

ICS 13.040  
CCS Z 01

# DB4403

深 圳 市 地 方 标 准

DB4403/T 208—2021

## 环境空气质量预报预警技术规范

Technical specification for forecasting of ambient air quality

2021-12-15 发布

2022-01-01 实施

深圳市市场监督管理局 发布



## 目 次

前言.....	II
引言.....	III
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
4.1 环境空气质量数值预报.....	2
4.2 环境空气质量统计预报.....	2
5 运算处理.....	3
5.1 环境空气质量数值模式预报.....	3
5.2 环境空气质量统计预报.....	4
6 预报工作流程.....	4
7 效果评估.....	4
7.1 评估内容.....	5
7.2 评估方法.....	5
附录 A（资料性） 环境空气质量预报预警工作流程.....	7
参考文献.....	10

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由深圳市生态环境局提出并归口。

本文件起草单位：广东省深圳生态环境监测中心站、暨南大学、生态环境部华南环境科学研究所。

本文件主要起草人：刘婵芳、何龙、何鹏飞、王雪梅、常鸣、王伟文、张毅强、刘伟民、汪云卿、费蕾蕾、刘斌、黄剑、房庆。

## 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规范，支持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，提高对社会公众环境空气质量预报和信息发布的服务水平，特制定本文件。



# 环境空气质量预报预警技术规范

## 1 范围

本文件规定了环境空气质量预报预警的数值预报基本要求、统计预报基本要求、数值模式预报运算处理、统计预报运算处理、工作流程及效果评估等内容。

本文件适用于规范和指导深圳市业务化应用的环境空气质量预报预警。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 3095 环境空气质量标准

HJ 1130—2020 环境空气质量数值预报技术规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 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。

[来源：HJ 1130—2020, 3.1]

### 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。

[来源：HJ 1130—2020, 3.2]

### 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。

[来源：HJ 1130—2020, 3.3]

### 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。

[来源：HJ 1130—2020, 3.4]

### 3.5

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

利用环境空气质量和气象等历史观测资料，分析大气污染浓度与气象条件及其他影响因素条件的统计关系，建立拟合方程或统计模型，从而根据模型和新的预测影响因素条件，获得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，对未来环境空气质量和大气污染物浓度进行预报。

### 3.7

#### 空气质量指数 air quality index

定量描述空气质量状况的无量纲指数。

[来源：HJ 633—2012, 3.1]

## 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。空间尺度范围应符合下列要求：

- a) 城市群尺度覆盖深圳市及其周边区域，空间范围通常为 100 万平方公里量级；
- b) 市级尺度覆盖深圳市，空间范围为 4000 平方公里以上；
- c) 区级尺度覆盖该行政区域及周边行政区。

#### 4.1.2 空间分辨率

4.1.2.1 环境空气质量数值预报模式市级尺度计算区域的水平分辨率不低于 3 公里×3 公里，重点地区的区级尺度水平分辨率不低于 1 公里×1 公里或精细到街区尺度。

4.1.2.2 垂直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。

4.1.2.3 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5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5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

5.1.1.1 输入参数包括大气污染源排放清单、时间和空间分配系数、化学成分谱等。

5.1.1.2 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、排放来源类别、时间和空间分辨率等。如有条件,可采用动态更新的大气污染源排放清单数据。

注1: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)、黑碳(BC)、氨( $NH_3$ )、挥发性有机物(VOCs)等。

注2:排放来源类别包括电厂、工业、交通、居民、农业、生物质燃烧、扬尘、天然源等。

5.1.1.3 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。

5.1.1.4 依据化学成分谱对排放污染物进行化学组成分配。

##### 5.1.2 模式气象预报场前处理

5.1.2.1 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。

5.1.2.2 气象要素应包括温度、气压、湿度、风速、风向、降水、云、辐射等。

5.1.2.3 气象预报场前处理包括诊断分析、单位转换、空间插值和格式转换等。

##### 5.1.3 初始边界条件设置

5.1.3.1 初始值指起始时刻模式计算区域污染物的浓度值,获取方法有以下三种:

