

标量粗糙度对地气交换的影响*

任军芳** 苏炳凯 赵 鸣

(南京大学大气科学系, 南京 210093)

摘 要 为提高地-气间感热和潜热通量的精度, 利用 Garratt 的公式将标量粗糙度 Z_{0T} 和 Z_{0q} 引入 BATS, 对六种不同的植被作对比试验。结果表明: 标量粗糙度 Z_{0T} 和 Z_{0q} 均远远小于动量粗糙度 Z_0 , 约相差 3~10 个数量级不等。晴天状况下, 农作物区 Z_0 / Z_{0T} 最小, 约 10^3 , 阔叶林最大, 达 10^{10} ; 雨天状况下, 各种植被间标量粗糙度的差异减小了。计算的地表温度、感热通量、潜热通量较原 BATS 的更为合理。

关键词 动量粗糙度 温度粗糙度 水汽粗糙度 感热通量 潜热通量

1 引言

下垫面与大气之间的动量、热量、以及水汽的交换是大气环流中的一类重要的源和汇, 也是气候系统中海-气、地-气之间相互耦合的条件。陆面上不同下垫面(主要是土壤、植被类型的差别)与大气间的物理量的交换是不同的, 从而形成了不同的天气和气候现象, 是一个比较复杂的过程。因而研究和探讨发生在陆地表面的各种过程与不同时间尺度天气气候变化间的相互作用和影响是非常重要的。迄今为止, 已设计出了基于不同复杂程度的各种陆面参数化方案, 如用于全球气候模式的生物-大气交换方案 BATS^[1], 简单生物模式 SiB2^[2], 大气-植被-土壤模式及初步试验^[3], 一个引入近地层的土壤-植被-大气相互作用模式 SVA^[4]等。

这些方案中尚未考虑温度、水汽、动量的相应的不同粗糙度的影响, 实际上表示动量的粗糙度 Z_0 与温度粗糙度 Z_{0T} 、水汽粗糙度 Z_{0q} 是有很不同的^[5], Z_0 表示平均风速为零的高度, 即此高度处风速与地面风速相同, 与此类似, Z_{0T} 表示空气温度与地面温度相同的高度, Z_{0q} 表示空气比湿与地面比湿相同的高度。这三种粗糙高度相互关联且与风速有关, 在描述其经验公式中, Garratt^[5]给出的公式是较符合实际的。如果设 $Z_0 = Z_{0h} = Z_{0q}$ 可能会引起地面温度和地面湿度的计算产生较大误差^[6], 进而必将影响近地面不同物理量的交换。

在贴近地面时, 温度和湿度的变化将会非常大, 且这些变化直接与动力学粗糙高度(Z_0)与热力学粗糙高度(Z_{0T})的比值有关。

引进标量粗糙度, 特别是 Z_0 / Z_{0T} 的值, 可被用于利用卫星遥感测得的地球表面温度计算表面通量的方法中^[7]。对于气候模式模拟表层温度的效果以及对土壤含水量的

1997-08-26 收到, 1998-01-19 收到修改稿

* “九五”攀登预选项目“我国未来生存环境变化趋势的预测研究”和“九五”攻关项目 96-908 联合资助

** 现在山东济南轻工学院工作

反演也都是很重要的。尤其是 Beljaars 和 Viterbo 研究表明 Z_0 / Z_{0T} 的值对于模拟陆面通量是非常重要的^[8]。Blyth 和 Doiman 的工作显示 Z_{0T} 的值依赖于植被覆盖率和其他一些环境条件^[9]。

利用各种方法将受粘性作用影响的标量粗糙度统一到近地层的 Monin-Obukhov 相似理论中。它们包括: (1) 给出一个新的直接是地表温度的函数的稳定度函数; (2) 假定一个与界面层有关的通量梯度, 或者说, 给出一个 Z_0 / Z_{0T} 和其他表面物理量的关系; (3) 加一个额外的表面阻力项。文中将在 BATS 中加入一个对于包含裸露土壤和植被表面上通量计算的统一的修正方案。

