

文章编号: 2096-1618(2017)02-0200-08

四川气温和降水量特征分析

陈青青^{1,2}, 汤志亚¹, 杨玲^{1,2}, 宋凡林¹, 卢会国^{1,2}

(1. 成都信息工程大学电子工程学院, 四川 成都 610225; 2. 中国气象局大气探测重点开放实验室, 四川 成都 610225)

摘要:为研究全球气候变暖背景下,四川气温和降水量的区域变化特征,将四川省 11 个地面气象基准站分为川西高原、四川盆地和攀西地区对 30 年气温和降水量资料进行分析,采用一元线性回归模型进行趋势分析并进行 F 显著性检验和 R^2 拟合优度检验,采用滑动 t 检验和 Mann-Kendall 检验进行突变分析,得出各地区年季变化变暖显著,降水量方面川西高原呈上升趋势,四川盆地呈下降趋势,攀西地区无明显特征,季变化较大,夏季最多。各地区气温和降水量月变化明显,降水量主要集中在 6、7、8 月;气温和降水量区域差异明显,均自东向西递减;突变点方面川西高原、四川盆地和攀西地区气温分别在 2002、1996、2004 年,降水量分别在 1987、1989、2005 年。

关键词:大气探测;气象信息处理;气温;降水量;变化特征;突变;四川

中图分类号:P468.0

文献标志码:A

doi:10.16836/j.cnki.jcui.2017.02.014

0 引言

20 世纪以来全球环境发生明显变化,气候变化与人类活动、社会经济发展和自然经济系统都密切相关,因而得到广泛关注,诸多学者在全球或地区尺度上做了研究。IPCC 第四次气候变化评估报告指出,最近 100 年里,全球气温上升了 $0.74\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[1]。1951 年以来,中国气候总体呈变暖趋势,地表平均升高 $1.1\text{ }^{\circ}\text{C}$,略高于全球和北半球平均增值且主要发生在近 20 年,中国的降水量有较强的区域特性,年平均降水量增加的趋势不明显^[2-3]。左洪超等^[4]分析了中国 50 年气温和降水变化,近 25 年平均气温明显上升,华北及东北增温最快。平均降水量没有明显的变化趋势,但存在明显的区域特征。胡豪然等^[5]分析了西南 50 年降水特征,空间上存在东西、南北差异。苑跃等^[6]分析了四川 50 年平均气温,呈总体升高,21 世纪前 10 年升幅明显,冬季大,秋季小。气温和降水量是最主要的气候因子,二者对气候变化起着直接和主导作用。

四川位于青藏高原和中部平原过渡区,地跨青藏高原、横断山脉、云贵高原、秦巴山地、四川盆地等地貌单元,境内高原、山地、平原、河谷、丘陵、河流、湖泊交错,地势西高东低,相对高差达 7000 m 以上,是世界上地形最复杂的区域之一。以龙门山、大凉山一线为界,东部为四川盆地及盆缘山地,西部为川西高山高原及川西南山地^[7-9]。为更好地分析不同地形和海拔对气

温和降水量造成的影响以及不同气候区域气温和降水量特征,分区研究四川近 30 年气温降水量变化特征,对水资源、农业、生态系统的发展,对了解全球变暖环境下四川区域气候变化具有重要意义。

1 资料与方法

资料来源于中国气象数据网,应用 1981–2010 年 30 年四川 11 个地面气象国际交换站气温日平均值和降水量日值数据,站点分布如图 1 所示,空间分布较为均匀。

川西高山高原是青藏高原东南缘和横断山脉的一部分,分为川西北高原和川西山,川西北高原地势由西向东倾斜,川西山西北高、东南低;川西南山地位于青藏高原东部横断山系中段,地貌为中山峡谷,东部是大凉山山地,中部的安宁河谷为四川第二大平原;四川盆地底部被盆缘山地所围绕,盆地底部龙泉山以西为川西平原,以东为盆地丘陵,盆地边缘以中低山地为主,零星分布少量丘陵和平原。复杂多样的地形地貌使得四川境内气候各具特色,川西北呈高山高原高寒气候,海拔差异大,立体变化显著;川西南呈山地亚热带半湿润气候,全年气温较高,干湿季分明,金沙江、雅砻江中下游及安宁河下游谷地受焚风和山谷风局地环流的影响形成干热(暖)河谷气候^[10];东部四川盆地呈亚热带湿润气候,全年温暖湿润,雨量充沛^[11]。

综上所述,根据地貌和气候特征将 11 个站点划分为川西高原(阿坝州、甘孜州)、攀西地区(凉山州、攀枝花市)和四川盆地(其余市)3 个地区进行分别讨

收稿日期:2016-09-17

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41305030);公益性(气象)行业专项资助项目(GYHY201106047)

论^[12],以下简称川西、攀西和盆地。川西为甘孜、九龙、理塘、松潘、马尔康,攀西为会理、西昌,盆地为万源、温江、宜宾、高坪区,如图 2 所示 3 个地区的划分也能表现海拔梯度。

