

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2015.07.022

近 50 年西南地区降水的气候特征及区划^①

胡豪然, 梁 玲

中国气象局 成都高原气象研究所, 成都 610072

摘要: 选用 1961—2012 年西南地区 111 个站点的降水资料, 分析了整年和四季降水的气候变化特征, 结果表明: 降水场的空间特征存在东西、南北向差异, 可划分为川西高原北部、川西高原南部、四川盆地西部、四川盆地东部、渝西南、黔北渝东南、黔东南、滇东黔西、滇西及滇南区. 年降水在川西高原北部呈增加趋势; 四川盆地东部在 2002 年发生由少到多的突变; 黔北渝东南、滇东黔西及滇南在 2002 年发生由多到少的突变; 21 世纪以来, 除四川盆地东部外, 各区降水不同程度偏少, 春季降水在川西高原、滇西及滇南呈增加趋势; 黔北渝东南和黔东南分别在 1977 和 1984 年发生由多到少的突变; 21 世纪以来, 川西高原南部、四川盆地东部及滇南降水偏多, 黔北渝东南降水偏少. 夏季降水在川西高原北部和四川盆地东部呈增加趋势; 四川盆地东部在 1978 年发生由少到多的突变; 黔北渝东南和滇南在 2002 年发生由多到少的突变; 21 世纪以来, 除川西高原北部、四川盆地东部及黔东南外, 各区降水偏少. 秋季降水在黔东南和滇南呈减少趋势; 滇西在 1976 年发生由少到多的突变; 其余各区发生由多到少的突变, 川西高原及滇东黔西发生在 1990s, 四川盆地及黔北渝东南发生在 1980s, 渝西南发生在 1974 年; 21 世纪以来, 除四川盆地东部和滇西外, 各区降水偏少. 冬季降水仅川西高原北部在 1987 和 1998 年发生由少到多和由多到少的突变, 其余各区线性趋势趋近于零; 21 世纪初以来, 黔北渝东南、黔东南和滇东黔西降水偏少.

关键词: 西南地区; 降水; 气候特征; 区划

中图分类号: P467

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2015)07-0146-09

近几十年来, 北半球温度总体呈缓慢上升趋势, 大范围的气候异常事件在世界各地频繁发生, 造成了极其严重的灾害. 随着气候变暖对环境、水资源、粮食的影响愈发突显, 气候变化已成为科学界的研究焦点, 降水变化作为气候变化的重要组成也倍受关注.

西南地区位于青藏高原东南部, 地形地貌复杂多样, 局地因子影响显著, 具有独特的天气气候特征, 是我国水资源最为丰富的地区之一^[1]. 随着全球气候变化研究的深入开展, 前人在该地区降水变化特征、成因及影响等方面取得了一系列的成果^[2-21]. 董谢琼等^[2]利用 1951—1995 年西南地区 76 站点降水资料分析发现, 除冬季外, 春、夏、秋季及年降水均表现为负趋势强于正趋势, 局地差异较大. 刘燕^[3]等采用 RE-OF 方法研究 1951—1999 年西南地区夏季降水发现, 川西、川东和贵州长期变化趋势不明显, 四川盆地和云南显著变干. 马振锋等^[8]选用 1961—2000 年西南地区 139 站资料研究发现, 川西高原、云南中部以北的年降水呈显著增加趋势, 四川盆地、贵州及云南南部呈减少趋势. 刘晓冉等^[9]对近 40 年西南地区年降水进行分区研究发现, 年降水空间变化复杂, 可以划分为 8 个区, 其中川西高原呈增加趋势, 东部除重庆地区外, 大部分地区呈减少趋势. 李永华等^[11]研究发现, 西南地区东部夏季降水存在 15a 左右的主周期及准 2 年的周期变化. 蒋兴文等^[12]研究西南地区冬季气候特征发现, 1980s 以前降水偏少, 1980s 前期偏多、后期

① 收稿日期: 2013-09-06

基金项目: 国家自然科学基金项目(41205068); 科技部公益性行业(气象)科研专项(GYHY201006009); 四川省气象局科学技术研究开发课题(川气课题 2011-开发-03).

作者简介: 胡豪然(1977-), 男, 四川成都人, 博士, 主要从事高原气候变化研究.

偏少, 1990s 以来明显偏多. 谭志强等^[18] 分析发现, 西南地区近 50a 秋季降水呈减少趋势, 2009 年秋季降水异常偏少是热力和动力因素共同作用的结果, 其中热力影响更为显著. 熊光洁等^[19] 应用 1961—2010 年西南地区 103 个测站的降水资料, 对该地区夏季降水进行分区研究后发现, 夏季降水在川东渝北和川西高原明显增加, 四川盆地明显减少, 贵北渝南和贵南桂北呈南北相反的缓慢增加(减少)趋势, 云南呈东西相反的平缓减少(增加)趋势, 突变多发生在 1970s、1990s 和 21 世纪初. 刘晓冉等^[20] 利用第四次 IPCC 评估报告提供的气候系统模式结果, 预估分析了不同情景下西南地区 21 世纪的气候变化, 结果表明西南地区气候总体呈显著变暖、变湿的趋势, 其中降水变化表现出一定的纬向分布特征.

总的说来, 已有工作大多集中在整年和夏季降水方面, 空间范围从局部地区到整个西南、时间尺度从年际到年代际均有涉及, 而对春、秋、冬季降水的时空演变特征及 21 世纪以来降水的变化规律缺乏研究. 针对这些问题, 本文应用 1961—2012 年西南地区测站的降水数据, 在区域划分的基础上, 分析整年和四季降水的时空演变规律, 重点揭示年代际变化特征和 21 世纪以来的变化趋势, 为全面深入认识该地区降水的气候变化事实提供科学依据.

