

气候变暖背景下陕甘宁蒙接壤区 1961—2015 年降水变化响应特征

杨蓉, 赵多平

(宁夏大学 资源与环境学院, 宁夏 银川 750021)

摘要: [目的] 探讨全球变暖背景下陕甘宁蒙接壤区降水量的变化响应特征, 为该区自然生态系统和经济社会系统可持续发展提供科学理论依据。[方法] 利用陕甘宁蒙接壤区 40 个气象站点 1961—2015 年降水量数据资料, 采用趋势线拟合, 线性倾向估计, 普通 Kriging 插值等数理分析方法, 对陕甘宁蒙接壤区 54 a 的降水量时空变化特征进行分析。[结果] ①随着全球变暖, 陕甘宁蒙接壤区在 54 a 间降水量总体略微减少, 但近十几年降水量呈现明显上升趋势; ②该区年均降水量空间变化大致是沿东南—西北方向呈现由多到少的过渡, 年均降水量倾向率空间变化则大致沿东南—西北方向呈现由减少到增加逐步过渡; ③54 a 间四季降水距平变化趋势为春、夏、冬 3 季的降水量呈增加趋势, 秋季降水量呈减少趋势, 变化速率为: 夏季 > 冬季 > 春季 > 秋季。四季降水量的空间差异明显, 大致都沿东南—西北方向呈现由多到少的逐步过渡趋势。[结论] 全球变暖下陕甘宁蒙接壤区 54 a 来降水量总体略微减少的趋势表明该区域气候具暖干化发展趋势, 且季节差异显著。但就 2000 年以来该区的降水量又呈现明显增加趋势来看, 是否该区气候具有由暖干向暖湿转型的大趋势, 还需深入研究。

关键词: 降水; 时空变化; 响应; 陕甘宁蒙接壤区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2018)03-0269-06

中图分类号: P426.6

文献参数: 杨蓉, 赵多平. 气候变暖背景下陕甘宁蒙接壤区 1961—2015 年降水变化响应特征[J]. 水土保持通报, 2018, 38(3): 269-274. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2018.03.043. Yang Rong, Zhao Duoping. Response characteristics of precipitation change in contiguous areas of Shaanxi, Gansu, Ningxia and Mongolia under global warming from 1961 to 2015[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(3): 269-274.

Response Characteristics of Precipitation Change in Contiguous Areas of Shaanxi, Gansu, Ningxia and Inner Mongolia Under Global Warming From 1961 to 2015

YANG Rong, ZHAO Duoping

(College of Resources and Environment, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

Abstract: [Objective] To explore the response characteristics of precipitation change in the Shaanxi, Gansu, Ningxia and Inner Mongolia bordering area under global warming in order to provide scientific theoretical basis for the sustainable development of natural ecosystem and social economy in this area. [Methods] Precipitation data was collected from 40 national meteorological stations during the period from 1961 to 2015. The spatial-temporal variation of precipitation in the past 54 years was analyzed, using linear trend estimation, Mann-Kendall mutation test and ordinary Kriging interpolation mathematical analysis methods. [Results] ① With the global warming, the precipitation decreased in the study areas during the past 54 years. ② Spatially, the annual precipitation reduced roughly from the southeast to northwest, and the tendency rate showed a decreasing trend initially and then increased from the southeast to northwest. ③ The changes in precipitation anomaly showed that the precipitation increased in spring, summer and winter, but reduced in autumn, and the rate of precipitation change ranked as: winter > spring > autumn > summer. The spatial differences of

收稿日期: 2017-09-21

修回日期: 2017-12-29

资助项目: 宁夏自然科学基金项目“宁夏旱涝灾害对称性时空结构及灾害风险管理研究”(NZ1625); 国家自然科学基金项目“宁夏回族生态移民社区生活空间的演化机理与协调机制研究”(41761024)

第一作者: 杨蓉(1979—), 女(汉族), 陕西省汉中市人, 博士, 副教授, 主要从事自然灾害、区域可持续发展研究。E-mail: yangr821@163.com.

