

河南日照变化特征及成因分析

贾金明 吴建河 徐巧真 张明捷 毛桂萍 李汉浸 刘平 王春玲

(河南省濮阳市气象局, 濮阳 457000)

摘要 利用线性分析方法, 根据河南 31 个站 1954~2005 年的日照资料分析了河南省及濮阳市的日照变化特征。结果表明, 河南省年日照时数呈减少趋势, 平均减少每 10 年 74.2 h, 东部平原地区年日照时数的递减幅度明显大于西部山区年日照时数的递减幅度。濮阳市年日照时数的递减幅度为每 10 年 135 h, 冬季与夏季日照的递减幅度大于春季和秋季日照递减幅度, 日照时数减少时段主要发生在日出后和日落前太阳高度角较低的两段时间内。造成日照减少的气候原因主要是空气污染逐年加重, 加之风速逐年减小, 利于大气气溶胶在低空积聚, 空气湿度增大, 轻雾日数增多, 造成大气透明度降低。非气候因素的影响主要是观测场周围障碍物高度角逐年增高, 遮挡了部分阳光, 使记录到的日照时数减少, 气候因素对日照的影响大于非气候因素的影响。

关键词 日照时数 线性分析 变化趋势 成因

引言

日照是重要的气候因子, 也是供人类开发利用的可再生能源, 更是农作物生长发育不可缺少的条件。研究日照变化趋势, 了解其变化的气候背景, 不但对农业结构调整、合理布局农业生产有着十分重要的作用, 同时还可以为太阳能的开发利用提供科学依据。

有关研究表明, 近 50 年来我国日照时数呈明显减少趋势, 其递减幅度具有东部大于西部、平原大于山区的特点, 日照时间变化还存在明显季节性差异, 冬、夏两季递减幅度大于春、秋两季^[1]。这些研究所用的时间尺度多为年和季, 对逐时日照变化情况研究较少。本文在对年、月时间尺度下日照时数变化特征分析的基础上, 重点对逐时日照变化情况进行探讨, 并对其成因作初步分析。

1 资料与方法

各地(市)日照资料来自河南省气候中心, 选取代表性较好、资料年代较长而完整的 31 个站点, 分别计算出各站点的年日照时数, 用 31 个站点年日照时数的算术平均值建立河南省年平均日照时数序

列, 其余资料来自当地气象部门。资料年代为 1954~2005 年。

在计算日照变化倾向率 a 时, 采用线性方法, 即:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}$$

式中, t 为时间, y 为气候要素值, i 为时间序号, n 为样本长度(单位: a), 此文中 $n = 51$ $a^{[2]}$ 。

2 日照变化特征

2.1 年日照时数变化特征

由表 1 和图 1 可知, 河南省年日照时数呈减少趋势, 平均每 10 年减少 74.2 h。2000 年以来年日照时数已减少到 2000 h 左右, 尤其是 2003 年, 年日照时数只有 1600 h, 为近 50 年日照时数的最低值。31 个站点中有 29 个呈递减趋势, 其减幅为每 10 年 13~194.5 h。经检验, 有 17 个站点年日照时数与年序之间的相关系数 $R^2 \geq 0.294$, 递减信度通过 $\alpha = 0.05$ 检验, 其中 13 个站点 $R^2 \geq 0.38$, 递减信度通过 $\alpha = 0.01$ 检验。 R^2 值较大的站点多分布在平原地区, R^2 值较小的站点多分布在西部山区。31 个

代表站中,只有栾川、汝州 2 个站点的年日照时数呈微增趋势,其增幅为每 10 年 21~27 h,增加趋势不明显。就河南省年日照时数的空间变化情况而言,年日照时数的递减幅度,东部平原地区明显大于西部山区,这与文献[1]的研究结果一致。

濮阳市地处华北平原南部,位于黄河北岸,东与山东省相邻,北与河北省接壤,这里是日照时数减少趋势较大的地区之一。濮阳年日照时数以平均每 10 年 135 h 的幅度递减,比全省年日照时数平均递减率每 10 年 74.2 h 大近 1 倍。20 世纪 60 年代这

