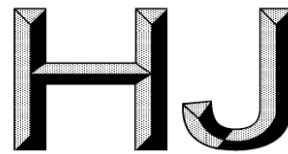


附件 4



中华人民共和国国家环境保护标准

HJ □□□-20□□

环境空气质量数值预报技术规范

Technical guideline for numerical forecasting of ambient air quality

(征求意见稿)

201□-□□-□□发布

201□-□□-□□实施

生态环境部 发布

目 次

前 言.....	ii
1 适用范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 环境空气质量数值预报模式基本要求.....	2
5 环境空气质量数值预报模式运算.....	2
6 环境空气质量数值预报模式效果评估.....	4

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国大气污染防治法》，保护生态环境，保障人体健康，规范环境空气质量预报工作，制定本标准。

本标准规定了环境空气质量数值预报模式基本要求、模式运算和产品、预报效果评估等内容。

本标准适用于指导全国环境监测系统开展环境空气质量数值预报业务。

本标准为首次发布。

本标准由生态环境部生态环境监测司、法规与标准司组织制订。

本标准起草单位：中国环境监测总站、中国科学院大气物理研究所、南京大学、上海市环境监测中心、广东省环境监测中心和北京市环境保护监测中心。

本标准生态环境部20□□年□□月□□日批准。

本标准自20□□年□□月□□日起实施。

本标准由生态环境部解释。

环境空气质量数值预报技术规范

1 适用范围

本标准规定了环境空气质量数值预报模式基本要求、运算处理和成效评估方法等内容。

本标准适用于我国环境空气质量预报业务部门，用于规范和指导业务化应用的环境空气质量数值预报模式，对其基本性能、组成和模拟效果等方面提出要求。

2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是不注日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

GB 3095 环境空气质量标准

HJ 633 环境空气质量指数（AQI）技术规定（试行）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

环境空气质量数值预报模式 numerical forecasting model for ambient air quality

基于控制大气污染现象的基本物理和化学原理，用数学方程组描述大气污染现象，借助于大型计算机通过数值方法求解基本方程组，从而预测各种不同条件下的空气质量状况的系统。

3.2

环境空气质量数值预报 numerical forecasting for ambient air quality

利用环境空气质量数值预报模式，对大气中的主要污染物浓度及时空变化进行形势预报，预测城市和区域环境空气质量状况和潜在污染过程，为群众的生活和生产活动提供指导和服务，为管理部门采取应对措施提供科学依据。

3.3

模式污染源清单 model-ready emission inventory

基于大气污染源排放清单和源清单处理模式，结合人口和交通路网等地理信息数据，以及不同类型排放源的时间分配曲线和化学组成，根据环境空气质量数值预报模式直接输入的时空分辨率和化学机制要求，处理获得的网格化源排放数据。

3.4

大气化学资料同化 atmospheric chemical data assimilation

基于最优估计理论，利用模式状态变量的时空演变规律和物理化学属性的持续约束，将多源大气化学成分观测信息不断融入到环境空气质量模式系统中，以更加精确地估计或预测未知变量，减小不确定性的方法。

4 环境空气质量数值预报模式基本要求

4.1 空间尺度范围

4.1.1 环境空气质量数值预报模式应客观反映一定空间范围内的环境空气质量水平和变化规律，分为全球尺度、大陆尺度、区域尺度和城市尺度。

4.1.2 大陆尺度覆盖东亚地区，空间范围为 900 万平方公里以上。

4.1.3 区域尺度覆盖城市群，空间范围通常为 100~900 万平方公里。

4.1.4 城市尺度覆盖城市及其周边区域，空间范围通常为 100 万平方公里以下。

4.2 空间分辨率

4.2.1 环境空气质量数值预报模式计算区域的水平分辨率，全球尺度不低于经度 $1^\circ \times$ 纬度 1° ，大陆尺度不低于 50 公里 \times 50 公里，区域尺度不低于 15 公里 \times 15 公里，城市尺度不低于 5 公里 \times 5 公里。

