



环境空气质量 预报成效评估 方法技术指南

中国环境监测总站 编著

HUANJIANG KONGQI ZHILIANG
YUBAO CHENGXIAO PINGGU
FANGFA JISHU ZHINAN

中国环境出版集团

环境空气质量

预报成效评估方法技术指南

中国环境监测总站 编著

中国环境出版集团·北京

图书在版编目(CIP)数据

环境空气质量预报成效评估方法技术指南/中国环境
监测总站编著. —北京: 中国环境出版集团, 2018.5

ISBN 978-7-5111-3662-6

I. ①环… II. ①中… III. ①环境空气质量—预报—
评估方法—指南 IV. ①X831-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 093306 号

出 版 人 武德凯
责任编辑 曲 婷
责任校对 任 丽
封面设计 彭 杉

出版发行 中国环境出版集团
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京盛通印刷股份有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2018 年 12 月第 1 版
印 次 2018 年 12 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 23.25
字 数 460 千字
定 价 90.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

《环境空气质量预报成效评估方法技术指南》

编写指导委员会

主 任：柏仇勇

副主任：王自发 肖建军 李健军 伏晴艳 区宇波 罗 彬

委 员：(以姓氏笔画为序)

丁青青	王自发	王 威	王晓元	区宇波	朱莉莉
伏晴艳	杜云松	李健军	肖建军	汪 巍	陆晓波
陈 楠	罗 彬	孟 赫	宫正宇	晏平仲	徐文帅
梁桂雄					

主 编：李健军 朱莉莉 晏平仲 陆晓波 杜云松 王 威

编 写：(以姓氏笔画为序)

丁青青	丁俊男	丁 峰	丁黄达	于军海	马 琼
马小荣	马双良	马琳达	王文丁	王占山	王 帅
王 帆	王 闯	王国梁	王佳音	王建国	王玲玲
王 茜	王 威	王彦锋	王莉娜	王桂霞	王晓元
王晓彦	王晨波	王曼华	王 琴	王 照	王 鹏
王源程	王 静	王薪寓	韦进进	韦超葳	邓婉月
邓 滢	叶 堤	叶斯琪	田旭东	田 娟	付 洁
白 璐	包艳英	冯 琨	兰 杰	皮冬勤	曲 凯
吕 婧	朱志锋	朱丽娅	朱莉莉	朱桂艳	朱媛媛
任远哲	向 峰	刘 冰	刘妍妍	刘 枢	刘 闽

刘姣姣	刘培川	刘婵芳	刘 群	汤莉莉	许 凡
许 可	许 荣	孙乃迪	纪 元	纪德钰	严仁嫦
杜云松	李云婷	李 杰	李波兰	李 茜	李养养
李健军	李 鹏	李 源	李毅辉	杨文夷	杨成江
杨丽丽	杨燕萍	吴剑斌	邱 飞	邱晓暖	何文杰
何 龙	何鹏飞	余进海	谷天宇	邹 强	汪 宇
汪 巍	沈 劲	张玉卿	张 阳	张 灿	张 良
张青新	张金谱	张春辉	张晓华	张晓峰	张峻玮
张 鹏	张 静	张 璘	张 巍	陆晓波	陆晓艳
陆维青	陈多宏	陈宗娇	陈 浩	陈焕盛	陈 蓓
陈 楠	陈嘉晔	陈 磊	陈 曦	林丽衡	林晶晶
罗 彬	和凌红	周亦凌	周国治	孟 赫	孟鑫鑫
赵旭辉	赵晓韵	赵倩彪	赵熠琳	胡 宇	胡 鸣
南瑞贤	钟敏文	侯 乐	耿天召	柴杨扬	晏平仲
徐文帅	徐圣辰	徐 洁	徐 徐	徐 曼	高 飞
高紫璇	高愈霄	郭传新	郭宇宏	郭燕胜	唐 晓
陶会杰	黄河仙	黄艳艳	黄蕊珠	曹 磊	阎守政
梁桂雄	彭福利	蒋冬升	韩文宇	韩继超	嵇 萍
鲁 宁	游 泳	谢 敏	蒙瑞丽	谭 立	樊庆云
樊 璠	潘月云	潘润西	潘锦秀		

