

李亚丽, 雷向杰, 余鹏. 陕西短历时降水极值特征和致灾性分析 [J]. 陕西气象, 2016 (4): 18-23.

文章编号: 1006-4354 (2016) 04-0018-06

陕西短历时降水极值特征和致灾性分析

李亚丽¹, 雷向杰², 余鹏¹

(1. 陕西省气象信息中心, 西安 710014; 2. 陕西省气候中心, 西安 710014)

摘要: 利用陕西 95 个气象站 1980—2013 年的短历时 (1 h、3 h、6 h、12 h、24 h) 降水极值及相应县域 1984—2013 年的气象地质灾害记录, 对陕西短历时降水极值、气象地质灾害发生的时空分布特征及两者间的关联度进行分析, 并通过耿贝尔 (Gumbel) 极值分布模型拟合短历时降水百年极值。结果表明: 陕北的子长、佳县, 关中的彬县、华阴、武功、千阳, 陕南的镇巴、商南、佛坪为短历时降水极值中心。超过一半的站降水极值呈缓慢增大趋势, 降水极值与灾害均集中出现在 4—10 月, 两者发生时间有较好的对应关系。陕北 54.62%、关中 48.5%、陕南 68.97% 的短历时降水极值出现的当天, 当地发生了气象地质灾害。利用耿贝尔极值分布模型拟合 5 个短历时降水百年极值发现, 百年一遇降水极值的空间分布特征与历史极值特征相似, 这对短历时降水极值的预测与可能引发的暴雨洪涝地质灾害的预防有一定的借鉴意义。

关键词: 短历时降水极值; 气象地质灾害; 耿贝尔极值分布模型; 百年一遇

中图分类号: P426.6

文献标识码: A

降水是气候系统中最关键的要素之一, 降水的变化直接影响着气候、水文以及整个生态系统。关于降水的研究多集中在极端降水事件的变化^[1-3]。近 50 年来中国极端降水事件的发生频率有所增加, 且具有明显的区域性^[2-3], 在西部地区、长江流域和东南沿海有上升趋势^[1]。基于日降水量资料得出的研究表明^[4-5], 陕西地区的年降水量呈明显减少趋势, 但平均降水强度总体呈微弱增强趋势, 暴雨增多、强度增强, 区域内降水不均衡、南北降水量分布差异很大, 有极端化发展的趋势。受资料信息化水平影响, 之前对降雨的特征研究多限于日、月、年尺度降水量的变化趋势等研究, 而短历时强降雨因历时短、强度大、局地性强等特点, 更易造成局部严重或毁灭性的洪涝、山体滑坡等灾害^[6-7], 其频率和强度的变化可能对社会和环境产生更大的影响, 因此对其变化特征等进行研究显得尤为重要。短历时强降雨的极值作为随机变量具有一定的不确定

性, 但仍表现出明显的统计规律^[8]。借用统计推断的手段寻求气候极值的概率分布模型, 可推算出一定重现期的可能极值, 揭示其内在规律^[9]。概率分布理论作为研究极值最重要的理论基础, 应用较为广泛的有皮尔逊-III 型分布、指数分布、极值 I 型分布 (Gumbel 耿贝尔极值分布) 以及对数正态分布等分布线型, 均可用来拟合短历时降水极值的概率分布函数、进而求得不同重现期, 且具有较好的拟合能力^[10-13]。

本文主要分析陕西短历时降水极值的时空分布、变化趋势特征以及气象地质灾害与各历时降水极值间的关系, 并运用耿贝尔 (Gumbel) 极值分布模型拟合短历时降水百年极值, 以期对短时强降雨预报、暴雨诱发的泥石流、滑坡等气象灾害风险预估提供参考信息, 这对短历时强降雨可能引发的气象地质灾害的预防具有重要意义。

1 资料与方法

文中短历时降水是指 1 h、3 h、6 h、12 h

收稿日期: 2015-11-24

作者简介: 李亚丽 (1978—), 女, 陕西韩城人, 硕士, 高工, 从事气象资料分析及气候变化研究。

基金项目: 陕西省科学技术研究发展计划项目 (2014K13-09); 陕西省气象局气象科技创新基金项目 (2014M-27)

