

降雨输入不确定性对分布式流域水文模拟的影响研究

——以武烈河流域为例

史晓亮^{1,2}, 杨志勇¹, 绪正瑞³, 李颖⁴

(1.中国水利水电科学研究院水资源研究所,北京 100038;2.西安科技大学测绘科学与技术学院,陕西 西安 710054;
3.济南市卧虎山水库管理处,山东 济南 250115;4.中国科学院东北地理与农业生态研究所,吉林 长春 130102)

摘要:降雨输入对分布式流域水文模拟具有重要影响。针对流域降雨资料不完整的情况,以武烈河流域为例,基于反距离加权平均法对雨量站降雨资料进行插补延长,并结合 SWAT 模型研究了降雨输入不确定性对分布式流域水文模拟的影响。结果表明:不同降雨输入对流域平均降雨量的影响较小,但基于气象站资料的降雨数据在降雨空间差异显著的年份会明显低估面雨量,且在夏季汛期表现更为显著;不同降雨输入对分布式流域水文模拟的影响较大;在雨量站降雨资料不完整的情况下,通过对雨量站降雨数据进行插补延长,相对于直接利用气象站降雨资料,在一定程度上可以提高径流模拟精度,满足降雨资料欠缺流域分布式水文模拟的实际需求。

关键词:降雨输入;插补延长;SWAT 模型;武烈河;径流模拟

中图分类号:P334 文献标识码:A 文章编号:1000-0852(2014)06-0026-07

由于水文循环的高度非线性和复杂性,使得分布式水文模型需要大量输入参数,而降雨作为控制流域水量平衡的主要模型输入,其空间分布成为影响模型模拟成功与否的一个关键因子^[1],也是分布式流域水文模拟不确定性的主要来源之一^[2]。Lopes、Chaubey等、黄粤等^[2-4]的研究表明,降雨的空间分布不均匀性对分布式水文模型的径流预测有较大影响。张雪松等^[5]发现雨量站密度、分布和降雨空间分布变化均会对水文模拟结果产生影响。Chaplot 等^[6]研究认为高密度雨量站对于提高水文模拟精度是必要的。

有效反映流域空间异质性的降雨输入数据对于分布式流域水文模拟至关重要。然而,1988年之后我国许多流域缺少雨量站降雨整编资料,尽管2006年恢复相关年鉴的刊印,并开始补充之前的资料,但是1989~2000年间的降雨资料仍然欠缺。而气象站点分布较少,很难充分反映流域降雨分布的空间异质性;且多分布于城市地区,不可避免地受到城市热岛和湿岛效应的影响,这些因素在一定程度上限制了气象站降雨资料在分布式水文模拟中的直接应用。因此,雨量站降雨

资料的不完整成为我国许多流域开展长时间序列分布式水文模拟面临的主要问题。本文选择海河流域的武烈河流域作为典型研究区,利用1973~1988年雨量站实测降雨数据对 SWAT 模型进行率定和验证,评价模型在武烈河流域的适用性。在此基础上研究不同降雨输入对分布式流域水文模拟的影响,以期为降雨资料欠缺地区的分布式水文模拟提供借鉴。

1 资料与方法

1.1 研究区概况

武烈河是滦河的一级支流,发源于河北省承德市围场满族自治县道至沟,纵贯承德市双桥区,至靛神庙村汇入滦河,干流全长110km,流域面积2580km²,涉及河北省围场满族自治县、隆化、承德等县市(图1)。武烈河流域位于暖温带和寒温带过渡地带,属大陆燕山山地气候。流域年均气温8.9℃,年均降雨量537.2mm,且降雨年际变率大,年内分布极不均匀,主要集中在汛期6~9月份,占全年降雨量的77.9%。

收稿日期:2013-08-24

基金项目:“十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAC19B03);国家自然科学基金资助项目(51009148)

作者简介:史晓亮(1985-),男,陕西宝鸡人,博士,主要从事遥感与地理信息系统技术在水文学中的应用研究。E-mail: shixiaoliang0305@gmail.com

