

一个陆面过程参数化模式与 MM5 的耦合*

殷达中** 陈家宜

(北京大学地球物理系, 北京 100871)

摘 要 在法国陆面过程模式的基础上, 为了表示冠层叶片遮挡对水分蒸发阻抗的影响, 在植被覆盖部分引入了遮盖因子, 然后将这个修正的陆面过程参数化模式耦合到 MM5 模式中。耦合后的模式模拟出了因为降水造成土壤湿度变化和植被覆盖动态作用对地面通量的影响, 而原 MM5 模式模拟结果则没有反映上述动态变化对地面通量的作用。原 MM5 模式和耦合模式模拟了 1993 年 8 月 17 日到 20 日以内蒙古半干旱草原为中心的中尺度区域的气象场, 模拟结果和 IMGRASS 预观测资料进行了对比, 对比说明新的陆面过程模式提高了 MM5 模式对地面通量和边界层各物理量(风、温、湿)的模拟精度。

关键词: MM5 模拟系统; 陆面过程参数化模式; 地面能量通量; 边界层廓线

1 引言

陆面与大气间的水分、感热和动量交换对三维大气问题数值模拟的影响已逐渐为人们所认识, 由陆面空间差异造成的环流引起的通量输送可达到湍流输送同样的量级^[1]。近年来陆面过程的模拟已由简单的参数化方法^[2]发展为对植被蒸散、土壤中水分运动等进行较详细模拟的生物物理模式^[3]。

美国 MM5 中尺度模式^[4]是目前先进的中尺度模式, 它被广泛应用于实时预报和中尺度气象问题的研究中。但 MM5 中对陆面过程的模拟存在如下缺陷: 不预报地面水分含量, 只是按地表类型(共分 13 种)和季节给定的地表水分饱和率来计算陆面水分通量, 模式不能表示较大降水和干旱造成地表水分条件动态变化对陆面水分能量通量的影响, 同时模式也没有考虑植被覆盖的动态作用, 而地表接收的有效太阳辐射如何分配成感热和潜热通量受植被覆盖和土壤水分含量的影响很大。另外该模式在计算地气水汽通量时仍用 β 指数法^[5], Sato 等^[6]证明这种方法过高估计了较湿润地区的水汽通量。

为了较好地模拟地气间的水分和能量交换, 根据法国 HAPEX-Mobilhy 试验发展的陆面过程模式(NP89)^[7]为基础, 对其作冠层遮盖因子修正, 然后将其耦合到了 MM5 模式中。

1998-11-19 收到, 1998-12-21 收到修改稿

* 国家自然科学基金资助项目 49790020

** 现为中国科学院大气物理研究所大气边界层物理和大气化学国家重点实验室博士后

2 模式

2.1 MM5 大气模式部分

MM5 模式^[4]是最新一代的 NCAR 中尺度模式,它具有多层网格嵌套、非静力平衡动力学和四维同化能力及多项物理功能选择。

本文的模拟中边界层采用高分辨模式 (HIRPBL)^[8],该模式由四种方案组成,它们是:稳定情形, $Ri_B > Ri_C$, Ri_B 和 Ri_C 分别为总体理查森数和临界理查森数;机械湍流情形, $0 \leq Ri_B \leq Ri_C$; 强迫对流情形, $Ri_B < 0$, $|h/L| \leq 1.5$, L 和 h 分别为 Monin-Obukhov 长度和边界层高度;当 $Ri_B < 0$, $|h/L| > 1.5$ 时,模式用自由对流方案。MM5 模式在时间积分过程中按序调用高分辨边界层模式和循环,这样就能既包括边界层物理过程又包括自由大气物理过程。

2.2 修正的法国陆面过程参数化模式

Noilhan 等^[7]建立了一个主要适合中尺度模式的陆面过程模式 (NP89 模式),该模式计算 5 个预报量:地表体含水量 W_g ($m^3 m^{-3}$),它代表 d_1 厚度 (1 cm) 的土壤层的含水量;总体土壤含水量 W_2 ($m^3 m^{-3}$),它对应 d_2 厚度 (1 m) 土壤平均含水量;地表和植被系统的温度 T_r (K) 及其平均温度 T_2 (K),另一个预报量是表面截留水分 W_r ,用以代表植被对降水和露水的截留。

