

国家级人工影响天气业务建设项目资助出版

15th

第十五届

全国云降水与人工 影响天气科学会议

Proceedings of the 15th National Conference on
Cloud and Precipitation and Weather Modification (II)

论文集 Ⅱ

中国气象学会人工影响天气委员会
中国气象科学研究院
中国气象局人工影响天气中心
吉林省人工影响天气办公室

主编 ©

国家级人工影响天气业务建设项目资助出版

第十五届全国云降水 与人工影响天气科学会议论文集(Ⅱ)

Proceedings of the 15th National Conference on Cloud
and Precipitation and Weather Modification (Ⅱ)

中国气象学会人工影响天气委员会
中国气象科学研究院
中国气象局人工影响天气中心
吉林省人工影响天气办公室

主编

内容简介

论文集收集了第十五届全国云降水与人工影响天气科学会议的交流论文。内容覆盖了近几年我国在人工影响天气理论和方法;催化剂与催化技术;云雾物理与降水机理及形成过程;大气水循环与水资源;云降水与大气气溶胶、大气化学及气候变化的相互作用;气溶胶、云雾降水的观测试验装备和人工影响天气的工具及应用;人工影响天气效果评估与检验方法;人工影响天气作业条件与业务技术系统等方面的最新进展与成果。本书可为全国人工影响天气业务管理、技术部门掌握我国人工影响天气最新发展动态和科学决策提供参考,也可作为大专院校、科研单位云物理与人工影响天气相关专业本科生、研究生的专业参考书。

图书在版编目(CIP)数据

第十五届全国云降水与人工影响天气科学会议论文集(Ⅱ)/中国气象学会人工影响天气委员会等主编. —北京:气象出版社,2008.9

ISBN 978-7-5029-4593-0

I. 第… II. 中… III. ①降水—云物理学—学术会议—文集 ②人工影响天气—学术会议—文集
IV. P426.6—53 P48—53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 144872 号

Dishiwujie Quanguo Yunjiangshui yu

Rengong Yingxiang Tianqi Kexue Huiyi Lunwenji(Ⅱ)

第十五届全国云降水与人工影响天气科学会议论文集(Ⅱ)

中国气象学会人工影响天气委员会 等 主编

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室:010-68407112

网 址:<http://cmp.cma.gov.cn>

策划编辑:李太宇

责任编辑:隋珂珂 王萃萃 张锐锐

蔺学东 林雨晨

封面设计:博雅思企划

印 刷:北京京科印刷有限公司

开 本:880 mm×1230 mm 1/16

字 数:2000 千字

版 次:2008 年 9 月第 1 版

印 数:1~1200

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: qxcbs@263.net

终 审:章澄昌 黄润恒 纪乃晋

责任技编:吴庭芳

印 张:70.5

印 次:2008 年 9 月第 1 次印刷

定 价:220.00(共两册)

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换

第 26 届中国气象学会人工影响天气委员会

顾问委员会

主任委员:

毛节泰 男 北京大学物理学院 教 授

委 员:

- 郑国光 男 中国气象局 局长/研究员
黄美元 男 中国科学院大气物理研究所 研究员
秦 瑜 男 北京大学物理学院 教 授
许焕斌 男 北京应用气象研究所 研究员
李子华 男 南京信息工程大学 教 授
胡志晋 男 中国气象科学研究院 研究员
鄯大雄 男 中国气象科学研究院 研究员
张纪淮 男 中国气象科学研究院 研究员
马培民 男 中国气象科学研究院 研究员

执行委员会

主任委员:

郭学良 男 中国气象科学研究院/中国气象局人工影响天气中心 主任/研究员

副主任委员(按姓氏拼音排序):

- 陈添宇 男 甘肃省人工影响天气办公室 常务副主任/正研高工
金德镇 男 吉林省人工影响天气办公室 常务副主任/正研高工
雷恒池 男 中国科学院大气物理研究所 实验室主任/研究员
罗云峰 男 国家自然科学基金委员会地球科学部大气科学处 处长/研究员
赵春生 男 北京大学物理学院 教 授
姚展予 男 中国气象科学研究院/中国气象局人工影响天气中心 研究员
银 燕 男 南京信息工程大学应用气象学院 教 授
周毓荃 女 中国气象局国家气象中心 正研高工

委 员(按姓氏拼音排序):

- 白卡娃 男 江苏省人工影响天气办公室 副主任/高工
鲍向东 男 河南省人工影响天气办公室 常务副主任/高工
蔡义勇 男 福建省气象科学研究所 所长/高工
陈志宇 男 中国气象科学研究院/中国气象局人工影响天气中心 副主任/高工
陈 跃 男 中国气象科学研究院/中国气象局人工影响天气中心 高 工
陈宝君 男 南京大学大气科学系 副教授
达布·希拉图 男 内蒙古自治区气象科学研究所 所长/高工
董万胜 男 中国气象科学研究院大气探测所 研究员
段 英 男 河北省人工影响天气办公室 正研高工
樊 鹏 男 陕西省人工影响天气办公室 正研高工
房 文 女 中国气象科学研究院/中国气象局人工影响天气中心 副研究员
冯永基 男 广东省人工影响天气办公室 常务副主任/高工
格桑平措 西藏自治区人工影响天气中心 主任/高工
耿树江 男 辽宁省人工影响天气办公室 副研究员
龚佃利 男 山东省人工影响天气办公室 副主任/高工
胡朝霞 女 中国科学院大气物理研究所 副研究员

