

宁南地区地表特征参数及辐射平衡区域分布

郭建茂¹, 于 强², 王连喜³, 陆维松¹

(1. 南京信息工程大学应用气象系, 南京 210044; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101;
3. 宁夏气象防灾减灾重点实验室, 银川 750002)

摘要: 本文利用 2001 年 6 月 30 日 LANDSAT-7 ETM+ 卫星遥感资料和宁夏南部及周边区域 22 个气象站气象观测资料, 求得地表特征参数中 NDVI、地表反射率、地表温度和地表辐射平衡各量中地表短波吸收辐射、地表长波辐射区域、大气逆辐射、净辐射的区域分布和分布直方图, 将地表分成 5 类, 分类别讨论了其各量分布特征。主要研究结果表明: 地表特征参数及地表辐射平衡各量的分布均呈现明显的地带性, 各区域分布图上山体、水体的轮廓很显著, 主要原因是山上及河流附近生长着茂密的植被, 说明植被的分布在相当程度上影响了辐射平衡各量和地表特征参数的分布。

关键词: 地表特征参数; 辐射平衡分量; 区域分布; 遥感; 宁夏南部

文章编号: 1000-0585(2007)06-1127-10

大气的能量和水分的运动与地球表面的各种过程有密切关系, 地表与大气间作用的过程实质上是能量、动量和质量的互相交换过程, 其结果决定了环境和气候的形成与变化^[1,2]。辐射为地气系统能量交换和物质交换提供能源, 辐射平衡直接影响地气系统能量交换和物质交换, 辐射平衡研究的重要性不言而喻。而地表特征和下垫面物理性质在时空分布上的差异, 对地气系统能量、动量和质量的分布有极大的影响^[3,4]。

国内近年来就这些方面做了研究, 有代表性的有黑河试验(HEIFE)^[5]、全球能量与水循环亚洲季风之青藏高原试验(GAME/Tibet)^[6]和敦煌试验^[7]。胡隐樵等人总结了黑河实验(HEIFE)的主要研究成果, 得到了干旱地区陆面过程地表参数、地表能量平衡特征和湍流通量参数化的结果, 同时得到了干旱地区陆面过程的物理机制同湿润地区有质的差异这一认识, 这些结果揭示了绿洲和沙漠环境相互作用的较完整图像^[8]。巩远发等利用中日亚洲季风机制研究计划中的辐射平衡的观测资料, 分析了高原西部 2 个地区辐射平衡各分量的季节平均日变化和年变化特征, 结果发现: 高原西部辐射平衡各分量的变化不仅有季节之间和年际的差异, 不同地区之间的变化也有较大的差异^[9]。范丽军等利用敦煌陆面过程野外观测实验地表辐射观测资料以及 HEIFE 中绿洲和沙漠两站 1991 年同期的地表辐射观测资料, 分析了 3 种不同下垫面晴天地表辐射各分量的日变化特征^[10]。张小飞等研究下垫面类型及其组合的分布对地表温度产生影响, 结果指出区域植被覆盖状况可直接影响辐射、热动力以及土壤水分等多种地表特征, 从而导致地表温度分异^[11]。

目前对地表特征参数和辐射平衡的研究大多停留在微气象研究和局地尺度上, 而对区

收稿日期: 2006-09-24; 修订日期: 2007-05-22

基金项目: 国家自然科学基金(N40575057)、中国气象局成都高原气象研究所开放实验室基金(LPM2005005)和科技部社会公益项目(2001DIB10089)共同资助

作者简介: 郭建茂(1968-), 男, 山西太谷人。主要从事农业生态、环境遥感研究工作。

E-mail: guojianmao2004@sohu.com

域分布研究还很不够^[12,13]。本文利用卫星资料覆盖面广、分辨率高的特点,将卫星遥感与气象站观测资料相结合,研究宁南地区地表特征参数和辐射平衡区域分布。近年来,国家实施西部大开发战略,宁夏回族自治区为改善生态环境,在宁南地区大力实施退耕还林还草等措施,本研究揭示了该区地表特征参数和辐射平衡区域分布及特点,对评估其生态效应具有相当的现实意义。

1 研究区概况及资料选取

1.1 研究区概况

研究区范围为:35°17'N~36°33'N,105°12'E~106°58'E,包括海原以南的宁夏所有区域。地形地貌复杂多变,区内有六盘山、月亮山等山体,有葫芦河、清水河等水体,有六盘山森林草甸区、黄土丘陵旱作农业草原区,海拔高度1400~2950m,年平均气温0.9~7.0℃,年降水量300~680mm,年蒸发量1200~1800mm。