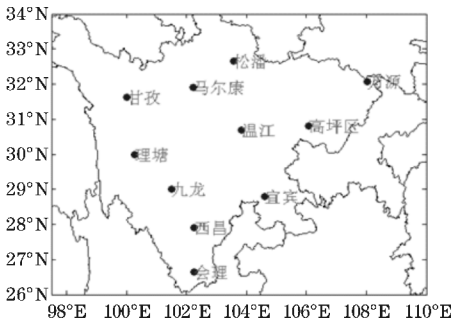


图 1 台站空间分布图

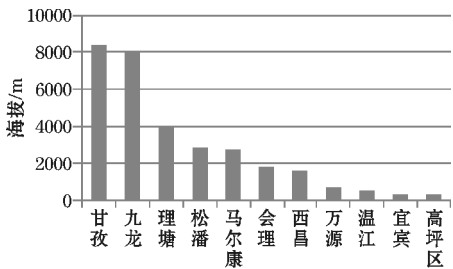


图 2 台站海拔柱状图

降水量以日降水量 $\geq 0.1\text{ mm}$,包括雨、雪、露、霜、雾及冰针等的所有降水形式的数值统计,四季划分以气象学上的公历 3–5 月为春季,6–8 月为夏季,9–11 月为秋季,12–次年 2 月为冬季^[13]。研究内容包括年、季、月平均气温和平均降水量变化规律和特征,空间分布特征,突变特征等,采用一元线性回归模型进行趋势分析^[14–15]并进行 F 显著性检验^[16]和 R^2 拟合优度检验^[17],利用滑动 t 检验和 Mann-Kendall 检验法来进行突变分析^[18–19]。

2 变化特征分析

2.1 气温变化特征分析

2.1.1 气温年变化特征

图 3 为 3 个区域年平均气温变化趋势及一元线性回归拟合方程 $y=ax+b$ 曲线图,方程系数 a 、 b 和拟合优度 R^2 如表 1 所示。

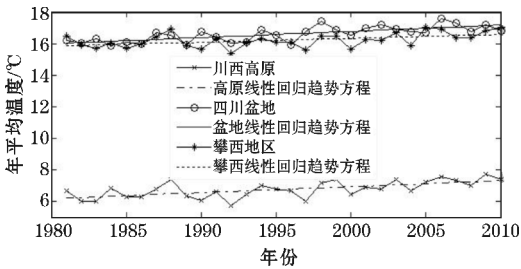


图 3 年平均气温变化趋势图

表 1 拟合系数和拟合优度

地区	a	b	R^2
川西高原	0.039	-61.88	0.519
四川盆地	0.038	-68.86	0.398
攀西地区	0.025	-33.27	0.23

3 个地区气温皆呈缓慢上升趋势且通过 R^2 拟合优度检验,通过 F 显著性检验表明上升趋势显著。由于受站点海拔高度和地理环境的影响,年平均气温总体呈盆地>攀西>川西,盆地和攀西远高于川西,累年平均气温分别为:16.6℃、16.2℃、6.78℃。盆地和攀西虽然海拔悬殊,但温差不大,主要是由于河谷地区地势低,冬季南下冷空气被阻挡,夏季热量不易散失,导致气温偏高接近盆地。

气温或降水量的气候趋势可用一元线性方程进行拟合,方程斜率的 10 倍称为气候倾向率,单位为℃/10a或mm/10a,能够反映气候变化趋势及其快慢。表 2 为各站的年季平均气温气候倾向率,均通过 $\alpha = 0.05$ 显著性检验,均大于 0,各站皆呈变暖趋势,季升温最快的是理塘冬季 0.97,最慢的是会理夏季 0.06。各地区气温气候倾向率均值如表 3 所示,可见在春夏秋和全年都是盆地>川西>攀西,只有冬季是川西>盆地>攀西,说明攀西的变暖最慢,其河谷地貌使得变暖趋势得以减缓,川西在冬季最敏感变暖最快。变暖速率川西呈冬>秋>春>夏,攀西和盆地呈春>冬>秋>夏,各地皆是夏季变暖最慢。

表 2 年季平均气温气候倾向率

站点 年季	川西高原					攀西地区		四川盆地			
	甘孜	九龙	理塘	松潘	马尔康	会理	西昌	万源	温江	宜宾	高坪区
春	0.38	0.32	0.45	0.45	0.22	0.28	0.38	0.41	0.67	0.52	0.41
夏	0.34	0.1	0.3	0.46	0.25	0.06	0.09	0.31	0.35	0.37	0.35
秋	0.27	0.35	0.55	0.46	0.3	0.25	0.32	0.39	0.46	0.51	0.48
冬	0.44	0.42	0.97	0.62	0.29	0.2	0.38	0.36	0.45	0.38	0.28
全年	0.34	0.28	0.55	0.48	0.25	0.21	0.29	0.34	0.46	0.42	0.35

表3 年季平均气温气候倾向率各地区均值

地区 年季	川西高原	攀西地区	四川盆地
春	0.364	0.33	0.5025
夏	0.29	0.075	0.345
秋	0.386	0.285	0.46
冬	0.548	0.29	0.37
全年	0.38	0.25	0.41

