

文章编号: 1004-4965 (2008) 02-0176-07

分布式水文模型 DHSVM 对兰江流域 径流变化的模拟试验

康丽莉¹, 王守荣², 顾骏强¹

(1. 浙江省气象科学研究所, 浙江 杭州 310017; 2. 中国气象局, 北京 100081)

摘 要: 介绍如何建立分布式水文模型 DHSVM (The Distributed Hydrology Soil Vegetation Model)。首先对模型输入和模型参数进行了详细描述, 并给出了植被类型和土壤类型等模型参数的取值范围。再将水文模型 DHSVM 应用到浙江省的兰江流域, 通过与实测的年、月径流量过程的对比分析发现, 模型模拟的年、月径流量均与实测比较吻合, 表明该模型具有一定的适用性, 可用于中小流域径流变化的模拟研究。

关 键 词: 分布式水文模型; DHSVM; 径流

中图分类号: P426.62.2 文献标识码: A

1 引 言

由于大气温室气体增加导致的全球变暖改变着全球的天气、气候, 也影响着水文循环和淡水供应。全球变暖会带来更多的降水、也导致蒸散发加剧, 然而, 并不是世界上所有地区的降水都会增加, 有些地区就可能面临干旱^[1]。流域径流量对气温升高和降水变化非常敏感, 很多研究机构早已开始了气候变化对流域径流量影响评估的工作, 尤其是近年, 随着区域气候模式(RCM)的不断发展, 建立可与其耦合的基于网格的、且具有明确物理机制的分布式水文模型也就成为必然。目前已有的且应用较多的分布式水文模型有 SHE^[2](System Hydrologic European)系列、TOPMODEL^[3]、SWAT^[4](Soil and Water Assessment Tool)和 VIC^[5](Variable Infiltration Capacity)模型等。

DHSVM 模型是由美国西北太平洋实验室的 Wigmosta 等^[6]于 1994 年研制成功的具有物理意义的分布式水文模型, 可以很精细地考虑地形、土壤、植被等与水循环的关系。DHSVM 模型与 VIC 模型都是在水平方向上将流域划分为多个面积相等的网格单元来进行水文计算, 与 RCM 连接方便。其中, VIC 模型一般用于大尺度流域的水文模拟^[7], 而 DHSVM 模型用于中小尺度流域的水文模拟, 其分辨率一般在

几十到几百米之间。DHSVM 已经在国外的许多研究领域里得到应用^[8-9], 在国内, 2002 年王守荣等^[10]已将该模型应用到半干旱半湿润地区的海河和滦河流域, 取得较好的模拟结果; 高艳红等^[11]也将 DHSVM 中的汇流方案与中尺度天气模式 MM5 耦合, 成功地模拟了 2002 年 7 月黑河流域上游的洪水事件, 近年来, 该模型又有了较大的改进。本文将介绍如何建立分布式水文模型 DHSVM, 再将模型应用到位于浙江省钱塘江上游的兰江流域开展模拟试验, 对该模型的模拟能力进行验证。

2 DHSVM 模型简介

DHSVM 基于流域数字高程模型对蒸散发、雪盖、土壤水和径流等水文过程进行动态描述。它以 DEM 的节点为中心, 流域被分成若干计算网格单元。流域的每个网格都被赋予了各自的土壤特性和植被特性, 在整个流域上, 这些特性随空间位置的不同而变化, 并且在每一个网格内, 假设地表由植被和土壤组成。每一计算时段内, 模型对流域内各网格的能量平衡方程和质量平衡方程提供联立解。各网格之间则通过坡面流和壤中流的汇流演算发生水文联系。地形特性用于模拟流域地形对短波辐射吸收、降雨、气温

收稿日期: 2006-10-31; 修订日期: 2007-08-07

基金项目: 国家科技部重大基础研究前期研究专项“气候-植被-土壤-水文耦合模式研究及其在新安江流域的应用”(2003CCC00300)资助

作者简介: 康丽莉, 女, 甘肃定西人, 工程师, 硕士, 主要从事区域气候模式和水文模式的耦合研究。E-mail: jennykll@yahoo.com.cn

和坡面流的作用。

DHSVM 已由最初的五个模块发展为七个模块, 分别为: 蒸散发、地面降雪和融雪、冠层截雪和积雪融化、不饱和土壤水运动、饱和壤中流、饱和坡面流和河道流量演算, 各模块将流域水量和能量平衡联立起来。DHSVM 模型采用 GIS ARC/INFO 软件自动建模, GIS 用于获取模型中 DEM 网格的输入参数, 包括土地利用图、植被、土壤、河道。ARC/INFO 软件将河网细分成若干段, 计算各段的局部坡度和水流流向, 给河道排定正确的水流路径。