和 24 h 等 5 个历时的降水量, 气象地质灾害指由强降水(暴雨、连阴雨)引发的洪涝、泥石流、山体滑坡、山体崩塌、地面塌陷等灾害。利用陕西 95 个国家级气象站 1980—2013 年的分钟降水量构建以上 5 个时段降水极值序列, 采用线性趋势估计分析序列变化趋势。数据全部来自陕西省气象档案馆, 均经过了严格的质量控制。搜集、汇总来源于气象灾害普查数据库, 经过了市、省、国家三级业务部门审核的 1984—2013 年气象地质灾害记录, 灾害整理原则: 与国家级气象站相对应的县级行政区内一天之内无论几处出现灾害只算一次, 连续 2 天或以上出现灾害, 同样只算一次, 间隔一天或以上, 分别计数。

经对降水极值分布的最佳拟合检验后, 确定以耿贝尔分布(Gumbel)方法^[8-9,14]作为主要极值分析方法, 建立短历时降水极值的分布模型及重现期预测。耿贝尔分布函数为

$$F(x) = \exp(-\exp(-a(x-u))),$$

$$(a > 0, -\infty < u < \infty) \quad (1)$$

式(1)中 a 为分布的尺度参数, u 为分布的位置参数。

重现期为 R (概率为 $\frac{1}{R}$) 时,

$$x_R = u - \frac{1}{a} \ln \left[\ln \left(\frac{R}{R-1} \right) \right] \quad (2)$$

参数估计选择矩法, 一阶矩(数学期望)

$E(x) = \frac{\gamma}{a} + u$, 其中, $\gamma \approx 0.577 22$; 二阶矩

(方差) $\sigma^2 = \frac{\pi^2}{6a^2}$ 。由此得出 $a = \frac{1.282 55}{\sigma}$,

$$u = E(x) - \frac{0.577 22}{a}。$$

2 短历时降水极值时空分布特征

2.1 空间分布

陕西位于我国西部, 呈南北高、中间低、西北高、东南低的地貌特点, 境内地形复杂, 地质结构多样, 以北山、秦岭为界, 形成陕北黄土高原、关中平原和陕南秦巴山地三个自然区。虽然对多年平均年降水量来讲陕北最小, 关中次之, 陕南最大, 统计 95 站 34 a 各历时降水极值发现, 全省范围内 1 h、3 h 降水极大值出现在关

中, 6 h、12 h 极大值出现在陕北, 24 h 降水极值出现在陕南(图 1)。

从图 1 可看出, 子长、佳县是陕北 5 个短历时降水的极值中心, 安塞、绥德、府谷、延川等地短历时降水也较大。关中的极值主要出现在彬县、华阴、礼泉、武功、千阳、扶风等地。镇巴、商南、佛坪为陕南的 5 个历时降水极值中心, 而留坝、宁陕、宁强的 12 h、24 h 降水极值也较大。从 95 个台站的 5 个短历时降水极值序列中分别选取降水量最大的 10 个台站, 1 h、3 h、6 h 极大值排名前十的站中关中地区所占比较大, 而 12 h、24 h 排名前十的站中陕南地区的站明显增多, 占 50% 以上。

2.2 时间变化趋势

分析 95 站的短历时降水极值的发生时间发现, 各历时降水极值集中出现在 7、8 月, 最早出现在 4 月(铜川站 1996 年 4 月 16 日, 1 h 降水极值 54 mm), 最晚出现在 10 月(洋县 1985 年 10 月 2 日, 1 h 降水极值 57.8 mm)。一天中, 短历时降水极值的开始时间集中出现在 16—24 时, 03—05 时开始的概率也较大。