1 资料与方法

资料来源于国家气象信息中心资料室整编的地面测站逐月降水资料集. 以年代长且时间连续为原则, 选取了四川(川)、云南(滇)、贵州(黔)和重庆(渝)4 省市区域范围内共 111 个测站来代表西南地区, 资料时段为 1961/1962—2012/2013 共 52a. 按照气候四季划分原则, 累加当年 3 月—5 月获得春季数据, 累加当年 6 月—8 月获得夏季数据, 累加当年 9 月—11 月获得秋季数据, 累加当年 12 月—次年 2 月获得冬季数据.

EOF 方法用于对西南地区降水场进行空间分型, 滑动 t 检验、多项式拟合、线性趋势估计方法用于揭示时间变化特征. EOF 是在 EOF 基础上进行处理, 使原要素场的信息特征集中映射到荷载场所表示的优势空间型上, 简化原特征向量结构, 使其反映的气候特征更明显且更具代表性, 从而更容易识别空间型^[22—24]; 滑动 t 检验、多项式拟合、线性趋势估计是应用于时间序列分析方面的常规方法, 能清楚揭示变化趋势及年代际变化特征^[24].

2 空间分型

根据已有研究^[3, 8—9, 19], 受大气环流系统和局地地形的共同作用, 西南地区降水的空间分布特征较为复杂, 对降水场进行区域划分, 进而研究其时间变化规律是十分必要的. 为此, 本文分别对近 50a 西南地区整年和不同季节的降水量场进行了 EOF 处理, 通过比较后发现, 由年降水处理得到的空间分型更为全面细致, 而春季、夏季、秋季与之基本一致, 冬季略有差异. 根据年降水场的计算结果, 以主要模态中的高荷载区(荷载向量绝对值 ≥ 0.5) 基本覆盖西南地区为原则, 选取了 EOF 前 10 个模态进行分析, 各模态在旋转前后对总方差的贡献率见表 1.

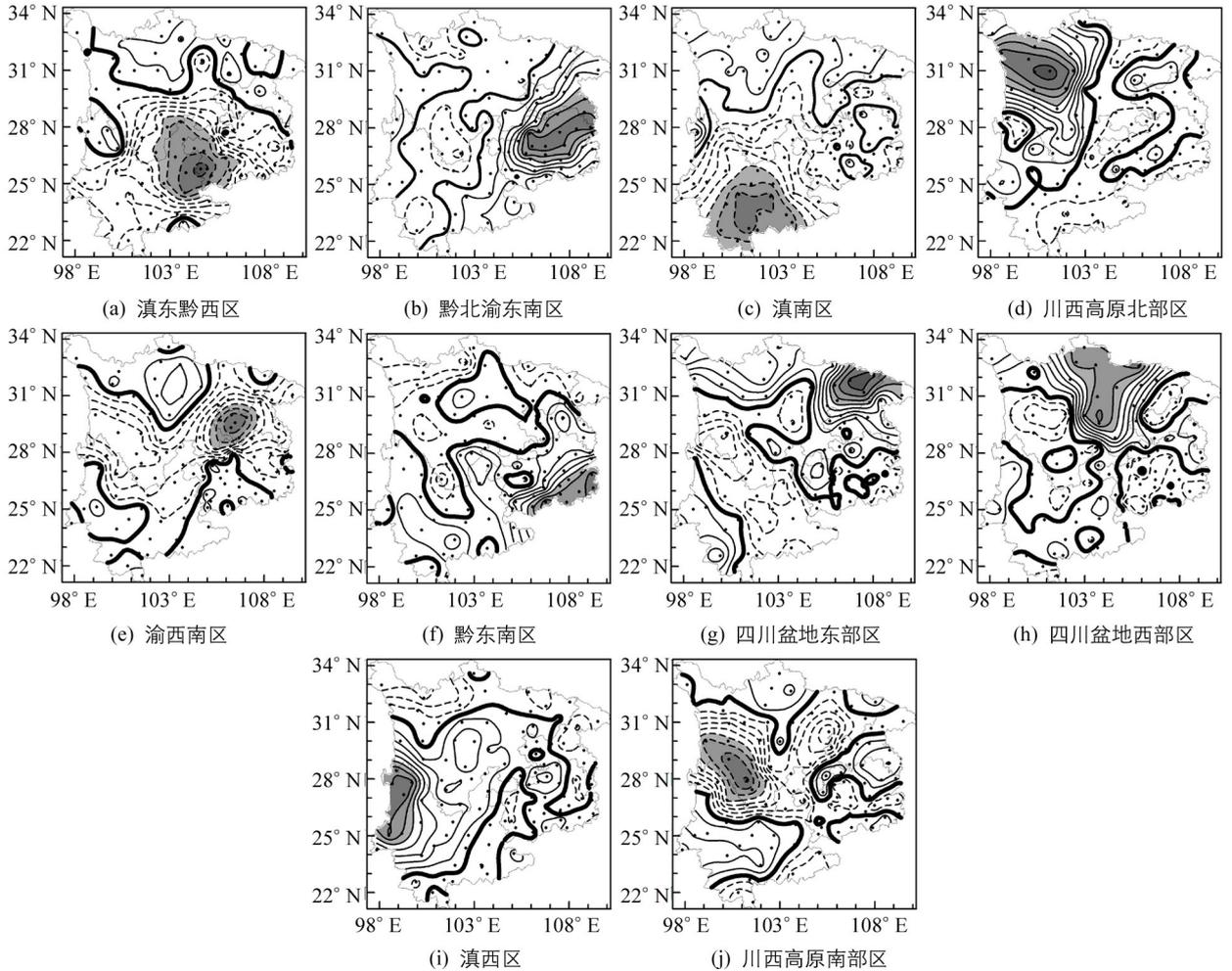
表 1 EOF 和 EOF 前 10 个模态对总方差的贡献率

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	累积贡献率/%
EOF/%	18.2	10.4	9.1	6.1	5.7	4.3	3.5	3.2	3.0	2.6	66.1
REOF/%	10.6	9.8	7.1	5.0	4.8	5.7	7.4	6.9	6.1	2.7	66.1

