

## 西藏日食太阳辐射观测研究

王倩, 诺桑\*, 措加旺姆, 拉瓜登顿, 普多旺, 刘娟, 周毅, 泽西

西藏大学太阳紫外线实验室, 西藏拉萨 850000

**摘要** 日食现象会对地球太阳辐射、大气气象以及人类活动等造成相应的影响。2020年6月21日(夏至)在西藏发生了一次日食现象, 西藏阿里日环食最大食分达到了0.995, 拉萨地区日偏食食分也高达0.953。两地日食均发生在当地正午前后。本研究利用罕见的日食出现机会, 对西藏阿里和拉萨日食过程中的太阳光谱、太阳总辐射和太阳紫外线变化特征进行了同步观测研究。观测表明阿里日环食在当地正午(北京时间14:41分)前后持续了约3小时27分钟; 拉萨日食出现时间比阿里滞后约26 min, 持续时间比阿里短3分28秒。实地观测表明在日食期间, 阿里光谱观测中最强单色(476.6 nm)光峰值从初亏(13:01分)时刻的 $1\ 669.234\ \text{mW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$ 陡然衰减到食甚(14:44分)时刻的 $61.936\ \text{mW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$ , 损失约96.0%; 相应时刻太阳总辐射强度从 $1\ 221.217\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 衰减到 $56.086\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ , 也损失约95.4%。拉萨日食期间最强单色(476.6 nm)光峰值从初亏(13:27分)时刻的 $1\ 563.876\ \text{mW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$ 亏损到食甚(15:13分)时刻的 $26.391\ \text{mW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$ , 亏损约98.3%; 相应时刻太阳总辐射强度从 $1\ 605.663\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 衰减到 $28.169\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ , 也亏损约98.2%。观测研究发现拉萨太阳紫外线B剂量率从初亏的 $60.8\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 减弱到食甚的 $0.9\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 值, 减弱了98.5%。该次日食对西藏地面各种太阳辐射强度造成95%以上能量损失。

**关键词** 西藏; 日食; 太阳光谱; 总辐射; 紫外线B

**中图分类号:** P182.3 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2021)12-3892-09

## 引言

日食期间太阳辐射观测的最大优点是可以在非日食时无法观测到的各种日地相关科学问题。日食的出现非常罕见, 在地球上任意一个观测点, 出现日全食的机率仅约为每360年一次。因此, 每一次的日食, 特别是短暂的日全食或日环食期间是观测太阳辐射及其相关问题的珍贵时机。观测日食过程中太阳辐射对研究日地关系、地球高层大气(如: 臭氧含量)变化、地球气候变化、地面生态环境的影响以及日冕光谱变化等很多相关领域具有重要的研究意义<sup>[1]</sup>。在日全食或日环食过程中, 太阳辐射各分量均产生迅速衰减现象, 导致大气空气温度和地表温度发生迅速下降现象; 历史上人们通过日食期间对太阳辐射的观测研究发现了一些重要的科学问题。在古代, 通过观测日食期间定初亏、食甚和复圆的时刻来校正日、月运行历表。1806年西班牙天文学家何塞·华金·费雷尔年通过对日全食的观测研究发现了月轮外面一圈光晕是太阳大气的影像, 并将其命名为“日冕”。在

1868年法国天文学家皮埃尔·让桑利用分光镜观测太阳大气层, 发现了太阳光谱黄色部分中一条未知的谱线。后来, 英国天文学家洛克耶也在太阳光谱中发现了这条黄线, 他认为这是太阳上一种特有的元素的谱线, 并将其命名为“氦”(来自希腊文“太阳”), “氦”是唯一一种在地球外发现的元素。1911年科学家通过对日全食的观测, 验证了爱因斯坦提出的在日全食期间测量太阳重力场对光的弯曲<sup>[2]</sup>。部分科研人员通过对各个时期日食短暂过程进行观测, 研究光化学对微量气体直接和间接的影响<sup>[3]</sup>, 以及日食对电离层等离子体密度、总电子含量时空分布的影响<sup>[4-5]</sup>, 同时对比研究低纬度电离层在日食期间的变化情况<sup>[6]</sup>, 也进行了光谱植被指数和太阳诱导荧光对光照强度和几何形状变化的响应的研究<sup>[7]</sup>, 在短暂日全食后对夜光进行观测日食对大气重力波的影响<sup>[8]</sup>, 日食期间还可以观测到地表宽带短波辐射收支的变化<sup>[9]</sup>。

2020年6月21日中国部分地区出现的日环食, 是在中国境内近十年来唯一一次能够全程观测到的日环食现象。该日环食的内环带起源于非洲中部, 经过阿拉伯半岛、印度进

收稿日期: 2020-11-19, 修订日期: 2021-02-23

基金项目: 国家自然科学基金项目(41867041), 西藏自治区科技厅重大专项(XZ201901-GA-10), 西藏大学一流学科建设项目资助

作者简介: 王倩, 女, 1996年生, 西藏大学太阳紫外线实验室硕士研究生 e-mail: 15236633060@163.com

\* 通讯作者 e-mail: 2218473811@qq.com

入西藏、四川、重庆、贵州、湖南、江西、福建等省区的部分地带,终止于太平洋。此次在以上地带出现的日环食又被称为金边日环食,超过 99% 的太阳面积被月球遮盖,有些地区最大食分达到了 0.997。在天气好的地区观测到了非常闪亮的金边环。西藏地区海拔高,大气稀薄,空气洁净,透明度,尤其是西藏阿里地区,理论上最大食分可达 0.995,是我国境内观测日环食效果最佳的地区,本次日环食也是阿里地区本世纪唯一一次日环食;西藏拉萨地区食分达到了 0.953。

