DOI:10.3969/j.issn.1674-6732.2017.03.003

广东省空气质量等级预报准确性评估

沈劲,嵇萍,周亦凌,叶斯琪,陈多宏*,谢敏,汪宇,潘月云,许凡,蔡日东
(广东省环境监测中心,国家环境保护区域空气质量监测重点实验室,广东　广州　510308)

摘　要:对广东省空气质量等级预报准确性评估进行了探讨,结果表明,在不区分污染等级的情况下,2016 年夏季广东各市的预报准确性差异较大,中山预报准确性达 92%,是全省唯一一个准确性超过 90% 的城市,云浮最低,为 53%。在区分污染等级时,实测为轻度及以上污染级别的情况下,各市的准确性普遍较低,仅佛山、东莞与广州的准确性达 50% 以上,而有 11 个城市的准确性为 0。综合考虑不同污染级别的准确性得分后,佛山市排名第 1,较不区分污染等级时的排名提前 9 名。指出,采用区分污染等级的预报效果评估办法更加适合广东空气污染较轻的区域。在首要污染物为臭氧的情况下,广东省平均的等级预报准确性低于首要污染物为其他物种的情况。

关键词:广东省;空气质量;等级预报;准确性评估
中图分类号:X51　　**文献标志码:**A　　**文章编号:**1674-6732(2017)03-0015-04

Discussion on the Assessment of Accuracy of Air Quality Grade Forecast in Guangdong Province

SHEN Jin, JI Ping, ZHOU Yi-ling, YE Si-qi, CHEN Duo-hong*, XIE Min, WANG Yu, PAN Yue-yun, XU Fan, CAI Ri-dong
(*Guangdong Environmental Monitoring Center*, *State Environmental Protection Key Laboratory of Regional Air Quality Monitoring*, *Guangzhou*, *Guangdong* 510308, *China*)

Abstract: The accuracy assessment of air quality forecast in Guangdong province was discussed. Results showed that in case of not to distinguish the pollution levels, forecast accuracy of all cities in Guangdong Province are quite different. Forecast accuracy of Zhongshan was 92%. It was the only city whose accuracy was more than 90%. Yunfu ranked the lowest, with accuracy 53%. In case of distinguishing the pollution levels, in condition of measured air quality grade above light pollution, the accuracy was generally lower. Only the accuracy of Foshan, Dongguan and Guangzhou was more than 50%, while the accuracy of the other cities was 0. Considering the accuracy of different pollution levels, Foshan ranked first, ranking nine further than that in case of not distinguishing the pollution levels. Distinguishing pollution levels was more suitable for assessment of air quality grade forecast in Guangdong, where lighter air pollution takes place. In the case of ozone as the primary pollutant, the average forecast accuracy of Guangdong was lower than that in the case of other species as the primary pollutant.

Key words: Guangdong Province; Air quality; Grade forecast; Assessment of accuracy

随着颗粒物与臭氧污染问题在我国被人们广泛关注并逐步成为研究的热点[1-2],2013 年 9 月,国务院批准实施《大气污染防治行动计划》(国发[2013]37 号,“大气国十条”),要求全国各地进一步加强大气污染防控工作,显著改善空气质量[3]。到 2017 年底,京津冀、长三角和珠三角细颗粒物($PM_{2.5}$)年均浓度比 2012 年分别降低 25%,20% 和 15%。同年,各省、直辖市与国家签订《大气污染防治目标责任书》(环办函[2013]979 号)。

为完成好国家下达的空气质量改善目标任务,广东省政府将开展大气重污染监测预警工作列入 2013 年“十件民生大事”,并定期进行督办。2014 年省政府颁布实施了《广东省大气污染防治行动方案(2014—2017 年)》,该方案要求完善全省大气环境监测网络和建立健全大气重污染监测预警体

收稿日期:2016-11-08;**修订日期:**2017-01-20
资助项目:国家科技支撑计划基金资助项目(2014BAC21B03)
作者简介:沈劲(1985—),男,工程师,硕士,从事空气质量预报预警工作。
*通讯作者:陈多宏　E-mail:13710967699@139.com

