

# 0808号台风“凤凰”登陆过程的三维变分同化试验

赖珍权, 沈桐立, 丁治英

(南京信息工程大学 气象灾害省部共建教育部重点实验室, 江苏 南京 210044)

**摘 要:** 主要对0808号台风“凤凰”的登陆过程进行模拟试验。首先, 利用GPS掩星资料反演的大气气压、温度和水汽资料以及云导风资料, 对台风“凤凰”进行了三维变分同化及数值模拟试验。结果表明: 同化不同资料, 得到的台风初始场各不相同, 对台风预报的影响也各不相同。同时同化GPS资料和云导风资料, 对台风初始场的调整最大, 对模拟台风登陆前后的路径、降水等均有一定程度的改善。其次, 研究了资料同化中要素场调整的特征。发现初始场的调整在垂直方向上呈多峰结构, 调整的显著性与资料有关也与要素有关, 一般来说, 低层的调整要大于高层。最后, 利用同时同化GPS掩星与云导风资料的模拟结果, 进一步分析这次台风过程的物理量场特征。发现: 在模拟时段内, 随着台风邻近大陆, 水汽的源地由西南太平洋逐渐转变为南海。但自始至终存在着把丰富的水汽送入台风的水汽通道。在台风移动过程中, 一直保持着强烈的上升运动, 强的上升运动把低层暖湿空气向上输送, 释放潜热为“凤凰”台风提供了发展的能源。

**关键词:** GPS掩星资料; 云导风; 三维变分同化; 台风模拟; 物理量

**中图分类号:** P444 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2011)01-0039-09

## 1 引言

一直以来, 台风的登陆问题倍受人们的关注。台风经常对沿海地区居民和当地经济造成巨大损失。过去由于探测技术的不完善和海上观测资料的不足, 对台风预报的研究十分有限。近年来, 随着大气探测技术的迅速发展, GPS掩星折射率、气象卫星云导风资料等一系列高时空分辨率的非常规资料的应用, 弥补了海上观测资料的不足, 通过各种同化方法把这些资料应用到数值模式中改善初始场, 从而提高台风预报的准确性。

John Le等<sup>[1]</sup>应用云迹风资料改进了澳大利亚等地的数值天气预报。Le Marshall等<sup>[2]</sup>曾用不同同化方法, 在12小时同化窗中同化每小时的红外通道云迹风资料, 然后作24小时预报, 结果表明用加入高时空分辨率的红外通道云迹风资料的变分同

化法, 比用准牛顿同化法能更准确地预报热带气旋路径。张守峰等<sup>[3]</sup>将包含云迹风的观测资料和背景场资料用多变量最优插值方法进行客观分析, 然后在分析场上嵌入轴对称的人造台风模型, 在此基础上运行台风数值模式, 做台风路径预报试验, 其研究证明用云迹风资料订正客观分析风场对台风路径预报有比较明显的改进。庄照荣等人<sup>[4]</sup>在三维变分同化系统中同化云迹风资料, 结果表明云迹风资料可以提高分析场和预报场中风压场的质量, 从而可以更准确地预报台风的路径和降水。李宁<sup>[5]</sup>运用WRF-3DVAR同化云迹风资料来改善台风“麦莎”的初始场, 发现只同化一个通道时, 水汽通道对温压场和风场的改善略优于红外通道, 同时同化双通道的云迹风资料对台风预报的改进效果更明显。

GPS资料范围广、覆盖全球、不受洋面限制, 并具有高垂直分辨率、长期稳定等优点。过

收稿日期: 2010-03-08

基金项目: 国家自然科学基金(40975037;40775033)

作者简介: 赖珍权(1984-), 女, 硕士, 主要从事数值模拟及资料同化工作。E-mail: lai.0208@163.com

去学者利用GPS/MET提供的掩星观测资料跟探空资料比较,分析结果非常相似,这说明掩星资料相当准确。Kursinski等<sup>[6]</sup>指出在低纬度地区,若使用GPS/MET资料,在6 km高度以下可以反演出误差仅为10~20 %水汽分布,在边界层更可达到5 %。Zou等<sup>[7]</sup>最先将GPS折射率加入4DVAR同化模式当中,进行一系列的模拟试验,结果发现它可以有效地反演出水汽的垂直剖面。另外,Zou等<sup>[8]</sup>还利用GPS/MET提供的掩星观测资料,进行大尺度的数值模拟研究,但并没有把它运用到台风方面的研究。Huang<sup>[9]</sup>使用MM5及其3DVAR系统同化GPS掩星折射率资料,来研究其对台风预报的改善,发现对预报结果有正面的影响,尤其是在水气的补偿方面。

本文利用WRF模式及其三维变分系统,同化GPS掩星资料反演得到的大气气压、温度和水汽资料以及云导风资料,以0808号台风“凤凰”为例,研究了GPS资料和云导风资料在台风登陆过程模拟的作用,主要对比研究台风登陆前后的路径、强度变化,探讨了GPS掩星资料和其他非常规资料的结合同化对台风预报的改进。

