

The Effects of Buildings on the Sunshine Duration Measurement at Linhe Station and Its Correction

Deyin Kong, Yuanxin Liu, Wei Liu

Experimental Station of Agricultural Meteorology in Bayannaer City, Bayannaer Inner Mongolia
Email: nmlaokong@126.com

Received: Jul. 27th, 2018; accepted: Aug. 12th, 2018; published: Aug. 20th, 2018

Abstract

To investigate the buildings' effects on the sunshine duration measurement at Linhe station, we adopted stick-shadow formula, which is 11.38 times the height difference between a building and sunshine recorder, to calculate the required critical distance at 8:00 am and 4:00 pm on the day of winter solstice. At Linhe station, the solar recorder is sited at a height of 6 m; a height difference to 18 m high and 15 m high buildings is 12 m and 9 m respectively, so the calculated critical distance for these two buildings are 136.6 m and 102.4 m. Over the 24 years from 1985 to 2009, the closet distance between a 15 m high building situated in northwest-west and sunshine recorder is 86.7 m; Over the 15 years from 1994 to 2009, the closest distance of 18 m high building situated in west-southwest to the sunshine recorder is 96.0 m; from 2000 to 2009, closest distance between two buildings of 18 m in height located in east-southeast to recorder is 84.8 m and 119.6 m. Therefore, the buildings located in all three directions affect the measurement of sunshine duration collection. The mean total sunshine duration data collected by Linhe station over winter-half year from 1959 to 1984 was 1438.1 hours and dropped to 1330.7 hours from 1985 to 2009, which is decreased by 107.4 hours (7.5%). At Shanba station, for the same time periods, the sunshine duration increased from about 1420.6 hours to 1423.7 hours, increased by 3.1 hours (0.2%). After the relocation of Linhe station, the average sunshine duration over winter-half year from 2010 to 2017 was about 1442.9 hours, increased by 4.8 hours (0.3%) compared to the old station where buildings around were not constructed yet (1959-1984). At the same time, the average sunshine duration of Shanba station was about 1448.5 hours respectively, increased by 27.9 hours (1.9%). For providing more accurate meteorological information, an empirical model was developed by using data from Shanba station to correct the buildings' effects on the measurement of sunshine duration at Linhe station. The developed empirical model has statistical significance of 0.01 and is in a good coincidence.

Keywords

Sunshine-Hour, Solar Elevation, Stick-Shadow Rate, Revising Equation

建筑物对临河站日照时数观测的影响与订正

孔德胤, 刘源鑫, 刘 伟

内蒙古巴彦淖尔市农业气象试验站, 内蒙古 巴彦淖尔

Email: nmlaokong@126.com

收稿日期: 2018年7月27日; 录用日期: 2018年8月12日; 发布日期: 2018年8月20日

摘 要

为计算楼房对临河站日照的影响, 特引用棒影比率计算公式, 算出冬至日8:00和16:00, 楼房与日照计的临界距离, 即楼房与日照计高度差的11.38倍。临河站日照计距地面6 m, 高度为18 m和15 m的楼房与其高度差分别为12 m和9 m, 它们与日照计的临界距离为136.6 m和102.4 m。而在1985~2009年24年间, 西北-正西向15 m高的楼房与日照计的最近距离为86.7 m; 在1994~2009年15年间, 西-西南方向18 m高的楼房与日照计的最近距离为96.0 m, 在2000~2009年9年间, 东-东南方向18米两栋楼房最近距离分别为84.8 m和119.6 m。因此三个方位的楼房均影响光线进入日照计。1959~1984年临河站冬半年平均日照时数为1438.1 h, 1985~2009年为1330.7 h, 减少107.4 h, 减幅为7.5%。陕坝站对应年代日照时数分别为1420.6 h和1423.7 h, 增加3.1 h, 增幅0.2%。临河迁站后, 2010~2017年, 冬半年平均日照时数为1442.9 h, 比建楼前增加4.8 h, 增幅0.3%。陕坝站对应年代日照时数1448.5 h, 增加27.9 h, 增幅为1.9%。利用相临陕坝站的资料, 建立临河站日照时数订正方程, 方程均通过0.01的显著性检验, 历史拟合较好。

