河北廊坊台站太阳辐射指数 *F10.7* 数据集（2022-2024 年）

王晶[1] 黄文耿[1*] 钟秋珍[1,2] 师立勤[1,2] 董亮[3] 赵明亮[1]

1.（中国科学院国家空间科学中心 太阳活动与空间天气全国重点实验室 北京 100190）

2.（中国科学院大学天文与空间科学学院 北京 101408）

3.（中国科学院云南天文台，云南 昆明 650216）

摘要 太阳 *F10.7* 指数是表征太阳活动水平的一个重要参量，能够反映太阳活动的 11 年和 27 天周期性变化，同时也是空间环境应用模式的输入参数，对其实时精确监测具有重要的科学意义和工程应用价值。为了提升自主监测能力，中国科学院国家空间科学中心于 2019 年在河北廊坊建设了太阳射电望远镜，2022 年 1 月望远镜正式产出科学数据。本数据集以廊坊太阳射电望远镜监测数据为基础，构建了 2022-2024 年自主太阳辐射指数 *F10.7*，该指数质量可信度高，与国际 *F10.7* 指数相关系数高，并可反映太阳活动水平，具有重要的应用价值。

关键词 太阳射电望远镜，*F10.7* 指数，太阳活动，太阳黑子

中图分类号 P353.7

A Dataset of Solar *F10.7* index of Hebei Langfang Station (2022-2024)

WANG Jing[1], HUANG Wengeng[1*], ZHONG Qiuzhen[1,2], SHI Liqini[1,2], DONG Liang[3], ZHAO Mingliang[1]

1. State Key Laboratory of Solar Activity and Space Weather, National Space Science Center, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China.

2. School of Astronomy and Space Science, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 101408, China

3. Yunnan Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences, Yunnan 650217, China

Abstract: The solar F10.7 index is a key parameter characterizing solar activity levels, reflecting both the 11-year and 27-day periodic variations of solar activity. It also serves as an input parameter for space environment application models, making its real-time and precise monitoring of significant scientific importance and engineering application value. To enhance independent monitoring capabilities, the National Space Science Center (NSSC) of the Chinese Academy of Sciences established a solar radio telescope in Langfang, Hebei Province in 2019. The telescope began officially producing scientific data in January 2022. Based on the monitoring data from the Langfang solar radio telescope, this dataset constructs the independent solar radio flux index F10.7 for the period 2022-2024. This index demonstrates high reliability, shows a strong correlation with the international F10.7 index, and effectively reflects solar activity levels, holding substantial application value.

最新录用

Keywords: Solar radio telescope, *F10.7* index, Solar activity, sunspot

---

* 基金项目：中国科学院前瞻战略科技先导专项（XDB0560203，XDA15060110）
投稿日期：2025 年 7 月 31 日
E-mail: huangwg@nssc.ac.cn

数据库（集）基本信息简介

数据库（集）名称	河北廊坊台站太阳辐射指数 *F10.7* 数据集（2022-2024 年）
数据通信作者	黄文耿 (huangwg@nssc.ac.cn)
数据作者	王晶, 黄文耿，钟秋珍，师立勤，董亮，赵明亮
数据时间范围	2022-2024 年
数据空间范围	-
数据分辨率	1 天
数据量	23KB
数据格式	*.txt
数据库（集）访问网址	https://doi.org/10.57760/sciencedb.j00187.00106
基金项目	中国科学院前瞻战略科技先导专项（XDB0560203，XDA15060110）
数据库（集）组成	数据集为 1 个 txt 文件，包括的物理量为年月日、F10.7 指数，时间分辨率为 1 天。

Database/Dataset Profile

Title	A Dataset of *F10.7* index of Langfang station (2022-2004)
Data corresponding author	HUANG Wengeng (huangwg@nssc.ac.cn)
Data author(s)	WANG Jing, HUANG Wengeng, ZHONG Qiuzhen, SHI Liqin, DONG Liang, ZHAO Mingliang
Time range	(2022−2024)
Spatial range	-
Data resolution	1 day
Data volume	23 KB
Data format	*.dat
Database/dataset URL	https://doi.org/10.57760/sciencedb.j00187.00106
Source(s) of funding	Strategic Priority Research Program of the Chinese Academy of Sciences (XDB0560203，XDA15060110)
Dataset/Database composition	The dataset is txt file, including the physical quantities of year, month, day, *F10.7* index, and the time resolution is 1 day.

