



中华人民共和国国家环境保护标准

HJ 1130—2020

环境空气质量数值预报技术规范

Technical guideline for numerical forecasting of ambient air quality

(发布稿)

本电子版为发布稿，请以中国环境出版集团出版的正式标准文本为准。

2020-05-15 发布

2020-08-15 实施

生态环境部 发布

目 次

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

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、运算处理、效果评估方法等内容。

本标准适用于指导全国生态环境部门的环境空气质量业务化数值预报。

本标准首次发布。

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、北京市环境保护监测中心。

本标准生态环境部2020年05月15日批准。

本标准自2020年08月15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、运算处理和效果评估方法等内容。

本标准适用于全国生态环境部门的环境空气质量业务化数值预报,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作出规定。

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

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

基于大气污染物形成过程中的基本物理和化学原理,采用数值计算方法模拟大气污染物的排放、扩散、输送、化学反应、清除等物理和化学过程,从而预测空气质量状况的系统。

3.2

环境空气质量数值预报 numerical forecasting of 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预报,预测城市和区域等环境空气质量状况和潜在污染过程,为公众的日常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 pollutant 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,按照不同类型排放源的时间分配和化学组成,根据环境空气质量数值预报模式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，模式所应用的空间尺度范围可分为全球尺度、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，空间范围通常为 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，其中近地面 1 公里内垂直层数不少于 5 层。

4.2.3 模式污染源清单空间分辨率应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 7 天。

4.3.3 城市尺度模式计算的预报时长不少于 5 天。

4.4 预报输出时间间隔

环境空气质量数值预报模式相邻两次模拟结果输出的时间间隔应在 1 小时（含）以内。

5 环境空气质量数值预报模式运算处理

5.1 模式污染源清单前处理

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）、二氧化硫（SO₂）、氮氧化物（NO_x）、一氧化碳（CO）、有机碳（OC）、黑炭（BC）、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 依据化学成分谱对排放污染物进行化学组成分配。

5.1.8 如有条件，可采用动态更新的污染源清单数据。

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、时间和空间范围、时间和空间分辨率、区域网格坐标参数、边界层方案、辐射方案、陆面过程方案和成云参数化方案等。

5.2.3 气象要素应包括气温、气压、湿度、风、降水、云、辐射等。

5.3 初始与边界条件设置

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）从已获得的模式输出或分析资料中提取处理；（2）大气化学资料同化；（3）设置为缺省值。

5.3.3 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）从全球模式的预报结果中提取；（2）设置为缺省值。

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。

5.4.5 有条件时可进行大气化学资料同化，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。

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（AQI）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、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、气温、气压、相对湿度、辐射量、云量的空间分布等，其他产品可包括边界层高度、大气能见度、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方法

6.1 评估内容

6.1.1 应用环境空气质量数值预报模式时，应对其预报效果进行评估。

6.1.2 评估对象：包括 PM_{2.5}、PM₁₀、CO、O₃、NO₂、SO₂ 浓度，AQI、AQI 级别，首要污染物。

6.1.3 评估类别：包括单项污染物浓度预报统计评估、空气质量指数预报评估、重污染天预报评估。

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

6.1.5 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；如进行月度评估，可参照执行本标准。

6.1.6 评估所用实况数据：全国环境空气质量指数日报发布的城市 AQI 和各项污染物浓度。

6.1.7 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 单项污染物浓度预报统计评估

6.2.1 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结果与实况的偏差、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。

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

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

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。

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

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

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。

6.2.4 相关系数 (Correlation coefficient, r)

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (F_i - \bar{F}) \sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (F_i - \bar{F})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})^2}} \quad (3)$$

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。

6.3 空气质量指数预报评估

6.3.1 空气质量指数预报评估包括 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。

6.3.2 AQI范围预报准确率评估

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, 若 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:

$$R_{AQI} = \frac{n}{N} \times 100\% \quad (4)$$

式中: R_{AQI} ——AQI 范围预报准确率;

n ——AQI 范围预报准确的天数;

N ——评估总天数。

6.3.3 AQI级别预报准确率评估

根据 6.3.2 的 AQI 预报范围得到 AQI 预报级别范围, 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应不低于 60%, 计算公式如下:

a) 分级别预报准确率 $G_{city,i}$:

$$G_{city,i} = \frac{n_i}{N_i} \times 100\% \quad (5)$$

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), 级别总数为 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} :

$$G_{city} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i}{\sum_{i=1}^k N_i} \times 100\% \quad (6)$$

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。

6.3.4 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：

$$P_{city} = \frac{n}{N} \times 100\% \quad (7)$$

式中： P_{city} ——首要污染物预报准确率；

n ——首要污染物预报准确的天数；

N ——实况 AQI 级别为二级及以上的总天数。

6.4 重污染天预报性能评估

6.4.1 重污染天预报准确率

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。

重污染天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，计算公式如下：

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

式中： $HAPR$ ——重污染天预报准确率；

n ——评估时段内 AQI 级别预报准确的天数；

$N_{\text{实况}}$ ——实况为重污染的总天数。

6.4.2 重污染天预报检验评分

重污染天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，计算公式如下：

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

式中： $HCSI$ ——重污染天预报检验评分；

n ——评估时段内 AQI 级别预报准确的天数；

N ——实况或预报为重污染的总天数。
