

文章编号: 2096-1618(2021)03-0316-07

海陆风对广东沿海地区秋冬季污染物的影响研究

刘蕾蕾, 聂椿力, 张梦, 席雪洁, 刘锦涓
(成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都 610225)

摘要:为探究海陆风对沿海城市不同季节污染物的影响特征,结合2015–2018年中国空气质量在线监测分析平台广东省17个站点的污染物观测数据及同期气象资料,利用统计分析方法揭示了沿海典型代表城市秋季 O_3 和冬季 $PM_{2.5}$ 污染物分布特征,重点针对海陆风对沿海典型代表城市秋季 O_3 和冬季 $PM_{2.5}$ 污染的影响进行分析研究。结果表明:广东省的东莞市、阳江市、广州市、深圳市4个沿海城市的海风风向范围主要是SE-SSW,为偏南风,陆风风向范围主要是NW-NNE,为偏北风,它对沿海城市的 O_3 和 $PM_{2.5}$ 有明显的稀释扩散作用。深圳市受天气系统下沉气流的影响,污染物不易扩散,加之受到来自北部东莞市污染物的影响,故虽有海陆风参与的环流情况下仍会出现高浓度污染的情况,其中2018年12月至次年2月冬季 $PM_{2.5}$ 浓度达到最高值,为 $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$,9月至11月 O_3 浓度达到最高值,为 $245.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。在东莞市、阳江市、广州市、深圳市4个沿海城市的RF指数比同时期在韶关市、河源市这两个内陆城市的RF指数更趋近于1,故由于海陆风造成的局地环流对秋季的 O_3 和冬季的 $PM_{2.5}$ 起到显著的迁移作用。

关键词:大气物理学与大气环境;污染气象;海陆风; O_3 ; $PM_{2.5}$;局地环流指数

中图分类号:X51 **文献标志码:**A

doi:10.16836/j.cnki.jcui.2021.03.013

0 引言

广东省位于中国大陆最南部,是中国著名的经济大省。但随着近现代社会工业化、城市化以及交通运输现代化的迅速发展,大量消耗区域资源和能源,造成多种大气污染物高强度集中排放,区域性、复合型空气污染特征日趋凸显,尤其是位于广东省中南部的珠江三角洲城市群,空气质量形势不容乐观。

研究表明,影响空气质量的因素主要取决于污染源排放和气象条件,在源排放相对稳定时,气象条件对空气质量起主要作用。由于气象条件影响的范围往往是区域性的^[1],一旦广东省各城市间距离较近,以珠江三角洲城市群为例,会导致空气污染物在城市之间造成相互影响,造成区域性污染。气象条件的影响因素众多,除地理位置、季节与层结稳定度控制外,还受城市、山区、海陆等不同下垫面局地边界层结构的影响^[2]。

气象条件中风场的输送能力会严重影响区域空气质量,风速对污染物的作用主要体现在水平搬运和冲淡稀释。一般风速越大,污染物越易扩散,浓度越低;风速越小,污染物浓度越高,静风时污染最重^[2]。

广东省地区位于东亚季风区,沿海面积广大,频繁受到海陆风等局地回流的影响。海陆风环流与大气中污染物的扩散也紧密相关,对污染物的稀释扩散有重要的意义^[3]。

臭氧(O_3)主要是由氮氧化物(NO_x)、CO和挥发性有机物(VOCs)等前体物在日照的条件下通过一系列光化学反应生成的二次污染物^[4]。其中对流层 O_3 对人体健康和生态系统的不良影响很大。目前 O_3 污染已经成为中国许多城市和地区亟待解决的空气质量问题。

2009年秋季广东省出现严重的 O_3 污染事件,尤其是珠三角地区较为严重^[4]。Wang等^[5]曾报道在广东省珠三角地区观测的 O_3 水平在秋季最高,而在夏季呈现出低值。多个研究结果证实了珠三角地区在秋季的确存在严重的 O_3 污染^[6-7]。

$PM_{2.5}$ 又称细颗粒物,指环境空气中空气动力学当量直径小于等于2.5微米的颗粒,其粒径小,面积大,活性强,易附带有毒、有害物质,且在大气中的停留时间长、输送距离远^[8],因而对人体健康有较大影响。

赖安琪等^[4]在分析珠江三角洲污染情况中得到冬季 $PM_{2.5}$ 质量浓度较其他季节高;梁海发等^[9]对韶关市 $PM_{2.5}$ 的时空分布进行研究时得到冬季 $PM_{2.5}$ 浓度明显高于其他3个季节;巫楚等^[10]对河源市2015–2017年空气污染特征分析中得到春冬季的 $PM_{2.5}$ 浓度较高。上述研究成果证实广东省大部分地区冬季 $PM_{2.5}$ 浓度高于其他季节。因此研究广东省秋季 O_3 污染及冬季 $PM_{2.5}$ 污染尤为重要。

