

# 中国地表月平均反照率的遥感反演<sup>\*</sup>

徐兴奎

(中国科学院遥感应用研究所, 北京, 100101; 中国科学院大气物理研究所, 北京, 100029)

刘素红

(中国科学院遥感应用研究所, 北京, 100101)

## 摘 要

地表特征和下垫面物理性质在时空分布上的差异, 造成地表能量分布的不均, 地球表面的半球反射在气候领域是一个非常重要的参数, 它在地-气能量交换中决定着能量在地-气之间的分配比率。反照率随地表覆盖类型的变化具有很大的差异, 而这往往是形成区域小气候差异的原因。文中通过统计和双向反射模型, 应用 NOAA-14 AVHRR 数据并结合地理信息系统, 反演计算了 1997 年中国月平均反照率的分布, 并对结果做了分析检验。

关键词: 反照率, 双向反射分布函数, 核驱动模型。

## 1 引 言

地球系统具有明显的开放性, 系统能量的收支基本保持平衡, 但由于地球的各种运动和纬度的不同, 使能量的分布在时空上又明显不均一, 导致大气、海洋、冰雪层、陆地和生物发生重大变化<sup>[1]</sup>。地表是陆地、海洋、冰雪、生物圈、大气圈相互作用的统一体, 由于地表覆盖类型的多样性和多变性, 使得能量在区域尺度上重新分配, 造成地-气之间能量、动量和质量交换的平流差异, 从而深远地影响着局地、区域乃至全球气候变化, 地球表面的半球反照率定量的描述了初始太阳入射能在地-气之间的分配比率。

遥感信息是地理环境自然综合体的集中反映, 遥感对地观测和地理信息系统可以获得高分辨率的地表综合空间分布信息, 其中既包含自然因素等影响信息, 也包含大量的人为因素等外在作用信息, 所以遥感反演结果体现了地表真实的物理状况, 这使遥感反演技术逐渐成为地表物理参数获取的重要手段。与以往气候观测和模拟不同的是, 遥感反演反照率有地表特征模式的支持, 一次获得的是面上的反照率, 这样可以部分或完全的消除平流的影响(点

上的模式在面上的应用所造成的误差)。

自然的下垫面大多是非朗伯体, 遥感观测的波段反射率是在特定的太阳高度角、卫星视角下的值, 与方向性有关, 所以在众多的反照率反演模型中, 双向反射模型具有极高的应用前景, 其关键技术问题是如何获取双向反射分布函数, 然后求出半球反照率。双向反射模型中, 较为实际的反演反照率的方法是被称为“核”驱动模型, 所谓“核”就是能够描述下垫面物理、几何特征的模型, 反照率反演就是建立双向反射分布函数与“核”的线性或非线性关系。双向反射模型虽然理论性较强, 但需要大量的连续时间序列的遥感观测数据, 计算速度较慢, 还不能完全满足 GCM 模型的需要, 所以在大区域反照率反演中, 引入统计模型还是非常实际的, 而且同一种下垫面, 其物理性质随空间的分布基本不变或变化很小, 因此统计模型具有很好的移植性。

## 2 遥感数据的预处理

云是影响 NOAA-AVHRR 数据质量的重要因素, 必须去除云的影响。积雪和云在可见光和红外波段具有相似的光谱特性, 这也是影响积雪判别精

\* 初稿时间: 2000 年 5 月 30 日; 修改稿时间: 2000 年 11 月 27 日。

资助课题:“九五”中国科学院资源与生态环境研究重点 KZ952-SF-303 项目和国家重点基础发展规划研究项目(G1998040906-1)

度的最主要因素。本文所用数据源为1997年全年的NOAA14气象卫星AVHRR,每天2至3个时相,按照极射Mecartor投影,分5个通道拼成中国全国图像,共365d。所以首先需进行云和雪的鉴别,为了保证精度,应用AVHRR数据进行云雪判别必须同时应用多个通道多个参数,应用逐步逼近方法,分5步完成云雪的识别:(1)可见光反射率测试 $R_{ch1} > W_1$ ;(2)植被指数测试 $I_{NDV} \leq W_2$ ;(3)4,5通道亮温测试 $T_3 - T_4 \geq W_3$ ;(4)4通道亮温测试 $T_4 > W_4$ ;(5)2通道反射率测试 $R_{ch2} < W_5$ 。 $R_{ch1}$ ,  $R_{ch2}$ 分别是第一、二通道反射率; $I_{NDV}$ 是归一化植被指数; $T_4$ ,  $T_3$ 为第四、五通道亮温; $W_n$  ( $n = 1, 2 \dots 5$ )是阈值。