4.2.2 模式计算区域的垂直层数不少于 10 层，其中边界层内垂直层数不少于 5 层。

4.2.3 模式污染源清单空间分辨率与数值预报模式计算区域的空间分辨率一致。

4.3 预报时长

4.3.1 全球和大陆尺度模式计算的预报时长不少于 7 天。

4.3.2 区域尺度模式计算的预报时长不少于 5 天。

4.3.3 城市尺度模式计算的预报时长不少于 3 天。

4.4 预报输出时间间隔

环境空气质量数值预报模式模拟输出的时间间隔在 1 小时以内。

5 环境空气质量数值预报模式运算

5.1 模式污染源清单处理

5.1.1 主要目的是将大气污染源排放清单转换成网格化、逐小时的模式污染源清单。

5.1.2 输入参数包括区域大气污染源排放清单、时间和空间分配系数、化学成分物种谱等。

5.1.3 大气污染源排放清单基本属性包括基准年、覆盖范围、排放污染物种类、排放来源分类、时间和空间分辨率等。

- 5.1.4 排放来源类别包含电厂、工业、交通、居民、农业、生物质燃烧、扬尘、天然源等。
- 5.1.5 排放污染物种类包含细颗粒物（PM_{2.5}）、可吸入颗粒物（PM₁₀）、有机碳（OC）、黑炭（BC）、一氧化碳（CO）、氮氧化物（NO_x）、二氧化硫（SO₂）、氨（NH₃）、挥发性有机物（VOCs）等。
- 5.1.6 依据时间和空间分配系数对大气污染源排放清单进行时间和空间分配，包含人口密度、土地利用等空间分配因子和不同类型排放来源的月变化、周变化和日变化等时间分配因子。
- 5.1.7 依据化学物种成分谱对排放污染物进行化学组成分配。

5.2 模式气象预报场前处理

- 5.2.1 主要目的是将气象预报模式的原始输出结果转化为环境空气质量数值预报模式的输入气象预报场，应包括诊断分析、单位转换、空间插值和格式转换。
- 5.2.2 气象预报场基本属性应包括起始时刻、时段范围、时间分辨率、区域网格坐标参数、边界层方案、辐射方案、陆面过程方案和云物理方案等。
- 5.2.3 气象要素应包括温度、气压、湿度、风速、风向、降水、云、辐射等。

5.3 初始边界条件设置

- 5.3.1 主要目的是为环境空气质量数值预报模式提供运行初始值和最外层模式计算区域的边界值。
- 5.3.2 初始值指起始时刻模式计算区域污染物的浓度值，获取方法有：（1）设置为缺省值；（2）从已获得的模式输出或分析资料中提取处理；（3）大气化学资料同化。
- 5.3.3 大气化学资料同化是利用最优插值、三维变分、四维变分、集合卡尔曼滤波等方法，分析融合观测数据和模式预报数据，为空气质量数值预报模式提供更准确的初始值。
- 5.3.4 边界值指预报时段内最外层模式计算区域边界上污染物的浓度值，获取方法有：（1）设置为缺省值；（2）从全球模式的预报结果中提取。

5.4 大气化学传输运算

- 5.4.1 主要目的是用数学方程组表征污染物在大气中消演变的物理化学过程，计算污染物浓度的时空分布。
- 5.4.2 输入参数包括模式污染源清单、模式气象预报场、模式初始和边界条件以及地理经纬度资料等。
- 5.4.3 主要物理化学过程应包括排放、平流、扩散、对流、干沉降、湿沉降、气相化学、液相化学、无机气溶胶化学、有机气溶胶化学及多相化学反应等。
- 5.4.4 结合计算区域地形特点、气象条件、污染物排放特征等因素，设置物理化学过程关键参数最优化方案组合。

5.5 预报产品输出

- 5.5.1 主要目的是对模式原始输出结果进行数据提取、诊断分析、单位换算、网格坐标和数据格式转换等，制作空气质量预报产品。

5.5.2 空气质量预报基本产品应包括PM_{2.5}、PM₁₀、CO、O₃、NO₂、SO₂等主要污染物浓度和空气质量指数的时空分布。

5.5.3 空气质量预报的可选产品包括颗粒物组分、污染来源贡献率、污染潜势、区域沙尘、气溶胶光学厚度等。

5.5.4 气象条件预报基本产品应包括风向、风速、降水、温度、相对湿度、辐射量、云量的空间分布及垂直风场等，其他产品包括边界层高度、环境能见度、大气稳定度、前后向轨迹等。

6 环境空气质量数值预报模式效果评估

6.1 评估内容

6.1.1 评估对象：包括 PM_{2.5}、PM₁₀、CO、O₃、NO₂、SO₂ 浓度、空气质量指数（AQI）、AQI 级别、首要污染物。

6.1.2 评估类别：包括空气质量指数（AQI）预报评估、单项污染物浓度预报统计评估、重污染预报评估。

6.1.3 评估时效：对空气质量数值预报模式提前 24 小时、48 小时、72 小时的预报结果分别进行评估。

6.1.4 评估周期：对环境空气质量数值预报效果进行季度和年度评估，进行月度评估时，可参照执行本标准。

6.1.5 评估实况：全国环境空气质量日报发布的城市日 AQI 和各项污染物浓度日均值。

6.1.6 预报结果处理和计算：参照 GB 3095 和 HJ 633，根据空气质量指数计算方法、首要污染物确定方法和空气质量指数级别定义对数值预报结果进行处理和计算。