5 个预报方程为

$$\frac{\partial T_r}{\partial t} = C_T (R_n - H - LE) - \frac{2\pi}{\tau} (T_r - T_2), \quad (1)$$

$$\frac{\partial T_2}{\partial t} = \frac{1}{\tau} (T_r - T_2), \quad (2)$$

$$\frac{\partial W_g}{\partial t} = \frac{C_1}{\rho_w d_1} (P_g - E_g) - \frac{C_2}{\tau} (W_g - W_{geq}), \quad 0 \leq W_g \leq W_{sat}, \quad (3)$$

$$\frac{\partial W_2}{\partial t} = \frac{1}{\rho_w d_2} (P_g - E_g - E_u), \quad 0 \leq W_2 \leq W_{sat}, \quad (4)$$

$$\frac{\partial W_r}{\partial t} = f_{veg} P - E_r, \quad 0 \leq W_r \leq W_{r,max}, \quad (5)$$

τ 是一天的时间, ρ_w 是液态水的密度, d_1 指定厚度为 1 cm, P_g 是到达地面的液水通量 (没有被截留的雨水加植被冠面的径流), 根据 Dickinson^[9], $W_{r,max} = hf_{veg} N_f$, $h = 0.2$ mm.

$$C_T = 1 / \left(\frac{1 - f_{veg}}{C_G} + \frac{f_{veg}}{C_V} \right) \frac{C_G}{1 - f_{veg}}, \quad (6)$$

$$C_G = C_{Gsat} \left(\frac{W_{sat}}{W_2} \right)^{b/2(\ln 10)}, \quad (7)$$

$$C_1 = C_{1sat} \left(\frac{W_{sat}}{W_g} \right)^{b/2+1}, \quad (8)$$

$$C_2 = C_{2\text{ref}} \left(\frac{W_2}{W_{\text{sat}} - W_2 + W_f} \right), \tag{9}$$

$$\frac{W_{\text{geq}}}{W_{\text{sat}}} = \frac{W_2}{W_{\text{sat}}} - a \left(\frac{W_2}{W_{\text{sat}}} \right)^p \left(1 - \frac{W_2}{W_{\text{sat}}} \right)^{8p}. \tag{10}$$

NP89 要输入的参数见表 1。

表 1 NP89 需要的输入参数

原始参数	二级参数	符号	单位
主导土壤类型	土壤饱和容积含水量	W_{sat}	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
	土壤枯萎容积含水量	W_{wilt}	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
	曲线斜率	B	
	土壤饱和热系数	C_{Gsat}	$\text{K m}^2 \text{J}^{-1}$
	饱和时的 C_1	$C_{1\text{sat}}$	
	$W_2 = 0.5W_{\text{sat}}$ 时的 C_2	$C_{2\text{ref}}$	
	W_{geq} 的计算系数	a, p	
土壤活动层深度	土壤深度	d_2	m
主导植被类型	植被占的份额	f_{veg}	
	最小阻抗	R_{smin}	s m^{-1}
	叶面积指数	N_i	$\text{m}^2 \text{m}^{-2}$
	粗糙度	Z_0	m
反照率	反照率	α	
	比辐射率	ϵ	

上式中的 W_{geq} 为当重力作用与毛细管张力平衡时土壤的表面体含水量。感热通量 (方程(6)中的 $H, \text{W m}^{-2}$) 为

$$H = \rho_a c_p \frac{T_r - T_a}{R_a}. \tag{11}$$

水分通量 (方程(1)中的 $E, \text{g s}^{-1} \text{m}^{-2}$) 由植被冠层中干冠层部分的蒸腾 ($E_{\text{tr}}, \text{g s}^{-1} \text{m}^{-2}$)、湿冠层部分的蒸发 ($E_{\text{r}}, \text{g s}^{-1} \text{m}^{-2}$)、地表土壤直接蒸发 ($E_{\text{g}}, \text{g s}^{-1} \text{m}^{-2}$) 组成。

$$E_{\text{tr}} = \rho_a f_{\text{veg}} (1 - \delta) \frac{q_{\text{sat}}(T_s) - q_a}{R_a + R_s}, \tag{12}$$

$$E_{\text{r}} = \rho_a f_{\text{veg}} \delta \frac{q_{\text{sat}}(T_s) - q_a}{R_a}, \tag{13}$$

