

天津地区近 40 年日照时数变化特征及其影响因素

郭军

任国玉

(天津市气象局气候服务中心, 天津 300074)

(国家气候中心, 北京 100081)

摘要 对天津市西青、蓟县、塘沽 4 个站 1961~2003 年日照时数以及对日照有影响的云量、水汽压和地面能见度等资料的进行了统计分析。结果表明:天津地区日照时数呈明显的下降趋势,1961~2003 年 4 站气候变化率分别为每 10 年 -177.3、-165.2、-174.1、-145.6 h。与 60 年代相比,90 年代 4 站的年日照时数分别减少了 425.1、403.4、486.0、377.5 h,相当于市区每日的日照时数减少了 1.2 h、西青 1.1 h、蓟县 1.3 h、塘沽 1.0 h。40 年来云量和水汽压的变化不大,而地面能见度呈下降趋势。能见度下降可能主要是对流层大气气溶胶含量上升的结果,这是造成天津地区日照时数减少的主要原因。

关键词 天津地区 日照时数 能见度 气溶胶 气候变化

引言

近年来,环境与气候的变化受到越来越多的关注。已有不少工作通过分析地面能见度或太阳辐射等资料来揭示一些地区大气环境的变化^[1~5]。太阳辐射是地球上一切能量的主要来源,也是地表辐射平衡和热量平衡的主要组成部分,它的变化对大气热力状况、生物生长以及人类活动等都具有显著的影响。到达地表的太阳辐射与太阳常数、云量、大气中的水汽含量以及大气气溶胶含量等有密切的关系。太阳辐射变化的最直接反映是日照时数的变化。曾昭美等^[6]发现我国云与日照的关系比较复杂,日照与气温日较差有极好的线性关系,并认为云和日照是影响我国东南部温度变化的可能因子。李跃清^[7]认为青藏高原东侧的日照和云量的变化是春夏季气温变化的重要原因。由于日照受诸多要素的影响,不同地区日照的变化特征具有明显的差异。王华等^[8]分析了阿克苏的日照时数的变化,发现阿克苏的日照呈增多趋势。覃峥嵘^[9]分析了南宁日照时数减少的成因,找出了夏季日照时数的减少与降水量、废气排放总量的关系。Shaw Chen Liu 等人^[10]分析了台湾地区日照时数的变化特征,发现

20 世纪 60 年代开始,随着经济的飞速发展台湾地区的日照时数迅速下降,认为日照减少的主要原因是人类排放气溶胶的增加导致云量的增加。

本文通过对天津地区日照时数长期变化规律及其影响因素的分析,了解天津地区大气与气候的变化及其可能原因。

1 资料和方法

1.1 资料选取

天津市位于华北平原东北部,东临渤海北依燕山,具有独特的气候特性。本文选取 4 个气象观测站来代表不同的地理位置,天津市台位于城区、蓟县站位于北部山区、塘沽站位于东部沿海,西青站位于天津市的中南部平原地区。资料为 1961~2003 年各站日照时数、总云量、地面水汽压、地面能见度的年、月资料,多年平均值统一采用 1971~2000 年的 30 年平均值。考虑到清晨多雾,边界层多逆温及人类活动相对集中,本文选取每日 14:00 的地面能见度和总云量资料作分析。

1.2 计算方法

采用线性趋势分析来估算相关要素的气候变化趋势,表示为:

全国水资源综合规划研究专题“气候变化对中国水资源情势影响的综合分析”项目资助

作者简介:郭军,男,1966 年生,高级工程师,主要从事气候变化与短期气候预测研究,Email: tjqh2002@yahoo.com.cn

收稿日期:2005 年 3 月 13 日;定稿日期:2005 年 5 月 16 日

$$\hat{y}_i = a_0 + a_1 t_i$$

式中 \hat{y}_i 为 t_i 时刻的要素值 y_i 的趋势方程估计量, t_i 为时间序号。把一阶系数 a_1 乘以10称为该要素变化倾向率(或变化率),如果为日照时数,则单位为:h/10a。用最小二乘法可以求得 a_1 ,计算公式如下:

$$a_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i y_i) - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n t_i^2 - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n t_i)^2}$$

