

极轨气象卫星 TOVS 资料微机处理系统简介

张凤英 胡筱欣 冉茂农 吴保琐 董超华 郑波

(国家卫星气象中心,北京 100081)

提 要

极轨气象卫星大气垂直探测(TOVS)资料微机处理系统可实时接收处理 TOVS/HRPT 资料,生成空间分辨率约 75(或 50)km 的大气温度和湿度廓线、位势高度、热成风、大气中水汽总含量、射出长波辐射(OLR)、臭氧总含量等大气参数以及 TOVS 水汽图象等产品。其中,大气温度的平均相对误差为 2.5K,大气湿度的平均相对误差为 25%。由于气象卫星覆盖范围广,观测频次多,因此,TOVS 产品可弥补海洋、高原、沙漠等地区常规探测资料之不足。

关键词: 极轨气象卫星 大气垂直探测(TOVS) 微机处理系统

1 概述

近几年来,随着遥感技术的发展和微机的迅速普及,气象卫星资料处理及其应用逐渐由定性向定量方向发展。为适应迅速发展的趋势,我们开发了极轨气象卫星大气垂直探测(TOVS)资料微机处理系统(简称 PC-TOVS 处理系统)。该系统是在国家卫星气象中心(NSMC)大型机 IBM-4381 TOVS 资料业务处理系统基础上,结合微机特点,面向国内外从事 TOVS 资料处理和应用研究的科研人员开发的。该系统可实时接收处理 TOVS/HRPT 资料,生成空间分辨率约 75km 的大气温度和湿度廓线、位势高度、热成风、水汽总含量、射出长波辐射(OLR)、臭氧总含量等大气参数及 TOVS 图象产品。其中,大气温度的相对误差约为 2.5K,大气湿度的相对误差约为 25%。由于气象卫星覆盖范围广,观测频次多,因此,TOVS 产品可弥补海洋、高原、沙漠等地区常规探测资料之不

足。

该系统除具有 NSMC TOVS 资料业务处理系统的处理功能外,还具有 TOVS 反演产品与常规探测资料(RAOB)匹配与对比分析,图象、图形处理及图形与图象相互叠加显示之功能。在 1993 年 4 月 1—8 日北京举办的“中国气象科技成果展示交流会”上,“极轨气象卫星大气探测资料微机处理系统”作为 NSMC 的一项科技成果参加了展出,并受到好评,获参展项目集体二等奖。在世界气象组织(WMO)在北京举办的“卫星资料处理和应用培训班”上,多次向来自 II/V 区的十几个国家和地区的学员介绍、演示 PC-TOVS 处理系统的主要功能,受到 WMO 有关官员和全体学员的一致好评。此外,还为部分研究所、大专院校安装了 PC-TOVS 处理系统,供其试用。

PC-TOVS 处理系统采用菜单管理,结构简单、操作灵活、使用方便。它既可自成体

系,也可和 AVHRR 资料微机处理系统集成一体;既可使用 CA-C540 图象卡,也使用 TVGA 显示卡显示图象、图形。本文简单介绍 PC-TOVS 处理系统的基本原理、主要功能、主要产品及配置要求。

2 基本原理

利用卫星遥测大气参数的理论基础是辐射传输方程,即

$$I_{\theta} = B_{\nu}[(p_s)]\tau_{\nu}(p_s) - \int_0^{p_s} B_{\nu}[T(p)] \frac{d\tau_{\nu}(p)}{dp} dp \quad (1)$$

式中, I_{ν} 为卫星测量到的地球和大气向外发射波长为 ν 的单色辐射值(实际上是以 ν 为中心的一个很窄波段范围内的辐射值), ν 位于大气某一成分的吸收带内。式(1)中右边第一项为地表辐射经大气吸收后达到卫星高度的单色辐射值;第二项为大气各层发出的辐射经衰减后达到卫星高度的总和,其中 $d\tau_{\nu}(p)/dp$ 称为权函数,它表示厚度为 dp 的薄层大气的辐射所占比例数。所以,适当地选择一组位于 CO_2 和 H_2O 吸收带的观测通道,使各个通道的权函数极大值均匀地分布在各个不同的高度上,通过卫星测量这组通道的辐射值,就能根据式(1)反演出大气温度和湿度的垂直分布。TOVS 就是根据这一原理而设计的。

