

董佩明, 刘健文, 刘桂青, 等. ATMS 卫星资料的同化应用及与 AMSUA/MHS 的比较研究[J]. 热带气象学报, 2014, 30(4): 623-632.

文章编号: 1004-4965(2014)04-0623-10

# ATMS 卫星资料的同化应用及与 AMSUA/MHS 的比较研究

董佩明<sup>1,2</sup>, 刘健文<sup>1</sup>, 刘桂青<sup>2</sup>, 黄江平<sup>1,3</sup>

(1. 北京航空气象研究所, 北京 100085; 2. 中国气象局数值预报中心, 北京 100081;  
3. 中国科学院大气物理研究所 LAPC 国家重点实验室, 北京 100029)

**摘 要:** 针对数值预报中 ATMS 卫星资料的同化应用问题, 在 WRFDA 框架下扩展了对 ATMS 卫星资料的同化功能, 选择 2012 年 7 月第 9 号强台风“苏拉”开展初步研究, 比较了 NOAA18 卫星上搭载微波传感器 AMSUA/MHS 的结果, 分析卫星资料特征并试验资料同化应用对区域数值预报的影响。结果表明, ATMS 探测质量优于或与 AMSUA/MHS 相当; 同时由于 ATMS 具备的高空间覆盖率、增多的温度探测扫描点和湿度探测通道, 可为资料同化系统提供更丰富的观测信息, 有效改善数值预报效果。ATMS 卫星资料的降噪处理是资料同化应用的一个初始环节, 对于个例的研究结果表明, 总体上可以降低噪声和提高资料的使用效果, 但在湿度探测段低层通道存在经偏差订正后降噪处理结果误差有所增大的现象, 说明针对处理方式还需要调整资料应用的多个环节。偏差订正前, 卫星微波资料同化目前普遍使用的 ATMS 温度探测 9 通道和湿度探测 22 通道的卫星观测和模拟间存在较大偏差, 是 ATMS 资料同化应用中需要注意的。此外, ATMS 卫星探测与 AMSUA/MHS 探测通道设置较大的差别之一在于窗区通道, 由此主要依据窗区通道探测的云检测方案在 ATMS 资料同化应用中需要加以调整和试验。

**关键词:** 数值预报; ATMS 资料同化; WRFDA; AMSUA/MHS

中图分类号: P412.27

文献标识码: A

Doi: 10.3969/j.issn.1004-4965.2014.04.03

## 1 引 言

气象卫星资料的同化应用可以大大提高数值预报的准确率, 其中微波垂直探测由于具有部分穿透云层的特性, 对数值预报效果改善的贡献位居全部观测的首位<sup>[1-3]</sup>, 一直以来微波遥感探测的发展和應用都是大气科学的重点<sup>[4]</sup>。美国早期极轨系列气象卫星 NOAA14 之前搭载的是 4 通道的 MSU(Microwave Sounding Unit); 其后发展为 15 通道 AMSUA 和 5 通道 AMSUB(Advanced Microwave Sounding Unit A and Unit B), AMSUA/B 搭载于 NOAA15、16 和 17 上; 之后 AMSUB 升级为 MHS(Microwave Humidity Sounder), 通道数不变, NOAA18、19 和欧洲极轨系列气象卫星

METOP 搭载的都是 AMSUA/MHS。中国极轨系列气象卫星 FY-3 的 A、B 星上搭载的微波探测器分别为 4 通道 MWTS-1(Micro-Wave Temperature Sounder-1) 和 5 通道 MWHS-1(Micro-Wave Humidity Sounder-1), 之后将升级为 MWTS-2(Micro-Wave Temperature Sounder-2) 和 MWHS-2(Micro-Wave Humidity Sounder-2)。2011 年 10 月 28 日美国发射成功的 NPOESS(National Polar-orbiting Operational Environmental Satellite System) 准备星 NPP(NPOESS Preparatory Programme) 上更搭载 22 个通道的新一代微波探测 ATMS(Advanced Technology Microwave Sounder), 并将成为后续联合极轨卫星系统 JPSS(Joint Polar Satellite System) 的主要探测仪器之一。由于针对新卫星载荷同化应用的工作, 包括

收稿日期: 2013-04-17; 修订日期: 2014-03-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(41075017)资助

通讯作者: 董佩明, 男, 江苏省人, 高级工程师, 博士, 主要从事卫星资料同化应用和数值预报研究。E-mail: dongpm@cma.gov.cn

资料数据模拟、方案设计以及对资料同化系统功能的扩展等, 往往都在卫星发射准备过程中就并行展开, 卫星发射成功后, 国外很多研究和业务中心能很快对新资料加以同化应用试验。如美国海军舰队气象和海洋数值预报中心FNMOC(Fleet Numerical Meteorology and Oceanography Center)在2005年8月30日NOAA18开始业务运行不到一个月(9月28日)就实现了微波探测资料的业务应用<sup>[1]</sup>。ATMS资料的同化应用亦是如此, 包括欧洲中期数值预报中心(ECMWF)、美国国家环境预报中心(NCEP)和英国气象局(Met office)等都较早地在各自的资料同化系统中扩展了ATMS资料同化应用功能, NPP卫星发射成功后很短时间就完成了ATMS资料的初步应用试验和评估, 并开始业务应用<sup>[5-8]</sup>。相比之下, 国内对新卫星资源的同化应用工作相对滞后, 其中一个原因在于没有及时扩展资料同化系统的功能。因此需要加快构建试验应用平台, 以加速新卫星载荷的应用和效益发挥<sup>[9-10]</sup>。

本文介绍的是以在国内外广泛使用的资料同化系统WRFDA中扩展的ATMS资料同化功能基础上<sup>[11]</sup>, 针对影响我国的2012年第9号强台风“苏拉”开展的初步研究工作。文章第2部分是ATMS和AMSUA/MHS资料的比对介绍, 第3节给出卫星资料处理方案, 第4节分析ATMS资料统计特征, 第5节介绍ATMS资料同化应用试验, 最后是结论和讨论。

