编制扬尘源颗粒物排放清单时，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，按照扬尘源分类，对照表 1 提供的扬尘源分类分级体系，确定源清单编制过程中的活动水平数据调查和收集对象。

3.2 排放清单计算空间尺度的确定

土壤扬尘源、道路扬尘源、施工扬尘源和堆场扬尘源均属于面源类的污染源，在编制扬尘源颗粒物排放清单前需确定计算空间尺度。该尺度可以为省、市、区以及根据区域联防联控划定的重污染区域和地理大区等。

3.3 数据调查收集和质量控制

编制排放清单时，应当针对四类扬尘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，调查活动水平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。

在数据调查和收集阶段应当涵盖排放量计算中涉及的所有信息，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范围。

3.4 排放清单编制的技术流程

扬尘源颗粒物排放清单编制的技术流程如图 1 所示：

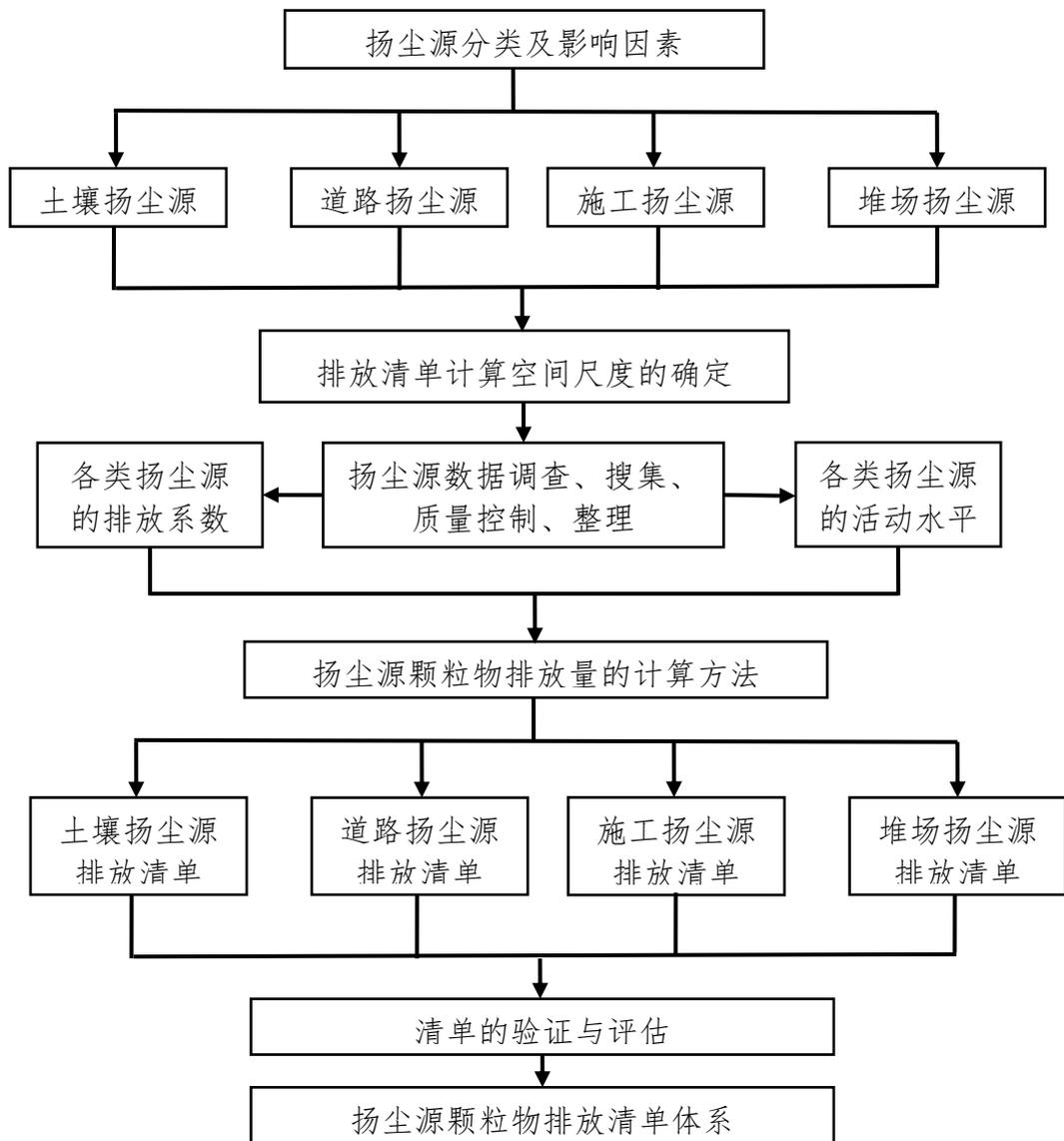


图 1 扬尘源颗粒物排放清单编制的技术流程

第四章 扬尘源颗粒物排放量的计算方法

扬尘源颗粒物排放量的计算应在具体排放源层面完成。对于某个给定的最低一级排放源，扬尘源颗粒物排放量由下式计算：

$$W = E \times A \quad (1)$$

- 1) W 为某个给定排放源的扬尘排放量。
- 2) E 为排放源对应的单位活动水平的排放系数，一般为单位时间单位面积（道路扬尘源为单位道路长度）的扬尘源颗粒物排放量。
