

附件 17

《大气污染源优先控制分级技术指南（试行）》
（征求意见稿）

编制说明

项目名称：大气污染源优先控制分级技术指南

项目统一编号：

起草单位：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

主要起草人：程水源等

北京工业大学项目管理人：程水源

环保部科技标准司项目管理人：XXX

目 录

| | |
|---|----|
| 1 任务来源..... | 1 |
| 2 指南编制意义..... | 1 |
| 3 编制原则方法及依据..... | 1 |
| 3.1 编制原则..... | 1 |
| 3.2 编制方法..... | 2 |
| 3.3 法律及技术依据..... | 2 |
| 4 指南编制过程..... | 2 |
| 5 国内外污染源控制研究现状..... | 3 |
| 6 指南主要技术内容及说明..... | 3 |
| 6.1 大气污染源分级种类..... | 3 |
| 6.2 基础数据调查..... | 4 |
| 6.3 基于常规污染物环境影响的污染源分级技术方法..... | 6 |
| 6.4 基于臭氧生成潜势的 VOCs 污染源分级技术方法..... | 8 |
| 6.5 大气污染源分级结论与优化减排方案建议..... | 10 |
| 7 指南示范应用举例..... | 11 |
| 7.1 北京地区示范应用（基于常规污染物环境影响的污染源分级）..... | 11 |
| 7.2 唐山地区示范应用（基于臭氧生成潜势的 VOCs 污染源分级）..... | 15 |
| 8 指南实施的环境经济效益分析..... | 20 |
| 9 指南实施建议..... | 21 |

《大气污染源优先控制分级技术指南》编制说明

1 任务来源

为促进污染源减排工作向科学减排、效果减排推进，环境保护部于2012年1月1日启动了环保公益性科研专项项目《基于大气污染物总量优化减排的污染源分级技术研究》，该项目的目标之一为编制《大气污染源优先控制分级技术指南》（以下简称《指南》）。2013年11月，环境保护部给北京工业大学正式下达了编制《大气污染源优先控制分级技术指南》的任务。北京工业大学随即联合清华大学、中国环境科学研究院、北京市环境科学研究院，开展《指南》编制工作。

2 指南编制意义

1) 指导我国污染源优化减排方案制定

我国传统的污染源控制以结构减排和管理减排为主，未考虑不同污染源控制带来的经济与环境效益，该指南通过确定不同污染源的优先控制级别，可指导城市或区域污染源优化减排方案的制定，促进我国污染源控制向科学减排、效果减排发展。

2) 促进空气质量快速有效改善

该指南通过计算不同污染源的单位污染物排放（1t）对空气质量的影响大小，筛选确定优先控制的污染源，可使得在控制相同污染物排放量的情况下，空气质量改善效果最佳，因而可促进空气质量的快速有效改善。

3) 为经济、能源结构调整提供科技支撑

该指南通过给出不同排放源、不同燃料使用源的优先控制级别，因而可为区域经济、能源结构调整提供科技支撑。

3 编制原则方法及依据

3.1 编制原则

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；随着社会的发展与科技水平的发展，不断更新和完善污染源分级结果。

3.2 编制方法

1) 参考国家出台的各项环境政策，着眼于我国当前环境管理需求，结合编制单位在典型地区开展的大气污染源优先控制分级研究示范结果，开展《指南》编制；

2) 组织有关专家与管理部门进行座谈研讨，就指南编制工作与内容提出建设性意见；

3) 编写指南研究报告、指南文本及编制说明，公开征求社会意见，最后送审及报批。

3.3 法律及技术依据

本指南是在下列法律、法规、技术政策指导下制订的：

《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》

GB 3095-2012 环境空气质量标准。

4 指南编制过程

第一阶段：前期准备工作阶段。北京工业大学在前期承担了国家“973”项目《城市生命体能源代谢与大气污染互动机理研究》（项目编号：2005CB724201）、北京市“蓝天工程”重大项目《北京及近周边城市污染源清单和敏感源筛选》（项目编号：D09040903670801），开展了区域大气污染敏感源的筛选识别研究，创建了基于 MM5-CAMx-PSAT 耦合模式系统的敏感源筛选新技术，首次对北京地区敏感区域及敏感源进行了筛选。研究结果已成功应用于北京市大气污染物控制和空气质量改善方案的制定当中，为“北京市清洁空气行动计划”、“十二五”环境规划提供了重要科技支撑。

第二阶段：基于前期研究工作中积累的科研与实践经验，北京工业大学择优申报并承担了国家环境保护公益项目《基于大气污染物总量优化减排的污染源分级技术研究》，项目于2012年1月启动，针对大气污染源优先控制分级技术开展研究。2013年11月，环境保护部给北京工业大学正式下达了编制《大气污染源优先控制分级技术指南》的任务。

第三阶段：基于大气污染源分级技术研究成果，形成分级研究报告；设计污染源优先控制分级内容与工作流程，编制指南初稿。

第四阶段：应用《指南》，在典型区域开展大气污染源调研与分级示范研究工作，根据示范应用结果，对初稿进行进一步完善。

第五阶段：环保部科技标准司科技处分别于2013年11月20日与12月6日在北京召开《指

南》审查会，编制组根据审查意见，对该稿进行了修改，完善了《指南》及编制说明（征求意见稿）。

第六阶段：以函调和专家咨询等形式，征询环保主管部门、相关行业协会、部分环境影响评价单位的意见，修改完善《指南》征求意见稿，形成送审稿和报批稿。

编制组在完成了《指南》及编制说明外，还同时完成指南研究报告，并对北京及近周边典型区域排放清单进行了调查及核算，通过实地测试与文献调研获取了典型VOCs排放源的化学成分谱，做了大量基础性的工作。

5 国内外污染源控制研究现状

国外的大气污染源减排仍大多围绕着公平与经济效益开展，最初始于美国、日本等经济发达、环境问题突出的国家。美国于1970年通过《清洁空气法案》，在该方案中EPA（美国环保署）制定了国家大气环境质量和实施行动计划，在每个行动计划中，都要求企业的排放必须在规定的总量以下，同时进行充分的费效评估。在《清洁空气法修正案》(1990)中提出了初始排污权的三类分配方式:免费分配、公开拍卖和标价出售。日本在1974年正式引入了总量控制的概念，实行地区排放总量和大型点源排放总量控制。欧洲委员会2001年3月启动了欧洲清洁空气计划（Clean Air For Europe, CAFE）。CAFE将在欧洲范围内建立全欧的排放清单技术、空气质量评估技术、排放及空气质量预测技术、费用效益分析技术以及综合决策技术，为欧洲从国家到城市各个层次污染防治的政策制订提供科学支持和建议。

