



FY-4B大气参数类产品介绍

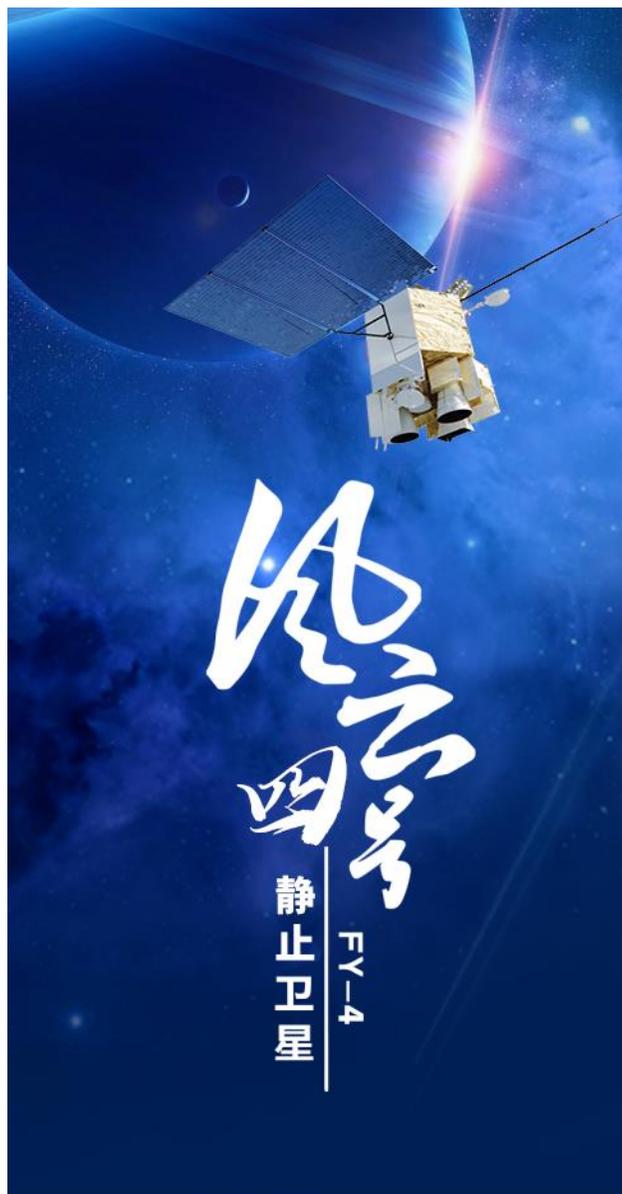
报告人：寿亦萱
国家卫星气象中心
二〇二三年八月



中国气象局



国家卫星气象中心
(国家空间天气监测预警中心)



CONTENTS

概述

01

大气参数产品介绍

02

应用展望

03

一、概述

大气要素

- 大气导风产品;
- 大气温度廓线产品;
- 大气湿度廓线产品;
- 降水估计产品;
- 对流层顶折叠 (气压、温度)产品;
- 相当黑体亮温(TBB)产品;

综合参数

- 分层水汽产品;
- 对流层顶折叠产品;
- 对流初生产品;
- 不稳定指数产品;

已经完成了8种大气参数产品研发和业务上线

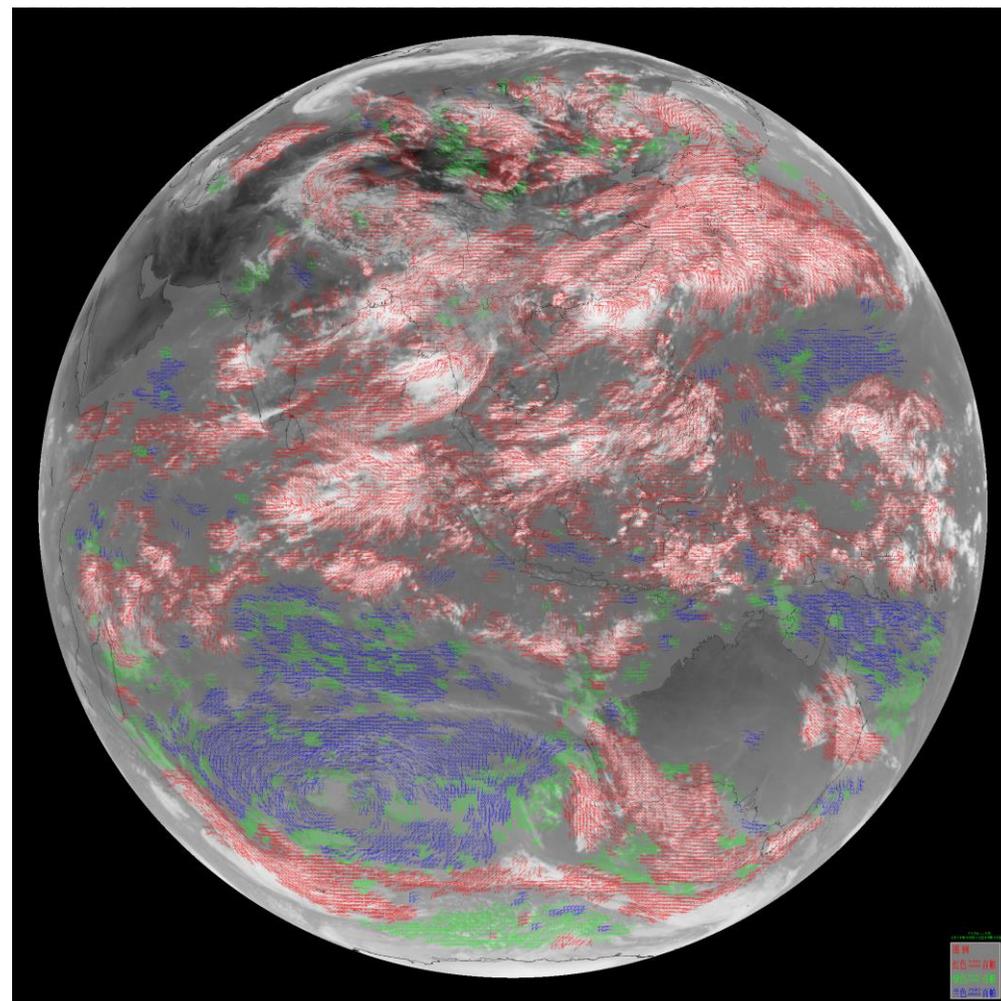


二、大气参数产品介绍

- 大气导风产品（Atmosphere Motion Vectors）

- 概述：

大气运动导风（也称“云导风”、“云迹风”、“大气运动矢量”）大气导风是使用气象卫星图像反演出的风场产品。该产品使用连续气象卫星图像追踪图像上示踪图像块的位移，并计算示踪图像块所代表的云或水汽等特征所在的高度层次，从而获得这些层次上风的大小和方向。产品包括：高、中、低层水汽通道导风以及红外通道导风。



二、大气参数产品介绍

• 大气导风产品 (Atmosphere Motion Vectors)

□ 算法原理:

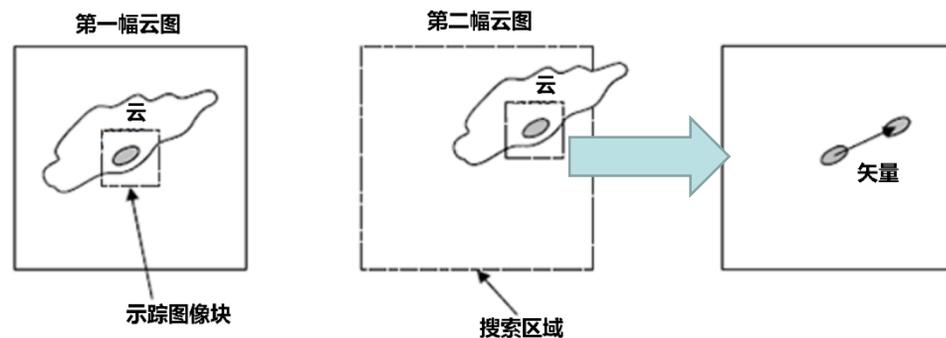
- 示踪图像块选取
- 目标追踪

业务中采用交叉相关法对有效示踪图像块在前后时次图像中搜索最佳匹配位置，通过示踪图像块和匹配图像块的位置关系计算风矢量

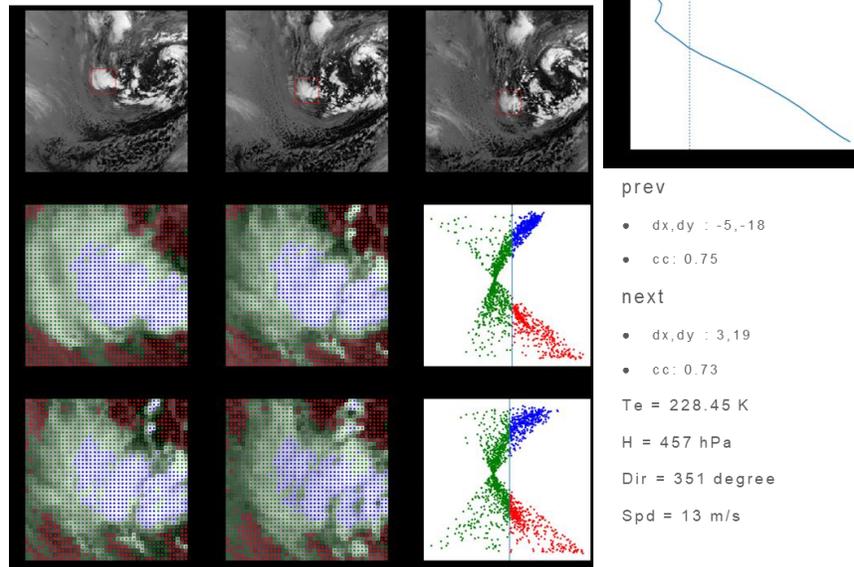
• 高度估计

- 等效黑体温度法
- 半透明云订正算法
- 在最大贡献像元算法基础上根据冷暖区段像素分布特征进一步细分四种类型提升高度估计精度

• 质量标识



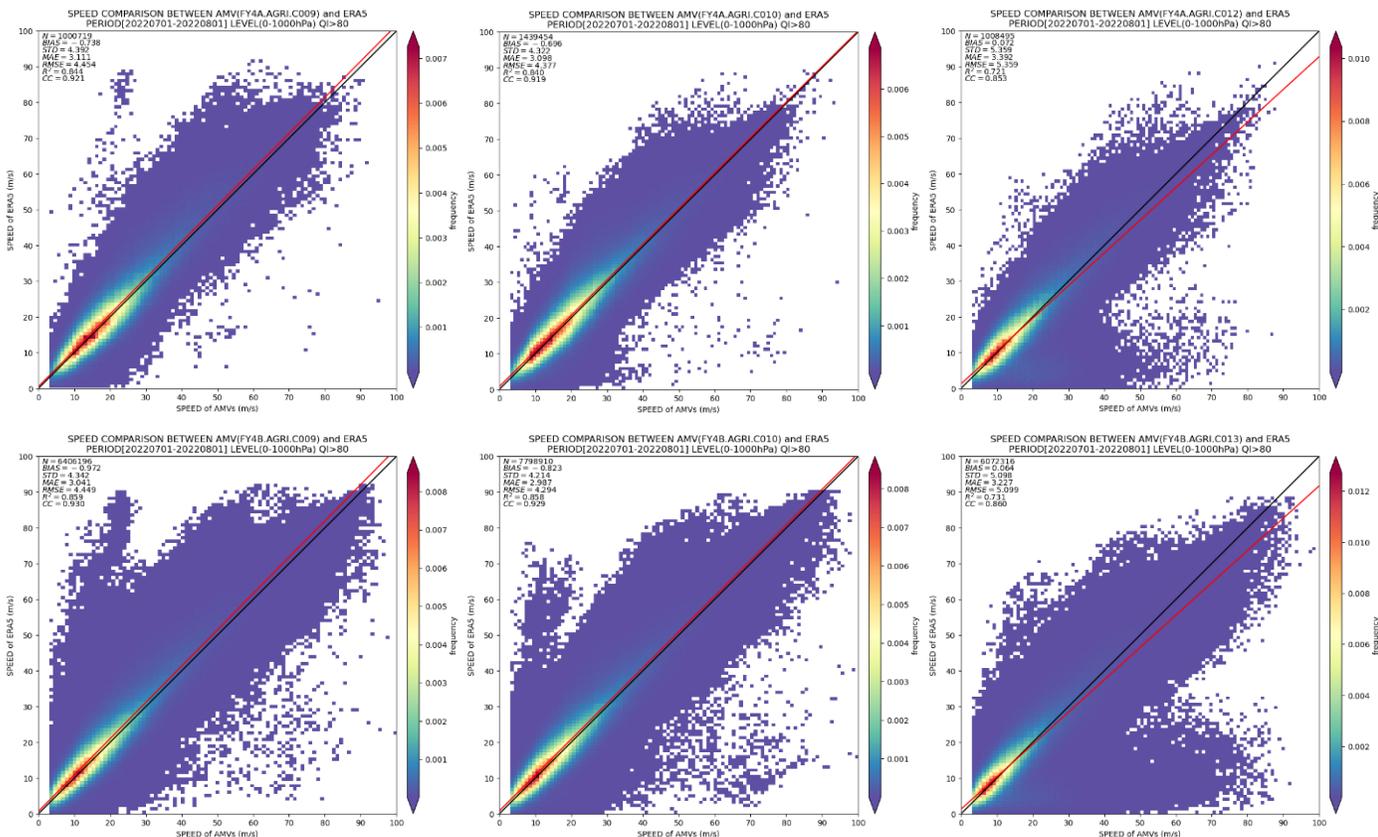
高度确定示例



二、大气参数产品介绍

• 大气导风产品 (Atmosphere Motion Vectors)

□ 精度评估:



FY4A、FY4B业务运行的三个对应通道云导风产品与ERA5风速进行比较, 分析结果可见:

FY4B云导风精度均优于FY4A

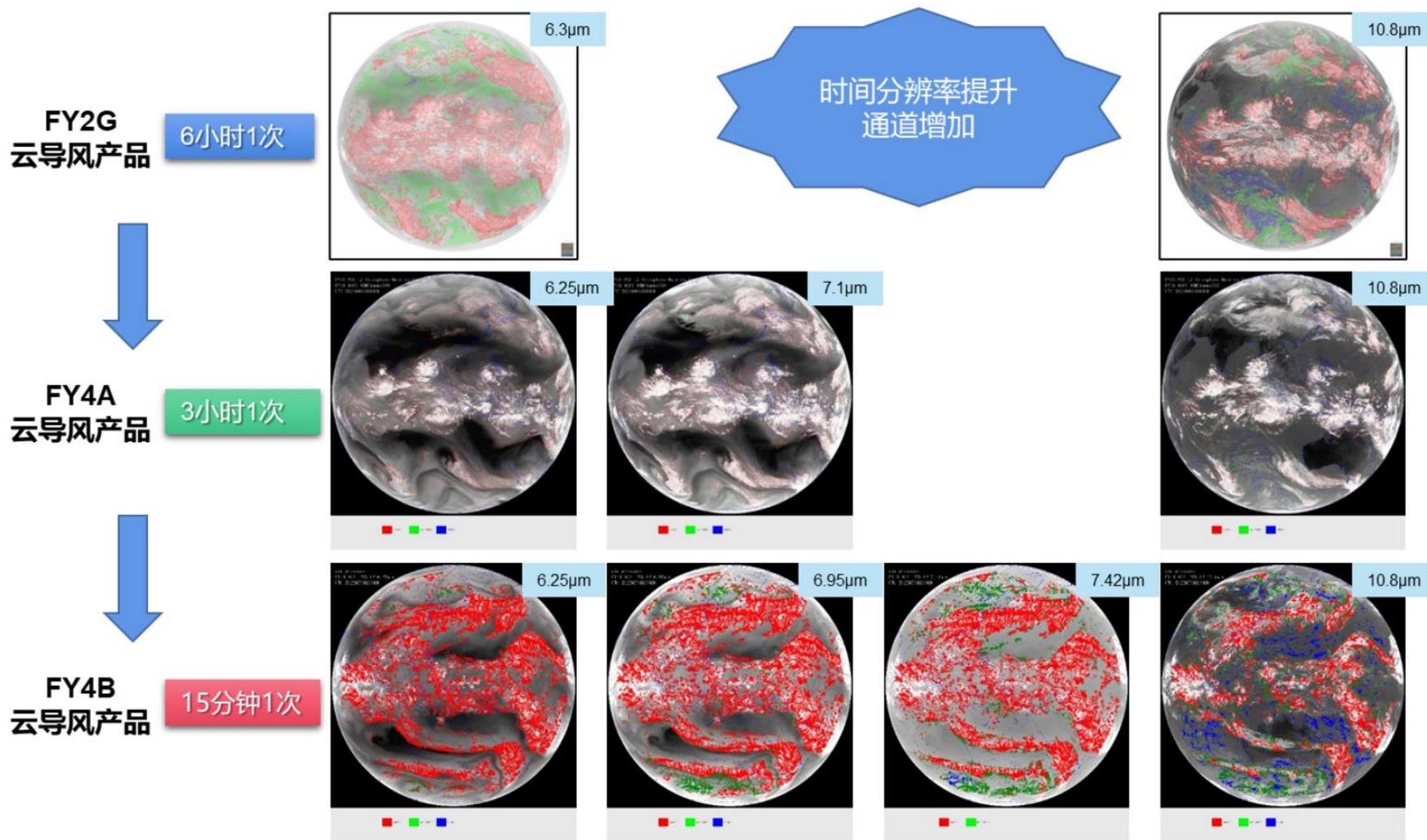
云导风风速与ERA5风速比较 (0-1000hPa, QI>80)

	WV(6.25μm)			WV(6.95μm)			IR(10.8μm)		
	N	MAE	RMSE	N	MAE	RMSE	N	MAE	RMSE
FY4A	1000719	3.11	4.45	2163977	3.30	4.76	1008495	3.39	5.36
FY4B	6406196	3.04	4.45	7798910	2.99	4.29	6072316	3.23	5.10



