

关于霾与雾的区别和灰霾天气预警的讨论^①

吴 兑^{1,2}

(1. 中国气象局广州热带海洋气象研究所, 广州 510080;

2. 中山大学环境科学与工程学院大气科学系)

提 要

由于经济规模的迅速扩大和城市化进程的加快,大气气溶胶污染日趋严重,霾与雾的区分成为一个非常现实,又迫切需要解决的问题。而过去东南沿海各省不成文规定的用相对湿度区分的标准普遍偏低。区分霾和雾,应该根据影响天气系统的变化,结合各种判据来确定。考虑到近几年对气溶胶研究的新成果,大气中 $0.1\mu\text{m}$ 以下的水溶性粒子主要是硫酸铵等组成的,大于 $1\mu\text{m}$ 的粒子主要是氯化钠等组成的。这些物质的相变湿度大都在80%左右。建议将相对湿度小于80%时的大气混浊视野模糊导致的能见度恶化的天气现象确定为霾,相对湿度大于90%时的大气混浊视野模糊导致的能见度恶化确定为雾,相对湿度介于80%~90%之间时的大气混浊视野模糊导致的能见度恶化是霾和雾的混合物共同造成的,但其主要成分应该是霾。建议尽快制定灰霾指数和预警办法,开展灰霾天气预测预报预警方法的研究和业务平台建设,拓展气象服务领域,使环境气象产品更好地为社会公众服务,为政府实行动态调控的环保措施的决策服务。

关键词: 霾 雾 灰霾 预警

引 言

由于经济规模的迅速扩大和城市化进程的加快,大气气溶胶污染日趋严重,由气溶胶造成的能见度恶化事件越来越多,因而在观测实践中,常常会碰到和视程障碍相关联的天气现象定名问题,即当能见度小于10km时,造成视程障碍的天气现象是霾还是轻雾或雾呢?全国没有统一的判别标准,南方大多是用相对湿度的某一阈值来区分,绝大多数定得相当低。比如,广东省规定由审核员答复观测员,以相对湿度大于70%为雾或轻雾,相对湿度小于70%为霾;在湖北,关于雾

和霾的区别有不成文的规定,即低能见度情况下,相对湿度 $\geq 70\%$ 一律记为雾,相对湿度 $\leq 60\%$ 则记为霾,相对湿度在60%~70%时可记为雾也可记为霾,可视具体情况而定,如前期干燥,空气污染逐步加重时可记为霾,前期下雨潮湿,天气逐步转好时可记为雾;北京由观测员代代相传的不成文标准是以相对湿度大于70%记为雾或轻雾,相对湿度小于70%记为霾;安徽是全国唯一由省气象局业务处规定,以相对湿度大于70%为雾或轻雾,相对湿度小于70%为霾的省份;……,而我国北方广大地区由于湿度水平一般比较

^① 项目资助:国家自然科学基金 40375002、40418008,广东省自然科学基金 033029,广东省重点科技攻关项目 2004A30401002,广州市应用基础研究项目 2004J1-0021。

低,易于区分霾和雾这两种天气现象,故而大多数地方未规定附加的相对湿度标准。随着近年来人们对大气气溶胶的认识逐渐深入,越来越感觉到原来的判断标准缺乏理论依据和观测员实践经验的认同。另外,各省五花八门的标准也为相互比较和分析讨论科学问题设置了障碍,因而有必要形成一个有一定科学基础,并得到同行认同,统一的区分标准。

表1 部分地区目前区分霾与雾(轻雾)的相对湿度标准(%)

地区	RH	地区	RH	地区	RH
广东	70	江苏	60~70	北京	70
香港	85~95	安徽	70	新疆	无
澳门	80	浙江	60	吉林	无
湖南	65	广西	无	河北	无
上海	60~70	海南	无	辽宁	无
湖北	60~70	福建	无	江西	无

