

吉林省 1965 ~ 2007 年地表温度的变化趋势

刘洋, 刘滨辉* (东北林业大学, 黑龙江哈尔滨 150040)

摘要 利用吉林省 20 个国家基准气象站 1965 ~ 2007 年逐日地表温度以及气温的相关资料, 采用气候倾向率、相关分析等统计方法, 分析吉林省 43 年来地表温度的变化规律以及地表温度变化与气温之间的关系。结果表明, 1965 ~ 2007 年吉林省地表平均温度、地表最高、地表最低温度均呈显著上升趋势, 增幅分别为 0.62、0.50、0.85 °C/10a, 且地温的升温幅度高于相应气温的升温幅度; 2000 年以后地表平均温度与平均气温之间的变化存在明显的分化, 这主要是由于地表最低温度的快速上升引起的; 地表日较差与气温日较差均呈现显著下降趋势, 地表日较差的下降发生在 2000 年之后, 气温日较差的下降发生在 1985 年之前。

关键词 吉林省; 地温; 变化趋势; 昼夜温差

中图分类号 S161 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)31-11021-03

Variation Trend of Soil Temperature in Jilin Province during 1965 - 2007

LIU Yang, LIU Bin-hui* (Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040)

Abstract Using daily 0 cm ground temperature and air temperature from 20 weather stations in Jilin Province for the period from 1965 to 2007, adopting the statistical methods include linear trend and correlation analysis, the variation trend of annual mean soil temperature and the relationship between soil and air temperature were analyzed. The result showed that: from 1965 to 2007 annual mean surface soil temperature, maximum soil surface temperature, minimum soil surface temperature increase significantly with the rate of 0.62, 0.50, 0.85 °C/10a, respectively, the magnitude rate of change for soil surface temperature is larger than correspondent air temperature; there is an obvious difference between soil surface and air temperature since 2000, which caused by the rapidly increase of the minimum soil surface temperature; the soil surface and air diurnal temperature range reveals rapidly decreasing trend, the period of rapidly decrease of the former occur after 2000 and latter before 1985.

Key words Jilin Province; Soil temperature; Variation trend; Diurnal temperature range

近几十年全球变化已成为研究的焦点, IPCC 报告指出在 1906 ~ 2005 年间地表温度升高了 0.74 °C, 且这种升温主要集中在近 50 年, 在中高纬度地区尤为突出^[1-2]。在以往气候变化的研究中主要侧重于对气温与降水的研究, 对地温的研究较少。近年来, 地温的研究越来越受到国内外学者的重视, Hu 等分析了美国北部和西北部 10 cm 地温的变化, 发现大多数站点地温均呈现升温趋势^[3]; Zhang 等通过研究加拿大地温、气温以及降水相关资料, 得出三者存在复杂的响应关系^[4]。Yeşilırmak 通过研究土耳其西部地温的变化, 发现地温在 4 个季节中均呈现上升的趋势^[5]。一些学者也对冻土区进行了研究, 发现冻土层温度也呈现升高的趋势^[6-7]。我国有关地温方面的研究始于 20 世纪 90 年代, 代玉田等对我国浅层地温进行了研究, 结果表明浅层地温呈现明显升高趋势, 且气温和降水是影响地温上升的主要原因^[8-9]。也有一些学者对深层地温进行了研究, 发现深层地温也呈现升高趋势^[10-11]。在以往的研究中主要是针对浅层地温以及青藏高原地区的深层地温进行研究, 但对吉林省地表温度的研究比较少。笔者基于吉林省 20 个站点的地表温度及气温资料, 对吉林省地表温度进行分析, 以为当地农业生产布局 and 结构调整提供依据。

1 资料与方法

1.1 资料选取 研究数据选取吉林省内 20 个国家基准气象站 1951 ~ 2007 年的每日 0 cm 平均地温 (ST_{mean})、0 cm 最高地温 (ST_{max}) 和 0 cm 最低地温 (ST_{min})、平均气温 (T_{mean})、

最高气温 (T_{max})、最低气温 (T_{min}) 资料。大部分气象站是从 1950 年初期开始观测的, 由于仪器等相关问题 1951 ~ 1964 年的数据缺失较严重, 因此该研究仅采用 1965 ~ 2007 年的气象数据进行研究, 在这期间数据缺失较少, 数据较完整, 缺失数据仅占总观测值的 0.09%。所选取的 20 个气象站点在吉林省的空间分布合理, 有较好的代表性 (图 1)。对于数据连续缺失超过 7 d 的, 采用逐步回归法进行插值, 对于数据连续缺失在 7 d 以内的情况则使用简单的线性插补法。且将插补过的数据与原始数据的计算结果进行了对比, 差异不显著^[12]。