## 2 ATMS 和 AMSUA/MHS 资料

ATMS 探测器是继承 AMSUA/MHS 并发展的一类新型微波垂直探测。为了清晰表征资料特征以及同化应用效果, 研究同时对 ATMS 和 AMSUA/MHS 展开并加以比对。考虑时间上的匹配问题, NPP 卫星轨道赤道过境时间为 13:30, AMSUA/MHS 资料选用卫星轨道赤道过境时间为 14:57 的 NOAA18。表 1 是 ATMS 和 AMSUA/MHS 主要仪器特征比较<sup>[12-13]</sup>。

表 1 ATMS 和 AMSUA/MHS 主要仪器特征比较

通道		中心频率/GHz		极化方式		峰值能量贡献高度/hPa	
ATMS	AMSU	ATMS	AMSU	ATMS	AMSU	ATMS	AMSU
1	1	23.8	23.8	V	V	地表	地表
2	2	31.4	31.4	V	V	地表	地表
3	3	50.3	50.3	H	V	地表	地表
4		51.76		H		地表	
5	4	52.8	52.8	H	V	地表	地表
6	5	53.596±0.115	53.596±0.115	H	H	700	700
7	6	54.4	54.4	H	H	400	400
8	7	54.94	54.94	H	V	250	270
9	8	55.5	55.5	H	H	180	180
10	9	$f_0=57.290\ 344$	$f_0=57.290\ 344$	H	H	90	90
11	10	$f_0±0.3222±0.217$	$f_0±0.217$	H	H	50	50
12	11	$f_0±0.3222±0.048$	$f_0±0.3222±0.048$	H	H	25	25
13	12	$f_0±0.3222±0.022$	$f_0±0.3222±0.022$	H	H	10	12
14	13	$f_0±0.3222±0.010$	$f_0±0.3222±0.010$	H	H	6	5
15	14	$f_0±0.3222±0.0045$	$f_0±0.3222±0.0045$	H	H	3	2
16	1	88.2	89.0	V	V	地表	地表
17	2	165.5	157.0	H	V	1 000	地表
18	5	183.31±7.0	190.311	H	V	800	800
19		183.31±4.5		H		700	
20	4	183.31±3.0	183.31±3.0	H	H	600	600
21		183.31±1.8		H		500	
22	3	183.31±1.0	183.31±1.0	H	H	400	400

ATMS 和 AMSUA/MHS 最直接的差别就是探测通道和频率设置的不同。ATMS 将大气温度和湿度探测合并, 共有 22 个通道, 前 15 个通道

探测大气温度, 后 7 个为大气湿度探测。AMSUA 和 MHS 分别为大气温度和大气湿度探测, 前者 15 个通道, 后者 5 个。相比之下, ATMS 前 15

个温度探测中 6~15 与 AMSUA 5~14 除 ATMS 8 通道极化方式不同外基本相同。ATMS 窗区通道没有 AMSUA 通道 15 的探测频率,但也是 5 个,1~2 与 AMSUA 1~2 完全相同,3 和 5 通道与 AMSUA 3 和 4 通道探测频率相同但极化方式不同,4 为新增通道。

对湿度探测而言,ATMS 16 通道与 MHS 1 极化方式相同,频率略有差别,17 通道则与 MHS 2 通道的探测频率和极化方式均不相同。ATMS 的 18、20 和 22 通道与 MHS 的 5、4 和 3 通道(除 18 通道极化方式不同外)完全一样,19 和 21 则是全新的探测通道。

此外,ATMS 和 AMSUA/MHS 资料在卫星扫描点数、轨道宽度和分辨率方面也存在显著差别。ATMS 每条扫描线有 96 个扫描点,轨道宽度 2 300 km,星下点分辨率在 1 和 2 通道为 75 km、3~16 通道为 32 km、17~22 通道为 16 km。而 AMSUA 则是每条扫描线有 30 个点,轨道宽度 $\pm 1$  026.31 km,星下点分辨率约 48 km,MHS 每条扫描线 90 个扫描点,轨道宽度 $\pm 1$  077.68 km,星下点分辨率约 17 km。可见,ATMS 一方面增加了扫描点,特别是温度探测扫描点大幅增多,分辨率显著提高,另一方面减小扫描幅间的间隙,使 ATMS 卫星观测的覆盖率得以提升。

### 3 资料处理方案

WRFDA 系统中扩展的 ATMS 同化应用,同前期我们增加的 FY3A/B 星微波资料的同化模块已纳入 2013 年 4 月公布的 WRFDA 最新版 V3.5 中<sup>[11]</sup>。本文对 ATMS 和 AMSUA/MHS 的应用试验均在扩展的 WRFDA V3.3.1 框架下开展。ATMS 资料使用 NCEP 处理生成的 BUFR 格式数据,一天 4 个时次:00、06、12、18 UTC,每个时次数据文件包括前后 3 h 的卫星观测信息。

ATMS 资料虽然增加了扫描点并提高了分辨率,但设计噪音略大,对于对流层通道来说约为 0.5 K 的水平,而 AMSUA 只在 0.25 K 左右,数值预报同化应用需要作降噪处理<sup>[7]</sup>。目前,包括 AAPP 软件包、ECMWF、Met office 和 NCEP 的同

化系统中都包含有降噪处理环节,初步评估结果显示降噪处理结果优于不降噪处理<sup>[7-8]</sup>。降噪处理的方法有格点平均、Backus-Gilbert 权重平均和傅里叶变换方法,本文使用格点平均,即对相邻 3 个扫描点和 3 条扫描线的格点资料作平均。由于 ATMS 1~2 通道的星下点分辨率较其它通道要低,故没有作平均降噪处理。

同化应用 ATMS 资料使用 6~10 温度探测通道和 18~22 湿度探测通道,暂不使用响应函数在高层的 11~15 通道和窗区探测 1~5 及 16~17 通道。在此基础上,对下垫面为海冰、陆地和雪的卫星观测还剔除在一定程度上仍受复杂地表影响的 6~8 通道和 18~22 通道。对 AMSUA/MHS 资料,使用 AMSUA 5~9 通道和 MHS 3~5 通道,同样剔除下垫面为海冰、陆地和雪的 AMSUA 5~7 和 MHS 3~5 通道的卫星观测。