二、大气参数产品介绍

FY-4B云导风产品频次由FY-4A时的每3小时1次提升到每15分钟1次，同时增加了低层水汽导风，大大提升了云导风的使用效益（同化+天气分析）



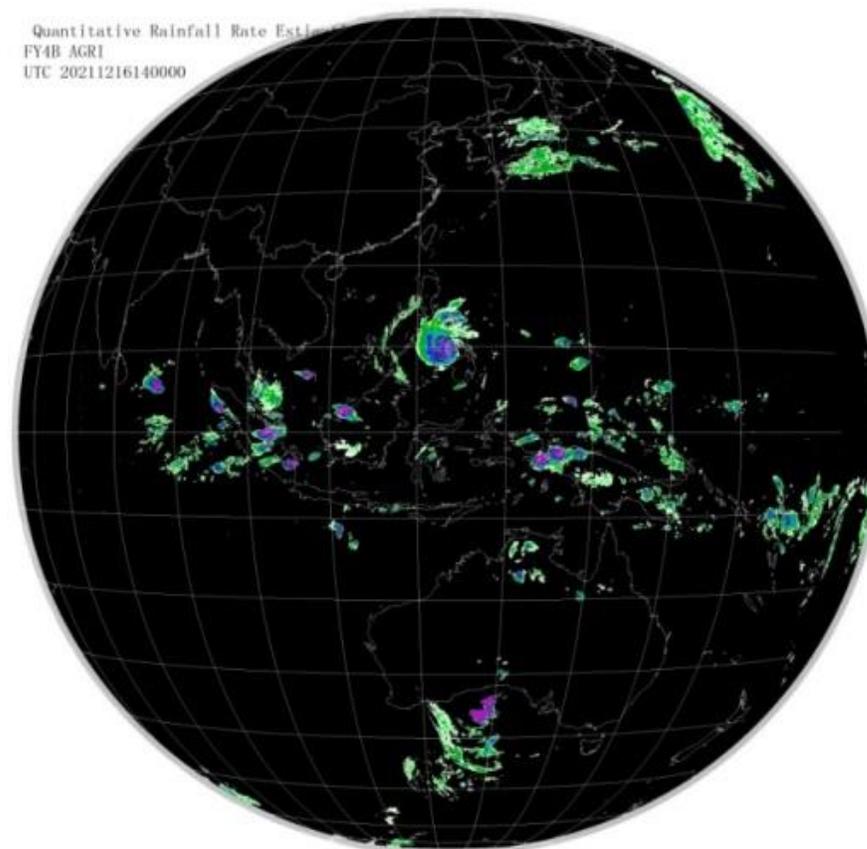
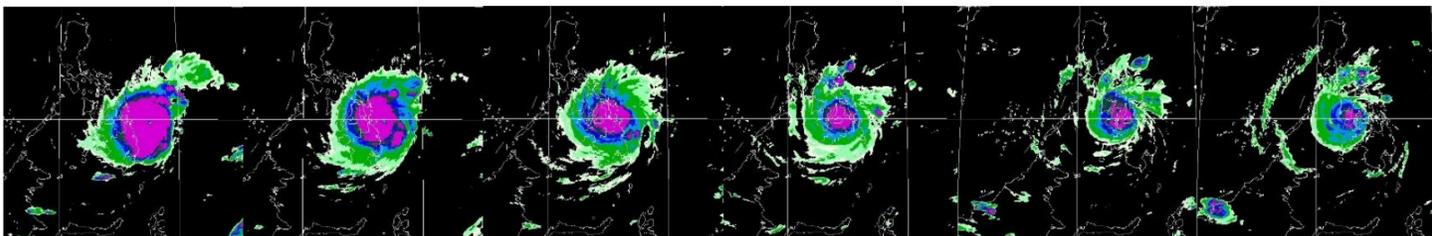
二、大气参数产品介绍

• 定量降水估计产品（Quantitative Precipitation Estimation）

□ 概述：

FY-4B的定量降水估计产品（QPE）是以微波降雨为校准源，基于FY-4B卫星先进的静止轨道辐射成像仪（AGRI）红外通道观测反演得到地面降雨；然后再与雨量计融合以获得修正陆面降雨强度。该产品提供了全圆盘观测范围内的地面降水信息，为天气预报和我国实况监测降水提供了重要的地面信息。

FY-4B于2021年12月16日00- 2021年12月17日00时每3小时的台风降水图



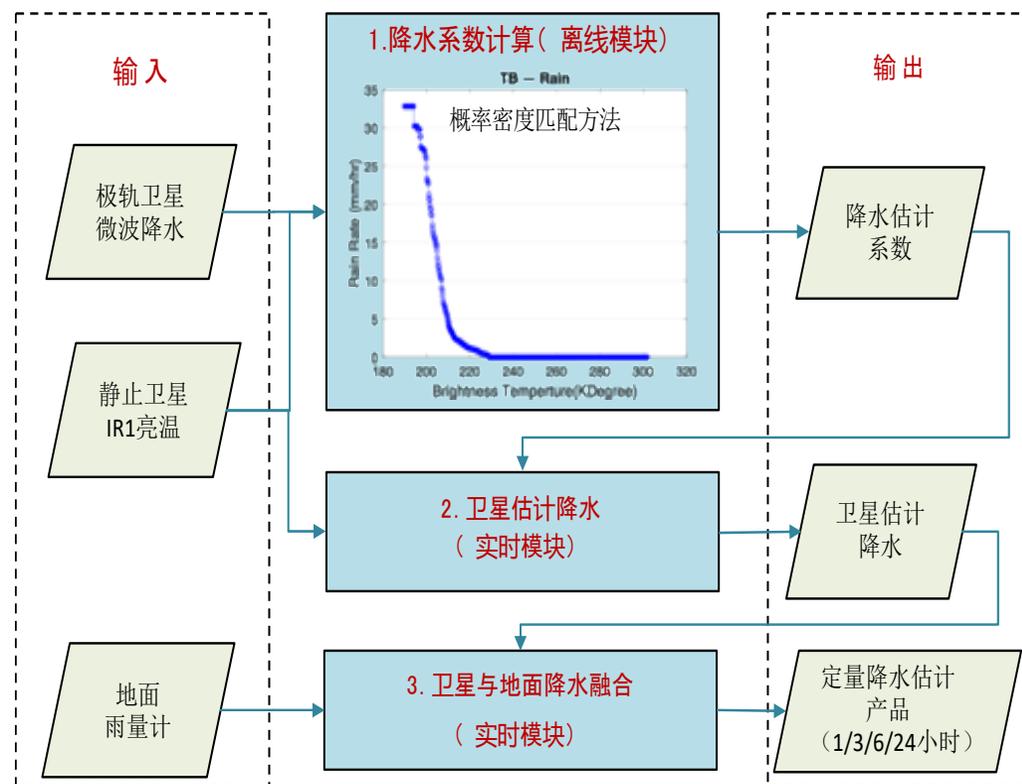
二、大气参数产品介绍

• 定量降水估计产品 (Quantitative Precipitation Estimation)

□ 算法原理:

静止卫星定量降水估计产品 (QPE) 算法, 主要分三步:

- ① 降水估计基础系数离线计算:** 首先依托极轨卫星微波瞬时降水与卫星观测红外亮温之间的概率密度匹配算法, 得到卫星降水估计阈值和TB→RR查找;
- ② 瞬时卫星降水估计:** 采用 ① 生成的离线阈值和系数, 反演得到实时卫星估计降水;
- ③ 卫星与地面降水融合:** 进一步利用我国加密地面雨量计进行实时订正, 生成了1/3/6/24小时覆盖全圆盘的高时空分辨率的地面降水过程监测信息。主要采用多雨量计的距离加权方法。



二、大气参数产品介绍

• 定量降水估计产品 (Quantitative Precipitation Estimation)

□ 精度评估:

FY-4B卫星估计降水精度分析 (vs. GPM/DPR)

FY-4A QPE	POD	FAR	ETS	偏差	相对误差	相关系数	8.9mm处CDF
2022年5月14-18日	0.91	0.42	0.54	0.92	53.77%	0.73	94.40%
2022年6月14-18日	0.94	0.55	0.43	1.27	59.25%	0.75	94.10%
2022年7月14-18日	0.87	0.52	0.44	1.33	76.53%	0.67	87.10%
2022年8月14-18日	0.91	0.42	0.54	0.95	49.25%	0.81	95.80%
2022年9月14-18日	0.92	0.51	0.46	0.98	49.82%	0.81	92.10%
2022年10月14-18日	0.93	0.41	0.56	1.19	59.83%	0.74	93.20%
2022年平均	0.92	0.47	0.46	1.08	56.64%	0.76	93.10%
FY-4B QPE	POD	FAR	ETS	偏差	相对误差	相关系数	8.9mm处CDF
2022年5月14-18日	0.93	0.46	0.51	0.99	53.12%	0.67	91.10%
2022年6月14-18日	0.95	0.47	0.5	1.75	74.49%	0.72	92.20%
2022年7月14-18日	0.95	0.47	0.5	1.84	83.74%	0.71	92.10%
2022年8月14-18日	0.96	0.45	0.52	2.51	119.54%	0.56	90.20%
2022年9月14-18日	0.95	0.48	0.49	1.2	61.25%	0.77	94.00%
2022年10月14-18日	0.95	0.44	0.53	1.44	70.96%	0.71	94.40%
2022年平均	0.95	0.46	0.46	1.66	79.15%	0.68	92.40%

