

# 1961–2005 年中国霾日气候特征及变化分析

高 歌

(国家气候中心, 中国气象局气候研究开放实验室, 北京 100081)

**摘要:** 利用 1961-2005 年中国霾日统计资料, 对中国霾的时空气候分布特征、变化趋势进行了详细分析, 并探讨了霾变化的可能原因及其与太阳总辐射、日照时数变化的关系。结果表明: 近 45 年来, 中国年和四季霾日的空间分布特征均呈现东多西少的空间分布态势, 东部地区集中在三个多发区, 分别为长江中下游、华北和华南; 季节变化, 除东北地区、青藏高原、西北西部四季霾日均很少且变化不明显外, 其余大部分地区均呈现为冬季多, 夏季少, 春秋居中的特点。近 45 年, 全国平均年霾日数呈现明显的增加趋势, 2004 年为最高值。我国东部大部地区主要呈现增加趋势, 尤其霾多发地区, 如长江中下游、珠江流域及河南西部等地, 霾日增加幅度大, 趋势显著, 人类活动造成的大气污染物增加及天气气候变化是这些地区霾日呈现增加趋势的可能原因, 我国西部地区 and 东北大部地区则以减少趋势为主。华北、长江中下游地区、华南地区霾日变化趋势与日照时数变化趋势相反, 霾的增加是造成太阳总辐射减少的主要原因之一。东北地区、西北地区、西南地区、青藏高原霾日变化和日照时数变化均呈现不明显的减少趋势, 但由于这些地区霾日发生少, 其变化不会对日照时数和太阳总辐射变化造成很大的影响。

**关键词:** 中国; 霾; 大气污染; 日照时数; 太阳总辐射

## 1 引言

霾是一种对视程造成障碍的天气现象, 大量极细微的干尘粒等均匀地浮游在空中, 使水平能见度小于 10km, 造成空气普遍浑浊<sup>[1]</sup>。霾的组成成分复杂, 包括许多种化学颗粒物。由灰尘、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。近些年来, 随着城市化进程的迅速发展, 大气污染增加, 尤其在城市空气污染严重的地区, 大气气溶胶又有许多黑碳粒子, 有人也将之称为灰霾天气。由于霾发生时, 气团稳定, 污染物不易扩散, 严重威胁人们健康<sup>[2, 3]</sup>。在我国的一些地区, 灰霾天气已经成为一种较为严重的灾害性天气现象。霾与雾不同, 主要区别除了影响视程的程度外, 还在于霾发生时空气相对湿度不大, 而雾发生时空气中的水汽是饱和或接近饱和的<sup>[4]</sup>。由液态水和冰晶组成的雾, 常呈乳白色<sup>[1]</sup>。二者是可以相互转化的, 霾的出现有重要的空气质量指示意义, 而雾有明确的天气指示意义, 与特定的天气系统相联系<sup>[4]</sup>。

目前关于霾的气候特征分析还不是很多, 而且研究地区比较零散<sup>[5-12]</sup>, 尤其全国范围的霾的气候特征及变化趋势研究很少。随着社会经济发展和人们生活水平的提高, 人们对所赖以生存环境的关注也不断增长, 加强霾的监测和评估服务就变得十分迫切了。对霾的气候变化规律分析, 将为治理大气环境制定有效的措施提供参考。

收稿日期: 2008-03-15; 修订日期: 2008-05-07

基金项目: 中国气象局气象灾害监测预警评估中心气象灾害监测分析评估系统建设 (事业 2007-2012208- 预警评估中心 -2) [Foundation: Project of China Meteorological Administration, No.2007-2012208-2]

作者简介: 高歌 (1972-), 女, 硕士, 高级工程师, 主要从事气候影响评价和气象灾害监测和评估工作。

E-mail: gaoge@cma.gov.cn

本文采用近几十年来气象部门天气现象霾的观测资料,对中国霾的时空分布特征和气候变化趋势进行了分析,并初步探讨霾日变化的可能原因及其与太阳总辐射、日照时数变化趋势的关系。

## 2 资料和方法

### 2.1 资料

霾资料取自中国气象局国家气象信息中心整理的全国1951-2005年霾天气现象资料。考虑到20世纪50年代气象站点少,一些站点序列短等因素,最后选取1961-2005年612个站进行时空特征和变化统计分析(图1)。全国划分为8个区:东北地区、华北地区、长江中下游地区、华南地区、西北东部和西部、青藏高原和西南地区,进行分区讨论。