## 2 个例概况

0808号台风“凤凰”于2008年7月25日06时(UTC,下同)在台湾以东洋面(131°E, 21.6°N)生成。生成后沿偏西方向移动,并于26日12时加强为台风,随后转向为西北行,于27日12时加强为强台风。28日早晨在台湾省花莲沿海登陆,之后穿过台湾岛中部并于28日12时前后在福建省中部沿海登陆,登陆后强度迅速减弱为强热带风暴,继续沿西北偏北方向移动。29日夜间,在滞留福建23 h之后,“凤凰”进入江西东北部,30日06时在江西鄱阳县境内减弱为热带低压,30日18时,中央气象台停止编号。这是08年登陆我国最强的台风,具有强度强、风大、雨急、影响时间长、范围广等特点。

## 3 模式及资料介绍

### 3.1 模式介绍

本文工作采用WRF3.1版模式及WRF-3DVAR

系统,WRF三维变分同化系统是在NCAR的MM5 3D-Var的基础上发展起来的三维变分同化系统,其目标函数:

$$J(x) = \frac{1}{2}(x - x_b)^T B^{-1} (x - x_b) + \frac{1}{2}[H(x) - y_o]^T O^{-1} [H(x) - y_o]$$

式中: $x$ 是分析变量, $x_b$ 是背景场, $y_o$ 是观测值, $B$ 是背景场误差协方差, $O$ 是观测误差协方差, $H$ 是观测算子。三维变分同化的目的就是求出使 $J$ 达到最小的最优分析场 $x$ 。

### 3.2 资料介绍

本文采用的是COSMIC发布的资料,它包括了0~39.9 km实时的大气垂直廓线基本信息,如经纬度、海拔位势高度、温度、气压、水汽压和折射率等,垂直分辨率为100 m,共400层。该格式资料是基于ECMWF低分辨率分析资料的一维变分反演所得。

本文采用的云迹风资料是用风云2号气象卫星图像计算获得的。云迹风资料分红外通道和水汽通道两种。红外图像波段位于大气窗区内,气象卫星接收的是地表和云发出的长波红外辐射,水汽图像是吸收带的图像,即地表和云的辐射被水汽吸收后,又由水汽再辐射。

## 4 数值模拟试验及结果分析

### 4.1 试验方案

本文主要模拟凤凰台风登陆前后的变化,模拟时段设为2008年7月26日1800~29日0000。为了检验同化GPS掩星资料、云迹风资料对此次台风登陆过程数值模拟的作用,特设计了以下的3种试验方案:

- (1) 试验Ⅰ 不同化任何资料;
- (2) 试验Ⅱ 同化GPS掩星资料;
- (3) 试验Ⅲ 同时同化GPS掩星资料、红外通道IR1和水汽通道IR3云迹风资料。

试验Ⅲ主要考查GPS掩星资料与其他资料结合同化的改进效果,由于GPS掩星资料只提供反演的气压、水汽和温度等资料,加入云导风资料可以在一定程度上弥补风场资料的空缺。另外,

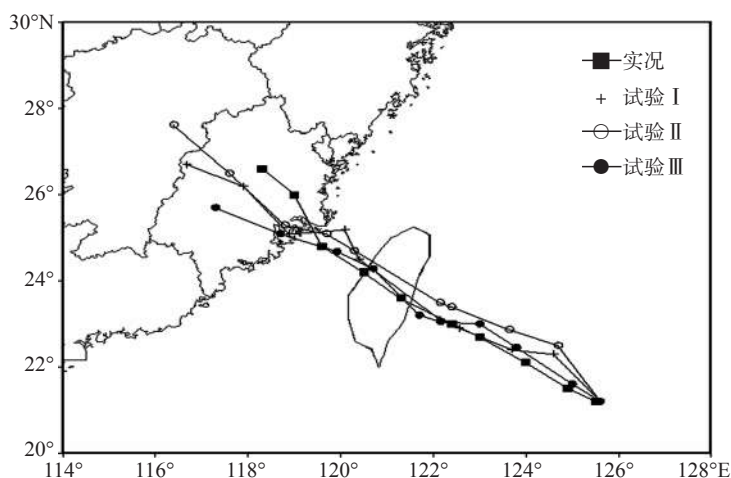


图1 模拟路径与实况路径比较图

在处理云导风资料和 GPS 掩星资料结合同化时, 将云导风资料处理成常规探空资料格式, 并插值到标准等压面层上(共 10 层)。

其中, 2008 年 7 月 26 日这一天共有 2517 笔掩星事件发生, 而在模拟区域里, 26 日 18 时前后 1 小时同化窗口内发现有五笔掩星事件, 见表 1:

表1 2008 年 7 月 26 日 18 时前后 1 小时同化窗口内的掩星事件

掩星点	卫星	观测时间	掩星点位置
1	cosmic	17:12:07	35.07°N, 130.77°E
2	cosmic	18:14:35	23.46°N, 136.99°E
3	cosmic	18:17:48	32.93°N, 141.97°E
4	cosmic	18:17:51	29.46°N, 120.67°E
5	cosmic	18:27:38	15.07°N, 129.52°E

## 4.2 模式参数

模拟试验中, WRF 模式所选择的区域水平范围以 (22°N, 123°E) 为中心, 格点数为 76×90; 分辨率 45 km, 垂直方向上分 31 层, 模式层顶气压 50 hPa。

WRF 模式采用质量垂直坐标, 兰勃托正形投影方式。本次所有试验中, 选用的物理方案为 Lin 等微物理过程方案, 浅对流 Kain-Fritsch 积云对流参数方案, RRTM 长波辐射方案, Dudhia 短波辐射方案以及 YSU 边界层方案, 陆面过程采用热量扩散方案, 地表层物理过程为 Monin-Obukhov 方案。时间积分方案采用欧拉显式时间分裂积分方

案, 时间步长取 180 s。

## 4.3 数值模拟结果分析

### 4.3.1 台风路径分析

图 1 为台风实况路径和 3 种数值模拟试验方案的每隔 6 h 的路径。时间从 7 月 26 日 18 时~29 日 00 时。从图中可以看出, 6 h (指模拟时间 6 个小时): 试验 I、II 模拟的路径较实况偏西偏北, 均 1 个纬距左右, 而试验 III 模拟的位置与实况接近; 18 h: 试验 I 模拟路径较实况偏西约 1 纬距, 试验 II 模拟路径较实况偏西偏北, 误差均较大, 试验 III 模拟的路径最好, 仅相差约 0.3 纬距; 24 h: 试验 I、II 模拟的路径均与实况有较大的误差, 而试验 III 模拟的位置与实况接近; 直到 42 h 台风登陆前, 试验 III 模拟的路径均明显好于试验 I、II; 48 h 以后, 试验 III 模拟的位置误差虽然加大, 但仍然好于试验 I、II 模拟的位置。从上面分析来看, 各试验均能模拟出台风的大致走向, 但试验 III 的模拟效果最好, 与实况比较接近。试验 I、II 模拟效果较差, 模拟的路径整体较实况偏西偏北, 偏离较大。

为进一步分析台风预报的路径误差, 特给出每 6 小时预报台风位置的距离误差, 见表 2。由表可见, 在所有时刻, 试验 III 预报台风位置的距离误差都比试验 I 和 II 要小, 这说明同时同化 GPS 资料和云导风资料, 可较好地模拟出台风登陆前后的移动情况。而试验 II 对台风路径的预报不如试验 I, 则说明风场资料在台风路径预报中有着



表2 台风路径预报的距离误差(单位: km)

试验	时效/h									
	0	6	12	18	24	30	36	42	48	54
试验 I	14	95	47	54	30	141	120	85	124	180
试验 II	11	113	94	102	62	165	134	105	165	240
试验 III	11	13	40	33	27	63	24	38	105	149

极为重要的作用;另外也表明,由于GPS掩星点资料比较少,资料本身也存在一定的误差,所以加入同化系统后,有时反而不如未同化的预报效果。因此,GPS掩星点资料应与其它非常规资料配合起来使用,方能达到较好的效果。

#### 4.3.2 台风强度分析

分析各试验的台风中心海平面气压并与实况进行对比(图略),发现各试验均能大体反映出台风登陆福建后强度减弱的趋势,但在模拟台风强度时都较实况偏弱。主要原因是缺少起始时刻台风中心的资料,因此对台风初始场强度达不到准

确的描述。冀春晓<sup>[10]</sup>在模拟“云娜”台风、施丽娟<sup>[11]</sup>在模拟“桑美”台风过程中,同样出现了模拟强度弱于实况的现象。

#### 4.3.3 24 h降水预报结果的分析

图2a是根据常规资料得到的2007年7月9日的24 h降水实况。可以看到整个降水带位于江淮流域,在安徽和江苏境内呈东西向分布,而在其西面呈东北-西南走向。整个雨带有5个主要的降水中心,其中以江苏和安徽北部的3个中心最强,数值在160 mm以上,在河南南部和湖北北部有两个降水中心,降水量分别达到130 mm、158 mm。图

