

何林宴,梁毅进,黄小晏. 2015—2016年贵港市空气污染与天气形势的关系[J]. 气象与环境科学, 2019, 42(4): 96-102.

He Linyan, Liang Yijin, Huang Xiaoyan. Relationship Between Air Pollution and Weather Situation in Guigang from 2015 to 2016[J]. Meteorological and Environmental Sciences, 2019, 42(4): 96-102.

doi: 10.16765/j.cnki.1673-7148.2019.04.014

# 2015—2016年贵港市空气污染与天气形势的关系

何林宴, 梁毅进, 黄小晏

(贵港市气象局, 广西 贵港 537100)

**摘要:** 利用2015—2016年贵港市空气自动监测站空气质量指数、首要污染物等数据及贵港国家气象观测站的常规气象观测资料(风速、湿度、气温等),分析了贵港市2015—2016年空气质量概况及相关气象因子,进而利用合成分析方法对贵港市在不同季节出现不同级别空气污染的天气形势变化进行了分析。分析结果表明:贵港市的首要污染物为 $PM_{2.5}$ 和 $PM_{10}$ ,其中12月、1—2月为贵港市空气污染最严重的月份。各气象要素与空气质量指数相关性较强,风速、气温、降水等气象条件对贵港市的空气质量影响显著。在春、秋、冬季,冷空气南下影响贵港市,500 hPa为持续的下沉运动且850 hPa相对湿度较低及850 hPa由北风转为南风且风速较小时,贵港市极易出现轻度污染以上的天气;当云南一带有南支槽活动时,贵港市易出现重度污染天气。夏季影响贵港市空气质量的主要因素则是热带气旋移动至江苏、浙江一带时,热带气旋的外围下沉气流导致贵港市出现持续下沉运动。此时,受副热带高压系统或者其他天气系统影响,850 hPa风向出现明显转折时,应考虑贵港市出现轻度污染的天气现象。

**关键词:** 空气质量指数;天气形势;贵港

**中图分类号:** X16

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-7148(2019)04-0096-07

## 引言

贵港市位于广西壮族自治区的东南部,坐落在广西最大的冲积平原中部,属亚热带季风气候区域。随着我国西部大开发战略的实施,贵港市的社会、经济得到了快速发展,加快了工业化的进程,从而导致贵港市工业污染排放量加大,特殊的地形和不利的天气条件对贵港市的空气质量造成了一定的不利影响。除此之外,热岛效应对污染物的扩散和影响较大,使污染物更容易集中在城区范围内<sup>[1-6]</sup>,贵港市的空气污染现象日益突出。由于空气质量与人们的健康和生活息息相关,不但影响着人类的身体健康,还常常因为能见度较差引发交通事故,因此空气污染问题也越来越受到人们的重视<sup>[7-11]</sup>。

目前,环保部门每日所发布的AQI监测实况报告已不能满足公众的需求,预测未来空气质量的变

化逐步成为公众关注的焦点。造成空气污染的原因非常复杂,除了常规的污染源排放可能会导致空气污染外,空气质量也受当地地形、气象条件的影响。有研究表明,在污染源排放相对稳定的条件下,气象条件对空气质量状况起主导作用<sup>[12-18]</sup>。研究空气质量与气象条件的关系,并将其与大气环流演变结合起来,可以探讨天气形势变化对空气质量的潜在影响<sup>[19-20]</sup>。

近年来,李琼等<sup>[21]</sup>按天气类型将华南地区的污染日进行了分类。张建忠等<sup>[22]</sup>重点研究了京津冀地区重度污染过程相关气象要素特征。邓霞君等<sup>[23]</sup>分析了丽水空气污染物的构成及其与气象因子的相关性。从以往的研究来看,目前针对广西贵港市污染天气过程的研究较少。因此,对贵港市的空气污染条件进行大气环流背景分析,从不同高度了解污染日前后天气形势场的垂直结构,对当地污

收稿日期:2018-01-31;修订日期:2018-06-22

基金项目:广西壮族自治区贵港市科技局项目“贵港市空气污染监测预警技术及预报系统研究”(贵科攻1505004)

作者简介:何林宴(1984-),女,广西贵港人,工程师,硕士,从事天气预报服务相关工作。E-mail:hely2770@sina.com

染天气的分析和预测更有针对性<sup>[24-28]</sup>。本文通过分析2015—2016年贵港地区空气质量指数的变化规律及变化特点,进而分析不同空气质量等级在不同季节对应的天气形势场的演变特征,旨在得出贵港市在不同季节发生污染天气时的天气影响系统,从而提高对贵港市污染天气的预报能力。

