

文章编号:1006-7639(2005)-02-0013-06

青藏高原东北侧夏季降水的气候特征分析

王遂缠¹,李栋梁²,王谦谦³

(1. 兰州中心气象台,甘肃 兰州 730020;

2. 中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所,甘肃 兰州 730000;3. 南京气象学院,江苏 南京 210044)

摘 要:利用西北地区均匀分布的 126 个地面测站,采用 REOF 和模糊聚类方法对降水的空间特征进行研究,发现,青藏高原东北侧是西北地区夏季降水最为敏感的自然区,主要雨季为 7~8 月,几乎占全年总降水的一半,该区域少雨年的概率大于多雨年,旱年和多雨年交替出现。6 月降水在近 40 a 里呈上升趋势,7 月降水总体变化不大,8 月呈下降趋势,从降水线性趋势来看,整个夏季降水无明显变化。另外,气温距平和降水距平百分率具有明显的反位相变化关系,近 40 a 来气温呈缓慢升高趋势。

关键词:青藏高原东北侧;降水;气候特征

中图分类号:P467

文献标识码:A

前 言

青藏高原东北侧包括甘肃东部、宁夏及陕西北部的黄土高原区,属半干旱农牧交错区,是一个特殊地带,夏季多强对流性天气,是山洪、滑坡等地质灾害的多发区。李栋梁等^[1]指出,高原东北侧是中国西北月总降水量异常的最敏感性区域,并将其定义为高原东侧型;王宝灵等^[2]对高原东北侧汛期(7~9月)降水与 500 hPa 环流、El Nino 进行了分析;俞亚勋等^[3]对该区域夏季干湿年环流异常进行了对比分析。以上工作对认识处于气候过渡区的高原东北侧区域夏季降水起到了促进作用。

近 40 a 的统计表明,青藏高原东北侧夏季降水占全年降水的 40.5%~74.9%,其夏季降水的多少直接导致该区域全年总降水的多少。同时该地区位于黄河上游区,是黄河上游段主要来水区,研究青藏高原东北侧夏季降水气候特征,有助于加深对黄河上游段水文水资源的了解,也对黄河上游段水文水资源利用和调度提供科学依据。

原有的工作主要集中在对造成青藏高原东北侧降水多少的高层环流场分析,但对其本身降水的气

候规律分析不够。本文的目的是研究青藏高原东北侧这一特殊气候区降水的气候特征,从而为该区域生态建设、水资源利用及其评估提供科学依据。

1 资料和方法

采用模糊聚类、REOF 方法^[4],对西北地区 126 站 1960~1999 年共 40 a 降水的空间异常特征分析,降水资料在分析前进行了标准化处理,其特征向量和旋转载荷向量能较好地反映降水场的空间异常特征。根据上述方法的分析结果,选取了青藏高原东北侧 15 个地面测站,对其夏季逐月降水资料和月平均气温、极端气温进行对比分析,另外,利用最大熵谱和 Morlet 小波、滑动平均^[4]对青藏高原东北侧夏季降水进行周期趋势分析。

2 青藏高原东北侧区的界定及其代表站的选取

为了保证青藏高原东北侧选取的代表站在降水趋势上的一致性,本文用模糊聚类方法对西北地区

收稿时间:2004-12-22;改回日期:2005-03-29

基金项目:国家 973 项目(G2000048705)和中科院寒区旱区环境与工程研究所知识创新工程项目(2004121)资助

作者简介:王遂缠(1975-),男,甘肃省秦安人,工程师,主要从事天气气候诊断研究。Email:wangsc@gsma.gov.cn

均匀分布的 126 个代表站 1960~1999 年夏季共 40 a 降水标准化距平资料进行分析,并和 REOF 的结果进行比较。由图 1a ($\lambda=37$,图中数值相同为一类)可见,与 REOF 分区(图 1b)所得出的青藏高原东北侧中心范围一致,属同一类降水气候区,并且也是西北地区全区最早聚成一类的气候区(数值为 74 的站点)。另外,通过 REOF 发现西北地区夏季降水可划分为 7 个自然降水区:高原东北侧区、南疆盆地区、北疆

区、渭水流域区、高原东南部区、河西走廊区和高原主体区。在较低标准下 ($\lambda=95$,图略),西北地区东部才聚成一类。这也进一步说明西北地区全区降水差异大,存在多个不同的气候分区,同时,青藏高原东北侧区是夏季降水异常一致性较好的区域。另外,其年降水和其它各季降水量的模糊聚类 and REOF 分析也得到了近似的结果(图略)。

