

曹琦萍,王传辉,周建平,等. 2014. 江淮流域夏半年日照时数气候特征及趋势分析. 气象, 40(5):549-554.

江淮流域夏半年日照时数气候特征及趋势分析^{*1}

曹琦萍^{1,2} 王传辉² 周建平² 罗 艳²

1 南京大学大气科学学院, 南京 210093

2 安徽省公共气象服务中心, 合肥 230061

提 要: 基于江淮流域逐月日照时数观测资料, 利用旋转正交函数(EOF)、线性趋势分析、Mann-Kendall 突变检验以及 Morlet 小波分析等方法, 对江淮流域夏半年(5—10月)日照时数进行了统计分析, 结果表明: 江淮流域夏半年日照时数普遍在 1000~1200 h 之间, 呈现由南向北递增的空间分布特点, 但受地形等因素影响又存在区域性差异。同时发现其标准差与平均日照时数呈现并不一致的分布规律。进一步将江淮流域日照时数分为 4 个区, 分别为北部区 I、东北区 II、西南区 III 和东南区 IV, 每个区都表现出显著的下降趋势, 但在线性趋势、突变时段以及周期特征上, 各个区域又存在显著的差异。

关键词: 江淮流域, 夏半年, 日照时数, 气候特征, 变化趋势

中图分类号: P461, P468

文献标志码: A

doi: 10.7519/j.issn.1000-0526.2014.05.004

Climate Characteristics and Trend Analysis of Sunshine Hours in Summer Half Year over the Yangtze-Huaihe Basin

CAO Qiping^{1,2} WANG Chuanhui² ZHOU Jianping² LUO Yan²

1 School of Atmospheric Science, Nanjing University, Nanjing 210093

2 Anhui Public Weather Service Center, Hefei 230061

Abstract: Based on the monthly observational data of sunshine hours, using Rotated Empirical Orthogonal Function (EOF), linear trend analysis, Mann-Kendall mutation test and Morlet wavelet analysis, the climate characteristics and trend of sunshine hours over the Yangtze-Huaihe Basin in summer half year (May to October) were statistically analyzed. Results show that sunshine hours over this area in summer half year were 1000 to 1200 h overall, increasing from the south to the north of spatial distribution characteristics. However, regional differences existed for the factors of topography. The standard deviation and average sunshine hours do not present the same distribution. The sunshine hours in Yangtze-Huaihe Basin are divided into four areas furthermore, north area respectively I, northeast area II, southwest area III, southeast area IV, sunshine hours of each area declined significantly, but remarkable differences exist in linear trend, mutation, time and variation period.

Key words: Yangtze-Huaihe Basin, summer half year, sunshine hours, climate characteristic, change trend

引 言

江淮流域地处东亚副热带地区, 夏半年(5—10月)主要受东亚夏季风控制, 不仅是中国的主要粮食

产区, 也是中国经济较为发达的地区(袁慧敏等, 2012)。6 和 7 月江淮梅雨是影响这一地区的主要天气, 直接影响这一地区农作物的生长, 因此也成为气象工作者主要研究对象(尹东屏等, 2010; 赵德显等, 2011; 沈瑱等, 2011; 尹洁等, 2011)。然而日照时

* 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201306035)和国家重点基础研究发展规划项目(2012CB955204)共同资助

2013年1月4日收稿; 2013年4月25日收修定稿

第一作者: 曹琦萍, 从事应用气象研究. Email: qp_cao@126.com

数作为影响农作物生长的主要气象要素往往被人们忽视。同时,随着不可再生能源的日趋枯竭,电力供应也越来越紧张,可再生能源备受人们关注。太阳能作为清洁的可再生能源,是未来发展的主要方向之一,而日照时数又是决定太阳能资源的关键因素。因此,对江淮流域的日照时数进行较为系统的研究非常必要。