按照旋转处理后方差贡献由大到小的顺序, 图 1a—j 给出了年降水量场异常空间分布的前 10 个模态. 需要指出的是, 由于使用了站点数目更多、时间尺度更长的观测资料, 分型结果比以往研究^[3, 9, 19] 更为细致: 川西高原划分为南、北两部分, 南部具有典型干热河谷气候特征, 北部则以寒温带气候为主, 体现出局地地理因素对川西地区降水的影响; 重庆划分为西南、东南和北部, 反映出该地区降水受大气环流系统和局地地形影响而存在的南北、东西向差异^[6, 14].

由于西南地区降水的复杂性, REOF 收敛速度较慢, 10 个分区所对应的模态累积解释方差为 66.1%, 充分反映出该地区降水存在东西、南北向的变化差异^[3, 9, 19]. 为了便于对比分析并加以描述, 这里把 10 个

区域顺序调整为: 1 是川西高原北部区, 以德格、甘孜、道孚、新龙为中心; 2 是川西高原南部区, 以巴塘、稻城、木里、盐源为中心; 3 是四川盆地西部区(包括川西高原东北部), 以若尔盖、红原、广元、都江堰、乐山为中心; 4 是四川盆地东部区, 以万源、巴中、达川为中心; 5 是渝西南区, 以合川、重庆、江津、长寿为中心; 6 是黔北渝东南区, 以松桃、遵义、息烽、湄潭、思南、黔西为中心; 7 是黔东南区, 以黎平、天柱、罗甸为中心; 8 是滇东黔西区, 以沾益、普安、盘县、泸西、兴义为中心; 9 是滇西区, 以德钦、贡山、中甸、维西为中心; 10 是滇南区, 以景东、玉溪、思茅、蒙自为中心。



阴影表示荷载向量绝对值 ≥ 0.5 的高值区。

图 1 西南地区年降水 REOF 的前 10 个主要模式

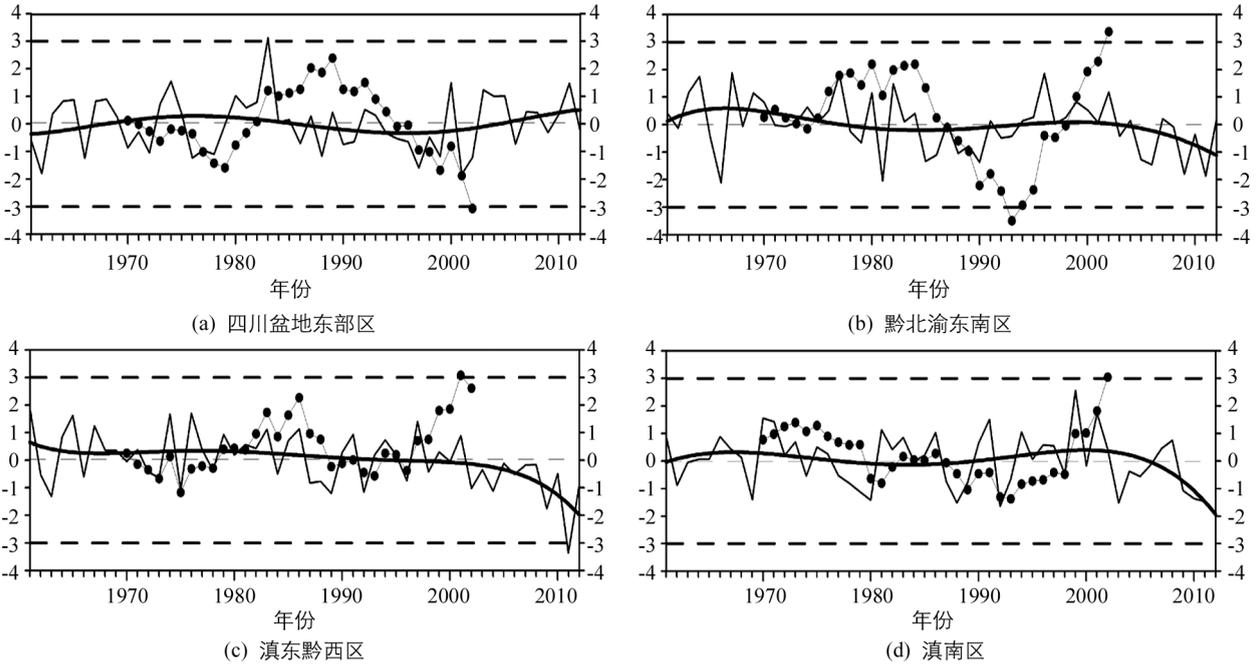
3 时间变化特征

根据 REOF 方法的原理^[22-24], 各模式高荷载区站点能较好代表对应区域的气候特征, 本节分析就针对各区代表站, 应用多项式拟合、线性趋势估计及滑动 t 检验方法研究降水的时间变化规律。需要指出的是, 限于篇幅, 文中仅给出西南各区整年及各季降水具有显著气候突变特征的对应图示。

3.1 年降水

图 2a-d 分别是近 50a 西南各区年降水具有显著气候突变特征的分析结果。如图所示, 四川盆地东部区年降水表现出“少—多”的年代际变化特征, 在 2002 年附近发生了由少到多的突变, 达到 99% 的置信水平; 20 世纪 80 年代中到 21 世纪初, 降水多为负距平, 处于偏少期; 21 世纪初以来, 多为正距平, 处于偏多期。黔北渝东南区年降水表现出“多—少—多—少”的年代际变化特征, 分别在 1993 和 2001 年附近发生了由少到多和由多到少的突变, 均达到 99% 的置信水平; 20 世纪 80 年代初之前, 降水多为正距平, 处于偏多期; 80 年代中到 90 年代初, 多为负距平, 处于偏少期; 90 年代中到 21 世纪初, 均为正距平, 处于偏多