系,进一步加强大气污染防控工作,确保空气质量改善目标顺利完成。空气质量预报能力的建设可以提高空气质量预测预报的准确度,尤其是提高重污染天气的预测预报能力,并形成大气重污染应急预案,有利于为市民提供更好的公共空气质量服务,提高人民的生活水平和生活质量[4-5]。目前,全国不同级别的环境监测单位都在开展空气质量预报工作[6-7],预报手段主要有三维空气质量模型[8]、统计模型[9]与经验判断[10]等,但对于如何公平地评价某地空气质量等级预报准确性,目前还没有较好的办法,如汕尾全年空气质量大多数处于优良状态,其全年的预报准确性可达 96%[11],而对于一些污染较重的城市,无法达到这一准确性。现针对广东省不同城市的污染特点,重点讨论如何较合理地比较不同城市的预报效果。

1　研究方法

1.1　空气污染物实测浓度与预报数据

使用 2016 年 7 月 1 日—8 月 31 日广东省各市空气污染物实测浓度数据(包括 SO_2、NO_2、CO、PM_{10}、$PM_{2.5}$、O_3)与各市上报的未来 24 h 空气质量预报等级数据。

1.2　准确性评价方法

(1)传统方法。首先计算出各市每天实测的 AQI 值及其对应的污染等级,然后对比预报等级与实测等级的差异,其中预报等级与实测吻合得 1 分,不吻合得 0 分,如预报为优到良,实测为优,则算 1 分。最后统计出各市每天的平均得分,得分最高的城市预报准确性最高。这种方法忽略了各市的空气污染变化情况,因为对于某些空气质量较好的沿海城市,相对容易得到高分。

(2)对实测为不同污染等级的情况分别统计。即分别统计不同污染级别时各市的得分,计算各市在不同污染水平下的预报准确性。

(3)区分实测为优良与轻度以上污染 2 种情况进行分别统计。即在传统方法的基础上,分别统计实测为优良时的平均得分与实测为轻度以上污染时的平均得分,再取两者平均值作为最终得分,得分高者认为其准确性高。

2　结果与讨论

2.1　不区分污染等级时的各市预报准确性评价

在不区分污染等级的情况下,2016 年夏季广东各市的预报准确性得分差异较大(图 1),得分最高的是中山,达 0.92 分,可以认为其预报准确性达 92%,而最低的是云浮,得分仅为 0.53 分,可以认为其预报准确性只有 53%。空气质量较好的云浮、湛江和汕尾等地预报准确性较低,主要是由于其跨等级预报较少。而东莞与中山等地预报准确性较高,有部分原因是其跨等级预报情况较多。

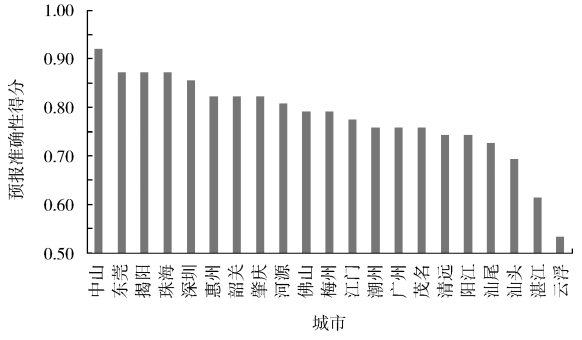

图 1　不区分污染等级时各市的得分情况

2.2　区分污染等级时的各市预报准确性评价

在区分污染等级时,全省平均而言,污染等级越高,预报的等级准确性得分越低(表 1),在轻度污染时,平均准确性仅为 29%,中度污染时,平均准确性下降到 4%,重度污染时,准确性下降到 0。污染等级为优和良时,全省平均准确性分别达到 91% 和 76%。由此可见,优良情况下的预报比较准确,轻度或以上污染时的预报准确性较低。

从各城市来看,在污染等级为优的情况下,佛山准确性得分最低,但也达到了 0.73,有 4 个城市达到 1.00,即百分百准确。在污染等级为良的情况下,各市的准确性得分比较分散,东莞与江门等达到 1.00,而汕尾与湛江不足 0.20,其余大部分城市在 0.70 以上。在污染等级为轻度污染的情况下,韶关与佛山的得分为 1.00,但有 10 个城市得分为 0。在污染等级为中度污染时,仅东莞的得分达到 1.00,其他城市均为 0。重度污染仅在 3 个城市出现过,得分均为 0。

