

山东沿海主要城市酸雾的天气学分析*

赵永平 陈永利 杨连素

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

提要 分析了山东沿海七城市及地区雾的区域性差异、季节和日变化特征及雾的类型,讨论了有利于城市酸雾形成的主要天气型。结果表明,半岛南部沿海城市雾季多平流雾,半岛北部沿海城市雾季多锋面雾,整个半岛沿海城市秋冬季多平流辐射雾;有利于酸雾形成的主要天气型有海上高压后部型和低压前部型,前者由于近地面层有较强的平流逆温,持续时间长,酸雾严重,后者由于伴有降水,持续时间短,酸雾影响较小。

关键词 酸雾,天气型

山东沿海城市以多雾著称,因而酸雾也频繁出现。国内外的研究表明,酸雾的酸度比酸雨

* 山东省科委基金支持项目, No. 9044。

收稿日期 1993年3月20日

高许多倍,它对城市建设和人体健康及农作物的生长有着严重的危害。本文就山东沿海主要城市和地区雾的基本特征和酸雾形成的有利天气学条件进行分析,以期对酸雾的形成背景和酸雾的预报提供依据。

1 山东沿海主要城市雾的基本特征

1.1 雾日出现的地区差异

这里以石臼所、青岛、石岛、成山头、威海、烟台和龙口等7个城市和地区为代表,统计各城市雾日出现规律。表1为1960~1982年统计的年雾日数。整个半岛雾日分布表明,半岛南部雾日表现为由西向东逐渐增加,东端的成山头为一个多雾中心。

表1 山东沿海七城市 and 地区年平均、年最多和年最少雾日

Tab. 1 The year's fogdays in 7 cities along the coast of Shandong

项目	地区						
	石臼所	青岛	石岛	成山头	威海	烟台	龙口
平均	23.4	35.6	54.8	80.0	16.0	19.3	9.4
最多	38	67	79	96	30	38	25
最少	12	20	40	61	7	6	3

用最大熵谱分析方法对各城市逐年雾日资料进行分析,结果表明,半岛南部的石臼所、青岛和石岛的雾日具有类似的周期性,它们具2a,3~5a和20a的周期;半岛北部的烟台和龙口也具类似的周期性,二者都有4~5a的周期,但威海的雾日周期性不明显;半岛东端的成山头周期性独具一格,它以3.5a为主周期。

1.2 雾日的季节变化

半岛沿海城市主要受黄海海雾的影响,每年3~7月,黄海海雾频繁出现,北黄海海雾可延续到8月,其他季节各城市的雾较少出现。表2为各城市各月平均雾日和最多、最少雾日。由分析结果可知,半岛南部各城市雾日年变化比较一致,每年9月到翌年1月,雾日较少,月平均雾日均在1d以内,2月开始雾日逐渐增加,4月明显上升,雾日最多值由西向东逐渐增多。石

臼所在6月达最多,月平均4.8d,青岛在6、7月较多,分别为8.0和8.3d,石岛和成山头在7月达峰值,分别为16.7和21.7d。威海和烟台的季节变化呈双峰型,4月有一低峰,雾日分别为2.4和3.2d,7月有一高峰,雾日分别为3.8和3.7d;龙口雾日季节变化也呈双峰型,但高峰出现在4月,为1.9d,低峰出现在6月为1.1d。此外,由表2还可以看到,各月雾日的年际变化非常大,其中雾日变化最大的为成山头,1977年8月雾日为27d,1968年8月雾日为2d,年际差值达25d。青岛的雾日年际变化也很大,1961年7月雾日为20d,1978年雾日为0,年际变化为20d。

1.3 雾的日变化

沿海城市雾因陆地影响而具明显的日变化,通常上午6~8时雾出现的频率最大,最小频率出现于午后14~16时,但在雾季最盛、雾性最浓的时候,雾的日变化不甚明显,它终日不散,有时持续几十个小时,秋冬季沿海城市雾主要为平流辐射雾,它持续时间短,多在下半夜到早晨形成,7~9时后迅速消散,日变化十分明显。

2 山东沿海主要城市雾的分类

已有的研究表明,沿海城市发生的雾多数均与海洋有关,主要的雾大致可分为:

2.1 平流雾,也称海雾。它主要发生在3~8月,在此期间,半岛南部沿海城市,每当有持续偏南风时,南方来的暖湿空气来到冷海面上,由于海气之间的热量交换和水汽的红外辐射冷却作用,近海面大气中温度下降,水汽饱和凝结形成海雾。这种雾进入城市后,由于城市下垫面动力和热力作用,随着进入陆地距离的增加,雾的浓度明显衰减。半岛北部沿海,当北黄海海面上有雾时,持续的东北风也能使烟台、威海,直至龙口出现海雾。