关键词

日照时数, 太阳高角, 棒影比率, 订正方程

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来有不少学者对日照时数的气候变化进行了研究, 普遍得出日照时数呈下降趋势的结论[1] [2] [3] [4] [5]。在影响因素研究方面, 贾金欢等[6] [7] [8]研究认为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。靳利梅[9]认为冬季日照时数的减少与水汽压和降水量的增加有关。黄美霞等[10]认为日照时数趋于减少, 其原因与观测场周围环境改变、低云量增多有关。杨志彪[11]以宜昌站为例, 给出了测站障碍物对日照记录影响分析流程。日照作为太阳活动最重要的表现形式, 既是气候变化的主要影响因素, 也是气候资源的重要组成部分。日照情况一般采用日照时数来表示, 它代表某地区一天日照时间的长短。笔者根据太阳高度角、太阳方位角及棒影比率计算公式, 计算临河站冬至日 08 时和 16 时日照计与建筑物的临界距离, 从理论上计算日照减少的主要原因, 并建立订正方程。

通过对 1959~2017 年冬季日照时数的变化特征及其影响因素进行全面的分析,以期了解近 59a 临河日照时数的变化规律及其变化原因,为合理布局反季节农业生产、调整种植结构,城市规划设计及太阳能资源利用等方面提供科学依据。

2. 方法与资料来源

2.1. 研究区概括

研究区临河站位于内蒙古河套平原(塞外粮仓),属温带大陆性气候,年日照时数 3131~3214 h, 10℃ 以上活动积温 3052℃~3339℃,无霜期 138~154 d,农作物一年一熟,大部地区降水量 136~211 mm,东多西少,在时间分配上雨热同季。

2.2. 测站太阳位置

确定测站的太阳位置,即太阳高度角和太阳方位角,根据建筑物相对日照计的位置,可以判断建筑物对日照测量是否产生影响。用下列符号表示各参量: ψ 为测站地理纬度; δ 太阳赤纬角,即太阳光线与地球赤道面所夹的圆心角; ω 为时角,即一天中地球自转在不同时刻的角,正午时角为 0°,上午时角为负值,下午时角为正值。地球自转一周 360°,对应的时间为 24 h,即每小时相应的时角为 15°,每 4 min 的时角为 1°; h 为太阳高度角,即太阳光线与地平面间的夹角[12]; A 为太阳方位角。

2.3. 太阳高角和任意时刻太阳方位角

根据参考文献[13][14]给出的辐射计算公式,太阳高度角 h 和任意时刻太阳方位角 A 可转化为下列公式求得。

$$h = \sin^{-1}(\sin \psi \cdot \sin \delta + \cos \psi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega) \quad (1)$$

$$A = \cos^{-1}\left(\frac{\sin h \cdot \sin \psi - \sin \delta}{\cos h \cdot \cos \psi}\right) \quad (2)$$

通过参考文献[13]所给公式,计算得到时角 ω 值和赤纬 δ 值(两者单位均为角度(°)),可以求得 h 和 A 值。

由于建筑物的方位通常以正北为 0°,顺时针方向的角度来表示,所以将太阳方位角转化为太阳所处的方位来表示,说明其与建筑物的位置关系,用 A_r 表示日出时刻太阳所处的方位, A_s 表示日落时刻太阳所处的方位。由于日出、日落时刻太阳高度角为 0°, (2)式可简化为:

$$\cos A = -\frac{\sin \delta}{\cos \psi} \quad (3)$$

则有:

$$A_r = 180 - \left(\arctan \frac{-\cos A}{\sqrt{1 - \cos^2 A}} + 2 \arctan 1 \right) \frac{180}{\pi} \quad (4)$$

$$A_s = 180 + \left(\arctan \frac{-\cos A}{\sqrt{1 - \cos^2 A}} + 2 \arctan 1 \right) \frac{180}{\pi} \quad (5)$$

