

近 60 年关中一天水经济区降水量特征分析

何毅¹, 王飞^{1,2}, 穆兴民^{1,2}, 张文帅^{2,3}, 焦俏¹, 李锐^{1,2}

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100;

2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 3. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要:降水等气候要素变化将会影响农业生产。采用传统统计、空间插值和距平累积分析等方法,对关中一天水经济区及其周边 26 个代表性气象站点 1951—2009 年 59 a 系列的降水实测资料进行了分析。结果表明:(1)降水量从西北向东南递增,不同的降雨强度在各年代分布不均,并且降水日数与降水量变化不完全一致。(2) 1950s—1970s 降水量减少,1980s 后降水量增加,进入 1990s 后,降水量又开始减少,2000 年后降水量略有增加。(3)降水量变化特征大致可分为 3 个阶段。大部分站点年降水量 1968 年或 1975 年以前高于多年平均降水量,1968—1990 年或 1975—1990 年期间,年降水量围绕多年平均降水量震荡,1990 年后,降水量普遍低于多年平均值。

关键词:气候变化;降水;降水日数;时空变化;关中一天水经济区

中图分类号:P426.61⁺3

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)01-0065-05

Analysis on Characteristic of Precipitation in Guanzhong—Tianshui Economic Zone in Recent 60 Years

HE Yi¹, WANG Fei^{1,2}, MU Xing-min^{1,2}, ZHANG Wen-shuai^{2,3}, JIAO Qiao¹, LI Rui^{1,2}

(1. College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Climate factors including precipitation have significant effects on agricultural production. Traditional statistics, spatial interpolation and accumulated variance analysis methods are applied to analyze the change characteristics of precipitation in Guanzhong—Tianshui economic zone, based on the precipitation data of 26 weather stations in and around this region during 1951—2009. Results showed that: (1) Annual average rainfall increased gradually from northwest to southeast. The rainfall intensity distribution in this region is not even during decadal, and the changes of rainy days and precipitation are inconsistent; (2) The precipitation decreased from 1950s to 1970s, increased in 1980s, then began to decrease in 1990s, precipitation went up slightly after 2000; (3) The variation of precipitation could be divided into 3 stages. The precipitation of most of weather stations before 1968 or 1975 was more than the mean for many years, the precipitation between 1968 and 1990 or during 1975 to 1990 fluctuated at the mean for many years, and then precipitation was less than the mean for many years after 1990.

Key words: climate change; precipitation; precipitation days; temporal and spatial variation; Guanzhong—Tianshui economic zone

全球变暖已经是不争的科学事实,但是全球气候变化在各区域存在明显的区域差异^[1-4]。降水是全球水循环中的重要因子,其分布和异常可能导致灾害的发生,因此备受关注。政府间气候变化专门委员会第

四次评估报告^[5]指出,1906—2005 年全球平均地表温度升高了 0.74℃。气候变暖不仅能够加速水分循环,改变降水的时空分布及强度,造成极端降水事件发生的可能性增加^[5],还能够进一步对农业生产、生

收稿日期:2011-07-21

修回日期:2011-09-08

资助项目:中国科学院对外合作重点项目计划(CAS.GJHZ1018);Netherlands Organization for Scientific Research(NWO, ONDI339291)(中荷联合主题研究项目);欧盟第六框架计划项目(EUFP6, 37046);国家科技支撑计划项目(2006BAD09B00)

作者简介:何毅(1985—),男,广西梧州市人,硕士研究生,主要从事气候变化和 GIS 应用方面研究。E-mail:hy1985006@163.com

通信作者:王飞(1971—),男,陕西户县人,博士,副研究员,主要从事水土保持环境效应评价、荒漠化防治和气候变化等研究。E-mail:wafe@ms.iswc.ac.cn