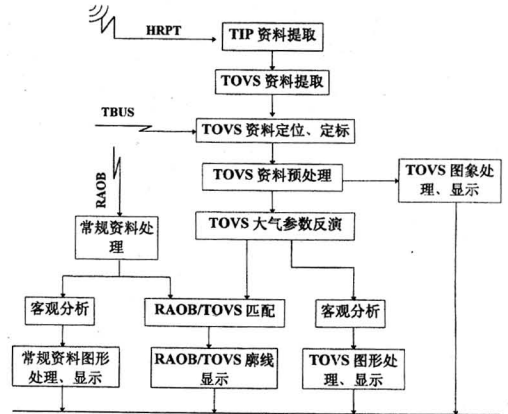
TOVS 主要由两个相互独立的仪器组成:①高分辨率红外辐射探测器型(简称 HIRS);②微波探测装置(简称 MSU)。HIRS 由 19 个红外通道和 1 个可见光通道组成。其中 7 个通道位于 $15\mu m$ CO_2 吸收带,5 个通道位于 $4.3\mu m$ CO_2 吸收带,它们主要用于探测大气温度的垂直分布。位于 $6.3\mu m$ H_2O 吸收带的 3 个通道主要用于探测大气湿度的垂直分布。位于 $9.6\mu m$ O_3 吸收带通道主要用于探测大气中 O_3 总含量。此外,位于 $11\mu m$ 、 $4.3\mu m$ 和 $3.7\mu m$ 的 3 个窗区通道主要用于

探测大气地表温度和云检测;而位于 $0.7\mu m$ 的可见光通道主要用于云检测。MSU 由 4 个通道组成。其中位于 $50GHz$ 的窗区通道主要用于探测表面发射率,其余 3 个通道位于 $5mm$ O_2 吸收带,主要探测大气温度垂直分布。因微波通道可以穿透云层,所以,MSU 通道测值可用于修正云对 $4.3\mu m$ 和 $15\mu m$ 红外通道测值的影响。

HIRS 每条扫描线有 56 个探测点,其星下点分辨率为 $17.4km$ 。MSU 每条扫描线有 11 个探测点,其星下点分辨率为 $103km$ 。HIRS 和 MSU 探测信息经过定位可获得每个探测点的经纬度;经过定标将计数值转换为辐射值,进而转换为亮温;再经过大气削弱、临边变暗等订正,将 MSU 探测点的亮温插值到每个 HIRS 探测点上等预处理之后,便可根据辐射传输方程进行大气参数反演。

3 主要功能

PC-TOVS 处理系统主要由 5 大部分构成:①TOVS 数值产品生成;②TOVS 图象处理;③ TOVS/RAOB 资料客观分析;④ TOVS/RAOB 图形处理;⑤TOVS 反演结果与 RAOB 资料匹配处理等。附图给出了 PC-TOVS 处理系统流程图。下面简单介绍各个部分的主要功能。



附图 极轨气象卫星 PC-TOVS 处理系统流程图

3.1 TOVS 数值产品生成

TOVS 数值产品生成由如下 5 个作业步组成。

3.1.1 TIP 资料提取

TIP 是 TIROS 信息处理器的简称。它是一种低速率资料处理系统,除 TOVS 仪器外,还包含 SEM(太阳质子监测器)和 DCS(资料收集系统)。TIP 把所有低速率仪器的资料按照预先设计的格式编排在一起,插入 HRPT 信息流中。每个 HRPT 付帧中含 5 个 TIP 付帧,每个 TIP 付帧由 104 个字(8 bits)组成。该作业的主要功能是将 TIP 信息从 HRPT 信息流中提取出来,再按照预先设计的格式写入相应文件中。

3.1.2 TOVS(HIRS 和 MSU)资料提取

TOVS 资料包含在每个 TIP 付帧中,根据 TOVS 资料在 TIP 付帧中的位置将 TOVS 资料提取出来,再经过一系列的质量检验,按照预先设计的格式写入相应文件中。

3.1.3 TOVS 资料定位和定标

(1)定位

根据卫星观测时间和卫星轨道参数对 HIRS 和 MSU 扫描点分别进行地理定位,计算出每条扫描线 56 个 HIRS 和 11 个 MSU 扫描点的经、纬度。定位使用的轨道参数来自 TBUS 报。