2.2 锋面雾,也称雨雾。它也是半岛沿海各城市雾的主要类型。由于锋面暖空气中下降的雨滴进入冷空气中,水滴表面的水汽压大于冷空气中实际水汽压,暖水滴迅速蒸发,增加了

锋面下冷空气中水汽,在近地面层形成锋面雾。这种雾与锋面降水同时发生,故又称雨雾。雾季期间,正值江南梅雨和北方雨季,冷锋和静止锋常常在半岛地区过境,有利于锋面雾生成。

2.3 平流辐射雾。大陆内部辐射雾形成主要取决于辐射冷却和乱流扩散两种效应的综合结果,在晴空和水汽饱和时,如平均风速小于1~2m/s,水汽在空中凝结,形成辐射雾。但在半

岛沿海城市的辐射雾,往往与海上水汽输送有关^[3],如前一天为偏南风,半岛南部城市极易发生平流辐射雾。

以上三种雾为半岛沿海城市雾的主要类型,统计表明,雾季期间,半岛南部平流雾约占总雾日的70%,半岛北部锋面雾约占总雾日的85%,该雾的出现常常伴有降水。秋冬季节,平流辐射雾最为常见。

表2 山东沿海七城市各月平均雾日、最多和最少雾日

Tab. 2 The fog days each month in 7 cities along the coast of Shandong

地点	项目(d)	月份											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
石臼所	平均	0.9	1.4	2.4	4.4	4.5	4.8	3.0	0.3	0.0	0.1	0.7	0.7
	最多	2	4	5	15	9	11	9	2	0	0	2	2
	最少	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
青岛	平均	1.0	1.5	3.3	5.1	6.4	8.0	8.3	0.7	0.1	0.0	0.4	0.7
	最多	4	5	12	15	13	15	20	3	1	1	2	4
	最少	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
石岛	平均	0.6	1.4	2.9	7.6	7.8	11.8	16.7	6.5	0.3	0.1	0.2	0.4
	最多	4	6	8	17	17	17	26	10	3	1	3	2
	最少	0	0	0	0	0	5	7	0	0	0	0	0
成山头	平均	0.7	2.0	5.3	8.9	11.0	17.9	21.7	11.5	0.6	0.1	0.3	0.7
	最多	2	8	14	20	20	29	29	27	4	1	4	3
	最少	0	0	0	3	1	8	12	2	0	0	0	0
威海	平均	0.1	0.5	2.0	2.4	2.1	3.1	3.8	1.3	0.1	0.1	0.1	0.8
	最多	1	2	8	10	6	9	11	4	1	1	1	4
	最少	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
烟台	平均	0.6	1.1	2.0	3.2	2.7	3.0	3.7	1.4	0.0	0.1	0.5	0.8
	最多	2	4	5	14	8	8	10	4	1	1	2	4
	最少	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
龙口	平均	0.7	1.2	1.4	1.9	0.7	1.1	0.9	0.1	0.0	0.0	0.4	0.9
	最多	2	5	8	10	3	5	5	1	1	0	2	3
	最少	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3 酸雾形成的天气学背景

由于工业的迅速发展和防污措施不配套,象青岛和烟台这样较大工业城市,近十几年来大气污染状况日趋严重,青岛市1987年SO₂浓度已超标10倍以上。随之而来的,青岛市酸雾的酸度也明显加大,如1983年4月观象山雾水的酸度pH=4.53,沧口娄山后最严重的污染区,1991年6月8日雾水的酸度pH=1.7。在一定的天气条件下,城市SO₂等污染物在大气低层积累,同时又有雾形成,此时必将形成严重的酸雾,也可能有发生类同伦敦烟雾事件的潜在危险。

林滋新^[2]等曾对青岛大气SO₂污染浓度预报方法进行过研究,提出了不利于SO₂扩散的各

种天气型。作者综合分析既有利于城市雾的形成^[1],又不利于SO₂等大气污染物扩散的天气型,提出以下两种有利于酸雾形成的天气背景场。

3.1 海上高压后部型。这是雾季平流雾和秋冬季平流辐射雾形成的主要天气型,在这种天气型下,半岛南部沿海城市处在高压的西部或西北部,多偏南风,大气低层伴有强烈的平流逆温,城市SO₂等污染物不易扩散,此时易形成城市酸雾。图1为1991年6月8日~10日8时青岛酸雾形成期间的地面天气图,6月8日,陆源变性高压入海,位于日本及邻近海域,在江淮流域为静止锋,黄海在偏南流场控制下。6月8日凌晨,青岛出现浓雾,6月10日江淮气旋东移,黄海仍处于海上高压后部,浓雾持续。6月11日有一黄河气旋入海,冷锋过境后浓雾消失。

在此期间,在中科院海洋所物理楼观测到雾水酸度最低值 pH 为 3.95,在沧口娄山后 pH 为 1.70。这种天气型也可导致冬季平流辐射雾的形成,如 1990 年 12 月 8~9 日,海上为高压,青岛市处于冷锋前部,地面为东南风,风速 4m/s,市区出现大雾,能见度极差,12 月 10 日有一冷锋过境,风向转为东北,大雾消失。

