

ICS 01.120

CCS A 00

DB4403

深圳市地方标准

DB4403/T XX—2020

## 环境空气质量预报预警技术规范

Technical guideline for forecasting of ambient air quality in Shenzhen

2020-XX-XX 发布

2020-XX-XX 实施

深圳市市场监督管理局

发布



目 次

前 言 ..... III

引 言 ..... V

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 基本要求 ..... 2

5 运算处理 ..... 3

6 效果评估 ..... 4

附录 A 环境空气质量预报预警工作流程..... 8



## 前 言

本规范按照GB/T 1.1-2020规则起草。

本规范由深圳市生态环境局提出并归口。

本规范主要起草单位：深圳市环境监测中心站、暨南大学、生态环境部华南环境科学研究所。

本规范主要起草人：刘婵芳、何龙、何鹏飞、王雪梅、常鸣、王伟文、张毅强、汪云卿、刘伟民、费蕾蕾、刘斌、黄剑。



## 引 言

为规范现行的深圳市环境空气质量预报预警工作方案，建立科学客观的、适合本地的、可操作性强的深圳市空气质量预报预警地方标准，帮助生态环境管理部门规范全市空气质量预报流程，进而及时制定有效的应急管理措施，提高社会公众对本地环境空气质量预报方法和信息发布机制的认识，特制定本规范。

本技术规范对环境空气质量数值预报、环境空气质量统计预报模式等的基本要求，运算处理、评估方法等内容进行了规定。





# 环境空气质量预报预警技术规范

## 1 范围

本标准对环境空气质量数值预报、统计预报模式或方法等的基本要求，运算处理、评估方法等内容进行了规定，适用于深圳市生态环境局及各区环境空气质量业务化预报部门，或任何采用本标准的单位。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本规范的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本规范。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改版本）适用于本规范。

HJ 1130-2020 环境空气质量数值预报技术规范

GB 3095-2012 环境空气质量标准

HJ 633-2012 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规范。

### 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

### 3.5

#### 环境空气质量统计预报模式 statistical forecasting model for ambient air quality

利用环境空气质量和气象参数等历史观测资料建立大气污染浓度与气象条件或非气象条件间的相关性、趋势性、延续性等统计关系，建立拟合方程或统计模型，从而外推得到对未来环境空气质量的预报结果。

### 3.6

#### 环境空气质量统计预报 statistical forecasting of ambient air quality

利用环境空气质量统计预报模式，以未来的气象条件或非气象条件作为模式的输入，对空气质量监测站点的未来大气污染物浓度进行预报。

## 4 基本要求

### 4.1 环境空气质量数值预报

#### 4.1.1 空间尺度范围

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，深圳市级尺度所应用的空间尺度范围需包括：覆盖深圳市行政区域，空间范围为2000平方公里以上；市内区级尺度所应用的空间尺度范围需包括：覆盖区行政区域。

#### 4.1.2 空间分辨率

环境空气质量数值预报模式计算区域的水平分辨率不低于3公里×3公里，重点区域的水平分辨率不低于1公里×1公里或精细到街区尺度。

模式计算区域的垂直层数不少于 30 层，其中近地面 1 公里内垂直层数不少于 10 层。

模式污染源清单空间分辨率应与环境空气质量数值预报模式计算区域的空间分辨率一致。

#### 4.1.3 预报时长

环境空气质量数值预报模式的预报时长不少于 7 天。

#### 4.1.4 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。

### 4.2 环境空气质量统计预报

#### 4.2.1 空间尺度范围

环境空气质量统计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，原则上每个区至少一个点位。

#### 4.2.2 预报时长

环境空气质量统计预报模式的预报时长不少于 7 天。

#### 4.2.3 预报输出时间间隔

环境空气质量统计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 运算处理

#### 5.1 环境空气质量数值模式预报

##### 5.1.1 模式污染源清单处理

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。

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。

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。

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。

排放污染物种类包含细颗粒物（ $PM_{2.5}$ ）、可吸入颗粒物（ $PM_{10}$ ）、二氧化硫（ $SO_2$ ）、氮氧化物（ $NO_x$ ）、一氧化碳（CO）、有机碳（OC）、黑炭（BC）、氨（ $NH_3$ ）、挥发性有机物（VOCs）等。