公式(4)、(5)求得的日出、日落时刻太阳所处的方位,单位为角度(°)。

2.4. 棒影比率

$$K = L/H = \text{ctgh} \quad (6)$$

式中 K 为棒影比率[15] (即障碍物阴影长度 L 与障碍物高度 H 之比); h 为太阳高度角。

2.5. 资料来源

临河、陕坝 1959~2016 年逐旬日照时数来源于巴彦淖尔市气象局。随着经济的发展和人口的增长,作为巴彦淖尔市首府的临河区城市建设日新月异(见图 1, 来源于谷歌高清地图, 为便于标注去除其它影像)。1985 年, 在测站西西北方向, 建起 15 m 高的气象局家属楼, 家属楼两端分别距日照计 86.7 m 和 108.3 m, 方位角为 $277^\circ\sim 301.8^\circ$; 在 1994 年, 临河站西西南方向和东东北方向分别建起 18 m 高居民楼, 西西南方向楼, 居民楼两端分别距日照计 96.0 m 和 126.2 m, 方位角为 $187.2^\circ\sim 239.3^\circ$ 东东北方向楼, 居民楼两端分别距日照计最近端 58.4 m 和 77.0 m, 方位角为 $31^\circ\sim 61.8^\circ$; 2000 年, 东东南方向建起 18 m 高的两栋楼房, 居民楼两端分别距日照计 122.5 m 和 131.8 m, 方位角为 $75^\circ\sim 117.8^\circ$; 周边环境明显改变, 对气象要素的影响也表露出来, 特别是对冬半年日照的影响更加明显。由表 1 日落方位角与图 1 比较, 仅有东东北方向的楼房不影响日照。这一点可在旬月报中得到证实, 在巴彦淖尔市的 9 个测站中, 冬半年临河的日照时数最少的几率占 95% 以上。2010 年 1 月 1 日, 临河站迁站到城郊, 日照计不受阻挡, 日照资料恢复正常。

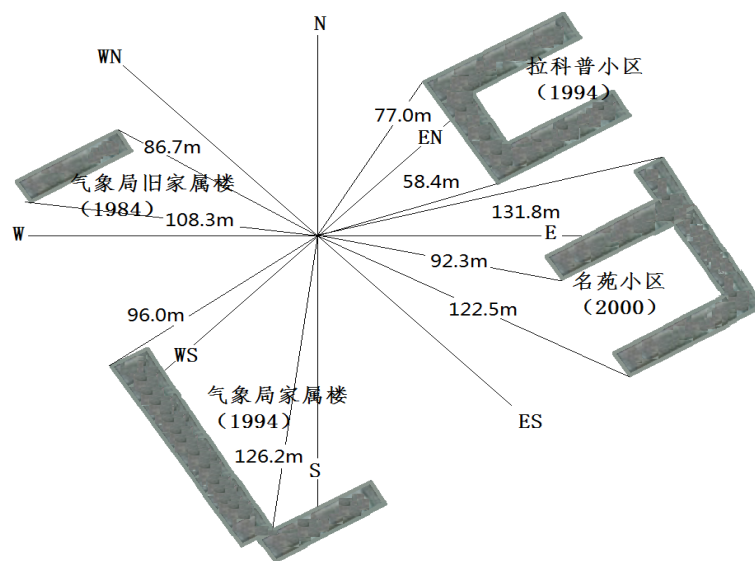


Figure 1. The location of sunshine recorder and buildings around Linhe station

图 1. 临河站周边建筑物与日照计方位示意图

Table 1. The main azimuth of solar term and local time at Linhe station in winter

表 1. 临河站冬季主要节气方位角与地方时

节气(月-日)	方位角		真太阳时		地方时	
	日出	日落	日出	日落	日出	日落
秋分 9-23	89.1	270.9	5:56	18:06	5:48	17:58
立冬 11-8	113.3	246.7	6:54	17:05	6:38	16:49
冬至 2-22	119.6	240.4	7:23	16:35	7:22	16:34
立春 2-4	110.9	249.1	6:56	17:03	7:10	17:17
春分 3-21	90.7	269.3	5:59	18:03	6:06	18:10

3. 结果分析

3.1. 居民楼对光线的阻挡

每年的秋分开始天文学上作为进入冬半年的起始,到春分为冬半年结束。根据公式(4)、(5)求得的每天日出、日落时刻太阳所处的方位角。临河站春秋分太阳赤纬 $\delta = 0^\circ$, 冬至 $\delta = 23.38^\circ$, 临河站秋分、立冬、冬至、立春和春分日出时刻太阳所处的方位角分别为 89.1° 、 113.3° 、 119.6° 、 110.9° 和 90.7° 。日落时刻太阳所处的方位角分别为 270.9° 、 246.7° 、 240.4° 、 249.1° 和 269.3° 。冬季随太阳高度角的降低,太阳斜射时间增多,直射时间减少,日照计周围的楼房影响光线的全部射入,日照时数由此而减少。为探索居民楼对日照时数的影响程度,尝试用(6)数学公式计算太阳斜照时,两侧楼房对日光的遮蔽。