DHSVM 包括三类蒸散发: 即冠层蒸散发、地面植被层蒸散发和土壤蒸散发。模型首先计算冠层蒸散发, 冠层截留的水量以潜在蒸散发率从潮湿部分蒸发掉, 而干燥部分的蒸腾量则采用 Penman- Monteich 公式计算。潜在蒸散发率减去冠层的蒸散发率 (包括潮湿和干燥部分) 即为修正的潜在蒸散发率, 地面植被层的蒸散发率根据修正的潜在蒸散发率计算。如果网格内没有植被层, 需要计算表层土壤的蒸发量, 否则不需要考虑土壤蒸散发。如果土壤是湿润的, 它将以等于或大于潜在蒸散发率的速率供水给表层, 当土壤水量耗竭, 表层土壤蒸发量由土壤解吸率确定。

DHSVM 模型主要特点有: (1) 同时考虑三种产流机制 (蓄满产流、超渗产流和回归流); (2) 两种计算产流的方法, 逐网格计算和单位线法, 如果网格内有河道截流则须采用前者。(3) 河道的流量演算采用相对简单的、但很稳健的线性槽蓄法。

3 模型输入及模型参数

3.1 模型输入

本研究用 DHSVM 的逐网格法计算流域产流,

因此模式输入数据文件按网格来准备。模型需要输入三类数据。

(1) 地形数据, 由高分辨率的流域数字高程模型 (DEM) 生成流域河网及地形参数。

(2) 土壤类型、植被类型以及土地利用类型数据。DHSVM 模型中将植被分为 20 个类型, 对不同的土地利用类型分类考虑, 有林地也细分为常绿阔叶林、落叶阔叶林、常绿针叶林、落叶针叶林、混交林等。土壤分为 13 个类型, 模型中土壤、植被等不同类型的在水文过程中的作用则用多个不同的物理参数来实现。利用 GIS 软件 Arc/Info 将土壤分类、植被分类及土地利用等数据资料处理到水文模型格点上。

(3) 气象数据, DHSVM 模型既可输入气候观测资料驱动, 也可用区域气候模式模拟结果驱动。对于前一种情况, 模式发展了一套内插方案, 可将气象台站观测资料内插到水文模型的网格点, 获得流域各个网格点上的气温、降水、风速、相对湿度和辐射等各种要素资料。对于后一种情况, 模式也设计了一套插值方案, 即把区域气候模式输出的格点资料按照不同地形高度转换成水文模型网格点上的资料。

3.2 模型参数

DHSVM 模型中的物理参数可以分为两类, 第一类是常量参数, 即流域中所有网格都取相同的值; 第二类是描述土壤和植被的变量参数, 即流域中不同类型的植被和土壤有各自不同的取值。DHSVM 中的常量参数有 9 种 (表 1)。

3.3 植被参数

表 1 DHSVM 模型中的常量参数

	参数	符号	单位	取值范围	建议取值范围
1	地面粗糙度(Ground Roughness)	z_{Ou}	m	$z_{Ou} > 0$	0.01~0.03
2	雪面粗糙度(Snow Roughness)	z_{Ou}	m	$z_{Ou} > 0$	0.001~0.015
3	降雨临界气温(Rain Threshold)	T_{min}	°C	$T_{min} \leq T_{max}$	-1.0~0.0
4	降雪临界气温(Snow Threshold)	T_{max}	°C	$T_{max} \geq T_{min}$	0.0~3.3
5	雪水当量(Snow Water Capacity)	W_c	m	$W_c > 0$	0.03
6	参考高度(Reference Height)	z_r	m	$z_r \geq z_o$	—
7	降雨截留 LAI 加倍因子(Rain LAI Multiplier)	r_j	m	$r_j \geq 0$	0.000 1
8	降雪截留 LAI 加倍因子(Snow LAI Multiplier)	r_j	m	$r_j \geq 0$	$10^{-4} \sim 10^{-1}$
9	截留雪最小融化量(Min Intercepted Snow)	W_{min}	m	$W_{min} \geq 0$	0.005