黄建平	男	兰州大学大气科学学院	院长/教授
黄彦彬	男	海南省气象科学研究所	副所长/高工
靳瑞军	男	天津市人工影响天气办公室	主任/高工
李 轲	男	重庆市人工影响天气办公室	副主任/高工
李培仁	男	山西省人工影响天气办公室	主任/高工
李宏宇	男	北京市人工影响天气办公室	副研究员
李 斌	男	新疆生产建设兵团气象局	高工
廖飞佳	男	新疆自治区人工影响天气办公室	副主任/高工
林文实	男	中山大学环境科学与工程学院	教研室主任/副教授
刘黎平	男	中国气象科学研究院国家重点实验室	主任/研究员
刘奇俊	男	中国气象局国家气象中心	研究员
刘建西	男	四川省人工影响天气办公室	高工
刘建军	男	宁夏人工影响天气办公室	副主任/高工
马舒庆	男	中国气象局大气探测中心	副总工/研究员
孟 旭	男	中国气象局预测减灾司人影处	正处调研员
楼小凤	女	中国气象科学研究院/中国气象局人工影响天气中心	副研究员
牛生杰	男	南京信息工程大学	副校长/教授
濮江平	男	解放军理工大学气象学院	教授
齐彦斌	男	吉林省人工影响天气办公室	副主任/高工
沈 武	男	浙江省人工降雨天气办公室	副主任/高工
石立新	男	河北省人工影响天气办公室	副主任/高工
孙安平	男	青海省人工影响天气办公室	主任/研究员
苏正军	男	中国气象科学研究院/中国气象局人工影响天气中心	副研究员
唐仁茂	男	湖北省人工影响天气办公室	常务副主任/高工
王金星	男	中国气象局减灾司人影处	处长
王广河	男	中国气象科学研究院/中国气象局人工影响天气中心	副主任/研究员
王会山	男	黑龙江省人工影响天气办公室	主任/高工
王治平	男	湖南省人工影响天气办公室	高工
汪晓滨	男	中国气象科学研究院/中国气象局人工影响天气中心	副研究员
万 健	男	上海区域气象中心气象台	台长助理/高工
魏 强	男	总参大气环境研究所	高工
韦志刚	男	中国科学院旱区寒区环境与工程研究所	站长/研究员
吴万友	男	江西省人工影响天气办公室	常务副主任/高工
肖 辉	男	中国科学院大气物理研究所	实验室副主任/研究员
杨 军	男	南京信息工程大学应用气象学院	教研室主任/副教授
袁 野	男	安徽省人工影响天气办公室	副主任/高工
张 蕾	女	北京市人工影响天气办公室	常务副主任/正研高工
张宏生	男	北京大学物理学院	实验室主任/教授
张芳钧	男	贵州省人工影响天气领导小组办公室	主任/高工
张瑞波	男	广西壮族自治区人工影响天气办公室	高工
沈 鹰	男	云南省气象局人工影响天气中心	副主任/高工
胡寻伦	男	新疆生产建设兵团人工影响天气办公室	主任/高工
李红斌	女	大连市气象局人工影响天气办公室	副主任/高工
余 兴	男	陕西省气象科学研究所	所长/研究员
李 斌	男	新疆自治区人工影响天气办公室	高工

委员会学术秘书：

石爱丽	中国气象科学研究院/中国气象局人影中心
付丹红	中国科学院大气物理研究所

序

在纪念我国开展人工影响天气工作 50 周年之际,第 15 届全国云降水物理与人工影响天气科学会议在吉林长春召开。50 年前,我国科学家在吉林省进行了首次飞机人工增雨作业。50 年后,全国人工影响天气科技工作者齐聚吉林,深入地交流研讨人工影响天气科学问题,展望未来发展,其意义深远。

我国人工影响天气工作经历了 50 年的发展历程,取得了辉煌的成就。50 年来,特别是改革开放 30 年来,在国务院和各有关部门的关心、支持下,在地方各级人民政府的直接领导下,通过全国人工影响天气工作者不懈的努力奋斗,我国人工影响天气工作取得了显著成绩。目前,我国人工影响天气作业规模 and 水平已经居世界前列,服务领域不断扩大,已经成为防灾减灾、服务于经济社会发展各领域的一种有效科技手段,受到社会各界的广泛关注和人民群众的欢迎。2008 年我国成功地举办了北京奥运会,成就了国人百年奥运、百年期盼的梦想。我国人工影响天气工作者也成功地实现了奥运历史上首次人工消减雨,为精彩的奥运会开闭幕式如期举行做出了应有的贡献。

然而,我们也清楚地看到,目前我国人工影响天气工作距国家需求和人民群众的期望仍然有较大差距,其科技水平与世界先进国家相比也有一定的差距。我们必须努力提高我国人工影响天气的科学技术水平,包括提高从业人员的素质,提高播云作业的科技含量,正确掌握作业条件和技术方法,建立各类人工影响天气概念模型,提高对作业云系宏观、微观结构与特征的认知,改进探测手段和信息资料的获取、分析与应用水平,改进和更新催化技术和催化工具,寻求科学、合理、实用的效果评估技术方法等,以提高人工影响天气的效益。

回顾我国人工影响天气工作的发展历史,应当充分认识到,我们必须坚持加强科学研究。改革开放以来,我国人工影响天气领域的科研和技术开发不断得到加强,相继取得了一大批重要的科技成果,保障了我国人工影响天气工作的持续健康协调发展。如 1980—1992 年开展的“北方层状云人工降水试验研究”,攻关成果有效带动了人工影响天气作业科技水平的提高。“十五”期间,国家科技攻关项目“人工增雨技术研究及示范”研究成果已推广到各地应用,人工增雨概念模型、数值模拟、探测和作业技术取得了新的突破。“十一五”国家科技支撑计划重点项目“人工影响天气关键技术及装备研发”也已在空中水资源监测技术、混合云人工增雨技术、暖云人工增雨技术、人工消雾技术、无人

驾驶飞机催化增雨技术、人工增雨及消雾装备研发、人工增雨信息处理技术等方面取得了一些阶段性的研究成果。近年来建成投入运行的 135 部新一代多普勒天气雷达已应用于人工影响天气作业指挥,许多地方建立了人工影响天气作业指挥系统,有效地提高了监测和科学指挥能力。国家级人工影响天气作业指导产品投入业务试运行,加强了对地方人影作业业务指导。我国还开展了与古巴、沙特阿拉伯、韩国、以色列、俄罗斯、美国等多项双边合作研究、技术交流和人员培训。这些科技工作,为全国人工影响天气业务发展奠定了坚实的基础。

展望未来,随着气象科学技术和现代化建设的发展,以及人工影响天气科技的进步,在全国人工影响天气工作者的共同努力下,我国人工影响天气工作必将在经济社会发展中发挥更大、更重要的作用。