## 1 资料和方法

### 1.1 资料

(1)本文采用贵港市环保部门设立在贵港市城区的4个空气自动监测站(荷城子站、贵城子站、江南子站和德智子站)2015—2016年逐日、逐小时的AQI指数、首要污染物等资料,以及气象部门1954年设立在贵港市区的国家气象观测站的常规气象资料(包括风速、湿度、气温等)。

(2)高空资料及环流背景分析资料采用欧洲中期天气预报中心(ECMWF)再分析ERA-interim资料,为2015—2016年逐日资料,分辨率为 $1.5^{\circ} \times 1.5^{\circ}$ 。

### 1.2 站点环境概述

贵港市北部是莲花山脉,南部是六万大山,中部是平原,城区位于平原地带(图1)。贵港市工业主要集中在港北区,工业废气排放总量最大的行业是造纸及纸制品业和非金属矿物制品业。贵港市国家气象观测站位于城区东部,海拔高度51.4 m,周边无高大建筑物,主要代表贵港市城区的气象状况,该资料具有较好的连续性和代表性。

贵港市城区的4个空气自动监测站分布在贵港市城区,其中德智子站为清洁对照点,均与气象观测站距离不远(图2)。通过对比分析贵港市空气质量指数(AQI)与气象要素的相关性,找出对贵港市空气质量影响较大的气象因子。

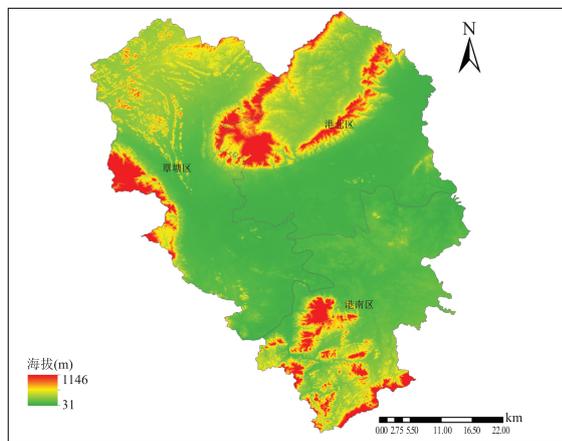


图 1 贵港市地形图

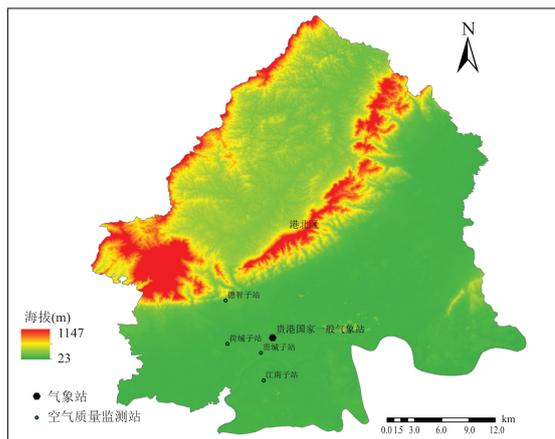


图 2 贵港市空气自动监测站及国家气象观测站位置

### 1.3 方法

根据环保部在2012年发布的《环境空气质量指数(AQI)技术规定》(试行)(HJ 633—2012),空气质量指数级别共分为六级。本文将空气质量指数级别三级以上定义为贵港市的污染日。通过对2015—2016年贵港市不同级别空气质量指数等级进行统计分析,将不同季节、不同级别污染过程合并,选取贵港市污染日前4天至污染日后2天的500 hPa位势高度场、垂直速度场,850 hPa风场和相对湿度场进行平均,合成分析的优势是通过平均弱化特殊过程,突出不同级别污染天气过程在不同季节的大气环流背景和天气形势的共同点,探讨天气形势变化与贵港市轻度污染及以上空气质量等级之间的关系。

## 2 贵港市空气质量概况及相关气象因子

2015—2016年贵港市空气质量指数(AQI)月均变化值如图3所示,AQI指数越高,说明空气质量越差。1、2、12月份空气质量指数数值较高,其中2月份的空气质量指数月平均值最高,在100以上;其余月份较为接近平均数,空气质量指数最低值出现在6月,月平均值为39.5。