2.1.2 气温季变化特征

图4 为3个地区的季平均气温年际变化趋势图。

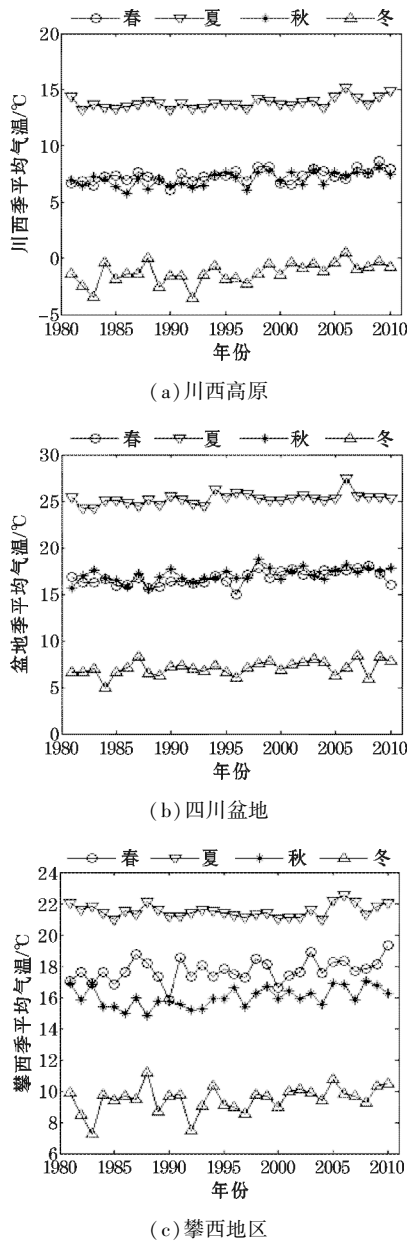


图4 季平均气温年际变化趋势图

如图4所示川西气温总体呈上升趋势。春季最低值出现在1990年6.03℃,最高值2009年8.63℃,二者相差2.6℃;夏季有一个较为明显的峰值2005年

15.18℃,峰值附近气温波动较大;秋季在1986年出现最低值5.79℃;冬季平均气温较其他季节低,在1995年之前波动较为剧烈,在此期间,气温先升高后下降再升高再下降,出现两个波谷,分别为1983年-3.46℃和1992年-3.57℃。

盆地气温总体呈上升趋势。春季在1996年出现极低值14.95℃,1996年之前上升缓慢,之后增温加快;夏季最高值在2006年27.39℃,明显高于邻值,最低值在1982年24.2℃;秋季呈稳定上升;冬季气温的波动较其他季节大,出现两个较为明显的波谷和一个较为明显的波峰,波谷为1984年4.98℃,2008年5.84℃,波峰为1987年8.25℃。

攀西各季气温上升趋势平缓。春季气温在15℃~19℃波动,波动幅度较大,1990年出现极小值15.82℃;夏季最大值22.57℃,最小值20.93℃,波动范围不大,夏偏凉;秋季气温明显低于春季,平均低1.73℃;冬季气温在1995年之前波动较为剧烈,冬暖突出。

2.1.3 气温月变化特征

图5为3个地区及全省累年月平均气温分布图,随着月份的增加先增加后减小,最高气温均在7月,夏秋呈盆地>攀西>四川省>川西,冬春呈攀西>盆地>四川省>川西,各地区气温的差异大且季节划分明显,与盆地相比攀西冬暖夏凉特征显著,川西各季温度整体低于四川省和其余地区。月平均分布曲线波动幅度越大说明全年该地区气温变化幅度越大,气温变化幅度呈川西>盆地>攀西,说明川西全年气温变化最大,攀西的冬暖夏凉特征使其全年气温变化幅度不大。盆地因北有高大秦岭、大巴山阻挡,受冬季风影响小,冬季较温暖。

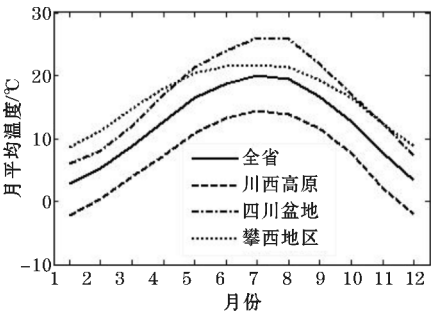


图5 月平均气温趋势图

2.1.4 气温空间分布特征

图6为气温空间分布图,黑点表示站点位置,数值表示气温,单位℃,颜色越暖,气温越高,从图可以看出,气温总体由东到西递减,这是由于自西向东站点海拔逐渐升高,人类活动影响逐渐减小及地形环境影响导致;攀西和盆地较接近,是由于攀西受干热河谷地貌影响,气温偏暖。

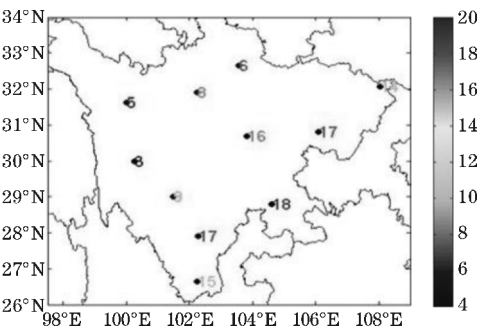


图6 平均气温空间分布图

2.2 降水量变化特征分析

2.2.1 降水量年变化特征

图7为3个区域降水量年际变化趋势及一元线性回归拟合方程曲线图,如图所示盆地降水量为下降趋势,攀西为缓慢上升的趋势,川西呈上升趋势,最大值出现在1998年,通过 F 显著性检验表明拟合效果并不显著。年均降水量攀西>盆地>川西,分别为1093 mm、1039.2 mm、764.4 mm,攀西最大,川西最小。

