

“大气环境探测与模式应用”专刊序言

王体健¹, 刘东², 李蒙蒙¹

(1. 南京大学 大气科学学院, 南京 210023; 2. 中国科学院安徽光学精密机械研究所, 合肥 230031)

1 背景情况

随着我国社会经济的快速发展、能源消耗的增加, 已经形成了以细颗粒物和臭氧为主要特征的大气复合污染。大气污染物不仅对人体健康产生危害, 还会对地球大气辐射平衡产生影响, 进一步影响天气和气候。大气探测是支撑大气环境和大气化学研究的重要手段, 有助于分析大气污染的特征、过程、机理及成因, 对于评估大气污染物的天气气候效应具有非常重要的科学意义。近年来, 我国在大气环境探测新技术和新方法方面已经取得了快速的发展, 新型仪器和传感器不断研发成功。数值模式是支撑大气环境和大气化学研究的另一重要手段, 广泛应用于大气复合污染模拟预测、大气环境管理与管控决策。为了总结大气环境探测与模式应用的最新成果, 《装备环境工程》杂志组织出版了本专刊, 力求涵盖我国大气环境探测技术方面的最新进展, 介绍大气环境探测资料和数值模式在区域空气污染特征、过程及其成因研究中的应用成果。

2 专刊介绍

本专刊一共收录了 21 篇论文, 涉及大气环境探测新技术(5 篇)、大气气溶胶的垂直结构探测(5 篇)、大气污染扩散的模拟(4 篇)以及区域污染过程的综合观测和模拟(7 篇)等四个方面。

近年来, 我国在大气探测新技术、新方法方面取得了快速进展, 为科学认识各种大气物理和大气化学过程提供了技术支撑。卫克晶等^[1]通过对敏感元件材料和风压分布进行仿真模拟, 提出了多导风孔的结构设计及带硅岛压力膜作为风压感压膜的方法, 提高了测风传感器的测量准确性; 夜间云范围的检测是云检测的难点, 安妮等^[2]根据日本新一代静止卫星 Himawari-8 提供的红外波段观测信息, 采用亮温阈值法研究提出了适用于中国地区夜间云的三高程阶梯云检测算法, 该方法检测的夜间云区域与 MODIS 的 MYD06 云产品基本一致, 与 CALIPSO 雷达数据相比对云区域的提取精度为 79.7%; 微波链路降水技术是一种区域降水监测和预警的新手段, 可以成为常规降水测量手段的有效补充, 刘西川等^[3]在介绍微波链路测雨方法原理、优势的基础上, 对国内微波链路反演降水的技术现状、应用及其未来发展方向进行了重点分析; 盛峥等^[4]基于中国首次火箭落球实验数据以及

SABER/TIMED 卫星探测的温度廓线, 利用最大熵法和 S 变换方法获得相应的重力波参数并进行对比分析, 发现火箭探测得到的风场廓线数据对重力波的分辨率更高, 能够分辨出垂直波长更小的精细结构; HO₂ 自由基是表征大气氧化能力的关键物种之一, 周家成等^[5]搭建了一套近红外光腔衰荡光谱测量系统用于分子和自由基的探测, 该系统实现了对水汽吸收的探测, 可应用于 NH₃, C₂H₂, 以及 HO₂ 自由基的实时探测。

大气污染的垂直结构是理解区域重污染发生、发展及实现区域协同治理的重要前提, 对于大气气溶胶垂直结构的探测主要依赖于地基激光雷达、多轴差分吸收光谱等光学遥感手段, 以及高塔观测、飞机航测、大载荷系留气艇等垂直观测手段, 本专刊收录了 5 篇相关文章。于思琪等^[6]使用金华站点激光雷达观测退偏振比、颜色比和光学厚度对大气中气溶胶分层进行了分析, 发现 0-8 点观测 1.5 km 高度上下出现两层不同性质的气溶胶层; 王东生等^[7]使用多旋翼无人机为载体, 集成多种大气污染物和气象要素的便携式检测设备, 组建了可用于 0-1000 m 大气边界层范围的大气污染无人机观测平台, 无人机观测表明早上大气出现明显垂直分层结构, 0-200 m 高度稳定大气层结构阻碍了污染物扩散, 近地面 PM_{2.5} 浓度达到 80 μg m⁻³, 而下午观测数据有助于解释污染消散; 王晗煜等^[8]在 2014 年夏天和 2015 年冬天通过无人机平台搭载便携式设备检测临安市高空 1000 m 内黑炭的垂直分布规律和输送来源, 试验表明不管是夏季还是冬季, 上午黑炭的质量浓度随高度增加而下降, 冬季上午黑炭质量浓度远高于夏季, 但下午黑炭的质量浓度相似。另外, 大气气溶胶的垂直分布受温湿廓线影响, 王伟齐等^[9]利用北京地区气象探空、地面 PM_{2.5} 和激光雷达资料分析了大气温湿廓线与气溶胶消光系数的关系, 分析发现相对清洁条件、污染条件下大气温湿垂直递减率偏小, 并且低层大气相对湿度偏大; 宿兴涛等基于 CALIPSO 资料, 分析了东亚地区气溶胶的垂直分布特征, 发现气溶胶垂直分布具有显著的月际变化和地区差异; 中纬度地区, 亚洲沙尘气溶胶跨北太平洋传输在 1-5 月份较强^[21]。