由(1)、(6)式可以算出临河站($\psi = 40.75^\circ\text{N}$, $\lambda = 107.42^\circ\text{E}$)各季 h 、 K 值。以白昼最短的冬至日为例,日出日落前后(08 时和 16 时), K 值为 11.38, 即日照计距楼房的距离应是楼房与日照计高度差的 11.38 倍。临河日照计距地面 6 m, 18 m 和 15 m 的楼房与其高度差分别为 12 m 和 9 m, 它们与日照计的临界距离 136.6 m 和 102.4 m。而在 1985~2009 年 24 年间, 西西北-正西向 15 m 高的楼房与日照计的最近距离为 86.7 m; 在 1994~2009 年 15 年间, 西西南方向 18 m 楼房与日照计的最近距离分别为 96.0 m; 2000~2009 年, 东东南方向 18 m 高的两栋楼房, 居民楼两端分别距日照计 122.5 m 和 131.8 m, 方位角为 75° ~ 117.8° 因此三个方位的楼房均影响光线进入日照计。日出 1 h 后以及日落 1 h 前(09 时和 15 时), K 值为 4.2, 18 m 和 15 m 的楼房它们与日照计的临界距离降为 50.4 m 和 37.8 m, 因此, 日出 1 h 后以及日落 1 h 前则不受影响。根据地面气象观测规范要求, 观测场四周必须空旷平坦, 四周障碍物的影子不应投射到日照仪器的受光面上, 然而两座居民楼对临河站观测场形成的遮挡, 可以说是日照时数减少的原因之一。

另外, 烟尘的影响也不可忽视。城市由于汽车、工厂较多, 排放的各种污染物数量也多, 致使空气中烟雾增加, 特别是冬半年采暖期内, 城区上空排放的烟尘、汽车尾气数量较多, 形成雾霾的机会就多, 大气颗粒浓度增加影响了大气透明度, 削弱了太阳辐射, 造成日照时数减少。

3.2. 临河站冬半年各月日照时数变化分析

为分析临河站日照变化情况, 选则与临河直线距离相距 25 km 的陕坝站进行对比分析。由图 2 可以看出, 1959~1984 年, 冬半年日照时数两站数据相互交错, 不同年份各有高低, 1985~2009 年, 临河站冬半年日照时数均比陕坝站偏低。到 2010 年以后, 临河站迁站后, 两站冬半年日照时数两站数据相互交错。

由表 2 中可以看出, 临河站西西北-正西方位建楼以前(1959~1984 年)冬半年(10 月~3 月)平均日照时数为 1438.1 h, 建楼后(1985~2009 年)为 1330.7 h, 减少 107.4 h, 减幅为 7.5%。陕坝站对应年代日照时数分别为 1420.6 h 和 1423.7 h, 增加 3.1 h, 增幅 0.2%。临河迁站后, 2010~2017 年, 冬半年平均日照时数为 1442.9h, 比建楼前增加 4.8 h, 增幅 0.3%。陕坝站对应年代日照时数 1448.5 h, 增加 27.9 h, 增幅为 1.9%。

3.3. 订正方程的建立

为便于在实际工作中运用, 们选 1959~1983 年, 2010~2016 年两站冬半年各月日照时数进行一元线性回归分析, 以 Y_i (i 表示月的序号)代表临河站各月日照时数, 以 X_i 代表陕坝站各月日照时数, 建立各月回归方程(见表 3)。

3.4. 拟合情况

利用所建订正方程, 计算出临河站 1984~2009 各月日照时数订正值, 最后计算出冬半年日照时数, 将临河站订正好的数据与陕坝站进行对比, 绘成图 3, 与图 2 比较可以看出, 该图有效消除了楼房对日照的影响, 且拟合效果较好, 可用订正好的数据开展气候论证和太阳能计算等工作。

4. 结论

1) 临河站春分、冬至日出时刻太阳所处的方位角分别为 90.7° , 119.6° 。春分、冬至日落时刻太阳所处的方位角分别为 269.3° , 240.4° 。冬季随太阳高度角的降低, 太阳斜射时间增多, 直射时间减少, 日照计周围的楼房影响光线的全部射入, 日照时数由此而减少。

