

2012Nian Weixing Yaogan Yingyong
Jishu Jiaoliu Lunwenji

2012年 卫星遥感应用技术 交流论文集

杨 军 / 主 编

2012 年 卫 星 遥 感 应用技术交流论文集

杨 军 主编



 **气象出版社**
China Meteorological Press

内 容 简 介

本书内容包括卫星资料在天气、气候、数值预报、农业、生态环境、自然灾害监测等各领域的应用,卫星资料处理和产品开发等方面的技术总结和讨论。这些内容对进一步推动和提高我国卫星资料特别是风云卫星资料的应用具有重要的指导意义。

本书对从事气象和环境卫星遥感资料应用分析的业务、科技和管理人员,特别是气象业务第一线的业务技术人员有很高的参考价值,对有关院校的教学、科研工作也具有一定的参考作用。

图书在版编目(CIP)数据

2012年卫星遥感应用技术交流论文集 / 杨军主编.

—北京:气象出版社,2013.1

ISBN 978-7-5029-5672-1

I. ①2… II. ①杨… III. ①卫星遥感—文集 IV. ①TP72-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 028090 号

2012年卫星遥感应用技术交流论文集

杨 军 主编

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

邮政编码:100081

网 址: <http://www.cmp.cma.gov.cn>

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

电 话:总编室:010-68407112,发行部:010-68409198

责任编辑:李太宇

终 审:章澄昌

封面设计:博雅思企划

责任技编:吴庭芳

责任技编:赵 瑗

印 刷 者:北京京华虎彩印刷有限公司

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

印 张:10.5

字 数:270 千字

版 次:2013 年 3 月第 1 版

印 次:2013 年 3 月第 1 次印刷

定 价:68.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换

《2012 年卫星遥感应用技术交流论文集》

编 委 会

主 编 杨 军

编 委 (按姓氏笔画排列)

王 瑾	方 萌	方 翔	田翠英
成伟玲	谷松岩	吕擎擎	任素玲
刘 诚	刘 健	李福良	吴晓京
张甲坤	张明伟	张洪政	陆 风
陆文杰	陆其峰	郑 伟	蒋建莹
覃丹宇			

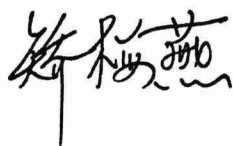
序

《气象卫星应用发展专项规划(2010—2015年)》已实施三年。三年来,气象卫星遥感应用工作得到了全面推进,取得了明显的成效。例如,开发了卫星天气应用平台(SWAP)和遥感监测分析应用平台(SMART),并在气象业务中得到了广泛应用;改进了风云气象卫星定标、定位的质量,逐步建立了卫星数据与产品质量检验系统;研制了卫星遥感产品长时间序列数据集,卫星数据质量明显提高;逐步解决了风云卫星资料进入数值预报模式的预处理、质量控制、同化应用等关键技术问题,卫星资料在模式中的同化量逐步增加;实现了全球环境变化和自然灾害监测业务化以及对国外重点区域主要粮食作物长势监测和产量估算;改进和完善了天地一体化的卫星数据共享系统,显著提高了卫星数据共享能力和水平;初步建立了基于风云卫星资料的卫星遥感监测行业标准、业务服务流程和技术规范;强化了卫星应用技术交流,初步形成了全国气象部门遥感应用分工协作的应用机制。2012年,风云二号F气象卫星投入业务运行,实现了6分钟一次的高频次区域加密观测,显著提高了气象预报服务的水平。

一年一度的全国气象卫星遥感应用技术交流会,总结交流气象卫星遥感技术及应用成果,这将有利于推动卫星遥感技术应用和提高气象业务服务水平。三年来,交流的论文质量明显提高,卫星资料尤其是风云气象卫星资料在气象预报业务中的应用逐步增加;参加交流的青年业务骨干,来自基层气象台的业务人员的数量逐步增多,表明了气象卫星遥感技术应用更加广泛;各级气象业务单位科技人员之间的交流,更有利于卫星遥感技术的研究和成果应用,提升卫星遥感在气象业务中的应用水平和效益。