我们在西藏拉萨和阿里两地对 2020 年 6 月 21 日出现的日环食进行了异地同步太阳光谱、太阳总辐射强度和太阳紫外辐射变化特征的观测研究。对日环食期间太阳光谱、太阳总辐射及太阳紫外线强度变化特征的观测,可以为许多相关

领域提供宝贵的实测数据。

## 1 西藏日食太阳辐射观测

### 1.1 西藏日食观测站点

西藏是 2020 年 6 月 21 日日环食观测的最佳地带之一,西藏拉萨和阿里属于国内最适宜观赏日环食的地带。我们在西藏拉萨西藏大学纳金校区(四层楼顶)和西藏阿里地区狮泉河镇西藏大学太阳辐射观测站(地区农机公司附近二层楼顶)对 2020 年 6 月 21 日出现的日环食期间进行了太阳辐射观测。西藏日环食观测站点地理位置和当天相关日环食基本信息见表 1 所示。

表 1 2020 年 6 月 21 日西藏日食与观测站点信息

Table 1 Information of the solar eclipse on June 21, 2020 and its observation sites in Tibet

Site	Local noon	Altitude /m	Longitude/latitude	Magnitude of eclipse	First contact phase	Maximum phase	Last contact phase	Duration of the eclipse	Weather
Gnari	14:41	4 300	80°5'45"E 32°30'22"N	0.995	13:00:59	14:44:14	16:28:25	03:27:26	Partial clouds
Lhasa	13:57	3 685	91°10'40"E 29°38'48"N	0.953	13:26:44	15:13:09	16:50:42	03:23:58	Partial clouds

表 1 显示拉萨日食初亏出现在北京时间 13:26:44,当天天气部分云,对日偏食的观测稍有影响,日食过程持续约 3 时 24 分钟;阿里位于西藏最西边,阿里狮泉河镇当地正午 14:41,本次日环食初亏出现在北京时间约 13:00:59,复圆于 16:28:25,持续时间约 3 时 27 分 26 秒,持续时间比拉萨

长约 3 分 26 秒。图 1 是当天日食过程中拉萨西藏大学纳金校区拍摄到的部分时段日食天空实景图像,从左到右日食开始至食甚阶段日食变化图。图 2 是西藏阿里当日金边日环食天空实景拍摄图像,由中国天气网官方网站提供。

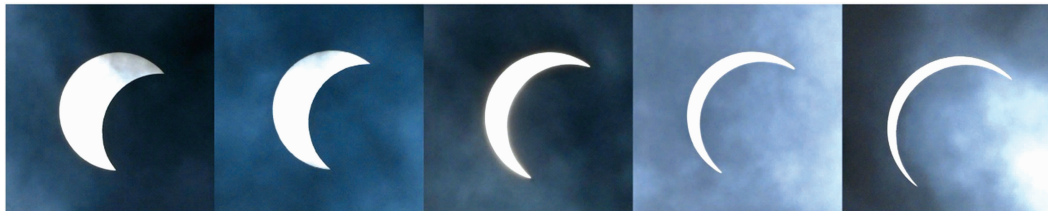


图 1 西藏拉萨 2020 年 6 月 21 日日食天空实景

Fig. 1 Real sky pictures of the Lhasa solar eclipse on June 21, 2020, in Lhasa, Tibet



图 2 西藏阿里 2020 年 6 月 21 日金边日环食天空实景

Fig. 2 Real sky pictures of the golden edge annular eclipse on June 21, 2020, in Ngari, Tibet

从图 1 和图 2 可以看出拉萨日食实际还没有出现完整的日环食现象,应该属于日偏食现象;而西藏阿里出现了完美的闪亮金边日环食现象。我们本研究对两地日食期间太阳光谱、太阳总辐射和拉萨的紫外线-B 都做了同步观测记录。

### 1.2 西藏日食太阳辐射观测仪

本研究利用国际通用太阳辐射观测仪于 2020 年 6 月 21 日对西藏拉萨和阿里进行了日食太阳辐射实地观测。

利用德国 TriOS 公司生产的 RAMSES-UV-VIS 光谱仪

(Hyperspectral UV-VIS Irradiance Sensor, 高光谱余弦辐照度传感器)<sup>[10]</sup> 观测了日食期间的太阳光谱特征。光谱有效观测波长范围是 320~950 nm, 光谱采样  $3.3 \text{ nm} \cdot \text{pixel}^{-1}$ , 光谱精度为 0.3 nm, 实际使用通道有 190 个, 由 TriOS 公司做了绝对校准, 外观如图 3(a) 所示。太阳紫外线由挪威 NILU AS 公司生产的多频道紫外辐射仪 NILU-UV 探测仪(NILU-UV Irradiance Meter)<sup>[10]</sup> 观测, 拉萨观测场景如图 4(b) 所示。该探测仪设有六个频道, 其中紫外线有五个频道, 中心波长

分别为 305, 312, 320, 340 和 380 nm, 各频道带宽约为 10 nm。在购置仪器时做的绝对校准基础上, 观测期间每十天定期进行一次相对校准, 避免使用过程中出现的探头老化影响数据准确性。太阳总辐射是利用荷兰 Kipp&Zonen 公司的 CMP11 型太阳总辐射表<sup>[10]</sup> 观测, 如图 3(c) 所示。总辐射观测波长范围是 310~2 800 nm, 最大可测辐射强度为  $2\ 000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ , 由中国气象局做了绝对校准。