最新录用

0 引　言

太阳 10.7 厘米射电流量是以 2800 兆赫（波长为 10.7 厘米）为中心、带宽为 100 兆赫

的频段内太阳无线电辐射强度，是应用最广泛的太阳活动指数之一，其单位为 sfu（ ）。取值的范围最低在 60 左右，最高可超过 500 多。*F10.7* 指数与太阳黑子数有很好的对应关系，是衡量太阳活动水平的重要参数，能够反映太阳活动的 11 年和 27 天周期性变化[1] 。

F10.7 指数是空间环境应用模式的输入参数，在航天器轨道预报的大气密度计算及影响通信的电离层预报中都是重要的参数[2]。*F10.7* 指数与太阳极紫外（EUV）辐射强相关，可表征地球电离层的电离程度，被应用于电离层模型[3-4]中，作为电离层模型的控制参数，如国际参考电离层（IRI）等模型依赖 *F10.7* 指数预测电离层电子密度，并且还可以用于计算无线电信号特性的变化[5] 。*F10.7* 指数在卫星轨道与空间任务中也有重要的参考价值，广泛应用于众多高层大气模型[6-7]中，用于优化卫星变轨策略和延长任务寿命。同时 *F10.7* 数据也被广泛应用于卫星、导航、通信和陆地气候[8-9]。因此，*F10.7* 指数的实时精确监测具有重要的科学意义和工程应用价值，而且对空间天气预报也具有重要意义[10-11]。

本数据集基于廊坊射电望远镜监测数据，提供 2022-2024 年 *F10.7* 指数。该数据集可为空间天气模式提供输入参数，并提升自主空间天气业务预报服务能力。

1 数据采集和处理方法

1.1 数据采集方法

中国科学院国家空间科学中心于 2019 年在河北廊坊（39.50°N,116.70°E）建设了 4.5 米太阳射电望远镜，2022 年 1 月望远镜正式投入运行，图 1 为廊坊台站射电望远镜。

廊坊台站 4.5 米太阳射电望远镜天线系统采用新型馈源,能同时高效宽带[12]接收左/右旋圆极化信号[13]；采用赤道式天线座架及高精度步进电机，具有形式简单、可靠性高、跟踪精度高、跟踪范围大等优势[14]；由天线控制单元控制天线主瓣波束指向并跟踪太阳；天线系统具有自校准功能和完善的故障诊断功能。同时，望远镜控制系统安装了计算软件计算每天日升和日落时间，日升望远镜开始跟踪，日落望远镜停止跟踪，跟踪时间长短随季节变化，夏季跟踪时间相对较长，冬季跟踪时间相对较短。



最新录用

图 1 廊坊台站射电望远镜

Fig.1 Radio Telescope of Langfang station

望远镜天线由馈源、天线面、天线座、驱动装置、控制装置等组成。图 2 为射电望远镜天线的组成框图。馈源采用低剖面宽带双极化馈源，其单元采用大张角设计，缩短了对数周期天线的纵向尺寸，最大限度地减小馈源对反射面天线口径的遮挡。天线面由 12 块相同的扇形网状面板组成，网状面板采用铝板冲压网孔成型后再与筋梁铆接而成，其特点是一致性好,精度较高。驱动装置用来驱动天线指向跟踪目标，赤经轴装置和赤纬轴装置采用相同的驱动机构，分别由电机、减速机组合、末级齿轮副等部分组成。控制装置主要包括天线控制板、电机驱动器和控制保护装置。伺服控制单板由主控板、电机及驱动、限位保护等部分组成。其主要作用是接收来自上位机的指令，进行天线的闭环控制。