6.2 空气质量指数（AQI）预报评估

6.2.1 空气质量指数（AQI）预报评估包括 AQI 范围预报准确率、AQI 级别预报准确率、首要污染物预报准确率。

6.2.2 AQI 范围预报准确率

以数值模式 AQI 预报值为基准，设定正负浮动 25%为 AQI 预报范围，AQI 实况在预报范围内，则记为 AQI 范围预报准确。

评估时段内 AQI 范围预报准确天数与评估总天数的百分比即为 AQI 范围预报准确率，计算公式如下：

$$R_{AQI} = \frac{n}{N} \times 100\% \quad (1)$$

式中： R_{AQI} ——AQI 预报范围准确率；

n ——预报 AQI 范围准确的天数；

N ——评估总天数。

6.2.3 AQI 级别预报准确率评估

根据 6.2.2 将 AQI 预报范围对应得到 AQI 预报级别或级别范围,若 AQI 实况级别在 AQI 预报级别范围内,则记为 AQI 级别预报准确。

评估时段内 AQI 级别预报准确天数与评估总天数的百分比即为 AQI 级别预报准确率。包括分级别预报准确率和级别预报准确率, AQI 级别预报准确率年评估结果不低于 60%, 计算公式如下:

a) 分级别预报准确率 $G_{city,i}$:

$$G_{city,i} = \frac{n_i}{N_i} \times 100\% \quad (2)$$

式中: $G_{city,i}$ ——分级别预报准确率;

i ——AQI 级别,分为一级(优)至六级(严重污染),级别总数 $k=6$;

n_i ——级别预报准确天数;

N_i ——实况 AQI 级别为 i 的总天数。

b) 级别预报准确率 G_{city} :

$$G_{city} = \sum_{i=1}^k n_i / \sum_{i=1}^k N_i \times 100\% \quad (3)$$

式中: G_{city} ——级别预报准确率;

i ——AQI 级别,分为一级(优)至六级(严重污染),级别总数 $k=6$;

n_i ——级别预报准确天数;

N_i ——实况 AQI 级别为 i 的总天数。

6.2.4 首要污染物预报准确率评估

首要污染物预报准确判定标准如下:

a) 实况 AQI 级别为一级时,无首要污染物,不参与首要污染物预报评估。

b) 实况 AQI 级别为二级及以上时,当任一预报首要污染物与任一实况首要污染物相同时,则为首要污染物预报准确。

评估时段内首要污染物预报准确的天数与评估总天数的百分比即为首要污染物预报准确率,计算公式如下:

$$P_{city} = \frac{n}{N} \times 100\% \quad (4)$$

式中: P_{city} ——首要污染物预报准确率;

n ——预报首要污染物准确的天数;

N ——实况 AQI 级别为二级及以上的总天数。

6.3 单项污染物浓度预报统计评估

6.3.1 单项污染物浓度预报统计评估是指通过各项污染物浓度数值预报与实况的偏差、误差和相关性等方面的分析,评估数值模式对城市各项污染物的预报效果。评估内容主要包括标准化平均偏差、均方根误差和相关系数。

6.3.2 标准化平均偏差 (Normalized Mean Bias, NMB)

$$NMB = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (F_i - O_i)}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N O_i} \quad (5)$$

式中: NMB ——标准化平均偏差;

N ——参与计算的样本对个数；

F_i ——第 i 个样本对中，污染物数值预报浓度值；

O_i ——第 i 个样本对中，污染物实况浓度值。

6.3.3 均方根误差 (Root Mean Square Error, RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (F_i - O_i)^2} \quad (6)$$

式中： $RMSE$ ——均方根误差；

N ——参与计算的样本对个数；

F_i ——第 i 个样本对中，污染物数值预报浓度值；

O_i ——第 i 个样本对中，污染物实况浓度值。

6.3.4 相关系数 (Correlation coefficient, r)

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (F_i - \bar{F}) \sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (F_i - \bar{F})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})^2}} \quad (7)$$

式中， r ——相关系数；

N ——参与计算的样本对个数；

F_i ——第 i 个样本对中，污染物数值预报浓度值；

\bar{F} ——参与计算的污染物数值预报浓度平均值；

O_i ——第 i 个样本对中，污染物实况浓度值；

\bar{O} ——参与计算的污染物实况浓度平均值。

6.4 重污染预报性能评估

6.4.1 重污染预报准确率 (Accurate Prediction Ratio, APR)

以自然日 (0-23 时) 为判据，将日 AQI 大于 200 定义为重污染天。一年内实况重污染天数大于等于 5 天时，可进行重污染预报性能评估。

重污染预报准确率是指实况为重污染的总天数中 AQI 级别预报准确的天数所占的百分比。

$$APR = \frac{n}{N_{\text{实况}}} \times 100\% \quad (8)$$

式中： APR ——重污染预报准确率；

n ——评估时段内预报 AQI 级别准确的天数；

$N_{\text{实况}}$ ——实况为重污染的总天数。

6.4.2 重污染预报检验评分 (Threat Score/Critical Success Index, TS)

重污染预报检验评分是指实况或预报为重污染的总天数中，AQI 级别预报准确的天数所占的百分比。

$$TS = \frac{n}{N} \quad (9)$$

式中： TS ——重污染预报检验评分；

n ——评估时段内预报 AQI 级别准确的天数；

N ——实况或预报为重污染的总天数。
