

陈 乾,李宝梓,陈添宇. 黄土高原半干旱雨养农田空气动力和热力参数分析[J]. 干旱气象, 2014, 32(4): 547-552. [CHEN Qian, LI Baozi, CHEN Tianyu. Analysis on Aerodynamic and Thermodynamic Parameters in the Semi-arid Rain Fed Field of Loess Plateau[J]. Journal of Arid Meteorology, 2014, 32(4): 547-552], doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2014)-04-0547

黄土高原半干旱雨养农田空气动力和热力参数分析

陈 乾¹, 李宝梓¹, 陈添宇²

(1. 甘肃省人工影响天气办公室, 甘肃 兰州 730020; 2. 中国气象局人工影响天气中心, 北京 100081)

摘 要:利用甘肃省定西干旱气象与生态环境试验基地 2003 年夏季加强观测期间的资料, 计算动量粗糙长度、热量粗糙长度和热量输送附加阻抗, 结合卫星反演的差值植被指数 I_{ndv} 和表面温度 T_s 将其推广到中国西北区东部, 可用于计算非均匀地表能量通量。

关键词:黄土高原; 半干旱雨养农田; 动量粗糙长度; 热量粗糙长度; 热量输送附加阻抗

文章编号:1006-7639(2014)-04-0547-06 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2014)-04-0547

中图分类号:P433

文献标识码:A

引 言

边界层是地球—大气之间物质和能量交换的纽带。全球变化的区域响应以及地表变化和人类活动对气候的影响多是通过大气边界层过程实现的。大气边界层气象学是以湍流理论为基础, 研究大气与其下垫面(陆面和洋面)相互作用以及两者之间物质和能量交换的一门气象学科分支。张强^[1]综述了大气边界层气象学的研究和面临的一些科学问题。

陆面过程是指发生在地表与大气之间动量、热量和水分交换的过程, 包括地面上的热力过程、水文过程和生物过程、地表与大气间的能量和物质交换以及地下土壤中的热传导过程等。它不仅造成大气边界层结构和运动状态时空上的重大差异, 而且给大气模式的边界层参数化带来极大困难。其关键问题是地气之间动量、热量和水汽的交换。利用常规气象资料确定这类交换时通常采用动量和热量粗糙长度以及地面总体输送系数等参数, 这些参数在数值模拟和卫星遥感参数化中均被用于计算地表能量输送, 因此较准确地计算上述参数是陆面过程参数化的关键问题之一。

为此, 国内外开展了大量的野外观测试验。1987 年美国在 Kansas 开展水碳循环试验(FIFE); 我国自 1979 年首次青藏高原科学试验以来先后开

展了黑河地区地气相互作用观测研究(HEIFE), 陈家宜、贾立等^[2-3]计算了戈壁滩和绿洲的动量粗糙长度, 并与 Kansas 的试验资料对比验证; Ma 等^[4]利用亚洲季风试验青藏高原地区(GAME/Tibet)1988 年加强观测期间的资料计算了藏北高原上的 Z_{om} 、 Z_{oh} 和 kB^{-1} ; 张强等^[5-6]计算了极端干旱荒漠戈壁的动量和热量粗糙长度以及城市表面粗糙长度。由于陆面的不均匀性使得这些参数有明显的地区差异。如 Z_{om} 由海面的 0.0002 m 增大至城市高楼、热带森林的 2 m 以上, 相差 4 个量级。另外, 由于探测技术的不同和计算方法的差异导致同一地区的结论差别较大。因此利用先进的探测仪器对其观测资料计算研究成为当前的热点。杨兴国等^[7]概述了国内外自 20 世纪 80 年代以来实施的包括上述试验在内的 15 次陆面过程外场试验的科学目的和取得的主要科研成果。其共同特点是采用各种探测手段, 选取有代表性的下垫面, 开展不同时空尺度的观测研究, 了解各主要地表类型的陆气相互作用特征, 揭示其对天气气候的影响, 发展和改进具有代表性的陆面过程参数化方案, 从而为不同尺度的大气模式提供服务。李宏宇等^[8]利用兰州大学榆中校区半干旱气候与环境观测站 2008~2009 年资料, 较深入地分析了半干旱自然植被下垫面地表总体输送系数 C_d 、 C_h 和粗糙度及反照率、土壤热参数等的日变化和季节变化。