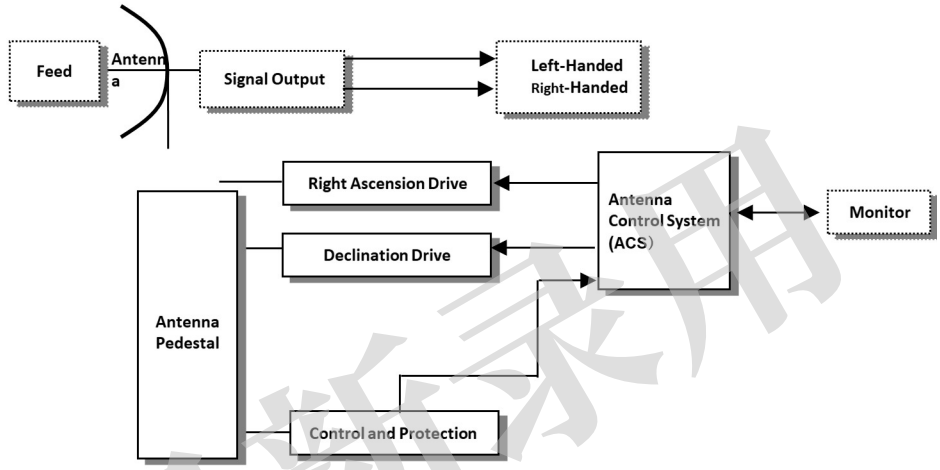


图 2 太阳射电望远镜天线组成示意图

Fig.2 Diagram of the composition of the Solar radio telescope antenna

太阳射电望远镜天线接收信号后，通过馈源上的低噪声放大器对信号进行检波和放大，之后通过射频同轴电缆传输到室内接收机部分，再次对信号进行放大和滤波，然后通过检波器对滤波后信号的带内总功率进行电压转换，即以直流电压形式表示带内功率，然后被 16 路采集系统采集，最后传输到计算机显示最终数据，图 3 为数据采集基本流程，图 4 为望远镜太阳射电接收机。

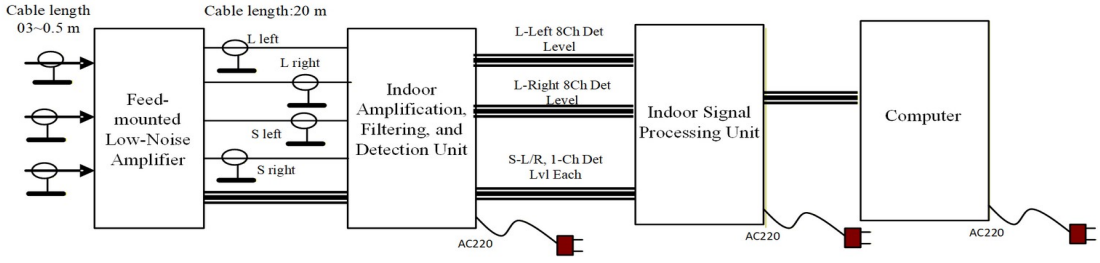


图 3 太阳射电望远镜数据采集流程图

Fig.3 Flowchart of data acquisition for solar radio telescopes

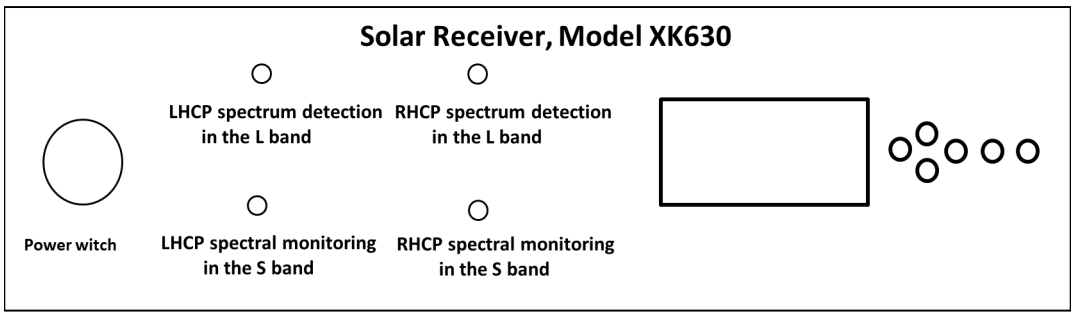


图 4 太阳射电接收机

Fig.4 Solar radio receiver

1.2 数据处理方法

计算 *F10.7* 指数, 需要两种数据，一种是天线跟踪太阳采集得到的太阳射电辐射功率；另一种是当天线偏开太阳 2^0时，采集得到的天线对准冷空时的数据[15-16]。