期;此后,多为负距平,处于偏少期.滇东黔西区年降水表现出“多—少”的年代际变化特征,在 2001 年附近发生了由多到少的突变,达到 99% 的置信水平;21 世纪初之前,尤其是 20 世纪 60 年代中到 80 年代中,降水多为正距平,处于偏多期;此后,均为负距平,处于偏少期.滇南区年降水表现出“多—少”的年代际变化特征,在 2002 年附近发生了由多到少的突变,达到 99% 的置信水平;20 世纪 90 年代中到 21 世纪初,降水多为正距平,处于偏多期;21 世纪初以来,多为负距平,处于偏少期.



细实线表示时间演变曲线,粗实线表示拟合曲线,点线表示滑动 t 检验结果,粗虚线表示 99% 的信度检验水平.

图 2 西南各区年降水具有显著气候突变特征的分析结果

其余各区年降水均未表现出显著的气候突变特征.川西高原北部区年降水呈增加趋势,年际变率波动较大;20 世纪 70 年代中期之前,降水多为负距平,处于偏少期;21 世纪初以来,多为负距平,处于偏少期.川西高原南部区年降水线性趋势趋近于零;20 世纪 80 年代末到 21 世纪初,降水多为正距平,处于偏多期;21 世纪初以来,降水多为负距平,处于偏少期.四川盆地西部区年降水呈强减少趋势;20 世纪 70 年代初到 80 年代末,降水多为正距平,处于偏多期;此后,尤其是 21 世纪以来,多为负距平,处于偏少期.渝西南区年降水呈弱减少趋势,年际变率波动较大;21 世纪以来,降水多为负距平,处于偏少期.黔东南区年降水呈弱减少趋势;20 世纪 60 年代末到 80 年代初,降水多为正距平,处于偏多期;此后,年际变率波动较大.滇西区年降水线性趋势趋近于零;20 世纪 80 年代中到 21 世纪初,多为正距平,处于偏多期;此后,年际变率波动较大.

3.2 春季降水

图 3a—b 分别是近 50a 西南各区春季降水具有显著气候突变特征的分析结果.如图所示,黔北渝东南区春季降水表现出“多—少”的年代际变化特征,在 1977 年附近发生了由多到少的突变,达到 99% 的置信水平;20 世纪 70 年代末之前,降水多为正距平,处于偏多期;70 年代末到 90 年代末,多为负距平,处于偏少期;21 世纪以来,初期多为正距平,此后多为负距平.黔东南区春季降水表现出“多—少”的年代际变化特征,在 1984 年附近发生了由多到少的突变,达到 99% 的置信水平;20 世纪 70 年代初到 80 年代中,降水多为正距平,处于偏多期;80 年代中到 90 年代末,多为负距平,处于偏少期;21 世纪以来,初期多为正距平,此后多为负距平.

其余各区春季降水均未表现出显著的气候突变特征.川西高原北部和南部区春季降水呈增加趋势;20 世纪 70 年代中期之前,降水多为负距平,处于偏少期;20 世纪末以来,多为正距平,处于偏多期.四川盆地西部区春季降水线性趋势趋近于零.四川盆地东部区春季降水呈弱减少趋势;20 世纪 70 年代中期之前,降水多为正距平,处于偏多期;70 年代中到 21 世纪初,多为负距平,处于偏少期;21 世纪初以来,多为正

距平, 处于偏多期. 渝西南区春季降水线性趋势趋近于零; 20 世纪 60 年代末到 70 年代末, 降水多为正距平, 处于偏多期; 70 年代末到 80 年代末, 多为负距平, 处于偏少期; 21 世纪以来, 初期多为正距平, 此后多为负距平. 滇东黔西区春季降水呈弱减少趋势; 20 世纪 60 年代末到 80 年代末, 降水多为正距平, 处于偏多期; 此后, 多为负距平, 处于偏少期. 滇西区春季降水呈增加趋势; 20 世纪 60 年代, 多为负距平, 处于偏少期. 滇南区春季降水呈增加趋势; 20 世纪 60 年代, 多为负距平, 处于偏少期; 21 世纪初以来, 多为正距平, 处于偏多期.