- 3) A 为扬尘源的活动水平因子。

扬尘排放系数的确定优先考虑选用实测法和模拟测定法，也可以参考本指南的推荐值或通过文献调研法获取。污染源实测法指在当地实际测定的扬尘排放量或排放因子数据，主要包括基于实测的排放因子估算法、建筑施工的降尘量监测、上下风向法等。文献调研法是指从科技文献、排放系数数据库中查找相近生产技术与排放水平的排放因子。模拟测定法是指采用实验模拟的方法进行各类扬尘排放因子的测定，主要包括风洞测定法等。

不同季节的扬尘源活动水平差异较大，对大气颗粒物浓度的贡献比例存在明显差异，各地应根据当地气象条件和自然植被覆盖情况对扬尘各类来源进行分季节统计，对应的排放系数和排放量计算公式中的参数也应作相应调整，以获取更加准确全面的扬尘源颗粒物排放清单。

活动水平数据是扬尘源清单编制中的基础性信息，通过一系列定量数值反映调查区域中各扬尘源类起尘活动的活跃程度。不同城市、不同季节的扬尘源活动水平存在明显差异，要通过实测

获取。

不同类型扬尘源活动水平的调查内容与获取途径不同。扬尘源活动水平及相关参数见表 2，详细统计信息见附录的表 1、2、3、4。

表 2 扬尘源活动水平与相关信息调查表

调查内容	土壤扬尘源	道路扬尘源	施工扬尘源	堆场扬尘源
活动水平信息	裸土面积	道路长度	施工面积	堆场面积
估算排放系数所需信息	土质、平均风速、降雨量、潜在蒸发量、温度、控尘措施	车流量、车重、道路类型、积尘量、含水率、控尘措施	施工环节、施工时间、控尘措施	物料类型、含水率、控尘措施
获取途径	农业、国土、气象等部门	交管、交通、环卫等部门	建设、市政、交通、环保等部门	建设、市政、环保等部门