我对《2012年卫星遥感应用技术交流论文集》组织者和为论文集出版付出劳

动的同志们表示衷心的感谢,并希望,全国气象卫星遥感应用技术交流会越办越好,在促进《气象卫星应用发展专项规划(2010—2015 年)》实施中发挥更大的作用,为进一步提高我国气象卫星遥感应用水平、更好地发挥风云气象卫星应用效益、推动我国现代气象业务发展做出更大的贡献。



(中国气象局副局长)

2013 年 3 月于北京

前 言

为促进气象卫星用户间的技术交流,适应气象预报预测、防灾减灾和应对气候变化对卫星遥感日益增长的应用需求,2012年4月,中国气象局预报与网络司、国家卫星气象中心和广西壮族自治区气象局在广西南宁组织召开了“2012年全国卫星应用技术交流会”。本次交流会共收到来自全国各省(区、市)气象部门和局直属单位29家单位的114篇论文,其中会议交流论文69篇。经与会专家现场打分评议,有10篇会议交流论文获大会优秀论文奖。

本次会议投稿论文涵盖范围广泛,内容涉及卫星资料在气象预报预测、自然灾害监测、生态环境监测等各个方面的应用,较全面地体现了卫星遥感在气象业务中的应用现状与进展,特别是交流论文中对风云系列卫星资料的使用和分析水平有了明显提高。同时,应该看到,反映卫星资料定量应用的交流论文不多,说明卫星资料的定量应用能力仍有待提高。

为进一步体现技术交流的成效,使更多遥感应用工作者受益,特从本次会议交流论文中精选部分论文编辑出版,以进一步推动卫星遥感应用技术的普及和深入。

本次会议的成功召开和论文集的出版,得到了中国气象局有关职能司、各省(区、市)气象局和气象出版社的大力支持与通力合作。特别是论文编审组专家给每篇入选论文提出宝贵的修改意见,为文集顺利出版付出了辛勤的劳动,借此机会,对上述单位和个人以及所有论文作者一并表示感谢!

杨 军

(国家卫星气象中心主任)

2013年3月

目 录

序 前言

第一部分 卫星资料在数值预报、暴雨、台风和中尺度天气分析中的应用

FY-2 卫星 TBB 亮温正演模拟和同化的初步探讨·····	丁伟钰(3)
“米雷”与“梅花”台风云图特征分析及预报思考·····	李延江 陈小雷 张宝贵等(13)
两场局地暴雨中尺度和卫星云图特征对比分析·····	孙鸿雁 孙钦宏 云天等(20)
一次强风暴的中尺度卫星云图特征·····	张晰莹 吴迎旭 张礼宝(26)
淮河流域一次强对流性天气过程的遥感观测分析·····	黄勇 翟菁 邱学兴(33)
用 FY-3 卫星资料分析台风“海马”·····	钟儒祥 翁俊铿 孙喜华(44)
FY-2 卫星云图分析系统在热带气旋“北冕”过程中的应用·····	
·····	何立 覃丹宇 黄小燕等(52)
2011 年 7 月初秦岭南侧 MCC 发生的环境和动力分析·····	侯建忠 刘瑞芳 陈小婷等(62)
TBB 反演台风大风的方法研究和应用·····	黄奕武 许映龙(72)
FY-2D 10.8 μm 窗区通道非线性订正及其在台风监测中应用·····	
·····	徐娜 陈林 胡秀清等(78)
FY-2E 海温产品评估及其在台风中的利用·····	胡亮(85)

第二部分 卫星资料在雪、雾、沙尘、冰雹等天气监测和预报中的应用

FY-2 静止卫星监测雾的方法研究·····	张文刚 魏鸣 徐桂荣(93)
基于云迹风产品的卫星云图外推预报分析·····	牟容 张亚萍(98)
一种典型的梅雨锋云系·····	覃丹宇 黄勇 李博(103)
利用环境减灾卫星监测冰雹灾害初探·····	刘丹 殷世平 于成龙等(111)