收稿日期: 2013-12-05; 改回日期: 2014-01-10

基金项目: 甘肃省自然基金“用卫星资料反演蒸散”(ZR-94-073)资助

作者简介: 陈乾(1934-), 男, 研究员, 主要从事卫星遥感应用和人工影响天气研究. E-mail: chenqianlz@126.com

定西地处陇中半干旱雨养农业区,属典型的黄土高原沟壑区。本文采用 2003 年夏季定西干旱气象与生态环境试验基地春小麦农田中加强观测时段的风速温度脉动仪和铁塔上的梯度观测资料计算动量和热量粗糙长度,并据此算出热量输送附加阻抗,结合卫星反演的植被指数 I_{miv} 和表面温度 T_s 将其推广到面上,用于计算中国西北地区东部非均匀地表的能量通量,以揭示黄土高原沟壑区独特的陆面热通量分布特征。

1 资料

1.1 试验站概况

中国气象局兰州干旱气象研究所定西干旱气象与生态环境试验基地位于 $104^{\circ}37'E$ 、 $35^{\circ}35'N$,海拔高度 1 886.7 m,占地 0.7 km^2 ,其东面为定西市气象局的一片建筑物,其余 3 面均为农田,地势平坦。当地盛行偏南和偏北风,在上下风方向无树木和房屋。试验站及其四周的农田,3 月中旬播种春小麦,4 月 8 日出苗,6 月 9 日抽穗,7 月中旬收割,其余时间为裸土。该下垫面可以代表黄土高原半干旱雨养农田的特征。

1.2 仪器及资料处理

试验站自 1992 年建立以来,先后在麦田中安装了 1 台自行设计制造的 LG—1 大型称重式蒸渗计(面积 4 m^2 ,精度 0.1 mm)、3 块用于测量土壤热通量的 CN—81 型地中热流板(埋于麦行中间,距地表 $2 \sim 3 \text{ cm}$)、美国 Everest 公司生产的测量小麦冠层温度的红外温度仪(100.3 ZL)、美国 Campbell 公司生产的超声三维风速、温度脉动仪(CSAT3)和美国 Li—cor 公司生产的 CO_2 和水汽通量仪(Li—750)、1 个 16 m 高的铁塔(在 1、2、4、10、16 m 处安装了芬兰 Vaisala 公司生产的 WAA—151 风速和 WAV—151 风向自动记录仪及温湿仪)、美国 Eppley 公司生产的 PIR 短波辐射仪、PSP 长波辐射仪等十多台先进的仪器和 CR5000 型数据自动采集器(距地面 1.5 m)。其中 CSAT3 和 Li—750 的采样频率为 10 Hz,每 20 min 输出 1 次通量数据;土壤热通量和地表温度每小时观测 1 次。

本文选取 2003 年 6 月 18 日至 8 月 13 日较完整的加强观测资料。卫星资料选用 2001 年 6 月至 2003 年 8 月 NOAA—16 过境试验区时的晴空或少云(北京时 13 ~ 15 时) AVHRR 通道 1、2 的反射率及通道 4、5 的亮温资料。

2 方法

动量粗糙长度 Z_{0m} 和热量粗糙长度 Z_{0h} 的计算方法主要有 2 种:一是用单部超声三维风速、温度脉动仪的独立方法,它基于 Monin—Obukhov 相似理论的涡旋相关法;二是廓线法,用梯度观测资料计算。前者精度较高。

动量粗糙长度 Z_{0m} 是指近地层风速向下递减到 0 时的高度(以零平面位移高度 d_0 为起点),以此建立风速廓线关系。与此相类似,近地层温度也能建立相应的廓线关系,得出热量粗糙长度 Z_{0h} 。在近地层 50 m 或更高湍流充分发展是动量和热量的主要输送方式,而地面附近的粘性副层,其厚度是毫米量级,动量输送主要靠粘性切变的作用和粗糙元产生的有效曳力;热量的输送则仅靠分子扩散过程,故动量比热量更易输送。参考陈家宜^[2] 和 Ma^[9] 的工作,空气动力、热力学粗糙长度可用单部超声三维风温脉动仪资料的独立方法计算。