日照时数是呈上升趋势还是下降趋势取决于 a_1 的符号,即倾向值,正为上升,负为下降。趋势是否显著用 t_i 与 y_i 之间的相关系数来判定,超过0.05显著性水平则认为趋势显著。

2 日照时数变化特征

2.1 天津市日照时数的基本特征

天津市年日照时数是东南沿海最多,塘沽年日照时数为2731.9 h,市区最少,为2470.9 h。其分布特征是由东南向西北逐渐减少,市区为一低值中心(图1)。市区日照时数每年平均比近郊少135.7 h,比沿海少261.0 h。全年春季日照最多,约占全年总量的28%;夏季次之,约为27%;秋、冬季分别为24%和21%。表1给出代表站各月日照时数的平均值。可以看出,年内日照时数以5月最多,月日照时数在262~286 h;6月为次多,12月最少;12月与5月相比,少97~110 h。

表1 天津市各代表站月日照时数平均值

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
市区	172.1	171.3	200.7	227.3	262.9	249.6	215.9	220.8	218.1	206.4	168.0	157.8	2470.9
西青区	184.1	182.5	220.8	242.8	275.9	257.8	215.8	219.4	233.9	217.5	176.0	169.1	2595.5
蓟县	189.3	189.8	225.4	244.0	269.1	252.1	207.1	215.1	227.4	218.9	178.9	171.8	2588.9
塘沽区	193.2	192.0	233.1	257.7	286.5	271.9	232.8	236.3	241.2	225.6	185.8	176.0	2731.9

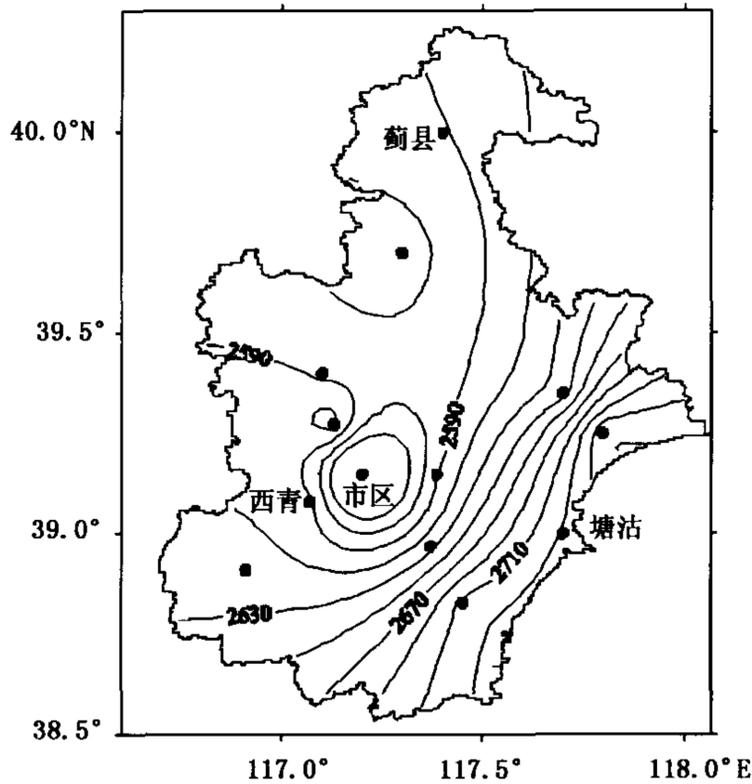


图1 天津地区1961~2000年年平均日照时数(h)分布

2.2 天津市日照时数的变化特征

通过对天津市区、蓟县、塘沽、西青的年、季日照时数线性趋势分析,发现天津地区日照时数呈稳定的下降趋势。表2是各年代年日照时数的平均值,图2给出了各站年日照时数的年际变化曲线。由图2可以看出:4站的年日照时数均呈显著下降趋势。4站的变化特征基本一致,20世纪60、70年代的日照时数均处于平均值以上,变化较平缓。80年代中期降到均值附近,而后转为均值以下,90年代以来下降幅度加大,转折点在80年代初期。

