

西昌市环境空气质量气象影响因素的分析研究

郑自君^{1,2}, 房鹏², 王建蔷², 胥德梅², 晏惠芬², 莫芳²

(1.高原与盆地暴雨旱涝灾害四川省重点实验室,成都 610072;2.凉山州气象局,四川 西昌 615000)

摘要:利用西昌市2012—2014年气象资料和空气质量资料,采用统计学方法对西昌市气候背景、地面和高空风场特征、污染系数、大气稳定度、风速、风向、稳定度联合频率进行分析,结果表明:全年的大气稳定度均以中性为主,不影响空气团做垂直方向运动,对大气污染物的扩散无明显影响;西昌市全年污染系数均以偏北风(以N和NNW为主)最大,偏南风(以SSW为主)次之,偏西风和偏北风最小,西昌市出现空气质量时好时坏的现象;整个冬季地面静风频率较高,达82%~85.4%,地面主导风向以偏南风和偏北风为主,各高度上风速最大值均出现在SSW方向上,各层风速均随高度增加而增大;地面静风是造成西昌市污染的主要原因,地面静风频率大时污染率越大,空气质量越差;由于污染源的位置关系,地面主导风向为偏南风时也是造成污染的重要原因,并以此为相关部门提出建议。

关键词:气象因素;空气质量;大气稳定度;污染系数

中图分类号:P462.4⁺5;X51 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-1891(2019)02-0078-08

Study on the Effect of Meteorological Factors on Ambient Air Quality in Xichang

ZHENG Zijun^{1,2}, FANG Peng², WANG Jianqiang², XU Demei², YAN Huifen², MO Fang²

(1. Sichuan Provincial Key Laboratory for Heavy Rain and Drought-Flood Disasters in Plateau and Basin Areas, Chengdu, Sichuan 610072, China;

2. Liangshan Prefectural Meteorological Bureau, Xichang, Sichuan 615000, China)

Abstract: With the meteorological data and air quality data from 2012 to 2014 in Xichang, we adopt statistical methods to analyze the climatic background, the surface wind field and upper wind field characteristics, the pollution coefficient, the atmospheric stability, the combined frequency of wind direction, speed and stability in Xichang. The results show that the annual atmospheric stability remains neutral mostly, which does not affect the vertical movement of air mass, and has no obvious influence on the diffusion of atmospheric pollutants. The pollution coefficient in Xichang is the highest in the northerly winds (mainly N and NNW), second in the southerly winds (mainly SSW), and lowest in the westerly and easterly winds during the year. So the air quality in Xichang alters between good and poor. The frequency of surface static wind remains high throughout the winter, reaching 82% to 85.4%, and the dominant surface wind direction is mostly southerly and northerly. The maximum wind speeds at all heights occurs in the SSW direction, and the wind speed at each height increases with increasing height. Surface static wind is the major factor contributing to the pollution in Xichang. The greater the surface static wind frequency, the greater the pollution rate, and the worse the air quality. Because of the location of the pollution source, the dominant southerly surface wind is also an important cause for pollution. The results of our study can be recommended to relevant government departments.

Keywords: meteorological factors; air quality; atmospheric stability; coefficient of pollution

0 引言

空气污染会影响天气,天气亦会影响污染物的产生与扩散。空气污染的扩散,受风向、风速、降水、大气稳定度、混合层高度等的影响。风向决定

了污染物输送的方向,风速决定了污染物输送的速度及置换纯净空气的能力,降水对大气污染物浓度具有稀释作用,大气稳定度和混合层高度决定了污染物的垂直或水平扩散能力。因此对于气象条件和污染源类型的认识是空气污染控制及评估工作

收稿日期:2018-11-25

基金项目:凉山州气象局2015年科研项目“西昌市环境空气质量气象影响因素的分析研究”(第10号)。

作者简介:郑自君(1976—),男,四川宜宾人,高级工程师,学士,研究方向:综合气象观测、资料预审及技术把关等。

的重要一环。城市空气质量主要取决于污染源的排放和大气对污染物的扩散能力,后者主要与大气边界层的风等气象要素密切相关。风是描述空气质点运行的一个指标,它能把有害物质输送走,同时还使周围空气混合,起到稀释的作用,使有害物质浓度降低。城市大气质量既与风向有关,又受风速的影响。风向决定污染物输送的方向,即规定了污染方位。风速平流输送、扩散稀释,决定污染物输送稀释的速率^[1]。掌握风的时空变化规律,对城市全面规划、合理布局,以便有效避开污染、保护居民身体健康都具有非常重要的意义。本文利用西昌市2012—2014年气象和空气质量资料,采用统计学方法对西昌市气候背景、地面和高空风场特征、大气稳定度、污染系数,风速、风向、稳定度联合频率进行分析。

1 资料的选取及相关说明

1.1 资料的选取

西昌气候温暖,降水集中,全年93%的雨量集中于夏半年,有干季、雨季之分。由于降水集中,从4月下旬开始至9月份,属于西昌的雨季,这时空气中相对湿度较大,使得污染物得到一定程度稀释,西昌全年均处于弱酸雨污染态势^[2],空气质量相对较好。经过统计计算西昌首要污染物SO₂、PM₁₀主要出现在冬半年,每年从2月份开始,西昌由于气候转暖,取暖取消,污染日相对减少,空气质量开始转好。因此,所用风资料和空气质量资料采用冬半年,即1~3、10~12月资料。另外,文中提及的冬季不是气候意义上的冬季,为了达到研究风场对空气质量的影响的目的,将污染率(这里指污染日数占的百分率)相对较大的11、12和1月的风资料和空气质量资料来代表冬季(以下提及的冬季与此相同)。