当天线对准太阳时， 采集得到电压数组$V_{solar}[i]$（时间分辨率最高为 0.1ms）。通过逐点计算得到对准太阳时的线性功率$P_{solar_{line}}[i]$，

$$P_{solar_{line}}[i]=10^{\frac{\frac{V_{solar}[i]}{0.021}}{10}} \quad (1)$$

将上述数组进行平均，就得到太阳辐射功率线性平均值$P_{solar_{mean}}$。

当天线偏开太阳 2^0时，采集得到电压数组$V_{sky}[i]$（时间分辨率最高为 0.1ms）。通过逐点计算得到对准冷空时的线性功率$P_{sky_{line}}[i]$，

$$P_{sky_{line}}[i]=10^{\frac{\frac{V_{sky}[i]}{0.021}}{10}} \quad (2)$$

将上述数组进行平均，就得到太阳冷空功率线性平均值$P_{solar_{mean}}$。

望远镜控制系统安装了计算软件来计算每天日升和日落时间，日升望远镜开始跟踪，日落望远镜停止跟踪，跟踪时间长短随季节变化，夏季跟踪时间相对较长，冬季跟踪时间相对较短。

取某一日（无耀斑爆发）的国际公布的 *F10.7* 指数作为初始指数F_{107}^{s}，由初始指数$F_{10.7}^{s}$、当天太阳辐射功率线性平均值$P0_{solar_{mean}}$和冷空功率线性平均值$P0_{sky_{mean}}$计算得到修

最新录用

正因子 S_0：

$$S_0=\frac{F^{s}_{10.7}*P0_{solar_{mean}}}{P0_{sky_{mean}}} \qquad (3)$$

之后的每日的 *F10.7* 指数，通过修正因子 S_0，以及 $P_{solar_{mean}}$ 和 $P_{sky_{mean}}$ 在 12:33 至 13:03 时间段的积分值计算得出。，即

$$F_{10.7}=\frac{S_0*P_{solar_{mean}}}{P_{sky_{mean}}} \qquad (4)$$

2 数据样本描述

本数据集收集了 2022 年-2024 年的 *F10.7* 指数，文件名为“F107.dat”， 总数据量为 23KB。文件以行列形式存储的具体数据，每一行记录一条数据，每行包括 2 列。图 5 为数据文件示例，第 1 列为年月日，第 2 列为 *F10.7* 指数。各列数据间以空格（X）间隔，表 2 为数据记录格式。一条完整的数据记录格式如下：(A10)(X)(F5.2)。

表 2. *F10.7*指数数据记录格式

Table 2 *F10.7* index data recording format

列	参数	格式	单位	值域	无效填充值
1	年月日	A10	/	/	/
2	*F10.7*指数	F5.2	SFU	60-	nan

```
Time      F107
20220201 132.00
20220202 135.00
20220203 129.00
20220204 136.00
20220205 129.00
20220206 129.00
20220207 127.00
20220208 126.00
20220209 124.00
20220210 129.00
20220211 121.00
20220212 116.00
20220213 115.00
20220214 103.00
20220215 104.00
20220216 110.00
```

图 5 *F10.7*指数文件示例

Fig.5 *F10.7* index file

3 数据质量控制和评估

本数据集是基于自主太阳射电望远镜监测数据计算得到 *F10.7* 指数产品。数据质量方面，通常大于 60 为有效数据，低于 60 视为无效数据，用 nan 表示。当设备故障数据缺失