我国将大气污染物总量控制制度作为大气污染控制的基本手段之一。“九五”期间，全面针对烟尘、工业粉尘和SO₂三种大气污染物实施了总量控制，从区域的角度规划“两控区”，设计酸雨和SO₂控制。“十二五”期间，NO_x将作为约束性指标纳入区域总量控制范畴，NO_x总量控制开始在全国范围内实行。然而，目前我国污染物减排与环境质量改善关系不对应，各地区减排指标往往“自上而下”逐级“分解落实”，未考虑不同地区各类污染源相同污染物排放量下的环境影响贡献差异，减排思路中未引入科学减排、效果减排的概念，难以实现环境效益和社会经济效益的最大化。

6 指南主要技术内容及说明

本指南共九章：适用范围、编制依据、术语与定义、总则、大气污染源分级种类、基础数据调查、基于常规污染物环境影响的污染源分级技术方法、基于臭氧生成潜势的VOCs污染源分级技术方法、大气污染源分级结论与优化减排方案建议。

主要内容说明如下：

6.1 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

影响大小的污染源分级和基于臭氧生成潜势的 VOCs 污染源分级。

6.1.1 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 与颗粒物排放源的分级，其依据是空气质量影响敏感因子。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，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。

6.1.2 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 的污染源分级等。

6.2 基础数据调查

本部分内容介绍了大气污染源优先控制分级所需的基础数据种类、内容、精度要求、获取方式及途径。

6.2.1 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。

（1）目标区域污染源排放清单

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 SO₂、NO_x、CO、颗粒物和 VOCs。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。

上述数据可通过收集污染源普查数据、重点污染源普查更新数据以及环境统计数据的方式获取，同时结合重点排放源核查作为数据的补充和校核。对于上述资料中未涉及的污染物，可利用文献报道的排放因子加以类比核算。工业源排放数据包含信息如表 6-1 所示（指南附录 B 表 B.1）。

表6-1 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排放量 |
|------|-------------|-------------|--------|-------|-------|--------|--------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|-------|--------|
| 数据单位 | 度 (东经为正) | 度 (北纬为正) | — | (m) | (m) | (K) | (m/s) | (吨/年) | | | | | |
| 企业 1 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 企业 2 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ... | | | | | | | | | | | | | |

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 SO₂、NO_x、CO、颗粒物、VOCs 和 NH₃。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、氨源、生物质燃烧源。

非工业源排放清单主要通过排放因子法核算：非工业源排放量=排放因子×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，可参照美国排放清单编制指南进行编制，具体编制方法参见美国环保署网站 (<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/index.html>)。

非工业源排放清单核算所需排放因子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如表 6-2（指南附录 B 表 B.2）所示。

表6-2 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排放量 | NH ₃ 排放量 |
|------|-----|-------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|-------|--------|---------------------|
| 数据单位 | — | — | (吨/年) | | | | | | |
| 地区 1 | ... | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 地区 2 | ... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| | ... | | | | | | | | |

(2) 目标区域外污染源排放清单

目标区域以外的排放清单也是空气质量模型必要的输入信息,用于保证模型模拟的准确性。尤其对于环境中的二次污染物(如 O₃),如果不考虑周边清单的影响,模型模拟误差很大。

目标区域以外的周边区域排放清单可自行计算,亦可采用清华大学 MEIC 清单或北京工业大学建立的全国排放清单。

6.2.2 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表 6-3 (指南附录 C 表 C.1)。

表6-3 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) | (微克/立方米) | (微克/立方米) | (微克/立方米) | (微克/立方米) | (微克/立方米) |
| 站点 1 | | | | | | | | |
| 站点 2 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

6.3 基于常规污染物环境影响的污染源分级技术方法

本部分内容是该指南的核心内容之一,主要介绍了基于常规污染物环境影响的污染源分级技术方法涉及的污染源、污染源分级依据与计算方式、污染源分级标准等。

6.3.1 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)、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）。

6.3.2 空气质量影响敏感因子计算

(1) 污染源的空气质量影响模拟

利用指南推荐模式 CAMx 与颗粒物来源识别技术（PSAT，Particulate Source Apportionment Technology）计算目标区域内各地区不同排放源对区域空气质量平均浓度贡献。需要指出的是，除指南附录 A 给出的推荐模式 CAMx 外，也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（<http://www.camx.com/home.aspx>），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。

利用数值模式计算不同排放源对区域空气质量平均浓度贡献是污染源分级工作的关键内容之一，为使计算结果更具代表性，数值模拟主要参数设置原则与方式为：

①. 基准年选取：应保证足够长的模拟时段，建议至少模拟获取两个年份的数据，模拟年份（基准年）最好在近三年中选择，此外，要保证可获得基准年的污染源清单与空气质量数据；

②. 模拟时段：建议模拟时段至少包含两个基准年的春、夏、秋、冬四季的代表月（建议选择 1、4、7、10 月）；

③. 受体点或评价点设置：为能有效反映污染源排放对整个区域的浓度贡献情况，模型受体点（或评价点）应均匀分布于目标区域中。

(2) 空气质量影响敏感系数计算

通过对模型模拟结果进行统计分析，分别获得各排放源对所有受体点的平均浓度贡献值，再除以相应的年排放量，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。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 与 PM_{2.5} 对一次 PM_{2.5} 的敏感系数之和。

(3) 空气质量影响敏感因子计算

利用通过数值模拟得到的各排放源对区域空气质量影响的敏感系数，分别除以对应污染物的空气质量年均浓度二级标准，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；

$SF_{i,j}$ —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， $(\mu\text{g}/\text{m}^3)/(\text{t}/\text{a})$ ；