本届科学会议的论文集,集中展现了近期我国云降水物理和人工影响天气科研和技术开发的新成果,有助于研讨各专题的科学问题,进而推进我国人工影响天气的整体工作,将在我国人工影响天气发展史上留下浓重的一笔。

郑国光
2008.10 于北京

目 录(Ⅱ)

第五部分 云降水与大气气溶胶、大气化学及气候变化的相互作用

城市发展对雾的影响·····	李子华(573)
区域冷雾的成因分析及数值模拟·····	胡朝霞 雷恒池 赵 震等(578)
中国北方沙尘气溶胶对云和降水影响的数值模拟研究·····	康凤琴(583)
一次深厚雾层发展的物理机制·····	王 蕾 杨 军 李子华(587)
河北地区毛毛雨和低云的变化趋势及其气溶胶云 物理效应的初步分析·····	段 英 吴志会 孙玉穗等(591)
2007 年北京秋冬季雾中气溶胶特征 ·····	黄梦宇 张 嵩 刘建忠(596)
南京冬季雾水化学特征及酸度来源·····	谢玉静 杨 军 石春娥等(600)
一次雾霾转换过程长波辐射特征初步分析·····	牛忠清 杨 军 李子华(604)
2006 年 12 月 25—27 日南京罕见强浓雾成因分析 ·····	刘安宁 濮梅娟 严文莲(608)
气溶胶对对流云结构与降水的影响:数值模拟研究 ·····	付丹红 郭学良 马贤芳(612)
2006 年南京冬季雾爆发性增强的物理特征研究 ·····	濮梅娟 严文莲 李子华(615)
中国大陆 1951—2005 年霾的长期变化 ·····	吴 兑 吴晓京 李 菲等(620)
中国雾水化学研究进展·····	李子华 濮梅娟 封 洋等(623)
珠江三角洲黑碳气溶胶及其辐射特性的观测研究·····	吴 兑 毛节泰 邓雪娇等(627)
西北地区沙漠及污染城市 CCN 分布特征的观测研究 ·····	桑建人 岳岩裕 舒志亮等(631)
南京冬季辐射雾生消过程及边界层结构研究·····	陆春松 牛生杰 杨 军等(635)
北京一次持续四天的大雾宏观物理特征分析·····	高建秋(639)
南京冬季三类雾的微物理特征比较·····	刘端阳 杨 军 李子华(644)
北京地区局地雾系留艇探测资料分析·····	刘建忠 嵇 磊 张 嵩等(648)

第六部分 气溶胶、云雾降水的观测试验装备和 人工影响天气的工具及应用

污染气溶胶对夏季区域降水影响的研究·····	段 婧 毛节泰(651)
北京春季气溶胶吸湿性增长飞机探测研究·····	权建农 张 嵩 黄梦宇等(655)
微波辐射计计算 KI 指数对降水的反应 ·····	李睿劼(658)
卫星资料的个例应用分析·····	宛 霞 周 嵬(663)
新一代多普勒天气雷达产品在防雹作业指挥决策中的应用研究·····	罗俊颀 曹永明 刘 方(665)
组网雷达的精细化人工增雨作业参数研究·····	吴汪毅 杨 光 李爱华等(668)
TWR-01 型天气雷达回波特征参数的提取和应用·····	邹书平 张芳钧(672)
TWR-01 型天气雷达增雨防雹局地作业预警指挥系统·····	邹书平 张芳钧 黄浩隽等(676)
基于 MapObjects 的气象无人驾驶飞机地面监控软件设计与实现 ·····	何生存 马舒庆 郭三刚(680)
M300 应用软件在飞机观测资料分析处理中的应用 ·····	王柏忠 刘卫国 游来光(684)
北京地区气溶胶飞机观测分析及与清洁地区云辐射特性的比较研究·····	房 文 郑国光(688)
春季逆温下北京气溶胶分布·····	马新成 嵇 磊 黄梦宇等(691)
地形云人工增雨条件卫星探测反演个例分析·····	刘贵华(695)

多普勒速度图像中逆风区的统计特征分析..... 李军霞 李培仁 汤达章(698)

奥运气象保障飞机作业使用的 GPS 简介 张 磊(702)

Matlab 和 C# 联合编程在雨滴谱仪数据处理中的应用 何雪松(703)

利用 Cloudsat 卫星对云微结构的初探 赵妹慧 周毓荃(706)

FY-2C 云粒子有效半径反演结果与 MODIS 云产品的对比分析..... 宋 薇 刘香娥 靳瑞军等(709)

强雷暴云的 X 波段双偏振气象雷达探测研究 肖 辉 崔 丹 何宇翔等(712)

X 波段双线极化雷达资料的滤波处理..... 何宇翔 肖 辉 吕达仁等(717)

车载 X 波段雷达在奥运会开幕式气象保障中的应用 金永利 马建立 康玉霞等(721)

充分发挥多普勒雷达在我区人工增雨工作中的作用..... 徐阳春 沈 阳(724)

河北省飞机人工增雨资料空地实时传输系统..... 董晓波 张杏敏 石立新(727)

利用地面资料计算云底高度的一种新方法..... 何小东 周毓荃 胡志晋(731)

利用风云卫星等综合观测资料联合反演云系宏微观
物理特性及其应用研究..... 周毓荃 陈英英 李 娟等(735)

微波辐射计等对一次降水过程的综合观测分析..... 张志红 周毓荃(740)

青岛市不同物源性质气溶胶质量浓度特征初探..... 孙 贞 徐晓亮 侯忠新等(745)

晴天条件下不同模态气溶胶粒子垂直分布特征..... 赵利品(749)

河北地区秋季气溶胶分布特征..... 张 瑜 银 燕 段 英等(753)

一次沙尘天气的飞机观测..... 石立新 赵志军 邓育鹏等(756)

有云条件下云凝结核和气溶胶粒子垂直分布..... 吴志会 张杏敏 段 英等(760)

FY-2C 卫星云参数反演产品在宁夏的初步应用分析 舒志亮 桑建人 翟 涛等(763)

南京北郊冬季大气细颗粒物浓度分布特征及其与边界层气象
要素的关系..... 陈 晨 银 燕 钱 凌等(765)

简介 GZW-4 型大气总温度传感器安装及使用维护 蒋 彤 米长树(768)

