

乾安地区盐碱地显热通量的测量

支克广 涂 钢 廉 毅 隋朝阳

(吉林省气象科学研究所, 长春, 130062)

付光极 王 江

(乾安县气象局, 乾安, 131400)

摘 要

文中给出了用大孔径闪烁仪在 2000 年生长季观测到的盐碱地区显热通量的主要结果, 并初步计算了当地的水热平衡状况。结果表明: 乾安盐碱地区显热通量占净辐射量的百分比在干旱、非生长季达到 65%, 在多雨、植被生长季仅为 11%; 显热通量因降水而明显降低, 幅度与降水强度有关, 反映了当地的气候和土壤特征。文中还把 LAS 的测量结果与传统的梯度法作了比较, 结果基本一致。

关键词: 显热通量, 盐碱地, 大孔径闪烁仪, 梯度。

1 引 言

吉林省乾安县地处 45°N, 124°E, 由历史和近期的卫星图片及相关资料分析可以看出, 它处于东北西部荒漠化发展的前沿^[1], 因此研究其荒漠化发展的原因具有现实的意义。

一个地区的能量、水分平衡及其变化规律对这个地区气候和生态环境有重要的影响。中国 20 世纪 70~80 年代曾研究了青藏高原辐射和地面热状况, 并探讨了青藏高原地表辐射平衡与中国的气候和天气变化的关系^[2]。1998 年 5~8 月, 在著名的淮河流域试验中也使用了微气象方法测量了淮河流域的能量与水分的循环过程。此外, 在许多生态环境研究中, 也把能量平衡作为重要的研究手段。

本文通过能量平衡的研究来分析荒漠化的成因, 并在 2000 年中作了初步观测。能量平衡的计算, 主要是根据方程 $R_n = H + E_L + G$, 其中 R_n 为净辐射, 代表太阳辐射与地面反射的差; H 为显热通量, 即加热空气的能量, 反映土壤或植被与空气的能量交换; G 为地热通量, 即加热土壤的能量, 是进

入土壤或从土壤中输出的热量; E_L 为潜热通量, 是土壤蒸发和作物蒸腾所消耗的能量。目前 R_n 和 G 已有较为准确的仪器可以观测到, E_L 、 H 就成为准确计算能量平衡的关键。

在 2000 年度生长季节, 文中利用了中国与荷兰合建的 LAS 系统及自建的与之匹配的梯度观测系统, 对能量平衡中的 R_n 、 H 和 G 项进行了观测, 取得了较完整的资料和较好的分析结果。

2 仪器性能和安装环境

2.1 大孔径闪烁仪系统

大孔径闪烁仪 (Large Aperture Scintillometer, LAS) 是一种测量显热通量的新型仪器。由华人王鼎义 1978 年提出设想, 后由美国 NOAA 波传播实验室研制成功。它的原理是: 由发射器发出波长约 935 nm 的红外光, 并用 7 kHz 的载波调制。光束通过大气时, 大气折射率因温度、湿度和气压的波动而波动, 从而导致光束的无规则折射 (吸收)。接受器接收到光束, 并测出光束辐射振幅对数的均方差 $\sigma_{\ln(A)}$ 。根据王鼎义^[4]等提出的理论, 折射指数的结

初稿时间: 2001 年 1 月 18 日; 修改稿时间: 2001 年 3 月 20 日。

资助课题: 中国与荷兰签订的合作项目 建立关于荒漠化和粮食保障的中国能量与水平衡监测系统, 乾安 LAS 站是吉林省科技厅发展计划项目 (990218)。

采用荷兰瓦赫宁根大学研制的 LAS 系统, 在国家卫星气象中心和国家林业总局的指导下完成的。

构参数 $C_n^2 = 4.48 \frac{2}{\ln(A)} D^{7/3} L^{-3}$, 其中 D 是发射光束的直径, L 是光程长度。LAS 的直接产品就是 C_n^2 值。知道 C_n^2 值后, 再根据 Hill 等^[5]的研究:

$$C_T^2 = C_n^2 \frac{T^2}{A_T^2} \left[1 + \frac{0.03}{A_T^2} \right]^{-2} \tag{1}$$