1 资料与方法

1.1 研究区域

研究区域广东省地处中国大陆最南部($20^{\circ}13' \sim$

收稿日期:2020-05-13

基金项目:国家重点研发计划资助项目(2016YFA0602004);国家自然科学基金资助项目(91644226);国家自然科学基金面上资助项目(41775147);四川省重大科技专项资助项目(2018SZDZX23);四川省科技计划资助项目(20YYJC1356)

25°31'N、109°39' ~ 117°19'E),属亚热带季风气候。东邻福建,北接江西、湖南,西连广西,南临南海,全省大陆岸线长 3368.1 公里,居全国第一位。按照《联合国海洋公约》关于领海、大陆架及专属经济区归沿岸国家管辖的规定,全省海域总面积 41.9 万平方公里^[11]。根据《中国海洋统计年鉴》对沿海地区的定义:有海岸线(大陆岸线和岛屿岸线)的地区,广东沿海地级以上城市中包含深圳市、广州市、阳江市、东莞市这 4 个城市。故着重讨论风速风向对深圳等 4 个沿海城市的秋季 O₃ 和冬季 PM_{2.5} 污染的影响。

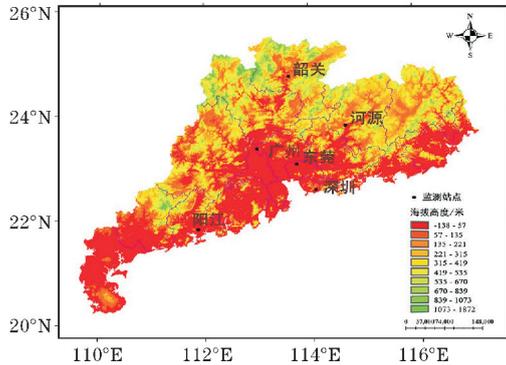


图1 广东省部分测站位置

根据海陆风的识别方法,对沿海城市的测站进行筛选,选取阳江市、广州市、东莞市、深圳市这 4 个城市进行研究。同时,选取河源市、韶关市作为非沿海城市,分析沿海地区与非沿海地区污染情况的差异,图 1 为广东省部分测站位置图。

1.2 资料来源

东莞市、阳江市、广州市、深圳市、河源市、韶关市这 6 个城市的 PM_{2.5}、O₃ 逐日历史数据来源于中国空气质量在线监测分析平台,数据使用时段为 2015 年 1 月至 2018 年 12 月,缺测 18 天,数据有效率为 99.79%。数据集原始数据已经过严格的质量把控和检查,不再进行重复筛选。气象资料使用国家基准站广州、深圳、东莞等 17 个站的数据,同期的气象资料来自中国气象(meteorological information combine analysis and process system, MICAPS)资料的中国地面气象站逐 3 小时、逐 8 小时数据观测资料,包括风向风速等气象要素数据。本研究采用 MATLAB 语言对广东省沿海和内陆共 6 个站的气象要素资料进行处理,采用 Fortran 语言对该 6 个站点原始数据进行处理,运用 SPSS 软件对数据进行对比分析,并运用 ArcGIS、Originlab、NCL(NCAR command language)软件绘图,观测期间获取逐 3 小时有效数据样本数为 70128 次,因断电、仪器维修维护、校准等异常原因造成数据缺测而剔除掉的数据异常值共计 3587 次,剔除后观测期间小时数据有效率为 94.9%。

1.3 分析方法

1.3.1 风玫瑰图

东莞市、阳江市、广州市、深圳市、河源市、韶关市这 6 个测站与 O₃ 和 PM_{2.5} 二者的季节性变化由 SPSS 分析完成,污染与风速风频玫瑰图则由 OriginLab 中 polar contour 函数绘制得到。

1.3.2 海陆风判定方法

以近地面处有海风风向作为判断有海风产生的依据^[12]。Saaroni 等对位于埃拉特海湾北部的埃拉特城市的秋季海陆风进行研究时,分析得出此地的主导风为离岸的北风,且陆地与海洋温度差达 10℃ 以上,符合海陆风的产生条件,因此可认为该地出现的少量南风为海风^[12];黄海(王莹)等^[13]在对广东汕头的海路风进行分析时,也将春秋出现与主导风向存在较大差异的少量偏南风定义为海风,秋季出现的少量偏北风定义为陆风。

1.3.3 RF 指数检验

风场的局地环流指数 RF 指数(recirculation factor)是指风运动的矢量距离与风运动的标量距离的比值,主要用来反映风场的运动,描述风场的通风能力、停滞气流和潜在环流。当 RF 指数趋近于 1 时表示平直稳定的输送;当 RF 指数趋近于 0 时,代表几乎没有净输送^[3]。

RF 指数计算公式如下:

$$RF \text{ 指数} = \frac{\sqrt{(\Delta T \sum_{i_s}^{i_e} u_i)^2 + (\Delta T \sum_{i_s}^{i_e} v_i)^2}}{\Delta T \sum_{i_s}^{i_e} \sqrt{u_i^2 + v_i^2}}$$

式中, i 是相应的数据时刻, i_s 是起始时刻, i_e 是终止时刻, ΔT 是平均数据时间间隔, u_i 是水平风速的南北分量, v_i 是水平风速的东西分量。

