



环境空气质量 预报预警 方法技术指南

——（第二版）——

HUANJIANG KONGQI ZHILIANG
YUBAOYUJING
FANGFA JISHU ZHINAN

中国环境监测总站 著

中国环境出版社

环境空气质量预报预警方法技术指南

（第二版）

中国环境监测总站 著

中国环境出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

环境空气质量预报预警方法技术指南/中国环境监测

总站著. —2版. —北京: 中国环境出版社, 2017.5

ISBN 978-7-5111-3145-4

I. ①环… II. ①中… III. ①环境空气质量—
预报—指南 IV. ①X-651

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 081993 号

出版人 王新程
责任编辑 曲 婷
责任校对 尹 芳
封面设计 彭 杉

出版发行 中国环境出版社
(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 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2017 年 6 月第 2 版
印 次 2017 年 6 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 25.5
字 数 510 千字
定 价 98.00 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

《环境空气质量预报预警方法技术指南（第二版）》

编写指导委员会

主 任 柏仇勇

副主任 傅德黔 王自发 李健军 钟流举 伏晴艳 翟崇治

委 员 （以姓氏笔画为序）

王业耀 王自发 王晓利 王晓彦 田一平 田旭东 区宇波

伏晴艳 李 杰 李国刚 李健军 张祥志 刘元海 伍跃辉

吕小明 陈 斌 陈善荣 陈金融 杜 明 汪小泉 关玉春

张大伟 许 杨 樊占春 樊庆云 张 军 沈炳钢 刘 枢

申 剑 钟流举 晏平仲 罗 彬 肖建军 汪志国 汪 巍

徐 琳 康晓风 景立新 唐桂刚 傅德黔 翟崇治

主 编 柏仇勇 傅德黔 汪 巍 王晓彦 晏平仲 朱莉莉

编 写 （以姓氏笔画为序）

丁俊男 丁爱军 马莉娟 马 琼 王文丁 王 帅 王自发

王 闯 王佳音 王 欣 王 茜 王 威 王彦锋 王晓元

王晓利 王晓彦 王晓浩 王 健 王爱平 王晨波 王淑莹

王源程 王 静 王黎明 区宇波 叶 堤 叶斯琪 田旭东

白璐	包艳英	皮冬勤	吕小明	朱莉莉	朱桂艳	朱媛媛
朱德明	伏晴艳	刘冰	刘闽	刘姣姣	刘晓	刘培川
刘婵芳	刘强	闫慧	汤莉莉	许凡	许荣	孙峰
纪德钰	杜云松	杜嵩山	李云婷	李礼	李红霞	李林楠
李杰	李波兰	李莘莘	李健军	杨文夷	杨会珠	肖林鸿
肖致美	吴也正	吴其重	吴剑斌	邱飞	何文杰	何龙
何源	谷天宇	邹强	汪宇	汪巍	沈劲	宋文波
张大伟	张玉洽	张灿	张良	张英俊	张莉	张爱平
张晓华	张祥志	张稳定	张璘	张巍	张懿华	陆晓艳
陆维青	陈多宏	陈学舜	陈宗娇	陈焕盛	陈蓓	陈楠
陈魁	林宏	林陈渊	林楚雄	林燕芬	尚晶晶	罗彬
周文强	周亦凌	周德荣	郑君瑜	郑海涛	赵天良	赵江伟
赵倩彪	赵熠琳	胡鸣	钟方潜	段玉森	侯乐	祖彪
祝波	秦玮	秦艳红	贾梦唯	晏平仲	徐圣辰	徐伟嘉
徐怡珊	徐虹	徐洁	徐曼	殷晓鸿	高国伟	高博
高愈霄	高璟贇	唐晓	黄晓波	黄蕊珠	曹攀	康晓风
阎守政	梁永贤	韩文字	嵇萍	程念亮	程洁	焦聪颖
鲁宁	游泳	谢品华	谢敏	蔡日东	蔡笑涯	廖乾邑
谭钦文	缪青	潘月云	潘润西	操文祥	薛莲	霍晓芹
魏亚楠	魏恒	魏巍	Peter	Viaene		

前 言

星移斗转，春去秋来，在时代的大潮中，环境空气质量新标准的预报业务不知不觉已历经四年。自 2013 年年初起，从执行国家环境空气质量新标准监测网络建设开始，探究全新的以 $\text{PM}_{2.5}$ 和臭氧为特征指标的细粒子与光化学反应二次生成污染过程预报领域，到根据最初的实践经验总结，在 2014 年春形成基础的空气质量预报技术方法指南初版并提供全国成员单位参考，已经过去两年。两年以来，随着服务全国大气污染防治行动计划推进，持续探索环保预报业务对环境质量管理、公共信息服务和重大活动空气质量保障技术支持的深入，环境保护预报部门积累了大量新的实践发现，又到了总结形成一个新的、更加全面的空气质量预报和环境质量管理支持技术方法指南的发展阶段。

