

# 一种新型日照传感器的数据分析

石京川<sup>1,2</sup>, 刘 钧<sup>2</sup>, 王建佳<sup>2</sup>

(1. 成都信息工程学院, 成都 610225; 2. 中国华云技术开发公司, 北京 100081)

**摘 要:**为了测试基于积分球原理的新型日照计样机的性能及测量准确度, 分别在 3 个特殊天气条件下对积分球日照计和双轴跟踪辐射表的实测秒数据进行曲线拟合和对比, 并对两者测得的日照时数进行统计分析。结果显示: 积分球日照计和双轴跟踪辐射表测得的日照资料在不同天气条件下存在着差异, 在有云、能见度较好的晴天条件下, 由于两者灵敏度的差异, 太阳辐射较强, 双轴跟踪辐射表测得的辐照度明显大于积分球日照计测得的辐照度。从相关性和统计分析看来, 总体上两者相关性较好, 趋势基本吻合。

**关键词:**积分球; 新型日照计; 双轴跟踪辐射表; 秒数据; 拟合

**中图分类号:**P414.5   **文献标识码:**A   **文章编号:**1006-009X(2015)01-0039-07

## Analysis on the data of a new sunshine sensor

Shi Jingchuan<sup>1,2</sup>, Liu Jun<sup>2</sup>, Wang Jianjia<sup>2</sup>

(1. Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225; 2. Huayun Meteorological Science and Technology Corporation of China, Beijing 100081)

**Abstract:** In order to test new heliograph prototype based on the principle of integrating sphere, this paper gives a curve fitting and comparative analysis of the second data measured by integrating sphere heliograph and two-axis tracking radiation table in three special weather conditions. The sunshine duration measured by integrating sphere heliograph and two-axis tracking radiation table is statistical analyzed. The results show that there are differences of sunshine duration measured by integrating sphere heliograph and two-axis tracking radiation table in different weather conditions. When there are clouds, good visibility in sunny day and stronger solar radiation, the irradiance measured by two-axis tracking radiation table is bigger than the the irradiance measured by integrating sphere heliograph because of the difference of sensitivity. On the whole, there is a good correlation and consistent trend for integrating sphere heliograph and two-axis tracking radiation table from the correlation and statistical analysis.

**Key words:** integrating sphere; new heliograph; two-axis tracking radiation table; second data; fitting

## 0 引言

日照时数是指太阳中心出现在一地的东方地平线到进入西方地平线, 其直射光线在无地物、

云、雾等任何遮挡的条件下, 照射到地面所经历的时间<sup>[1]</sup>。日照时数是地面气象台站均须观测的基本项目<sup>[2]</sup>, 通常采用日照计观测日照时数。目前台站仍采用暗筒式日照计, 并参照辐射观测仪的

收稿日期: 2014-01-08.

基金项目: GYHY201106039“日照自动观测仪器研制”资助.

作者简介: 石京川(1989-), 女, 硕士研究生. 主要研究方向, 大气探测信息处理.

日照资料进行人工日照时数记录,由于受观测员涂药技能、感光药品质量的不同和日照纸质量参差不齐等因素的影响,实测的日照时数误差较大,测量精度不高。根据我国目前日照观测现状和地面观测的业务需求,迫切需要研制可业务化的日照自动观测传感器及仪器<sup>[3]</sup>。HYS-2 积分球式日照传感器是针对我国目前日照计的需求,并根据王炳忠先生的设计方案<sup>[4]</sup>,在乔唐式日照计的基础上,把圆筒改为积分球,结合积分球原理自主研发一种新型日照传感器。

新型日照计是把积分球设计为一个有 5 个针孔的空心正球体,采取针孔消散射辐射的措施进行日照时数测量,输出数据为总辐射和散射辐射对应的电压值及有无日照值。直接辐射表可测量直接太阳辐照度,通过阈值鉴别器进行  $120 \text{ W/m}^2$  的转换,从而确定日照时数<sup>[5]</sup>。随着气象业务的发展,开始使用辐射观测仪器的观测方式进行日照时数的观测,目前台站是参照直接辐射表测定的日照资料对人工观测的日照资料进行对比和修订来完成日照时数的记录,所以可参照辐射观测仪器对新型日照传感器日照资料进行对比分析。本文通过对新型日照计样机进行一系列测试获得的实测秒数据,参照双轴跟踪辐射表数据,采用分段拟合的方法进行曲线拟合和对比<sup>[6]</sup>,并进行日照时数的统计分析,以检验新型日照计的稳定性和测量精度,且能够成为后续的测试和改进的数据参考依据,有助于新型日照计达到探测中心提出的日照传感器要求,以完成日照传感器的研制开发工作。

