

鄂尔多斯市水资源的气候特征演变

王琳, 王芳

(中国水利水电科学研究院, 北京 100038)

摘要: 采用鄂尔多斯市鄂托克旗站和东胜站 1957–2010 年的月均温和月降水资料, 分析了气温和降水的演变规律。采用高桥浩一郎的陆面蒸散发经验公式估算陆面蒸散发并分析演变规律。结果表明: 鄂尔多斯市自 20 世纪 90 年代开始显著增温, 东部东胜站增温幅度大于西部鄂旗站。四季中各季的显著升温也出现在 90 年代。夏季增温相对缓慢, 其它三季变暖比较显著。两站年降雨量均呈减小趋势, 东部东胜站减少量大于西部鄂旗站。春冬两季降雨量变化趋势不明显, 夏秋两季降雨量呈减小趋势。蒸散量均呈现上升趋势, 20 世纪 90 年代以后上升趋势明显。东部东胜站多年平均年蒸散量大于西部鄂旗站。春、夏、冬三季蒸散量均呈上升趋势, 而在秋季均呈下降趋势。降水量显著影响降蒸差, 可利用降水量呈下降趋势, 东部的东胜站下降趋势更明显。

关键词: 气温; 降水; 陆面蒸散; 降蒸差; 气候演变

中图分类号: P468.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2014)05-0132-05

Evolution of climate characteristics of water resources in Erdos

WANG Lin, WANG Fang

(China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China)

Abstract: Using the monthly mean temperature and monthly precipitation of Dongsheng and Etuoke stations in Erdos from 1957 to 2010, the paper analyzed the evolution rule of temperature and precipitation, and estimated the land evaporation by using Gaoqiao equation, and its variation rule. The results showed that the air temperature has been increased sharply since 1990s, and the range of increase in Dongsheng at east of Erdos is more than that of Etuoke at west of Erdos. The significant warming also appeared in 1990s in four seasons. The increase of temperature is relatively slow in summer, And that in other three seasons is more significant. Precipitation of the two stations presents a decreasing trend, and the range of decrease in Dongsheng is more than that in Etuoke. The precipitation variation trend is not obvious in Spring and Winter, but it appears a decreasing trend in Summer and Autumn. The land evaporation of the two stations appears the trend of increase, and the land evaporation has been obviously rising since 1990s. The average annual land evaporation in Dongsheng is higher than that in Etuoke. Land evaporation in Spring, Summer and Winter presents the increasing trend, and that in Autumn is the decreasing trend. Precipitation affects significantly the difference between evapotranspiration and precipitation, and the available precipitation possesses the trend of decrease. The decrease trend is obvious in Dongsheng at east of Erdos.

Key words: air temperature; precipitation; land evaporation; difference between evapotranspiration and precipitation; climate evolution

鄂尔多斯高原是我国北方一个非常特殊和敏感的生态过渡带;从大气环流上看,它处在蒙古–西伯利亚反气旋高压中心向东南季风区的过渡;在植被方面它处于森林草原–温带草原–荒漠化草原和草

原化荒漠的过渡带;从植物区系上说,它是欧亚草原区和中亚荒漠区的交汇和过渡地区^[1];在水文上是大陆内流区向外流区的过渡,也是风蚀和水蚀交错作用的地带;在气候上,是半干旱向干旱区的过渡地

收稿日期:2014-04-08; 修回日期:2014-08-21

基金项目:流域水循环模拟与调控国家重点实验室自主研究项目(2013ZY06);鄂尔多斯市生态需水与可利用水资源量研究项目

作者简介:王琳(1978-),女,山西人,博士,高级工程师,主要从事生态水文与水资源管理研究。

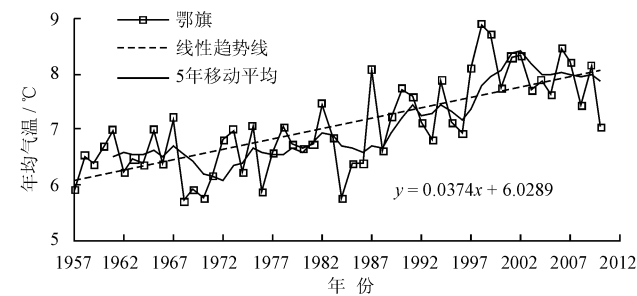
带;在地质地貌上,是沙区向戈壁和黄土区的过渡;这一地区同时也是我国北方多民族杂居的农牧交错地带,是全球气候变化的敏感地区。

