

Analysis of Climatic Variations of Precipitation and Temperature in Low Latitude Upland of Southeastern Tibet during 1971-2014

Pengfei Ma^{1*}, Jun Du^{1#}, Xiaohui Du²

¹Tibet Climate Centre, Lhasa Tibet

²Lhasa Meteorological Service, Lhasa Tibet

Email: #dujun0891@163.com

Received: Jan. 3rd, 2016; accepted: Jan. 15th, 2016; published: Jan. 22nd, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Based on homogeneity-adjusted monthly mean temperature, maximum and minimum temperature and precipitation data of 4 stations in Southeastern Tibet from 1971 to 2014, the climatic variations and climate abrupt characteristics of air temperature and precipitation are analyzed by using the methods of linear regression and Mann-Kendall test, etc. The results show that during the past 44 years the annual precipitation decreases with a rate of 1.24 mm/10 a, while that in spring increases, but decreases in other season, especially in autumn. The annual mean temperature has increased in Southeastern Tibet with a rate of 0.28°C/10 a, the trends of mean maximum and minimum temperatures are increasing. On the decadal scale, the annual mean temperature shows increase trend, and the annual precipitation is more in the 1990s and less in the other three decades. According to the Mann-Kendall test, the abrupt change of annual mean temperature occurred in 1994, but no abrupt change appeared for annual and seasonal precipitation.

Keywords

Interannual and Interdecadal Variations, Climate Abrupt, Low Latitude Upland, Southeastern Tibet

*第一作者。

#通讯作者。

近44年藏东南低纬山地降水和气温的气候变化分析

马鹏飞^{1*}, 杜 军^{1#}, 杜晓辉²

¹西藏自治区气候中心, 西藏 拉萨

²拉萨市气象局, 西藏 拉萨

Email: #dujun0891@163.com

收稿日期: 2016年1月3日; 录用日期: 2016年1月15日; 发布日期: 2016年1月22日

摘 要

选取1971~2014年藏东南4个气象站逐日气象资料, 采用线性趋势、Mann-Kendall非参数检验等方法, 分析了藏东南年、季降水量和气温的年际和年代际变化、气候突变。结果表明: 近44 a年降水量呈现为减少趋势, 平均每10 a减少1.24 mm, 春季降水呈增加趋势, 其他季节趋于减少, 以秋季减少最为明显。年平均气温以0.28℃/10 a的速率显著升高, 最高气温和最低气温都出现了升高的趋势。在10 a年际变化尺度上, 年平均气温表现为逐年代升高趋势; 年降水量在20世纪90年代偏多, 其他3个年代均偏少。在时间突变点上, 年平均气温出现在1994年; 年、季降水量未出现突变。

关键词

年际和年代际变化, 气候突变, 低纬山地, 藏东南

1. 引言

IPCC 第 5 次评估报告指出[1]: 全球地表持续升温, 1880~2012 年全球平均温度已升高 0.85℃; 过去 30 a, 每 10 a 地表温度的增暖幅度高于 1850 年以来的任何时期。在北半球, 1983~2012 年可能是最近 1400 a 来气温最高的 30 a [1]。中国近 50 年年平均气温上升趋势非常明显, 升温率达 0.22℃/10 a [2]。区域气候变化响应及其特征的分析研究[3]-[9]也验证了我国气候变暖的基本事实, 而占中国陆地面积约四分之一的青藏高原近几十年气温变化的总趋势呈明显的上升趋势[10]-[14]; 降水量总体表现出增多趋势, 但区域性差异较为明显, 高原南部降水量呈增加趋势, 而东北部有减少趋势[15], 这说明区域气候变化也表现各自的特点。

