

# 基于 SWAT 模型的三江平原沼泽性河流的径流模拟

刘贵花<sup>1,2</sup>, 栾兆擎<sup>1</sup>, 阎百兴<sup>1</sup>, 王忠欣<sup>1,2</sup>, 闫丹丹<sup>1,2</sup>

(1.中国科学院东北地理与农业生态研究所 湿地生态与环境重点实验室, 吉林 长春 130012;  
2.中国科学院大学, 北京 100049)

**摘要:**三江平原位于中国东北部,是国家重要的商品粮基地,水资源的变化影响区域农业经济的发展。应用 SWAT(Soil and Water Assessment Tool)模型模拟挠力河上游流域径流变化特征,为研究沼泽性河流水文变化特征提供有效的方法。根据水文相似性原理和参数移植法把校准的模型应用于七星河流域,进行无资料流域的径流模拟,年径流模拟校准期和验证期的 Nash-Sutcliffe 效率系数、相关系数  $R^2$ 、相对误差  $PBIAS$  值分别为 0.84、0.94、-5.70 和 0.91、0.93、-6.46,表明 SWAT 模型可以应用到七星河流域。

**关键词:**SWAT 模型;无资料流域;水文相似性;径流;挠力河上游;七星河

中图分类号:P333

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2014)01-0046-06

## 1 引言

三江平原位于中国东北部,沼泽性河流广泛分布,形成了该区独特的水文生态系统。河流一般发源于山区,沿途流经大片湿地。由于中下游地区地势低平,地表水流不畅,促进了湿地的形成和发育,形成了中国最大的淡水湿地分布区<sup>[1]</sup>。因此,流域径流变化影响区域三江平原水文过程,对地表景观和生态环境的演替具有重要作用。自 20 世纪 50 年代以来,三江平原经历了大规模农业开发,农田面积急剧增加,并成立多个国营农场,成为中国重要的商品粮生产基地。三江平原地表景观和生态环境也发生显著变化<sup>[2]</sup>,并造成沼泽性河流水文情势的改变,影响区域水资源管理和社会经济的发展。因此,研究流域水文特征的变化对三江平原环境保护和农业发展具有重要意义。

挠力河位于三江平原腹地,是典型的沼泽性河流,流域分布大面积沼泽湿地,生物多样性丰富,被列为国际濒危鸟类繁育区域。20 世纪 50 年代以来,随着自然和人类活动的影响,尤其是沼泽及沼泽化土地的大规模开垦,大面积林地和湿地被开垦为农田,并建立多个农场,如:七星农场、双鸭山农场、友谊农场等,成为中国重要的商品粮基地。区域下垫面发生剧烈变

化,并造成流域水文情势和生态环境的改变,丰水年和枯水年增多,极端水文事件时常发生<sup>[3-5]</sup>,影响社会经济的发展。因此,研究沼泽性河流的径流改变对流域水资源管理和土地利用决策具有重要意义。由于恶劣的观测条件和高昂的监测成本,挠力河流域一些支流缺少实测水文观测数据,使区域开发及水资源合理利用受到制约。因此,无资料流域的水文模拟成为本区研究的重要问题。现有的研究方法主要包括水文系统响应、数理统计以及水文模型等。其中根据水文相似性原理,融合大量气候、下垫面因素的分布式水文模型参数移植成为目前常用的有效方法<sup>[6-7]</sup>。

本文应用 SWAT (Soil and Water Assessment Tool) 模型模拟挠力河上游流域的径流变化特征;然后根据水文相似性原理和模型参数移植法把校准的模型应用到七星河流域进行地表径流模拟,为三江平原无资料流域的径流模拟提供方法依据。

## 2 研究区概况

挠力河流域位于北纬 45°43'~47°45'、东经 131°31'~134°10',面积 24 863km<sup>2</sup>,占三江平原总面积的 25%,主要由山地、平原和丘陵组成,其中山地面积占总面积的 33.5%,平原面积占 61.7%,丘陵面积占 4.8%。流域