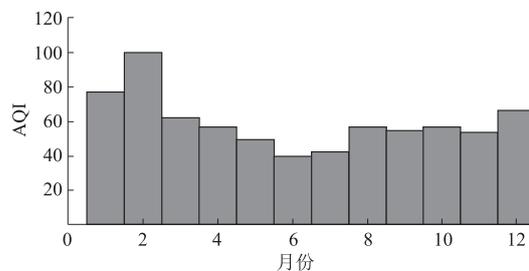


图 3 2015—2016年贵港市空气质量指数月均分布

2015—2016年平均空气质量为优的天数为149天,占了全年天数的40.8%。空气质量指数等级出现

最多的为良(二级),年平均天数为180天,占了2015—2016年总天数的49.3%(图4a)。空气质量为优和良的天数占了2015—2016年总天数的90.0%。

对2015—2016年空气质量指数级别达到轻度污染(三级)以上的日数进行统计分析,结果表明(图4b),平均每年空气质量达到轻度污染以上的天数约35天,占全年天数的9.7%。1、2月份是贵港市污染最严重的月份,其中2月份约有1/3的天数达到了轻度污染以上,而冬季的年平均空气污染日数则占了

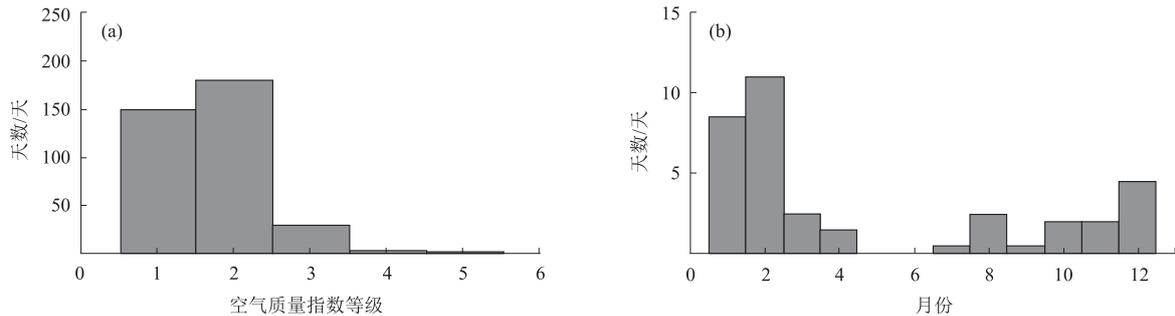


图4 2015—2016年贵港市各等级空气质量指数平均天数(a)和空气质量指数级别三级及以上平均日数(b)

对2015—2016年贵港市空气质量指数(AQI)与各气象要素进行相关分析,结果见表1。表1中K指数是气象学上用于表征大气稳定程度的物理量,其数值可从欧洲中期天气预报中心(ECMWF)再分析ERA-interim资料中提取。从表1可看出,各气象要素与空气质量指数相关性较强,风速、气温、降水

2015—2016年总污染日数的67.6%,可见对贵港市空气污染的预报预测重点应该放在冬季。

5—6月,贵港市的污染天气较少,空气质量较好。

将2015—2016年贵港市发生轻度污染以上天气的首要污染物进行分析,发现贵港市的首要污染物主要是PM<sub>2.5</sub>和PM<sub>10</sub>。气象条件可造成细颗粒物的扩散或者沉降,从而影响贵港市的空气质量。

等气象要素对贵港市的空气质量影响显著。其中K指数、平均风速、相对湿度等气象因子与空气质量指数的相关系数分别达到-0.41、-0.31、-0.45,均通过95%的置信度水平检验,呈现较好的负相关性,K指数、平均风速、相对湿度的值越大,空气质量指数值越小,空气质量越好。

表1 2015—2016年贵港市空气质量指数与各气象要素的相关系数

气象要素	平均风速	相对湿度	日雨量	日照时数	平均气温	平均气压	K指数
与AQI相关系数	-0.31	-0.45	-0.21	0.23	-0.17	0.24	-0.41

### 3 贵港市空气质量指数与天气形势的关系

前述分析结果表明,贵港市2015—2016年的空气污染主要以轻度污染为主,且大部分污染过程出现在冬季。因不同季节的天气形势会有不同特点,本文分季节对贵港市2015—2016年的58次轻度污染、13次中度污染和重度污染的天气过程前4天到后2天隔天的500 hPa位势高度场、垂直速度场,850 hPa风场和相对湿度场进行合成平均,从不同高度了解污染日前后天气形势场的垂直结构。