由图 1c 可见,对于长度 40 a 的时间序列,所选代表站相关系数均超过 0.50,通过了 0.001 的显著性水平检验。由此可见,所选的代表站降水异常具有较好的一致性,把它作为青藏高原东北侧区域来研究其夏季(6~8 月)降水气候特征是有意义的。

在以上分析基础上,选取了青藏高原东北侧区域中的景泰、兰州、靖远、榆中、临夏、临洮、中宁、盐池、海源、同心、固原、环县、西吉、平凉、合作共 15 个站为高原东北侧代表站。

3 降水的变化特征

3.1 汛期降水变化特征分析

青藏高原东北侧雨季为 5~9 月,各月降水占全年降水百分比均超过 11%(5 月为 11.0%,6 月 12.1%,7 月 21.1%,8 月 22.2%,9 月 14.4%),5~9 月总降水量占全年降水的 80.8%。8 月降水最多,平均降水为 83 mm,然后是 7、9、6、5 月,各月平均降水依次为 79、54、46、41 mm。主要雨季为 7~8 月,几乎占全年总降水的一半。

3.2 夏季降水异常的月际变化特征

为了认识月降水异常的季节分布特征,统计 40 a 来青藏高原东北侧区 15 站各月出现正负异常的频次(表 1),按照业务习惯,将降水距平百分率 $>20\%$ 为正异常一次, $<-20\%$ 为负异常一次。由表中数据可以看出,青藏高原东北侧区 12 月负异常最多、正异常最少,1 月为正异常最多的月份,而 7 月是正、负异常均最少的月份。各月降水偏少的负异常均大于降水偏多的正异常次数,11~2 月的异常次数大于 3~10 月的异常次数,这和青藏高原东北侧区 11~2 月降水量相对较少有关。

由各站降水异常分布图看(图略),出现降水正异常次数最多的站点是平凉,达 165 次,最少的站点是景泰,为 138 次;景泰、中宁站出现负异常次数最多为 267 次,合作最少为 198 次。其总体分布是高纬度地区出现正异常次数较低纬度地区少,而出现负异常次数较低纬度地区多,同时,高寒地区出现正、

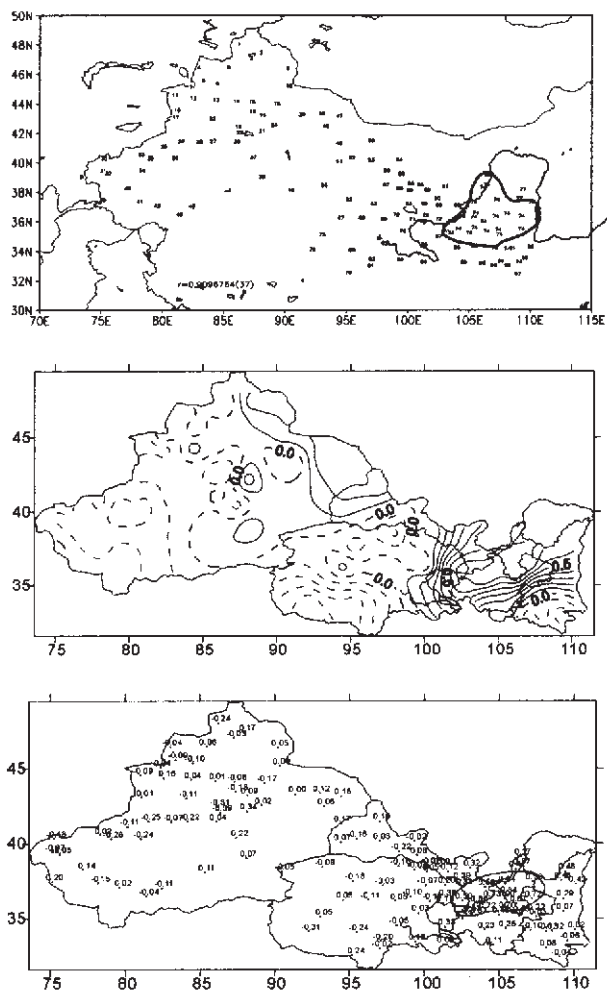


图 1 青藏高原东北侧的选取

a. 西北地区 126 站夏季降水量模糊聚类图 ($\lambda=37$)

b. 西北地区 126 站夏季降水的第 1 个旋转载荷向量

c. 以固原为基准站对西北地区夏季降水做相关分析的结果

Fig.1 The northeastern side of Qinghai-Xizang Plateau definition

a for summer precipitation blur clustering of 126 surface weather stations in Northwest China($\lambda=37$)

b for the first rotated loading vector field of summer precipitation in 126 stations in Northwest China

c for summer precipitation correlation between Guyuan and 126 stations in Northwest China