参与编制单位

中国环境监测总站

北京市环境保护监测中心

天津市生态环境监测中心

河北省环境应急与重污染天气预警中心

山西省环境监测中心站

内蒙古自治区环境监测中心站

辽宁省环境监测实验中心

吉林省环境监测中心站

黑龙江省环境监测中心站

上海市环境监测中心

江苏省环境监测中心

浙江省环境监测中心

安徽省环境监测中心站

福建省环境监测中心站

山东省环境信息与监控中心

河南省环境监测中心

湖北省环境监测中心站

湖南省环境监测中心站

广东省环境监测中心

广西壮族自治区环境监测中心站

中国科学院大气物理研究所

海南省环境监测中心站

重庆市生态环境监测中心

四川省环境监测总站

云南省环境监测中心站

陕西省环境监测中心站

甘肃省环境监测中心站

新疆维吾尔自治区环境监测总站

沈阳市环境监测中心站

大连市环境监测中心

青岛市环境监测中心站

杭州市环境监测中心站

南京市环境监测中心站

广州市环境监测中心站

深圳市环境监测中心站

成都市环境监测中心站

贵阳市环境空气质量预测预报中心

西安市环境监测站

兰州市环境监测站

苏州市环境监测中心站

前言

空气质量预报的成效评估，作为一种科学客观检验和诊断分析工具，在执行空气质量新标准预报的建设历程中，在全国环境质量监测和环保预报部门经历了两个发展阶段。

2013—2015年，按照国务院《大气污染防治行动计划》的要求，在原环境保护部统一部署和各相关省市环境保护主管部门积极推进下，京津冀及周边、长三角、珠三角等重点区域、大部分省级、省会城市和计划单列市环境监测和环保预报部门陆续建立了空气质量新标准预报系统，并开展了区域和省辖区空气质量形势预报和重点城市 AQI 预报，为环境管理部门大气污染管控提供所需科学支撑和为社会公众提供所需信息服务。

在这一阶段，空气质量预报的成效评估，主要用于对城市预报的客观检验，包括对预报员的预报结果检验以及对空气质量数值预报或统计预报的检验。以常规统计检验为例，检验的目标基本上都是将一个城市作为一个较大的整体单元或一个点位作为较小的整体单元，主要反映预报的偏差幅度和趋势相关程度，为预报员认识辖区空气质量预报规律和提高预报能力提供参考依据。

而对于重点区域的空气质量形势预报的成效评估，在这一阶段，基本上是采用将区域离散为一个一个城市单元，或离散为一个一个分区进行评价然后集合平均的方式，即先进行单个城市预报，或分区内有代表性城市的客观检验，再将检验结果进行平均，作为区域形势预报的总体成效评估，为预报员认识和改进分区预报及区域形势预报提供参考依据。

在上述基础上，有条件的先行成员单位，还逐步开始探索用于业务空气质量数值预报模型的诊断分析，调试和校验数值预报模型或统计预报各种参数化模块的参数，以期实现模型本地化，使数值预报或统计预报尽可能逼近实况，并与其变化相符。

2016—2017年，随着全国大气污染防治的深入开展，各级环境管理部门对大气污染防治科学决策的预报技术支撑能力要求越来越高，越来越精细化，促使全国环境监测和环保预报部门的空气质量预报水平和能力建设不断发展，预报作用不断增强。

在这一阶段，空气质量预报的成效评估，因应管理和业务发展的需求，继续先行主

要用于对大气污染过程预报的客观检验。在城市尺度上,借鉴国内外气象预报检验的经验,部分先行省市成员单位探索应用了污染过程特别是重污染过程的预报技巧评分等成效评估方法。

而在区域尺度上,中国环境监测总站环境质量预报中心联合中国科学院大气物理研究所的科学团队等提出并采用了一种区域性大气污染过程尤其是大气重污染过程预报的检验方法,从区域大气重污染过程的开始与结束时间、覆盖范围、污染峰值影响程度三个方面进行区域预报成效评估。

同样,随着大气污染管控和重大活动环境空气质量管理的需要,全国环境监测和环保预报部门,还联合探索了在大气重污染预警管控或区域污染减排等复杂变化条件下的空气质量预报和大气重污染过程预报成效评估所面临/遇到的困难和问题,提出了重污染预报评估暂行规定。

