

秦岭南北1951–2009年的气温与热量资源变化

周 旗¹, 卞娟娟^{2,3}, 郑景云²

(1. 宝鸡文理学院, 陕西省灾害监测与机理模拟重点实验室, 陕西 宝鸡 721013;

2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101;

3. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要:根据47个地面气象站1951–2009年日气温资料,对秦岭南北近60年温度带划分指标(包括年平均气温、日平均气温稳定 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的日数与积温、最冷月与最热月气温、极端最低气温等)的变化特征进行了分析,结果发现:秦岭南北气候增暖主要出现在20世纪90年代初之后,年平均气温、日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的日数和积温的变化趋势基本一致,1951–1993年在年代波动中略有下降,而1993年之后则快速上升;但存在着季节和区域差异。在季节上,冷季(1月)平均气温与极端最低气温变化趋势一致,1951–1985年均波动中略有上升,1985年之后出现微弱下降;而暖季(7月)温度总体变化趋势不明显。在区域上,1993年之后,秦岭以北、秦岭南坡、汉水流域及巴巫谷地的日平均气温稳定 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的日数分别较1993年之前增加了10天、10天、8天和5天,相应时段的积温分别增加了278 $^{\circ}\text{C}$ 、251 $^{\circ}\text{C}$ 、235 $^{\circ}\text{C}$ 和207 $^{\circ}\text{C}$;即20世纪90年代初以来,秦岭以北气温与热量资源增加幅度要比秦岭以南稍大一些。

关键词:气温变化;热量资源变化;秦岭南北;1951–2009年

1 引言

秦岭横亘于中国中部,是亚热带与暖温带、湿润与半湿润气候的分界线,也是中国重要的地理分界线^[1–4]。在20世纪全球增暖背景下^[5–8],秦岭及其南北气候如何变化是一个极为重要的问题,受到了众多学者的关注^[3, 9–11]。先前有研究^[9]指出:由于20世纪气候变暖,在百年尺度上,秦岭以北气候进入干早期,秦岭以南则为湿润期;在10年尺度上,秦岭以北的关中盆地气温上升快,秦岭以南气温变化较小,因而导致秦岭南北年均气温差变小;因南北同时趋于干旱,且南部更甚,造成南北降水差也逐渐缩小。这一结果虽然反映出秦岭在气候变化中显著的分界作用^[9],但却意味着随着气候增暖,秦岭作为气候分界线的作用似乎正在逐步下降。为此,本文利用秦岭南北及其周边地区的逐日气温观测资料,来分析秦岭南北的气温与热量资源变化特征。由于气温与热量资源是影响自然地理格局、生态地理特征以及农业生产布局等的重要气候因素,因此这一研究不仅可以为区域气候对全球增暖的响应分析提供一个重要案例,而且由于研究区位于对气候变化响应敏感的我国南北地理分界线两侧,因而它对于进一步研究气候变化对自然生态与农业生产等的影响,以及如何适应气候变化也具有重要参考意义。

收稿日期: 2011-06-09; 修订日期: 2011-07-11

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项(XDA05090104); 全球变化研究国家重大科学研究计划课题(2010CB950103); 气象行业专项(GYHY201106018); 国家自然科学基金项目(41071359) [Foundation: Strategic Priority Research Program of the Chinese Academy of Sciences, No.XDA05090104; China Global Change Research Program. No.2010CB950903; Special Scientific Research Project for Public Interest, No. GYHY201106018; The National Natural Science Funds, No.41071359]

