

两种不同类型日照仪器观测数值的对比及差异分析

杨艳玲, 刘颖, 毛广云, 潘存良*

哈密市气象局, 新疆 哈密

Email: 412794354@qq.com, *33093486@qq.com

收稿日期: 2021年7月1日; 录用日期: 2021年8月3日; 发布日期: 2021年8月10日

摘要

本文利用哈密市6个站2019年1~6月DFC2型光电式数字日照计与暗筒式日照计日照平行观测资料, 分析了两个序列数据的完整性、一致性及其差异。结果表明: 哈密6个台站人工日照时数略大于自动观测, 随着海拔高度的增长人工观测与自动观测值越接近, 并通过显著性检验; 二者间相关性较好, 尤其小时值相关性更好; 两个序列数据完整性很好, 数据采集成功率高; 小时数据差值有明显日变化规律, 差值的日变化无明显地域差异; 两种观测方式因仪器观测原理不同, 观测环境的天气条件影响, 以及观测员的观测习惯等因素, 造成了观测数据有差异。

关键词

光电式数字日照计, 暗筒式日照计, 差异

Comparison and Difference Analysis of the Observed Values of Two Different Types of Sunshine Instruments

Yanling Yang, Ying Liu, Guangyun Mao, Cunliang Pan*

Hami City Meteorological Bureau, Hami Xinjiang

Email: 412794354@qq.com, *33093486@qq.com

Received: Jul. 1st, 2021; accepted: Aug. 3rd, 2021; published: Aug. 10th, 2021

Abstract

This article uses six stations' Parallel observation data in Hami City from January to June 2019,

*通讯作者。

which is collected by DFC2 photoelectric digital sunshine meter and Jordan sunshine recorder, analyzed the completeness, consistency and differences of the two series data. The results show that the sunshine hours recorded by manually of the 6 stations in Hami are slightly larger than the automatic observations records. Along with the altitude increases, manually record sunshine hours are closer to the automatic observations' and pass the significance test; correlation between these two results is good, especially on hourly observation record. The two series data integrity is good, and success rate of data collection is high; hourly data difference has obvious diurnal changes, and the diurnal changes of the difference have no obvious regional differences. Due to two instruments principles are different, weather conditions of observation environment, as well as the observation habits of observers and other factors, which have caused differences of observation data.

Keywords

Photoelectric Digital Sunshine Recorder, Jordan Sunshine Recorder, Difference

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

日照时数是反映太阳辐射强弱的重要气候指标,同时也是表征气候变化的气象要素之一日照时数作为太阳辐射的重要表征因子,对研究天气过程和气候变化具有重要意义,同时直接影响农、林业生产及人类日常生活,因此日照时数观测的准确性和合理利用十分重要。2019年5月前新疆国家级地面观测站在日照时数观测业务中普遍使用的是暗筒式(乔唐式)或聚焦式日照计,随着国家地面气象观测自动化业务的运行,2019年5月后新疆国家级地面观测站开始使用光电式数字日照计观测日照时数。

近年来,很多学者对人工与自动日照时数进行了对比分析,杜传耀等[1]三种日照观测设备性能对比及影响因子分析,益西卓玛等[2]分析了冬季不同天空状况下三种日照测量仪器值,进行了分类对比分析,还有孟庆勇、丁丽和刘娜等[3][4][5][6]对不同类型日照仪器观测数值的对比进行了分析。本文对哈密市6个站两种不同观测方法所获取的日照资料进行比较分析,找出这两种观测方法所获取日照资料存在的差异原因和规律,为气候分析、资源开发等科研工作衔接使用人工观测方法所获取的日照资料提供修正参考依据。

2. 资料介绍及研究方法

2.1. 工作原理

日照时数是指在给定时间,太阳直接辐照度达到或超过 $120 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 的那段时间总和,以 h 为单位,取 1 位小数[7]。