$$E_{\text{g}} = \rho_a (1 - f_{\text{veg}}) \frac{Hu q_{\text{sat}}(T_s) - q_a}{R_a}, \tag{14}$$

$$Hu = \begin{cases} 0.5 \times [1 - \cos(\pi W_g / W_{\text{fc}})], & W_g < W_{\text{fc}}, \\ 1, & W_g \geq W_{\text{fc}}, \end{cases} \tag{15}$$

$$\delta = \left(\frac{W_r}{W_{\text{r,max}}} \right)^{2/3}, \tag{16}$$

其中, ρ_a 、 q_a 、 T_a 分别为模式低层大气 (参考层大气) 的密度 (kg m^{-3})、比湿 (g kg^{-1}) 和温度 (K), R_a 为空气动力学阻抗 (s m^{-1}), R_s 是冠层表面阻抗 (s m^{-1}), δ 是冠层占整个冠层的份额, q_{sat} 是表面在温度 T_s 时的饱和比湿 (g/kg), W_{fc} 是田间持水量 ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)。

R_s 由土壤水汽状况和近地层大气因子来确定:

$$R_s = \frac{R_{s,\min}}{N_f} F_1 F_2^{-1} F_3^{-1} F_4^{-4} F_5, \quad (17)$$

其中, F_1 、 F_2 、 F_3 和 F_4 分别表示光合有效辐射、土壤水汽条件、环境大气水汽压亏缺和环境温度对 R_s 的影响。其中 F_5 是我们为了表示冠层内部叶片的互相遮盖对冠层表面阻抗和冠层水汽蒸腾的影响引入的遮盖因子, 遮盖因子和叶面积指数有关。

$$F_5 = M_{\max} (0.3 \times N_f + 0.7, 1). \quad (18)$$

3 修正的法国陆面过程参数化模式与 MM5 的耦合

陆面过程模式与高分辨率边界层模式通过地表和大气间的热量、水分和动量通量相联系。陆面过程被边界层的最低层物理量驱动, 这些物理量包括: 向下的长波和短波辐射, 最低 σ 层的温度、风速、气压和比湿, 地表降水量。陆面则反馈感热通量、潜热通量及地表摩擦和地表温度调制大气边界层。

感热通量和水分通量如方程 (11) 和 (12)、(13)、(14) ($E = E_{\text{tr}} + E_{\text{r}} + E_{\text{g}}$)。方程 (1) 中的净辐射用 MM5 的辐射方案^[4]计算, 它考虑了云对辐射的影响。

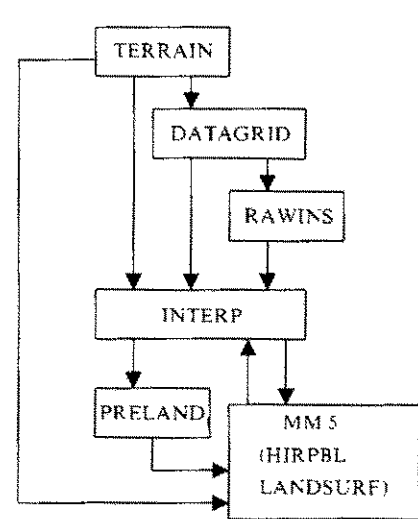


图1 PRELAND 和 LANDSURF 在 MM5 模拟系统中的位置

MM5 模式预处理 (包括 TERRAIN、DATAGRID、RAWINS、INTERP) 将模式模拟区域按 13 种土地利用分类给定各网格地表类型, 然后对应这 13 种地表类型给出一系列地表参数^[4]。为了得到修正的法国陆面过程模式需要的输入参数, 在 MM5 预处理之后加入 PRELAND 部分 (见图 1)。PRELAND 部分的功能是用 MM5 系统初始化所得信息和实测资料来获取修正的 NP89 (LANDSURF) 所需的输入参数。如表 1 所示, 陆面过程模式的原始参数主要是土壤类型和植被类型。这里依据 BATS^[10,11]、Giorgi^[12] 和潘林林^[13] 的研究来确定模式网格陆面的土壤和植被参数。对应 MM5 中的 13 种土地利用类型给出表 2 所示的土壤类型。对应各类土壤依据 Clapp^[14] 的研究得到土壤参数。

