

青藏高原西部地表反射率的合成分析

张鹏飞, 李国平

(成都信息工程学院高原大气与环境四川高校重点实验室, 四川 成都 610225)

摘要: 利用中(国)日(本)青藏高原陆面过程合作试验(GAME/Tibet)设立于青藏高原西部狮泉河和改则两地自动气象站(AWS)1997~1998年观测的大气、辐射和土壤等资料, 计算了两地的逐时地表反射率, 并进行了日平均、月平均和日合成分析, 据此讨论了青藏高原西部地表反射率的若干变化特征, 并在计算了对反射率影响最大的因子——太阳高度角的基础上, 着重讨论了青藏高原西部地表反射率的日变化特征。结果表明: 夏半年, 由于降水使土壤湿度增大, 植被生长, 地表反射率值较低; 冬半年, 受土壤湿度减小、雪盖覆盖影响, 地表反射率值较高, 12月平均值可达0.5以上。而地表反射率的日变化特征表现为, 清晨、黄昏地表反射率高, 中午地表反射率低, 大致呈U形曲线, 与太阳高度角的变化相反。该工作有助于深入了解高原地区地表反射率的平均状况及其变化特征。

关键词: 青藏高原; 地表反射率; 变化; 合成分析; 太阳高度角

中图分类号: P422.1+5

文献标识码: A

太阳辐射是地球能量的主要来源, 是地球表层进行各种物理过程和生物过程的基本动力。地球上许多自然现象的发生和变化, 主要由太阳辐射能的差异、转化和输送所引起, 大气运动也不例外。众所周知, 来自太阳的能量大多透过大气到达地表, 然后由地表吸收后影响边界层进而影响自由大气, 这是陆气相互作用的主要部分。因此, 研究高原地表反射率对研究陆气相互作用有重要意义, 也有助于认识高原气候和生态环境的形成与演变及其对周边地区的影响。

1 高原地表反射率的基本状况

地表反射率定义为太阳反射辐射和太阳总辐射之比, 它表征地面对太阳辐射的吸收和反射能力, 是影响地面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及其变化有重要的影响。地表

反射率主要受地表粗糙度、土壤颜色、土壤湿度和太阳高度角等因素的影响^[1-6], 并随空间和时间而变化, 在地表非均匀区对辐射的反射也会因所处坡向的不同而有所变化^[7]。土壤一般可视为灰体, 灰度不同反射率也有所不同, 不过土壤的灰度基本不会有明显的动态变化。一般情况下, 粗糙度长度越大, 地表反射率就越小, 而粗糙度长度与地表覆盖物类型(如植被、雪盖等因子)有很大关系^[8], 随地表状况的季节变化, 粗糙度长度也会有所变化^[9]。土壤湿度的变化可对地表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迅速减小^[10], 这是因为水的反射率非常小, 包裹在土壤粒子外围的水分增加了对太阳的吸收路径。在空气稀薄、大气干洁的青藏高原上, 由于其地形的复杂多变、地表植被稀少、雪盖面积大, 所以地表反射率一般较大。年平均地表反射率为0.20~0.28^[11]; 其地理分布是西部高、东部低、中部与东部相近^[2, 11-13]。

收稿日期(Received date): 2007-03-11; 改回日期(Accepted): 2007-07-25.

基金项目(Foundation item): 国家重点基础研究发展计划项目(2004CB418300), 成都信息工程学院科技发展基金项目。[Supported by National Key Basic Research Program (2004CB418300) and Scientific and Technical foundation of Chengdu University of Information Technology].

作者简介(Biography): 张鹏飞, (1983-), 男, 硕士研究生, 主要从事陆面物理过程及其对气候变化的影响研究。E-mail: zpfei_1983@163.com [Zhang Pengfei (1983-), male master graduate student works mainly on land surface physical process and the influence on the climate change.]