4.1 土壤扬尘源排放量的计算

4.1.1 土壤扬尘源排放量的计算方法

土壤扬尘源排放量的计算公式如下：

$$W_{Si} = E_{Si} \times A_S \quad (2)$$

$$E_{Si} = D_i \times C \times (1 - \eta) \times 10^{-4} \quad (3)$$

$$D_i = k_i \times I_{we} \times f \times L \times V \quad (4)$$

$$C = 0.504 \times u^3 / PE^2 \quad (5)$$

1) W_{Si} 为土壤扬尘中 PM_i (空气动力学粒径在 $0 \sim i \mu m$ 间的颗粒物, 下同) 总排放量, t/a。

2) E_{Si} 为土壤扬尘源的 PM_i 排放系数, t/($m^2 \cdot a$)。

- 3) A_s 为土壤扬尘源的面积, m^2 。
- 4) D_i 为 PM_i 的起尘因子, $t/(10^4 m^2 \cdot a)$ 。
- 5) C 为气候因子, 表征气象因素对土壤扬尘的影响。
- 6) η 为污染控制技术对扬尘的去除效率, %, 对颗粒物的控制效率见表 3。多种措施同时开展的, 取控制效率最大值。
- 7) k_i 为 PM_i 在土壤扬尘中的百分含量, 推荐值 TSP 为 1、 PM_{10} 为 0.30、 $PM_{2.5}$ 为 0.05; 也可使用巴柯粒度仪或动力学粒径谱仪进行实测, 对该值进行修正。
- 8) I_{we} 为土壤风蚀指数, 推荐值见表 4; 其它类型土壤的风蚀指数可以选择质地接近的土壤类型代替。
- 9) f 为地面粗糙因子, 取值为 0.5, 在近海、海岛、海岸、湖岸及沙漠地区取值为 1。
- 10) L 为无屏蔽宽度因子, 即没有明显的阻挡物 (如建筑物或者高大的树木) 的最大范围。当无屏蔽宽度 ≤ 300 米时, $L=0.7$; 当无屏蔽宽度在 300 米至 600 米之间时, $L=0.85$; 当无屏蔽宽度 ≥ 600 米时, $L=1.0$ 。
- 11) V 为植被覆盖因子, 是指裸露土壤面积占总计算面积的比例, 计算公式如下:

$$V = \text{裸露土壤面积} / \text{总计算面积} \quad (6)$$

- 12) u 为年平均风速, m/s 。
- 13) PE 为桑氏威特降水—蒸发指数, 计算公式如下:

$$PE = 1.099 \times p / [0.5949 + (0.1189 \times T_a)] \quad (7)$$

式中, p 为年降水量 (mm); T_a 为年平均温度 ($^{\circ}C$)。

表 3 农田风蚀扬尘控制措施的控制效率

控制措施	TSP 控制效率	PM ₁₀ 控制效率	PM _{2.5} 控制效率
人造防风屏障	75%	63%	52%
作物覆盖	90%	90%	75%
地面覆盖	36%	30%	25%
建设防风林	30%	25%	21%

表 4 土壤风蚀指数参考值(t/10⁴ m²·a)

土质主类	土质细类	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}
砂土	砂土	490	147	24
	壤质砂土	331	99	17
壤土	壤土	911	273	46
	砂质壤土	447	134	22
	砂质粘壤土	911	273	46
	粉砂质壤土	476	143	24
	粘壤土	290	87	15
	粉砂质粘壤土	385	116	19
	粉土	75	23	4
粘土	粘土	170	51	9
	粉砂质粘土	170	51	9
	砂质粘土	138	41	7

4.1.2 土壤扬尘源活动水平与主要参数的获取

土壤扬尘源的空间分布利用实地调查或遥感图片进行获取。准确标定土壤扬尘源的经纬度，详细记录所在区域位置（具体到

街道/乡镇/村) 及周边环境情况; 通过农业、统计、国土等部门获取当地土壤扬尘源的活动水平指标, 记录土壤扬尘性质, 主要包括土地利用类型 (农田 (需要细化到作物种类)、荒地、裸露山体、滩涂、干涸的河谷、未硬化或未绿化的空地等)、土壤机械组成 (砂土、壤土和黏土等), 估算植被覆盖因子、地面粗糙因子和无覆盖宽度因子、颗粒物粒度分布等; 气象数据通过当地的气象部门获取; 记录扬尘控制措施和责任单位。

4.2 道路扬尘源排放量的计算

4.2.1 道路扬尘源排放量的计算方法

道路扬尘量等于调查区域所有铺装道路与非铺装道路扬尘量的总和。每条道路的扬尘排放量计算公式如下:

$$W_{Ri} = E_{Ri} \times L_R \times N_R \times (1 - \frac{n_r}{365}) \times 10^{-6} \quad (8)$$

