

文章编号: 1006-4354 (2013) 06-0001-05

宝成铁路陕西段降雨特征及未来趋势分析

沈姣姣¹, 徐虹¹, 李建科¹, 樊晓玲²

(1. 陕西省气象服务中心, 西安 710014; 2. 汉中市气象局, 陕西汉中 723000)

摘要: 以宝成铁路陕西段沿途 5 个代表站汛期逐日降雨资料为研究对象, 采用趋势分析法和突变分析法对 1961—2010 年降雨特点进行分析, 并采用小波分析法对其未来演变趋势进行预测, 为宝成铁路水害研究提供理论依据。结果表明: 不同等级降雨日和降雨量及区域平均降雨日和降雨量均随年代减少, 20 世纪 90 年代出现减少的突变; 各级降雨日和降雨量及区域平均降雨日和降雨量自北向南逐渐增多, 除凤县和略阳外, 降雨日和降雨量年际间均表现出一致的减少趋势, 广元站减少趋势较显著; 小雨和中雨以年际震荡为主, 大雨及以上降雨以年代际震荡为主; 区域平均降雨量震荡周期与大雨及以上降雨量较一致, 区域平均降雨日震荡周期与中雨较一致; 未来小雨、大雨及以上和区域平均降雨日及降雨量将持续偏多, 中雨降雨日及降雨量将先偏少后偏多。

关键词: 宝成铁路; 降雨特征; 降雨周期; 小波分析; 突变分析

中图分类号: P468.024

文献标识码: A

交通运输业是国民经济的重要组成部分, 气候异常对交通运输的影响越来越明显。在影响我国交通运输的各种气候灾害中, 强降水天气诱发的洪涝、滑坡、泥石流等次生灾害影响最为严重, 范围也最广, 造成的经济损失越来越大^[1]。近年来, 一些学者利用多种方法对不同地区的降雨特点进行分析, 得到了诸多研究成果。陈波等采用分位值法对长江中下游和华中地区不同级别强降水事件的时空变化趋势进行分析^[2]。邓芳莲等采用气候统计的方法对西安等地区的降雨特征和变化趋势进行分析^[3-4]。李明等研究发现, 陕北黄土高原地区地质灾害主要发生在降水量集中的 7—9 月, 与发生前 10 d 的累积降水量有明显相关性, 不同等级降水诱发地质灾害发生的时段不同^[5]。王勇等完成了不同降水类型和量级影响下兰州铁路水害的时空分布特征并建立了预警等级模型^[6]。本文在分析宝成铁路陕西段降雨特征的基础上, 结合小波分析对未来降水演变趋势进

行预测, 以期宝成铁路水害研究提供理论依据。

1 资料来源及研究方法

1.1 资料来源

选取宝成铁路陕西段沿途经过的宝鸡、凤县、略阳、宁强和广元(广元隶属西安市铁路局管辖范围内)为代表站的 1961—2010 年汛期(5 月 1 日—10 月 31 日)逐日降雨资料, 资料由陕西省和四川省气象局档案馆提供。

1.2 研究方法

采用直线拟合方法计算降雨日和降雨量的倾向率, 并用时间序列与变量间的相关系数进行显著性检验。选用 Mann-Kendall 方法检验(简称 M-K 检验)宝成铁路陕西段降雨日和降雨量的变化趋势, 分别计算降雨日和降雨量序列中正、反向样本序列的统计量 U_F 和 U_B , 依据两者的变化特点与显著置信水平的分布情况分析样本序列的变化趋势和突变点^[7-8]。利用 Morlet 小波分析