3.2 低压前部型。气旋、西南倒槽和低槽

前部的偏南气流带来暖湿空气,同时伴有平流逆温,SO₂积累在大气低层,也会致使雾的酸度加大。1979 年 6 月 16 日,海上为高压控制,黄海处于高压后部的偏南气流中,半岛南部各城市先后出现平流雾,6 月 19 日江苏有一低压,山东省位于暖锋前部、海上高压后部,半岛南部各城市 and 烟台、威海均出现锋面雾,20 日气旋入海,半岛各城市雾均消失。

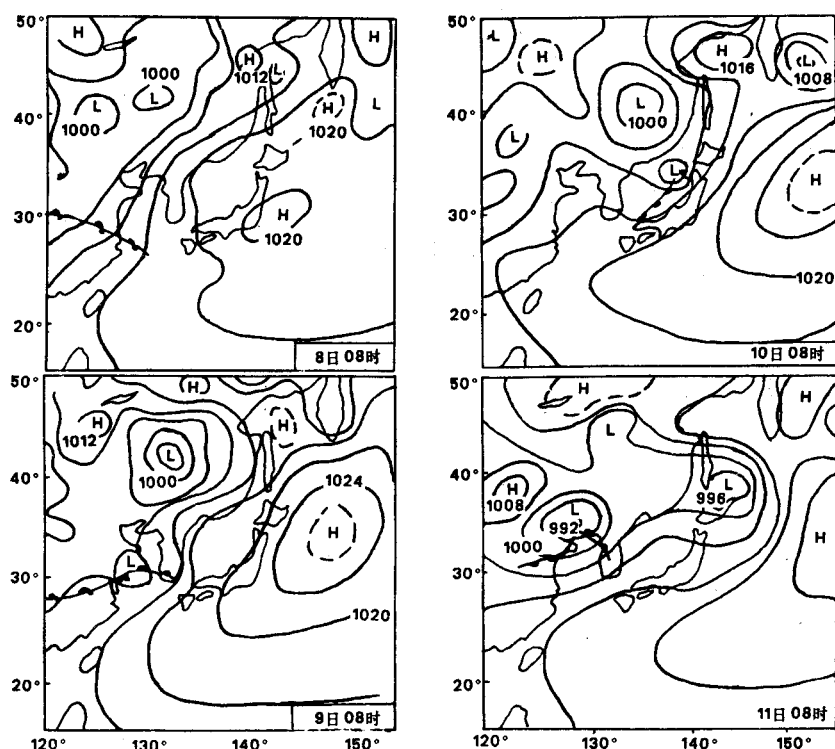


图 1 1991 年 6 月 8 日~11 日 8 时地面天气图

Fig. 1 The weather map at 08:00 from June 8-11, 1991

总之,山东省沿海主要城市酸雾发生主要天气环流形势为海上高压后部型和低压前部型,二者都伴有较强的平流逆温,有利于城市酸雾的形成。海上高压后部型,既有利于雾季的平流雾的形成,又有利于秋冬季平流辐射雾的形成,这种雾浓度大,是严重酸雾发生的主要天气型。低压前部型主要有利于锋面雾的形成,这种雾常伴有降水,持续时间较短,由于雨滴的冲刷作用,此时形成的酸度的严重性远远小于平流雾和平流辐射雾。

参考文献

- [1] 井传才,1980. 气象 6~8.
- [2] 林滋新、吴玉坤,1991. 海岸工程 10(2):60~63.
- [3] 赵永平、李丽云,1983. 海洋科学 3:6~10.
- [4] Hileman B., 1983. *Sci. Technol.* 17(3):117-120.
- [5] Roberts L., 1982. *Bioscience* 32(10) 778-779.
- [6] Weathers K. C. et al., 1986. *Nature* 319:657-658.

THE SYNOPTIC ANALYSIS OF THE ACID FOG OVER CITIES ALONG THE COAST OF SHANDONG PENINSULA

Zhao Yongping, Chen Yongli and Yang Liansu

(Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences Qingdao 266071)

Received: Mar. 20, 1993

Key Words: Acid fog, synoptic analysis

Abstract

The regional difference, seasonal and diurnal variation of fog over 7 cities along the coast of Shandong Peninsula were analyzed, and the main synoptic patterns, which were advantageous to the acid fog formation, were discussed. The results show that, the advection fog prevails along the south part and the frontal fog prevails along the north part of the coast of Shandong peninsula in the fog season. There are two main synoptic patterns for the acid fog formation, one is the rear part of Subtropical High pressure, another one is the fore part of Subtropical High pressure, another one is the fore part of Low pressure pattern. The former will form serious acid fog owing to the intense advection inversion and longer period, the latter will form weaker acid fog owing to the precipitation and less