作者简介: 周旗, 教授。研究方向为自然地理。E-mail: cbozhou@163.com

通讯作者: 郑景云, 研究员, 中国地理学会会员(S110005556M)。E-mail: zhengjy@igsrr.ac.cn

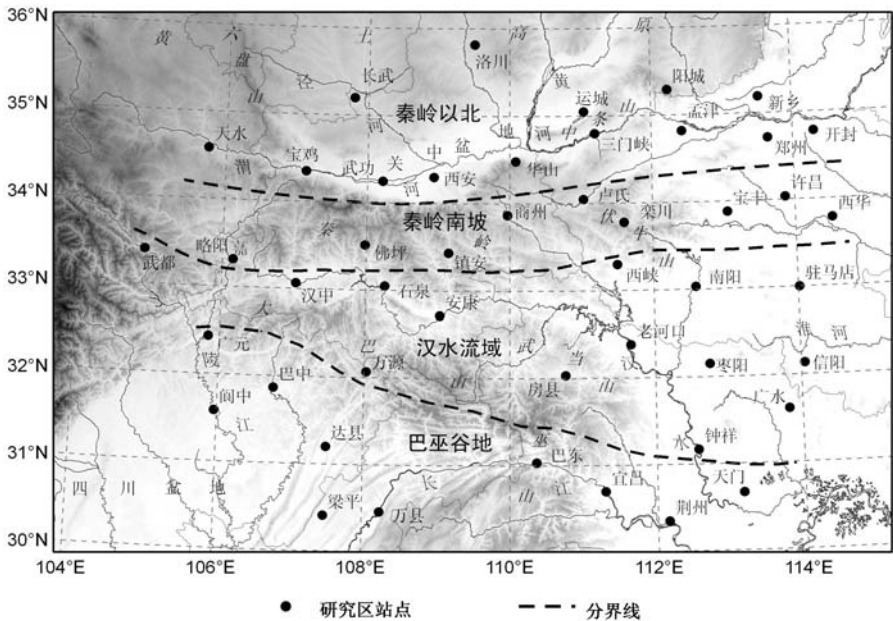


图1 研究区范围及气象观测站点分布

Fig. 1 Location of the study area and distribution of meteorological stations

2 资料及处理方法

本文研究区地跨 105°~114.5°E、30°~36°N,面积约 60×10⁴ km²;所用的 1951-2009 年逐日气温观测资料来自 47 个国家气象观测基准站,这些站点分布在秦岭北坡及其以北的暖温带、秦岭南坡及其以南的北亚热带、秦岭以南的巴山、巫山谷地及江汉平原西北部,为进行不同纬度和地域单元的气温与热量资源变化比较,本文自北向南将研究区分为 4 个子区域 (图 1):一是秦岭北坡及其以北的暖温带地区 (以下简称“秦岭以北”),含 14 个气象站;二是秦岭南坡,包括伏牛山及其以东平原 (因大部分区域属秦岭南坡山地,下简称“秦岭南坡”),含 9 个气象站;三是秦岭以南的汉水谷地、巴山、沮水谷地及淮河上游北亚热带地区 (因大部分区域属汉水流域,下简称“汉水流域”),含 14 个气象站;四是巴山南麓、巫山谷地及江汉平原西北部 (下简称“巴巫谷地”),含 10 个气象站。

参照气候区划的指标体系^[12,13],本文采用年、1 月及 7 月平均气温、年极端最低气温、以及日平均气温稳定 ≥ 10℃ 的日数与积温 6 个指标来分析这一地区近 60 年的气温与热量资源变化。资料处理方法是:首先根据各站的逐日资料计算上述 6 个指标的逐年值;然后以各指标的 1971-2000 年平均值为准计算各站每个指标的逐年距平;并在此基础上按地区分别计算各指标的区域平均值及其不确定性范围 (即置信水平为 95% 的置信区间) 与累积距平。最后根据各指标的距平序列分时段计算各指标的趋势变化量及均值差异,并判断均值差异是否显著。

3 结果分析

3.1 年平均温度的变化

研究区 47 个气象站的年均气温距平及其不确定性范围 95% 的置信区间各区平均值显示 (图 2),秦岭南坡大多数站点自 1951 年以来的年至年代际气温变化是同步的,即在 20 世纪 90 年代之前,气温以年际振荡为主要特征,并伴有微弱的趋势性降温;而自 20 世纪 90 年代

初起,气温出现快速上升趋势。从各区年均气温的累积距平曲线(图2)看:1993年是年气温趋势变化的转折点。其中1951-1993年,秦岭南北47个站中有30个站的气温在波动中存在着缓慢下降趋势(表1)。在这30个站中,秦岭以北8个,秦岭南坡4个,汉水流域10个,巴巫谷地8个;即秦岭以南地区所占的站点比例更高一些,说明1951-1993年秦岭以南地区较秦岭以北地区的气温缓慢下降更为明显。而1994年起,绝大多数站点的气温均在年际波动中持续快速上升,且秦岭以北各个站点的上升趋势大于秦岭以南,仅有少数站点(每区分别2个)气温出现了微弱下降(表1)。