地表反射率的季节变化是冬季大、夏季小,夏季高原地表面反射率为 0.15~0.30,其中高原西部和柴达木盆地较大,为 0.20~0.30,藏北那曲、藏南拉萨和藏西南昌都等地较小,为 0.14~0.25。冬季地表反射率比夏季大 0.03 以上。有积雪时,地表反射率可达 0.70 以上,新雪的反射率更可高达 0.80~0.90^[11]。由于高原西部观测资料较少,人们对该地区地表反射率的认识相对而言更显不足,因此本文利用中(国)日(本)青藏高原合作试验在高原西部获得的辐射实测资料,重点对高原西部狮泉河和改则两站地表反射率的逐日平均值、季节变化和日合成变化进行较为细致和深入的研究。

2 资料

2.1 资料来源

本文所用的资料,来自中日青藏高原陆面过程合作试验(GAME/T bet)项目设在高原西部狮泉河和改则的两个自动气象观测站(AWS)的观测。使用的要素值有:(1)太阳总辐射;(2)反射太阳辐射。分析的资料的时段为:狮泉河为 1997-09~1998-12,改则为 1997-09~1998-10。观测间隔均为 1 h。

2.2 资料处理

计算时选用的自动站观测资料已做如下处理:太阳总辐射和反射太阳辐射,按高原可能出现的值域进行了过滤性检验,个别明显异常的观测值(如日落后、日出前时段内的余光辐射和余光反射造成的反射辐射)和不符合物理规律的观测值(计算的反射率出现大于 1.0 的情形)进行了订正或删除。

2.3 测站的地理、气候背景

狮泉河位于 32°30'N、84°05'E,海拔 4 278 m,位于高原西端喜马拉雅北麓湖盆地,属高原寒温带气候,称为阿里温凉干旱高原季风气候区,无霜期 95 d,年较差 26 °C;汛期在每年的 8 月,此时降水多属雨雪混合型,它是西藏降水最少的地方之一;夜雨率 67%;地表覆盖类型为藏西北荒漠草原,土壤类型为藏西北高山荒漠土壤区^[14]。

改则位于 32°13'N、84°48'E,海拔 4 415 m,位于高原西部中央措勤-班戈山原湖盆亚区,属高原寒温带气候,称为羌塘寒冷半干旱高原季风气候区,年较差 24 °C;夜雨率 64%;地表覆盖物类型为藏北

高山草原,土壤类型为藏北高山草原土壤区^[14]。

两站纬度差异较小,海拔也相近(即两站的太阳高度角的差异很小),太阳辐射强烈,空气干燥,少雨,昼夜温差大,下垫面植被稀疏、短小。

3 地表反射率的计算和分析

某时刻的地表反射率由某时刻反射太阳辐射除以该时刻太阳总辐射而得。

3.1 地表反射率的日平均值

地表反射率的日平均值由每日白天(有日照辐射的时段)的各个观测时刻的地表反射率平均而求得。

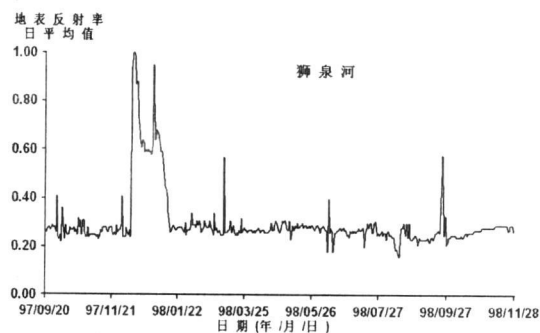


图 1 狮泉河站地表反射率的逐日平均值

Fig 1 The diurnal mean of surface albedo in Shiquanhe

图 1 为狮泉河 1997-09 到 1998-12 的日平均地表反射率的时间演变。该图表明冬半年(10 月、11 月、12 月、次年 1 月、2 月、3 月)的地表反射率与夏半年(4 月、5 月、6 月、7 月、8 月、9 月)的值存在明显差异。影响地表反射率的因子主要有地球表面覆盖物类型及其土壤湿润、粗糙程度和太阳高度角等因素,并随空间和时间而变化。而对于确定的地点(如狮泉河或改则),影响其季节变化的最大因素就是地表覆盖物类型的变化及土壤湿润程度,即冬半年地表面的冰雪覆盖和夏半年地表面的稀疏禾草的差异上。冬半年,伴随着几次降雪过程,地表反射率日平均值出现相应的波峰,而且增加幅度也很大。例如 1997-12-11~12 地表反射率达到峰值(接近 1),这是因为冬半年出现降雪天气过程后,地表面覆盖物以冰雪为主,冰雪由于其物理性质,对太阳辐射的反射很强而致反射率值很大。而冬半年地表反射率在降雪后的逐渐减小,说明新雪对太阳辐射的