按 Monin—Obukhov 相似理论,无量纲风速梯度可写成:

$$\frac{kZ}{u_*} \frac{\partial u}{\partial z} = \varphi_m \left(\frac{Z}{L} \right) \quad (1)$$

上式积分可得:

$$U = \frac{u_*}{k} \left[\ln \left(\frac{Z}{Z_{0m}} \right) - \psi_m \left(\frac{Z}{L} \right) \right] \quad (2)$$

上式 $\varphi_m \left(\frac{Z}{L} \right)$ 是随稳定度变化的相似普适函数;

$\psi_m \left(\frac{Z}{L} \right)$ 是风速廓线的稳定度函数,在中性条件下为 0; U 是平均风速。

空气动力学粗糙长度^[2] 的计算公式为:

$$Z_{0m} = Z \exp \left[- \frac{kU}{u_*} - \psi_m \left(\frac{Z}{L} \right) \right] \quad (3)$$

热力学粗糙长度可用同样的方法得出其表达式:

$$Z_{0h} = Z \exp \left[- \frac{k(T - T_s)}{T_*} - \psi_h \left(\frac{Z}{L} \right) \right] \quad (4)$$

式(3)和(4)中, u_* 是摩擦速度尺度参数(单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$); k 是 von Karman 常数($k = 0.4$); T 是气温(单位:K), T_s 是地表温度(单位:K), T_* 是温度尺度参数(单位:K); L 是 Monin—Obukhov 长度(无量纲),可写成 $L = -kgH/Tu_*^3 \rho C_p$; $\psi_h \left(\frac{Z}{L} \right)$ 是温度廓线的稳定度函数,在中性条件下为 0。

由涡旋相关法用下列公式计算感热、摩擦速度和无量纲气温:

$$H = \rho C_p \overline{w' T'} \quad (5)$$

$$u_* = \sqrt{|\overline{-u' w'}|} \quad (6)$$

$$T_* = -\frac{\overline{w' T'}}{u_*} = -\frac{H}{\rho C_p u_*} \quad (7)$$

式(5)、(6)、(7)中, u' 是水平速度的脉动(单位:m/s); w' 是垂直速度的脉动(单位:m/s); T' 是温度的脉动(单位:K); C_p 定压比热(单位: $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$)。

稳定度参数 ζ 可写成:

$$\zeta = \frac{Z}{L} = -\frac{Z T u_*^3 \rho C_p}{kgH} \quad (8)$$

3 结果分析

3.1 动量粗糙长度 Z_{0m} 和热量粗糙长度 Z_{0h}

用定西 2003 年 6 月 18 日至 7 月 17 日春小麦开花至成熟期 2.5 m 高度的风速和温度脉动资料计算 Z_{0m} 和 Z_{0h} 。因距仪器东侧约 50 m 处有大片建筑物,故选取风向偏南 ($135^\circ \sim 225^\circ$) 和偏北 ($315^\circ \sim 360^\circ, 0^\circ \sim 22^\circ$), 且平均时段 20 min 内风向比较稳定的个例。按前面公式分别计算稳定度参数(取其绝对值) $\zeta = |Z/L|$ 和无量纲风速 kU/u_* , 并进行散点拟合(图 1)。可以看出, 当 $|Z/L|$ 趋近 0 时, 则 kU/u_* 值为 3.798, 从而由(3)式得出 $Z_{0m} = 0.05604$ m。

图 2 为梯度观测数据通过廓线法计算的 Z_{0m} 值。可以看出, 在中性条件下 $Z_{0m} = 0.0536$ m, 比采用涡旋相关法计算得到的值略小。

曾剑等^[10]对 2008 年夏季中国干旱半干旱区陆面主要物理参数的平均特征分析发现, 草地实测动力粗糙长度 Z_{0m} 平均值约为 0.054 m, 比 CoLM 模式的理论参考值偏小; 农田的实测动力粗糙长度总体

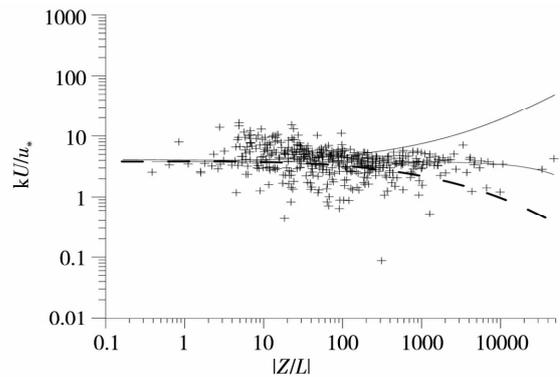


图 1 定西站无量纲风速与稳定度参数散点图

Fig. 1 The scatter plot between dimensionless wind speed and stability at Dingxi station

