

大气污染源优先控制分级技术指南

(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》、《大气污染防治行动计划》，指导各地进一步挖掘污染减排潜力，改善空气质量、应对重污染过程，为编制城市或区域大气污染源优化减排方案和应急预案，以及未来进行经济、能源结构调整提供科学依据，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》、《大气污染防治行动计划》、《国家环境保护“十二五”科技发展规划》、《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）及相关法律、法规、标准、文件，编制《大气污染源优先控制分级技术指南（试行）》（以下简称指南）。

1.2 适用范围

1.2.1 本指南适用于指导城市或区域开展大气污染源优先控制分级工作。

1.2.2 本指南明确了大气污染源优先控制分级的内容、工作程序、技术方法和要求。

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联控工作改善区域空气质量的指导意见的通知》

《国务院关于加强环境保护重点工作的意见》

《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》

《国家环境保护“十二五”科技发展规划》

《环境空气质量标准》

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。

污染源：向大气环境中排放固态与气态污染物的排放源统称污染源，本指南所指污染源仅包括已达到国家或地方污染物排放（控制）标准和总量控制要求的大气污染源，超排放标准和超总量控制排放的污染源应直接列入控制名单，无需利用本指南再进行计算。

污染源分级：将不同污染源按照一定的标准分成不同控制先后的级别。

目标区域：指进行污染源分级的城市或区域。

污染源空气质量影响敏感系数：指污染源排放 1t 污染物对目标区域空气质量的平均浓度贡献值。

敏感因子：指敏感系数除以对应污染物的空气质量二级标准值（日均值）所得因子。

等标污染负荷：指某污染物年排放量除以该污染物的空气质量二级标准值（日均值）所得因子。

挥发性有机污染物（VOCs）成分谱：污染源排放 VOCs 的化学组分质量百分比组成。

VOCs 臭氧生成潜势：本指南中指污染源排放 1t VOCs 可生成的最大臭氧量。

归一化：指将一组数据利用统计方法进行数学处理使其全部归为 0-1 的值。

分级指数：指用于确定污染源优先控制级别所依据的指数。

推荐模式：本指南将附录 A 所列的数值模拟模式作为推荐模式，同时不排斥其他可实现相同功能及模拟效果的空气质量模型。推荐模式原则上采取互联网等形式获取，获取内容包括模式的使用说明、执行文件、用户手册、技术文档、应用案例等。推荐模式为空气质量模拟模式，用于污染源对区域空气质量影响敏感系数的模拟。

1.5 指导原则

（1）科学性与实用性原则：以污染源优化减排与空气质量快速改善为最终目标，基于多地数年的污染源实地调研与环境规划管理研究工作，结合在典型地区开展的示范应用结果，确定指南内容与工作步骤，使指南具有较强的科学性与实用性。

（2）适用性、可操作性原则：分级内容的设计、分级方法的选择等在保证科学性的基础上，同时考虑到各地实际操作过程的可行性。

（3）因地制宜与循序渐进原则：我国幅员辽阔，不同地区

经济发展水平与产业结构不同，大气污染特征存在差异，各地应根据实际污染源情况与环境管理需求，科学选择污染源分级种类；随着社会经济与科技水平的发展，不断更新和完善污染源分级结果。

1.6 组织编制单位

本指南由环境保护部科技标准司组织，北京工业大学、清华大学、中国环境科学研究院、北京市环境保护科学研究院等单位起草编制。

第二章 工作任务与程序

2.1 工作任务

通过调查、估算、模拟等手段，评估各地区排放源单位污染物排放（1t）对目标区域空气质量浓度的贡献，获取空气质量影响敏感因子与等标污染负荷，或分析不同 VOCs 排放源的臭氧生成潜势与排放量大小，并以此为依据开展常规污染物与 VOCs 污染源分级，为污染源优化减排方案、空气质量快速有效改善策略以及经济、能源结构调整措施的制定等提供科学依据或指导性意见。