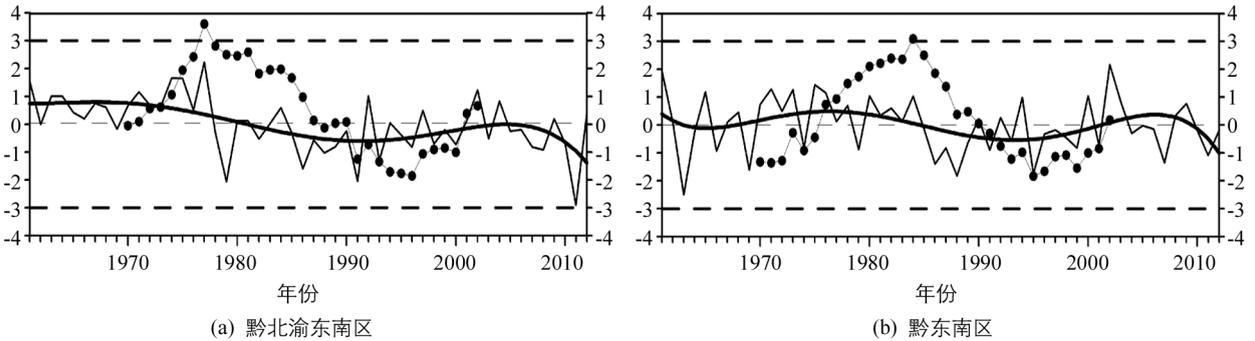


图 3 同图 2, 但为春季

3.3 夏季降水

图 4a—c 分别是近 50a 西南各区夏季降水具有显著气候突变特征的分析结果. 如图所示, 四川盆地东部区夏季降水表现出“少—多”的年代际变化特征, 在 1978 年附近发生了由少到多的突变, 达到 99% 的置信水平; 20 世纪 70 年代末之前, 降水多为负距平, 处于偏少期; 80 年代初以来, 多为正距平, 处于偏多期. 黔北渝东南区夏季降水表现出“多—少”的年代际变化特征, 在 2002 年附近发生了由多到少的突变, 达到 99% 的置信水平; 20 世纪 90 年代初到 21 世纪初, 降水多为正距平, 处于偏多期; 此后, 多为负距平, 处于偏少期. 滇南区夏季降水表现出“多—少”的年代际变化特征, 在 2002 年附近发生了由多到少的突变, 达到 99% 的置信水平; 21 世纪初之前, 尤其是 20 世纪 60 年代, 降水多为正距平, 处于偏多期; 此后, 多为负距平, 处于偏少期.

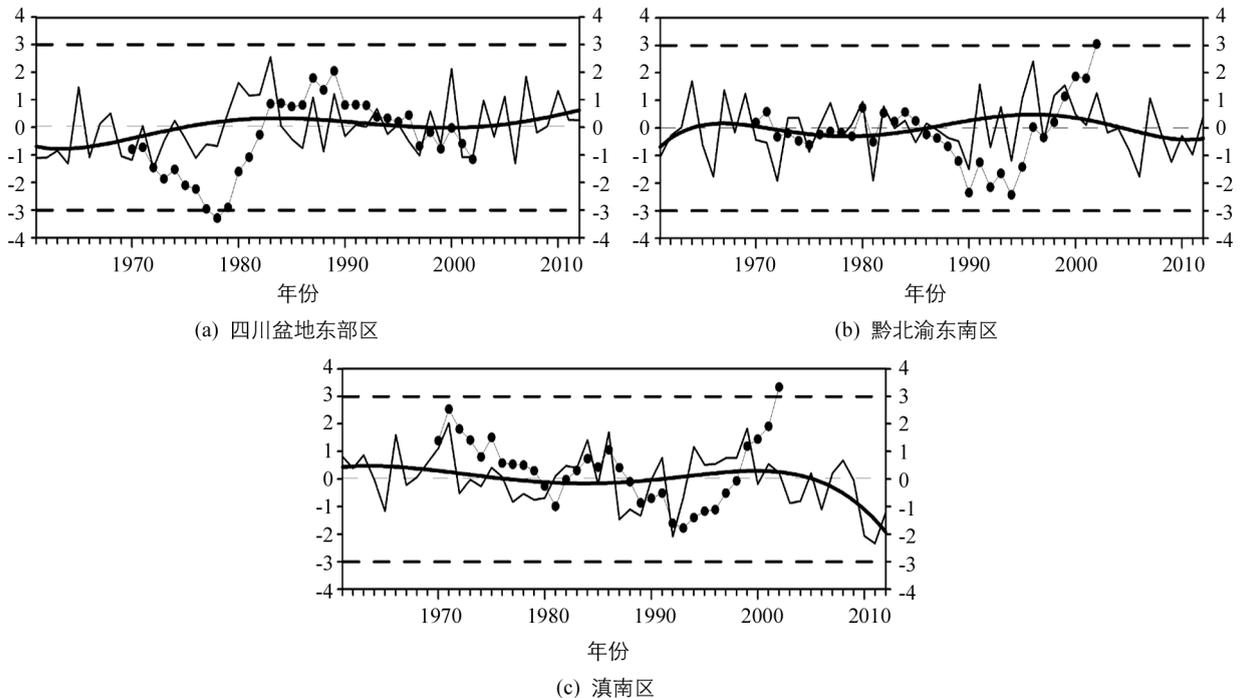


图 4 同图 2, 但为夏季

其余各区夏季降水均未表现出显著的气候突变特征. 川西高原北部区夏季降水呈弱增加趋势, 年际变

率波动较大. 川西高原南部区夏季降水呈弱减少趋势; 20 世纪 60 年代末到 80 年代末, 降水多为负距平, 处于偏少期; 90 年代初到 21 世纪初, 多为正距平, 处于偏多期; 此后, 多为负距平, 处于偏少期. 四川盆地西部区夏季降水呈减少趋势; 20 世纪 70 年代中到 80 年代末, 降水多为正距平, 处于偏多期; 90 年代初以来, 多为负距平, 处于偏少期. 渝西南区夏季降水线性趋势趋近于零. 黔东南区夏季降水线性趋势趋近于零. 滇东黔西区夏季降水呈减少趋势; 20 世纪 60 年代, 降水多为正距平, 处于偏多期; 21 世纪初以来, 多为负距平, 处于偏少期. 滇西区夏季降水呈减少趋势; 20 世纪 70 年代初之前, 多为正距平, 处于偏多期; 70 年代中到 90 年代初, 多为负距平, 处于偏少期; 90 年代中到 21 世纪初, 多为正距平, 处于偏多期; 此后, 多为负距平, 处于偏少期.

