

西安地区土壤浅层温度距平及突变数据集 (1961–2017)的研发与组成

刘引鸽^{1*}, 苏 扬¹, 方建刚²

1. 宝鸡文理学院地理与环境学院, 宝鸡 721013;

2. 陕西省气候中心, 西安 710014

摘 要: 基于西安地区的西安市、户县、长安区及高陵区 1961–2017 年 5–20 cm 逐月地温的观测资料, 通过气候诊断、单位转换、误差校正、距平等数据处理方法, 并结合小波分析和 Mann-Kendall 非参数检验等数据分析方法, 形成《西安地区土壤浅层温度距平及突变数据集 (1961–2017)》。该数据集包括西安地区土壤浅层温度: (1) 年代距平、逐年距平、年季距平和逐月距平数据; (2) 周期、突变及异常值数据。本数据集存储为.xlsx 格式, 由 6 个数据文件组成, 数据量为 546 KB。

关键词: 西安地区; 土壤浅层温度; 距平指数; 变化特征

DOI: <https://doi.org/10.3974/geodp.2022.04.02>

CSTR: <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2022.04.02>

数据可用性声明:

本文关联实体数据集已在《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/geodb.2022.04.06.V1> 或 <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2022.04.06.V1>.

1 前言

浅层土壤温度 (浅层地温) 是指距离地面 5–20 cm 的不同土壤深层次的温度^[1], 是反映土壤物理属性的重要指标之一, 对农作物生长、城市建设、地热资源的开发利用有重要影响。随着全球气候变暖以及人类活动的加剧^[2], IPCC 第五次评估报告 (AR5) 指出, 1880–2012 年全球平均地表温度升高了 0.85 °C^[3,4], 全球地表温度的不断提高, 也将不可避免地引起土壤温度的变化。因此, 许多学者从不同角度进行了区域浅层地温变化及其影响研究, 表明不同区域的浅层地温变化具有区域差异性及增加趋势^[5–11]。

目前, 系统研究西安地区土壤浅层地温变化较少, 伴随着西部发展和城镇化进程的加快, 造成了西安土地利用方式的改变, 对农业生产、城镇化与生态环境协调发展产生了极

收稿日期: 2022-06-28; 修订日期: 2022-08-25; 出版日期: 2022-12-24

基金项目: 国家自然科学基金 (41771048); 陕西省科技基金 (2022SF-364)

*通讯作者: 刘引鸽, 宝鸡文理学院地理与环境学院, yingeliu@163.com

数据引用方式: [1] 刘引鸽, 苏扬, 方建刚. 西安地区土壤浅层温度距平及突变数据集 (1961–2017) 的研发与组成 [J]. 全球变化数据学报, 2022, 6(4): 513–520. <https://doi.org/10.3974/geodp.2022.04.02>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2022.04.02>.
[2] 刘引鸽, 苏扬, 方建刚. 西安地区土壤浅层温度距平及突变数据集 (1961–2017) [J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2022. <https://doi.org/10.3974/geodb.2022.04.06.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2022.04.06.V1>.

大影响。因此，研究气候变暖背景下西安地区浅层地温的变化规律及其影响因素，对西安地区的农业发展及气候变化评估、合理利用气候资源和生态文明建设具有重要意义。

由于以前地温数据时间尺度短，地温测站少，对地温做出系统性分析支撑力度弱^[12]，因此，本研究基于西安地区长时间尺度的浅层地温逐月数据，制作了该区域的土壤浅层温度距平及突变数据集，并通过 Pearson 相关分析对数据集进行了验证，进一步提高了数据集的精度，可为研究西安地区浅层地温的时空变化特征以及分析其变化原因提供数据支撑。

2 数据集元数据简介

《西安地区土壤浅层温度距平及突变数据集（1961–2017）》^[13]的名称、作者、地理区域、数据年代、数据格式、数据量、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列于表 1。