高空资料采用西昌高空站2012—2014年冬半年(1~3月、10~12月)三年逐日08:00地面、距地300、600、900 m的高空气象资料。

空气质量资料采用凉山州环保局提供的每日空气质量报中出现首要污染物SO₂和PM₁₀(空气污染指数API达到2级及以上)的资料。

地面资料因考虑西昌市的地型特征,故选用有代表性的两个站点:一是位于西昌市城区内北面的西昌国家基本气象站(简称西昌站),二是位于西昌市西南面的经久区域自动站(简称经久站)。均选取2012—2014年资料,用常规统计学方法进行统计和作图分析。

1.2 台站和观测项目说明

西昌站位于东经102°16',北纬27°54',观测场海拔高度1 590.9 m。自动观测要素有温度、湿度、气压、风向风速、地温、降水等^[3],人工观测要素有总低云量、天气现象等。

经久站位于东经102°16',北纬27°46',观测场海拔高度1 496.0 m。仅有自动观测的温度、湿度、气压、风向风速、降水等要素。

常规高空气象观测^[4]是指气球携带无线电探空仪,以自由升空方式对自地球表面到几万米高度空间的大气气象要素(气压、温度、湿度)和运动状态(风向、风速)等的变化进行观测、收集、处理的活动和工作过程。西昌高空站与西昌站同址,常规为07:15和19:15两次放球,具有08:00和20:00高空气象资料。

2 西昌地理位置及气候背景

2.1 地理位置

凉山州西昌市位于川西高原(海拔1 500~2 500 m)的安宁河平原腹地^[5],东经101°46'~102°25'、北纬27°32'~28°10',南北最长约20 km,东西最宽约43 km,幅员面积2 651 km²。安宁河河谷平原和邛海湖盆平原,总面积约424 km²。其地势平坦,土壤肥沃。两平原间有断陷抬升的孤山——泸山:高2 317 m,苍松翠柏,林木葱郁,掩映着十数座古寺,是号称“川南胜境”的名山。泸山东麓的断陷湖邛海,古称风海、邛池,是四川第二大淡水湖,面积29.3 km²。西昌东到昭觉县之上玄参坝,东南到普格县有大箐梁子,加上泸山,形成东边屏障;西有小高山和磨盘山,形成西屏障;北近有北山,远有在冕宁县的拖乌山。这些山相对邛海海平面均在500~1 000 m以上,北风吹不进,只有南面从安宁河谷吹来的暖风,加上高原和高原湖泊的调节,形成与周边30 km不同的气候带。

2.2 气候背景

西昌市位于低纬度地区,属亚热带季风气候区。其气候特点是全年干湿季分明,夏秋多雨,冬春少雨;冬暖夏凉。气温年较差小,日温差大;多日照,全年无霜期达280 d;阴天少、雾天少、冰雪少、逆温频率少。该地区年平均气温17.2℃,最热月平均气温22.6℃,最冷月平均气温9.9℃。全年盛行南、北风,年均风速1.5 m/s。年降雨量为1 025.1 mm,其中85%集中在6~9月。全年蒸发量1 177.9 mm,以3~5月蒸发量大。年平均相对湿度61.4%。平均总云量5.9成,低云量5.2成,夏秋云量多于冬季。