市区年日照时数减少速度最快,变化速率为每10年-177.3 h。60、70年代变化较小(图2a),仅减少了72.0 h;80年代下降速率略有增加,降到均值附近;90年代减幅较大,1991年以来仅有1年的日照时数大于均值,相对60年代下降了425.1 h,相当于每天减少1.2 h。

表2 天津市4站各年代际年日照时数的平均值

	市区	西青	蓟县	塘沽
1961-1970	2697.5 (226.6)	2852.4 (256.9)	2746.5 (169.9)	2903.1 (171.2)
1971-1980	2625.2 (154.3)	2728.7 (133.2)	2750.8 (174.2)	2879.8 (147.9)
1981-1990	2515.1 (44.2)	2608.7 (13.2)	2718.5 (141.9)	2790.1 (58.2)
1990-2000	2272.4 (-198.5)	2449.0 (-146.6)	2260.5 (-316.1)	2525.6 (-206.3)
30年平均	2470.9	2595.5	2576.6	2731.9

注:括号中数值为距平值。

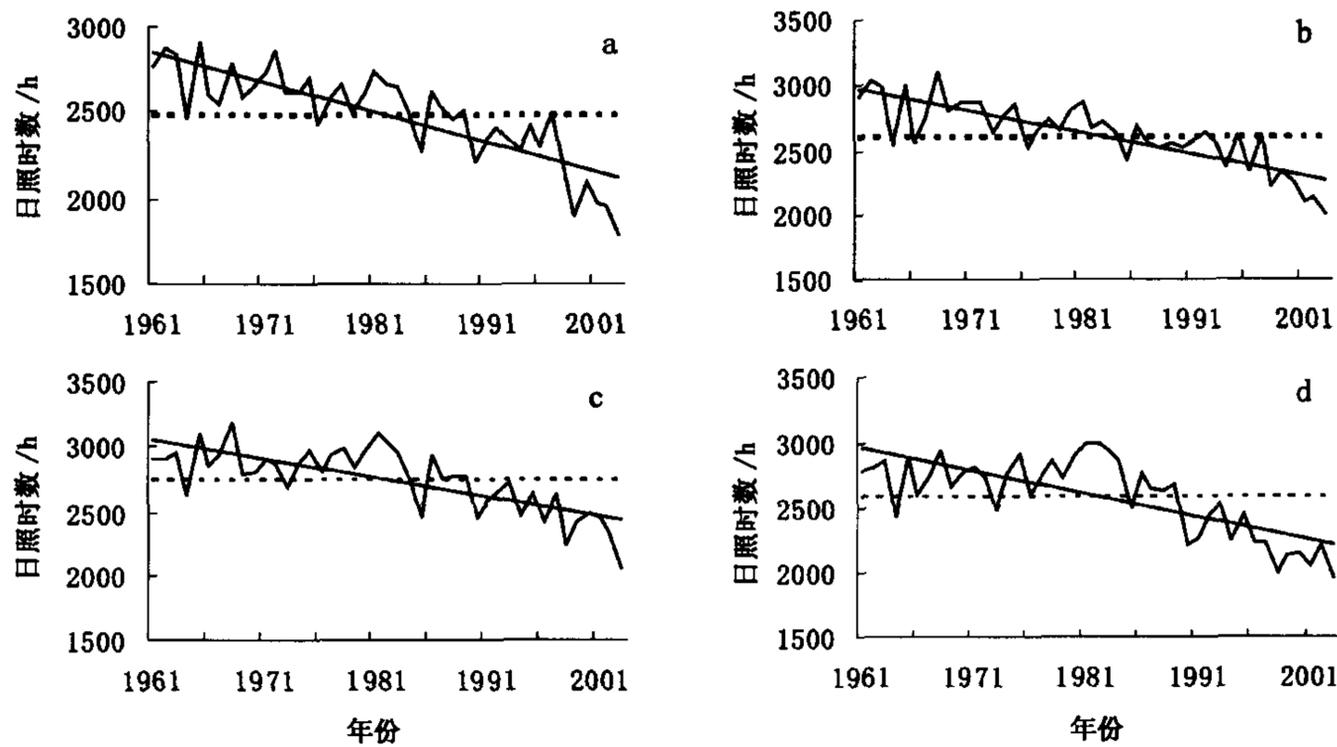


图 2 1961~2003 年天津市 4 个台站年日照时数变化曲线

(a. 市区, b. 西青, c. 塘沽, d. 蓟县; 曲线: 年日照时数, 实直线: 线性趋势; 虚直线: 30 年平均值)

近郊西青年日照时数变化率为每 10 年 -165.2 h。它的变化特征与市区略有不同, 从 1961~2003 年基本上以相同的速度减少(图 2b), 日照时数 70 年代比 60 年代减少了 123.7 h, 80 年代比 70 年代减少了 120.0 h, 90 年代下降幅度略大, 比 80 年代少了 159.7 h。40 年来共减少了 403.4 h, 相对 60 年代每天平均减少 1.1 h 日照时间。

沿海塘沽年日照时数减少最少, 变化率为每 10 年 -145.6 h。同市区一样, 60、70 年代变化很小(图 2c), 仅减少了 23.0 h; 减幅最大的仍然是 90 年代, 相对 60 年代下降了 377.5 h, 相当于每天减少 1.0 h。