### 2.2 霾日的统计

如果当天有霾发生,则定义为1个霾日。在日值的基础上进行月、季、年值的统计。

### 2.3 趋势分析方法

采用线性回归方法和非参数Mann-kendall方法进行霾日趋势变化分析和检验。

Mann-kendall统计检验方法如下:

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} & S < 0 \end{cases} \quad \text{sgn}(\theta) = \begin{cases} 1 & \text{if } (\theta > 0) \\ 0 & \text{if } (\theta = 0) \\ -1 & \text{if } (\theta < 0) \end{cases} \quad (1)$$

其中:  $S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i)$  (2)

式中,  $x_j$  为序列资料,  $n$  是资料长度; 当  $n \geq 8$  时, 统计量  $S$  近似为正态分布, 均值和方差如下:

$$E(S) = 0 \quad (3)$$

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5)}{18} \quad (4)$$

式中:  $q$  为具有等值的组数,  $t_p$  为第  $p$  组的资料数。标准化后的检验统计量  $Z_{MK}$  其均值为0, 方差为1。如果  $|Z_{MK}| > Z_{1-\alpha/2}$ , 没有趋势的假设被拒绝, 表明有明显趋势变化。  $Z_{1-\alpha/2}$  为  $\alpha$  信度水平下, 标准正态函数分布表对应的值。信度水平取  $\alpha = 5\%$ 。

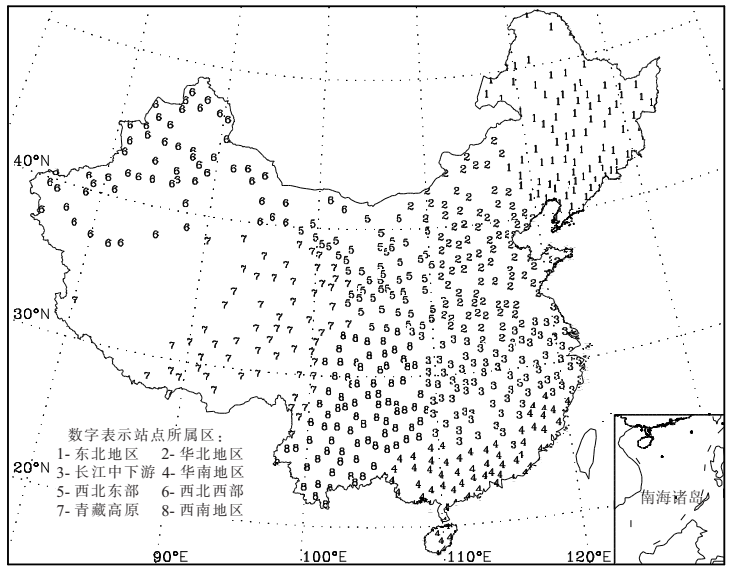


图1 中国612个气象站点空间分布

Fig. 1 The distribution of 612 meteorological stations in China

### 3 结果分析

#### 3.1 中国霾日的时空分布特征

**3.1.1 多年平均年霾日数的空间分布** 多年平均年霾日数呈现明显的空间差异, 东部地区多西部地区少。中国西部、东北大部及内蒙古、海南等地多年平均年霾日数不到1天, 全国其余地区一般有1~10天以上, 其中华北中部和西南部、黄淮西部、江汉、江淮中部、江南大部及陕西中部、广东西北部、广西东北部、云南南部等地有10~30天, 山西南部及河南西北部等地有30~50天以上(图2)。采用均方差指标反映年际变率的大小, 从空间分布来看, 霾日多发的地区(10天以上的范围), 其年际变率也较大, 均方差一般有10~20天, 局部地区达20~30天。

**3.1.2 多年平均四季霾日数的空间分布** 东多西少的分布态势在四季的空间分布中也表现的十分明显。春季, 霾发生日数不足1天的范围与年霾日分布情况相似, 且范围有所扩大, 在华南南部及东部、山东半岛、贵州南部等地也不足1天。华北中部和西南部以及河南中部到湖北西部一带、江苏西南部、江西西北部、云南南部、陕西中部等地霾日有3~5天, 其中河北西南部、山西中南部、云南南部等地多达5~10天, 局部超过10天。夏季, 全国大部地区霾发生日数不足1天, 仅山西南部、河北、陕西等地的局部地区有3~10天。秋季, 相对春季, 西南东部霾发生日数也不足1天, 并且除春季出现的华北中部和西南部以及河南和湖北西部一带的高中心外, 江淮中部、江南中部、广西东北部和广东西北部也出现较大范围的高中心, 一般有3~10天。冬季, 霾发生日数不足1天的范围大体与年值较为一致, 云南霾日数也不足1天, 秋季出现的南、北片高中心区范围扩大连成一片, 其中山西、河南、湖北、江西和广西的局部霾日数多达10~20天。