2 标量粗糙度 Z_{0T} 和 Z_{0q}

根据 Monin-Obukhov 相似理论, 近地层内风廓线可表示为^[10]

$$u(z) = \frac{u_*}{k} \left[\ln\left(\frac{z}{z_0}\right) - \Psi_m\left(\frac{z}{L}\right) \right], \quad (1)$$

式中, $u(z)$ 为 z 高度上的全风速; u_* 为摩擦速度; k 为卡曼常数, 取 0.40; Z_0 为动力学粗糙度, 即风速为零的高度, 它可由实际观测决定, 一定的下垫面相应于一定的动力学粗糙度值; Ψ_m 为动量稳定度函数; L 为 M-O 长度, $L = \theta u_*^2 / kg\theta_*$ 。

相似地, 近地层中温度梯度可表示为

$$\theta(z) - \theta(z_0) = \frac{\theta_*}{k} \left[\ln\left(\frac{z}{z_0}\right) - \Psi_h\left(\frac{z}{L}\right) \right], \quad (2)$$

其中 θ_* 为特征温度, $\theta(z)$ 为 z 高度处大气的温度, $\theta(z_0)$ 为 z_0 高度处大气温度, Ψ_h 为热量稳定度函数。将 z_0 用热力学粗糙高度 z_{0T} (即气温与地温相等的高度) 代替, 则 $\theta(z_0)$ 应为地表温度 θ_g , 由此得到下式:

$$\theta(z) - \theta_g = \frac{\theta_*}{k} \left[\ln\left(\frac{z}{z_{0T}}\right) - \Psi_h\left(\frac{z}{L}\right) \right]. \quad (3)$$

z_{0T} 的引入完全是为了使地表温度能直接应用于方程(2), 将方程(2)与(3)合并, 得

$$\theta(z_0) - \theta_g = \frac{\theta_*}{k} \ln\left(\frac{z_0}{z_{0T}}\right). \quad (4)$$

在厚度为粗糙度的界面层中, 分子运动引起的输送将大于湍流运动引起的输送, 成为热量和水汽输送的主要机制。

引入动量拖曳系数 $C_D = k^2 / [\ln(z/z_0) - \Psi_m(z/L)]^2$, 则方程(1)可改写为

$$u_*^2 = C_D u^2. \quad (5)$$

由总体 Richardson 数 $Ri_b = [gz(\theta - \theta_g)] / \theta u^2$ 可知 C_D 为 z/z_0 和 Ri_b 的函数, 即 $u_*^2 = C_D(z/z_0, Ri_b) u^2$ 。类似地, 引入热量拖曳系数

$$C'_H = k^2 / \left[\ln\left(\frac{z}{z_0}\right) - \Psi_m\left(\frac{z}{L}\right) \right] \left[\ln\left(\frac{z}{z_{0T}}\right) - \Psi_h\left(\frac{z}{L}\right) \right]. \quad (6)$$

则感热通量方程可由(1)、(3)可得

$$\theta_* u_* = C'_H \left(\frac{z}{z_0}, \frac{z}{z_{0T}}, Ri_b \right) u (\theta - \theta_g). \quad (7)$$

由方程 (1)、(2) 可得

$$\theta_* u_* = C_H u [(\theta - \theta_{z0})], \quad (8)$$

$$\text{式中 } C_H = k^2 / \left[\ln \left(\frac{z}{z_0} \right) - \Psi_m \left(\frac{z}{L} \right) \right] \left[\ln \left(\frac{z}{z_0} \right) - \Psi_h \left(\frac{z}{L} \right) \right].$$

将 (4) 式代入 (8) 式, 可改写成

$$\theta_* u_* = C_H u (\theta - \theta_g) - \left[\frac{C_H u}{u_* k} \ln \left(\frac{z_0}{z_{0T}} \right) \right] \theta_* u_*, \quad (9)$$