通讯作者: 赵多平(1978—), 男(蒙古族), 内蒙古自治区鄂尔多斯市人, 博士, 副教授, 主要从事区域规划、旅游开发与规划及经济运行研究。E-mail: zdp@nxu.edu.cn.

precipitation in four different seasons were obvious, which reduced gradually from the southeast to northwest. [Conclusion] A warm-drying trend is expected in the Northern Shaanxi, Gansu, Ningxia and Inner Mongolia contiguous area, and it is obvious in four different seasons. Further studies are needed to confirm whether the climate will transferred from the warm-dry to warm-wet since the precipitation in the region has shown an obvious increasing trend since 2000.

Keywords: precipitation; spatial-temporal change; response; contiguous areas of Shaanxi, Gansu, Ningxia and Mongolia

IPCC 第 4 次评估报告指出:近 100 a 来全球平均气温升高了 $0.74\text{ }^{\circ}\text{C}$, 平均升温速率大致为 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$, 今后 20 a 全球平均地面气温仍将以 $0.2\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 的速率继续上升^[1], 未来全球仍将表现为明显的增温趋势。地球上不同要素交界地带的区域, 如水陆交界带、干湿交替带、农牧交错带、沙漠边缘带等, 它们的环境要素十分敏感, 这些区域能及时、灵敏的体现全球变化的早期信号, 对全球变化的响应具有独特性, 这就是生态脆弱带。脆弱带由于特殊的地理环境和气候条件, 对于气候变化和人类干扰的影响极为敏感, 使其成为研究全球变化重要的预警区^[2], 其研究对全球变化以及预测区域未来气候、环境演变都具有重大科学意义。近年来很多学者针对中国不同生态脆弱带地区进行研究, 大多集中在脆弱带的生态环境恶化状况、土地生产力退化和土壤侵蚀等方面^[3], 也有气候变暖对脆弱带地区植被及其覆被变化的影响研究, 以及全球变化与生态脆弱带各个影响因子的关系研究^[4], 对其土壤、气候、植被等要素的时空分布与演变格局的研究也很多^[5]。施雅风等^[6]在对中国的气候变化研究中发现, 在全球变暖的背景下中国西北地区气候近几十年来有向暖湿方向转变的特点, 并做出了未来西北地区气候向暖湿转型的时间尺度和空间范围的预测^[7]。总之, 专门针对脆弱带地区的气候变化或气象要素的研究还很缺乏。

陕甘宁蒙接壤区是中国地理环境最复杂、生态环境最脆弱的特殊区域之一, 在全球气候变暖的背景下更易受到全球气候变暖和气候异常的影响, 也更能灵敏、及时地反映全球变化, 有着独特的响应特征。这一区域也正是西北地区东部与西北地区西部的转换带, 在中国气候变化格局中处于特殊地位, 因此在全球变暖的大背景下有必要加强对陕甘宁蒙接壤区地区气候变化的研究。基于此, 本文拟选取陕甘宁蒙接壤区作为研究区域, 利用 1961—2015 年的降水量数据, 以趋势线拟合、线性倾向估计、普通 Kriging 插值等数理分析方法, 分析气候变暖背景下陕甘宁蒙接壤区近 54 a 的降水量时空变化特征, 以期为本区域自然生态系统和社会经济系统可持续发展提供一些科学理论依据, 同时也为全球变化研究提供一些区域性科学证据。

1 研究区概况

陕甘宁蒙接壤区地处陕、甘、宁、蒙 4 省的接壤地区, 是一个近似四边形的区域, 总面积约为 $3.40 \times 10^5\text{ km}^2$, 包括陕西北部、宁夏、甘肃东南部和内蒙古临近宁夏的南部地区。从气候特征来看, 陕甘宁蒙接壤区刚好位于中国夏季风末势力区的季风与非季风气候的贺兰山交界地区, 降水的地区差异、季节和年际变率都极大, 且变化十分敏感; 从地形特征来看, 该区地处中国中部黄土高原区向内蒙古高原边缘地带的毛乌素沙漠和腾格里沙漠过渡的地区, 由东向西为东南黄土丘陵沟壑区向西南黄土丘陵沟壑区的过渡地带, 地形起伏大且复杂多变, 地形因素对小气候的影响较大; 从生态环境来看, 这里是中国典型的从半湿润区向半干旱、干旱区过渡的农牧交错区^[8-9]。陕甘宁蒙接壤区的生态环境系统和社会经济活动等都是在变化的临界区间, 其自然生态环境的变化会直接影响到西部乃至全国的生态与经济安全。