蓟县年日照时数变化率为每 10 年 -174.1 h, 仅次于市区。其年代际变化与其他 3 站不同(图 2d), 60、70 年代变化平稳, 并略有升高, 80 年代初达

到历史最高值, 而后呈稳定下降趋势, 90 年代末达到最小值, 并有缓慢的上升。与 60 年代相比, 减少了 486.0 h, 相当于每天平均减少 1.3 h 的日照时间, 其减幅最大。

分别计算了各季日照时数的变化率和变化幅度(表 3), 发现各个季节日照时数的变化率存在明显的差异。天津地区四季日照时数都具有明显下降的特征, 夏季减少率最大, 其中市区以每 10 年 -59.1 h 的速率减少, 90 年代平均值仅为 629.5 h, 比 60 年代(785.6 h)减少了 20%; 塘沽的减少率最小, 为每 10 年 -40.3 h, 减幅为 15%。秋冬次之, 春季最小。从减少幅度上看, 蓟县、塘沽冬季日照时数的减少幅度在四季中最大, 而市区、西青夏季的减幅最大。不论是下降速率还是下降幅度的最小值均出现在日照时数最多的春季。

表 3 天津市 4 站各季日照时数变化率(h/10a)和相对变幅(%)

	春	夏	秋	冬	年
市区	-36.6(-10%)	-59.1(-20%)	-40.7(-16%)	-41.7(-18%)	-177.3
西青	-41.6(-12%)	-49.1(-17%)	-39.0(-14%)	-35.2(-15%)	-165.2
蓟县	-36.0(-13%)	-52.0(-21%)	-41.7(-18%)	-46.8(-22%)	-174.1
塘沽	-31.0(-8%)	-40.3(-15%)	-34.8(-13%)	-39.9(-17%)	-145.6

注: 括号中百分数是相对 60 年代的变化。

3 影响日照时数的主要气象要素

日照时数的变化与许多因子有关。云量是决定日照时数变化的最重要因子之一。大气透明度对日

照时数也具有很大的影响。大气透明度是表征大气对太阳辐射透明度的一个参数, 它受大气中的水汽含量以及大气气溶胶含量等因子影响^[11]。太阳常数、地球轨道参数和地质地貌的变化也可以对日照及太