或

$$\theta_* u_* = C_H u (\theta - \theta_g) / (1 + r_T). \quad (10)$$

相应的, 水汽通量可写为

$$q_* u_* = C_H u (q - q_g) / (1 + r_q). \quad (11)$$

(10) 和 (11) 式中的两个参数

$$r_T = \frac{C_H}{C_D^{1/2} k} \ln \left(\frac{z_0}{z_{0T}} \right), \quad r_q = \frac{C_H}{C_D^{1/2} k} \ln \left(\frac{z_0}{z_{0q}} \right). \quad (12)$$

表征将标量粗糙度引入热量和水汽通量的计算, 其中 z_{0q} 意义同 z_{0T} , 只是将温度换成湿度。

3 引入标量粗糙度的 BATS 方案

Dickinson 的生物-大气传输方案 BATS 1c 是修正地表水汽和能量变化为大气环流模式提供边界条件的子模式, 考虑了大气边界层与植被的相互作用、植被与土壤的相互作用、以及土壤内部的相互作用, 可以广泛地描写大气边界层-植被-土壤耦合系统。

BATS 1c 中, 感热和潜热的计算使用相同的拖曳力系数 C_D , 而 C_D 是作为表示成中性拖曳力系数 C_N 的陆地覆盖属性和用 Richardson 数 Ri 表示的大气稳定度为函数来计算的。

为将标量粗糙度引入 BATS 起见, 我们选用 Holtslagm 和 Boville^[11]给出的公式

$$C_D = C_N \left(\frac{z}{z_0} \right) f_D \left(\frac{z}{z_0}, Ri \right), \quad (13)$$

$$C_H = C_N \left(\frac{z}{z_0} \right) f_H \left(\frac{z}{z_0}, Ri \right). \quad (14)$$

中性拖曳力系数 $C_N = k^2 / \ln^2(z/z_0)$, f_D 和 f_H 分别为动力和热力稳定度函数。当 $Ri < 0$ 时, 取

$$f_D = 1 - \frac{10 Ri}{1 + 75 C_N \left(\frac{z}{z_0} |Ri| \right)^{1/2}}, \quad (15)$$

$$f_H = 1 - \frac{15 Ri}{1 + 75 C_N \left(\frac{z}{z_0} |Ri| \right)^{1/2}}. \quad (16)$$

当 $Ri \geq 0$ 时, 取

$$f_D = f_H = \frac{1}{1 + 10 Ri(1 + 8 Ri)}. \quad (17)$$

根据 Garratt^[5]给出的公式, 取

$$\ln \left(\frac{z_0}{z_{0T}} \right) = 2.48 Re^{1/4} - 2, \quad (18)$$

$$\ln \left(\frac{z_0}{z_{0q}} \right) = 2.28 Re^{1/4} - 2, \quad (19)$$

其中 Re 为粗糙度 Reynolds 数, $Re = u_* z_0 / \nu$; ν 为空气运动学粘性系数, $\nu = 1.5 \times 10^{-15} \text{ m}^2/\text{s}$.

4 模式输出的标量粗糙度

为比较标量粗糙度 Z_{0T} 与 Z_{0q} 和动力学粗糙度 Z_0 的差别大小, 利用 1991 年 6 月 12 日实测资料和区域气候模式 RegCM2^[12]进行试验, 输出其 24 h 平均标量粗糙度。现将不同植被类型和晴雨天情况列表如下, 表 1 为 37°N 晴天的结果, 表 2 为 30°N 雨天的结果。

表 1 晴天各类粗糙度及其对比

粗糙度 / m	落叶阔叶林	农作物	大片草地	沙漠区	松柏林地	杂交湿地
Z_0	0.8	0.08	0.05	0.1	1.0	0.8
Z_{0T}	0.45×10^{-10}	0.12×10^{-4}	0.74×10^{-6}	0.19×10^{-5}	0.10×10^{-5}	0.13×10^{-5}
Z_{0q}	0.31×10^{-9}	0.28×10^{-4}	0.19×10^{-5}	0.49×10^{-5}	0.32×10^{-5}	0.41×10^{-5}
Z_0 / Z_{0T}	0.17×10^{11}	0.62×10^4	0.67×10^5	0.51×10^5	0.95×10^6	0.59×10^6
Z_0 / Z_{0q}	0.25×10^{10}	0.28×10^4	0.26×10^5	0.20×10^5	0.30×10^6	0.19×10^6