第三部分 卫星资料在农业气象中的应用

农业气象遥感监测系统的设计与应用·····	吴门新 毛留喜 侯英雨等(119)
内蒙古草原植被指数对气候变化的响应研究·····	李兴华 李云鹏 曹云等(128)

第四部分 卫星资料应用基础支撑

FY-3 气象卫星在黑龙江省的业务应用	李 帅 刘 丹 殷世平等	(135)
基于 WebGIS 的 EOS/MODIS 数据自动处理及产品发布平台研究 ...	张 璞 李 杨	(142)
NOAA 数据再处理云量产品的多手段精度分析	杨晓峰 刘 健 崔 鹏	(150)

第一部分



卫星资料在数值预报、暴雨、台风 和中尺度天气分析中的应用

FY-2 卫星 TBB 亮温正演模拟和同化的初步探讨^①

丁伟钰

(广州热带海洋气象研究所, 广州 510080)

摘 要:利用 GRAPES 中尺度模式的预报结果以及 RTTOV 辐射传输模式对 FY-2 号卫星的 TBB 亮温进行了模拟。为了改进云区的模拟效果, 首先对云参数进行诊断分析, 对 2009 年 8—9 月的检验结果表明, GRAPES 中尺度模式具备一定的云的模拟能力, 随着预报云量的增加, 误差减小。在云参数诊断的基础上, 建立了 FY-2 号卫星 TBB 模拟方案, 针对 2010 年广州亚运会期间的实时预报结果表明 GRAPES 中尺度模式可以较好地模拟出主要天气系统的位置及其发生和发展。在 FY-2 号卫星正演模拟方案的基础上, 进一步研究了 FY-2 号卫星亮温直接同化的方案, 在晴空、完全云覆盖和部分云覆盖等条件下, 讨论了 FY-2D 号卫星亮温同化对台风“莫拉克”和“天鹅”初值(2009 年 8 月 5 日 00UTC)的影响。

研究发现:云参数对 FY-2 号卫星 TBB 亮温的模拟有很大影响;GRAPES 中尺度模式具备一定的云参数模拟能力, 基于 GRAPES 模式的模拟结果以及 RTTOV 辐射传输模式, 可以较好地模拟出亚运会期间 FY-2D 号卫星亮温。对台风“莫拉克”和“天鹅”的同化试验表明, 同化 FY-2 号卫星亮温资料可以在一定程度上改进初始场的水汽分布, 对路径预报有正影响。

关键词:亮温;数值模拟;同化

1 引言

卫星资料在气象领域发挥了越来越重要的作用, 可见光、红外、微波等卫星观测资料广泛应用于数值天气预报^[1]、天气分析^[2]、气候变化分析^[3]、环境监测^[4]等方面。卫星辐射亮温的数值模拟既是检验模式模拟结果的一种方法, 也是卫星辐射资料的直接同化中重要的环节。直接同化卫星辐射或亮温资料, 通常都采用辐射传输模式作为观测算子来模拟不同通道的卫星辐射亮温^[5], 辐射传输模式的模拟能力将直接影响同化结果。由于三维的云信息的缺乏, 因此目前卫星资料的直接同化大多基于晴空条件, 即在同化之前进行严格的质量控制, 剔除受云雨影响的观测资料。由于微波资料受到云的影响相对较小, 所以不少微波资料可以被同化到数值模式之中, 例如 Derber 等^[6]将 TOVS(TIROS Operational Vertical Sounder, TIROS 业务垂直探测仪)晴空辐射资料直接同化到 NCEP(National Centers for Environmental Prediction, 美国国家环境预报中心)同化系统之中, 提高了模式的预报技巧。Kozo 等^[7]在 NCEP 的全球模式中同化了 SSM/I(Special Sensor Microwave Imager, 特别微波成像辐射计)辐射资料。张华等^[8]基于 GRAPES(Global and Regional Assimilation and Prediction Enhanced System, 全球/区域同化预报

