

DOI: 10.19797/j.cnki.1000-0852.20210431

# 五道沟实验站地温对气温和降水的响应

赵雯颖<sup>1</sup>, 鞠 琴<sup>1</sup>, 张译尹<sup>1</sup>, 王 玥<sup>2</sup>, 周 超<sup>3</sup>, 胡永胜<sup>3</sup>, 曹 青<sup>1, 4</sup>

(1. 河海大学 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210098; 2. 中国地质大学, 北京 100089; 3. 安徽省(水利部淮委)水利科学研究院 五道沟水文实验站, 安徽 蚌埠 233000; 4. 南京信息工程大学水文与水资源工程学院, 江苏 南京 210044)

**摘要:**基于五道沟水文实验站1964—2020年长系列气象和地温观测资料,采用线性趋势回归方法,开展了近57年汛期、非汛期、年三个不同时间尺度和浅层、中层、深层不同深度地温变化特征研究,并分析了地温与气温和降水变化的响应关系。结果表明:(1)近57年,年尺度,浅层及中层呈上升趋势,深层地温变化不大。汛期浅、中、深各层地温以0.12~0.17℃/10a的速率减小;非汛期以0.07~0.29℃/10a的速率增加。年代变化,浅层及中层地温呈先下降后上升趋势,深层地温变幅较小,呈现先上升后下降再上升。(2)年尺度及非汛期,各层地温与气温呈显著及低度正相关,与降水呈弱负相关,汛期与气温呈显著负相关,与降水呈低度相关。浅层20cm地温与气温相关性最强,5cm地温与降水相关性最强,地温与气温及降水的相关程度汛期均大于非汛期,同期均有浅层>中层>深层。

**关键词:**地温;气温;降水;响应关系;五道沟实验站

**中图分类号:**P468.0\*21;TV125

**文献标识码:**A

**文章编号:**1000-0852(2023)01-0102-06

## 0 引言

在全球温度以0.74℃/100a速率增长的大背景下<sup>[1]</sup>,我国平均温度也呈现出普遍上升趋势,其中地温以0.29℃/10a的速率递增,增速高出气温31%<sup>[2]</sup>。此类趋势将带来许多问题。土壤呼吸随地温增加而加速,对大气CO<sub>2</sub>浓度产生强正反馈,从而进一步导致全球变暖;植物生长也与地温有着密切联系,过高或过低的地温都将影响植物发育和农作物产量;无地面水分补给的条件下,地温变化影响了土壤水与潜水的正常水分交换。作为气候系统相互作用的重要因素<sup>[3]</sup>,地温受气温、风速、降水、日照时数<sup>[4]</sup>等气象因子以及城市化<sup>[5]</sup>的影响,表现出相应的浮动。由于土壤的保温性能和传热极慢的特性,以及其中液体和气体的不断运输与转化<sup>[6]</sup>,不同地区、不同下垫面条件<sup>[7]</sup>、不同深度地温呈现出不同

的变化特征。分析土壤的蓄热能力,由水汽传输主导的潜热通量作为生态系统能量分配过程中净辐射量的最大消耗量;无水分胁迫条件下,由温度变化引起的感热通量作为最大消耗量<sup>[8-9]</sup>。降水通过改变土壤湿度间接影响地温的传递,气温通过热辐射直接影响地温变化,因此,气温和降水量为影响地温的主要因素。全球范围内,ZHANG<sup>[10]</sup>等对加拿大地温分析得全国20cm处地温100年间升高0.6℃。IASARD<sup>[11]</sup>等对五大湖地区50cm处地温分析表明无明显年际变化。国内周刊社等<sup>[12]</sup>研究发现西藏多站点地温上升趋势显著,各土壤测点深度年均气温与年均气温呈极显著正相关,不同土层间年均地温间也呈极显著正相关。闫军辉等<sup>[13]</sup>研究发现银川市各层年均地温均呈显著上升趋势,其中0cm层速率最大,10cm层上升速率最小,且对气温变化极为敏感,平均气温每升高1℃,各层地温均

收稿日期:2021-10-24

网络首发日期:2022-12-08

网络首发地址:<https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1814.P.20221207.1633.004.html>

基金项目:国家自然科学基金资助项目(52179013);国家重点研发计划资助项目(2021YFC3201104);“一带一路”水与可持续发展科技基金资助项目(2020491211)