正确率大于0.92，相关系数大于0.68，其检验精度与GOES-R卫星降水估计产品的精度相当。

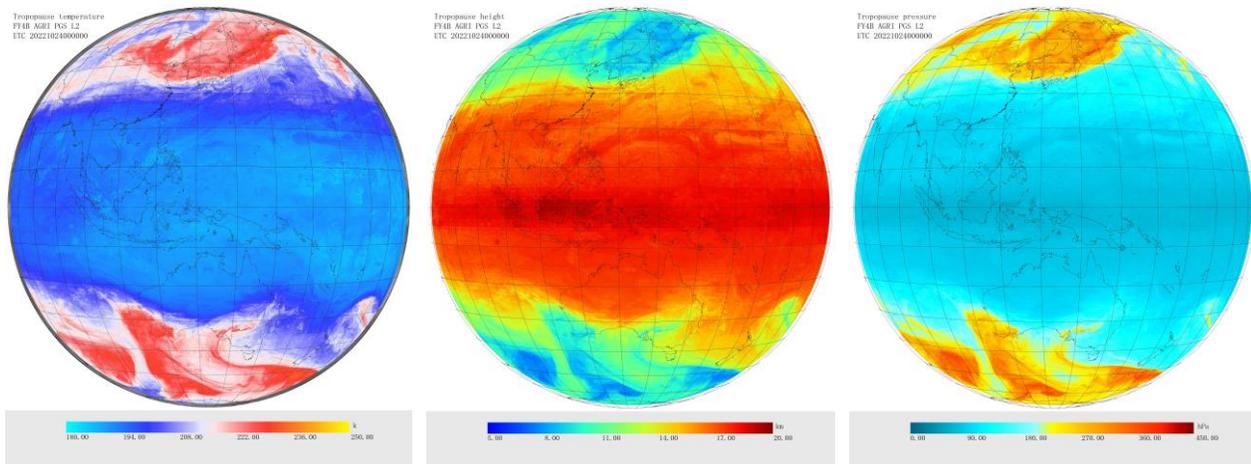
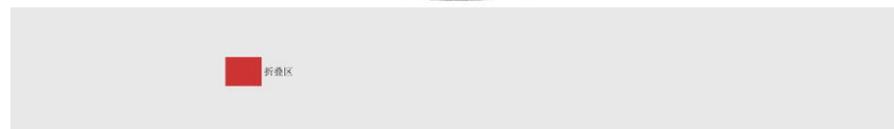
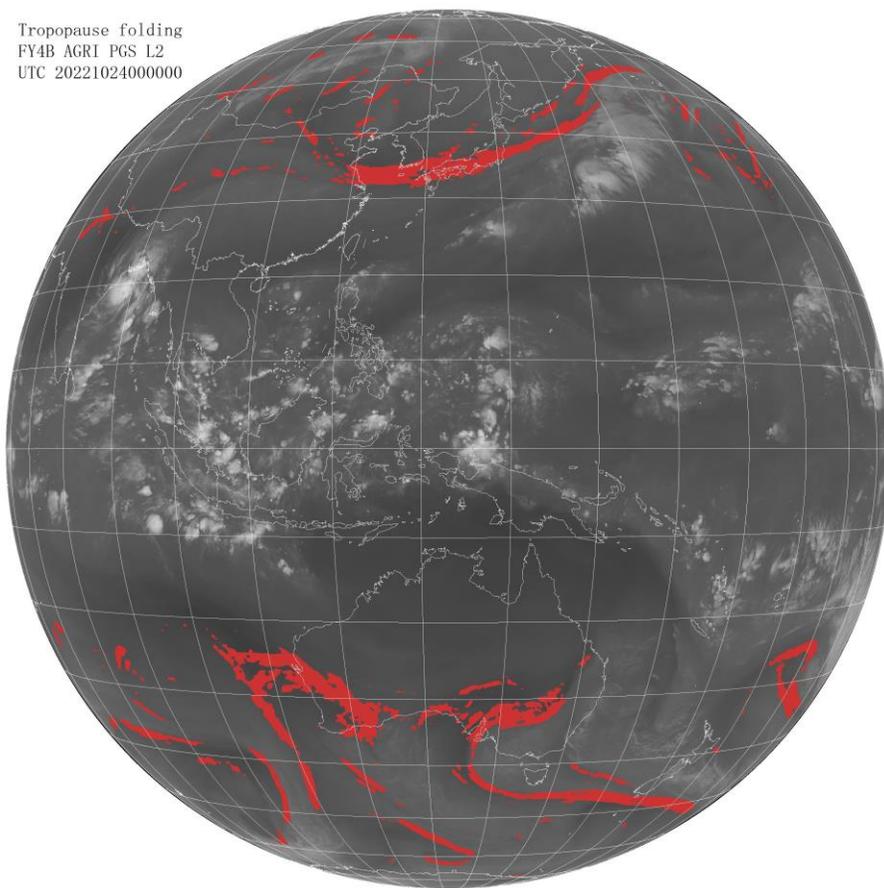


二、大气参数产品介绍

• 对流层顶折叠检测产品 (Tropopause Folding Prediction)

□ 概述:

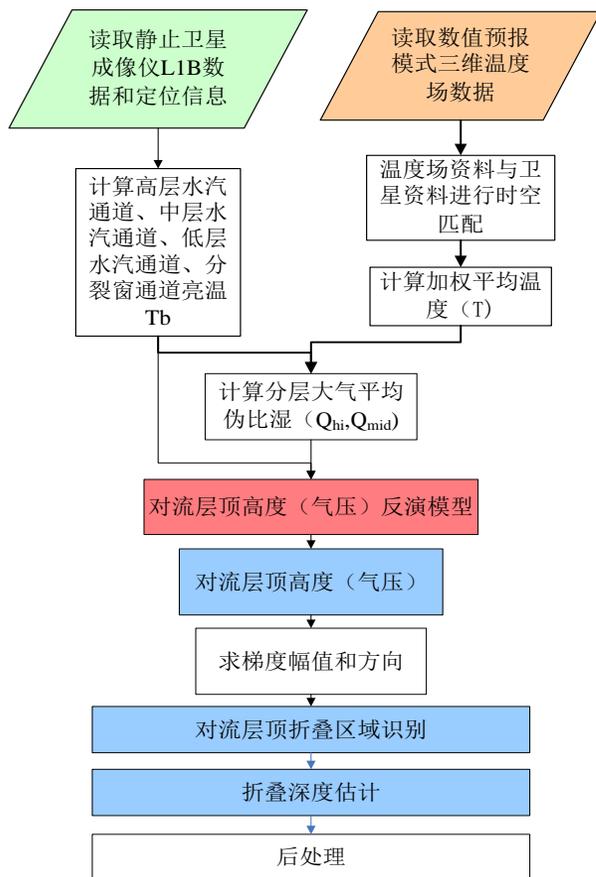
对流层顶折叠（又称干侵入）是与高空急流/锋动力过程密切相关的对流层上部的特殊大气现象。它常常出现在晴空无云的条件下，会触发气旋生、强对流，引起对流层上部晴空颠簸。FY-4B的对流层顶折叠检测产品（TFP）是基于成像仪多光谱联合观测，计算得到对流层顶温度、气压，进而反演得到对流层顶折叠发生区域及其深度。产品包括对流层顶气压、**对流层顶温度**、**对流层顶高度**和对流层顶折叠深度。



二、大气参数产品介绍

• 对流层顶折叠检测产品 (Tropopause Folding Prediction)

□ 算法原理:



- 对流层顶折叠算法分离线和线上两个部分。
- 离线部分主要是对流层顶高度（气压）、温度等对流层顶大气要素反演模型训练和构建。

算法线上部分具体包括4个步骤:

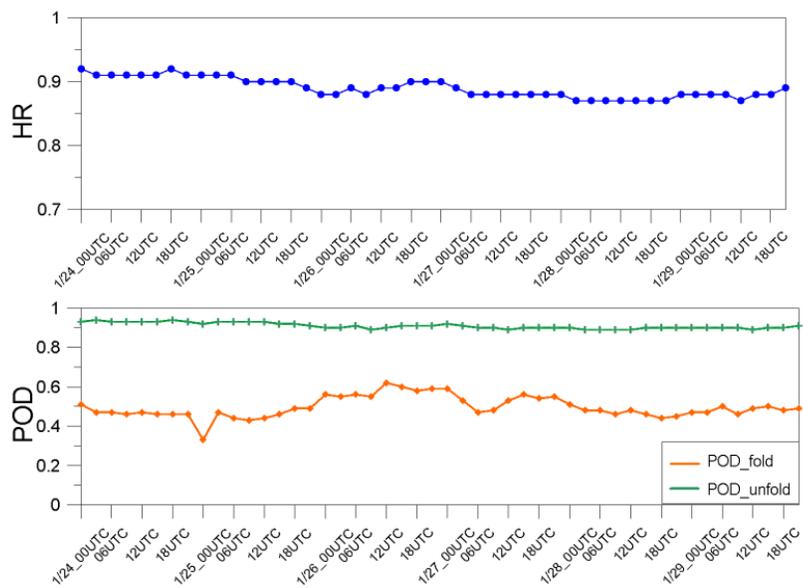
- 1) 获取卫星观测的 $6.25\ \mu\text{m}$, $7.1\ \mu\text{m}$, $10.8\ \mu\text{m}$, $12.0\ \mu\text{m}$ 通道信息，并与数值预报温度场进行时空匹配，计算中、高层大气平均比湿；
- 2) 利用离线建立的对流层顶参数统计回归模型，得到全天空条件下对流层顶高度（气压）、温度、高度的分布。
- 3) 在估算的对流层顶要素分布的基础上，求梯度幅值和方向，识别对流层顶折叠区域；
- 4) 根据经验公式估计折叠深度。