2.2 工作程序

2.2.1 第一阶段。主要工作包括排放源清单调研与估算、VOCs 排放源成分谱的收集与测试、空气质量监测数据的收集等。VOCs 排放源清单编制可参照《大气挥发性有机物源排放清单编制技术指南（试行）》执行。

2.2.2 第二阶段。主要工作包括排放源空气质量影响敏感因

子与等标污染负荷的计算与归一化处理、VOCs 排放源臭氧生成潜势的计算与归一化处理、污染源 VOCs 排放量的归一化处理、分级指数的计算与归一化处理等。

2.2.3 第三阶段。主要工作包括给出大气污染源分级结果，完成污染源分级报告，提出污染源控制方案建议等。

第三章 大气污染源分级种类

本指南中污染源分级针对常规污染物及 VOCs 分为两类：即分别为基于常规污染物环境影响的污染源分级和基于臭氧生成潜势的 VOCs 污染源分级。

3.1 基于常规污染物环境影响的污染源分级

基于常规污染物环境影响的污染源分级主要是针对 SO₂、NO_x 与颗粒物（PM₁₀、PM_{2.5}）排放源的分级，其依据是空气质量影响敏感因子与等标污染负荷。该分级既可以针对环境中某种污染物（如 SO₂）进行污染源分级，也可以针对环境中多种污染物（如 SO₂、NO_x 与颗粒物）进行污染源分级。例如，当以 SO₂ 环境质量达标减排或控制硫酸型酸雨为目标时，可选择 SO₂ 的污染源分级；以空气质量综合改善为目标时，可选择针对多污染物的污染源分级。

3.2 基于臭氧生成潜势的 VOCs 污染源分级

基于臭氧生成潜势的 VOCs 污染源分级针对的污染物是 VOCs，分级依据包括污染源单位 VOCs 排放（1t）的臭氧生成潜势与污染源 VOCs 总排放量。当以 VOCs 及 O₃ 污染控制为目标时，选择 VOCs 的污染源分级。

第四章 基础数据调查

4.1 污染源排放清单数据

污染源排放清单数据包括两类：目标区域污染源排放清单与周边区域排放清单。

4.1.1 目标区域污染源排放清单

4.1.1.1 工业源

工业源排放清单要求详细到企业，污染物应至少包含 SO_2 、 NO_x 、 CO 、颗粒物、VOCs 和 NH_3 。工业源排放数据涉及行业应至少包括电力、冶金、建材、化工、其他工业锅炉。工业源排放数据包含信息为企业经纬度坐标、企业所属行业、烟囱高度、烟囱出口内径、烟囱排气温度、烟气流速、及各类污染物排放量。

数据来源主要包括污染源普查基础数据、重点污染源普查更新数据与各地区环境统计数据，辅以文献报道的排放系数加以类比核算。工业源排放数据包含信息见附录 B 表 B.1。

4.1.1.2 非工业源

非工业源排放清单要求至少为地市或区县分辨率，污染物应至少包含 SO_2 、 NO_x 、 CO 、颗粒物、VOCs 和 NH_3 。非工业源排放数据涉及行业应至少包括居民源、道路移动源、非道路移动源、无组织扬尘源、人为 VOCs 挥发源、植被排放源、农业源、生物质燃烧源。

非工业源排放清单主要通过排放系数法核算：非工业源排放量=排放系数×活动水平。具体可依据我国污染源排放清单编制规范进行编制。若我国尚无相关规范，可参照国外排放清单编制指南进行编制，具体编制方法参见网站