## 1 数据相关性对比分析

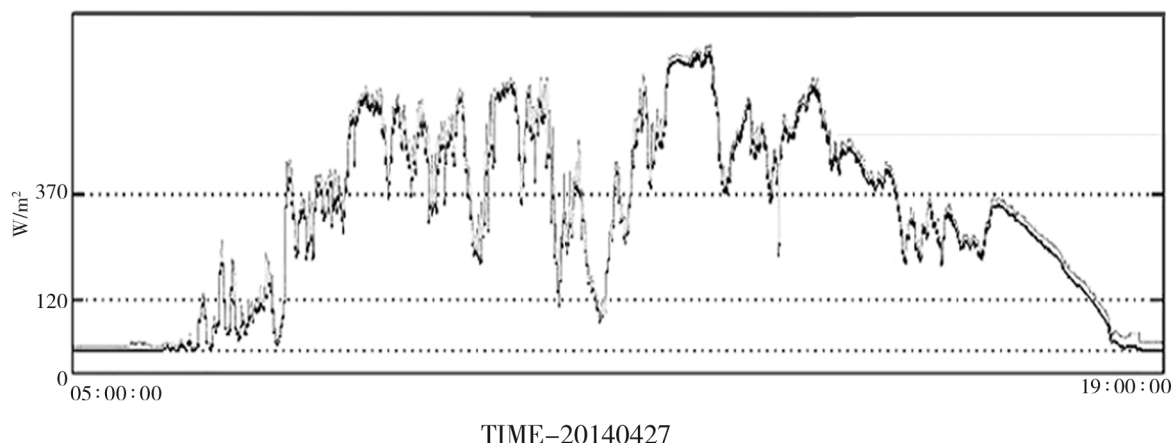
### 1.1 双轴跟踪辐射表数据可行性分析

双轴跟踪辐射表采用太阳跟踪方式探测的直接辐射式日照时数,是目前最贴近 WMO 所定义的日照时数的,测量准确度很高<sup>[7]</sup>。本研究用到的双轴跟踪辐射表体积小、重量轻、安装简便、相应速度快、精度高、稳定性好,可以直接连接到采集系统,能够满足高级别应用的要求。在安装前对各双轴跟踪辐射表进行校准,并将双轴跟踪辐射表和积分球日照计置于同等环境下,并同处于正南正北方位。太阳位置的准确跟踪是准确测量直接太阳辐照度的重要保证,所以为检验双轴跟踪辐射表跟踪太阳位置的准确度,需首先对双轴跟踪辐射表进行一致性分析。

双轴跟踪辐射表可测得总辐射( $GR$ ),直接辐射( $DR$ ),散射辐射( $SR$ )。利用测得的总辐射和散射辐射计算得到对比直接辐射,通过直接辐射的测量值和对比值进行误差率分析,检验双轴跟踪辐射表的测量精度<sup>[8]</sup>。抽取 2014-04-27 ~ 30 的双轴跟踪辐射表数据,将双轴跟踪直射辐射表测量出的数据大于  $120 \text{ W/m}^2$  秒数进行统计分析。统计数据如表 1 所示,对比结果图 1 所示。

表 1 直接辐射对比情况

日期	直接辐射值	计算的直接辐射值	相对误差率 (%)
4 月 27 日	37 779	38 677	2.377
4 月 28 日	40 855	41 580	1.774 6
4 月 29 日	40 481	41 473	2.391 9
4 月 30 日	40 885	42 476	3.891 4



