

2015–2020 年中国光合有效辐射重构数据集

ISSN 2096-2223

CN 11-6035/N



文献 CSTR:

32001.14.11-6035.csd.2022.0029.zh



文献 DOI:

10.11922/11-6035.csd.2022.0029.zh

数据 DOI:

10.11922/sciencedb.01642

文献分类: 地球科学

收稿日期: 2022-03-29

开放同评: 2022-07-14

录用日期: 2022-08-29

发表日期: 2023-12-27

* 论文通信作者

胡波: hub@post.iap.ac.cn

吴彤^{1,2}, 辛华剑³, 刘慧⁴, 胡波^{1*}, 刘子锐¹, 刘广仁¹

1. 中国科学院大气物理研究所, 大气边界层物理和大气化学国家重点实验室, 北京 100029

2. 中国科学院大学, 北京 100049

3. 东北农业大学, 哈尔滨 150000

4. 陕西省气象台, 西安 710014

摘要: 光合有效辐射数据可广泛应用于生态学、农学、资源与环境学、气候学等领域的研究, 对生态系统的生产力评估、优化农业生产布局及粮食安全问题、大气二氧化碳 (CO₂) 演变及其变化规律、区域 CO₂ 源汇的估算等方面都具有重要应用价值。但由于光合有效辐射长期连续的观测数据较少, 特别是我国国家尺度的长期观测数据更为稀缺, 所以获得准确且长时间、大范围的光合有效辐射数据将为相关研究提供科学数据支持。本文通过利用中国气象局及中国生态系统研究网络 (CERN) 已有数据, 基于“混合模型”重构得到国家尺度长时间序列的总辐射数据, 然后结合已构建的通过总辐射估算的不同气候区光合有效辐射方案, 最终获得了精度较好, 且通过检验的重构光合有效辐射数据。本数据集时间范围为 2015–2020 年。

关键词: 光合有效辐射; 重构; 混合模型; 中国

数据库 (集) 基本信息简介

数据库 (集) 名称	2015–2020 年中国光合有效辐射重构数据集
通信作者	胡波 (hub@post.iap.ac.cn)
数据作者	吴彤、辛华剑、刘慧、胡波、刘子锐、刘广仁
数据时间范围	2015–2020 年
地理区域	中国陆地
数据格式	*.txt
数据量	12.1 MB
数据服务系统网址	http://dx.doi.org/10.11922/sciencedb.01642
基金项目	中国科学院战略性先导科技专项 (A 类) 地球大数据科学工程 (XDA19020303, XDA19020301); 北京市自然科学基金面上项目 (8202050); 国家自然科学基金面上项目 (42075184)。
数据集 (库) 组成	中国光合有效辐射重构数据集为 1 个压缩文件, 内有 2015–2020 文件夹, 文件内包含 705 个站点的光合有效辐射重构数据, 文件名对应站点编号。文件内各列数据分别代表年、月、日、大气层顶天文辐射 (MJ·m ⁻² ·d ⁻¹)、地面总辐射 (MJ·m ⁻² ·d ⁻¹) 和光合有效辐射 (mol·m ⁻² ·d ⁻¹)。

引言

太阳辐射是地球生物生存所需的主要能源^[1], 而植物进行光合作用所吸收的太阳光主要在波长 400–700 nm 之间, 这一部分太阳光谱被称为光合有效辐射 (Photosynthetically Active Radiation, PAR)。光合有效辐射作为影响植物生理活动众多因素中的关键因子^[2], 不仅是植物合成自身所需要营养物质的能量来源, 还直接影响到植被的生长速度、发育状况、分布范围和物种丰富度^[3], 进而影响整个陆地生态系统。而对海洋生态系统来说, 光合有效辐射同样也会直接影响海洋浮游植物的数量和生长范围, 导致海洋初级生产力变动, 进而影响海洋鱼类的数量和分布^[4]。此外, 光合有效辐射也是重要的气候资源, 对地表与大气环境之间的物质、能量交换有重要影响^[5]。因此, 精确的光合有效辐射时空数据对生态系统生产力的评估、全球农作物产量及粮食安全问题、大气 CO₂ 浓度变化情况、区域碳汇的计算等方面具有重要意义, 对生态学、农学、资源与环境学、气候学等领域的研究均能提供有力的数据支撑。

目前, 我国已有多种光合有效辐射的估算方法, 包括传统气候学方法、遥感估算方法等, 但存在一些不足, 如遥感信息的瞬时性等^[6]。也有基于日照时数进行的光合有效辐射估算研究, 但结果表明在特殊天气情况下会有较大误差^[7]。还有基于 Himawari-8 卫星构建光合有效辐射反演算法, 但在创建代价函数时仅通过一个波段, 可能获取的信息不够充分, 导致卫星反演数据时间分辨率不高^[8]。另外还有根据其他影响因子建立的估算模型, 在不同区域内均有其适用性^[9–12], 但大尺度的光合有效辐射估算方法还有待研究。本文基于中国生态系统研究网络 (Chinese Ecosystem Research Network, CERN) 已有数据构建估算公式, 并结合 CMA (China Meteorological Administration) 等的历史数据重构全国范围的光合有效辐射数据, 数据效果得到很好验证^[13], 具体方法将在后文介绍。