DFC2 型光电式数字日照计采用置于光学镜筒中的三个同轴光电感应器对总辐射和散射辐照进行自动连续观测,根据计算出的直接辐照度判断有无日照。测量原理如图 1,三个带有圆柱形漫射器的光电管 D_1 、 D_2 、 D_3 分别安置在同一轴线上,并通过遮光罩及其入射窗 W_1 、 W_2 对入射到 D_2 、 D_3 上的辐射进行约束。光电管 D_1 在 360° 的环形范围内接收总辐射。 D_2 和 D_3 接收环形范围内不同方向上的辐射,而太阳直接辐射只能照射到 D_2 、 D_3 中的一只,其中较小的输出值即为散射辐射。直接辐射为总辐射和散射辐射的差值,若直接辐照度 $\geq 120 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 则算作有日照,把时间累计,得到每小时和每天的日照时数[8]。

人工观测仪器为暗筒式日照计,由金属圆筒(底端密闭,筒口带盖,两侧各有一进光小孔,筒内附有压纸夹)、隔板、纬度盘构成(图 1)。暗筒式日照计记录日照的方法采用的是针孔成像原理,当太阳直接辐射达到或超过 120 W/m^2 时,射入暗筒式日照计圆筒某一侧的小孔的光线使涂有感光药剂的日照纸上形成感光点,由于太阳的移动,在不同时刻,日照纸上形成的感光点的位置是不同的,无数感光点连成感光迹线,感光迹线的长短反映了日照时间的长短,观测记录由人工沿感光迹线划线计算得出[9]。

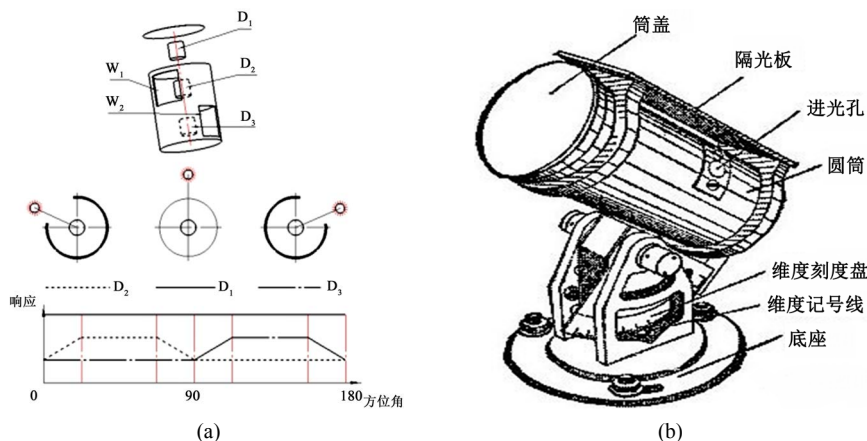


Figure 1. Two kinds of solar meter principle structure diagram. (a) Schematic diagram of photoelectric digital daylight meter measurement; (b) Structure diagram of Jordan sunshine recorder

图 1. 两种日照计原理及结构图。(a) 光电式数字日照计测量原理图; (b) 暗筒式日照计结构图

2.2. 数据获取

本文的分析资料来源于哈密市 6 个国家站 2019 年 1~6 月 DFC2 光电式数字日照计和暗筒式日照计的平行观测的日照时数数据。两项观测数据均按照《地面气象观测规范》进行了质量控制。数据中, 两项日照时数日合计值均为 0 和两项日照时数日合计值至少有一项缺测的数据, 不参与对比分析。

2.3. 研究方法

本文首先对哈密市 6 个国家站的日照时数进行小时和全天日照时数一致性分析。一致性评估方法为: 逐站逐时次(日或小时)选取日照时数人工观测值与自动观测值, 计算二者间的偏差、平均值误差、均方根误差、相关系数等指标, 人工或自动观测值若有一方缺测, 该时次不参加统计; 其次用差值分析法分析两种序列的差异, 差值为自动观测数据减去人工观测数据; 最后再对 DFC2 型光电式数字日照计与暗筒式日照计观测日照时数差异进行分析。

2.4. 数据完整性评估

哈密市 6 个国家站暗筒式日照计在平行观测期间数据无缺测, 对光电式数字日照计观测分钟数据进行了缺测率统计, 4 站缺测率在 0.11%, 2 站缺测率为 0%, 总体来说, 光电式数字日照计缺测率很小, 运行比较稳定。