DHSVM 中植被分为冠层和地面植被层两层,与冠层植被有关的变量参数有 15 种,地面植被层参数仅有后面 8 种(表 2)。其中,对径流模拟比较敏感的参数有:植被高度 (h_j), 最小气孔阻抗 ($r_{s\min}$) 和叶面积指数 (LAI)。 h_j 与空气动力传导常数决定植被冠层对风速的减缓以及冠层对热量和水汽传输的空气动力阻抗。增加 h_j 值, 将降低地表或雪面风速。 $r_{s\min}$ 与其他因素共同决定植被散发; LAI 与其他因素共同决定冠层阻抗、冠层最大截留与蓄水能力以及冠层对太阳辐射的截获, 增加上冠层 LAI , 通常增加上冠层蒸散发速率, 降低融雪速率。蒸散发量增加将加速土壤含水量的降低, 使得径流曲线上升过程出

现时滞, 峰值减小。其他植被参数取值对径流和蒸散发模拟的影响相对较小。

3.4 土壤参数

DHSVM 中的土壤分层最初为两层, 后经改进为三层, 每一土壤层包含一种或多种植被的根系部分。与土壤有关的参数变量有 13 种(表 3), 从第 5 种开始各参数在三层土壤中都必须取值。土壤参数中, 侧向饱和导水率 (K)、衰减指数 (f), 土壤孔隙度 (ϕ) 和土壤蓄水能力 (θ_{fc}) 4 个参数对径流模拟比较敏感。侧向饱和导水率 K 和衰减指数 f 及地下水埋深共同决定浅表层径流, 增加 K , 则增加径流, 且产生径流峰值, 减少汇流时间。而增

表 2 DHSVM 模型中的植被参数

参数	符号	单位	取值范围	建议取值范围
1 林冠覆盖率(Fractional Coverage ^a)	F	m ² /m ²	$0 \leq F \leq 1$	0.8~1.0
2 地面到冠层的距离(Trunk Space ^a)	r_t	m/m	$0 \leq r_t \leq 1$	0.4~0.6
3 冠层衰减系数(Aerodynamic Attenuation ^a)	n_a	—	$n_a \geq 0$	0.1~3.5
4 冠层辐射衰减(Radiation Attenuation ^a)	k_b	—	$k_b \geq 0$	0.1~0.5
5 冠层最大截留雪能力(Max Snow Int Cap ^a)	r_m	m/m	$r_m \geq 0$	0.04
6 降雪截留效率(Snow Int Efficient ^a)	f_s	m/m	$0 \leq f_s \leq 1$	0.60
7 降雪截留融雪率(Mass Release Drip Ratio ^a)	r_d	m/m	$0 \leq r_d \leq 1$	0.4
8 植被高度(Height)	h_j	m	$0 < h_u < h_o < z_r$	0.1~75
9 叶面积指数月值(Monthly LAI)	LAI_j	m ² /m ²	$LAI_j \geq 0$	0.5~22
10 叶面最大阻力(Max Stomatal Resistance)	$r_{s\max}$	s/m	$r_{s\max} > r_{s\min}$	600~5 000
11 最小气孔阻力(Min Stomatal Resistance)	$r_{s\min}$	s/m	$r_{s\min} > 0$	200~700
12 土壤含水量阈值(Moisture Threshold)	θ^*	m ³ /m ³	$0 \leq \theta^* \leq 1$	0.1~0.35
13 饱和水汽压差(Vapor Pressure Deficit)	e_c	pa	$e_c \geq 0$	4 000
14 光照程度(RPC)	R_{pc}	W/m ²	$R_{pc} \geq 0$	10~100
15 反照率(Albedo)	α_j	—	$0 \leq \alpha_j \leq 1$	0.15~0.2