藏东南(西藏自治区林芝地区)属低纬山地, 境内多山, 河谷纵横, 地势西高东低, 海拔高低悬殊, 形成了独特的立体气候, 以山地亚热带和热带湿润、高原温带湿润半湿润气候为主, 气候宜人, 水资源丰富, 年降水量在 600 mm 以上, 墨脱、察隅等低海拔地区高于 1000 mm, 甚至达 3000 mm 以上, 是西藏降水最丰沛的地区, 也是我国第二个多雨中心[16]。藏东南林地面积 264 万 hm^2 、森林覆盖率 46.09%, 为我国第 3 大林区, 西藏森林的 80% 都集中在这里, 广茂的原始森林蕴藏了丰富的林业资源。较高的海拔和无干扰的自然环境决定了其对气候变化敏感于其他, 但有关藏东南气候变化特征研究的文献较少[17][18]。为此, 本文利用最新的资料, 采用线性趋势、Mann-Kendall 非参数检验等方法, 对藏东南降水和气温的年际和年代际变化特征、气候突变进行了再分析, 以期把握高海拔近期气候对全球气候变化的响

应程度。

2. 资料与方法

本文选取藏东南区域内林芝、米林、波密和察隅 4 个气象站 1971~2014 年逐月气象数据，其中米林站 1980 年建站，缺失数据利用同属一个气候类型的林芝站，采用文献[19]的插值方法补齐。气象数据主要包括平均气温、平均最高、最低气温和降水量。藏东南区域年、季气象要素的数据序列采用对 4 个站进行算术平均得到。所有气象数据采用 Excel 和 SPSS 软件进行统计分析，并采用 Mann-Kendall (M-K) 方法[20]进行突变检验。

3. 结果与分析

3.1. 年际变化

3.1.1. 降水

表 1 给出了近 44 a 藏东南年、季降水量的变化趋势，春季降水量呈现为增加的趋势，平均每 10 a 增加 5.32 mm，其他 3 个季节都表现为减少趋势(-1.01~-4.16 mm/10 a)，以秋季减少幅度最大。因大部分季节降水趋于减少，年降水量也呈减少趋势，但减幅不大，为-1.24 mm/10 a (未通过统计检验)。从近 34 a (1981~2014)年、季降水量的年际变化趋势来看，夏、秋两季降水量的减幅在加大，分别为-8.35 mm/10 a 和-13.85 mm/10 a ($P < 0.10$)；春季降水量增幅也在加大，为 6.24 mm/10 a，冬季变化不大；而年降水量减幅也在加大，为-16.81 mm/10 a (图 1，未通过统计检验)。

Table 1. Linear trend rate of annual and seasonal meteorological elements in Southeastern Tibet from 1971 to 2014

表 1. 1971-2014 年藏东南年、季气象要素的气候倾向率

气象要素	春季	夏季	秋季	冬季	年
降水量(mm/10 a)	5.32	-1.48	-4.16	-0.76	3.41
平均气温(°C/10 a)	0.24**	0.28***	0.23***	0.32**	0.28***
平均最高气温(°C/10 a)	0.20**	0.14*	0.21***	0.37***	0.24***
平均最低气温(°C/10 a)	0.29**	0.38***	0.20***	0.24**	0.28***