式中 C_T^2 为温度结构参数, A_T 是由色散确定的系数, T 是绝对温度, γ 为 Bowen 比, 在干旱地区, 一般 $\gamma > 1$, $0.03/\gamma < 1$, 式(1)可进一步简化。求出 C_T^2 后, 在空气层结不稳定的条件下, H 值通过以下 3 个方程求出:

$$\frac{C_T^2 (Z_s - d)^{2/3}}{\gamma} = C_T^1 \left(1 - C_T^2 \frac{z - d}{L} \right)^{-2/3} \tag{2}$$

$$u_* = \sqrt{-u} \tag{3}$$

$$H = c_p u_* \tag{4}$$

其中 C_T^1 , C_T^2 为经验常数, d 为位移高度, Z_s 为光束距地面的高度, L 为 Obukhov 长度, u_* 为摩擦速度, u_x , u_z 分别为 x 坐标和 z 坐标的脉动速度分量。
* 为温度尺度。在非自由对流条件下, 首先应求出摩擦速度, 然后计算出 H 值。而在自由对流条件下, H 与 u_* 不再有关, 公式可进一步简化。在稳定条件下, H 值的计算意义较小, 文中尚未进行计算。

仪器安装在乾安县城东南角的郊区, 分布如图 1。接收仪距发射仪约 1.36 km, 其中农田和蔬菜约 0.636 km, 盐碱地约 0.700 km, 光程离地面高度为 0.006 km。农田种有玉米和蔬菜, 包括向日葵、黄豆、西红柿、瓜类等。常见的上、下风向没有较高的建筑物和树林。

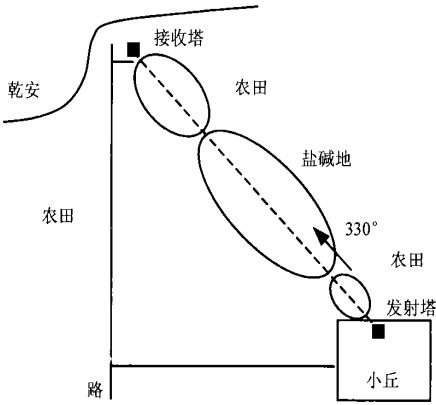


图 1 乾安 LAS 站俯视图分布

2.2 大孔径闪烁仪系统的应用

考虑到 LAS 在中国是首次使用, 且涡动相关法的成本较高, 因此我们建立了一套梯度观测系统与

LAS 进行比较, 并为 LAS 数据的进一步计算提供辅助数据。国外已对 LAS 和涡动相关法作了比较详细的对比, 结果令人满意^[6]。

梯度观测站建立在乾安县气象站的观测场内, 观测项目包括: 总辐射、反射辐射、净辐射; 0.5, 2, 6, 10 m 高的风速、温度、湿度; 0.5, 10, 15, 20 cm 的地温; 10 cm 深的地热通量。传感器测到的电讯号, 经过 16 位数模转换器转换成数字信号, 通过 485 口传输到室内的计算机, 进行存储、计算和图形及数据实时显示。

由于这套系统安装较晚, 没有取得 2000 年生长季的完整资料。7 月份以后的数据比较完整。

梯度站观测数据计算方法参见文献[7]和[8]。在 LAS 数据的计算中使用的其它气象数据取自乾安县气象站的常规观测结果。

3 资料分析

3.1 LAS 测量的 H 值与梯度站的对比

为了判定 LAS 数据的可靠性, 首先把它的数据与梯度观测的数据进行对比。由于 7, 8 月份阴雨连绵, 且两个观测点的下垫面的植被差别较大, 因此选择了 9 月 21, 23 日阴天; 9 月 29 日雨天; 9 月 7, 18, 24, 25, 26 日晴天来做比较, 结果显示两者在不同天气条件下对显热通量的观测一致性较好, 图 2 给出其中 3 个典型天气的比较。

图 3 给出了 10 月 28 日的一次能量平衡测量的结果, 其纵坐标表示各项通量的强度, 当时地面比较干燥, 作物已经收割, 减少了因为安装地点、蒸散量的不同造成的影响。由图 3 可知, LAS 的测量结果和梯度测量的结果基本一致。由于 LAS 站和梯度站相距 3 km, 下垫面的情况不完全相同, 因此, 一些较小的差别, 如梯度观测数据似乎比 LAS 略低并略有延迟等, 不能确认为是 LAS 和梯度观测的固有差异。图中净辐射、地热通量、显热通量都是实测数据, 并由此三项推算出蒸散所消耗的能量。

