

文章编号: 1000 0240(2005)06 0838 08

50 a 来我国东北及邻近地区年降水量的年代际异常变化

侯依玲^{1, 2}, 李栋梁¹, 施雅风¹, 沈永平¹

(1. 中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000; 2 中国科学院 研究生院 北京 100039)

摘要: 利用中国东北地区 195 个和蒙古国 6 个气象台站的年降水量资料, 利用 EOF、REOF 和分段线性拟合等方法, 分析了 50 a 来东北及其邻近地区年降水量的年代际异常变化. 结果表明: 1) 50 a 来的降水变化, 东北演变过程为多—少—多; 华北的演变过程为多—少. 自 1980 年代起, 东北地区由干变湿, 而华北地区则由湿变干. 2) 降水主要呈 3 种分布形式: 全区一致型; 南北反向型; 南北部一致与中部相反分布型. 3) 降水量总体呈下降趋势, 但近 30 a 来东北北部有增湿趋势, 而南部的干旱化一直在加剧. 4) 大部分地区的降水量在 1970 年代中期和 1980 年代初期经历了一次突变, 但是变化的方向、范围及时间各地不尽一致.

关键词: 东北地区; 降水; 年代际异常; 气候转型

中图分类号: P467 **文献标识码:** A

1 引言

气候变化一直受到广泛关注, 对于中国气候变化的研究已经取得了大量有意义的结果. 施雅风等^[1~3] 研究指出: 西北地区气候在 1987 年开始由暖干向暖湿转型, 这一转型既可能是年代际的波动, 也可能是世纪性的趋势. 李栋梁等^[4~6] 对西北地区气候年代际变化转型做出预测: 在 CO₂ 倍增的情况下, 未来 50 a 内气温将上升 0.6~1.0 °C, 降水西北部偏少, 其余地区将由目前的异常偏少转为偏多, 沙尘暴总体偏少. 那么相对应于西北气候的变化, 我国东北地区是否也存在着相类似的情况, 是否某些地区也已经出现转型信号; 是否已经开始转型; 转型程度是否相同; 这些变化起始于何时, 如何在更长的年代际尺度上看待这些变化等问题都需要我们进一步的研究.

为了与施雅风等^[2] 研究的西北地区相衔接, 本文研究范围是东三省及其邻近地区, 其东临渤海西至蒙古高原, 北起漠河南到黄河以北地区. 地域涵

盖了半湿润和半干旱区, 东部沿海地区年降水量可达 1 000 mm 以上, 而西部如科尔沁沙地则是我国北方半干旱地区沙漠化最严重的区域之一. 东北地区也是我国重要的粮食产地, 但由于气象灾害出现的频数较高, 给经济发展和人民生活带来了严重的影响, 造成巨大损失. 因此, 全面认识和了解东北地区的气候变化规律及趋势, 对农业生产、能源利用、环境保护等都具有重要的社会效益和经济效益.

王菱等^[7] 针对我国东北的研究表明, 在 100°E 以东地区, 干旱和半湿润区的分界线不断波动向东推进, 20 世纪 90 年代比 60 年代向东和向南扩展, 半干旱区面积扩大, 半湿润区面积缩小, 气候趋向干旱化. 孙力等^[8] 对东北地区夏季降水的空间异常特征及时间变化规律进行诊断研究, 得出近 90 a 来东北地区夏季降水主要呈多雨—少雨或波动性变化, 无明显变干或变湿倾向; 于秀晶等^[9] 分析了吉林省 50 a 来气候的年代际变化特征, 认为近 50 a 来吉林省经历了一个“冷湿—冷干—暖湿—暖干”的过程.

从现有的工作来看, 这些研究大多受到资料与

收稿日期: 2005 06 18; 修订日期: 2005 08 20

基金项目: 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所知识创新工程项目(2004117)资助

作者简介: 侯依玲(1980—), 女, 辽宁沈阳人, 2003 年毕业于南京信息工程大学, 现为硕士研究生, 主要从事气候变化规律及其预测研究. E-mail: houyiling@mails.gucas.ac.cn

地域的限制而缺乏宏观整体性, 很难在一个比较长的时间尺度和比较大的空间范围上概括出完整的气候特征. 另外, 有些研究所用的方法也尚需进一步改进. 针对这些问题, 本文利用 1971—2000 年东北及其邻近地区 201 个测站的降水资料作为多年平均值, 利用 EOF、REOF^[10] 和分段线性拟合等方法检测了可能出现的气候转型与突变, 在 50 a 来的年代际尺度上分析了中国东北及邻近地区气候的变化特征.

2 资料与方法

本文选取我国东北及其邻近地区内资料序列较长, 分布较为均匀的 201 个测站(包括蒙古国的 6 站)的 50 a 来的年降水量资料, 并采用世界气象组织(WMO)建议的 1971—2000 年作为多年平均值. 研究的区域包括我国东北三省、内蒙古东部、蒙古东部、河北、山东、山西、宁夏、陕西及甘肃的部分地区, 即大约为 $35^{\circ} \sim 55^{\circ} \text{N}$, $105^{\circ} \sim 135^{\circ} \text{E}$ 的范围. 站点分布及各站资料长度见图 1.