最新录用

时，利用线性插值方法对数据进行处理。图 6 为对缺失数据和跳点进行线性插值处理后的数据。

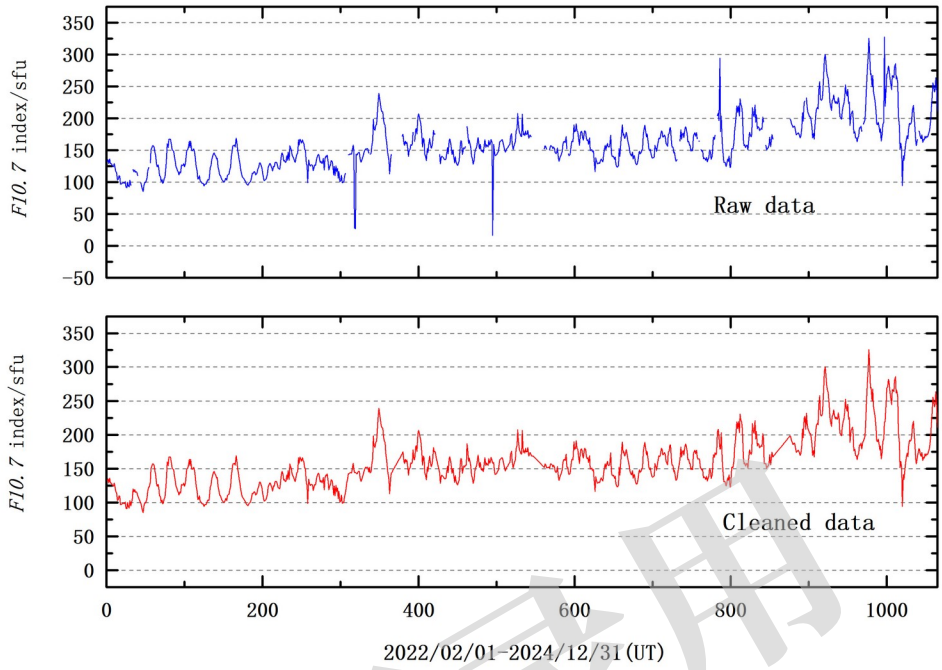


图 6 2022 年-2024 年 *F10.7* 数据清洗前后对比

Fig.6 Comparison of F10.7 data before and after cleaning

数据集时间为 2022-2024 年，涵盖了第 25 太阳活动周的高年和低年，*F10.7* 指数与太阳黑子数有很好的对应关系，可以反映此期间的太阳活动水平。图 7 展示了数据集 *F10.7* 指数与国际 *F10.7* 指数以及太阳黑子数的对比变化，由图可以看出，本数据集与国际 *F10.7* 指数接近，并与太阳黑子数变化趋势一致。在数据集涵盖期间，国际数据最小值为 91sfu，出现在 2022 年 7 月 30 日，最大值为 336 sfu，出现在 2024 年 8 月 8 日；廊坊 *F10.7* 指数相应值为 97 sfu 与 293 sfu，相对误差为 6.5%与 12.2%。