对应 13 种土地利用类型的植被参数由方程 (19)、(20) 计算得到, 方程中的参数见表 3。

表 2 13 种土地利用对应的土壤类别

土地利用类型		土壤类型	
代号	名称	代号	名称
1	城市	6	砂质粘沃土
2	农业区	5	沃土
3	牧场草原	2	泥沙沃土
4	落叶林	6	砂质粘沃土
5	针叶林	5	沃土
6	杂林和湿地	5	沃土
7	水域	0	水或冰
8	沼泽和湿地	5	沃土
9	沙漠	3	多沙沃土
10	苔原冻土	5	沃土
11	永冻层	0	水或冰
12	热带副热带森林	7	淤泥粘沃土
13	热带草原	5	沃土

表 3 对应土地利用的植被参数

土地利用类别	$N_{f,max}$	$N_{f,min}$	f_{vegmax}	d_f	$R_{s,min}$ (s m ⁻¹)
1	4	1	0.80	0.3	150
2	3	0.01	0.95	0.6	50
3	2.4	0.5	0.90	0.1	60
4	6	1	0.90	0.3	150
5	7	5	0.90	0.1	200
6	6	3	0.90	0.2	150
7	0	0	0	0	1
8	3	0.5	0.80	0.4	60
9	1	0.5	0.10	0.1	300
10	1	0.5	0.60	0.2	200
11	0	0	0	0	1
12	6	5	0.95	0.5	100
13	4	0.5	0.90	0.3	60

叶面积指数 N_f 由下式计算:

$$N_f = F_{f,min} + [1 - 0.0016(298 - T_2)^2]K(N_{f,max} - N_{f,min}). \tag{19}$$

植被覆盖率 f_{veg} 由下式计算:

$$\begin{cases} f_{veg} = f_{vegmax}, & T_2 > 298.0, \\ f_{veg} = f_{vegmax} - d_f, & T_2 < 273.0, \\ f_{veg} = f_{vegmax} - \{1 - [1 - 0.0016 \times (298 - T_2)^2]\} \times d_f, & 273.0 \leq T_2 \leq 298.0. \end{cases} \tag{20}$$

W_2 和 W_g 的初值在无实测资料时用下式计算:

$$W_2 = W_g = W_{wilt} + (W_{fc} - W_{wilt}) \times \text{水分饱和率}, \tag{21}$$

如有实测资料则用实测值。

方程 (1) ~ (5) 是一组常微分方程组, 用 Crank-Nicholson 格式求它的数值解, 该格式是稳定的, 差分时间步长同边界层模式。MM5 模式的时间步长等于三倍以

公里为单位的网格长度秒, 边界层模式部分则根据地面感热和潜热通量大小和边界层高度的大小再将主模式每一时步细分为两步以上。

4 模拟试验和结果分析

为了比较耦合了修正法国陆面过程模式的 MM5 模拟系统(耦合模式)和原模拟系统(原模式)的模拟性能, 将两模式所模拟的同一时段的地面通量及边界层廓线和实测值进行了比较。模拟试验时段选择在 IMGRASS 预观测^[13]即 1993 年 8 月内蒙古草原生长季后期的一次大气边界层观测期间的 8 月 17 日 20 时(北京时间, 下同)至 8 月 20 日 08 时。

这次观测实验地点在内蒙古自治区锡林郭勒盟阿巴哈纳尔旗白音锡勒牧场($43^{\circ}38'N$, $116^{\circ}42'E$), 属半干旱草原气候区。观测地点周围为平坦的草地, 这次观测取得的资料包括用系留气球测得的风、温度和湿度廓线, 超声风速仪和铂丝温度仪测得的 3.37 m 的湍流量, 辐射表测得的地表净辐射, 土壤热通量板测得的土壤热通量和热敏电阻测得的 5 个深度的土壤温度。感热通量由超声风速仪和铂丝温度仪观测资料计算, 潜热通量则由感热通量、净辐射和土壤热通量推算。

