

风云四号云导风产 品介绍

张晓虎、许健民、张其松
国家卫星气象中心

提纲

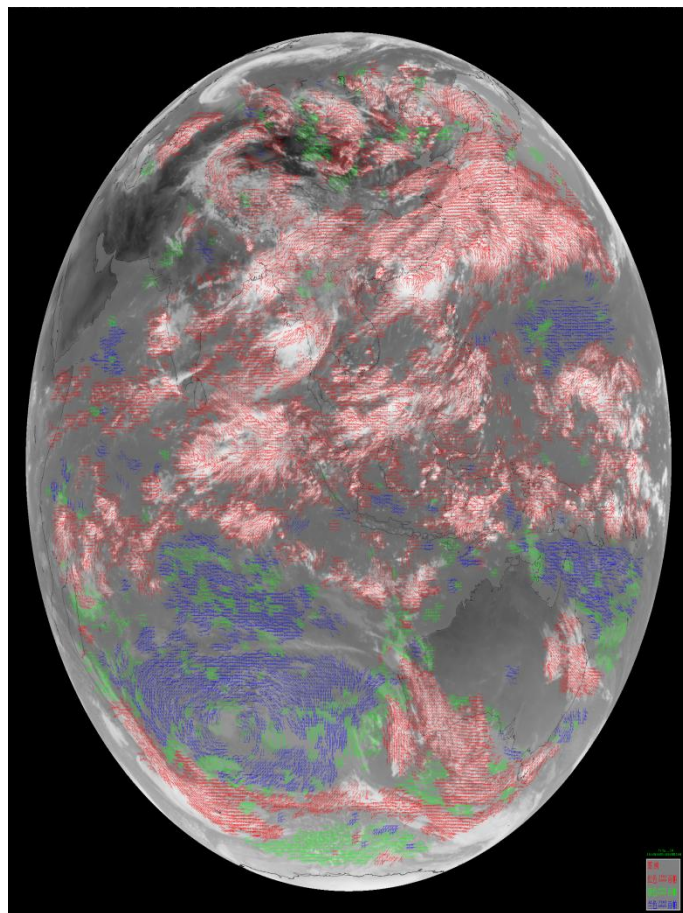
- 云导风产品算法介绍
- 风云四号云导风产品性能指标介绍
- 云导风产品近期进展及未来展望

云导风产品算法介绍

产品名称：

云导风（云迹风、大气运动矢量）

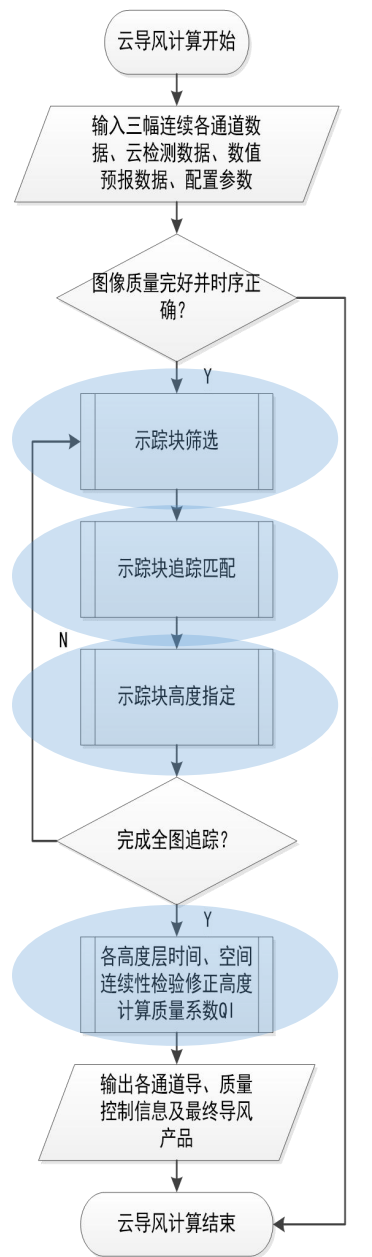
用连续三幅气象卫星图像的追踪位移，并计算或水汽特征所得的高度层次上风的大小和方向。



产品处理步骤及流程

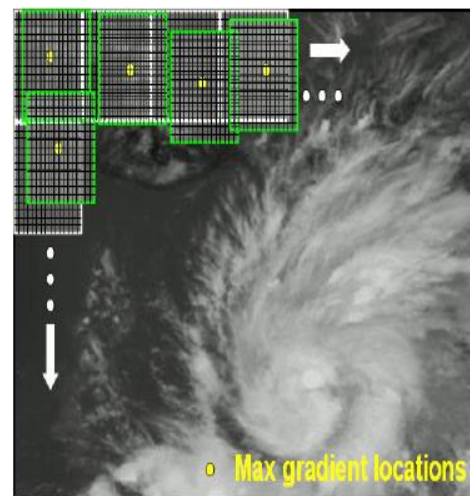
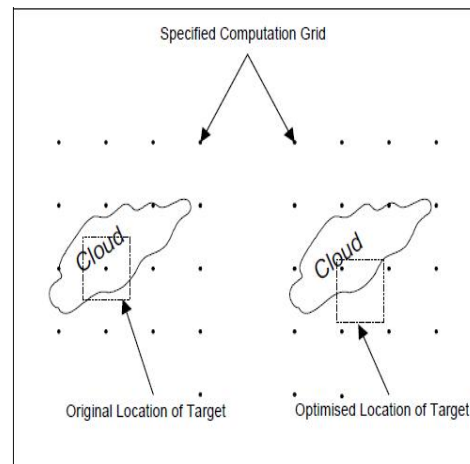
算法主要包含四部分内容