水资源对气候变化的响应十分敏感^[2-4]。自然降水是水资源的主要补给来源,其中有相当一部分以蒸散发的形式回到大气中,实际可利用的降水为自然降水量减去蒸散后的量即降蒸差,所以蒸散发的估算十分重要^[5-6]。影响蒸散发的因素及过程十分复杂,很多估算方法都需要较多的或特殊的资料,而高桥浩一郎公式^[7-8]采用月平均气温和月平均降水对蒸散发进行估算,方法简单,许多研究人员用该方法估算实际蒸散发,并得到了很好的结论^[9-10]。本文采用高桥浩一郎陆面蒸散发估算公式估算近 50 年来蒸散发量,研究气温、降水、蒸发及降蒸差的变化特征,以期更好地为开发、调节和利用水资源提供科学依据。

1 资料与方法

选取中国气象科学数据库中鄂尔多斯市东西 2 个资料质量好、系列较为完整的气象站,分别是鄂托克旗和东胜站,代表鄂尔多斯市东西两个不同区域。将长系列资料进行气温、降水、陆面蒸散和降蒸差的演变研究,分析变化规律及特点。

鄂尔多斯地区的陆面蒸散发采用高桥浩一郎公



式进行计算。该公式利用热量平衡方程,在对空气湿度、日照等因素进行均化的基础上而提出,公式为:

$$E = \frac{3100R}{3100 + 1.8R^2 \exp\left(\frac{-34.4T}{235 + T}\right)}$$

式中: E 为月蒸散发; R 为月降水量; T 为月平均气温。

2 结果与分析

2.1 气温变化规律分析

两站长系列气温变化趋势如图 1 所示。图中可看出,两站气温变化趋势相同,一元线性拟合直线结果显示两站 54 a 来气温均显著升高,东胜站升温幅度高于鄂旗站,鄂旗站平均每 10 a 升高 0.37℃,东胜站平均每 10 a 升高 0.44℃。5 a 移动平均的拟合曲线结果表明,两站均在 1987 年后开始显著增暖,90 年代后期增暖达到最强。

两站在春、夏、秋、冬 4 季的气温变化倾向率均为正值,说明过去 50 a 来,鄂尔多斯地区增暖比较显著,其中冬季增暖较为显著,春秋季次之,夏季增暖相对缓慢,各季节的气温变化见图 2。其中冬季的增温幅度在鄂旗达到每 10 a 升高 0.65℃,而东胜的增温达到每 10 a 升高 0.747℃,均高于中国西北西风带冬季气温每 10 a 升高增温率 0.55℃^[11]。

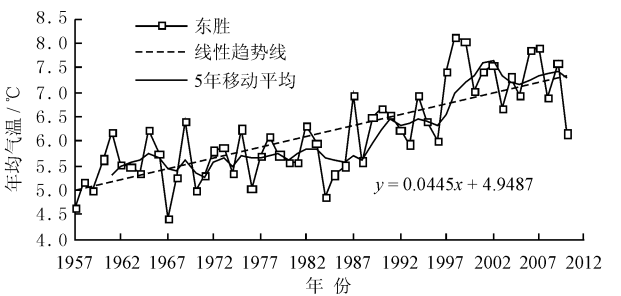


图 1 1957 - 2010 鄂旗与东胜站长系列气温变化趋势图

从表 1 的分析结果可看出,两站年平均和四季气温均呈上升趋势。春季 20 世纪 70 年代两站均存在一个低温期,其余时段温度均不断上升。各季的显著升温均出现在 90 年代,至 21 世纪前 10 年,温度虽还是升高的趋势,但升高的幅度减缓。

