

海外大气污染预报的状况及方法

殷达中

刘万军

(北京大学地球物理系,北京 100871) (辽宁省气象局,沈阳 110001)

摘要 文章介绍了部分国家和地区开展大气污染预报的状况,并对它们所采用的污染预报方法和结果作了简要阐述。欧洲很多国家都对大气污染进行业务预报,并结合欧洲特点开展了 O_3 、花粉业务预报,美国则从大气污染潜势预报发展到对能见度、 O_3 进行预报,使大气污染预报更加全面,日本等则主要关心氧化物的预报。

关键词 大气污染预报 气象预报 相关统计分析

1 引言

人类在发展生产的同时却忽略了对环境的保护,到本世纪 30 年代至 60 年代,首先在发达国家连续出现了由于工业对大气污染而引发的公害事件,造成了成千上万人的病亡。1930 年 12 月在比利时发生马斯河谷二氧化

硫中毒事件;1948 年 10 月在美国发生了多诺拉烟雾事件;40 年代初美国发生洛杉矶光化学烟雾事件;1952 年 12 月在英国发生伦敦烟雾事件;1961 年在日本则发生四日市哮喘事件。这些都是由于工厂或汽车排放了大量对人体有害物质,引发各种疾病造成的。在血的教训之下,人们开始重视环境问题,并对

造成环境污染的工业污染源进行治理。但在工业化程度越来越高的现代社会,由于工业发展对大气环境的污染是不可避免的,因此人们希望能够预先知道可能出现的大气污染程度,以采取措施减轻可能出现的严重污染或避免严重的污染危害。1975年^[1]及1977年^[2]世界气象组织(WMO)在论及大气污染及气象学家在大气质量管理中的作用时都指出了大气污染潜势预报及大气质量预报的重要性,在作出准确的大气污染预报后,就可以通过控制污染排放以减轻污染程度或采取远离重污染区减少对人体的危害。因此从70年代开始,首先在欧美,然后在日本等工业发达国家或地区,气象学家开始建立各种各样的大气污染预报方法,在欧美到80年代初已经普遍进行大气污染业务预报。现在欧美已将大气污染预报方法扩展到对能见度(也与大气污染排放有关)、紫外线(与臭氧有关)和对花粉过敏的预报。

2 欧洲的大气污染预报

2.1 德国

民主德国在70年代末^[3],用民主德国气象局1969年至1972年的风场及温度场和SO₂浓度监测资料,利用多因子相关分析法,得到SO₂浓度场与温度梯度(0—300m)、风速、风向及理查逊数之间的关系,然后根据气象参数的预报值进行SO₂浓度预报。

联邦德国^[4]则以德国气象数值预报模式Europa-Modell输出进行适当修正作为大气污染模式的输入参数进行大气污染预报。

德国还针对欧洲十分之一的人口对花粉过敏问题,建立了花粉输送预报系统^[5],这个系统建立在过去10年各地监测网站测得花粉与气象条件的关系基础之上,再依据气象预报预测2—3天的花粉浓度。

2.2 奥地利

在西奥地利首府珀思^[6],根据天气图主导天气型分析,结合大气浓度监测资料,建立了高臭氧浓度与当时天气和先兆天气的关

系,然后用数值天气预报模式预报输出,对珀思市的高臭氧浓度区进行了预报。

2.3 比利时

比利时皇家气象科学研究院首先在1979—1980年和1980—1981年^[7]冬天进行了大气污染潜势预报试验,依据以往冬季SO₂浓度测量值,再以风速、垂直稳定度、温度及数值预报产品中的850hPa温度及气团特征(air mass characteristics)组成气象因子,然后将气象因子与SO₂浓度进行线性回归,得到SO₂浓度与气象因子的关系。利用这一关系和天气预报得到的气象因子进行大气污染预报,结果较好。这之后,在比利时五个最大的城市(安特卫普,根特,布鲁塞尔,沙勒罗瓦和列日)及其郊区设立了一个自动测站网(81个化学监测站,18个气象站和4个153米气象铁塔),试图寻找SO₂、细尘、总硫、NO、NO_x、C_nH_m、CO、O₃浓度与气象因素的关系,在确立浓度与气象场对应关系后^{[8][9]},在1985年冬天后利用欧洲中心中期数值预报(ECMWF)输出对各污染物浓度进行业务预报。