2 数据来源及研究方法

2.1 数据来源

选取陕甘宁蒙接壤区气象数据比较完整的 40 个气象站点 1961 年 1 月至 2015 年 12 月共 54 a 的降水量月值数据, 依此计算出降水量年值和季节值, 通过对数据的分析与处理得出研究区降水量时空变化特征。所用气象数据资料来源于中国气象数据共享服务网 (<http://cdc.cma.gov.cn/home.do>)。

为了更详细分析陕甘宁蒙接壤区的降水量变化特征, 依据区域自然地理环境的差异性将陕甘宁蒙接壤区做进一步中尺度的划分^[10], 主要以贺兰山所在的大致 105°E 线作为区域的的东西分界线, 毛乌素沙漠南缘所在的大致 37°N 线作为区域的南北分界线, 依此分界线做出中尺度分区: 1 区为半干旱的东北毛乌素沙区, 2 区为半湿润的东南黄土丘陵沟壑区, 3 区为半干旱的西南黄土丘陵沟壑区, 4 区则为干旱的西北腾格里沙区 4 个中尺度区域。

2.2 研究方法

本文主要利用 Excel, ArcGIS, DPS 数据处理系统等软件对要素数据进行分析处理, 采用数理统计分析法、线性倾向估计法、趋势线拟合法、克里金插值法等方法, 分析陕甘宁蒙接壤区近 54 a 来的降水量时空变化特征。

2.2.1 线性倾向估计法 线性倾向估计法是用来分析某一气候变量的变化倾向趋势及这种变化趋势显著与否的方法^[11]。两者之间的一元线性回归方程:

$$x_i = a + bt_i \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

式中: x_i ——样本量为 n 的某一气候变量; t_i —— x_i 对应的时间; a, b ——为回归常数、回归系数, 由最小二乘法进行估计:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i t_i - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n x_i) (\sum_{i=1}^n t_i)}{\sum_{i=1}^n t_i^2 - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n t_i)^2} \quad (2)$$

$$a = \bar{x} - b\bar{t}$$

$$r = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n t_i^2 - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n t_i)^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n x_i)^2}} \quad (3)$$

其中: $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$, $\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$

r 为相关系数, 回归系数 b 的符号表示气候变量 x 的趋势倾向方向, 当符号为正, 说明随时间的增加气候变量呈增加趋势, 反之则为减少趋势。 b 值的大小反映了气候变量上升或下降的速率, 即表示气候变量上升或下降的倾向程度。 $|r|$ 越大, 气候变量与时间之间的线性关系就越大^[12]。

2.2.2 普通 Kriging 插值法 Kriging (克里金) 插值法又称为空间自协方差最佳插值法, 它是以南非矿业工程师 D. G. Krige 的名字命名的一种最优内插法。是地学统计学常采用的一种求最优、线性、无偏的空间内插方法^[13]。它考虑的是要素空间属性在空间位置上的变异分布, 它是在充分考虑观测资料之间的相互关系后, 对每一个观测资料赋予一定的权重系数, 然后加权平均得到估计值。本文运用此方法进行降水数据空间变化的分析。其计算公式为:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n_i} \sum_{i=1}^n [z(x_i) - z(x_i + h)]^2 \quad (4)$$

式中: h ——各点之间距离; n ——由 h 分开的成对本点的数量; z ——点的属性值^[14]。

3 结果与分析

3.1 降水量年变化特征

1961—2015 年陕甘宁蒙接壤区多年平均降水量

为 367.52 mm, 符合典型半干旱区的降水特征, 年降水最大值、最小值的分别为 547.42 mm (1964 年)、262.37 mm (1982 年), 最大值和最小值相差 285.05 mm, 降水量年际变化幅度较大。