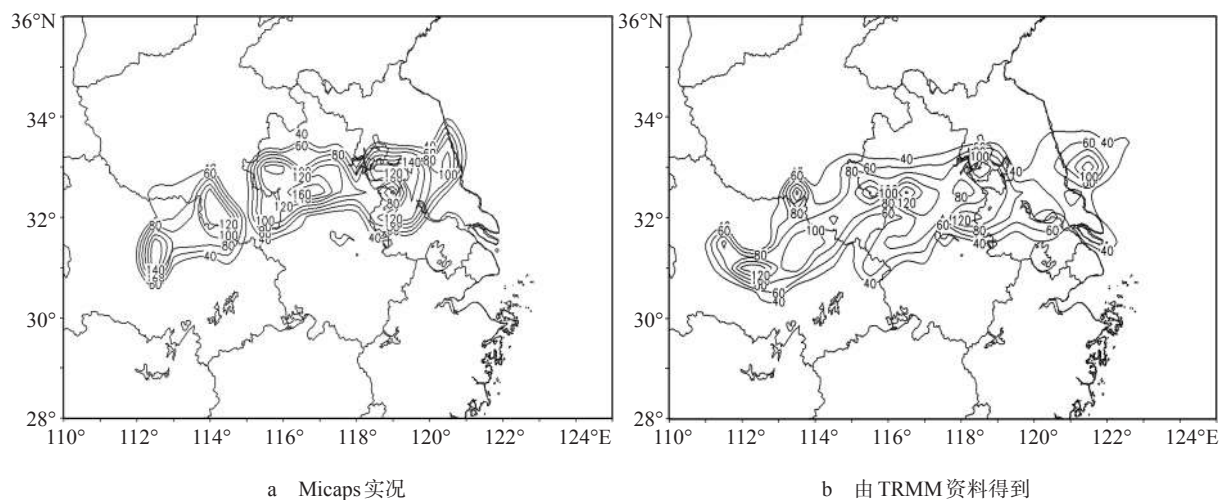


图2 2007年7月9日24 h累积降水(单位:mm)

2b为由TRMM卫星反演的24 h累计降水量分布。由图可见其雨带基本与实况一致,降水中心的位置相差也不大,但强度比实况稍弱。因此,在没有资料的海洋上,可以将TRMM卫星反演的累计降水量代替实况来做对比分析。

台风“凤凰”于27日22时在台湾登陆,现分析台风登陆台湾前后的降水情况。图3为7月28日12时TRMM卫星反演的24 h累计降水和各试验的降

水。图3a是由TRMM得到的累计降水量,由图可以看到,一条雨带斜穿台湾,呈东南-西北走向,有3个主要的降水中心:一个位于台湾以东的洋面上,中心值达到220 mm;一个位于台湾南部,中心值为160 mm;还有一个位于台湾西部的海面上,中心值也达到160 mm。下面来比较各试验的24小时降水。试验I(见图3b)雨带也为斜穿台湾呈东南-西北走向,但其西部已达大陆沿岸,较实