在实际应用中,当 RF 指数接近 1 时,代表平直稳定的输送;接近 0 时,代表几乎没有有效输送^[3]。

2 结果与讨论

2.1 海陆风

从海面吹向陆地的风为海风,从陆地吹向海面的风为陆风。用上述海陆风的识别方法,根据各站所处的地理位置、海岸线分布以及海陆风风向的规定分析沿海地区各测站海陆风情况。以深圳市为例,其地处广东省南部,珠江口东岸,海岸线近似东西走向(图 2),秋季主导风为偏北风,为离岸风向,因此出现的少量偏南风为海风(图 3)。根据海陆风方向定义,确定深圳市海风范围:SW-SSW,陆风范围:NE-NNE。同理可得,东莞市、广州市、阳江市的海风、陆风范围(表 1~2)。



图2 深圳地理位置

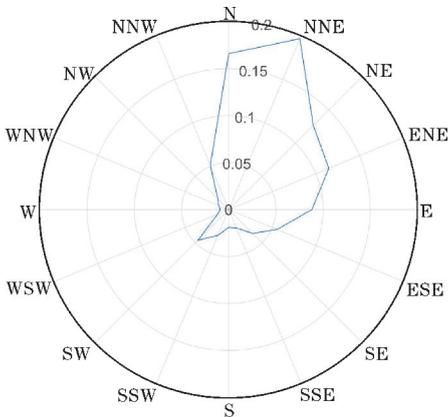


图3 深圳秋季风向频率玫瑰图

表1 秋季沿海测站海陆风范围

测站名称	海风及其风向	陆风及其风向
阳江站	SE-SSE-S	NW-NNW-N
广州站	SE-SSE-S	NW-NNW-N
东莞站	S-SSW-SW	N-NNE-NE
深圳站	SSW-SW	NNE-NE

表2 冬季沿海测站海陆风范围

测站名称	海风及其风向	陆风及其风向
阳江站	SE-SSE	NW-NNW-
广州站	SE-SSE-S	NW-NNW-N
东莞站	S-SSW	N-NNE
深圳站	S-SSW-SW	N-NNE-NE

2.2 不同季节海陆风对污染的影响研究

2.2.1 秋季海陆风对 O_3 浓度的影响

秋季是广东省 O_3 污染最严重的时段,为分析海陆风对 O_3 的影响,对沿海地区4个测站夏季的风向频率变化以及污染浓度变化进行分析(图4)。由表1可知:东莞站秋季海风范围为S-SSW-SW,频率为2.5%~4%,风速为2.5~3.1 m/s,在此方向上 O_3 浓度为28.28~154.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,同风速情况下,偏西风范围内有明显的 O_3 浓度高值区,其浓度范围为230.3~287.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;陆风范围为N-NNE-NE,频率为7.5%~12%,风速为5.5~8.5 m/s,在此方向上 O_3 浓度为

9.3~85.05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,同风速情况下,西北风范围内 O_3 浓度相对偏高。

广州站与东莞站情况相同,在与海风同风速条件下,偏西风范围内也有明显的 O_3 浓度高值区;而阳江站的 O_3 浓度高值区出现在偏东风方向。

深圳站秋季海风范围为SSW-SW,频率为4%,风速为2.8~3.1 m/s,在此方向上 O_3 浓度为59.68~245.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,同风速情况下,偏西风范围内有明显的 O_3 浓度高值区,其浓度范围为195.3~245.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;陆风范围为NNE-NE,频率为13%~19%,风速为5.0~6.9 m/s,在此方向上 O_3 浓度为31.3~173.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,同风速情况下,东北偏北风范围内 O_3 浓度相对偏高。如图4所示,风速在0~0.5 m/s,对污染扩散作用较弱。分析其原因为深圳市本身污染就比较严重,这个方向的风对污染物扩散作用不明显,又因为风速小,所以此地污染较严重。

综上所述,可得海、陆风对秋季的 O_3 有明显的稀释扩散作用。

造成深圳站海风频率大、风速大,却出现更严重的污染这一特殊现象的原因有以下两个方面。首先从天气系统而言,秋季深圳处于热带气旋外围下沉气流控制当中^[14];10月下旬后深圳受大陆型冷高压控制,处于弱冷高压脊内,也有下沉气流。这两者使深圳市大气边界层显著降低、大气趋于稳定,故污染物迅速积累,难以扩散。其次从地理位置来说,深圳市易受到来自北部东莞市污染物的影响,故深圳市在海陆风影响下仍出现高浓度的污染情况。

2.2.2 冬季海陆风对 $PM_{2.5}$ 浓度的影响

冬季是广东省 $PM_{2.5}$ 污染最严重的时段,为分析海陆风对 $PM_{2.5}$ 的影响,对沿海地区4个测站冬季的风向频率变化以及污染浓度变化进行分析(图5)。