表 1 《西安地区土壤浅层温度距平及突变数据集（1961–2017）》元数据简表

条 目	描 述
数据集名称	西安地区土壤浅层温度距平及突变数据集（1961–2017）
数据集短名	SoilTempAnomalyXiAn_1961-2017
作者信息	刘引鸽，宝鸡文理学院地理与环境学院/陕西省灾害监测与机理模拟重点实验室，yingeliu@163.com 苏扬，宝鸡文理学院地理与环境学院/陕西省灾害监测与机理模拟重点实验室，1963582780@qq.com 方建刚，陕西省气候中心
地理区域	西安地区（西安市、长安区、高陵区、户县）
数据年代	1961–2017
数据格式	.xlsx
数据量	546 KB
数据集组成	（1）年代距平数据；（2）逐年距平数据；（3）年季均温距平数据；（4）逐月距平数据；（5）地温异常年份数据；（6）地温突变数据
基金项目	国家自然科学基金（41771048）；陕西省科技基金（2022SF-364）
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 http://www.geodoi.ac.cn
地址	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
数据共享政策	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 ^[14]
数据和论文检索系统	DOI, CSTR, Crossref, DCI, CSCD, CNKI, SciEngine, WDS/ISC, GEOSS

3 数据处理

3.1 数据来源及预处理

本文研究数据来源于西安市、户县、长安区以及高陵区 1961–2017 年的 5–20 cm 土层逐月平均温度观测资料（高陵站因部分地温数据缺测，选取时间段为 1970–2017 年），研究区域及城市分布见图 1。

首先，对逐月地温数据进行单位转换、异常值修正；其次，将 1961–1990 年 30 年的平均地温作为标准，进行不同年份的月、季、年的地温距平计算。按照我国对季节的划分方法，春季为 3–5 月份，夏季为 6–8 月份，秋季为 9–11 月份，冬季为 12 月至次年的 2 月份^[15]，季地温为对应月份平均值，年地温为 1–12 月温度的平均值。

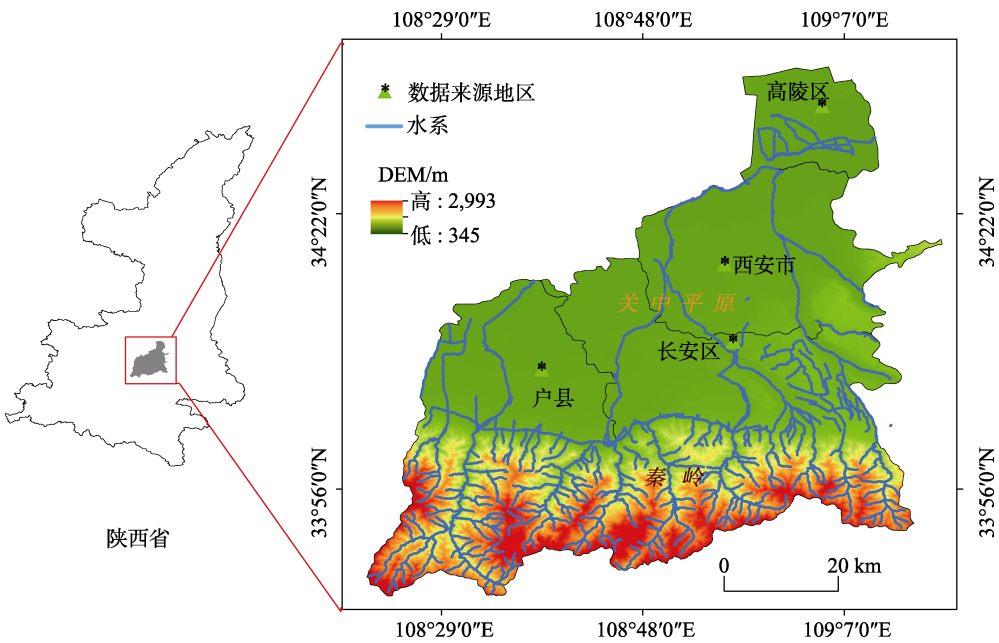


图 1 研究区域及城市分布图

3.2 技术路线

采用西安地区 1961–2017 年的月观测土壤浅层温度数据进行数据集整理，技术路线见（图 2），步骤如下：

（1）数据的预处理和误差校正，计算出年代、逐年、年季和逐月等地温距平指数，建立年、月、季节距平数据集，并以此分析浅层地温的时空变化特征。

（2）利用小波变换、Mann-Kendall 非参数检验方法建立突变数据集，并对西安地区四县的地温指数进行周期及突变检验分析。依据中国气象局《全国气候影响评价》评价标准，采用地温距平数据与标准差的比值判断地温是否异常，当比值 ≤ -2 时异常偏低，比值 ≥ 2 时异常偏高，建立异常数据集。