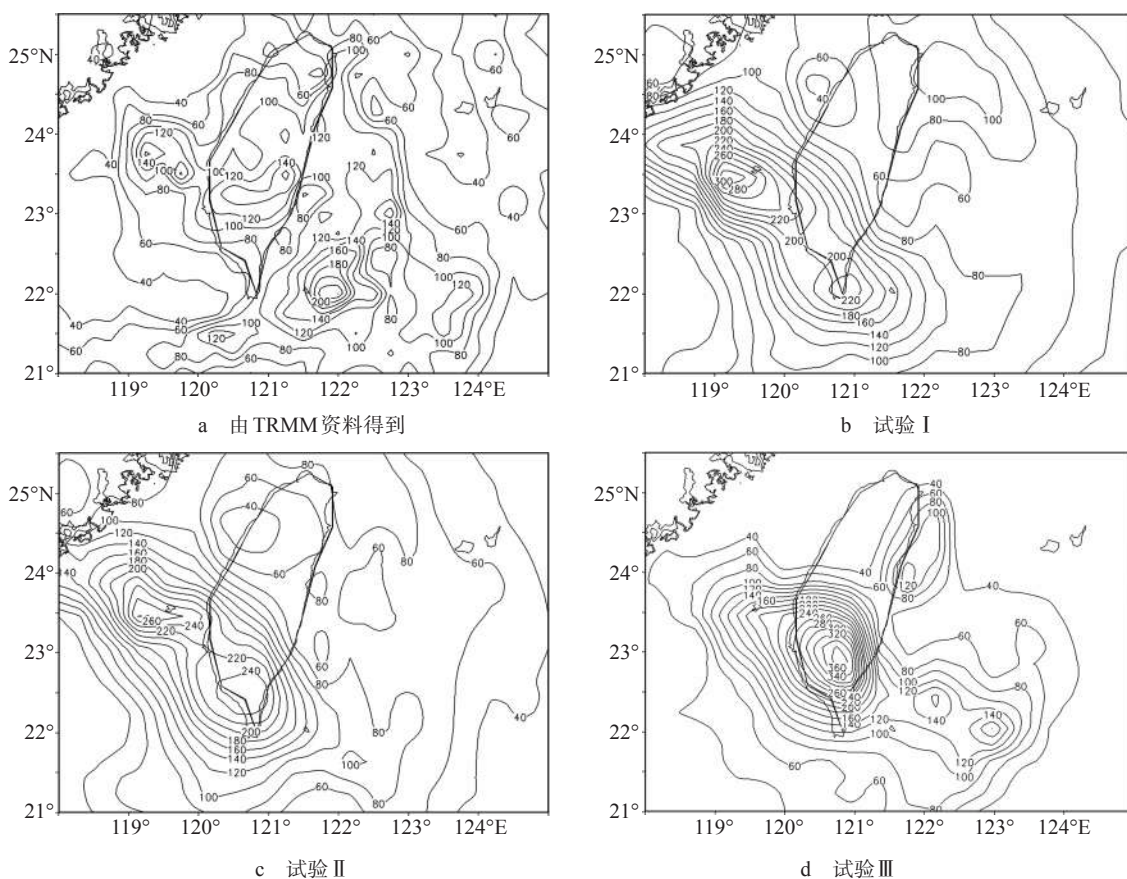


图3 7月27日12时~28日12时24h累计降水(单位:mm)

况偏西。它存在两处降水中心。一处位于台湾西部海面上,较实况稍偏南,中心值较实况偏大;另一处位于台湾南部,是将实况的台湾南部及东部洋面上的两个中心预报成了一个降水中心。试验Ⅱ(见图3c)与试验Ⅰ相似,只是位于台湾南部的中心较试验Ⅰ偏北,总体上较试验Ⅰ没有太大的改进。从试验Ⅲ(见图3d)可以看到雨带西部边缘在海峡中部,其东部边缘伸展到较东的洋面上,它的位置与实况最为接近,由此可知,雨带位置的预报要比前两个试验好。降水量的预报试验Ⅲ最强,由于一般数值预报的降水量比实况要弱,且由前知TRMM卫星反演的降水量也比实况要弱,因此试验Ⅲ预报降水量可能更接近实况。有关降水中心的预报,试验Ⅲ预报位于台湾南部的降水中心与实况接近,由于其降水量大,使位于台湾西部海面上的降水中心没有显现出来,但西部降水值与实况接近。由上分析可知,试验Ⅲ对降水带位置的模拟改进最好,降水量也与实况

更为接近,这可能与模拟的路径更接近实况有关。

#### 4.4 同化后初始场改进量的对比分析

三维资料同化实质上是对预报模式使用的初始场进行调整或改进。由前面的分析知,试验Ⅲ对预报的改进最为明显,它对初始场的调整也应当最显著。但对各要素场调整的情况如何,需要进一步分析。

为进一步考察同化后对各要素场调整的情况,计算了同化后各要素场相对于原背景场在每一格点上差值的均方根(或称其为均方差),它的大小反映了要素场调整的程度。下面分别给出U风场、V风场、位势高度场、温度场和湿度场的均方差随各层的分布图(见图4)。