表1 西昌、经久2012—2014年各月及年平均风向频率

%

时间	站名	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
1月	西昌	17.67	5.67	6.67	5.67	3.33	3.00	5.00	4.00	9.00	10.67	2.33	1.00	4.67	2.67	3.33	7.33	8.33
	经久	10.75	5.91	1.34	1.34	2.69	0.54	1.61	1.88	12.37	25.81	3.76	2.15	2.69	2.42	5.11	13.17	6.45
2月	西昌	15.00	6.00	3.33	4.00	3.67	3.00	4.00	3.67	13.00	19.00	5.00	2.33	2.00	2.67	2.33	6.00	8.00
	经久	13.53	4.12	0.59	1.18	0.59	0.29	1.47	2.06	16.76	35.00	2.35	1.47	1.47	0.88	3.82	10.88	3.53
3月	西昌	18.67	7.00	4.00	3.67	3.00	2.00	5.00	4.00	11.67	11.33	3.67	2.67	2.00	2.00	1.33	7.00	9.33
	经久	10.48	5.11	1.88	2.15	0.54	0.81	0.81	1.08	16.13	31.99	3.23	1.88	1.61	2.69	4.03	13.98	1.61
4月	西昌	22.00	5.67	4.00	4.33	2.33	4.00	6.00	5.67	11.00	7.67	3.00	4.50	2.67	2.33	5.00	5.33	7.67
	经久	15.08	8.10	3.63	1.40	1.68	1.40	1.40	1.12	14.25	22.35	4.75	1.68	2.23	3.07	4.47	12.29	1.12
5月	西昌	20.67	5.33	5.00	3.67	4.33	8.33	5.00	7.00	8.33	6.67	1.67	1.67	2.67	2.00	2.67	5.00	9.00
	经久	17.47	9.14	1.61	1.88	1.61	1.61	1.34	2.42	8.33	23.92	4.03	1.61	0.54	2.42	4.03	16.40	1.61
6月	西昌	13.00	8.33	6.00	5.00	3.67	4.33	7.33	5.00	4.67	5.00	3.00	2.67	3.33	3.33	6.00	6.00	14.67
	经久	10.00	8.89	3.06	2.22	1.94	1.39	2.22	2.50	9.17	13.06	6.39	3.89	3.89	4.17	8.33	13.06	5.83
7月	西昌	14.33	7.33	6.00	4.00	3.00	4.67	6.33	3.00	5.00	6.67	4.00	3.00	4.00	3.67	4.33	10.00	10.33
	经久	7.47	3.90	5.19	2.60	3.25	3.25	3.90	3.57	9.09	16.23	11.04	1.95	1.62	2.92	7.79	10.71	5.52
8月	西昌	17.67	8.00	5.33	5.00	2.67	6.33	4.00	2.67	4.33	2.33	4.00	3.67	5.00	3.67	5.00	10.00	9.33
	经久	9.41	4.57	5.11	3.76	2.42	2.42	2.15	4.03	8.33	14.25	8.60	5.11	3.76	2.15	8.06	10.22	5.65
9月	西昌	16.00	4.67	8.33	3.00	2.33	3.00	7.33	7.00	5.00	6.00	3.00	3.67	3.00	4.33	6.00	6.33	12.33
	经久	8.91	8.08	2.79	0.84	1.67	2.23	3.06	2.51	13.65	15.88	6.41	4.18	3.62	1.39	4.74	11.70	8.36
10月	西昌	20.67	9.33	7.67	4.00	1.67	3.67	6.67	2.67	4.33	6.00	2.67	3.67	3.33	2.00	3.00	4.00	14.33
	经久	11.05	6.47	3.77	4.31	2.96	2.70	4.04	2.96	9.16	16.44	5.93	2.16	2.70	3.50	5.66	8.36	7.82
11月	西昌	21.33	5.33	10.00	6.67	2.33	4.00	2.67	5.00	5.33	6.00	2.67	3.33	1.50	1.00	3.67	8.67	13.00
	经久	11.94	6.94	4.17	2.50	2.22	1.94	1.94	3.06	10.28	24.72	3.33	0.56	0.83	3.33	5.56	8.89	7.78
12月	西昌	16.67	8.67	8.67	6.00	3.00	5.00	3.00	3.00	5.33	5.00	2.50	2.00	3.00	4.67	4.33	6.67	13.33
	经久	12.37	9.68	4.84	3.23	0.81	2.15	2.42	1.61	7.53	14.25	3.49	2.96	1.34	3.49	4.30	13.44	12.10
全年	西昌	17.81	6.78	6.25	4.58	2.94	4.35	5.19	4.39	7.25	7.69	3.14	2.85	3.19	2.93	3.92	6.86	10.81
	经久	11.54	6.74	3.17	2.28	1.87	1.73	2.20	2.40	11.25	21.16	5.28	2.47	2.19	2.70	5.49	11.93	5.62