（3）分析不同尺度地温指数的周期特征、异常特征、突变特征。

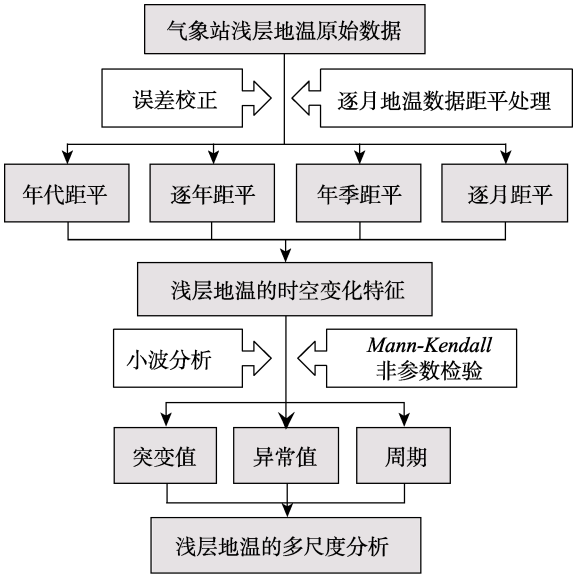


图2 西安地区土壤浅层温度数据集研发技术路线图

4 数据结果与验证

4.1 数据集组成

《西安地区土壤浅层温度距平及突变数据集(1961–2017)》由以下数据组成：
（1）西安地区年代距平数据：年季地温年代距平、地区地温年代距平（Tab 1）；（2）西安地区逐年距平数据：年季和地区地温逐年距平、各层和全浅层地温逐年距平（Tab 2）；（3）西安地区年季均温距平数据（Tab 3）；（4）西安地区逐月距平数据：月最高温和最低温距平、月均温距平（Tab 4）；（5）西安地区地温异常年份数据（Tab 5）；（6）西安地区地温突变数据：突变年份、M-K 检验双曲线（Tab 6）。数据集内.xlsx 文件包括 6 个数据表，数据量为 546 KB。

4.2 数据结果

4.2.1 年、季平均地温变化特征

西安地区 5–20 cm 年与季平均地温皆呈现波动上升趋势，并且在 20 世纪 90 年代之后呈现大幅上升趋势。各层中以春季趋势率最大，为 0.38–0.46 °C/10a；夏季趋势率最小，为 0.07–0.12 °C/10a；秋季增幅居中，为 0.14–0.19 °C/10a；冬季增幅为 0.12–0.15 °C/10a，年平均地温趋势率增幅为 0.18–0.22 °C/10a。20 世纪 90 年代以后地温增幅升高与西安地区城市化的快速发展和全球变暖相关（图 3）。

4.2.2 各地区地温的年代变化特征

各地区地温年代际距平变化见图 4，可以看出，西安地区 5–20 cm 土层都大致呈现正负正的距平变化，其中 20 世纪 60 年代到 70 年代末以及 2010 年后为正距平，土温升高。1980–2010 年为负距平，土温降低，只有高陵的 5 cm 和 20 cm 土层在 90 年代出现土温升高，同时距平最高值也出现在 20 世纪 90 年代的高陵，最低值出现在 20 世纪 80 年代