**3.1.3 各区域霾日月际变化特征** 长江中下游、华北和华南三个地区霾的发生日数明显多于其他地区, 多年平均年值分别为13.5、9.9、7.3天, 青藏高原、西北西部地区年霾日数少, 多年平均值仅为0.15和0.14。

除东北地区、青藏高原、西北西部四季霾日均很少且季节变化不明显外, 全国其余大部分地区均有明显的季节变化, 基本特点为: 冬季多, 夏季少, 春秋季居中(图3)。霾发生时的天气条件特点是气团稳定、较干燥, 冬季满足这样的天气条件日数多, 加上一些地方采暖用煤, 粉尘大, 容易形成霾。我国大部分地区, 夏季为多雨期, 局地对流强烈, 雨水较其他季节充沛, 雨水对空气中的灰尘等污染物起冲刷作用, 不利于霾天气的形成。

华北地区霾的发生主要集中在1、11、12月, 12月平均有1.6天; 7、8月发生日数少。长江中下游地区霾的发生也主要集中在1、11、12月, 其中12月霾发生日数最多,

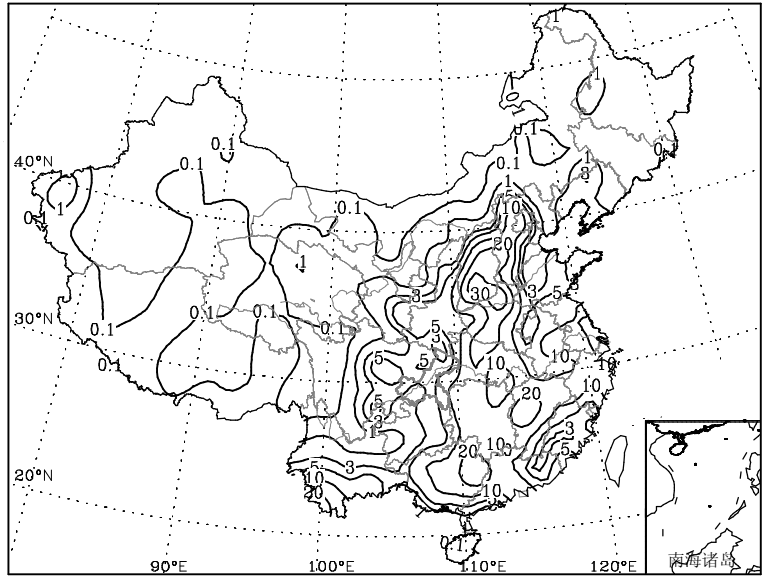


图2 中国1971-2000年平均年霾日数分布图(天)

Fig. 2 Average of annual haze days in China for 1971-2000 (d)

平均为 3.4 天；最低值出现在 7 月，8 月略多。华南地区霾的发生也主要集中在 1、11、12 月，其中 12 月霾发生日数最多，为 2.0 天；6、7 月霾发生日数最少。西北地区东部霾的发生主要集中在 1、3、12 月，7 月霾日发生最少。西南地区由于冬春季气候较为干燥，为霾日多发期，其中 3、4 月最多，其次为 1、12 月，其余月份发生频次低，雨季 7、8 月最少。

### 3.2 近 45 年来霾日的变化趋势分析

**3.2.1 全国年霾日数的历年变化趋势分析** 1961-2005 年，全国平均年霾日数呈现明显的增加趋势，增长率为 1.19 d/10a (图 4)。从年代际变化来看，20 世纪 60 年代年霾日数 2.2 天为最少，70 年代 (5.0 天)、80 年代 (5.2 天)、90 年代 (5.6 天) 及 21 世纪初 (7.8 天) 逐年代递增，90 年代转为偏多态势，21 世纪初达最高值，其中 2003-2005 年，霾日数显著增多，为近 45 年来霾日最多的三年，2004 年为近 45 年来最高值。

