

暴冬玲, 李耀东, 史小康, 等. 卫星资料在模式初值中的初步应用研究[J]. 高原气象, 2010, 29(4): 894—903

# 卫星资料在模式初值中的初步应用研究

暴冬玲<sup>1</sup>, 李耀东<sup>2</sup>, 史小康<sup>3</sup>, 高 华<sup>4</sup>

(1. 空军气象中心, 北京 100843; 2. 空军装备研究院航空气象防化研究所, 北京 100085;  
3. 中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所寒旱区陆面过程与气候变化重点实验室, 甘肃 兰州 730000;  
4. 中国气象局 北京城市气象研究所, 北京 100089)

**摘 要:** 运用物理初值化方法, 将气象卫星资料引入模式初始场, 使初始场向观测场逼近, 试图改进由于初始资料不完善而造成的模式积分前期降水量偏少的现象。应用 ARPS 中尺度模式对天津地区的一次强降水天气过程进行了数值模拟对比试验, 结果表明, 加入卫星观测资料后, 部分卫星观测为对流云区, 水汽和云水物质的水平和垂直分布进行了较为明显的调整, 模式的临近短时降水预报也有明显增强的趋势。可判断出模式的初始状况更接近观测实际, 对提高中小尺度天气系统的短期和临近预报的准确率有积极作用。

**关键词:** 卫星资料; 物理初值化; ARPS 中尺度模式; 数值模拟

**文章编号:** 1000-0534(2010)04-0894-10 **中图分类号:** P435 **文献标识码:** A

## 1 引言

强对流天气包括飑线、冰雹、龙卷、雷暴大风、下击暴流、强对流暴雨等, 这些中小尺度天气系统具有生命史短、强度大等特点, 其分析和预报历来是气象研究和业务工作的难点<sup>[1-2]</sup>。到目前为止还没有合适的数值模式能够对这些系统的落区、强度以及发生、发展过程做出准确的预报, 尤其是临近预报和超短时预报的质量难以另人满意。其中一个重要问题是, 数值积分的开始几小时难以作出适当的降水量和降水强度预报, 这即为 Spinup 问题<sup>[3]</sup>。以往的数值天气预报大多用常规观探测资料进行初值化, 这些资料普遍存在着时间取样不连续、空间取样不规则、覆盖范围不完整和资料分辨率低的问题, 到目前为止还没有较为完善的、覆盖全球的中尺度常规观测网, 这就制约了初始场质量的进一步提高, 从而使中尺度数值预报模式性能的改善受到很大限制。

随着遥感技术的蓬勃发展, 新一代大气观测系统气象卫星已经逐步地被应用于数值预报模式中, 它能够实时地提供全球范围内时空分辨率极高的气象探测资料, 在改善数值预报模式尤其是中尺度数

值模式的初始场方面具有很大的潜力。近年来已有不少学者进行了这方面的研究和探索, TurPeinen<sup>[4]</sup>直接应用静止卫星图像资料确定降水率, 对降水概率超过 40% 的模式格点, 从模式底层至卫星确定的云顶高度将相对湿度增加到 95%, 以此加强高湿区的分析。朱民等<sup>[5]</sup>分别用两套相对湿度初始场方案, 对 5 次暴雨个例进行了预报对比试验, 探讨了利用 GMS-5 卫星图像反演的高分辨率湿度场资料改进初始场, 以提高暴雨中尺度数值预报水平的可能性。本文注重研究卫星资料在 ARPS 模式初始场中的应用, 通过物理初值化方法, 将卫星亮温和可见光资料加入 ADAS(ARPS Data Analysis System)资料同化客观分析系统中进行水汽场调整, 使模式初始场逼近观测实际, 并运用 ARPS 模式对天津地区的一次强对流降水过程进行了数值模拟试验, 进一步探讨卫星资料的引入对模式初始场以及对中小尺度系统的短期临近预报的改善程度。

## 2 云物理初值化的设计思想和技术实现

物理初值化是一种处理观测量与模式变量间的非线性或非直接关系, 而使卫星、雷达、风廓线仪、

收稿日期: 2009-05-05; 改回日期: 2009-11-02

基金项目: 国家自然科学基金项目(40428002, 40575016)资助

作者简介: 暴冬玲(1976—), 女, 山西介休人, 硕士, 主要从事天气分析诊断和预报研究. E-mail: bdl0124@sina.com

GPS 等大量的非常规观测资料在数值预报系统中得到成功应用的技术方法。与变分同化相比，物理初值化基本上是在原来资料分析系统的框架内进行的，不会导致计算量的大幅度增长。云物理初值化是从地面实况、探空、卫星和雷达等观测和探测资料中提取有关云(主要是积云和层云)的信息，完善云的三维立体结构，从而对大气湿度、温度分布、垂直和水平风场进行调整，使模式的初始状态更接近大气的真实状况<sup>[3]</sup>。

2.1 云物理初值化的设计思想

云的时间尺度、云中的温度、垂直速度、液态水含量等对降水过程以及云能量学中的非绝热过程起决定性的作用，所以在模式初始场中增加这些云的信息将有利于改善初始场的质量，进而提高短时和临近预报的水平。

本文根据云热力-动力学原理以及辐射传输理论，在常规探测资料分析的基础上，通过线性内差方法设计了 GOES 9 地球静止业务环境卫星资料(包括红外亮温和可见光)与 ADAS 云综合分析系统的接口，从卫星亮温和可见光资料中提取云高和云量等信息，对大气初态进行深入的热力学和湿度调整，最大程度地把云区、云量、云高、云厚、云状、云发展状况、云中各种水物质含量、云中温度扰动状况等信息客观地加入到模式初始场中，调整后的初值场包含了云水、雨水等更多信息，使模式带着一定的物理过程启动，保持了天气系统发展的连续性，减缓了由初始场不完善引起的“Spinup”问题(临近预报盲区现象)，增强了高分辨率风暴模式制作短时和临近天气预报的能力。

