

杨志彪,陈永清. 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.

观测场四周障碍物对日照记录的影响分析^{*}

杨志彪¹ 陈永清²

1 湖北省气象局, 武汉 430074

2 中国气象局综合观测司, 北京 100081

提 要: 分别计算赤道、赤道与北回归线之间、北回归线、北回归线以北测站的太阳高度角和日出、日落方位, 分析其变化规律, 通过分析, 给出我国纬度范围内日照记录受障碍物影响的范围。以宜昌站(30°42'N, 111°18'E)为例, 给出了测站障碍物对日照记录影响分析流程, 有利于指导气象台站对障碍物影响程度的定量计算, 还可为日照、太阳辐射测量仪器的安装位置的确定, 提供有益的借鉴。以广州站(23°10'N, 113°20'E)、宜昌站(30°42'N, 111°18'E)和北京站(39°48'N, 116°28'E)为例, 给定障碍物, 统计分析出可能影响日照记录的日数和日期、影响日内可能受到影响的时段和日照时数, 以及全年最大可能影响日照时数和日照百分率。结果表明: 在我国, 各地日出所处方位为 37°~143°, 日落所处方位为 217°~323°, 在 323°~37°方位(正北偏东或偏西)的任何障碍物对日照记录都不会产生影响; 南面的障碍物及其偏东或偏西一定范围内, 由于太阳高度角较高, 不容易对日照产生影响; 相同宽度角和高度角的障碍物, 单日影响日照时数的最大值随着纬度的增高而增大, 最大影响方位的障碍物对年日照百分率影响程度基本相同。

关键词: 障碍物, 影响, 日照记录, 分析

Impact Analysis of Sunshine Records Owing to Obstructions Around the Observational Field

YANG Zhibiao CHEN Yongqing

1 Hubei Provincial Meteorological Bureau, Wuhan 430074

2 Department of Integrated Observation, China Meteorological Administration, Beijing 100081

Abstract: Both the angle of solar altitude and the orientation of the sun at sunrise and sunset in the observing stations located in the Equator, stations between the Equator and the Tropic of Cancer, stations at the Tropic of Cancer, and stations north to the Tropic of Cancer are calculated and analyzed respectively. The scale of sunshine records affected by the obstruction is decided on the basis of the above analysis. In an example of Yichang observing station(30°42'N, 111°18'E), the procedures to analyze the scale of sunshine records affected by the obstructions are given, which will not only be a helpful guidance for observing stations to calculate the scale of sunshine record affected by the obstruction, and but also be a useful example for deciding the location of solar radiation and sunshine duration observing instrument. In the examples of Guangzhou (23°10'N, 113°20'E), Yichang(30°42'N, 111°18'E) and Beijing (39°48'N, 116°28'E) observing stations, the days and dates when the sunshine records are affected, and annual maximum sunshine duration and sunshine percentage which are possibly affected are also calculated, and therefore, the rules how the obstruction affects the record in different directions and with the change of latitude are found. The result shows that the azimuth of the sun in China varies from 37° to 143° at sunrise and from 217° to 323° at sunset. Any obstructions located in the azimuth between 323° and 37° (northeast or northwest) can not af-

* 中国气象局新技术推广项目“观测环境和仪器变化对地面观测资料的影响评估”和“我国地面高空观测变化研究及业务流程建立”资助
2008年1月24日收稿; 2009年8月14日收修定稿
第一作者: 杨志彪, 从事大气探测技术研究. Email: yangzb@public.wh.hb.cn

fect the sunshine record. Obstructions located in a certain area in the south, southwest or southeast are not prone to affect the sunshine record since the solar altitude angle is usually very high. Maximum sunshine duration affected by obstructions which have the same altitude and the orientation increases with the increasing latitude. The degree that obstructions located in the mostly affected direction affect annual sunshine percentage is basically similar.