影响卫星观测资料使用的另一个重要因素是云和降水影响。对 ATMS 温度段,云检测方案使用 1 通道观测模拟亮温差,其值在洋面大于 3.0 K,其它地表大于 1.5 K 时不使用 6~8 通道。对湿度段采用仿 MHS 的 16、17 通道计算散射指数,大于阈值 3.0 时不使用 18~22 通道。此外,在这两种云检测方法之外同时使用 ECMWF 目前采用的 3 通道观测模拟亮温差判识<sup>[8]</sup>,去除 3 通道观测模拟亮温差绝对值大于 5.0 K 的 6~8 通道和 18~22 通道卫星观测。AMSUA 和 MHS 云检测方法分别为 AMSUA 1、15 通道及 MHS 1、2 通道构成的散射指数,大于阈值 3.0 时不使用 5~7 通道的温度探测和 3~5 通道的湿度资料。

偏差订正采用自适应偏差订正方案<sup>[14]</sup>。预报因子包括气团属性和扫描位置等,与 AMSUA/MHS 一致,ATMS 偏差订正初始系数也直接使用 AMSUA/MHS 相应的统计系数。

### 4 ATMS 资料特征

本文选取 2012 年第 9 号强台风“苏拉”展开研究。该台风 7 月 28 日 08 时(北京时)开始编号,先后于 8 月 2 日 3:15 和 3 日 6:50 前后分别在台湾花莲沿海和福建福鼎市秦屿镇沿海登陆,给

我国台湾、福建和浙江等地带来较大影响，于 3 日 23 时停编。

图 1 给出了 2012 年 7 月 31 日 06 UTC 的同化试验分析和预报起始时刻模式区域（具体参数见第 5 节）的 ATMS 和 NOAA18 AMSUA 1 通道观测亮温。可见，两种传感器观测亮温分布特征基本一致，但即使探测频率和极化方式都一样的 1 通道的两种观测间也存在一些细微差别。特别是 ATMS 资料扫描幅间隙很小，观测几乎完整覆盖了模式区域，而 NOAA18 的扫描幅之间有较大间隙，缺失部分正好处于两条扫描幅间“苏拉”台风的大部分观测信息。

使用辐射传输模式计算卫星模拟亮温和观测亮温的偏差来研究卫星资料特征并进行比较是目前通行的一种方法<sup>[7-8]</sup>。图 2 是 ATMS 观测亮温和使用 NCEP 再分析资料计算的模拟亮温偏差的均方根统计及与 NOAA18 AMSUA/MHS 相应通道的比较。统计观测点为 2012 年 7 月 31 日 06 UTC 前后 3 h 的同化窗中模式区域内的资料。为消除观测像元的地表属性误差，统计针对下垫面属性为洋面的观测点进行，后文中若没有特别说明均是针对洋面观测点进行的。为了呈现资料特征全貌给出的结果包括全部通道。图 2 的纵坐标

为偏差，单位为 K，横坐标为 ATMS 的通道号，图 2 上部的数字为 AMSUA/MHS 的通道号。多数通道 ATMS 模拟亮温和观测亮温偏差均小于 NOAA18 相应通道，说明 ATMS 探测质量是较好的。但 ATMS 1~3 窗区通道偏差却明显大一些，由于窗区通道往往被用于云检测，这是一个值得注意的特征。另外，在 WRFDA 系统当前地表辐射率计算和模式大气层顶高度下，低层和高层探测通道模拟亮温和观测间的偏差还是较大，所以目前同化基本选择对流层中层探测通道。

图 3 是 ATMS 资料降噪处理前后的观测与模拟亮温偏差的均方根统计，文中只给出同化使用的 6~10 和 18~22 通道的结果。图中横坐标为偏差，单位为 K，纵坐标为通道号。可见，降噪处理减小了卫星观测与模拟亮温差，湿度探测段的偏差减小更明显。

图 4 是温度探测云检测方案 ATMS 1 通道观测模拟亮温差、ATMS 3 通道观测模拟亮温差和 NOAA18 AMSUA 1、15 通道散射指数的分布，湿度探测云检测方案结果省略。这些云检测方案均在一定程度上度量卫星观测受云的影响，对云系特征的反映基本一致。ATMS 1、3 通道观测模拟亮温差判识受云影响卫星观测间存在一些差