3.4 秋季降水

图 5a-h 分别是近 50a 西南各区秋季降水具有显著气候突变特征的分析结果. 如图所示, 川西高原北部区秋季降水表现出“多—少”的年代际变化特征, 在 1996 年附近发生了由多到少的突变, 达到 99% 的置信水平; 20 世纪 80 年代中期到 90 年代中期, 降水多为正距平, 处于偏多期; 90 年代后期以来, 多为负距平, 处于偏少期. 川西高原南部区秋季降水表现出“多—少”的年代际变化特征, 在 1991 年附近发生了由多到少的突变, 达到 99% 的置信水平; 20 世纪 70 年代中期之前, 降水多为负距平, 处于偏少期; 70 年代后期到 90 年代初期, 多为正距平, 处于偏多期; 90 年代初期以来, 多为负距平, 处于偏少期. 四川盆地西部区秋季降水表现出“多—少”的年代际变化特征, 在 1983 年附近发生了由多到少的突变, 达到 99% 的置信水平; 20 世纪 80 年代初期之前, 降水多为正距平, 处于偏多期; 此后, 尤其是 80 年代中期到 90 年代后期, 多为负距平, 处于偏少期. 四川盆地东部区秋季降水表现出“多—少”的年代际变化特征, 在 1987 年附近发生了由多到少的突变, 达到 99% 的置信水平; 20 世纪 80 年代后期之前, 降水多为正距平, 处于偏多期; 此后, 尤其是 80 年代末到 21 世纪初, 多为负距平, 处于偏少期. 渝西南区秋季降水表现出“多—少”的年代际变化特征, 在 1974 年附近发生了由多到少的突变, 达到 99% 的置信水平; 20 世纪 70 年代中期之前, 降水多为正距平, 处于偏多期; 此后, 尤其是 90 年代初以来, 多为负距平, 处于偏少期. 黔北渝东南区秋季降水表现出“多—少”的年代际变化特征, 在 1983 年附近发生了由多到少的突变, 达到 99% 的置信水平; 20 世纪 80 年代初之前, 降水多为正距平, 处于偏多期; 此后, 多为负距平, 处于偏少期. 滇东黔西区秋季降水表现出“多—少”的年代际变化特征, 在 1999 年附近发生了由多到少的突变, 达到 99% 的置信水平; 20 世纪 90 年代后期之前, 降水多为正距平, 处于偏多期; 20 世纪末以来, 多为负距平, 处于偏少期. 滇西区秋季降水表现出“少—多”的年代际变化特征, 在 1976 年附近发生了由少到多的突变, 达到 99% 的置信水平; 20 世纪 70 年代中期之前, 降水多为负距平, 处于偏少期; 70 年代末以来, 多为正距平, 处于偏多期.

其余各区秋季降水均未表现出显著的气候突变特征. 黔东南区秋季降水呈减少趋势; 21 世纪以来, 多为负距平, 处于偏少期. 滇南区秋季降水呈减少趋势; 20 世纪 80 年代初到 21 世纪初, 降水多为正距平, 处于偏多期; 21 世纪初以来, 多为负距平, 处于偏少期.

3.5 冬季降水

图 6 是近 50a 西南各区冬季降水具有显著气候突变特征的分析结果. 如图所示, 川西高原北部区冬季降水表现出“少—多—少”的年代际变化特征, 分别在 1987 和 1998 年附近发生了由少到多和由多到少的突变, 均达到 99% 的置信水平; 20 世纪 80 年代后期之前, 降水多为负距平, 处于偏少期; 80 年代后期到 90 年代后期, 多为正距平, 处于偏多期; 20 世纪末以来, 多为负距平, 处于偏少期.

其余各区冬季降水均未表现出显著的气候突变特征. 川西高原南部和四川盆地西部区冬季降水线性趋势趋近于零. 四川盆地东部区冬季降水呈弱增加趋势; 20 世纪 80 年代后期之前, 降水多为负距平, 处于偏少期; 80 年代末到 21 世纪初, 多为正距平, 处于偏多期. 渝西南区冬季降水线性趋势趋近于零. 黔北渝东南、黔东南和滇东黔西区冬季降水线性趋势趋近于零; 20 世纪 70 年代末之前, 降水多为负距平, 处于偏少期; 80 年代初到 21 世纪初, 多为正距平, 处于偏多期; 此后, 多为负距平, 处于偏少期. 滇西区冬季降水线性趋势趋近于零. 滇南区冬季降水呈弱减少趋势.

