

霾与雾的识别和资料分析处理^{*}

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, 广州, 510275)

摘要 在排除降水、吹雪、雪暴、沙尘暴、扬沙、浮尘和烟幕等视程障碍现象的情况下, 通过调试相对湿度, 使得雾与轻雾反映自然的年际与年代际气候波动, 而霾反映由于人类活动而引起的趋势性变化, 其限值大体在 90% 左右, 初步给出了霾与雾区分的概念模型.

关键词 霾, 雾, 识别.

近年来, 由于人类活动大气气溶胶细粒子污染日趋严重, 使得霾现象有着重要的环境意义. 但在现实的观测实践中, 区分造成视程障碍的天气现象是霾还是轻雾或雾, 长期以来存在不同认识. 霾与雾的区分成为一个非常现实, 又迫切需要解决的问题.

本文通过调查和理论分析, 提出了区分霾与轻雾或雾的建议, 给出了霾与雾区分的概念模型.

1 雾与霾的定义

雾和霾都是飘浮在大气中的粒子, 但其组成和形成过程完全不同. 随着人类活动的影响, 近年来霾的出现频率愈来愈高, 而霾出现时, 能见度明显恶化, 空气质量明显下降.

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. 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; 而将目标物的水平能见度在 1000—10000m 的这种现象称为轻雾; 如果水平能见度小于 1000m 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.

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). 霾的厚度比较厚, 可达 1—3km 左右, 一般霾的日变化不明显. 霾与雾和云不一样, 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; 而且霾粒子的尺度比较小, 从 0.003μm 到 10μm, 平均直径大约在 0.3—1μm 左右, 肉眼看不到空中飘浮的颗粒物. 由于矿物尘、硫酸盐、硝酸盐、有机碳氢化合物、黑碳、硫酸和硝酸微滴等粒子组成的霾, 其散射波长较长的可见光比较多, 因而霾看起来呈黄色或橙灰色. 在城市严重空气污染地区, 霾可以频繁出现, 而且城市污染大气气溶胶中有许多黑碳粒子, 因而主要呈橙灰色. 霾天气已经成为我国东部城市群区域一种严重的灾害性天气现象.

2 雾与霾的形成机理

近地层大气中每时每刻总是有霾粒子存在(当然要达到形成“霾”的天气现象需要粒子浓度累积到一定水平, 导致能见度下降到 10km 以下), 而雾滴的存在是少见或罕见的^[1], 降温是大气达到饱和形成雾滴的重要机制. 由于霾粒子非常细小, 受曲率约束, 在自然界中的霾通过吸湿过程增长成雾滴几乎是不可能的^[2].

在自然界, 霾和雾是可以互相转化的, 当相对湿度增加超过 100% 时, 比如说辐射降温过程, 霾粒子吸附析出的液态水成为雾滴, 而相对湿度降低时, 雾滴脱水后霾粒子又悬浮在大气中.

霾的出现有重要的空气质量指示意义. 而雾或轻雾的记录有明确的天气指示意义, 与特定的天气系统相联系. 区分霾和轻雾(雾)应该根据影响天气系统的变化和台站所处相对位置, 结合宏观特征

2007 年 10 月 16 日收稿.

* 国家自然科学基金(U0733004, 40375002, 40418008, 40775011); 广东省自然科学基金(033029); 广东省重点科技攻关项目(2004A30401002, 2005B32601011)资助项目.

的各种判据来确定。既然云雾是低温下饱和气块的可见标志，在云雾中必然存在凝结或凝华过程，因而必然伴随着潜热释放，这就使云雾内的温度高于环境，在云雾内必然盛行微弱的上升气流，不可能是下沉气流，这些宏观过程在霾层内是不存在的，因而成为识别雾与霾的重要的宏观动力条件。

3 雾与霾的识别

在不同的历史时期，世界气象组织(WMO)和其它国家的气象机构曾经给出过区别雾与霾的建议，其中也有使用相对湿度作为辅助判据的(表1)。造成这些差异的原因，主要是长期以来对组成霾的气溶胶粒子的认识需要相关知识积累的过程，过去错误地认为凝结核可以在相对湿度低的情况下发生凝结生成雾滴的观点，是忽视了粒子曲率作用的结果，将实验室大颗粒(常常达mm量级)的吸湿性特征，延用至次微米粒子造成的。随着近年来对气溶胶物理化学性质的深入了解，这个问题逐步取得了共识。