分析陕甘宁蒙接壤区年降水量距平变化 (图 1) 可知, 近 54 a 陕甘宁蒙接壤区降水量总体呈减少趋势, 减少速率为 3.29 mm/10 a, 降水变化趋势不明显。通过分析 6 阶多项拟合趋势可知, 20 世纪 60 年代, 陕甘宁蒙接壤区降水波动减少趋势较明显, 减少速率为 49.53 mm/10 a, 这与该时期自然灾害加之加大搞建设, 植被破坏严重而人为加剧了干旱程度有关; 20 世纪 70 年代初到 90 年代末降水波动变化特征不明显, 整体略有增加, 增加速率为 1.35 mm/10 a, 其中 70 年代略有减少, 80 年代有所增加, 90 年代又有所下降。进入 21 世纪是降水增加最为明显的阶段, 增加速率为 32.36 mm/10 a, 就大尺度原因是由于 2000 年以来气候变暖越来越突出而导致水循环的海陆大循环旺盛, 就小尺度原因则是由于该区域的生态重建工程初见成效。相比而言, 20 世纪 60 年代为下降期, 70 年代到 90 年代为平稳期, 进入 21 世纪以后为上升期。

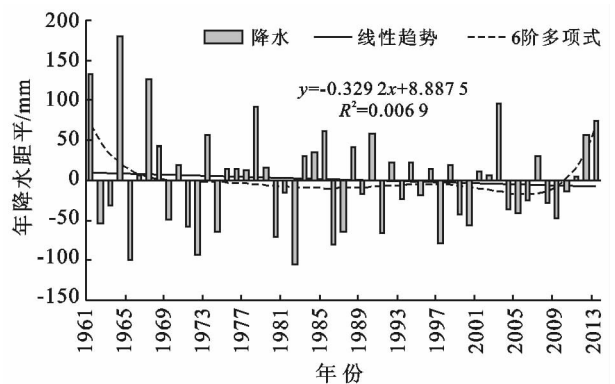


图 1 陕甘宁蒙接壤区年降水量距平变化特征

3.2 降水量空间变化特征

运用普通 Kriging 插值法得出 1961—2015 年陕甘宁蒙接壤区年降水量及倾向率空间变化情况 (附图 8), 其中该区年降水量空间变化 (附图 8a) 大致沿东南—西北方向呈现由多到少的逐步过渡, 即西南黄土丘陵沟壑区、东南黄土丘陵沟壑区为相对高值区, 西北腾格里沙区为相对低值区。全区年降水量最多的站点为东南黄土丘陵沟壑区内的洛川站, 年降水量高达 612.52 mm, 最少的是西北腾格里沙区的吉兰泰站, 年降水量仅为 104.49 mm。全区有 19 个站点近 50% 的地区年降水量超过 400 mm; 有 13 个站点 32.5% 的站点年降水量为 200~400 mm, 有 8 个站

点 20% 的地区年降水量在 200 mm 以下。

近 54 a 来,陕甘宁蒙接壤区年降水量倾向率空间变化(附图 8b)差异明显,年降水倾向率空间变化大致沿东南—西北方向呈现由减少到增加的逐步过渡,西南黄土丘陵沟壑区及东南黄土丘陵沟壑区为降水减少区,东北毛乌素沙区和西北腾格里沙区为相对增加区。这表明在全球变暖的大背景下蒸发旺盛,水循环的海陆大循环加剧,使原本降水量多的区域降水减少,而原本降水量少的沙漠区则降水有所增加,且该区的沙漠治理对降水量也有调节作用。整个陕甘宁蒙接壤区有 9 个 22.5% 的站点年降水量处于增加趋势,其中上升速率最快的为位于东北毛乌素沙区内的伊金霍洛旗

站(49.13 mm/10 a),位于甘肃省境内的临夏站上升速率最小,仅有 0.45 mm/10 a。其余站点降水量均呈下降趋势,约占 77.5%,下降速率最大的为毛乌素沙区内的榆林站(-36.84 mm/10 a),最小的为西南黄土丘陵沟壑区内的天水站(-0.29 mm/10 a)。

3.3 降水量季节变化特征

分析陕甘宁蒙接壤区 1961—2015 年 4 季降水距平变化趋势可知(图 2),春、夏、冬 3 季降水量呈增加趋势,秋季降水量呈减少趋势,变化速率大小关系为夏季(2.76 mm/10 a) > 冬季(0.39 mm/10 a) > 春季(0.02 mm/10 a) > 秋季(-1.87 mm/10 a),四季降水具体变化特征如图 2 所示。