收稿日期: 2013-04-06

作者简介: 沈姣姣(1986—), 女, 汉, 山西运城人, 硕士, 助工, 从事公共气象服务。

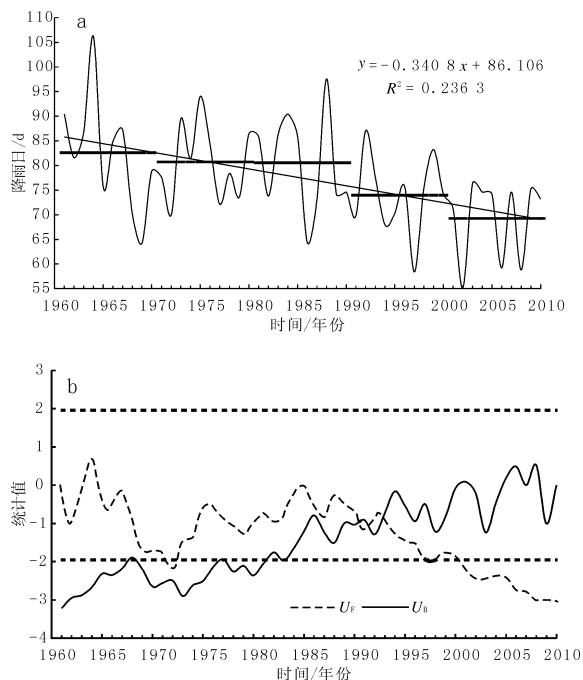
基金项目: 陕西省气象局科技创新基金项目(2013M-34)

降雨日和降雨量的周期特点^[9]。

2 降雨量和降雨日的时间变化特征

2.1 区域平均降雨

宝成铁路陕西段区域平均降雨日表现出减少趋势(图 1 a), 倾向率为 $-3.4 \text{ d}/10 \text{ a}$ (通过 0.05 显著性水平检验)。M-K 检验显示(图 1 b), U_F 曲线在大多数年间小于 0, 说明区域平均降雨日持续表现出减少趋势; U_F 曲线在 1972 年、1998 年和 2001 年与 0.05 显著置信曲线($U_{0.05} = \pm 1.96$) 相交, 说明区域平均降雨日在 20 世纪 70 年代初、90 年代末和 21 世纪初出现显著性减少; U_F 曲线在 2006 年与 0.01 显著置信曲线($U_{0.01} = \pm 2.56$) 相交, 说明区域平均降雨日在 2006 年达到极显著性减少。 U_F 和 U_B 曲线在 1991—1993 年相交, 说明区域平均降雨日在 20 世纪 90 年代初发生减少的突变。

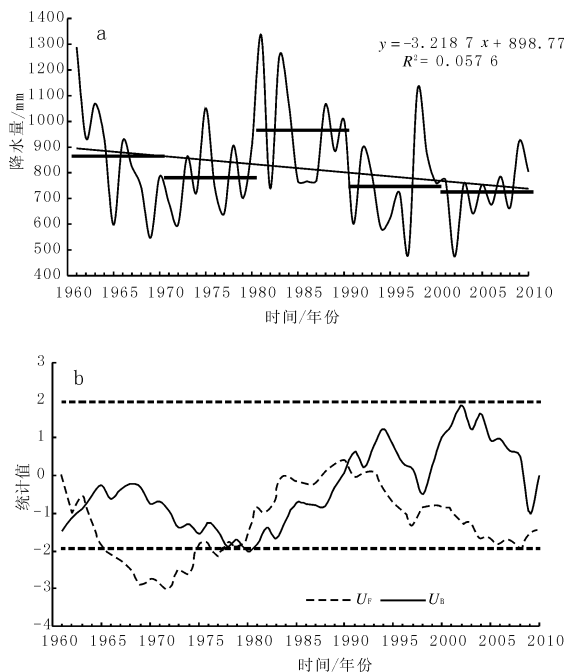


短直线为各年代区域平均降雨日;
虚直线为 0.05 显著置信线

图 1 宝成铁路陕西段区域平均降雨日
变化趋势 (a) 和 M-K 检验 (b)