收稿日期:2012-12-28

基金项目:国家自然科学基金(41001050);国家重点基础研究发展计划(973 计划)课题(2009CB421103);水体污染控制与治理科技重大专项(2012ZX07201004)

作者简介:刘贵花(1984-),女,山东菏泽人,博士研究生,主要从事湿地生态水文过程、功能及模拟研究。E-mail:yafeng9918@163.com

地势西南高东北低, 高程 60~800m。气候属中温带大陆性季风气候, 年均气温 3.5°C, 年均降水 518mm, 有利于湿地的形成。土地利用类型主要包括林地、草地、湿地、水体、居民地和裸地<sup>[8]</sup>; 主要土壤类型包括棕壤、黑土、白浆土、草甸土、沼泽土, 覆盖 93% 的区域; 主要植被包括毛苔草、小叶章、乌拉苔草、漂筏苔草、芦苇、胡枝子、蒙古栎等。挠力河流域是三江平原最大的淡水湿地分布区, 也是东北亚水禽繁殖中心, 在世界湿地生物多样性保护中占有重要地位。挠力河上游面积 3 688km<sup>2</sup>, 其中丘陵面积占 38%; 七星河是挠力河的一条支流, 面积 1 352km<sup>2</sup>, 与挠力河上游流域相邻(见图1)。20 世纪 50 年代以来发生大规模的土地开垦, 尤其在 80 年代的经济迅速发展时期, 大面积林地和湿地开垦为农田, 造成流域下垫面的显著变化并对流域水文情势造成严重影响。

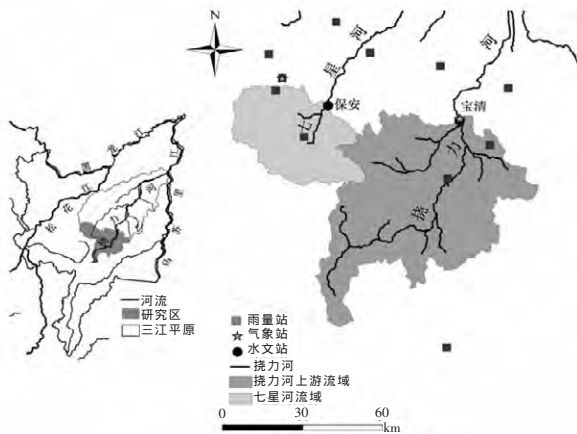


图1 研究区示意图

Fig. 1 Location of the study area

### 3 研究方法

#### 3.1 SWAT 模型

##### 3.1.1 模型介绍

SWAT 模型是一个具有很强物理机制的长时段的流域分布式水文模型, 适用于具有不同的土壤类型、不同的土地利用方式和管理水平的复杂流域, 并能在资料缺乏的地区建模, 分析气候和土地利用变化对水文过程、泥沙迁移和流域面源污染的影响<sup>[9]</sup>。SWAT 模型广泛应用于环境变化的影响, 即使观测数据存在缺失也可以运用<sup>[10-11]</sup>。

本文用 ArcSWAT2005 在挠力河上游构建长时间序列的降雨径流模型(1956~2005)模拟地表径流的变化特征, 并将校准的模型应用到七星河流域。

##### 3.1.2 模型数据输入

运行 SWAT 模型需要输入 DEM、土壤数据、土地利用数据及气象数据。其中, DEM 数据分辨率 90m, 从全球地形数据库获得 (<http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>); 土壤数据来源于 1:1000000 土壤图, 由中国科学院资源环境科学数据中心提供; 采用五期土地利用图, 即: 1954 年、1976 年、1986 年、2000 年和 2005 年土地利用图, 由中国科学院东北地理与农业生态研究所遥感与地理信息研究中心提供; 气象数据由中国国家气象局提供, 包括两个气象站和 13 个雨量站的日降水、最高和最低气温、太阳辐射、平均湿度、风速等数据; 径流数据包括年和月径流数据, 分别为挠力河上游宝清站 1956~2005 年的数据和七星河流域保安站的 1957~2000 年的数据, 由三江平原农场水文局提供。此外, 七星河流域的气象水文数据存在一定程度的缺失。