态环境产生影响,进而制约社会、经济和生态的发展^[6]。关中—天水经济区位于我国西北内陆,建设关中—天水经济区是国家实施西部大开发战略,促进区域协调发展的重要举措。该经济区包括陕西省西安、铜川、宝鸡、咸阳、渭南、杨凌、商洛(部分区县)和甘肃省天水所辖行政区,总面积 8.01 万 km^2 ,2008 年末总人口为 2 863.33 万人,平均人口密度为 357.39 人/ km^2 。该区主要属半干旱半湿润大陆季风性气候,降水量偏少,且季节分布不均;地形以塬阶地为主,主要属汾渭谷地,其耕地面积相对于中东部地区而言较少,但该区却是我国西北地区粮食主产区和人口稠密区之一。为此,本文通过研究关中—天水经济区 59 a 来的降水量变化特点及区域分异规律,以期合理布局农业生产,保障区域粮食安全提供参考。

1 资料来源与研究方法

1.1 数据来源及处理

本文使用的数据来自中国气象科学数据共享服务网(<http://cdc.cma.gov.cn/>)提供的中国地面气候资料年值、月值和日值数据集(1951—2009 年)中的年降水量、月降水量和日降水量。为保证资料的统一性和完整性,选取关中—天水经济区及其周边气象站中气候要素比较完备、建站时间比较长、分布在区域不同方位,时间序列大于 50 a 的气象站,对于少部分缺测站点数据,采用邻近站点多元线性回归进行插补。从统计意义上来讲,这样长的时间序列能够获得比较可信的分析结果。选取位于区域 26 个方位的气象站点,详见图 1。

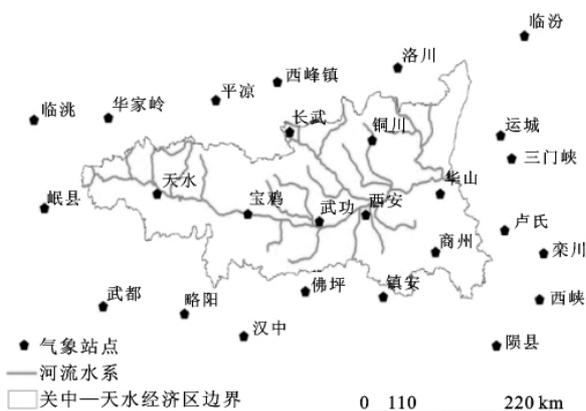


图 1 关中—天水经济区及其周边气象站点示意图

1.2 研究方法

本研究采用传统统计方法,利用 Excel 软件对气象要素的统计特征进行计算,在分析降水变化时,通过算术平均法建立关中—天水经济区多年降水序列,应用相关分析、统计和回归等常用数理统计方法。利用 ArcGIS 中的普通克里金插值方法,分析区域不同

年代际和年内降水量的空间分布特征。在分析降水量阶段性特征时,采用距平累积分析方法,生成逐年距平累积曲线,横坐标为年份,纵坐标按照下式产生。

$$K_i = K_i - K_a$$

$$P_1 = K_1 / K_a$$

$$P_i = P_{i-1} + K_i / K_a \quad i > 1$$

式中: K_a ——统计时段降水的平均值; K_i ——第 i 年的实际特征值; K_i ——第 i 年的降水距平值; P_1 , P_i ——第 1 年和第 i 年距平累计值。距平值为某一年份特征值与多年平均值之差,能够很好地反映降水的多年变化特征,距平值减小,说明降水量小于平均值,反之亦然。距平累积曲线下降,说明某一时段降水量持续低于平均水平,反之亦然。

2 结果与分析

2.1 区域降水量统计特征分析

关中—天水经济区 1951—2009 年间多年平均降水量为 513.3~816.3 mm(表 1),降水量从西北向东南递增,年平均最高降水量为 809.6~1 262.3 mm,年平均最低降水量为 296.0~400.5 mm,多年平均降水量变异系数(C_v)为 20.7%~25.8%。