*, **, ***分别表示通过置信度 90%, 95%和 99%的显著性。

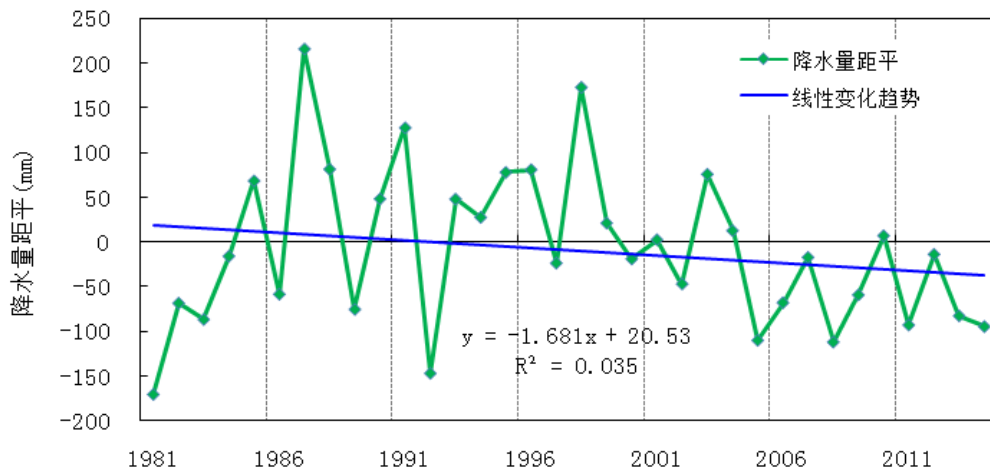


Figure 1. Linear change trend of annual precipitation in Southeastern Tibet during 1981-2014

图 1. 1981~2014 年藏东南年降水量的变化趋势

从年降水量变化趋势的地域分布来看,近 44 a 察隅和波密呈减少趋势,减幅分别为 $-20.98 \text{ mm}/10 \text{ a}$ 和 $4.09 \text{ mm}/10 \text{ a}$,林芝和米林呈增加趋势,依次为 $10.47 \text{ mm}/10 \text{ a}$ 和 $9.63 \text{ mm}/10 \text{ a}$ 。但近 34 a 来,区域内各站降水均呈现出减少趋势,减幅为 $-3.71 \sim -29.9 \text{ mm}/10 \text{ a}$,其中波密减幅最大,其次是察隅,为 $-29.55 \text{ mm}/10 \text{ a}$ 。降水减少主要表现在夏季和秋季。

3.1.2. 气温

图 2 显示,1971~2014 年藏东南年平均气温上升趋势较为明显,44 a 平均上升了约 1.4°C (图 1 线性趋势),升温率为 $0.28^\circ\text{C}/10 \text{ a}$ (通过置信度为 99% 的显著性),这种趋势在 1981~2014 年期间表现的更明显,升温率达到 $0.35^\circ\text{C}/10 \text{ a}$ 。就地域来看,近 44 a 年平均气温变化趋势为 $0.20 \sim 0.32^\circ\text{C}/10 \text{ a}$,以米林最大、察隅最小。从季节变化来看(表 1),近 44 a 藏东南冬季增温最大,为 $0.32^\circ\text{C}/10 \text{ a}$;夏季次之,为 $0.26^\circ\text{C}/10 \text{ a}$;秋季增幅最小,为 $0.21^\circ\text{C}/10 \text{ a}$,以上变化趋势均通过了置信度为 99% 的显著性。

近 44 a,藏东南季平均最高气温以 $0.14 \sim 0.37^\circ\text{C}/10 \text{ a}$ 的速度升高(表 1),以冬季最大、夏季最小,除夏季外,均通过了置信度为 95% 的显著性。季平均最低气温同样也呈现为明显的升高趋势,升幅为 $0.20 \sim 0.38^\circ\text{C}/10 \text{ a}$,其中夏季升幅最大,其次是春季,为 $0.29^\circ\text{C}/10 \text{ a}$ 。年平均最低气温的升温率为 $0.28^\circ\text{C}/10 \text{ a}$,高于平均最高气温的升幅($0.24^\circ\text{C}/10 \text{ a}$),而冬季最高气温的升温率大于最低气温的,这与西藏其他区域最低气温升幅明显高于最高气温[10]有所不同,体现了区域性气候变化的差异。

3.2. 年代际变化

根据近 44 a 藏东南平均气温的年代际变化分析来看(表 2),在 10 a 年际尺度上,20 世纪 70 年代平均气温偏低,尤其是夏季和冬季;80 年代除夏季气温偏高 0.2°C 外,其他季节气温正常或略偏低;90 年代除冬季气温正常外,其余 3 季气温偏高,主要体现在秋季;进入 21 世纪最初的 10 年,四季平均气温偏高 $0.4^\circ\text{C} \sim 0.7^\circ\text{C}$,以冬季最突出。过去 44 a,年平均气温呈逐年代升温趋势,21 世纪最初的 10 年较 20 世纪 70 年代偏高 0.6°C 。在 30 a 年际尺度上,1981~2014 年与 1971~2000 年比较,四季平均气温均偏高 0.3°C 。

