

文章编号: 1004-4353(2016)04-0325-06

长白山地区四季降水量的时空分布规律研究

吕昕航, 吕冠廷, 高卫方, 金爱芬*

(延边大学理学院 地理系, 吉林 延吉 133002)

摘要: 利用吉林省长白山地区 20 个气象站的近 50 年降水量资料,应用经验正交函数展开、小波分析、逐步线性回归等方法分析了长白山地区四季降水量的时空分布规律. 结果表明,降水的空间分布呈现出全区一致型(第一空间分布型)、东北-西南反位相型(第二空间分布型)、东南-西北反位相型(第三空间分布型)3 种类型. 第一空间分布型,整个时间段内春、夏季随时间有变长的趋势,降水异常年份的出现与周期有很大关系,周期明显时,容易出现极端降水异常. 第二空间分布型,整个时间段内夏季有 3 年周期,春、秋、冬季均有 5 年周期. 第三空间分布型,整个时段内春、冬季有明显的 3 年周期,秋季有明显的 5~6 年和 2 年周期,夏季没有明显的周期.

关键词: 长白山地区; 四季; 降水; 时空分布

中图分类号: P426. 616

文献标识码: A

Study on spatial and temporal distribution of seasonal precipitation in Changbai Mountain area

LYU Xinhang, LYU Guanting, GAO Weifang, JIN Aifen*

(*Department of Geography, College of Science, Yanbin University, Yanji 133002, China*)

Abstract: Based on the data precipitation of 20 meteorological stations in the area of Changbai Mountain in Jilin Province during the recent 50 years, by using the methods of empirical orthogonal function expansion, wavelet analysis and stepwise linear regression, which the spatial and temporal distribution of precipitation in the four seasons in the area of Changbai Mountain was analyzed. The results show that the spatial distribution of precipitation has 3 types: the region consistent type, the northeast southwest reverse phase type, the southeast northwest anti phase type. In the pattern of the first spatial distribution, spring and summer has a long trend with time. The year of precipitation anomaly has a great relationship with the cycle, the cycle is obvious, prone to extreme precipitation anomalies. The second pattern of spatial distribution, there are 3 year cycle in summer, spring, autumn and winter have 5 year cycle. The third pattern of spatial distribution, there is a clear 3 year cycle in the whole period of spring and winter, there is a clear 5-6 cycle and 2 years cycle in the fall, there is no obvious cycle in summer.

Keywords: the Changbai Mountain area; four seasons; precipitation; spatial-temporal distribution

长白山地区(包括延边、白山、通化)处于东亚夏季风的北界边缘,是东北亚海陆间水汽交换的重要过渡区,也是西风急流和温带风暴路径的入口区. 由于长白山地区距日本海较近,又是山区,

因此该地区水汽充沛. 长白山的降水主要受江淮气旋、华北气旋、台风等降水天气系统影响,这些天气系统大多是由西南向东北移动,所以长白山地区降水的规律之一就是西南部多,东北部少^[1].

目前为止,针对长白山地区降水量的研究多集中在夏季,例如:文献[2]的作者利用长白山地区气温和降水资料,用经验正交函数展开方法分析了长白山地区夏季旱涝时空分布规律;文献[3]的作者利用长白山地区降水资料,分析了长白山地区汛期降水年际和年代际波动对海表温度 and 海平面气压异常的响应. 本文利用经验正交函数(EOF)展开和 Morlet 小波分析的方法^[4],对长白山地区不同季节降水时空分布规律的特征及其成因进行分析,以期为本地区的工农业生产提供气象参考.

1 资料与方法

文中所用资料为长白山地区 20 个气象站 1960—2009 年间的降水量资料,研究方法为经验正交函数展开和 Morlet 小波分析方法. 经验正交函数展开和小波分析方法是目前研究时空分布规律的常用方法^[5-8],经验正交函数展开能够从气象变量场的资料集中识别出主要的相互正交的空间分布型,Morlet 小波分析能够描述时间序列在局部时段的频率特征以及强度和初位相随时间的变化.