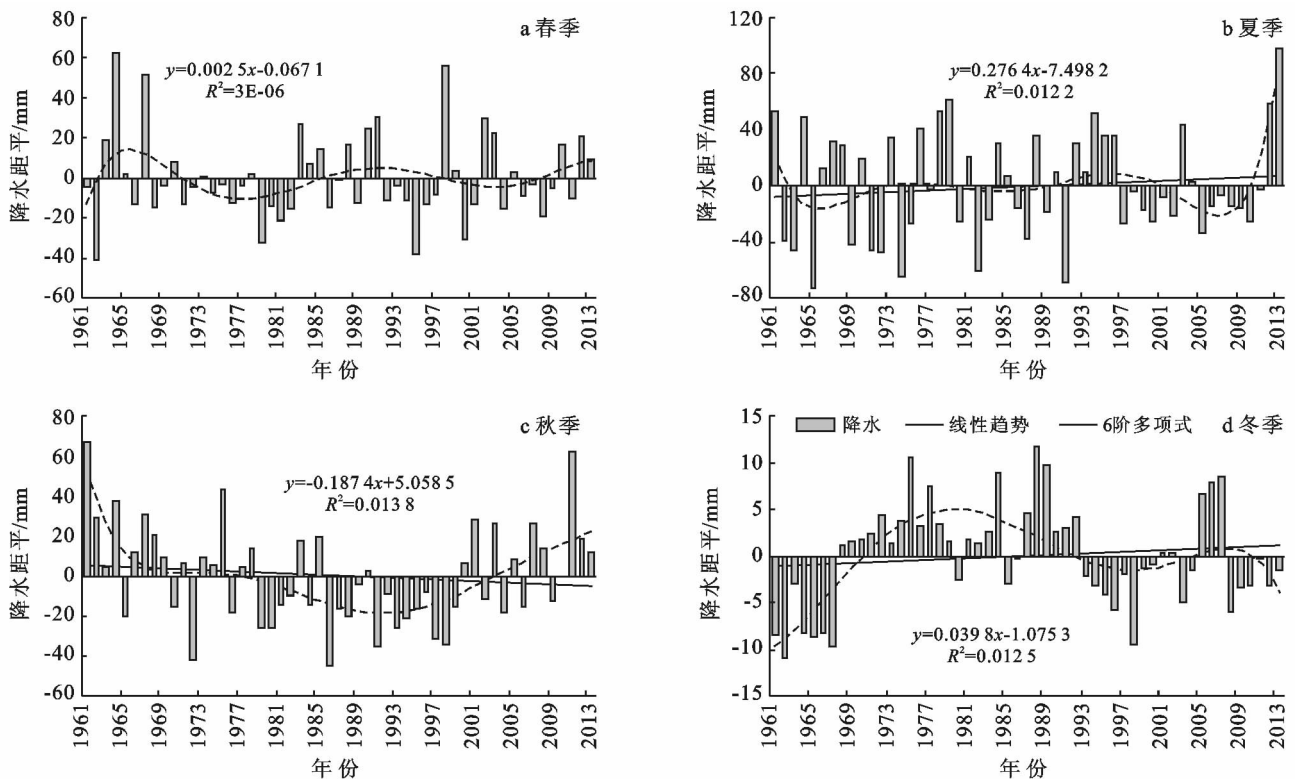


图 2 陕甘宁蒙接壤区 4 季降水距平变化趋势

(1) 春季多年平均降水量为 59.28 mm,春季降水最大值和最小值分别为 121.64 mm(1964 年)、18.46 mm(1962 年),降水极值相差 103.18 mm。分析春季降水距平变化特征可知(图 2a),近 54 a 来春季降水量呈增加趋势,增加速率为 0.02 mm/10 a,降水年际变化波动幅度较大。通过分析 6 阶多项拟合趋势可知,春季降水量变化大概以 10 a 为周期经历了增加—减少—增加—减少—增加的趋势。具体而言,20 世纪 60 年代初期降水量增加较快,之后开始持续下降,进入 80 年代以后呈现增加趋势,90 年代略有减少,2000 年以后降水量又逐步增加。