Key words: obstructions, impact, sunshine records, analysis

引言

随着社会和经济的发展,气象观测站四周障碍物的增多而使观测环境遭受破坏的现象日趋严重,环境的变化直接或间接的影响到风、日照、地温、气温、蒸发等气象要素的观测真实性,使其资料序列产生严重的非均匀性。然而,受条件的限制,观测环境的改变对大多数气象要素的影响程度难以定量给出,只能定性进行评估。

由于障碍物相对测站日照仪器的安装位置是可测量的,通过计算测站的太阳位置,得到测站各时刻的太阳高度角和太阳方位角,可以分析出四周障碍物对全年各日日照记录的影响情况。

为了分析障碍物对日照记录的影响规律,从计算测站不同时刻的太阳高度角、方位角,以及太阳高度角或方位角对应的真太阳时入手,分析不同纬度测站太阳高度角与方位角的变化规律。以宜昌站(30°42'N, 111°18'E)为例,给出测站障碍物对日照记录影响分析流程,有利于指导气象台站对障碍物影响程度的定量计算,还可为日照、太阳辐射测量仪器的安装位置的确定,提供有益的借鉴。

根据太阳位置计算公式,推导出计算障碍物所在方位太阳高度角和真太阳时的公式,以广州站(23°10'N, 113°20'E)、宜昌站(30°42'N, 111°18'E)和北京站(39°48'N, 116°28'E)为例,给定障碍物,通过大量的计算,并进行统计分析,得到可能影响日照记录的日数和日期、影响日内可能受到影响的时间和日照时数,以及全年最大可能影响日照时数和日照百分率,揭示出障碍物随纬度变化和在不同方位时对日照记录的影响规律。一些学者已在相关方面作了研究^[1-2]。

1 测站太阳位置及变化

1.1 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,根据障碍物相对日照测量仪器的位置,可以判

断障碍物对日照测量是否产生影响。用下列符号表示各参量: h 为太阳高度角; A 为太阳方位角; D_E 为太阳赤纬(简称赤纬); T_0 为时角; Q 为与积日相关的值,赤纬随季节或日期的变化由其决定; φ 为测站所在纬度; l 为测站所在经度。

1.2 正午时刻太阳高度角和任意时刻太阳方位角的计算

根据参考文献[3、4]给出的辐射计算公式,正午时刻的太阳高度角 h 和任意时刻太阳方位角 A 可转化为下列公式求得:

$$\sin h = \sin \varphi \cdot \sin D_E + \cos \varphi \cdot \cos D_E \quad (1)$$

$$\cos A = (\sin h \cdot \sin \varphi - \sin D_E) / (\cos h \cdot \cos \varphi) \quad (2)$$

通过参考文献[3]所给公式计算得到 Q 值和赤纬 D_E (Q 、 D_E 值的单位为角度($^\circ$)),可以求得 h 和 A 值。

由于对障碍物的方位通常习惯以正北为 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方位来表示,说明其与障碍物的位置关系,用 A_r 表示日出时刻太阳所处方位, A_s 表示日落时刻太阳所处方位。由于日出、日落时刻太阳高度角为 0° ,公式(2)可简化为:

$$\cos A = -\sin D_E / \cos \varphi \quad (3)$$

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)求得的太阳所处方位的单位为角度($^\circ$)。

1.3 正午时刻太阳高度角的变化

由于我国纬度范围为 $4^\circ \sim 53^\circ 33'N$,故以赤道(纬

度 0°)、12°N、23°27'N(北回归线)、40°N、60°N 为例,经度取 120°E,分别计算 2008 年逐日正午时刻的太阳高度角,分析其随纬度和季节或日期的变化规律。正午时刻太阳高度角即为一日的最大太阳高度角,用 h_M 表示,通过计算得到如图 1 的曲线图。

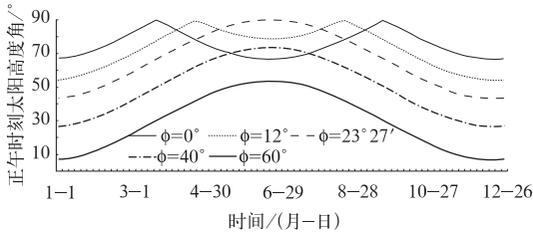


图 1 不同纬度逐日最大太阳高度角(h_M)
Fig. 1 Daily maximum solar altitude angle (h_M) for different latitudes

从图 1 分析,可得到如下结论:

(1) 太阳在春、秋分日两次直射赤道,在赤道与北回归线之间,一年中, h_M 会出现两个最高值,为 90°,赤道上两个最高值分别出现春分日和秋分日,随着纬度的增高,两个最高值逐渐向夏至日靠近,在北回归线时重合。