- a) 缺省值;
- b) 从已获得的模式输出或分析资料中提取处理;
- c) 大气化学资料同化。

5.1.3.2 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,获取方法有以下两种:

- a) 缺省值;
- b) 从全球模式或大范围区域模式的预报结果中提取。

##### 5.1.4 大气化学传输运算

5.1.4.1 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。

5.1.4.2 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方案组合。

注：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。

### 5.1.5 数值预报产品输出

5.1.5.1 环境空气质量数值预报基本产品应包括  $PM_{2.5}$ 、 $PM_{10}$ 、CO、 $O_3$ 、 $NO_2$ 、 $SO_2$  等主要污染物浓度、空气质量指数（AQI）数值、级别和首要污染物等。

5.1.5.2 环境空气质量预报诊断产品包括颗粒物组分（硝酸盐、硫酸盐、铵盐、有机物）、重点地区和重点行业污染来源贡献（分担）率、气溶胶光学厚度以及光化学反应二次生成主要示踪产物等相关参数。

5.1.5.3 气象条件预报基本产品应包括风向、风速、降水、温度、相对湿度和边界层高度的空间分布及垂直风场、前后向气团轨迹等。

## 5.2 环境空气质量统计预报

### 5.2.1 预报因子数据库建立

5.2.1.1 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。

5.2.1.2 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。气象数据的来源主要是气象部门天气预报结果、气象数值模式预报数据等。

### 5.2.2 输入数据质量控制

输入数据质量控制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等。

### 5.2.3 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。模型的训练可以通过Fortran、Python和R等编程语言实现。

### 5.2.4 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，从而建立最优的拟合方程或统计模型。

### 5.2.5 统计预报产品输出

环境空气质量统计预报基本产品应包括  $PM_{2.5}$ 、 $PM_{10}$ 、CO、 $O_3$ 、 $NO_2$ 、 $SO_2$  等主要污染物浓度、AQI 数值、级别和首要污染物等。针对特定污染物的统计预报模型，产品应包括该污染物浓度、AQI 分指数等。

### 5.2.6 模型动态更新

至少每六个月将最新的环境空气质量和气象等实测数据作为样本加入到样本库中，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 预报工作流程

环境空气质量预报预警工作流程见附录A。

## 7 效果评估

## 7.1 评估内容

7.1.1 开展环境空气质量预报工作时，应对其预报效果进行评估。评估内容包括评估类别、评估对象、评估时效、评估周期。

7.1.2 评估类别包括单项污染物浓度预报统计、AQI 预报范围、AQI 预报级别、首要污染物预报准确率、污染天预报准确率。

7.1.3 评估对象包括  $PM_{2.5}$ 、 $PM_{10}$ 、CO、 $O_3$ 、 $NO_2$ 、 $SO_2$  浓度，AQI 范围、AQI 级别，首要污染物、污染天预报准确率。

7.1.4 对环境空气质量预报模式提前 24 小时、48 小时、72 小时等主要时次的预报结果分别进行时效评估。

7.1.5 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，本文件规定主要以季度和年度为评估周期开展空气质量预报评估，视实际需要开展其它周期评估。

## 7.2 评估方法

### 7.2.1 单项污染物浓度预报统计评估

7.2.1.1 单项污染物浓度预报统计评估是指通过各项污染物浓度预报结果与观测数据的偏差、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，污染物浓度单位按照 GB 3095 设定。