CERN 监测中国资源和生态环境的各项数据, 其中的气象辐射观测系统从 2004 年开始观测, 监测内容包含温度、风速、气压、湿度等气象要素以及总辐射、反射辐射、紫外辐射、光合有效辐射等, 站点覆盖了全国 8 种典型的生态类型, 具体包括城市 (1 个)、农田 (15 个)、森林 (10 个)、湖泊 (2 个)、海湾 (3 个)、草地 (2 个)、荒漠 (6 个)、湿地 (1 个)。这些站点根据气候条件和地貌状况等因素, 可归类于我国的 8 个气候区, 分别为西北地区 (NWC)、青藏地区 (TP)、中国北部 (NC)、西南地区 (SWC)、东北地区 (NEC)、华北平原 (NCP)、中国东部 (EC) 以及东南地区 (SEC), 分区参考神祥金等人的文献^[14]。站点基本信息如表 1 所示。

表 1 CERN 辐射观测站的基本信息

Table 1 Basic information about the CERN radiation observatory

站点代码	站点名称	经度 (°E)	纬度 (°N)	生态类型	区域
AKA	阿克苏	80.83	40.62	农业	NWC
ALF	哀牢山	101.02	24.53	森林	SWC
ASA	安塞	109.32	36.86	农业	NC
BJF	北京森林	115.433	39.967	森林	NCP
BNF	西双版纳	101.27	21.92	森林	SWC
CBF	长白山	128.1	42.4	森林	NEC
CLD	策勒	80.72	37.02	荒漠	NWC
CSA	常熟	120.68	31.53	农业	EC

站点代码	站点名称	经度 (°E)	纬度 (°N)	生态类型	区域
CWA	长武	107.67	35.2	农业	NC
DHF	鼎湖山	112.55	23.17	森林	SEC
DHL	东湖	114.35	30.62	湖泊	EC
DYB	大亚湾	114.52	22.55	海湾	SEC
ESD	鄂尔多斯	110.18	39.48	荒漠	NCP
FKD	阜康	87.93	47.29	荒漠	NWC
FQA	封丘	114.4	35	农业	NCP
GGF	贡嘎山	102	29.58	森林	SWC
HBG	海北	101.25	37.53	草地	TP
HJA	环江	108.32	24.73	农业	SWC
HLA	海伦	126.92	47.45	农业	NEC
HSF	鹤山	112.9	22.68	森林	SEC
HTF	会同	109.6	26.85	森林	SWC
JZB	胶州湾	120.27	36.05	海湾	NCP
LCA	栾城	114.69	37.89	农业	NCP
LSA	拉萨	91.33	29.67	农业	TP
LZD	临泽	100.12	39.33	荒漠	NC
MXF	茂县	103.9	31.7	森林	SWC
NMD	奈曼	120.7	42.93	荒漠	NCP
NMG	内蒙古	116.7	43.63	草地	NCP
QYA	千烟洲	115.05	26.73	农业	EC
SJM	三江	133.52	47.58	湿地	NEC
SNF	神农架	110.22	31.38	森林	EC
SPD	沙坡头	105	37.47	荒漠	NC
SYA	沈阳	123.4	41.52	农业	NEC
SYB	三亚	109.48	18.22	海湾	SWC
THL	太湖	120.22	31.42	湖泊	EC
TYA	桃源	111.43	28.92	农业	EC
YCA	禹城	116.57	36.87	农业	NCP
YGA	盐亭	105.45	31.27	农业	SWC
YTA	鹰潭	116.92	28.2	农业	EC

1 数据采集和处理方法

重构全国光合有效辐射历史数据的具体过程为：首先采用阳坤建立的“混合模型”^[15]，模型用到的参数具体包含 CMA 的气象要素数据（如气温、日照时数、气压、相对湿度）、浑浊度系数、臭氧柱总量等，通过以上数据重构获得总辐射数据。其中，浑浊度系数根据 Ångström 指数定律结合由

MODIS (moderate-resolution imaging spectrometer) 提供的气溶胶光学厚度 (AOD, Aerosol optical Depth) 计算得到、臭氧柱总量由 NASA/GSFC (National Aeronautics and Space Administration/Goddard Space Flight Center) 获得。其次是通过 CERN 站点的观测的 PAR 和总辐射, 按照气候区域把我国分成 8 个子气候区域, 分区域基于晴空指数建立光合有效辐射的重构方法, 并利用站点观测数据对重构精度进行检验。最后将重构方法和重构的总辐射进行耦合, 进而获得国家尺度的光合有效辐射重构数据。