3.2 日平均气温稳定 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的日数及其积温变化

日平均气温稳定 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的日数及其积温是划分温度带的主要指标。这两个指标1951年以来的累积距平(图3)显示:除巴巫谷地外,秦岭以北、秦岭南坡及汉水流域等3个区日平均气温稳定 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 日数的变化趋势基本一致,即1951-1993年在波动中微弱下降,1993年以后则出现显著上升。其中在年代际尺度上,1951-1972年间的多数年份为负距平,1973-1984年间的多数年份为正距平,1985-1993年间的多数年份又转为负距平,1993年以后又转为显著的正距平。而巴巫谷地1951-1993年,日平均气温稳定 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的日数主要以年际振荡为主,没有年代际波动,但1993年则与其他三个地区一样出现显著上升趋势。图3还显示:1951年以来,秦岭南北各区日平均气温稳定 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温的变化趋势与相应区域的日平均气温稳定 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 日数的变化过程几乎一致。

对比各站1993年前后两个时段日平均气温稳定 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的日数及其积温差异(表2)显示:多数站点1993年之后日平均气温稳定 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的日数及其积温显著大于1993年之前。其中1993年之后,秦岭以北、秦岭南坡、汉水流域3区的日平均气温稳定 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 日数平均分别较其前的增

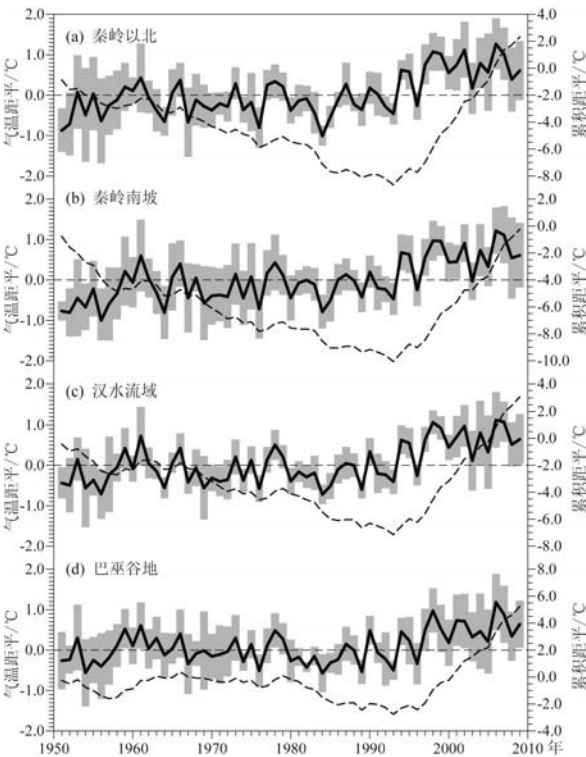


图2 秦岭南北1951年以来的气温变化
(实线:年均气温距平,灰柱:置信水平为95%的置信区间,虚线:年均气温累积距平)

Fig. 2 Change of annual average temperature in the northern and southern regions of Qinling Mountains since 1951

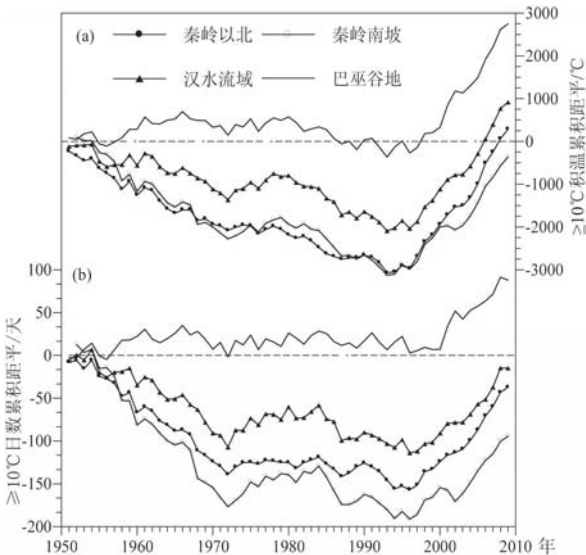


图3 秦岭南北1951年以来日平均气温稳定 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 日数及积温累积距平的变化