表 1 区域及其周边降水量特征值统计

| 站名 | 时段长/ a | 年降水量/mm | | | 变异系数/ % |
|-----|-----------|---------|--------|-------|------------|
| | | 平均值 | 最大值 | 最小值 | |
| 天水 | 59 | 516.48 | 809.6 | 321.8 | 22.6 |
| 宝鸡 | 57 | 668.99 | 951.0 | 378.3 | 21.1 |
| 武功 | 55 | 604.37 | 978.3 | 326.7 | 25.8 |
| 西安 | 58 | 572.78 | 903.2 | 312.2 | 22.0 |
| 商州 | 56 | 698.96 | 1124.8 | 400.5 | 22.9 |
| 华山 | 57 | 833.29 | 1262.3 | 465.3 | 20.9 |
| 铜川 | 54 | 579.58 | 889.4 | 335.6 | 21.2 |
| 长武 | 53 | 577.82 | 954.3 | 296.0 | 22.5 |
| 洛川 | 55 | 604.17 | 929.4 | 341.9 | 20.7 |
| 西峰镇 | 59 | 544.00 | 828.2 | 333.8 | 21.1 |
| 平凉 | 59 | 493.56 | 743.1 | 272.4 | 22.0 |
| 华家岭 | 59 | 483.02 | 764.3 | 293.0 | 21.8 |
| 临洮 | 59 | 527.51 | 797.9 | 326.6 | 20.1 |
| 岷县 | 59 | 572.89 | 817.8 | 361.7 | 15.8 |
| 武都 | 59 | 469.00 | 689.3 | 270.5 | 16.7 |
| 略阳 | 57 | 806.06 | 1353.3 | 518.1 | 22.7 |
| 汉中 | 59 | 854.78 | 1462.8 | 519.1 | 22.2 |
| 佛坪 | 53 | 912.03 | 1382.3 | 603.8 | 20.7 |
| 镇安 | 52 | 786.49 | 1244.0 | 506.7 | 19.8 |
| 陨县 | 56 | 801.78 | 1273.1 | 495.0 | 21.6 |
| 西峡 | 53 | 856.25 | 1463.7 | 556.6 | 21.3 |
| 栾川 | 53 | 850.05 | 1386.1 | 565.3 | 20.4 |
| 卢氏 | 57 | 639.80 | 1010.9 | 433.0 | 22.0 |
| 三门峡 | 53 | 551.15 | 899.4 | 332.6 | 22.7 |
| 运城 | 54 | 534.48 | 879.8 | 285.3 | 22.9 |
| 临汾 | 56 | 484.21 | 798.6 | 277.9 | 24.5 |

不同的降雨强度在各年代分布不均,由图 2 和表

2 可以看出,1950s—1960s 各站小雨降水日数增多,1970s 除天水站略有上升趋势外,其余站小雨降水日数均略有减少趋势,进入 1980s 后,各站小雨降水日数明显增多,而且除长武站外,1980s 是近 60 a 来小雨降水日数最多的一个 10 a,并且华山站 1980s 小雨降水日数为 1 046 次,在所有站点中最高。进入 1990s,各站小雨降水日数均有所减少,而 2000 年后,除宝鸡、天水 and 西安站小雨降水日数减少外,其余站点均略有增加;各站降雨强度为中雨的降水量从 1950s—1960s 降水日数增多,1960s—1990s 各站中

雨的降水日数基本保持不变,进入 2000 年后,略有减少;降雨强度为大雨的降水日数在各站近 60 a 里各个年代都基本保持不变。暴雨在各个年代出现日数极少,而大暴雨这种极端降水量在各站近 60 a 里出现日数最少,其中天水站在近 60 a 里未出现过。各年代际降水日数呈现波动变化趋势,1950s—1960s 上升,1970s 后下降,进入 1980s 后又有所上升,并且达到近 60 a 最大,1990s 后降低,2000 年后,除天水、宝鸡和西安站降水日数减少外,其余站点降水日数均略有增加。