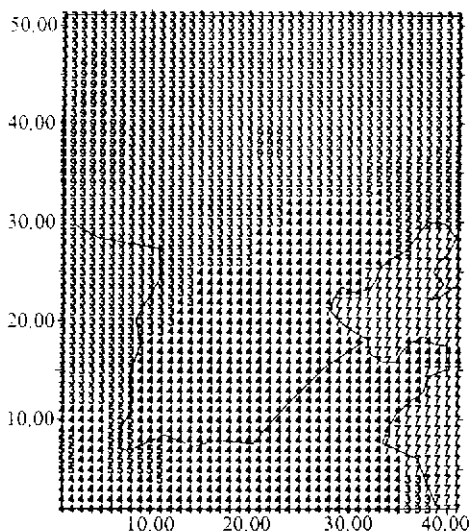


图 2 模式模拟区域各网格的土地利用类型分布
坐标轴数字为网格数, 图中数字为土地利用类型

从地面天气图可知模式试验期间的 8 月 17 日 14 时地面观测实验区为锋后高压控制, 实验区域有降水, 蒙古国有一冷锋正缓慢东移; 18 日以后天气图上实验区的降水区消失, 此后冷锋的移动速度变得更慢, 实验区或为高压控制或高压中心后; 到 19 日 14 时地面天气图上的呼和浩特以东出现小块降水, 这块降水区离实验区很近。高空 700 hPa 天气图在该时段大体是低压控制, 该地区有一槽线。

模式试验的初始场气象资料为 NCEP/NCAR 再分析等压面资料, 资料分辨率为 2.5° , SST 分辨率为 1° 。模拟网格距为 30 km, 水平网格点为 41×51 , 网格中心点在 ($40^{\circ}N$, $115^{\circ}E$) (图 2)。垂直

方向分 27 层, 在离地 1600 m 以下有 11 个半 σ 层位面的模式输出, 模式顶为 100 hPa 等压面。位于白音锡勒牧场的观测点的网格坐标为 (25.41, 39.07), 土地利用类型为 3, 是牧场草原。模式用简单冰相显式水汽、Grell 积云对流参数化和云辐射方案。

图 3 所示为观测点各地面通量模拟值和实测值的比较, 图中 (a) 和 (b) 比较可见耦合模式模拟的各种地面通量和实测通量很接近, 各通量的最大值出现时刻均在中午 12 点左右。耦合模式模拟的最大净辐射通量和实测值相当, 最大潜热通量比实测值稍小, 最大感热通量比实测值稍大, 土壤热通量和实测值接近。原模式的模拟地面能量通

量值和实测值差别较大, 最突出的问题是中午前后模式模拟的感热通量比潜热通量大, 而相同时间的实测感热通量却比潜热通量小。模式模拟和天气图分析表明, 模式模拟时段初期和中期, 观测试验点区域有降水, 原 MM5 陆面过程参数化不计算土壤含水量随时间的变化, 只按土地利用和季节给定的土壤水分含量计算地面各能量通量, 不能表示由于降水引起的土壤水分条件变化及由此产生的地面通量的变化, 而耦合模式的修正 NP89 显式计算两个土壤含水量的变化, 同时考虑降水和蒸发引起的土壤含水量改变、植被对降水的截获、夜间的结露及植被对地面各通量的影响, 所以该陆面过程模式更客观, 模式模拟地面通量更接近实测值。此外, 原模式的陆面参数化没有考虑植被动态作用对地面通量的影响也是造成误差原因之一。