Fig. 3 Changes of the cumulative departure of the number of days with steady temperature above 10°C (a) and its accumulated temperature (b) in the northern and southern regions of Qinling Mountains since 1951

表 1 各个站点统计时段内平均气温变化趋势
Tab. 1 Tendency of annual mean temperature of meteorological stations

区域	站名	年平均气温变化趋势/℃10a ⁻¹		区域	站名	年平均气温变化趋势/℃10a ⁻¹	
		1951-1993	1994-2009			1951-1993	1994-2009
秦岭以北	长武	-0.10	0.01	汉水流域	武都	-0.02	0.52
	洛川	0.07	0.24		汉中	-0.05	0.79
	运城	-0.01	-0.40		西峡	-0.13	-0.09
	阳城	-0.03	0.02		南阳	-0.06	0.14
	新乡	0.06	0.33		石泉	-0.04	0.07
	天水	0.05	0.42		万源	-0.04	0.25
	宝鸡	0.06	0.53		安康	-0.10	-0.06
	武功	0.08	-0.32		房县	-0.09	0.06
	西安	-0.04	0.74		老河口	0.05	0.01
	华山	0.04	0.43		枣阳	-0.09	0.15
	三门峡	-0.09	0.10		驻马店	-0.14	0.29
	孟津	-0.14	0.24		信阳	0.09	0.17
	郑州	-0.10	0.32		巴东	0.05	0.16
	开封	-0.20	0.23		钟祥	0.01	0.13
秦岭南坡	卢氏	0.12	0.01	巴巫谷地	广元	-0.01	0.36
	栾川	-0.05	0.20		阆中	-0.26	0.28
	许昌	0.04	0.66		巴中	-0.12	-0.04
	略阳	0.08	0.58		达县	-0.07	0.46
	佛坪	-0.14	0.21		广水	-0.14	0.06
	商州	-0.12	-0.12		梁平	-0.05	0.40
	镇安	0.38	-0.05		万县	-0.12	0.46
	宝丰	-0.18	0.04		宜昌	-0.03	0.44
	西华	0.02	0.07		荆州	0.15	-0.22
					天门	0.03	0.51

加了10天、10天和8天;以站点的日数增加量计,各区分别有86%、67%、57%的站点达到了95%的显著性水平,即秦岭以北地区日平均气温稳定≥10℃日数显著增加的站点比例大于秦岭南坡和汉水流域;而巴巫谷地的10站中虽只有2个站的日数增加量达到95%的显著性水平,但全区1993年之后的日平均气温稳定≥10℃日数平均仍较1993年之前增加了5天。以1993年前后的日平均气温稳定≥10℃积温差异计,秦岭以北、秦岭南坡、汉水流域3区1993年之后的积温分别较其前的增加了278℃、251℃和235℃,巴巫谷地的积温增加量虽小一些,但也达到了207℃;秦岭以北的积温增加最多且区域内所有站点均达到了95%的显著性水平,但其他3区却有少数站点(秦岭南坡1个,汉水流域2个,巴巫谷地3个,分别占其总站数的11%、14%和30%)的积温增加不显著。

3.3 最暖月、最冷月和极端最低气温的变化

最暖月(在秦岭南北为7月)气温影响喜温植物(特别是喜温农作物)的分布范围,最冷月(在秦岭南北为1月)和极端最低气温决定着地带性植物能否正常生长与越冬,因此它们是划分温度带的主要辅助指标。从秦岭南北各区7月和1月的平均气温累积距平(图4)看:1951-2009年,秦岭南北各区的气温年-年代际变化过程基本一致,仅波动幅度略有不同;但7月和1月之间却存在差异。其中7月份平均气温自1951年以来以年-年代际振荡为主要特征(图4a):1951-1957年及1972-1993年的多数年份为负距平;1958-1971年及1993年以后的多数年份则为正距平。虽然自1951年以来,秦岭南北各地的7月份平均气温在波动中也存在上升趋势,但这一趋势并不明显。对比各站1993年前后两个时段的7月平均气温(表2)也可以看出:虽然多数站点1993年以后的7月气温均值较1993年前高,但这种差异在多数站点并不显著。而1月平均气温的趋势性变化却较明显,但这种趋势变化在1985年前后出现了趋势变化转折(图4b)。其中1985年之前的多数年份虽为负距平,但却呈波动上升趋势