从年代际特征来看, 1980—2013 年 95 站的 5 个短历时降水极值 55% 以上发生在 2000 年以后, 20 世纪 80 年代极值出现频次最少, 90 年代次之。分别计算 1980—2013 年 95 站 5 个历时降水极值的线性趋势率发现, 超过一半的站降水极值呈缓慢增大趋势。其中, 1 h 降水极值的线性趋势率汉阴 3.6 mm/10 a、凤县 4.1 mm/10 a、平利 6.5 mm/10 a, 3 h 降水极值线性趋势率平利 7.3 mm/10 a, 6 h 降水极值线性趋势率汉中 7.7 mm/10 a, 12 h 降水极值线性趋势率旬邑 6.6 mm/10 a、宜君 7.5 mm/10 a、佳县 11.1 mm/10 a、延川 11.8 mm/10 a, 24 h 降水极值线性趋势率礼泉 10.3 mm/10 a、宜君 10.5 mm/10 a、延川 10.8 mm/10 a、商南 12.6 mm/10 a、佳县 15.3 mm/10 a, 增多趋势比较明显(通过 0.05 的显著性检验)。另外, 有部分台站为减小趋势。线性趋势率临渭 24 h 降水极值 -8.9 mm/10 a、12 h 降水极值 -6.5 mm/10 a, 减少趋势比较明显。总的来看, 在陕北黄河沿岸、渭北西部、陕

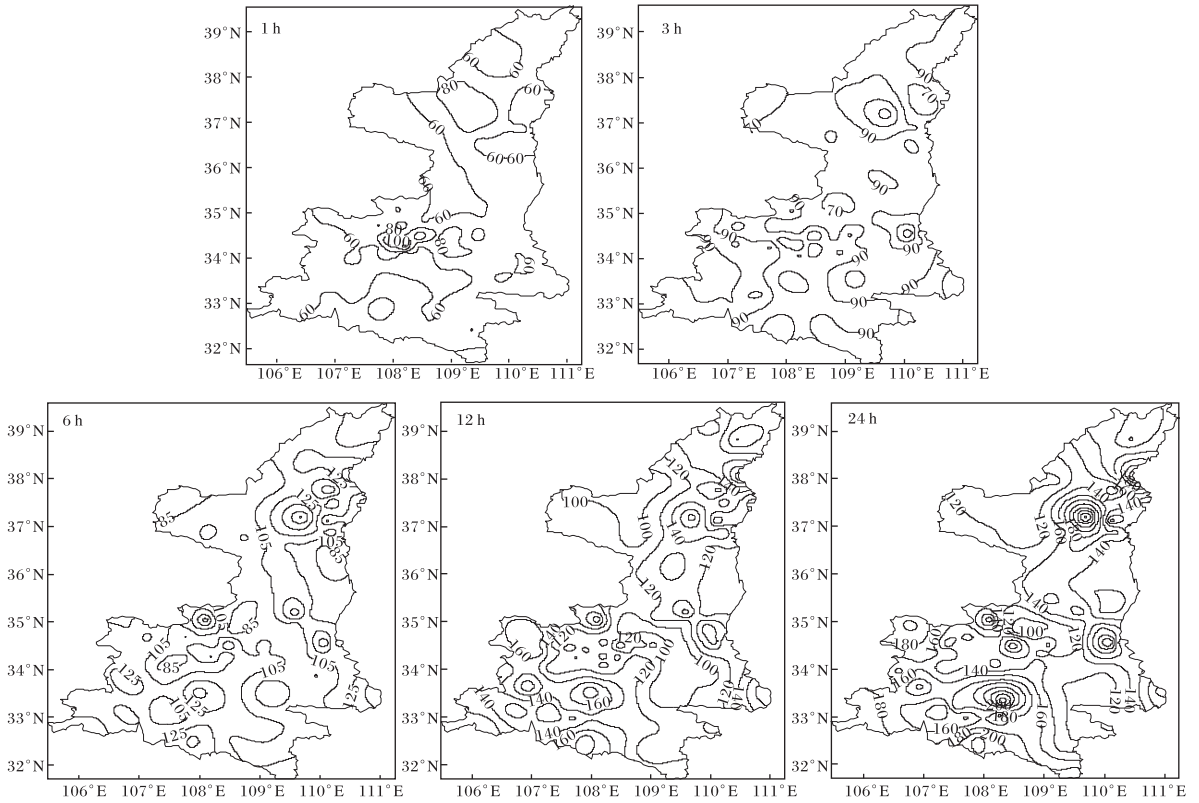


图1 1980—2013年陕西各时段短历时降水极值空间分布(单位: mm)