通讯作者:杨志勇(1979-),男,湖南常德人,高级工程师,主要从事水文水资源、分布式水文模拟等基础研究。E-mail: yangzy@iwahr.com

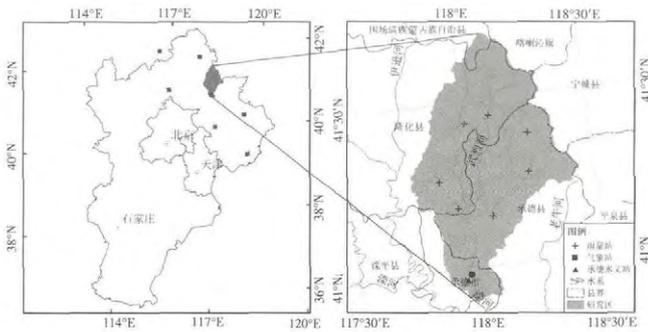


图1 研究区及水文气象站点分布图

Fig.1 Location and distribution of the hydrology and meteorology stations in the study area

武烈河干流上设有承德水文站,控制面积 2476km²,占全流域面积的 96%。流域年均径流量 2.60×10⁸m³,多年平均流量 6.93m³/s,且径流的年内分配极不均匀,主要集中在 6~9 月份,占多年平均径流量的 73.7%。流域内主要土地覆被类型为林地,占总面积的 50%,其次为草地和耕地。主要土壤类型为棕壤、褐土和草甸土。

目前,武烈河流域没有建成的大型控制性工程,只有东营、五四、老爷庙等小型水库,并在建大(2)型双峰寺水库工程。为了缓解承德市供水局面,自 20 世纪 80 年代以来,在武烈河干流承德市区内陆续修建了 12 座橡胶坝,总调节库容为 277.46×10⁴m³。根据《河北省承德市水资源年鉴》(2008 年),2008 年水资源开发利用程度为 28.7%,与海河流域其它地区相比,武烈河流域水资源开发程度较小。

1.2 数据来源与处理

本研究所用分布式水文模型为 SWAT (Soil and Water Assessment Tool),该模型是由美国农业部农业研究服务中心(USDA-ARS)于 20 世纪 90 年代早期开发的面向大中流域、长时间尺度的分布式水文模型^[7]。

模型所用 DEM 为美国地质调查局的 SRTM 数据,分辨率为 90m,数据来源于中国科学院计算机网络信息中心国际科学数据镜像网站(<http://datamirror.csdb.cn>)。土地利用数据来源于中国科学院地理科学与资源研究所,采用的是 1985 和 2000 年 1:10 万数据。土壤类型数据根据 1:100 万土壤图矢量化获得。

王国庆等^[8]研究认为月水文过程模拟精度随雨量站密度减小而降低。综合考虑研究区内雨量站的空间分布,以及资料的完整程度,本研究选择了流域内基本均匀分布的 8 个雨量站 1973~1988 年的日降雨资料。同时为研究不同降雨输入对分布式水文模拟的影响,

收集了流域内及周边的 7 个气象站的日降雨资料用于雨量站降雨资料的插补延长(图 1)。气象数据采用承德站的逐日最高和最低气温、相对湿度、平均风速和日照时数,数据来源于中国气象科学数据共享服务网(<http://cdc.cma.gov.cn>)。日太阳辐射量根据童成立等建立的基于站点位置和日照时数的模拟方法近似得出^[9]。水文数据采用承德水文站的月还原径流量。

1.3 模型模拟与检验

SWAT 模型对子流域的划分基于最小集水面积阈值,本文中最小集水面积取 50km²,将武烈河流域划分为 22 个子流域。地表径流估算采用 SCS 径流曲线数法,以日为时间单位进行径流演算。潜在蒸散发计算选择 Penman-Monteith 公式,河道汇流演算采用变动存储系数法。

本研究基于雨量站实测降雨数据对模型进行率定和验证,检验 SWAT 模型在武烈河流域的适用性。考虑到流域降雨和水文数据获取情况,选择 1970~1988 年的数据对模型进行率定和验证,以 1985 年土地利用作为输入。其中 1970~1972 年作为模型的初始条件形成期,利用 1973~1982 年承德水文站的月还原流量对模型进行率定;采用率定后的参数,应用 1983~1988 年承德站的月还原流量进行模型验证。本文采用常用的相关系数(R^2)、Nash-Sutcliffe 效率系数(E_m)^[10]和均方根误差(RMSE)3 个指标评价模型在研究区的适用性。