**3.2.2 各区域年霾日数的年代际变化** 各区域年霾日年代际变化不尽相同。东北地区、西北东部、西北西部、西南地区年代际变化形势基本相同，20 世纪 60、70 年代，霾日数大多较常年偏多，70 年最多，进入 80 年代后，转为偏少，且年代际变化不大 (图 5)。华北地区，以 80 年代霾日数最多，较常年明显偏多，近 45 年经历先增后减过程。长江中下游地区和华南地区，霾日均逐年代增加，进入 21 世纪后，年霾日数有大

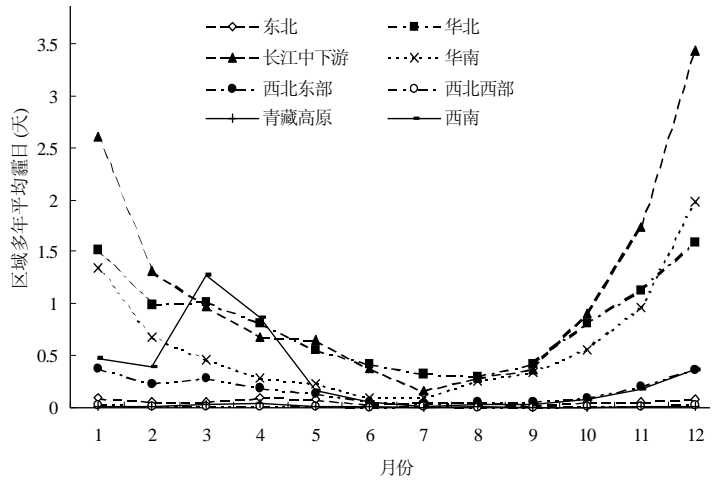


图 3 各区域 1971-2000 年平均霾日数月际变化  
Fig. 3 Monthly variation of average haze days in various regions of China during 1971-2000

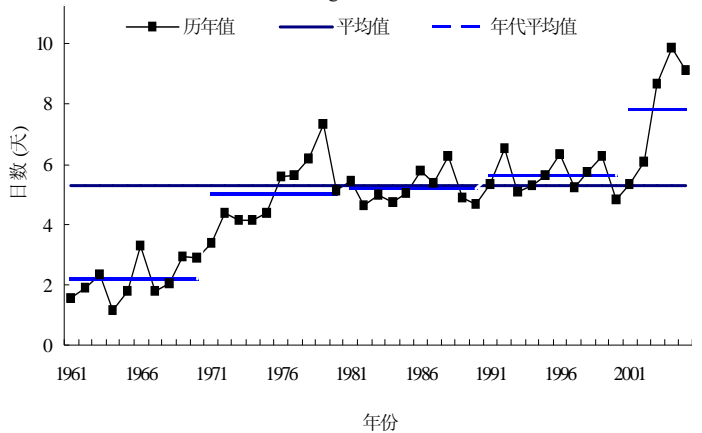


图 4 1961-2005 年中国平均年霾日数历年变化曲线图  
Fig. 4 Time series of annual haze days over China during 1961-2005

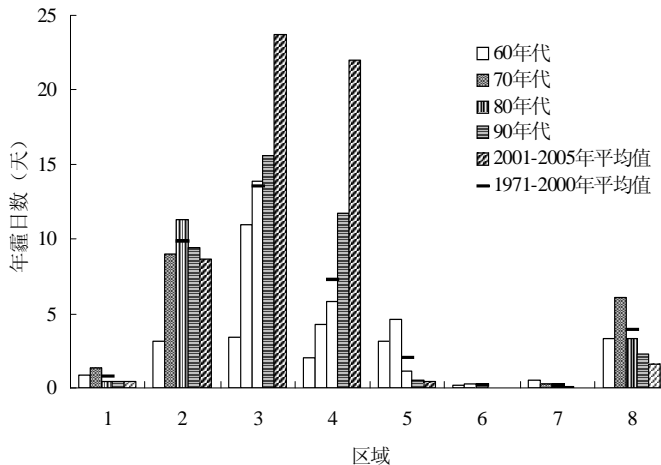


图 5 全国各区域年霾日数年代际变化  
Fig. 5 Decadal variation of annual haze days in various regions of China