1. 示踪块筛选
2. 示踪块追踪匹配
3. 示踪块高度确定
4. 质量系数计算



1、示踪块筛选

- 筛选
 - 卫星天顶角检测 ($<62^\circ$)
 - 对比度 (亮温差) 检测 ($>4K$)
 - 地球有效区域检测
 - 有效像素检测
 -
- 优化 (试验算法)
 - 计算T温度梯度, 将示踪块中心移至示踪块内温度梯度最大值位置



2、示踪块追踪匹配

- 匹配预估（目前未使用）
 - 使用数值预报风矢量，预估搜索区域中的大概位置（依赖NWP）
- 常用的匹配算法
 - 分层简化算法（许健民、张其松）
 - Cross Correlation (CC)-相关系数
 - Sum of Squared Distances (SSD)-平方距离总和、平方欧氏距离
 - Nested Tracking-亚像元追踪

• 风矢量计算公式

设 φ_0 、 φ_1 、 λ_0 、 λ_1 分别为起点和终点时示踪图像块的纬度和经度， Δt

$\Delta\lambda$ 和 Δt 分别为经度差和时间差， r_p 为地球的极地半径， ε 为地球的扁率

$$r = r_p \cdot \sqrt{(1 + \tan^2 \varphi) / (1 + \tan^2 \varphi - \varepsilon^2)}$$

r 为图像块所在纬度地球的半径

$$\gamma = \cos^{-1}(\sin \varphi_0 \cdot \sin \varphi_1 + \cos \varphi_0 \cdot \cos \varphi_1 \cdot \cos \Delta\lambda) \quad \gamma = \cos^{-1}(\sin \varphi_0 \cdot \sin \varphi_1 + \cos \varphi_0 \cdot \cos \varphi_1 \cdot \cos \Delta\lambda)$$

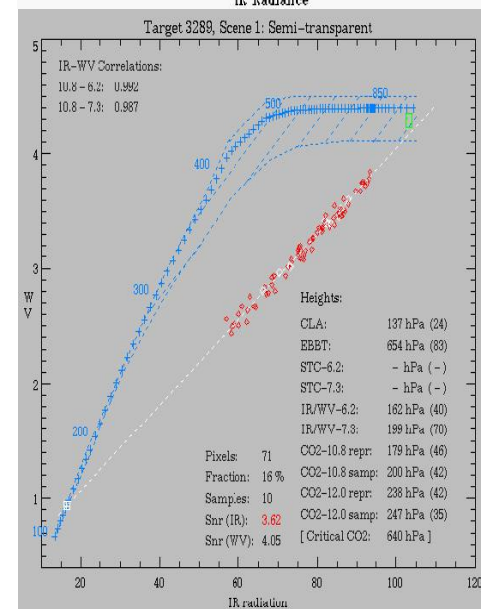
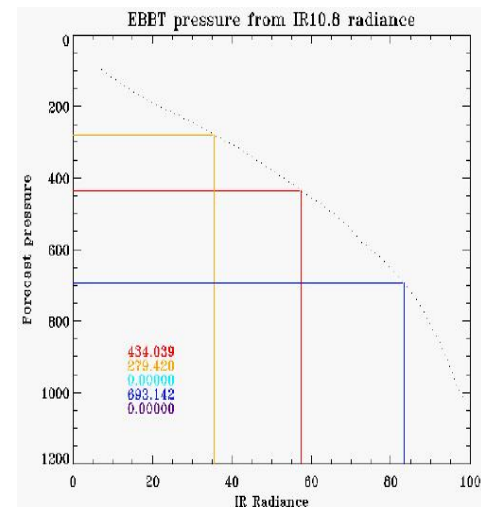
$$FFF = \gamma \cdot r / \Delta t$$

FFF 为风速

$$DD = \cos^{-1}[(\sin \varphi_1 - \cos \gamma \cdot \sin \varphi_0) / (\sin \gamma \cdot \cos \varphi_0)] \quad DD \text{ 为风向}$$

3、示踪块高度确定

- EBBT(Equivalent Black Body Temperatures) method
 - 对于不透明云，以红外通道辐射亮温对照匹配数值预报温度廓线，获得对应高度气压
- STC(Semi-Transparency Correction) method
 - 对于半透明云，假定红外水汽通道辐射呈线性关系，通过有云和无云区域像素拟合直线，与数值预报计算不透明云辐射廓线交叉点为对应高度
- infrared water-vapour (IR/WV) ratioing method
 - 与STC方法类似，但不用无云区域像素，使用每个有云区域拟合直线，与数值预报计算不透明云辐射廓线交叉点为对应高度
- CO₂ ratioing method,
 - 使用CO₂通道和一个分裂窗通道计算得到风的高度
- 最大贡献像元法 (CCij)