#### 3.1 冬季污染日的天气形势

图5为2015—2016年12月—次年2月贵港市35次轻度污染过程前后天气形势合成图。由图5可看出,在贵港市空气质量达到轻度污染的前4天到前2天,500 hPa贵港地区上空受较平直西风气流控制,无明显天气系统影响,垂直运动由负到正达到 $0.1 \text{ Pa} \cdot \text{s}^{-1}$ ,

大气层结趋于稳定,不利于污染物的扩散(图5a1、b1)。冷空气南下影响结束后,850 hPa风场由较强的偏北风转为弱的偏南气流,相对湿度有下降趋势,较干燥的天气容易形成雾霾,造成空气污染(图5a2、b2)。在贵港市出现轻度污染当天,500 hPa仍然受较平直的西风气流影响(图5c1),垂直速度仍是正值,下沉运动显著。850 hPa风场偏南气流不强(图5c2),受贵港市南北高中间低的地形影响,较小的风速不利于污染物扩散,且贵港市的工业主要位于港北区,受北面莲花山脉影响,偏南气流易使污染物堆积在城区。持续稳定的天气形势导致了贵港市轻度污染天气的出现。在轻度污染出现后2天,500 hPa贵港地区的垂直速度由显著的下沉运动转为上升运动(图5d1),上升运动加强,污染物容易扩散。且850 hPa偏南气流继续增大,相对湿度明显增加(图5d2)。统计结果显示,贵港市2015—2016年有63%的冬季污

染过程结束后 1~2 天出现明显的降雨过程,降水对污染物的冲刷易使空气质量转好。不稳定的天气形势及较大的风速和增大的相对湿度,均不利于污染天气的维持,贵港市轻度污染天气结束。

同时,本文对12月—次年2月贵港市中度污染及重度污染过程前后天气形势分别进行了合成分析

(图略)。得到以下结果:与轻度污染发生的天气形势相似。主要区别在于,在12月—次年2月,贵港市中度污染和重度污染天气主要在偏北气流转向偏南气流当天出现。且贵港市出现重度污染天气时,500 hPa 云南一带多伴有南支槽活动,降水系统影响贵港市之前,天气会出现扰动,导致污染物扩散不畅。