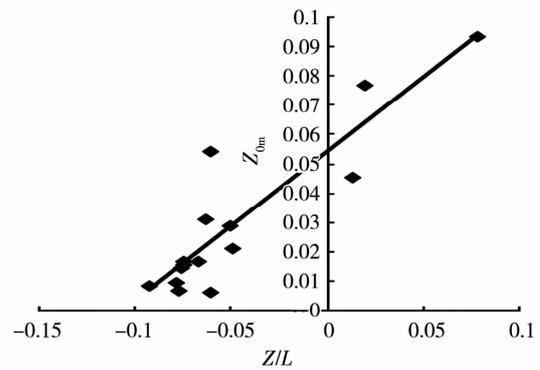


图 2 采用廓线法计算得到的动量粗糙长度 Z_{0m} (单位:m)

Fig. 2 The Z_{0m} calculated by profile method (Unit:m)

高于草地, 比模式的理论参考值大, 平均值约为 0.174 m, 远大于本文计算的定西春小麦下垫面 Z_{0m} 的 0.056 m, 接近张掖绿洲春小麦的 Z_{0m} 值; 果林和森林的动力粗糙长度最高, 平均值在 0.5 ~ 1 m 之间(表 1)。张强等^[11]发现不同植被类型下垫面动力粗糙长度 Z_{0m} 随风速的增加而减小, 而随摩擦速度的变化则较复杂, 明显依赖植被类型。森林、农田和草地 3 种植被类型下垫面的动力粗糙长度与 u^2/u_* 的相关性均较好。

表 1 不同陆面导出的动量、热量粗糙长度

Tab. 1 The value of Z_{0m} and Z_{0h} derived from different land surface process

	Amdo		HEIFE				定西	ACEMP'95
	草地	NPAM	沙漠	戈壁	绿洲	绿洲	雨养农田	绿洲
地表特征	草地	草地	沙漠	植被稀疏	蚕豆	春小麦	春小麦	玉米
植被高度/cm	5	15			40	100	50	180
观测高度/m	2.9	5.6	2.9	2.9	2.9	2.9	2.5	4.9
Z_{0m}/m	0.00436	0.0139(7月) 0.0324(8月)	0.00267	0.00280	0.06100	0.16800	0.05604	0.30200
Z_{0m} 误差/m	± 0.000		± 0.0003	± 0.0003	± 0.0004	± 0.030		± 0.020
$Z_{0h}/10^{-4} m$	4.1	11.4(7月) 23.1(8月)	0.49	0.11	6.85	13.2	6.98	22.7
Z_{0h} 误差/ $10^{-4} m$	± 0.00005							

用类似的方法对 $|Z/L|$ 和 $k(T - T_s)/T_s$ 作散点图(图略), 得到中性条件下的 $k(T - T_s)/T_s = 8.18$, 并由(4)式可得 $Z_{oh} = 6.98 \times 10^{-4} \text{ m}$ 。将定西计算的 Z_{om} , Z_{oh} 与马耀明等^[9] 根据 GAME/Tibet、HEIFE 和 AECMP 资料计算的结果(表 1) 进行对比, 发现同为小麦地, 定西旱作农田的 Z_{om} , Z_{oh} 均小于张掖绿洲麦田的, 此乃是定西植被稀疏、植株低矮所致, 其计算值合理。

