

文章编号: 1000-2022(2005) 06-0730-09

10 层陆面过程模式及其 Offline 独立试验

周文艳¹, 罗 勇², 郭品文¹

(1 南京信息工程大学 大气科学系, 江苏 南京 210044)

2 中国气象局 国家气候中心 气候研究开放实验室, 北京 100081)

摘 要: 利用西伯利亚地区的一个试验点资料和 1998 年中国淮河流域试验 (HUBEX) 的加密观测资料, 对一个新发展的陆面过程模式进行了模拟检验。西伯利亚地区的单点试验表明, 不同时间间隔的边界强迫对地表吸收的净短波辐射和释放的潜热影响较大。淮河流域的模拟结果表明, 模式能够较好地模拟出我国夏季半湿润地区陆面特征量的变化趋势。由于模式模拟的地温偏低、净短波辐射偏小, 所以模拟的感热和潜热值偏小。对该模式在淮河流域的植被、土壤等参数的合理选取可能会提高模式的模拟效果。

关键词: 陆面过程模式; 西伯利亚地区; 淮河流域; Offline 独立试验

中图分类号: P404 **文献标识码:** A

大量的研究证明陆面过程会影响局地尺度甚至全球的大气环流和气候变化, 利用陆面模式可以研究陆面过程及陆气相互作用, 促进对陆气相互作用的认识。大气模式的模拟能力在一定程度上也依赖于陆面模式对能量、水文过程的精确描述。陆面过程作为气候系统模式的一个分量, 下垫面边界条件的变化会影响大气模式的模拟。

描述陆面过程的参数化方案很多, 描述土壤—植被—大气相互作用最具代表性的参数化方案, 如 Dickinson 等^[1-2]的生物圈—大气传输模式 (BATS), Sellers 等^[3]简化生物圈模式 (SIB), Ji 等^[4]包括植被光合作用等的陆面过程模式 (LSPM) 以及戴永久^[5]的综合陆面过程模式 (AP94) 等。

众多的陆面模式对陆面过程的描述有很大的不同, 1992 年开始的 PILPS (陆面参数化方案比较计划) 计划^[6]目的是了解不同陆面方案的模拟能力和可能应用。PILPS 计划的最初阶段利用实际的观测资料和外强迫去驱动不同模式, 比较各模式的模拟性能, 发现模式对地表能量和水文过程的模拟存在很大的差异。PILPS 计划利用的观测资料有荷兰的 CABAUW (卡鲍)、法国的 HAPEX-MOBILHY (水文和大气预实验) 资料、美国的红河—阿肯色洲流域以及前苏联的瓦尔代资料。对 BUCKET (吊桶模式)、BATS、SIB 等模式的模拟性能进行了检验, 同时促进

收稿日期: 2004-03-02 改回日期: 2004-07-01

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40375026); 国家自然科学基金重点资助项目 (40233034); 中国科技基础研究前期研究专项 (2002cd00100)

作者简介: 周文艳 (1973-), 女, 新疆人, 博士生, 研究方向: 陆面过程。E-mail: zhouwy73@cnma.gov.cn

了模式参数的合理标定和改进^[7]。以前由于我国外场观测资料的缺乏, 对模式在东亚季风区半湿润、干旱、半干旱地区的模拟能力的检验做的工作并不多。随着近年来一些大型观测试验在中国的展开, 检验陆面模式在中国的模拟性能的工作逐渐地开展起来。张晶等^[8]利用 LPM-ZD (张和丁的陆面过程模式) 对中国甘肃黑河地区沙漠站进行 Offline 模拟试验, 结果表明模式可以较好模拟干旱区陆面过程变化特点。杨小松等^[9]利用 HUBEX 资料检验 IAP94 在淮河流域的模拟性能, 指出 IAP94 在半湿润地区的模拟效果较好。张宇等^[10]利用 NCAR 陆面过程模式和 1998 年“青藏高原能量与水分观测实验”加强观测资料进行了藏北高原陆面过程的模拟试验。研究证明利用现有的较好的陆面模式研究我国季风区半湿润、干旱、半干旱地区的物理机制具有一定的现实意义。

一般运行陆气耦合模式时, 需要每隔 1 h 或者几小时调用一次模式, 因此陆气耦合的时间间隔对模拟结果的影响需要检验。本文首先利用在 Dickinson 等^[12]基础上改进的 BATS 模式 (详细介绍见文献 [11]) 以及西伯利亚地区的一个试验点资料做了几组不同时间间隔的强迫试验, 考察模式对不同时间间隔强迫下物理量的模拟有何不同。然后利用该模式针对淮河流域 (安徽寿县) 的加强观测资料进行了独立试验, 考察现有版本对我国季风区半湿润地区的模拟性能。与 Dickinson 等^[1-2]的版本相比, 该模式增加了土壤的分层, 同时对土壤湿度和土壤温度的计算方案进行了改进, 并引入了简化的雪盖—大气—土壤间的输运模型 (SAST)^[11-12]。

