

雾的类型、特征及消雾试验

李子华

随着社会经济的发展，雾的危害越来越严重。由于雾中能见度低，因而浓雾时飞机不能起降，船只不能航行，行车安全得不得保障。高速公路上连环撞车事故屡有发生，伤亡可达数十人；浓雾可以使航班受阻，成千上万旅客滞留机场，而且雾中飞机坠毁事件常有发生；海雾可造成货轮之间甚至潜艇与货轮相撞，货轮沉没，人员失踪。雾不仅对水、陆、空交通有不利影响，而且对工农业生产和人们的身体健康带来严重危害。雾已成为影响经济和城市发展的灾害性天气之一。

一、雾有哪些类型？

雾是贴地层空气中悬浮着大量水滴或冰晶微粒而使水平能见距离降到 1 千米以下的天气现象。它不同于霾，虽然霾严重时也能使水平能见距离降到 1 千米以下，但它是由于较干的污染颗粒物组成的。雾与云的本质是相同的，区别在于雾总是接地的。

按其形成来分，雾可分为“冷却雾”、“蒸发雾”、“混合雾”及“吸湿雾”四类。冷却雾主要有“辐射冷却”、“平流冷却”、“上坡冷却”三种。夜晚由于地面的强长波辐射冷却到露点而形成的雾称为辐射雾。晴夜、微风和较高的相对湿度有利于辐射雾的形成。辐射冷却地面，然后通过传导，冷却与地面邻近的空气。要使地面充分辐射冷却，必须夜长晴空或少云，这就往往需要当地为高压控制的秋冬季节。平流冷却是暖湿空气流到冷地面而成。当秋冬季节空气来自暖水面而登陆时，因那时陆上较冷，就易在近地面出现平流雾。南海、黄海北岸，如广东沿海，山东青岛等地就常出现这种雾。平流雾的浓度一般视平流空气与下垫面的温度差及空气的水汽含量而定，而且随风的阵性而有浓淡变化。它不像辐射雾那样一定在夜间或凌晨出现，而是在任何时刻，只要条件具备，即可出现。辐射雾一般夜晚形成，中午前后消散。而平流雾日变化不明显。

蒸发雾可分为两种，一为暖雨水下降到冷空气中，因蒸发而使冷空气内水汽达到过饱和而成。这种雾常出现于冷锋面以下，因而人们常称它为锋面

雾。雾出现时往往伴随着雨，因而也有人称它为雨雾。二为暖水面的水汽蒸发到冷空气中，使空气达到饱和而成。例如，秋季早晨有露的地面，日出露消，露水汽扩散到冷空气中而使空气过饱和，或是夜间池塘水温高于池塘空气，池水蒸发进入冷空气中所致。有时早上树丛中树冠高度上也会出现青缕，浮动如带，那是叶面蒸腾的水汽凝结所造成的雾。蒸发雾的产生不仅与水分蒸发出来而使空中水汽增多有关，也与蒸发使气温下降有关。

混合雾是接近饱和的冷暖空气相混合，暖空气降温，冷空气增湿，从而使混合后空气达到过饱和所致。多发生于冷暖空气交界面上，以及冷暖洋流的界面上空。

吸湿雾是空中吸湿性核很多时造成的。这些吸湿性核能在空气尚未达到饱和时就吸收空气水汽，使自己成为雾滴。在海边或工业区，有时可以出现这种雾。

应该指出，对雾形成起作用的物理机制常常不是某一种，而是由几种机制共同作用的，尽管某一种机制可能是主导的。比如平流雾，常有辐射的较大影响，而辐射雾也常有平流的作用，这时人们称它为平流-辐射雾。

从雾形成的“质粒”来看，雾可分为冰雾和水雾两种。冰雾全由冰晶组成。水雾又可分为暖雾及过冷却雾两种。过冷却雾是由温度低于 0°C 的水滴组成，出现这种雾时，地面物体上常常会结出晶凇、雾凇。吉林市松花江两岸冬季的雾凇就是由过冷却雾形成的。冰雾和过冷却雾往往合称为冷雾。暖雾则全由温度高于 0°C 的水滴组成。

中国气象局地面气象观测规范规定，能见度小于 1000 米为雾，小于 500 米为浓雾，小于 50 米定为强浓雾。

二、雾有哪些重要的特征？

1. 逆温

在正常情况下，大气温度随高度增加是降低的。但有雾时，低层空气温度低于上部，即呈温度随高

度增加而升高的垂直分布。这种一反正常的分布情况，称为逆温。逆温层内，空气密度随高度迅速减小。它表征气层在稳定状态中，具有抑制对流的作用。在逆温层下面聚集着大量的凝结核和水汽，有利于雾的形成。