作者简介:赵雯颖(1998—),女,安徽蚌埠人,硕士研究生,主要研究方向为水文物理规律及水文预报。E-mail:2402944171@qq.com

通信作者:鞠琴(1980—),女,江苏泰兴人,副教授,博士,主要研究方向为流域水文模拟和气候变化影响。E-mail:juqin@hhu.edu.cn

升高0.911~1.045℃。柴萌等<sup>[14]</sup>研究发现淮北平原地区浅层地温呈逐年升高趋势,深层地温呈波动上升趋势,并对气温有不同季节的差异化响应。可见,我国不同地理区域均有地温上升趋势及对气温的敏感响应,但对降水响应的研究还较鲜见。

本文采用五道沟水文实验站点1964—2020年气温、降水、0~320 cm梯度地温长系列实测资料,分析地温的演变规律及其对气温和降水的响应关系,采用累积距平法和线性倾向估计法,计算不同深度、不同时间尺度的气候倾向率及相关性,为进一步研究砂姜黑土区气候演变及响应关系提供科学依据。

## 1 五道沟水文实验站概况

五道沟水文实验站位于安徽省淮北地区中南部固镇县境内<sup>[15]</sup>,属温带半干旱半湿润季风气候,也同属冷暖气团交锋地带,有着夏季多雨冬季干旱、春秋两季较短的气候特征。年均气温为15.01℃,最大为16.8℃,最小为13.8℃。年均降水量为901.6 mm,最大为1416.2 mm,最小为410.3 mm,其中汛期为556.6 mm,非汛期为335.4 mm。该站积累了近70年不间断长系列观测资料,主要气象要素为气温、风向、风速、水面蒸发(E601)、湿度、日照、梯度地温(深度为0 cm、5 cm、10 cm、15 cm、20 cm、40 cm、80 cm、160 cm、320 cm)以及降水量。五道沟地区土类以砂姜黑土为主,实验区也复合有黄潮土的回填土<sup>[16]</sup>。

## 2 资料选取与分析方法

本文采用五道沟水文实验站1964—2020年气温、降水、梯度地温实测资料,梯度深度为0 cm、5 cm、10 cm、15 cm、20 cm、40 cm、80 cm、160 cm、320 cm,每日8:00、14:00、20:00观测三次计算出日平均值,由逐日气象数据统计出月、汛期非汛期、年均气象要素。汛期非汛期按淮河流域的降雨情况及洪峰出现的时段进行划分,6—9月为汛期,10—5月为非汛期。按土层划分<sup>[2]</sup>,0~20 cm为浅层、40~80 cm为中层、160~320 cm为深层。

本文在国内外多种趋势分析和突变诊断的方法中进行选择:各气象要素的年际、年代、汛期非汛期变化趋势分析采用一元线性倾向估计法和累积距平法,气候突变规律分析采用Mann-Kendall突变检验法<sup>[17]</sup>,以探究气象要素的时间变化规律及两者回归关系。

## 3 结果与分析

### 3.1 土壤温度的垂向变化特征

五道沟站1964—2020年共57年的年、非汛期、汛期平均地温随土壤深度变化过程线见图1。由图1可知,年均各层地温在16℃到18℃之间,随土壤深度增加变化幅度较小,最高温度随土壤深度呈递减趋势,最低温度呈递增趋势。汛期的最高温度、平均温度和最低温度均随土壤深度的增大而减小,非汛期则反之。同层温度随土壤深度增加变幅减小,整体变幅汛期<非汛期<年均温度,深层地温<中层地温<浅层地温,其中汛期320 cm深度的最高温度和最低温度仅差4.2℃。说明地温的传递具有一定程度的缓冲和滞后效应,热量传导随下垫面深度增加逐渐减弱。