机载 GPS 数据传输系统的升级改造 刘 健 米长树 蒋 彤等(771)

风云-2C 卫星反演云降水参数及业务产品开发 刘香娥 王广河 (774)

宁夏气溶胶与 CCN 分布的飞机观测研究 刘晓莉 牛生杰 桑建人等(778)

内蒙古近地面 PM 10 分布特征 邱玉琚 牛生杰 沈建国(781)

机载 T-LWC 的研制和试飞对比 杨绍忠 米长树 刘 健等(786)

新一代天气雷达 VAD 风廓线产品应用探讨 田万顺(790)

可溶性有机气溶胶对 CCN 和云微物理特征影响的模拟研究 杨素英 马建中 胡志晋等(794)

数字雹雨分测仪..... 石安英 董晓波 吕 峰等(801)

微波辐射计探测云中液水含量不同仪器的测量结果比较..... 吴玉霞 雷恒池 张晓庆等(805)

论天气雷达识别冰雹云方法..... 王忠范 刘海峰 慕秀香(810)

青岛市不同天气系统下气溶胶浓度特性初探..... 孙 贞 徐晓亮 侯忠新等(813)

研究冰雹和霰生长过程的可调压冰风洞简介..... 石爱丽 苏正军(818)

风洞数据采集系统..... 陈 跃 刘红杰 杨 文等(821)

直路式等速负压多级稀释气溶胶风洞检测系统..... 陈 跃 刘红杰 杨 文等(824)

卫星反演微物理参数在降水估算中的初步应用..... 陈英英 唐仁茂 周毓荃等(829)

中国地区低云云水含量变化与温度的关系..... 李兴宇 郭学良 朱 江(833)

地基微波辐射计探测在黄河上游人工增雨中的应用..... 王黎俊 孙安平 刘彩虹等(836)

地面燃烧播撒系统在使用中应注意的问题..... 武玉忠 陈光学 李惠芳等(841)

第七部分 人工影响天气效果评估与检验方法

咸阳一次人工防雹作业效果分析..... 吴宇华 马 文(844)

2006年玉溪市人工防雹效益评估探讨	邢 婷 赵 娜(848)
2006年玉溪市人工增雨效益评估探讨	邢 婷 赵 娜(852)
火箭增雨作业效果评估系统研究	刘伯华 赵立品 展 芳(857)
一次人工增雨作业效果的中尺度数值模拟	王 佳 白卡娃 智协飞(860)
增雨催化技术与效益评估方法的研究	严宏志(865)
陕西渭北人工防雹基地建设效益分析	刘跃峰 贺文彬(869)
基于区域雨量站资料的人工增雨效果评估系统	马秀玲 杨雷斌 彭九慧等(872)
江西对流云地面非随机作业效果评估统计方法研究	吴万友 李德俊 宾 振等(875)
人工增雨效果评估中的面雨量计算分析	嵇 磊 李宏宇 周 珺(879)
桐庐县两次人工增雨作业对比分析	陆耀辉 章莹菁(883)
两次不同作业对象的火箭人工增雨作业效果评估分析	周国华 邓霞君 郑建飞(886)
人工增雨对密云水库 Ag 等化学组分影响研究	赵习方 张 菁 赵淑艳(889)
人工增雨作业效果浅析	秦长学(894)
人工增雨作业中区域平均雨量估算方法的探讨	林长城 李白良 隋 平等(899)
北京地区人工减雨数值试验的初步分析	孙 晶 史月琴 方春刚等(904)
新疆兵团两个垦区防雹效果的物理统计评估	李 斌 胡寻伦 高子毅(908)
“蓄水型”人工增雨效果检验方法研究	冯宏芳 隋 平 蔡英群等(912)
一次典型的飞机人工增雨作业效果分析	马振华 陈保国 陈争旗等(916)
用区域历史回归方法对 3 组数据作增雨效果评估	周 颍(920)
用雨滴谱资料分析一次火箭消雨作业效果	刘玉超(925)
玉溪市近六年人工防雹效益初步评估	刘春文(928)
一次强对流天气过程与人工防雹作业指挥分析	刘臣亮 李 斌(931)
玉溪 2008 年 8 月 15 日防雹个例分析	冯庆明(935)
人工增雨效果统计检验技术系统开发与应用	肖 辉 何宇翔 翟 羽等(939)
北京地区消(减)雨演练过程雷达产品特征分析	董鹏捷 李睿劼 张 菁(944)
沧州人工增雨效果评估系统简介	吴明月 邢开成 房建民(948)
内蒙古自治区人工增雨效果检验方法及效果分析	张自国 夏彭年 苗百岭(951)
人工增雨效果统计检验的功效分析	姚展予 王 婉(957)
有限样本容量对增雨效果显著性检验的影响	王 婉 靳瑞军(960)
新疆兵团农六师防雹作业效果的雷达资料分析	谢向阳 程立峥 程相儒等(963)
新疆冬季飞机人工增雪效果统计检验方法	范鸿芸 张 静 冯振武(968)
依据雷达回波自动选取对比云进行人工增雨效果检验的方法	唐仁茂 袁正腾 向玉春等(971)
河南一次层状云飞机播云试验的云微物理特征及响应分析	于丽娟 姚展予(975)
江孜县人工防雹作业的效益评估	格桑平措 卢新江 徐秀玲(980)
山西省人工增雨作业物理效果检验研究	李培仁 李军霞 孙鸿博等(984)
从增雨作业前后降水中的冰核含量分析作业效果的尝试	杨绍忠 鄯大雄 张景红等(988)
对流云单体作业前后回波参量计算分析	李玉林 杨 梅(992)
火箭人工增雨防雹效益分析	陈光学 武玉忠 李惠芳(996)
辽宁人工增雨试验区功效分析	房 彬 班显秀 肖 辉(998)
湖南省东江水库汛期人工增雨作业风险评估	张中波 唐 林(1002)
利用三维混合云模式进行黄河上游单次人工增雨作业效果评估的 方法探讨及分析	王黎俊 孙安平 郭学良(1004)