最新录用

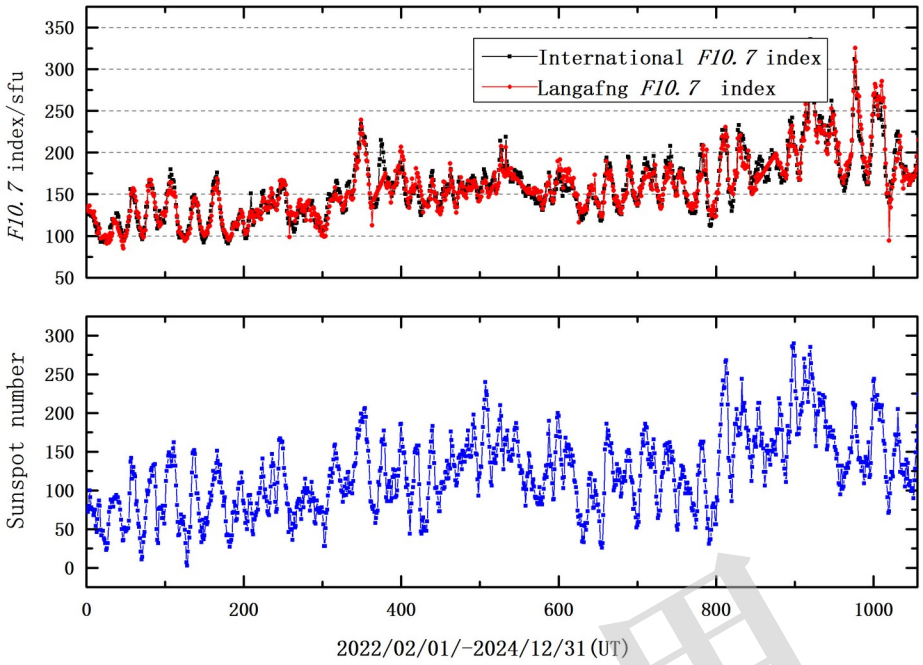


图 7 自主 *F10.7* 指数与国际 *F10.7* 指数和太阳黑子数变化对比

Fig.7 Comparison of the changes of the independent *F10.7* index and the international *F10.7* index and the number of sunspots

将 *F10.7* 指数与国际数据进行对比分析，评估参数为：

绝对误差 $AE¿|F_i-O_i|$ （5）

平均绝对误差 *MAE* $MAE=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}|F_i-O_i|$=9.2 （6）

平均绝对百分比差 *MAPE* $MAPE=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\frac{|F_i-O_i|}{O_i}$= =5.73 （7）

均方差根 *RMSE* $RMSE=\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(F¿¿i-O_i)^2¿}$= 12.1 （8）

相关系数 *CC* $CC=\frac{\sum_{i=1}^{N}(F_i-\overline{F})(O_i-\overline{O})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(F_i-\overline{F})^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(O_i-\overline{O})^2}}$=0.95 （9）

其中，O_i为国际观测数据，F_i为自主 *F10.7* 数据。

图 8 显示了本数据集与国际 *F10.7* 指数相关系数达 0.95，相对误差主要分布在 0－±10%左右。图 9 显示了本数据集与国际 *F10.7* 指数的绝对误差（取绝对值）基本分布

最新录用

在 0-15 sfu 区间，以上分析表明了了该数据集质量具有较高的可靠性。

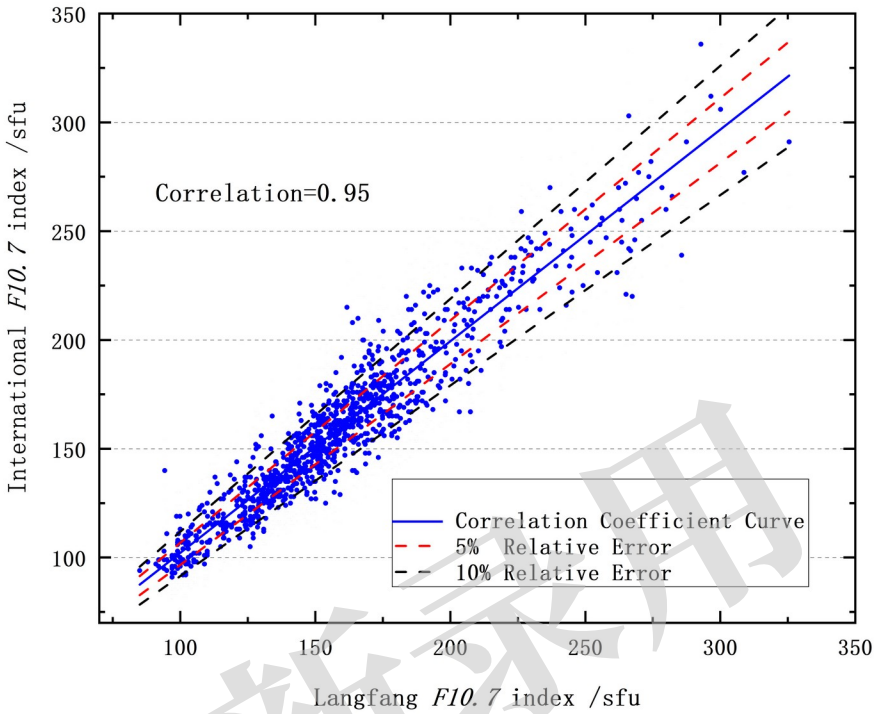


图 8 自主 *F10.7* 指数与国际 *F10.7* 指数相关系数分布图

Fig.8 Distribution chart of correlation coefficients between independent *F10.7* index and international *F10.7* index