表 2 雨天各类粗糙度及其对比

粗糙度 / m	落叶阔叶林	农作物	大片草地
Z_0	0.8	0.08	0.05
Z_{0T}	0.63×10^{-7}	0.16×10^{-5}	0.97×10^{-6}
Z_{0q}	0.17×10^{-7}	0.61×10^{-6}	0.34×10^{-6}
Z_0 / Z_{0T}	0.44×10^8	0.12×10^6	0.14×10^6
Z_0 / Z_{0q}	0.12×10^8	0.47×10^5	0.51×10^5

晴天, 取 37°N 处 6 种植被类型, 其中落叶林地取 130°E 、农作物取 117.5°E 、大片草地取 108.5°E 、沙漠区取 111.5°E 、松柏林地取 112.5°E 、杂交湿地取 114°E 处 $60\text{ km} \times 60\text{ km}$ 范围。雨天取 30°N 处 3 种植被类型, 其中落叶林地取 118°E 、农作物为 116°E 、草地为 119°E 处 $60\text{ km} \times 60\text{ km}$ 范围。

从表 1 中可看出, Z_{0T} 与 Z_{0q} 远远小于 Z_0 , 甚至对于落叶阔叶林 Z_0 / Z_{0T} 可达到 10^{10} 倍, 差异相对较小的农作物区也达到 10^3 倍, 可见 Z_{0T} 与 Z_{0q} 的引入是很有必要的, 它不能用 Z_0 近似代替。另外表 1 还反映出对于不同的植被类型是不同的, 这与 Blyth 和 Doiman^[9]得出的 Z_{0T} 依赖于植被覆盖率的结论相一致。

另一方面 Z_0 / Z_{0T} 的值在不同天气状况下也有显著不同, 表 1 和表 2 中同种植被类型在晴天和雨天状况下的对比可看出, 雨天各种植被间差异减小, 特别是落叶阔叶林, 这是雨天各种植被上地面温度、湿度差异减小所致。因为晴天由于不同植被上反射率、蒸发作用等差异较大而使得近地面风速和温、湿度也有较大差异, 雨天太阳辐射减弱, 空气湿度很大, 所以不同植被间温、湿差异减小, 从而 Z_0 / Z_{0T} 的值趋于接近。

由公式 (18) 可算得表 3, 给定不同的特征速度 u_* 和动力学粗糙度 Z_0 , 可见 Z_{0T} 的值在合理的 u_* 变化范围内与模式输出的一致。

表 3 不同动力学粗糙度和特征速度下的标量粗糙度 Z_{0T}

单位: m

u_*	Z_0				
	0.05	0.08	0.1	0.8	1.0
0.05	0.49×10^{-4}	0.26×10^{-4}	0.18×10^{-4}	0.10×10^{-5}	0.48×10^{-7}
0.1	0.92×10^{-5}	0.39×10^{-5}	0.24×10^{-5}	0.36×10^{-6}	0.13×10^{-8}
0.5	0.48×10^{-7}	0.10×10^{-7}	0.48×10^{-8}	0.10×10^{-12}	0.20×10^{-13}

5 有、无标量粗糙度的 BATS 方案的对比试验

利用方案 A 表示只有动力学粗糙度的 BATS 方案, 用方案 B 表示引入标量粗糙度的 BATS 方案, 并用区域气候模式和 1991 年 6 月 12 日的实测资料来运行模式, 分别用方案 A、B 各自模拟积分一天。以下就不同近地层参数和不同植被类型分析比较方案 A 和方案 B 的模拟结果。

5.1 地表温度

地表温度是陆面过程参数化中至关重要的物理量, 方案 B 较之方案 A 对地表温度的模拟有明显改善, 模拟的温度日较差显著下降, 对于不同的下垫面类型, 降低的幅度有所不同。

我们给出 37°N 处几种不同植被类型情况下地表温度日变化曲线图 (见图 1), 其中横坐标表示时间 (本文中时间均为世界时), 纵坐标温度为摄氏温度, 虚线表示方案 A 模拟结果, 实线为方案 B 模拟结果。