阳辐射有影响,但在年代到世纪时间尺度上这些影响可以忽略。因此,对于本文所讨论的时期而言,影响日照时数最重要的因子是大气中云的变化,其次是水汽及气溶胶的影响。

对所选4站1961~2003年总云量的变化分析(图略)表明,40年来总云量的变化很小。90年代与60年代相比,天津市区的年平均总云量仅增加了0.1成,增幅约为2%。塘沽、蓟县、西青3个站却略有减少。四季平均总云量与年的变化相似,均无明显变化。日照时数不仅与白天各时刻的云量有关,还受云高度和形状的影响,因此仅凭14:00总云量的变化分析云量对日照时数的影响是不够的。但从14:00总云量的变化,至少可以推断云量的变化并非是造成天津地区日照时数显著减少的重要因子。

天津地区平均水汽压的变化趋势也不明显,市区1961~2003年年平均水汽压的变化率仅为每10年0.1 hPa,四季的变化也不明显,变化率最大的是夏季,为每10年0.2 hPa,最小的是秋季,变化率接近0。除了塘沽的水汽压略有下降外,西青、蓟县均呈较弱的增加趋势。显然,造成日照时数减少的因素也不是大气中水汽含量的变化。

我们分析了能见度的变化趋势,并与日照时数变化进行了比较。按气象能见度定义,

$$V_m = 3.912/\delta$$

式中 V_m 为能见度,以能见距离(km)表示; δ 表示人眼对可见光敏感波长 $0.55 \mu\text{m}$ 的大气消光系数,在近地面主要受大气气溶胶的控制。在其他因素不变的条件下,能见度与大气气溶胶质量密度成反相关。因此,能见度可以在很大程度上反映大气气溶胶含量^[12~14]。1980年以前国家一般气象站不观测能见度,因此本文采用1980~2003年的能见度资料进行分析。从上面的分析可以看出,20世纪60年代以来天津地区日照时数虽然呈显著下降特征,但60、70年代变化很小,日照时数的减少主要出现在80、90年代。因此,用这段时期的能见度资料进行比较分析,还是能够反映出与日照时数之间的关系。

从图3中各月14:00平均能见度的变化曲线可以看出,除了9月,各月日照时数和能见度的年内走势基本一致。一年中春季风大,影响大气清晰度的气溶胶颗粒不易在近地层滞留,因此能见度最大;夏季的风速比春季小,但雨水增多,有清洁大气的作用,所以夏季能见度仅次于春季;秋季风速逐渐减小,雨水

逐渐减少,晚秋又开始取暖,气溶胶颗粒增多,能见度较夏季变差;冬季气温较低,低空逆温频繁发生,取暖期的烟尘增加,故能见度最差^[15]。能见度的季节差异与日照时数基本一致,说明能见度是影响日照时数的主要因子。