4、质量系数计算

- Forecast Consistency Test
 - AMV与数值预报风矢量的一致性度量
- Spatial Consistency Check
 - 相邻网格AMV的一致性，包含两部分内容
 - 空间矢量的一致性
 - 空间高度的一致性
- Tracking Consistency Tests
 - 中间幅图像中示踪块分别与前后幅图像追踪结果的一致性
 - 矢量一致性
 - 风向一致性
 - 风速一致性

最终的QI通过上述一致性参数加权得到

比较要素(i)	函数(Φ _i)	权重(W)
1风向	$\frac{ D_2(X,Y) - D_1(X,Y) }{180+1}$	1
2风速	$\frac{ S_2(X,Y) - S_1(X,Y) }{[S_2(X,Y) + S_1(X,Y)] + 1}$	2
3风矢量	$\frac{ \overline{V_2(X,Y)} - \overline{V_1(X,Y)} }{[S_2(X,Y) + S_1(X,Y)] + 1}$	2
4风矢量的空间差异	$\frac{1}{n} \sum \frac{ \overline{V(X,Y)} - \overline{V(X \pm i, Y \pm j)} }{[S(X,Y) + S(X \pm i, Y \pm j)] + 1}$	4
5风矢量与预报风场的差异	$\frac{ \overline{V(X,Y)} - \overline{F(X,Y)} }{[S(X,Y) + FS(X,Y)] + 1}$	2

风云四号云导风产品性能指标介绍

1. 产品规格
2. 产品格式

1、风云四号云导风产品规格

- 产品覆盖范围
卫星天顶角 62° 以内
- 产品时间分辨率
8次/天 (00、03、06、09、12、15、18、21UTC)
- 产品空间分辨率
风矢量间隔：8个红外像元 (星下点32KM)
示踪块尺寸：首次追踪 32×32 ，二次追踪 16×16
- 产品精度 (QI>80)
中高层(700hPa以上)：风速偏差 $<3\text{m/s}$ ，标准差 $<6\text{m/s}$
低层(700hPa以下)：风速偏差 $<2\text{m/s}$ ，标准差 $<3\text{m/s}$

2、产品格式

- NetCDF格式
 - 参考GOES-R对二三级产品的定义,符合2010年后美国产品发展的趋势
 - 遵循“Unidata Dataset Discovery v1.0”规则
- BUFR格式
 - WMO标准
- AWX格式

文件属性

产品数据集

- 产品数据
- 产品算法版本记录
- 产品输入参数记录

质量信息数据集

- 产品质量信息
- L0质量信息
- L1质量信息
- 使用其他产品质量信息

位置相关数据集

- X
- Y
- X image
- Y image

表5 云导风产品科学数据集 (SDS) 定义

描述	属性名称	值	Variable			Attribute		
			NAME (名称)	TYPE	SHAPE	NAME	VALUE	TYPE
数据集名称	dataset_name	refer to filename conventions products in Appendix A.	Lat	double	nMeasures =unlimited	long_name	AGRI L2+ Derived Motion Winds: wind vector's latitude coordinate	string
命名机构	naming_authority	NSMC CMA				standard_name	latitude	string
机构	Institution	NSMC				units	degrees_north	string
投影	Project	GOES	Lon	double	nMeasures =unlimited	axis	Y	string
标准	Conventions	CF-1.7				long_name	AGRI L2+ Derived Motion Winds: wind vector's longitude coordinate	string
数据公约	Metadata_Conventions	Unidata Dataset Discovery v1.0				standard_name	longitude	string
标准名称词	standard_name_vocabulary	CF Standard Name Table (v25, 2013)	time	double	单值	units	degrees_east	string
标题	Title	AGRI L2 Derived Motion W				axis	X	string
产品简介	Summary					long_name	J2000 epoch mid-point between the start and end image scan in seconds	string
关键字	Keywords		time_bounds	double	number_of_time_bounds = 2	standard_name	time	string
	cdm_data_type					units	seconds since 2000-01-01 12:00:00	string
平台标识 id	platform_ID	FY-4A				axis	T	string
设备类型	instrument_type	FengYun-4A Advanced Geosync Radiation Imager	band_wavelength	float	dmw_band = 1	bounds	time_bounds	string
设备序列号	instrument_ID	AGRI				long_name	scan start and end times in seconds since epoch (2000-01-01 12:00:00)	string
处理级别	processing_level	L2				standard_name	AGRI band central wavelength for this derived motion winds product file's data	string
创建日期	date_created	2016-02-01T01:15:20.1Z format is YYYYDD"THH:MM:SS.s"Z".	band_id	byte	dmw_band = 1	units	um	string
生产站点	production_site	NSMC				long_name	sensor band central radiation wavelength	string
生产环境	production_environment					standard_name	AGRI band identifier for this derived motion winds product file's data	string
场景标识	scene_id	Full	geos_lat_lon_projection	int	单值	units	sensor band identifier	string
空间分辨率	spatial_resolution					long_name	1	string
覆盖起始日期	time_coverage_start	201 form DD				grid_mapping_name	FY4 latitude / longitude projection	string
覆盖结束日期	time_coverage_end	201 form DD				semi_major_axis	6378137(按照 FY4 卫星实际填写)	double
L0 质量标识	LOQualityFlag					semi_minor_axis	6356752.314(按照 FY4 卫星实际填写)	double
定位的质量标识	PosQualityFlag					inverse_flattening	298.2572221(按照 FY4 卫星实际填写)	double
定标质量标识	CalQualityFlag					longitude_of_projection_origin		double
			long_name	AGRI L2+ Derived Motion Winds: wind vector's wind speed	string			
				wind speed	string			
				-999	Float			
				3.0 155.0	float			
				m s-1	string			
				band_id band_wavelength time lat lon	string			
				geos_lat_lon_projection	string			
				time: point area: mean	string			
				(interval: see note [2] km comment: geolocated/not missing pixels from tracked feature's dominant cluster)				
				pressure temperature DQF	string			
				AGRI L2+ Derived Motion Winds: wind vector's wind to direction measured positive clockwise from due north	string			
				wind_to_direction	string			
				-999	Float			
				0.0 359.999999	float			
				units	string			
				degree				
			coordinates	band_id band_wavelength time lat lon	string			