鄂尔多斯地区 1957 年以来气温变化的特点是:夏季增温相对缓慢,其它三季变暖比较显著,年平均气温显著升高。各季和年平均温度在 90 年代出现显著升温期。这种增暖趋势与华北、东北和西北的其他地区变暖的趋势基本一致。

2.2 鄂尔多斯市降雨量分析

两站的长系列降雨量变化趋势如图 3 所示。两站年降雨量均不断减小。鄂旗站每 10 a 约减少 1.37 mm,东胜站每 10 a 约减少 10.1 mm,东胜站降雨减少量大于鄂旗站。从不同时间系列来看(表 2),在 20 世纪 70 年代两站均是一个偏丰的时段,降雨量比较大,鄂旗 90 年代是最枯的时段,东胜 2000 年以后是最枯时段。按 20 世纪 90 年代前后来分,之前为多雨段,降雨量在鄂旗约 272.8 mm,东胜约 390.7 mm,90 年代之后为少雨段,在鄂旗为 258.4 mm,在东胜为 368.9 mm。

两站四季降雨量变化规律见图 4。

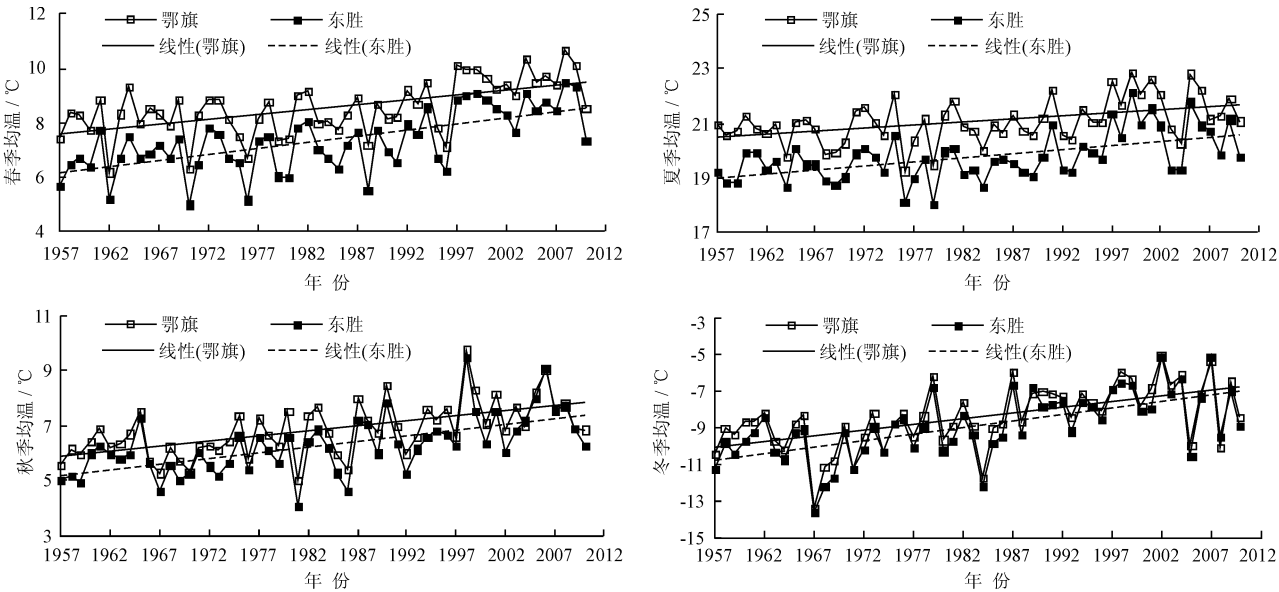


图 2 鄂旗东胜两站各季节均温变化趋势图

表 1 鄂尔多斯两站 1957－2010 年气温统计分析

℃

项目	气象站	1957－1969	1970－1979	1980－1989	1990－1999	2000－2009	1957－1989	1990－2009	1957－2009
年平均	鄂旗	6.45	6.53	6.82	7.69	7.99	6.59	7.84	7.01
	东胜	5.47	5.62	5.82	6.84	7.32	5.62	7.08	6.17