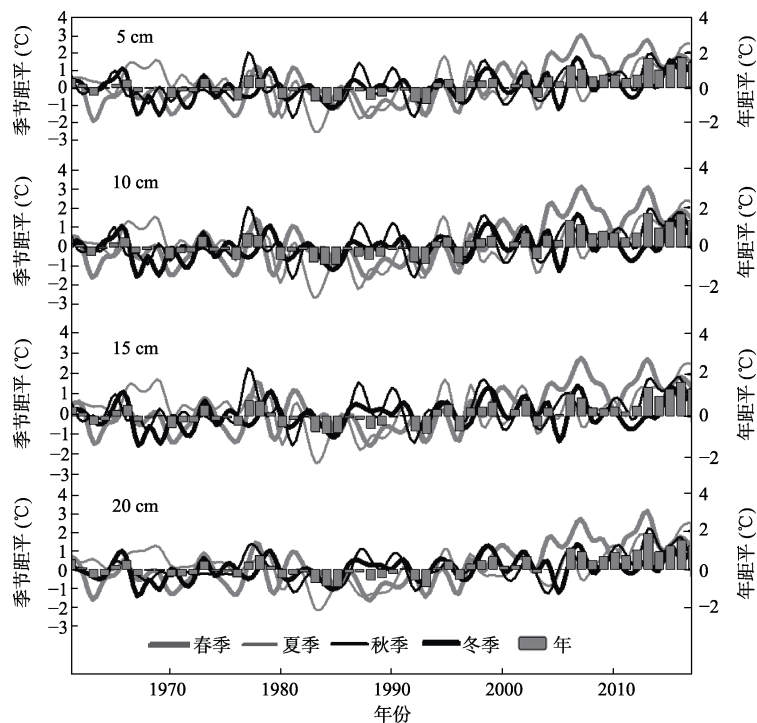


图 3 西安地区年季浅层地温变化图

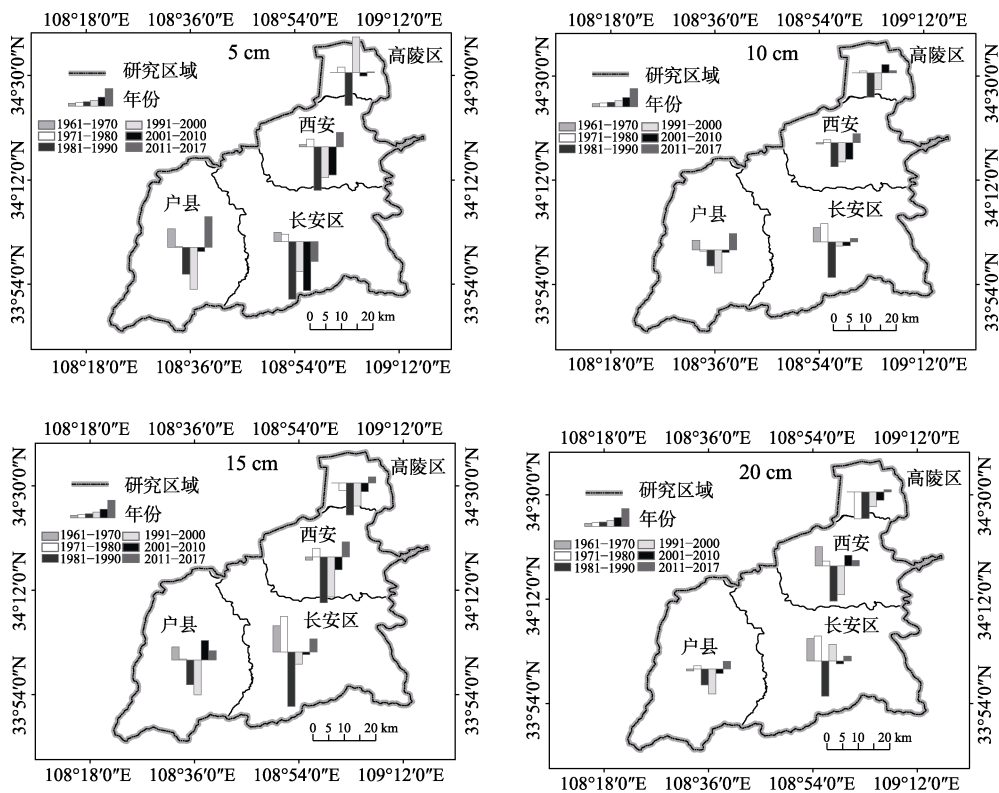


图 4 西安地区不同土层地温年代变化图

的长安。总体上，各地区地温的年代际变化呈现出高低交替的阶段特征，长安的距平值变化最明显，呈明显下降趋势，其次是高陵区，呈明显上升趋势，户县呈微弱下降趋势，西安的变化最小，呈微弱的上升趋势。

4.2.3 地温的多尺度特征

本数据集通过西安地区各地层地温的异常特征总结出异常年份（Tab 5），异常偏低的年份大多出现在 1960–1970 年和 1980–1990 年，异常偏高的年份出现在 1970–1980 年、1990–2000 年以及 2000 年后。总体来看，年平均地温异常年份较少，且只发生在 15 cm 和 20 cm 土层中。