由图4状况可以归纳出以下几点:第一、资料同化对所有要素场均产生影响,使其发生调整。即便同化某单一一种资料,所有的要素场均会受到

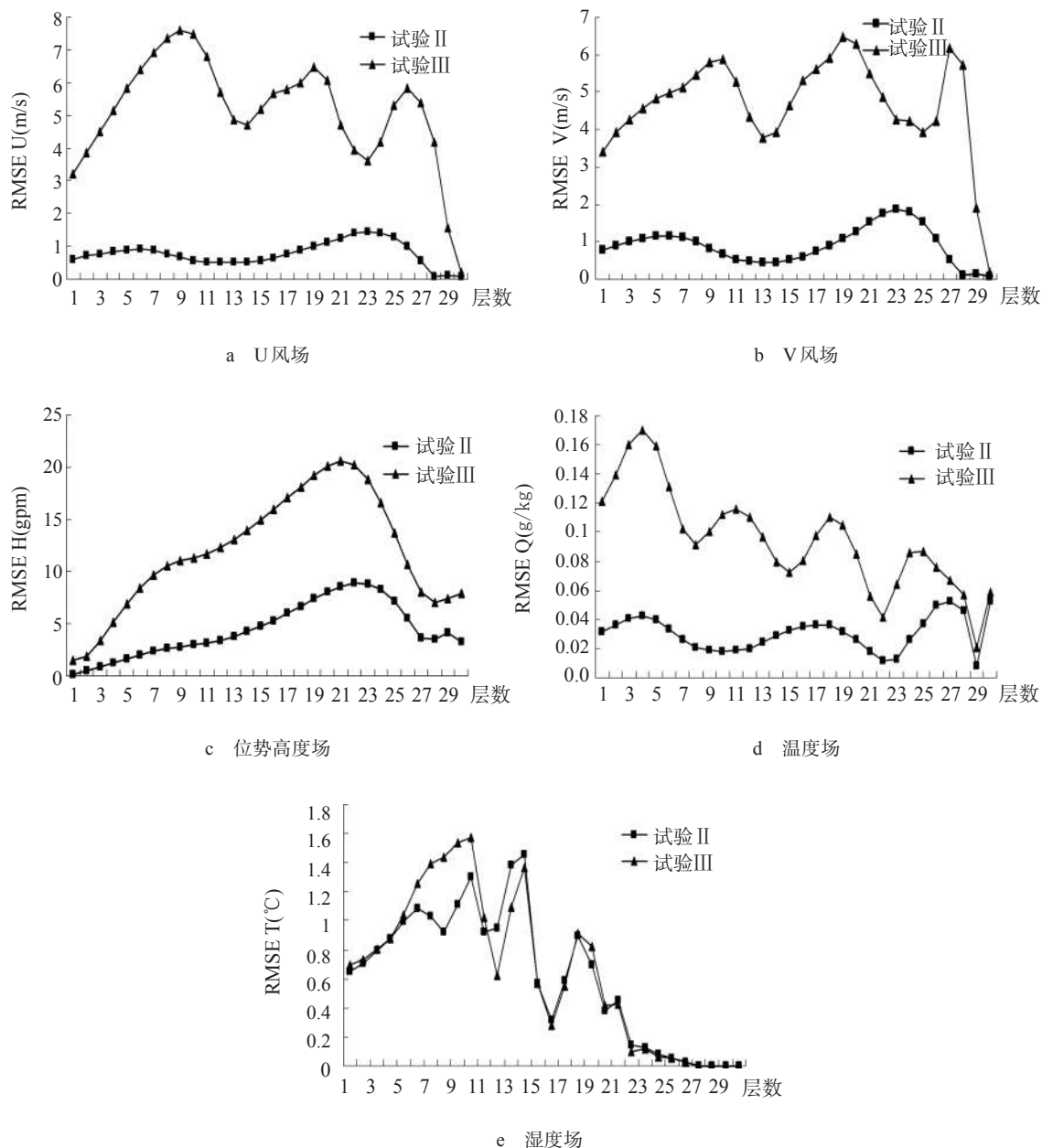


图4 同化后初始场相对于原背景场的均方差随各层(高度)的分布图

不同的调整；第二、同时同化多种资料的试验Ⅲ对所有要素场的调整程度要超过同化某一种资料的试验Ⅱ；第三、调整的程度在垂直方向上成多峰值分布，即各层调整的显著情况是不完全一致的；第四、调整的显著性与非常规资料的状况有关。例如在模式顶部附近，由于非常规资料的个数偏少调整也就偏弱。第五、调整的显著性还与要素的性质有很大关系。例如要素温度，从图4d

中可以看出温度场随高度的降低调整明显加大；又如湿度场，因水汽主要存在于实际大气的低层，300 hPa以上其含量已经很少，从图4e中可以清楚地看出不论何种同化方案，300 hPa以上调整都很小。

## 5 大尺度流场变化

根据以上分析可见，同时同化 GPS 掩星与云



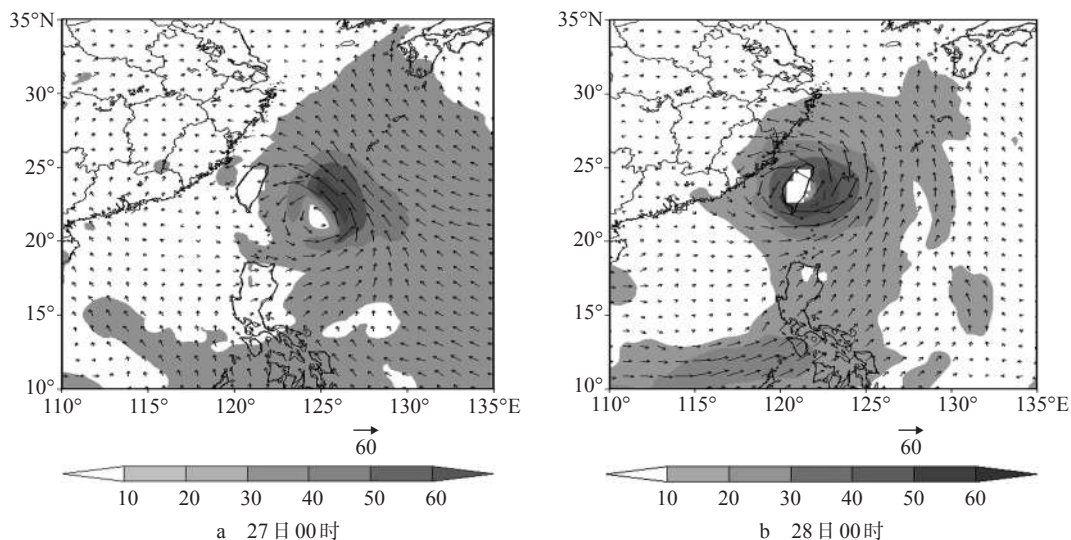


图5 850 hPa 水汽通量(阴影区 $\geq 10.0 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1}$ )用矢量表示