表 2 秦岭南北各站热量资源在统计时段内的均值差异

Tab. 2 The difference between the means of thermal resources of meteorological stations in different periods						
区域	站名	1985 年前后的 1 月 平均气温差/℃	1993 年前后的 7 月 平均气温差/℃	1993 年前后的 ≥ 10℃ 日数/天	1993 年前后的 ≥ 10℃ 积温/℃	1993 年前后的 极端最低温度/℃
秦岭以北	长武	0.41	0.32	8.45	199.22**	-1.50
	洛川	1.18**	0.70**	13.96**	336.25**	0.63
	运城	0.89**	0.50	10.38**	259.08**	0.86
	阳城	0.87	0.23	6.1	144.94	1.10
	新乡	0.88	0.22	8.2	254.15**	2.63**
	天水	1.38**	1.33**	12.58**	349.62**	1.52**
	宝鸡	1.07**	1.09**	11.70**	363.20**	1.07
	武功	0.96**	0.83	7.84	268.77**	1.86
	西安	1.04	0.85	13.86**	457.25**	2.03**
	华山	0.79	0.54	3.90	131.62	1.17
	三门峡	0.82	0.36	12.35**	262.75**	0.72
	孟津	1.00**	-0.14	11.12**	236.31**	1.80**
	郑州	0.96**	0.13	10.04**	317.50**	3.08**
	开封	0.57	0.13	11.20**	306.18**	1.75**
	平均值	0.92	0.52	10.11	277.63	1.56
秦岭南坡	卢氏	0.61	0.45	12.07	292.12**	0.79
	栾川	0.27	-0.05	11.30	213.16**	0.73
	许昌	0.77**	-0.33	7.46	160.48**	0.97
	略阳	0.96**	0.88**	5.03	184.29	0.45
	佛坪	0.52	1.43**	18.34**	466.99**	1.04
	商州	1.35**	-0.04	1.83	48.25	0.06
	镇安	0.44	1.40**	20.06**	526.42**	0.56
	宝丰	1.05**	-0.19	4.04	130.49	1.08
	西华	0.99**	0.07	9.54**	236.24**	2.93**
	平均值	0.77	0.40	9.96	250.94	0.96
汉水流域	武都	0.85**	1.37**	13.31**	383.98**	0.71
	汉中	0.85**	0.98**	8.37	306.42**	1.01**
	西峡	0.51	-0.31	7.38	169.17**	1.25**
	南阳	0.84	0.02	9.79**	263.12**	2.60**
	石泉	0.38	0.45	5.74	151.30**	0.40
	万源	0.68**	0.43	6.25	174.19**	0.81
	安康	0.57	0.29	7.79	167.28**	0.93
	房县	0.73	-0.13	1.23	82.32	1.55**
	老河口	1.10**	0.30	12.95**	358.40**	2.31**
	枣阳	0.73	0.22	10.71	338.41**	2.05**
	驻马店	0.49	0.06	9.64**	291.16**	2.27**
	信阳	0.85	0.06	5.66	215.68**	2.10**
	巴东	0.43	-0.30	3.12	60.11	1.40**
	钟祥	0.81	0.38	8.71	323.41**	1.74**
	平均值	0.70	0.27	7.90	234.64	1.51
巴巫谷地	广元	0.66**	0.87**	6.81	263.36**	1.80**
	阆中	0.09	0.62	-0.60	77.78	0.31
	巴中	0.27	0.21	-1.08	16.04	0.79
	达县	0.40	0.24	1.78	79.54	0.99**
	广水	0.78	0.35	10.68**	324.96**	1.69**
	梁平	0.55	0.16	4.20	152.31	0.46
	万县	0.68**	0.60	5.08	227.55**	1.75**
	宜昌	0.54	0.10	5.59	211.21**	1.43**
	荆州	0.99**	0.36	6.56	293.76**	2.51**
	天门	1.10**	0.62	11.88**	422.99**	2.82**
	平均值	0.61	0.41	5.09	206.95	1.45