1.2 资料选取

6月底,植被生长旺盛,便于区分不同植被覆盖,也便于评估其生态效应,因此选取该时段进行研究。(1)卫星资料:2001年6月30日(卫星过境时间为北京时间14点38分)LANDSAT-7 ETM+资料,为晴天资料,景中心为36.05°N、106.12°E,数据格式为FAST-L7-A,像元大小1~5、7波段30m×30m、6波段60m×60m、8波段15m×15m。数据来源于中国科学院中国遥感卫星地面站。(2)气象资料:宁夏南部地区及周边区域22个气象站2001年6月30日气象资料,数据来源于宁夏回族自治区气象局、甘肃省气象局。(3)宁夏海拔高度图,像元大小为100m×100m,资料来源于国家测绘总局。本文所使用的软件是美国ERDAS公司专业遥感图像处理与地理信息系统软件—ERDAS IMAGINE。

2 资料预处理

2.1 图像预处理

首先是对卫星遥感图进行几何精校正,校正的误差控制在0.5个像元以内,然后将遥感图进行剪切,保证剪切后的图像所有的通道均为有效值,并切去图像上明显有云覆盖的区域。所有图像转化为相同的投影地理坐标,像元大小统一为30m×30m,剪切为同样大小,并进一步做了6S大气订正。

2.2 三维地形表面插值

利用ERDAS IMAGING的3D Surfacing工具,应用气象台站地理坐标,将水汽压进行非线性插值(本文非线性插值指应用五次多元回归多项式方程进行计算,输出的是平滑的表面),得到水汽压分布图。

2.3 部分计算

用中国遥感卫星地面站的方法^①,计算大气顶部的反照率(1~5、7、8波段)和亮温(6L和6H波段)。用刘静等的方法计算区域气温^[14]。该方法以台站的气温为基准,经海拔、纬度、坡向订正,推算小网格点上的气温,各订正系数是以30多年的资料进行统计分析得出的,经检验精度较高,在宁夏气象科研中得到较广泛的应用。

①冯钟葵.LANDSAT-7 ETM+数据的增益设置及设置改变.用户简讯(中国遥感卫星地面站),2001,47:8~9.

2.4 宽带行星反照率

参考祝昌汉等^[15]、马耀明等^[16]的方法选取 LANDSAT-7 ETM+ 的 8 波段 (0.5~0.9 μm)、7 波段 (2.08~2.35 μm)、5 波段 (1.55~1.75 μm) 计算宽带行星反照率:

$$a_p = 0.8989 \times r_8 + 0.0742 \times r_5 + 0.0270 \times r_7 \quad (1)$$

式中: a_p 为宽带行星反照率, r_8 、 r_5 、 r_7 分别为 ETM+ 资料的 8、5、7 波段的反照率。

3 计算方法

3.1 辐射平衡各值

3.1.1 地表短波吸收辐射 地表短波吸收辐射反演方程^[17]:

$$Q(1-a) = 0.542[1 + 0.413\ln(1+H)] \times [1 - 0.062\ln(1+e)]S_0(1-a_p) \quad (2)$$

式中: $Q(1-a)$ 为地表短波吸收辐射, a 为地表反射率, Q 为地表总辐射。方程右边均为已知量, H 为海拔高度(km), e 为水汽压(hPa), S_0 为天文辐射, a_p 为宽带行星反照率。

3.1.2 总辐射 晴天总辐射反演方程^[18]:

$$Q = \frac{I_0 \sinh h_\theta}{1 + vm} \quad (3)$$

式中: h_θ 为太阳高度角 (取卫星资料景中心位置点的太阳高度角), $\sinh h_\theta = 0.948$, 大气光学质量 $m = \frac{1}{\sinh h_\theta}$, $v = A + B \ln(1+e)$, $A = 0.183 \frac{P}{P_0}$, $B = 0.0054 + 0.598 \frac{P}{P_0}$ 。其中, e 为水汽压 (hPa), p 、 p_0 分别为测点气压 (kPa) 与海平面气压 (kPa)。

p 与 p_0 的比计算如下^①:

$$\frac{p}{p_0} = \left(\frac{T_a + 273 - \alpha_1 \times z}{T_a + 273} \right)^{5.26} \quad (4)$$

z 为测点的海拔高度 (m), $\alpha_1 = 0.0065$ 为空气湿度递减常数 (K/m), T_a 为空气温度 (°C)。

3.1.3 地表长波辐射 地表长波辐射反演方程^[19]:

$$U_{ws} = \delta \sigma [(T_s + 273) + \Delta T]^4 \quad (5)$$

$$\Delta T = 0.823 - 0.062T_s - 0.005T_s^2 \quad (6)$$

式中: U_{ws} 为气象站点地表长波辐射, δ 为地表比辐射率 (取 0.95), σ 为 Stefan-Boltzmann 常数 ($5.67 \times 10^{-8} \text{Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$), T_s 为气象站点地表温度 (°C), ΔT 表示地表温度替代活动面温度的误差 (°C)。