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

6.3.3 空气质量影响敏感因子归一化处理

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，采用极差法对不同地区不同排放源的空气质量影响敏感因子进行归一化处理，将每一个值化为 0-1 的无量纲数据，1 表示最大，0 表示最小。将归一化后的结果作为污染源分级的依据。极差法原理如公式（2）所示。

$$\text{归一化指数} = \frac{\text{某值} - \text{最小值}}{\text{最大值} - \text{最小值}} \quad (2)$$

6.3.4 污染源分级标准

归一化后的敏感因子即为分级指数 PGI，根据 PGI 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) $0.75 \leq \text{PGI} \leq 1.00$ ，污染源级别为一级；
- 2) $0.50 \leq \text{PGI} < 0.75$ ，污染源级别为二级；
- 3) $0.25 \leq \text{PGI} < 0.50$ ，污染源级别为三级；
- 4) $0.00 \leq \text{PGI} < 0.25$ ，污染源级别为四级。

6.4 基于臭氧生成潜势的 VOCs 污染源分级技术方法

本部分内容主要介绍了基于臭氧生成潜势的 VOCs 污染源分级技术方法的污染源选取方式、污染源分级依据与计算方式、污染源分级标准等。

6.4.1 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。建议的 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）》。

6.4.2 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。成分谱应至少包含表 6-4（指南中附录 D）中所列出的 VOCs 组分。

表 6-4 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 |

以上物种是 PAMS (Photochemical Assessment Monitoring Stations) 标气中所含有的 56 种物种中的 55 种 (不含有异戊二烯, 该物种主要存在于植物 VOCs 排放中)。PAMS 标气是美国用于光化学污染评价的法规气体, 其中包含的物种作为本指南收集 VOCs 成分谱所需要的基本物种。此外, 如果能获取 VOCs 排放源排放的更多的 VOCs 物种 (如醛酮), 将更利于污染源臭氧生成潜势的评价与最终分级结果科学性的保证。

6.4.3 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), 或采用表 6-4 (指南中附录 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 的条件下, 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 1tVOCs 臭氧生成量 (OFP):

$$OFP = \sum_i MIR_i \times \rho_i \quad (3)$$

式中：i—VOCs 物种；

MIR_j—VOCs 物种 i 的最大臭氧生成潜势 (t/t)；

p_i—VOCs 污染源中物种 i 所占的质量百分比。

利用公式 (2) 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。

MIR (Maximum Incremental Reactivity) 值是用于表征在理想条件下，VOCs 物种的最大臭氧生成量，单位为 t/t。表 6-4 中的 MIR 值来自于 Carter W P L, Development of the SAPRC-07 chemical mechanism and updated ozone reactivity scales, 2010，当有最新数据更新时，应采用其最新数据。

6.4.4 排放量归一化处理

基于目标区域内的 VOC 排放清单，利用公式 (2) 将各排放源的 VOCs 排放总量进行归一化处理，得到排放量归一化指数 EIN。

6.4.5 污染源分级标准

根据环境管理侧重，分别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 (0-1，两者权重之和为 1) (建议 OFPIN 与 EIN 权重分别为 0.6 和 0.4) 进行加权加和，得到污染源分级指数 PGI：

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

式中：i—VOCs 污染源；

k—不同因子权重，k₁+k₂=1；

OFPIN_i—VOCs 污染源 i 臭氧生成潜势归一化指数；

EIN_i—VOCs 污染源 i 排放量归一化指数。

对污染源分级指数 PGI 再次利用极差法 (公式 (2)) 进行归一化处理，使所有值均处于 0-1 之间；根据分级指数 PGI，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。

6.5 大气污染源分级结论与优化减排方案建议

本部分内容用于阐明大气污染源分级工作完成后的总结与建议提出。

6.5.1 污染源分级结论

给出各污染源优先控制分级结果，完成污染源分级报告。对于基于常规污染物环境影响的污染源分级，报告中应包括污染源排放量计算与获取、对区域空气质量影响的模拟、敏感系数计算、敏感因子计算与归一化处理、分级标准等。对于基于臭氧生成潜势的 VOCs 污染源分级，报告中应包括污染源 VOCs 排放量的计算与获取、VOCs 成分谱的测试与收集、单位 VOCs 排放（1t）臭氧生成潜势的计算与归一化处理、排放量的归一化处理、分级指数的计算与归一化处理、分级标准等。

6.5.2 污染源优化减排方案建议

根据各污染源分级结果与排放情况，环保部门结合当地的大气环境管理需求与社会经济发展状况，给出污染源优先控制的先后顺序，提出适合于目标区域的污染源优化减排方案。

7 指南示范应用举例

为验证指南的科学性、实用性和可操作性，《指南》编制组在北京和唐山两个典型区域分别开展了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 污染源分级的示范应用。应用情况如下所示。

7.1 北京地区示范应用（基于常规污染物环境影响的污染源分级）

7.1.1 基础数据收集

（1）目标区域（北京）污染源清单收集与计算

北京工业源排放以污染源普查数据、环境统计数据为基础，得到企业的基础信息，主要包括企业经纬度、单位名称、烟囱高度、烟囱出口内径、排气温度、排气速度、燃料类型、燃料消耗以及主要产品产量信息。SO₂、NO_x 来自于污染源普查数据，其余污染物利用文献中的排放因子结合基础数据中的燃料信息计算得到各类污染物排放。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。

北京非工业源排放清单为区县分辨率，污染物包含了 SO₂、NO_x、CO、颗粒物、VOCs 和 NH₃。非工业源行业包括了居民源、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、氨源、生物质燃烧源。非工业源的数据主要是通过调查排放基础数据（如居民生活用的燃煤量、机动车保有量、植被面积等），结合文献中的排放因子，估算得到非工业源排放数据。