2006~2010年冬季，南京连续5年开展了雾外场综合观测试验，捕捉了30多次浓雾过程。结果发现，所有的雾，包括辐射雾，平流雾，平流辐射雾和蒸发雾（雨雾），都有逆温结构。在雾发展过程中，逆温层是不断变化着的。通常日落以后，随着地面迅速降温，贴地气层逆温形成；随着夜晚辐射降温，逆温层愈来愈强、深厚，雾在逆温层内形成（图1(a)）；雾形成后，逆温层逐渐移至雾顶（图1(b)）；雾层内气温遵从湿绝热分布（饱和湿空气温度随高度递减，直减率约为 $0.5\sim 0.6^{\circ}\text{C}/100\text{米}$ ）。日出后，地面层气温逐渐上升，中午前后雾顶逆温消失，雾消散（图1(c)）。

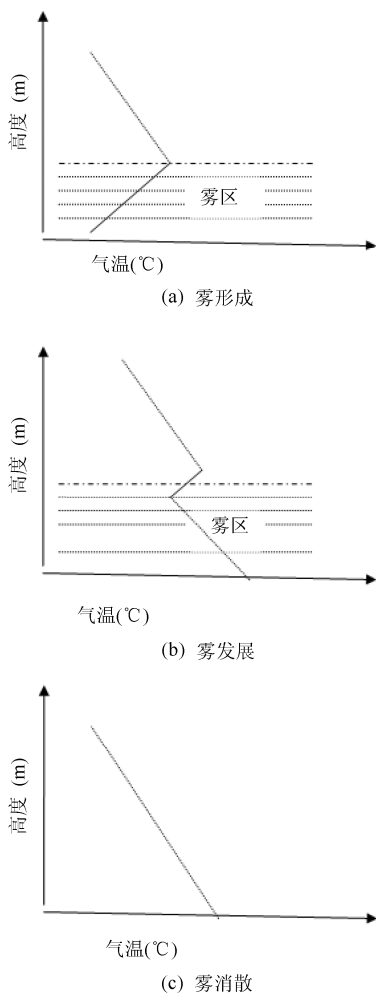


图1 辐射雾过程中气温随高度分布示意图

平流辐射雾也是在逆温层下形成的，形成之后雾层的温度分布同辐射雾一样，即雾体内温度呈湿绝热分布，雾顶部为强逆温结构。与辐射雾不同的是，由于有平流作用，它可以长时间存在而使浓雾持续不消。2006年12月24~27日浓雾持续64小时，主要原因就是雾顶长时间存在强逆温层。中午前后地面层气温虽不断上升，但在雾顶之上由于有暖湿平流，气温仍比地面高出 4°C ，因而中午前后地面气温虽然上升，却不能使地面雾层消散。

由于逆温层层结稳定，对对流有强烈的抑制作用，极不利于大气扩散，从而造成雾层内空气污染物堆积。这对人体健康有极大的危害，故而雾日要尽量避免外出活动。

2. 雾滴微物理特征

雾滴微物理特征常用雾滴大小、含水量和数密度来表征，含水量指雾中每单位容积的湿空气中含有多少质量的固态或液态水量，一般用 g/m^3 为单位；数密度即单位体积中雾滴的个数，单位为个/ cm^3 。雾滴大小常用雾滴直径或半径来表示。

雾的微物理结构决定于温度和凝结核的数密度及其物理化学性质。一般来说，浓雾中大部分水滴直径，正温时为 $7\sim 15$ 微米，负温时为 $2\sim 6$ 微米。雾的含水量约为 $0.03\sim 0.5\text{ g}/\text{m}^3$ 。温度高则含水量大。雾滴数密度为几百个每立方厘米。