LANDSAT-7 ETM+ 的 6 波段设置了高增益 6H、低增益 6L 两种情况, 根据 Stefan-Boltzmann 定律, 分别求得气象站点对应像元大气层顶向上的长波辐射。将气象站点地表长波辐射与两种情况 (6H, 6L) 的大气层顶向上的长波辐射进行拟合。选中拟合较好的 6H, 得出拟合结果:

$$U = 1.849930L_{TOA}^\dagger - 391.02 \quad (7)$$

式中: U 为拟合得出的长波辐射, L_{TOA}^\dagger 为大气层顶向上的长波辐射, 该方程 $R =$

①《The WMO\FAO\UNEP Roving Seminar on Application of Climate Data for Effective Planning and Management of Sustainable Irrigatal Agriculture》Teaching Materials, Jun. 1996, Beijing.

0.95, 统计量 $F=37.87546$, 拟合效果很好。利用 (7) 式计算出地表长波辐射区域分布。

3.1.4 大气逆辐射 大气逆辐射反演方程^[20]:

$$L_{DA} = \delta\sigma(T_a + 273)^4 [0.560 + 0.094\ln(1 + e)] \quad (8)$$

式中: L_{DA} 为大气逆辐射, 右边各项如上所述。

至此可得出地表净辐射 $R_n = Q(1-a) + L_{DA} - U$ 。

3.2 地表特征参数

3.2.1 植被指数 归一化植被指数 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) 以下式计算:

$$NDVI = \frac{r_4 - r_3}{r_4 + r_3} \quad (9)$$

式中: r_3 、 r_4 分别为 ETM+资料波段 3、4 的反照率。为了便于绘图和分析将 NDVI 乘以 100。

3.2.2 地表反照率 利用 (2) 式计算得出的地表短波吸收辐射 $Q(1-a)$ 和 (3) 式计算得出的晴天总辐射 Q 计算出地表反照率 a :

$$a = 1 - \frac{Q(1-a)}{Q} \quad (10)$$

3.2.3 地表温度 利用 (7) 式计算得出的地表长波辐射, 可以求得各像元地表温度 T_0 (°C):

$$T_0 = \sqrt[4]{\frac{U}{\delta\sigma}} - 273 \quad (11)$$

4 结果分析

为了便于分析讨论, 首先将下垫面分类, 地表分类过程中与实际情况进行大量的对比验证, 将不符的区域剔除并将其重新归类。

水体: $T_1 \sim T_5$ 不为 0 且 $T_1 \sim T_7$ 不为 0, T_1 、 T_5 、 T_7 分别为 1、5、7 波段卫星遥感原始像元值。依据 NDVI——归一化植被指数 (绿色) 随叶面积的增加而增加的特征, 以 NDVI 区分地面植被覆盖情况并以此分类; $NDVI < 0.5$ 为裸地和水体, 除去水体区为裸地区; $0.5 \leq NDVI < 40$ 为草地—裸地区 (有草覆盖但未完全覆盖); $40 \leq NDVI < 60$ 为草地完全覆盖区; $NDVI \geq 60$ 为林区。

4.1 地表特征参数分布特征

4.1.1 NDVI 分布特征

NDVI 综合反映了像元内植被的生长状态和植被覆盖的信息, 依据 NDVI 分类能较客观地区分地面的覆盖情况。由于植被的存在改变地表的反射率, 影响局部地区蒸发率以及地表能量和质量交换, 研究 NDVI 具有重要的意义。植被指数是卫星遥感最具明确意义的指数之一, 为区域及全球生态环境监测提供了丰富的真实性极强的资料。

宁南地区 NDVI 分布 (图 1a) 有以下特点: 呈现明显的地带性 (区域分布图上山体、河流的轮廓很显著), 六盘山一带最大 (有大面积的森林), 月亮山较大 (基本为茂密的草地), 河流边缘及附近有灌溉的地域亦较大 (有草地和作物), NDVI 的低值区大多为水体和裸地, 这些特点与实际情况相符。NDVI 的低值区分布较广, 与研究区内 6 月 28 日普降 20 毫米以上降水有关, 土壤湿度增大使得 NDVI 的值有所降低。NDVI 分布范围较宽