(<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/index.html>)。

非工业源排放清单核算所需排放系数可通过文献调研或本地化实测获取。所需活动水平数据主要包括机动车保有量、机动车年均行使里程、道路类型、道路长度、道路尘负荷、道路车流量、道路平均车速、加油站汽油柴油消耗量、居民生活燃料消耗量、秸秆柴薪量、植被面积、牲畜数量、化肥使用量、溶剂涂料使用量、建筑施工面积、裸地面积等。活动水平数据获取方式有以下三种：1. 查阅各地统计年鉴、经济年鉴、行业年鉴；2. 通过与统计部门、交管部门、农业部门、林业部门、建设部门合作收集详细信息；3. 对于方式 1、方式 2 中无法获取的信息（如道路尘负荷），通过实地调查走访、测试等方法进行信息收集。

非工业源排放数据包含信息见附录 B 表 B.2。

4.1.2 目标区域外污染源排放清单

目标区域以外的周边区域网格排放清单可自行计算，或参考目前国内外已有研究成果，具体见网站（<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231012007285>，www.meicmodel.org/）。

4.2 空气质量监测数据

收集目标区域内的空气质量监测数据。该数据用于数值模型的模拟结果验证。空气质量监测数据的时段应在模型模拟时段范围内。数据信息包括监测点名称、监测点经纬度、监测点颗粒物浓度、SO₂ 浓度、NO₂ 浓度。空气质量监测数据的形式为污染物浓度监测的小时值或日均值。空气质量监测数据包含信息见附录 C 表 C.1。

第五章 基于常规污染物环境影响的污染源分级技术方法

5.1 分级所涉及污染源种类

涉及分级的污染源应根据目标区域当地实际污染源情况与管理需求确定，一般应包含所有可控的人为污染源。建议应包括电力、冶金、建材、化工、其它工业、居民面源、无组织扬尘（交通扬尘、施工扬尘、裸地扬尘、工业无组织扬尘）、无组织 VOCs 排放源、生物质燃烧等。根据各地区环境管理要求，工业源既可以细化至某一行业（如电力、冶金、建材、化工、其它工业等），也可以细化至具体污染源（如某企业）。

5.2 污染源空气质量影响敏感因子计算

5.2.1 污染源空气质量影响模拟

利用指南推荐模式计算目标区域内不同排放源对区域空气质量浓度的平均贡献，该结果应是长期或某一季节模拟结果的平均值，分别用于长期或分季节的污染源分级。对于长期模拟，建议模拟时段至少包含近三年内两个年份的春、夏、秋、冬四季的代表月（建议选择 1、4、7、10 月），对于分季节模拟，模拟时段应至少包含近三年内两个年份的季节代表月；计算对区域环境质量的影响时，模型受体点（或评价点）应均匀分布于目标区域中，或采用国家环境空气质量自动监测点。

5.2.2 污染源空气质量影响敏感系数计算

将模拟得到的各排放源对所有受体点的平均浓度贡献值除以相应排放源的年/季排放量，得到各排放源对区域空气质量影响的敏感系数 SF，即排放区域或排放源排放的某种污染物单位

排放量 (1t) 对目标区域均匀受体点的污染物平均浓度贡献。当针对空气 PM_{2.5} 进行污染源分级时, SF 应是污染源排放 SO₂ 对硫酸盐、NO_x 对硝酸盐、VOCs 对 SOA、PM_{2.5} 对一次 PM_{2.5} 的敏感系数之和。

5.2.3 污染源空气质量影响敏感因子计算

计算各地区不同排放源的敏感因子 SI。敏感因子 SI 计算方法如公式 (1) 所示:

$$SI_i = \sum_j \frac{SF_{ij}}{S_j} \quad (1)$$

式中: i—排放源 i;

j—污染物 j, 当 j=1 时, 公式用于针对某种污染物的污染源分级, 当 j>1 时, 公式用于针对多种污染物的污染源分级;

SF_{ij}—敏感系数, 即排放区域或排放源(i)排放的某种污染物(j)单位排放量对目标区域均匀受体点的平均浓度贡献, (μg/m³)/(t/a);