幅度增加, 达近 45 年最高值。青藏高原呈现逐年递减态势, 60 年代霾日最多, 80 年代霾日转为偏少。

**3.2.3 年霾日数变化趋势的空间分布特征** 由近 45 年来年霾日数变化趋势分布可见 (图 6), 在中国东部大部地区主要呈现增加趋势, 尤其常年霾日多的地区, 如长江中下游地区、珠江流域及河南西部等地, 霾日增加幅度大, 趋势显著, 一般有 5-10 d/10a, 局部地区达 15 d/10a。中国西部和东北大部地区则以减少趋势为主, 幅度一般不足 5 d/10a。

**3.2.4 各区域的年及四季霾日数的变化趋势**

由 1961-2005 年全国平均及各区域年和四季霾日的变化趋势情况可见 (表 1), 全国平均及华北地区、长江中下游地区、华南地区年和四季的霾日均呈现明显的增加趋势。东北地区、西北地区东部和西部、青藏高原、西南地区年和四季的霾日则大都呈现明显减少趋势, 西南区夏秋季则略有增加趋势。

**3.2.5 霾日变化趋势的可能原因** 影响霾日发生变化的原因大致分为两类: 一是人类活动的影响, 导致大气污染物排放量的增加, 为霾的形成提供物质条件。二是天气气候条件的变化, 即霾形成的外界自然条件的变化。

近 45 年来, 在经济发达和发展迅速的区域如华北、长江中下游和华南地区年霾日的明显增加趋势, 大致对应了 Luo<sup>[13]</sup>估计的 1961-1990 年大气气溶胶光学厚度线性趋势增加显著的区域, 在一定程度上反映了这些地区的大气环境状况日益恶化趋势较为明显。除此之外, 气候变暖背景下, 霾形成的天气气候条件也发生了变化, 这些地区平均风速普遍减少<sup>[14]</sup>, 不利于污染物颗粒的扩散, 有可能造成霾日的增加<sup>[7]</sup>。王大钧等人<sup>[15]</sup>研究 1961-2000 年除了新疆、西藏、内蒙古中部、青海西部和四川西部地区以外, 绝大部分地区雨日数呈现减少趋势, 雨日少, 利于气溶胶颗粒在大气中存留, 更易发生霾。

### 3.3 霾与太阳总辐射和日照时数变化关系初步分析

许多研究发现, 近几十年, 中国大部分地区观测的太阳总辐射和日照时数呈现减少的趋势, 尤其在东部发达地区, 减少幅度尤为明显, 对其减少原因也做了大量分析<sup>[14, 16-18]</sup>, 其中 Qian<sup>[16]</sup>通过分析推测认为, 除了气溶胶增加的作用外, 由于污染物的增加, 可能导致霾的增加, 它通过反射或吸收入射的太阳辐射, 从而造成到达地面的太阳总辐射减少。

由于收集到的霾资料仅有霾日, 所以我们仅从年和四季霾日的变化趋势宏观地探讨霾与太阳总辐射、日照的关系。考虑到太阳总辐射与日照时数近 50 年的变化趋势基本一致, 均呈现减少趋势<sup>[14, 16, 18]</sup>, 又由于太阳总辐射观测资料全国较少, 我们仅对各区域的日照时数变化趋势进行计算。表 2 为 1961-2005 年全国平均及各区域年和四季平均日照时数的变化趋势, 总体来讲全国平均及各区的年和四季的平均日照时数均呈现减少趋势, 除

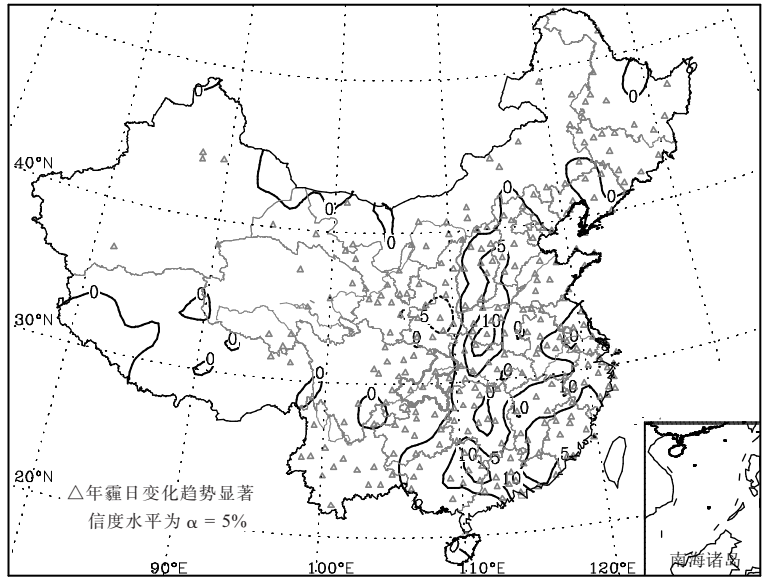


图 6 中国 1961-2005 年年霾日数变化趋势分布图 (d/10a)