➔ 详细的记录产品的**质量信息**，并保留产品输入数据的质量信息；
 ➔ 完整的记录产品**版本信息**、输入信息等；
 ➔ 提供产品的**投影记录信息**；
 ➔ 提供完整的产品的**自描述信息**；

云导风产品近期进展及未来展望

1. 云导风产品改进
2. 时间分辨率提高
3. 风云二号云导风产品精度
4. 云导风产品应用
5. 风四云导风产品展望

1、云导风产品改进

- 异常图像定位改进：提高定位精度
- 云图中噪声剔除：提高风矢量空间连续
- 二次追踪：改善风速偏差
- 示踪块充满云时扩大晴空点搜索区域：提高高度确定精度
-

1、云导风产品改进

- 噪声剔除效果示例：

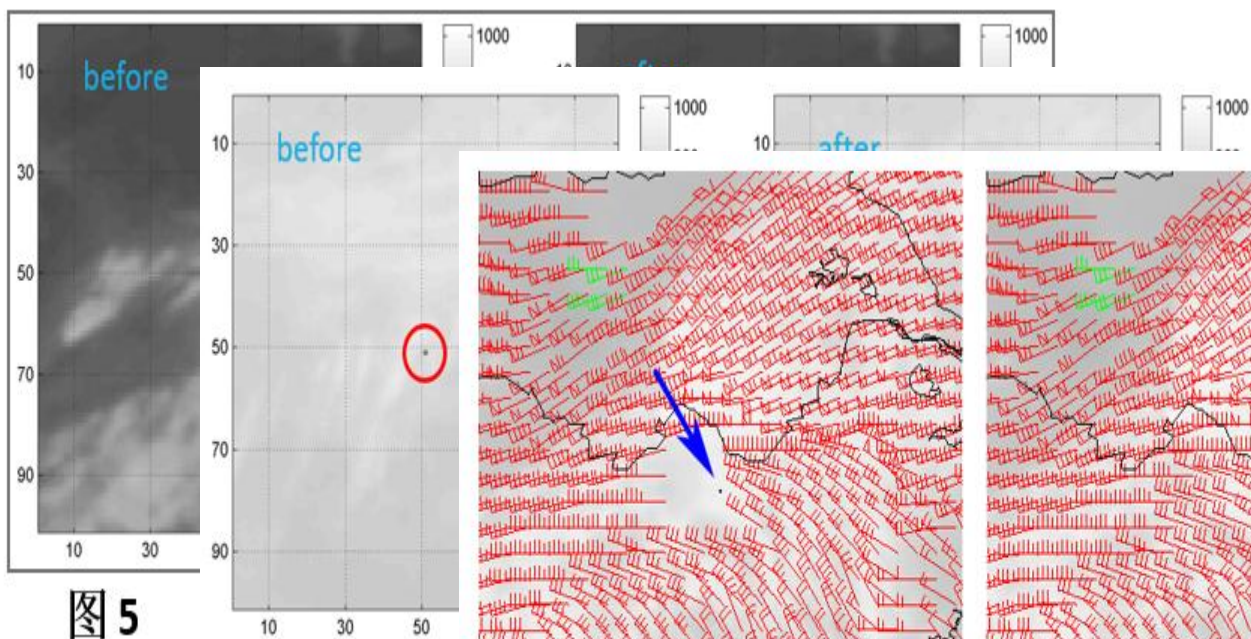


图 5

图 6

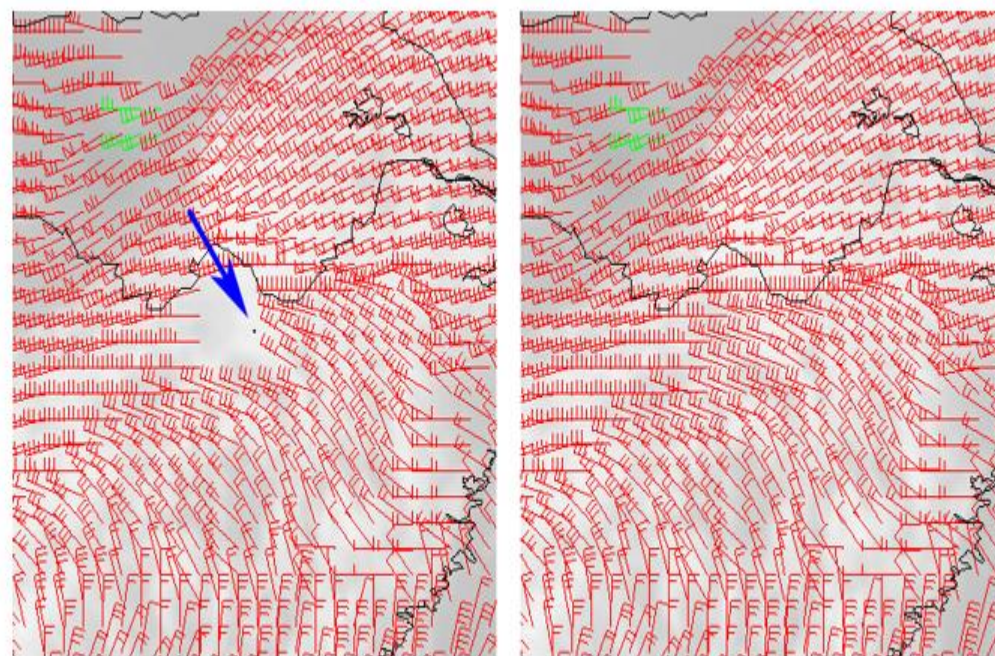


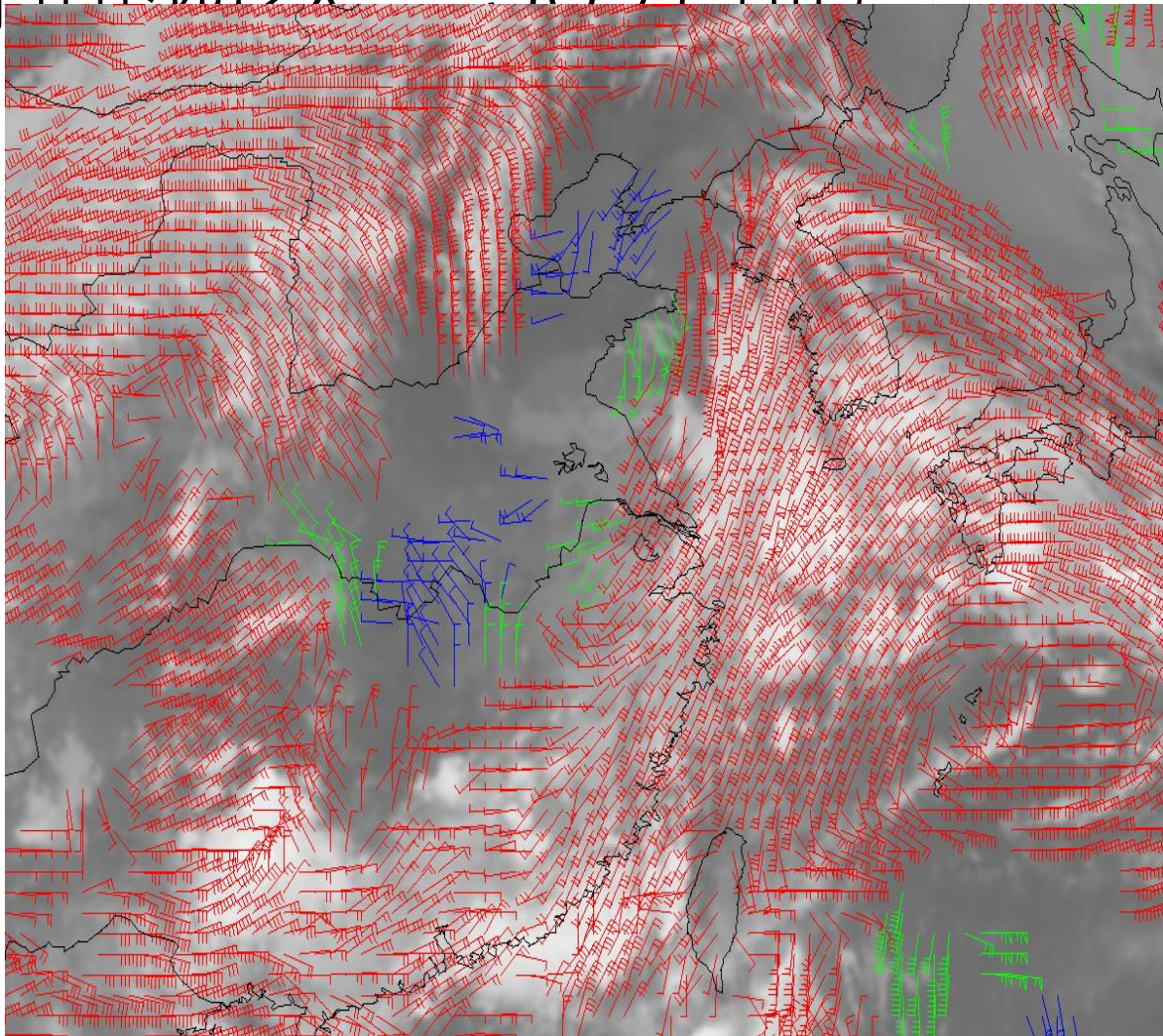
图 7 水汽通道图像剔除误码前后的云导风计算结果

2、时间分辨率提高

- “高分辨率资料同化与数值天气模式”攻关团队任务：
 - 开展FY2气象卫星每小时云导风产品反演的算法研究，从输入卫星数据的高精度定位处理、反演所需数值预报数据的匹配选择和反演过程中有针对性的算法调整入手，研发FY2气象卫星高时间频次云导风产品；
- 使用风云二号汛期加密北半球云图（30分钟间隔）
- 制作30分钟频次的云导风产品