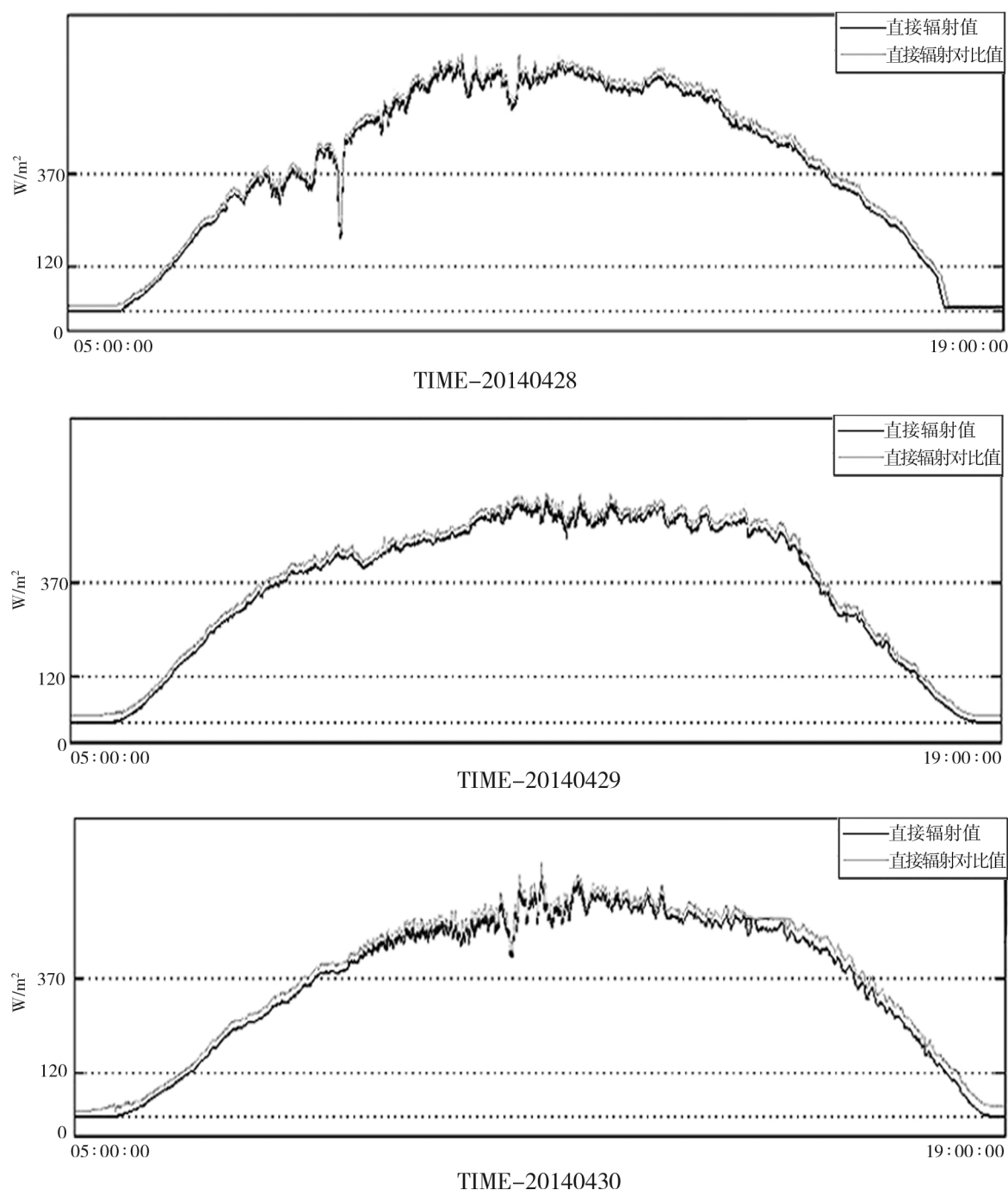


图 1 直接辐射对比图

通过双轴跟踪辐射表测得的总辐射、散射辐射和直接辐射秒数据的相互验证,结果显示:双轴跟踪辐射表的一致性较好,积分球日照计可参照其进行数据对比分析。

## 1.2 数据拟合分析

在积分球日照计的研制过程中,在北京南郊观测场对样机进行了一系列测试,通过对测试数据的初步分析,以检验这种新型日照计的稳定性和测量精度,为日照计的后续优化改进提供依据。为便于参照双轴跟踪辐射表对积分球日照计的实

测秒数据进行对比分析,将双轴跟踪辐射表和积分球日照计置于相同的环境条件下,并同处于正南正北方位。

### (1) 不同天气条件下的对比分析

抽取 2014 年的 6 月 25 日、7 月 4 日和 7 月 9 日这 3 个特殊天气下积分球的逐日实测秒数据(6 月 25 日、7 月 4 日和 7 月 9 日天气状况分别为阴雨天、雾霾天和晴天)。积分球日照计输出数据为直接辐照度对应的电压值,而双轴跟踪辐射表输出数据为辐照度值,所以需要将两种数据转换