大气是影响各种地物光谱特征的重要因素,即使是同一种地物,由于处于不同的气候区域,其光谱特征也不同,所以阈值 $W_n$ 因地区而易,根据中国气象局的气候区划,将中国全国分为22个气候区域<sup>[2]</sup>,以旬为单位,先以目视判别选取分布于各个气候区域的积雪,统计各区域的阈值分布,然后采用逐步逼近法应用计算机自动识别,制作各月积雪分布数据库,同时去除云的影响。在此基础上,通过遥感分类并与中国科学院地理所制作的地表覆盖类型数据库叠加,建立了1997年12个月月平均地表特征动态分布数据库,另外,为了正确反演地表反照率,还对去云后的遥感数据进行了大气校正,详细方法参见文献[3]。

### 3 反照率反演模型

#### 3.1 中国西部地区、高原地区反照率的反演计算(统计模型)

统计模型反演地表反照率是根据各波段在太阳辐射中所占的权重来反演全波段反照率。假设下垫面各波段的反射率为 $\rho_i$ ,相应能量为 $E_i$ ,当总入射能为 $E$ 时,则反射能 $E_r$ 表示为:

$$E_r = E_1\rho_1 + E_2\rho_2 + \dots + E_i\rho_i \quad (1)$$

则当下垫面为朗伯体时,反照率为 $A$ :

$$A = \frac{E_1}{E}\rho_1 + \frac{E_2}{E}\rho_2 + \dots + \frac{E_i}{E}\rho_i \quad (2)$$

因此,计算地表反照率,需要知道太阳入射能各波段在总能量中所占的权重。

到达地表的太阳能,由于大气成份的变化、各组份的吸收和散射等作用,使其波谱成分日变化很大。NASA<sup>[4]</sup>的观测研究指出,在晴天大气非常干燥的

条件下,在可见光波段(0.3~0.725 $\mu\text{m}$ ),能量占总入射能的52.6%;在近红外波段(0.725~1.4 $\mu\text{m}$ ),能量占总入射能的36.2%;在中红外波段(1.4~4.0 $\mu\text{m}$ ),能量占总入射能的11.2%,NASA的研究结果能很好地反映干燥的大气条件下入射太阳能的波段能量分布,这也为干燥气候条件下反照率的反演提供了一条途径。在中国西部沙漠、荒漠和中国积雪分布的地区,空气的湿度很小,适于根据波段能量分布建立反照率反演模型。据此,文中在下列3种下垫面上应用Brest建立的反演模型<sup>[5]</sup>:(1)沙漠、荒漠有植被覆盖地区;(2)沙漠、荒漠无植被覆盖地区;(3)雪面。

青藏高原作为一个特殊的地理类型,对全球气候的影响极其显著,其行星反照率与地面反照率的相互关系与全球纬向平均相比较也有明显的差异<sup>[6~8]</sup>,所以,即使是相同的下垫面,反照率的统计反演模型与其它地区也会有很大的不同,在10km $\times$ 10km分辨率的卫星数据中,可能包含了很多地形信息,所以反照率反演模型应该具有针对性。本文参考近年来高原气象研究成果,选择祝昌汉<sup>[6]</sup>等发展的一种模型,该模型针对于青藏高原,通过晴空行星反照率反演地表反照率,模型物理意义也十分明确。