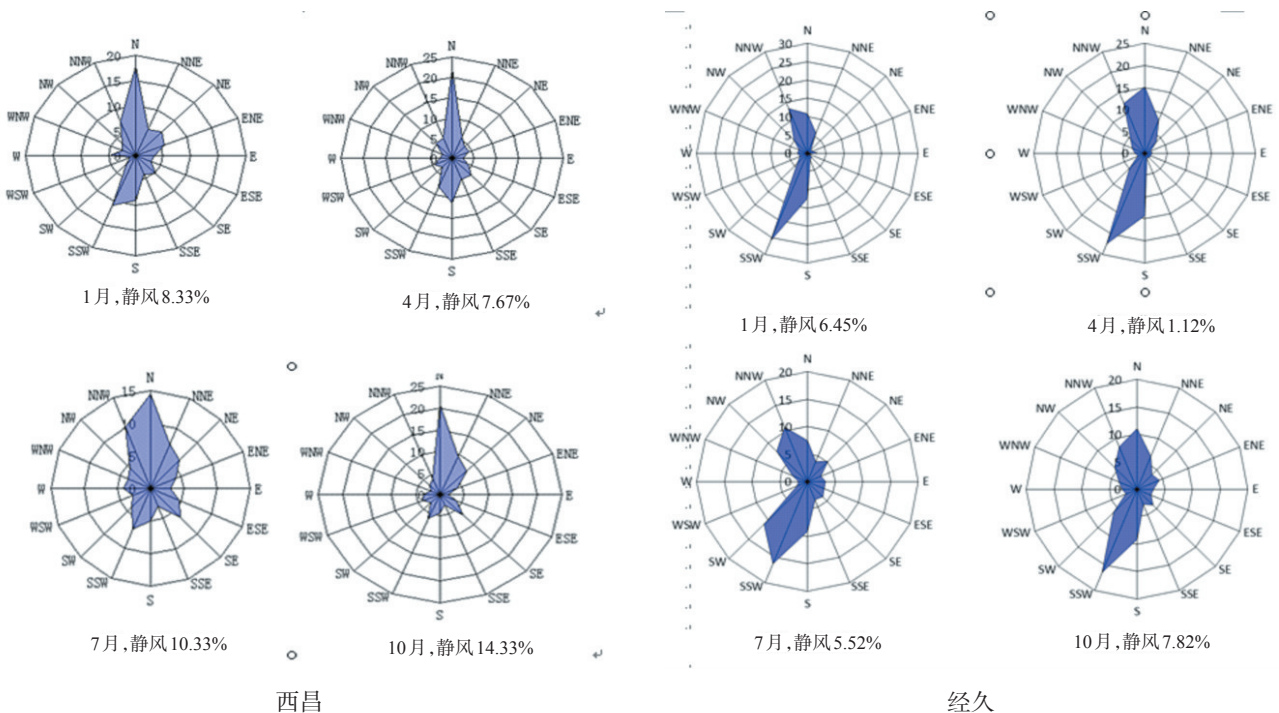


图1 西昌、经久2012—2014年风向玫瑰图

3 风场特征分析

3.1 地面风场特征

3.1.1 风向特征

用西昌站和经久站的风资料统计各月及全年风向频率见表1。

由表1可知:西昌站主导风向为N(17.81%),次主导风向为SSW(7.69%),另外在S(7.25%)和NNW(6.86%)风向也较常见,全年静风频率10.81%。主导风向随季节变化有一定差异,冬季以N风向占主导,次主导风向为SSW;春季以N风向占主导,次主导风向为S;夏、秋两季主导风向为N,次主导风向为NNW;各季中秋季静风频率较高,达13.2%,从风向玫瑰

图(图1)可看出N至S风向分布较均匀。经久站主导风向为SSW(21.16%),次主导风向为NNW(11.93%)。主导风向随季节几乎无变化,均以SSW风向占主导;次主导风向随季节略有变化:仅春季以S风向占次主导,其余各季次主导风向为N风或者偏北风(NNW);各月中9~12月静风频率较高,达9.02%。

由以上得出:两站的主导及次主导风向有较大差异,但均为南北向风,西昌站的静风频率比经久站高,原因是受地型及建筑物的影响。

3.1.2 风速特征

根据西昌站和经久站2012—2014年气象资料,分别以春夏秋冬四季和16个风向对风速进行统计,结果如表2,图2所示。

表2 西昌、经久2012—2014年四季及全年各风向平均风速统计表

季节	站名	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	平均
春	西昌	3.17	2.40	1.34	1.51	1.52	1.36	1.83	2.61	3.49	2.74	2.10	1.29	1.14	1.33	1.83	2.01	1.98
	经久	2.85	2.44	1.50	1.21	1.33	0.95	1.27	2.12	6.67	6.51	2.53	2.05	1.58	1.43	1.35	2.41	2.39
夏	西昌	1.97	1.43	1.13	1.20	1.09	1.23	1.26	1.42	2.14	1.68	1.13	1.03	1.02	0.87	1.28	1.50	1.34
	经久	1.64	1.81	1.31	1.18	0.77	0.78	1.08	1.53	3.76	4.18	2.01	1.09	1.06	1.11	1.19	1.53	1.63
秋	西昌	2.08	1.13	1.06	0.87	1.01	1.11	1.29	1.57	2.27	2.21	1.58	1.00	0.72	0.74	1.16	1.37	1.32
	经久	1.72	1.64	1.47	0.89	0.63	0.68	0.81	1.23	3.75	5.61	2.11	1.04	0.85	0.97	1.03	1.41	1.62
冬	西昌	2.23	2.12	1.20	1.17	1.04	1.25	1.27	2.18	3.10	3.11	2.30	1.26	1.15	1.11	1.53	1.58	1.73
	经久	2.27	1.88	1.49	1.03	0.93	0.60	1.07	1.09	6.81	6.95	2.65	1.67	1.39	1.26	1.36	2.27	2.17
年均	西昌	2.36	1.76	1.19	1.19	1.17	1.25	1.44	1.93	2.72	2.41	1.75	1.14	1.04	1.05	1.43	1.60	1.59
	经久	2.21	1.96	1.43	1.07	0.85	0.75	1.01	1.45	5.43	6.05	2.24	1.38	1.16	1.19	1.22	1.97	1.96

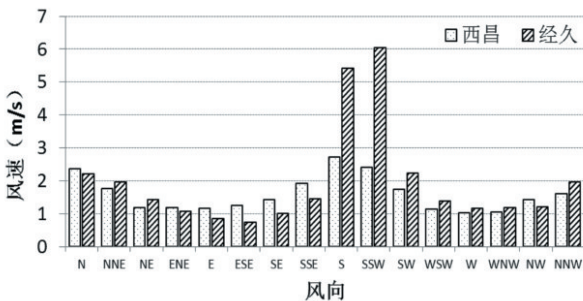


图2 西昌、经久2012—2014年各风向平均风速变化图

对照表2和图2,从平均风速来看:两站均是春季平均风速最大,西昌站为1.98 m/s,经久站为2.39 m/s;秋季平均风速最小,西昌站为1.32 m/s,经久站为1.62 m/s;全年平均风速西昌站为1.59 m/s,经久站为1.96 m/s。两站各季最大风速均出现在S风或者SSW风,西昌站最大为3.49 m/s,经久为6.95 m/s。各季最小风速西昌站除冬季外均出现在W风或者SW风,最小值为0.72 m/s;经久站出现在东风或者偏东风,最小值为0.60 m/s。经久站的平均风速每月都比西昌站大。