3. 一致性分析

3.1. 小时日照时数一致性分析

从表 1 可以看出全市 6 个站的小时偏差均 $< 1 \text{ h}$, 表明所有站小时自动观测值小于人工观测值, 海拔高度低于 1000 m 的台站小时偏差 $\leq 0.91 \text{ h}$, 海拔高度高于 1000 m 的台站小时偏差 $\geq 0.94 \text{ h}$; 小时平均值

误差和小时偏差相类似, 所有站的值都 < 0 ; 小时均方根误差普遍较小, 小时均方根误差较大的台站海拔高度低于 1000 m。通过对小时偏差值、平均值误差和均方根误差分别与各站的拔海高度做了线性趋势分析, 发现拔海高度较高的站人工观测值与自动观测值越接近, 并通过了显著性检验, 尤其地处戈壁滩, 四周无任何遮挡物的红柳河气象站人工观测值与自动观测值更接近。

Table 1. Consistency statistical indicators of daily hours and sunshine hours in Hami City

表 1. 哈密市小时和日日照时数一致性统计指标

站名	项目	偏差(h)		平均值误差(h)		均方根误差(h)		拔海高度(m)
		小时	日	小时	日	小时	日	
哈密站		0.88	0.89	-8.14	-1.01	12.97	1.56	737.2
巴里坤站		0.96	0.95	-2.60	-0.37	6.78	0.98	1679.4
伊吾站		0.94	0.94	-3.86	-0.55	8.32	1.14	1728.6
淖毛湖站		0.90	0.90	-7.49	-1.00	21.79	1.30	479.0
红柳河站		0.99	0.98	-0.73	-0.13	7.30	1.20	1573.8
十三间房站		0.91	0.91	-6.38	-0.88	10.12	1.61	721.4

3.2. 全天日照时数一致性分析

从各统计量的表 1 可以看出, 日照时数日值偏差与小时值偏差相类似, 所有站的日值偏差都 < 1 , 表明各站人工观测日值略大于自动观测, 接近于 1 的站都是海拔高度高于 1000 m 的台站, 与小时偏差一致。所有站的日值平均值误差都 < 0 , 与日值偏差相类似。从日值均方根误差值可以看出, 只有巴里坤站的日值均方根误差 < 1 , 日值均方根误差较大的台站海拔高度低于 1000 m 的台站, 与时值均方根误差相类似。通过对日值偏差值、平均值误差和均方根误差分别与各站的拔海高度做了线性趋势分析, 得出结论与小时值相类似, 日值偏差差值与日值平均值误差通过了显著性检验, 日值均方根误差未通过检验。

4. 数据差异

4.1. 小时日照数据

哈密市 6 个气象站小时数据差值有日变化规律(图 2), 最早日出出现时间为 05 时, 最晚日落时间为 20 时。日出、日落时差值很小, 05 时、20 时 1~4 月平均差值均为 0 h, 05 时 5 月为 0.016 h, 6 月为 0.079 h 较前几个月差值增大, 由于日出时间提前的原故; 20 时 5 月为 0.003 h, 6 月为 0.052 h 较前几个月差值增大, 由于日落时间推后的原故。随着太阳高度角升高, 绝对差值越来越大, 最大值 1 月出现在 10 h 为 -0.224 h, 2 月出现在 09 时, 为 -0.236 h, 3~5 月出现在 08 时前后, 分别为 -0.205 h、-0.134 h、0.103 h, 6 月出现在 11 h 为 0.099 h, 可以看出, 自动采集数据小于人工数据趋势明显, 月份越小趋势越明显。11 时~13 时所有月份的绝对差值逐渐减小, 13 时~17 时 1 月、2 月呈增大趋势, 3~6 月呈波动变化趋势, 之后随着太阳高度角降低, 绝对差值开始减小; 在日落前的 1~3 h 差值为正值, 18 时差值最大为 0.257 h, 因日落时间有差异, 2 月、3 月正值落后于 1 月 1 h, 4 月落后于 3 月 1 h, 5 月、6 月落后于 4 月 1 h, 从日落前 1~3 h 差值可以看出, 自动采集数据大于人工数据趋势明显, 月份越小趋势越明显。差值的日变化无明显地域差异。