东莞冬季海风范围为S-SSW,频率为1%~1.8%,风速为3.7~4.0 m/s,在此方向上 $PM_{2.5}$ 浓度为21.38~80.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,在风速为1 m/s的情况下,偏南风范围内相对同风速地区有较低的 $PM_{2.5}$ 浓度,其浓度为33.98 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 左右;陆风范围为N-NNE,频率为9.9%~16%,风速为4.3~5.5 m/s,在此方向上 $PM_{2.5}$ 浓度为27.68~80.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,同风速情况下,东北偏东风范围内 $PM_{2.5}$ 浓度相对偏高。

广州站在与海风同风速条件下,偏西风范围内有明显的浓度高值区;阳江站在海风方向上的 $PM_{2.5}$ 污染物浓度明显低于其他风向区域,且海风方向风速相较于其他风向较小,故可排除由于风速因素导致污染浓度降低的可能性。

深圳冬季海风范围为S-SSW-SW,频率为1.5%~2.5%,风速为2.1~2.5 m/s,较西风而言,海风出现频率大,风速大,却出现更严重的污染情况, $PM_{2.5}$ 浓度高

至 $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$;陆风范围为 N-NNE-NE, 频率为 16% ~ 25%, 风速为 $4.5 \sim 5 \text{ m/s}$, 在此方向上 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度为 $23.18 \sim 52.50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 在风速大于 3.5 m/s 时, $\text{PM}_{2.5}$ 浓