第八部分 人工影响天气作业条件与业务技术系统

人工增雨作业器具的维护和故障处理	刘晓天(1009)
------------------------	-----------

WR-98 型火箭在防雹作业中用弹量的初步研究 房春琴(1013)

地面人工增雨外场实时监控方法的实现 赵 博(1017)

市级人工增雨作业决策指挥系统 陈天锡 张俊波 陈 松等(1021)

唐河县人工影响天气决策指挥系统 张 杰 刘晓天(1025)

基于 MapInfo 的内蒙古自治区区级人工影响

 天气业务技术系统 苏立娟 达布·希拉图 卢士庆等(1029)

基于多雷达产品集成的市县级人工影响天气作业指挥系统 刘春文 李文祥 冯庆明(1033)

基于高分辨率卫星影像的火箭作业点安全通道图的制作 杨 凡 孙 琪 丁 锋等(1037)

吉林省人工影响天气作业指挥系统 崔 莲 孙海燕 刘 岩(1041)

江西省新一代省级人工影响天气作业业务技术系统总体介绍 吴万友 徐亚娟(1044)

山西省人工影响天气示范基地的设计功能和建设 李培仁 封秋娟 (1048)

移动式人工增雨作业技术支撑系统的设计与实现 吴万友 黄芬根 宾 振(1052)

华南区域人工影响天气共享平台设计 黄彦彬 游积平 张瑞波(1057)

人工影响天气地面对空作业监控及空域申报系统 杨有林 程 明 穆建华等(1061)

人工增雨作业效果检验系统设计 黄彦彬 齐彦斌 张景红(1065)

人影指挥系统在宁夏干旱区增雨作业中的应用 陆晓静 桑建人 周 虎等(1069)

河南省一次飞机人工增雨作业条件分析 邵振平(1073)

人工影响天气作业指挥调度及安全监控系统 张芳钧 刘国强 张 萍(1077)

人工影响天气作业条件与技术系统有关问题的意见 李大山(1081)

自适应型人工影响天气作业指挥系统 陈轶敏 唐晓云(1083)

中国气象局人工影响天气中心综合业务平台介绍 汪晓滨 郭学良 史月琴等(1086)

国家级人工影响天气指导产品在湖南的释用方法与初步结果 樊志超 高继林 丁岳强等(1090)

湖南省夏秋干旱早期人工增雨作业条件判别指标研究 唐 林 张中波 王治平 (1094)

基于 PDA 的 GPS 车载终端的设计与实现 丁岳强 赵新兵 唐 林等(1097)

使用 VIL 选择人工增雨作业区域 李 薇 李永振 汤达章(1100)

三七高炮双管不同步发射调整的分析研究 马官起 冯诗杰 晏 军(1103)

第五部分 云降水与大气气溶胶、大气化学及气候变化的相互作用

城市发展对雾的影响

李子华

(南京信息工程大学, 南京 210044)

中国自改革开放以来,城市面积、人口、车辆、社会经济都有几倍甚至几十倍的增长。城市发展增强了城市热岛效应;城市发展使空气污染加重,大气气溶胶粒子数密度加大,SO₂, NO_x 等污染气体加浓;城市扩大,高密度的房屋和沥青路面大幅度增加,从而使绿地减少,反射率减小,进一步增强城市热岛。这些变化对雾的影响很大,不仅直接导致了城市雾日减少、雾水含量减少,雾滴尺度减小,雾滴数密度加大,因而雾中能见距离变小;还会使雾水离子浓度和酸度变大。城市生态环境的变化,导致了雾的变化,反过来,雾的变化又影响了城市生态环境。

1 城市雾日呈减少趋势

重庆是一个多雾的城市,多年平均年雾日 80.1 d,居全国省会城市之首。但五十年来雾日年际变化很大,沙坪坝 20 世纪 40 年代和 50 年代年雾日 100~145 d,但从 50 年代后期开始逐渐下降,70 年代以来稳定少变(图 1),而邻近北碚、泸州、涪陵等地,50 年代后是稳定上升的,特别是 70 年代后增加比较显著。这表明重庆雾日的减少并非大尺度天气背景的变化,而是与城市发展、人口增多、工矿企业增多而导致的大气污染物增加及热岛效应增强有关。

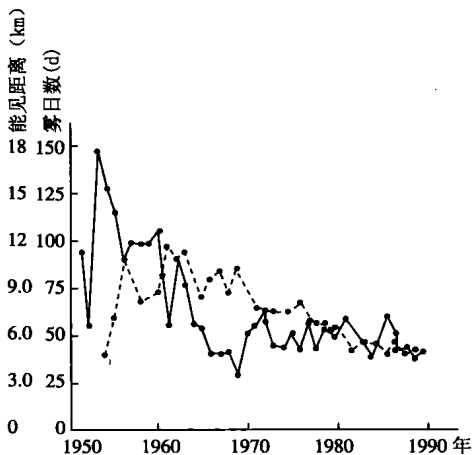


图 1 重庆市能见度(虚线)和雾日(实线)的年际变化

在图 1 中还可以看到,从 20 世纪 60 年代初开始,能见距离呈直线下降趋势。60 年代平均能见距离为 8.2~11.8 km,到 80 年代仅为 4.9~6.5 km,1990 年平均能见距离比 1980 年降低了 1.48 km。能见度的下降与雾日的减少不相匹配,这表明重庆市能见度的下降趋势与雾无关,而与重庆工业城市的迅猛发展,大气污染物日益增多的趋势呈反相关。而大气污染物(气溶胶粒子)的增多,以及城市热岛效应,又影响到雾的生成。

石春娥(2006)给出了安徽省 78 个测站平均年雾日数的演变趋势(图 2)。由图可见,1980 年代之前全省平均雾日呈上升趋势,在 1980 年前后达到峰值,之后,总体呈下降趋势。而且这种下降趋势与耗煤量的上升正好相反。由此可见,雾的减少与燃煤引起的污染颗粒物的增多有关。