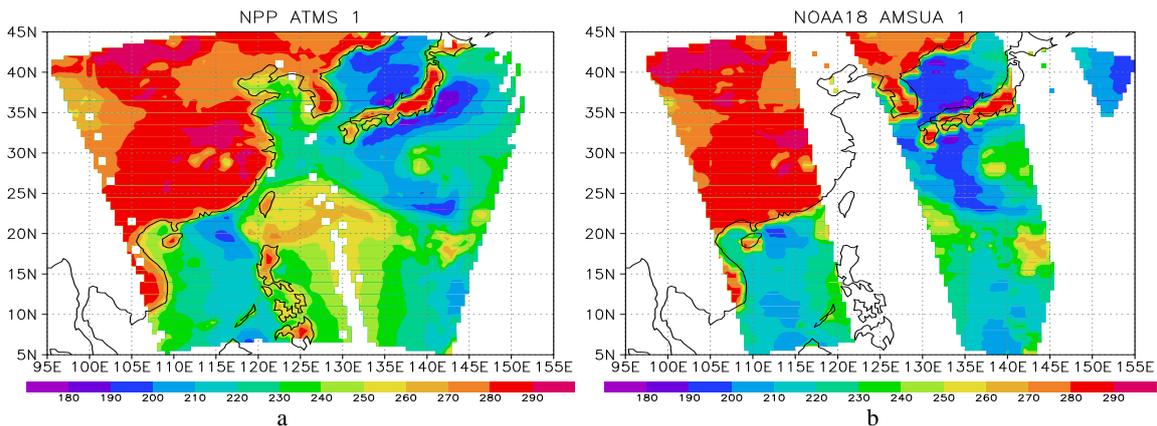


图 1 2012 年 7 月 31 日 06 UTC 的 ATMS(a)和 NOAA18 AMSUA 1(b)通道观测亮温

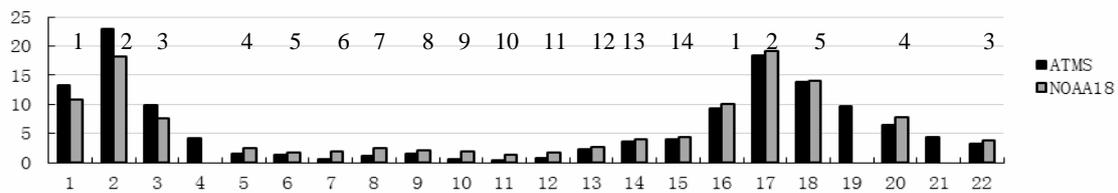


图 2 ATMS 观测亮温与模拟亮温偏差的均方根及与 NOAA18 AMSUA/MHS 的比较  
纵坐标为偏差，单位为 K；横坐标为 ATMS 的通道号，上部的数字为 AMSUA/MHS 的通道号。

别, ECMWF 3 通道观测模拟亮温差也会去除部分窗区通道观测亮温低值区的观测值(图 1), 这值得今后对其它个例做进一步分析。结合 ATMS 卫星观测和通过云检测的观测数目列表(表 2)可知。对 ATMS 来说, 温度探测段通过 1 通道检测和 ECMWF 3 通道检测的观测数目相近, 但湿度探测段通过 16、17 通道指数云检测的观测数较 ECMWF 3 的要多。全部云检测方案的综合使用进一步减少了通过云检测的观测数。对 NOAA18 (表 3), 一方面模式区域观测数目本身比 ATMS 少很多, 同时由于只有很少的台风云系卫星观测资料, 通过云检测观测的比率明显高很多。

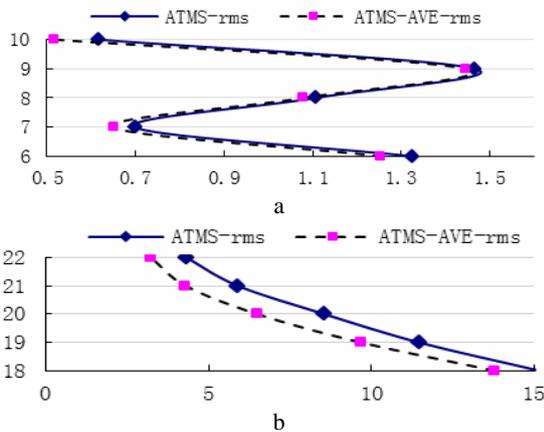


图 3 ATMS 降噪处理前(实线)、处理后(虚线)的观测与模拟亮温偏差的均方根 单位: K。纵坐标为通道号。

图 5 进一步给出云检测后 ATMS 和 NOAA18 AMSUA/MHS 卫星观测和模拟亮温偏差的均方根, 图中横坐标为偏差, 单位为 K。纵坐标的左边和右边分别是 ATMS 和 AMSUA/MHS 的通道号。图中说明带有“bias”表示偏差订正后的结果, 没有则为偏差订正前结果。偏差订正前, 温度和湿度探测段 ATMS 都优于 AMSUA/MHS。在偏差随探测通道变化方面, 两者基本一致但存在一些明显差别, ATMS 在 9 通道之前偏差随通道数的增加而增加, 在 9 通道达到最大, 而 AMUSA 是在 7 通道前偏差随通道数的增加而增加, 与 ATMS 9 通道对应的 AMSUA 8 通道开始减小。同时, ATMS 22 通道偏差似乎骤然变大一些。ATMS 温度探测 9 通道和湿度探测 22 通道的卫星观测和模拟间偏差较大的现象在 Met office

的报告中也提及<sup>[7]</sup>。如果随后的偏差订正不好, 这些通道就会被偏差范围检查所剔除, 这种情况在本台风的其它时次 ATMS 资料同化应用中出现过。

下面分析偏差订正的效果, 图 6 为云检测后 ATMS 6~10 和 18~22 通道的观测模拟偏差订正前后的  $\pm 0.5$  K 范围内的卫星样本数分布。NOAA18 AMSUA/MHS 偏差订正结果因篇幅限

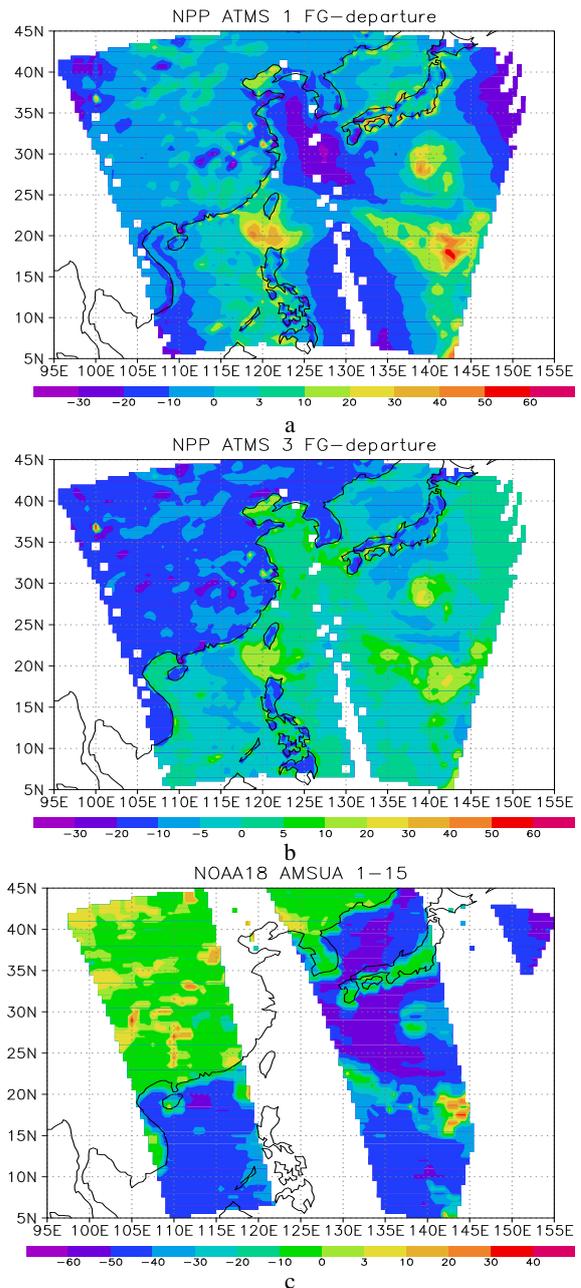


图 4 温度探测云检测方案中 ATMS 1 通道观测模拟亮温差 (a)、ATMS 3 通道观测模拟亮温差 (b) 和 NOAA18 AMSUA 1、15 通道散射指数分布 (c)