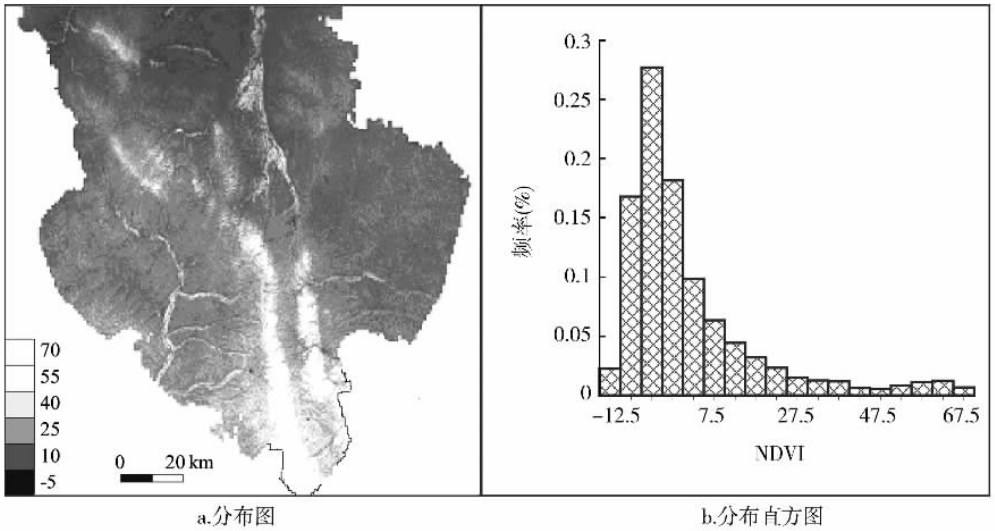


图 1 宁南地区 2001 年 6 月 30 日 NDVI

Fig. 1 The NDVI distribution over southern Ningxia on June 30, 2001
(a. distribution map; b. histogram)

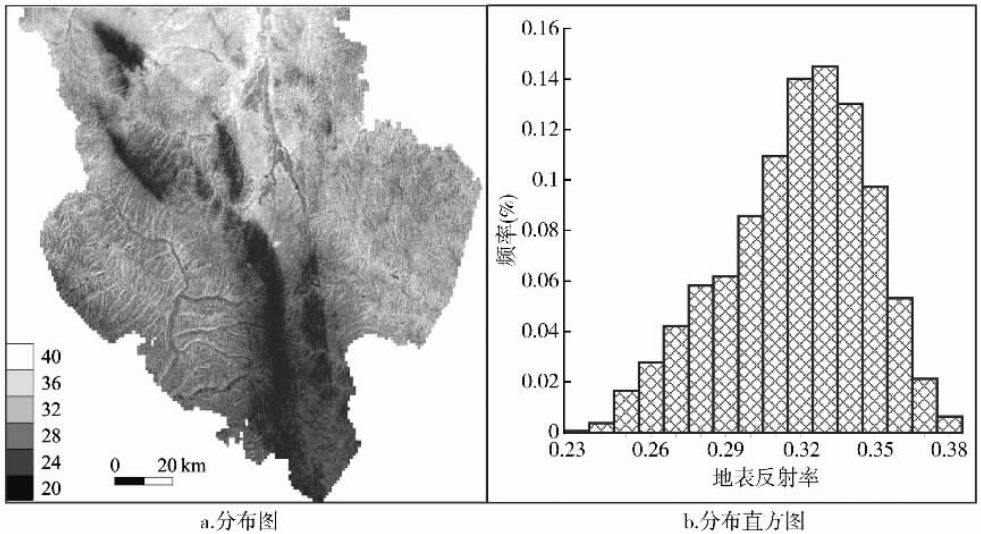


图 2 宁南地区 2001 年 6 月 30 日地表反射率

Fig. 2 The surface reflectance distribution over southern Ningxia on June 30, 2001
(a. distribution map; b. histogram)

(图 1b)，反映了研究区下垫面情况复杂、地表差异较大，NDVI 的最大值 = 76.1，最小值 = -12.3，平均值 = 6.4，标准差 = 16.8，有两个峰值，一个在 NDVI ≈ 0 附近对应裸地，另一个在 NDVI ≈ 62 附近对应六盘山地区的森林。

4.1.2 地表反射率分布特征 地表反射率表征地球表面对太阳辐射的反射能力，是数值气候和地表能量平衡方程中的一个重要参数^[21,22]，确定地表反射率是研究地表能量和水分平衡的一项重要工作。宁南地区地表反射率分布 (图 2a) 有以下特点：呈现明显的地