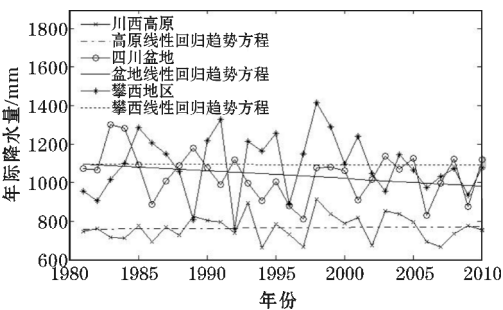


图7 降水量年际变化趋势图

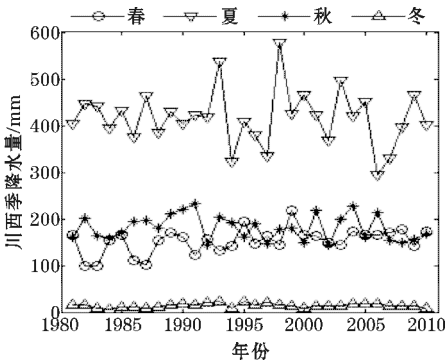
表4为各站年季降水量气候倾向率,年气候倾向率大于0的占36.3%,均在川西,其余气候倾向率均小于0。春季气候倾向率大于0的占81.8%,说明大多数站点春季降水量有上升的趋势,夏秋冬气候倾向率小于0的分别占81.8%,72.7%,54.5%,夏秋两季站点多下降趋势。川西春季呈上升趋势秋季呈下降趋势;攀西春秋上升,夏冬呈下降,全年呈下降趋势;盆地夏季下降,全年呈下降趋势。全年增加最快的是理塘,减少最快的是宜宾。

2.2.2 降水量季变化特征

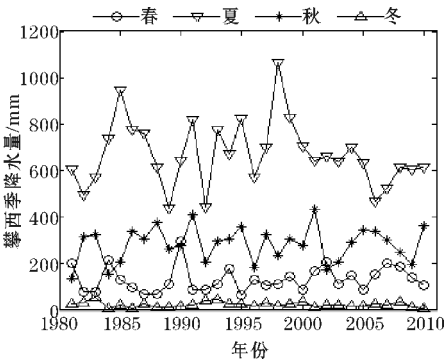
图8为3个地区的季降水量年际变化趋势图。

表4 年季降水量气候倾向率

站点 年季	川西高原					攀西地区		四川盆地			
	甘孜	九龙	理塘	松潘	马尔康	会理	西昌	万源	温江	宜宾	高坪区
春	4.59	9.72	12	21.6	16.7	9.18	7.42	11.4	-6.3	-20.4	3.97
夏	-15.6	7.23	18.5	-18.8	-20.9	-32.8	-3.45	-20	-6.9	-64.4	-6.25
秋	-2.6	-10.6	-3.25	-1	-5.82	2.6	17.5	-26	-5.76	1.84	-11.4
冬	0.17	0.22	-0.57	1.66	1.48	-1.22	-3.25	3.42	-2.29	-4.92	-4.09
全年	-13.4	6.75	34.6	3.71	8.57	-22.3	-18.3	-31.1	-21.3	-87.8	-17.8

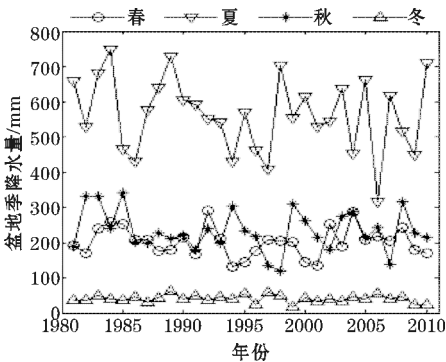


(a) 川西高原



(c) 攀西地区

图8 季降水量年际变化趋势图



(b) 四川盆地

川西春季降水量在100~200 mm,在图中可以看出较为明显的上升趋势;夏季的波动幅度较大,一般在400 mm左右,极小值为2006年294.68 mm,极大值为1998年576.5 mm;秋季降水量在150~240 mm;冬季在9~23 mm。夏季最多,冬季最少,春秋大致相当,各季线性趋势方程都没通过显著性检验,线性拟合效果不显著。

盆地春季降水量在130~290 mm,变化趋势大致

表现为先下后上,多数年份春季降水量在200 mm左右,1994 年出现极小值132 mm,1992 年出现极大值290.95 mm;夏季范围在400~750 mm,波动幅度较为剧烈,极小值2006 年316 mm,极大值1984 年746.7 mm,夏季降水量总体呈明显下降趋势;秋季范围在180~340 mm,但1997 年、1998 年和2007 年秋季降水量远低于近30 年秋季降水量均值,为136.35 mm、118.05 mm和136.7 mm;冬季降水量的波动幅度很小,在15~65 mm波动。各季线性回归方程皆未通过显著性检验。