2 长白山地区四季降水量时空分布规律差异

对长白山地区 20 个气象站 1960—2009 年共 50 年的春、夏、秋、冬降水量进行 EOF 分解,得出了前 3 个模态的空间型和相应的时间系数,见表 1. 由表 1 可以看出,前 3 个模态的累积方差贡献率春、夏、秋、冬分别为 78.6%、77.2%、82.8%、

84.5%,因此这 3 个模态可以较好地反映长白山地区四季降水场的特征.

表 1 长白山地区四季降水量的前 3 个模态的特征值和相应贡献率

季节	主要模态	特征值	贡献率/%	累积贡献率/%
春季	1	11.75	58.7	58.7
	2	2.68	13.4	72.1
	3	1.30	6.5	78.6
夏季	1	10.43	52.1	52.1
	2	3.70	18.5	70.6
	3	1.32	6.6	77.2
秋季	1	12.77	63.9	63.9
	2	2.48	12.4	76.3
	3	1.32	6.6	82.8
冬季	1	13.03	65.2	65.2
	2	2.61	13.0	78.2
	3	1.27	6.3	84.5

2.1 第一模态的空间型和相应的时间系数

第一模态的空间型反映了长白山地区降水场的最主要特征,其方差贡献率春、夏、秋、冬分别为 58.7%、52.1%、63.9%、65.2%,冬季最高,夏季最低(表 1). 图 1 为第一模态的空间型,由图 1 可以看出:降水在春、夏、秋、冬均具有全区一致型,即全区一致多雨或一致少雨;春季相对变率最大的中心位于延吉和东岗,变率分别为 0.85 和 0.86,说明延吉和东岗附近地区是长白山地区春季降水异常的敏感地区;夏季相对变率高值区位于长白山地区的西南部,相对变率最大的中心位于东岗,其值接近 0.9.

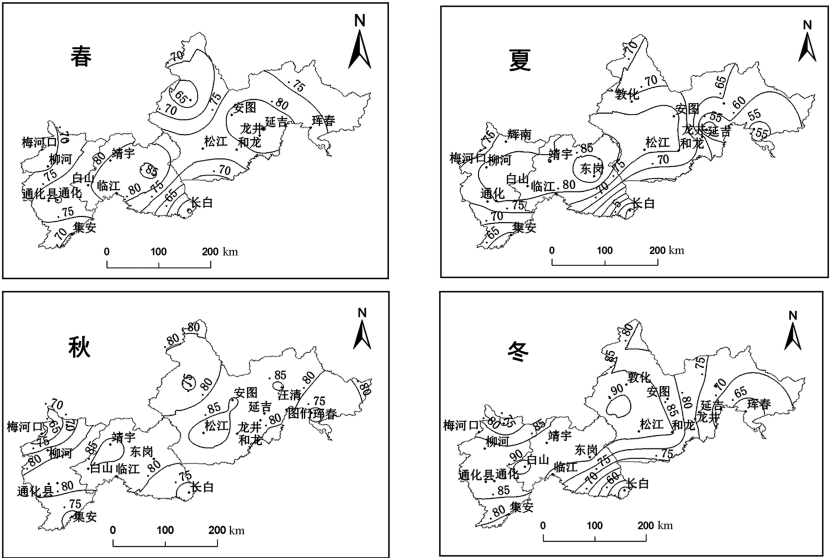


图 1 长白山地区春、夏、秋、冬降水量的 EOF 第一模态的空间型

以长白山地区春、夏、秋、冬降水量的 EOF 第一模态的特征向量(Y) 为因变量,经度(x_1)、纬度(x_2)、海拔高度(x_3) 为自变量进行逐步回归分析,结果见表 2。由表 2 可以看出:降水相对变率随经度成反比,随纬度成正比;经度每减小一度,相对变率增加 0.062,纬度每增加一度,相对变率增加 0.076。这说明,长白山地区的夏季降水相对变率与水汽来源和太阳辐射有很大关系:离海洋越远,变率越大;地区越暖,变率越大。秋季相对变率最大的中心位于松江和靖宇,其值分别为 0.88 和 0.86,该分布特点与春季大体相似。冬季相对变率高值区重回到西南部,最大的中心位于白山和敦化的西南部,该分布特点与夏季大体相似。