因 Z_{oh} 有明显的日变化, 这里取 NOAA - 16 卫星过境时(北京时 13 ~ 15 时) AVHRR 通道 4、5 的亮温反演的 T_s 计算 $T - T_s$, 只能代表夏季午后的较高值。参考贾立等^[3] 的公式, 利用定西计算的 Z_{om} 和标准化差值植被指数 I_{ndv} 修正经验系数, 并按(9)式推算中国西北区东部 Z_{om} 分布(图 3)。

$$Z_{om} = \exp(-4.1 + 5.48 I_{ndv}) \quad (9)$$

图 3 中的黑色区域为云覆盖区无资料, 浅蓝至浅绿色为半干旱荒漠草地, 其 Z_{om} 为 0.003 ~ 0.05 m, 深绿至浅黄色为农田或草甸, 其 Z_{om} 为 0.006 ~ 0.175 m, 橙色至浅红色为灌木草甸, 其 Z_{om} 在 0.2 ~ 0.45 m, 深红色为森林, 其 Z_{om} 为 0.5 ~ 0.7 m, 与表 1 和曾剑等^[10] 计算的各类植被类型下垫面的动力粗糙长度接近。甘肃中部干旱的黄土高原仅榆中县兴隆山有小块森林呈红色, 其南侧的马衔山则呈黄色是草地, 临夏甘南之间的太子山, 甘南州南部的迭山和岷山, 陇东的六盘山及陕西秦岭山脉林区均呈红至深红色 $Z_{om} > 0.5 \text{ m}$ 。需要指出的是由植被指数 I_{ndv} 反演得出的 Z_{om} , 对高楼林立的城市不适用, 如兰州市区 $Z_{om} > 2 \text{ m}$ ^[6]。

3.2 热量输送附加阻抗 kB^{-1} 的计算

研究地表和大气之间热量输送时, 附加阻抗是一个重要的参数, 它在数值模式和遥感参数化方法中起初始参数的作用。如前所述, 动量比热量更易输送, 故热量粗糙长度一般小于动量粗糙长度。从表 1 中可以看出, 同一地点 Z_{oh} 比 Z_{om} 小 1 ~ 2 个量级, 即陆面热量的平均源面总比动量的汇低。因而

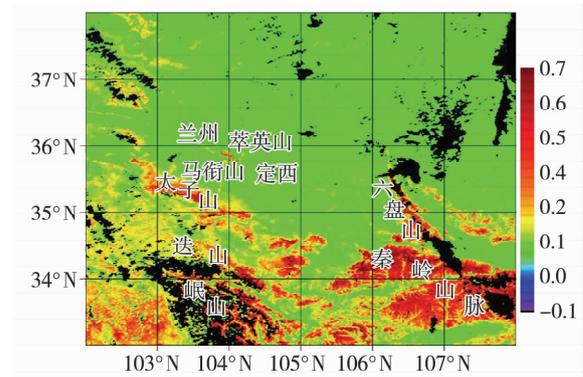


图 3 中国西北区东部 Z_{om} 的分布(单位:m)

Fig. 3 The spatial distribution of Z_{om} over the eastern part of northwest China (Unit:m)

热量由 Z_{oh} 扩散到 Z_{om} , 还要受到一个附加阻抗。Chamberlain^[12] 导出的热量输送附加阻抗的表达式如下:

$$kB^{-1} = \ln\left(\frac{Z_{om}}{Z_{oh}}\right) \quad (10)$$

按上式计算出定西中性层结时的 $kB^{-1} = 4.39$, 与马耀明等^[9] 计算不同地点的 kB^{-1} 值相对比(表 2), 发现定西雨养农田的热量输送附加阻抗略小于 HEIFE 和 ACEMP'95 试验区绿洲农田的, 但比 GAME/Tibet 试验区藏北高原的 Amdo 和 NPAM 草地大, 说明高原热量较低海拔地区更易输送, 其热量平均源面相对较高。

统计回归表明, 定西的 kB^{-1} 与卫星反演的表面温度 T_s/k 的线性相关最好, 相关系数 $R = 0.8139$; 而与 $(T_s - T_a)$ 的相关性次之, 相关系数 $R = 0.7212$ 。

$$kB^{-1} = 0.4571T_s - 136.5 \quad (11)$$

$$kB^{-1} = 0.596(T_s - T_a) - 2.492 \quad (12)$$

由此可见, 根据卫星反演的表面温度, 利用公式(11)可将 kB^{-1} 推广到黄土高原半干旱地区。

表 2 不同陆面导出的热输送附加阻抗

Tab. 2 The value of kB^{-1} from different land surface process

	Amdo	NPAM	HEIFE			定西	ACEMP'95	
			沙漠	戈壁	绿洲	绿洲	雨养农田	绿洲
地表特征	草地	草地	沙漠	稀疏植被	蚕豆	春小麦	春小麦	玉米
植被高度/cm	5	15			40	100	50	180
观测高度/m	2.9	5.6	2.9	2.9	2.9	2.9	2.5	4.9
kB^{-1}	2.36	2.50	4.00	5.50	4.49	4.85	4.39	4.89

