

文章编号: 1000-0534(2006) 05-0900-06

近 40 年来河套及其邻近地区降水变化趋势的初步研究

钟海玲^{1, 2}, 李栋梁¹, 陈晓光³

(1. 中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 甘肃 兰州 730000;
2. 中国科学院研究生院, 北京 100039; 3. 宁夏气象防灾减灾重点实验室, 宁夏 银川 750002)

摘要: 选用河套及其邻近地区 58 个气象站建站至 2003 年历年各月降水资料, 分析了河套及其邻近地区降水的气候变化特征。结果表明: 该地区降水量总体上是东南多、西北少, 等雨量线呈东北—西南走向。降水量最小的地方在河套地区西北部, 最大的地方在河套地区东南部。由于受下垫面地理特征、蒙古高压和青藏高原东北侧反气旋(小高压)的影响, 降水梯度西南大于东北。降水变化的整体性较好, 但也存在南北差异。近 40 年来河套地区降水西北部和东南部分别以 2%/10a 和 3%/10a 的速度在减少, 但 20 世纪 90 年代末, 21 世纪初降水又有回升趋势。进一步研究表明, 河套及其邻近地区降水异常与欧亚雪盖面积变化有关, 当秋季欧亚雪盖面积增大, 则次年河套及其邻近地区降水增多, 反之亦然。

关键词: 河套地区; 降水; 降水变率; 欧亚雪盖面积
中图分类号: P426.61⁺ 3 **文献标识码:** A

1 引言

降水是一个重要的气候要素, 中国西部降水量小, 变率却很大。因此, 在气候变化中降水量变化的研究十分重要。但是, 由于观测资料的缺乏, 对西部降水量的变化始终研究得很不够。到 1980 年代才开始陆续出现了一些对西部整体气候变化研究的工作^[1, 2]。一些作者研究了青藏高原气候变化^[3~7], 李兆元等^[8]、庞奖励等^[9]研究了西安地区的气候变化, 李江风^[10]研究了新疆的气候变化。但对河套地区气候变化研究甚少, 最典型的工作是陈晓光等^[11, 12]将河套、华北作为一个整体进行了旱涝分析和郭新宇等^[13]的春季雨量变化周期分析。本文进一步对河套及其邻近地区近 40 年降水量的变化及其对欧亚雪盖面积的响应进行研究。

河套地区地处我国大西北, 位于黄河中游, 秦岭、淮河以北, 太行山以西, 阴山山脉以南, 内有乌兰布和沙漠、库布齐沙漠和毛乌素沙地, 属于干旱和半干旱温带大陆性气候。其地势平坦, 倾斜度

小, 土壤肥沃, 光照充足, 热量丰富, 农业生产主要靠引水灌溉^[14~19]。当前, 我国正在实施西部大开发战略, 河套地区是西部开发的重要地区之一, 干旱和洪涝是重要的气象灾害, 常常给人类活动、社会经济带来严重的影响, 特别是当它大面积出现时, 往往造成难以估量的损失。因此, 开展气候变化事实与成因研究, 减少灾害损失, 对社会经济发展有重要意义。

2 资料与方法

选用河套及其邻近地区 58 个气象台站(图 1)建站至 2003 年历年各月降水资料, 采用 EOF 和 REOF 方法, 分析了该地区年降水的时空异常变化。通过在气候分区的基础上, 选用区内载荷向量绝对值最大台站资料分析不同气候区降水的年代际变化特征。河套及其邻近地区西北部因为位于巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠、乌兰布和沙漠三大沙漠的边缘和交界地带, 站点较少。