注: **为显著性水平超过 99%, *为显著性水平超过 95%。灰色标记为不显著的站点

势;1985年之后的多数年份虽为正距平,但却在波动中出现微弱下降趋势;对比1985年前后两个时段的各站1月平均气温(表2)发现:1985年以后多数站点的1月平均气温显著(以显著性水平超过95%计)高于其前期,且以秦岭以北最为显著,并自北向南逐渐递减。其中秦岭以北1985年以后的1月份平均气温区域平均较1985之前高0.92℃,为4个区域之最,有85%的站点1985年前后的1月份平均气温差异达到了95%的显著性水平;秦岭南坡、汉水流域及巴巫谷地1985年以后的1月份平均气温区域平均较1985之前分别高了0.77℃、0.70℃、0.61℃,各区分别有60%、71%、55%的站点1985年前后的1月份平均气温差异达到了95%的显著性水平。

秦岭南北1951-2009年的极端最低气温变化特征(图4c)与各区同期的1月气温变化特征基本一致,即:1985年之前多数年份为负距平,但呈波动上升趋势;1985年之后多数年份为正距平,但在波动中略有下降。与1月气温趋势变化在秦岭南北各区几乎完全同步特征略有不同的是:1985年之后,秦岭南北极端最低气温变化趋势出现了区域差异。其中秦岭以北极端最低气温在1985年之后出现了微弱的下降趋势,但其他3个地区却出现上升趋势。对比各个站点1985年前后的极端最低气温的多年平均值差异,绝大多数站点(长武、许昌除外)后一阶段的极端最低气温的平均值要大于前一阶段,有74%的站点均值差异达到了95%的显著性水平;其中,1985年之后,秦岭以北、秦岭南坡、汉水流域、巴巫谷地的极端最低气温分别较之前增加1.53℃、0.79℃、1.43℃、1.56℃,其增加幅度也大于1月份平均气温。

4 结论与讨论

通过上述对1951-2009年秦岭南北气温与热量资源的变化分析,可以看出:自20世纪90年代初起,秦岭南北各地年平均气温均有不同程度的升高,热量资源也出现了增加。年平均气温、日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的日数和积温的变化趋势基本一致,1951-1993年在年代波动中略有下降,而1993年之后则快速上升;但在这一气候增暖背景下,秦岭南北的气温与热量资源变化也存在一定的季节和区域差异。其中冷季(1月)平均气温与极端最低气温变化趋势一致,1951-1985年均呈波动上升趋势,1985年之后出现微弱下降;暖季(7月)温度总体变化趋势不明显。20世纪90年代初以来,秦岭以北的气温及热量资源增加幅度要比秦岭以南更大、更显著,特别是秦岭以北的年平均温度、1月份平均温度、日平均气温稳定 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的日数和积温的增加都大于秦岭以南的汉水流域和巴巫谷地。

然而,还需指出的是虽然自20世纪90年代中期以来秦岭以北的热量资源增加幅度要比南部更显著一些,但由于秦岭山地的存在,秦岭南北地区的热量条件差异仍然极为明显,即

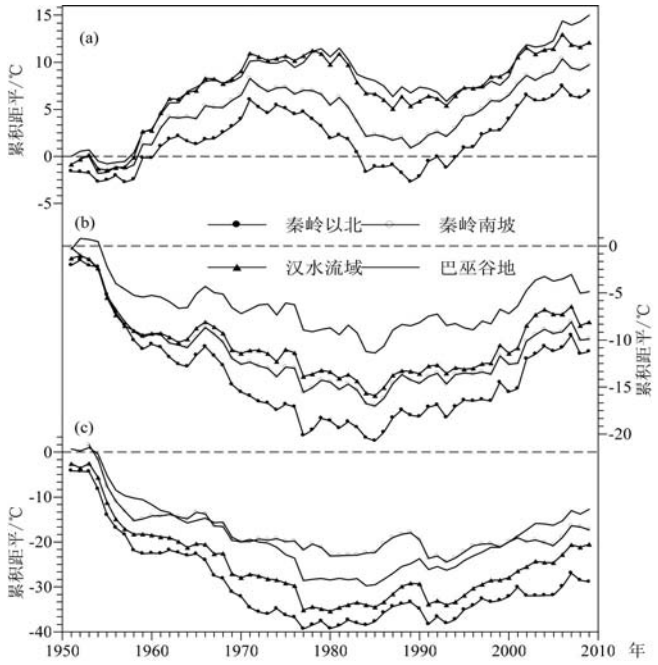


图4 秦岭南北1951年以来的7月、1月平均气温及极端最低气温累积距平变化

Fig. 4 Changes of the cumulative departure of average temperature in July and January as well as the extreme minimum temperature in the northern and southern regions of Qinling Mountains since 1951