度相较于其他风向有显著降低。

深圳出现上述情况的原因与秋季天气系统、地理位置造成的影响相同。

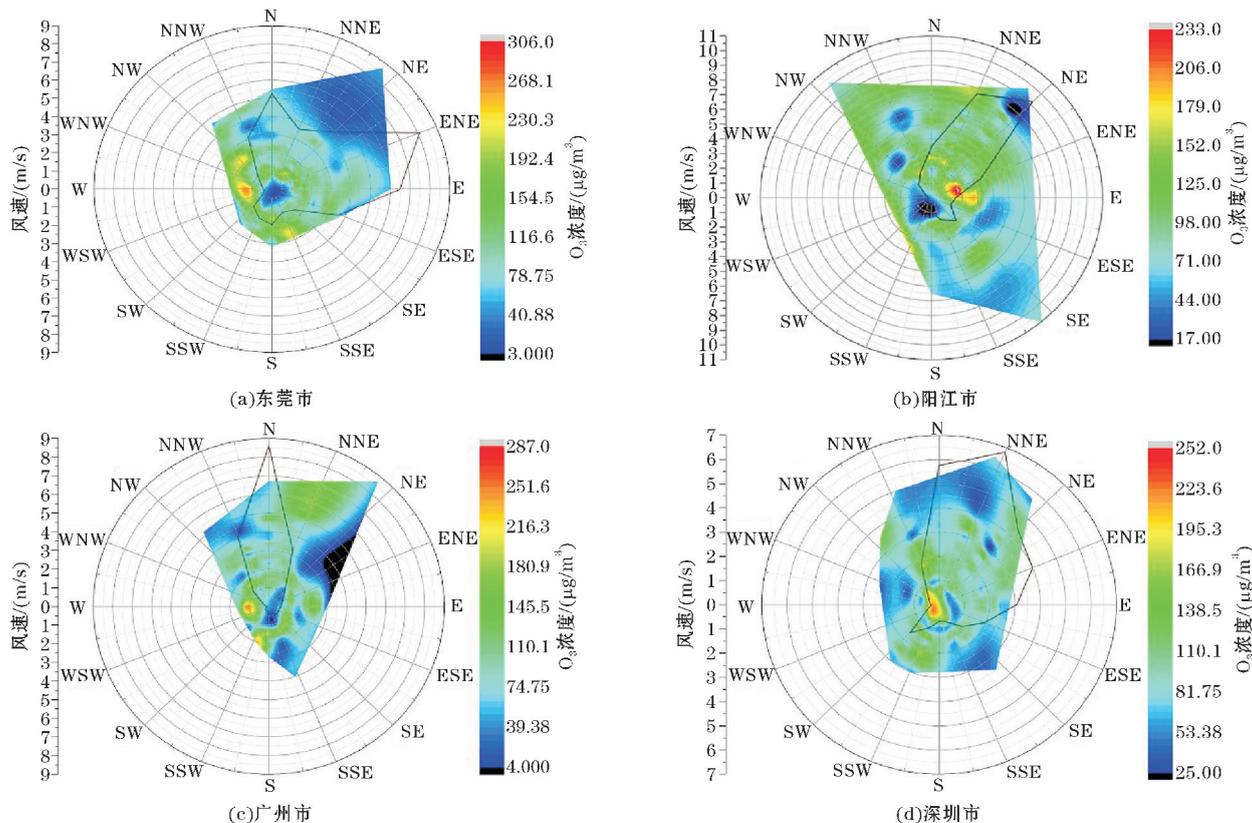


图 4 沿海地区秋季风向、风速、污染玫瑰图

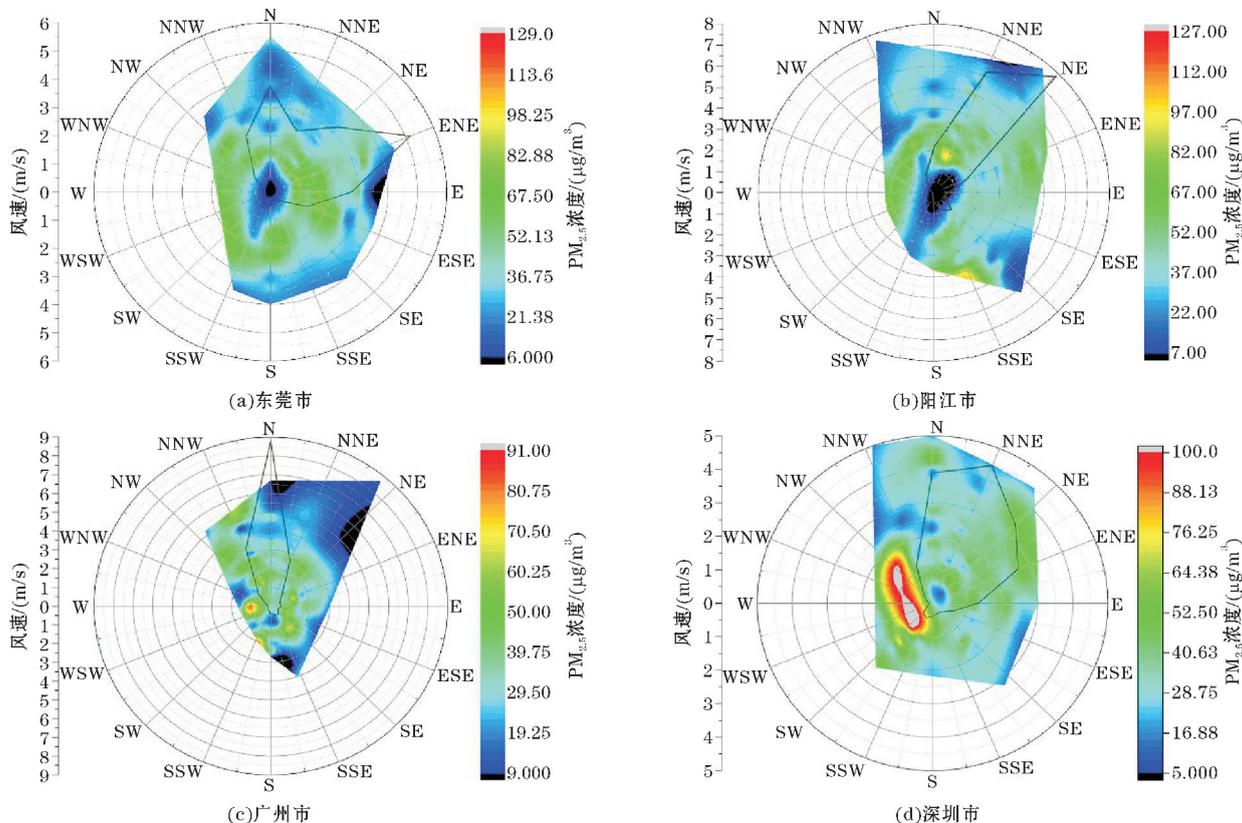


图 5 沿海地区冬季风向、风速、污染玫瑰图

2.3 广东省 RF 指数特征分析

2.3.1 广东省 RF 指数特征

珠三角地区作为海陆风显著区域且冬季海陆风发生频率高于其他季节,严重污染事件也多发生于秋冬两季^[15],因此,通过研究 RF 指数一年的变化,能反应出海陆风产生的局地环流对污染物的稀释扩散效应。

图6为2018年沿海地区深圳、广州、阳江、东莞4个城市的 RF 指数随时间变化趋势图。

由图6可知,秋冬季节深圳地区的平均 RF 指数为0.745、东莞地区的平均 RF 指数为0.761,相较于阳江地区的平均 RF 指数0.773和广州地区的平均 RF 指数0.797,深圳与东莞地区的 RF 指数更趋近于0.7。深圳与东莞两地海陆风的 RF 指数较小,风场的局地环流较弱,因此由局地环流造成的有效输送相应较弱,大气扩散能力减弱,不利于污染物的输送,因此更易加深污染程度。

从图6中可以看出,每年秋季、冬季的 RF 指数比春、夏两季节更高。在秋冬季节 RF 指数多分布在0.6-0.9,整体趋近于1,局地环流有净输送,有利于污染物扩散,即污染物得到较强的平直而稳定的有效输送。

除风场作用外,珠三角地区秋季与冬季的降水量分别占全年总降水量的17.7%、7.2%,共24.9%^[16]。即珠三角地区秋季和冬季的降水较少,因此污染物的湿沉降作用比较弱。尽管有较强的平直稳定的输送,但广东省地理纬度低,秋冬季日照时间长、降水少导致秋冬季空气干燥,除此之外逆温天气比较频繁,大气较为稳定,垂直方向无强扩散能力,污染物最终无法有效扩散,造成积聚。