负异常的次数均最少。

表 1 40 a 来青藏高原东北侧区各月
出现降水正、负异常的频次

Tab.1 Monthly precipitation anomaly frequency in 40 years in
the northeastern side of Qinghai-Xizang Plateau

月份	频次 正)	频次 负)	总次数
1	201	323	524
2	200	330	530
3	189	301	490
4	189	291	480
5	193	256	449
6	177	260	437
7	170	235	405
8	190	257	447
9	199	246	445
10	194	259	453
11	187	338	525
12	160	394	554

从高原东北侧区 15 站夏季各月总降水距平百分率(图略)看出,近 40 a 中,6 月出现 14 次负异常,11 次正异常;7 月有 13 次负异常,9 次正异常;8 月出现 16 次负异常,11 次正异常。出现负异常的次数较正异常多,且出现异常的频次较高,各月均超过 22 次,超过样本长度的 1/2,即出现异常的几率 > 50%。另外,各月中出现旱(降水距平百分率 < -40%)、涝(降水距平百分率 > 40%)年的次数基本相等,6 月分别出现了 6 个旱、涝年,7 月有 6 个旱年和 5 个涝年,8 月出现了 9 个涝年和 8 个旱年。

3.3 夏季逐月降水气候特征及其与气温的对比分析

图 2 给出青藏高原东北侧 6、7、8 月降水距平百分率、气温距平及其线性变化趋势图。可见,青藏高原东北侧 6 月降水在近 40 a 里呈上升趋势,尤其是在 20 世纪 80 年代初开始降水明显增多,与王宝灵的研究结论一致^[5];7 月降水总体变化不大,20 世纪 90 年代降水明显偏多;8 月略呈下降趋势,且 90 年代中后期降水减少明显。另外,气温距平和降水距平百分率具有明显的反位相变化关系,降水偏多则气温偏低,反之亦然,同时,青藏高原东北侧区域 6~8 月的气温在近 40 a 来呈缓慢升高趋势。

利用最大熵谱和 Morlet 小波对青藏高原东北侧各月降水序列进行周期分析(图略)。青藏高原东北侧区 6 月降水具有明显的 7 a 左右周期振荡,且

7 a 左右周期在近 40 a 里一直存在,另外,在 20 世纪 90 年代还存在 3 a 左右的周期,且表现明显。7 月,存在 16 a 周期的年代际变化,振荡模态的周期表现稳定,近 40 a 里始终存在,且周期几乎不变。8 月,存在 12 a 和 9 a 周期,在 20 世纪 70 和 80 年代,12 a 周期占优势,另外,60 年代至 70 年代末的近 20 a 中,存在明显的准 3 a 周期振荡。

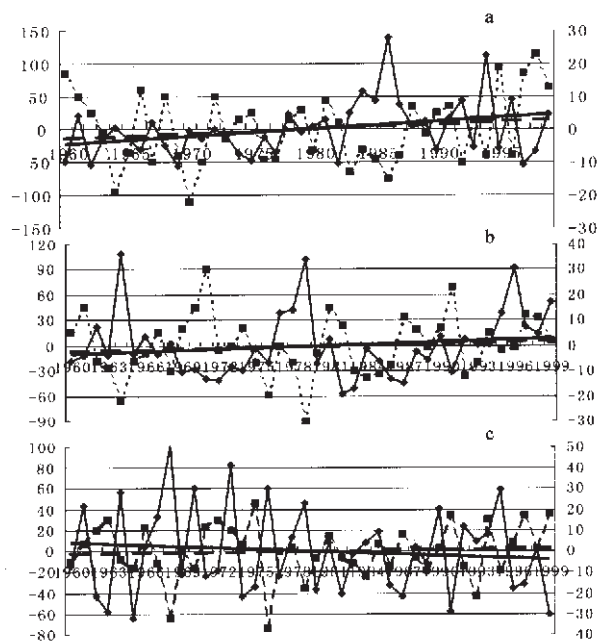


图 2 青藏高原东北侧夏季逐月降水距平百分率、气温距平及其线性变化趋势图 a:6 月 b:7 月 c:8 月,左纵坐标为 15 站降水距平百分率,右纵坐标为气温距平 15 站之和,单位:℃,横坐标为年份:1960~1999,实线为降水距平百分率及其线性变化趋势线,虚线为气温距平及其线性变化趋势线