### 3.2 地温的时间变化特征

#### 3.2.1 地温年际变化特征及相关性分析

浅层、中层、深层地温年际变化过程线如图2所示,地温的年际变化除地表0 cm温度外,各层变化趋势大致相似,变幅有浅层>中层>深层。

通过对0~320 cm不同深度年均地温的数据进行

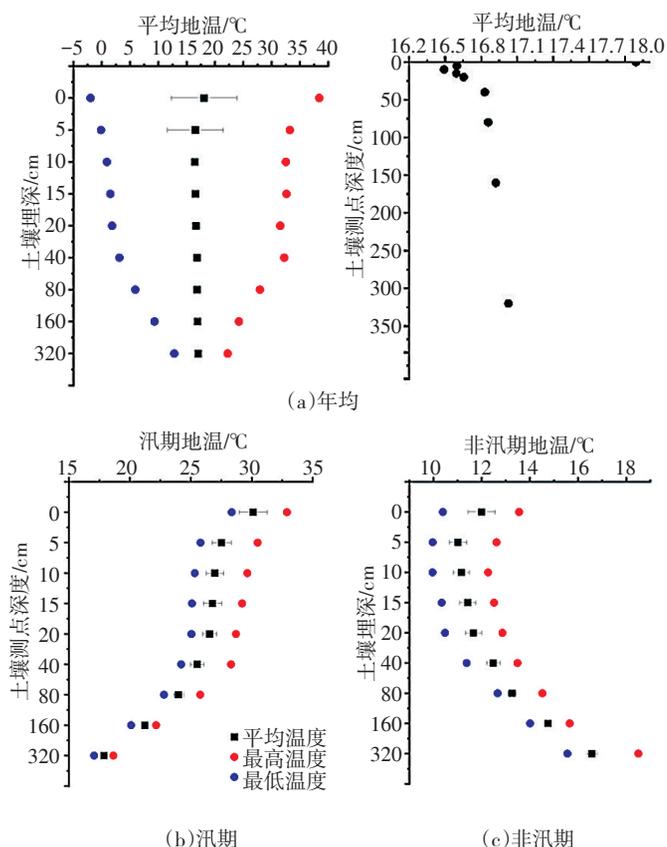


图1 五道沟地区不同土壤测点深度的地温增幅变化  
Fig.1 Variation of ground temperature increase at different depths of soil measuring points in Wudaogou Area

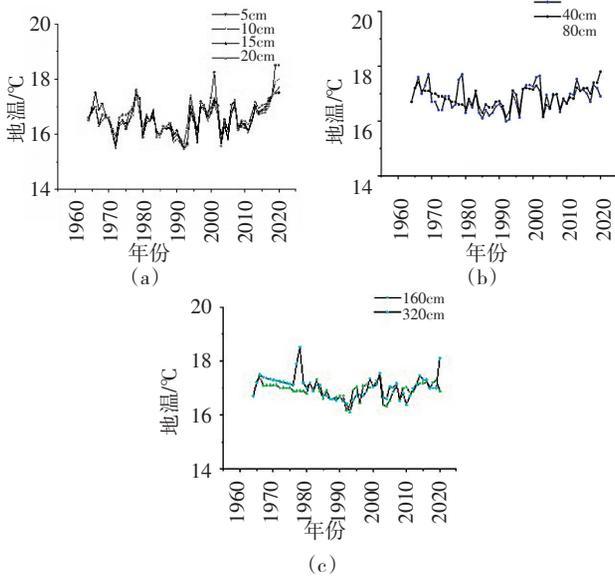


图2 五道沟地区各层地温的时间序列

Fig.2 Time series of ground temperature of each layer in Wudaogou Area

一元线性回归分析,得到分层地温年际变化规律:浅层及中深层地温均呈上升趋势,升幅浅层地温 > 中层地温,0 cm 升温幅度最大,40 cm 升温幅度最小;深层地温呈下降趋势。地表 0 cm、5 cm、20 cm 地温呈现显著上升,气候倾向率分别为 0.175 °C/10 a、0.127 °C/10 a 和 0.09 °C/10 a;中层及深层地温显著性不显著,气候倾向率为 -0.04~0.04 °C/10 a。同时对各层的地温数据进行 T 检验( $\nu=60$ ),结果与 Sig. 值检验结果基本相同。浅、中、深各层地温气候倾向率及相关性分析成果见表 1。

3.2.2 地温的汛期非汛期变化特征及相关性分析

由浅、中、深各层地温汛期和非汛期气候倾向率及相关性分析成果(表 2、3)可知,浅层及中层地温汛期表现为一致的下降趋势,深层变化不大,其中 320 cm

表1 五道沟地区各层年均地温气候倾向率及相关性检验量

Table1 Annual mean ground temperature climate trend rate and correlation test of each layer in Wudaogou Area