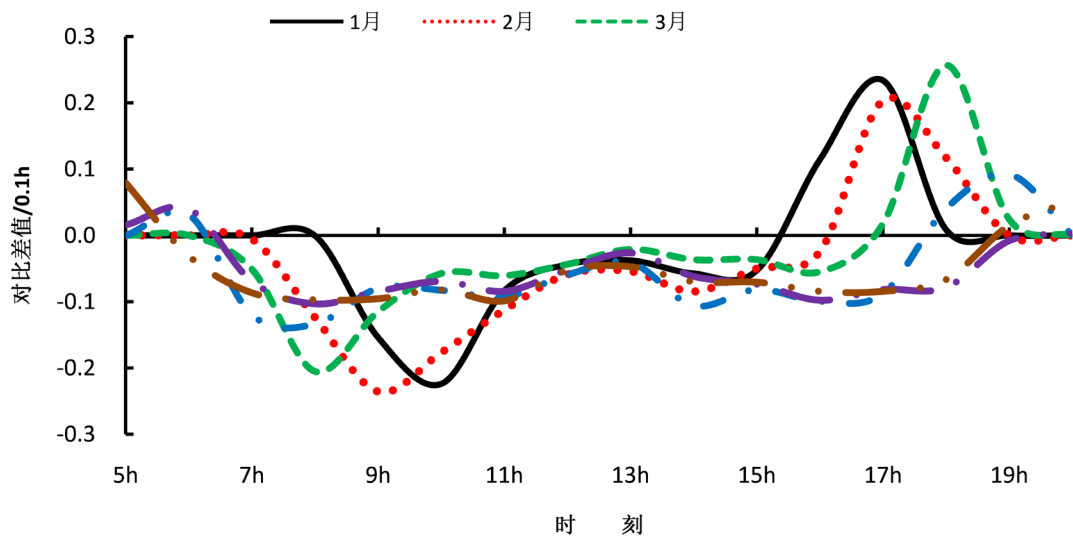


Figure 2. Diurnal changes in the difference between automatic and manual observations in Hami city from January to June 2019
图 2. 2019 年 1~6 月哈密市自动与人工观测日照数据差值的日变化

4.2. 日日照数据

根据 DFC2 型光电式数字日照计与暗筒式日照计观测日照时数的日合计差值变化可知, 181 d 日合计差值平均值中 30 d 为正值, 占总天数的 16.6%, 其中 1 月有 6 d, 2 月有 4 d, 3 月有 10 d, 4 月有 3, 5 月有 3, 6 月有 4 d。从图 3 可以看出日合计差值的变化范围为 $-2.917\sim 0.467$ h, 最小值 -2.917 h 出现在 6 月 2 日, 最大值 0.467 h 出现在 5 月 26 日, 其中 1 月变化范围为 $-1.683\sim 0.217$ h; 2 月变化范围为 $-2.133\sim 0.150$ h; 3 月变化范围为 $-2.867\sim 0.167$ h; 4 月变化范围为 $-1.883\sim 0.133$ h; 5 月变化范围为 $-2.917\sim 0.233$ h; 6 月变化范围为 $-1.933\sim 0.467$ h。每月平均差值的变化范围为 -0.319 h ~ 0.872 h, 其中 5 月最大为 -0.872 h, 6 月次之, 为 -0.846 h, 1 月最小为 -0.319 h。总体来看, 日照自动观测值普遍小于人工观测值, 两个序列差异不大。