2.2 云物理初值化的实现过程

ADAS 云综合分析系统把来自测站和遥感平台的观测数据拟合在一起，建立三维云和降水场，由此获得三维云量、云高、云厚、云状、云中各种水物质含量、云中垂直风速、云和降水类型等产品(图 1)。不同的数据资料尤其是雷达和卫星遥测资料通过云微物理学和中尺度气象学理论，实现云过程和大气基本场的分析和修正。

2.2.1 三维云量场分析

云量分析方案是由地表云报告提供低层大气的云底和云量信息，云顶由卫星红外资料得到，而雷达反射率主要用于获取对流层中层的云信息，可见光卫星云图用来估计总云量和校准对云的过高估计。

(1) 处理卫星可见光资料，获得云量值

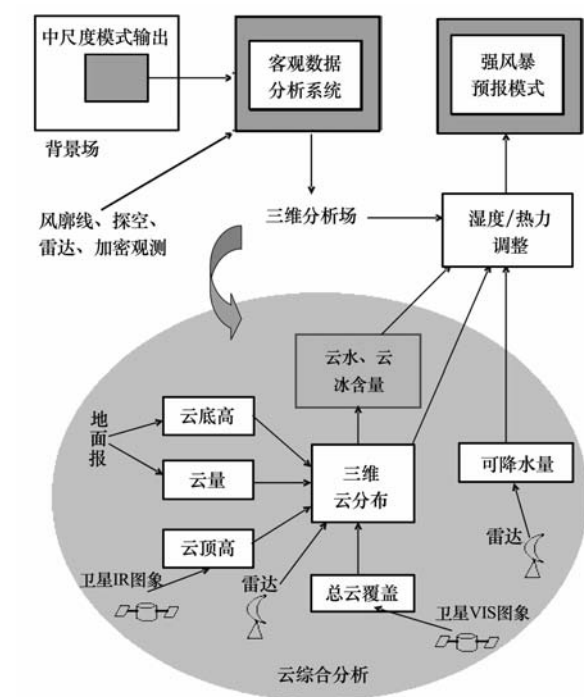


图 1 云综合分析结构

Fig. 1 Schematic diagram of synthesis analysis of cloud

首先选取太阳高度角 $>15^\circ$ 、反照率 $>0$ 的可见光资料，然后根据公式(1)得到初始云量值：

$$\text{cloud\_frac\_vis} = \frac{\text{albedo} - 0.15}{0.80 - 0.15}, \tag{1}$$

其中，0.15 和 0.80 分别为假设的地表反照率和最大反照率，albedo 为卫星可见光反照率，cloud\_frac\_vis 为初始云量。只要获得的云量值 $>0$ 且 $<1$ ，则此云量值就是有效云量值。

(2) 插入卫星红外资料，计算云顶高并修正云量

应用卫星红外资料根据地表云量分析和 ADAS 温度分析计算预期亮温值，当观测亮温值高于预期亮温且云量为 1 时，则减小云顶高，如果云量 $<1$ ，就减少云量。当观测亮温值低于预期亮温时，需要通过以下两个方案调整云顶高：当观测亮温值 $<-20^\circ\text{C}$ ，并且抬升凝结高度大于这一点的物理高度时，通过扫描模式温度廓线的方法得到云顶高；否则就用 Macpherson et al.<sup>[6]</sup>提出的概念模型计算云顶高。

若满足以下 4 个条件，就对云量进行修正：(1)至少有一层云存在；(2)观测温度和估计温度的差值 $>4\text{K}$ ；(3)观测到的红外亮温值与地面温度的差

值 $<-8\text{K}$ ; (4)总云量 $>0.4$ 。

### 2.2.2 云中垂直速度分析

诊断云中垂直速度的目的是对云和降水系统中的上升气流进行近似估计,为常规上层气体观测稀疏的区域提供中小尺度垂直速度的测量。当初始时刻有对流降水系统发展时就需要用云中垂直速度进行模式初始化,但这样的初始云中垂直速度不能保持,因为水平辐散的作用,它在质量连续性上是不平衡的。需要指出的是,在云和降水系统中可能也存在下曳气流,尤其是在系统的消散阶段。对于积状云,云中垂直速度的廓线是抛物线,它的最大值位于从云底向上云厚的三分之一处,这是因为云底的垂直速度并不一定是零。对于层状云,云中垂直速度在整层云中是一个常数。

### 2.2.3 降水类型分析

三维降水类型场是用雷达反射率和温度场来诊断的,诊断由每个网格体的回波顶开始,如果回波顶的湿球温度( $T_w$ ) $<0^{\circ}\text{C}$ ,沉淀物开始就是雪,否则就是雨。当雪落到  $T_w>1.3^{\circ}\text{C}$  的区域,它就会融化为雨;同样当雨落到  $T_w<0^{\circ}\text{C}$  的地方,雨就会凝结成冻雨;当冻雨落到  $P_1$  和  $P_2$  气压层之间,即:

$$\int_{p_1}^{p_2} T \mid dp \mid < -250 \text{ hPa} \cdot ^{\circ}\text{C},$$

它就会变成冰丸。

非绝热物理初值化基于云动力学思想,它是一种处理观测量与模式变量间的非线性或非直接关系,利用非常规资料对数值预报模式初值信息进行强化和补充,以提高模式的初估质量的方法,而云综合分析是非绝热物理初值化的实际应用,其设计涉及云物理学和气象观测学。

ARPS 模式客观分析系统 ADAS 采用的分析方法是一种连续迭代方案,在 ARPS 模式资料分析系统的框架内进行,由于不需要进行大型矩阵的求解,这种方案非常节省机时。ADAS 云综合分析系统运用各种观测资料(包括常规和非常规资料)进行三维云量场、云中水物质含量、云类和云中垂直速度以及降水类型和降水混合比的分析,建立和完善云的三维立体结构,丰富模式初始场中的云和水汽信息,改善初始湿度场、质量场和风场的质量,使模式初始场进一步接近观测场。

## 3 个例选取和试验方案

### 3.1 个例选取

2004 年 8 月 12~13 日,我国东北、华北地区

均处于深厚高空槽的控制之下,对应对流层低层为蒙古高压、东北低压,在这些系统的共同影响下我国华北地区普降中到大雨,局部为暴雨,形成了一条东北—西南向的降水带。其中天津市区 6 h 降水量达到 31 mm,承德为 24 mm,东丽为 22 mm。8 月 12 日 00:00~06:00(世界时,下同)的 6 h 降水分布如图 2 所示。