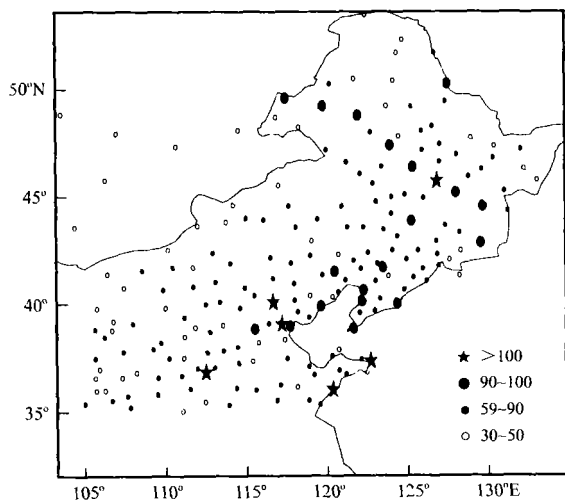


图 1 站点及资料长度(单位: a)

Fig. 1 The locations of analyzed stations and their series length (Unit: a)

用一次线性回归方程表示各站的趋势变化:

$$y = ax + b$$

式中: y 为要素值, 例如每站的年降水量; x 为年份; a 即为降水倾向率, 本文计算 10 a 降水倾向率.

气候突变是指气候从一种稳定态(或稳定持续的变化趋势)跳跃式地转变到另一种稳定态(或持续稳定的变化趋势)的现象, 它普遍存在于气候变化中^[11], 例如叶笃正等^[12]早在 1958 年就提出了 6 月和 10 月大气环流的突变现象.

本文利用 Tome *et al.*^[13] 在 2004 年提出的分

段线性拟合的方法检测气候突变. 基本原理为: 根据给定的时间间隔将时间序列分段, 对各段分别进行线性拟合, 然后以相邻线段的趋势值符号相同与否为标准来确定气候是否发生突变. 最近于秀晶等^[9]将此方法成功用于检测吉林省近 50 a 气候的年代际突变.

为了详细研究东北及其邻近地区不同区域的气候变化特征, 利用 EOF 和 REOF 的方法对该区 30 a 降水场的时空结构进行了分析.

经验正交函数分解的基本原理是对包含 P 个空间点(变量)的场随时间变化进行分解. 本文用标准化场进行计算, XX' 是相关系数矩阵, 分离出的特征向量为变量场的相关分布情况, 适合做分类分析. 设气象要素在 m 个站点的 n 次观测资料为 F_{ij} ($i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$), 且 $F_{ij} = \sum T_{ij} X_{ij}$, (T_{ij} 是时间函数, X_{ij} 是空间函数), 当取 $k=m$ 个特征向量场时, 要素场可得到完全的描述. 其优点在于典型场由气象要素场序列本身的特征来确定, 而不是事先人为规定, 能够较好反映场的基本结构.

旋转主成分分析(REOF)是在传统主成分分析的基础上再作旋转. 本文采用 Horel 使用的方差最大正交旋转法, 载荷向量矩阵 L 右乘一个正交阵 T , 即 $B=LT$ 即为旋转载荷向量(RLV), 本文取前 10 个载荷向量参加旋转.

3 降水变化特征

3.1 降水量的平均状况

为了较好的反映降水量的多年平均状况, 图 2

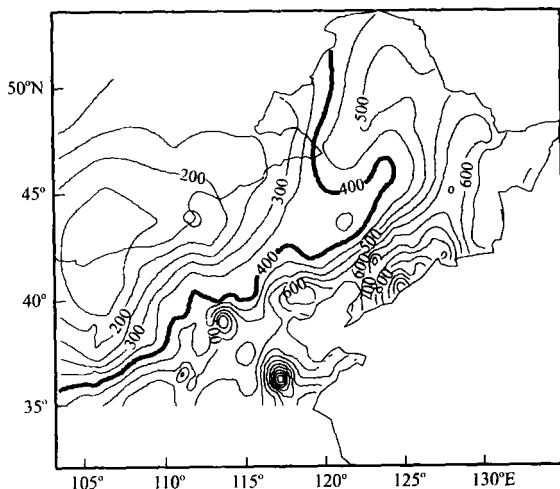


图 2 30 a 平均年降水量(mm)

Fig. 2 The 30 year mean precipitation (mm)