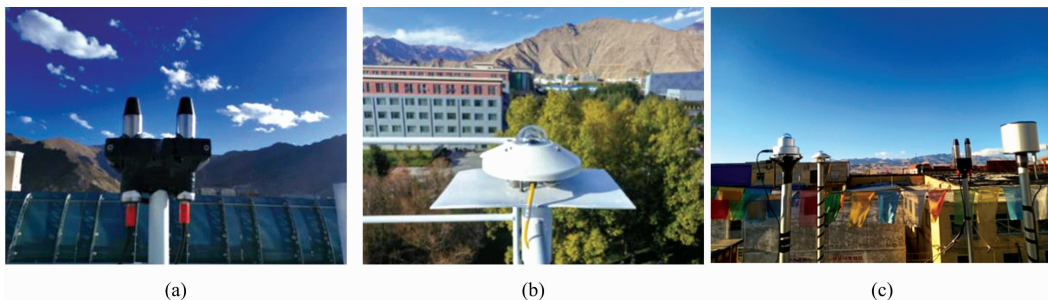


图 3 (a)拉萨光谱仪; (b)拉萨总辐射仪; (c)阿里观测站

Fig. 3 (a) Lhasa spectrometers; (b) Lhasa Pyranometer; (c) Ngari observation site

## 2 日食太阳辐射观测结果

### 2.1 日食三维太阳光谱特征

西藏阿里(狮泉河镇)2020年06月21日的日食初亏发生在北京时间 13:00:59, 食甚出现在当地正午(14:41 时)附近(14:44 时), 又由于本次阿里日食的食分(被遮太阳面直径与太阳直径的比值)接近 1.0(0.995), 因此, 当天阿里太阳光谱曲线(每隔一分钟光谱)在日食期间出现了一个陡峭的“山口”型凹陷现象, 如图 4 所示。

观测表明阿里日食时间(13:00:59 至 16:28:25)持续了约 03 时 27 分 26 秒, 期间光谱辐照度损失严重, 损失了全天光谱辐照度的 30% 左右。在食甚时刻(14:44:14), 即日环食时刻阿里太阳光谱曲线单色辐照度几乎贴近横坐标, 损失了 99% 左右的光谱辐照度, 地面光照亮度几乎变成黄昏光照

亮度。

图 4 中每分钟记录的光谱曲线高度参差不齐, 说明当天阿里总体天气情况为多云或部分云。为了研究多云天气、日食和晴天条件光谱特征, 我们也观测了阿里日食后一天, 2020 年 6 月 22 日光谱特征, 结果如图 5 所示。日食后一天阿里正好出现了晴天天气(早上略有薄云外), 图 5 中各光谱曲线组成的曲面呈现了良好的连续性和光滑性(除了当天上午光谱出现了少量扰动外), 全天光谱曲线形成光滑曲面, 早晚对称性也良好。比较图 4 与图 5 的光谱变化特征, 日食对地面光谱造成最严重的消光现象, 图 4 中光谱曲面出现了一个大缺口, 食甚时刻真实消光达 99% 以上; 图 4 中部分云对地面光谱也造成短暂的扰动现象, 一般削弱地面光谱强度(偶尔也可增强), 但是极少造成日食那样的消光影响; 日食造成的消光现象对当地气温、动植物和人类活动造成不同程度的影响, 值得去研究, 但是不属于本次研究范畴。

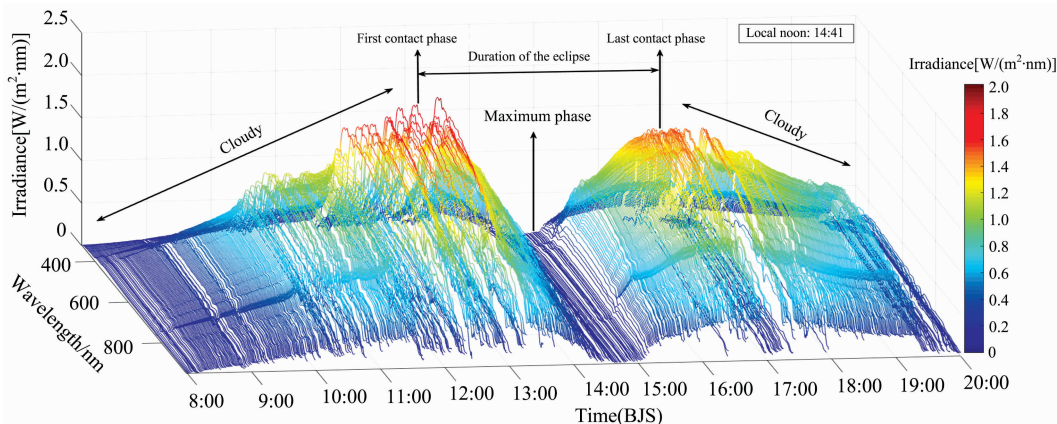


图 4 西藏阿里狮泉河 2020 年 6 月 21 日日食三维光谱变化特征

Fig. 4 Three dimensional spectral characteristics for the solar eclipse on June 21, 2020 in Singgekapap, Ngari, Tibet

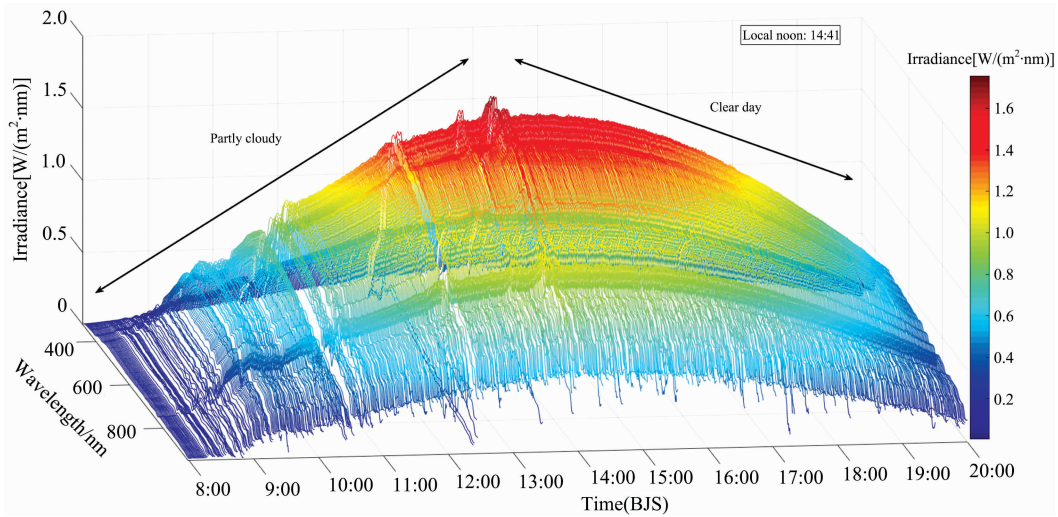


图 5 西藏阿里狮泉河 2020 年 6 月 22 日晴天三维光谱特征

Fig. 5 Three dimensional spectral characteristics for clear sky on June 22, 2020 in Singgekapap, Ngari, Tibet