1.2 分析方法 把整个吉林省作为一个整体, 计算年平均温度, 以年份为自变量、平均地温为因变量, 用一元线性方程 $y = a_0 + a_1 t$ 描述地温随时间的变化趋势, 用 $a_1 \times 10$ 表示平均地温每 10 年的气候倾向率^[13], 以分析整个吉林省地表温度的年际变化。

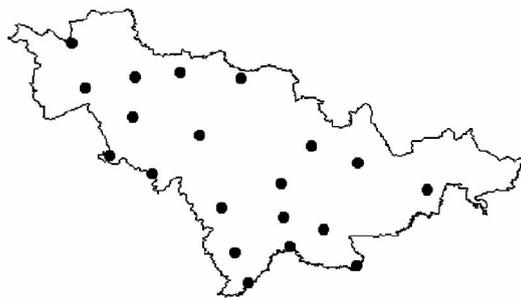


图 1 吉林省 20 个气象站的空间分布

2 结果与分析

2.1 吉林省地表温度的气候倾向率 由吉林省 1965 ~ 2007 年地表温度的气候倾向率 (表 1) 可知, 1965 ~ 2007 年 0 cm 平

作者简介 刘洋 (1988 -), 女, 吉林长春人, 硕士研究生, 研究方向: 气候变化。* 通讯作者, 副教授, 博士, 硕士生导师, 从事气候变化对森林环境影响研究。

收稿日期 2014-09-23

均地温(ST_{mean})、0 cm 最高地温(ST_{max})和 0 cm 最低地温(ST_{min})均呈现显著上升趋势,增幅分别为 0.62、0.50、0.85 $^{\circ}C/10a$,其中 ST_{min} 增幅最大, ST_{max} 增幅最小。经分析发现,地表温度 2000 年前后的气候倾向率呈现很大差别,为了更好地了解地表温度的变化规律,同时计算了 1965~2000 年地表温度的倾向率,总体看 ST_{mean} 、 ST_{max} 以及 ST_{min} 在 1965~2000 的气候倾向率也均呈现显著上升趋势,增幅分别为 0.45、0.48、0.55 $^{\circ}C/10a$ 。对比 2 个时间段的变化幅度发现,2 个时间段的增幅差呈现 $ST_{min} > ST_{mean} > ST_{max}$,其中 ST_{max} 在 2 个时间段的增幅差距不大,而 ST_{mean} 和 ST_{min} 在 1965~2007 年的增温幅度比 1965~2000 年的增温幅度分别高出 0.17、0.30 $^{\circ}C/10a$ 。由地温日较差(SDTR)的倾向率也可以明显看出,2000 年以前 SDTR 的变化还不显著,但整个时间段 SDTR 是显著下降。由此可以看出 1965~2000 年 ST_{mean} 显著上升主要是由于 ST_{max} 与 ST_{min} 的显著上升,2000 年以后则主要是由于 ST_{min} 显著上升导致的。

表 1 吉林省年平均地表温度与气温以及降水的气候倾向率

$^{\circ}C/10a$

时段	ST_{mean}	ST_{max}	ST_{min}	SDTR	T_{mean}	T_{max}	T_{min}	DTR
1965~2007	0.62*	0.50*	0.85*	-0.35*	0.45*	0.34*	0.58*	-0.24*
1965~2000	0.45*	0.48*	0.55*	-0.08	0.47*	0.30*	0.64*	-0.34*

注: ST_{mean} 、 ST_{max} 、 ST_{min} 分别表示 0 cm 平均地温、最高地温、最低地温; T_{mean} 、 T_{max} 、 T_{min} 分别表示平均气温、最高气温、最低气温;SDTR、DTR 分别表示地温日较差、气温日较差。表中“*”表示通过了 95% 的显著性检验。

2.2 吉林省地表温度的年际变化规律 为了更好地了解地温的长期变化规律,对时间序列进行了九点二次平滑处理。由图 2 可知,1965~2007 年 ST_{mean} 、 ST_{max} 、 ST_{min} 均呈上升趋势; ST_{mean} 、 ST_{max} 的变化大致可分为 2 个阶段,1965~2000 年持续稳步上升,2000 年以后 ST_{mean} 明显上升,升温幅度较大,而 ST_{max} 变化不大; ST_{min} 的变化大致可以分为 3 个阶段,1965~