1.4 雨量站降雨资料插补方法

由于流域内雨量站完整的实测降雨数据序列较短(1973~1988),在一定程度上限制了该流域长时间序列的分布式水文模拟。本文结合研究区内及周边的承德、围场、丰宁、多伦、遵化、乐亭和青龙 7 个气象站点 1970~2000 年的逐日降雨资料(图 1),利用反距离加权平均法,插补各雨量站 1970~2000 年的逐日降雨量。公式如下:

$$P_d(r_i) = \sum_{j=1}^N \lambda_j P_d(w_j) \quad (1)$$

式中: $P_d(r_i)$ 为雨量站 r_i 的逐日降雨插补值; N 为参数插值样本点的个数,本研究中为 7 个气象站点; $P_d(w_j)$ 为气象站 w_j 的逐日实测降雨量; λ_j 为气象站 w_j 的权重,确定权重的公式为:

$$\lambda_j = d_{ij}^{-2} / \sum_{j=1}^N d_{ij}^{-2} \quad (2)$$

式中: d_{ij} 为雨量站 r_i 和各气象站点 w_j 之间的距离。

为了减小降雨空间异质性对插补结果的影响,本研究将 1973~1988 年各雨量站实测和插补降雨数据分别汇总到月尺度,据此在每个雨量站建立实测与插补值之间的回归关系,求算各雨量站的修正系数:

$$P_{m,obs}(r_i) = \gamma_i P_m(r_i) \quad (3)$$

式中: $P_{m,obs}(r_i)$ 和 $P_m(r_i)$ 分别为各雨量站 1973~1988 年逐月实测和插补降雨量; γ_i 为各雨量站修正系数。继而对各雨量站的逐日降雨插补值进行修正,如式4所示:

$$P_d^*(r_i) = \gamma_i P_d(r_i) \quad (4)$$

式中: $P_d^*(r_i)$ 为修正后各雨量站逐日降雨插补值; $P_d(r_i)$ 为通过式(1)计算得到的修正前雨量站逐日降雨插补值。

1.5 不同降雨数据空间分布的情景模拟

为研究降雨输入的不确定性对分布式流域水文模拟的影响,本研究设定了 3 种不同的降雨输入:①雨量站实测降雨资料,时段为 1973~1988 年;②根据式(4)得到的雨量站降雨插补值;③单一气象站(承德站)降雨数据,后两种降雨数据时段为 1973~2000 年。

2 结果与分析

2.1 武烈河流域降雨水文变化特征

从武烈河流域 1971~2000 年降雨和径流量变化趋势及其 5 年滑动平均过程(图 2)可以看出,流域降雨量和径流量变化剧烈,且具有较好的相关性。从表 1 可以看出武烈河流域 20 世纪 70 年代、90 年代的年均降雨量和径流量均高于多年平均值,而 20 世纪 80 年代则低于多年平均值,径流量变化更为显著,说明此阶段武烈河流域是枯水期。

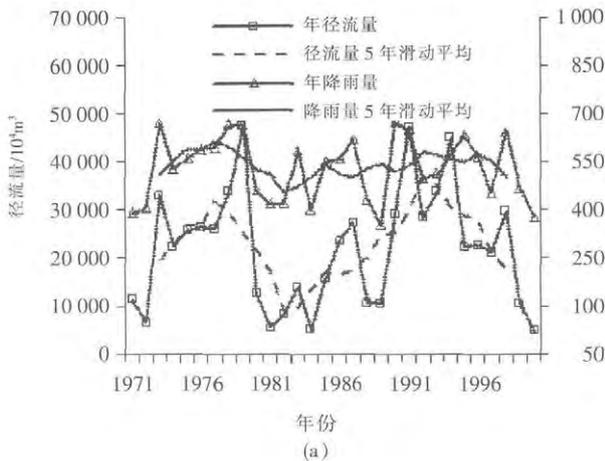


表1 武烈河流域年降雨量和径流量年代特征统计
Table 1 The decadal characteristics of the annual rainfall and runoff in the Wuliehe River basin

年份	降雨量		径流量	
	年均值/mm	距平百分率/%	年均值/10 ⁴ m ³	距平百分率/%
1971~2000	530.39	-	22022.77	-
1971~1980	552.91	4.25	24522.4	11.35
1981~1990	500.65	-5.61	14999.1	-31.89
1991~2000	537.62	1.36	26546.8	20.54

