

地表温度过程的时间序列分析

高 晴¹, 柳钦火², 黄海洋³

(1. 电子科技大学应用数学学院 成都 610054;

2. 中国科学院遥感所 北京 100041;

3. 北京师范大学数学所 北京 100875)

【摘要】分析了西藏的湍流通量数据和地表温度数据,提出了表征地表温度变化特征的地表温度特征量。运用时间序列分析的方法,得到地表温度特征量和湍流通量之间的传递函数模型,为进一步研究地表温度的时间尺度效应和时间滞后效应打下了基础。

关键词 地表温度; 湍流通量; 传递函数模型

中图分类号 P42 文献标识码 A

Time Series Analysis of Land Surface Temperature

Gao Qing¹, Liu Qinhuo², Huang Haiyang³

(1. School of Applied Mathematics, UEST of China Chengdu 610054;

2. Institute of Remote Sensing Applications Chinese Academy of Sciences Beijing 100041;

3. Department of Mathematics, Beijing Normal University Beijing 100875)

Abstract Atmospheric turbulence flux data and land surface temperature data of Tibet are analyzed in this paper. A new term, the character estimation of land surface temperature, is proposed to get the relationship. By the time series analysis, the transfer function model between turbulence flux and land surface temperature is found out. This model is the base to discuss the temporal scaling effect and the temporal lag effect of land surface temperature.

Key words land surface temperature; turbulence flux; transfer function model

地表温度是地表与大气相互作用过程中的最重要的物理学参量之一。研究发现,地表温度受大气湍流影响,但现有文献对其影响机理认识不足^[1,2]。本文将对大气湍流强度与地表温度变化之间的关系进行分析、研究,并提出有关的传递函数模型。

1 数据的初步分析及预处理

用于本文研究的数据为1998-06于青藏高原观测试验数据,由于1998-06-21T19-45-09~1998-06-22T03-12-38之间的地表温度数据有大的跳跃。考虑到时间序列的连续性和地表温度序列与湍流通量序列的对应,采用的温度数据从1998-06-17T18-35-47~1998-06-21T18-35-48,采用的对应的湍流通量数据从1998-06-17T18-30-00~1998-06-21T18-35-00。

可以发现,地表温度 T_i 与湍流通量 $H/W \cdot m^{-2}$ 的趋势是相似的,这是因为它们都有24 h的周期,白天的数值大,晚上的数值小。并且,当湍流通量较大时,地表温度的变化较大,地表温度的变化量 $\Delta T = T_{i+1} - T_i$ 与湍流通量的数据如图1所示。

2 地表温度的特征量

对西藏数据,地表温度的变化量的数量与湍流通量的数量仍然无法匹配。因为要讨论的是湍流通量对温度变化幅度的影响,而湍流通量数据是10 min平均值,不能代表瞬时状态。如果有变量能包含地表温度的变化特征,并且能和湍流通量数据一一对应,就可以用时间序列的方法来研究它们之间的关系。本文定义

$$DT_t = \sqrt{\frac{1}{n_t - 1} \sum_{i=1}^{n_t-1} (T_{i+1} - T_i)^2} \quad (1)$$

为地表温度的特征量。其中, n_t 是对应的 H_t 到 H_{t+1} 的时间段之间的地表温度 T 的数目。 DT_t 表示了从 t 到 $t+1$ 的范围内地表温度的平均变化量。

为了研究的方便,将定义的变量分别标准化:

$$\begin{cases} H_{\text{new}} = \frac{H - m_H}{s_H} \\ DT_{\text{new}} = \frac{DT - m_{DT}}{s_{DT}} \end{cases} \quad (2)$$

式中 m_H 、 m_{DT} 分别是 H 和 DT 的均值, s_H 、 s_{DT} 分别是 H 和 DT 的标准差。为了方便,仍然称 DT_{new} 为地表温度的特征量,称 H_{new} 为湍流通量。

对湍流通量数据进一步观察,发现有不少缺失值。考虑到湍流通量数据定为10 min平均,因此对缺失值,最好是作线性插值。但是如果间隔太大,线性插值后的时间序列就很难保持原时间序列的性质。因此,拟对大的时间间隔进行删除,对小的时间间隔进行线性插值。对湍流通量数据进行修正后,地表温度特征量与湍流通量的数据如图2所示。

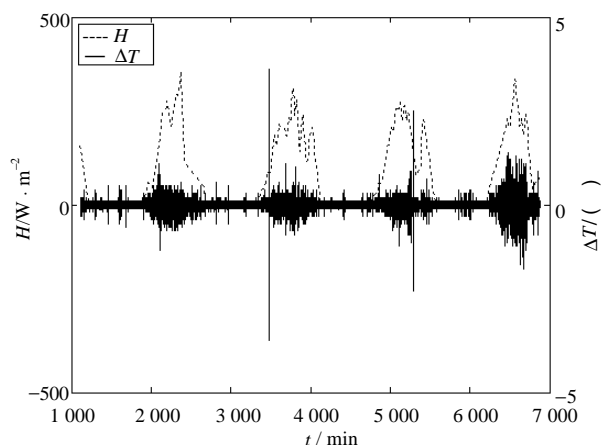


图1 地表温度变化量和湍流通量图

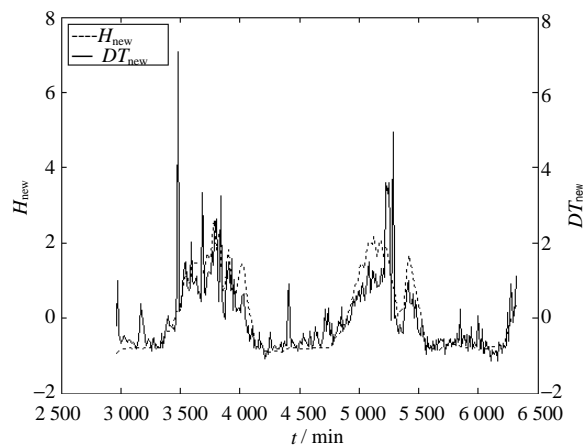


图2 修正后的湍流通量和地表温度特征量图

3 湍流通量数据的预白噪声化

对 H_{new} 经过 $d=(1)$ 阶差分后,单位根检验显示平稳,通过BIC信息准则确定模型的阶^[3],得到: $p=(1,3,4,6)$,并且残差序列显示不相关,因此模型

