

上海城区雾的形成和特征*

周淑贞

(华东师范大学地理系)

提 要

本文对上海市区1984年全年27个雾日的天气形势和有关气象要素的变化作了比较深入的分析。发现上海该年出现4种雾类即：锋面雾(占40.7%)、辐射雾(占29.7%)、平流辐射雾(占18.5%)和平流雾(占11.1%)。并指出上海城市雾具有下述三个主要特征：(1)近数十年来年平均雾日数有递减趋势，近8年年平均雾日比前20年减少14.4天；(2)在城市辐射雾和平流辐射雾出现前，出现城市湿岛的机率高达92.3%，可作为这两种雾的先兆。在秋冬季节，在这两种雾中，还出现雾天城市湿岛效应；(3)有相当多的低相对湿度城市“浊雾”。

一、前 言

上海是我国沿海多雾城市之一，雾在郊区不一定造成危害，可是在城区往往会引起严重交通事故。例如1987年12月10日晨4时半起，上海市区黄浦江上浓雾弥漫，江面上能见度只有40—50米，从浦东陆家咀开往延安路的轮渡被迫停航数小时，近3万人拥挤渡口待航，9时许雾散开船，乘客争先渡江，人和自行车挤压倒地，造成11人死亡，66人受伤^[1]。研究上海城区雾的形成规律，找出雾的先兆和特征，及早做出正确预报，采取必要措施，就可以防患未然，减少或避免损失，本文着重研究上海市城区雾的形成和特征。

二、上海城区雾的形成和种类

关于上海城区雾的形成和分布，我们曾作过一些探索^[2-3]，本文根据上海气象局市区龙华站1984年逐月报表，结合当年历史天气图，对其全年27次雾日进行分析，探讨其形成规律，并从成因上予以分类。

1. 辐射雾

辐射雾是在天气形势稳定，夜晚无云或少云(无低云)无风或风速很小时，由于辐射冷却作用，使近地面空气气温下降，达到饱和或接近饱和时而形成的雾。它大都出现在大陆弱高压中心或弱高压楔下。亦有当大陆高压东移入海减弱后，上海位于此入海弱高压后部时形成的。这是上海城市最常见的雾类。在春、秋、冬三季均有，出现时间多集中在子夜至清晨，一般在上午10时前消散。这里举两个实例予以说明。

本文1990年5月22日收到，7月3日收到修改稿。

* 本文为国家自然科学基金资助项目：《中国不同气候区城市气候的研究》论文之一。

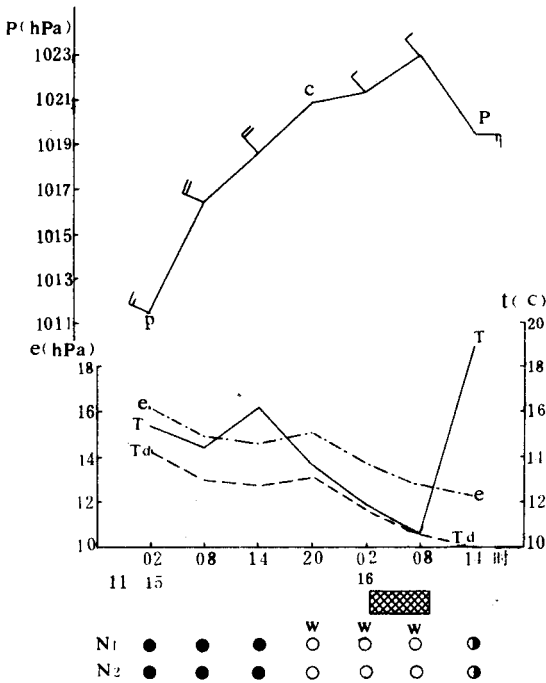


图1 上海城区秋季辐射雾实例

(1984年11月15—16日龙华地面气象要素时间剖面图)

(N_1 :气温 N_2 :低云量 W :出现城市湿岛 网格区:雾)

(以下各气象要素时间剖面图,图例与此同)