Fig. 6 The trend of annual haze days in China during 1961-2005 (d/10a)

表 1 中国及各区域 1961–2005 年年及四季霾日变化趋势 ( $\pm d/10a$ )Tab. 1 The trends of annual and seasonal haze days over regions and whole country during 1961–2005 ( $\pm d/10a$ )

区域	中国	东北地区	华北地区	长江中下游地区	华南地区	西北东部	西北西部	青藏高原	西南地区
年	1.19	-0.18	1.56	4.43	4.34	-1.02	-0.06	-0.12	-0.65
春	0.10	-0.05	0.23 <sup>#</sup>	0.71	0.60	-0.40	-0.02	-0.08	-0.47
夏	0.17	-0.05 <sup>#</sup>	0.34	0.56	0.45	-0.11	-0.01	-0.02	0.00 <sup>#</sup>
秋	0.50	-0.02 <sup>#</sup>	0.61	1.55	1.60	-0.17	-0.01	-0.01	0.01 <sup>#</sup>
冬	0.44	-0.05	0.41 <sup>#</sup>	1.63	1.66	-0.34	-0.02 <sup>#</sup>	-0.01	-0.17

注: # 趋势不显著, 信度水平  $\alpha = 5\%$

表 2 中国及各区域 1961–2005 年年及四季平均日照时数变化趋势 ( $\pm h/10a$ )Tab. 2 The trends of annual and seasonal mean sunshine hours over regions and whole country during 1961–2005 ( $\pm h/10a$ )

区域	中国	东北地区	华北地区	长江中下游地区	华南地区	西北东部	西北西部	青藏高原	西南地区
年	-0.125	-0.095	-0.193	-0.201	-0.169	-0.026 <sup>#</sup>	-0.079	-0.044	-0.122
春	-0.086	-0.111	-0.114 <sup>#</sup>	-0.082 <sup>#</sup>	-0.175 <sup>#</sup>	0.028 <sup>#</sup>	-0.017 <sup>#</sup>	-0.044	-0.115
夏	-0.217	-0.132	-0.321	-0.432	-0.212	-0.083 <sup>#</sup>	-0.106	-0.073 <sup>#</sup>	-0.244
秋	-0.067	-0.07	-0.129	-0.085 <sup>#</sup>	-0.121 <sup>#</sup>	0.049 <sup>#</sup>	-0.058	-0.029 <sup>#</sup>	-0.051 <sup>#</sup>
冬	-0.128	-0.078	-0.221	-0.21	-0.152 <sup>#</sup>	-0.097	-0.144	-0.032	-0.057 <sup>#</sup>

注: # 趋势不显著, 信度水平  $\alpha = 5\%$

西北地区东部外, 年日照时数各区减少趋势显著, 华北地区、长江中下游、华南地区年平均日照时数减少幅度大, 有 0.17~0.20 h/10a。全国平均及东北地区的四季日照时数也均呈现显著减少趋势。

由表 1 和表 2 对比可见, 全国平均年和四季霾日的变化趋势与日照时数变化趋势相反, 华北、长江中下游、华南地区霾日变化趋势也与日照时数变化趋势相反, 霾出现的频次增加, 反映空气中物质颗粒的吸收或反射作用增加, 造成日照时数减小和地面入射太阳短波辐射减少。但东北地区、西北地区、西南地区、青藏高原霾日和日照时数变化趋势一致, 均呈现减少的趋势, 由于这些地区霾日发生频率少, 霾的变化对日照时数和太阳总辐射影响的作用总体不会太大。

## 4 讨论

(1) 中国年和四季霾日的空间分布特征均呈现东多西少的空间分布态势; 除东北地区、青藏高原、西北西部外, 全国其余大部分地区均呈冬季多, 夏季少, 春秋居中的特点。

