

榆林市空中云水资源分布特征及人工增雨潜力分析

薛小宁¹, 刘敏², 刘建雄¹ (1. 陕西省榆林市气象局, 陕西榆林 719000; 2. 陕西省定边县气象局, 陕西定边 718600)

摘要 利用榆林市所辖各县区 1971~2010 年地面水汽压和降水资料, 对该地空中云水资源的分布特征进行了研究, 并对人工增雨潜力进行了评价。结果表明, 榆林市年大气可降水量随年际有增多趋势, 递增率为 448.2 mm/10a; 空中云水资源月变化呈近似正态分布; 各地的自然降水产出率 4 和 11 月较大, 7、8、12、2、3 月较小; 榆林市年平均增雨潜力达 78.67%, 增雨潜力巨大; 7、8、3、12、2 月增雨潜力较大, 4 和 11 月增雨潜力最小, 西北部的增雨潜力大于东南部, 定边增雨潜力最大, 清涧的增雨潜力最小。

关键词 云水资源; 降水自然产出率; 增雨潜力; 人工增雨; 榆林市

中图分类号 S161.6 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)36-13965-03

榆林位于陕西省的最北部、毛乌素沙漠的南缘, 常年受大陆性季风气候的影响, 干旱频发, 水资源匮乏。频繁发生的干旱严重制约了当地的工农业生产, 也影响了人民群众的日常生活。如 2008 年 3~7 月, 位于陕北西北部的定边县连续 4 个月无有效降水出现, 降雨量创 1957 年以来最小值^[1], 榆林市人工影响天气办公室积极开展了飞机、火箭空地立体式增雨作业, 有效地缓解了旱情。特别是进入 21 世纪以来, 每年租用空军增雨飞机 7 个月开展飞机人工增雨作业。合理开发利用空中水资源, 抓住有利时机实施人工增雨作业是有效缓解旱灾、满足基地建设对水资源需求的重要途径。国内研究者对云水资源特征及开发潜力进行了深入研究^[2-4], 但对陕西北部空中云水资源研究甚少, 为此笔者利用榆林市所辖 12 个气象观测站 1971~2010 年的相关资料, 对榆林市空中云水资源的分布特征和增雨潜力进行了研究, 以期为进一步推动当地农业发展提供参考。

1 资料与方法

1.1 资料来源 研究所使用的资料包括榆林市所辖 12 个观测站 1971~2010 年逐日水汽压资料以及各站月平均降水量、月平均降水日数资料。季节按气象部门规定划分, 即春季为 3~5 月、夏季为 6~8 月、秋季为 9~11 月、冬季为 12 月~次年 2 月。

1.2 分析方法

1.2.1 整层大气降水量的计算方法。采用杨景梅等建立的地面水汽压与大气可降水量之间的普遍经验公式^[5]: $W = a_1 + a_2 e$, 式中, W 为逐日整层大气可降水量 (cm), 对其累加, 可计算得到其月、季、年值; e 为地面气象站观测到的日平均水汽压 (hPa); a_1 、 a_2 为经验系数, $a_1 = 0.03 \exp(-1.39H^2 + 0.74H + 0.15)$ 、 $a_2 = 0.17 + 0.066/[(\phi - 33)^2 + 4.41]$, 式中, H 为海拔高度 (km), ϕ 为地理纬度 (°)。上述大气可降水量公式适合我国青藏高原以外、纬度大于 33°N 的广大地区。榆林市及其所辖各站纬度为 37.12°~39.03°N, 显然上述各式可以用来计算榆林市各地大气可降水量^[6]。

1.2.2 月可能降水量的计算方法。月可能降水量是建立在

日可能降水量基础上的物理量, 其表达式为: $R_p = W \times N$, 式中, R_p 为月可能降水量 (mm); W 为多年平均各月日可能降水量 (mm), 日可能降水量是指不考虑水汽环流、输送的前提下, 单位面积区域内空中水汽全部凝结并形成的理论降水量; N 为当地多年实际月平均降雨日数^[6]。