拉萨日食初亏发生在 2020 年 06 月 21 日当地正午(13:57)附近(13:26:44 时), 比阿里滞后 25 分 45 秒, 而食甚出现在当地正午之后 1 小时 16 分, 即 15:13:09 时, 加上日食持续时间比阿里短 3 分 28 秒, 拉萨食分也比阿里略小, 是 0.953。因此, 拉萨没有出现严格意义上的日环食现象, 日食期间光谱消光特征也比阿里小一些。图 6 是拉萨日食当天观测到的光谱变化特征曲线。图 6 中各光谱曲线扰动明显, 说明当天大部分时间天气多云, 云层造成光谱曲线不连贯性, 甚至造成短暂的严重消光现象。然而从图 6 中发现扰动(消光)最明显的还是在日食期间(13:26:44 至 16:50:42), 计算

表明短短的 3 小时 24 分钟的日食造成了当天 28% 左右的消光量。由于拉萨日食前后几天都是多云天气, 只有日食后第 5 天, 即 6 月 26 出现了近似晴天的天气, 为了研究拉萨晴天与日食光谱区别特征, 我们观测了当天的拉萨光谱, 如图 7 所示。图 7 中早晚还是出现了光谱扰动现象, 说明早晚还是出现了云层, 但是从 11:00 时至 17:00 时期间(包括日食期间)光谱曲线变化平滑、连续性强, 说明是大晴天, 是当天辐照度最高的时间段。因此, 日食发生在这个时间段, 对地面造成非常突然和严重消光现象。

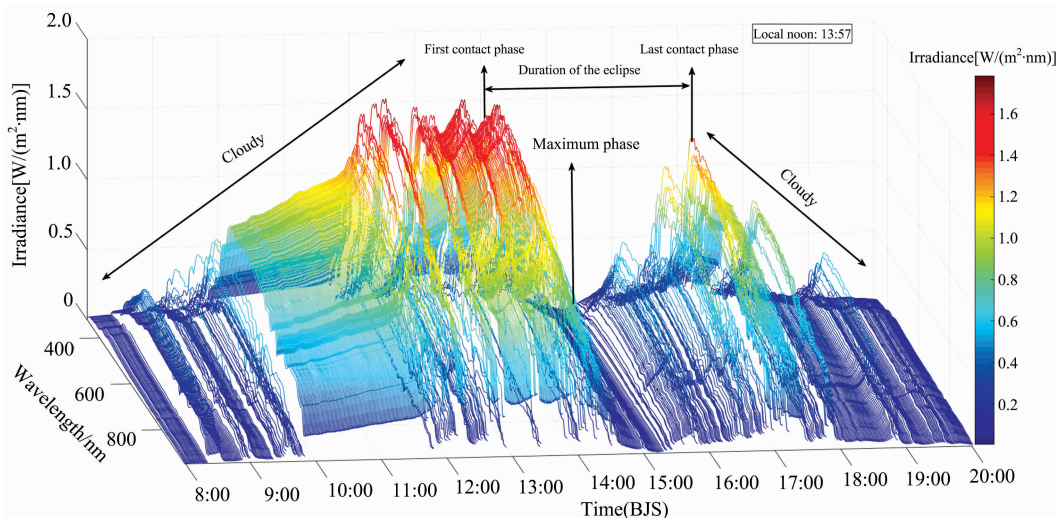


图 6 拉萨 2020 年 6 月 21 日日食三维光谱变化特征

Fig. 6 Three dimensional spectral characteristics of the solar eclipse on June 21, 2020 in Lhasa

### 2.2 日食二维太阳光谱特征

日食三维光谱特征图中, 研究了西藏阿里和拉萨地区日食引起的地面光谱变化特征。为了进一步深入研究日食期间地面光谱细节变化特征, 图 8 和图 9 详细记录了日食期间二

维光谱变化特征。图 8 中三条实线是阿里日食期间三个特定时刻(初亏, 食甚和复圆)的光谱变化特征, 三条虚线是日食后第一天(晴天)相应时刻的光谱变化特征。图 8 显示在日食过程中, 最高初亏光谱(蓝色实线)经过约 1 小时 44 分钟后变