由以上得知:受地型及建筑物影响,全年和各

季平均风速及最大风速经久站均比西昌站大,最小风速经久站比西昌站略小。

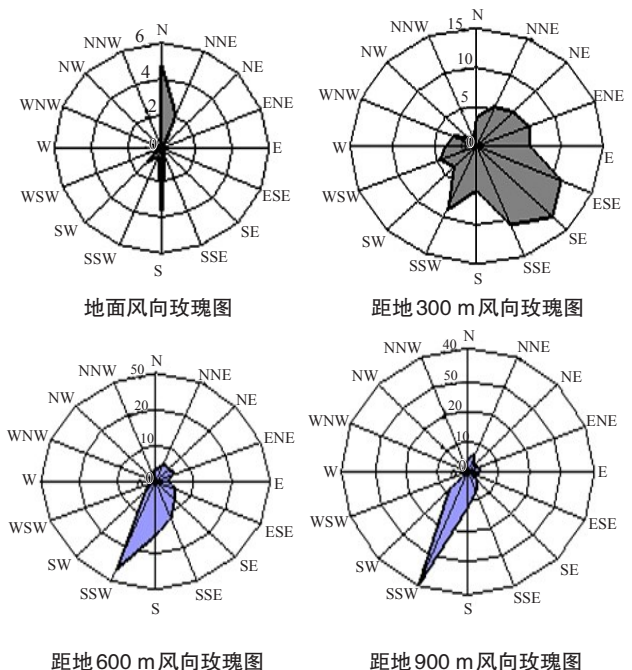


图3 西昌市冬季各高度上风向玫瑰图

3.2 西昌市冬季各高度上风场特征

3.2.1 风向特征

利用西昌高空站2012—2014年冬半年(1月、2月、3月、10月、11月、12月)三年逐日08:00地面、距地300、600、900 m的高空气象资料作西昌市冬季各高度上风场玫瑰图,见图3。

由图3可知:西昌市冬季地面静风频率达85.4%,主导风向为N风,风频为4.8%,其次是S风,风频为3.7%。其中WNW、NW方向上均为静风。300 m高度上,盛行风向为SE风,风频为12.5%,其次为ESE风、SSE风,风频分别为11.0%、10.5%,这三个方向上风频达34.0%。600 m高度上主导风向为SSW风,风频为25.8%,其次为S风,风频为15.1%,这两个方向风频为40.9%。900 m高度上主导风向仍为SSW风,风频达40.0%,其次为S风,风频为11.5%,这两个方向上风频计达51.5%。

3.2.1 风速特征

用西昌高空站资料作西昌市冬季各高度16方位上平均风速图(图4),可知:西昌市冬季地面平均风速最大值出现在S风,平均风速为3.5 m/s,其次为N风,平均风速为2.4 m/s。300、600、900 m高度上最大平均风速均出现在SSW方向上,风速分别为4.8、6.8、8.5 m/s。由此可知,风速随高度的增加而增大。

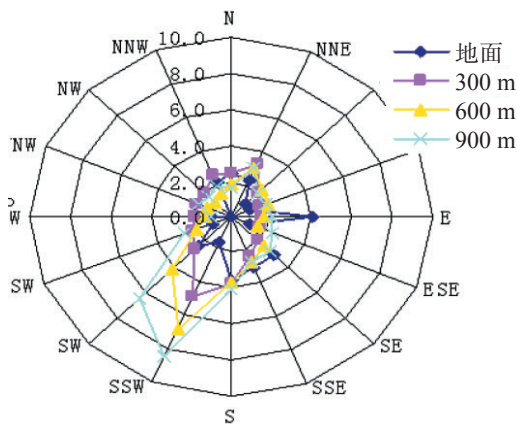


图4 西昌市冬季各高度16方位上平均风速

总之,西昌城区整个冬半年、冬季地面静风频率较高,达82%~85.4%,地面主导风向以偏南风 and 偏北风为主,300 m高度上主导风均从ESE向SSE方向过渡,600 m和900 m高度上均以SSW为主导风向。对于平均风速而言:除冬季地面S风最大外,其余平均风速最大值均出现在SSW方向上。冬半年各月:除2月和3月以外,地面静风频率均在81.9%至91.6%之间,各月各高度上风速最大值均出现在SSW方向上。边界层风速均随高度增加而增

大。西昌风场这一特征与地理地形密切相关,也与大气环流特点相吻合。由于东西山脉的屏风阻挡作用使得东西风较少,而北高南低的地形使得风速最大值均出现在偏南方向上。西昌冬半年受极地大陆气团影响,高空为干暖的南支西风气流控制^[6],因此高空盛行风向为SSW,而这一方向上的风速也最大。地面静风是造成西昌污染的主要原因,地面静风频率越大时污染率越大,空气质量越差。另外,由于污染源的位置关系,地面主导风向为偏南风也是造成污染的重要原因。

3.3 冬半年各月风场对空气质量的影响

利用凉山州环保局提供的每日空气质量报中出现首要污染物SO₂和PM₁₀(空气污染指数API达到2级及以上)的资料统计结果见表3中,可以看出:1月份SO₂污染率最大,2月最低。这时因为1月份由于平均温度最低,西昌许多老城区的居民日常生活中仍使用燃煤做饭、热水、取暖,耗煤量相对较大,污染物SO₂排放量很大,加之1月份地面有较高的静风频率,不利于城区污染物的扩散,因此SO₂污染率最大。2月份,由于天气转暖,使得城区SO₂排放大大减小。整个冬半年都存在PM₁₀污染,其中最严重在12月份,此时地面静风频率达87.7%,仅次于10月份,位于西昌市西南面的经久主导风向为SSW风,这导致了位于西昌市SW面的新钒钛工厂污染物PM₁₀和SO₂污染物向西昌城区输送。通过以上分析可以看出,西昌由于排放源和风场等的共同影响,11月、12月、1月空气质量最差,而2月空气质量相对较好。

表3 冬半年各月污染率

污染物	月份						%
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
SO ₂	44	53	40	65	18	35	
PM ₁₀	50	67	85	73	46	55	