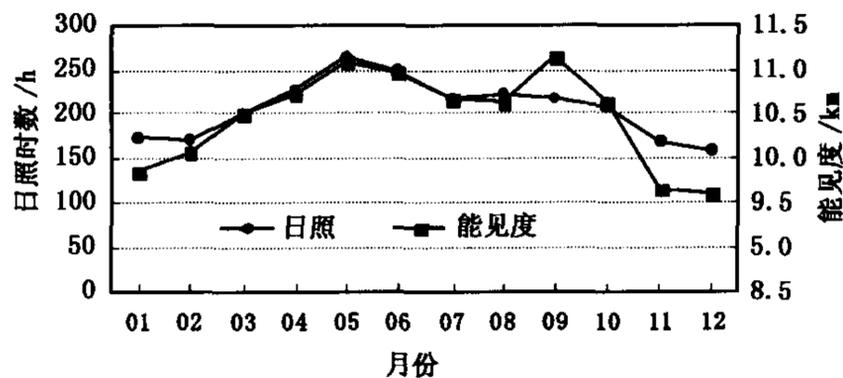


图3 天津市逐月平均日照时数和能见度变化曲线

图4给出了1980~2003年各站逐年能见度的变化曲线,并计算了1980~2003年间各站年、季能见度变化率(表4)。可以看出,市区能见度最差,塘沽和西青略好,蓟县的能见度最好。市区、西青、塘沽、蓟县多年平均地面能见度分别为10.4、16.9、16.8、17.8 km。近24年来天津地区年平均能见度都呈明显的下降趋势。下降速率最大的是塘沽,其变化率为每10年-2.5 km;最小的是市区,为每10年-1.3 km。20世纪80年代,西青、塘沽和蓟县3站地面能见度均在18 km以上,市区也在10 km左右。到了90年代,塘沽、西青能见度下降非常迅速,分别下降了3.3 km和2.5 km,下降幅度分别为17.4%和13.6%;能见度最差的市区下降了1.7 km,降幅为15.2%;能见度最好的蓟县下降了2.0 km,降幅为10.3%。

能见度的变化也具有明显的季节差异。市区四季能见度变化比较均匀,除冬季变化率略小外,春、夏、秋三季以每10年1.3~1.5 km的速率下降。西

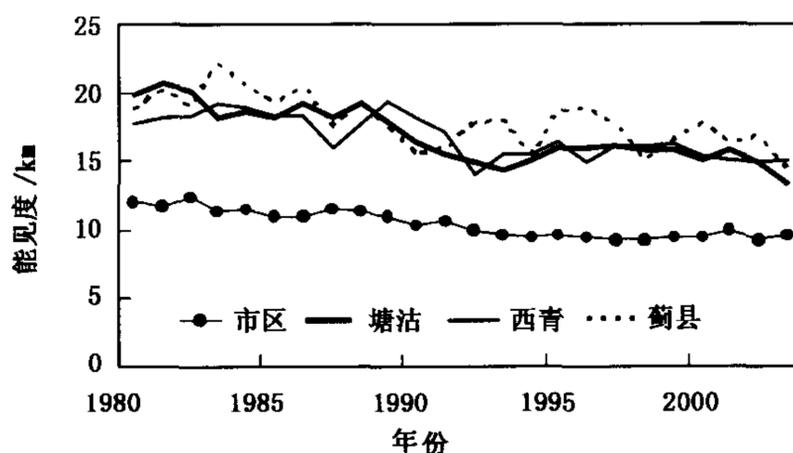


图4 1980~2003年天津市4个台站14:00平均能见度变化曲线

表4 1980~2003年天津地区年、季14:00
平均能见度的变化率 km/10a

	市区	西青	蓟县	塘沽
年	-1.3	-1.7	-1.9	-2.5
春	-1.5	-0.9	-1.7	-2.6
夏	-1.5	-1.6	-2.7	-3.6
秋	-1.3	-3.0	-2.2	-2.0
冬	-0.9	-1.5	-1.3	-1.7

西青以秋季的能见度下降最快,其变化率为每10年-3.0 km;夏、冬季次之;春季下降率最小,仅为秋季的1/3。塘沽夏季能见度下降率最快,变化率达每10年-3.6 km;其次是春季;冬季最小。蓟县变化率最大也在夏季,为每10年-2.7 km;次大值出现在秋季;冬季最小。

为了进一步了解能见度与日照时数之间的联系,计算了1980~2003年期间各站年日照时数与14:00能见度的相关系数,同时也给出各个站逐年能见度与日照时数关系点聚图(图5)。可以看出,天津地区的日照与能见度具有密切的关系,塘沽、蓟县站二者之间的相关系数高达0.81,市区为0.72,西青为0.59,均通过了0.001的显著性检验。能见度与日照时数之间的高相关表明,天津地区日照时数的减少可能主要由地面能见度下降引起。