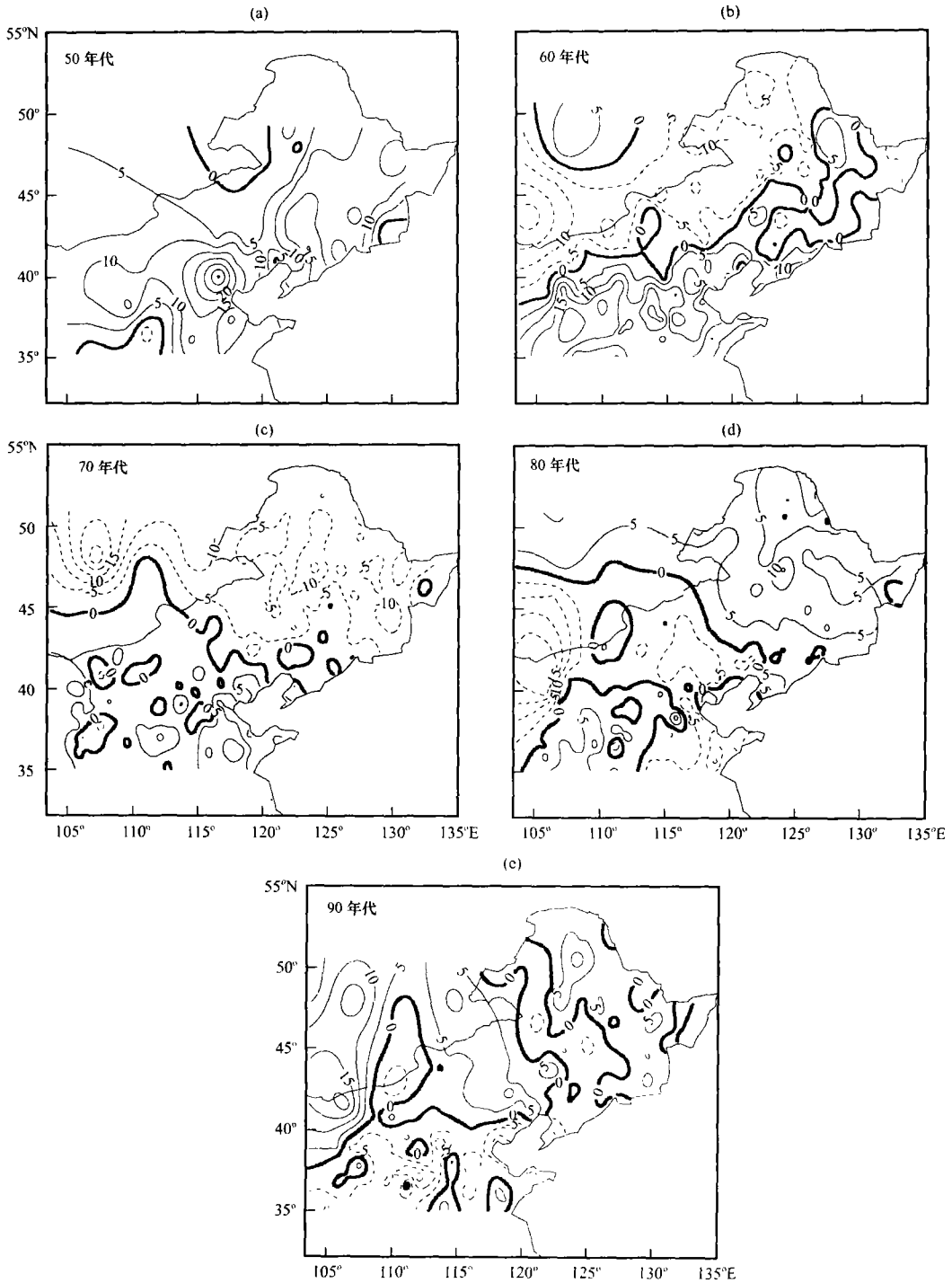


图 3 各年代平均降水距平百分率 (%)

Fig. 3 The percentages of 10 year mean precipitation anomaly

给出了 201 个测站 1971—2000 年 30 a 的累积平均降水量。图中的粗实线是降水量为 400 mm 等值线，这大致是干旱/半干旱和湿润/半湿润区的分界线。山东半岛和辽东半岛各有一个大值中心，年降水量在 1000 mm 以上；西部内蒙古中部与蒙古国交界处年降水量不足 150 mm，清楚地反映了东北

地区降水量东多西少的分布特点。在 45° N, 120° E 附近 400 mm 等值线明显向东伸，即有一干舌向东伸展，并形成一个年降水量不足 350 mm 的闭合干中心，这个干中心就是科尔沁沙地。

分析各年代平均与 30 a 平均相比的降水距平百分率的变化可以发现(图 3)，1950 年代除零星小

范围呈略偏少外, 几乎全区均表现为多雨(正距平). 多雨区主要集中在靠近渤海湾的辽宁南部和京、津、冀. 1960 年代北旱南涝, 多雨区在东北地区东部到华北, 中心偏多 20% 成以上. 干旱主要发生在内蒙中部到蒙古国的南部, 以及内蒙东部, 干旱中心在蒙古国南部, 10 a 平均降水量偏少在 20% 成以上. 蒙古国中北部降水略偏多, 吉林南部、黑龙江东部降水略偏少. 1970 年代继续维持北旱南涝, 降水距平零线在 1960 年代的基础上西段向被抬升, 东段向南移, 东北旱而西南基本正常. 最大的干旱中心在蒙古国中北部, 降水量较常年偏少 25% 以上, 东北三省偏少 10%~15%. 1980 年代的降水量似乎与 1970 年代呈反位相, 降水距平零线与 1970 年代基本相似, 但东北全区转为多雨, 西部的内蒙中部到蒙古国南部异常偏旱, 干旱中心降水量偏少 20% 以上, 东部也偏少; 南部继续保持正常略偏多. 1990 年代的情况比较复杂, 东三省的东部、北部继续保持正常偏多, 西部的内蒙中部到蒙古国南部偏多 20% 以上; 南部转为正常偏少.