1 模式介绍

生物圈大气传输方案 (BATS) 本质上属于土壤、植被与大气间的输运模型, 即“大叶模型”。改进的 BATS 模式包括 1 层植被、10 层土壤、3 层雪模式。它假定植被冠层是一片均匀的大叶子, 以一定比例覆盖在网格上。土壤垂直分为 10 层, 浅层土壤的分层多于深层土壤。由于靠近地表面的土壤层对地面—大气界面通量交换的影响较大, 所以模式靠近地表面的土壤层划分应当较细, 而越往深层受到表层的影响较小, 土壤层的厚度可以适当加大, 土壤的分层较粗。较 Dickinson 等^[2] BATS 陆面模式 1993 年版本的一大改进是, BATS 在模式中引入了简化的雪盖—大气—土壤间的输运模型 (SAST)。雪盖是一个对气候具有重要影响的下垫面, 尤其是青藏高原积雪对亚洲季风及气候异常有重要影响, 积雪水分效应对地表甚至全球水循环产生很大的影响。该模型把雪盖与土壤不同的热力作用区分开来, 模型中包含了与气候研究有关的许多物理过程, 如雪盖融化及压缩、雪盖内部热传导等。SAST 雪盖模型已被用来进行了大量的敏感性试验和验证试验, 结果发现该模型的模拟能力和性能很好。

模式描述的物理过程包括能量和水文循环过程。陆面模式和大气模式在地气交界面耦合, 地气系统在交界面满足能量平衡和水分平衡。到达地面的太阳辐射被吸收后除了增加土壤和植被的温度, 一部分以感热、潜热等形式返回大气。降水发生时, 一部分落在地面, 还有的被叶面截留, 落在地面的降水和叶面截留后滴落在地面的部分渗入土壤或形成表面径流。当然土壤水分的蒸发、叶面的蒸发也会损失部分水分, 而叶面的蒸腾作用使土壤中的水气散发到大气中。

土壤温度的计算方法是广义的强迫恢复法^[13]。早期的强迫恢复法 (F-R)^[14]是比较简单的求解方法, 由 Deardorff 应用推广。F-R 方法假定热源强迫是周期性的, 介质也是均匀的, 因此不能很好地描述土壤各层次的温度传导和水汽扩散等物理过程, 并且在非均匀、有较厚雪盖时会有概念错误。研究所用的 BATS 模式计算温度采用 Dickinson^[13]提出的考虑了雪和土壤温度的非均匀性的广义的强迫恢复法。土壤水分的计算是根据 Darcy 水流定理^[15], 用公式

$q = -k[\partial(\Psi + Z)/\partial Z]$ 描述垂直方向上土壤各层间的水汽通量。对植被的能量平衡方程用 Newton-Raphson 迭代法可以求出叶面温度。在 BATS 模式中对叶变量、植被截留的降水、叶通量、叶孔阻力、根系的阻抗也进行合理的参数化,从而可以较准确地描述植物冠层与大气之间、植物冠层内空气以及空气和叶之间、根和土壤之间的水分、热量传输过程。

陆气之间的通量交换主要包括辐射通量、感热通量和潜热通量。植被、土壤、积雪表面的反照率的计算将影响辐射通量的量度,反照率的计算公式仍是 Dickinson 等^[2]用的方法。感热和潜热的计算与湍流阻抗、表面阻抗和拖曳系数有关。

BATS 模式土壤在垂直方向分为 10 层,具体分层及土壤分层参数见表 1。

表 1 模型分层结构和参数

Table 1 Structure and parameter of model soil layers

模式层 (<i>i</i>)	z_i /mm	Δz_i /mm	z_{hi} /mm	k_{si} /mm $\cdot$ s $^{-1}$	$f_{root i}$
1	7.1	17.5	17.5	6.08×10^{-3}	0.034 4
2	27.9	27.6	45.1	5.76×10^{-3}	0.051 8
3	62.3	45.5	90.6	5.26×10^{-3}	0.079 4
4	119.0	75.0	166.0	4.52×10^{-3}	0.116 0
5	212.0	124.0	289.0	3.53×10^{-3}	0.157 0
6	366.0	204.0	493.0	2.35×10^{-3}	0.188 0
7	620.0	336.0	829.0	1.20×10^{-3}	0.183 0
8	1 040.0	554.0	1 380.0	3.96×10^{-4}	0.128 0
9	1 730.0	913.0	2 300.0	6.38×10^{-5}	0.052 8
10	2 860.0	1 140.0	3 430.0	6.57×10^{-6}	0.009 1

