

# 卫星遥感海南岛气候特征的研究<sup>\*</sup>

王宣吉 侯常恭

(国家卫星气象中心,北京 100081)

## 提 要

利用 NOAA 极轨气象卫星的 AVHRR 资料,研究了海南岛干、湿两季在无云情况下的下垫面短波反射率、植被指数、下垫面温度和射出长波辐射的分布及变化特征。结果表明利用气象卫星资料可以较详细地了解气候形成的主要因素之一——下垫面状况。

**关键词:**气候;气象卫星;植被指数;射出长波辐射。

## 1 引 言

近年来的气候研究表明,局地气候受下垫面边界条件影响很大。人类活动,尤其森林砍伐和拓荒垦殖都会对气候产生一定影响。有些学者对海南岛气候做过不少研究<sup>[1-3]</sup>,但利用气象卫星遥感资料进行海南岛气候的研究工作还未见到。本文利用 NOAA 极轨气象卫星 AVHRR 资料对海南岛的下垫面短波反射率、植被指数和下垫面温度以及射出长波辐射进行了研究,分干、湿季来讨论这些物理量的空间分布和季节变化。海南岛终年多云,我们积累了 1988 至 1989 年近一年的资料,但全晴天的次数仍不多,干季(11—4 月)有 24 个时次,湿季(5—10 月)有 16 个时次,总计 40 个时次是全晴天资料,其中上午占了 24 个时次。为了保证资料的一致性,我们仅使用上午的卫星资料。卫星资料的空间分辨率高,覆盖面广,能够弥补常规观测资料的不足。相信随着气象卫星的不断发展,处理技术的日益提高,气象卫星资料必将在天气学、气候学研究中发挥重要作用。

## 2 资料处理

实时接收 AVHRR/HRPT 资料,首先经过资料预处理,即资料编辑、质量检验、定标系数计算及每条扫描线 51 个点的地理经纬度和太阳高度角计算,然后连同 5 个波段的探测数据一起按固定格式编排成 1B 数据集<sup>[4]</sup>,记录在计算机兼容磁带上。NOAA 卫星的 5 个通道波段范围见表 1。利用 1B 数据集进行遥感数据处理的基本原理和方法如下:

## (1) 下垫面反射率和下垫面温度处理

AVHRR 可见光和近红外通道数据由定标公式换算为反射表面的反射率:

$$R(z) = S_i \cdot C_i + I_i \quad (1)$$

式中  $R(z)$  是反射表面对可见光或近红外波段的反射率,  $z$  是太阳天顶角,  $S_i$  和  $I_i$  是第  $i$  通道的定标系数. 然后将  $R(z)$  换算成相当于太阳处于天顶时的反射率  $R$ , 从而将探测值  $C_i$  换算成反射率, 换算公式如下:

$$R = R(z)/\cos(z) \quad (2)$$

AVHRR 红外通道数据由下面的定标公式换算成辐射计观测的辐射值  $E$ , 即

$$E = S_i \cdot C_i + I_i \quad (3)$$

式中  $S_i$  和  $I_i$  是第  $i$  通道的红外定标系数. 然后进行临边变暗订正, 代入 Planck 公式, 即得到放射表面的辐射等效亮度温度  $T_B$ . 我们用多通道方法进行云检测, 剔除有云的地区, 再经大气削弱订正, 最终得到无云地区的下垫面温度. 所得资料的空间分辨率是  $1.1\text{km}$ .

## (2) 植被指数和射出长波辐射处理

从植被的光谱特性来看, NOAA 卫星的第 2 通道反射率是植被遥感的主要信息源, 但是由于卫星视角、太阳高度角、大气瑞利散射和米散射等多种影响, 在植被遥感中我们使用植被指数来描述地表的植被状况. 植被指数有多种定义, 常见有如下两种:

$$NDVI = (CH_2 - CH_1)/(CH_2 + CH_1) \quad (4)$$

$$\textcircled{H} = CH_2/CH_1 \quad (5)$$

其中,  $NDVI$  称为归一化植被指数,  $\textcircled{H}$  称为比值植被指数. 本文采用前一种定义.