不同类型的雾，微物理结构不尽相同。南京近几年来，对冬季雾的观测结果表明，雾滴数密度以平流辐射雾最大，平均为 $181\text{ 个}/\text{cm}^3$ ，最大达 $999\text{ 个}/\text{cm}^3$ ；辐射雾次之，平均为 $89\text{ 个}/\text{cm}^3$ ，最大达 $883\text{ 个}/\text{cm}^3$ ；蒸发雾最小，平均仅 $3\text{ 个}/\text{cm}^3$ ，多数在 $1\sim 54\text{ 个}/\text{cm}^3$ 之间。含水量最大的亦是平流辐射雾，平均值 $0.11\text{ g}/\text{m}^3$ ，最大时达 $1.02\text{ g}/\text{m}^3$ ；蒸发雾含水量最小，最大时也仅 $0.001\text{ g}/\text{m}^3$ ；辐射雾含水量介于两者之间，最大值 $0.46\text{ g}/\text{m}^3$ ，平均为 $0.028\text{ g}/\text{m}^3$ 。雾滴平均尺度也是平流辐射雾最大，平均直径 4.8 微米，平均最大 10 微米；辐射雾次之，平均 3.7 微米，平均最大 8.4 微米；蒸发雾最小，但较均匀，仅在 $3.1\sim 3.2$ 微米之间变化。

随着社会经济和城市的发展，雾滴数密度越来越大，雾滴直径和含水量愈来愈小。例如，中国热带多雾区——云南西双版纳地区雾微结构的变化，1968~1969年期间，景洪雾含水量为 $0.74\text{ g}/\text{m}^3$ ，平均直径 28.6 微米，数密度仅 $34.9\text{ 个}/\text{cm}^3$ ，但在1986~

1987年间观测时,平均含水量仅 0.08 g/m^3 ,平均直径 6.8 微米 ,而数密度则增大到 153 个/cm^3 。在不到 20 年时间里,雾含水量减小了近一个量级,数密度增大近 5 倍。1997 年冬,我们在景洪又进行雾微结构观测,结果表明,最大含水量 0.06 g/m^3 ,最小仅 0.008 g/m^3 ,又比 1986 年冬观测值明显减少。城市化导致雾微结构的变化主要原因是:①城市热岛效应。特别是夜晚,热岛效应特别明显,这将影响雾的凝结增长;②空气污染加重。污染颗粒物数密度加大,它一方面影响地面层长波辐射,减小地面辐射降温率,另一方面又可作为凝结核,而使雾滴数密度加大;③高密度的房屋和沥青路面大幅度增加,城区绿地减少,这将使蒸发减小,从而减少空气中水汽。

雾的微物理结构与雾中能见度密切相关。其关系式为

$$L = \frac{2.62r_e}{W}$$

式中 L 为能见距离, r_e 为雾滴有效平均半径, W 为雾的含水量。由上式可见,雾滴越小或含水量越大,雾中能见距离则越小。雾对能见度的影响,主要是雾滴对可见光的散射造成的。当然影响雾中能见度的不仅仅是雾滴的散射,其他还有一些因子对光的吸收与散射影响雾中能见度。比如空气污染物、污染气体及水蒸汽,都能影响雾中能见度。近些年来,雾中能见度有恶化的趋势,主要是空气污染造成的。

3. 雾水化学特征

雾水化学组分浓度及其变化,是各种大气污染物物理化学过程的产物,既能反映近地层大气污染的状况,又是研究酸雾形成的基础。

我国自 20 世纪 80 年代以来,广泛开展了雾水化学研究。先是重庆市对雾水采样分析,继而上海、西双版纳、北京、成都、南京、广州先后开展雾水化学研究。与此同时,海雾雾水化学研究也受到重视。大量雾水资料分析表明,我国雾水化学成分主要有:阴离子 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- 、 F^- ,阳离子 NH_4^+ 、 Ca^{2+} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 等。大部分地区雾水中阴离子浓度最高的是 SO_4^{2-} ,阳离子中 NH_4^+ 浓度一般要明显高于其他。

空气污染状况直接影响雾水离子浓度。污染物是雾滴形成的凝结核,雾滴形成后,污染颗粒

物可溶性成分的溶解,直径小于 0.05 微米 的粒子因布朗运动而被吸附于雾滴表面或溶入雾滴,大气中污染气体 SO_2 、 NO_2 等的扩散、气粒转换(大气中通过气体之间或气体与液滴、固粒之间的相互作用而形成新的大气颗粒物的过程)及其在雾滴中的异相多相反应,这几个因素使得雾水化学成分主要受局地污染的控制。