从藏东南降水量的年代际变化来看(表 2),在 10 a 年际尺度上,70 年代除冬季正常外,其他季节降水量偏少,以夏季偏少的最多;80 年代春、夏季降水偏多,秋、冬季降水偏少;90 年代与 80 年代相反,春、夏季降水偏少,秋、冬季降水偏多;进入 21 世纪前 10 年,降水偏少主要体现在夏季和秋季,尤其是夏季偏少的最为明显,而春季和冬季降水偏多,以春季最为突出,较多年平均值偏多 10.6 mm 。近 44 a,

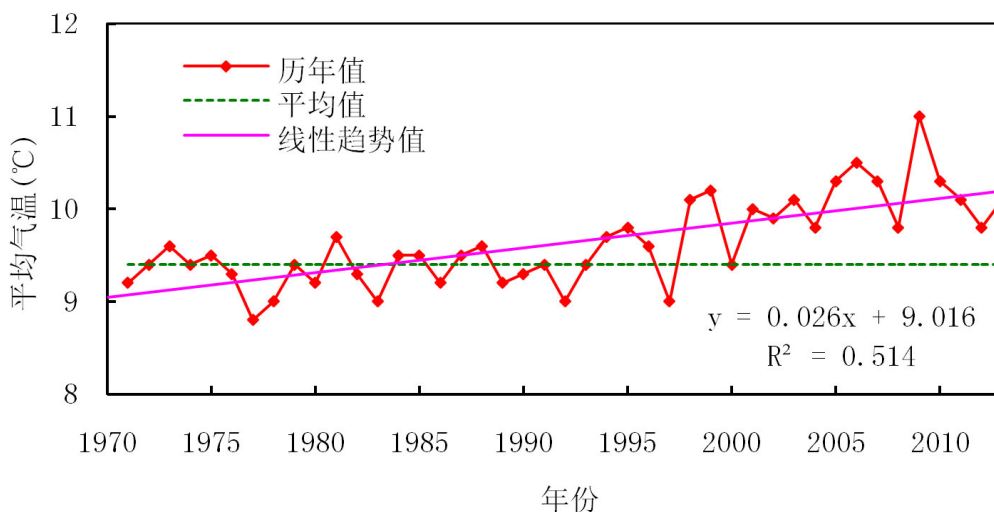


Figure 2. Linear change trend of annual mean temperature in Southeastern Tibet during 1971-2014
图 2. 1971-2014 年藏东南年平均气温的变化趋势

年降水量与夏季变化一致, 90年代偏多, 其他3个年代均偏少, 以21世纪最初的10年最明显, 较平均值偏少了34.5 mm。在30 a年际尺度上, 1981~2014年与1971~2000年比较, 夏、秋两季降水偏少, 春季偏多, 冬季正常。

3.3. 突变分析

通过M-K检验结果表明(表3), 近44 a藏东南年、季平均气温均出现了气候突变, 从一个相对偏冷期跃变为一个相对偏暖期, 除春季发生在21世纪初外, 其他季节和年平均气温都发生在20世纪90年代, 秋、冬季气温的突变要早于夏季。大部分季节的平均最高气温有突变现象, 春季发生在2002年, 秋、冬季均在1998年有明显突变, 而夏季无突变。平均最低气温也出现了突变, 春、冬两季突变出现在21世纪初, 夏、秋季突变点出现在20世纪90年代中后期。过去44 a, 藏东南年、季降水均未出现气候突变。总之, 气温在20世纪90年代后期有明显的气候突变(图3), 且这种趋势超过了 $\alpha = 0.05$ 的临界线, 表明藏东南升温趋势是十分显著的。