由图 2 a 可以看出, 宝成铁路陕西段区域平均降雨量整体表现出减少趋势, 倾向率为 $-32.2 \text{ mm}/10 \text{ a}$ (未通过 0.05 显著性水平检验)。M-K 检验(图 2 b)显示, 除 1988—1990

年和 1992—1993 年 U_F 曲线大于 0 外, U_F 曲线在大多数年间小于 0, 说明区域平均降雨量表现出减少趋势, 其中 1965—1974 年 U_F 曲线超过了 0.05 显著置信曲线 ($U_{0.05} = \pm 1.96$), 表明区域平均降雨量在 20 世纪 60 年代中后期至 70 年代前中期减少幅度达到显著性水平。 U_F 曲线在 1978—1980 年和 1991 年分别与 U_B 曲线相交, 说明区域平均降雨量在 20 世纪 70 年代末至 80 年代初和 90 年代初分别出现增加和减少的突变。



短直线为各年代区域平均降雨量;
虚直线为 0.05 显著置信线

图 2 宝成铁路陕西段区域平均降雨量变化
趋势 (a) 和 M-K 检验 (b)

2.2 小雨

小雨降雨日和降雨量变化趋势为持续下降, 倾向率为 $-2.7 \text{ d}/10 \text{ a}$ 和 $-5.8 \text{ mm}/10 \text{ a}$ (均通过 0.01 显著性水平检验), 均在 20 世纪 90 年代初突然减少, 降雨量在 2002—2010 年减少程度达到 0.05 显著性水平。小雨降雨日和降雨量在所有降雨日和降雨量中所占比例为 $64.8\% \sim 80.1\%$ 和 $11.2\% \sim 26.2\%$, 未出现明显波动。

2.3 中雨

除个别年份外, 中雨降雨日和降雨量持续减少, 倾向率为 $-0.4 \text{ d}/10 \text{ a}$ 和 $-3.7 \text{ mm}/10 \text{ a}$,

均在 1993 年突然减少。中雨降雨日和降雨量所占比例在年际间表现出微弱增加趋势。中雨强度随年代略有增强，1990—2008 年（除 2003 和 2007 年外）增强幅度通过 0.05 显著性水平检验。

2.4 大雨及以上降雨

大雨及以上降雨日和降雨量倾向率为−0.4 d/10 a 和−22.4 mm/10 a，除在 1988—1993 年出现短暂上升外，其余时段持续下降，1969—1974 年减少幅度通过 0.05 显著性水平检验。大雨及以上降雨日和降雨量所占比例出现“两谷一

峰”的波动，峰值在 20 世纪 80 年代初，两个谷值分别位于 70 年代初和 90 年代后期。从整个年际变化趋势来看，两者均在 1979 年和 1990 年前后出现突增和突降。

3 降雨量和降雨日空间变化特征

将宝鸡、凤县和略阳划为北部台站，宁强和广元归为南部台站。由表 1 和表 2 可见，宝成铁路陕西段各级降雨日和降雨量自北至南逐渐增加，但广元站表现不明显，可能是由于秦岭地形作用阻挡北方冷空气南下与暖湿气流交汇，降雨概率减少，雨量不大。

表 1 宝成铁路陕西段各站不同等级降雨日平均值和倾向率

降雨等级	降雨日平均值/（d/a）					倾向率/（d/10 a）				
	宝鸡	凤县	略阳	宁强	广元	宝鸡	凤县	略阳	宁强	广元
小雨	48.7	60.1	58.8	62.5	53.8	−1.0	−1.8*	−1.5	−1.3	−8.4**
中雨	12.9	12.5	13.5	16.8	12.5	−0.1	0.3	0.2	−0.4	−1.4**
大雨及以上	5.3	5.0	6.8	10.1	8.0	0.0	0.0	−0.2	−0.8	−0.8*
总降雨	66.8	77.5	79.0	89.5	74.3	−1.4	−1.4	−1.4	−2.4*	−10.4**