图 1 为此数据集生成方法的技术路线图。

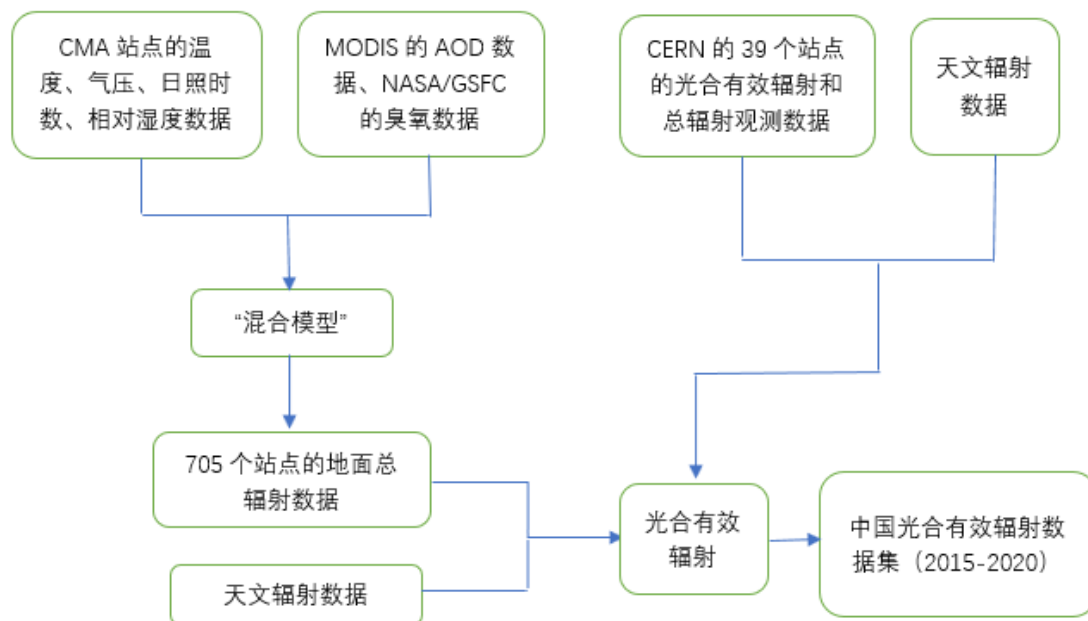


图 1 光合有效辐射重构数据集生成路线图

Figure 1 Flow chart for the production of the photosynthetically active radiation reconstruction dataset

(1) 总辐射数据的计算

太阳辐射在到达地面的过程中, 主要受臭氧吸收、Rayleigh 散射、云的吸收及散射等方面的衰减作用。根据阳坤等人的研究, 可由式 (1) 气压、浑浊度系数等参数计算得到太阳辐射直接辐射透过率和散射辐射透过率, 云的透过率可由日照时数得到 (晴空大气状况下云的透过率以 100% 计算), 则到达地面的太阳辐射日累计值 R_s 可由式 (2) 得出:

$$\delta(\lambda) = \beta \lambda^{-\alpha} \quad (1)$$

$$R_s = \tau_c \int_{t_2}^{t_1} (\tau_b + \tau_d) R_0 dt \quad (2)$$

其中: λ (μm) 为波长, $\delta(\lambda)$ 为 AOD 值, β 为浑浊度系数, α 为 Ångström 指数。 R_s 为地面总辐射; τ_c 为云的透过率, 可通过日照时数获得; t_1 、 t_2 分别表示日出和日落时刻; τ_b 为直接辐射透过率; τ_d 为散射辐射透过率; R_0 为大气层顶总辐射。

(2) 晴空指数的计算

结合同一地理位置的地面总辐射及大气层顶天文辐射数据即可得出:

$$K_s = R_s / R_0 \quad (3)$$

其中: K_s 为晴空指数。

(3) 光合有效辐射重构的参数化方案

按照气候区划, 我们在每个子气候区域内选择代表性较好, 且连续观测数据质量好的台站建立

光合有效辐射重构的参数化方案，具体构建过程以拉萨站的重构为例进行详细说明：

将拉萨站已有的观测数据随机分为两组，一组用于拟合形成经验化公式，另一组用于检验公式精确程度。

在不同晴空指数范围内，光合有效辐射随太阳高度角正弦值变化为：

$$PAR = PAR_m \times \mu^n \quad (4)$$

将计算得出的拉萨站不同时间的晴空指数分为若干区间，在区间内对应 PAR 的值，得到 PAR_m 关于 K_s 的散点图，可以看出其满足三次函数关系，即：

$$PAR_m = a \times K_s^3 + b \times K_s^2 + c \times K_s + d \quad (5)$$

其中： PAR_m 是指单位太阳高度角正弦值时光合有效辐射的值， μ 为太阳高度角正弦值， n 为光合有效辐射随太阳高度角变化的程度， a 、 b 、 c 、 d 为相关参数。

将已有数据代入公式(4)和(5)，可得出 a 、 b 、 c 、 d 和 n 的值。最终，光合有效辐射小时值 PAR_{hourly} 和光合有效辐射日累计值 PAR_{daily} 为：

$$PAR_{hourly} = -1182.8 \times K_s^3 + 1246.7 \times K_s^2 + 2256.9 \times K_s + 73.5 \quad (6)$$

$$PAR_{daily} = (2.67 - 5.83 \times \bar{K}_s + 30.42 \times \bar{K}_s^2 - 19.37 \times \bar{K}_s^3) \times \bar{\mu}^{1.14} \times t_d \quad (7)$$