AVHRR 大气红外窗区的观测值, 经定标、临边变暗订正, 得到地表-大气放射辐射的等效亮度温度  $T_B$ , 再用 G. Ohring 等人的公式求得通量等效亮度温度:

$$T_F = a + b \cdot T_B + c \cdot T_B^2 \quad (6)$$

式中  $T_F$  是通量等效亮度温度,  $a$ 、 $b$  和  $c$  是回归系数. 依据 Stefan-Boltzman 定律, 求得射出长波辐射  $F$ :

$$F = \delta \cdot T_F^4 \quad (7)$$

式中  $\delta$  是 Stefan-Boltzman 常数.

## 3 下垫面反射率特征

太阳辐射是形成小气候的主要因素之一, 也是近地层物理过程及植被生态中一切生命活动的最主要能源. 各种下垫面反射率特征的差异主要与下垫面的物理性质有关, 尤其下垫面的颜色、湿度和粗糙度最为重要. 我们分干季(11—4月)和湿季(5—10月)两个时段来分析海南岛下垫面的反射特征. 另外, 植被指数、下垫面温度和射出长波辐射也按此划分来讨论. 图形的空间分辨率为  $10\text{km}$ , 图下标的日期代表合成图形的时段, 时间是世界标准时.

表 1 NOAA 卫星的 5 个波段范围

通道序号	AVHRR 光谱波段
1	0.58—0.68 $\mu\text{m}$
2	0.725—1.10 $\mu\text{m}$
3	3.55—3.93 $\mu\text{m}$
4	10.3—11.3 $\mu\text{m}$
5	11.5—12.5 $\mu\text{m}$

太阳日射站在海南岛只有一个,以往的图集没有海南岛地表反射率的分布图<sup>[5]</sup>,而用气象卫星却使我们得到了地表反射率分布图. NOAA 卫星第2通道反演的反射率对植被较敏感,植被繁茂则反射率就大一些,故可以反映植被的分布与生长状况. 图1显示海南岛湿季时大部分地区下垫面反射率在15%—20%之间. 下垫面反射率高值区在中、南部山区,正好是常绿阔叶雨林区,最大值达23%;其次是东、北部农作物和橡胶林种植地区,下垫面反射率为16%左右;西部和北部含扭黄茅、香茅草原是反射率最小值区,仅为12%.

干季时,全岛各地区下垫面反射率普遍下降1%—4%,西部草原区已降到8%以下,中、南部常绿阔叶雨林区的反射率降到15%. 但是下垫面反射率的分布与湿季基本一致.

总而言之,海南岛干、湿两季下垫面反射率变化不大,变化明显的地区是西部沿岸草原地带,东部和北部地区下垫面反射率几乎没有变化.

#### 4 植被指数特征

气象卫星资料反演出的植被指数基本上可消除大气影响,因此它可以对植被生物量进行宏观度量,即对含有叶绿素的叶面积进行宏观度量,并广泛应用于农业生产管理、植被生态环境动态监测、农作物估产和冻害及病虫害的监测<sup>[6]</sup>. 本文使用归一化植被指数(标准绿度)讨论海南岛的植被状况.

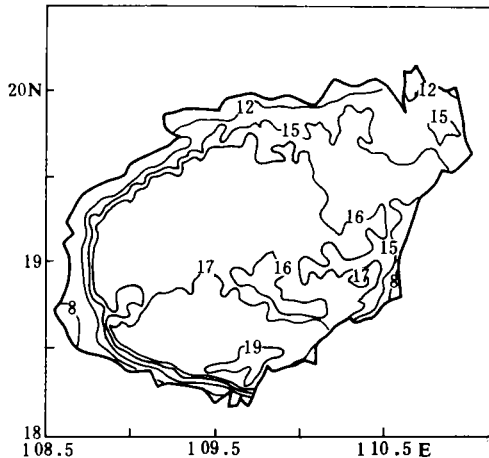


图1 海南岛湿季下垫面反射率分布图(%)  
(1989年7月15—26日,00Z)