南安康地区降水极值增大趋势较明显, 关中东、陕南中西部为弱减小趋势(图略)。

3 气象地质灾害情况以及与短历时降水极值的关系

3.1 气象地质灾害情况分析

对1984—2013年95个县级行政区内的气象地质灾害统计汇总, 共有1788次记录, 且暴雨洪涝是气象地质灾害的主要诱因。分区域来看气象地质灾害的发生频次(图2), 陕南最多, 28站平均每站31次, 其中安康市白河境内最多为81次, 丹凤最少为11次。陕北平均每站14次, 关中13次, 其中延川县、宝鸡市共36次, 分别为陕北、关中灾害发生频次最多县。95个县中22个县灾害发生频次小于10次, 其中关中15个县, 陕北7个县。高陵县、合阳县境内最少, 30a仅发生2次。分析发现, 灾害发生频次有增加趋势, 一年中灾害发生时间主要集中在4—10月(图3), 7、8月为气象地质灾害高发期, 5、6、9月为易发期。

3.2 气象地质灾害与短历时降水极值的关系

将95个气象站的5个短历时降水极值分别

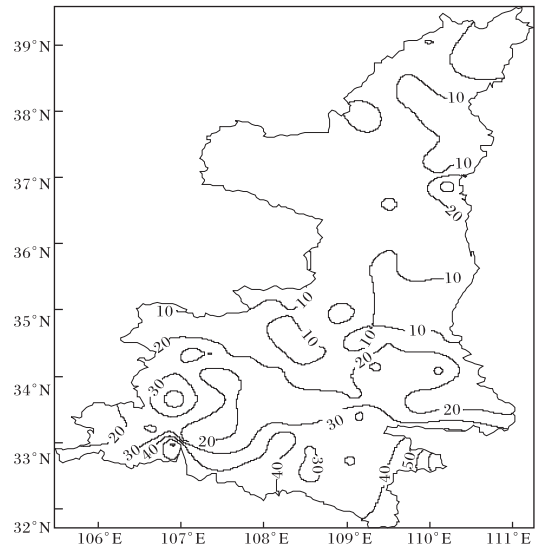


图2 1984—2013年陕西气象地质灾害发生频次(单位为次)的空间分布

与本站所在行政区域内灾害发生时间进行简单关联, 分析各历时降水极值的致灾情况, 即若某站出现某个历时降水极值的当日(24h以内), 与之对应的区域内出现气象地质灾害时记1次关联, 该站灾害发生概率为关联频次合计除以极值

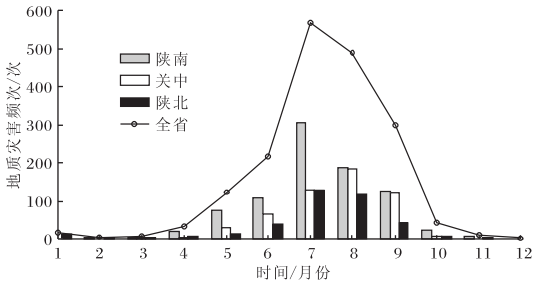


图3 1984—2013年陕西气象地质灾害频次的月分布

个数(5个)表示。分析发现,95站中有60站12 h降水极值出现的同时,区域内出现气象地质灾害,关联频次为60次,居5个短历时降水极值中最多;3 h、24 h次之,为55次;6 h为54次;1 h为46次。

另外,从图4可以看出,95站中有23站的5个短历时降水极值均没有对应的气象地质灾害发生,即发生概率为0;27站的5个短历时降水极值出现的当天在其县域内均有气象地质灾害发生,即降水过程诱发灾害的概率为100%;5个短历时降水极值出现时,灾害发生概率为80%和60%的分别有18站和14站。从区域平均来看,陕北54.62%、关中48.5%、陕南68.97%的短历时降水极值出现的当天,当地发生了气象地质灾害。