注: 带 ^a 表示只有上冠层有的参数。

表 3 DHSVM 模型中的土壤参数

参数	符号	单位	取值范围	建议取值范围
1 侧向饱和导水率(Lateral Conductivity)	K	m/s	$K \geq 0$	$10^{-5} \sim 10^{-2}$
2 衰减系数(Exponential Decrease)	f	m ⁻¹	$f \geq 0$	0~5
3 土壤最大渗透率(Max Infiltration Rate)	$i_{\max}$	m/s	$i_{\max} \geq 0$	$10^{-5} \sim 10^{-2}$
4 地表反照率(Surface Albedo)	α_u	—	$0 \leq \alpha_u \leq 1$	0.1~0.2
5 土壤孔隙度(Porosity)	ϕ	m ³ /m ³	$\theta_{fc} < \phi < 1$	0.4~0.6
6 孔隙尺寸分布指数(Pore Size Distribution)	m	—	$m > 0$	0.23~0.44
7 土壤吸气压力(Bubbling Pressure)	Ψ_b	m	$\Psi_b > 0$	0.1~0.76
8 土壤蓄水能力(Filled Capacity)	θ_{fc}	m ³ /m ³	$\theta_{wp} < \theta_{fc} < \phi$	0.18~0.41
9 凋萎点(Wilting Point)	θ_{wp}	m ³ /m ³	$0 < \theta_{wp} < \theta_{fc}$	0.06~0.28
10 土壤水容量(Bulk Density)	ρ_B	kg/m ³	$\rho_B > 0$	1 000~3 000
11 垂向饱和导水率(Vertical Conductivity)	K_s	m/s	$K_s \geq 0$	$10^{-5} \sim 10^{-2}$
12 土壤热导率(Thermal Conductivity)	k_t	W/mK	$k_t > 0$	4.6~7.3
13 土壤热容量(Thermal Capacity)	C_v	J/m ³ K	$C_v > 0$	$1 \times 10^6 \sim 2 \times 10^6$

加 f ，将使土壤导水率随深度下降更快，通常减少径流量，增加汇流时间。土壤孔隙度 ϕ 与土壤深度决定土壤蓄水量，增加 ϕ 会削减径流模拟峰值，增加汇流时间。 θ_{fc} 决定土壤实际蓄水能力，减小 θ_{fc} ，将降低土壤实际蓄水能力，因此对于同样的来水，将会有更多的出水。

4 模型在兰江流域的应用

分布式水文模型 DHSVM 建立好后，选择钱塘江上游的兰江流域开展模型试验，对模型中各种参数进行率定，定量分析模型对流域径流的模拟能力。模型在兰江流域的模拟网格格距为 $500\text{ m} \times 500\text{ m}$ ，地形和植被、土壤资料均处理成相应分辨率的资料格式。

4.1 兰江流域概况

兰江流域位于钱塘江上游，高程范围从 $60 \sim 1\,702\text{ m}$ ，流域内海拔 200 m 以下是著名的金衢盆地， 200 m 以上分布着丘陵山地。流域干流长 303 km ，集水面积达 $19\,468\text{ km}^2$ ，90% 以上在浙江省境内（图 1b），包含浙江省金华、衢州两地市。流域森林覆盖率达 50% 以上，研究区地处亚热带季风区，流域年平均气温为 $17\text{ }^\circ\text{C}$ ，1 月和 7 月的月平均气温分别为 $5\text{ }^\circ\text{C}$ 和 $29\text{ }^\circ\text{C}$ ；多年平均降水量 $1\,545\text{ mm}$ 。从降水的空间分布看，流域西部较大，多年平均降水量可达 $1\,700\text{ mm}$ 以上，东北部较少，多年平均降水量约为 $1\,400\text{ mm}$ 。流域径流以降水为主，年平均径流量达 172.8 亿 m^3 ，55%~60% 的年径流出现在 4~7 月。流域水资源比较丰富，属湿润地区，但是红壤植被稀薄，涵养水源能力较低，洪旱灾害频繁。