2.2 武烈河流域 SWAT 模型适用性分析

表 2 为承德水文站率定和验证期月径流模拟评价结果。可以看出,模型率定和验证期的 R^2 和 E_{ns} 均大于 0.8,反映了模型对径流趋势的模拟能力较好。月径流模拟结果略微偏高,但相对误差均不超过 5%,且均方根误差较小。而图 3a 中承德水文站 1973~1988 年间月水文过程线表明,模拟结果基本可以反映流域水文过程,但在部分年份夏季峰值模拟结果偏小,导致 8 月份模拟结果小于实测值(图 3b),但是模拟值的年内分配过程与实测值趋势基本一致。模拟结果表明 SWAT 模型对于武烈河流域月径流模拟是可行的。

表2 承德站径流模拟结果评价

Table2 The results of the discharge simulation at the Chengde station

模拟时段	多年平均值/m ³ .s ⁻¹		R^2	E_{ns}	RMSE
	实测值	模拟值			
校正期(1973~1982)	7.59	7.75	0.85	0.83	4.64
验证期(1983~1988)	5.06	5.07	0.89	0.87	2.49

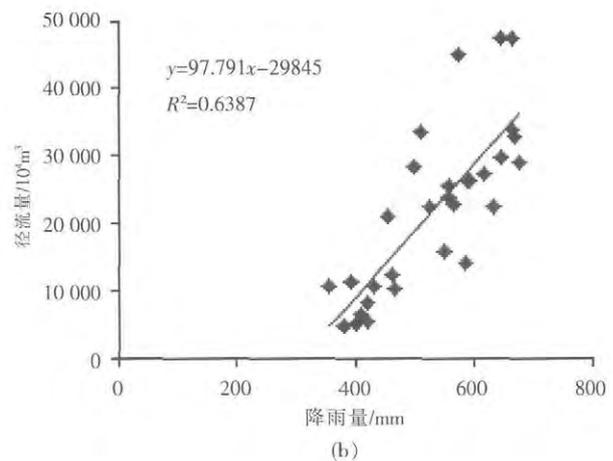


图 2 武烈河流域 1971~2000 年降雨径流变化趋势(a)和相关性(b)

Fig.2 Annual variation of rainfall and runoff (a), relationship between rainfall and runoff (b) in the Wuliehe River basin from 1971 to 2000

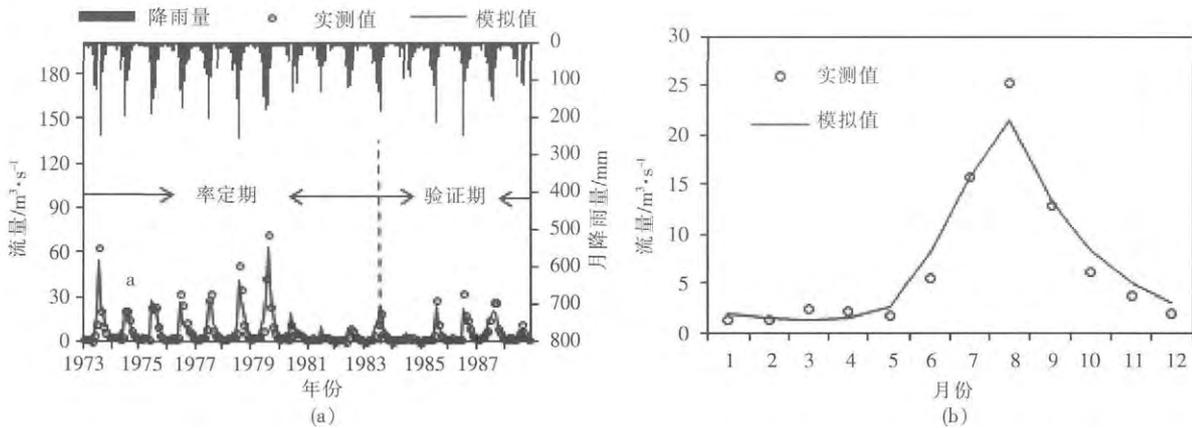


图3 承德水文站月径流(a)、年内分配过程(b)模拟值和实测值的对比

Fig.3 Comparison between the simulation and observed monthly hydrograph(a) and annual discharge distribution(b) at the Chengde station

