

附件 4

环境空气质量模型遴选工作指南（试行）

（征求意见稿）

1 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，增强环境空气质量模拟工作的科学性、有效性和一致性，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）《环境质量模型规范化管理暂行办法》及相关法律、法规、标准、文件，编制《环境空气质量模型遴选工作指南（试行）》（以下简称指南）。

1.2 适用范围

本指南是遴选环境空气质量模型进入国家推荐模型名录的工作文件，适用于环境空气质量模型管理部门、模型专家委员会、模型专业委员会、模型研发单位等从事环境空气质量模型规范化管理的工作人员。

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》

《大气污染防治行动计划》

《环境质量模型规范化管理暂行办法》

1.4 术语与定义

模型评价指标: 是指从模型准确性、易用性、成熟性等方面定出一系列指标, 用于综合评价模型的优劣。

验证案例: 是指通过现场实测等方法, 获得污染源数据、气象数据、土地利用类型数据、地形数据和固定点的监测值等一整套验证数据, 形成可供模型使用的输入数据, 和与模型模拟结果相比较的监测浓度值。

模型科学性能验证: 是指用本指南推荐验证案例或自主开展的验证案例对模型模拟结果进行对比的过程, 验证方法一般采用统计学方法。

模型软件测试: 是指在相同计算平台、验证案例和输入输出参数的条件下, 对模型各项性能、参数、指标及模拟结果进行分项测试。

环境空气质量模型遴选工作: 包括模型准确性验证、模型各项性能测试、模型综合指标评价, 模型专业评审等遴选工作。

环境空气质量模型规范化: 是指环境空气质量模型成为推荐模型的一系列的工作。主要工作包括模型遴选技术工作、模型被确定为推荐模型并发布等管理工作。

推荐模型: 是由环境质量模型主管部门以推荐名录形式公开发布的模型。在编制环保政策与落实环保制度等行政与技术文件时, 凡涉及环境质量模拟与评估相关工作的, 都应优先使用推荐模型, 包括推荐的模型参数与基础数据。

高斯模型(烟团、烟流模型): 非网格、简化的输送扩散算法、没有复杂化学机理、一般处理局地尺度。

网格输送化学转化模型 (CTM)：网格化的，包含复杂大气物理（平流、扩散、边界层、云、降水、干沉降等）和大气化学过程（气、液、气溶胶、非均相）算法的输送化学转化模型。

1.5 组织编制单位

本指南由环境保护部科技标准司组织，中国环境科学研究院、环境保护部环境工程评估中心、环境保护部环境规划院、清华大学等单位起草编制。

2 模型遴选

2.1 模型的适用性

环境空气质量模型遴选需考虑模型的适用性，适用性主要因素包括模拟的区域尺度、地形，以及模拟的污染源类型、污染物性质、排放方式等。环境空气质量模型大部分是由各种功能模块搭建的综合性模型，不同模型的功能是相互交叉的。

空气质量模型按模拟尺度分类，可将模型划分为适用于局地尺度、城市尺度、区域尺度等类别。针对 $PM_{2.5}$ 、臭氧等二次污染物，需要在城市与区域尺度上才能模拟各污染物主要来源的影响。目前的网格输送化学转化模型，往往是多尺度模型，可覆盖从城市到区域甚至北半球的范围，网格分辨率可由几十千米到 1 千米。

按模拟污染源进行分类，可将模型（模块）划分为适用于模拟点源、面源、线源、体源、网格化污染源和特殊污染源（如烟塔合一、喷射源）等类别。

按污染物性质分类，可分为一次污染物和二次污染物。一次污染物，如二氧化硫、一氧化碳、黑碳、一次颗粒物（烟尘、扬尘、黑碳、一次有机气溶胶）等；二次污染物和部分二次污染物，如臭氧、一氧

化氮、二氧化氮、颗粒物中的二次组分（硫酸盐、硝酸盐、二次有机气溶胶）等。特定情况，也应考虑特定污染物如含重金属气体的影响。

按排放方式分类，可将模型（模块）划分为适用于模拟连续性排放、间歇性排放、事故性排放等类别。

按模拟地形分类，可将模型（模块）划分为适用于平坦地形、复杂地形、岸边地形等类别。

按模型的原理进行分类，分为拉格朗日模型和欧拉模型。拉格朗日模型对输送、扩散和化学转化做参数化等简单处理，如高斯烟流或烟团模型、粒子扩散模型等。欧拉模型一般为网格模型，此种模型考虑了输送、扩散以及复杂的大气化学机理等，网格距可以是均一的，也可以是非均一的。网格输送化学转化模型可处理复杂的物理化学过程，一般包括水平和垂直输送、水平和垂直扩散、气相化学机理的模型、云降水和液相化学转化、气溶胶动力和化学模型，部分模型还可以考虑非均相化学反应。

2.2 模型遴选基本方法

空气质量模型遴选是环境质量模型主管部门发布推荐模型的基础工作，是模型规范化工作的重要组成部分。模型遴选对象主要来源于模型研发单位申报的模型和模型技术支持机构推荐的模型（不包括自己研发的模型）。

空气质量模型的遴选与环境空气质量模型规范化的发展计划密切结合，依据模型体系框架，结合环境保护需求，分阶段、分类型按轻重缓急有序开展。

本遴选指南将模型分为两大类，1. 按照非网格、简化的输送扩散算法、复杂化学、一般处理局地尺度的高斯模型；2. 网格化包含复杂物理、化学过程算法的输送化学转化模型。

模型遴选主要模型对物理化学过程模拟的科学性进行评估，采用符合主要法规应用需求的案例进行测试。

3 模型遴选工作程序

遴选技术工作主要包括模型科学性评估、模型各项性能测试和模型综合指标评价等模型评审工作。

模型研发单位申报模型的遴选工作程序：先由模型研发和应用单位提出申请，并按遴选要求提交相关材料；模型管理部门受理后，组织或委托相关模型技术支持机构对模型进行测评和评估；模型技术支持机构接受环境质量模型主管部门委托后，参考模型申请材料，对模型的原理、功能、适用性、应用情况及验证报告，对照模型评价指标和评价标准进行逐项分析、测评与评审，并从模型准确性、易用性、成熟性等综合指标进行评估，形成评估报告，并提交环境空气质量模型专业委员会；专业委员会结合评估报告给出同意推荐或不同意推荐的结论，并提交环境空气质量模型专家委员会审议。

模型技术支持机构推荐模型的遴选工作程序：由模型技术支持机构根据环境质量模型规范化的发展需求，比选适用的主流模型，按遴选要求准备模型相关材料；并对模型准确性、成熟性、适用性等综合指标进行评估，形成评估报告，并提交模型环境空气质量模型专业委员会；专业委员会结合评估报告给出同意推荐或不同意推荐的结论，并提交模型专家委员会审议。

对于模型技术支持机构自己研发模型的遴选工作按模型研发单位申报模型的遴选工作程序进行。

4 模型遴选材料要求

4.1 模型遴选材料内容

模型研发单位需填报《环境空气质量模型规范化申请表》（见附录 A），并随申请表提供模型文档资料清单，验证报告和验证数据，技术支持文档，以及模型应用说明等相关技术资料。

4.2 模型技术说明

模型的科学描述资料，包括物理、化学过程的应用公式描述、数值算法的报告及相关科学论文。

高斯模型应包括平坦地形不同稳定条件条件算法、复杂地形算法、建筑物下洗、沉降算法、化学转化算法和适用污染物的描述；烟气抬升算法；输入气象条件和输入排放数据的要求。

网格输送化学转化模型应包括水平和垂直平流算法、边界层和扩散算法、气相化学反应机理、气溶胶动力学和化学机理、云-降水及液相化学反应、干沉降等；烟气抬升算法；输入气象条件和输入排放数据的要求及前处理。