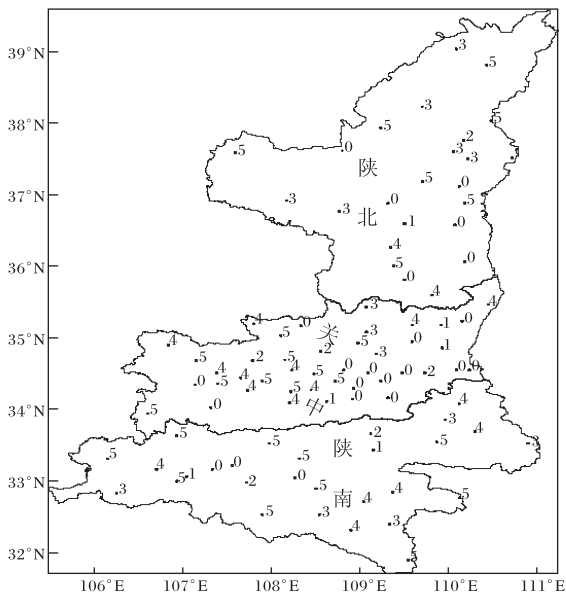


图4 1984—2013年陕西短历时降水极值出现时气象地质灾害发生累计频次(单位为次)

从灾害与极值发生时间来看,一次大范围的降水过程往往会刷新很多极值记录,比如2010年7月22—24日的降水过程刷新了33个短历时降水极值记录,导致宜君、陇县、宝鸡、彬县等12个县发生滑坡泥石流等气象地质灾害。2007年8月7—9日的降水过程刷新了30个短历时降水极值记录,导致关中(麟游、岐山、礼泉、兴平、永寿)、陕南(佛坪、岚皋)共7个县发生严重的洪涝灾害。分析记录发现本次过程同时刷新了高陵站的5个历时降水极值记录,但无灾害发生。该县地处关中平原,地貌形态简单。因此,气象地质灾害是否发生除与降水量大小有关外,与当地的地貌和地质结构关系也较大。

4 短历时降水重现期极值的空间分布

从第3节的分析可以看出,降水极值的发生与气象地质灾害的发生有着紧密的关系,因此准确预测预估降水极值可以减少或降低由此引发的灾害损失。采用Gumbel分布拟合陕西短历时降水极值的分布,用矩阵法估计其分布参数,对给定重现期的各历时降水的理论值与实测值进行对比,以(实测值-预测值)/实测值 $\times 100\%$ 表示误差率,检验用Gumbel分布在给定重现期的条件下拟合短历时降水极值的预测效果。结果表明(表略),在全省5个短历时降水极值均无缺失记录的73个台站中,除陕北的佳县、子长、绥德,关中的陇县、宝鸡、武功、高陵、大荔、咸阳、华阴以及陕南的洋县、佛坪、宁陕外,其余台站的短历时降水理论极值有较高的精度,误差率不超过10%。

分析给定重现期(100年)短历时降水极值的空间分布(图5)发现,百年一遇降水极值空间分布的中心与图1较为一致,1 h降水极值出现在关中的武功,3 h、6 h、12 h百年一遇降水最大值均出现在陕南的商南,24 h降水最大值出现在陕南的宁陕。分区域来看,陕北除12 h百年一遇降水极值出现在佳县外,其余4个极值均出现在子长。关中3 h、6 h、12 h、24 h百年一遇降水极值较为集中地出现在渭北的白水、大荔、华阴一带,1 h降水极值出现在武功、岐山。陕南除商南外,宁陕、佛坪、宁强等区域5个短历时降水极值也较大。