期间，有越来越多的各种局地排放与区域传输影响预报实践认识，包括秋冬季节二次生成细粒子与煤烟型一次排放复合型污染，夏季 $\text{PM}_{2.5}$ 细粒子与臭氧光化学反应混合二次生成污染，以及春秋季节大规模秸秆与生物质燃烧污染。有越来越全面的各种区域背景排放水平逐层管控的空气质量保障技术支持实践认识，包括大范围区域协作的南京青奥会、北京 APEC 峰会和北京抗战胜利纪念日活动，小范围邻近省市协作的上合组织峰会和世界互联网大会，以及进一步探索污染排放管控中微妙 $\text{PM}_{2.5}$ 和臭氧化学机理平衡的杭州 G20 峰会。有越来越精细化的环境质量管理技术支撑实践认识，包括重污染影响地区的区域协作联合管控，优良城市的空气质量品质管理，以及空气质量持续改善省市的空气质量达标规划和成效评估。在面对一个又一个新问题的孜孜以求探索中，在空气质量新标准预报新领域的勤奋能力建设，在环保预报新业务发展的社会服务效益导向进程中，环境空气质量预报及其技术方法经历了一个从实践到认识，又从再实践到再认识的过程。

几乎全部由朝气蓬勃的年轻人组成的全国环境保护成员单位预报团队，充满阳光活力和积极向上精神，拥有时代赋予的科学发展思想。他们实事求是，了解国内外环境科学研究进展，客观认识预报需要考虑多种关键影响因素并具有很高程度的复杂性，包括污染源变化制约的大气污染内因，大气条件变化影响的大气污染外因，空气质量综合实时监测映射的大气污染起始条件和演变，大气化学机理主导的大气污染形成机制。他们遵循科学，虚心向环境科学各领域科学家学习，积极应用最先进的空气质量数值预报集群等现有最高水平科学技术成果，善于利用模式集合预报、实时大气化学

监测数据同化、污染过程分析、源识别和源追踪等最新可供利用的技术手段。

年轻朝气的全国环境保护预报团队，高度负责任和追求技术精湛，拥有全国环境监测系统传承的优良作风和敬业精神。他们重视最大程度进行客观分析与尽可能减少主观判断误差，与技术研发工程团队密切合作，持续探索高效和现代化的工作方法。他们不断探索建立健全简洁可靠和全面分析的作业流程，遵循发挥团队力量的预报值班和会商制度，冷静沉着地完成预报业务和技术支持服务。

在上述全国环境保护预报团队的科学实践和探索发展基础上，根据环境保护部工作要求，中国环境监测总站组织全国先行成员单位，集合预报领域涉及各方面在新阶段的经验总结，编写了这本《环境空气质量预报预警方法技术指南》（第二版）（以下简称《指南》），针对各级环境保护预报部门和成员关注的业务发展、环境质量管理技术支持、公众社会信息服务、系统能力建设设计、技术方法培训等相关工作需求方面，力求为环境监测系统和环境保护预报部门技术人员提供进一步深入的技术方法指导和系统框架参考。

同时，这也是全国环境保护重要的预报技术方法理论及应用发展积累，是全国预报技术方法体系重要的例行建设内容，是环境保护部专项布置的技术成果总结。通过结合全国环境保护预报业务的经验总结和科研实践，通过编制新版预报技术指南的方式，还能够进一步影响和引导全国更多的省市预报成员系统掌握和深入发展预报理论和技术方法，并在编制过程中培养一批具备系统开展指南编制能力的专家技术骨干，持续扩展环境保护预报理论和技术方法。

预报业务的持续发展离不开环境质量改善与相关科学技术进步不断提出的新问题和新的挑战。与初版空气质量预报预警方法技术指南相比，新版指南变化的是不断深入和全面的认识，不变的是科学引导业务建设与业务推动科学发展的双结合内涵。展望未来，我们不自尊大，也不妄自菲薄。全国环境保护预报成员单位将以国家生态环境质量保护规划为蓝图，以国际先进经验为参照，以科学应用发展为导向，力图应用现代化的技术手段和服务理念，满足环境质量管理和社会发展的需要，为公众提供更好的服务。

《指南》由汪巍、王晓彦、朱莉莉、晏平仲和李健军策划，负责全书的总体构思和结构设计，由汪巍、王晓彦、朱莉莉、晏平仲统稿，并对各章节编写质量进行把关。因《指南》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，《指南》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