1990 年持续稳步上升,1990~2000 年基本不变,2000~2007 年突然上升; ST_{max} 和 ST_{min} 的这种变化规律使 SDTR 的变化也呈阶段性,1965~2000 年的 SDTR 基本不变,2000 年以后迅速下降。由此进一步证实 ST_{mean} 的变化趋势与 ST_{max} 、 ST_{min} 密切相关,且 2000 年以后的变化趋势主要是由于 ST_{min} 的变化带来的。

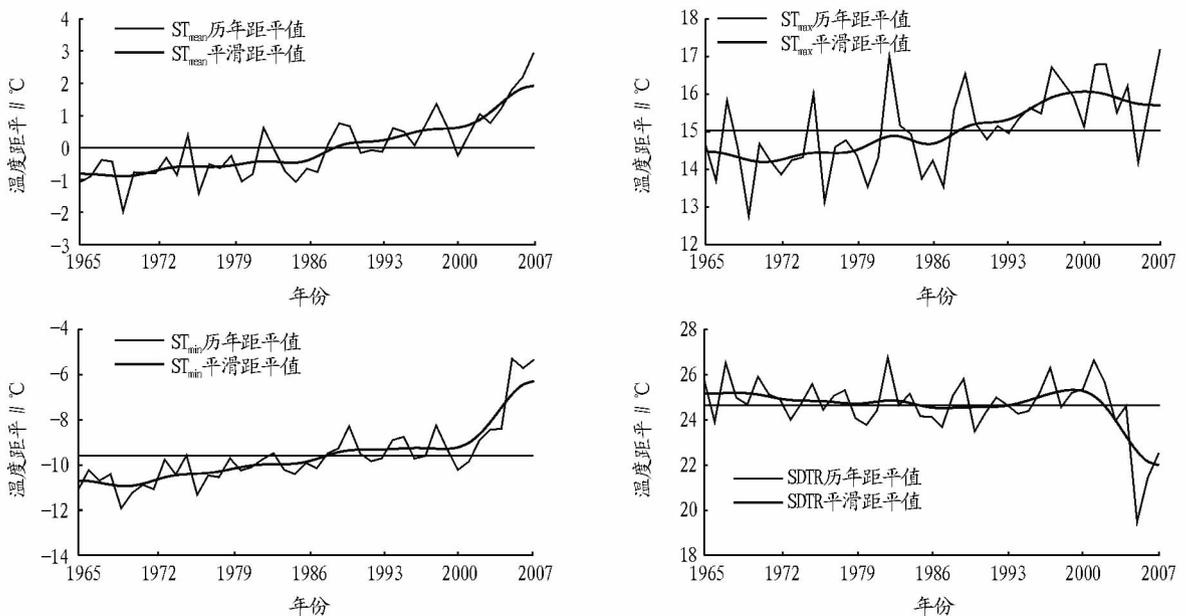


图 2 1965~2007 年吉林省地表平均温度 ST_{mean} 、最高温度 ST_{max} 、最低温度 ST_{min} 变化

由吉林省 1965~2007 年气温的年际变化(图 3)可知,

1965~2007 年 T_{mean} 、 T_{max} 、 T_{min} 均呈上升趋势; T_{mean} 、 T_{max} 、 T_{min} 的

变化趋势均可以分为 3 个阶段, T_{mean} 、 T_{min} 1965~1985 年持续缓慢上升, 1985~1990 年快速上升, 1990~2007 年变化不大; T_{max} 1965~1985 年的变化不大, 1985~1990 年快速上升, 1990~2007 年变化不大。 T_{max} 和 T_{min} 的这种变化规律致使 DTR 的

变化也呈阶段性, 即 1965~1985 年呈下降趋势, 1985~2007 年变化不大。由此可见, 平均气温在 1985 年以前的升温主要是由于 T_{min} 上升带来的, 1985 年以后由于 T_{max} 、 T_{min} 的变化较一致, 因此 T_{mean} 的变化规律是这 2 个因子共同作用的结果。