收稿日期: 2005-07-29; 改回日期: 2006-06-23

基金项目: 科技部社会公益研究专项“宁夏气候对全球气候变化的响应及其机制”(2004DIB3J121)资助

作者简介: 钟海玲(1977—), 女, 新疆阿克苏人, 博士研究生, 主要从事干旱气候环境动力学的研究。E-mail: hailing@lzb.ac.cn

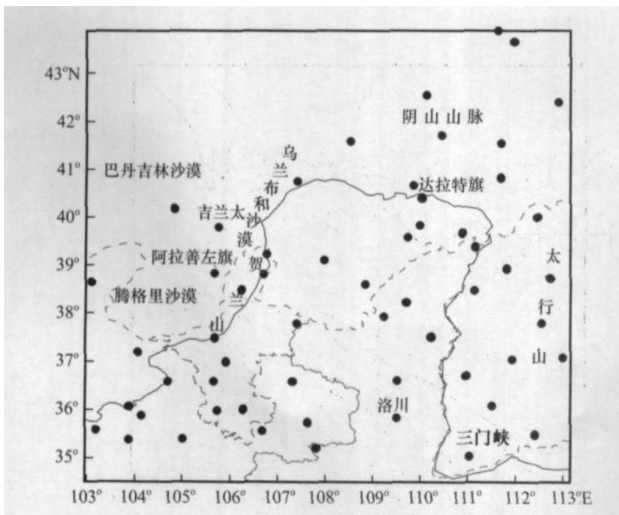


图1 河套及其邻近地区地形及58个气象台站分布

Fig. 1 58 meteorological stations in the Hetao and its vicinity area

3 降水的基本气候特征

图2给出河套及其邻近地区1961—2003年43年降水的平均值。从平均年降水分布可以看出,该地区降水由西北向东南逐渐增多,降水最少的地方在内蒙的巴音毛道(104.8°E, 40.17°N),其位于阴山山脉的西南面,贺兰山的西北面,与巴丹吉林沙漠毗邻,终年受巴丹吉林沙漠、乌兰布和沙漠的影响,气候干燥,且距海洋较远,热带海洋气团经长途跋涉,到河套地区北部所含水汽已不多,故年降水量不足100 mm。降水最多的地方在陕西的洛川(109.5°E, 35.82°N),其海拔较低,位于洛河流域,年降水量超过600 mm。东南与西北相比,平均年降水量相差500 mm以上。从图2中还可看出,其东西降水梯度差异大,西部平均每个纬度降水变化140 mm;东部降水梯度小,平均每个纬度降水变化58 mm。这是因为西风气流受青藏高原大地形的影响,在青藏高原东北侧形成反气旋(小高压)。东南暖湿气流在北上西进过程中,受秦岭、六盘山和贺兰山的层层阻挡,在山体南部、东部形成迎风坡,当气流爬升到一定高度水汽达到饱和降水在迎风坡,形成第一条湿舌;而贺兰山西侧、六盘山北侧则为背风坡,降水很少,形成第一条干舌。由于以上原因,所以西部地区降水梯度较大。在贺兰山与阴山山脉缺口处,冷空气易横穿直入,且该地区常年受毛乌素沙地干旱气候的影响,降水较少,这就导致河套中部地区的第二条干舌。而东部地区,吕梁山与太行山脉之间是晋中平原,吕梁

山、太行山与秦岭之间是三门峡,三门峡是东南暖湿气流的输送通道。当暖湿气流通过三门峡西进北上时,沿较低海拔的晋中平原北上,在水汽经过处形成第二条湿舌,而在太行山及其以东部分水汽难以到达,所以在太行山脉附近形成第三条干舌。标准差最大的地方在陕西省的长武(107.8°E, 35.2°N),该站位于泾河流经处,地势较低,又处于三门峡通路,经常受到东南暖湿气流的影响,所以年降水量变化较大,其值达到了134.7 mm。由于其降水变率大,给我们的降水预测工作带来了极大的困难。

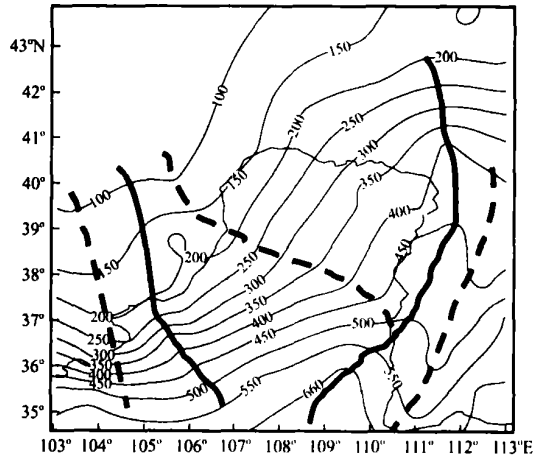


图2 河套及其邻近地区43年平均降水
粗虚线干舌,粗实线湿舌

Fig. 2 The annual precipitation in the Hetao and its vicinity area in recent 43 years.
Thick dashed lines are dry tongues,
thick solid lines are wet tongues