Fig.2 Percent of summer monthly precipitation departure, temperature departure and their linear tendency in the northeastern side of Qinghai-Xizang Plateau

3.4 夏季逐月降水与全国同期降水异常的分布特征

为了对比分析青藏高原东北侧降水与全国同期的关系,用 1960~1999 年 40 a 降水资料,分析了高原东北侧与全国 594 站(含高原东北侧站)6 月降水量相关,如图 3a,图中阴影区均达到 0.05 的显著性水平。可以看出,高原东北侧降水与长江以南大部地区(除广西)呈一致负相关,其中最大中心位于贵州省的独山(-0.47)、榕江(-0.45),达 0.01 显著性水平,另一个负值中心在福建、广东,在高原南部、四川、云南的交界附近也存在一个显著负相关区域,以

上均能通过 95% 的信度检验。

7 月,高原东北侧与长江流域、华南为负相关,大值带位于长江流域,最大相关系数 -0.35 (图 3b)。高原东北侧 8 月降水与长江流域及以北地区呈明显负相关,最大中心浙江衢州相关系数达 -0.55 ,同时,与南疆、高原北部也呈负相关,中心新疆民丰、青海茫崖、青海托勒达 0.05 显著性水平。不同 7 月的是,华南出现正相关,中心广东上川岛相关系数高达 0.60 (图 3c)。

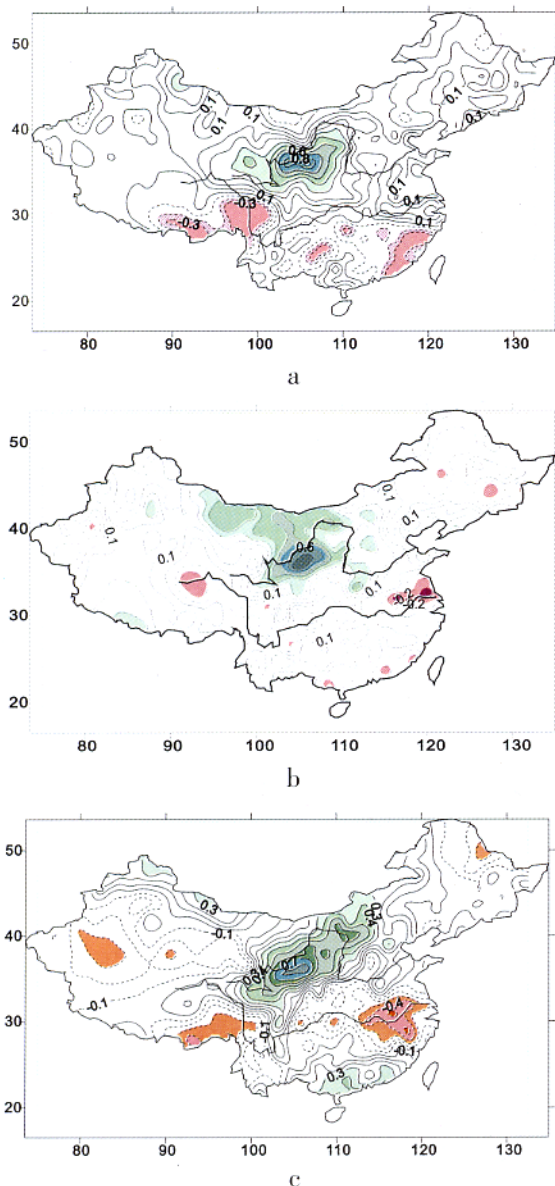


图 3 青藏高原东北侧夏季逐月降水与全国同期降水相关图
(a. 6 月, b. 7 月, c. 8 月)

Fig.3 The correlation between summer monthly precipitation in the northeastern side of Qinghai-Xizang Plateau and that in China.(a. June; b. July; c. August)

4 夏季降水异常的年际变化特征

4.1 夏季降水异常的周期分析

本节用 Morlet 小波分析法和最大熵谱方法来分析青藏高原东北侧区夏季降水的震荡周期。如图 4 a,青藏高原东北侧区夏季降水具有 $14\sim 15$ a 左右的年代际周期和 9 a 的年际周期,而且 40 a 中均存在,在 20 世纪 70 年代初到 90 年代存在 $5\sim 6$ a 左右的次周期。从最大熵谱分析可以看出(图 4b,最大波数 $M=20$),谱密度尖锐的峰点对应的周期为 5.7 a,其次还有一个 2.2 a 的周期比较显著,可见用最大熵谱分析的结果和 Morlet 小波分析大致相同。