1.2.3 自然降水产出率的计算方法。自然降水产出率 M 是指统计时段内实际降水量 R 与可能降水量 R_p 的百分比, 其表达式为^[6]: $M = (R/R_p) \times 100\%$ 。

1.2.4 增雨潜力的计算方法。一般来说, 在可能降水量一定的情况下, 自然降水产出率 M 越低, 其增雨潜力 L 越大。增雨潜力的计算表达式为^[6]: $L = 100 - M$ 。

2 榆林市云水资源分布特征

榆林处于陕北北部, 地势西北高、东南低, 可以古长城为界分为西北部风沙草滩区及东南部沟壑区。这里以定边、榆林、府谷代表风沙草滩区, 以米脂、吴堡代表黄土高原丘陵沟壑区进行分析。

2.1 时间分布特征

2.1.1 年际变化。由图 1 可知, 榆林市平均年大气可降水量的年际变化特征明显, 1997 年以前变化较为平稳, 1997 年以后波动较大, 其中 1998、2003、2007、2010 年处于峰值区, 1997、2000、2005 年处于谷值区; 40 年来榆林市年大气可降水量随年际有递增趋势, 递增率为 448.2 mm/10a, 在年代变化上也表现出增加的趋势。全市大气可降水量的 40 年平均值为 49 695 mm, 1998 年出现极大值, 为 55 244 mm, 1986 年出现极小值, 为 46 004 mm; 西北部风沙草滩区大气可降水量的 40 年平均值为 45 883 mm, 低于全市平均值, 1998 年出现极大值, 为 51 734 mm, 1974 年出现极小值, 为 42 317 mm; 东南部丘陵沟壑区大气可降水量的 40 年平均值为 53 508 mm, 高于全市平均值, 1998 年出现极大值, 为 58 755 mm, 1972 年出现极小值, 为 48 916 mm。可见, 东南部丘陵沟壑区年大气可降水量明显高于西北部风沙草滩区。

2.1.2 月变化。由图 2 可见, 1971~2010 年榆林市各月平均大气可降水量呈近似的正态分布, 全市大气可降水量月平均值为 4 141 mm, 最大值为 9 343 mm, 出现在 7 月份, 8 月份次之, 为 9 278 mm, 最小值为 1 004 mm, 出现在 1 月份; 风沙草滩区、丘陵沟壑区不同地形的月大气可降水量分布与全市平均月变化趋势一致, 月平均值分别为 3 823、4 459 mm, 最大