大气扩散能力是影响大气污染过程的重要因素, 本专刊收录了 4 篇文章, 基于气象资料开展相关研究。黄勇等^[10]利用气象部门整编的 1981-2010 年气候资料分析了安徽省大气污染扩散能力的变化特征, 发现安徽省的不稳定日数以 3.1%/(10 年)增加, 大气扩散能力经历了“增强—减弱—增强”的起伏式

变化;刘冲等^[11]利用 WRF 中尺度气象模式耦合 CFD 流体模型研究冬季一次静稳天气下复杂城市街道形态的通风性能,研究发现人口密集的住宅区通风性能严重不足,大部分街区风速只有 0.3 m/s,在迎风向的街谷或道路的通风性能明显(2~3 m/s),很好的起到了城市通风走廊的作用;沈凡卉等^[12]利用风洞实验测量不同冷却塔形状以及不同下垫面条件下火电厂冷却塔后方的湍流度,发现火电厂采用“烟塔合一”排烟方式时建议优先选择高宽比大的塔型,以降低排烟冷却塔对周围环境影响的可能性。另外,马林等^[13]利用 1960–2015 年辽宁中西部地区气温资料研究了城市热岛对环境气温的影响,发现城市热岛造成年平均气温增高 0.65 °C,增温最大值在 1 月份。以上研究都指出,合理的城市建筑布局以及排放源形态特征能够有效地增加局部区域通风性能,有利于污染物等的扩散以及居民的健康。

本专刊的最后 7 篇论文通过对中国华北和华东地区区域污染过程的综合观测和模拟分析,力求从科学上进一步认识区域大气污染的现状、来源以及空气污染与气象条件的关系,分析大气污染的成因。韩军彩等^[14]针对石家庄市 2015 年 12 月 5–14 日重污染过程,利用逐日地基微波辐射计、风廓线雷达、地面气象以及污染物观测资料,分析了重污染过程与气象条件的关系及污染来源,发现此次重污染以局地排放为主要形成源,风速小(<1.5 m/s)、湿度大(>70%)、稳定的大气环流形势为重污染提供了持续稳定的大气环境背景;张红等^[15]使用 X 射线荧光光谱对铜陵市工业区颗粒物样品进行元素分析,发现 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 中 S 和 Si 元素浓度较高,扬尘是 PM₁₀ 的最大来源,而对 PM_{2.5} 而言最大来源是风沙、扬尘和开采矿山。徐达等^[16]综合地基微脉冲激光雷达观测和 WRF-Chem 模式分析了 2015 年 1 月 3–5 日中国中东部地区的一次严重雾霾事件的区域输送特征,研究发现徐州站点的激光雷达探测到 1~3 km 的外来颗粒物输入,徐州地区在冬季易受到来自山东西部、河南东部以及安徽北部的污染影响,两次输入过程对当地气溶胶光学厚度贡献分别为 43%和 69%;韩函等^[17]使用全球化学传输模式 GEOS-Chem 定量研究境外生物质燃烧对春季东亚地表臭氧浓度的影响,发现春季全球生物质燃烧对东亚地表臭氧贡献在 (1~5) × 10⁻⁹ 之间,其中 75%是境外生物质燃烧的贡献;高达等^[18]模拟指出未来气候变化造成长三角地区温度降低、辐射减少以及 NO_x 浓度增加,进而造成臭氧浓度降低 7.9%。上述研究对中国东部地区大气复合污染特征进行了深入的阐释和分析,为理解其成因提供了一定的科学依据。另外,刘斌等^[19]对比分析了 IMPROVE 方程的改进算法和 MIE 方法对北京地区消光系数计算的适用性,发现采用化学组分体积谱 MIE 方法计算的颗粒物消光系数和体积谱峰值与实际观测结果较为一致。赵雄飞等^[20]比较了浓度法和梯度法计算的南京市郊区大气污染物干沉降通量,发现对于 NO、O₃、PM_{2.5},浓度法和梯度法计算的干沉降通量具有较好的一致性。