(2) 在北回归线以北,一年中, h_M 的最高值出现在夏至日,同一日随着纬度的增高, h_M 减小。

(3) 在北半球,一年中,各纬度 h_M 的最小值均出现在冬至日,在赤道 h_M 会出现两个最小值,分别在冬至日和夏至日。

1.4 日出、日落太阳所处方位的变化

仍以赤道(纬度 0°)、12°N、23°27'N(北回归线)、40°N、60°N 为例,经度取 120°E,分别计算 2008 年逐日日出日落时刻太阳所处方位(A_r 、 A_s),分析其随纬度和季节或日期的变化规律。通过计算得到如图 2、图 3 的曲线图。

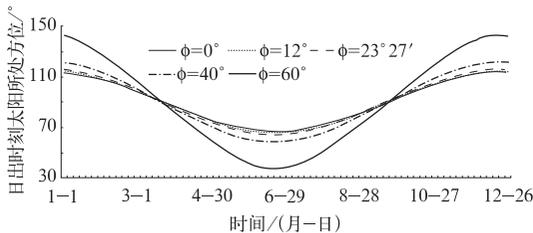


图 2 不同纬度逐日日出时刻太阳所处方位
Fig. 2 Daily solar azimuth at sunrise for different latitudes

从图 2、图 3 分析,可得到如下结论:

(1) 在春分、秋分日,北半球任意位置于正东日

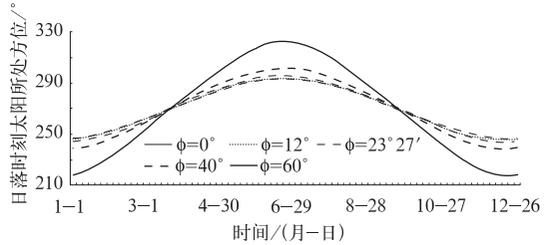


图 3 不同纬度逐日日落时刻太阳所处方位
Fig. 3 Daily solar azimuth at sunset for different latitudes

出,正西日落。

(2) 从春分日至秋分日,即夏半年,日出方位为东偏北,至夏至日越近越偏北,夏至日偏北达到最大;日落方位为西偏北,至夏至日越近越偏北,夏至日偏北达到最大。

(3) 在秋分日至春分日,即冬半年,日出方位为东偏南,至冬至日越近越偏南,冬至日偏南达到最大;日落方位为西偏南,至冬至日越近越偏南,冬至日偏南达到最大。

(4) 除春、秋分日外,同一日中,日出、日落所处方位偏北或偏南的程度随着纬度的增加而增大,至春分日或秋分日越近,偏北或偏南的程度越小。

(5) 在我国,各地年内日出所处方位为 37°~143°,日落所处方位为 217°~323°,在 323°~37°方位(正北偏东或偏西)的任何障碍物对日照记录都不会产生影响。

2 障碍物所在方位太阳高度角和真太阳时的计算

已知障碍物相对日照测量仪器感应面的高度角和方位,即给定太阳所处方位,通过公式(2)即可反推得到对应时刻的太阳高度角,若此时刻太阳高度角小于或等于障碍物的高度角,则该障碍物对此时刻的日照记录有影响,否则无影响。由参考文献[3]所给太阳高度角公式推导,有

$$\sin(\arctan \frac{\cos A \cdot \cos \varphi}{\sin \varphi} - h) = \frac{-\sin D_E}{\sqrt{\sin^2 \varphi + \cos^2 A \cdot \cos^2 \varphi}} \quad (6)$$

$$\text{令 } m = \frac{-\sin D_E}{\sqrt{\sin^2 \varphi + \cos^2 A \cdot \cos^2 \varphi}},$$

$$n = \arctan \frac{\cos A \cdot \cos \varphi}{\sin \varphi},$$

则

$$h = n - \arctan \frac{m}{\sqrt{1 - m^2}} \quad (7)$$

根据障碍物对日照记录有影响的太阳高度角,利用参考文献[3]的计算公式,可以计算出对应时刻的真太阳时(TT),公式如下:

$$T_0 = \arccos[(\sin h - \sin \varphi \cdot \sin D_E) / (\cos \varphi \cdot \cos D_E)] \quad (8)$$

$$TT = (T_0 \times 180/\pi) / 15 + 12 \quad (9)$$

在太阳辐射中,由于计算太阳日出、日落时间考虑了蒙气差,由公式(9)计算得到的日出、日落时间约有0.04 h的差别。

3 障碍物对日照记录的影响分析

3.1 影响日照记录的障碍物

由于太阳高度角较低时,太阳到达地面的辐射较弱,辐射强度不能达到形成日照的标准,故在《气象探测环境和设施保护办法》(中国气象局令,第7号)^[5]规定“在日出、日落方向障碍物的高度角 $\leq 5^\circ$ ”,所以可以将太阳高度角设置为 5° ,计算此时日出、日落太阳所处方位,不在日出、日落方位内的障碍物,其对日照记录不会造成影响。以广州站(23°10'N,113°20'E)、宜昌站(30°42'N,111°18'E)的北京站(39°48'N,116°28'E)为例,通过计算得到一年内日出、日落太阳所在方位的变化,可以看到不同纬度影响日照记录的障碍物位置区间,见表1。