1 雾的主要特征

首先来看一下雾的主要特征。雾是由大量悬浮在近地面空气中的微小水滴或冰晶组成的气溶胶系统,是近地面层空气中水汽凝结(或凝华)的产物,几乎所有的气象学教科书都强调雾是由水滴或冰晶组成的^[1],因而相对湿度应该是饱和的。雾的存在会降低空气透明度,使能见度恶化,如果目标物的水平能见度降低到1000m以内,就将悬浮在近地面空气中的水汽凝结(或凝华)物的天气现象称为雾(Fog);而将目标物的水平能见度在1000~10000m的这种现象称为轻雾或霭(Mist)。形成雾时大气湿度应该是饱和的(如有大量凝结核存在时,相对湿度不一定达到100%就可能出现饱和)。就其物理本质而言,雾与云都是空气中水汽凝结(或凝华)的产物,所以雾升高离开地面就成为云,而云降低到地面或云移动到高山时就称其为雾。一般雾的厚度比较小,常见的辐射雾的厚度大约从几十米到一至两百米左右,一般日变化比较明显。雾和云一样,与晴空区之间有明显的边界,雾滴浓度分布不均匀,因而在雾中能见度有比较大的起伏;而且雾滴的尺度

比较大,从几微米到100 μm ,雾滴的直径大多在4~30 μm 左右,肉眼可以看到空中飘浮的雾滴。由于液态水或冰晶组成的雾散射的光与波长关系不大,因而雾看起来呈乳白色或青白色^[2]。

2 霾的主要特征

空气中的灰尘、硫酸与硫酸盐、硝酸与硝酸盐、有机碳氢化合物等粒子也能使大气混浊,视野模糊并导致能见度恶化,如果水平能见度小于10000m时,将这种非水成物组成的气溶胶系统造成的视程障碍称为霾(Haze)或灰霾(Ash-Haze),香港天文台称烟霞(Haze)。霾与雾的区别在于发生霾时相对湿度不大,而雾中的相对湿度是饱和的(如有大量凝结核存在时,相对湿度不一定达到100%就可能出现饱和)。作者认为一般相对湿度小于80%时的大气混浊视野模糊导致的能见度恶化是霾造成的,相对湿度大于90%时的大气混浊视野模糊导致的能见度恶化是雾造成的,相对湿度介于80%~90%之间时的大气混浊视野模糊导致的能见度恶化是霾和雾的混合物共同造成的,但其主要成分是霾。香港天文台同行认为相对湿度小于85%时的大气混浊视野模糊导致的能见度恶化是霾造成的,相对湿度大于95%时的大气混浊视野模糊导致的能见度恶化是雾造成的,相对湿度介于85%~95%之间时的大气混浊视野模糊导致的能见度恶化是霾和雾的混合物共同造成的^[3]。霾的厚度比较厚,可达1~3km左右,一般霾的日变化不明显。霾与雾、云不一样,与晴空区之间没有明显的边界,霾粒子的分布比较均匀,因而在霾中能见度非常均匀;而且灰霾粒子的尺度比较小,从0.001 μm 到10 μm ,平均直径大约在1~2 μm 左右,肉眼看不到空中飘浮的颗粒物。由于灰尘、硫酸、硝酸等粒子组成的霾,其散射波长较长的光比较多,因而霾看起来呈黄色或橙灰色。由于在城市严重空气污染地区,霾可以频繁出现,又主要呈橙灰色,而且城市污染大气气溶胶中有许多黑碳粒子,因