##### 3.1.3 模型评价指标

Nash-Sutcliffe 效率系数 ( $NS$ )、相关系数 ( $R^2$ ) 和相对误差 ( $PBIAS$ ) 被用来评价模型校准期和验证期的模拟效果<sup>[12-13]</sup>。

相关系数表示模拟值与实测值的拟合效果, 范围 0~1, 值越大表示拟合效果越好, 并且值大于 0.5 时, 模型模拟效果可以接受。

Nash-Sutcliffe 效率系数计算公式如下:

$$NS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs} - Q_{sim})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs} - \text{mean}(Q_{obs}))^2} \quad (1)$$

式中:  $Q_{obs}$ ,  $Q_{sim}$  和  $\text{mean}(Q_{obs})$  分别为实测值、模拟值和实测值均值;  $n$  为数据个数。最优值是 1.0,  $NS$  为负值时, 模拟值还不如实测值均值效果好。当  $NS$  大于 0.5 时, 模型可以应用。其中, 当  $NS$  在 0.54~0.65 之间时, 模拟效果较好; 大于 0.65 时, 模拟效果很好。

相对误差 ( $PBIAS$ ) 计算公式如下:

$$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs} - Q_{sim}) \times 100}{\sum_{i=1}^n Q_{obs}} \quad (2)$$

式中:  $Q_{obs}$  和  $Q_{sim}$  为实测值和模拟值。负值表示模拟值小于实测值, 正值则相反。  $PBIAS$  最优值为 0, 其值介于 0~25 时, 模型可以使用。其中  $PBIAS \leq 10$  时, 模拟效果非常好;  $10 < PBIAS \leq 15$  时, 模拟效果较好;  $15 <$

$PBIAS \leq 25$  时,模拟效果可以接受。

### 3.2 流域水文相似性分析

首先,根据水文相似性分析方法的原理,结合流域的实际情况,确定影响径流的主要因素。选取评价水文相似性指标,计算水文相似元值;然后,根据层次分析法,计算水文相似性指标的权重;最后,根据水文相似元值和相似性指标权重值,建立水文相似度的计算方程,进行水文相似性评价(见表1)。

表1 不同取值范围水文相似度的评价<sup>[14]</sup>

Table1 The basin hydrological similarity evaluation index system

相似度取值范围	水文相似性评价
$\text{Similar}(A,B) < 0.600$	不相似
$0.600 \leq \text{Similar}(A,B) < 0.750$	一般相似
$0.750 \leq \text{Similar}(A,B) < 0.800$	较相似
$0.800 \leq \text{Similar}(A,B) < 0.950$	基本相似
$0.950 \leq \text{Similar}(A,B) \leq 1.000$	完全相似

## 4 结果分析

### 4.1 流域水文相似性分析

根据水文相似性原理和挠力河流域的实际情况,选取5种水文相似单元,考虑产流优先然后汇流的原则,同时也考虑流域间气候的差异,确定水文相似权重的影响程度并以此排列顺序,即:降水量、地形指数、林地率、河网分形维数、土壤分布。根据相关研究方法<sup>[14-15]</sup>计算水文相似元值,其中降水量、地形指数、林地率、土壤分布相似原值通过统计分析降水量序列值、地貌图、土地利用图、土壤图得到。河网分形维数根据矢量化水系图借助 Arcgis 计算得到(见表2)。

表2 七星河流域相对于挠力河上游流域的水文相似元值

Table 2 The results for similar elements of similar index of upper Naoli River basin and Qixing River basin

