

卫星资料海面温度计算软件系统反演结果的精度分析

周嗣松 陈维英

(卫星气象中心)

提 要

我们将AVHRR/HRPT资料海面温度计算软件系统,用1984年2月17日和9月7日北京地面站接收的NOAA-7 AVHRR资料,以及1986年8月19日、20日,9月14日和10月13、14、15日的NOAA-9 AVHRR资料的海面温度计算结果同相应时期的船舶或浮标测量的海面温度进行了比较。比较结果,5个时段均方根误差平均值(\overline{RMS})为 1.01°C 。

一、引言

AVHRR/HRPT(改进的甚高分辨率辐射仪/高分辨率图象传输)资料海面温度(SST)计算软件系统,是国家气象局卫星气象中心TIROS-N系列卫星地面资料接收和处理系统的重要部分^[1]。整个软件系统由卫星资料海面温度反演、海面温度分析场生成、常规海面温度观测资料输入、精度检验和软件系统维护等五个部分组成。各功能部分之间的相互关系如图1所示。

软件系统的卫星海面温度反演部分,是专为TIROS-N系列卫星HRPT接收站用户设计、编制的;软件系统的其余四部分则是在NOAA/NESDIS(美国国家海洋大气局/国家环境卫星、资料 and 情报服务局)全球业务洋面温度计算系统(GOSSTCOMP)相应部分的基础上,修改后用于本软件系统的。

此软件系统曾成功地在NOAA中心计

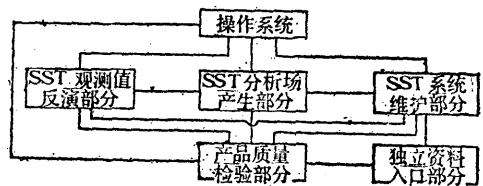


图1 AVHRR/HRPT资料海面温度计算软件系统结构图

算机系统(IBM 360/195)上试运行。为适应我国的具体情况和条件,以及某些用户的特定要求,对软件系统进行了必要的修改和功能扩充,并先后在北京气象中心FACOM 360型计算机和卫星气象中心IBM 4361型计算机上安装、调试成功。此软件系统可向用户提供的产品列于附表。

附表 AVHRR/HRPT资料海面温度计算软件系统输出的产品

产品名称	精 度	分 辨 率	覆盖范围	处 理 要 求	
				输出形式	处理时序
SST 观测值	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$	2km或10km 2km/4km	15—50°N 105—155°E $5^{\circ} \times 5^{\circ} / 10^{\circ} \times 10^{\circ}$	• 存档磁带 • 数字打印 • 高分辨率字符打印	逐条轨道处理, 或根据要求
SST 分析场	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$	50km	15—50°N 105—155°E	• 存档磁带 • 数字打印 • 等值线图	每日一次

二、海面温度计算方法

本软件系统所采用的算法,借鉴NOAA/NESDIS全球业务洋面温度计算系统的多窗区通道海面温度反演算法〔2〕。由于我们所使用的AVHRR/HRPT资料(星下点空间分辨率为1.1km)与NESDIS全球业务洋面温度计算系统使用的AVHRR/GAC(AVHRR/全球覆盖)(星下点空间分辨率为4km)稍有差异,以及两个系统所要求的卫星海面温度观测值的空间分辨率不同,因此,对NESDIS多窗区通道海面温度反演算法的某些地方作了一些必要的修改〔1〕。

卫星资料海面温度反演算法由云检测(即排除受云影响的观测数据)和大气削弱订正方法两部分组成。本软件系统中所应用的云检测和大气削弱订正方法已在文献〔1〕中作了详细介绍。由于AVHRR仪器在运行过程中出现某些故障,卫星资料海面温度的反演算法也不得不作一些改变。下面简要介绍这次对比试验期间实际应用的大气削弱订正方法。