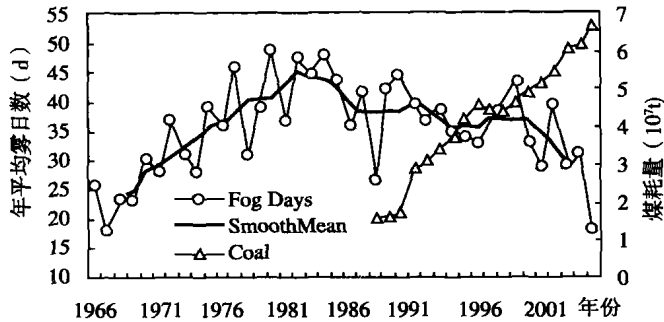


图 2 安徽省平均雾日数与煤耗量的变化趋势

为了说明城市发展对雾的影响,石春娥(2006)研究了两类城市雾日的演变情况。一类是建市较早的几个城市,如合肥、芜湖、黄山等;另一类是建市较晚的几个城市,如亳州、池州、巢湖。为了排除大尺度气候变化的影响,同时利用城市附近的郊区气象站资料,比较城市和郊区气候要素的时间序列。结果表明,建市较早的几个发达城市,1980 年以后,雾日总体趋势是下降的,特别是合肥和芜湖,自 1985 年以后,雾日数明显小于郊县。这说明城市发展导致了雾发生率下降。合肥市在 1949 年前城区面积仅 5 km²,人口约 6 万,1980 年为 56 km²,人口 77 万,到 2005 年城区面积已达到 225 km²,人口 130 万,城市规模迅速扩大。正是由于 20 世纪 80 年代后的这种突飞猛进的发展,导致了城市雾的明显减少。对建市较晚的几个地级城市,从 20 世纪 70 或 80 年代开始,年雾日数都有上升趋势,但在 1995 年以后,年雾日数明显下降。这些城市原都是县城,都是 20 世纪 90 年代以后建市的,建市前经济发展缓慢,建市以后社会经济迅速发展,城市人口迅猛增加。由此可见,在城市缓慢发展时期雾日数逐渐增加,但在城市规模明显扩大之后,雾日数开始下降。

雾日的减少趋势,已不止于上述少数几个城市。王丽萍等(2005)利用中国内地 604 个站 1961—2000 年资料,用一、二阶主值函数拟合雾随时间(t)的变化趋势,得到图 3。由图可见,全国 604 个站的空间雾日,在 40 a 的尺度上,具有极显著的($\alpha=0.001$)二阶趋势,即 1981 年之前雾日增加,之后雾日较少。

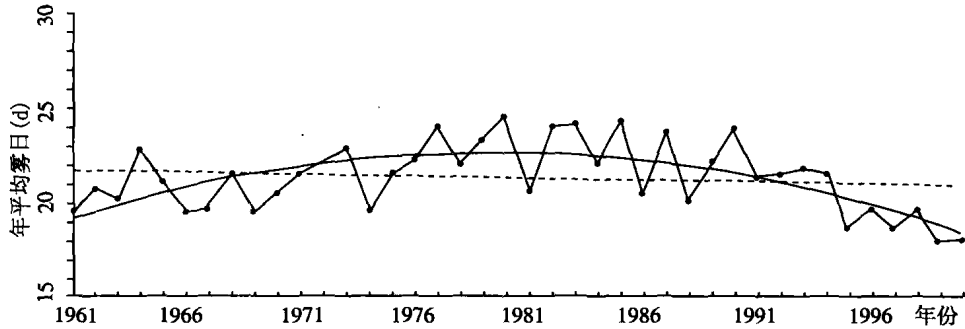


图 3 中国地区年平均雾日年际变化

2 雾滴数密度增大,含水量减少

重庆自市边区至市中心,雾滴数密度愈来愈大,雾滴尺度和含水量愈来愈小。重庆市区雾微结构的特点是,雾滴数密度很大,平均数密度超过 500 个/cm³,而平均直径很小,仅有 4.4 μm,含水量一般不超过 0.1 g/m³。影响重庆市雾微物理结构的因素主要是严重的空气污染和城市热岛效应。由于污染重,空气中凝结核多,因而雾滴数密度大;由于热岛效应,夜晚市中心气温至少要比市边区高出 2℃,而且由于市区上空有高浓度的气溶胶粒子覆盖层,夜晚削弱地面长波辐射,增大逆辐射,从而减小辐射冷却率。由于空气冷却程度不高,成雾时空气饱和程度不高,雾滴不能充分凝结增长,因而雾滴小,液水含量少。

表 1 景洪各月降雾量(mm)的年代际变化(宫世贤等,1996)

	1月	2月	3月	10月	11月	12月	合计
1954—1959	5.6	2.0	0.3	0.4	3.2	5.8	17.5
1960—1969	3.3	1.2	0.1	0.2	2.2	3.4	10.4
1770—1979	1.7	0.3	0.0	0.1	0.7	1.6	4.4
1980—1989	0.3	0.0			0.2	0.4	0.9
1990—1995	0.0				0.0	0.2	0.2

云南西双版纳地区 1968—1969 年期间,景洪雾含水量为 0.74 g/m³,平均直径 28.6 μm,数密度仅 34.9 个/cm³;但在 1986—1987 年间观测时,平均含水量仅 0.08 g/m³,平均直径 6.8 μm,而数密度增大到 153 个/cm³。在不到 20 a 时间里,雾含水量减小了近一个量级,数密度增大近 5 倍。1997 年 11 月 23—30 日,我们在景洪又进行了雾滴谱观测。结果(黄玉生等,2000)表明,最大含水量 0.061 g/m³,最小仅 0.008 g/m³,又比 1986 年冬观测值明显减少。景洪气象站记录的降雾量的年际变化,也可说明雾水含量的减小趋势。如表 1 所示,20 世纪 50 年代,年平均总雾露量高达 17.5 mm,70 年代少至 4.4 mm,到 80 年代不足 1 mm。图 4 给出了景洪 1 月和 11 月降雾量年际变化。由图可见,1960 年后,降雾量迅速下降,1978 年后,减小特别明显,降雾量仅剩微量。