攀西春季降水量在70~200 mm,但极小值是1995 年57.25 mm,极大值明显的为1990 年293.4 mm,整体表现为上升的趋势;夏季降水量整体呈下降趋势,波动较为剧烈,有两个较为明显的波峰,分别是1985 年943.1 mm和1998 年1065.7 mm,最小值是1989 年433.45 mm;秋季降水量在130~430 mm,总体呈上升的趋势,年际变化走势均匀不多变;冬季降水量的波动幅度很小,在3~44 mm。攀西地区降水量四季分明,春秋不相当,秋季近春季的两倍,降水量夏>秋>春>冬。

2.2.3 降水量月变化特征

图9 是3 个地区月平均降水量分布图,可见降水量均集中在6-9 月,随月份增加先增后减,盆地、攀西最多降水量出现在7 月,分别达224.5 mm,251.1 mm,川西最多出现在6 月146.24 mm。6-10 月,攀西>盆地>四川省>高原,1-5 月和11-12 月盆地降水量最多,1-5 月攀西降水量最少,说明降水量变化趋势最剧烈的是攀西,其次是盆地和川西。各个地区月降水量均呈 $a>0$ 的二次函数分布。攀西降水丰富,干雨季十分明显,5-10 月为雨季,90 % 的雨量在这个时段降落。

2.2.4 降水量空间分布特征

图10 是各站降水量空间分布,1000 mm 以上的有5 个,分别是万源,高坪区,宜宾,西昌,会理;800~1000 mm 的有2 个:九龙和温江;600~800 mm 的有4 个:甘孜,马尔康,理塘,松潘。降水量总体呈由东向西减少。盆地夏季受高原夏季风和西太平洋副高影响,降水丰富,多秋雨。川西北高山高原高寒气候,年降水量较少。

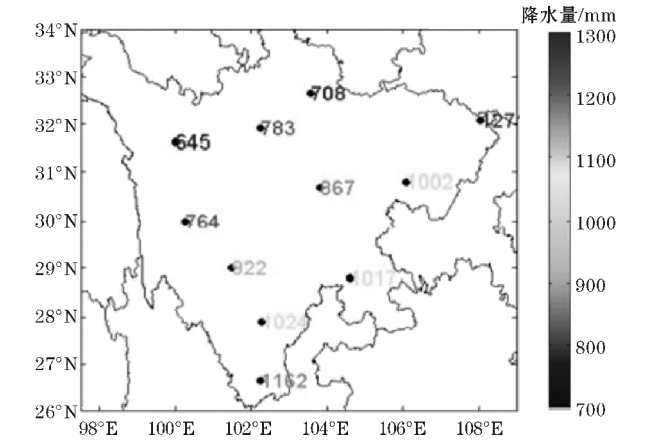


图 10 降水量空间分布图

3 突变分析

3.1 气温突变特征

图11 和图12 分别是3 个地区年平均气温的滑动 t 检验和构造 M-K 序列图。从图11(a) 川西滑动 t 检验可见, $N=5$,2004 年统计量超过 $t_{0.05}=2.306$ 的信度线,所以突变点可能出现在2004 年附近的5 年左右,从图12(a) 可知,1985 年之前 $UF<0$,之后 $UF>0$,且1995~2005 年 UF 在信度线以内,此后 UF 超出信度线之外,说明1985 年后,气温一直处于增暖的状态,且在2005 年以后增暖趋势显著, UF 和 UB 的交点出现在信度线 $U_{0.05}=1.96$ 内的2002 年,综合两种突变检验,突变点应为2002 年。

盆地滑动 t 检验如图11(b) 所示, t 统计量超过0.05 的显著性水平检验($t_{0.05}=2.306$) 出现在1995,1996 前后5 年处,说明在这附近几年,可能出现突变。M-K 检验图12(b) 可见,1987 年之前 $UF<0$,说明在此期间盆地气温有降低的趋势,此后 $UF>0$ 气温回暖且迅速上升,在1999 年气温超过了 $U_{0.05}=1.96$ 信度检验线,上升趋势显著,此后到2003 年 UF 出现大于 $U_{0.001}=2.56$ 的现象,变暖趋势非常显著。曲线 UF 和 UB 的交点在信度线 $U_{0.05}=1.96$ 之内,交点在1999 年,综合滑动 t 检验可解,气温由低到高的突变点位于1996 年。

攀西 M-K 检验图12(c) 可见,在1981-1987 年和1989-1995 年, UF 曲线小于0,1995 年后, $UF>0$,表明气温有上升趋势,曲线 UF 和 UB 有2 个交点,且在信度线 $U_{0.05}=1.96$ 之内,分别为2003,2004 年,综合滑动 t 检验图11(c) 可解,跃变点在2003-2004 年。