式中:

- 1) W_{Ri} 为道路扬尘源中颗粒物 PM_i 的总排放量, t/a。
- 2) E_{Ri} 为道路扬尘源中 PM_i 平均排放系数, g/(km·辆)。
- 3) L_R 为道路长度, km。
- 4) N_R 为一定时期内车辆在该段道路上的平均车流量, 辆/a。
- 5) n_r 为不起尘天数, 通过实测 (统计降水造成的路面潮湿的天数) 得到; 在实测过程中存在困难的, 可使用一年中降水量大于 0.25mm/d 的天数表示。

对于铺装道路, 道路扬尘源排放系数计算公式:

$$E_{Pi} = k_i \times (sL)^{0.91} \times (W)^{1.02} \times (1 - \eta) \quad (9)$$

式中：

1) E_{Pi} 为铺装道路的扬尘中 PM_i 排放系数，g/km（机动车行驶 1 千米产生的道路扬尘质量）。

2) k_i 为产生的扬尘中 PM_i 的粒度乘数，推荐值见表 5。

3) sL 为道路积尘负荷，g/m²。具体监测方法见《防治城市扬尘污染技术规范》（HJ/T 393-2007）中的附录 A。

4) W 为平均车重，t。平均车重表示通过某等级道路所有车辆的平均重量。

5) η 为污染控制技术对扬尘的去除效率，%。表 6 是常用的铺装道路扬尘控制措施的控制效率，其它控制措施的控制效率可选用与表中类似的措施效率替代。多种措施同时开展的，取控制效率最大值。

表 5 铺装道路产生颗粒物的粒度乘数

粒径	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}
粒度乘数 (g/km)	3.23	0.62	0.15

表 6 铺装道路扬尘源控制措施的控制效率

控制措施	控制对象	TSP 控制效率	PM ₁₀ 控制效率	PM _{2.5} 控制效率
洒水 2 次/天	所有铺装道路	66%	55%	46%
喷洒抑尘剂	城市道路	48%	40%	30%
吸尘清扫 (未安装真空装置)	支路	8%	7%	6%
	干道	13%	11%	9%
吸尘清扫 (安装真空装置)	支路	19%	16%	13%
	干道	31%	26%	22%

对于未铺装道路，扬尘排放系数计算公式如下：

$$E_{UPi} = \frac{k_i \times (s/12) \times (v/30)^a}{(M/0.5)^b} \times (1 - \eta) \quad (10)$$

式中：

- 1) E_{UPi} 为未铺装道路扬尘中 PM_i 排放系数，g/km。
- 2) k_i 为产生的扬尘中 PM_i 的粒度乘数，其与系数 a、b 的取值见表 7。
- 3) s 为道路表面有效积尘率，%。
- 4) v 为平均车速，km/h，指通过某等级道路所有车辆的平均车速。
- 5) M 为道路积尘含水率，%。将采集到的尘样品取一定量称重，记录初始重量，然后在 100℃ 条件下烘 24 小时后进行重量测定，记录烘干处理后的重量，取其差值，测定物料含水率。
- 6) η 为污染控制技术对扬尘的去除效率，%。表 8 是常用的未铺装道路扬尘控制措施的控制效率，其它措施的控制效率可选用类似的措施效率替代。多种措施同时开展的，取控制效率最大值。

表 7 未铺装道路产生的颗粒物的粒度乘数及系数 a、b 的取值

未铺装道路	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}
k (g/km)	1691.4	507.42	50.742
a	0.3	0.5	0.5
b	0.3	0.2	0.2