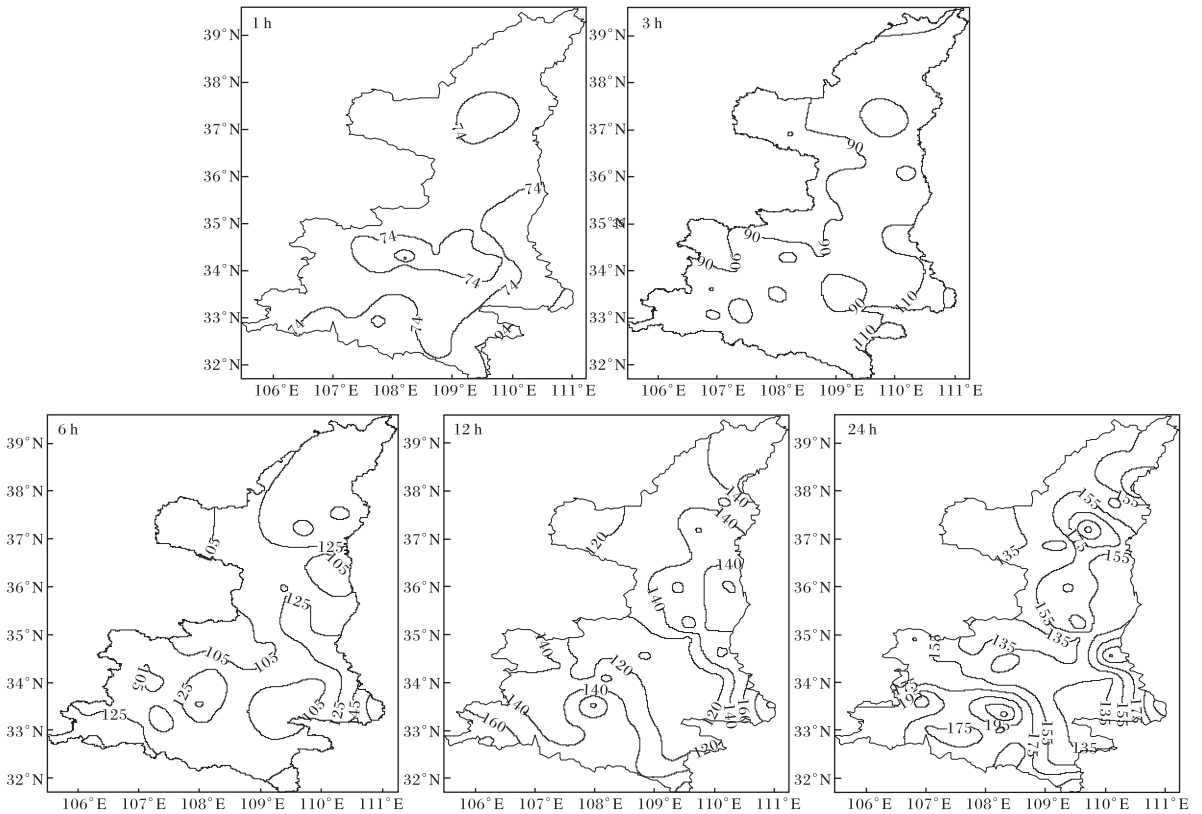


图5 Gumbel分布拟合的陕西百年一遇短历时降水极值空间分布(单位: mm)

5 结论

(1) 全省范围内 1 h、3 h 降水量极大值出现在关中, 6 h、12 h 极大值出现在陕北, 24 h 降水极值出现在陕南。陕北的子长、佳县, 关中的彬县、华阴、武功, 陕南的镇巴、商南、佛坪为降水极值中心。超过一半的站短历时降水极值呈缓慢增大趋势。

(2) 暴雨洪涝是气象地质灾害的主要诱因, 陕南灾害的发生频次最多。各历时降水极值的发生时间与灾害发生时间有较好的对应关系。短历时降水极值与灾害均集中出现在 4—10 月。平均而言, 陕北 54.62%、关中 48.5%、陕南 68.97% 的短历时降水极值出现的当天, 当地发生了气象地质灾害。

(3) 利用耿贝尔 (Gumbel) 极值分布模型拟合 5 个短历时降水百年极值, 并将理论与实测值验证发现, 耿贝尔极值分布模型能较好地拟合短历时降水极值。各地百年一遇降水极值的空间分布特征与 1980—2013 年的历史极值特征相

似, 这对各县的短历时强降水的预测与可能引发的气象地质灾害的预防有一定的借鉴意义。

参考文献:

- [1] Zhai Panmao, Zhang Xuebin, Hui Wan, et al. Trends in total precipitation and frequency of daily precipitation extremes over China [J]. *Journal of Climate*, 2005, 18 (7): 1096-1108.
- [2] 翟盘茂, 王萃萃, 李威. 极端降水事件变化的观测研究 [J]. *气候变化研究进展*, 2007, 3 (3): 144-148.
- [3] 潘晓华, 翟盘茂. 气候极端事件的选取与分析 [J]. *气象*, 2002, 28 (18): 28-31.
- [4] 林云萍, 赵春生. 中国地区不同强度降水的变化趋势 [J]. *北京大学学报: 自然科学版*, 2009, 45 (6): 995-1002.
- [5] 陈冬冬, 戴永久. 近五十年我国西北地区降水强度变化特征 [J]. *大气科学*, 2009, 33 (5): 923-935.
- [6] 万慧, 贺继荣, 马锋. 榆林市致灾暴雨的时空分

董立凡, 雷向杰, 王倩. HBV 模型在汉江流域的适用性研究 [J]. 陕西气象, 2016 (4): 23-26.