注:表中 z_i 为土壤层整层的深度, Δz_i 为每层的厚度, z_{hi} 为半层的深度, k_{si} 为半层 z_{hi} 上的饱和水力传导率, $f_{root i}$ 为各层中根系所占的比例。

Matthews^[16-17] 定义了 31 种自然地表植被类型,分辨率为 $1^\circ \times 1^\circ$ 。Wilson^[18] 也提供了 $1^\circ \times 1^\circ$ 分辨率的 53 种地表植被类型。为了 BATS 模式与大气环流模式耦合的需要,将两种地表植被分类减少为 18 种类型。许多陆面参数不仅是地表植被类型的函数,也是土壤类型的函数。BATS 将土壤从颗粒很粗的砂土 (1) 到重粘土 (12) 分为 12 类,按颜色分为 8 个级别。BATS 列出了 12 类土壤的某些参数和 8 个级别颜色土壤分别在干燥和饱和状况下对波长大于 $0.7 \mu\text{m}$ 及小于 $0.7 \mu\text{m}$ 太阳辐射的反照率。具体土壤、植被参数见文献 [1-2]。

2 陆面过程模式的 Offline 独立试验结果

许多学者已经利用 BATS 模式做了一些模拟试验,证明 BATS 模式能够较好地模拟实际的物理过程。本文利用 BATS 做了两组性能检验,分别利用西伯利亚地区的某站大气强迫场资料以及 1998 年淮河流域能量与水循环试验 (HUBEX) 的加密观测资料驱动改进的陆面模式,考察改进模式在西伯利亚地区尤其是东亚季风区半湿润地区的模拟性能。

2.1 西伯利亚地区某个试验点的强迫试验

利用西伯利亚地区某个试验点的一组逐时强迫场资料驱动改进的 BATS 模式,研究了模式对不同时间间隔大气强迫的敏感性。该试验点位于 140°E , 63°N 。试验中,取大气强迫的时间间隔为 1 h 到 4 h。大气强迫资料包括一年四季逐时气温、风速、气压、比湿、降水和太

阳辐射等。试验点下垫面覆盖为落叶针叶林, 土质颜色很暗, 土质为粉砂壤土。观测的空气温度作为各层土壤和植被的温度初值, 植被叶面上初始水量假定为 Q 土壤各层的初始土壤含水量是由植被类型和土壤质地决定的常数, 利用经验关系式确定。模式积分 1 a。

图 1 给出了气温、地面吸收净短波辐射、地面反射净长波辐射、径流及反照率的模拟结果。从图 1a 可以看出模式对温度的模拟效果很好, 参考面温度和实际观测气温变化趋势一致。模拟地表吸收的净短波辐射、地表发射净长波辐射可以反映实际净短波、长波辐射的变化 (图 1b 1c)。图 1d 表明, 随降水增加, 径流也增加, 在春季气温大于 0°C 时, 模拟的径流突然增大, 地表径流在春季雪融时最大, 因此模式可以合理模拟径流的变化及它对降水的响应。冬季有