	K 气候倾向率	显著性	T 检验值
0 cm	0.175	0.001	3.667
5 cm	0.127	0.013	2.574
10 cm	0.082	0.064	1.894
15 cm	0.06	0.191	1.323
20 cm	0.09	0.016	2.489
40 cm	0.03	0.392	0.862
80 cm	0.04	0.141	1.493
160 cm	-0.01	0.797	-0.258
320 cm	-0.04	0.203	-1.287

表2 五道沟地区各层汛期地温气候倾向率及相关性检验量

Table2 Ground temperature climate trend rate and correlation test amount of each layer in Wudaogou area during flood season

	气候倾向率/(°C/10a)	显著性	T 检验值
0 cm	-0.15	0.086	-1.749
5 cm	-0.12	0.088	-1.737
10 cm	-0.16	0.017	-2.466
15 cm	-0.2	0.003	-3.136
20 cm	-0.16	0.007	-2.816
40 cm	-0.19	0.001	-3.583
80 cm	-0.17	0.001	-3.792
160 cm	-0.12	0.001	-3.521
320 cm	0.00	0.955	-0.056

表3 五道沟地区各层非汛期地温气候倾向率及相关性检验量

Table3 Soil temperature climate trend rate and correlation test of each layer in Wudaogou area in non-flood season

	气候倾向率/(°C/10a)	显著性	T 检验值
0 cm	0.29	0.000	6.388
5 cm	0.16	0.001	3.675
10 cm	0.16	0.001	3.840
15 cm	0.16	0.001	3.829
20 cm	0.2	0.001	5.236
40 cm	0.12	0.005	2.915
80 cm	0.14	0.001	5.210
160 cm	0.07	0.011	2.633
320 cm	-0.09	0.019	-2.423

处气候倾向率接近 0,认为 57 年来汛期土壤深度 320 cm 处地温是稳定的。同时对该系列数据进行 T 检验,结果与 Sig. 值检验一致。除深层外,各层地温非汛期表现为一致的显著上升趋势(通过 0.005 的显著性检验),其中地表 0 cm 地温上升趋势最大;320 cm 以速率为 0.09 °C/10 a 下降。同时对该系列数据进行 T 检验,结果与 Sig. 值检验一致。

由此可见,浅层地温的变幅汛期略小于非汛期,中层地温的变幅汛期略大于非汛期,深层地温变幅较为稳定;而非汛期的变化显著性明显大于汛期,与年均变化更为一致。

3.2.3 地温的年代变化特征分析

由各层地温逐年代距平成果(见表 4)可知,浅层及中层地温年代变化呈先下降后上升的趋势,在 1996 年处,前后两个点距平差最大,认为从 1996 年开始呈增温趋势。其中,浅层地温从 2011 年开始表现出极显著增温趋势,年代地温增量分别为 0.57、0.62、0.58、

表4 五道沟地区逐年代地温距平

Table4 Annual temperature anomalies in Wudaogou region

	1964—1970	1970—1980	1980—1990	1990—2000	2000—2010	2010—2020
0 cm	-0.12	-0.23	-0.27	-0.21	0.10	0.67
5 cm	0.06	-0.14	-0.35	-0.11	-0.03	0.59
10 cm	-0.26	-0.53	-0.75	-0.62	-0.53	0.05
15 cm	0.28	-0.04	-0.31	-0.26	0.01	0.39
20 cm	-0.01	-0.01	-0.34	-0.08	-0.02	0.45
40 cm	0.34	-0.05	-0.37	-0.10	0.02	0.25
80 cm	0.23	-0.09	-0.23	-0.05	-0.11	0.34
160 cm	0.18	0.04	-0.09	-0.14	0.08	0.15
320 cm	0.23	0.34	-0.21	-0.32	-0.14	0.17

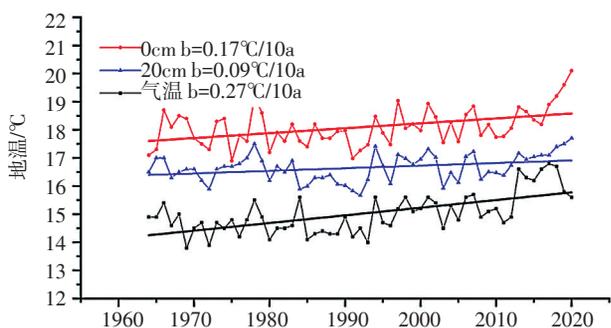


图3 五道沟地区年均地表温度和气温的时间序列和变化趋势  
Fig.3 Time series and variation trend of annual mean surface temperature and air temperature in Wudaogou Area