值均出现在 7 月份,分别为 8 689、9 997 mm,最小值均出现在 1 月份,分别为 927、1 082 mm。

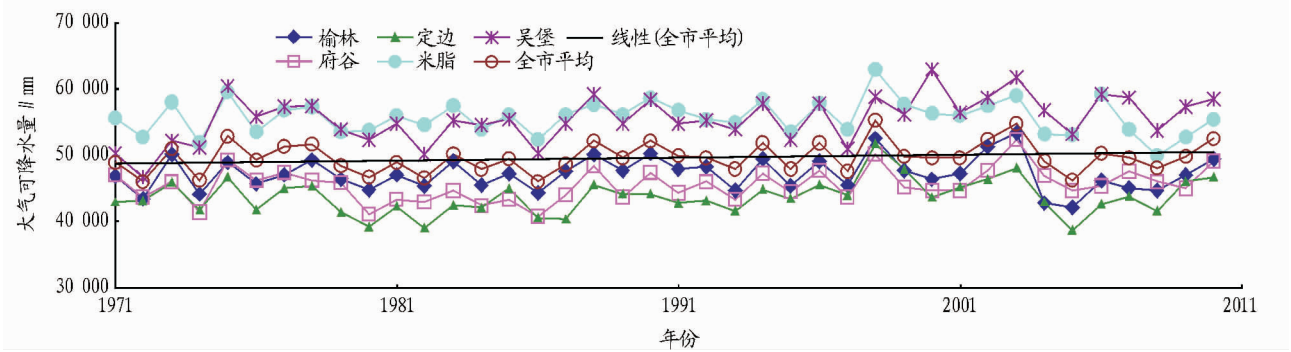


图 1 1971~2010 年榆林市不同地形大气年可降水量的逐年变化

2.1.3 季变化。榆林市大气可降水量的季节变化十分明显。就全市平均而言,大气可降水量夏季最大,为 8 308 mm,秋季次之,为 4 162 mm,春季较小,为 2 955 mm,冬季最小,为 1 140 mm;西北部风沙草滩区,大气可降水量夏季最大,为 7 737 mm,冬季最小,为 1 043 mm;东南部黄土高原丘陵沟壑区,大气可降水量夏季最大,为 8 878 mm,冬季最小,为 1 237 mm。榆林市大气可降水量季节分布之所以表现出上述特征,与大陆性季风活动密切相关。

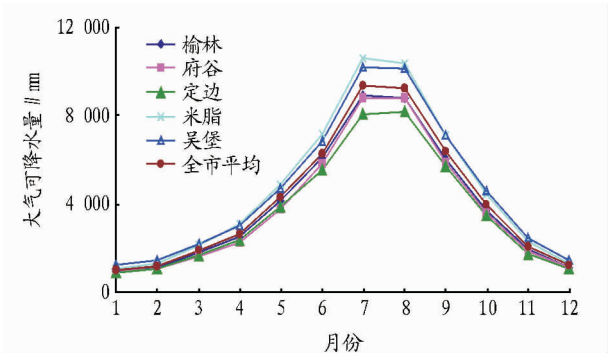


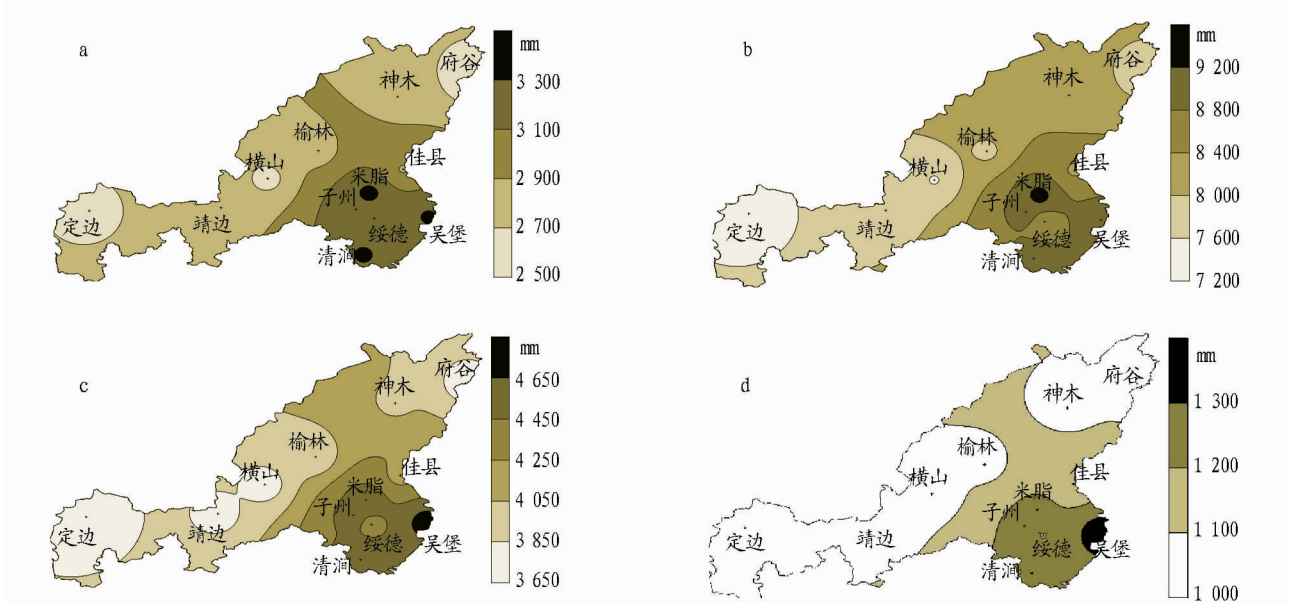
图 2 1971~2010 年榆林市不同地形大气可降水量的逐月变化

2.2 区域分布特征 从榆林市各站近 40 年平均各季大气可降水量的区域分布状况(图 3)可以看出,榆林市各季大气可降水量西北部少于东南部。春季最少的是府谷,夏、秋、冬季最少的是定边;春、夏季最多的是米脂,秋、冬季最多的是吴堡。各季各地大气可降水量差值,夏季最大,最多的米脂与最少的定边相差 818 mm;其次是秋季、春季,冬季相差最小,其差值为 363 mm。