由图 1 可见, 方案 A 模拟的地表温度日较差普遍偏大了, 尤其是草地上地表温度日变化为 $16 \sim 47^{\circ}\text{C}$, 而同样晴天状况下沙漠上为 $17 \sim 43^{\circ}\text{C}$, 草地上地表温度日变化太大了, 这明显不合理。引入标量粗糙度的方案 B 模拟情况为草地上 $16 \sim 32^{\circ}\text{C}$, 沙漠上

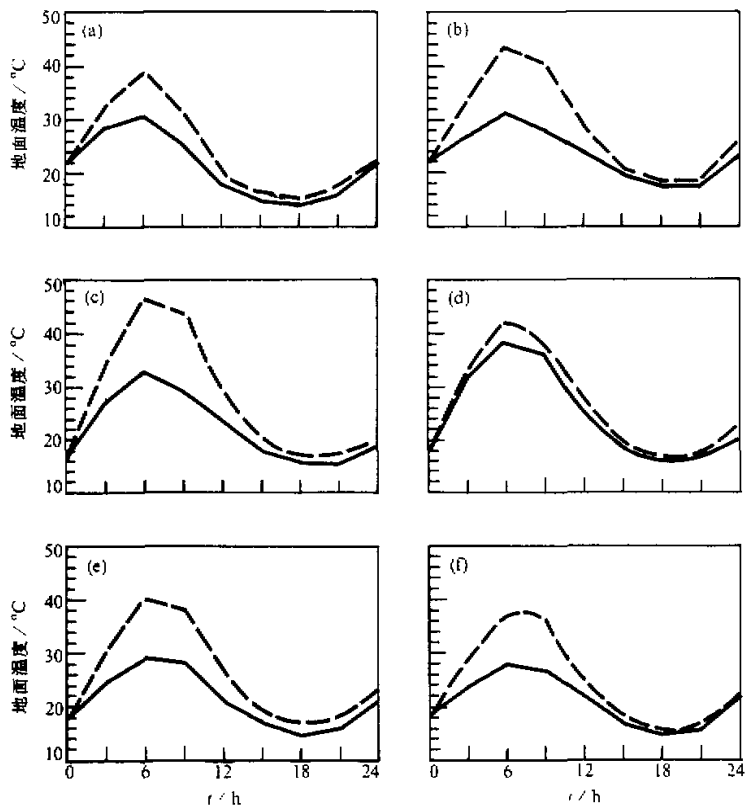


图1 晴天不同下垫面温度日变化 虚线表示方案A, 实线表示方案B
(a) 落叶阔叶林; (b) 农作物; (c) 大片草地; (d) 沙漠区; (e) 松柏林地; (f) 杂交湿地

17~38°C, 显然有改进。另外, 从图1还可看出: 有植被覆盖的地表, 考虑标量粗糙度后对地表温度的影响比裸地要大。对于雨天情况, 两个方案模拟的地表温度日变化均很小, 但B方案比A方案模拟结果平均偏低5°C, 见图2。