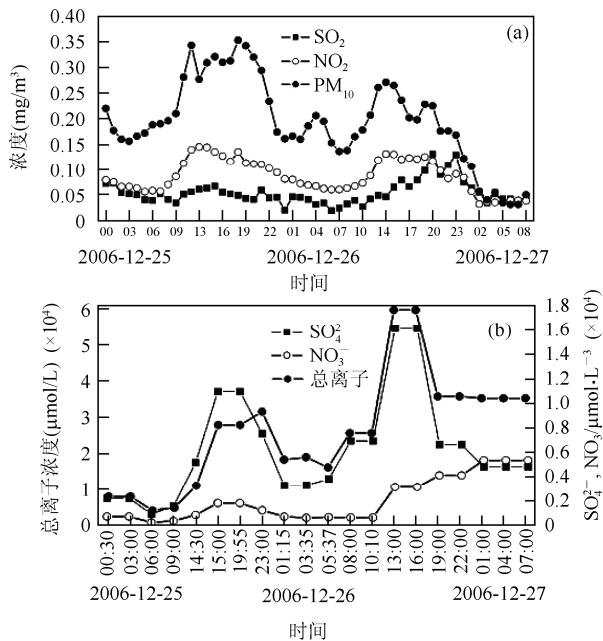


图 2 2006 年 12 月 25-27 日南京 (a) 空气污染物 (SO_2 、 NO_2 、 PM_{10}) 与 (b) 雾水离子 (总离子、 SO_4^{2-} 、 NO_3^-) 浓度变化

下面给出一个例子。2006 年 12 月 24~27 日,南京出现一次强平流辐射雾过程。从 25 日 00 时 30 分开始,连续采集雾水,到 27 日午后雾消为止,共采集雾水样本 13 个。与此同时,对雾的微物理结构及空气中 SO_2 、 NO_2 及污染颗粒物连续观测。为了研究雾水离子浓度与空气污染的关系,图 2 给出了雾水离子(总离子、 SO_4^{2-} 、 NO_3^-)浓度和 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 随时间的变化。由图可见,雾水中离子浓度与 PM_{10} 、 SO_2 和 NO_2 的变化趋势基本一致,当空气污染浓度下降时,雾水离子浓度减小,当空气污染物上升时,雾水离子浓度也随之增大。这反映了雾水中离子主要来源于近地层空气污染物。仔细分析图又发现,空气污染物的峰值比雾水离子浓度峰值略有提前,这是因为空气中污染物溶于雾水需要一个过程,所以雾水离子浓度的变化相对于空气污染物略有滞后。图 3 给出了部分雾水样品,均呈酱油色,可见污染之严重。



图3 2006年12月25~26日南京雾水样品

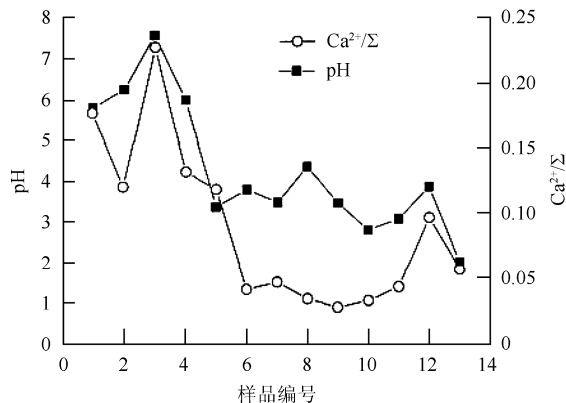


图4 2006年12月25~27日南京雾水pH值和Ca²⁺/Σ离子浓度比值的演变关系

这些年来，雾水中离子浓度明显增加。比如西双版纳（景洪），1997年与1988年相比，雾水的总离子浓度增加了约7倍。城市扩大，人口增加，工业发展以及机动车的爆增使得空气中的各种污染粒子及气体大量增加，从而造成雾水离子浓度的增加。

雾水酸度也是人们十分关心的一个问题。因为酸雾不仅危害健康，它还会腐蚀城市建筑物，严重影响农林业生产。

通过各地的观测，得到了雾水酸度分布特征。结果表明，雾水酸度各地差异较大，pH值从3.61到8.34，呈酸性碱性的都有（以5.6为界，小于此值的为酸性），说明各地的污染程度及污染物来源有很大差异。就城市而言，重庆、上海等地雾水均呈酸性。闽南位于中国东部沿海，大气污染水平不高，但雾水最酸（pH值为3.61），属低污染、高酸度地区。南京雾水约有半数样本pH值小于5.6，基本属酸雾。

为了寻求重庆雾水酸度的来源，我们采用多元回归线性模型计算H⁺浓度与各变量之间的相关程度。结果发现，重庆雾水酸度的主要来源是硫酸，硝酸和盐酸，存在形式是各种盐，SO₄²⁻占70%~90%，NO₃⁻占15%~20%，Cl⁻占5%~20%。大量观测事实表明，大气中硫氧化物、氮氧化物及光化学氧化物是组成酸雾的主体，它们来自于人为污染。