然后对距平数据进行 M-K 非参数检验，得到西安地区浅层地温的突变年份（Tab 6），四个土层的突变点均发生在 21 世纪后，在夏季均未发生突变。

西安地区地温变化还表现出明显的周期特征，图 5 为西安地区 5–20 cm 土层平均地温的交叉小波变换能量谱，颜色越偏黄表示能量谱密度越大。表明西安地区 5–20 cm 土层均温在 1975–2005 年都存在着显著的 2–6 a 的短周期和 8–20 a 的长周期。

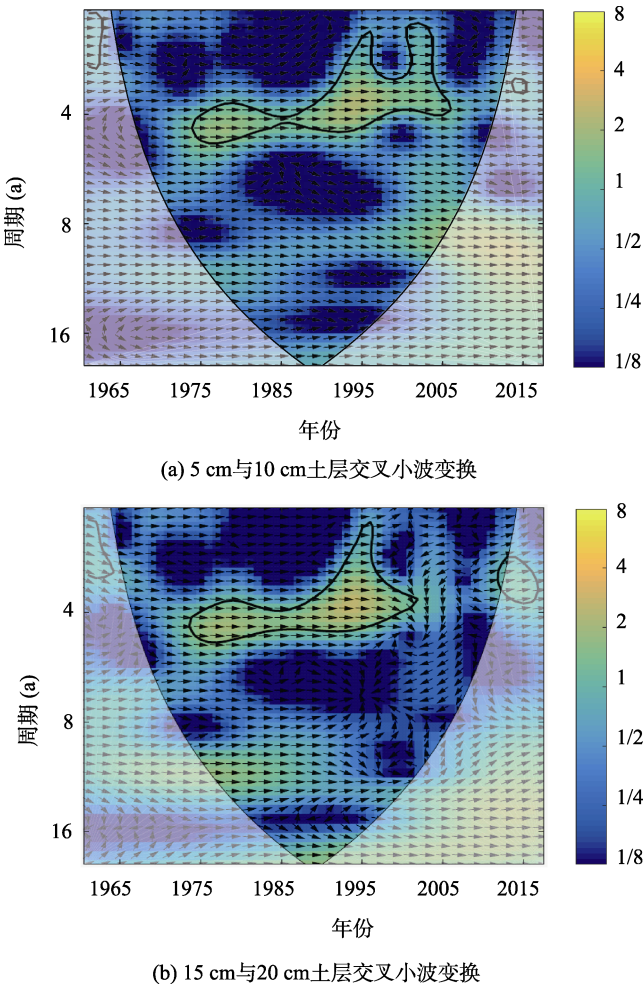


图5 西安地区平均 5–20 cm 地温交叉小波变换图

4.3 数据结果误差与验证

数据误差来自气象台站逐月地温数据的缺测,但本数据集已经对数据质量进行了检验,力求最大限度降低数据误差。其中 3 日以内的缺测数据或者极端异常值利用前后 2 日地温的均值来代替,多日以上的缺测数据年份则不予采用,如 1951–1960 年的西安、长安和户县地温数据以及 1951–1969 年的高陵地温数据,都存在一定年份的缺测。

利用西安地区所研究区域的季节距平浅层地温与西安气象站地面逐年季平均气温进行 Pearson 相关性分析,以此验证数据的可靠性。如表 2 所示,研究区的地面气温与浅层地温的相关性较高,且都达到了 0.8 左右,通过了 0.01 水平的显著性检验。同时可以看出春夏两季地温随着深度的加深其相关性减少,说明以太阳辐射为热源,地面温度对浅层土壤的影响大,冬季地温随着深度加深,其与气温的相关性也随之增加,说明以土壤为热源的地温随土壤深度的增加而增加。这与之前对研究区地温垂直变化特征的结论一致^[16],足以验证距平数据的可靠性。

表 2 西安地区气温与浅层地温 Pearson 相关性分析结果统计表

深度 (cm)	春季	夏季	秋季	冬季
5	0.88	0.86	0.79	0.79
10	0.87	0.84	0.81	0.81
15	0.84	0.82	0.81	0.84
20	0.85	0.74	0.71	0.84