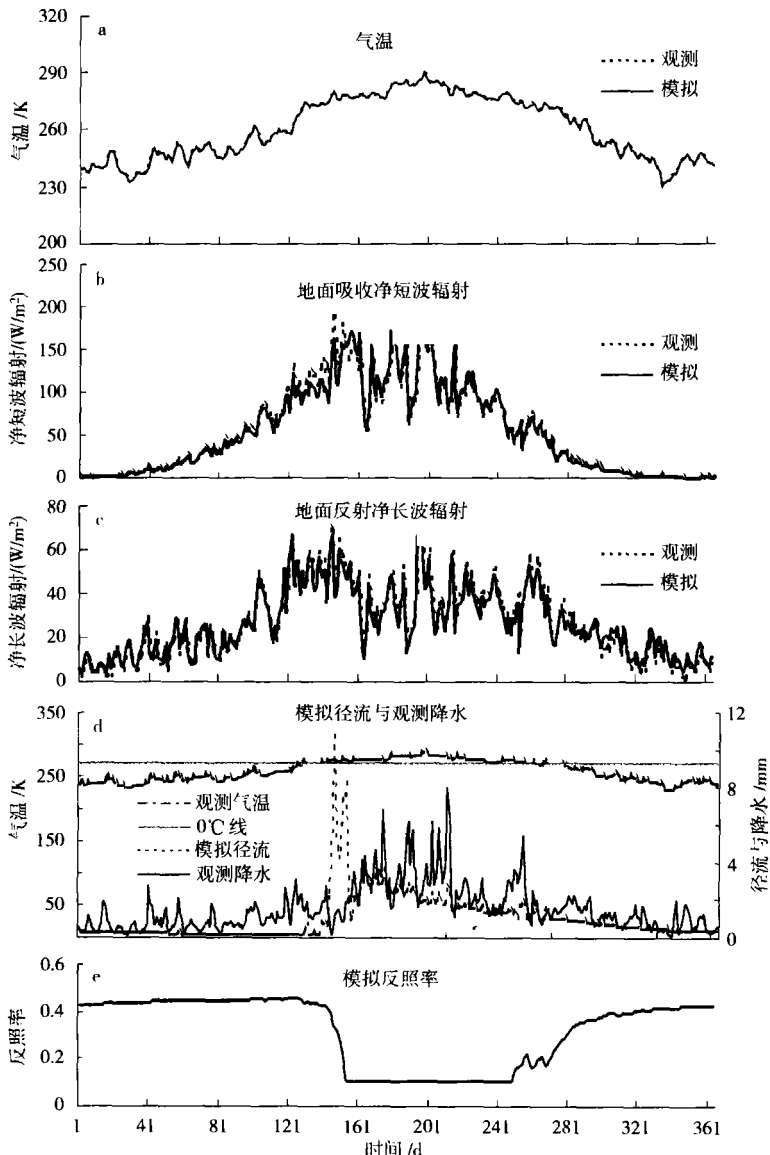


图 1 西伯利亚试验点 (140. 0°E, 63. 7°N) 各物理量的观测和模拟结果

Fig 1 Simulation and observation results of various physical quantities at the Siberias site(140. 0°E, 63. 7°N)

雪盖存在时模式模拟出雪的高反照率(图 1e)。原来的 BATS 模型对雪盖的描述十分简单,未考虑积雪的内部过程和积雪密度的观测资料。改进的 BATS 引入 SAST 积雪模型,改善陆面过程对雪盖过程描述。由于缺乏该站雪水当量及积雪厚度的模拟,所以不能在试验中比较模型对积雪厚度的模拟,但是孙菽芬等^[12]研究表明,该模型对积雪厚度和雪水当量的模拟结果要远比 BATS 积雪方案的模拟结果^[19]更接近实测结果。

西伯利亚站试验结果表明,BATS 模式在改进温度湿度计算方案并引入 3 层雪模式(SAST)后,模式能够较好地模拟温度、地面吸收短波辐射及其他地面特征量的变化趋势。

间隔 2、3、4 h 得到的模式结果与逐小时模式结果比较发现(图 2),在间隔 2、3、4 h 的强迫下(图 2a-c),模拟地表吸收净短波辐射变化增大,2、3、4 h 模拟地表吸收净短波辐射与逐小时差异的方差分别为 0.58、1.87、3.75。可见,随着时间间隔增大,模拟的净短波辐射变化增大。同样可以发现,随着时间间隔增大,模拟潜热(图 2d-f)差异也增加,而且 2、3、4 h 模拟潜热与逐小时差异的方差分别为 0.46、1.12、1.46。表明模拟潜热变化增大。模拟地面反射净长波辐射变化(图 2g-h)相对前两个物理量差异较小(只列出 3、4 h 模拟潜热的差异,2、3、4 h 模拟地面反射净长波辐射与逐小时差异的方差分别为 0.31、0.33、0.49)。不同时间间隔大气强迫驱动陆面模式,模拟的降水、反照率、径流、雪深、参考层温度、地表面温度(图略)也有差别。随着时间间隔增大,模拟地表吸收净短波辐射、潜热的差异非常明显,而且出现差异较大值时段地表吸收净短波辐射、潜热值也较大,地面反射净长波辐射的差异次之,而其他物理量的变化与逐小时的模拟结果差别不明显,可能是地面吸收短波辐射、潜热、地面反射净长波辐射日变化较大的原因。由于在逐小时大气强迫场驱动下(图 1) BATS 模式的模拟效果很好,而随着时间间隔增大,模拟潜热、地面吸收净短波辐射、地面反射净长波辐射与逐小时的模拟结果的差异(图 2)也随之增大,而模拟其他地面特征量与逐小时模拟结果(图略)也有差异。所以比较 4 组不同时间间隔大气强迫下陆面模式的模拟性能(图 1 和图 2),在间隔 1 h 的大气强迫下陆面模式的模拟性能最好,随着时间间隔变大,潜热、地面吸收净短波辐射、地面反射净长波辐射模拟性能逐渐降低,其他地面特征量模拟结果不如逐小时的模拟结果好。另外,不同时间间隔大气强迫驱动陆面模式,模拟结果有明显的季节变化,地表吸收的净短波辐射、潜热及其他在不同时间间隔大气强迫下变化不明显的物理量在夏季模拟结果变化显著,而在其他季节变化不明显。