北京地区污染物排放如图 7-1 所示。

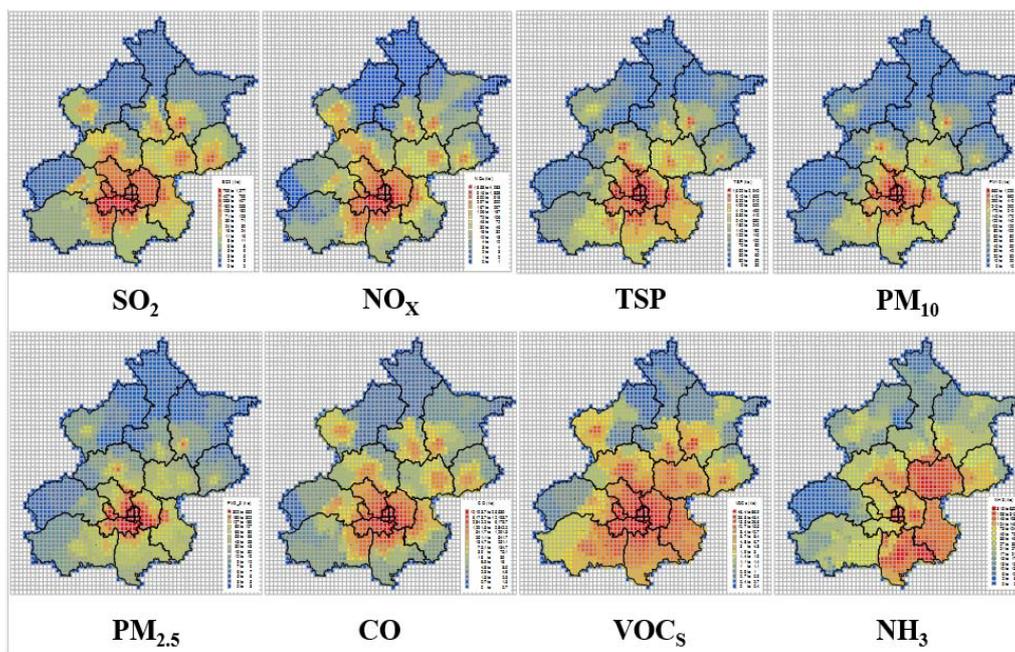


图 7-1 北京地区污染物排放图

(2) 目标区域周边（天津、河北）污染源清单收集与计算

采用相同的方法，估算了天津、河北的工业源与非工业源各污染物的排放数据。天津、河北污染物排放情况分别如图 7-2、图 7-3 所示。

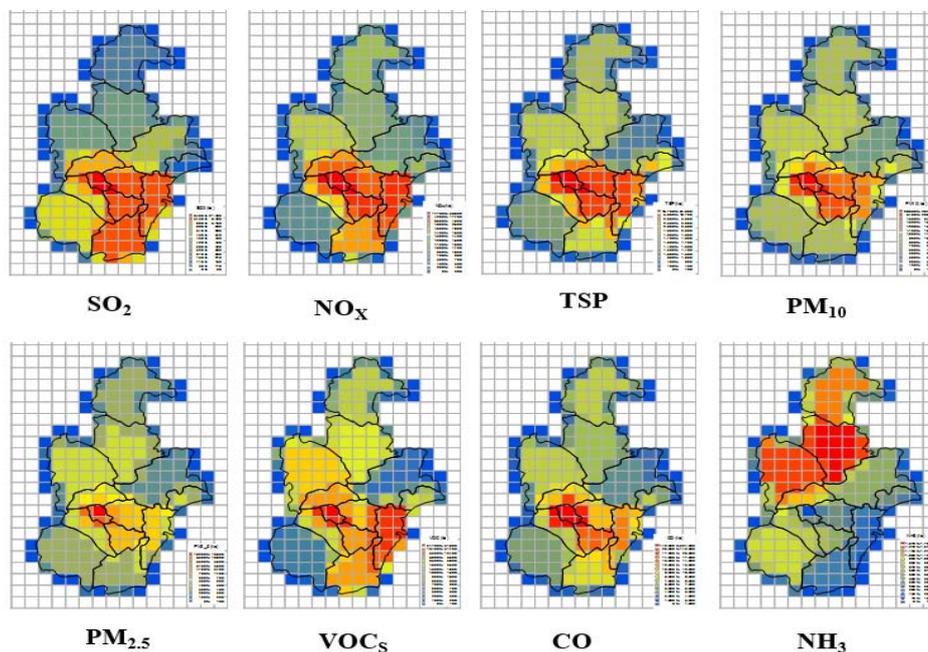


图 7-2 天津地区污染物排放图

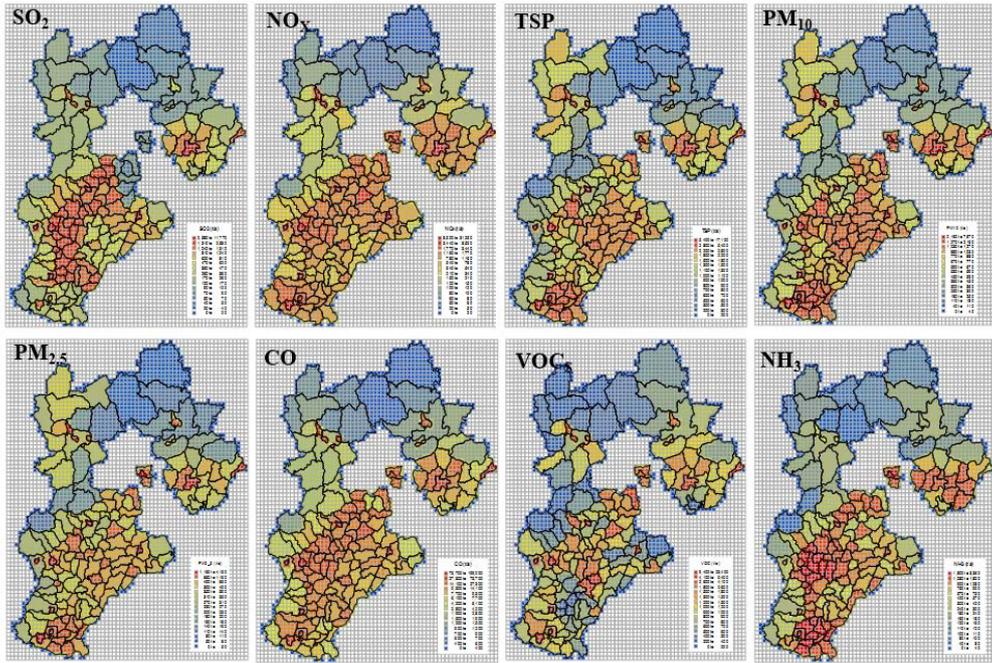


图 7-3 河北地区污染物排放图

(3) 空气质量监测数据收集

环境监测数据是评价地区空气质量现状、分析污染特征以及进行模型对比较验必不可少的数据。为此，本课题收集了近几年北京及近周边地区 27 个站点的逐日污染物浓度（包括 SO_2 、 NO_x 、 PM_{10} ），将模拟结果与监测数据对比以进行模型验证，并分析区域大气污染特征。北京地区各监测站点如图 7-4 所示。