表2 ATMS 卫星观测和通过云检测的观测数目

通道	6	7	8	18	19	20	21	22
观测数目	12 123	12 123	12 123	12 123	12 054	11 979	11 974	11 972
6~8 通道通过 1 通道云检测和 18~22 通道通过 16、17 通道指数云检测的观测数目	8 558	8 558	8 558	10 152	10 152	10 150	10 150	10 150
通过 ECMWF 3 通道云检测的观测数目	8 551	8 551	8 551	8 551	8 551	8 526	8 526	8 526
通过全部云检测的观测数目	6 852	6 852	6 852	7 850	7 850	7 848	7 848	7 848

表3 NOAA18 的 AMSUA/MHS 卫星观测和通过云检测的观测数目

通道	5	6	7	3	4	5
观测数目	3 003	3 003	3 003	3 322	3 322	3 322
AMSUA 5~7 通道通过 1、15 通道指数云检测和 MHS 3~5 通过 1、2 通道指数云检测的观测数目	2 940	2 940	2 940	2 919	2 919	2 919

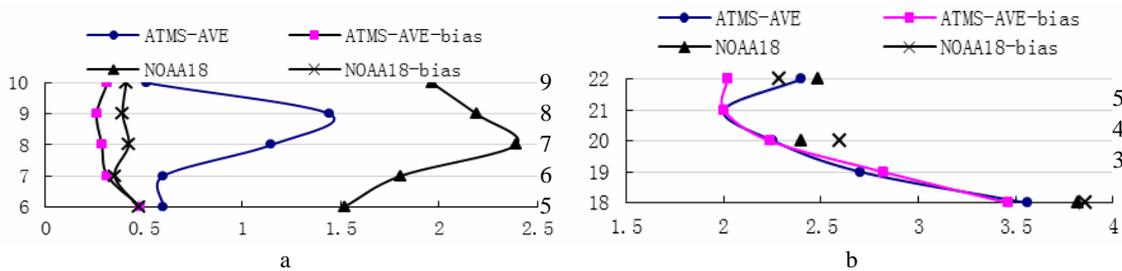


图5 云检测后 ATMS 和 NOAA18 卫星观测亮温(a)和模拟亮温偏差(b, 横坐标, 单位: K)的均方根。纵坐标的左边和右边分别是 ATMS 和 AMSUA/MHS 的通道号。图中说明带有“bias”表示偏差订正后的结果, 没有则为偏差订正前的结果。

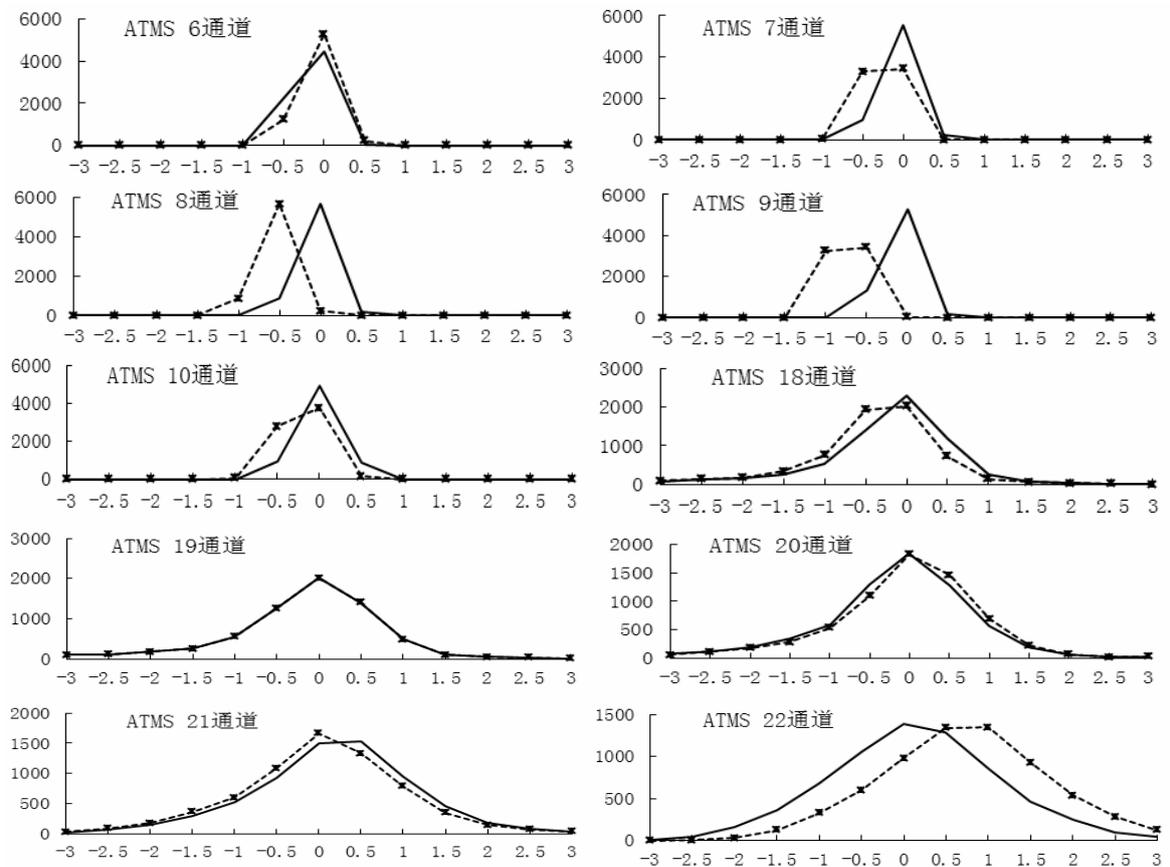


图6 云检测后 ATMS 6~10 和 18~22 的观测和模拟亮温差(横坐标)的偏差订正前(点线)、偏差订正后(实线)的  $\pm 0.5$  K 范围内的样本数(纵坐标)分布