7.2.1.2 评估所用观测数据包括国控点、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。

7.2.1.3 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。

7.2.1.4 标准化平均偏差按照 HJ 1130—2020 公式（1）计算。

7.2.1.5 均方根误差按照 HJ 1130—2020 公式（2）计算。

7.2.1.6 相关系数按照 HJ 1130—2020 公式（3）计算。

### 7.2.2 AQI 范围预报准确率评估

7.2.2.1 以 AQI 预报值为基准，设定正负浮动 25% 为 AQI 预报范围。若实测 AQI 在 AQI 预报范围内，则记为 AQI 范围预报准确。

7.2.2.2 评估时段内 AQI 范围预报准确天数与评估总天数的百分比为 AQI 范围预报准确率，按照 HJ 1130—2020 公式（4）计算。

### 7.2.3 AQI 级别预报准确率评估

7.2.3.1 将 7.2.2 的 AQI 预报范围对应得到 AQI 预报级别范围，若实测 AQI 级别在 AQI 预报级别范围内，则记为 AQI 级别预报准确。

7.2.3.2 评估时段内 AQI 级别预报准确天数与评估总天数的百分比为 AQI 级别预报准确率，包括分级预报准确率和级别预报准确率。分级预报准确率按照 HJ 1130—2020 公式（5）计算，级别预报准确率按照 HJ 1130—2020 公式（6）计算。AQI 级别预报准确率年评估结果不低于 60%。

### 7.2.4 首要污染物预报准确率评估

7.2.4.1 首要污染物预报准确率的判定标准如下：

——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；

——AQI 级别为二级及以上时，当任一预报首要污染物与任一实测首要污染物相同时，则首要污染物预报准确。

7.2.4.2 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为首要污染物预报准确率，按照 HJ 1130—2020 公式（7）计算。

### 7.2.5 污染天预报准确率评估

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

7.2.5.2 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为污染天预报准确率，计算方法见公式（1）。

$$APR = \frac{n}{N_{\text{实况}}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

*APR* ——污染天预报准确率；

*n* ——评估时段内AQI级别预报准确天数；

*N<sub>实况</sub>* ——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。预报员主要统计分析深圳市区域内各监测站点主要污染物浓度、过去一段时间内污染物浓度变化趋势、大气颗粒物组分和挥发性有机物等二次生成相关前体物水平、相关雷达和卫星等遥感产品、AQI和首要污染物等，同时考虑深圳市周边城市空气质量变化情况。

##### 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 气象条件分析及预判

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。分析内容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控制系统形势、流场、温湿度场等气象条件产品，并综合分析各层天气系统匹配情况、天气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

预报员将数值模式预报结果和统计模型预报结果及上级部门每日下发的环境空气质量预报指导产品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，将包含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，预报会商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评估、当日空气质量实况分析、气象条件、大气污染潜势、未来空气质量变化趋势、AQI预测范围等。

##### A.2.2 外部会商

建立常态化外部会商机制。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短期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和污染气象条件预测，从而对未来污染物变化趋势、AQI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，则按照大气污染应急预案运行机制上报市污染防治攻坚战指挥部（以下简称“指挥部”）。指挥部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

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；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 预警信息发布

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AQI范围、污染等级及首要污染物等预报信息。空气质量预报结果为“轻度污染及以上”，指挥部通过相关系统自动化平台会同气象部门进行多渠道的预警信息发布，发布内容为启动预警等级和公众防护提示。

### A.5 应急措施实施

根据指挥部的决策，市有关部门和各区政府、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

监测预警工作组根据实时空气质量监测数据，结合深圳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，并由指挥部按程序解除，应急措施终止。