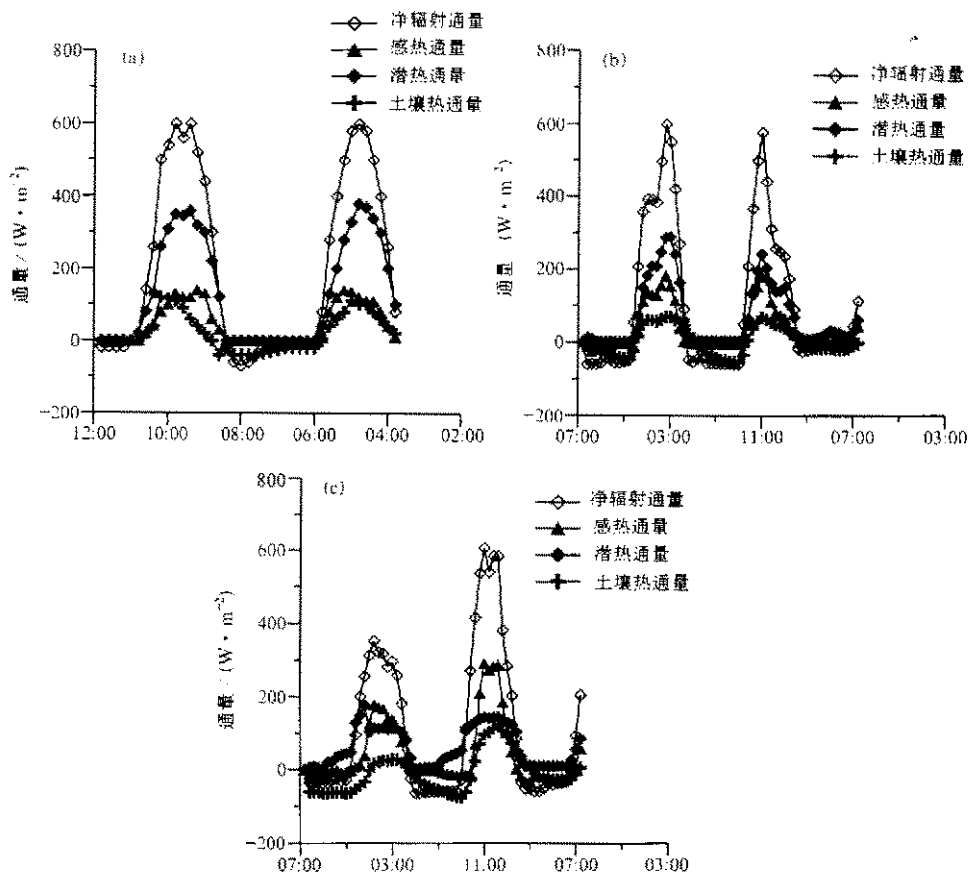


图3 模式模拟的地面通量和实测的地面通量
(a) 实测通量; (b) 耦合模式模拟值; (c) 原模式模拟值

图4中可见实测的位温廓线的变化很有规律, 06点400 m以下逆温明显; 08点在紧贴地面处出现不稳定层结; 10点离地约100 m以下出现不稳定层结, 100 m以上的稳定层结也减弱; 在19点边界层低部出现浅薄的逆温层, 该层以上是白天对流边界层的残留层; 23点则逆温层的厚度增加, 逆温强度也增加, 说明位温廓线的演变符合中纬度陆地的一般规律。图中耦合模式和原模式模拟的位温廓线的时间演变规律和实测

