

由卫星辐射测量资料计算候、旬和月平均海面温度场*

周嗣松 王保华

(卫星气象中心)

提 要

本文介绍了一个从NOAA卫星AVHRR红外窗区通道辐射测量资料获取候、旬和月平均海面温度场的计算机软件系统,并提供了用1987年6月的NOAA-9卫星AVHRR资料,对软件系统进行测试得到的旬和月平均海面温度场。

一、原理

气象卫星携带的扫描辐射计的大气红外窗区通道,传感地球表面或云顶在 $3.7\mu\text{m}$ 和 $10-12\mu\text{m}$ 波段的热红外放射辐射,这些辐射测量资料可以用来反演海洋表面温度(以下简称SST)。用数学形式表达的红外窗区辐射测量资料反演海面温度的基本原理是:

$$I(\nu) = B(\nu, T_s) \cdot \tau(\nu, P_s) + \int_{P_s}^1 \tau(\nu, P_s) B(\nu, T_p) \cdot d\tau(\nu, P) \quad (1)$$

式中 $I(\nu)$ 为到达卫星辐射计的光谱辐射率, ν 为波数, T_s 为海面温度, T_p 为气压为 P 处的气层温度, $\tau(\nu, P)$ 为卫星至各大气层(或海面)的透过率, $B(\nu, T)$ 为普朗克函数。

$$B(\nu, T) = \frac{2hc^2\nu^3}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} \quad (2)$$

式中 h 、 c 和 k 分别为普朗克常数、光速和波尔兹曼常数。

(1) 式中 $I(\nu)$ 可以由卫星辐射计红外窗区通道测量得到。如果能获得海洋上大气温度和湿度的垂直分布资料,并知道其他吸收气体对海面放射辐射的影响,就能从(1)式反演出海面温度 T_s 。但是,要实时地获

得海洋上的大气探空资料是极其困难的。因而,到目前为止,利用卫星辐射测值反演海面温度的方法都是统计方法。

二、资料

软件系统用来反演海面温度和获得候、旬和月平均海面温度场的辐射测量资料,是由美国国家海洋大气局(NOAA);国家环境卫星、资料和信息局(NESDIS)控制和管理的第三代极轨业务卫星的改进型甚高分辨率辐射计(AVHRR)观测得到的。AVHRR是一种4或5通道的扫描型辐射计,传感可见光和近红外波段的反射太阳辐射,以及地球和大气在大气红外窗区波段的热红外辐射。AVHRR各通道的光谱波段列于表1。

表1 AVHRR的光谱波段

通道序号	光谱波段(μm)	
	4 通道	5 通道
1	0.58—0.68	0.58—0.68
2	0.725—1.10	0.725—1.10
3	3.55—3.93	3.55—3.93
4	10.5—11.5	10.3—11.3
5		11.5—12.5

* 本工作得到长期天气预报研究课题的资助。

NOAA卫星HRPT (高分辨率图像传输)信道实时发送的AVHRR资料,为每一观测值编码10比特(表达范围0—1023)的数字信息,数据保持AVHRR观测的原始分辨率,即1.1km的星下点分辨率。此外,HRPT信息流中包含了数据定标和地理定位所需要的遥测信息^[1]。

计算中应用的是经过预处理的AVHRR/HRPT阶段1B数据集^[2],这是经过质量检验并附有地理定位和定标信息的编码计数值形式的AVHRR“原始”数据。

三、计算方法

虽然我们使用的是卫星辐射计在大气窗区的辐射测量资料,但是这里所说的“窗”,只是相对于其它波段而言的,即地球大气对“窗区”波段辐射的削弱较之其它波段要少得多。事实上,地球大气对它仍有一定的影响。例如,大气中的水汽对它有吸收作用(特别是在热带潮湿大气条件下),二氧化碳、甲烷等大气成分也对它产生不同程度的影响。虽然,吸收气体本身也向外放射辐射,但由于它们的温度通常低于海面温度,总效应常常表现为使卫星辐射计测量到的辐射量低于海面实际放射的辐射,从而使反演得到的亮度温度低于海面真实温度。另外,当辐射计的视场被云遮盖时,测量到的则是云顶的放射辐射;当视场被半透明的云层遮盖或部分遮盖时,测量到的则是云顶和海面放射辐射的综合值。由于云顶温度通常低于海面温度,当我们利用这些被云“污染”了的观测资料反演海面温度时,得到的温度通常低于海面的真实温度。为了利用卫星资料精确地计算海面温度,必须排除被云“污染”了的观测资料,即进行所谓云检测和大气削弱订正。

软件系统中应用的云检测和大气削弱订正方法,借鉴于NOAA/NESDIS全球业务洋面温度计算系统所应用的多窗区通道海面

温度反演算法^[3],现简介如下:

1. 云检测

云检测就是利用被观测目标物本身具有的一些特征,例如海面温度通常要比云顶温度高得多,对可见光波段海面的反射率很低,而云顶的反射率要高得多;海面温度的水平梯度比云顶温度的水平梯度要小得多;海面和云顶在不同波段放射率上的差异等因素,排除那些被云顶“污染”了的观测资料,以保证用于海面温度反演的资料确实是在晴空条件下观测的。云检测方法包括可见光和红外通道数据均匀性检测;晴空条件下AVHRR通道3、4和5亮度温度相关性检验;可见光通道或近红外通道反射率阈值云检测;夜间层状低云的云检测,以及利用海面温度气候月平均值资料作最后的质量控制^[3]。

2. 大气削弱订正

多通道大气削弱订正方法的基本出发点是:海面放射辐射在到达AVHRR之前的大气削弱,可用具有不同透过率的2个或多个窗区通道的观测结果来估算^[3]。在白天,由于通道3受反射太阳辐射的影响,不适宜用来计算海面温度。应用于白天和夜间的AVHRR资料反演海面温度的大气削弱订正算法是不同的,其订正公式分别为:

a. 白天的大气削弱订正公式

利用通道4和5资料计算海面温度的大气削弱订正公式为:

$$SST_D = 3.6569T_4 - 2.6705T_5 + 4.24^* \quad (3)$$

式中 SST_D 为所求的白天海面温度。

b. 夜间的大气削弱订正公式

利用通道3、4和5资料计算海面温度的大气削弱订正公式为:

$$SST_{N1} = 3.6836T_4 - 2.690T_5 + 2.74 \quad (4a)$$

$$SST_{N2} = 1.4951T_3 - 0.5015T_4 + 4.03 \quad (4b)$$

* 本文所提供的大气削弱订正公式应用于 NOAA-9 AVHRR资料处理。

$$SST_{N_3} = 0.9825T_3 + 0.9936T_4 - 0.9825T_5 + 3.5 \quad (4c)$$

当 SST_{N_1} 、 SST_{N_2} 、 SST_{N_3} 彼此之差的绝对值小于等于 1°C 时， SST_{N_3} 被作为所求的夜间海面温度。

四、软件系统

为了能对国家气象局卫星气象中心的3个地面站(北京、广州和乌鲁木齐)接收到的NOAA卫星HRPT信道传送的AVHRR资料进行日常业务处理,获取资料覆盖海域的海面温度资料,我们曾建立了一个AVHRR/HRPT资料海面温度计算软件系统^[5],并利用自1984年以来多时段(次)的卫星观测资料进行了海面温度反演试验。同时,用浮标或船舶测量的海面温度资料对卫星资料反演结果进行了精度分析^[6]。现在的工作则是在过去工作的基础上,又开发了候、旬和月平均海面温度计算部分,以满足长期天气预报和气候研究,以及资料广播等需要。软件系统简述如下:

1. 软件系统的构成

软件系统由白天/夜间资料海面温度反演,日平均海面温度计算,以及候、旬和月平均海面温度计算等部分构成。

海面温度反演部分的功能是从磁盘或磁带中读入AVHRR/HRPT 1B数据,对数据进行质量检验,应用定标系数把数据从编码计数值形式转换成辐射值和亮度温度(对红外通道)或反射率(对可见光通道),进行云检测和大气削弱订正,以及对计算结果进行地理定位。其它各部分的功能则是分别根据前一部分的计算结果计算日、候、旬和月平均值。软件系统的简单流程图如图1所示。

2. 软件系统输出的产品

系统输出的产品有:白天/夜间海面温度资料,日平均海面温度场,和候、旬、月平均海面温度场。资料的覆盖范围、输出形式或介质等信息列于表2。

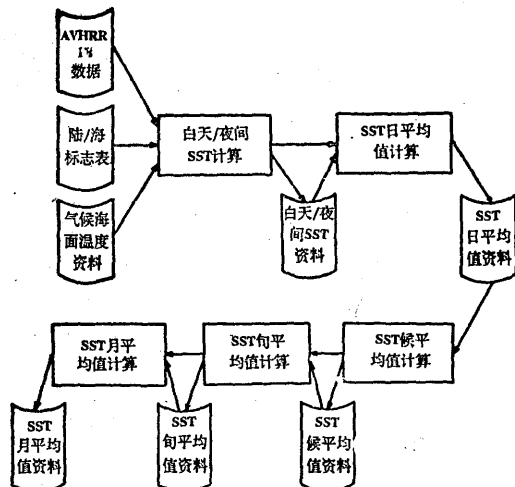


图1 SST候、旬、月平均值软件系统框图

表2 软件系统输出的产品

(覆盖范围 0° — 50°N , 105° — 150°E ; 分辨率 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 经、纬度)

产品名称	输出形式或介质
白天/夜间SST资料	} 磁盘文件、数字打印、存档 磁带
日平均SST场	
候平均SST场	
旬平均SST场	} 磁盘文件、数字打印、存档 磁带、等值线图
月平均SST场	