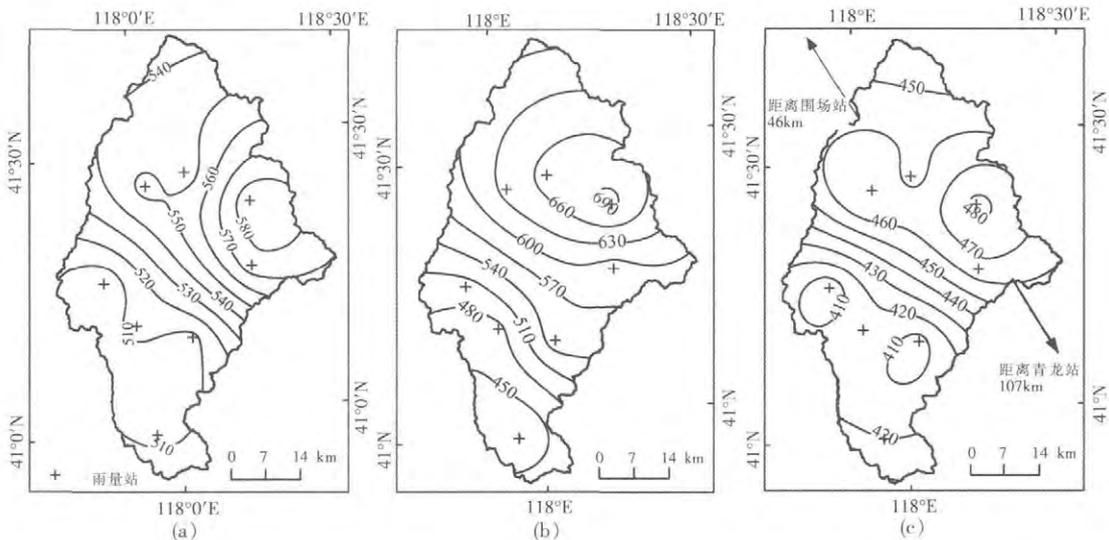


图4 武烈河流域等雨量线(a)1973~1988年雨量站实测降雨;(b)1983年雨量站实测降雨;(c)1983年雨量站插补降雨

Fig.4 The precipitation isline of (a) the observed rainfall data for the period 1973~1988;

(b) the observed rainfall data in 1983; (c) the interpolation of rainfall data in 1983

2.3 不同降雨输入对流域降水量的影响

一般认为密度较大的雨量站降雨资料可以相对真实反映流域降雨的空间异质性^[5-6,8],因此本研究以雨量站实测降雨数据作为准确值来评价其它降雨输入估算的流域降雨量。根据雨量站实测降雨资料得到流域年均等雨量线图(图4a)可以看出,武烈河流域降雨量空间分布差异显著,呈现从东北向西南方向递减趋势,降雨中心位于流域东北方向。在三种不同的降雨输入下,流域年均降雨量分别为544.39mm、518.00mm和511.13mm。由于承德气象站位于流域下游(图1),年降雨量明显低于其它地区。因此基于气象站降雨资料得到的雨量站降雨插补值和仅用承德

气象站的降雨数据无法准确描述流域降雨的高值信息,从而过低估计了流域降雨量。但是采用单一承德站与雨量站实测降雨资料估算的流域年均降雨量之间的相对误差仅为6.1%,说明在不同的降雨输入下流域平均降雨量差异并不显著,这与张雪松等人的研究结果基本一致^[5]。

但是通过比较不同降雨输入条件下的逐年降雨变化过程(图5a)发现,与雨量站实测降雨数据相比,其它两种降雨输入的流域降雨量在不同年份均存在不同程度的估算误差,尤其是在1975、1976、1983和1987年严重低估了流域降雨量。其中根据承德气象站降雨数据估算的1983年流域降