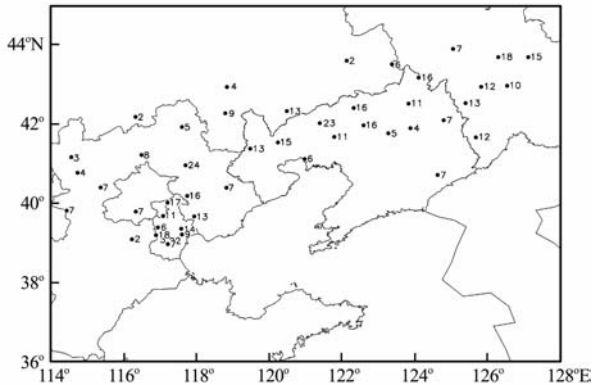


图 2 2004 年 8 月 12 日 00:00~06:00 6 h 降水  
实况分布(单位: mm)

Fig. 2 The observed 6 h precipitation from 00:00  
to 06:00 on August 12, 2004. Unit: mm

### 3.2 试验方案

试验模拟范围的中心经纬度是 ( $39.1^{\circ}\text{N}$ ,  $117.2^{\circ}\text{E}$ ), 计算格点数为  $101\times101\times35$ , 水平格距为 15 km, 垂直采用伸缩变换技术, 最小垂直格距取为 20 m; 时间步长 20 s, 积分 6 h; 湿过程采用简单冰相微物理参数化方案以及 Kain 和 Fritsch 积云参数化方案, 上、下边界采用刚性条件。

目前,使用卫星资料描述云水场的技术正在发展<sup>[7-13]</sup>, 本文尝试把 GOES 9 的卫星红外和可见光资料通过线性内插插值到 ARPS 网格上, 红外亮温反演的云顶高度和可见光反照率反演的云量值, 可以较好地实现云的分类, 据此可以揭示出分析区域的云场分布和大气湿度场水平和垂直分布的丰富信息。为了检验卫星探测资料对数值预报模式尤其是中小尺度数值模式的初始分析场以及前几个小时预报结果的改善程度, 本文设计了两组对比试验(表 1)。

## 4 试验结果分析

### 4.1 不同初值的初始场质量分析

初值场的质量是决定数值天气预报精度的主要

表 1 卫星资料对模式初始场及预报结果影响的试验方案

Table 1 Experiment design of the influence of satellite data on initial field and forecast result

序列	初始场设计	试验
试验 1	用 NCEP 再分析资料、常规地面和无线电探空资料建立初始场	CNVN
试验 2	在试验 1 的基础上增加卫星红外和可见光资料进行 ADAS 云分析	CNVN+S

因素。研究表明<sup>[14]</sup>，数值预报误差的重要来源之一是初始场资料不完善。Zhang et al.<sup>[15]</sup>在 1986 年曾模拟了中- $\beta$  尺度系统，他们发现，当模式初始场中缺少重要的中尺度信息时，模拟的中尺度现象的时间、落区和幅度会有很大误差。而气象卫星可以提供时空分辨率很高的气象资料，这正好弥补了常规观测资料的不足。本文试图通过模拟发生在天津的这次强降水过程，检验卫星资料对模式初始场是否有影响以及影响的程度。

4.1.1 初始云水混合比的比较

由图 3a 与 8 月 12 日 08:00 的卫星云图(图略)可以看出，试验 CNVN 虽然与云带走向基本一致，但位置略偏西北。图 3b 是试验 CNVN+S 与试验 CNVN 的云水混合比差值图。由图可以看出，卫星资料对初始云水混合比的调整范围较大，它不仅增强了降水区的云水混合比，而且对周围有云区域如 44°N, 123.5°E 也作了较大调整，而这一点正好与卫星云图上的云带位置相对应，说明卫星红外和可

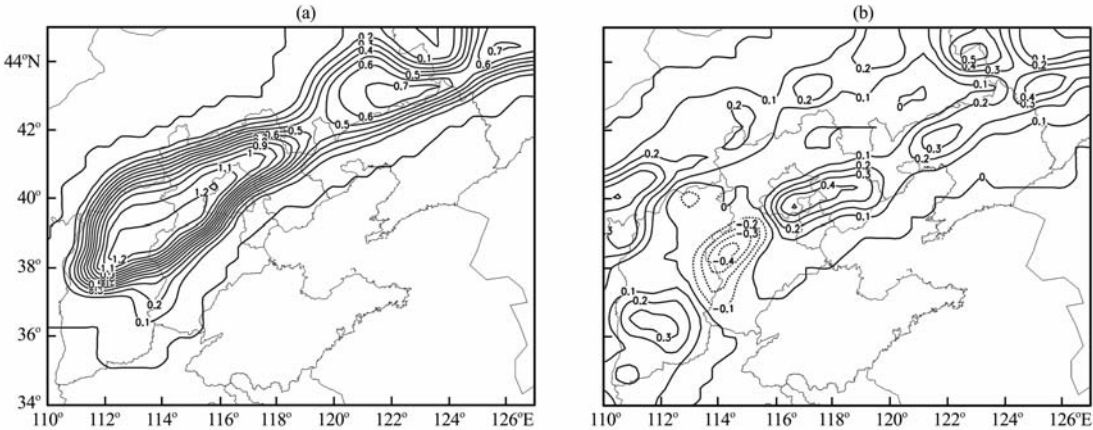


图 3 试验 CNVN(a)与试验 CNVN+S(b)的 600 hPa 初始云水混合比差值(单位:  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )

Fig. 3 Difference of initial cloud water mixing ratio on 600 hPa between the experiments CNVN (a) and (CNVN+S)–CNVN(b). Unit:  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$