里的年平均日照时数为 2622 h,比全省年平均日照时数 2257 h 多 365 h。90 年代这里的年平均日照时数已减少到 2000 h,比全省同期日照时数少 83 h。濮阳的日照时数递减幅度虽大于全省平均值,但二者年际间变化趋势仍基本相同,年日照时数变化曲线中峰、谷值对应性较好,其相关系数为 0.7310,达极显著相关水平。这说明,全省常受同一天气系统影响,日照变化趋势基本相同。为统计和分析方便,以濮阳为例对月、日、时尺度下的日照变化趋势作进一步分析。

表 1 各站点年日照时数变化趋势及相关系数

	安阳	郑州	信阳	林州	濮阳	封丘	新乡	沁阳	三门峡	卢氏	孟津	伊川	栾川	巩义	许昌	汝州
a	-176.6	-143.5	-105.8	-122.2	-135.0	-97.7	-84.1	-135.8	-74.7	-10.4	-28.6	-92.0	21.3	-150.3	-78.8	27.5
R^2	0.557	0.549	0.456	0.449	0.599	0.417	0.333	0.502	0.236	0.003	0.034	0.244	0.027	0.636	0.240	0.037
	襄城	杞县	商丘	永城	太康	西华	沈丘	内乡	南阳	方城	西平	驻马店	正阳	潢川	固始	全省
a	-104.7	-82.8	-194.5	-100.1	-171.9	-113.3	-54.4	-42.2	-114.7	-67.9	-13.0	-118.7	-67.1	-70.6	-71.6	-74.2
R^2	0.270	0.369	0.616	0.343	0.662	0.472	0.136	0.119	0.450	0.223	0.009	0.497	0.276	0.230	0.312	0.267

注: a 为日照时数倾向率(h/10a), R 为相关系数,下同。

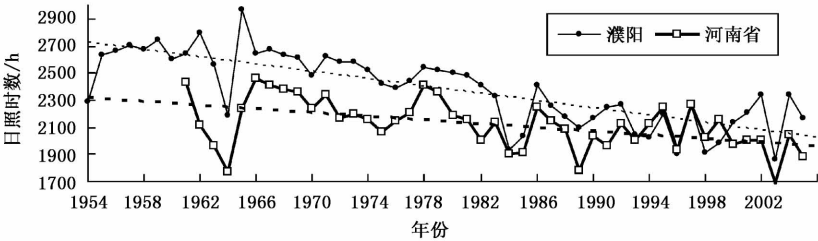


图 1 濮阳市与河南省年日照时数曲线

2.2 月日照时数变化特征

分析表 2 和图 2 可知,各月日照时数均为递减趋势,7 月减幅最大,平均递减幅度为每 10 年 19.9 h,2 月、3 月、4 月和 11 月减幅较小,平均递减幅度为每 10 年 4.1~9.6 h,其余月份平均减幅为每 10 年 11.5~15.0 h。

各月日照相对递减率以 6 月、7 月、8 月和 12

月、1 月、2 月较大,相对递减率在 0.32%~0.45% 之间,其余月份相对递减率较小,3 月、4 月相对递减率只有 0.11% 和 0.15%,为各月最小值。递减幅度大的月份 R^2 值也大,尤其是 6、7 月份的 R^2 值,分别达到 0.35 和 0.45,通过显著性水平 $\alpha = 0.01$ 的检验。由以上分析可知,日照减少季节主要发生在夏季和冬季,秋季、春季日照递减不显著。

表 2 濮阳各月日照时数年变化趋势(h/10a)及相关系数

	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
a	-1.35	-0.96	-0.55	-0.41	-1.15	-1.50	-1.99	-1.35	-1.08	-1.18	-0.85	-1.24
a'	-0.44	-0.32	-0.15	-0.11	-0.27	-0.35	-0.45	-0.32	-0.29	-0.34	-0.28	-0.41
R^2	0.20	0.14	0.05	0.03	0.16	0.35*	0.45*	0.21	0.16	0.11	0.11	0.19