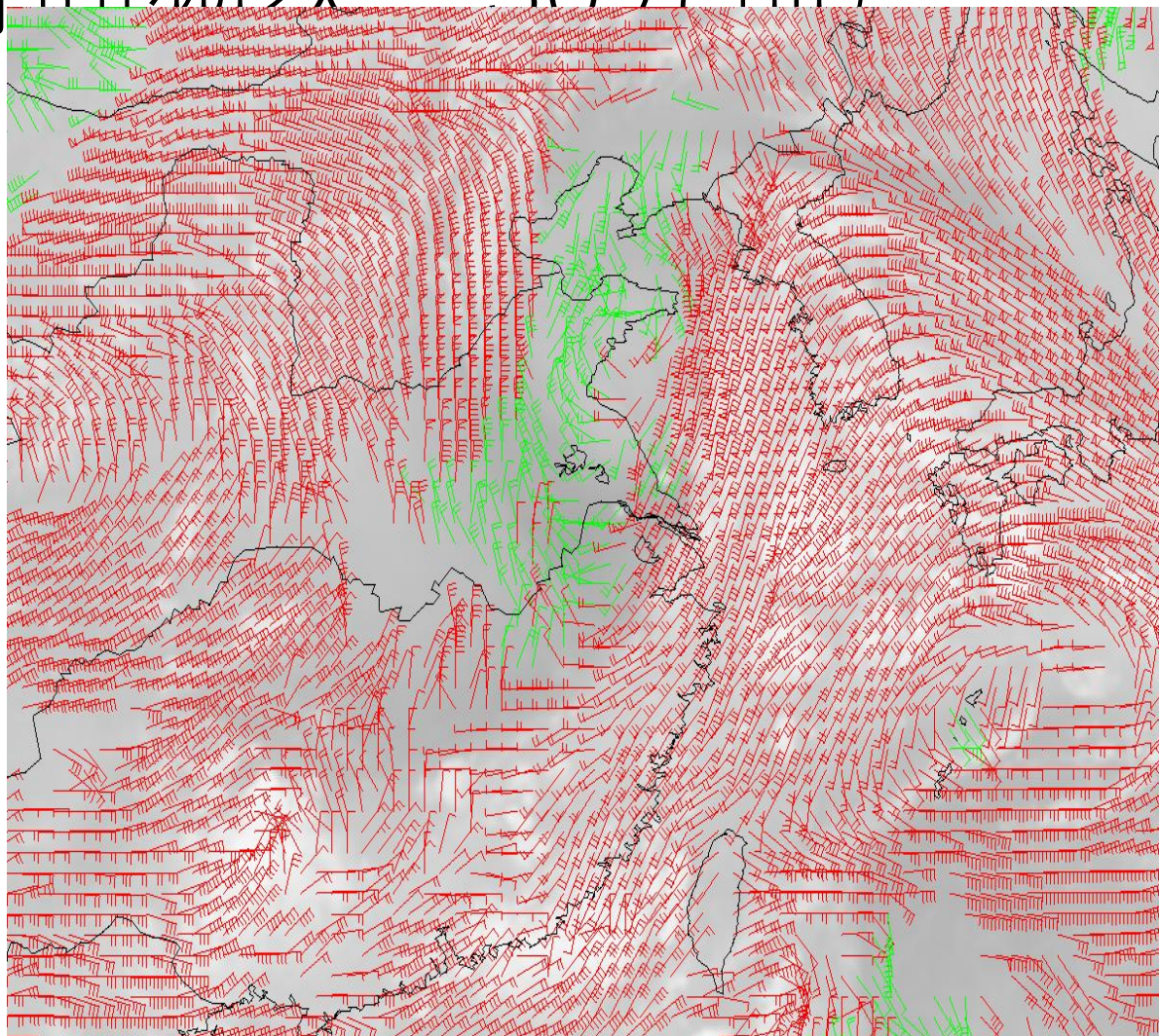
2016年7月11日FY2G红外云导风

(时间频次: 30分钟)



2016年7月11日FY2G水汽云导风

(时间频次: 30分钟)