图 7-4 北京地区环境监测站点图

7.1.2 空气质量影响敏感因子计算与归一化处理

(1) 空气质量影响敏感系数模拟方案

①. 模式选择与验证：模式选用推荐模式 CAMx 及其中的颗粒物来源识别技术 (PSAT) 进行不同排放源单位排放 (1t) 对整个北京空气质量的影响。在应用模式进行敏感系数模拟之前，首先要利用监测数据与模式模拟结果进行对比，以验证模式模拟的准确性。

②. 模拟时段：基准年选择为 2009 年与 2010 年，模拟时段包括两年的 1、4、7、10 四个月（分别代表冬、春、夏、秋）。

③. 源排放与受体网格设置：以北京各区县实际 PM₁₀ 排放源为源排放体，以整个北京作为受体，为能更准确的反映各类源排放体对整个北京的贡献，受体网格均匀分布，见图 7-5。

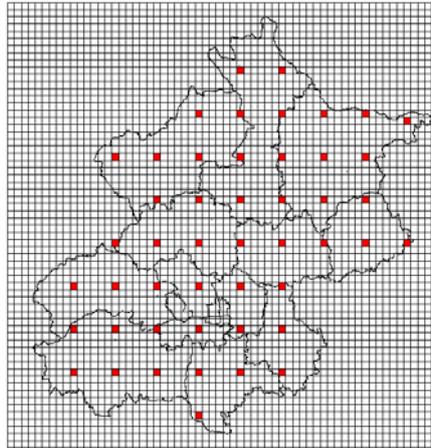


图 7-5 北京地区受体网格示意图

(2) 模拟结果

对 CAMx-PSAT 模式的模拟结果进行统计分析，获取北京各区县不同排放源（包括工业源与非工业源）单位排放（1t）对整个北京空气质量影响的敏感系数；对各区县中的排放源与排放源对整个北京贡献的平均浓度分别进行求和，并相除，得到各个区县平均排放 1t 污染物对整个北京的平均贡献浓度，结果如图 7-6 所示。

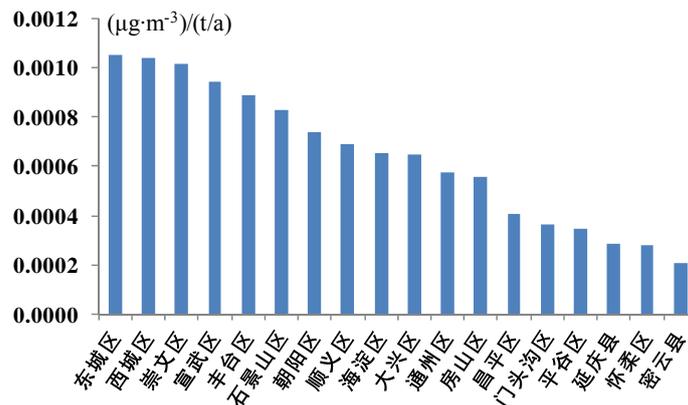


图 7-6 不同区县单位排放（1t）对北京空气质量浓度贡献

不同区县单位污染物排放（1t）对区域空气质量的影响与距区域中心的距离有很大关系，位于区域中心的区县单位排放对区域空气质量的平均浓度贡献明显较大；而距城区较远的区县，单位排放对区域空气质量的平均浓度贡献明显相对较小。

若不考虑各区县距目标区域中心（北京城中心）距离的影响因素，将距城中心距离较为

接近的区县进行对比（如门头沟与房山、房山与昌平），发现不同区县单位排放对整个北京地区空气质量的平均浓度贡献仍存在较大差距，位于污染物西南输送通道的房山单位污染物排放对北京的平均浓度贡献明显高于距北京市中心距离相近的其他区县（如门头沟、昌平等），相差倍数在 1.5-2.5 倍左右。

（3）敏感因子计算与归一化处理

以工业源为例，将各区县不同工业行业源（包括电力、冶金、建材、化工、其它工业及锅炉）的污染物单位排放量（1t）对目标区域均匀受体点的污染物平均浓度贡献，除以空气质量二级标准，得到各排放源的敏感因子。利用极差法将各敏感因子进行归一化处理，使其处于 0-1 之间。

7.1.3 污染源分级

归一化后的敏感因子即为分级指数 PGI，根据 PGI 大小，对北京地区各区县不同工业行业污染源进行分级。各工业源分级指数如图 7-7 所示。

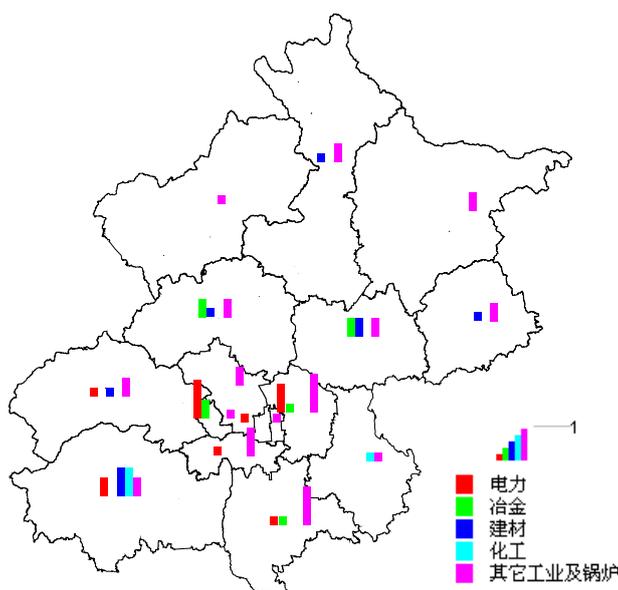


图 7-7 北京典型工业行业源分级指数

7.2 唐山地区示范应用（基于臭氧生成潜势的 VOCs 污染源分级）

7.2.1 分级涉及 VOCs 污染源排放量核算

通过对唐山地区主要的人为 VOCs 排放源（溶剂涂料使用、居民面源、加油站、工业锅炉、冶金、生物质燃烧、化工、建材）进行活动水平数据收集，结合排放因子最新科研成果，估算了唐山地区各区县主要人为源的 VOCs 排放量。