春季平均	鄂旗	8.16	7.89	8.25	8.87	9.71	8.10	9.29	8.53
	东胜	6.73	6.62	7.00	7.74	8.68	6.78	8.21	7.32
夏季平均	鄂旗	20.67	20.74	20.91	21.52	21.74	20.76	21.63	21.06
	东胜	19.32	19.35	19.44	20.31	20.66	19.36	20.48	19.78
秋季平均	鄂旗	6.22	6.38	6.76	7.53	7.64	6.43	7.58	6.80
	东胜	5.65	5.81	6.03	6.91	7.33	5.81	7.12	6.30
冬季平均	鄂旗	－9.72	－8.90	－8.62	－7.17	－7.14	－9.14	－7.15	－8.44
	东胜	－10.43	－9.28	－9.19	－7.61	－7.38	－9.71	－7.49	－8.87

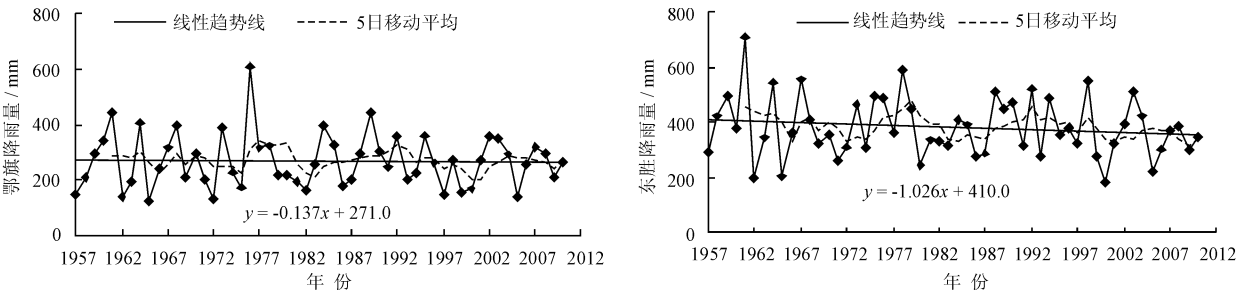


图 3 鄂旗与东胜站长系列降雨量变化趋势图

表 2 鄂尔多斯两站 1957－2009 年降雨量统计分析

mm

项目	气象站	1957－1969	1970－1979	1980－1989	1990－1999	2000－2009	1957－1989	1990－2009	1957－2009
年平均	鄂旗	265.5	288.3	266.9	252.0	264.9	272.8	258.4	266.8
降雨量	东胜	403.5	408.4	356.4	395.8	342.0	390.7	368.9	382.5