3.3 动量和感热总体输送系数 C_d 和 C_h 分析

在陆气相互作用和大气数值模拟研究中,动量和感热总体输送系数 C_d 和 C_h 是地表与大气间物质和能量交换的重要参数,是地表粗糙度和近地层空气稳定度的函数。根据杨兴国等^[13]对定西干旱气象与生态环境试验基地 C_d 和 C_h 的计算结果看出,定西春小麦麦田总体输送系数有着明显的日变化,夏季中午 C_d 和 C_h 分别达 5.6×10^{-3} 和 6.7×10^{-3} 。一年呈双峰特征,首峰出现在春小麦拔节—黄熟期, C_d 和 C_h 日平均值分别为 8.3×10^{-3} 和 10.5×10^{-3} ,次峰在10月初, C_d 和 C_h 日平均值分别达 3.7×10^{-3} 和 4.4×10^{-3} 。 C_d 和 C_h 的年平均值非常接近,分别为 2.9×10^{-3} 和 3.1×10^{-3} ,高于沙漠戈壁和平原,而低于青藏高原草甸和城市下垫面。春季 C_d 和 C_h 远大于其他季节,这与春小麦处于拔节—黄熟期长势旺盛有关,此时粗糙度较大,能增强近地层的湍流交换。这与李宏宇等^[8]在甘肃榆中萃英山黄土高原天然荒漠草地观测的结果“ C_d 和 C_h 的季节平均,夏季最大,冬季最小”不同。国内其他地区的13次陆面过程外场试验资料计算的 C_d 和 C_h 值表明,沙漠、戈壁和草地等不同下垫面 C_d 和 C_h 有明显差异^[7]。

4 结 论

(1)定西麦田中的空气动力学粗糙长度 $Z_{0m} = 0.05604$ m,午后热力学粗糙长度 $Z_{0h} = 6.98 \times 10^{-4}$ m,均小于张掖绿洲灌溉麦田的。

(2)热量输送附加阻抗 $kB^{-1} = 4.39$,小于张掖绿洲灌溉麦田的。热量输送附加阻抗 kB^{-1} 与表面温度 T_s 和地气温差 $T_s - T_a$ 之间存在显著线性相关,其中与卫星反演的表面温度 T_s/k 的相关系数更达0.8139。

(3)动量和感热总体输送系数 C_d 和 C_h 与下垫面植被和地形有关。同为甘肃中部半干旱黄土高原的定西雨养麦田和榆中萃英山顶的自然植被下垫面,2地总体输送系数的季节变化差异很大,其中定西一年呈双峰特征,主峰在春小麦生长最旺盛的拔节—黄熟期, C_d 和 C_h 日平均值分别达 8.3×10^{-3} 和 10.5×10^{-3} ;榆中萃英山顶不同季节的 C_d 和 C_h 差

异小于日变化幅度,其季节均值都是夏季最大、冬季最小。此外,榆中处于黄土梁上,风大, C_d 平均值远大于 C_h ,表明动力作用强于热力作用,而定西在沟边,两者数值较接近。

致谢:中国气象局兰州干旱气象研究所提供的卫星资料和定西干旱气象与生态环境试验基地的试验资料。另外,本研究方案与马耀明教授进行过有益的讨论,张强教授提供了宝贵意见和有关文献,作者在此深表谢意。

参考文献:

- [1] 张强. 大气边界层气象学研究综述[J]. 干旱气象, 2003, 21(3): 74-78.
- [2] 陈家宜, 王介民, 光田宇. 一种确定地表粗糙度的独立方法[J]. 大气科学, 1993, 17(1): 21-26.
- [3] 贾立, 王介民. 卫星遥感结合地面资料对区域表面动量粗糙度的估算[J]. 大气科学, 1999, 23(5): 632-640.
- [4] Ma Y M, Tsukamoto O, Wang J M, et al. Analysis of aerodynamic and thermodynamic parameters on the grassy marshland surface of Tibetan plateau[J]. Progress in Natural Science, 2002, 12(1): 36-40.
- [5] Zhang Q, Huang R H, Tian H. A parameterization scheme of surface turbulent momentum and sensible heat over the Gobi underlying surface[J]. Advance in Atmosphere Sciences, 2003, 20(1): 111-118.
- [6] 张强, 吕世华. 城市表面粗糙长度的确定[J]. 高原气象, 2003, 22(1): 24-32.
- [7] 杨兴国, 牛生杰, 郑有飞. 陆面过程观测研究进展[J]. 干旱气象, 2003, 21(3): 83-89.
- [8] 李宏宇, 张强, 史晋森, 等. 黄土高原自然植被下垫面陆面过程参数研究[J]. 气象学报, 2012, 70(5): 1137-1148.
- [9] Ma Y M, Osamu Tsukamoto, Combining satellite remote sensing with field observations for land surface heat fluxes over in homogeneous landscape[M]. Beijing: China Meteorological Press, 2002. 35-44.
- [10] 曾剑, 张强. 2008年夏季中国干旱—半干旱区陆面主要物理参数的平均特征[J]. 高原气象, 2012, 31(6): 1540-1549.
- [11] 张强, 曾剑, 姚桐. 植被下垫面近地层大气动力状态与动力粗糙度的相互作用及其参数化关系研究[J]. 科学通报, 2012, 57(8): 647-655.
- [12] Chamberlain A C. Transport of gases to and from surface with bluff and wave-like roughness elements[J]. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 1968, 94: 318-332.
- [13] 杨兴国, 张强, 杨启国, 等. 陇中黄土高原半干旱区总体输送系数特征[J]. 高原气象, 2010, 29(1): 44-50.

Analysis on Aerodynamic and Thermodynamic Parameters in the Semi – arid Rain Fed Field of Loess Plateau

CHEN Qian¹, LI Baozi¹, CHEN Tianyu²

(1. *Gansu Weather Modification Office, Lanzhou 730020, China;*
2. *Weather Modification Centre of CMA, Beijing 100081, China*)

Abstract: Based on data from the intensified observational period over spring wheat field area at the arid meteorology and ecological environment experimental station in Dingxi of Gansu Province from June to August 2003, which is located in the semi – arid rain fed agricultural region of Loess Plateau, the aerodynamic roughness Z_{0m} , the thermodynamic roughness Z_{0h} and the excess resistance to heat transfer kB^{-1} were calculated and analyzed, firstly. Then, the spatial distributions of Z_{0m} and kB^{-1} over eastern part of northwest China were obtained, accompanied by vegetation index I_{ndv} and surface temperature T_s derived by satellite, respectively. The above parameters can be used to estimate the heterogeneous land surface energy flux.

Key words: Loess Plateau; semi – arid rain fed field; aerodynamic roughness; thermodynamic roughness; excess resistance to heat transfer



(上接第 536 页)

Improvement of the Land Surface Model SHAW and Simulation Analysis in the Loess Plateau

YANG Qidong^{1,2}, WANG Lijuan³

(1. *Department of Atmospheric Sciences, Yunnan University, Kunming 650000, China;* 2. *Key Laboratory for Land Surface Process and Climate Change in Cold and Arid Regions, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China;* 3. *Institute of Arid Meteorology, CMA, Lanzhou 730020, China*)

Abstract: A key problem in the land surface simulation study is accurately modeling the surface energy budget. But the turbulent heat flux simulated by current land surface models was remarkable deviated from the observations. Therefore, parameterizing the surface turbulent heat transport process is vital for improving land surface simulation ability. In this study, land surface model SHAW is employed, by improving the thermal roughness parameterization schemes and introducing dry surface layer evaporation schemes to improve the turbulent heat flux simulation. By using the data obtained at SACOL site in Loess Plateau and the modified SHAW model, a single point simulation is studied. Simultaneously, the SHAW model simulations are compared to investigate the effect of the modified parameterization schemes. Results suggest that the modified model can well simulate all the change tendency of the land surface characteristics in semi – arid region, the bias was small between simulations and observations. Compared with the original SHAW model, the modified model significantly improved the turbulent heat flux simulation, and better simulated net radiation, but the simulated soil temperature and moisture were not obviously improved, this maybe attribute to the water and heat transfer process and parameterization schemes related in the soil layers and need to study in the future.

Key words: SHAW model; turbulent heat flux; Loess Plateau; SACOL site