^① 国家自然科学基金(41075083), 公益性行业专项(GYHY200906002)联合资助。

系统)三维变分同化系统,利用辐射传输方程作为观测算子直接同化了 AMSU (Advanced Microwave Sounding Unit,改进的微波探测装置)资料,改进了台风路径预报。

红外资料受到云的影响较大,并且热带地区云的覆盖率很高,台风、暴雨等极端天气过程都与云雨过程密不可分。如果仅考虑晴空条件下的辐射传输过程,那么大量的卫星观测资料,特别是红外通道资料,都无法在热带地区资料同化过程中应用。随着数值模式技术的发展,云的中尺度结构特征的预报能力有了进一步提高,预报云物理量的三维结构成为可能。Thomas 等^[9]利用辐射传输模式、气体消光模式和云模式构造了全天气条件下的辐射资料同化的观测算子,由云模式来提供辐射传输模式需要的云物理量信息。Chevallier 等^[10]利用数值模式输出的云物理量信息以及 RTTOV 快速辐射传输模式成功模拟了有云条件下静止卫星 11 μm 通道亮温。

在 GRAPES 模式模拟结果的基础上利用 RTTOV 辐射传输模式可以进一步模拟卫星 TBB 亮温,这主要有两方面的意义:其一,因为卫星资料直接同化需要利用辐射传输模式(如 RTTOV)作为观测算子,提高卫星 TBB 亮温正演模拟效果,对卫星资料的直接同化有积极意义。其二,TBB 亮温的正演模拟涉及云和大气温度、湿度等诸多因素,其模拟效果可以作为数值模式预报能力的综合体现,将模拟的 TBB 亮温和观测进行对比,可以比较直观地看出模式对天气系统位置以及发生、发展的模拟偏差。

FY-2 静止卫星目前在轨运行有 FY-2D/E 两颗星,将来还会有新的卫星发射计划。虽然 FY-2 号卫星的观测通道相对较少,并且主要是红外和水汽通道,但是其观测信息中包含了丰富的云和温度、水汽的信息,时空分辨率很高,在天气预警和预报中发挥了重要的作用。GRAPES 中尺度模式已经业务运行了多年,GRAPES-3Dvar 系统已经具备卫星资料直接同化的能力,但是还没有开发 FY-2 号卫星的同化模块。本文针对 2010 年广州亚运会开幕式期间 FY-2 号卫星 TBB 亮温进行了模拟,并针对台风莫拉克和天鹅进行了同化试验。

2 方法及资料介绍

RTTOV 是 20 世纪 90 年代初^①由 ECMWF(欧洲中期天气预报中心)开发的用于模拟 TOVS 的快速辐射传输模式,经过多年的改进^②、^[11],目前已经发展成为模拟多种气象卫星探测的地球环境红外和微波辐射的快速辐射传输模式系统。由于其计算速度较快,在气象卫星资料同化领域有广泛的应用,ECMWF 的资料同化业务系统以及我国自主开发的 GRAPES 三维变分同化系统都是采用 RTTOV 辐射传输模式作为观测算子。本文采用 RTTOV9.3 版本,可以对 3~20 μm 波段的红外通道以及 10~200 GHz 的微波通道进行模拟。大气顶层向上的辐射可以描述成为:

$$L(\nu, \theta) = (1 - N)L^{Clr}(\nu, \theta) + NL^{Cld}(\nu, \theta) \quad (1)$$

其中, ν 表示卫星观测通道的频率, θ 为观测角度, L^{Clr} 为晴空大气层顶向上辐射, L^{Cld} 为云顶到大气层顶向上辐射, N 表示云量。RTTOV 模式的输入参数包括:大气温度廓线、吸收气体

① Eyre J R. 1991. A fast radiative transfer model for satellite sounding systems. ECMWF Research Dept. Tech. Memo. 176

② Matricardi M, Chevallier F, Tjemkes S. 2001. An improved general fast radiative transfer model for the assimilation of radiances observations. ECMWF Research Dept. Tech. Memo. 345 transfer model for the infrared atmospheric sounding interferometer. ECMWF Research Dept. Tech. Memo. 425.