4. 讨论

1) 区域尺度上的气候变化对全球变化的响应程度与下垫面的类型有直接关系, 但在相同下垫面条件下, 不同的海拔和纬度造成的区域气候对全球变化响应的差异也不容忽视。藏东南分布着我国蓄积量最

Table 2. The decadal mean anomalies of annual and seasonal meteorological elements in Southeastern Tibet from 1971 to 2014
表 2. 1971~2014年藏东南年、季气象要素的年代际距平

气象要素	年、季	年代际				
		1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2014	1981-2014
平均气温/ °C	春季	0.0	-0.1	0.2	0.4	0.3
	夏季	-0.2	0.2	0.1	0.4	0.3
	秋季	-0.1	-0.1	0.3	0.4	0.3
	冬季	-0.2	0.0	0.0	0.7	0.3
	年	-0.1	0.0	0.2	0.5	0.3
降水量/mm	春季	-7.8	-6.3	14.3	10.6	9.2
	夏季	-12.9	-26.7	39.7	-31.6	-9.3
	秋季	-7.5	17.7	-10.3	-12.9	-2.8
	冬季	0.1	1.8	-1.9	0.5	0.2
	年	-28.4	-13.1	41.4	-34.5	-2.5

Table 3. Times of abrupt change for annual and seasonal meteorological elements in Southeastern Tibet from 1971 to 2014
表 3. 1971~2014年藏东南年、季气象要素的突变时间

气象要素	春季	夏季	秋季	冬季	年
平均气温	2001	1998	1992	1994	1994
平均最高气温	2002	/	1998	1998	2001
平均最低气温	2001	1998	1993	2004	2001
降水量	/	/	/	/	/

注: “/”表示无突变。

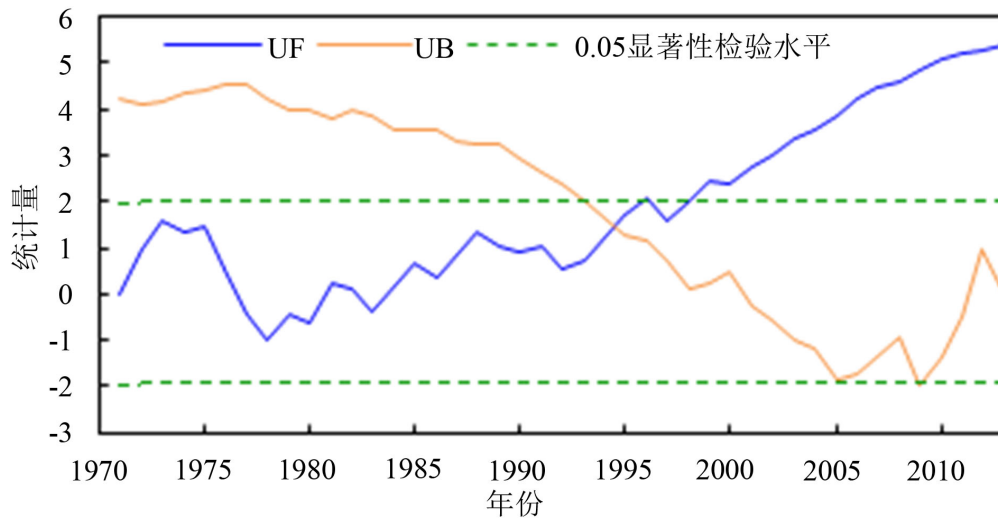


Figure 3. M-K verifying of annual mean temperature in Southeastern Tibet during 1971-2014
图 3. 1971~2014 年藏东南年平均气温的 M-K 检验