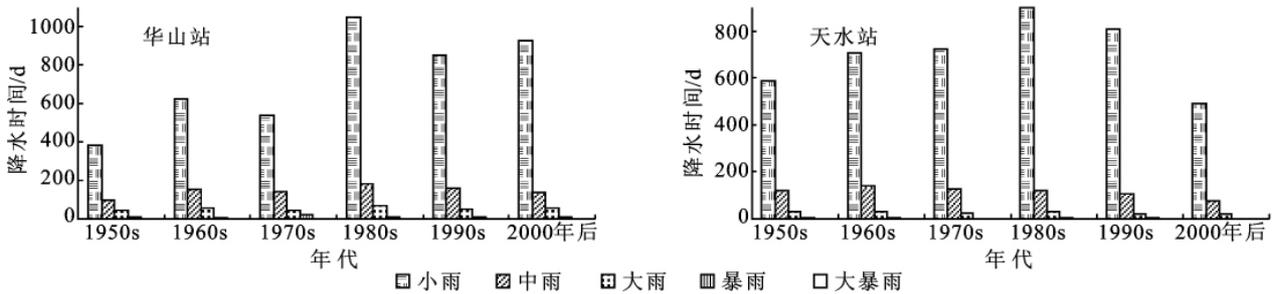


图 2 关中—天水经济区气象站点不同年代的降水日数变化

2.2 降水量年代际变化的空间分布

根据降水量时空变化结果(附图 3)可以看出:(1)经济区内降水量分布不均匀。西北部降水量相对较少,东南和西南部降水量相对较丰富,降水量从西北向东南逐渐增加;(2)1950s—1970s,经济区内降水量减少,1980s 后降水量增加,而进入 1990s 后,降水量又开始减少,2000 年后降水量略有增加。(3)1950s,1960s 和 1980s 降水量均高于多年平均降水量,1970s,1990s 以及 2000 年后的降水量均低于多年平均降水量。对比年代际降水量(附图 3)和各站点年代际降水日数

(图 2 和表 2)表明,降水量与降水日数变化并不完全一致。从 1950s—1960s,总降水量减少,但 1960s 降水日数比 1950s 明显增多。2000 年后天水、宝鸡和西安站降水日数减少,但是降水量却增加。

2.3 降水量年内变化的空间分布

经济区内降水量(附图 4)12 月至翌年 6 月,逐渐上升,降水量年内主要集中在 7—9 月,其中 7 月份降水量 103.5~152.2 mm 为年内降水量最多的月份,10 月份后降水量开始逐渐下降,下降至 12 月份降水量 2.1~10.8 mm 是年内降水量最少的月份。

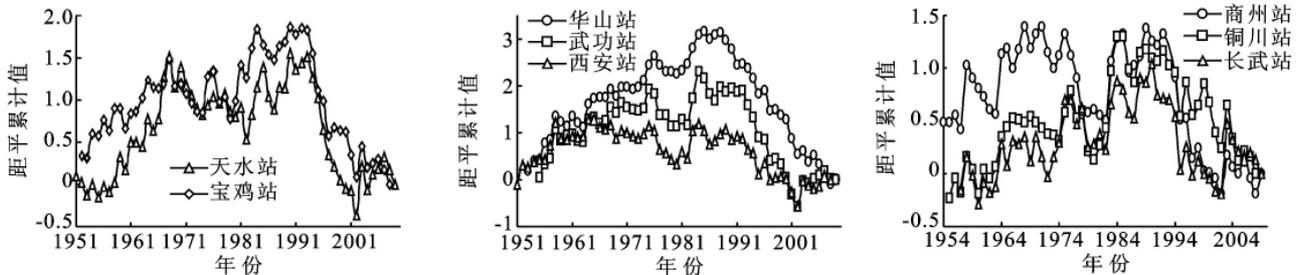


图 3 不同站点降水量距平累计

2.4 降水量的阶段性分析

关中—天水经济区内 8 个气象站点年降水量距平累计图表明(图 3),各站年降水量变化并不同步。为说明降水量变化特征,对 59 a 资料分别进行了非线性拟合,年降水量距平累计符合一元三次方程,拟合结果除铜川站超过 0.05 显著性水平外,其余均超过 0.001 显著性水平。宝鸡和天水站在 1968 年以前,年降水量均高于多年平均值,距平累积曲线总体呈上

升趋势,1968—1990 年距平累积曲线震荡,1990 年后这两个站的降水量均低于多年平均值,距平累积曲线总体呈下降趋势;华山 1990 年以前降水量、武功和西安站 1975 年以前降水量均高于多年平均值,距平累积曲线上升,1975—1989 年距平累积曲线震荡,1990 年后这三个站降水量均低于多年平均值,距平累积曲线总体呈下降趋势;铜川和长武站降水量 1990 年以前高于多年平均值,距平累积曲线总体上升,商州站