反射较强, 冰雪面对太阳辐射的反射能力随距冰雪面形成时刻的日数增大而递减, 直至冰雪融化为止, 地表土壤裸露, 地表反射率恢复为该季节的正常值; 如果又出现另外一次降雪过程, 则反射率又开始变大。夏半年地表反射率相对较小, 变化幅度也比较小, 说明在夏半年地表覆盖物的物理性质较为单一 (为稀疏禾草或矮小的灌木); 从 6 月开始, 狮泉河的地表反射率逐步减小, 并随着降水过程的发生而出现几个低谷, 如狮泉河 1998-08-17, 地表反射率逐渐降到全年的最低点 0.16。这是因为 8 月是狮泉河的雨季, 随着降水量的增加, 地表相对潮湿, 土壤湿度增加, 地表植被生长, 因此地表反射率就会降低。

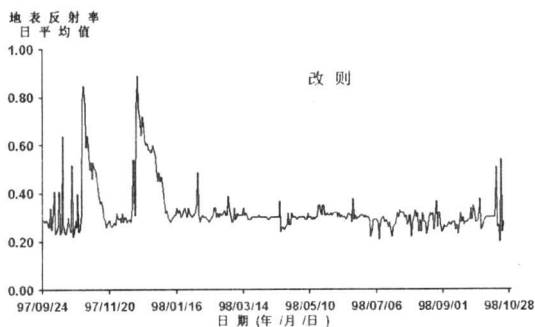


图 2 改则站地表反射率的逐日平均值

Fig 2 The diurnal mean of surface albedo in Gaize

改则冬半年与夏半年的地表反射率也有明显差异 (图 2)。冬半年地表反射率日平均最大值是 0.89 出现在 1997-12-14 从日期上看与狮泉河冬季峰值在时间上很接近, 即在一次大的降雪过程后, 在高原西部出现地表反射率高值现象, 并随几次降雪过程而波动变化。夏半年, 改则从 6 月末开始进入雨季, 土壤湿度增大, 地表植被生长, 地表反射率明显下降, 并伴随降水过程的发生, 地表反射率出现几个低谷, 最低值为 0.21。到 1998-10 地表反射率又随降雪过程的开始而逐渐增大。

另由图 1 和图 2 及以上的讨论可知, 由于狮泉河和改则两地纬度差异小、海拔接近、地表状况相似, 气候也比较类似, 两地的地表反射率表现为大小相近, 季节变化趋势基本一致, 年平均值均在 0.31 左右。

3.2 地表反射率的月平均值

地表反射率的月平均值由当月各日的地表反射率求平均而得。由图 3 可知, 两站 1997-12 的地表

反射率非常大, 狮泉河 12 月反射率平均值高达 0.60 改则 12 月反射率平均值也达 0.51, 这是因为在 1997/1998 年冬季, 西藏大部分地区和青海南部连降大到暴雪, 积雪异常偏多, 其中 1997-12 的连续降雪过程, 聂拉木积雪深达 81 cm、普兰 35 cm、那曲 40~50 cm, 强度大、范围广, 而且持续时间长, 西藏南部和北部及青海南部遭受历史上罕见的严重雪灾^[15]。而由前面的分析可知, 由于积雪对地表反射率有着非常显著的影响, 因此 1997-12 地表反射率也就非常大。夏末秋初, 两站的地表反射率均降至全年最低, 因为这个时候高原西部正值雨季, 土壤湿度较大, 地面植被生长的缘故。狮泉河从 6 月开始月平均地表反射率逐渐减小, 到 9 月降到最低点 0.23 而改则站在只有 7 & 9 月的地表反射率较低, 最低值为 0.28 高于狮泉河站的最低值, 连续降低幅度也不及狮泉河明显。到 1998-10 高原西部降雪过程开始后, 地表反射率的月平均值又开始增大, 并伴随各月份积雪覆盖量的不同而出现波动状变化。