廓线,云以及地表特征。目前吸收气体包括:水汽(H_2O)、臭氧(O_3)以及二氧化碳(CO_2)。当模拟有云条件下大气顶层向上的辐射时,需要提供云水、云冰水、云量的垂直廓线以及总云量、云顶气压作为输入参数。近年来,随着气象模式微物理过程技术的发展,区域中尺度气象模式对云的三维结构有了一定的预报能力,可以利用模式模拟的云的三维结构以及其他物理量信息,通过 RTTOV 辐射传输模式对有云条件下的辐射亮温进行模拟。

FY-2 号卫星是我国自行研制的静止气象卫星,与极地轨道气象卫星相辅相成,构成我国气象卫星应用体系。FY-2 卫星的作用是获取白天可见光云图、昼夜红外云图和水汽分布图,进行天气图传真广播,收集气象、水文和海洋等数据收集平台的气象监测数据,供国内外气象资料利用站接收利用,监测太阳活动和卫星所处轨道的空间环境,为卫星工程和空间环境科学研究提供监测数据。

GRAPES 中尺度模式采用 0.36 度分辨率,网格点: $221 \times 139 \times 31$,其范围覆盖了: 81.6°E — 160.8°E , 0.8°N — 50.48°N ,云微物理参数化使用 WRF Single-Moment 5-class scheme,该方案考虑水汽、云、水、雨水、云冰及雪,并且水、冰可以共存。

3 云参数检验

针对 GRAPES 模式 2009 年 8—9 月这 2 个月云量的模拟结果,以及 MODIS(MOD06 L2)cloud fraction 产品进行了检验,结果发现随着模拟云量的增加,不同高度的云量的预报误差均减小。图 1 给出了 12 h 云量模拟的均方根误差,当预报云量为 80%~100%时,其均方根误差一般低于 20,但是当预报云量为 0~20 时,误差很大。一般来讲,云量达到 80~100 的天气系统对应较强的天气过程,这在数值模式上都会有较明显的反映,其误差相对较小。而云量少的天气系统,或者出现在较强天气系统的边缘,或者本身发展比较弱,数值模式出现一些误差时(如预报位置的偏差,强度的偏差),这部分区域的误差就会首先反映出来,因此误差大。这说明数值模式可以较好的预报主要云系的位置和强度,但是天气系统的边缘误差相对较大。

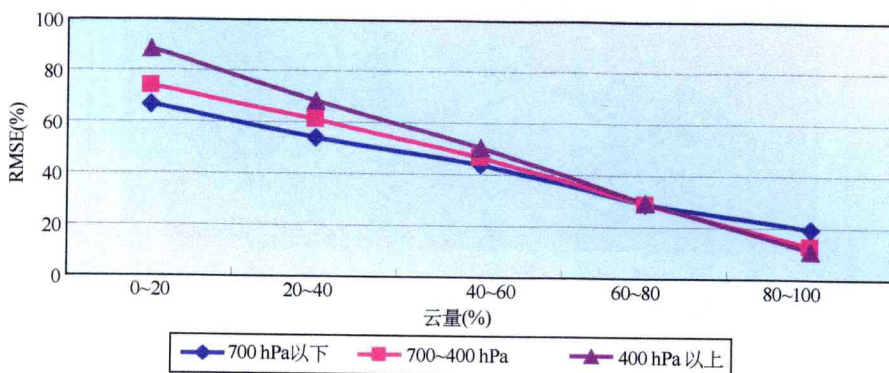


图 1 2009 年 8—9 月 GRAPES 模式 12 h 云量模拟的均方根误差

4 亚运期间 FY-2D TBB 亮温模拟检验

从 2010 年 11 月 8 日 12 时起,每天 2 次对 11 月 12 日开幕式的 FY-2D 卫星亮温进行模拟。图 2a 给出了 11 月 12 日 00UTC 模拟的 06UTC 总云量,可以看出其分布与 FY-2D 卫星