表 2 第一模态的特征向量(Y)与经度(x_1)、纬度(x_2)、海拔高度(x_3)的逐步回归分析

季节	回归模型	F 统计量
春	—	—
夏	$Y=5.355-0.062x_1+0.076x_2$	4.384*
秋	—	—
冬	$Y=4.618-0.052x_1+0.067x_2$	5.318*

注: * 表示通过信度为 0.05 的检验。

空间模态的时间系数大小(即标准差)体现的是各空间模态在不同时间对实际场所起的作用。某一年系数值的绝对值越大,这类分布形式越典型。系数值为正,表示偏涝;系数值为负,表示偏旱。对 EOF 第一模态相应的时间系数进行小波分析(图 2),结果如下:

1) 春季降水(全区一致型)在整个时段(1960—2009 年)具有明显的 8~9 年的周期,但从分时段来看,周期随时间有变长的趋势。1980 年以前以 4~8 年周期为主,期间 1973 年的时间系数达到 2.1 个标准差,是整个时段时间系数的次大值;1990 年以后以 8 年以上周期为主,期间 2005 年的时间系数达到 2.4 个标准差,是整个时段时间系数的最大值。

2) 夏季降水在整个时段具有明显的 4~5 年周期,但从分时段来看周期随时间也有变长的趋势。1965—1975 年以 2~3 年周期为主,1985—2000 年以及 2005 年以后以 5 年左右周期为主,其中 1995 年的时间系数达到 3 个标准差,是整个时段时间系数的最大值。

3) 秋季降水在整个时段周期不明显,2000 年以后出现了较明显的 2~3 年周期,期间 2005 年的时间系数达到了一 2.1 个标准差,是整个时段时间系数的负最大值。

4) 冬季降水在整个时段有较明显的 6~7 年周期和 2 年周期。从分时段来看,1965—1980 年出现了 6~7 年的周期,期间 1970 年的时间系数达到 1.6 个标准差;2005 年以后出现了 2 年周期,期间 2008 年的时间系数达到 3.2 个标准差,是整个时段时间系数的最大值。

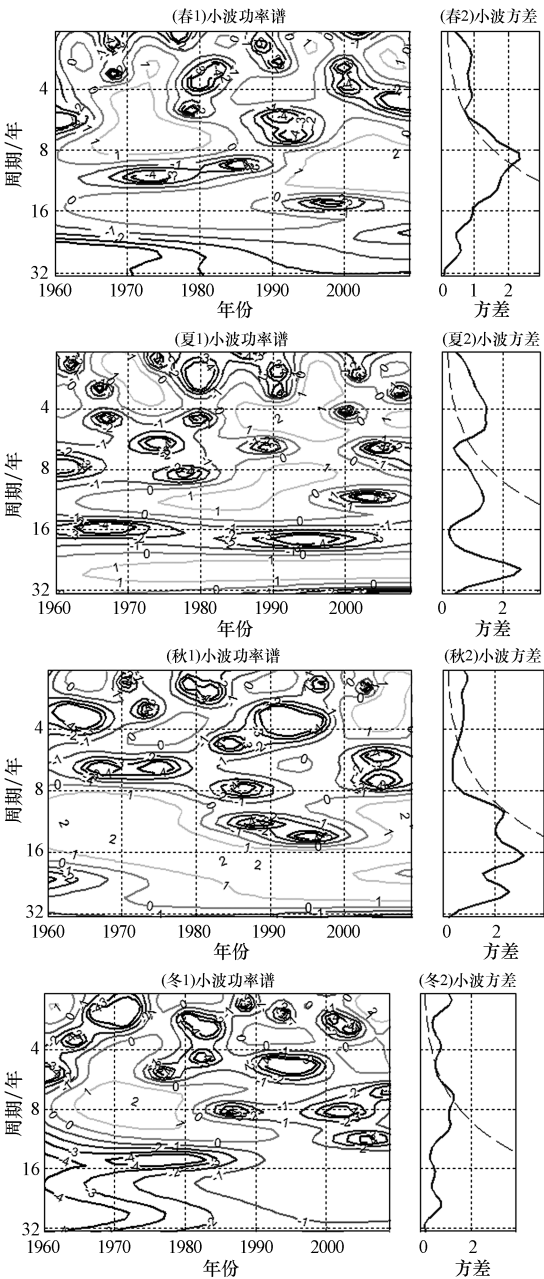


图 2 第一模态空间型所对应的时间系数图、时间系数的小波变换图(1)和小波方差图(2)

以上说明,极端降水异常年份的出现与周期有很大关系,周期明显时,容易出现极端降水异常.从时间系数的绝对值来看,除了夏季随时间下降趋势以外,其他季节均呈上升趋势.