到同一个量纲下进行对比分析才有意义<sup>[9]</sup>。本文采用最小二乘法拟合原理,参照双轴跟踪辐射表数据资料,对积分球日照计的实测秒数据进行分段拟合,利用拟合后的2个积分球日照计和双轴跟踪辐射表数据资料,在阴雨天、雾霾天和晴天条件下,分别对两者测得的散射辐照度、散射辐照度和直接辐照度进行对比分析<sup>[10]</sup>。总辐照度对比结果图如图2所示。整体上双轴跟踪辐射表的总辐照度和2个积分球总辐照度相关性较好,总体

趋势基本吻合。图2(a)为6月25日实测数据曲线图,当日11:00~14:00左右有雨,15:00~17:00左右为轻雾,所以总辐照度整体值偏低;图2(b)为7月04日实测数据曲线图,当天能见度较低,辐照度高于 $300\text{ W/m}^2$ 的区域两种设备相关性较好;图2(c)为7月9日实测数据曲线图,当天能见度较高,总辐照度整体值较高,两种设备数据在波动段相关性较差。

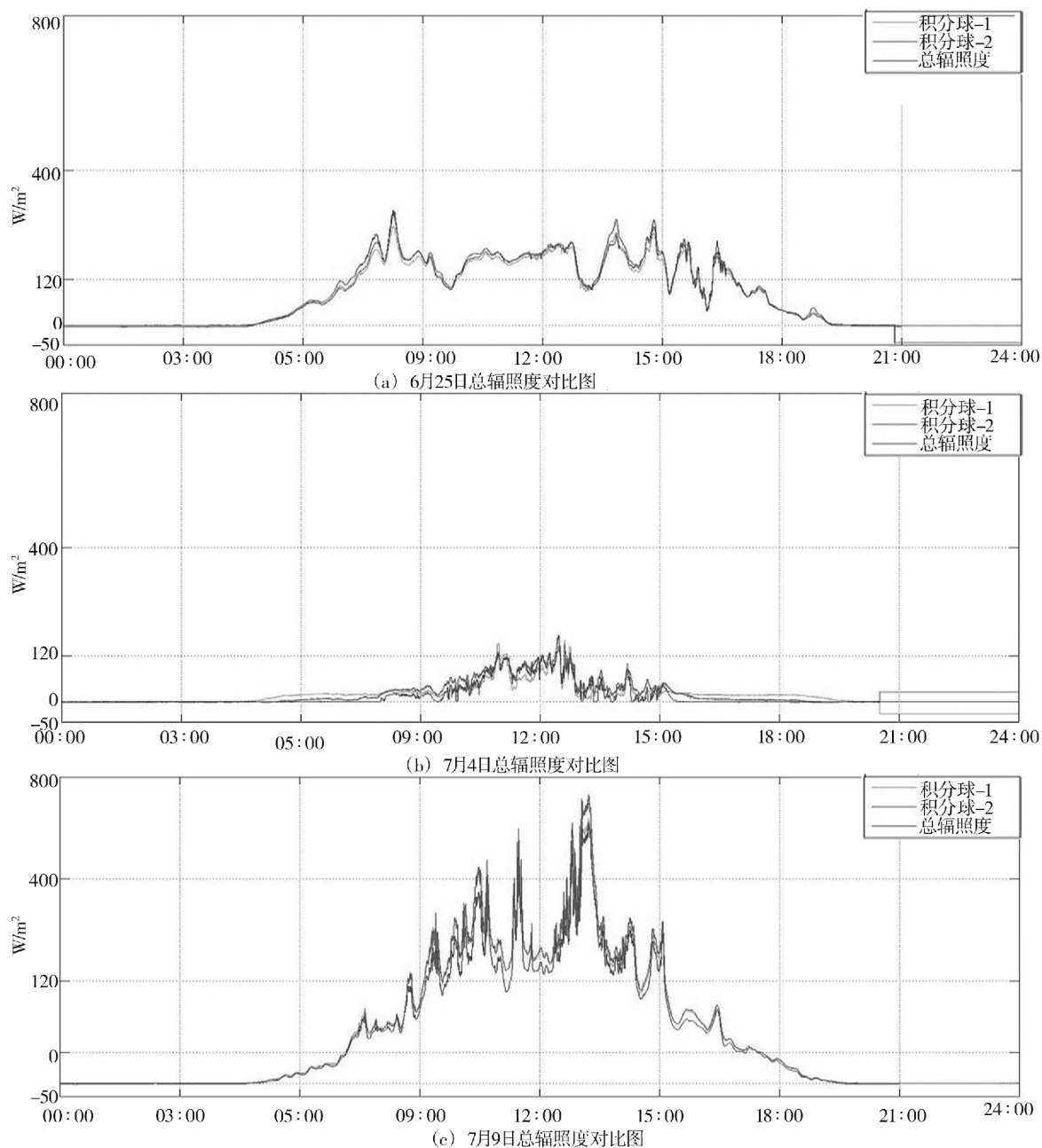


图2 积分球拟合曲线和双轴跟踪辐射表曲线对比图

散射辐照度对比结果图如图3所示。整体上双轴跟踪辐射表的散射辐照度和2个积分球散射辐照度总体趋势基本吻合。图3(a)为6月25日实

测数据曲线图,当日受阴雨天影响,散射辐照度整体值偏低,双轴跟踪辐射表的辐照度略高于积分球日照计测得的散射辐照度,且两者相关性较好;