注：* 和 ** 表示降雨日变化程度通过 0.05 和 0.01 显著性水平检验（下同）。

表 2 宝成铁路陕西段各站不同等级降雨量平均值和倾向率

降雨等级	降雨量平均值/（mm/a）					降雨量倾向率/（mm/10 a）				
	宝鸡	凤县	略阳	宁强	广元	宝鸡	凤县	略阳	宁强	广元
小雨	134.3	161.2	168.2	171.1	140.1	−2.1	−2.1	−3.1	−5.0	−17.1**
中雨	198.9	191.0	204.2	262.8	190.4	−2.6	5.5	4.4	−1.3	−21.0**
大雨及以上	257.8	323.8	450.3	678.2	551.6	0.8	3.9	−14.3	−50.5	−51.8
总降雨	590.6	675.9	822.7	1 112.0	882.2	−6.6	7.3	−13.5	−58.0	−90.1**

各站小雨降雨日和降雨量在年际间均表现出一致减少趋势，广元站倾向率为−8.4 d/10 a 和−17.1 mm/10 a（均通过 0.01 显著性水平检验）；中雨、大雨及以上降雨日和降雨量表现出微弱增加或减少趋势，南部广元站中雨降雨日和降雨量倾向率为−1.4 d/10 a 和−21.0 mm/10 a（均通过 0.01 显著性水平检验），大雨及以上降雨日倾向率为−0.8 d/10 a（均通过 0.05 显著性水平检验）。

除凤县外，各站总降雨日和降雨量均表现出不同程度的减少趋势，南部台站减少趋势较显著，广元站倾向率为−10.4 d/10 a 和−90.1 mm/10 a（均通过 0.01 显著性水平检验）。

4 降雨量和降雨日周期特征及未来趋势分析

4.1 区域平均降雨

由图 3 可以看出，区域平均降雨量小波方差有 3 个极大值，分别对应 26~27 a，8~9 a 和 2~3 a 的时间尺度。在 26~27 a 时间尺度上，降雨量周期震荡经历了多—少—多—少—多的循环，而且 2010 年时等值线未闭合，说明未来相当长一段时间内（至少 10 a 内）降雨将偏多。8~9 a 和 2~3 a 时间尺度上，同样显示出 2010 年之后短期内降雨将偏多。因此推断，未来区域降雨量将在相当长时期内增多，其中包含小尺度偏少的周期震荡。

区域平均降雨日 4 a 周期震荡较明显，其次

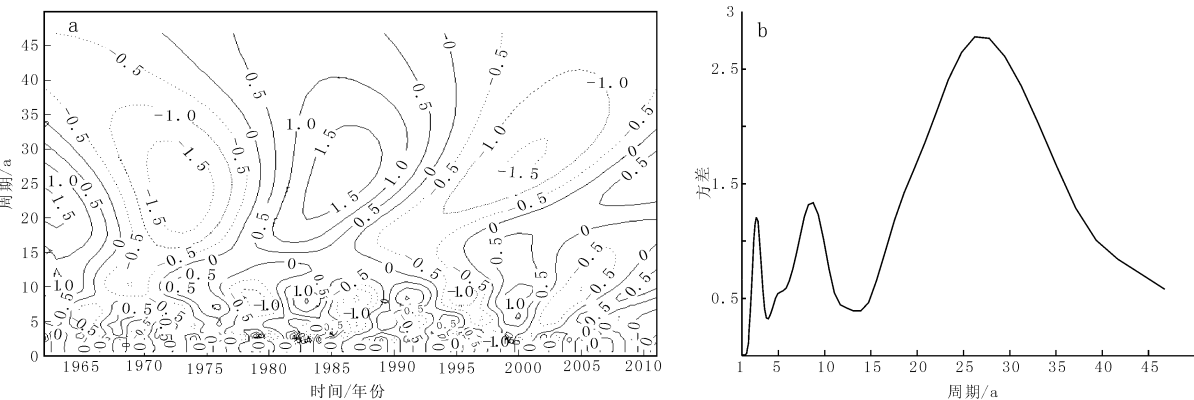


图 3 宝成铁路陕西段区域平均降雨量小波系数实部等值线图 (a) 和小波方差图 (b)