由 10 月 28 日记录计算, 在白天 8:00~16:00 范围内净辐射量累计值为 4.43 MJ/m², 显热通量累计值为 1.35 MJ/m², 占净辐射量的 30%, 地热通量累计值为 1.23 MJ/m², 占净辐射量的 28%, 蒸散通量累计值 1.86 MJ/m², 占净辐射量的 42%。

LAS 只能测量日出后、日落前的大气层结具有不稳定状态时的数据, 因此图 3 中没有给出 8:00 前和 16:00 后的数据。而梯度法无论白天、晚上, 一般情况下都得到合理的结果。

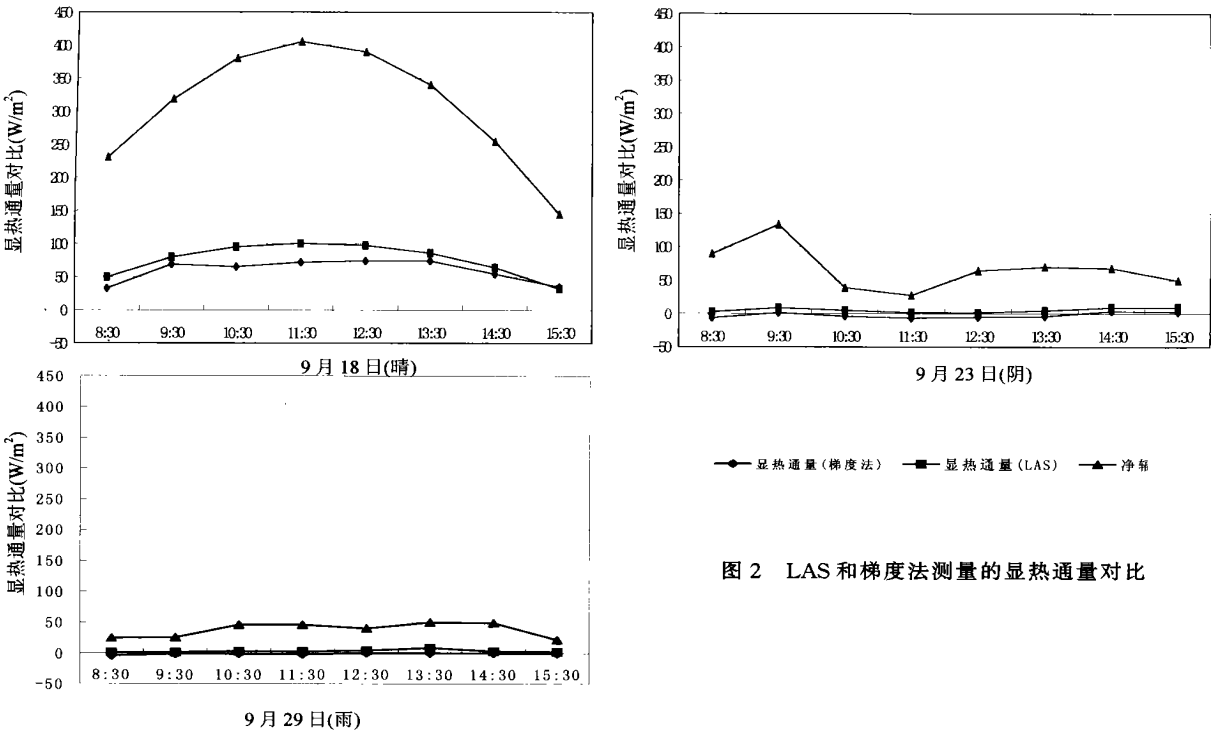


图2 LAS和梯度法测量的显热通量对比

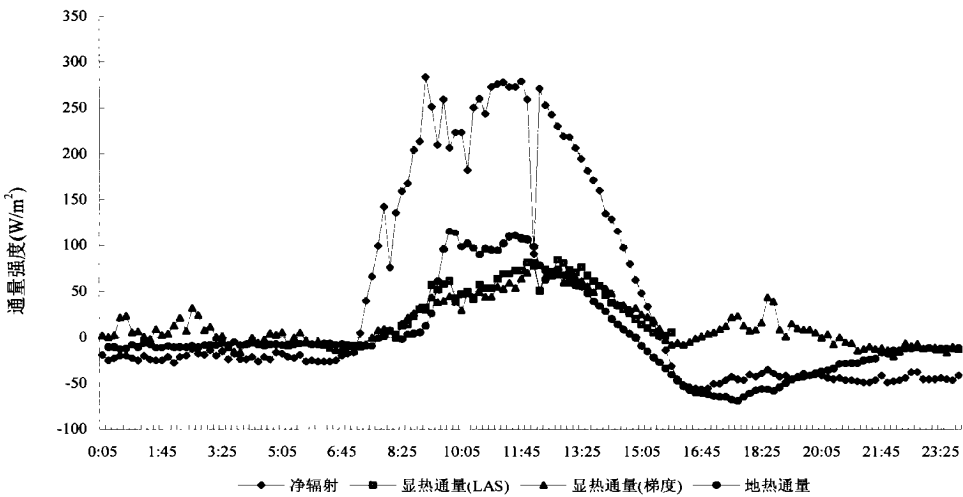


图3 2000年10月28日能量平衡图

3.2 乾安盐碱地带 H 值随季节的变化

图4是2000年5~9月乾安县生长季的基本气象环境,特点是春、秋干旱,雨量集中在6月下旬~8月末。相应的植被情况是5月末~6月初出苗,6月

中旬开始进入旺盛生长,9月份进入成熟,枝叶逐渐枯黄,10月10日前后开始收获。