各排放源的活动水平数据与获取方式为：（1）工业锅炉，活动水平数据主要为燃料类型与消耗量，通过污染源普查数据与环境统计数据中获取；（2）冶金、化工、建材，活动水平为各行业的产量信息，通过年鉴或与统计部门合作得到；（3）居民面源，活动水

平主要包括居民生活及餐饮行业的燃料消耗量以及食用油使用量，通过与统计部门合作得到；（4）溶剂涂料使用，活动水平主要包括各行业（主要包括建筑涂料、汽车制造、防腐涂料等）涂料使用情况，通过调查以及相关资料查阅综合对比分析得到；（5）加油站，活动水平为汽油、柴油的加油站销售量，通过调查收集得到；（6）生物质燃烧，活动水平为生物质燃烧量，通过调查各地区当年的典型粮食及农作物的产量，并结合各类作物的谷草比和秸秆作为室内燃料燃烧的比例获得。

唐山地区 VOCs 排放如图 7-8 所示。

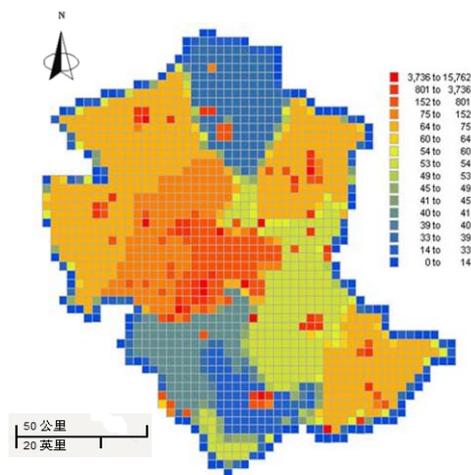


图 7-8 唐山市 VOCs 排放情况

7.2.2 污染源 VOCs 成分谱收集与测试

通过实地测试与文献调研相结合的方式，获取唐山地区典型人为 VOCs 排放源的化学物种成分谱，成分谱内容为各 VOCs 物种的质量百分比。本次示范应用对溶剂涂料使用、加油站、工业锅炉、冶金、化工、建材行业进行了实地测试，得到了唐山本地的典型污染源 VOCs 成分谱；居民面源及生物质燃烧的 VOCs 成份谱主要通过文献调研的方式获得。

实地测试中 VOCs 样品的采集与分析是参照美国 EPA 推荐的 TO-15 分析方法进行的。VOCs C₂-C₄ 物种的定性和定量分析基于气相色谱（Agilent 7890A）-火焰离子化检测器（FID）系统，C₄-C₁₂ 物种的定性和定量分析基于预浓缩（Entech 7100）-气相色谱（Agilent 7890A）-质谱（Agilent 5975C）系统。定性与定量分析采用的标气为 PAMS 标气（56 种化合物）。

图 7-9 给出了几类典型排放源的 VOCs 质量百分比成分谱。1-55 号分别对应于指南附录 D 中给出的 55 种物质。

7.2.3 臭氧生成潜势计算与归一化处理

基于获取的典型 VOCs 排放源物种成分谱，利用附录 D 中给出的各 VOCs 物种的 MIR 值，利用公式（3）计算获取了各典型 VOCs 排放源每排放 1t 的最大臭氧生成量—臭氧生成潜势（OFP）。

为便于对污染源进行臭氧生成潜势与排放量进行的综合评价,须分别将臭氧生成潜势与排放量进行归一化处理以得到无量纲的指数。基于计算得到的臭氧生成潜势,利用极差法(公式 2)对各 VOCs 排放源的 OFP 进行归一化处理,得到归一化指数 OFPIN。

7.2.4 VOCs 排放量归一化处理

如前所述,为便于对污染源进行综合分析,需要对污染源 VOCs 排放量进行归一化处理。利用极差法(公式 2)对唐山市各区县典型 VOCs 排放源的 VOCs 排放总量进行归一化处理,使所有值处于 0-1 之间,得到不同 VOCs 污染源排放总量归一化指数 EIN。

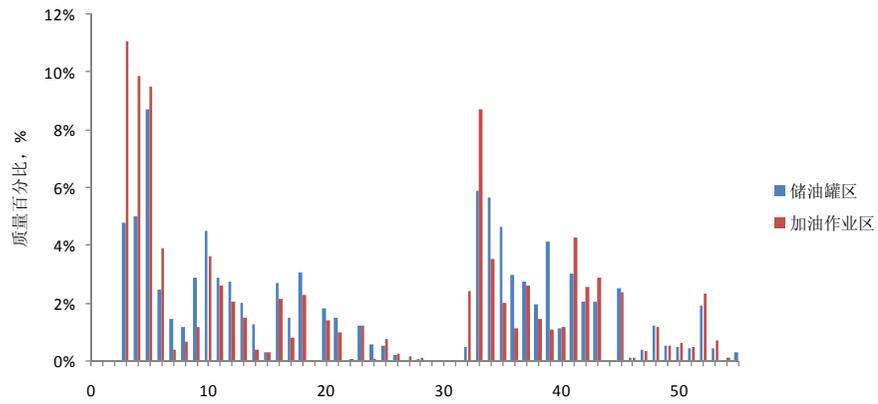
7.2.5 污染源分级

(1) 分别将臭氧生成潜势归一化指数 OFPIN 与排放总量归一化指数 EIN 赋予 0.6 与 0.4 的权重,然后进行加和,得到污染源分级指数 PGI (如公式 4 所示)。