文章编号: 1006-4354 (2016) 04-0023-04

HBV 模型在汉江流域的适用性研究

董立凡¹, 雷向杰², 王倩¹

(1. 咸阳市秦都区气象局, 陕西咸阳 712000; 2. 陕西省气候中心, 西安 710014)

摘要: 利用区域气象资料、水文资料、土地利用资料, 运用 HBV 模型对陕西安康水电站上游汉江流域进行日径流深模拟并尝试确定致灾临界面雨量值。结果表明: HBV 模型在安康水电站上游流域具有较好的适用性, 在率定期模型对日径流深模拟的确定性系数为 0.84, Nash 效率系数为 0.72, 验证期确定性系数为 0.87, Nash 效率系数为 0.75; 通过安康水电站逐日水位资料, 根据不同基础水位, 确定了安康水电站上游流域 24 h 临界面雨量值, 此值可为水电站汛期防汛泄洪工作提供有益参考。

关键词: HBV 水文模型; 汉江流域; 径流深; 临界面雨量

中图分类号: P339

文献标识码: A

汉江发源于汉中的宁强县, 而后向东南先后穿越陕南的汉中、安康等市。陕南属于亚热带季风气候, 在汛期期间 (5—10 月) 受西南季风影响, 加上秦岭山地抬升作用, 往往易形成暴雨天气, 造成陕南地区的洪水灾害。近几十年来, 安康古城多次被洪水淹没, 其中最严重的一次洪灾出现在 1983 年 7 月 31 日, 洪水冲毁老城, 造成八百多人死亡, 经济损失高达 4.1 亿元。因此对安康水电站的入库流量预报预警研究具有十分

重要的意义。

预报洪水最有效的方法是运用气象、水利、水文以及包括土壤利用资料在内的地理信息等资料, 应用水文模型模拟, 最终确定入库流量。目前我国以集总式与全分布式水文模型运用较多, 但模型涉及参数较多, 调试不便。HBV 模型为瑞典国家水文气象局开发的一种半分布式水文模型, 具有模型简单、输入参数少、适合于大流域等优点。HBV 模型在国内已经得到广泛的运用,

收稿日期: 2015-02-29

作者简介: 董立凡 (1991—), 男, 陕西西安人, 学士, 助工, 从事短期预报工作。

基金项目: 公益性行业 (气象) 专项 (GYHY201306027-01)

- 布特征 [J]. 陕西气象, 2014 (1): 21-24.
- [7] 李明娟. 陕西致灾暴雨气象决策服务分析 [J]. 陕西气象, 2015 (1): 45-47.
- [8] 马开玉, 丁裕国, 屠其璞, 等. 气候统计原理与方法 [M]. 北京: 气象出版社, 1993: 123-129.
- [9] 孙济良, 秦大唐, 孙翰光. 水文气象统计通用模型 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2001: 56-64.
- [10] 丁裕国, 申红艳, 江志红, 等. 气候概率分布理论及其应用新进展 [J]. 气象科技, 2009, 37 (3): 257-261.
- [11] 尹文有, 郑皎, 王继红, 等. 年最大日雨量极值分布拟合与推算 [J]. 气象科技, 2011, 39 (2): 137-140.
- [12] 毛慧琴, 杜尧东, 宋丽莉. 广州短历时降水极值概率分布模型研究 [J]. 气象, 2004, 30 (10): 3-6.
- [13] 蔡敏, 丁裕国, 江志红. 我国东部极端降水时空分布及其概率特征 [J]. 高原气象, 2007, 26 (2): 309-318.
- [14] 高绍凤, 陈万隆, 朱超群, 等. 应用气候学 [M]. 北京: 气象出版社, 2001: 124-129.