二、大气参数产品介绍

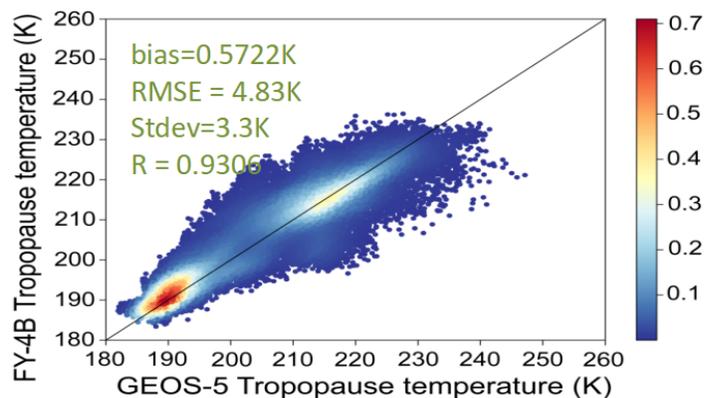
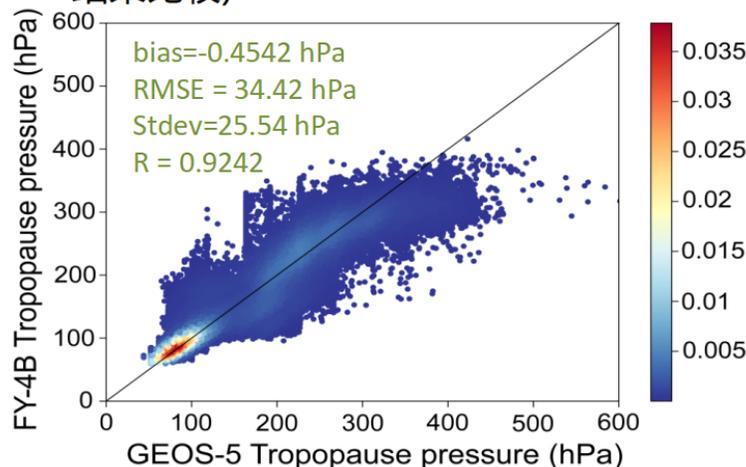
• 对流层顶折叠检测产品 (Tropopause Folding Prediction)

□ 精度评估:

FY-4B对流层顶折叠检测结果精度统计结果
(与GEOS5/MERRA-2结果比较)



	FY4B 对流层顶折叠检测
HR	0.89
POD_fold	0.51
POD_unfold	0.91



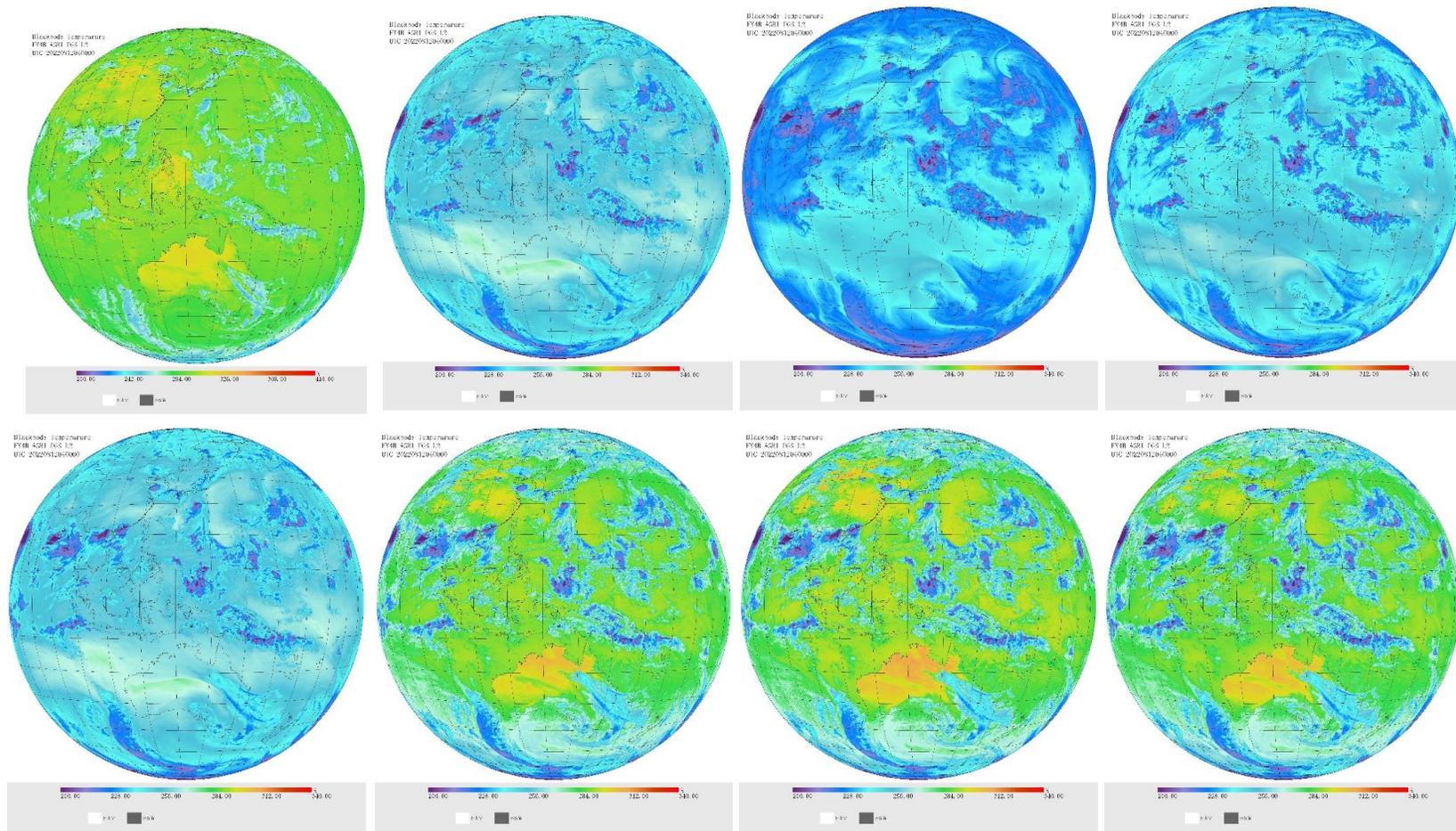
- 反演的FY4B对流层顶气压的均方根误差 ≤ 40 hPa, 标准差 ≤ 30 hPa, 相关系数 ≥ 0.9 ; 温度的均方根误差 ≤ 6 K, 标准差 ≤ 4 K, 相关系数 ≥ 0.9 。对流层顶折叠检测产品准确率 $\geq 80\%$

二、大气参数产品介绍

• 相当黑体温度产品 (Temperature Blackbody Equivalent)

□ 概述:

相当黑体温度产品（简称TBB）是由卫星通过扫描辐射仪观测下垫面物体获取的辐射值经量化处理后得到，它反映了不同下垫面的亮度温度状况。在天气、气候研究中有着较为广泛的应用，如对天气系统分析、暴雨研究和降水估计、气候模拟及诊断等都是作为常用资料之一。



二、大气参数产品介绍

• 大气垂直廓线产品 (Atmospheric Vertical Profile)

□ 概述:

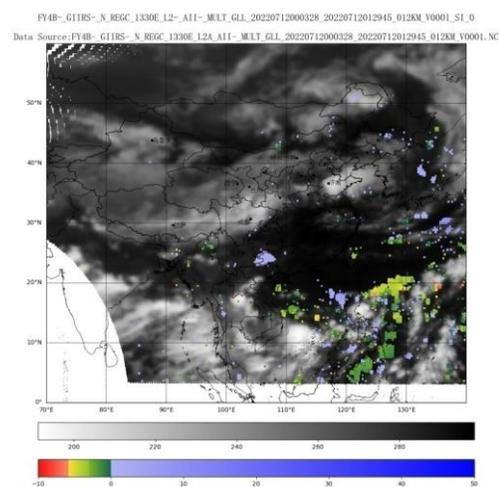
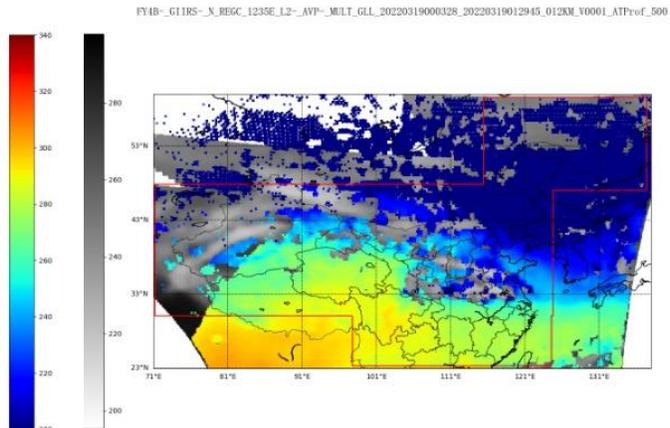
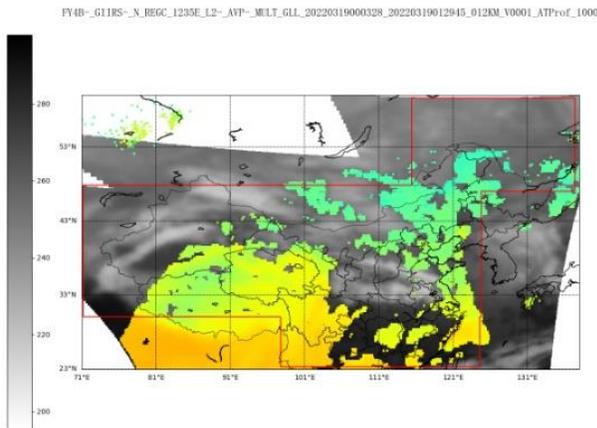
基于FY4B/GIIRS不同通道卫星观测辐射，根据大气辐射传输方程，使用双重回归反演算法，获得大气温、湿度的垂直分布，以及表征大气状态稳定度强弱的稳定度指数产品和分层水汽总量产品。