2.2 中国淮河流域安徽寿县模拟试验

利用 1998 年淮河流域能量与水循环试验期间安徽寿县加密观测资料验证改进的陆面模式,这组试验可以考察模式对陆面过程日变化特点的模拟能力。试验点位于 116°78'E, 32°55'N。模式需要读入的气象要素强迫场包括气温、气压、比湿、降水及辐射等资料。在西伯利亚观测点进行的独立试验表明,不同时间间隔强迫驱动模式,在一小时的时间间隔下模式的模拟效果最好,所以在进行中国淮河流域的独立试验中,用逐小时的观测资料去驱动模式。在加密观测期间气温、气压、风速、比湿等每小时观测一次,资料比较完整。辐射资料是 30 s 观测一次,缺测较多,试验选取辐射资料较连续的一段时间,积分时间从 1998 年 7 月 10 日到 8 月 4 日,个别缺测的值用前后两天同时刻的平均值补缺,辐射资料处理成逐小时平均值。植被主要是水稻,土壤类型是黄棕壤土,颜色是中等偏亮。土壤和植被温度初值、土壤初始含水量等确定同第一个独立试验。

图 3 为 1998 年 7 月 10 日—8 月 4 日中国淮河流域安徽寿县试验点模拟情况。由图 3a 可以看出模式能够模拟出参考层温度(2 m 处)日变化的特点,与观测气温变化趋势一致。模拟

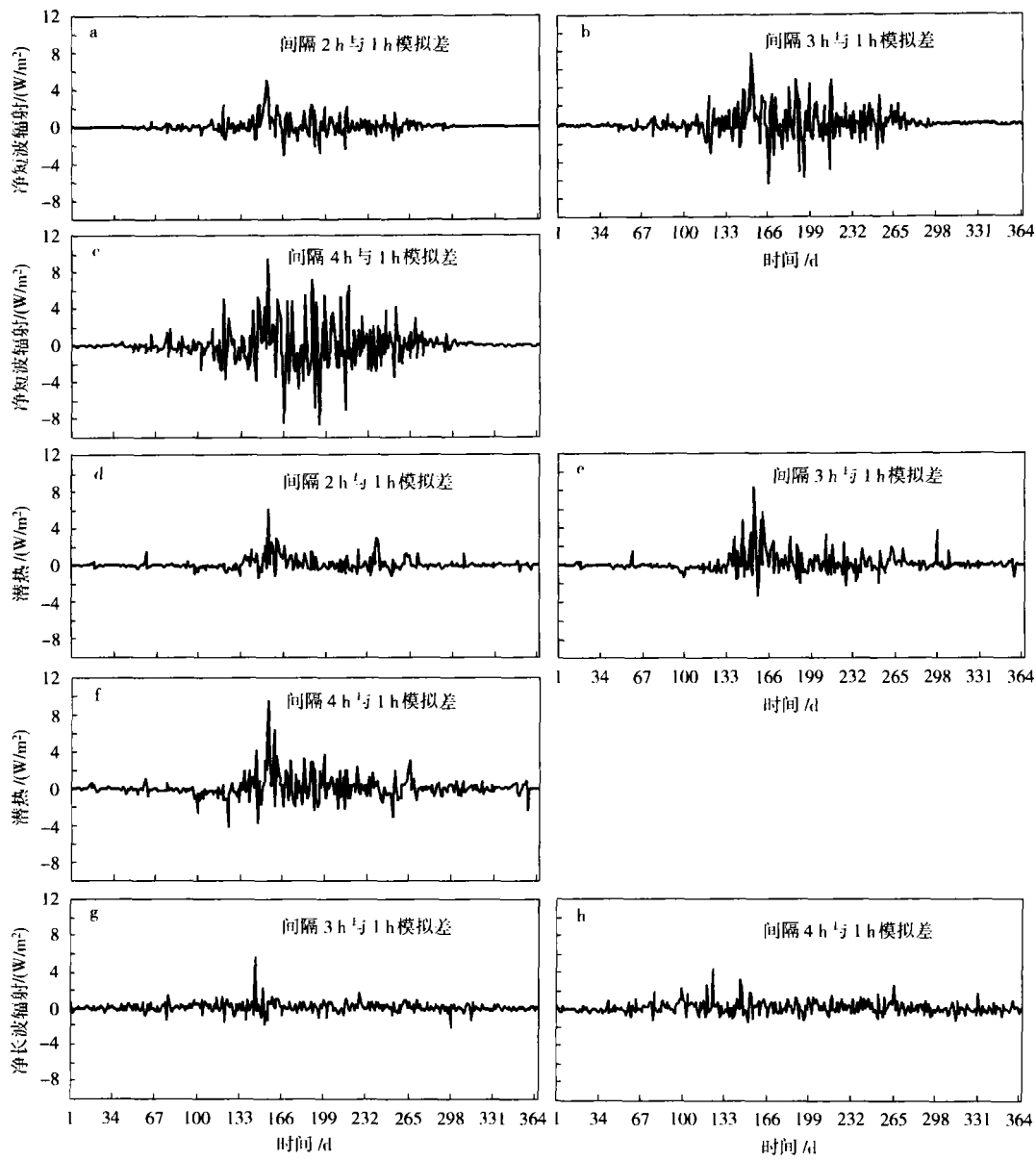


图 2 试验点 (140°E, 63°N) 在不同时间间隔强迫下吸收净短波辐射 (a-c)、
潜热 (d-f)、地面反射净长波辐射 (g-h) 的模拟结果差异

Fig 2 Differences of simulations of absorbed solar radiation(a-c),
latent heat(d-f), and net long wave radiation reflected from the ground surface(g-h)
under the atmospheric forcing of different time intervals at site(140°E, 63°N)

