

# 东亚地区NOAA-7卫星反演温度 误差的统计分析\*

毛建平 王宗皓

(卫星气象中心)

## 提 要

本文利用卫星气象中心接收并用统计回归法反演的东亚地区1984年2月13日至3月1日NOAA-7卫星温度资料,和其邻近(地区、时间)的常规资料的比较,进行大量样本的统计检验。同时,对东亚地区这种卫星探测资料误差的水平和垂直分布特征及其昼夜变化,进行了分析讨论。

## 一、引言

目前,多种卫星探测资料已在许多国家的业务天气分析和预报中使用,体现出明显的经济效益。气象卫星观测揭露了许多新的天气事实,推动了天气学研究的发展。同时,也促进多种观测资料的处理和分析应用,以及四维同化等方面深入的研究,加速了天气分析和天气预报的发展。我国这方面的工作起步较晚,气象卫星数字资料的处理和应用还处于试验阶段。

我国西部有世界屋脊——青藏高原,东临辽阔的太平洋。这两地区的常规观测资料稀少,给我国的天气分析和预报带来严重的困难。因此,开发这两地区的气象卫星探测资料的应用和研究,必将有助于我国的业务天气分析和预报,推动东亚地区天气研究的发展,充分发挥气象卫星的经济效益。

本文比较了卫星气象中心(北京站)接收和处理的东亚地区1984年2月13日—3月1日NOAA-7卫星反演温度和其邻近(地区、时间)的常规探测,进行了统计检验和误差时空分布的分析。为下一步卫星反演资料在我国天气分析和预报中的应用提供依据,也为进一步改进气象卫星探测技术和资料处理方法提供参考。

## 二、资料

原始资料来自NOAA-7卫星上的TIROS-N业务垂直探测器(简称TOVS<sup>(1)</sup>)所探测的资料。卫星气象中心每天在00Z和12Z前后3小时内,可接收连续三条通过东亚地区的NOAA-7卫星轨道的探测资料,几乎覆盖以北京为中心,半径约3500km的区域(如图1所示)。

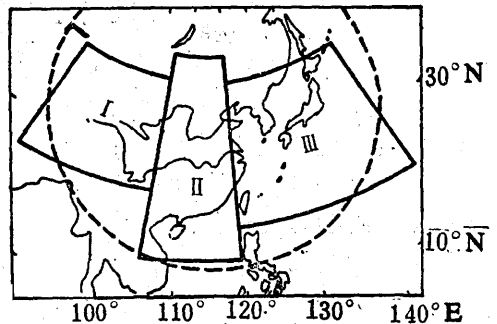


图1 卫星气象中心(北京站)极轨气象卫星资料接收范围及卫星反演温度精度检验区域示意图

I: 高原地区, II: 平原地区, III: 海洋,  
虚线: 卫星探测区域

TOVS资料反演用的是统计回归法<sup>(2)</sup>。回归法的优点是:对卫星探测仪器只要求相对定标,不需要进行复杂的大气透过率计

\* 本课题为国家气象局高原气象科学基金会资助。

算, 这可以节省计算时间。反演使用 HIRS 和 MSU 的探测资料, 没有用 SSU 的探测资料。反演时, 将三个原始探测点作为一个反演点来处理, 并只对晴空和部分有云地区的 TOVS 资料进行反演。由于误差太大, 全部有云地区的探测资料不参加反演。这样, 反演后的 TOVS 资料, 水平分辨率约 100km, 垂直方向有 40 层。显然, 这比常规探测资料的水平分辨率要高得多, 特别是在高原地区和海洋上。其垂直分辨率也较常规探测资料要高。本文讨论的是 100hPa 以下, 各标准等压面上卫星反演温度精度及误差的统计检验结果。

### 三、统计分析

Smith 等 (1979) [1]、Phillips 等 (1979) [3] 和 Gruber 等 (1981) [4] 对 TIROS-N 及 NOAA-6 卫星的反演温度作了全面的评价。他们主要是将卫星反演温度按全球五个不同纬度带, 以及晴天、部分有云和云天这三种天气条件下进行评价。同时, 还作了一些个例的天气学评价。本文只对东亚地区 NOAA-7 卫星的反演温度作统计评价, 不作部分有云和晴天的区别。我们根据东亚地区不同下垫面特征, 按图 1 所示的三个区域进行统计分析: I 区, 高原地区 (25—45°N、80—105°E); II 区, 平原地区 (15—50°N、105—120°E); III 区, 海洋 (20—45°N、120—150°E)。这样的分区检验, 对东亚地区局部卫星反演资料的开发和应用, 将更具有参考价值。