制省略。偏差订正前,通道 6、19、20 和 21 接近正态分布,偏差订正调整较小,但使分布更加趋于正态。ATMS 7、8、9、10、18 和 22 通道的观测模拟亮温差的分布明显不是正态,订正后各通道都趋于高斯正态分布。结合偏差订正后的观测模拟差均方根(图 5)可以看到,偏差订正对温度探测的影响较大,订正前具有较大偏差的通道经订正都回到与其它通道相近范围,而对湿度探测段偏差订正后的偏差略有减小,个别通道还有略变大的现象。但 ATMS 22 通道的偏差订正明显减小了偏差。

## 5 ATMS 资料同化应用试验

卫星资料同化应用试验以不同情况下的初始场积分数值模式分析资料应用对数值预报效果的影响。表 4 是对 4 个试验描述。数值模式选用区域中尺度模式 WRF,以 NCEP 再分析资料为背景场和提供 6 h 一次的边界条件,模式中心点为 125 °E, 25 °N,水平格点数为 161×151,分辨率为 30 km,模式层顶高为 10 hPa,垂直分 28 层。模式积分初始时刻为 2012 年 7 月 31 日 06 UTC,预报时效 54 h。

表 4 ATMS 资料同化试验列表

序列	标号	描述
1	CNR	以背景场制作数值预报,作为卫星资料同化应用效果比对的控制试验
2	EXP1	同化应用 NOAA18 AMSUA/MHS 资料分析场制作数值预报
3	EXP2	同化应用 NPP ATMS 资料分析场制作数值预报
4	EXP3	同化应用 NPP ATMS 降噪处理资料分析场制作数值预报

图 7 是 NPP ATMS 和 NOAA18 AMSUA/MHS 资料同化应用前后观测亮温和模拟亮温偏差的平均和均方根统计。横坐标表示偏差,单位为 K,左纵坐标为通道号,右侧纵坐标数字为对应通道同化最终使用的卫星资料数。需要指出的是,与前面仅对下垫面属性为洋面的观测点作统计不同,这里是包括了模式区域全部下垫面同化使用的卫星资料。图 7a 右侧的这组数字斜线前后

分别为降噪处理前后卫星资料的数目。标识 ATMS 和 ATMS-AVE 分别表示降噪处理前后结果,OI 和 AO 分别代表同化应用前后结果,ave 和 rms 分别是偏差平均和均方根。

从资料分析前后卫星模拟亮温对观测差的平均和均方根角度来讲,分析后偏差平均和均方根比分析前减小,说明资料同化应用效果较好。由图 7a 可看出,有降噪处理和没有降噪处理 ATMS 资料同化后的模拟亮温和观测偏差的平均和均方根都比分析前减小,说明 ATMS 资料应用都是正效果;此外,分析前降噪处理的偏差平均和均方根在多数通道都小于不降噪处理的结果,但在 18、19 通道却比不降噪处理的要大,这一点与图 3 的结果相悖。因为图 3 是偏差订正前而图 7 是订正后的结果,说明是否降噪处理使用一样的偏差订正系数还是有一些问题。就分析后的数据来看,降噪处理结果一致优于无降噪处理结果。

此外,比较 NPP ATMS(图 7a)和 NOAA18 AMSUA/MHS(图 7b)的结果显示,同化前,ATMS 资料偏差的平均和均方根均小于 NOAA18 AMSUA/MHS 对应通道,特别是在湿度探测段,ATMS 偏差平均和均方根分别为-1.0 K 以内和 2.0 K 附近,而 MHS 分别在-1.0 K 附近和 2.0 K 以外;同化后也是湿度探测段差别比较明显,ATMS 偏差均方根在 1.0 K 左右,MHS 则在 1.0~1.5 K 之间。说明 NPP 资料的使用效果略优于 NOAA18,特别是 NPP ATMS 湿度探测通道和 NOAA18 的 MHS。此外,参与同化的 NPP 卫星资料数目明显多于 NOAA18。

图 8 为各试验 850 hPa 位势高度特征线 54 h 预报结果以分析不同资料同化应用对台风中心预报的影响,黑线是控制试验,红线、绿线和黄线分别为 EXP1、EXP2 和 EXP3 的结果。预报终止时刻“苏拉”台风正登陆台湾花莲沿海,没有同化应用任何卫星资料的控制试验的台风中心在台湾岛东北洋面,与实况差别较大,而使用 NOAA18 AMSUA/MHS 资料后使台风预报位置偏向实况,但中心位置仍处于海上。同化应用 NPP ATMS 资料的 EXP2 和 EXP3 则使预报台风中心移到台湾