(2) 夏季多年平均降水量为 177.03 mm,夏季降

水最大值和最小值分别为 275.01 mm(2013 年)、103.65 mm(1965 年),降水极值相差 171.36 mm。通过分析夏季降水距平变化特征可知(图 2b),夏季降水量增加幅度最大,增加速率为 2.76 mm/10 a。分析 6 阶多项拟合趋势可知,近 54 a 来陕甘宁蒙接壤区夏季降水经历了减少期—稳定期—减少期—增加期。20 世纪 60 年代初期降水量呈快速减少趋势,减少速率为 9.94 mm/10 a,60 年代中期到 90 年代中期相对稳定,90 年代中期到 2006 年夏季降水量又有所减少,2007—2015 年夏季降水量快速增加,增加速率为 168.25 mm/10 a。

(3) 秋季多年平均降水量为 77.52 mm,秋季降

水最大值和最小值分别为 144.69 mm(1961 年)、32.48 mm(1986 年),降水极值相差 112.21 mm。分析秋季降水距平变化特征可知(图 2c),近 54 a 来陕甘宁蒙接壤区秋季降水量呈减少趋势,也是 4 个季节中降水唯一呈减少趋势的季节,下降速率为 1.87 mm/10 a。秋季降水量 6 阶多项拟合趋势显示,近 54 a 来陕甘宁蒙接壤区秋季降水量波动变化趋势较大,变化趋势大致呈 V 型,经历了较为显著的减少和增加期,其中 20 世纪 60 年代到 90 年代初为降水量减少期,减少速率为 13.97 mm/10 a,90 年代到 21 世纪初为增加期,增加速率为 19.49 mm/10 a。

(4) 冬季多年平均降水量为 12.51 mm,冬季降水最大值和最小值分别为 24.15 mm(1988 年),1.57 mm(1962 年),降水极值相差 22.58 mm。分析冬季降水距平变化特征可知(图 2d),陕甘宁蒙接壤区冬季降水呈增加趋势,增加速率为 0.39 mm/10 a,分析冬季降水量 6 阶多项拟合趋势得出,陕甘宁蒙接壤区冬季降水经历了增加—减少—增加—减少的趋势,20 世纪 60—80 年代降水量增加趋势明显,增加速率为 7.69 mm/10 a,80 年代到 90 年代末期为减少期,减少速率为 3.91 mm/10 a,90 年代末到 2007 年略有增加,2007 年以后降水量又开始减少。

3.4 不同季节降水量空间变化特征

运用普通 Kriging 插值法得出陕甘宁蒙接壤区 1961—2015 年各季节降水量空间变化图(附图 9),从图中可看出,4 个季节降水量的空间差异明显,大致沿东南—西北方向呈现由多到少的逐步过渡趋势^[15]。

(1) 春季降水量空间变化(附图 9a)大致沿东南—西北方向,呈现由多到少的逐步过渡,即东南黄土丘陵沟壑区、西南黄土丘陵沟壑区为相对高值区,东北毛乌素沙区、西北腾格里沙区为相对低值区,具体而言,全区春季降水量最多的站点为西南黄土丘陵沟壑区内的岷县站,春季降水量为 138.9 mm,最少的是毛乌素沙区内的陶乐站,春季降水量仅为 10.69 mm。全区有 8 个站点 20% 的地区春季降水量超过 100 mm;有 24 个站点 60% 的地区春季降水量为 20~100 mm,有 8 个站点 20% 的地区降水量在 20 mm 以下。

(2) 夏季降水量空间变化(附图 9b)大致也是沿东南—西北方向呈现由多到少的逐步过渡,东南黄土丘陵沟壑区降水量最高,西南黄土丘陵沟壑区次之,西北腾格里沙区为夏季降水量最少的区域,具体而言,全区夏季降水量最多的站点为东南黄土丘陵沟壑区内的洛川站,夏季降水量为 438.9 mm,最少的是腾

格里沙区内的吉兰泰站,夏季降水量仅为 68.98 mm。全区有 7 个站点 18% 的地区夏季降水超过 300 mm;有 26 个站点 70% 的站点年均夏季降水量为 100~300 mm,有 5 个站点 12% 的地区降水量在 100 mm 以下。