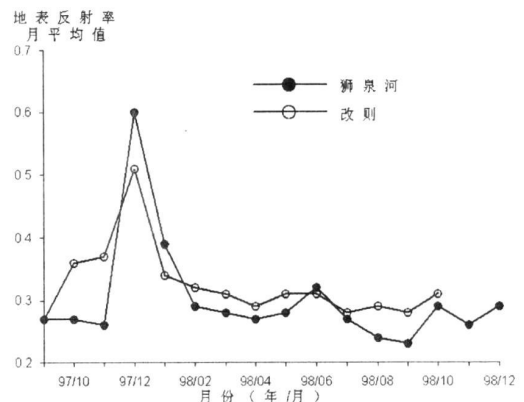


图 3 狮泉河站和改则站地表反射率的逐月平均值

Fig 3 The monthly mean of surface albedo in Shiquanhe and Gaize

从图 3 也可以看出由于两站均位于高原西部, 地理性质较为相近, 气候的季节变化也较一致, 表现在地表反射率的季节变化基本一致、各月的平均值也相近。

另外, 由表 1 可见: 夏季高原西部狮泉河和改则的地表反射率明显大于高原中部的拉萨和东南部的昌都, 这与卡林根等人^[13]、谢贤群^[2]的观测分析以及方宗义等利用卫星资料计算的结果^[16]相符合, 因此狮泉河和改则均为高原上地表反射率最大的地区之一。

表 1 1998- 05~ 08青藏高原部分站的月平均地表反射率
Table 1 The monthly mean of surface albedo of some plateau stations from May to August 1998

站名	5月	6月	7月	8月	5~ 8月平均
狮泉河	0.28	0.27	0.27	0.24	0.27
改则	0.31	0.31	0.28	0.29	0.30
拉萨 ^[12]	0.19	0.17	0.14	0.15	0.16
昌都 ^[12]	0.17	0.16	0.16	0.18	0.17

3.3 地表反射率的日合成分析

为了更合理地分析高原地表反射率的日变化特征,可对狮泉河和改则两站 1997- 10- 01~ 1998- 09- 30一整年的逐时地表反射率进行日合成分析,即把这一整年各时刻地表反射率的值按对应时刻(仅取有太阳辐射的时段)求平均,得到一个合成日中日出到日落时段各时次的地表反射率值(图 4)。为便于分析地表反射率的日变化特征,我们还计算了对反射率影响最为重要的因子——太阳高度角

(1997- 10- 01~ 1998- 09- 30的各个时次值), 计算方案采取文献[17]中的方法,并对太阳高度角也进行了日合成分析(图 5)。

由图 4可以看出,两站地表反射率的日变化特征基本一致,均为日出、日落时分地表反射率高,白天其他时段的地表反射率低,大致呈 U 形曲线。在日出、日落时分出现突变现象,即日出时地表反射率出现突降,日落时分地表反射率出现跃升,并且日落的跃升斜率更大。白天的其他时段,地表反射率较为稳定。地表反射率的最低值出现在当地时(LST, 等于世界时+6h)的中午时分,即太阳辐射最强烈的时段,狮泉河最低值为 0.28,改则最低值为 0.31。