综观东北 50 a 来降水之变化, 其东北北部的演变过程为多(1950 年代)一少(1960 年代, 1970 年代)一多(1980 年代, 1990 年代); 华北的演变过程为多(1950 年代, 1960 年代, 1970 年代)一少(1980 年代, 1990 年代). 这似乎表明自 1980 年代起, 东北地区北部由干变湿, 而华北地区则由湿变干. 为了更进一步分析这种气候转型的范围和强度, 图 4 (a) 给出了 201 站 1971—2000 年的降水增减倾向率. 可以清楚的看到, 过去 30 a 来 45°N 以北地区降水有明显增加趋势, 增加最明显的地区位于蒙古东部和东北北部, 增加量在 $50\sim 60\text{ mm}\cdot 10\text{ a}^{-1}$; 但东北南部、华北呈显著的下降趋势, 其减少量也在 $50\sim 60\text{ mm}\cdot 10\text{ a}^{-1}$. 降水增减倾向率随地理位置的变化特点是高纬度增加, 低纬度减少; 西部增加少(或减少)东部增加的多. 降水量增减倾向率随测站海拔高度的变化不明显, 这与图 3 分年代的结果是一致的. 降水增减倾向率与地理纬度的关系最密切(图 4b), 纬度每升高 10° , 每 10 a 降水就增加 35 mm, 二者的线性相关系数达到 0.588, 超过 $\alpha_{0.001}$ 的信度检验水平.

3.2 降水量的整体空间异常特性

对东北及相邻地区 201 个测站 1971—2000 年降水资料标准化处理后进行经验正交函数分析(EOF), 其载荷向量(LV)能够较好的反映降水量的整体空间异常特性

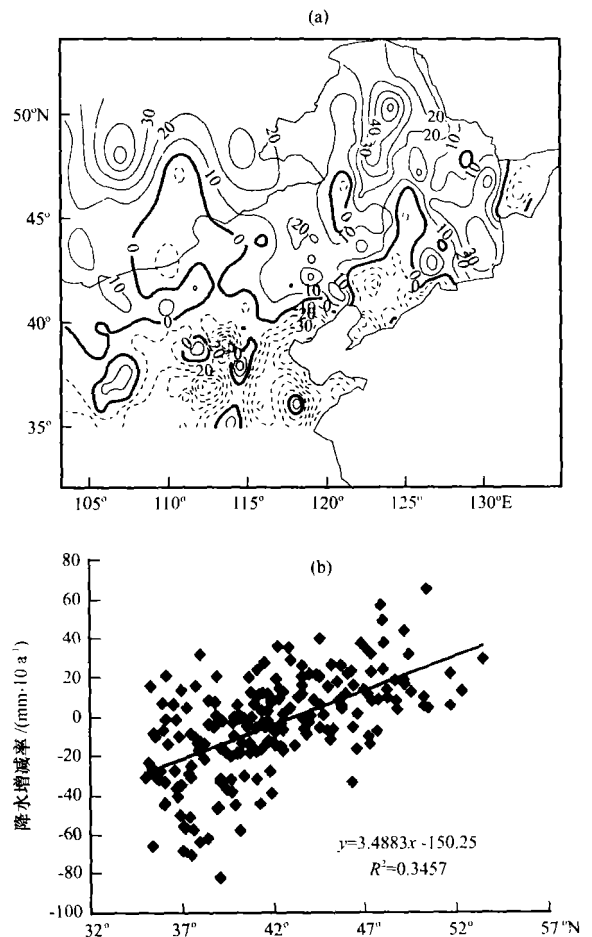


图 4 近 30 a 来年降水量的增减率($\text{mm}\cdot 10\text{ a}^{-1}$) (a) 及其与纬度的关系(b)

Fig. 4 Linear trend rates of annual precipitation in the recent 30 years ($\text{mm}\cdot 10\text{ a}^{-1}$) (a) and its relation to latitude

图 5(a) 给出的是降水量的第一载荷向量(LV1)的分布图, 其方差贡献为 22.3%. 除了 50°N 以北以及东部长白山附近有小范围微弱的负值以外, 全区为一致的正值. 这表明东北、华北乃至西北东部这一广大区域在第一空间尺度处在同一大尺度天气系统的控制之下, 其降水量有较好的全区一致性. 1950 年代的降水就属这一气候类型. 从图 5(a) 可以看出, 载荷向量大值区位于 40°N 以南, 中心在渤海湾附近, 这里降水量变化最大, 中心载荷向量达 0.8 以上. 另外, 陕西, 甘肃及宁夏交界区也有一变率较大区, 该区虽属我国中部, 但仍是季风降水的影响区域.

图 5(b) 为第二载荷向量(LV2)分布图, 0 线沿 46°N 在蒙古国向东伸展, 从内蒙古锡林郭勒盟中部进入我国, 自 115°E 转向东南直至渤海湾. 0 线

以南以西地区为负值区, 0 线以北以东地区为正值区. 反映出我国东北象限内年降水量东北多雨(干旱)与西南干旱(多雨)的反向变化的差异, 方差贡献占 11.1%. 东北部除大兴安岭西侧有一微弱的负值区外, 其余大范围为正值区, 其范围主要涵盖我

国东北三省, 内蒙古东北部, 蒙古国北部以及河北的部分地区; 西南部为负值区, 主要包括蒙古南部, 内蒙中部, 山西, 陕西, 宁夏, 河北及甘肃的部分地区. 1960 年代和 1970 年代的平均降水距平百分率的分布与这一气候类型十分相似.