近年来,随着全球气候变暖,中国大陆区域的气温也是明显升高,但通过目前已有对中国日照时数的研究来看,中国范围内的日照时数并未能伴着气温的升高而增加。虞海燕等(2011)通过对我国近59年日照时数的变化研究发现,全国年日照时数呈显著减少的趋势,全国平均而言,平均每10年减少36.9 h。另外,黄小燕等(2011)针对西北地区、霍华丽等(2011)针对宁夏地区、黄胜等(2011)针对西宁地区、王晓梅等(2013)针对乌鲁木齐地区、杜军等(2007)针对西藏地区、石慧兰等(2007)针对鲁西北地区、沈瑱等(2007)针对江苏地区和靳利梅(2012)针对上海地区的分析发现,近几十年来,这些地区的日照时数都存在不同程度的减少。同时,在中国少数地方的日照时数存在增加趋势,比如青藏高原西部、西藏中东部和青海南部地区(华维等,2009),再比如内蒙古锡林浩特市近50年的日照时数也是呈显著的增加趋势(贺俊杰等,2012)。即使是在整体日照时数明显下降的江苏地区,个别地区也存在上升趋势(沈瑱等,2007)。

在日照时数演变的周期特征方面,虞海燕等(2011)指出,就全国平均而言,日照时数在20世纪90年代中期前有7~10 a左右明显的周期振荡。霍华丽等(2011)发现在宁夏不同地区日照时数存在一定的差异,北部绿洲区存在显著的11和7 a的周期,中部为5和4 a,南部山区则为7和4 a。而在石羊河流域的日照时数存在25 a的主振荡周期和5~8 a左右及13 a左右的次振荡周期(康淑媛等,2011)。

通过以往的研究我们发现,近几十年内全国大部地区的日照时数是呈减少趋势的,在局部地区存在增加趋势。从研究范围上看,以往的研究关注西部更多一些,而关注我国东部,尤其是江淮流域较少,本文选择对农作物生长影响较大的夏半年(5—10月)作为研究时段,首先分析江淮流域($28^{\circ}\sim 34^{\circ}\text{N}$ 、 $110^{\circ}\sim 122^{\circ}\text{E}$)日照时数的空间分布特征,在旋转经验正交函数(Rotated Empirical Orthogonal

Function, REOF)的基础上将江淮流域分为4个区,全面细致分析各区域日照时数的演变特征。

1 资料和方法

本文使用国家气象信息中心气象资料室提供的1961—2010年逐月日照时数观测资料。参考贾燕等(2010)的文献,江淮流域范围取为($28^{\circ}\sim 34^{\circ}\text{N}$ 、 $110^{\circ}\sim 122^{\circ}\text{E}$),共包括73站测站,并将其处理成夏半年(5—10月)日照时数的总和。

使用的方法主要有:经验正交函数(Empirical Orthogonal Function, EOF)、旋转经验正交函数(REOF)、线性趋势分析、滑动平均、Morlet小波及Mann-Kendall(以下简称M-K)突变分析等,文中使用的显著性检验均为 t 检验(魏凤英,1999;吴洪宝等,2005)。

2 江淮流域日照时数的气候特征

图1a给出了江淮流域夏半年日照时数的气候平均分布,由图可见,江淮流域的日照时数普遍在1000~1200 h之间。整体上呈现出北高南低的空间分布格局,两个高值中心分别位于安徽北部和江苏东部的沿海地区。同时也存在两个低值中心,一个位于安徽黄山地区,另一个位于四川盆地附近,可见这两个低值中心可能是与地形有关的。由于黄山地区以及四川盆地空气比较潮湿,云量大,尤其是低云较多,这可能是导致这两个地方日照偏少的主要原因(杜军等,2007;贺俊杰等,2012)。

为分析江淮流域夏半年日照时数的年际变化程度,图1b给出夏半年日照时数的标准差分布,虽然从整体上与日照时数的气候特征相似都是南低北高,但两者也存在明显的差异。日照时数的标准差大值中心位于河南到湖北中部一带,中心值超过180 h,而低值中心在湖南境内,最低值还不足100 h。可见,夏半年江淮流域日照时数的年际变化的空间差异明显。