#### 3.2 中国东部地区反照率的反演计算(双向反射模型)

自然的下垫面大多是不均匀的,粗糙度也各自不同,因此没有严格意义上的朗伯体。卫星观测的波段反射率与观测的角度密切相关<sup>[9~11]</sup>,反射率一般随视角天顶距的增加而增加并随太阳高度而变化<sup>[12]</sup>,尤其植被体是一个动态的过程,其反射特性和植物的生长发育、植物本身的颜色和种类有关,双向反射模型通过多角度的观测,综合包含了这些复杂的变化信息。尤其中国东部地区地表类型非常丰富,时空变化极大,采用动态的双向反射模型也更加科学合理。根据反照率的定义,它可以表示为:

$$\rho(z) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \int_0^{\pi/2} \rho(z, \theta, \varphi) \cos \theta \sin \theta d\theta d\varphi \quad (3)$$

$\rho(z, \theta, \varphi)$ 为双向反射分布函数(BRDF), $\rho(z)$ 为入射角 $z$ 时的反照率。因此计算反照率的关键问题在于如何计算下垫面的双向反射分布函数。目前BRDF计算模型较为成熟的是被称为“核”驱动的计算模型,所谓的“核”就是能够定量描述下垫面几何、生理和物理特征的数理模型,其形式分为4类:

(1) 统计经验模型<sup>[12]</sup>; (2) 辐射传输模型<sup>[13]</sup>; (3) 几何光学模型<sup>[14, 15]</sup>; (4) 混合模型<sup>[16, 17]</sup>。核驱动模型即求解 BRDF 与“核”之间的线性或非线性关系。

计算 BRDF 的核驱动模型较多, 并且在不同的下垫面得到了各种检验。对于考虑下垫面的物理和几何特征的辐射传输模型、几何光学模型、混合模型等“核”, 考虑到中间过程非常复杂, 尤其对叶面积指数 LAI 的遥感估算, 可能造成很大的不可信性, 不可避免的引入过程误差, 因此这里采用 Walthall<sup>[12]</sup> 等建立的由 Nilson<sup>[18]</sup> 改进的并被广泛应用的“核”驱动模型模型, 形式如下:

$$R(z, \theta, \varphi) = p_0(z^2 + \theta^2) + p_1z^2\theta^2 + p_2z\theta\cos(\varphi) + p_3 \quad (4)$$

$R(z, \theta, \varphi)$  是方向反射率,  $p_0, p_1, p_2, p_3$  为待求常数。方向反射率通过大气校正后的 NOAA-AVHRR 第一、二通道值求取:

$$R(z, \theta, \varphi) = w_1R_{CH1} + w_2R_{CH2} \quad (5)$$

$w_1, w_2$  分别是权重系数, 分别为 0.322 和 0.678<sup>[19]</sup>。

假设下垫面在连续 5 d 中变化极小或基本没有变化, 则可根据 5 个方向反射率, 应用最小二乘法确定上式中 4 个常数, 这样针对每一象元, 可以获得动态的双向反射分布函数  $\rho(z, \theta, \varphi)$ , 应用式(23) 根据不同的太阳入射角计算  $\rho(z)$  序列, 平均后即计算出反照率结果。

## 4 计算结果和分析

### 4.1 结果检验和误差分析

根据以上反照率反演模型, 应用 1997 年全年

10 km × 10 km 的 NOAA14-AVHRR 数据和一天 4 次中国全国气象观测数据, 借助地表特征动态分布数据库, 反演了 1997 年 12 个月的月平均反照率, 其中积雪覆盖地区需要计算积雪覆盖率<sup>[20]</sup>。

目前由于缺乏大范围地表反照率实测资料, 同时遥感数据反映的是地表综合信息, 与其分辨率有关, 所以通过实测资料验证反演结果很困难。因为我们的反演结果覆盖面积大, 具有一定的气候代表性, 所以将几种典型地物的反照率反演结果与一般条件下气候实际测量值对比(表 1), 反演结果与气候实测反照率在范围上基本一致。

表 1 几种典型地物计算值与实测值对比

类 型	实测反照率 <sup>[21]</sup>	反演结果
土 壤	0.05~ 0.40	0.07~ 0.42
针 叶 林	0.10~ 0.15	0.11~ 0.16
阔叶林和灌木林	0.15~ 0.20	0.12~ 0.18
草 地	0.15~ 0.25	0.16~ 0.25
水稻和小麦	0.10~ 0.25	0.11~ 0.23
雪 被	0.40~ 0.95	0.36~ 0.93
水 面	0.06~ 0.10	0.05~ 0.12