4.3 模型验证要求

提交按已发布的验证案例或自主开展的验证案例形成的模型验证报告，与已推荐模型/国内外主流模型的比较分析报告。

提交验证报告中涉及模型输入、输出的全部数据，验证数据必须是可读的电子文档。模型验证原则上采用模型主管部门发布的验证案例的验证数据，但在发布的验证案例不适用的情况下，可采用自行提供的并由模型主管部门审核后验证案例进行验证，同时还需递交验证案例的原始数据及案例说明。

高斯模型验证资料应包括平坦地形不同稳定条件案例模拟；烟气抬升、复杂地形、建筑物下洗模拟，沉降算法验证，化学转化算法和适用污染物的验证。包括准确性所能模拟污染物种的均值、最高值的再现，相关性（排放变化、区域变化、日变化、季节变化）。

网格输送化学转化模型应包括水平和垂直平流算法、边界层和扩散算法、气相化学反应机理、气溶胶动力学和化学机理、云-降水及

液相化学反应、干沉降等，烟气抬升算法，输入气象条件和输入排放数据的要求及前处理。

模型准确性测试指标包括：空气质量标准要求污染物的均值、最高值的再现、AQI 和污染事件的再现，各种化学组分的再现，相关性排放变化、区域变化、日变化、季节变化。

4.4 技术支持文档

提供电子版的模型运行程序、程序源码等模型相关资料，并注明模型的版本号，程序源码是否公开。并提交带有模型计算方法的技术说明、模型需要的基本数据等相关说明，用户操作手册，模型更新情况等电子版和纸版的技术支持文档。

4.5 模型应用说明

提交模型应用案例，国内外各行业、各领域应用情况，作为其他国家/地区推荐模型的情况，国内外相关研究成果发表情况等模型应用说明。

4.6 申请报告与附件要求

环境空气质量模型规范化申请报告主要内容及附件要求见附录 D。

5 模型验证案例

5.1 验证案例来源与主要内容

环境空气质量模型验证案例由环境空气质量模型主管部门组织发布及更新。验证案例一般包括污染源数据、气象数据、土地利用类型数据、地形数据和固定点的监测值等一整套验证数据。

5.2 验证案例库

本指南提供国内外模型验证案例共 18 个。其中环境空气质量模型主管部门发布了内蒙古正蓝旗上都镇一平坦地形验证案例，其余引用了美国环保署发布的验证案例。已发布的验证案例及说明见附录 C。

18 个验证案例中包括平坦地形、复杂地形和近海岸，涉及农村和城市两种土地类型，污染源排放高度从近地面源到 240 米不等，污染源有单点源和多点源，监测污染物种类有 SO_2 、 SF_6 等，监测点范围从 0.2 公里到 50 公里，监测时间从 26 小时到 1 年。

5.3 验证案例更新完善

国内机构自行建立的验证案例经同行专家认可和推荐，由环境空气质量模型主管部门列入验证案例库。

6 模型验证技术方法

6.1 模型验证要求

环境空气质量模型验证采用模型验证案例法、模型比较法等技术方法。首先选择适用的模型验证案例，输入给定的模型数据，包括污染源、气象数据、土地利用类型数据、地形数据等，按待验证模型的输入格式要求处理、以及模型相关参数，运行需验证的模型，获得输出结果。根据模拟污染物特征及相关参数需求，输入模型计算网格、计算点坐标，以及污染物沉降或转化等参数。模型各参数设置应结合模型模拟范围和模拟污染物特性进行说明。模型模拟计算时，应严格采用验证案例所提供的输入参数，除根据模型输入需要调整数据格式外，不得随意对验证案例的数据信息进行其它调整或修改。

如果同类模型中已有推荐模型或国内外广泛应用的主流模型，则还需采用模型比较法，输入相同的模型数据与参数，获得不同模型的输出结果。

然后采用统计方法和统计图法将获得的输出结果与验证案例中给定的监测值进行对比分析，或与已有推荐模型或国内外广泛应用的主流模型的输出结果进行对比分析，并形成模型验证报告。

对于模型技术支持机构推荐的已被国内外广泛应用的主流模型，模型验证工作以收集相关文献资料为主。

6.2 模型验证案例法

根据模型模拟对象、模拟尺度和外环境等适用性，选择适合的模型验证案例中提供的模型输入数据进行模拟计算，将模型运行结果与验证案例中提供的监测值进行统计分析，按准确性评价标准进行筛选。

模型验证优先选择指南中推荐的验证案例，验证案例由模型主管部门建立并发布，见附录 C。当已发布的验证案例无法满足模型验证需求时，可采用自行建立的验证案例，但需另行提供模型验证案例申请表。递交模型验证报告时，应同时递交验证案例的原始数据及案例说明。

6.3 模型比较验证法

根据模型模拟对象、模拟尺度及模拟污染物等适用性，选择与现有推荐模型或国际较为成熟的同类模型进行对比。参考模型验证案例法选择适合的模型验证案例，将待验证模型与现有推荐模型或主流模型模拟结果进行比较，并分析差异及原因。

6.4 模型评价方法

1) **定性分析**。采用Q-Q图、散点图等统计图方法，对模拟结果进行定性分析。

a) Q-Q 对比图。是对模型模拟值与验证案例监测值分别按值的大小排序，形成的序列对的图。横坐标为验证案例的监测值，纵坐标为模型模拟值。Q-Q 图不在时间或点位上一一对应，只是按值的大小进行排序，主要分析模型模拟值与验证案例监测值的大小分布的一致性。

b) 散点图。也称 XY 图，用于比较成对的数值。散点图是对模型模拟值与验证案例监测值进行时空配对后，形成的序列对的图，通常横坐标为验证案例监测值，纵坐标为模型模拟值。主要分析模型模拟值与验证案例监测值的吻合程度。

2) **定量分析**。采用累积频率误差 (E_f)、相关系数 (Correlation Coefficient, R^2)、平均百分比偏差 (Fractional Bias, FB) 与高端值比值 (Ratio of Modeled/Observed Robust Highest Concentrations, RRHC)、标准化平均偏差 (Normalized Mean Bias, NMB)、标准化平均误差 (Normalized Mean Error, NME) 等方法，对模型模拟值与验证案例中提供的监测值进行定量分析。

a) 累积频率误差 (E_f)。计算同一累积频率时的模拟浓度值与验证案例提供的监测值之误差率。累积频率误差计算公式如 (1) 所示：

$$E_f = \left| \frac{P_f - O_f}{O_f} \right| \times 100\% \quad (1)$$

其中， E_f = 累积频率为 f 时，模拟值与验证案例监测值比对值之误差概率。

P_f = 累积频率为 f 时，模拟浓度值。

O_f = 累积频率为 f 时，验证案例监测值。

b) 相关系数 (R^2)。主要用于衡量两个变量之间的线性相关程度。

相关系数计算公式如 (2) 所示:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (Pred_i - PRED)(Obs_i - OBS)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (Pred_i - PRED)^2 \sum_{i=1}^N (Obs_i - OBS)^2}} \dots \dots \dots (2)$$

式中: OBS 为所有监测值的平均值 (Mean Observation, OBS), Obs_i 为经排序后第 i 个监测值;

PRED 为所有模拟值的平均值 (Mean Prediction, PRED), $Pred_i$ 为经排序后的第 i 个模拟值;

N 为样本总量;

R^2 为相关系数。

c) 平均百分比偏差 (FB)。是指模拟平均值和监测平均值的差值与模拟平均值和监测平均值之和比值的二倍的百分比, 百分比偏差 FB 计算方法如公式 (3) 所示:

$$FB = 2 \times \left(\frac{PRED - OBS}{PRED + OBS} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

