

# 关中地区参考作物蒸发蒸腾量数据集 (2010–2019)

王拴定<sup>1</sup>, 孙刚锋<sup>1</sup>, 赵晓涛<sup>1</sup>, 魏征<sup>2\*</sup>, 王锦<sup>3</sup>, 林人财<sup>2</sup>, 崔鹭<sup>2</sup>

1. 陕西省泾惠渠灌溉中心, 三原 713800; 2. 中国水利水电科学研究院, 北京 100038;

3. 中国科学院空天信息创新研究院, 北京 100101

**摘要:** 参考作物蒸发蒸腾量 ( $ET_0$ ) 是影响农业和环境的重要因子。作者团队选取关中地区的杨凌、三原、彬县、宝鸡、宝鸡县和长武 6 个国家气象站点, 利用站点 2010–2019 年逐日气象数据 (最高气压、最低气压、最高气温、最低气温、降雨量、日照时数、最大风速等), 结合联合国粮农组织 FAO 推荐的 P-M 模型, 计算 2010–2019 年逐日参考作物蒸发蒸腾量 ( $ET_0$ ); 再利用反距离权重空间插值法得到 2010–2019 年关中地区  $ET_0$  空间分布数据, 共同构成关中地区参考作物蒸发蒸腾量数据集 (2010–2019)。数据集包括: (1) 关中地区范围数据; (2) 站点位置矢量数据; (3) 站点位置信息及 2010–2019 年逐日  $ET_0$  数据; (4) 2010–2019 年逐年  $ET_0$  空间分布数据。数据集存储为 .shp、.tif 和 .xlsx 格式, 由 27 个数据文件组成, 数据量为 65.4 MB。

**关键词:** 参考作物蒸发蒸腾量 ( $ET_0$ ); P-M 模型; 关中地区; 陕西

**DOI:** <https://doi.org/10.3974/geodp.2021.02.12>

**CSTR:** <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2021.02.12>

**数据可用性声明:**

本文关联数据集已在《全球变化数据仓储电子杂志 (中英文)》出版, 可获取:

<https://doi.org/10.3974/geodp.2021.03.07.V1> 或 <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2021.03.07.V1>.

## 1 前言

参考作物蒸发蒸腾量 ( $ET_0$ ) 是作物需水量计算及水资源评价的重要因素, 也是制定水法及水环境评估的依据<sup>[1,2]</sup>。 $ET_0$  受制于气候条件, 反映了不同时期不同地区的大气蒸散能力对作物需水量的影响, 与土壤类型及作物种类无关<sup>[3]</sup>。截至目前,  $ET_0$  计算方法达 50 种以上, 如 Makkink<sup>[4]</sup>、Hargreaves<sup>[5]</sup>、Irmak<sup>[6]</sup> 以及联合国粮农组织 FAO 推荐的 P-M<sup>[7–9]</sup> 等模型。P-M 模型作为联合国粮农组织推荐的标准  $ET_0$  计算模型, 应用最为广泛。该模型综合了辐射项与空气动力学项, 在气候条件差异较大的地区均能取得可靠的计算结果, 应用时无需进行参数调整<sup>[10]</sup>。

关中地区指陕西省中部腹地的西安、铜川、宝鸡、咸阳及渭南等 5 个地级市的行政辖区, 地理位置位于 33°35'N–35°52'N, 106°18'E–110°38'E, 南北窄、东西长。关中地区自然

收稿日期: 2021-03-22; 修订日期: 2021-05-29; 出版日期: 2021-06-25

基金项目: 中国科学院空天信息创新研究院 (国家对地观测科学数据中心项目)

\*通讯作者: 魏征, 中国水利水电科学研究院, [weizheng@iwhr.com](mailto:weizheng@iwhr.com)

数据引用方式: [1] 王拴定, 孙刚锋, 赵晓涛等. 关中地区参考作物蒸发蒸腾量数据集 (2010–2019) [J]. 全球变化数据学报, 2021, 5(2): 197–202. <https://doi.org/10.3974/geodp.2021.02.12>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2021.02.12>.

[2] 王拴定, 孙刚锋, 魏征等. 关中地区参考作物蒸发蒸腾量数据集 (2010–2019) [J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2021. <https://doi.org/10.3974/geodp.2021.03.07.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2021.03.07.V1>.