(2) 1961–2005 年, 全国平均年霾日数呈现明显的增加趋势, 2004 年为近 45 年来最高值。在我国东部大部地区主要呈现增加趋势, 尤其常年霾日多的地区, 如长江中下游、珠江流域及河南西部等地, 霾日增加幅度大, 趋势显著, 造成霾日发生这种变化的原因一方面是人类活动导致大气污染物排放量的增加, 为霾的形成提供物质条件, 另一方面是天气气候条件的变化, 如: 风速、雨日的减小(少), 利于霾的发生。西部地区 and 东北大部地区则以减少趋势为主。

(3) 华北、长江中下游、华南地区, 霾日与日照时数变化趋势相反, 霾日的增加可能为太阳总辐射和日照时数减少的主要因素之一。东北地区、西北地区、西南地区、青藏高原霾日和日照时数变化均呈现减少趋势, 但由于这些地区霾日发生少, 其变化不会对日照时数和太阳总辐射变化造成很大的影响。关于这方面有待进一步的深入研究。

致谢: 感谢刘秋锋和欧廷海在资料收集和文献收集方面提供的帮助。

## 参考文献 (References)

- [1] China Meteorological Administration. Standard of the Surface Observation about Meteorology. Beijing: China Meteorological Press, 2003. 23. [中国气象局. 地面气象观测规范. 北京: 气象出版社, 2003. 23.]
- [2] Zhang Bao'an, Qian Gongwang. History and current condition of haze in China. *Environment and Sustainable Development*, 2007, (1): 56-58. [张保安, 钱公望. 中国灰霾历史渊源和现状分析. *环境与可持续发展*, 2007, (1): 56-58.]
- [3] Bai Zhipeng, Cai Binbin, Dong Haiyan et al. The effect of haze to health. *Environmental Pollution and Its Prevention and Control*, 2006, 28(3): 198-200. [白志鹏, 蔡斌彬, 董海燕 等. 灰霾的健康效应. *环境污染与防治*, 2006, 28(3): 198-200.]
- [4] Wu Dui. More discussions on the differences between haze and fog in city. *Guangdong Meteorology*, 2006, (1): 9-13. [吴兑. 再论相对湿度对区别都市霾与雾(轻雾)的意义. *广东气象*, 2006, (1): 9-13.]
- [5] Liu Aijun, Du Yaodong, Wang Huiying. Climatic characteristics of haze in Guangzhou. *Meteorological Monthly*, 2004, 30(12): 68-71. [刘爱君, 杜尧东, 王惠英. 广州灰霾天气的气候特征分析. *气象*, 2004, 30(12): 68-71.]
- [6] Tong Yaoqing, Qian Yan, Qian Ling et al. Analysis of the characteristics of hazy phenomena in Nanjing area. *China Environmental Science*, 2007, 27(5): 584-588. [童尧青, 银燕, 钱凌 等. 南京地区霾天气特征分析. *中国环境科学*, 2007, 27(5): 584-588.]
- [7] Liao Yufang, Wu Xianyun, Pan Zhixiang et al. Climatic characteristics of haze in Hunan Province during 1961-2006. *Advances in Climate Change Research*, 2007, 3(5): 260-265. [廖玉芳, 吴贤云, 潘志祥 等. 1961-2006 年湖南省霾现象的变化特征. *气候变化研究进展*, 2007, 3(5): 260-265.]
- [8] Hu Yutian. The analysis to the haze effect on atmospheric environment and prediction in Haikou area. *Journal of Guangxi Meteorology*, 2005, 26(suppl.1): 61-63. [胡玉天. 霾对海口地区大气环境影响的分析与预报. *广西气象*, 2005, 26(增刊 1): 61-63.]
- [9] Wu Dui, Bi Xueyan, Deng Xuejiao et al. Effect of atmospheric haze of the deterioration of visibility over the Pearl River Delta. *Acta Meteorologica Sinica*, 2006, 64(4): 510-518. [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. *气象学报*, 2006, 64(4): 510-518.]
- [10] Editorial Board of Climatological Atlas of the People's Republic of China. China Meteorological Administration. *Climatological Atlas of the People's Republic of China*. Beijing: China Meteorological Press, 2002. [《中华人民共和国气候图集》编委会. 中华人民共和国气候图集. 北京: 气象出版社, 2002.]
- [11] China Meteorological Administration. *Atlas of China Disastrous Weather and Climate (1961-2006)*. Beijing: China Meteorological Press, 2008. 1-81. [中国气象局. 中国灾害性天气气候图集 (1961-2006). 北京: 气象出版社, 2008, 1-81.]
- [12] Wu Dui, Deng Xuejiao, Bi Xueyan et al. Distinguishing of fog or haze and the operational criteria for observation forecasting and early warning of haze in urban areas of Guangdong, Hongkong and Macau. *Guangdong Meteorology*, 2007, 29(2): 5-10. [吴兑, 邓雪娇, 毕雪岩 等. 都市霾与雾的区分及粤港澳的灰霾天气观测预报预警标准. *广东气象*, 2007, 29(2): 5-10.]
- [13] Luo Yunfeng, Lu Daren, Zhou Xiuji et al. Characteristics of the spatial distribution and yearly variation of aerosol optical depth over China in last 30 years. *J. Geophys. Res.*, 2001, 106(D13): 14501-14513.
- [14] Ren Guoyu, Guo Jun, Xu Mingzhi. Climate changes of China's Mainland over the past half century. *Acta Meteorologica Sinica*, 2005, 63(6): 942-956. [任国玉, 郭军, 徐铭志 等. 近 50 年中国地面气候变化基本特征. *气象学报*, 2005, 63(6): 942-956.]
- [15] Wang Dajun, Chen Lie, Ding Yugu. The change trend in rainfall, wet days of China in recent 40 years and the correlation between the change trend and the change of globe temperature. *Journal of Tropical Meteorology*, 2006, 22(3): 283-280. [王大钧, 陈列, 丁裕国. 近 40 年来中国降水量、雨日变化趋势及与全球温度变化的关系. *热带气象学报*, 2006, 22(3): 283-280.]
- [16] Yun Qian, Dale P Kaiser, L Ruby Leung et al. More frequent cloud free sky and less surface solar radiation in China. *Geophysical Research Letters*, 2006, 33. L01812, doi: 10.1029/2005/GI024586.
- [17] Dale P Kaiser. Decreasing trends in sunshine duration over China for 1954-1998: Indication of increase haze pollution? *Geophysical Research Letters*, 2002, 29(21): 2042.
- [18] Li Xiaowen, Li Weiliang, Zhou Xiuji. Analysis of the solar radiation variation of China in recent 30 years. *Quarterly Journal of Applied Meteorology*, 1998, 9(1): 24-31. [李晓文, 李维亮, 周秀骥. 中国近 30 年太阳辐射状况研究. *应用气象学报*, 1998, 9(1): 24-31.]