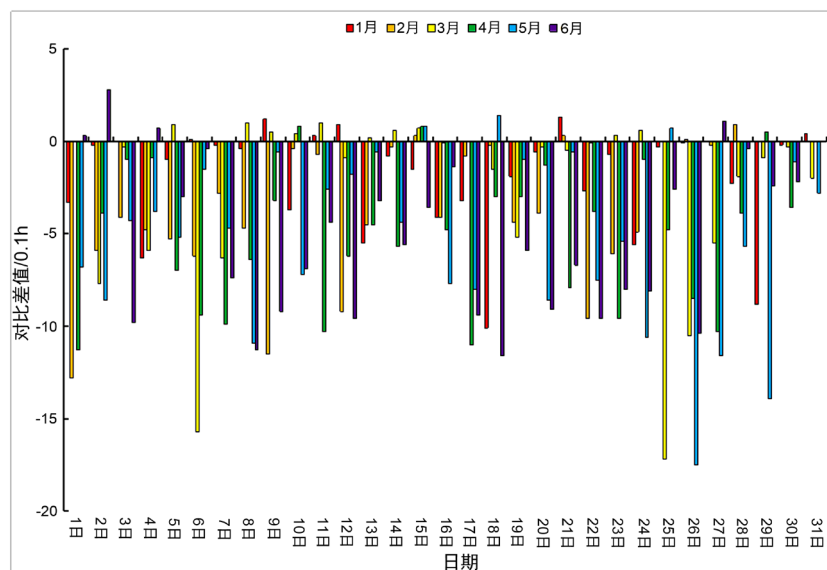


Figure 3. From January to June 2019, the average value of the difference between the automatic sunshine hours and the total artificial days in Hami city
图 3. 2019 年 1~6 月哈密市日照时数自动与人工日合计差值平均值

5. DFC2 型光电式数字日照计与暗筒式日照计日照时数的相关性分析

对光电式数字日照计与日照计观测日照时数日合计值进行相关性分析, 相关系数为 0.95, 说明光电式数字日照计与日照计观测日照时数显著。由图 4 可知, 二者一致性很好, 人工观测偏大的样本更多, 但随着日照时数的增长 DFC2 型光电式数字日照计与暗筒式日照计观测日照时数的观测值越接近。

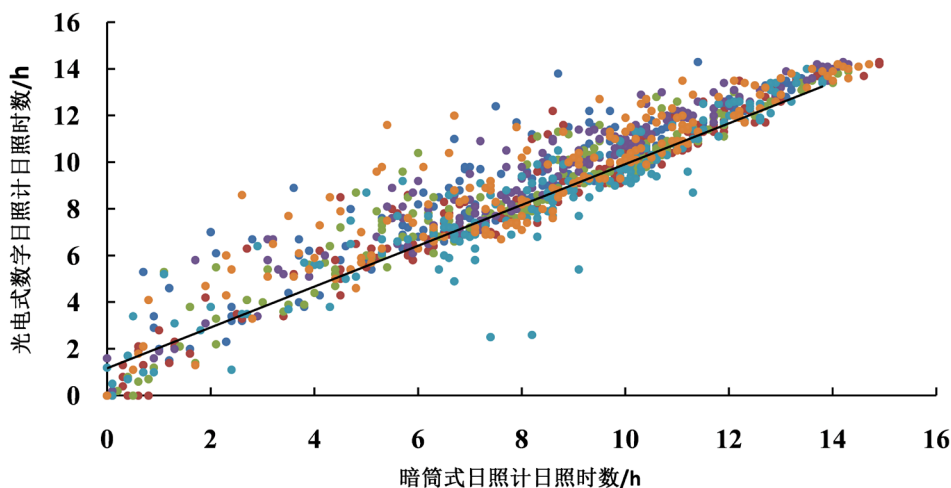


Figure 4. Observation of scatter diagram of sunshine hours by photoelectric sunshine digital meter and Jordan sunshine recorder

图 4. 光电式数字日照计与暗筒式日照计观测日照时数散点图

6. DFC2 型光电式数字日照计与暗筒式日照计观测日照时数差异原因分析

6.1. DFC2 型光电式数字日照计观测偏差影响因素

DFC2 型光电式数字日照计作为自动观测的设备, 要常年不断地、可靠准确的观测是不容易的, 观测环境的天气情况变化都会对仪器自动观测造成影响。玻璃罩是否干净、仪器安装时南北向、纬度角是否正确、仪器是否水平、采集电路温漂是否严重、光电感应器件是否老化等因素都会影响观测数据的准确性。

