

# 青藏高原西部地面反射率的日变化以及 与若干气象因子的关系

李国平, 肖 杰

(成都信息工程学院大气科学系, 四川 成都 610041)

摘要: 根据 1997 年 10 月至 1998 年 11 月青藏高原西部改则和狮泉河两个自动气象站连续观测的大气、辐射和土壤资料, 在分析高原西部地面反射率冬、夏季日变化特征的基础上, 重点研究了地面反射率与土壤和大气若干重要因子(如土壤湿度、土壤温度、空气相对湿度、空气温度)的关系。研究结果有助于改进气候模式和卫星遥感中高原地面反射率的参数化方案。

关键词: 地面反射率; 青藏高原西部; 日变化; 土壤湿度; 空气相对湿度

中图分类号: P412.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-0690(2007)01-0063-05

## 引 言

地面反射率定义为太阳反射辐射与太阳入射辐射之比。它表征地面对太阳辐射的吸收和反射能力, 是影响辐射平衡的重要因子之一, 对气候特别是局地小气候的形成与变化具有重要影响。辐射气候学一般采用太阳辐射观测站实测的地面反射率资料, 但由于测站稀少和下垫面条件的不均一性, 使地面反射率实测值的空间代表性受到限制。20 世纪 60 年代以来, 已开始用卫星遥感观测的手段来估算地面反射率<sup>[1-3]</sup>。

研究青藏高原的地面反射率具有特别重要的意义。多年来, 国内外气象学家的研究一致表明: 青藏高原对中国、亚洲乃至全球气候及生态环境变化都有极为重要的影响<sup>[4-10]</sup>, 而高原地面反射率的基本特征和变化规律一直是地球科学工作者致力于研究的一个重要问题。1979 年 5~8 月, 中国开展第一次青藏高原气象科学试验(QXPME)以来, 在高原动力和热力作用对大气环流和天气系统影响方面的研究取得了重要进展, 并且开始应用卫星观测资料分析青藏高原的地面反射率<sup>[11]</sup>。1998 年 5~8 月, 中国又开展了第二次青藏高原大气科学试验(TIPEX), 在包括辐射、地面反射率等问题的地面物理过程研究方面又取得了一些新进

展<sup>[12, 13]</sup>。但同时也应看到, 目前高原地区的卫星遥感观测资料还十分有限, 并且卫星遥感资料反演成地面反射率工作还处于探索阶段, 反演精度也有待提高。因此, 应用实测的辐射资料计算地面反射率以及分析地面反射率的变化仍很有必要, 这也是卫星遥感青藏高原地面反射率的基础性工作。

本文利用 TIPEX-GAME/Tbet 项目设在高原西部改则和狮泉河的两个自动气象站(AWS)1997 年 10 月至 1998 年 11 月连续的地面梯度观测资料, 分析了高原西部地面反射率的日变化特征并且比较了冬、夏季日变化的差异。重点研究了地面反射率与土壤和大气若干因子(如土壤湿度、土壤温度、空气相对湿度、空气温度)的关系。本研究结果有助于细致了解青藏高原(特别是高原西部地区)的地面反射率的特征和变化规律, 有助于深入认识青藏高原地-气相互作用的物理过程对中国灾害性天气、气候的影响以及在亚洲季风系统中的作用。对改进物理模型和气候模式中高原地面反射率的参数化方案, 以及提高卫星遥感高原地面反射率的水平具有重要意义。

## 1 资料及处理

文中计算所用的资料取自 TIPEX-GAME/Tbet 项目设在青藏高原西部地区的改则和狮泉河

收稿日期: 2005-08-18 修订日期: 2005-12-11

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目(2004CB418300)、国家自然科学基金项目(40375023)、成都信息工程学院科技发展基金项目(CSRF200302)资助。

作者简介: 李国平(1963-), 男, 重庆铜梁人, 教授, 主要研究方向为青藏高原陆面物理过程、高原天气系统动力学等研究。E-mail: liguoping@cui.edu.cn