为什么有的地方污染水平不高，雾水却很酸，而有的时候污染很重，雾水却呈碱性？这说明雾水酸度与离子浓度无关，而与雾水中酸碱物的比重有关。雾水离子成分中存有缓冲物质，如NH₄⁺、Ca²⁺等，当这些缓冲物质比重高时，雾水呈碱性，当缓冲物质含量少时，雾水呈酸性。图4就是一个典型

的例子。

初始阶段雾基本呈碱性，而后慢慢酸化，这与Ca²⁺在溶液离子中所占比例（C(Ca²⁺)/C(Σ)）的变化是一致的。前4个样本中Ca²⁺在整个溶液离子中所占比例很高，雾水呈碱性。随着雾的发展，雾水中Ca²⁺的比例逐渐减小，雾水pH值随之降低。

如今被污染的雾，对人体健康危害极大。重庆市第三医院曾做“酸雾对人体肺功能影响”的定量检测试验研究，结果表明，含大量污染物质的雾滴易沉积在细支气管，末端细支气管及肺泡内，从而损害呼吸器官使肺功能减退，引起呼吸困难、咳嗽、化学性肺炎、支气管炎、肺结核及呼吸道疾病。2006年12月24~27日南京强浓雾之后，哮喘、支气管炎、鼻炎的患者明显增多，以至南京各大医院“爆棚”。江苏省人民医院接诊的突发性心梗、心律失常和心肌炎的病人比平常多了3倍。心脏科门诊量超过500人次。因此，雾日人们应尽量避免户外活动。作者曾看到在浓雾中学生在操场上上体育课的事情，在作者说明危害后，体育老师立即带领学生回教室上课。

4. 雾爆发性增强特征

雾的爆发性发展特征是作者于1996年冬观测沪宁高速公路雾时发现的。1997年冬，作者观测西双版纳雾时，再一次发现雾具有爆发性增强特征。2006年以来，作者在南京雾的观测研究中，多次发现辐射雾具有爆发性增强特征。

所谓爆发性发展，具有两种意义，一是指很短时间（一般小于30分钟）地面雾爆发性增强，甚至成为强浓雾；二是指雾体短时间迅速向上发展，

雾体爆发性增厚。对辐射雾来讲，这种情况常常是紧密相联的，即地面突然增强后，紧接着便向上迅速发展。

雾爆发性增强的本质是，在很短时间内，雾滴数目明显增加，雾滴尺度明显增大，最大滴一般可达30~40微米，甚至50微米。结果雾体含水量明显增大，能见距离减小到50米以内，浓雾突变为强浓雾。强浓雾的持续时间都在1小时以上，多为4~

5小时。

图5给出了4幅雾滴谱随时间变化图。这是一个三维图，图中垂直坐标为雾的数密度，右侧的坐标为雾的直径。这4个雾都在凌晨或日出前后爆发性增强。表1中列出了爆发前后微物理参数和能见度，同时给出了爆发时的风向，风速和温度变化。由表可见，经过近30分钟（2007年12月23日午夜仅用11分钟）的爆发性发展，雾体都由浓雾（能