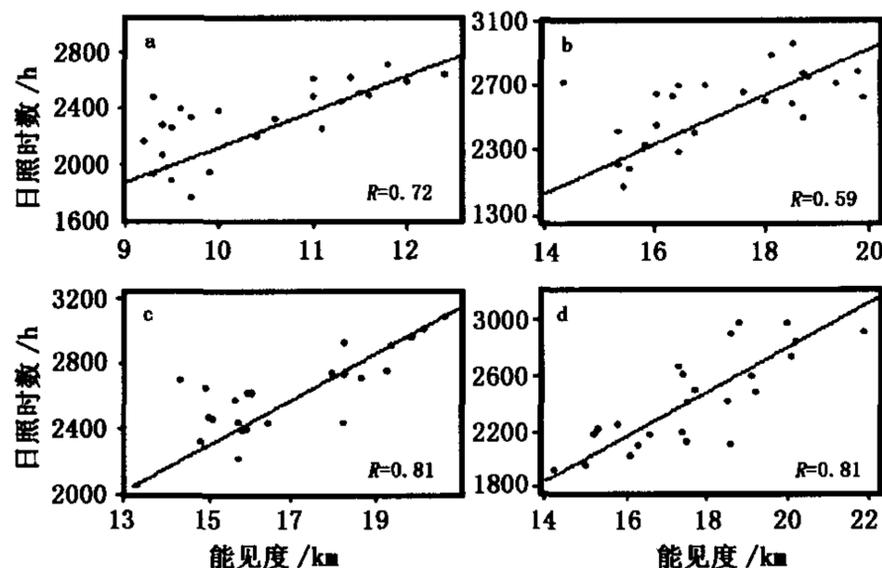


图5 1980~2003年天津市4个台站年日照时数
与能见度关系点聚图
(a. 市区, b. 西青, c. 塘沽, d. 蓟县)

4 结论

通过对天津地区1961~2003年日照时数时空变化特征及其影响因子的分析,可以得到以下几点认

识:

(1)天津地区年日照时数从东南沿海向西北逐渐减少,但位于中部的市区日照时数最少。从年内变化来看,5月份日照时数最多,比最少的12月要多出大约100.0 h。近40年来,天津地区的日照时数呈明显下降趋势,特别是从80年代初期开始,日照时数下降迅速。与60年代相比,90年代各站日照时数年平均下降值下降了370.0 h以上,其中市区减少了425.1 h,西青、塘沽、蓟县分别减少了403.4 h、377.5 h、486.0 h。这相当于市区每日的日照时数减少了1.2 h、西青1.1 h、塘沽1.0 h、蓟县1.3 h。分析发现,同期4站14:00总云量和地面水汽压的变化很小。

(2)天津地区1980~2003年14:00地面能见度呈显著下降趋势。80年代,西青、塘沽和蓟县3站地面能见度均在18.0 km以上,市区在10.0 km左右。到了90年代,塘沽、西青能见度下降最多,平均下降了3.3 km、2.5 km,下降幅度为17.4%和13.6%;平均能见度最差的市区下降了1.7 km,降幅为15.2%;能见度最好的蓟县下降了2.0 km,降幅为10.3%。上述4站日照时数与地面能见度之间呈显著正相关系数,二者长期变化趋势也基本一致。因此,造成日照时数明显减少的主要因素不是云量和大气中的水汽含量,而是同期地面能见度的显著下降。

(3)地面能见度的变化主要是受对流层大气气溶胶状况的影响。地面能见度的明显减少说明大气气溶胶颗粒浓度增多了。太阳直接辐射经过大气层时,因大气气溶胶对太阳直接辐射产生的吸收和散射作用,使大气的透射率减小,削弱了到达地面的太阳直接辐射。目前,我国气象台站日照时数观测主要是使用康培尔·斯托克日照仪。这种仪器是靠太阳光照到筒内涂有感光剂的感光纸上的感光迹线来计时,因此,大气气溶胶引起的太阳直接辐射的减弱使得记录到的日照时数减少。