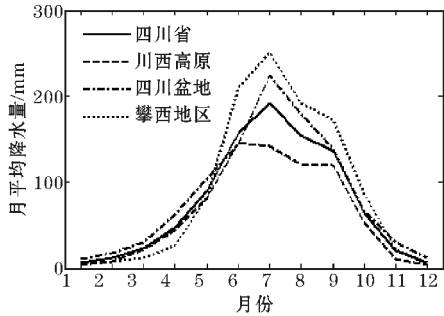


图 9 月平均降水量分布图

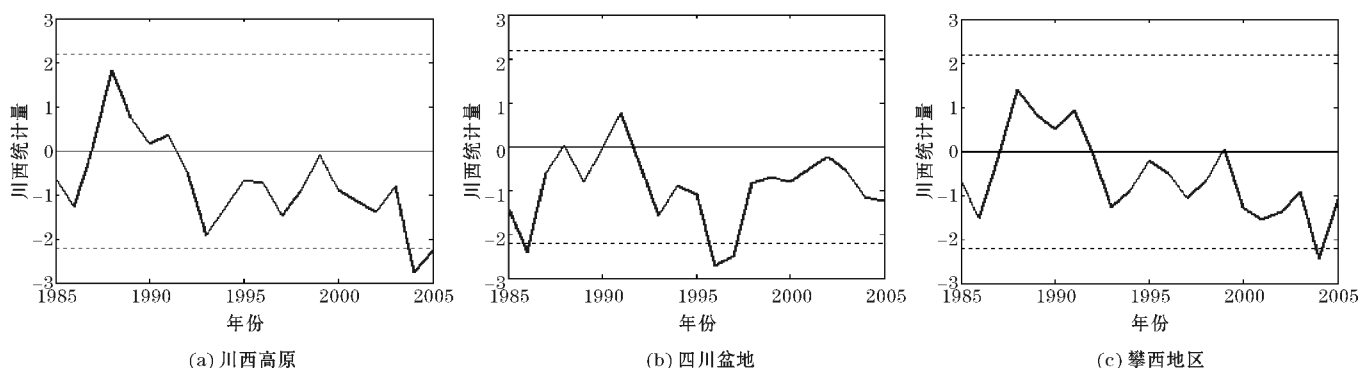


图 11 平均气温滑动 t 检验

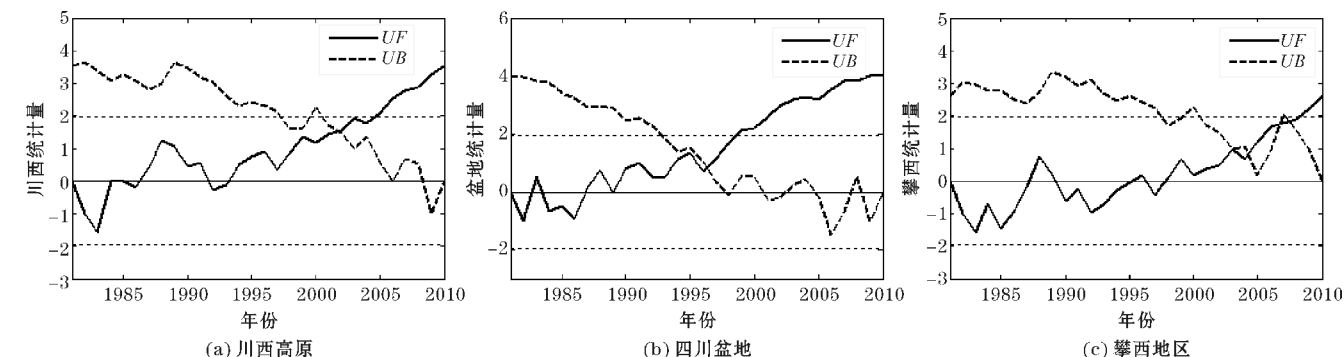


图 12 平均气温 M-K 检验

3.2 降水量突变特征

图 13 和图 14 分别是 3 个地区年降水量的滑动 t 检验和构造 M-K 序列图。从图 13(a)川西滑动 t 检验可见,1986,1988 年的 t 统计量超过 0.05 的显著性水平检验,因此突变点可能出现在 1986 或 1988 年附近的 5 年之内,由图 14(a)可见,1982-1988 年 $UF < 0$,说明降水量在这几年有下降趋势,但在这几年出现 4 个交点,说明期间降水量变化趋势并不明显,1988 年以后 $UF > 0$,降水量有上升的趋势,由此可以判定 1988 年应是降水量有少到多的一个突变点。

从图 13(b)盆地滑动 t 检验可见,在 1992 年附近超出了 $t_{0.05} = 1.96$ 的显著性水平检验,同样在 20 世纪 90 年代以前,图 14(b) M-K 检验中的降水量 UF 和 UB 在信度线 $U_{0.05} = 1.96$ 内出现 2 次交点,说明降水量变化并不显著,从 UF 曲线走势可知, UF 一直处于下降

趋势,甚至在 1996-1999 年,曲线超出置信区间,在这个时间段内,降水量趋势变化显著。此处下降趋势也与前面的盆地年际降水量变化吻合,尤其是在降水量趋势变化显著的时间段内,前面的降水量年际变化是剧烈的且下降幅度较大。通过交点分析再加上滑动 t 检验的结果,可以得出跃变点应是 1989 年,此后出现较为明显的下降趋势。