廓线一样, 但前者模拟值与后者模拟值比较在位温值和位温随高度变化规律两方面和实测值吻合得更好。

图 5 中的实测比湿廓线一般随高度增加湿度值减小, 19 点在 100 m 以下湿度随高

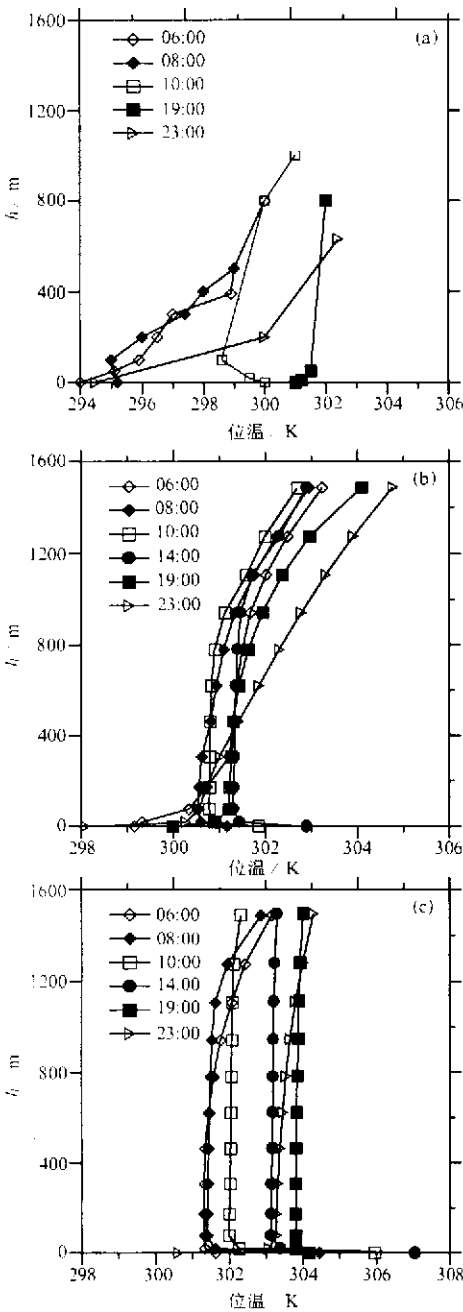


图 4 1993 年 8 月 18 日位温的实测廓线及模拟廓线
(a) 实测廓线; (b) 耦合模式模拟值;
(c) 原模式模拟值

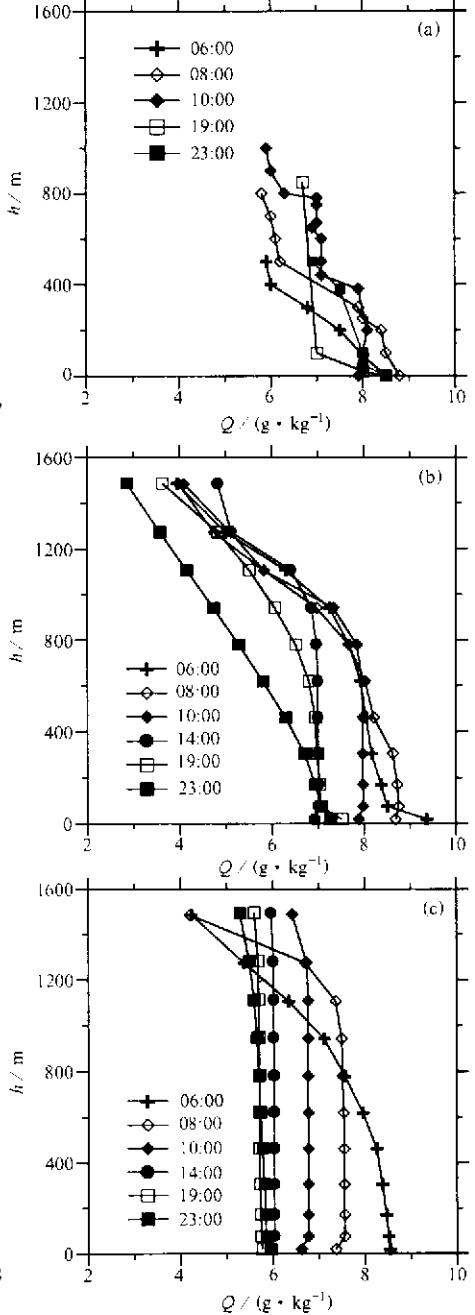


图 5 1993 年 8 月 18 日湿度的实测廓线及模拟廓线
说明同图 4

度减小而 100 m 以上为等湿度, 这与温度廓线类似, 100 m 以上是白天对流混合均匀层的残留。同样耦合模式和原模式模拟的比湿廓线比较在比湿值及比湿随高度变化规律两方面和实测值更一致。

耦合模式对 19 日位温和比湿廓线和 18、19 日风廓线的模拟精度也比原模式有提高。

5 结论

(1) 本文将修正的法国陆面过程模式和 MM5 进行了耦合。在 1993 年 8 月 18 日至 19 日的耦合模拟试验表明耦合模式再现了部分观测事实, 模拟水平比原模式有提高。耦合模式对边界层物理量模拟的改进程度从大到小依次为湿度、温度和风场。而模式试验并未为了和该观测点对比做任何特别的处理, 所以这里的模式模拟对比虽然对一个观测点, 但也具有一定的普遍性。模式试验和现场观测的结果证明用这个陆面过程模式和 MM5 耦合后可更好地模拟地面各通量和边界层的物理量, 也说明陆面过程模式对边界层模拟及与边界层模拟相关的污染物扩散输送和大气化学过程模拟的影响明显。而对边界层和地面通量模拟的不同将会影响到对更高层的物理量和天气过程的模拟。

(2) 模拟试验说明陆面过程模式对土壤含水量的初值要求较高, 而耦合的陆面过程模式用经验方法给定这一量, 如何给出更客观的土壤含水量是模式有待改进的地方。另外, 如果能对陆面土地利用类型及相应的土壤类型和参数及对应植被参数进行大范围的检验, 将会进一步改进模式功能。