参考文献

- [1] Zhang Yunlin, Analysis of solar radiation variations over Nanjing region in recent 40 years [J]. Journal of Geographical Sciences, 2003, 13(1): 97-104.
- [2] 李天富. 海南岛气象辐射的年变化特点[J]. 气象, 2002, 28(11): 45-47.
- [3] 赵习芳, 徐晓峰, 王淑英, 等. 北京地区能见度区域分析初探[J]. 气象, 2002, 28(11): 55-58.
- [4] 苏维瀚, 沈济, 张秋彭, 等. 天津地区大气污染对能见度的影响

- [J]. 环境化学, 1983, 2(2): 15 - 21.
- [5] 章澄昌. 南京地区气象能见度变化趋势和特征分析[J]. 北京气象学院学报, 1995, (1): 84 - 88.
- [6] 曾昭美, 严中伟, 章名立. 近 40 年我国云、日照、温度及日较差的统计[J]. 科学通报, 1993, 38(5): 440 - 443.
- [7] 李跃清. 近 40 年青藏高原东侧地区云、日照、温度及日较差的分析[J]. 高原气象, 2002, 21(3): 327 - 332.
- [8] 王华, 牛清明. 阿克苏市日照时数的突变检测分析[J]. 新疆气象, 2002, 25(3): 14 - 15.
- [9] 覃峥嵘. 南宁日照时数减少的气候特征及成因分析[J]. 广西气象, 1999, 20(2): 38 - 40.
- [10] Shaw Chen Liu, Chung Ho Wang, Chein Jung Shiu, et al. Reduction in sunshine duration over Taiwan: causes and implications [J]. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 2002, 13(4): 523 - 545.
- [11] 徐祥德, 汤绪. 城市化环境气象学引论[J]. 北京: 气象出版社, 2002.
- [12] 章澄昌, 周文贤. 大气气溶胶教程[M]. 北京: 气象出版社, 1995.
- [13] 王淑英, 张小玲, 徐晓峰. 北京地区大气能见度变化规律及影响因子统计分析[J]. 气象科技, 2002(2): 109 - 114.
- [14] 于凤莲, 刘东贤, 胡英. 有关气溶胶细粒子对城市能见度影响的研究[J]. 气象科技, 2002(6): 379 - 383.
- [15] 天津市气候服务中心. 天津城市气候[M]. 北京: 气象出版社, 1999.

Variation Characteristics of Sunshine Duration in Tianjin in Recent 40 Years and Influential Factors

Guo Jun¹ Ren Guoyu²

(1 Tianjin Municipal Climate Service Center, Tianjin 300074; 2 National Climate Center, Beijing 100081)

Abstract: The yearly averaged sunshine duration, cloud cover, surface vapor pressure and visibility from four meteorological stations (the urban area, Xiqing, Jixian and Tanggu) in Tianjin are analyzed. The results show that the sunshine duration decreased significantly for the past 40 years at the four stations; the variation rates of the annual sunshine duration are -177.3, -165.2, -174.1 and -145.6 hours per ten years, respectively; compared to the 1960s, the mean annual sunshine durations decreased by 425.1, 403.4, 486.0, and 377.5 hours in the 1990s, which is equivalent to a decrease of 1.2, 1.1, 1.3, and 1.0 hours in daily sunshine duration for the four stations; there is no long-term variation trend in cloud cover and surface vapor pressure for the four stations, but surface visibility witnessed a tremendous drop in the analyzed period. It indicates that the principal cause for the sunshine duration variation is the decrease of surface visibility resulted from the increase of atmospheric aerosol concentration due to the rapid development of the local industries and economy.

Key words: Tianjin, sunshine duration, surface visibility, aerosol, climate change