为 9~10 a 和 28 a (表 3)。4 a 周期震荡显示, 2010 年后近几年降雨日将增加。9~10 a 周期尺度在 20 世纪 90 年代中后期有所减弱, 仍可判断目前正处于降雨日偏多的转折期。28 a 周期震荡显示, 2008—2010 年降雨日处于偏多和偏少的叠置期。因此推断, 未来 10 a 内降雨日将偏多。

表 3 宝成铁路陕西段不同等级降雨日和降雨量周期分析

降雨等级		周期/a	未来变化趋势
区域平	降雨量	26~27, 8~9, 2~3	偏多
	降雨日	4, 9~10, 28	偏多
小雨	降雨量	9~10, 2~3, 26	偏多
	降雨日	10, 3, 26~27	偏多
中雨	降雨量	2~4, 10, 30	偏少转偏多
	降雨日	2~4, 27, 10	偏少转偏多
大雨及	降雨量	25, 8~9, 2~3	偏多
	降雨日	25, 8~9, 2	偏多

4.2 小雨

小雨降雨日和降雨量周期震荡最明显的是 9~10 a, 其次为 2~3 a 和 26~27 a (表 3)。自 20 世纪 80 年代中后期开始, 小雨降雨日和降雨量中间尺度 (9~10 a) 周期震荡减弱, 大尺度 (26~27 a) 和小尺度 (2~3 a) 周期震荡加强。1995—2010 年处于小雨降雨日和降雨量偏少的大周期内, 2010 年时等值线已基本闭合, 预计未来 15~20 a 内小雨降雨日和降雨量将偏多。

4.3 中雨

中雨降雨日和降雨量周期震荡最明显的是 2~4 a, 其次为 27~30 a 和 10 a (表 3)。27~30 a 的周期震荡中, 中雨降雨日和降雨量经历了少—

多—少的循环, 目前正处于偏多期; 10 a 尺度上, 可以判断出 21 世纪 20 年代中雨降雨日和降雨量正处于偏少期。依据不同时间尺度周期演变趋势, 推断 21 世纪 20 年代前中期中雨降雨日和降雨量将先偏少后偏多。

4.4 大雨及以上降雨

大雨及以上降雨日和降雨量周期震荡最明显的是 25 a, 其次为 8~9 a 和 2~3 a (表 3)。25 a 的周期震荡中, 大雨及以上降雨日和降雨量经历了多—少—多—少—多的循环; 8~9 a 周期震荡显示, 2000 年和 2005 年分别对应偏多和偏少周期中心, 预计 2015 年前后将出现大值中心; 2~3 a 周期震荡均显示目前正处于偏多期。因此推断, 2015 年前后研究区域大雨及以上降雨日和降雨量将偏多。

5 结论

5.1 不同等级降雨日和降雨量及区域平均降雨日和降雨量均减少, 区域平均降雨日 (量) 和各等级降雨日 (量) 均在 20 世纪 90 年代出现减少的突变; 区域平均降雨量和大雨以上降雨量在 20 世纪 70 年代末突然增加。小雨和中雨降雨日和降雨量的比例基本平稳或略有增加, 大雨及以上降雨日和降雨量的比例在年际间波动较大。