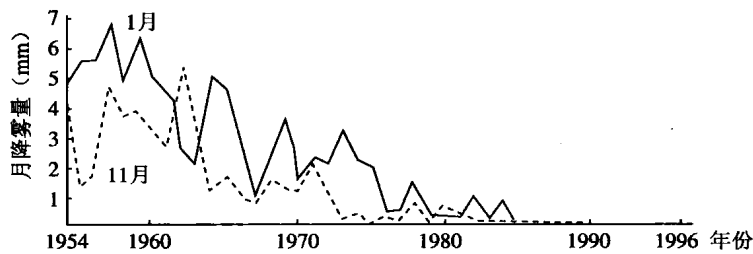


图 4 景洪 1 月和 11 月降雾量年际变化(宫世贤等,1996)

致使西双版纳景洪市雾微结构变化的因素主要有二:一是城市规模扩大;二是植被减少(黄玉生等,2000)。

表 2 西双版纳气溶胶粒子数密度与各地比较

地点	平均数密度 (个/cm ³)	最大数密度 (个/cm ³)	最小数密度 (个/cm ³)	观测时间 (北京时间)
景洪	295.0	520.5	125.6	1997 年 11 月
重庆	252.7	452.9	84.9	1991 年 1 月
上海	235.0	945.0	46.0	1986 年 6—7 月
北京	192.2	357.5	44.9	1980 年 7—8 月

西双版纳 50 a 来,发生了很大变化。特别是自 20 世纪 70 年代末起的近 20 a,变化特别巨大。解放初期,这里山深林密,人烟稀少。当时景洪人口不过千人,如今已有 13 万人,如果加上来此旅游的流动人口,可能已达数十万人。当时城内仅有 6 幢瓦房,如今城区高楼林立,其面积已扩展到数十平方千米,并有各类企业几百个,机动车 5.7 万辆。城市扩大、人口增多、工矿企业发展及车辆的大量增加,直接导致了城市热岛效应。景洪自 80 年代以来气温的明显上升,与此有直接关系。

城市发展还使空气污染加重,大气气溶胶粒子数密度加大。表 2 中列出了景洪气溶胶粒子的观测结果,并与几个大城市作了比较。可以看出,1997 年冬景洪大气气溶胶粒子数密度已与 20 世纪 80 年代的上海、北京和 90 年代初的重庆大气气溶胶粒子数密度相当。气溶胶粒子增多,不仅影响雾的生成,而且直接改变了雾的微物理结构。

3 离子浓度和酸度加大

城市发展不仅使雾日减少,雾含水量减小,也使雾水化学组分发生了很大变化。根据重庆雾水化学资料,我们比较了城乡之间雾水离子浓度的差别。结果表明,从市中心区——市边缘区——近郊——远郊,雾水离子浓度是逐渐减少的。而 pH 值则是自市中心向外逐渐升高,市中心区雾水酸度最高。对西双版纳景洪雾水化学组成历史资料(1997 年和 1988 年)比较时,发现十年来景洪雾水的总离子浓度增加了约 6 倍,来源于土壤的 Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , F^- , 来源于人为源的 NH_4^+ , SO_4^{2-} , NO_3^- 等均有几倍~几十倍的增加。从工业区(云南安宁)与非工业区(云南景洪)雾水离子浓度的对比看,非工业区的主要离子浓度均明显低于工业区,来源于人为源的 SO_4^{2-} 和 NO_3^- 几乎小一个数量级,即使主要来源于土壤的 K^+ 和 Na^+ ,也低于工业区。这些都说明,城市扩大,人口增多,工矿企业发展及车辆的大量增加,导致了雾水离子浓度和雾水酸度的变化。

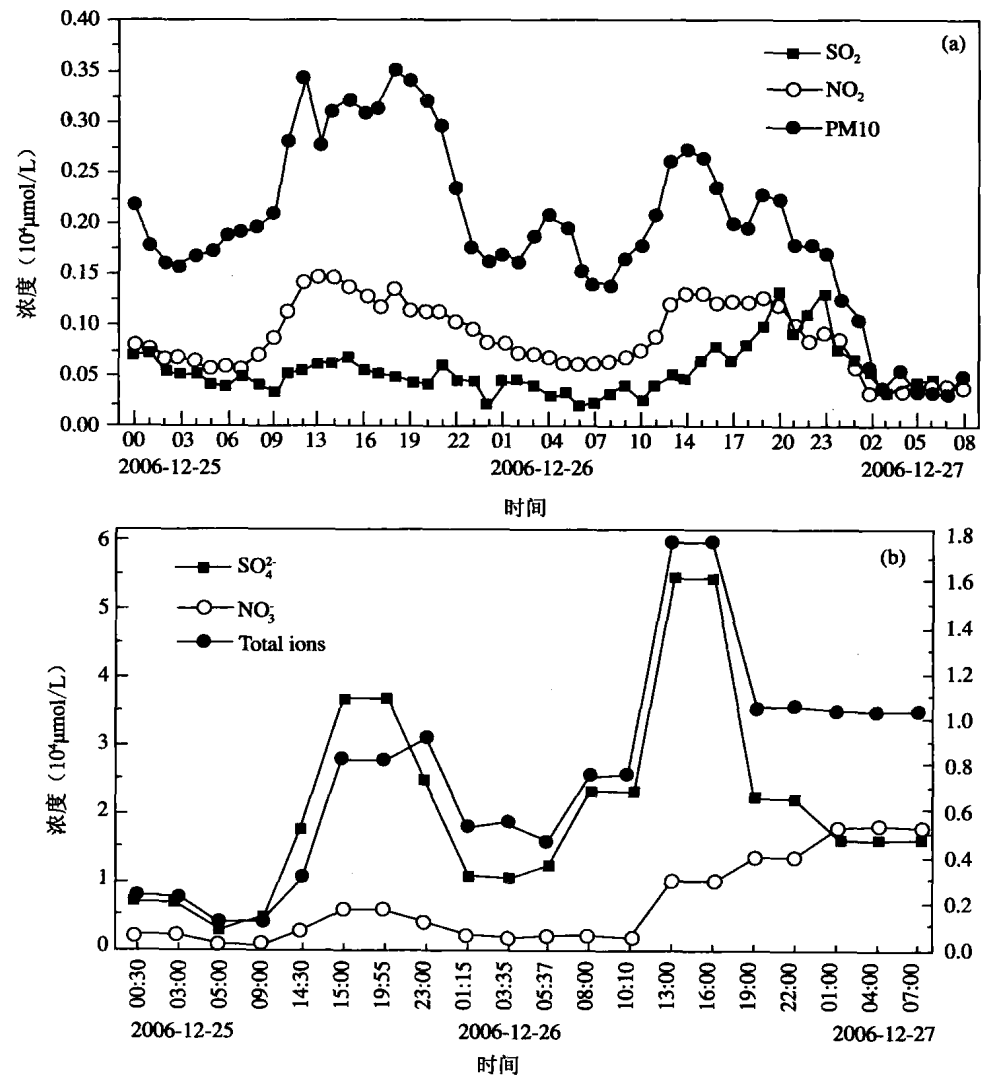


图 5 12 月 25—27 日南京市郊(a)空气污染物(SO_2 , NO_2 , PM_{10})与 (b)雾水离子(总离子, SO_4^{2-} , NO_3^-)浓度变化