中国地域广阔、气候特征和地理类型复杂、地表覆盖类型时空变化也很大, 由于缺乏实测数据对比, 所以选择了几种典型的反射率, 对模型中不确定的参数进行了敏感检验和误差分析(表 2), 以期量化的确定计算方法对反演结果产生的误差。其中参数的变化幅度取的基本都是极端值, 由反演结果变化可得出, 模型本身能够保证反演精度的要求。研究也表明<sup>[22]</sup>, 对反照率反演精度影响最大的因素是卫星各通道定标的精度, 这是由卫星发射前地面定标实验所决定的, 这里采用的是 NOAA14-AVHRR 定期公布的订标参数。

表 2 反照率反演模型的敏感检验和误差分析

反照率和反演模型	变化参量	反演结果变化
在典型植被反射率 $R_{CH1} = 11$ $R_{CH2} = 22$ 时, 对 Brest 模型的检验	通道权重变化 10%	0.4%
在典型土壤反射率 $R_{CH1} = 25$ $R_{CH2} = 23$ 时, 对 Brest 模型的检验	通道权重变化 10%	0.4%
在典型新雪反射率 $R_{CH1} = 94$ $R_{CH2} = 81$ 时, 对 Brest 模型的检验	通道权重变化 10%	0.9%
太阳和卫星观测天顶角为 $60^\circ, 50^\circ,$ $40^\circ, 30^\circ, 20^\circ$ , 相对方位角 $230^\circ$ 时,	通道权重变化 10% 散射与直射比变化 20%	0.8% 0.94%
卫星接受的反射率 $R_1 = 11$ $R_2 = 22$ 时, 对“核”驱动模型的检验	气溶胶光学厚度变化 50% 水汽光学厚度变化 50%	1.42% 1.33%

另外一个产生误差的原因是受云的影响, 我们并不能做到真正的月平均反照率反演。实际上这里

的月平均是指在晴天无云覆盖时地表的平均反照率, 具体天数各地区有所不同, 这是由目前遥感观测

技术所决定的。但对于同一地区,这基本包含了一个月内地表的各种物理状态。

#### 4.2 地表覆盖类型对反照率的影响

不同地物之间对太阳光谱的反射特征差异很大,由于季节性变化,植被覆盖分布对反照率的影响更为显著。文中应用 NASA 提供的 1982~1999 年各月份最大  $I_{NDV}$ ,并结合 20 世纪 80 年代初和 90 年代中期的地表覆盖类型数据库对  $I_{NDV}$  进行聚类分析得出,当  $I_{NDV} < 0.16$  时地表为裸地或植被覆盖率极小的地区,占样本总数的 98.4%。可以认为,当  $I_{NDV} < 0.16$  时,地表覆盖类型裸地,当  $I_{NDV} > 0.16$  时,地表有明显的植被覆盖。根据这一标准,绘制了中国大陆部分 1997 年 1, 4, 7, 10 月份的地表植被覆盖分布图(彩图 1 见附页 4)。与反照率反演结果对比(彩图 2 见附页 4)可以得出,在植被覆盖区域反照率普遍较小。1 月份中国北部地区无植被覆盖,积雪相对较多,反照率偏高;4 月份随着地表积雪的融化、土壤湿度增加及地表植被的生长,反照率开始下降;而这时中国南部部分地区地表虽然无植被覆盖,由于降水相对较少,所以无植被覆盖地区反照率相对较大。进入 7, 10 月份后,除新疆、青藏高原部分地区外,大部分地区降水相对较多,这时裸地

由于湿度增大,反照率明显下降,而植被这时由于覆盖率较高,反照率却相对较高。

即使是植被覆盖区域,由于其几何结构的变化,也会造成地表反照率分布不均。几何结构对反照率的影响主要体现在各种植被之间覆盖率的差异,当植被覆盖率较低时,湿润的地表将占有更大的权重,综合效果将减少该地反照率值。粗糙度是一个与植被类型有关的、能够反映下垫面几何结构的参数,粗糙度大的表面起伏不平,反照率相对较小,因为起伏不平的表面会对太阳辐射会产生多次反射,造成反照率减小。对应粗糙度(表 3)会发现,粗糙度能够部分反映出地表反照率的变化特征,如:粗糙度较小的农田和草地,反照率相对较大,而粗糙度较大的林地,其反照率在植被中则相对最小。