4 降水的时空异常类型

4.1 空间异常类型

图3给出河套地区58个气象站43年降水经EOF分解后的前两个载荷向量场,其方差占总体方差贡献的56%。第一载荷向量(图3a)河套地区全区为一致的正值,其最大值在海拔高度较低、降水变率较大的鄂尔多斯高原上。它反映出河套地区年降水量的变化可能受同一大尺度气候系统的影响,在空间上表现为很好的一致性。全区降水变化最具有代表性的地方在载荷向量最大值所在的内蒙古达拉特旗(110.03°E, 40.4°N)。第二载荷向量为东南正西北负(图3b),零等值线在35°N(西)~39°N(东),反映河套降水在总体变化一致的情况下,还具有东南多(少)西北少(多)的东南—西北反向的

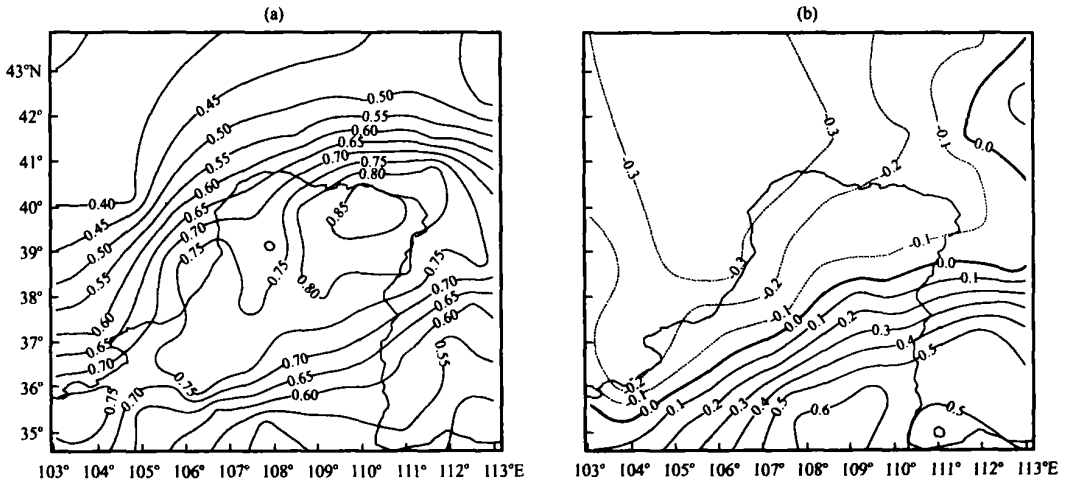


图 3 降水第一载荷向量(a) 和第二载荷向量(b)

Fig. 3 The first (a) and the second (b) loading vectors of the precipitation

年际变化特征。这是由于河套西北部地区为干旱沙漠，而河套东南部地区却经常受东南暖湿气流的影响。河套地区的北部，即河套平原，由于距海洋甚远，加之山脉阻隔，暖湿海洋气流难以到达，且距蒙古高压中心很近，寒冷干燥气团经常自西北或北面袭来，因此大陆性气候特征显著，年降水量少。河套地区的东南部，受渭河、泾河、洛河三大河流的影响，加之又靠近三门峡谷，易受到东南暖湿气流的影响，气候比较湿润。在夏、秋季河套北部地区与河套南部地区的降水相差 200~ 300 mm 以上。