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。

依据化学成分谱对排放污染物进行化学组成分配。

如有条件，可采用动态更新的污染源清单数据

##### 5.1.2 模式气象预报场前处理

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。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。气象要素应包括温度、气压、湿度、风速、风向、降水、云、辐射等。

##### 5.1.3 初始边界条件设置

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。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。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。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。

##### 5.1.4 大气化学传输运算

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。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。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。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。

##### 5.1.5 预报产品输出

深圳市空气质量预报基本产品应包括PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、CO、O<sub>3</sub>、NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>等主要污染物浓度、空气质量指数（AQI）级别、首要污染物和污染天等。空气质量预报的诊断产品包括颗粒物组分(硝酸盐、硫酸盐、铵盐)、重点地区和重点行业污染源贡献(分担)率、气溶胶光学厚度等。气象条件预报基本产品应包括风向、风速、降水、温度、相对湿度的空间分布及垂直风场等，诊断产品包括边界层高度、前后向轨迹等。

## 5.2 环境空气质量统计预报

### 5.2.1 预报因子数据库建立

统计模型假设污染水平主要受气象条件控制，污染源变化很小；选取稳定性好、代表性强、与污染相关性好的气象因子，包括风速、风向、温度、相对湿度、压力和降水等气象要素，气象数据的来源可以是中国气象局天气预报结果和WRF天气预报数据等。

### 5.2.2 模型数据清洗

数据清洗包括模型输入数据中异常值、重复值和缺失值的识别和处理。

### 5.2.3 模型开发环境

开发环境的建立可以通过Python、MATLAB、R等编程语言实现。神经网络等机器学习模型的建立可以使用Python中的scikit-learn、Keras、Tensorflow等工具包，或其他编程语言中对应的工具包实现。

### 5.2.4 模型训练

模型训练是模型沿着预报污染物浓度和观测污染物浓度之间的误差减小的方向不断更新模型参数的过程。

### 5.2.5 模型调优

统计预报模型的调优是通过交叉验证等方法对预报因子和模型结构进行反复优化，使模型达到最优的过程。

### 5.2.6 模型动态更新

至少每六个月将最新的实测数据作为样本加入到样本库中，剔除较旧的样本数据，通过不断调整样本库重新训练，形成一种动态的统计预报模型，以提升预测效果。

## 6 效果评估

### 6.1 评估内容

6.1.1 开展环境空气质量预报工作时，应对其预报结果进行评估。

6.1.2 评估对象：包括PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、CO、O<sub>3</sub>、NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>浓度，AQI范围、AQI级别，首要污染物、污染天。

6.1.3 评估类别：包括AQI预报范围、AQI预报级别、首要污染物预报准确率评估、污染天。

6.1.4 评估时效：环境空气质量预报模式提前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：预报评估以每日例行的空气质量预报为基础，考虑数据有效性要求，本标准仅规定开展季度和年度空气质量预报评估，进行月度评估时可参照执行。

## 6.2 单项污染物浓度预报统计评估

6.2.1 评估所用实况数据：深圳市国控点、省控点、市控点和区控点等污染物监测浓度数据，应为审核后的站点数据。

6.2.2 单项污染物浓度预报统计评估是指通过各项污染物浓度预报结果与实况的偏差、误差和相关性等方面的分析，评估预报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。

### 6.2.3 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。

### 6.2.4 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。

### 6.2.5 相关系数（Correlation coefficient, $r$ ）

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

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 AQI 范围预报准确率评估

以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AQI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。

#### 6.4 AQI级别预报准确率评估

将6.3的AQI预报范围对应得到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 $k=6$ ；

$n_i$ ——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  $G_{city,i}$ ：

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

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。

#### 6.5 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：

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。

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：

$$P_{city} = \frac{n}{N} \times 100\% \tag{7}$$

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。

6.6 污染天预报准确率

以自然日（0-23 时）为判据，将日 AQI 大于 100 定义为污染天。一年内实况污染天数大于等于 5 天时，可进行污染天预报准确率评估。

污染天预报准确率是指实况为污染的总天数中 AQI 级别预报准确的天数所占的百分比，计算公式如下：

$$HAPR = \frac{n}{N_{\text{实况}}} \times 100\% \tag{8}$$

式中： $HAPR$ ——污染天预报准确率；  
 $n$ ——评估时段内 AQI 级别预报准确的天数；  
 $N_{\text{实况}}$ ——实况为污染的总天数。