高的原始森林,较高的海拔和无干扰的自然环境决定了其对气候变化敏感于其他林区[17]。在全球气候变化的背景下,藏东南林区气温上升趋势明显,44 a 平均上升了 1.2°C ,高于东北[21]、华北和西北地区[22]。此外,华北、东北和西北的温度变化大多有人为活动,如工业生产、城市热岛效应等的干扰,而藏东南林区在没有人活动影响下升温率仍高原其他区域,说明高海拔地区气温对全球变暖响应比较强烈。

2) 气候条件是植被分布和变化的直接驱动力,同时植被对气候也有反馈作用,可在一定程度上减缓或加剧气候变化的幅度[23]。藏东南气温上升幅度明显比西藏其他区域小,这与藏东南分布着茂密的森林密切相关,一定程度上减缓了气温的升幅。另外,藏东南与西藏其他区域最低气温升幅明显高于最高气温[10]有所不同,这与下垫面条件有关。

3) 由于研究区气象站点分布较少,且不同站点所处地形、海拔等自然条件不同,地域差异较大,因此本文重点从时间尺度方面分析了藏东南主要气象要素的变化特征。

5. 结论

1) 1971~2014 年藏东南年平均气温上升趋势较为明显,44 a 平均上升了约 1.2°C ,增温速率为 $0.27^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,尤其是 1981~2014 年期间升温更显著,升温率达 $0.35^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。44 a 升温率冬季($0.32^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$) > 夏季($0.26^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$) > 春季($0.24^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$) > 秋季($0.21^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$)。年平均最低气温的升温率($0.26^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$)略高于最高气温的升温率($0.24^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$),而冬季最高气温的升温率大于最低气温的。过去 44 a,年平均气温呈逐年代上升趋势,并在 1994 年发生突变,升温率急剧增加。

2) 近 44 a 春季降水量呈增加趋势,为 $10.18\text{ mm}/10\text{ a}$,其他 3 个季节都表现为弱的减少趋势,以夏季减幅较为明显。年降水量 44 年增加了 14.7 mm ,增幅为 $3.41\text{ mm}/10\text{ a}$ 。年降水量与夏季变化一致,20 世纪 90 年代偏多,其他 3 个年代均偏少,其中 21 世纪最初的 10 年偏少最明显。春季降水增加对于促进林木萌动、降低森林火险等级具有重要意义。

3) 根据气候模式预测,未来青藏高原及周边地区主要表现为增温,高原大部分地区 2030~2049 年年平均地表气温将较 1980~1999 年上升 $1.4^{\circ}\text{C}\sim 2.2^{\circ}\text{C}$,高海拔地区的增温一般更为显著[24]。未来西藏地区及其周边地区年降水量以增加为主[25]-[27],北部和西部地区增幅较大。总体来说,各模式预测西藏地区未来气候趋于暖湿化,这种趋势利于藏东南森林植被的生长。

基金项目

中国气象局气候变化专项(CCSF201443)。

参考文献 (References)

