

DFC1、DFC2和DFC3光电式自动日照计对比观测分析

张寅¹ 樊超² 沈萍¹ 郭莲莲¹

1. 西安市长安区气象局 陕西 西安 710100

2. 西安市气象局大气探测中心 陕西 西安 710016

摘要:自2018年开始,我国日照时数自动观测全面展开,目前台站广泛使用的日照测量设备为光电式数字日照计,本文通过对比观测,分析评估业务用三种日照计2021年8~10月的观测数据。结果表明:DFC1型日照计业务运行故障、数据异常率较DFC2和DFC3型日照计较大。日照计测量误差受天气变化影响较大,非降水天气下测量误差小,降水天气下测量误差随之增大,这与日照计结构设计和测量原理有关,也与其内在的测量算法机制相关。

关键词:光电式自动日照计;对比观测;差异分析

1 引言

日照时数定义为,在给定时间内太阳直接辐照度达到或超过120 W/的时间总和。它不仅关乎农作物生长、生态系统平衡、还能揭示气候变化的趋势与机制。从农业角度看,日照时数直接影响植物的光合作用效率,进而关系到作物生长周期、产量及品质;在能源领域,日照观测数据是太阳能资源评估与光伏系统设计的关键依据;从气象学与气候研究的视角出发,日照时长与气候变化紧密相关。综上所述,日照观测不仅是科学研究的基本需求,更是促进现代农业发展、优化能源利用、应对气候变化的重要工具。

目前,日照的测量仪器有直接辐射表、总辐射表和散射辐射表,暗筒式日照计、聚焦式日照计、双金属片式日照计和光电式自动日照计等。本文对DFC1、DFC2和DFC3型光电式自动日照计(以下简称日照计),以泾河国家基本站辐射数据作为参考标准,开展了为期三个月的比对观测,并对3种日照计与参考标准之间日照时数观测数据分别进行统计分析。

2 设备数据及分析方法

此次比对观测地点位于陕西省西安市长安国家基本气象站(经度:108°53'纬度:34°05',站点海拔:456.7 m),该场地日照充足,四周无遮挡。对比观测时间,从2021年8月1日开始,至2021年10月31日结束。DFC1、DFC2和DFC3三种型号的日照计各有3台仪器参加试验。

由于3种型号日照计数据采集频率的差异,本文仅采用分钟、日数据和月总量进行分析评估。因长安站无辐射观测项目,故本文采用泾河国家基本站(经度:108°58'纬度:34°26',站点海拔:456.7 m)辐射观测数据为参照。天

作者简介:张寅,1986年生,女,汉,江苏人,硕士,工程师,从事基层天气预报预测工作。

气现象则采用长安站2021年8-10月地面观测数据。

本文从三方面进行分析评估:一是从分钟数据量入手,通过分钟数据缺测率统计,对整体数据的完整性进行评估;二是从月日照时数总量入手,不区分天气因素,计算3种日照计测量误差结果;三是根据地面观测天气现象,区分降水和非降水天气2种条件(本文以每日05时-20时期间是否出现降水作为降水和非降水天气的区分条件),计算不同天气条件下3种日照计测量误差结果。利用3种型号日照计与辐射观测数据之间的绝对误差、相对误差及相关系数来评估其数据的准确性。若绝对差值、相对差值越小,相关系数越接近于1,则表明数据一致性越高。将对对比分析数据与参照数据的差值定义为:

$$S = X - Y,$$

$$S_A = \frac{X - Y}{Y} \times 100\%,$$

$$A_E = |X - Y|,$$

$$r = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{n}}{\sqrt{\left[\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n} \right] \left[\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \right]}}$$

其中,S为差值,SA为相对差值,AE为绝对误差,X为日照计数据资料,Y为辐射数据资料,r为相关系数。

3 数据分析

3.1 数据完整性分析

本文以分钟数据为基本单位,在数据筛选检查阶段对3种日照计2021年8~10月日照数据的缺测率进行了统计检查。表1为3种日照计分钟数据完整性统计表,统计检查结果显示,3种日照计逐日数据完整性良好,无缺测情况。但3种日照计均存在分钟数据缺测情况,缺测率分别为0.43%、0.31%和0.33%,其中DFC2型日照计缺测率最小,运行最为稳定。