3 江淮流域日照时数的区域特征

为更加准确地分析江淮流域日照时数的时间演变特征,利用REOF对日照时数进行空间分区,表1给出了EOF分解前8模态的方差分布,通过North

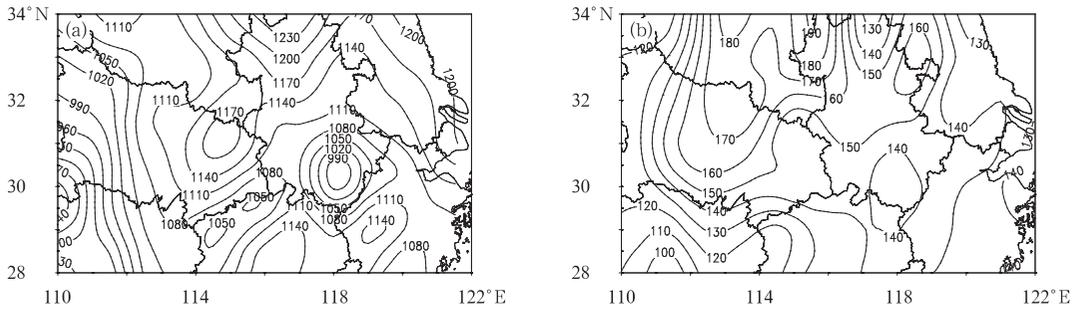


图 1 江淮流域夏半年日照时数气候特征(a)及标准差(b)分布(单位:h)

Fig.1 Climatic characteristics of sunshine hours (a) and standard deviation (b) distribution in summer half year over the Yangtze-Huaihe Basin (unit: h)

表 1 江淮流域夏半年(5—10月)日照时数 EOF 前 8 模态方差分布

Table 1 Variance of the EOF of sunshine hour in summer half year (May to October) over the Yangtze-Huaihe Basin

模态	1	2	3	4	5	6	7	8
方差/%	60.17	10.95	5.16	3.82	2.96	2.01	1.49	1.40
累计方差/%	60.17	71.13	76.28	80.10	83.05	85.06	86.55	87.95

准则(North et al, 1982)检验发现,前 7 模态通过检验,说明前 7 模态对应的经验正交函数是有价值的信号。由表 1 可见,前 7 模态累计方差超过 86%,基本可以反映日照时数分布的主要特征。因此,对前 7 模态进行 REOF 分析,图 2 给出了旋转后的方

差最大的 4 个模态的空间分布。可见这 4 个模态中,相关系数 > 0.5 的区域能够覆盖整个江淮流域。需要说明的是,如果个别站点出现同时包含于两个相邻阴影区的情况,我们将其划给相关系数较大的区域。