图 5(c) 是降水量的第三载荷向量(LV3)分布图, 其方差贡献为 8.6%. 它反映的是中部降水与南部、北部的差异, 这种差异是研究区域第三空间尺度上的地域差. 最典型的是 1980 年代平均降水距平百分率的空间分布, 中部多雨(干旱)时南北干旱(多雨), 既有南北向的变化也有东西向的差异.

3.3 分区降水量的年代际变化

为了更清楚的研究降水量的空间异常差异与变化特征, 参照降水量旋转后的前 10 个载荷向量的分布情况以及当地的气候特征, 考虑到季风的推进过程, 可进一步分成 6 个气候区(图 6). 各区均以旋转载荷向量最大值的站作为代表站, 即 1: 东北东部区, 代表站佳木斯(130.28° E, 46.82° N); 2: 河套区代表站包头(109.85° E, 40.67° N); 3: 南部华北区代表站五台山(113.53° E, 39.03° N); 4: 东北西部区代表站白城(122.83° E, 45.63° N); 5: 外蒙中部区代表站乌兰巴托(106.98° E, 47.93° N); 6: 东北北部区代表站加格达奇(124.12° E, 50.4° N).

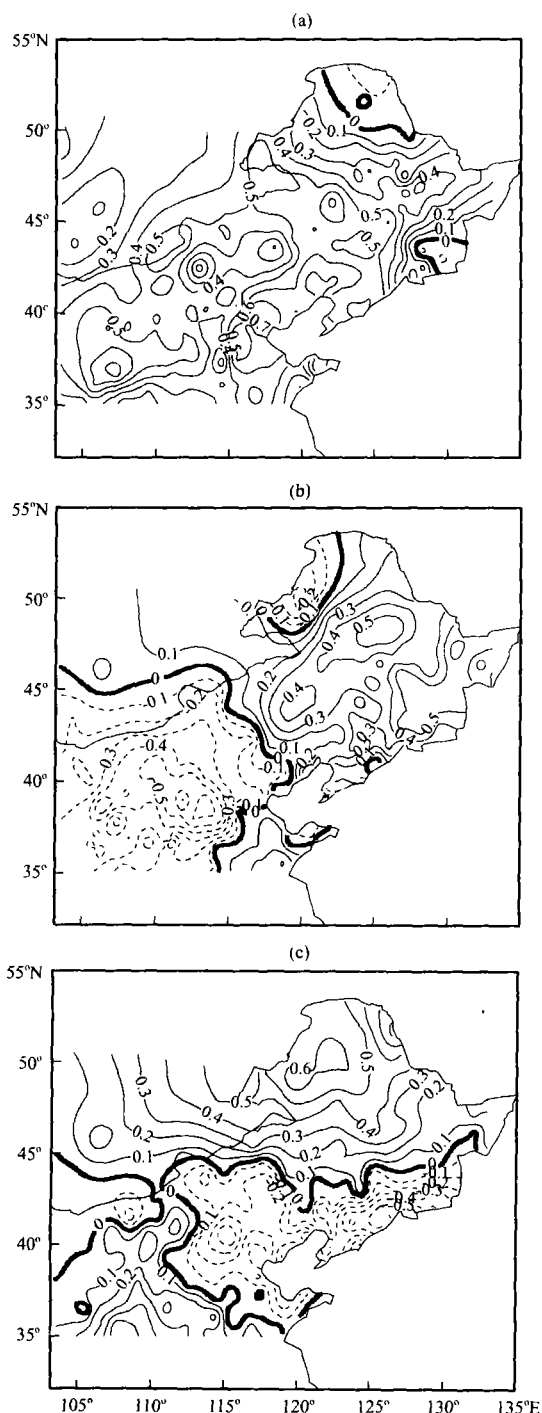


图 5 年降水量第一(a)、第二(b)、第三(c)载荷向量

Fig. 5 The first (a), second (b) and third (c) loading eigenvectors of annual precipitation

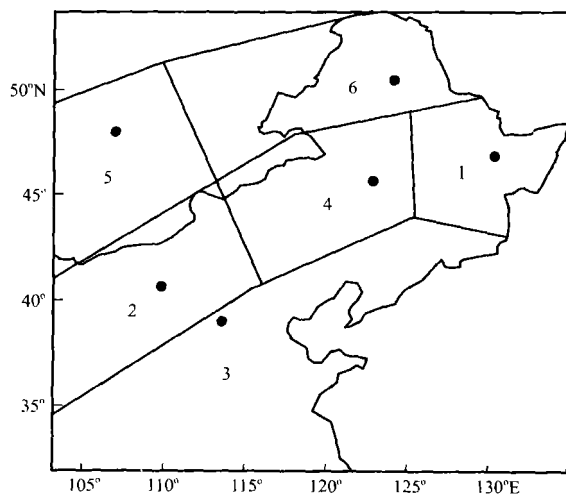


图 6 年降水分区图
黑点为代表站位置

Fig. 6 Sub regions of annual precipitation

图 7 给出了 6 个代表站的降水距平百分率序列、总体线性趋势以及突变前后的线性趋势.