两个自动气象站, 自动站由日本 Ogasawara Keiki 公司 1996 年组装, 其数据采集器为美国产 CR10X, 气温、土壤温度、风和降水的传感器产自日本 Ogasawara Keiki 公司, 相对湿度传感器 HMP35A 和气压传感器 PTB220 产自芬兰 VAISALA 公司, 土壤湿度传感器 TRME-EZ 产自德国 MKO 公司, 短波辐射传感器 MS-801、长波辐射传感器 MS-201 和土壤热通量传感器 MF-81 产自日本 Eko 公司。改则站海拔高度 4 415 m, 位于高原西部中央, 狮泉河站海拔高度 4 278 m, 位于高原西端, 两站下垫面植被稀疏、短小, 一般只有几 cm 高, 为高原寒带和寒带季风干旱气候, 太阳辐射强烈, 地面风速较大, 空气干燥, 少雨, 昼夜温差大, 属于半干旱区。自动气象站置于当地常规气象观测场的一角, 由当地气象部门专职人员进行日常监护, 观测探头由日方专家定期送回日本检定, 资料存储单元每半年由专门人员取回、读出和译码。本文使用的要素值有 2 m 高度的气温、空气相对湿度, 0 cm 地温, 0~15 和 15~30 cm 土壤相对湿度, 地面吸收的短波辐射和地面反射的短波辐射。本文分析的资料时段为 1997 年 10 月至 1998 年 11 月, 观测时段间隔为 1 小时。为尽可能保证观测资料的可靠性和各站资料的可比性, 自动气象站在日本进行了对比观测试验, 并对用于高原实际观测的全部传感器定期进行标定。计算时选用的资料已作如下预处理: 气温、空气相对湿度、辐射和土壤湿度等资料按高原可能出现的值域进行了过滤性检验, 个别明显异常或不合物理规律的值被剔除。

## 2 地面反射率的日变化

逐时反射率的计算结果表明, 1997 年 10 月至 1998 年 9 月一年期间, 改则地面反射率平均值为 0.306, 狮泉河地面反射率平均值为 0.295, 两地地面反射率差异与地表土质和植被状况有关 (图 1)。

### 2.1 冬季

由于高原西部冬季各日地面反射率变化情形大致相同, 取 1 月中旬的一天来分析冬季地面反射率的典型变化。如图 2、3 所示, 冬季两站地面反射率日变化特征基本一致, 即清晨、黄昏地面反射率高, 中午地面反射率低, 大致呈 U 形曲线。在日出、日落时分出现突变 (跳跃) 现象, 日出时地面反射率出现突降, 日落时地面反射率出现跃升。最低值出现在当地时间 (即世界时 + 6 小时, 下同) 的中

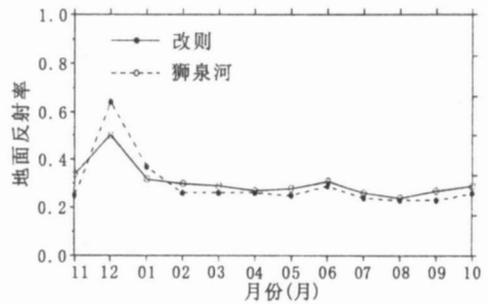


图 1 改则 (实线) 和狮泉河 (虚线) 1997 年 10 月至 1998 年 9 月地面反射率的逐月平均值

Fig. 1 Monthly surface albedo in Gaize (solid line) and Shiquanhe (dashed line) during the period of Oct. 1997 to Sep. 1998