3.4 地表反射率与太阳高度角的关系

地表反射率的日变化特征与太阳高度角的关系为,清晨日出时分,太阳辐射开始出现,由于此时太阳高度角还比较低(见图 5),太阳辐射穿过地球大气到达地面的路线较长,大气对太阳辐射的削弱较多,到达地面的辐射通量相对较少,且入射太阳辐射的入射角较大,因而地面对这个时候相对还较为微弱的太阳辐射的反射能力较强,故地表反射率较大;随着时间的推移,太阳高度角逐渐增大,太阳辐射逐渐增强,入射太阳辐射的入射角减小,而地表的反射能力变化不大,因而地表反射率就会降低,到当地太阳时的正午时分即太阳高度角最大、日照辐射最强的时候(如改则当地 12: 00~ 13: 00),地表反射率值降至白天的最低点;正午之后,随着到达地面的太阳辐射逐渐减弱,地表反射率又逐渐增大,在黄昏日落时分随着太阳高度角再次变得较小,地表反射率又升至较大的值。

4 结论

通过以上对青藏高原西部狮泉河和改则两地基于自动气象站一年多观测资料的地表反射率的计算、分析和讨论,可以得出以下几点结论:

- 1. 高原西部狮泉河和改则地表反射率的大小相近,季节变化趋势也基本一致,年平均值在 0.31 左右,属于青藏高原上地表反射率最大的地区。
- 2. 高原西部地表反射率的季节变化呈现冬季高、夏季低,最高值出现在冬季降雪过程后新雪覆盖地表时,最低值在夏末秋初降雨过程后土壤湿润、地表植被生长时,即地表反射率的全年最低、最高值分别出现在降雨、降雪之后。狮泉河和改则地表反射

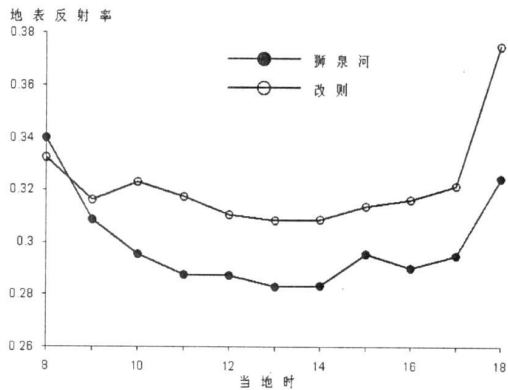


图 4 狮泉河站和改则站地表反射率的日合成分析
Fig 4 The composite diurnal cycle of surface albedo in Shiquanhe and Gaize

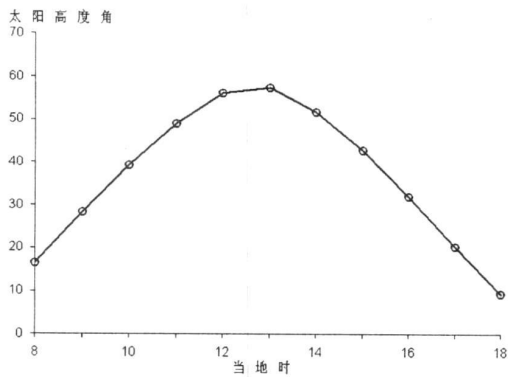


图 5 改则站太阳高度角的日合成分析
Fig 5 The composite diurnal cycle of solar elevation angle in Gaize

率月最大值分别为 0.60 和 0.51, 出现在 12 月; 月最小值分别为 0.23 和 0.27, 出现在 9 月。

3. 高原西部地表反射率的日变化曲线大致呈 U 形, 与太阳高度角的变化趋势相反。日出或日落时分地表反射率高, 白天其他时刻低, 最低值出现在正午时分即太阳直接辐射最强烈时。日合成分析表明: 狮泉河和改则地表反射率分别在当地太阳时 08:00 和 18:00 达到日最大, 其值分别为 0.34 和 0.37, 在 13:00 达到日最小, 其值分别为 0.28 和 0.31。

参考文献 (References)