基于上述两个阶段的业务应用经验和发展探索,为了进行必要的系统技术总结积累,健全和完善全国空气质量业务预报方法体系,更加科学地指导开展空气质量预报成效评估工作,由生态环境部环境监测司专项项目支持,中国环境监测总站组织全国省市环境监测和环保预报成员单位和专家,综合考虑全国东北、华北、华东、华中、华南、西南、西北区域的不同空气质量变化和大气污染特点,评价各地空气质量预报和大气污染过程预报成效评估的共同性和差异性,分析气候条件和大气污染管控等自然和人为重要影响因素,以支持环境质量和预报业务工作稳定专业发展为目标导向,集中研究讨论编写了这本《环境空气质量预报成效评估方法技术指南》,以期为环境监测系统和环境保护预报部门技术人员提供目前可供利用的较为全面的参考资料,并为全国预报员分级制度和首席预报员制度的建立打好量化评价基础。需要指出的是,因为包括种种复杂的影响因素和各地千差万别的空气质量分布特征等前提条件,空气质量预报成效评估还有很多困难和新问题需要在实践中逐步解决。因此,这本空气质量预报成效评估技术方法指南的编写,只是一个探索的开始,预报成效评估方法作为一种科学分析工具,未来还需要依据业务实践和科学方法的发展,进行周期性的修订和更新完善。

全书由李健军、朱莉莉策划和统稿,李健军、朱莉莉、晏平仲、陆晓波、杜云松和王威负责总体构思和结构设计,并对各章节编写质量进行审核。因涉及的内容较多,很多经验是从技术实践中总结而来,由于我们的学识水平和实际经验限制,本书定会有不全面之处,甚至也存在不妥或错误的地方,望同行不吝赐教。

李健军

2018年5月

目录

第一篇 绪 论

第 1 章 总体需求和预期目标	2
1 总体需求 / 2	
2 成效评估及其意义 / 3	
3 预期目标 / 3	
第 2 章 国内外业务开展现状	4
1 国内外预报业务开展现状 / 4	
2 预报成效评估发展现状 / 6	
第 3 章 预报成效评估总体原则	9
1 科学性 / 9	
2 客观性 / 9	
3 可操作性 / 9	
4 动态更新 / 9	
5 差异性 / 10	
第 4 章 预报成效评估技术框架	11
1 预报评估对象 / 11	
2 预报评估要素 / 11	
3 预报评估时效 / 11	
4 预报评估周期 / 12	
5 预报评估尺度 / 12	
第 5 章 预报成效评估技术方法	13
1 统计评估指标 / 13	
2 TS 评分方法 / 14	

第6章 空气质量预报的不确定性分析	16
1 沙尘天气 / 16	
2 生物质燃烧 / 18	
3 污染源管控 / 18	
4 气象预报偏差 / 20	
5 污染源清单的不确定性 / 20	

第二篇 区域评估

第7章 区域性污染过程定义	24
1 区域性污染层级分类及对应影响范围 (跨区域、区域—7大区、省、城市群) / 24	
2 区域性污染持续时间和影响程度界定 / 25	
第8章 区域预报评估指标概述	27
第9章 区域重污染过程预报效果总体评价方法	30
1 区域重污染过程定义 / 30	
2 预报能力评价标准 / 31	
第10章 区域主要污染物重污染预报深入评估要点	32
1 区域大气细颗粒物重污染预报评估要点 / 32	
2 区域大气臭氧污染预报深入评估要点 / 33	
3 区域大气沙尘污染预报要点 / 34	
第11章 区域沙尘过程影响下的空气质量预报结果评估	36
1 预报系统成效评估 / 36	
2 人工订正结果评估 / 37	

第三篇 城市评估

第12章 城市预报评估指标概述	42
1 AQI 预报评估 / 42	
2 AQI 级别预报评估 / 43	
3 首要污染物预报评估 / 43	
4 AQI 趋势预报评估 / 44	
5 AQI 级别预报偏差 / 45	
第13章 城市重污染预报评估	47