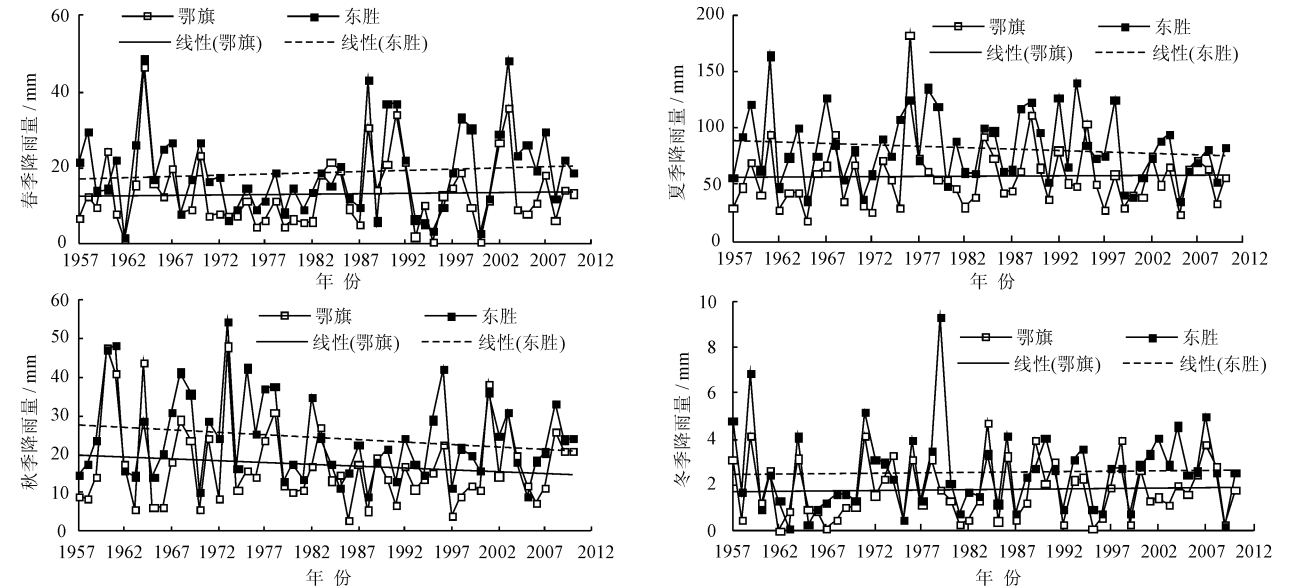


图 4 两站 1957 - 2009 长系列四季降雨量变化图

由图 4 可以看出:春冬降雨量变化不明显,夏秋季降雨量呈减小趋势,导致年降雨量多年系列呈递减趋势。

2.3 陆面蒸散分析

根据高桥浩一郎公式计算东胜站和鄂旗站 1957 - 2010 年长系列年陆面蒸散量如图 5 所示。

由图 5 可以看出,两站陆面蒸发变化倾向率均为正值,说明 50 年来两站陆面年蒸散量均呈上升趋势。进一步分析可知,两站均在 20 世纪 90 年代以后上升趋势明显。其中东胜站 1957 - 1990 系列陆面年蒸散量是下降的,在 1990 年后蒸散量逐渐升高,整体增加量约为每 10 年增加 0.887 mm。鄂旗站 1957 - 1990 和 1990 - 2009 系列陆面蒸发量均呈上升趋势,1990