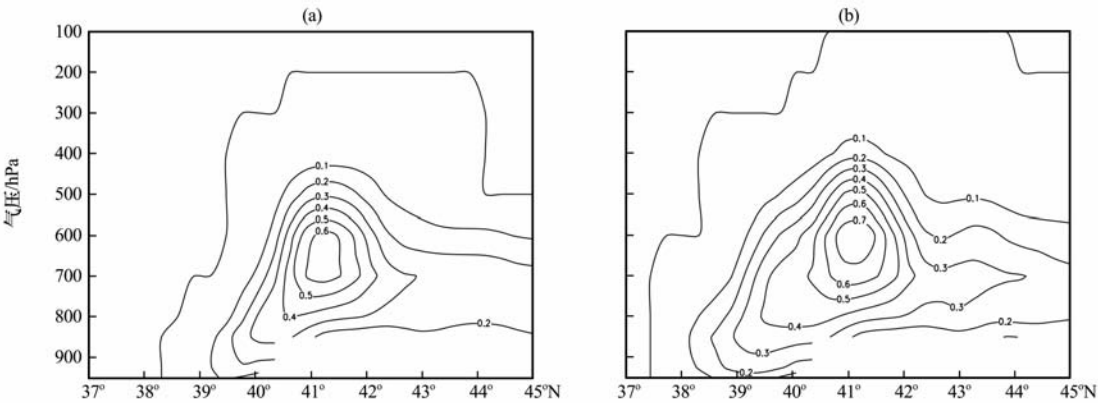


图 4 试验 CNVN(a)与试验 CNVN+S(b)沿 118°E 的经度-高度初始云水混合比垂直剖面(单位:  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )

Fig. 4 Vertical profile of initial cloud water mixing ratio along 118°E in the experiments CNVN(a) and CNVN+S(b). Unit:  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$

见光资料的加入对云的三维立体结构的建立起了不可忽视的作用。

沿 118°E 的纬度—高度初始云水混合比垂直剖面图显示(图 4), 试验 CNVN 的初始云水混合比大值中心位于 41.3°N, 高度为 650 hPa, 比实际降水中心偏北。由于这一点的卫星实测亮温(−28℃)低于预期亮温值并且<−20℃, 于是调高了云顶高度, 所以试验 CNVN+S 在暴雨区上空 600 hPa 形成一个初始云水混合比大值中心, 中心值为 0.7 g·kg<sup>−1</sup>, 比前一个试验增加了 0.1 g·kg<sup>−1</sup>, 且云

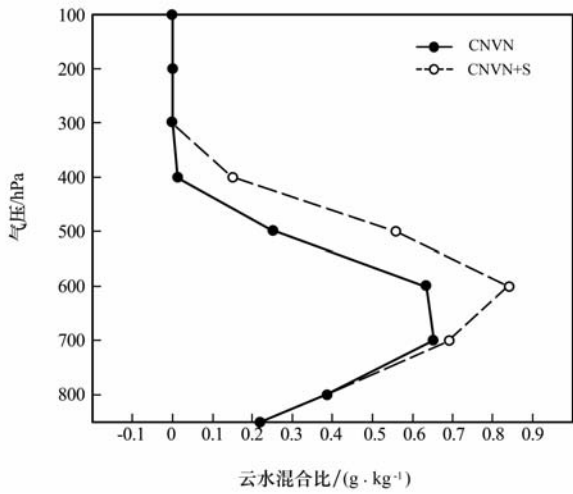


图 5 试验 CNVN 与试验 CNVN+S 过 41°N, 118°E 的初始云水混合比垂直廓线  
(单位: g·kg<sup>−1</sup>)

顶高度由 430 hPa 升到了 360 hPa。

通过比较降水中心点(41°N, 118°E)云水混合比的垂直廓线(图 5), 可以清楚地看到, 从 800 hPa 到 300 hPa 的整个对流层内, 试验 CNVN+S 的初始云水混合比明显大于试验 CNVN, 初始云水混合比的最大值中心由试验 CNVN 的 0.65 g·kg<sup>−1</sup>增大到试验 CNVN+S 的 0.84 g·kg<sup>−1</sup>, 中心高度也由 700 hPa 上升到了 600 hPa, 尤其是对流层中高层的增加更为明显。由此说明将卫星资料引入初始场能更好地反映出云水场的结构特点。

4.1.2 初始水汽场的比较

将试验 CNVN 的 700 hPa 初始水汽场(图略)与初始时刻的卫星云图进行比较, 可以清楚地看到, 只用常规资料形成初始水汽场, 其水汽带的走向与同一时刻的云带基本吻合, 但位置略偏西北。试验 CNVN+S 与 CNVN 的 700 hPa 水汽混合比差值图(图 6)显示, 试验 CNVN+S 对水汽调整的范围很大, 几乎覆盖整个降水区域, 而且水汽调整的强度也较强, 中心值达到了 0.9 g·kg<sup>−1</sup>, 充分体现了卫星覆盖面广、空间分辨率高的特点。这说明使用卫星资料后的水汽初始场明显好于只用常规资料的结果, 能更好地反映出降水区的水汽分布情况, 初始场更接近实际观测。

沿 40°N 的纬度—高度水汽混合比垂直剖面(图 7)显示, 试验 CNVN+S 对初始水汽场进行了较大程度的调整, 初始场中卫星资料的加入使 40°N, 119°E 附近区域的水汽增加, 水汽中心增值 0.8 g·kg<sup>−1</sup>, 调整高度为 700 hPa, 且调整位置与雨带

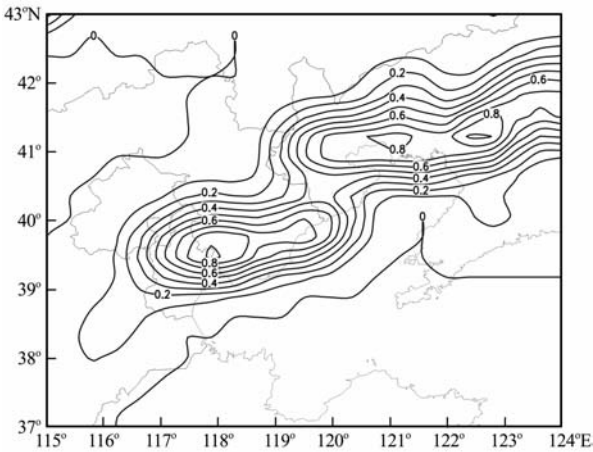


图 6 试验 CNVN 与试验 CNVN+S 700 hPa 初始水汽混合比差值(单位: g·kg<sup>−1</sup>)