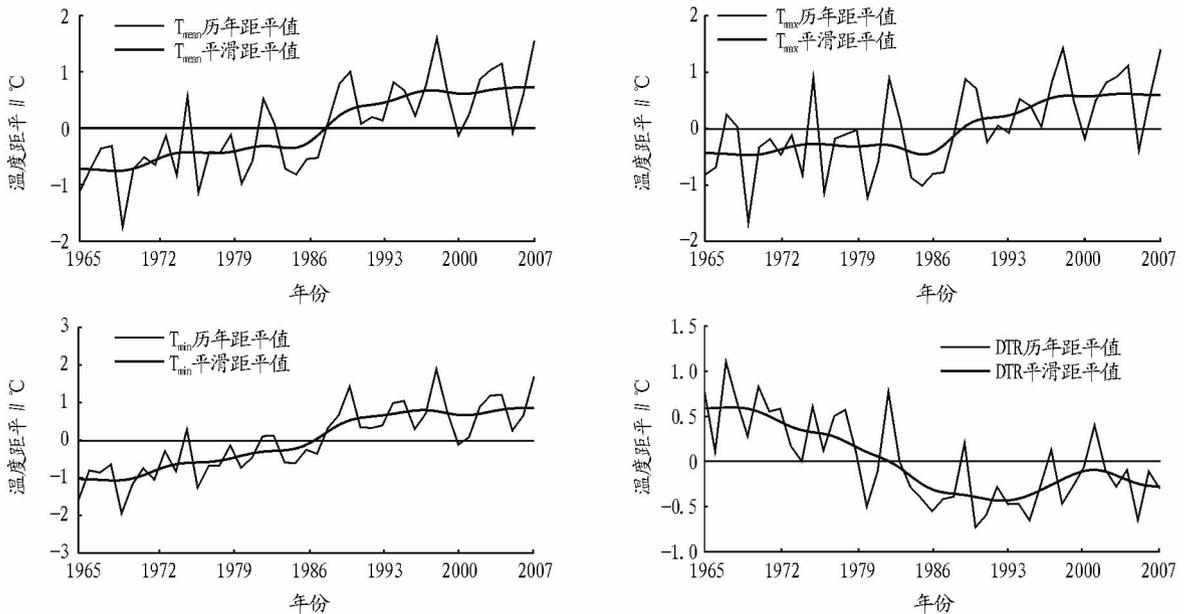


图 3 1965~2007 年吉林省平均气温 T_{mean} 、最高气温 T_{max} 、最低气温 T_{min} 变化

综上可知, 1965~2000 年之间 ST_{mean} 与 T_{mean} 之间的变化趋势基本一致, 且地温的升温幅度稍低于气温, 但自 2000 年以后地温迅速上升, 而此阶段气温基本保持不变。由于 ST_{max} 、 ST_{min} 与 T_{max} 、 T_{min} 的随时间变化规律存在差异, 因此 SDTR 与 DTR 的随时间变化规律差距也比较大。主要表现为 DTR 在 1965~1985 年呈现下降趋势, SDTR 在 2000 年以后呈现下降趋势。

2.3 吉林省地表温度与气温的关系 为了更好地了解地表温度与气温的关系, 对地表温度与气温进行相关分析。结果表明(表 2), ST_{mean} 与 ST_{max} 、 ST_{min} 、 T_{mean} 、 T_{max} 、 T_{min} 均呈显著的正相关关系, 且相关系数均在 0.80 以上。其中与 ST_{mean} 的相关性由强到弱呈现为 $T_{\text{mean}} > ST_{\text{min}} > T_{\text{min}} > T_{\text{max}} > ST_{\text{max}}$, 总体看 ST_{mean} 与 T_{mean} 的相关性最强, 相关系数达 0.95, ST_{max} 、 ST_{min}

与气温指标的相关性强于与地温指标的相关性, 且 ST_{max} 与 T_{max} 相关性最强, ST_{min} 与 T_{min} 相关性最强。与此相对应, 虽然 T_{max} 、 T_{min} 与相对应的 ST_{max} 、 ST_{min} 相关性最强, 但它们与其他气温指标的相关性强于地温指标的相关性, 这符合以前的研究结果^[14], 即气温是影响地温的最主要的气象因子, 且气温对地温的影响强于地温对气温的影响。 ST_{min} 与 ST_{mean} 的相关性强于 ST_{max} 与 ST_{mean} 相关性, 这也可以更好地解释为何 2000 年以后 ST_{mean} 变化与 ST_{min} 比较一致。SDTR 与 ST_{max} 呈显著正相关, 与 ST_{min} 呈显著负相关, 进一步证实了 2000 年以后 SDTR 的下降是由 ST_{max} 的下降与 ST_{min} 的上升共同作用的结果; 与此相对应, DTR 与 T_{min} 呈显著负相关, 与 T_{max} 相关性很弱, 进一步证实了 1985 年以前 DTR 的下降主要是由于 T_{min} 上升导致的。