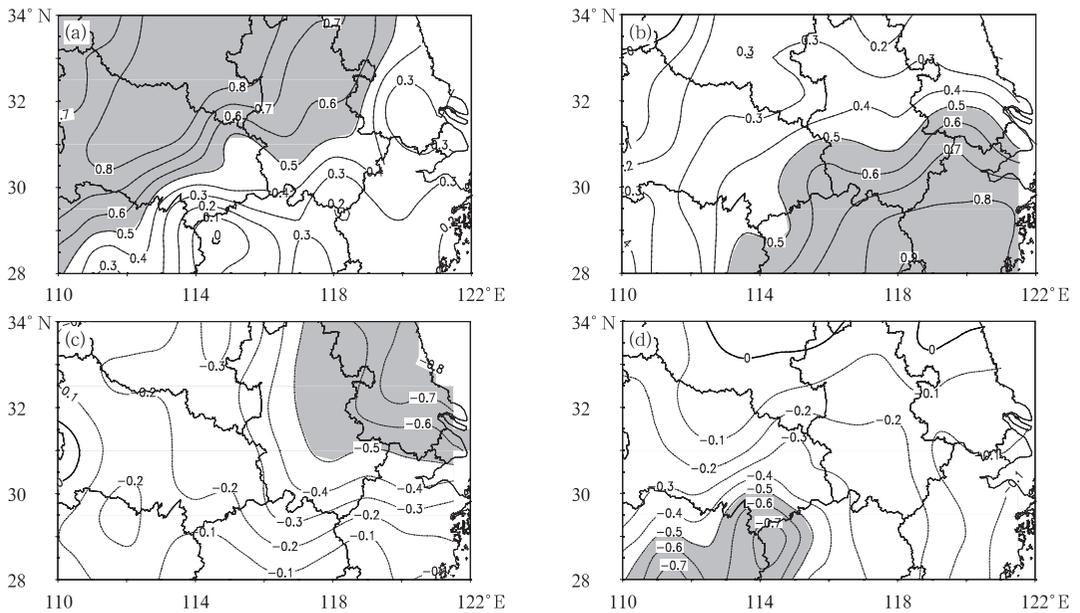


图 2 江淮流域夏半年日照时数 REOF 分解前 4 模态空间分布

(a) 第一模态, (b) 第二模态, (c) 第三模态, (d) 第四模态
(阴影为值大于 0.5 的区域)

Fig. 2 The REOF decomposition and model space distribution of sunshine hours in summer half year over the Yangtze-Huaihe Basin

(a) the first model, (b) the second model, (c) the third model, (d) the fourth model
(shadow: the value above 0.5)

在这些工作的基础上,我们将江淮流域夏半年日照时数分为4个区(图3),分别为北部区I、东北区II、西南区III和东南区IV,其中I区和IV区面积相对较大,II区和III区面积相对较小。I区主要包括:河南南部、安徽中北部、湖北大部 and 湖南北部。II区主要包括:江苏大部。III区主要包括:湖南东北部和江西西部的局部地区。IV区主要包括:安徽和江苏南部、湖北东部边缘、江西北部 and 浙江中北部。

下面针对已分好的4个区分别进行分析,我们认为每个区具有很好的一致性变化特征,图4给出各个区域内夏半年平均日照时数的年际变化及其线性趋势。可见,4个区域的日照时数均一致呈下降趋势,I区、II区和IV区通过 $\alpha=0.01$ 显著性水平检

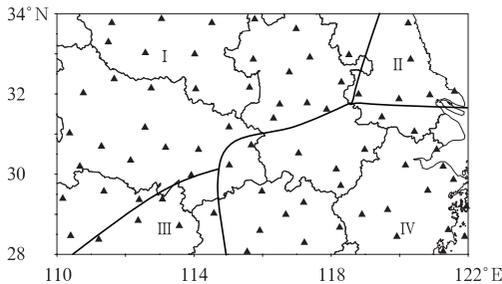


图3 江淮流域夏半年日照时数分区示意图

Fig. 3 Regional division of sunshine hours over the Yangtze-Huaihe Basin in summer half year

验,III区通过了 $\alpha=0.05$ 的显著性水平检验。I区下降最为明显,线性趋势为 $-64.91 \text{ h} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$,II区其次,为 $-34.40 \text{ h} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$,相对来讲,III区下降最为缓慢,为 $-20.36 \text{ h} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ 。为进一步了解具体各个站点的变化趋势情况,图5给出了江淮流域夏半年各个站点日照时数变化趋势的空间分布。由图可见,整个区域的大部分站点都是呈现显著减少趋势的,82.19%的站点通过了 $\alpha=0.01$ 显著性水平的检验。仅有2个站点呈增加趋势。可见江淮流域日照时数和全国大多数地方变化趋势是一致的,以显著性减少为主(沈瑱等,2007;虞海燕等,2011)。大范围日照时数的一致减少很可能与环境改变和大气环流背景的长期变化有一定联系。近年来,随着经济的增长,大气环境的恶化也越来越明显,江淮流域是我国经济增加较快的地区,城市化进程的推进、工业的不断发展以及汽车尾气排放的增加,导致空气中污染物的浓度增加,能见度降低,太阳直接照射的时间减少,日照时数随之减少(赵娜等,2012)。另外,由于东亚夏季风的年代际变化,江淮流域的降水从1953年以来呈现增加的趋势(田红等,2005),降水的增加势必是导致日照时数减少的一个重要原因(贺俊杰等,2012)。