#### 1. 单点比较

我们先将这三个区域中的卫星反演温度和相近观测时刻、相近观测地点的无线电探空温度作个例比较。图 2 为 I 区、II 区、III 区内的 3 个实例, 附表为它们的探测时间和地点。由于卫星探测是代表某一视场内的观测值, 而无线电探空资料是代表某一点的观测值, 同时, 卫星探测资料的垂直分辨率较高, 因此, 从这三个例子中可以看出, 卫星反演温度廓线比无线电探空温度廓线要平滑得多。除了在低层和对流层顶附近有较大差

异外, 卫星反演温度廓线和无线电探空温度廓线都很接近。三个区域比较, III 区的两廓线最接近, II 区其次, I 区离得较远。

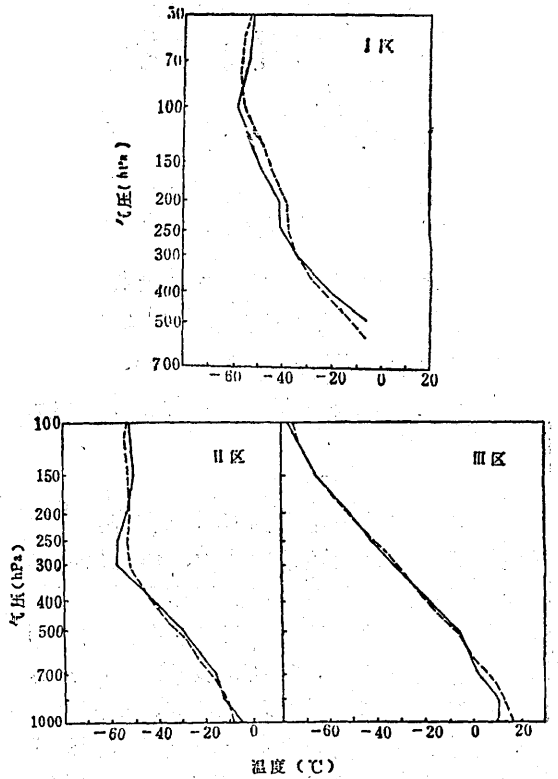


图 2 卫星反演温度廓线 (虚线) 与常规探空曲线 (实线)

附表 1984年2月卫星及常规探空单点比较实例的探测时间和地点

区号	探测时间 (日 GMT)		探测地点 (°N °E)			
	卫星探测	常规探测	卫星探测		常规探测	
I	24 0102	24 0000	31.88	92.35	31.48	92.07
II	13 2339	14 0000	39.54	116.11	39.93	116.28
III	22 2329	23 0000	27.94	121.31	28.45	121.90

#### 2. 统计检验

我们将 1984 年 2 月 13 日至 3 月 1 日东亚地区 NOAA-7 卫星, 00Z 和 12Z 前后 3 小时内的卫星反演温度, 和各纬度与其相距 1 个经度内, 相应时间的无线电探空资料作了比较, 统计了约 4000 个样本点的平均误差、绝对误差、均方根误差、标准差及误差

的频率分布, 并对卫星反演温度的精度及误差特征进行时空分析。结果讨论如下。

(1) 图3为I、II、III区域内卫星反演温度的平均绝对偏差和均方根偏差的垂直分布廓线。从图3可以看出, 卫星反演温度的平均绝对误差在2.5—3.5°C之间(图3a) 平均均方根误差为3—4°C(图3b)。就其平均来说, I区误差最大, II区其次, III区最小。统计表明, 如果卫星反演温度的允许误差为 $\pm 2^\circ\text{C}$ , 则I区卫星反演温度的可信度为38%, II区为40%, III区为42%。这些结果说明, 海洋上的卫星反演温度的误差比大陆要小; 而大陆上, 平原地区的卫星反演温度又比高原地区小。即下垫面状况越复杂, 卫星反演温度的误差也越大。