表1 3种日照计分钟数据完整性统计表

型号	编号	min数据采集数	min数据平均采集数	缺测率
DFC1	11001	131915		0.43%
	11002	131911	131911	
	11003	131907		
DFC2	22001	132060		0.31%
	22002	132060	132060	
	22003	132060		
DFC3	DFC31	131983		0.33%
	DFC32	132060	132034	
	DFC33	132060		

3.2 逐日日照数据一致性分析

3种日照计小时累计日照时数以分钟为单位，按照小时内每累计6 min有日照则记录为0.1 h，为准确分析降水与非降水两种条件下3种日照计所观测的日照时数与辐射数据的一致性，本文并未剔除全日照计观测日照时数均为0.0的天数，共参与统计的有效样本数为92 d。图1-6分别为3种日照计逐日日照时数与辐射数据的一致性分析和各误差值百分占比。结果表明，3种日照计的逐日日照时数与辐射数据的相关系数均大于0.9接近于1，其中DFC3型日照计表现最好，相关系数为0.94，为显著正相关。

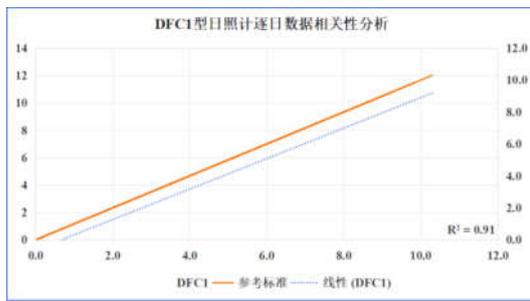


图1 DFC1型日照计逐日日照时数相关性分析



图2 DFC1型日照计逐日日照时数误差分析

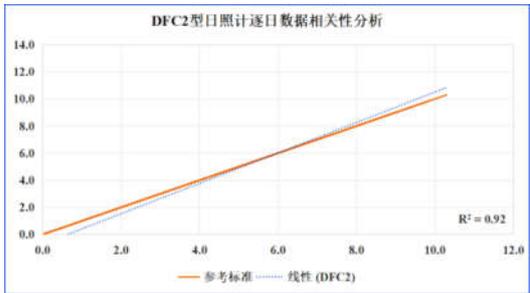


图3 DFC2型日照计逐日日照时数相关性分析

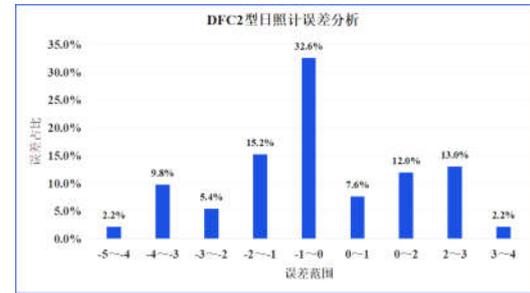


图4 DFC2型日照计逐日日照时数误差分析

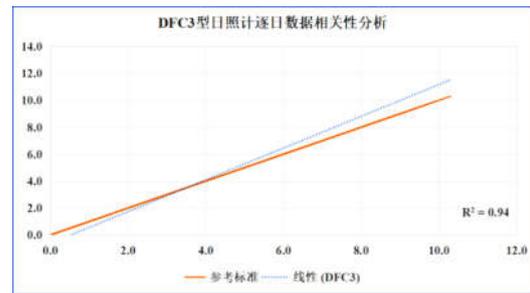


图5 DFC3型日照计逐日日照时数相关性分析

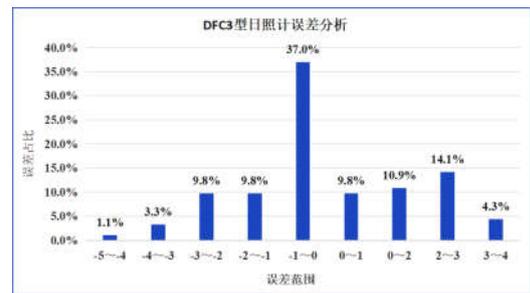


图6 DFC3型日照计逐日日照时数误差分析

3.3 不区分天气条件日照时数分析

表2为3种日照计在不区分天气条件下，2021年8~10月总日照时数的统计分析情况。结合表1可知，由于DFC1型日照计缺测率较其他2种日照计稍高，所以DFC1型日照计观测的日照时数较其他两种日照计也明显偏

小，和参考值相比误差较大。DFC2型日照计3台设备中22002号设备白天缺测分钟数较多，导致其与22001和22003号两台设备观测数据差别较大，剔除22002号设备后，DFC2型设备的误差率较小，基本满足日照时数观测的基本要求。