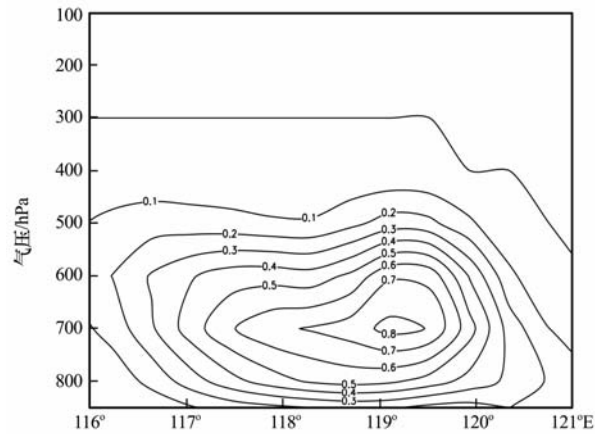


图 7 试验 CNVN 与试验 CNVN+S 沿 40°N 的初始水汽混合比差值剖面(单位: g·kg<sup>−1</sup>)

Fig. 6 The difference of initial water vapor mixing ratio on 700 hPa between the experiments CNVN and CNVN+S. Unit: g·kg<sup>−1</sup>

Fig. 7 Vertical profile of difference of initial water vapor mixing ratio along 40°N between the experiments CNVN and CNVN+S. Unit: g·kg<sup>−1</sup>

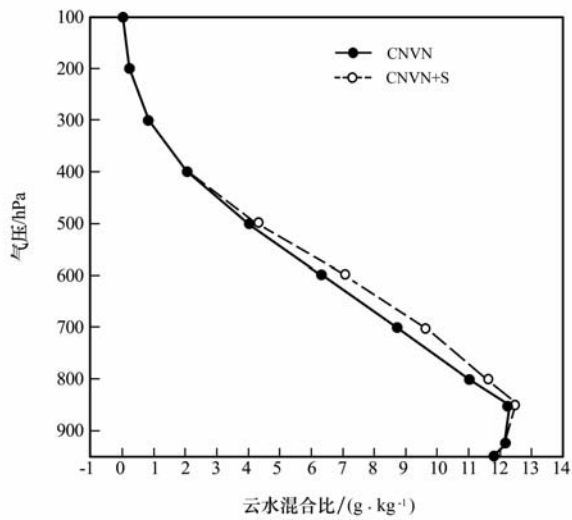


图 8 试验 CNVN 与试验 CNVN+S 过 40°N，119°E 的初始水汽混合比垂直廓线(单位：g · kg<sup>-1</sup>)

Fig. 8 Vertical profile of initial water vapor mixing ratio passing 40°N, 119°E in the experiments CNVN and CNVN+S. Unit: g · kg<sup>-1</sup>

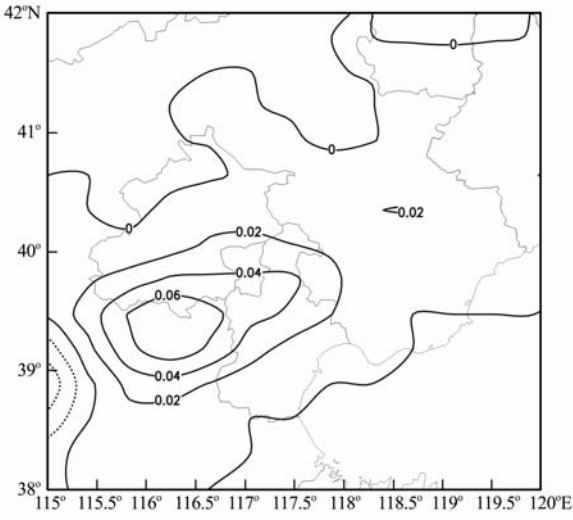


图 9 试验 CNVN 与试验 CNVN+S 500 hPa 初始扰动位温差值(单位：K)

Fig. 9 The difference of initial disturbed potential temperature on 500 hPa between the experiments CNVN and CNVN+S. Unit: K

的位置更为吻合。这是因为卫星资料提供了这一区域上空更详尽的水汽信息，加强了云和降水区的相对湿度。

从两组试验过 40°N，119°E 的初始水汽混合比垂直廓线图可以看出(图 8)，在初始场中引入卫星资料增加了从 950 hPa 到 400 hPa 之间深厚气层内的水汽含量，尤其是对对流层中低层的调整较为明显。由此证明卫星资料的使用能够更好地实现云的分类，揭示研究区域初始湿度场的中尺度结构特征。

4.1.3 初始扰动位温场的比较

从试验 CNVN 的 500 hPa 初始扰动位温图(图略)可以看出，对流层中高层 500 hPa 的位温扰动大值带与降水带的走向基本一致，但位置比降水带偏南。试验 CNVN+S 与 CNVN 的 500 hPa 初始位温扰动差值图(图 9)显示，加入卫星资料后暖中心明显增暖，位温扰动也比只用常规资料时增加了 0.06K，但比强降水中心的位置略偏西。这可能是由于这一点降水量较小且处于云区边缘，所以这点的物理量信息用常规资料很难完全获取，而卫星资料正好弥补了这一缺陷。

图 10 是沿 39.5°N 的纬度—高度剖面图。从图中可以看出，卫星资料对初始温度场的调整范围较大，其中心值增长也很明显，调整最大值中心达到了 0.08K，高度为 5200 m。由此证明卫星资料提供

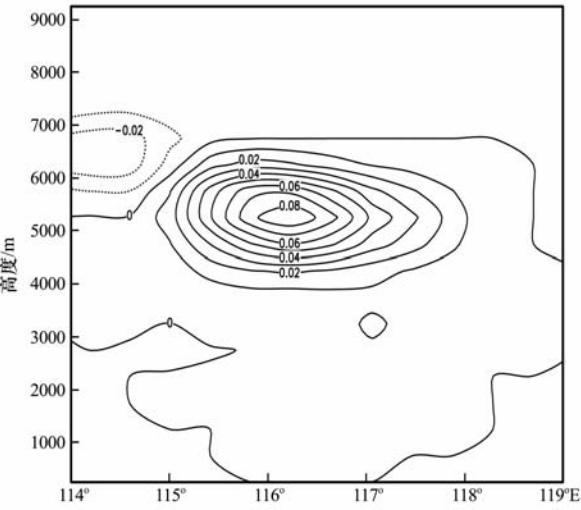


图 10 试验 CNVN 与试验 CNVN+S 沿 39.5°N 初始扰动位温差值剖面(单位：K)