其中： $\bar{K}_s$ 为晴空指数的日均值， t_d 为日照时数。

重构结果通过了显著性检验，即证明此公式可用于拉萨站点。而拉萨站点在分区内位于青藏地区（TP），随机选取青藏地区中的另一站点（本文选取站点为海北站），利用此公式得出该站点的光合有效辐射重构值，再与此站点的光合有效辐射观测值加以比对，通过显著性检验表明可以很好地应用到青藏地区^[16]。用同样的方法，在另外7个气候区选取代表性站点，分别为西北地区（阜康站）、中国北部（沙坡头站）、西南地区（盐亭站）、东北地区（海伦站）、华北平原（北京站）、中国东部（东湖站）及东南地区（鼎湖山站），最终形成在全国范围内适用的光合有效辐射估算公式，如表2所示。

表2 不同气候区的光合有效辐射估算公式

Table2 Estimation formula of photosynthetically active radiation in different climate zones

气候分区	代表站点	光合有效辐射估算公式
NWC	阜康	$PAR = (0.44 + 7.97\bar{K}_s + 5.84 \times \bar{K}_s^2 - 5.42 \times \bar{K}_s^3) \times \bar{\mu}^{1.12} \times t_d$
TP	拉萨	$PAR = (2.67 - 5.83\bar{K}_s + 30.42 \times \bar{K}_s^2 - 19.37 \times \bar{K}_s^3) \times \bar{\mu}^{1.14} \times t_d$
NC	沙坡头	$PAR = (0.24 + 10.18\bar{K}_s + 1.43 \times \bar{K}_s^2 - 1.78 \times \bar{K}_s^3) \times \bar{\mu}^{1.24} \times t_d$
SWC	盐亭	$PAR = (0.20 + 9.22\bar{K}_s + 1.34 \times \bar{K}_s^2 - 1.43 \times \bar{K}_s^3) \times \bar{\mu}^{1.25} \times t_d$
NEC	海伦	$PAR = (0.28 + 9.01\bar{K}_s + 2.03 \times \bar{K}_s^2 - 1.89 \times \bar{K}_s^3) \times \bar{\mu}^{1.19} \times t_d$
NCP	北京	$PAR = (0.03 + 10.57\bar{K}_s - 4.44 \times \bar{K}_s^2 + 3.37 \times \bar{K}_s^3) \times \bar{\mu}^{1.06} \times t_d$
EC	东湖	$PAR = (0.18 + 9.26\bar{K}_s + 0.91 \times \bar{K}_s^2 - 1.01 \times \bar{K}_s^3) \times \bar{\mu}^{1.06} \times t_d$
SEC	鼎湖山	$PAR = (0.07 + 9.47\bar{K}_s - 2.10 \times \bar{K}_s^2 + 2.26 \times \bar{K}_s^3) \times \bar{\mu}^{1.06} \times t_d$

2 数据样本描述

2.1 数据内容描述

“光合有效辐射重构数据集.rar”由 705 个站点的光合有效辐射文本文件构成，文本文件名为“*.txt”，*是指站点编号。压缩包内文件夹“光合有效辐射 2015–2020”中，各列数据分别代表年、月、日、大气层顶天文辐射 ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$)、地面总辐射 ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$) 和光合有效辐射 ($\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$)。

2.2 数据样本描述

以重构的 50756 站点 (CMA 黑龙江海伦站) 数据为例，光合有效辐射日累计值的数据样本如表 3 所示，图 2 为该站近年来光合有效辐射日变化趋势图，总体而言夏高冬低，逐年最高值和最低值差异不大。

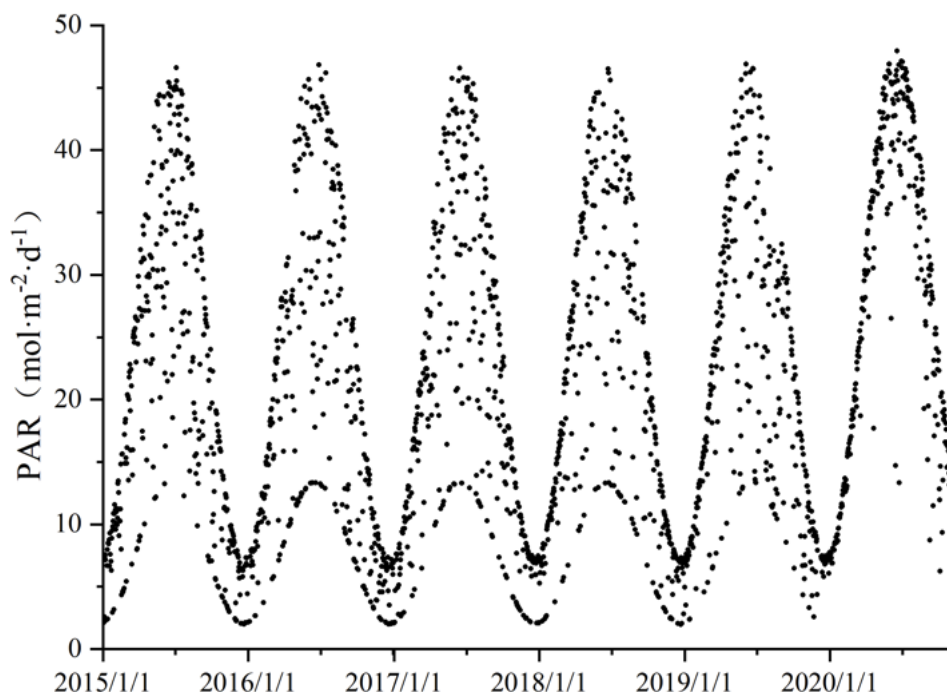


图 2 50756 站点 2015–2020 光合有效辐射日变化趋势图

Figure 2 Diurnal trend of photosynthetically active radiation at Site 50756 from 2015 to 2020