年后陆面蒸发量增加趋势明显。东胜站多年平均蒸散量 269.9 mm,鄂旗站多年平均蒸散量 211.0 mm,东胜站多年平均蒸散量大于鄂旗站。

陆面蒸散季节变化如图 6 所示。夏季蒸散量最

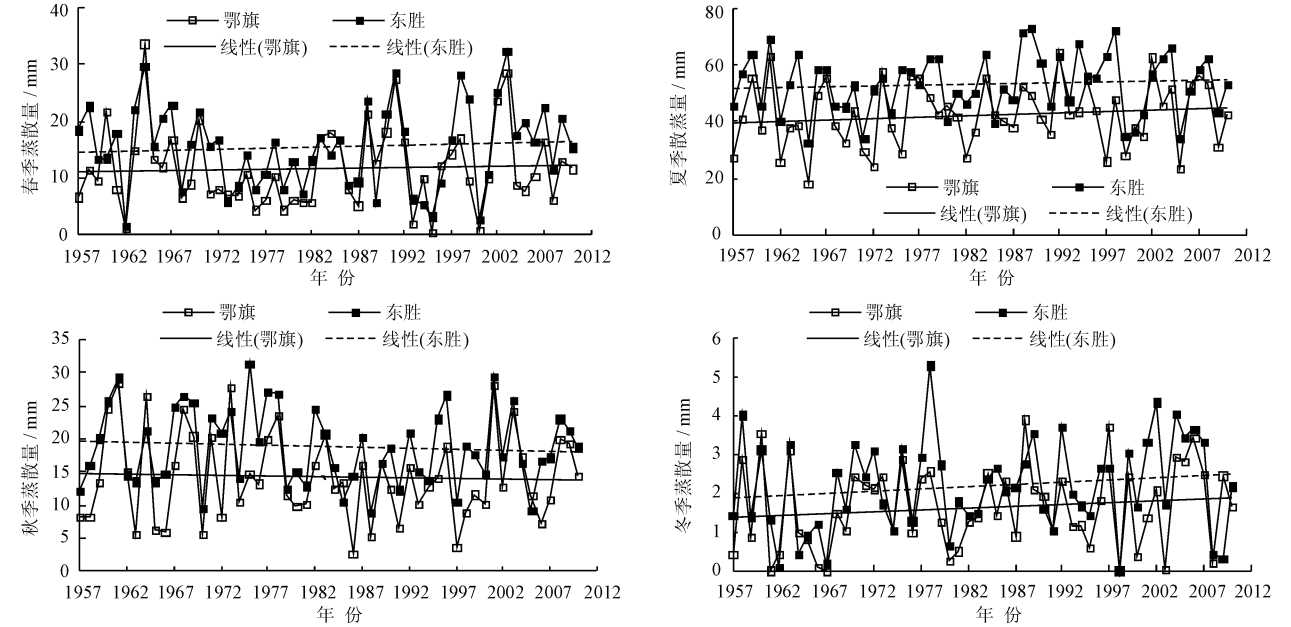


图 5 1957 - 2010 年长系列陆面年蒸散量

图 6 陆面蒸散季节变化图

大,鄂旗站多年平均蒸散量 42.6 mm(表 3),东胜站多年平均蒸散量 53.5 mm。秋季、春季次之,冬季蒸散量最小,鄂旗站多年平均蒸散量 1.6 mm,东胜站多年平均蒸散量 2.2 mm。

由图 6 可以看出,两站在春、夏、冬三季蒸散量均呈上升趋势,而两站蒸散量在秋季均呈下降趋势。春季在 20 世纪 70、80 年代是一个低蒸散时期(表 3),90 年代后蒸散量显著升高。夏季 1957-2009 年系列陆面蒸散量不断上升,2000-2009 是一个显著蒸散增加期。秋季 1957-1999 蒸散不断减小,2000 年以后蒸散量显著增加。冬季 1970-1979 是一个高蒸散时期,2000-2009 年蒸散显著增加。

2.4 降蒸差分析

长系列降蒸差变化如图 7 所示。鄂旗站和东胜站的降蒸差 54 年来均呈递减趋势,即可利用降水量

呈下降趋势。两站相比较,位于东部的东胜站减少量及减小趋势比鄂旗站更明显。降蒸差与降雨量的相关性如图 8 所示,两站相关系数经分析均达到极显著水平,降雨量显著影响降蒸差,所以降蒸差与降雨量的变化趋势一致。而蒸散量与降蒸差的相关性则不是很显著。