2.2 第二模态的空间型和相应的时间系数

第二模态空间型的方差贡献率春、夏、秋、冬分别为 13.4%、18.5%、12.4%、13.0%,夏季最高,秋季最低(见表 1).图 3 给出了 EOF 第二模态的空间型.从图 3 中可以看出,降水在春、夏、

秋、冬均具有东北-西南反位相型,即东北多雨时西南少雨或东北少雨时西南多雨.零值线呈南北向,与延边和白山行政界线大体一致,春、夏、秋、冬季稍有差别.

从表 3 可以看出,春季和夏季降水相对变率的分布与经度和纬度有关.春季降水相对变率受纬度的影响更大,而夏季降水相对变率受经度的影响更大.秋季和冬季降水变率的分布只与经度有关.

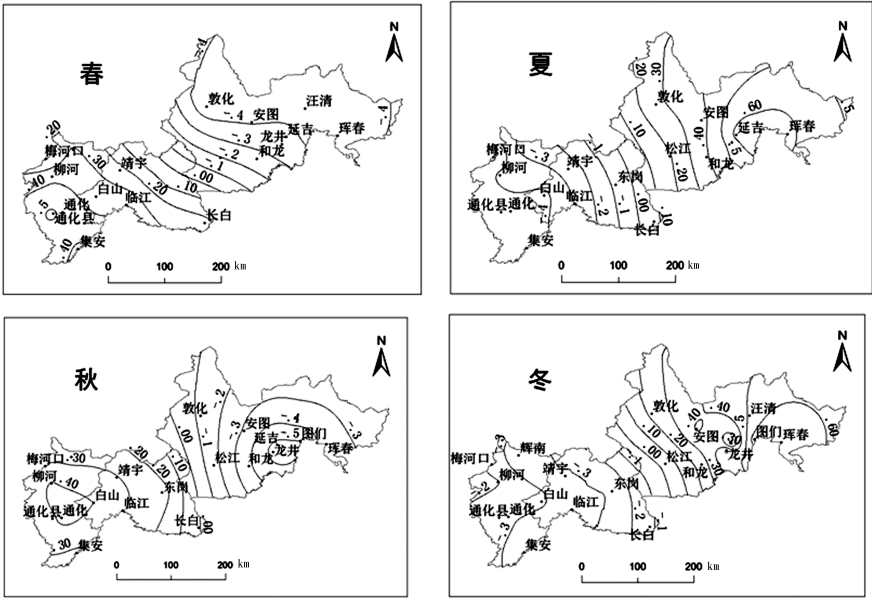


图 3 长白山地区春、夏、秋、冬降水量的 EOF 第二模态的空间型

表 3 第二模态的特征向量(Y)随经度(x_1)、纬度(x_2)、海拔高度(x_3)变化的逐步回归分析

季节	回归模型	F 统计量
春	$Y=29.957-0.149x_1-0.257x_2$	0.000 **
夏	$Y=-35.241+0.242x_1+0.103x_2$	0.000 **
秋	$Y=27.208-0.213x_1$	0.000 **
冬	$Y=-26.575+0.208x_1$	0.000 **

注: ** 表示通过信度为 0.01 的检验.

对 EOF 第二模态相应的时间系数进行小波分析(图略),结果如下:

1)春季降水(东北-西南反向型)在整个时段有明显的 5~6 年和 2 年周期.从分时段来看,1965—1975 年、1980—1990 年出现了明显的 5~6 年周期,期间 1967 年和 1970 年的时间系数分别达到 2.6 和-2.4 个标准差,是整个时段时间系

数的最大正负值;1995—2000 年出现了 2 年周期,期间 1999 年的时间系数达到-1.9 个标准差.

2)夏季降水在整个时段具有明显的 3 年周期.从分时段来看,1960—1972 年出现了 3 年左右周期,其间 1965 年的时间系数达到 2.5 个标准差;1998—2004 年以 2 年左右的周期为主,期间 2000 年的时间系数达到 2.6 个标准差,是整个时段时间系数的最大值.