图1是上海龙华1984年11月15—16日地面气象要素时间剖面图。在16日02:22—09:18时出现一次辐射雾,在天气图上,上海这两天皆在大陆弱冷高压楔控制下,从15日凌晨2时起至当天午后14时,上海龙华一直吹西北风,风速在3—4m/s,至晚间20时风静,天晴,总云量和低云量皆为零。16日凌晨2时至8时仍吹微弱的西北风,风速1m/s,晴空无云,有利于辐射冷却。自15日20时至16日08时水汽压 e 和露点温度 T_d 虽有所下降,但气温 T 下降的速度更快。在图1上在15日20时以后 T 与 T_d 两套曲线逐渐接近,02时22分乃出现辐射雾。在这一过程中气温由15日14时的16.2°C逐渐下降至16日08时的10.6°C,18小时内下降5.6°C。辐射冷却效应是很明显的、辐射雾的消散大都由于日射增温,雾滴蒸发而消失。

2. 平流雾

平流雾是由于来自海上的暖湿空气,平流输入大量的水汽,从而使上海城区的水汽压不断升高,卒至接近或达到饱和时所形成的雾。上海在1984年6月共出现过三次平流雾。6月30日04:29—07:10时出现的城区雾即属此类。

在当时的天气图上,上海位于静止锋北侧的低压槽内,海上气压略高于大陆,呈微弱的东高西低型,由图2可见,6月29日02时至14时上海龙华一直吹东风,风速3m/s,20时转东南偏东风,风速减弱为2m/s,30日02时至08时又吹东风,风速分别为2m/s到3m/s,在此过程中气压变化平缓,但水汽压 e

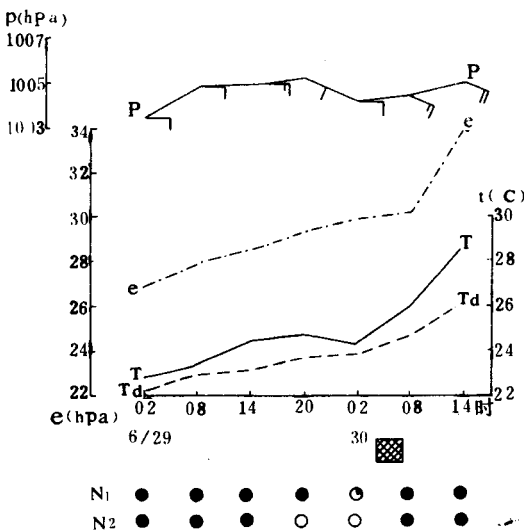


图2 上海城区夏季平流雾实例

(1984年6月29—30日龙华地面气象要素时间剖面图)

和露点温度 T_d 却不断地增高,气温除在 30 日 02 时略有下降外(由 6 月 29 日 20 时的 24.7℃减至 30 日 02 时的 24.4℃,只减低 0.3℃),其余时间都一直在上升,暖湿平流的形势非常明显,除 30 日 02 时外,其余时间皆是满天阴云,显然这次雾的形成是由于平流增湿所致。对照图 1 可见,平流雾与辐射雾形成的机制是完全不同的,在海上和长江口水面平流雾出现的频率甚大^[4],上海城区因建筑群密集,下垫面粗糙度大,只有在夜间和清晨大气层结十分稳定而水汽的平流输入特丰时才能形成平流雾。当风速增大,湍流加强时,平流雾即抬升为低云(见图 2),或当风向改变,水汽的平流输入减少时雾即消散。

3. 平流辐射雾

平流辐射雾是在稳定的天气下,既有水汽的平流输入又有夜晚的辐射冷却作用,导致近地面空气达到接近饱和或饱和时所形成的雾,这种雾全年各季均可出现,兹举 1984 年秋季一例如下。

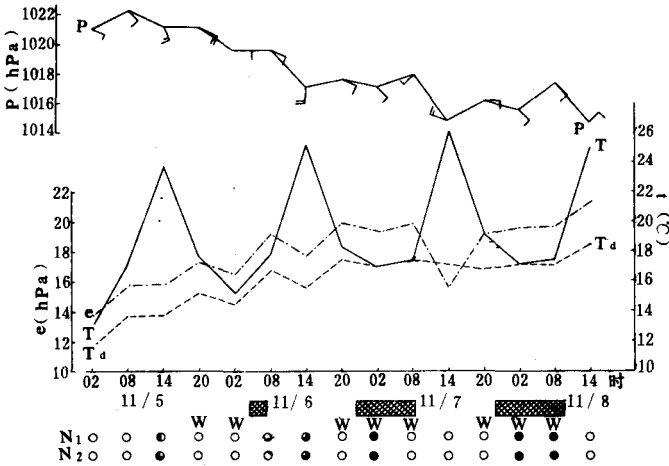


图 3 上海城区秋季平流雾实例
(1984 年 11 月 5—8 日龙华地面气象要素时间剖面图)