秦岭以北的热量资源明显小于秦岭南部。特别是从分析结果中,可以明显看出:1951-2009年,秦岭地区平均温度虽有显著增加趋势,但这种增温主要体现在冷季(1月)增暖,而暖季(7月)温度主要以年-年代际振荡为主。这种冷季增暖虽然也使日平均气温稳定 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的日数和积温得到了增加,其中1993年之后,秦岭以北、秦岭南坡、汉水流域及巴巫谷地的日平均气温稳定 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的日数分别较1993年之前增加了10天、10天、8天和5天,相应时段的积温分别增加了 278°C 、 251°C 、 235°C 和 207°C ;但由于秦岭南北各区的变化几乎是同步的,因而这种增暖的区域差异仍没改变秦岭作为亚热带和暖温带分界线的作用。有研究指出,由于地处我国南北地理分界线、秦岭对气候变化响应极为敏感^[9-10],因此上述认识,对于深入理解秦岭在我国气候及自然地理环境中的分界作用,进一步研究气候变化对这一地区自然生态与农业生产等的影响,具有重要参考意义。

当然,我们也注意到由于本研究的气象资料来源于国家气象观测基准站,而在研究区内目前只有这47个站有连续的气象观测资料,站点分布密度较低,这可能会对分析结果造成一定影响。但由于我国更高密度的气象观测(如县级气象站)大多始于20世纪60年代以后,其中有一部分更始于20世纪80年代以后,且其资料尚未经质量控制,也没有进行共享,因而目前尚无法就站点密度对本文结果的影响进行定量评估。然而,由于我们的研究区域不仅局限于秦岭山地本身,而是自南向北跨越了近6个纬度,且我们的目的是要揭示秦岭南北的气温与热量资源差异是否因气候增暖而出现明显变化、秦岭作为我国重要的气候与自然地理南北分界线作用是否因气候变暖而发生变化,因此尽管站点分布密度可能较低,但这并不会明显影响我们对秦岭南北气温与热量条件总体变化特征及秦岭分界线作用的判断。

参考文献 (References)

- [1] Physical Geography in China Editorial Board of Chinese Academy of Sciences. Physical Geography in China: Introduction. Beijing: Science Press, 1985: 1-412. [中国科学院《中国自然地理》编辑委员会. 中国自然地理: 总论. 北京: 科学出版社, 1985: 1-412.]
- [2] Zhu Kezhen. Subtropics of China. Chinese Science Bulletin, 1958, 17: 524-527. [竺可桢. 中国的亚热带. 科学通报, 1958, 17: 524-527.]
- [3] Yang Qinye, Zheng Du, Wu Shaohong. On subtropical zone of China. Journal of Subtropical Resources and Environment, 2006, 1(1): 1-10. [杨勤业, 郑度, 吴绍洪. 关于中国的亚热带. 亚热带资源与环境学报, 2006, 1(1): 1-10.]
- [4] Kang Muiyi, Zhu Yuan. Discussion and analysis on the geo-ecological boundary in Qinling Range. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(7): 2774-2784. [康慕谊, 朱源. 秦岭山地生态分界线的论证. 生态学报, 2007, 27(7): 2774-2784.]
- [5] Task Force on China's National Assessment Report on Climate Change. China's National Assessment Report on Climate Change. Beijing: Science Press, 2007: 19-40. [《气候变化国家评估报告》编写委员会. 气候变化国家评估报告. 北京: 科学出版社, 2007: 19-40.]
- [6] Ren Guoyu, Guo Jun, Xu Mingzhi et al. Climate changes of China's mainland over the past half century. Acta Meteorologica Sinica, 2005, 63(6): 942-956. [任国玉, 郭军, 徐铭志等. 近50年中国地面气候变化基本特征. 气象学报, 2005, 63(6): 942-956.]
- [7] Sha Wanying, Shao Xuemei, Huang Mei. Climate warming and its impact on natural regional boundaries in China in the 1980s. Science in China: Series D, 2002, 32(4): 317-326. [沙万英, 邵雪梅, 黄玫. 20世纪80年代以来中国的气候变暖及其对自然区域界线的影响. 中国科学: D辑, 2002, 32(4): 317-326.]
- [8] Zhang Mingqing, Liu Guilian. The study on difference of spatial and temporal variation of air temperature in China and in last 40 years. Meteorological Science and Technology, 1999 (1): 40-44. [张明庆, 刘桂莲. 我国近四十年气温变化时空差异研究. 气象科技, 1999, (1): 40-44.]
- [9] Yan Junping, Zheng Yu. A comparative study on environmental change response over the northern and the southern regions of the Qinling Mountains. Geographical Research, 2001, 20 (5): 576-582. [延军平, 郑宇. 秦岭南北地区环境变化响应比较研究. 地理研究, 2001, 20(5): 576-582.]
- [10] Miao Qilong, Ding Yuanyuan, Wang Yong. Impact of climate warming on the northern boundary of subtropical zone of China. Geographical Research, 2009, 28(3): 634-642. [缪启龙, 丁园圆, 王勇. 气候变暖对中国亚热带北界位置的影响. 地理研究, 2009, 28(3): 634-642.]
- [11] Ding Min, Huang Chunchang. The influence of climatic warming on fruit produce in northern foot of Qinling Mountain.