附 录 A  
(资料性)  
环境空气质量预报预警工作流程

## A.1 资料分析

### A.1.1 空气质量监测实况分析

空气质量实况是预报员预判空气质量未来变化趋势的基础。主要统计分析深圳市区域内各监测站点实况、过去一段时间内污染源变化情况、六项污染物浓度、空气质量指数和首要污染物等。同时，考虑深圳市周边城市污染源对本地空气质量的传输影响。

### A.1.2 大气污染源变化分析

主要统计分析深圳市区域内过去一段时间内污染源变化情况，包括工业点源、移动源、扬尘等面源及一些突发性污染源等。同时考虑深圳市周边城市污染源对本地空气质量的传输影响。

### A.1.3 大气条件分析及预判

通过分析深圳市主要气象因素的监测和预报资料，预报员预判深圳市未来大气环境扩散条件。主要包括中央气象台、深圳市气象台、香港天文台等气象部门所给出的东亚地区不同高度层的天气形势图，并综合分析各层系统匹配情况、系统移动及与污染场的协同变化。

### A.1.4 数值及统计等预报模式结果分析

预报员将上级部门每日下发的环境空气质量预报指导产品、数值模式预报结果和统计模型预报结果作为深圳市空气质量预报的参考。采用以数值模型预报和统计模型预报结果相结合的方式，将包涵各种污染物浓度逐时叠加风场模拟值的空间分布、深圳市污染区域范围、深圳市未来空气质量等级、污染团移动规律和首要污染物等数值模型预报结果与本地实际情况相结合进行深入分析。

## A.2 预报会商

### A.2.1 内部会商

内部会商由当日主班预报员发起，会商预报团队一般包括首席预报员、主班预报员和副班预报员等。会商内容主要为前一日预报结果的评估、当日空气质量实况分析、气象条件和污染潜势、未来空气质量指数范围等。

### A.2.2 外部会商

气象参数是开展空气质量预报不可缺少的数据基础，与气象部门建立常态化合作机制十分重要。主班预报员每日进行空气质量预报时，需与气象部门值班人员进行会商，由气象部门提供未来临近时间内详细的地面风向和风速、相对湿度、降雨落区和降雨强度等气象资料，从而对未来污染物变化趋势、空气质量指数和首要污染物作出更准确的判断。

### A.2.3 会商意见

基于内部会商和外部会商结果，形成预报意见，主要包括未来AQI范围、AQI级别、首要污染物等。若预测未来空气质量变化趋势及未来一定时间内空气质量达到轻度污染及以上，则按照《深圳市大气污染应急预案》（深环[2019]415号）（以下简称“应急预案”）上报深圳市大气污染防治指挥部（以下