导风资料试验的模拟效果较好,结果也是合理的。下面利用该模拟结果,进一步分析这次台风过程的物理量场特征。

### 5.1 水汽输送变化特征

分析 27 日 00 时 850 hPa 水汽通量(见图 5a),水汽主要是由一支来自太平洋强的暖湿气流及另一支来自南海经菲律宾群岛较弱的暖湿气流供给,这两支气流在台风东南部汇合呈气旋式进入台风,水汽通量大值(灰度深)区位于台风中心的东北方。但随着台风向西的移动,水汽输送情况逐渐发生了变化。到 28 日 00 时(见图 5b),来自南海的水汽输送明显加强,已变成这个台风的主要

水汽输送通道,而来自西太平洋水汽输送已变得较弱。水汽通量大值区位于台风中心的东南方。29 日 00 时(图略),仍维持着较强的从南海经菲律宾到台风东部的水汽输送带,水汽通量大值中心稍减弱。可见“凤凰”从海上到登陆福建的阶段中,自始至终存在着水汽通道把丰富的水汽送入台风情况,这对“凤凰”台风的维持起到了重要的作用。

### 5.2 区域平均的垂直速度、散度变化特征

本文中“区域平均”指的是:对“凤凰”台风在模拟时段内的主要影响区域  $10^{\circ} \sim 30^{\circ} \text{N}$ 、 $115^{\circ} \sim 135^{\circ} \text{E}$  内的平均。图 6 给出了区域平均垂直速度、

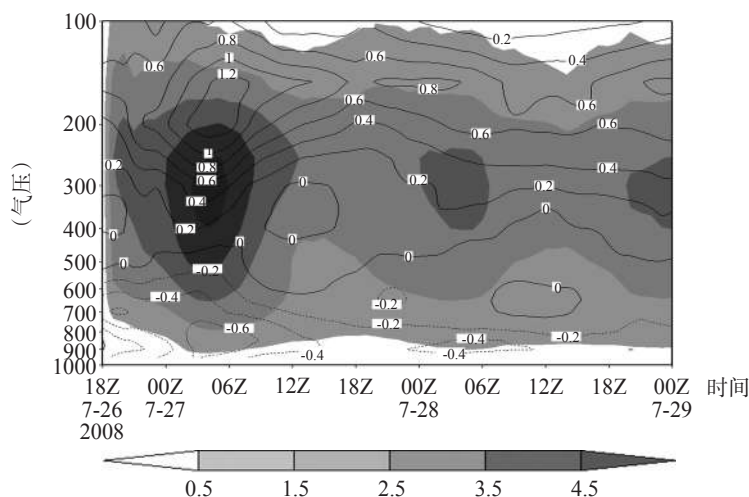


图6 区域平均散度( $\times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ,等值线)、区域平均垂直速度( $\times 10^{-2} \text{ m/s}$ ,阴影区)的时空分布

平均散度随高度的分布和随时间的演变。

从图6可以看出,区域平均垂直速度(以灰度表示)有以下特点:第一,在模拟时段的26日18时至29日00时,从地面到100 hPa都是上升运动,有这样深厚的上升气流层,表明“凤凰”在台湾登陆后,仍保持着一定的强度;第二,上升气流的强度是随高度变化的,“凤凰”台风较强的上升气流区位于600~200 hPa层间,极大值位于300 hPa附近;第三,上升气流的强度随时间也是变化的。观察300 hPa附近上升气流的强度,前面已指出,“凤凰”在台湾登陆后,仍保持着一定的强度,但其强度在逐渐减弱。区域平均垂直速度极大值中心出现在27日03时300 hPa附近,量值达到了 $5 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ ;第四,特别需要指出是:强中心存在24小时左右的振荡,分别在每日的白天达到高值。

从图6的区域平均散度的时空分布,反映出如下特点:第一,在整个区域中存在着低层辐合高层辐散的耦合结构。主要的辐合区位于500 hPa以下,主要的辐散区位于200 hPa以上。正是由于这种从地面延伸到对流层顶的正负散度柱的耦合结构,有利于大气中的上升运动形成和维持,有利于把低层暖湿空气向上输送,为“凤凰”的发展及维持提供潜热能和动能;第二,区域平均散度的数值在27日最强,随着台风的逐渐减弱,辐散辐合的数值逐渐减小。

## 6 结论

本文采用WRF模式及三维变分同化系统,实现了GPS掩星资料的同化,并尝试在同化GPS掩星资料的同时同化云导风资料,考察了同化不同资料对台风“凤凰”预报的影响,得出主要结论如下:

(1) 同时同化GPS掩星资料与云导风资料,对台风的移动路径模拟得最好。不但能模拟出台风的移动路径,而且使模拟出的台风中心位置误差最小;

(2) 同时同化GPS掩星资料与云导风资料,对主要降水带的位置模拟得也最好,它与实况接近。资料同化对此次台风降水过程的模拟有积极的贡献;

(3) 三维资料同化实质上是对台风的初始场进行调整。同时同化GPS掩星资料和云导风资料对初始场的调整最为明显,有效地改进了模式初始场的状况,调整的显著性在垂直方向上成多峰结构。且本次同化对“凤凰”台风的低层调整较明显。若仅同化GPS掩星资料,因其没有包含风场信息在内,这样对风压场的调整并不彻底,因此影响模拟的效果;