图 3(b)为 7 月 4 日实测数据曲线图,由于受云遮挡影响,波动较大,且两者在波峰和波谷处的差异较大;图 3(c)为 7 月 9 日实测数据曲线图,从曲线图

能看出晴天条件下,两者的基本走势一致,整体上 2 个积分球和双轴跟踪辐射表测量散射辐照度的灵敏度存在明显差异。

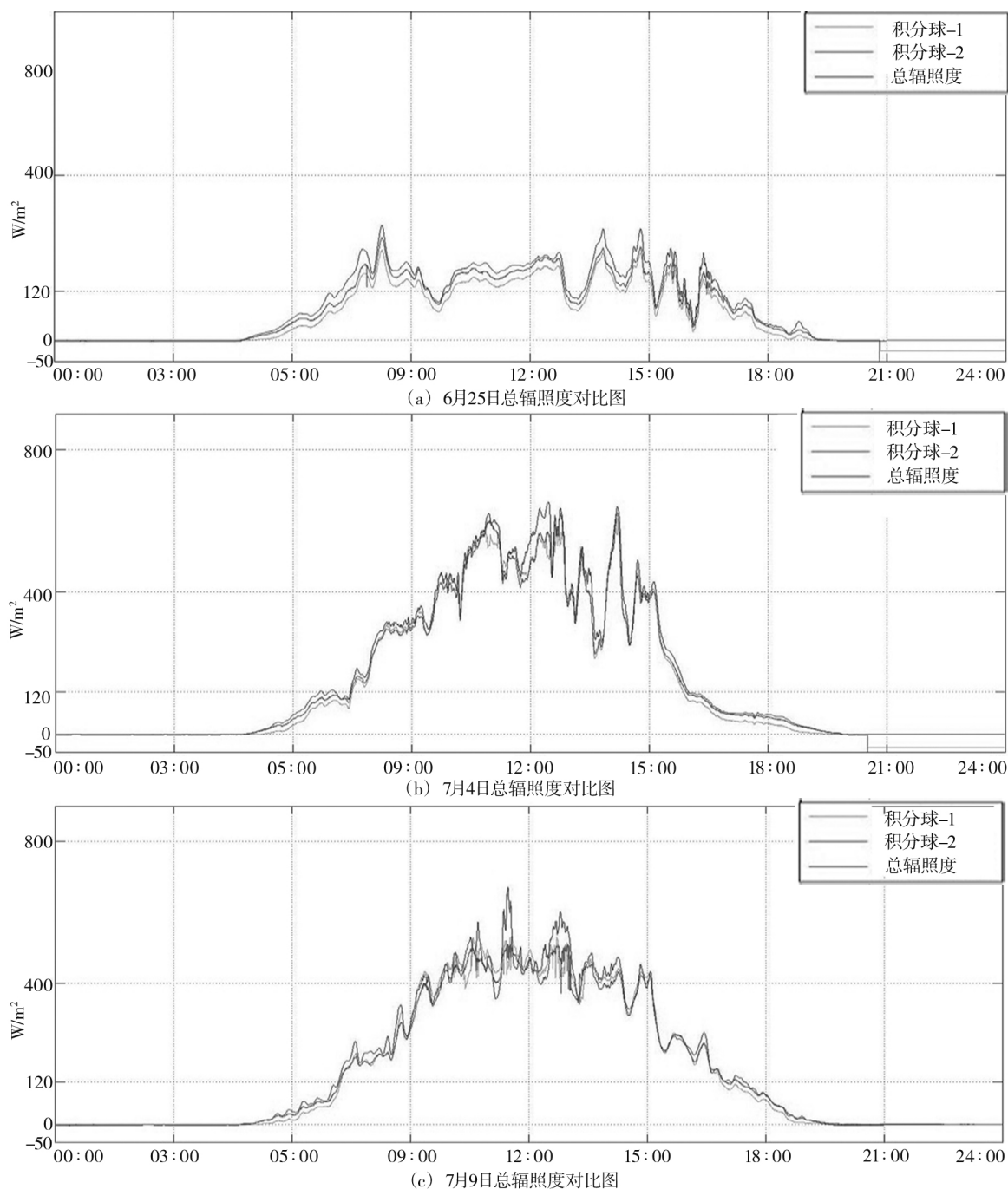


图 3 积分球拟合曲线和双轴跟踪辐射表散射辐照度对比图

拟合后的直接辐照度对比结果图如图 4 所示。图 4(a)为 6 月 25 日实测数据曲线图,受阴雨天影响,当天没有日照时数;图 4(b)为 7 月 4 日实测数据曲线图,当日为雾霾天气,双轴跟踪辐射表的直接辐照度和两个积分球日照计测得的直接辐照度

总体趋势基本吻合,直接辐照度值整体较低,只有极少时刻的辐照度超过  $120 \text{ W/m}^2$  阈值;图 4(c)为 7 月 9 日实测数据曲线图,在晴朗天气条件下,两种仪器的直接辐照度有达到或超过日照阈值,太阳辐照度越强,两者的差异逐渐增加。