图5是2000年生长季盐碱地中午12:00时显热通量的旬平均和净辐射量的旬平均,由图5可以

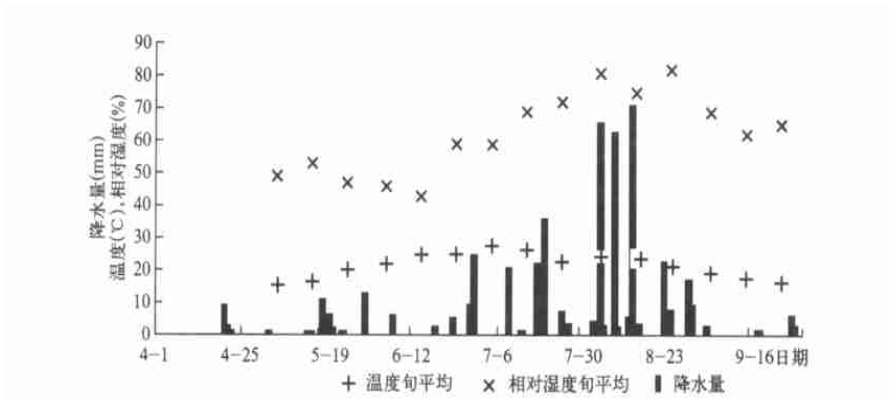


图 4 2000 年 5~ 9 月乾安县温度、湿度和降水分布

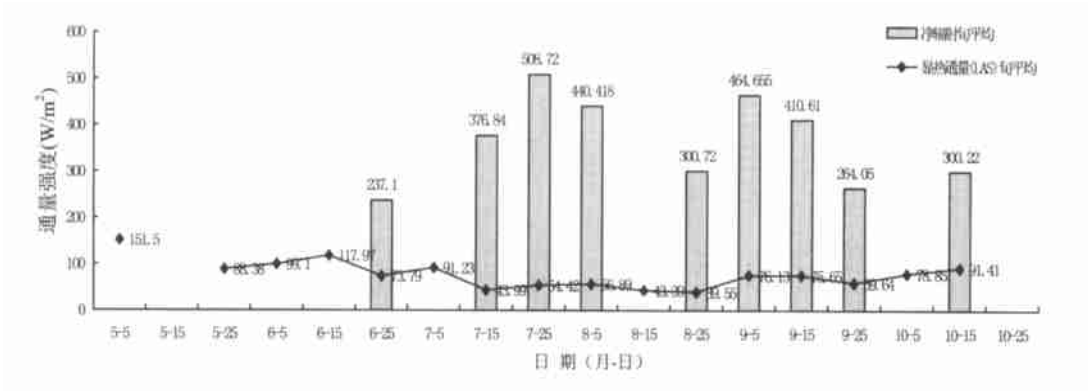


图 5 2000 年生长季旬显热通量、净辐射量

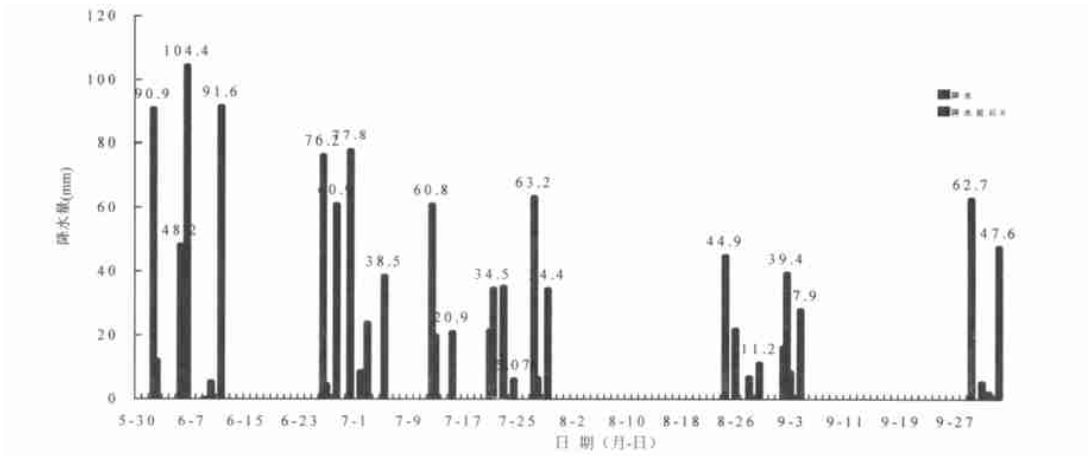


图 6 各次明显降水过程前后 LAS 的测量值

看出, 在 2000 年生长季中, 显热通量并不像日变化那样随净辐射增加而增加, 相反, 当春季到夏季净辐射越来越大时, 显热通量却逐渐减小, 净辐射通量由 6 月份 237.1 W/m^2 增加到 7 月份末 508.7 W/m^2 , 增加了 1 倍多, 而生长季中显热通量由最高的 117.97 W/m^2 降到 39.55 W/m^2 , 降低了约 67%。