4.2 年代际变化

分析近 40 年来河套地区降水的年代际变化可以发现，20 世纪 60 年代(图 4a) 河套地区的西北部降水以少为主，负距平中心在巴音毛道，其值为 - 18.4%，即较常年偏少 2 成。东南部降水以多为主，正距平中心在甘肃的环县(107.3°E, 36.58°N)，较常年偏多 24%。70 年代(图 4b) 西北部降水有所增加，除内蒙古的临河、包头及达拉特旗偏少 3%~ 6% 外，基本以正距平为主。东南部降水有所减少，但大部分地区仍为正距平。只有宁夏的盐池、同心、西吉和甘肃的环县以及陕西的延安等少部分地区为负距平。80 年代(图 4c) 与 60 年代相似，西北部降水偏少，东南部降水偏多，只是内蒙古的满都拉 60 年代为负距平，而 80 年代为正距平。90 年代(图 4d) 与 80 年代正好相反，西北部以正距平为主，东南部以负距平为主，这种年代际的差异即第二载荷向量所揭示的西北部降水偏少(多)，则东南部降水就偏多(少)。

根据图 2 反映的降水分布，结合其标准差和载荷向量的大值区，选取内蒙古的达拉特旗(第一载荷向量最大站) 作为全区降水整体变化的代表站，又选取内蒙古的吉兰泰和陕西的洛川站分别代表西北部和东南部来讨论河套及其邻近地区降水的年际变化。达拉特旗年降水量总体略有增加，但没有通过显著性水平检验。20 世纪 60 年代、70 年代降水在波动中减少，1980 年后降水又在波动中增加。近 20 年不仅降水有增加，而且相对稳定。除 1987 年出现 151.2 mm 极少和 2003 年的 506.8 mm 极多外，其余多数年份在 250~ 350 mm 之间。从吉兰泰和洛川这两个代表站可以看出(图略)，降水年际变化在河套西北地区减少较慢，而在河套的东南地区减少略快。

4.3 季节变化特征

表 1 给出了河套地区主要代表站 43 年平均各季降水占年总降水的百分率。由表 1 可以看出，河套地区四季降水分配很不均匀，春季干旱少雨，春天的降水量不到年降水量的 1/5。夏季由于东亚季风环流的变化，盛夏北太平洋副热带高压北跳西伸，当遇到北方或西北方较强冷空气入侵时，即发生大雨或暴雨。其强度大、历时短。夏季 6~ 8 月降水占年降水一半以上。秋季降水也仅有全年的 1/5，秋高气爽是这里真实的写照。冬季是这里降水最少的季节，降水不足全年降水量的 5%。相比之下，长武各季降水相对均匀，巴音毛道和达拉特旗最不均匀。所以该地区春季只有靠灌溉播种，是一个没有灌溉就没有收获的地方。