条件优越，自古亦是我国农业富庶地区，也是我国农业起源地，灌溉条件优越，土壤质地肥沃，农业生产潜力高。选取关中地区的杨凌、三原、彬县、宝鸡、宝鸡县、长武等 6 个国家气象站点，经中国气象数据网<sup>1</sup>获取气象数据，包括最高气压、最低气压、最高气温、最低气温、降雨量、日照时数、最大风速等，构建了 2010–2019 年关中地区  $ET_0$  数据集。该数据集计算结果能够反映关中地区行政区划单元内部的大气蒸散能力，为该地区的水利工程规划设计及农业节水研究奠定扎实基础，可提升对关中地区气候变化的认识，为区域水资源管理、农业开发和生态环境保护提供参考。

2 数据集元数据简介

《关中地区参考作物蒸发蒸腾量数据集（2010–2019）》<sup>[11]</sup>名称、作者信息、地理区域、数据年代、时间分辨率、空间分辨率、数据集组成、数据出版与共享服务平台、数据共享政策等信息见表 1。

表 1 《关中地区参考作物蒸发蒸腾量数据集（2010–2019）》元数据简表

条 目	描 述
数据集名称	关中地区参考作物蒸发蒸腾量数据集（2010–2019）
数据集短名	ET0_Guanzhong_2010-2019
作者信息	王拴定，陕西省泾惠渠灌溉中心，807860882@qq.com 孙刚锋，陕西省泾惠渠灌溉中心，864964464@qq.com 魏 征，中国水利水电科学研究院，weizheng@iwhr.com 王 锦，中国科学院空天信息创新研究院，wangjin@aircas.ac.cn 林人财，中国水利水电科学研究院，190453501@qq.com 崔 鹭，中国水利水电科学研究院，20833192@qq.com
地理区域	关中地区
数据格式	数据年代 2010–2019 时间分辨率 1 d
数据集组成	.xlsx、.tif、.shp 数据量压缩后 6.68 MB
基金项目	关中地区范围数据；站点位置矢量数据；站点位置信息及 2010–2019 年逐日 $ET_0$ 数据；2010–2019 年逐年 $ET_0$ 空间分布数据
数据计算环境	中华人民共和国科学技术部（2017YFC0403202）
出版与共享服务平台	Microsoft Excel 2019；ArcGIS10.4
地址	全球变化科学研究数据出版系统 <a href="http://www.geodoi.ac.cn">http://www.geodoi.ac.cn</a>
数据共享政策	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101，中国科学院地理科学与资源研究所
数据和论文检索系统	全球变化科学研究数据出版系统的“数据”包括元数据（中英文）、通过《全球变化数据仓储电子杂志（中英文）》发表的实体数据集和通过《全球变化数据学报（中英文）》发表的数据论文。其共享政策如下：（1）“数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放，用户免费浏览、免费下载；（2）最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源；（3）增值服务用户或以任何形式散发和传播（包括通过计算机服务器）“数据”的用户需要与《全球变化数据学报（中英文）》编辑部签署书面协议，获得许可；（4）摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10% 引用原则，即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%，同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 <sup>[12]</sup>

<sup>1</sup> 中国气象数据网. <http://data.cma.cn/>.

### 3 数据研发方法

#### 3.1 计算原理

选定关中地区具有代表性的杨凌、三原、彬县、宝鸡、宝鸡县、长武等 6 个国家气象站点, 并由 2010–2019 共 10 年的气象数据 (最高气压、最低气压、最高气温、最低气温、相对湿度、最小相对湿度、降水量、最大风速、极大风速、平均风速等), 计算各站点逐日  $ET_0$ 。使用联合国粮农组织 FAO 推荐的  $ET_0$  计算方法<sup>[13]</sup>:

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (1)$$

式中,  $ET_0$  为参考作物蒸发蒸腾量 (mm/d);  $\Delta$  为饱和水汽压与空气温度关系曲线的斜率 (kpa/°C);  $G$  为土壤热通量 (MJ/m<sup>2</sup>/d);  $R_n$  为冠层表面净辐射 (MJ/m<sup>2</sup>/d);  $\gamma$  为湿度计常数 (kpa/°C);  $u_2$  为地面 2 m 高处的风速 (m/s);  $e_s$  为饱和水汽压 (kpa/°C);  $e_a$  为实际水汽压 (kpa/°C)。

#### 3.2 反距离权重空间插值法

反距离权重空间插值法 (Inverse Distance Weighted, IDW), 是一种加权平均内插法, 假定每个观测值都有着局部影响, 这种影响随着距离增大而减小<sup>[14]</sup>。计算公式如下:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{P_i}{d_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^2}} \quad (2)$$