3 研究展望

在本专刊中,特别推荐几篇优秀的研究工作,一篇是结合激光雷达观测和数值模式研究了中国中东部地区雾霾的区域输送^[15],另一篇是关于多旋翼无人机观测平台对大气颗粒物垂直结构的探测^[7]。此外,三篇关于大气环境探测新技术的论文^[2-4]分别介绍了我国在云、降水和大气重力波探测技术方面的最新研究进展,为我国未来大气环境探测新技术的发展提供了方向。目前我国已经建立了地基、空基和天基多种气象观测平台,未来需要研究不同探测技术的综合、互补、协同和数据融合处理。另外,未来需要加强大气探测技术与数值模式的结合,实现观测数据与模式模拟的深度融合。

参考文献:

- [1] 卫克晶,孙学金,杜利东. 差压式测风微传感器敏感元件的设计.
- [2] 安妮,尚华哲,胡斯勒图,海全胜,包玉海. 基于葵花影响中国地区夜间云识别方法研究.
- [3] 刘西川,高太长,宋莹,刘磊,印敏. 微波链路降水测量技术及应用研究进展综述.
- [4] 盛峥,周树道,葛魏,卫克晶,应央涛. 利用落球探测资料分析临近空间大气重力波.
- [5] 周家成,徐学哲,雷佳捷,方波,赵卫雄,张为俊. 近红外外腔衰荡光谱系统设计及研究.
- [6] 于思琪,刘东,徐继伟,王珍珠,吴德成,王英俊. 大气气溶胶多层结构的激光雷达观测.
- [7] 王东生,彭仲仁,李白,李小兵,修光利. 基于多旋翼无人机平台的大气 PM_{2.5} 垂直结构观测技术.
- [8] 王晗煜,彭仲仁,王东生. 基于无人机平台的黑炭垂直变化监测.
- [9] 王伟齐,王章军,臧增亮,胡俊忠,张诚杰,庄全风. 北京地区大气湿廓线对气溶胶垂直分布的影响.
- [10] 黄勇,张红,汪腊宝,王儒威,梅建鸣. 气候变化对安徽省大气污染扩散能力的影响.
- [11] 刘冲,彭云龙,王体健,顾聿笙,张婷婷,丁沃沃. 基于 WRF-CFD 耦合的复杂城市形态街道通风性能模拟研究.
- [12] 沈凡卉,徐振,杨光俊,郝天明. 基于风洞实验的冷却塔空腔区范围影响因素研究.
- [13] 马林,孙艳云,张钰琪,王帅,于文博,王若男,韩冰,刘振宏,李东宇. 城市热岛效应增温对环境气温影响.
- [14] 韩军彩,陈静,石文雅,张立霞. 石家庄市一次大气重污染过程的边界层特征和成因分析.
- [15] 张红,黄勇,宋浩冉,陈凝,王儒威,梅建鸣. 铜陵市冬春季 PM₁₀ 和 PM_{2.5} 中元素特征及来源分析.
- [16] 徐达,何秦,徐亚萍,姚德飞. 结合激光雷达观测与模式模拟的雾霾区域污染分析.
- [17] 韩函,柳竞先,章迅. 春季境外生物质燃烧对东亚臭氧污染的影响.
- [18] 高达,谢旻,王体健,刘倩,占晨超,任俊宇. 气候变化对长三角臭氧污染影响的数值模拟研究.
- [19] 刘斌,臧增亮,田平,颜鹏,蔡恒明,张仁健. 基于 Revised IMPROVE 方法和 MIE 方法计算北京地区气溶胶消光系数的对比分析.
- [20] 赵雄飞,王体健,黄满堂,杨帆,杨丹丹,金龙山. 大气污染物干沉降速度和通量的计算方法比较:以南京仙林地区为例.
- [21] 宿兴涛,崔新东. 基于 CALIPSO 资料的东亚地区气溶胶垂直分布特征分析.