2.4 意大利

P. Bacci等^[10]对自回归整体滑动平均(ARIMA)浓度预报模式(Tiao等^[11])进行修正,依据短期气象预报场得到的风向、风速、稳定度和前夜Pasquill稳定度及污染源强,对一电厂周围地区进行SO₂浓度预报。

2.5 希腊

对希腊大雅典地区的NO₂浓度监测值和重污染气象条件进行回归分析^[12],得到了NO₂最大浓度与气象参数及其它参数(如源)间的解析关系,利用这一关系式可对大雅典地区进行大气污染业务预报。

2.6 葡萄牙

葡萄牙利用中尺度气象模式预报的气象场对里斯本地区进行大气质量预报^[13]。

2.7 荷兰

荷兰建有国家烟雾预警系统,并一直开展业务预报,在夏天系统主要预报臭氧(O₃)

浓度,在冬天则预报 SO_2 浓度及细粒子 PM_{10} (直径小于 10 微米的悬浮微粒)浓度^[14]。系统对 O_3 预报比对 SO_2 及 PM_{10} 预报好。

2.8 瑞典

瑞典有 10—15% 的人对花粉过敏,花粉季节的长短及花粉在大气中的漂移与气象条件密切相关,为此瑞典建立了一个气候因素,气象场预测和花粉浓度预报相关的业务预报模式,对斯德哥尔摩地区进行花粉预报^[15]。

2.9 俄罗斯

前苏联从 70 年代初开始就对重污染地区进行大气污染预报,1973 年开始在东西伯利亚试验进行空气污染预报^[16],试验预报发现微气候条件影响气相污染物向气溶胶的转化,由于对这过程认识不够,造成预报误差。1980 年用自然正交函数变量展开法在阿普歇伦半岛对 SO_2 及 NO_2 平均浓度进行短期预报,预报因子包括 SO_2 及 NO_2 浓度场、风速和垂直温度廓线展开系数,对 SO_2 及 NO_2 预报验证评分 (verification score) 分别为 58.2% 和 60.4%^[17]。到 90 年代又对各城市和地区城市大气污染与天气过程的相关性进行统计分析,以改进大气污染预报质量^[18]。

2.10 捷克斯洛伐克

1978 年^[19],布拉格中央水文气象局在西北波希米亚建立了大气污染预报中心,对低 Krnsne Hory 地区的高污染物浓度进行预报。1988 年,Zuzuba^[20]用简单数学统计预报方法对布拉迪斯拉发进行短期大气污染预报。

另外,欧洲大气污染模式(EURMAP)可对全欧洲进行大气污染预测。

3 美国大气污染预报

美国从 70 年代初就开始大气污染潜势业务预报,美国国家气象局(NWS)依据天气预报的风、涡度及天气状况、大气稳定性、混合层高度等气象因子,用一个简单的箱模式及污染源强来进行未来 24 小时的扩散计算,对大气污染程度进行预报,如果重污染天气

持续时间很长,则大气污染控制机构就对污染物排放进行限制^{[21][22]}。Kernan G. L. (1975)^[23]为此建立了一个花费损失比决策模式,由于限制污染排放必然造成工业生产损失,而严重污染又可能对人体有害,与大气污染预报可信度相结合,就产生如何决策最经济的问题,Kernan 的模式就试图解决这一科学决策难题。这一模式在加里福尼亚的大气污染预报中进行了应用。

Landsberg H. E. 等(1976)^[24]用 500hPa 天气形势结合早晨及下午混合层高度和地面风速对美国东部重污染的出现进行了相关分析,这样就可以利用美国国家气象中心的高层大气预报来进行大气污染预报。

Prior Edwin J. 等(1981)^[25]利用 1976 年圣路易斯区域大气污染研究数据库,进行空气质量输送轨迹研究,结合浓度与气象要素相关分析,判断和预报臭氧日最大浓度的出现,日最大臭氧浓度预报值标准差为 10ppb。

NOAA^[26]在 1980 年还支持美国国家环保局(EPA)用欧洲大气污染模式(EU-RMAP)对美国东北部地区进行 SO_2 及硫酸盐浓度和沉降速率的预报。

Gong Yuh Lin(1982)^[27]利用相关分析给出了氧化物浓度、气象变量及污染过程出现之间的统计关系,预报加里福尼亚南海岸地区大气污染过程,精确程度达 51—88%。