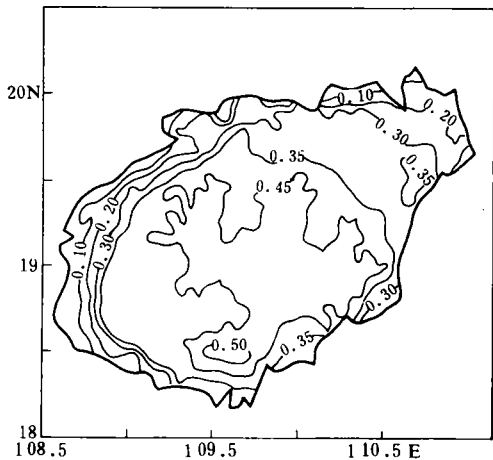


图2 海南岛湿季植被指数分布图  
(1989年7月15—26日,00Z)

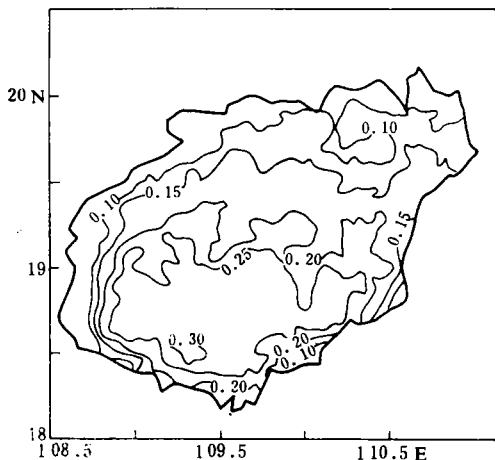


图3 海南岛干季植被指数分布图  
(1989年12月1—16日,00Z)

图 2 和图 3 分别是海南岛湿季与干季的植被指数分布图,从图中可见,植被指数很好地反映了植被分布状况. 岛的中、南部是常绿阔叶雨林区,  $NDVI$  值高,湿季的  $NDVI$  平均为 0.45 以上,干季  $NDVI$  平均达 0.30,可见干、湿两季,都是  $NDVI$  高值区;岛的北部及东部是农作物种植区,湿季  $NDVI$  平均达 0.40,而干季则降到 0.20 以下,干、湿季  $NDVI$  相差一倍以上,说明了  $NDVI$  对作物生长状况的反映是比较灵敏的;岛的西、北部草原地区是  $NDVI$  的最小值区,湿季  $NDVI$  平均为 0.20,干季降到 0.10,存在着明显的季节变化. 另外,在海南岛的橡胶高产区,  $NDVI$  值最大,湿季为 0.53,干季也是  $NDVI$  的极大值地区.

海南岛的干、湿两季基本上都有植被覆盖,干、湿两季植被指数的明显变化说明了植被的季节生长变化;植被指数的经纬向变化在干、湿两季没有明显差别,表明海南岛植被的常年性和分布的规律性.

## 5 下垫面温度特征

下垫面温度受多种因素影响,其主要热源是太阳辐射. 不同类型的下垫面热量收支就构成了不同下垫面温度的特征<sup>[7]</sup>.

由于测站稀少,常规气象观测的下垫面温度,不能给出详细的下垫面温度分布图,也反映不出地形影响和分布特征. 气象卫星能够获得空间分辨率 1.1km 的数据,因此能够获得较详细的下垫面温度分布特征. 图 4 是海南岛干季时下垫面温度的分布图. 由图可见,大部分地区下垫面温度在  $15^{\circ}\text{C}$  到  $18^{\circ}\text{C}$  之间. 由于我们所取资料是在清晨,一般与日均温度相差  $3^{\circ}\text{C}$  到  $4^{\circ}\text{C}$ ,故可知干季时下垫面日平均温度应在  $22^{\circ}\text{C}$  左右. 西、北部的草原地区下垫面温度较高,可达  $22^{\circ}\text{C}$ . 中、南部山区的下垫面温度最低,仅有  $14^{\circ}\text{C}$  左右,其最低值中心在通什. 干季的下垫面温度分布很好地说明了海南岛地貌,  $16^{\circ}\text{C}$  等温线基本上就是中部山区的外缘<sup>[8]</sup>. 湿季时,海南岛大部分地区下垫面温度在  $24^{\circ}\text{C}$  到  $25^{\circ}\text{C}$  之间,东部和北部及西部沿海岸地带下垫面温度达到  $26^{\circ}\text{C}$  到  $27^{\circ}\text{C}$ ,已高于周围海洋表面温度. 最