Fig. 10 Vertical profile of difference of initial disturbed potential temperature along 39.5°N between the experiments CNVN and CNVN+S. Unit: K

了这一区域上空详尽的温度场信息，完善了初始温度场的水平和垂直结构。

4.2 模拟结果分析

试验模拟结果的比较分两个部分，一个是物理量场云水混合比的比较；另一个是降水预报的比较。模拟开始时间为 2004 年 8 月 12 日 00:00，终

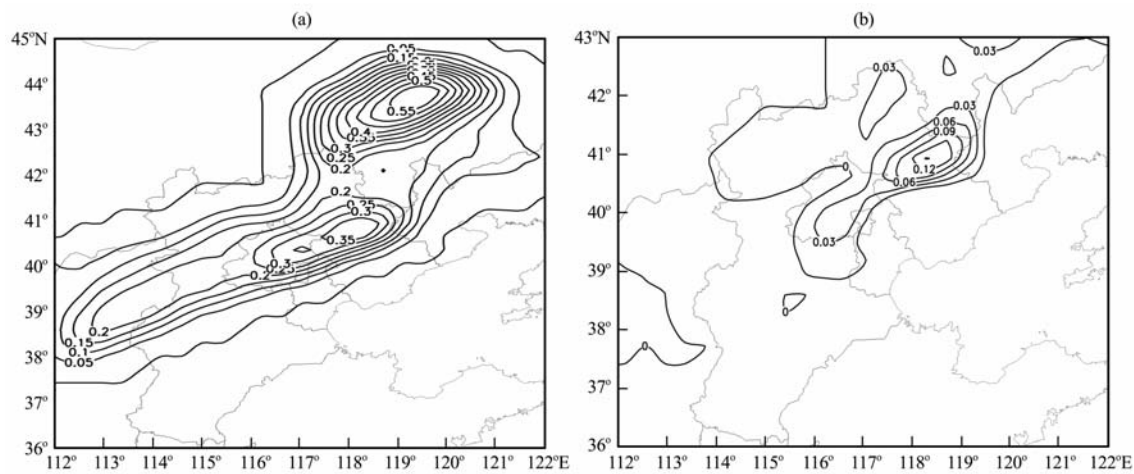


图 11 模拟 1 h 后试验 CNVN(a) 及其与试验 CNVN+S(b) 700 hPa 云水混合比差值(单位:  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )  
Fig. 11 Cloud water mixing ratio of 700 hPa in the experiment CNVN(a) and differences of cloud water mixing ratio between the experiments CNVN and CNVN+S(b) after the simulated 1 h. Unit:  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$

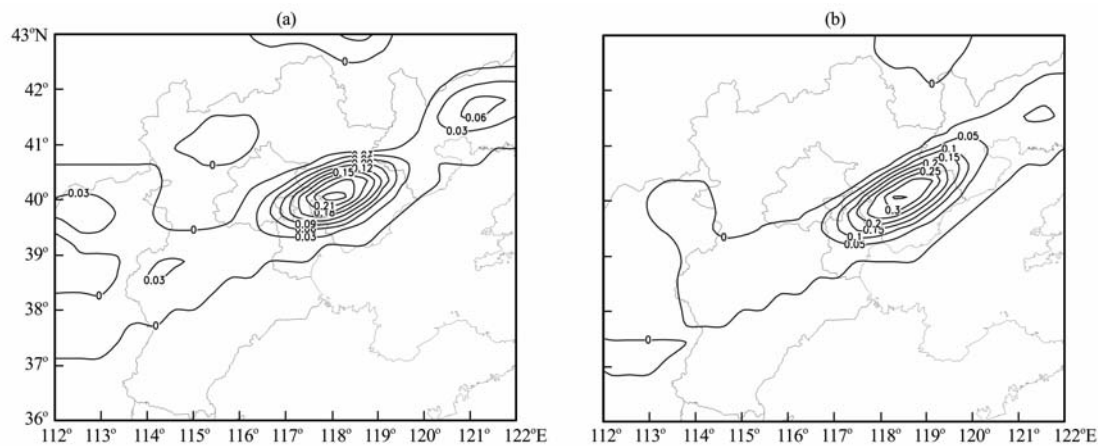


图 12 模拟 2 h(a)、3 h(b) 后试验 CNVN 与 CNVN+S 700 hPa 云水混合比差值(单位:  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )  
Fig. 12 Differences of cloud water mixing ratio of 700 hPa between the experiments CNVN and CNVN+S after the simulated 2 h(a) and 3 h(b). Unit:  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$

止时间为 2004 年 8 月 12 日 06:00, 共模拟了 6 h。

4.2.1 云水混合比的比较

从图 11a 可以看出, 试验 CNVN 模拟的 1 h 云水混合比与降水带走向基本一致。图 11b 显示, 在常规资料的基础上增加卫星资料后, 对  $41^{\circ}\text{N}$ ,  $118.3^{\circ}\text{E}$  附近的云水混合比场做了较大调整, 中心值增加了  $0.12 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 而这一点恰好也是一个降水大值中心, 说明加入卫星资料后模式模拟的云水混合比场更加合理。

随着积分时间的延长, 试验 CNVN+S 对云水混合比的调整范围越来越大, 增值幅度也在增大, 到积分达 3 h 时, 试验 CNVN+S 对云水混合比场调整的大小达到了  $0.3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  以上 (图 12b), 其

调整的位置与降水带的位置也更加吻合 (见图 2)。这充分说明将卫星亮温和反照率资料加入模式初始场, 也有助于模拟前期水汽信息的增加, 尤其是云和降水区的增值最为明显。