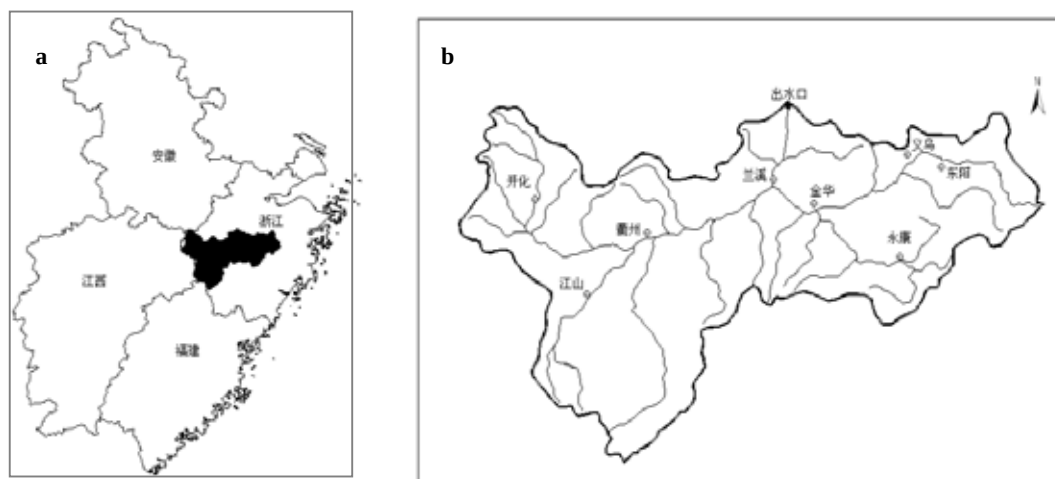


图 1 兰江流域地理位置 (a) 和流域水系 (b)

4.2 兰江流域模型资料

兰江流域数字高程模型采用 1:25 万国家基础地理信息数据，网格内的土壤和植被分类则由 1:400 万的中国土壤和植被类型以及 1:100 万的土地利用数据确定。上述资料处理成模型所需格式后，兰江流域土壤共有 7 种类型：600~800 m 以下以红壤为主，石灰岩区间有石灰性土；600~800 m 以上为黄壤和棕黄壤。该地区红壤特点为土质粘闭，透水性能较差；而黄壤透水、持水性能较好，地上主要以常绿、落叶阔叶混交林为主。兰江流域共有 19 种植被类型：其中占比较大的为常绿针叶林和常绿阔叶林的混交林、竹木林和经济林，农田也占一定比重。

4.3 模型气象资料

模型输入的气候资料集为：兰江流域 8 个气象站（兰溪、金华、义乌、永康、东阳、开化、衢州和江

山）1978~1999 年日平均气温($^\circ\text{C}$)、日最高气温($^\circ\text{C}$)、日最低气温($^\circ\text{C}$)、日降水(mm)、日平均风速(m/s)、日平均相对湿度(%)、日最小相对湿度(%)、日平均气压(Pa)、日平均云量(%)及日照时间(h/d)，并在日资料基础上生成每日 3 h 的气象数据，站点资料再根据流域 DEM 插值到 $500\text{ m} \times 500\text{ m}$ 分辨率的网格上。模型还用到兰溪水文站 1978~1999 年的月平均流量资料和年平均流量资料，用来率定模型参数和验证模型能力。本文用 1978~1988 年率定模型参数，1989~1999 年进行模型验证。

随着社会经济的发展，工农业用水、城市用水、生态用水等不断增多，流域内跨流域引水以及各类用水量都带来许多不确定性，它们随时随地改变着河道的观测径流量。所以选择兰江流域出口断面的径流量模拟研究，可以在一定程度上避免上述用水带来的不

确定性。

4.4 模型参数在研究流域的率定

由于缺乏兰江流域各种土壤和植被类型的实测参数数据,本文主要依据模型在北美一些相似流域的参数取值以及兰江流域的土壤和植被的一些实测参数数据,来决定流域中各种植被和土壤的参数系列。其中一些敏感参数需根据实测流量进行参数率定,如土壤孔隙度 ϕ 、土壤蓄水能力 θ_{fc} 、土壤侧向饱和导水率 K 、及其衰减指数 f 、植被高度 h_j 、叶面积指数 LAI 、最小随机阻抗 r_{smin} 。本文采用兰江流域出口断面兰溪水文站的实测流量资料,并利用下面两个目标函数来率定上面7个敏感参数。参数具体取值如下。

(1) R^2 : Nash 与 Stedinger 在 1970 年提出的模型效率系数,可用来评价模型模拟的精度,反映了实测与模拟流量过程的吻合程度。 R^2 值越大,表示模拟效果越好。