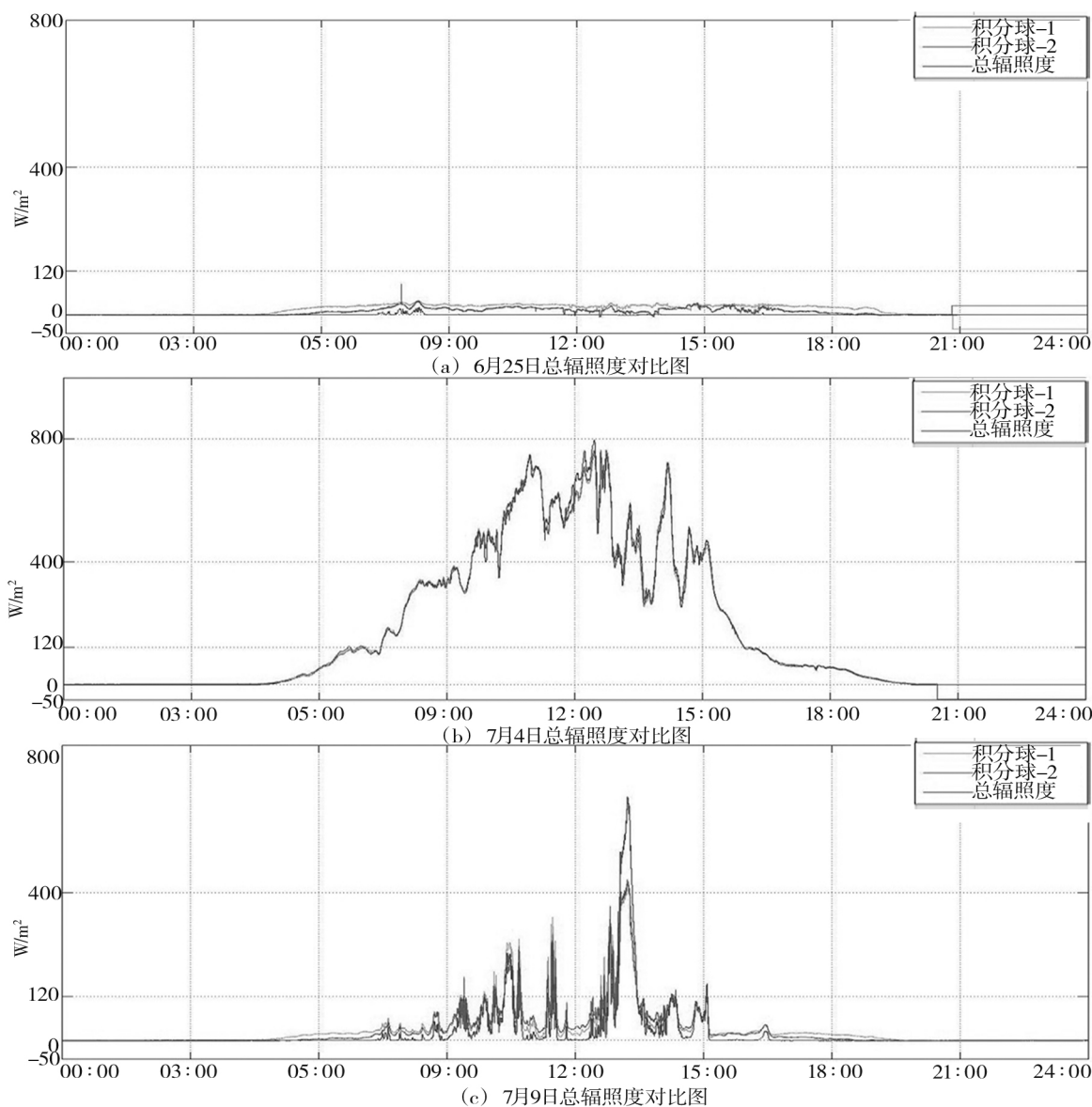


图4 积分球拟合曲线和双轴跟踪辐射表直接辐照度对比图

## (2) 对应拟合数据的误差分析

在对上述3种拟合数据在不同天气条件下的对比分析后,下面根据辐照度超过  $120 \text{ W/m}^2$  阈值,对上述3天拟合后的直表数据进行误差对比分析,如表2所示。

表2 直表日照分钟数对比情况

日期	系统	大于 $120 \text{ W/m}^2$			相对误差率(%)
		双轴跟踪辐射表分钟数	积分球分钟数	mm	
6月25日 阴天	系统1	0	0		
	系统2	0	0		
7月04日 晴	系统1	617	610		1.134 5
	系统2	617	592		4.051 9
7月09日 多云	系统1	361	379		4.986 1
	系统2	361	382		5.817 2
3天累计误差	系统1	978	989		
	系统2	978	974		

总体日照误差在要求的范围内,多云天气误差率明显较高。同时,从表中看出在晴天和多云天气条件下,通过对超过  $120 \text{ W/m}^2$  阈值的统计计算,表明:双轴跟踪辐射表的日照分钟数都高于积分球的日照分钟数。

## 2 日照时数统计分析

日照时数定义为在给定时段内直接太阳辐照度达到或超过  $120$  的各分段时间的总和。世界气象组织仪器和观测方法委员会将日射辐照度  $120 \text{ W/m}^2 \pm 20\%$  定义为日照阈值,日照传感器要求日照误差在  $\pm 20\%$  范围内。为分析积分球日照计的测量精度,随机抽取2014年7月上旬2个积分球日照计和双轴跟踪辐射表测得的日照时数对比,如表3和表4所示。