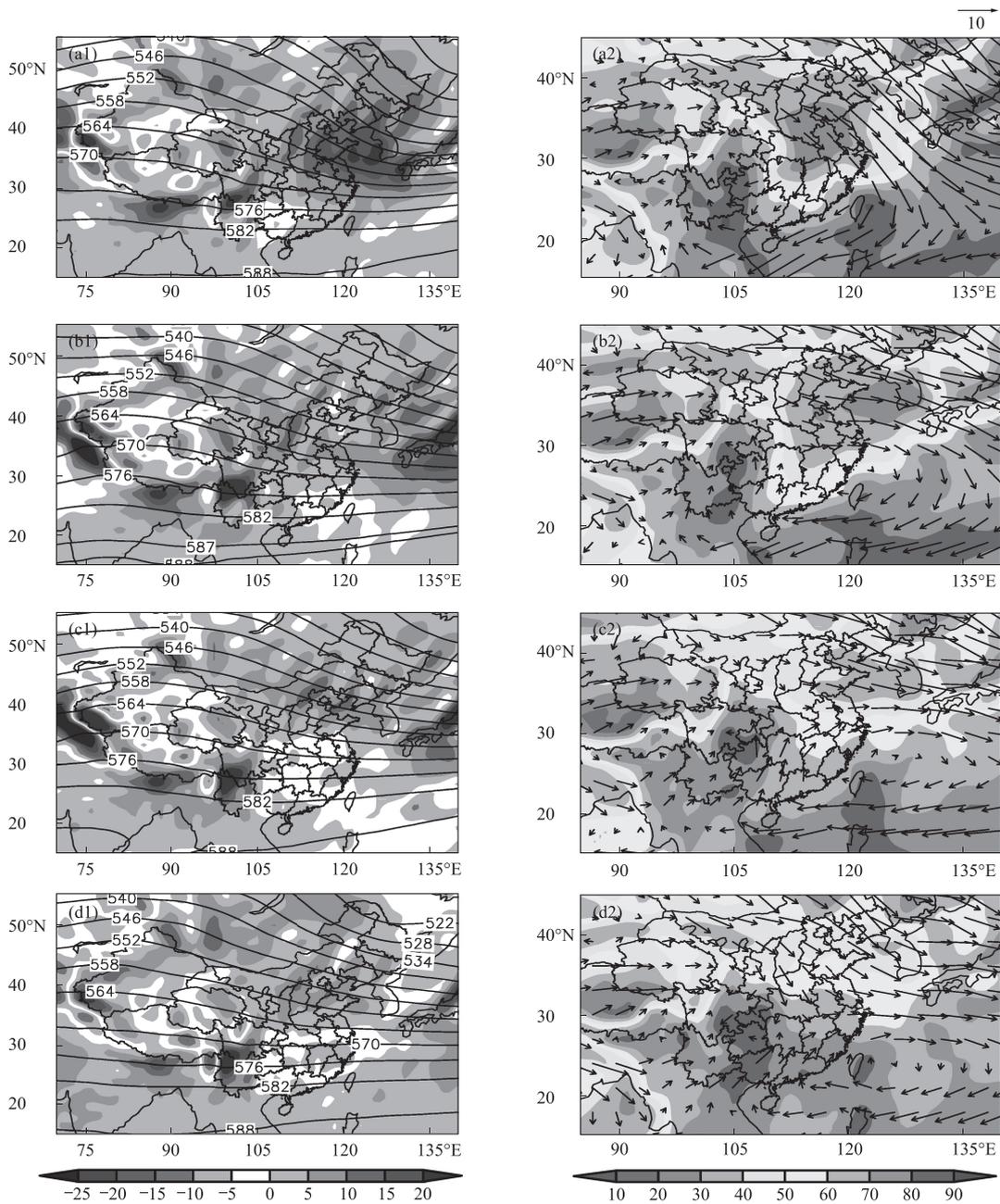


图5 2015—2016年12月—次年2月贵港市空气质量指数级别三级天气形势合成图

(a1)(b1)(c1)(d1)为500 hPa 高度场和垂直速度场(等值线为高度场,单位:dagpm;填色部分为垂直速度场,单位: $10^{-2} Pa \cdot s^{-1}$ ),  
 (a2)(b2)(c2)(d2)为850 hPa 风场和相对湿度场(矢量箭头为风场,单位:m/s;填色部分为相对湿度场,单位:%);  
 (a1)(a2)为污染日前4天,(b1)(b2)为污染日前2天,(c1)(c2)为污染日当天,(d1)(d2)为污染日后2天

分析结果表明,在12月—次年2月,贵港市出现轻度以上污染天气主要是由于累积的持续下沉运动

使大气层结稳定,不利于污染物扩散。尤其值得注意的是,在连续出现持续的下沉运动时,如果贵港市

850 hPa 风向由偏北气流转为偏南气流,且相对湿度有下降趋势时,需警惕贵港市将出现轻度污染以上的天气过程。如果满足以上条件下,500 hPa 云南一带伴有南支槽活动,则需警惕是否会出现重度污染以上天气现象。

### 3.2 夏季污染日的天气形势

对 2015—2016 年 7—8 月出现污染天气的 6 次天气过程天气形势合成分析结果(图 6)表明,在 7—8 月贵港市出现轻度污染天气前 4 天,500 hPa

高空形势场可以看出在我国台湾南部洋面有一个显著的位势高度场和垂直速度的低值区(图 6a1),贵港市受垂直上升运动影响。由 850 hPa 风场(图 6a2)可看出,在台湾南面有气旋式辐合区域,为热带气旋系统。出现轻度污染天气前 2 天(图 6b1、b2),热带气旋移动路径是西偏北方向,在福建至江苏一带登陆,广西上空受热带气旋外围明显的偏北下沉气流影响,850 hPa 相对湿度有下降趋势。在轻度污染出现当日,500 hPa 位势高度场和垂直速度