序号	产品名称	水平分辨率	扫描覆盖范围
1	晴空大气温度廓线	12 公里	65 度天顶角 (LZA)
2	晴空大气湿度廓线	12 公里	65 度天顶角 (LZA)
3	云天大气温度廓线	12 公里	65 度天顶角 (LZA)
4	云天大气湿度廓线	12 公里	65 度天顶角 (LZA)
5	大气抬升指数产品	12 公里	65 度天顶角 (LZA)
6	对流有效位能产品	12 公里	65 度天顶角 (LZA)
7	SI指数产品	12 公里	65 度天顶角 (LZA)
8	K指数	12 公里	65 度天顶角 (LZA)
9	TT指数产品	12 公里	65 度天顶角 (LZA)
10	分层水汽产品	12公里	65 度天顶角 (LZA)

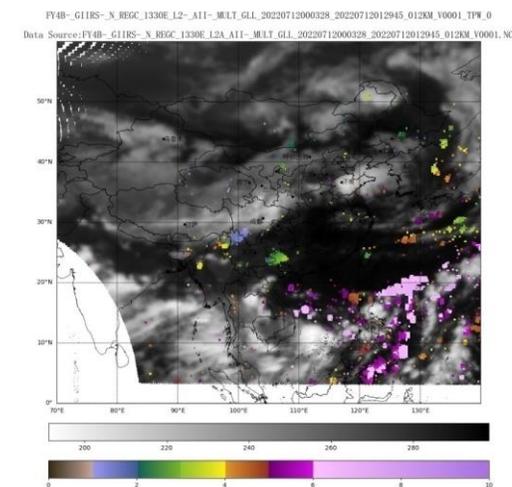
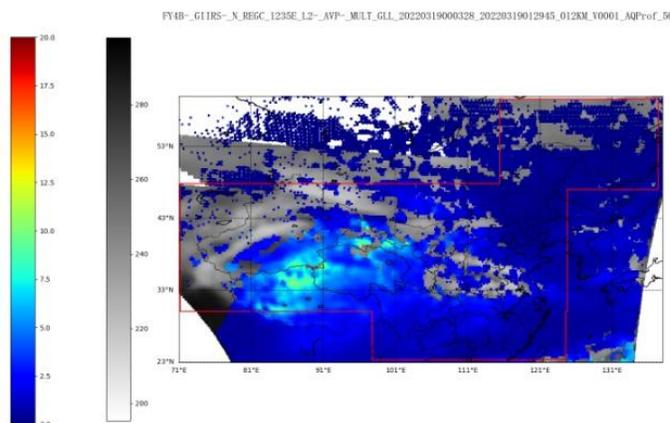
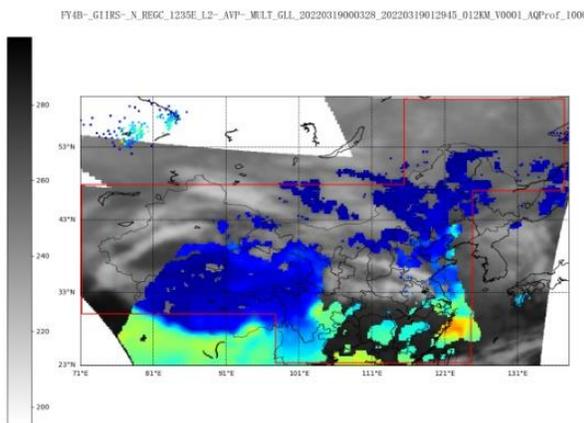


二、大气参数产品介绍

• 大气垂直廓线产品 (Atmospheric Vertical Profile)



沙氏指数



整层大气可降水

FY-4B产品图 (3月19日20时03分28秒)

1000hPa温度

500hPa温度

1000hPa湿度

500hPa湿度



二、大气参数产品介绍

• 大气垂直廓线产品 (Atmospheric Vertical Profile)

□ 算法原理:

晴空反演

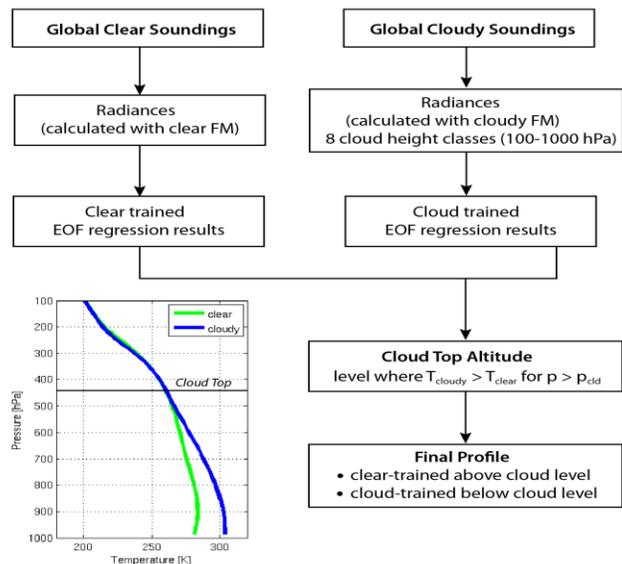
- 通道选择(O-B)
- 特征向量统计回归

01

云天反演

- 利用全球廓线数据库及其模拟辐射分别计算出晴空、有云天气条件下特征向量回归系数。
- 晴空回归系数训练（扫描角和亮温分级）；有云回归系数训练（扫描角和气压分级）
- 根据数值预报场温湿度廓线数据和反演结果确定关键层：表面气压层、对流层顶和云顶高度
- 根据反演结果计算大气不稳定指数

02



二、大气参数产品介绍

• 大气垂直廓线产品 (Atmospheric Vertical Profile)

□ 精度评估:

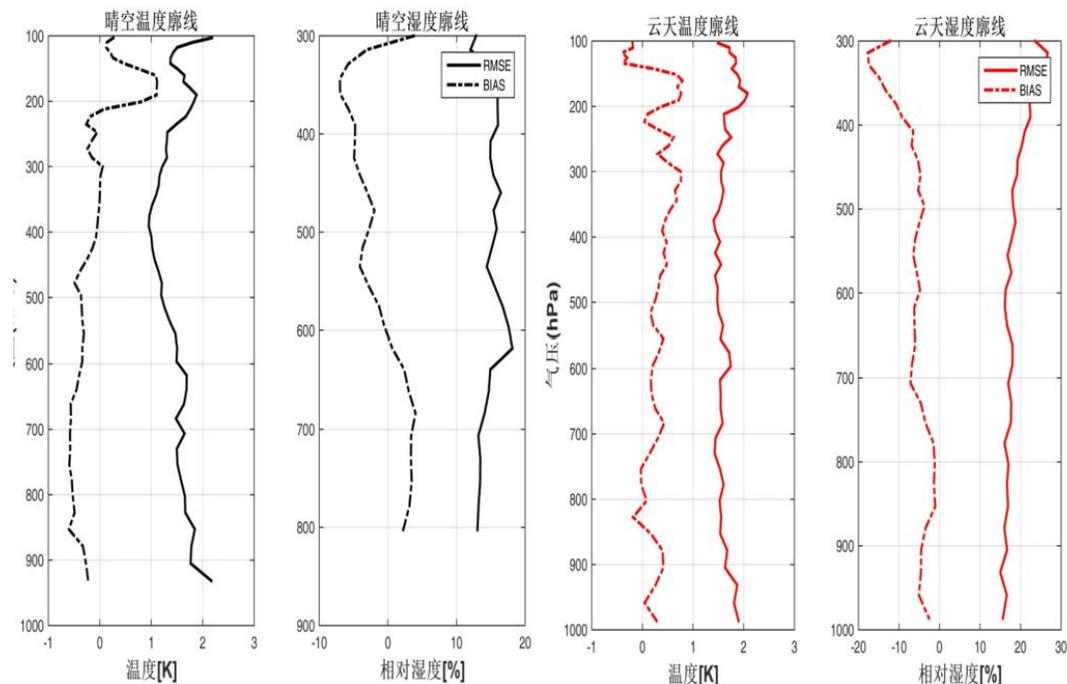
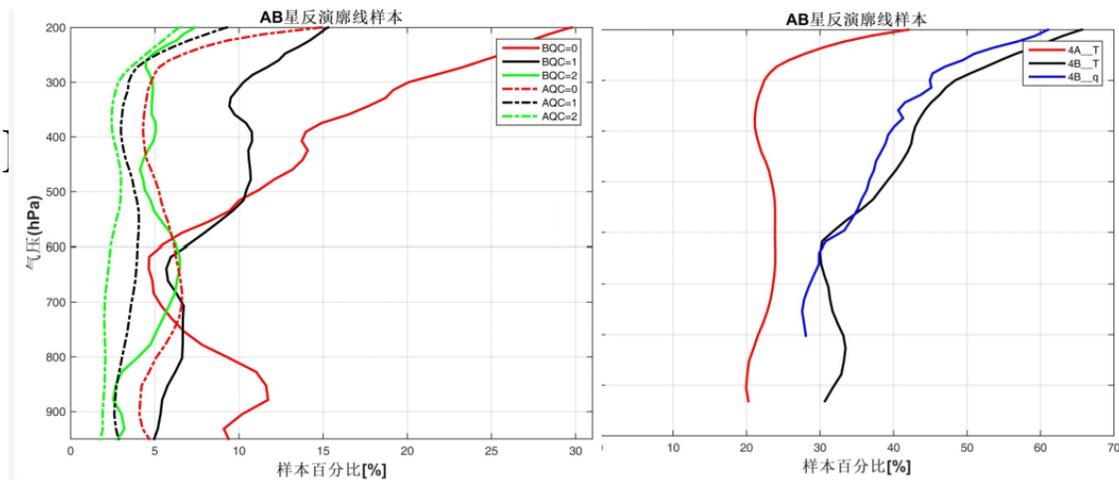
✓ 对比数据: FY-4B/GIIRS AVP产品 (Qc=0)