第 14 章 城市预报评估地区差异	49
1 空气质量级别评估差异 /49	
2 AQI 范围预报评估差异 /49	
3 首要污染物评估差异 /50	
4 污染过程预报评估差异 /51	

第四篇 预报员分级制度

第 15 章 预报员分级定义	54
1 基本要求 /54	
2 岗位职责 /54	
第 16 章 预报员分级评定制度	56
1 评定原则 /56	
2 评定与管理 /57	
3 待遇与保障 /57	

第五篇 首席预报员制度

第 17 章 首席预报员制度需求和职能	60
1 首席预报员的定义 /60	
2 首席预报员制度需求 /60	
3 首席预报员评定原则 /61	
4 首席预报员职责 /61	
第 18 章 首席预报员评定条件	63
1 基本要求 /63	
2 评定要求 /63	
3 破格条件 /64	
4 待遇与保障 /64	

第六篇 区域预报成效评估实例

第 19 章 广东省 2016 年预报评估	66
1 概况 /66	
2 空气污染概况 /66	
3 模式发展和使用情况 /68	
4 评估指标 /68	

5 业务预报评估结果 / 68	
6 污染过程预报评估结果 / 69	
第 20 章 辽宁省 2016 年预报评估	72
1 概况 / 72	
2 空气污染概况 / 72	
3 模式发展和使用情况 / 73	
4 评估指标 / 73	
5 业务预报评估结果 / 73	
第 21 章 四川省 2016 年预报评估	78
1 概况 / 78	
2 空气污染概况 / 78	
3 模式发展和使用情况 / 79	
4 评估指标 / 81	
5 业务预报评估结果 / 81	
6 区域污染过程预报评估结果 / 84	
第 22 章 陕西省 2017 年预报评估	88
1 概况 / 88	
2 空气污染概况 / 89	
3 模式发展和使用情况 / 89	
4 评估指标 / 90	
5 业务预报评估结果 / 90	
6 污染过程预报评估结果 / 93	
第 23 章 河北省 2016 年预报评估	96
1 概况 / 96	
2 空气污染概况 / 96	
3 模式发展和使用情况 / 96	
4 业务预报评估结果 / 97	
第 24 章 山东省 2016 年预报评估	106
1 概况 / 106	
2 空气污染概况 / 106	
3 模式发展和使用情况 / 107	
4 评估指标 / 107	
5 评估结果 / 109	

第 25 章 山西省 2016 年预报评估	114
1 概况 / 114	
2 空气污染概况 / 115	
3 模式发展和使用情况 / 115	
4 评估指标 / 117	
5 业务预报评估结果 / 117	
第 26 章 黑龙江省 2016 年预报评估	124
1 概况 / 124	
2 空气污染概况 / 125	
3 模式发展和使用情况 / 126	
4 预报效果评估 / 127	
第 27 章 江苏省 2016 年预报评估	132
1 概况 / 132	
2 空气污染概况 / 132	
3 模式发展和使用情况 / 133	
4 评估指标 / 134	
5 业务预报评估结果 / 135	
6 污染过程预报评估结果 / 137	
第 28 章 浙江省 2016 年预报评估	139
1 概况 / 139	
2 空气污染概况 / 139	
3 模式发展和使用情况 / 140	
4 评估指标 / 142	
5 业务预报评估结果 / 142	
6 污染过程预报评估结果 / 143	
第 29 章 安徽省 2016 年预报评估	146
1 概况 / 146	
2 空气污染概况 / 146	
3 模式发展和使用情况 / 147	
4 评估指标 / 148	
5 业务预报评估结果 / 149	
6 污染过程预报评估结果 / 155	