表 3 积分球 1 和双轴跟踪辐射表日照时数对比 min

日期	双轴跟踪 辐射表	积分球	差值对比	相对误差 (%)	天气状况
7月1日	19.7	19.4	0.3	1.44	霾,有云
7月2日	0.0	0.0	0.0	0.00	阴雨,有云
7月3日	2.9	2.6	0.3	9.88	雾霾,有云
7月4日	5.9	5.7	0.2	2.84	雾霾,有云
7月5日	167.8	164.4	3.3	2.00	霾,有云
7月6日	3.9	3.7	0.2	5.51	霾,有云
7月7日	0.0	0.0	0.0	0.00	霾,有云
7月8日	133.4	137.9	4.5	3.39	霾,有云
7月9日	30.0	34.2	4.2	14.00	晴天,有云
7月10日	335.0	342.3	7.3	2.17	晴天,无云
7月11日	310.2	327.7	17.5	5.65	晴天,有云
7月12日	391.8	388.4	3.4	0.86	晴天,无云
7月13日	319.0	303.6	15.4	4.81	晴天,无云
7月14日	303.0	282.5	20.5	6.77	晴天,薄云
7月15日	319.0	303.6	15.4	4.81	晴天,有云
上旬日照 累计值	2 341.4	2 316.0	92.5	4.00	