注: a' 为日照相对递减率(日照时数倾向率与可照时数的百分比)。

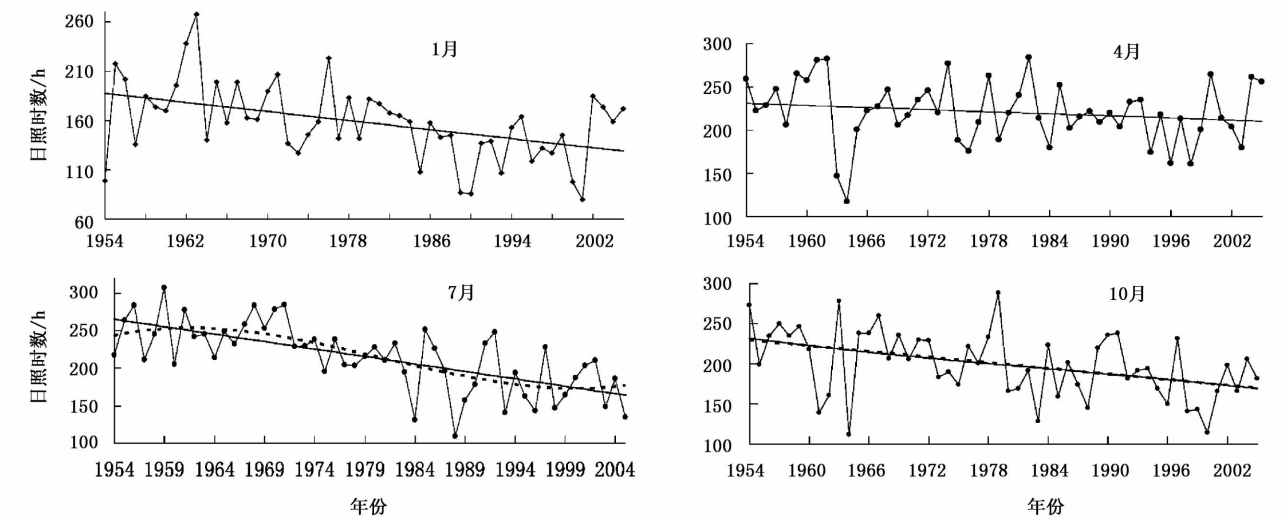


图 2 濮阳市逐年各季代表月日照时数曲线

2.3 逐时日照时数日变化特征

表 3 中显示,逐时日照时数日变化趋势皆为减少趋势,递减幅度最大的是 07:00~08:00,递减幅度为每 10 年 21.13 h, R^2 为 0.774,日照减少趋势极显著。12:00~13:00 减幅最小,趋递幅度为每 10 年 2.31 h, R^2 为 0.051,日照减少趋势不显著。按照时间顺序,将日出到日落时间划分为上午(06:00~09:00)、中午(10:00~15:00)、下午(16:00~19:00) 3 个时段。分析其变化趋势:3 个时段的日

照时数皆为递减趋势,其递减幅度分别为每 10 年 65.08 h、23.75 h 和 48.31 h。日照递减幅度具有上午大于下午,中午递减幅度最小的特点(图 3),从图 3 中还可以看出,上、中、下午日照时数的变化趋势具有较好的同步性,特别是上午和下午的日照时数,在 20 世纪 80 年代以前,二者不但变化趋势一致,其量值也很接近,但 80 年代中期以后,上午日照时数递减加快,下午的日照时数明显多于上午的日照时数。

表 3 濮阳逐时日照时数日变化趋势及相关系数

	06:00~07:00	07:00~08:00	08:00~09:00	09:00~10:00	10:00~11:00	11:00~12:00	12:00~13:00	13:00~14:00	14:00~15:00	15:00~16:00	16:00~17:00	17:00~18:00
a	-20.71	-21.13	-12.51	-7.00	-4.59	-3.58	-2.31	-2.35	-2.84	-7.25	-15.49	-14.54
R^2	0.850	0.774	0.522	0.317	0.164	0.104	0.051	0.056	0.073	0.444	0.608	0.709

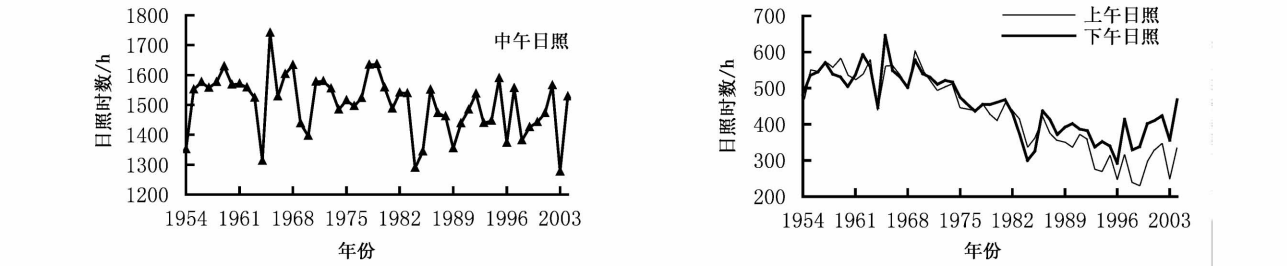


图 3 中午、上午和下午日照时数曲线(上午:06:00~09:00,中午:10:00~15:00,下午:16:00~19:00)