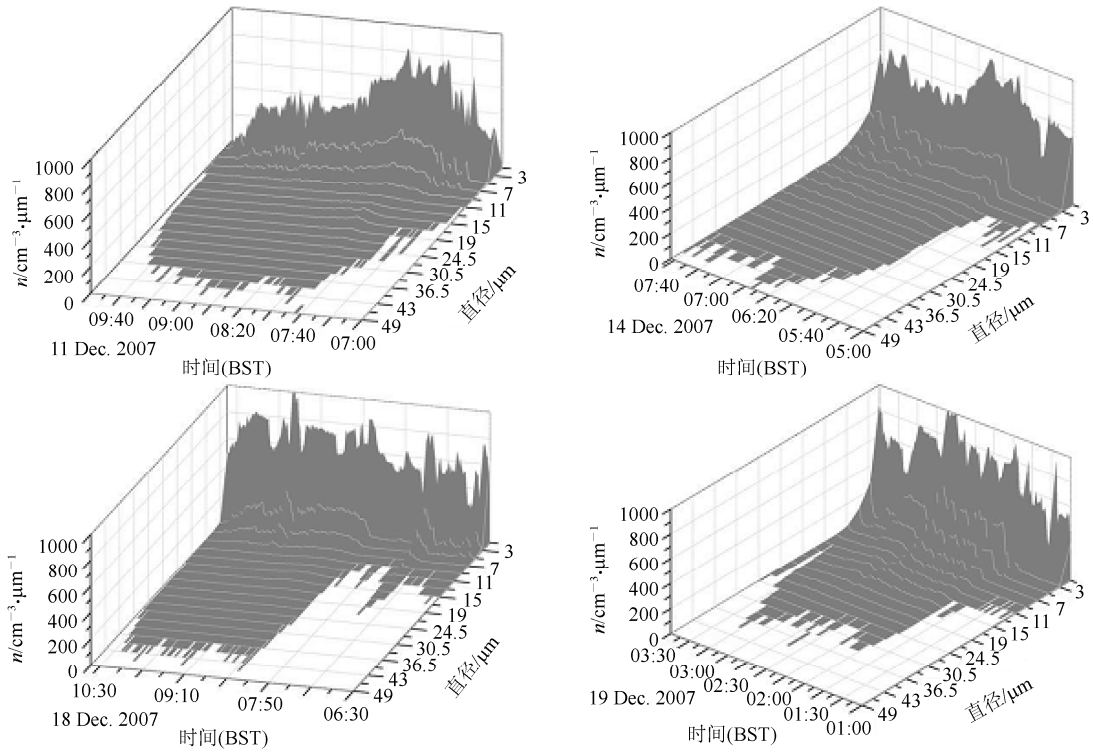


图5 辐射雾谱分布随时间变化图

表1 雾爆发前后微物理参数和能见度以及爆发时的风速、风向和温度变化

日期	爆发时段	N/cm^{-3}	$LWC/g \cdot m^{-3}$	$D/\mu m$	$D_{max}/\mu m$	能见度/m	风向变化/(度)	风速变化/ $m \cdot s^{-1}$	气温变化
2007-12-11	07:30 开始	81.5	0.00233	3.44	11.4	96	199→359	0.64→0.39	-1.1℃/26min
	07:55 结束	675	0.412	7.05	46.5	15			
2007-12-14	05:45 开始	50	0.0018	3.44	9	176	229→345	0.40→0.39	-0.9℃/22min
	06:07 结束	510	0.251	6.57	39.5	15			
2007-12-18	08:17 开始	35.3	0.000975	3.33	7	258	244→350	0.66→0.72	-0.5℃/25min
	08:45 结束	471	0.179	6.33	43	16			
2007-12-19	01:40 开始	12.9	0.000275	3.14	5	160	188→342	0.28→0.46	-1.5℃/12min
	01:52 结束	700	0.22	5.90	30.5	16			
2007-12-19	04:40 开始	10.5	0.00025	3.23	5	342	147→340	0.6~0.2	-1.2℃/20min
	05:00 结束	459.5	0.187	5.72	46.5	20			
2007-12-19	22:47 开始	20.4	0.000475	3.25	7	182	156→143	2.31→1.61	-0.5℃/23min
	23:10 结束	296.1	0.024	4.14	30.5	15			
2007-12-23	01:41 开始	14	0.00043	3.37	7	132	50→50	0.2→0	-0.7℃/11min
	01:52 结束	580	0.0672	4.84	30.5	20			

能见度小于 500 米), 骤变为强浓雾 (能见度小于 50 米), 其本质是最大雾滴 (D_{\max}) 由 10 微米左右增大到 30~50 微米, 雾滴数密度 (N) 增加 1 个数量级, 含水量 (LWC) 增大 2 个数量级。

雾爆发性增强是怎样发生的, 在什么样宏观条件下才能爆发性增强? 表中列出了 2007 年 7 次雾爆发性发展时的宏观条件。由表可见, 这 7 次雾爆发性增强时气温都明显下降。下降速度最快的为 12 月 19 日午夜的一次, 在 12 分钟时间里, 气温下降了 1.5°C , 一般的是 10 分钟内下降 0.5°C 左右。多数是在偏南风转为偏北风时而使气温下降的, 风速多在 1m/s 内。也就是说, 当浓雾区内有弱冷空气侵入时, 易发生爆发性增强, 使浓雾骤变为强浓雾。表中最下面的两次雾的降温, 并非冷空气侵入, 而是午夜辐射冷却增强时发生的。爆发性发展不仅与降温有关, 还与增湿相联。在 2007 年 12 月 11 日例子中, 风向转变前气温已经下降了 0.5°C , 这是 06: 55 日出后地面蒸发引起的, 这种蒸发一度达到 0.4g/m^2 , 从而使雾区水汽明显增多。由于降温增湿, 雾滴数明显增多, 量级由 10^1 增大到 10^2 。以后转变为偏冷的西北风, 进一步加速了雾体爆发增强过程。实际上, 秋冬早晨, 日出后雾爆发性发展的例子人们经常遇到。