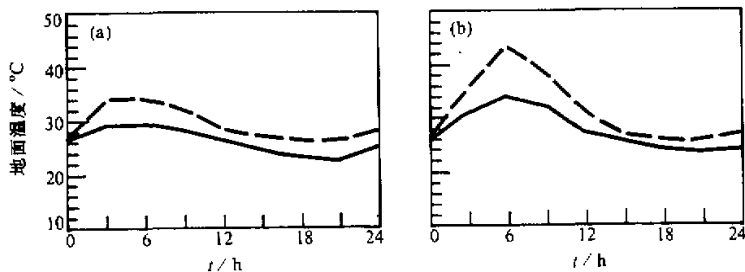


图2 雨天不同下垫面温度日变化 (a) 落叶阔叶林; (b) 草地
虚线表示方案A, 实线表示方案B

5.2 比湿

地表空气的比湿影响着潜热通量的大小, 方案 A 和方案 B 在比湿方面的差异与地表温度的差异相似, 温度的降低使得蒸发减弱, 从而比湿也减小。

5.3 潜热通量与感热通量

地表温度的下降会使得地面向近地层大气的感热输送减弱, 比湿的减小又直接影响潜热通量, 但通量的变化是很复杂的, 并不是简单依赖于地表温度。表 4 给出了晴天状况下方案 A 与方案 B 模拟的 24 h 累积的潜热通量和感热通量以及改变百分比, 从中可以看出以下几点: (1) B 方案中植被覆盖区潜热通量大于感热通量, 沙漠区相反, 这与实际相符; (2) 对于沙漠、农作物、湿地、针叶林四种植被类型, 加入标量粗糙度后, 感热通量与潜热通量均有所减小; (3) 对于落叶阔叶林, 考虑标量粗糙度后潜热通量增大; (4) 草地也较特殊, 与落叶阔叶林不同, 它是加入标量粗糙度后感热通量增大;

表 4 不同下垫面 24 h 累积通量对比

下垫面类型	感热通量 / (kW / m^2)		B-A 改变率	潜热通量 / (kW / m^2)		B-A 改变率
	方案 A	方案 B	百分比	方案 A	方案 B	百分比
落叶阔叶林	786.7	508.8	-35.32	916.5	1119	22.04
农作物区	-12.51	-34.35	-174.6	530.3	458.8	-13.48
大片草地	57.44	101.7	77.05	180.9	117.8	-34.88
沙漠区	-45.56	-62.24	-36.61	95.05	-71.55	-175.3
松柏林地	13.94	-122.3	-977	393	245.2	-37.61
杂交湿地	-34.0	-133.6	-292.9	402.5	358.8	-10.87

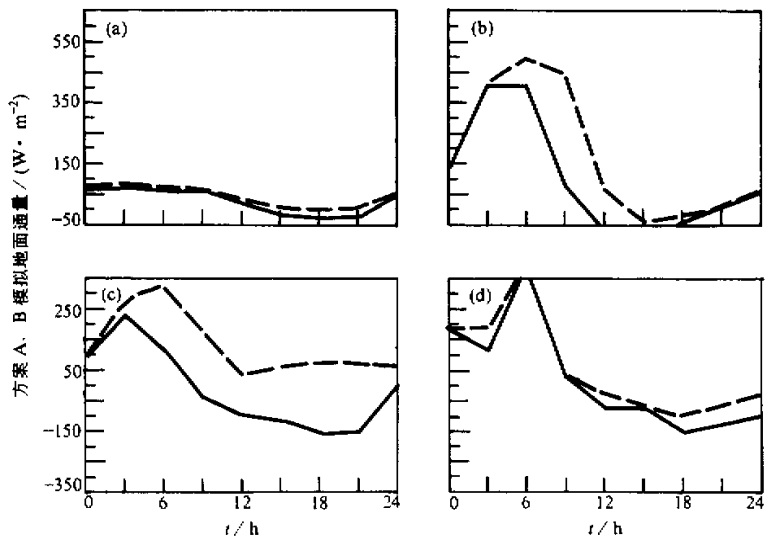


图 3 方案 A 和方案 B 模拟草地上晴雨天通量日变化对比
(a) 为晴天潜热通量日变化; (b) 为晴天感热通量日变化; (c) 为雨天潜热通量日变化;
(d) 为雨天感热通量日变化。虚线: 方案 A; 实线: 方案 B

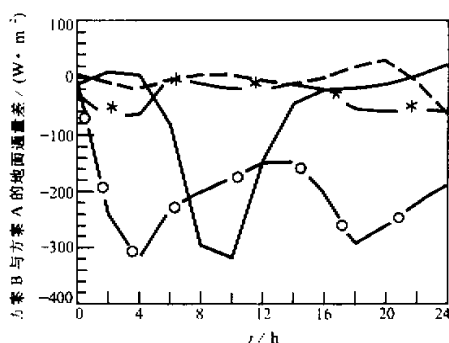


图4 方案A和方案B模拟草地上通量差的晴雨天对比
—○—雨天潜热通量差(方案B-方案A),
—*—雨天感热通量差(方案B-方案A)
实线为晴天潜热通量差(方案B-方案A),
虚线为晴天感热通量差(方案B-方案A)