表 3 50756 站点数据示例 (部分)

Table 3 Sample data of Site 50756 (partial)

年	月	日	大气层顶天文辐射 ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$)	地面总辐射 ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$)	光合有效辐射 ($\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$)
2020	6	1	40.21	21.57	35.6873
2020	6	2	40.29	27.85	45.4582
2020	6	3	40.38	15.77	26.5238
2020	6	4	40.46	24.58	40.424
2020	6	5	40.53	27.71	45.2861

年	月	日	大气层顶天文辐射 (MJ · m ⁻² · d ⁻¹)	地面总辐射 (MJ · m ⁻² · d ⁻¹)	光合有效辐射 (mol · m ⁻² · d ⁻¹)
2020	6	6	40.6	24.65	40.5955
2020	6	7	40.67	26.92	44.0486
2020	6	8	40.73	25.99	42.7144
2020	6	9	40.79	26.66	43.7351
2020	6	10	40.84	24.23	40.0188

3 数据质量控制和评估

CERN 辐射数据中，总辐射标准组仪器采用交替法进行标定，标定精度为±3%，符合 WMO 总辐射表标定标准。光合有效辐射表采用光谱仪传递辐射标准灯的方案，标定精度在 5%以内。而且，CERN 辐射观测网的传感器每 2 年进行一次标定，整个辐射观测系统每 5 年进行一次辐射基准传递。此外，对所需使用的辐射值进行了严格的质量控制，具体包括：剔除所有太阳高度角小于 5° 时刻的数据；地面太阳辐射观测值与大气层顶比值大于 0.03；选择光合有效辐射与总辐射的比值介于 1.3-2.8 之间的数据。通过以上方式，可有效减小仪器余弦效应及其他方面引起的误差。

根据质量控制后的基础数据，结合前文方法可得出 CMA 各站点的光合有效辐射重构数据，将此数据与 CERN 站点的观测数据加以比对，可进一步验证其精度，如 57306 站点（CMA）与盐亭（CERN）、55591 站点（CMA）与拉萨（CERN）、54285 站点（CMA）和长白山（CERN）等。本文以海伦和东湖的验证方法为例，将重构数据设置为 X 轴，观测数据设置为 Y 轴，统计结果精度以相关系数 R^2 （correlation coefficient）、平均偏差误差 MBE（Mean Bias Error）和均方根误差 RMSE（Root Mean Square Error）表征，具体计算方法如下：

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} (C_i - C_{ave})(O_i - O_{ave})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{i=N} (C_i - C_{ave})^2 \times \sum_{i=1}^{i=N} (O_i - O_{ave})^2}} \quad (8)$$

$$MBE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{i=N} (C_i - O_i) \quad (9)$$

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^{i=N} (C_i - O_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