显热通量占净辐射的比例, 由 4 月份干旱而没有植被时的近 65% 降到 7 月中旬的 11%, 而在下半年, 当净辐射量逐渐减少时, 显热通量反而逐步增加到 10 月份的 30.4%, 在 7 月下旬净辐射出现最大值, 而显热通量却接近最低值, 这显然是由于降雨和植被生长引起的。雨量集中的 7 月中旬到 8 月末, 与

显热通量的最低值恰好对应。

3.3 盐碱地区降水前后的显热通量的变化

图 6 是生长季中各次主要降水引起的显热通量的变化,图中每两个标有数据的柱是一次降水前后晴天中午 12:00 的显热通量,中间的柱体是降水,柱高表示降水量。由图可知,在每次降水之后,显热通量都明显降低,降低的数量与降水的大小有关。在 8 月份,由于降水集中,在图中未给出。

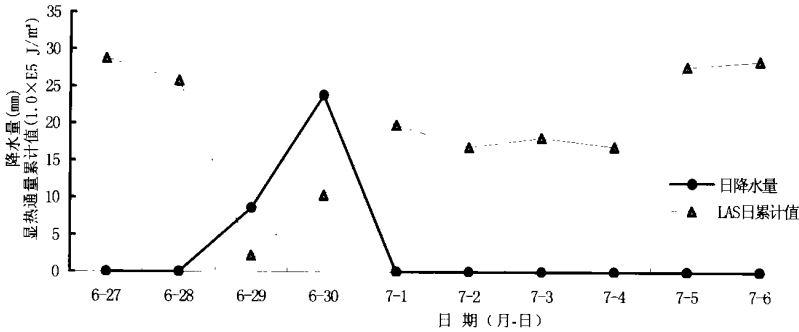


图 7 2000 年 6 月 29~ 30 日降水过程前后 LAS 值的变化

4 讨论和结论

(1) 在乾安盐碱地区, 2000 年的显热通量在春季干旱季节可占净辐射的 65% 以上, 是典型的干旱地区。而在 7, 8 月份, 显热通量随降水的增加和植被的生长大幅度降低仅为净辐射的 11%, 与南方多雨湿润地区类似^[9]。