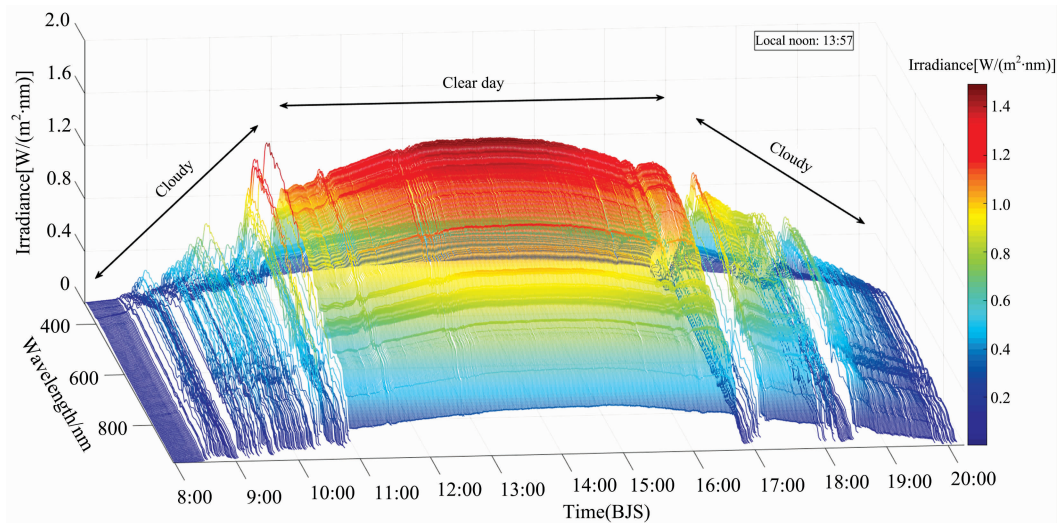


图 7 拉萨 2020 年 6 月 26 日准晴天三维光谱特征

Fig. 7 Three dimensional spectral features of quasi-clear sky on June 26, 2020 in Lhasa

成食甚时刻几乎贴近横坐标的弧线型光谱。在此过程中, 光谱特征发生了严重的削弱和变形现象, 几乎失去了地面太阳光谱的一般特征, 复圆时刻光谱恢复成正常光谱。我们选择光谱中最强单色光峰值变化来分析日食过程中单色光强度变化特征, 表 2 中计算了阿里地区观测到的初亏, 食甚和复原时刻最强单色光峰值变化特征, 从初亏到食甚阿里单色光峰值削弱了约 96.0%。

图 8 中相应三个特定时刻虚线光谱之间变化浮动很小, 说明在晴天条件地面光谱随时间变化缓慢。

图 9 中发现拉萨初亏和食甚光谱变化特征与阿里的变化特征几乎完全相同, 只是由于云层影响复圆时刻光谱高度略显低位。在日食发生前(包括初亏)和复圆后(包括复圆)的光谱, 其大气吸收凹陷特征清晰可见, 但是随着日食过程的进

展, 凹陷特征逐渐磨平, 到了食甚时刻这种光谱特征几乎消失。表 3 显示拉萨地区初亏, 食甚和复圆时刻最强单色光峰值变化特征, 从初亏到食甚单色光峰值减弱了约 98.0%。

表 2 阿里日食最强单色光峰值变化特征

Table 2 Peak variations of the strongest monochromatic light for the solar eclipse in Ngari

日食过程	波长 /nm	单色光强峰值 / $(\text{mW} \cdot \text{m}^{-2})$
初亏(13:01)		1 669.234
食甚(14:41)	476.13	61.936
复圆(16:28)		1 522.388