用 FB 定量分析模型模拟平均值与验证案例监测平均值的一致性。当模型低估或高估两倍时, 百分比偏差超出 $-67\% \sim +67\%$ 的范围。

d) 高端值比值 (RRHC)。是指模拟高端值和监测高端值的比值, 主要用于定量分析模型在高端值与监测值的吻合程度。高端值比值 RRHC 计算公式如 (4) 所示:

$$RRHC = \frac{RHC_{pred}}{RHC_{Obs}} \dots \dots \dots (4)$$

式中： RHC_{pred} 为模拟值的高端值统计结果， $\mu\text{g m}^{-3}$ ；

RHC_{obs} 为监测值的高端值统计结果， $\mu\text{g m}^{-3}$ 。

其中，高端值 (Robust Highest Concentration, RHC) 指前 N 个最大浓度值，计算公式为：

$$RHC = X(N) + [(\bar{X}) - X(N)] \ln \left[\frac{3N-1}{2} \right] \dots \dots \dots (5)$$

式中 RHC 为前 N 个最大浓度的高端值统计结果， $\mu\text{g m}^{-3}$ ；

$X(N)$ 为第 N 个从最大浓度值算起的前 N-1 个最大浓度值的平均值， $\mu\text{g m}^{-3}$ 。

e) 平均偏差 (Mean Bias, MB) 是指所有模拟值和监测值的时空配对差值进行平均，平均偏差 MB 计算公式如 (6) 所示：

$$MB = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Pred_{x,t}^i - Obs_{x,t}^i) \dots \dots \dots (6)$$

f) 平均误差 (Mean Error, ME) 指将观测值大于 0 的所有时空配对的模拟值和观测值的差值绝对值进行平均，平均误差 ME 计算公式如 (7) 所示：

$$ME = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |Pred_{x,t}^i - Obs_{x,t}^i| \dots \dots \dots (7)$$

式中 $Obs_{x,t}^i$ 为 x 点 t 时间第 i 个观测值， $Pred_{x,t}^i$ 为 x 点 t 时间第 i 个模拟值，N 为样本总量。

g) 标准化平均偏差 (Normalized Mean Bias, NMB) 用于将平均偏差进行标准化，可避免观测值范围过度离散的问题。标准化平均偏差 NMB 计算公式如 (8) 所示：

$$NMB = \frac{\sum_{i=1}^N (Pred_{x,t}^i - Obs_{x,t}^i)}{\sum_{i=1}^N (Obs_{x,t}^i)} \dots \dots \dots (8)$$

h) 标准化平均误差 (Normalized Mean Error, NME) 用于将平均误差进行标准化, 可避免观测值范围过度离散的问题。标准化平均误差 NME 计算公式如 (9) 所示:

$$NME = \frac{\sum_{i=1}^N |Pred_{x,t}^i - Obs_{x,t}^i|}{\sum_{i=1}^N (Obs_{x,t}^i)} \times 100 \dots \dots \dots (9)$$

式中 $Obs_{x,t}^i$ 为 x 点 t 时间第 i 个观测值, $Pred_{x,t}^i$ 为 x 点 t 时间第 i 个模拟值, N 为样本总量。

3) 统计方法

将模型模拟值与验证案例观测值按地点、时段 (小时、日均、年均等) 分别进行统计, 并采用适当的数据筛选和数据配对方法进行数据统计整理。数据配对方法可结合模型模拟精度筛选以下数据配对方法, 各配对比较方法精度由低到高排列。验证报告应至少统计高端值和时空配对值。

a) 高端值配对法 (区域最大值配对法): 对于监测点为 (X1, X2, X3,, Xn), 监测时间为 T 小时, 获取总监测数据为 N × T 个, 将其按浓度值从高到低排列, 取其最大值或高端值与排序后的模拟浓度最大值或高端值进行配对比较。

b) 定时最大值配对法: 对于监测点为 (X1, X2, X3,, Xn), 监测时间为 T 小时的监测数据, 取 t 时刻 n 个监测点中最大监测浓度值与同时刻 n 个模拟点中最大模拟浓度值配对比较, 最大监测浓度与最大模拟浓度允许不在同一位置处。

c) 定点最大值配对法: 对于监测点为 (X1, X2, X3,, Xn), 监测时间为 T 小时的监测数据, 取 T 小时中第 n 个监测点中最大监测浓度值与同地点最大模拟浓度值配对比较, 配对的最高监测浓度与最大模拟浓度允许不在同一时刻。

d) 定时弧线最大值配对法: 对于监测点为 (X1, X2, X3,, Xn), 监测时间为 T 小时的监测数据, 取 t 时刻, 距离污染源同样距

离处下风向弧线上的模拟浓度与监测浓度值进行配对比较，配对的极大监测浓度与极大模拟浓度需发生在同一时刻，并且与污染源直线距离相等。

e) 时空配对法：对于监测点为 $(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$ ，监测时间为 T 小时的监测数据，取 t 时刻，第 n 个监测点的监测浓度值与同时刻同点位处模拟浓度值进行配对。

6.5 准确性评价

模型验证原则上采用模型主管部门发布的验证案例的验证数据（见附录 C），但在发布的验证案例不适用的情况下，可采用自行提供的验证案例进行验证，提供的验证案例的适用性必须与要验证模型的适用性一致，验证案例须通过环境质量模型专业委员的评审。

提交的验证报告、模型比较报告应详尽说明模型验证与比较结果的情况，分析模型验证结果和比较结果中存在差异及原因。

如显示的模拟结果不佳时，输入资料在经过严格的敏感性分析测试下，如有明显高估或低估的情形，则允许合理的调整输入资料以获取较好的模拟结果，但调整方案需有完整详细的说明。

采用模型验证案例法时，模型准确性的评价标准，原则上保证模型模拟值与实际监测值之间平均百分比偏差（FB）在 $-67\% \sim 67\%$ 范围内，高端值比值在 $0.5 \sim 2.0$ 范围内；模拟值与实际监测值的 Q-Q 图与散点图落在 2 倍范围内，并且模拟值整体不低于实际监测值。

采用模型比较验证法时，模型准确性的评价标准，对于高斯扩散模型，模拟结果与标准对比值之间的 95%、50%、5% 的累积频率误差应在 $\pm 20\%$ 范围内；相关系数大于 0.2，并且模型模拟值整体不低于推荐模型模拟值。

对于区域欧拉网格模型，以标准化平均偏差（NMB）和标准化平均误差（NME）以及相关系数为评价依据来判断模型的准确性，按模拟的二氧化硫（ SO_2 ）、二氧化氮（ NO_2 ）、臭氧（ O_3 ）和细颗粒物（ $\text{PM}_{2.5}$ ）

等污染物给出对应的评价标准，4种不同污染物模拟准确性的评价标准如下：

SO₂: $-40\% < \text{NMB} < 50\%$, $\text{NME} < 80\%$, $R^2 > 0.3$;

NO₂: $-40\% < \text{NMB} < 50\%$, $\text{NME} < 80\%$, $R^2 > 0.3$;

O₃: $-15\% < \text{NMB} < 15\%$, $\text{NME} < 35\%$, $R^2 > 0.4$;

PM_{2.5}: $-50\% < \text{NMB} < 80\%$, $\text{NME} < 150\%$, $R^2 > 0.3$ 。

6.6 模型验证报告

模型验证报告应包括以下内容：模型验证案例说明、模型验证方法与指标、典型验证案例模型验证结果、验证案例库验证结果汇总与分析、与现有法规模型或其他主流模型验证比较分析结果、结果分析与说明。

7 模型科学性评估

7.1 模型发展的代表性

模型的公式是否反应最新大气科学理论的发展。参考文献是否是近年最新并得到广泛认可。包括平流输送算法；水平和垂直扩散的处理方法；气相化学反应；云、降水和液相化学反应模型；气溶胶动力学和化学，是否能较好处理不同类型的气溶胶，包括沙尘和扬尘、海盐、二次有机气溶胶；是否能处理复杂地形、烟囱和建筑物下洗、绕流；是否能处理点、线、面、体等不同类型的污染源类型、天然源、移动源、生物质燃烧和野火；模型分辨率；模型模拟范围的适用性。