由以上分析可见, 弱冷空气入侵, 夜晚长波辐射冷却增强, 日出后湿地表的蒸发, 使雾体内气温下降或水汽增大, 都可使雾体爆发性增强。雾体内空气本已饱和 (相对湿度 100%), 在降温增湿时, 无疑会使过饱和度加大。所以雾爆发性增强实际上是在过饱和度增大条件下发生的。

雾爆发性增强时段最易出重大交通事故。2006 年 12 月 24~27 日平流辐射雾过程, 宁靖盐高速泰兴段上 8 辆车追尾翻车, 造成 7 人死亡 5 人受伤, 还有两艘 4000 吨船在长江南京段相撞, 造成“宣城货 3859”沉没, 4 人落水, 就是发生在雾爆发性增强时段。受到大气中污染物影响的输变电设备外绝缘, 如遇到雾等潮湿天气, 常常会发生雾闪, 造成停电事故, 而雾闪也是多在强浓雾出现后产生的。强浓雾雾闪不仅会造成大面积停电, 而且严重影响高铁的正常运行。2012 年新年第一天, 西安-郑州高铁 D1002 次列车两次出现“雾闪”断电事故, 造成 3 次动车晚点。2012 年 2 月 22 日, 雾闪导致设备故障, 京沪高铁部分列车晚点, 并有 3 次列车停

运。因此, 雾天各类交通运行都要十分小心, 密切注视雾的演变。气象部门将加强雾的研究, 做好雾的临近预报。

三、人工消雾试验

由于雾常给国民经济和社会生活带来重大损失, 所以消雾试验在世界各地广泛展开。消雾的目的是改善雾中能见度, 以减轻因雾而造成的生命和财产损失。

人工消雾的原理是什么? 不同类型的雾, 采用不同的原理和方法。

对冷雾 (主要由低于 0°C 的水滴组成) 而言, 设法改变雾中相态结构, 即在雾中生成适量的冰晶, 破坏雾结构的稳定性。由于水滴和冰晶表面饱和水汽压不同, 冰晶表面饱和水汽压要小于同温度下的过冷却水滴表面的饱和水汽压, 当他们共存时, 水汽将从过冷却水滴向冰晶扩散, 在这种情况下, 过冷却水滴要蒸发变小, 冰晶要凝华变大。冰晶增长到一定大小后便开始下降落地, 雾中能见度就好转了。

为了使过冷雾中生成冰晶, 常使用两种催化剂, 一是人工冰核, 另一则是制冷剂。常用的人工冰核是碘化银 (AgI), 将它分散在过冷雾中, 由于它的结构与冰晶十分接近, 在低于 -4°C 的雾中即可形成冰晶。致冷剂主要有干冰 (固态 CO_2)、液氮和液态丙烷。将他们播撒在雾中, 即可以形成低于 -40°C 的区域, 在这里过冷雾滴就要冻结为冰晶。这些冰晶在雾中扩散, 增长, 最终降落到地面, 使雾中能见度转好, 进而消雾。

对暖雾来讲, 或是在雾中播撒吸湿性物质, 破坏雾稳定性, 或是设法提高雾中温度, 使雾滴蒸发。目的都是改善雾中能见度。常用的吸湿性物质有氯化钙、氯化钠, 将他们播撒在雾中, 由于它们吸湿性强, 其溶液滴比同样大小的纯水滴所要求的饱和水汽压小, 在这种情况下, 吸湿性物质的溶液滴就要不断长大, 而纯水滴将越来越小, 最后大滴碰并小滴而落下, 能见度好转, 雾消散。加热法消暖雾的原理是, 将空气加热, 使雾区脱离饱和状态 (即减小相对湿度), 促进雾滴蒸发, 进而导致雾消散。美国二战期间在机场跑道上曾经使用过这种消雾方法。这个地面消雾系统是沿跑道安装管道, 用低压将航空油喷出燃烧。后来法国建立了一个完善的涡轮加热消雾系统, 可在 300m 宽 3000m 长的范围内消雾。