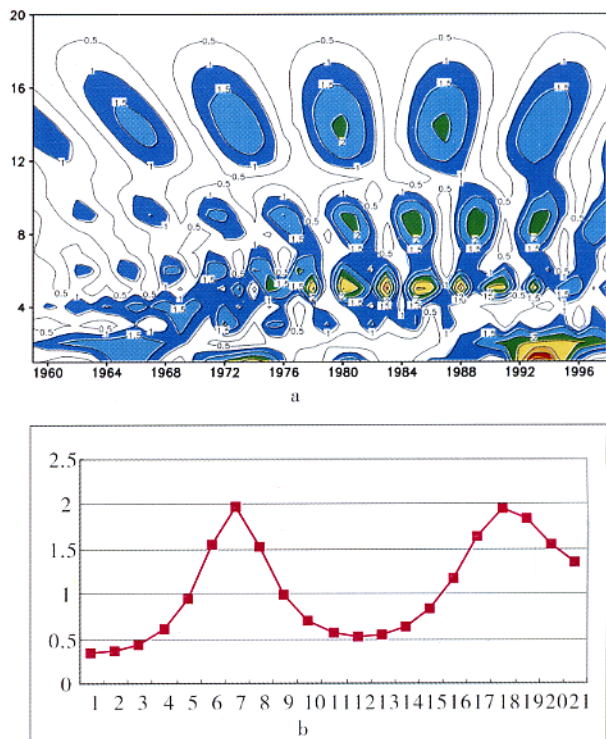


图 4 青藏高原东北侧夏季降水 Morlet 小波分析图(a)和最大熵谱周期分析图(b)

Fig.4 Morlet wave (a) and maximal entropy periodicity analysis (b) of summer precipitation in the northeastern side of Qinghai-Xizang Plateau

4.2 夏季多、少雨年的特征

按气候预测业务惯例,将降水距平百分率 $>20\%$ 的选为多雨年,把降水距平百分率 $<-20\%$ 的选为少雨年。青藏高原东北侧区夏季多、少雨年选取的结果如表 2。

表 2 青藏高原东北侧区夏季多、少雨年

Tab.2 Years with more and less rain in summer in the northeastern side of Qinghai-Xizang Plateau

多雨年	1964	1968	1973	1978	1979	1992	1994	1995	1996
少雨年	1960	1962	1963	1965	1969	1971	1972	1974	1975
	1980	1982	1987	1991					

近 40 a 来,有 9 a 为多雨年,其中有 2 a 为涝年(距平百分率 $>40\%$)。另外,有 13 a 为少雨年,其中有 1 a 为旱年(距平百分率 $<-40\%$)。发生少雨年的概率大于多雨年,但不存在持续少雨年(连续 3 a 降水为负距平),基本上少雨年和多雨年交替出现。但值得注意的是,在 9 个多雨年中,6~8 月降水均偏多的仅占 4 a(1964、1978、1992 和 1994 年),而在 13 个少雨年中,6~8 月降水均偏少的占 9 a,这也充分体现了青藏高原东北侧区半干旱的气候特点。

4.3 夏季与全国同期降水异常的分布特征

从高原东北侧夏季与全国 594 站(含高原东北侧站)同期降水量相关图(图 5,图中阴影区均达到 0.05 的显著性水平检验)可见,相关系数分布由北向南呈规则的“+--+”型,高原东北侧降水与长江流域呈一致负相关,中心位于青海托托河(-0.45),四川新龙(-0.42)、道孚(-0.42),安徽滁县(-0.66),达到 0.01 显著性水平检验。高原东北侧降水与华南的正相关中心位于广西灵山(0.41),广东连平(0.42)。

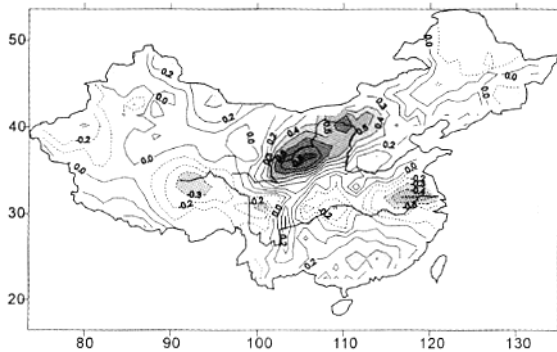


图 5 青藏高原东北侧夏季降水与全国同期降水相关图

Fig.5 The correlation between summer precipitation in the northeastern side of Qinghai-Xizang Plateau and that in China.