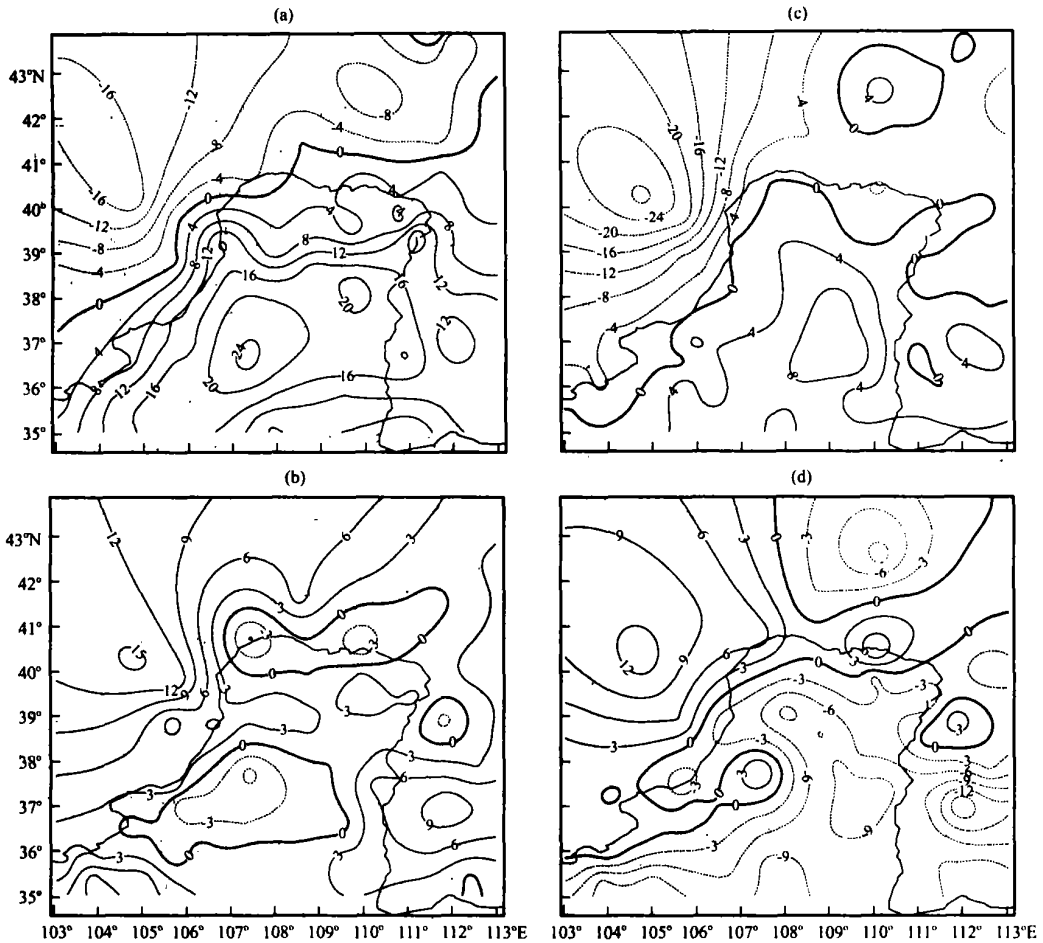


图 4 1960 年代(a), 1970 年代(b), 1980 年代(c), 1990 年代(d) 降水距平百分率

Fig. 4 Precipitation anomaly of 1960 s(a), 1970 s(b), 1980 s(c), 1990 s(d)

表 1 河套地区 5 个代表站年和各季节降水所占百分比

Table 1 The percentage of precipitation of 43 years and each season at 5 representative stations in the Hetao area

地名	年	春季	百分率/%	夏季	百分率/%	秋季	百分率/%	冬季	百分率/%
巴音毛道	96.3	13.0	13.5	66.3	68.8	15.8	16.4	1.3	1.3
民勤	113.6	18.9	16.6	66.7	58.7	26.1	23.0	1.9	1.7
达拉特旗	308.0	45.0	14.6	194.4	63.1	62.7	20.4	5.9	1.9
长武	588.0	120.8	20.5	272.0	46.3	174.9	29.7	20.1	3.4
洛川	613.7	116.1	18.9	310.8	50.6	166.2	27.1	20.6	3.4

5 降水对欧亚雪盖面积变化的响应

李珊等^[20]研究指出, 3~5 月欧亚雪盖面积与甘肃及西北地区东部春季降水呈显著的负相关。我们的分析表明, 河套及其邻近地区降水与前一年 10 月欧亚雪盖面积呈较明显的正相关。图 5 是河套及其邻近地区 58 个测站降水量与前一年 10 月欧亚雪

盖面积逐点相关图。从图 5 可以看出, 河套及其邻近地区降水与前一年 10 月欧亚雪盖面积, 除甘肃临夏、内蒙古鄂托克前旗、山西右玉为弱的负相关外, 其余为一致正相关。相关显著区在河西地区及内蒙古西南部。表明当前一年 10 月欧亚雪盖面积增大, 则有利于次年河套及其邻近地区降水偏多, 反之亦然。

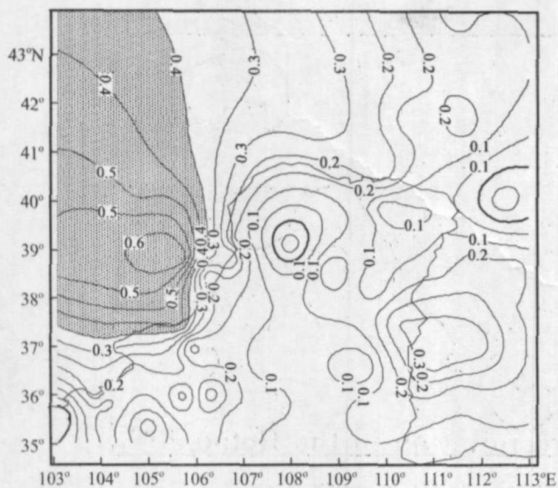


图5 前一年10月欧亚雪盖面积指数与次年河套地区年降水量的相关系数

阴影区为通过 $\alpha = 0.05$ 显著性水平检验

Fig. 5 The correlation coefficient between Eurasia snow area index in the last October and annual precipitation in Alashanzuoqi of the Hetao area. Shaded area has passed significance test at $\alpha = 0.05$