- [1] Peixoto José P., Oort Abraham H. (Translation by Wu Guoxiong Liu Hui.) Physics of Climate. Beijing: China Meteorological Press, 1995: 82 [佩孚托著. 吴国雄, 刘辉等译. 气候物理学 [M]. 北京: 气象出版社, 1995: 82]
- [2] Xie Xianqun. The surface albedo of Qinghai-Xizang Plateau from May to August 1998 [A]. In The Collectives of the Qinghai-Xizang Plateau Meteorological Experiment (2) [C]. Beijing: Science Press, 1984: 17~23 [谢贤群. 青藏高原 1979 年 5~8 月的地表反射率 [A]. 青藏高原科学实验文集 (二) [C]. 北京: 科学出版社, 1984: 17~23]
- [3] Zhang Qiang, Wang Sheng, Wei Guoan. A study on parameterization of local land surface physical processes on the Gobi of northwest China [J]. *Chinese J. Geophys.*, 2003, 46((5): 616~623 [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]
- [4] Li Guoping, Chen Zhonglin. Some important characteristics of surface albedo of China in recent years [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 1996, 16((1): 46~50 [李国平, 陈仲林. 近年来我国地表反射率的若干重要特征 [J]. 地理科学, 1996, 16((1): 46~50].
- [5] Wang Kaicun, Liu Jingbiao, Zhou Xijie, et al. Retrieval of the surface albedo under clear sky over China and its characteristics analysis by using MODIS satellite data [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 2004, 28((6): 941~949 [王开存, 刘晶淼, 周秀骥, 等. 利用 MODIS 卫星资料反演中国地区晴空地表短波反射率及其特征分析 [J]. 大气科学, 2004, 28((6): 941~949]
- [6] Chen Xianghong. Relationship between surface albedo and some meteorological factors [J]. *Journal of Chengdu Institute of Meteorology*, 1999, 14((3): 233~238 [陈相红. 地面反射率与若干气象因子关系的初步分析 [J]. 成都气象学院学报, 1999, 14((3): 233~238]
- [7] Zhang Yiping, Ge Zaiwei, Liu Yuhong, et al. A comparative study on difference of microclimate between south facing and north facing slope of the upper reaches of Minjiang River in rainy season [J]. *Journal of Mountain Science*, 2002, 20((6): 680~686 [张一平, 葛在伟, 刘玉洪, 等. 岷江上游雨季南北坡小气候特征比较. 山地学报, 2002, 20((6): 680~686]
- [8] Zhou Yanlian, Sun Xiaomian, Zhu Zhilin, et al. Surface roughness length dynamic over several different surfaces and its effects on modeling fluxes [J]. *Science in China (Series D: Earth Sciences)*, 2006, 49((S2): 262~272
- [9] Li Guoping, Duan Tingyang, Gong Yuanfa, et al. A composite study of the surface fluxes on the Tibetan Plateau [J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 2002, 60((4): 453~460 [李国平, 段廷扬, 巩远发. 青藏高原近地层通量特征的合成分析. 气象学报, 2002, 60((4): 453~460]
- [10] Li Guoping, Xiao Jie. Diurnal variation of surface albedo and relationship between surface albedo and meteorological factors on the western Qinghai-Tibet Plateau [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2007, 27((1): 63~67 [李国平, 肖杰. 青藏高原西部地面反射率的日变化以及若干气象因子的关系. 地理科学, 2007, 27((1): 63~67]
- [11] Li Guoping. Dynamic Meteorology of the Tibetan Plateau (2nd edition) [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2002: 8~9 [李国平. 青藏高原动力气象学 (第二版) [M]. 北京: 气象出版社, 2002: 7~10]
- [12] Xu Xingkuai, Chen Hong, Zhou Guangqing. The spatiotemporal distribution of land surface features in the Tibetan Plateau [J]. *Climate and Environmental Research*, 2005, 10(3): 409~420 [徐兴奎, 陈红, 周广庆. 青藏高原地表特征时空分布 [J]. 气候与环境研究, 2005, 10(3): 409~420]
- [13] Bian Ling, Lu Longhua, Lu Changgui, et al. The characteristics of radiation balance components of the Tibetan Plateau in the Summer of 1998 [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 2001, 25(5): 577~588 [卞林根, 陆龙骅, 谿昌贵, 等. 1998 年夏季青藏高原辐射平衡分量特征 [J]. 大气科学, 2001, 25(5): 577~588]
- [14] The Multipurpose Scientific Expedition of China Academy of Sciences to the Qinghai-Xizang Plateau. Physical Geography of Xizang (Tibet) [M]. Beijing: Science Press, 1982: 1~133 [中国科学院青藏高原综合科学考察队. 西藏自然地理 [M]. 北京: 科学出版社, 1982: 1~133]
- [15] Chen Lieting. The role of the anomalous snow cover over the Qinghai-Xizang Plateau and ENSO in the great floods of 1998 in the Changjiang River valley [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 2001, 25(2): 184~192 [陈烈庭. 青藏高原异常雪盖和 ENSO 在 1998 年长江流域洪涝中的作用 [J]. 大气科学, 2001, 25(2): 184~192]
- [16] The research and calculation of surface albedo over Tibetan Plateau from satellite data [J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 1996, 54(5): 580~589 [方宗义, 刘玉洁, 林曼筠. 青藏高原地表反射率计算研究 [J]. 气象学报, 1996, 54(5): 580~589]
- [17] Wang Bingzhong. Lectures of computing the Solar radiation. 1st the computing method of astronomic parameters in computing the solar energy [J]. *Solar Energy*, 1999, 2: 8~10 [王炳忠. 太阳辐射计算讲座: 第一讲 太阳能天文参数的计算. 太阳能, 1999, 2: 8~10]