1984 年 11 月 5 日和 6 日上海在入海冷高压楔控制下,如图 3 所示。这两天盛吹东南、南东南和东风,水汽压波动地上升,5 日 20 时至 6 日 08 时天气转晴,风速减小,有辐射冷却作用,在 6 日 04:32—07:24 时出现平流辐射雾。6 日 20 时至 7 日 08 时上海位于大陆弱气旋暖区,吹微弱的东南风后转西南风,水汽压平稳增高。由于 6 日 20 时无云,辐射冷却效应显著,气温 T 由 6 日 14 时的 25.1℃降至 7 日 02 时的 17.0℃,12 小时内降低了 8.1℃,水汽压则由 17.8hPa 增加到 19.4hPa,半天内升高了 1.6hPa。因此从 6 日 22 时 26 分至 7 日 08 时 30 分的雾亦系平流辐射雾。7 日白天 14 时由于冷锋曾一度逼近上海,吹 3m/s 的西西北风,水汽压一度下降,7 日 20 时上海位于气旋暖区,吹微弱的东风和东南风,水汽压又逐渐上升,此时云开天朗,辐射冷却作用显著。在 8 日 02 时气温又比前日 14 时降低了 8.8℃,在 7 日 22 时 31 分至 8 日晨 9 时 46 分又形成长达 11 小时又 15 分钟的平流辐射雾。这连续三天的平流辐射雾一天比一天出现时刻早,持续时间也愈来愈长,而且,平流辐射雾的消散与日射增温和风向改变都有关。

4. 锋面雾

当有移动滞缓的锋面经过上海或其附近地区时,如果锋际风速小,锋面逆温层距地面的高度低,锋面两侧气温差异大时,往往会形成锋面雾。从雾的形成机制而言,又可分锋面降水雾与锋面混合雾两种。

(1)锋面降水雾:当锋面有降水时,锋上暖雨滴落入下层冷空气中,如果暖雨滴的水温高于锋下冷空气的湿球温度,暖雨滴在下落过程中蒸发,使下层冷空气变得更冷更湿,达到过饱和状态,多余的水汽在冷空气中的凝结核上凝结成许多小雾滴,形成降水雾。实质上是暖雨滴的体积变小转化为众多的雾滴,雨雾并存,能见度恶劣。图 4(a)便是上海城市

6 月份在静止锋际出现的两次锋面降水雾实例,在 1984 年 6 月 19 日晨 8 时上海位于气旋后部冷锋附近吹东北风,后冷锋北退,上海转入暖区吹东南风,20 时锋面南移,上海又吹东北风,水汽压波动地上升,在子夜时锋面过境并转为静止锋,从 20 日晨 8 时至 21 日晨 8 时此静止锋一直滞留在上海至长江口一带,在 6 月 20 日 01:37—08:21 时有毛毛雨,其中 03:55—7:25 时出现降水雾。此后上海从上午 10 时 40 分起至当天子夜断断续续有锋面雨,21 日晨 4 时 48 分至 7 时 36 分又有锋面降水,先是毛毛雨,后为小雨,其中 04:15—09:22 时出现降水雾,先是雨雾并存,后则以雾为主,能见度恶劣。在 1984 年类似上述锋面降水雾在上海城区共出现 9 次。

(2)锋面混合雾:这种雾多出现在移动滞缓的锋际。由于锋面两侧冷暖空气本来就十分潮湿,气温差别又大,在锋际发生混合作用,使近地面空气达到饱和而成雾,称为锋面混合雾。图 4(b)便是一例。1984 年 3 月 30 日上海在气旋暖区为暖湿气团所控制,30 日白天上海吹西南风,午后 14 时气温高达 24.5℃,水