为了进一步说明河套及其邻近地区降水与前一年10月欧亚雪盖面积的关系,图6给出相关显著区代表站阿拉善左旗3年滑动平均的年降水量与前一年10月欧亚雪盖面积年际变化曲线。由图可以看出,这两条曲线有很好的正相关,相关系数达到了0.6014,超过了自由度($\alpha = 0.001$)的显著性水平检验。这说明欧亚雪盖面积的变化对河套及其邻近地区有非常重要的影响,这种影响可能是通过大气环流来实现的。关于这一点我们将另文讨论。

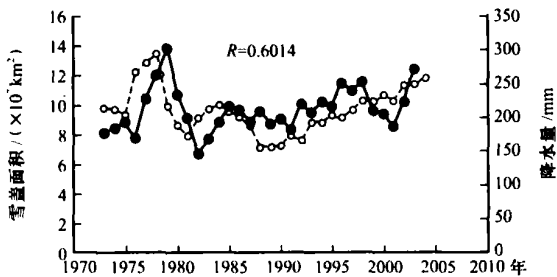


图6 阿拉善左旗3年滑动平均的年降水量(实线)与前一年10月欧亚雪盖面积指数(虚线)曲线

Fig. 6 The 3-year running means of annual precipitation in Alashanzuoqi (solid line) of the Hetao area and Eurasia snow area index (dashed line) in the last October

6 结论

根据上述分析,得出以下几点结论:

(1) 河套及其邻近地区降水由西北向东南逐渐增多,由于受青藏高原、秦岭、六盘山、贺兰山等大地形及下垫面地理特征的影响,降水量等值线呈东北—西南走向,且西部降水梯度远大于东部。

(2) 河套及其邻近地区降水变化最敏感的地方在河套东北部的达拉特旗。

(3) 近40年河套地区降水有减少趋势,而且东南部略快于西北部。较干燥的河套西北部降水以 $2.5 \text{ mm}/10\text{a}$ 或 $2\%/10\text{a}$ 的速度在减少;20世纪60年代、80年代降水相对偏少,70年代、90年代降水偏多;21世纪初,降水有进一步增多趋势。较湿润的河套东南部降水则以 $17.7 \text{ mm}/10\text{a}$ 或 $3\%/10\text{a}$ 的速度在减少,但90年代末期、21世纪初降水又有回升趋势。

(4) 前期欧亚雪盖面积对河套及其邻近地区有显著影响。当前一年秋季欧亚雪盖面积增大,则有利于次年河套及其邻近地区降水偏多,而当前一年秋季欧亚雪盖面积减小,则次年河套及其邻近地区降水将会减少。相关最显著区在河西地区及内蒙古西南部。

参考文献

[1] 王绍武,蔡静宁,慕巧珍,等. 中国西部年降水量的气候变化[J]. 自然资源学报, 2002, 17(4): 415- 422

[2] 李弋林,徐袁,钱维宏. 近300年来中国西部气候的干湿变化[J]. 高原气象, 2003, 22(4): 371- 377

[3] 吴祥定,林振耀. 青藏高原近二千年来气候变迁的初步探讨[C]. 中央气象局科学研究院天气气候研究所. 全国气候变化讨论会文集. 北京: 科学出版社, 1981: 18- 25