由于广东省夏季污染等级为优良的天数占比较大,中度与重度污染的占比很少(图 2),两者一共仅占 2%,而轻度污染的概率仅为 9%,个别城市几乎不会发生中度以上污染。所以,按实测等级分 5 类评价不太适合广东省的情况,一般在广东省发生轻度以上污染即被视为污染,所以分为轻度以上污染与优良 2 种情况分别评估各市准确性比较合适。

表 1　区分污染等级时各市预报准确性平均得分

城市	优	良	轻度污染	中度污染	重度污染
潮州	0.93	0.72	0.20	0.00	
东莞	0.93	1.00	0.60	1.00	
佛山	0.73	0.90	1.00	0.00	
广州	0.88	0.91	0.67	0.00	
河源	0.76	0.95	0.50		
惠州	0.88	0.78	0.33		
江门	0.76	1.00		0.00	
揭阳	1.00	0.88	0.00		
茂名	0.98	0.38	0.00	0.00	
梅州	0.88	0.81	0.00		
清远	0.96	0.86	0.33	0.00	
汕头	0.96	0.69	0.00	0.00	0.00
汕尾	1.00	0.07	0.00		
韶关	0.80	0.89	1.00	0.00	
深圳	0.98	0.92	0.00	0.00	
阳江	1.00	0.57	0.00	0.00	
云浮	0.81	0.48	0.00	0.00	0.00
湛江	0.97	0.19	0.00	0.00	
肇庆	0.90	1.00	0.50	0.00	0.00
中山	0.95	1.00	0.40		
珠海	1.00	0.75	0.00		
总计	0.91	0.76	0.29	0.04	0.00

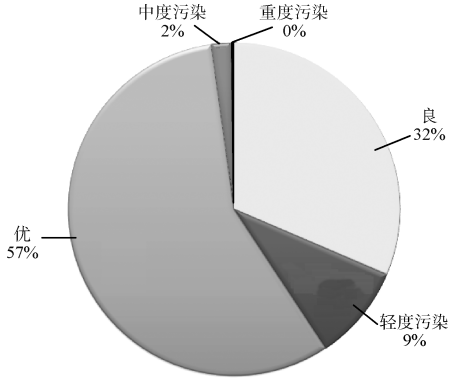

图 2　广东省各市实测污染等级占比

2016 年夏季,全省各市均发生过轻度以上污染,但概率较低。在实测为轻度以上污染级别时,得分最高的是佛山市(表 2),达 0.86 分,其一共有 7 d 发生了轻度以上污染,有 6 d 预报准确。而 11 个城市的得分为 0,即多天轻度以上污染没有 1 d 可以提前预报出来。这些城市中江门仅出现了 2 d 轻度以上污染,预报难度较大,但云浮出现了 12 d 轻度以上污染,反映出云浮空气质量预报能力相对较弱。

在实测为优良时,各市的预报准确率普遍较高。其中中山市得分接近 0.97,为全省最高,东莞与揭阳的得分略低于中山,位列第 2 与第 3,而得分最低的是云浮与湛江,均在 0.7 左右。总体而言,大部分城市在优良情况下的预报准确性要高于轻度以上污染的预报准确性。佛山市在轻度以上污染时的预报准确性略高于优良时,表明佛山市对污染事件的发生具备较强的提前预报能力,但佛山市在优良情况下的预报准确性偏低,表明佛山市普遍存在预报结果偏高的情况。