岛东北部,几乎“完美”地再现了实况。结果表明:使用 NPP ATMS 卫星资料能更明显地改善台风数值预报效果,这与 ATMS 资料比 AMSUA/MHS

具有更广的资料覆盖率和更丰富的探测信息相一致, NPP ATMS 资料将会在数值天气预报应用中占据主要位置并发挥重要作用。

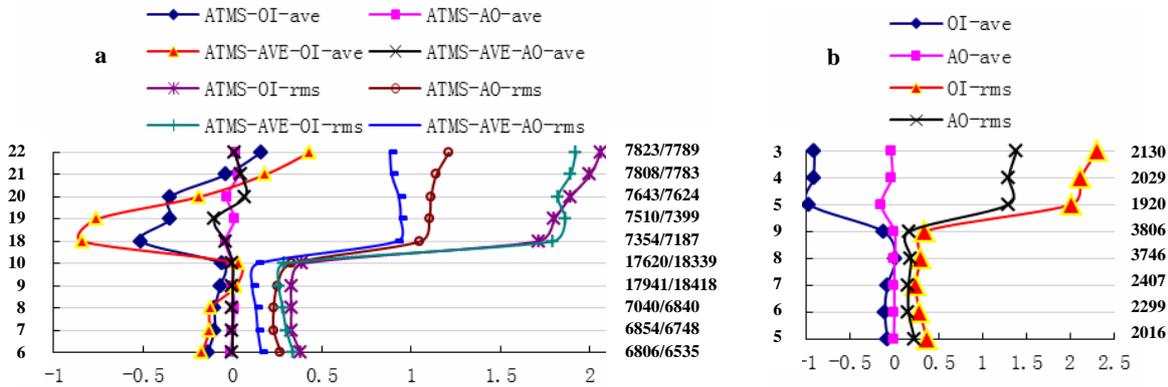


图7 NPP ATMS(a)和 NOAA18 AMSUA/MHS(b)资料同化应用前后观测亮温和模拟亮温偏差平均(后缀为 ave, 横坐标, 单位: K)和均方根(后缀为 rms) 左纵坐标为通道号, 右侧纵坐标数字为对应通道同化最终使用的卫星资料数, 斜线前后分别为降噪处理前后卫星资料数。标识 ATMS 和 ATMS-AVE 分别表示降噪处理前后的结果, OI 和 AO 分别代表同化应用前后的结果。

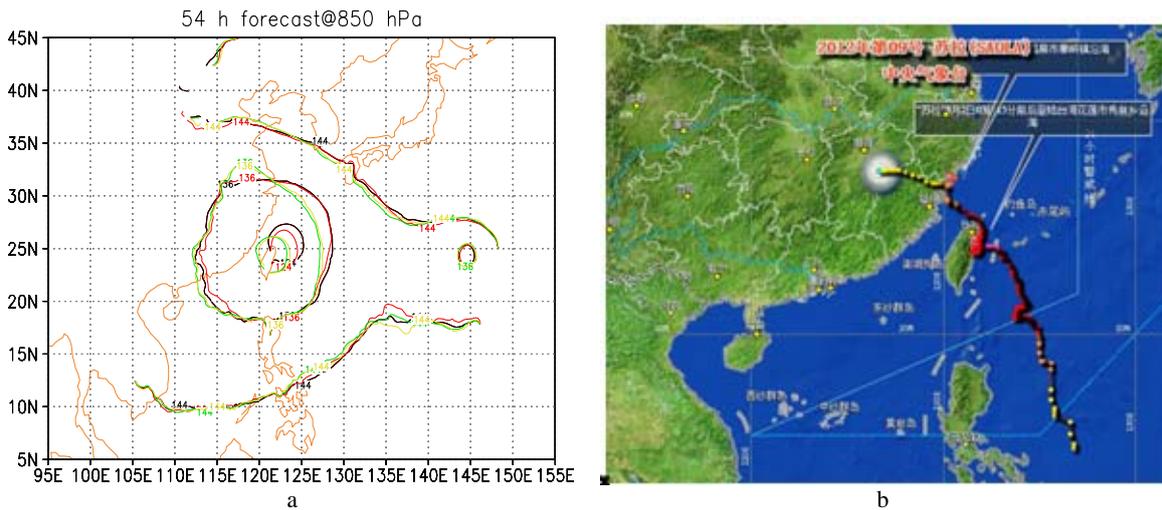


图8 850 hPa 位势高度特征线 54 h 预报结果(a)和台风实况(b, 摘自中国天气台风网: <http://typhoon.weather.com.cn/flash/index.html>) 黑线: CNR; 红线: EXP1; 绿线: EXP2; 黄线: EXP3。

需要指出的是, 图 8 中未降噪处理 EXP2 和降噪处理 EXP3 的结果只能说二者效果相当。应该说, 降噪处理能降低 ATMS 的噪声水平, 但降噪处理与否不会就对 ATMS 资料的使用和应用效果带来严重的影响, 同时, 目前研究中降噪处理与否偏差订正和观测误差等都取得一样也是不恰当的。从资料同化角度来说, 将 ATMS 资料噪声降低到与其它卫星资料噪声相当的水平, 将利于今后多种资料的综合应用。其中还需要针对处理方法及资料特征开展大量细致的工作, 以在同化系统中最大限度地发挥作用。

## 6 结论和讨论

在 WRFDA 框架下扩展了 NPP 卫星搭载微波传感器 ATMS 资料的同化应用功能, 针对 2012 年第 9 号强台风“苏拉”开展了初步研究, 同时就 NOAA18 卫星上的 AMSUA/MHS 结果进行比较。

(1) ATMS 探测质量优于或与 AMSUA/MHS 相当, 同时, 由于 ATMS 具备的高空间覆盖率、增多的温度探测扫描点和湿度探测通道, 可以为资料同化系统提供更丰富的观测信息, 有效改善数值预报效果。

(2) ATMS 卫星资料的降噪处理是资料同化应用的一个初始环节, 个例研究表明, 总体上可以降低噪声和提高资料的使用效果, 但是在湿度探测段低层通道上发现经偏差订正后降噪处理结果误差有所增大, 说明针对处理方式还需要调整资料应用的多个环节。

(3) 偏差订正前, ATMS 温度探测 9 通道和湿度探测 22 通道卫星的观测和模拟间存在较大偏差, 是 ATMS 资料同化应用中需要注意的。

(4) ATMS 卫星探测与 AMSUA/MHS 探测通道设置较大的差别之一是在窗区通道, 由此

主要依据窗区通道探测的云检测方案在 ATMS 资料同化应用中需要加以调整和试验。

本文对 ATMS 资料的应用还是非常初步的工作, 许多细节处理还很粗糙, 包括降噪处理和未降噪处理偏差订正使用的是 NOAA18 AMSUA/MHS 相应的统计系数, 观测误差暂时选取与 AMSUA/MHS 一样。要充分发挥出卫星资料的效能, 在偏差统计和误差特征处理等方面仍需要展开大量深入的工作<sup>[15]</sup>。同时, 本研究只是针对一个个例, 今后将进行长时段的应用和统计检验。