4 污染系数

不同风向对应的平均风速不同,它对局地大气污染的作用大小也不同,可以用污染系数来反映这一地区不同风向的大气污染状况,污染系数的定义为:

$$P_i = f/u_i \quad (i=1, 2, 3, \dots, 16) \quad (1)$$

式中: f_i 表示*i*方向的风频率, u_i 表示*i*方向平均风速。

表4为西昌市2012~2014年四季及全年的平均污染系数统计结果。

由表4可看出,四季及全年西昌站均以N风的污染系数最大,介于6.44%~9.28%之间,全年N风的污

表4 西昌、经久2012—2014年四季及全年各风向平均风速统计表

季节	站名	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
春	西昌	6.44	2.50	3.21	2.58	2.11	3.53	2.90	2.15	2.95	3.14	1.33	2.25	2.11	1.58	1.64	2.89
	经久	5.02	3.07	1.60	1.49	0.98	1.37	0.94	0.71	1.93	4.01	1.58	0.83	0.95	1.89	3.11	5.89
夏	西昌	7.61	5.52	5.13	3.92	2.84	4.15	4.68	2.54	2.20	2.80	3.27	3.01	4.02	4.14	3.98	5.80
	经久	5.49	3.20	3.44	2.46	3.25	3.08	2.59	2.22	2.37	3.47	4.33	3.39	2.92	2.79	6.81	7.39
秋	西昌	9.28	5.66	8.21	5.29	2.08	3.24	4.34	3.12	2.16	2.71	1.77	3.60	3.61	3.24	3.62	4.60
	经久	6.16	4.39	2.45	2.92	3.65	3.38	3.70	2.28	2.93	3.39	2.46	2.21	2.82	2.78	5.15	6.88
冬	西昌	8.34	3.11	7.00	5.21	2.79	3.20	2.83	1.83	2.13	2.32	1.09	1.67	2.70	2.52	2.48	4.81
	经久	5.15	3.99	2.35	2.33	2.04	2.50	1.87	2.02	1.48	3.11	1.32	1.14	1.15	2.46	3.68	5.20
年均	西昌	7.55	3.85	5.25	3.85	2.51	3.48	3.60	2.27	2.67	3.19	1.79	2.50	3.07	2.79	2.74	4.29
	经久	5.22	3.44	2.22	2.13	2.20	2.31	2.18	1.66	2.07	3.50	2.36	1.79	1.89	2.27	4.50	6.06

染系数为7.55%，偏南风次之，偏西和偏北最小。经久站均以NNW风的污染系数最大，介于5.20%~7.39%之间，全年NNW风的污染系数为6.06%。

从以上两站资料分析可以看出，西昌市全年均以N风和NNW风污染系数最大，偏南风(以SSW为主)次之，偏西和偏北最小。当盛行偏南风(多数为SSW)时，导致了位于西昌市SW面的新钒钛工厂污染物PM10和SO₂污染物向西昌城区输送，能见度急剧下降，造成城区空气质量普遍变差。冷空气从北南下时，一般伴有降水，稀释污染物，并且风将污染物向南吹散，这又使城区空气质量变好。因此西昌出现空气质量时好时坏的现象。

5 联合频率分析

5.1 大气稳定度

大气稳定度指大气中某一高度上的气团在垂直方向上的相对稳定的程度，是大气一种稳定状态或扰动的性质，而非流体动力学上不稳定。在研究污染物在大气中的迁移转化规律里，大气的稳定度是很重要的，一个城市的大气稳定度分布情况决定了该城市大气对污染物的垂直扩散能力。大气是否稳定直接影响到大气扩散的强弱，大气越不稳定其扩散能力越强，污染物在大气中稀释越快，反之大气稳定度越强，则空气污染越不易扩散，污染越重。

天气稳定度与当时云量的多寡、日照强度等都有密不可分的关系，不能完全以风速大小来决定其稳定度。而目前我国使用的大气稳定度等级是修订的帕斯奎尔稳定度分级法，分为强不稳定、不稳定、弱不稳定、中性、较稳定和稳定六级。它们分别表示为A、B、C、D、E、F，而A-B、B-C、C-D表示介于两种稳定度之间。为了表示不同稳定度等级出现频率，将稳定度级别分为三个档次，即稳定度在A级到C级之间为不稳定类，在C-D级和D级之间为

中性类，在E级和F级之间为稳定类。确定等级时首先根据太阳倾角 σ 计算出太阳高度角 h_0 ，然后结合云量从表5查出太阳辐射等级数，最后根据太阳辐射等级数与地面风速按表6查出大气稳定度等级。

太阳高度角 h_0 使用下式计算：

$$h_0 = \arcsin[\sin \psi \sin \sigma + \cos \psi \cos \sigma \cos(15t + \lambda - 300)] \quad (2)$$

式中： h_0 为太阳高度角 deg， ψ 为当地纬度 deg， λ 为当地经度 deg， t 为进行观测时的北京时间， σ 为太阳倾角 deg。其中太阳倾角 σ 按(3)式计算。

$$\sigma = [0.006918 - 0.39912 \cos \theta_0 + 0.070257 \sin \theta_0 - 0.006758 \cos 2\theta_0 + 0.000907 \sin 2\theta_0 - 0.002697 \cos 3\theta_0 + 0.001480 \sin 3\theta_0] 180 / \pi \quad (3)$$