迅速加大,即湿度对 Z_{0q} 非常敏感;同样,晴天时方案B模拟的感热通量较之方案A也显著减小。图4反映出考虑标量粗糙度后潜热通量和感热通量均有所改变,并且雨天潜热通量比感热通量减小的幅度大得多,晴天的改变也有日变化,两种方案潜热通量和感热通量之差的日变化反相。

5.4 上层土壤水

表层土壤含水量影响土壤水势,改变近地层空气湿度和土壤蒸发阻抗以及植物蒸腾阻抗,另外,地表反射率也与土壤湿度有关,湿润的土壤反射率也小,当上层土壤湿度减小时,净辐射减小,地表蒸发减弱,潜热交换减弱,而感热交换增加^[9]。本试验结果是草地的感热通量加强了,而其他植被类型的感热通量减小了,这正是引入 Z_{0T} 后的不同,能量的分配有所变化。

晴天状况下方案A与方案B模拟的地表上层土壤水差异不大,方案B模拟的略小于方案A模拟的结果,但对于雨天则差异较大(见图5),我们给出了落叶阔叶林和草地的情况。

6 结论

本试验引入标量粗糙度 Z_{0T} 和 Z_{0q} 计算地表潜热通量和感热通量,并分析了地表温度、比湿和上层土壤水的变化,表明引入标量粗糙度的效果是显著的:

(1) 它对地表温度的模拟有明显改善,使温度日较差比原BATS的降低了5~15°C,尤其改变了原BATS草地的日较差大于沙漠的不合理情况,使沙漠的日较差大于草地的,从而更符合实际情况。

(2) 方案B使得地表潜热通量和感热通量的模拟较之方案A有显著改变,多数情况下两者都降低了,但也有特例,如落叶林地潜热通量增加了,草地上感热通量增加了,这说明 Z_{0T} 和 Z_{0q} 相对 Z_0 的大小是随植被类型的不同而不同的。

(5) 就改变百分比而言,加入标量粗糙度后,感热通量的变化一般较潜热通量的变化大。

以上考虑个例均为晴天情况下,现再对比分析一下雨天的状况,植被类型选择引入标量粗糙度后变化较大的草地(见图4)。

图3a和3b分别为晴天草地上潜热通量和感热通量日变化对比图,图3c和3d分别为雨天草地上潜热通量和感热通量日变化对比图。图4反映了方案A与方案B模拟通量值之差。由图3a~3d可见,方案B对雨天潜热通量模拟的减小最为明显,说明 Z_{0q} 的引入对潜热通量的改变随地表湿度的增大而

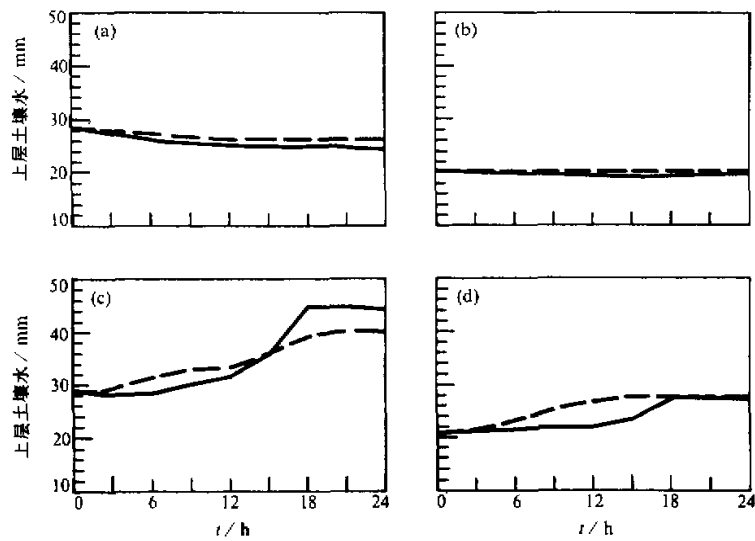


图 5 晴天、雨天上层土壤水日变化对比

(a) 晴天落叶阔叶林上层土壤水日变化对比; (b) 晴天草地上层土壤水日变化对比;
(c) 雨天落叶阔叶林上层土壤水日变化对比; (d) 雨天草地上层土壤水日变化对比