表 2　轻度以上污染和优良状况时各市预报平均得分①

城市	准确的天数/d		总天数/d		平均得分		排名	
	A	B	A	B	A	B	A	B
潮州	1	46	6	56	0.17	0.821	10	14
东莞	10	44	16	46	0.63	0.957	2	2
佛山	6	43	7	55	0.86	0.782	1	17
广州	4	43	7	55	0.57	0.782	3	17
河源	2	48	4	58	0.50	0.828	4	12
惠州	1	50	3	59	0.33	0.847	7	9
江门	0	48	2	60	0.00	0.800	11	16
揭阳	0	54	5	57	0.00	0.947	11	3
茂名	0	47	6	56	0.00	0.839	11	10
梅州	0	49	5	57	0.00	0.860	11	8
清远	5	41	17	45	0.29	0.911	9	7
汕头	0	43	10	52	0.00	0.827	11	13
汕尾	0	45	3	59	0.00	0.763	11	19
韶关	1	50	2	60	0.50	0.833	4	11
深圳	0	53	6	56	0.00	0.946	11	4
阳江	0	46	6	56	0.00	0.821	11	14
云浮	0	33	12	50	0.00	0.660	11	21
湛江	0	38	9	53	0.00	0.717	11	20
肇庆	4	47	12	50	0.33	0.940	7	5
中山	2	55	5	57	0.40	0.965	6	1
珠海	0	54	4	58	0.00	0.931	11	6

① A 代表轻度以上污染;B 代表优良。

2.3　综合不同污染水平的各市预报准确性评价

若把污染水平为优良与轻度以上污染 2 种情况等权重看待,即把各市在上述 2 种情况下的得分作平均,则可以得到一个综合得分(图 3)。按这种方式得到的得分进行排名,佛山市排名第 1,而在不考虑不同污染水平的情况下,佛山市的排名为第 10。另外,考虑不同污染水平时,广州也有 10 名左右的提升,而中山与揭阳等城市排名则有不同程度的下降,显示出 2 种不同的排名方法存在较大的差异,但最后几名的差异性较少。

总体而言,在污染等级优良时各市的预报准确性差异较少,在轻度以上污染时预报准确性的高低决定了排名的高低。佛山、东莞与广州等在轻度以

上污染等级时的预报准确性较高,从而得到了较高的综合排名。

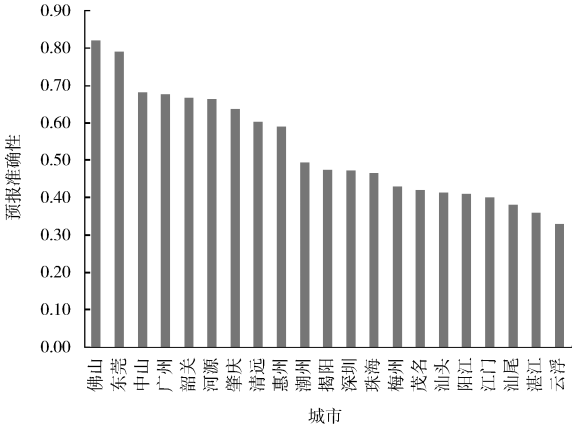

图 3　综合考虑不同污染水平后的各市得分

2.4　区分首要污染物时的各市预报准确性评价

在污染级别不为优的情况下,广东省夏季首要污染物主要是 O_3,占比高达 82%,其次为 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$,占比约为 7% 和 8%,而 NO_2 占比较少,仅为 3%,CO 作为首要污染物的天数很少,仅惠州发生过 1 d(图 4)。

首要污染物不同时,预报的准确性有所差异,出现次数最多的 O_3,其等级预报难度最大,全省各市的平均得分在多个污染物中最低,仅为 0.59,即广东省各市 O_3 平均等级预报准确性不足 60%。首要污染物为 PM_{10}、$PM_{2.5}$ 和 NO_2 时,广东省平均等级预报准确性约为 70% ~80%,这些准确性得分的结果显示了 O_3 污染预报的难度高于其他污染物,所以导致首要污染物为 O_3 时平均预报准确性相对较低。CO 作为首要污染物出现的概率极低,因此没有讨论的意义(表 3)。