表 4 积分球 2 和双轴跟踪辐射表日照时数对比 min

日期	双轴跟踪 辐射表	积分球	差值对比	相对误差 (%)	天气状况
7月1日	19.7	22.4	2.7	13.71	霾,有云
7月2日	0.0	0.0	0.0	0.00	阴雨,有云
7月3日	2.9	2.6	0.3	9.88	雾霾,有云
7月4日	5.9	5.4	0.4	7.67	雾霾,有云
7月5日	167.8	161.2	6.6	3.90	霾,有云
7月6日	3.9	4.3	0.4	10.26	霾,有云
7月7日	0.0	0.0	0.0	0.00	霾,有云
7月8日	133.4	135.3	1.9	1.42	霾,有云
7月9日	30.0	33.7	3.7	12.33	晴天,有云
7月10日	335.0	338.4	3.4	1.01	晴天,无云
7月11日	310.2	303.8	6.4	2.06	晴天,有云
7月12日	391.8	386.3	5.5	1.40	晴天,无云
7月13日	319.0	300.5	18.5	5.81	晴天,无云
7月14日	303.0	283.9	19.1	6.30	晴天,薄云
7月15日	319.0	300.5	18.5	5.81	晴天,有云
上旬日照 累计值	2 341.4	2 278.3	87.4	3.73	

由表 3 和表 4 可见,在晴天无云条件下,差值和相对误差较小;在霾天有云的条件下,差值和相对误差较小;晴天薄云条件下,差值和相对误差较大;阴雨和云层较厚的霾天日照时数为零。计算上旬日照累计值发现两种设备的日照时数误差小于 10。

### 3 结论

积分球日照计利用积分球原理研制,其结构简单,且无需手动调整日照计随着方位角变化,操作方便,能满足自动化日照观测的需求。通过对积分球日照计样机进行一系列测试和数据的初步分析,发现该仪器具有较稳定、可靠的测日照能力,能够用于测量日照。综上所述,可以得到以下

分析结论:

(1) 通过积分球日照计和双轴跟踪辐射表的观测值的拟合分析,发现两者存在一定差异,但是整体上两者基本趋势一致,相关性较好,存在良好的可比性;

(2) 2014 年 7 月上旬两者测得的日照累计值相对误差小于 10,说明积分球日照计的测量误差能达到误差范围内的精度要求;

(3) 在不同天气条件下,积分球日照计和双轴跟踪辐射表的日照观测灵敏度存在差异。晴天无云和霾天有云条件下差异较小;在晴天薄云条件下,两者差异变大;阴雨和云层较厚的霾天日照时数为零。

(4) 综合数据拟合分析和日照时数统计分析,发现两种积分球日照计的一致性较好。

在对积分球日照计的样机试验中,后续的数据分析还需要考虑日照观测中其他复杂因素影响,以检验积分球日照计是否具有较好的环境适应性、长期稳定性、可靠性和测量精准度。在经过进一步的改进和验证后,可以投入业务应用,为我国的气象日照观测的研究和业务发展提供基础数据。

参考文献:

- [1] 中国气象局. 气象仪器与观测方法指南[M]. 北京: 气象出版社, 2008.
- [2] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京: 气象出版社, 2003.
- [3] 赵世军, 刘西川, 高太长. 日照发展现状及前景分析[J]. 气象水文海洋仪器, 2011, 28(2): 96-99.
- [4] 王炳忠. 一种利用积分球原理的日照计新方案[J]. 应用气象学报, 1995, 6(4): 436-440.
- [5] 赵世军, 刘西长, 高太长, 等. 直接辐射式日照计业务应用关键技术分析[J]. 大气与环境光学学报, 2011, 6(6): 457-462.
- [6] 王超球, 黄琳, 韦覃武. 2 种仪器测量日照时数的对比分析[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(31): 19413-19414.
- [7] 洪昌伟, 高太长, 赵世军, 等. 光热型电测日照计的研制及初步试验[J]. 大气与环境光学学报, 2013, 8(3): 220-225.
- [8] 杨伍琳, 赵晓利, 罗祖红, 等. 两套不同型号自动气象站采集的气象数据的差异[J]. 广东气象, 2008, 30(4): 65-66.
- [9] 张文煜, 袁九毅. 大气探测原理与方法[M]. 北京: 气象出版社, 2007.
- [10] 杨召琼. 人工观测与 CSD1 遥感日照时数的差异[J]. 广东气象, 2010, 32(2): 59-60.