水文相似指标	降水量相似元值 $S_{PE}$	地形指数相似元值 $S_{DR}$	林地率相似元值 $S_P$	河网分维指数相似元值 $S_D$	土壤分布相似元值 $S_S$
水文相似元值	0.967	0.862	0.851	0.900	0.896

基于层次法的基本原理<sup>[16]</sup>,得到判断矩阵  $P$ (式3),计算出5个相应相似指标的权重: $W_i = (0.416, 0.262, 0.161, 0.099, 0.062)$ ,进而得到两流域间的水文相似性  $\text{Similar}(A, B)$ 。

$$P = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 0.50 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0.33 & 0.50 & 1 & 2 & 3 \\ 0.25 & 0.33 & 0.50 & 1 & 2 \\ 0.20 & 0.25 & 0.33 & 0.50 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\text{Similar}(A, B) = 0.416 S_{PE}(A, B) + 0.262 S_{DR}(A, B) + 0.161 S_P(A, B) + 0.099 S_D(A, B) + 0.062 S_S(A, B) \quad (4)$$

公式(4)带入相应相似元值,七星河流域与挠力河上游流域水文相似度值为0.910。由表1可知,七星河流域与挠力河上游流域水文基本相似,可以把挠力河流域校准的 SWAT 模型应用到七星河流域。

### 4.2 SWAT 模型在挠力河上游流域的径流模拟

#### 4.2.1 模型构建及敏感性分析

在挠力河上游流域,模型校准期选用2000年土地利用图和宝清站1988~1997年的年与月经流数据;模型验证期应用1986年土地利用图和宝清站1978~1987年的年与月经流数据。采用 LH-OAT 灵敏度分析法进行参数敏感性分析,然后用 SWAT-CUP 率定模型参数<sup>[17]</sup>。敏感性参数为:CN<sub>2</sub>, ALPHA\_BF, ESCO, SOL\_AWC, SOL\_Z, SURLAG, CH\_K2, OV\_N, RCHRG\_DP等(见表3)。

表3 模型参数率定结果

Table 3 The parameters calibration results of SWAT model

输入参数	参数含义	初始值	率定值
CN2	SCS 径流曲线系数	60~87	×1.2
ALPHA_BF	基流系数	0.048	+0.2
ESCO	土壤蒸发补偿系数	0	+0.88
SOL_AWC	土壤可利用水量	0.13~0.18	×1.1
SOL_Z	土壤深度/mm	120~250	+6
CH_K2	河道有效水力传导系数/mm.hr <sup>-1</sup>	0	+2
OV_N	曼宁坡面漫流 n 值	0.14	+0.8
SURLAG	地表径流滞后时间	1	-0.7
RCHRG_DP	深蓄水层渗透系数	0.05	-0.02
SMFMX	12.21 融雪系数	4.5	5.5
SMFMN	6.21 融雪系数	4.5	5

#### 4.2.2 模型率定与验证

图2、图3分别为模型挠力河上游流域校准期(1988/01~1997/12)和验证期(1978/01~1987/12)年径流模拟值和实测值的拟合效果。总体上,径流实测值和模拟值拟合效果令人满意,但也有个别年份模拟值与实测值存在较大差异。例如:在两流域,1978年、1984年、1989年、1993年、1996年的年径流模拟值大于实测值;而在1981年、1991年、1994年径流模拟值小于

实测值(见图 2)。通过对比流域年径流变化趋势图,表明 SWAT 模型对丰水年和枯水年的径流模拟效果相对较差。在枯水年,径流模拟值大于实测值;在丰水年径流模拟值小于实测值。另外,月径流模拟值与实测值也存在一定差异。由图 3 可知,春季径流模拟值小于实测值,尤其在 4、5 月份;而夏季径流模拟值大于实测值。可能与 SWAT 模型计算地表径流的 SCS 径流曲线系数法相关,研究表明,该方法本身存在不足,由于降雨量部分被拦截,尤其在干旱半干旱流域,在大的水文事件发生时,模型会过高估计径流值;而在枯水期,径