从图 13(c)可见,攀西 2001 年的 t 统计量超过 0.05 的显著性水平检验,因此突变点可能出现 2001 年前后 5 年之内。图 14(c)中,曲线 UF 和 UB 有 2 次交叉,且 2 个交点时间间隔较远,第一次交叉出现在 1982 年,到 1985 年有着较短但很急剧的上升趋势,其后基本变化趋势较为反复但其变化幅度不大,说明该段时间的降水量变化趋势不明显,第二次交叉点出现在 2005 年,此后 UF 统计值有明显的下降趋势,综上所述突变点应是 2005 年。

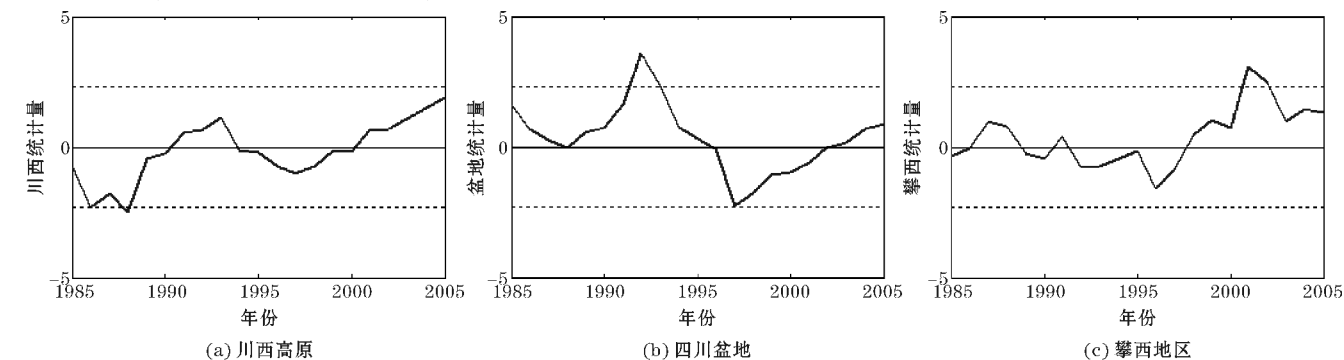


图 13 年降水量滑动 t 检验

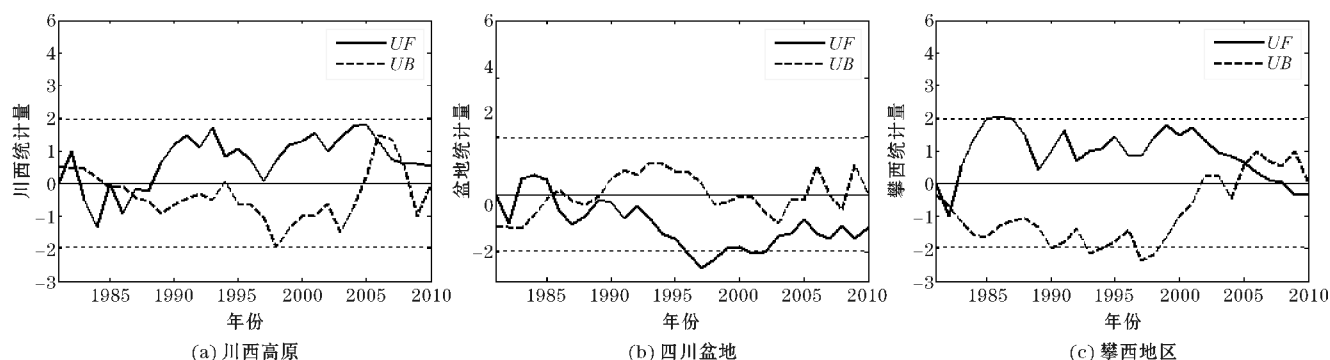


图14 年降水量 M-K 检验

4 结论与讨论

通过对四川省3大地区1981–2010年气温和降水量变化特征的分析研究,得到以下结论:

在全球变暖大环境下,川西、盆地和攀西气温均呈显著上升趋势;降水量川西有上升趋势,盆地有明显下降趋势,攀西基本保持不变。

各站年季平均气温气候倾向率均大于0,说明四川整体呈增暖趋势,增暖趋势理塘最强,会理最弱;降水量的年气候倾向率大于0的地区主要在川西,仅甘孜小于0,全年增速最快的是理塘,减速最快的是宜宾。

气温和降水量变化特征不同。(1)川西在气温方面,各季均呈上升趋势,冬季增温对气候变暖贡献最大;在降水量方面,夏秋两季表现为下降趋势,冬春两季为上升趋势,夏季较短但气候凉爽,全年降水量主要集中在夏季。(2)盆地季节分明,夏季高温多雨,冬季温和少雨。气温各季均呈上升趋势,春季增温对气候变暖贡献最大;在降水量方面,各季均为下降趋势,最为明显的是夏季。(3)攀西气温年际变化和季节变化均呈上升趋势,冬季增温对气候变暖贡献最大,春季第二,秋季次之,夏季最小;夏冬两季的降水量表现为下降趋势,春秋两季的降水量表现为上升趋势。