表 8 未铺装道路扬尘源控制措施的控制效率

控制措施	TSP 控制效率	PM ₁₀ 控制效率	PM _{2.5} 控制效率
限制最高车速 40 千米/小时	53%	44%	37%

洒水 2 次/天	66%	55%	46%
使用化学抑尘剂	90%	84%	70%

4.2.2 道路扬尘源活动水平与主要参数的获取

道路扬尘源的空间分布通过分析当地的道路分布 GIS 底图，并结合遥感分类图像解译获得研究区域道路长度、道路面积。使用卫星定位系统，准确标定道路的经纬度范围，详细记录道路所在区域位置（具体到街道/乡镇/村）及周边情况；通过实际调查或从交管部门获取道路类型和不同车型的机动车保有量、车重和车速，加权求取行驶机动车平均重量、平均车速数据。对于不同类型的道路扬尘要分别采集源样品测定其粒度分布，如这些数据缺失，可参考指南中提供的粒度分布数据；记录采取的扬尘控制措施和责任单位。

4.3 施工扬尘源排放量的计算

4.3.1 施工扬尘源排放量的计算方法

施工扬尘源排放量可分为总体估算和精细化计算两种方法，针对整个工地的总体估算可使用第一种计算方法；在条件允许的城市，可采用基于施工具体环节的精细化计算方法：

(1) 施工扬尘源中颗粒物排放量的总体计算公式如下：

$$W_{Ci} = E_{Ci} \times A_C \times T \quad (11)$$

$$E_{Ci} = 2.69 \times 10^{-4} \times (1 - \eta) \quad (12)$$

该公式适用于总体估算整个建筑施工区域的排放总量，TSP、PM₁₀和PM_{2.5}排放量根据施工积尘的粒径分布情况估算获得，参考粒径系数为：TSP 为 1、PM₁₀ 为 0.49、PM_{2.5} 为 0.1，下

同；也可使用巴柯粒度仪或动力学粒径谱仪对粒径分布情况进行实测。式中：

- 1) W_{Ci} 为施工扬尘源中 PM_i 总排放量，t/a。
- 2) E_{Ci} 为整个施工工地 PM_i 的平均排放系数，t/（ $m^2 \cdot$ 月）。
- 3) A_C 为施工区域面积， m^2 。
- 4) T 为工地的施工月份数，一般按施工天数/30 计算。
- 5) η 为污染控制技术对扬尘的去除效率，%，各类控制措施的控制效率见表 9。多种措施同时开展的，取控制效率最大值。

表 9 施工扬尘控制措施的控制效率

控制措施		控制效率		
		TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}
路面铺装和洒水	铺装混凝土，洒水强度 (W) = 0.6mmH ₂ O/hr	96%	80%	67%
防尘网	尼龙塑胶网网径 0.5mm，网距 3mm	24%	20%	17%
	尼龙塑胶网网径 1mm，网距 5mm	12%	10%	8%
覆盖防尘布	高强度纤维织布密闭覆盖	32%	27%	22%
	尼龙塑胶网网径 1mm，网距 5mm	20%	17%	14%
化学抑尘剂		89%	84%	71%
围挡	2.4m 硬质围挡	18%	15%	13%
	1.8m 硬质围挡	12%	10%	8%

(2) 基于各个施工环节的建筑施工扬尘源排放量精细化计算方法为：

$$W_{Ci} = E_{Ci} \times A_C \times t \quad (13)$$

$$E_{Ci} = 0.02534 \times D \times u^{1.983} \times M^{-1.993} \times sL^{0.745} \times N^{0.684} \times (1 - \eta) \times 10^{-6}$$

式中：

- 1) W_{Ci} 为施工扬尘源中 PM_{10} 总排放量, t。
- 2) E_{Ci} 为施工扬尘源中 PM_{10} 的排放速率, $t/(m^2 \cdot h)$ 。
- 3) A_C 为施工区域面积, m^2 。
- 4) t 为工地的施工小时数, h。
- 5) D 为采样施工工地的起尘面积率, %。
- 6) u 为地面 2.5m 处的风速, m/s。
- 7) M 为工地表面积尘含水率, %, 实际测定, 方法同道路积尘含水率测定方法。
- 8) sL 为工地路面尘积负荷, g/m^2 。
- 9) N 为建筑工地每小时运行的机动车数量, 辆。
- 10) η 为污染控制技术对扬尘的去除效率, %。