全国许多地方的日照时数存在一个减少的突变(靳利梅,2012;贺俊杰等,2012;蒋冲等,2012),那么

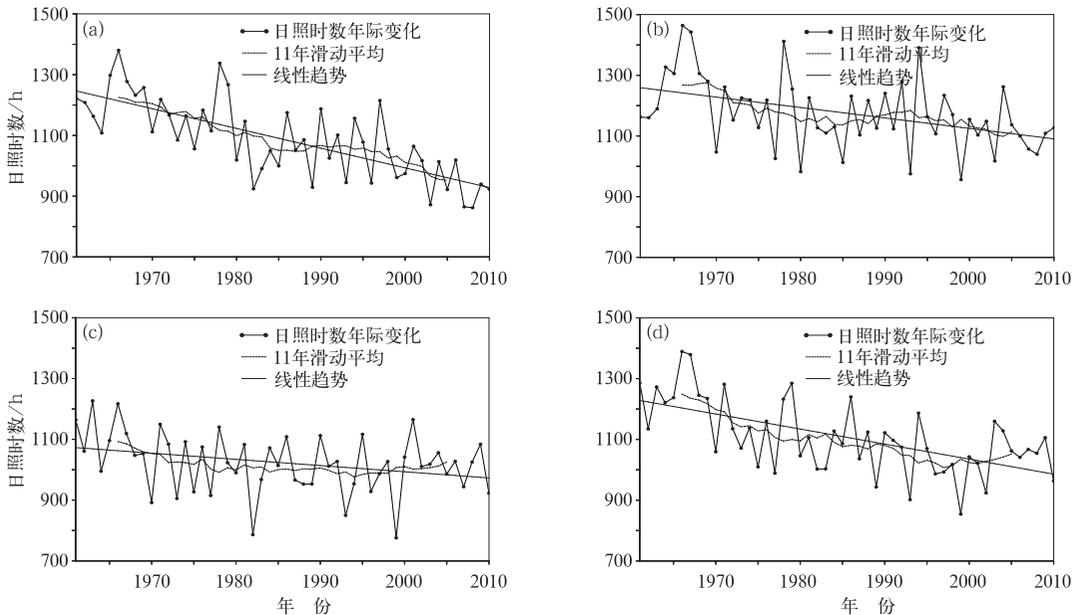


图4 江淮流域夏半年I区(a)、II区(b)、III区(c)和IV区(d)日照时数年际变化

Fig. 4 Interannual variability of sunshine hours over the Yangtze-Huaihe Basin in summer half year

(a) I, (b) II, (c) III, (d) IV

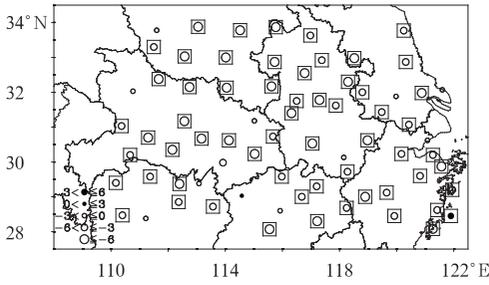


图 5 江淮流域夏半年日照时数变化趋势的空间分布 (单位: $\text{h} \cdot \text{a}^{-1}$)

(□为通过 $\alpha=0.01$ 显著性水平检验的站点)

Fig. 5 Spatial distribution of sunshine hours trend over the Yangtze-Huaihe Basin in summer half year

(□ stand for 0.01 significant level test station)

江淮流域的日照时数是否存在突变现象? 如果存在, 发生在什么时段? 下面分别对 4 个区进行突变分析。从 1983 年开始 I 区的日照时数呈现显著下降趋势(图略), 并在 1985 年出现由多到少的突变。

而 II 区也是在 1983 年开始呈现显著下降趋势的, 但其突变时间要比 I 区提前, 在 1977 年前后就发生了由多到少的突变。相比之下, III 区是在 1982 年呈现出显著减少的, 突变时间更早, 早在 1968 年发生的突变。对比图 4, 我们发现, 虽然 III 区不是下降最明显的区域, 但突变时间确是最早的。同样, 在 IV 区突变发生在 1975 年, 与渭河流域发生突变的时间相近(蒋冲等, 2012), 从 1977 年前后呈现出显著减少的趋势。