由于复杂的地形地貌,四川气温和降水量存在地域差异。气温随海拔升高而逐渐降低,攀西干热河谷气候使其气温偏高,盆地和攀西远高于川西,降水量攀西>盆地>川西,在空间上气温和降水量由东向西递减。

通过序列突变检验发现,突变点川西气温为2002年,降水量在1987年,盆地气温为1996年,降水量为1989年,攀西气温为2004年,降水量为2005年。

致谢:感谢成都信息工程大学科研基金资助(CRF201602)对本文的资助

参考文献:

- [1] IPCC. Climate change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group 1 to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [R]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [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] Wang S, Gong D. Enhancement of the warming trend in China[J]. Geophysical Research Letters, 2000(27): 2581–2584.
- [4] 左洪超, 吕世华, 胡隐樵. 中国近50年气温及降水量的变化趋势分析[J]. 高原气象, 2004, 23(2): 238–244.
- [5] 胡豪然, 梁玲. 近50年西南地区降水的气候特征及区划[J]. 西南大学学报, 2015, 37(7): 1–10.
- [6] 苑跃, 赵晓莉, 陈中钰, 等. 四川省50年平均气温变化特征分析[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(4): 2251–2254.
- [7] 钟章成, 秦万成, 徐茂其. 四川植被地理历史演变的探讨[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 1979, (1).
- [8] 邵远坤, 沈桐立, 游泳, 等. 四川盆地近40年来的降水特征分析[J]. 西南农业大学学报: 自然科学版, 2005, 27(6): 749–752.
- [9] 潘建华. 四川盆地气温的时空分布变化分析[J]. 四川气象, 2006, 26(2): 19–21.
- [10] 熊志强, 张顺谦, 邓彪. 合理开发四川攀西优势气候资源发展特色农业[J]. 西南农业学报, 2003, 16(2): 107–110.
- [11] 钟章成. 四川主要森林植被地理学[J]. 西南师

- 范大学学报:自然科学版,1982,(2).
- [12] 耿蔚. 四川地区可利用降水分析[J]. 高原山地气象研究,2013,33(3):83-86.
- [13] 张勇,段修荣. 乐山市近50年气温和降水变化趋势分析[J]. 气象学报,2008,28(3):68-71.
- [14] Zeng W, Yu Z, Wu S, et al. Changes in annual, seasonal and monthly precipitation events and their link with elevation in Sichuan province, China [J]. International Journal of Climatology, 2015,36(5):2303-2322.
- [15] Wang S, Jiao S, Xin H. Spatio-temporal characteristics of temperature and precipitation in Sichuan Province, Southwestern China, 1960 - 2009[J]. Quaternary International,2013,286(5-6):103-115.
- [16] 杨柳嫦,李元辉. 1961-2010年平远县降水气候特征分析[J]. 安徽农业科学,2014,42(9):2681-2682.
- [17] 张雷,肖天贵,燕亚菲,等. 四川巴中地区38年来气候变化特征分析[J]. 成都信息工程大学学报,2010,3(25):293-300.
- [18] Huang J, Sun S, Xue Y, et al. Spatial and Temporal Variability of Precipitation and Dryness/Wetness During 1961 - 2008 in Sichuan Province, West China [J]. Water Resources Management, 2014,28(6):1655-1670.
- [19] 唐凯,王让会,凌良新,等. 近43 a潮州市蒸发变化特征及其影响因素[J]. 南京信息工程大学学报:自然科学版,2014,(2):135-143.

Analysis of Air Temperature and Precipitation in Sichuan

CHEN Qing-qing^{1,2}, TANG Zhi-ya¹, YANG Ling^{1,2}, SONG Fan-lin¹, LU Hui-guo^{1,2}

(1. College of Electronic Engineering, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China; 2. The key Laboratory for Atmospheric Sounding CMA, Chengdu 610225, China)

Abstract: In order to study the regional variation characteristics of air temperature and precipitation in Sichuan Province under the background of global warming, air temperature and precipitation datum of 11 base weather stations of Sichuan Province over 30 years are analyzed in this paper. The stations are divided into three regions: the Western Sichuan Plateau, the Sichuan Basin and the Panxi Region. A linear regression model and F significance test and R^2 fit goodness test are used for trend analysis, sliding t test and Mann-Kendall test are applied for abrupt changes analysis. The results show that the inter-annual and seasonal variation of temperature in all regions have significant warming trend. In terms of precipitation, in the Western Sichuan Plateau, it's expressed as a upward trend in the basin, it's expressed as a downward trend. In the Panxi region, there is no obvious trend. The precipitation is most in summer with large seasonal changes. The differences of temperature and precipitation along with the change of month are quite obvious and the precipitation is mainly concentrated in June, July and August; Regional differences are obvious as well. They both decrease gradually from east to west. Both temperature and precipitation have abrupt points. In the western Sichuan, basin area and Panxi area, the abrupt points of temperature are in 2002, 1996 and 2004, respectively in 1987, 1989 and 2005.

Keywords: atmospheric sounding; meteorological information processing; air temperature; precipitation; variation characteristic; mutations; Sichuan