表 3 几种下垫面的粗糙度(m)<sup>[20]</sup>

农田	针叶林	落叶阔叶林	常绿阔叶林	草地	混合林
0.06	1.00	0.80	2.00	0.1	0.80

#### 4.3 气候特征对反照率的影响

气候特征是影响各个地区反照率年际变化的重要因素之一。根据气候研究结果<sup>[23]</sup>,反照率随纬度的减小而降低,中国 35°N 以南大陆陆地地区(不包

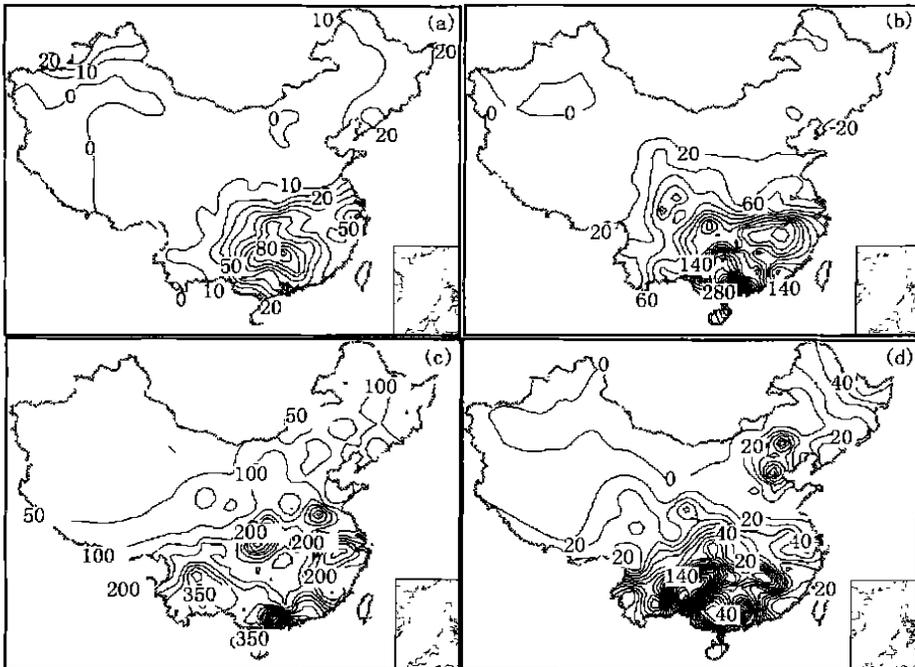


图 3 1997 年月降水量分布(mm)

(a. 1 月, b. 4 月, c. 7 月, d. 10 月)

括青藏高原地区), 由于冬季降雪较少, 反照率年际变化相对比较平稳, 月平均值大多低于 0.20, 变化幅度并不很大, 反演结果(图 2) 与气候计算结果基本吻合。在诸多气象要素中, 对反照率影响最大的是降水量的多少。在冬季, 中国北方和青藏高原大部地区被冰雪覆盖, 反照率明显高于中国东部、南部地区(图 2a), 而此时的东部、南部地区降雨较为旺盛(图 3a) 其直接作用的结果使地表土壤湿度增大, 土壤的颜色变暗, 下垫面反照率明显降低; 春季, 北方和青藏高原地区地表积雪融化, 土壤湿度增加, 反照率明显降低(图 2b); 夏季和秋季(图 2c, 2d), 中国大部地区反照率都处于全年最低时期, 这时地表植被覆盖率较大, 而且降水相对较多(图 3c, 3d)。在东南沿海和云贵高原地区, 山脉分布广泛, 很多地区海拔较高, 通过研究分析 1997 年各月最大  $I_{NDV}$  分布得出, 这些地区全年植被覆盖率很低, 地表基本是裸露的山石, 虽然春、夏和秋季降水量较大, 但反照率高于周围地区, 这一结果与中国地形分布极为吻