我国自 1958 年以来一直重视人工消雾试验。用干冰影响过冷雾的试验最先是在北京进行的。1959 年先后在庐山、长白山用燃烧碘化银丙酮溶液、燃烧红磷等方法来影响云雾，取得了初步的效果。接着在上海机场用播撒盐粉和氯化钙开展了消暖雾的试验，取得了较好的效果。20 世纪 60 年代和 70 年代，除了陆续在重庆、庐山和福建邵武等地进行一些小规模的人工消雾试验外，还在苏皖两省及成都机场使用飞机播撒氯化钙方法进行较大规模的消暖雾试验，获得了许多经验。20 世纪 80 年代以来，在总结过去人工消雾的基础上，又实施了两项经过严格设计的科学的人工消雾计划，一项是 1985~1987 年成都双流机场消暖雾试验，另一项则是

1995~1997 年北京首都机场消冷雾试验。前者采用热力动力方法，后者利用车载液氮喷洒系统和气球携带液氮作业，两个计划均获得一定成功，取得了明显的消雾效果。但消雾成本高，时效短。随着社会的进步，科学技术的发展，经济、安全、无污染、时效长的人工消雾方法必将得到发展。



作者介绍

李子华，1936 年生于安徽省庐江县，1962 年毕业于南京大学气象系，曾任南京信息工程大学教授，从事云雾物理化学的教学与研究。



科苑快讯

白矮星中的另类分子

与太阳质量相当或更大的恒星步入老年后会坍缩成行星大小，这就是白矮星。而最近《科学》网站发表的论文报道，白矮星周围的极强磁场中存在特殊化学键。

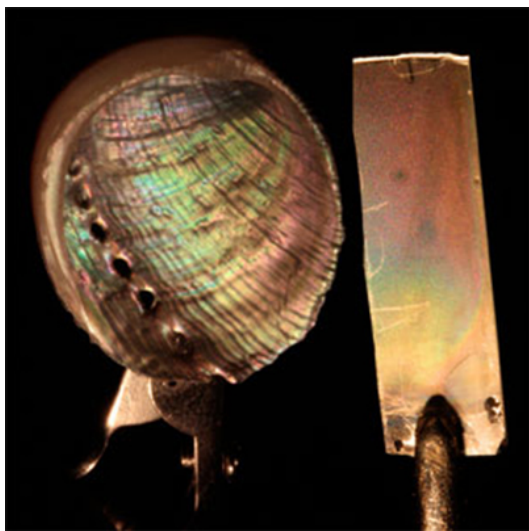
白矮星的磁场强度是地球磁场的几十万倍，足以扭曲原子周围的电子云形状，这可能导致化学键更短、更强，被约束在磁场中的分子也减小了 25%。不仅如此，强磁场还可能促成地球上不可能发生的反应，比如两个氦原子可以结合成一个分子，这样的分子只能存在于白矮星周围的极端环境中。除此之外，科学家还未分析该类强磁场还能诱发什么奇异的化学反应，因为地球实验室无法模拟这样的极端环境。

（高凌云编译自 2012 年 7 月 19 日 www.sciencemag.org）

人造珍珠母

最近，科学家首次成功培育出人造珍珠母。这种具有彩虹光泽的多层材料，呈线状分布于皱纹盘鲍（图左）等无脊椎动物的壳内。很多试图人工合成这种材料的实验都以失败告终，最后只能以再结晶的方法从珍珠母中提取。失败原因主要是各层之间不能牢固结合，就像劣质胶水黏合起来的三合板。

最近的一项研究很好地解决了各层剥离的问题，他们将材料浸入乙烯基聚合物或丙烯酸中，然



后溶解去掉干酸，将剩下的聚合物暴露于紫外光下，使之变硬。最后，研究组向多孔的表面涂以非晶体碳酸钙，再放入充满潮湿空气的容器中，使之渗入多孔材料并慢慢结晶。经过这些步骤，研究者制成了多层的涂片（图右），比自然形成的珍珠母更坚硬，色彩也更绚丽。

这种新技术采用廉价材料和简单化学反应就能在室温下制成人造珍珠母。其用途十分广泛，比如给易碎表面（如塑料等）施以坚固耐用而又效果自然的涂层。该论文已发表于 7 月 24 日的《自然通讯》（*Nature Communications*）。

（高凌云编译自 2012 年 7 月 24 日 www.sciencemag.org）