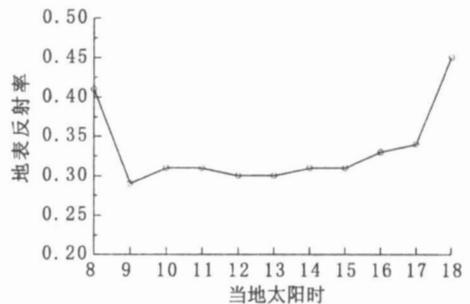


图 2 改则 1998 年 1 月 19 日地面反射率的日变化

Fig. 2 Diurnal variation of surface albedo in Gaize on Jan. 19, 1998

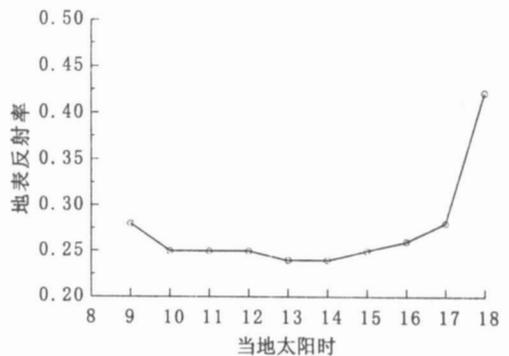


图 3 狮泉河 1998 年 1 月 16 日地面反射率的日变化

Fig. 3 Diurnal variation of surface albedo in Shiquanhe on Jan. 16, 1998

午 12~13 点之间。改则地面反射率日平均值为 0.33, 狮泉河地面反射率平均值为 0.27。

### 2.2 夏季

与此相似, 取 7 月中旬的一天代表夏季地面反射率的典型变化。如图 4、图 5 所示, 夏季两站地面反射率的日变化特征与冬季基本一致, 也是早晚

地面反射率高、中午地面反射率低, 大致呈 U 形。在日出、日落时分出现突变现象, 即日出时地面反射率出现突降, 日落时地面反射率出现跃升, 并且日落的跃升斜率更大。由于狮泉河比改则偏西, 所以其日出、日落时间均较改则晚。上午到中午之间地面反射率逐步降低, 最低值出现在中午 12 点前后。中午到下午之间地面反射率逐步升高。改则地面反射率的日平均值约为 0.27, 狮泉河地面反射率的平均值为 0.25。因此, 改则冬、夏季地面反射率的日平均值及日变化特征的差异较大, 冬季的日平均值大于夏季, 冬季日变化较为平稳, 日出、日落的突变现象不如夏季明显。而狮泉河冬季地面反射率的日平均值也大于夏季, 但冬季和夏季日变化特征的差异不大。

综上所述, 高原地面反射率日变化主要与入射的太阳辐射有关, 当太阳高度角较低时, 地面反射率的变化较大; 当太阳高度角增大以后, 地面反射率趋于稳定。

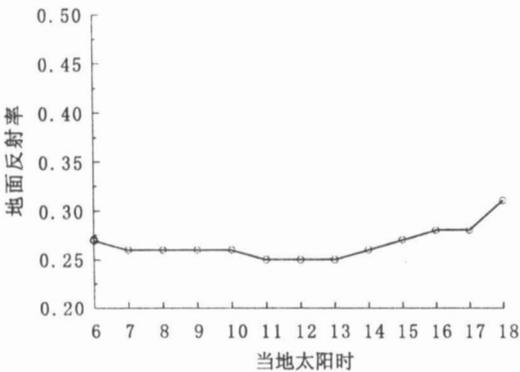


图 4 改则 1998 年 7 月 15 日地面反射率的日变化

Fig. 4 Diurnal variation of surface albedo in Gaize on Jul 15, 1998

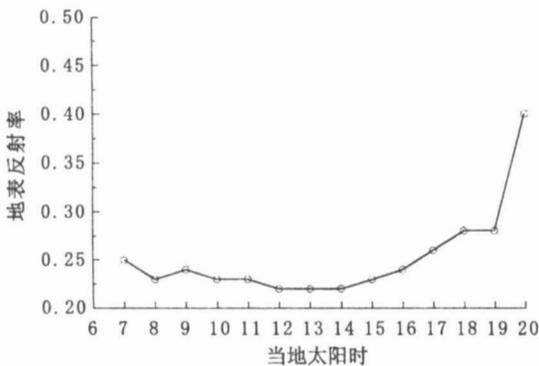


图 5 狮泉河 1998 年 7 月 19 日地面反射率的日变化

Fig. 5 Diurnal variation of surface albedo in Shiquanhe on Jul 19, 1998

### 3 地面反射率与某些气象因子的关系

地面反射率的变化主要由地面覆盖物(如植物, 积雪等)的变化引起的。对于存在积雪的地区和季节, 积雪可引起地面反射率明显增大, 而春季融雪可使反射率迅速减小。无极雪的地区和季节, 干湿季的交替, 植被生育期的变化都可使地面反射率发生相应变化<sup>[14]</sup>。

#### 3.1 地面反射率与土壤湿度

在无积雪的季节, 地面反射率主要取决于地面的植被覆盖情况和土壤湿润程度。土壤湿度的变化可对反射率产生明显影响, 一般规律为: 土壤湿度的增加可使地面反射率减小, 并且在干旱、半干旱地区的春季, 土壤湿润状况也是植物赖以生长发育的重要条件之一, 因此土壤湿度是影响地面反射率的重要因子之一<sup>[15]</sup>。高原西部地面反射率与 0~30 cm 平均土壤相对湿度的关系为: 当土壤湿度增加时, 地面反射率呈迅速减小。当土壤湿度增加到一定程度后, 由于植被覆盖已形成或裸土含水量已近饱和, 地面反射率就不再下降而基本维持不变, 这一特征在狮泉河表现得较明显(图 6)。

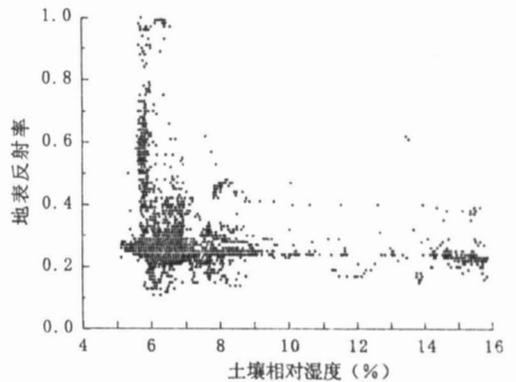


图 6 地面反射率与土壤相对湿度的关系(狮泉河)