合, 也与气候计算结果相一致<sup>[23]</sup>。

## 5 讨 论

地表是多种地物的综合体现, 并不存在单一的下垫面, 即使是裸露的土壤, 由于几何结构、地表湿度的影响, 也会使反照率分布不均, 而对于气候计算而言, 需要的正是这种真实下垫面上反照率的综合分布信息。遥感信息是地理环境自然综合体的集中反映, 因此通过遥感和地理信息系统技术获得的反照率比传统的气候学方法所获资料具有更大的应用价值, 这对于研究陆面过程中热力作用对大气环流的影响非常重要。由于目前技术的限制, 还不能获得完善的计算结果, 如: 无法弥补云覆盖地区地表数据; 不能定量的与实测数据对比来说明反演结果误差的大小, 但遥感反演技术可以得到目前常规气象观测所无法获得的高分辨率数据, 也是 GCM 的一项重要重要的数据源。

## 参考文献

- 1 任振球. 全球变化: 地球四大圈异常变化及其天文成因. 北京: 科学出版社, 1990. 266pp
- 2 西北师范学院地理系. 中国自然地理图集. 北京: 地图出版社, 1984. 200pp
- 3 徐兴奎等. 应用遥感和 GIS 在地表特征模式中应用研究. 见: 中国科学院遥感应用研究所主编. 遥感知识创新文集. 北京: 中国科学技术出版社, 1999. 85~ 94
- 4 NASA. Surface atmosphere extremes launch and transportation areas. National Aeronautics and Space Administration Document SP- 8084, revised June. 1974
- 5 Brest C L. Deriving surface albedo measurements from narrow band satellite data. INT J Remote Sens, 1987, 8(3): 351~ 367
- 6 祝昌汉等. 青藏高原晴空行星反照率与地面反照率关系的研究. 气象学报, 1993, 51(1): 57~ 65
- 7 钟强, 吴士杰. 利用 AVHRR 资料推算青藏高原地区地表反射率的方法. 高原气象, 1985, 4(3): 193~ 203
- 8 Zhong Qiang, et al. Satellite observation of surface albedo over the Qinghai Xizang plateau region. Adv Atmos Sci, 1988, 5: 57~ 85
- 9 Suits G. The calculation of directional reflectance of a vegetative canopy. Rem Sens Environ, 1972, 2, 117~ 125
- 10 Norman J M, Welles J M. Radiative transfer in an array of canopies. Argon J, 1983, 75: 481~ 488
- 11 Kimes D S. Effects of vegetation canopy structure on remotely sensed canopy temperature. Remote Sens Environ, 1980, 10: 165~ 174
- 12 Walthall C L, Norman J M, Welles J M, et al. Simple equation to approximate the bidirectional reflectance from vegetation canopies and bare soil surfaces. Appl Opt, 1985, 24(3): 383~ 387
- 13 Roujean J L, Latoy M, Deschamps P Y. A bidirectional reflectance model of the earth's surface for the correction of remote sensing data. J Geophys Res, 1992, 97: 20455~ 20468
- 14 Li X, Strahler A H. Geometric optical bidirectional reflectance modeling of the discrete crown vegetation canopy: effect of crown shape and mutual shadowing. IEEE Trans Geosci Rem Sens, 1992, GE- 30, 276~ 292
- 15 Li, Strahler A H. Geometric optical bidirectional reflectance modeling of a conifer forest canopy. IEEE Trans Geosci Rem Sens, 1986, GE- 24, 906~ 919
- 16 David L B, Alan Strahler. Image Brightness & BRDF Workshop Issues. CSIRO Earth Observation Centre BRDF Workshop ARSC8, 1996
- 17 Wolfgang Wanner, XiaoWen Li, Strahler A H. On The Derivation of Kernels for Kernel- Driven Models of Bidirectional Reflectance. Manuscript: being submitted to JGR, 1995
- 18 Nilson T, Kuusk A. A reflectance model for the homogeneous plant canopy and its inversion. Remote Environ, 1989, 27: 157~ 167
- 19 Di Liping, Donald C R. A One Step Algorithm for Correction and Calibration of AVHRR Level 1b Data. Photo. Eng Rem Sen 1994, 60(2): 165~ 171