0.38、0.47 °C;中层地温从1996年开始表现出极显著升温趋势。深层地温呈先上升后下降再上升的趋势。

### 3.3 地温对气温变化的响应

#### 3.3.1 年均地温对年均气温变化的响应

年均0 cm、20 cm地表温度与气温时间变化过程线见图3。采用一元线性回归分析法计算近57年系列温度数据,年均气温以气候倾向率为0.27 °C/10a的速率上升,变幅3 °C。如图3所示,浅层地温与气温( $R=0.624^{**}$ )存在相似的变化趋势。

由各层年均地温与气温相关性分析成果(见表5)可见,年均地温与气温均呈显著性较好的正相关。浅层地温与气温的相关性较强,20 cm处地温与气温呈最

强相关( $R=0.671^{**}$ );中层地温与气温相关性较弱但相关系数均大于0.5,呈显著相关;深层地温与气温的相关系数在0.3左右,呈低度相关。说明浅层及中层地温对气温的响应较为敏感,感热通量较大,深层则较为稳定,感热通量较小,热交换随土壤深度增加而减弱。

#### 3.3.2 汛期和非汛期地温对气温变化的响应分析

由浅、中、深各层汛期、非汛期地温与气温相关性分析成果(见表6)可知,汛期地温与气温关系呈

表6 五道沟地区汛期非汛期地温与气温的相关性

Table6 Correlation between ground temperature and air temperature in flood season and non-flood season in Wudaogou Area

	汛期		非汛期	
	相关系数	显著性	相关系数	显著性
0 cm	-0.505**	0.000	0.522**	0.000
5 cm	-0.368**	0.005	0.455**	0.005
10 cm	-0.547**	0.000	0.544**	0.000
15 cm	-0.532**	0.000	0.523**	0.000
20 cm	-0.564**	0.000	0.593**	0.000
40 cm	-0.461**	0.000	0.354**	0.007
80 cm	-0.520**	0.000	0.485**	0.000
160 cm	-0.525**	0.000	0.269*	0.043
320 cm	-0.215	0.108	-0.238	0.075

注:\*,\*\*表示在0.05,0.01水平(双侧)上显著相关。

表5 五道沟地区年均地温与气温的相关性

Table5 Correlation between annual mean ground temperature and air temperature in Wudaogou Area

	0 cm	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	40 cm	80 cm	160 cm	320 cm
相关系数	0.629**	0.647**	0.647**	0.654**	0.671**	0.505**	0.563**	0.430**	0.285*
显著性	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.031

注:\*,\*\*表示在0.05,0.01水平(双侧)上显著相关。

负相关,各层与气温呈显著相关及低度相关;非汛期地温与气温均呈正相关,浅层及中层与气温呈显著相关及低度相关,深层320 cm地温与气温关系不显著。

### 3.4 地温对降水量变化的响应

年均0 cm地表温度与降水量时间变化过程线见图4。经对地温与气温的响应关系检验,得出汛期的相关性与年均、非汛期的相关性相反的结果,除气温外其他气象因素也影响地温的变化。水分变化影响地表感热和潜热过程,降水通过改变热量传导而影响地温。分析年均和非汛期地温与降水量的相关性,二者呈弱负相关(年均: $-0.249 < R < -0.08$ ;非汛期: $-0.240 < R < -0.018$ ),均未通过显著性水平分析。

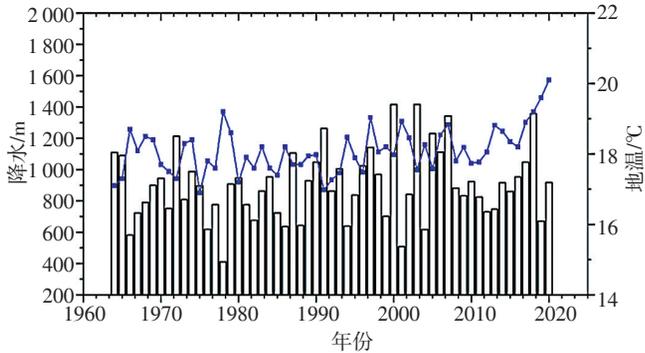


图4 五道沟地区年均地表温度和降水的时间序列和变化趋势  
Fig.4 Time series and variation trend of annual mean surface temperature and precipitation in Wudaogou Region