2) 根据计算, 冬至日出日落前后, 楼房与日照计的临界距离, 为楼房与日照计高度差的 11.38 倍,

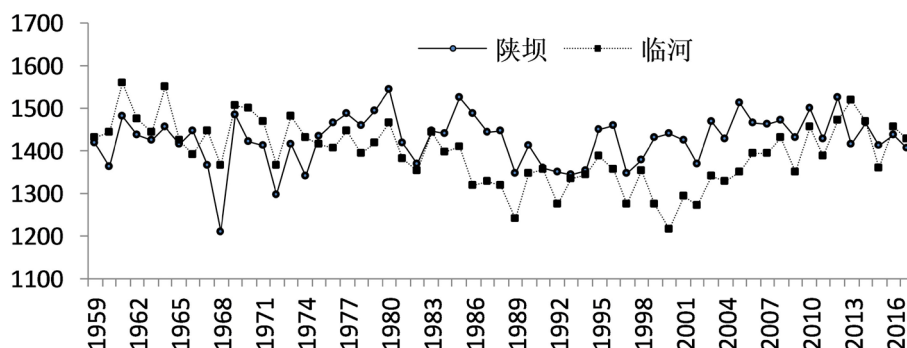


Figure 2. Yearly variation of winter half year sunshine duration over Linhe and Shanba Station from 1959 to 2017

图 2. 1959~2017 年临河与陕坝站冬半年日照时数逐年变化

Table 2. Comparison of Linhe and Shanba Station monthly sunshine hours in winter half year

表 2. 临河站冬半年各月日照时数与陕坝站比较

		10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	冬半年
1959~1984 年 (建楼前)	陕坝	265.0	222.1	216.4	224.9	224.9	267.3	1420.6
	临河	266.8	227.3	219.3	227.0	229.3	268.4	1438.1
	差值	-1.8	-5.2	-2.9	-2.1	-4.5	-1.1	-17.5
1985~2009 年 (建楼后)	陕坝	269.0	229.9	212.2	221.4	222.2	269.0	1423.7
	临河	259.3	217.1	194.2	203.8	207.9	248.4	1330.7
	差值	9.7	12.8	18.1	17.5	14.3	20.6	93.0
2010~2017 年 (迁站后)	陕坝	265.9	220.8	210.3	234.9	233.6	283.1	1448.5
	临河	265.9	220.6	211.5	232.9	231.0	281.0	1442.9
	差值	-0.1	0.2	-1.2	1.9	2.6	2.1	5.6

Table 3. Correction equations of Linhe Station monthly sunshine duration in winter half year

表 3. 临河站冬半年各月日照时数订正方程

月	月订正方程	相关系数	F 检验
10	$Y_{10} = 82.1808 + 0.6934X_{10}$	0.847**	$76.116 \geq F_{0.01(30,1)} = 7.56$
11	$Y_{11} = 29.2801 + 0.8832X_{11}$	0.877**	$100.508 \geq F_{0.01(30,1)} = 7.56$
12	$Y_{12} = 141.4630 + 0.3530X_{12}$	0.558**	$13.541 \geq F_{0.01(30,1)} = 7.56$
1	$Y_1 = 106.3335 + 0.5406X_1$	0.653**	$22.368 \geq F_{0.01(30,1)} = 7.56$
2	$Y_2 = 96.3027 + 0.5912X_2$	0.680**	$25.857 \geq F_{0.01(30,1)} = 7.56$
3	$Y_3 = 46.6734 + 0.8334X_3$	0.826**	$64.310 \geq F_{0.01(30,1)} = 7.56$

注: **分别表示相关系数通过 0.01 水平的显著性检验。

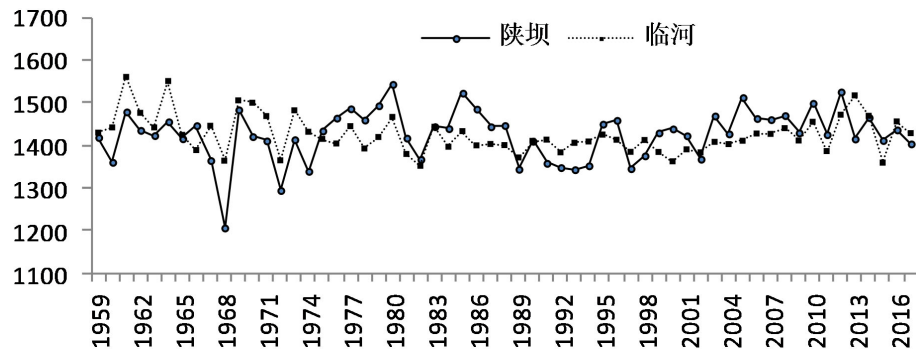


Figure 3. Yearly variation of winter half year sunshine duration over Linhe(sunshine hours is fitted values in 1984-2009) and Shanba Station from 1959 to 2017