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs,i} - Q_{sim,i})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs,i} - \overline{Q_{obs}})^2}$$

式中 $Q_{obs,i}$ 为实测流量过程, $\overline{Q_{obs}}$ 为实测流量过程的均值, $Q_{sim,i}$ 为模拟流量过程。

(2) Er : 反映总量精度的多年径流相对误差。

$$Er = (\overline{Q_{sim}} - \overline{Q_{obs}}) / \overline{Q_{obs}}$$

式中 $\overline{Q_{sim}}$ 和 $\overline{Q_{obs}}$ 分别为模拟和实测多年平均径流量,以深度为单位 (mm)。

5 径流模拟结果

分别对模型校正期 (1978~1988 年) 和验证期 (1989~1999 年) 的月均径流量的实测值和模拟值进行对比验证 (图 2)。模拟结果表明,通过调整模型参数,模型较准确地模拟出了校正期和验证期的径流量。模型在 1978~1988 年校正期模拟的月平均流量除 1978 年谷值比实测略高和 1988 年峰值比实测略低外,其他年份模拟的结果与实况基本一致,月平均流量模拟效率系数 R^2 为 0.88, Er 为 -0.046; 模型在 1990~2000 年验证期模拟的月平均流量与实测吻合程度也较好,只在个别丰水年模拟的峰值比实测偏低,月平均流量模拟效率系数 R^2 达到 0.87, Er 为 -0.077。

兰江流域兰溪水文站 1978~1999 年 22 年的年平均流量 (图 3) 对比验证结果显示,模拟值与实测值也较为接近,除了少数年份,如 1993~1995 年模拟值比实测偏低,其他年份模拟结果均在可接受范围内。兰溪水文站 22 年的年平均流量实测值为 $529.25 \text{ m}^3/\text{s}$, 模拟值为 $494.68 \text{ m}^3/\text{s}$, 模拟值比实测值低 6.5%。将 1978~1999 年 22 年平均的月平均流量模拟值和实测值进行对比 (图 4), 结果表明模拟值与实测值一致性较好。除 3、6 和 7 月的模拟值与实测值有一定偏差外,其他月份均十分接近,变化趋势也一致。