6.2. 暗筒式日照计观测偏差影响因素

日照计观测日照时数受人为因素的影响最大。在确保日照计的安装都符合规范的前提下, 常年日晒雨淋, 观测员每日更换日照纸开、合盖操作对仪器水平的影响, 日照纸是否按要求对准刻度线, 阳光能否顺利通过小孔, 涂日照纸所用的药品柠檬酸铁氨与赤血盐质量好坏, 药品质量配比、涂抹均匀度等人为因素影响, 是造成该仪器准确度的主要原因。观测员描划感光迹线的读数习惯差异也会造成数据偏差, 当感光迹线非常淡时, 容易被观测员遗漏, 使观测的日照时数减少; 当感光迹线呈断续线时, 容易被描划成连续直线, 使观测的日照时数被人为增多[9]。日照计的阈值并不明确, 在涂药标准的情况下稍大于 $120 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, 同时暗筒式日照计受“光斑效应”的影响, 使得在云天情况下读数明显偏大[10]。如果严格按照国家测量标准执行, 暗筒式日照计的记录误差约为 $\pm 5\%$ [11]。

7. 结论

通过对哈密市六个气象观测站 DFC2 型光电式数字日照计与暗筒式日照计观测的日照时数资料对比分析, 得到结论如下:

1) 哈密光电式数字日照计观测日照时数略小于暗筒式日照计观测日照时数,通过对小时、日偏差值、平均值误差和均方根误差分别与各站的拔海高度做了线性趋势分析,发现拔海高度较高的站人工观测值与自动观测值越接近,并通过了显著性检验,尤其地处戈壁滩,四周无任何遮挡物的红柳河气象站人工观测值与自动观测值更接近。

2) 通过对两种类型日照仪器的观测日照时数的差异分析发现自动观测值小于人工观测值,其中小时数据差值有明显日变化规律,差值的日变化无明显地域差异。

3) 光电式数字日照计与暗筒式日照计观测的日照时数相关系数为 0.95,二者一致性很好,随着日照时数的增长 DFC2 型光电式数字日照计与暗筒式日照计观测日照时数的观测值越接近。

4) 两种观测方式因仪器观测原理不同,观测环境的天气条件影响,以及观测员的观测习惯等因素,造成了观测数据有差异。因此在日常的观测业务中,需严格遵守观测规范,时常校准和维护仪器,减少差异的形成,提高日照时数观测数据的准确性和可比较性。

参考文献

- [1] 杜传耀,李栋,张天明,等.三种日照观测设备性能比对及影响因子分析[J].气象科技,2018,46(1):29-33.
- [2] 益西卓玛,冉光辉,白宇轩.冬季不同天空状况下三种日照测量仪器比较[J].中低纬山地气象,2020,44(2):98-101.
- [3] 孟庆勇,次仁德吉,旺堆.DZZ5 新型自动站直射表日照观测与人工观测对比[J].气象科技,2015,43(3):417-421.
- [4] 丁丽,刘双喜,胡景波,等.三种不同类型日照仪器观测数值的对比分析[J].大气与环境光学学报,2020,15(4):251-260.
- [5] 刘娜,任芝花,余予.直接辐射表与日照计观测日照时数的差异评估[J].气象,2015,41(1):68-75.
- [6] 朱蓉慧,刘辉.石河子地区两种日照仪器观测日照时数对比分析研究[J].新疆农垦科技,2021,44(2):57-58.
- [7] 中国气象局.地面气象观测规范[M].北京:气象出版社,2003.
- [8] 中国气象局综合观测司.光电式数字日照计观测规范(试行)[Z].2018.
- [9] 石振文.人工与自动日照观测的对比分析[C]//中国气象学会.中国气象学会 2006 年年会“提高大气监测自动化水平、为业务技术体制改革作贡献”分会场论文集.2006:7.
- [10] 杨焕强,张桂珍,孔万林,等.DFC I 型光电式日照计与暗筒式日照计的对比分析[J].浙江气象,2020,41(2):39-45.
- [11] 张纬敏,谭月香.日照计测量误差探讨[J].气象,2000(5):17-19.