其中, 公式 (14) 只能计算 PM_{10} 的排放速率, TSP 与 $PM_{2.5}$ 的排放速率可根据粒径系数进行估算, 推荐粒径系数同方法 (1)。

4.3.2 施工扬尘源活动水平与主要参数的获取

施工扬尘源活动水平的调查主要通过向当地建设、市政等部门获取施工活动分布, 包括施工点位分布、施工数量、施工面积和施工时间计划。使用卫星定位系统, 准确标定建筑工地的经纬度, 详细记录建筑施工工地所在区域位置 (具体到街道/乡镇/村) 及周边环境情况; 记录建筑施工扬尘的性质, 主要包括建筑类型 (城市市政基础设施建设、建筑物建造与拆迁、设备安装工程及装饰修缮工程等)、建筑施工面积 (施工面积、开工面积、竣工面积等)、施工阶段划分、施工活动采取的扬尘控制措施和建筑

施工单位等；记录其责任单位。

4.4 堆场扬尘源排放量的计算

4.4.1 堆场扬尘源排放量计算方法

堆场的扬尘源排放量是装卸、运输引起的扬尘与堆积存放期间风蚀扬尘的加和，计算公式如下：

$$W_Y = \sum_{i=1}^m E_h \times G_{Yi} \times 10^{-3} + E_w \times A_Y \times 10^{-3} \quad (15)$$

式中：

- 1) W_Y 为堆场扬尘源中颗粒物总排放量，t/a。
- 2) E_h 为堆场装卸运输过程的扬尘颗粒物排放系数，kg/t，其估算公式见（16）。
- 3) m 为每年料堆物料装卸总次数。
- 4) G_{Yi} 为第 i 次装卸过程的物料装卸量，t。
- 5) E_w 为料堆受到风蚀作用的颗粒物排放系数，kg/m²，其估算公式见（17）。
- 6) A_Y 为料堆表面积，m²。

装卸、运输物料过程扬尘排放系数的估算

$$E_h = k_i \times 0.0016 \times \frac{\left(\frac{u}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}} \times (1 - \eta) \quad (16)$$

- 1) E_h 为堆场装卸扬尘的排放系数，kg/t。
- 2) k_i 为物料的粒度乘数，见表 10。
- 3) u 为地面平均风速，m/s。
- 4) M 为物料含水率，%，推荐实测，方法同道路积尘含水

率测定方法；条件不具备的，可参考表 11。

5) η 为污染控制技术对扬尘的去除效率，%，表 12 给出了各控制措施的效率。多种措施同时开展的，取控制效率最大值。

表 10 装卸过程中产生的颗粒物粒度乘数

粒径	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}
粒度乘数/无量纲	0.74	0.35	0.053

表 11 各种行业堆场物料的含水率参考值

行业	材料	物料含水率 (%)
钢铁冶炼	球团矿	2.2
	块矿	5.4
	煤炭	4.8
	炉渣	0.92
	烟道灰	7
	碎焦炭	7.8
	混合矿石	6.6
	烧结矿	-
	石灰岩	0.2
采石加工	陈年石灰石	0.7
	各种石灰石产品	2.1
铁燧石采集与加工	芯球	0.9
	尾矿	0.4
煤炭露天开采	煤炭	6.9
	表土	-
	接触地面	3.4
燃煤电厂	煤炭	4.5

表 12 堆场操作扬尘控制措施的控制效率

控制措施	TSP 控制效率	PM ₁₀ 控制效率	PM _{2.5} 控制效率
输送点位连续洒水操作	74%	62%	52%

建筑料堆的三边用孔隙率 50%的围挡遮围	90%	75%	63%
----------------------	-----	-----	-----

堆场风蚀扬尘排放系数的计算方法

料堆表面遭受风扰动后引起颗粒物排放的排放系数可以用下式计算：

$$E_w = k_i \times \sum_{i=1}^n P_i \times (1 - \eta) \times 10^{-3} \quad (17)$$

$$P_i = \begin{cases} 58 \times (u^* - u_t^*)^2 + 25 \times (u^* - u_t^*); & (u^* > u_t^*) \\ 0 & ; \quad (u^* \leq u_t^*) \end{cases} \quad (18)$$