流模拟值小于实测值<sup>[18]</sup>。此外,SWAT 模型本身对融雪过程模拟效果欠佳也是造成模拟误差的原因,有必要改进模型的融雪模块进行季节性融雪径流的模拟<sup>[19]</sup>。

根据模型模拟效果评价指标,确定模型最佳的参数<sup>[20]</sup>。虽然模拟效果验证期不如校准期,但总体上令人满意(见表 4)。所有 *NS* 值和 *R*<sup>2</sup> 值均大于 0.7,相对误差绝对值均小于 2,表明 SWAT 模型可以用到挠力河上游流域的径流变化研究,可以把模型推广到七星河流域。

### 4.3 七星河流域径流模拟

根据水文相似性和挠力河上游径流模拟评价结果,将经过参数校准和验证的挠力河上游流域 SWAT 模型的主要参数移用到七星河流域的模型中,并用七星河实测数据进行模型效果验证,模型模拟期和验证时期时段选择和挠力河上游流域相同。径流模拟结果和效果评价如图 4、图 5 和表 5 所示,其中图 4 为七星河年径流值模拟结果,图 5 为月径流值模拟结果,表 5 为模拟结果效率评价。

由图 4、5 可以看出,总体上,将挠力河上游流域校准的模型应用到七星河流域时,模拟径流和实测径流拟合效果较好。根据模型效率评价结果,所有 *NS* 值和 *R*<sup>2</sup> 值均大于 0.7,相对误差绝对值均小于 7。结果表明,

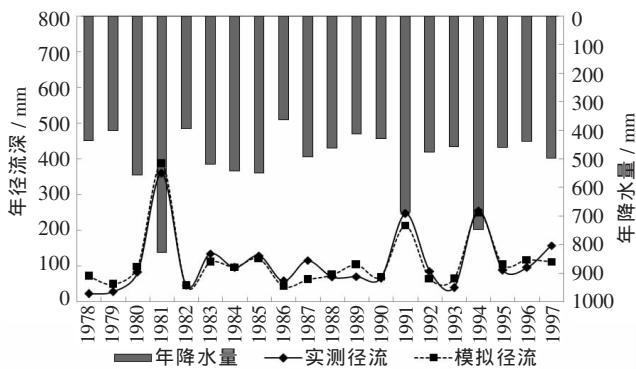


图 2 1978~1997 年挠力河上游流域宝清站年降水量和径流模拟值  
Fig. 2 The annual precipitation and simulated and observed runoff depth at the Baoqing station on the upper Naoli River from 1978 to 1997

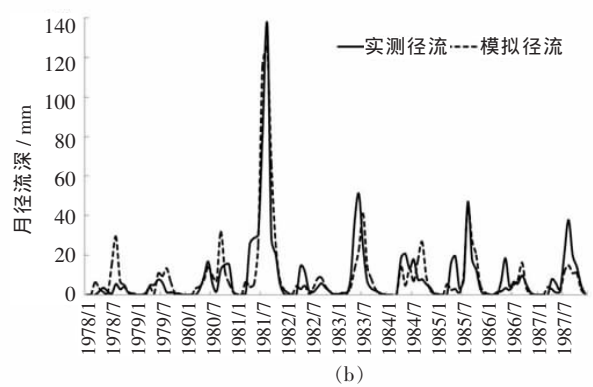
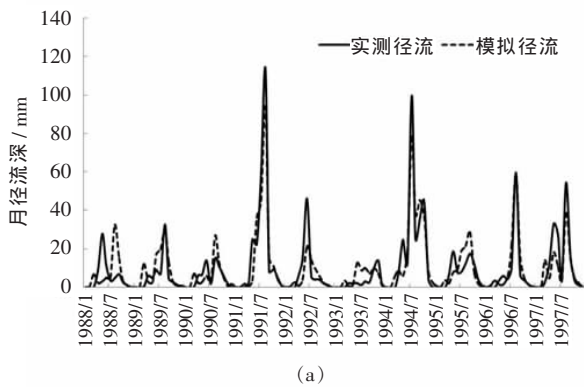