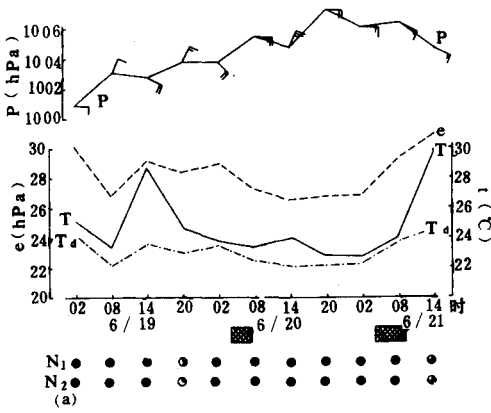


图 4a 上海城区锋面降水雾实例

(1984 年 6 月 19—21 日龙华地面气象要素时间剖面图)

市 6 月份在静止锋际出现的两次锋面降水雾实例,在 1984 年 6 月 19 日晨 8 时上海位于气旋后部冷锋附近吹东北风,后冷锋北退,上海转入暖区吹东南风,20 时锋面南移,上海又吹东北风,水汽压波动地上升,在子夜时锋面过境并转为静止锋,从 20 日晨 8 时至 21

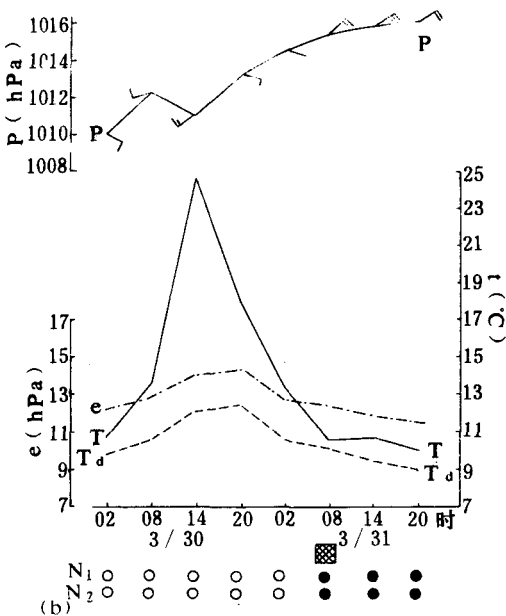


图 4b 上海城市锋面混合雾实例

(1984 年 3 月 30—31 日龙华地面气象要素时间剖面图)

气压亦有 14.0hPa, 30 日 20 时至 31 日 02 时则转东南东风, 仍在气旋暖区, 全天无云, 31 日 08 时左右缓进冷锋移至上海转东北风, 受冷湿气团控制。由图 4(b) 可见, 31 日 08 时—14 时气温只有 10.6—10.7℃, 比前日同时间气温低得多, 这两股气温悬殊的湿空气在锋际混合, 相对湿度骤增至 97%。由于上海城区的空气污染, 凝结核特丰, 因此在 31 日 06:23—08:45 时出现锋面混合雾。类似的锋面混合雾在 1984 年 4 月 9 日 04:50—08:50 时还出现过一次。

锋面雾(含降水雾和混合雾)出现的时间因锋面移至上海时间而定, 从子夜至中午, 午前午后均可出现, 雾持续时间长短亦颇不一致, 长者可达数小时, 短者仅仅十几分钟, 不象前述三种气团内部的辐射雾、平流辐射雾和平流雾那样有规则, 锋面雾随锋面降水的停止和锋面移去而消散与前述气团雾的消规律亦不同。

从 1984 年 27 次雾的成因普查看来, 上海城市雾以锋面雾为最多(11 次), 占 40.7%, 辐射雾(8 次)其次, 占 29.7%, 平流辐射雾再次(5 次), 占 18.5%, 平流雾最少(2 次), 占 11.1%, 这与我们过去就 1956—1979 年廿四年 990 次雾的成因普查结果有所不同^[2-3]。