4.2.2 降水预报的比较

降水是天气预报中最重要的预报变量, 而降水预报历来是数值天气预报的难点, 尤其是对生命史很短的强风暴系统的准确预报更是当前面临的一大难题, 本文对试验 CNVN 和 CNVN+S 所模拟的 2, 4 和 6 h 的累积降水分布进行了详细的对比分析, 以检验在模式初值场中引入卫星资料后对数值模拟结果, 尤其是积分前几小时降水预报的影响。

从 2004 年 8 月 12 日 06:00 的 6 h 降水实况中



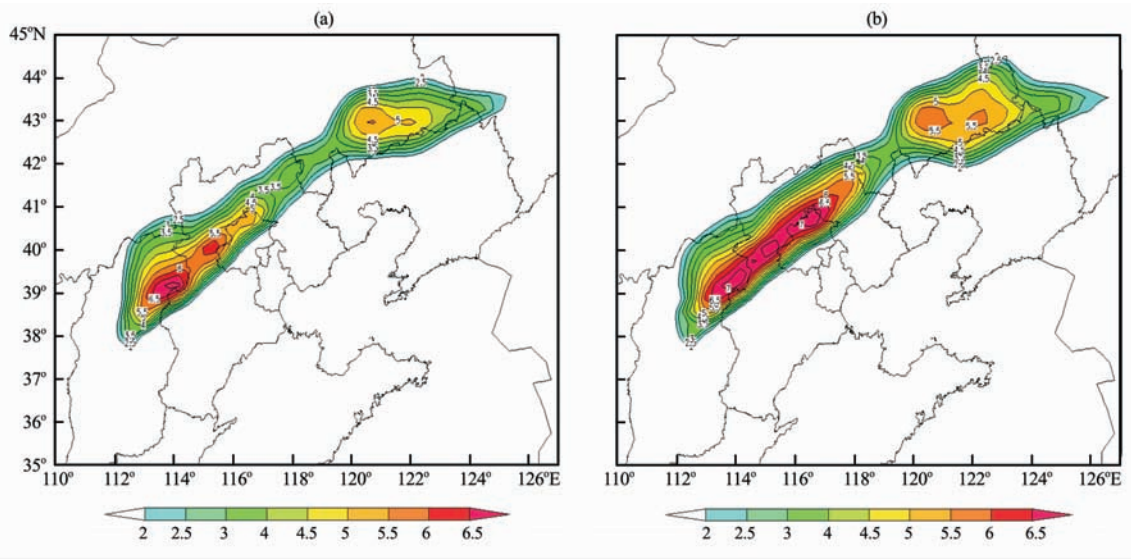


图 13 试验 CNVN(a)和 CNVN+S(b)模拟的 2 h 累积降水分布(单位: mm)  
Fig. 13 Simulated 2 h precipitation in the experiments CNVN(a) and CNVN+R(b). Unit: mm

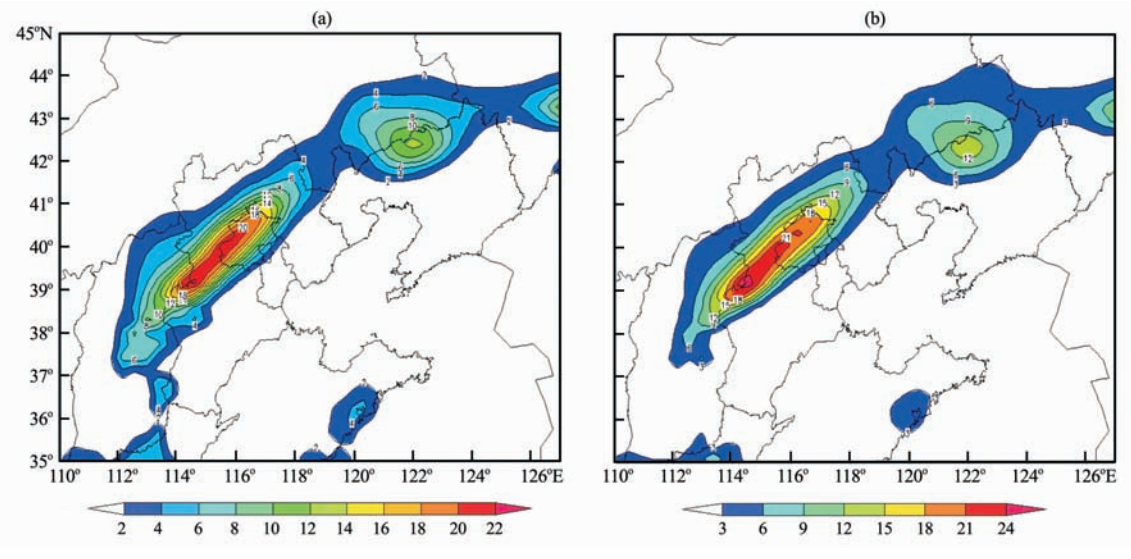


图 14 试验 CNVN(a)和 CNVN+S(b)模拟的 6 h 累积降水分布(单位: mm)  
Fig. 14 Simulated 6 h precipitation in the experiments CNVN(a) and CNVN+R(b). Unit: mm

可以看到(图 2), 整个分析区域有 3 个强降水中心, 分别位于天津中部(39. 2°N, 117°E)、河北承德(40. 8°N, 118°E)和辽宁中北部(42°N, 121. 9°E), 6 h 降水量分别达到了 31, 24 和 23 mm。通过比较两组试验所模拟的 2, 4 和 6 h 累积降水分布图, 可以发现, 在初始场中增加了卫星资料的信息后其模拟出的降水强度会更强, 与实况更为接近, 但降水中心位置两组试验都有一定误差。图 13 显示, 积分 2 h 后, 试验 CNVN+S 比试验 CNVN 模拟出的降水带更加完整, 且强度更强, 天津中部、河北承德和辽宁中北部 3 个强中心降水量分别达到 7, 7