将表 3 中数据绘制成图 4 和图 5,可以看出,逐时日照相关系数曲线和逐时日照时数年变率曲线尤如一对反对称的抛物线。较为规律的变化曲线表明,逐时日照变化趋势具有连续性渐变特点,即日出

后 1 h 内日照时数维持较大递减幅度,此后逐渐减小,中午前后日照稳定少变,午后日照递减幅度逐渐增大,到日落前 1 h 内日照时数再次出现较大递减幅度。与此相对应的相关系数变化规律是由大逐渐

3 影响因素分析

3.1 气象因子对日照时数的影响

表 5 为日照时数与气象因子的相关系数。对日照变化影响最大的气象因子有平均风速、轻雾日数和相对湿度。平均风速与上午、下午及年日照时数的相关系数为 0.773~0.8711,其信度通过 $\alpha=0.001$ 检验。这说明,由于风速逐年减小,水汽和空气中的污染物不易扩散,使近地层气溶胶浓度增大,空气透明度下降,特别是日出后和日落前,太阳高度角较低,太阳光线穿过大气的距离较长,太阳光线衰减严重,到达地面的太阳光线不足以使日照记录纸感光,是造成上、下午日照时数严重减少的主要原因。中午太阳光线较强,轻雾已不影响日照纸感光,日照时数不因轻雾影响而减少,因此轻雾与中午日照时数无明显相关关系。同样道理,当地 3、4 月平均风速相对较大,6 月、7 月、8 月和 12 月、1 月、2 月风速相对较小,与之相对应的是,风速较大的月份日照时数递减不明显,风速较小的月份日照时数递减显著。

表 5 日照时数与影响因子的相关系数			
	年平均风速	年轻雾日数	年平均相对湿度
上午日照时数	0.8711 * *	-0.6426 * *	-0.4897 *
中午日照时数	0.4479 *	-0.1152	-0.4767 *
下午日照时数	0.8049 * *	-0.2956	-0.2783
年日照时数	0.7773 * *	-0.4106 *	-0.4890 *

注: * * 表示相关极显著, * 表示相关显著。

3.2 地物影响

气象观测站一般都建在城镇边缘地带,建站初期,观测环境都能满足地面气象观测规范的要求,观

测场边缘离孤立障碍物的距离应大于该障碍物高度的 3 倍,即障碍物高度角应小于 20°(与日照计障碍物高度角约小于 10°)。自 20 世纪 80 年代中期以来,城镇建设规模逐渐扩大,观测场周围建筑物越来越多,障碍物高度角越来越高,日照计能记录到的日出时间越来越晚,记录到的日落时间越来越早。据 2003 年测定,观测场东方,方位角为 45°~135°,障碍物到日照计的平均高度角为 14°。观测场西方,方位角为 225°~315°,障碍物到日照计的高度角为 12°,而建站初期障碍物到日照计的高度角均低于 10°。据计算,早上太阳从 10°高度角升到 14°高度角时,平均约需要 23.2 min,下午太阳从 12°高度角落到 10°高度角时,平均需要 11.6 min,二者相加,平均每天被遮挡的早、晚天文可照时数达 34.8 min,这两段时间的日照百分率按 30% 计算,每天被遮挡的日照时数约为 10.4 min,年累计日照时数减少 63.3 h。约占 20 世纪 60 年代与 90 年代年平均日照时数差值 622 h 的 10.2%。

因观测记录失去代表性,观测站被迫搬迁,2004 年启用新址。表 6 为迁站前后 2003 年和 2004 年各月晴天无轻雾日,记录到的日出最早时间和日落最晚时间,由于障碍物的遮挡,迁站前,记录到的日照最早时间明显推后,日照最晚时间明显提前。比较 2003 年与 2004 年的日照记录,平均每天日照最早时间推后 15.7 min,日照最晚时间提前 14.6 min,每天被遮挡的天文可照时数为 30.1 min,可使年日照时数减少 54.9 h,这与用障碍物高度角计算的结果基本一致。这是造成观测记录中日照时数减少的非气候原因,同时也证明,障碍物造成日照时数减少的量值,约占日照时数减少总量的 10% 左右,远小于气候因素对日照的影响。