图 3 1978~1997 年挠力河上游流域宝清站月径流模拟效果(a: 校准期 1988~1997;b: 验证期 1978~1987)  
Fig. 3 The monthly simulated and observed runoff depth at the Baoqing station on the upper Naoli River from 1978 to 1997  
(a: Model calibration period, 1988~1997; b: Model validation period, 1978~1987).

表 4 SWAT 模型在挠力河上游宝清站校准期和验证期的模拟效果评价指标值

Table 4 Criteria for evaluating the accuracy of the model calibration and validation for the Baoqing station on the upper Naolihe River

评价指标	模型校准期(1988~1997)		模型验证期(1978~1987)	
	年径流	月径流	年径流	月径流
<i>NS</i>	0.89	0.79	0.91	0.71
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.97	0.80	0.92	0.73
<i>PBIAS</i>	0.00	0.00	1.02	0.97

将挠力河上游校准的 SWAT 模型应用到七星河流域的径流模拟是可以的。

### 5 结论

本文用 SWAT 模型模拟挠力河流域的径流变化,模型评价效果令人满意,验证了 SWAT 模型在沼泽性河流的实用性。同时,根据水文相似性原理和模型参数移植法,将校准的模型参数移植到实测资料部分缺失的七星河流域进行径流模拟,模拟值和实测值拟合效果较好,表明,可以利用模型参数移植法解决七星河流

域的径流模拟问题,也为三江平原其他无观测资料流域的地表径流模拟提供方法借鉴。

参考文献:

- [1] 刘兴土, 马学慧. 三江平原大面积开荒对自然环境影响及区域生态环境保护 [J]. 地理科学, 2000, 20 (1): 14-19. (LIU Xingtu, MA Xuehui. Influence of large-scale reclamation on natural environment and regional environmental protection in the Sanjiang plain [J]. Scientia Geographica Sinica, 2000, 20(1): 14 - 19. (in Chinese))
- [2] 刘兴土. 东北湿地[M]. 北京: 科学出版社, 2005. (LIU Xingtu. Wetlands in Northeastern China [M]. Beijing: Science Press, 2005. (in Chinese))
- [3] 闫敏华, 邓伟, 陈泮勤. 三江平原沼泽性河流域降水、径流变化及影响因素研究 [J]. 湿地科学, 2004, 2(4): 267-272. (YAN Minhua, DENG Wei, CHEN Panqin. Precipitation and runoff changes and their influence factors of Marshy River in the Sanjiang plain of China [J]. Wetland Science, 2004, 2(4): 267-272. (in Chinese))
- [4] 赵艳波, 刘正茂, 吴凤梅. 挠力河流域湿地水文特征变化研究[J]. 水文, 2005,25(1):58-61. (ZHAO Yanbo, LIU Zhengmao, WU Fengmei. Study on changes of hydrological characteristics of wetland in Naoli River basin [J]. Journal of China Hydrology, 2005, 25 (1): 58-61. (in Chinese))
- [5] 柴兆攀, 胡金明, 邓伟, 等. 人类活动对挠力河流域径流情势的影响[J]. 资源科学, 2007, 29(2):46-51. (LUAN Zhaoqing, HU Jinming, DENG Wei, et al. Influence of human activities on the runoff regime of Naoli River [J]. Resources Science, 2007, 29(2): 46-51. (in Chinese))