最新采用

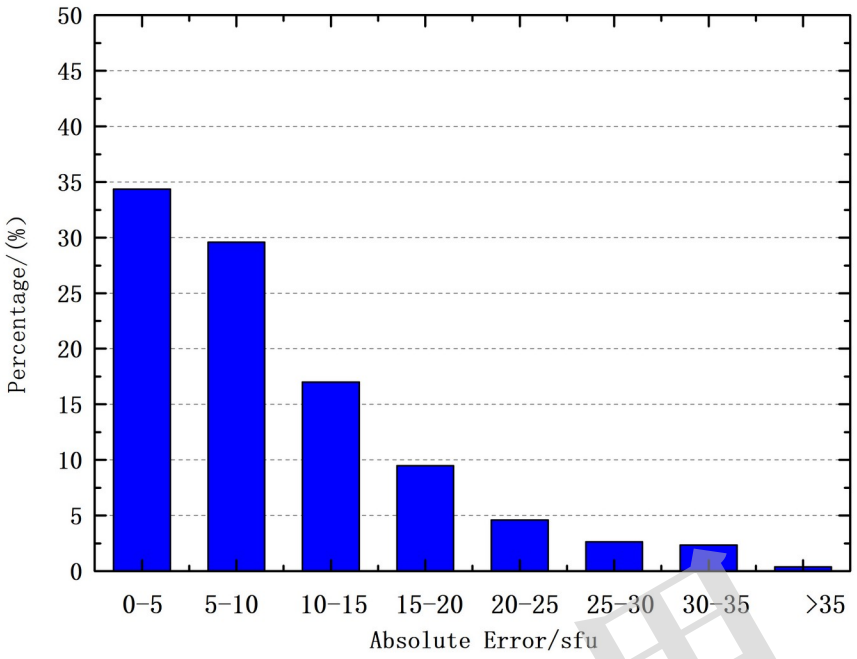


图 9 自主 *F10.7* 指数与国际 *F10.7* 指数绝对误差分布

Fig.9 Error distribution of the independent *F10.7* index and the international *F10.7*

综上所述，自主 *F10.7* 指数数据集的数据来源、数据质量、相关精度、数据加工、覆盖范围等都具有很高的可靠性和应用价值，可为空间天气模式提供自主参数，为空间环境保障提供重要技术支撑，对于提升我国空间天气业务预报服务具有重要的应用前景。

4 数据使用方法和建议

2022–2024 年自主 *F10.7* 指数数据集相关资料的保存格式为 txt 格式，可使用 IDL、Matlab、Python 等编程语言读取、查看、分析、处理及应用，2024 年之后的 F10.7 指数数据将在相关网站共享并提供下载。

致　谢（可选）

感谢中科院云南天文台、廊坊台站和中国电子科技集团公司第五十四研究所对太阳射电望远镜的建设和维护。

参考文献

[1] TAPPING K F. The 10.7 cm solar radio flux ($F_{10.7}$) [J]. *Space Weather*, 2013, **11**(7): 394-406

最新录用

[2] ZHONG Qiuzhen, LIU Siqing, HE Juanxiong, *et al*. Application of singular spectrum analysis to solar 10.7 cm radio flux 27-day forecast[J]. *Chinese Journal of Space Science*, 2005, **25**(3): 199-203 (钟秋珍, 刘四清, 何卷雄, 等. 奇异谱分析在太阳 10.7cm 射电流量中期预测中的应用[J]. 空间科学学报, 2005, **25**(3): 199-203)

[3] ABDOOS A A. A new intelligent method based on combination of VMD and ELM for short term wind power forecasting[J]. *Neurocomputing*, 2016, **203**: 111–120. DOI: 10.1016/j.neucom.2016.03.054

[4] BENOIT A G M D S, PETRY A. Evaluation of F10.7, sunspot number and photon flux data for ionosphere TEC modeling and prediction using machine learning techniques[J]. *Atmosphere*, 2021, **12**(9): 1202. DOI: 10.3390/atmos12091202