其中： C_i 表示第*i*个重构值， O_i 表示第*i*个观测值， C_{ave} 表示重构平均值， O_{ave} 表示观测平均值， N 为样本数。

拟合结果如图 3、图 4 所示，表明本数据集精度较高，可为其他领域研究提供数据支持。

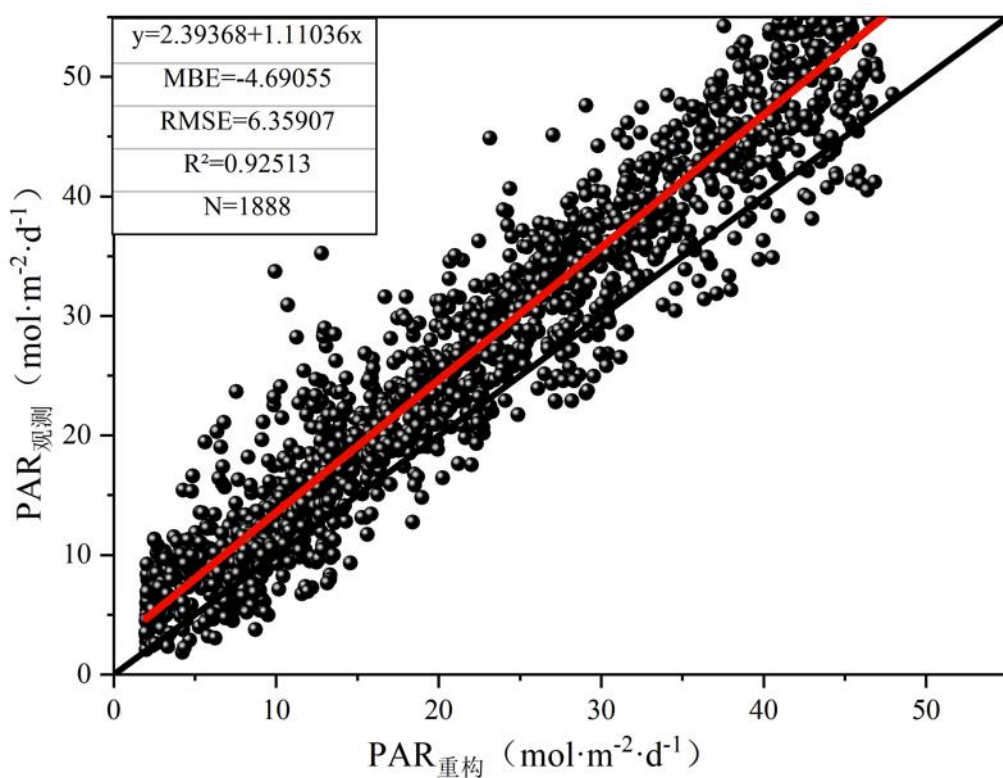


图3 海伦与 50756 站点对比结果

Figure 3 Results of the comparison between Hailun and Site 50756

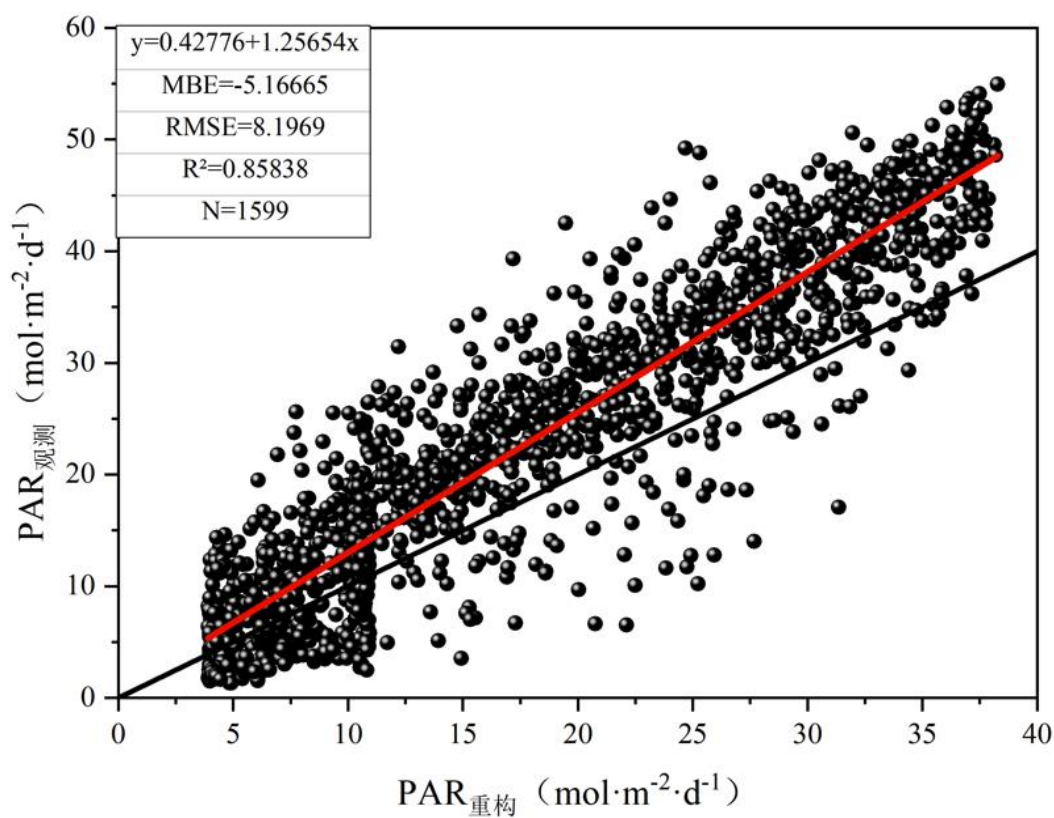


图4 东湖与 57594 站点对比结果

Figure 4 Results of the comparison between Donghu and Site 57594

4 数据使用方法及建议

光合有效辐射数据在农作物产量、生态系统生产力评估、碳汇计算精度、优化农业生产布局及粮食安全问题等重大科学问题中均有重要作用。本数据将为上述的相关研究提供长期可靠的数据基础。通过机器学习可将本数据集进行空间插值,形成更高时空分辨率的数据,服务于光合有效辐射时空变化格局、精细化的碳源汇以及生产力评估等研究。数据上传于科学数据银行 (Science Data Bank, <http://doi.org/10.11922/sciencedb.01642>), 点击链接即可进入界面下载完整版数据。数据为文本格式,方便打开,如有需要也可打开到 EXCEL 中。此外,本数据集单位为: 大气层顶天文辐射 ($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$)、地面总辐射 ($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$) 和光合有效辐射 ($\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$)。

致 谢

感谢中国生态研究网络 (CERN) 提供的光合有效辐射及其他各项观测数据, 以及中国气象局 (CMA) 提供的总辐射及常规气象要素的观测数据。感谢 CERN 监测站点工作人员在数据采集以及对观测数据进行质量控制中的努力。最后感谢 MODIS 团队提供的 AOD 数据和 NASA/GSFC 臭氧处理团队提供的臭氧数据。