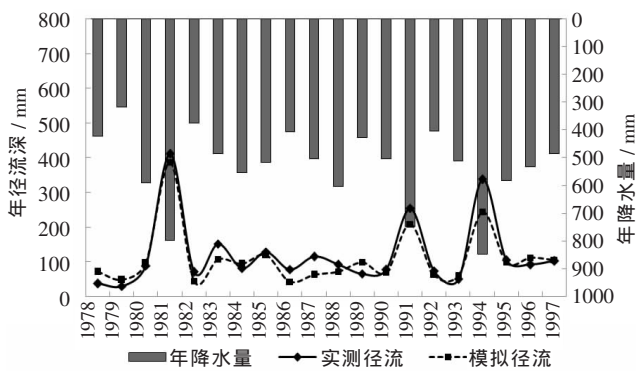


图4 1978~1997年七星河流域保安站年降水量和径流模拟值

Fig. 4 The annual precipitation and simulated and observed runoff depth at the Baoan station on the Qixinghe River from 1978 to 1997

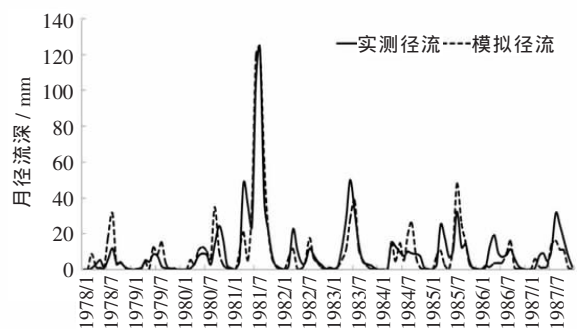
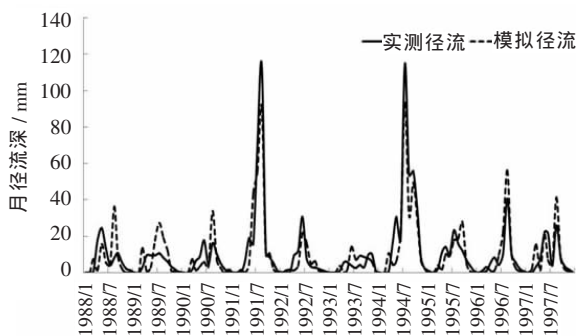


图5 1978~1997年七星河流域保安站月径流模拟效果(a: 校准期 1988~1997;b: 验证期 1978~1987)

Fig. 5 The monthly simulated and observed runoff depth at Baoan station on the Qixinghe River from 1978 to 1997 (a: Model calibration period, 1988-1997; b: Model validation period, 1978-1987)

表5 SWAT 模型在七星河流域保安站校准期和验证期的模拟效果评价指标值

Table 5 Criteria of evaluating the accuracy of the model calibration and validation for the Baoan station on the Qixinghe River

评价指标	模型校准期(1988~1997)		模型验证期(1978~1987)	
	年径流	月径流	年径流	月径流
NS	0.84	0.73	0.91	0.70
R <sup>2</sup>	0.94	0.73	0.93	0.74
PBIAS	-5.70	-6.45	-6.46	-6.99