1975 年以前降水量高于多年平均值,距平累积曲线 1990 年后这三个站降水量均低于多年平均值,距平总体呈上升趋势,1975—1990 年距平累积曲线震荡, 累积曲线呈下降趋势。

表 2 区域降水强度日数统计

| 站名 | 年代 | 小雨(<10 mm) | 中雨(10~24.9 mm) | 大雨(25~49.9 mm) | 暴雨(≥ 50 mm) | 大暴雨(≥ 100 mm) | 降水日数/d |
|----|---------|------------|----------------|----------------|-------------------|---------------------|--------|
| 天水 | 1950s | 589 | 123 | 30 | 4 | 0 | 746 |
| | 1960s | 710 | 144 | 30 | 5 | 0 | 889 |
| | 1970s | 723 | 124 | 24 | 1 | 0 | 872 |
| | 1980s | 902 | 123 | 31 | 4 | 0 | 1060 |
| | 1990s | 807 | 105 | 22 | 4 | 0 | 938 |
| | 2000 年后 | 490 | 76 | 18 | 2 | 0 | 586 |
| 宝鸡 | 1950s | 583 | 116 | 46 | 16 | 0 | 761 |
| | 1960s | 744 | 168 | 49 | 6 | 0 | 967 |
| | 1970s | 658 | 150 | 49 | 7 | 0 | 864 |
| | 1980s | 839 | 162 | 55 | 8 | 2 | 1066 |
| | 1990s | 740 | 156 | 32 | 10 | 0 | 938 |
| | 2000 年后 | 558 | 88 | 40 | 3 | 0 | 689 |
| 武功 | 1950s | 402 | 78 | 30 | 9 | 1 | 520 |
| | 1960s | 699 | 150 | 43 | 6 | 1 | 899 |
| | 1970s | 599 | 134 | 45 | 6 | 0 | 784 |
| | 1980s | 837 | 141 | 47 | 11 | 0 | 1036 |
| | 1990s | 667 | 125 | 30 | 6 | 0 | 828 |
| | 2000 年后 | 718 | 133 | 32 | 9 | 1 | 893 |
| 西安 | 1950s | 611 | 119 | 38 | 10 | 0 | 778 |
| | 1960s | 699 | 131 | 32 | 7 | 0 | 869 |
| | 1970s | 573 | 137 | 36 | 5 | 0 | 751 |
| | 1980s | 789 | 140 | 46 | 7 | 0 | 982 |
| | 1990s | 659 | 133 | 29 | 5 | 1 | 827 |
| | 2000 年后 | 551 | 100 | 34 | 6 | 0 | 691 |
| 商州 | 1950s | 538 | 109 | 42 | 9 | 0 | 698 |
| | 1960s | 781 | 189 | 37 | 8 | 0 | 1015 |
| | 1970s | 715 | 161 | 45 | 3 | 0 | 924 |
| | 1980s | 903 | 143 | 68 | 8 | 1 | 1123 |
| | 1990s | 771 | 138 | 45 | 4 | 0 | 958 |
| | 2000 年后 | 804 | 158 | 50 | 12 | 0 | 1024 |
| 华山 | 1950s | 383 | 100 | 47 | 12 | 1 | 543 |
| | 1960s | 623 | 155 | 58 | 6 | 2 | 844 |
| | 1970s | 536 | 143 | 47 | 22 | 1 | 749 |
| | 1980s | 1046 | 186 | 68 | 14 | 1 | 1315 |
| | 1990s | 851 | 160 | 49 | 9 | 1 | 1070 |
| | 2000 年后 | 929 | 138 | 55 | 9 | 1 | 1132 |
| 铜川 | 1950s | 317 | 63 | 21 | 5 | 0 | 406 |
| | 1960s | 671 | 137 | 37 | 6 | 1 | 852 |
| | 1970s | 600 | 128 | 35 | 8 | 0 | 771 |
| | 1980s | 745 | 148 | 58 | 7 | 0 | 958 |
| | 1990s | 701 | 123 | 35 | 11 | 0 | 870 |
| | 2000 年后 | — | — | — | — | — | 0 |
| 长武 | 1950s | 177 | 42 | 11 | 2 | 0 | 232 |
| | 1960s | 644 | 148 | 30 | 5 | 0 | 827 |
| | 1970s | 582 | 117 | 37 | 11 | 0 | 747 |
| | 1980s | 807 | 146 | 41 | 6 | 0 | 1000 |
| | 1990s | 763 | 121 | 30 | 4 | 1 | 919 |
| | 2000 年后 | 832 | 124 | 40 | 7 | 1 | 1004 |