表1 不同观测站影响日照记录的障碍物位置区间

Table 1 Azimuths of obstructions affecting sunshine records for different observing stations

测站	影响开始方位/°		影响结束方位/°		无影响方位/°
	最小	最大	最小	最大	
广州站	66.6	118.2	241.8	293.4	293.5~66.5
宜昌站	65.6	121.1	238.9	294.4	294.5~65.5
北京站	63.5	126.3	233.7	296.5	296.6~63.4

3.2 障碍物的测量

在日照测量仪器的旁边架设经纬仪,经纬仪安装高度与日照测量仪器感应面的高度一致。根据测站日出、日落太阳所处方位的范围,对可能影响范围内的障碍物逐一进行测量,测量内容包括障碍物的开始方位、结束方位(即宽度角)和高度角,对高度角 $>5^\circ$ 的障碍物逐一进行登记,以便分析逐个障碍物对日照记录的影响。

3.3 举例分析

3.3.1 测站和障碍物的选取

通过选取不同纬度的典型站,分析障碍物随纬度变化的影响,详细介绍单站的分析流程,说明单站观测场四周障碍物位置变化对日照的影响。

(1) 典型站。选取广州站(23°10'N,113°20'E)、宜昌站(30°42'N,111°18'E)和北京站(39°48'N,116°28'E)。

(2) 障碍物。宽度角和高度角均为 10° 。

(3) 障碍物位置。从障碍物影响的开始方位开始,以障碍物的宽度角为间隔,确定障碍物所处的方位。

3.3.2 障碍物位置变化分析

以宜昌站进行分析,从表1可知,一年中太阳高度角 $>5^\circ$ 的方位为 $65.6^\circ \sim 294.4^\circ$,故以该障碍物分别位于 $65.6^\circ \sim 75.6^\circ$ 、 $75.6^\circ \sim 85.6^\circ$ 、 $95.6^\circ \sim 105.6^\circ$ 、 $105.6^\circ \sim 115.6^\circ$ 、 $115.6^\circ \sim 125.6^\circ$ 、 $234.4^\circ \sim 244.4^\circ$ 、 $244.4^\circ \sim 254.4^\circ$ 、 $254.4^\circ \sim 264.4^\circ$ 、 $264.4^\circ \sim 274.4^\circ$ 、 $274.4^\circ \sim 284.4^\circ$ 、 $284.4^\circ \sim 294.4^\circ$ 分析其对日照记录的影响,不作 $125.6^\circ \sim 234.4^\circ$ 范围的影响分析,是因为太阳照射此范围时,其太阳高度角远大于障碍物的高度角,该范围内的障碍物不会影响到日照记录。

由于上、下午的日照具有对称性,只需对上午日照影响的情况进行分析。

(1) 计算全年(以2008年为例)逐日障碍物所处开始方位、结束方位对应的太阳高度角,由于障碍物的高度角为 10° ,即在障碍物宽度范围内太阳高度角 $\leq 10^\circ$,则可能造成对日照记录的影响,表2给出了位于宜昌站 $65.6^\circ \sim 75.6^\circ$ 方位的障碍物可能影响日期所在开始、结束方位时的太阳高度角,太阳高度角一直处在 5° 以下或 $>10^\circ$ 所对应的日期不会影响,为了简便,整月没有可能影响日照记录时,该月数据没有给出。限于篇幅,其他方位障碍物可能影响日期所在开始、结束方位时的太阳高度角表没有给出,有关统计结果见表3。

(2) 根据表2中的太阳高度角计算所对应的真太阳时,若障碍物所处开始方位的太阳高度角 $<0^\circ$,则日照记录受影响的开始时间为日出时间,若障碍物所处结束方位的太阳高度角 $>10^\circ$,则日照记录受影响的结束时间为太阳高度角等于 10° 时对应的时间(表略),根据影响的开始时间和结束时间,可计算逐日影响的日照时数。分别统计不同方位障碍物的影响日期、最早和最迟影响时间、日平均遮挡日照时数、最大影响日、年最大可能减少日照时数和日照百