- [6] McIntyre N, Al-Qurashi A. Performance of ten rainfall-runoff models applied to an arid catchment in Oman[J]. *Environmental Modeling and Software*, 2009, 24: 726 - 738.
- [7] El-Hames A S. An empirical method for peak discharge prediction in ungauged arid and semi-arid region catchments based on morphological parameters and SCS curve number[J]. *Journal of Hydrology*, 2012,94: 456-457.
- [8] Wang Z, Zhang B, Zhang S, et al. Changes of land use and of ecosystem service values in Sanjiang plain, Northeast China [J]. *Environmental Monitoring Assessment*, 2006, 112:69 - 91.
- [9] Arnold J G, Srinivasan R, Mutiah 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.
- [10] Lee K S, Chung E S. Hydrological effects of climate change, groundwater withdrawal, and land use in a small Korean watershed [J]. *Hydrological Processes*, 2007, 21:3046 - 3056.
- [11] Shrestha R R, Dibikey Y B, Prowse T D. Modeling climate change impacts on hydrology and nutrient loading in the upper Assiniboine catchment [J]. *Journal of American Water Resources Association*, 2012, 48(1): 74 - 89.
- [12] Santhi C, Arnold J G., Williams J R, et al. Validation of the SWAT model on a large river basin with point and nonpoint sources [J]. *Journal of American Water Resources Association*, 2001, 37(5): 1169 - 1188.
- [13] Moriasi D N, Arnold J G, Van Liew M W, et al. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations [J]. *Transactions of ASABE*, 2007, 50(3): 885 - 900.
- [14] 易丽萍, 李俊峰, 范文波. 基于层次分析法的阿克苏地区水资源可持续开发利用评价 [J]. *水资源与水工程学报*, 2007, 18 (1): 44-48. (YI Liping, LI Junfeng, FAN Wenbo. Evaluation of sustainable exploitation and utilization of water resources based on analytic hierarchy process (AHP) method in Aksu region [J]. *Journal of Water Resources and Water Engineering*, 2007, 18 (1): 44-48. (in Chinese))
- [15] 戚晓明, 陆桂华, 吴志勇, 等. 水文相似度及其应用 [J]. *水利学报*, 2007, 38(3):355-360. (QI Xiaoming, LU Guihua, WU Zhiyong, et al. Hydrology similarity degree and its application [J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2007, 38(3): 355-360. (in Chinese))
- [16] 潘杰, 胡尊乐, 谷洪彪, 等. 基于 SWAT 模型的辽西走廊海岸带无观测资料流域地表径流模拟 [J]. *水文*, 2009, 29 (6): 62-64. (PAN Jie, HU Zunle, GU Hongbiao, et al. Analysis and study on hydrological time series similarity search [J]. *Journal of China Hydrology*, 2009, 29(6): 62-64. (in Chinese))
- [17] Abbaspour K C. User manual for SWAT-CUP4, SWAT calibration and uncertainty programs [R], Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, 2011.
- [18] Hjelmfelt A T. Empirical-investigation of curve number technique [J]. *Journal of the Hydraulics Division - ASCE*, 1980, 106(9): 1471 - 1476.
- [19] Fontaine T A, Cruickshank T S, Arnold J G, et al. Development of a snowfall-snowmelt routine mountainous terrain for the soil water assessment tool (SWAT)[J]. *Journal of Hydrology*, 2002, 262: 209 - 223.
- [20] Neitsch S L, Arnold J G, Kiniry J R, et al. Soil and water assessment tool (Theoretical documentation, version 2005) [R]. USDA-ARS, Temple, TX, USA, 2005.

## Runoff Simulation for Marsh Rivers in Sanjiang Plain Based on SWAT Model

LIU Guihua<sup>1,2</sup>, LUAN Zhaoqing<sup>1</sup>, YAN Baixing<sup>1</sup>, WANG Zhongxin<sup>1,2</sup>, YAN Dandan<sup>1,2</sup>

(1. Key Laboratory of Wetland Ecology and Environment Science, Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130102, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** Surface hydrology has changed significantly in the marsh rivers of the Sanjiang Plain which plays an important role in guaranteeing the security of the China's food supply. The soil and water assessment tool (SWAT) was used to simulate discharge of the upper Naolihe River watershed, the satisfying simulation results indicating the applicability of the model to marshy rivers. Because of no or sparse hydro-meteorological data in a number of basins of marshy rivers, the calibrated SWAT model was applied to the Qixinghe River watershed according to model parameters transplantation method. The Nash-Sutcliffe model efficiency (*NS*), coefficient of determination (*R*<sup>2</sup>) and Percent bias (*PBIAS*) for annual flow were 0.92, 0.96, -0.05 for calibration periods and 0.96, 0.97, -0.18 for validation periods, respectively, suggesting that the SWAT model could be applied to this basin.

**Key words:** SWAT model; ungauged basin; hydrological similarity; runoff; upper Naolihe River; Qixinghe River