带性,六盘山一带、月亮山较小,河流边缘及附近有灌溉的地域亦较小,最低值区为水体,最高值区为裸地。对比图 1、图 2,可以很清楚地看到 NDVI 与地表反射率的分布基本上是反相的。对于全研究区(宁南地区)具体情况(图 2b):地表反射率的最大值=0.39,最小值=0.22,平均值=0.31,标准差=0.03,峰值在地表反射率 ≈ 0.33 附近对应裸地。裸地地表反射率明显大于其他地表覆盖类型的地表反射率(表 1)。

表 1 土地覆盖类型的平均地表参量

Tab. 1 Average land surface parameters by land cover types

地表覆盖类型	地表反射率		地表温度($^{\circ}\text{C}$)		地表短波吸收(W/m^2)		地表净辐射(W/m^2)	
	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差
水体区	0.25	0.02	26.8	6.9	737.2	23.8	629.7	102.4
裸地区	0.33	0.02	36.0	5.0	669.1	18.8	512.6	50.8
草地—裸地区	0.30	0.02	30.8	5.0	701.7	25.8	571.1	61.3
草地区	0.26	0.02	24.3	4.4	741.9	26.1	645.9	59.6
林区	0.26	0.01	20.0	4.0	739.1	17.2	670.3	70.5

4.1.3 地表温度分布特征 地表温度是决定地表长波辐射的基本参数,也是计算地表感热通量、潜热通量的重要参数,地表温度还影响土壤热通量的大小,因而对计算辐射平衡和能量平衡都很重要。地表温度分布(图 3a)有以下特点:呈现明显的地带性,六盘山一带最低、月亮山较低,河流边缘及附近有灌溉的地域亦较低,最高值区为裸地。对比图 1、图 3,可以很清楚地看到基本上 NDVI、地表温度两者的分布是反相的。如图 3b:地表温度($^{\circ}\text{C}$)的最大值=51.4,最小值=11.2,平均值=32.7,标准差=6.2,峰值在地表温度 ≈ 34 附近对应裸地。地表温度平均值(表 1):裸地区>草地—裸地区>水体>草地>林区。

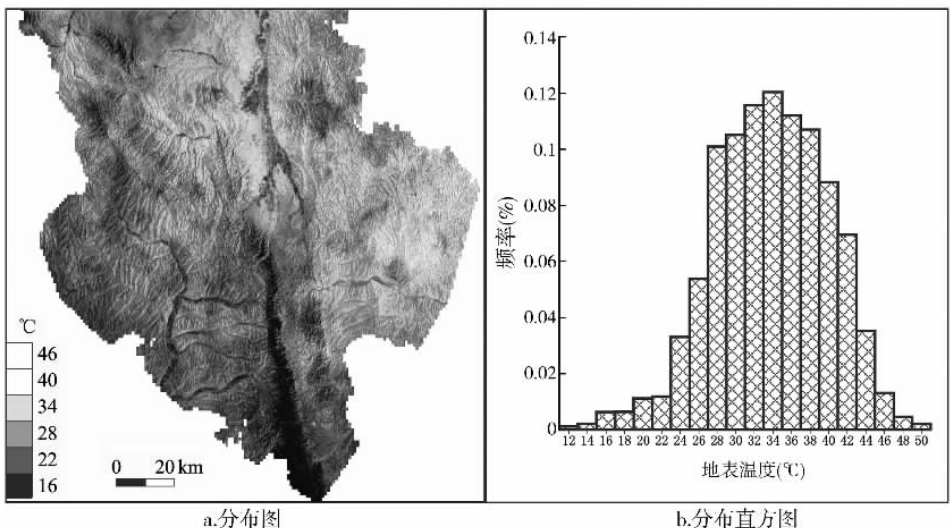


图 3 宁南地区 2001 年 6 月 30 日地表温度

Fig. 3 The surface temperature distribution over southern Ningxia on June 30, 2001
(a. distribution map; b. histogram)

4.2 辐射平衡各值分布特征

4.2.1 地表短波吸收辐射分布特征 地表短波吸收辐射表征地表对太阳辐射的吸收值，是能量平衡和物质交换的能量源。地表短波吸收辐射分布（图 4a）呈现明显的地带性，六盘山一带、月亮山较大，低值区为裸地。在晴天情况下，地表短波吸收辐射主要由地表反射率决定，通过对比图 2、图 4 可以清楚地看出，地表反射率大则地表短波吸收辐射小，反之亦成立。地表短波吸收辐射 (W/m^2) 的最大值 = 798.9，最小值 = 608.0，平均值 = 687.9，标准差 = 30.6（图 4b）。对于不同的下垫面地表短波吸收辐射平均值（表 1）：裸地区和草地—裸地区明显小于其他地表覆盖类型。