在我们接收试验用的NOAA-7 AVHRR资料(1984年2月、9月)和NOAA-9 AVHRR资料(1986年8、9、10月)时,AVHRR通道3的性能下降,其观测资料已不宜用来反演海面温度。因而,在应用上述资料反演海面温度时,只应用了AVHRR通道4(10.3—11.3 μm)和通道5(11.5—12.5 μm)的观测数据。此外,由于两颗星在这两个通道上的光谱波段及其相应的光谱响应函数和大气透过率稍有不同,以及白天和夜间大气条件的差异,大气削弱订正公式也略有不同,现分述如下。

1. NOAA-7 AVHRR资料海面温度反演公式

(1) 白天资料的反演公式

$$\text{SST} = -283.9267 + 1.0351T_4 + 3.046(T_4 - T_5) \quad (1)$$

式中, T_4 、 T_5 分别为 NOAA-7 AVHRR 通道 4 和通道 5 的辐射亮度温度, SST 为海面温度 ($^{\circ}\text{C}$)。

(2) 夜间资料的反演公式

$$\text{SST} = -296.23 + 1.076T_4 + 3.168(T_4 - T_5) \quad (2)$$

式中符号意义同(1)式。

2. NOAA-9 AVHRR资料海面温度反演公式

(1) 白天资料的反演公式

$$\text{SST}' = 3.6569T_4 - 2.6705T_5 + 4.24 \quad (3)$$

式中, T_4 、 T_5 分别为 NOAA-9 AVHRR 通道 4 和通道 5 的辐射亮度温度, SST' 为

海面温度 (K)。

(2) 夜间资料的反演公式

$$\text{SST}' = 3.6836T_4 - 2.69T_5 + 2.74 \quad (4)$$

式中符号意义同(3)式。

三、计算结果的精度分析

为了检验本软件系统所得到的海面温度的精度,我们用卫星气象中心北京地面接收站1984年2月17日、18日和9月7日接收的NOAA-7 AVHRR资料,以及1986年8月19日、20日,9月14日和10月13—15日接收的NOAA-9 AVHRR资料进行了海面温度计算,并对1986年10月13—15日的反演结果进行了客观分析,得到如图2所示的海面温度分析场。尔后,把反演得到

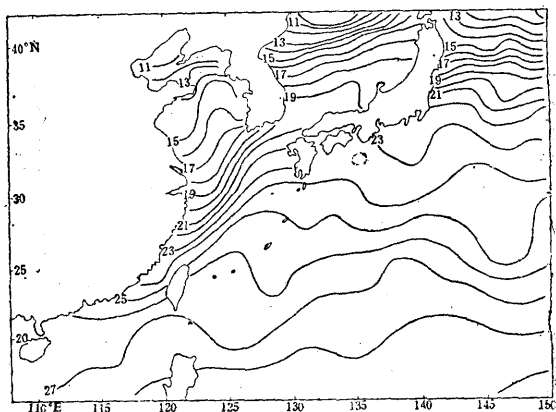


图2 海面温度分析场等值线(1986年10月15日)

的海面温度分析场网格点的值,分别同相应时期和位置的船舶或浮标测量的海面温度进行了比较。用来进行比较的船舶或浮标测量资料,是以卫星资料的观测时刻前后24小时为时间范围而选取的。比较时,以船舶测量时的所在位置(经/纬度)为中心,以0.5经/纬度为搜索半径;并以搜索区内最接近船舶所在位置的卫星资料反演海面温度与船测海面温度之差作为这一时刻船与卫星海面温度之差。比较结果见图3。1984年2月17、18日70对卫星资料反演的海面温度与船测海面温度之间误差($\Delta T = T_{\text{船}} - T_{\text{卫}}$,下同)的频率分布如图3(a)所示,均方根误差(RMS)为 0.8°C ;1984年9月7日39对 ΔT 的频率分布如图3(b)所示,其均方根误差为 0.95°C ;1986年8月19、20日89对 ΔT 的频率分布如图3(c)所示,均方根误差为 1.2°C ;1986年9月14日48对 ΔT 的频率分布见图3(d),均方根误差为 1.0°C ;1986年10月13—15日41对 ΔT 的频率分布如图3(e)所示,其均方根误差为 1.1°C ;5个时段的均方根平均误差(RMS)为