三、上海城区雾的主要特征

1. 近数十年来年平均雾日数有递减趋势

我们对上海中心气象台(市区)和郊县各站近数十年年平均雾日数的统计, 发现上海逐个十年年平均雾日数递减的趋势十分明显(见表 1)。上海台在 1961—1970 年这十年年平均雾日数比前十年减少了 8.4 天, 比后十年又多了 8.5 天, 最近 8 年又比前十年(1971—1980 年)减少了 5.9 天, 80 年代(D 时段)比 60 年代(B 时段)年平均雾日数递减了 14.4 天。近郊上海县、嘉定、宝山三站年平均雾日数亦有所减少, 但其减少值小于上海台(龙华)。远郊

表 1 上海台(市区)与郊县各站近数十年来雾日数的变化

	上海台	上海县	嘉定	宝山	川沙	南汇	奉贤	松江	金山	崇明
A 1951—1960 年平均值	51.5									
B 1961—1970 年平均值	43.1	51.2	51.6	29.9	16.6	36.3	37.0	28.7	35.3	25.3
C 1971—1980 年平均值	34.6	50.1	50.0	24.8	13.4	51.3	42.7	34.2	51.5	25.9
D 1981—1988 年平均值	28.7	45.0	38.8	24.1	25.5	29.8	30.3	44.6	42.4	40.8
B—A	-8.4									
C—B	-8.5	-1.1	-0.6	-5.1	-3.2	+15.0	+5.7	+5.5	+16.2	+0.6
D—C	-5.9	-5.1	-12.2	-0.7	+12.1	-21.5	-12.4	+10.4	-9.1	+14.9
D—B	-14.4	-6.2	-12.8	-5.8	+8.9	-6.5	-6.7	+15.9	+7.1	+15.5

松江、金山和崇明三站年平均雾日数则有所增加。

雾日的减少与上海城市发展密切相关^[5]。由前所述, 形成上海各类雾的天气形势和气象要素的变化虽不相同, 但其成雾的必要条件则是相似的, 即大气层结稳定, 相对湿度大, 风速小和凝结核丰富。由于上海的不断“城市化”, 风速比郊区小, 且大气中污染物质多^[6-7], 其中大多数为善于吸水的凝结核, 这两者是有利于雾形成的条件。而上海城市绿

地面积和水域面积均比郊区小(城区绿地覆盖率仅为 9.7%^[8],郊区则水田遍布,农作物繁茂),局地水分蒸散量小于郊区;又因城市热岛效应,气温比郊区高,其相对湿度和大气稳定度皆小于郊区,这两者则不利于雾的形成。随着上海城市的发展,市区的煤耗量与年俱增,这必然导致人为热的增加。市区建筑物面积亦逐年增大,不透水面积增多,据近年调查占全市面积的 88%^[9],降雨之后,雨水很快从排水管道流走,地面比郊区干燥。因此城市的热岛强度和相对湿度与郊区相比,有明显递增的趋势。从表 1 上海台(市区)与郊区各站近数十年雾日的变化看来,上海的“城市化”不利于雾形成的因子是占优势的。

2. 城市雾与城市湿岛关系密切

在上海的城市气候中,有明显的城市干岛和湿岛效应^[10]。我们曾从 1984 年上海城区 11 个气象站和郊区 10 个气象站的逐个雾日水汽压的普查中发现,在当年 27 个雾日中,在雾前出现城市湿岛的有 14 次,在雾中出现城市湿岛的有 8 次,特别是辐射雾和平流辐射雾全年共出现 13 次,只有一次(3 月 28 日)因雾前风速稍大(4m/s),未出现湿岛。这两类雾前出现城市湿岛的机率高达 92.3%。平流雾前出现城市湿岛的机率为 66.7%。只有锋面雾雾前无城市湿岛。从图 1 和图 3 中均可看出,在雾前 20 时、02 时均有城市湿岛(W)出现,详见另文*。

3. 出现低相对湿度的城市“浊雾”

在上海城区由于大气污染严重,低空吸水性核丰富,往往在相对湿度不到 100%甚至在 90%以下时亦有雾出现。这种低相对湿度的雾可称城市“浊雾”。它是通过辐射冷却或平流辐射冷却作用,空气中水汽(在低相对湿度时)在特多的吸水性凝结核上凝结而形成的。在我们过去普查上海 1956—1979 年廿四年 990 次雾日中,曾发现上海在 1965 年 10 月 17 日 05:40—08:05 时出现的辐射雾中,龙华晨 8 时的相对湿度只有 67%;在 1979 年 10 月 11 日 05:10—08:05 出现的辐射雾中,龙华 08 时的相对湿度只有 72%。其中还有不少实例上海城市雾是在相对湿度为 80—86%时存在的^[2]。在 1984 年各次雾的普查中亦发现不少类似的情况(如表 2 所示)。