简称“指挥部”）。指挥部办公室负责组建和管理大气污染应急专家库，组成大气污染应急专家组，建立专家会商机制。专家会商采取现场会商与视频会商结合的方式进行。

### A.3 审核报送

深圳市空气质量预报结果为“优”至“良”，拟发布信息由当日主班预报员审核报送；深圳市空气质量预报结果为“轻度污染及以上”，则按照专家会商结果报送。

### A.4 预报预警信息发布

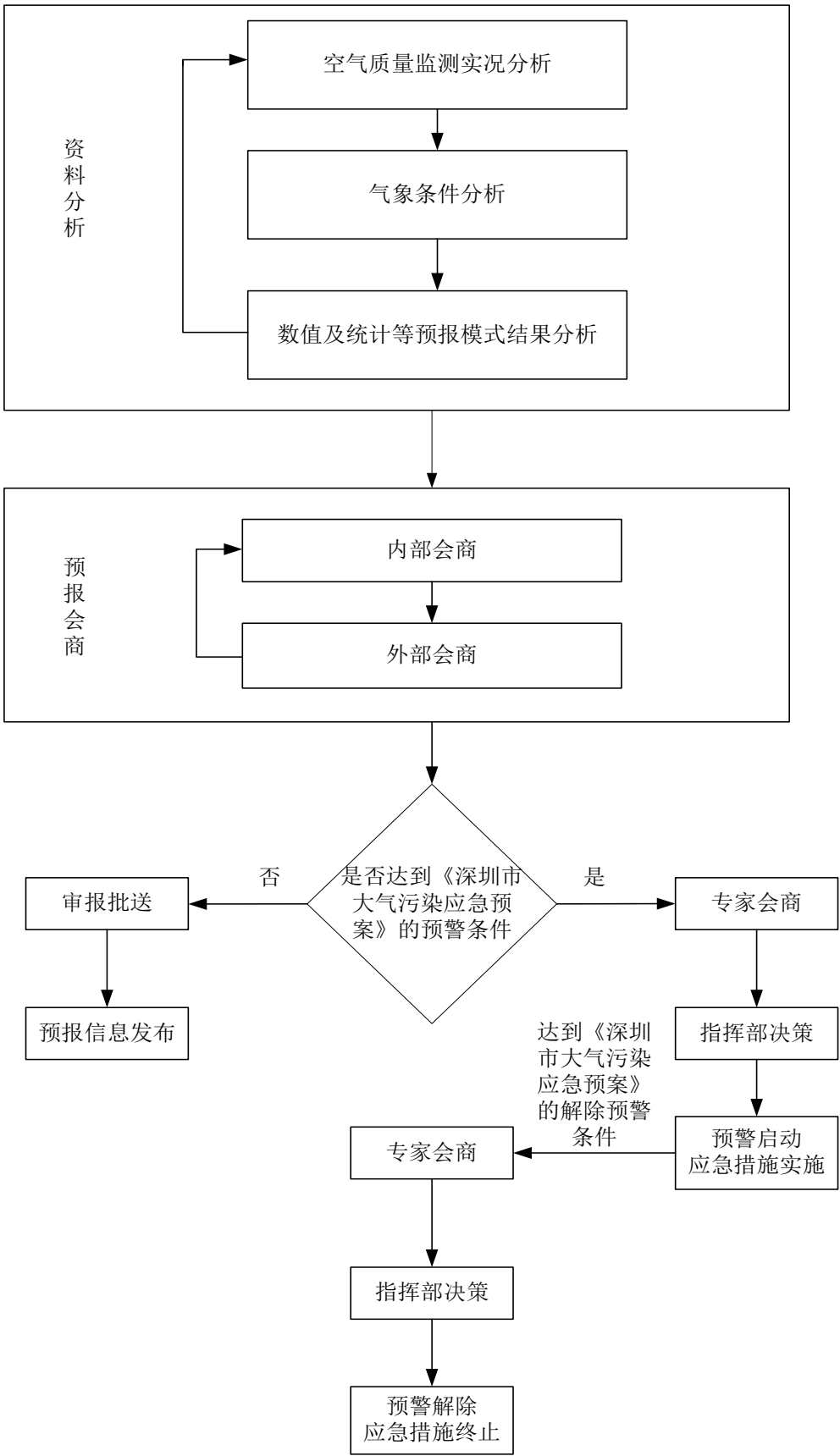
深圳市空气质量预报结果为“优”至“良”，主班预报员通过系统自动化平台进行多渠道的预报信息发布，发布内容为未来空气质量指数范围、污染等级及首要污染物等预报信息。若深圳市空气质量预报结果为“轻度污染及以上”，根据指挥部办公室的决策，主班预报员通过相关系统自动化平台会同深圳市气象局进行多渠道的预警信息发布，发布内容为启动预警等级并建议公众减少出行。

### A.5 应急措施实施

根据指挥部办公室的决策，按照《应急预案》，市有关部门和各区人民政府、新区管委会、合作区管委会统一采取相应管控措施。

### A.6 预警解除

根据《应急预案》，监测预警工作组根据实时空气质量监测数据，结合市气象局对未来天气形势研判，预测环境空气质量将明显转好时，由专家工作组专家会商，形成预警解除的建议，并由指挥部办公室按程序报指挥部解除，应急措施终止。



环境空气质量预报预警工作流程图