式中： θ_0 为360dn/365deg， d_n 为一年中日期序数，0、1、2、...、364。

通过对西昌和经久的气象资料进行统计，得到西昌和经久的全年大气稳定度统计表，见表7、图5。

表5 太阳辐射等级数

云量(1/10)	太阳辐射等级数				
	总云量/低云量	夜间	$h_0 \leq 15^\circ$	$15^\circ < h_0 \leq 35^\circ$	$35^\circ < h_0 \leq 65^\circ$
$\leq 4 / \leq 4$	-2	-1	1	2	3
5-7 / ≤ 4	-1	0	1	2	3
$\geq 8 / \leq 4$	-1	0	0	1	1
$\geq 5 / 5-7$	0	0	0	0	1
$\geq 8 / \geq 8$	0	0	0	0	0

表6 大气稳定度的等级

地面风速/ (m·s ⁻¹)	太阳辐射等级					
	3	2	1	0	1	2
≤ 1.9	A	A-B	B	D	E	F
2-2.9	A-B	B	C	D	E	F
3-4.9	B	B-C	C	D	D	E
5-5.9	C	C-D	D	D	D	D
≥ 6	D	D	D	D	D	D

注：地面风速(m/s)系指距地面10m高度处10min平均风速。

表7 2012—2014年大气稳定度频率 %

	西昌站			经久站		
	不稳定类	中性	稳定类	不稳定类	中性	稳定类
1月	20.16	22.58	57.26	19.35	47.98	32.66
2月	17.98	18.86	63.16	14.91	56.58	28.51
3月	17.74	41.53	40.73	13.31	65.73	20.97
4月	27.50	46.25	26.25	21.67	62.50	15.83
5月	26.61	58.87	14.52	22.58	70.56	6.85
6月	14.17	79.17	6.67	12.92	82.92	4.17
7月	11.29	81.85	6.85	10.87	82.61	6.52
8月	17.74	70.16	12.10	16.94	72.18	10.89
9月	5.83	82.50	11.67	5.00	86.67	8.33
10月	12.10	60.08	27.82	11.29	66.94	21.77
11月	22.50	20.00	57.50	20.42	44.58	35.00
12月	17.34	37.90	44.76	16.53	51.61	31.85
全年	17.58	51.81	30.61	15.59	65.56	18.85

由统计值可知,西昌站全年中性类稳定度出现频率最高,占51.81%,其次为稳定类稳定度占30.61%,不稳定类稳定度占17.58%。由此可见,西昌站全年大气稳定度以中性为主,在该条件下不影响空气团做垂直方向运动,对大气污染物的扩散无明显影响,但稳定类频率明显大于不稳定类,即大气污染物不利扩散的机率大于有利扩散的机率,对大气污染物的扩散和稀释有不利影响。从稳定度频率的月际分布情况来看:4~8月以中性为主,但不稳定类 > 稳定类,较有利大气污染物的扩散稀释;9~10月仍以中性为主,但不稳定类 < 稳定类,不太利于大气污染物的扩散稀释;11月~次年3月稳定类明显大于中性类和不稳定类,其出现频率为40.73~63.16%,不利于大气污染物的扩散稀释。

经久站全年中性稳定度出现频率最高,占65.56%,稳定类稳定度占18.85%,略高于不稳定类稳定度15.59%。由此可见,经久全年大气稳定度

仍以中性为主,在该条件下不影响空气团做垂直方向运动,对大气污染物的扩散无明显影响,稳定类频率略高于不稳定类。从稳定度频率的月际分布情况来看:全年各月均以中性为主;但4~8月期间不稳定类 > 稳定类,较有利大气污染物的扩散稀释;9月不稳定类和稳定类所占频率均较小且差距不大,对大气污染物的扩散稀释影响不大;10月~次年3月,不稳定类 < 稳定类,较不利于大气污染物的扩散稀释。

由此可见,西昌市全年大气稳定度均以中性为主,不影响空气团做垂直方向运动,对大气污染物的扩散无明显影响。与经久相比,西昌城区各月的大气稳定度均较高,对大气污染物的扩散能力较弱,较易形成空气污染。从月际分布来看,5~8月空气团垂直运动能力较强,较有利大气污染物的扩散稀释;季节转换的4月和9月,稳定类和不稳定类相差不大,对大气污染物的扩散无明显影响;而10月~次年3月大气稳定度较高,较不利于大气污染物的垂直扩散稀释,特别是西昌城区在11月~次年2月期间稳定类稳定度频率高达44.76%~63.16%,大气层结稳定更易于形成空气污染。

西昌市地面风向较为分散,不稳定条件下盛行W风,中性和稳定条件下盛行N风,各类稳定度均出现静风,其中以中性稳定度情况下出现频率最高。稳定和中性条件下风速较大,不稳定时风速较小。

5.2 风速、风向、稳定度联合频率

统计西昌市的风速、风向、稳定度联合频率(表略)。在各个风向方位上,风速段5档中稳定度均以中性(D类)出现频率最高,其次为稳定类(E类和F类),不稳定类(A类+A-B类+B类+C类+C-D类)最小。由此可见,西昌的大气稳定度以中性为主,在该条件下不影响空气团做垂直方向运动,对大气污