3)秋季降水在整个时段具有明显的 5 年和 2~3 年周期.从分时段来看,1987—2009 年出现了 5 年左右周期,期间 1994 年和 2000 年的时间系数分别达到-2.1 和-2.0 个标准差(-2.1 为整个时间段的最大负值);1970—1975 年以 2 年周期为主,期间 1972 年的时间系数达到 1.9 个标准差.

4)冬季降水在整个时段具有明显的 4~5 年周期.从分时段来看,1998—2009 年出现了 5 年左右的周期,期间 2001 年的时间系数达到 3.6 个标准差,是整个时段时间系数的最大值;1987—1994 年以 3 年周期为主,期间 1990 年的时间系数达到 3.3 个标准差.

2.3 第三模态的空间型和相应的时间系数

第三模态空间型的方差贡献率春、夏、秋、冬

分别为 6.5%、6.6%、6.6%、6.3%,冬季最低(表 1).图 4 给出了第三模态的空间型.由图 4 可以看出:降水在春、夏、秋、冬季均具有东南-西北反位相型,即东南多雨时西北少雨或东南少雨时西北多雨;零值线呈东北-西南走向.

由表 4 可以看出,春、夏、秋、冬季降水相对变率与经纬度均相关,但关系相反,其中春季受经度的影响更大,而夏、秋、冬季受纬度的影响更大.

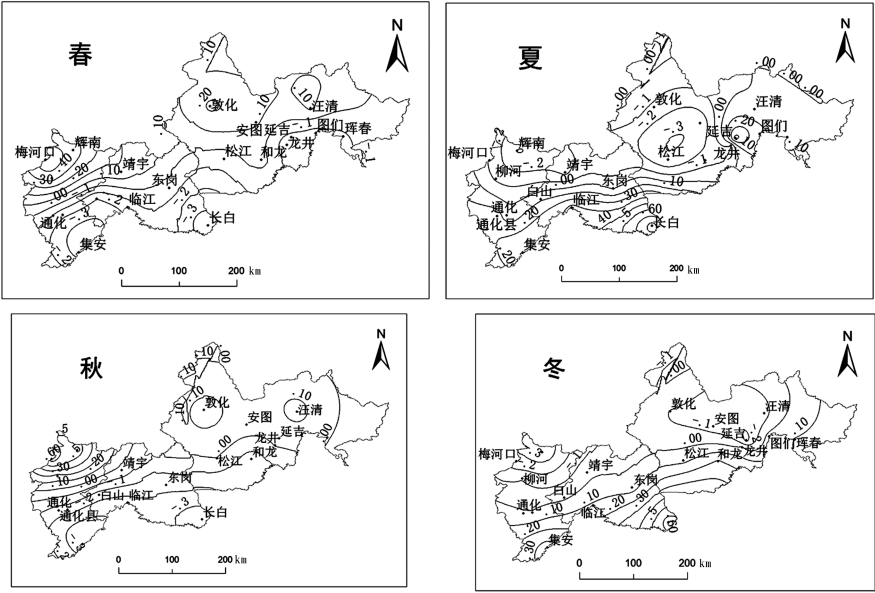


图 4 长白山地区春、夏、秋、冬降水量的 EOF 第三模态的空间型

表 4 第三模态的特征向量(Y)与经度(x₁)、纬度(x₂)、海拔高度(x₃)的逐步回归分析

季节	回归模型	F 统计量
春	$Y=1.65+0.467x_1-0.168x_2$	0.000 **
夏	$Y=2.733+0.111x_1-0.399x_2$	0.001 **
秋	$Y=-1.94-0.145x_1+0.482x_2$	0.000 **
冬	$Y=1.971+0.133x_1-0.447x_2$	0.000 **

注:** 表示通过信度为 0.01 的检验.

对 EOF 第三模态相应的时间系数进行小波分析(图略),结果如下:

1)春季降水(东南-西北反向型)在整个时段有明显的 3 年周期.从分时段来看,1963—1975 年出现了 2 年周期,期间 1968 年的时间系数达到 3.3 个标准差,是整个时段时间系数的最大值;1975—1990 年出现了明显的 3~4 年周期,期间 1980 年和 1990 年的时间系数均为 2.0 个标准差.