✓ “真值”: 无线电探空

• 匹配原则: 时间差30min、水平空间差50km

• FY-4B大气温湿度产品高质量样本比例显著优于FY-4A

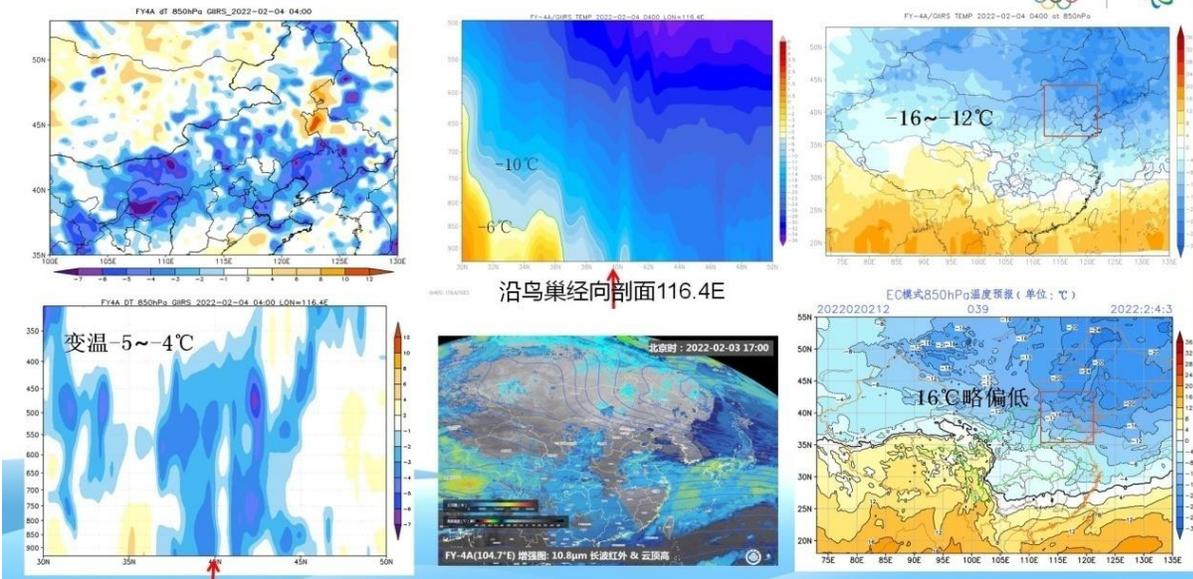
- 晴空温度廓线: 1.41 K (250 – 700 hPa) ;
1.72K (700-sfc)
- 晴空大气湿度廓线: 14.2%
- 云天大气温度廓线: 1.63K (100 – 700 hPa) ;
1.73K (700 – SFC)
- 云天大气湿度廓线: 19.3%



三、应用展望

二、气象卫星冷空气活动温度监测

FY-4A/GIIRS 850hPa 2022年2月4日 04:00 (北京时)



左图是2022年2月4日冬奥会开幕式前专项天气会商时卫星中心提供的冷空气活动温度监测图，通过风云四号大气温度廓线产品可以清晰的从空间、时间角度监测冷空气活动轨迹，为预报员提供详细、立体的天气信息。

气象卫星专题气象服务报告

2022年第40期

中国气象局国家卫星气象中心 2022年11月29日

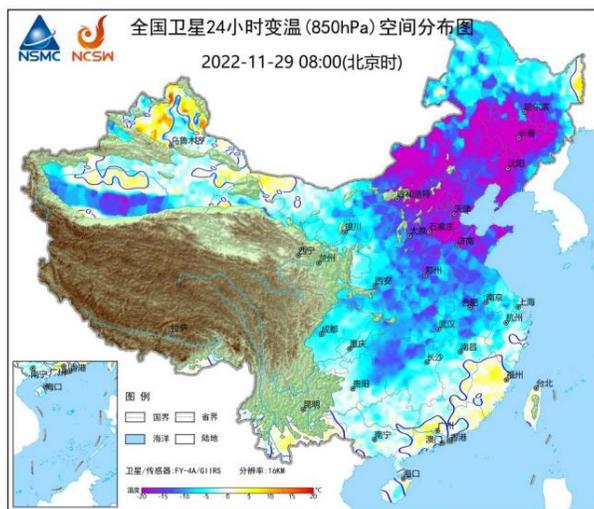
气象卫星监测冷空气活动

受强寒潮天气过程的影响，28日以来，内蒙古中东部、黑龙江、吉林、辽宁中东部等地出现小到中雪或雨夹雪天气；其中，吉林东部、辽宁东北部局地出现大到暴雪。

FY-4A气象卫星GIIRS今天早晨08:00时(北京时，下同)的24小时变温图像(图1)显示：过去24小时，内蒙古中东部、东北地区大部、华北、黄淮、江淮和江汉等地上空出现大范围负变温区，最大变温幅度达-20℃以上。目前，负变温区的前缘已经抵达江南北部一带。

10:00时FY-4A气象卫星真彩色图像显示(图2)：冷空气过境后的蒙古国东部、内蒙古中东部和东北地区等地出现明显积雪覆盖。

预计，寒潮将继续东移南下影响中东部地区，造成剧烈的大风降温天气，需关注雨雪冰冻等次生灾害。



三、应用展望



Station type

- land or ocean surface
- lake or river
- sub-surface
- air

Reporting status declared

- operational
- partly operational
- silent
- closed
- unknown

World Meteorological Organization
Federal Department of Home Affairs FDHA
Federal Office of Meteorology and Climatology MeteoSwiss

WMO 探空站分布 (GTS)
全球仅有不到一千个站

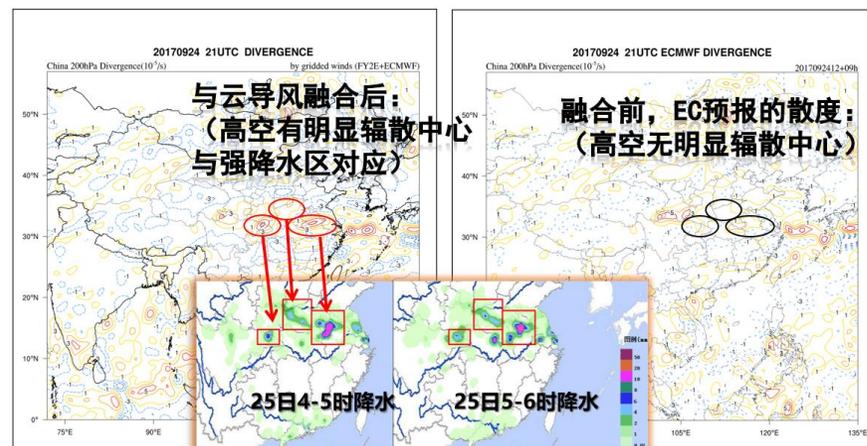
大气运动导风产品提供了地球广阔区域上重要的对流层风场信息，尤其是包括海洋和南半球陆地在内的缺乏站点风场观测资料的地区。

优势：静止卫星能全天候不间断地观测大气运动，与其他观测资料相比，静止卫星云导风资料具有覆盖范围广、时空密度大等优点，因此，它能有效弥补海洋、高原等地区观测信息的不足，为天气分析和数值预报提供大量有用的观测资料

应用方向：

1. 大气运动导风产品与云图叠合显示，在主要雨带、副热带高压、强对流和热带气旋的诊断、分布、预报中十分有用。
2. 大气运动导风产品为业务NWP数据同化系统提供了重要的风观测资料，这些资料已被证明可以改善包括热带气旋在内的数值天气预报。