第 30 章 湖南省 2016 年预报评估	157
1 概况 / 157	
2 空气污染概况 / 158	
3 模式发展和使用情况 / 160	
4 评估指标 / 160	
5 评估结果 / 161	
第 31 章 广西壮族自治区 2016 年预报评估	166
1 概况 / 166	
2 空气污染概况 / 166	
3 模式发展和使用情况 / 167	
4 评估指标 / 168	
5 业务预报评估结果 / 168	
6 污染过程预报评估结果 / 172	
第 32 章 海南省 2016 年预报评估	175
1 概况 / 175	
2 空气污染概况 / 175	
3 模式发展和使用情况 / 177	
4 预报效果评估 / 178	
第 33 章 云南省 2016 年预报评估	180
1 概况 / 180	
2 空气污染概况 / 182	
3 模式发展和使用情况 / 183	
4 评估指标 / 184	
5 评估结果 / 185	
第 34 章 甘肃省 2016 年预报评估	187
1 概况 / 187	
2 空气污染概况 / 188	
3 模式发展和使用情况 / 188	
第 35 章 新疆维吾尔自治区 2016 年预报评估	190
1 概况 / 190	
2 空气污染概况 / 192	
3 模式发展和使用情况 / 193	
4 评估结果 / 194	

- 5 沙尘预报评估结果 / 195
- 6 区域污染预报结果评估 / 199

第七篇 城市预报成效评估实例

第 36 章 北京市 2016 年预报评估	204
1 概况 / 204	
2 空气污染概况 / 204	
3 空气质量预报开展情况 / 205	
4 评估指标 / 206	
5 评估结果 / 206	
6 总结 / 209	
第 37 章 上海市 2016 年预报评估	210
1 概况 / 210	
2 空气污染概况 / 210	
3 模式发展和使用情况 / 210	
4 评估指标 / 210	
5 业务预报评估结果 / 211	
6 污染过程预报评估结果 / 213	
第 38 章 天津市 2016 年预报评估	214
1 概况 / 214	
2 日常例行预报评估 / 216	
3 重污染过程预报评估 / 232	
4 总结 / 233	
第 39 章 重庆市 2016 年预报评估	235
1 概况 / 235	
2 日常例行预报评估 / 238	
3 重污染过程预报评估 / 241	
4 总结 / 241	
第 40 章 沈阳市 2016 年预报评估	243
1 概况 / 243	
2 预报结果评估 / 245	
3 总结 / 250	
第 41 章 大连市 2016 年预报评估	251

1 概况 / 251	
2 预报结果评估 / 253	
3 总结 / 258	
第 42 章 青岛市 2016 年预报评估	259
1 概况 / 259	
2 日常例行预报评估 / 262	
3 重污染过程预报评估 / 265	
4 总结 / 266	
第 43 章 杭州市 2016 年预报评估	267
1 概况 / 267	
2 日常例行预报评估 / 269	
3 重污染过程预报评估 / 271	
4 总结 / 271	
第 44 章 南京市 2016 年预报评估	273
1 概况 / 273	
2 日常例行预报评估 / 274	
3 重污染过程预报评估 / 277	
4 总结 / 278	
第 45 章 广州市 2016 年预报评估	279
1 概况 / 279	
2 日常例行预报评估 / 282	
3 其他分类方式预报评估结果 / 289	
4 重污染过程预报 / 292	
5 总结 / 292	
第 46 章 深圳市 2016 年预报评估	294
1 概况 / 294	
2 污染情况概述 / 295	
3 模式发展和使用情况 / 297	
4 预报效果评估 / 298	
5 总结 / 300	
第 47 章 成都市 2016 年预报评估	301
1 概况 / 301	
2 日常例行预报评估 / 303	

3 重污染过程预报评估 / 305	
4 总结 / 306	
第 48 章 贵阳市 2016 年预报评估	307
1 概况 / 307	
2 日常例行预报评估 / 309	
3 重污染过程预报评估 / 312	
4 总结 / 313	
第 49 章 西安市 2017 年预报评估	314
1 概况 / 314	
2 污染情况概述 / 315	
3 模式情况 / 318	
4 总结 / 324	
第 50 章 兰州市 2016 年 6 月至 2017 年 5 月预报评估	327
1 概况 / 327	
2 空气质量预报评估方法 / 331	
3 空气质量预报评估 / 332	
4 重污染过程预报评估 / 334	
5 总结 / 338	
第 51 章 苏州市 2016 年预报评估	340
1 概况 / 340	
2 日常例行预报评估 / 341	
3 总结 / 342	
第 52 章 乌鲁木齐市 2017 年预报评估	345
1 概况 / 345	
2 日常预报结果评估 / 347	
3 预报偏差原因分析 / 349	
4 改进建议 / 350	
参考文献	353