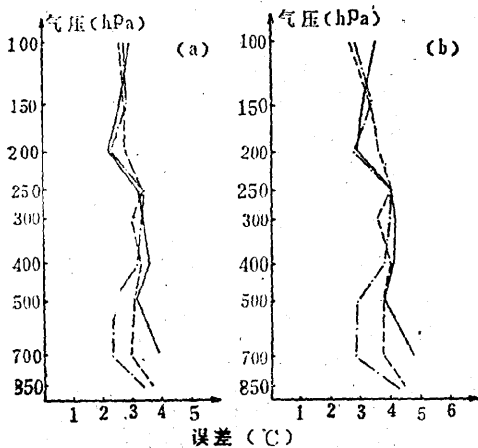


图3 各检验区卫星反演温度的平均绝对误差(a)、均方根偏差(b)  
实线: I区; 虚线: II区; 点划线: III区

(2) 从图3也可以看到, 垂直方向上卫星反演温度误差的基本特征是: 近地面层误差最大。同时, 在对流层中部400hPa附近及对流层顶250hPa附近有两个极大值。而在700—500hPa之间和200hPa处, 误差为极小值。这些误差特征和Smith等(1979)<sup>(1)</sup>; A. Gruber等(1981)<sup>(4)</sup>分析发现的TIROS-N和NOAA-6卫星反演温度的误差特征是相似的。

(3) 从东亚地区卫星反演温度的平均误差垂直分布廓线(图4)来看, 最下两层

(850hPa和700hPa) 和最上两层(100hPa和150hPa)上, 卫星反演温度相对于邻近无线电探空温度有负的平均偏差, 而中间五层上, 出现正的平均偏差。

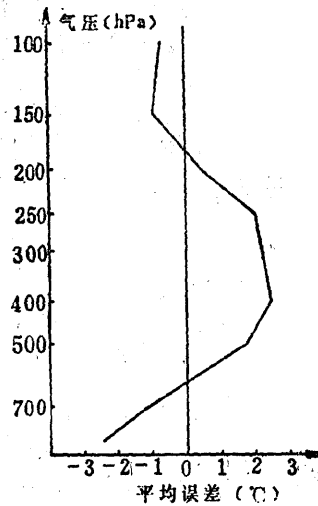


图4 东亚地区卫星反演温度的平均误差垂直分布廓线

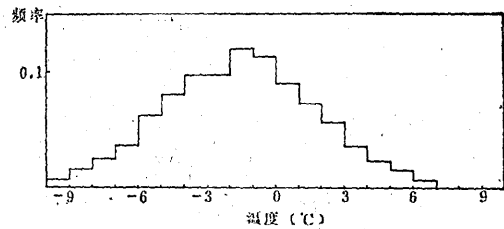


图5 东亚地区卫星反演温度误差的频率分布

(4) 图5是东亚地区卫星反演温度误差的频率分布。可以看出, 卫星反演温度误差频率分布接近于正态分布, 峰值偏向于负值区。误差为 $-1$ — $-2^\circ\text{C}$ 出现的频率最高(12%)。同时, 统计表明, 约有2/3的卫星反演温度有负偏差, 即东亚地区多数卫星反演温度比相近无线电探空温度要低。这个结论与春季北美大陆NOAA-6卫星反演温度检验结果一致(Schlatter, 1980)<sup>(6)</sup>。另外, 还可以看到, 若卫星反演温度的允许误差范围为 $\pm 2^\circ\text{C}$ , 则其可信度为40%左右。尽

管如此，可挑选的卫星反演温度资料数量仍比常规观测要多得多，约为常规资料的3倍。

(5) Kidder等，1986<sup>[6]</sup>讨论了TOVS反演温度误差的日夜变化。下面将利用00Z和12Z三小时前后NOAA-7卫星反演温度的误差特征，来讨论东亚地区卫星反演温度误差的日夜变化。

一般来说，海洋上气象要素的日夜变化比大陆上小。东亚地区NOAA-7卫星反演温度误差的昼夜变化却正好相反。图6为各

区昼夜卫星反演温度均方根误差廓线，显然，误差昼夜变化，海洋上比大陆上大，平原地区又比高原地区大。据统计，平均来说，夜间(12Z)比白天(00Z)的误差大。卫星观测的统计表明，造成这种现象的一个重要原因是因为东亚地区夜间的云量比白天多。而有云地区(这里只考虑部分有云的情况)的卫星反演温度误差比晴天时要大。同时发现，这种云量的昼夜变化海洋上最大，平原地区其次，高原地区最小。