(2)定标:对 HIRS 19 个红外通道和 MSU 4 个微波通道的测值进行定标处理,把观测计数值转换为辐射亮温值。定标所使用的飞行前定标系数来自美国 NESDIS,飞行中定标系数是根据卫星观测的暖黑体、冷黑体和冷空间测值由程序自动生成的。

(3)对经过定位和定标的 TOVS 资料按照预先设计的格式进行编辑生成 TOVS-1B 数据集。

3.1.4 TOVS 资料预处理

TOVS 资料预处理就其内容而言与

AVHRR 资料处理系统不同。它是在 TOVS 资料定位和定标之后进行的,即 TOVS 大气参数反演前的准备工作。TOVS 资料预处理主要包括如下内容。

①HIRS 红外通道 1—19 和 MSU 微波通道 1—4 的临边变暗订正,即把卫星观测的倾斜路径下的测值订正到局地铅直方向上;

②HIRS 红外窗区通道 8、18 和 19 的水汽削弱订正;

③HIRS 短波窗区通道 18 和 19 白天反射太阳辐射影响的订正;

④MSU 窗区通道 1 表面发射率 ϵ 影响的订正;

⑤利用 HIRS 红外通道辐射值推算射出长波辐射 OLR;

⑥把 MSU 探测值插值到相应的每个 HIRS 探测点上;

⑦生成用于图象处理和用于大气参数反演的文件。

上述订正均采用经验模式,所需订正系数来自美国 NESDIS。订正系数因卫星而异。

3.1.5 大气参数反演

大气参数是采用 3×3 个 HIRS 视场构成的反演块(BOX)推导出来的。对于每个 BOX,晴空点定义为 $11\mu\text{m}$ 窗区通道辐射值与局地最大辐射测值之差在 2K 以内的点。对所有晴空点的辐射测值求平均便得到一个 BOX 的“晴空”辐射值。可见光通道反射率, $3.7\mu\text{m}$ 、 $4.0\mu\text{m}$ 和 $11\mu\text{m}$ 窗区通道亮温用来判断“晴空”辐射测值是否受云的污染。如果观测视场的辐射测值受云污染,则利用晴空辐射值计算方法推算出 BOX 的晴空辐射值。然后利用 HIRS 和 MSU 探测通道之组合,通过反演模式推导出大气温度和湿度廓线、 O_3 总含量等大气参数。

目前,PC-TOVS 处理系统采用“特征向量回归法”(同步物理反演法不久将引入此系

统)反演大气参数。其主要功能如下:

(1)对反演块(3×3个HIRS扫描点)中的每个扫描点进行云检测,确定反演块为晴空、部分有云或多云;

(2)计算每个反演块的晴空辐射值;

(3)反演大气温度和湿度廓线、O₃总含量;

(4)推算位势高度、热成风、水汽总含量、大气稳定度指数等。

反演所需回归系数是由IBM-4381 TOVS支持子系统生成的。生成系数采用的统计样本是从TOVS反演与常规资料匹配样本中筛选出来的。回归系数是按纬度带计算的,每个纬度带计算出一组回归系数。纬度带是根据气候特征划分的,即:

带1:90°—60°N,带2:60°—30°N,

带3:30°N—30°S,带4:30°—60°S,

带5:60°—90°S。

每计算一组系数采用14天的样本。PC-TOVS处理系统将提供12组回归系数,即1—12月,每月一组。

3.2 TOVS 图象处理

TOVS图象处理由两大部分组成。

3.2.1 图象生成

利用TOVS探测通道亮度温度,通过插值、增强,生成512×512个象素点的图象文件;再经投影、叠加上经/纬度线、海岸线以及卫星观测时间和标记。投影中心点的经/纬度、象素点的分辨率可视资料覆盖范围进行调整。该系统可生成19个HIRS和4个MSU通道的图象,但常用的TOVS图象有HIRS水汽通道10、11、12和窗区通道8的图象。