5 讨论和总结

《西安地区土壤浅层温度距平及突变数据集（1961–2017）》基于 1961–2017 年西安地区四县的土壤浅层地温数据,经过距平处理,可以进一步分析该区域在全球气候显著变暖的背景下的地温年季和年代的时间变化特征以及地温随土层深度的变化特征。利用小波分析、Mann-Kendall 非参数检验等方法对逐月距平数据进行周期及突变检验分析,并整理了异常值,主要结论如下:

（1）西安地区年季浅层地温变化皆呈现波动上升趋势,并且在 20 世纪 90 年代之后呈现大幅上升趋势。各层中以春季趋势率为最大,夏季趋势率最小,秋冬季增幅居中,年平均地温趋势率增幅为 0.18–0.22 °C/10a。

（2）各地区地温年代际变化在 5–20 cm 土层都大致呈现冷暖交替的阶段特征,长安的距平值变化最明显,呈明显下降趋势,其次是高陵区,呈明显上升趋势。户县呈微弱下降趋势,西安的变化最小,呈微弱的上升趋势。

（3）西安地区地温的多尺度特征表现为:突变点均为 21 世纪后,在夏季无突变。地温变化也表现出异常特征,年平均地温异常年份较少,只发生在 15 cm 和 20 cm 土层中,5–20 cm 土层地温存在着显著的 2–6 a 和 8–20 a 的周期。

西安地区四县的逐月地温资料仅反映西安地区土壤浅层温度的时间变化趋势以及地温

随土层深度的变化特征,地温变化影响因素及机制有待进一步深入研究。

作者分工:刘引鸽对数据集的开发做了总体设计;方建刚和苏扬采集和处理了浅层地温数据;苏扬做了数据验证,并撰写了数据论文。

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] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京: 气象出版社, 2003: 85–89.
- [2] Liu, Y. G., Yu, K. K., Zhao, Y. Q., *et al.* Impacts of climatic variation and human activity on basin runoff in Western China [J]. *Sustainability*, 2022, 14: 1–19.
- [3] 唐国利, 任国玉. 近百年中国地表气温变化趋势的再分析[J]. 气候与环境研究, 2005(4): 791–798.
- [4] IPCC. Special Report on Global Warming of 1.5 °C [M]. UK: Cambridge University Press, 2018: 785.
- [5] 裴洪芹, 孙成武, 吴凌志. 近 48 年临沂浅层地温的变化特征[J]. 中国农业气象, 2009, 30(增 1): 38–41.
- [6] 陈杨, 潘启学, 顾欣等. 黔南 1961–2018 年浅层地温变化特征分析[J]. 中低纬山地气象, 2021, 45(4): 80–84.
- [7] 杨平, 陈少华, 顾欣. 近 50 年黔东南浅层地温时空变化特征分析[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2012, 37(11): 54–58.
- [8] 周绍毅, 劳炜, 苏志等. 1961–2010 年广西浅层地温变化特征[J]. 西南农业学报, 2012, 25(4): 1372–1375.
- [9] 强玉柱, 蒲金涌, 刘扬等. 天水市近 50 年浅层地温变化特征分析[J]. 中国农学通报, 2013, 29(35): 317–322.
- [10] 刘恬, 高晓清, 杨丽薇等. 近 36 a 江淮地区浅层地温变化的多尺度分析[J]. 高原气象, 2020, 39(2): 357–366.
- [11] 郑燕, 何敏发, 周宏健. 1961–2019 年安庆市地温变化特征分析[J]. 现代农业科技, 2020(15): 204–205, 209.
- [12] 陆晓波, 徐海明, 孙丞虎等. 中国近 50 a 地温的变化特征[J]. 南京气象学院学报, 2006(5): 706–712.
- [13] 刘引鸽, 苏扬, 方建刚. 西安地区土壤浅层温度距平及突变数据集(1961–2017)[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2022. <https://doi.org/10.3974/geodb.2022.04.06.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2022.04.06.V1>.
- [14] 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).
- [15] 中国气象局. 地面气象观测规范——地温(GB/T 35233—2007)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [16] 刘引鸽, 周欢欢, 胡浩楠等. 西安地区土壤浅层温度变化特征[J]. 干旱区资源与环境, 2019, 33(8): 153–159.