注:—表示缺测

3 结论

(1)降水量从西北向东南递增。不同的降雨强度在各年代分布不均:1950s—1960s 小雨和中雨降水日数增多,1970s 小雨降水日数略有减少,进入 1980s 后,小雨降水日数明显增多,进入 1990s,各站小雨降水日数均有所减少,而 2000 年后,除宝鸡、天水 and 西安站小雨降水日数减少外,其余站点均略有增加;1960s—1990s 中雨的降水日数和近 60 a 大雨的降水日数均基本保持不变,进入 2000 年后,中雨的降水日数略有减少;暴雨在各个年代出现日数极少,而大暴雨这种极端降水在各站近 60 a 里出现日数最少,其中天水站在近 60 a 里未出现过。

(2)各年代际降水日数呈现波动变化,1950s—1960s 上升,1970s 后下降,进入 1980s 后又上升,并且达到近 60 a 最大,1990s 后降低,2000 年后,除天水、宝鸡和西安站降水日数减少外,其余站点降水日数均略有增加。总降水量与降水日数变化并不完全一致。1950s—1960s,总降水量减少,但 1960s 降水日数比 1950s 明显增多。2000 年后天水、宝鸡和西安站降水日数减少,但是降水量却增加。

(3)近 60 a 降水量趋于减少。1950s—1970s 降水量减少,1980s 后增加,并且达到近 60 a 最大降水量,而进入 1990s 后,降水量又开始减少,2000 年后降水量略有增加。1950s,1960s 和 1980s 降水量均高于

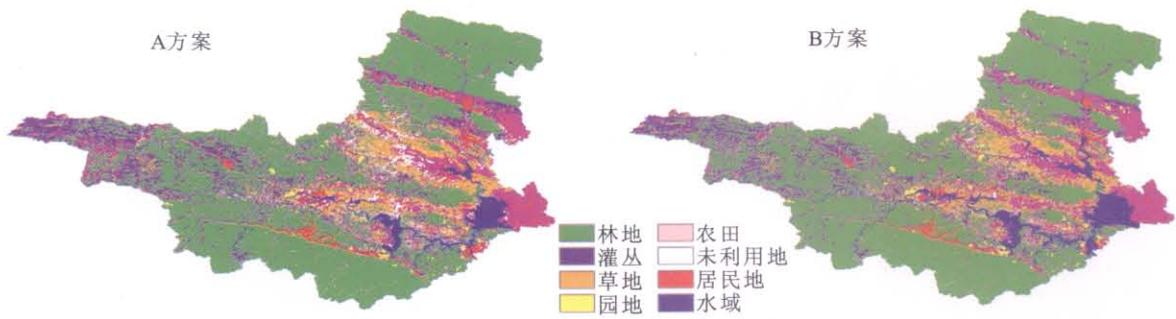
多年平均降水量,1970s、1990s 以及 2000 年后的降水量均低于多年平均降水量。

(4)关中—天水经济区降水量变化特征大致可分为三个阶段。大部分站点降水量 1968 年或 1975 年以前高于多年平均降水量,1968—1990 年或 1975—1990 年期间,降水量围绕多年平均降水量震荡,1990 年后,降水量普遍低于多年平均值。