2017年3月

目 录

第一篇 业务体系篇

第一章 全国业务体系构架 / 3

第二章 全国预报业务机制 / 4

第一节 预报员岗位设置及职责 / 4

第二节 预报预警值班制度 / 5

第三节 预报工作流程 / 5

第三章 区域预报业务机制 / 7

第一节 人员与制度保障 / 7

第二节 预报工作流程 / 9

第三节 预报信息发布 / 11

第四节 预报效果回顾 / 11

第四章 省级预报业务机制 / 13

第一节 人员与制度 / 13

第二节 预报工作流程 / 13

第三节 预报信息发布 / 15

第五章 城市预报业务机制 / 16

第一节 人员和制度 / 16

第二节 预报工作流程 / 16

第三节 预报信息发布 / 18

第四节 预报效果评估 / 18

第六章 区域环境空气质量联合预报会商机制 / 19

第二篇 技术方法篇

第七章 统计模式预报方法概述 / 27

第一节 统计预报方法发展历程 / 27

第二节 统计预报方法原理 / 28

第三节 统计预报方法特点 / 28

第四节 统计预报方法应用建议 / 29

第八章 动态统计预报技术 / 30

第一节 动态统计预报方法概述 / 30

第二节 动态统计预报原理 / 30

第三节 动态统计预报方法的特点 / 33

第四节 动态统计预报方法的应用 / 33

第九章 神经网络方法 / 46

第一节 BP 神经网络原理 / 46

第二节 神经网络法改进 / 48

第三节 BP 神经网络模型的应用 / 49

第十章 多元线性回归方法 / 58

第一节 多元线性回归方法原理 / 58

第二节 多元线性回归方法的建立 / 58

第三节 多元线性回归方法应用实例 / 60

第四节 预报准确率评估和修正 / 62

第十一章 机器学习预测方法 / 64

第一节 机器学习预测方法概述 / 64

第二节 方法原理 / 64

第三节 模型建立的要点 / 69

第四节 机器学习预测方法的应用 / 70

第十二章 数值模式预报方法概述 / 73

第一节 空气质量数值模式发展 / 74

第二节 空气质量预报模式系统框架 / 75

第十三章 NAQPMS 数值预报模式 / 78

第一节 模式概述 / 78

第二节 核心架构 / 78

第三节 模型业务应用案例——京津冀区域空气质量数值预报 / 81

第十四章 CMAQ 数值预报模式 / 84

第一节 模式概述 / 84

第二节 核心构架 / 84

第三节 模型业务应用案例——四川省 CMAQ 模型构建 / 86

第十五章 CAMx 数值预报模式 / 96

第一节 模式概述 / 96

第二节 核心构架 / 96

第三节 模型业务应用案例——浙江省 CAMx 模型构建 / 99

第十六章 WRF-Chem 数值预报模式 / 107

第一节 模式概述 / 107

第二节 核心构架 / 107

第三节 模型业务应用案例——上海市 WRF-Chem 模型构建 / 110

第十七章 拉格朗日数值模式 / 115

第一节 方法概况 / 115

第二节 模型方法 / 115

第三节 模式特点 / 117

第十八章 集合预报技术 / 118

第一节 集合预报技术简介 / 118

第二节 多数值模式预报系统 / 119

第三节 蒙特卡罗随机集合预报 / 120

第四节 统计集成方法 / 123

第十九章 环境空气质量预报的一般流程 / 125

第二十章 城市 AQI 预报方法与原则 / 128

第一节 AQI 预报基本流程 / 128

第二节 AQI 预报变化幅度量化 / 129

第三节 AQI 预报一般原则 / 132

第四节 AQI 预报质量控制 / 134

第二十一章 预报评估与调优 / 136

第一节 区域预报评估 / 136

第二节 城市预报评估 / 138

第三节 更多城市预报评估方法探索 / 140

第三篇 技术支撑篇

第二十二章 国家环境空气质量监测网络数据应用 / 151

第一节 城市空气质量监测数据应用 / 151

第二节 背景站和区域站监测数据应用 / 152

第二十三章 超级站监测数据综合应用 / 154

第一节 超级站特点及作用 / 154

第二节 超级站监测数据的应用 / 155

第三节 典型案例分析 / 157

第二十四章 走航监测数据应用 / 165

第一节 国内外应用现状 / 165

第二节 典型案例分析 / 165

第三节 监测方案 / 167

第四节 监测结果分析 / 167

第五节 结论 / 169

第二十五章 卫星遥感监测数据应用 / 171

- 第一节 卫星遥感大气监测现状 / 171
- 第二节 卫星遥感监测数据应用 / 171
- 第三节 典型案例分析 / 173

第二十六章 实时大气污染监测资料同化 / 175

- 第一节 常用资料同化算法简介 / 175
- 第二节 业务预报同化系统总体框架 / 177
- 第三节 业务预报同化系统的核心算法原理 / 178
- 第四节 业务预报同化系统的输入输出接口 / 180
- 第五节 典型案例应用 / 181