- 1) E_w 为堆场风蚀扬尘的排放系数， kg/m^2 。
- 2) k_i 为物料的粒度乘数，见表 13。
- 3) n 为料堆每年受扰动的次数。
- 4) P_i 为第 i 次扰动中观测的最大风速的风蚀潜势， g/m^2 ，通过公式 (18) 求得。
- 5) η 为污染控制技术对扬尘的去除效率，%。各种控制措施的效率推荐值见表 14。多种措施同时开展的，取控制效率最大值。
- 6) u^* 为摩擦风速， m/s 。计算方法见公式(19)。
- 7) u_t^* 为阈值摩擦风速，即起尘的临界摩擦风速， m/s ，参考值见表 15。

$$u^* = 0.4u(z)/\ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad (z > z_0) \quad (19)$$

- 1) $u(z)$ 为地面风速， m/s 。
- 2) z 为地面风速检测高度， m 。

3) z_0 为地面粗糙度, m, 城市取值 0.6, 郊区取值 0.2。

4) 0.4 为冯卡门常数, 无量纲。

表 13 风蚀过程中产生的颗粒物粒度乘数

粒径	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}
粒度乘数/无量纲	1.0	0.5	0.2

表 14 堆场风蚀扬尘控制措施的控制效率

料堆性质	控制措施	TSP 控制效率	PM ₁₀ 控制效率	PM _{2.5} 控制效率
矿料堆	定期洒水	52%	48%	40%
	化学覆盖剂	88%	86%	71%
煤堆	定期洒水	61%	59%	49%
	化学覆盖剂	86%	85%	71%
建筑料堆	编织布覆盖	78%	76%	64%

表 15 阈值摩擦风速参考值

堆场材料	阈值摩擦风速 (m/s)
煤堆	1.02
铁渣、矿渣 (路基材料) ^a	1.33
未覆盖煤堆 ^a	1.12
煤堆刮板或铲土机轨道 ^{a, b}	0.62
煤粉尘堆 ^c	0.54
铁矿石	6.3
煤矸石	4.8

表中: a 露天煤矿; b 轻度覆盖; c 电厂

4.4.2 堆场扬尘源活动水平的获取

堆场扬尘源活动水平通过向当地市政或建设管理部门和各级环保部门获取堆场的分布信息; 使用卫星定位系统, 准确标定堆场的经纬度, 详细记录堆场所在区域位置 (具体到街道/乡镇/

村) 及周边环境情况; 工业料堆、工业固体废弃物堆放、采石、采矿等场所和活动的信息通过当地的工业管理部门获取; 建筑料堆、建筑渣土及垃圾堆场信息通过当地建设管理部门获取; 人为活动如堆积、装卸、输送等操作的活动水平信息可以通过开展统计调查获取; 记录堆场扬尘的性质, 主要包括堆场面积、堆放量、堆放物料的种类、产地、粒径特征和含水率、扬尘控制措施(抑尘剂、挡风墙、防尘网、洒水等); 记录其责任单位。

第五章 扬尘源颗粒物排放清单的应用与评估

5.1 扬尘源颗粒物排放清单的应用

用于大气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方面的不足。

确定扬尘源的重点控制区域和重点排放源。通过扬尘及其它大气颗粒物排放源清单, 得到分区域、分排放源的排放量汇总统计, 分析扬尘的重点排放区域、重点排放源对当地大气颗粒物排放总量的分担率和对浓度的贡献率。

用于扬尘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, 明确扬尘污染防治的方向, 帮助制定合理有效的控制方案和达标规划。