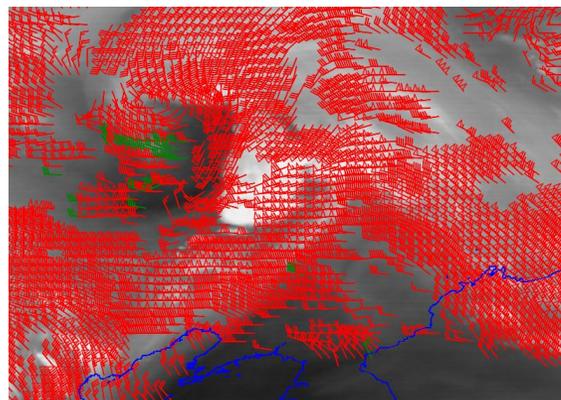
在会商中天气系统监测分析应用



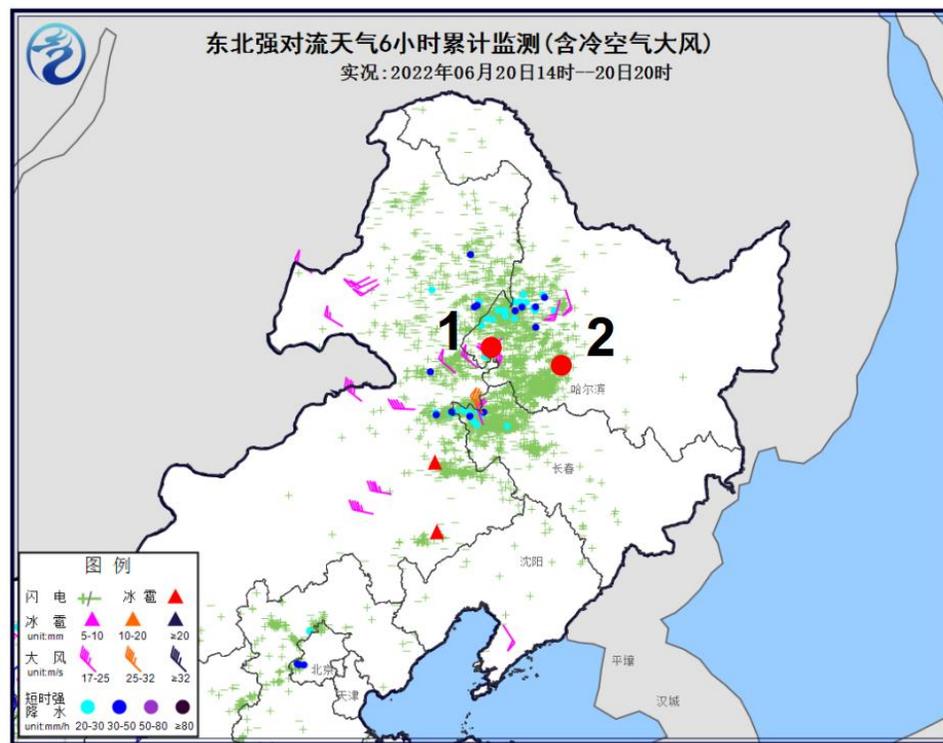
结果表明：
对于模式预报的高层风场有明显的优化作用，可更好的用来分析垂直上升运动的大值中心，对于暴雨落区的分析和预报具有重要意义。

三、应用展望

综合应用:

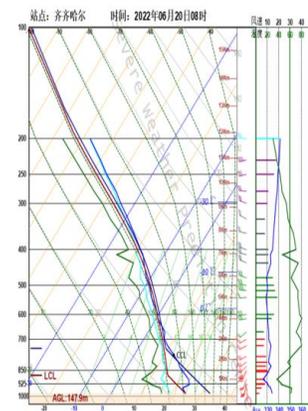


2022年6月20日 0600-1200UTC 对流天气监测实况

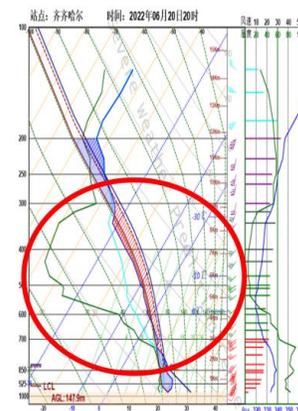


Station 1: 齐齐哈尔

Jun 20 0000UTC

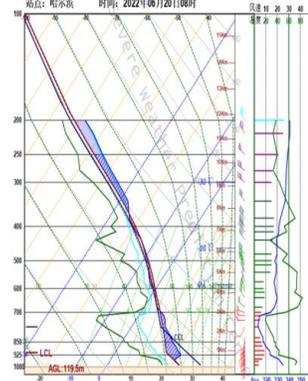


Jun 20 1200UTC



Station 2: 哈尔滨

Jun 20 0000UTC



Jun 20 1200UTC

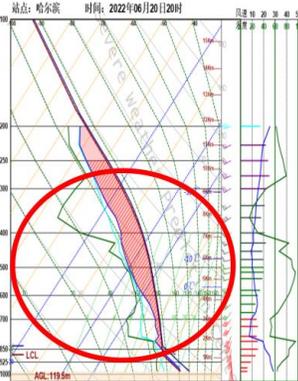


表. 2022年6月20日 0000UTC 和 1200UTC 齐齐哈尔及哈尔滨站不稳定指数变化情况.

St.	Name	MUCAPE(00UTC)	MUCAPE(12UTC)	Lapse rate _{700-500hPa} (00UTC)	Lapse rate _{700-500hPa} (12UTC)
1	齐齐哈尔	6	804 ↑	6.3°C/km	6.5°C/km ↑
2	哈尔滨	67	2160 ↑	5.8°C/km	7.6°C/km ↑

图. 2022年6月20日 0000UTC和1200UTC 齐齐哈尔及哈尔滨站 T-lnp 图

三、应用展望

综合应用:

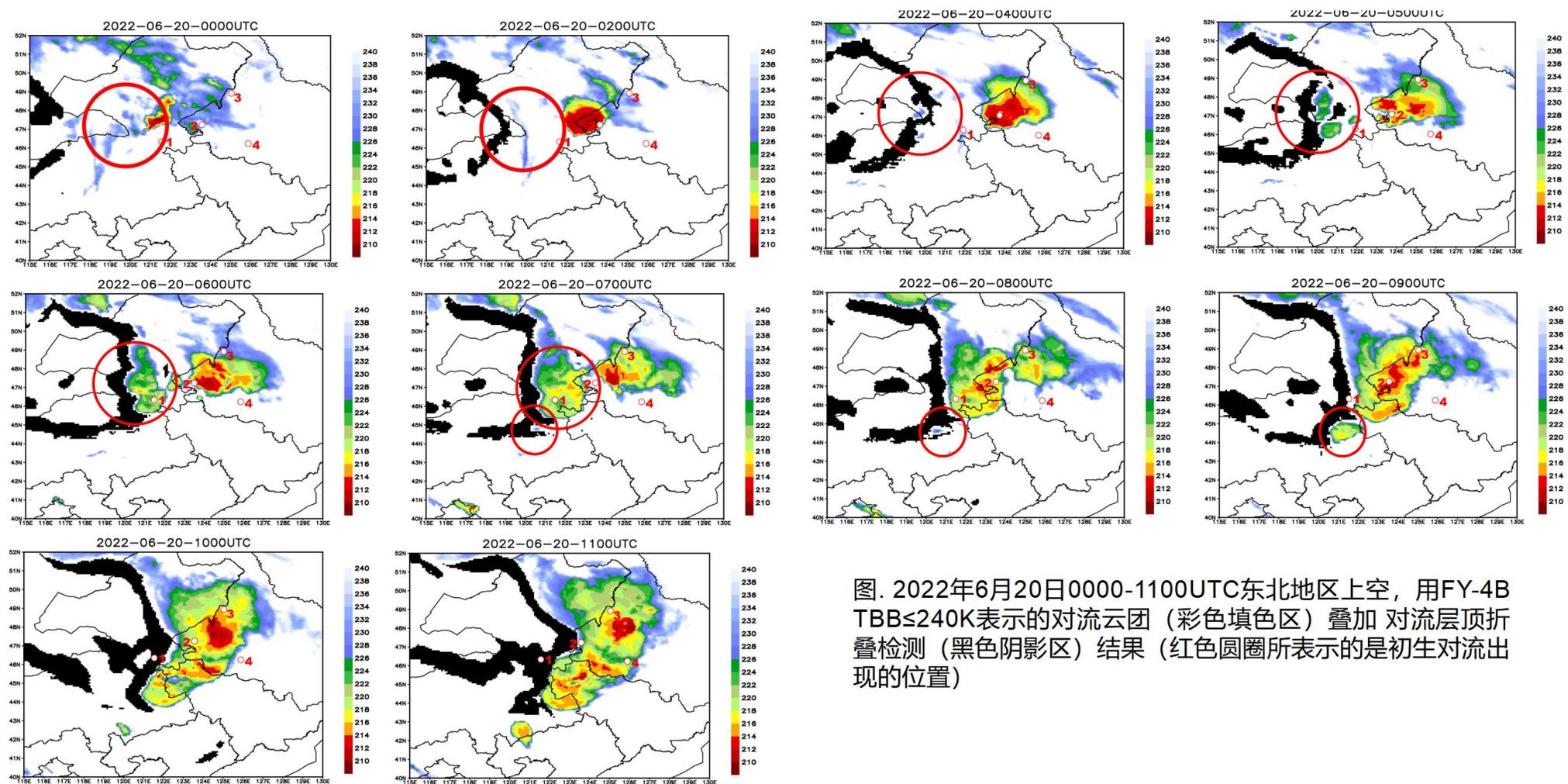


图. 2022年6月20日0000-1100UTC东北地区上空, 用FY-4B TBB≤240K表示的对流云团(彩色填色区)叠加对流层顶折叠检测(黑色阴影区)结果(红色圆圈所表示的是初生对流出现的位置)

产品名称	联系人	联系方式
大气云导风产品	张晓虎	zhangxiaohu@cma.cn
定量降水估计产品	游然	youran@cma.cn
对流层顶折叠检测产品	寿亦萱	shouyx@cma.cn
相当黑体亮温产品	李博	boli@cma.cn
大气垂直廓线产品（含大气稳定度指数、分层水汽产品）	刘辉; 白文广	liuhui@cma.cn; baiwg@cma.cn





中国气象局

谢谢

报告人：寿亦萱

国家卫星气象中心

二〇二三年八月



国家卫星气象中心
(空间天气监测预警中心)

风云四号

风云四号