5 夏季降水异常的年代际变化特征

为揭示其年代际变化特征,利用青藏高原东北侧区夏季降水的标准化距平进行了 11 a 滑动平均^[4]和线性拟合(图 6)。青藏高原东北侧区夏季降水在近 40 a 没有发生明显变化,基本趋于稳定。另外,从

图中平滑曲线可以清楚地看到,20 世纪 60 年代、70 年代后期和 90 年代为相对多雨期,而 70 年代中前期和 80 年代为相对少雨期。

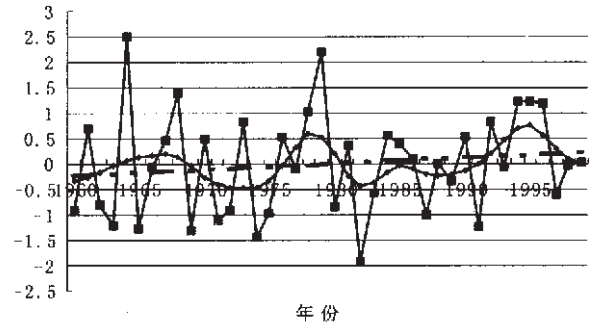


图 6 青藏高原东北侧夏季降水标准化距平、11 a 平滑及线性拟合图

Fig.6 Standardization anomaly, 11-year running mean and linear tendency of summer precipitation in the northeastern side of Qinghai-Xizang Plateau

6 主要结论与讨论

(1)西北地区全区降水差异大,存在多个不同的气候分区,青藏高原东北侧区是降水一致性较好的区域,主要雨季在 5~9 月,占全年降水的 80.8%。

(2)青藏高原东北侧区 6 月降水在近 40a 里呈上升趋势,尤其是在 20 世纪 80 年代初开始降水明显增多;7 月降水总体变化不大,20 世纪 90 年代降水明显偏多;8 月呈下降趋势,且 20 世纪 90 年代中后期降水减少明显。青藏高原东北侧区域近 40 a 来气温呈缓慢升高趋势。

(3)青藏高原东北侧区发生旱年的概率大于多雨年,但不存在持续旱年(连续 3 a 降水为负距平),基本上旱年和多雨年呈交替出现状态。

(4)青藏高原东北侧夏季降水与长江流域同期降水呈显著负相关,与华南为显著正相关分布;其降水存在 14~15 a 左右的年代际周期和 9 a 的年际周期振荡。

参考文献:

- [1] 李栋梁,谢金南,王文.中国西北夏季降水特征及其异常研究[J].大气科学,1997,21(3):331-340.
- [2] 王宝灵,谢金南,吴国雄,等.青藏高原东北侧汛期降水若干研究[J].大气科学,2000,24(6):775-784.
- [3] 俞亚勋,王宝灵,谢金南,等.青藏高原东北侧地区干湿年夏季环流异常的对比分析[J].气候与环境研究,2001,6(1):103-112.

- [4] 魏凤英.现代气候统计诊断预测技术[M].气象出版社,1999. 42–151.
- [5] 王宝灵.中国西北地区 6 月降水量最近 30 年明显递增[J].气象, 1997.6(23):37–39.

Analysis on the Climatic Characteristics of the Precipitation in Northeastern Side of Tibetan Plateau in Summer

WANG Sui-*chan*¹, LI Dong-*liang*², WANG Qian-*qian*³

(1. Lanzhou Central Meteorological Observatory, Lanzhou 730020, China; 2. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China;
3. Nanjing Institute of Meteorology, Nanjing 210044, China)

Abstract: Based on precipitation data in 126 surface stations in Northwest China, using REOF and Blur-clustering method, the spatial characteristics of summer precipitation in Northwest China were analyzed in the paper. Results show that the northeastern side of Tibetan Plateau is the most sensitive region to summer precipitation in Northwest China, the rainy season (July to August) precipitation is mostly a half of that in a year, years with less rain are more than rainy years in the region, and dry and flood years are alternant. Precipitation trend in June is ascending in recent 40 years, changing slowly in July, and descending in August, from the liner trend, the summer precipitation is changing unconspectuously. Moreover, temperature departure and precipitation departure percent present reverse phase, and temperature is rising in recent 40 years.

Key words: Northeastern side of Tibetan Plateau; precipitation; climatic characteristics