表 2 在相对湿度较低时上海出现的城市“浊雾”(1984 年)

雾出现月份日期	雾起止时间	观测时间	观测地点	相对湿度(%)	雾 类
月 日					
2 15	06:14—09:14	08	黄浦站	82	辐射雾
3 28	06:07—08:35	08	62 中学	76	同 上
4 23	03:58—07:35	02	龙 华	85	同 上
4 26	03:10—08:40	08	大同中学	88	平流辐射雾
7 29	05:12—07:49	08	龙 华	82	同 上
10 27	05:19—08:05	08	市卫站	78	辐射雾
11 16	02:20—09:18	08	62 中学	87	同 上
11 30	06:11—08:39	08	杨浦站	77	同 上

在 1984 年 10 月 27 日 08 时和 2 月 15 日 08 时两次辐射雾中(图略),从水汽压 e 的南北向剖面图上虽然呈现出城市湿岛,可是在相对湿度 $RH(\%)$ 的剖面图上却展示出城市干

* 详见周淑贞、王行恒:上海城市湿岛与城区雾,本刊下期将发表。

岛。正如表2所列,在2月15日辐射雾中上海市黄浦区卫生防疫站(简称黄浦站)实测的相对湿度只有82%,10月27日08时雾中上海市卫生防疫站(简称市卫站)实测的相对湿度只有78%。在这两次辐射雾中,城区多数站点的相对湿度都偏低,这主要是由于城市热岛的存在使相对湿度降低,而城区空气中吸水性凝结核多,所以仍是大雾弥漫,能见度恶劣,这里称之为城市“浊雾”以区别于水面和郊区在相对湿度为95—100%时的“湿雾”。

四、结束语

上海城区雾的形成有多种原因,在气团内部出现的有由辐射冷却过程而产生的辐射雾;有由平流增湿而产生的平流雾;又有综合辐射和平流两个因子而形成的平流辐射雾,在锋面附近形成的雾有锋面降水雾和锋面混合雾两类。上海“城市化”这个人因子,对城区雾的形成和性质都有很大的影响,在作上海城区雾的预报时,不可忽视“城市湿岛”这个先兆和城市“浊雾”的存在。

参 考 文 献

- [1] 解放日报,1987年12月11日。
- [2] 周淑贞等,上海的雾,地理学报,36,1,1981。
- [3] 周淑贞等,上海雾的形成和分类,海洋湖沼通报,1期,1981年。
- [4] 周淑贞等,长江口的雾,中国航海,1期,1979年。
- [5] 周淑贞等,上海城市对雾的影响,气象学报,45,3,1987。
- [6] 周淑贞,上海城市发展对风速和湿度的影响,地理科学,5,4,1985。
- [7] 周淑贞等,上海城市气候中的混浊岛效应,地理科学,8,4,305—312,1988。
- [8] 上海人民出版社,上海统计年鉴——1986年。
- [9] 解放日报,1990年3月23日。
- [10] 周淑贞,上海城市气候中的“五岛”效应,中国科学,11,1226—1234,1988。

THE FORMATION AND FEATURES OF FOG IN SHANGHAI URBAN AREA

Zhou Shuzhen

(East China Normal University)

Abstract

This paper deals with the formation and classification of the fog in Shanghai urban area. By analysing the records 27 fog days during 1984, it is found that there are four types of fogs: frontal fog (accounting for 40.7%), radiation fog (accounting for 29.7%), advection radiation fog (accounting for 18.5%), and advection fog (accounting for 11.1%). Each type is explained in detail with some examples. In addition, using the Shanghai fog day data during 1951—1988, it is pointed out that: (1) In Shanghai urban area, the mean fog day becomes fewer, (2) Shanghai urban fog is closely related to the urban moisture island, (3) The urban "pollutant fog" with the low relative humidity frequently occurs in Shanghai.