的参考层温度在白天比实际气温略偏高, 夜晚的参考层温度和气温差别不大, 略低于观测气温。模式可以模拟出地表面温度(图 3b)的变化趋势, 模拟地表温度在白天比实际观测地温明显偏低。模式模拟地表吸收的净太阳辐射与实际观测的太阳净短波辐射(图 3c)变化趋势一致, 模拟的数值偏低。因为地面反射的太阳辐射主要由表面反照率决定, 模拟地表吸收净太阳辐射偏低是由于模拟的地面反照率与实际值存在一定的偏差, 使地面反射的太阳辐射过多, 而

吸收的短波辐射减少,造成进入土壤的热通量偏低,模拟的土壤温度低于观测温度。模式可以合理模拟出地表反射的净长波辐射的变化趋势(图 3d),模拟净长波辐射比观测的净长波辐射偏低,由于模拟地面温度偏低,造成模拟地面射出长波辐射减少。图 3e 3f 是关于模式水文过程的模拟。图 3e 为观测的降水与模拟的径流。结果表明,在出现较大降水时,模拟的地表径

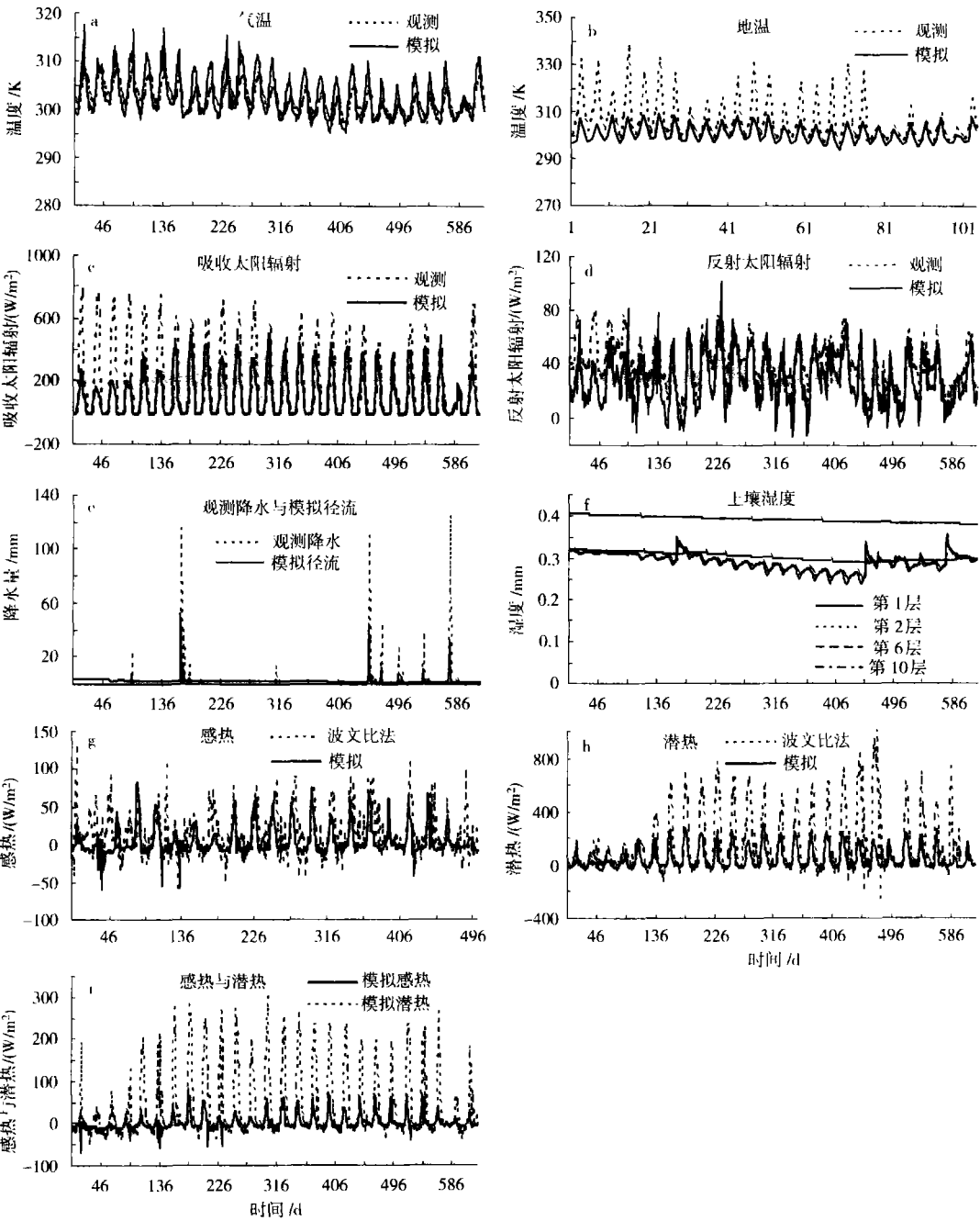


图 3 1998 年 7 月 10 日—8 月 4 日淮河流域安徽寿县各物理量的实测和模拟结果

Fig 3 Simulated and observed results of various physical quantities in Shouxian of Anhui Province in the Huaihe River Basin from July 10 to August 4 in 1998

流随降水增强而增强。图 3 f 为模拟的各层土壤水分的变化, 列出第 1、2、6、10 层土壤湿度的变化, 可以看出土壤表层土壤湿度受降水的影响明显, 在出现降水时土壤湿度也随之增加, 在降水过后, 由于蒸散的作用, 土壤湿度逐渐减小。模拟结果还表明, 土壤湿度在垂直方向存在不均匀分布, 各层土壤湿度变化并不相同, 表层土壤受降水影响较大, 深层土壤湿度几乎不受降水的影响。土壤湿度的分布不均匀性是大尺度水文过程的核心问题, 周文艳^[20]曾通过观测资料分析土壤水分垂直分布不均匀性特征, 模式也可以合理模拟出同样的土壤湿度垂直方向不均匀分布特征。由于感热和潜热没有观测, 本文试用安徽寿县的利用波文比法计算出的感热、潜热和模拟的感热、潜热比较, 发现模拟的潜热远远低于波文比法计算出的潜热(图 3 h), 模式对感热的模拟(图 3 g)同波文比法的计算值也存在一定的偏差。