表 2 1965~2007 年吉林省地表温度与气温的相关系数

因素	ST_{mean}	ST_{max}	ST_{min}	SDTR	T_{mean}	T_{max}	T_{min}	DTR
ST_{mean}	1.00*	0.81*	0.90*	-0.04	0.95*	0.88*	0.90*	-0.30
ST_{max}	0.81*	1.00*	0.62*	0.42*	0.84*	0.89*	0.72*	0.03
ST_{min}	0.90*	0.62*	1.00*	-0.35*	0.87*	0.72*	0.94*	-0.58*
SDTR	-0.04	0.42*	-0.35*	1.00*	0	0.17	-0.19	0.65*
T_{mean}	0.95*	0.84*	0.87*	0	1.00*	0.94*	0.94*	-0.29
T_{max}	0.88*	0.89*	0.72*	0.17	0.94*	1.00*	0.80*	0.01
T_{min}	0.90*	0.72*	0.94*	-0.19	0.94*	0.80*	1.00*	-0.56*
DTR	-0.30	0.03	-0.58*	0.65*	-0.29	0.01	-0.56*	1.00*

注: ST_{mean} 、 ST_{max} 、 ST_{min} 分别表示 0 cm 平均地温、最高地温、最低地温; T_{mean} 、 T_{max} 、 T_{min} 分别表示平均气温、最高气温、最低气温; SDTR、DTR 分别表示地温日较差、气温日较差。表中“*”表示通过了 95% 的显著性检验。

广服务新机制;积极推进区域性骨干农产品批发市场、零售市场建设改造,加快建设全市农产品网购网销平台、农产品批发市场和物流配送中心、农副产品交易中心、农副产品电子商务网络。三是完善健全利益联结机制。鼓励探索农民分户生产、合作社统一管理的股份合作双层经营模式。积极推广“多元化经营主体+适度规模经营+多样性社会化服务”的农业经营基本模式,加快发展“订单、合同、股份”等利益联结紧密的合作形式,确保农民从产业化经营中获取分红和稳定收益。

同时,由于国际产业分工体系调整进程加快,国际产业向我国转移将持续推进。为保持地区竞争力和进行产业结构调整,沿海地区将加快产业向中西部地区进行梯度转移,中心城市加快向城市周边地区和中小城镇转移,形成生产要素在更大范围内流动^[3]。作为西部欠发达地区的达州市应抓住历史性的机遇,在促进城乡一体发展的同时,推动当地经济不断向前发展。

3.4 大力推进农村金融改革 一是完善农村金融服务组织体系。支持农村信用社改革发展,强化其服务“三农”的功能;研究农村存款主要用于农业农村的具体办法;积极培育农村新型金融服务组织,支持创建村镇银行等新型农村金融机构;鼓励各县(市、区)建立政策性农业信贷担保机构。二是创新投融资方式。发展“农户+公司(合作组织)+银行”等投融资方式,着力发展小额信贷等适合农村需要的金融服务;开展农村金融服务创新试点,探索土地信托、土地预期收益抵押等投融资方式,探索农业产业化龙头企业统贷统还、合作社直接承贷、农户分头承贷等多种信贷融资方式,建立金融机构提供优惠贷款、政策性农业担保公司低费担保的融

资风险共担机制。

3.5 深入推进农村社会保障制度改革 一是推进农村义务教育全覆盖。优化义务教育学校布局,加快改善农村薄弱学校办学条件,推进学校标准化建设,适当提高农村义务教育生均公用经费标准;大力发展农村学前教育。二是建立统筹城乡的基本养老保险制度。全面推进城乡居民养老保险制度并轨,健全农业转移就业人口参加企业职工基本养老保险相关政策;完善城乡养老保险制度衔接政策,确保养老保险关系在制度间顺畅转移;完善特殊困难群体救助制度。三是建立统筹城乡的基本医疗保险制度。将城镇居民基本医疗保险与新农合整合成统一的城乡居民基本医疗保险制度,将城镇居民基本医疗保险和新农合药品目录、诊疗项目和服务设施目录进行合并;在全市范围内建立基本医疗保险异地就医即时结算系统。四是全面深化户籍制度改革。全面放开县城和小城镇落户限制;加快推行居民居住证制度,逐步实现常住人口在就业、社保、医疗、子女入学、住房保障等方面基本公共服务均等化。五是推进农民工社会保障制度改革。建立农民工社保转移对接机制;将进城落户农民完全纳入城镇住房和社会保障体系;积极开展新型农民培训,采取订单培训、协议培训、定向培训、校企联合培训等模式,提高培训针对性和实效性,广泛开展专项就业援助活动;完善农民工住房保障制度,逐步提高公租房向农民工定向供应的比例。