5.2 各等级降雨日和降雨量及区域平均值自北向南逐渐增加, 除凤县和略阳外, 降雨日和降雨量年际间均表现出一致的减少趋势, 南部台站减少趋势较显著。

5.3 不同等级降雨日和降雨量周期震荡各异, 同等级降雨量和降雨日周期震荡较一致。小雨和

文章编号: 1006-4354 (2013) 06-0005-04

FODAS 在新疆夏季降水预测中的应用与检验

段均泽¹, 陈鹏翔¹, 周雪英²

(1. 新疆气候中心, 乌鲁木齐 830002; 2. 巴音郭楞自治州气象局, 新疆库尔勒 841000)

摘 要: 利用国家气候中心海气耦合模式 (BCC _ CGCM) 季节预测结果资料 (2008—2012 年)、降水实况资料 CMAP (1983—2012 年), 采用 PS 评分对近 5 年动力与统计集成的季节气候预测系统 (FODAS1.0) 不同方法的夏季预测产品进行回报检验, 并与业务评分进行对比, 从而检验 FODAS1.0 对于新疆夏季降水的预测效果。结果表明: 熊开国-固定因子-动力统计订正方法、熊开国-异常因子-动力统计订正方法、系统误差订正、熊开国-固定因子和异常因子的集成方法得分较高, 高于新疆夏季降水预测业务评分。总体来看, 熊开国方法 (方法 I) 的预测效果比杨杰方法 (方法 II) 的预测效果稳定。

关键词: FODAS; 季节气候预测; 应用检验; 新疆

中图分类号: P456

文献标识码: A

在短期气候预测业务中, 预报方法一般有动力学和统计学两种方法。由于传统的统计方法无法解释物理机制的缺陷, 所建立的预报对象和预报因子之间多是统计关系, 动力学意义不足, 历

史拟合率可能较高, 但预报准确率有限且不稳定; 而传统动力模式预报方法, 仅考虑了大气的初始状态, 没有考虑大气的历史演变状况^[1-3]。丑纪范^[4]曾明确指出, 要提高短期气候预测准确

收稿日期: 2013-07-09
作者简介: 段均泽 (1983—), 男, 汉族, 学士, 山东东明人, 助理工程师, 从事短期气候预测和气候研究。
基金项目: 中国气象局小型基建项目“动力与统计集成的季节气候预测系统建设 (2011—2012)”、新疆气象局科研课题 (201303)

中雨以年际震荡为主, 大雨及以上降雨以年代际震荡为主。区域平均降雨量震荡周期与大雨及以上降雨量较一致, 区域平均降雨日震荡周期与中雨较一致。

5.4 未来小雨、大雨及以上和区域平均降雨日和降雨量持续偏多, 中雨降雨日及降雨量先偏少后偏多。

参考文献:

[1] 张清, 黄朝迎. 气候异常对交通影响的诊断分析 [J]. 灾害学, 1998, 13 (1): 92-96.

[2] 陈波, 史瑞琴, 陈正洪. 近 45 年华中地区不同级别强降水事件变化趋势 [J]. 应用气象学报, 2010, 21 (1): 47-54.

[3] 邓芳莲. 西安近 57 年降水量变化分析 [J]. 陕西气象, 2008 (4): 21-23.

[4] 于竹娟, 肖鹏. 达州市近 50 降雨量变化特征及趋势分析 [J]. 陕西气象, 2012 (6): 20-24.

[5] 李明, 杜继稳, 高维英. 陕北黄土高原区地质灾害与降水关系 [J]. 干旱区研究, 2009, 2 (4): 599-606.

[6] 王勇, 李晓霞, 李晓苹. 兰州铁路防洪指挥气象预警服务系统 [J]. 干旱气象, 2009, 27 (4): 415-418.

[7] 沈姣姣, 徐虹, 李建科, 等. 近 60 年西安市 24 节气气温变化特征及突变分析 [J]. 资源科学, 2013, 35 (3): 646-654.

[8] 杨艳超, 高红燕, 寇小兰, 等. 华山近 56 年气温变化特征分析 [J]. 陕西气象, 2011 (3): 18-22.

[9] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术 [M]. 北京: 气象出版社, 1999: 62-69.