表1 不同国际机构的雾/轻雾/霾的标准

Table 1 Standards of fog / mist / haze by different international institutions

	雾	轻雾	霾
WMO 报告 266 号 ^[3]	能见度 < 1000m, 相对湿度通常接近 100%	相对湿度通常低于 100%	相对湿度 < 80% 左右
WMO 报告 8 号 ^[4]	能见度 < 1000m	能见度 ≥ 1 km, 相对湿度较高	能见度 > 1 km, 相对湿度小于某个百分比，如 80%
WMO 报告 782 号 ^[5]	能见度 < 1000m	能见度 1000—5000m, 相对湿度 > 95%	能见度 ≤ 5000m
《观测人员手册》 ^[6]	能见度 < 1000m, 相对湿度通常接近 100%	能见度 ≥ 1000m, 相对湿度 ≥ 95%，通常 < 100%	能见度没有限制
《气象术语》 ^[7]	能见度 < 1000m	能见度 ≥ 1000m, 相对湿度 > 95% 左右	能见度没有限制
《航空气象手册》 ^[8]	能见度 < 1000m, 相对湿度通常接近 100%	能见度 ≥ 1000m, 相对湿度 ≥ 95%，通常 < 100%	相对湿度 < 95%

4 识别雾与霾的概念模型和示例

在对历史资料进行统计时，在排除降水、吹雪、雪暴、沙尘暴、扬沙、浮尘和烟幕等视程障碍现象的情况下，通过调试相对湿度，使得雾与轻雾反映自然的年际与年代际气候波动，而霾反映由于人类活动而引起的趋势性变化，其限值大体在 90% 左右，初步给出了霾与雾区分的概念模型，如图1。

广东省气象局于 2006 年 5 月 30 日发文“粤气业〔2006〕16 号关于执行广东省观测雾、轻雾和霾发报标准的通知”，制定了广东省观测霾、轻雾和雾的识别标准(图2)，在国内第一次统一了省级气象部门区别霾与雾的观测标准。

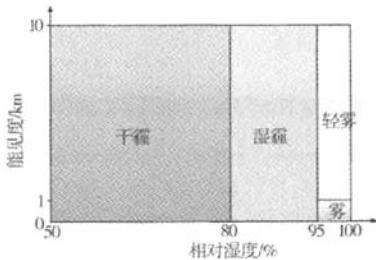


图1 霾与雾区分的概念模型

Fig. 1 A conceptual model distinguishing haze from fog

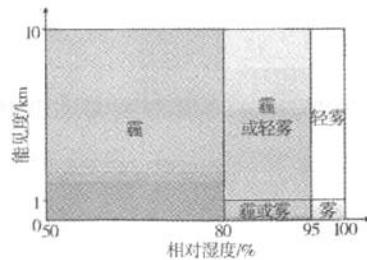


图2 广东省气象局观测霾、轻雾与雾的标准

Fig. 2 Standards for observation of haze, mist and fog at Guangdong meteorological bureau

5 雾与霾的长期气候变化分析方法

对于长期的气候变化，除按照观测记录只要出现雾(轻雾、霾)即统计为一个雾日(轻雾日、霾

日)外,有两种常用的处理大量历史资料的统计方法。

一种是用日均值,定义日均能见度(MOR)小于10km,日均相对湿度(RH)小于90%,并排除降水、吹雪、雪暴、扬沙、沙尘暴、浮尘和烟幕等其它能导致低能见度事件的情况为一个霾日;日均相对湿度(RH)大于等于90%,并排除降水、吹雪、雪暴、扬沙、沙尘暴、浮尘、烟幕等其它能导致低能见度事件的情况为一个轻雾日;日均能见度(MOR)小于1km,日均相对湿度(RH)大于等于95%,并排除降水、吹雪、雪暴、扬沙、沙尘暴、浮尘和烟幕等其它能导致低能见度事件的情况为一个雾日^[9]。

另一种是使用14时实测值,用于分析能见度小于10km的资料必须同时满足以下3个条件:14时;代码01(露)、02(霜)、03(结冰)、04(烟幕)、05(霾)、10(轻雾)、42(雾);相对湿度小于90%的记为一个霾日,相对湿度大于90%的记为一个轻雾日。如果能见度小于1km,用同样的条件分别记为霾日和雾日。以相对湿度90%为界对雾(轻雾)、霾进行划分,当相对湿度达到90%以上时认为是雾,小于90%认为是霾。这样既可把雾中被误报的霾分离出来,又可把霾中被误报的雾分离出去。同时,利用天气现象代码可将降水、吹雪、雪暴、扬沙、沙尘暴、浮尘和烟幕等天气事件筛选出来。这种方法被国际上广泛用来讨论长期能见度的变化趋势^[10-12]。

6 霾天气与空气质量(空气污染指数 API)

霾天气的本质是细粒子气溶胶污染,我们使用德国气溶胶粒子谱仪(Model 1.180, Grimm Technologies, Inc. Germany)在广州观测的气溶胶谱资料,10μm粒子的数量有5个·l⁻¹,2.5μm的粒子有400个·l⁻¹,1μm的粒子有3000个·l⁻¹,0.25μm的粒子有2×10⁶个·l⁻¹,巨粒子与次微米粒子的数量相差10⁶倍,气溶胶粒子谱峰的直径是0.28μm,平均直径是0.31μm,因而能见度的恶化主要与细粒子的关系比较大,尤其是出现较重气溶胶污染导致低能见度事件出现时,细粒子的比重会更大^[13]。