7.2 模型验证和比选

尽可能采用多个适用的验证案例对申请的模型进行验证，根据模型准确性评价标准评价申请模型与验证案例的一致性。模型验证案例

来源于环境空气质量模型主管部门发布的验证案例和模型研发部门自行提供的验证案例，但原则上应优先采用模型主管部门发布的验证案例，当无适用的验证案例时，可采用自行提供的并由模型主管部门审核后验证案例进行验证。

按既定的模拟情景和给定的输入数据，在同种适用条件下，与同类模型的模拟结果进行比较，评价其结果是否优于同类模型。同类模型来源于已发布的推荐模型或同类主流模型，但原则上应优先采用模型主管部门发布的推荐模型，当无同类推荐模型时，可与同类主流模型进行对比。

模型验证报告要求和技术方法见指南 4.3 及附录 B。

7.3 模型应用情况

分为研发历史、用户数量、文献数量和应用案例四项指标。

研发历史：从模型发展、研发历史、模型成熟度等方面进行评价。

用户数量：从模型应用用户数量、全球应用流行度和应用范围等方面进行评价。

文献数量：根据与模型验证、应用等直接相关的专业学术论文 (SCI 索引论文) 的质量和数量进行评价。

应用案例：根据模型在国内外各领域的案例应用推广情况、行业熟悉程度进行评价。

8 模型软件性能评估

8.1 模型易用性

模型易用性分为模型前处理、模型后处理和计算效率三项指标。

模型前处理: 根据模型参数输入过程中, 对气象数据、地形数据、土地利用数据、污染源数据等输入数据的可编辑性及对不同数据源数据格式的兼容性、原始数据的自动错误检查功能进行评价。

模型后处理: 根据模型是否有对模型输出结果的数据处理及可视化功能, 以及输出结果与第三方软件的数据兼容性进行评价。

计算效率: 选择已发布的推荐模型或同类主流模型, 按同样的基础数据与网格设置, 在相同配置的计算机上运行计算, 根据模型运行所需要的时间和计算效率进行评价。

8.2 模型使用友好性

模型使用友好性分为用户交互、编程规范与代码开源、共享程度三项指标。

用户交互: 根据用户交互界面的友好程度、用户调整和运行模型计算的便捷性等方面进行评价。

编程规范与代码开源: 根据与同类模型编程语言的一致性、代码开放性、编程可读性和可扩展性进行评价。

共享程度: 从模型计算引擎源代码是否公开、模型软件是否收费, 及软件收费情况等方面进行评价。

8.3 技术支持度

分为模型技术文档、用户手册、和交流平台三项指标。

模型技术文档: 从模型技术文档中所包括的模型原理、技术说明、系统开发等内容的详尽和专业化程度进行评价。

用户手册: 根据模型使用手册等文档内容的详尽程度进行评价。

交流平台: 从模型应用与技术培训途径、技术支持和交流平台、以及交流平台的友好性、普及型等方面进行评价。

9 模型综合评价

9.1 模型评价标准

从模型科学性和软件性能等方面进行综合评价。模型科学性包括高斯模型的边界层和大气稳定度、烟气抬升、化学转化、复杂地形和建筑物下洗和绕流、各类污染源的适用性，网格化输送化学转化模型的水平和平流、边界层和扩散、气相化学反应机理、气溶胶动力学和化学机理、云-降水及液相化学反应、气体和颗粒物干沉降、烟气抬升等模块的处理方式及算法，以及模型验证和应用等 20 项指标；模型软件性能包括模型前后处理、计算效率，用户交互界面、共享程度、源代码开放情况、模型技术文档、用户手册等 9 项指标。

通过 29 项指标对模型进行评价，每项评价指标按附录 B 的评价标准分为优、良、中、差四个等级进行客观打分，采用匿名专家主观投票的方法进行综合评价。

9.2 模型测评报告

模型技术支持机构根据《环境质量模型规范化管理办法》规定的职责，开展模型资料初审、模型指标测评、模型验证结果核查等模型评估工作。对受理的申请表及提交的相关资料的完整性、真实性进行初步审查；按模型指标评价方法对模型各项指标和性能进行打分；对验证报告使用的验收案例进行核查，对验证数据进行抽测；经初审、测评、核查后，形成模型评估报告；提交环境空气质量模型专业委员会。

9.3 专家评审与推荐

模型专业委员会结合模型原理、功能、适用性、应用情况以及模型技术支持机构提交的模型评估报告进行评审，根据评审结果按同意推荐或不同意推荐给出结论。

不低于三分之二的专业委员评审意见为同意推荐的，视为通过模型规范化遴选，由环境空气质量模型专业委员会向环境质量模型专家委员会提出推荐建议。

附录 A (参考性附录) 环境空气质量模型规范化申请表

环境空气质量模型规范化申请表

模型名称: _____

申请单位: _____ (盖章)

填报日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

中华人民共和国环境保护部制

填表说明

一、需提供申请材料一式三份，单独装订成册，并附电子版。

二、申请表应使用黑色钢笔或签字笔填写，或使用计算机打印，要求字迹工整。内容一律用中文填写，数字均使用阿拉伯数字。对于国家统一规定的科技术语，应采用规范词。外国人名、地名和科技术语如无统一中文译文时，应当注明原文。

表中的“□”供填表人填写选择项目时使用，若有方格后所述情况，应在方格内标上“√”号。

模型名称栏的全称应简短明确、针对性强，各种文件中的模型名称应填写一致。简称栏里没有简称可以不填此栏。

三、环境质量模型规范化申请资料将存档备案，不予退还。

四、环境质量模型规范化申请表可从模型技术支持中心网站（网址：www.lem.org.cn）下载，填写时如需加页，一律使用 A4 型纸。

申请单位声明

（申请单位）（模型申报联系人）（身份证号）郑重声明，此次填报的《环境空气质量模型规范化申请表》及附件材料的全部数据、内容是真实的。申请资料如有虚假，本单位将自愿放弃申请，并愿按有关法律法规接受处理。

模型申报联系人（签名）：

联系电话：

（单位公章）

年 月 日

环境空气质量模型规范化申请表

模型名称	中文全称		
	英文全称		
	简称		
著作权登记情况:			
申请单位:			
申请单位地址:			
联系人		联系电话	
开发单位			
协作单位			
模型研发历史	各主要版本号及开发时间		
推荐运行环境	运行操作系统名称及版本号		
	支撑环境名称及版本号		
	编程语言名称及版本号		
	运行硬件配置需求		

模型主要功能概述:

该模型与当前国内外同类模型的综合比较概述:

申请单位
意见

盖公章

年月日

模型申报人：(签字)：

申请材料列表

序号	材料类别	备注
1	模型技术说明	
2	模型验证与测试报告	
3	模型用户操作手册	
4	模型应用案例	
5	模型更新说明	
5	其他	
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		

使用自行提供模型验证案例申请表

验证案例地点、地形条件:
污染源类型、排放参数、排放污染物:
监测点位、监测污染物:
监测时段、频率:
气象数据来源、内容、观测时段、频率:
模型模拟范围:
模型模拟污染物:
模拟污染源的设置:
模型城市/乡村、地表、沉降、转化等参数的设定:
按准确性评价标准评价模拟结果
用比较验证法评价模拟结果
污染物: 审核结果: 原因分析:

附录 B 环境空气质量模型评价标准

分类		指标	评价标准
模型科学性	高斯模型	边界层和大气稳定度处理方式	<ul style="list-style-type: none"> ● 能很好地处理昼间对流、夜间逆温：优 ● 能很好地处理昼间对流、夜间逆温：良 ● 能很好地处理昼间对流、夜间逆温：中 ● 能很好地处理昼间对流、夜间逆温：差
		烟气抬升	<ul style="list-style-type: none"> ● 能很好地处理所有气象条件的抬升，能处理不同浮力和出口速度包括射流条件：优 ● 能很好地处理所有气象条件的抬升，能处理不同浮力和出口速度包括射流条件：良 ● 能很好地处理所有气象条件的抬升，能处理不同浮力和出口速度包括射流条件：中 ● 能很好地处理所有气象条件的抬升，能处理不同浮力和出口速度包括射流条件：差
		化学转化	<ul style="list-style-type: none"> ● 能很好处理起一次气体污染物转化、能处理所有 PM 组分、能处理臭氧：优 ● 能很好处理起一次气体污染物转化、能部分处理所有 PM 组分、能部分处理臭氧：良 ● 能较处理好起一次气体污染物转化、能处理硫酸盐、硝酸盐等 PM 组分、不能处理臭氧：中 ● 能较处理好起一次气体污染物转化、不能处理所有 PM 组分、不能处理臭氧：差
		复杂地形和建筑物下洗和绕流	<ul style="list-style-type: none"> ● 能很好地处理所有复杂地形和建筑物下洗：优 ● 能较处理好所有复杂地形和建筑物下洗：优 ● 能部分处理复杂地形和建筑物下洗：中 ● 不能处理复杂地形和建筑物下洗：差
		污染源类型	<ul style="list-style-type: none"> ● 能很好处理点、线、面、体所有类型污染源：优 ● 能较处理好点、线、面、体所有类型污染源：良 ● 能较处理好点、线、面、体部分类型污染源：中 ● 不能很好处理所有类型污染源：差
	网格化输送化学转化模型	水平和垂直平流算法	<ul style="list-style-type: none"> ● 能很好再现各种尺度所有气象条件的水平和垂直平流输送：优 ● 能较好再现各种尺度所有气象条件的水平和垂直平流输送：良 ● 能较好再现部分尺度和部分气象条件下的水平和垂直平流输送：中 ● 不能再现某些尺度和某些气象条件水平和垂直平流输送：差
		边界层和扩散算法	<ul style="list-style-type: none"> ● 能很好再现各种尺度所有气象条件的水平和垂直扩散，能很好处理日间对流：优 ● 能较好再现各种尺度所有气象条件的水平和垂直扩散：良 ● 能较好再现部分尺度和部分气象条件下的水平和垂直扩散：中 ● 不能再现某些尺度和某些气象条件水平和垂直扩散：差

分类		指标	评价标准
		气相化学反应机理	<ul style="list-style-type: none"> ● 包括所有重要气相化学物种和反应，能很好再现各物种浓度和气象条件的气相化学反应：优 ● 包括大多数重要气相化学物种和反应，能较好再现各物种浓度和气象条件的气相化学反应：良 ● 包括大多数重要气相化学物种和反应，但不能较好再现各物种浓度和气象条件的气相化学反应：中 ● 缺少重要的气相大气化学物种和反应：差
		气溶胶动力学和化学机理	<ul style="list-style-type: none"> ● 能很好所有粒径气溶胶动力学和化学机理：优 ● 能较好所有粒径气溶胶动力学和化学机理：良 ● 不能较好再现所有粒径气溶胶动力学和化学机理：中 ● 不包括所有粒径气溶胶动力学和重要化学机理：差
		云-降水及液相化学反应	<ul style="list-style-type: none"> ● 能很好再现所有气象条件和物种的云-降水及液相化学反应：优 ● 能较好再现所有气象条件和物种的云-降水及液相化学反应：良 ● 能较好再现部分气象条件下的和物种的云-降水及液相化学反应：中 ● 不包括部分气象条件下的和物种的云-降水及液相化学反应：差
		气体和颗粒物干沉降模块	<ul style="list-style-type: none"> ● 能很好再现各种气态和颗粒态，所有下垫面的干沉降，能很好双向处理挥发、半挥发气态污染物沉降/再排放：优 ● 能较好再现各种气态和颗粒态，所有下垫面的干沉降，能较好双向处理挥发、半挥发气态污染物沉降/再排放：良 ● 能较好再现各种气态和颗粒态，所有下垫面的干沉降：中 ● 不包括某些气态和颗粒态和部分下垫面的干沉降或再现很差：差
		烟气抬升算法	<ul style="list-style-type: none"> ● 能很好地处理所有气象条件的抬升，能处理不同浮力和出口速度包括射流条件：优 ● 能很好地处理所有气象条件的抬升，能处理不同浮力和出口速度包括射流条件：良 ● 能很好地处理所有气象条件的抬升，能处理不同浮力和出口速度包括射流条件：中 ● 能很好地处理所有气象条件的抬升，能处理不同浮力和出口速度包括射流条件：差
验证案例	发布的验证案例	<ul style="list-style-type: none"> ● 与多个验证案例具有很好的吻合度，或能很好地反应污染浓度变化趋势，符合准确性评价标准：优 ● 与部分验证案例具有较好的吻合度，或能较好地反应污染浓度趋势，基本符合准确性评价标准：良 ● 与多个验证案例吻合度一般，或对污染浓度变化趋势反应一般，部分符合准确性评价标准：中 ● 与验证案例吻合度很差，或完全不能反应污染浓度变化趋势，不符合准确性评价标准：差 	
	自行提供的验证案例	<ul style="list-style-type: none"> ● 与多个验证案例具有很好的吻合度，或能很好地反应污染浓度变化趋势，符合准确性评价标准：优 ● 与部分验证案例具有较好的吻合度，或能较好地反应污染浓度趋势，基本符合准确性评价标准：良 ● 与多个验证案例吻合度一般，或对污染浓度变化趋势反应一般，部分符合准确性评价标准：中 ● 与验证案例吻合度很差，或完全不能反应污染浓度变化趋势，不符合准确性评价标准：差 	

分类		指标	评价标准	
	与同类模型比较	已发布的推荐模型	<ul style="list-style-type: none"> ● 与已发布的推荐模型进行对比，其结果优于推荐模型的结果：优 ● 与已发布的推荐模型进行对比，其结果与推荐模型的结果一致：良 ● 与已发布的推荐模型进行对比，其结果与推荐模型的结果基本一致：中 ● 与已发布的推荐模型进行对比，其结果与推荐模型的结果不一致：差 	
		同类主流模型	<ul style="list-style-type: none"> ● 与同类主流模型进行对比，其结果优于同类主流模型的结果：优 ● 与同类主流模型进行对比，其结果与同类主流模型一致：良 ● 与同类主流模型进行对比，其结果与推荐模型的结果基本一致：中 ● 与同类主流模型进行对比，其结果与同类主流模型不一致：差 	
	模型应用情况	研发历史	<ul style="list-style-type: none"> ● 研发历史悠久，持续研发、更新：优 ● 研发历史较长，持续研发、更新：良 ● 研发历史较短，持续研发、更新：中 ● 研发历史很短，未持续研发、更新：差 	
		用户数量	<ul style="list-style-type: none"> ● 应用国家多，用户数量多：优 ● 应用国家较多，用户数量较多：良 ● 应用国家数量较少，或用户数量较少：中 ● 应用国家数量很少，且用户数量少：差 	
		文献数量	<ul style="list-style-type: none"> ● SCI 索引文章在 20 篇或以上：优 ● SCI 索引文章为 10⁻19 篇：良 ● SCI 索引文章为 1⁻9 篇：中 ● 无 SCI 索引文章：差 	
		应用案例	<ul style="list-style-type: none"> ● 模型在国内外各领域应用推广情况良好，行业熟悉程度高：优 ● 模型在国内外各领域应用推广情况较好，行业熟悉程度较高：良 ● 模型在国内外各领域应用推广情况一般，行业熟悉程度一般：中 ● 模型在国内外各领域应用推广情况差，行业熟悉程度差：差 	
	模型软件性能	模型易用性	前处理	<ul style="list-style-type: none"> ● 可读入绝大多数格式的气象数据、地形数据、土地利用数据、污染源数据等：优 ● 可读入部分格式的气象数据、地形数据、土地利用数据、污染源数据等：良 ● 可读入少数格式的气象数据、地形数据、土地利用数据、污染源数据等：中 ● 仅能读入特定格式的气象数据、地形数据、土地利用数据、污染源数据等：差