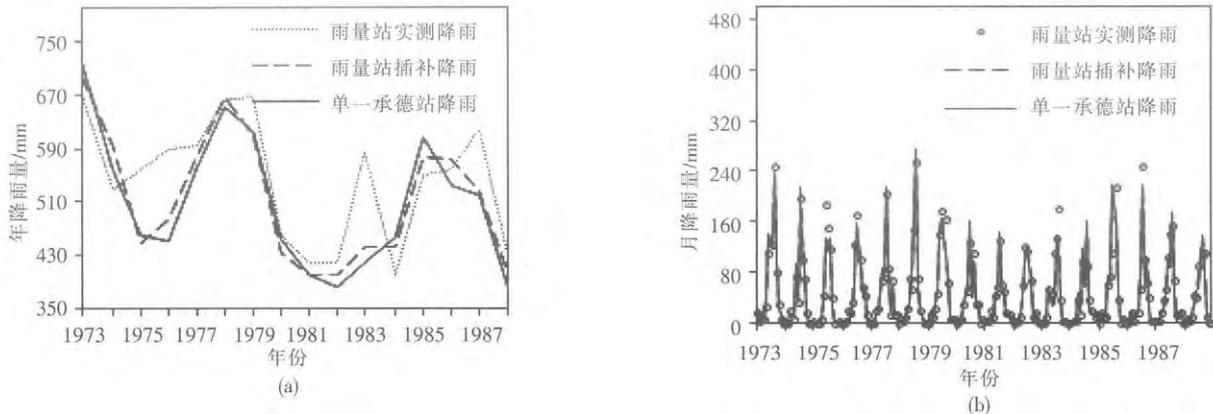


图5 不同降雨数据输入下的流域逐年(a)和月(b)降雨量

Fig.5 Variation of the area rainfall with different rainfall input (a) annual rainfall; (b) monthly rainfall

表3 不同降雨输入下武烈河流域1973~2000年径流模拟评价

Table3 Simulation assessment of the runoff with different rainfall input in the Wuliehe River basin during the period 1973~2000

降雨输入	1973~1988			1989~2000		
	R^2	E_{rs}	$RMSE/m^3 \cdot s^{-1}$	R^2	E_{rs}	$RMSE/m^3 \cdot s^{-1}$
雨量站实测	0.85	0.84	4.14	-	-	-
雨量站插补	0.68	0.65	6.22	0.67	0.67	7.59
单一气象站	0.60	0.59	6.66	0.65	0.64	7.88

雨量比雨量站实测值偏小 164.72mm, 相对误差达到 28%。分析原因主要在于相对于多年平均降雨量, 1983 年流域降雨的空间差异更加显著(图 4b), 最大最小降雨量相差达到 220mm, 并且降雨中心向西北方面偏移, 但由于周围气象站距离较远, 基于周边气象站资料的雨量站降雨插补值无法准确表现降雨的空间差异(图 4c), 使得降雨中心的降雨量插补值明显偏低, 导致 1983 年基于气象站降雨资料估算的流域降雨量误差较大。而从逐月降雨过程(图 5b)可以看出, 基于有限气象站资料的降雨输入下年降雨量估算差异主要表现在汛期的 6~9 月份, 其中 1983 年 8 月基于承德站资料估算的月降雨量与准确值之间的误差甚至达到了 -35.6%。

同时从图 5 可以发现, 基于雨量站插补数据估算的流域降雨量介于雨量站实测和单一承德站降雨数据之间。因此在雨量站降雨资料不完整的情况下, 相对于仅采用单一气象站, 通过反距离加权平均法对雨量站降雨数据进行插补, 在一定程度上可以提高流域降雨的估算精度。

2.4 降雨输入对分布式径流模拟结果的影响

为研究降雨输入不确定性对分布式水文模拟的

影响, 本研究结合已经过检验的 SWAT 模型, 按照不同的降雨输入分别进行径流模拟, 其中 1989~2000 年间以 2000 年土地利用作为输入。从模拟结果可以看出(表 3), 在 1973~1988 年间, 相对于雨量站实测降雨数据对应的径流模拟结果, 其它两种降雨输入下的径流模拟精度明显降低。但是相对于仅用单一承德气象站, 基于雨量站降雨插补值的模拟精度有所提高。

对于雨量站实测降雨资料欠缺的 1989~2000 年间, 基于气象站资料的两种降雨输入情景的模拟精度有所降低, 但也基本达到了精度要求, 而基于雨量站降雨插补值的模拟结果优于仅采用单一气象站降雨资料。

比较不同降雨输入下的径流模拟结果可以看出(图 6), 与基于雨量站实测降雨数据的模拟结果相比, 基于雨量站降雨插补值和单一承德气象站降雨数据的径流模拟值在 1975、1976、1979、1983、1987 等年份模拟结果偏低, 与年降雨量的估算结果趋势基本一致, 但是也有一些降雨估算误差并不显著的年份, 径流模拟结果相差较大。比如基于单一承德站降雨资料在 1976 年严重低估了流域降雨量, 通过改变流域土壤前期含水

量等产流特征,影响了流域产汇流过程,从而导致降雨估算误差并不明显的1979年径流模拟误差较大。而在欠缺雨量站降雨整编资料的1989~2000年间,除1992和1995年之外的其它年份,基于气象站降雨资料的两种降雨输入条件下的径流模拟结果较好,而且通过反距离加权平均法得到的雨量站降雨插补值对应的模拟结果也优于仅以承德气象站降雨数据为输入的模型。1992年和1995年较大的模拟误差主要是由于气象站降雨资料无法准确反映降雨的空间异质性所引