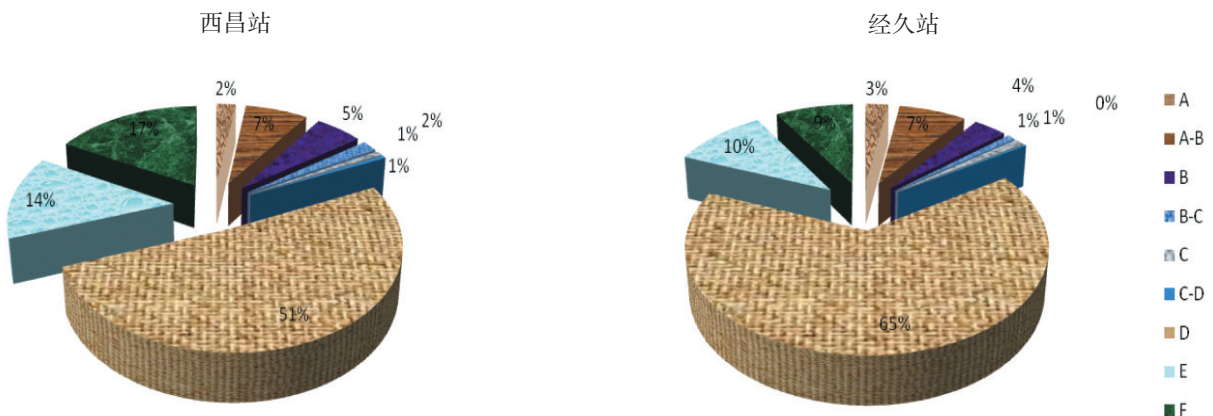


图5 2012~2014年大气稳定度频率分布图

染物的扩散无明显影响,但稳定类频率明显大于不稳定类,即大气污染物不利扩散的机率大于有利扩散的机率,对大气污染物的扩散和稀释有不利影响。这与5.1分析结论一致。

6 建议

上面对风场的分析,仅仅限于冬半年,为了对工业区和居民区布局提出更合理化建议,利用西昌站1971—2010年40 a地面风资料作风向玫瑰图,见图6。

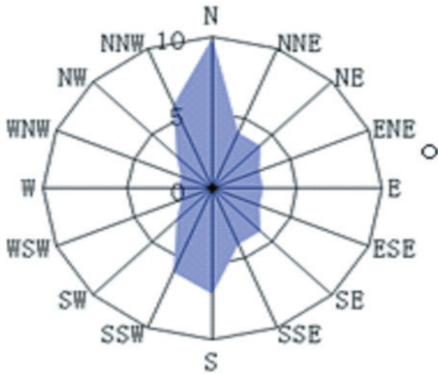


图6 西昌市40 a风向玫瑰图

从图6可看出,西昌市盛行风向有两个即南和北,无论将工业区布局在哪个盛行风的下风侧,都不能避免污染。因此,西昌城市建设中工业区应建在城区的西边即旋转风向的对侧或最小风频的上风侧,区民生活区则应在东边^[7]。另,根据西昌冬半年300、600、900 m高度上的盛行风向,高度超过300 m的工业污染源不应设在城区的偏南(SE至SSW)方向上。

7 结论

本文利用西昌市2012—2014年气象资料 and 空

气质量资料进行分析,得出以下结论:

(1) 全年干湿季分明,夏秋多雨,冬春少雨,冬暖夏凉。气温年较差小,日温差大;多日照,全年无霜期达280天;阴天少、雾天少、冰雪少、逆温频率少。

(2) 地面风场受地型及建筑物的影响:西昌站主导风向为N,次主导风向为SSW,经久站主导风向为SSW,次主导风向为NNW,两站的主导及次主导风向有较大差异,但均为南北向风,西昌站的静风频率比经久高;经久站的全年和各季平均风速及最大风速均比西昌站大。

(3) 冬季各高度上风场特征:地面静风频率较高,达82%~85.4%,地面主导风向以偏南风 and 偏北风为主,300 m高度上主导风从ESE向SSE方向过渡,600 m和900 m高度上均以SSW为主导风向。各月各高度上风速最大值均出现在SSW方向上。各层风速均随高度增加而增大。地面静风是造成西昌污染的主要原因,地面静风频率大时污染率越大,空气质量越差。由于污染源的位置关系,地面主导风向为偏南风也是造成污染的重要原因。

(4) 西昌市全年均以N风和偏北风(NNW)污染系数最大,偏南风(以SSW为主)次之,偏西和偏北最小。盛行偏南风时城区空气质量普遍变差,盛行偏北风时城区空气质量变好。冬半年中,11月、12月、1月空气质量最差,而2月空气质量相对较好。

(5) 西昌市的大气稳定度以中性为主,在该条件下不影响空气团做垂直方向运动,对大气污染物的扩散无明显影响,但稳定类频率明显大于不稳定类,即大气污染物不利扩散的机率大于有利扩散的机率,对大气污染物的扩散和稀释有不利影响。

(6) 建议工业污染源不应建在西昌市城区的南边,应将工业区建在城区的西边,居民生活区建在城区的东边。

参考文献:

- [1] 袁素珍,雷孝恩,田瑞明.平均风与温度随高度和大气稳定度的变化特征[M].北京:气象出版社,1998.
- [2] 莫芳,郑丽英,房鹏,郑自君,等.西昌攀枝花温江三地酸雨特征对比分析[J].西昌学院学报(自然科学版),2015,29(4):50-54.
- [3] 中国气象局.地面气象观测规范[M].北京:气象出版社,2003.
- [4] 李伟,李柏,陈永清,刘凤琴.常规高空气象观测业务手册[M].北京:气象出版社,1995.
- [5] 罗汉民,阎秉耀,吴诗敦.气候学[M].北京:气象出版社,1986.
- [6] 罗年忠.影响凉山州的主要天气系统及天气分析[J].四川气象,2002(2):39-41.
- [7] 杨吾扬,董黎明.盛行风向与城市布局的关系[J].城市规划,1978(5):21-34.