综上所述,在广东省可以通过 RF 指数判断海陆风对污染物的扩散。其中东莞、深圳地区较于阳江、广州地区,2018年秋冬季节 RF 指数较小,利于污染物积聚,从而加剧污染程度。

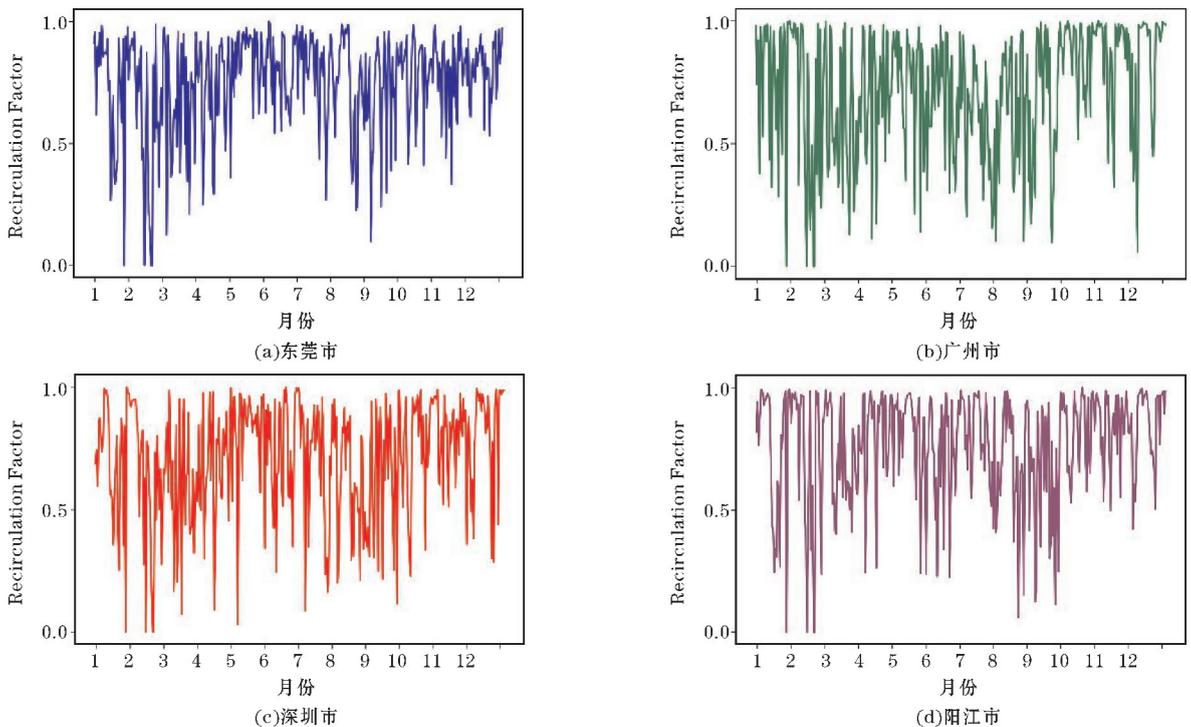


图6 2018年沿海地区 RF 指数变化趋势图

2.3.2 RF 指数对 O₃ 扩散的季节性特征

由上述可知海陆风对内陆污染浓度影响不大,所以将较少讨论内陆城市海陆风对污染物的输送,以及海陆风对 RF 指数的影响。

图7为2018年秋季沿海城市和内陆城市 RF 指数的变化趋势图。其中,内陆城市为韶关、河源,沿海城市为广州、东莞、深圳、阳江。从图7得到2018年秋季

内陆城市 RF 指数随时间变化不显著,但沿海城市随时间变化 RF 指数从0.5逐渐向1增长,并缓慢趋于稳定,即沿海城市秋季局地环流的作用显著并逐渐增强。

因为 RF 指数对沿海城市污染物的输送是有影响的^[1],所以选取海陆风较为明显的深圳来具体讨论在秋季的时候 O₃ 与 RF 指数之间的关系,以验证海陆风在秋季对 O₃ 的输送作用。

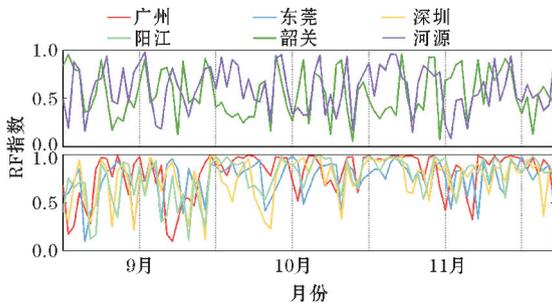
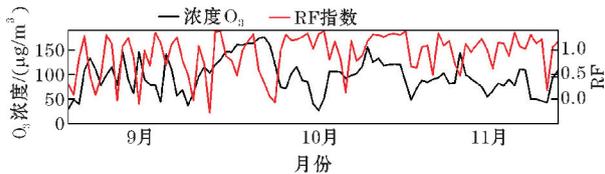