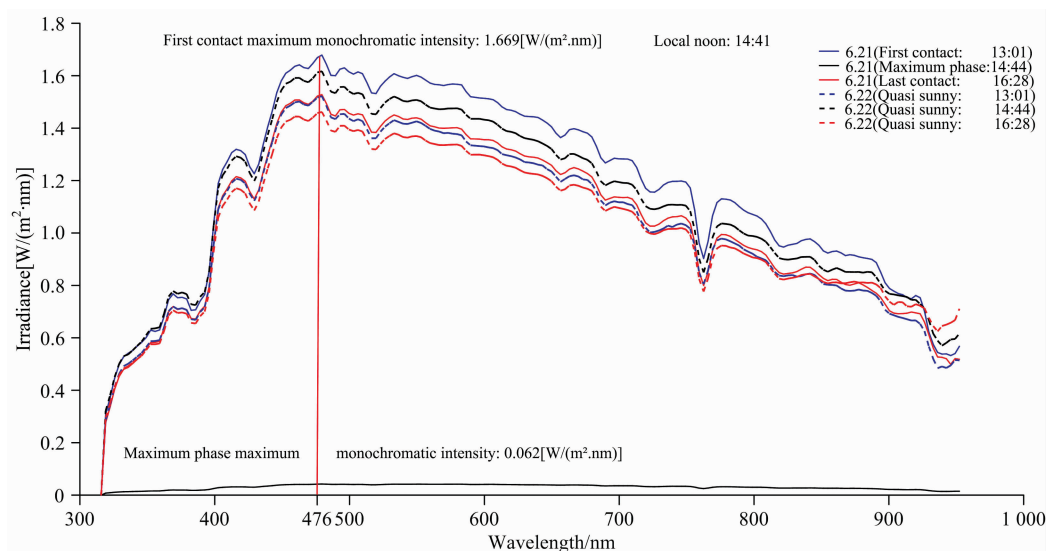


图 8 阿里日环食期间光谱变化特征

Fig. 8 Spectral variation during the annular eclipse in Ngari

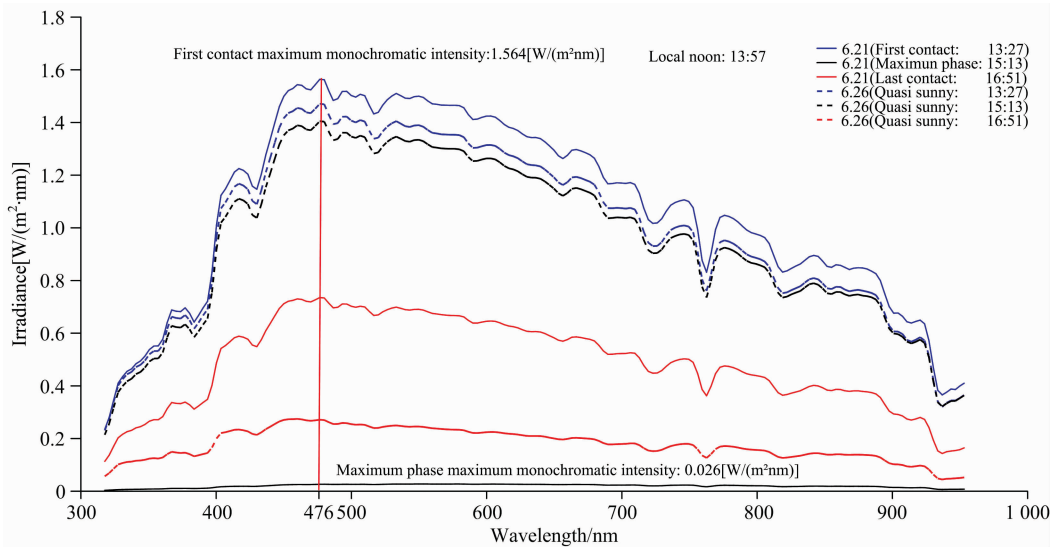


图 9 拉萨日环食期间光谱变化特征

Fig. 9 Spectral features during annular solar eclipse in Lhasa

表 3 拉萨日食最强单色光峰值变化特征

Table 3 Peak variations of the strongest monochromatic light for the solar eclipse in Lhasa

日食过程	波长 /nm	单色光强峰值 / $(\text{mW} \cdot \text{m}^{-2})$
初亏(13:27)		1 563. 876
食甚(15:13)	476. 61	26. 391
复圆(16:51)		735. 191

2.3 日食太阳总辐射变化特征

日食光谱变化特征反映了日食过程中单色光辐照度变化细节。太阳总辐射是单色辐照度对波长的积分。我们利用荷

兰 Kipp&Zonen 公司 CMP11 型(观测波长范围是 310~2 800 nm)观测了西藏阿里和拉萨日食当天太阳总辐射变化特征。日食过程中太阳总辐射变化特征也包含很多重要信息。总辐射的变化对地面生态、气象以及太阳能的利用等领域造成影响。

图 10 和图 11 分别记录了本次日食当天西藏阿里和拉萨太阳总辐射变化的观测值。图 10 和图 11 中星点“\*”虚线代表日食当天太阳总辐射的变化特征,每个星点“\*”是每隔 1 分钟记录的数据;光滑实线代表日食当天或第二天晴天条件下太阳总辐射模拟值曲线,其用来对比相应日食影响;虚线代表日食日附近晴天条件下实际观测的太阳总辐射值曲线,其也是用来对比日食影响。

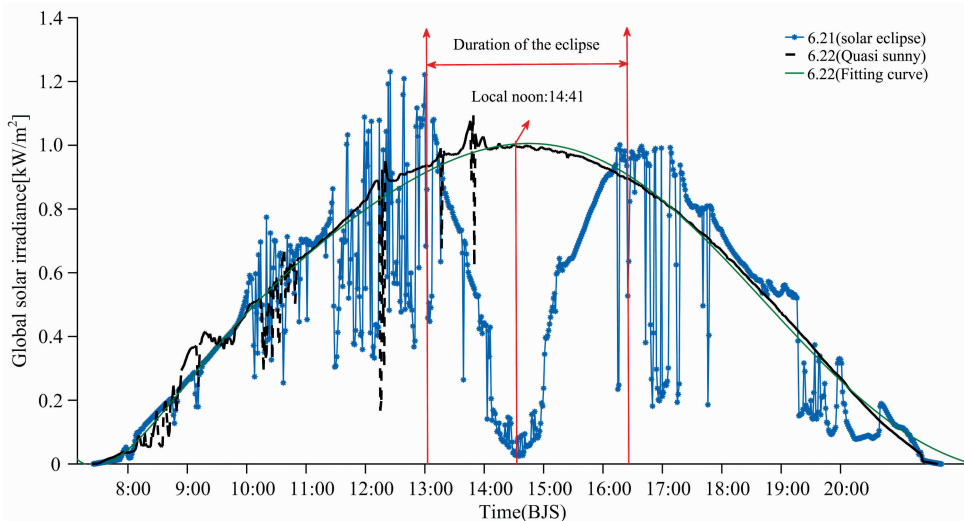


图 10 阿里日环食太阳总辐射

Fig. 10 Global solar irradiance for the annular eclipse in Ngari

图 10 中发现日食期间太阳总辐射观测值相比晴天(虚线)或模拟晴天(实线),上下浮动变化很大,说明当天属于

多云或部分云天气。多云或部分云使地面总辐射值频频超过晴天或模拟晴天相应值,这是由于此刻到达探头上的总辐射

不仅包含太阳直射辐射(太阳没有被云层遮蔽情况),还包括了被大气中云朵反射的反射光,因此,总值出现了增强现象。从图 10 中可以看出,阿里当天日食(13:00:59 至 16:28:25)正好发生在当地正午附近,因此地面总辐射强度出现突然下降现象。当天约在三个半小时的日食期间总辐射值形成急剧衰减“V”型凹陷现象,食甚食分接近 1.0(0.995)。初亏(13:01)时刻总辐射强度为  $1\ 221.217\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ,在食甚(14:41)时刻衰减到  $56.086\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ,从初亏到食甚,约在 1

小时 43 分钟里总辐射值减少了约 95.4%,复圆(16:28)时刻  $958.794\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

图 11 是拉萨日食当天太阳总辐射观测值变化特征。日食当天拉萨也是多云天气,总辐射强度变化特征也类似于阿里的变化特征,只是当天拉萨云层变化引起的总辐射强度比阿里变化浮动更剧烈,但是两地日食的消光特征基本相同。相比 6 月 26 日准晴天的总辐射数据(虚线),日食造成当天总辐射总量减少了近 30%左右。