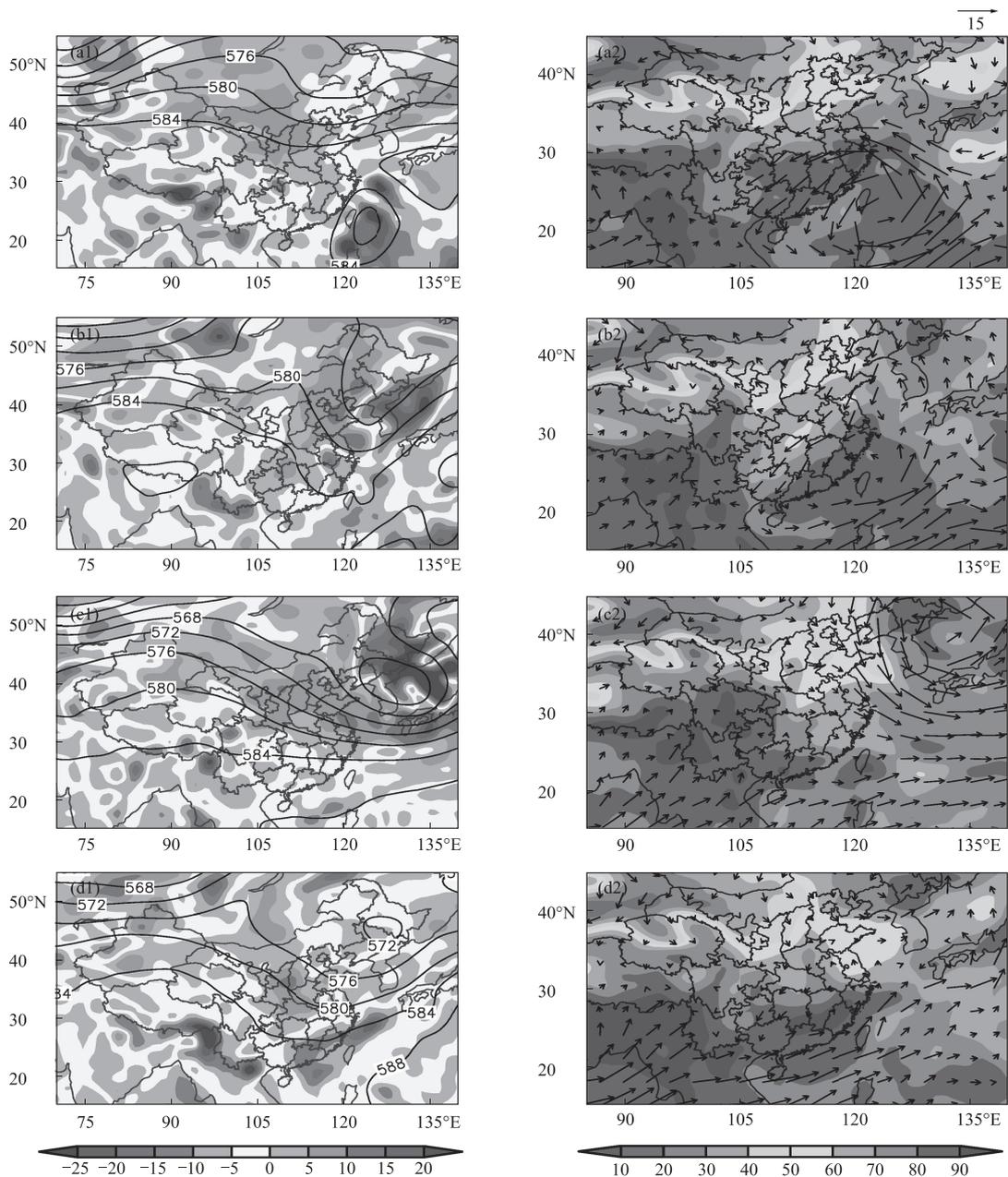


图 6 2015—2016 年 7—8 月贵港市空气质量指数级别三级天气形势合成图

(a1)(b1)(c1)(d1)为 500 hPa 高度场和垂直速度场(等值线为高度场,单位:dagpm;填色部分为垂直速度场,单位: $10^{-2}\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$ ),

(a2)(b2)(c2)(d2)为 850 hPa 风场和相对湿度场(矢量箭头为风场,单位:m/s;填色部分为相对湿度场,单位:%);

(a1)(a2)为污染日前 4 天,(b1)(b2)为污染日前 2 天,(c1)(c2)为污染日当天,(d1)(d2)为污染日后 2 天

低值区移动至我国东北地区(图 6c1),我国长江以北为大范围的强垂直运动下沉区域,广西受弱垂直下沉运动影响,大气层结仍然维持稳定。850 hPa 风场由于热带气旋的移动及副热带高压的加强西进,由偏北气流转为受副热带高压西侧弱偏南气流影响(图 6c2),虽然偏南气流从洋面上带来了丰富的水汽,850 hPa 相对湿度较高,但无明显降水触发机制。稳定的层结及较小的风速导致了贵港市污染天气的发生。轻度污染天气后 2 天,高空槽东移,广西上空 500 hPa 垂直速度转为明显的上升运动(图 6d1),850 hPa 偏南气流加大,相对湿度仍然很大(图 6d2)。这种天气形势对降水有利,且合成的 6 次过程中污染日后 2 天内均出现较明显降水,不利于污染天气的维持,贵港市轻度污染天气结束。