图7 2018年沿海及内陆地区秋季RF指数时间变化曲线图

图8是 O_3 浓度和RF指数在秋季随时间的变化。9、10、11月,当RF指数逐渐向1靠近时, O_3 浓度逐渐降低,说明此时海陆风的局地环流对 O_3 浓度降低起显著的作用。而RF指数较小的时候,即局地环流相对较弱的时候, O_3 浓度升高。除此之外,从图中发现当RF指数升高, O_3 浓度也升高的情况,局地环流增强但 O_3 浓度仍没有下降,这时可以考虑季节、气压、大气稳定度、地形的影响导致以 O_3 为代表的污染物无法有效扩散。

图8 2018年深圳地区秋季 O_3 浓度及RF指数时间变化曲线图

2.3.3 RF指数对 $PM_{2.5}$ 扩散的季节性特征

图9是2018年RF指数秋季随时间的变化趋势图。与2018年冬季内陆城市一致,2018年冬季内陆城市RF指数随时间变化不显著。沿海城市在2018年1月开始RF指数从0.5开始逐渐趋近于1,2月下降,在0.5附近波动,再到12月明显趋近于1,并慢慢趋于稳定状态,说明沿海城市冬季局地环流的作用会产生波动,但总体是逐渐增强的,在12月、1月时局地环流的输送作用尤其强烈。

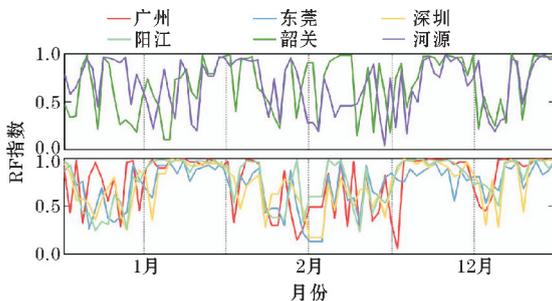
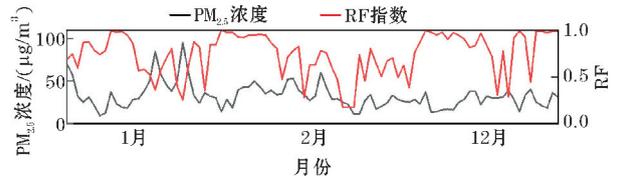


图9 2018年沿海及内陆地区冬季RF指数时间变化曲线图

同样选取海陆风较为明显的深圳来讨论在冬季的时候 $PM_{2.5}$ 与RF指数之间的关系,以讨论海陆风对大气中 $PM_{2.5}$ 的传输作用。图10是 $PM_{2.5}$ 浓度和RF指

数在秋季随时间的变化,其中横轴为时间,左轴是 $PM_{2.5}$ 浓度,右轴是RF指数。从图10中可以明显的分析出分别在1月和2月初,12月中的时候,RF指数靠近1, $PM_{2.5}$ 浓度逐渐降低,说明秋季海陆风的局地环流对 $PM_{2.5}$ 浓度降低起显著的作用。而RF指数较小的时候,即局地环流相对较弱的时候, $PM_{2.5}$ 浓度升高。

图10 2018年深圳地区冬季 $PM_{2.5}$ 浓度及RF指数时间变化曲线图

综上所述,在海陆风显著的地带,局地环流对秋季的 O_3 和冬季的 $PM_{2.5}$ 起到显著的迁移作用。主要表现为:当RF指数趋近于1的时候,局地环流较强,污染物浓度降低;当RF指数趋近于0的时候,局地环流较弱,污染物浓度升高。

3 结论

(1)海陆风是秋冬季出现的与主导风向存在较大差异的少量风向,沿海的海风风向范围主要是SE-SSW,为偏南风,陆风风向范围主要是NW-NNE,为偏北风。

(2)海陆风对降低沿海城市的 O_3 和 $PM_{2.5}$ 起到重要作用。在海陆风方向的同风速的其他风向区域污染物浓度偏高,甚至出现明显的污染物浓度高值区,其中 $PM_{2.5}$ 浓度为 $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, O_3 浓度为 $195.3 \sim 245.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。又因各测站的海陆风方向风速相较其他风向较小,故可排除由于风速因素导致污染浓度降低的可能性,故海陆风对沿海城市的污染物有明显的稀释扩散作用。

(3)深圳站海风秋季风速为 $2.8 \sim 3.0 \text{ m/s}$,冬季风速为 $2.1 \sim 2.5 \text{ m/s}$,较其他偏南风速大,却出现更严重的污染情况。原因是受天气系统和地理位置两方面影响,热带气旋外围和冷高压脊带来的下沉气流使深圳市大气边界层显著降低、大气趋于稳定,使污染物不易扩散、浓度增高,加之受到来自北部东莞市污染物的影响,故深圳市出现此特殊情况。

(4)在广东省可以通过RF指数判断海陆风对污染物的扩散。其中,在海陆风显著的地带,局地环流对秋季的 O_3 和冬季的 $PM_{2.5}$ 起到显著的迁移作用。主要表现为:当RF指数趋近于1的时候,局地环流较强,污染物浓度降低;当RF指数趋近于0的时候,局地环流较弱,污染物浓度升高。