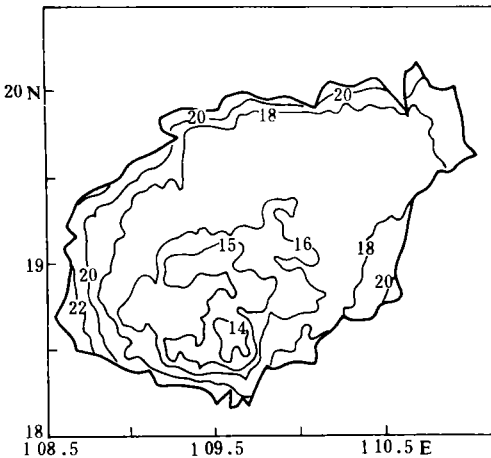


图 4 海南岛干季下垫面温度分布图  
(1989 年 12 月 1—6 日,00Z)

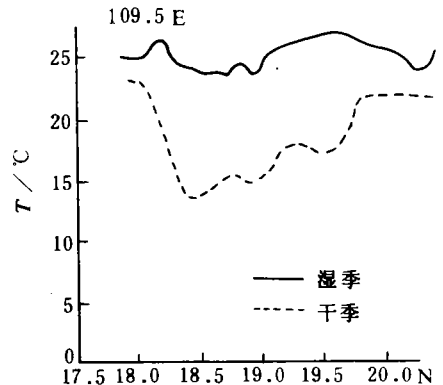


图 5 海南岛下垫面温度经向变化曲线图

低下垫面温度中心仍在通什附近,但已上升到 20°C. 图 5 给出干、湿季时下垫面温度沿着 109.5°E 的纬向变化,可见湿季时下垫面温度变化要比干季时小得多. 但是无论干季还是湿季,海南岛下垫面温度的空间变化幅度都在 10°C 以内,而其季节变化也不超过 10°C,而且干季时下垫面温度仍然较高,充分体现了海南岛长夏无冬的气候特点.

### 6 射出长波辐射(OLR)特征

地表-大气系统的辐射状况对天气动力和热力过程有着重要的影响,射出长波辐射(OLR)就是其中的一个重要指标,它对中、长期天气预报和气候变化的诊断分析与研究都很有用.

本文的 OLR 是海南岛的晴天情况,基本上反映了海南岛下垫面对 OLR 的贡献. 当下垫面温度高时,就导致红外辐射量增大,反映在 OLR 分布图上就是 OLR 的高值区. 当然,OLR 的大、小亦可反映云的生消变化,通过研究 OLR 的分布与变化,就可以估算大气对流的状况.

图 6 是海南岛湿季 OLR 的分布图. 类似于下垫面温度的分布. 南部山区是 OLR 的最小值地区,只有 280W/m<sup>2</sup>. 西北部和东部沿海岸地带是 OLR 的极大值区,达到 300W/m<sup>2</sup>,极大极值是 304W/m<sup>2</sup>. 其它大部分地区的 OLR 值在 290W/m<sup>2</sup> 左右. 干季时海南岛的 OLR 分布与湿季基本相同,南部山区仍是 OLR 极小值区,为 270W/m<sup>2</sup>. 西北部和东部沿海岸地带的 OLR 极大值区,也比湿季时减小了 20W/m<sup>2</sup>. 仅有 280W/m<sup>2</sup>. 其它大部分地区 OLR 值平均是 275W/m<sup>2</sup>. 不论干季还是湿季,全岛的 OLR 变化不超过 20W/m<sup>2</sup>,干季时全岛的 OLR 变化都在 10W/m<sup>2</sup> 以内.