分析结果表明,夏季与冬季影响空气质量的天气系统不同。在夏季出现的轻度污染天气,主要受热带气旋影响。污染天气出现前的偏北气流主要是受热带低压外围下沉气流影响,若热带气旋移动路径为西偏北,登陆地点在江苏、浙江一带时,在热带气旋影响趋于结束时,受副热带高压系统影响,850 hPa 风向出现由偏北向偏南转折时,应考虑出现轻度污染的天气现象。

### 3.3 春秋季节污染日的天气形势

对春秋季节贵港市轻度及以上污染天气形势分析结果(图略)表明,在春、秋季节贵港市发生轻度污染的天气形势与冬季的类似,500 hPa 无明显天气系统影响,持续的下沉运动易使大气层结稳定,不利于污染物扩散。850 hPa 在污染日发生前受较强偏北气流影响,在污染出现当日有明显的风向转变,转为偏南气流影响,贵港市出现轻度污染天气。污染天气的后 2 天,相对湿度增加,偏南气流增大,空气质量转好。

## 4 结 论

(1)根据2015—2016年贵港市空气质量指数、首要污染物等数据,发现12月—次年2月为贵港市空气污染最严重的月份,轻度污染以上日数占2015—2016年总污染日数的67.6%,首要污染物主要为 $PM_{2.5}$ 和 $PM_{10}$ 。其中2月份空气污染最严重,空气质量指数月平均值在100以上,5—7月则为空气质量较好的月份,其余各月份则相对较为平均,空气质量为优或良居多。

(2)在冬季,尤其是1、2月份,当天气形势出现500 hPa 高度场偏弱,高空有槽或者冷涡移出中国

境内,天气系统带来的冷空气南下影响贵港地区,垂直运动表现为持续的下沉运动时,且850 hPa 相对湿度较低时,850 hPa 由北风转为南风且偏南气流较小时,贵港市极易出现轻度污染以上的天气,一旦风力明显加大,空气质量逐渐转好。在春秋季节贵港市发生轻度污染的天气形势与冬季的类似。

(3)夏季影响贵港市空气质量的天气系统与冬季的不同。在夏季,贵港市的轻度污染天气主要是由热带气旋外围下沉环流造成的。若热带气旋移动路径偏北,登陆地点在江苏、浙江一带,热带气旋的外围环流对贵港市造成下沉气流影响,导致贵港市出现持续垂直下沉运动。此时受副热带高压系统或者其他天气系统影响,850 hPa 风向出现明显转折时,需要考虑贵港市出现轻度污染的天气现象。

## 参考文献

- [1]何泽能,高阳华,杨世琦,等.重庆市城市热岛效应变化特征及减缓措施[J].高原山地气象研究,2017,37(4):48-52.
- [2]李婷苑,邓雪娇,范绍佳,等.2010年广州亚运会期间空气质量与污染气象条件分析[J].环境科学,2012,33(9):2932-2938.
- [3]彭嘉栋,赵辉,陈晓晨.长沙城市化进程对局地气候的影响[J].气象与环境科学,2017,40(4):42-48.
- [4]王淑兰,张远航,钟流举,等.珠江三角洲城市间空气污染的相互影响[J].中国环境科学,2005,25(2):133-137.
- [5]胡晓宇,李云鹏,李金凤,等.珠江三角洲城市群 $PM_{10}$ 的相互影响研究[J].北京大学学报(自然科学版),2011,47(3):519-524.
- [6]李霞.复杂地形多尺度气流对城市大气污染影响的研究进展[J].沙漠与绿洲气象,2016,10(6):1-10.
- [7]刘新超,郭洁,申辉,等.成都市大气污染对儿童呼吸系统疾病的影响[J].高原山地气象研究,2015,35(3):84-87.
- [8]李红,曾凡刚,邵龙义,等.可吸入颗粒物对人体健康危害的研究进展[J].环境与健康杂志,2002,19(1):85-87.
- [9]陈渤黎,雷正翠,董芹,等.2012—2014年常州市大气重污染日气象条件分析[J].气象与环境科学,2017,40(1):87-94.
- [10]张珺,宋晓辉.2014年邯郸大气环境特征及气象条件影响因子分析[J].气象与环境科学,2016,39(2):63-68.
- [11]王静,邱粲,刘焕彬,等.山东重点城市空气质量及其与气象要素的关系[J].生态环境学报,2013,22(4):644-649.
- [12]吴序鹏,刘端阳,谢真珍,等.江苏淮安地区大气污染变化特征及其与气象条件的关系[J].气象与环境科学,2018,41(1):31-38.
- [13]刘雯,张晓春,李俊,等.武汉市观象台2013—2016年 $PM_{2.5}$ 质量浓度变化及其与气象因子的相关分析[J].气象与环境科学,2018,41(2):23-29.
- [14]周莉,周慧,杨云芸,等.2014年秋季长株潭城市群一次典型霾污染天气过程的气象特征及成因分析[J].气象与环境科学,2018,41(1):39-46.
- [15]陆琛莉,李海军,张雪慧,等.2013年12月浙北北部两次重度霾过程的对比分析[J].气象与环境科学,2018,41(1):47-55.