[4] 白虎志,董文杰,马振锋. 青藏高原及邻近地区的气候特征[J]. 高原气象, 2004, 23(6): 890- 897

[5] 李栋梁,钟海玲,吴青柏,等. 青藏高原地表温度的变化分析[J]. 高原气象, 2005, 24(3): 291- 298

[6] 周宁芳,秦宁生,屠其璞,等. 近50年青藏高原地面气温变化的区域特征分析[J]. 高原气象, 2005, 24(3): 344- 349

[7] 刘晓东,侯萍. 青藏高原及其邻近地区近30年气候变暖与海拔高度的关系[J]. 高原气象, 1998, 17(3): 245- 249

[8] 李兆元,李莉,全小伟. 西安地区(公元380- 1988年)旱涝气候变化[J]. 地理研究, 1988, 7(4): 64- 68

[9] 庞奖励,黄春长. 一万年以来西安地区古土壤特征与气候波动变化研究[J]. 高原气象, 2003, 22(1): 79- 83

[10] 李江风. 新疆气候[M]. 北京: 气象出版社, 1991: 302

[11] 陈晓光,朱乾根,徐祥德. 河套华北地区旱涝前期的环流异常和遥相关机制[J]. 南京气象学院学报, 1993, 16(4): 393-

400

- [12] 陈晓光, 徐祥德, 朱乾根. 河套华北地区旱涝的前期环流异常与大西洋海温的关系及其数值模拟[J]. 气象学报, 1996, 54(1): 102-107
- [13] 郭新宇, 蒋全荣. 河套地区 4—5 月雨量变化周期特征及其趋势预测[J]. 南京气象学院学报, 2001, 24(4): 576-580
- [14] 尚可政, 董光荣, 王式功, 等. 我国北方沙区气候变化对全球变暖的响应[J]. 中国沙漠, 2001, 21(4): 387-392
- [15] 高存荣. 河套平原地下水砷污染机理的探讨[J]. 中国地质灾害与防治学报, 1999, 10(2): 25-33
- [16] 徐剑峰. 河套平原水文特征[J]. 水文, 1989, 9(6): 50-54
- [17] 孙金铸. 河套平原的生态环境整治与农业发展战略[J]. 干旱区地理, 1991, 14(4): 11-15
- [18] 朱士光. 论内蒙古河套地区历史时期河湖水系的变迁与土壤盐渍化问题[J]. 人民黄河, 1989, 11(1): 57-62
- [19] 王世民, 刘柄瑞, 杜晓文. 河套地区节水农业发展前景及工程技术措施[J]. 节水工程技术, 2002, (3): 16-17
- [20] 李珊, 徐国昌. 欧亚大陆雪盖对东亚环流和我国西北春雨的影响[J]. 高原气象, 1987, 6(3): 256-264

Study on Variety Trend of the Precipitation in the Hetao and Its Vicinity Area in Recent 40 Years

ZHONG Hai-ling^{1, 2}, LI Dong-liang¹, CHEN Xiao-guang³

(1. Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China; 2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China; 3. Key Laboratory for Meteorological Disaster Prevention and Reduction of Ningxia, Yinchuan 750002, China)

Abstract: The precipitation variational characteristics of the Hetao area has been analyzed by using the monthly precipitation data of 58 meteorologic stations in the Hetao and its vicinity area from the beginning to 2003. The result shows that the precipitation is more in the southeast and less in northwest as a whole, and isopluvial present the trend of the northeast-southwest. the region of the least precipitation is the northwest of Hetao area, while the region of the most precipitation is the southeast. Because of the effect of geography characteristic and Mongolia high pressure and anticyclone of the northeast of Qinghai-Xizang Plateau, the grads of precipitation is greater in the southwest than in the northeast. The precipitation has a better coherence in space, but it has the difference between the south and the north of Hetao area. In recent 40 years the precipitation of the northwest of Hetao area is decreasing by 2%/10a, and the precipitation of the southeast of Hetao area is decreasing by 3%/10a, but at the end of 1990's and the begin of 21 centuries the precipitation of the southeast turn round. The further research indicate: in the Hetao and its vicinity area the precipitation have an osculatory relation with Eurasia snow area. When Eurasia snow area increase in autumn, the precipitation in the Hetao and its vicinity area will increase in the following year, vice versa.

Key words: The Hetao and its vicinity area; Precipitation; The variability of precipitation; Eurasia snow area