式中,  $P$  为估计值;  $P_i$  为  $i$  点计算值;  $d_i$  为待估值点与实测数值点  $i$  之间的距离;  $n$  为气象站点的个数。

### 4 数据结果

#### 4.1 数据集组成

数据集由站点位置信息及 2010–2019 年逐日  $ET_0$  数据, 2010–2019 年逐年  $ET_0$  空间分布数据, 关中地区范围数据, 站点位置矢量数据组成, 详细信息见表 2。

#### 4.2 数据结果

如图 1 所示, 2010–2019 年, 关中地区相同站点  $ET_0$  年际变化表现出相似规律, 表现出先增加后降低的趋势, 在每年 7 月达到峰值; 5–8 月, 气温升高, 植株蒸腾旺盛, 土壤蒸发能力较强, 蒸发蒸腾量增大, 该时段  $ET_0$  范围为 2.01–7.38 mm/d; 1 月, 气温降低, 蒸发能力弱, 蒸发蒸腾量降低至最低值, 约 0.48–1.85 mm/d。关中地区各站点间参考作物蒸发蒸腾量差异不大, 说明关中地区各地气候条件基本一致, 在进行各类与农业、水利相关的科学研究时可不必考虑气候条件带来的影响或偏差。

根据关中地区逐日气象资料, 结合 P-M 模型计算逐日  $ET_0$ , 利用 ArcGIS 10.4 中的反距离权重法绘制关中地区逐年  $ET_0$  空间分布图。图 2 为选取的典型年 (2010、2013、2016、2019)  $ET_0$  空间分布, 其分布特征表现出相似性, 由关中地区东北方向至西南方向递减。

这与关中地区的地形以及农业种植区分布息息相关, 关中地区其地形总体呈现出“中间低、四周高, 西部比东部高”的特征, 其农业主要分布在关中地区中部。同时,  $ET_0$  的空间分布具有变异性, 且差异较大,  $ET_0$  介于 800–1,198 mm 之间, 最小值为 800 mm, 最大值为 1,198 mm。

表 2 关中地区参考作物蒸发蒸腾量 ( $ET_0$ ) 数据集组成文件简表

数据	数据格式	数据内容	数据量
站点位置信息及 2010–2019 年逐日 $ET_0$ 数据	.xlsx	$ET_0$ 数据	373 KB
2010–2019 年逐年 $ET_0$ 空间分布数据	.tif	$ET_0$ 数据	65 MB
关中地区范围数据	.shp	矢量文件	41.4 KB
站点位置矢量数据	.shp	矢量文件	4.65 KB