- [16] 杨若子, 房小怡, 高云, 等. 北京雾和霾临界气象条件的气候变化特征[J]. 气象与环境科学, 2017, 40(3): 14-20.
- [17] 秦福生, 周岩, 王淑琴, 等. 郑州市主要污染物污染特征及污染趋势分析[J]. 气象与环境科学, 2007, 30(4): 63-65.
- [18] 王颖, 梁依玲, 王丽霞. 气象条件对污染物浓度分布影响的研究[J]. 沙漠与绿洲气象, 2015, 9(2): 69-74.
- [19] 周巧兰, 束炯, 王坚捍. 上海地区低能见度特征分析[J]. 气象与环境科学, 2009, 32(2): 26-29.
- [20] 刘和平, 代佩玲, 张青珍, 等. 郑州市大气能见度变化特征及与空气污染的关系[J]. 气象与环境科学, 2008, 31(4): 44-46.
- [21] 李琼, 李福娇, 叶燕翔, 等. 珠江三角洲地区天气类型与污染潜势及污染浓度的关系[J]. 热带气象学报, 1999, 15(4): 363-369.
- [22] 张建忠, 李坤玉, 王冠岚, 等. 京津冀 4 次重度污染过程的气象要素分析[J]. 气象与环境科学, 2016, 39(1): 19-25.
- [23] 邓霞君, 蔡振群, 项晓美, 等. 丽水空气污染物时序特征及与气象条件的关系研究[J]. 气象与环境科学, 2015, 38(2): 60-65.
- [24] 王晓彦, 刘冰, 李健军, 等. 区域环境空气质量预报的一般方法和基本原则[J]. 中国环境监测, 2015, 31(1): 134-138.
- [25] 姚逊, 姚玉鑫, 马建英. 江南水网地区中小城市空气质量预报研究[J]. 中国环境监测, 2008, 24(2): 66-68.
- [26] 刘从容, 任万辉, 杜毅明, 等. 沈阳市环境空气质量天气模式预报方法[J]. 环境保护科学, 2006, 32(2): 1-7.
- [27] 张永康, 罗娟, 龚敏玉. 沿海地区中小城市环境空气质量预报模式的研究与应用[J]. 中国环境监测, 2005, 21(5): 77-80.
- [28] 田宏伟, 谈建国, 杜子璇. 用 TSI 天气分型方法分析上海环境空气质量[J]. 气象与环境科学, 2008, 31(1): 51-55.

## Relationship Between Air Pollution and Weather Situation in Guigang from 2015 to 2016

He Linyan, Liang Yijin, Huang Xiaoyan

(Guigang Municipal Meteorological Office, Guigang 537100, China)

**Abstract:** Based on the data of the daily Air Quality Index (AQI) data, primary pollutant and meteorological data including wind speed, humidity and temperature, etc. during 2015–2016, the general situation of air quality and related meteorological factors were analyzed, and then the weather situation variation of air pollution in different seasons and different levels in Guigang city were analyzed using the synthetic analysis method. The results show that the primary pollutants in Guigang city are  $PM_{2.5}$  and  $PM_{10}$ . December, January and February are the most polluted months in the year. The correlation between meteorological elements and AQI are strong. Air quality in Guigang city is affected by wind speed, temperature and precipitation significantly. In winter, spring and autumn, when cold air moves southward and affects Guigang city, with persistent sinking motion in 500 hPa, the relative humidity is low as well as the north wind turns south, and wind speed is small in 850 hPa, light or above air pollution appears easily in Guigang city. Under this condition, southern trough in Yunnan will leads to a heavy pollution in Guigang city. In summer, the main factor affecting air quality is when tropical cyclones move to Jiangsu and Zhejiang, the downdraft on the periphery of the tropical cyclones causes the continuous descending motion in Guigang city. At this time, when the north wind obviously turns south in 850 hPa, affected by the subtropical high pressure or other system, the light air pollution in Guigang city should be considered.

**Key words:** air quality index; weather situation; Guigang