和 5.5 mm, 大于试验 CNVN 模拟的 6.5, 5.5 和 5 mm, 并且强降水中心位置也较试验 CNVN 更接近实况。模拟 4 h 后(图略), 位于河北承德的降水中心都没有模拟出来, 但降水量的增加还是比较明显的, 另外两个中心降水量试验 CNVN+S 比 CNVN 大 2 mm 以上。随着积分时间的增加, 试验 CNVN+S 模拟出的降水带、降水中心和降水强度均比试验 CNVN 有了更显著的改善, 天津中部和河北承德的 6 h 累积降水中心值达到 24 mm 和 21 mm(图 14), 与实况 31 mm 和 24 mm 更为接近, 而且位于河北承德的降水中心也模拟出来了, 只是辽宁中北



部的降水量预报改善很小。这可能是由于 42°N, 121.9°E 附近的云顶亮温比较高, 卫星资料对这一区域的调整较微弱。

以上模拟结果表明, 卫星亮温和反照率资料反演的云顶高、云底和云量等物理量蕴含着大气湿度场水平和垂直分布的丰富信息, 使预报前期降水量有所增加, 减少了模式的前期振荡时间。

## 5 结论

(1) 分析常规观测资料形成初始场, 由于这些资料中缺乏重要的中尺度信息, 模式的初始场与实际大气的差别较大, 充分利用卫星资料才能产生高分辨率的三维云和降水场, 在一定程度上弥补常规观测资料的缺陷。

(2) 卫星资料的时空分辨率都比较高, 但本文所用的红外亮温和反照率资料一般只对初始水汽场、水物质场和温度场作调整, 尤其对对流云和系统性的层云区, 卫星资料的加入使云顶高和云量等水汽场和水物质场的调整最为显著, 对温度场的调整幅度较小, 对风场的作用不明显。

(3) 在 ADAS 云分析系统中加入卫星资料在一定程度上较成功地减缓了使用大尺度观测资料而导致的云降水物理过程产生相对迟缓和预报前期降水量偏少的现象, 使预报的前期降水场与实况更相符。

(4) 随着预报时效的延长, 初始场的作用就会越来越小, 非常规资料对形势场预报和降水预报的影响也会随之减小。

## 参考文献

[1] 陶诗言, 丁一汇, 周晓平. 暴雨和强对流天气的研究[J]. 大

气科学, 1979, 3(3): 227—238.

[2] 伍志芳, 张春良, 张培源. 一次强对流天气的多普勒特征分析[J]. 高原气象, 2001, 20(2): 202—207.

[3] Jian Zhang. Moisture and diabatic initialization based on radar and satellite observations[D]. Ph. D. Dissertation, Univ. of Oklahoma, School of Meteorology, Norman, 194.

[4] TurPeinen O M, T L Garand, R Benoit, et al. Diabatic initialization of the Canadian regional finite-element (RFE) model using satellite data. Part I: Methodology and application to a winter storm[J]. Mon Wea Rev, 1990, 118: 1381—1395.

[5] 朱民, 郁凡, 郑维忠, 等. 卫星反演湿度场及其在暴雨预报中的初步应用分析[J]. 气象学报, 2000, 58(4): 470—478.

[6] Macpherson B, B J Wright, W H Hand, et al. The impact of MOPS moisture data in the U. K. Meteorological Office mesoscale data assimilation scheme[J]. Mon Wea Rev, 1996, 124: 1746—1766.

[7] Birkenheuer D L. Applying satellite gradient moisture information to local water vapor analysis using variational methods[J]. J Appl Meteor, 1996, 35: 24—35.

[8] 毛建平, 王宗皓. 卫星探测资料对数值天气分析和预报影响的个例试验[J]. 应用气象学报, 1991, 62(1): 74—82.

[9] 廖晓农, 俞小鼎, 王迎春. 北京地区一次罕见的雷暴大风过程特征分析[J]. 高原气象, 2008, 27(6): 1350—1362.

[10] 赵震, 雷恒池. 双参数云物理方案中谱形参数作用分析和数值模拟试验[J]. 高原气象, 2008, 27(1): 135—142.

[11] 王宗皓. 卫星探测辐射率在数值天气预报中的直接应用[J]. 应用气象学报, 1995, 6(1): 101—108.

[12] 王子厚, 王宗皓, 张凤英. HIRS/2 亮温直接应用于数值预报的试验研究[J]. 应用气象学报, 1995, 6(3): 273—280.

[13] 胡文东, 沈桐立, 丁建军, 等. 卫星资料的非线性反演同化与一次强降水预报试验[J]. 高原气象, 2006, 25(2): 249—258.

[14] Zhang D L, J M Fritsch. A case study of the sensitivity of numerical simulation of mesoscale convective systems to varying initial conditions[J]. Mon Wea Rev, 1986, 114: 2418—2431.

# Primary Study of Satellite Observations in Model Initial Field

BAO Dong-ling<sup>1</sup>, LI Yao-dong<sup>2</sup>, SHI Xiao-kang<sup>3</sup>, GAO Hua<sup>4</sup>

(1. *Air Force Meteorological Center, Beijing 100843, China;*

2. *Aviation Meteorology Institute, Air force Academy of Arming, Beijing 100085, China;*

3. *Key Laboratory of Land Surface Process and Climate Change in Cold and Arid Regions, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China;*

4. *Beijing Institute of Urban Meteorology, China Meteorological Administration, Beijing 100089, China* )

**Abstract:** Same as variational assimilation technique, physics initialization is also a method in which plenty of non-conventional observation(satellite, radar, wind profiler, GPS etc. ) data is used in numerical prediction systems to deal with the relationship of the nonlinear or indirect between observations and model variables. The meteorological satellite data is put into model initial field by physics initialization, which make initial field approach to the observation field. The underestimated phenomena of precipitation are trying to be improved in the integral prophase on account of faultiness of initial data. Experiments of severe convective precipitation in Tianjin is given, which is based on the ARPS numerical prediction model. The contrast experiment results indicate that the use of satellite data especially in the area of convective cloud rectifies horizontal and vertical structure of humidity and cloud water field. The precipitation in nowcasting and very short range weather forecasting of model is built up obviously. Thus it can be seen that improving the quality of model initial field effectively improve the capability of short range or nowcasting forecast of convective systems.

**Key words:** Satellite data; Physics initialization; ARPS mesoscale numerical model; Numerical simulation