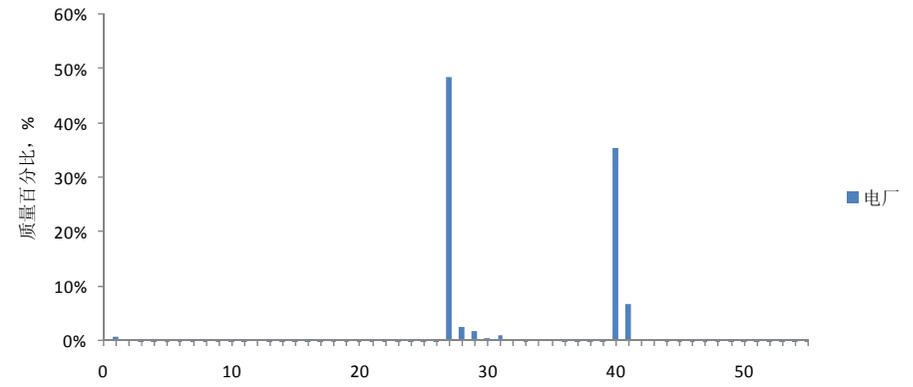
(2) 利用极差法(公式 2)对分级指数 PGI 进行归一化处理,使所有指数处于 0-1 之间。

(3) 按照归一化后的分级指数大小,将唐山典型 VOCs 排放源(溶剂涂料使用、居民面源、加油站、工业锅炉、冶金、生物质燃烧、化工、建材)分为四级,分级标准见 6.4.5。