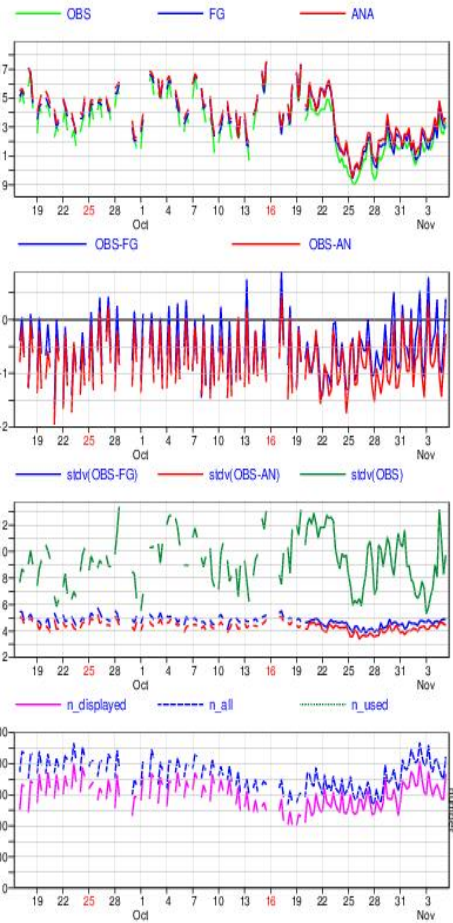
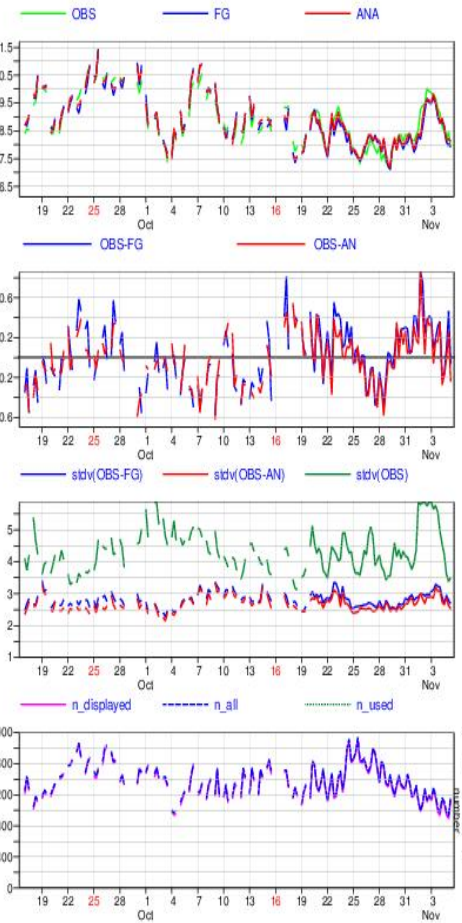
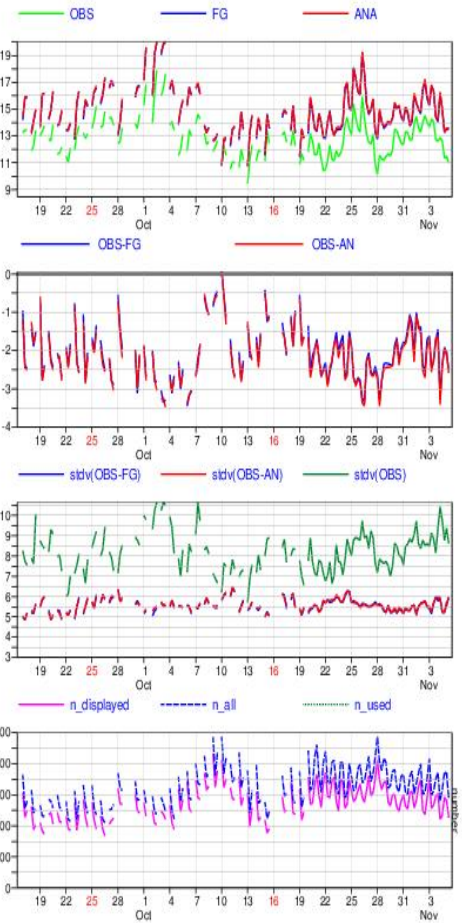
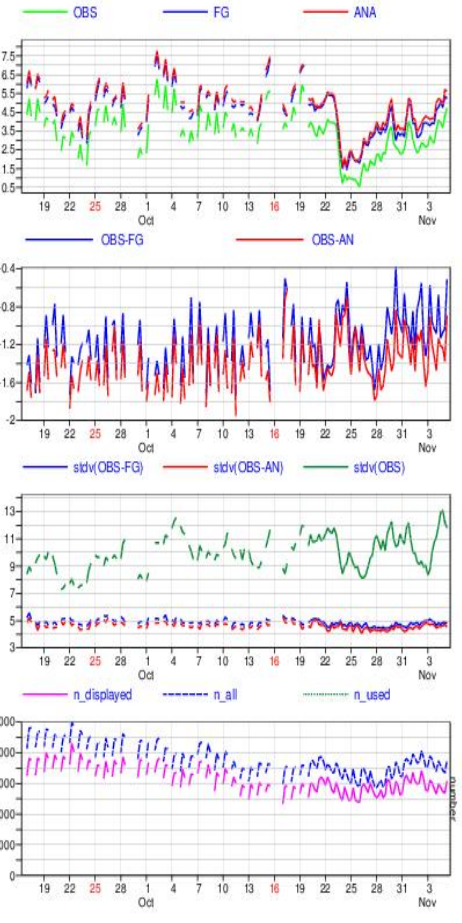
3、风云二号云导风产品精度

STATISTICS FOR WINDSPEED FROM FY-2G/AMV_IR
LEVEL =0.00 - 400.00 HPA, QI_GE_80 DATA [TIME STEP = 6 HOURS]
Area: lon_w= 0.0, lon_e= 360.0, lat_s= -90.0, lat_n= 90.0 (over All_surfaces)
EXP = 0001 (LAST TIME WINDOW: 2016110503)