数据作者分工职责

吴彤 (1996—), 男, 山西人, 硕士, 研究方向为大气辐射。主要承担工作: 数据整理及论文撰写。
辛华剑 (1997—), 男, 黑龙江人, 硕士, 研究方向为农业生态与气象变化。主要承担工作: 数据审核与质量控制。

刘慧 (1989—) 女, 山西人, 博士, 研究方向为大气辐射与遥感。主要承担工作: 辐射传输模式, 重构方法构建及数据获取。

胡波 (1974—) 男, 云南人, 博士, 研究方向为大气辐射。主要承担工作: 重构方法框架搭建, 数据质量控制。

刘子锐 (1982—) 男, 湖南人, 博士, 研究方向为气溶胶理化特性及其对环境的影响。主要承担工作: 数据质量控制。

刘广仁 (1950—) 男, 北京人, 本科, 研究方向为通信工程。主要承担工作: 数据质量控制。

参考文献

- [1] WILD M, GILGEN H, ROESCH A, et al. From dimming to brightening: decadal changes in solar radiation at earth's surface [J]. Science, 2005, 308(5723): 847–850. DOI:10.1126/science.1103215.
- [2] 周海燕, 黄子琛. 不同时期毛乌素沙区主要植物种光合作用和蒸腾作用的变化 [J]. 植物生态学报, 1996, 20(2): 120–131. [ZHOU H Y, HUANG Z C. Changes in photosynthesis and transpiration of main constructive plants in wu us desert[J]. Acta Phytocologica Sinica, 1996, 20(2): 120–131.]
- [3] 费中平, 彭易柱, 王多伽, 等. 光合有效辐射强度对蕨菜净光合速率的影响 [J]. 安徽农业科学, 2012, 40(27): 13309–13310, 13312. DOI:10.13989/j.cnki.0517-6611.2012.27.127. [FEI Z P, PENG Y Z, WANG D G /J /Q, et al. Effect of photosynthetically active radiation intensity on net photosynthetic rate of

- Bracken [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2012, 40(27): 13309–13310, 13312. DOI:10.13989/j.cnki.0517-6611.2012.27.127.]
- [4] 赵进平, 王维波, Cooper Lee. 利用北冰洋多光谱数据计算光合有效辐射的研究[J]. 极地研究, 2010, 22(2): 91 – 103. [ZHAO J P, WANG W B, LEE C. Calculation of photosynthetically available radiation using multispectral data in the Arctic[J]. Chinese Journal of Polar Research, 2010, 22(2): 91 – 103.]
- [5] LI Z Q, MOREAU L, CIHLAR J. Estimation of the photosynthetically active radiation absorbed at the surface [J]. J Geophys Res-Atmos, 1997, 102(D24): 29717-27.
- [6] 董泰锋, 蒙继华, 吴炳方, 等. 光合有效辐射(PAR)估算的研究进展 [J]. 地理科学进展, 2011, 30(9): 1125–1134. [DONG T F, MENG J H, WU B F, et al. Overview on the estimation of photosynthetically active radiation[J]. Progress in Geography, 2011, 30(9): 1125–1134.]
- [7] 卢伟萍, 谭宗琨, 刘志平, 等. 基于日照时数的光合有效辐射估算方法研究 [J]. 气象研究与应用, 2021, 42(4): 56–61. DOI:10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2021.4.10. [LU W P, TAN Z K, LIU Z P, et al. Study on estimation method of photosynthetic effective radiation based on sunshine hours[J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2021, 42(4): 56–61. DOI:10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2021.4.10.]
- [8] 谭运会. 基于 Himawari-8 卫星的光合有效辐射遥感反演方法构建 [D]. 金华: 浙江师范大学, 2020. [TAN Y H. Construction of remote sensing inversion method of photosynthetically active radiation based on Himawari-8 satellite [D]. Jinhua: Zhejiang Normal University.]
- [9] 胡波, 王跃思. 三江平原地区光合有效辐射观测研究 [J]. 气候与环境研究, 2014, 19(3): 343–350. [HU B, WANG Y S. Observational study of variation of photosynthetically active radiation in the Sanjiang plain[J]. Climatic and Environmental Research, 2014, 19(3): 343–350.]
- [10] 李韧, 季国良, 杨文, 等. 青藏高原北部光合有效辐射的观测研究 [J]. 太阳能学报, 2007, 28(3): 241–247. DOI:10.3321/j.issn: 0254-0096.2007.03.003. [LI R, JI G L, YANG W, et al. The observation study on par coefficient over northern part of Tibetan Plateau[J]. Acta Energiae Solaris Sinica, 2007, 28(3): 241–247. DOI:10.3321/j.issn: 0254-0096.2007.03.003.]
- [11] 李元, 宋亮, 莫雨轩, 等. 西双版纳热带季节雨林光合有效辐射的垂直分布格局和季节动态 [J/OL]. 生态学杂志, 2022, 41(09): 1683-1690. DOI:10.13292/j.1000-4890.202207.007. [Li Y, Song L, Mo Y X, et al. Vertical distribution pattern and seasonal dynamics of photosynthetically active radiation in a tropical seasonal rain forest, Xishuangbanna. [J/OL]. Chinese Journal of Ecology, 2022, 41(09): 1683-1690. DOI:10.13292/j.1000-4890.202207.007.]
- [12] 余予, 陈洪滨, 夏祥鳌, 等. 香河地区光合有效辐射观测分析研究 [J]. 高原气象, 2008, 27(5): 1094–1101. [YU Y, CHEN H B, XIA X G, et al. Observations and analyses on photosynthetically active radiation(PAR) in Xianghe region[J]. Plateau Meteorology, 2008, 27(5): 1094–1101.]
- [13] 唐利琴, 刘慧, 胡波, 等. 1961~2014 年中国光合有效辐射重构数据集 [J/OL]. 中国科学数据 (中英文网络版), 2017, 2(3). DOI: 10.11922/csdata.170.2017.0135. [TANG L Q, LIU H, HU B, et al. A dataset of reconstructed photosynthetically active radiation in China(1961-2014)[J/OL]. China Scientific Data, 2017(3). DOI: 10.11922/csdata.170.2017.0135.]
- [14] SHEN X J, LIU B H, LI G D, et al. Spatiotemporal change of diurnal temperature range and its relationship with sunshine duration and precipitation in China[J]. Journal of Geophysical Research