反演的总云量基本一致。

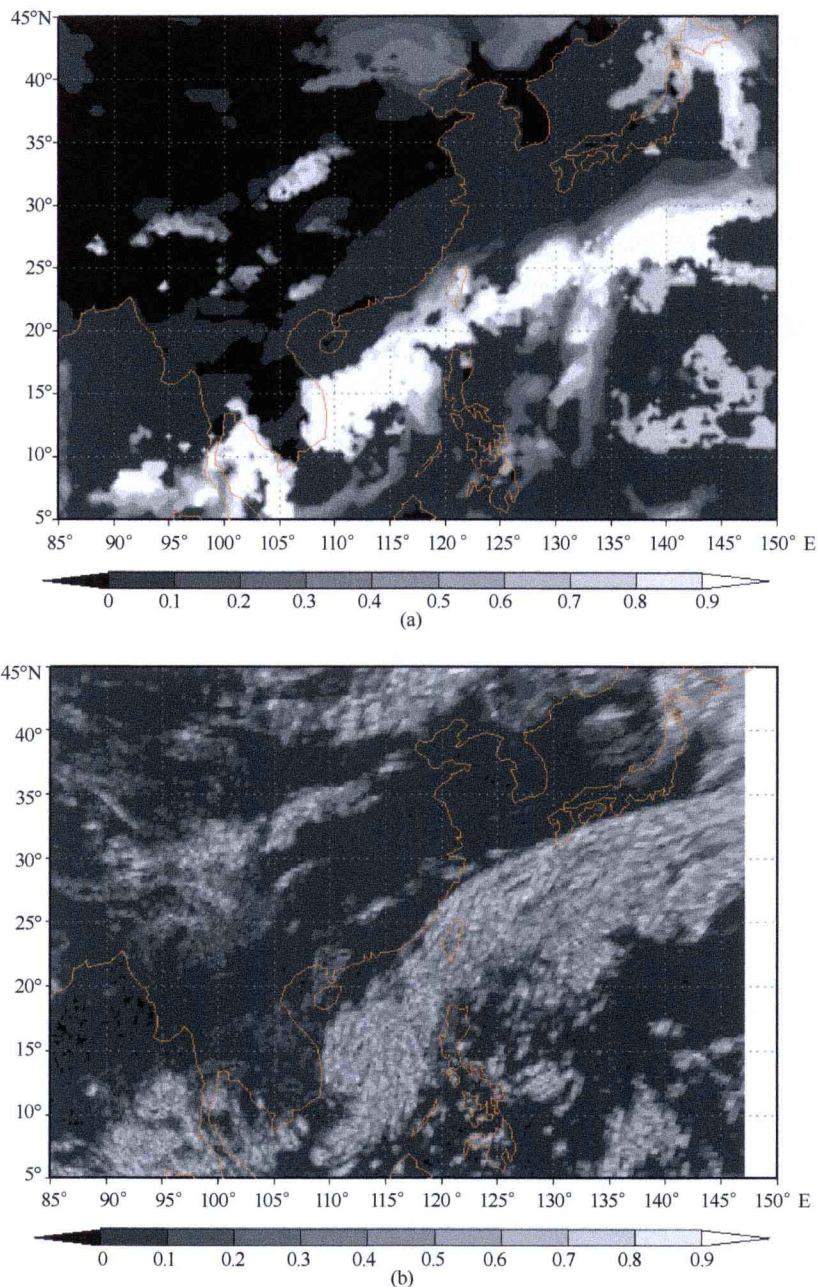


图 2 GRAPES 模式模拟的广州亚运会开幕式期间总云量(a)以及 FY-2D 反演的总云量(b)