致谢: 美国北卡超级计算中心的 Aijun Xiu 博士给予了很大的帮助; 感谢国家气象中心、沈阳区域气象中心研究所为本文完成提供计算机使用的方便。

参 考 文 献

- 1 Pielke, R. A., G. A. Dalu, J. S. Snook, T. J. Lee and T. G. F. Kittel, Nonlinear influence of mesoscale land use on weather and climate, *J. Climate*, 1991, **4**, 1053~1069.
- 2 Manabe, S., Climate and the ocean circulation: I, The atmospheric circulation and the hydrology of the Earth's surface, *Mon. Wea. Rev.*, 1969, **97**, 739~805.
- 3 Sellers, P. J., Y. Mintz, Y. C. Sud and A. Dalcher, A simple biosphere (SiB) for use within general circulation models, *J. Atmos. Sci.*, 1986, **43**, 505~531.
- 4 Grell, G. A., J. Dudhia and D. R. Stauffer, A description of the fifth-generation Penn State / NCAR Mesoscale Model (MM5), NCAR Technical Note, NCAR / TN-398+STR, 1993, 117pp.
- 5 Budyko, M. I., *Heat Balance of the Earth's Surface*, Gidrometeoizdat, 1956, 255pp. (in Russian)
- 6 Sato, N., P. J. Sellers, D. A. Randall, E. K. Schneider, J. Shukla, J. L. Kinter III, Y. Y. Hou and E. Albertazzi, Effects of implementing the simple Biosphere Model (SiB) in a general circulation model, *J. Atmos. Sci.*, 1989, **46**, 2757~2782.
- 7 Neillhan, J. and S. Planton, A simple parameterization of land surface processes for meteorological models, *Mon. Wea. Rev.*, 1989, **117**, 536~549.
- 8 Zhang, D.-L. and R. A. Anthes, A high-resolution model of the planetary boundary layer—sensitivity tests and comparisons with SESAME-79 data, *J. Appl. Meteor.*, 1982, **21**, 1594~1609.
- 9 Dickinson, R. E., Modeling evapotranspiration for three-dimensional global climate models, in: *Climate Pro-*

cesses and Climate Sensitivity, J. E. Hanson and T. Takahashi (Eds.), Geophysical Monograph 29, Maurice Ewing Volume 5, Amer. Geophys. Union, 1984, 58~72.

- 10 Dickinson, R. E., A. Henderson-Sellers, P. J. Kennedy and M. F. Wilson, Biosphere-Atmosphere Transfer Scheme(BATS)for the NCAR Community Climate model, Tech. Note TN275+STR, 1986, 69pp.
- 11 Dickinson, R. E., A. Henderson-Sellers and P. J. Kennedy, Biosphere-Atmosphere Transfer Scheme(BATS) Version 1c as coupled to the NCAR Community Climate Model, NCAR Tech Note NCAR / Tn-387+STR, 1993, 80pp.
- 12 Giorgi, F. and G. T. Bates, The climatological skill of a regional model over complex terrain, *Mon. Wea. Rev.*, 1989, **117**(11), 2325~2347.
- 13 潘林林等, 一个地气耦合模式及其在内蒙古草原的应用, *大气科学*, 1996, **20**(3), 367~376.
- 14 Clapp, R. B. and G. M. Hornberger, Empirical equations for some soil hydraulic properties, *Water Resour. Res.*, 1978, **14**, 601~604.

Development and Coupling a Land Surface Parameterization in MM5

Yin Dazhong and Chen Jiayi

(Department of Geophysics, Peking University, Beijing 100871)

Abstract The French land surface parameterization model for land-surface processes is modified first by using a cover factor to take account of the shelter effect of the vegetation canopy on the canopy resistance, and then, the simple land surface parameterization of MM5 model is replaced by this developed scheme. The results of the coupled MM5 and NP89 and the old version of MM5 modeling experiment are compared with the testing field data of IMGRASS in August 1993. The coupled MM5 well simulated the surface energy flux change due to the alteration of soil moisture status caused by the precipitation and the vegetation effect. Simulated planetary boundary layer humidity profile, temperature profile and wind profile also are better agreement with the measurements than the results of old version of MM5.

Key words: MM5 modeling system; land surface parameterization model; surface energy flux; planetary boundary layer profile