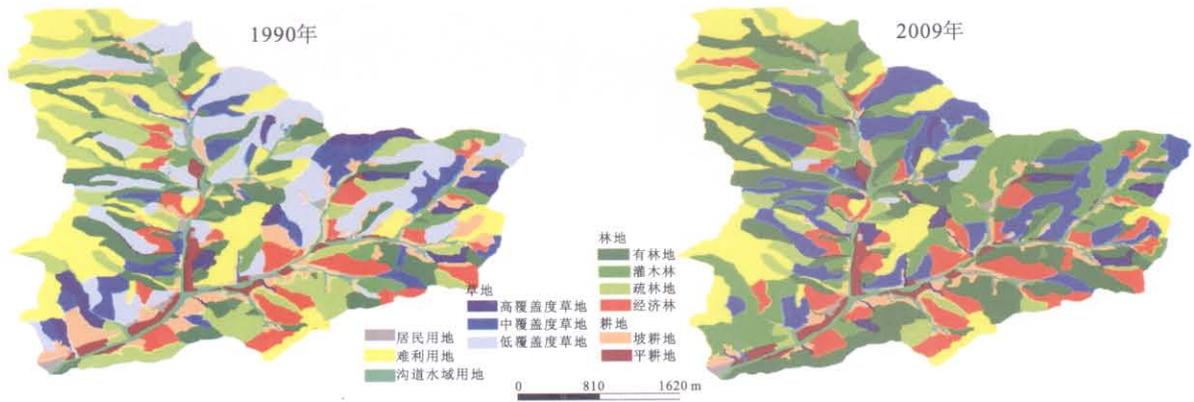
参考文献:

- [1] 秦大河,陈振林,罗勇,等. 气候变化科学的最新认知[J]. 气候变化研究进展,2007,3(2):63-73.
- [2] 中国气象局. 中国气候与环境演变[M]. 北京:气象出版社,2006.
- [3] 陈少勇,郭江勇,郭忠祥,等. 中国西北干旱半干旱区平均气温的时空变化规律分析[J]. 干旱区地理,2009,32(3):364-371.
- [4] 李宗省,何元庆,辛惠娟,等. 我国横断山区 1960—2008 年气温和降水时空变化特征[J]. 地理学报,2010,65(5):563-579.
- [5] IPCC. Climate change 2007: the physical scientific basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M]. Cambridge, UK and New York, USA: Cambridge University Press,2007.
- [6] 蔡运龙. 全球气候变化下中国农业的脆弱性与适应对策[J]. 地理学报,1996,51(3):202-211.
- [7] Buijs A E. Public support for river restoration: A mixed-method study into local residents' support for and framing of river management and ecological restoration in the Dutch floodplains[J]. Journal of Environmental Management,2009,90: 2680-2689.
- [8] Zainab Mbagal-Semgalawe, Henk Folmer. Household adoption behavior of improved soil conservation: the case of the North Pare and West Usambara Mountains of Tanzania[J]. Land Use Policy,2000,17:321-336.
- [9] Hoang M H, Fagerstrom I, Mesing Z M, et al. A participatory approach for integrated conservation planning in a small catchment in Loess Plateau, China Part I Approach and Methods[J]. Catena,2003,54:255-269.
- [10] 甄霖,谢高地,杨丽,等. 基于参与式社区评估法的泾河流域景观管理问题分析[J]. 中国人口·资源与环境,2007,17(3):129-133.
- [11] 张志,朱清科,朱金兆,等. 参与式农村评估(PRA)在流域景观格局研究中的应用:以晋西黄土区吉县蔡家川为例[J]. 中国水土保持科学,2005,3(1):25-31.
- [12] 熊晓波,梁剑辉,董仁才,等. 参与式方法在小流域治理中的应用[J]. 中国水土保持科学,2009,7(3):108-113.
- [13] 徐建英,陈利顶,吕一河,等. 基于参与性调查的退耕还林政策可持续性评价[J]. 生态学报,2006,26(11):3789-3795.
- [14] 于一尊,王克林,陈洪松,等. 基于参与性调查的农户对环境移民政策及重建预案的认知与响应:西南喀斯特移民迁出区研究[J]. 生态学报,2006,26(11):3789-3795.
- [15] Calder I R. Forests and water-ensuring forest benefits outweigh water costs[J]. Forest Ecology and Management,2007,251:110-120.
- [16] Calder I R. Forests and water: closing the gap between public and science perceptions[J]. Water Science and Technology, 2004,49(7):39-53.
- [17] 陈军锋,李秀彬. 森林植被变化对流域水文影响的争论[J]. 自然资源学报,2001,16(5):474-450.
- [18] Sun Ge, Zhou Guoyi, Zhang Zhiqiang, et al. Potential water yield reduction due to forestation across China [J]. Journal of Hydrology,2006,328:548-558.