Fig. 6 Relationship between surface albedo and relative moisture of soil in Shiquanhe

#### 3.2 地面反射率与地表土壤温度

由地面反射率的定义可知, 地表土壤温度与地面反射率并无直接关系, 但地面反射率的变化与季节有密切关系。由于季节变化最直接的后果是改变最大太阳高度这个影响因子, 而地表土壤温度可以反映这个影响因子的变化<sup>[16]</sup>。高原西部地面反射率和地表土壤温度(也称 0 cm 地温)的关系可归纳为: 地面反射率随 0 cm 地温的升高基本呈减

小规律。当 0 cm地温低于摄氏零度时,地面反射率随 0 cm地温的升高而迅速减小,这在狮泉河表现得较明显(图 7)。但当 0 cm地温高于摄氏零度后,地面反射率随 0 cm地温升高而减小的幅度明显变小。

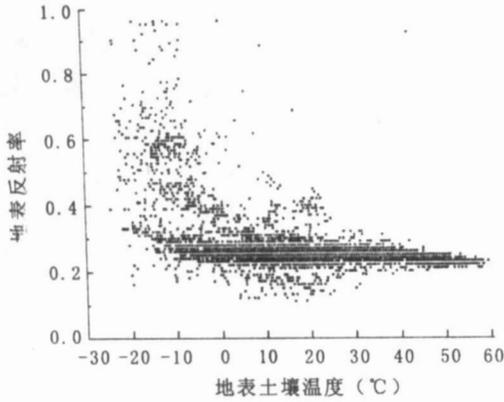


图 7 地面反射率与地表土壤温度的关系(狮泉河)  
Fig 7 Relationship between surface albedo and surface soil temperature in Shiquanhe

### 3.3 地面反射率与地面气温

与地面反射率与地表土壤温度的关系类似,地面反射率与地面气温也有一定关系<sup>[12]</sup>。高原西部地面反射率与 2m 空气温度的关系和地面反射率与 0 cm地温的关系基本相似,即摄氏零度以下,随着气温的升高地面反射率迅速减小;但当气温高于摄氏零度时,地面反射率几乎维持不变,约为 0.24(图 8)。但地面反射率与地面空气温度关系的规律性不如地面反射率与地面土壤温度的明显。

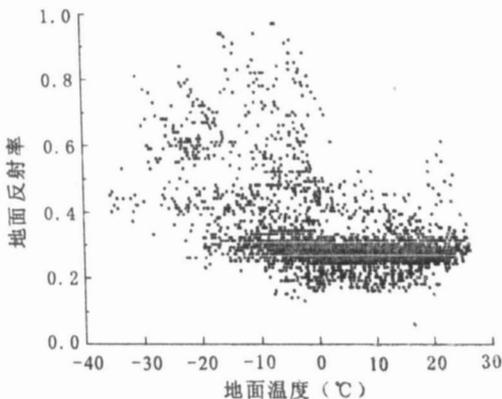


图 8 地面反射率与地面气温的关系(改则)  
Fig 8 Relationship between surface albedo and surface air temperature in Gaize

### 3.4 地面反射率与地面空气相对湿度

图 9中,当地面反射率处于高值时(大于

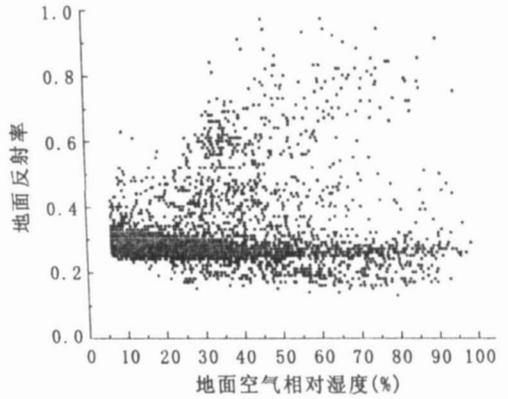


图 9 地面反射率与地面空气相对湿度的关系(改则)  
Fig 9 Relationship between surface albedo and relative humidity of surface air in Gaize

0.4),随着相对湿度的增加,地面反射率明显增大,这反映冬季特别是降雪的情形;而当地面反射率处于低值时(小于 0.4),随着相对湿度的增加,地面反射率略有减小,这反映夏季特别是雨季的情形。