## The Climatic Characteristics and Change of Haze Days over China during 1961–2005

GAO Ge

*(Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China)*

**Abstract:** In the context of haze days during the period 1961-2005 over China, the characteristics and changes of temporal and spatial distribution of haze days as well as possible reason and the relationship with the trend of global solar radiation and sunshine duration are analyzed. Result shows that the spatial pattern of annual and seasonal haze days presents more in eastern and less in western China. There are three regions with the number of haze days coinciding with the economically developed regions: the lower and middle reaches of the Yangtze River, North China and South China. Apart from Northeast China, the Qinghai-Tibet Plateau and western part of Northwest China with small annual variation and less in values, the annual variation of haze days is obvious in most of the other regions. The haze days are maximum in winter and the minimum in summer. In recent 45 years, the national mean annual haze days exhibited obvious increasing trends with the maximum in 2004. In most parts of eastern China, the number of haze days shows increasing trends, particularly in areas such as the middle and lower reaches of the Yangtze River, Pearl River Basin and west of Henan Province with obvious trends and the increments of haze days are great, where the increasing air pollution caused by human activities and climate change are the possible reasons. In western China and Northeast China, the trend is decreasing. In North China, the middle and lower reaches of the Yangtze River and South China, the trends of haze days and sunshine durations are opposite. The increasing haze days may be one of the reasons leading to the decrease of global solar radiations. In Northeast China, Northwest China, Southwest China and Tibet-Qinghai Plateau, the trends of haze days show slight decrease and are identical to the change of sunshine duration. But in these regions the haze seldom occurs and the change of it will not greatly affect the change of sunshine duration and global solar radiation.

**Key words:** China; haze; atmospheric pollution; sunshine duration; global solar radiation