图 3a 给出了 11 月 12 日 00UTC 模拟总云量和卫星反演总云量逐时的相关系数,可以看出相关系数在预报的前 3 h 逐步增加,之后逐渐减小,在前 12 h 相关系数整体比较高。这说明数值模式前 12 h 的模拟能力相对较高,之后逐渐减弱。图 3b 给出的均方根误差也同样反映出这个特点。

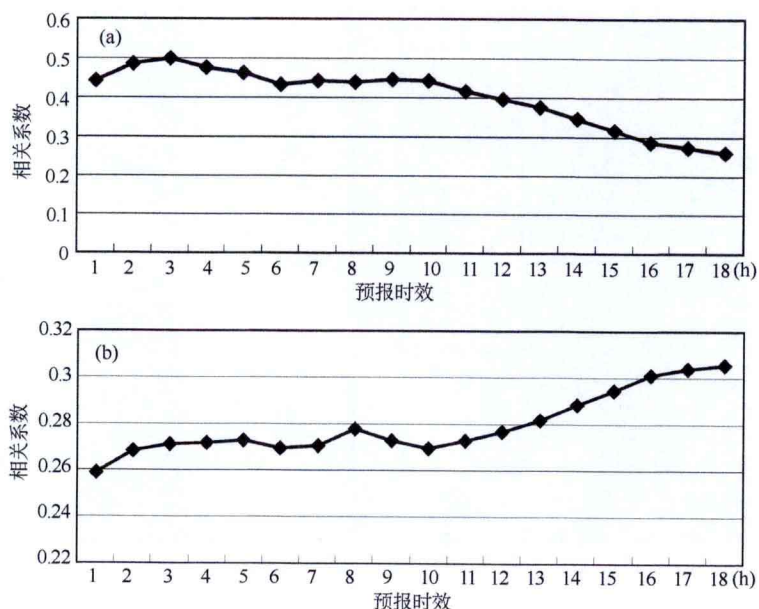


图3 2010年11月12日00UTC模拟的总云量和卫星反演总云量的相关系数(a)以及均方根误差(b)

图4给出了2010年11月12日00UTC模拟的广州地区总云量逐时变化曲线,与实况有较好的一致性。

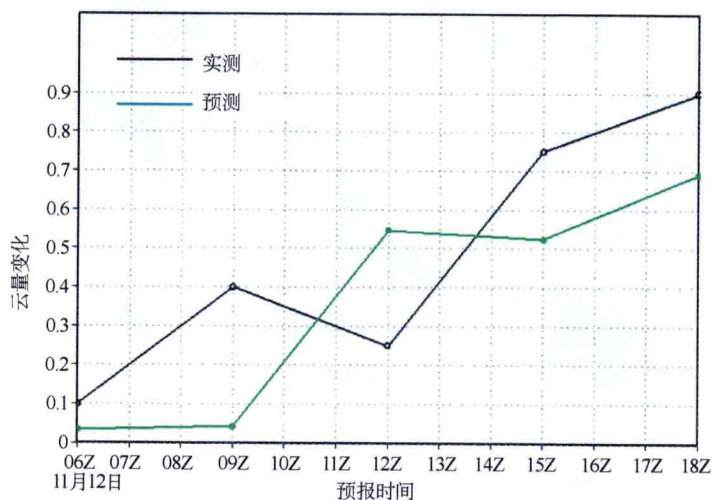


图4 2010年11月12日00UTC模拟的广州地区总云量变化与观测比较

图5给出了2010年11月12日00UTC模拟的FY-2D号卫星TBB亮温与观测,可以看出GRAPES模式产品可以较好的模拟出亚运期间FY-2D号卫星亮温。主要天气系统的位置和观测基本一致。