榆林市常年受中纬度西风带控制,对比分析近 40 年各地大气可降水量和实际降水量的分布发现,相同的大气环流控制和水汽输送使其大气可降水与实际降水量的分布相似,均是以长城为界,西北部明显少于东南部。

3 榆林市增雨潜力分布特征

3.1 月可能降水量 从榆林市近 40 年不同地形类型平均各月可能降水量分布(图 4)可以看出,月可能降水量 7 月最多,为 372~526 mm,8 月次之,1 月最少,为 10~14 mm;从其季节变化看,夏季平均为 1 175 mm,远多于冬季的 49 mm,秋季平均 399 mm,略多于春季的 265 mm;从其地理分布看,东南部多于西北部,吴堡最多,为 179mm,其后从多到少为清



注:a. 春季;b. 夏季;c. 秋季;d. 冬季。

图 3 1971~2010 年榆林市各站季平均大气可降水量区域分布

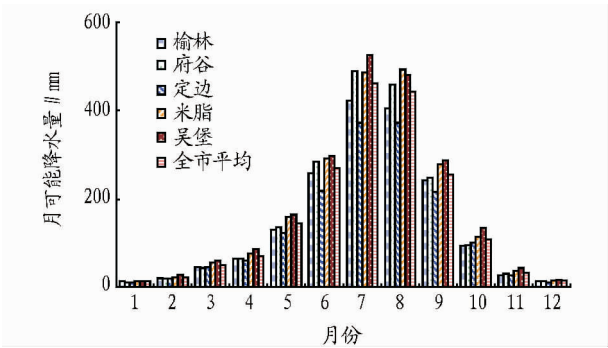


图4 1971~2010年榆林市不同地形月均可能降水量逐月分布

润、米脂,定边最少,为132 mm。上述分布与各县实际降水量分布特征大体一致。

3.2 自然降水产出率 由榆林市不同地形类型1971~2010年各月平均降水产出率分布(图5)可见,榆林市自然降水产出率为13.20%~29.56%,其月变化呈“两峰三谷”型,2个峰值大多出现在4和11月,全市月平均降水产出率分别为25.42%和25.82%;3个谷值分别出现在夏季的6、7月份、春季的2月份和冬季的12月份,全市月平均降水产出率分别为18.09%、18.61%、18.95%和17.67%,其中12月份最低。地处西北部的定边、东南部的吴堡自然降水产出率与其他县略有差异,定边表现为“两峰两谷”型,峰值出现在4和11月,而谷值则出现在冬季的12、1、2月和夏季的6、7月;吴堡表现为“三峰两谷”型,峰值出现在1、4和11月,谷值出现在3月和夏季的6、7月。可见,榆林市自然降水产出率东南部略高于西北部。

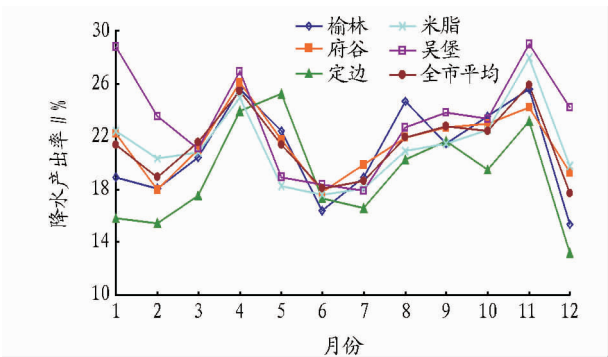


图5 1971~2010年榆林市不同地形各月平均降水产出率

3.3 增雨潜力分析 从榆林市不同地形类型1971~2010年各月平均增雨潜力分布(图6)可以看出,榆林市增雨潜力较大,全市年平均增雨潜力达78.67%;不同地形类型夏季7、8月份以及春季2、3月份、冬季12月份增雨潜力较大,4和11