从 80 年代初开始科罗拉多州卫生部下属大气污染控制部门一直对冬季大气污染情况进行预报。Neff 等(1990)^[28]、King (1991)^[29]、Summers 等(1989)^[30]建立了科罗拉多高 CO 浓度与天气条件的关系,从而对 CO 浓度进行预报。Reddy 等(1995)^[31]依据科罗拉多州能见度标准,结合能见度与大气污染及天气条件之间的相关关系,对丹佛城区进行能见度统计预报,预报出了 76% 的好能见度日,67% 的坏能见度日。

NOAA/ARL(1995)用 RAMS 中尺度模式来研究核泄露等有害物质排放后的污染

物浓度预报问题,试图选择合适的网格距,以得到正确的污染物输送风场,特别是在复杂地形条件下的扩散输送风场。

4 日本及我国台湾地区大气污染预报

从 1973 年开始在日本广岛光化学烟雾及高氧化物浓度经常出现。Ota (1976)^[32]用 1974 年广岛的资料建立了氧化物浓度与低层大气气象因子之间的统计关系。Ota (1983)^[33]利用更多的资料来建立氧化物浓度与气象因子之间的关系,并利用天气预报资料,在每天早晨与天气预报同时发布广岛的氧化物浓度预报。

Lee, Cheng—Shang (1992)^[34]利用大台北地区资料研究 PM₁₀ 浓度(直径小于 10 微米悬浮微粒)与气象因子的关系,然后对该地区 PM₁₀ 浓度进行潜势预报,预报出 80% 重污染过程。

5 结语

大气污染预报的目的在于有效控制大气污染,减轻大气污染的危害,很多国家,首先是发达国家开展了大气污染预报工作。大气污染预报可分为两个层次:第 1 层次是大气污染潜势预报,即基于统计和数值预报结合的预报,预报可能出现的重污染过程或重污染程度等;第 2 个层次则是浓度场分布预报,较准确地预测污染物浓度分布,这就非常复杂了。现有大气污染预报大部分仍属于前一种。我国部分城市大气污染程度已经超过了西方发达国家最严重时期的水平,开展大气污染预报对于防灾减灾很有必要。

参考文献

- 1 Munn R E, Rodhe H. Environmental aspects of air pollution. WMO—No. 432, 1975: 150—165
- 2 Dicke, James L. Role of the meteorologist in the air quality management process. WMO—No. 439, 1977: 123—145
- 3 H tner, E. Classification of the diffusion regime using upper air temperature and wind data and SO₂ concen-

- tration values for the improvement of immission forecasts. Zeitschrift f Meteorologie, Berlin, 1981, 31(1): 14—22
- 4 Jacobsen, Ingo. Preparation of meteorological input data for complex air pollution models using nudged forecasts of numerical weather prediction models. WMO, Environmental Pollution Monitoring and Research Programme No. 48, 1988
- 5 Puls K E, Bodk K H. Pollen flight forecasting in Germany and in Europe. EXPERIENTIA, 1993, 49(11): 943—946
- 6 Hurley P J, Manins P C. Meteorological modeling on high ozone days in Perth, Western Australia. Journal of Applide Mteorolgy, 1995, 34(7): 1643—1652
- 7 Joukoff A, Malet L M. Daily forecasting of air pollution potential. Proceedings of 15th International Colloquium on Atmospheric Pollution, Paris, France 1982: 97—102
- 8 Malet L M, Joukoff A, Trullemans L. Daily forecasts of the air pollution meteorological potential for the five biggest Belgian urban areas using the forecasted data received from the European Center for Medium Range Weather Forecasts (ECMWF). WMO—No. 647, 1985: 394—408
- 9 Joukoff A. Meteologic provisions of atmospheric pollution in Belgium. CIEL ET TERRE, 1986, 102(1): 7—10
- 10 Bacci P, Bolzern P, Fronza G. Stochastic predictor of air pollution basd on short—term meteorological forecasts. Journal of Applied Meteorology, 1981, 20(2): 121—129
- 11 Tiao G C, G E P Box, W J Hamming. A statistical analysis of the Los Angeles ambient carbon monoxide data 1955—1972. Journal Air Pollut. Control Assoc., 1975, 25: 1129—1136
- 12 Ziomas I C, Melas D, Zerefos C S, Bais A F, Paliatossos A G. Forecasting peak pollutant levels from meteorological variables. Atmospheric Envroment, 1995, 29(24): 3703—3711
- 13 Borrego C, Coutinho M, Barros N. Intercomparison of two meso—meteorological models applied to the Lisbon region. Meteorology amd Atmospheric Physics, Vienna, Austria, 1995, 57(1—4): 21—29
- 14 Noordijk H. The national smog warning system in the Netherlands; a combination of measuring and modeling. Air pollution II, vol. 1: computer simulation, vol. 2: pollution control and monitoring, Billerica, MA,