而我们也将其称之为灰霾天气,灰霾天气已经成为珠江三角洲地区一种严重的灾害性天气现象。

3 雾与霾的区别

实际上,当相对湿度增加时,霾粒子吸湿成为雾滴,而相对湿度降低时,雾滴脱水后霾粒子又再悬浮在大气中,霾和雾是可以互相转化的,但是,在观测和预报实践中,总要区分霾和雾,为方便识别,将霾与雾的区分要点列于表2。严格按照物理意义来区分,应该在空气饱和情况下,大气颗粒物造成视程障碍才是雾和轻雾。如果造成视程障碍的粒子肉眼不可见,说明其尺度小至微米大小,根据开尔文定律^[1],这样大小的水滴能稳定存在并不被蒸发掉,需要相对湿度大于100%,这在地球大气层中并不容易出现,因而,在大气未饱和时,这些粒子应该是霾。大气科学词典明确写到:雾是“悬浮在贴近地面的大气中的大量微细水滴(或冰晶)的可见集合体,……雾的形成主要是空气中水汽达到(或接近)饱和,在凝结核上凝结而成。”^[4]同时,大气科学词典也明确写到:霾是“悬浮在大气中的大量微小尘粒、烟粒或盐粒的集合体,……组成霾的粒子极小,不能用肉眼分辨。当大气凝结核由于各种原因长大后也能形成霾。在这种情况下水汽的进一步凝结可能使霾演变为轻雾、雾或云。……在城市严重空气污染地区,霾可以频繁出现。”^[4]如此看来,我国东南沿海各省自行补充规定以相对湿度区分雾与霾的标准,普遍偏低,将大量霾记成了轻雾或雾。严格来讲,香港天文台同行认为相对湿度小于85%时的大气混浊视野模糊导致的能见度恶化是霾造成的,相对湿度大于95%时的大气混浊视野模糊导致的能见度恶化是雾造成的,相对湿度介于85%~95%之间时的大气混浊视野模糊导致的能见度恶化是霾和雾的混合物共同造成的^[3];有比较充分的理论依据。

实际上,人类活动造成的气溶胶污染主要是使霾出现的频数增加,而对雾的影响相

对较少。

表2 霾与雾的特征对照表

天气现象	雾	霾
成分	水滴、冰晶	尘、硫酸与硫酸盐、硝酸与硝酸盐、碳氢化合物等
大气湿度	饱和	不饱和
粒子尺度	1~100 μm 肉眼可见	0.001~10 μm 肉眼看不见
厚度	几十至几百米	1~3km
颜色	乳白色、青白色	黄色、橙灰色
边界	清晰,雾层中能见 度起伏明显	不清晰,霾层中能 见度非常均匀
日变化	明显	不明显

4 吸湿性物质及其相变湿度

大气中可能存在的吸湿性气溶胶主要有氯化钠、氯化铵、硫酸铵、硫酸钠等。实际上,通过近年来的大量观测,大气中0.1 μm 以下的水溶性粒子主要是硫酸铵组成的,大于1 μm 的粒子主要是氯化钠组成的。而硝酸盐由于其饱和蒸气压比较低,挥发性比较强,比较难以气溶胶的形式稳定存在^[5]。其中氯化钠是海盐粒子的主要成分,相变湿度78%;硫酸铵也是水溶性气溶胶的主要成分,其相变湿度是81%。表3列出了主要水溶性气溶胶的相变湿度^[6,7],需要注意的是,任何吸湿性物质的相变湿度都与粒子直径有关,粒子越小,相变湿度越大,因而,气溶胶粒子的实际相变湿度比表3中的值还要大。

表3 水溶性气溶胶的相变湿度

气溶胶	氯化钠	氯化铵	硫酸铵	硫酸钠
相变湿度	78%	80%	81%	93%

有些非水溶性的气溶胶粒子也可以通过表面浸润成为凝结核,但要求相对湿度至少达到101%,即要求1%的过饱和度。另外还有一种情况,即当气溶胶粒子表面凹凸不平时,在凹面仅仅需要不高的相对湿度就可以凝结,但是一旦将凹面填平,粒子将不会继续长大。因而,在非饱和条件下,非水溶性的霾一般不会转化为雾滴。综上所述,建议东南沿海各省在区分霾与轻雾或雾时,将相对湿度小于80%时的大气混浊视野模糊导致的