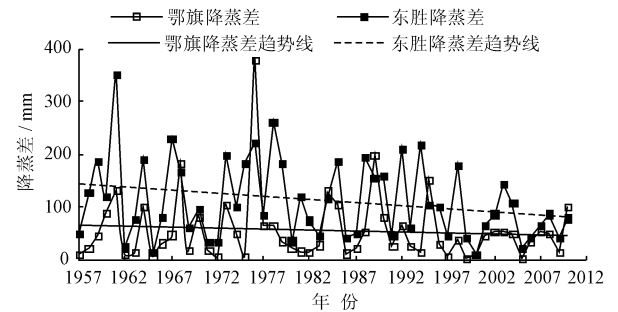


图 7 降蒸差长系列变化趋势图

表 3 鄂尔多斯两站 1957-2009 年陆面蒸散量统计分析 mm

项目	气象站	1957-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	1957-1989	1990-2009	1957-2009
年平均	鄂旗	209.67	206.20	205.69	206.65	227.30	207.41	216.98	211.02
	东胜	273.74	268.19	253.36	278.91	274.19	265.89	276.55	269.91
春季平均	鄂旗	12.7	8.57	11.73	12.77	12.59	11.17	12.68	11.74
	东胜	17.12	12.63	12.98	16.18	18.02	14.50	17.10	15.48
夏季平均	鄂旗	40.17	42.60	42.93	42.95	45.20	41.74	44.08	42.62
	东胜	52.43	53.20	53.58	56.91	51.46	53.01	54.19	53.45
秋季平均	鄂旗	15.64	15.55	12.33	11.57	16.18	14.61	13.87	14.33
	东胜	19.85	20.94	15.96	17.78	19.08	19.00	18.43	18.79
冬季平均	鄂旗	1.21	2.04	1.66	1.62	1.82	1.59	1.72	1.64
	东胜	1.65	2.71	2.09	1.99	2.62	2.10	2.31	2.18

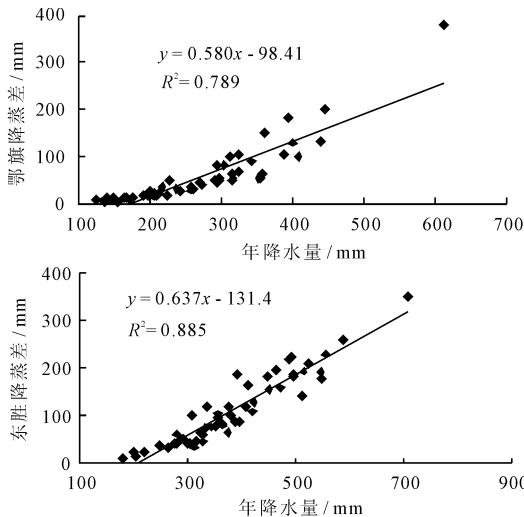


图 8 降蒸差与降水量相关性图

3 结 语

鄂尔多斯市气温均呈上升趋势,在 20 世纪 90

年代开始显著增温,东部东胜站增温幅度大于西部鄂旗站。四季气温均呈上升趋势,各季的显著升温均出现在 90 年代。夏季增温相对缓慢,其它三季变暖比较显著。这种增暖趋势与华北、东北和西北的其他地区变暖的趋势基本一致。

鄂尔多斯两站年降雨量均呈减小趋势。东部东胜站减少量大于西部鄂旗站,20 世纪 70 年代在两站均是一个偏丰的时段,降雨量比较大,鄂旗 90 年代是最枯的时段,东胜 2000 年以后是最枯时段。春、冬两季降雨量变化趋势不明显,夏、秋两季降雨量呈减小趋势,导致年降雨量多年系列呈递减趋势。

蒸散量均呈现上升趋势,20 世纪 90 年代以后上升趋势明显。东部东胜站多年平均年蒸散量大于西部鄂旗站。夏季蒸散量最大,秋季、春季次之,冬季蒸散量最小。春、夏、冬三季蒸散量均呈上升趋势,而两站蒸散量在秋季均呈下降趋势。降水量显

(下转第 141 页)

中,有 18 场洪水的相对误差在 20% 以内,“199502”洪水模拟结果较差,其降雨量不大,雨强较小,产沙量少,绝对误差不大,模拟误差相对大一些,误差为 29%。总体来说,模拟训练精度是比较高的。同时,从表 6 得出,用于模型检验的 5 场洪水相对误差均在 20% 以内,误差较大的都是小水小沙,大水大沙模拟及预报结果较为准确。在实际调度中,大水大沙的洪水往往是空库排沙,即使是预报有误差,对排沙影响也不是很大,对于小水小沙洪水,来沙量比较小,虽然相对误差较大,但来沙量小,对水库运行影响不大。因此,本文研究成果可应用于闹德海水库的实时调度中,以提高洪水资源利用。

5 结 语

(1)闹德海水库的入库沙量与其流域的降雨量、降雨侵蚀力、降雨中心分布、时间分布均匀性系数、前期影响雨量等 5 个因素密切相关。

(2)文中建立耦合水文要素的 BP 神经网络入库沙量预测模型,模拟和预测闹德海水库的入库沙量精度较高,可以用来对次降雨入库沙量进行预报,为该水库实时水沙调度服务。其研究成果也可以为其它流域的水沙预报提供参考。

(3)由于受资料的限制,用于模型研究的样本比较少;而 BP 神经网络模型学习和训练对样本的依赖性比较大,因此某些场次洪水的模拟和预测精

度还不是很好。但随着资料的积累增大,模型模拟训练精度会不断提高。

参考文献:

[1] 童思陈,周建军. “蓄清排浑”水库运用方式与淤积过程关系探讨[J]. 水力发电学报,2006,25(2):27-30+37.