虚线: 方案 A; 实线: 方案 B

(3) 土壤上层含水量的减小与地表空气比湿的减小是对应的。

综上所述, 引入标量粗糙度对于更加细致合理地模拟陆地下垫面作用是有效和必要的。

参 考 文 献

- 1 Dickinson, R. E., A. Henderson-Sellers and P. J. Lennedy, 1993, Biosphere-Atmosphere Transfer Scheme(BATS) Version 1e as coupled to the NCAR Community Climate Model. NCAR Technical Note NCAR7N-387+STR, 43~45.
- 2 Sellers, P. J., D. A. Randall and G. T. Collatz et. al., 1996, A revised land surface parameterization (Sib2) for atmospheric GCMS, Part I: Model formulation, *J. Climate*, 9(4), 676~705.
- 3 李崇银主编, 1992, 气候变化若干问题研究, 北京: 科学出版社, 205~213.
- 4 赵鸣, 江静, 苏炳凯, 符添斌, 1995, 一个引入近地层的土壤-植被-大气相互作用模式, *大气科学*, 19(4), 405~414.
- 5 Garratt, H. R., 1992, *The Atmospheric Boundary Layer*, Cambridge University Press, 101~102.
- 6 黄洪峰, 1997, 土壤-植物-大气相互作用原理及模拟研究, 北京: 气象出版社, 66~68.
- 7 Moran, M. S., W. P. Kustas, A. Vidal, D. I. Stabbar, J. H. Blanford and W. D. Nichols, 1994, Use of ground-based remotely sensed data for surface energy balance evaluation of a semiarid range land, *Water Resour. Res.*, 30, 1339~1349.
- 8 Beljaars, A. C. M. and P. Viterbo, 1994, The sensitivity of winter evaporation to the formulation of aerodynamic resistance in ECMWF model, *Bound-Layer Meteor.*, 71, 135~149.
- 9 Blyth, E. M. and A. J. Doiman, 1995, The roughness length for heat of sparse vegetation, *J. Appl. Meteor.*, 34,

583~585.

- 10 赵鸣等, 1991, 边界层气象学教程, 北京: 气象出版社, 43~53.
- 11 Holtslagm, A. A. M. and B. A. Boville, 1993, Local versus nonlocal boundary layer diffusion in a global climate model, *J. Climate*, **6**, 1825~1842.
- 12 Giorgi, F., M. R. Marinucci and G. T. Bates, 1993, Development of second generation regional climate model (RegCM2). I: Boundary layer and radiation transfer processes, *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 2794~2813.

Influence of Scalar Roughness Lengths on the Biosphere—Atmosphere Transfer

Ren Junfang, Su Bingkai and Zhao Ming

(Department of Atmospheric Science, Nanjing University, Nanjing 210093)

Abstract In order to improve the computed precision of sensible heat flux and latent heat flux between the biosphere and the atmosphere, six experiments have been done for six different vegetation type experiments by using Garratt equation that computes scalar roughness length Z_{0T} and Z_{0q} in BATS. The results show that: (1) The scalar roughness length Z_{0T} and Z_{0q} is much smaller than roughness length Z_0 with an order-of-magnitude of Z_0 / Z_{0T} of from 3 to 10. (2) On the sunny day, the value of Z_0 / Z_{0T} is the smallest on the crop with a value of about 10^3 , it is largest on the deciduous broad leaf tree with a value of about 10^{10} ; on the rainy day, the difference of scalar roughness lengths in all kinds of vegetation became small. (3) The calculated land surface temperature, sensible heat flux and latent heat flux is more reasonable than those in unchanged BATS.

Key words roughness length thermodynamically roughness length vapour roughness length sensible heat flux latent heat flux