表 6 迁站前后各月晴天无轻雾日日照开始最早、结束最晚时间统计

	1 月		2 月		3 月		4 月		5 月		6 月	
	最晚	最早	最晚	最早	最晚	最早	最晚	最早	最晚	最早	最晚	最早
2003 年	07:42	16:25	07:20	16:34	07:16	17:03	06:30	17:54	06:29	18:22	06:29	18:01
2004 年	07:39	16:40	07:07	16:57	07:05	17:38	05:53	18:07	05:50	18:52	05:59	18:15
差值/min	-3	+15	-13	+23	-11	+35	-37	+13	-41	+30	-30	+4
	7 月		8 月		9 月		10 月		11 月		12 月	
	最晚	最早	最晚	最早	最晚	最早	最晚	最早	最晚	最早	最晚	最早
2003 年	06:09	18:50	06:38	18:06	06:45	17:43	06:54	17:30	07:33	16:44	07:47	16:30
2004 年	06:02	19:05	06:28	18:20	06:24	17:45	06:47	17:31	07:28	17:04	07:44	16:33
差值/min	-7	+15	-10	+14	-21	+2	-7	+1	-5	+20	-3	+3

注:表中“+”为提前,“-”为推迟。

4 结论

(1)河南省年日照时数为逐年减少趋势,东部平原地区日照时数递减幅度明显大于西部山区日照时数递减幅度。

(2)各月日照变化趋势具有明显差别,冬季和夏季日照减少趋势显著,春季和秋季日照时数减少趋势不显著。

(3)逐时日照时数除 3 月的 11:00~15:00 和 4 月的 09:00~15:00,日照变化趋势倾向率呈微增趋势外,其余时间日照时数均为减少趋势。

(4)日照时数减少时段主要发生在日出后和日落前太阳高度角较低的两段时间内,且上午日照减少幅度大于下午日照减少幅度,中午前后日照减少

趋势不明显。

(5)引起日照时数减少的原因,有气候因素影响也有非气候因素影响。气候因素主要是大气污染逐年加重,气溶胶浓度增加,空气湿度增大,轻雾日数增多,造成大气透明度降低,使日照减少。非气候因素主要是,观测场周围障碍物高度角逐年增高,遮挡了部分阳光,使记录到的日照时数减少。气候因素的影响远大于非气候因素的影响。

参考文献

- [1] 任国玉,郭军,徐铭志,等.近 50 年中国地面气候变化基本特征[J].气象学报,2005,63(6): 942-952.
- [2] 谭友邦,谢利娟.内江市近 40 年日照变化的统计特征[J].气象 1996,22(10):27-30.

Features of Sunshine Duration Variation and Its Cause Analysis

Jia Jinming Wu Jianhe Xu Qiaozhen Zhang Mingjie

Mao Guiping Li Hanjin Liu Ping Wang Chunling

(Puyang Meteorological Bureau, Henan Province, Puyang 457000)

Abstract: The features of sunshine duration variation in Henan Province and Puyang are analyzed with the linear analysis method by means of the data of 1994 to 2005 from 32 stations. The results indicate that sunshine duration in Henan Province decreased with a tendency of 74.2 hours per ten years, and the decreasing amplitude over the eastern plain areas was obviously greater than those in the western mountainous areas. At Puyang, the sunshine duration decreased by 135 hours per 10 years, with a bigger decreasing amplitude in winter and summer than in spring and autumn. The decrease occurred mostly after sunrise and before sunset when the solar altitude angle was relatively low. The meteorological causes include the more and more serious air pollution on an annual basis and the wind velocity decrease, which are favorable for the accumulation of the atmospheric aerosols in the atmosphere at low altitudes and the increase of air humidity and light fog days, resulting in the decrease of atmospheric transparency. The main non-meteorological factor is that the altitude angle of the obstructions around the observation station is getting higher on an annual basis, which results in the partly sheltering of sunshine. The influence of meteorological factors surpasses that of non-meteorological factors.

Key words: sunshine duration, linear analysis, variation tendency, cause