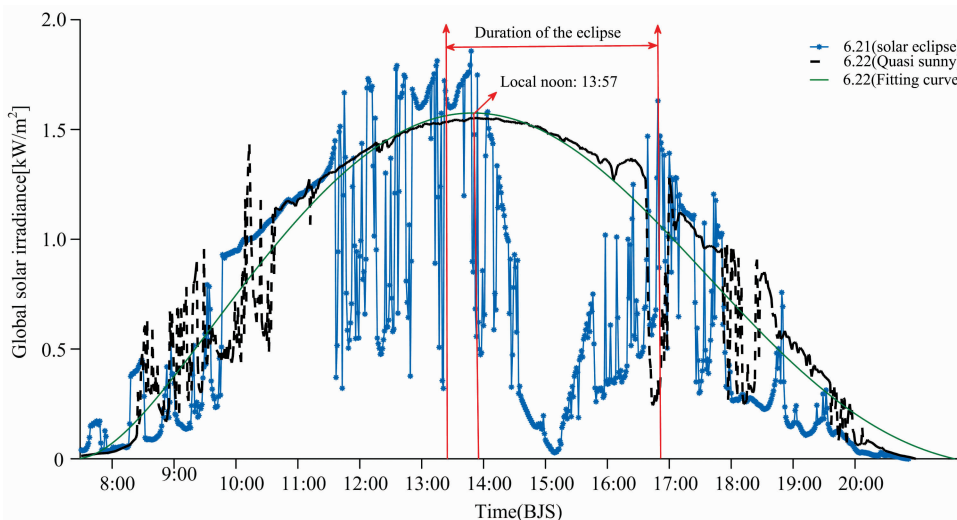


图 11 拉萨日食太阳总辐射

Fig. 11 Global solar irradiance for the annular eclipse in Lhasa

根据观测结果计算,拉萨初亏(13:27)总辐射强度为  $1\ 605.663\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ,食甚(15:13)衰减到  $28.169\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ,总辐射损失约 98.2%,复圆(16:51)  $1470.275\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

虽然本次阿里日食最大食分达到了 0.995,而拉萨地区食分略小为 0.953,但是由于当天拉萨天空云量比阿里相对多,导致拉萨观测到的光能量似乎比阿里大。

2.4 日食太阳紫外线变化特征

日食期间,由于月球同样阻挡太阳紫外辐射,在地球大

气层约 30 km 高空区域紫外线减弱,紫外线与氧分子作用下形成的臭氧含量也减弱,造成中层大气的冷却,从而可以产生大气重力波现象,重力波在全球气象学、气候学和中间层和平流层动力学方面扮演重要角色,对地球大气造成一定的影响。

我们也利用挪威 NILU AS 公司多频道紫外辐射仪 NILU-UV 探测仪对拉萨日环食当天太阳紫外辐射 B(280~320 nm)的变化特征进行了观测研究,因为紫外线 B 对大气臭

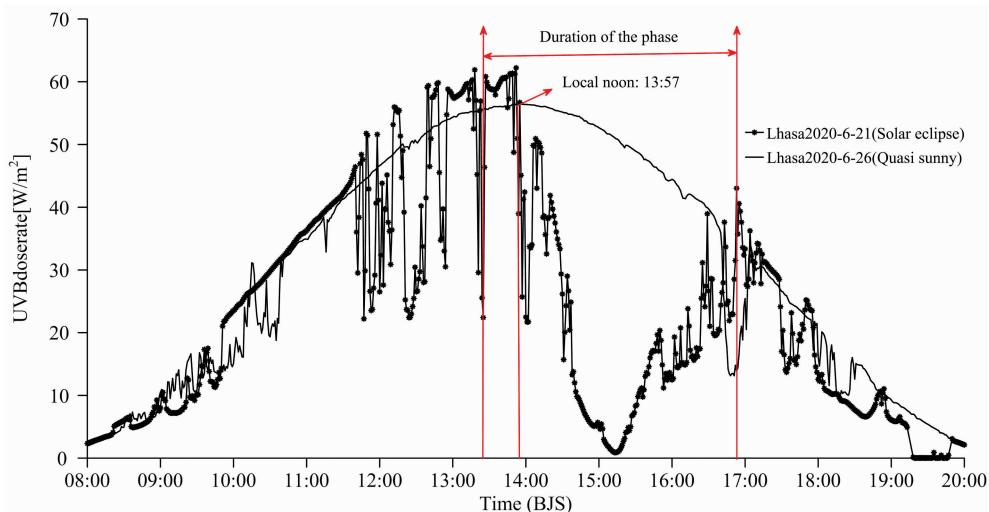


图 12 拉萨日食太阳紫外线 B

Fig. 12 Solar UVB for the solar eclipse in Lhasa

氧的形成和地面动植物的影响相对较大,而对形成臭氧贡献最大的更短波长紫外线 C 等地面几乎观测不到。阿里因故没能观测日食太阳紫外线。

图 12 是拉萨日环食当天太阳紫外线 B 剂量率(星点“\*”)的变化情况。日食对太阳紫外线 B 的总体影响与总辐射和光谱变化特征相似,在日食期间对地面紫外线 B 剂量率也造成突然衰减现象,从初亏的  $60.8 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  剂量率,急剧下降到食甚时刻几乎为零值( $0.9 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ),然而复原时又达到  $43.0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。与同年 6 月 26 日准晴天的紫外线 B 数据(实线)相比,日食造成当天紫外线 B 总量减少了近 30%。

### 3 结 论

西藏日食过程实地太阳辐射观测属于系统、高精度的观测工作。使用了国际通用的太阳辐射观测仪,包括德国 RAMSES 高精度太阳光谱仪,荷兰 CMP11 太阳总辐射仪和挪威 NILU-UV 紫外线探测仪,全面实时跟踪观测了日食期间地面各种太阳辐射的变化特征。发现日食期间太阳光谱、