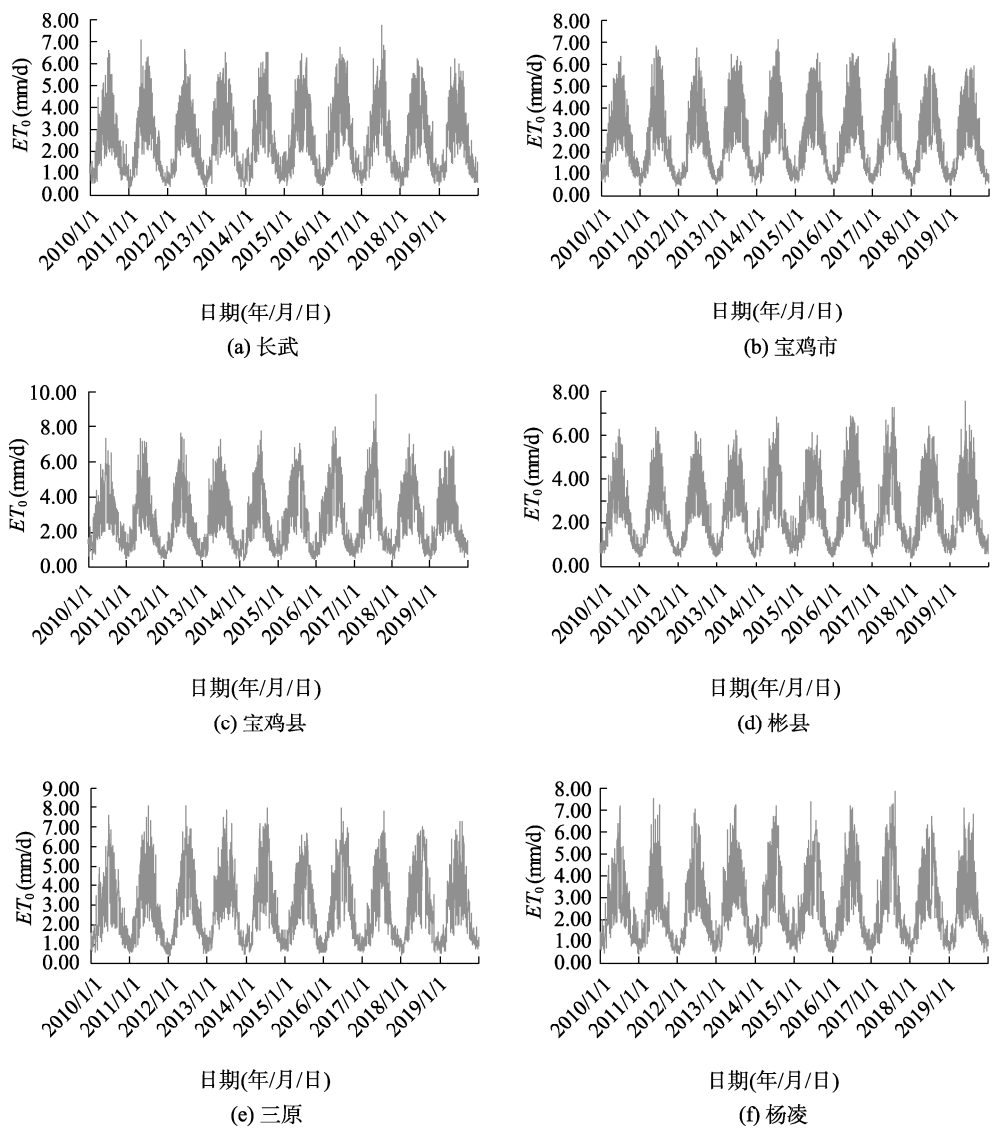


图 1 关中地区各站点 2010–2019 年  $ET_0$  变化

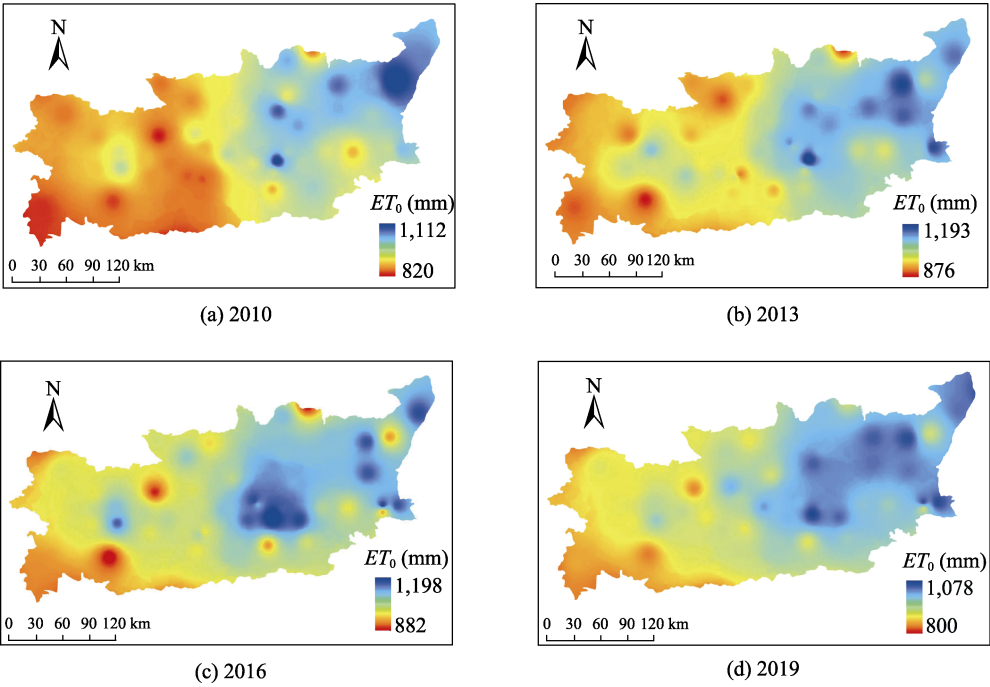


图 2 关中地区参考作物蒸发蒸腾量 ( $ET_0$ ) 年值

5 总结与讨论

本文选取关中地区 6 个典型站点，根据联合国粮农组织 FAO 推荐的  $ET_0$  计算方法计算 2010–2019 年逐日参考作物蒸发蒸腾量  $ET_0$ 。结果表明：