参考文献

- [1] 刘云生. 统筹城乡模式下的乡村治理:制度创新与模式设计[J]. 河北法学,2009(2):66.
- [2] 刘易斯. 二元经济论[M]. 北京:经济出版社,1989.
- [3] 彭国川. 统筹城乡背景下重庆承接产业转移模式研究[J]. 重庆工商大学学报,2009(1):6-10.

(上接第11023页)

3 结论

(1) 1965~2007年吉林省 ST_{mean} 、 ST_{max} 、 ST_{min} 均呈现显著上升趋势,增幅分别为0.62、0.50、0.85 °C/10a;与此相对应, T_{mean} 、 T_{max} 、 T_{min} 也均呈现出显著上升趋势,上升幅度分别为0.45、0.34、0.58 °C/10a,整个时间段地表温度升温幅度大于气温的升温幅度。

(2) 虽然 1965~2007年吉林省 ST_{mean} 、 ST_{max} 、 ST_{min} 与 T_{mean} 、 T_{max} 、 T_{min} 均呈上升趋势,但它们随时间变化的规律却存在明显的差别。主要体现在2000年以后 T_{mean} 、 T_{max} 、 T_{min} 均变化不大,同时 ST_{max} 略微下降, ST_{mean} 、 ST_{min} 呈显著上升趋势。

(3) 1965~2007年吉林省 SDTR 与 DTR 均呈显著下降趋势,但他们的变化规律有所不同,SDTR 是从2000以后呈显著下降趋势,DTR 是在1985年之前呈现显著下降趋势。

(4) 地温与气温的相关关系表明,气温对地温的影响强于地温对气温的影响,这也证实了气温是主导地温变化的重要气象因子。

参考文献

- [1] IPCC. Climate change 2007: Synthesis report [R]. Oslo: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007.
- [2] QIAN B, GREGORICH E G, GAMEDA S, et al. observed soil temperature

- trends associated with climate change in Canada[J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2011, 116(D2): 116.
- [3] HU Q, FENG S. A daily soil temperature dataset and soil temperature climatology of the contiguous United States[J]. Journal of Applied Meteorology, 2003, 42: 1139-1156.
- [4] ZHANG Y, CHEN W J, SMITH S L, et al. Soil temperature in Canada during the twentieth century: complex responses to atmospheric climate change [J]. J Geophys Res, 2005, 110(D03): 112.
- [5] YEŞİLİRMAK E. Soil temperature trends in Büyük Menderes Basin, Turkey [J]. Meteorol App, doi: 10. 1002/ met. 1421
- [6] ZHANG T, BARRY R G, GILCHINSKY D, et al. An amplified signal of climatic change in soil temperatures during the last century at Irkutsk, Russia [J]. Climatic Change, 2011, 49: 41-76.
- [7] OSTERKAMP T E, ROMANOVSKY V E. Evidence for warming and thawing of discontinuous permafrost in Alaska [J]. Permafrost and Periglacial Processes, 1999, 10(1): 17-37.
- [8] 代玉田, 裴洪芹, 杨玉霞, 等. 近49年德州浅层地温的变化特征分析 [J]. 中国农业气象, 2011, 32(S1): 1-4.
- [9] 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(4): 1372-1375.
- [10] 张焕平, 张占峰, 汪青春. 近50年西宁深层地温变化趋势分析 [J]. 安徽农业科学, 2012, 40(27): 13493-13494, 13572.
- [11] 胡军, 杜军, 边多, 等. 西藏地温的年际和年代际变化 [J]. 地理学报, 2007(9): 925-934.
- [12] LIU B H, XU M, HENDERSON M, et al. Taking China Temperature Daily Range Warming Trends and Regional Variations [J]. Journal of Climate, 2004, 17: 4453-4462.
- [13] 袁文涛, 刘滨辉, 刘燕玲, 等. 黑龙江省1960-2000年0cm地温的变化趋势 [J]. 东北林业大学学报, 2011(2): 67-71.
- [14] CARSON J E. Soil temperature and weather conditions [R]. Argonne, Illinois: Argonne National Laboratory ANL-6470, 1961: 244.