$$(1 - 0.792B + 0.589B^3 - 0.486B^4 + 0.111B^6)(1 - B)H_{\text{new}t} = a_t$$

就是 H_{new} 适合的模型。模型拟合图如图3所示。

西藏的湍流通量数据在平稳化时没有需要季节差分,这说明数据本身是季节平稳的;当前时刻的数据依赖于提前直到 $t-7$ 时刻的数据,也就是说,1 h前到10 min前的湍流通量影响到当前时刻的湍流通量大小,但是影响的程度随着提前时刻的增大而减小。西藏湍流通量数据主要特征是:当天的湍流通量相互有关,且相关的滞后时间达到1 h。

4 对地表温度数据和湍流通量数据的模型建立

首先,对 DT_{new} 做单位根检验得到平稳差分: $d=(1)$ 。从平稳化后的 DT_{new} 和与白噪声化后的 H_{new} 的互相关函数分析可以看到,它们之间的互相关检验显示不相关,因此,用互相关分析的方法讨论它们之间的关系不适宜。由于研究的是湍流通量引起地表温度的变化关系,讨论传递函数模型。本文利用时间序列的模型分析过程^[3],得到 DT_{new} 和 H_{new} 的一阶线性模型

$$DT_{newt} = 0.747H_{newt} + 0.271N_{t-1} + e_t \quad (3)$$

式中 N_{t-1} 是 $t-1$ 时刻的噪声,说明噪声影响有一个时刻的滞后; e_t 是白噪声。拟合图如图4所示。

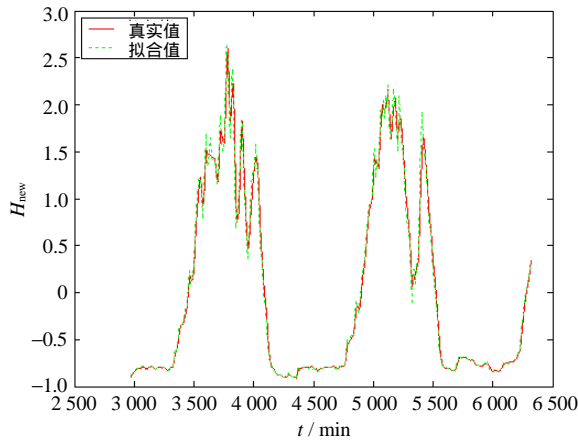


图3 西藏湍流通量模型拟合图

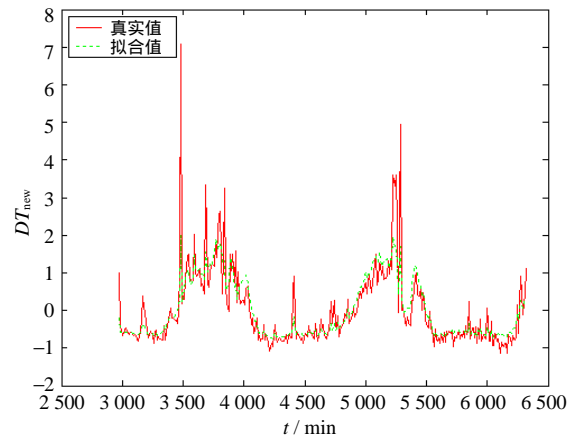


图4 西藏数据模型拟合图

5 讨论

本文对西藏的地表温度和湍流通量数据进行了分析。对地表温度,提取了与湍流通量在时间上一一对应的地表温度特征量,通过时间序列分析,分析湍流通量和地表温度特征量之间的关系,得到地表温度特征量关于湍流通量的经验模型,该模型不但有助于认识地表温度的变化规律,同时将会为大气湍流强度的地面实验测量提供一种新的思路。

本文研究工作得到了电子科技大学青年基金[No.L08011001; No.YF021104]资助,在此表示感谢。

参考文献

- [1] 周明煜,徐祥德. 青藏高原大气边界层观测分析与动力学研究[M]. 北京:气象出版社,2000
- [2] 陈月娟,张弘,周任君,等. 西太平洋副热带高压的强度和位置与亚洲地表温度之关系[J]. 大气科学,2001,25(4): 515-522
- [3] 谢衷洁. 时间序列分析[M]. 北京:北京大学出版社,1990
- [4] 陈红岩,胡非,曾庆存. 处理时间序列提高计算湍流通量的精度[J]. 气候与环境研究,2000,5(3): 304-311
- [5] Boulet G, Chehbouni A. A simple water and energy balance model designed for regionalization and remote sensing data utilization[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2000, 105: 117-132
- [6] He Jinhai, Wang Panxing, Zhang Suping. Peculiarities of long term variation of sea surface temperature in tropical western pacific ocean[J]. Journal of Tropical Meteorology, 2000, 6(2): 172-178

编辑 徐安玉