表2 3种日照计8~10月总日照时数统计分析表

统计量	参考标准	DFC1			DFC2			DFC3		
		11001	11002	11003	22001	22002	22003	DFC31	DFC32	DFC33
日照时数/h	387.0	365.3	360.2	362.7	381.3	369.6	381.2	399.5	405.3	395.5
绝对误差/h	-	21.7	26.8	24.3	5.7	17.4	5.8	12.5	18.3	8.5
相对误差(%)	-	5.6%	6.9%	6.3%	1.5%	4.5%	1.5%	3.2%	4.7%	2.2%

3.4 区分天气条件

3.4.1 降水天气条件下

表3为3种日照计在降水天气条件下,2021年8~10月总日照时数的统计分析情况。3种日照计在降水条件下观测的日照时数与参考值相比都明显较小,误差较大。其

中DFC1型日照计误差最大,3台设备数据的相对误差均达20%以上,由此可知降水天气对于DFC1型日照计的运行稳定性和观测数据的准确性影响都很大。DFC3型日照计的3台设备的相对误差则均在10%以下,表明降水天气对于DFC3型日照计的影响最小。

表3 3种日照计8~10月降水天气条件下日照时数统计分析表

统计量	参考标准	DFC1			DFC2			DFC3		
		11001	11002	11003	22001	22002	22003	DFC31	DFC32	DFC33
日照时数/h	126.9	100.0	98.2	100.5	104.2	100.0	105.4	116.3	119.9	115.1
绝对误差/h	-	26.9	28.7	26.4	22.7	26.9	21.5	10.6	7.0	11.8
相对误差(%)	-	21.2%	22.6%	20.8%	17.9%	21.2%	16.9%	8.4%	5.5%	9.3%

3.4.2 非降水天气条件下

表5为3种日照计在非降水天气条件下,2021年8~10月总日照时数的统计分析情况。3种日照计在非降水条件下观测的日照时数与参考值相比误差较降水天气条件下的误差明显偏小,均小于10%。其中DFC1型日照计误

差最小,3台设备数据的相对误差均小于2%,由此可知DFC1型日照计在非降水条件下的运行稳定性和观测数据的准确性与其他2种日照计相比偏好。DFC3型日照计的3台设备的相对误差则均在5%以上,表明DFC3型日照计对于非降水条件下的日照观测不够敏感。

表4 3种日照计8~10月非降水天气条件下总日照时数统计分析表

统计量	参考标准	DFC1			DFC2			DFC3		
		11001	11002	11003	22001	22002	22003	DFC31	DFC32	DFC33
日照时数/h	260.9	265.3	262.0	262.2	269.5	262.2	268.2	283.2	285.4	280.4
绝对误差/h	-	4.4	1.1	1.3	8.6	1.3	7.3	22.3	24.5	19.5
相对误差(%)	-	1.7%	0.4%	0.5%	3.3%	0.5%	2.8%	8.5%	9.4%	7.5%

结论

通过对为期三个月的对比观测数据的分析评估,汇总数据完整性评估、不区分天气条件和区分天气的分析结果。在不区分天气条件时,DFC2型设备的误差率较小。在区分天气条件时,虽然DFC1型日照计业务运行故障、数据异常率较DFC2和DFC3型日照计较大,但在非降水条件下DFC1型日照计的运行稳定性和观测数据的准确性与其他2种日照计相比偏好;DFC3型日照计虽然受降水天气的影响最小,但对于非降水条件下的日照观测不够敏感。总体来说日照计的运行稳定率和测量误差受天气变化影响较大,非降水天气下测量误差小,降水天气下测量误差随之增大,这与日照计结构设计和测量原

理有关,也与其内在的测量算法机制相关。研究结果表明,国产自动日照计可以通过研究消减天气条件对光电式数字日照计测量误差的影响,进行持续的优化升级。

参考文献

- [1]曹丽娟.酒泉市日照时数变化特征及对农业生产的影响分析[J].农业灾害研究,2023(13):124-126.
- [2]丁立国,黄晨然.贵州省光伏电站集中开发区太阳能资源评估[J].中低纬山地气象,2019(43):59-61.
- [3]吕文华,崇伟,丁蕾.光电式自动日照计性能对比实验与分析[J].电子测量与仪器学报,2015(29):928-933.
- [4]张晓娟,李娜.国内外日照时数观测数据对比分析——以郑州气象站为例.气象科技,2019,47(6):912-915.