能见度恶化记为霾,相对湿度大于90%时的大气混浊视野模糊导致的能见度恶化记为轻雾或雾,相对湿度介于80%~90%之间时的大气混浊视野模糊导致的能见度恶化是霾和雾的混合物共同造成的,但其主要成分是霾,可以由观测员根据经验和天气演变特征记为霾或者轻雾(雾)。

5 建议的灰霾(烟霞)指数与警报

近几年来,在我国大城市中,由于工业化、城市化、交通运输现代化的迅速发展,化石燃料(煤、石油、天然气)的消耗量迅猛增加,汽车尾气、燃油、燃煤、废弃物燃烧直接排放的气溶胶粒子和气态污染物通过光化学反应产生的二次气溶胶污染物日增,使得灰霾现象日趋严重,已经成为一种新的灾害性天气(图1、图2)。公众经常抱怨,在广州晚上看不见星星,白天看不到太阳,广州的灾害性灰霾天气可与北方沙尘暴天气相比,而且其组成成分中有许多有毒有害物质,对人体健康和环境的危害远大于沙尘暴,因而,需要尽快建立大气灰霾天气预测预报预警系统和机制。表4是建议的灰霾指数与警报分级表。

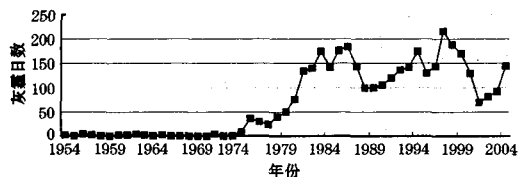


图1 广州1954至2004年灰霾天气出现天数分布(能见度≤10km,相对湿度≤90%)

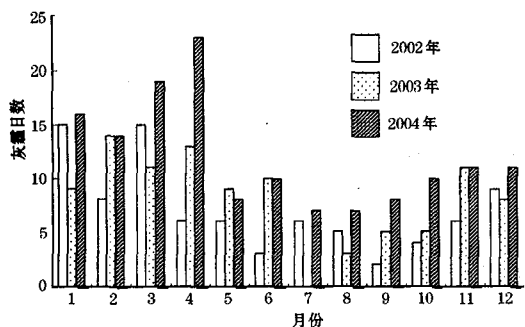


图2 广州2002至2004年灰霾天气出现天数的逐月分布(2002年85天,2003年98天,2004年144天;能见度≤10km,相对湿度≤90%)

需要说明的是,为公众服务的指数与警报,一般遵循宁可空报也不能漏报的原则,因而将相对湿度的阈值定为90%,而且,目前城市中的雾也主要是灰霾转化的污染雾,也有些地方将其称为烟尘雾、烟雾、干雾^[8,9],相对湿度阈值提高对服务效果是有利的。

表4 灰霾(烟霞)指数与警报分级表(RH<90%)

能见度/m	指数等级	服务描述	警报等级
>15000	1	没有灰霾天气	
10000~15000	2	轻度灰霾天气	
5000~10000	3	中度灰霾天气	黄色
2000~5000	4	重度灰霾天气	橙色
<2000	5	严重灰霾天气	红色

6 小结

综上所述,由于经济规模的迅速扩大和城市化进程的加快,大气气溶胶污染日趋严重,霾与雾的区分成为一个非常现实,又迫切需要解决的问题。而过去东南沿海各省不成文规定的用相对湿度区分的标准普遍偏低,将大量霾记成了轻雾或雾。区分霾和雾,应该根据影响天气系统的变化,结合表1的各种判据来确定。考虑到近几年对气溶胶研究的新成果,大气中0.1μm以下的水溶性粒子主要是硫酸铵组成的,大于1μm的粒子主要是氯化钠组成的。而硝酸盐由于其饱和蒸气压比较低,挥发性比较强,比较难以气溶胶的形式稳定存在。而氯化钠是海盐粒子的主要成分,相变湿度78%;硫酸铵也是水溶性气溶胶的主要成分,其相变湿度是81%。建议将相对湿度小于80%时的大气混浊视野模糊导致的能见度恶化的天气现象确定为霾,相对湿度大于90%时的大气混浊视野模糊导致的能见度恶化确定为雾,相对湿度介于80%~90%之间时的大气混浊视野模糊导致的能见度恶化是霾和雾的混合物共同造成的,但其主要成分应该是霾。最近几年召开的气溶胶国际和区域学术讨论会,以及有关的气溶胶研究文献,均将研究对象限定在相对湿度80%以下,可以作为有力的旁证。