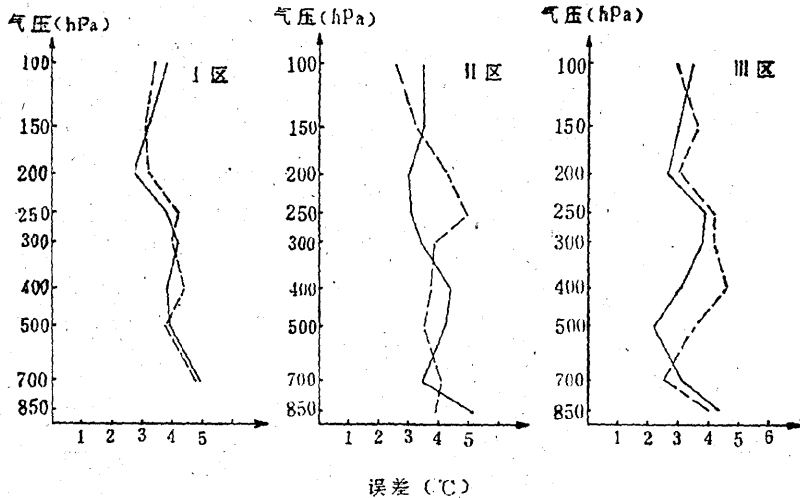


图6 白天(00Z,实线)和夜间(12Z,虚线)卫星反演温度均方根误差的垂直分布廓线

图6表明，高原地区(I区)卫星反演温度误差特征的昼夜变化不大，00Z和12Z的最大误差都发生在大气最低层。而II、III区误差特征发生了一明显的变化：在II区，白天的最大误差发生在大气最低层，而夜间，最大误差发生在对流层顶(250hPa)附近；在III区，白天的最大误差也出现在大气的最低层，夜间则出现在对流层中部400hPa附近。

#### 四、结论

通过上述讨论，可总结出以下两点主要结论。

(1) 由统计回归法反演出来的温度廓线，其平均绝对误差在2.5—3.5°C之间，均方根误差在3.0—4.0°C之间。较大误差多发

生在温度结构较为复杂的地方，如大气近地层、对流层中部及对流层顶附近。

尽管由卫星资料反演温度有一定的误差，精度还不够高，但仍不失为一种具有高时空分辨率等优点的大气探测资料，潜力很大。目前，可以择优选取，合理使用，以弥补海洋、高原地区常规资料的不足，从而改进天气分析和预报。

(2) 卫星资料反演温度的误差随下垫面条件的不同而不同。并且有明显的昼夜变化特征。一般来说，海洋上的卫星反演温度的精度比大陆上的高；而在大陆上，平原地区又比高原地区的好。夜间的卫星反演温度精度比白天的稍低些。这种误差昼夜变化，在海洋上要比在大陆上变化幅度大，而在高原地区却只有很小的昼夜变化。

了解了以上东亚地区卫星反演温度资料的误差特征, 将使我们能更有效地应用卫星探测资料, 从而发挥它应有的经济效益。

### 参考文献

[1] Smith, W., Woolf, H., Hayden, C., Wark, D., and McMillin, L., The TIROS-N Operational Vertical Sounder, Bull. Amer. Meteor. Soc. Vol. 60, No. 10, Oct. 1979, pp. 1177—1187.

[2] Smith, W. L. and H. M Woolf, The use of eigenvectors of statistical covariance matrices for interpreting satellite sounding radiometer observation J. Atmos. Sci., 1976, pp. 1127—1140.

[3] Phillip, N., McMillin, L., Gruber, A., and Wark, D., An evaluation of early operational temperature soundings from TIROS-N, Bulletin Amer. Meteor. Soc. Vol. 60, No. 10, Oct. 1979, pp. 1188—1197.

[4] Gruber, A., Brodrick, H., and Watkins, C., Statistical and synoptic evaluations of TIROS-N and NOAA-6 retrievals, NOAA Technical Report NESS 86, Oct. 1981.

[5] Schlatter, T., An assessment of operational TIROS-N temperature retrievals over the United States, Mon. Wea. Rev. Vol. 109, 1980, pp. 110-119.

[6] Stanley Q. Kidder and Gray L. Achtemeier, Day-night variation in operationally retrieved TCVS temperature biases, Mon. Wea. Rev. Vol. 114, No. 9, 1986, pp. 1775—1778.

## Statistical analysis on error characteristics of NOAA-7 satellite-derived temperatures over East Asia

Mao Jianping Wang Zonghao  
(Satellite Meteorological Centre)

### Abstract

NOAA-7 satellite temperatures over the East Asia from February 13 to March 1 of 1984, collected by the satellite Meteorological Centre, retrieved with the statistical regression method and compared with the adjacent radiosondes, are verified statistically with large amount of samples. The characteristics of the errors' horizontal and vertical distributions and their day-night changes are analyzed and discussed.