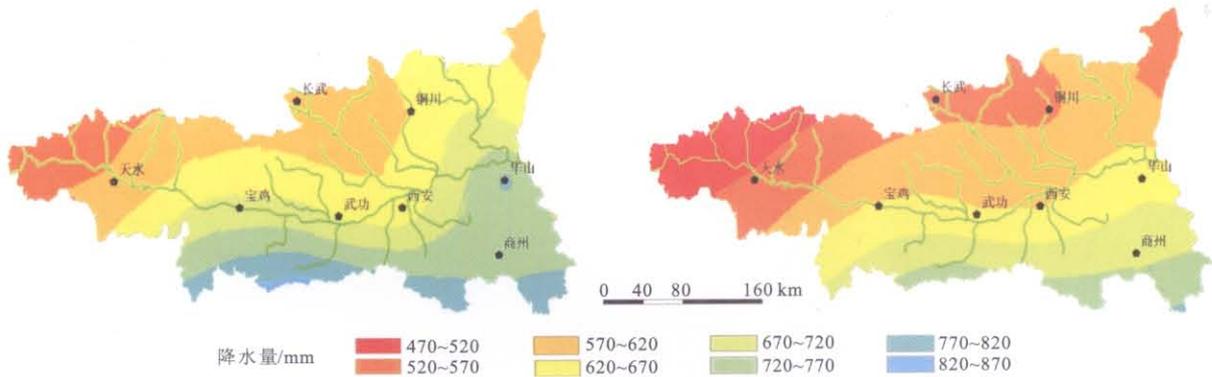
(上接第 64 页)



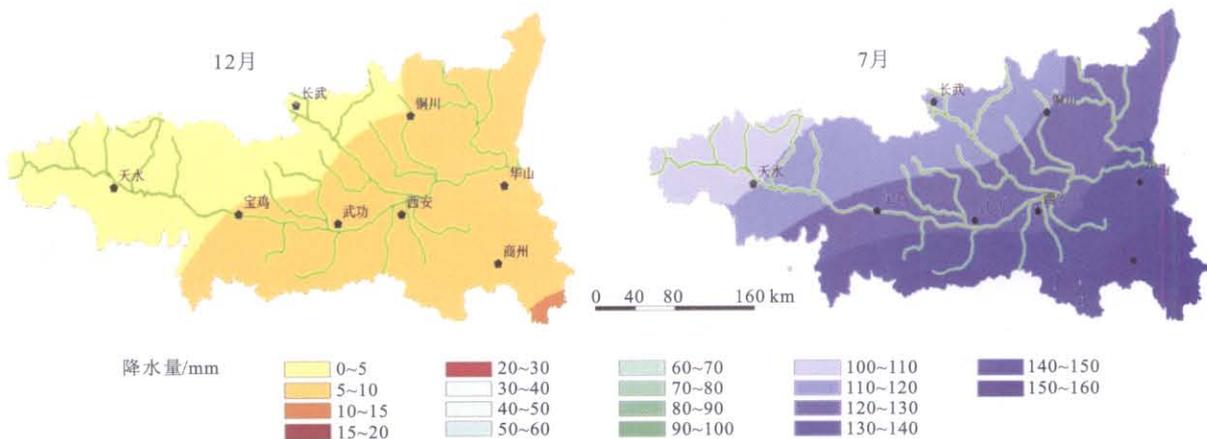
附图1 丹江口库区2020年土地利用预测图



附图2 1990年和2009年冀北山区东北沟流域土地利用状况



附图3 关中—天水经济区降水量年代际变化分布



附图4 关中—天水经济区降水量多年平均年内分布