2)夏季在整个时段没有明显的周期.2009 年的时间系数达到 3.8 个标准差,是整个时段时间系数的最大值;其他时段时间系数均小于 1.8 个标准差.

3)秋季降水在整个时段具有明显的 5~6 年和 2 年周期.从分时段来看,1960—1995 年出现了 5~6 年周期,这期间的的时间系数均相对较大,最大值出现在 1988 年,为 2.7 个标准差.

4)冬季降水在 2002—2008 年间具有明显的 3 年周期,期间 2003 年和 2008 年的时间系数分别达到了 2.3 和 -3.4 个标准差,是整个时段时间系数的最大正负值.

3 结论

对长白山地区四季降水的时空分布规律进行研究,结果表明,长白山地区四季降水表现为全区

一致型(第一种空间分布型)、东北-西南反位相型(第二种空间分布)和东南-西北反位相型(第三种空间分布)3 种分布类型.

第一种空间分布型即全区一致多雨或一致少雨型,其分布型的贡献率超过 50%,该分布型对长白山地区影响最大.其中,夏季相对变率高值区的东岗、秋季相对变率最大的松江和靖宇为长白山地区降水异常的敏感地区,即这些地区是第一种空间分布型防范旱涝灾害的重点地区.

第二种空间分布型即东北-西南反位相型(东北多雨时,西南少雨;东北少雨时,西南多雨),该分布型为 5~6 年一遇的分布型,其贡献率为 12%~18%.这一分布型防范旱涝灾害的重点地区位于图们江下游和长白山西南侧的通化一带.

第三种空间分布型即东南-西北反位相型(东南多雨时,西北少雨;东南少雨时,西北多雨),该分布型为 15~16 年一遇的分布型,该型的贡献率为 6%.这一分布型防范旱涝灾害的重点地区位于长白山东南侧的长白和西北侧的梅河口一带.

另外,从时间变化来看,第一空间分布型的周期春、夏季随时间有变长的趋势,这一趋势特点值得今后持续关注.

参考文献:

[1] 常乐.长白山典型地区降雨分布型及洪涝灾害预测研究[J].中国信息化,2012(20):370.
[2] 金爱芬.长白山地区夏季旱涝时空分布规律研究

[J]. 延边大学学报(自然科学版),2009,35(2):181-184.
[3] 金爱芬,朱卫红.长白山地区汛期降水对全球海表温度和海平面气压异常的响应[J]. 延边大学学报(自然科学版),2014,40(1):75-78.
[4] 吴洪宝,吴蕾.气候变率诊断和预测方法[M].北京:气象出版社,2005:2-234.
[5] 卢文喜,安永凯,宋文博,等.吉林西部季节性气象干旱的时空演化特征[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2016,46(2):543-551.
[6] 高西宁,徐庆喆,丛俊霞,等.基于标准化降水指数的辽宁省近 54 年干旱时空规律分析[J]. 生态环境学报,2015(11):1851-1857.
[7] 刘佳旭,李丽娟,李九一,等.1954—2014 年云南省降水变化特征与潜在的旱涝区域响应[J]. 地球信息科学学报,2016,18(8):1077-1086.
[8] 韩桂明,翟盘茂.1961—2008 年京津冀地区暴雨的气候变化特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象,2015,9(4):25-31.
[9] 王晓莹,杨丹,邵银龙.南京市近 60 年气候变化特征分析[J]. 水资源与水工程学报,2016(4):119-124.
[10] 丁文荣.环洱海地区气候变化特征研究[J]. 长江流域资源与环境,2016(4):599-605.
[11] 张宏芳,潘留杰,卢珊,等.1901—2012 年陕西降水、气温变化特征[J]. 中国沙漠,2015,35(6):1674-1682.
[12] 李艳春,杨建玲,朱晓炜.赤道中东太平洋关键区海温对宁夏春季降水的影响[J]. 干旱区地理,2015(6):1087-1094.
[13] 燕玉超,张福平,刘筱,等.河南省气候变化特征及其对旱涝的影响[J]. 中国沙漠,2016(3):777-786.