### A.7 环境空气质量预报预警工作流程图

环境空气质量预报预警工作流程图见图A.1。

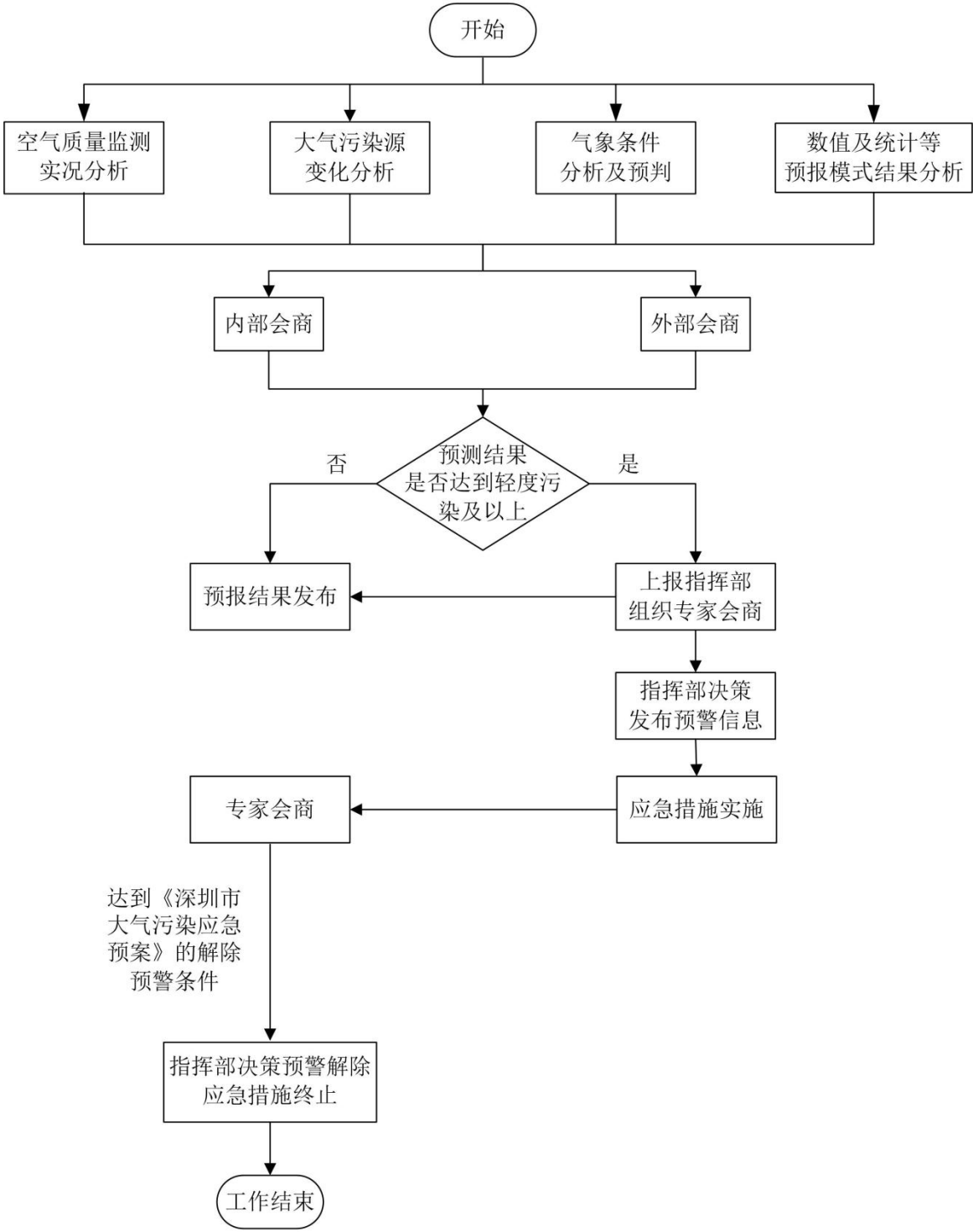


图 A.1 环境空气质量预报预警工作流程图

参 考 文 献

- [1] HJ 633—2012 环境空气质量指数（AQI）技术规定（试行）
- [2] 深圳市生态环境局. 深圳市生态环境局关于印发实施《深圳市大气污染应急预案》的通知：深环[2019]415号[A/OL]. (2019-12-17) [2020-03-13]. [http://meeb.sz.gov.cn/szsthjjwzgzkml/szsthjjwzgzkml/qt/tzgg/content/post\\_6745446.html](http://meeb.sz.gov.cn/szsthjjwzgzkml/szsthjjwzgzkml/qt/tzgg/content/post_6745446.html)
-