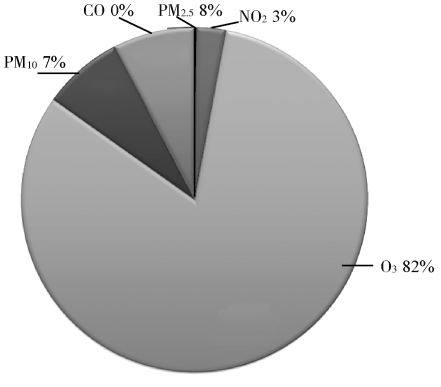

图 4　广东省各市实测首要污染物占比

表 3　不同首要污染物对应的各市预报平均得分情况

城市	O_3	NO_2	PM_{10}	$PM_{2.5}$	CO
潮州	0.53		0.58	1.00	
东莞	0.81			1.00	
佛山	0.88		1.00	1.00	
广州	0.78	1.00		1.00	
河源	0.86			1.00	
惠州	0.69		1.00	0.50	1.00
江门	0.78		1.00		
揭阳	0.56		0.90	1.00	
茂名	0.25		0.00	1.00	
梅州	0.60		1.00		
清远	0.60	0.50	1.00	1.00	
汕头	0.48	0.67	0.50	0.50	
汕尾	0.00			0.25	
韶关	0.86				
深圳	0.65	0.00			
阳江	0.39		1.00	0.60	
云浮	0.12	1.00	1.00	1.00	
湛江	0.00		0.00	0.75	
肇庆	0.71		1.00	1.00	
中山	0.88				
珠海	0.56		0.50	1.00	
平均	0.59	0.80	0.73	0.81	1.00

2.5　预报准确性排名的公平性探讨

由于不同城市不同污染等级出现概率的差异性较大,若不区分污染等级,就无法知道各市在较严重污染事件发生前能否成功预报;另外,对于空气质量常年优良的城市,其预报的准确性可以很高,但在轻度以上污染时,其预报的准确性较低,这样就无法发挥预报的效果,所以这种简单的统计方法不适合用作城市之间预报准确性的排名或对比。把实测空气质量按污染等级分类进行统计,则可以突出轻度以上污染等级时预报准确性的重要性,使得轻度以上污染级别预报准确性较高的城市可以得到靠前的排名,因此,建议像广东省这样的轻度以上污染级别发生概率相对较低的地区使用区分污染级别的准确性综合评估方法。

3　结论

(1)在不区分污染等级的情况下,2016 年夏季广东各市的预报准确性差异较大。中山预报准确性达 92%,是全省唯一一个准确性超过 90% 的城市,而最低的是云浮,其预报准确性只有 53%;

(2)区分污染等级时,实测为轻度以上污染级别时,各市的准确性普遍较低,仅佛山、东莞与广州的准

(下转第 40 页)

土壤中的多种农药及其代谢产物［J］. 西南大学学报(自然科学版), 2015, 37(11): 144－150.

［2］ 韦友欢, 黄秋婵, 谢燕青. 农药残留对人体健康的危害效应及毒理机制［J］. 广西民族师范学院学报, 2010, 27(3): 9－12.

［3］ 许桂苹,蒋建宏,白海强,等. 液液萃取-气相色谱法测定地下水中有机氯的方法研究［J］. 安徽农业科学,2011,39(14):8564－8566.

［4］ 袁鹏辉,陈明晓,董军,等. SPE－GC－MS 法测定地下水中 26 种有机氯农药［J］. 环境监控与预警,2016,8(6): 32－36.

［5］ 陈静,刘召金,安保超,等. 在线净化/固相萃取－高效液相色谱法测定饮用水和环境水体中的百草枯和敌草快［J］. 色谱,2012,30(10):1068－1073.

［6］ 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. 生活饮用水标准检验方法 有机物指标: GB/T 5750. 8—2006［S］. 北京: 中国标准出版社, 2006.

［7］ 环境保护部. 水质 五氯酚的测定 气相色谱法:HJ 591—2010［S］. 北京: 中国环境科学出版社, 2010.

［8］ 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. 生活饮用水标准检验方法 农药指标:GB/T 5750. 9—2006［S］. 北京: 中国标准出版社, 2006.

［9］ 环境保护部. 水质　有机氯农药和氯苯类化合物的测定 气相色谱－质谱法:HJ 699—2014［S］. 北京: 中国环境科学出版社,2014.

［10］环境保护部. 水质 百菌清和溴氰菊酯的测定 气相色谱法: HJ 698—2014［S］. 北京: 中国环境科学出版社, 2014.