(3) 秋季降水量空间变化(附图 9c)仍然是东南多西北少,西南黄土丘陵沟壑区、东南黄土丘陵沟壑区为相对高值区,东北毛乌素沙区、西北腾格里沙区为相对低值区,具体而言,全区秋季降水量最多的站点为东南黄土丘陵沟壑区内的长武站,秋季降水量为 173.78 mm,最少的是毛乌素沙区内的陶乐站,秋季降水量仅为 13.24 mm,两者相差 160.54 mm,秋季降水空间差异较大。全区有 13 个站点 32.5% 的地区秋季降水超过 100 mm;有 23 个站点近 60% 的站点年降水量在 20~100 mm 之间,有 4 个站点 10% 的地区降水量在 20 mm 以下。

(4) 冬季降水量空间变化(附图 9d),整体全区冬季降水量都比较少,相对来说,位于东部区域的东南黄土丘陵沟壑区和毛乌素沙区有部分降水,而西北腾格里沙区和西南黄土丘陵沟壑区都是降水极少的干旱期,冬季降水量最多的站点为毛乌素沙区内的伊金霍洛旗站,降水量为 116.55 mm,最少的是毛乌素沙区内的陶乐站,降水量仅为 0.98 mm。全区冬季有 5 个站点 12.5% 的地区冬季降水超过 20 mm;全区有 9 个站点 22.5% 的站点降水量为 10~20 mm,有 26 个站点 65% 的地区降水量在 10 mm 以下。

4 结论与讨论

(1) 研究发现,陕甘宁蒙接壤区降水对全球气候变化的响应特征是:在 1961—2015 年共 54 a 间,陕甘宁蒙接壤区多年平均降水量为 367.52 mm,降水量总体呈略微减少趋势,但减少趋势并不明显。而就降水变化的阶段性来看,陕甘宁蒙接壤区 20 世纪 60 年代为降水量显著下降期,这大概与该时期自然灾害突出加之“大搞建设,植被破坏严重”而加剧了干旱程度有关;70 年代到 90 年代为平稳期,但 2000 年以来的近十几年来陕甘宁蒙接壤区年降水量呈现出明显上升趋势,这与施雅风等^[7]提出的西北地区气候已出现由暖干向暖湿转变的趋势相吻合。这表明随着全球变暖的趋势越来越明显,势将导致海洋与陆地水体蒸发旺盛,冰川消融增强,河川径流量扩大,而使大尺度的水循环更加旺盛,大部分区域降水增加^[16],加之近年来陕甘宁蒙接壤区生态建设初见成效,也使其总体降水量明显增加。

(2) 陕甘宁蒙接壤区年均降水量的空间变化趋势是:大致沿东南—西北方向呈现由多到少的逐步过

渡,即年均降水量最高为东南黄土丘陵沟壑区,次之为西南黄土丘陵沟壑区,年均降水量最低为腾格里沙区,符合中国降水量整体由东南向西北递减的大趋势。陕甘宁蒙接壤区年均降水量倾向率的空间变化差异明显,其倾向率空间变化大致也沿东南—西北方向呈现由减少到增加逐步过渡,西南黄土丘陵沟壑区及东南黄土丘陵沟壑区为降水量减少区,毛乌素沙区和腾格里沙区为降水量相对增加区。此研究结果与苏俊礼等^[17]的腾格里沙漠降水增加的研究结论,马晓波等^[6]得出的中国极端干旱地区降水呈增加趋势的研究结论相吻合。这表明在全球变暖的大背景下蒸发旺盛,水循环的海陆大循环加剧,使原本降水多的区域降水减少,而原本降水量少的沙漠区则降水有所增加。此外,毛乌素沙区和腾格里沙区沙漠治理对降水量也有调节作用^[18]。

(3) 陕甘宁蒙接壤区 1961—2015 年 4 季的降水距平变化趋势表现为,春、夏、冬 3 季的降水量呈增加趋势,秋季降水量呈减少趋势,变化速率大小关系为夏季(2.76 mm/10 a) > 冬季(0.39 mm/10 a) > 春季(0.02 mm/10 a) > 秋季(-1.87 mm/10 a)。陕甘宁蒙接壤区春、冬季节降水量变化大概以 10 a 为周期经历了增加—减少—增加—减少—增加的波动变化趋势,2000 年以后春、冬季节降水是逐步增加的趋势。而夏、秋季节的降水变化大致经历了减少期—稳定期—减少期—增加期,2007 年以来夏、秋季节降水呈快速增加趋势。4 个季节降水量的空间差异明显,但大致都沿东南—西北方向,呈现由多到少的逐步过渡趋势。