- 20 Dickinson R E, Henderson Sellers A, Kenney P J, et al. Biosphere atmosphere transfer scheme (BATS) for the NCAR community climate model. Atmosphere Analysis and Prediction Division, National Center for Atmospheric Research Boulder, Colorado, 1986, 69
- 21 傅抱璞, 翁笃鸣, 虞静明等. 小气候学. 北京: 气象出版社, 1994. 634pp
- 22 Saunders R W. The determination of broad band surface albedo from AVHRR visible and near-infrared radiances. INT J Rem Sens, 1990, 11 (1): 49~ 67
- 23 陆渝蓉, 高国栋. 物理气候学. 北京: 气象出版社, 1987. 645pp

## DERIVING MONTHLY MEANS SURFACE ALBEDO OF CHINA

Xu Xingkui

(*Institute of Remote Sensing Applications, Beijing 100101;*  
*Institute of Atmospheric Physics, CAS, Beijing 100029*)

Liu Shuhong

(*Institute of Remote Sensing Applications, CAS, Beijing 100101*)

### Abstract

The interactions of atmosphere, ocean, rock, glacier and creature lead to the global climate change. Meanwhile, the activity of human being has changed the natural structure of land surface and the inherent balance of atmosphere. All these not only have affect on the global environment change, but also bring forward more strict requirement to GCM.

Land surface is composed by the earth's surface feature with different configurations and physical characteristics. Every kind of earth's surface feather has individual fashion of energy distribution and mass exchange. Because of violent change with time, the earth's surface feathers seriously affect equilibrium of energy, momentum and mass between the earth's surface and atmospheric layers. Practically, the distribution of land-surface category is irregular and takes on horizontal anisotropy. When difference is very large between land-surface and surroundings, local especial micro-climate is created. Though turbulent convection of atmospheric layers, it affects large-scale environment change, for vegetation, this point is even more obvious.

With broad area and crossing several climate regions, there are many types of complicated land-surface cover China. According to classification in 1997, monthly information of vegetation has more change, and the change of snow is largest. The different land-surface physical characteristics and role in the transfer of mass, energy and momentum, it is necessary to build up an accurate GIS database of land-surface type to provide GCM perfect transcendental knowledge. This is precondition to derive surface albedo. Surface albedo describes the inner structure information of vegetation and distribution of energy, It defines how to distribute energy and mass between the earth's surface and atmospheric layers.

The difference of land surface feature and physical characteristics is mainly reason that cause anisotropic distribution of albedo, it is also the reason that form areal climate. In this paper, applying statistic models, bidirectional reflectance models and NOAA14-AVHRR data, we retrieve the monthly mean albedo in 1997, and analyse the result.

Land surface cover type obviously change in every year because of the activity of human. This inevitably makes environment to modify and lastly lead global climate change through the convection of large-scale atmospheric circulation. So, it is important to study the land surface albedo.