- Computational Mechanics Publications, 1994:35—42
- 15 T nevik, H an. Aerobiological model for operational forecasts of pollen concentration in the air. Meteorologiska och Hydrologiska Institut, Norrk öng, SMHI Rapporter: Meteorologic och Klimatologi, No. RMK38, 1982
- 16 Basaraba I N. Experiment on forecasting the level of air pollution in industrial cities of Southern Siberia. Zapadno — Sibirskiy Regional'nyy Nauchno — Issledovatel'skiy Gidrometeorologicheskii Institut, Trudy, Moscow, 1973, No. 10:133—139
- 17 Gorchiyev A A, Rafiyev R M. Forecasting air pollution over the Apsheron Peninsula. Meteorologiya i Gidrologiya, Moscow, 1980, No. 2:21—26
- 18 Sonkin L R, Nikolaev V D. Synoptic analysis and atmospheric pollution forecast. Russian Meteorology and Hydrology, New York, 1993, 5:10—14
- 19 Kerder J. Air pollution forecasting center. Meteorologickzpr y, Praque, 1978, 30(4/5):138—140
- 20 Zuzula I. Analysis of time series during short — term air pollution forecasting in Bratislava. Meteorologicke Zpravy, Praque, 1988, 41(2):43—45
- 21 Madany, Anna. Air pollution forecasting. Przegląd Geofizyczny, Warsaw, 1973, 18(3/4):319—328
- 22 Bailey, Richard L. Air pollution potential forecasting. WMO—No. 493, 1977:272—275
- 23 Kernan G L. Cost—loss decision model and air pollution forecasting. Journal of Applied Meteorology, 1975, 14(1):8—16
- 24 Landsberg H E, Green D J. Association of meteorological pollution potential with 500—mb weather types. Maryland Univ. Institute for Physical Science and Technology Technical Note BN840, 1976
- 25 Prior E J, McDougal D S, Schiess J R. Approach to forecasting daily maximum ozone levels in St. Louis. Environ. Science and Technology, 1981, 15(4):430—436
- 26 Viebrock H J. Fiscal year 1980 summary report of NOAA Meteorology Laboratory support to the EPA. Technical memorandum (NOAA TM ERL ARL — 107), 1982
- 27 Lin Gong — Yuh. Oxidant prediction by discriminant analysis in the South coast air basin of California. Atmospheric Environment. 1982, 16(1):135—143
- 28 Neff W D, C W King. Micrometeorology of Denver carbon monoxide episodes. Report to the Colorado Department of Health, NOAA ERL/WPL, Boulder, 1990, 71pp
- 29 King C W. Selecting meteorological variables as input for statistical carbon monoxide forecast models. Air and Waste Management Association 84th Annual Meeting Paper 91—542, 1991, 14pp
- 30 Summers S, W D Neff, C W King. Forecasting air pollution episodes over Dever. Preprints of joint conf. on applications of air pollution meteorology Anaheim, CA, AMS, 1989:235—239
- 31 Reddy P J, Barbarick D E, Osterburg R D. Development of a statistical model for forecasting episodes of visibility degradation in the Denver metropolitan area. Journal of Applied Meteorology, 1995, 34(3):616—625
- 32 Ota M. On some statistical relations between oxidant concentration and low altitude meteorological elements in the coastal region of Hiroshima prefecture (1). Tenki, 1976, 23:487—494
- 33 Oat M. Preliminary statistical investigation for the prediction of the daily maxium oxidant concentration in Hiroshima prefecture. Journal of Meteo. Society of Japan, 1983, 61(1):142—150
- 34 Lee Cheng—Shang. Meteorological influences on the changes of suspended particulate concentration in the Great Taipei area. Atmospheric Science, Taiwan, 1992, 20(4):341—361