[5] ORTIKOV M Y, SHEMELOV V A, SHISHIGIN I V, *et al*. Ionospheric index of solar activity based on the data of measurements of the spacecraft signals characteristics[J]. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 2003, **65**(16/17/18): 1425-1430. DOI: 10.1016/j.jastp.2003.09.005

[6] HEDIN A E. The atmospheric model in the region 90 to 2000 km[J]. *Advances in Space Research*, 1988, **8**(5/6): 9–25. DOI: 10.1016/0273-1177(88)90038-5

[7] PICONE J M, HEDIN A E, DROB D P, *et al*. NRLMSISE-00 empirical model of the atmosphere: statistical comparisons and scientific issues[J]. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 2002, **107**(A12): SIA 15-1-SIA 15-16. DOI: 10.1029/2002ja009430

[8] HUANG C, LIU D D, WANG J S. Forecast daily indices of solar activity, F10.7, using support vector regression method[J]. *Research in Astronomy and Astrophysics*, 2009, **9**(6): 694-702. DOI: 10.1088/1674-4527/9/6/008

[9] YAYA P, HECKER L, DE WIT T D, *et al*. Solar radio proxies for improved satellite orbit prediction[J]. *Journal of Space Weather and Space Climate*, 2017, **7**: A35. DOI: 10.1051/swsc/2017032

[10] TAPPING K F, DETRACEY B. The origin of the 10.7 cm flux[J]. *Solar Physics*, 1990, **127**(2): 321-332. DOI: 10.1007/BF00152171

[11] SWARUP G, KAKINUMA T, COVINGTON A E, *et al*. High-resolution studies of ten solar active regions at wavelengths of 3-21 cm[J]. *The Astrophysical Journal*, 1963, **137**: 1251. DOI: 10.1086/147601

[12] BURGUERA I, ZURUTUZA U, NADJM-TEHRANI S. Crowdroid: behavior-based malware detection system for andoird[C]//Proceedings of the 1st ACM Workshop on Security and Privacy in Smartphones and Mobile Devices. Chicago: ACM, 2011: 15-26

[13] SHABTAI A, ELOVICI Y. Applying behavioral detection on android-based devices[C]//Proceedings of the 3rd International Conference on Mobile Wireless Middleware, 0perating Systems, and Applications. Chicago: Springer, 2010: 235-249

[14] LIU Chao, NIU Chuanfeng, GENG Jingchao, *et al*. Design of 2m polar axis antenna for spectral radio heliograph array[J]. *Radio Communications Technology*, 2014, **40**(6): 58-60,

最新录用

76. DOI: 10.3969/j.issn.1003-3114.2014.06.16 (刘超, 牛传峰, 耿京朝, 等. 射电频谱日像仪2天线设计[J]. 无线电通信技术, 2014, **40**(6): 58-60, 76. DOI: 10.3969/j.issn.1003-3114.2014.06.16)

[15] Hongwei Yea, Yanfang Zhenga, Xuebao Lia, *et al*. A transformer-based forecasting model for F10:7 index and its application study on the Chinese Langfang dataset[J]. Advanced in Space Research, 2024,74(12): 6309-6324. https://doi.org/10.1016/j.asr.2024.08.024

[16] YAN Shuainan, LI Xuebao, DONG Liang, *et al*. Application of $F_{10.7}$ index prediction model based on BiLSTM-attention and Chinese autonomous dataset[J]. *Chinese Journal of Space Science*, 2024, **44**(2): 251-261. DOI: 10.11728/cjss2024.02.2023-0040 (闫帅楠, 李雪宝, 董亮, 等. 基于BiLSTM-Attention的$F_{10.7}$指数预测模型与中国自主数据集的应用[J]. 空间科学学报, 2024, **44**(2): 251-261. DOI: 10.11728/cjss2024.02.2023-0040)

第一作者和通信作者简介（60～100字）

王晶 女，1978年12月出生于辽宁省抚顺市，现为中国科学院国家空间科学中心副研究员，主要研究方向为空间环境监测数据应用，空间环境指数建模等。

黄文耿，男，1973年8月出生于湖北省武汉市，现为中国科学院国家空间科学中心研究员，博士生导师，主要研究方向为空间环境监测、研究和预报等。



最新录用