起,从而严重低估了汛期径流量(图6b)。在没有更加详细的降雨资料的情况下,这种模拟误差较难通过模型参数率定解决。同时需要指出的是,水库、取用水工程等人类活动均会对流域分布式水文模拟产生影响。而本研究旨在分析降雨输入对分布式水文模拟结果的影响,减小由于降雨输入引起的模型不确定性,因此本文采用了承德水文站的还原流量对模型进行校验,基本剔除了人类活动对模拟结果的影响。

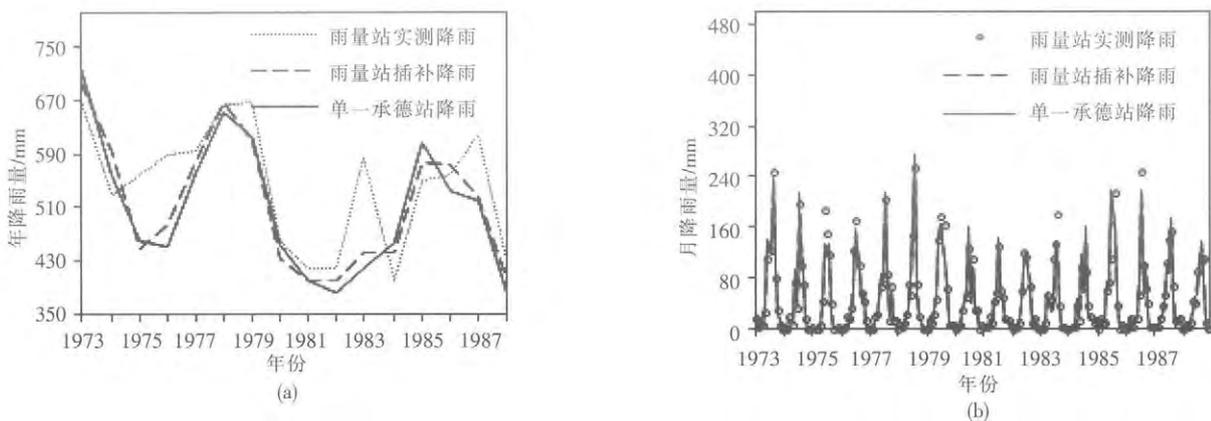


图6 不同降雨输入条件下承德水文站年均(a)和逐月(b)径流模拟结果比较
Fig.6 Comparison of the simulated results between (a) the average annual discharge and (b) monthly discharge with different rainfall input at the Chengde station

尽管不同的降雨输入对流域降雨量影响较小,但是由于基于气象站资料插补得到的降雨数据在部分年份不能有效地反映降雨的空间异质性,流域上游降雨中心的降雨量被明显低估,导致在降雨空间差异显著的年份以及夏季汛期,不同降雨输入对分布式流域水文模拟影响较大。但是相对于直接采用气象站资料,通过反距离加权平均法对雨量站降雨资料进行插补延长,在一定程度上可以提高无降雨整编资料时段的径流模拟精度,从而为流域长时间序列的分布式水文模拟提供数据基础。

3 结论

针对降雨资料不完整的分布式流域水文模拟问题,本研究以武烈河流域为例,结合SWAT模型研究了不同降雨输入对分布式流域水文模拟的影响,得到以下结论:

(1)基于SWAT模型的武烈河流域径流模拟结果

表明,模型可以较好地模拟流域水文过程,对于武烈河流域月径流模拟是可行的。

(2)不同降雨数据对流域降雨量的影响不显著。但是相对于雨量站实测降雨量,采用反距离加权平均法得到的雨量站降雨插补值和单一承德气象站的降雨量在部分年份由于无法反映流域降雨中心的高值信息,从而导致估算的流域降雨量明显偏小,而年内差异主要表现在汛期的6~9月份。

(3)不同降雨输入对分布式流域水文模拟的影响较大,相对于以雨量站实测降雨数据为输入的径流模拟结果,基于雨量站降雨插补值和单一承德气象站降雨数据的径流模拟精度均有所降低,尤其是在汛期差异更加显著。但是在雨量站降雨资料不完整的情况下,通过反距离加权平均法对雨量站降雨数据进行插补延长,在一定程度上可以提高径流模拟精度。