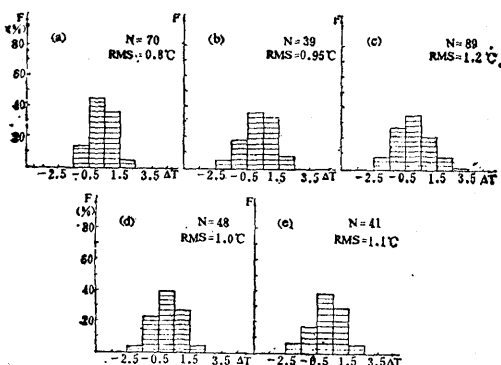


图3 卫星资料反演与船测海面温度误差的频率分布

$$\Delta T = T_{\text{船}} - T_{\text{卫}}$$

1.01°C。

此外, 1986年10月15日生成的海面温度分析场网格点上的值同相应时间和位置的船测海面温度比较, 误差的频率分布如图4所示, 其均方根误差(RMS)为1.3°C。

四、结束语

从上面的比较可以看出, 绝大多数卫星资料反演海面温度与船测海面温度的差值在-1.5°C至1.5°C之间。这说明本软件系统所得到的海面温度是基本可信的。少数误差的绝对值在1.5°C至2.5°C之间, 极少数误差的绝对值大于2.5°C。引起这样大的误差的原因可能有3个: 第一, 当船测海面温度和卫星资料反演的海面温度都准确时, 两者在时间和位置上的不完全一致而引起的误差。这在天气条件急剧变化时或海面温度梯度大的海域是可能发生的。第二, 由于船测海面温度不正确引起的。通过对船测海面温度的分

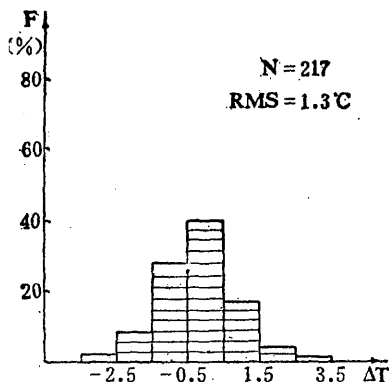


图4 海面温度(SST)分析场误差($\Delta T = T_{\text{船}} - T_{\text{分}}$)的频率分布

析证明, 这种现象也时有发生。第三, 少数受到云影响的观测数据通过了云检测, 从而使得用这些受云影响的观测数据反演的海面温度偏低, 这在稀薄而均匀分布的卷云的情形下常常发生, 特别是在NOAA-7和NOAA-9 AVHRR通道3观测数据由于噪声的原因不能再使用时, 原算法中的云检测能力被减弱了, 这种漏检现象则更加可能发生。

参考文献

- (1) 周嗣松、陈维英、张丽霞, AVHRR/HRPT资料海面温度计算软件系统简介, 海洋学报, 1986年第2期。
- (2) E. P. McClain, W. G. Pichel and R. Walton, Multichannel Improvements to Satellite-Derived Global Sea Surface Temperatures, COSPAR XXI Ottawa, Canada, 22-29, May, 1982.
- (3) 周嗣松, 应用卫星红外窗区遥感资料反演海面温度时的云检测和大气削弱订正, 海洋学报, 1984年第2期。

Verification of the retrievals from satellite data sea surface temperature computation software system

Zhou Sisong Chen Weiyang
(Satellite Meteorological Center)

Abstract

The retrievals from the AVHRR/HRPT data sea surface temperature computation software system using the NOAA-7 and NOAA-9 AVHRR data received at Beijing Meteorological Satellite Ground Station during the periods of 17, February and 7, September 1984, and 19-20, August, 14, September and 13-15, October, 1986, respectively, were compared with simultaneous measurements from ships and buoys. The result from these comparisons shows that the averaged root mean square deviation for the above five periods is about 1.01°C.