前面分析了江淮流域日照时数的变化趋势和突变特征, 图 6 给出了江淮流域夏半年各个区域日照时数的周期特征。总体上看, 各个区域均存在 2~3 a 的变化周期, 同时在 20 世纪 90 年代中期到 21 世纪初普遍存在一个 3~4 a 的周期振荡。另外, 在 III 区的 20 世纪 80 年代初到 90 年代末还存在一个 5~6 a 的周期变化。需要说明的是, 在图 6b 中, II 区存在的 12 a 左右和 28~30 a 的周期受头部影响可能存在虚假, 在此不予取用。

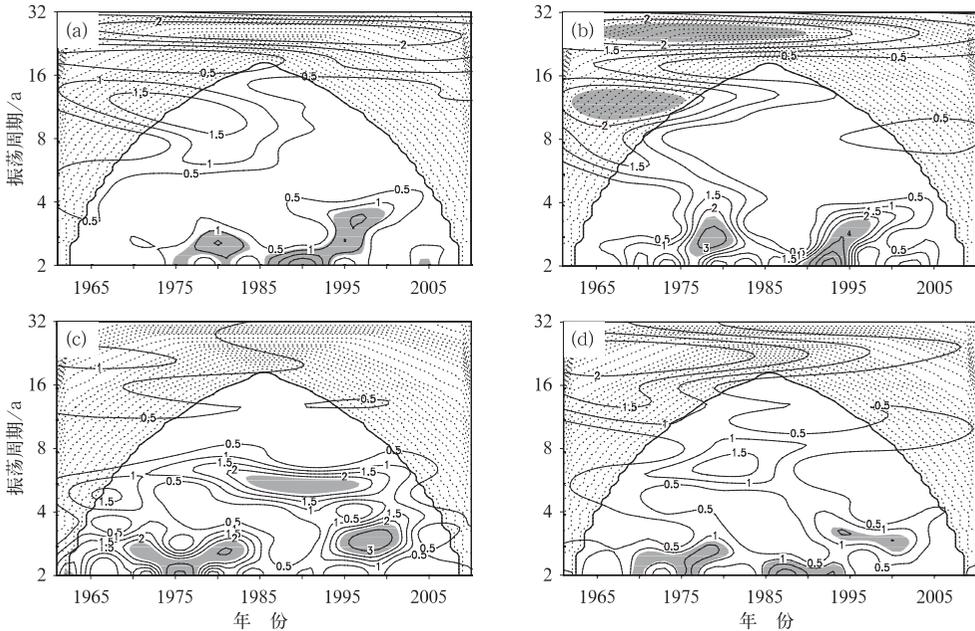


图 6 江淮流域夏半年 I 区(a)、II 区(b)、III 区(c)和 IV 区(d)日照时数周期特征

(阴影区域表示通过 $\alpha=0.1$ 显著性水平检验)

Fig. 6 Periodic features of sunshine hours over the Yangtze-Huaihe Basin in summer half year

(a) I, (b) II, (c) III, (d) IV

(The shaded stands for 0.01 significant level test)

4 结论与讨论

本文对江淮流域夏半年日照时数变化特征进行

了初步探讨, 得出以下结论:

(1) 从气候特征上, 江淮流域夏半年日照时数普遍在 1000~1200 h 之间, 呈现由南向北递增的空间分布特点, 但受地形等因素影响又存在区域性的

特点。其标准差并不与平均日照时数呈现一致的空间分布规律。

(2) 江淮流域日照时数可分为4个区,分别为北部区Ⅰ、东北区Ⅱ、西南区Ⅲ、东南区Ⅳ,每个区都表现出显著的下降趋势,但在线性趋势、突变时段以及周期特征上,各个区域又存在显著的差异。

关于日照时数减少的成因本文并未作相应的分析,但从以往的研究看,影响日照多少的因素主要有云量(杜军等,2007;贺俊杰等,2012;),气溶胶(王钊等,2012),水汽含量(贺俊杰等,2012;杜军等,2007),降水量(贺俊杰等,2012;王钊等,2012),风速(贾金明等,2007),浮尘(杨霞等,2011)以及城市化的发展(赵娜等,2012)等要素。但不同区域主要的影响因素存在差异,同一影响因素在不同地区的影响程度也有不同。江淮流域的日照时数的变化必定是多种因素共同作用的结果,有关这方面的研究有待于进一步的探讨。