The Composite Analysis of Surface Albedo on the Western Tibetan Plateau

ZHANG Pengfei LI Guoping

(Center for Plateau Atmospheric and Environmental Research, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)

Abstract By using the continuous observational data of air radiation and soil from two sites of automatic weather station (AWS) at Shiquanhe and Gaize on the western Tibetan Plateau in the period from September 1997 to December 1998, the hourly surface albedo is computed. Furthermore, the daily mean of surface albedo and the monthly mean are computed and analyzed. On the basis of the calculation of the solar elevation angle which is the most significant factor to the surface albedo, the stress of this paper focuses on analyzing the diurnal variations of surface albedo by the method of composite analysis. The result shows that the value of surface albedo is reduced in summer with rain season and obviously increased in winter with dry season (the mean value of the surface albedo exceed 0.5 in December). The diurnal variation of surface albedo exhibits "U" shape. The maximum of surface albedo appears at sunrise and sunset, and its minimum appears at noon, the variation trend between surface albedo and solar elevation angle is reverse. The results are helpful to acquire a deep understanding of the variational characteristics of surface albedo in this area.

Key words Tibetan Plateau; surface albedo; variation; composite analysis; solar elevation angle

《山地学报》征稿简则

《山地学报》是专门报道山地科学研究理论与山区开发、整治、建设实践相结合等内容的综合性科技期刊,内容涵盖自然科学与人文科学两大门类中与山地研究、开发有关的多学科知识,重点报道山地资源开发与山地生态环境演变、山区工程建设与山地灾害(崩塌、滑坡、泥石流、水土流失、山洪等)防治、山区社会发展与城镇规划、山区持续发展与产业结构调整等领域的理论文章、应用技术、研究和实验方法等。同时设有学术动态、新书介绍和书评等不固定栏目,近期还特设了青藏高原等专题栏目。

投稿者请注意:

1 严格遵守国家保密规定,涉及国家和地区名称、界线、保密等政治及等敏感问题须认真核实,与我国政府口径一致。

2 严格按照来稿要求投稿,凡未按要求投稿的一律作退稿处理。

3 稿件文责自负。本刊对来稿有修改权,如不同意请事先声明。勿一稿多投。本刊审稿周期为3个月左右,作者在投出稿件100天后未收到稿件处理意见,可另行处理。由于人手有限,稿件刊用与否均不退还原件,请自留底稿。本刊对刊用稿件酌收版面费和审稿费。如需抽印,请事先声明数量,酌收成本费。

4 本刊所刊载稿件将进入各大检索数据源并上网,作者若有异议请预先申明。

5 来稿请寄:成都市一环路南二段10号中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所《山地学报》编辑部,邮政编码610041; E-mail: hyfeng@imde.ac.cn; 电话: (028) 85223826。作者投稿时务必附上联系电话。