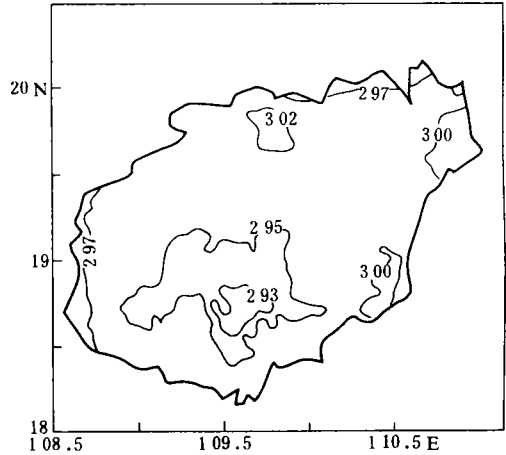


图 6 海南岛湿季射出长波辐射(OLR, 单位: W/m<sup>2</sup>)(1989 年 7 月 15—26 日, 00Z)

海南岛的 OLR 值在干、湿季有一定差别,这反映了下垫面辐射能力的季节变化,但是海南岛的 OLR 分布一年四季无大变化. 另外,夜间海南岛 OLR 值比白天小 10W/m<sup>2</sup> 左右,说明海南岛日、夜 OLR 的变化不大.

### 7 结 语

(1)气象卫星信息可作为研究局地气候的一个重要手段,它能提供比常规资料多得多的资料,可用于详细地研究某地的气候状况.

(2)不论定性的图像或定量的数字资料,均能揭示海南岛下垫面的气候特征和物理量的分布特点.

(3)海南岛干、湿两季的下垫面状况有明显的变化. 湿季时的下垫面反射率、植被指

数、下垫面温度以及射出长波辐射(OLR)都比干季时要大。

(4) 不论在干季还是湿季,海南岛下垫面反射率、植被指数、下垫面温度和射出长波辐射(OLR)随地区的分布存在一定差异,说明海南岛各地区的气候差异。

(5) 通过气象卫星数据资料的研究分析所得到的海南岛下垫面气候特征,可以为海南岛的气候区划以及未来发展规划提供依据。

### 参 考 文 献

- 1 高国栋,陆渝蓉,陆菊中,邹进上,林春育,盛承禹. 气候学基础. 南京: 南京大学出版社, 1990.
- 2 高素华. 海南岛气候. 北京: 气象出版社, 1988.
- 3 高素华, 黄增明. 海南岛橡胶林小气候. 北京: 气象出版社, 1989. 1—11.
- 4 国家卫星气象中心编. 区域性极轨气象卫星资料定量处理及软件系统. 北京: 国家卫星气象中心, 1986. 1—30.
- 5 高国栋, 陆渝蓉. 中国物理气候图集. 北京: 农业出版社, 1981. 1—65.
- 6 高素华, 黄增明. 海南岛农业气候生产力的估算. 热带气象, 1986, 2(4): 327—335.
- 7 贺常恭, 王宣吉. 用气象卫星信息探测川西平原的城市热岛群. 遥感信息, 1990, (1): 10—13.
- 8 西北师范学院地理系主编. 中国自然地理图集. 北京: 地图出版社, 1984. 145—148.

## A STUDY ON CLIMATIC CHARACTERISTICS OF HAINAN ISLAND BY USING METEOROLOGICAL SATELLITE DATA

Wang Xuanji     Dian Changgong

(National Satellite Meteorological Center, Beijing 100081)

### Abstract

Using NOAA polar-orbiting meteorological satellite data, the distribution and the changes of the underlying surface reflectance, vegetation index, underlying surface temperature and outgoing longwave radiation (OLR) are studied under the condition of cloud-free in both dry and wet seasons in Hainan Island. It is proved that the application of satellite data is highly effective to the study of underlying surface regime, which is one of the important factors for the local climate.

**Key words:** Climate; Meteorological satellite; Vegetation index; Outgoing Longwave Radiation.