(4) 气候变暖背景下陕甘宁蒙接壤区近 54 a 来降水量总体略微减少的趋势表明该区域气候的仍具暖干化发展趋势,这对该区的农业经济总体发展将产生威胁。但就 2000 年以来该区的降水量又呈现出明显的增加趋势来说,是否该区气候具有由暖干向暖湿转型的大趋势,这是该区气候状态的突变还是一个渐进的过程,还取决于今后进一步加强对陕甘宁蒙接壤区气候变化事实、降水量时空变化未来趋势的全面分析及其机制的深入研究,这无论对气象学还是国民经济发展都将是一个重大的课题。

[参 考 文 献]

[1] 《第二次气候变化国家评估报告》编写委员会. 第二次气

- 候变化国家评估报告[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 20-24.
- [2] 朱芬萌, 安树青, 关保华, 等. 生态交错带及其研究进展[J]. 生态学报, 2007, 27(7): 3032-3042.
- [3] 常学礼, 赵爱芬, 李胜功. 生态脆弱带的尺度与等级特征[J]. 中国沙漠, 1999, 19(2): 115-119.
- [4] 刘军会, 高吉喜. 气候和土地利用变化对中国北方农牧交错带植被覆盖变化的影响[J]. 应用生态学报, 2008, 19(9): 2016-2022.
- [5] 汪朝辉, 王克林, 李仁东, 等. 水陆交错生态脆弱带景观格局时空变化分析: 以洞庭湖区为例[J]. 自然资源学报, 2004, 19(2): 240-247.
- [6] 马晓波, 施雅风, 沈永平, 等. 西北地区近代及历史时期气候变化趋势分析[J]. 冰川冻土, 2003, 25(6): 672-675.
- [7] 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.
- [8] 丁彩霞, 延军平, 李敏敏. 西北地区气候变化与风速响应特征[J]. 水土保持通报, 2014, 32(4): 134-137.
- [9] 贾文雄, 何元庆, 李宗省, 等. 祁连山及河西走廊气候变化的时空分布特征[J]. 中国沙漠, 2008, 28(6): 1151-1155.
- [10] 杨金虎, 江志红, 魏锋, 等. 近 45 a 来中国西北区极端高、低温的变化及对区域性变暖的响应[J]. 干旱区地理, 2006, 29(5): 625-631.
- [11] 王遵娅, 丁汇, 何金海, 等. 近 50 a 来中国气候变化特征的再分析[J]. 气象学报, 2004, 62(2): 228-236.
- [12] 杨蓉, 延军平. 宁夏旱涝灾害对气候变化的响应[J]. 水土保持通报, 2014, 34(5): 272-277.
- [13] 左洪超, 吕川华, 胡隐樵. 中国近 50 a 气温及降水量的变化趋势分析[J]. 高原气象, 2004, 23(2): 238-244.
- [14] 李双双, 延军平, 杨蓉, 等. 气候变暖背景下 1961—2010 年宁夏旱涝灾害空间分布特征和变化规律[J]. 中国沙漠, 2013, 33(5): 1552-1559.
- [15] 赵俊虎, 封国林, 张世轩, 等. 近 48 a 中国的季节变化与极端温度事件的联系[J]. 物理学报, 2011, 60(9): 842-850.
- [16] 施雅风. 全球和中国变暖特征及未来趋势[J]. 自然灾害学报, 1996(2): 5-14.
- [17] 苏俊礼, 汪结华, 李江萍, 等. 巴丹吉林和腾格里沙漠降水特征初步分析[J]. 干旱气象, 2016, 34(2): 261-268.
- [18] 徐小玲, 延军平. 近 30 a 毛乌素沙区的气候与厄尔尼诺/拉尼娜事件的相关分析[J]. 干旱区研究, 2003, 20(2): 117-122.