[2] 李文杰,王兴奎,李丹勋. 基于物理过程的分布式流域水沙预报模型[J]. 水利学报,2012,43(3):264-274.

[3] 舒彩文,谈广鸣. 河道冲淤量计算方法研究进展[J]. 泥沙研究,2009(4):68-73.

[4] 张志果,徐宗学,赵卫民. 梯级-关联算法在多泥沙河流含沙量预报中的应用[J]. 水利学报,2007,38(4):448-453.

[5] 孙泉忠,王朝军,赵佳,等. 中国降雨侵蚀力 R 指标研究进展[J]. 中国农学通报,2011,27(4):1-5.

[6] 陈晓安,蔡强国,郑明国,等. 黄土丘陵沟壑区的岔巴沟流域次降雨侵蚀力的研究[J]. 泥沙研究,2010(1):5-10.

[7] 王辉,王全九,邵明安. 前期土壤含水量对坡面产流产沙特性影响的模拟试验[J]. 农业工程学报,2008,24(5):65-68.

[8] 张文丽,路金喜,宋双虎,等. 基于灰色广义回归神经网络的工业废水排放量预测[J]. 水资源与水工程学报,2007,18(1):64-67.

[9] 陈田庆,解建仓,张刚. 基于 BP 神经网络的马斯京根模型参数动态估计[J]. 水力发电学报,2012,31(3):31-38.



(上接第 136 页)

著影响降蒸差,可利用降水量呈下降趋势,东部的东胜站下降趋势更明显。

参考文献:

[1] 李新荣,张新时. 鄂尔多斯高原荒漠化草原与草原化荒漠灌木类群生物多样性研究[J]. 应用生态学报,1999,10(6):665-669.

[2] 蓝永超,丁永建,刘进琪,等. 全球气候变暖情景下黑河山区流域水资源的变化[J]. 中国沙漠,2005,25(6):863-868.

[3] 曹丽青,葛朝霞,薛梅. 1951-2006 年新疆地区气候变化特征及其与水资源的关系[J]. 河海大学学报(自然科学版),2009,37(3):281-283.

[4] 丹丹,春喜,刘美萍,等. 1951-2010 年内蒙古霍林河流域气候变化特征[J]. 冰川冻土,2013,35(4):874-882.

[5] 龚宇,石志增,花家嘉,等. 唐山地区水资源的气候特征分析[J]. 中国农业气象,2009,30(4):509-514.

[6] 李又君,吕博,安丽华,等. 鲁西气候变化及其对地表水分盈亏的影响[J]. 干旱气象,2012,30(3):431-436.

[7] 高桥浩一郎. 月平均气温月降水量以及蒸发散量的推定方式[J]. 天气(日本),1979,26(12):759-763.

[8] 傅丽昕,陈亚宁,李卫红,等. 塔里木河三源流区气候变化对径流量的影响[J]. 干旱区地理,2008,31(2):237-242.

[9] 李国军,李晓媛,王振国,等. 黄河上游水源补给区气候变化及对水资源的影响[J]. 干旱气象,2007,25(2):67-70+89.

[10] 王国庆,张建云,贺瑞敏,等. 黄河中游气温变化趋势及其对蒸发能力的影响[J]. 水资源与水工程学报,2007,18(4):32-36.

[11] 郭江勇,陈少勇,高蓉,等. 气温变暖对西北西风带冬季气温的影响分析[J]. 中国沙漠,2010,30(1):175-180.