参考文献

- 杜军,边多,胡军,等.2007.西藏近35年日照时数的变化特征及其影响因素.地理学报,62(5):492-500.
- 贺俊杰,黄凤茹,2012.锡林浩特市日照时数的气候变化特征分析.中国农业气象,33(3):333-339.
- 华维,范广洲,陈权亮,等.2009.青藏高原年日照时数的年代际变化趋势.长江流域资源与环境,18(12):1149-1155.
- 黄胜,马占良.2011.近50年以来西宁市日照时数变化规律分析.高原气象,30(5):1422-1425.
- 黄小燕,张明军,王圣杰,等.2011.西北地区近50年日照时数和风速变化特征.自然资源学报,26(5):825-925.
- 霍华丽,刘普幸,张克新.2011.宁夏日照时数的时空变化特征分析.中国沙漠,31(2):521-524.
- 贾金明,吴建河,徐巧真,等.2007.河南日照变化特征及成因分析.气象科技,35(5):655-660.
- 贾燕,管兆勇.2010.江淮流域夏季降水异常与西北太平洋副热带30~60天振荡强度年际变化的联系.大气科学,34(4):691-702.
- 蒋冲,王飞,张仁慧,等.2012.渭河流域近52年日照时数和风速时空变化特征.干旱地区农业研究,30(5):528-534.
- 靳利梅.2012.近50年上海地区日照时数的变化特征及影响因素.气象科技,40(2):293-298.
- 康淑媛,张勃,郭玉刚,等.2011.1959年至2008年石羊河流域日照时数时空变化特征.资源科学,33(3):483-488.
- 沈瓊,曾燕,肖卉,等.2007.江苏省日照时数的气候特征分析.气象科学,27(4):425-429.
- 沈瓊,张耀存,肖卉,2011. BCC_AGCM2.0.1模式系统对江淮梅雨期降水的模拟能力.气象,37(11):1336-1342
- 石慧兰,王新堂,邵志勇,等.2007.鲁西北52年日照变化特征及原因.气象,33(2):93-97.
- 田红,李春,张士洋.2005.近50年我国江淮流域气候变化.中国海洋大学学报,35(4):539-544.
- 王晓梅,张山清,普宗朝,等.2013.近50年乌鲁木齐太阳能资源时空变化分析.气象,39(4):443-452.
- 王钊,彭艳,白爱娟,等.2012.近60年西安日照时数变化特征及其影响因子分析.高原气象,31(1):185-192.
- 魏凤英.2007.现代气候统计诊断与预测技术(第2版).北京:气象出版社.
- 吴洪宝,吴蕾.2005.气候变率诊断和预测方法.北京:气象出版社:208-245.
- 杨霞,蔡梅,赵逸舟,等.2011.近39年喀什日照时数变化分析.干旱区研究,28(1):158-162.
- 尹东屏,张备,孙燕,等.2010.2003年和2006年梅汛期暴雨的梅雨锋特征分析.气象,36(6):1-6.
- 尹洁,郑婧,张瑛.2011.一次梅雨锋特大暴雨过程分析及数值模拟.气象,37(7):827-837.
- 虞海燕,刘树华,赵娜,等.2011.我国近59年日照时数变化特征及其与温度、风速、降水的关系.气候与环境研究,16(3):389-398.
- 袁慧敏,王秀荣,范广洲.2012.长江中下游沿江地区暴雨过程综合评估模型及应用.气象,38(10):1189-1195.
- 赵德显,郁红弟,沈桐立.2011. GPS折射率资料在梅雨锋暴雨数值模拟中的应用.气象,37(12):1511-1518.
- 赵娜,刘树华,杜辉,等.2012.城市化对北京地区日照时数和云量变化趋势的影响.气候与环境研究,17(2):233-243.
- North G R, Bell T L, Cahalan R F, et al. 1982. Sampling errors in the estimation of empirical orthogonal functions. Mon Wea Rev, 110(7):699-706.