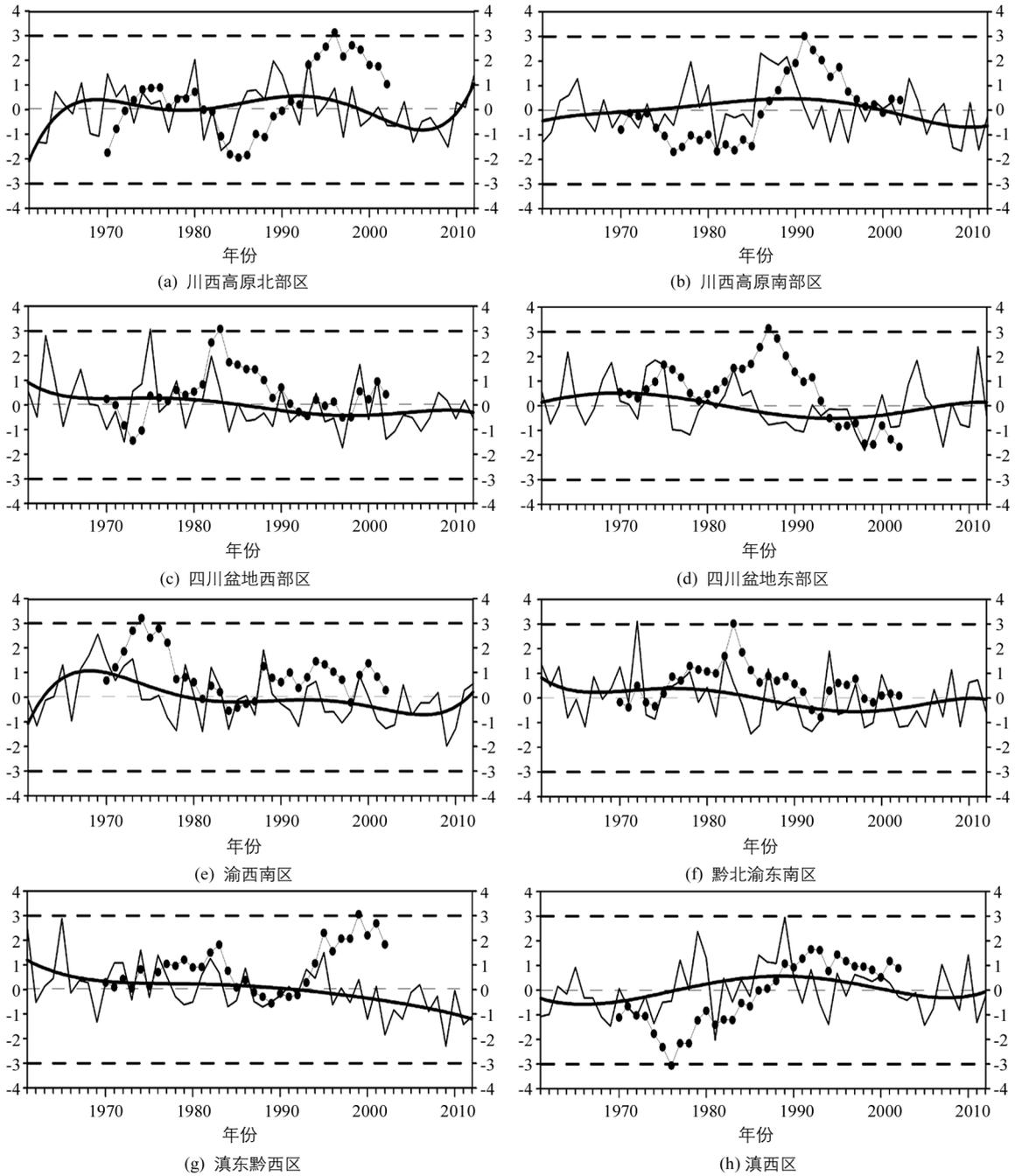


图 5 同图 2, 但为秋季

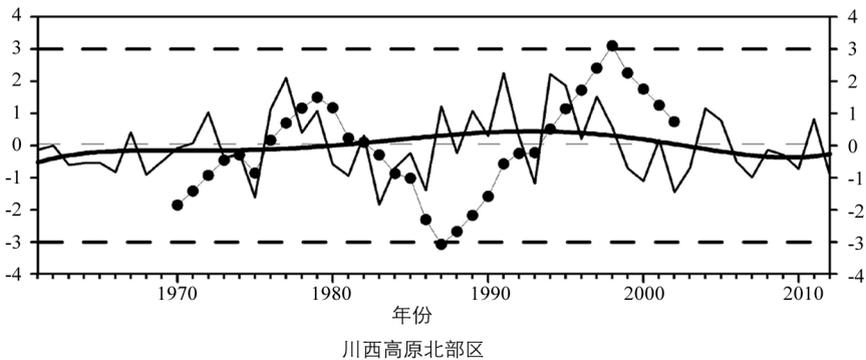


图 6 同图 2, 但为冬季

4 结 论

1) 西南地区降水场的空间分布存在东西、南北向的变化差异,可划分为川西高原北部区、川西高原南部区、四川盆地西部区、四川盆地东部区、渝西南区、黔北渝东南区、黔东南区、滇东黔西区、滇西区及滇南区。

2) 年降水仅在川西高原北部区呈增加趋势;四川盆地东部区在 2002 年附近发生由少到多的突变;黔北渝东南、滇东黔西及滇南区在 2002 年附近发生由多到少的突变;21 世纪以来,除四川盆地东部区外,各区年降水不同程度偏少。

3) 春季降水在川西高原北部、南部、滇西及滇南区呈增加趋势;黔北渝东南和黔东南区分别在 1977 和 1984 年附近发生由多到少的突变;21 世纪以来,川西高原南部、四川盆地东部及滇南区春季降水相对偏多,黔北渝东南区相对偏少。

4) 夏季降水在川西高原北部和四川盆地东部区呈增加趋势;四川盆地东部区在 1978 年附近发生由少到多的突变;黔北渝东南和滇南区在 2002 年附近发生由多到少的突变;21 世纪以来,除川西高原北部、四川盆地东部及黔东南区外,各区夏季降水相对偏少。

5) 秋季降水在黔东南和滇南区呈减少趋势;滇西区在 1976 年附近发生由少到多的突变;其余各区发生由多到少的突变,其中川西高原北部、南部及滇东黔西区发生在 1990s,四川盆地西部、东部及黔北渝东南区发生在 1980s,渝西南区发生在 1974 年附近;21 世纪以来,除四川盆地东部和滇西区外,各区秋季降水相对偏少。

6) 冬季降水仅川西高原北部区分别在 1987 和 1998 年附近发生由少到多和由多到少的突变,其余各区线性趋势趋近于零;21 世纪初以来,黔北渝东南、黔东南和滇东黔西区冬季降水相对偏少。

参考文献:

- [1] 徐裕华. 西南气候 [M]. 北京: 气象出版社, 1991: 1-5.
- [2] 董谢琼, 段 旭. 西南地区降水量的气候特征及变化趋势 [J]. 气象科学, 1998, 18(3): 239-247.
- [3] 刘 燕, 王谦谦, 程正泉, 等. 我国西南地区夏季降水异常的区域特征 [J]. 南京气象学院学报, 2002, 25(1): 105-110.
- [4] 伍红雨, 王谦谦. 近 49 年贵州降水异常的气候特征分析 [J]. 高原气象, 2003, 22(1): 65-70.
- [5] 周 毅, 高阳华, 段相洪. 三峡库区夏季降水基本气候特征 [J]. 西南农业大学学报: 自然科学版, 2005, 27(2): 269-272.
- [6] 刘 毅, 何金海, 王黎娟. 近 40a 重庆地区夏季降水的气候特征 [J]. 气象科学, 2005, 25(5): 490-498.
- [7] 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.
- [8] 马振锋, 彭 骏, 高文良, 等. 近 40 年西南地区的气候变化事实 [J]. 高原气象, 2006, 25(4): 633-642.
- [9] 刘晓冉, 李国平, 范广洲, 等. 我国西南地区 1960~2000 年降水资源变化的时空特征 [J]. 自然资源学报, 2007, 22(5): 783-792.
- [10] 杨 毅, 武 伟, 刘洪斌. 贵阳市近 40 年气候变化趋势分析 [J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2007, 32(2): 82-87.
- [11] 李永华, 徐海明, 白莹莹, 等. 我国西南地区东部夏季降水的时空特征 [J]. 高原气象, 2010, 29(2): 523-530.
- [12] 蒋兴文, 李跃清. 西南地区冬季气候异常的时空变化特征及其影响因子 [J]. 地理学报, 2010, 65(11): 1325-1335.
- [13] 符传博, 吴 润, 丹 利, 等. 近 50 年云南省雨日及降水量的气候变化 [J]. 高原气象, 2010, 30(40): 1027-1033.
- [14] 刘晓冉, 杨 茜, 程炳岩, 等. 近 46 年重庆地区降水资源的变化特征分析 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2010, 32(7): 93-100.
- [15] 周长艳, 岑思弦, 李跃清, 等. 四川省近 50 年降水的变化特征及影响 [J]. 地理学报, 2011, 66(5): 619-630.
- [16] 白莹莹, 张 焱, 高阳华, 等. 四川盆地降水变化的区域差异 [J]. 地理科学, 2011, 31(4): 478-484.
- [17] 罗怀良. 川中丘陵地区近 46 年来气候变化及早涝动态特征 [J]. 四川师范大学学报: 自然科学版, 2011, 34(2): 273-278.
- [18] 谭志强, 余锦华. 西南秋季降水及其影响要素的气候变化特征 [J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2012, 40(2): 141-147.
- [19] 熊光洁, 王式功, 尚可政, 等. 中国西南地区近 50 年夏季降水的气候特征 [J]. 兰州大学学报: 自然科学版, 2012, 48(4): 45-52.
- [20] 刘晓冉, 程炳岩, 杨 茜, 等. 我国西南地区 21 世纪气候变化的情景预估分析 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2012,

34(9): 82–89.

- [21] 李金建, 张 菡, 王锐婷, 等. 基于湿润指数的四川盆地农业干旱时空变化特征 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2014, 36(1): 129–136.
- [22] HOREL J D. A Rotated Principal Component Analysis of the Interannual Variability of the Northern Hemisphere 500mb Height Field [J]. *Monthly Weather Review*, 1981, 109(10): 2080–2092.
- [23] 黄嘉佑. 转动主分量分析在天气气候分析中的应用 [J]. *气象*, 1988, 14(9): 47–51.
- [24] 魏凤英. 现代气候统计诊断预测技术 [M]. 北京: 气象出版社, 1999.

Climatic Characteristics and Regionalization of Rainfall in Southwest China in the Last 50 Years

HU Hao-ran, LIANG Ling

Institute of Plateau Meteorology, CMA, Chengdu 610072, China

Abstract: Using the data set at 111 weather stations in Southwest China (SWC) for the period from 1961 to 2012, we analyzed the climatic characteristics of rainfall. The results indicated that the spatial distributions of rainfall were complex with a south-north and east-west anomaly difference. Based on the REOF method, the rainfall field of SWC was classified into ten subregions: north of Western Sichuan Plateau (nWSP), south of Western Sichuan Plateau (sWSP), west of Sichuan Basin (wSB), east of Sichuan Basin (eSB), southwest of Chongqing (swC), north of Guizhou and southeast of Chongqing (nGseC), southeast of Guizhou (seG), east of Yunnan and west of Guizhou (eYwG), west of Yunnan (wY) and south of Yunnan (sY). Annual rainfall of nWSP showed an increasing trend. A shift from the little stage to the rich stage at eSB and from the rich stage to the little stage at nGseC, eYwG and sY was observed in 2002. Except eSB, the annual rainfall of other subregions was little after the onset of the 21st century. Spring rainfall of WSP, wY and sY showed an increasing trend. A shift from the rich stage to the little stage was observed at nGesC in 1977 and at esG in 1984. After the onset of the 21st century, spring rainfall was rich at sWSP, eSB and sY, and little at nGseC. Summer rainfall of nWSP and eSB showed an increasing trend. A shift from the little stage to the rich stage was observed at eSB in 1978. A shift from the rich stage to the little stage was observed at nGseC and sY in 2002. Except nWSP, eSB and seG, summer rainfall of other subregions was little after the onset of the 21st century. Autumn rainfall of seG and sY showed a reduction trend. A shift from the little stage to the rich stage was observed at wY in 1976, and a shift from the rich stage to the little stage was observed at WSP and eYwG in 1990s, at SB and nGseC in 1980s, and at swC in 1974. Except eSB and wY, autumn rainfall of other subregions was little after the onset of the 21st century. Except nWSP which had obvious characteristics of interdecadal change, winter rainfall of other subregions showed no linear trend. The first shift from the little stage to the rich stage was observed in 1987 and the second shift from the rich stage to the little stage was observed in 1998. Winter rainfall of nGseC, seG and eYwG was little after the earlier stage of the 2010s.

Key words: Southwest China; rainfall; climatic characteristics; regionalization