太阳总辐射和紫外线辐射均发生了很大的消光现象。各辐射能量损失均超过 95% 以上,属于比较罕见的日环食或日偏食现象。通过对西藏异地(拉萨和阿里)日食光谱同步观测数据进一步分析揭示拉萨初亏和食甚期间光谱变化特征与阿里对应时刻光谱变化特征几乎完全相似。从初亏到食甚期间光谱变化特征为:在初亏光谱曲线中大气吸收造成的光谱凹陷特征清晰可见,但是随着日食过程的进展,光谱凹陷特征逐渐磨平,到了食甚时刻光谱的凹凸特征几乎消失,变成近似光滑的曲线。表明在日食过程中随着日食的进程,进入大气层的光子逐渐减少,大气吸收光子几率随之变少,食甚时刻大气光子吸收概率接近零。在日食过程中地面光谱和总辐射的能量亏损特征大致相同,虽然食甚时刻最大单色(476 nm)光强和最大总辐射损失均达到 98.0%(如拉萨),但是由于持续时段较短,因此本次日食消光现象对当地不会造成明显的天气形势变化。本次研究为日食科学研究领域提供了基本的数据支持,为西藏太阳光谱、紫外线以及辐照度的变化的研究提供了参考。今后将扩充观测范围,对西藏地区的太阳辐射进行更系统、全面、持久的观测。

### References

- [ 1 ] Koutchmy S, Baudin F, Abdi S, et al. *Astronomy & Astrophysics*, 2019, 632: A86.
- [ 2 ] Crispino L C B. *International Journal of Modern Physics D*, 2020, 29(11): 2041001.
- [ 3 ] Jain C D, Venkat R M, Madhavan B L. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 2020, 211(prepublish): 105451.
- [ 4 ] Maurya A K, Shrivastava M N, Kumar K N. *Scientific Reports*, 2020, 10(1): 19380.
- [ 5 ] Senapati B, Huba J D, Kundu B, et al. *Journal of Geophysical Research. Space Physics*, 2020, 125(10): e2020JA028230.
- [ 6 ] Huang F Q, Li Q L, Shen X H, et al. *Journal of Geophysical Research. Space Physics*, 2020, 125(10): e2020JA028483.
- [ 7 ] Rogers C A, Chen J M, Zheng T, et al. *Journal of Geophysical Research. Biogeosciences*, 2020, 125(10): e2020JG005774.
- [ 8 ] Paulino I, Figueiredo C A, Rodrigues F S, et al. *Geophysical Research Letters*, 2020, 47(17): e2020GL088924.
- [ 9 ] Wen G, Marshak A, Tsay S C, et al. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2020, 20(17): 10477.
- [ 10 ] Norsang G, JIN Ya-ming, Tsoja W, et al(诺 桑, 晋亚铭, 措加旺姆, 等). *Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析)*, 2019, 39(6): 1683.

## Solar Radiation Observation During a Solar Eclipse in Tibet

WANG Qian, Norsang Gelsor\*, Tsoja Wangmu, Lagba Tunzhu, Pu Dopwang, LIU Juan, ZHOU Yi, ZE Xi  
Solar UV Lab, Tibet University, Lhasa 850000, China

**Abstract** Solar eclipses cause corresponding impacts on the earth's solar radiation, meteorology and human activities. A Solar eclipse occurred on June 21(summer solstice), 2020, in Tibet, the maximum magnitude of the annular eclipse was reached 0.995 in Ngari, and the maximum magnitude of 0.953 for the partial eclipse in Lhasa, Tibet. The eclipses for both locations occurred around the local noons. We, by taking the rare opportunity for appearing the solar eclipse, observed the solar spectra, global solar irradiance and solar UV radiation measured by the RAMSES solar spectrometers made in Germany, the CMP11 global solar radiometers by Holland and the NILU-UV solar ultraviolet detectors made in Norway, respectively during the solar eclipse in Tibet. The observations show that the annular eclipse lasted about 3 hours 27 minutes. Around the local noon (Beijing time 14:41) in Ngari. The eclipse in Lhasa was 26 minutes behind Ngari and lasted about 3 minutes and 28 seconds shorter than Ngari. The observation showed that the peak value of strongest monochromatic (476.6 nm) light for Ngari's spectra decreased sharply from  $1\,669.234 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$  at the first contact phase (13:01 min) to  $61.936 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$  at the maximum phase (14:44 min), with a loss of about 96.0%. Simultaneously, the global solar irradiance decreased from  $1\,221.217$  to  $56.086 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ , and the loss was about 95.4% for Ngari. The peak value of the strongest monochromatic (476.6 nm) light during the



solar eclipse in Lhasa decreased from  $1\,563.876\text{ mW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$  at the first contact phase (13:27) to  $26.391\text{ mW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$  at the maximum phase of the eclipse (15:13), the deficit was about 98.3%, the global solar irradiance decreased from  $1\,605.663$  to  $28.169\text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  for the above corresponding time, and the net loss was about 98.2% too. We observed that the dose rates for solar UVB in Lhasa were also decreased about 98.5% for the value of  $60.8\text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  at the first contact phase to  $0.9\text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  at the maximum phase of the eclipse. The current solar eclipse caused more than 95% energy loss to Tibet's surface solar radiation intensity.

**Keywords** Tibet; Solar eclipse; Solar spectrum; Global solar irradiance; UVB

(Received Nov. 19, 2020; accepted Feb. 23, 2021)

\* Corresponding author

---

## 敬告读者——《光谱学与光谱分析》已全文上网

从 2008 年第 7 期开始在《光谱学与光谱分析》网站([www.gpxygpfx.com](http://www.gpxygpfx.com))“在线期刊”栏内发布《光谱学与光谱分析》期刊全文,读者可方便地免费下载摘要和 PDF 全文,欢迎浏览、检索本刊当期的全部内容;并陆续刊出自 2004 年以后出版的各期摘要和 PDF 全文内容。2009 年起《光谱学与光谱分析》每期出版日期改为每月 1 日。

《光谱学与光谱分析》期刊社