鉴于在我国大城市中,灰霾现象日趋严重,已经成为一种新的灾害性天气,建议尽快

制定灰霾指数和预警办法,开展灰霾天气预测预报预警方法的研究和业务平台建设,拓展气象服务领域,使环境气象产品更好地为社会公众服务,为政府实行动态调控的环保措施的决策服务。

致谢:感谢新疆张建新高工、吉林廉毅研究员、澳门侯尔滨先生、香港林邝泗莲女士、河北段英研究员、江西李玉林研究员、辽宁班显秀研究员、湖南葛毅华高工、湖北陈正洪研究员和徐永和高工、广西董蕙清高工、上海谈建国高工、海南黄彦彬高工、北京张藩研究员、福建曾光平研究员、江苏沈树勤研究员、安徽蒋年冲高工、浙江王伟平高工提供各地区霾与雾(轻雾)区别的标准,特此致谢。

参考文献

1 盛裴宣,毛节泰,李建国等.大气物理学.北京:北京大学出版社,2003:299~322.

- 2 吴兑,邓雪娇.环境气象学与特种气象预报.北京:气象出版社,2001:25~31.
- 3 林邝泗莲,林静芝. Re: 灰霾烟霞之我见,私人通信,2004.3.3.
- 4 《大气科学词典》编委会.大气科学词典.北京:气象出版社,1994:677,408.
- 5 吴兑.南海北部大气气溶胶水溶性成分谱分布特征.大气科学,1995,19(5):615~622.
- 6 吴兑等.人工降雨基础知识与实施技术.北京:气象出版社,1993:41~43.
- 7 S 图梅.大气气溶胶.王明星,王庚辰等译.北京:科学出版社,1984,50~65.
- 8 周小刚,王强.北京城市重烟尘雾与水雾过程的边界层结构.气象科技,2004,32(6):404~409.
- 9 江玉华,王强,李子华等.重庆城区浓雾的基本特征.气象科技,2004,32(6):450~455.

A Discussion on Difference between Haze and Fog and Warning of Ash Haze Weather

Wu Dui^{1,2}

(1. Institute of Tropical and Marine Meteorology, CMA, Guangzhou 510080;

2. Department of Atmospheric Science, Sun Yat-sen University)

Abstract

Along with the rapid development of economy and urbanization, atmospheric aerosol pollution is becoming worse. It is becoming a practical matter to distinguish haze and fog, and also an urgent issue need to be solved. In the past the operational standard by using relative humidity to discern fog and haze is commonly on the low side over the southeast coastal provinces. To distinguish fog and haze should be based on the change of influencing weather system combining other influencing factors. According to the new researches on aerosol in the recent years, the main water soluble particles less than $0.1\mu\text{m}$ diameter in the atmosphere are mainly composed by vitriol ammonium, while large than $1\mu\text{m}$ diameter are sodium chloride. The relative humidity for those matters is approximately 80%, so it is suggested that the weather phenomena, the visibility deterioration caused by atmospheric turbidness resulting in blur of visual field, is determined as haze when relative humidity is less than 80%, while as fog when relative humidity is large than 90%, and as the mixture of haze and fog the main constitutes are still haze when the relative humidity is between 80% and 90%. It is also suggested that to set down as soon as possible the ash haze index and its warning method, to develop the study on method of predicting and warning ash haze weather and to construct the operational platform, to open up the field of meteorological services, putting the products of environmental meteorology into public service.

Key Words: haze fog ash haze warning