（1）2010–2019 年，关中地区  $ET_0$  在相同站点，每年表现出的规律高度一致， $ET_0$  呈现先增加后降低的趋势，在 7 月达到峰值，5–8 月蒸发蒸腾量较大，维持在 2.01–7.38 mm/d，在 1 月蒸发蒸腾量降低至最小，约 0.48–1.85 mm/d；

（2）关中地区各典型气象站点间参考作物蒸发蒸腾量  $ET_0$  差异不大，关中地区各地气候条件基本一致；

（3）年际  $ET_0$  空间分布特征表现出相似性，由关中地区东北方向至西南方向递减，同时， $ET_0$  的空间分布具有变异性，且差异较大， $ET_0$  介于 800–1,198 mm 之间，最小值为 800 mm，最大值为 1,198 mm。

关中地区是我国农业富庶地区，亦是我国农业的起源地，灌溉条件优越，土壤质地肥沃，农业生产潜力高，参考作物蒸发蒸腾量与作物需水量密切相关。其占地面积大，约  $5.58 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，占陕西省总面积的 27%<sup>[15]</sup>。研究结果可为提高对关中地区气候变化的认识，为区域水资源管理、农业开发和生态环境保护提供参考。未来研究中，可考虑气候变化条件下或不同气候分区及人类活动对  $ET_0$  时空分布规律的影响。

作者分工：王拴定对数据集的开发做了总体设计；孙刚锋、赵晓涛采集和处理了关中地区站点气象数据；魏征和王锦设计了模型统计算法；林人财、崔鹭撰写了数据论文。

利益冲突声明：本研究不存在研究者以及与公开研究成果有关的利益冲突。

## 参考文献

- [1] 栗晓玲, 宋悦, 牛纪苹等. 泾惠渠灌区潜在蒸散发量的敏感性及其变化成因[J]. 自然资源学报, 2015, 30(1): 115–123.
- [2] 李大驰, 张鑫, 常浩浩等. 气候变化背景下榆林市参考作物需水量多时间尺度特征分析[J]. 灌溉排水学报, 2019, 38(5): 100–106.
- [3] 曾丽红, 宋开山, 张柏等. 近 60 年来东北地区参考作物蒸散量时空变化[J]. 水科学进展, 2010, 21(2): 194–200.
- [4] Makkink, G. F. Testing the Penman formula by means of lysimeters [J]. *Journal of the Institution of Water and Environment Management*, 1957, 11: 277–288.
- [5] Droogers, P., Allen, R. G. Estimating reference evapotranspiration under inaccurate data conditions [J]. *Irrigation and Drainage Systems*, 2002, 16(1): 33–45.
- [6] Irmak, S., Mutiibwa, D., Payero, J., *et al.* Modeling soybean canopy resistance from micrometeorological and plant variables for estimating evapotranspiration using one-step Penman–Monteith approach [J]. *Journal of Hydrology*, 2013, 507: 1–18.
- [7] 张倩, 段爱旺, 王广帅等. 基于天气预报的参照作物腾发量中短期预报模型研究[J]. 农业机械学报, 2015, 46(5): 107–114.
- [8] Cunha, A. C., Filho, L. R. A. G., Tanaka, A. A., *et al.* Influence of the estimated global solar radiation on the reference evapotranspiration obtained through the Penman-Monteith FAO 56 method [J]. *Agricultural Water Management*, 2021, 243: 106491.
- [9] Yan, H. F., Yu, J. J., Wang, G. Q., *et al.* Comparison of two canopy resistance models to estimate evapotranspiration for tea and wheat in southeast China [J]. *Agricultural Water Management*, 2021, 245: 106581.
- [10] 周瑶, 张鑫, 徐静. 青海省东部农业区参考作物蒸散量的变化及对气象因子的敏感性分析[J]. 自然资源学报, 2013, 28(5): 765–775.
- [11] 王拴定, 孙刚锋, 魏征等. 关中地区参考作物蒸发蒸腾量数据集(2010–2019)[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2021. <https://doi.org/10.3974/geodb.2021.03.07.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2021.03.07.V1>.
- [12] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策 [OL]. <https://doi.org/10.3974/dp.policy>. 2014.05 (2017 年更新).
- [13] Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., *et al.* Crop Evapotranspiration-Guidelines for Computing Crop Water Requirements-FAO Irrigation and Drainage Paper 56 [M]. Rome: FAO, 1998.
- [14] 郑健, 马静, 王燕等. 基于气候分区的甘肃省参考作物蒸发蒸腾量时空分布特征[J]. 水资源与水工程学报, 2020, 31(1): 240–247.
- [15] 申健. 关中地区作物种植信息遥感识别及其动态监测[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2017.