- [1] IPCC. Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report (AR5). Climate Change 2014: The Physical Science Basis. Final Draft Underlying Scientific-Technical Assessment. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SPM_brochure_zh.pdf
- [2] 任国玉, 郭军, 徐铭志, 等. 近 50 年中国地面气候变化基本特征[J]. 气象学报, 2005, 63(6): 942-956.
- [3] 李鹏, 杨婷婷, 吴新宏, 等. 近 40 a 内蒙古正蓝旗气候变化特征[J]. 干旱区研究, 2014, 30(5): 776-780.
- [4] 杜加强, 郭杨, 房孝磊, 等. 近 50 a 黄河上游气候变化趋势和干湿界线波动分析[J]. 干旱区研究, 2014, 30(2): 291-298.
- [5] 刘绿柳, 姜彤, 原峰. 珠江流域 1961-2007 年气候变化及 2011-2060 年预估分析[J]. 气候变化研究进展, 2009, 5(4): 209-214.
- [6] 周正朝, 胡娜娜, 周华. 西安市气温和降水变化趋势分析[J]. 干旱区研究, 2012, 29(1): 27-34.
- [7] 王劲松, 费晓玲, 魏锋. 中国西北近 50 a 来气温变化特征的进一步研究[J]. 中国沙漠, 2008, 28(4): 724-732.
- [8] 古丽扎提·哈布肯, 赵景波. 近 50 年来新疆阿勒泰地区的气候变化[J]. 干旱区研究, 2011, 28(2): 268-274.
- [9] 李春筱, 董治宝, 常佩静, 等. 阿拉善高原近 45 a 来气温变化特征分析[J]. 中国沙漠, 2011, 31(3): 788-792.
- [10] 杜军. 西藏高原近 40 年的气温变化[J]. 地理学报, 2001, 56(6): 682-690.
- [11] 韦志刚, 黄荣辉, 董文杰. 青藏高原气温和降水的年际和年代际变化[J]. 大气科学, 2003, 27(2): 157-170.
- [12] 张核真, 路红亚, 洪健昌, 等. 藏西北地区气候变化及其对草地畜牧业的影响[J]. 干旱区研究, 2014, 30(2): 308-314.
- [13] 张磊, 缪启龙. 青藏高原近 40 年来的降水变化特征[J]. 干旱区地理, 2007, 30(2): 240-246.
- [14] 汪青春, 秦宁生, 唐红玉, 等. 青海高原近 44 年来气候变化的事实及其特征[J]. 干旱区研究, 2007, 24(2): 234-239.
- [15] 段克勤, 姚檀栋, 王宁练, 等. 青藏高原南北降水变化差异研究[J]. 冰川冻土, 2008, 30(5): 726-732.
- [16] 高由禧, 蒋世逵, 张谊光, 等. 西藏气候[M]. 北京: 科学出版社, 1984.
- [17] 陈宝雄, 王景升, 冉琮千, 等. 1954-2009 年藏东南的气候变化特征[J]. 气候变化研究进展, 2012, 8(1): 44-47.
- [18] 卫敏, 刘智能, 琼达. 西藏林芝地区气候变化趋势与森林资源消退关系研究[J]. 林业调查规划, 2008, 34(1): 37-40.
- [19] 王树廷, 王柏民. 气象资料的整理和统计方法[M]. 北京: 气象出版社, 1984: 1-301.
- [20] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 1999: 1-296.
- [21] 高永刚, 温秀卿, 姬菊芝, 等. 1961-2003 年伊春林区气候变化趋势对林区生态环境质量的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2007, 35(3): 121-127.
- [22] 陈文海, 柳艳香, 马柱国. 中国 1951-1997 年气候变化趋势的季节特征[J]. 高原气象, 2002, 21(3): 251-257.
- [23] 丁一汇, 李巧萍, 董文杰. 植被变化对中国区域气候影响的数值模拟研究[J]. 气象学报, 2005, 63(5): 613-621.
- [24] 刘晓东, 程志刚, 张冉. 青藏高原未来 30-50 年 A1B 情景下气候变化预估[J]. 高原气象, 2009, 29(3): 475-484.
- [25] Chen, H., Zhu, Q., Peng, C.H., Wu, N., Wang, Y.F., Fang, X.Q., *et al.* (2013) The Impacts of Climate Change and Human Activities on Biogeochemical Cycles on the Qinghai-Tibetan Plateau. *Global Change Biological*, **19**, 2940-2955. <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.12277>
- [26] Chen, W.L., Jiang, Z.H. and Li, L. (2011) Probabilistic Projections of Climatic Change over China under the SRES A1B Scenario Using AOGCMs. *Journal of Climate*, **24**, 4741-4756. <http://dx.doi.org/10.1175/2011JCLI4102.1>
- [27] Su, F.G., Duan, X.L., Chen, D.L., Hao, Z.C. and Cuo, L. (2013) Evaluation of the Global Climate Model in the CMIP5 over Tibetan Plateau. *Journal of Climate*, **26**, 3187-3208. <http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00321.1>