S_j—污染物 j 的环境质量浓度二级标准值(日均值), μg/m³。

5.2.4 等标污染负荷计算

计算各地区不同排放源的等标污染负荷 EI。等标污染负荷 EI 计算方法如公式 (2) 所示:

$$EI_i = \sum_j \frac{E_{i,j}}{S_j} \quad (2)$$

式中: i—排放源 i;

j—污染物 j, 当 j=1 时, 公式用于针对某种污染物的污染源分级, 当 j>1 时, 公式用于针对多种污染物的污染源分级;

$E_{i,j}$ —排放量，即排放区域或排放源(i)排放的某种污染物(j)的排放量，t/a;

S_j —污染物 j 的环境质量浓度二级标准值(日均值)， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

5.3 污染源空气质量影响敏感因子与等标污染负荷归一化处理

归一化处理是统计学上常用的一种数据处理方法，可将数据无量纲化，并且使各数据所处范围一致（即全部归为 0-1 的值），因而便于对不同性质、不同单位、不同数值范围的数据进行综合评价。

为便于污染源分级，采用极差法对空气质量影响敏感因子与等标污染负荷进行归一化处理，使所有值均处于 0-1 之间，分别得到空气质量影响敏感因子归一化指数 SIN 与等标污染负荷归一化指数 EIN。SIN 反映了等量污染物排放情况下污染源对环境空气质量影响的大小，其值越大表示相同污染物排放量情况下污染源对目标区域环境污染物平均浓度贡献越大。EIN 反映了污染源多种污染物排放量的大小，其值越大表示污染物排放量越大。

极差法原理如公式（3）所示。

$$\text{归一化指数} = \frac{\text{某值} - \text{最小值}}{\text{最大值} - \text{最小值}} \quad (3)$$

5.4 污染源分级标准

根据环境管理侧重，对空气质量影响敏感因子归一化指数 SIN 及等标污染负荷归一化指数 EIN 分别赋予权重（权重取值 0-1，两者权重之和为 1）进行加权加和，得到污染源分级指数 PGI:

$$PGI_i = k_1 \times SIN_i + k_2 \times EIN_i \quad (4)$$

k_1 主要反映了基于当前科学认知和技术水平下，对污染物排放传输特性及其对环境质量影响规律的判别， k_2 主要反映了在当前污染物排放控制技术与环境管理水平下，对污染物排放总量对环境质量影响程度的判别。鉴于现阶段环境管理水平与减排重点，建议 k_1 取值 0.6， k_2 取值 0.4。

计算得出 PGI 后，对 PGI 再次利用极差法进行归一化处理，所有指数在 0-1 之间，归一化后的 PGI 即为分级指数，分级指数数值越高，意味着污染源越应优先控制。根据分级指数大小，结合当地大气污染源管理需求，将污染源分成若干级别。建议将不同地区不同大气污染源分成四级，分级标准如下：

- 1) $0.75 \leq PGI \leq 1.00$ ，污染源级别为一级；
- 2) $0.50 \leq PGI < 0.75$ ，污染源级别为二级；
- 3) $0.25 \leq PGI < 0.50$ ，污染源级别为三级；
- 4) $0.00 \leq PGI < 0.25$ ，污染源级别为四级。

第六章 基于臭氧生成潜势的 VOCs 污染源分级技术方法

VOCs 污染源分级工作适用于在臭氧污染的 VOCs 主控区开展，用于指导 VOCs 排放源优化减排方案的制定。

6.1 分级所涉及污染源种类

污染源分级涉及种类应根据当地实际污染源情况与管理需求确定。VOCs 污染源分类体系参见《大气挥发性有机物源排放清单编制技术指南（试行）》。

6.2 污染源 VOCs 成分谱收集与测试

通过调研与测试相结合的方法，收集典型人为污染源 VOCs 成分谱，获取各物种组分在总 VOCs 中的质量百分比。成分谱应至少包含附录 D 中所列出的 VOCs 组分。