分类		指标	评价标准
		后处理	<ul style="list-style-type: none"> ● 模型本身具有优秀的后处理功能，且输出文档为可交换的标准格式（能在 surfer/Arcgis 等常用图形处理软件中进一步处理）：优 ● 模型本身不具有后处理功能，但输出文档为可交换的标准格式（能在 surfer/Arcgis 等常用图形处理软件中进一步处理）；或模型本身具有较为优秀的后处理功能，但输出文档不是可交换的标准格式（不能在 surfer/Arcgis 等常用图形处理软件中进一步处理）：良 ● 模型本身后处理功能一般，输出文档不是可交换的标准格式（不能在 surfer/Arcgis 等常用图形处理软件中进一步处理）：中 ● 模型本身不具有后处理功能，且输出文档不是可交换的标准格式：差
		计算效率	<ul style="list-style-type: none"> ● 选择已发布的推荐模型或同类主流模型，按同样的基础数据与网格设置，在相同配置的计算机上运行： ● 计算耗时 ≤ 法规/主流模型的 0.5 倍：优 ● 法规/主流模型的 0.5 倍 < 计算耗时 ≤ 法规/主流模型 1.5 倍：良 ● 法规/主流模型的 1.5 倍 < 计算耗时 ≤ 法规/主流模型的 5 倍：中 ● 计算耗时 > 法规/主流模型的 5 倍：差
	模型使用友好性	用户交互	<ul style="list-style-type: none"> ● 有良好的用户交互界面：优 ● 较为良好的用户交互界面：良 ● 用户交互界面一般：中 ● 用户交互界面较差：差
		编程规范与代码开源	<ul style="list-style-type: none"> ● 与同类模型编程语言一致，代码开放，编程说明详细，可扩展：优 ● 与同类模型编程语言一致，代码开放，无编程说明，扩展比较困难：良 ● 与同类模型编程语言不一致，代码开放：中 ● 与同类模型编程语言不一致，代码不开放：差
		共享程度	<ul style="list-style-type: none"> ● 免费，优 ● 同类模型中，费用合理：良 ● 同类模型中，费用较高：中 ● 同类模型中，费用高：差
	技术支持度	模型技术文档	<ul style="list-style-type: none"> ● 对模型原理等内容描述细致清晰，能很好地用于指导相关工作开展：优 ● 对模型原理等内容描述较为细致清晰，能较好地用于指导相关工作开展：良 ● 对模型原理等内容描述较为粗略，对相关工作开展指导程度一般：中 ● 对模型原理等内容描述十分简单粗略，对相关工作开展指导程度较差：差
		用户手册	<ul style="list-style-type: none"> ● 内容翔实，能很好地用于指导相关工作开展：优 ● 内容较为翔实，能较好地用于指导相关工作开展：良 ● 内容较为粗略，对相关工作开展指导程度一般：中 ● 内容十分粗略，对相关工作开展指导程度较差：差

分类		指标	评价标准
		交流平台	<ul style="list-style-type: none"> ● 有权威技术支持机构，并且提供良好的技术支持和交流平台：优 ● 有权威技术支持机构，提供较好的技术支持和交流平台：良 ● 有权威技术支持机构，提供简单的技术支持服务和交流平台：中 ● 无权威技术支持，无相关交流平台：差

附录 C (参考性附录) 环境空气质量模型验证案例库

本指南提供国内外点源模型验证案例共 18 个(主要适用于高斯模型验证)。其中内蒙古正蓝旗上都镇一平坦地形验证案例,由中国环境保护部发布,其余 17 个由美国环保署发布的,可用于局地尺度点源模型验证。

18 个验证案例中包括平坦地形、复杂地形和近海岸,涉及农村和城市两种土地类型,污染源排放高度从近地面源到 240 米不等,污染源有单点源和多点源,监测污染物种类有 SO₂、SF₆等,监测点范围从 0.2 公里到 50 公里,监测时间从 26 小时到长达 1 年。

附表 B-1 法规性应用模型验证案例及说明

序号	地区	地形	土地利用类型	污染源数(个)	污染物释放高度(m)	污染物类型	监测点范围(km)	监测时间	数据来源
1	内蒙古正蓝旗	平坦	农村	1	240	SO ₂	5	320 小时	中国环保部
2	AGA	平坦	农村	1	9.75 ~ 24.4	SF ₆	0.2	63 小时	美国环保署
3	Alaska	平坦/海岸	农村	1	39	SF ₆	3	44 小时	美国环保署
4	Baldwin	平坦	农村	1	184	SO ₂	10	1 年	美国环保署
5	Bowline	平坦/海岸	农村	2	87、87	SO ₂	0.85	1 年	美国环保署
6	Clify Creek	平坦	农村	1	208	SO ₂	15	1 年	美国环保署
7	DAEC	平坦	农村	3	1、24、46	SF ₆	1	30 小时	美国环保署
8	EOCR	平坦	农村	1	1 ~ 30	SF ₆ 等	1.6	246 小时	美国环保署
9	Indianapolis	平坦	城市	1	84	SF ₆	12	170 小时	美国环保署
10	Kincaid	平坦	农村	1	187	SF ₆	50	375 小时	美国环保署
11	Kincaid	平坦	农村	1	187	SO ₂	20	4613 小时	美国环保署
12	Lee Wind Tunnel	平坦	农村	1	64.8	SF ₆	0.9	291 小时	美国环保署
13	Lovett	复杂	农村	1	145	SO ₂	3	1 年	美国环保署
14	Martin's Creek	复杂	农村	8	60 ~ 183	SO ₂	8	1 年	美国环保署
15	Millstone	平坦/海岸	农村	2	29、48	SF ₆ 等	1.5	26 小时、36 小时	美国环保署
16	Prairie Grass	平坦	农村	1	0.46	SO ₂	0.8	44 小时	美国环保署

17	Tracy	复杂	农村	1	91	SF ₆	8	128 小时	美国环保署
18	Westvaco	复杂	农村	1	183	SO ₂	3	1 年	美国环保署

C.1 内蒙古正蓝旗案例说明

内蒙古正蓝旗案例选择内蒙古自治区正蓝旗的上都电厂所在区域为试验场地，实验所在区域周边平坦地形乡村区域，三个排放烟囱（其中 1 号烟囱坐标为：E116° 1' 39.935"、N42° 13' 31.333"），地形高程 1320m，高度为 240m，监测污染因子为 SO₂持续排放，污染源排放速率为随小时变化数据。

气象数据包括电厂内架设一个地面气象站（试验期间逐日逐时观测）、一个探空站（试验期间每天观测 6 次，按 04、08、12、14、20、24 点的观测时段进行，最大观测高度约 3000m）。

监测站点共 12 个，位于离电厂 5km 范围内，监测时间为 2013 年 8 月 11 日到 2013 年 8 月 26 日，持续 15 天，监测小时平均浓度、24 小时平均浓度。

C.2 AGA 案例说明

AGA 实验于 1980 年春夏在 Texas 和 Kansas 州进行，实验所在区域周边为平坦地形乡村区域。试验采用 SF₆，每次试验均为 1 个污染源，高度分别为 9.75m，14.48m，24.4m。

Texas 展开的试验中气象数据包括一个地面气象站（坐标为：29.967N，95.350W；1978.1.1—1978.12.31，逐日逐时观测）、一个探空站（坐标为：28.850N，96.917W；全年逐日观测数据），一个 onsite 近地气象观测点（坐标为：96.00W，29.00N；1978.1.1—1978.12.31 期间观测 23 个小时，观测高度为 10m）。

Kansas 州展开的试验中气象数据包括一个地面气象站（坐标为：37.650N，97.433W；1978.1.1—1978.12.31，逐日逐时观测）、一个探空站（坐标为：37.767N，99.967W；全年逐日观测数据），一个 onsite 近地