浅、中、深各层汛期地温与降水相关性分析成果如表7。由表7可见,除10 cm外,汛期大部分地温与降水量呈负相关。浅层地温与降水呈低度相关,中层地温呈弱相关,深层地温与降水相关性不显著,且相关性随深度的增加呈递减趋势,降水的影响达到土壤深度80 cm左右。在水分调节下,汛期土壤的热交换能力强于非汛期土壤,这一结论与周刊社等<sup>[18]</sup>相似。

汛期地温的变化主要受气温与降水的共同影响,非汛期地温变化主要受气温影响,与降水关系不显著。

表7 五道沟地区汛期地温与降水的相关性

Table7 Correlation between ground temperature and precipitation in flood season in Wudaogou area

汛期降水	0 cm	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	40 cm	80 cm	160cm	320cm
相关系数	-0.41**	-0.50**	-0.45**	-0.42**	-0.41**	-0.38**	-0.28*	-0.16	-0.18
显著性	0.002	0.000	0.000	0.001	0.002	0.133	0.552	0.208	0.061

## 4 结语

本文通过对五道沟实验站57年长系列资料的分析,提出了汛期、非汛期及年尺度地温变化及其对气温和降水的响应研究成果,为研究区域性气候变化和农业发展提供了理论支撑。

(1)地温随深度的变化。年均地温始终保持在16 °C~18 °C,最高温度随土壤深度增加呈递减趋势,最低温度呈递增趋势;汛期温度均随深度增加递减;非汛期温度均随深度增加递增。同层地温变幅随土壤深度增加呈递减趋势,同层地温变幅汛期 < 非汛期。

(2)地温年际变化。浅层及中层年均地温变化呈上升趋势,1996年开始表现出极显著增温趋势;深层地温变化呈下降趋势,变幅较小。整体上地温各层变幅大小依次为地表 > 浅层 > 中层 > 深层。汛期,浅层及中层各地温均以0.15 °C/10 a左右的幅度下降,深层320 cm地温稳定无趋势。非汛期,除深层地温显著下降外,浅、中各层均呈显著上升趋势,变化幅度为浅层 > 中层。

(3)响应关系,各层年均地温与气温呈显著正相关,浅、中层较深层地温对气温变化更敏感;汛期地温与气温呈中强负相关,非汛期地温呈中强正相关。各层年均地温与降水量呈显著性弱的负相关,其中汛期浅层及中层地温与降水量呈较显著的中等负相关,非汛期呈显著性弱的负相关。不同深度地温与气温的相关程度均大于与降水的相关程度,地温与气温及降水的相关程度汛期均大于非汛期,同期均有浅层 > 中层 > 深层。

在全球气候变暖的大背景下,气温升高成为趋势,在其影响下的地温变化在更大区域、更多影响要素的分析有待进一步研究。

### 参考文献:

- [1] 营娜,叶谦,韩战钢,等.全球地表温度大气遥相关路径研究[J].北京师范大学学报(自然科学版), 2021,57(3):314-319.
- [2] 张慧.地温变化过程及其机理研究[D].长春:中国科学院大学(中国科学院东北地理与农业生态研究所), 2017.
- [3] FU X, YU Z, DING Y, et al. Analysis of influence of observation operator on sequential data assimilation through soil temperature simulation with common land model [J]. Water Science and Engineering, 2018,11(3):196-204.
- [4] 甄英,季薇,李传辉,等.四川省地表温度变化特征及气象因素影响分析[J].内江师范学院学报, 2021,36(6):44-49.
- [5] KARL T R, KUKLA G, RAZUVAYEV V N. Global warming; Evi-