STATISTICS FOR WINDSPEED FROM FY-2G/AMV_IR
LEVEL =400.00 - 700.00 HPA, QI_GE_80 DATA [TIME STEP = 6 HOURS]
Area: lon_w= 0.0, lon_e= 360.0, lat_s= -90.0, lat_n= 90.0 (over All_surfaces)
EXP = 0001 (LAST TIME WINDOW: 2016110503)

STATISTICS FOR WINDSPEED FROM FY-2G/AMV_IR
LEVEL =700.00 - 1100.00 HPA, QI_GE_80 DATA [TIME STEP = 6 HOURS]
Area: lon_w= 0.0, lon_e= 360.0, lat_s= -90.0, lat_n= 90.0 (over All_surfaces)
EXP = 0001 (LAST TIME WINDOW: 2016110503)

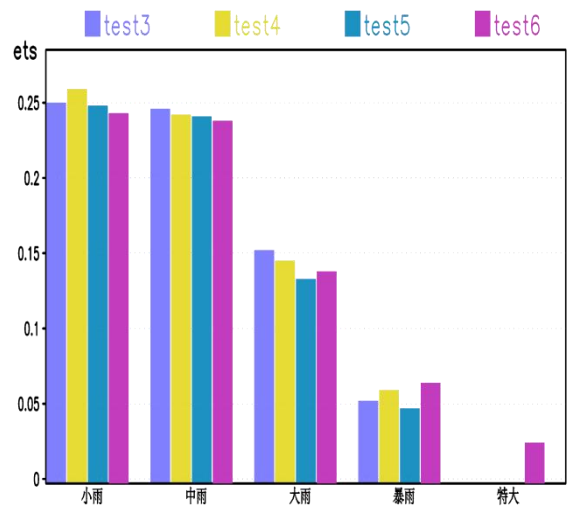
STATISTICS FOR WINDSPEED FROM FY-2G/AMV_WV_CLOUDY
LEVEL =0.00 - 400.00 HPA, QI_GE_80 DATA [TIME STEP = 6 HOURS]
Area: lon_w= 0.0, lon_e= 360.0, lat_s= -90.0, lat_n= 90.0 (over All_surfaces)
EXP = 0001 (LAST TIME WINDOW: 2016110503)



4、云导风产品应用

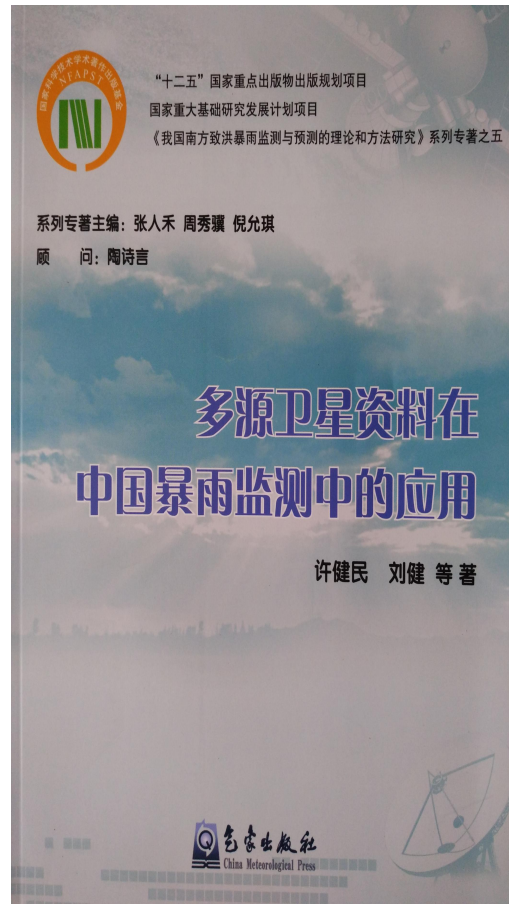
• 数值预报同化

全国024小时降水预报累加检验评分
2014年07月04日



- Model
 - GRAPES MESO 4.0 Resolution: 15km
 - Cycling time: 4th ,July, 2014
- Experiment Setup
 - TEST3: AMV+FY2E(IR)
 - TEST4: AMV+WV(03)+FY2E(IR)
 - TEST5: AMV+WV(03)+WV(05)+FY2E(IR)

• 天气系统分析



5、风四云导风产品展望

- 产品种类
 - IR winds (IR10.8um)
 - WV6.2um cloudy winds
 - WV7.3um cloudy winds
 - WV6.2um clear sky winds
 - WV7.3um clear sky winds
 - VIS winds (0.8um)
- 时间分辨率
 - 3小时->1小时->15分钟

FY-4A AGRI: Advanced Geosynchronous Radiation Imager

Channel	Band	Spatial Resolution
Visible & Near-Infrared	0.45-0.49	1
	0.55-0.75	0.5-1
	0.75-0.90	1
Short-wave Infrared	1.36-1.39	2
	1.58-1.64	2
	2.1-2.35	2-4
Mid-wave Infrared	3.5-4.0(High)	2
	3.5-4.0(Low)	4
Water Vapor	5.8-6.7	4
	6.9-7.3	4
Long-wave Infrared	8.0-9.0	4
	10.3-11.3	4
	11.5-12.5	4
	13.2-13.8	4

谢谢！

张晓虎

电话：15801238976

[Email: zhangxiaohu@cma.gov.cn](mailto:zhangxiaohu@cma.gov.cn)