(4) 进一步分析逐时的预报结果,发现在“凤凰”台风登陆过程中,自始至终存在着把丰富的水汽送入台风中的水汽通道。水汽源地:由开始的东南气流输送的西南太平洋水汽转为偏南气流输送的南海水汽。在台风移动过程中,一直保持着强烈的上升运动,强烈上升运动把低层暖湿空气向上输送,由潜热释放为“凤凰”台风的发展提供了能源。这进一步揭示在台风的发展及维持中潜热能的重要作用;

(5) 本次试验的各方案均能模拟出台风的大致路径,均能大体反映出台风登陆福建后强度减弱的趋势。但在模拟台风强度时都较实况偏弱。这表明WRF模式对台风具有一定的模拟能力,但在强度上要模拟得好还需进一步改进。

本文的工作,揭示出在数值预报或数值模拟中资料同化的重要性。同时指出,要改善数值天气预报或数值模拟的效果,还需要选择合适的资料及同化方法。本文采用的三维变分同化方法虽然取得一定的效果,但并没有解决天气系统在初始阶段最合理的演变问题,而四维变分可以有效地解决这一问题,这是需要进一步开展的工作。

## 参考文献:

- [1] John L, P Neil, Bob Seamen et al. An operational system for generating cloud drift winds in the Australian region and their impact on numerical weather prediction[J]. Weather and Forecasting, 1994, 9(3):361-370.
- [2] LeMarshall J F, Leslie L M, Spinoso C. The Generation and assimilation of cloud-drift winds in numerical weather prediction [J]. Journal of Meteorological Society of Japan, 1997, 75:383-393.
- [3] 张守峰,王诗文.应用卫星云导风进行台风路径预报试验[J].热带气象学报,1999,15(4):347-355.
- [4] 庄照荣,薛纪善.云迹风资料的三维变分同化及对台风预报的影响试验[J]. 热带气象学报, 2004,20(3): 225-237.
- [5] 李宁,沈桐立,闵锦忠.一次台风登陆过程的变分同化模拟试验[J]. 气象科学, 2008, 28 (3): 244-250.



- [6] Kursinki E R, Hajj G A, Hardy K R, et al. Observing Tropospheric water vapor by radio occultation using the global positioning system[J]. *Geophys Res Letter*, 1995, 22(17): 2365-2368.
- [7] Zou X, Kuo Y H, Guo Y R. Assimilation of atmospheric radio refractivity using an anhydrostatic adjoint model[J]. *Mon Wea Rev*, 1995, 123(7): 2229-2250.
- [8] Zou X, Wang B, Liu H et al. Use of GPS/MET refraction angles in 3D variational analysis[J]. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 2000, 126: 3013-3040.
- [9] Huang C Y, Kuo Y H, Chen S H. Improvements in Typhoon Forecast with Assimilated GPS Occultation Refractivity[J]. *Weather and Forecasting*, 2005, 20(6): 931-953.
- [10] 冀春晓, 薛根元, 赵放等. 台风 Ranim 登陆期间地形对其降水和结构影响的数值模拟试验[J]. *大气科学*, 2007, 31(2): 233-244.
- [11] 施丽娟, 许小峰, 李柏等. 雷达资料在登陆台风“桑美”数值模拟中的应用[J]. *应用气象学报*, 2009, 20(3): 257-266.

### 3D-Var assimilation experiment on landfall of typhoon Fung-wong (0808)

LAI Zhenquan, SHEN Tongli, DING Zhiying

(Key Laboratory of Meteorological Disaster of Ministry of Education, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044 China)

**Abstract:** A numerical experiment is conducted on the landfall of typhoon Fung-wong (0808) mainly in this paper. First, GPS occultation refractivity data and cloud drift winds were used to initialize typhoon in WRF-Var system. The result of numerical simulation of Fung-wong shows that the initial structure and forecast of typhoon differ with the different assimilated data. GPS occultation refractivity data and cloud drift winds assimilation, the adjustment of which to the typhoon initial field is the biggest, can help provide the evolution of the track and precipitation distributions reasonably. Second, the characteristics of the elements adjusted in the data assimilation was studied. It is found that the adjustment of the initial field is a multi-peak structure in the vertical direction, and the significance of the adjustment is related with the data and the element. Generally, low-level adjustment is larger than the top. Finally, a preliminary study has been also made on the mechanism of the sustaining of Fung-wong. During the forecast time, the sources of water vapor changes gradually from the south-west Pacific to the South China Sea when Typhoon nears the mainland, but there keeps a water vapor channel all the time, through which abundant water vapor was continuously transported to typhoon Fung-wong, and sustained vigorous ascending motion, which transported the warm and moist air in the lower troposphere upwards to release latent heat and thus to provide kinetic energy for Fung-wong's sustaining.

**Keywords:** GPS occultation refractivity data; cloud drift winds; three-dimensional assimilation; typhoon simulation; variables