- Journal of Natural Resources, 2003, 18(2): 235-239. [丁敏, 黄春长. 秦岭北麓平原对全球变暖的响应及其对果业发展的影响研究. 自然资源学报, 2003, 18(2): 235-239.]
- [12] Chen Xianji. A new approach to the climate division of China. *Acta Meteorologica Sinica*, 1982, 40(1): 35-47. [陈咸吉. 中国气候区划新探. 气象学报, 1982, 40(1): 35-47.]
- [13] Physical Geography in China Editorial Board of Chinese Academy of Sciences. *Physical Geography in China: Climatology*. Beijing: Science Press, 1985: 1-161. [中国科学院《中国自然地理》编辑委员会. 中国自然地理: 气候. 北京: 科学出版社, 1985: 1-161.]

Variation of Air Temperature and Thermal Resources in the Northern and Southern Regions of the Qinling Mountains from 1951 to 2009

ZHOU Qi¹, BIAN Juanjuan^{2,3}, ZHENG Jingyun²

(1. Shaanxi Key Laboratory of Disaster Monitoring and Mechanism Modeling,

Baoji University of Arts and Sciences 721013, Shaanxi, China;

2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

3. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: On the basis of daily air temperature data from 47 meteorological stations in the northern and southern regions of the Qinling Mountains (QLM) from 1951 to 2009, the variations of several criteria for temperature zones were analyzed including the mean annual temperature, the number of days with steady temperature above 10 °C and its accumulated temperature, the minimum temperature, mean temperatures during the coldest and hottest seasons. Our results show that climate warming in both northern and southern QLM was mainly observed after the 1990s, and the trends of mean annual temperature were consistent with the number of days with steady temperature above 10 °C and the accumulated temperature. Although these three indices showed a slight decline from 1951 to 1993 and a rapid increase since 1993, some seasonal and regional differences do exist. The average temperature of cold seasons of January exhibited the same changing trends with the minimum temperature, since they both slightly increased from 1951 to 1985 and declined since 1985. Meanwhile, the average temperature of hot seasons of July showed no significant trends. In addition, the increment of some indices showed differences among the northern areas to the QLM, southern slope of QLM, Hanshui River Basin and valleys in Daba and Wushan mountains. Compared with the period before 1993, the number of days with accumulated temperature steadily above 10 °C increased by 10, 10, 8 and 5 in the above four regions after 1993, accompanied by increments of related accumulated temperature by 278 °C, 251 °C, 235 °C and 207 °C respectively. Although the increment of thermal resources in the northern region of QLM had larger extent than that in the southern region, their variation trends were consistent and more marked in the cold season. Thus, the Qinling Mountains are still a boundary between the warm temperate zone and sub-tropical zone in China under the background of climate warming since the 1990s.

Key words: variation of air temperature; variation of thermal resources; the northern and southern regions of the Qinling Mountains; from 1951 to 2009