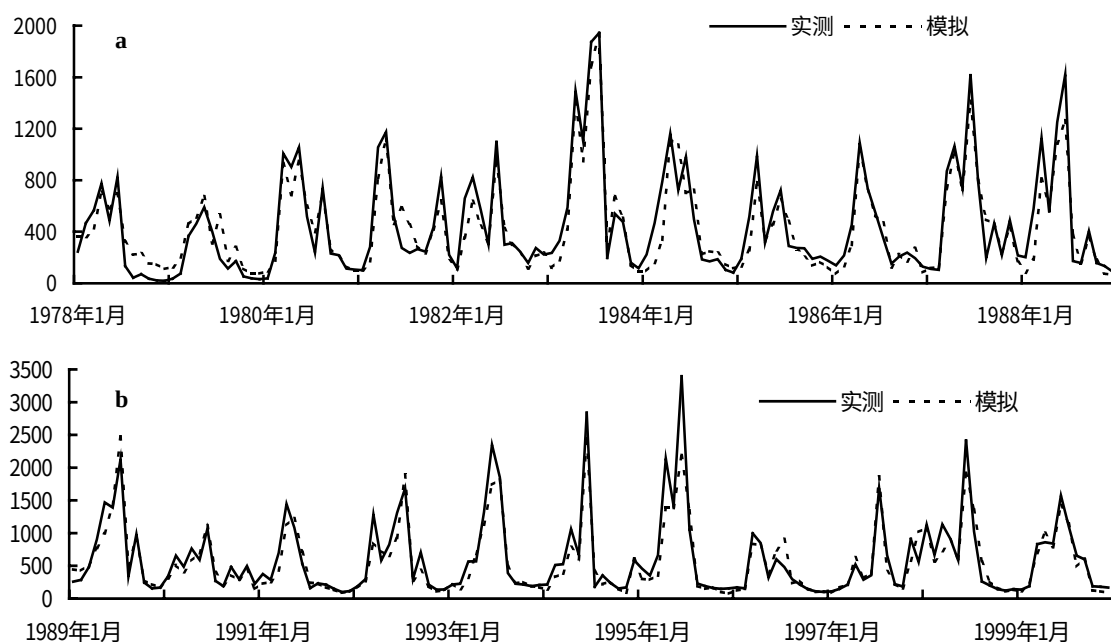


图 2 兰溪水文站月径流量 (m^3/s) 的模拟率定和验证 a. 1978~1988 年校正期; b. 1989~1999 年验证期。

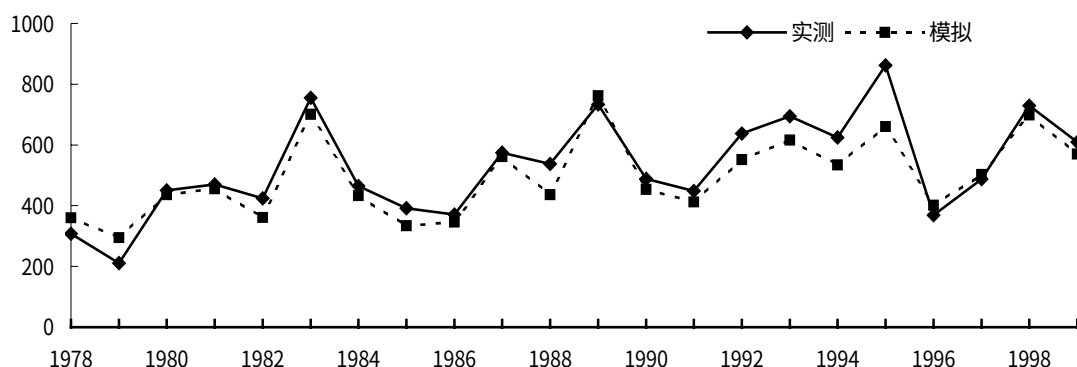


图3 兰溪水文站 1978~1999 年的年平均径流量 单位： m^3/s 。横坐标为年份。

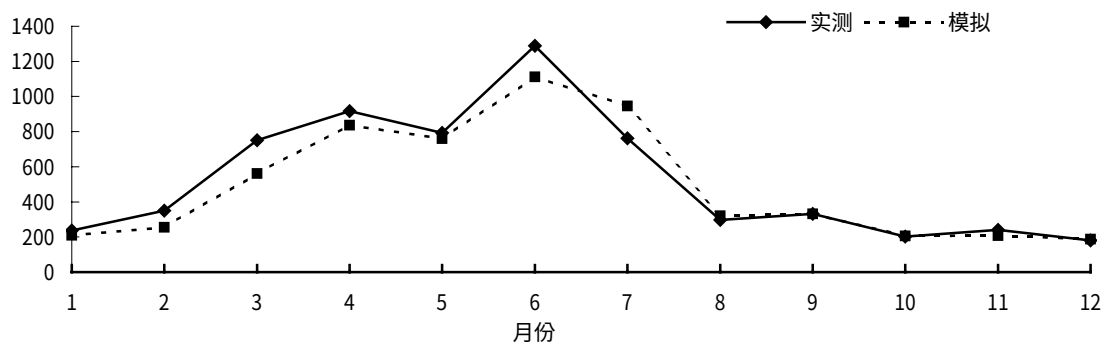


图4 兰溪水文站 1978~1999 年平均的月平均径流量 单位： m^3/s 。

从以上的分析看,模型对兰江流域的径流模拟与实测一致性较好,说明 DHSVM 在湿润地区有一定的适用性,基本能再现兰江流域的月径流过程。造成误差的原因可能是:由于模型采用的兰江流域植被、土壤资料分辨率较低,植被和土壤参数值也主要参考国外的研究结果,而且模拟时段均采用相同的值,在一定程度上影响了模型的模拟精度;模式输入的 8 个气象站海拔均在 200 m 以下,对兰江流域高海拔地区的降水特征描述有局限性,对模拟结果也有所影响。

6 结论和讨论

本文介绍了如何建立分布式水文模型 DHSVM,详细描述了模型输入和模型参数,并给出了植被类型和土壤类型等模型参数的取值范围。将建立的水文模型应用到兰江流域,通过与实测月径流量过程的对比分析,在降水偏多期和降水偏少期,模型模拟的月径流量均与实测比较吻合,初步表明该模型在湿润地区有一定的适用性。