表 4 广州站不同方位障碍物影响日照记录的统计结果

Table 4 The statistical results of sunshine records in different direction obstructions at Guangzhou observing station

年份:2008 年 纬度:23°10'N 经度:113°20'E

障碍物方位	影响日数	影响日期	影响时间段		日平均遮挡日照时数	最大影响日		年最大可能影响	
			开始	结束		遮挡时数	日期	日照时数	日照百分率
66.6°~76.6°	107	4月30日—8月14日	5.31	6.27	0.66	0.83	5月26日 7月17日	70.61	1.6%
76.6°~86.6°	65	4月4日—5月5日 8月9日—9月10日	5.61	6.53	0.59	0.78	4月18日 8月26日	38.24	0.9%
86.6°~96.6°	57	3月11日—4月8日 9月6日—10月3日	5.87	6.78	0.59	0.77	3月19日 9月21日	33.76	0.8%
96.6°~106.6°	59	2月16日—3月15日 9月29日—10月28日	6.14	7.06	0.60	0.79	2月29日 10月21日	35.57	0.8%
106.6°~116.6°	83	1月12日—2月21日 10月23日—12月3日	6.41	7.38	0.63	0.84	1月24日 11月19日	52.62	1.2%
116.6°~126.6°	64	1月1日—1月23日 11月21日—12月31日	6.87	7.54	0.43	0.67	12月22日	27.81	0.6%
126.6°~136.6°	0							0	0%

表 5 北京站不同方位障碍物影响日照记录的统计结果

Table 5 The statistical results of sunshine records in different direction obstructions at Beijing observing station

年份:2008 年 纬度:39°48'N 经度:116°28'E

障碍物方位	影响日数	影响日期	影响时间段		日平均遮挡日照时数	最大影响日		年最大可能影响	
			开始	结束		遮挡时数	日期	日照时数	日照百分率
63.5°~73.5°	113	4月27日—8月17日	4.92	5.95	0.51	0.97	5月9日 8月5日	57.31	1.3%
73.5°~83.5°	65	4月6日—5月7日 8月7日—9月8日	5.37	6.36	0.55	0.93	4月15日 8月29日	35.85	0.8%
83.5°~93.5°	57	3月17日—4月13日 8月31日—9月28日	5.81	6.79	0.56	0.92	3月26日 9月18日	32.02	0.7%
93.5°~103.5°	55	2月27日—3月24日 9月20日—10月17日	6.24	7.22	0.57	0.94	3月6日 10月7日	31.44	0.7%
103.5°~113.5°	60	2月5日—3月5日 10月10日—11月8日	6.68	7.68	0.60	0.99	2月16日 10月28日	36.18	0.8%
113.5°~123.5°	110	1月1日—2月15日 10月29日—12月31日	7.14	8.18	0.65	1.02	11月23日	71.63	1.6%
123.5°~123.5°	62	1月1日—1月22日 12月1日—12月31日	7.96	8.49	0.36	0.53	12月22日	22.02	0.5%

照百分率影响程度基本相同。

需要说明的是:上述结论是假定障碍物的高度角为 10°时得出的,由于在北回归线以北,全年各日任意时刻的太阳高度角总可以出现低于障碍物高度角的情况,则对日照记录的影响不会遵循上述结论。另外,日照被障碍物遮挡时,也会同时出现日照被云遮挡的情况,所以实际测量中,日照受障碍物的影响会很复杂。

作者没有分析障碍物高度角的变化对日照记录的影响。在不同方位,由于太阳高度角的变化不尽相同,障碍物对日照记录的影响总会有一个截止高度角,此高度角为该方位一年内的最大太阳高度角,障碍物高度角小于最大太阳高度角时,其对日照记

录的影响随障碍物的高度角的增大而增大,障碍物高度角大于最大太阳高度角,其影响程度与等于最大太阳高度角时相同。

参考文献

[1] 吴安军. 居室日照时间的计算及应用[J]. 气象, 2004, 30(12): 72-73.
 [2] 买苗, 曾燕, 邱新法, 等. 黄河流域近 40 年日照百分率的气候变化特征[J]. 气象, 2006, 32(5): 62-66.
 [3] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京: 气象出版社, 2003: 133-134.
 [4] 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.
 [5] 中国气象局令第 7 号. 气象探测环境和设施保护办法, 2004.