- dence for asymmetric diurnal temperature change [J]. John Wiley & Sons, Ltd, 1991, 18(12).
- [6] 潘桂行. 毛乌素湖盆滩地土壤水力学与热力学参数的温度效应研究[D]. 西安:长安大学, 2016.
- [7] 梁亮, 张玉娟, 吴森清, 等. 金华市不同下垫面温度特征分析及其预报模型的建立和检验[J]. 浙江气象, 2018, 39(2): 4-8, 18.
- [8] 岳平, 张强, 王胜, 等. 黄土高原半干旱草地降水前后土壤的温、湿度及热力特征[J]. 中国沙漠, 2013, 33(6): 1766-1774.
- [9] CHEN C, ZHOU G S. Characteristics of air temperature and ground temperature in Alxa Left Banner from 1961 to 2010 [J]. Journal of Natural Resources, 2014.
- [10] ZHANG YU, CHEN W, SHARON L, et al. Riseborough, Josef Cihlar. Soil temperature in Canada during the twentieth century: Complex responses to atmospheric climate change [J]. John Wiley & Sons, Ltd, 2005, 110(D3):
- [11] ISARD S A, SCHAETZL R J, ANDRESEN J A. Soils Cool as Climate Warms in the Great Lakes Region: 1951-2000 [J]. Annals of the Association of American Geographers, 2007, 97(3):.
- [12] 周刊社, 罗骥翔, 杜军, 等. 西藏高原地温对气温变化的响应[J]. 中国农业气象, 2015, 36(2): 129-138.
- [13] 闫军辉, 刘金科, 王娟, 等. 1961~2012年银川浅层地温变化及其对气候变化的响应[J]. 土壤通报, 2019, 50(1): 57-62.
- [14] 柴萌, 王振龙, 陈元芳, 等. 淮北南部区地温变化及其对气温变化的响应[J]. 土壤通报, 2020, 51(3): 568-573.
- [15] 鞠琴, 高慧滨, 王国庆, 等. 基于能量平衡原理的潜在蒸散发模型构建[J/OL]. 水科学进展: 1-11[2022-09-07].
- [16] 鞠琴, 刘小妮, 刘智天, 等. 淮北平原地下水埋深变化对气候变化的响应及预测. [J]农业工程学报, 2022, 38(7): 136-145.
- [17] 王振龙, 陈玺, 郝振纯, 等. 淮北平原水文气象要素长期变化趋势和突变特征分析[J]. 灌溉排水学报, 2010, 29(05): 52-56.
- [18] 周刊社, 陈华, 卓嘎. 近43年西藏高原20cm地温对气温和降水变化的响应[J]. 中国农学通报, 2015, 31(35): 209-216.

## Ground Temperature Variation and Its Response to Air Temperature and Precipitation at Wudaogou Experimental Station

ZHAO Wenjie<sup>1</sup>, JU Qin<sup>1</sup>, ZHANG Yiyin<sup>1</sup>, WANG Yue<sup>2</sup>, ZHOU Chao<sup>3</sup>, HU Yongsheng<sup>3</sup>, CAO Qing<sup>1,4</sup>

(1. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. China University of Geosciences, Beijing 100089, China; 3. Anhui Provincial Water Resources Science Institute, Bengbu 233000, China; 4. School of Hydrology and Water Resources, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China)

**Abstract:** Based on the meteorological and ground temperature observations from Wudaogou Hydrological Experimental Station from 1964 to 2020, the linear trend regression method is adopted. In the past 57 years, the variation characteristics of ground temperature in flood season, non-flood season and year and in shallow depth, middle depth and deep depth were studied, and the response relationship between ground temperature and temperature and precipitation was analyzed. The results show that: (1) In recent 57 years, in annual scale, the ground temperature of shallow layer and middle layer shows an upward trend, The deep ground temperature changed little. In flood season, the ground temperature of shallow, middle and deep layers decreased at a rate of 0.12-0.17°C/10a. In the non-flood season, the rate increased from 0.07°C to 0.29°C/10a. In terms of chronological change, the ground temperature of shallow layer and middle layer decreased first and then increased, while the variation of deep layer temperature was small, which first increased, then decreased and then increased. (2) At the annual scale and in non-flood season, the ground temperature of each layer was significantly and moderately positive correlated with air temperature, and weakly negative correlated with precipitation; in flood season, the ground temperature was significantly and negatively correlated with air temperature, and moderately correlated with precipitation. The correlation degree between ground temperature and temperature and precipitation in flood season is greater than that in non-flood season. The correlation degree between ground temperature and temperature and precipitation in flood season is higher than that in non-flood season, and there are shallow > middle > deep layer in the same period.

**Keywords:** ground temperature; air temperature; precipitation; response relationship; Wudaogou Hydrological Experimental Station