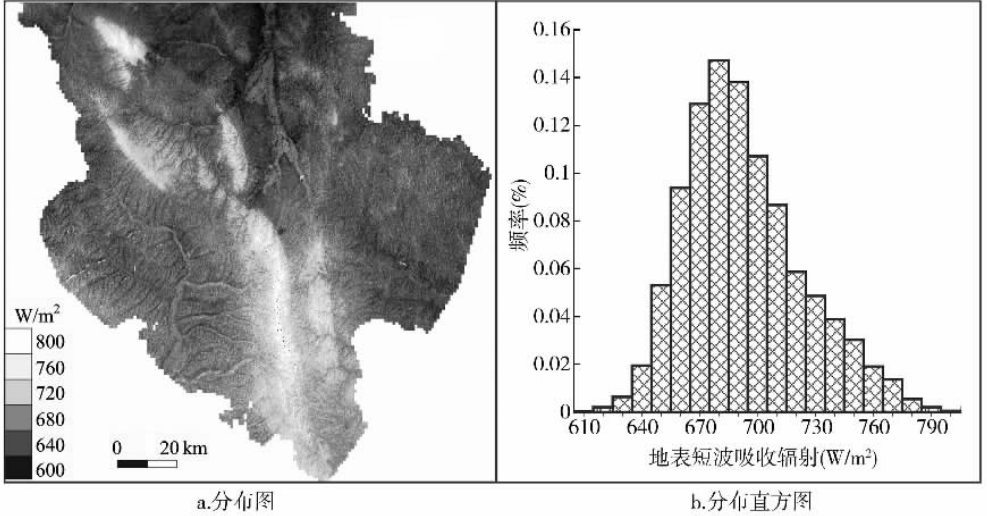


图 4 宁南地区 2001 年 6 月 30 日地表短波吸收辐射

Fig. 4 The surface absorbed shortwave radiation distribution over southern Ningxia on June 30, 2001 (a. distribution map; b. histogram)

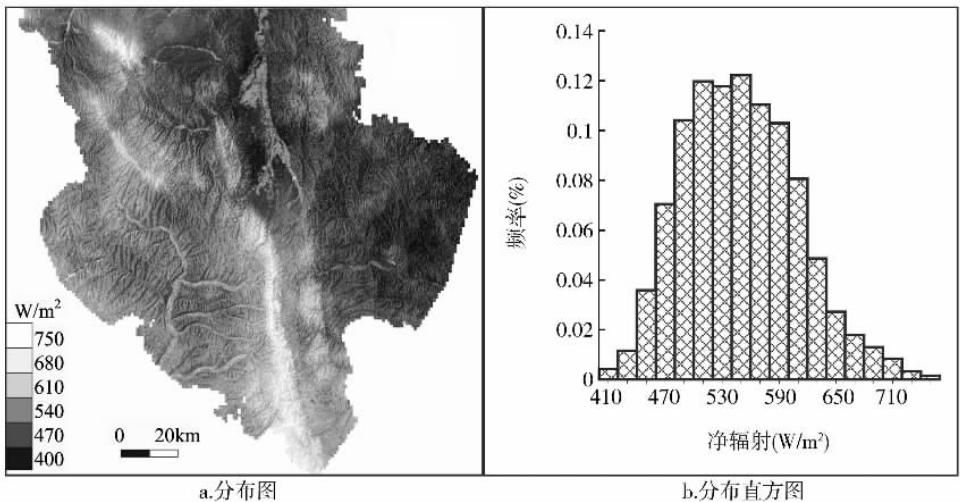


图 5 宁南地区 2001 年 6 月 30 日地表净辐射

Fig. 5 The net radiation distribution over southern Ningxia on June 30, 2001 (a. distribution map; b. histogram)

4.2.2 地表净辐射分布特征 地表净辐射表征地表得到的净辐射能量,是能量平衡和物质交换的起点,由地表短波吸收辐射、大气逆辐射和地表长波辐射共同决定。地表净辐射分布(图 5a)呈现明显的地带性,六盘山一带、月亮山较大,低值区为裸地。对比图 4、图 5,地表净辐射分布与地表短波吸收辐射的分布基本相似,在晴天条件下地表净辐射很大程度上由地表短波吸收辐射决定。对比以上各图可知:NDVI 小则地表反射率大,因而地表短波吸收辐射小,进而地表净辐射就小;反之亦成立。说明一个地区植被的覆盖影响了地表反射率,影响了地表短波吸收辐射,并进一步影响地表净辐射。地表净辐射(W/m^2)的最大值=756.3,最小值=406.3,平均值=549.5,标准差=60.3(图 5b)。对于不同的下垫面地表净辐射有这样的规律(表1):林区>草地>水体>草地-裸地区>裸地区。