## 参 考 文 献:

- [1] 董佩明, 薛纪善, 黄兵, 等. 数值天气预报中卫星资料同化应用现状和发展[J]. 气象科技, 2008, 36(1): 1-7.
- [2] 薛纪善. 气象卫星资料同化的科学问题与前景[J]. 气象学报, 2009, 67(6): 903-911.
- [3] EYRE J. Impact studies with satellite observations at the Met Office[C]//Fifth WMO Workshop on the Impact of Various Observing Systems on Numerical Weather Prediction. Sedona: WMO, 2012. [http://www.wmo.int/pages/prog/www/OSY/Reports/NWP-5\\_Sedona2012.html](http://www.wmo.int/pages/prog/www/OSY/Reports/NWP-5_Sedona2012.html).
- [4] 何卓琪, 梁建茵, 温之平, 等. 被动式微波遥感技术发展及其对汽/液态水物理参数反演的研究进展[J]. 热带气象学报, 2012, 28(4): 443-450.
- [5] BELL W, BORMANN N, MCNALLY T, et al. Preparations for the assessment of NPP data at ECMWF and the Met Office[C]//Proceedings of 2011 EUMETSAT Meteorological Satellite Conference. Oslo, 2011. [http://www.eumetsat.int/Home/Main/AboutEUMETSAT/Publications/ConferenceandWorkshopProceedings/2011/groups/cps/documents/document/pdf/conf\\_p59\\_s4\\_04\\_bell\\_v.pdf](http://www.eumetsat.int/Home/Main/AboutEUMETSAT/Publications/ConferenceandWorkshopProceedings/2011/groups/cps/documents/document/pdf/conf_p59_s4_04_bell_v.pdf).
- [6] COLLARD A, DERBER J, TREADON R, et al. Toward assimilation of CrIS and ATMS in the NCEP Global Model[C]//Proceedings of the 18<sup>th</sup> international TOVS study conference. Toulouse, 2012. <http://cimss.ssec.wisc.edu/itwg/itsc/itsc18/program/index.html>.
- [7] DOHERTY A. Early analysis of ATMS data at the Met Office[C]//Proceedings of the 18th international TOVS study conference. Toulouse, 2012. <http://cimss.ssec.wisc.edu/itwg/itsc/itsc18/program/index.html>.
- [8] NIELS B, ANNE F, WILLIAM B. Evaluation and assimilation of ATMS data in the ECMWF system[R]. Technical Memorandum 689, ECMWF, 2012: 16.
- [9] 董佩明, 黄江平, 刘桂青. FY-3A微波探测资料的直接同化应用及云雨条件下的亮温模拟[J]. 热带气象学报, 2014, 30(2): 302-310.
- [10] 杨引明, 杜明斌, 张洁. FY-3A 微波资料在“莫拉克”台风预报中的同化试验[J]. 热带气象学报, 2012, 28(1): 23-30.
- [11] DONG P M, HUANG J P, HUANG X Y, et al. Implement and preliminary experiment of FY-3 and NPP microwave satellite data assimilation in WRFDA[C]//2013 WRF User Workshop. Boulder, 2013. <http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users/workshops/WS2013/WorkshopPapers.php>.
- [12] GOODRUM G, KIDWELL K B, WINSTON W. NOAA KLM User's Guide section 3.9[R]. Suitland: NOAA, NOAA-NESDIS/NCDC, <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/pod-guide/ncdc/docs/klm/html/c3>.
- [13] MUTH C, LEE P S, SHIUE J C, et al. Advanced Technology Microwave Sounder on NPOESS and NPP[C]//Geoscience and Remote Sensing Symposium. 2004, IGARSS '04 Proceedings.
- [14] WANG W, BRUYERE C, DUHA M, et al. WRF-ARW version 3 modeling system User's guide[R]. 2010, <http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/>.
- [15] 杨寅, 韩威, 董佩明. AMSU微波探测资料同化的质量控制方法概述[J]. 气象, 2011, 37(11): 1395-1401.

## STUDY ON THE ASSIMILATION OF ATMS SATELLITE DATA AND COMPARISON WITH AMSUA/MHS

DONG Pei-ming<sup>1,2</sup>, LIU Jian-wen<sup>1</sup>, LIU Gui-qing<sup>2</sup>, HUANG Jiang-ping<sup>1,3</sup>

( 1. Beijing Aviation Meteorological Institute, Beijing 100085, China;

2. Numerical forecast center, Chinese Meteorological Administration, Beijing 100081, China;

3. State Key Laboratory of Atmospheric Boundary Layer Physics and Atmospheric Chemistry,  
Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China )

**Abstract:** To use the ATMS satellite observation in numerical forecast, the ATMS data assimilation module is extended in the framework of WRFDA. The preliminary application of ATMS data, along with the comparison with the result of microwave sensor AMSUA/MHS onboard NOAA18 satellite, is conducted on the No. 9 typhoon case “SAOLA” in July, 2012. The satellite data characteristics are analyzed and the effect of data assimilation on the regional numerical forecast is investigated. The results show that the ATMS data is generally of good quality, which is better than or comparable to that of NOAA18 AMSUA/MHS. At the same time, the use of ATMS data could enrich the observation information for the data assimilation system and improve the numerical weather forecast because the ATMS observation has higher data coverage, more scan points for temperature remote sensing and more channels for humidity observation. The process of reducing the noise is an initial step that is of relevance to the assimilation of ATMS data. Generally it decreases the noise and improves the performance of satellite data in our case study. It is found that the biases of reducing the noise in several low-humidity channels become large after the bias correction. It is suggested that the associated factors need to be adjusted in data usage that are related with this treatment. ATMS temperature unit channel 9 and humidity unit channel 22, which are utilized mainly in currenting data assimilation, have marked large bias between the observation and simulated brightness temperature before the bias correction. It makes an issue on which special attention should be paid in the use of ATMS. In addition, compared to AMSUA/MHS, the ATMS window channel has changed significantly. The cloud examination scheme, which is generally based on the observation of the window channel, must be revised and investigated in the assimilation of ATMS satellite data.

**Key words:** numerical forecast; ATMS satellite data assimilation; WRFDA; AMSUA/MHS