6.3 臭氧生成潜势计算与归一化处理

查阅各类 VOCs 物种的最大反应增量值 (MIR)，或采用附录 D 中给出的 MIR 值，结合排放源 VOCs 质量百分比成分谱，计算不同地区不同污染源在排放 1t VOCs 的情况下，各组分的臭氧生成量 (OFP_i)，对各组分的臭氧生成量相加，得到该排放源每排放 1t VOCs 的臭氧生成量 (OFP)：

$$OFP = \sum_i MIR_i \times \rho_i \quad (5)$$

式中：i—VOCs 物种；

MIR_i —VOCs 物种 i 的最大臭氧生成潜势 (t/t)；

ρ_i —VOCs 污染源中物种 i 所占的质量百分比。

利用公式 (3) 对不同排放源的 OFP 进行归一化处理，得到臭氧生成潜势归一化指数 OFPIN。OFPIN 反映了等量 VOCs 排放情况下污染源最大 O_3 生成量的大小，其值越大表示相同 VOCs 排放量情况下污染源最大 O_3 生成量越大。

6.4 VOCs 排放量归一化处理

基于目标区域内的 VOCs 排放清单，利用公式 (3) 将各排放源的 VOCs 排放总量进行归一化处理，得到 VOCs 排放量归一化指数 EIN。EIN 反映了污染源 VOCs 排放量的大小，其值越大表示 VOCs 排放量越大。

6.5 污染源分级标准

根据环境管理侧重，对臭氧生成潜势归一化指数 OFPIN 及污染源 VOCs 排放量归一化指数 EIN 分别赋予权重（权重取值 0-1，两者权重之和为 1）进行加权加和，得到污染源分级指数 PGI:

$$PGI_i = k_1 \times OFPIN_i + k_2 \times EIN_i \quad (6)$$

式中：i—VOCs 污染源；

k—不同因子权重， $k_1+k_2=1$ ；

OFPIN_i—VOCs 污染源 i 臭氧生成潜势归一化指数；

EIN_i—污染源 i 的 VOCs 排放量归一化指数。

k_1 主要反映了基于当前科学认知水平下，对不同种类 VOCs 对 O₃ 生成量大小的判别， k_2 主要反映了在当前污染物排放控制技术与管理水平下，对 VOCs 排放总量对 O₃ 形成及空气质量影响程度的判别。鉴于现阶段环境管理水平与减排重点，建议 k_1 取值 0.6， k_2 取值 0.4。

计算得出 PGI 后，对 PGI 再次利用极差法（公式（3））进行归一化处理，使所有值均处于 0-1 之间，归一化后的 PGI 即为分级指数，分级指数数值越高，意味着污染源越应优先控制。根据分级指数大小，结合当地大气污染源管理需求，将污染源分成若干级别。建议将污染源分成四级，分级标准为：

1) $0.75 \leq PGI \leq 1.00$ ，污染源级别为一级；

2) $0.50 \leq PGI < 0.75$ ，污染源级别为二级；

3) $0.25 \leq PGI < 0.50$ ，污染源级别为三级；

4) $0.00 \leq PGI < 0.25$ ，污染源级别为四级。

第七章 大气污染源分级结果的应用

（一）基于本技术指南得到的污染源优先控制分级结果，从科学的角度得出污染源控制的优先顺序，为污染源控制方案制定提供决策参考依据；

（二）各地环保部门在具体制定污染源控制方案时，除了参考本指南结论之外，还需要全面梳理各类企业污染物排放绩效、已采取控制措施、控制技术水平等信息，结合当地产业发展政策、总量控制要求、大气环境管理需求以及社会经济发展状况，制定适合当地经济发展水平与环境管理水平的污染源优化减排方案。

附录 A

(资料性附录)

推荐模式

A.1 空气质量模式-CAMx

A.1.1 CAMx 为三维网格欧拉光化学模式，也叫区域性光化学烟雾模式，它采用质量守恒大气扩散方程，以有限差分三维网格为架构，可模拟气态与颗粒态污染物。模拟的范围可从城市至大尺度区域。模型所需气象数据来自气象模型（如 MM5、WRF 等）模拟。