4.2.3 其他辐射分量 大气逆辐射是由大气发射的向下的长波辐射,其数值主要由气温决定,大气逆辐射(W/m^2)的最大值=359.9,最小值=307.9,平均值=333.2,标准差=12.3。地表长波辐射表征地表由于发射长波而散失的能量,其数值主要由地表温度决定,地表长波辐射分布与地表温度分布具有相同的特征,地表长波辐射(W/m^2)的最大值=596.2,最小值=351.2,平均值=471.6,标准差=37.7,晴天总辐射表征到达地表的太阳辐射值,其数值主要由太阳高度、大气光学质量、水汽压和海平面气压等因素决定,晴天总辐射(W/m^2)的最大值=1030.2,最小值=988.0,平均值=1001.6,标准差=6.9。

本研究利用卫星资料结合气象站常规观测计算分地表辐射参数与辐射量,由于没有另外的试验观测资料,本文采用 FAO 推荐的方法 PM 公式(被广泛使用计算日蒸发(散)的方法)的计算结果与潜热通量作了对照^[23],最大偏差、平均偏差都不大。潜热通量是一个较难确定的量,可用能量平衡方程求得,计算过程需要涉及地表辐射参数和地表辐射平衡各个因素,因此通过与潜热通量的比较,验证了本方法有一定的适应性。

5 结论

(1) 地表特征参数及地表辐射平衡各量的分布均呈现明显的地带性,各区域分布图上山体、水体的轮廓很显著,主要原因是山上及河流附近生长着茂密的植被,亦说明植被的分布在相当程度上影响了辐射平衡各量和地表特征参数的分布。

(2) NDVI 分布基本反映了像元内植被的生长状态和植被覆盖的信息。NDVI 在六盘山一带最大(有大面积的森林),月亮山较大(基本为茂密的草地),河流边缘及附近有灌溉的地域亦较大(有草地和作物),NDVI 的低值区为水体和裸地。

(3) 地表反射率分布在六盘山一带很小,月亮山较小,河流边缘及附近有灌溉的地域亦较小,地表反射率的低值区大多为水体和茂密植被,最低值区为水体,最高值区为裸地,地表反射率与 NDVI 两者的分布基本上是反相的。

(4) 地表温度分布六盘山一带最低、月亮山较低,河流边缘及附近有灌溉的地域亦较低,最高值区为裸地。基本与 NDVI 的分布是反相的。

(5) 地表短波吸收辐射分布六盘山一带、月亮山较大,低值区为裸地。在晴天情况下,地表短波吸收辐射主要由地表反射率决定,地表反射率大则地表短波吸收辐射小;反之则大。

(6) 地表净辐射分布与地表短波吸收辐射的分布基本相似,在晴天条件下地表净辐射很大程度上由地表短波吸收辐射决定。

参考文献:

- [1] 刘昌明,孙睿. 水循环的生态学方面:土壤—植被—大气系统水分能量平衡研究进展. 水科学进展, 1999, 10(3): 251~259.
- [2] Dickinson R E. Land processes in climate models. *Remote Sensing Environment*, 1995, 55(1): 27~38.
- [3] 张强,卫国安,黄荣辉. 西北干旱区荒漠戈壁动量和感热总体输送系数. 中国科学(D辑), 2001, 31(9): 1~10.
- [4] 吴艾笙,钟强. 黑河实验区若干下垫面总辐射、地表反射率与太阳高度角的关系. 高原气象, 1993, 12(2): 147~155.
- [5] 胡隐樵,高由禧. 黑河实验(HEIFE)对干旱地区陆面过程的一些新认识. 气象学报, 1994, 52(3): 285~296.
- [6] Ma Yaoming, Su Zhongbo, Koike T, *et al.* On measuring and remote sensing surface energy partitioning over the Tibetan Plateau; From GAME/Tibet to CAMP/Tibet. *Physics and Chemistry of the Earth*, 2003, 28: 63~74.
- [7] 王胜,张强,卫国安. 敦煌绿洲—戈壁过渡带地表辐射与能量特征分析. 高原气象, 2005, 24(4): 556~562.
- [8] 胡隐樵,高由禧,王介民,等. 黑河实验(HEIFE)的一些研究成果. 高原气象, 1994, 13(3): 225~236.
- [9] 巩远发,段廷扬,陈隆勋,等. 1997/1998年青藏高原西部地区辐射平衡各分量变化特征. 气象学报, 2005, 63(2): 225~235.
- [10] 范丽军,韦志刚,董文杰,等. 西北干旱区地表辐射特性的初步研究. 高原气象, 2002, 21(3): 309~314.
- [11] 张小飞,王仰麟,吴健生,等. 城市地域地表温度—植被覆盖定量关系分析. 地理研究, 2006, 25(3): 369~377.
- [12] Ma Yaoming. Remote sensing parameterization of regional net radiation over heterogeneous land surface of GAME/Tibet and HEIFE. *International Journal of Remote Sensing*, 2003, 24(15): 3137~3148.
- [13] 高峰,王介民,孙成权,等. 遥感技术在陆面过程研究中的应用进展. 地球科学进展, 2001, 16(3): 359~366.
- [14] 刘静,马力文,周惠琴,等. 宁夏扬黄灌区热量资源的网格点推算. 干旱地区农业研究, 2001, 19(3): 64~71.
- [15] 祝昌汉,朱福康,刘玉洁. 青藏高原晴空行星反照率与地表反照率的研究. 科学通报, 1990, 20: 1563~1565.
- [16] 马耀明,王介民, Menenti M, 等. 黑河实验区地表净辐射区域分布及季节变化. 大气科学, 1997, 21(6): 743~749.
- [17] 高歌,翁笃鸣. 利用 ERBE 和 ISCCP 资料反演青藏高原地表短波吸收辐射场. 南京气象学院学报, 1998, 21(1): 8~14.
- [18] 翁笃鸣,高庆先,刘艳. 应用 ISCCP 云资料反演青藏高原地面总辐射场. 南京气象学院学报, 1997, 20(1): 41~46.
- [19] 高歌,张兰英,翁笃鸣. 青藏高原地表长波辐射参数化及其气候计算. 南京气象学院学报, 1997, 20(3): 318~325.
- [20] 翁笃鸣,陈媛. 中国大气逆辐射的气候计算及其分布特征. 南京气象学院学报, 1992, 15(1): 1~8.
- [21] Liang S, Yu Y, Defelice T P. VIIRS narrowband to broadband land surface albedo conversion: Formula and validation. *International Journal of Remote Sensing*, 2005, 26(5): 1019~1025.
- [22] 王介民,高峰. 关于地表反照率遥感反演的几个问题. 遥感技术与应用, 2004, 19(5): 295~300.
- [23] 郭建茂,王连喜,郑有飞,等. 宁夏南部区域蒸发(散)量遥感估算方法. 南京气象学院学报, 2004, 27(3): 302~309.

Study on regional distribution of land surface parameters and components of surface radiation balance over South Ningxia

GUO Jian-mao¹, YU Qiang², WANG Lian-xi³, LU Wei-song¹

(1. Department of Applied Meteorology, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China; 2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 3. Key Laboratory of Meteorological Disaster Prevention and Mitigation of Ningxia, Yinchuan 750002, China)

Abstract: Dealing with regional land surface parameters and radiation balance components is a very important and difficult task. Studying on land surface parameters and components of surface radiation balance over inhomogeneous landscape, the utilization of satellite remote sensing is indispensable. In this study, a parameterization method based on Landsat-7 ETM+ data and 22 weather stations data is described for deriving the regional distributions of land surface parameters (NDVI, surface reflectance, surface temperature) and components of surface radiation balance (surface absorbed shortwave radiation, surface upward longwave radiation, downward atmospheric radiation, net radiation) over the southern Ningxia region. Distribution map and histograms of the parameters and components are given. Furthermore, the southern Ningxia region is classified into five surface types, regional distributions of land surface parameters and components of surface radiation balance are discussed according to each type. The results indicate: (1) All the regional distributions are characteristic in their terrain nature and the regional distributions are obvious and regular. The maps of mountains and rivers are very clear with dense vegetations growing on the mountains and by the rivers. It is seen that the derived regional distributions of land surface parameters and components of surface radiation balance for the whole mesoscale area are well in accord with the land surface status. (2) The maximum NDVI is on the Liupan mountains (with a forest) followed by the Yueliang mountain and rivers and other irrigated areas (with grass or crops), and the low NDVI value area over water bodies and nudation. (3) The regional distributions of surface reflectance and surface temperature are basically in-phase opposition with the corresponding regional distributions of NDVI. (4) The surface absorbed shortwave radiation is high over the Liupan mountain, the Yueliang mountain and by the rivers, and the nudation is low. On clear day, the surface absorbed shortwave radiation is mainly determined by surface reflectance. The regional distribution of net radiation is similar to the surface absorbed shortwave distribution.

Key words: land surface parameters; components of surface radiation balance; regional distribution; remote sensing; southern Ningxia