5.2 扬尘源颗粒物排放清单的评估与验证

扬尘源颗粒物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，评估排放清单的准确性。

排放清单的可靠性可结合模型、观测等手段进行评估。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

表 1 土壤扬尘源调查表

负责人		调查时间	
地理位置	经纬度四至范围		
	具体位置（所在街道/乡镇/村）		
	所在功能区		
土壤扬尘源面积 （平方米）			
土地利用类型	<input type="checkbox"/> 农田		
	<input type="checkbox"/> 裸露山体		
	<input type="checkbox"/> 滩涂		
	<input type="checkbox"/> 干涸的河谷		
	<input type="checkbox"/> 未硬化或未绿化的空地		
	<input type="checkbox"/> 其他		
土壤机械组成	<input type="checkbox"/> 砂土	细类	
		风蚀指数	
	<input type="checkbox"/> 壤土	细类	
		风蚀指数	
	<input type="checkbox"/> 粘土	细类	
		风蚀指数	
地表的覆盖、粗糙度及 周围屏蔽情况	植被覆盖因子		
	地表粗糙因子		
	无屏蔽宽度因子		
气候因子	季降水量(mm)		
	季潜在蒸发量(mm)		
	季平均温度(°C)		
控制措施及效率	控制措施		
	控制效率		
责任管理单位			
备注：			

表 2 道路扬尘源调查表

负责人		调查时间	
地理位置	具体位置（所在街道/乡镇/村）		
	起点经度		
	起点纬度		
	终点经度		
	终点纬度		
道路铺设情况	<input type="checkbox"/> 铺装道路		
	<input type="checkbox"/> 未铺装道路		
道路类型	<input type="checkbox"/> 城市道路	<input type="checkbox"/> 快速路	
		<input type="checkbox"/> 主干道	
		<input type="checkbox"/> 次干道	
		<input type="checkbox"/> 支路	
	<input type="checkbox"/> 公路		
	<input type="checkbox"/> 工业区道路		
	<input type="checkbox"/> 林区道路		
	<input type="checkbox"/> 乡村道路		
道路上行驶的车辆信息	平均车重（吨）		
	平均车速(km/h)		
	平均车流量（辆/小时）		
道路积尘参数	积尘负荷		
	有效积尘率		
	积尘含水率		
气象参数	降雨量大于 0.254mm/d 的天数		
控制措施		控制效率	
责任管理单位			
备注：			

表3 施工扬尘源调查表

负责人		调查时间	
地理位置	经度		
	纬度		
	具体位置		
	所在功能区		
施工类型	<input type="checkbox"/> 城市市政基础设施建设		
	<input type="checkbox"/> 建筑物建造与拆迁		
	<input type="checkbox"/> 设备安装工程		
	<input type="checkbox"/> 装饰修缮工程		
建筑施工面积	规划施工面积		
	开工面积		
	竣工面积		
施工阶段划分	<input type="checkbox"/> 土方开挖		
	<input type="checkbox"/> 地建设		
	<input type="checkbox"/> 土方回填		
	<input type="checkbox"/> 主体建设		
	<input type="checkbox"/> 装修施工		
工地表面积尘参数	工地表面积尘含水率 (%)		
	工地路面尘积负荷 (g/m ²)		
气象参数	距离地面 2.5m 处的风速 (m/s)		
控制措施			控制效率
施工时间分布情况	开始时间		
	结束时间		
	施工活跃月份数		
责任管理单位			
备注:			

表 4 堆场扬尘源调查表

负责人		调查时间	
地理位置	经度		
	纬度		
	具体位置 (厂名及所在街道/乡镇/村)		
	所在功能区		
物料种类	<input type="checkbox"/> 工业原料堆		
	<input type="checkbox"/> 工业固体废弃物		
	<input type="checkbox"/> 建筑原料堆		
	<input type="checkbox"/> 建筑渣土及垃圾		
	<input type="checkbox"/> 生活垃圾		
料堆参数	物料装卸量(吨)		
	料堆表面积(平方米)		
	物料含水率(%)		
气象参数	地表平均风速(m/s)		
	地面风速检测高度(m)		
	料堆受风扰动次数/季		
控制措施		控制效率	
责任管理单位			
备注:			