本研究中模型参数的取值部分参考了国外的一些研究成果,对模型模拟结果有一定的影响,而且,模型在利用实测资料率定一些敏感参数时,仅根据出口断面的径流量则容易出现异参同果的现象。因此,模型在具体的流域中应用时,应配合实地观测,以获得更多物理量的实测资料(如感热通量、潜热通量等)来确定模型参数。

在研究区域气候变化对流域径流的影响评估中,分布式水文模型 DHSVM 可用来与区域气候变化情景连接,区域气候变化情景由区域气候模式预测的结果提供,或者将 DHSVM 模型与区域气候模式耦合,同时给出气温、降水和径流的预测。目前,比较容易实现的是将区域气候模式的预测结果输入到 DHSVM 模型中,驱动模型来开展气候变化影响评估。真正做到 DHSVM 模型与区域气候模式的耦合是我们将来研究的一个重要方向。

参 考 文 献：

- [1] 高学杰, 林一骅, 赵宗慈. 用区域气候模式模拟人为硫酸盐气溶胶在气候变化中的作用[J]. 热带气象学报, 2003, 19 (2) : 169-176.
- [2] ABBOTT M B, BATHURST J C, CUNGE J A, et al. An introduction to the European Hydrological System-Système Hydrologique Européen, "SHE" 1: History and philosophy of a physically-based distributed modeling system[J]. Journal of Hydrology, 1986a, 87: 45-59.
- [3] BEVEN K J, KIRBY M J. A physically based variable contributing area model of basin hydrology[J]. Hydrological Science Bulletin, 1979, 24(1): 43-69.
- [4] 刘昌明, 李道峰, 田英, 等. 基于 DEM 的分布式水文模型在大尺度流域应用研究[J]. 地理科学进展, 2003, 22(5) : 437-445.
- [5] LIANG X, LETTENMAIER D P, WOOD E F, et al. A simple hydrologically based model of land surface water and energy fluxes for general circulation models[J]. J Geophys Res, 1994, 99(D7): 14 415-14 428.
- [6] WIGMOSTA M S, VAIL L W, LETTENMAIER D P. A distributed hydrology-vegetation model for complex terrain[J]. Water Resource Research, 1994, 30(6): 1 665-1 679.
- [7] 苏凤阁, 谢正辉. 气候变化对中国径流影响评估模型研究[J]. 自然科学进展, 2003, 13(5): 502-507.
- [8] LEUNG L R, WIGMOSTA M S, GHAN S J, et al. Application of a subgrid orographic precipitation/surface hydrology scheme to a mountain watershed[J]. J Geophys Res, 1996, 101(D8): 12 803-12 817.
- [9] 熊立华, 郭生练. 分布式流域水文模型[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2004 : 179-197.
- [10] 王守荣, 黄荣辉, 丁一汇. 分布式水文-土壤-植被模式的改进及气候水文 Off-line 模拟试验[J]. 气象学报, 2002, 60 (3) : 290-300.
- [11] 高艳红, 吕世华. 2002 年 7 月黑河流域上游降水以及产、汇流过程的模拟[J]. 中国科学 D 辑, 2003, 33(增刊) : 1-8.

THE SIMULATION TEST OF THE DISTRIBUTED HYDROLOGICAL MODEL DHSVM ON THE RUNOFF CHANGE OF LANJIANG RIVER BASIN

KANG Li-li¹, WANG Shou-rong², GU Jun-qiang¹

(1. Zhejiang Institute of Meteorological Sciences, Hangzhou 310017, China;

2. China Meteorological Administration, Beijing 100081, China)

Abstract : A hydrological model DHSVM (The Distributed Hydrology Soil Vegetation Model) is introduced in this paper. The hydrological model inputs and parameters were described in detail, and a typical value range of the model parameters related to vegetation and soil types were given. Then the hydrological model was applied to the Lanjiang River basin, which located in Zhejiang province. The simulated monthly and yearly runoff showed general agreement with the observations. In conclusion, the hydrological model can be used in simulation of regional climate change impact on the runoff of medium to small basins.

Key words: distributed hydrological model; DHSVM; runoff