参考文献:

- [1] 李庆旭,朱娟,吴锋,等. 珠三角地区典型城市重污染天气案例分析[J]. 环境与可持续发展, 2016,41(6):174-181.
- [2] 张人文,范绍佳. 珠江三角洲风场对空气质量的影响[J]. 中山大学学报(自然科学版),2011,50(6):130-134.
- [3] 吴蒙,罗云,吴兑,等. 珠三角干季海陆风特征及其对空气质量影响的观测[J]. 中国环境科学, 2016, 36(11): 3263-3272.
- [4] 赖安琪,陈晓阳,刘一鸣,等. 珠江三角洲高质量浓度 $PM_{2.5}$ 和 O_3 复合污染特征[J]. 中山大学学报(自然科学版),2018,57(4):30-36.
- [5] Wang T, Wu Y Y, Cheung T F, et al. A study of surface ozone and the relation to complex wind flow in Hong Kong [J]. Atmospheric Environment, 2001, 35(18):3203-3215.
- [6] Ling Z H, Guo H, Lam S H M, et al. Atmospheric photochemical reactivity and ozone production at two sites in Hong Kong: Application of a Master Chemical Mechanism - photochemical box model[J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2014, 119(17):10567-10582.
- [7] 叶绿萌,樊少芬,常鸣,等. 珠三角地区秋季臭氧生成敏感性时空变化模拟研究[J]. 南京大学学报(自然科学),2016,52(6):977-988.
- [8] 李雯. 基于贝叶斯 CAR 模型测算空气污染对呼吸疾病的影响效应[D]. 广州:暨南大学,2017.
- [9] 梁海发,罗莹华,冯海晴,等. 韶关市 $PM_{2.5}$ 的时空分布特征研究[J]. 能源与环境,2019(4):70-71.
- [10] 巫楚,汪宇,林小平,等. 河源市 2014—2017 年空气污染特征及天气类型分析[J]. 环境监控与预警,2019,11(3):40-43.
- [11] 白斯日古楞. 内蒙古与蒙古国国际科技合作研究[D]. 呼和浩特:内蒙古大学,2012.
- [12] 高佳琦. 渤海西部海陆风识别方法及其时空分布特征研究[D]. 南京:南京信息工程大学,2011.
- [13] 黄海(王莹),吕玉嫦,谭晗凌. 广东汕头沿海海陆风的特征[J]. 广东气象,2018,6:14.
- [14] 陈皓,王雪松,沈劲,等. 珠江三角洲秋季典型光化学污染过程中的臭氧来源分析[J]. 北京大学学报(自然科学版),2015,51(4):620-630.
- [15] 张人文,范绍佳. 珠江三角洲风场对空气质量的影响[J]. 中山大学学报(自然科学版),2011,50(6):130-134.
- [16] 刘彩霞,边玮瓌. 天津市空气质量与气象因子相关分析[J]. 中国环境监测,2007(5):63-70.

Effects of Land-sea Breeze on Autumn and Winter Pollution in some Coastal Areas of Guangdong Province

LIU Leilei, NIE Chunli, ZHANG Meng, XI Xuejie, LIU Jinjuan

(College of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)

Abstract: In order to investigate the influential characteristics of sea-land breeze on the pollutants in different sea-seasons in coastal regions, based on the pollutants observation data obtained from 17 stations of China Air Quality Monitoring and analysis platforms in Guangdong Province during 2015-2018 and the meteorological data during the same period. By using statistical analysis method to expatiate the distribution characteristics of O_3 in Autumn and $PM_{2.5}$ in winter in typical coastal cities. And particularly analyze and research the effects of land-sea breeze on O_3 in autumn and $PM_{2.5}$ in winter in typical coastal cities. The results show that the land-sea breeze is mainly SE-SSW, southerly wind in Dongguan, Guangdong, Yangjiang, Guangzhou, Shenzhen, these coastal cities, and the land breeze is mainly NW-NNE, northerly wind. It makes a great dilution and diffusion effect on O_3 and $PM_{2.5}$ in coastal cities. Owing to the influence of the down-draft of the weather system, the pollutants in Shenzhen are difficult to diffuse and are also affected by the pollutants from northern Dongguan. Therefore, high concentrations of pollution still occur under the influence of the land-sea breeze, the $PM_{2.5}$ concentration in winter reached the highest value from December 2018 to February next year, which was $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, and the O_3 concentration reached the highest value from September to November, which was $245.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. The Recirculation Factor in the four coastal cities which are Dongguan, Yangjiang, Guangzhou Shenzhen was closer to 1 than that in the inland cities Shaoguan and Heyuan during the same period. Therefore, the local circulation caused by the land-sea breeze plays a significant role in the migration of O_3 in autumn and $PM_{2.5}$ in winter.

Keywords: land-sea breeze; ozone pollution; $PM_{2.5}$ pollution; local circulation index