由于模式计算感热、潜热的方法, 同观测计算感热、潜热的方法(波文比法)不一样, 而且图中波文比法计算的潜热值非常大, 可能观测数据也存在一定误差, 所以正确衡量感热、潜热的模拟结果偏差存在一定的困难, 模拟的地温偏低也造成感热、潜热偏低。从模拟感热和模拟潜热(图 3 i)的比较, 可以看出模式也可以模拟出感热、潜热通量的日变化特征, 模拟的潜热值大于感热, 由于积分的时段刚好处于雨季, 潜热值较大也符合半湿润区的气候特点。

3 结论与讨论

利用改进的 BATS 模式对西伯利亚地区某个试验点和 1998 年中国淮河流域陆面过程进行研究, 得到以下几点结论: 改进的陆面模式可以合理模拟出西伯利亚地区和淮河流域参考面温度的变化趋势; 模拟的径流也比较合理, 在出现较大降水时, 径流明显增加。西伯利亚地区强迫试验表明, 在间隔 1 h 的大气强迫下陆面模式的模拟性能最好, 随着时间间隔变大, 潜热与地面吸收短波辐射模拟性能逐渐降低, 其他地面特征量模拟结果不如逐小时的模拟结果好; 不同时间间隔大气边界强迫对模式输出地表吸收净短波辐射和潜热影响较大; 不同时间间隔大气强迫驱动陆面模式, 地面特征量在夏季模拟结果变化显著, 而在其他季节变化不明显。模式可以合理模拟出淮河流域感热、潜热的变化特征, 但潜热模拟值远远低于波文比法的计算值, 感热的模拟值偏低, 所以模拟对感热、潜热的描述还需要改进。土壤颜色选取会影响反照率的变化, 不同土壤质地的土壤水力传导率等不同, 地表状况也会影响拖曳系数, 从而影响地表与大气之间动量、热量和水分的交换, 因为模拟的地表温度偏低, 地表吸收净短波辐射也偏低, 所以需要进一步研究模式对土壤纹理、颜色的敏感性及土壤、植被参数的改变是否会有有效改善模式的模拟效果。由于资料时间的限制, 试验只检验了模式对我国半湿润区夏季陆面过程的模拟性能。研究表明改进的 BATS 模式可以合理描述东亚半湿润地区的陆面过程。我国处于东亚季风区, 下垫面类型复杂, 孙菽芬等^[21]提出了对稀疏植被上陆气交换过程研究的意义和难度, 所以还需要继续研究改进的 BATS 模式在半干旱、干旱地区的模拟效果。

参考文献:

- [1] Dickinson R E, Henderson-Sellers A, Kennedy P J et al. Biosphere-atmosphere transfer scheme (BATS) for the NCAR community climate model[R]. NCAR Techn. Note- 275+ STR, 1986.
- [2] Dickinson R E, Henderson-Sellers A, Kennedy P J. Biosphere-atmosphere transfer scheme (BATS) version 1e as coupled to the NCAR community climate model[R]. NCAR/TN387+ STR, 1993.
- [3] Sellers P J, Mintz Y, Sud Y C, et al. A simple biosphere model (SiB) for use within general circulation models[J]. J Atmos Sci 1986 43(6): 505-531.
- [4] Ji J J, Hu Y C. A simple land surface processes model for use in climate study[J]. Acta Meteorol Sinica 1989 3(3): 344-353.
- [5] 戴永久. 陆面过程模式及其与大气环流的耦合模拟研究[D]. 北京: 中国科学院, 1995: 287.

- [6] Henderson-Sellers A, Yang Z L, Dickinson R E. The project for intercomparison of land-surface parameterization schemes[J]. Bull Amer Meteorol Soc 1993, 74(7): 1 335-1 349
- [7] Henderson-Sellers A, Piman A J, Love P K, et al. The project for intercomparison of land-surface parameterization schemes (PILPS): phases 2 and 3[J]. Bull Amer Meteorol Soc 1995, 76(4): 489-503.
- [8] 张 晶, 丁一汇. 一个改进的陆面过程模式及其模拟试验研究第一部分: 陆面过程模式及其“独立 (off-line)”模拟试验和模拟性能分析[J]. 气象学报, 1998 56(1): 1-19.
- [9] Yang Xiaosong, Lin Chaohui, Dai Yongjia, et al. Validation of IAP94 land surface model over the Huaihe River Basin with HUBEX field experiment data[J]. Adv Atmos Sci 2001, 18(1): 139-154.
- [10] 张 宇, 吕世华. 藏北高原陆面过程的模拟试验 [J]. 大气科学, 2002, 26(3): 387-393.
- [11] 罗 勇. 国家气候中心大气环流模式基本原理和使用说明—陆面过程 [M]. 北京: 气象出版社, 2001: 99-132.
- [12] 孙淑芬, 金继明, 吴国雄. 用于 GCM 耦合的积雪模型的设计 [J]. 气象学报, 1999 57(3): 293-300.
- [13] Dickinson R E. The Force-Restore Model for surface temperature and its generalizations[J]. J Climate, 1988 1(10): 1 086-1 097.
- [14] Deardorff J W. A parameterization of ground-surface moisture content for use in atmospheric prediction models[J]. J Appl Meteorol 1977, 16(11): 1 182-1 185.
- [15] Hillel D. Soil and Water Physical Principles and Process[M]. New York: Academic Press 1971: 79-126.
- [16] Matthews E. Global vegetation and land use: New high-resolution data bases for climate studies[J]. J Climate Appl Meteorol 1983 22(3): 474-487.
- [17] Matthews E. Prescription of land-surface boundary conditions in GISS GCM and vegetation, land-use and seasonal albedo data sets: documentation of archived data tape[R]. NASA Technical Memorandum 86096 and 86107, NASA, Goddard Institute for Space Studies, New York, NY, 1984: 20, 9.
- [18] Wilson M F. The Construction and Use of Land Surface Information in a General Circulation Climate Model[D]. United Kingdom: University of Liverpool 1984: 346.
- [19] Verseghy D L. Class-a Canadian land surface scheme for GCM S 1 soil model. Interim[J]. J Climate 1991, 11(8): 111-133.
- [20] 周文艳. 陆面过程研究及陆面模式 OFFLINE(独立)试验 [D]. 南京: 南京信息工程大学大气科学系, 2004: 10-25.
- [21] 孙淑芬, 金继明. 陆面过程模式研究中的几个问题 [J]. 应用气象学报, 1997 8(增刊): 50-57.

A Modified BATS and Its Offline Experiments

ZHOU Wen-yan¹, LUO Yong², GUO Pin-wen¹

(1. Department of Atmospheric Sciences, NUST, Nanjing 210044, China

2. Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China)

Abstract By use of single station data in Siberian area and the 1998 GAME/HUBEX IOP data we evaluate a newly modified BATS land surface process model. The results show that the atmospheric forcing of different time intervals gives rise to significant differences in net solar radiation and latent heat in Siberian area. The simulated results for the Huaihe River Basin suggest that the model is able to reasonably simulate the variation trends of land surface characteristic quantities in summer in the semi-humid region of China. Because simulated ground temperature and net solar radiation are lower than the observed, simulated sensible heat and latent heat are also lower than the observed. Further study will be carried out to improve the model simulations by choosing adequate soil and vegetation parameters.

Key words land surface model; Siberia; Huaihe River Valley; Offline experiment