图 3. 1959~2017 年临河(1984~2009 为拟合值)与陕坝站冬半年日照时数逐年变化

冬至日楼房与日照计的临界距离, 即楼房与日照计高度差的 11.38 倍。临河日照计距地面 6 m, 18 m 和 15 m 的楼房与其高度差分别为 12 m 和 9 m, 它们与日照计的临界距离为 136.6 m 和 102.4 m。

3) 分析得出, 临河站冬半年平均日照时数在 1985 年以前为 1438.1 h, 建楼后(1985~2009 年)为 1330.7 h, 减少 107.4 h, 减幅为 7.5%。陕坝站对应年代日照时数分别为 1420.6 h 和 1423.7 h, 增加 3.1 h, 增幅 0.2%。

3) 利用相临河站和陕坝站的资料, 建立临河站冬半年各月日照时数订正方程, 方程均通过 0.01 的显著性检验。应用月订正方程, 可有效订正因楼房阻挡光线造成的误差, 且拟合效果较好, 用此资料可为分析冬季太阳能资源提供更可靠的数据。

为分析临河站日照变化情况, 选择与临河直线距离相距 25 km 的陕坝站进行对比分析。由图 2 可以看出, 1959~1984 年, 冬半年日照时数两站数据相互交错, 不同年份各有高低, 1985~2009 年, 临河站冬半年日照时数均比陕坝站偏低。到 2010 年以后, 临河站迁站后, 两站冬半年日照时数两站数据相互交错。

由表 2 中可以看出, 临河站西西北-正西方位建楼以前(1959~1984 年)冬半年(10 月~3 月)平均日照时数为 1438.1 h, 建楼后(1985~2009 年)为 1330.7 h, 减少 107.4 h, 减幅为 7.5%。陕坝站对应年代日照时数分别为 1420.6 h 和 1423.7 h, 增加 3.1 h, 增幅 0.2%。临河迁站后, 2010~2017 年, 冬半年平均日照时数为 1442.9 h, 比建楼前增加 4.8 h, 增幅 0.3%。陕坝站对应年代日照时数 1448.5 h, 增加 27.9 h, 增幅为 1.9%。

参考文献

- [1] 杜军, 周明君, 罗布次仁, 等. 近 50 年拉萨日照时数的变化特征[J]. 气象科技, 2007, 35(6): 818-821.
- [2] 王东, 许嘉玲. 宿州市近 58a 日照时数的气候特征分析[J]. 气象研究与应用, 2011, 32(S2): 99-100.
- [3] 高蓓, 范建忠, 李化龙, 董金芳. 陕西黄土高原近 50 年日照时数的变化[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(4): 2246-2250.
- [4] 韩世刚, 唐琳. 长江流域日照变化趋势分析[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(23): 11769-11771.
- [5] 贾金欢, 吴建河, 徐巧真, 等. 河南日照变化特征及成因分析[J]. 气象科技, 2007, 35(5): 655-660.
- [6] 杨丽桃, 江像评. 内蒙古近 50 年生长季日照时数变化特征[J]. 气象科技, 2012, 40(5): 854-857.
- [7] 郭军, 任国玉. 天津地区近 40 年日照变化特征及其影响因素[J]. 气象科技, 2006, 34(4): 415-420.
- [8] 靳利梅. 近 50 年上海地区日照时数的变化特征及影响因素[J]. 气象科技, 2012, 40(2): 293-298.
- [9] 陈红梅, 张立波, 娄伟平. 近 50a 华北平原日照时数的时空特征及其影响因素[J]. 气象科学, 2012, 32(5): 573-579.
- [10] 黄美霞, 姚正兰. 遵义市 57713 观测站近年日照时数减少原因浅析[J]. 贵州气象, 2008, 32(3): 47-48.

-
- [11] 杨志彪, 程永清. 观测场四周障碍物对日照记录的影响分析[J]. 气象, 2010, 36(2): 120-125.
- [12] 李勇增, 刘景青, 张绍雄, 等. 居室有效日照的评估与应用[J]. 广东气象, 2012, 34(3): 50-52.
- [13] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京: 气象出版社, 2003: 133-134.
- [14] 中国气象局监测网络司《气象仪器和观测方法指南(第六版)》[G]. 2005: 145-146.
- [15] 孔德胤, 张喜林, 王献平. 临河城市气候对气象要素变异的分析[J]. 内蒙古气象, 2000(1): 30-33.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2163-3967, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: ag@hanspub.org