气象观测点（坐标为：98.3W, 38.2N; 1978.1.1—1978.12.31 期间观测 12 个小时，观测高度为 10m）。

Texas 州监测站点位于离排放源 0.2km 范围内，监测时间为 1978 年 3 月 30 日至 1978 年 5 月 11 日，监测小时平均浓度（23 个小时）。

Kansas 州监测站点位于离排放源 0.2km 范围内，监测时间为 1978 年 7 月 28 日至 1978 年 8 月 10 日，监测小时平均浓度（12 个小时）。

C.3 Alaska 案例说明

Alaska 北坡场地研究实验所在区域周边为平坦地形乡村区域。一个排放烟囱，高度为 39.2m，监测污染因子为 SF₆ 持续排放，污染源排放速率为随小时变化数据。

气象数据包括附近一个地面气象站（坐标为：71.30N, 156.78W; 1987.10.23—1987.11.8 逐日逐时观测）、一个探空站（坐标为：71.30N, 156.78W; 全年逐日一日两次 0 时/12 时观测数据，最大观测高度约 15566m）、一个 onsite 近地气象观测点（坐标为：70.3N, 149.3W; 1987.10.23—1987.11.8 逐日逐时观测，观测高度为 33m）。

监测站点共 41 个，位于离试验区域 3 km 范围内，监测时间为 1987 年 10 月 23 日到 1987 年 11 月 8 日，监测其中的 44 个小时，监测小时平均浓度。

C.4 Baldwin 案例说明

Baldwin 发电站所在区域周边为平坦地形乡村区域，烟囱基座海拔高度 130m。一个排放烟囱（坐标为：38.20N, 84.14W; ），高度为 184.4m，监测污染因子为 SO₂ 持续排放，污染源排放速率为随小时变化数据。

气象数据包括附近一个地面气象站（坐标为：38.55N, 89.85W; 全年逐日逐时观测）、一个探空站（坐标为：38.65N, 88.97W; 全年逐日一日

两次 0 时/12 时观测数据，最大观测高度约 16284m)、一个 onsite 近地气象观测点(坐标为: 38.2N, 89.86W; 全年逐日逐时观测, 观测高度为 91m)。

监测站点共 10 个, 位于离电站 10km 范围内, 监测时间为 1982 年 4 月 1 日到 1983 年 3 月 31 日, 持续 1 年, 监测小时平均浓度、3 小时平均浓度、24 小时平均浓度。

C.5 Bowline 案例说明

Bowline 电站所在区域周边为平坦地形乡村区域。共两个排放烟囱, 高度为 86.87m, 监测污染因子为 SO₂ 持续排放, 污染源排放速率为随小时变化数据。

气象数据包括附近一个地面气象站(坐标为: 40.70N, 74.17W; 全年逐日逐时观测)、一个探空站(坐标为: 42.75N, 73.80W; 全年逐日一日两次 0 时/12 时观测数据, 最大观测高度约 15892m)、一个 onsite 近地气象观测点(坐标为: 41.2N, 73.97W; 全年逐日逐时观测, 观测高度为 100m)。

监测站点共 4 个, 位于离电站 0.85km 范围内, 监测时间为 1981 年 1 月 1 日到 1981 年 12 月 31 日, 持续 1 年, 监测小时平均浓度、3 小时平均浓度、24 小时平均浓度。

C.6 Clifty 案例说明

Clifty 发电站所在区域周边为平坦地形乡村区域, 烟囱基座海拔高度 143m。烟囱(坐标为 38.74N, 88.58W)高度为 207.9m, 监测污染因子为 SO₂ 持续排放, 污染源排放速率为随小时变化数据。

气象数据包括附近一个地面气象站(坐标为: 39.05N, 84.67W; 全年逐日逐时观测)、一个探空站(坐标为: 39.87N, 84.12W; 全年逐日一日两次 0 时/12 时观测数据, 最大观测高度约 16344m)、一个 onsite 近地气象观测点(坐标为: 38.71N, 85.42W; 全年逐日逐时观测, 观测高度为 10m 和 60m)。

监测站点共 6 个，位于离发电站 15km 范围内，监测时间为 1975 年 1 月 1 日到 1975 年 12 月 31 日，持续 1 年，监测小时平均浓度、3 小时平均浓度、24 小时平均浓度。

C.7 DAEC 案例说明

DAEC 实验区所在区域周边为平坦地形乡村区域，烟囱基座海拔高度 228.72m。共三个排放烟囱（坐标分别为：42.10N, 94.22W; 42.10N, 94.22W; 42.10N, 94.22W），高度分别为 1m、23.5m、45.7m，监测污染因子为 SF₆。排放，污染源排放速率为随小时变化数据。

气象数据包括附近一个地面气象站（坐标为：42.55N, 92.40W; 全年逐日逐时观测）、一个探空站（坐标为：40.67N, 89.68W; 全年逐日一日两次 0 时/12 时观测数据，最大观测高度约 16016m）、一个 onsite 近地气象观测点（坐标为：42.101N, 91.777W; 1978.7.1—1978.7.19 中 7 天每天观测 4 小时，观测高度为 10m、23.5m 和 50m）。

监测站点共 44 个，位于离试验区域 1km 范围内，监测时间为 1978 年 7 月 1 日到 1978 年 7 月 19 日，监测小时平均浓度。

C.8 EOGR 案例说明

EOGR 实验区所在区域周边为平坦地形乡村区域。试验采用 SF₆，每次试验均为 1 个污染源，高度分别为 1m、25m、30m。

气象数据包括附近一个地面气象站（坐标为：42.920N, 112.571W; 全年逐日逐时观测）、一个探空站（坐标为：40.78N, 111.97W; 全年逐日一日两次 0 时/12 时观测数据，最大观测高度约 16138m）、一个 onsite 近地气象观测点（坐标为：43.522N, 112.899W; 1975.7.8—1976.7.22）。

监测站点共 132 个，位于离试验区域 1.6km 范围内，监测时间为 1975 年 7 月 8 日到 1975 年 7 月 22 日，监测小时平均浓度。

C.9 Indianapolis 案例说明

Indianapolis 实验所在区域周边为平坦地形乡村区域，烟囱基座海拔高度 220m。排放烟囱高度为 83.8m，监测污染因子为 SF₆ 排放，污染源排放速率为随小时变化数据。

气象数据包括附近一个地面气象站（坐标为：39.733N, 86.267W；全年逐日逐时观测）、一个探空站（坐标为：39.87N, 84.12W；全年逐日一日两次 0 时/12 时观测数据，最大观测高度约 16671m）、一个 onsite 近地气象观测点（坐标为：39.733N, 86.267W；1985.9.16—1985.10.12 每天 11:00—19:00 进行逐时观测，观测高度为 10m）。

监测站点共 177 个，位于离试验区域 12km 范围内，监测时间为 1985 年 9 月 16 日到 1985 年 10 月 12 日，监测小时平均浓度。

C.10 Kincaid 案例说明

实验区所在区域周边为平坦地形乡村区域。一个排放烟囱，高度为 187m，监测污染因子为 SF₆，污染源排放速率为随小时变化数据。

气象数据包括附近一个地面气象站（坐标为：39.5915N, 89.4885W；1980.4.20—1980.5.10, 1980.7.9—1980.7.29, 1981.5.9—1981.6.1 逐日逐时观测）、一个探空站（40.67N, 89.68W；全年逐日一日两次 0 时/12 时观测数据，最大观测高度约 16016m）、一个 onsite 近地气象观测点（坐标为：39.5915N, 89.4885W；）。

监测站点共 140 个，位于离试验区域 50km 范围内，监测时间为 1980.4.20—1980.5.10, 1980.7.9—1980.7.29, 1981.5.9—1981.6.1，监测小时平均浓度。