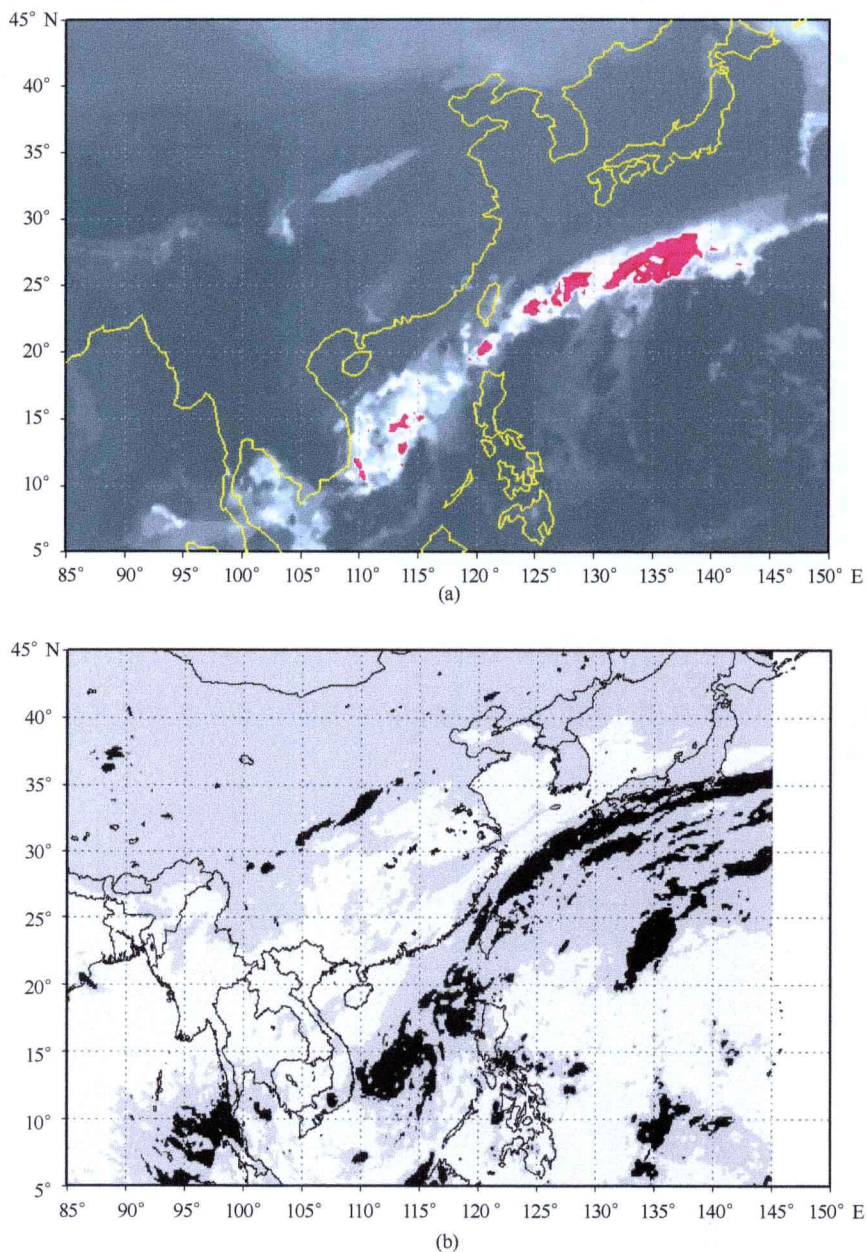


图 5 预报的 FY-2D 号卫星 TBB 云图(a)以及 FY-2D 观测(b)

5 台风“莫拉克”和“天鹅”的同化试验

采用变分方法对观测资料进行同化,通常定义目标函数 J

$$J(\mathbf{x}) = \frac{1}{2} [(\mathbf{x} - \mathbf{x}_b)^T \mathbf{B}^{-1} (\mathbf{x} - \mathbf{x}_b) + (\mathbf{H}(\mathbf{x}) - \mathbf{y}_o)^T \mathbf{O}^{-1} (\mathbf{H}(\mathbf{x}) - \mathbf{y}_o)] \quad (2)$$

其中 $\mathbf{x}$ 是分析变量, $\mathbf{x}_b$ 是背景场, $\mathbf{y}_o$ 是观测值, $\mathbf{H}$ 是观测算子, $\mathbf{B}$ 是背景场误差的协方差矩阵,