第二十七章 大气污染物排放源清单编制技术方法 / 183

- 第一节 排放源清单的污染源分类 / 183
- 第二节 排放源清单的编制方法 / 184
- 第三节 排放源清单的应用 / 187

第二十八章 可视化快速排放源清单动态更新方法 / 189

- 第一节 排放源清单处理系统 / 189
- 第二节 排放源清单动态更新 / 190
- 第三节 排放源清单可视化 / 191

第二十九章 气象资料应用 / 194

- 第一节 高空气象资料 / 194
- 第二节 地面气象资料 / 202

第三十章 天气系统分型 / 205

- 第一节 天气分型的方法 / 205
- 第二节 天气分型结果及其与空气质量的关系 / 206

第三十一章 京津冀区域大气细颗粒物污染预报要点 / 238

- 第一节 区域概况 / 238
- 第二节 预报要点 / 240

第三节 典型案例 / 246

第四节 小结 / 250

第三十二章 长三角区域大气细颗粒物污染预报要点 / 252

第一节 区域概况 / 252

第二节 预报要点 / 252

第三十三章 珠三角区域大气细颗粒物污染预报要点 / 260

第一节 区域概况 / 260

第二节 预报要点 / 261

第三节 典型案例 / 263

第三十四章 其他区域大气细颗粒物污染预报要点 / 269

第一节 川渝区域 / 269

第二节 东北区域 / 271

第三节 西北区域 / 272

第四节 华中区域 / 273

第三十五章 区域大气臭氧预报要点 / 277

第一节 概述 / 277

第二节 预报要点 / 277

第三节 典型案例 / 287

第三十六章 区域沙尘过程影响空气质量预报要点 / 288

第一节 沙尘天气的基本特征 / 288

第二节 沙尘污染的预报方法 / 292

第三十七章 区域秸秆焚烧影响空气质量预报要点 / 297

第一节 秸秆焚烧火点监测原理及方法 / 297

第二节 秸秆焚烧火点监测产品应用 / 298

第三十八章 国外臭氧预报方法介绍 / 300

第一节 美国臭氧预报方法 / 300

第二节 欧洲臭氧预报方法 / 310

第四篇 管理支持篇

第三十九章 公众信息服务 / 317

第一节 预报公众信息发布 / 317

第二节 预报公众信息发布实例 / 318

第三节 预警应急条件下的公众信息服务 / 327

第四十章 环境管理信息服务 / 329

第一节 环境管理信息服务 / 329

第二节 北京市环境管理信息服务实例 / 330

第四十一章 环境管理决策支持系统设计 / 333

第一节 环境管理决策支持系统简介 / 333

第二节 系统主要技术要点 / 333

第三节 环境管理决策支持系统应用 / 337

第四十二章 污染源追因与贡献分析 / 339

第一节 数值预报污染源追因技术 / 339

第二节 后向轨迹和方位贡献分析技术 / 342

第四十三章 空气质量影响因素敏感性试验分析 / 345

第一节 敏感性分析定义 / 345

第二节 敏感性分析方法分类及应用 / 345

第四十四章 空气质量达标规划技术支持及情景分析 / 350

第一节 达标目标分析 / 350

第二节 排放情景分析 / 351

第三节 达标规划和情景分析应用案例 / 352

第四十五章 重大活动空气质量保障支持 / 358

第一节 南京青年奥运会空气质量保障方案 / 358

- 第二节 北京亚太经合组织 APEC 会议空气质量保障 / 363
- 第三节 抗日战争胜利 70 周年北京阅兵活动空气质量保障 / 364
- 第四节 浙江第二届世界互联网大会空气质量保障 / 366
- 第五节 杭州 G20 峰会空气质量保障 / 367
- 第六节 重大活动预报保障对区域预测预报工作的借鉴与思考 / 369

第四十六章 环境健康与环境风险评价 / 370

- 第一节 环境健康与环境风险评价的概述 / 370
- 第二节 空气污染的环境健康风险评价方法 / 372
- 第三节 基于环境空气质量预报的环境健康风险评价 / 376

第四十七章 空气质量预报的不确定性 / 378

第四十八章 预报预警相关术语 / 381

- 第一节 预报术语 / 381
- 第二节 预警术语 / 384
- 第三节 气象术语 / 385

参考文献 / 387

第一篇

业务体系篇