## 4 结束语

本文选取青藏高原西部地区改则和狮泉河两个自动气象站 1997年 10月至 1998年 11月的大气、辐射和土壤观测资料,在对原始资料进行预处理的基础上,根据太阳短波辐射资料计算出时间间隔 1小时的高原地面反射率,然后取冬、夏两季具有代表性的一日计算结果分析了地面反射率的日变化特征,并比较了冬、夏季地面反射率日变化的差异。在此基础上重点讨论了地面反射率与土壤和大气若干气象因子(如土壤相对湿度、地表土壤温度、地面空气温度和地面空气相对湿度等)的关系。本研究结果有助于细致了解青藏高原(特别是西部地区)的地面反射率的基本特征和变化规律。对改进物理模型和气候模式中高原地面反射率的参数化方案,以及提高卫星遥感高原地面反射率的水平具有重要意义。

## 参考文献:

[1] Preuss H J Geleyn J F. Surface albedo derived from satellite data and their impact on forecast mode[J]. Arch Met Geoph. Biokl 1980 29(3): 345-356

[2] 陈浩,李晓兵,谢 锋. 我国西北地区地表反照率的遥感研究[J]. 地理科学, 2001, 21(4): 327-333

[3] 刘三超,张万昌,蒋建军,等. 用 TM 影像和 DEM 获取黑河流域地表反射率和反照率[J]. 地理科学, 2003, 23(5): 585~

- 591.
- [ 4 ] 叶笃正, 高由禧. 青藏高原气象学 [ M ]. 北京: 科学出版社, 1979. 1~ 9.
- [ 5 ] 章基嘉, 朱抱真, 朱福康, 等. 青藏高原气象学进展 [ M ]. 北京: 科学出版社, 1988. 14~ 89.
- [ 6 ] 赵昕奕, 张惠远, 万 军. 青藏高原气候变化对气候带的影响 [ J ]. 地理科学, 2002, 22( 2 ): 190~ 195.
- [ 7 ] 孙凤华, 任国玉, 赵春雨, 等. 中国东北地区及不同典型下垫面的气温异常变化分析 [ J ]. 地理科学, 2005, 25( 2 ): 167~ 171.
- [ 8 ] 郭志梅, 缪启龙, 李 雄. 中国北方地区近 50 年来气温变化特征的研究 [ J ]. 地理科学, 2005, 25( 4 ): 448~ 454.
- [ 9 ] 张耀存, 张录军. 东北气候和生态过渡区 50 年来降水和温度概率分布特征变化 [ J ]. 地理科学, 2005, 25( 5 ): 561~ 566.
- [ 10 ] 靳立亚, 符娇兰, 陈发虎. 近 44 年来中国西北降水量变化的区域差异以及对全球变暖的响应 [ J ]. 地理科学, 2005, 25( 5 ): 567~ 572.
- [ 11 ] Zhong Q iang, Li Y inhai. Satellite observation of surface albedo over the Qinghai- X izang plateau region [ J ]. A dvanced in A t- mospheric Science, 1988, 5( 1 ): 57~ 64.
- [ 12 ] 周明煜, 徐祥德, 卞林根, 等. 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. 79~ 99.
- [ 13 ] 李国平, 段廷杨, 吴贵芬. 青藏高原西部的地面热源强度及地面热量平衡 [ J ]. 地理科学, 2003, 23( 1 ): 13~ 18.
- [ 14 ] 李国平, 陈仲林. 近年来我国地面反射率的若干重要特征 [ J ]. 地理科学, 1996, 16( 1 ): 46~ 50.
- [ 15 ] 张 强, 王 胜, 卫国安. 西北地区戈壁局地地面物理参数的研究 [ J ]. 地球物理学报, 2003, 46( 5 ): 616~ 623.
- [ 16 ] 陈向红. 地面反射率与若干气象因子关系的初步分析 [ J ]. 成都气象学院院报, 1999, 14( 3 ): 233~ 238.

## Diurnal Variation of Surface Albedo and Relationship between Surface Albedo and Meteorological Factors on the Western Qinghai-Tibet Plateau

LIGuo-Ping XIAO Jie

( Department of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu, Sichuan 610041 )

**Abstract** By using the continuous observational data of air radiation and soil from two sites of automatic weather station (AWS) at Gaize and Shiquanhe on the western Qinghai-Tibet Plateau in the period from October 1997 to November 1998, the diurnal variations of surface albedo in summer and winter are analyzed. Furthermore, the stress of this paper is put on discussing the relationship between surface albedo and some meteorological factors (such as soil moisture, surface moisture temperature, air relative humidity and air temperature). The results are helpful to improve the parameterization schemes of surface albedo in climate model and satellite remote sensing.

**Key words** surface albedo, western Qinghai-Tibet Plateau, diurnal variation, soil moisture, air relative humidity