**Key words:** Albedo, BRDF, Kernel-driven models.

### 徐兴奎等：中国地表月平均反照率的遥感反演

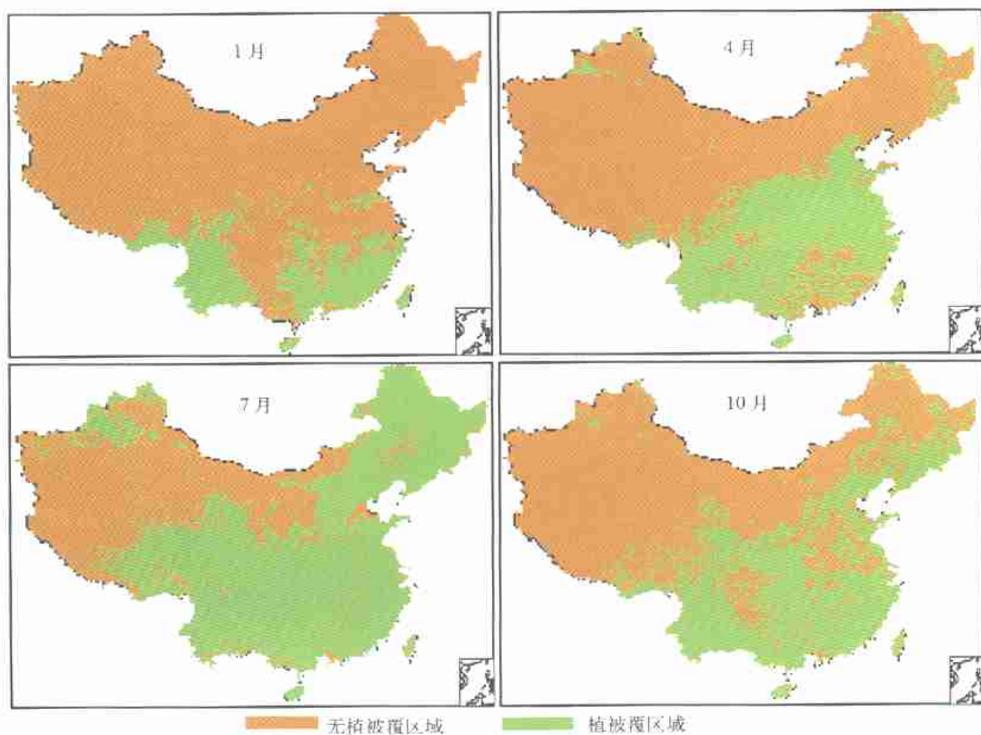


图 1 1997 年中国地表月最大归一化植被指数分布

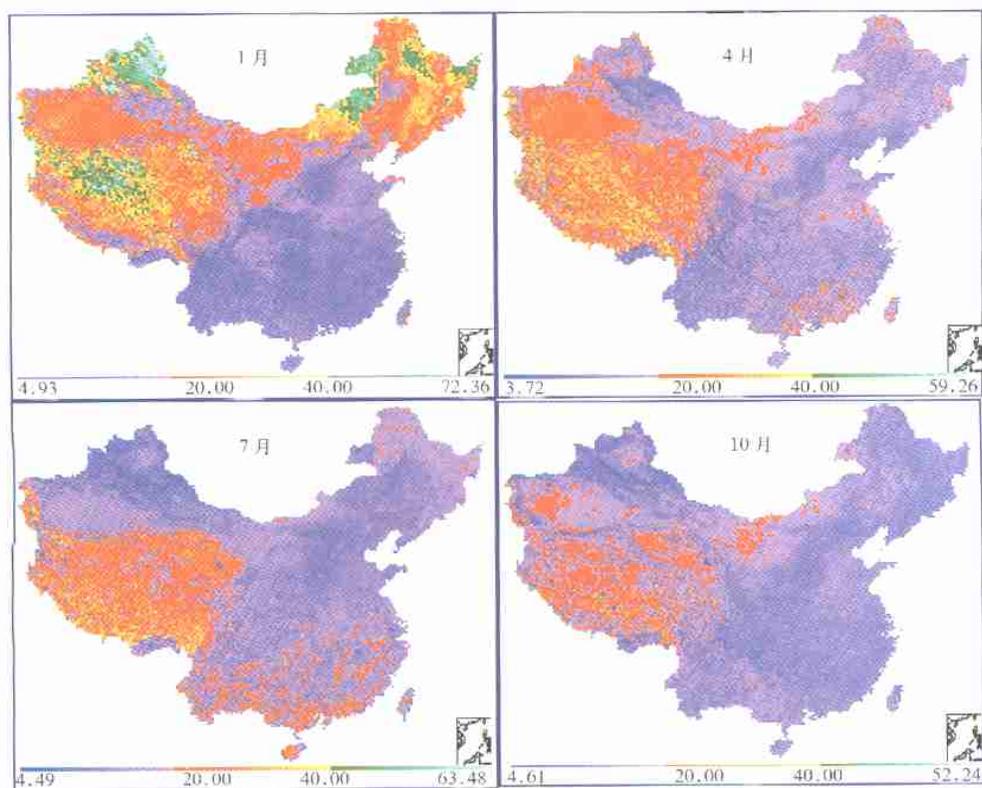


图 2 1997 年中国地表月平均反照率分布(%)