五、测试

软件系统在国家气象局卫星气象中心IBM 4381计算机系统中安装、调试之后,为了对它进行测试,我们用卫星气象中心地面站在1987年2月和6月份接收到的NOAA-9 AVHRR资料进行了非实时处理;并在1987年8月实时联机地对接接收的NOAA-10 AVHRR资料进行了处理。试处理或试运行过程证明,软件系统运行正常,并得到预期结果。图2、3、4分别为计算得到的1987年6月上、中、下旬的旬平均海面温度场,图5为6月月平均海面温度场。

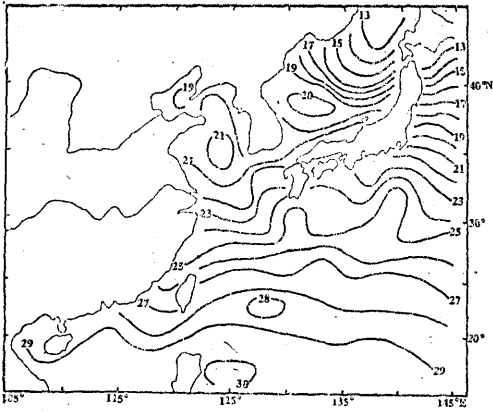


图2 1987年6月上旬平均海面温度场
(NOAA-9 AVHRR, 下同)

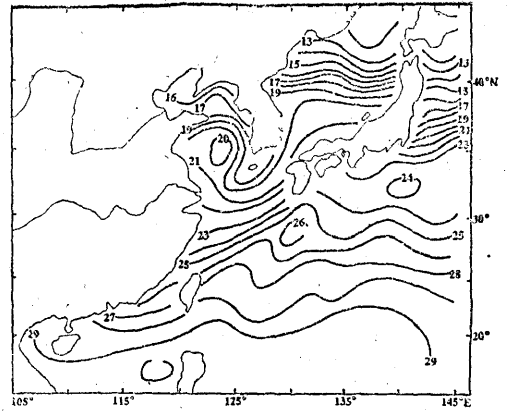


图3 6月中旬平均海面温度场

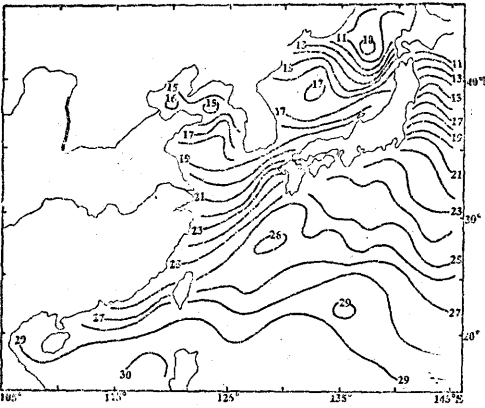


图4 6月下旬平均海面温度场

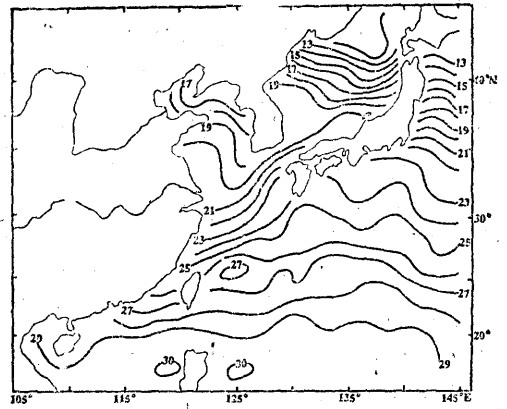


图5 1987年6月月平均海面温度场

参考文献

- (1) A.Schwalb, The TIROS-N/NOAA Satellite Series, NOAA Tech. Memo, NESS 95, U. S. Dept. of Commerce, Washington D.C, 1979.
- (2) NOAA Polar Orbit Data (TIROS-N, NOAA-6 NOAA-7 and NOAA-8) Users Guide, NOAA/NESDIS, U.S.A., 1984.
- (3) E.P.McClellan, et, al., Multichannel Improvements to Satellite-Derived Global Sea Surface

Temperatures, COSPAR XX I Ottawa, Canada, 22-29, May, 1982.

- (4) M.P.Weinred, et al, Calculation of Atmospheric Radiance and Brightness Temperatures in Infrared Window Channels of Satellite Radiometers, NOAA tech Rept, NESS 80, U.S.A., 1980.
- (5) 周嗣松等, AVHRR/HRPT资料海面温度计算软件系统简介, 海洋预报, 1986年第2期.
- (6) 周嗣松, 陈维英, 卫星资料海面温度计算软件系统反演结果的精度分析, 气象, 1987年第8期.

Pentad, decade and monthly mean SST fields derived from radiation measurements by satellite

Zhou Sisong Wang Baohua
(Satellite Meteorological centre)

Abstract

Here is a computer software system which is adopted to obtain pentad, decade and monthly mean SST from infrared radiation measurements by AVHRR aboard NOAA satellites. The decade and monthly mean SST fields, derived from NOAA-9 AVHRR data in June of 1987, are presented.