Atmospheres, 2014, 119(23): 13163–13179. DOI:10.1002/2014JD022326.

[15] YANG K, KOIKE T, YE B S. Improving estimation of hourly, daily, and monthly solar radiation by importing global data sets[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2006, 137(1/2): 43–55. DOI:10.1016/j.agrformet.2006.02.001.

[16] 刘慧. 紫外/光合有效辐射变化特征及气溶胶辐射强迫研究 [D]. 兰州: 兰州大学, 2014. [LIU H, Variation characteristics of ultraviolet/photosynthetically active radiation and research on aerosol radiative forcing [D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2014].

论文引用格式

吴彤, 辛华剑, 刘慧, 等. 2015 – 2020 年中国光合有效辐射重构数据集[J/OL]. 中国科学数据, 2023, 8(4). (2023-12-26). DOI: 10.11922/11-6035.csd.2022.0029.zh.

数据引用格式

吴彤, 辛华剑, 刘慧, 等. 2015 – 2020 年中国光合有效辐射重构数据集[DS/OL]. Science Data Bank, 2022. (2022-07-18). DOI:10.11922/sciencedb.01642.

A dataset of photosynthetically active radiation reconstruction in China from 2015 to 2020

WU Tong^{1,2}, XIN Huajian³, LIU Hui⁴, HU Bo^{1*}, LIU Zirui¹, LIU Guangren¹

1. State Key Laboratory of Atmospheric Boundary Layer Physics and Atmospheric Chemistry, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, P.R. China

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, P.R. China

3. Northeast Agricultural University, Harbin 150000, P.R. China

4. Shanxi Meteorological Bureau, Xi'an 710014, P.R. China

* Email: hub@post.iap.ac.cn

Abstract: Photosynthetically active radiation data can be widely used in ecology, agriculture, resources and environment, climatology and other fields. It holds significant value in ecosystem productivity assessment, agricultural production layout optimization and food security, atmospheric carbon dioxide (CO₂) dynamics and its change patterns, as well as the estimation of regional CO₂ sources and sinks. However, there is a scarcity of long-term, continuous observation data of photosynthetically active radiation, particularly in China. Consequently, accurate large-scale photosynthetically active radiation data will offer valuable scientific data support for related research efforts. In this paper, we used the data from the China Meteorological Administration and the China Ecosystem Research Network, and constructed the total radiation data of national scale long time series on the basis of the “mixed model”. By integrating the constructed photosynthetically active radiation scheme for diverse climatic regions, which was estimated using total radiation data, we successfully obtained reconstructed photosynthetically active radiation data that

exhibited high accuracy and passed stringent testing. The time range of this dataset is 2015–2020.

Key words: photosynthetically active radiation; reconstruction; hybrid model; China

Dataset Profile

Title	A dataset of photosynthetically active radiation reconstruction in China from 2015 to 2020
Data corresponding author	HU Bo (hub@post.iap.ac.cn)
Data authors	WU Tong, XIN Huajian, LIU Hui, HU Bo, LIU Zirui, LIU Guangren
Time range	2015–2020
Geographical scope	China's land area
Data format	*.txt
Data volume	12.1MB
Data service system	< http://dx.doi.org/10.11922/sciencedb.01642 >
Sources of funding	The Strategic Priority Research Program of the Chinese Academy of Sciences (XDA19020303, XDA19020301); Beijing Natural Science Foundation (8202050); the National Natural Science Foundation of China (42075184).
Dataset composition	The dataset is a compressed file, containing the 2015–2020 folder, including the PAR reconstruction data from 705 sites. The file name corresponds to the site number. Each column in the file indicates the items of year, month, day, total radiation at the top of the atmosphere ($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$), total surface radiation ($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$) and ultraviolet radiation ($\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$).