3.2.2 图象、图形存储与回放

图象、图形存储与回放对科研人员十分

重要。为此,本系统开发了图象、图形的存储与回放功能。人们可依据其需要,将制作好在屏幕上显示的有价值的图象、图形以文件方式存储在磁盘上,待需要时可重新回放。

3.3 TOVS 反演/RAOB 资料分析

本系统采用BARNES空间滤波方法对TOVS反演的温度、湿度、位势高度、臭氧总含量、OLR、水汽总含量、大气稳定度指数、云参数等进行分析,生成2°×2°的格点场数据集,供图形显示用。同时还具有对RAOB的温度、湿度、位势高度等进行分析的功能。

3.4 TOVS/RAOB 图形处理

本系统具有多种图形处理和图象、图形显示功能。它既可单独显示图象,也可将图形(等值线等)叠加在图象上,人们可依据需要将TOVS反演点位置、任一通道亮温、任一层TOVS/RAOB气象要素值叠加在图象上;也可将任一层TOVS/RAOB气象要素场(等值线)叠加在图象上。

3.5 TOVS 反演与RAOB 资料匹配

根据给定的TOVS观测资料与RAOB观测资料的时间间隔(±6小时)与空间格距(±1°),把TOVS反演与RAOB资料匹配在一起。匹配结果可用于对TOVS反演结果的真实性检验,并由此统计出二者的平均偏差(Bias)和均方差(RMS)。本系统可以图形方式显示匹配的TOVS和RAOB大气温度和湿度廓线以及平均偏差和均方差。

4 主要产品

PC-TOVS处理系统可生成下列产品,其水平分辨率约为75km(或50km)。

- ①1000—10hPa 15层¹⁾的大气温度;
- ②1000—300hPa 6层的大气湿度;
- ③1000—10hPa 15层位势高度;
- ④850—100hPa 9层热成风;

1) 15层:1000,850,700,500,400,300,250,200,150,100,70,50,30,20,10hPa。

- ⑤大气中水汽总含量;
- ⑥大气稳定度指数;
- ⑦大气臭氧总量;
- ⑧射出长波辐射(OLR);
- ⑨19个HIRS红外通道晴空辐射亮温;
- ⑩4个MSU微波通道亮温;
- ⑪云顶温度和云顶高度(待开发)。

此外,还可获得19个HIRS和4个MSU通道的高分辨率(约25km)的亮温资料以及TOVS水汽图象、窗区通道云图、微波通道图象等。

5 系统配置

PC-TOVS处理系统配置要求如下:

- HRPT天线接收机;
- 80×86 PC兼容机(80386,80486,80586均可);
- TVGA卡或CA-C540图形/图象卡;
- Compaq DOS 3.31或MS DOS 5.0以上版本操作系统;

- 硬盘空间不小于200MB;
- PC-TOVS处理系统软件。

对已具有极轨气象卫星AVHRR/HRPT接收处理系统的单位来说,只要安装一套PC-TOVS处理系统软件即可获得上述产品。

6 结束语

随着科学技术的发展,综合利用卫星遥感和常规观测资料改进天气分析、预报及气候研究已成为当今气象事业发展趋势和方向,我们相信该系统必将成为从事大气垂直探测资料处理和应用研究的科研工作者的得力助手。由于气象卫星和卫星气象在科学技术上都处在不断发展之中,气象卫星资料的应用领域也在不断地开拓,气象卫星资料处理系统也必然要不断地发展和更新,我们的PC-TOVS处理系统也会不断更新和完善。

参考文献(略)

Introduction of a PC-Based TOVS Data Processing System for the Polar Meteorological Satellites

Zhang Fengying Hu Xiaoxin Ran Maonong

Wu Baosuo Dong Chaohua Zheng Bo

(National Satellite Meteorology Center, Beijing 100081)

Abstract

The PC-based TOVS data processing system developed by National Satellite Meteorology Center can process the atmospheric vertical sounder (TOVS) data in real time for the polar meteorological satellites and generate a variety of digital and graphical products, such as atmospheric temperature and moisture profile, geopotential height, thermal wind, total precipitable water vapor amount, outgoing longwave radiation (OLR), total ozone amount, TOVS water vapor images and so on. RMS errors is about 2.5K for atmospheric temperature profile, 25% for water vapor profile. Because of the larger coverage of the meteorological satellites and the more frequency of satellite observations, TOVS products may be more useful to the regions that lack conventional data, such as the ocean, the plateau, the desert and so on.

Key Words: polar meteorological satellite atmospheric vertical sounder (TOVS)
PC-based processing system