(2) 由于盐碱地区植被所占的比例较小, 所以显热通量受降水的影响较普通地区要大。显热通量

图 7 是 6 月 28~ 30 日降水过程前后的显热通量累积量的变化过程, 图中折线表示每天 8: 00~ 16: 00 点显热通量累积量的变化过程, 由雨前的 2.88 MJ/m² 降至雨后的 1.93 MJ/m², 然后逐步回升到 7 月 7 日的 2.85 MJ/m²。这些数据反映了盐碱地保持水分的能力。虽然目前还没有看到国内其它类型土壤这方面的资料, 无法进行比较, 但本文认为它体现了这个地区自然特征和能量分配的一个方面。

占净辐射的比例大小主要取决于降水量的大小。降水前后显热通量的演变过程在一定程度上反映出该地区土层和植被的特征。

(3) 本文使用了 LAS 和梯度两种方法监测显热通量, 试验表明测量结果基本一致。而 LAS 可代表 1 km² 以上景观尺度^[10] 的平均通量, 它有野外易于维护的优点, 梯度法与 LAS 方法相比, 测量尺度小, 只能代表 0.1 km² 以下的局地尺度, 但它可以取得夜间和冬季的资料, 从而弥补 LAS 这一弱点。

参考文献

- 1 廉毅等. 吉林省西部荒漠化发展的陆地卫星遥感监测分析. 气象学报, 1999, 57(6): 662~ 667
- 2 陈万隆, 翁笃鸣等. 关于青藏高原感热与潜热旬总量计算方法的初步研究. 见: 青藏高原气象科学实验文集编辑组. 青藏高原气象科学实验文集. 北京: 科学出版社, 1984. 35~ 45
- 3 丁一汇等. 1998 年夏淮河流域试验加密观测期间主要天气形势特点及其重要观测成果. 见: 赵柏林, 丁一汇主编. 淮河流域能量与水分循环研究(一). 北京: 气象出版社, 1999. 1~ 11
- 4 Wang Ting-i, et al. A saturation resistant optical scintillometer to measure C_n^2 . J Opt Soc Am, 1978, 68: 334~ 338
- 5 Hill, et al. Refractive- index and absorption fluctuations in the infrared caused by temperature, humidity and pressure fluctuations. J Opt Soc Am, 1980, 70: 1192~ 1205.
- 6 De Bruin, H A R, et al. The Scintillation method tested over a dry vineyard area. Boundary-Layer Meteor. 1995, 76: 24~ 40
- 7 北京农业大学气象专业编. 农业气象学. 北京: 科学出版社, 1984. 137~ 147
- 8 杨正明等. 农业气象仪器原理. 北京: 北京农业大学出版社, 1989. 137~ 268
- 9 朱治林等. 用微气象方法估算淮河流域能量平衡的实验研究. 见: 赵柏林, 丁一汇主编. 淮河流域能量与水分循环研究(一). 北京: 气象出版社, 1999. 144~ 152

10 Steffen W L, et al. 全球变化与陆地生态系统(GCTE). 见: 陈泮勤, 孙成权主编. 国际全球变化研究核心计划(二). 北京: 气象出版社, 1994. 94

MEASURING SENSIBLE HEAT FLUX OVER SALINE-ALKALI
LAND AREA IN QIANAN

Zhi Keguang Tu Gang Lian Yi Sui Chaoyang

(*Institute of Meteorological Science of Jilin Province, Changchun 130062*)

Fu Guangji Wang Jiang

(*Qianan County Meteorological Bureau, Qianan 131400*)

Abstract

This paper gives the measurements of the sensible heat flux over saline-alkali land by LAS (Large Aperture Scintillometer) in the growing season of 2000. Calculations of water-heat balance have been made. In Qianan saline-alkali land area, the sensible heat flux accounting for net radiation is 65% in drought and non-growing seasons, 11% in rainy and growing seasons. The sensible heat flux decreases obviously due to rainfall, the decrease is related to the rainfall rate. And this aspect can indicate the character of the soil. Comparing with the traditional gradient method, the two sets of data are consistent.

Key words: Sensible heat flux, Saline-alkali land, LAS, Gradient.