［11］张茂升,黄佳蓉,郑向华,等. 分散液液萃取-气相色谱法测定水中苯、甲苯和二甲苯［J］. 分析实验室,2010,29(6): 85－88.

［12］王小菊,刘保献,张大伟,等. 液液萃取-气相色谱/质谱法测定地表水中的 15 种酞酸酯［J］. 分析实验室,2015,34(3): 331－335.

［13］杨永安,张凯,许肖云,等. 水中 SVOCs 液液萃取-气质联用方法研究［J］. 环境科学与技术,2016,39(S1):210－214.

［14］张雪梅,杨华梅. 液液萃取-气相色谱-质谱法测定饮用水中 19 种农药残留量［J］. 理化检验－化学分册,2011,47(1): 774－777.

［15］于桂兰,李万红. 液液萃取-气相色谱质谱法测定饮用水中 19 种有机磷农药［J］. 中国卫生检验杂志,2012,22(6):1283－1285.

［16］郑美洁,向垒,李彦文,等. 液液萃取-气相色谱/质谱法同时测定饮用水中 3 种季铵盐化合物［J］. 分析化学,2014,42(5):735－740.

(上接第 18 页)

确性达 50% 以上,有 11 个城市的准确性为 0,体现了广东省城市污染较严重时其预报能力不足。综合考虑不同污染级别的准确性得分后,佛山市排名第 1,较不区分污染等级时排名提前 9 名;

(3)区分首要污染物的情况下,O_3为首要污染物时,广东省平均的等级预报准确性最低,显示了O_3预报的难度较大, O_3预报水平相对较低。而且O_3是广东省夏季出现概率最高的首要污染物,因此日后很有必要加强 O_3预报的研究;

(4)由于提前预测出轻度以上污染级别的意义更加重大,采用区分实测为优良与轻度以上污染 2 种情况的预报效果评估办法更加适合广东等空气质量较好的地区。

［参考文献］

［1］ CHANG D, SONG Y, LIU B. Visibility trends in six megaci－ties in China 1973－2007［J］. Atmospheric Research, 2009,94(2):161－167.

［2］ CHE H Z, ZHANG X Y, LI Y, et al. Haze trends over the capital cities of 31 provinces in China,1981－2005［J］. Climatol Theoretical and Applied Climatology, 2009,97:235－242.

［3］ 贺泓,谢品华,李国辉,等. “大气国十条”实施以来京津冀 $PM_{2.5}$控制效果评估报告［J］. 中国科学院院刊,2015(5): 668－678.

［4］ 解淑艳,刘冰,李健军. 全国环境空气质量数值预报预警系统建立探析［J］. 环境监控与预警,2013,5(4):1－3.

［5］ 叶斯琪,陈多宏,谢敏,等. 珠三角区域空气质量预报方法及预报效果评估［J］. 环境监控与预警,2016,8(3):10－13.

［6］ 王茜,伏晴艳,王自发,等. 集合数值预报系统在上海市空气质量预测预报中的应用研究［J］. 环境监控与预警,2010,2(4):1－6,11.

［7］ 汪巍,高愈霄,赵熠琳,等. 中小城市空气质量预报试验与问题研究［J］. 中国环境监测,2015(6):134－138.

［8］ DING A, WANG T, ZHAO M, et al. Simulation of sea－landbreezes anda discussion of their implications on the transport of air pollution during a multi-day ozone episode in the Pearl River Delta of China［J］. Atmospheric Environment,2004,38: 6737－6750.

［9］ 沈劲,钟流举,何芳芳,等. 基于聚类与多元回归的空气质量预报模型开发［J］. 环境科学与技术,2015(2):63－66.

［10］李璐,刘永红,蔡铭,等. 基于气象相似准则的城市空气质量预报模型［J］. 环境科学与技术,2013(5):156－161.

［11］广东省环境监测中心. 广东省城市环境空气质量状况(2016年)［R/OL］. (2016－01－22)［2017－01－20］. HTTP://WWW. GDEP. GOV. CN/NEWS/XWFB/201701/T20170120_219238. HTML.