从线性拟合来看, 近 50 a 来, 中国东北及其邻近地区的东北东部区、河套区、南部华北区和东北

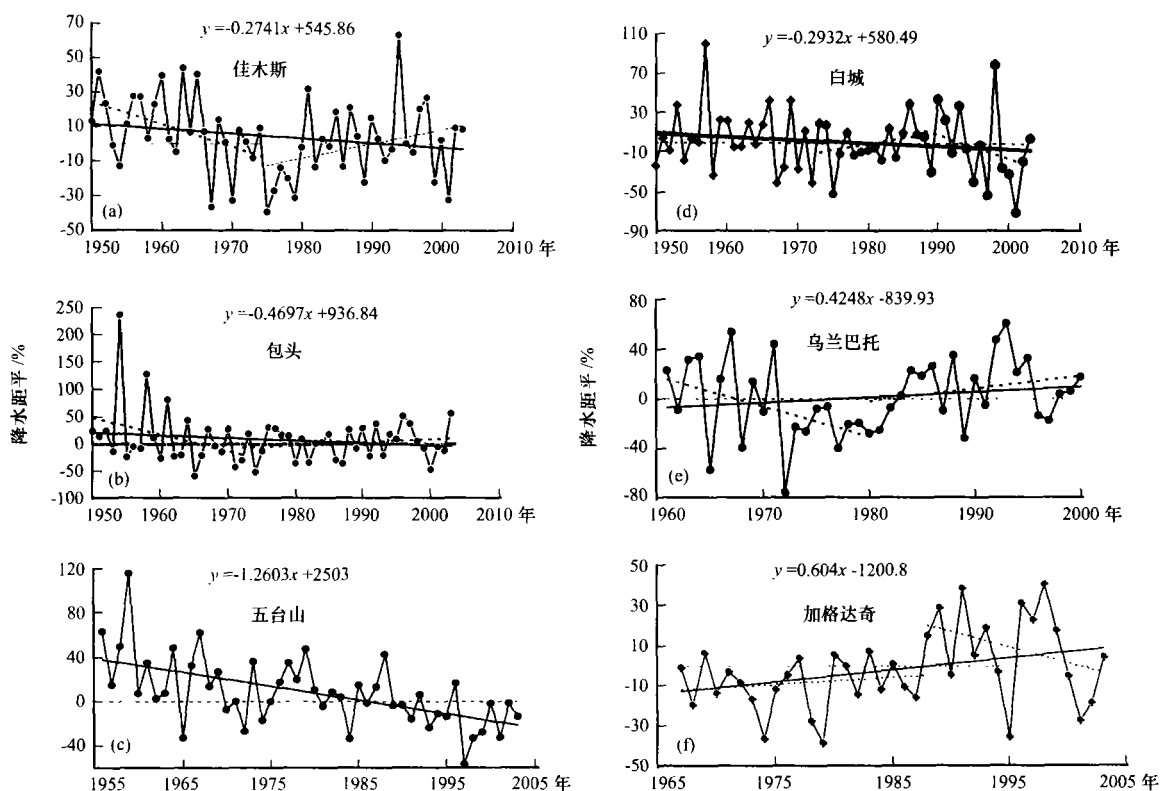


图 7 各区代表站降水距平百分率及突变分析

Fig. 7 The year - variation curves of annual precipitation anomaly percentage and abrupt analyses of each representative station

西部 4 个气候区降水量均在减少(图 7a~d), 减少幅度在 $3\% \sim 13\% \cdot 10a^{-1}$, 即 $12 \sim 94mm \cdot 10a^{-1}$. 北部两个气候区(图 7e~f)的年降水量有明显增加, 位于大兴安岭地区的加格达奇和蒙古国的乌兰巴托, 其线性增长率为 $6.04\% (32.1 mm) \cdot 10a^{-1}$ 和 $4.25\% (10.9 mm) \cdot 10a^{-1}$.

减少最明显的南部华北区, 降水量的减少是其它各代表站的 4~8 倍, 成为该区域内内干旱化最迅速的地区. 其代表站五台山(图 7c)年降水量在 1956—2003 年间以每 10 a $13\% (94 mm)$ 的速率在减少, 平均年降水量从 1950 年代的 1 000 mm 多减少到 1990 年代的近 600 mm. 几乎呈单调下降趋势, 而且这种减少还在持续, 近 50 a 没有转折. 该区的这种现象就竟是处在转型前的低谷期, 还是未来仍有继续下降的可能还有待深入研究.

东北大部及河套地区的年降水量总体虽然也呈减少趋势, 但在近几十年的降水变化中有突变. 东北东部和河套表现为由多一少一多的演变过程, 代表站佳木斯(图 7a)和包头(图 7b)的突变年份分别在 1975 年和 1972 年. 比较转折前后降水的变化

率, 东北东部的突变更明显. 转折前降水量分别以 $13.2\% (68.1 mm) \cdot 10a^{-1}$ 和 $-30.5\% (-29.6 mm) \cdot 10a^{-1}$ 的速率下降, 转折后降水量分别以 $8.2\% (31.5 mm) \cdot 10a^{-1}$ 和 $5.5\% (16.6 mm) \cdot 10a^{-1}$ 的速率增加(表 1).