月增雨潜力最小;按其地理分布,西北部的增雨潜力大于东南部,定边增雨潜力最大,年平均值为80.88%,清涧的增雨潜力最小,年平均为76.45%。

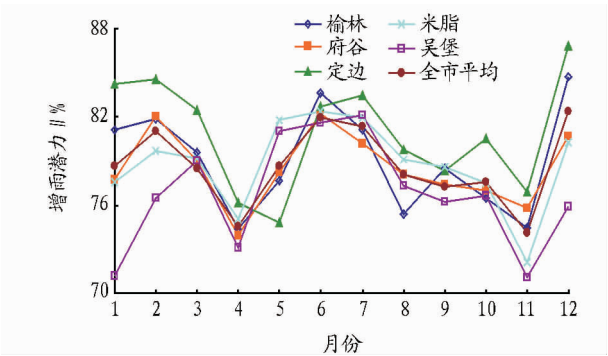


图6 1971~2010年榆林市不同地形各月平均增雨潜力

4 结论与讨论

- (1) 榆林市年大气可降水量随年际有增多趋势,递增率为448.2 mm/10a,且1997年之前变化较为平稳,1997年以后波动较大;西北部和东南部的年大气可降水量年际变化均与全市平均值的变化趋势一致,其中东南部高于西北部。
- (2) 榆林市空中云水资源月变化呈近似正态分布,7月最大,8月次之,1月最小,且夏季远多于冬季,秋季略高于春季。西北部定边最少,东南部的米脂和吴堡较多,且各地水汽含量以夏季差异最大,秋、春季次之,冬季最小。
- (3) 榆林市大气可降水量与实际降水量分布基本一致,表明大气降水的产生与水汽分布和大环流背景密切相关。
- (4) 榆林市全市年平均增雨潜力可达78.67%,增雨潜力具大;夏季7、8月份以及春季2、3月份、冬季12月份增雨潜力较大,4和11月增雨潜力最小;按其地理分布,西北部的增雨潜力大于东南部,定边增雨潜力最大,清涧的增雨潜力最小。

参考文献

[1] 刘慧敏,杨睿敏,王树斌,等. 定边县一次飞机增雨作业过程分析[J]. 陕西气象,2011(1):15-19.

[2] 王昂生,黄美元. 旱灾、天空水资源开发及人工降水研究[J]. 地球科学进展,1990(3):58-62.

[3] 向华,周月华,王海军. 湖北省空中水资源分析[J]. 暴雨灾害,2007,26(2):134-138.

[4] 周德平,宫福久,张淑杰. 辽宁云水资源分布特征及开发潜力分析[J]. 自然资源学报,2005,20(5):644-649.

[5] 杨景梅,邱金桓. 用地面湿度参量计算我国整层大气可降水量及有效水汽含量方法的研究[J]. 大气科学,2002,26(1):9-22.

[6] 代娟,黄建华,王华荣,等. 襄樊市空中云水资源分布及人工增雨潜力研究[J]. 暴雨灾害,2009,28(1):79-83.

(上接第13963页)

[6] 李霖,黄永玉,江彩英. 福建北部持续性暴雨个例分析[J]. 气象科技,2008(2):197-201.

[7] 许心田,刘瑞芳,郭大海,等. 陕西一次持续性强对流天气过程的成因分析[J]. 气象,2012(5):533-542.

[8] 王志超,于雷,黄鹤,等. 2010年8月河北一次暴雨的综合诊断[J]. 干旱气象,2012(1):81-87.

[9] 梁生俊,马晓华. 西北地区东部两次典型大暴雨个例对比分析[J]. 气象,2012(7):804-813.

[10] 俞小鼎. 2012年7月21日北京特大暴雨成因分析[J]. 气象,2012(11):1313-1329.

[11] 张瑞禹,徐明,王小康,等. 华南前汛期持续暴雨环流特征分析[J]. 暴雨灾害,2012,31(3):260-271.