在广州市PM₁₀和PM_{2.5}的质量浓度,PM₁₀月均值有一半超过国家二级标准的日均值浓度限值(150 μg·m⁻³),而PM_{2.5}月均值全部超过美国国家标准的日均值限值(65 μg·m⁻³),尤其是10月至次年1月的月均值浓度几乎达到标准限值的1倍,细粒子浓度甚高。另外,PM_{2.5}占PM₁₀的比重非常高,可达58%—77%,尤其是旱季比雨季更高,这就说明,在珠江三角洲的气溶胶污染中,主要是源于光化学烟雾的细粒子污染,这正是珠江三角洲地区近年来能见度迅速恶化的原因^[9]。

我国华南广大地区气溶胶质量浓度和15年前的资料相比较,PM₁₀从117 μg·m⁻³增加到147 μg·m⁻³,而细粒子从54 μg·m⁻³增加到94 μg·m⁻³,细粒子的增加远较PM₁₀的增加大得多,15年来细粒子在气溶胶中的比重有明显增加^[9]。

我国空气质量评价体系已经远远不能描述复合污染类型,尤其是不能描述细粒子污染的情况了。必须建立新的空气质量评价体系,才能描述霾天气。而能见度与PM_{2.5}尤其是PM₁有非常好的关系,因而目前用能见度来描述霾天气是比较好的指标。

参 考 文 献

- [1] 盛裴宣,毛节奏,李建国等,大气物理学[M].北京:北京大学出版社,2003,322—325
- [2] 吴兑,关于雨滴在云下蒸发的数值试验[J].气象学报,1991,49(1):116—121
- [3] World Meteorological Organization, WMO-No. 266——Compendium of Lecture Notes for Training Class IV Meteorological Personnel; Volume II——Meteorology [S]. 1984 (2nd edition), 65, 244
- [4] World Meteorological Organization, WMO-No. 8——Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation [S]. 1996 (6th edition), L 14—3
- [5] World Meteorological Organization, WMO-No. 782——Aerodrome Reports and Forecasts: A User's Handbook to the Codes [S]. 2005 (4th edition), 18, 71, 72
- [6] Meteorological Office, Observer's Handbook [S]. London: HMSO. 1982 (4th edition), 60, 61, 64, 78
- [7] Meteorological Office, Meteorological Glossary [S]. London: HMSO. 1991 (6th edition), 116, 145, 189
- [8] Meteorological Office, Handbook of Aviation Meteorology [S]. London: HMSO, 1994 (3rd edition), 144, 200
- [9] 吴兑,毕雪岩,邓雪娇等,珠江三角洲大气灰霾导致能见度下降问题研究[J].气象学报,2006,64(4):510—517

- [10] Schichtel B A, Husar R B, Falke S R et al., Haze Trends over the United States, 1980—1995 [J]. *Atmospheric Environment*, 2001, 35 (30) : 5205—5210
- [11] Doyle M, Dorling S, Visibility trends in the UK 1950—1997 [J]. *Atmospheric Environment*, 2002, 36 (19) : 3161—3172
- [12] 范引琪, 李二杰, 范增禄, 河北省1960—2002年城市大气能见度的变化趋势 [J]. 大气科学, 2005, 29 (4) : 526—545
- [13] 吴兑, 邓雪娇, 毕雪岩等, 细粒子污染形成灰霾天气导致广州地区能见度下降 [J]. 热带气象学报, 2007, 23 (1) : 1—6

DISCUSSION ON THE DISTINCTION BETWEEN HAZE AND FOG AND ANALYSIS AND PROCESSING OF DATA

WU Dui^{1,2}

(1 Guangzhou Institute of Tropical and Marine Meteorology, China Meteorological Administration, Guangzhou, 510080, China;

2 Department of Atmospheric Sciences, School of Environmental Science and Engineering, Sun Yet-sen University, Guangzhou, 510275, China)

ABSTRACT

By statistical analysis of the observational data and excluding cases of precipitation, snow drift, snow-storm, sand storm, sand dust, and smoke fog, which cause low visibility, the authors tuned the threshold of relative humidity to identify fog/mist to make it follow the natural annual and decadal climate variations. Haze, which can reflect the trends linking to human activities, is set at a threshold of 90% relative humidity for correction to ensure the high quality of the data obtained. Based on these findings, a conceptual model is proposed to distinguish fog from haze, and standards are presented for observing fog and haze in some provinces, and methods of processing climatological data of haze and fog are recommended.

Keywords: haze, fog, distinction.