东北西部年降水量的变化较为复杂, 代表站白城(图 7d)近 50 a 来已有两次明显转折, 演变过程为多—少—多—少, 突变分别出现在 1973 年和 1988 年. 该区为半湿润半干旱农牧交错区, 气候变化复杂, 在经历了一个短暂的增湿阶段后, 降水量再次迅速减少, 这对于该地区的生态环境建设有不利影响. 例如奈曼地区, 本是历史上的农牧交错带, 但是经过辽、汉、解放初期、20 世纪 80 年代几次大规模的开发后, 草原逐步退化, 加上当地干旱半干旱的气候草原逐步退化为沙地, 生态环境恶劣.

东北中南部、华北及河套属东亚季风影响地区, 降水量的减少可能与东亚夏季风的减弱有关. 同时, 由于我国东北降水大部分来自 7、8 月份的季风降水, 夏季风的减弱也进一步加剧了该区的干旱

表 1 分区代表站的总体及转折前后年降水量的线性倾向率(·10a⁻¹)

Table 1 The linear trend rates of annual precipitation in the representative stations of each sub-region, total before and after breakpoint(per ten years)

代表站	总体倾向率	突变年	突变前的倾向率	突变后的倾向率
佳木斯	-2.74%(-14.2 mm) (1950—2003)	1975	-13.2%(-68.2 mm) (1950—1975)	8.2%(42.3 mm) (1975—2003)
包头	-4.7%(-14 mm) (1950—2003)	1972	30.5%(-90.8 mm) (1950—1972)	5.5%(16.3 mm) (1972—2003)
五台山	-12.6%(-93.6 mm) (1950—2003)	/	/	/
白城	-2.93%(-11.7 mm) (1950—2003)	1973 1988	-2.9%(-13.5 mm) (1950—1973)	12.3%(49.3 mm) (1973—1988) -23.9%(-96.2 mm) (1988—2003)
乌兰巴托	4.25%(10.9 mm) (1961—2000)	1980	-24.3%(-62.5 mm) (1961—1980)	10.1%(25.9 mm) (1980—2000)
加格达奇	6.04%(32.1 mm) (1967—2003)	1988	3.5%(3.6 mm) (1967—1988)	-15.8%(-83.9 mm) (1988—2003)

化趋势。

高纬度年降水量表现出明显的线性增加,但5、6两区代表站乌兰巴托和加格达奇(图7e、f)在总体线性增加的过程中分别在1980年和1988年都出现了转折。不同的是蒙古国乌兰巴托1980年是由转折前的由多渐少变为转折后的由少渐多;大兴安岭地区的加格达奇1988年则是由转折前的由少渐多(速率慢)变为转折后的由多渐少(速率快)。

4 结论

通过对我国东北及其临近地区年降水量的时空特征及年代际变化的分析,可以得到以下结论:

(1) 综观50 a降水变化,东北北部演变过程为多(1950年代)—少(1960年代,1970年代)—多(1980年代,1990年代);华北的演变过程为多(1950年代,1960年代,1970年代)—少(1980年代,1990年代)。表明自1980年代起,东北地区由干变湿,而华北地区则由湿变干。

(2) 通过对年降水量的EOF和REOF分解,该区降水主要呈3种分布形式:全区一致型;南北反向型;南北部一致与中部相反分布型。进一步可将其划分为6个降水气候区。第一特征向量表征的全区一致型说明东北及其临近地区降水量受大尺度天气系统影响,具有一致偏多(少)的特性。

(3) 分析6个分区代表站年降水量的年代际变

化,在过去的半个多世纪里,东北及其邻近地区的降水量总体下降,但近30 a来东北北部有增湿趋势,同时南部的干旱化一直在加剧。即该区在70年代经历的一个10 a左右的早期,降水量普遍偏少;80年代中期起除东南沿海继续变干外其它地区干旱化略有缓解,但90年代后期降水量又有明显下降。这种北增南减的分布特征反映了全球变暖以及夏季风的减弱。

(4) 由突变分析可以得到:我国北方大部分的地区年降水量在70年代中期和80年代经历了一次突变,但变化的方向、范围、时间并不一致,时间上南部早于北部,但沿海地区尚未发生明显的气候转型。

参考文献(References):

- [1] Shi Yafeng, Shen Yongping, Hu Ruji. Preliminary study on signal impact and foreground of climatic shift from warm dry to warm humid in Northwest China [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2002, 24(3): 219—226. [施雅风, 沈永平, 胡汝骥. 西北气候由暖干向暖湿转型的信号、影响和前景初步探讨[J]. 冰川冻土, 2002, 24(3): 219—226.]
- [2] Shi Yafeng, Shen Yongping, Li Dongliang, et al. An Assessment of the Issues of Climatic Shift from Warm-Dry to Warm-Wet in Northwest China [M]. Beijing: Meteorological Press, 2003. [施雅风, 沈永平, 李栋梁, 等. 中国西北气候有暖干向暖湿转型问题评估[M]. 北京: 气象出版社, 2003.]
- [3] Shi Yafeng, Shen Yongping, Li Dongliang, et al. Discussion on the present climate change from warm dry to warm wet in