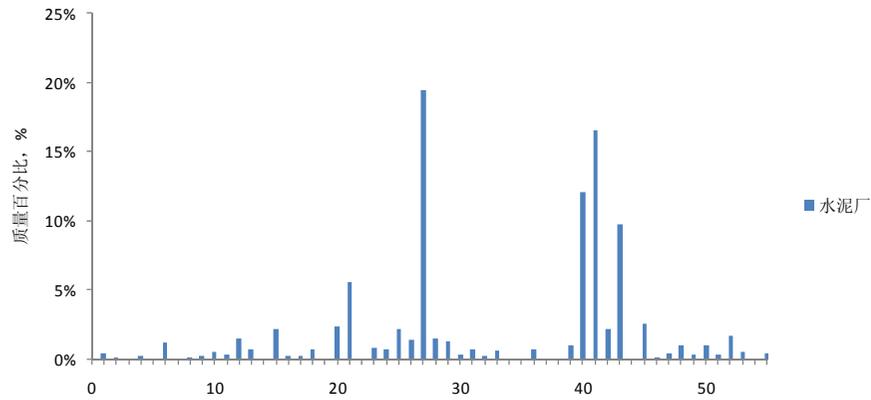
各典型 VOCs 排放源分级指数如图 7-10 所示。



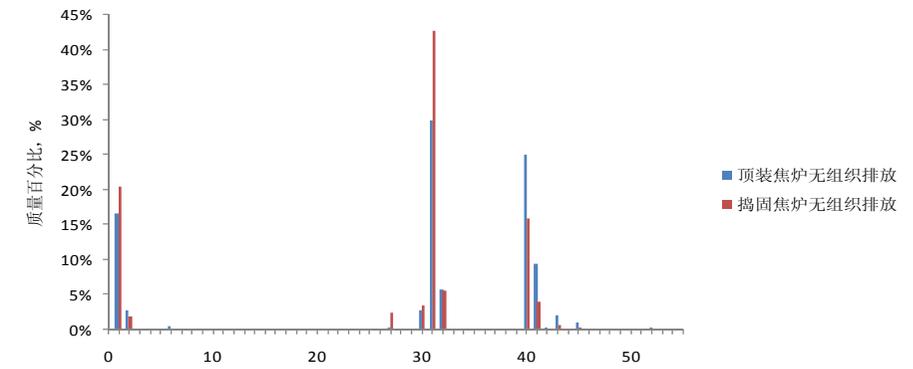
(a) 加油站



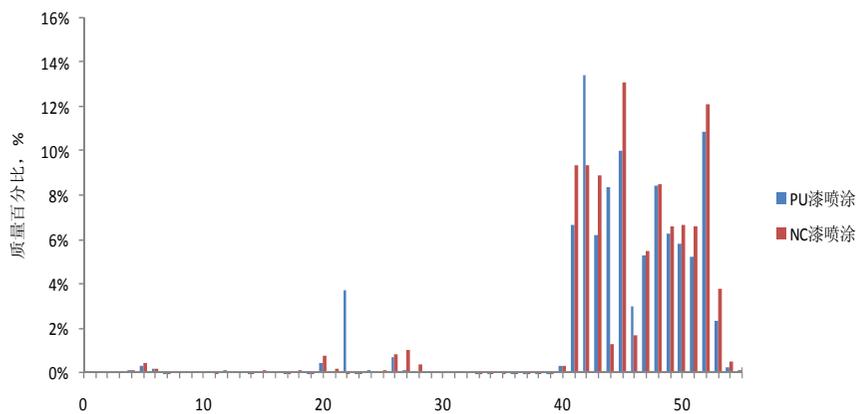
(b) 燃煤电厂



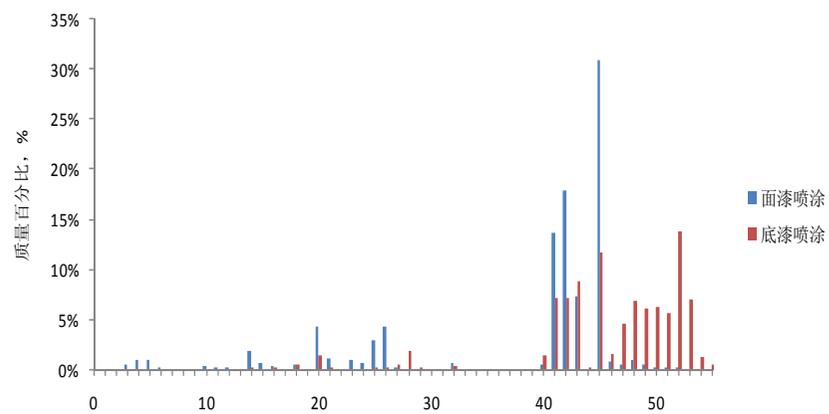
(c) 水泥厂



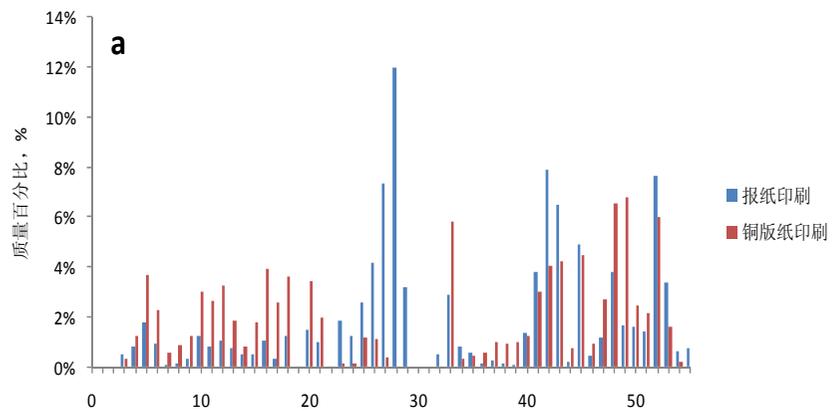
(d) 焦化厂



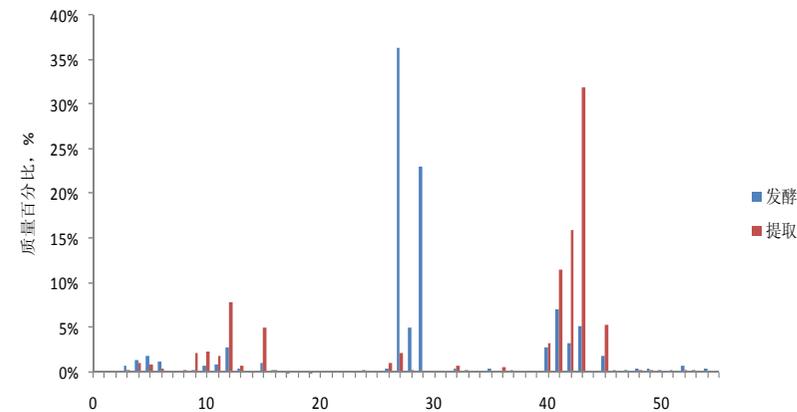
(e) 家具喷涂



(f) 汽车喷涂



(g) 印刷



(h) 制药行业

图 7-9 典型排放源 VOCs 质量百分比成分谱

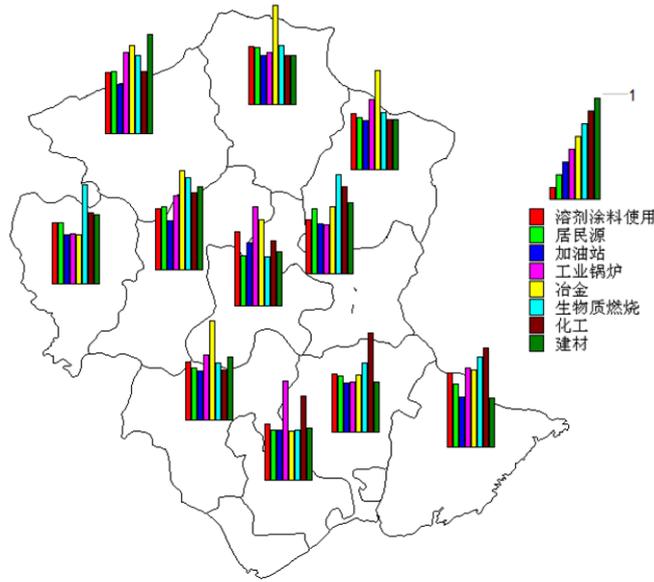


图 7-10 唐山典型 VOCs 排放源分级指数

8 指南实施的环境经济效益分析

当前，我国大气环境污染严重，环境保护部公布的《2013 年上半年 74 城市空气质量报告》显示，2013 年上半年，74 个城市的超标天数达 45.2%， $PM_{2.5}$ 平均浓度为 $76\mu g/m^3$ ，超过年二级标准限值 ($35\mu g/m^3$) 1 倍多。三大污染严重区域中，京津冀 $PM_{2.5}$ 平均浓度高达 $115\mu g/m^3$ ，区域内 13 个城市均未达到 $PM_{2.5}$ 年均值二级标准；长三角 25 个城市中 24 个城市不满足 $PM_{2.5}$ 年均值二级标准；珠三角 9 个城市中 8 个城市不满足 $PM_{2.5}$ 年均值二级标准。为切实改善空气质量，国家于 2013 年 9 月出台了《大气污染防治行动计划》，指出到 2017 年，京津冀、长三角、珠三角等区域细颗粒物浓度分别下降 25%、20%、15% 左右。由于 $PM_{2.5}$ 属于区域复合污染物，污染成因复杂，难以控制，加之我国目前污染物减排以结构减排、管理减排为主，未结合空气质量改善目标，因而我国大气污染防治面临的形势非常严峻。为达到《大气污染防治行动计划》中提出的目标，亟需提出一种优化的、可有效改善空气质量的污染源减排思路。

如果按照本指南的要求，根据不同污染源单位排放 (1t) 对区域空气质量的影响大小进行污染源控制先后顺序分级，并对级别较高的污染源进行优先控制，可使得在控制相同污染物排放量的情况下，最大程度的改善区域空气质量，因而具有很好的环境效益。前期在北京的示范应用结果显示，在各区县均排放 1t 污染物时，对北京污染物平均浓度贡献最大的区县是最小区县的 5 倍左右 (见图 7-6)，说明控制各区县排放的效率将相差 5 倍左右，或者说在削减相同排放量污染物的情况下，控制不同区县排放带来的空气质量改善效果将相差 5 倍左右。可以发现，依据本指南进行大气污染源优先控制分级，并用于指导污染源优化减排方案制定，将带来明显的环境效益。

从另外一个角度讲，为达到同样的空气质量改善目标，与控制级别较低的污染源相比，控制级别较高的污染源需要的污染物减排量将明显减少，这意味着进行污染源控制所投入的费用将大大减少，因而本指南的实施将也带来显著的经济效益。

9 指南实施建议

1) 大气污染源优先控制分级技术指南应与各地污染源减排与空气质量改善方案制定相联系，加强行政指导，促进大气污染防治工作的开展。

2) 建议各地区依据本地区的大气污染源情况与空气质量改善目标，选取合适的大气污染源分级内容，进行技术指南的应用。

3) 根据大气污染防治技术的发展状况，吸纳各种新的可行技术，适时修订本指南。