C.11 Kincaid 案例说明

实验区所在区域周边为平坦地形乡村区域。共一个排放烟囱，高度为 187m，监测污染因子为 SO₂，污染源排放速率为随小时变化数据。

气象数据包括附近一个地面气象站（坐标为：39.850N, 89.683W; 1980.4.2—1980.8.31, 1981.3.10—1981.6.17 逐日逐时观测）、一个探空站（坐标为：40.67N, 89.68W; 全年逐日一日两次0时/12时观测数据, 最大观测高度约16016m）、一个 onsite 近地气象观测点（坐标为：39.5915N, 89.4885W; 1980.4.2—1980.8.31, 1981.3.10—1981.6.17 每天逐时观测, 观测高度为10m、30m、50m和100m）。

监测站点共28个, 位于离试验区域20km范围内, 监测时间为1980.4.2—1980.8.31, 1981.3.10—1981.6.17, 监测每小时、3小时、24小时平均浓度和年均浓度。

C.12 Lee Wind Tunnel 案例说明

Lee 发电站所在区域周边为平坦地形乡村区域, 烟囱基座海拔高度228.72m。一个排放源, 高度为64.8m, 监测污染因子为SF₆, 污染源排放速率为随小时变化数据。

C.13 Lovett 案例说明

Lovett 电厂所在区域周边为复杂地形乡村区域, 周边海拔高程在0~1169m范围, 其中电厂烟囱基座海拔高度1.8m。电厂共一个排放烟囱(坐标为: 41.259N, 76.021W), 高度为145m, 监测污染因子为SO₂持续排放, 污染源排放速率为随小时变化数据。

气象数据包括附近一个地面气象站（坐标为：42.75N, 73.8W; 全年逐日逐时观测）、一个探空站（坐标为：42.75N, 73.8W; 全年逐日一日两次0时/12时观测数据, 最大观测高度约16059m）、一个 onsite 近地气象观测点（坐标为：41.3N, 74.02W; 全年逐日逐时观测, 观测高度为10m/50m/100m）。

监测站点共12个, 位于离电厂2~3 km范围内, 监测时间为1987年12月到1988年12月, 持续1年, 监测每小时、3小时、24小时平均浓度和年均浓度。

C.14 Martin's Creek 案例说明

Martin's Creek 电厂所在区域周边为复杂地形乡村区域，周边海拔高程在 0~619m 范围。电厂共八个排放烟囱(坐标分别为：40.794N, 74.893W; 40.795N, 74.895W; 40.796N, 74.896W; 40.906N, 74.921W; 40.906N, 74.921W; 40.840N, 74.929W; 40.818N, 74.988W; 40.818N, 74.988W)，烟囱基座海拔高度分别为 73.2m、73.2m、73.2m、91.4m、91.4m、103.6m、173.7m、173.7m，高度分别为 182.9m、182.9m、182.9m、121.9m、121.9m、59.4m、76.2m、76.2m，监测污染因子为 SO₂ 持续排放，污染源排放速率为随小时变化数据。

气象数据包括附近一个地面气象站（坐标为：40.65N, 75.43W；全年逐日逐时观测）、一个探空站（坐标为：42.75N, 73.80W；全年逐日一日两次 0 时/12 时观测数据，最大观测高度约 16512m）、一个 onsite 近地气象观测点(坐标为：40.79N, 745.14W；全年逐日逐时观测，观测高度为 10m)。

监测站点共 7 个，位于离电厂 8 km 范围内，监测时间为 1992 年 4 月到 1993 年 4 月，持续 1 年，监测每小时、3 小时、24 小时平均浓度和年均浓度。

C.15 Millstone 案例说明

Millstone 核电站所在区域周边为平坦地形乡村区域。电厂共两个排放烟囱，高度分别为 48.3m、29.1m，监测污染因子为 SF₆，污染源排放速率为随小时变化数据。

气象数据包括附近一个地面气象站（坐标为：41.17N, 73.13W；全年逐日逐时观测）、一个探空站（坐标为：41.67N, 69.97W；全年逐日一日两次 0 时/12 时观测数据，最大观测高度约 16030m）、一个 onsite 近地气象观测点（坐标为：41.309N, 72.168W；1974.10.12—1974.11.20 其中 8 天逐时观测，观测高度为 10m）。

监测站点共 38 个，位于离电厂 1.5 km 范围内，监测时间为 1974 年 10 月到 1974 年 11 月其中 8 天，监测小时平均浓度。

C.16 Prairie Grass 案例说明

Prairie Grass 实验区所在区域周边为平坦地形乡村区域。电厂共一个排放烟囱，高度为 0.46m，监测污染因子为 SO_2 持续排放，污染源排放速率为随小时变化数据。

气象数据包括附近一个地面气象站（坐标为：41.13N, 100.68W；全年逐日逐时观测）、一个探空站（坐标为：41.13N, 100.68W；全年逐日一日两次 0 时/12 时观测数据，最大观测高度约 16679m）、一个 onsite 近地气象观测点（坐标为：42.466N, 98.533W；1956.7.10--1956.8.27 其中 19 天逐时观测）。

监测站点共 545 个，位于离电厂 0.8km 范围内，监测时间为 1956 年 7 月到 1956 年 8 月其中 19 天，监测小时平均浓度。

C.17 Tracy 案例说明

Tracy 电厂所在区域周边为复杂地形乡村区域，周边海拔高程在 1152~3244m 范围，其中电厂烟囱基座海拔高度 1300m。电厂共一个排放烟囱（坐标为：39.561N, 114.4777W），高度为 90.95m，监测污染因子为 SF_6 ，污染源排放速率为随小时变化数据。

气象数据包括附近一个地面气象站（坐标为：39.50N, 119.78W；1984.8.1--1984.8.31 逐日逐时观测）、一个探空站（坐标为：40.90N, 117.80W；全年逐日一日两次 0 时/12 时观测数据，最大观测高度约 16712m）、一个 onsite 近地气象观测点（坐标为：39.56N, 119.52W；全年逐日逐时观测，观测高度为 10m / 50m / 75m / 100m / 125m / 150m / 175m / 200m / 225m / 250m / 275m / 300m / 325m / 350m / 375m / 400m）。

监测站点共 106 个，位于离电厂 8 km 范围内，监测时间为 1984 年，128 个小时的小时平均浓度。

C.18 Westvaco 案例说明

Westvaco 实验区所在区域周边为复杂地形乡村区域，周边海拔高程在 115~1317m 范围，其中电厂烟囱基座海拔高度 288m。电厂共一个排放烟囱（坐标为：39.47N，82.94W），高度为 189.7m，监测污染因子为 SO₂ 持续排放，污染源排放速率为随小时变化数据。

气象数据包括附近一个地面气象站（坐标为：40.53N，80.23W；全年逐日逐时观测）、一个探空站（坐标为：40.53N，80.23W；全年逐日一日两次 0 时/12 时观测数据，最大观测高度约 16243m）、一个 onsite 近地气象观测点（坐标为：39.47N，79.05W；全年逐日逐时观测，观测高度为 30m/210m/326m/366m/416m）。

监测站点共 11 个，位于离电厂 3 km 范围内，监测时间为 1980 年到 1981 年，监测每小时、3 小时、24 小时平均浓度和年均浓度。

附录 D（参考性附录）环境空气质量模型规范化 申请报告参考目录

D.1 模型规范化申请基础资料

D.1.1 环境质量模型规范化申请表

D.1.2 技术文档资料清单

D.2 模型应用现状与背景

D.2.1 模型基本信息

D.2.2 模型开发与应用背景

D.3 模型验证与结果分析

D.3.1 模型验证技术流程

D.3.2 模型验证案例说明

D.3.3 模型验证方法与指标

D.3.4 典型验证案例模型验证结果

D.3.5 验证案例库验证结果汇总与分析

D.3.6 与现有法规模型或其他主流模型验证比较分析结果

D.3.7 结果分析与说明

D.4 申请材料与附件

D.4.1 模型应用程序与代码

D.4.2 模型技术支持文档

D.4.3 应用案例报告

D. 4. 4 国内外相关研究成果