A.1.2 该模式含有颗粒物来源识别（PSAT）模块，可以在同一次模拟中解析出不同地区、不同排放源对目标区域的污染物浓度贡献。

A.1.3 CAMx 的说明、源代码、执行文件、用户手册以及技术文档可到 <http://www.camx.com/home.aspx> 下载。

附录 B

(规范性附录)

目标区域污染源排放数据包含信息

目标区域内污染源排放数据包含信息见表 B.1 ~ 表 B.2。

表 B.1 工业源排放数据包含信息

	企业经度	企业纬度	企业所属行业	烟囱高度	烟囱内径	烟气出口温度	烟气出口速度	SO ₂ 排放量	NO _x 排放量	PM ₁₀ 排放量	PM _{2.5} 排放量	CO排放量	VOC _s 排放量	NH ₃ 排放量
数据单位	度 (东经为正)	度 (北纬为正)	—	(m)	(m)	(K)	(m/s)	(t/a)						
企业 1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
企业 2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....

表 B.2 非工业源排放数据包含信息

	地区	排放行业	SO ₂ 排放量	NO _x 排放量	PM ₁₀ 排放量	PM _{2.5} 排放量	CO 排放量	VOC _s 排放量	NH ₃ 排放量
数据单位	—	—	(t/a)						
地区 1
地区 2
.....

附录 C

(规范性附录)

空气质量监测数据包含信息

目标区域内各站点监测数据包含信息见表 C.1。

表 C.1 空气质量监测数据包含信息

	时间 (某日期某小时或某日期)	监测点 纬度	监测点 经度	SO ₂ 浓度	NO ₂ 浓度	PM ₁₀ 浓度	PM _{2.5} 浓度	其他所需 关注污染物浓度
单位	—	度(北纬 为正)	度(东经 为正)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
站点 1
站点 2
.....

附录 D

(资料性附录)

表 D.1 典型 VOCs 污染源成分谱涉及物种与对应 MIR 值

烷烃	MIR	烷烃	MIR	烯烃和炔烃	MIR	苯系物	MIR
乙烷	0.3	2, 3-二甲基戊烷	1.3	乙炔	1.0	苯	0.7
丙烷	0.5	3-甲基己烷	1.6	乙烯	9.0	甲苯	4.0
异丁烷	1.2	2, 2, 4-三甲基戊烷	1.3	丙烯	11.7	乙苯	3.0
丁烷	1.2	庚烷	1.1	1-丁烯	9.7	间, 对-二甲苯	7.8
异戊烷	1.5	甲基环己烷	1.7	反-2-丁烯	15.2	苯乙烯	1.7
戊烷	1.3	2, 3, 4-三甲基戊烷	1.0	顺-2-丁烯	14.2	邻-二甲苯	7.6
2, 2-二甲基丁烷	1.2	2-甲基庚烷	1.1	正戊烯	7.2	异丙基苯	2.5
环戊烷	2.4	3-甲基庚烷	1.2	反-2-戊烯	10.6	正丙苯	2.0
2, 3-二甲基丁烷	1.0	辛烷	0.9	顺-2-戊烯	10.4	间乙基甲苯	7.4
2-甲基戊烷	1.5	壬烷	0.8	正己烯	5.5	对乙基甲苯	4.4
3-甲基戊烷	1.8	癸烷	0.7			1, 3, 5-三甲基苯	11.8
己烷	1.2	十一烷	0.6			邻乙基甲苯	5.6
甲基环戊烷	2.2	十二烷	0.6			1, 2, 4-三甲基苯	8.9
2, 4-二甲基戊烷	1.6					1, 2, 3-三甲基苯	12.0
环己烷	1.3					间二乙基苯	7.1
2-甲基己烷	1.2					对二乙基苯	4.4

注: MIR 值来源于 Carter W P L, Development of the SAPRC-07 chemical mechanism and updated ozone reactivity scales, 2010.