下面,再以 2006 年 12 月 25—27 日南京连续雾水样本为例,揭示雾水离子浓度与空气污染的关系。雾过程中共采 13 个雾水样本,同时观测了空气中的 SO_2 , NO_2 和 PM_{10} 。

图 5 给出了雾水离子浓度和 SO_2 , NO_2 , PM_{10} 随时间的变化。由图可见,雾过程中空气污染物的变化规律是:入夜后污染物浓度下降,午夜至凌晨最低,日出后开始增大,午后达最大值。这种变化与人为排放有关,白天各种生产活动,特别是汽车尾气和工业污染排放大量增加,在雾日稳定的层结条件下,污染气体和气溶胶粒子不断积聚;而到了夜间,人为活动减少,空气污染随之减少。对照雾水离子浓度的变化可以发现,雾水中离子浓度与 PM_{10} , SO_2 和 NO_2 的变化趋势基本一致,当空气污染物浓度下降时,雾水离子浓度减小,当空气污染物上升时,雾水离子浓度也随之增大。例如污染气体(SO_2 , NO_2)在 25 日 13:00—19:00 有一个峰值,离子浓度(SO_4^{2-} , NO_3^-)则在 14:30—23:00 之间出现峰值,随后污染气体和离子浓度都逐渐降低,待到 26 日早晨又开始升高。这反映了雾水中离子主要来源于近地层空气污染物。仔细分析图 5 又发现,空气污染物的峰值比雾水离子浓度峰值略有提前。这是因为大气中污染物溶于雾水需要一个过程,所以雾水离子浓度的变化相对于空气污染物略显滞后。

这个例子说明,雾水中各组分主要来源于空气中污染气体和气溶胶粒子,因此雾水离子浓度与空气污染物直接相关。

参考文献

- 宫世贤,凌升海. 1996. 西双版纳雾在减少. 气象, 22(11):10-14.
黄玉生等. 2000. 生态环境变化对雾的影响. 气象科学, 20(2):129-135.
石春娥等. 2006. 从雾的气候变化看城市发展对雾的影响. 气候与环境.
王丽萍等. 2005. 中国雾区的分布及其季节变化. 地理学报, 60(4):689-697.

区域冷雾的成因分析及数值模拟^①

胡朝霞¹ 雷恒池¹ 赵 震¹ 董剑希² 余 兴³ 张晓庆¹ 吴玉霞¹

(1 中国科学院大气物理研究所, 北京 100029;

2 国家海洋环境预报中心, 北京 100081; 3 陕西省气象科学研究所, 西安 710015)

引言

雾是悬浮在贴近地面的大气中的水滴(或冰晶)的可见集合体,是使能见度小于 1 km 的天气现象。雾常常给航空、航海以及交通运输造成严重影响,甚至造成空气污染,危害人们的身体健康。国内外开展雾的研究比较多,大量观测表明,在雾的形成、发展和消散过程中,辐射、湍流、水汽的凝结和蒸发以及重力沉降等起着重要作用^[1~7]。随着社会的发展,区域雾越来越多,影响也越来越大,因此越来越受到人们的关注。Ballard 等^[8]、Gang Fu 等^[9]用中尺度模式模拟分析了雾的成因,并讨论了初、边界条件的敏感性等。近年来,中尺度 MM5 模式也用来模拟分析雾的演变,探讨雾的预报等^[10~13]。

由于区域雾的观测少,也存在实际困难,因此目前对区域雾的认识还很不清楚,需进一步加强观测及进行数值模拟研究。

1 大雾天气背景

2002 年 12 月 10—19 日在全国大范围地区出现了大范围雾天气,雾的持续时间达一周以上。12 月 10 日以来,陕西上空受西北气流控制,由于受前一周降雪、降雨天气的影响,空气中的湿度大,水汽冷却后形成了大雾,加之夜间近地面层降温且风力不大,大气层结稳定。另外,西安的污染较为严重,污染物在空中形成了一个逆温层,阻止了空气上下交换,加重了雾气。受浓雾强浓雾影响,西安市区连续几天能见度极低,有时不足 10 m。12 日上午,在渭南沙王大桥结冰的路面上,每隔几十米就见到一起车祸。最严重的是大桥北段的由南向北 6 辆车追尾,造成 4 人重伤。

这场浓雾持续时间长、能见度低,为陕西省几十年来所罕见。浓雾弥漫了整个关中和陕南地区,致使陕西的高速公路大都封闭,交通受到严重影响,咸阳机场很多航班也因为大雾天气被延误,大部分飞往西安的飞机停飞。

2 模拟结果分析

使用 MM5v3.7 非静力中尺度模式,从 2002 年 12 月 11 日 12UTC(北京时间 11 日 20 时),模拟到 13 日 12UTC(北京时间 13 日 20 时)。模拟域以西安为中心,模式采用三重嵌套,水平格距分别为 27 km、9 km 和 3 km,网格点数分别为 112×103、100×94 和 85×85。垂直方向 36 层,主要增加 3 km 以下的分层。区域一中选用 Grell 积云参数化方案和 Reisner2 显式云物理方案,其余两个区域仅选用 Reisner2 方案,边界层选用高分辨率的 Blackdar 方案,辐射选取 Dudhia 较复杂的云辐射方案。

^① 资助项目:国家自然科学基金 40475005,公益性行业(气象)专项 GYHY(QX)2007-6-26