参考文献:

[1] Manguerra H B, Engel B A. Hydrologic parameterization of

- watersheds for runoff prediction using SWAT [J]. *Journal of the American Water Resources Association*, 1998,34(5):1149-1162.
- [2] Lopes V L. On the effect of uncertainty in spatial distribution of rainfall on catchment modeling [J]. *Catena*, 1996,28(1-2):107- 119.
- [3] Chaubey I, Haan C T, Grunwald S, et al. Uncertainty in the model parameters due to spatial variability of rainfall [J]. *Journal of Hydrology*, 1999,220(1-2):48-61.
- [4] 黄粤,陈曦,包安明,等. 开都河流域山区径流模拟及降雨输入的不确定性分析[J]. *冰川冻土*, 2010,32(3):567-572. (HUANG Yue, CHEN Xi, BAO Anming, et al. Distributed hydrological modeling in Kaidu basin: MIKE-SHE model calibration and uncertainty estimation [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2010,32(3):567-572. (in Chinese))
- [5] 张雪松,郝芳华,张建永. 降雨空间分布不均匀性对流域径流和泥沙模拟影响研究[J]. *水土保持研究*, 2004,11(1):9-12. (ZHANG Xuesong, HAO Fanghua, ZHANG Jianyong. Study on effect of uncertainty in spatial distribution of rainfall on runoff and sediment modeling [J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2004,11(1):9-12. (in Chinese))
- [6] Chaplot V, Saleh A, Jaynes D B. Effect of the accuracy of spatial rainfall information on the modeling of water, sediment, and NO₃-N loads at the watershed level [J]. *Journal of Hydrology*, 2005,312(1-4): 223-234.
- [7] Arnold J G, Srinivasan R, Muttiah R S, et al. Large area hydrologic modeling and assessment. Part I: model development [J]. *Journal of American Water Resources Association*, 1998,34(1): 73-89.
- [8] 王国庆,张建云,张明,等. 雨量站网密度对不同气候区月径流模拟的影响[J]. *人民长江*, 2009,40(8): 45-49. (WANG Guoqing, ZHANG Jianyun, ZHANG Ming, et al. Impact of rain-gauge network intensity on monthly hydrologic simulation in different climatic zones [J]. *Yangtze River*, 2009,40(8):45-49. (in Chinese))
- [9] 董成立,张文菊,汤阳,等. 逐日太阳辐射的模拟计算[J]. *中国农业气象*, 2005,26(3):165-169. (TONG Chengli, ZHANG Wenju, TANG Yang, et al. Estimation of daily solar radiation in China [J]. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 2005,26(3):165-169. (in Chinese))
- [10] Nash J E, Sutcliffe J V. River flow forecasting through conceptual models. Part I: a discussion of principles [J]. *Journal of Hydrology*, 1970,10(3):282-290.

Effect of Uncertainty in Rainfall Input on Distributed Watershed Hydrological Simulation: A Case Study of Wuliehe River Basin

SHI Xiaoliang^{1,2}, YANG Zhiyong¹, XV Zhengrui³, LI Ying⁴

(1. Department of Water Resources, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China;

2. College of Geomatics, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China;

3. Wohushan Reservoir Management Office of Jinan City, Jinan 250115, china;

4. Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130102, China)

Abstract: In a given watershed, the rainfall input has an important impact on distributed hydrological simulation. Thus, there is a real need for more rainfall gauges in order to reflect rainfall variability and its effect on runoff prediction in the watershed scale. However, the rainfall data may be incompleteness in some watersheds. Aiming at the problem, this study interpolated the rainfall data with the inverse distance weighted method in the Wuliehe River Basin, and the soil and water assessment tool (SWAT) was applied to analyze the effect of different rainfall input on runoff simulation, and the measured data of rainfall gauges were used for SWAT calibration and validation. The results indicate that different rainfall input have less affect on the average areal rainfall, but the area rainfall would be severely underestimated based on the rainfall data from the weather stations in some years, and largely reflected during the flood periods. The different rainfall input has significant effects on runoff prediction. Under the situation of rainfall incompleteness, compared with the directly utility of rainfall data of weather stations within the study area, using the interpolated rainfall data of gauges can increase the accuracy of runoff simulation to some extent, and to fulfill the distributed hydrological simulation in the basins that rainfall data is incompleteness.

Key words: rainfall input; interpolation; SWAT model; Wuliehe River; runoff simulation