- Northwest China [J]. *Quaternary Sciences*, 2003, **23**(2): 152 - 164. [施雅风, 沈永平, 李栋梁, 等. 中国西北气候由暖干向暖湿转型的特征和趋势探讨[J]. 第四纪研究, 2003, **23**(2): 152 - 164.]
- [4] Li Dongliang, Wei Li, Cai Ying, *et al.* The present facts and the future tendency of the climate change in Northwest China [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2003, **25**(2): 135 - 142. [李栋梁, 魏丽, 蔡英, 等. 中国西北现代气候变化事实与未来趋势展望[J]. 冰川冻土, 2003, **25**(2): 135 - 142.]
- [5] Li Dongliang, Feng Jianying, Chen Lei, *et al.* Study on inter decadal change of Heiher runoff and Qilian Mountain's climate [J]. *Plateau Meteorology*, 2003, **22**(2): 104 - 110. [李栋梁, 冯建英, 陈雷, 等. 黑河流量和祁连山气候的年代际变化[J]. 高原气象, 2003, **22**(2): 104 - 110.]
- [6] Li Dongliang, Wang Tao, Zhong Hailing. Climatic cause of sand - dust storm formation in Northern China and its trend forecast [J]. *Journal of Desert Research*, 2004, **24**(3): 376 - 397. [李栋梁, 王涛, 钟海玲. 中国北方沙尘暴气候成因及未来趋势预测[J]. 中国沙漠, 2004, **24**(3): 376 - 379.]
- [7] Wang Ling, Xie Xianqun. Changes of humid index and border line of wet and dry climate zone in northern China [J]. *Geographical Research*, 2004, **23**(1): 46 - 54. [王菱, 谢贤群. 中国北方地区 40 年来湿润指数和气候干湿带界线的变化[J]. 地理研究, 2004, **23**(1): 46 - 54.]
- [8] Sun Li, An Gang, Ding Li, *et al.*, A climatic analysis of summer precipitation features and anomaly in northwest China [J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 2000, **58**(1): 70 - 82. [孙力, 安刚, 丁立, 等. 中国东北地区夏季降水异常的气候分析[J]. 气象学报, 2000, **58**(1): 70 - 82.]
- [9] Yu Xiuqing, Li Dongliang, Hu Jinbiao. Climatic interdecadal variability and abrupt analysis for recently 50 years in Jilin province [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2004, **26**(6): 779 - 783. [于秀晶, 李栋梁, 胡靖彪. 吉林省近 50 年来气候的年代际变化特征及其突变分析[J]. 冰川冻土, 2004, **26**(6): 779 - 783.]
- [10] Zhang Raoting, Fang Kaitai. Guide of Multiple Statistical Analyses [M]. Beijing: Science Press, 1982. 259 - 267. [张菡庭, 方开泰. 多元统计分析引论 [M]. 北京: 科学出版社, 1982. 259 - 267.]
- [11] Fu Congbin, Wang Qiang. The definition and detection of the abrupt climatic change [J]. *Scientia Atmospherica Sinica*, 1992, **16**(4): 482 - 493. [符淙斌, 王强. 气候突变的定义和检测方法[J]. 大气科学, 1992, **16**(4): 482 - 493.]
- [12] Ye Duzheng, Tao Shiyan, Li Maicun. The jump transition of atmospheric circulation in July and October [J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 1992, **29**(3): 249 - 263. [叶笃正, 陶诗言, 李麦村. 在 6 月和 10 月大气环流的突变现象 [J]. 气象学报, 1992, **29**(3): 249 - 263.]
- [13] Tome A R, Miranda P M A. Piecewise linear fitting and trend changing points of climate parameters [J]. *Geophysics Res. Lett.*, 2004, **31**: 78 - 82.

Interdecadal Variations of Annual Precipitation in Northeast China and Its Neighborhood during Past 50 Years

HOU Yi ling^{1, 2}, LI Dong liang¹, SHI Ya feng¹, SHEN Yong ping¹

(1. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Lanzhou Gansu 730000, China;

2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: The climatic inter decadal variations in Northeast China are analyzed and studied by using the observational data from 195 stations in Northeast China and 6 stations in Mongolia with EOF and REOF analyses and the means of separated time interval linear fitting. It is found that: (1) In the recent 50 years the annual precipitation performed the course of more - less - more in Northeast China and more - less in North China, showing that Northeast China has been changing from dry to humid while Northern China has been changing from humid to dry since the 1980s. (2) There

are three precipitation patterns in the studied region; the consistent pattern in all of the sub regions, the opposite pattern in the north and the south and the pattern with consistency in the north and south but opposite in the middle. (3) The precipitation is gradually decreasing, resulting in a worse drought of the south, but it is slightly increasing in the northeast part in the last 30 years. (4) The precipitation in most sub regions experienced an abrupt change in the middle of the 1970s and early in the 1980s, but the changing direction, scope and time were different.

Key words: Northeast China; annual precipitation; interdecadal variation; climate change